



110
Zejun
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE
CAJONES PARA ESTACIONAMIENTOS BASADO
EN EL MCU 68HC11 CON INTERFASE A UNA
COMPUTADORA PERSONAL"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
ALFREDO LEDEZMA VILLAGOMEZ
HECTOR GERMAN CANTU PATIÑO
JUAN MANUEL FRANCO GROPEZA



DIRECTOR DE TESIS: M.J. JUAN CARLOS ROA BEIZA

CIUDAD UNIVERSITARIA

1995

FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mis compañeros :

Hector y Manuel quienes han trabajado con gran empeño y profesionalismo en la elaboración de esta Tesis, así como por el compañerismo que han demostrado durante todos estos días. A mis demás compañeros de la Universidad en quienes siempre encontré una enseñanza y apoyo durante nuestros estudios.

A nuestro asesor de Tesis :

El M.I. Juan Carlos Roa Beiza por todo su apoyo y por la gran paciencia que tuvo con nosotros. Por ser de los mejores profesores que ha tenido la Universidad.

A la Facultad de Ingeniería :

Por darme la oportunidad de estudiar y desarrollar mi carrera profesional. A todos los profesores que forman parte del desarrollo de los futuros Ingenieros de México.

A nuestra máxima Casa de Estudios :

La Universidad Nacional Autónoma de México que ha sido desde hace varios años la forjadora de los profesionistas que han participado en el desarrollo de nuestro País.

“Por mi raza hablará el espíritu”

José Alfredo Ledesma Villagómez

Dedicatorias

A mis padres :

José Cesáreo y Ma. Elisa por todo el esfuerzo que han hecho para darnos una buena educación y formación. Por su gran calidad humana. Por la confianza que me han tenido, por que gracias a ustedes he logrado tener una carrera profesional.

A mi esposa :

Aurora a quien de una manera muy especial le agradezco todo el apoyo y la motivación que me ha dado para poder realizar este trabajo y por ayudarme a dar el ultimo paso para terminar mi carrera, así como por el empeño y dedicación que ha mostrado para que podamos salir adelante en la vida.

A mis hermanos :

Patricia, Gonzalo, Jorge, Cesáreo y Guadalupe en quienes siempre he encontrado un gran apoyo y por que sobre todo han sido unos hermanos con gran calidad humana.

A mis sobrinos :

Ninsue, Omar, Cesar, José Leonardo, Alan, Andrea, Ana Luz, Jorgito con quienes he vivido ratos inolvidables y que por su vida llena de energía y sus ojos de alegría me han motivado a mejorar cada día.

A mis demás familiares y amigos :

Por que de alguna u otra forma me han ofrecido su apoyo incondicional y su amistad durante todo el tiempo.

José Alfredo Ledesma Villagómez

Agradecimientos

A Dios :

Por ser el amigo que junto a mi camina y la luz que guía mi vida.

A la U. N. A. M. :

A la Facultad de Ingeniería y a sus profesores con respeto y profundo agradecimiento.

Al Ing. Juan Carlos Roa Beiza :

Por el apoyo, la dirección, los consejos y conocimientos aportados en la realización de este trabajo.

A mis compañeros:

Alfredo y Manuel, por el esfuerzo que ofrecieron a la elaboración de este trabajo, por el compañerismo y las experiencias obtenidas.

A Televisa:

Por la oportunidad que me ha brindado en el ejercicio de mi profesión y por el apoyo a la elaboración de esta meta.

Héctor Germán Cantú Patiño

Dedicatorias

A mis padres :

A mi Padre Sr. David Cantú Villalobos.
A mi Madre Sra. Estrella Patiño de Cantú.

Por el inmenso amor, apoyo y comprensión que siempre me han brindado. Gracias por la instrucción y la dirección en mi desarrollo, por inculcarme el amor y lucha en vida, por las experiencias compartidas. Gracias por ser mis Padres. Los amo.

Dios los bendiga.

A mis hermanos:

David Ernesto
Martha Herlinda
María Esther
Carlos Jesús
Clara Elena
José Antonio
Luis Alberto

Por ser mis mejores amigos, por el amor, consejos que en todo momento entregan a mi vida. Al resto de mi familia, con cariño.

Los quiero.

A mis amigos :

A quienes de alguna forma han aportado valores y experiencias y han compartido parte de su tiempo con el mío. Gracias por ser mis amigos

Héctor Germán Cantú Patiño

Agradecimientos

A Dios :

Por permitirme esta etapa llamada vida, sin tantas complicaciones y amarguras.

A mi Universidad :

Que me abrió los brazos para albergarme en su seno dándome una formación profesional.

A mi Familia :

Cristina y Manuel, mis padres, por su constante esfuerzo por tener una familia de bien.

Jorge, Carlos y Antonio, mis hermanos, que primero han sido amigos brindado su apoyo incondicional y duras críticas constructivas.

A mi Asesor :

Por su dedicación y conducción de este proyecto concluso.

Juan Manuel Franco Oropoeza

ÍNDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCIÓN	vi
CAPITULO I - ESTACIONAMIENTOS	1
1.1. Tipos de estacionamientos	2
1.1.1 Estacionamiento en la calle y fuera de ella	3
1.1.2 Reglamento de estacionamientos públicos del distrito federal	13
1.1.3 El punto de vista arquitectónico	14
1.1.4 Los cajones de estacionamiento	17
1.2 Los estacionamientos en la Ciudad de México	18
1.2.1 Antecedentes históricos	19
1.2.2 Padrón de estacionamientos	24
1.2.3 Organismos y comisiones	25
1.3. Análisis del tráfico en los estacionamientos	28
1.4. Normas para estacionamientos públicos	72
1.4.1 Reglamento de estacionamientos públicos del D.F.	73
1.4.2 Reglamento de construcciones para el Distrito federal	74
1.4.3 Artículos transitorios	76
1.4.4 Dimensiones mínimas para cajones en estacionamientos	77
1.4.5 Señalamiento	85
1.4.6 Señalamiento para estacionamientos	85
1.4.7 Recomendaciones	91
1.5. Avances tecnológicos en estacionamientos	96
1.5.1 Expendedor automático de boletos	96

ÍNDICE

1.5.2 Contador diferencial de lugares	98
1.5.3 Barreras automáticas	100
1.5.4 Receptor de monedas	101
1.5.5 Visualizador de mensajes	102
1.5.6 Lector de tarjetas magnéticas	102
1.5.7 Estacionamientos verticales y horizontales	104
1.5.8 Sistema de carrusel de estacionamiento	104

CAPITULO II - TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA COMPUTADORAS PERSONALES (PC)..... 108

2.1. Variables a registrar	108
2.1.1 Objetivo de la medición	109
2.1.2 Análisis de los vehículos	110
2.1.3 Espacio del tren delantero y trasero	114
2.2. Tipos de transductores y sus características	117
2.2.1 Transductores ópticos	119
2.2.1.1 El sistema optoelectrónico	120
2.2.1.2 Comportamiento de la luz	124
2.2.1.3 Fuentes de luz	125
2.2.1.4 Diodos emisores de luz	125
2.2.1.5 Emisores infrarrojos	125
2.2.1.6 Diodos LASER	126
2.2.1.7 El LASER	128
2.2.1.8 LASER semiconductor	130
2.2.2 Dispositivos sensores de fuerza	134
2.2.2.1 El tubo de Bourdon	137
2.2.2.2 Los diafragmas	140
2.2.2.3 Los fuelles	141

2.2.3 Las galgas extensométricas (strain gauge)	143
2.2.3.1 Principio de funcionamiento de la galga	143
2.2.3.2 Operación de la galga	147
2.2.3.3 Tipo de galgas extensométricas	149
2.2.4. Transductores de ultrasonido	157
2.2.4.1 Ultrasonido	158
2.2.4.2. Tipos de ondas	158
2.2.4.3 Tipos de transductores ultrasónicos	160
2.2.4.4 Transductores piezoeléctricos	162
2.2.4.5 Efecto piezoeléctrico inverso	163
2.2.4.6 Elementos básicos de un sistema de transmisión ultrasónica .	163
2.2.4.7 Efecto Doppler en ultrasonido	164
2.2.4.8 Sensores de ultrasonido	166
2.2.4.9 Otras aplicaciones	169
2.2.4.10 Seguridad	171
2.2.4.11 Transductores de ultrasonido comerciales	173
2.3 Opciones de solución y elección de los transductores y los lugares óptimos para su trabajo	174
2.3.1 Generación de opciones	175
2.3.2 Selección de los transductores	184
2.4. Canales de comunicación para PC	188
2.4.1 Puertos seriales	188
2.4.2 UARTS	190
2.4.3 Tipos de transmisión	190
2.4.4 Conectores e interfases	191
2.4.5 Interfase RS-232C	192
2.4.6 Interfase RS-449	198
2.4.7 Normas equivalentes	200

ÍNDICE

2.4.8 Repetidores para distancias largas	201
2.4.9 Drivers y receptores de modo voltaje diferencial	202
2.4.10 Drivers para aplicaciones típicas de RS-232C	205
2.4.11 Receptores para aplicaciones típicas de RS-232C	207
2.4.12 Estándar RS-423-A	207
2.4.13 Estándar RS-422-A	208
2.5 Selección del canal de comunicación entre la PC y el MCU	212
2.5.1 Selección del canal de comunicación	214
CAPITULO III - EL MCU MC68HC11	220
3.1 Características del microcontrolador MC68HC11	221
3.1.1 La unidad central de procesamiento (UCP) y registros	221
3.1.2 Las memorias internas	226
3.1.3 Puertos de entradas/salidas en paralelo	231
3.1.4 Interfase periférica serial sincrona (SPI)	234
3.1.5 Interfase periférica serial asincrona (SCI)	236
3.1.6 Convertidor analógico/digital	242
3.1.7 Reloj principal e interrupciones en tiempo real	258
3.1.8 Acumulador de pulsos	280
3.2 Configuración y modos de operación	287
3.2.1 Configuración del sistema	287
3.2.2 Los modos de operación	289
3.3 Modelo de programación e instrucciones	292
3.3.1 Modos de direccionamiento	292
3.3.2 El conjunto de instrucciones	296

CAPITULO IV - DISEÑO DEL SISTEMA	307
4.1. Diseño del software	307
4.1.1 Rutinas de inicialización	309
4.1.2 Sensado de puertos de Entrada/salida	320
4.1.3 Codificación y transmisión de las señales entre el MCU y la PC	329
4.1.4 Despliegue de la información	336
4.2. Diseño del hardware del sistema	369
4.2.1 Módulo de detección de señales	370
4.2.2 Interfase del MCU con la PC	381
4.3 Diseño del sistema mínimo y diagrama general.	383
CONCLUSIONES	393

APENDICE A - Padrón de estacionamientos.

APENDICE B - El circuito integrado (CI) temporizador 555.

APENDICE C - El circuito integrado PLL 567 (decodificador de tono).

APENDICE D - El circuito integrado GPIU52X.

APENDICE E - Subrutinas para el control de despliegue de la información y Control de Comunicaciones de Visual Basic.

APENDICE F - Hojas de especificaciones y datos técnicos de los componentes.

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

A partir de la década de los años sesenta los avances revolucionarios en tecnología electrónica han contribuido en gran medida a mejorar el nivel de vida de la humanidad en diferentes aspectos, tales como : salud, comunicaciones, transporte, recreación, servicios, etc. En el campo de la medicina la electrónica ha hecho posible el incremento del promedio de vida de la gente mediante la creación de instrumentos médicos sofisticados. En las comunicaciones, la electrónica ha alcanzado un desarrollo de gran importancia, tal vez el más notable en la vida cotidiana, actualmente es posible comunicarse desde cualquier parte del mundo en cualquier instante mediante satélites, telefonía celular, empleo de redes de fibra óptica, así como poder transferir grandes volúmenes de información en segundos. Estos son dos ejemplos en los cuales se muestra claramente la importancia de la electrónica en los avances tecnológicos.

Uno de los sectores en el cual la aplicación de la tecnología electrónica ha tenido poco desarrollo en México, es el de los estacionamientos. Hoy en día existen sistemas automáticos para el control de acceso, tales como: barreras automáticas, espendedores automáticos de boletos, cobradores automatizados, etc. También se cuenta con sistemas mecánicos de alojamiento vertical de vehículos orientados al mayor aprovechamiento del espacio. Cabe señalar que toda la tecnología antes mencionada proviene del extranjero.

El objetivo del presente trabajo es el de desarrollar un sistema electrónico enfocado al mejoramiento del servicio que se presta en los estacionamientos de autoservicio, particularmente en la Ciudad de México. El sistema a desarrollar pretende dar a los usuarios información sobre el estado de ocupación del estacionamiento para, de esta forma, facilitarle la localización de lugares disponibles.

Los beneficios que se pueden obtener con la utilización de un sistema de este tipo son los siguientes:

INTRODUCCIÓN

- Reducción de los niveles de contaminación ocasionados por la circulación continua de automóviles en recorridos innecesarios dentro del estacionamiento.
- Mejorar el servicio de estacionamientos, evitando la irritación de los usuarios al no encontrar un lugar donde estacionarse rápidamente.
- Contar con estacionamientos que proporcionen mayor comodidad en el servicio.
- Conocer el estado de ocupación del estacionamiento al instante en que sea requerido por el operador.
- Ofrecer un sistema electrónico de monitoreo para estacionamientos de diseño Nacional capaz de competir con otros sistemas de procedencia extranjera.

El desarrollo de este sistema se basa en la utilización de dispositivos de estado sólido de alta escala de integración, los cuales contengan los elementos necesarios, así como las características que permitan un diseño sencillo y económico. Los dispositivos que cumplen con los puntos anteriores son los llamados microcontroladores los cuales, actualmente, tienen una gran variedad de aplicaciones debido a su versatilidad y fácil manejo para distintos tipos de aplicaciones.

El sistema ha desarrollar se compone básicamente de tres módulos para su funcionamiento, estos módulos son:

- Módulo de detección.
- Módulo de control.
- Módulo de despliegue de la información.

El módulo de detección es el que va a llevar a cabo el sensado de los cajones de estacionamiento, con el fin de determinar si el cajón de estacionamiento se encuentra

INTRODUCCIÓN

ocupado o libre. Cada uno de los cajones de estacionamiento deberá contar con un sensor que determine su estado de ocupación.

El módulo de control, parte central del sistema, está basado en un microcontrolador, el cual tiene la función de recopilar la información de los sensores del módulo de detección y, a su vez, enviar los datos a través de uno de sus puertos hacia el módulo de despliegue de la información.

El módulo de despliegue de información tiene como función mostrar la ubicación de lugares disponibles dentro del estacionamiento a través de una interfase gráfica y amigable, para lo cual se pretende utilizar en el despliegue de esta información una computadora personal (PC).

CAPITULO I. ESTACIONAMIENTOS.

En las grandes ciudades del mundo uno de los principales problemas es, y ha sido, por lo menos en esta segunda mitad del siglo, el de la vialidad. Este problema se gesto y, ha venido aumentando, con el crecimiento mismo de las zonas urbanas y el incremento de su parque vehicular, generado por el inmensurable crecimiento de la población en estas áreas. Un factor que actualmente es determinante en el fenómeno de la vialidad es el de los estacionamientos, y lo son por que ofrecen un lugar para dejar el automóvil de manera rápida, evitando el dejarlo en la calle o el dar vueltas innecesarias en las vías para encontrar un sitio en la acera, lo cual provoca un gran incremento del tráfico.

Con el invento del automóvil se comenzó a acuñar el termino de estacionamiento, el cual tenía ya un antecedente con el uso de carros que eran tirados por caballos, debido a la necesidad de guardar estos en algún lugar cuando no eran usados, pensándose en un lugar específico. Un primer termino que se comenzó a manejar fue el de cochera, por ser "coche" uno de los nombres con el cual se conocía a estos vehículos, aún actualmente se sigue empleando este término, pero se emplea básicamente para lugares dentro de los límites de la casa habitación o aquellos con una capacidad muy limitada.

El término estacionamiento proviene de *estación*, en su definición de estado, morada ó asiento. De acuerdo a la Real Academia Española de la lengua se tiene la siguiente definición:

estacionamiento. m. Acción y efecto de estacionar ó estacionarse. Dicese especialmente de los vehículos.

Para complementar a continuación la definición de estacionar:

estacionar. (De estación) tr. Situar en un lugar, colocar. v.t.c. prml ll 2. prml. Quedarse estacionado, estancarse.

ESTACIONAMIENTOS

Una definición menos rigurosa para estacionamiento es la que se puede encontrar en el artículo 188 del Reglamento General para Construcciones del Distrito Federal, donde dice que: "Estacionamiento es el lugar de propiedad pública o privada destinado para guardar vehículos." En una forma más coloquial se puede decir que; un estacionamiento es un espacio destinado para guardar automóviles mientras no están en movimiento.

Otro término que se emplea para definir a estos espacios es el de aparcamiento, el cual tiene su origen en la palabra inglesa 'Parking', usada en esa lengua para definir a los estacionamientos. La palabra aparcamiento es muy empleada en España y también la contempla la Real Academia Española de la lengua:

aparcamiento. m. Acción y efecto de aparcar un vehículo. || 2. lugar destinado a este efecto.

1.1 TIPOS DE ESTACIONAMIENTO

Existen diversas clasificaciones de los estacionamientos y dependiendo del punto de vista de su estudio es como se van proponiendo estas. En una de las definiciones que se mencionó anteriormente se hizo ya una primera clasificación, la cual dice que los estacionamientos pueden ser públicos o privados, siendo esta desde un punto de vista jurídico o legislativo, desde este mismo punto se puede dar una clasificación más amplia. Desde el punto de vista urbano se pueden considerar como estacionamientos en la calle o fuera de la calle. Otro punto de vista es el arquitectónico, el cual hace consideraciones por zonas residenciales, zonas comerciales, zonas urbanas y hasta zonas rurales, otras consideraciones es por la posición del lugar de estacionamiento.

Es importante mencionar que un estacionamiento, por sus características, puede pertenecer a distintas categorías, algunas de las cuales pueden llegar a considerarse en forma conjunta.

1.1.1 ESTACIONAMIENTO EN LA CALLE Y FUERA DE ELLA.

Una clasificación que se puede dar de una manera muy simple, desde un punto de vista urbano, es aquella que se puede tomar al percatarse de que hay automóviles estacionados en las calles y en estacionamientos, determinándose así esta clasificación que es de estacionamientos en la calle y estacionamientos fuera de la calle .

ESTACIONAMIENTO EN LA CALLE. Este se da de forma natural, junto con el desarrollo de las primeras cocheras, debido principalmente a que las construcciones de las ciudades antes del presente siglo no contemplaban alguna ubicación para los coches y la mayor parte de los centros de las ciudades fueron construidos hace mas de un siglo, por lo tanto, los destinos de las personas con vehículos no tenían un lugar para guardar el automóvil y, en muchos casos, ni en el origen mismo. Siendo así, frente a la acera del destino, el lugar inmediato para dejar el coche (fig. 1.1.1). Los primeros casos se fueron presentando frente a las casas de la gente con mayores recursos económicos, en las zonas comerciales y en el centro de las ciudades, extendiéndose, posteriormente, por las principales avenidas y zonas aledañas.

El principal problema que presenta este tipo de estacionamiento es que reduce la capacidad de flujo vehicular en las avenidas en las que se practica, provocando trafico mas lento y congestionamientos y, por ende, mayor contaminación ambiental. Otro problema ligado al estacionamiento en la calle es el estacionamiento en doble fila, el cual tiene las mismas consecuencias pero en forma acentuada. Actualmente el estacionamiento en la calle se presenta de dos tipos: el libre y el controlado.

i) **Tipo libre:** Para el caso del tipo libre es aquel en el cual se puede estacionar cualquier automóvil frente a cualquier acera sin restricción de algún tipo ni pago alguno por su utilización. Este tipo de estacionamiento se presenta casi en todas las calles y avenidas de la ciudad.



Figura 1.1.1 Estacionamiento que se presenta en la calle.

ii) **Tipo controlado:** El estacionamiento en la calle de tipo controlado es el que presenta algún tipo de restricción, ya sea en el tiempo y/o lugar de estacionamiento. Este tipo de estacionamiento tiene tres variantes: el controlado por tarjetas, el controlado por medidor de tiempo y el controlado por señales.

Control por tarjetas: En esta variante un grupo de edecanes se encarga de entregar una tarjeta al usuario del estacionamiento para el pago del tiempo de empleo dentro de un horario preestablecido.

Control por medidores de tiempo ó parkímetros : Generalmente se delimita el espacio del cajón de estacionamiento sobre la calle y al cual le corresponde un aparato con un dispositivo de relojería cubierto por una capa metálica, que es accionado por monedas para el pago del derecho de uso, casi todos los parkímetros en el mercado funcionan en base el mismo principio. Los parkímetros medidores pueden ser de cabeza sencilla o doble (Fig. 1.1.2).

Control por señales: Aquí, se emplean carteles de señalización en la acera correspondiente para indicar el tipo de control que se tiene sobre el lugar, como por ejemplo: Estacionamiento prohibido a ciertas horas (fig. 1.1.3a), estacionamiento permitido un corto período dentro de un horario (fig. 1.1.3b), principia prohibición de estacionamiento (fig. 1.1.3c), termina prohibición de estacionamiento (fig. 1.1.3d), el estacionamiento permitido (fig. 1.1.3e) ó simplemente no estacionarse (fig. 1.1.3f).

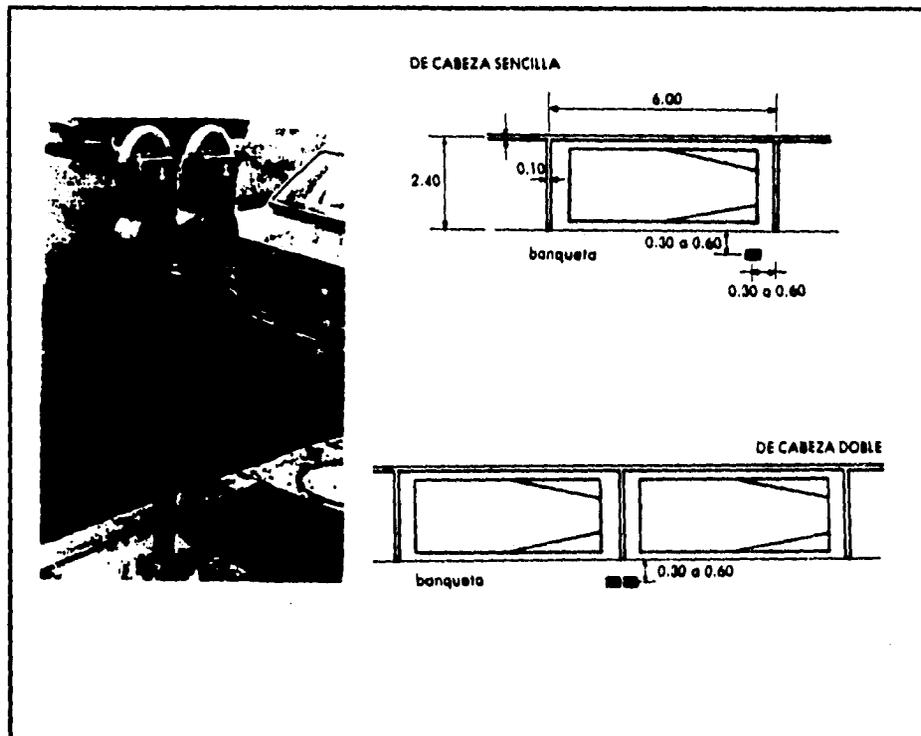


Figura 1.1.2 Sistema de parkímetros: a) Parkímetro, b) De cabeza sencilla y c) De cabeza doble.



Figura 1.1.3 Señales de control de estacionamiento para las calles.

ESTACIONAMIENTO FUERA DE LA CALLE. Este tipo de estacionamiento se refiere a todas las instalaciones que se encuentran fuera de la vía pública que están destinadas al servicio de estacionamiento. El desarrollo de este tipo de estacionamientos se comienza a dar primeramente en algunas ciudades de Europa y Estados Unidos por los años 20, y fue a principios de los 40 cuando en México se autoriza por primera vez que un lote se utilice como estacionamiento. El origen de este tipo de estacionamientos se debe al crecimiento de la población de una ciudad y, por consecuencia, al crecimiento del número de vehículos en la localidad. Casi de la misma forma en que se dio el estacionamiento en la calle, también sucedió con el estacionamiento fuera de la calle, solo que este último se comenzó a dar primeramente en el centro de las ciudades y posteriormente en las zonas comerciales.

ESTACIONAMIENTOS

seguro y confiable. Este tipo de estacionamientos se pueden dividir en: Integrados, elevados y subterráneos.

Integrados: Son los que se ubican en un mismo edificio junto con oficinas, centros comerciales, cines, plazas de exhibición, etc. Generalmente este tipo de estacionamientos no cobra una tarifa por su uso, o esta es muy baja, una tarifa simbólica, debido a que su planeación se da para satisfacer las necesidades de estacionamiento que el mismo edificio requiere (fig. 1.1.5).

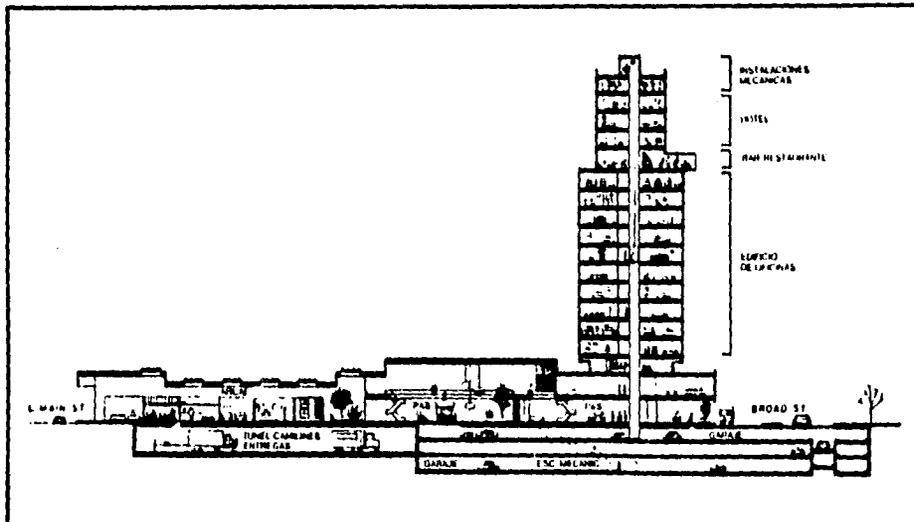


Figura 1.1.5 Corte transversal de estacionamiento integrado, las tiendas no se representan.

Elevados: Los constituyen todos aquellos edificios que se construyen con el único fin de prestar el servicio de estacionamiento, por lo regular cobran tarifas oficiales sin alguna consideración, en la figura 1.1.6 se muestra un ejemplo. El crecimiento de este tipo de estacionamientos, y de los subterráneos ha sido muy lento, debido a la fuerte inversión que se tiene que realizar y que la recuperación de capital se va dando en forma muy lenta, siendo este el motivo principal que desalienta a los inversionistas, a diferencia de los integrados, los cuales son complemento de un proyecto rentable.

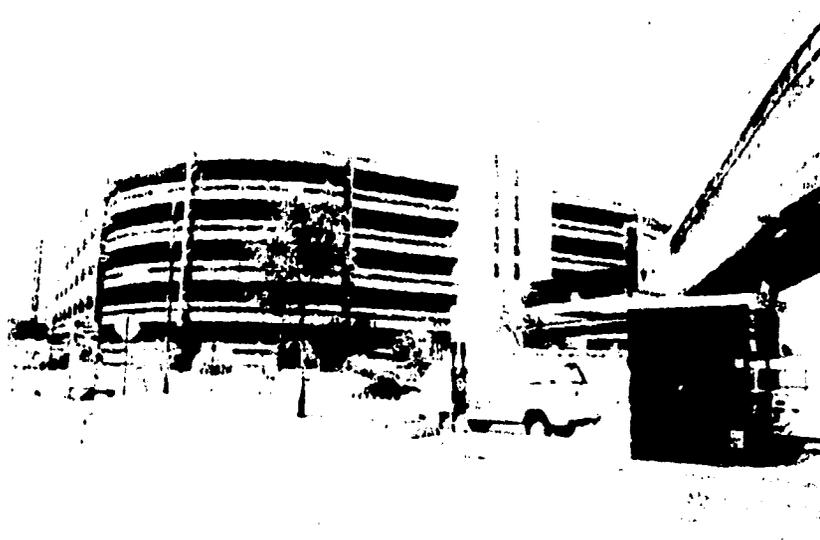


Figura 1.1.6 Estacionamiento de edificio elevado.

Subterráneos: Estos son construidos por debajo del nivel de la vía pública y también pueden ser integrados. La construcción de este tipo de estacionamientos responde a un punto de vista estético, ya que en la superficie de estos generalmente se encuentran parques, plazas públicas u otros de características similares (fig. 1.1.7).

Una característica común entre estos tipos de estacionamientos es que el diseño de la infraestructura con la cual se construye el estacionamiento puede ser la misma, ya sea para el elevado, el subterráneo o el integrado. Estos estacionamientos pueden presentar distintos tipos de diseño en la construcción del edificio, más concretamente en las rampas, las cuales pueden ser rectas o helicoidales (fig. 1.1.8 y 1.1.9). En algunos casos de rampas rectas, los cajones están integrados en las mismas rampas, aprovechando de una mejor manera el espacio, en otros casos las rampas son independientes, con el inconveniente de provocar vueltas muy forzadas para el auto al término de la rampa.

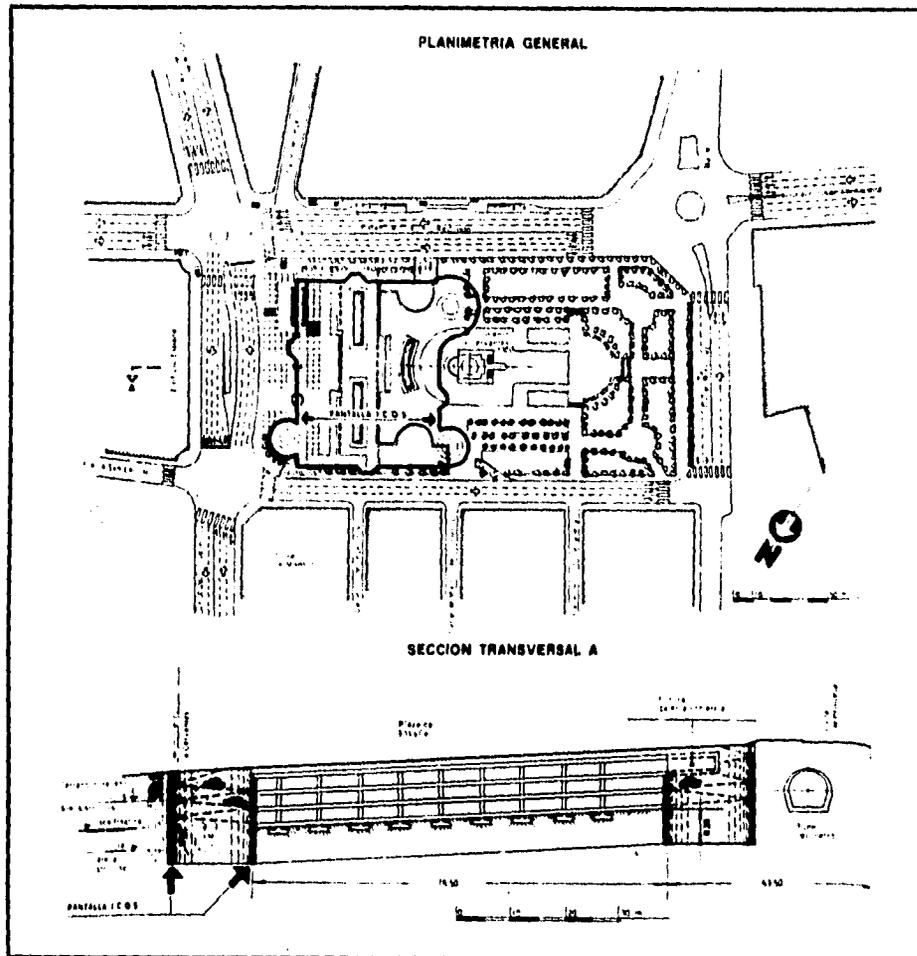


Figura 1.1.7 Estacionamiento subterráneo en la Plaza España, Madrid, con capacidad para 878 cajones. a) Corte transversal, b) vista aérea.

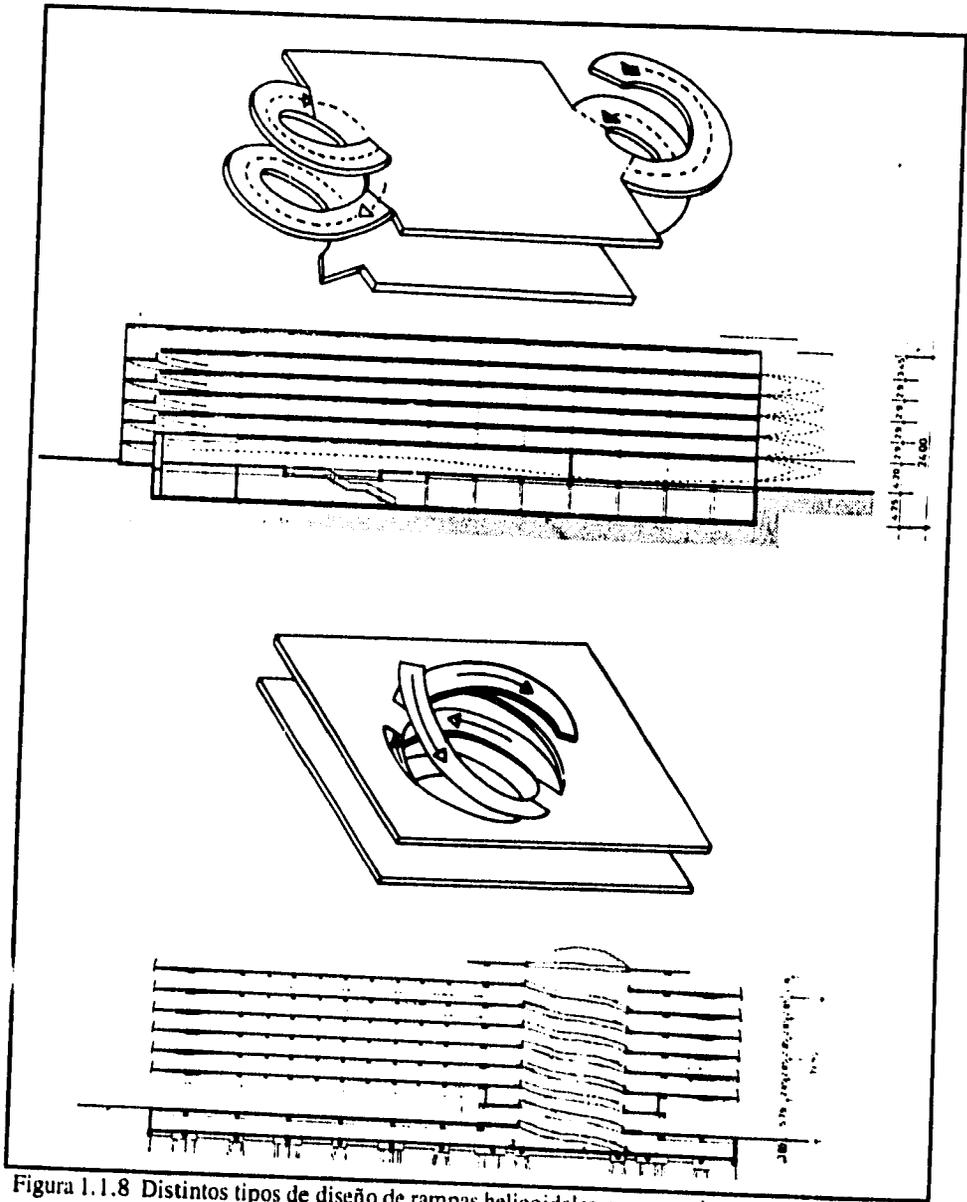


Figura 1.1.8 Distintos tipos de diseño de rampas helicoidales para estacionamientos.

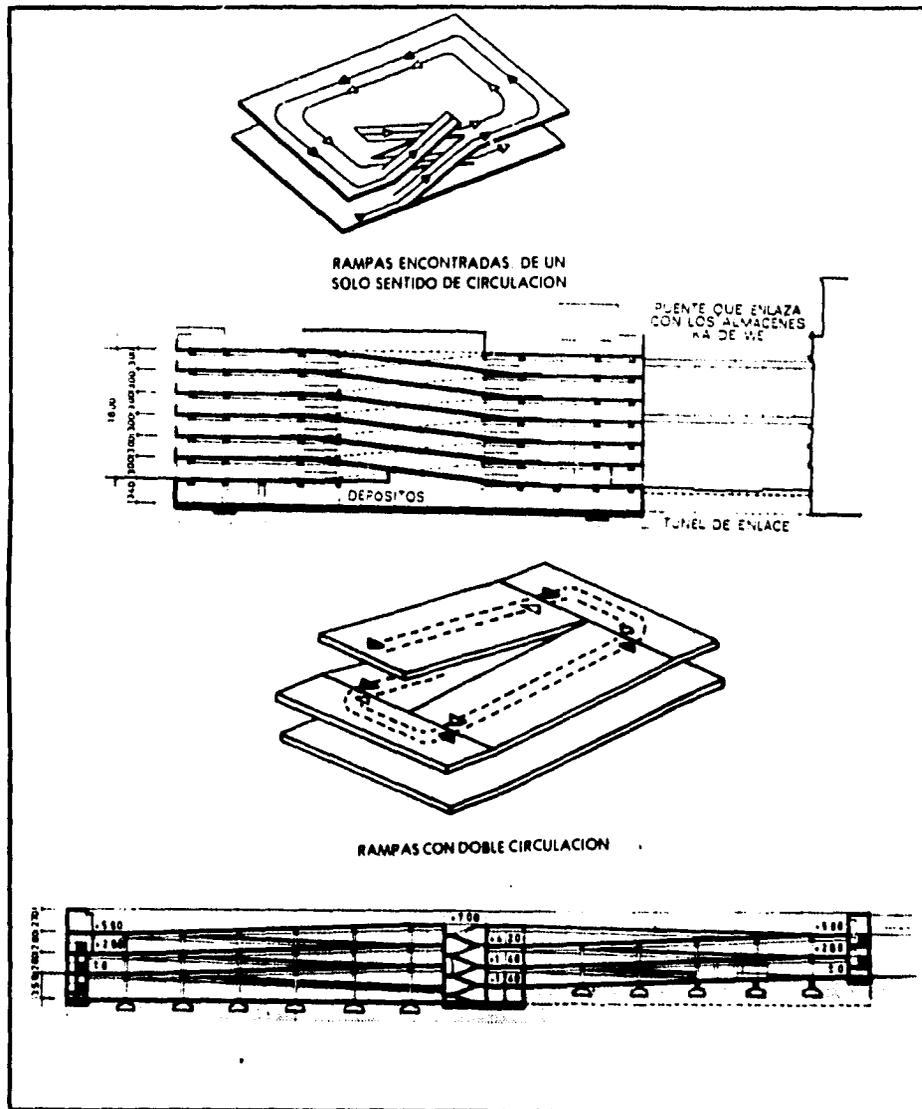


Figura 1.1.9 Diseño de rampas rectas para estacionamientos.

1.1.2 REGLAMENTO DE ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS DEL DISTRITO FEDERAL.

El Departamento del Distrito Federal a través del Reglamento de Estacionamientos Públicos del Distrito Federal aprobado el 14 de enero de 1991 por la Primera Asamblea de Representantes del Distrito Federal en su capítulo 1, artículo 3, señala los diferentes tipos de estacionamientos que existen en México desde un punto de vista legislativo. A continuación se reproducen el artículo antes mencionado:

"Artículo 3.- Los estacionamientos son de dos tipos:

I.- Privados.- Como tales se entienden las áreas destinadas a este fin en todo tipo de unidades habitacionales, así como las dedicadas a cubrir las necesidades propias y las que se generen con motivo de las actividades de instituciones o empresas, siempre que el servicio otorgado sea gratuito.

Estos estacionamientos no estarán sujetos a este ordenamiento.

II.- Públicos.- Se consideran de este tipo, los locales destinados en forma principal a la prestación al público del servicio de recepción, guarda, protección y devolución de vehículos, a cambio del pago de la tarifa autorizada.

Los estacionamientos públicos se clasifican:

A.- Atendiendo a sus instalaciones, en:

a).- Estacionamientos de superficie, considerando por tales aquellos que cuentan con una sola planta para la prestación del servicio;

ESTACIONAMIENTOS

- b).- **Estacionamientos de armadura metálica desmontable**, independientemente de que sobre dicha estructura se coloque o no un techado, y
- c).- **Estacionamientos definitivos de edificio**, aquél que tenga más de un nivel para la prestación del servicio y que cuente con un mínimo del 50 % de su capacidad bajo cubierto.

B.- Atendiendo al tipo de servicio, en:

- a).- **De autoservicio, y**
- b).- **De acomodadores."**

1.1.3 EL PUNTO DE VISTA ARQUITECTÓNICO.

La ingeniería civil y principalmente la arquitectura dividen el estudio de los estacionamientos con otro enfoque, este se da atendiendo al lugar en el cual se va a situar el estacionamiento, de este modo tenemos cuatro tipos:

- a) El estacionamiento en la zona habitacional;
- b) El estacionamiento dentro de zonas comerciales;
- c) El estacionamiento en la zona urbana y,
- c) El estacionamiento en el entorno rural.

Estos tipos de estacionamientos tienen algunas consideraciones para su construcción dependiendo de la zona y de las cuales se da a continuación una breve introducción.

El estacionamiento en las zonas habitacionales. Este tipo, dependiendo principalmente del diseño de la zona habitacional, se va a realizar el diseño del estacionamiento, y este va desde excluirlo totalmente de la zona habitacional hasta la inclusión de espacios en cada vivienda. A continuación algunos de estos tipos:

i) **Estacionamiento perimetral.** Este es uno de los extremos de los tipos, en donde se opta por impedir totalmente el paso de los vehículos dentro de la zona (Fig. 1.1.1.0a), liberando de ruidos y contaminación a las casas y garantizando la seguridad a la población infantil. En desventaja los automovilistas tienen que caminar medias y grandes distancias entre la casa y el auto, además de permanecer con inquietud por la seguridad de su coche.

ii) **Estacionamiento cul-de-sac.** Para este caso, se introducen vías (cerradas) en la zona, como se muestra en la Fig. 1.1.1.0b, a fin de reducir la distancia de caminar de los conductores entre la casa y el coche y, evitar que tránsito ajeno al local ingrese a la zona. Este tipo ofrece una mayor seguridad a costa de reducción de espacio libre público.

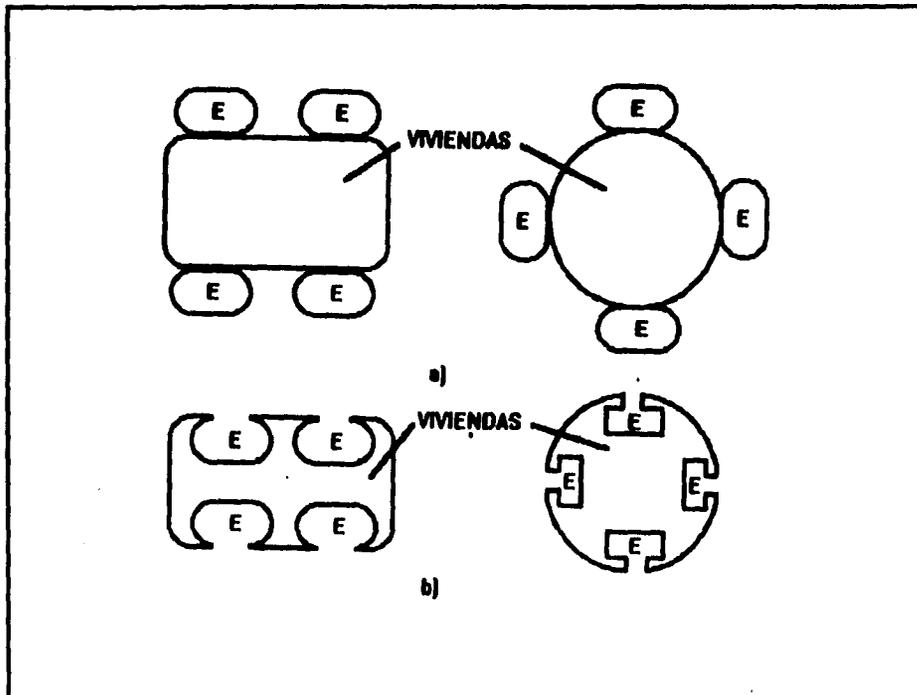


Figura 1.1.10 Estacionamiento en zona habitacional: a) Tipo Perimetral; b) Tipo cul-de-sac.

ESTACIONAMIENTOS

Los anteriores tipos de estacionamiento son muy aceptables para zonas habitacionales de condominios. Existen otros dos tipos para zonas habitacionales, pero son para casas independientes, en las cuales se considera al estacionamiento dentro de los límites del terreno de la casa. Estos son el tipo rondas y el de vías de tránsito, ver fig. 1.1.1, ambos permiten el tránsito de automóviles a través de la zona habitacional.

El estacionamiento en las zonas urbanas. Aquí se hacen consideraciones fuera del alcance de los estacionamientos en las zonas residenciales y comerciales, aún cuando estas se consideran parte urbana, ya que estos se han dado a partir de los años 60. Esto es debido al desarrollo que habían sufrido las ciudades hasta antes de la mitad de este siglo, contando ya, para ese entonces, con una gran infraestructura habitacional y comercial muy grande. Los tipos de estacionamiento que se consideran en esta sección son prácticamente los mismos del punto de estacionamientos en la calle y fuera de ella, a diferencia de que, desde este punto de vista, sería; estacionamiento viario y edificio de estacionamiento. Aquí no se consideran los lotes de estacionamiento, por ser parte fundamental de los estacionamientos en zonas comerciales.

Estacionamientos y zona comercial. El concepto de centro comercial comenzó a manejarse a finales de los años 70, con la aparición de los primeros inmuebles de este tipo en las grandes ciudades del mundo, los cuales tuvieron un desarrollo importante en la década de los años ochenta y en estos primeros años de los 90 se ha fortalecido la idea de crear grandes centros comerciales de consumo. Antes de su gestación, los comercios comenzaron a darse cuenta que no solamente un buen precio y una buena calidad eran necesarios para tener buenas ventas, requerían de cuidar el entorno de sus negocios para seguir mejorando. El estacionamiento comercial se dio primeramente en la acera frente a la tienda, este aún se sigue dando en los centros de las ciudades, posteriormente los nuevos comercios fueron diseñándose con espacio de estacionamiento, los cuales contemplaban un espacio colindante al negocio, así hasta llegar a los actuales centros de comercio con grandes espacios para el estacionamiento. Actualmente se tienen dos tipos de estacionamiento en las zonas comerciales; uno sobre el nivel de la calle o de lote y el de edificio construido en sus diversas modalidades, ambos se han señalado

anteriormente. La tendencia actual es la de concebir los estacionamientos integrados al centro comercial en edificio por el costo del suelo que es muy elevado, impidiendo tener grandes lotes de estacionamiento.

Estacionamiento en el entorno rural. Los coches parecen ser artefactos de las ciudades, provocando un sentimiento de extrañeza en el ambiente rural, recordando aspectos antipáticos de la vida urbana. La introducción del automóvil al medio rural inserta también la contaminación, el ruido y los riesgos de accidentes, además de reducir el aspecto visual y los mas preciosos valores del entorno rural. Para el diseño de los estacionamientos en el entorno rural es necesario la participación de dos sectores importantes de la comunidad rural: aquellos que son poseedores de los automóviles y aquellos que no lo son pero resienten la presencia de estos artefactos.

1.1.4 LOS CAJONES DE ESTACIONAMIENTO

Una pequeña clasificación adicional en tomo a los estacionamientos es la que se da a los cajones de estos. La posición de como se presentan los cajones en un estacionamiento es de dos tipos: En cordón y en batería, y se pueden presentar en cualquier tipo de estacionamiento, ya sea en la calle o fuera de ella, en lotes o edificios, públicos o privados, etc.

Estacionamiento en cordón. Estos se dan principalmente en la calle y son los que tienen una distribución longitudinal con respecto a la avenida ó línea de vialidad.

Estacionamiento en batería. Para este caso la distribución de los cajones de estacionamiento se da perpendicularmente con respecto a la calle ó línea de vialidad. Este caso puede albergar, por variación, otro tipo, que es el oblicuo, debido a que los cajones en la distribución en batería pueden tener un ángulo de inclinación, el cual puede ser: 30°, 45°, 60° y 90°.

ESTACIONAMIENTOS

1.2 LOS ESTACIONAMIENTOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

Al igual que otras grandes ciudades del mundo, la Ciudad de México ha tenido que enfrentar los grandes problemas que trae consigo el alto crecimiento de la población urbana. Los gobiernos de las ciudades han emprendido diversas medidas con el fin de satisfacer las necesidades básicas de la población concentrada como: agua, drenaje, electricidad, salud, abasto alimenticio y vivienda, así como otras para elevar su nivel de vida de los pobladores: teléfono, correo, seguridad, espacios de recreación, control de la contaminación, vialidad, etc.

En el caso de nuestra ciudad, al parecer, todo ello ha sido fácilmente sobrepasado por el alto crecimiento urbano que se ha registrado en los últimos años, el cual se ha visto incrementado aproximadamente en un 735 % del año de 1940 a 1990 (ver tabla 1.2.1), aún los proyectos que se encuentran en estudio parecen ser ya insuficientes, lo cual obliga a una distinta proyección de como satisfacer las necesidades de los ciudadanos.

TABLA 1.1 - POBLACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO
1900-1990

Año	Población	Año	Población
1900	344 721	1950	3 137 599
1910	471 066	1960	5 251 755
1921	615 367	1970	8 799 937
1930	1 029 068	1980	13 354 271
1940	1 802 679	1990	15 047 685
		1994	15 649 592*

* Estimación realizada.

La ciudad de París mantuvo durante muchos años la idea de no permitir la construcción de estacionamientos en el centro de la ciudad para no motivar el ingreso de una mayor cantidad de vehículos en la zona. El resultado que se obtuvo de dicha política fue que las calles del centro se llenaron completamente de vehículos como en ninguna otra ciudad de su tamaño en el mundo. El estacionamiento ilegal en aceras y camellones impero durante muchos años, de nada sirvieron, ni las enérgicas campañas para sancionar a los infractores, ni el retiro de los vehículos. Fue hasta mediados de los años sesenta que el gobierno de la ciudad levanto las restricciones para la construcción de los inmuebles e incluso, también comenzó a participar en la construcción de los edificios de estacionamiento.

Como se menciona en la primera parte de este capítulo los estacionamientos son un factor determinante en el problema de la vialidad, el cual es uno de los mayores problemas que enfrenta la ciudad hoy en día. Es por eso que una correcta política para con los estacionamientos puede ayudar en mucho a resolver el problema de la vialidad y por ende el de la contaminación. Cabe señalar que, también existen otros caminos para ayudar a solucionar el problema vial, como lo son: la descentralización de las grandes zonas urbanas, la ampliación de las avenidas existentes, el diseño de nuevas arterias viales, la construcción de nuevas líneas de transporte colectivo, el fomento al desuso del automóvil y otras más, las cuales quedan al margen del presente estudio.

1.2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

Hacia principios de siglo la Ciudad de México ya era grande y estrechosa, la población llegaba ya a los 350,000 habitantes (ver tabla 1.1) y se contaba con 304 calles, 140 callejones, 12 puentes y 64 plazas. Eran los inicios de la motorización, con unos pocos vehículos que pronto se convirtieron en el terror de los peatones.

A partir de los años 20 en la Ciudad de México era cada vez más común el encontrarse con los automóviles circulando sobre las avenidas, aún cuando estas no habían sido diseñadas para este tipo de vehículos. Desde esos tiempos se comenzó a ver un incremento de el parque

ESTACIONAMIENTOS

vehicular, lo que provocó que las calles se fueran saturando de automóviles estacionados en las aceras, en la tabla 1.2 se muestra una relación vehículos/habitante que hubo en la Ciudad de México desde 1940. En ese entonces no existía el problema de la vialidad, ni en una mínima parte como se conoce actualmente, pero sí se tenía la necesidad de dejar los automóviles en algún lugar durante el día y en ocasiones durante la noche, ya que la mayoría de las calles se encontraban llenas. A raíz de la industrialización del país, entre los años 30 y 50, se da la expansión de la Ciudad de México, cuya población rebasaba sus delegaciones penetrándose en los municipios limítrofes del Estado de México, convirtiéndose en el soporte geográfico de la actividad económica, política y social de la nación.

TABLA 1.2 - HABITANTES POR VEHÍCULO EN LA CIUDAD DE MÉXICO
1940-1990

Año	Habitantes	Vehículos	Habitantes/Vehículo
1940	1 802 679	48 134	37.4
1950	3 137 599	74 327	42.2
1960	5 251 755	248 048	21.2
1970	8 799 937	717 672	12.3
1980	13 354 271	2 054 338	6.5
1990	15 047 685	2 274 614	6.6

La legislación mexicana hasta los años 40 no había contemplado la existencia o creación de los estacionamientos públicos, comenzando a surgir estos, a mediados de los años 30, al margen de la ley. No fue sino hasta el año de 1940 cuando el gobierno de la ciudad permitió que se estableciera el primer estacionamiento público en la Ciudad de México, el cual fue facultado en un predio situado el número 4 de la calle de San Juan de Letrán (actualmente Eje Central Lázaro Cárdenas). La respuesta a la apertura de este local fue tan buena por parte de los automovilistas que al poco tiempo terminó por ser insuficiente por la gran demanda que existía. Al paso de los años comenzaron a establecerse otros locales de estacionamiento, en el año de 1942 tuvo su apertura el segundo, el cual se ubicaba en la calle de Balderas número 47. Dos años más tarde se pondría en servicio el sótano del predio número 28 de la calle de José María Marroquf, ese mismo año también se abrieron al público los lotes de República de Cuba 68 y de Donceles número 42.

A pesar de que en esos años la ciudad tenía pocos vehículos, unos 60,000 y se había emprendido la puesta en operación de los estacionamientos de lote, el congestionamiento en el centro continuaba ahogándola, por la falta de buena vialidad y a la creciente demanda de lugares de estacionamiento. Los anteriores fueron los principales factores por lo cual se permitió la construcción de un edificio de estacionamiento, siguiendo el esquema que se proyectaba en las principales ciudades de Europa y Estados Unidos, teniéndose para el año de 1948 el primer inmueble de estacionamiento de varios niveles el cual se situó en la calle de Gante número 12, posteriormente se construyeron los inmuebles de Balderas 33 y el de Humboldt número 34. Al igual que otras grandes urbes del mundo, todos estos primeros estacionamientos tuvieron su florecimiento en el centro de la ciudad.

En el Distrito Federal se promulgó un decreto en el año de 1949 que resolvía que "cada nuevo edificio que se construyera en el primer cuadro de la ciudad con más de cinco pisos debería proporcionar estacionamiento en relación con la superficie rentable adicional a los primeros cinco pisos en edificios de comercios, despachos y departamentos".

ESTACIONAMIENTOS

En el año de 1953, en la Ley sobre Estacionamientos de Vehículos en Edificios y Construcciones Destinadas a Centros de Reunión se declaró de interés público el establecimiento de locales para estacionamiento y confirmándose que era obligatoria la construcción de estacionamientos en los edificios de más de cinco pisos, pero se estableció que podría salvarse dicha obligación con un impuesto "substitutivo", que consistía en "la sustitución de locales comerciales o construcciones destinados a estacionamientos en casas y edificios, edificaciones especiales", Reglamento de Estacionamientos para Vehículos en el Distrito Federal en su artículo 39.

Para 1960 cuando la Ciudad de México registraba 248,000 vehículos de motor (Tabla 1.2), el Departamento del Distrito Federal inició el control de los estacionamientos contando con un total de 15,456 cajones distribuidos en 233 estacionamientos de servicio público en las diferentes categorías, principalmente lotes, teniendo casi un cajón por cada 16 vehículos (ver tabla 1.3). Esta cantidad de estacionamientos casi se incrementa en un 100 % alcanzando un número de 376 estacionamientos de carácter público en los cuales se albergaban 29,570 lugares de estacionamiento, sin embargo el incremento de la demanda de espacios de estacionamiento era mucho mayor a lo ofrecido, En 1970 se registraban ya 717,672 vehículos (Tabla 1.2), casi un aumento del 200 % respecto al decenio pasado, muy superior al casi 100 % del crecimiento de espacios de estacionamiento

La construcción de estacionamientos en edificios en México se había realizado con ciertas deficiencias, aun cuando el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal del 9 de febrero de 1966, dictaba ciertas normas básicas de proyecto para estacionamientos. El 9 de marzo de 1973 se promulgo una nueva Ley sobre Estacionamientos de Vehículos en el Distrito Federal, debido a el recrudecimiento del problema, la cual exigía que a cada nueva edificación que se fuera a construir, contemplara el estacionamiento que la misma fuese a requerir. Al mismo tiempo, el Departamento del Distrito Federal estableció una tabla de requisitos de espacios de estacionamiento para diferentes tipos de edificaciones en función del uso de suelo.

ESTACIONAMIENTOS

TABLA 1.3 - VEHÍCULOS POR CAJÓN DE ESTACIONAMIENTO EN LA
CIUDAD DE MÉXICO 1940-1990

Año	Estacionamientos	cajones	Vehículos	Vehículo/Cajón
1960	233	15 456	248 048	16
1970	376	29 570	717 672	24
1980	n/d	n/d	2 054 338	n/d
1990	727	111 628	2 274 614	20

El Departamento del Distrito Federal, para complementar las distintas acciones emprendidas, inicio la construcción de varios edificios de estacionamiento de propiedad de la ciudad: uno de ellos se ubica en Dr. Lavista y Dr. Hernandez constando de dos niveles y azotea, otro fue el primer estacionamiento subterráneo que se construyo en la ciudad, el cual cuenta con dos niveles y se encuentra debajo del monumento a la madre en el parque de las calles de Sullivan e Insurgentes, uno mas, también subterráneo es el que esta ubicada debajo del deportivo Guelatao, a un costado del mercado de la Lagunilla. Los Tres inmuebles fueron puestos en operación en 1975 y cuentan con una capacidad de 1,436 cajones de estacionamiento. Casi en forma paralela la entonces Secretaria de Obras Publicas construyo lo que vino a ser el mayor edificio de estacionamiento de la Ciudad de México hasta la fecha, con una capacidad para 2000 vehículos distribuidos en seis niveles con rampas. En el año de 1977 el Departamento del Distrito Federal crea un organismo descentralizado bajo el nombre de "Servicios Metropolitanos, S.A. de C.V.", con el fin de construir estacionamientos de servicio publico buscando un equilibrio entre la oferta y la demanda de espacios de estacionamiento.

ESTACIONAMIENTOS

Debido a los constantes cambios que ha ido sufriendo la ciudad, se ha tenido la necesidad de ir modificando las leyes y estatutos que nos rigen. El 1º de julio de 1980 se publica en el Diario Oficial el Reglamento de Estacionamientos de Vehículos del Distrito Federal, derogando a la entonces Ley sobre Estacionamientos de Vehículos en el Distrito Federal del 9 de marzo de 1973. Sin embargo la tabla de requisitos permaneció, habiendo sido reformada y ampliada, apareciendo como Normas para Estacionamientos de Vehículos en el Volumen 2 de la publicación Sistema de Normas de Planificación Urbana para el Distrito Federal de 1982. El Reglamento de Estacionamientos de Vehículos en el Distrito Federal de 1980 quedó abrogado en junio de 1991 al publicarse el actual Reglamento de Estacionamientos Públicos del Distrito Federal, expedido por la 1ª Asamblea de Representantes del Distrito Federal. Ese mismo año el Diario Oficial publicó el día 9 de septiembre un Manual de Operación para Estacionamientos de Servicio Público como complemento al reglamento.

1.2.2 PADRÓN DE ESTACIONAMIENTOS.

Desde los sismos de 1985, fecha en que muchos de los inmuebles que funcionaban con estacionamientos fueron severamente afectados, no se ha podido emprender una buena política para el fomento de los estacionamientos. Fue en ese entonces cuando el gobierno de la ciudad emprendió un auténtico levantamiento del padrón de los inmuebles en el Distrito Federal arrojando sus primeros resultados hacia el año de 1988. Como se muestra en la tabla A.1 del anexo A, en este último año se podía observar la gran concentración de predios de estacionamiento que existía, y que aun persiste en la delegación Cuauhtémoc, albergando un total de 459 estacionamientos de servicio público con una capacidad de 55,286 espacios para automóviles. En el anexo A, se muestran las tablas de los padrones de estacionamiento correspondientes a los años 1988, 1989, 1990, 1991 y 1992.

1.2.3 ORGANISMOS Y COMISIONES.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL (DDF). El Departamento del Distrito Federal, a través de sus delegaciones políticas, regula el funcionamiento de los estacionamientos públicos; desde su apertura, inspección, sanciones y clausura, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de Estacionamientos Públicos del Distrito Federal.

Con el fin de ampliar las posibilidades de satisfacer la demanda de estacionamientos, el Departamento del Distrito Federal y los Organismos Públicos Descentralizados de su área (Sistema de Transporte Colectivo -metro-, Servicios de Transporte Eléctricos del Distrito Federal e Industrial de Abastos) participaron en la creación de Servicios Metropolitanos, S.A. de C.V. .

SERVICIOS METROPOLITANOS, S.A. DE C.V. Entre las facultades que ejerce Servimet se encuentran las siguientes:

- Proporcionar dictamen a particulares sobre la apertura de estacionamientos públicos, así como las normas para la construcción de estos.
- Asesorar a los interesados sobre los trámites administrativos ante las diferentes autoridades y la gestión gratuita de las licencias necesarias para la construcción de nuevos estacionamientos.
- Capacitación a los operadores de estacionamientos impartiendo instrucción sobre materias como: Relaciones Humanas, Extinción de Incendios, Primeros Auxilios, Mecánica, Manejo Administrativo, entre otras. Esta enseñanza se proporciona mediante el pago de una cuota de recuperación.

La empresa Servimet se coordina con otros organismos, tales como la Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría General de Protección y Vialidad, Comisión de Vialidad y Transporte

ESTACIONAMIENTOS

Urbano, Comisión Mixta Consultiva Del Transporte y otras, para resolver el problema grave de la demanda de espacios para el estacionamiento de vehículos; busca lograr un equilibrio de todos los factores que se ven entrelazados en el problema del estacionamiento, organizando la administración y distribución de los mismos.

SECRETARIA GENERAL DE PROTECCIÓN Y VIALIDAD. Le corresponde de cuidar de la observancia de las disposiciones legales y reglamentarias de policía del Distrito Federal, así como hacer cumplir las leyes y reglamentos referentes al tránsito de vehículos y peatones en la vía pública y estacionamientos para vehículos de toda clase. Dicha dependencia se encargara de la vigilancia, retiro de vehículos, imposición de sanciones y fijación de señalizaciones que indique el medio y la forma de pago para el uso de estacionamientos en la vía pública.

COMISIÓN MIXTA CONSULTIVA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO FEDERAL. El papel que desempeña la comisión es de suma importancia, debido a que su objetivo es la de coordinar la adopción de medidas administrativas y operacionales dirigidas a resolver los problemas de transporte, tránsito y vialidad en el Distrito Federal y en la zona conurbada del Estado de México mediante las siguientes funciones:

- Establecer criterios generales en materia de transporte, vialidad y tránsito.
- Elaborar propuestas tendientes a lograr la integración y coordinación de las diversas dependencias que conforman la Comisión para la solución de los problemas de transporte, tránsito y vialidad.
- Coordinar los estudios técnicos que se realicen conjuntamente con las áreas interesadas para la adopción de medidas dirigidas a solucionar los problemas de transporte, tránsito y vialidad.
- Coordinar los estudios técnicos para el establecimiento de tarifas.

ESTACIONAMIENTOS

- Consultar y estudiar la opinión pública respecto a los problemas de transporte, tránsito y vialidad.

- Lo demás que se requiera para el cumplimiento de las anteriores.

La Comisión puede invitar a las organizaciones que agrupen a los prestadores de servicios concesionados de transporte público en el Distrito Federal, a Secretarías de Estado, Organismos públicos descentralizados, empresas de participación estatal, coaliciones y uniones de transportistas, concesionarios de estacionamientos públicos en el Distrito Federal y otros; a formular planteamientos y medidas para solucionar la problemática específica del servicio público de transporte.

Con el fin de establecer los mecanismos que permitan el desarrollo de las atribuciones y funciones señaladas anteriormente, la Comisión alberga a 10 subcomisiones que serán las responsables de la atención específica de los asuntos a cargo de la Comisión. A continuación se mencionaran solo aquellas que intervengan directamente con la administración y funcionamiento de los estacionamientos:

- Subcomisión de estacionamientos.- Coordina a las diferentes autoridades, organismos estatales, operadores de estacionamientos y en general todos los elementos que participan en la prestación de este servicio, con el propósito de realizar los análisis necesarios para saber cual es la situación prevaleciente en el momento y, posteriormente tomar las medidas parciales que sean necesarias para la satisfacción de la demanda de espacios de estacionamiento.

- Subcomisión de tarifas.- Coordina los estudios que fundamenten las tarifas para los diferentes medios de transporte y para los cobros de la prestación del servicio de estacionamiento.

ESTACIONAMIENTOS

1.3.- ANÁLISIS DEL TRÁFICO EN LOS ESTACIONAMIENTOS

El estacionamiento es una área que debe existir primordialmente en toda población. Cualquier usuario que se dirige al centro de la ciudad, a un centro comercial, a una plaza cívica, a un aeropuerto, etc., necesita forzosamente de un lugar donde dejar su automóvil. El problema para encontrar estacionamiento disponible se agudiza en los lugares mencionados y son mayores con el crecimiento de las ciudades.

La naturaleza del problema del estacionamiento lo constituye fundamentalmente los vehículos, las terminales y el sistema de arterias viales. Por tal motivo debe existir un balance entre el proyecto y la construcción de calles y terminales con los requerimientos y necesidades de flujo vehicular. Por esto, cabe preguntarse que será más conveniente, si darle agilidad al flujo vehicular o proporcionar áreas disponibles para el estacionamiento de vehículos.

Resulta obvio enfatizar que la mayor demanda y deficiencia de estacionamientos siempre corresponde al centro de cualquier ciudad. Esto es debido a que en él se encuentran los principales y mas altos edificios, el valor del uso de la tierra es mayor, y por lo tanto pocos estacionamientos fuera de la calle han sido construidos.

Sin embargo, se ha detectado que aunque algunas cuadras presentan deficiencias de espacios, otras adyacentes a ellas tienen capacidad para estacionamientos y aun presentan poco uso por los conductores. De aquí resulta la pregunta del por qué de esta situación. Estadísticas a este respecto indican que los usuarios quisieran dejar estacionado su vehículo en el mismo punto de su destino, sin embargo, conforme al crecimiento de la ciudad, estos aceptan mayores distancias para caminar a su lugar de destino. Un modo de intentar satisfacer las demandas en el centro de las ciudades, es el de establecer estacionamientos que sirvan a usuarios cuyo periodo de aparcamiento es corto, y si existe espacio suficiente, establecer estacionamientos de larga duración lo más cerca posible del centro.

Los estudios de tiempos de recorrido y demoras son muy útiles para determinar el lapso que toma llegar de un punto de origen, a otro de destino, sobre un tramo de camino o una ruta predeterminada. Estos varían de acuerdo a ciertos factores como son : velocidad del automóvil, habilidad del conductor, etc., estos estudios son indicadores del nivel de servicio en los estacionamientos. Existen algunos elementos que justifican dichos estudios, estos son :

1. Para definir la congestión de una vía o área determinada, sus causas y ubicación de ellas. Estos estudios permiten también especificar la justificación de la realización de otros estudios, relacionados con altos volúmenes de tránsito, accidentes, desobediencia por parte de los conductores y peatones de las regulaciones de control.
2. Análisis de la eficiencia, índices de congestionamiento o índices cualitativos de las vías de acceso, son determinados mediante un estudio de tiempos de recorrido y sirven para comparar diferentes vías y determinar las causas y deficiencias de algunas de ellas.
3. Asignación del tránsito. En este renglón, los estudios de tiempos de recorrido, son factores útiles, en la determinación de los flujos que deberán circular por una red o rutas alternas.
4. Estudios económicos. Es obvia la intervención de los tiempos de recorrido en análisis de costo-beneficio, para evaluar el monto absorbido por los ahorros en tiempo obtenido con mejoras en los estacionamientos y en nuevas rutas.
5. Estudios de tendencias. Son realizados con los tiempos de recorrido, para determinar el nivel de servicio de los estacionamientos o de una ruta a lo largo del tiempo, con las tendencias de crecimiento de la población.

El objetivo de este tema es efectuar un análisis del tiempo que tardan los automovilistas en encontrar un cajón libre donde estacionarse en estacionamientos que se localizan en la ciudad de México, los estacionamientos fueron escogidos aleatoriamente, así como el día y la hora para efectuar la toma de tiempos.

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Avenida San Antonio (Eje 5) y Periférico (Gigante Mixcoac).

2.- Horario : 13:30 - 15:30 hrs. Fecha : Septiembre 17 de 1994

3.- Número de cajones : 200

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

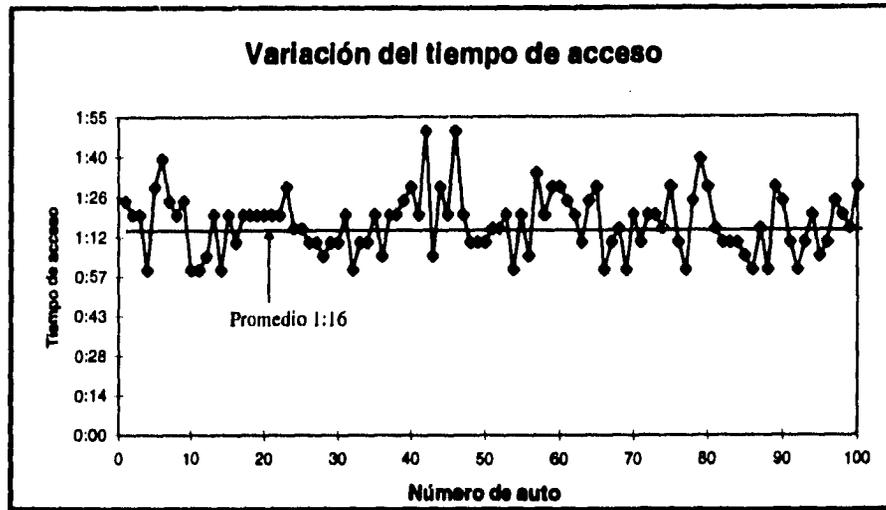
Núm	Tiempo								
1	1:25	21	1:20	41	1:20	61	1:25	81	1:15
2	1:20	22	1:20	42	1:50	62	1:20	82	1:10
3	1:20	23	1:30	43	1:05	63	1:10	83	1:10
4	1:00	24	1:15	44	1:30	64	1:25	84	1:10
5	1:30	25	1:15	45	1:20	65	1:30	85	1:05
6	1:40	26	1:10	46	1:50	66	1:00	86	1:00
7	1:25	27	1:10	47	1:20	67	1:10	87	1:15
8	1:20	28	1:05	48	1:10	68	1:15	88	1:00
9	1:25	29	1:10	49	1:10	69	1:00	89	1:30
10	1:00	30	1:10	50	1:10	70	1:20	90	1:25
11	1:00	31	1:20	51	1:15	71	1:10	91	1:10
12	1:05	32	1:00	52	1:15	72	1:20	92	1:00
13	1:20	33	1:10	53	1:20	73	1:20	93	1:10
14	1:00	34	1:10	54	1:00	74	1:15	94	1:20
15	1:20	35	1:20	55	1:20	75	1:30	95	1:05
16	1:10	36	1:05	56	1:05	76	1:10	96	1:10
17	1:20	37	1:20	57	1:35	77	1:00	97	1:25
18	1:20	38	1:20	58	1:20	78	1:25	98	1:20
19	1:20	39	1:25	59	1:30	79	1:40	99	1:15
20	1:20	40	1:30	60	1:30	80	1:30	100	1:30

donde : Núm = Número de auto consecutivo

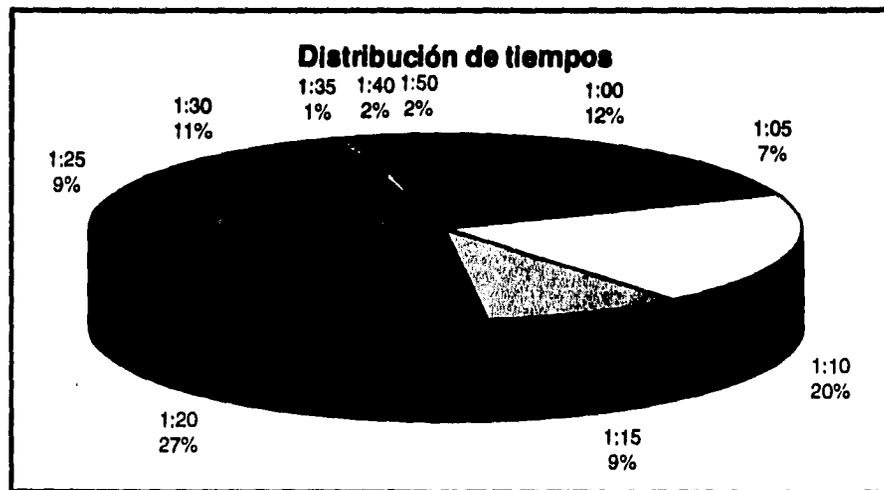
Tiempo = Tiempo que tarda el automovilista en estacionarse (en minutos)

Tiempo promedio : 1:16 (minutos). Ver figura 1.3-1.

Observaciones : El número de cajones solo equivale a la parte del estacionamiento donde se tomaron los tiempos.



(a)



(b)

Figura 1.3-1. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Liverpool Centro Comercial Santa Fe

2.- Horario : 17:00 - 19:10 hrs.

Fecha : Septiembre 17 de 1994

3.- Número de cajones : 400

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

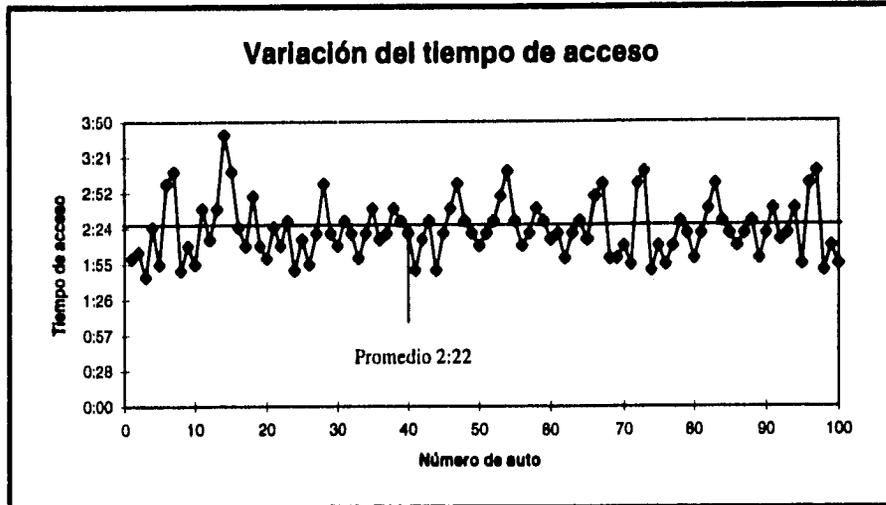
Núm	Tiempo								
1	2:00	21	2:25	41	1:50	61	2:20	81	2:20
2	2:05	22	2:10	42	2:15	62	2:00	82	2:40
3	1:45	23	2:30	43	2:30	63	2:20	83	3:00
4	2:25	24	1:50	44	1:50	64	2:30	84	2:30
5	1:55	25	2:15	45	2:20	65	2:15	85	2:20
6	3:00	26	1:55	46	2:40	66	2:50	86	2:10
7	3:10	27	2:20	47	3:00	67	3:00	87	2:20
8	1:50	28	3:00	48	2:30	68	2:00	88	2:30
9	2:10	29	2:20	49	2:20	69	2:00	89	2:00
10	1:55	30	2:10	50	2:10	70	2:10	90	2:20
11	2:40	31	2:30	51	2:20	71	1:55	91	2:40
12	2:15	32	2:20	52	2:30	72	3:00	92	2:15
13	2:40	33	2:00	53	2:50	73	3:10	93	2:20
14	3:40	34	2:20	54	3:10	74	1:50	94	2:40
15	3:10	35	2:40	55	2:30	75	2:10	95	1:55
16	2:25	36	2:15	56	2:10	76	1:55	96	3:00
17	2:10	37	2:20	57	2:20	77	2:10	97	3:10
18	2:50	38	2:40	58	2:40	78	2:30	98	1:50
19	2:10	39	2:30	59	2:30	79	2:20	99	2:10
20	2:00	40	2:20	60	2:15	80	2:00	100	1:55

donde : Núm = Número de auto consecutivo

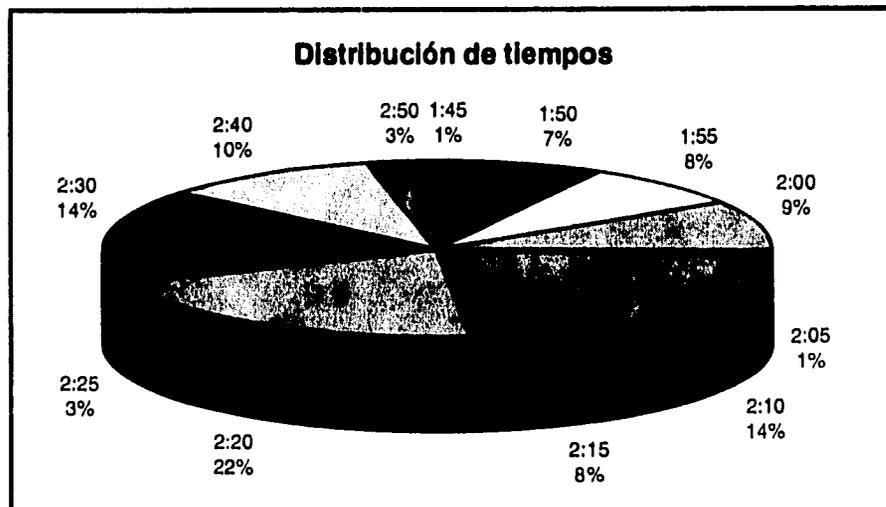
Tiempo = Tiempo que tarda el automovilista en estacionarse (en minutos)

Tiempo promedio : 2:22 (minutos). Ver figura 1.3-2.

Observaciones : El número de cajones solo equivale a la parte del estacionamiento donde se tomaron los tiempos.



(a)



(b)

Figura 1.3-2. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Gigante Valle de Aragón

2.- Horario : 13:00 - 14:30 hrs.

Fecha : Septiembre 18 de 1994

3.- Número de cajones : 350

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

Núm	Tiempo								
1	3:30	21	2:00	41	2:00	61	3:00	81	1:30
2	2:30	22	1:00	42	1:00	62	2:00	82	2:00
3	2:00	23	2:00	43	2:00	63	2:30	83	2:00
4	2:00	24	2:00	44	2:00	64	1:30	84	3:30
5	2:30	25	1:30	45	2:00	65	3:00	85	2:00
6	1:00	26	2:00	46	3:00	66	2:00	86	2:00
7	2:00	27	1:30	47	2:00	67	1:30	87	1:30
8	1:00	28	2:00	48	2:30	68	2:00	88	2:00
9	4:00	29	1:30	49	1:30	69	2:00	89	2:30
10	2:00	30	2:00	50	3:00	70	3:30	90	1:00
11	1:30	31	2:00	51	2:00	71	2:00	91	2:00
12	2:00	32	3:30	52	1:30	72	3:30	92	1:00
13	1:30	33	2:00	53	2:00	73	2:30	93	4:00
14	2:00	34	2:00	54	2:00	74	2:00	94	2:00
15	2:30	35	1:30	55	3:30	75	2:00	95	1:30
16	3:30	36	2:00	56	2:00	76	2:30	96	2:00
17	3:00	37	3:30	57	2:00	77	1:00	97	1:30
18	3:00	38	2:00	58	1:30	78	2:00	98	2:00
19	1:30	39	2:00	59	2:00	79	1:00	99	2:30
20	2:30	40	3:00	60	3:30	80	4:00	100	3:30

donde : Núm = Número de auto consecutivo

Tiempo = Tiempo que tarda el automovilista en estacionarse (en minutos)

Tiempo promedio : 2:10 (minutos). Ver figura 1.3-3.

Observaciones : El número de cajones solo corresponde a una parte del estacionamiento.

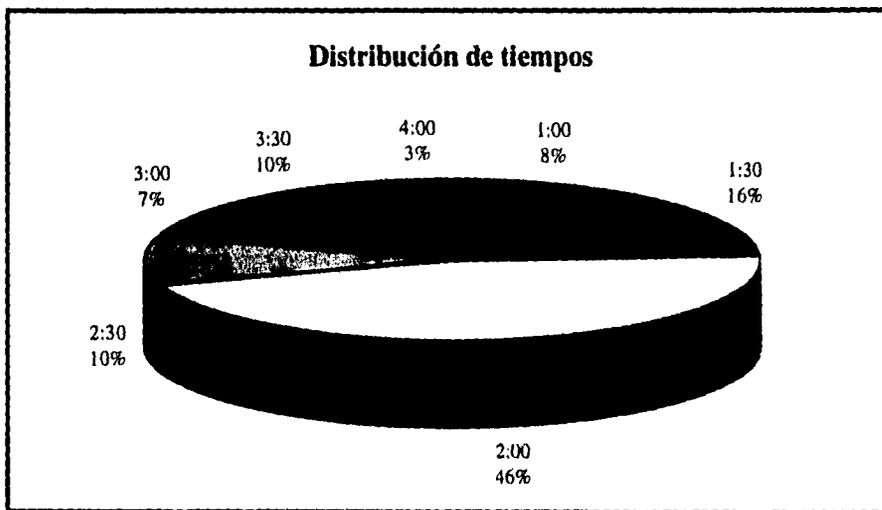
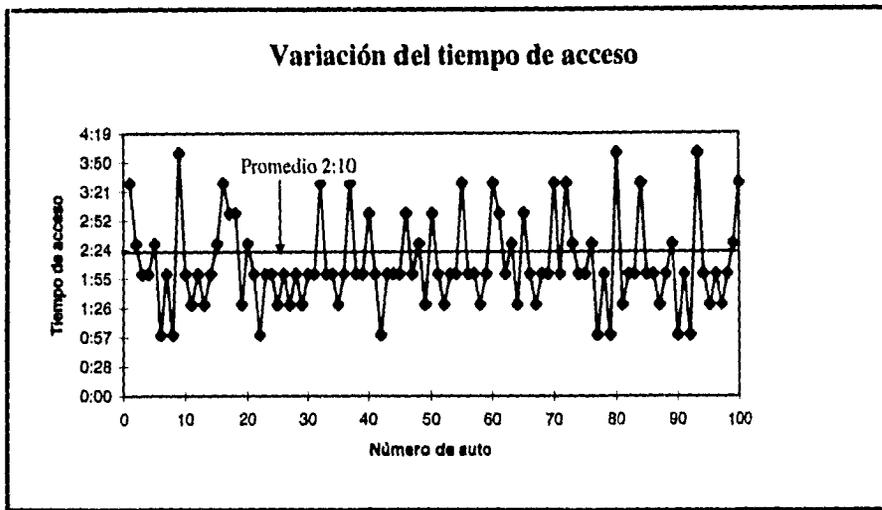


Figura 1.3-3. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Plaza Aragón

2.- Horario : 10:20 - 13:15 hrs.

Fecha : Septiembre 17 de 1994

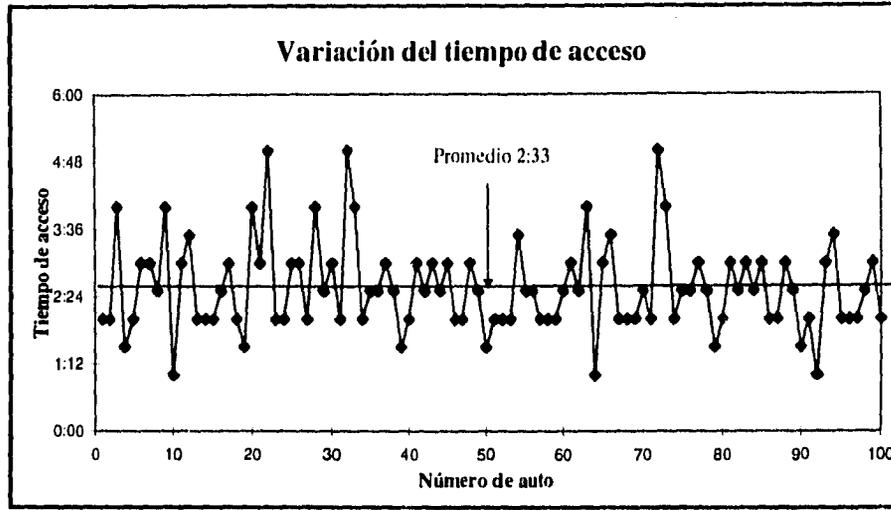
3.- Número de cajones : 300

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

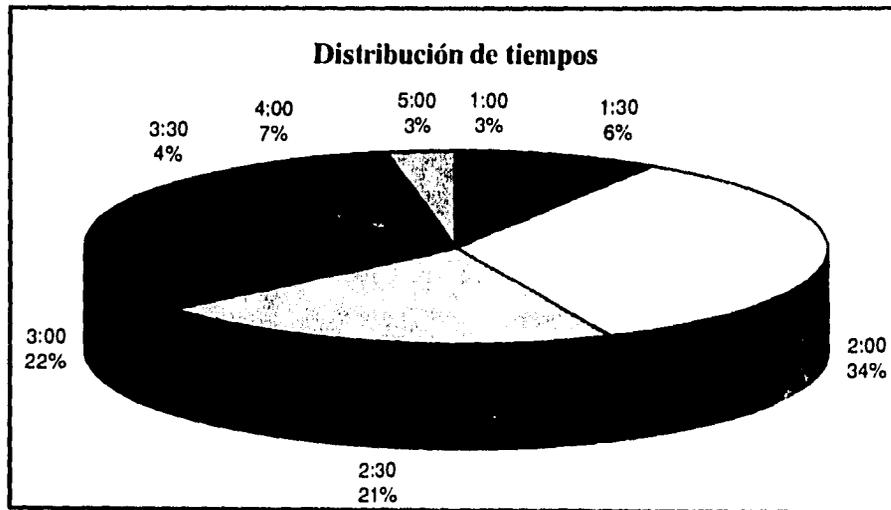
Num	Tiempo								
1	2:00	21	3:00	41	3:00	61	3:00	81	3:00
2	2:00	22	5:00	42	2:30	62	2:30	82	2:30
3	4:00	23	2:00	43	3:00	63	4:00	83	3:00
4	1:30	24	2:00	44	2:30	64	1:00	84	2:30
5	2:00	25	3:00	45	3:00	65	3:00	85	3:00
6	3:00	26	3:00	46	2:00	66	3:30	86	2:00
7	3:00	27	2:00	47	2:00	67	2:00	87	2:00
8	2:30	28	4:00	48	3:00	68	2:00	88	3:00
9	4:00	29	2:30	49	2:30	69	2:00	89	2:30
10	1:00	30	3:00	50	1:30	70	2:30	90	1:30
11	3:00	31	2:00	51	2:00	71	2:00	91	2:00
12	3:30	32	5:00	52	2:00	72	5:00	92	1:00
13	2:00	33	4:00	53	2:00	73	4:00	93	3:00
14	2:00	34	2:00	54	3:30	74	2:00	94	3:30
15	2:00	35	2:30	55	2:30	75	2:30	95	2:00
16	2:30	36	2:30	56	2:30	76	2:30	96	2:00
17	3:00	37	3:00	57	2:00	77	3:00	97	2:00
18	2:00	38	2:30	58	2:00	78	2:30	98	2:30
19	1:30	39	1:30	59	2:00	79	1:30	99	3:00
20	4:00	40	2:00	60	2:30	80	2:00	100	2:00

Tiempo promedio : 2:33 (minutos). Ver figura 1.3-4.

Observaciones : Estacionamiento con más de una entrada.



(a)



(b)

Figura 1.3-4. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Villalongin # 139 Col. Cuauhtemoc

2.- Horario : 12:00 - 14:00 hrs.

Fecha : Septiembre 26 de 1994

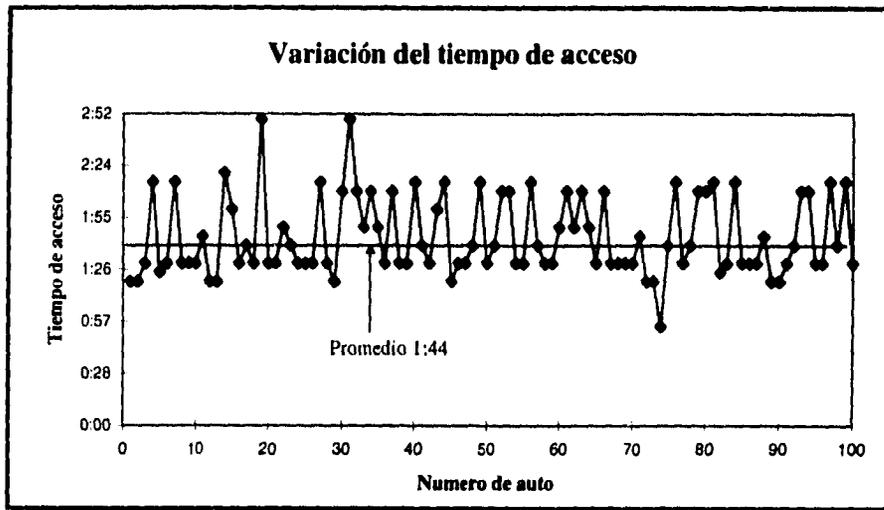
3.- Número de cajones : 1052

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

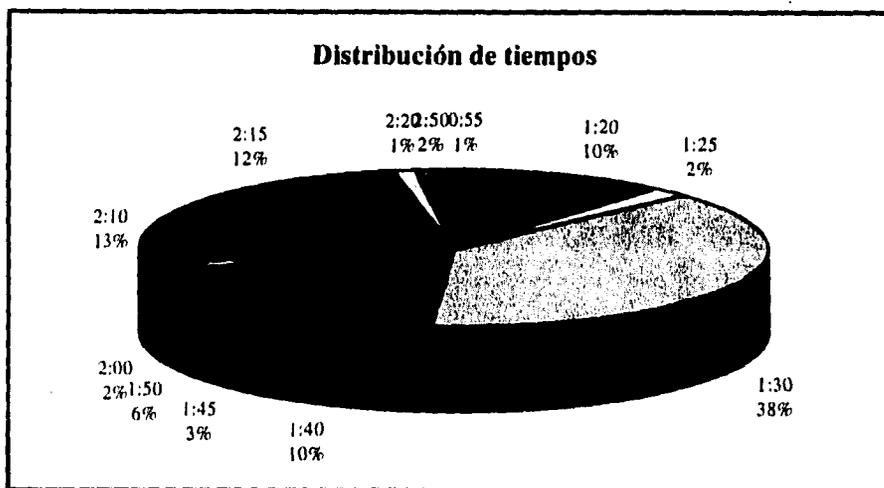
Núm	Tiempo								
1	1:20	21	1:30	41	1:40	61	2:10	81	2:15
2	1:20	22	1:50	42	1:30	62	1:50	82	1:25
3	1:30	23	1:40	43	2:00	63	2:10	83	1:30
4	2:15	24	1:30	44	2:15	64	1:50	84	2:15
5	1:25	25	1:30	45	1:20	65	1:30	85	1:30
6	1:30	26	1:30	46	1:30	66	2:10	86	1:30
7	2:15	27	2:15	47	1:30	67	1:30	87	1:30
8	1:30	28	1:30	48	1:40	68	1:30	88	1:45
9	1:30	29	1:20	49	2:15	69	1:30	89	1:20
10	1:30	30	2:10	50	1:30	70	1:30	90	1:20
11	1:45	31	2:50	51	1:40	71	1:45	91	1:30
12	1:20	32	2:10	52	2:10	72	1:20	92	1:40
13	1:20	33	1:50	53	2:10	73	1:20	93	2:10
14	2:20	34	2:10	54	1:30	74	0:55	94	2:10
15	2:00	35	1:50	55	1:30	75	1:40	95	1:30
16	1:30	36	1:30	56	2:15	76	2:15	96	1:30
17	1:40	37	2:10	57	1:40	77	1:30	97	2:15
18	1:30	38	1:30	58	1:30	78	1:40	98	1:40
19	2:50	39	1:30	59	1:30	79	2:10	99	2:15
20	1:30	40	2:15	60	1:50	80	2:10	100	1:30

Tiempo promedio : 1:44 (minutos). Ver figura 1.3-5.

Observaciones : Estacionamiento al 80 % de su capacidad.



(a)



(b)

Figura 1.3-5. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Av. Universidad # 936 - Aurrera Plaza Universidad

2.- Horario : 18:00 - 20:00 hrs. Fecha : Septiembre 17 de 1994

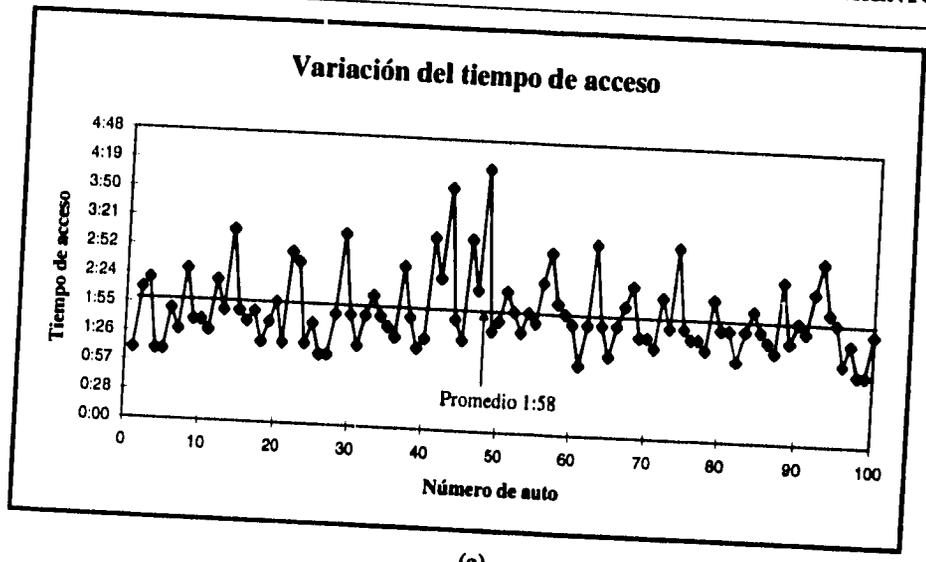
3.- Número de cajones : 275

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

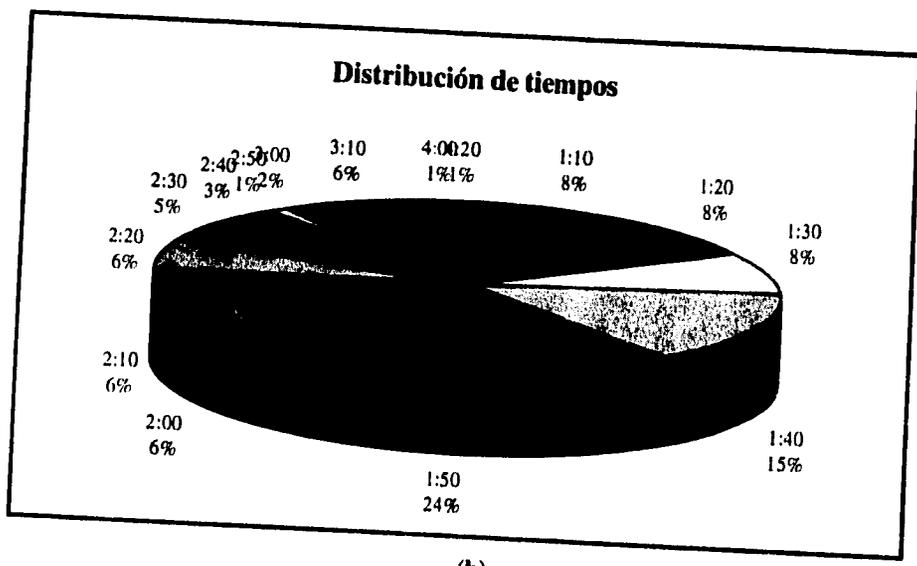
Núm	Tiempo								
1	1:10	21	1:20	41	3:10	61	1:10	81	1:50
2	2:10	22	2:50	42	2:30	62	1:50	82	1:20
3	2:20	23	2:40	43	4:00	63	3:10	83	1:50
4	1:10	24	1:20	44	1:50	64	1:50	84	2:10
5	1:10	25	1:40	45	1:30	65	1:20	85	1:50
6	1:50	26	1:10	46	3:10	66	1:50	86	1:40
7	1:30	27	1:10	47	2:20	67	2:10	87	1:30
8	2:30	28	1:50	48	4:20	68	2:30	88	2:40
9	1:40	29	3:10	49	1:40	69	1:40	89	1:40
10	1:40	30	1:50	50	1:50	70	1:40	90	2:00
11	1:30	31	1:20	51	2:20	71	1:30	91	1:50
12	2:20	32	1:50	52	2:00	72	2:20	92	2:30
13	1:50	33	2:10	53	1:40	73	1:50	93	3:00
14	3:10	34	1:50	54	2:00	74	3:10	94	2:10
15	1:50	35	1:40	55	1:50	75	1:50	95	2:00
16	1:40	36	1:30	56	2:30	76	1:40	96	1:20
17	1:50	37	2:40	57	3:00	77	1:40	97	1:40
18	1:20	38	1:50	58	2:10	78	1:30	98	1:10
19	1:40	39	1:20	59	2:00	79	2:20	99	1:10
20	2:00	40	1:30	60	1:50	80	1:50	100	1:50

Tiempo promedio : 1:58 (minutos). Ver figura 1.3-6.

Observaciones : Estacionamiento con más de una entrada.



(a)



(b)

Figura 1.3-6. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Aurrera Buena Vista

2.- Horario : 12:30 - 13:30 hrs.

Fecha : Septiembre 18 de 1994

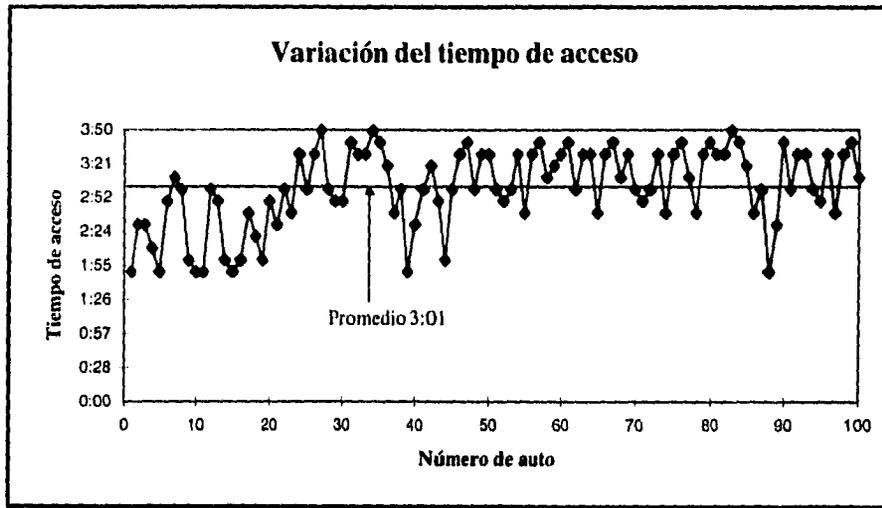
3.- Número de cajones : 250

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

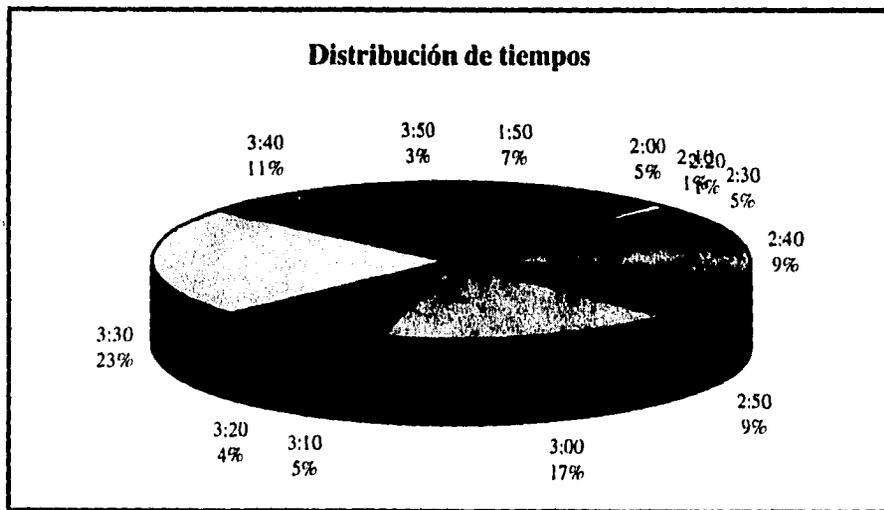
Núm	Tiempo								
1	1:50	21	2:30	41	3:00	61	3:40	81	3:30
2	2:30	22	3:00	42	3:20	62	3:00	82	3:30
3	2:30	23	2:40	43	2:50	63	3:30	83	3:50
4	2:10	24	3:30	44	2:00	64	3:30	84	3:40
5	1:50	25	3:00	45	3:00	65	2:40	85	3:20
6	2:50	26	3:30	46	3:30	66	3:30	86	2:40
7	3:10	27	3:50	47	3:40	67	3:40	87	3:00
8	3:00	28	3:00	48	3:00	68	3:10	88	1:50
9	2:00	29	2:50	49	3:30	69	3:30	89	2:30
10	1:50	30	2:50	50	3:30	70	3:00	90	3:40
11	1:50	31	3:40	51	3:00	71	2:50	91	3:00
12	3:00	32	3:30	52	2:50	72	3:00	92	3:30
13	2:50	33	3:30	53	3:00	73	3:30	93	3:30
14	2:00	34	3:50	54	3:30	74	2:40	94	3:00
15	1:50	35	3:40	55	2:40	75	3:30	95	2:50
16	2:00	36	3:20	56	3:30	76	3:40	96	3:30
17	2:40	37	2:40	57	3:40	77	3:10	97	2:40
18	2:20	38	3:00	58	3:10	78	2:40	98	3:30
19	2:00	39	1:50	59	3:20	79	3:30	99	3:40
20	2:50	40	2:30	60	3:30	80	3:40	100	3:10

Tiempo promedio : 3:01 (minutos). Ver figura 1.3-7.

Observaciones : Estacionamiento al 95 % de su capacidad (aproximadamente).



(a)



(b)

Figura 1.3-7. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Av. Niños Héroes

2.- Horario : 9:00 - 11:00

Fecha : Septiembre 26 de 1994

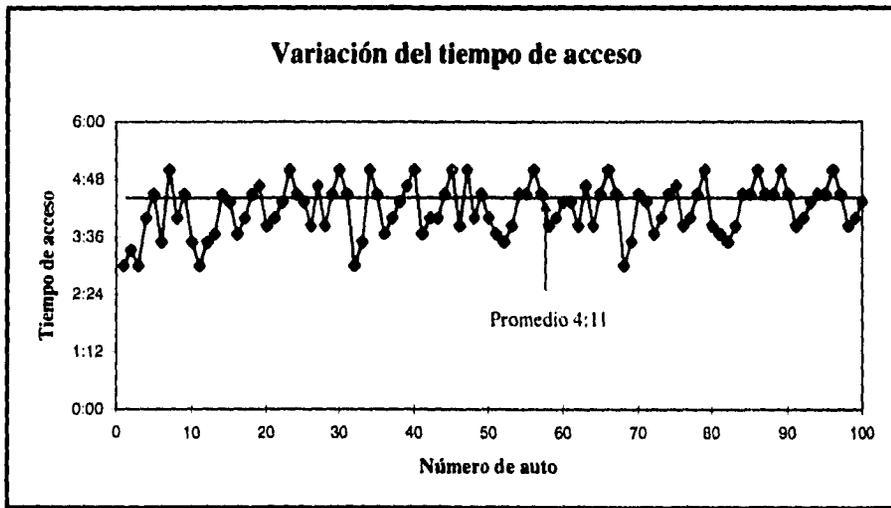
3.- Número de cajones : 300

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

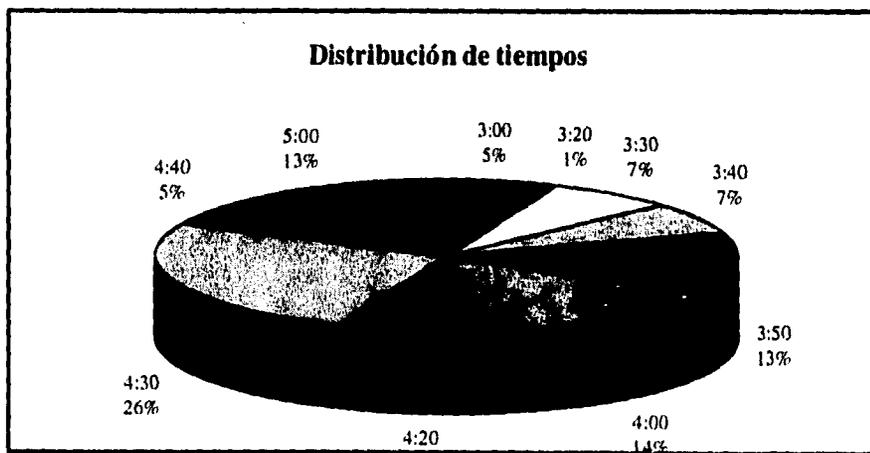
Núm	Tiempo								
1	3:00	21	4:00	41	3:40	61	4:20	81	3:40
2	3:20	22	4:20	42	4:00	62	3:50	82	3:30
3	3:00	23	5:00	43	4:00	63	4:40	83	3:50
4	4:00	24	4:30	44	4:30	64	3:50	84	4:30
5	4:30	25	4:20	45	5:00	65	4:30	85	4:30
6	3:30	26	3:50	46	3:50	66	5:00	86	5:00
7	5:00	27	4:40	47	5:00	67	4:30	87	4:30
8	4:00	28	3:50	48	4:00	68	3:00	88	4:30
9	4:30	29	4:30	49	4:30	69	3:30	89	5:00
10	3:30	30	5:00	50	4:00	70	4:30	90	4:30
11	3:00	31	4:30	51	3:40	71	4:20	91	3:50
12	3:30	32	3:00	52	3:30	72	3:40	92	4:00
13	3:40	33	3:30	53	3:50	73	4:00	93	4:20
14	4:30	34	5:00	54	4:30	74	4:30	94	4:30
15	4:20	35	4:30	55	4:30	75	4:40	95	4:30
16	3:40	36	3:40	56	5:00	76	3:50	96	5:00
17	4:00	37	4:00	57	4:30	77	4:00	97	4:30
18	4:30	38	4:20	58	3:50	78	4:30	98	3:50
19	4:40	39	4:40	59	4:00	79	5:00	99	4:00
20	3:50	40	5:00	60	4:20	80	3:50	100	4:20

Tiempo promedio : 4:11 (minutos). Ver figura 1.3-8.

Observaciones : Estacionamiento de 3 niveles, la toma del tiempo se efectuó desde la entrada del auto hasta la salida del conductor por la misma rampa de acceso.



(a)



(b)

Figura 1.3-8. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Aurrera Plateros

2.- Horario : 17:00 - 19:30 hrs.

Fecha : Septiembre 24 de 1994

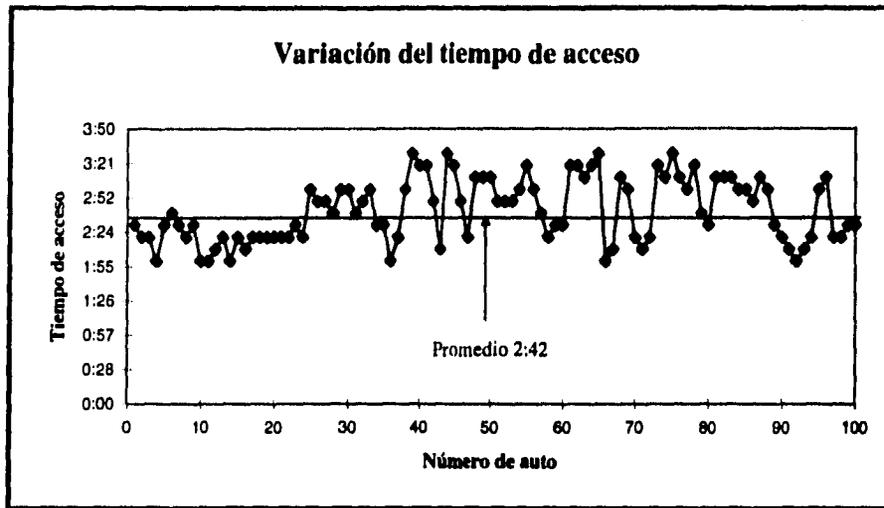
3.- Número de cajones : 250

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

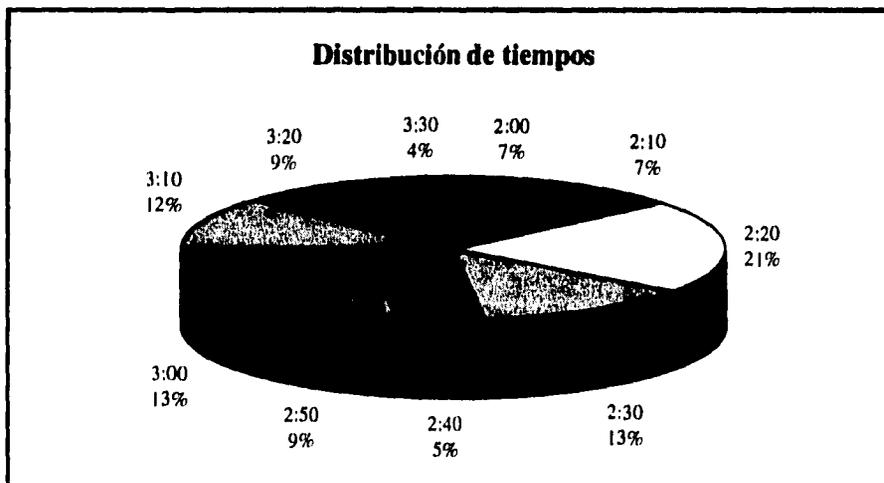
Núm	Tiempo								
1	2:30	21	2:20	41	3:20	61	3:20	81	3:10
2	2:20	22	2:20	42	2:50	62	3:20	82	3:10
3	2:20	23	2:30	43	2:10	63	3:10	83	3:10
4	2:00	24	2:20	44	3:30	64	3:20	84	3:00
5	2:30	25	3:00	45	3:20	65	3:30	85	3:00
6	2:40	26	2:50	46	2:50	66	2:00	86	2:50
7	2:30	27	2:50	47	2:20	67	2:10	87	3:10
8	2:20	28	2:40	48	3:10	68	3:10	88	3:00
9	2:30	29	3:00	49	3:10	69	3:00	89	2:30
10	2:00	30	3:00	50	3:10	70	2:20	90	2:20
11	2:00	31	2:40	51	2:50	71	2:10	91	2:10
12	2:10	32	2:50	52	2:50	72	2:20	92	2:00
13	2:20	33	3:00	53	2:50	73	3:20	93	2:10
14	2:00	34	2:30	54	3:00	74	3:10	94	2:20
15	2:20	35	2:30	55	3:20	75	3:30	95	3:00
16	2:10	36	2:00	56	3:00	76	3:10	96	3:10
17	2:20	37	2:20	57	2:40	77	3:00	97	2:20
18	2:20	38	3:00	58	2:20	78	3:20	98	2:20
19	2:20	39	3:30	59	2:30	79	2:40	99	2:30
20	2:20	40	3:20	60	2:30	80	2:30	100	2:30

Tiempo promedio : 2:42 (minutos). Ver figura 1.3-9.

Observaciones : Se pierde un poco de tiempo a la entrada del estacionamiento debido a que hay una caseta a la entrada.



(a)



(b)

Figura 1.3-9. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Av. Insurgentes Sur # 2364 (Relox) col. Chimalistac

2.- Horario : 13:00 - 17:30 hrs.

Fecha : Septiembre 26 de 1994

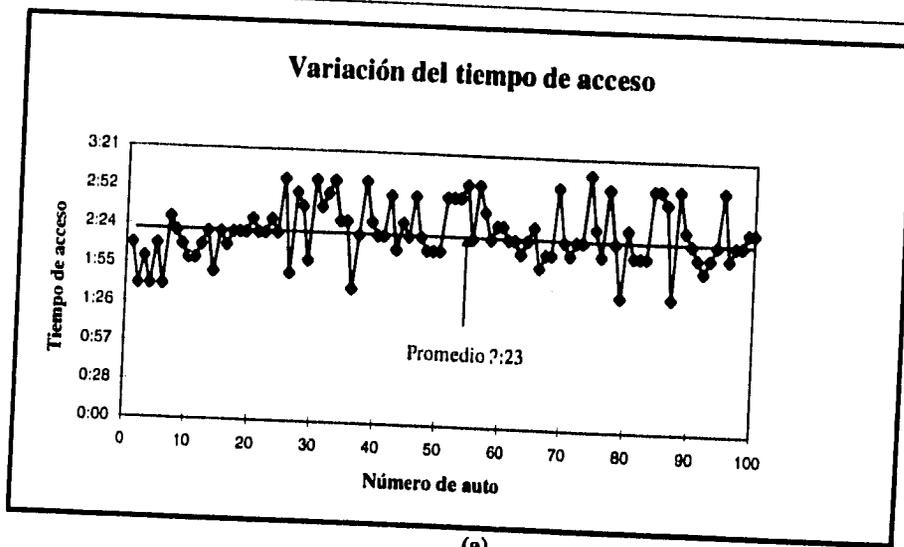
3.- Número de cajones : 150

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

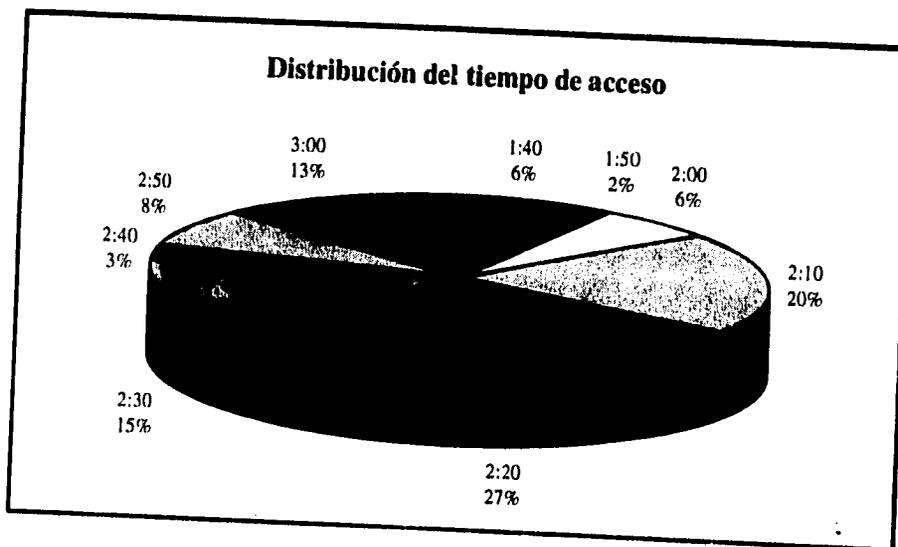
Núm	Tiempo								
1	2:10	21	2:20	41	2:20	61	2:20	81	2:10
2	1:40	22	2:20	42	2:50	62	2:20	82	2:10
3	2:00	23	2:30	43	2:10	63	2:10	83	2:10
4	1:40	24	2:20	44	2:30	64	2:20	84	3:00
5	2:10	25	3:00	45	2:20	65	2:30	85	3:00
6	1:40	26	1:50	46	2:50	66	2:00	86	2:50
7	2:30	27	2:50	47	2:20	67	2:10	87	1:40
8	2:20	28	2:40	48	2:10	68	2:10	88	3:00
9	2:10	29	2:00	49	2:10	69	3:00	89	2:30
10	2:00	30	3:00	50	2:10	70	2:20	90	2:20
11	2:00	31	2:40	51	2:50	71	2:10	91	2:10
12	2:10	32	2:50	52	2:50	72	2:20	92	2:00
13	2:20	33	3:00	53	2:50	73	2:20	93	2:10
14	1:50	34	2:30	54	3:00	74	3:00	94	2:20
15	2:20	35	2:30	55	2:20	75	2:30	95	3:00
16	2:10	36	1:40	56	3:00	76	2:10	96	2:10
17	2:20	37	2:20	57	2:40	77	3:00	97	2:20
18	2:20	38	3:00	58	2:20	78	2:20	98	2:20
19	2:20	39	2:30	59	2:30	79	1:40	99	2:30
20	2:30	40	2:20	60	2:30	80	2:30	100	2:30

Tiempo promedio : 2:23 (minutos). Ver figura 1.3-10.

Observaciones : Hay un tope y caseta de cobro a la entrada del estacionamiento, lo cual hace que el conductor se detenga totalmente.



(a)



(b)

Figura 1.3-10. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Holbein # 230 col. Cd. de los Deportes (Suburbia)

2.- Horario : 16:00 - 18:30 hrs. Fecha : Septiembre 24 de 1994

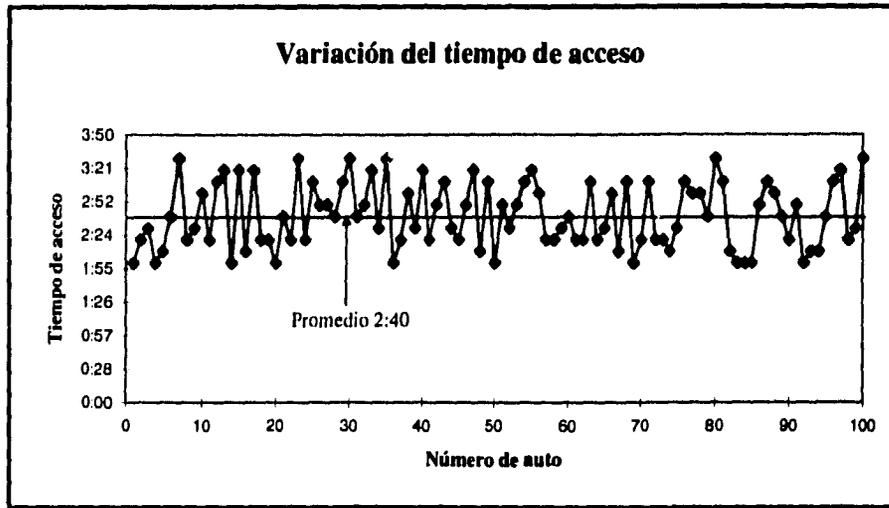
3.- Número de cajones : 288

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

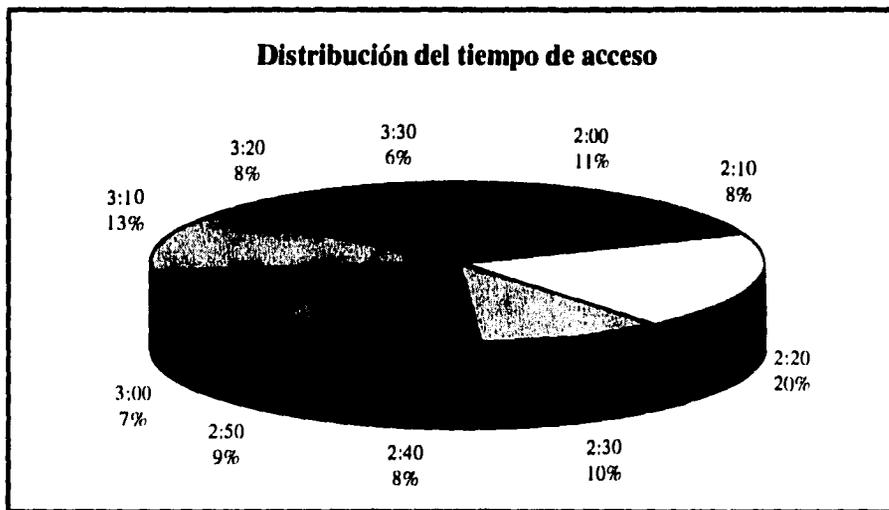
Núm	Tiempo								
1	2:00	21	2:40	41	2:20	61	2:20	81	3:10
2	2:20	22	2:20	42	2:50	62	2:20	82	2:10
3	2:30	23	3:30	43	3:10	63	3:10	83	2:00
4	2:00	24	2:20	44	2:30	64	2:20	84	2:00
5	2:10	25	3:10	45	2:20	65	2:30	85	2:00
6	2:40	26	2:50	46	2:50	66	3:00	86	2:50
7	3:30	27	2:50	47	3:20	67	2:10	87	3:10
8	2:20	28	2:40	48	2:10	68	3:10	88	3:00
9	2:30	29	3:10	49	3:10	69	2:00	89	2:40
10	3:00	30	3:30	50	2:00	70	2:20	90	2:20
11	2:20	31	2:40	51	2:50	71	3:10	91	2:50
12	3:10	32	2:50	52	2:30	72	2:20	92	2:00
13	3:20	33	3:20	53	2:50	73	2:20	93	2:10
14	2:00	34	2:30	54	3:10	74	2:10	94	2:10
15	3:20	35	3:30	55	3:20	75	2:30	95	2:40
16	2:10	36	2:00	56	3:00	76	3:10	96	3:10
17	3:20	37	2:20	57	2:20	77	3:00	97	3:20
18	2:20	38	3:00	58	2:20	78	3:00	98	2:20
19	2:20	39	2:30	59	2:30	79	2:40	99	2:30
20	2:00	40	3:20	60	2:40	80	3:30	100	3:30

Tiempo promedio : 2:40 (minutos). Ver figura 1.3-11.

Observaciones : Estacionamiento con despachador automatico de boletos.



(a)



(b)

Figura 1.3-11. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Miguel Laurent # 720 col. Del Valle (Comercial Mexicana)

2.- Horario : 16:00 - 18:30 hrs.

Fecha : Septiembre 24 de 1994

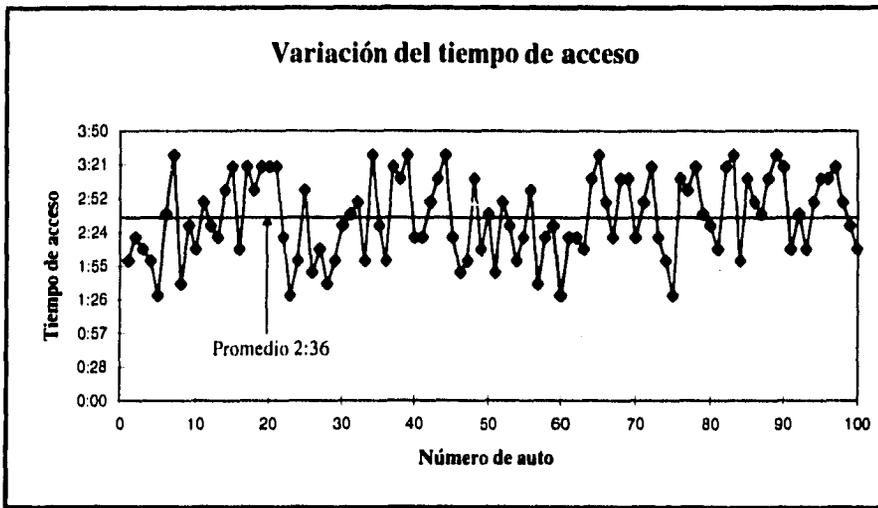
3.- Número de cajones : 560

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

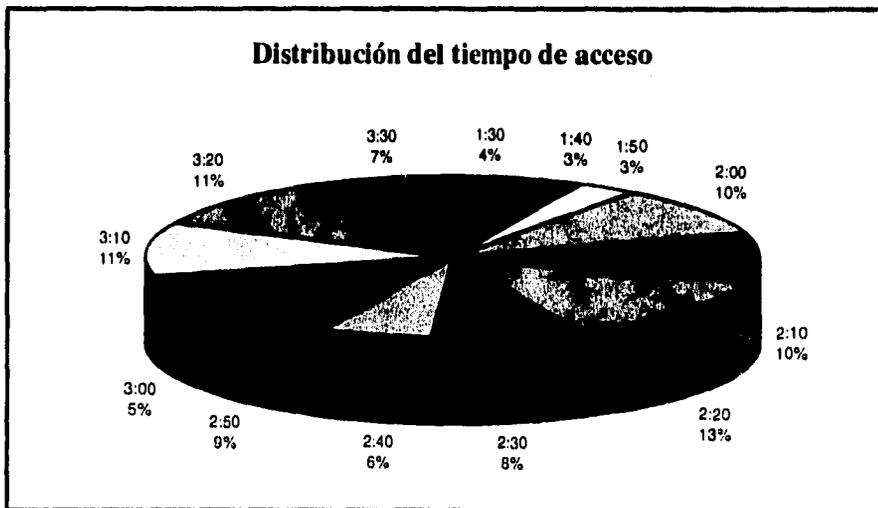
Núm	Tiempo								
1	2:00	21	3:20	41	2:20	61	2:20	81	2:10
2	2:20	22	2:20	42	2:50	62	2:20	82	3:20
3	2:10	23	1:30	43	3:10	63	2:10	83	3:30
4	2:00	24	2:00	44	3:30	64	3:10	84	2:00
5	1:30	25	3:00	45	2:20	65	3:30	85	3:10
6	2:40	26	1:50	46	1:50	66	2:50	86	2:50
7	3:30	27	2:10	47	2:00	67	2:20	87	2:40
8	1:40	28	1:40	48	3:10	68	3:10	88	3:10
9	2:30	29	2:00	49	2:10	69	3:10	89	3:30
10	2:10	30	2:30	50	2:40	70	2:20	90	3:20
11	2:50	31	2:40	51	1:50	71	2:50	91	2:10
12	2:30	32	2:50	52	2:50	72	3:20	92	2:40
13	2:20	33	2:00	53	2:30	73	2:20	93	2:10
14	3:00	34	3:30	54	2:00	74	2:00	94	2:50
15	3:20	35	2:30	55	2:20	75	1:30	95	3:10
16	2:10	36	2:00	56	3:00	76	3:10	96	3:10
17	3:20	37	3:20	57	1:40	77	3:00	97	3:20
18	3:00	38	3:10	58	2:20	78	3:20	98	2:50
19	3:20	39	3:30	59	2:30	79	2:40	99	2:30
20	3:20	40	2:20	60	1:30	80	2:30	100	2:10

Tiempo promedio : 2:36 (minutos). Ver figura 1.3-12.

Observaciones : Estacionamiento al 90 % de su capacidad (aprox).



(a)



(b)

Figura 1.3-12. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

San Francisco # 1621 col. Del Valle (De Todo)

2.- Horario : 13:00 - 15:30 hrs. Fecha : Septiembre 24 de 1994

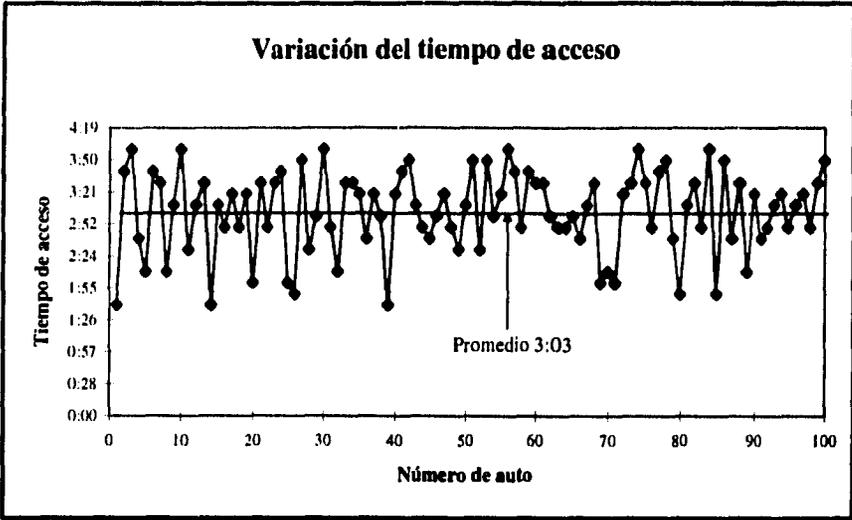
3.- Número de cajones : 238

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

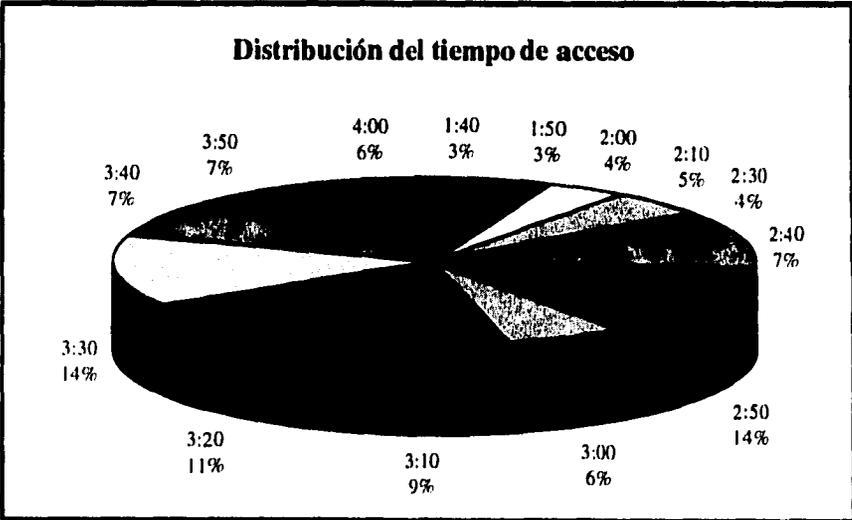
Núm	Tiempo								
1	1:40	21	3:30	41	3:40	61	3:30	81	3:10
2	3:40	22	2:50	42	3:50	62	3:00	82	3:30
3	4:00	23	3:30	43	3:10	63	2:50	83	2:50
4	2:40	24	3:40	44	2:50	64	2:50	84	4:00
5	2:10	25	2:00	45	2:40	65	3:00	85	1:50
6	3:40	26	1:50	46	3:00	66	2:40	86	3:50
7	3:30	27	3:50	47	3:20	67	3:10	87	2:40
8	2:10	28	2:30	48	2:50	68	3:30	88	3:30
9	3:10	29	3:00	49	2:30	69	2:00	89	2:10
10	4:00	30	4:00	50	3:10	70	2:10	90	3:20
11	2:30	31	2:50	51	3:50	71	2:00	91	2:40
12	3:10	32	2:10	52	2:30	72	3:20	92	2:50
13	3:30	33	3:30	53	3:50	73	3:30	93	3:10
14	1:40	34	3:30	54	3:00	74	4:00	94	3:20
15	3:10	35	3:20	55	3:20	75	3:30	95	2:50
16	2:50	36	2:40	56	4:00	76	2:50	96	3:10
17	3:20	37	3:20	57	3:40	77	3:40	97	3:20
18	2:50	38	3:00	58	2:50	78	3:50	98	2:50
19	3:20	39	1:40	59	3:40	79	2:40	99	3:30
20	2:00	40	3:20	60	3:30	80	1:50	100	3:50

Tiempo promedio : 3:03 (minutos). Ver figura 1.3-13.

Observaciones : Se pierde un poco de tiempo a la entrada del estacionamiento debido a que hay una caseta a la entrada.



(a)



(b)

Figura 1.3-13. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Av. Revolución # 780 col. San Juan - Comercial Mexicana Mixcoac

2.- Horario : 16:00 -18:30

Fecha : Octubre 1 de 1994

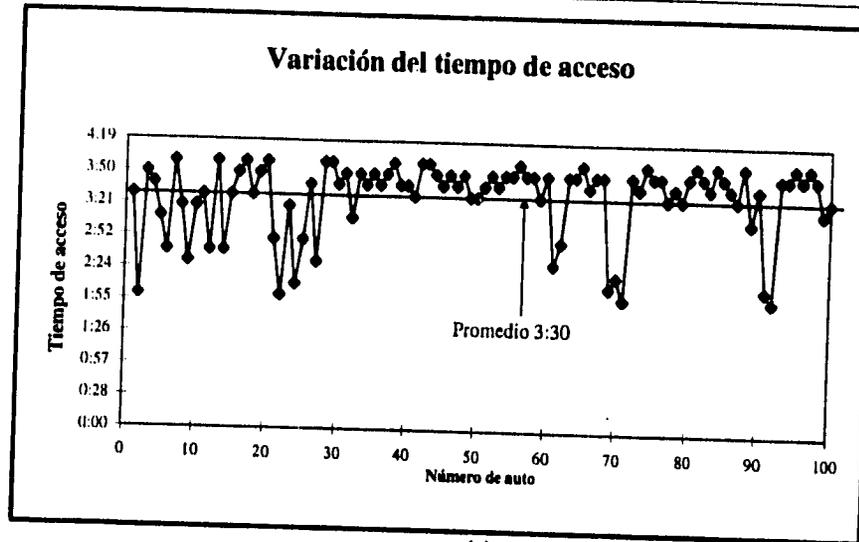
3.- Número de cajones : 150

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

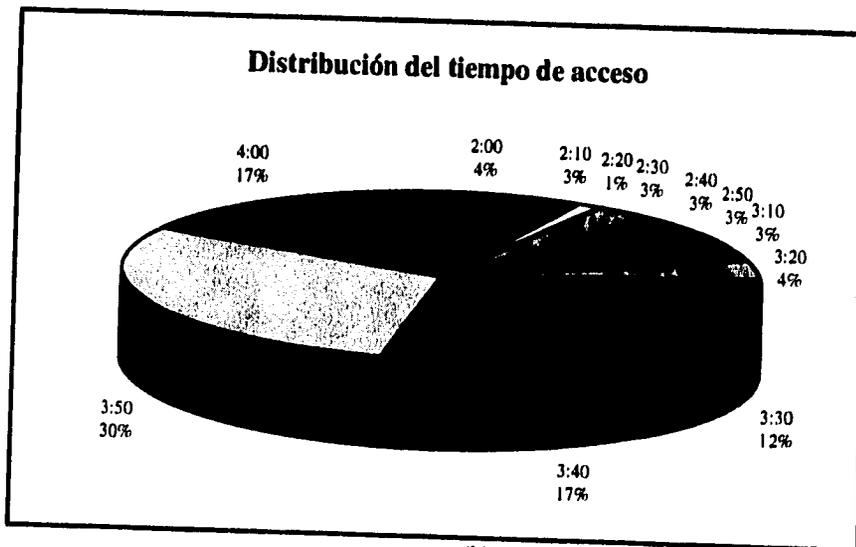
Núm	Tiempo								
1	3:30	21	2:50	41	3:30	61	2:30	81	4:00
2	2:00	22	2:00	42	4:00	62	2:50	82	3:50
3	3:50	23	3:20	43	4:00	63	3:50	83	3:40
4	3:40	24	2:10	44	3:50	64	3:50	84	4:00
5	3:10	25	2:50	45	3:40	65	4:00	85	3:50
6	2:40	26	3:40	46	3:50	66	3:40	86	3:40
7	4:00	27	2:30	47	3:40	67	3:50	87	3:30
8	3:20	28	4:00	48	3:50	68	3:50	88	4:00
9	2:30	29	4:00	49	3:30	69	2:10	89	3:10
10	3:20	30	3:40	50	3:30	70	2:20	90	3:40
11	3:30	31	3:50	51	3:40	71	2:00	91	2:10
12	2:40	32	3:10	52	3:50	72	3:50	92	2:00
13	4:00	33	3:50	53	3:40	73	3:40	93	3:50
14	2:40	34	3:40	54	3:50	74	4:00	94	3:50
15	3:30	35	3:50	55	3:50	75	3:50	95	4:00
16	3:50	36	3:40	56	4:00	76	3:50	96	3:50
17	4:00	37	3:50	57	3:50	77	3:30	97	4:00
18	3:30	38	4:00	58	3:50	78	3:40	98	3:50
19	3:50	39	3:40	59	3:30	79	3:30	99	3:20
20	4:00	40	3:40	60	3:50	80	3:50	100	3:30

Tiempo promedio : 3:30 (minutos). Ver figura 1.3-14.

Observaciones : El número de cajones corresponde solo a una parte del estacionamiento.



(a)



(b)

Figura 1.3-14. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Parroquia # 1031 col. Santa Cruz Atoyac - Suburbia Universidad

2.- Horario : 16:00 - 18:30 Fecha : Octubre 1 de 1994.

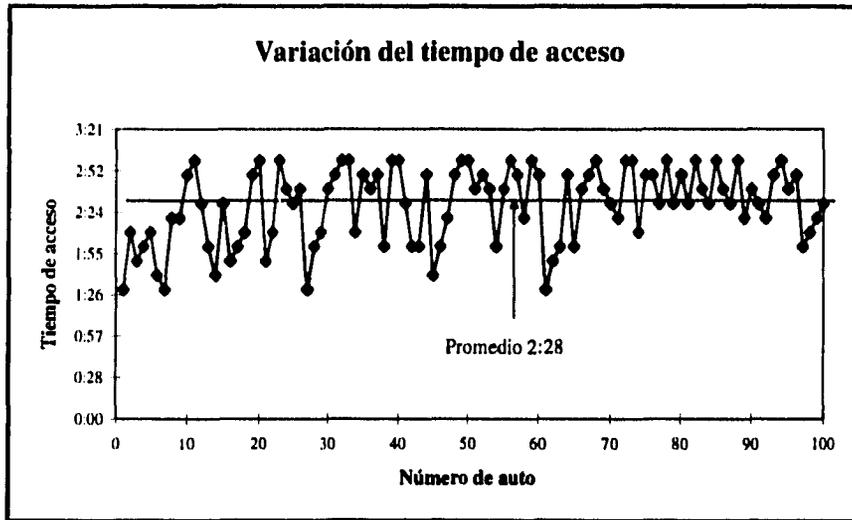
3.- Número de cajones : 515

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

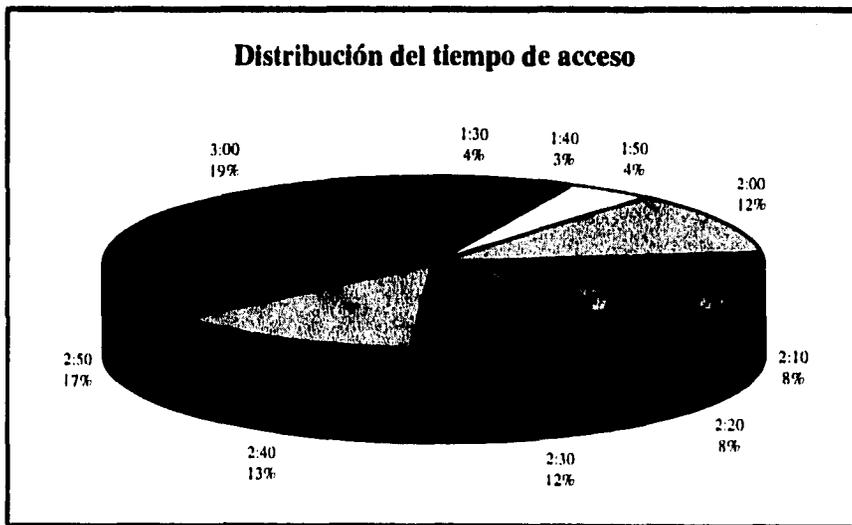
Núm	Tiempo								
1	1:30	21	1:50	41	2:30	61	1:30	81	2:30
2	2:10	22	2:10	42	2:00	62	1:50	82	3:00
3	1:50	23	3:00	43	2:00	63	2:00	83	2:40
4	2:00	24	2:40	44	2:50	64	2:50	84	2:30
5	2:10	25	2:30	45	1:40	65	2:00	85	3:00
6	1:40	26	2:40	46	2:00	66	2:40	86	2:40
7	1:30	27	1:30	47	2:20	67	2:50	87	2:30
8	2:20	28	2:00	48	2:50	68	3:00	88	3:00
9	2:20	29	2:10	49	3:00	69	2:40	89	2:20
10	2:50	30	2:40	50	3:00	70	2:30	90	2:40
11	3:00	31	2:50	51	2:40	71	2:20	91	2:30
12	2:30	32	3:00	52	2:50	72	3:00	92	2:20
13	2:00	33	3:00	53	2:40	73	3:00	93	2:50
14	1:40	34	2:10	54	2:00	74	2:10	94	3:00
15	2:30	35	2:50	55	2:40	75	2:50	95	2:40
16	1:50	36	2:40	56	3:00	76	2:50	96	2:50
17	2:00	37	2:50	57	2:50	77	2:30	97	2:00
18	2:10	38	2:00	58	2:20	78	3:00	98	2:10
19	2:50	39	3:00	59	3:00	79	2:30	99	2:20
20	3:00	40	3:00	60	2:50	80	2:50	100	2:30

Tiempo promedio : 2:28 (minutos). Ver figura 1.3-15.

Observaciones : Estacionamiento de dos niveles.



(a)



(b)

Figura 1.3-15. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Calz. de Tlalpan # 2050 col. Campestre churubuseo - Gigante Taxqueña

2.- Horario : 16:00 - 18:00

Fecha : Octubre 1 de 1994

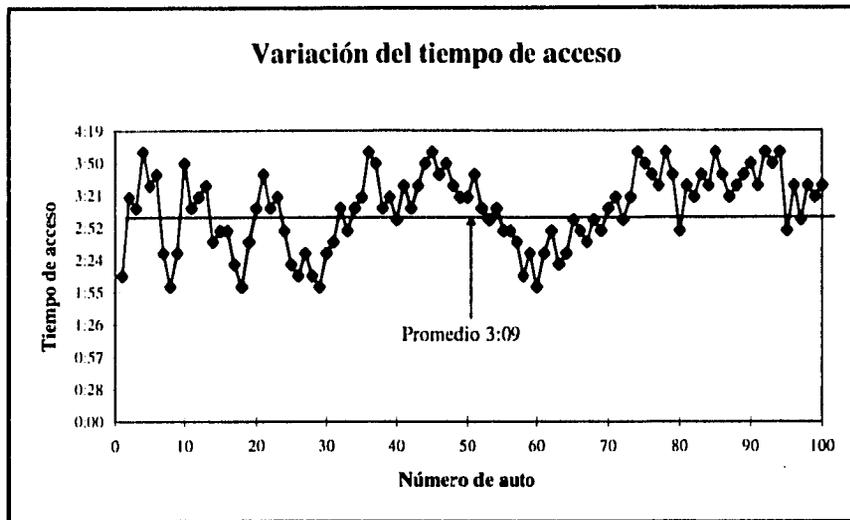
3.- Número de cajones : 250

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

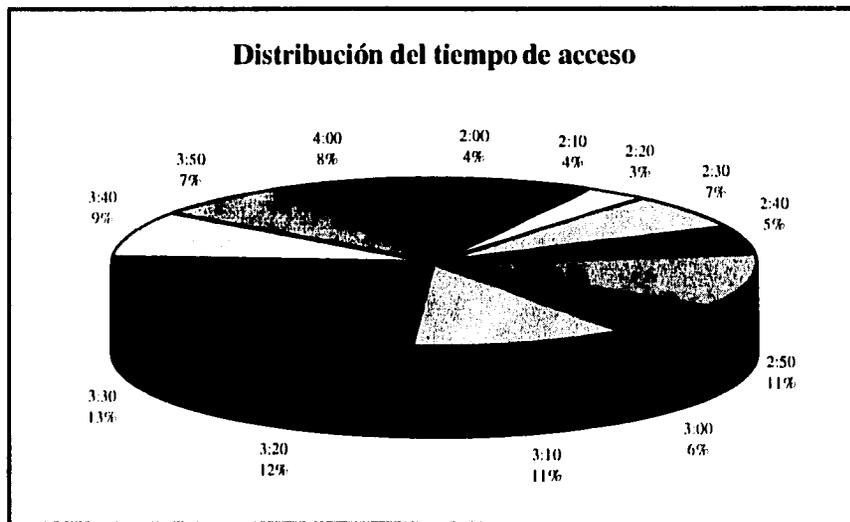
Núm	Tiempo								
1	2:10	21	3:40	41	3:30	61	2:30	81	3:30
2	3:20	22	3:10	42	3:10	62	2:50	82	3:20
3	3:10	23	3:20	43	3:30	63	2:20	83	3:40
4	4:00	24	2:50	44	3:50	64	2:30	84	3:30
5	3:30	25	2:20	45	4:00	65	3:00	85	4:00
6	3:40	26	2:10	46	3:40	66	2:50	86	3:40
7	2:30	27	2:30	47	3:50	67	2:40	87	3:20
8	2:00	28	2:10	48	3:30	68	3:00	88	3:30
9	2:30	29	2:00	49	3:20	69	2:50	89	3:40
10	3:50	30	2:30	50	3:20	70	3:10	90	3:50
11	3:10	31	2:40	51	3:40	71	3:20	91	3:30
12	3:20	32	3:10	52	3:10	72	3:00	92	4:00
13	3:30	33	2:50	53	3:00	73	3:20	93	3:50
14	2:40	34	3:10	54	3:10	74	4:00	94	4:00
15	2:50	35	3:20	55	2:50	75	3:50	95	2:50
16	2:50	36	4:00	56	2:50	76	3:40	96	3:30
17	2:20	37	3:50	57	2:40	77	3:30	97	3:00
18	2:00	38	3:10	58	2:10	78	4:00	98	3:30
19	2:40	39	3:20	59	2:30	79	3:40	99	3:20
20	3:10	40	3:00	60	2:00	80	2:50	100	3:30

Tiempo promedio : 3:09 (minutos). Ver figura 1.3-16.

Observaciones : El número de cajones solo corresponde a una parte del estacionamiento.



(a)



(b)

Figura 1.3-16. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Av. 20 de Noviembre # 62 col. Centro - Suburbia Centro

2.- Horario : 16:00 - 18:00

Fecha : Octubre 1 de 1994

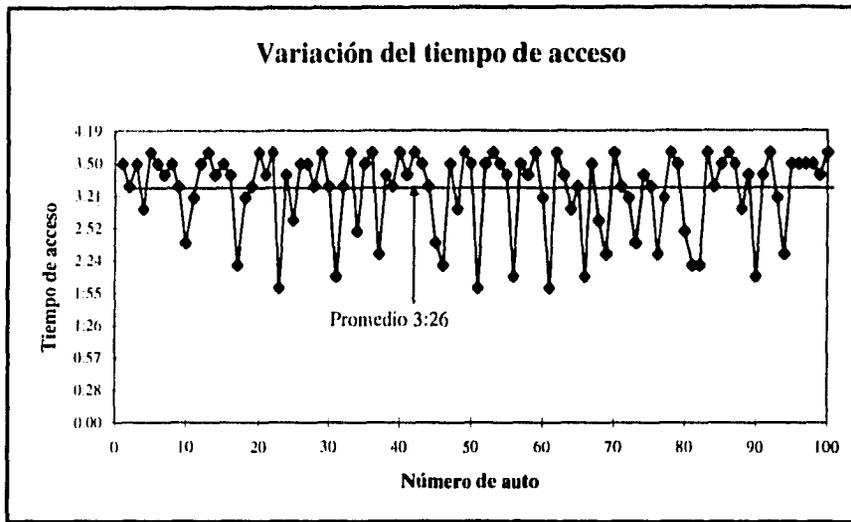
3.- Número de cajones : 288

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

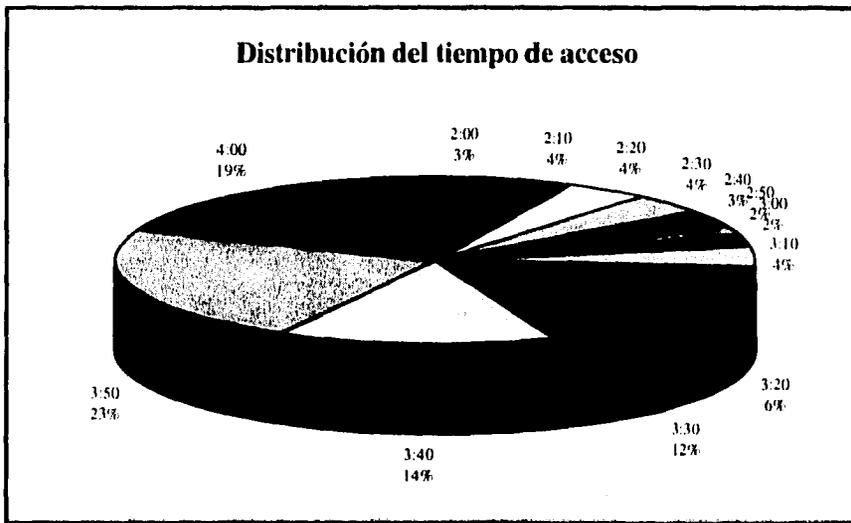
Núm	Tiempo								
1	3:50	21	3:40	41	3:40	61	2:00	81	2:20
2	3:30	22	4:00	42	4:00	62	4:00	82	2:20
3	3:50	23	2:00	43	3:50	63	3:40	83	4:00
4	3:10	24	3:40	44	3:30	64	3:10	84	3:30
5	4:00	25	3:00	45	2:40	65	3:30	85	3:50
6	3:50	26	3:50	46	2:20	66	2:10	86	4:00
7	3:40	27	3:50	47	3:50	67	3:50	87	3:50
8	3:50	28	3:30	48	3:10	68	3:00	88	3:10
9	3:30	29	4:00	49	4:00	69	2:30	89	3:40
10	2:40	30	3:30	50	3:50	70	4:00	90	2:10
11	3:20	31	2:10	51	2:00	71	3:30	91	3:40
12	3:50	32	3:30	52	3:50	72	3:20	92	4:00
13	4:00	33	4:00	53	4:00	73	2:40	93	3:20
14	3:40	34	2:50	54	3:50	74	3:40	94	2:30
15	3:50	35	3:50	55	3:40	75	3:30	95	3:50
16	3:40	36	4:00	56	2:10	76	2:30	96	3:50
17	2:20	37	2:30	57	3:50	77	3:20	97	3:50
18	3:20	38	3:40	58	3:40	78	4:00	98	3:50
19	3:30	39	3:30	59	4:00	79	3:50	99	3:40
20	4:00	40	4:00	60	3:20	80	2:50	100	4:00

Tiempo promedio : 3:26 (minutos). Ver figura 1.3-17.

Observaciones : Estacionamiento casi al límite de su capacidad.



(a)



(b)

Figura 1.3-17. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Av. Horacio # 203 col. Chapultepec Morales - Suburbia Polanco

2.- Horario : 16:00 - 19:00

Fecha : Octubre 2 de 1994

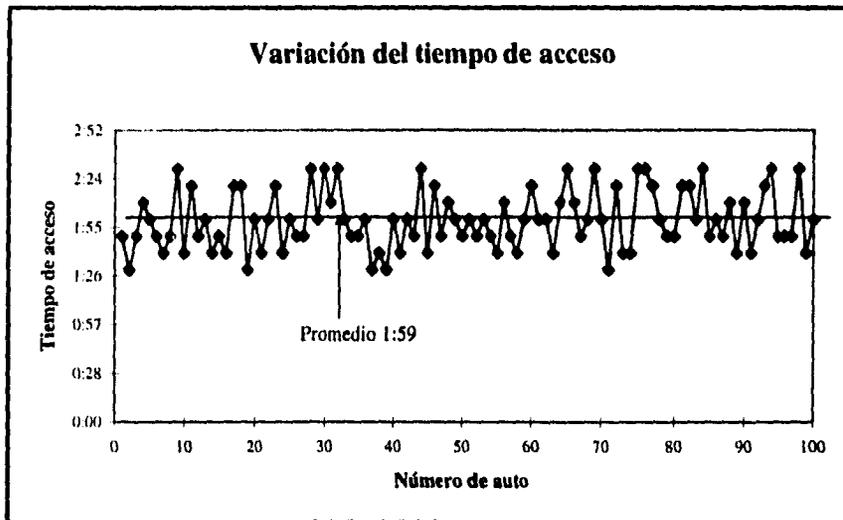
3.- Número de cajones : 90

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

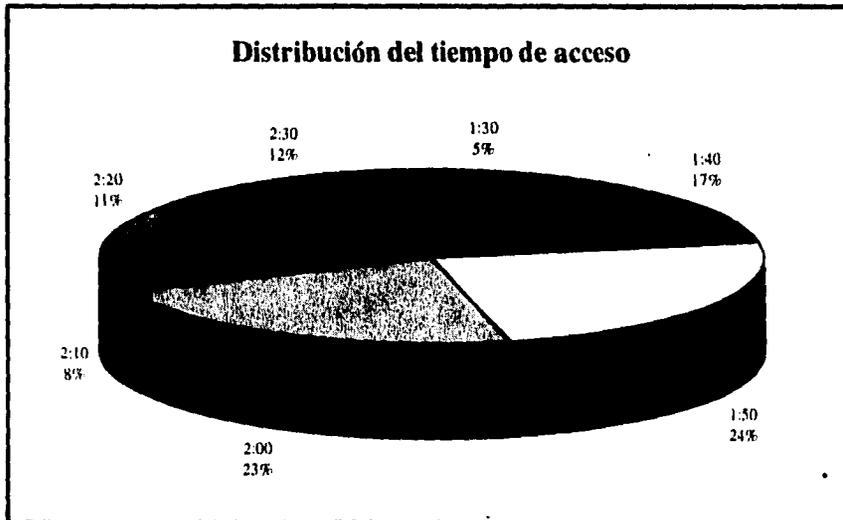
Núm	Tiempo								
1	1:50	21	1:40	41	1:40	61	2:00	81	2:20
2	1:30	22	2:00	42	2:00	62	2:00	82	2:20
3	1:50	23	2:20	43	1:50	63	1:40	83	2:00
4	2:10	24	1:40	44	2:30	64	2:10	84	2:30
5	2:00	25	2:00	45	1:40	65	2:30	85	1:50
6	1:50	26	1:50	46	2:20	66	2:10	86	2:00
7	1:40	27	1:50	47	1:50	67	1:50	87	1:50
8	1:50	28	2:30	48	2:10	68	2:00	88	2:10
9	2:30	29	2:00	49	2:00	69	2:30	89	1:40
10	1:40	30	2:30	50	1:50	70	2:00	90	2:10
11	2:20	31	2:10	51	2:00	71	1:30	91	1:40
12	1:50	32	2:30	52	1:50	72	2:20	92	2:00
13	2:00	33	2:00	53	2:00	73	1:40	93	2:20
14	1:40	34	1:50	54	1:50	74	1:40	94	2:30
15	1:50	35	1:50	55	1:40	75	2:30	95	1:50
16	1:40	36	2:00	56	2:10	76	2:30	96	1:50
17	2:20	37	1:30	57	1:50	77	2:20	97	1:50
18	2:20	38	1:40	58	1:40	78	2:00	98	2:30
19	1:30	39	1:30	59	2:00	79	1:50	99	1:40
20	2:00	40	2:00	60	2:20	80	1:50	100	2:00

Tiempo promedio : 1:59 (minutos). Ver figura 1.3-18.

Observaciones : Estacionamiento lleno durante casi todo el tiempo de censo.



(a)



(b)

Figura 1.3-18. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Bldv. Manuel Avila Camacho # 491 col. Periodista - Gran Bazar Toreo

2.- Horario : 16:00 - 19:00

Fecha : Octubre 2 de 1994

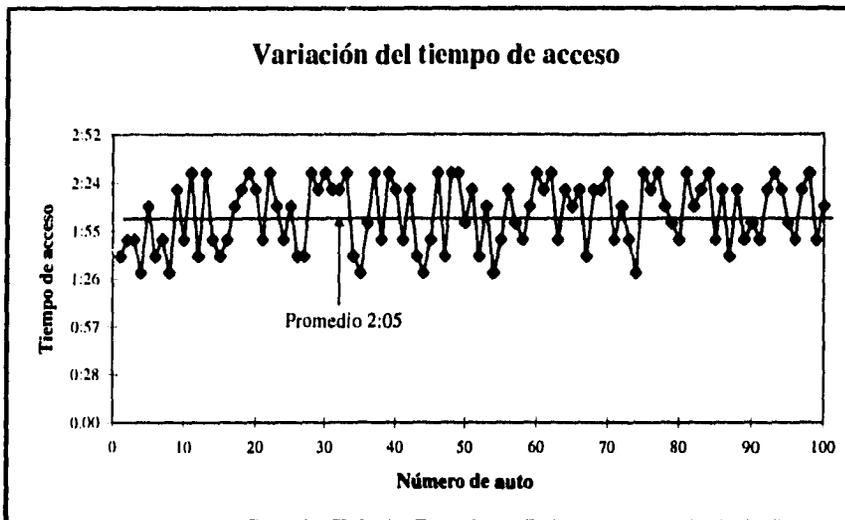
3.- Número de cajones : 300

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

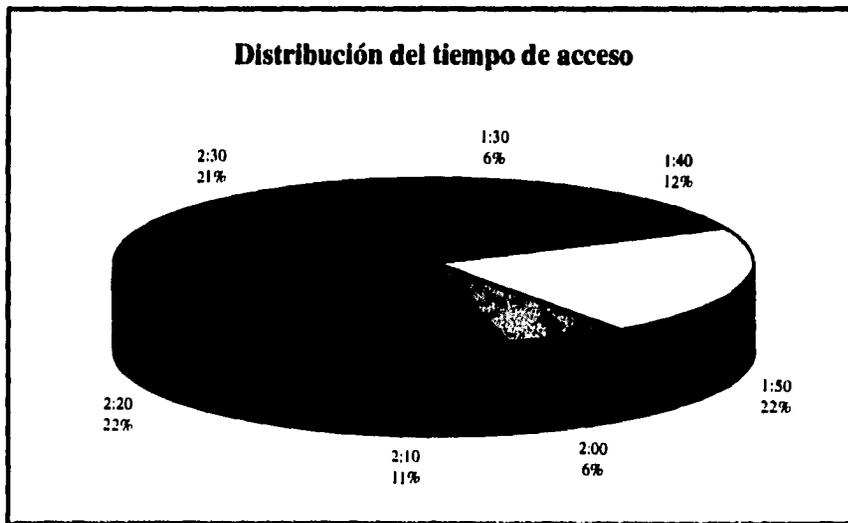
Núm	Tiempo								
1	1:40	21	1:50	41	1:50	61	2:20	81	2:30
2	1:50	22	2:30	42	2:20	62	2:30	82	2:10
3	1:50	23	2:10	43	1:40	63	1:50	83	2:20
4	1:30	24	1:50	44	1:30	64	2:20	84	2:30
5	2:10	25	2:10	45	1:50	65	2:10	85	1:50
6	1:40	26	1:40	46	2:30	66	2:20	86	2:20
7	1:50	27	1:40	47	1:40	67	1:40	87	1:40
8	1:30	28	2:30	48	2:30	68	2:20	88	2:20
9	2:20	29	2:20	49	2:30	69	2:20	89	1:50
10	1:50	30	2:30	50	2:00	70	2:30	90	2:00
11	2:30	31	2:20	51	2:20	71	1:50	91	1:50
12	1:40	32	2:20	52	1:40	72	2:10	92	2:20
13	2:30	33	2:30	53	2:10	73	1:50	93	2:30
14	1:50	34	1:40	54	1:30	74	1:30	94	2:20
15	1:40	35	1:30	55	1:50	75	2:30	95	2:00
16	1:50	36	2:00	56	2:20	76	2:20	96	1:50
17	2:10	37	2:30	57	2:00	77	2:30	97	2:20
18	2:20	38	1:50	58	1:50	78	2:10	98	2:30
19	2:30	39	2:30	59	2:10	79	2:00	99	1:50
20	2:20	40	2:20	60	2:30	80	1:50	100	2:10

Tiempo promedio : 2:05 (minutos). Ver figura 1.3-19.

Observaciones : El número de cajones solo corresponde a una parte del estacionamiento.



(a)



(b)

Figura 1.3-19. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

1.- Ubicación del estacionamiento

Ejército Nacional # 350 col. Chapultepec Morales - Gigante

2.- Horario : 16:00 - 19:00

Fecha : Octubre 2 de 1994

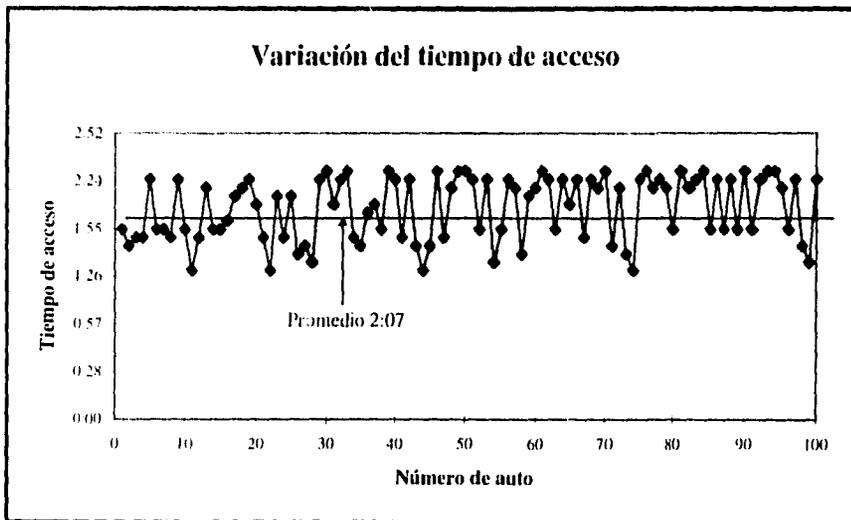
3.- Número de cajones : 183

4.- Tiempo de búsqueda de cajón libre por auto.

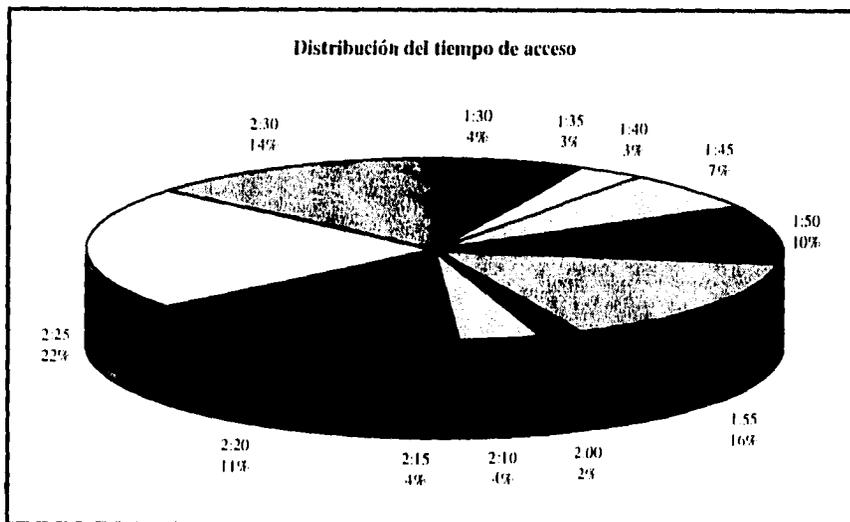
Núm	Tiempo								
1	1:55	21	1:50	41	1:50	61	2:30	81	2:30
2	1:45	22	1:30	42	2:25	62	2:25	82	2:20
3	1:50	23	2:15	43	1:45	63	1:55	83	2:25
4	1:50	24	1:50	44	1:30	64	2:25	84	2:30
5	2:25	25	2:15	45	1:45	65	2:10	85	1:55
6	1:55	26	1:40	46	2:30	66	2:25	86	2:25
7	1:55	27	1:45	47	1:50	67	1:50	87	1:55
8	1:50	28	1:35	48	2:20	68	2:25	88	2:25
9	2:25	29	2:25	49	2:30	69	2:20	89	1:55
10	1:55	30	2:30	50	2:30	70	2:30	90	2:30
11	1:30	31	2:10	51	2:25	71	1:45	91	1:55
12	1:50	32	2:25	52	1:55	72	2:20	92	2:25
13	2:20	33	2:30	53	2:25	73	1:40	93	2:30
14	1:55	34	1:50	54	1:35	74	1:30	94	2:30
15	1:55	35	1:45	55	1:55	75	2:25	95	2:20
16	2:00	36	2:00	56	2:25	76	2:30	96	1:55
17	2:15	37	2:10	57	2:20	77	2:20	97	2:25
18	2:20	38	1:55	58	1:40	78	2:25	98	1:45
19	2:25	39	2:30	59	2:15	79	2:20	99	1:35
20	2:10	40	2:25	60	2:20	80	1:55	100	2:25

Tiempo promedio : 2:07 (minutos). Ver figura 1.3-20.

Observaciones : Estacionamiento al 100 % de su capacidad, durante casi todo el tiempo de censado.



(a)



(b)

Figura 1.3-20. Gráficas de variación del tiempo de acceso (a), y distribución del tiempo de acceso (b).

ESTACIONAMIENTOS

OBSERVACIONES

En base a las encuestas realizadas y a la observación durante este proceso, nos dimos cuenta que existen varios factores que determinan el tiempo que tarda un conductor en encontrar lugar para estacionarse dentro de los estacionamientos públicos de autoservicio, algunos factores son :

- Habilidad del conductor para encontrar lugar vacío. Este factor hace que el tiempo de búsqueda sea corto debido a que el conductor empieza a buscar lugar desde el momento en que entra al estacionamiento, y que normalmente se efectúa conduciendo el automóvil a una velocidad mayor a la de los demás conductores.
- El lugar donde habitualmente se estaciona el conductor. Este también es un factor que hace que el tiempo de búsqueda sea corto debido a que el conductor ya conoce el estacionamiento y sabe donde se encuentran los lugares que normalmente están vacíos sin importarle el tiempo que pueda tardar en llegar caminando al centro o tienda comercial.
- Falta de conocimiento de la disposición del estacionamiento. Este es de los factores que hacen aumentar el tiempo de búsqueda dentro del estacionamiento, debido a que el conductor entra a una velocidad lenta, muchas veces parece ser que no tiene idea de donde puede encontrar un lugar vacío.
- Búsqueda de lugar para estacionarse cerca de la salida de la tienda comercial. Este factor ocurre en algunos conductores que por alguna razón quieren encontrar algún lugar cerca de la entrada a la tienda, por lo que se pasan dando vueltas en hileras que se encuentran cerca hasta lograr conseguir un lugar de otro conductor que va de salida.
- Tiempo disponible del conductor para encontrar lugar donde estacionarse. Este factor se da en conductores pacientes o que no llevan prisa para efectuar sus compras, por lo que

de forma tranquila buscan un lugar donde estacionarse y al parecer sin importarle si el lugar esta cerca o lejos de la entrada a la tienda.

- Tiempo de espera al ver que se va a desocupar un lugar. Este es un factor controvertido puesto que algunas veces es mucho más rápido encontrar un lugar vacío que esperar a que el conductor que va a desocupar el lugar salga del cajón, puesto que normalmente antes de esto efectúa la apertura de puertas, acomodo de la mercancía, etc. antes de encender el automóvil por lo que el tiempo de acomodo del conductor que busca lugar aumenta, así como el de los conductores que vienen detrás de él.

Teniendo como base estas observaciones, podemos deducir que el sistema que se pretende diseñar ayude en gran medida a disminuir de una manera significativa los tiempos de búsqueda de lugares donde estacionarse dentro de los estacionamientos, adecuando el diseño a la forma y disposición de los estacionamientos.

ESTACIONAMIENTOS

1.4 NORMAS PARA ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS.

Durante los últimos años, el acelerado desarrollo del sistema vial de nuestro país y el uso creciente del autotransporte se han traducido en un constante incremento de los viajes por carretera, al grado de que los usuarios de los caminos han venido a depender cada día más de la existencia de dispositivos de control de tránsito para su protección e información. Tan grande es ésta dependencia, que es ya indispensable el uso de dispositivos uniformes para obtener el máximo rendimiento de cualquier camino, ya sea de altas especificaciones como las modernas autopistas, o de especificaciones modestas, como los caminos vecinales, estacionamientos, etc. Esta necesidad de dispositivos uniformes es sensible tanto en esfera nacional como internacional, sobre todo entre los países de nuestro continente.

En América, casi desde que se inició la construcción de caminos, las señales de tránsito han seguido las normas usadas en los Estados Unidos, de acuerdo con recomendaciones del Comité Nacional de Leyes y Reglamentos Uniformes de Tránsito, encabezado por la oficina de Caminos Públicos de los Estados Unidos. Desde 1954, algunos países de América Latina han adoptado la proposición de la ONU.

En México, varias Entidades Federativas iniciaron el uso del mismo sistema, con ligeras modificaciones. Esta innovación, aunada a la falta de un acuerdo de tipo nacional, originó el uso de una extensa variedad de señales, entre las que prevalecían las del sistema de los Estados Unidos y las de la proposición de la ONU.

Cabe hacer notar que todas las señales o símbolos propuestos por la ONU no fueron adoptados, sino que únicamente se aprovecharon aquellos que se consideraron operantes. Por otro lado, se introdujeron otros símbolos y reglamentos, no considerados por la ONU, que respondían a necesidades previstas en nuestro sistema vial.

En general, puede decirse que se hizo una amalgama con lo mejor de los elementos ya citados, lográndose un sistema que no difiere mucho de lo que ya estamos acostumbrados a utilizar,

pero que sí constituye un paso hacia adelante en la simplificación y efectividad de las señales de tránsito tanto para las diferentes zonas urbanas.

La normatividad de los estacionamientos, está basada en el REGLAMENTO DE ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS DEL DISTRITO FEDERAL y del REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES, en base a esto, a continuación se mencionan en forma resumida, algunas de las normas más representativas de dichos reglamentos.

1.4.1 REGLAMENTO DE ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS DEL D.F.

Artículo 1.- El servicio público de estacionamiento consiste en la recepción, guarda, protección y devolución de los vehículos en los lugares autorizados, pudiendo prestarse por hora, día, mes, a cambio del pago que señale la tarifa autorizada

Artículo 3.- Los estacionamientos son de dos tipos :

- a) Privados
- b) Públicos

Artículo 5.- Para la apertura de un estacionamiento público, el propietario o administrador deberá presentar la declaración de apertura ante la Delegación correspondiente, con los datos siguientes (solo se mencionan los relacionados con el tema) :

- II.- Ubicación del estacionamiento.
- V.- El número y/o rango de cajones de estacionamiento.
- VI.- La clasificación del estacionamiento conforme al artículo 3.
- X.- El horario en que prestará el servicio.

Artículo 7.- Cuando con posterioridad a la apertura se modifiquen las características de un estacionamiento público, el propietario o administrador deberá presentar dentro de los cinco

ESTACIONAMIENTOS

días siguientes, escrito complementario en el que detalle los cambios realizados, acompañando una copia fotostática de la declaración de apertura correspondiente.

Artículo 13.- Todo estacionamiento público deberá cumplir con los requisitos estructurales y arquitectónicos que exige el REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES para la seguridad, higiene y comodidad del usuario.

Artículo 18.- Son obligaciones de los propietarios a administradores :

X.- Colocar, cuando se encuentren ocupados todos los lugares autorizados de estacionamiento, un anuncio que así lo indique a la entrada del establecimiento.

Artículo 21.- Queda prohibido a los propietarios de estacionamientos :

II.- Permitir una entrada mayor de vehículos al número o rango de cajones autorizado, según el tipo de servicio que preste el estacionamiento.

1.4.2 REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL

Artículo 5.- Para efectos de éste Reglamento, las edificaciones en el Distrito Federal se clasificarán en los siguientes géneros y rangos de magnitud :

Género	Magnitud e intensidad de ocupación
II.9.1.1 Estacionamientos	hasta 250 cajones
	más de 250 cajones
	hasta 4 niveles
	más de 4 niveles

Artículo 53.- Previa a la solicitud del propietario o poseedor para la expedición de la licencia de construcción a que se refiere el artículo 54 de éste Reglamento aquél deberá obtener del departamento lo siguiente :

ESTACIONAMIENTOS

I. Licencia de uso de suelo cuando se trate de :

n) Estacionamientos de más de 250 cajones.

II. Licencia de uso del suelo con dictamen aprobatorio, para los siguientes casos :

n) Estacionamientos de más de 500 cajones.

Artículo 109.- Los estacionamientos públicos tendrán carriles separados debidamente señalados, para la entrada y salida de los vehículos, con una anchura mínima del arroyo de dos metros cincuenta centímetros cada uno.

Artículo 110.- Los estacionamientos tendrán áreas de espera techadas para la entrega y recepción de vehículos ubicadas a cada lado de los carriles a que se refiere el artículo anterior, con una longitud mínima de seis metros y una anchura no menor de un metro veinte centímetros sobre la superficie de rodamiento de vehículos.

El Departamento establecerá otras condiciones, según sea el caso, considerando la frecuencia de llegada de vehículos, la ubicación de inmueble y sus condiciones particulares de funcionamiento.

Artículo 111.- Los estacionamientos públicos tendrán una caseta de control anexa al área de espera para el público, situada a una distancia no menor de 4.50 m. del alineamiento y con una superficie mínima de un metro cuadrado.

Artículo 112.- En los estacionamientos deberán existir protecciones adecuadas en rampas, colindancias, fachadas y elementos estructurales, con dispositivos capaces de resistir los posibles impactos de automóviles.

Artículo 113.- Las circulaciones para vehículos en estacionamientos deberán estar separadas de las de peatones.

ESTACIONAMIENTOS

Artículo 114.- Las circulaciones verticales para los usuarios y para el personal de los estacionamientos públicos estarán separadas entre sí y de las destinadas a los vehículos, deberán ubicarse en lugares independientes de la zona de recepción y entrega de vehículos.

Artículo 134.- No se permitirá el uso de materiales combustibles o inflamables en ninguna construcción o instalación de los estacionamientos.

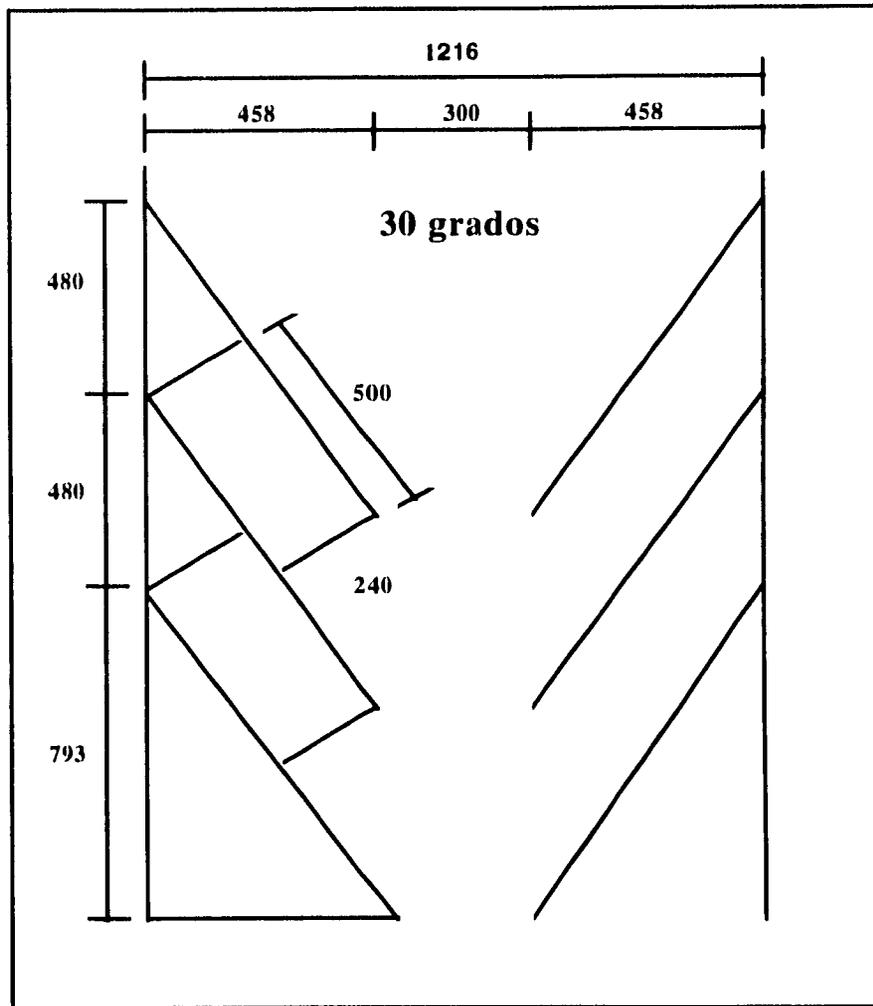
1.4.3 ARTÍCULOS TRANSITORIOS

NOVENO.- Inciso VII .- Las medidas de los cajones de estacionamientos para coches serán de 5.00 x 2.40 m. Se podrá permitir hasta el 50 por ciento de los cajones para coches chicos de 4.20 x 2.20 m.

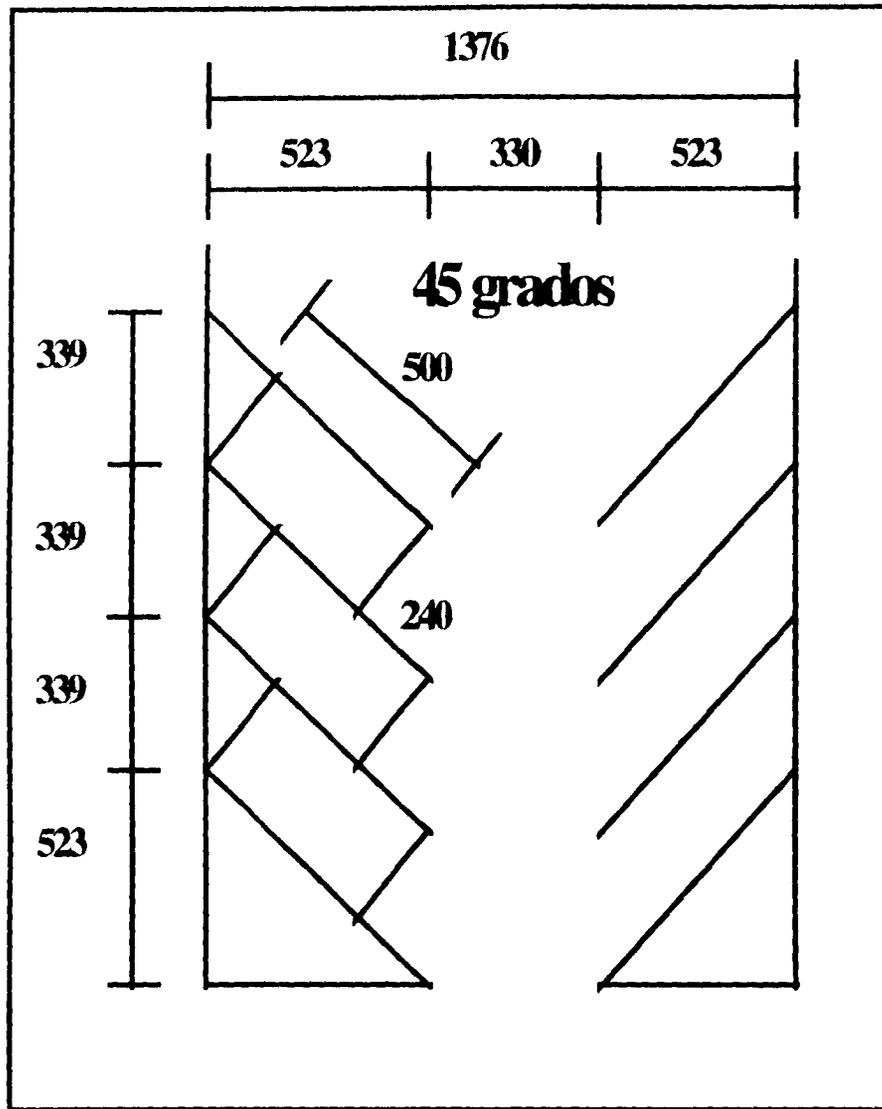
Inciso VIII .- Se podrá aceptar el estacionamiento en "cordón" en cuyo caso el espacio para el acomodo de vehículos será de 6.00 x 2.40 m., para coches grandes, pudiendo en un cincuenta por ciento, ser de 4.80 x 2.00 m. para coches chicos. Estas medidas no comprenden las áreas de circulación necesarias.

Inciso X .- En los estacionamientos públicos o privados que no sean de autoservicio, podrán permitirse que los espacios se dispongan de tal manera que para sacar un vehículo se mueva un máximo de dos.

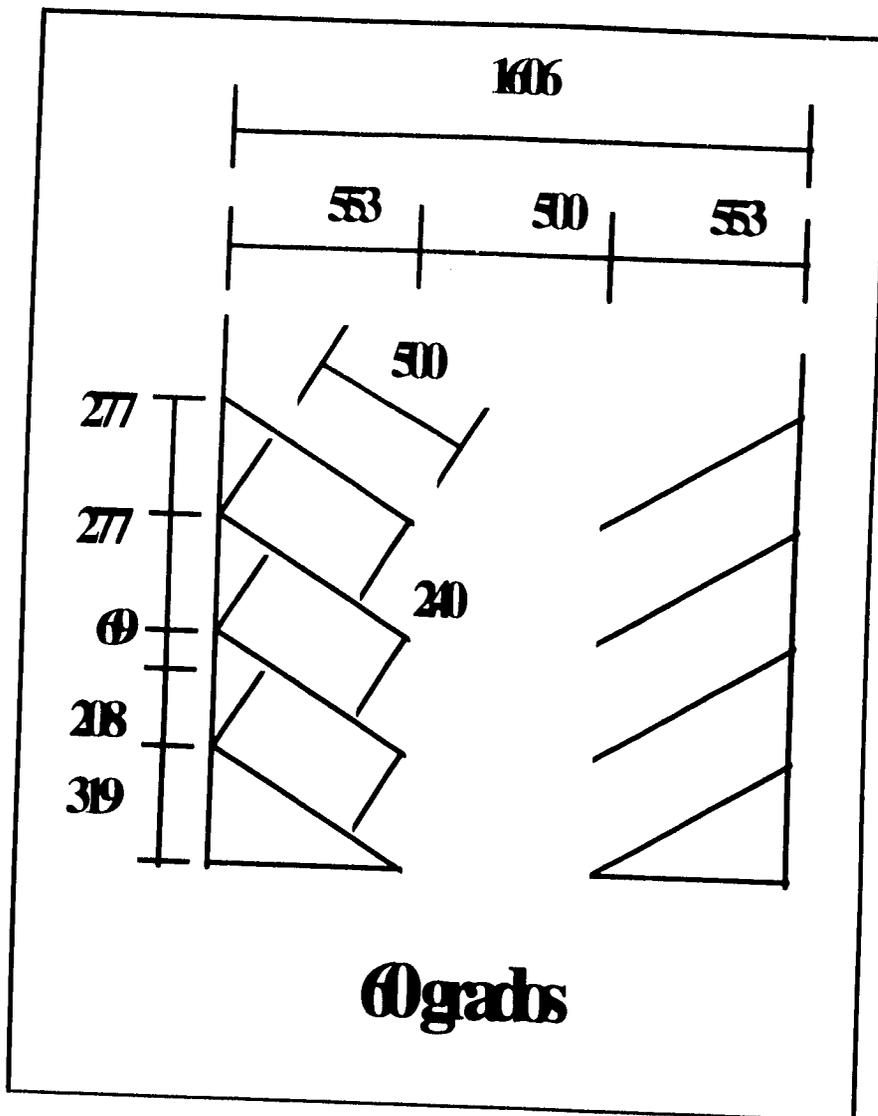
1.4.4 DIMENSIONES MÍNIMAS PARA CAJONES EN ESTACIONAMIENTOS



a) Automóviles grandes y medianos con cajones a 30 ° (acotaciones en cm.)

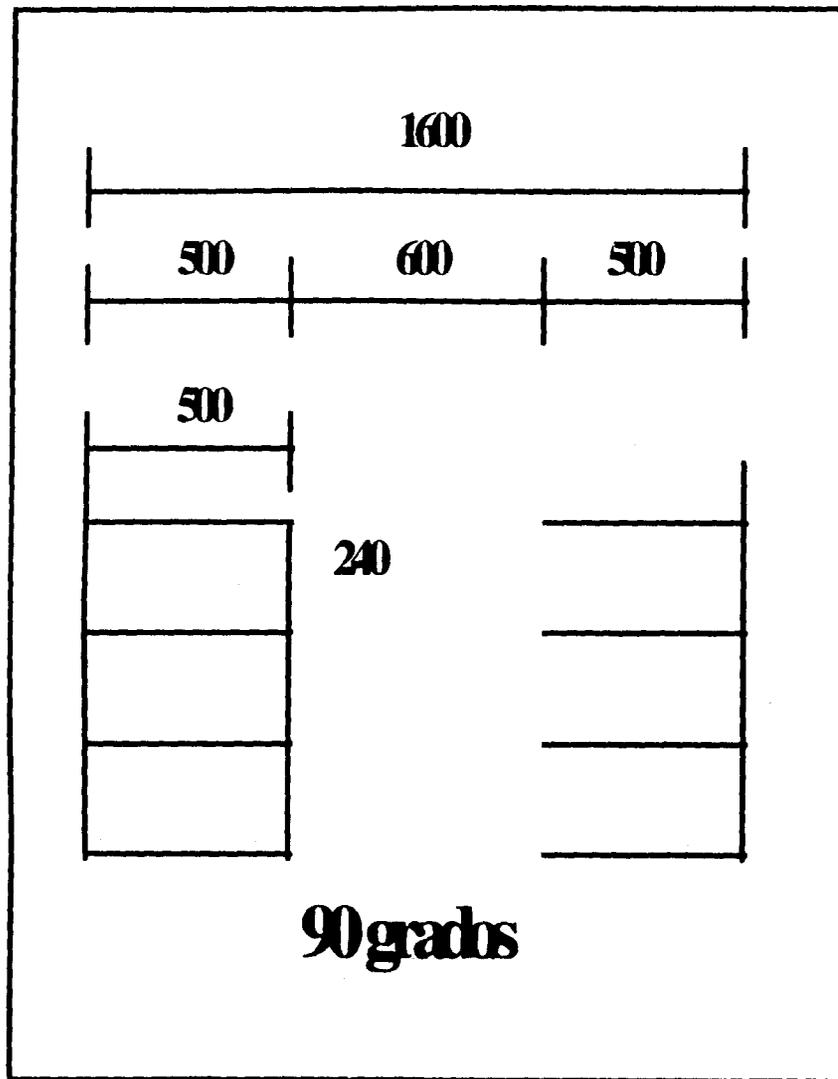


b) Automóviles grandes y medianos con cajones a 45° (acotaciones en cm.)

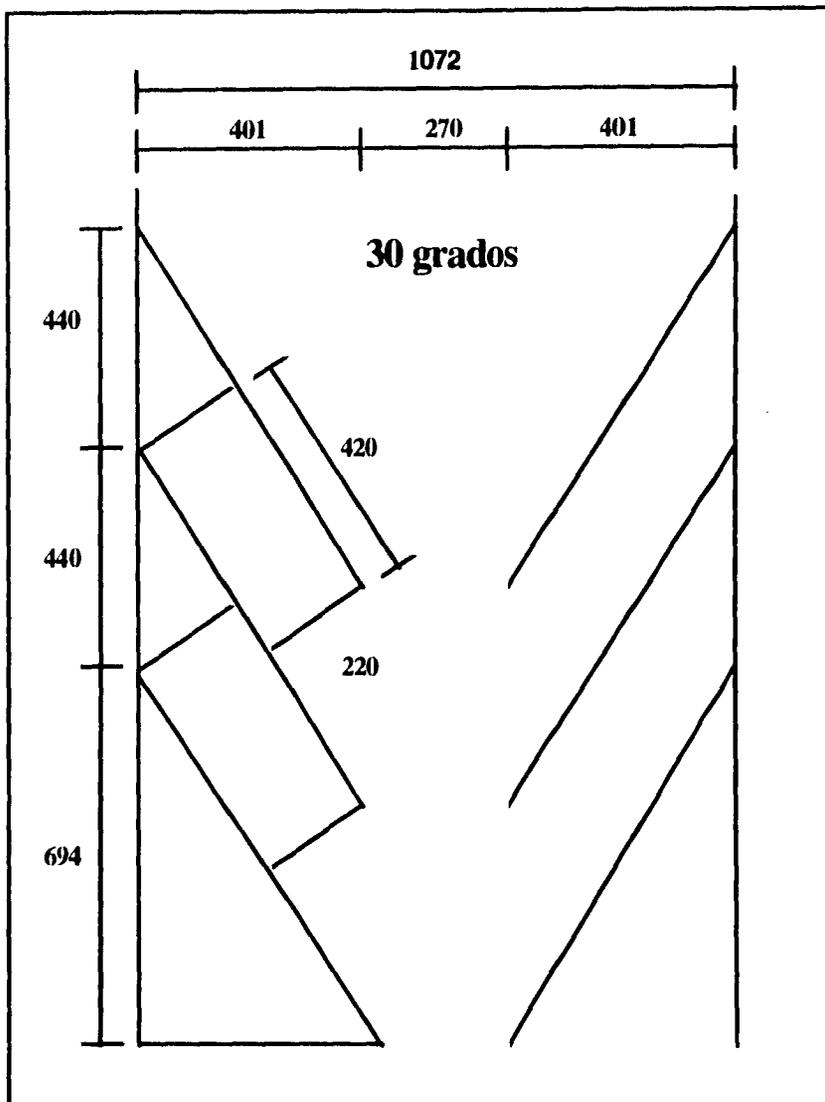


c) Automóviles grandes y medianos con cajones a 60° (acotaciones en cm.)

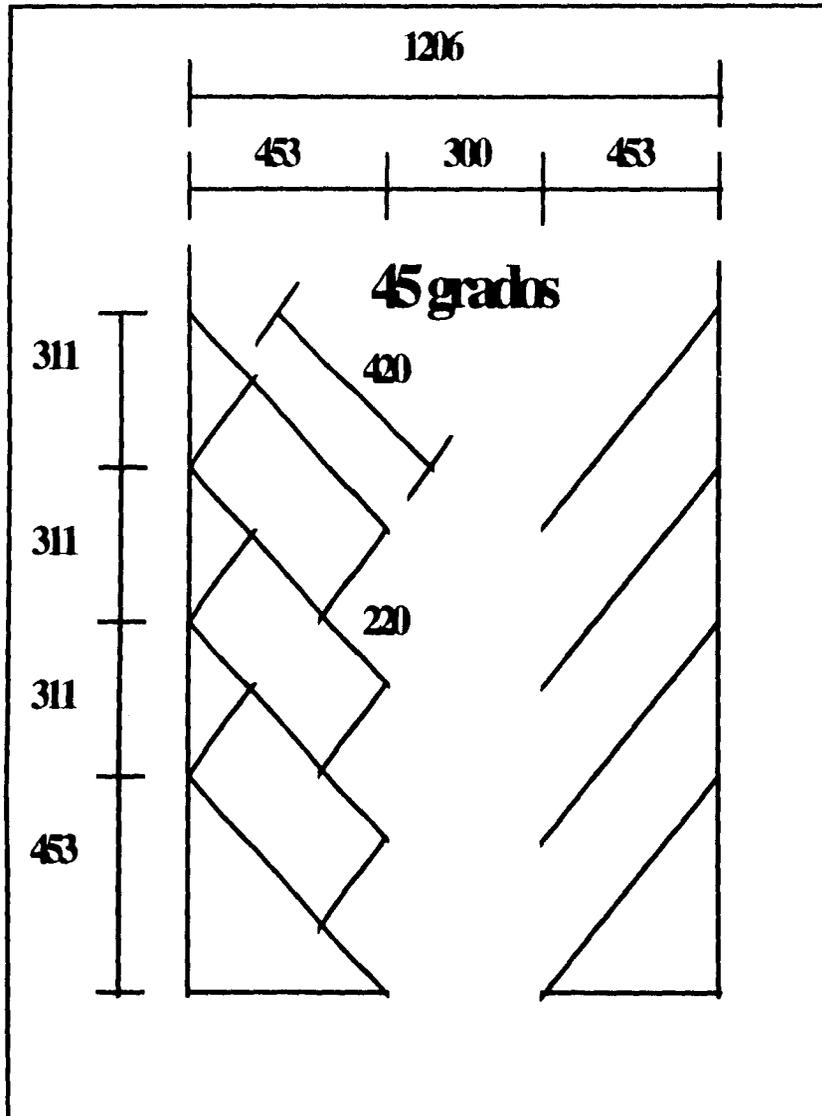
ESTACIONAMIENTOS



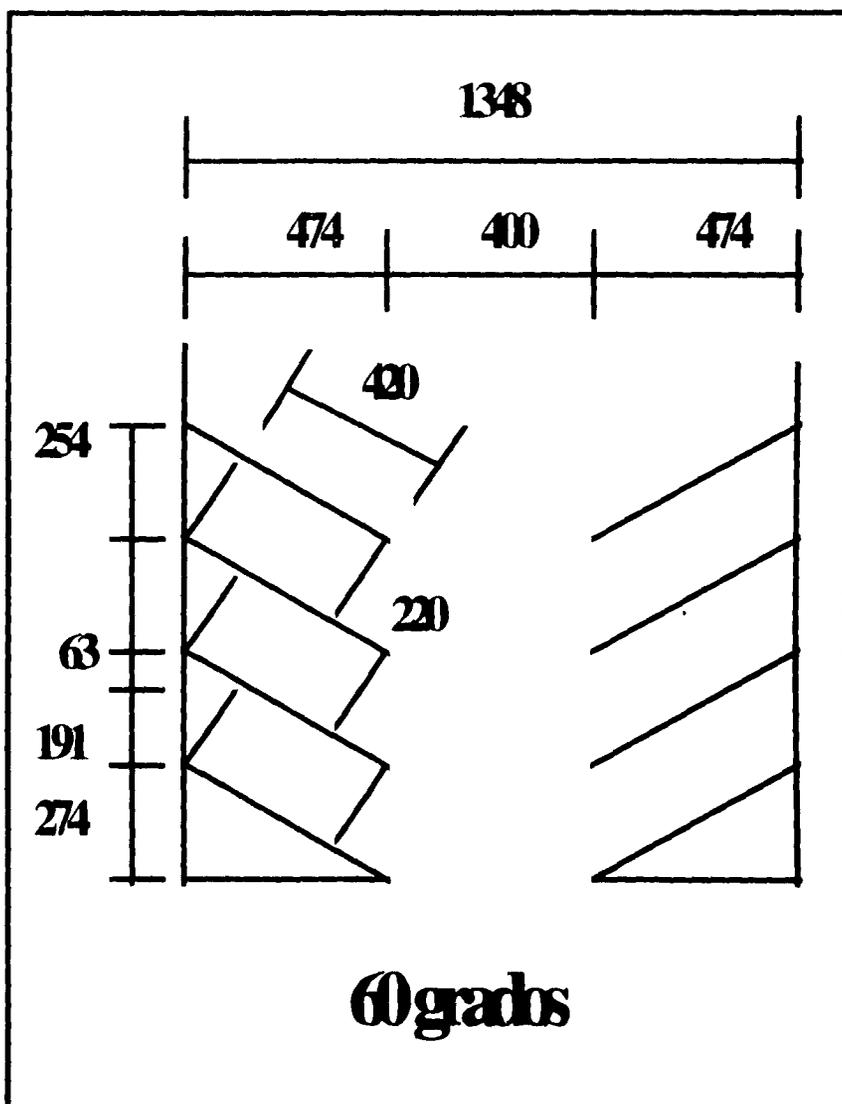
d) Automóviles grandes y medianos con cajones a 90 ° (acotaciones en cm.)



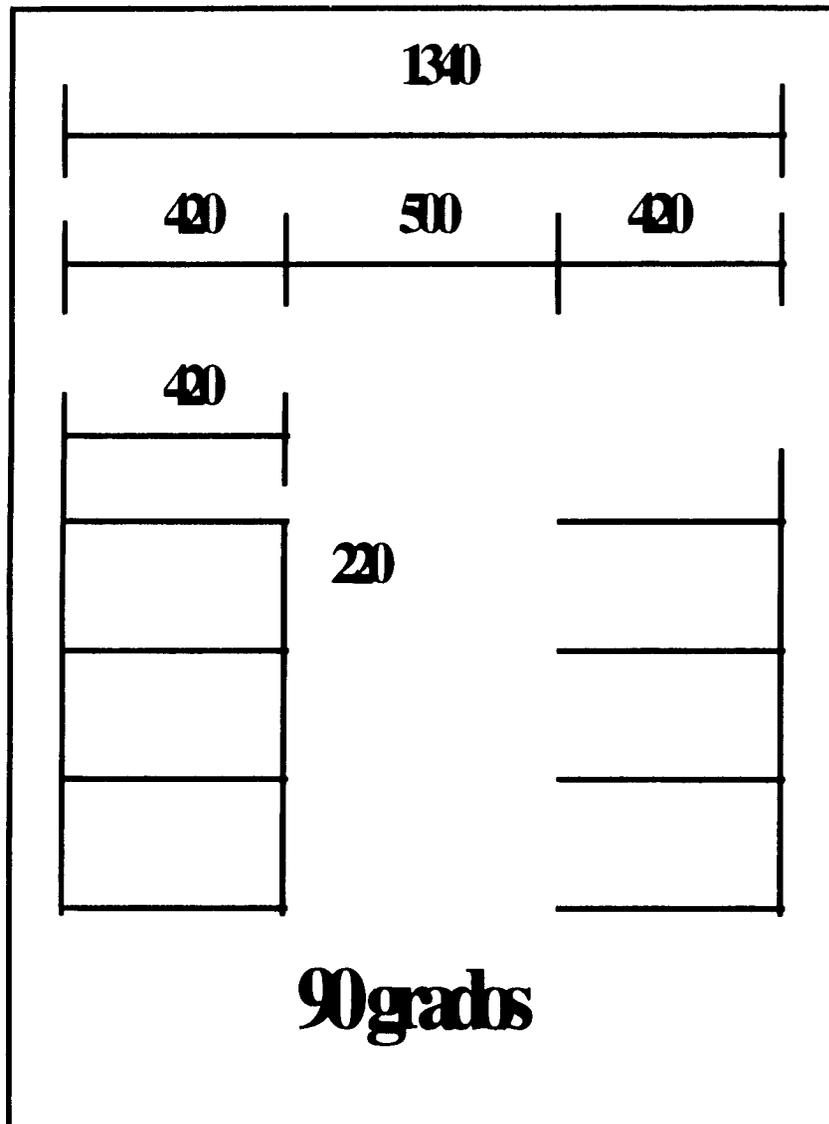
e) Automóviles chicos con cajones a 30 ° (acotaciones en cm.)



f) Automóviles chicos con cajones a 45 ° (acotaciones en cm.)



g) Automóviles chicos con cajones a 60 ° (acotaciones en cm.)



h) Automóviles chicos con cajones a 90 ° (acotaciones en cm.)

1.4.5 SEÑALAMIENTO

A continuación se definen los diferentes tipos de señalamiento que se utilizan en las vías de comunicación terrestre :

Señales preventivas. Tratan del empleo y las características de los dispositivos para prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de algún peligro en el camino y su naturaleza.

Señales restrictivas. Contienen las recomendaciones sobre el empleo y características de los dispositivos para indicar al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito.

Señales informativas. Describen las características de las señales que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario.

Marcas. Son las rayas y letras que se pintan en el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro de o adyacentes a las vías de circulación, así como de los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento, con el fin de regular o canalizar el tránsito e indicar la presencia de obstáculos.

1.4.6 SEÑALAMIENTO PARA ESTACIONAMIENTOS

El señalamiento vertical y horizontal de un estacionamiento es el complemento indispensable de un proyecto. Las señales verticales y horizontales, dentro de un estacionamiento, son el mensaje que la autoridad hace llegar a los usuarios para facilitarles su uso con el menor riesgo y la mayor comodidad y eficiencia. Si un estacionamiento está bien proyectado el señalamiento lo hará más operable. Si el estacionamiento tiene fallas de proyecto o, por las dimensiones o forma del terreno, tiene ciertas restricciones de espacio y de funcionamiento, un buen señalamiento deberá mejorar su operación.

ESTACIONAMIENTOS

SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

Este señalamiento está constituido por las rayas y flechas que son pintadas sobre el piso del estacionamiento, para marcar los cajones, marcar los sentidos de circulación, marcar los límites de isletas, pasos de peatones, número del piso etc.

Para el señalamiento horizontal se recomienda la pintura especial para tránsito, de color blanco, aplicada en la misma forma en que es aplicada en la vía pública. Es indispensable que los cajones del estacionamiento sean claramente pintados, siguiendo la disposición geométrica del proyecto. Generalmente las rayas son pintadas de 10 centímetros de anchura y excepcionalmente de 15 cm.

Las flechas pintadas en los pasillos deben ser utilizados para indicar principalmente las circulaciones en un solo sentido y sirven de apoyo al señalamiento vertical que indica lo mismo. Aun en pasillos que admiten el doble sentido de circulación es recomendable pintar las flechas, al mismo tiempo que la raya central separadora de carriles; ayuda a ordenar la circulación y hace más segura la operación.

La posición para pintar las flechas es obligada al principio y final de cada pasillo y en todo cruce de éstos. También es conveniente repetir las flechas a medio pasillo, para recordar a algunos usuarios distraídos la dirección en que deben salir después de dejar el cajón de estacionamiento.

Las flechas en el piso también pueden ayudar informando al usuario, antes de llegar a un pasillo transversal, del sentido de la circulación permitido en éste. Para ello se usa una flecha curva o una flecha de dos cabezas, una recta y otra curva, según sea la disposición de los pasillos. En la figura 1.4.1 se dan las dimensiones y la cuadrícula para el trazo de flechas en el piso, ya sean de una sola cabeza o de dos cabezas combinadas. El trazo debe partir de la ubicación del eje del carril de circulación.

SEÑALAMIENTO VERTICAL

El señalamiento vertical debe empezar desde la vía pública para identificar plenamente al lote o edificio que ofrece servicio de estacionamiento al público. Debe ser instalada la señal informativa del servicio formada por un cuadro azul que contiene escrita en blanco la letra E. Esta señal deberá ser colocada en la acera, a la entrada del estacionamiento y dando la cara al tránsito.

Al entrar al estacionamiento debe señalarse claramente la entrada y salida. Conviene agregar a esta información la de la altura libre mínima que encontrará el usuario.

Dentro del estacionamiento, las señales deben identificar los sentidos de la circulación, la dirección para llegar a los otros pisos y la dirección para llegar a la salida. En la figura 1.4.2 se muestran algunas señales con la recomendación de las señales mínimas para ser vistas y leídas a la distancia necesaria y a la velocidad normal de marcha.

Para un señalamiento es conveniente seguir la trayectoria del usuario, tanto en el plano del proyecto como en el propio estacionamiento, cuando entra, hasta que encuentra un cajón vacío y cuando sale, hasta que llega a la calle.

Finalmente, es de gran importancia que el señalamiento vertical y horizontal reciban atención adecuada en su conservación, ya que esto garantizará el propósito que se tuvo desde el principio y atraerá la simpatía de los usuarios para seguir usando el estacionamiento.

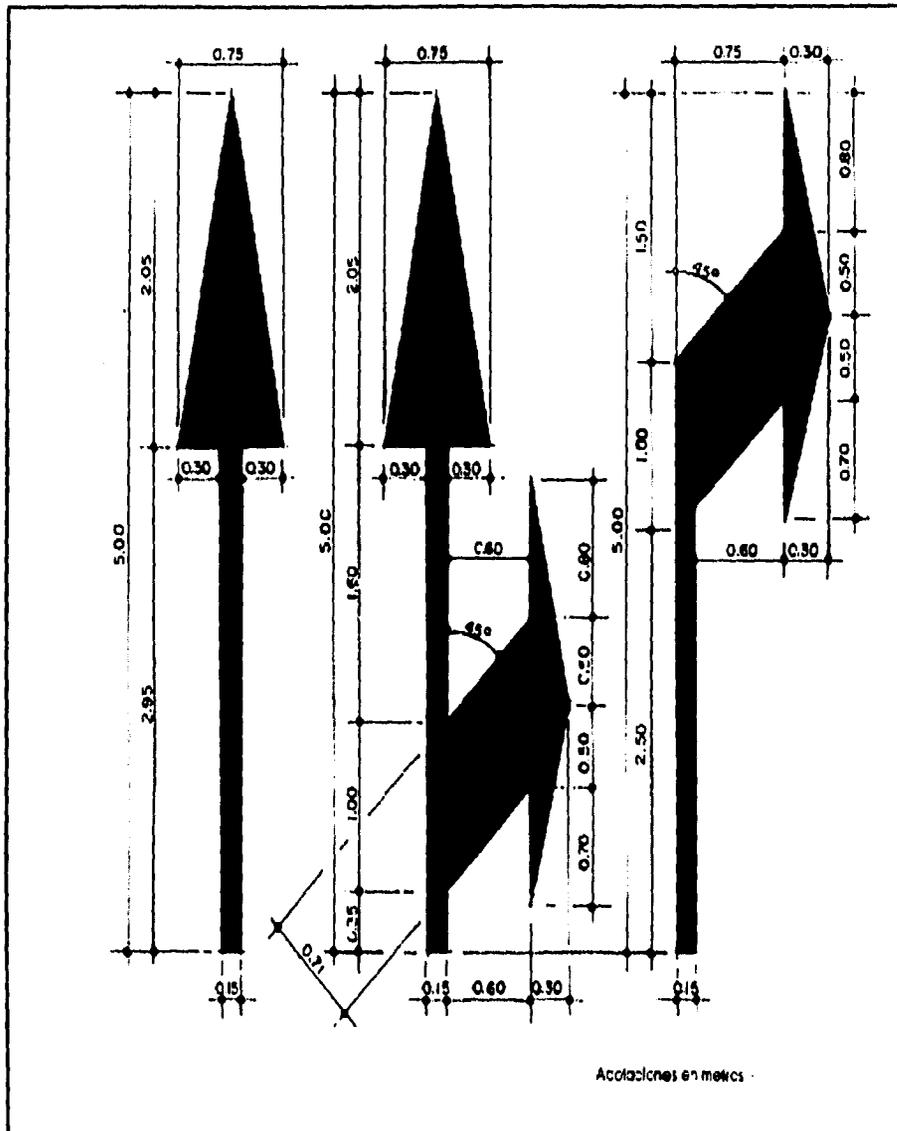


Figura 1.4.1.- Flechas en el piso de estacionamientos (acotaciones en metros).

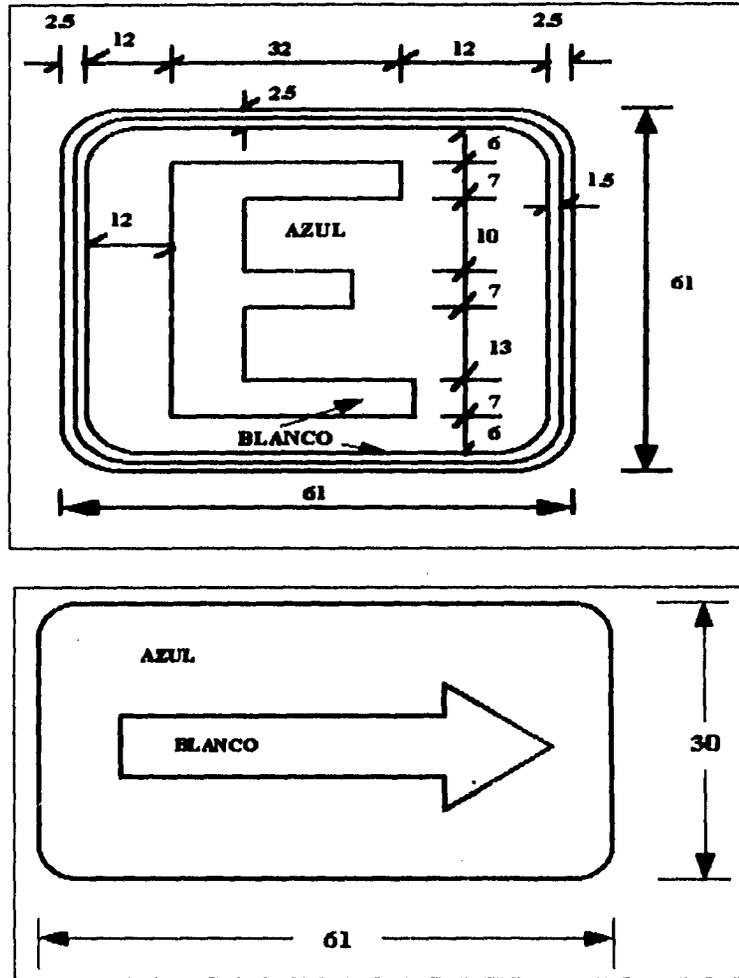


Figura 1.4.2.a.- ESTACIONAMIENTO Para colocarse a la entrada del estacionamiento.

Nota : A la salida se colocará una señal igual pero con la flecha indicada a la salida (acotaciones en cm).

ESTACIONAMIENTOS

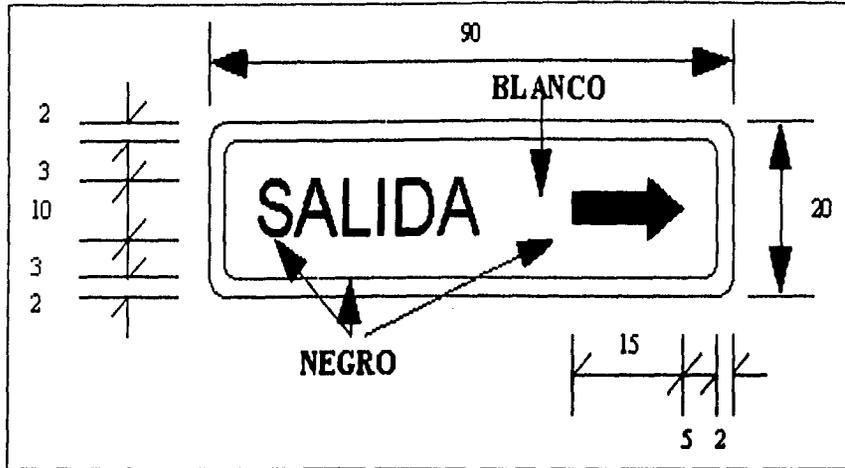


Figura 1.4.2.b .- SALIDA

Serán colocadas en los lugares necesarios para evitar dudas del usuario (acotaciones en cm).

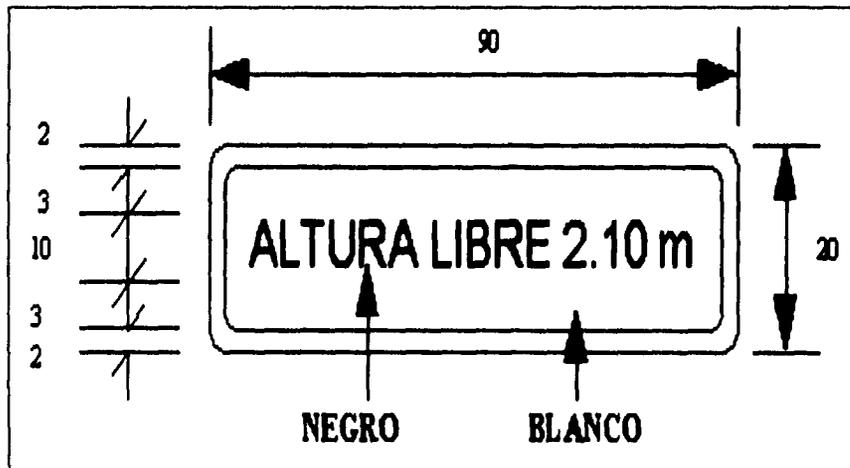


Figura 1.4.2.c .- ALTURA LIBRE

Deberá ser colocada en la entrada al estacionamiento (acotaciones en cm).

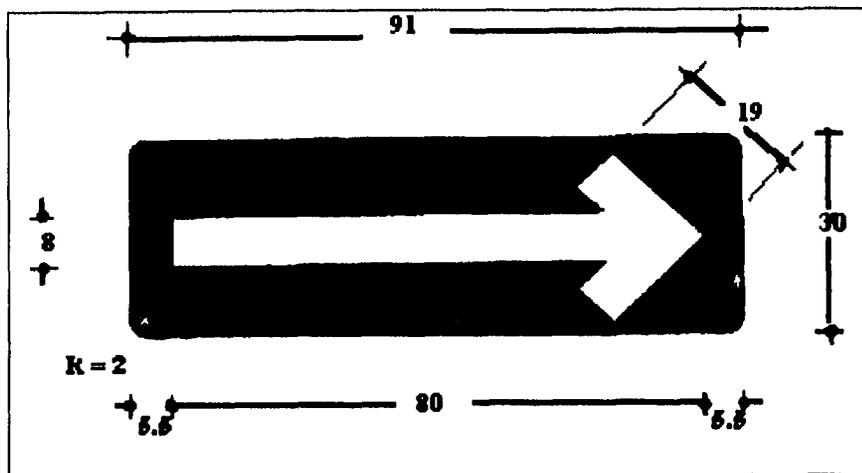


Figura 4.1.2.d .- SENTIDO DE CIRCULACIÓN

Serán colocadas en los pasillos cada vez que sea necesario aclarar el sentido único en que pueden circular los usuarios (acotaciones en cm).

1.4.7 RECOMENDACIONES

A continuación se dan una serie de normas complementarias para un buen proyecto de estacionamientos recomendadas por la ingeniería de tránsito :

- 1.- Pendiente máxima en las rampas (edificios específicos de estacionamiento) : 15 %
- 2.- En rampas rectas con pendientes mayores del 12 %, deberán construirse tramos de transición en la entrada y salida, con una pendiente del 6 % de 3.60 metros como mínimo.
- 3.- Rampas con doble sentido de circulación, deberán tener franja separadora central.
- 4.- Anchura mínima de las franjas separadoras centrales de las rampas :

ESTACIONAMIENTOS

- a) Rampas rectas : 0.30 m.
 - b) Rampas curvas : 0.45 m.
- 5.- Anchura mínima del arroyo en rampas rectas : 2.5 m. por carril.
- 6.- Radio de giro mínimo de pasillos 5.50 m.
- 7.- Anchura de arroyo mínimo : 3.50 m.
- 8.- En rampas helicoidales :
- a) Radio de giro mínimo al eje de la rampa (del carril interior) = 7.50 m.
 - b) Anchura mínima del carril interior : 3.50 m.
 - c) Anchura mínima del carril exterior : 3.20 m.
 - d) Sobreelevación máxima: 10 %.
- 9.- Altura mínima de las guarniciones centrales y laterales : 0.15 m.
10. Anchura mínima de las banquetas laterales : 0.30 m. en recta y 0.50 m. en curvas.
- 11.- En rampas helicoidales, una al lado de la otra, la rampa exterior se destinará para ascender y la interior para descender.
- 12.- La rotación de automóviles en las rampas helicoidales deberá ser para mejor conveniencia en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj.
- 13.- Altura mínima de pisos :
- a) Primer piso : 2.65 m.
 - b) Demás pisos : 2.10 m.
- 14.- Número máximo de pisos con rampas : 10.

ESTACIONAMIENTOS

- a) Rampas rectas : 0.30 m.
 - b) Rampas curvas : 0.45 m.
- 5.- Anchura mínima del arroyo en rampas rectas : 2.5 m. por carril.
- 6.- Radio de giro mínimo de pasillos 5.50 m.
- 7.- Anchura de arroyo mínimo : 3.50 m.
- 8.- En rampas helicoidales :
- a) Radio de giro mínimo al eje de la rampa (del carril interior) = 7.50 m.
 - b) Anchura mínima del carril interior : 3.50 m.
 - c) Anchura mínima del carril exterior : 3.20 m.
 - d) Sobreelevación máxima: 10 %.
- 9.- Altura mínima de las guarniciones centrales y laterales : 0.15 m.
10. Anchura mínima de las banquetas laterales : 0.30 m. en recta y 0.50 m. en curvas.
- 11.- En rampas helicoidales, una al lado de la otra, la rampa exterior se destinará para ascender y la interior para descender.
- 12.- La rotación de automóviles en las rampas helicoidales deberá ser para mejor conveniencia en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj.
- 13.- Altura mínima de pisos :
- a) Primer piso : 2.65 m.
 - b) Demás pisos : 2.10 m.
- 14.- Número máximo de pisos con rampas : 10.

ESTACIONAMIENTOS

- 15.- Para estacionamientos de autoservicio : Toda rampa de salida deberá terminar a una distancia mínima de 5.0 m. antes del alineamiento. En estos 5.0 metros se podrá permitir una pendiente máxima de 5.0 % pudiendo incluirse en la misma transición.
- 16.- Las columnas y muros que limitan pasillos de circulación, deberán tener una banqueta de 0.15 m. de altura y una anchura de 0.30 m. con los ángulos redondeados.
- 17.- Edificios con tres plantas de estacionamiento podrán tener escaleras para el servicio de los usuarios, en vez de elevadores, con una anchura de 1.20 m.
- 18.- Los edificios con más de tres plantas a partir del nivel de la calle, deberán contar con dos elevadores de seis a ocho plazas cada uno.
- 19.- En estacionamientos con acomodadores, el número de éstos debe ser igual o mayor que el obtenido de la siguiente relación :
- $$e = Q / n$$
- en donde :
- e = Número mínimo de acomodadores
 - Q = Frecuencia de llegada en la hora de mayor demanda (vehículos/hora)
 - n = Número de vehículos que puede estacionar un acomodador en una hora (aproximadamente (20)).
- 20.- En estacionamientos con acomodadores, deberán existir 3 acomodadores por elevador.
- 21.- La anchura mínima de los pasillos de espera para los usuarios deberá ser de 1.20 m.
- 22.- Todos los estacionamientos con acomodadores y de autoservicio deberán contar con sanitarios, con almacén para equipo de aseo, y con guardarropa para los empleados.

ESTACIONAMIENTOS

- 23.- La iluminación y señalamiento deberán ser adecuados en todo estacionamiento.
- 24.- En estacionamientos con cajones colindantes con muros, deberán colocarse topes de rueda con 0.15 m. de altura y a una distancia del muro de 0.9 y 1.30 m. para automóviles grandes y chicos y dependiendo si la entrada es de frente o de reversa, respectivamente, y de 0.70 y 0.90 m. para carros y las mismas condiciones anteriores.
- 25.- Las áreas de estacionamiento que dan mayor capacidad, son las rectangulares.
- 26.- Los pasillos de circulación, en áreas de forma irregulares, deberán proyectarse a los lados mayores.
- 27.- Para mayor eficiencia, los pasillos de circulación deberán dar servicio a las dos baterías de cajones de estacionamiento.
- 28.- En el perímetro del área del estacionamiento, deberán proyectarse cajones en batería.

Es conveniente advertir que cualquier dispositivo para el control del tránsito exige la concurrencia de cinco requisitos fundamentales :

- a) Satisfacer una necesidad importante.
- b) Llamar la atención.
- c) Transmitir un mensaje claro.
- d) Imponer respeto a los usuarios del camino.
- e) Estar en el lugar apropiado a fin de dar tiempo a reaccionar.

Existen cuatro consideraciones básicas para asegurarse que tales requisitos se han cumplido. Estas son : Proyecto, Ubicación, Uniformidad y Conservación.

El **PROYECTO** de los dispositivos para el control del tránsito debe asegurar que características tales como tamaño, contraste, colores, forma, composición, iluminación o efecto reflejante donde sea necesario, se combinen para llamar la atención del conductor. Que la forma, tamaño, colores y simplicidad del mensaje se combinen para proporcionar un significado comprensible. Que la legibilidad y el tamaño se combinen con la ubicación a fin de dar tiempo suficiente para reaccionar. Y que la uniformidad, racionalidad, tamaño y legibilidad impongan respeto.

La **UBICACIÓN** de la señal deberá estar dentro del cono visual del conductor del vehículo, para provocar su atención y facilitar su lectura e interpretación de acuerdo con la velocidad a la que vaya el vehículo.

La **UNIFORMIDAD** en el señalamiento ayuda en las reacciones de los usuarios al encontrar igual interpretación de los problemas del tránsito a lo largo de la ruta. Esto facilita la resolución de los problemas de señalamiento y economiza en la construcción y colocación de señales. Además, debe tenerse cuidado de **NO USAR UN NUMERO EXCESIVO DE SEÑALES**, sobre todo preventivas y restrictivas, limitándose siempre a las estrictamente necesarias.

Por lo que respecta a la **CONSERVACIÓN**, ésta deberá ser física y funcional; esto es, que no sólo se deberá procurar la limpieza y legibilidad de las señales, sin que éstas deberán colocarse o quitarse tan pronto como se vea la necesidad de ello.

1.5 AVANCES TECNOLÓGICOS EN ESTACIONAMIENTOS

En la actualidad, existen diversas formas para llevar el control de un estacionamiento; el avance tecnológico dentro de este renglón se basa principalmente en sistemas electrónicos-mecánicos, la mayor parte de estos controladores están diseñados para aspectos como: la emisión automática de boletos, lectores de tarjetas magnéticas para el acceso, barreras automáticas para accesos y salidas, cajeros de cobro automáticos, etc.

Algunos de estos sistemas basados en computadoras son capaces de llevar el control de la cantidad de vehículos que entran y salen durante el día, guardando en memoria la fecha de entrada al estacionamiento, el tiempo que el vehículo permaneció dentro del estacionamiento dando además a la salida del vehículo el costo automáticamente, pudiendo en algunos casos llevar la contabilidad de todo un día, por semana o por mes, facilitando de esta forma el control financiero del estacionamiento..

A continuación se describe el funcionamiento de algunos de los sistemas que existen en la actualidad para el control de estacionamientos.

1.5.1 EXPENDEDOR AUTOMÁTICO DE BOLETOS.

El funcionamiento del expendedor automático de boletos es de la siguiente forma, el sistema consta de un sensor colocado en la entrada de la caseta del estacionamiento, estos sensores, generalmente son del tipo de fuerza, que al pasar las llantas del vehículo "informan" la presencia de este al expendedor, otra forma usada para activar al expendedor de boletos es un switch colocado en un módulo a la entrada de la caseta, este switch es accionado manualmente por el usuario y al momento el expendedor entrega un boleto el cual es grabado con un código de barras con información de la fecha, la hora, el número de caseta, etc.. Generalmente este tipo de controladores están equipados con barreras, las cuales son activadas al momento de tomar el boleto y de esta forma permiten el acceso del vehículo al estacionamiento.

ESTACIONAMIENTOS

El expendedor cuenta con puertos de comunicación de datos los cuales están conectados a una computadora, esto con el fin de almacenar toda la información y de esta forma llevar la contabilidad tanto del número de vehículos que entran en el inmueble como también de los costos por hora de dichos vehículos. El expendedor cuenta con una impresora de alta velocidad la cual imprime en el boleto en código de barras, la fecha y la hora de entrada, además es posible programar mensajes para imprimirlos en los boletos; una bocina se activa cuando el boleto es cedido por el expendedor y se desactiva cuando el usuario toma el boleto. Otras características con que cuentan este tipo de mecanismos son las siguientes:

El expendedor puede ser instalado sin la conexión de cableado para la comunicación con una PC, ya que los boletos que son suministrados por el sistema llevan impreso con código de barras la hora de entrada la cual puede ser leído por un sistema de lectura de códigos de barras maestro el cual automáticamente calcula la cantidad a pagar. En la fig. 1 se muestra un sistema estándar en perspectiva de un expendedor automático de boletos. En la fig. 2 se muestra al expendedor de boletos.

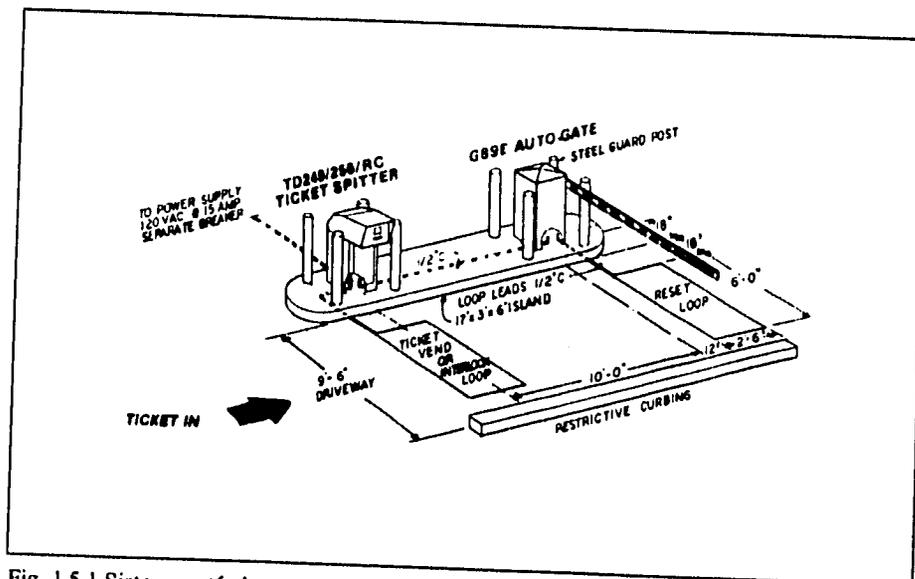


Fig. 1.5.1 Sistema estándar en perspectiva

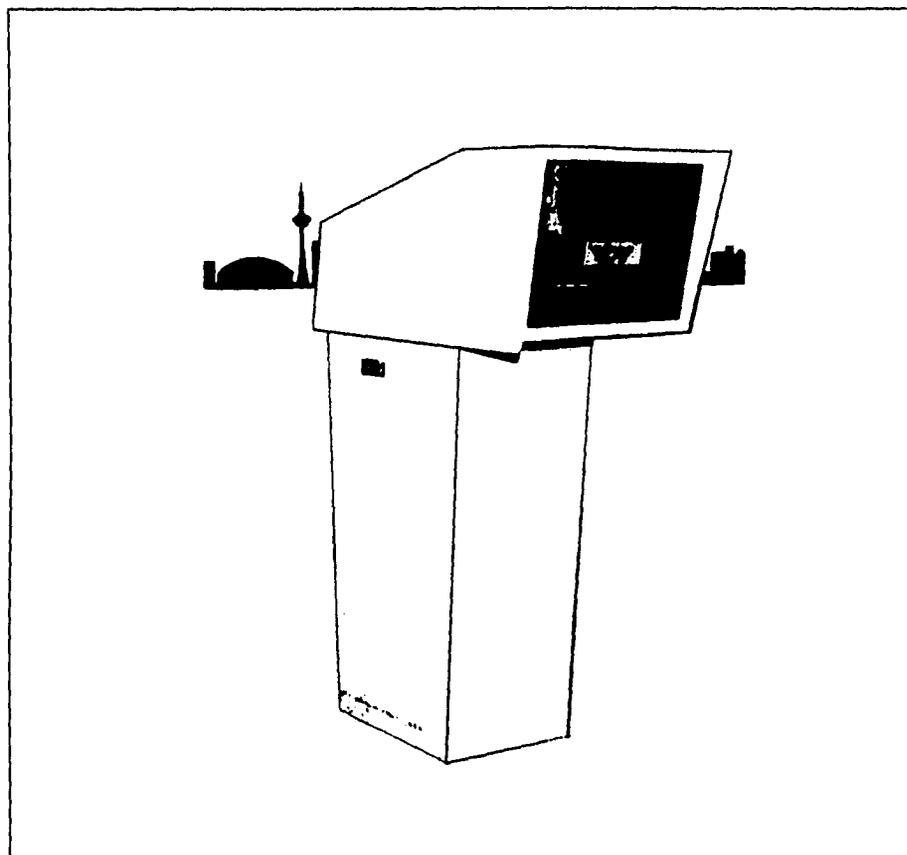


Fig. 1.5.2 Expendedor automático de boletos.

1.5.2 CONTADOR DIFERENCIAL DE LUGARES.

El contador de lugares (en este caso el DC200) provee la visualización exacta de la cantidad de lugares disponibles en todo momento. Al entrar en operación el contador diferencial detecta entradas y salidas de los vehículos por medio de pulsos generados por un equipo externo de control que envía las señales de sensado al contador.

La operación de este dispositivo es de la forma siguiente:

Tomando como ejemplo un estacionamiento con una capacidad de 850 autos, se inicializa el contador a la capacidad de lugares del estacionamiento; el contador entonces resta un lugar por cada auto que entra al estacionamiento y suma un lugar por cada auto que sale del estacionamiento, de modo que de esta forma el contador indicará en todo momento en un display colocado al frente del mismo la cantidad actual de lugares disponibles en el lote; en cuanto el dispositivo alcanza la cantidad de 0000, de manera automática indicará en el display que no hay lugares disponibles mediante el despliegue de un mensaje en el display desactivando en ese instante al dispositivo externo que se encuentre conectado al contador, este dispositivo podría ser una barrera automática, un expendedor de boletos, un receptor de monedas, etc. y de esta forma ya no permite el ingreso de más autos al lote. La fig. 3 muestra el dispositivo.

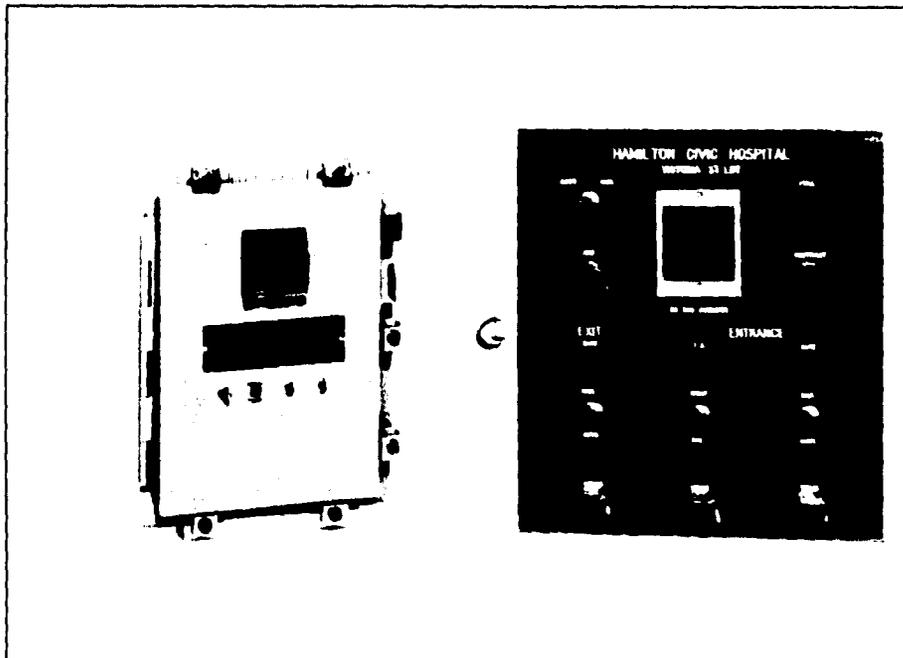


Fig. 1.5.3 Modelos del Contador diferencial de lugares.

ESTACIONAMIENTOS

1.5.3 BARRERAS AUTOMÁTICAS.

El sistema de barreras automáticas es un dispositivo el cual cuenta con un brazo mecánico que es activado mediante la acción de un botón que se encuentra montado a la entrada del estacionamiento, al momento de ser oprimido el botón activa a un motor de 1/3 de HP. Este sistema puede estar conectado a un expendedor automático de boletos el cual al momento de entregar el boleto activa el brazo mecánico. La electrónica con la que trabaja este dispositivo emplea dispositivos de estado sólido de poder para el control como tiristores, pueden contar con equipo adicional como contadores de eventos para un control más completo del estacionamiento.

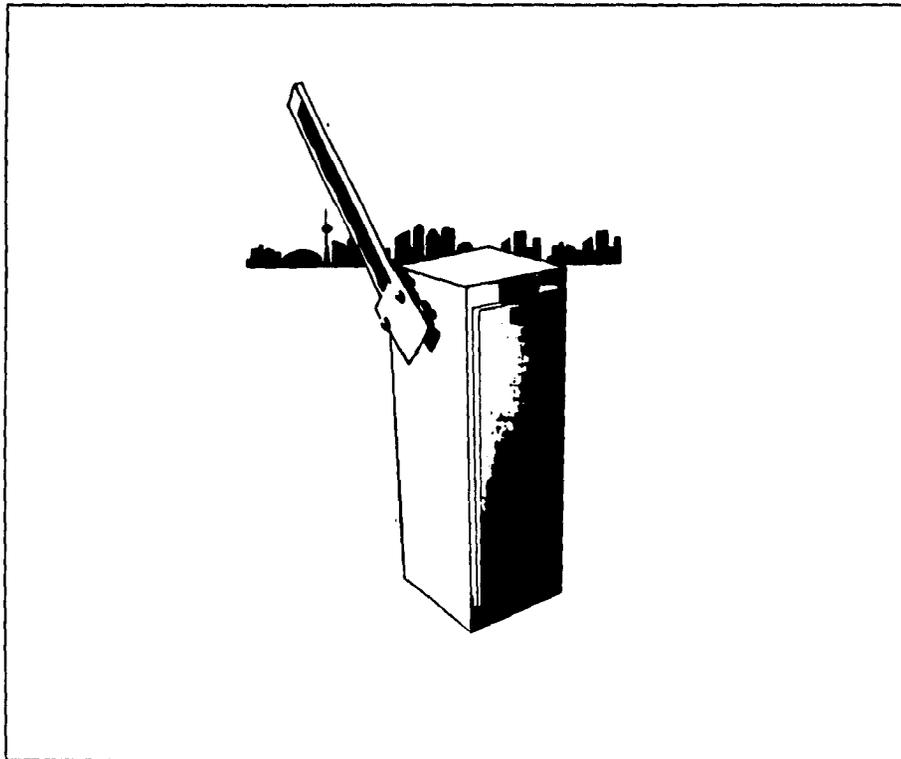


Fig. 1.5.4 Barrera automática.

1.5.4 RECEPTOR DE MONEDAS.

El receptor de monedas esta diseñado para aplicaciones de control en estacionamientos en donde no hay posibilidades económicas de colocar cajeros en las entradas del estacionamiento y existe un tránsito de autos considerable. El receptor de monedas trabaja las 24 hrs. del día los siete días de la semana o bien puede ser programado para trabajar sólo en horarios específicos. El receptor puede ser activado para aceptar varios tipos de monedas entre un rango, dependiendo el modelo elegido, este aceptara monedas de un solo tipo o una combinación de estas. La fig. 5 muestra un modelo de receptor de monedas.

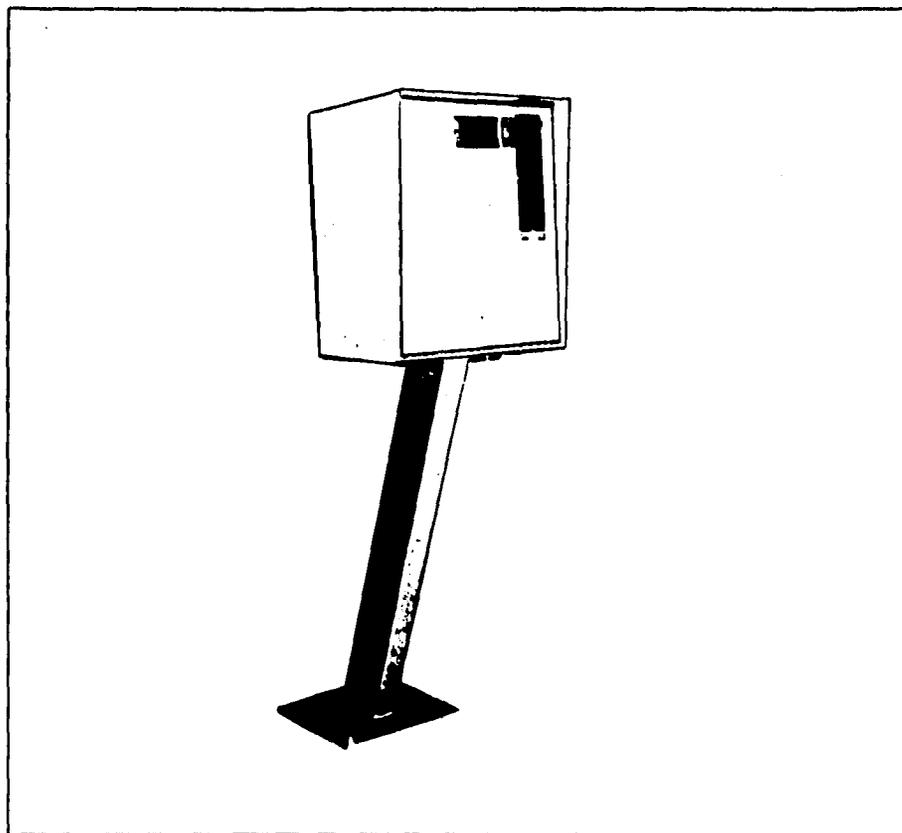


Fig. 1.5.5 Receptor de monedas, modelo CM400.

ESTACIONAMIENTOS

1.5.5 VISUALIZADOR DE MENSAJES.

Este dispositivo permite la visualización de mensajes en un display con iluminación especial. El dispositivo permite el control del tráfico dentro o a la entrada del estacionamiento mediante mensajes que son programados según la función a desempeñar. La fig. 6 muestra un modelo de este dispositivo.

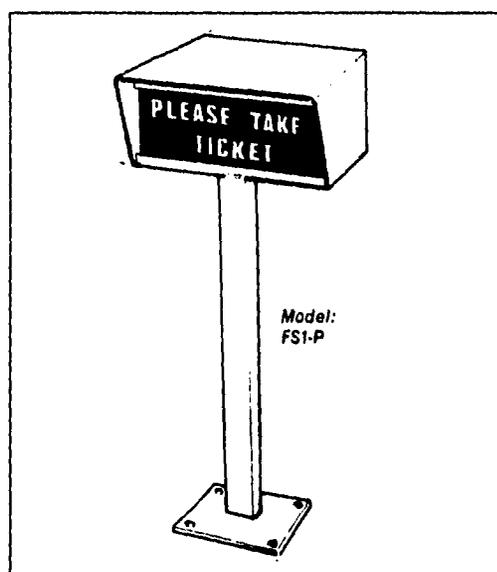


Fig. 1.5.6 Visualizador de mensajes modelo FS1.

1.5.6 LECTOR DE TARJETAS MAGNÉTICAS.

Este dispositivo diseñado para usos domésticos o industriales. Sólo a las tarjetas autorizadas se les dará acceso después de ser leídas por el lector. Este dispositivo se diseñó para ofrecer un selectivo control de acceso en estacionamientos automatizados.

El lector de tarjetas está provisto de un mecanismo por el cual es deslizada la tarjeta magnética con un código previamente grabado, la cual activa a una serie de micro switches

ESTACIONAMIENTOS

magnéticos de precisión, los cuales activan (abren o cierran) el circuito; estos switches pueden ser empleados para comandar la activación de una barrera automática que puede estar interconectado con el lector y así de esta forma permitir el acceso del auto al estacionamiento. En la fig. 7 se muestran algunos modelos de este dispositivo. El lector permite el uso de una gran variedad de tarjetas magnéticas las cuales pueden llevar impreso toda clase de logotipo sin afectar el servicio a prestar. Las tarjetas empleadas pueden ser programadas con un ilimitado número de códigos posibles. Estos códigos son grabados en un cartucho el cual es colocado dentro del lector sin ser necesarios ajustes técnicos ni físicos; el lector permite el uso de otro cartucho para el uso de dos códigos diferentes en operación simultánea.

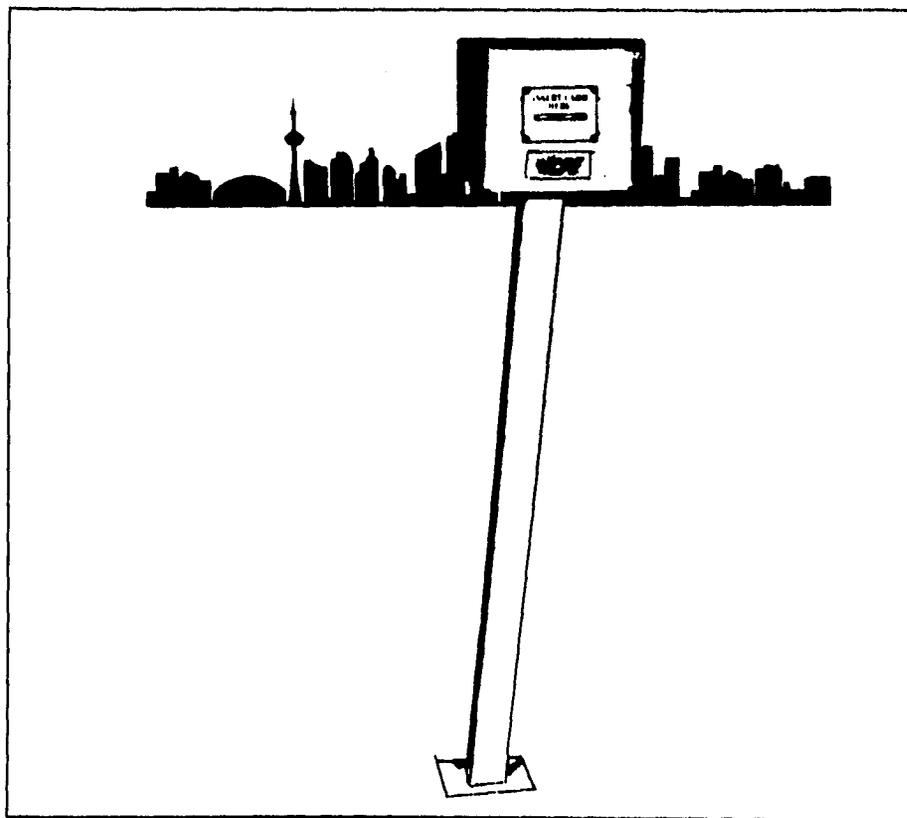


Fig. 1.5.7 Modelos de Lectores de Tarjeta Magnéticas.

ESTACIONAMIENTOS

1.5.7 ESTACIONAMIENTOS VERTICALES Y HORIZONTALES.

Recientemente, y debido al gran incremento de automóviles en circulación, se ha producido una gran escasez de estacionamientos, creando un serio problema social.

En las ciudades, particularmente donde el costo del terreno es alto, muchos terrenos valiosos están siendo utilizados como estacionamientos, destinando fuertes inversiones de capital sólo para este propósito. Sin embargo, la necesidad de contar con áreas de estacionamientos en los complejos habitacionales nuevos está convirtiéndose en un problema.

Las vías rápidas y avenidas en áreas residenciales están llenas de automóviles estacionados, que los bomberos y ambulancias apenas pueden transitar o tener acceso a los lugares a donde requieren llegar.

Para la solución de estos problemas la tecnología en el campo de estacionamientos a diseñado estacionamientos verticales, los cuales , en un terreno en donde solo era posible estacionar uno o dos automóviles, ahora con la introducción de estos modelos se logra acomodar siete autos. A continuación se describen algunos modelos para este tipo de estacionamientos.

1.5.8 SISTEMA DE CARRUSEL DE ESTACIONAMIENTO.

El Sistema de Carrusel ha sido creado para resolver los problemas de espacios. El Sistema de Carrusel de Estacionamiento, maximiza la capacidad para estacionar autos en terrenos con poco espacio dentro de la ciudad, así como en las áreas residenciales, además de ser fácil de instalar y de bajo costo; en este sistema no se utilizan cadenas, sino un cinturón V, el cual produce un ruido incomparablemente menor que con los sistemas tradicionales durante el proceso de estacionamiento. Esto lo hace ideal para zonas en donde se requiere el mínimo de silencio como en zonas residenciales, hospitales, áreas habitacionales, etc.; mediante este sistema es posible entrar y salir del carrusel en un lapso de 90 segundos, en el caso de las unidades que se encuentran en los compartimientos superiores, y de 30 segundos en el caso de

los compartimientos inferiores. La entrada o salida de autos se hace mediante un tablero de botones. El sistema cuenta con otros subsistemas de seguridad, tales como, instrumento para detener la jaula cuando esta en posición correcta, mediante un interruptor de límites, la jaula se detiene precisamente cuando el auto está en la posición correcta de entrada y salida. Instrumento para prevenir que se abran las puertas de los autos, mediante la proyección de rayos fotoeléctricos a la izquierda o a la derecha del equipo, la operación se detiene cuando se abren las puertas del auto. Sistema para que entre el carro correctamente, la instalación de rayos fotoeléctricos atrás y al frente de la jaula, previene dañar el auto por contacto con el equipo. Si una persona entra al equipo cuando se esté operando, la operación también se detiene. En la fig. 8 se muestran las dimensiones y especificaciones para este tipo de estacionamientos verticales.

Instalaciones de gran capacidad pueden ser construidas ya sea en forma vertical o en forma horizontal, con las siguientes características:

Alta densidad para estacionamiento, mediante la instalación de torres, cada torre requiere de 20 a 25 pies de largo. Un modelo típico de torre para 30 autos tiene una altura de menos de 100 pies. Riesgos mínimos en el uso, ya que las personas nunca tienen acceso al interior y los autos no son manejados dentro de la torre, además de que no contamina debido a que los autos no son encendidos durante el proceso de estacionamiento. Un motor eléctrico opera eficientemente una torre completa.

ESTACIONAMIENTOS

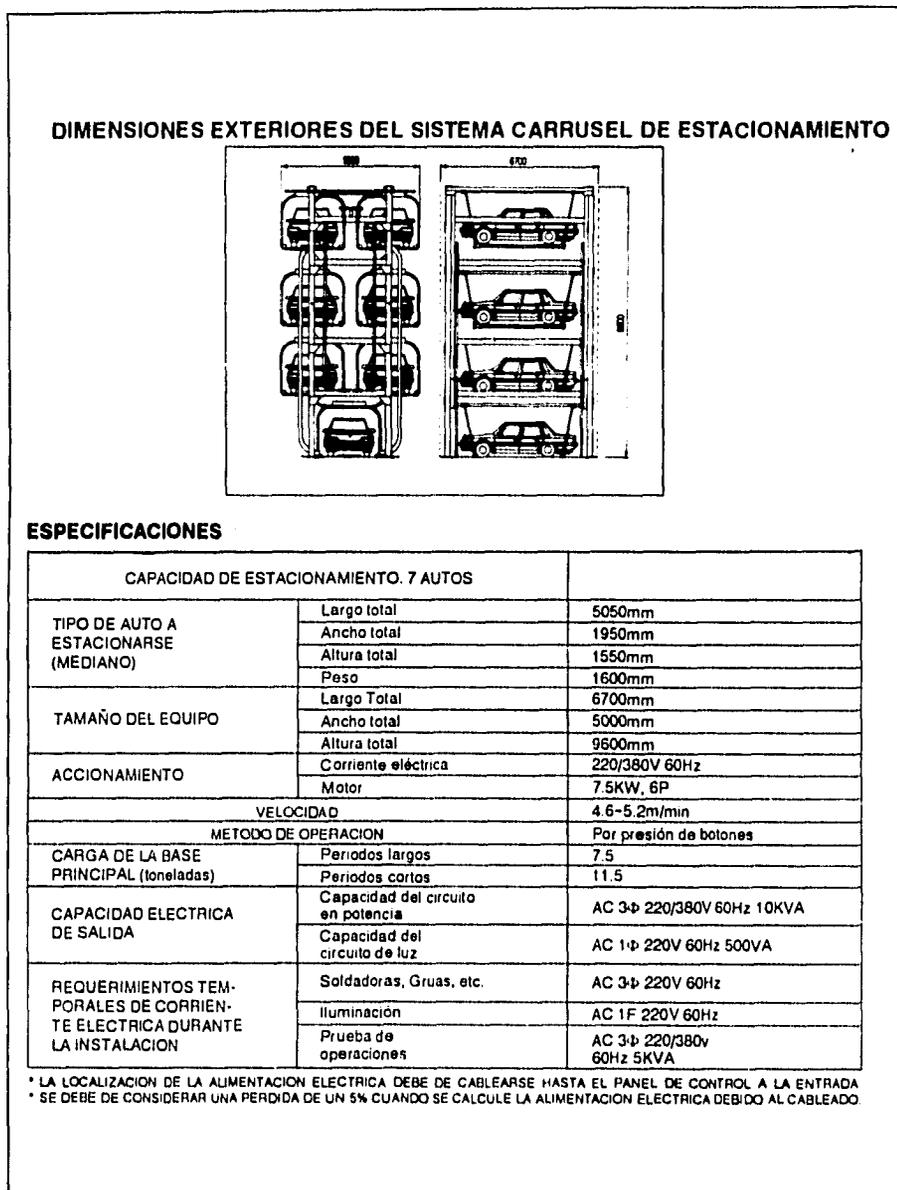


Fig. 1.5.8 Dimensiones y especificaciones para un estacionamiento del tipo vertical "Carrusel".

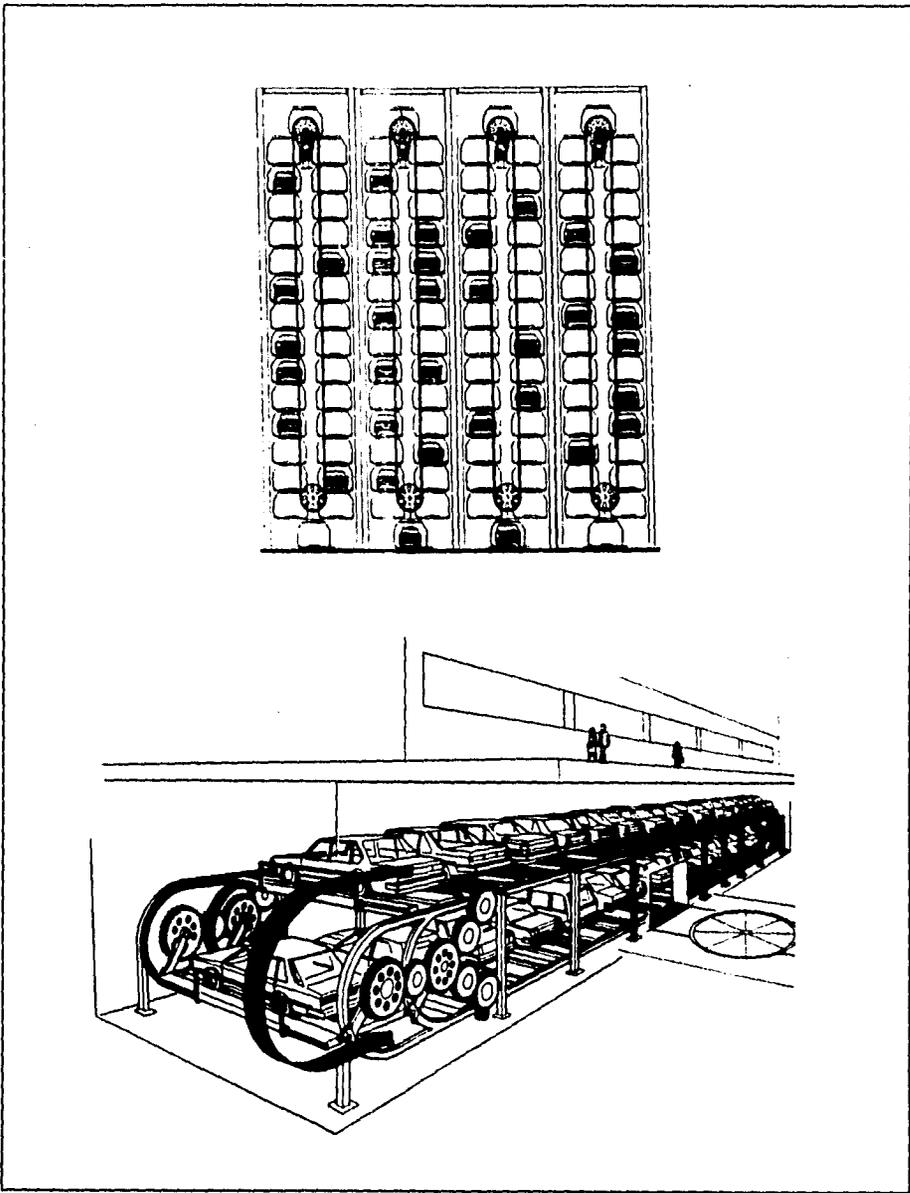


Fig. 1.5.9 Estacionamientos del tipo Torre y Horizontal.

**CAPITULO II. TRANSDUCTORES Y CAÑALES DE COMUNICACIÓN
PARA PC.**

2.1.- VARIABLES A REGISTRAR

Una variable física dada puede medirse utilizando, en algunos casos, principios de medición diferentes, logrando igual éxito en los resultados producidos por diferentes caminos. Sin embargo, en algunas aplicaciones, algún tipo puede presentar ventajas con respecto a otras, ya sea en sensibilidad, tamaño y complejidad, o bien en peso, delicadeza del equipo, respuesta a la frecuencia, costo, resolución, estabilidad, etc.

La necesidad de medir o registrar alguna variable física parece ser la parte más difícil en la selección del elemento de sensado, sin embargo, es aquí donde se comete el mayor número de errores en la toma de decisión para elegir dicho elemento.

El problema se centra básicamente en que en la mayoría de los casos no se especifican claramente lo que realmente se desea medir o registrar, sino que indican el instrumento con el que desean efectuar la medición. Como ejemplo considérese un posible requerimiento para la medición de flujo en un autotanque. ¿ Cual es el propósito real de la medición?, ¿ Es necesario saber el flujo instantáneo, el promedio sobre un periodo o el total del flujo sobre un periodo de tiempo considerable ?. Ya instalado, ¿ Influirá el dispositivo de medición en el flujo ?, solamente muy pocos logran ejercer influencia sobre la medición. ¿ Será un problema de temperatura del fluido ?, ¿El líquido se encuentra limpio ?, ¿ Hay alguna posibilidad de que haya elementos sólidos presentes, y si es así cuan grandes serian ?.

Es recomendable escribir inicialmente los objetivos a cumplir de la medición sin pensar en cual podría ser una posible solución para elegir el elemento de medición. La medición debe efectuarse con un propósito definido. ¿ Esta claramente definido cual es el propósito ?, ¿

Existe solamente un objetivo ?. Es de mucho riesgo tratar de hacer que un solo elemento de medición proporcione información a dos o mas requerimientos.

2.1.1 OBJETIVO DE LA MEDICIÓN

En el caso de nuestro sistema, las mediciones que se vayan a efectuar por medio de un sensor, tiene como objetivo principal y único el de determinar si un cajón de estacionamiento se encuentra ocupado o se encuentra libre. Es obvio que si el lugar se encuentra ocupado será por un vehículo automotor, fin para el cual se han diseñado. Sin embargo, pueden presentarse diversas situaciones por las cuales se pueda considerar que un lugar de estacionamiento no está disponible para ser utilizado por alguna de las siguientes situaciones :

- Que se encuentre reservado, ya sea para usuarios discapacitados o personal de alguna empresa.
- Que se encuentre algún tipo de objeto (cajas, costales, basura, etc.) obstruyendo el acceso al cajón o el lugar mismo.
- Que otro vehículo de un lugar adyacente se encuentre invadiendo el área del cajón.
- Que el lugar se encuentre en malas condiciones (que tenga algún bache o esté inundada el área del cajón).

Las situaciones anteriores y otras posibles del mismo estilo quedaran al margen de éste trabajo, el cual se centrara únicamente en suponer que un cajón de estacionamiento se encontrará libre, si no se encuentra ningún automóvil sobre su área delimitada, ó estará ocupado si en el se encuentra alguno. Cabe señalar que los vehículos automotores que aquí se consideran sean todos aquellos automóviles de uso domestico y algunos tipos de camionetas de baja capacidad (hasta 1500 kg.).

El camino más adecuado para determinar si un cajón de estacionamiento se encuentra libre o no, como lo indica el objetivo del trabajo, seria determinar la presencia o ausencia de un objeto, específicamente de un vehículo automotor, en un espacio determinado, es decir en un

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

cajón de estacionamiento. Esto nos definirá un objetivo más concreto para un subsistema de detección dentro del sistema y que cumpla con el objetivo planteado inicialmente para el sistema. Para poder determinar si un vehículo automotor se encuentra ocupando o no un lugar determinado (cajón de estacionamiento), será necesario primero el tomar en cuenta las posibles variables que se determinen de las características del vehículo estando presente o ausente.

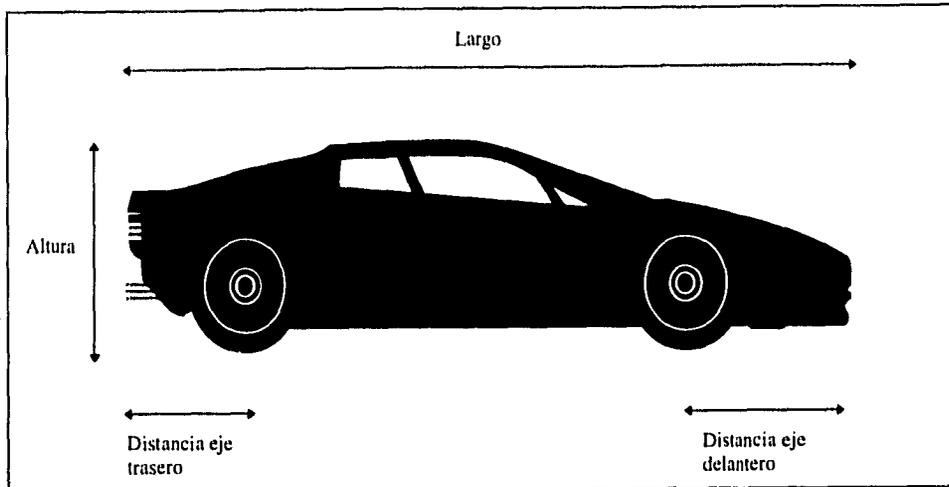
2.1.2 ANÁLISIS DE LOS VEHÍCULOS

Las características físicas más relevantes que se pueden extraer primeramente de un automóvil para poder detectar su presencia en una área dada pueden ser :

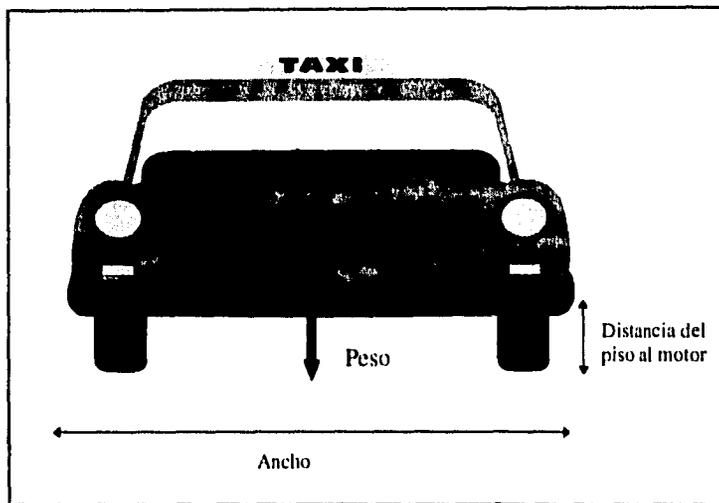
- a) El peso del automóvil
- b) Volumen del automóvil
- c) Material con que se diseñó el automóvil
- d) Temperatura de la máquina en funcionamiento

Para resaltar estas características de los automóviles se realizó un análisis de las diversas medidas físicas de estos. El método de análisis que se siguió fue el de tratar de establecer los valores extremos de una característica dada de los vehículos, es decir, en el caso del peso, cual sería el mayor peso que se registre en un automóvil y cual sería el menor. Aquí se definen dos tipos de pesos que son : peso neto y peso bruto, el primero se refiere a el vehículo sin pasajeros y sin carga alguna y el otro caso se presenta cuando el automóvil soporta su carga máxima.

Además del peso, se obtuvieron los datos del peso registrado en cada llanta, del largo total, de la distancia entre ejes, y de la distancia de los ejes delantero y trasero, con el límite frontal y posterior respectivamente, denominados espacio de tren delantero y espacio de tren trasero. en la figura 2.1-1 (a) y (b) se muestran las dimensiones antes mencionadas para los tipos de automóviles más representativos.



(a)



(b)

Figura 2.1-1. Dimensiones básicas de los automóviles.

Los datos que se obtuvieron del análisis se detallan en la tabla de la figura 2.1-2. La mayoría de los datos se recabaron de las fichas técnicas del fabricante y algunos otros se consiguieron realizando físicamente la medición sobre el automóvil en las agencias y en otros casos en

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

estacionamientos públicos, también se elaboraron algunas estimaciones en base a datos proporcionados por los técnicos de las agencias automotrices.

PESO VEHICULAR. La primera de las variables que se tratará es la del peso vehicular. Lo anterior involucra a los dispositivos sensores que tengan la capacidad de registrar peso, así como algunos de presión y fuerza. Como se puede observar en la tabla de la figura 2.1.2, tenemos que el automóvil más ligero que se encuentra en el mercado es el Chevy de la General Motors con un peso neto de 865 kg., y el vehículo más pesado viene siendo la camioneta Suburban de las misma compañía con un peso bruto de 3083 kg. solamente camionetas del tipo Pick Up con capacidades superiores a los 1500 kg. u otras especificaciones de carga, pueden superar éste ultimo peso y la posibilidad de que algún vehículo de este tipo utilice un lugar de estacionamiento publico es muy baja.

Modelo	Peso Neto (kg.)	Peso Bruto (kg.)	Largo (mm)	Alto (mm)	Ancho (mm)	Distancia eje del. (mm)	Distancia eje tras. (mm)
Geo	990	1310	3620	1650	1630	680	740
Chevy	865	1265	3729	1420	1608	760	526
Cavalier	1195		4630	1321	1677		
Ram	1920	2540	4880	1869	2019	984	1203
Suburban	2258	3083	5561	1748	1951	893	1327
Pick Up	1839	3039	5073	1788	1950		
Concorde			5280			1180	1200
Marquis	1830	2310	5390			1160	1330
VW Sedan	895	1295	4110			725	950
Lincoln	1830	2310	5560			1175	1385

Figura 2.1-2. Principales medidas de los automóviles más representativos.

De los datos anteriores se pueden establecer los rangos de la medición los pesos, los cuales pueden ir desde los 865 kg. a los 3038 kg., ó si se consitlera el peso ejercido por cada llanta,

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

desde los $865/4 = 216.25$ a los $3093/4 = 770.71$ kg. Si se toma en cuenta también un margen de $\pm 10\%$ aproximadamente, se podrán establecer los siguientes :

Rango de peso completo : 780 a 3390 kg.

Rango de peso por llanta : 195 a 850 kg.

VOLUMEN DE AUTO. Otra de las características que se involucra es el volumen o tamaño del automóvil. Un método seguro para determinar si se encuentra un automóvil en un espacio de estacionamiento, sería el observar directamente el espacio en cuestión y percatarse de su condición.

Este método por muy seguro que pareciera, resultaría bastante inoperable, por la necesidad de contar con un grupo de personas que realizaran las observaciones en distintos horarios y en estacionamientos con capacidad de hasta 2000 lugares, resulta ser un costo bastante elevado. Sin embargo, existen sensores ópticos y de ultrasonido que pudieran cumplir con dicha tarea, debido a su característica de percibir la presencia de un algún objeto en un plano tridimensional.

En nuestro caso, se considerarían dos dimensiones para determinar los rangos de medición que se pueden establecer y que serían :

- a) El área superficial que ocupa un vehículo
- b) El volumen aproximado del vehículo

Se dice volumen aproximado por que esta característica no está disponible dentro de las fichas técnicas de los fabricantes de automóviles, solamente ofrecen el largo total, el ancho total y el alto total, medidas con las cuales se puede obtener un paralelepípedo, siendo éste el volumen aproximado del que estamos hablando.

De los autos con volúmenes máximos y mínimos tenemos los siguientes :

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

- menor volumen : Chevy con 8.514 mts. cúbicos
- mayor volumen : Suburban con 18.964 mts cúbicos

También del análisis se desprende que el vehículo que ocupa menor espacio es el Geo Tracker, con una área de 5.90 metros cuadrados, y el de mayor magnitud es la Suburban con una área de 10.85 metros cuadrados.

Es un dato curioso que la empresa General Motors, fabricante de todos los modelos anteriores, es la que posee todas las medidas extremas en la fabricación de vehículos automotores, manufactura tanto el automóvil más pequeño y más ligero, así como el de mayor peso, pero no así en los precios.

Para determinar los rangos de área y volumen se considera también un margen de $\pm 10\%$, estos valores quedan entonces de la siguiente forma :

Rango de área : 5.3 a 11.9 mts. cuadrados

Rango de volumen: 7.7 a 20.8 mts. cúbicos

2.1.3 ESPACIO DEL TREN DELANTERO Y TRASERO.

Como se mencionó anteriormente, esta medida se efectuó físicamente en los vehículos analizados, y es la distancia desde el límite del auto, ya sea delantero o trasero, hacia el eje del tren inmediato (Ver figura 2.1-1). Se consideró esta dimensión debido a que un vehículo puede ocupar un lugar de estacionamiento entrando de frente o de reversa. Los elementos sensores que se pueden emplear en estas mediciones pueden ser aquellos de desplazamiento. Para determinar los rangos de esta dimensión, solo se consideraran los valores extremos, ya sean delantero o trasero.

Del análisis observamos que los límites extremos se hallaron, ambos en la parte posterior del vehículo, aunque es mucho más común que la distancia delantera siempre sea menor que la

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

distancia trasera. El espacio del tren más corto que se encontró se presenta en la parte trasera del automóvil Chevy, con una distancia de 52.6 cm, y la mas larga, también en la parte trasera, es la del automóvil Lincoln con una distancia de 140.5 cm. Si a estas medidas le restamos el radio de la llanta, que para el caso del Chevy será de 32.5 cm., y para el Lincoln de 40 cm., y considerando también un margen de $\pm 10 \%$, se tiene el siguiente rango :

Rango de distancia: 20 a 110 cm

Debido a las distancias tan cortas que presenta el automóvil Chevy, la posibilidad del empleo de sensores de posición sería muy poco confiable. Tan solo con estacionarse un poco adelantado del subsistema de medición no podría ser detectado fácilmente. En cambio el Lincoln podría llegar a estropear el elemento de medición. La diferencia de distancia entre el de menor y el de mayor distancia es muy significativa para el sensor de posición.

TRANSFERENCIA DE CALOR. Otra forma de detectar la llegada de un automóvil es mediante el calor que irradia el motor del mismo al momento de ocupar un cajón del estacionamiento. Un dato técnico que no se incluyo en el análisis de los vehículos y que influye en el caso de la transferencia de calor, es la distancia que hay entre el piso y el motor de los vehículos, la cual va desde los 45 cm hasta los 55 cm. Por lo que la medición del cambio de temperatura puede variar por la temperatura de las llantas, la presión de las mismas, las condiciones de la suspensión del vehículo y algunos otros factores.

Las temperaturas máximas del motor de un vehículo son del orden de los 1,100 °C hasta de 1,450 °C. Se realizaron mediciones de temperatura al nivel del piso de bajo de automóviles con el motor encendido, y la variación que se pudo percibir fue de apenas unos cuantos grados, esto puede ser debido a la distancia del motor hacia el sensor y por la ventilación que existe entre estos. Otro factor que se presenta en este caso es el calor emitido por los rayos solares. Además, es importante considerar que algunos modelos recientes de automóviles cuentan con sistemas de enfriamiento muy eficaces, lo cual reduce la posibilidad de medir alguna radiación de calor considerable en el motor de los automóviles.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Actualmente existen vehículos en algunas partes del mundo que cuentan con un dispositivo retransmisor pasivo que al pasar por un campo electromagnético de ciertas características, se alimenta de este y emite una señal de radiofrecuencia codificada identificándose y señalando su presencia. Este no es el caso general de los vehículos, podría considerarse para el futuro, descartando como un posible método para determinar la presencia o ausencia de algún automóvil dentro de un estacionamiento.

De acuerdo a lo anterior, las variables físicas que se pueden utilizar para determinar la presencia o ausencia de un automóvil en un cajón de estacionamiento son :

- a) El peso del vehículo, ésta variable puede ser determinada por medio de un sensor de fuerza o de presión colocado en alguna parte del cajón donde el automóvil pueda accionarlo y así determinar si el cajón esta libre o ocupado.
- b) El material de fabricación de los automóviles, el cual es normalmente de acero, o de algunas aleaciones, lo cual nos permitiría determinar por medio de un sensor de metales, o de un sensor de ultrasonido la variable que nos indique si el cajón esta ocupado o no.
- c) Otra variable que podríamos utilizar para determinar la presencia de un automóvil en un cajón de estacionamiento sería el volumen que ocupa, ésta variable puede ser determinada por medio de un sensor óptico. Este sensor estaría colocado de cierta forma que pueda detectar al automóvil, o por medio de un haz de luz que sea cortado cuando el automóvil ocupe el cajón del estacionamiento.
- d) También se podría considerar como una variable física que nos permita determinar la llegada de un automóvil puede ser la temperatura del motor, la cual puede ser determinada por el cambio de temperatura en el piso por la ausencia o presencia de un automóvil.

2.2.- TIPOS DE TRANSDUCTORES Y SUS CARACTERÍSTICAS

Un transductor utiliza el principio de percepción primaria de energía de un tipo dado, para hacerla fluir a través de al menos un sistema de transmisión distinto al original. Es decir, son dispositivos que mediante arreglos apropiados convierten un tipo de energía, representada por una variable o cantidad física, y recogida por un receptor, a otra forma que se adapta a un sistema disponible. La variable analógica de salida podrá tener como destino un instrumento de indicación visual, oscilográfica, sonora, etc.; o bien de registro magnético, o tal vez de respuesta mecánica. Esas cantidades físicas pueden ser aceleración, velocidad, presión, fuerza, esfuerzo, temperatura, flujo, luz, etc.

Los transductores (a veces llamados sensores, aunque éstos son comúnmente el elemento pasivo primario con algunas propiedades físicas afectadas por algún cambio del medio ambiente, o por alguna cantidad física) pueden operar bajo efectos resistivos, capacitivos, inductivos, magnetoeléctricos, térmicos, radioactivos, fotoeléctricos, etc. En la mayoría de las aplicaciones, los elementos primarios de percepción trabajan en el dominio analógico y no necesariamente son autogeneradores de voltaje y/o corriente.

Mientras que en una clasificación podrían quedar encuadrados aquellos transductores dependientes de los últimos cuatro fenómenos anteriormente mencionados, otro grupo (de transductores analógicos) se pueden formar con aquellos que basan su funcionamiento en la naturaleza variable de al menos uno de sus parámetros, produciendo un potencial y/o corriente eléctrica correspondiente a las variaciones de la cantidad física bajo medición. Esas variaciones eléctricas son más bien una función de los cambios producidos en los elementos involucrados; donde intervienen efectos resistivos, capacitivos e inductivos.

Comúnmente en ingeniería eléctrica los circuitos transductores usuales para las variables físicas utilizan estas últimas características, dando lugar a arreglos conocidos como : transductor a base de resistencias y/o inductancias, puente medidor de cambios dimensionales, capacitor diferencial, etc.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

CLASIFICACIÓN GENERAL

Dentro de una clasificación más general, los dispositivos transductores pueden quedar divididos en dos clases :

- a) *Transductores no autogeneradores o pasivos*, son aquellos que requieren dos entradas de energía que se presentan en formas quizás eléctrica y mecánica, eléctrica y acústica, o tal vez calorífica y eléctrica, etc. Una de esas energías es externa auxiliar, antes de convertir a una energía equivalente que responda a la cantidad física a medir. Dentro de este grupo quedan incluidos los basados en elementos pasivos, como son los transductores inductivos, los capacitivos, los termómetros de resistencia y los medidores de cambio dimensional.
- b) Los transductores que producen una energía de salida sin requerir fuente auxiliar externa. Esa es en respuesta a sólo una fuente de energía de excitación de otro tipo y que se desea medir. Se incluyen en esta clase de *autogeneradores*, o también llamados *activos*, los cristales piezoeléctricos, fotoceldas, termopares, electromagnetos, etc., llamados elementos activos de percepción primaria.

Tales dispositivos pueden actuar tanto a la entrada como a la salida del sistema, utilizando el elemento apropiado y más adecuado para un caso dado. La respuesta a excitaciones con la cantidad a medir puede ser lineal dentro de ciertos límites. Sin embargo, hay algunos casos en donde no se obtiene linealidad aceptable bajo ninguna condición; a pesar de ello, se les encuentra en algunas aplicaciones, es decir, en aquellos casos donde no se exija linealidad.

Dentro de este capítulo solo se describen los transductores que pueden ser candidatos a ayudar a solucionar la forma de sensado de los cajones dentro del estacionamiento, dichos transductores son :

- Transductores ópticos
- Transductores de fuerza (strain gauge)
- Transductores de ultrasonido
- Transductores electromagnéticos

2.2.1 TRANSDUCTORES ÓPTICOS.

INTRODUCCIÓN.

Los transductores ópticos, están considerados dentro de los componentes ópticos, también llamados optocomponentes, los cuales son dispositivos estudiados dentro de la optoelectrónica; la optoelectrónica, se puede definir como la integración de la electrónica, la óptica y la luz para un control más efectivo y económico de una operación electromecánica, transferencia de información o para mediciones. La optoelectrónica es una materia relativamente nueva, es posible que se remonte a la época en que el hombre intentó utilizar por primera vez la luz como una forma de medición o de comunicación. Quizá los primeros dispositivos "optoelectrónicos" que existieron fueron la señal de fuego y el reloj de sol.

Desde esa etapa primitiva, la optoelectrónica se ha desarrollado para pasar por la invención de la lámpara incandescente, el tubo de rayos catódicos, el transistor, el laser, la fibra óptica y el microprocesador, hasta transformarse en uno de los avances más importantes de la era tecnológica. Fácilmente se aprecia su impacto en la vida laboral y cotidiana.

En la ingeniería se utilizan el laser de baja potencia para el alineamiento de construcciones, la holografía se utiliza para medir con precisión submilimétrica desplazamientos superficiales de maquinaria vibratoria, los detectores sensibles de luz permiten "ver" a los robots, mientras que las computadoras ópticas ofrecen una capacidad de procesamiento sin par. En la vida diaria el impacto de la optoelectrónica es igualmente importante. Las conversaciones telefónicas se transmiten por medio de la luz a través de fibra de vidrio de varios kilómetros de longitud; la televisión permite ver eventos alrededor de todo el mundo, el amplificador de disco compacto funciona a base de luz y en el supermercado las compras son verificadas mediante exploradores holográficos. Los ejemplos anteriores y más, ilustran el inmenso campo de la acción de la optoelectrónica, que va de la fotografía a la holografía, de la televisión a las comunicaciones ópticas, de la óptica básica a la física de los laser y demuestran su trascendencia por encima de barreras interdisciplinarias.

2.2.1.1 EL SISTEMA OPTOELECTRÓNICO.

Todos los sistemas mencionados hasta el momento suponen, de una u otra forma, la existencia de una fuente de luz, de un detector y de algún medio para emitir la luz entre ambos. A esto se añade la energía y el procesamiento de las señales de entrada y salida necesarias para completar los elementos básicos de un sistema optoelectrónico (fig. 2.2.1.1).

Al considerar los elementos de uno en uno, es posible tener una idea a cerca de las decisiones que se deben tomar al diseñar un sistema específico.

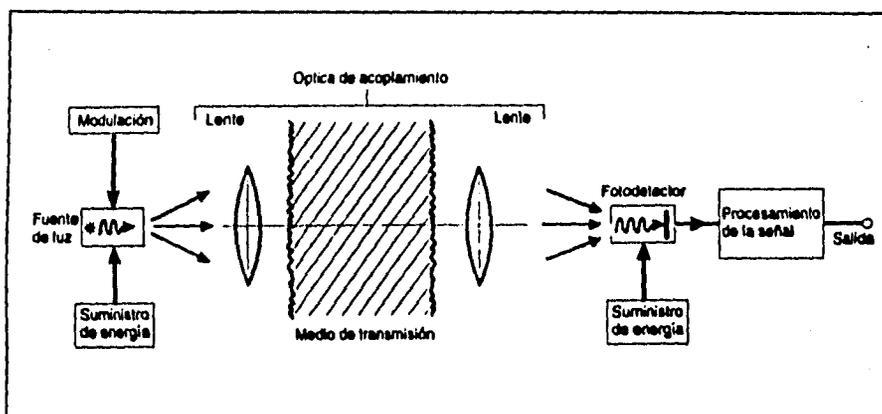


Fig. 2.2.1.1 Elementos de un sistema optoelectrónico típico.

Si se comienza por considerar la fuente luminosa, hay una amplia gama de opciones. Por una parte, se tienen las fuentes térmicas tradicionales como la descarga gaseosa o la lámpara con filamentos de tungsteno o, por otra parte, una de las fuentes de la nueva ola como el laser o el diodo emisor de luz. Es un hecho que la invención del laser es el acontecimiento más importante en el desarrollo de la optoelectrónica; actualmente el laser forma parte de la vida cotidiana, desde la fusión termonuclear inducida por laser hasta espectáculos visuales basados en éste. Al elegir una fuente de luz, algunos de los parámetros que se toman en cuenta incluyen su potencia de radiación, su distribución espectral y la forma en que la luz se dispersa en el espacio.

La elección del fotodetector es tan importante como la de la fuente de luz. El ojo humano, aunque bastante sensible, no permite la elaboración de mediciones cuantitativas y tampoco permite el almacenamiento permanente de información. Para poder exhibir, medir o registrar la señal luminosa detectada, es necesario considerar el empleo de detectores electrónicos como fotodiodos de unión, la cámara de TV y los dispositivos acoplados por carga (CCD, de charge couples devices). Un detector en extremo importante que se omite con frecuencia en el análisis de los fotodetectores es la película fotográfica. Aun cuando no es un detector optoelectrónico en el sentido "electrónico" de la palabra, ofrece elevada sensibilidad, amplio intervalo espectral y almacenamiento permanente de la información, por lo que hay que tenerlo presente. El último eslabón en la cadena óptica es la óptica de emisión. En términos generales, es necesario acoplar tanta luz como sea posible de la fuente al detector a la vez que se retiene un elevado contenido de información. Estas necesidades se ven afectadas por la elección de las lentes de acoplamiento, la del medio de transmisión y la distribución energética y espacial de la fuente de luz.

El término luz se refiere a la luz visible y a la luz infrarroja. La luz visible puede ser detectada por el ojo humano, mientras que la luz infrarroja está por debajo del rango de percepción humano.

Los componentes optoelectrónicos, son superiores a los componentes mecánicos de sensado y a los de switcheo, además, tienen un menor costo y son más pequeños y más ligeros. Los componentes optoelectrónicos son más rápidos, tienen una vida más larga y son más económicos. Por el lado negativo, esta tecnología apenas comienza a desarrollarse, y muchas innovaciones pueden ser hechas. Los componentes podrían ser más compactos, y componentes que ahora se encuentran por separado, podrían en un futuro estar integrados en uno solo y más pequeño. Así que algunos componentes podrían pronto llegar a ser obsoletos. En la fig. 2.2.1.2 se muestran algunas aplicaciones de los componentes optoelectrónicos.

La optoelectrónica hace uso de los transductores de energía. En los transductores, como en nuestros ojos, la luz es transformada a corriente eléctrica por fotodetectores (fotosensores). En

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

los principios de la electricidad, los primeros transductores transformaban la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa. Algunos transductores manejan sonido y otros manejan luz.

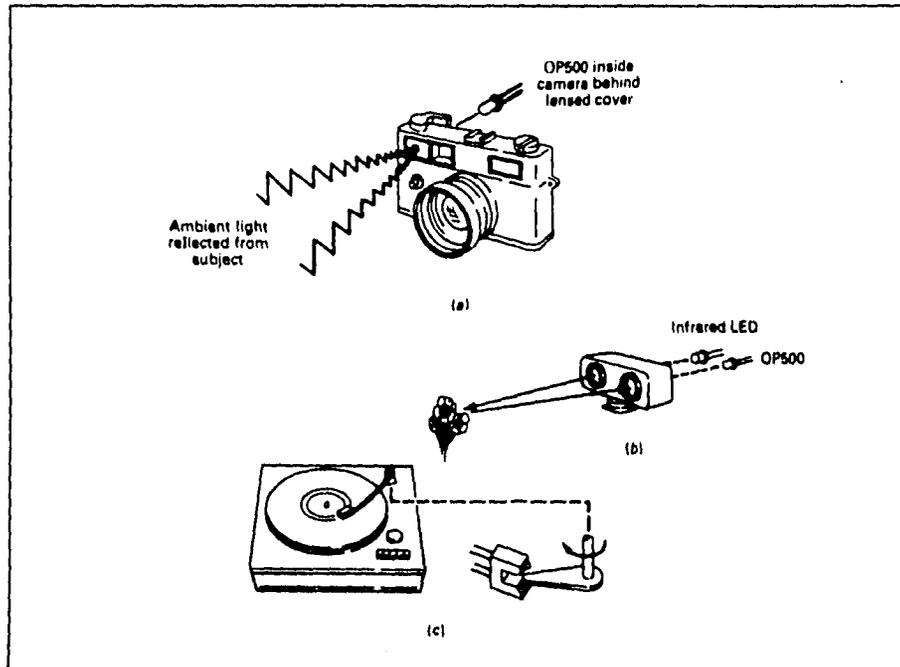


Fig. 2.2.1.2 Aplicaciones típicas de dispositivos optoelectrónicos. (a) Medidor de luz automático, (b) Control de foco automático. (c) Posicionador del brazo en una tornamesa.

Todos los convertidores de energía tienen una longitud de onda de operación, que está localizada en un lugar dentro del espectro electromagnético. La fig. 2.2.1.3, muestra la distribución de energía del espectro electromagnético. La escala del espectro electromagnético viene dada generalmente en Anstrongs (\AA) o micrómetros (μm). Ambas son unidades de medida que pueden ser convertidas a frecuencia. La velocidad de propagación de la luz es igual a 300×10^6 metros por segundo (m/s). En esta región, las ondas magnéticas no son medidas en ciclos por segundo o en hertz, pero si, en longitudes de onda y millonésimas de longitudes de onda. La unidad de medida usada es el Angstrom o micrómetro.

$$\text{Long.de - onda(m)} = \frac{300,000}{f(\text{kHz})} = \frac{300}{f(\text{MHz})}$$

Así que:

$$1 \text{ mm} = 3.937 \times 10^{-5} \text{ in} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Este último valor es igual a $1 \times 10^4 \text{ \AA}$. Como un ejemplo:

$$100 \text{ mm} = 1,000,000 \text{ o } 10^6 \text{ \AA}; 1 \text{ mm} = 10,000 \text{ \AA}.$$

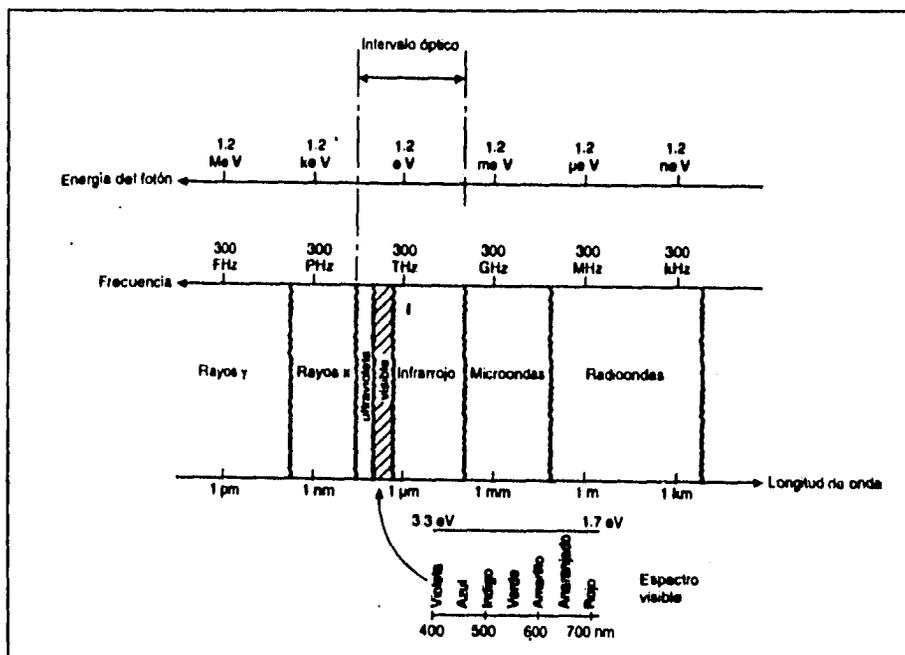


Fig. 2.2.1.3 Espectro Electromagnético.

Ahora se abordará el análisis de los elementos particulares que se requieren en un sistema optoelectrónico, empezando por el primer elemento de la cadena: la fuente de luz. Como ya se indicó, la invención del laser es quizá el punto más importante en el desarrollo de la optoelectrónica. Inevitablemente, el tratamiento de las fuentes luminosas debe concentrarse en este extraordinario dispositivo. Sin embargo, no deben olvidarse las fuentes térmicas tradicionales como fuentes de arco, fuentes incandescentes y descargas gaseosas o inclusive el diodo emisor de luz, que tienen una función importante.

En primer lugar, la tarea inmediata es plantear las preguntas acerca de qué es la luz y cuales son sus orígenes, ya que son fundamentales en el estudio de la optoelectrónica en sí. Podemos decir, que la luz es el medio por el cual se transporta información a través del sistema.

2.2.1.2 COMPORTAMIENTO DE LA LUZ.

Cuando se describen fenómenos ópticos como difracción, interferencia y polarización, es conveniente modelar el comportamiento de la luz como si fuese una onda viajera que se propaga en el espacio. La onda puede describirse en términos de una combinación de campos eléctrico y magnético perpendiculares entre sí, denominada onda electromagnética. La teoría de la radiación electromagnética, abarca fenómenos como la luz, las ondas de radio, las microondas, los rayos X y los rayos gama, que difieren solo en su longitud de onda característica. Sin embargo, la luz visible, que abarca desde una longitud de onda aproximada de 400 nm en el extremo violeta hasta aproximadamente 700 nm en el extremo rojo, representa solo una pequeña parte del espectro electromagnético fig. 2.2.1.3. Sin embargo, en optoelectrónica se considera que la luz visible abarca desde 200 nm, el ultravioleta lejano, en el extremo de la longitud de onda corta, hasta aproximadamente 15 μ m, el infrarrojo lejano, en el extremo de la longitud de onda larga.

2.2.1.3 FUENTES DE LUZ.

Los diodos laser y los diodos emisores de luz son las fuentes comunes más importantes. Su tamaño pequeño, su estructura sólida y sus bajos requerimientos de consumo de poder son compatibles con la electrónica de estado sólido.

2.2.1.4 DIODOS EMISORES DE LUZ.

Un diodo emisor de luz, es un semiconductor de unión pn, que emite luz cuando es polarizado en directa. La unión pn polarizada directamente, dentro de la estructura y cerca principalmente de la unión, ocurre una recombinación de huecos y electrones. Esta recombinación requiere que la energía que posee un electrón libre no ligado se transfiera a otro estado. En todas las uniones pn de semiconductor, una parte de esta energía se convertirá en calor y el otro tanto en forma de fotones. En el silicio y el germanio, el mayor porcentaje se transforma en calor y la luz emitida es insignificante. En otros materiales, como el fosforo arseniuro de galio (GaAsP) o el fosforo de galio (GaP), el número de fotones de la energía luminosa emitida es suficiente para crear una fuente luminosa muy visible.

2.2.1.5 EMISORES INFRARROJOS.

Los diodos emisores infrarrojos son dispositivos de estado sólido de arseniuro de galio que emiten un haz de flujo radiante cuando se polarizan directamente. La construcción básica del dispositivo se muestra en la fig. 2.2.1.4 . Cuando la unión se polariza en forma directa, los electrones de la región n se recombinarán con los huecos en exceso del material tipo p en una región de recombinación diseñada especialmente entre los materiales tipo p y tipo n. Durante este proceso de recombinación se radia energía alejándose de la fuente en forma de fotones. Los fotones que se generan serán reabsorvidos en la estructura o abandonarán la superficie del dispositivo como energía radiante.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

El flujo radiante en mW contra la corriente en sentido directo de CD para un dispositivo típico se presentan en la fig. 2.2.1.5. Adviértase la relación casi lineal entre las dos cantidades. En la fig. 2.2.1.6, se muestra un patrón para tales dispositivos. Entre algunas de las áreas de aplicación para estos dispositivos se incluyen las lectoras de tarjetas y de cinta perforada, los codificadores de eje, los sistemas de transmisión de datos y las alarmas de intrusión.

2.2.1.6 DIODOS LASER.

Los diodos laser y los diodos emisores de luz tienen características similares de construcción. La estructura de un diodo laser es mostrada en la fig. 2.2.1.7. Cuando se polariza en directa, las cargas son inyectadas dentro de una capa activa, originando una recombinación, causando la emisión de fotones.

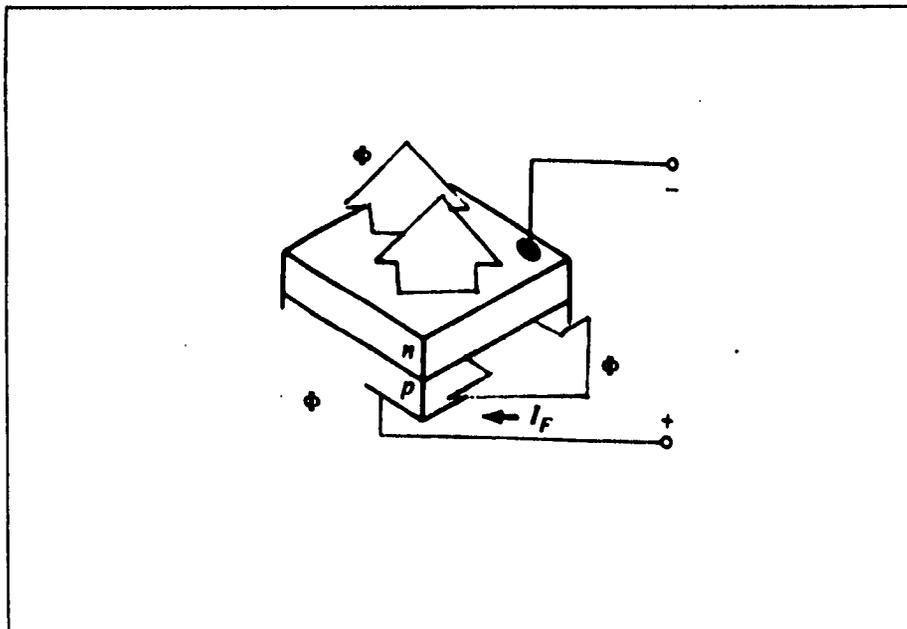


Figura 2.2.1.4. Estructura general de un diodo emisor infrarrojo.

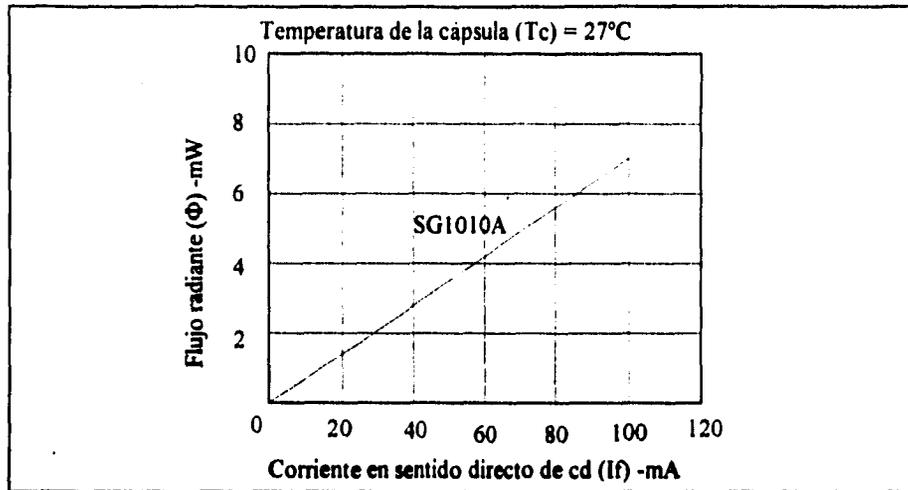


Figura 2.2.1.5. Flujo radiante típico contra corriente en sentido directo de CD para un diodo emisor infrarrojo.

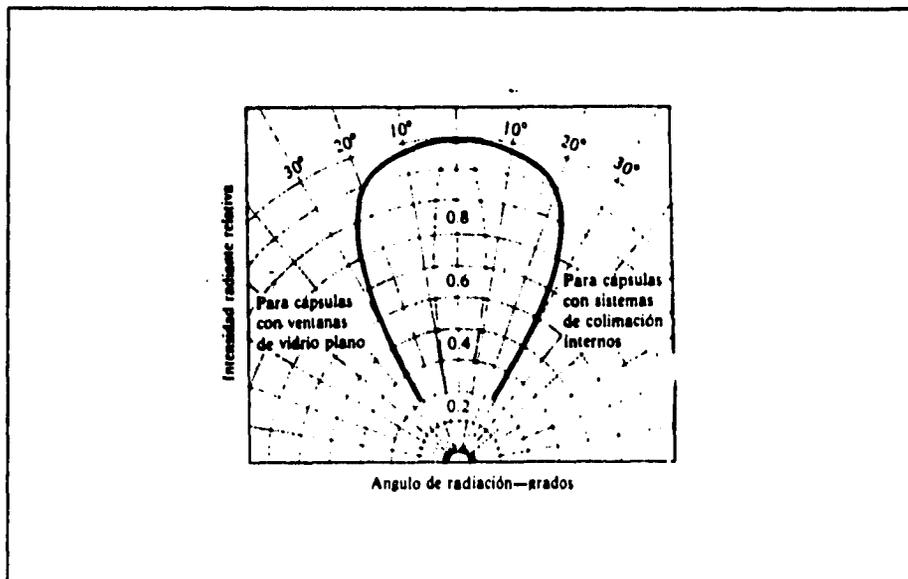


Figura 2.2.1.6. Patrones de intensidad radiante típicos de diodos emisores infrarrojos.

2.2.1.7 EL LASER.

Los requisitos básicos en cualquier laser son idénticos. En primer lugar, se necesita un medio que presente la estructura de nivel de energía deseada para permitir el efecto laser. Por ejemplo, el medio puede ser un gas, un cristal sólido aislante un líquido o un cristal semiconductor. Estas líneas de demarcación también proporcionan un medio para clasificar los laser según la naturaleza física de su medio activo: por consiguiente, se tienen laser de estado sólido, laser gaseosos, laser coloreados y laser semiconductores, por mencionar algunos de los tipos de laser más conocidos. En segundo lugar, para establecer una inversión de poblaciones es necesario bombear energía al sistema. El método de bombeo utilizado también depende del medio activo. En el laser gaseoso, la excitación se suministra generalmente haciendo pasar una descarga eléctrica a través del gas; los laser de estado sólido suelen bombearse inundando el cristal con radiación intensa de un tubo de destellos; los laser coloreados se bombean mediante una lámpara estroboscópica (de destellos) o a partir de otro laser; los laser semiconductores se bombean al dispositivo por medio de una inyección de corriente. Por último, se necesita un mecanismo mediante el cual sea posible introducir realimentación óptica y así mantener la ganancia del sistema por encima de todas las pérdidas; esto se logra al limitar el medio entre dos reflectores para formar una cavidad resonante óptica. En la fig. 2.2.1.8 se muestra el sistema laser completo.

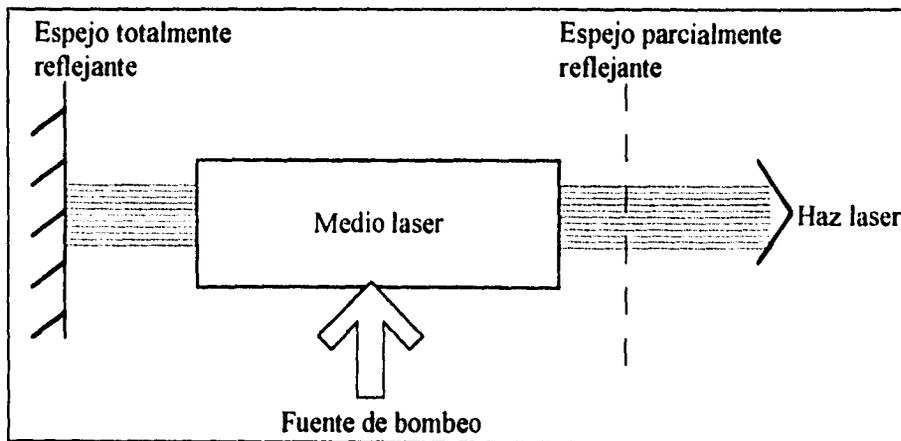


Fig. 2.2.1.7 Esquema de los elementos del laser.

PROPIEDADES DEL LASER

A continuación se presentan las principales propiedades y parámetros de los laser y de la luz laser.

Potencia radiante (flujo). Sabemos que los sistemas de laser son amplificadores de luz. Una de las características más importantes es su capacidad para proporcionar alta potencia radiante en modo de pulsos o continuo. La potencia por pulsos varía desde unos cuantos watts producidos por laser semiconductores hasta aproximadamente 10^{18} watts proporcionados por laser de estado sólido en sistemas de fusión laser. La potencia óptica varía desde unos cuantos miliwatts en laser HeNe hasta varios kilowatts proporcionados por laser de CO_2 .

Coherencia. Una de las características más extraordinarias de los laser gaseosos es la emisión de un lápiz estrecho de luz cintilante que se utiliza para producir efectos vistosos en espectáculos en base a luz laser.

El alto grado de paralelismo, direccionalidad y monocromaticidad se observa en alguna medida en todos los laser y está relacionado con la coherencia del haz. Es posible identificar dos tipos de coherencia: la temporal, que define la constancia de fase del haz entre dos instantes dados en el tiempo y la espacial, que define la constancia de fase del haz entre dos puntos a través del frente de ondas, fig. 2.2.1. 9. Los parámetros mencionados se modifican a su vez por el diseño de la cavidad óptica y por la estructura del medio laser.

Divergencia del haz. La coherencia espacial de un haz laser se define por medio del número de modos de cavidad transversal que puede permitir la cavidad, la que a su vez está relacionada con la dispersión angular o divergencia del haz a medida que abandona la cavidad. La dispersión angular se debe a la difracción, o curvatura, experimentada por la luz a medida que pasa por una abertura. La divergencia también se relaciona con la capacidad de enfocar un haz laser a un pequeño tamaño de punto.

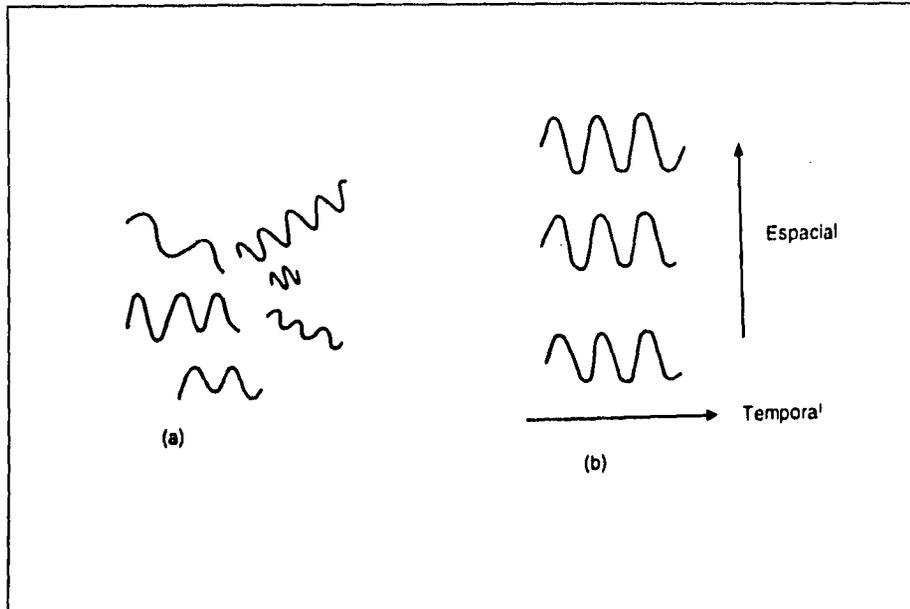


Fig. 2.2.1.8 Luz coherente e incoherente. a) Incoherente espacial y temporalmente; b) Coherente espacial y temporalmente.

Laser de estado sólido. Este tipo de laser se caracteriza por tener como medio activo no un gas, sino una varilla o una plancha sólida de aislante cristalino ligeramente impurificado. Es el constituyente impurificador lo que proporciona la estructura energética requerida para producir el efecto laser. La red cristalina actúa esencialmente como material huésped, aunque también modifica la estructura energética global.

2.2.1.8 LASER SEMICONDUCTOR.

El laser semiconductor es en muchos sentidos la última fuente optoelectrónica. Al proporcionar alta potencia en un pequeño paquete a bajo costo, el diodo laser se ha convertido en la fuente normal de las comunicaciones ópticas y de aplicaciones de almacenamiento de alta densidad como el disco óptico.

A continuación se sugieren y se presentan características de componentes ópticos, que podrían ser usados en el proyecto como posible solución en la detección de los automóviles en los estacionamientos.

Los modos en que los dispositivos ópticos pueden trabajar son los siguientes:

REFLEJANTE.

En este modo de operación el objeto a detectar debe interrumpir el rayo entre el dispositivo emisor/receptor y la superficie reflejante. Algunas características para aplicaciones para esta forma de operación son las siguientes: rango medio de distancia de sensado, no pueden detectar objetos pequeños, se deben evitar superficies altamente reflejantes. Las superficies reflejantes polarizadas son más eficientes.

DIFUSO.

El objeto a detectar debe recibir y reflejar el rayo del emisor y regresarlo hacia el receptor. Características de aplicación: rango medio de distancia para el sensado, dependen demasiado de la forma, el tamaño, color y la reflectividad del objeto a detectar.

THRU BEAM.

En esta forma de operación, el objeto a ser detectado debe interrumpir el rayo de luz entre los dispositivos emisor y detector. Algunas características de aplicación son: rango de distancia de sensado de mediano a largo (5 mts. aprox.), capacidad de detección de objetos pequeños, éstos solo tienen que interrumpir el rayo de luz, la aplicación debe incluir al emisor y el detector, se deben conectar eléctricamente tanto el emisor como el receptor, para esta aplicación el ángulo del objeto a detectar no influye.

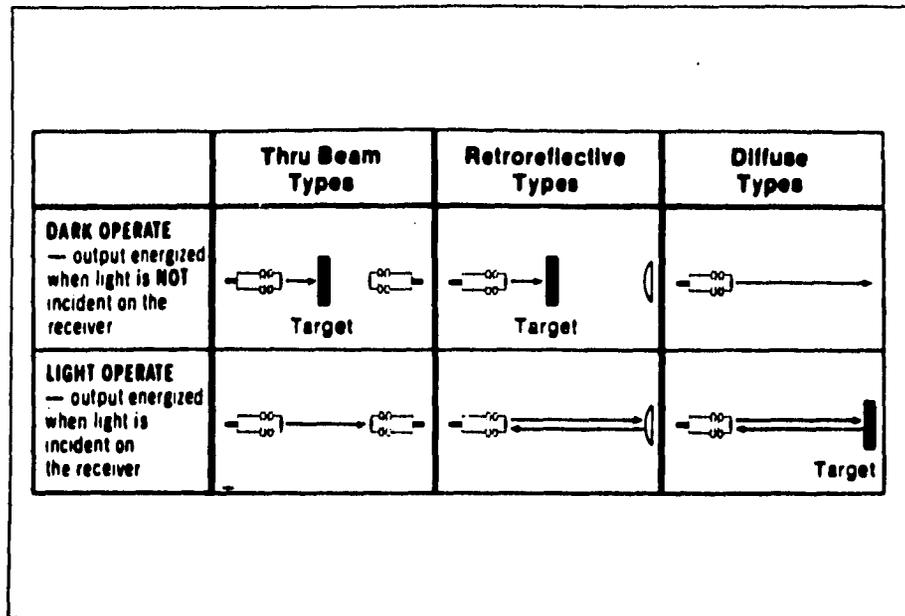


Fig. 2.2.1.9 Tipos de operación de los sensores ópticos.

Ejemplos de dispositivos para la aplicación:

El detector MRD901 (de motorola) fototransistor de silicón, el cual tiene múltiples aplicaciones.

Los sensores tipo PE9 clase 9006, que tiene una amplia gama de aplicaciones, que van desde un simple sensado hasta como switch fotoelectrónico. Las características para aplicaciones son las siguientes: encapsulado para trabajo pesado; salidas NPN o PNP, para polarizaciones de DC de varios tipos; operación seleccionable para aplicaciones de claridad/obscuridad, invirtiendo la polaridad; versiones con polarización de AC para aplicaciones en claridad/obscuridad. A continuación se muestra una tabla para la elección adecuada según el tipo de aplicación.

SALIDA	RANGO DE SENSADO	RETROFLECTIVO	DIFUSO	DIRECTO
		2m	0.1 m	3m
AC-SCR	OPERACION CON LUZ	PE9RANJL	PE9PANJL	PE9SANJL
	OPERACION SIN LUZ	PE9RANJD	PE9PANJD	PE9SANJD
DC-PNP	OPERACION CON O SIN LUZ SELECCIONABLE	PE9RANDP	PE9PANDP	PE9SANDP
DC-NPN		PE9RANDN	PE9PANDN	PE9SANDN

Fig. 2.2.1.10 Tabla de selección para los sensores tipo PE9.

2.2.2 DISPOSITIVOS SENSORES DE FUERZA

Existe una estrecha relación entre presión, fuerza y peso. Tanto la presión como el peso son el resultado de la aplicación de una fuerza sobre una determinada área o cuerpo. La presión representa al total de una fuerza que se ejerce sobre una área por un fluido, mientras que para el caso del peso es la manifestación de la fuerza inducida sobre un objeto por la fuerza de gravedad. Otra representación que ofrece la aplicación de una fuerza, esta sobre un eje de rotación a través de un brazo actuante, es el par ó momento de una fuerza. Muchos de los mismos elementos de sensado son empleados para medir a cualquiera de las tres, las mediciones varían principalmente en el diseño de los ensambles de los transductores, pero tanto la presión como el peso son el resultado de la aplicación de una fuerza, los dispositivos para realizar este tipo de mediciones se pueden determinar como sensores de fuerza inicialmente. En la presente sección se tratarán algunos dispositivos transductores que son empleados en la medición de fuerzas, considerando solo aquellos que sean de interés para el presente. Las galgas extensométricas, que uno de los dispositivos de medición de fuerzas y dada su importancia se tratarán más adelante en el siguiente subcapítulo.

Casi todos los dispositivos de medición de fuerza se basan en la conversión de la aplicación de una fuerza a un movimiento de desplazamiento mecánico. Cualquier tipo de sensor capaz de realizar la medición de la posición, movimiento o deformación, puede ser empleado en llevar a cabo mediciones de fuerzas. Algunos elementos de los más comunes en estas mediciones son aquellos en los cuales la aplicación de una fuerza comprime o expande un resorte o fuelle, el que a su vez mueve un indicador. Este mecanismo también puede ser utilizado para manejar un transductor de posición. Otros mecanismos, especialmente las galgas extensométricas pueden incluir diseños en los cuales el movimiento o deformación implicado está dado en micrometros o milímetros. Cada uno de los dispositivos tiene su propio grupo de ventajas y sus limitaciones incluyendo; sensibilidad, precisión, linealidad, rango, medida, peso, velocidad de respuesta costo y otras.

Existen diversos métodos para la medición del desplazamiento mecánico que finalmente nos permitirá, mediante un tratamiento de señal obtenida a través de un elemento transductor ó directamente con ayuda de una placa graduada, conocer el resultado de la fuerza aplicada. La mayoría de estos métodos obtienen la medición sobre el movimiento de desplazamiento que se transmite a un embolo. La medición de la posición del embolo se puede realizar por técnicas capacitivas, inductivas (Transformador Diferencial de Variación Lineal, TDVL), resistivas potenciométricas y ópticas. En la figura 2.2.2.1 se muestran algunos tipos de sensores basados en este método.

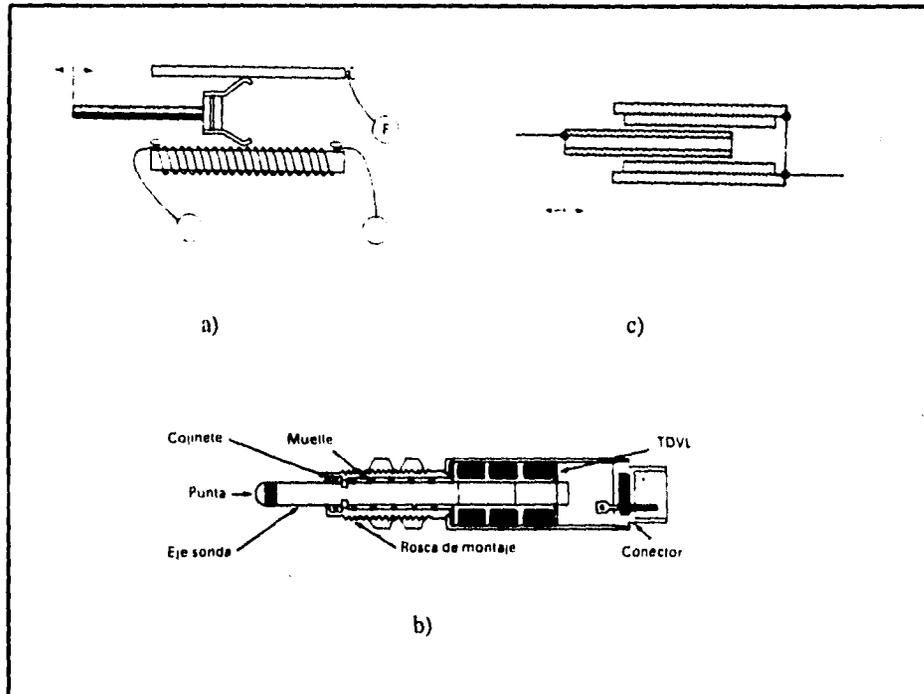


figura 2.2.2.1 Sensores de desplazamiento mecánico; a) De elemento resistivo; b) De elemento inductivo (TDVL); c) De elemento capacitivo.

Otro tipo de método que se emplea muy comúnmente para la medición de una fuerza se basa también en un desplazamiento mecánico, pero en este caso se realiza la detección de la

deformación de un material sólido con buenas características elásticas, el cual mediante un elemento transductor adecuado convierte la fuerza aplicada en una señal eléctrica de salida.

Dos características de la deformación elástica se utilizan en la transducción de fuerzas: La deformación local y la deflexión. Un valor máximo de cada uno se detecta en algún punto del elemento sensor, aunque no sea siempre necesariamente en el mismo punto, y este valor es el que va a dar la magnitud transducida (ya sea la deformación o la deflexión).

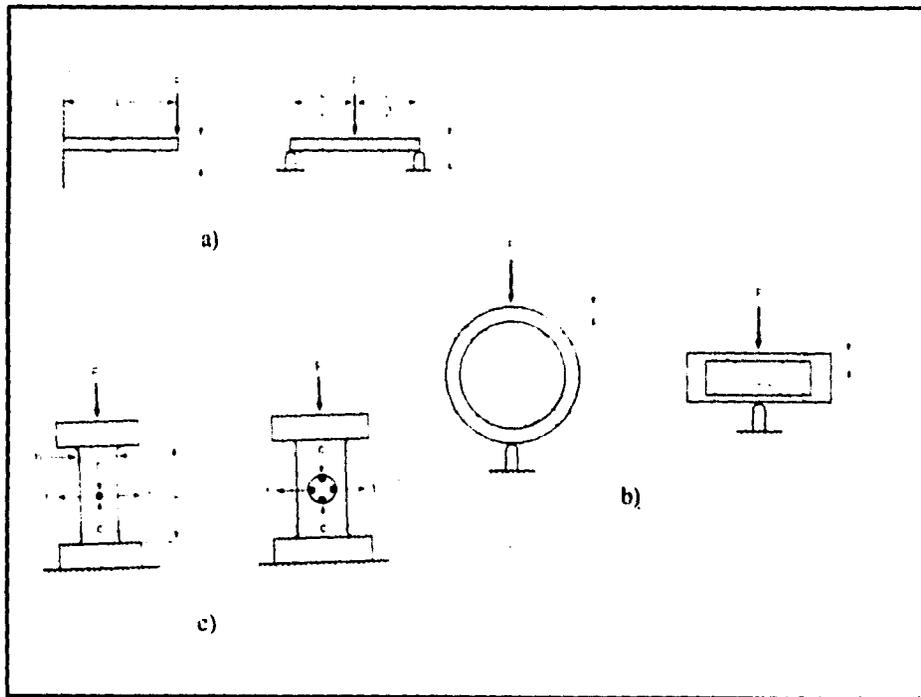


figura 2.2.2.2 Sensores de fuerza: (a) De viga; (b) De anillo; (c) De columna.

Los dispositivos sensores de fuerza están fabricados con materiales de homogeneidad controlada, normalmente algún tipo de acero, y con una serie de tolerancias cuidadosamente dimensionadas. Como parámetros básicos de diseño de los dispositivos sensores de fuerza tenemos: tamaño y forma, densidad de material, modulo de elasticidad, sensibilidad a la

deformación y a la deflexión, respuesta dinámica y los efectos de la carga del transductor sobre el sistema a medir. Los dispositivos sensores son ordinariamente de los siguientes tipos: vigas, anillos, columnas y diafragmas y que se muestran en la figura 2.2.2.2. en todos los casos los dispositivos sensores deberán contar con un elemento transductor que registre la deformación sufrida por el dispositivo sensor.

2.2.2.1 EL TUBO DE BOURDON

Este dispositivo (patentado por Eugenio Bourdon en 1852) está hecho a base de un tramo de tubo de sección circular parcialmente aplanado, doblado o torcido en forma de una curva circular con uno de sus extremos sellado (funda). Cuando la presión es aplicada directamente al extremo abierto del tubo, este tratará de recuperar su sección transversal circular original. El esfuerzo resultante de aplicar la fuerza va a tender a enderezar el tubo (el fenómeno que se realiza es similar al que se presenta al soplar por la boquilla de una espantasuegras). El movimiento que se presenta en el tubo de Bourdon va a ser proporcional a la presión aplicada, y la relación va a depender de la capacidad elástica que presente el material con el cual está fabricado el tubo. En la práctica generalmente el tubo es sujeto del extremo al cual se le aplica la presión, dejándose suelto el extremo sellado para moverse libremente de acuerdo al enderezamiento que experimente el tubo.

En la figura 2.2.2.3 se muestran cuatro tipos de tubos de Bourdon: El tipo tubo-C, en espiral, helicoidal y trenzado. La selección entre estos tipos de tubos se da dependiendo del rango de presión a ser medida, de la sensibilidad del movimiento a transmitir a un transductor eléctrico y a los requerimientos geométricos del ensamble del transductor. El tubo de Bourdon en forma de C (figura 2.2.2.3-a) tiene un ángulo de curvatura entre 180 y 270° y la trayectoria del extremo aumenta con el aumento de presión. Un elemento similar es el tubo de Bourdon en forma de U, que tiene su entrada de presión en el centro de una curva de alrededor de 270°; ambos extremos están cerrados y las trayectorias separan los extremos con el aumento de la presión. El tubo de Bourdon helicoidal es similar, en cuanto a comportamiento de la deformación, al tubo-C. Como el tubo está enrollado en una hélice multivuelta (figura 2.2.2.3-

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC.

b), con un ángulo de curvatura total de entre 1800 a 3600° , la trayectoria del extremo es proporcionalmente mayor. El tubo de Bourdon en espiral también amplifica la trayectoria del extremo debido a su configuración multivuelta (típicamente entre 4 a 8 vueltas). El tubo de Bourdon trenzado es un tubo aplanado, trenzado a lo largo (entre 2 a 5 giros), con la línea central del tubo a lo largo de la longitud.

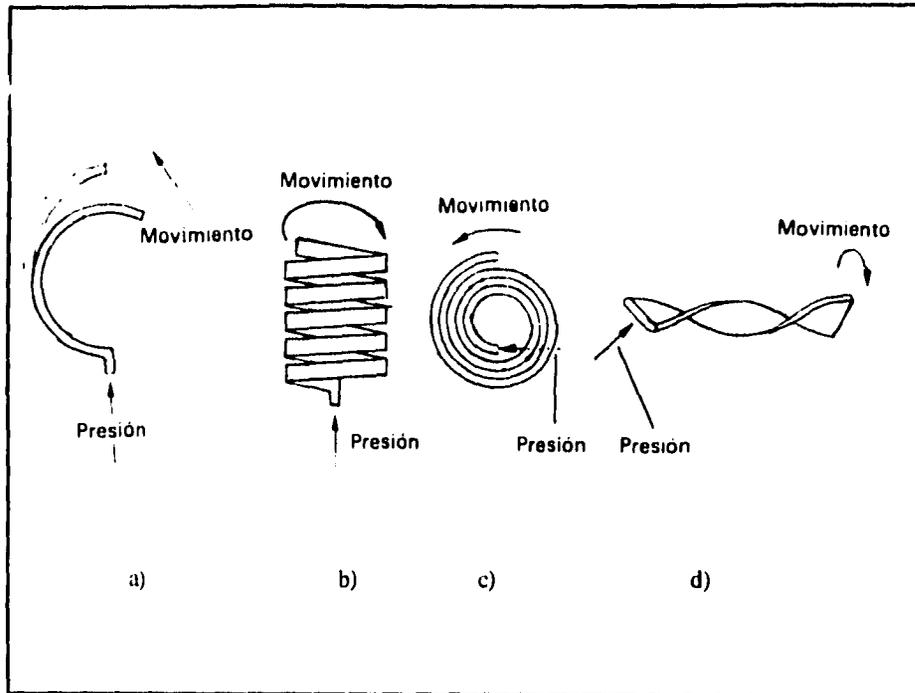


Figura 2.2.2.3.- Tubos de Bourdon; a) Tubo-C, b) Tubo helicoidal, c) Tubo en espiral, d) Tubo trenzado.

El tubo-C, el que tiene un empleo más común en la industria, tiene la menor sensibilidad y es generalmente empleado en la medición de medias y altas presiones. El tubo trenzado tiene una sensibilidad un poco mayor a este último. Los diseños de espiral y helicoidal por tener una mayor cantidad de tubo en el mismo o menor espacio, producen un mayor movimiento por presión aplicada.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC.

Como se menciona anteriormente, los tubos de Bourdon requieren de un elemento adicional acondicionador de la señal para determinar la entrada de presión. Las formas más sencillas y comunes consisten en la instalación de un indicador en el extremo libre, que se desplaza sobre una placa graduada al aplicar la presión, indicando el total de la presión suministrada. Otras disposiciones contemplan transductores capaces de medir desplazamientos asociados a un elemento (embolo) unido al extremo móvil del tubo, en la figura 2.2.2.4 se muestra el diagrama de un tubo de Bourdon tipo-C con transductor del tipo TDVL (reluctivo). En vez del TDVL se pueden usar potenciómetros lineales u otros transductores, capacitivos u ópticos.

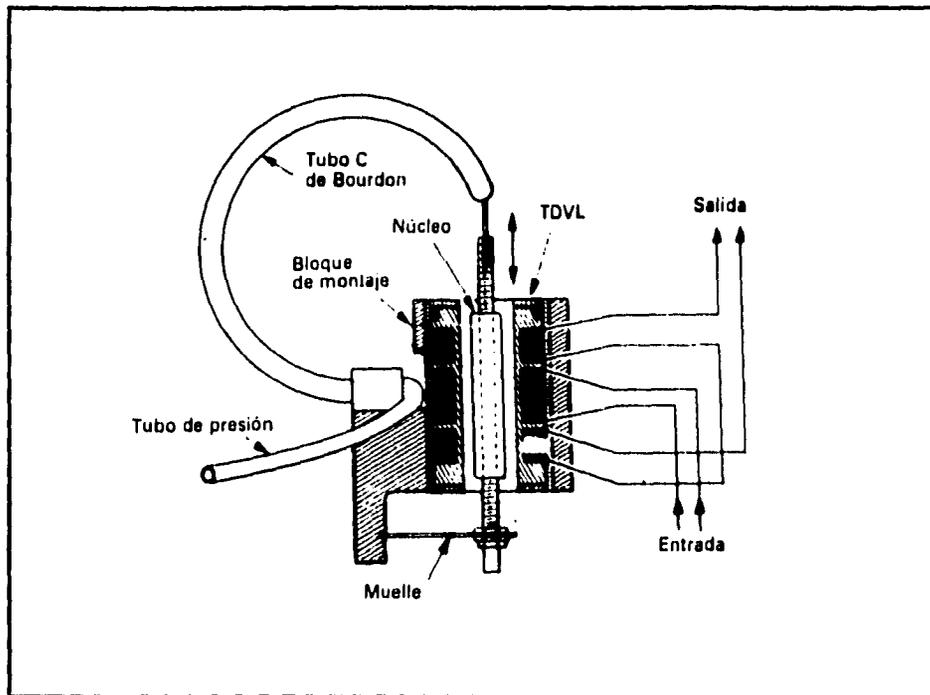


Figura 2.2.2.4.- Principio de operación del tubo de Bourdon en forma de C con TDVL.

Para obtener el máximo desplazamiento, los tubos en forma de C en muchas ocasiones son operados cerca de su límite elástico. La operación sobre presiones más elevadas de su rango, pulsaciones y ondas de choque pueden provocar daños permanentes en el tubo.

Los diseños en espiral y helicoidal son más sensibles. El tipo espiral generalmente es mejor para la medición de rangos bajos de presión, su larga longitud proporciona un mayor movimiento para bajos niveles de esfuerzo. La sensibilidad se incrementa con el incremento de la longitud del tubo, además, para rangos de medida de bajas presiones la sensibilidad se incrementa utilizando tubos de pared más delgada y secciones transversales más angostas.

En el diseño de tubos de Bourdon espirales se debe de tomar en cuenta que el tubo está enroscado y no ofrecerá un movimiento en línea recta. El uso de un transductor eléctrico de posición lineal o rotativo dará una salida que será menos lineal que la obtenida en un tubo en forma de C.

2.2.2.2 LOS DIAFRAGMAS.

Un diafragma es esencialmente una lámina circular delgada unida continuamente alrededor de su borde. En los transductores de presión se usan dos tipos básicos de diafragmas: el diafragma plano (figura 5-a) y el diafragma ondulado (figura 5-b). Para el diseño de diafragmas se requieren cálculos de elevada exactitud; los desarrollos recientes incluyen el uso de computadoras de ayuda para el diseño.

Los diafragmas planos se deforman de acuerdo con las leyes aplicables a las láminas circulares bajo condiciones de carga simétricas. El diafragma plano básico consiste en una lámina circular plana soportada por los bordes. Los diafragmas se construyen de manera que incluyen el soporte, así como posibles porciones adicionales del transductor, o pueden estar formadas por elementos separados posteriormente soldados al soporte.

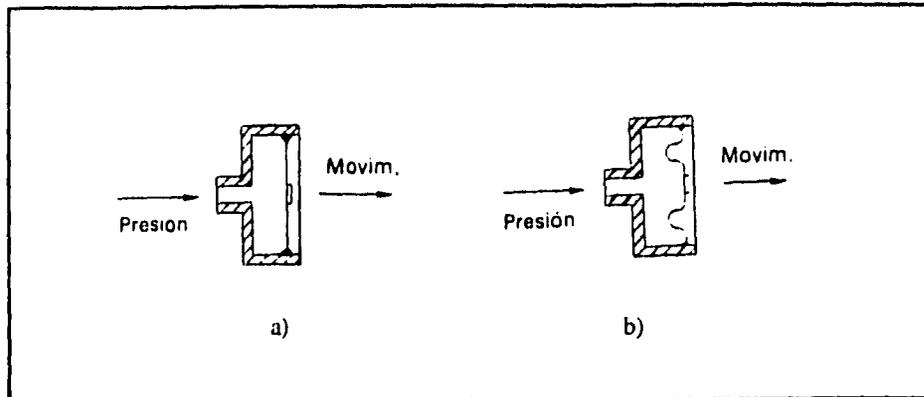


Figura 2.2.2.5.- Diafragmas; a) Tipo plano, b) Tipo ondulado.

Los diafragmas ondulados contienen un número de ondulaciones concéntricas. Esto aumenta la rigidez así como el área efectiva del diafragma, proporcionando una mayor flexión que en el caso de un diafragma plano. Las ondulaciones se hacen progresivamente más planas en la periferia que hacia el centro debido a que la deformación es máxima cerca de la periferia y mínima cerca del centro.

Dentro de los límites en los que la flexión cambia linealmente con la presión (flexión utilizable) la flexión es proporcional a la presión; Esta región está influenciada por el diseño de las fluctuaciones (si existen), el material, su preparación y tratamiento, la manera con que está unida la membrana a la pared del soporte periférico y el diámetro del refuerzo central (si existe). Los diafragmas se pueden emplear solos o en conjunto con resortes, siendo este último poco común. Los diseños de diafragmas pueden ser lineales o de funciones no lineales específicas. Los diafragmas metálicos son los más comunes, pero los no metálicos ofrecen una mayor sensibilidad, a costa de una mayor degradación con el tiempo.

2.2.2.3 LOS FUELLES

Están hechos a partir de tubos de paredes finas formando convoluciones en donde uno de los extremos está cerrado, el fuelle se desplaza axialmente cuando se aplica una presión en la

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC.

apertura del lado opuesto. El número de convoluciones puede variar desde 10 hasta 20 dependiendo del rango de presión y del desplazamiento (carrera) requerido, y el diámetro exterior. Los fuelles se usan esencialmente para rangos de presión baja y cuando no existen vibraciones significativas en el ambiente.

Las desventajas de los fuelles, comparados con los tubos de Bourdon, incluyen sus medidas, tiempo de respuesta, falta de rigidez y costo. La mayoría de los fuelles son relativamente grandes y requieren de un gran cambio en su volumen para operar, limitándose su tiempo de respuesta. En la figura 2.2.2.6 se presenta un elemento sensor de fuelle.

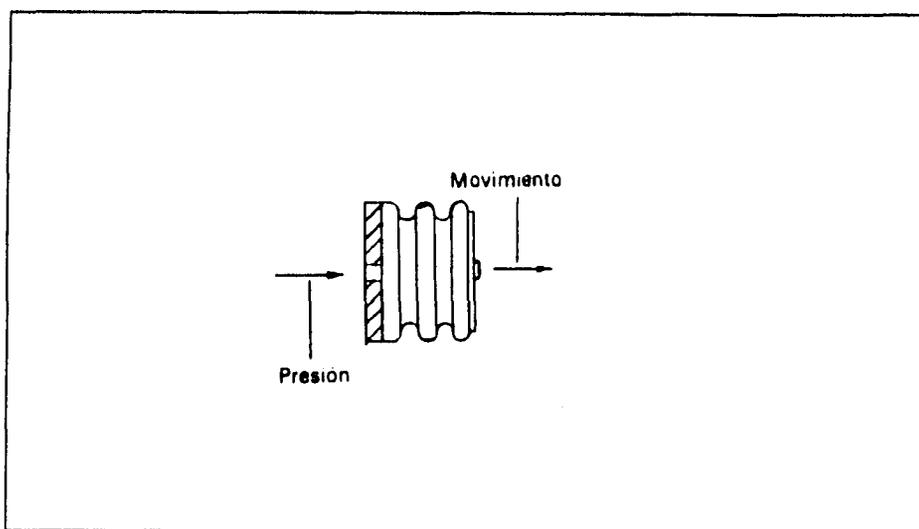


Figura 2.2.2.6. Dispositivo de fuelle.

2.2.3 LAS GALGAS EXTENSOMÉTRICAS (STRAIN GAUGE)

El elemento transductor que principalmente se emplean en la medición de fuerzas se le conoce como galga extensométrica, aunque existen otros, probablemente estos sean los transductores de fuerza mejor conocidos o mas ampliamente difundidos en el medio de la medición de fuerzas, considerando que en la practica a las galgas extensométricas la mayor parte de los usuarios las denominan como "células de carga." Mas adelante se discutirán ampliamente su modo de operación, principio matemático y algunas de sus características.

2.2.3.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA GALGA.

Los fenómenos de esfuerzo y deformación son generados en muchas partes y sistemas mecánicos debido al peso, temperatura, presión, vibración, o fuerzas de desplazamiento. El método más común para realizar la medición de las variables anteriores es por medio del uso de las galgas extensométricas. Otras técnicas incluyen las superficies esforzadas y la foto elasticidad.

Antes de discutir a las galgas extensométricas primero se dará una breve explicación de los conceptos en los cuales basa su funcionamiento la galga, siendo estos: el de esfuerzo de tensión o compresión (stress), de deformación o alargamiento (strain), del modulo elástico, de la relación de Poisson y de la extensometría.

Si una carga o un esfuerzo es aplicado sobre un objeto, este tendera ya sea a: expandirse o a alargarse, contraerse o comprimirse, o a estar sujeto a romperse. El esfuerzo (de tensión o de compresión) que sufre un cuerpo se define como la fuerza aplicada entre el área de sección transversal del cuerpo a la que se le aplica dicha fuerza. Así, en la figura 2.2.3.1 (a) se muestra el diagrama de un cuerpo que es sometido a una sollicitud mecánica, en donde el esfuerzo experimentado por el cuerpo es $+ F/A$, el signo positivo indica que el cuerpo esta sufriendo un esfuerzo de tensión el cual tiende a incrementar la longitud del cuerpo. En el caso de la figura 2.2.3.1 (b) se tiene a un cuerpo sufriendo un esfuerzo de $- F/A$, el signo negativo indica un

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

esfuerzo de compresión el cual indica que el cuerpo tiende a reducir su longitud. El efecto de aplicar un esfuerzo a un cuerpo es el de producir una deformación en este. En el año de 1678 Robert Hook estableció la relación que existe entre los esfuerzos (de tensión o de compresión) y las deformaciones que sufren los cuerpos que son sometidos a trabajos mecánicos, la cual se define como el cambio en la longitud del cuerpo entre la longitud original del cuerpo antes de la aplicación del esfuerzo. El concepto de deformación es análogo al de alargamiento o compactamiento y se expresa mediante la relación adimensional:

$$\text{deformación } e = \frac{\delta l}{l} \quad \begin{array}{l} \text{cambio de longitud} \\ \text{longitud original} \end{array} \quad (1)$$

donde δ representa una variación.

Así en la figura 2.2.3.1 (a) la deformación sufrida por el cuerpo es $e = + \delta l / l$ (de tensión), y en la figura 2.2.3.1 (b) la deformación es de $e = - \delta l / l$ (de compresión), en ambos casos la deformación es longitudinal, es decir a lo largo de la dirección del esfuerzo aplicado.

Si el material sometido a un esfuerzo es isótropo y homogéneo, entonces la relación deformación - esfuerzo es lineal sobre ciertos rangos de valores de esfuerzo aplicado, y por debajo del límite elástico del material.

En la medición de deformaciones por lo general se emplea como unidad de medida a la microdeformación (μe), que equivale a $1 \cdot 10^{-6}$ y corresponde a una variación de una micra en una longitud de un metro. Las galgas, como parte de sus características, viene con la indicación de su límite de alargamiento, el cual está dado en micras.

El módulo de elasticidad longitudinal (E), llamado también módulo de Young, caracteriza la aptitud que tiene un material para el alargamiento, representando un esfuerzo de tracción teórico que, en el supuesto caso de una elasticidad ilimitada del material producirá un

alargamiento igual a la longitud inicial del cuerpo. Es decir es la pendiente de la línea recta de una curva del comportamiento tensión-alargamiento que presenta un material por debajo del límite elástico, como se ilustra en la figura 2.2.3.2. La ecuación del modulo de Young es la siguiente:

$$\text{modulo de elasticidad} \quad E = \frac{\text{esfuerzo de tracción (stress)}}{\text{alargamiento (strain)}} \quad (2)$$

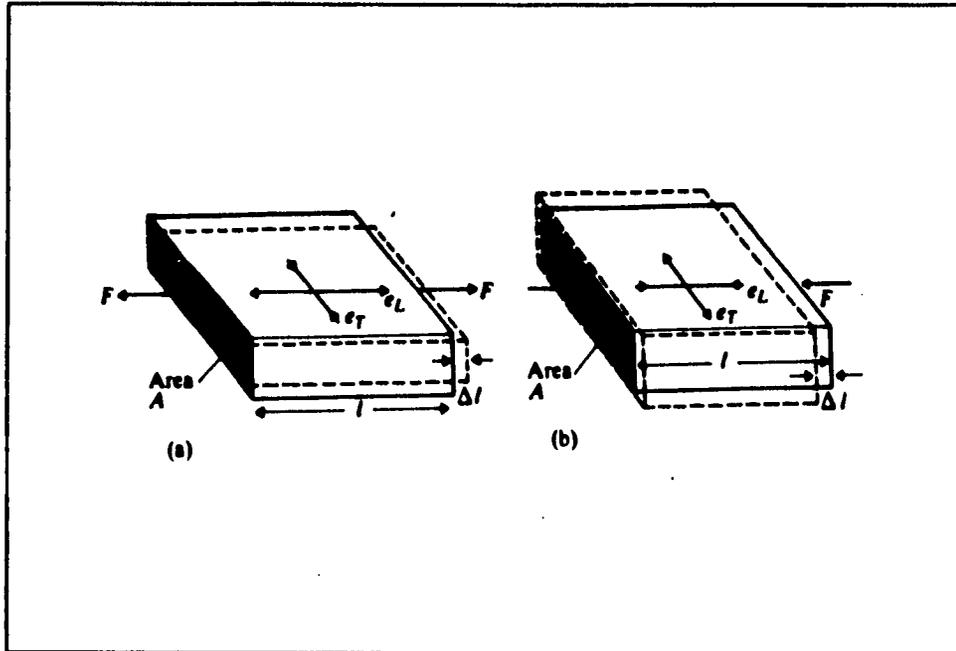


figura 2.2.3.1 Esfuerzo: (a) De tensión; (b) De alargamiento.

Para el caso concreto de un acero no aleado A33, el modulo de Young es de $2.10E5$ N/mm; el límite elástico (por encima del cual la deformación no es proporcional y deja secuelas) es del orden de $3.10E2$ N/mm, y la rotura o modulo cortante (S) se alcanza por el orden de $5.10E2$ N/mm.

Las galgas extensométricas (strain gauge)

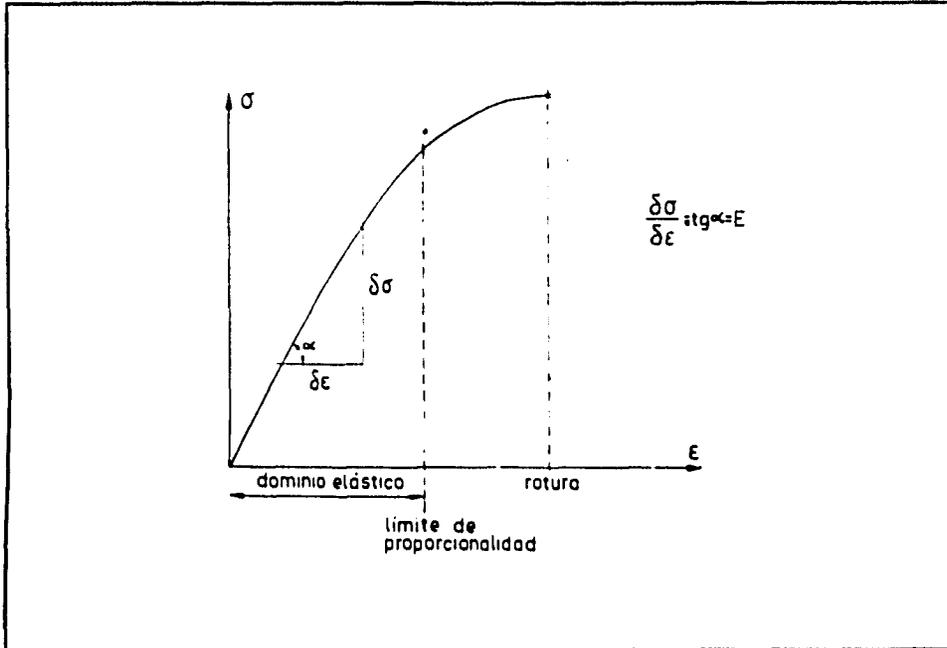


Figura 2.2.3.2 Curva tensión - alargamiento para un metal típico.

En la figura 2.2.3.1 también se puede observar que no solamente se produce un efecto de deformación en el cuerpo, sino que es acompañado por un efecto de deformación en la sección transversal de este (efecto de Poisson). De este modo, en la figura 2.2.3.1 (a) la deformación por la tensión longitudinal (alargamiento) es acompañada por una deformación de compresión transversal y en la figura 2.2.3.1 (b) la deformación de un esfuerzo de compresión longitudinal es acompañada de una deformación transversal de alargamiento. Con respecto a la figura 2.2.3.1 (a), la ecuación (2) es válida solamente para el eje x ó eje de aplicación de la fuerza, no así para los ejes y y z , que son afectados por una contracción. La relación entre la deformación longitudinal e_l y la complementaria transversal e_t esta dada por:

$$e_t = - \nu e_l \quad (3)$$

donde ν es el coeficiente de Poisson, la cual tiene un valor de entre 0.25 y 0.4 para la mayoría de los materiales. Partiendo de la ecuación (2) y (3) tenemos que las ecuaciones de deformación en los tres ejes están dadas por:

$$\text{eje } x : \quad e_x = \frac{\text{stress}_x}{E} \quad (4)$$

$$\text{eje } y : \quad e_y = -\nu e_x = -\nu \frac{\text{stress}_x}{E} \quad (5)$$

$$\text{eje } z : \quad e_z = -\nu e_x = -\nu \frac{\text{stress}_x}{E} \quad (6)$$

Todos los conceptos anteriores pertenecen a la teoría de resistencia de materiales y son indispensables para el estudio de los esfuerzos a partir de la medida de las deformaciones superficiales, y la extensometría es el método que tiene por objeto la medida de las deformaciones superficiales de los cuerpos.

2.2.3.2 OPERACIÓN DE LA GALGA.

La galga extensométrica es un elemento que opera con el principio de producir un cambio proporcional en su resistencia cuando este es sometido a un cierto esfuerzo de deformación. En la práctica, las galgas son adheridas al cuerpo cuyo desplazamiento o deformación va a ser medido o va a recibir los efectos de la aplicación de un esfuerzo, típicamente en los dispositivos sensores. La galga extensométrica físicamente consiste de una longitud de alambre resistivo dispuesto sobre una película de material flexible (regularmente una resina) correspondiendo a un patrón serpenteado como se muestra en la figura 2.2.3.3. Esta es la forma básica del diseño de la galga. Como el alambre tiene un sección circular nominal, al aplicar un alargamiento al elemento sensor, al cual esta unido la galga, la forma de la sección

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

transversal del alambre se distorsiona cambiando por ende el área de su sección transversal. En virtud de que la resistencia del alambre por unidad de longitud es inversamente proporcional al área de la sección transversal, consecuentemente hay un cambio en la resistencia total del alambre al momento de sufrir una deformación. También la estructura molecular del metal se ve afectada por el esfuerzo aplicado de tensión. Ambos efectos cambian la resistividad del alambre. Si no es estirado en demasía el alambre recobrará su estado original, obteniéndose una resistencia que varía linealmente con el esfuerzo aplicado.

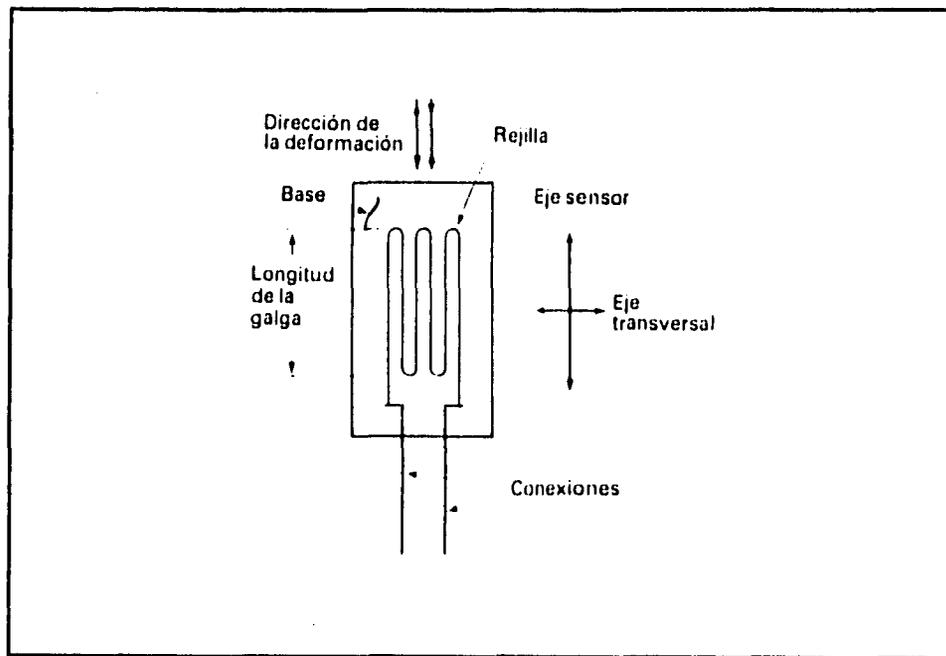


Figura 2.2.3.3 La galga extensométrica.

Una propiedad muy importante de la galga extensométrica es la constante conocida como el factor de la galga (FG). Esta constante puede tener un valor de 2 a 6 para las aleaciones metálicas más comunes, las que más empleo tienen son aquellas que poseen un factor de galga de 2 o 2.2. La relación entrada - salida de la galga extensométrica está expresada por el factor de la galga, el cual se define como la razón del cambio que ocurre en la resistencia total a la

relación con el cambio en la longitud del alambre con respecto a su longitud total inicial, es decir:

$$\text{Factor de la galga } G = \frac{dR/R}{d l/l} \quad (7)$$

2.2.3.3 TIPO DE GALGAS EXTENSOMÉTRICAS

Básicamente se tiene dos tipos de galgas extensométricas y estas son la metálicas o de aleaciones metálicas y las elaboradas con materiales semiconductores.

GALGAS EXTENSOMÉTRICAS METÁLICAS

Los elementos transductores de galga extensométrica metálica pueden ser de dos tipos principalmente: Galga de filamento o galga de trama pelicular que se muestra en la figura 2.2.3.4. Ambos tipos de galgas pueden presentarse pegadas o soldadas a la superficie del elemento a medir. En el caso de las galgas de filamento también existen del tipo que son despegadas.

a) **Galga de filamento.**- Como se menciona al principio de esta sección en este tipo de galga el elemento sensible es un hilo conductor metálico (puede ser puro o de aleaciones, es más común encontrar del último tipo) con una sección circular de aproximadamente 0.0025 mm de diámetro, y colocado sobre un soporte aislante de resina epóxica, poliéster o material análogo. Para ofrecer la máxima longitud activa dentro de una área reducida, el hilo presenta varios repliegues tomando la forma de una parrilla (figura 2.2.3.2). En el caso de las galgas del tipo despegadas consisten de uno o varios filamentos metálicos estirados entre pares de postes, uno de los postes extremos va montado sobre una base fija y el otro extremo sobre una base móvil o suelta y unida al cuerpo que va recibir la fuerza: este tipo se ilustra en la figura 2.2.3.4 (a).

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

La selección del material metálico para la elaboración del filamento se basa regularmente en cinco factores:

- i) La resistividad del material deberá ser alta.
- ii) El coeficiente de temperatura de la resistencia debe ser muy bajo para minimizar los errores por temperatura.
- iii) El material debe ofrecer un alto factor de galga de modo que su resistencia cambie mucho con las deformaciones.
- iv) El filamento debe tener una alta elongación mecánica para permitir la aplicación de altos esfuerzos.

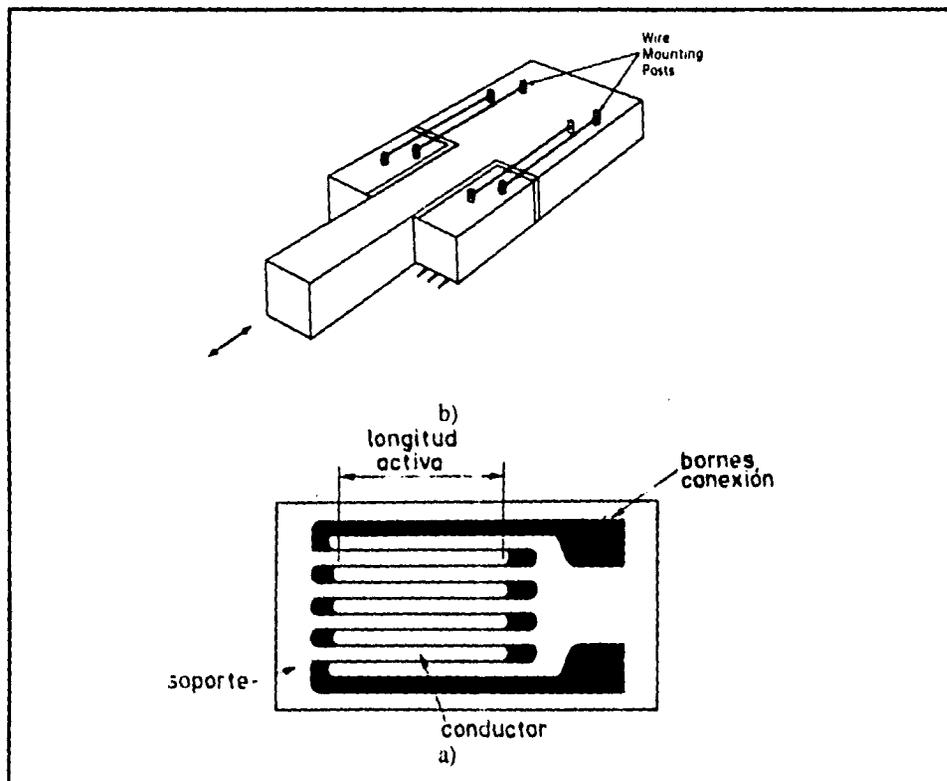


Figura 2.2.3.4 Galgas extensométricas; (a) Del tipo despegada, (b) Del tipo de trama pelicular.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

b) **Galga de trama pelicular.**- El elemento sensible es una película de metal de pocas micras de espesor (entre 3 y 8 μm), recortada mediante un proceso fotoquímico, similar al empleado en la fabricación de los circuitos impresos, u otra técnica adecuada. La longitud activa esta bien determinada, pues los bucles y las pistas de conexión son prácticamente insensibles a causa de su anchura. En la figura 2.2.3.4 (b) se muestra la forma de esta galga. Este tipo de galgas permiten una mejor utilización en ciertas áreas y pueden ser de menor tamaño que las galgas de filamento. También pueden llegar a medir mayores deformaciones que las de filamento, sin dañarse fácilmente. Para muchas aplicaciones las galgas extensométricas de trama pelicular son superiores a las de filamento y cubren los cinco factores en los cuales están basadas.

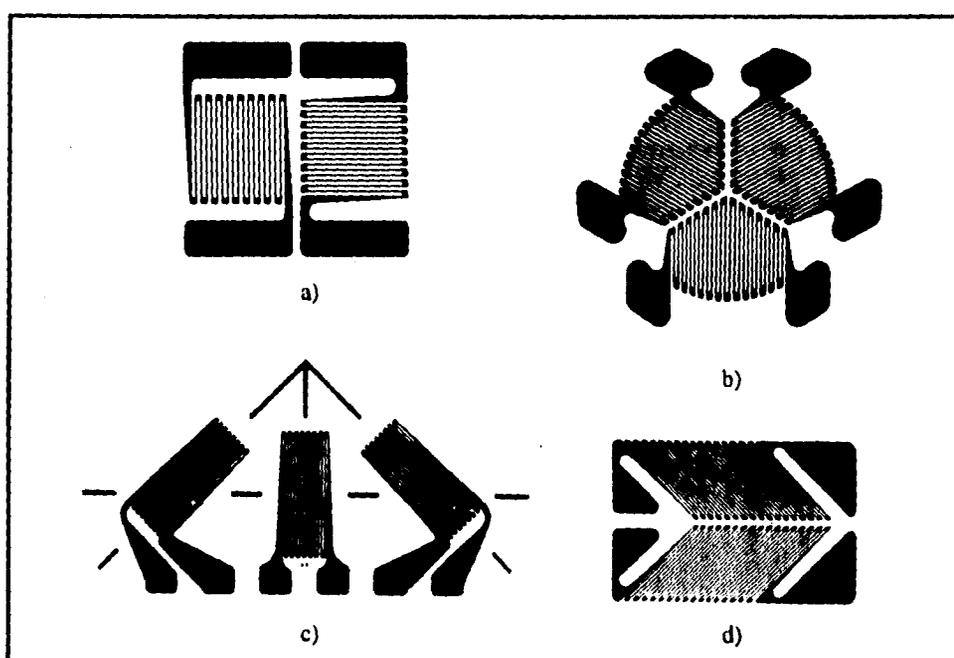


Figura 2.2.3.5 Galgas de bandas biaxiales. (a) Rosetas de dos elementos a 90° ; (b) Rosetas de tres elementos a 120° ; (c) Roseta de tres elementos a 45° ; (d) Roseta para plano cortante a 90° .

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Las medidas extensométricas no son correctas si las deformaciones de la estructura bajo ensayo no pasan a través de la parte activa del extensímetro o galga. Por tal motivo, las galgas deben de posicionarse a modo que su eje activo, que se indica en la figura 2.2.3.4 (b) este a lo largo de la deformación a medirse, el cambio en la resistencia debido a una deformación sufrida a lo largo del eje pasivo de la galga es muy pequeño comparado con el producido por una misma deformación provocada a lo largo del eje activo. Pero como no siempre se dispone de la información suficiente para alinear la galga en la dirección precisa, se recurre entonces a arreglos de galgas de varios elementos colocados entre si a 45° , 60° , 90° ó 120° . La información relativa a cada uno de ellos permite deducir el sentido y la magnitud de los esfuerzos principales. Como sea que las galgas estén montadas en la superficie, el plano de medida corresponde a un estado biaxial de deformaciones, por lo cual a este tipo de galgas se le conocen como bandas biaxiales ó más comúnmente rosetas (fig. 2.2.3.5).

Las galgas de trama pelúcular permiten la elaboración de configuraciones especiales que hacen posible la medida de esfuerzos radiales y tangenciales, algunos ejemplos de este tipo de galgas se ilustran en la figura 2.2.3.6

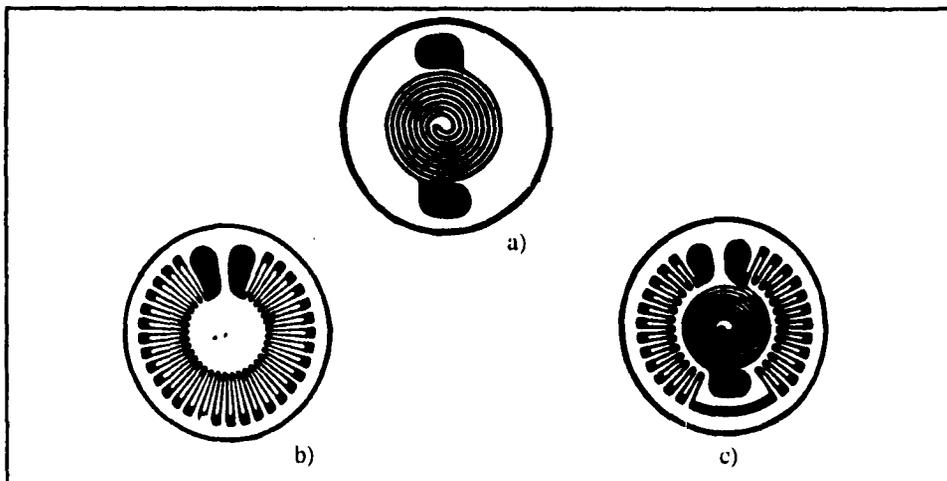


Figura 2.2.3.6 (a) Galga para medir el esfuerzo tangencial; (b) Galga para medir esfuerzo radial; (c) Galga para medir ambos esfuerzos.

GALGAS EXTENSOMÉTRICAS SEMICONDUCTORAS

Cuando en 1950 y en adelante, las experiencias confirmaron que el efecto piezorresistivo era mayor en los semiconductores se comenzaron a desarrollar este tipo de galgas. El elemento sensible es una banda de cristal semiconductor con un cierto grado de contaminación. La resistividad del cristal depende de la concentración específica de portadores y de la orientación cristalográfica respecto al esfuerzo principal (efecto piezorresistivo). Su sensibilidad a los cambios de longitud es 50 ó 60 veces mayor que la de una galga metálica, la cual presenta factores de galga no mayores que 6 y regularmente están alrededor de 2, en el caso de la galga semiconductor se presentan factores de galga desde los 50 hasta los 200.

Sin embargo, las galgas semiconductoras tienen restricciones de aplicación debido que al estar fabricadas con silicio son muy frágiles. Su rango de medida de deformación se limita alrededor de 3000 $\mu\epsilon$, mientras que las galgas metálicas se extienden hasta 40 000 $\mu\epsilon$. El cambio resistivo de las galgas semiconductoras no es lineal siendo muy laboriosa su compensación, la cual se realiza mediante el empleo de circuitos puente.

En la figura 2.2.3.7 se muestran diversas configuraciones de galgas extensométricas semiconductoras. Las galgas pueden ser desnudas (de superficie transferible) o encapsuladas en un portador. Se pueden fabricar elementos duales y rosetas con puente completo para que se autocompensen.

Las galgas semiconductoras son mucho más sensibles a los cambios de temperatura que las galgas metálicas, tanto de las de filamento como de las de trama pelicular. La variación del factor de la galga con respecto a la temperatura es de 3 a 5 veces más grande que a las que pueden presentar las metálicas. La compensación térmica para las galgas semiconductoras se puede lograr por medio de la aplicación de algunas técnicas de compensación como:

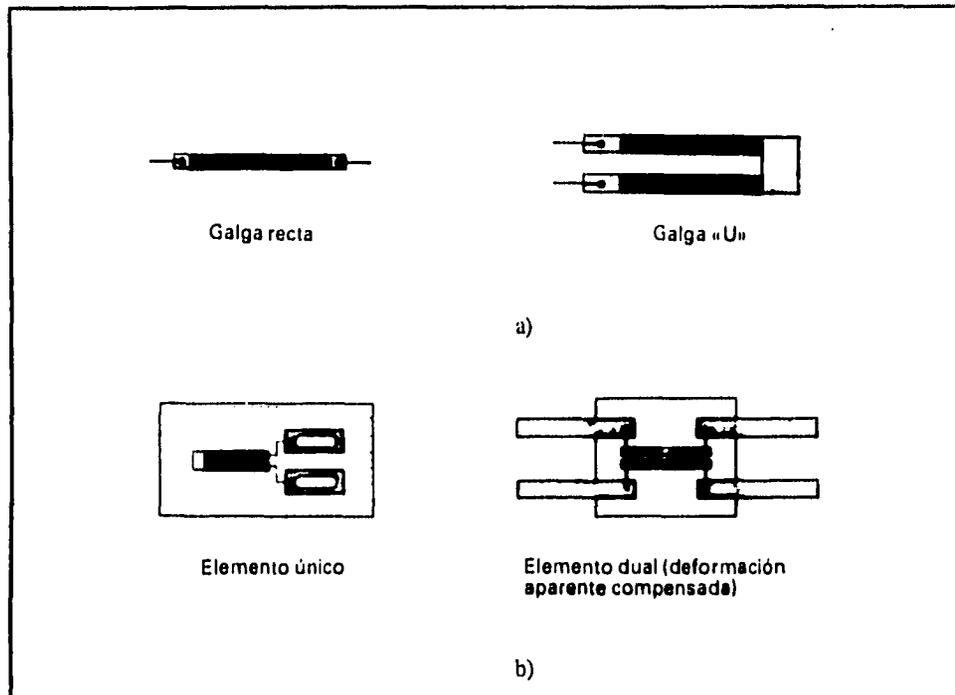


Figura 2.2.3.7 Configuraciones de galgas semiconductoras: (a) Galgas desnudas; (b) Galgas encapsuladas

- i) Una galga compensadora puede ser conectada a un brazo del puente que medirá.
- ii) Se pueden emplear termoacopladores para generar un voltaje opuesto.
- iii) Resistores o termistores con cambios de resistencia térmicamente controlados pueden conectarse en serie o paralelo con el brazo del puente donde actúa la galga.
- iv) Se puede conectar una galga semiconductoras de factor y coeficiente de temperatura contrario a la ya instalada.

CIRCUITOS DE MEDIDA DE DEFORMACIONES CON GALGAS.

Los cambios de resistencia en las galgas extensométricas son convertidos en cambios de tensión mediante circuitos eléctricos. Como el cambio de la resistencia de la galga es muy pequeño, el voltaje de salida del circuito es pequeño, teniéndose que llevar a cabo una amplificación de la señal de salida para su transmisión o visualización. La excitación (la fuente de alimentación) aplicada a estos circuitos debe ser regulada. La salida de los circuitos que utilizan galgas semiconductoras tienen un nivel alto de salida, por lo que puede ser eliminada la etapa de amplificación.

Un simple circuito divisor de tensión (fig. 2.2.3.8 (a)) puede usarse cuando se desea medir la componente variable de las deformaciones dinámicas. La tensión de c.c. presentada en los extremos de la galga (representada como una resistencia variable R_g) se separa de la tensión a la salida mediante un acoplo capacitivo que sólo deja pasar la componente alterna.

En los demás tipos de medida de deformaciones la resistencia de las galgas comúnmente son medidas por un circuito puente de Wheatstone de d.c. y el desplazamiento o deformación es deducida de la medición a la salida del puente. La excitación puede ser de c.c. o c.a. Normalmente se prefiere la excitación de c.a., dado que la salida también es c.a. y es más fácil de amplificar. Partiendo del puente de Wheatstone como circuito fundamental (ver apéndice A), son dos los procedimientos para medir el desequilibrio que se produce tras la deformación de las galgas: El método directo y el método cero.

Método directo

Consiste en medir la diferencia de potencial presente en los bornes de salida del puente, con la ayuda de un voltímetro de precisión. Este procedimiento exige una amplificación previa de la señal y una fuente de excitación muy estable (fig. 2.2.3.8 (a)).

Método cero

Consiste en restablecer el equilibrio en el puente, ya sea introduciendo resistencias en las ramas ó bien una tensión opuesta al desequilibrio. Este último procedimiento se conoce también como método de oposición (fig. 2.2.3.8 (b)).

En el método cero, la fidelidad de la medida es independiente de la tensión de alimentación y de las variaciones en la ganancia del amplificador. Todo depende de la fiabilidad del potenciómetro, que está asociado a un cuadrante o contador donde se leen directamente las microdeformaciones.

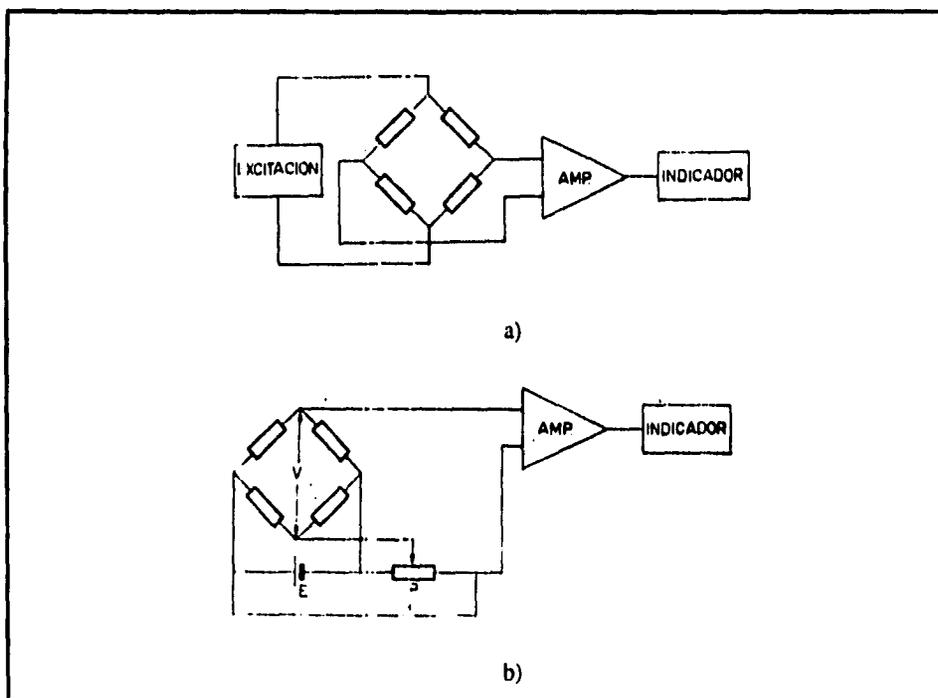


Figura 2.2.3.8 Circuitos de medición con puente de Wheatstone: (a) Medición por método directo; (b) Medición por método cero.

2.2.4.- TRANSDUCTORES DE ULTRASONIDO

Sonido es la vibración mecánica de la materia. Las ondas acústicas que producen la sensación de sonido son parte de una variedad de perturbaciones de presión que pueden propagarse a través de un medio compresible.

Además del rango audible que el oído humano es capaz de adaptar (usualmente definido como el rango de frecuencias entre 20 y 20000 Hz.), el sonido se divide en otras categorías : infrasonido, es el sonido con frecuencias menores al rango del oído humano y el ultrasonido, que es el sonido con frecuencias superiores al rango audible. Desde el punto de vista físico estas características son arbitrarias ya que el sonido tiene básicamente la misma naturaleza y obedece las mismas leyes físicas sin importar la frecuencia a la que se propaga. El ultrasonido, sin embargo, tiene las siguientes ventajas :

- a) Las ondas de alta frecuencia tienen longitudes de onda pequeñas (ya que la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia); esto significa que la difracción o evasión de una onda de sonido alrededor de un obstáculo de dimensiones dadas es correspondientemente menor mientras se utilizan ondas de frecuencia mayor. Debido a esto, es más fácil dirigir y enfocar un haz de ultrasonido.
- b) Las ondas ultrasónicas pasan fácilmente a través de paredes de metal, de conductos y recipientes. Esto significa que un sistema de medición o detección puede montarse en forma completamente externa al fluido, es decir, es no-invasivo. Esto es de suma importancia cuando se trabaja con fluidos hostiles, que son aquellos que tienen propiedades corrosivas, radioactivas, explosivas o flamables.
- c) El ultrasonido puede lanzarse hacia y propagarse a través de tejido biológico con menor riesgo que otros sistemas de detección medica, como los rayos X, usados a menudo en aplicaciones medicas.

- d) Debido a que el ultrasonido está fuera del rango audible del ser humano, tiene aplicaciones importantes en detección de intrusos y usos militares.

2.2.4.1 ULTRASONIDO

Casi cualquier material elástico puede propagar ondas ultrasónicas. La propagación toma la forma de un desplazamiento sucesivo de elementos en el medio. Si la substancia es elástica, existe una fuerza restauradora que tiende a regresar a cada elemento del material a su forma original. Debido a que todos los medios poseen inercia, la partícula continua en movimiento después de pasar por su posición original, cerca de la cual continua oscilando con una amplitud que decrece en forma constante, de esta manera los elementos del material realizarán tantos movimientos como ciclos de ondas pasen por él.

2.2.4.2. TIPOS DE ONDAS

Existen dos tipos básicos de ondas ultrasónicas. Cada tipo causa un movimiento específico en los elementos del medio por el cual se propaga, y las rutas que estos elementos siguen en respuesta a la onda son llamados órbitas. El primero es el tipo longitudinal, en el cual el movimiento u órbita de un partícula en el medio acústico se desarrolla solamente en la dirección de propagación. De tal manera que cuando se aplica una fuerza al medio, se expande o se comprime en la dirección z , como lo ilustra la figura 2.2.4-1a. Estas ondas dan lugar a compresiones y enrarecimientos alternos y, por esta razón, son denominadas frecuentemente ondas de compresión. El segundo tipo de onda es el transversal a la dirección de propagación, como se ilustra en la figura 2.2.4-1b. Estas ondas provocan en el medio que se propagan esfuerzos de cizalladura alternos, por lo que también son conocidas como ondas de cizalladura o tijera ("shear waves").

En general, las ondas acústicas que se propagan a través de un medio sólido pueden combinar movimientos longitudinales y transversales. Sin embargo, en un medio cristalino con propiedades elásticas anisotrópicas, la dirección de propagación puede elegirse hacia uno de

- d) Debido a que el ultrasonido está fuera del rango audible del ser humano, tiene aplicaciones importantes en detección de intrusos y usos militares.

2.2.4.1 ULTRASONIDO

Casi cualquier material elástico puede propagar ondas ultrasónicas. La propagación toma la forma de un desplazamiento sucesivo de elementos en el medio. Si la substancia es elástica, existe una fuerza restauradora que tiende a regresar a cada elemento del material a su forma original. Debido a que todos los medios poseen inercia, la partícula continúa en movimiento después de pasar por su posición original, cerca de la cual continúa oscilando con una amplitud que decrece en forma constante, de esta manera los elementos del material realizarán tantos movimientos como ciclos de ondas pasen por él.

2.2.4.2. TIPOS DE ONDAS

Existen dos tipos básicos de ondas ultrasónicas. Cada tipo causa un movimiento específico en los elementos del medio por el cual se propaga, y las rutas que estos elementos siguen en respuesta a la onda son llamados órbitas. El primero es el tipo longitudinal, en el cual el movimiento u órbita de una partícula en el medio acústico se desarrolla solamente en la dirección de propagación. De tal manera que cuando se aplica una fuerza al medio, se expande o se comprime en la dirección z , como lo ilustra la figura 2.2.4-1a. Estas ondas dan lugar a compresiones y enrarecimientos alternos y, por esta razón, son denominadas frecuentemente ondas de compresión. El segundo tipo de onda es el transversal a la dirección de propagación, como se ilustra en la figura 2.2.4-1b. Estas ondas provocan en el medio que se propagan esfuerzos de cizalladura alternos, por lo que también son conocidas como ondas de cizalladura o tijera ("shear waves").

En general, las ondas acústicas que se propagan a través de un medio sólido pueden combinar movimientos longitudinales y transversales. Sin embargo, en un medio cristalino con propiedades elásticas anisotrópicas, la dirección de propagación puede elegirse hacia uno de

los ejes principales del cristal; en este caso los modos básicos pueden ser puramente longitudinales o transversales. En el sentido físico, un cristal es un arreglo de átomos, moléculas o iones en un patrón geométrico definido en tres dimensiones. El cristal ideal se compone de celdas unitarias las cuales son pequeños paralelepípedos que se acomodan juntos para formar el cristal. Cada celda unitaria de un cristal dado es idéntica a cualquier otra celda del mismo cristal en la que cada una contiene un arreglo común con el mismo número de átomos, moléculas o iones.

Al aplicar a un líquido o a un gas un esfuerzo de cizalladura de frecuencia alta, se producirá el correspondiente esfuerzo de cizalladura oscilante. Por lo tanto es posible la producción de ondas transversales de ultrasonido en líquidos o inclusive en gases, pero estas ondas se atenúan fuertemente en estos medios.

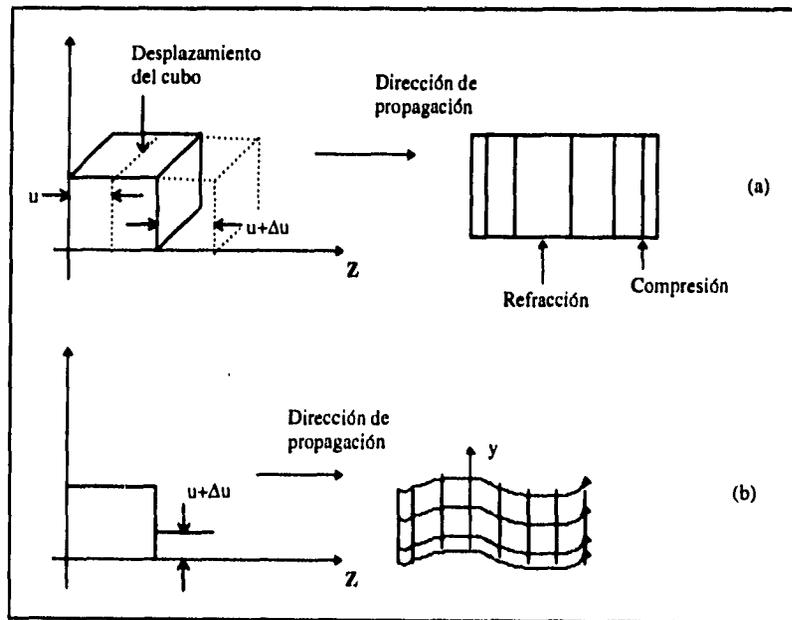


FIGURA 2.2.4-1. (a) Propagación de onda longitudinal; (b) propagación de onda transversal (no se muestra el cubo completo).

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Las ondas longitudinales se refieren a menudo como ondas L. Las ondas tipo L son las que más se usan en ultrasonido, debido a que como ya se comentó, pueden viajar a través de líquidos, sólidos o gases y pueden detectarse y generarse fácilmente. Las ondas L tienen una velocidad alta en la mayoría de los medios y por tanto las longitudes de onda son relativamente pequeñas en comparación con el área de la sección transversal del transductor, que es el elemento que produce la onda. Estas propiedades permiten que pueda enfocarse la energía en un haz del cual solo se diverge ligeramente.

Las ondas L no deben confundirse con la vibración total de un medio por el cual viaja una onda ultrasónica. Tales vibraciones son características de la geometría del medio y resultan de la interacción de las ondas con él.

La figura 2.2.4-2 muestra una línea de transmisión ultrasónica básica. Aquí se considera al cuarzo como transmisor y receptor de ondas ultrasónicas, las cuales viajan a través del medio de transmisión, en este caso, una placa de acero. La relación de la potencia recibida por la potencia transmitida depende de las pérdidas por atenuación en el acero, además de las reflexiones en la frontera entre el cristal y el acero.

2.2.4.3 TIPOS DE TRANSDUCTORES ULTRASÓNICOS

En un sistema ultrasónico, debe existir un medio para producir, recibir y desplegar señales ultrasónicas. Existen dos tipos principales de transductores, magnetostrictivos y piezoeléctricos, para interconversión de energía mecánica y energía eléctrica. Los transductores piezoeléctricos se utilizan en aplicaciones de baja potencia y alta exactitud, mientras que los transductores magnetostrictivos, debido a su constitución y principio de funcionamiento, se utilizan en aplicaciones robustas y donde la exactitud de la frecuencia generada no es el factor más importante.

La línea de transmisión que muestra la tabla de la tabla 2.2.4-1, en la cual el coeficiente de transmisión entre acero y cuarzo es adecuado (0.63), de acuerdo a esto, la combinación , tiene

aplicaciones dentro de la industria, como por ejemplo, en la detección de fallas en materiales; pero existen algunas aplicaciones en las cuales es necesario que el medio de transmisión sea un gas (como el aire). De la tabla 2.2.4-1, se observa que los valores del coeficiente de transmisión entre cuarzo/aire y acero/aire son muy pequeño. Esto indica que es muy difícil lanzar una onda ultrasónica desde un transmisor piezoeléctrico hacia un gas, ya sea directamente o a través de un conducto de acero.

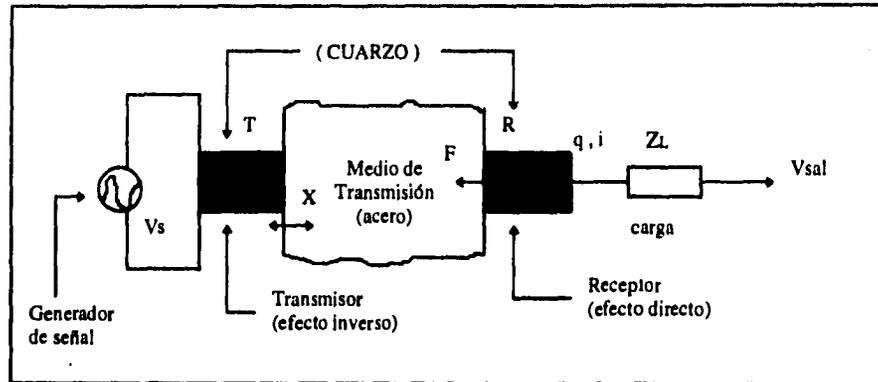


Figura 2.2.4-2. Línea de transmisión ultrasónica básica

	Acero	Cuarzo	Poliestireno	Agua	Aire
Acero	0.0, 1.0	0.27, 0.63	0.81, 0.19	0.88, 0.12	1.0, 3E -5
Cuarzo		0.0, 1.0	0.51, 0.49	0.67, 0.33	1.0, 1E -4
Poliestireno			0.0, 1.0	0.06, 0.94	1.0, 7E -4
Agua				0.0, 1.0	1.0, 1E -3

Tabla 2.2.4-1. Valores de los coeficientes de reflexión, transmisión de intensidad de 5 materiales.

2.2.4.4 TRANSDUCTORES PIEZOELÉCTRICOS

Los transductores piezoeléctricos utilizan el efecto piezoeléctrico que se presenta en los cristales de ciertos metales. La palabra piezoeléctricidad significa literalmente "Electricidad por presión". W. G. Cady definió la palabra como "piezoeléctricidad es la polarización eléctrica que se produce por la aplicación de esfuerzos mecánicos sobre ciertas clases de cristales, la polarización es proporcional al esfuerzo y cambia de dirección con éste". La producción de una polarización eléctrica por medio de la aplicación de un esfuerzo a un cristal se llama efecto piezoeléctrico directo. También existe el efecto inverso, es decir, la producción de esfuerzos mecánicos por medio de la aplicación de un campo eléctrico de polarización. Este efecto se llama efecto piezoeléctrico inverso. El efecto piezoeléctrico inverso suele confundirse algunas veces con el efecto electrostrictivo que aparece en sólidos dieléctricos como el vidrio. Estos dos efectos difieren en dos importantes aspectos. La deformación piezoeléctrica usualmente es mayor por algunos ordenes de magnitud que la deformación electrostrictiva, y la deformación piezoeléctrica es proporcional a la intensidad del campo eléctrico que se aplique y cambia de signo con éste, mientras que la deformación electrostrictiva es proporcional al cuadrado de la intensidad de campo y por lo tanto independiente de su sentido.

La piezoeléctricidad fue descubierta por Pierre y Jaques Curie en 1880. El efecto piezoeléctrico es una relación reversible entre el esfuerzo mecánico y la carga que aparece a través de las caras de ciertos cristales. Los cristalógrafos reconocen 32 clases de cristales, de los cuales 20 exhiben el efecto piezoeléctrico. Aunque muchos cristales presentan éste efecto, muy pocos son útiles, entre los más notables está el cuarzo (el cuál en forma cristalina y a temperaturas inferiores a 573 °C es llamado cuarzo alfa o simplemente cuarzo), la sal de Rochelle y en los últimos tiempos se han desarrollado materiales cerámicos piezoeléctricos, el principal es el titanio de zirconio (PZT).

2.2.4.5 EFECTO PIEZOELÉCTRICO INVERSO

Lippert estableció en 1881 que al colocar cargas eléctricas en un cristal se producen vibraciones mecánicas. Esta acción se conoce comúnmente como efecto recíproco longitudinal o efecto recíproco transversal, dependiendo de la dirección en la cual actúe el cristal. Además de lo anterior, si se cambia el signo de la carga aplicada, las contracciones se cambian por expansiones y viceversa.

No es necesario que un cristal oscile o vibre a su frecuencia de resonancia. Los cristales pueden manejarse a cualquier frecuencia; sin embargo, la amplitud de las oscilación del cristal será mucho mayor en resonancia, aunque existen situaciones particulares en las cuales es necesario hacerlos trabajar a otra frecuencia.

2.2.4.6 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN ULTRASÓNICA

La figura 2.2.4-2 muestra las bases de un sistema de medición ultrasónico. Este consiste de un transmisor ultrasónico, el medio de transmisión y el receptor ultrasónico.

Los elementos que se utilizan comúnmente como transmisores y receptores ultrasónicos son los sensores piezoeléctricos, como ya se comentó, es reversible, lo que significa que la energía mecánica que se convierte en energía eléctrica puede recuperarse a través de la conversión de energía eléctrica en energía mecánica. El transmisor ultrasónico utiliza el efecto piezoeléctrico inverso; si un voltaje senoidal de valor $V_s \sin \omega t$ se aplica al cristal transmisor, entonces el cristal experimentará una correspondiente deformación S . Esta vibración del cristal es transmitida a las partículas en el extremo inicial del medio, el cual se fuerza a una vibración senoidal, la cual se comunica a las partículas cercanas, hasta que el disturbio se transmite al final del medio. Este desplazamiento senoidal de partículas se acompaña por presiones y esfuerzos senoidales en el medio. Estos se detectan en el receptor ultrasónico, el cual es un simple sensor de fuerza que usa el efecto piezoeléctrico. Las fluctuaciones en

2.2.4.5 EFECTO PIEZOELÉCTRICO INVERSO

Lippmann estableció en 1881 que al colocar cargas eléctricas en un cristal se producen vibraciones mecánicas. Esta acción se conoce comúnmente como efecto recíproco longitudinal o efecto recíproco transversal, dependiendo de la dirección en la cual actúe el cristal. Además de lo anterior, si se cambia el signo de la carga aplicada, las contracciones se cambian por expansiones y viceversa.

No es necesario que un cristal oscile o vibre a su frecuencia de resonancia. Los cristales pueden manejarse a cualquier frecuencia; sin embargo, la amplitud de la oscilación del cristal será mucho mayor en resonancia, aunque existen situaciones particulares en las cuales es necesario hacerlos trabajar a otra frecuencia.

2.2.4.6 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN ULTRASÓNICA

La figura 2.2.4-2 muestra las bases de un sistema de medición ultrasónico. Este consiste de un transmisor ultrasónico, el medio de transmisión y el receptor ultrasónico.

Los elementos que se utilizan comúnmente como transmisores y receptores ultrasónicos son los sensores piezoeléctricos, como ya se comentó, es reversible, lo que significa que la energía mecánica que se convierte en energía eléctrica puede recuperarse a través de la conversión de energía eléctrica en energía mecánica. El transmisor ultrasónico utiliza el efecto piezoeléctrico inverso; si un voltaje senoidal de valor $V_s \sin \omega t$ se aplica al cristal transmisor, entonces el cristal experimentará una correspondiente deformación S . Esta vibración del cristal es transmitida a las partículas en el extremo inicial del medio, el cual se fuerza a una vibración senoidal, la cual se comunica a las partículas cercanas, hasta que el disturbio se transmite al final del medio. Este desplazamiento senoidal de partículas se acompaña por presiones y esfuerzos senoidales en el medio. Estos se detectan en el receptor ultrasónico, el cual es un simple sensor de fuerza que usa el efecto piezoeléctrico. Las fluctuaciones en

presión causan una fuerza senoidal F sobre el área del cristal, produciendo una carga correspondiente que al variar en el tiempo provoca una corriente (i). Esta corriente provoca un voltaje de salida V_{sal} a través de una carga Z_L .

2.2.4.7 EFECTO DOPPLER EN ULTRASONIDO

Cuando una fuente (o transmisor) y un observador (receptor) de ondas sónicas se encuentran en movimiento relativo, la frecuencia de la señal recibida es diferente a la frecuencia de la señal transmitida. La diferencia que existe entre ambas frecuencias es función de la velocidad relativa entre la fuente y el observador.

El efecto Doppler es un corrimiento en frecuencia o en longitud de onda que depende de las condiciones de observación, causadas por los movimientos relativos entre fuente, receptor y medio.

La figura 2.2.4-3a muestra la situación en la que una fuente fija de sonido S , emite una onda de frecuencia f la cual se recibe por un observador fijo O . Si la señal toma un tiempo Δt en viajar de S a O , entonces O recibe $f\Delta t$ ciclos en este tiempo y la distancia entre S y O es $f\lambda\Delta t$. Ahora, si O se mueve hacia S con velocidad v , entonces en un tiempo Δt éste viaja una distancia $v\Delta t$ hacia O' (figura 2.2.4-3b), y recibe $v\Delta t/\lambda$ ciclos adicionales de sonido, el número total de ciclos que se reciben en un tiempo Δt es entonces $(f+v/\lambda)\Delta t$ y la frecuencia aparente es :

$$f' = f + v/\lambda = f + (f/c)v = f(c+v)/c \quad (2.2.4 - 1)$$

ya que $1/\lambda = f/c$, en donde c representa la velocidad del sonido en el aire. Si O se aleja de S con velocidad v , entonces se reciben $(f-v/\lambda)$ ciclos en un tiempo Δt , y por tanto la frecuencia aparente es entonces :

$$f' = f(c - v)/c \quad (2.2.4 - 2)$$

Ahora si **S** se mueve hacia **O** (fijo) con velocidad v , en un tiempo Δt , **S** viajará a una distancia $v\Delta t$ hacia **S'** (figura 2.2.4-3c). entonces la distancia **S'O** queda ocupada por $f\Delta t$ ciclos de sonido. La longitud de onda aparente es :

$$\lambda' = (\text{distancia total}) / (\text{número total de ciclos}) = (f\lambda - v)/f\Delta t = \lambda - v/f \quad (2.2.4 -3)$$

como

$$1/f = \lambda/c, \quad \lambda' = \lambda - (v/c)\lambda = \lambda(c - v)/c \quad (2.2.4 -4)$$

Si **S** se aleja de **O** entonces :

$$\lambda' = \lambda(c+v)/c \quad (2.2.4 -5)$$

Las ecuaciones (2.2.4 - 1) a (2.2.4 - 5) representan únicamente una aproximación, debido a que los resultados sobre el efecto Doppler no toman en cuenta la teoría de la relatividad de Einstein.

En la figura 2.2.4 - 4 se muestra un sistema típico de efecto Doppler. El oscilador produce ondas continuas, las cuales son enviadas por el transductor. Cualquier señal que regrese al equipo del transductor se mezcla con la frecuencia de oscilación. Si la frecuencia recibida es igual a la transmitida, la señal obtenida a la salida del mezclador tendrá una salida con frecuencia igual a cero (una componente de directa). Si la frecuencia recibida es mayor o menor a la transmitida, la frecuencia de salida del mezclador sufrirá una variación de 0 Hz a un valor correspondiente a la desviación. El corrimiento en frecuencia será negativo para objetos alejándose del transmisor y positivo para objetos que se acerquen a él.

2.2.4.8 SENSORES DE ULTRASONIDO

El principio en el que basan su funcionamiento es muy sencillo y semejante al que emplean los sensores ópticos, salvo que en éste caso se utilizan ondas acústicas en lugar de ondas electromagnéticas.

Un transductor electroacústico genera un breve tren de ondas que se propagan en el aire, se reflejan en la superficie del excitador y aquí se detecta como señal de eco en un transductor igual al primero, pero que realiza la función opuesta (efecto piezoeléctrico y efecto piezoeléctrico inverso).

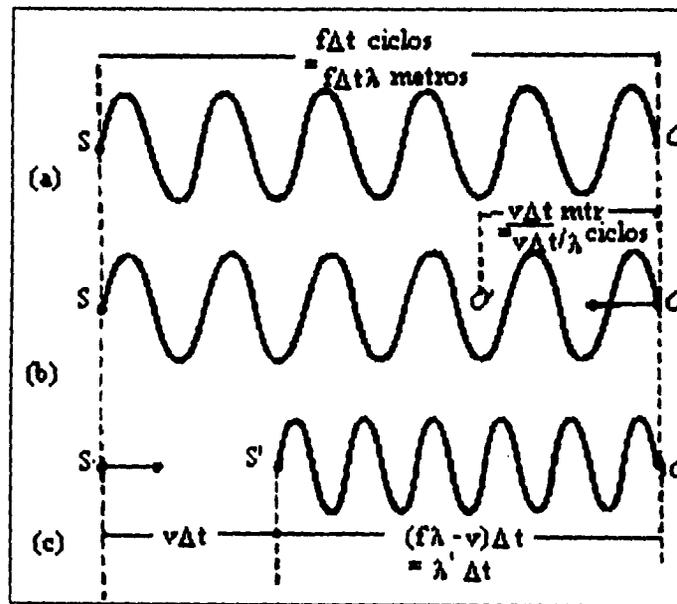


Figura 2.2.4-3. El efecto Doppler

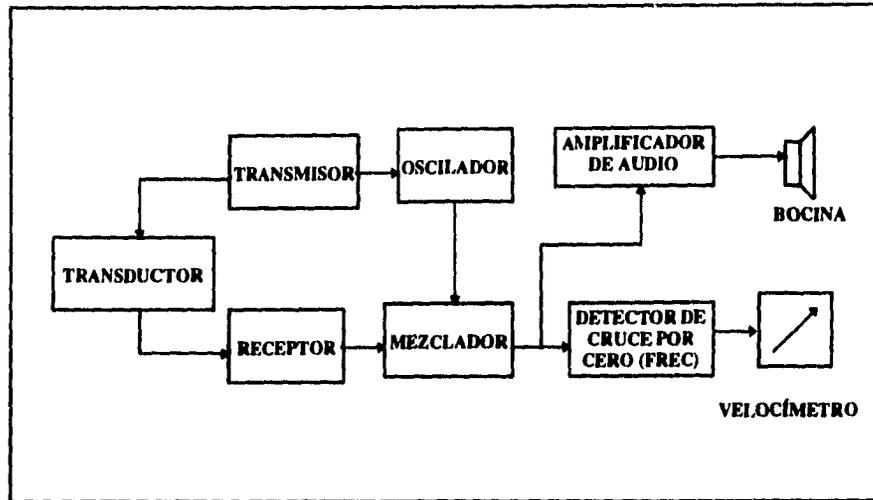


Figura 2.2.4-4. Diagrama de bloques de un sistema Doppler.

Debido a la baja velocidad de propagación de las ondas acústicas en el aire (cerca de 330 m/s) y aceptando distancias mínimas de operación superiores a algunos centímetros, es posible usar un mismo transductor como transmisor y receptor conmutando electrónicamente sus funciones.

Las partes principales son : el transductor piezoeléctrico, el circuito de excitación para el mismo transductor y para la detección de la señal de eco y el circuito lógico de la elaboración de la señal.

La elección del transductor, para un sistema que opere en el aire, puede constituir un problema bastante delicado; por ejemplo : la frecuencia de resonancia del transductor, y por tanto, de la onda acústica que se emite, debe ser más alta que la frecuencia de vibración de las partes mecánicas que rodean al sensor, para poder discriminar la señal del zumbido; la misma

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

frecuencia no podrá ser muy elevada debido a la gran atenuación de las ondas acústicas en el aire (la atenuación aumenta con incrementos en la frecuencia). La elección de una frecuencia de resonancia relativamente baja obliga a usar elementos piezoeléctricos de masa no despreciable, para los cuales es difícil obtener un rápido amortiguamiento de las oscilaciones y, por lo tanto, una rápida conmutación de las funciones transmisora y receptora del transductor.

Pueden proyectarse y construirse diversos tipos de circuitos para la excitación del transductor piezoeléctrico y la detección de las señales de eco; el mercado de los componentes electrónicos ofrece, para estas funciones, soluciones de un sólo circuito integrado (por ejemplo LM 1812 de National Semiconductors).

Actualmente podemos encontrar en el mercado algunos sistemas de alarma que trabajan por ultrasonido. Estos sistemas se basan en el empleo de ondas ultrasónicas, generadas por un oscilador, con las que se satura el área bajo protección. Parte de ésta energía se refleja mediante el choque hacia el transmisor, pero la mayoría de ella le llega al receptor. En el receptor se aplica el principio Doppler para la detección de movimiento. Teniendo en cuenta lo anterior, mientras el espacio que se protege no sufra la acción de movimiento alguno, la señal en el receptor permanecerá inalterable. Sin embargo, cualquier movimiento que ocurra de la zona alterará la frecuencia de la señal reflejada, afectando la componente resultante que se recibe de la citada combinación. La modulación de amplitud resultante hará que el detector active la respuesta llegándose a la situación de alarma. El detector de intrusos por el método ultrasónico posee la capacidad de proteger grandes áreas. Incluso el más ligero movimiento alterará la frecuencia de la onda recibida.

Algunos sistemas comerciales diseñados solamente para su empleo en interiores son :

- Alarma ultrasónica Northern Electric Co., modelos 1702 y 1703.
- Sistema ultrasónico Sontrix, modelo S-1000.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

- Sistemas de seguridad DETECTRON, modelo 350.
- Sensor ultrasónico Ultra-beam.

2.2.4.9 OTRAS APLICACIONES

Además de la detección de intrusos, los transductores ultrasónicos tienen diversas aplicaciones en diferentes campos de la industria, como lo son : detección de roturas de tejidos, control de tamaño, control de borde, control de nivel de líquidos, control de nivel en tolvas y silos, apertura automática de puerta, cuenta automática de objetos, posicionamiento, control de corte para longitudes específicas, indicación de altura de carga, etc.

Las aplicaciones del ultrasonido a la medida de magnitudes físicas están normalmente relacionadas con su velocidad, y en algunos casos con su atenuación. A continuación se comentan algunos usos del ultrasonido en éste sentido.

Sonares. Un rayo ultrasónico que se propaga verticalmente hacia abajo se refleja por el lecho marino o por otro objeto, tal como un submarino, que se interponga y regresa al generador - detector, figura 2.2.4 - 5. Este es el principio del sonar. Durante el intervalo del tiempo en el que se refleja la onda; el emisor se convierte en detector. Si se mide el tiempo entre la salida del pulso inicial y la llegada del eco, puede determinarse el tiempo de tránsito t sobre una distancia de $2d$. Así, suponiendo que es conocida la velocidad c del ultrasonido en agua de mar, la profundidad d puede calcularse por :

$$d = \frac{1}{2} ct \quad (2.2.4 - 6)$$

Una vez que el pulso llega al fondo marino y regresa, puede repetirse el proceso con otro pulso ultrasónico. El intervalo entre impulsos sucesivos debe ser mayor a t , ya que en otro caso habría ambigüedad sobre que eco correspondería a determinado impulso. Debido a que

las profundidades que se miden son bastante grandes, la velocidad de repetición de pulsos debe ser baja.

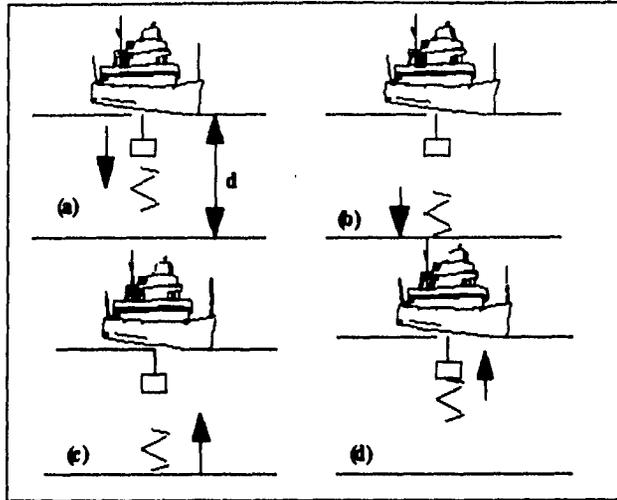


Figura 2.2.4 - 5. Sondeo de profundidad por impulso - eco

Medicina. Probablemente las aplicaciones médicas más importantes del ultrasonido estén actualmente dentro de las diversas técnicas de diagnóstico ultrasónico.

La diferencia entre las impedancias acústicas en los lados opuestos de muchas superficies internas del cuerpo humano son lo suficientemente importantes como para que exista una reflexión de ultrasonido bastante significativa en ellas.

El ultrasonido es particularmente útil en el examen de las partes internas del cuerpo, para las que sería inadecuado e indeseable el empleo de los rayos X.

Los ultrasonidos se emplean en el estudio de órganos como el cerebro, ojos, pecho, corazón e hígado, así como en la obstetricia. Los exámenes mediante el impulso-eco ultrasónico han de

llevarse a cabo por un procedimiento de la exploración que conduzca a la aparición de una imagen en el osciloscopio, que para fotografiarse se necesita una imagen permanente.

Algunos ejemplos de la velocidad de las ondas sonoras en tejidos humanos se listan en la tabla 2.2.4 - 2. como puede observarse, la velocidad tiene aproximadamente el mismo valor en todos los tejidos suaves con excepción del tejido incorporado al hueso, en el cual, es casi tres veces mayor que en el resto del cuerpo humano.

Caudalímetros. El ultrasonido puede utilizarse para medir la velocidad de flujo que atraviesa por un ducto, y si el fluido está sucio, puede aplicarse el efecto Doppler.

Cuando un transductor radia ondas ultrasónicas al fluido, esta onda se refleja en un objeto móvil respecto al emisor, existe un cambio en la frecuencia que llega al receptor, y ésta es proporcional a la velocidad relativa emisor-receptor.

2.2.4.10 SEGURIDAD

Dentro de las aplicaciones ultrasónicas debe considerarse la seguridad de las personas expuestas a radiaciones acústicas, ya sean operarios, pacientes o público en general cuando se utilizan equipos en los que interviene el ultrasonido. Las principales factores que deben considerarse son :

- a) La intensidad del ultrasonido generado
- b) La frecuencia
- c) La dosis recibida por el paciente u operario

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Medio	Velocidad (m/s)
Aire	331
Sangre	1.57 E+3
Hueso	2.5 - 4.7 E+3
Cerebro	1.54 E+3
Grasa	1.45 E+3
Riñones	1.56 E+3
Hígado	1.57 E+3
Músculo	1.59 E+3
Agua destilada	1.53 E+3

Tabla 2.2.4 - 2. Velocidades aproximadas del sonido en algunos tejidos del cuerpo humano.

La intensidad es importante, ya que cuanto más energía se genera, de más energía puede disponerse para dañar al ser humano. La frecuencia es indirectamente importante en el sentido de que si se considera el ultrasonido transportado por el aire desde una pieza de equipo ultrasónico, la señal se atenuará en función directa al cuadrado de la frecuencia, menor será el riesgo al manejar señales acústicas. Para una intensidad dada de sonido generado, la dosis recibida por un paciente que se acople directamente a un generador de ondas ultrasónicas será mucho mayor que la dosis recibida a través del aire a cualquier persona que se encuentre cerca. Lo anterior se debe a dos razones: la primera es que existe un desacoplamiento acústico muy grande entre el generador ultrasónico y el aire e igualmente entre el aire y el cuerpo humano, y la segunda es que la onda sufre una atenuación considerable en el aire.

A través de pruebas de laboratorio con animales, se estudia la posibilidad del daño que la aplicación de ultrasonido a distintos tejidos y órganos puede ocasionar. Empleando dosis suficientemente elevadas de energía ultrasónica se puede producir daño permanente a un órgano y en caso extremo la muerte del animal. Para cada órgano se determina una curva de umbral que determina la relación intensidad/duración permisible de la radiación.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

2.2.4.11 TRANSDUCTORES DE ULTRASONIDO COMERCIALES

Existe una gran variedad de sensores ultrasónicos en el mercado de los componentes electrónicos, de los mas comunes y de bajo son los siguientes : ME251-1601 Y ME251-1602, sus especificaciones y características son las siguientes :

ME251-1601 Y ME251-1602

Este transductor puede ser utilizado como transmisor o receptor. Su frecuencia de operación se encuentra cerca de los 40 KHz, que es una frecuencia muy por arriba de las frecuencias audibles por el ser humano.

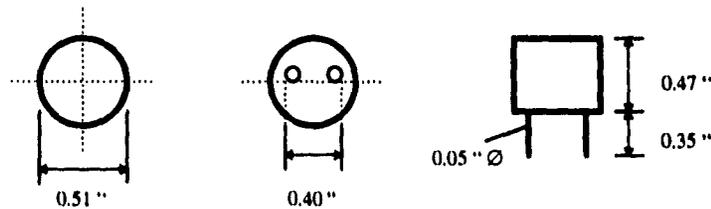
Especificaciones generales :

Frecuencia de resonancia40 KHz (± 2 KHz)
Ancho de banda0.15 KHz
Consumo de potencia10-200 mW
Ángulo de radiación..... 60 ° (aproximadamente)

Especificaciones por función :

	<u>Transmisor</u>	<u>Receptor</u>
Frecuencia central (KHz)	40 \pm 1.0	40 \pm 1.0
Sensibilidad de transmisión (dB)	105 min	-----
Sensibilidad de recepción (dB/v/ubar)	-----	- 65 min
Capacitancia (pF)	1300	1300
Voltaje máximo de alimentación (V)	60	60

DIMENSIONES



TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

2.2.4.11 TRANSDUCTORES DE ULTRASONIDO COMERCIALES

Existe una gran variedad de sensores ultrasónicos en el mercado de los componentes electrónicos, de los más comunes y de bajo son los siguientes : ME251-1601 Y ME251-1602, sus especificaciones y características son las siguientes :

ME251-1601 Y ME251-1602

Este transductor puede ser utilizado como transmisor o receptor. Su frecuencia de operación se encuentra cerca de los 40 KHz, que es una frecuencia muy por arriba de las frecuencias audibles por el ser humano.

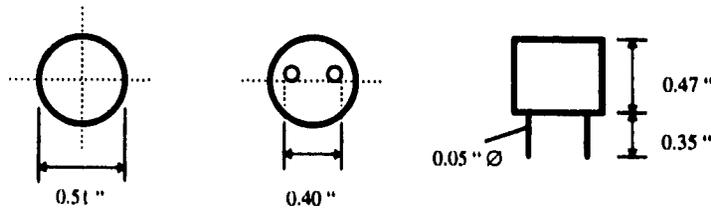
Especificaciones generales :

Frecuencia de resonancia40 KHz (± 2 KHz)
Ancho de banda0.15 KHz
Consumo de potencia10-200 mW
Ángulo de radiación..... 60 ° (aproximadamente)

Especificaciones por función :

	Transmisor	Receptor
Frecuencia central (KHz)	40 \pm 1.0	40 \pm 1.0
Sensibilidad de transmisión (dB)	105 min	-----
Sensibilidad de recepción (dB/v/ubar)	-----	- 65 min
Capacitancia (pF)	1300	1300
Voltaje máximo de alimentación (V)	60	60

DIMENSIONES



2.3 OPCIONES DE SOLUCIÓN Y ELECCIÓN DE LOS TRANSDUCTORES Y LOS LUGARES ÓPTIMOS PARA SU TRABAJO.

Un método muy adecuado que se sigue en la solución de problemas de cualquier índole es el de tratar de generar la mayor cantidad de soluciones posibles para este, pero en ocasiones alguna solución que pudiera parecer descabellada puede ser la más conveniente en la práctica. La generación de las posibles soluciones se apoyan principalmente en dos aspectos: el primero es el de satisfacer el objetivo que se persigue lo más estrictamente posible; y el segundo en conocer cuales son los elementos con que se cuenta para poder ofrecer un camino de solución.

Es importante señalar que en la elaboración de un proyecto se pueden tener uno o varios objetivos secundarios enfocados todos a satisfacer un objetivo principal del proyecto. En el caso del presente trabajo el objetivo principal que se busca es el de diseñar un controlador digital para estacionamientos de autoservicio, y el cual debe contar con un cierto grupo de características, entre ellas la de ubicar cajones libres de estacionamiento. Este proyecto también cuenta con objetivos de orden secundario y dentro de los cuales uno va a ser de mayor importancia que los demás, es decir, podemos hablar de un objetivo central que va a ser la parte medular del proyecto y, como se menciona, va a estar orientado a satisfacer el objetivo principal.

Al inicio de este capítulo se definió el objetivo central que es el de determinar la presencia o su ausencia de un vehículo automotor dentro de una área determinada, específicamente un cajón de estacionamiento. Este objetivo se busca alcanzar mediante un módulo de detección de señales y será uno de los puntos de apoyo mencionados para la generación de las posibles soluciones.

El otro punto de apoyo se va a tomar del análisis de los automóviles más representativos que existen en México, el cual se presentó en el punto 2.1 de variables a registrar. Las principales variables que se presentaron o las más representativas fueron: el peso, el tamaño o volumen, el material de fabricación (básicamente el fierro o materiales metálicos), la temperatura e intensidad luminosa. Al determinarse las variables consecuentemente se pueden determinar

cuales son los posibles transductores que se pueden utilizar para la medición de dichas variables, provocando una primera selección de las posibles soluciones. Para las variables señaladas anteriormente, también se mencionaron en el punto 2.1 los transductores más adecuados y los cuales se discutieron en los puntos anteriores, estos son: la galga extensométrica, los manómetros de Bourdon, los transductores de desplazamiento, los transductores ópticos, los ultrasónicos y los electromagnéticos. Con esto se tiene los elementos necesarios para comenzar a generar las posibles soluciones del problema. Otro aspecto poco menos importante pero que debe de considerarse es el saber el lugar en el cual los dispositivos sensores van a realizar las mediciones, que en este caso será en cualquier tipo de cajón de estacionamiento ya sea cubierto o al aire libre.

2.3.1 GENERACIÓN DE OPCIONES.

La generación de opciones se va a ir proponiendo dependiendo de los transductores con que se cuentan para detectar la presencia de un automóvil, para posteriormente realizar las consideraciones necesarias para la selección.

ARREGLOS CON DETECTORES ÓPTICOS.

Para este caso de transductores y por las opciones de aplicación que ofrecen se pueden considerar el tener tres tipos de arreglo u opción de solución. Este tipo de sensores ofrecen tres modos de aplicación los cuales son: modo reflectivo, modo de haz cruzado y modo difusión. En la figura 2.3.1 se ilustran estos y su modo de operación.

Modo reflectivo. En este caso el dispositivo sensor envía un haz luminoso a una superficie o elemento reflejante y el mismo tiene la capacidad de recibir el reflejo del haz enviado. Cuando un objeto se cruza entre el emisor y el elemento reflejante, el dispositivo deja de percibir el haz reflejado indicando la detección de un objeto.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Modo haz cruzado. Es muy similar al anterior pero en vez de contar con una elemento reflector se utiliza directamente un receptor del haz luminoso. Y al igual que el de modo reflectivo al posarse un objeto entre el emisor y el receptor, se detectara su presencia.

Modo difusión. El modo de operación que se presenta de este tipo, es inverso a los anteriores. El transductor actúa como transmisor y como receptor o el transmisor y receptor de ser independientes se localizan en el mismo sitio. El emisor envía un haz luminoso en una dirección determinada libre de obstáculos, al cruzarse algún objeto en la dirección del haz, este reflejara una parte de la intensidad luminica recibida al sitio de origen detectándolo el receptor e indicando su presencia.

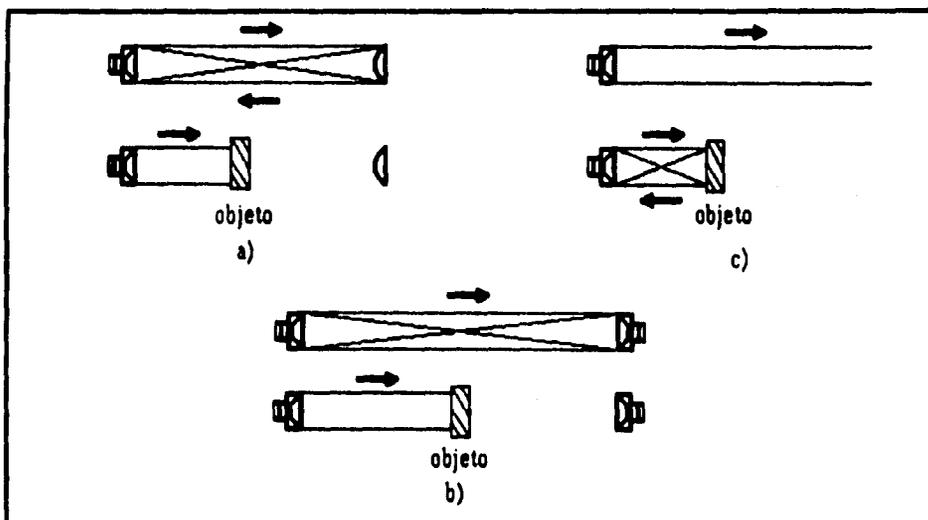


Figura 2.3.1. Modos de operación de los detectores ópticos: a)Modo reflectivo; b)Modo haz cruzado; c)Modo difusión.

Las dos posibles opciones se determinara como haz interrumpido, que contempla a los modos reflectivo y haz cruzado por su similitud y el rebote de haz que contemplara el modo difusión.

Haz interrumpido. Para este caso se podrían contemplar dos posibles lugares óptimos para su trabajo. El primero de ellos podría ser el colocar los elementos sensores de manera transversal al cajón de estacionamiento (ver figura 2.3.2) y a una altura considerable, que al momento de ocuparlo un vehículo el haz luminoso se interrumpe y se obtiene una señal de detección. La desventaja principal que puede tener este arreglo es la precaución que se debe tener al momento de estacionarse un automóvil sin perjudicar a los elementos sensores, o no ser un estorbo al paso de la gente que se dirige a sus coches y tiene que pasar donde están los dispositivos sensores. Si la altura fuera mínima a fin de detectar solamente el paso de las llantas y no ser un estorbo al usuario o sufrir algún golpe, resulta que por las longitudes de los vehículos se tiene un campo de 30 cm. de longitud en la cual puede quedar la llanta, resultado muy impreciso en la detección.

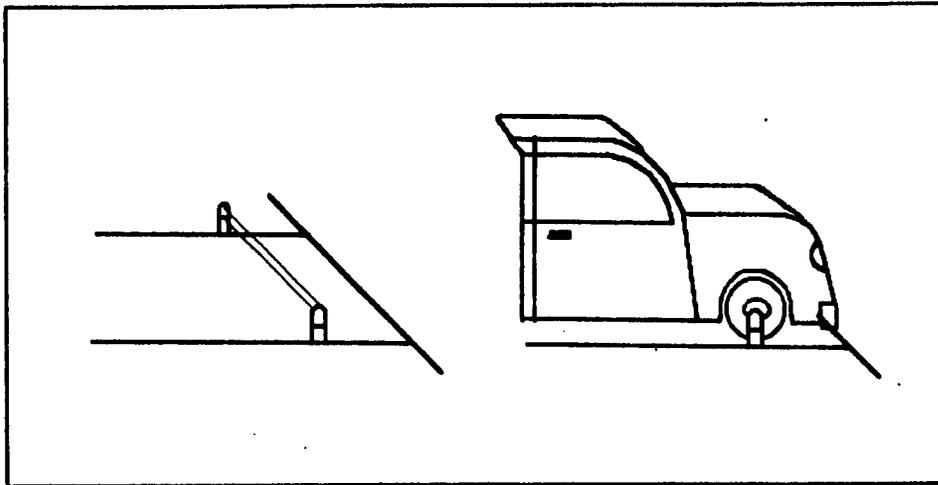


Figura 2.3.2. Arreglo transversal de sensores ópticos de haz interrumpido.

Un segundo caso de la instalación de este tipo de transductores sería el de una ubicación vertical al cajón de estacionamiento como lo muestra la figura 2.3.3. Este arreglo sería muy adecuado para estacionamientos techados requiriendo de alguna adaptación considerando las máximas alturas de vehículos para aquellos en los que no se tiene techo, como lo son los del tipo de lote. Este arreglo tiene su gran inconveniente en que como uno de los dos elementos, ya sea en

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

emisor o el receptor o reflector, deben ir colocados en el piso, y como se va a encontrar a la intemperie, el polvo, la mugre o sustancias derramadas en el piso pueden caer sobre el elemento afectando su capacidad de detección. Tal vez con un buen sistema de mantenimiento se pueda tener en buen funcionamiento a los elementos, pero esto implicaría aumentos en los costos de operación.

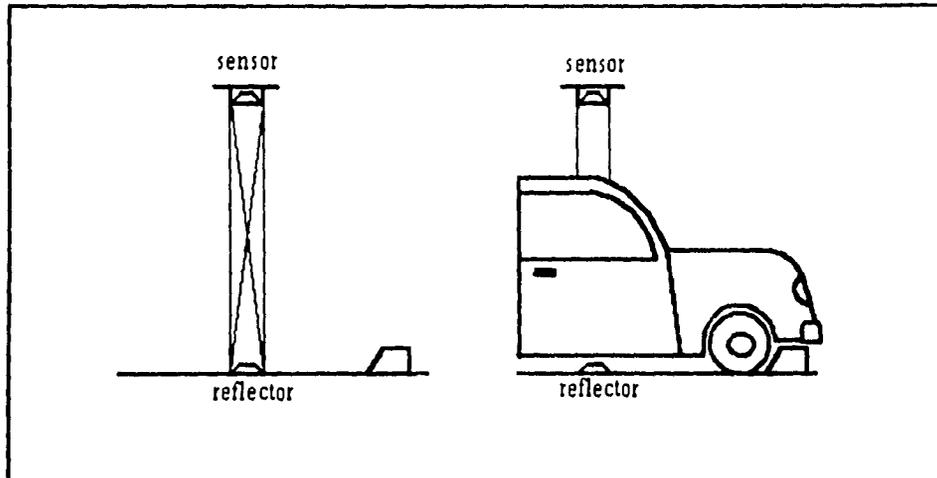


Figura 2.3.3. Arreglo vertical de sensores ópticos de haz interrumpido.

Rebote de haz. En este caso se tiene una gran ventaja sobre el anterior, ya que para su funcionamiento solamente se requiere de un elemento, o si son dos, estos en un mismo sitio, evitándose gastos de instalación. También aquí se pueden considerar dos arreglos, el primero de ellos podría contemplar la instalación del elemento en dirección longitudinal al cajón de estacionamiento (ver figura 2.3.4). Al momento que el auto llega a ocupar el lugar, ya sea de frente o por detrás, va a reflejar una cierta cantidad del haz luminoso, la cual va a detectar el receptor. Existen algunos estacionamientos, principalmente del tipo de lote, en donde las distancias entre los cajones que se hayan frente a frente es muy pequeña, y considerando las distancias de algunos vehículos de su eje a su frente o parte trasera, los dispositivos tendrían altas posibilidades de ser aplastados por el automóvil.

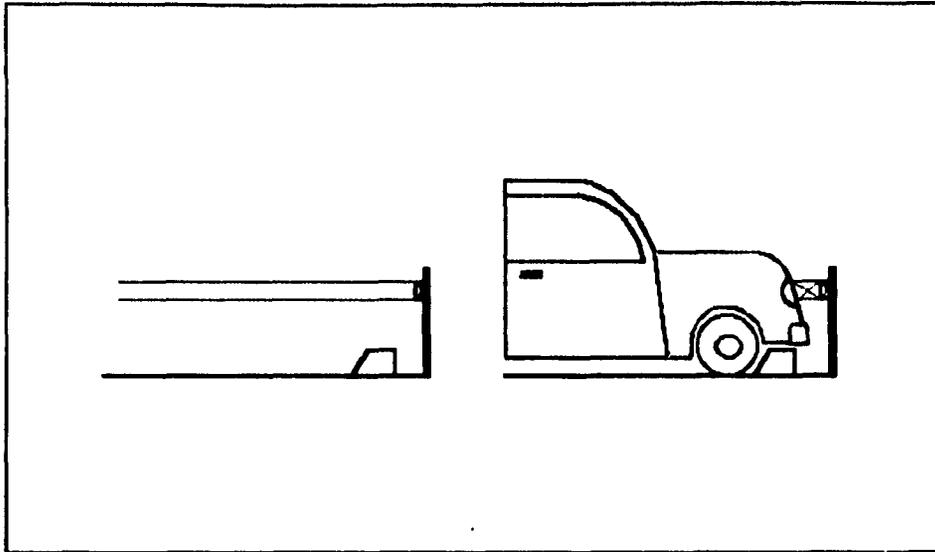


Figura 2.3.4. Arreglo longitudinal de sensor óptico de rebote de haz.

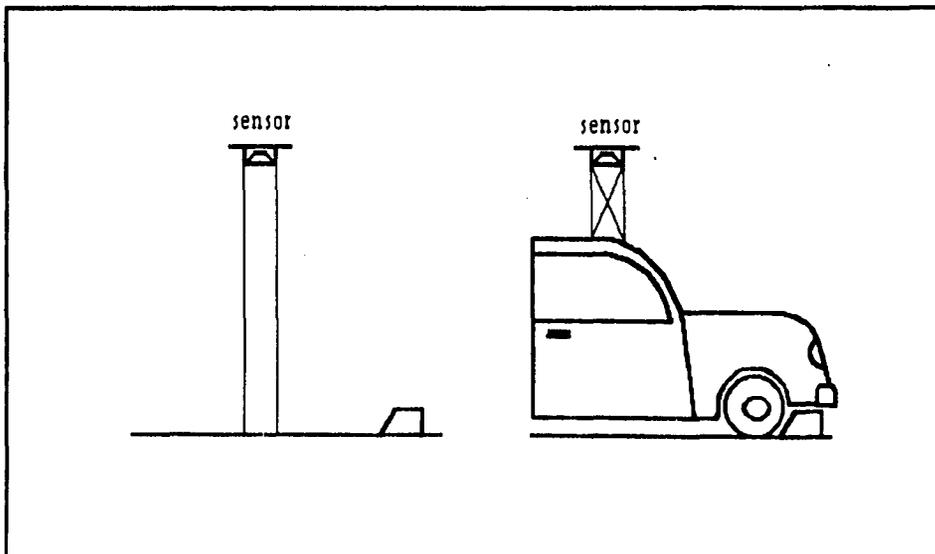


Figura 2.3.5. Arreglo de sensor óptico de rebote de haz en el techo.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

La otra opción para este arreglo sería de la ubicación arriba del cajón (figura 2.3.5), lugar en el cual no tendría problema alguno de ser estropeado en estacionamientos techados, solamente en los no techados se podría llegar a correr ese riesgo, pero realizando las adaptaciones necesarias en función de la medida de los automóviles, esta posibilidad sería mínima. El colocarlos en el piso tendría como gran ventaja el que no podrían ser estropeados, pero existe el gran inconveniente de la intemperie y lo que pudiera caerle encima, reduciendo su capacidad de detección.

ARREGLOS CON DETECTORES ULTRASÓNICOS.

Este tipo de arreglos son muy similares a los del rebote de haz de los ópticos, y se pueden considerar las mismas características que se realizaron anteriormente. La diferencia está en que en los ópticos la señal emitida va a ser un haz luminoso y para este caso se tratará de una señal ultrasónica, en la cual la detección se realizará por la variación de la frecuencia entre la señal enviada y la recibida de rebote. En este caso el emisor también va a ser el receptor para todos los casos y la ventaja que va a ofrecer sobre los ópticos es que se puede realizar la colocación en el piso (figura 2.3.6) sin tener mucho problema con el medio ambiente, ya que como las señales son ultrasónicas pasan a través de los pequeños obstáculos como mugre, polvo, aceite, agua y otros. Sin embargo, esta opción nos va a presentar un inconveniente muy importante, y es que puede afectar el comportamiento en distintas formas de los animales que se expongan a las señales de ultrasonido, provocando un malestar a los usuarios que acostumbran llevar consigo a sus mascotas.

ARREGLOS CON DETECTORES ELECTROMAGNÉTICOS.

Los arreglos con detectores electromagnéticos son casi idénticos a los presentados con los detectores ultrasónicos, solo que en este caso las frecuencias transmitidas serán a través del espectro electromagnético y no por el medio sonoro como los anteriores. Por lo anterior, aquí el problema de daños o perturbaciones a la fauna son minimizados. Otro inconveniente que se

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

presenta en estos casos va a ser el de su ubicación, ya que si su colocación es en el piso por el tamaño del dispositivo es necesario abrir huecos de tamaño mediano. En estacionamientos techados el problema se reduciría, por la facilidad de su instalación en el techo, pero el problema persistirá en los estacionamientos del tipo de lote y nuevamente, por el tamaño y el peso del dispositivo, su adaptación requerirá un costo adicional elevado.

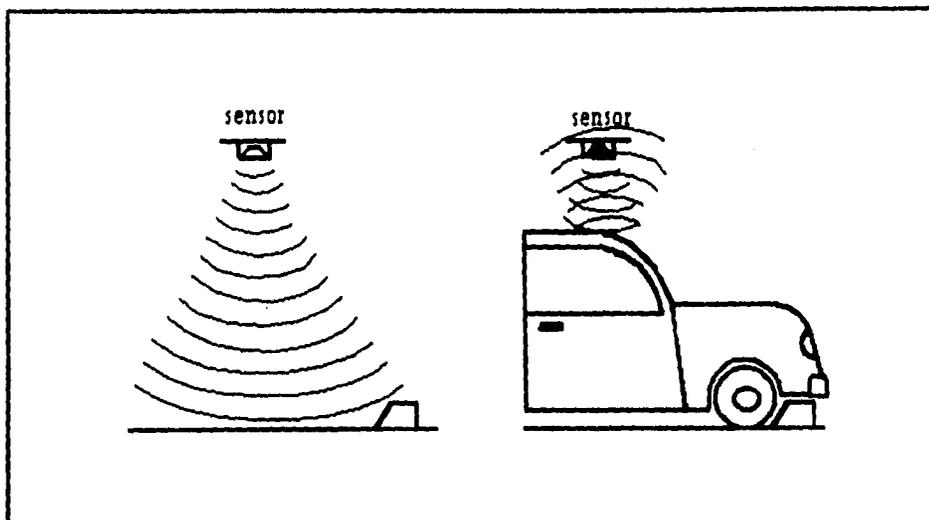


Figura 2.3.6. Arreglo de sensores ultrasónicos en el techo.

ARREGLOS CON GALGAS EXTENSOMETRICAS.

Una de las principales ventajas que presentan las galgas extensométricas es que, como elemento en sí, son de los más económicos, pero requieren siempre de algún elemento adicional para poder efectuar la medición, así como de un puente de Wheatstone, para ofrecer una señal de salida eléctrica adecuada.

Con las galgas se pueden proponer diversos arreglos para llevar a cabo la detección del vehículo. Todos requieren de un elemento adicional que registre una deformación a la cual va a ir adherida la galga para medir dicha deformación. La deformación de algún material sensor va a

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

ser provocada por el peso del vehículo o por la fuerza de desplazamiento que pueda imprimir sobre el elemento.

Una primera opción es considerando un par de bandas paralelas delgadas metálicas o de hule dispuestas sobre el piso transversalmente a la dirección del cajón, con pares de galgas insertadas dentro de ellas, las cuales al llegar un auto detecten una deformación por su paso sobre las bandas como lo ilustra la figura 2.3.7. Se consideran dos bandas para determinar si el vehículo entra o sale, es decir la secuencia de detección de las bandas indicara la dirección del coche. Este arreglo tiene la desventaja de no poder determinar la presencia de un auto en un momento requerido, solo puede realizar la detección al momento de ocurrir el evento, impidiendo realizar barridos de detección como se pretende.

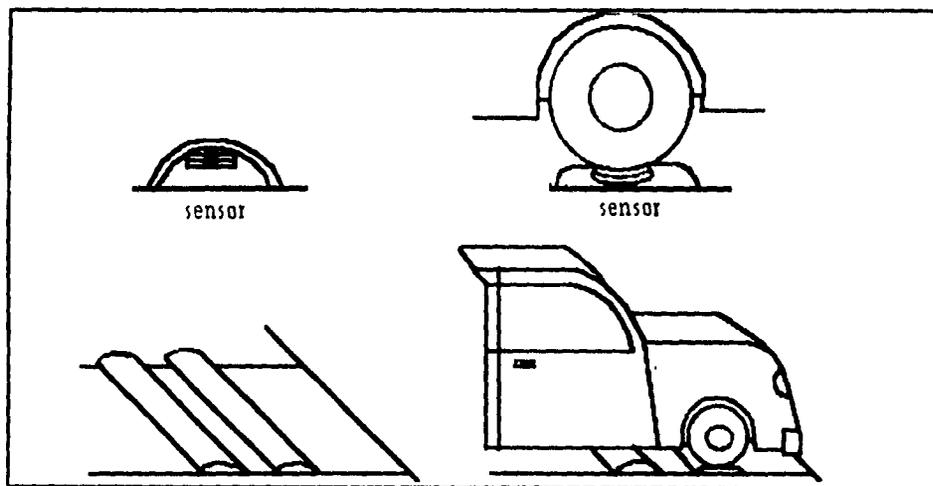


Figura 2.3.7. Arreglo con galgas extensométricas en bandas paralelas .

Otro camino con empleo de galgas es utilizando una placa metálica o de hule fijada de un extremo al piso y del otro con una cierta separación, en el lugar del cajón. En la figura 2.3.8 se muestra el funcionamiento de este arreglo, en donde al extremo libre de la placa se le ensambla un elemento sensor con galgas extensométricas adheridas, a fin de detectar la deformación que va a sufrir al momento de un automóvil ocupar el cajón parándose encima de la placa detectora.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Una de las grandes ventajas que ofrecen la galgas extensométricas es que es muy difícil que se haga una detección sin la presencia de vehículo o algún objeto de un peso similar, y cuando estos están presentes la detección es segura.

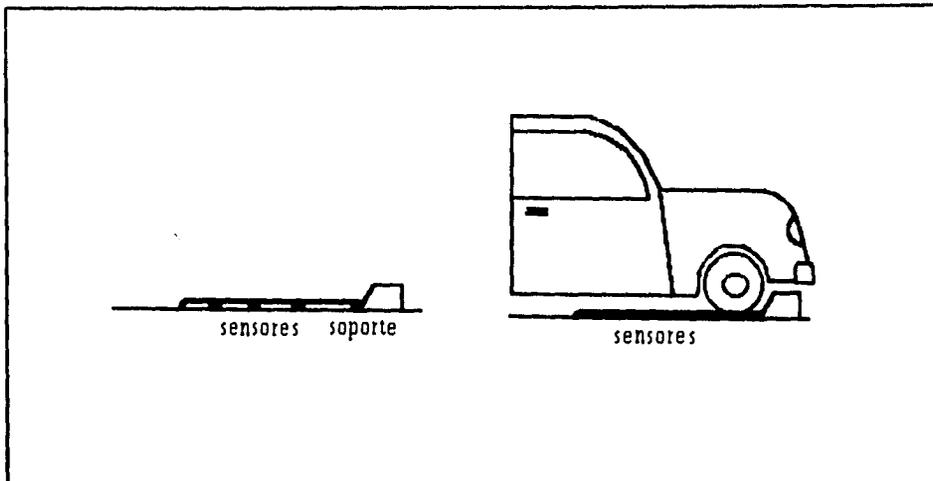


Figura 2.3.8. Arreglo con galga extensométrica en placa móvil.

ARREGLOS CON MANÓMETROS DE BOURDON Y CON ELEMENTOS DE DESPLAZAMIENTO.

El empleo de los manómetros de Bourdon para la solución del problema es otro camino que se puede presentar. Al igual que las galgas, estos transductores requieren de elementos adicionales para poder efectuar una detección. Dichos elementos pueden constar de tubos metálicos o de hule sellados por un extremo y por el otro conectados a la entrada del tubo de Bourdon, con algún líquido dentro del tubo a fin de que al posarse sobre el un coche el fluido ejerza una presión sobre el tubo de Bourdon y este pueda realizar la detección. El problema aquí también es que la detección no es permanente, solamente usando un elemento similar a la placa empleada en el caso de las galgas, pero que en este caso se genere una presión de algún fluido en vez de una deformación, se puede lograr la detección permanente. A diferencia de las galgas,

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

los manómetros de Bourdon son mas voluminosos, son mas costosos, requieren de un mayor mantenimiento y su tiempo de vida es menor.

Los elementos de detección de desplazamiento también parecen ser una solución, estos transductores también requieren de elementos adicionales para llevar a cabo la detección. A diferencia de los dos anteriores, las adaptaciones implicarían el tener que hacer agujeros en el piso, ya que este sería el lugar mas apropiado para su ubicación. Este tipo de transductores por lo general detectan pequeñas cantidades de desplazamiento por lo cual se tendría que contar con un mecanismo muy complejo y costoso que ayudara a realizar la detección.

2.3.2 SELECCIÓN DE LOS TRANSDUCTORES.

Dentro de la elaboración de proyectos de electrónica, y de otras áreas, se procuran seguir ciertos lineamientos para la selección de los elementos que se vayan a utilizar en dicho proyecto. En el caso de los sistemas electrónicos que llevan inherentemente el empleo de elementos de medición de un conjunto de variables físicas, químicas o biológicas, según el objetivo del proyecto, ha de hacerse una meditación mas cuidadosa en la selección de los dispositivos que llevaran a cabo las mediciones.

La selección de un transductor en particular se basa principalmente en los requerimientos de las necesidades de medición a realizarse. Estos requerimientos son en algunas ocasiones establecidos por una persona responsable de la selección, sin embargo, se da mas frecuentemente que estos sean fijados por alguna otra, regularmente un ingeniero de proyecto o un ingeniero consiente del funcionamiento del subsistema en el cual se implica la medición. Además, existen otras consideraciones en la selección de los transductores: puede existir una política de proyecto para emplear solamente partes (incluyendo los transductores o partes eléctricas dentro de un transductor) que se encuentran dentro de una "lista aprobada" o que hallan pasado previamente un examen de calificación de aplicaciones específicas; o que el departamento de compras tenga una lista de proveedores aceptados con anterioridad, basada en

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

experiencias anteriores; u otras, ligadas más a un punto de vista administrativo que a uno técnico, este último debería ser el más importante.

Un aspecto que no se menciona anteriormente y que es parte fundamental en la selección de los dispositivos de medición de fuerzas es el del sobre-rango. Este aspecto es muy importante ya que es aquí donde se debe de considerar cual es el límite máximo de carga que puede soportar el transductores. En el caso de los diferentes tipos de transductores tratados, tenemos que las galgas extensométricas, los manómetros de Bourdon y los de desplazamiento tienen un límite de fuerza a soportar, si este es rebasado, el transductor puede sufrir daños irreparables. En cambio para el caso de los ópticos, ultrasónicos y electromagnéticos, no se tiene peligro alguno de sobrecarga, presentando una ventaja sobre los primeros.

Es conveniente hacer una división de los transductores que se han considerado hasta ahora a fin de agruparlos por las similitudes que presentan en la realización de las mediciones. Así se pueden tener dos grupos de transductores: Los que requieren de un contacto directo con el elemento sensor, por lo cual pueden registrar peso, fuerza o presión, y que serían las galgas extensométricas, los manómetros de Bourdon y los de desplazamiento; Y aquellos que no necesitan de tener contacto alguno con el objeto a detectar, contemplando por consiguiente a los ópticos, ultrasónicos y electromagnéticos. Con el objeto de considerar más de una posible opción de solución final para el problema, se elegirá una opción de cada una de las divisiones anteriores.

TRANSDUCTORES DE CONTACTO.

De estos tipos de transductores, revisados anteriormente, el que se puede considerar el óptimo vendría siendo el de las galgas extensométricas. Uno de los factores que marcan esta diferencia es el de el costo, dado a que la galga es uno de los transductores mas baratos, no así los manómetros o los dispositivos de desplazamiento. Otra ventaja de las galgas sobre los demás es el mantenimiento casi nulo que requieren, además de que tiene un tiempo de vida mucho mayor.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Por último, la cantidad o complejidad de los elementos adicionales para efectuar la detección en los arreglos de las galgas es menor a los presentados por los otros.

De los arreglos de galgas propuestos, el de la placa detectora sería mucho más conveniente que aquel de las bandas transversales, por su capacidad de detección constante y no por evento como el otro caso.

TRANSDUCTORES DE NO CONTACTO.

El primero de estos arreglos que se podría descartar sin mucha preocupación sería el de los transductores ultrasónicos y por varios aspectos como: el daño o molestia que le pueden causar a la fauna urbana, el alto costo de el equipo y la posibilidad de requerir adaptaciones adicionales para su instalación en el lugar de la medición.

Para el caso de los ópticos solamente un arreglo de ellos sería susceptible de ser considerado y que sería el arreglo vertical del modo difuso. Los otros arreglos presentan problemas de incompatibilidad con la intemperie y también en el lugar en la cual se podrían colocar, que como se menciono, ocasionaría molestias a los usuarios del estacionamiento.

Por último se tiene a los electromagnéticos, que sus únicos inconvenientes serían el ser mas costosos que el óptico y presentar un poco de mayor dificultad en su instalación, de realizarse en estacionamientos de lote, que la presentada por el óptico, ya que este ultimo tiene un peso y tamaño muy pequeño brindando mayores facilidades. Y de realizarse la instalación en el piso las adaptaciones y modificaciones serían aún mayores.

De las consideraciones anteriores se pueden determinar dos posibles vías de solución para la satisfacción del objetivo del subsistema de detección: una de sensores de contacto, que serían las galgas extensométricas, y otra de sensores del tipo de no contacto, que pueden ser los detectores ópticos.

Para el presente trabajo se han seleccionado los sensores de detección del tipo óptico, básicamente el sensor fotoeléctrico del tipo difuso, con una disposición por encima del vehículo, que de acuerdo a los puntos anteriores es la mejor ubicación en este tipo de detectores para cubrir las necesidades que se requieren en la satisfacción del objetivo central. El tipo de señal óptica a emplearse en el detector será del tipo infrarrojo, ya que, como se indica en el subcapítulo de transductores ópticos, este tipo de señal evita interferencias de la luz visible y otras fuentes de ruido que pudieran afectar el sentido del vehículo.

Cabe señalar que la detección con galgas extensométricas se ha mencionado como la otra posibilidad para la satisfacción del objetivo central, sin embargo solamente se trabajara con el sistema de detección óptico para fines de ilustración y por la facilidad de adquisición que presentan los componentes necesarios para la elaboración del circuito de detección.

2.4.- CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC.

2.4.1 PUERTOS SERIALES

Una de las formas de comunicación en ambos sentidos que proporcionan las computadoras personales (PC'S) es a través del puerto asincrono, puerto serie, o puerto "comm". Debido a que éste puerto opera bajo el estándar RS-232C de EIA (Electronics Industry Association), es clasificado como un puerto RS-232.

Sin importar cual sea el nombre, los puertos seriales de equipos PC'S son similares, al menos funcionalmente, estos puertos convierten los ocho o mas bits en una cadena de pulsos, la transferencia de información en series largas de bits, a ésta forma de intercambio de datos se le llama transferencia serial.

La transferencia de información en forma serial se puede efectuar básicamente por dos métodos, los cuales son :

- Transmisión síncrona
- Transmisión asíncrona

En la comunicación síncrona, los sistemas transmisor y receptor son sincronizados por medio de cierto tipo de señales, de tal forma que la conexión lógica entre sistemas sea al mismo tiempo.

La otra alternativa es marcar en el tren de datos para indicar el inicio y termino del bloque de datos. El sistema receptor puede detectar el comienzo de la información del bloque de datos, además de que este método le permita evitar confusiones en la sincronización. Estos sistemas han sido llamados asíncronos y son la base de operación en los puertos seriales de las computadoras personales.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

En la mayoría de los sistemas asíncronos, los datos son divididos en pequeños bloques de bits, a cada uno de estos bloques se le llama "palabra" (*word* en inglés), y puede consistir de cinco a ocho bits. La longitud de palabra comúnmente utilizada es de siete y ocho bits, debido a que las palabras formadas se asemejan a la descripción de caracteres del código ASCII.

En la transmisión serial, los bits de una palabra son enviados de uno en uno a través del canal de comunicación. Por convención, primero se envía el bit menos significativo de la palabra, el resto de los bits son enviados uno tras otro en orden creciente de significancia.

Además de los bits de datos se tiene un pulso de doble longitud llamado bit de inicio (*start bit* en inglés), el cuál indica el inicio de la palabra de datos. También se tiene otro bit para indicar el fin de la palabra (*stop bit* en inglés). Entre el último bit de la palabra y el bit de fin se tiene un bit más llamado bit de paridad (*parity bit*), éste bit se utiliza para checar la integridad de los datos. De esta forma, los bits de datos, los bits de stop, el bit de fin y el bit de paridad forman un frame de datos.

En la comunicación serial, se pueden utilizar cinco tipos de bits de paridad, dos de los cuales ofrecen detección de error. La detección del error se efectúa contando el número de bits en la palabra de datos para determinar si el resultado es par o non. En la paridad non, el bit de paridad es inicializado cuando el número de bits en la palabra es non. La paridad par enciende el bit de paridad cuando en la palabra el número de bits es par.

En la paridad por marca (*mark parity*), el bit de paridad siempre esta encendido. En la paridad espacio (*space parity*) siempre deja apagado el bit de paridad. Por último, No paridad, en este caso no se incluye bit de paridad en el frame.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Las señales seriales también se describen por la velocidad nominal a la cual son transmitidos los trenes de bits. La forma estándar de medición es la cantidad de bits que son enviados en una unidad de segundo ó bits por segundo *bps*. La velocidad mínima más común es de 300 bps, sin embargo, existen también submúltiplos de esta velocidad que son : 50, 100 y 150 bps. Por el contrario, las velocidades de transmisión mayores a 300 se tienen 600, 1200, 2400, 4800, 9600 hasta 19200 bps.

2.4.2 UARTS

Es un circuito integrado especial que transforma dentro de una computadora las señales paralelas en un tren de pulsos seriales. Este circuito es llamado *Universal Asynchronous Receiver/transmitter ó UART*, este chip acepta ocho líneas de datos de entrada y proporciona una salida serial, además de que puede trabajar en ambos sentidos, por lo que puede convertir señales seriales en un tipo de señales en paralelo que pueda reconocer la PC.

2.4.3 TIPOS DE TRANSMISIÓN

Los diferentes tipos de transmisión utilizados comúnmente para comunicar dos puntos, operan bajo los siguientes esquemas :

- a) **Transmisión Simplex.** La comunicación se efectúa solamente en un sentido, del transmisor al receptor.

- b) **Transmisión half-duplex.** Es la comunicación electrónica en dos sentidos, la cual se efectúa en un solo sentido a la vez. Por ejemplo, la comunicación entre la gente es usualmente half-duplex, uno escucha mientras el otro habla.

- e) **Transmisión full dúplex.** Este tipo de comunicación también se efectúa en ambos sentidos, aunque la principal diferencia con el anterior es que aquí se lleva a cabo en ambos sentidos al mismo tiempo.

2.4.4 CONECTORES E INTERFASES

Diferentes asociaciones, organismos y fabricantes están tratando continuamente de definir una serie de especificaciones, de tal manera, que estando normalizadas las diferentes interfases y protocolos, sean compatibles unos equipos con otros. Entre éstos, destacan el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telecomunicaciones y Telefonía), el ANSI (Instituto Nacional Americano de Normalización), el ISO (Organización Internacional de Estándares) y el EIA (Asociación de Industrias Electrónicas).

La asociación EIA enfoca su actividad principalmente en el campo de la normalización eléctrica, y entre sus logros más destacados cabe mencionar las interfases RS-232C y RS-449, convertidos en estándares y usados por la mayoría de fabricantes de equipos de computo, teniendo de este modo abierta la puerta de acceso a entornos diferentes a los propios, facilitando así al usuario la elección de los sistemas más adecuados a sus necesidades y ampliando la gama de equipos periféricos que éste pueda elegir, sin problema alguno de compatibilidad.

Cabe definir el interfase como una frontera compartida, que está determinada mediante una serie de características eléctricas y funcionales perfectamente especificadas, dicho de otra manera, por unas características físicas de interconexión comunes (ver figura 2.4.1), características de la señal y significado de las mismas, regulando al mismo tiempo el intercambio de ellas, de tal forma que podamos establecer y mantener una conexión entre dos terminales de datos.

2.4.5 INTERFASE RS-232C

En la actualidad, la gama de protocolos y estándares de comunicaciones existentes es muy amplia, aunque en la práctica se ha extendido el uso de dos bien conocidos : el interfase serie, que asociamos al **RS-232C** y el interfase paralelo.

Las interfases tipo serie, se caracterizan por el envío de la información bit a bit de una manera seriada o secuencial, en las interfases paralelo, la información se transmite en grupo, enviando una serie de bits simultáneamente.

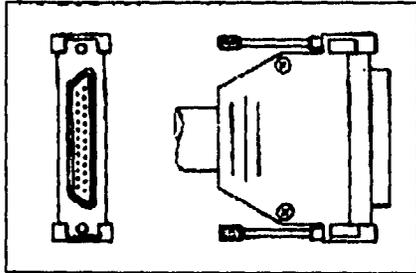
Cada uno de ellos presenta sus ventajas e inconvenientes, estando condicionado el uso de uno y otro por el tipo de equipo o por el costo de los mismos. Mientras que en una interfase tipo serie el costo del mismo es muy pequeño, por emplear pocos circuitos, en uno de tipo paralelo se necesita un circuito por cada bit del carácter, necesitándose de esta manera más lógica; por el contrario su rapidez y fiabilidad es mayor, siendo ideal para la interconexión en distancias cortas.

El interfase RS-232C, se encuentra entre el equipo terminal (DTE) y el equipo de comunicación (DCE), utilizando intercambio de datos binarios en serie. El CCITT dispone de una normalización equivalente, denominada V24/V28, esta interfase cubre tres áreas :

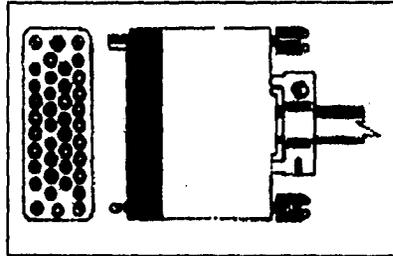
- a) Características mecánicas
- b) Características eléctricas
- c) Características funcionales

Características mecánicas (ISO - 2110)

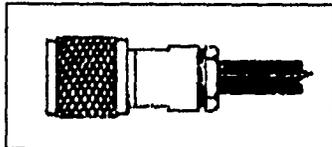
Al tratar de establecer la conexión de un equipo con otro, lo primero que se plantea es la compatibilidad física de los conectores que se utilizan. La interfase RS-232C define un conector de 25 patillas o pines, el conector macho esta asociado del lado del DTE y el conector hembra del lado del DCE. Típicamente se usa el tipo DB-25, aunque como éste no está definido en el estándar, otros fabricantes utilizan uno diferente.



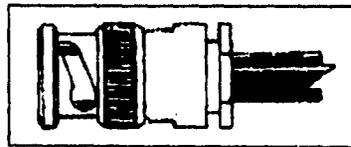
CONECTOR V.24



CONECTOR V.35



CONECTOR TWINAXIAL



CONECTOR COAXIAL

Figura 2.4-1. Diferentes tipos de conectores.

Lo que sí define perfectamente la norma es la asignación de señales a los contactos del conector (ver tabla 2.4-1), así como la longitud máxima recomendada, determinada por la capacidad del mismo.

Características eléctricas (V-28).

Parte fundamental, dentro de la recomendación RS-232C, es la definición de las características de las señales que por él transitan; el nivel eléctrico cubre el margen de tensiones y corrientes en cada patilla, estando limitado el voltaje entre ± 3 y ± 25 volts, y la intensidad a 3 miliamperes, de tal manera que aun en el caso de corto circuito entre patillas no se cause daño alguno a los diversos componentes (ver figuras 2.4-2 y 2.4-3).

Dentro de estas características eléctricas cabe destacar la impedancia de la interfase, con una resistencia de carga comprendida entre 3000 y 7000 ohms, y la capacidad del mismo, con un valor máximo de 2500 picofarads. Teniendo en cuenta que la capacidad por metro de los cables utilizados en comunicaciones es del orden de 160 picofarads/metro, tenemos que la distancia máxima de los cables utilizados debe ser de 15 metros, para poder garantizar la correcta transmisión de la señal digital sin distorsiones apreciables.

De igual forma, estas características, definidas en la recomendación V-28 del CCITT, se aplican a todos los circuitos binarios de enlace con velocidades inferiores a los 20000 bits/segundo, siendo los valores más comunes los de 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 y 19200 bits por segundo (bps).

Características funcionales.

Son éstas las más interesantes desde el punto de vista del usuario, pues son las que debe conocer para poder realizar así su correcta aplicación. Dentro de éstas destacan las siguientes :

- Transferencia de datos a través de la interfase.
- Control de las diversas señales en la interfase.
- Proporcionar las señales de sincronización que regulan la transferencia de bits.
- Referencia de la señal eléctrica

A continuación se define la descripción funcional de los circuitos de intercambio, teniendo en consideración que pueden existir diversas opciones. Asimismo y puesto que la recomendación RS-232C contempla dos canales independientes, principal y secundario, coexistiendo en la misma interfase, haremos mención a la señales de uno solo de ellos, siendo similares a las del otro.

Circuitos de intercambio de datos

- TD (Transmitted Data)
- RD (Received Data)

Estos son los más importantes, debido a que representan la información a transmitir. Todos los demás circuitos están destinados a garantizar esta correcta transmisión.

Circuitos de control de intercambio

- RTS (Request To Send)
- CTS (Clear To Send)
- DSR (Data Set Ready)
- DCD (Data Carrier Detect)
- DTR (Data Terminal Ready)
- RI (Ring Indicator)

Estos circuitos, entre otros más, permiten establecer y controlar el enlace y la transferencia de información entre un equipo terminal de datos (DTE) y un equipo de comunicaciones de datos (DCE), estableciendo la llamada y el control de la señal portadora en el medio de enlace.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Pin	NOMBRE	DTE	DCE	DESCRIPCIÓN	CCITT (EIA)
1	FG			TIERRA DE PROTECCIÓN (Frame Ground)	101 (AA)
2	TD		→	TRANSMISIÓN DE DATOS (Transmitted Data)	103 (BA)
3	RD		←	RECEPCIÓN DE DATOS (Received Data)	104 (BB)
4	RTS		→	PETICIÓN DE EMISIÓN (Request To Send)	105 (CA)
5	CTS		←	PREPARADO PARA TRANSMITIR (Clear To Send)	106 (CB)
6	DSR		←	MÓDEM PREPARADO (Data Set Ready)	107 (CC)
7	SG			TIERRA DE REFERENCIA (Signal Ground)	102 (AB)
8	DCD		←	DETECTOR DE PORTADORA (Data Carrier Detect)	109 (CF)
9			←	VOLTAJE POSITIVO DE TEST (Positive DC test voltage)	
10			←	VOLTAJE NEGATIVO DE TEST (Negative DC test voltage)	
11	QM		←	SELECTOR DEL CANAL DE TRANSMISIÓN (Equalizer Mode)	BELL 208A
12	SDCD		←	DETECTOR DE PORTADORA SECUNDARIO	122 (SCF)
13	SCTS		←	PREPARADO PARA TRANSMITIR SECUNDARIO	121 (SCB)
14	STD		→	TRANSMISIÓN DE DATOS SECUNDARIO	118 (SBA)
	NS		→	SINCRONISMO NUEVO (New Sync)	BELL 208A
15	TC		↑	RELOJ DE TRANSMISIÓN (Transmitter Clock)	114 (DB)
16	SRD		↑	RECEPCIÓN DE DATOS SECUNDARIO	119 (SBB)
	DCT		↑	RELOJ DE TRANSMISIÓN DIVIDIDO (Divided Clock Transmitter)	BELL 208A
17	RC		↑	RELOJ DE RECEPCIÓN (Received Clock)	115 (DD)
18	DCR		↑	RELOJ DE RECEPCIÓN DIVIDIDO (Divided Clock Receiver)	BELL 208A
19	SRTS		↓	PETICIÓN DE EMISIÓN SECUNDARIO	120 (SCA)
20	DTR		↓	TERMINAL DE DATOS PREPARADA (Data Terminal Ready)	108.2 (CD)
21	SQ		↑	DETECTOR DE CALIDAD DE SEÑAL (Signal Quality Detect)	110 (CG)
22	RI		↑	INDICADOR DE LLAMADA (Ring Indicator)	125 (CB)
23			↓	SELECTOR DE VELOCIDAD (Data rate selector)	111 (CH)
			↑	SELECTOR DE VELOCIDAD (Data rate selector)	112 (CI)
24	TC		↓	RELOJ DE TRANSMISIÓN EXTERNO (Ext. Transmitter Clock)	113 (DA)
25			↓	OCUPADO (Busy)	BELL 113B

Tabla 2.4-1. Interfase EIA - CCITT

Circuitos de sincronización

En una transmisión en modo síncrono, es necesario el uso de unas señales que regulen la cadencia de la información; éstas son las señales de reloj.

- TC (Transmitter Clock)
- RC (Receiver Clock)
- ETC (External Transmitter Clock)

Estas señales se encargan de mantener perfectamente sincronizados al transmisor y receptor, permitiendo el correcto muestreo de la señal y evitando errores, además de temporizar las señales de datos.

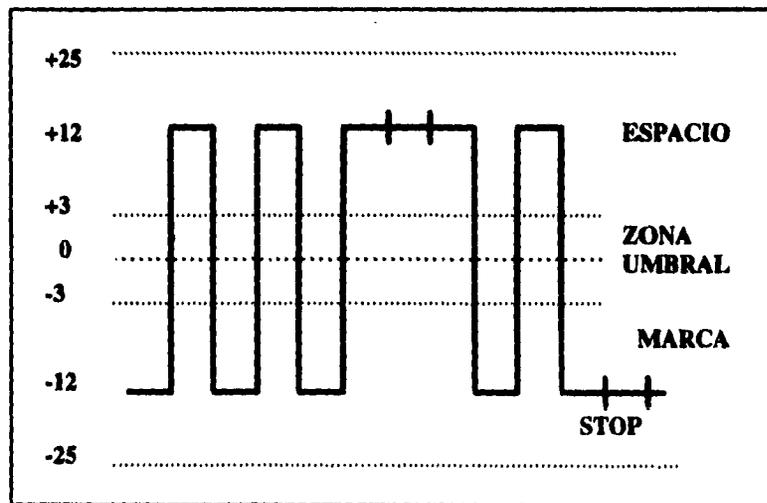


Figura 2.4-2. Representación de un carácter ASCII

		TENSIÓN (-) (-3 a -25)	TENSION (+) (+3 A +25)
CIRCUITOS DE DATOS	ESTADO BINARIO	1	0
	SITUACION DE LASEÑAL	MARCA	ESPACIO
CIRCUITOS DE CONTROL		(OFF) ABIERTO	(ON) CERRADO

Figura 2.4-3. Tensiones en la interfase y su función.

Circuitos de referencia

- GND (Protective Ground)
- SG (Signal Ground)

Todas las señales tienen como referencia la patilla 7 del conector, por lo tanto es fundamental, pues su ausencia impedirá el correcto funcionamiento de las demás, al alterar su significado.

La patilla 1, conectada al chasis del equipo, sirve de protección, tanto eléctrica como electromagnética, pues en caso de utilizar cables apantallados minimiza las interferencias producidas en el exterior, si está debidamente conectada a una buena toma a tierra. Usualmente se unen ambos circuitos, aunque es necesario tomar las debidas precauciones.

2.4.6 INTERFASE RS-449

La norma RS-232C es y ha sido la más utilizada por el conjunto de fabricantes de equipos de computo, pero presenta una serie de limitaciones que hoy en día han sido ampliamente superadas y recogidas en otras normativas, tal como es el caso del RS-449, que presenta un significativo avance frente a su antecesor.

Por ejemplo, la norma RS-232C está limitada a velocidades de 20000 bps para una separación máxima entre DTE y DCE de 15 metros, con una señal poco inmune a las interferencias exteriores y un número limitado de circuitos, a parte de que el conector utilizable no está mecánicamente definido, lo que puede presentar incompatibilidades entre equipos. La norma RS-449 trata de resolver estos inconvenientes, proporcionando 37 circuitos básicos, más otros 10 adicionales, permitiendo velocidades de hasta 2 Mbits/segundo y distancia de 600 metros; en caso de utilizar circuitos balanceados, una gran inmunidad frente al ruido. Además, es compatible con las recientes recomendaciones del CCITT.

Por tanto, esta nueva norma está destinada, a reemplazar a la anterior. Las características eléctricas de las mismas se especifican en las normas RS-422 (para circuitos equilibrados) y la RS-423 (para circuitos no equilibrados), compartiendo o no una tierra común. Ver figura 2.4-4. Otra característica adicional es la separación entre los canales principal o secundario o de retorno.

La norma RS-449 aporta, además de mayor velocidad y alcance, una serie de nuevas funciones, orientadas al servicio, previendo una mayor capacidad de pruebas y recuperación bajo el control del equipo terminal de datos (DTE).

Otra diferencia es que al estar el margen de tensiones situado entre ± 0.2 y ± 6 volts, la región umbral, en la que las señales permanecen indefinidas, se reduce de 6 volts, en la RS-232C a tan sólo 0.4 volts, siendo además las exigencias en la toma de tierra mucho menos críticas.

Recientemente, el CCITT ha establecido la recomendación X.21, que incluye un protocolo para enviar y recibir llamadas, así como los datos mediante transmisión síncrona dúplex, utilizando solamente seis señales y con una velocidad mínima de 64000 bps, con posibilidad de establecer una conexión directa a una red telefónica digital. Para utilizar esta

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

recomendación se requiere una mayor inteligencia, tanto por parte del TDE como el DCE, no siendo adecuada para utilización en líneas punto a analógicas, líneas conmutadas o líneas Semi-duplex, que hoy en día constituyen la mayoría de las existentes.

La mayor ventaja X.21 sobre RS-232C y RS-449 radica en el hecho de que las señales van codificadas en forma digital serie, lo que facilita el acceso a muchas de las ventajas que se dan al utilizar la técnica de conmutación de paquetes; siendo éste el nivel más bajo (físico) del protocolo X.25, definido como la interfase entre el DTE y el DCE para terminales que funcionan en modo paquete en redes públicas de datos. Precisamente, por el hecho de tener las señales codificadas es por lo que sólo una de las líneas de señal son capaces de desempeñar todas las funciones.

2.4.7 NORMAS EQUIVALENTES

Puesto que la EIA es un organismo estadounidense y el CCITT uno europeo, los fabricantes que desean estar en un mercado internacional deberán cumplir las recomendaciones de cada uno de ellos ; esto es más sencillo de lo que se piensa, pues cada norma de EIA suele tener un equivalente en el CCITT; así las recomendaciones equivalentes a las normas RS-449, RS-422 y RS-423 son las V-24, V-11 y V-10 respectivamente. En la tabla 2.4-2 se muestran las equivalencias de estas normas. Aunque los nombres dados a cada circuito pueden ser totalmente diferentes, esos son funcionalmente idénticos, lo que permite la interconexión de equipos independientemente del lugar de procedencia.

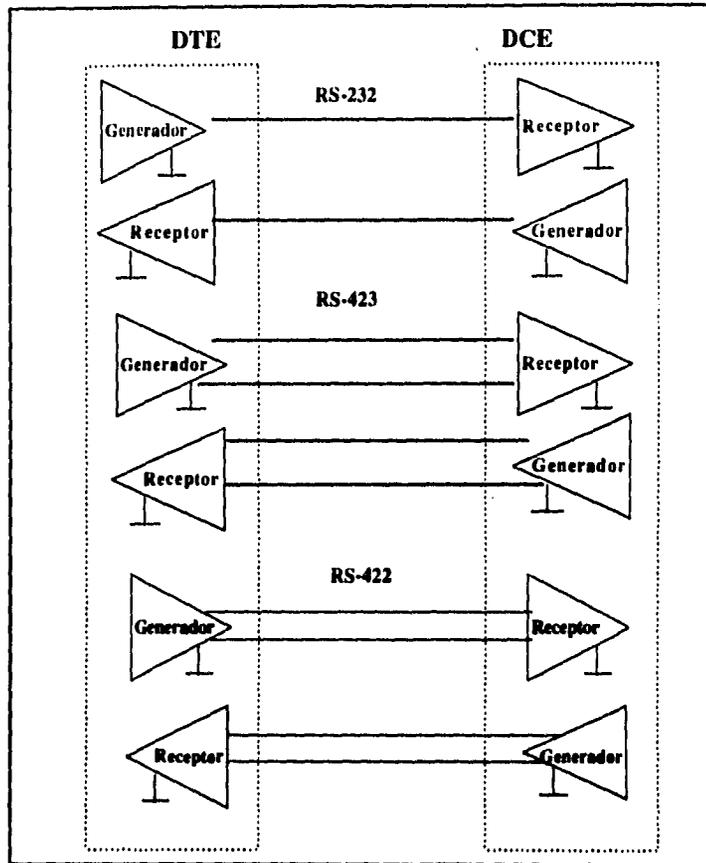


Figura 2.4-4. Circuitos de enlace equilibrados y no equilibrados

2.4.8 REPETIDORES PARA DISTANCIAS LARGAS

En algunos casos, las líneas de comunicación pueden ser muy largas de tal forma que el nivel de ruido permisible alcance su límite máximo o que la atenuación de la señal no permita obtener una buena recepción. En tal caso, es recomendable la utilización de un pequeño dispositivo que amplifique y restablezca la señal, de tal forma que el receptor detecte la señal con un buen nivel, a estos dispositivos se les conoce como *drivers*. En la figura 2.4-5a se muestra el esquema básico de un driver y receptor como repetidor.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Si se desea efectuar una transmisión de multi-canal, se recomienda utilizar repetidores tanto para la señal como para el reloj de sincronía o de pulsos utilizando cable de par trenzado, este esquema se muestra en la figura 2.4-5b.

2.4.9 DRIVERS Y RECEPTORES DE MODO VOLTAJE DIFERENCIAL

Los drivers de este tipo tienen ciertas características que los hacen muy útiles en las líneas de transmisión diferencial, dichas características son :

- Operan con fuentes de 5 volts.
- Tienen una gran capacidad de voltaje en modo común.
- Baja complejidad en la circuitería de tal forma que se tienen cuatro drivers o cuatro receptores en cada chip.

El nivel de voltaje diferencial en un receptor remoto depende del swing de voltaje del driver de salida ($V_{OD} = V_{OH} - V_{OL}$), la carga terminal y la atenuación en la línea. Asumiendo en el peor de los casos un voltaje de entrada (V_{ID}) de 500 mV en el receptor, teóricamente se puede obtener la máxima longitud de la línea a partir de lo siguiente : $V_{OD} = V_{OH} - V_{OL}$ en donde V_{OH} y V_{OL} están determinadas por la carga de dc. Una línea típica de 120Ω permite un voltaje $V_{OH} = 3.2$ V, y $V_{OL} = 0.17$ V, resultando $V_{OD} = 3.03$ V. La máxima atenuación permisible es de :

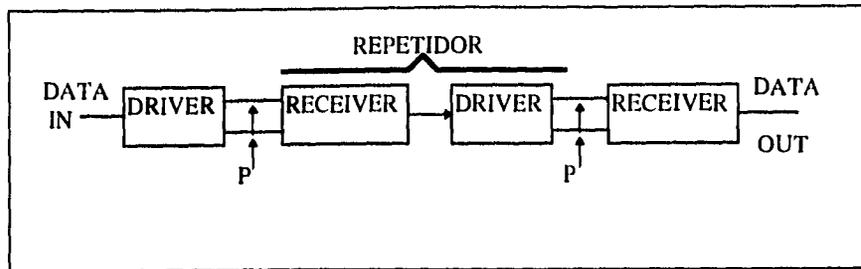
$$A_{MAX} = 20 \log_e (V_{OD} - V_{ID}) = 20 \log_e (3030 - 500) = 20 \log_e 2530 = 68 \text{ dB}$$

Considerando una pérdida de 6dB en las terminales de la línea, entonces la máxima pérdida permisible es de 62 dB. En base a la gráfica de la figura 2.4-6, y considerando un frecuencia de reloj de 1.8 Mhz, para una línea de transmisión típica utilizando cable de par trenzado (AWG 22 alambre sólido con una cubierta de plástico de 0.060 pulgadas, trenzado 4.5 veces por pie) la atenuación es de 1.25 dB por 100 pies de largo (32 metros aprox).

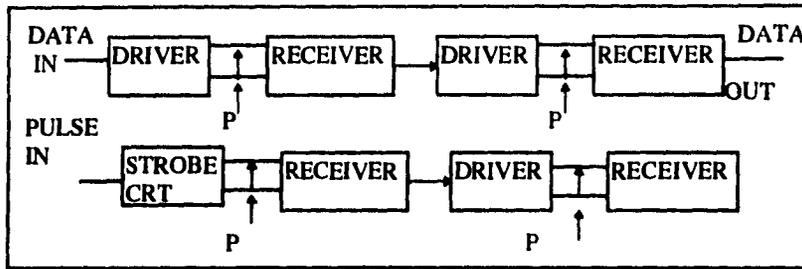
TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

	RS-449		RS-232C	RECOMENDACIÓN V.24 CCITT	
SG	Tierra de señalización	AB	Tierra de señales	102	Tierra de señales
SC	Emisión común			102 a	DTE común
RC	Recepción común			102 b	DCE común
IS	Terminal en servicio	CE	Indicador señal llamada	125	Indicador señal llamada
IC	Llamada entrante	DC	Terminal datos preparado	108 2	Terminal datos preparado
TR	Terminal preparada	CC	Conjunto datos preparado	107	Conjunto datos preparado
DM	Modo de datos				
SD	Emisión de datos	BA	Transmisión de datos	103	Transmisión de datos
RD	Recepción de datos	BB	Recepción de datos	104	Recepción de datos
TT	Sincronismo de terminal	DA	Sincronía en transmisión (con DTE como fuente)	113	Sincronía en transmisión (con DTE como fuente)
ST	Sincronización de emisión	DB	Sincronía en transmisión (con DCE como fuente)	114	Sincronía en transmisión (con DCE como fuente)
RT	Sincronización de recepción	DD	Sincronía de recepción	115	Sincronía de recepción (con DCE como fuente)
RS	Petición de emisión	CA	Petición de emisión	105	Petición de emisión
CS	Preparado para transmitir	CB	Preparado para transmitir	106	Preparado para transmitir
RR	Receptor preparado	CF	Detector de señal de línea recibida	109	Detector de señal de línea recibida
SO	Calidad de señal	CG	Detector de calidad de señal	110	Detector de calidad de señal
NS	Señal nueva				
SF	Frecuencia seleccionada			126	Frecuencia de transmisión seleccionada
SR	Selector de velocidad binaria	CH	Selector de velocidad binaria (DTE como fuente)	111	Selector de velocidad binaria (Con DTE como fuente)
SI	Indicador de velocidad binaria	CI	Selector de velocidad binaria (con DCE como fuente)	112	Selector de velocidad binaria (con DCE como fuente)
SSD	Emisión de datos secundario	SBA	Transmisión de datos secundario	118	Transmisión de datos por el canal de vuelta
SRD	Recepción de datos secundario	SBB	Recepción de datos secundario	119	Recepción de datos por el canal de vuelta
SRS	Petición de emisión secundario	SCA	Petición de emisión secundario	120	Transmisión de señal de línea por el canal
SCS	Preparado para transmitir secundario	SCB	Preparado para transmitir secundario	121	Canal de vuelta preparado
SRR	Receptor preparado secundario	SCF	Receptor preparado secundario	122	Detector de señal de línea recibida por el canal de vuelta
LL	Loopback local			141	Loopback local
RL	Loopback remoto			140	Loopback remoto
TM	Modo test			142	Indicador de test
SS	Espera selectiva			116	Espera selectiva
SB	Indicador de espera			117	Indicador de espera

Tabla 2.4-2. Tabla de equivalencias RS-449, RS-232C y V.24 CCITT.



(a). Línea de canal sencillo (Single channel line)



(b). Línea multi-canal con strobe

Figura 2.4-5. Repetidores Driver - Receiver

De esta forma, dividiendo la máxima pérdida permisible de 62 dB entre 1.25 dB por cada 100 pies de largo en la línea, da como resultado una distancia máxima de 4960 pies (1587 metros aprox.).

Actualmente existe un gran número de drivers y receptores para utilizarse con la interfase RS-232C. Los requerimientos básicos del RS-232C para driver y receptores, se muestran en las tablas 2.4-3 y 2.4-4.

2.4.10 DRIVERS PARA APLICACIONES TÍPICAS DE RS-232C

SN75150 Dual Data Line Driver

- Protección permanente contra corto circuito a cualquier voltaje entre -25 V y 25 V.
- Voltaje de alimentación ± 12 V
- Tiempo máximo de transición entre -3 V y 3 V con carga máxima de 2500 pF : 2 μ S
- Compatible con TTL
- Entrada de estrobo común.
- Slew rate controlable con un capacitor externo

SN75156/uA9636 Dual Line Driver

- Amplio rango del voltaje de alimentación : ± 7.5 V a ± 15 V
- Corriente de alimentación mínima requerida : 4.5 mA máxima por canal
- Compatible con TTL y CMOS

Este driver fue diseñado para operar bajo los requerimientos RS-232C y RS-423. Este dispositivo mantiene regulado los niveles de voltaje alto y mínimo a 5.5 V y -5.5 V respectivamente, independientemente del voltaje de alimentación. El tiempo de transición de ambos drivers puede ser ajustado con un capacitor externo en el intervalo de 1 μ S a 100 μ S.

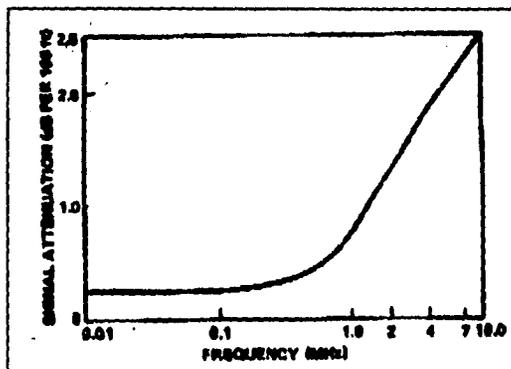


Figura 2.4-6. Atenuación de la señal contra frecuencia en alambre de transmisión de tipo par trenzado (AWG 22 alambre sólido con una cubierta de plástico de 0.060 pulgadas, trenzado 4.5 veces por pie).

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

SN75188/MC1488 Quad Line Driver

- Corriente de salida limitada : 10 mA (típicamente)
- Impedancia de salida (off) : 300 Ω min.
- Slew rate controlado con un capacitor de carga
- Voltaje de alimentación : ± 9 V a ± 12 V
- Compatible con TTL

Corto circuito de salida	Debe proveer tierra de protección Corriente de salida < 500 mA
Resistencia de salida (off)	> 300 Ω
Voltaje de salida en circuito abierto	0 a ± 25 V
Voltaje de salida del drive con carga de 3 k Ω a 5 k Ω	> 5 V y < 15 V
Tiempo de levantamiento y caída en los límites de transición de 3 V a -3 V	1 ms ó $\leq 4\%$ de duración nominal de la señal (la que sea menor)
Velocidad de transmisión máxima	20,000 bits por segundo

Tabla 2.4-3. Requerimientos para el driver con interfase a RS-232C

Resistencia de entrada	> 3 k Ω y < 7 k Ω
Carga capacitiva de entrada	< 2500 pF
Límites del voltaje de entrada	± 25 V
Voltaje de entrada a circuito abierto	< 2.0 V
Velocidad de transmisión máxima	20,000 bps

Tabla 2.4-4. Requerimientos para el receptor con interfase a RS-232C

2.4.11 RECEPTORES PARA APLICACIONES TÍPICAS DE RS-232C

SN75152 Dual Data Line Receiver

El SN75152 es un dispositivo que cumple con los requerimientos del RS-232C, sus principales características son :

- Estrobos independientes
- Rango del voltaje de entrada en modo común : ± 25 V
- Control de histeresis ajustable

SN75154 Quad Data Line Receiver

Este dispositivo es muy útil en frecuencias bajas, distancias cortas, aplicaciones punto a punto, sus principales características son :

- Resistencia de entrada 3 k Ω a 7 k Ω
- TTL compatible
- Rango de operación : 5 V a 12 V

2.4.12 ESTÁNDAR RS-423-A

Este estándar especifica las características de circuitos digitales para intercambio de señales binarias en serie con voltajes desbalanceados entre el DTE y DCE. Estos dispositivos son utilizados en comunicación de datos a baja velocidad o en funciones de control. El RS-423-A permite utilizar un driver y hasta 10 receptores en una sola línea de datos. Los requerimientos básicos para drivers y receptores de este estándar se muestran en las tablas 2.4-5 y 2.4-6.

RS-423-A Drivers

El SN75156 y el uA9636 son ejemplos claros de los drivers EIA RS-423-A, mencionados como drivers para el estándar RS-232C, estos drivers están diseñados para cumplir con ambos estándares.

RS-423-A Receptores

Los receptores diseñados para cumplir el estándar RS-423-A normalmente tienen entradas diferenciales. De esta forma, pueden ser compatibles con el estándar RS-422-A.

El SN75157 y el uA9637 son ejemplos de receptores que cumplen con ambos estándares.

2.4.13 ESTÁNDAR RS-422-A

Las transmisiones a gran velocidad entre una computadora y sus componentes periféricos a través de grandes distancias, bajo condiciones de niveles de ruido altos, puede efectuarse con un poco de dificultad con drivers y receptores de tipo singled-ended. Este estándar permite efectuar interfases a distancias largas con voltaje balanceado entre receptor y receptor.

Voltaje de salida del drive a circuito abierto en la salida (V_o)	$\pm 4 \text{ V}$ a $\pm 6 \text{ V}$
Voltaje de salida del drive con carga terminal de 450Ω (V_t)	$\geq 0.9 V_o$
Corriente de salida a corto circuito (I_s)	$< 150 \text{ mA}$
Corriente de escape a la salida (off) (I_x)	$< 100 \mu\text{S}$ con voltaje de salida de -6 V a 6 V
Slew rate de salida (SR)	No debe exceder $15 \text{ V}/\mu\text{S}$ en cualquier punto durante el periodo de transición
Voltaje de salida	entre 0.1 y $0.9 V_{ss}$
Tiempo de transición (t_r)	Para pulsos de 1 ms o mayores, el tiempo de transición medido entre 0.1 y $0.9 V_{ss}$ de estar entre $100 \mu\text{S}$ y $300 \mu\text{S}$

Tabla 2.4-5. Requerimientos para el driver con interfase a RS-423-A

Corriente de entrada con un voltaje de alimentación entre -10 V y 10 V (I_{IN})	La corriente de entrada debe caer dentro del área sombreada de la figura 2.4-7
Resistencia de entrada (R_{IN})	4 k Ω bajo condiciones de encendido o apagado
Sensibilidad de entrada con un voltaje de entrada de -7 V a 7 V (V_{TH})	La entrada diferencial requerida para asegurar la recepción de la señal es de 200 mV. El receptor debe mantener una operación correcta a voltajes de entrada diferencial desde 200 mV a 6 Volts.
Voltaje máximo de entrada diferencial (V_{ID})	El voltaje máximo de entrada sin dañar el receptor es de 12 V
Balance de entrada con cualquier voltaje de modo común desde -7 V a 7 V	Las características del voltaje de entrada balanceado debe ser tal que el receptor permanezca en su estado binario con un voltaje diferencial de 400 mV aplicando una resistencia de 500 Ω en cada entrada
Receptores múltiples y carga total	Pueden ser conectados hasta 10 receptores en cada línea. La carga total de los múltiples receptores y la circuitería de seguridad debe tener una resistencia mayor o igual a 400 Ω
Polarización a tierra	El cable de señal a tierra debe estar solo en el lado del driver al final de la línea

Tabla 2.4-6. Requerimientos para el receptor con interfase a RS-423-A

En la tabla 2.4-7 se muestra la comparación entre RS-232C, RS-423-A, RS-422-A.

El circuito digital de interfase con voltaje balanceado se utiliza normalmente para transmisión de datos, reloj o líneas de control en donde la velocidad de señalización va desde 100 kbps hasta 10 Mbps. Las especificaciones del estándar RS-422-A no tienen restricciones en

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Corriente de entrada con un voltaje de alimentación entre -10 V y 10 V (I_{IN})	La corriente de entrada debe caer dentro del área sombreada de la figura 2.4-7
Resistencia de entrada (R_{IN})	4 k Ω bajo condiciones de encendido o apagado
Sensibilidad de entrada con un voltaje de entrada de -7 V a 7 V (V_{TH})	La entrada diferencial requerida para asegurar la recepción de la señal es de 200 mV. El receptor debe mantener una operación correcta a voltajes de entrada diferencial desde 200 mV a 6 Volts.
Voltaje máximo de entrada diferencial (V_{ID})	El voltaje máximo de entrada sin dañar el receptor es de 12 V
Balance de entrada con cualquier voltaje de modo común desde -7 V a 7 V	Las características del voltaje de entrada balanceado debe ser tal que el receptor permanezca en su estado binario con un voltaje diferencial de 400 mV aplicando una resistencia de 500 Ω en cada entrada
Receptores múltiples y carga total	Pueden ser conectados hasta 10 receptores en cada línea. La carga total de los múltiples receptores y la circuitería de seguridad debe tener una resistencia mayor o igual a 400 Ω
Polarización a tierra	El cable de señal a tierra debe estar solo en el lado del driver al final de la línea

Tabla 2.4-6. Requerimientos para el receptor con interfase a RS-423-A

En la tabla 2.4-7 se muestra la comparación entre RS-232C, RS-423-A, RS-422-A.

El circuito digital de interfase con voltaje balanceado se utiliza normalmente para transmisión de datos, reloj o líneas de control en donde la velocidad de señalización va desde 100 kbps hasta 10 Mbps. Las especificaciones del estándar RS-422-A no tienen restricciones en

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

frecuencias de operación. La transmisión diferencial en líneas balanceadas son recomendables en las siguientes condiciones :

- Para interconectar líneas muy largas de operación desbalanceada
- Líneas de transmisión expuestas a altos niveles de ruido o niveles electromagnéticos.

El RS-422-A tiene un voltaje de salida (diferencial) con una impedancia de 100Ω ó menos. Su voltaje de salida diferencial esta en el rango de 2 V a 6 V máximo.

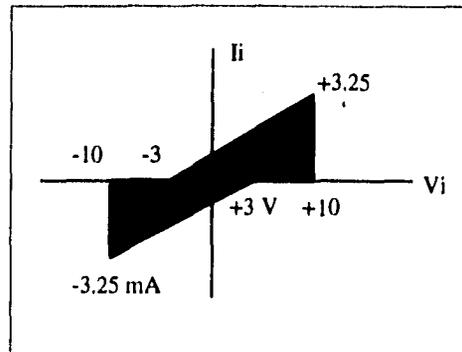


Figura 2.4-7. La corriente de entrada del receptor debe caer dentro del área sombreada

El voltaje de salida balanceado se define como sigue :

El voltaje de salida diferencial no debe ser menor a 2.0 V con dos resistencias de 50Ω ($\pm 1\%$) conectadas en serie entre las salidas. La diferencia entre los voltajes de salida deben ser menores a 0.4 V. El voltaje de offset (V_{os}) a la salida del driver debe ser medido desde la unión de las dos resistencias de 50Ω y la tierra del driver, no debe exceder 3.0 V y la corriente debe ser menor a 150 mA.

PARÁMETRO	RS-232C	RS-423-A	RS-422-A
Modo de operación	Single-ended	Single-ended	Diferencial
Número de drivers y receptores	1 driver 1 receptor	1 driver 10 receptores	1 driver 10 receptores
Longitud máxima del cable (ft)	50	4000	4000
Velocidad de transmisión (máx) en bits por segundo	20 K	100 k	10 M
Voltaje máximo en modo común	± 25 V	± 6 V	6 V - 0.25 V
Salida del driver	± 5 V min ± 15 V max	± 3.6 V min ± 6.0 V max	± 2 V min
Carga en el driver	3 kΩ a 7 kΩ	450 Ω min	100 Ω min
Slew rate del driver	30 V/μs max	Controlado externamente	NA
Corriente de corto circuito a la salida del drive	500 mA a V _c ó a tierra	150 mA a tierra	150 mA a tierra
Resistencia de salida en el drive (on) (Estado Z) (off)	NA 300 Ω	NA 60 KΩ	NA 60 KΩ
Resistencia de entrada al receptor	3 kΩ a 7 kΩ	4 kΩ	4 kΩ
Sensibilidad del receptor	± 3 V	± 200 mV	± 200 mV

Tabla 2.4-7. Tabla comparativa de los estándares RS-232C, RS-423-A, RS-422-A.

2.5 SELECCIÓN DEL CANAL DE COMUNICACIÓN ENTRE LA PC Y EL MCU.

INTRODUCCIÓN.

El proceso de unir un dispositivo de E/S con un microprocesador o microcontrolador, según el caso, se denomina interfase, e implica una fuerte interacción entre el diseño hardware y el diseño software.

El nombre «interfase» es un término general para especificar la frontera o punto de contacto entre dos partes de un sistema. En sistemas digitales usualmente con él se hace referencia al conjunto de puntos de conexión de señales que el sistema o cualquiera de sus componentes presenta al exterior. El verbo «interconectar» o la frase «realizar una interfase» significa enlazar dos o más componentes o sistemas a través de sus respectivos puntos de interfase, de tal forma que entre ellos pueda transferirse información. En un sistema con microprocesadores hay principalmente dos tipos de interfaces: la interfase microprocesador o microcomputadora, que, como se muestra en la fig. 2.5.1, corresponde al bus del sistema; y las interfaces presentadas por los dispositivos de E/S con que están asociadas, y varía grandemente en complejidad. Para conectar un dispositivo de E/S a un microprocesador, normalmente entre el dispositivo y el bus del sistema se incluye un circuito de interfase de E/S. Este circuito sirve para acoplar los formatos de las señales y las características de temporización de la interfase del microprocesador con los de interfase del dispositivo de E/S. La tarea global de enlazar un microprocesador y dispositivos de E/S en la forma que se ilustra en la fig. 2.5.1 se denomina interconexión o realización de una interfase.

El problema de interconexión de un microprocesador tiene dos aspectos principales - hardware y software-. Los problemas relacionados con la interfase hardware consisten en relacionar los circuitos de interfase más adecuados, interconectar los hilos adecuados y asegurar que todas las señales de interfase tengan las características eléctricas pertinentes (niveles, etc.). El aspecto software de la interfase implica la redacción de programas, denominados programas de E/S, que controlan la transferencia de información hacia y procedente de los dispositivos de E/S.

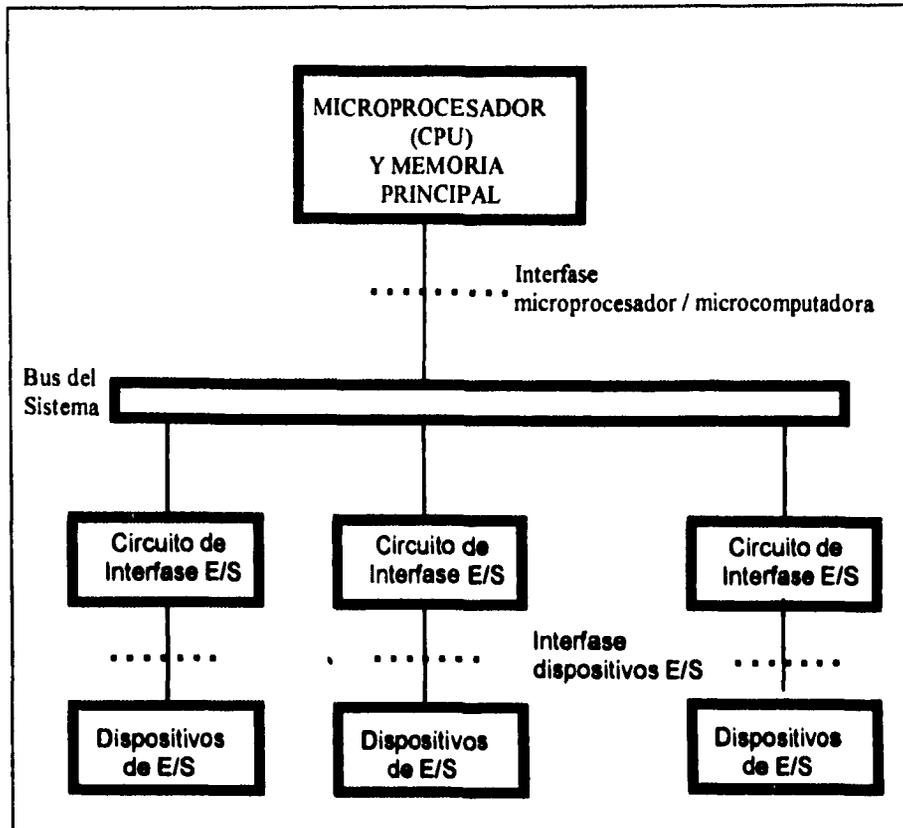


Fig. 2.5.1 Interfaces principales en una microcomputadora.

Las características de interfase de un dispositivo de E/S, tal como la longitud de palabra usada para transferencia de datos al exterior y la máxima velocidad de transferencia de datos, con frecuencias que son significativamente diferentes de las del MCU al que es conectado; muchas de las variables físicas con las que un MCU debe interactuar no son de naturaleza eléctrica, y pueden tomar valores analógicos (continuos) en vez de valores digitales (discretos). La velocidad máxima a la que pueden producirse nuevos datos o ser aceptados por el dispositivo de E/S a menudo difieren extraordinariamente de la del MCU. En particular, los dispositivos de E/S en los que estén implicados movimientos mecánicos operan a unas velocidades mucho menores. Si

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

se conectan a un mismo procesador varios dispositivos de E/S, deben preverse medios para seleccionar sólo un dispositivo en el momento de efectuarse la operación de E/S, así se previenen conflictos en el uso del bus del sistema.

Las consideraciones precedentes implican que los circuitos de interfase de E/S deben realizar las siguientes funciones:

1. Conversión de datos.
2. Sincronización.
3. Selección del dispositivo.

La conversión de datos se refiere al acoplo de las características físicas y lógicas de las señales de datos empleadas por el dispositivo de E/S a las empleadas por el bus del sistema. Esto incluye una conversión de señales entre las formas analógica y digital y la conversión entre el formato de transmisión de datos serie (bit a bit) utilizado por algunos de los dispositivos de E/S y los formatos en paralelo (palabra a palabra) usados por la mayoría de los microprocesadores. La sincronización se necesita para acomodar las diferentes velocidades operativas de la CPU, memoria principal y los dispositivos de E/S. Los dispositivos de E/S y la CPU funcionan independientemente en el sentido de que sus relojes internos no están sincronizados uno con otro. Por ello deben intercambiarse señales de control de conformidad (listo, petición, de reconocimiento, etc.) a través de los circuitos de interfase para iniciar o terminar las operaciones de E/S. La selección del dispositivo también implica el intercambio de señales de control.

2.5.1 SELECCIÓN DEL CANAL DE COMUNICACIÓN.

El objetivo de este inciso es el de seleccionar una interfase que se ajuste a las necesidades de comunicación entre el MCU y la PC.

En el capítulo anterior fueron vistas algunas interfaces que podrían ser opciones de solución para el sistema.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Para la selección de la interfase a ser empleada en este sistema , es necesario considerar las características físicas, eléctricas, ambientales, que el sistema observará, tales como:

- Localización de la interfase; esto es, el lugar físico en donde se ubicará el MCU y la PC.
- Distancia entre el MCU y la PC.
- Tipo de cableado a utilizar.
- Características eléctricas del MCU y la interfase a utilizar.

Para nuestro caso, la localización de la PC y el MCU pueden tener dos casos. Que se encuentren ubicados uno junto al otro o pueden estar localizados a una distancia considerable uno del otro.

Para el caso en que el MCU se localice junto a la PC, esto no implicaría mayores dificultades en cuanto a la comunicación y conexión entre ambos dispositivos, respecto a la selección de la interfase, el problema de la distancia no se presenta para este caso, ya que la distancia sería mínima; aquí nuestra atención se enfoca a las condiciones ambientales a que estará expuesto el sistema, ya que esta ubicación podría ser a la entrada del estacionamiento y si esta se encuentra en el exterior del edificio, digamos para el caso de un estacionamiento de superficie; el ruido y las variaciones de temperatura serían muy frecuentes; así que el blindaje y los componentes del circuito para el MCU deberán considerar esta posibilidad.

En el caso de que el MCU se encuentre localizado a una distancia considerable de la PC; para la selección de la interfase tenemos que considerar la longitud total que los separa, ya que esto influye en el tipo de interfase a seleccionar dado que estas varían en cuanto al alcance para establecer la comunicación, esta característica se denomina máxima longitud de cable. Otro aspecto a considerar en este caso es el tipo de cableado a emplear y está muy ligado al tipo de interfase, ya que, si se elige una interfase que utilice varios hilos para su conexión, esto elevará los costos del diseño.

Así que, dadas las características que la interfase debe observar, tales como: máxima longitud de cable, compatibilidad con el MCU, costos, etc.; se decidió por seleccionar la interfaz RS-232C, ya que esta tiene un uso muy difundido para este tipo de aplicaciones actualmente.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Esta interfase tiene la ventaja de que se acopla perfectamente al MCU y en cuanto al cableado, este es de bajo costo pues se puede emplear el par trenzado, cuyas características se mencionarán más adelante, y es muy accesible en cuanto a costos. Para la selección tomada, la distancia de cable máxima que soporta la interfase podría ser un inconveniente ya que la interfase RS-232C, sólo admite una separación de aproximadamente 15 metros; así que, si la separación entre los dispositivos es mayor, se tendrían problemas en la comunicación. Esto se consideró y se optó por adaptar al sistema un driver, para dar ganancia al canal de comunicación y así evitar que la selección de la interfaz se vea afectada por esa situación. Además, el costo de este dispositivo es bajo y no afecta demasiado en los costos totales del proyecto. El driver seleccionado para ser adaptado al sistema es el MAX-232. La fig. 2.5.2 muestra el esquema de este driver y la en fig. 2.5.3 se muestran las características de la familia de estos dispositivos.

El MAX-232 tiene la capacidad de generar dos fuentes de voltajes una positiva y otra negativa. La fuente positiva se genera de la fuente de alimentación de +5V la cual, mediante la conexión de un capacitor externo en las patas 1 y 3 del CI produce una salida de +10V en la pata 2 del mismo CI. La fuente negativa se obtiene a partir de la fuente de 10V positiva, mediante la conexión de otro capacitor externo entre las patas 4 y 5 del CI, con esto se obtiene una fuente negativa de -10V. Estas fuentes son entonces las que entregan la ganancia para las transmisiones del RS-232.

Con dos manejadores y dos receptores; el MAX-232 es propio para la interfase RS-232, en donde las conexiones DTE (Data Terminal Equipment) y la DCE (Data Communications Equipment) usan una línea de datos y una línea de control.

Algunas de las posibilidades de cableado en una línea de transmisión son las siguientes: cable coaxial, par trenzado, (twisted pairs), par trenzado con blindaje (shielded twisted pairs), cable plano y alambres individuales para pequeñas aplicaciones.

El par trenzado. Cuando dos alambres son uniformemente trenzados, el resultado final es una impedancia determinada que es uniforme a lo largo de la línea. Ver fig. 2.5.4.

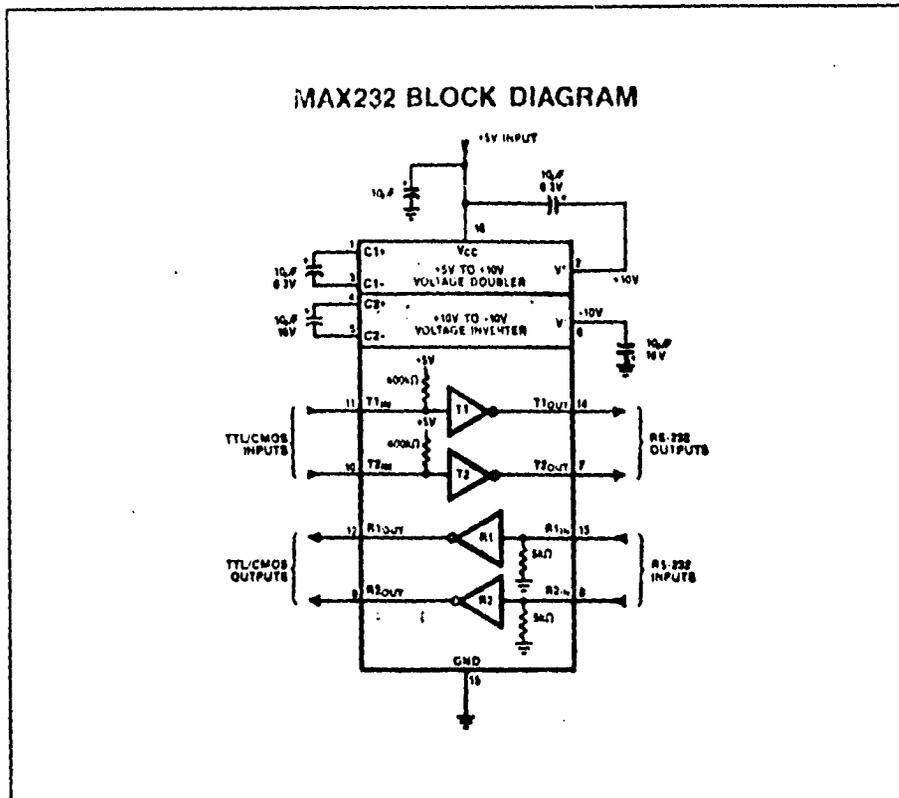


Fig. 2.5.2 Diagrama del Driver a emplear.

El ruido del sistema es reducido por el acoplamiento mutuo de los alambres trenzados. Es notorio que al aterrizar ambos extremos de la línea de tierra podría resultar un campo magnético pequeño de protección que aterrizará las corrientes de ruido. Al aterrizar solamente el extremo de alta impedancia (extremo receptor), como se muestra en la fig. 2.5.3, se reduce aun más el ruido. Las líneas de par trenzado, son también usadas en aplicaciones de transmisión balanceada, en donde por ambos alambres se transmite información.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

Part Number	Power Supply	No of RS-232 Drivers	No of RS-232 Receivers	Ext Caps	Shut-Down	RS-232 Driver 3-State	Receivers output 3-State	Pins	Features
MAX230	-5V	5	0	4	Y	--	--	20	
MAX231	-5V AND +7.5V TO 13.2V	2	2	2	--	--	--	14	
MAX232	+5V	2	2	4	--	--	--	16	
MAX232A	+5V	2	2	4	--	--	--	16	12V U.S Slew Rate
MAX233	+5V	2	2	0	--	--	--	20	No Ext. Capacitors
MAX234	+5V	4	0	4	--	--	--	16	
MAX235	+5V	5	5	0	Y	Y	--	24	No Ext. Capacitors
MAX236	+5V	4	3	4	Y	Y	--	24	
MAX237	+5V	5	3	4	--	--	--	24	
MAX238	+5V	4	4	4	--	--	--	24	1488-1489 Repl
MAX239	+5V AND +7.5V TO 13.2V	3	5	2	--	Y	--	24	No Ext. Capacitors
MAX240	+5V	5	5	4	Y	Y	--	44	
MAX241	+5V	4	5	4	Y	Y	--	28	
MAX242	+5V	2	2	4	Y	Y	Y	18	
MAX243	+5V	2	2	4	--	--	--	16	1 Rcv Has Neg Threshold
MAX244	+5V	8	10	4	--	--	--	44	
MAX245	+5V	8	10	0	Y	Y	Y	40	1 Rcv Always Active
MAX246	+5V	8	10	0	Y	Y	Y	40	1 Rcv Always Active
MAX247	-5V	8	9	0	Y	Y	Y	40	1 Rcv Always Active
MAX248	-5V	8	8	4	--	Y	--	44	2 Rcv and Drvr Enable Inputs
MAX249	-5V	6	10	4	--	Y	--	44	2 Rcv and Drvr Enable Inputs
MAX250	-5V	2	2	--	Y	Y	Y	14	Isolated RS-232 Chip Set
MAX251	+5V	2	2	--	Y	Y	Y	14	Isolated RS-232 Chip Set
MAX252	-5V	2	2	0	Y	Y	Y	40	Complete Isolated Rs-232
MAX1080	-5V	2	2	4	Y	--	Y	18	L11080 Equivalent

Fig. 2.5.3 Características de la Familia de componentes MAX-23X y MAX-24X.

A continuación se mencionan algunas de las ventajas de las líneas de par trenzado:

1. Cancelación de ruido por el acoplamiento mutuo entre las líneas adyacentes en el par.
2. Ambos alambres en el par son afectados de la misma forma por el ruido electromagnético y electrostático, resultando un ruido neto de voltaje de modo común con respecto a tierra, que es fácilmente rechazado en las entradas del receptor balanceadas diferencialmente.

TRANSDUCTORES Y CANALES DE COMUNICACIÓN PARA PC

3. Las diferencias de voltaje localizadas entre el manejador y el receptor se presentan como señales de modo común que pueden ser rechazadas por el receptor.
4. La impedancia a lo largo de la línea es uniforme.
5. Las líneas con par trenzado son de bajo costo y mucha durabilidad y soportan condiciones rudas de trabajo.

En el apéndice F se muestran las características del cable par trenzado a utilizar.

CAPITULO III. EL MCU MC68HC11.

En la presente sección se dará una descripción breve de la arquitectura y operación del microcontrolador MC68HC11 de Motorola, el cual se destaca por ser un avanzado circuito de alta escala de integración (LSI), que combina en una misma pastilla un microprocesador, memorias, puertos, un convertidor analógico-digital (A/D) y otros circuitos electrónicos sofisticados. Su manejo de información es de 8 bits y puede alcanzar velocidades de hasta 2 MHz (con un cristal de 8 MHz). El microcontrolador (MCU) esta fabricado con tecnología HCMOS (de las siglas en ingles de Semiconductor de Oxido de Metal Complementario de alta densidad), lo que le permite brindar en un tamaño muy pequeño circuitos de alta velocidad, bajo consumo de potencia y alta inmunidad al ruido externo. Los dispositivos contenidos en un MCU permiten elaborar diseños de sistemas electrónicos específicos de manera mas rápida que tomando elementos por separado, ofreciendo además, beneficios en costo , tamaño, funcionalidad y facilidad de manejo. La información presentada en este capitulo fue obtenida directamente de los manuales del fabricante, por lo que si se desea información mas profunda, esta podrá ser consultada en las referencias bibliográficas del presente tomo.

En el chip se incluyen circuiterias de auto-monitoreo para protección contra errores del sistema los cuales son: Un sistema de vigilancia para la adecuada operación del computador (COP) trabaja para evitar las posibles fallas de software en que se incurra, un sistema de monitoreo de reloj genera un restablecimiento del sistema en caso de que la señal de reloj se pierda o esta sea muy lenta y un circuito de detección de códigos de operación ilegales el cual proporcionara una interrupción no mascarable si un código de operación ilegal es detectado.

Otra de la virtudes de este microcontrolador es que cuenta con dos controles por software, WAIT y STOP, para el ahorro de energía y los cuales están disponibles para un control adicional de la potencia. Estos tipos de operación hacen que la familia de

EL MCU MC68HC11

microcontroladores MC68HC11 sean especialmente atractivos para la industria automotriz y para aplicaciones de sistemas portátiles.

En la figura 3.1.1 se muestra el diagrama de bloques del microcontrolador MC68HC11, en el cual se presentan los subsistemas de mayor importancia. La mayor diferencia que se encuentra entre los distintos chips de esta familia de microcontroladores radica en sus memorias y el tamaño de estas. Mas adelante se presentaran estos distintos tipos.

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR MC68HC11

Las características que puede presentar el MCU pueden ser básicamente de dos tipos; del tipo de su composición electrónica (hardware) y de sus capacidades de instrucciones a ejecutar por programación (software). Las características correspondientes a la programación se describirán mas adelante en el subcapitulo referente a el conjunto de instrucciones.

Como se menciona al principio del capitulo, el MCU integra varios dispositivos electrónicos en una sola pastilla. En la figura 3.1.1 se muestra el diagrama de bloque de los elementos que componen a el MCU MC68HC11 y los cuales se explicaran en seguida, así como algunas otras características de gran importancia en el manejo de señales e información.

3.1.1 LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO (UCP) Y REGISTROS.

La unidad central de procesamiento es la responsable de ejecutar todas las instrucciones de su secuencia programada. El MC68HC11 puede ejecutar todas las instrucciones del MCU M6800 y M6801 (compatibilidad de código fuente) y mas de 90 nuevas instrucciones. Contiene más de 256 instrucciones, usa un mapa de código de operación en algunas de las nuevas instrucciones y, que están especificadas con un byte de selección de pagina antes del byte del código a ejecutar.

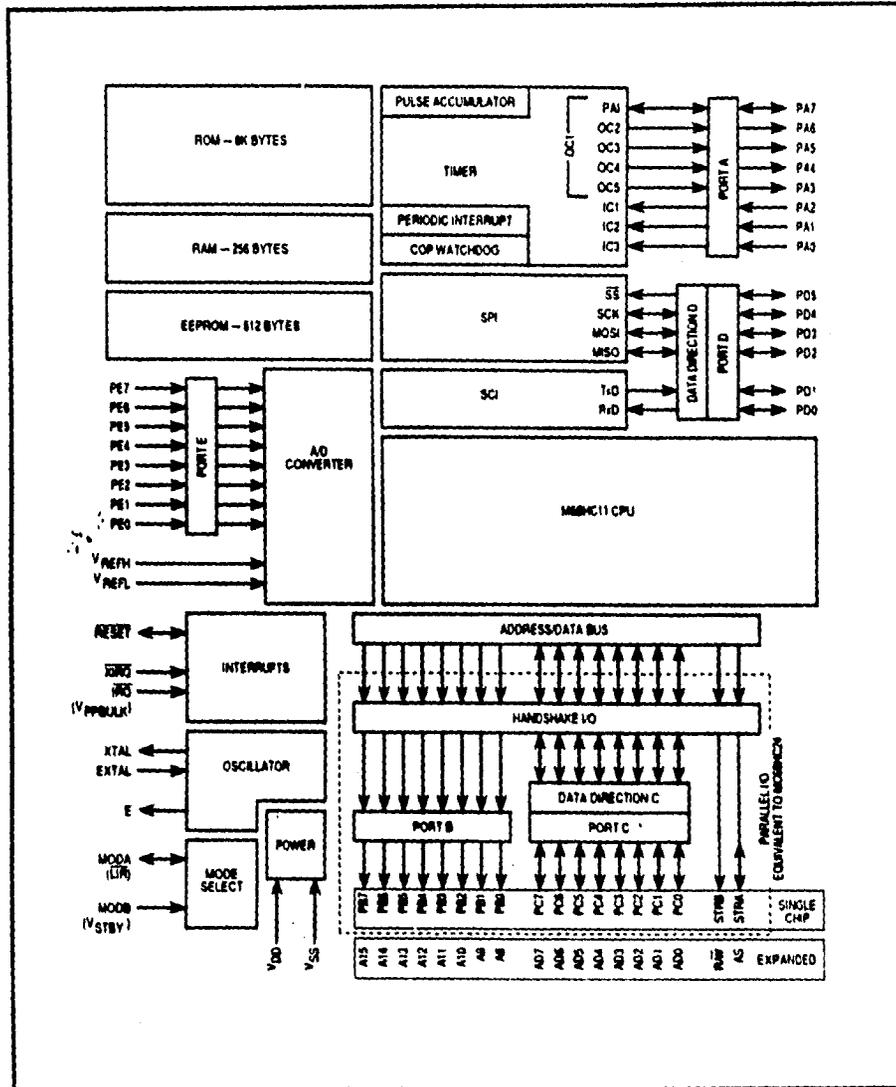


Figura 3.1.1 Diagrama de bloques del microcontrolador MC68HC11.

Su arquitectura permite especificar a todos los periféricos y dispositivo de entrada/salida como localidades de memoria en un mapa de memoria de 64 KBytes. Por lo tanto no hay

EL MCU MC68HC11

instrucciones especiales para diferenciar la entrada/salida para aquellas que son usadas para memoria. Esta arquitectura es llamada "mapa de memoria", lo cual no incrementa el tiempo de ejecución al acceder un operando desde una localidad de memoria externa.

La UCP ofrece nuevas capacidades comparándola con el primer M6800 y el M6801. El cambio mas grande es la adición de un segundo registro indexado de 16 bits (Y). Se incluyen nuevas instrucciones en la manipulación de bits, lo que permite que un bit o un conjunto de bits sea mas fácil de manipular en cualquier localidad del espacio de memoria. Además se incluyen dos nuevas instrucciones para dividir 16 bits entre 16 bits. Se permite también el cambio del contenido en cualquiera de los registros índice con el contenido del acumulador doble. Se han reasignado varias instrucciones para realizar una aritmética mas completa de 16 bits.

Acumuladores (A, B y D)

Los acumuladores A y B son acumuladores de propósito general de 8 bits que contienen operandos y resultados de cálculos aritméticos o manipulación de datos. Algunas instrucciones utilizan estos dos acumuladores de 8 bits como un acumulador doble de 16 bits (llamado acumulador D).

La mayoría de las operaciones utiliza al acumulador A o B de manera intercambiable, sin embargo hay notables excepciones. Las instrucciones ABX y ABY Adicionan el contenido de B a los registros X o Y, esto no es valido para A. Las instrucciones TAP y TPA transfieren datos entre A y CCR, sin embargo no hay una instrucción equivalente para B. El ajuste decimal después de haber realizado operaciones aritméticas es diferente entre A y B, mientras que las instrucciones de suma, resta y comparación involucran a ambos operandos (A y B) únicamente en una dirección.

Registros Índice (X y Y).

Los registros X y Y son registros de 16 bits usados para el modo de dirección indexada a los cuales es agregado un offset de 8 bits que se incluye en una parte de la instrucción. En otros casos, las instrucciones involucran el registro Y tomando un byte extra del código objeto y un ciclo extra de ejecución comparada a la instrucción usada en el registro X. Las instrucciones de intercambio XGDX y XGDY, ofrecen un camino simple para cargar un valor índice en un acumulador doble, esto permite una capacidad aritmética mas poderosa que la de los mismos registros índice. El direccionamiento requiere de menos bytes de código objeto que la correspondiente instrucción usando direccionamiento extendido. quizá un argumento mas importante para su uso es la disponibilidad de instrucciones de manipulación de bits.

Apuntador de Pila (Stack Pointer -SP-).

La UCP automáticamente soporta a la pila que puede ser localizada en cualquiera de los 64 KBytes del espacio de direcciones. Normalmente el Apuntador de Pila es inicializado por una de las primeras instrucciones en un programa de aplicación. Cada vez que un byte es colocado sobre la pila , el SP automáticamente se decrementa, y cada vez que un byte es extraído de la pila , el SP automáticamente se incrementa. El SP es usado para llamadas de subrutinas, interrupciones y para almacenamiento temporal de datos.

Cuando una subrutina es llamada y se realiza el salto, la dirección de la siguiente instrucción después del salto es automáticamente colocada en la pila . Cuando la subrutina es finalizada, el Apuntador de Pila proporciona la dirección donde continua la ejecución del programa.

Siempre que una interrupción ocurre, la instrucción termina y la dirección próxima es almacenada en la pila, todos los registros de la UCP son almacenados en la pila y la ejecución continua en la dirección especificada por el vector para la interrupción solicitada

y que posea la más alta prioridad. Después de completar una rutina de interrupción, una instrucción de retorno es ejecutada y los registros salvados son sacados en orden inverso para continuar.

Otro uso común de la pila es el almacenamiento temporal de datos. Un ejemplo podría ser que una subrutina utilizara el acumulador A. El usuario podría colocar el acumulador A sobre la pila cuando se ejecute la subrutina y sacarlo justamente antes de abandonar esta subrutina. Es un método simple para asegurar los registros que se utilizaran con el mismo valor al retornar de una subrutina. Lo más importante del apuntador de pila es que es completamente automático. Hay pocos usos menos comunes para el apuntador de pila.

Contador de Programa (Program Counter -PC-).

El PC es un registro de 16 bits que contiene la dirección de la siguiente instrucción a ser ejecutada.

Registro de Condición (CCR).

Este registro es de 8 bits que contiene cinco indicadores de estado, dos bits de interrupción mascarable y un bit de paro. Su nombre se debe a los cinco bits de estado, ya que reflejan el resultado de la última instrucción ejecutada en la UCP, por lo cual es el registro de mayor uso. En los primeros M6800 y M6801 no hubo indicadores de interrupción de paro. Los bits de las banderas son los siguientes:

- Acarreo/temporal (C).- Es 1 si existió acarreo durante la última operación.
- Sobreflujo (V).- Es 1 si existió sobreflujo aritmético en la última operación.
- Cero (Z).- Es 1 si la última operación aritmética, lógica o de manipulación de datos es cero.
- Negativo (N).- Es 1 si la última operación aritmética, de manipulación de datos ó de lógica negativa.

- Bandera de Medio Acarreo (M).- Es 1 cuando existe acarreo entre los bits 3 y 4 de la Unidad Lógica Aritmética para una instrucción ADD, ABA y ADC.
- Mascara de Interrupción (I).- El bit I es fijado por hardware o por instrucción de programa deshabilitando todas las fuentes de interrupción mascarable.
- Mascara de interrupción (X).- El bit X se fija por hardware (reset o XIRQ) y es limpiada por programa (TAP ò RTI).
- Deshabilitación de paro (S).- El bit S se fija cuando la instrucción de paro fue deshabilitada.

La bandera de medio acarreo es usada en operaciones BCD. Los bits de estado N, Z, V y C permiten realizar saltos en función de las operaciones previas.

3.1.2 LAS MEMORIAS INTERNAS.

El microcontrolador MC68HC11 incluye dentro del mismo integrado tres tipos de memorias: una memoria de acceso aleatorio (RAM), una de solo lectura (ROM) y otra ROM programable y borrable eléctricamente (EEPROM). La memoria RAM es una memoria de escritura y lectura estática para el almacenamiento de información y variables temporales. En la tabla 3.1 se muestra la relación del tipo de integrado con sus memorias internas y sus capacidades. En la figura 3.1.2 se muestra un mapa de memoria típica de un MC68HC11.

La memoria ROM.

El principal uso de la memoria interna ROM es el de conservar las instrucciones del propio MCU. Las instrucciones son programadas en el microcontrolador durante el proceso de fabricación y no pueden ser cambiadas. Ciertamente el MCU tiene dos memorias ROM internas de forma separada. La mas grande de estas es la memoria del usuario la cual esta disponible para la grabación de los programas de usuario, la otra memoria interna ROM es de 192 bytes y es llamada memoria de inicialización o arranque.

EL MCU MC68HC11

Esta última memoria solo se llega a emplear cuando se trabaja al microcontrolador en su modo de operación de inicialización.

Numero de parte	EPROM	ROM	EEPROM	RAM	CONFIG2	Comentarios
MC68HC11A8	-		512	256	\$0F	Familia en base a este dispositivo
MC68HC11A1	-	-	512	256	\$0D	A8 con ROM deshabilitada
MC68HC11A0	-	-	-	256	\$0C	A8 con ROM y EEPROM deshab.
MC68HC811A8	-	-	8K + 512	256	\$0F	Emulador EEPROM para A8
MC68HC11E9	-	12K	512	512	\$0F	4 ent. gran/captura RAM
MC68HC11E1	-	-	512	512	\$0D	E9 con ROM deshabilitada
MC68HC11E0	-	-	-	512	\$0C	E9 con ROM y EEPROM deshab.
MC68HC811E2	-	-	2K	256	\$FF	No ROM para sistema expandido
MC68HC711E9	12K	-	512	512	\$0F	E9 de una sola programación
MC68HC11D3	-	4K	-	192	n/a	versión 40 patas de bajo costo
MC68HC711E9	4K	-	-	192	n/a	D3 de una sola programación
MC68HC11F1	-	-	512	1K	\$FF	Alta ejecución no-multiplexada
MC68HC11K4	-	24K	640	768	\$FF	>1M memoria, PWM, CS, 84 pin
MC68HC711K4	24K	-	640	768	\$FF	K4 de una sola programación
MC68HC11L6	-	16K	512	512	\$0F	E9 con mas ROM e I/O, 64/68
MC68HC711L6	16K	-	512	512	\$0F	L4 de una sola programación

Tabla 3.1.1 Miembros de la familia MC68HC11.

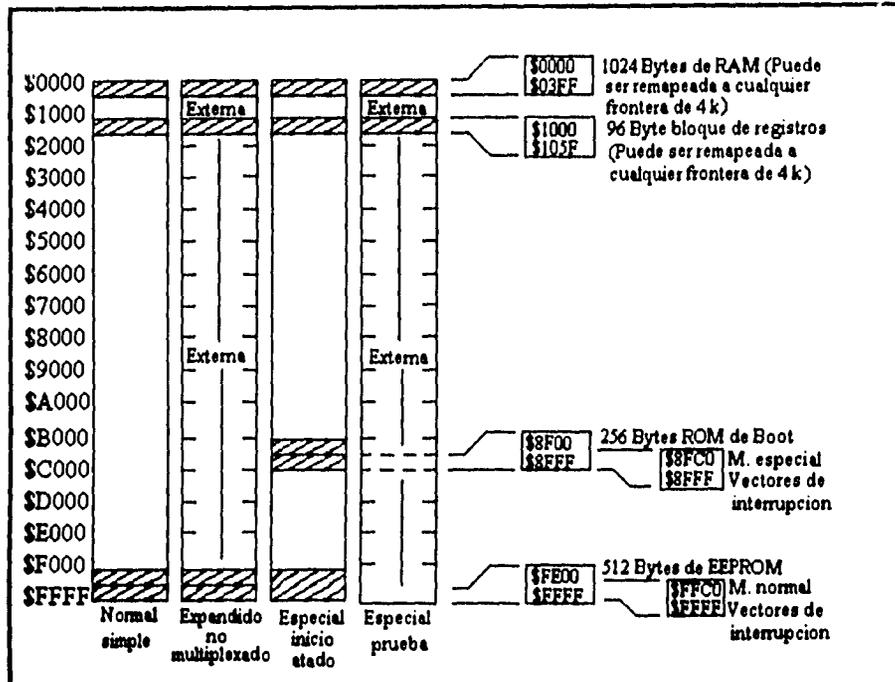


Figura 3.1.2. Mapa de memoria típico de un MCU MC68HC11.

El programa interno en la ROM puede ser deshabilitado por medio del bit de control basado en la EEPROM del registro de control de la configuración (CONFIG). Cuando el programa de la ROM es deshabilitado, el espacio de la memoria de los 64 Kbytes de direccionamiento es empleado al máximo y deber ser empleada una memoria externa para las instrucciones del programa.

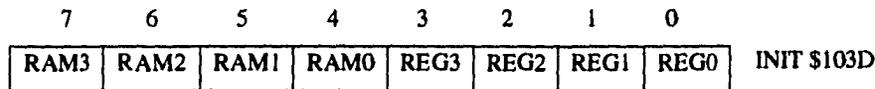
La memoria RAM.

Esta memoria interna, que por lo regular es de 256 Kbytes, puede ser mapeada a el principio de cualquier bloque de 4 Kbytes en el espacio de direccionamiento de 64 Kbytes. De inicio, la memoria interna RAM esta ubicada en las primeras 256 localidades (\$0000 - \$00FF) de los 64 Kbytes del mapa de memoria. En muchos casos (pero no en

EL MCU MC68HC11

(\$0000 - \$00FF) de los 64 Kbytes del mapa de memoria. En muchos casos (pero no en todos) es buena esa ubicación para la memoria interna RAM. Las primeras 256 localidades en memoria son accesibles utilizando el modo de direccionamiento directo, el cual asume que el byte superior de la dirección de 16 bits es \$00.

La posición de la RAM en el espacio de direcciones de 64 K es controlado por el registro de RAM y mapeo de I/O (registro INIT) vía software, lo que permite posicionar la RAM y/o los registros de I/O a cualquier página de 4 K en el mapa de memoria de 64 K.



RAM3-RAM0. Posiciona a la RAM en el mapa de memoria. Los cuatro dígitos especifican el dígito hexadecimal de la dirección de la RAM. Si todos son 0 la posición será \$0000 - \$00FF, si todos son 1 sería \$F000 - \$FOFF

REG3 - REG0. Da posición a el bloque de registros de 64 bytes. Inicialmente el REG0 tiene un valor de 1 y REG3-REG1 de 0 para la posición inicial de \$1000 - \$103F.

Existen varias propósitos para la función de RAM en espera. En sistemas operados por baterías, la función de RAM en espera proporciona una forma de conservar la limitada potencia de una batería durante tiempos en los cuales el MCU permanece inactivo, lo cual incrementa el tiempo efectivo que el sistema puede funcionar sin recargar o cambiar la batería. Como se menciono, existen dos maneras de ahorrar energía vía software en el sistema, las cuales esta ligadas a la función de RAM en espera, ya que minimizan la potencia suministrada al microcontrolador evitando que se pueda llegar a perder la información en la RAM.

La memoria EEPROM.

Esta otra memoria interna del microcontrolador también varía en su capacidad y en su presencia, dependiendo del modelo de MCU que se tenga. En la tabla 3.1 también se incluye cuales son los modelos de microcontroladores que la tienen y cual es su capacidad. El empleo de esta memoria interna es similar al que se le puede dar a la memoria ROM, pero posee algunas posibilidades interesante que no están disponibles en las memorias ROM y RAM. Un simple ejemplo sería el de almacenar un número de serie único de algún producto terminado en la EEPROM. Una vez que la información ha sido grabada internamente en la EEPROM permanece inalterable siempre, aún y cuando la energía de V_{DD} del chip sea interrumpida indefinidamente. A diferencia de la información almacenada en la ROM, la información almacenada en la memoria EEPROM puede ser borrada o reprogramada por medio de un simple control de software. Debido a que las operaciones de programación y de borrado utilizan una bomba de carga interna manejada por V_{DD} , no es necesario fuentes de poder adicionales.

El registro PROG controla la programación y el borrado de la memoria EEPROM interna y puede ser leído o sobre escrito en cualquier momento, pero las secuencias de programación y borrado son estrictamente controladas por la lógica para prevenir cambios accidentales en los datos de la EEPROM. A continuación se detallan cada uno de los bits de este registro.

7	6	5	4	3	2	1	0	
ODD	EVEN	BYTE	ROW	ERASE	EELAT	EEPGM	PROG	\$103B

- ODD. Programa los renglones impares en la mitad de la matriz de la EEPROM.
- EVEN. Programa los renglones pares en la mitad de la matriz de la EEPROM.
- BYTE. Modo de borrado de la EEPROM.
- ROW. Modo de borrado de la EEPROM.

EL MCU MC68HC11

Estos dos bits especifican el tipo de operación de borrado que se va a realizar y dependen del estado del bit ERASE, que si es bajo, no tiene importancia.

BYTE 0 ERASE 0 borra los 512 bytes

BYTE 0 ERASE 1 borra un renglón de 16 bytes

BYTE 1 ERASE 0 borra un byte

BYTE 1 ERASE 1 borra un byte

ERASE. 1 modo de borrado, 0 modo normal de lectura

EELAT. Controla el latch de la EEPROM

EEPGM. Activa el voltaje (Vpp) de programación de la EEPROM

En adición a la memoria interna EEPROM en el MCU, existe otro byte adicional de EEPROM (registro CONFIG), que controla algunas características básicas del funcionamiento del microcontrolador. Aun cuando algunos MCU permiten el mapeo de su memoria EEPROM, cuando esta es fija se encuentra en las localidades de \$B600 a \$B7FF.

3.1.3 PUERTOS DE ENTRADAS/SALIDAS EN PARALELO.

El MC68HC11 tiene un total de 40 patas de entrada/salida (I/O). Todas esas patas son compartidas entre usos de I/O de propósito general y al menos una que otra función de periféricos internos del MCU. El sistema cuenta con un total de 5 puertos; el A, B, C, D y E.

Algunas de las funciones compartidas del puerto A incluyen I/O de propósito general, el sistema principal de temporización y el sistema de acumulador de pulsos. El puerto A tiene tres patas de dirección fija de salida, Cuatro patas de dirección fija de entrada y una pata bidireccional. El puerto A directamente lee desde y escribe sobre el registro PORTA. Los datos significativos pueden ser leídos desde el puerto A aun cuando sus patas estén configuradas para una función de temporizador alternado o acumulador de pulso. Los datos escritos sobre el puerto A no afectan directamente las patas del puerto configurado

para una función de salida de temporizador alternado, ya que el dato es mantenido en un latch interno.

Las patas de los puertos B y C, la señal A (STRA) y la señal B (STRB), deben de considerarse juntas debido a que sus funciones dependen básicamente del modo de operación del MC68HC11. Cuando el microcontrolador esta operando en modo simple, estas 18 patas son usadas como I/O de propósito general y para el subsistema de sujeción de entradas-salidas. Cuando el microcontrolador esta operando en modo expandido, estas patas son usadas para el multiplexaje del bus de datos/direcciones. Las funciones de I/O de sujeción y propósito general, las cuales se pierden en el modo expandido, pueden ser recuperadas con el uso de dispositivos externos.

El puerto B es un puerto de propósito general de 8 bits con dirección fija de salida. Escrituras sobre el registro de puerto B (PORTB) genera datos que son sostenidos y manejados hacia la salida por medio de las patas del puerto B. Lecturas sobre el registro PORTB regresa el ultimo dato que fue escrito sobre el puerto B. Cuando el subsistema de sujeción de I/O esta operando en modo de generación simple, una escritura al registro PORTB automáticamente genera un pulso en la salida de la pata STRB.

El puerto C es un puerto bidireccional de I/O de 8 bits de propósito general. La dirección principal del flujo de datos en cada pata del puerto C es controlada independientemente por el bit correspondiente en el registro de control de dirección de datos para el puerto C (DDRC). Además de las funciones normales de I/O del puerto C, hay un latch paralelo independiente de 8 bits que capta los datos por el puerto siempre que un flanco alto sea detectado en la pata de entrada del STRA. Las lecturas sobre PORTCL entregan el contenido del latch del puerto C, en cambio lecturas sobre PORTC entregan el valor corriente desde las patas del puerto C. Escrituras sobre los registros PORTC o PORTCL provocan una escritura de los datos a ser manejados hacia afuera por las patas del puerto C.

EL MCU MC68HC11

El puerto C puede configurarse como una OR alambrada por medio de la puesta del bit de control de OR alambrada (CWOM) en el registro PIOC. Siempre que el subsistema de sujeción de I/O sea configurado para un modo completo de sujeción, el puerto C es empleado para entrada o salida de datos paralelos. La pata STRA al momento de detectar un pulso provoca que el dato en el puerto C sea almacenado.

El puerto D es un puerto de datos bidireccionales de 6 bits de propósito general. Dos patas del puerto D son usadas de manera alterna por el subsistema de INTERFASE de comunicación serial (SCI). Las restantes cuatro patas del puerto D son usadas de manera alterna por el subsistema de INTERFASE periférica serial sincrona (SPI). La dirección principal del flujo de datos de cada pata del puerto D es seleccionada por su bit correspondiente en el registro de dirección de datos para el puerto D (DDRD). El puerto D puede ser configurado para una operación OR alambrada.

El puerto E es de 8 bits de dirección fija de entrada. Alternamente las patas del puerto E funcionan como canal de entrada del convertidor analógico digital (A/D). Los buffers de entrada del puerto E están diseñados especialmente por lo cual no toman una excesiva corriente de la fuente de poder cuando sus entradas están siendo manejadas por niveles intermedios.

La figura 3.1.3 muestra todos los registros y bits de control concenientes a las I/O paralelas tratadas. Los registros son mostrados en el orden en que ellos aparecen en el mapa de memoria del microcontrolador. La figura 3.1.3 muestra en numero de registros y bits de control mencionados. Estos bits de control son utilizados para habilitar otros dispositivos periféricos internos que utilizan las patas de I/O. Las posiciones de los bits etiquetadas con ceros en vez de nombres, indican bits que no han sido implantados y que su lectura siempre será cero.

Bit 7	-	-	-	-	-	-	Bit 0	PORTA \$1000
STAF	STAI	CWOM	HNDS	OIN	PLS	EGA	INVB	PIOC \$1002
Bit 7	-	-	-	-	-	-	Bit 0	PORTC \$1003
Bit 7	-	-	-	-	-	-	Bit 0	PORTB \$1004
Bit 7	-	-	-	-	-	-	Bit 0	PORTCL \$1005
Bit 7	-	-	-	-	-	-	Bit 0	DDRC \$1007
0	0	Bit 5	-	-	-	-	Bit 0	PORTD \$1008
0	0	Bit 5	-	-	-	-	Bit 0	DDRD \$1009
Bit 7	-	-	-	-	-	-	Bit 0	PORTE \$100A
DDR7	PAEN	PAMOD	PEDGE	0	0	RTR I	RTR O	PACTL \$1026
SPIE	SPE	DWON	MSTR	CPOL	CPHA	SPRI	SPRO	SPCR \$1028

Figura 3.1.3. Registros I/O paralelos y sus bits de control.

3.1.4 INTERFASE PERIFÉRICA SERIAL SINCRONA (SPI).

La interfase periférica serial sincrona es uno de los dos subsistemas de comunicación serial independiente que se incluye en el microcontrolador. Como su nombre lo implica el SPI es usado principalmente para permitir la comunicación del MCU con los dispositivos periféricos. El SPI también es capaz de efectuar comunicaciones interprocesador en un

sistema maestro múltiple. La flexibilidad del SPI le permite trabajar con distintos tipos de dispositivos periféricos de diversos fabricantes. El subsistema puede configurarse como maestro o como esclavo. La velocidad de transmisión para el caso de configuración maestro alcanza 1 Mbit/s y para el caso de configuración esclavo la velocidad es de 2 Mbit/s.

Durante una transferencia los datos son simultáneamente transmitidos (tumados serialmente hacia afuera) y recibidos (tumados serialmente hacia adentro). Una línea de reloj serial sincroniza el muestreo y el turno de la información sobre las dos líneas de datos seriales. Una línea de selección de esclavo permite la selección individual de un dispositivo esclavo; los dispositivos esclavos que no se han seleccionado no van a interferir con las actividades de bus del SPI. En un dispositivo maestro SPI, la línea de selección de esclavo puede ser usada opcionalmente para indicar la contención de un bus maestro múltiple.

En la figura 3.1.5 se muestra el diagrama de bloques del subsistema de INTERFASE periférica serial sincrónica. Cuando una transferencia SPI ocurre, un carácter de 8 bits es turnado hacia afuera a través de una pata de datos mientras que otro carácter de 8 bits es turnado hacia adentro por una de las patas de datos. Otra manera de ver esta transferencia es considerando un registro de corrimiento de 8 bits en un maestro y otro registro de 8 bits en un esclavo están conectados como un registro de corrimiento circular de 16 bits.

El elemento central en el sistema SPI es el bloque que contiene el registro de corrimiento (8-bit shift register) y el almacén temporal de lectura de datos (read data buffer). El sistema tiene un almacenamiento temporal simple en la transmisión y un almacenamiento temporal doble en la recepción de datos. Esta implica que un nuevo dato para transmisión no puede ser escrito en el registro hasta que la transacción previa sea completada; sin embargo, los datos recibidos son transferidos al almacén temporal paralelo para dejar libre al primer registro para aceptar un segundo carácter serialmente.

El MCU MC68HC11

El registro de control del SPI (SPCR), el registro de estado del SPI (SPSR) son registros usados para configurar y operar el sistema SPI. Otro registro que influye en las actividades del SPI es el registro de control de dirección del puerto D (DDRD). A continuación se describen los dos primeros registros.

7	6	5	4	3	2	1	0	
SPIE	SPE	DWOM	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	SPCR \$1028

- SPIE.** Habilitación de interrupción del SPI. 0 interrupción deshabilitada.
- SPE.** Habilitación del SPI. 0 deshabilita al sistema 1 lo habilita
- DWON.** Selección de OR alambrada en el puerto D
- MSTR.** Modo de selección de maestro/esclavo. 0 configura al SPI como esclavo, 1 configura al SPI como maestro.
- CPOL.** Selecciona la polaridad del reloj. 0 selecciona reloj en nivel alto, 1 selecciona reloj en nivel bajo.
- CPHA.** Selecciona la fase del reloj.
- SPR1, SPR0.** Selecciona la velocidad de bit del SPI.

7	6	5	4	3	2	1	0	
SPIF	WCOL	-	MODF	-	-	-	-	SPSR \$1029

- SPIF.** Bandera de transferencia completa de SPI.
- WCOL.** Bandera de error de colisión en escritura.
- MODF.** Bandera de falla de modo de configuración.

3.1.5 INTERFASE PERIFÉRICA SERIAL ASINCRONA (SCI).

Aquí se presenta el transmisor receptor universal asincrono (UART) es un tipo de sistema de interfase de comunicación serial asincrona, el cual es el otro subsistema independiente en el MC68HC11. El subsistema SPI de I/O proporciona una alta velocidad de comunicación sincrónica con unidades periféricas u otros microcontroladores, comúnmente

EL MCU MC68HC11

en el mismo circuito impreso que el MCU. El subsistema SCI se puede conectar a una terminal (CRT) o a una computadora personal o a una red de comunicación serial.

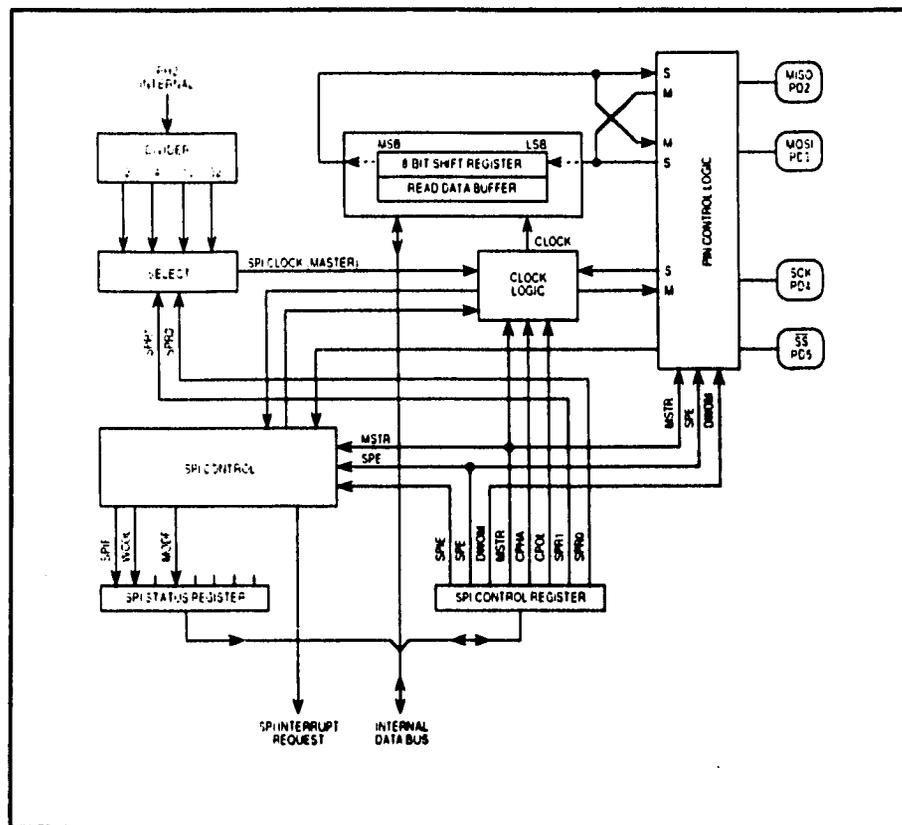


Figura 3.1.5 Diagrama de bloque del subsistema de interfase periférica serial sincrónica.

El SCI es un subsistema asincrónico tipo UART full duplex, que emplea el formato de comunicación estándar de no retorno a cero (NRZ, un bit de comienzo, 8 ÷ 9 bits de datos y otro bit de paro). Tanto el transmisor como el receptor tiene una unidad doble de almacenamiento temporal de datos, lo que permite manejar con facilidad caracteres uno tras otro, aun cuando el UCP se retrase en la respuesta de cada carácter individual. Es importante mencionar que se tiene que proporcionar sistemas externos para hacer la

transferencia de los niveles usados en RS232 o RS422 (típicamente ± 12 V.) a los niveles lógicos de 0 a 5 V. manejados por el microcontrolador.

El transmisor del SCI.

El transmisor del SCI (FIGURA 3.1.6) utiliza un reloj interno de generación de velocidad de bit para enviar los datos por la pata TxD de forma serial. Una transmisión normal se inicia cuando se habilita el transmisor (poniendo en 1 la bandera TE del registro de control SCCR2) y escribiendo los datos a ser transmitidos en el registro SCDR. Debido al almacén temporal de datos doble que posee, un nuevo carácter puede ser escrito en el transmisor siempre que la bandera TDRE este en 1.

El corazón del transmisor es el registro de corrimiento serial. Comúnmente este registro toma el dato del almacén de transmisión de solo lectura. Los datos entran en el almacén temporal de transmisión cuando el software escribe sobre el registro de datos del SCI.

El receptor del SCI.

Los datos recibidos por el SCI vienen de la pata RxD, y maneja el bloque de recuperación de datos, el cual es en si, un registro de corrimiento de alta velocidad operando a 16 veces la velocidad de bit. El corazón de el receptor es el registro de corrimiento de recepción.

El receptor del sistema SCI es el responsable de la sincronización de la cadena de datos serial y de la recuperación de los caracteres de datos. debido a que la cadena de datos no contiene reloj, la recuperación de los datos depende de el dispositivo de transmisión y de que la velocidad de operación del receptor le sea muy cercana. El sistema SCI puede tolerar una cantidad moderada de ruido en el sistema sin perder nada de información. Las funciones de recepción del SCI son, en cierta medida, mas complicada que las de transmisión debido a la naturaleza asincrona de los datos seriales ingresados.

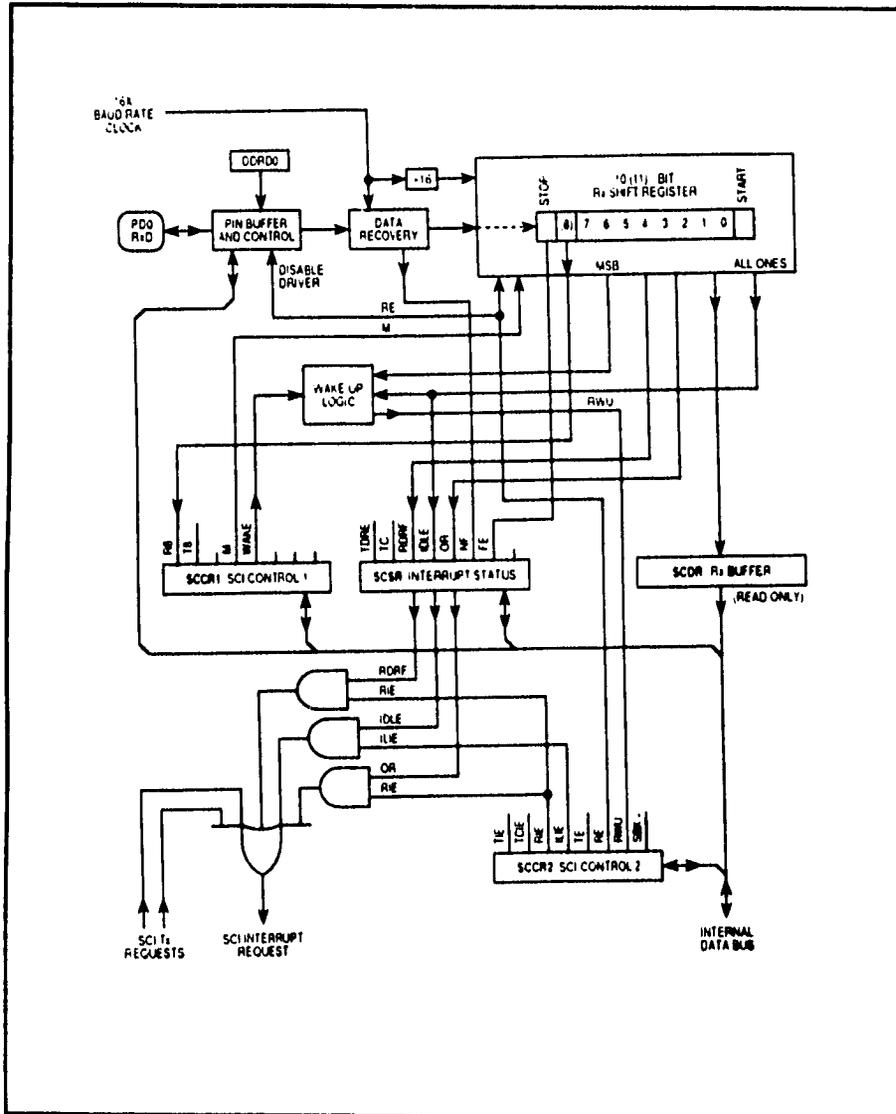


Figura 3.1.7 Diagrama de bloques del receptor del SCI.

EL MCU MC68HC11

Básicamente el sistema SCI esta configurado y controlado por cinco registros (BAUD, SCCR1, SCCR2, SCSR y SCDR), además del registro del puerto D (DDRD) por la configuración que se asigna al puerto por medio de este ultimo registro. El registro BAUD es usado par seleccionar la velocidad de operación del SCI. El registro SCCR1 incluye tres bits asociados con la operación del formato de datos opcional de 9 bits. En el caso del registro SCSR contiene dos banderas de estado de transmisión y 5 banderas relativas a la recepción. El registro SCDR es realmente dos registros separados, el TDR que es un registro de transmisión de datos de solo escritura y el RDR que es un registro de recepción de datos de solo lectura. El registro 2 de control del SCI (SCCR2) es el registro de control principal para el sistema SCI por lo que a continuación se detalla un poco más.

7	6	5	4	3	2	1	0	
TIE	TCIE	RIE	ILIE	TE	RE	RWU	SBK	SCCR2 \$102D

- TIE.** Habilitación de interrupción de transmisión. 0 deshabilitación de interrupción, 1 una interrupción SCI es requerida cuando TDRE esta en 1
- TCIE.** Habilitación de interrupción de transmisión completa. 0 deshabilitación.
- RIE.** Habilitación de interrupción de recepción. 0 deshabilitadas interrupciones RDRF y OR
1 interrupción de SCI requerida cuando RDRF u OR están en 1
- ILIE.** Habilitación de interrupción de línea desocupada, 0 deshabilitación de interrupción IDLE, 1 si IDLE esta en 1, una interrupción del SCI es requerida
- TE.** Habilita transmisión. 0 deshabilitación de transmisión, 1 habilitación de transmisión
- RE.** Habilita recepción. 0 deshabilita recepción, 1 habilita recepción.
- RWU.** Característica Wake Up en el receptor. 0 operación del receptor normal, 1 pone al receptor en modo standby inhibiendo las interrupciones hasta que una condición de hardware es dada.

3.1.6 CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL

El sistema de conversión analógico digital del MCU 68HC11, utiliza la técnica de redistribución de cargas capacitivas para la conversión. El sistema de conversión A/D, es un convertidor de aproximaciones sucesivas con 8 canales de 8 bits, con una precisión de $\pm 1/2$ del bit menos significativo para todo el rango de temperatura. Debido al uso de la técnica de la redistribución de cargas, no es necesario el uso de circuitos externos de muestreo y retención.

Técnica de conversión de redistribución de cargas para conversión A/D .

La figura 3.1.8 muestra el circuito simplificado para llevar a cabo una conversión A/D de 4 bits por aproximaciones sucesivas empleando la técnica de redistribución de cargas. El circuito que contiene el MC68HC11 contiene varios cambios con respecto al circuito mostrado, esto con el fin de obtener una mejor calidad y una manufactura mas simple.

Puesto que la técnica de redistribución de cargas capacitivas depende de la proporción de la capacitancia que de los valores absolutos de capacitancia, los capacitores de la figura 3.1.8 están marcados en unidades.

Durante el tiempo de muestreo figura 3.1.8(a), la placa superior de los capacitores es puesta a un voltaje V_L (0.0 V) y las placas inferiores están conectadas a una señal de entrada analógica desconocida, V_x . Usando una simple relación, tenemos que Q_s es igual a CV , así entonces, el total de carga puede ser calculada por:

$$Q_s = 16(V_x - V_L)$$

A menos de que se establezca otra cosa, se asume que V_L es igual a 0.0 V; por lo tanto:

$$Q_s = 16V_x$$

EL MCU MC68HC11

Ahora, el circuito cambia a el estado de retención por medio de interruptores analógicos controlados lógicamente (fig. 3.1.8(b)). Para este caso, las placas superiores se desconectan de V_L , y las placas inferiores pasan de V_X a V_L . La carga se escribe ahora como:

$$Q_S = (V_L - V_i)16$$

Puesto que $V_L = 0$

$$Q_H = -16V_i$$

Debido a que la carga se conserva, Q_S es igual a Q_H ; por lo tanto,

$$16V_X = -16V_i$$

$$V_X = -V_i$$

$$V_i = -V_X$$

el cual es el voltaje inicial a la entrada del comparador.

Finalmente en la porción de conversión del proceso A/D, cada capacitor, comenzando por el mas grande el cual le corresponde al del bit más significativo (MSB) del resultado digital, es puesto del voltaje V_L (0.0 V) a V_H . La salida del comparador, después de que cada capacitor es cambiado, determina cual de las placas de los capacitores inferiores permanecerá a V_H o regresará a V_L antes de que el capacitor próximo sea cambiado.

A continuación se presenta un ejemplo de una secuencia de conversión para una entrada analógica, donde $V_X = 21/32 (V_H)$.

Durante el tiempo de muestreo, los capacitores alcanzan una carga total, dada por:

$$Q_5 = 16V_X = (16) 21/32 (V_H) = 21/2V_H$$

Durante la retención, la entrada negativa del comparador (V_i) pasa a $-V_X$ o $-21/32 V_H$.

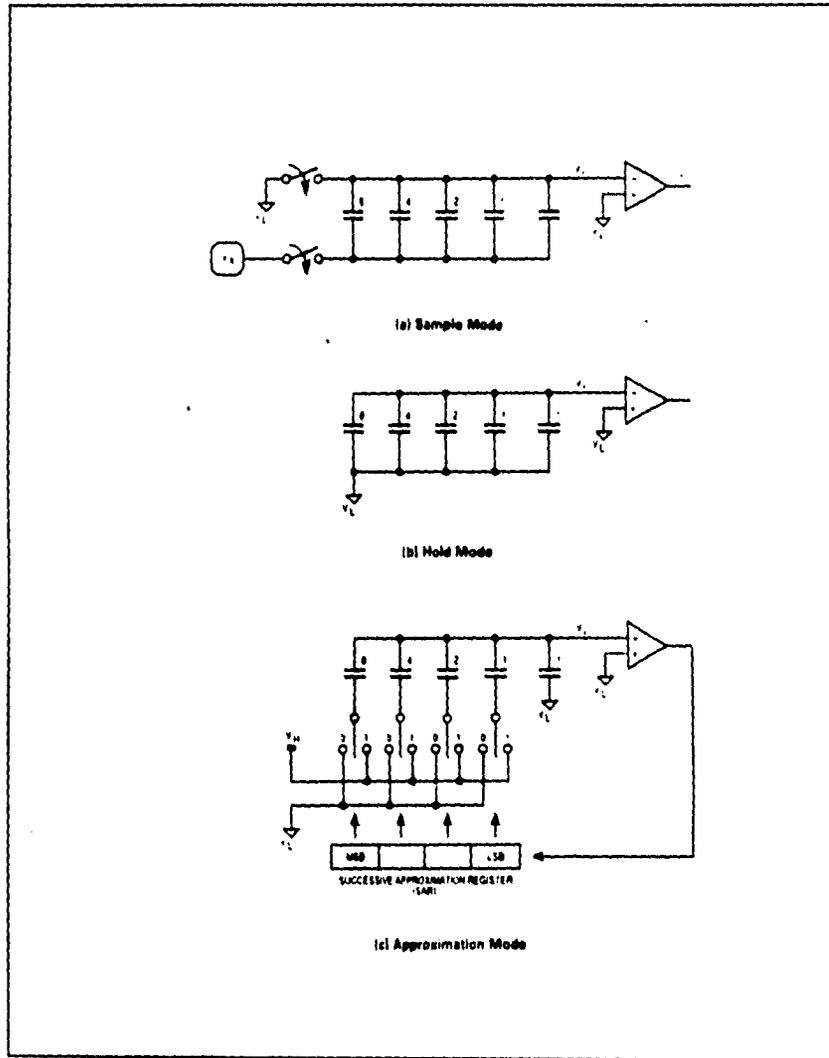
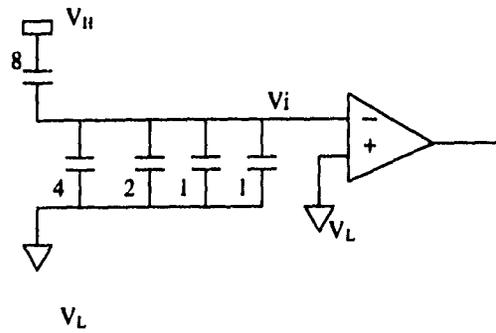


Figura 3.1.8 Conversión A/D por redistribución de cargas básica.

EL MCU MC68HC11

A continuación, el capacitor de ocho unidades pasa de V_L a V_H , resultando el siguiente circuito:



La carga esta dada de la siguiente forma:

$$Q = 8(V_H - V_i) + 8(V_L - V_i)$$

pero como $V_L = 0$, entonces:

$$Q = 8 V_H - 8V_i - 8V_i$$

$$Q = 8 V_H - 16 V_i$$

Por la conservación de carga, esta carga pasa a un valor igual al del la carga original durante el tiempo de muestreo:

$$21,2 V_H = 8 V_H - 16 V_i$$

Resolviendo para V_i produce el siguiente resultado:

$$16 V_i = 8 V_H - 21/2 V_H$$

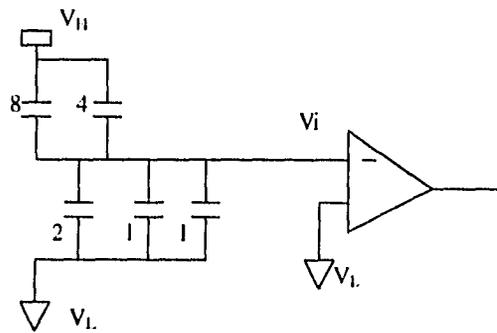
$$V_i = \frac{1}{2} V_H - \frac{21}{32} V_H$$

$$V_i = -5/32 V_{II}$$

el cual es negativo.

Puesto que la salida del comparador es un uno lógico, el capacitor de ocho unidades permanece conectado a V_{II} para el siguiente paso. También el bit 3 del registro de aproximaciones sucesivas (SAR) es puesto a un uno lógico. Después de la secuencia de conversión, el registro de aproximaciones sucesivas tiene el equivalente digital de la entrada analógica original.

A continuación, el capacitor de 4 unidades pasará de V_L a V_{II} y tendremos el siguiente circuito:



La carga está dada de la siguiente forma:

$$Q = 8 (V_{II} - V_i) + 4 (V_{II} - V_i) - 4V_i$$

$$Q = 8V_{II} - 8V_i + 4 V_{II} - 4V_i - 4V_i$$

$$Q = 12 V_{II} - 16V_i$$

Por la conservación de carga, esta carga es igual a la carga original:

EL MCU MC68HC11

$$21/2 V_H = 12V_H - 16V_i$$

Resolviendo para V_i , obtenemos el siguiente resultado:

$$16V_i = 12V_H - 21/2V_H$$

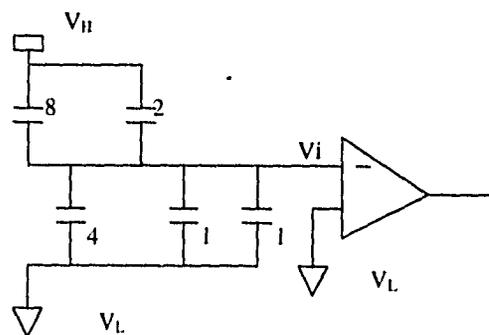
$$16V_i = 3/2V_H$$

$$V_i = 3/32V_H$$

el cual es positivo.

La salida del comparador es un cero lógico; sin embargo, el capacitor de 4 unidades regresa a V_L antes del siguiente paso. También, el bit dos del registro de aproximaciones sucesivas pasa ser cero.

A continuación, el segundo capacitor pasará de V_L a V_H resultando el siguiente circuito:



La carga se escribe de la siguiente forma:

$$Q = 8(V_H - V_i) + 2(V_H - V_i) - 6V_i$$

$$Q = 8V_H - 8V_i + 2V_H - 2V_i - 6V_i$$

$$Q = 10V_H - 16V_i$$

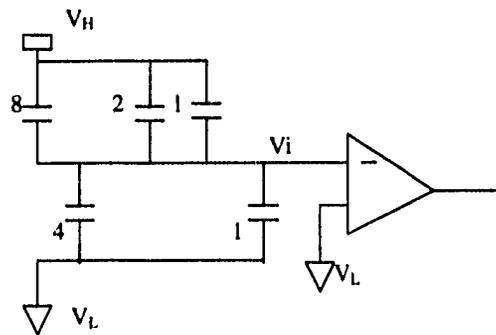
Colocando esta carga igual a la carga original por conversión de carga tendremos el siguiente resultado:

$$\begin{aligned}
 21/2 V_H &= 10V_H - 16V_i \\
 16V_i &= 10 V_H - 21/2V_H \\
 16V_i &= -1/2V_H \\
 V_i &= 1/32V_H
 \end{aligned}$$

el cual es negativo.

Puesto que la salida del comparador es ahora un uno lógico, el capacitor de 2 unidades permanece conectado a V_H para el siguiente paso, y el bit uno del registro de aproximaciones sucesivas esta ahora en uno.

En cuanto al último paso en la secuencia de conversión, el capacitor uno pasará de V_L a V_H . El capacitor de 2 unidades permanece conectado a V_L durante toda la secuencia de conversión. El siguiente circuito muestra el último paso de la conversión:



La carga esta dada como sigue:

$$Q = 8(V_H - V_i) + 2(V_H - V_i) + 1(V_H - V_i) - 5V_i$$

EL MCU MC68HC11

$$Q = 8 V_H + 2V_H + 1V_H - 8V_i - 2V_i - 1V_i - 5V_i$$

$$Q = 11V_H - 16V_i$$

Por la conservación de cargas tenemos el siguiente resultado:

$$21/2V_H = 11V_H - 16V_i$$

$$16V_i = 11V_H - 21/2V_H$$

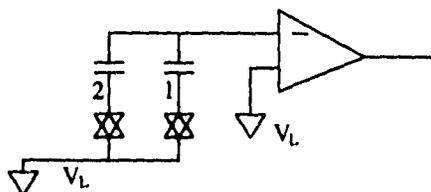
$$16V_i = 1/2V_H$$

$$V_i = 1/32V_H$$

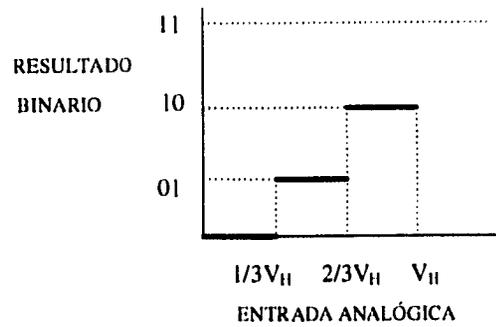
El cual es positivo.

Puesto que la salida del comparador es un cero lógico, el bit menos significativo del registro de aproximaciones sucesivas pasa a ser cero. Dado que la conversión esta completa, no es necesario regresar el capacitor uno a V_L . El resultado digital de esta conversión es 1010_2 .

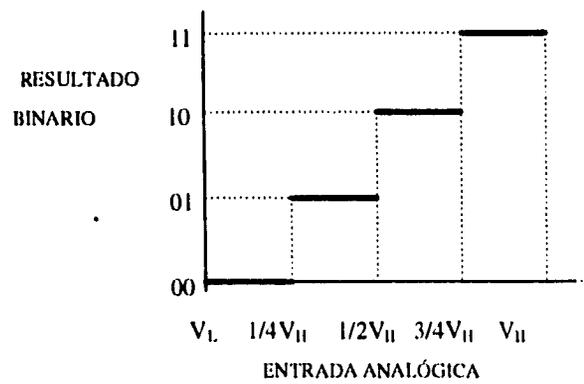
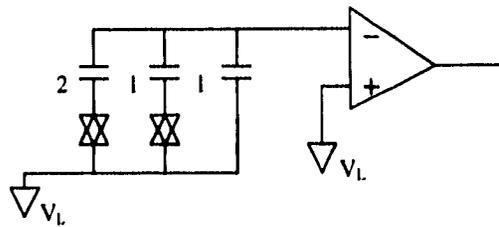
En el ejemplo anterior, un voltaje de entrada analógico de $21/32V_H$ produce un resultado de 1010_2 o $10/16V_H$. Un error ocurre aun y cuando fueron asumidas componentes y condiciones ideales. Un análisis para un convertidor A/D de 2 bits explica la razón. Si el capacitor de 2 unidades es omitido, tendremos el siguiente circuito:



La característica de transferencia de el circuito es la siguiente:



Sin el capacitor de una unidad extra, cada unidad de capacitancia corresponde a una tercera parte del total en vez de la correspondiente cuarta parte. Cuando es agregado el capacitor de 2 unidades, resulta el siguiente circuito con las características de transferencia:



EL MCU MC68HC11

Una entrada analógica de $\frac{1}{4}$ de V_{H} produce un resultado digital de 01_2 o $\frac{1}{4} V_{H}$, pero una entrada analógica de $\frac{1}{8}$ de V_{H} produce un resultado digital de 00_2 o $0.0V_{H}$, lo cual equivale a un error de $\frac{1}{8}$ de V_{H} o $\frac{1}{2}$ LSB. Este error de cuantización es consecuencia inevitable de cualquier convertidor A/D. Este convertidor A/D de dos bits tiene un error de cuantización de $-0/ +1$ del LSB.

Implementación del convertidor A/D en el MC68HC11.

El convertidor A/D en el MC68HC11 está compuesto por un convertidor A/D de redistribución de carga de aproximaciones sucesivas sencillo y por circuitería de control digital. La sección analógica es un poco más compleja que la descrita previamente pero los principios de redistribución son idénticos. La sección digital contiene la lógica que hace trabajar al A/D como un sistema con el resto del MCU.

Convertidor A/D de aproximaciones sucesivas.

La figura 3.1.9 muestra el convertidor A/D de aproximaciones sucesivas del MC68HC11 en el modo de muestreo.

A diferencia de los ejemplos anteriores, el arreglo de capacitores tiene un capacitor en serie (C_s) separando la mitad de bajo orden de la mitad de alto orden. Este capacitor efectivamente divide el valor de los capacitores de bajo orden a la izquierda por 16, lo que simplifica el arreglo y asegura una mejor combinación de los tamaños de las capacitancias.

Excepto por los elementos de media y de 1.1 unidades, todos los capacitores están compuestos por grupos conectados de capacitores de una unidad, lo que minimiza errores causados por el dimensionamiento y procesamiento. En el MC68HC11, éstos capacitores consisten de placas de polisilicio separadas por un nivel de óxido, las placas inferiores están aisladas del sustrato por una segunda capa de óxido. La capacitancia de esta

estructura no esta sujeta a variaciones ocasionadas por voltajes en las placas relativas al sustrato.

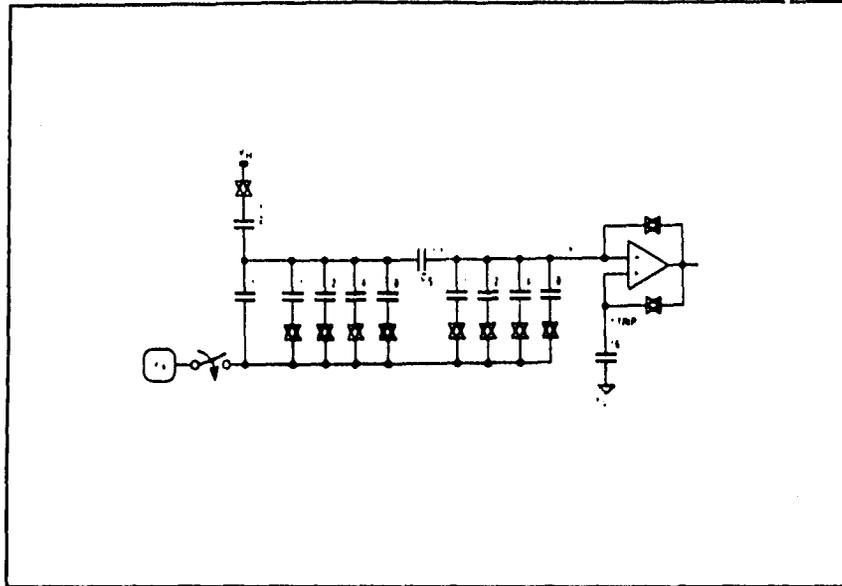


Figura 3.1.9 Convertidor A/D de aproximaciones sucesivas del MC68HC11.

En el convertidor del MC68HC11, tanto las entradas como las salidas del comparador son puestas en corto durante el tiempo de muestreo, lo que causa que los tres puntos sean estables al voltaje de disparo del comparador; entonces, los offsets del comparador son cancelados efectivamente de los cálculos. Después del período de muestreo, las trayectorias en corto son desconectadas, y las secuencias de conversiones proceden como en los primeros ejemplos. El capacitor de 16 unidades de la entrada positiva del comparador a VL no es crítica en términos de dimensión porque es usada solo para mantener la entrada positiva al voltaje V_{TRIP} durante la conversión.

Bomba de carga para el A/D y el oscilador Resistor-Capacitor (RC).

La bomba de carga desarrolla aproximadamente de 7 a 8 volts, y este alto voltaje es usado para manejar las compuertas de los interruptores analógicos en el multiplexor y el arreglo capacitivo a la entrada. Este alto voltaje de compuerta asegura una fuente baja para drenar impedancia para señales analógicas con voltajes de V_{CC} y mayor. De hecho, el voltaje V_{RH} puede ser aun mayor que V_{CC} (aproximadamente 6V), y el convertidor permanecerá entregando buenos resultados.

La bomba de carga del convertidor A/D esta deshabilitada después del reset y es encendida estableciendo el bit de control de encendido (ADPU) en el registro de control OPTION antes que el sistema del convertidor A/D pueda ser usado. Después de encender el ADPU es requerido un retraso esto para permitir que la bomba de carga y los circuitos del comparador se estabilicen antes de usar el sistema convertidor.

El proceso de conversión A/D por redistribución de carga es un proceso dinámico en el que la carga en el arreglo capacitivo se dispersará eventualmente. Este arreglo capacitivo es parte de un convertidor digital-analógico interno (DAC), lo cual indica que el proceso de conversión debe ser completado dentro de un tiempo razonable después de que el tiempo de muestreo finalice. La otra circuitería del MCU es estática para permitir frecuencias de reloj muy bajas, de tal forma que ahorra energía. Para frecuencias de bus (E clock) por debajo de 750 KHz, el reloj E deberá ser usado normalmente como el reloj de la conversión A/D porque hay un riesgo de error ocasionado por la dispersión de carga en temperaturas extremas. Pruebas de laboratorio indican un buen desempeño para rangos del reloj E por debajo de los 10 KHz, pero esta especificación ha sido protegida contra variaciones en el proceso.

Un oscilador RC interno provee fuentes alternativas de reloj para el sistema A/D cuando el reloj E tiene un desempeño muy bajo y así se aseguran conversiones adecuadas. Esta fuente de reloj es seleccionada colocando un uno en el bit de control de selección de reloj

(CSEL) en el resto de control OPTION. La frecuencia del oscilador RC varía con el procesamiento pero esta es típicamente de 2 MHz.

Cuando el reloj E esta siendo usado como la fuente de reloj para el convertidor A/D, la secuencia de conversión esta sincronizada inherentemente al reloj principal del CPU. El uso del reloj E el cual es asíncrono al reloj del sistema ,tiene dos ventajas sobre el oscilador RC. La primera, la salida del comparador es muestreada en tiempos inactivos del ciclo de reloj del sistema, esto reduce efectos de ruido interno para el MCU. Cuando el oscilador RC está siendo usado, hay más error atribuido al ruido interno del reloj del sistema. Segunda, la actualización del registro de resultado ocurre automáticamente durante un intervalo del reloj del sistema, donde no se efectúan lecturas; así que, una actualización no interfiere con una lectura. Cuando el oscilador RC es usado, no existe conflicto entre lecturas y actualizaciones, pero existe un retraso adicional de sincronización impuesto al término de cada conversión de canal para permitir la sincronización con el reloj E del sistema.

En la siguiente ilustración se muestra el registro de control OPTION para referencia puesto que los bits de control ADPU y CSEL afectan al sistema de conversión A/D.

ADPU	CSEL	IRQE	DLY	CME	----	CRI	CR0	OPTION \$1039
0	0	0	1	0	0	0	0	RESET

El bit de control CSEL también selecciona una fuente de reloj alternativa para la bomba de carga de la EEPROM en el circuito integrado. Esta bomba de carga esta separada de la bomba de carga del convertidor A/D, CSEL requiere ser uno cuando el reloj E es muy lento para asegurar que la secuencia de aproximación sucesiva termine antes de que ocurra una pérdida significativa de carga. Cuando el reloj E esta por encima de 2 MHz, CSEL deberá ser siempre cero; cuando el reloj E este por debajo de 750 KHz, CSEL deberá ser siempre uno.

EL MCU MC68HC11

Para frecuencias del reloj E entre 750 KHz y 2 MHz, CSEL deberá ser uno para las operaciones de programación y borrado de la EEPROM de esta forma la bomba de carga de la EEPROM trabaja mas eficazmente; de cualquier modo, CSEL deberá ser cero en las conversiones A/D para asegurar una alta precisión por la reducción de los efectos de ruido del circuito integrado.

En la mayoría de las aplicaciones, no es necesario encender y apagar CSEL. En cambio, puede hacerse un intercambio sobre los requerimientos de la aplicación.

El sistema A/D del MC68HC11 consiste de un convertidor A/D de aproximaciones sucesivas, un multiplexor a la entrada para seleccionar uno de 16 canales (incluyendo los 8 canales del MCU), y sofisticada circuiteria de control integrados para configurar y controlar las conversiones. Están incluidos cuatro registros de resultados dentro de la lógica de control para implementar las secuencias automáticas de conversión en un canal seleccionado durante cuatro tiempos o en cuatro canales (uno a la vez). Las secuencias de conversión están configuradas para repetirse continuamente o para hacer una de cuatro y después parar. Cuando el MCU trabaja a frecuencias muy bajas, un oscilador RC es seleccionado para continuar con la operación de conversión.

Registro control / estado del A/D.

Todos los bits de este registro excepto el 7 pueden ser leídos y escritos, así que este es un indicador de estado de solo lectura, y el bit 6 el cual siempre se lee un cero. Sólo el bit 7 se borra con el reset, no así los otros que no los afecta.

CCF	----	SCAN	MULT	CD	CC	CB	CA	ADCTL \$1030
0	0	U	U	U	U	U	U	RESET

Donde:

CCF-- Bandera de conversión completa.

Este indicador de estado de sólo lectura se habilita sólo cuando todos los registros de resultados contienen resultados válidos de conversiones. Cada vez que se escribe el registro ADCTL , este bit se borra automáticamente, y se inicia una nueva secuencia conversión inmediatamente. En el modo de exploración continuo, las conversiones continúan una tras la otra, y los registros son actualizados con datos actuales aún y cuando el bit CCF permanezca establecido.

Bit 6-- No está implementado, siempre es cero.

SCAN-- Control de exploración continua.

Cuando este bit es cero, las cuatro conversiones solicitadas se ejecutan, una a la vez, para llenar los 4 registros de resultados. Cuando este bit es uno, las conversiones continúan una tras la otra con los registros de resultados actualizados tan pronto se produce un nuevo dato.

MULT-- Control de canal individual o múltiple.

Cuando este bit es cero, el sistema A/D esta configurado para efectuar cuatro conversiones consecutivas en un canal especificado por los cuatro bits de selección de canal (CD - CA del registro ADCTL). Cuando este bit es uno, el sistema A/D está configurado para efectuar conversiones en cada canal en el grupo de cuatro canales especificados por los bits de selección de canal CD y CC. En este modo de canal múltiple, cada canal es asociado con un registro de resultado específico.

Selección de canal CD, CC, CA.

Estos cuatro bits de selección de canal, son usados para especificar el canal o los canales que serán operados en una operación de conversión A/D. La tabla 3.6.1.1 muestra la relación entre los bits CD - CA y el canal o canales a estar en operación. Cuando el modo de canal múltiples es seleccionado (MULT = 1), la selección de CB y CA no tiene efecto, y el grupo de 4 canales afectados son seleccionados por CD y CC.

CD	CC	CB	CA	Señal de Canal	Resultado en ADRx si MULT = 1
0	0	0	0	PE0	ADR1
0	0	0	1	PE1	ADR2
0	0	1	0	PE2	ADR3
0	0	1	1	PE3	ADR4
0	1	0	0	PE4	ADR1
0	1	0	1	PE5	ADR2
0	1	1	0	PE6	ADR3
0	1	1	1	PE7	ADR4
1	0	0	0	Reservado	ADR1
1	0	0	1	Reservado	ADR2
1	0	1	0	Reservado	ADR3
1	0	1	1	Reservado	ADR4
1	1	0	0	VH	ADR1
1	1	0	1	VL	ADR2
1	1	1	0	½ HV	ADR3
1	1	1	1	Reservado	ADR4

Tabla 3.1.6.1 Asignación de canales para el A/D.

Registros de resultados (ADR4 - ADR1) para el A/D.

El registro de resultados en el A/D esta compuesto por registros de sólo lectura y son usados para retener un resultado de conversión de 8 bits. Después de que éstos han sido llenados con datos válidos de una secuencia de conversión, el estado del registro Ccf es establecido para indicar que los resultados son válidos. Son entonces calculados resultados de conversión nuevos en la lógica del A/D y son transferidos dentro de los registros de resultados en una parte del ciclo de reloj en donde lecturas no se efectúan. Sin embargo, no ocurre interferencia alguna entre lecturas de software y actualizaciones de resultados.

3.1.7 RELOJ PRINCIPAL E INTERRUPCIÓN DE TIEMPO REAL.

En esta sección se describirá el reloj principal del sistema del MC68HC11. Todas las principales divisiones del reloj en el MCU están enlazadas y se derivan de el oscilador a los generadores de baud-rate, lo cual ayuda y a su vez enlaza el contador de reloj al resto del sistema.

Descripción general

Este sistema de reloj está basado en un contador de 16 bits de carrera libre con un pre-escalador programable de cuatro etapas. Una función de sobre flujo del reloj permite por medio de software extender la capacidad de reloj de el sistema más allá de los 16 bits del contador. Tres funciones independientes de captura de entrada para grabar automáticamente el tiempo para cuando una transición seleccionada es detectada en una terminal de entrada respectiva del reloj. Cinco funciones de comparación de salida están incluidas para generar señales de salida o para detectar retrasos de tiempo de software.

Un circuito de interrupción periódica programable llamado interrupción en tiempo real (RTI) se deriva del contador del reloj principal de 16 bits. Por medio de software se

EL MCU MC68HC11

selecciona uno de los cuatro valores para el RTI, el cual es más comúnmente usado para marcar el paso en las ejecuciones de rutinas de software.

La función COP (computer operating properly) está poco relacionada a el reloj principal, porque la entrada de reloj para el COP esta derivada de un conjunto de contadores de carrera libre.

El subsistema de reloj involucra más registros y bits de control que cualquier otro subsistema en el MCU. Cada una de las tres funciones de captura de entrada tiene su propio registro de captura de 16 bits y cada una de las cinco funciones de comparación de salida tiene su propio registro de comparación de 16 bits. Todas las funciones de reloj, incluyendo el sobreflujo para el reloj y el RTI tienen sus controles de interrupción propios y vectores de interrupción por separado. Bits de control adicionales permiten por medio de software el control de los flancos de disparo de cada función de captura de entrada y las acciones automáticas que resultan de las funciones de comparación de salida.

Diagrama general de bloques del reloj.

En la figura 3.1.10 se muestra un diagrama de bloques del reloj principal del sistema. El bloque de control de las terminales del puerto A incluye lógica para funciones de reloj y de funciones de E/S de propósito general. En las terminales PA0, PA1 y PA2, este bloque contiene la lógica de detección de flanco así como también la lógica de control que permite seleccionar al usuario cuales flancos dispararán una captura de entrada. El nivel digital de estas terminales puede ser leído en cualquier momento aun si las terminales están siendo usadas en la función de captura de entrada. Las terminales PA6 - PA3 son usadas como salidas de propósito general o como terminales de comparación de salidas.

Cuando una de estas terminales esta siendo usada para una función de comparación de salida, no se puede escribir en esta directamente como si fuera una salida de propósito general. Cada una de las funciones de comparación de salida (OC5 -- OC2) esta

relacionada con una de las terminales de salida del puerto A. Una terminal de comparación de salida tiene una lógica adicional, que permite controlar las combinaciones de las terminales PA3 -- PA7 y esta última terminal puede ser usada como E/S de propósito general, como entrada al acumulador de pulsos o como salida de comparación OC.

Concepto de captura de entrada.

La función de captura de entrada es un elemento fundamental de la arquitectura del reloj del MCU. Para el MCU, el tiempo físico está representado por la cuenta en el contador de carrera libre de 16 bits. Este contador es el elemento central en el sistema de reloj principal. Las funciones de captura de entrada, usadas para grabar el tiempo en el cual ocurre un evento externo, son realizadas por el almacenamiento de los contenidos del contador de carrera libre cuando un flanco seleccionado es detectado en una terminal de entrada de reloj.

El tiempo para el cual ocurrió el evento es salvado en el registro de captura; por lo tanto, aunque puede tomar un tiempo indeterminado para responder al evento, el software puede informar cuando se llevo a cabo el evento. Por medio de los registros de los tiempos para los flancos sucesivos o señales de entrada, el software puede determinar el período y/o el ancho de pulso de la señal. Para medir su período se requiere, cuando menos, que dos flancos sucesivos de la misma polaridad sean capturados. Para la medición de el ancho de un pulso, se requiere sean capturados dos flancos de polaridad alterna.

Otro importante uso de las funciones de captura de entrada es la de establecer una referencia de tiempo. Para este caso, una función de captura de entrada es usada junto con una función de comparación de entrada para realizar la tarea. Por ejemplo, si el usuario desea activar una señal de salida cierto número de ciclos de reloj después de que se detecto un evento de entrada (un flanco), la función de captura de entrada deberá ser usada para grabar el tiempo al cual ocurrió el flanco. La cantidad en número del retraso

Concepto de comparación de entrada.

La función de comparación de entrada es también un elemento fundamental de la arquitectura del sistema de reloj del MCU; para éste, el tiempo físico es representado por la cuenta de un contador de 16 bits de carrera libre. Este contador es el elemento central en el sistema de reloj principal.

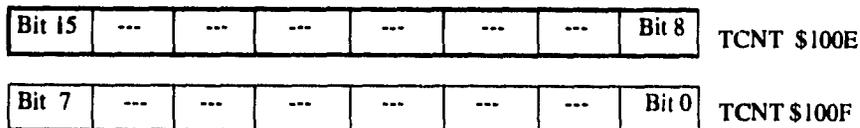
Las funciones de comparación de salida son usadas para programar una acción que ocurre a un tiempo especificado. Para cada una de las funciones de comparación de salida hay un registro de comparación de 16 bits por separado y también un comparador dedicado de 16 bits. El valor del registro de comparación es comparado con el valor del contador de carrera libre en cada ciclo de bus. Cuando el valor del registro de comparación iguala al valor del contador, se genera una salida la cual establece una bandera de estado de comparación de salida e inicializa las acciones automáticas para esa función de comparación de salida. Acciones automáticas opcionales pueden ser iniciadas por una comparación de salida tales como requerimientos de interrupción por hardware y cambios de estado en las terminales de salida asociadas al reloj.

Una de las aplicaciones más sencillas de la función de comparación de salida es la de producir un pulso de duración especificada. Primero un valor correspondiente a el flanco de entrada del pulso es escrito en el registro de comparación de salida. La comparación de salida se configura para establecer automáticamente la correspondiente salida baja o alta dependiendo de la polaridad del pulso a ser producido. Después de que ocurre esta comparación, la comparación de salida es reprogramada para automáticamente regresar la terminal de salida a su estado de nivel inactivo para la próxima comparación. Un valor que corresponde al ancho del pulso se suma al valor original del registro de comparación de salida. Debido a que los cambios de estado de las terminales ocurren automáticamente a valores específicos del contador, el ancho del pulso puede ser controlado con precisión a la resolución del contador.

Contador de carrera libre y el pre-escalador.

Este contador comienza su cuenta a partir de \$0000, después del reset al MCU y continua contando ascendente continuamente. Cuando alcanza la cuenta máxima de \$FFFF, el contador regresa a la cuenta a partir de \$0000, establece una bandera de sobreflujo y continúa su cuenta ascendente. Mientras el MCU trabaje en modo normal, no hay medio alguno para reinicializar, cambiar o interrumpir el conteo del contador. El contador puede ser leído a cualquier tiempo para conocer que tiempo se lleva. Todas las actividades del reloj principal del sistema están referenciadas a este contador; por lo tanto, todas las funciones de reloj están relacionadas unas con otras.

El registro de conteo TCNT del reloj se lee usando una instrucción de lectura de doble byte como Load D (LDD) o Load X (LDX). La mitad baja del contador pasa a través de un buffer hacia el registro TCNT. Cuando la mitad baja del contador es leída usando una instrucción de lectura de un byte, el valor que regresa es sencillamente el valor de los 8 bits de menor orden del contador de reloj principal. Cuando el byte más significativo del registro TCNT es leído, se inhibe el buffer de un byte de menor orden del registro TCNT, esto por un ciclo de bus. A continuación se muestra el registro TCNT.



El pre-escalador.

Un pre-escalador programable permite al usuario seleccionar una de 4 opciones de reloj para manejar el contador del reloj principal de 16 bits. Esta selección permite al usuario un intercambio entre la resolución de reloj y el rango del mismo. Las razones a escoger dan un rango de 500 ns a 8µs en la resolución y 32.77 ms a 524.3 ms entre sobreflujos, (para E de 2 MHz). El rango del cronómetro es importante porque el software requerido

(para E de 2 MHz). El rango del cronómetro es importante porque el software requerido para funciones de tiempo es más complejo si se tienen que considerar los sobreflujos. Cuando los sobreflujos tienen que ser considerados los cálculos tienden a ser mucho más complicados.

Otro factor a considerar en la selección del rango del pre-escalador es el consumo de energía. Debido a que el consumo de energía en un dispositivo CMOS es directamente proporcional a la frecuencia de operación. Así que, al reducir la frecuencia se ahorrará energía. El usuario deberá considerar la resolución requerida y el tamaño del periodo de tiempo necesario.

Cuando se tienen que manejar sobreflujos por software, la cadencia y el tiempo de ejecución de la rutina de servicio del sobreflujo se pueden convertir en un factor para la precisión de las funciones de salida del reloj.

A continuación se muestra y se explica los bits de selección del pre-escalador, PR1 y PR0, los cuales están en el registro enmascarable del reloj (TMSK2)

Bit 15	---	---	---	---	---	---	Bit 8	TMSK \$1024
0	0	0	0	0	0	0	0	RESET

PR1, PR0 -- Selección del pre-escalador del reloj.

Éstos dos bits seleccionan la razón para el reloj principal. La tabla 3.1.7.1, muestra las razones entre el factor del pre-escalamiento y el valor de los bits de control. En los modos normales de operación solamente se puede cambiar la razón del pre-escalador en los primeros 64 ciclos después de un reset, y la elección se mantendrá hasta la siguiente reinicialización.

EL MCU MC68HC11

			Frecuencia del Cristal		
PRI	PRO	Fact. Preescalable	2 ²³ Hz	8 Mhz	4 MHz
			Una cuenta (Resolución)/Sobreflujo (Rango)		
0	0	1	477ns/31.25ms	500ns/32.77ms	1µs/65.44ms
0	1	4	191µs/125ms	2µs/131.1ms	4µs/262.1ms
1	0	8	3.81µs/250ms	4µs/262.1ms	8µs/524.3ms
1	1	16	7.63µs/0.5s	8µs/524.3ms	16µs/1.049s
			2.1 MHz	2 MHz	1 MHz
			Frecuencia del Bus (Reloj E)		

Tabla 3.1.7.1 Relaciones para el pre-escalamiento.

Sobreflujo.

Para el caso en donde periodos de tiempo mayores que el rango del contador tengan que ser medidos o producidos, el sobre flujo del reloj debe ser usado. Esto equivale a medir tiempos más grandes que 60 segundos para el uso de los segundos para un display de un reloj digital. El despliegue de los minutos y las horas pueden ser ideados como contadores por software, lo cual extiende el rango de el contador de segundos. Cada vez que el contador de segundos tiene un sobreflujo, (va de 59 a 0), el contador de minutos es incrementado. Si se desea un periodo menor a 60 segundos, se deberá sumar el número de segundos deseados al inicio del conteo para así obtener el tiempo deseado.

En el MC68HC11, el bit de estado de la bandera de sobreflujo del reloj (TOF) se establece cada vez que el contador tiene un paso de \$FFFF a \$0000. Este bit tiene la opción de generar automáticamente una interrupción de petición cada vez que ocurra un sobreflujo, estableciendo el bit de habilitación de interrupción por sobreflujo (TOI) en el registro de bandera de reloj 2 (TFLG).El software debe reconocer que ha visto la condición de sobreflujo por medio del borrado del indicador de estado TOF. El contador de carrera libre continua su conteo aun y cuando el indicador de estado TOF no haya sido borrado. A continuación se describen los registros y las funciones del bit de estado TOF y

de la habilitación de interrupción TOI. Los bits restantes de estos registros no están asociados con el sobreflujo del reloj.

TOI	RTII	PAOVI	PAII	0	0	PR1	PRO	TMSK2 \$1024
0	0	0	0	0	0	0	0	RESET
	---	---	---	---	---	---	Bit 0	TFLG \$1025
0	0	0	0	0	0	0	0	RESET

TOI, TOF -- Habilitación de interrupción de sobreflujo y bandera de sobreflujo del reloj.

El bit de estado TOF se establece automáticamente cada vez que el contador pasa de \$FFFF a \$0000. Este bit se borra escribiendo un uno en el registro TFLG2 en la posición del bit 7. El bit de control TOI permite al usuario configurar el sobreflujo del reloj para operación poleada o manejada por interrupciones pero no afecta el establecimiento o borrado del bit TOF. Cuando el bit TOI es cero, las interrupciones de sobreflujo de reloj son inhibidas, y el sobreflujo del reloj está trabajando en modo poleado. En este modo, el bit TOF debe ser poleado (leído) por medio del software del usuario para determinar cuando ha ocurrido un sobreflujo. Cuando el bit de control TOI es uno, una petición de interrupción de hardware es generada en el momento en que el bit TOF es establecido. Antes de dejar la rutina de servicio de interrupción, se debe horrar el bit TOF por medio de la escritura a el registro TFLG2.

Derivación del contador.

En modos especiales de operación se cuenta con una función de bypass para simplificar los tiempos de prueba de las funciones del reloj principal. La función es activada mediante la escritura de un uno en un bit de control de bypass (CBYP) en el registro de control

EL MCU MC68HC11

TEST1, que solamente se puede escribir en modos especiales. Cuando el CBYP es uno, el contador del reloj principal es reconfigurado para que el pre-escalador se pase por alto y las mitades alta y baja del contador de 16 bits sea simultáneamente manejada por el reloj PH2.

Ya que esta función es para modos especiales, no interfiere en ninguna aplicación en los modos normales.

Función de interrupción de tiempo real (RTI).

La función RTI puede ser empleada para generar interrupciones de hardware a intervalos de tiempos fijos. Comúnmente se organizan las rutinas que conforman una aplicación en secuencias de llamadas mayores de subrutinas.

La longitud de tiempo necesario para completar todas las rutinas es variable y depende de cuanto tiene que hacer cada rutina, pero el tiempo para el peor de los casos es en el que se ejecutan todas las rutinas debe ser conocido. Después de haber pasado por todas las rutinas, el software entra a un modo de retardo hasta que una señal de tiempo de referencia es detectada. Al detectar la señal, se ejecuta un salto al inicio de la secuencia y se vuelven a llevar a cabo todas las rutinas en secuencia. Sabiendo el tiempo entre señales de tiempo de referencia sucesivas, una rutina puede medir el tiempo real tomado en cuenta el número de veces que es ejecutado y multiplicado por el tiempo entre señales de referencia de tiempo sucesivas. En este caso, el período RTI.

En el MC68HC11, el sistema RTI puede ser empleado para proporcionar esta señal de referencia de tiempo. Para adecuarse a las necesidades para aplicaciones variadas, son posibles 4 diferentes rangos para la señal RTI. Éstos rangos están en función de la frecuencia del oscilador del MCU y de el valor de dos bits de control por software que son: (RTR1 y RTR0). No obstante que la velocidad puede ser cambiada en cualquier momento, típicamente se establece después de inicializar y se conserva.

La fuente de reloj para la función RTI es un reloj de carrera libre que no puede ser detenido o interrumpido. Este reloj causa que los tiempos fuera sucesivos del RTI sea una constante, lo cual es independiente de la cadencia del software asociados con el servicio y borrado de bandera. Así que un período de RTI comienza con el tiempo fuera previo del RTI y no con el que es borrado.

El problema más común con el que se enfrentan los usuarios en el subsistema RTI es que se olvida borrar el RTIF una vez que se ha reconocido. Si la bandera no es borrada por un software específico en el TFLG2, seguirá como "pendiente" la siguiente vez que sea chequeado. Si el sistema se está trabajando en modo interrupción, la interrupción solicitada será atendida inmediatamente después del regreso de la RTI al final de la rutina. Esto provoca que el sistema se quede "atrapado" en un ciclo de servicio de peticiones de interrupción y la única salida es un reset al sistema. Para el caso en que el sistema opere en modo poleado, las rutinas se ejecutan correctamente la primera vez pero las secuencias principales se ejecutan demasiado rápido la segunda ocasión ya que el software "piensa" que el período del RTI ya ha concluido.

A continuación se presentan los registros y una breve explicación de lo anterior.

TOI	RTII	PAOVI	PAII	0	0	PR1	PRO
-----	------	-------	------	---	---	-----	-----

TMSK2 \$1024

TOF	RTIF	PAOVF	PAIF	0	0	0	0
-----	------	-------	------	---	---	---	---

TFLG2 \$1025

RTII, RTIF -- Habilitación de interrupción de tiempo real, bandera de interrupción de tiempo real.

El bit de estado RTIF es automáticamente establecido al final de cada período de RTI. Este bit es borrado por la escritura de un uno en la posición 6 del registro TFLG2. El bit de control RTII permite que el usuario configure el sistema RTI para operar en modo poleado o de interrupción pero no afecta el establecimiento o borrado de RTIF. Cuando el RTII es cero, el sistema RTI está en modo poleado y debe hacer un muestreo con software al RTIF para saber cuando un período del RTI ha transcurrido. Por el contrario. Si el RTI es igual con uno, se genera una petición de interrupción de hardware cada vez que el RTIF es uno. Antes de dejar la rutina de servicio, se debe borrar, vía software, el RTIF con la escritura en el registro TFLG2.

A continuación se explican los bits de selección de la opción del RTI localizados en el registro PACTL o registro de control del acumulador de pulsos.

DDRA7	PAEN	PAMOD	PEDGE	0	0	RTRI	RTRO	TFLG2 \$1026
0	0	0	0	0	0	0	0	RESET

RTRI, RTRO -- Selección de razones de interrupción de tiempo real.

Éstos dos bits determinan la razón a la cual las interrupciones serán solicitadas por el sistema RTI. El RTI es manejado por un reloj E dividido entre 2^{13} compensado para que sea independiente del pre-escalador del reloj. Estos dos bits seleccionan un factor adicional de división. En la tabla 3.1.7.2 se muestran las razones de RTI que resultan de varias combinaciones de frecuencias de cristal y de valores de los bits de control del RTI. El valor del RTI se establece a su máximo al salir del reset y puede ser cambiado en cualquier momento.

El valor del RTI se establece a su máximo al salir del reset y puede ser cambiado en cualquier momento.

RTR1	RTR0	E + 12 ¹³ DIVIDIDO POR	Frecuencia del Cristal		
			2 ²³ Hz	8 Mhz	4 MHz
			Razón nominal del RTI		
0	0	1	3.91ms	4.10ms	8.19ms
0	1	2	7.81ms	8.19ms	16.38ms
1	0	4	15.62ms	16.38ms	32.77ms
1	1	8	31.25ms	32.77ms	65.64ms
			2.1 MHz	2 MHz	1 MHz
			Frecuencia del Bus (Reloj E)		

Tabla 3.1.7.2 Velocidades RTI contra RTR1, RTR0 para varias frecuencias de cristal.

Función de supervisión (COP).

La función de seguridad COP está relacionada superficialmente con el sistema de reloj principal. La cadena de reloj para esta función se deriva de la cadena del reloj principal.

Los estados del contador hasta la derivación de E dividido por 2¹⁵ no tienen entrada de reset, los estados del divisor por encima de este son restablecidos cada vez que se ejecuta la secuencia de borrado del COP. Esta estructura determina la incertidumbre del período del COP porque el software no tiene forma alguna de saber cuando aparecerá el primer flanco de reloj en la derivación de E dividido por 2¹⁵. Esta tolerancia o incertidumbre depende de la frecuencia del bus (E) pero no varía con respecto a la selección de la razón CR1 y CR0.

Los bits que se muestran a continuación (CR1 y CR0) son los de selección de la velocidad de reloj del COP. Los demás no tienen relación con este sistema.

ADPU	CSEL	IRQE	DLY	CME	0	CR1	CR0	OPTION \$1039
0	0	0	0	0	0	0	0	RESET

CR1, CR0 -- Bits para la selección de la velocidad de reloj del COP.

El reloj interno E del MCU es dividido por 2^{15} antes de entrar en el sistema de COP. Los bits de control CR1 y CR0 regulan factores posteriores de escala para el reloj del sistema de supervisión como se muestra en la tabla 3.1.7.3.

La columna derecha de la tabla muestra los períodos del sistema de supervisión resultantes para tres frecuencias típicas de oscilación. En el reset, se configura el período más corto. En operación normal, éstos bits pueden ser escritos una sola vez, en los primeros 64 bits después del reset.

En la tabla 3.1.7.3 se muestran los factores de escala para el sistema de supervisión.

Tips para el borrado de banderas del reloj.

El método más común para borrar el estado de un bit de bandera en el registro de bandera de reloj es cargar un acumulador con una máscara que tenga un uno o unos en los bits a ser cambiados; entonces se escribe este valor en los registros TFLG1 o TFLG2.

La instrucción para borrar un bit puede ser usada también para borrar una bandera en los registros TFLG1 o TFLG2. La máscara la cual será usada con la instrucción de BCLR, deberá tener ceros en las posiciones de los bits correspondientes a las banderas a ser borradas y unos en los bits restantes. Para el borrado de la bandera TOF, se ejecutan BCLR TFLG2 con una máscara %01111111, será suficiente.

RTR1	RTR0	E + 12 ¹³ DIVIDIDO POR	Frecuencia del Cristal		
			2 ²³ Hz	8 Mhz	4 MHz
			Razón nominal del RTI		
0	0	1	3.91ms	4.10ms	8.19ms
0	1	2	7.81ms	8.19ms	16.38ms
1	0	4	15.62ms	16.38ms	32.77ms
1	1	8	31.25ms	32.77ms	65.64ms
			2.1 MHz	2 MHz	1 MHz
			Frecuencia del Bus (Reloj E)		

Tabla 3.1.7.3 Factores de escala para el sistema de supervisión.

No es apropiado usar la instrucción establecer bit (BSET) para el borrado de banderas en los registros de banderas de reloj, ya que esto podría inadvertidamente borrar una o más banderas en el registro.

Existen varias secuencias de instrucciones que pueden ser usadas para el borrado de banderas de reloj. En general, cada secuencia toma diferente número de bytes para el código objeto y un número diferente de ciclos para el tiempo de ejecución. La mejor secuencia depende de varios aspectos, incluyendo el espacio de memoria que el usuario desee que tome esta ejecución. Para algunos casos, la diferencia entre el tamaño del programa y el tiempo de ejecución son importantes. Algunas de las secuencias requieren que los registros en modo de direccionamiento directo se encuentren en el espacio de memoria (\$0000 - \$00FF), y esto no es muy práctico para muchas aplicaciones. A partir de que otras secuencias usan el modo de direccionamiento indexado, su uso eficiente dependerá de si el registro indexado apunta o no al espacio en donde está el registro. La tabla 3.1.7.4 nos muestra siete secuencias de instrucciones diferentes que podrían ser usadas para borrar el bit de estado TOF en el registro TFLG2.

Secuencia de instrucción	Código de operación	Operandos	Modo de direccionamiento	Bytes	Ciclos	Secuencia Total	
1	LDAA	#\$80	(IMM)	2	2	4	5
	STAA	<TFLG2	(DIR)	2	3		
2	BCLR	<TFLG2,\$7F	(DIR)	3	6	3	6
3	LDAA	#\$80	(IMM)	2	2	5	6
	STAA	TFLG2	(EXT)	3	4		
4	LDAA	#\$80	(IMM)	2	2	4	6
	STAA	TFLG2,X	(IND,X)	2	4		
5	BCLR	TFLG2,X \$7F	(IND,X)	3	7	3	7
6	LDAA	#\$80	(IMM)	2	2	5	7
	STAA	TFLG2,Y	(IND,Y)	3	5		
7	BCLR	TFLG2,Y \$7F	(IND,Y)	4	8	4	8

Tabla 3.1.7.4. Instrucciones que pueden ser usadas para borrar el bit de estado TOF en el registro TFLG2.

Función de captura de entrada

Cada función de captura de entrada incluye un registro de retención (latch) de 16 bits, en su lógica de detección de flancos y en la lógica de generación de interrupciones. El latch de 16 bits captura el valor del curso del contador cuando un flanco elegido es detectado en la terminal de entrada de el reloj correspondiente. La lógica de detección de flancos cuenta con bits de control para que con el uso de software, el usuario pueda determinar la polaridad del flanco que será reconocido. Cada una de las tres funciones de captura de entrada pueden ser configuradas independientemente para detectar flancos de subida solamente, únicamente flancos de bajada, o cualquier flanco. La lógica de generación de interrupción incluye una bandera de estado que indica que un flanco ha sido detectado, y un bit de habilitación de interrupción, el cual determina si la función de captura de entrada correspondiente generará una petición de interrupción por hardware. Si la petición de interrupción es inhibida, la captura de entrada está trabajando en modo poleado y el software debe de leer la bandera de estado para reconocer que un flanco fue detectado.

Los flancos de captura de entrada generalmente no tienen sincronía con el contador interno del reloj que tiene relación con el reloj PH2. Estas peticiones de captura asíncrona son entonces sincronizadas con PH2 para que el almacenamiento contra el medio ciclo opuesto de PH2 desde el cual el contador del reloj está siendo incrementado. Este proceso de sincronización introduce un retardo entre cuando el flanco sucede y cuando es almacenado. De cualquier manera, en la mayoría de los casos este retraso debe ser ignorado ya que este retardo es compensado con otros.

El elemento central de cada función de captura de entrada es el latch de captura de entrada, el cual puede ser leído por el software como un par de registros de 8 bits. Los registros TICx no son afectados por el reset y no pueden ser escritos por software. Cuando un flanco ha sido detectado y sincronizado, el valor del contador de 16 bits es transferido al par de registros de captura de entrada como una sola transferencia de 16 bits. La captura de valores el contador del reloj y el incremento del mismo, ocurren en ciclos opuestos del reloj PH2 de manera que el valor de la cuenta esté estable siempre que una captura ocurra. Las funciones de captura de entrada operan independientemente de las otras, y las tres funciones pueden capturar la misma cuenta de 16 bits si los flancos de entrada son todos detectados dentro del mismo ciclo de la cuenta del reloj.

Una lectura de bit de orden superior de un par de registro de captura de entrada inhibe una nueva transferencia de captura por un ciclo del bus. Mientras se utilice una instrucción de doble byte para leer valores de captura de entrada, el usuario está seguro de que los dos bytes corresponden el uno con el otro. Si una nueva captura de entrada ocurre de manera que una transferencia hubiera ocurrido inmediatamente después de la lectura del byte superior, será retrasada por un ciclo más no se perderá.

La acción de captura de una función de entrada ocurre cada vez que un flanco seleccionado en la terminal correspondiente de entrada es detectado. Esto significa que el valor leído del registro de captura de entrada corresponde al más reciente flanco de la terminal, el cual puede no ser el flanco que causó que se estableciera la bandera de captura

EL MCU MC68HC11

La acción de captura de una función de entrada ocurre cada vez que un flanco seleccionado en la terminal correspondiente de entrada es detectado. Esto significa que el valor leído del registro de captura de entrada corresponde al más reciente flanco de la terminal, el cual puede no ser el flanco que causó que se estableciera la bandera de captura de entrada. En algunas aplicaciones puede haber un número de flancos brevemente espaciados. En los casos en que estas capturas extras son indeseables, el software puede controlar los bits de selección de flanco para inhibir capturas subsecuentes hasta que la presente captura haya sido manipulada.

A continuación se presentan los registros TMSK1 y TFLG1 para éstas funciones.

OC1I	OC2I	OC3I	OC4I	OC5I	IC1I	IC2I	IC3I	TMSK1 \$1022
OC1F	OC2F	OC3F	OC4F	OC5F	IC1F	IC2F	IC3F	TFLG1 \$1023

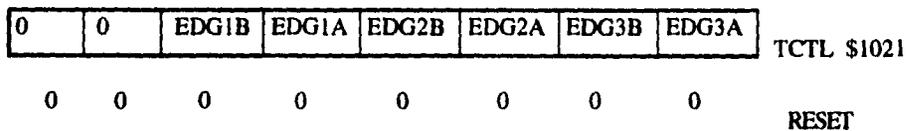
ICxI, ICxF -- Habilitación de interrupción de captura de entrada y de bandera de captura.

El bit de estado ICxF automáticamente es uno cada vez que un flanco seleccionado es detectado en la terminal de captura correspondiente. Este bit de estado es borrado por medio de la escritura del registro TFLG1 con un uno en la posición del bit correspondiente. El bit de control ICxI permite al usuario configurar cada función de captura de entrada para operación poleada o manejada por interrupción pero no afecta al establecimiento o borrado del bit correspondiente ICxF. Cuando ICxI es cero, se inhibe la interrupción de captura de entrada correspondiente, y la captura de entrada es operada en modo de poleo. En este modo, el bit ICxF debe ser leído por el software del usuario para determinar cuando ha sido detectado un flanco. Cuando el bit de control ICxI es uno, una petición de interrupción de hardware es generada cuando el correspondiente bit de ICxF se

establece como uno. Antes de dejar la rutina de servicio de interrupción, se debe limpiar el bit ICxF por medio de la escritura en el registro TFLG1.

Opciones programables.

El usuario puede programar cada función de captura de entrada para detectar una polaridad particular del flanco en la terminal correspondiente de entrada. Un par de bits de control (EDGxA y EDGxB) en el registro 2 de control de número (TCTL2) es usado para seleccionar el o los flancos detectados por cada una de las funciones de captura de entrada.



EDGxB, EDGxA -- Control de flancos de captura de entrada.

Estos pares de bits determinan a que flancos serán sensibles las funciones de captura de entrada. Éstos pares están codificados de acuerdo a la tabla 3.1.7.5.

0	0	Captura deshabilitada.
0	1	Captura en flancos de subida solamente
1	0	Captura en flancos de bajada solamente
1	1	Captura en cualquier flanco

Tabla 3.1.7.5 Sensibilidad en la captura de entrada

Funciones de comparación de salida.

En vez de ser solamente configuradas para llevar a cabo una sola función, las funciones de comparación de salida son configuradas y controladas por registros de control accesibles por software y por bits de manera que ejecuten una amplia variedad de tareas.

Existen 5 funciones de comparación de salida en MC68HC11. Cada comparación de salida tiene un registro de comparación de 16 bits y un comparador dedicado de 16 bits. El comparador lleva a cabo una comparación del valor del reloj de carrera libre contra el registro de comparación de 16 bits durante cada cuenta de reloj; cuando se detecta una concordancia, una bandera de estado es establecida (OCxF), una interrupción es generada opcionalmente y las terminales de salida del reloj son combinadas automáticamente de acuerdo a los bits de control. Ya que cada una de las cinco interrupciones son enmascarables separadamente con un bit local control de habilitación de interrupción y ya que cada uno tiene su propio vector de interrupción no hay necesidad de efectuar alguna lectura de software para determinar la causa de la interrupción.

Cuatro de las funciones de comparación de salida operan de manera muy similar a las de otras familias de microcontroladores, sin embargo, los MCU's de la familia HC11 tienen más canales de comparación de salida y un mayor control sobre las terminales de salida del reloj. La quinta comparación de salida (OC1) puede controlar cualquier combinación de las cinco terminales de salida de reloj aun cuando otra comparación de salida ya esté controlando las terminales.

Para OC5-OC2, un par de bits en el control del registro 1 de control del reloj (TCTL1) controla la acción automática que ocurrirá en la terminal respectiva de salida del reloj cuando una comparación de salida suceda. Los pares de bits de control (Omx, Olx) son codificados para permitir las cuatro siguientes posibilidades:

1. La comparación de salida del reloj no causa cambios en la terminal.

2. Interrumpir la terminal en cada comparación exitosa.
3. Forzar la terminal a cero en cada comparación exitosa.
4. Forzar la terminal a uno en una terminal de salida.

Cada una de las comparaciones de salida es asociada a una terminal del puerto A, y las acciones automáticas de la terminal para cada comparación de salida son controladas independientemente.

Para OC1, las acciones automáticas de la terminal son controladas por los registros OC1 mascarado (OC1M) y el registro de datos OC1 mascarado (OC1D). El registro OC1M determina que terminales del puerto A serán afectadas por OC1. El registro OC1D especifica los datos que serán enviados a las terminales afectadas del puerto A cuando haya una concordancia exitosa de OC1. Si OC1 y otra comparación de salida están controlando la misma terminal, y si las dos tratan de cambiar la terminal simultáneamente, OC1 tendrá la prioridad.

Las terminales de comparación de salida pueden ser usadas como salidas de propósito general sin tener nada que ver con el reloj o como salidas de reloj directamente controladas por el sistema de reloj. Cuando una de las terminales se utiliza para el sistema del reloj no puede ser escrita como salida de propósito general. Si el usuario requiere cambiar el estado de una terminal sin esperar la comparación de salida, puede utilizar la función de "forzar" la comparación de salida. Otra forma de hacerlo, es desenganchando el reloj temporalmente cambiando los bits de control.

El registro de 16 bits de comparación de salida para cada función de comparación de salida puede ser leído o escrito por el software como un par de registros de 8 bits. Los registros TOCx se forzan a \$FFFF durante el reset.

EL MCU MC68HC11

Una escritura al byte de orden superior del par de registros de comparación de salida inhibe la función de comparación de salida por un ciclo de bus. Con esto se asegura que el registro de 16 bits de comparación cuyo byte superior acaba de ser escrito, y el inferior contiene todavía datos del valor anterior, sea leído en forma correcta. Siempre que el usuario utilice una instrucción de doble byte (como STD), para la actualización de registros de salida, este mecanismo de inhibición de un ciclo de bus previene que se efectúen comparaciones no intencionales después de la escritura de la mitad de orden alto pero antes de la mitad de orden bajo.

Mientras que una función de comparación de salida sea configurada para cambiar el estado de una terminal o para generar una interrupción, la acción ocurre cada vez que la cuenta del reloj concuerde con el registro de comparación. Para generar una sola interrupción después de un retraso de tiempo, léase el registro TCNT, súmese el valor correspondiente al retardo deseado, escríbase el valor del registro de comparación de salida y escríbase los controles apropiados para habilitar la interrupción. Cuando ocurra la interrupción, deshabíltese la interrupción para prevenir que se presente otra al tenerse una cuenta igual de reloj.

En los siguientes registros explican las banderas de estado de comparación de salida.

OC1F	OC2F	OC3F	OC4F	OC5F	IC1F	IC2F	IC3F	TFLG1 \$1023
0	0	0	0	0	0	0	0	RESET

OC1I	OC2I	OC3I	OC4I	OC5I	IC1I	IC2I	IC3I	TMSK \$1022
0	0	0	0	0	0	0	0	RESET

El bit de estado OCxF es automáticamente establecido como un uno cada vez que el registro de comparación correspondiente concuerda con el reloj. Este bit de estado es borrado por medio de la escritura de un uno en la posición correspondiente del bit del registro TFLG1. El bit de control OCxI, permite al usuario configurar cada función de

comparación de salida para operación poleada o manejada por interrupción pero no afecta el establecimiento o borrado del bit OCxF correspondiente. Cuando OCxI es cero, la interrupción de comparación de salida es operada en modo poleado. Cuando OCxI es uno, una petición de interrupción de hardware es generada siempre que el bit correspondiente OCxF tenga un uno. Antes de dejar la rutina de servicio de interrupción, el software deberá limpiar el bit OCxF escribiendo en el registro TFLG1.

3.1.8 EL ACUMULADOR DE PULSOS

El acumulador de pulsos que es similar a los relojes en los MCU's de las primeras familias del 6805, es un sistema mucho más sencillo que el reloj principal del sistema, visto anteriormente. Este sistema esta basado en un contador de 8 bits y puede ser configurado para operar como un simple contador de eventos o para acumulación de tiempo. A diferencia del reloj principal el contador acumulador de pulsos de 8 bits puede ser leído o escrito en cualquier momento (en el contador de 16 bits del reloj principal no se puede escribir). Los bits de control le permiten al usuario configurar y controlar el subsistema del acumulador de pulsos. Dos interrupciones enmascarables están asociadas con el sistema , cada una teniendo sus propios controles y vector de interrupción.

La terminal 7 de E/S del puerto A (PA//PAI/OC1) asociada a el acumulador de pulsos puede ser configurada para operar como un reloj o como una señal de puerta para habilitar un reloj E dividido entre 64 que alimenta al contador de 8 bits. Las funciones alternativas de las terminales de entrada del acumulador de pulsos, presentan otras aplicaciones interesantes.

Descripción general.

El acumulador de pulsos es un sistema reloj/contador, que puede ser configurado para operar en cualquiera de dos modos básicos.

EL MCU MC68HC11

En el modo de conteo de eventos, en este modo el contador de 8 bits está amarrado a los flancos activos de entrada de la terminal PAI incrementándose por cada uno. Para el modo de acumulación de tiempo, el contador de 8 bits esta amarrado al reloj E dividido entre 64 y sujeto al estado de la terminal PAI. La figura 3.1.11 muestra un diagrama de bloque simplificado del acumulador de pulsos para cada uno de sus dos modos de operación.

La tabla 3.1.8.1 resume los períodos de tiempo importantes para el acumulador de pulsos (cuando opera en el modo de acumulación de tiempo) para varias velocidades de cristal. Las fórmulas en la parte inferior de la tabla pueden ser usadas para diferentes frecuencias de cristal de las mostradas en la tabla.

E	Frecc. de Cristal	Periodo E	Una cuenta (Resolución)	Sobreflujo (Rango)
2.1 MHz	2 ²³ Hz	477ns	30.52 μs	7.81 ms
2 MHz	8 MHz	500 ns	32 μs	8.19 ms
1 MHz	4 MHz	1 μs	64 μs	16.38 ms
Fórmula:			64(E)	16,384 (E)

Tabla 3.1.8.1 Periodos de tiempo del acumulador de pulsos contra velocidades de cristal.

El reloj E dividido entre 64 es una derivación que se obtiene de el sistema de reloj principal. En general, cualquier señal de entrada para la terminal PAI es asíncrona a este reloj E dividido entre 64, sin embargo la primera cuenta podría ocurrir entre cualquiera de los 64 ciclo de E después de que la terminal PAI este en el nivel elegido.

El usuario puede seleccionar el modo de operación del sistema acumulador de pulsos por software, y determinar que polaridad reconocerá la terminal PAI. Se tienen dos interrupciones separadas asociadas con el acumulador de pulsos: una es generada por la detección de un flanco seleccionado en PAI; la otra es generada cuando el contador de 8 bits tiene un sobreflujo al pasar de \$FF a \$00. Cada una de las dos interrupciones tienen su propia terminal de habilitación y su propio vector de interrupción; así, no se requiere del software para saber cual es la causa de cualquier interrupción del acumulador de pulsos.

Diagrama de bloques del acumulador de pulsos.

La figura 3.1.12 muestra el diagrama de bloques del subsistema acumulador de pulsos. El sistema central de este subsistema es un contador ascendente de 8 bits que puede ser leído ó ser escrito en cualquier momento. El bit de control de habilitación del acumulador de pulsos selecciona la fuente de reloj para este contador. El bit de selección de flanco del acumulador de pulsos (PEDGE) controla la polaridad de las señales en PAI que serán reconocidas por el sistema del acumulador de pulsos. En modo de conteo, el reloj es la salida del detector de flanco de la terminal PAI. En el modo de acumulación de tiempo, es un reloj interno de E dividido por 64 con la activación por medio de la terminal PAI.

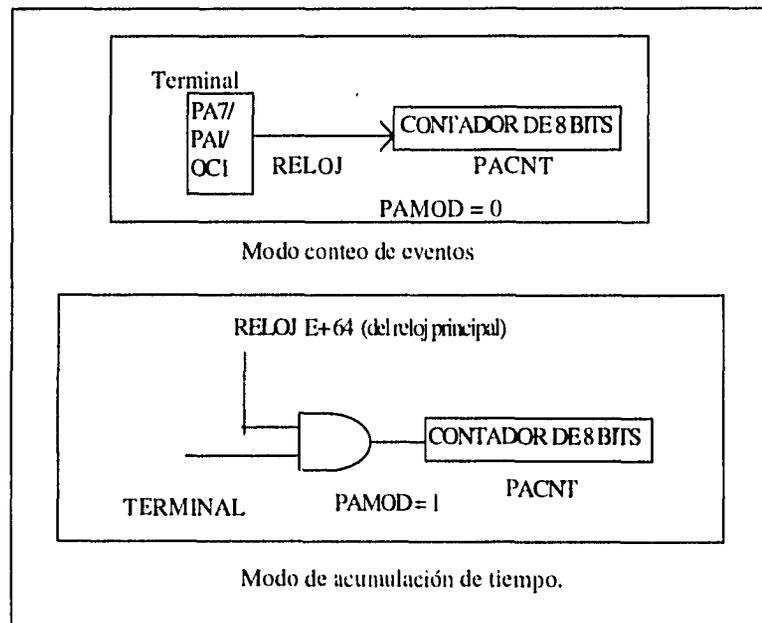


Figura 3.1.11 Modos de operación del acumulador de pulsos.

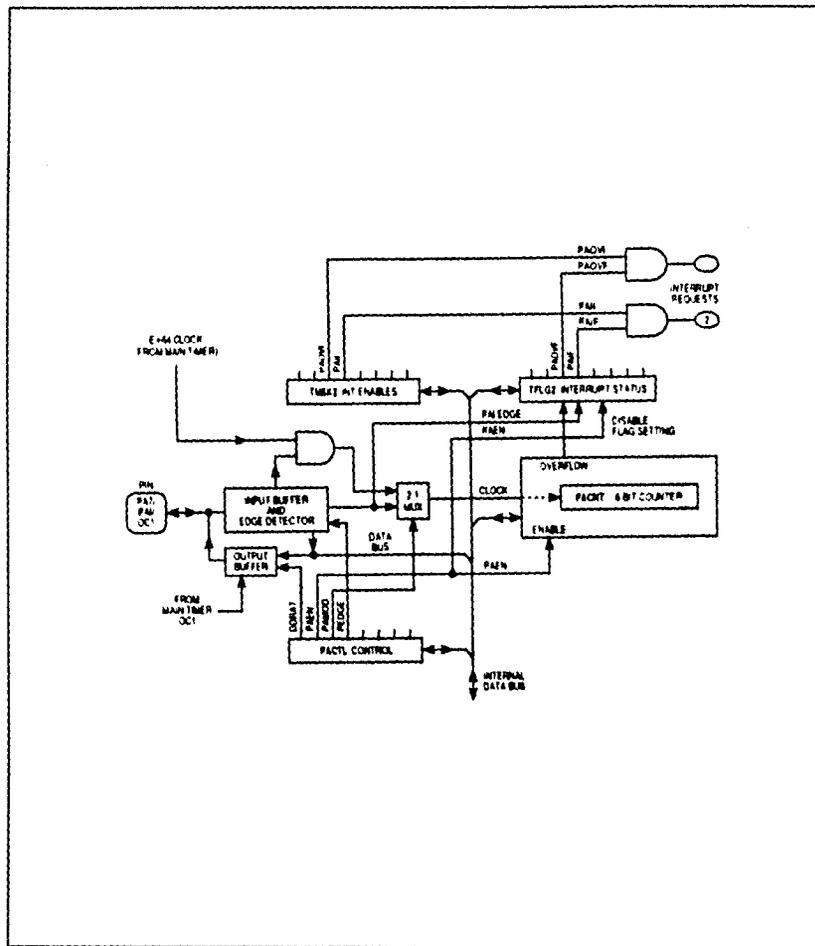


Figura 3.1.12 Diagrama de bloques del subsistema acumulador de pulsos.

El bit de habilitación de interrupción por sobreflujo de el acumulador de pulsos (PAOVI), determina en todo caso si la bandera de interrupción por sobreflujo del acumulador de pulsos generará una petición de interrupción por hardware. El bit de habilitación de interrupción de flanco de entrada del acumulador de pulsos (PAII) determina si los flancos

detectados en la terminal PAI establecerán la bandera de entrada del acumulador de pulsos (PAIF) o no. Además de las habilitaciones de interrupción local PAII y PAOVI, estas interrupciones están sujetas a un enmascaramiento por el bit 1 en el registro de código de condición en la CPU.

El buffer de entrada en la terminal PAI siempre se encuentra conectado desde la terminal hasta el acumulador de pulsos y la lógica de lectura del puerto A, pero, el buffer de salida esta habilitado o deshabilitado por el bit de control de dirección de datos (DDRA7) en el registro de control del acumulador de pulsos (PACTL). Normalmente, cuando se comienza a trabajar con el acumulador de pulsos, la terminal PAI está configurada como una entrada en estado de alta impedancia (DDRA7 = 0); pero es posible por medio de software o por el reloj principal tener el control directo de el acumulador de pulsos al establecer en el registro DDRA7 un uno.

Registros de estado de control del acumulador de pulsos.

A continuación se muestran todos los registros de estado y control que relacionan al acumulador de pulsos.

TOI	RTII	PAOVI	PAII	0	0	PR1	PR0	TMSK2 \$1024
0	0	0	0	0	0	0	0	RESET
TOF	RTIF	PAOVF	PAIF	0	0	0	0	TFLG2 \$1022
0	0	0	0	0	0	0	0	RESET
DDRA	PAEN	PAMO	PEDG	0	0	RTR	RTR0	TFLG2 \$1026
0	0	0	0	0	0	0	0	RESET
Bit 7	---	---	---	---	---	---	Bit 0	PACNT \$1026
---	---	---	---	---	---	---	---	RESET

EL MCU MC68HC11

DDRA7 -- Control de dirección de datos para el puerto A bit 7.

1 = puerto A bit 7 configurado para salida de datos.

0 = puerto A bit 7 configurado para entrada de datos.

Normalmente cuando el acumulador de pulsos está en uso, la terminal PAI estará configurada como entrada. En casos raros, la terminal PA7/PAI/OC1 puede ser configurada como salida para permitir, a OC1 o a una salida de software, el manejo del sistema de acumulador de pulsos. Ya que el buffer de entrada está siempre conectado a la terminal, cualquier función de salida que esté controlando la terminal PA7 también, manejará el acumulador de pulsos.

PAEN -- Habilitación del acumulador de pulsos.

0 = Acumulador de pulsos deshabilitado.

1 = Acumulador de pulsos habilitado.

Cuando el acumulador de pulsos está deshabilitado, el contador de 8 bits deja de contar, y las interrupciones del acumulador de pulsos son inhibidas. Así, las banderas no pueden ser establecidas, permanecerán establecidas las que lo hayan estado en el momento en que el acumulador de pulsos fue deshabilitado.

PAMOD -- Selección de modo del acumulador de pulsos.

0 = Modo de conteo de eventos externos.

1 = Modo de acumulación de tiempo con barrera.

En este modo (PAMOD = 1), el bit PEDGE tiene valor adicional.

Además de especificar la polaridad del flanco que causa que el bit PAIF sea establecido, PEDGE, también controla el nivel de inhibición de la barrera. Las interrupciones de PAIF ocurren en el borde de salida de una señal de habilitación de barrera o puerta; seleccionar

los flancos de bajada entonces, provocan que el reloj de carrera libre E dividido por 64 sea deshabilitado mientras la terminal PAI este baja.

PAOVI, PAOF -- Bandera y habilitación de interrupción de sobreflujo del acumulador de pulsos.

El bit de estado PAOVF es automáticamente establecido como un uno cada vez que el contador del acumulador de pulsos pasa de \$FF a \$00. Este bit de estado es borrado mediante la escritura del registro TFLG2 con un uno en el bit 4. El bit de control PAOVI permite al usuario el configurar el sobreflujo del acumulador de pulsos para operación poleada o manejada por interrupción pero no afecta la lectura o escritura de PAOVF. Cuando PAOVI es cero, las interrupciones de sobreflujo del acumulador de pulsos son inhibidas, y el sistema opera en modo poleado. En este modo, PAOVF debe ser muestreado por software del usuario para determinar cuando ha ocurrido un sobreflujo. Cuando el bit de control PAOVI es uno, una petición de interrupción es generada cada vez que PAOVF se establece como uno.

PAII, PAIF -- Bandera de habilitación de interrupción de flanco de entrada del acumulador de pulsos.

El bit de estado PAIF es automáticamente uno cada vez que un flanco seleccionado es detectado en la terminal PA7/PAI/OC1. Este bit de estado es borrado por la escritura de un uno en la posición del bit 5 del registro TFLG2. El bit de control PAII faculta al usuario a configurar la detección de flanco de entrada del acumulador de pulsos para operar en forma poleada o manejado por interrupciones. Cuando PAII es cero, las interrupciones de entrada al acumulador de pulsos son inhibidos, y el sistema trabaja en modo poleado. En este modo el bit PAIF debe ser muestreado para determinar si ha ocurrido un flanco. Cuando el bit de control PAII es uno, una petición de interrupción por hardware es generada cada vez que PAIF es uno.

3.2 CONFIGURACIÓN Y MODOS DE OPERACIÓN.

En esta sección se tratan los mecanismos que permiten al MC68HC11 conformar una amplia variedad de aplicaciones. Estos mecanismos incluyen circuitería de modo de selección, un registro de configuración no-volatil basado en memoria del tipo EEPROM y un bit de registro de control protegido. La mayoría de los bits de control del MCU son accedidos vía software en cualquier tiempo. Muy pocas funciones del MCU son influenciadas por el modo de operación. Por ejemplo, todas las funciones de los temporizadores, del convertidor analógico digital y las funciones de entrada/salida (I/O) serial trabajan de la misma manera en los modos de operación expandido como en el modo simple.

3.2.1 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA.

Existen solo dos modos fundamentales de operación para el MCU. El de modo simple o el de modo expandido. Cada modo tiene una variación normal y una variación especial. Estos cuatro variaciones de modo se seleccionan por los niveles de voltaje aplicados a las patas de modo A (MODA) y de modo B (MODB) durante el restablecimiento del MCU. La variación especial del modo simple es llamado modo especial de arranque; la variación especial del modo expandido es llamado modo especial de prueba. El modo especial de arranque permite que programas sean descargados a través de la interfase de comunicaciones serial interna (SCI) dentro de la memoria RAM para que sean ejecutados. El modo de operación de arranque es un modo especial de usuario, no un modo de prueba de fabrica. El modo especial de prueba, el cual es propuesto originalmente para pruebas de fabrica, pocas ocasiones es empleado por el usuario, excepto para emulación, desarrollo u otras circunstancias especiales. En los modos especiales de operación del MCU, algunas funciones especiales de prueba se vuelven mas accesibles.

Configuración por hardware.

El mecanismo de selección de modo por hardware comienza con los niveles lógicos aplicados a las patas correspondientes a MODA y MODB cuando el MCU esta en el modo de restablecimiento. Los niveles capturados determinan el estado lógico de los bits de control del modo especial (SMOD) y de selección del modo A (MDA) en el registro de interrupción de la mas alta prioridad. Ciertamente estos dos bits controlan los circuitos lógicos involucrados en la selección de modo por hardware. La tabla 3.2 presenta un resumen de la operación de las patas de modo y los bits de control de modo.

Entradas		Descripción del modo	Bits de control en HPRIO			
MODB	MODA		RBOOT	SMOD	MDA	IRV
1	0	Modo normal simple	0	0	0	0
1	1	Modo normal expandido	0	0	1	0
0	0	Modo especial arranque	1	1	0	1
0	1	Modo especial de prueba	0	1	1	1

Tabla 3.2 Configuración de los modos de operación del MC68HC11.

Registro CONFIG basado en EEPROM.

El registro de configuración (CONFIG) no volátil, permite una flexibilidad adicional en el MCU, que de otra manera podría proporcionarse por una estructura mas compleja de selección de modo por hardware. Las funciones controladas por este registro son características que deben ser conocidas inherentemente por el sistema del MCU. Los bits de control accedados por software ordinariamente no podrían regular de una manera estos controles.

La programación y borrado de este registro de configuración emplea la misma lógica empleada para la programación y borrado de la matriz de memoria interna EEPROM. Durante cualquier restablecimiento del sistema el contenido del byte de EEPROM son

EL MCU MC68HC11

transferidos al registro estático en funcionamiento sobre el bus de datos. Debido a este mecanismo, los cambios de la localidad del CONFIG de EEPROM no son visibles y no altera la operación del MCU mientras pasa el subsecuente restablecimiento.

El registro CONFIG es un registro de control poco común usado para habilitar o deshabilitar la memorias internas ROM, EEPROM, el sistema de vigilancia de operación adecuada y, opcionalmente, la característica de seguridad de la EEPROM en el MCU. A diferencia de cualquier otro registro, el CONFIG mantiene su información aun cuando el MCU se encuentra sin alimentación de energía.

Bits del registro de control protegidos.

En el MC68HC11, algunos registros y bits de control están protegidos contra escritura excepto bajo circunstancias especiales. El mecanismo de protección incluye la habilidad de escribir estos bits solo dentro de los primeros 64 ciclos de bus, después de cada restablecimiento y/o la habilidad de escribirlos solamente una vez después de cada restablecimiento. Estos bits controlan la configuración básica de el MCU en donde una escritura accidental podría causar serios problemas de sistema.

3.2.2 LOS MODOS DE OPERACIÓN.

Al principio de esta sección se menciona de los dos modos de operación que posee el microcontrolador y sus dos variantes. A continuación se dará una explicación mas detallada.

Modos de operación normal del MCU.

El vector de restablecimiento es buscado desde la dirección \$FFFE,FFFF y la ejecución del programa comienza desde la dirección indicada por este vector. En el modo normal simple la memoria interna programable de 8 Kbytes es habilitada en este espacio de

memoria de modo que el vector de restablecimiento es buscado desde esta memoria ROM interna. En modo normal expandido la memoria ROM interna puede o no estar habilitada, dependiendo del bit ROMON en el registro CONFIG. Si la memoria interna esta activa, el vector se busca desde dentro de esta ROM, de lo contrario desde una memoria externa con dirección \$FFFE, FFFE.

Modo normal simple.

Debido a que este modo simple no requiere ninguna función externa de dirección o de bus de datos, el puerto B, el puerto C, la señal A (STRA) y la señal B (STRB) pueden ser empleados como entradas/salidas (I/O) paralelo de propósito general. En este modo, todo el software necesario para controlar al MCU esta contenido en las memorias internas. El bit de control ROMON en el registro CONFIG deberá ser sobre manejado para forzar a la memoria ROM de 8 Kbytes a activarse.

Modo normal expandido.

Este modo de operación permite que, memorias externas y dispositivos periféricos, sean accedados por un bus de datos/direcciones multiplexados. Por la multiplexación de los 8 bits de dirección de menor orden así como datos en las patas del puerto C, solamente 18 patas son necesarias para proporcionar un bus de datos de 8 bits, un bus de direcciones de 16 bits y dos líneas de control de bus, a través de los puertos C

Modos de operación especial del MCU.

En las variaciones de modo especial, los vectores de restablecimiento e interrupción están localizados en \$BFC0 - \$BFFF, y el software tiene acceso a las características especiales de prueba. Una de estas características especiales de prueba (La deshabilitación del bit de control de restablecimiento (DISR) en el registro de control TEST1) deshabilita temporalmente el COP y funciones de restablecimiento de reloj del monitor. Todas las

EL MCU MC68HC11

funciones especiales y privilegios están disponibles tanto en el modo especial de prueba y modo de arranque.

Modo especial de prueba.

Este modo de operación fue originalmente propuesto para las pruebas internas de producción de Motorola; sin embargo existen pocos casos en donde el usuario puede utilizar este modo de operación. Estos casos especiales incluyen la programación del registro CONFIG, la programación de calibración de datos dentro de la EEPROM y desarrollo de situaciones como emulación. Debido a que este modo de operación permite sobre escribir en los bits de control, es posible el anular el restablecimiento para verificar el contenido del registro de CONFIG para luego regresar al modo normal y habilitar de nueva cuenta las protecciones.

Modo especial de arranque (bootstrap).

Cuando el MCU es puesto en modo especial de arranque, una pequeña memoria ROM interna es habilitada en las direcciones \$BF40 - \$BFFF. El vector de restablecimiento es buscado en esta ROM de arranque, y el MCU procede a ejecutar el inicio de programa desde esta ROM. El programa en esta ROM inicializa el sistema de la SCI interna, verifica la opción de seguridad y acepta un programa de 256 bytes a través del SCI y luego se salta a la carga del sistema en la dirección \$0000 en la memoria interna RAM.

3.3 MODELO DE PROGRAMACIÓN E INSTRUCCIONES.

Además de ejecutar todas las instrucciones de los microprocesadores M6800 y M6801, el conjunto de instrucciones del microcontrolador incluye 91 nuevos códigos de operación. La nomenclatura MC68xx es usada en conjunción con una arquitectura específica de UCP y un conjunto de instrucciones que se opone a la nomenclatura del MC68HC11xx, la cual es una referencia de un miembro específico de la familia de microcontroladores MC68HC11. La figura 3.3.1 muestra los siete registros de UCP disponibles al programador. Los dos acumuladores de 8 bits (A y B) pueden ser usados por algunas instrucciones como un solo acumulador de 16 bits llamado registro D, el cual permite ejecutar un grupo de instrucciones de 16 bits aun cuando el microcontrolador es de 8 bits.

El grupo mas grande de instrucciones adicionales involucran al nuevo registro de índice Y. También fueron sumadas 12 instrucciones de manipulación de bit que pueden operar cualquier localidad de memoria o registro. A continuación se listan en orden alfabético las instrucciones del MC68HC11, con su mnemónico de tipo largo para fácil referencia.

3.3.1 MODOS DE DIRECCIONAMIENTO.

La CPU cuenta con seis modos de direccionamiento para el acceso a la memoria. Estos modos son los siguientes: de acceso inmediato, acceso indirecto, extendido, indexado, inherente y relativo.

- **Direccionamiento Inmediato (IMM).** El dato actual esta contenido en el byte inmediatamente después de la instrucción. Este tipo de operación requiere de dos a cuatro bytes. La dirección efectiva de la instrucción esta especificada por el carácter #- y los puntos implícitos del byte siguiente al código de operación. Con el siguiente ejemplo se muestra el movimiento de la operación:

LDAA#\$AA

EL MCU MC68HC11

Entonces tendremos en el acumulador A el siguiente movimiento:

Antes :

0000	0000
------	------

Después :

1010	1010
------	------

Esto nos indica que en el acumulador A, se tendrá el número hexadecimal AA pero convertido en su correspondiente valor binario. Donde el carácter # se emplea para indicar que es un direccionamiento inmediato.

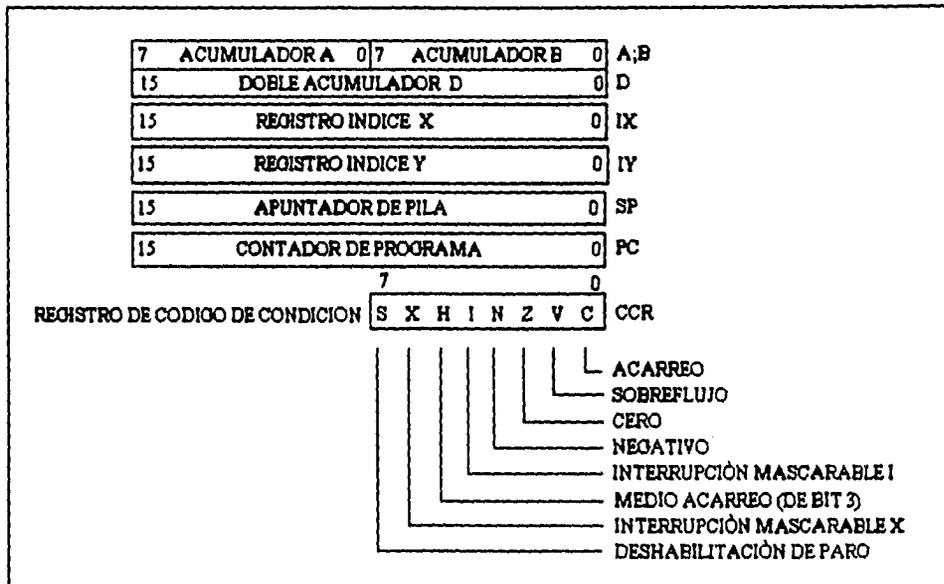
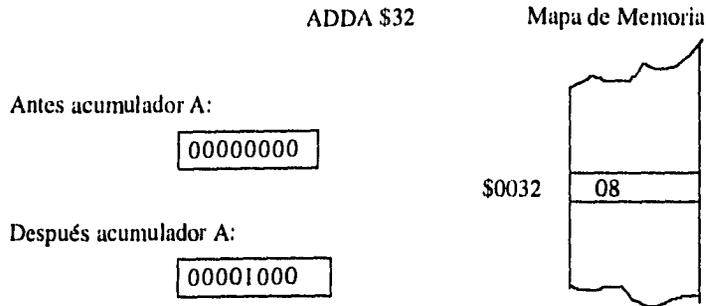


Figura 3.3.1 Modelo de programación del MC68HC11.

• **Direccionamiento Directo (DIR).**

En el modo de direccionamiento directo, el byte menos significativo de la dirección efectiva de la instrucción aparece en byte siguiente al código de operación. El byte más significativo de la instrucción se asume que es \$00 y no se incluye en la instrucción.

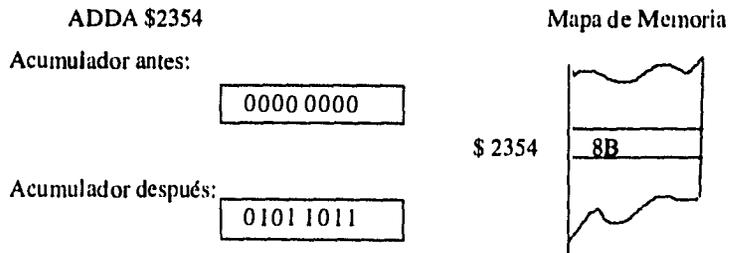
Este hecho limita para operandos el uso del direccionamiento directo sólo al área de memoria de \$0000 a \$00FF. Para este direccionamiento tenemos el siguiente ejemplo:



Esto nos dice que el valor que se encuentra en la dirección \$0032, le será sumado al acumulador A.

• **Direccionamiento Extendido (EXT).**

En el modo de direccionamiento extendido, la dirección efectiva de la instrucción aparece explícita en los dos bytes siguientes al código de operación. Sin embargo la mayoría de las instrucciones usadas para este tipo de direccionamiento emplean tres bytes: uno para el código de operación y dos para la dirección. Como ejemplo tenemos lo siguiente, con el acumulador A = 0:



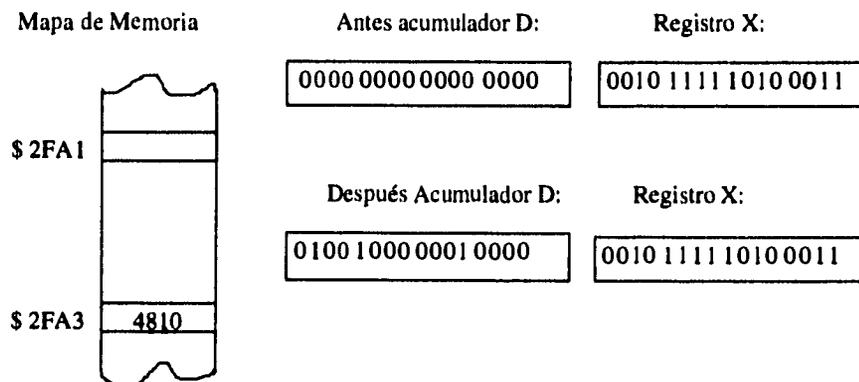
Para este caso, el dato que se encuentra en la localidad \$2354 será sumado al valor que tenga el acumulador A.

EL MCU MC68HC11

- **Direccionamiento Indexado (INDX, INDY).**

En el modo de direccionamiento indexado, los registros X o Y, son usados para calcular la dirección efectiva. Para este caso la dirección efectiva es variable y depende del contenido actual de los registros X o Y a los que se les suma un desplazamiento de 8 bits, el cual está contenido en la instrucción. Así que tenemos el siguiente ejemplo: con el acumulador D igual con cero, le será sumado un dato el cual está ubicado en la localidad del registro X y el resultado de la suma del desplazamiento, para este caso \$02.

ADDD 4, X



- **Direccionamiento Relativo (REL).**

El direccionamiento relativo es un modo de direccionamiento especializado que se aplica a las instrucciones de salto llamados saltos relativos. Este tipo de direccionamiento genera dos bytes de código de máquina: uno para el código de operación y el otro es un número en complemento a dos el cual representa un desplazamiento desde alguna dirección. El rango de este desplazamiento está comprendido de -128 a + 127 bytes. A continuación se ejemplifica este tipo de instrucción:

BEQ \$03

CÓDIGO DE MÁQUINA	OPERACIÓN	OPERANDO	Mapa de Memoria
E3 00	ADDD	0,X	
E3 04	ADDD	4,X	
E3 07	BEQ	\$3	
E3 0A	ABA		

Para este ejemplo, si el resultado de la operación anterior es cero, dará un salto tres localidades de memoria adelante y continuará con la siguiente instrucción de esa localidad.

• **Direccionamiento Inherente (INH).**

En este modo de direccionamiento, todo lo que se necesita para ejecutarse la instrucción es conocido por el CPU. Los operandos (si existen) son registros del CPU y no necesitan ser traídos de la memoria, ejemplo: **ABA**

Acumulador A antes:	0000 0000
Acumulador B antes:	1101 1000
Acumulador A después:	1101 1000

Tenemos que la operación que se efectuó fue la suma entre los acumuladores A y B y el resultado se almacena en el acumulador A.

3.3.2 EL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES.

En esta sección se explicaran las capacidades y organización del conjunto de instrucciones del MCU, para lo cual se dividirán en grupos funcionales de instrucciones. Por esto, algunas instrucciones podrán aparecer en mas de un grupo funcional. Para poder expandir el numero de instrucciones usadas en el MC68HC11, se ha adicionado un mecanismo de pre-byte. las instrucciones que no requieren del pre-byte están en la pagina 1 del mapa de

códigos de operación. Las instrucciones que lo requieren se hayan en las paginas 2, 3 y 4. Un código de pre-byte se aplica solo al código de operación inmediato el. Esto es, se asume que todas las instrucciones son de un solo byte, a menos que el primer byte de la instrucción pertenezca a uno de los tres códigos de pre-byte, que son \$18 para la pagina 2, \$1a para la pagina 3 y \$CD para la pagina 4.

Instrucciones de acumulador y memoria.

La mayoría de estas instrucciones usan dos operandos, uno de ellos es un acumulador o registro de índice y el segundo comúnmente se obtiene de la memoria por un modo de direccionamiento. Estas instrucciones de memoria acumulador se pueden dividir en seis subgrupos. 1) cargas, almacenamientos y transferencias; 2) operaciones aritméticas; 3) multiplicación y división; 4) operaciones lógicas; 5) prueba de datos y manipulación de bit y 6) rotaciones y corrimientos.

- **Cargas, Almacenamientos y transferencias.** Todas las actividades del MCU involucran al menos una transferencia desde la memoria o dispositivos periféricos a la UCP ó viceversa. Las instrucciones de carga, almacenamiento ó transferencia se resumen en la tabla 3.3.1 indicando también sus posibles modos de direccionamiento.
- **Operaciones aritméticas.** Este grupo de instrucciones puede ejecutar operaciones aritméticas sobre una variedad de operandos. Puede realizar operaciones directas de 8 ó 16 bits y fácilmente puede extenderse para operandos multi palabra. También ejecutar directamente operaciones de complemento a dos, así como binarias. Las instrucciones de comparación realizan una substracción dentro de la UCP para actualizar los bits de código de condición sin alterar ningún operando. La tabla 3.3.2 presenta este tipo de instrucciones.
- **Multiplicación y división.** Una operación de multiplicación y dos de división son proporcionadas. Una multiplicación de 8 bits por 8 bits da un resultado de 16 bits. La

división integral de 16 bits por 16 bits da un resultado de 16 bits y un residuo de otros 16 bits. La división de fracciones (FDIV) divide un numerador de 16 bits entre un largo denominador de 16 bits, produciendo un resultado de 16 bits (una fracción binaria entre 0 y 0.99998). La tabla 3.3.3 se presentan estos operandos.

Función	Mnemónico	IMM	DIR	EXT	INDX	INDY	INH
Borra el byte de memoria	CLR			X	X	X	
Borra acumulador A	CLRA						X
Borra acumulador B	CLRB						X
Carga acumulador A	LDDA	X	X	X	X	X	
Carga acumulador B	LDAB	X	X	X	X	X	
Carga doble acumulador D	LDD	X	X	X	X	X	
Jala A de la pila	PULA						X
Jala B de la pila	PULB						X
Pone A en la pila	PSHA						X
Pone B en la pila	PSHB						X
Almacena acumulador A	STAA	X	X	X	X	X	
Almacena acumulador B	STAB	X	X	X	X	X	
Almacena doble acumulador D	STD	X	X	X	X	X	
Transfiere A hacia B	TAB						X
Transfiere A hacia CCR	TAP						X
Transfiere B hacia A	TBA						X
Transfiere CCR hacia A	TPA						X
Intercambia D con X	XGDX						X
Intercambia D con Y	EGDY						X

Tabla 3.3.1 Instrucciones de carga, almacenamiento y transferencia.

Función	Mnemónico	IMM	DIR	EXT	INDX	INDY	INH
Suma acumuladores	ABA						X
Suma acumulador B a X	ABX						X
Suma acumulador B a Y	ABY						X
Suma c/acarreo a A	ADCA	X	X	X	X	X	
Suma c/acarreo a B	ADCB	X	X	X	X	X	
Suma memoria a A	ADDA	X	X	X	X	X	
Suma memoria a B	ADDB	X	X	X	X	X	
Suma memoria D (16 Bits)	ADDD	X	X	X	X	X	
Compara A con B	CBA						X
Compara A con memoria	CMPA	X	X	X	X	X	
Compara B con memoria	CMPB	X	X	X	X	X	
Compara D con mem(16 Bits)	CPD	X	X	X	X	X	
Ajuste decimal de A (BCD)	DAA						X
Decrementa el byte de memoria	DEC			X	X	X	
Decrementa el acum. A	DECA						X
Decrementa el acum. B	DECB						X
Incrementa byte de mem.	INC			X	X	X	
Incrementa el acum. A	INCA						X
Incrementa el acum. B	INCB						X
Complementa a 2 byte de mem.	NEG			X	X	X	
Complementa a 2 acumulador A	NEGA						X
Complementa a 2 acumulador B	NEGB						X
Sustraer c/acarreo de A	SBCA	X	X	X	X	X	
Sustraer c/acarreo de B	SBCB	X	X	X	X	X	
Sustraer memoria de A	SUBA	X	X	X	X	X	

Tabla 3.3.2 Instrucciones de operaciones aritméticas.

Función	Mnemónico	IMM	DIR	EXT	INDX	INDY	INH
Sustraer memoria de B	SUBB	X	X	X	X	X	
Sustraer memoria de D (16 bits)	SUBD	X	X	X	X	X	
Prueba para cero o menor	TST			X	X	X	
Prueba para cero o menor de A	TSTA						X
Prueba para cero o menor de B	TSTB						X

Tabla 3.3.2 Instrucciones de operaciones aritméticas (continuación).

Función	Mnemónico	INH
Multiplica ($A \times B \rightarrow D$)	MUL	X
División factorial ($D / X \rightarrow X; r \rightarrow D$)	FDIV	X
División integral ($D / X \rightarrow X; r \rightarrow D$)	IDIV	X

Tabla 3.3.3 Instrucciones de multiplicación y división.

- **Operaciones lógicas.** Este grupo de instrucciones se emplea para realizar las operaciones de lógica booleana AND, OR, OR exclusiva y complemento a uno. El resumen de este conjunto de instrucciones se presenta en la tabla 3.3.4.
- **Prueba de datos y manipulación de bit.** Estas instrucciones se utilizan para trabajar con operandos tan pequeños como un bit, pero también pueden operar sobre cualquier localidad de 8 bits en el espacio de memoria de 64 k bytes. La instrucción de prueba de bit (BITA o BITB) ejecuta instrucciones de AND dentro de la UCP para actualizar los bits del registro de código de condición sin alterar ningún operando. La tabla 3.3.5 presenta este conjunto de instrucciones.
- **Corrimientos y rotaciones.** Todas las funciones de corrimiento y rotación en el MCU involucran el bit de acarreo en el registro CCR además de un operando de 8 ó 16 bits en la instrucción, el cual permite extenderse fácilmente a operaciones multi palabra. La instrucción de corrimiento derecho (ASR) mantiene el valor original del

bit mas significativo del operando, con lo cual se facilita la manipulación de números en complemento a dos. Esta instrucciones se presentan en la tabla 3.3.6.

Función	Mnemónico	INM	DIR	EXT	INDX	INDY	INH
AND A con memoria	ANDA	X	X	X	X	X	
AND B con memoria	ANDB	X	X	X	X	X	
Prueba Bit(s) A con memoria	BITA	X	X	X	X	X	
Prueba Bit(s) B con memoria	BITB	X	X	X	X	X	
Complementa a uno Byte de memoria	COM	X	X	X	X	X	
Complementa a uno A	COMA						X
Complementa a uno B	COMB						X
XOR A con memoria	EORA	X	X	X	X	X	
XOR B con memoria	EORB	X	X	X	X	X	
OR A con memoria	ORAA	X	X	X	X	X	
OR B con memoria	ORAB	X	X	X	X	X	

Tabla 3.3.4 Instrucciones de operaciones lógicas.

Función	Mnemónico	IMM	DIR	EXT	INDX	INDY	INH
Prueba Bit(s) A con memoria	BITA	X	X	X	X	X	X
Prueba Bit(s) B con memoria	BITB	X	X	X	X	X	X
Borra Bit(s) en memoria	BCLR		X			X	X
Pone Bit(s) en memoria	BSET		X			X	X
Salto si borran Bit(s)	BRCLR		X			X	X
Salto si ponen Bit(s)	BRSET		X			X	X

Tabla 3.3.5 Instrucciones de prueba de dato y manipulación de bit.

- **Instrucciones de Pila y Registro Índice.** El apuntador de pila siempre apunta a la siguiente localidad libre en la pila, a reserva de casos exclusivos. La razón común para transferir un valor desde el apuntador de pila al de un registro índice es el de permitir

al direccionamiento indexado acceder la información que fue formalmente empujada sobre la pila. En estos casos, la dirección apuntada por el apuntador de pila no es en sí un valor, por que nada ha sido almacenado en esa localidad. Esto explica por que el valor en el apuntador de pila se incrementa durante la transferencia hacia un registro índice. La Tabla 3.3.7 resume todas las instrucciones de pila y de registro de índice.

Función	Mnemónico	INM	DIR	EXT	INDX	INDY	INH
Corrimiento arit. izq mem.	ASL			X	X	X	
Corrimiento aritmético izq A	ASLA						X
Corrimiento aritmético izq B	ASLB						X
Corrimiento aritmético izq D	ASLD						X
Corrimiento arit. der mem.	ASR			X	X	X	
Corrimiento aritmético der A	ASRA						X
Corrimiento aritmético der B	ASRB						X
Corrimiento lógico izq mem.	(LSL)			X	X	X	
Corrimiento lógico izq A	(LSLA)						X
Corrimiento lógico izq B	(LSLB)						X
Corrimiento lógico izq D	(LSLD)						X
Corrimiento lógico der mem.	LSR			X	X	X	
Corrimiento lógico der A	LSRA						X
Corrimiento lógico der B	LSRB						X
Corrimiento lógico der D	LSRD						X
Rotación izq memoria	ROL			X	X	X	
Rotación izq A	ROLA						X
Rotación izq B	ROLB						X
Rotación der memoria	ROR			X	X	X	
Rotación der A	RORA						X
Rotación der B	RORB						X

Tabla 3.3.6 Corrimientos y rotaciones.

Función	Mnemónico	INM	DIR	EXT	INDX	INDY	INH
Suma acumulador B a X	ABX						X
Suma acumulador B a Y	ABY						X
Compara X con mem. (16 Bits)	CPX	X	X	X	X	X	
Compara Y con mem.a (16 Bits)	CPY	X	X	X	X	X	
Decrementa el apuntador de pila	DES						X
Decrementa el registro índice X	DEX						X
Decrementa el registro índice Y	DEY						X
Incrementa el apuntador de pila	INS						X
Incrementa el registro índice X	INX						X
Incrementa el registro índice Y	INY						X
Carga el registro índice X	LDX	X	X	X	X	X	
Carga el registro índice Y	LDY	X	X	X	X	X	
Carga el apuntador de pila	LDS	X	X	X	X	X	
Jala X de la pila	PULX						X
Jala Y de la pila	PULY						X
Pon X en la pila	PSHX						X
Pon Y en la pila	PSHY						X
Almacena el registro índice X	STX	X	X	X	X	X	
Almacena el registro índice Y	STY	X	X	X	X	X	
Almacena el apuntador de pila	STS	X	X	X	X	X	
Transfiere apuntador de pila a X	TSX						X
Transfiere apuntador de pila a Y	TSY						X
Transfiere X al apuntador de pila	TXS						X
Transfiere Y al apuntador de pila	TYS						X
Intercambia D con X	XGDX						X
Intercambia D con Y	XGDY						X

Tabla 3.3.7 Instrucciones de pila y del registro de índice.

Instrucciones de Registro de Código de Condición.

Estas instrucciones permiten manipular los bits en el registro CCR. Inicialmente parecería que son instrucciones de puesta y borrado para cada uno de los 8 bits del CCR; sin embargo, estas instrucciones solo se presentan para tres de los ocho bits (C, I y V). La tabla 3.3.8 resume estas instrucciones.

Instrucciones de Control de Programa.

Este grupo de instrucciones, el cual se utiliza mas para controlar el flujo del programa que para datos manipulados, se ha dividido en cinco grupos: 1) saltos relativos, 2) saltos absolutos, 3) llamada de subrutina y retornos, 4) interrupciones y 5) varios.

- **Salto relativo.** Estas instrucciones permiten a la UCP el tomar decisiones basadas en los bits del registro de condición. El limitado rango de saltos (localidades de -128 / +127) son mas que suficientes. Todos los bloques de decisión en un diagrama de flujo deberán de corresponder a la instrucción condicional de salto relativo que se resumen en la tabla 3.3.9.

Función	Mnemónico	INH
Borra bit de acarreo	CLC	X
Borra bit de interrupción mascarable	CLI	X
Borra bit de sobreflujo	CLV	X
Pone bit de acarreo	SEC	X
Pone bit de interrupción mascarable	SEI	X
Pone bit de sobreflujo	SEV	X
Transfiere A a CCR	TAP	X
Transfiere CCR a A	TPA	X

Tabla 3.3.8 Instrucciones del registro de código de condición.

- **Instrucciones de Salto Absoluto.** La instrucción de salto absoluto permite pasar el control a cualquier dirección de los 64 k bytes del mapa de memoria. Ver tabla 3.3.10.

EL MCU MC68HC11

Función	Mnemónico	REL	DIR	INDX	INDY	Comentarios
Salto si borra acarreo	BCC	X				C = 0 ?
Salto si pone acarreo	BCS	X				C = 1 ?
Salto si es igual a cero	BEQ	X				Z = 1 ?
Salto si igual o mayor que	BGE	X				≥ Signado
Salto si mayor que	BGT	X				> Signado
Salto si mayor	BHI	X				> Sin signo
Salto si mayor o igual (como BCC)	BHS	X				≥ Sin signo
Salto si igual o menor que	BLE	X				≤ Signado
Salto si menor (como BCS)	BLO	X				< Sin signo
Salto si menor o similar	BLS	X				≤ Sin signo
Salto si menor que	BLT	X				< Signado
Salto si menos	BMI	X				N = 1 ?
Salto si diferente	BNE	X				Z = 0 ?
Salto si mas	BPL	X				N = 0 ?
Salto si borran bits en Byte de memoria	BRCLR		X	X	X	Manipulación de bit
Salto nunca	BRN	X				NOP 3 ciclos
Salto si ponen bits en Byte de memoria	BRSET		X	X	X	Manipulación de bit
Salto si borran sobreflujo	BVC	X				V = 0 ?
Salto si ponen sobreflujo	BVS	X				V = 1 ?

Tabla 3.3.9 Instrucciones de salto relativo.

Función	Mnemónico	DIR	EXT	INDX	INDY	INH
Salto	JMP	X	X	X	X	

Tabla 3.3.10 Instrucciones de salto absoluto.

- **Instrucciones de Subrutina y de Retornos.** Estas instrucciones permiten una fácil manera de dividir las tareas de programación en bloques mas manejables llamados

subrutinas. La UCP automatiza el proceso de recordar la dirección del programa principal dónde el procesador debe regresar al terminar la subrutina. En la siguiente tabla se dan estas instrucciones.

Función	Mnemónico	REL	DIR	EXT	INDX	INDY	INH
Salto a subrutina	BSR	X					
Salto absoluto a subrutina	JSR		X	X	X	X	
Regreso de subrutina	RTS						X

Tabla 3.3.11 Instrucciones de subrutina y retornos.

- **Instrucciones de interrupciones.** Estas instrucciones se refieren a las operaciones de interrupción de la UCP. En la tabla 3.3.12 se presentan estas tres instrucciones.

Función	Mnemónico	INH
Regreso de interrupción	RTI	X
Interrupción por software	SWI	X
Espera por interrupción	WAI	X

Tabla 3.3.12 Instrucciones de interrupciones.

- **Instrucciones varias.** La instrucción NOP puede ofrecer retrasos de tiempos, la de STOP va a detener por completo el reloj de la UCP y la de TEST es una instrucción que solo se usa en la fabricación del microcontrolador.

Función	Mnemónico	INH
No operación (retraso de dos ciclos)	NOP	X
Paro de reloj	STOP	X
Prueba	TEST	X

Tabla 3.3.13 Instrucciones varias.

CAPITULO IV. DISEÑO DEL SISTEMA

4.1 DISEÑO DEL SOFTWARE

En este tema se definen las rutinas de software que deben ser ejecutadas para la operación del sistema. El diseño del software se refiere básicamente a los programas en ensamblador del MC68HC11 que se encargaran de la inicialización de este y del monitoreo de los sensores, así como de las rutinas que efectuaran la comunicación en forma serial con la computadora, en donde también se crearan los programas que se efectuaran este enlace y la decodificación de la información proveniente del MCU, además de las rutinas que desplegaran la información en el monitor de la computadora.

Para el desarrollo de los programas en ensamblador, se cuenta con el emulador de Avocet, el cual contiene los elementos para verificar la sintaxis y ensamblado de estos programas. Este emulador permite simular la ejecución de los programas dentro del microcontrolador y proporciona una idea clara del funcionamiento del MCU, lo cual es de gran ayuda para el buen funcionamiento del sistema.

Estos programas en ensamblador, después de probar su funcionamiento, deberán ser grabados en la memoria EEPROM del microcontrolador para la operación de esta parte del sistema.

En el caso de los programas a crear en la computadora, se utilizara un paquete de computación enfocado a desarrollo de aplicaciones en ambiente gráfico.

En la actualidad existe una gran variedad de paquetes para computadoras personales (PC), lenguajes de programación de alto nivel, así como programas especiales para utilizar en equipos industriales de control para desarrollo de aplicaciones gráficas, los cuales permiten comunicar la PC con distintos dispositivos periféricos, tales como : impresoras, manejadores de disco externos (drives), módem, CD's, con otra PC, etc., y que tienen la característica de

DISEÑO DEL SISTEMA

trabajar directamente con el procesador de la PC, bajo el sistema operativo de la misma y en ambiente Windows, el cual es un esquema orientado a operar en esquema gráfico.

La mayoría de los periféricos conectados a través de los puertos de la PC efectúan la comunicación con esta a través de alguna tarjeta que debe estar instalada en la PC, y con determinado software o programa especial residente en la misma, algunos de estos programas o paquetes requieren de ciertos elementos de hardware como son : sistema operativo , memoria, capacidad del disco duro, puertos de comunicación, etc., existen también algunos paquetes que permiten la comunicación entre dos PC's, estos son muy útiles para la transferencia de información.

En nuestro diseño, se optó por la utilización del software para desarrollo de aplicaciones en ambiente Windows llamado Visual Basic de la compañía Microsoft, se decidió la utilización de este software debido básicamente a que tiene las características y herramientas necesarias para desarrollar aplicaciones gráficas, además de que contiene elementos que permiten de una forma sencilla la comunicación a través de los puertos de la PC, lo cual es muy útil para efectuar la comunicación con el microcontrolador por medio del puerto serial conjuntamente con la utilización de la interfase RS-232C que es un estándar adecuado para efectuar dicho enlace con el microcontrolador.

4.1.1. RUTINAS DE INICIALIZACIÓN

En este tema se define el funcionamiento de operación durante la inicialización o reinicialización (Reset) del sistema, esto es, se tienen las rutinas en ensamblador del MC68HC11 que se encargaran de verificar básicamente la comunicación con la PC a través del puerto D del MCU. En el diagrama de bloques de la figura 4.1.1-1 se muestra el flujo que debe seguir el microcontrolador durante la inicialización del sistema.

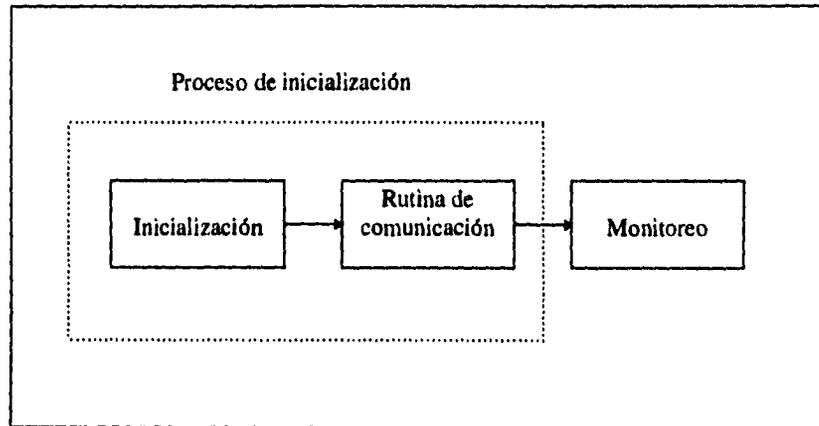


Figura 4.1.1-1 Diagrama de bloques de inicialización del sistema.

De acuerdo a esto, tanto la rutina de *Inicialización* como la de *Comunicación* están desarrolladas en ensamblador del MC68HC11 y deben de encontrarse en la memoria EEPROM del microcontrolador. Aunque en el diagrama de bloques se muestran estas dos rutinas de forma independiente, en realidad se encuentran en un solo programa formado por estas subrutinas.

El propósito de la rutina de *Comunicación* es verificar que exista el enlace con el puerto serial de la computadora, esto nos ayudará a determinar si los dos elementos están efectuando un enlace y saber si el MCU como la PC están funcionando correctamente para llevar a cabo la comunicación y operación del sistema.

DISEÑO DEL SISTEMA

La función que debe de efectuar el MCU durante la inicialización es ejecutar la rutina de *Comunicación* que se encargara de recibir la información de la PC y regresarla simulando el efecto de *ECO* y con esto la computadora determinara si el sistema esta listo para funcionar.

Los parámetros de comunicación que deben ser considerados para efectuar el enlace del MCU con la computadora son los siguientes :

- Velocidad : 9600 bauds
- Bits de datos : 8
- Paridad : Ninguna
- Bits de stop : 1

La selección de estos parámetros fue básicamente debido a que pueden ser programados tanto del lado de la computadora como del MCU, en otras palabras, permiten la compatibilidad entre estos dos elementos para poder efectuar un enlace de comunicación, así como por ser parámetros estándar para puertos seriales. No obstante, estos parámetros pueden ser adaptados de acuerdo a las necesidades de volumen y velocidad de transferencia de la información.

Estos parámetros deben ser definidos en el registro de configuración para transmisión del MCU y en el *Control de Comunicaciones* que se utiliza en el programa de interfase en la computadora.

Este *Control de Comunicación* permite efectuar el enlace del puerto serial de la PC con el microcontrolador, las características de este control se explican en detalle en el apéndice E al final del trabajo.

Por el lado del microcontrolador, la comunicación se efectuara utilizando el subsistema de comunicación SCI (Serial Communication Interface) que posee los elementos necesarios para realizar enlaces de forma serial por medio del puerto D del MCU.

En base a esto, el diagrama de flujo del programa en ensamblador que efectuará la rutina de *Inicialización* se muestra en la figura 4.1.1-2.

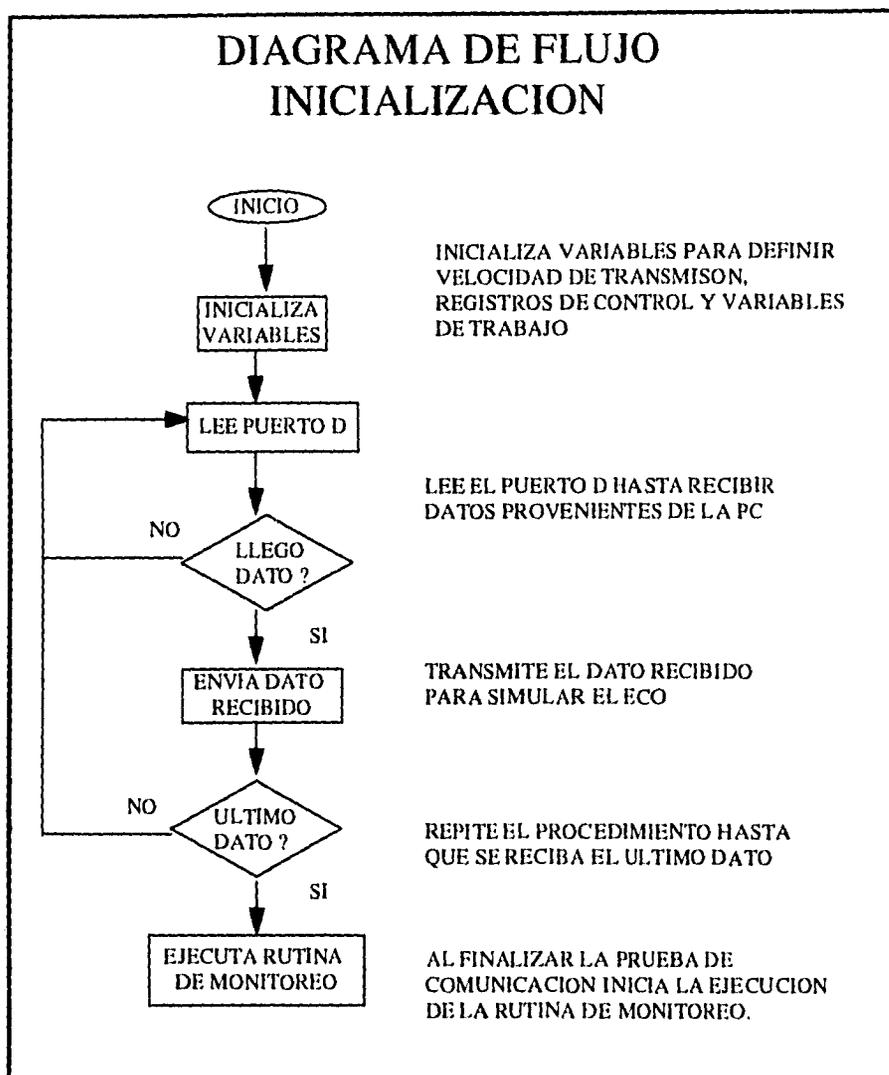


Figura 4.1.1-2. Diagrama de flujo del programa en ensamblador que efectuará la rutina de *Inicialización* que efectúa la prueba de comunicación con la PC.

DISEÑO DEL SISTEMA

El programa objeto desarrollado en ensamblador del 68HC11 para efectuar las rutinas de inicialización es el siguiente :

```

1;*****
2; Nombre del programa : eco.asm *
3; *
4; Objetivo : Rutina de inicialización para efectuar el eco de los *
5; datos enviados desde la PC al MCU. *
6;*****
7
8; Definición de registros de control
9
10 SEG REGS
11 _INICIAREGS
12 SEG CODE
13
=1000 14 PORTA EQU $1000 ;PUERTO DE ENTRADA
=1008 15 PORTD EQU $1008 ;PUERTO DE SALIDA
=1009 16 DDRD EQU $1009
=1028 17 SPCR EQU $1028
=102C 18 SCCR1 EQU $102C ; SCI REGISTRO DE
; CONTROL 1
=102D 19 SCCR2 EQU $102D ; SCI REGISTRO DE
; CONTROL 2
=102E 20 SCSR EQU $102E ; SCI REGISTRO DE
; CONTROL 1
=102F 21 SCDR EQU $102F ; SCI REGISTRO DE STATUS
=102B 22 BAUD EQU $102B ; SCI VELOCIDAD DE Tx
23
24
25; Variable auxiliares
26
27 DEFSEG VARS,START=$0,ABSOLUTE
28 SEG VARS ; SC Mode RAM Starts at $0
29
0000 (0001) 30 DATO DS 1 ; Dato recibido
0001 (0001) 31 DATOE DS 1 ; Dato esperado
0002 (0001) 32 DULT DS 1 ; Ultimo dato enviado "Z"
0003 (0002) 33 DDSAI DS 2 ; Direccion inicial de datos a
transmitir
34

```

DISEÑO DEL SISTEMA

```

35 ; Lógica principal
36
37     DEFSEG MAINCODE,START=$E000 ; Single Chip
                                Mode ROM inicio $E000
38     SEG MAINCODE
39
40 ; DEFINE PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN
    DE DATOS POR EL PUERTO D
41
0000& 86 10 42 MAIN: LDAA  #00010000
0002& B7 1028 43     STAA  SPCR           ; Inicializa registro de control
0005& 86 30 44     LDAA  #00110000       ; Baud 9600
0007& B7 102B 45     STAA  BAUD           ; para SCI
000A& 7F 102C 46     CLR   SCCR1         ; 8-bit mode
47
000D& CE 0010 48     LDX   #00010         ; Dirección donde inician los
                                datos recibidos
0010& DF 03 49     STX   DDSAI         ; Guarda dirección inicial de
                                datos a Tx.
0012& 86 41 50     LDAA  #$41           ; Primer dato esperado
0014& 97 01 51     STAA  DATOE
0016& 86 5A 52     LDAA  #$5A         ; Guarda el ultimo dato esperado
0018& 97 02 53     STAA  DULT         ; para terminar la inicialización
54
55 ; RECEPCIÓN DE DATOS
56
001A& 7F 102E 57 RX  CLR   SCSR
001D& C6 01 58     LDAB  #00000001
001F& F7 1008 59     STAB  PORTD
0022& F7 1009 60     STAB  DDRD
61
0025& C6 04 62     LDAB  #00000100     ; Habilita puerto D para
                                recepción
0027& F7 102D 63     STAB  SCCR2
64
002A& 96 01 65     LDAA  DATOE         ; Carga el dato esperado
002C& 18 CE 00FF 66 LEEPD LDY  #00FF   ; Rutina de retardo para recibir
                                dato
0030& 18 09 67 RETR DEY
0032& 2E FC 68     BGT   RETR
69
0034& F6 102E 70     LDAB  SCSR
0037& F6 102F 71     LDAB  SCDR         ; Recibe el dato por el puerto D
72

```

DISEÑO DEL SISTEMA

003A& 11	73	CBA		; Compara para verificar el dato
003B& 26 EF	74	BNE	LEEPD	; esperado, si no es, Rx otro dato
	75			; en el puerto D
003D& 7C 0001	76	INC	DATOE	; Actualiza dato esperado
0040& E7 00	77	STAB	\$00,X	; Guarda el dato en la dirección de X
0042& 08	78	INX		
	79			
0043& F6 102E	80	LDAB	SCSR	
0046& F6 102F	81	LDAB	SCDR	; Recibe el dato por el puerto D
	82			
	83			
	84	; TRANSMISIÓN DE DATOS		
	85			
0049& 86 08	86	LDAA	##%00001000	; Habilita puerto D para transmisión
004B& B7 102D	87	STAA	SCCR2	
004E& 7F 1009	88	CLR	DDRD	
0051& 86 02	89	LDAA	##%00000010	
0053& B7 1008	90	STAA	PORTD	
0056& B7 1009	91	STAA	DDRD	
	92			
0059& B6 102E	93	LDAA	SCSR	
005C& F7 102F	94	STAB	SCDR	; Manda el dato al puerto D
	95			
005F& 18 CE 0FFF	96	LDY	#\$0FFF	; Rutina de retardo para enviar el dato
0063& 18 09	97	RETY	DEY	
0065& 2E FC	98	BGT	RETY	
	99			
	100	; VERIFICA SI ES EL ULTIMO DATO		
	101			
0067& 96 02	102	LDAA	DULT	; Carga valor del ultimo dato esperado
0069& 11	103	CBA		; Compara para verificar el dato
006A& 26 AE	104	BNE	RX	; esperado, si no es, Rx otro dato
	105			
006C& 01	106	NOP		; Aquí inicia la rutina de monitoreo de sensores
	107			
	110	END		; Termina el programa

Este programa en ensamblador está grabado en la memoria EEPROM y para su ejecución fue necesario agregar un circuito que conecta las líneas de transmisión (Tx) y recepción (Rx), esto debido a que en la inicialización el MCU apunta en la dirección inicial de la RAM interna, entonces para hacer brincar el apuntador de programa (Program Counter) donde inicia la memoria EEPROM es necesario cortocircuitar estas líneas para que el microcontrolador comience la ejecución de las rutinas de inicialización para efectuar la comunicación con la computadora.

Por el lado de la computadora se tiene un programa desarrollado en un software llamado *Visual Basic*, el cual es un paquete de computación para desarrollo de aplicaciones gráficas y del cual se proporciona la información del *Control de Comunicaciones* en el apéndice E al final de este trabajo.

Este software basa la transmisión y recepción de información en un *Control de Comunicaciones* que facilita efectuar comunicaciones seriales a través de los puertos de la computadora de acuerdo a los parámetros de comunicación definidos para efectuar este enlace.

El diagrama de flujo de las rutinas de comunicación del lado de la PC se muestra en las figuras 4.1.1-3a y 4.1.1-3b. Estas rutinas son ejecutadas siempre que se ingresa a la aplicación que efectúa el despliegue de la información de la disposición de los cajones del estacionamiento. De esta forma se puede asegurar la comunicación con el microcontrolador antes de iniciar las rutinas de monitoreo en el MCU.

El programa desarrollado en Visual Basic para ejecutar las rutinas de comunicación en la PC y que efectúan el enlace con el MCU durante la inicialización, tiene como objeto básicamente el mandar desde la PC cierta secuencia de bytes y que el microcontrolador los reciba y retransmita simulando el *ECO*, de esta forma se puede determinar si el subsistema de comunicación está funcionando correctamente, lo cual permitirá iniciar la rutina de monitoreo de los sensores ubicados en los cajones del estacionamiento y comenzar el despliegue de la información proveniente del microcontrolador.

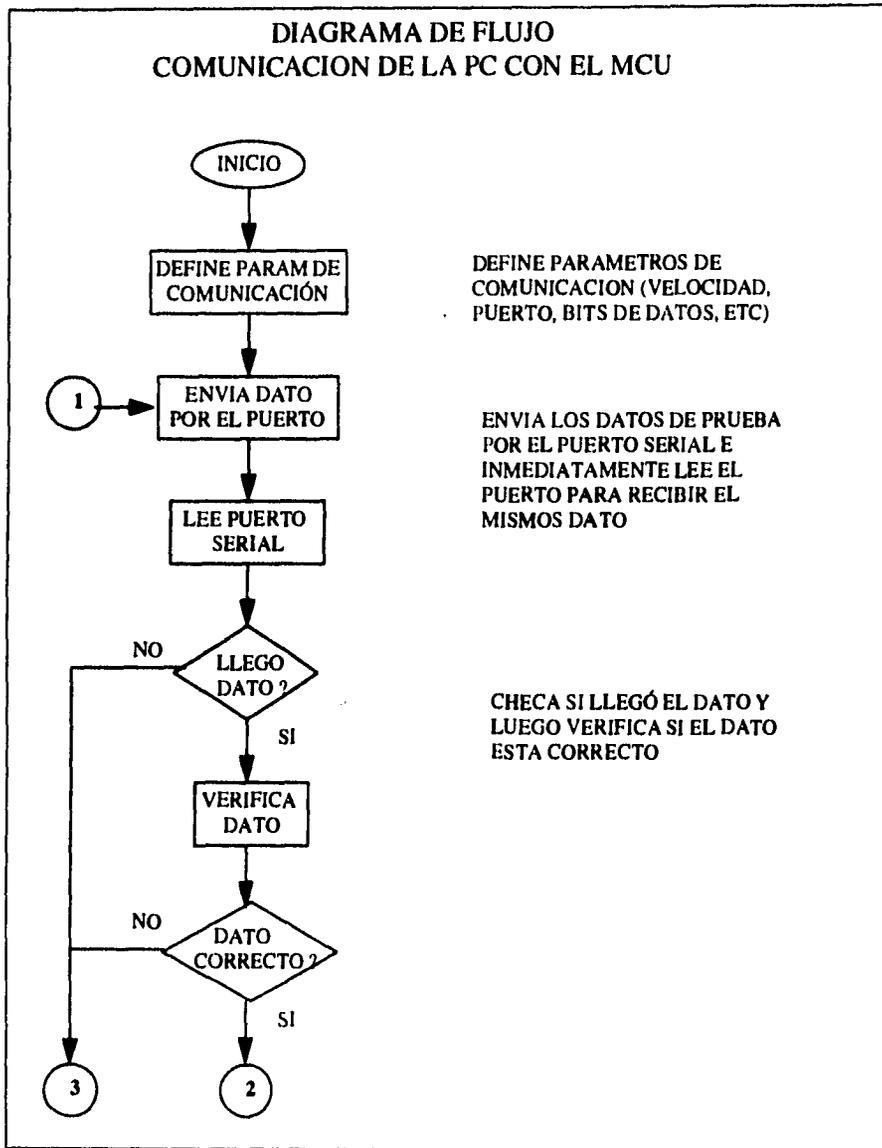


Figura 4.1.1-3a. Diagrama de flujo de las rutinas de comunicación del lado de la PC.

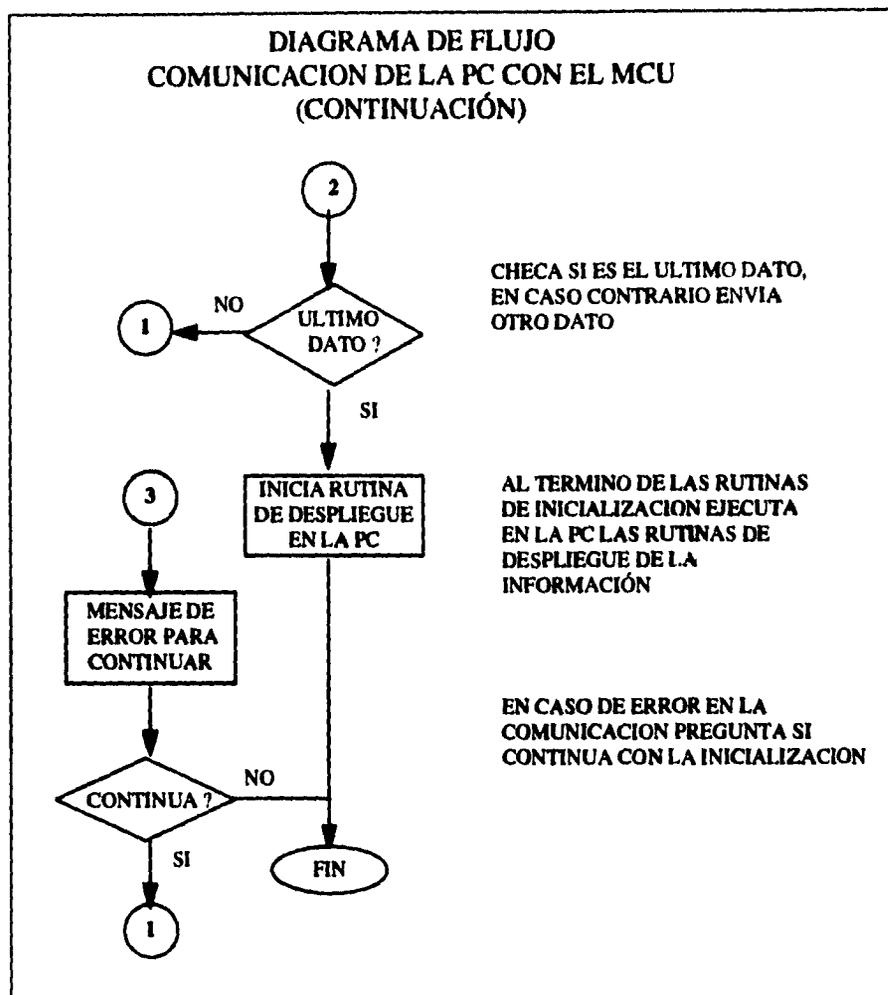


Figura 4.1.1-3b. Diagrama de flujo de las rutinas de comunicación del lado de la PC (continuación).

Para poder ejecutar las rutinas de inicialización de comunicación en el microcontrolador, en la figura 4.1.1-4 se muestra un diagrama de bloques con la secuencia que debe seguir el sistema completo antes de comenzar la etapa de monitoreo.

DISEÑO DEL SISTEMA

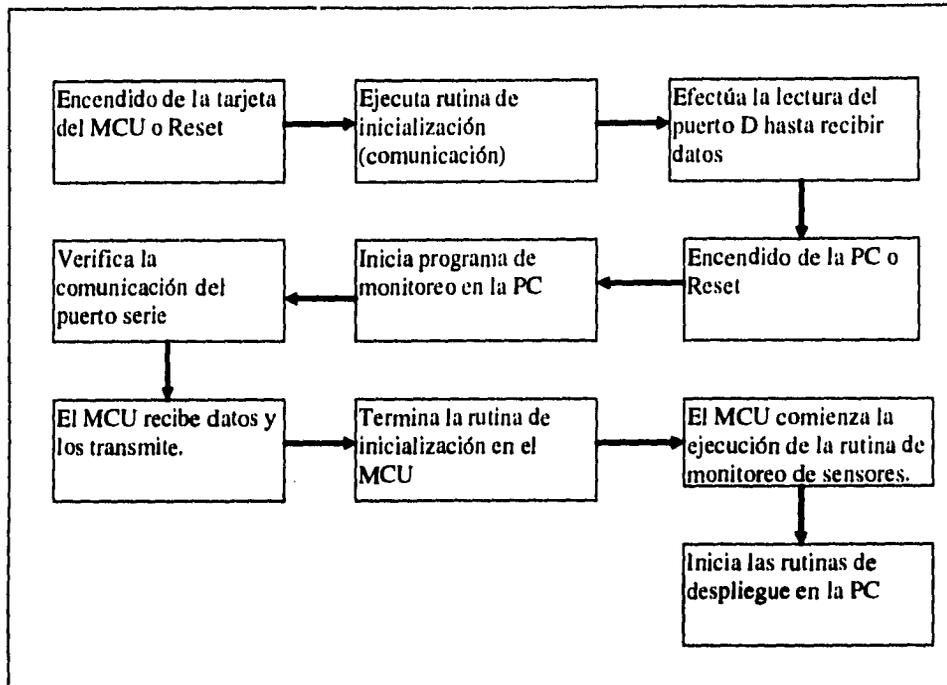


Figura 4.1.1-4. Diagrama de bloques con la secuencia que debe seguir el sistema completo antes de iniciar el monitoreo.

El programa desarrollado en Visual Basic, se encuentra en el apéndice E al final de este trabajo, y su función principal es enviar a través del puerto serial ciertos datos que serán recibidos por el microcontrolador, en donde serán regresados nuevamente hacia la computadora. Para este caso, los datos que son enviados son las letras del abecedario de la **A** a la **Z**.

La forma conjunta de operación entre la computadora y el MCU es la siguiente :

- 1.- La computadora habilita el puerto y envía el primer dato, la letra **A**.
- 2.- El MCU recibe el dato y lo transmite hacia la PC.
- 3.- La computadora recibe el dato y lo compara para verificar si no hubo error.
- 4.- La computadora envía la letra **B**.

5.- El MCU recibe el dato y lo transmite hacia la PC

Esta comunicación continua hasta llegar a la ultima letra del abecedario (**Z**), entonces el MCU comienza a ejecutar la rutina de monitoreo de sensores y envía la información hacia la computadora, este proceso se queda ejecutando en forma continua hasta que se decida efectuar la reinicialización del sistema

DISEÑO DEL SISTEMA

4.1.2 - SENSADO DE PUERTOS DE ENTRADA/SALIDA

El objetivo de éste tema es desarrollar el programa de monitoreo en ensamblador del 68HC11 (software) que efectuará la lectura y escritura en los puertos definidos de entrada y salida del MCU. De una forma general, las funciones que debe efectuar dicho programa es la lectura de las condiciones de los sensores, y la transmisión serial de dicha lectura hacia la PC.

En la fig. 4.1.2-1 se tiene un esquema de la disposición de un estacionamiento, se muestra de una forma sencilla la organización de los niveles del mismo, y en cada uno de los niveles se representan con círculos los sensores ubicados en los cajones, en donde : S_0, S_1, S_2 , hasta S_n , es el número de sensores instalados en el estacionamiento.

En el diseño se considera que cada uno de los sensores representa una dirección de memoria, por lo que se efectuará un barrido secuencial comenzando por la dirección final (S_n), hasta la dirección inicial (S_0), sin importar el número de niveles del estacionamiento, ni la disposición de los cajones del mismo.

Las funciones que el microcontrolador debe realizar por medio de éste programa son las siguientes :

1. Efectuar el barrido de las direcciones de los sensores a través del puerto A para conocer el estado de estos por el mismo puerto.
2. Mandar las señales necesarias para efectuar el enlace con la PC.
3. Transmitir los datos con el resultado obtenido de los sensores, en palabras de 8 bits y por el puerto D en forma serial, de acuerdo a las especificaciones de comunicación.
4. Indicar el fin de la transmisión de datos y regresar al inicio de la rutina de monitoreo.

En la figura 4.1.2-2 se muestra un diagrama de bloques con las funciones definidas anteriormente para el programa de monitoreo de los sensores.

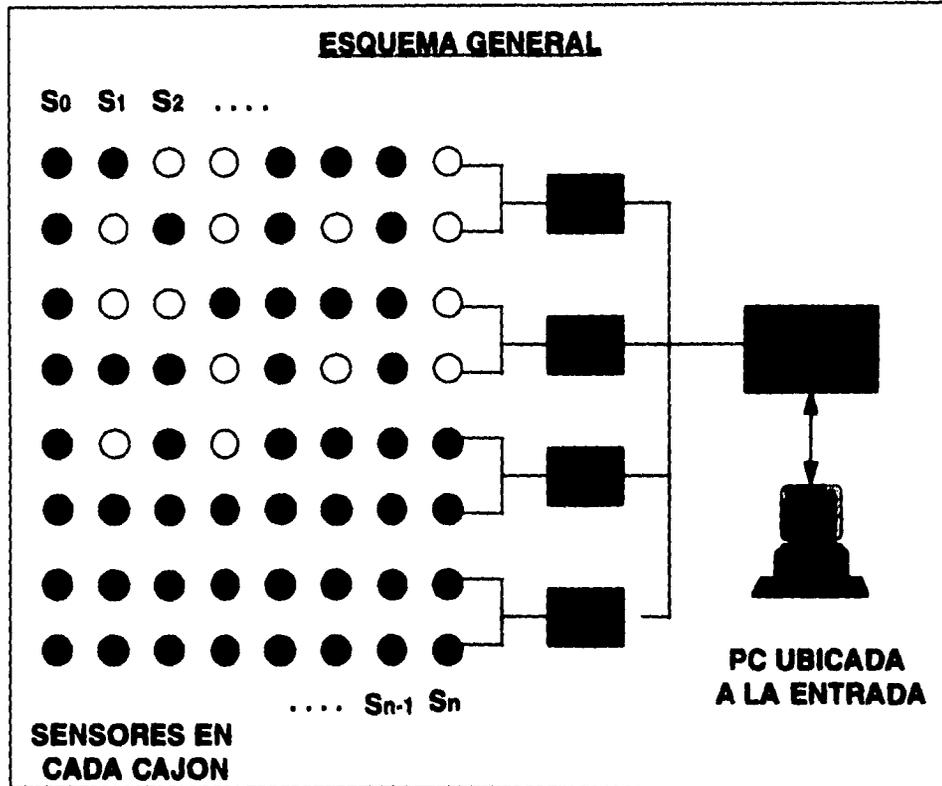


Fig. 4.1.2-1. Esquema general de un estacionamiento.

Como se menciona en el capítulo 3, el MCU cuenta con un UART llamado SCI (Serial Communication Interface), el cual es un subsistema que tiene la función de comunicar al MCU con una terminal o una PC, opera en full-duplex, maneja el formato de transferencia NRZ a diferentes velocidades de transmisión. Esto nos permite contar con las características necesarias para efectuar la interfase, en base a esto, se definen de una

DISEÑO DEL SISTEMA

manera más concreta las especificaciones de comunicación serial que deben considerarse para el desarrollo del programa de monitoreo, son las que se muestran a continuación.

Especificaciones

- Comunicación asíncrona con la PC a través de RS-232 (SCI del MCU)
 - Velocidad : 9600 bauds
 - Un bit de stop
 - Ocho bits de datos
 - Entrada : puerto D del MCU (línea de receive)
 - Salida : puerto D del MCU (línea de transmit)
- Lectura de datos : Puerto A del MCU (LSB del puerto)
- Direccionamiento de sensores : Puerto A del MCU
- Número de sensores = 16 (número de cajones con sensor)

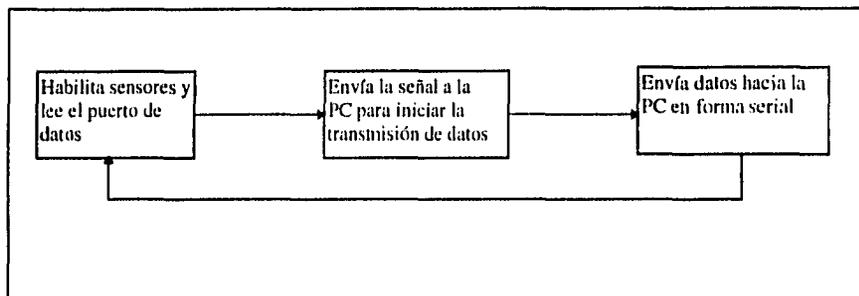
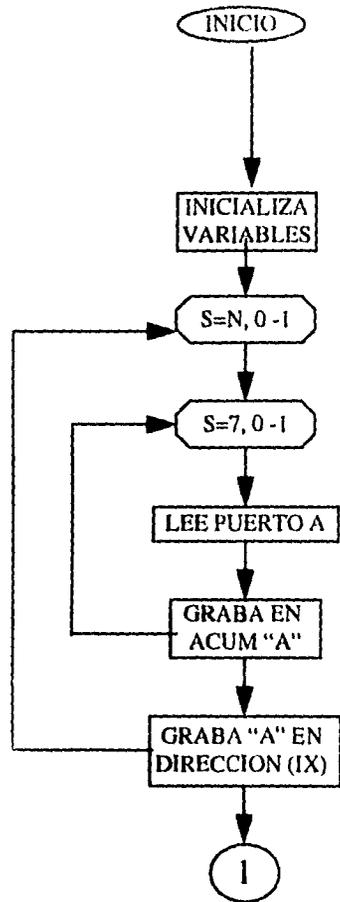


Figura 4.1.2-2. Diagrama de bloques del programa de monitoreo.

De acuerdo a las funciones del programa de monitoreo para efectuar el direccionamiento y habilitación de los sensores, con las especificaciones de comunicación definidas; se desarrolló el siguiente programa en ensamblador del MCU68HC11.

DIACRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE MONITOREO



INICIALIZA VARIABLES PARA DEFINIR VELOCIDAD DE TRANSMISION, REGISTROS DE CONTROL Y VARIABLES DE TRABAJO

N = NUMERO DE SENSORES DEL SISTEMA
S = NUMERO DE SENSOR

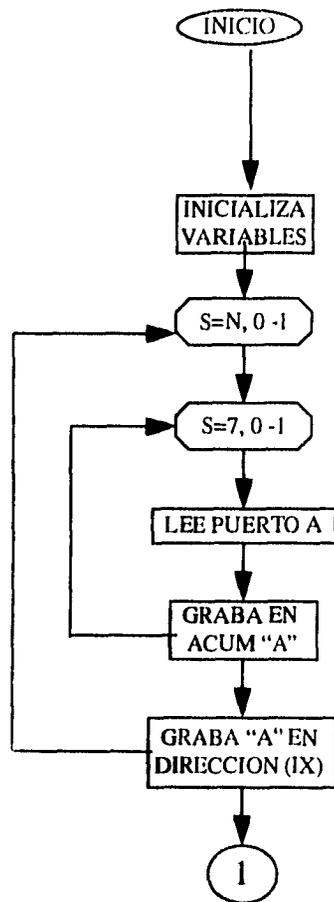
LEE DE OCHO EN OCHO SENSORES PARA FORMAR UN BYTE, SE INICIA LA LECTURA EN EL ULTIMO SENSOR

LEE ESTADO DEL SENSOR ACTUAL

RECORRE A LA IZQ EL ACUM "A" Y GRABA EN EL LSB EL ESTADO DEL SENSOR

GRABA EN LA DIRECCION (IX) EL CONTENIDO DEL ACUM "A", ULTIMO BYTE A TRANSMITIR

DIACRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE MONITOREO



INICIALIZA VARIABLES PARA DEFINIR VELOCIDAD DE TRANSMISION, REGISTROS DE CONTROL Y VARIABLES DE TRABAJO

N = NUMERO DE SENSORES DEL SISTEMA
S = NUMERO DE SENSOR

LEE DE OCHO EN OCHO SENSORES PARA FORMAR UN BYTE, SE INICIA LA LECTURA EN EL ULTIMO SENSOR

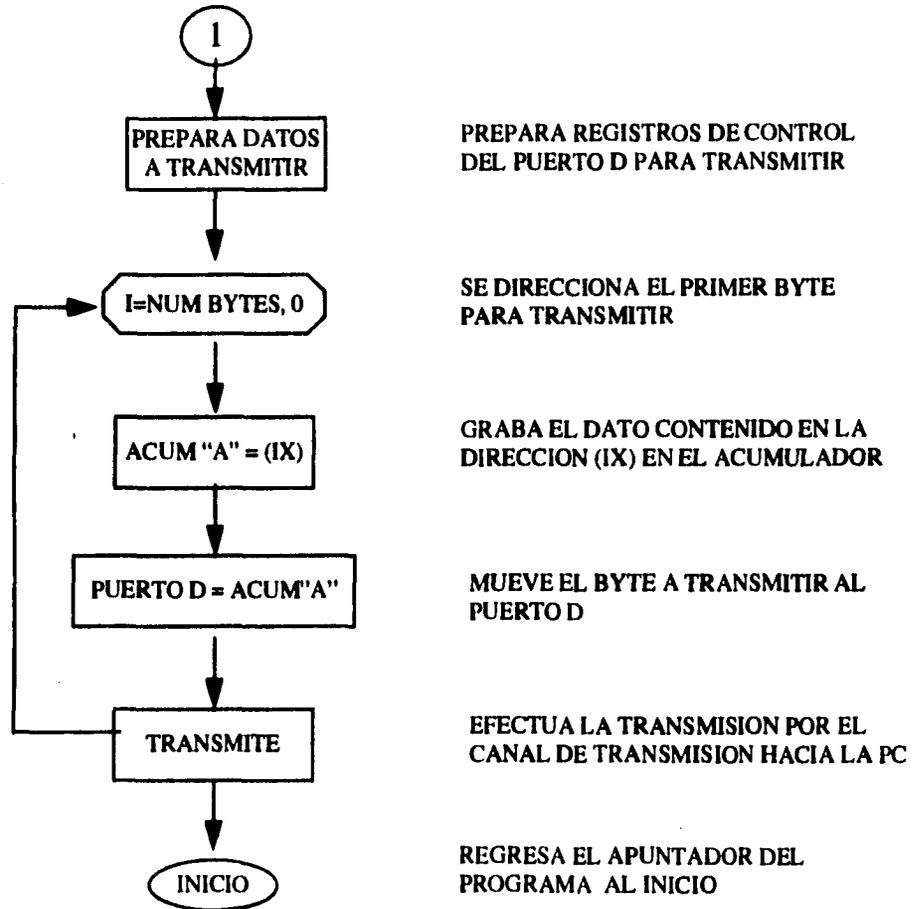
LEE ESTADO DEL SENSOR ACTUAL

RECORRE A LA IZQ EL ACUM "A" Y GRABA EN EL LSB EL ESTADO DEL SENSOR

GRABA EN LA DIRECCION (IX) EL CONTENIDO DEL ACUM "A", ULTIMO BYTE A TRANSMITIR

DISEÑO DEL SISTEMA

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE MONITOREO (CONTINUACIÓN)



PROGRAMA OBJETO (ENSAMBLADO)

```

1;*****
2; Nombre del programa : monitor.asm *
3; *
4; Objetivo : Efectuar las lecturas del estado binario de los *
5; sensores que se encuentran colocados en los *
6; cajones del estacionamiento, y transmitir en forma *
7; serial por bloques de ocho bits dichas señales *
8; *
9; Procedimiento :Este programa efectúa el barrido de los sensores *
10; para habilitarlo y conocer a través de este *
11; si el cajón esta libre u ocupado. *
12;*****
13
14; Definición de registros de control
15
16 SEG REGS
17 _INICIAREGS
18 SEG CODE
19
=1000 20 PORTA EQU $1000 ;PUERTO DE ENTRADA
=1008 21 PORTD EQU $1008 ;PUERTO DE SALIDA
=1009 22 DDRD EQU $1009
=1028 23 SPCR EQU $1028
=102C 24 SCCR1 EQU $102C ;SCI REGISTRO DE CONTROL 1
=102D 25 SCCR2 EQU $102D ;SCI REGISTRO DE CONTROL 2
=102E 26 SCSR EQU $102E ;SCI REGISTRO DE CONTROL
=102F 27 SCDR EQU $102F ;SCI REGISTRO DE DATOS
=102B 28 BAUD EQU $102B ;SCI VELOCIDAD DE Tx
29
30
31; Variable auxiliares
32
33 DEFSEG VARS,START=$0,ABSOLUTE
34 SEG VARS ; SC Mode RAM Starts at $0
35
0000 (0001) 36 CONT1 DS 1 ; Contador de bits (hasta 8)
0001 (0002) 37 CONT2 DS 2 ; Contador de bytes a transmitir
0003 (0002) 38 DDSAI DS 2 ; Dirección inicial de datos a transmitir
0005 (0002) 39 DDSAF DS 2 ; Dirección final de datos a transmitir
0007 (0001) 40 DSAL DS 1 ; Byte de salida
0008 (0002) 41 DNUM1 DS 2 ; Num. de cajones a sensar - contador
000A (0001) 42 DIREC DS 1 ; Dirección para habilitar el sensor por

```

DISEÑO DEL SISTEMA

```

43                                     ; el puerto A
44
45
46 ;   Lógica principal
47
48   DEFSEG MAINCODE,START=$E000 ; Single Chip Mode
ROM                                     ; inicio $E000
49   SEG MAINCODE
50
0000& 86 10 51 MAIN: LDAA  #%00010000
0002& B7 1028 52   STAA  SPCR   ; Inicializa registro de control
0005& 86 00 53   LDAA  #$00   ; Inicializa acumulador A
0007& 97 01 54   STAA  CONT2  ; Inicializa contador de bytes
0009& C6 78 55   LDAB  #$78   ; Inicializa acumulador B
000B& D7 0A 56   STAB  DIREC  ; Inicializa habilitador de sensores

000D& CE 0010 57   LDX   #$0010 ; Dirección donde inician los datos
                                     ; a transmitir
0010& DF 03 58   STX   DDSAI  ; Guarda dirección inicial de datos a Tx.
0012& DF 05 59   STX   DDSAF  ; Guarda dirección final de datos a Tx.
0014& C6 0F 60   LDAB  #$0F   ; Numero de cajones a sensar (en hex).
0016& D7 08 61   STAB  DNUM1  ; Graba el numero de cajones a sensar
62
0018& C6 07 63 LOOP1:LDAB  #$07   ; Carga en B el num de bits (hex)
001A& D7 00 64   STAB  CONT1
001C& 48 65 LOOP2:LSLA          ; Corrimiento a la izq. de los bits
sensados
001D& D6 0A 66   LDAB  DIREC  ; Actualiza la sig. dirección de sensor
001F& F7 1000 67   STAB  PORTA  ; Direcciona el sensor
0022& F6 1000 68   LDAB  PORTA  ; Carga en B el dato del puerto A
                                     ; (bit menos significativo)
0025& C4 01 69   ANDB  #$01
0027& 1B 70   ABA          ; Carga el lsb de B en A (dato leído
                                     ; del puerto)

0028& D6 0A 71   LDAB  DIREC
002A& C0 08 72   SUBB  #$08
002C& D7 0A 73   STAB  DIREC
002E& D6 08 74   LDAB  DNUM1
0030& 5A 75   DECB          ; Verifica el contador de sensores
0031& 2D 07 76   BLT   ETIQ1  ; Si es el ultimo sensor brinca a
                                     ; ETIQ1

0033& D7 08 77   STAB  DNUM1
0035& 7A 0000 78   DEC   CONT1  ; Actualiza el contador de bits
0038& 2C E2 79   BGE   LOOP2  ; Si es mayor o igual a cero continua
con el                                     ;sig.

```

DISEÑO DEL SISTEMA

```

80                                     ; en caso contrario regresa para leer.
81                                     ; el siguiente sensor
82
003A& A7 00 83 ETIQ1:STAA $00,X ; Guarda el dato en la dirección de X
003C& D6 08 84 LDAB DNUM1 ; Verifica el contador de sensores
003E& C1 00 85 CMPB #$00 ; Si es el ultimo sensor brinca a
; ETIQ2
0040& 27 08 86 BEQ ETIQ2 ; en caso contrario,
87
0042& 7C 0001 88 INC CONT2 ; Actualiza el contador de bytes
89
0045& DE 05 90 LDX DDSAF ; Incrementa el apuntador X
0047& 08 91 INX ; para guardar el siguiente byte de datos
0048& DF 05 92 STX DDSAF
93
004A& D6 08 94 ETIQ2:LDAB NUM1 ; Actualiza el contador de sensores
004C& 5A 95 DECB ; Si es el ultimo sensor, comienza la
004D& 2E C9 96 BGT LOOP1 ; transmisión, en caso contrario
97 ; regresa al principio
98
99 ; PREPARA E INICIA LA TRANSMISIÓN DE DATOS
; POR EL PUERTO D
100
004F& 86 30 101 LDAA #%00110000 ; Baud 9600
0051& B7 102B 102 STAA BAUD ; for SCI
0054& 7F 102C 103 CLR SCCR1 ; 8-bit mode
0057& 86 08 104 LDAA #%00001000 ; Habilita puerto D para transmisión
0059& B7 102D 105 STAA SCCR2 ; del puerto D
106
005C& DE 05 107 LDX DDSAF ; Carga en X la ultima dirección de
datos
005E& 86 02 108 LDAA #%00000010
0060& B7 1008 109 STAA PORTD
0063& B7 1009 110 STAA DDRD
111
0066& F6 102E 112 LOOP3 LDAB SCSR
0069& A6 00 113 LDAA $00,X
006B& B7 102F 114 STAA SCDR ; Manda el dato al puerto D
006E& 09 115 DEX ; Apunta con X a la dirección
006F& 9C 03 116 CPX DDSAI ; siguiente, si es la ultima termina,
0071& 2C F3 117 BGE LOOP3 ; en caso contrario regresa por el
118 ; siguiente dato
0073& 20 8B 119 BRA MAIN ; Regresa al principio del programa
120 END ; Termina el programa

```

DISEÑO DEL SISTEMA

Como se puede observar en el programa de monitoreo en ensamblador, se manejan variables auxiliares que permiten la flexibilidad del programa, para adaptarlo a condiciones diferentes, ya sea del MCU, en donde se pueden tener diferentes direcciones para la RAM y los sensores, así como también para el número de sensores y la velocidad de transmisión, la cual es una de las ventajas del MCU.

La ejecución de esta rutina en el MCU se efectúa después de la inicialización del sistema y queda ejecutándose en forma continua hasta que corte la alimentación del sistema o reinicialización del mismo (RESET). En la figura 4.1.2-3 se muestra en diagrama de bloques la secuencia que sigue el MCU para poder ejecutar el programa de monitoreo.

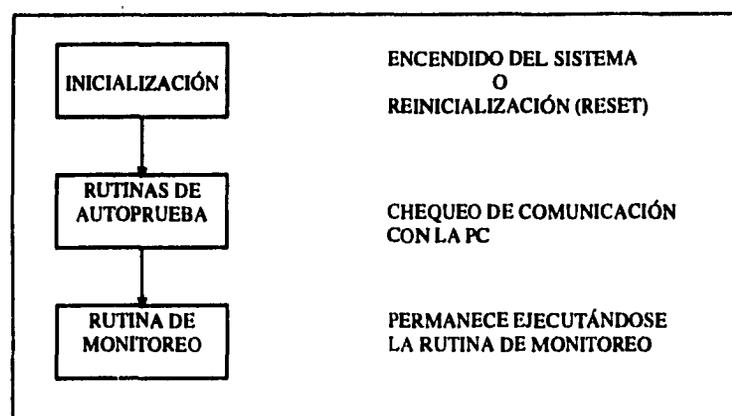


Figura 4.1.2-3. Diagrama de bloques con la secuencia que sigue el MCU para ejecutar el programa de monitoreo.

En base a la figura anterior, los pasos que sigue el MCU para la ejecución de la rutina de monitoreo son los siguientes :

- 1.- Inicialización del sistema
- 2.- Se ejecutan las rutinas de autoprueba para checar los puertos.
- 3.- El contador de programa (Programa Counter) salta a la dirección donde inicia la rutina de monitoreo, la cual continua ejecutándose infinitamente ó en un loop.

4.1.3 CODIFICACIÓN Y TRANSMISIÓN DE LAS SEÑALES ENTRE EL MCU Y LA PC.

Para efectuar la codificación y transmisión de las señales entre el MCU y la PC, se desarrolló un programa en ensamblador del 68HC11, el cual está grabado en la EEPROM del microcontrolador, y que tiene como función verificar el estado de los sensores que están ubicados en los cajones del estacionamiento y enviar los datos obtenidos hacia la PC, este programa efectúa el direccionamiento de los sensores como localidades de memoria por medio del puerto A utilizando las líneas de salida de este, y la lectura con el resultado que entrega el sensor se realiza también por medio de este puerto.

Por otro lado, se desarrolló también un programa en Visual Basic que debe ejecutarse en la PC para poder recibir a través de uno de los puertos seriales los datos provenientes del microcontrolador, y después desplegar en el monitor de la misma en un esquema que permite la visualización de alguno de los pisos del estacionamiento y la distribución de los cajones, mostrando los lugares disponibles para estacionarse. Este programa debe permanecer ejecutándose en la PC mientras se encuentre operando el microcontrolador. Hasta cierto punto, la PC debe actuar como esclava del microcontrolador, debido a que solo se encarga de leer los datos del puerto serial y desplegarlos en el monitor.

La forma de operación del programa de monitoreo del microcontrolador es la siguiente :

- 1.- Efectúa el barrido de las direcciones de cada uno de los sensores, en donde la respuesta de estos está representada por un bit, el cual es leído a través del bit 0 del puerto A (PA0) del microcontrolador. El barrido comienza en la última dirección definida para cada uno de los sensores.

En la figura 4.1.3-1 se muestra el esquema de direccionamiento para habilitar los sensores y obtener la respuesta de estos de acuerdo a la señal que reciben al verificar

DISEÑO DEL SISTEMA

si esta ocupado o no el cajón del estacionamiento. Para ejemplificar esto, se definió un estacionamiento de dieciséis cajones en donde los sensores son habilitados por las líneas de salida del puerto A.

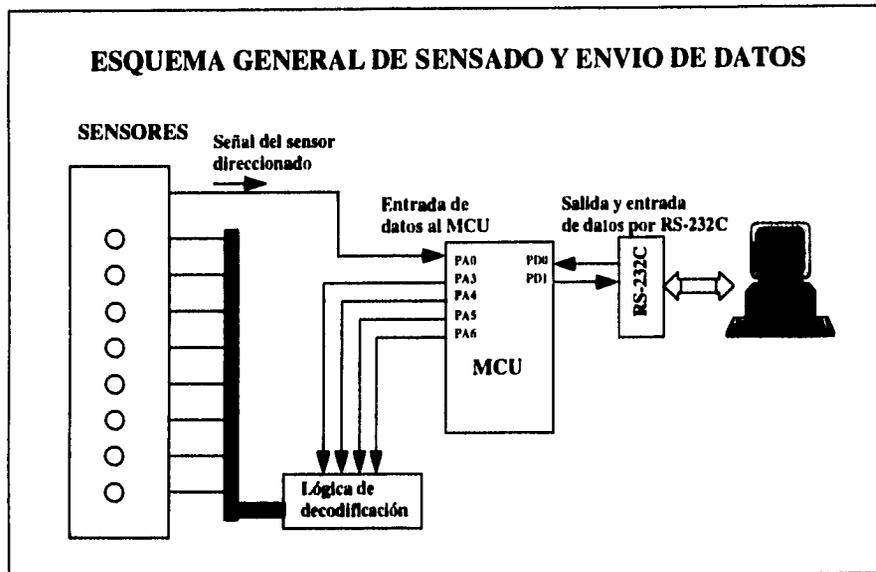


Figura 4.1.3-1 Esquema de direccionamiento para habilitar los sensores

Los pasos que se efectúan para conocer la respuesta de los sensores es la siguiente :

- a) El microcontrolador direcciona la localidad de memoria definida para el sensor, la dirección se define por las líneas PA3, PA4, PA5 y PA6. Este proceso comienza al direccionar el último sensor, esto es, con la última dirección definida para los sensores y termina con el primer sensor.
- b) En base a las líneas PA3 a PA6 la lógica de decodificación determina que sensor debe habilitar.

- e) Al ser habilitado el sensor, envía una señal infrarroja para determinar si el cajón donde está instalado se encuentra ocupado.
- d) Si el cajón de estacionamiento se encuentra ocupado, el sensor enviara por la línea PA0 un "1" lógico, en caso contrario enviara un "0" lógico.
- e) El microcontrolador efectúa la lectura de la línea PA0 para conocer el estado del cajón del estacionamiento.
- f) El microcontrolador direcciona al siguiente sensor, y se repite este proceso hasta direccionar el ultimo sensor.

Las direcciones de memoria que se utilizan para habilitar los sensores se definen en base al numero de cajones donde se instalaran los sensores, y de acuerdo a esto se desarrolla la lógica de decodificación que se encargara de manejar la habilitación de los sensores.

- 2.- El microcontrolador agrupa los bits de respuesta de los sensores para formar bytes, que es el tamaño de la palabra a utilizar, y después los almacena en las localidades de memoria RAM definidas.

En la figura 4.1.3-2 se muestra el esquema de agrupación de las palabras con los bits de la información obtenida. Nótese que la habilitación de los sensores comienza con la ultima dirección definida para estos, y termina con la dirección inicial.

- 3.- Al terminar de leer o efectuar el barrido de los sensores, el microcontrolador envía una señal a la PC para indicarle que va a efectuar la transmisión de los datos con el resultado de las lecturas de los sensores, la cual comienza con la ultima palabra generada. Estos datos se encuentran en la memoria RAM del microcontrolador.

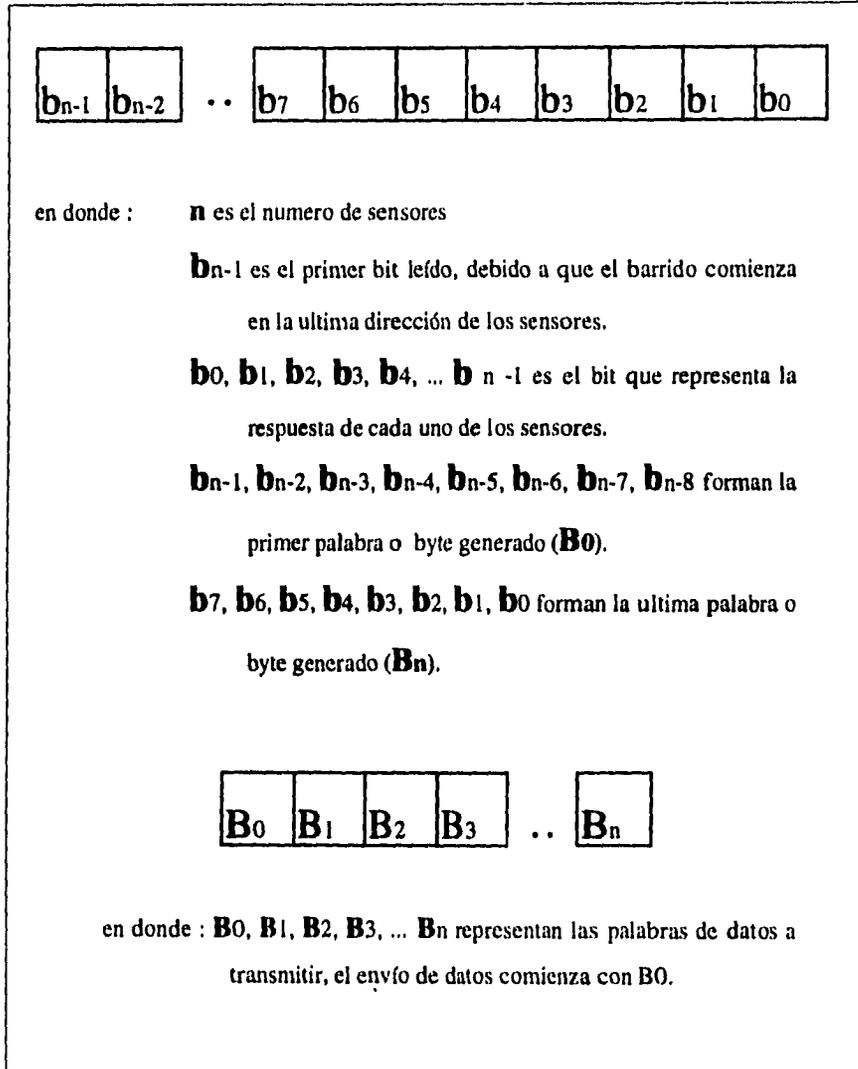


Figura 4.1.3-2. Esquema de agrupación de las palabras con los bits de la información obtenida al efectuar la lectura con la respuesta de los sensores.

- 4. Al finalizar la transmisión de los datos, el programa de monitoreo comienza nuevamente a efectuar el barrido de las direcciones de los sensores, y se repite el ciclo indefinidamente, nótese que la transmisión comienza con el byte Bn, el cual contiene las respuestas correspondientes a los primeros ocho sensores.

Para iniciar la transmisión, se definieron ciertos lineamientos los cuales forman hasta cierto punto el protocolo de comunicación entre el microcontrolador y la PC, en la figura 4.1.3-3 se muestra un diagrama de señalización para efectuar la transmisión y recepción de datos entre estos dos elementos.

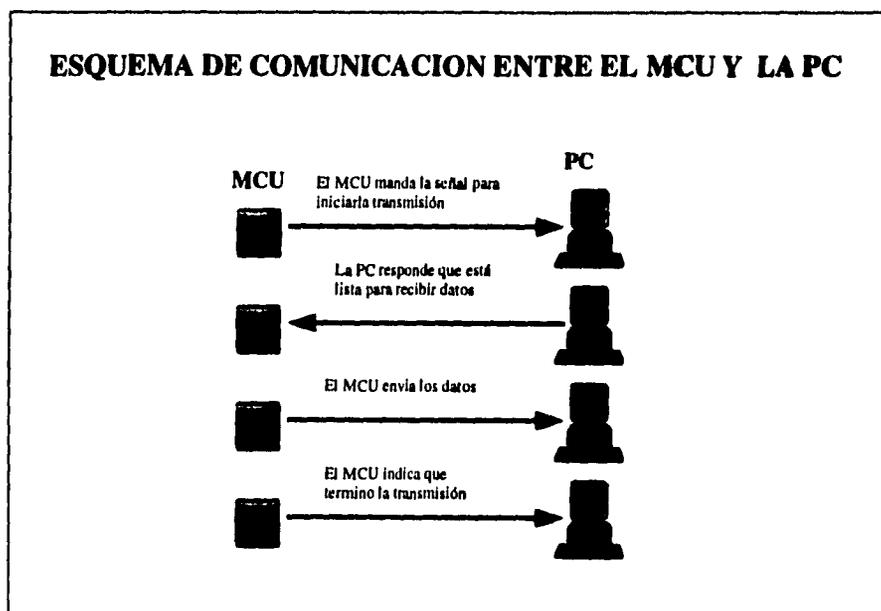


Figura 4.1.3-3. Diagrama de señalización para efectuar la transmisión y recepción de datos entre el MCU y la PC.

DISEÑO DEL SISTEMA

Por otro lado, se tiene el programa que realiza es despliegue de la información en el monitor de la PC. Para efectuar esto se define la disposición del estacionamiento visto de planta, esto es, en la pantalla se diseña el piso del estacionamiento con perspectiva de planta simulando la disposición de los cajones para estacionarse.

Básicamente las funciones que debe de realizar el programa en la PC para desplegar en la pantalla los lugares del estacionamiento que se encuentran desocupados son las siguientes :

1. Recibir la señal del MCU que le indica se prepare para recibir los datos.
Aquí, el programa de despliegue permanece en un estado de espera hasta que el MCU le envía la señal para que se prepare a recibir la información por el puerto serial, el tiempo de espera varía de acuerdo al tiempo que tarde el MCU en realizar el barrido y lectura de las respuestas de los sensores.
2. Recibir los datos por el puerto serial.
Este proceso se efectúa por medio de un buffer en donde se van almacenando los datos que se reciben, el tamaño del buffer puede ser definido de acuerdo al volumen de información que se va a transmitir.
3. Decodificar los datos recibidos
Después de recibir los datos que se encuentran en el buffer, el programa efectúa un proceso de decodificación de la información, esto es, hace la conversión en código ASCII de los datos recibidos, los cuales pueden ser ya interpretados para desplegar la información que representan.
4. Desplegar la información en la pantalla diseñada para tal efecto.
Como parte final de este proceso, el programa se encarga de desplegar la información, esto se efectúa por medio de los datos decodificados y en base a esto

se mostrara en la pantalla los lugares de estacionamiento, tanto los que se encuentran libres como los que se encuentran ocupados.

Para el caso del diseño que se desarrollo considerando un estacionamiento con dieciséis cajones para estacionarse, se diseño la disposición mostrada en la figura 4.1.3-4, en la cual se tienen definidos los lugares que serán monitoreados por el sistema.

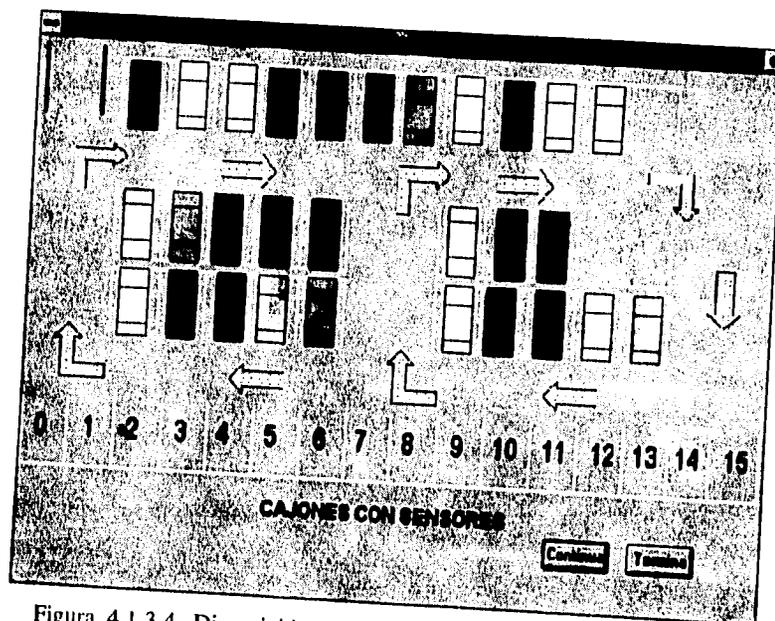


Figura 4.1.3-4. Disposición de los cajones de estacionamiento con vista de planta.

Para este caso, los cajones numerados del 1 al 16 son los lugares definidos para ser monitoreados por el sistema diseñado, el programa de despliegue determinara en base a los datos decodificados cuales son los cajones que se encuentran ocupados mostrando en la pantalla en dichos lugares un pequeño auto visto de planta, en caso contrario se mostraran los lugares numerados.

DISEÑO DEL SISTEMA

4.1.4 DESPLIEGUE DE LA INFORMACIÓN.

Actualmente la tecnología de la computación ha tenido un gran avance en lo que se refiere a herramientas de programación que faciliten el desarrollo de aplicaciones en ambiente gráfico. Esta idea surgió desde el lanzamiento del software llamado Windows, el cual se ha convertido un estándar a nivel mundial, debido a sus características que permiten visualizar una gran gama de colores y gráficos, así como el manejo de multitareas. Conjuntamente con este avance en la computación, se ha tenido un avance revolucionario en la electrónica, puesto que la mayor parte de este software existe gracias a la creación de microprocesadores cada vez mas rápidos, con mayor capacidad de direccionamiento de memoria, etc.

Dentro de lo que corresponde al desarrollo del software para el sistema de monitoreo de estacionamientos, uno de los objetivos es representar de alguna forma por medio de un monitor de computadora un esquema que permita desplegar en un ambiente amigable la información necesaria para que los automovilistas u operador del estacionamiento determinen de una forma rápida y eficaz un lugar para estacionarse. Para lo cual se desarrollo un aplicación basado en el software conocido como Visual Basic de Microsoft, esta aplicación simula la disposición de un estacionamiento, mostrando los lugares que se encuentran libres para que el automovilista pueda encontrar rápidamente un cajón para estacionarse.

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Este software de Visual Basic tiene la característica de poseer las herramientas de desarrollo en ambiente Windows para crear aplicaciones gráficas que ofrecen a los usuarios información clara y concisa de lo que se pretende mostrar.

Las principales ventajas que proporciona este software son :

- Utiliza el lenguaje de programación Basic.
- Contiene controles que facilitan el manejo de gráficos, interacción con el usuario, así como la comunicación externa por los puertos seriales.
- Posee su propio compilador para generar programas ejecutables, así como un debugger que facilita la detección de errores.
- Facilita la creación de programas para la instalación de la aplicación desarrollada.

Los elementos básicos para el diseño de una aplicación gráfica en Visual Basic son :

- Proyecto
- Formas
- Módulos
- Lenguaje
- Menús
- Paleta de colores

Un **Proyecto** es un grupo de formas, módulos y controles diseñados por el desarrollador, los cuales están relaciones internamente de acuerdo al objetivo de la aplicación.

Una **Forma** contiene los controles y código asociados a la forma, sin embargo, éste código puede ser utilizado por cualquier otra forma cuando se incluye dentro de un módulo.

Las formas son creadas para proporcionar la interfase de la aplicación con el usuario. Cada ventana es una forma que despliega controles, gráficas u otras formas. Estas formas pueden ser utilizadas de diferentes maneras :

DISEÑO DEL SISTEMA

- Para mostrar imágenes en una aplicación.
- Como una ventana de diálogo.
- Como un documento en una aplicación.

Los **Controles** son herramientas tales como cajas de texto, botones de opciones, etiquetas para proporcionar o pedir información al usuario. Conjuntamente son los que proporcionan la apariencia visual a la aplicación. Cada uno de estos elementos tiene propiedades específicas de tamaño, color, posición, nombre, etc.

Los **Menús** son muy útiles para aplicaciones con muchas opciones y comandos, la utilización de menús facilitan el uso de la aplicación.

Visual Basic incluye un **Lenguaje** de programación sencillo (easy-to-use) que es compatible con Qbasic y Basic compiler 7.1, así como con otros productos de Microsoft. Las principales características de este lenguaje son :

- Maneja siete tipos de datos (Integer, Long Integer, Single, Double, Currency, String, Variant, User defined).
- Funciones matemáticas.
- Funciones para manejo de cadenas de caracteres (strings).
- Posee las estructuras If..then..else, While, Case.
- Contiene un depurador (debugger) que chequea automáticamente la sintaxis, permite la ejecución de instrucción por instrucción, así como una ventana para verificar variables.

Con todo esto, se pueden desarrollar en poco tiempo aplicaciones gráficas que proporcionan una interfase amigable al usuario, y que además permiten utilizar de una manera óptima los avances tecnológicos, tanto de electrónica como de computación.

DISEÑO DE LA INTERFASE GRÁFICA

Para el tema desarrollado en esta tesis, se considero dentro de la aplicación que se utilizará como interfase o despliegue de la información, dos rutinas que se utilizan como demostración de la operación de un estacionamiento normal con el comportamiento habitual de un automovilista en busca de estacionamiento, y otra rutina que ejemplifica las ventajas que proporciona éste sistema de monitoreo para indicarle al automovilista un lugar donde estacionarse.

Especificaciones.

De acuerdo a esto, las funciones que debe de realizar esta aplicación son las siguientes :

- Desplegar una pantalla donde se muestre la disposición de un estacionamiento de una sola planta, con la ubicación de los sensores.
- Efectuar la sincronización y recepción de los datos enviados por el MCU a través del puerto serie de la PC, considerando las siguientes condiciones de comunicación :
 - Velocidad : 9600 bauds
 - Un bit de stop
 - Ocho bits de datos
 - Formato de transferencia NRZ
- Decodificar dichos datos para poder determinar los lugares libres del estacionamiento.
- Indicar en la pantalla los cajones libres y ocupados del estacionamiento.
- Adicionalmente, se tienen las pantalla para demostrar la funcionalidad del estacionamiento en forma normal, así como una pantalla que muestre las ventajas de

DISEÑO DEL SISTEMA

la utilización del sistema de monitoreo diseñado para ayudar a encontrar lugares disponibles en el estacionamiento, simulando tiempos de recorrido.

De acuerdo a lo anterior, el diagrama de flujo de la aplicación es el siguiente:

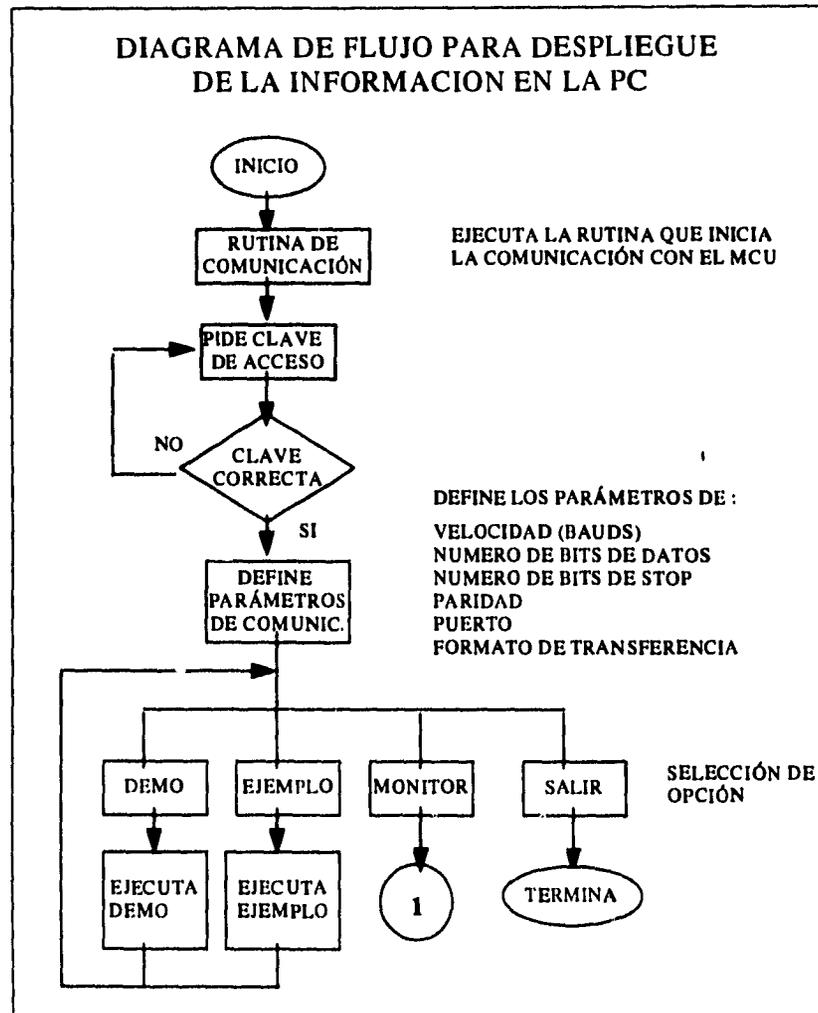
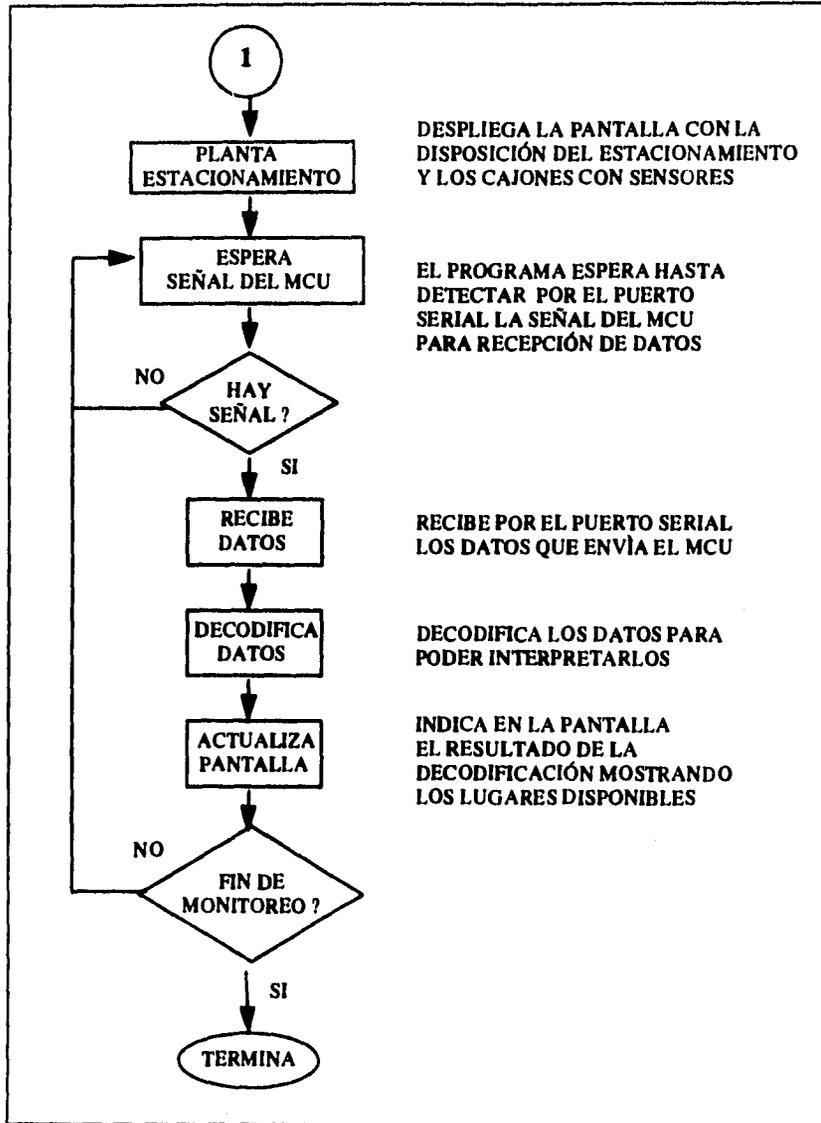


Diagrama de flujo de la aplicación (continuación) :



DISEÑO DEL SISTEMA

Teniendo como base éste esquema y utilizando las herramientas para diseño de la aplicación, los elementos que la conforman se explican en los siguientes párrafos. En lo que se refiere al código, éste se encuentra en el apéndice E al final de este trabajo.

En la figura 4.1.4-1 se muestran los elementos que conforman la pantalla de presentación de la aplicación que trabaja bajo ambiente Windows.



Figura 4.1.4-1. Pantalla de presentación del sistema de monitoreo.

Esta es la pantalla inicial o de **Presentación**, contiene etiquetas con los letreros de la aplicación y el nombre de la Universidad, en la parte central se tiene un control con la imagen de la Facultad y en la parte inferior derecha se cuenta con un botón que al accionarlo presenta la pantalla principal del sistema.

Para accionar éste tipo de botones basta con colocar el apuntador del mouse sobre éste y oprimir el botón izquierdo del mouse (también conocido como click), la forma alterna para accionar éste botón es oprimiendo la tecla de ENTER.

Descripción de la forma de Presentación y sus elementos

Esta forma, así como los elementos que la conforman poseen ciertas características o propiedades, estas propiedades definen la visualización de estos elementos al ser desplegados en el monitor, a continuación se listan las propiedades mas representativas de cada uno de estos elementos :

Elemento : Forma MDI
Nombre : MDI_entrada
Caption : SISTEMA DE MONITOREO PARA ESTACIONAMIENTOS
Enabled : True
Windowstate : 0 - Normal
Descripción : Una forma MDI (Multiple Document Interface) es una ventana que actúa como fondo (background) de una aplicación. En este caso se considera también como la forma de inicialización (Start up form).

Elemento : Etiqueta (Label)
Nombre : Label1
Caption : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Enabled : True
FontName : Times New Roman
FontSize : 18
Descripción : Se utiliza para desplegar etiquetas de texto dentro de la forma.

DISEÑO DEL SISTEMA

Elemento : Caja de figura (Picture box)
Nombre : Picture1
Enabled : True
Picture : CAESTAC\FI.BMP
Descripción : Se utiliza para desplegar figuras gráficas del tipo bitmap, icon, pcx.
En este caso la figura es el escudo de la Facultad de Ingeniería.

Elemento : Etiqueta (Label)
Nombre : Label3
Caption : SISTEMA DE MONITOREO
Enabled : True
FontName : Times New Roman
FontSize : 18
Descripción : Se utiliza para desplegar etiquetas de texto dentro de la forma.

Elemento : Etiqueta (Label)
Nombre : Label4
Caption : PARA ESTACIONAMIENTOS
Enabled : True
FontName : Times New Roman
FontSize : 18
Descripción : Se utiliza para desplegar etiquetas de texto dentro de la forma.

Elemento : Botón de comandos (Command Button)
Nombre : bot_cont
Caption : Continuar
Enabled : True
FontName : MS Sans Serif
FontSize : 8.25

DISEÑO DEL SISTEMA

Descripción : El botón de comandos se utiliza para iniciar, interrumpir o finalizar algún proceso o serie de instrucciones. Al accionarlo permite entrar a la pantalla principal del sistema.

La pantalla **Principal** de la aplicación se muestra en la figura 4.1.4-2. Aquí se puede observar que esta pantalla cuenta con tres botones que contienen una figura llamada icono, la función que realiza cada uno de estos botones al accionarlos, es la siguiente :

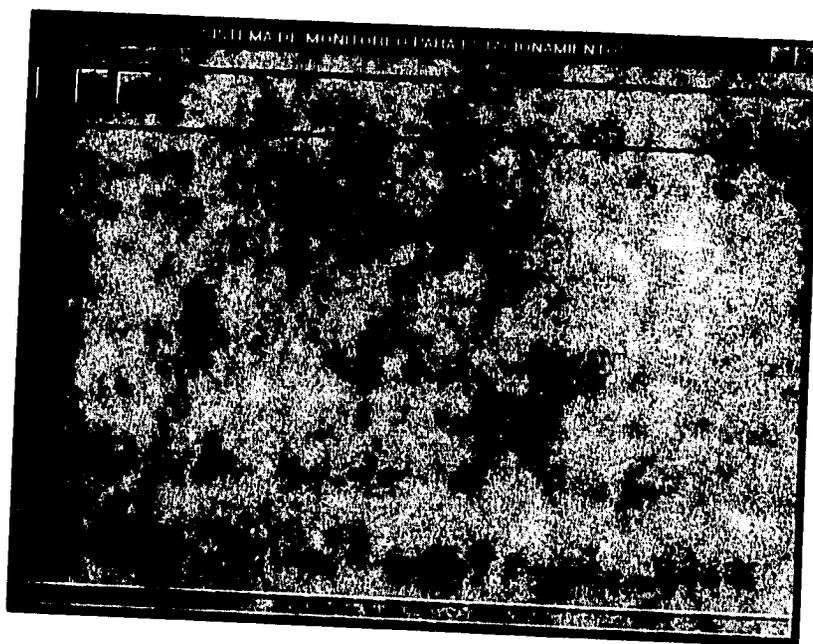


Figura 4.1.4-2. Pantalla o ventana principal.

DISEÑO DEL SISTEMA

A la posición que ocupan estos botones dentro de la pantalla se le llama **Barra de herramientas**. Observe que en la parte superior izquierda de la pantalla se tiene un letrero que dice **Estacionamiento**, éste forma parte de lo que se conoce como **Barra de Menús**, que es donde se definen las opciones alternas o adicionales para éste tipo de aplicaciones.

Para accionar la opción llamada **Estacionamiento** basta con hacer click sobre este u oprimir las teclas [Alt][e] y entonces se despliega un pequeño menú (este tipo de menús se les conoce como de Pull-down), en el cual se tiene las mismas opciones de los botones que se presentan en la barra de herramientas.

El menú de pull-down desplegado al seleccionar la opción **Estacionamiento** se muestra en la figura 4.1.4-3.

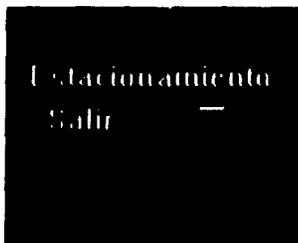


Figura 4.1.4-3. Menú de pull-down.

Descripción de la forma Principal y sus elementos :

Como se mencionó anteriormente, la forma que se utilizó para actuar como background de la aplicación es la llamada *MDI_entrada*, la cual contiene también los elementos que se muestran en la figura 4.1.4-2. A continuación se describen algunas de las propiedades de estos elementos.

Elemento : Menú
Nombre : estacionamiento
Caption : &Estacionamiento
Enabled : True
Descripción : A este elemento se le llama control de menú y como su nombre lo indica se utiliza para crear Menús. En este caso forma parte del menú principal del sistema. En este tipo de controles se puede utilizar el símbolo "&" antes de la letra que se utiliza para seleccionar la opción.

Elemento : Menú
Nombre : salir
Caption : &Salir
Enabled : True
Descripción : Forma parte del sub menú de *Estacionamiento* del menú principal del sistema. Al seleccionar esta opción termina la ejecución del sistema y regresa al Program Manager de Windows.

Elemento : Menú
Nombre : acerca
Caption : &Acerca
Enabled : True
Descripción : Forma parte del sub menú de *Estacionamiento* del menú principal del sistema. Al seleccionarlo muestra la ventana de la figura 4.1.4-4.

Elemento : Menú
Nombre : accesar
Caption : A&ccesar
Enabled : True

DISEÑO DEL SISTEMA

Descripción : Forma parte del sub menú de *Estacionamiento* del menú principal del sistema.

Elemento : Botón de comandos (Command Button)

Nombre : bot_cerrar

Picture : C:\ESTAC\SALIR.ICO

Enabled : True

Descripción : Termina la ejecución del sistema y regresa al Program Manager de Windows.



Elemento : Botón de comandos (Command Button)

Nombre : bot_acerca

Picture : C:\ESTAC\VACERCA.ICO

Enabled : True

Descripción : Al accionarlo muestra la ventana de la figura 4.1.4-4.



Elemento : Botón de comandos (Command Button)

Nombre : bot_login

Picture : C:\ESTAC\CARS.ICO

Enabled : True

Descripción : Al accionarlo muestra la ventana de la figura 4.1.4-5.



Las ventanas desplegadas al accionar el botón u opción para obtener información acerca del sistema se muestra en la figura 4.1.4.-4. Esta ventana contiene solamente etiquetas con información del sistema y un botón que al accionarlo, cierra ésta ventana para regresar a la ventana Principal.

Descripción de la ventana con información acerca del sistema y sus elementos :

Esta ventana muestra una breve leyenda con información del sistema. Este tipo de ventanas es muy común en aplicaciones bajo ambiente Windows. A continuación se describen algunas de las propiedades de esta forma y sus elementos.

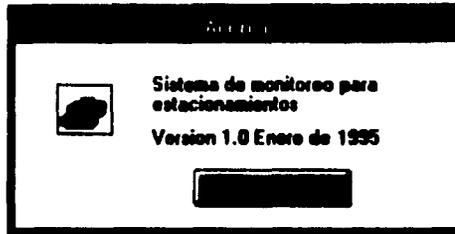


Figura 4.1.4-4. Ventana con información acerca de la aplicación.

Elemento : Forma
Nombre : f_acerca
Caption : Acerca
Enabled : True
Windowstate : 0 - Normal
Descripción : Forma utilizada para desplegar una ventana con información acerca del sistema.

Elemento : Etiqueta (Label)
Nombre : Label1
Caption : Sistema de monitoreo para estacionamientos
Enabled : True
FontName : MS Sans Serif
FontSize : 8.25

DISEÑO DEL SISTEMA

Elemento	: Etiqueta (Label)
Nombre	: Label2
Caption	: Versión 1.0 Enero de 1995.
Enabled	: True
FontName	: MS Sans Serif
FontSize	: 8.25
Elemento	: Caja de figura (Picture box)
Nombre	: Picture1
Enabled	: True
Picture	: C:\ESTAC\CARS.ICO
Elemento	: Botón de comandos (Command Button)
Nombre	: Command1
Caption	: Continuar
Enabled	: True
FontName	: MS Sans Serif
FontSize	: 8.25
Descripción	: Cierra la ventana con la información acerca del sistema.

Para el caso de la opción que permite el acceso a la aplicación, se despliega la ventana que se muestra en la figura 4.1.4-5. Esta ventana cuenta también con etiquetas, botones y dos elementos conocidos como cajas de texto (Textbox), estos elementos permiten al usuario digitar texto, para este caso, lo que se pide es digitar la **Clave de Usuario** y su **Contraseña**. Esta ventana permite controlar el acceso a la aplicación.

Después de digitar la Clave de Usuario y Contraseña se debe accionar el botón **Continuar** para permitir entrar a la aplicación.

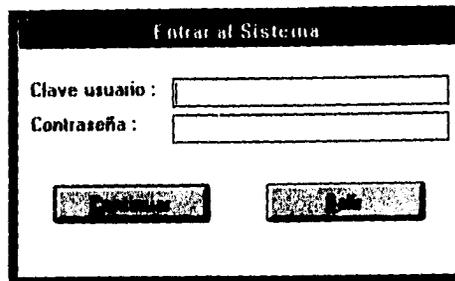


Figura 4.1.4-5. Ventana para controlar el acceso a la aplicación.

Descripción de la ventana de acceso al sistema y sus elementos.

Esta ventana se utiliza para controlar el acceso al sistema de monitoreo por medio de claves de acceso. A continuación se describen algunas de las propiedades de esta forma y sus elementos.

Elemento : Forma
Nombre : f_acceso
Caption : Entrar al sistema
Enabled : True
Windowstate : 0 - Normal
Descripción : Forma utilizada para desplegar una ventana en donde se deben digitar la clave de usuario y contraseña para poder acceder el sistema.

Elemento : Etiqueta (Label)
Nombre : Label1
Caption : Clave usuario
Enabled : True
FontName : MS Sans Serif
FontSize : 8.25

DISEÑO DEL SISTEMA

Elemento : Etiqueta (Label)
Nombre : Label2
Caption : Contraseña
Enabled : True
FontName : MS Sans Serif
FontSize : 8.25

Elemento : Caja de texto (Text box)
Nombre : t_usuario
Enable : True
FontName : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Es el área para digitar la clave del usuario.

Elemento : Caja de texto (Text box)
Nombre : t_clave
Enable : True
FontName : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
PasswordChar : *
Descripción : Es el área para digitar la contraseña que es ocultada por el caracter asterisco (*).

Elemento : Botón de comandos (Command Button)
Nombre : bot_continuar
Caption : &Continuar
Enabled : True
FontName : MS Sans Serif
FontSize : 8.25

DISEÑO DEL SISTEMA

Descripción	: Al accionarlo verifica la clave del usuario y la contraseña para poder acceder el sistema.
Elemento	: Botón de comandos (Command Button)
Nombre	: bot_cancela
Caption	: &Salir
Enabled	: True
FontName	: MS Sans Serif
FontSize	: 8.25
Descripción	: Al accionarlo cierra esta ventana y cancela el proceso de acceso.

Después de digitar correctamente las claves de acceso, se despliega en la barra de herramientas de la pantalla principal los botones que accionan las funciones definidas para éste sistema. En la figura 4.1.4-6 se muestra la pantalla principal con todos los iconos definidos para nuestra aplicación.



Figura 4.1.4-6. Barra de herramientas y menú principal del sistema de monitoreo.

Observe que se tienen cinco nuevos iconos en la barra de herramientas y dos opciones más en la barra de menús.

DISEÑO DEL SISTEMA

Descripción de la ventana principal y sus elementos.

Esta ventana es la forma llamada *MDI_entrada*, la cual habilita los botones con los nuevos iconos después de digitar las claves de acceso correctamente. Las propiedades de estos nuevos elementos se describen a continuación:

Elemento : Menú
Nombre : módulos
Caption : &Módulos
Enabled : True
Descripción : Forma parte del menú principal del sistema.

Elemento : Menú
Nombre : demo
Caption : &Demo
Enabled : True
Descripción : Forma parte de las opciones de *Módulos* del menú principal. Al seleccionarlo despliega la forma que efectúa la demostración de la situación actual al buscar un lugar donde estacionarse.

Elemento : Menú
Nombre : solución
Caption : &Solución
Enabled : True
Descripción : Forma parte de las opciones de *Módulos* del menú principal. Al seleccionarlo despliega la forma que efectúa la demostración del cambio en la búsqueda de un lugar para estacionarse al contar con un sistema de monitoreo.

DISEÑO DEL SISTEMA

Elemento : Menú
Nombre : monitor
Caption : &Monitor
Enabled : True
Descripción : Forma parte de las opciones de *Módulos* del menú principal. Al seleccionarlo despliega la forma que efectúa el despliegue de la información proveniente del MCU en base a la disposición de los cajones del estacionamiento.

Elemento : Botón de comandos (Command Button) 
Nombre : bot_demo
Picture : C:\ESTAC\DEMO.ICO
Enabled : True
Descripción : Al seleccionarlo despliega la forma que efectúa la demostración de la situación actual al buscar un lugar donde estacionarse.

Elemento : Botón de comandos (Command Button) 
Nombre : bot_ejemplo
Picture : C:\ESTAC\EJEM.ICO
Enabled : True
Descripción : Al seleccionarlo despliega la forma que efectúa la demostración del cambio en la búsqueda de un lugar para estacionarse al contar con un sistema de monitoreo.

Elemento : Botón de comandos (Command Button) 
Nombre : bot_monitor
Picture : C:\ESTAC\MONI.ICO
Enabled : True

DISEÑO DEL SISTEMA

Descripción : Al seleccionarlo despliega la forma que efectúa el despliegue de la información proveniente del MCU en base a la disposición de los cajones del estacionamiento.

Elemento : Menú

Nombre : opciones

Caption : &Opciones

Enabled : True

Descripción : Forma parte del menú principal del sistema.

Elemento : Menú

Nombre : param

Caption : &Parámetros

Enabled : True

Descripción : Forma parte del menú *Opciones* del menú principal. Al seleccionarlo despliega la forma con las opciones de comunicación del sistema

Elemento : Menú

Nombre : toolbar

Caption : &Barra de herramientas

Enabled : True

Descripción : Forma parte del menú *Opciones* del menú principal. Al seleccionarlo habilita o deshabilita la barra de herramientas del sistema.

Elemento : Botón de comandos (Command Button)

Nombre : bot_parametros

Picture : CAESTAC\PARAM..ICO

Enabled : True



Descripción : Al seleccionarlo despliega la forma con las opciones de comunicación del sistema.

Elemento : Botón de comandos (Command Button)

Nombre : bot_toolbar

Picture : CAESTACTOOLS.ICO

Enabled : True

Descripción : Al seleccionarlo seleccionarlo deshabilita la barra de herramientas del sistema.



Las ventanas que se despliega al seleccionar la opción **Demo** se muestran en las figuras 4.1.4-7a y , 4.1.4-7b, el funcionamiento de esta demostración se basa en que al desplegarse la ventana se ejecutan una serie de instrucciones que simulan el movimiento de un automóvil (visto de planta) dentro de un estacionamiento, el cual recorre la planta baja y primer piso en busca de un cajón libre para estacionarse.

Este demo tiene como objetivo mostrar el comportamiento de un automovilista dentro del estacionamiento al estar buscando un lugar donde estacionarse.

Las ventanas que se utilizan para mostrar la opción **Ejemplo** son también las de la figura 4.1.4-7 (a) y (b), este procedimiento muestra como ejemplo una posible solución del demo, con la diferencia de que se sigue una ruta diferente y directa hacia un lugar libre donde estacionarse, esto es, muestra las ventajas de contar con un sistema de monitoreo que permita la localización rápida de lugares para estacionarse, dejando al automovilista que elija la ruta y el lugar donde estacionarse.

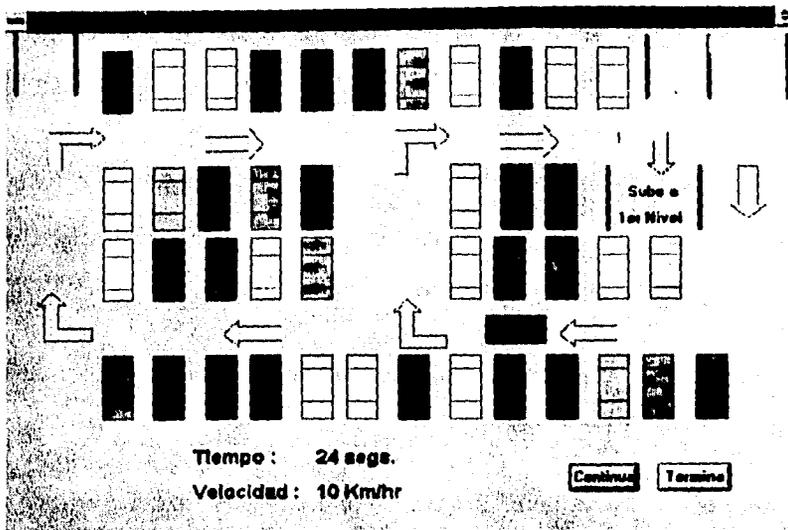


Figura 4.1.4-7a. Planta baja del estacionamiento de demostración

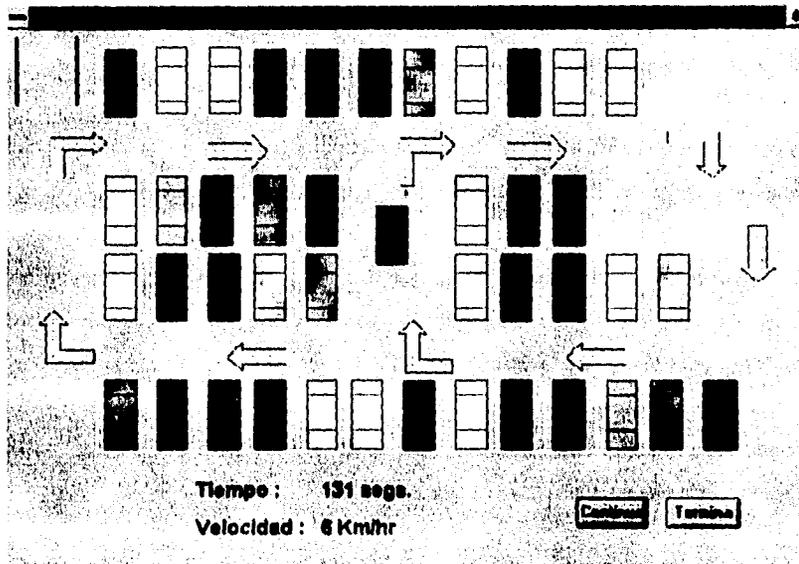


Figura 4.1.4-7b. Primer piso del estacionamiento de demostración

Descripción de la ventana de demostración y sus elementos.

Esta forma esta constituida por controles que permiten efectuar movimiento de los elementos con el propósito de simular animación de estos. Algunas de las propiedades de estos elementos se describen a continuación.

Elemento : Forma
Nombre : f_pb
Caption : PLANTA BAJA (DEMO)
Enabled : True
Windowstate : 2 - Maximizada
Descripción : Forma utilizada para desplegar una ventana en donde se simule el movimiento de un automóvil dentro del estacionamiento.

Elemento : Etiqueta (Label)
Nombre : Label1
Caption : Tiempo :
Enabled : True
FontName : Arial
FontSize : 12

Elemento : Etiqueta (Label)
Nombre : Label2
Caption : Velocidad :
Enabled : True
FontName : Arial
FontSize : 12

Elemento : Etiqueta (Label)
Nombre : Lab_tiempo

DISEÑO DEL SISTEMA

Caption : Se despliega durante la ejecución
Enabled : True
FontName : Arial
FontSize : 12
Descripción : Muestra el tiempo de recorrido del automóvil el estacionamiento durante la búsqueda de un lugar donde estacionarse.

Elemento : Botón de animación
Nombre : AniButton1, AniButton2, AniButton3, AniButton4, AniButton5
Enabled : False (Se habilitan durante la ejecución)
Picture : AUTO1.BMP, AUTO2.BMP, AUTO3.BMP, AUTO4.BMP, AUTO5.BMP
Descripción : Son habilitados y deshabilitados cambiando su posición para simular movimiento.

Elemento : Botón de comandos (Command Button)
Nombre : bot_pausa
Caption : Pausa
Enabled : True
FontName : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Al accionarlo efectúa la pausa o continuación de la animación.

Elemento : Botón de comandos (Command Button)
Nombre : bot_termina
Caption : Termina
Enabled : True
FontName : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Al accionarlo termina el proceso de animación de demostración.

DISEÑO DEL SISTEMA

Elemento	: Reloj (Timer)
Nombre	: Timer1
Intervalo	: 1 (En milisegundos)
Descripción	: Durante cada intervalo de tiempo ejecuta las instrucciones que realizan el proceso de animación.

Por otro lado, al seleccionar el icono que ejecuta el monitoreo del estacionamiento, se despliega la pantalla que se muestra en la figura 4.1.4-8. Aquí se tiene la vista de planta de un estacionamiento, en este se observan los cajones numerados del 0 al 15, estos representan los lugares que serán sensados por el MCU para demostrar la operación del sistema de monitoreo.

Este modulo contiene la programación para recibir las señales e información proveniente del MCU, las rutinas de decodificación, así como las rutinas para indicar en esta pantalla cuales son los lugares que se encuentran libres.

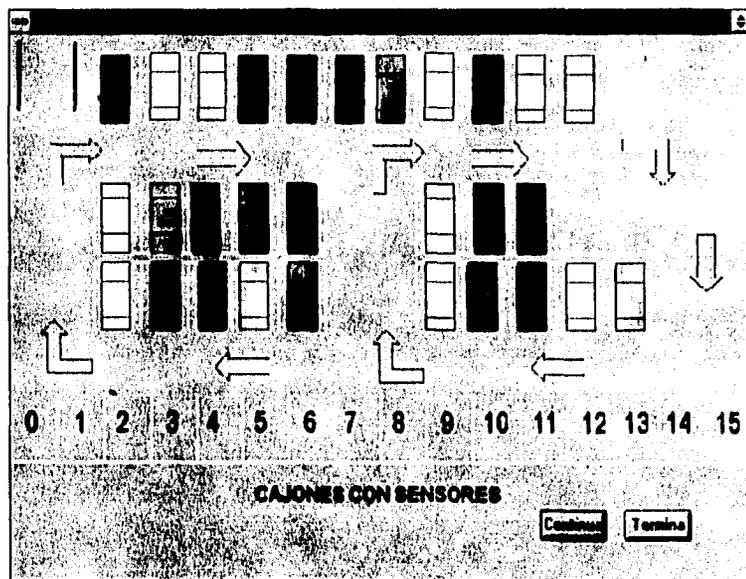


Figura 4.1.4-8. Vista de planta de un estacionamiento, aquí se observan los cajones numerados del 0 al 15.

DISEÑO DEL SISTEMA

Descripción de la ventana de monitoreo y sus elementos.

Esta ventana se utiliza como forma de despliegue de la información proveniente del MCU, aquí se muestra la disposición del estacionamiento y los cajones que serán sensados.

Elemento : Forma
Nombre : f_monitor
Caption : MONITOR
Enabled : True
Windowstate : 2 - maximizada
Descripción : Forma utilizada para desplegar los cajones que están libres y ocupados en el estacionamiento.

Elemento : Etiqueta (Label)
Nombre : Label1
Caption : CAJONES CON SENSORES
Enabled : True
FontName : Arial
FontSize : 12

Nombre : Ani_a0, Ani_a1, Ani_a2, Ani_a3, Ani_a4, Ani_a5, Ani_a6, Ani_a7, Ani_a8, Ani_a8, Ani_a10, Ani_a11, Ani_a12, Ani_a13, Ani_a14, Ani_a15
Enabled : False (Se habilitan durante la ejecución)
Picture : AUTO1.BMP
Descripción : Son habilitados y deshabilitados de acuerdo a los datos provenientes del MCU.

Elemento : Botón de comandos (Command Button)
Nombre : bot_pausa
Caption : Pausa
Enabled : True
FontName : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Al accionarlo efectúa la pausa o continuación del monitoreo.

Elemento : Botón de comandos (Command Button)
Nombre : bot_termina
Caption : Termina
Enabled : True
FontName : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Al accionarlo termina el proceso de monitoreo en la PC.

Elemento : Reloj (Timer)
Nombre : Timer1
Intervalo : 1 (En milisegundos)
Descripción : Durante cada intervalo de tiempo ejecuta las instrucciones que refrescan el estado de los cajones con sensores de acuerdo a los datos provenientes del MCU.

Elemento : Control de Comunicación (MSComm)
Nombre : MSComm1
CDTimeout : 0
CommPort : 1
CTSTimeout : 0
DSRTIMEOUT : 0
DTREnable : True
Handshaking : Ninguno

DISEÑO DEL SISTEMA

InBufferSize : 1024
Settings : 9600, n, 8, 1
Descripción : Este control permite efectuar comunicaciones seriales a través del puerto de la PC. En el apéndice E al final de este trabajo se muestra la información relacionada con este control de comunicaciones.

En lo que se refiere a los parámetros de comunicación, se tiene la opción de cambiar alguno de estos parámetros, para lo cual es necesario accionar el botón que define éstos parámetros, entonces el sistema despliega la ventana mostrada en la figura 4.1.4-9. En la cual se tienen varias opciones para definir dichos parámetros, esto se debe de realizarse conjuntamente con los parámetros del MCU.

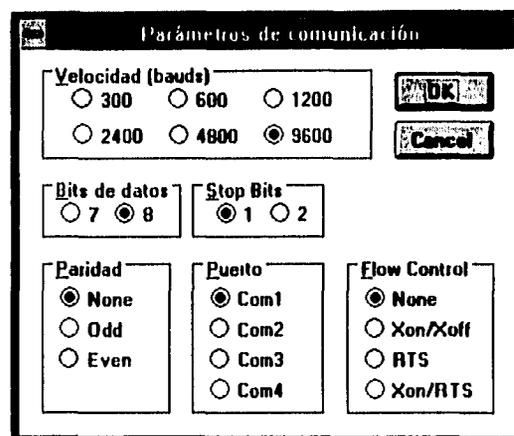


Figura 4.1.4-9. Ventana para cambiar los parámetros de comunicación con el MCU.

Descripción de la ventana de configuración de parámetros de comunicación y sus elementos.

Esta ventana permite cambiar los parámetros de comunicación con el propósito de adaptarse a los cambios que puedan realizarse en el MCU.

DISEÑO DEL SISTEMA

Elemento : Forma
Nombre : ConfigScrn
Caption : Parámetros de comunicación
Enabled : True
Windowstate : 0 - Normal
Descripción : Forma utilizada para cambiar los parámetros de comunicación del sistema.

Elemento : Frame
Nombre : Frame1
Caption : &Velocidad (bauds)
Fontname : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Agrupa las diferentes opciones de la velocidad de transmisión.

Elemento : Frame
Nombre : Frame2
Caption : &Bits de datos
Fontname : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Agrupa las diferentes opciones que definen el numero de bits de datos.

Elemento : Frame
Nombre : Frame3
Caption : &Stop Bits
Fontname : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Agrupa las diferentes opciones para determinar el numero de bits de stop para la comunicación serie.

DISEÑO DEL SISTEMA

Elemento : Frame
Nombre : Frame4
Caption : &Paridad
Fontname : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Agrupa las diferentes opciones de paridad en la comunicación.

Elemento : Frame
Nombre : Frame5
Caption : &Flow Control
Fontname : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Agrupa las diferentes opciones que definen el tipo de señalización empleada.

Elemento : Frame
Nombre : Frame6
Caption : &Puerto
Fontname : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Agrupa las diferentes opciones que determinan el numero de puerto a utilizar en la PC.

Requerimientos de Hardware y Software en la PC

Los requerimientos de hardware y software para poder instalar esta aplicación en la computadora personal son :

- Procesador 80286 o superior
- Disco duro
- Memoria RAM mínimo 2 Mb

DISEÑO DEL SISTEMA

Elemento : Frame
Nombre : Frame4
Caption : &Paridad
Fontname : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Agrupa las diferentes opciones de paridad en la comunicación.

Elemento : Frame
Nombre : Frame5
Caption : &Flow Control
Fontname : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Agrupa las diferentes opciones que definen el tipo de señalización empleada.

Elemento : Frame
Nombre : Frame6
Caption : &Puerto
Fontname : MS Sans Serif
FontSize : 8.25
Descripción : Agrupa las diferentes opciones que determinan el numero de puerto a utilizar en la PC.

Requerimientos de Hardware y Software en la PC

Los requerimientos de hardware y software para poder instalar esta aplicación en la computadora personal son :

- Procesador 80286 o superior
- Disco duro
- Memoria RAM mínimo 2 Mb

- Drive de 3 1/2 " ó 5 1/4 "
- Monitor EGA ó VGA
- Mouse
- Puerto Serial
- Cable serial DB9 - DB9 macho-hembra.
- Sistema Operativo D.O.S. versión 3.1 ó mayor
- Windows versión 3.1 ó mayor.
- Disco de instalación del software de monitoreo desarrollado en Visual Basic.

Otra de las ventajas que se tienen con Visual Basic es la facilidad de crear los discos de instalación de las aplicaciones que se desarrollan con éste software. Esto nos permitió crear el disco de instalación de esta aplicación y el procedimiento para efectuarla es el siguiente.

Procedimiento de Instalación.

1. Encender la PC que será utilizada como estación de trabajo e inserte en la unidad a: el disco etiquetado como **ESTAC**.
2. Desde Windows, seleccionar del Menú Principal la opción **File**, y después elegir el comando **Run**.
3. En la ventana de comando digitar **a: setup.exe** y oprimir el botón de OK o ENTER para iniciar la instalación.
4. Al iniciar la instalación, se despliega la pantalla **ESTAC SETUP**, aquí pregunta el directorio donde se instalará la aplicación, por default se tiene **C:\ESTAC**, por lo que solo debe seleccionar la opción Continuar.
5. Entonces el programa setup.exe comienza a desempacar y copiar las librerías que utiliza esta aplicación.

DISEÑO DEL SISTEMA

6. Al terminar de instalar la aplicación se creara el grupo de programas llamado **ESTAC** y en el cual se tiene el icono que ejecuta esta aplicación. Figura 4.1.4-10.
7. Al terminar la instalación se desplegará el mensaje RECURSOS installation is complete !, oprimir OK para finalizar la instalación.



Figura 4.1.4-10. Grupo de programas que se crea al instalar la aplicación para monitoreo de estacionamientos.

Después de la instalación del software en la PC, efectuar lo siguiente para ejecutar el funcionamiento del sistema de monitoreo.

1. Apagar la PC y quitar la alimentación a la tarjeta del MCU.
2. Conectar el MCU y la PC con el cable serial.
3. Encender la PC y la alimentación del MCU.
4. En la PC entrar a Windows y hacer doble click en el icono **ESTAC** del grupo de programas llamado también ESTAC.
5. Seleccionar el icono para acceder al sistema y digitar las claves.
6. Accionar el icono que realiza el monitoreo del estacionamiento conjuntamente con el MCU, en base a los sensores instalados.

De esta manera es como se interrelacionan los programas desarrollados tanto para el MCU como para la PC. Como se menciona anteriormente, estas dos partes deben de permanecer ejecutándose durante el periodo en que el estacionamiento se encuentre operando.

4.2 DISEÑO DEL HARDWARE

El hardware del sistema va estar formado básicamente por tres partes: La circuitería que albergara y permitirá el funcionamiento del microcontrolador, que junto con este se le denominara sistema mínimo; el modulo de detección de señales, con el cual se obtendrá la información a procesar y, por ultimo, la circuitería de comunicación, para poder realizar el enlace entre le microcontrolador y la PC. Debido a la facilidad que ofrecen los puertos del microcontrolador para la recabación de datos, la interfase entre el modulo de detección de señales y el MCU se contempla dentro del diseño del sistema mínimo. En la figura 4.2.1 se muestra el diagrama de bloques del hardware del sistema.

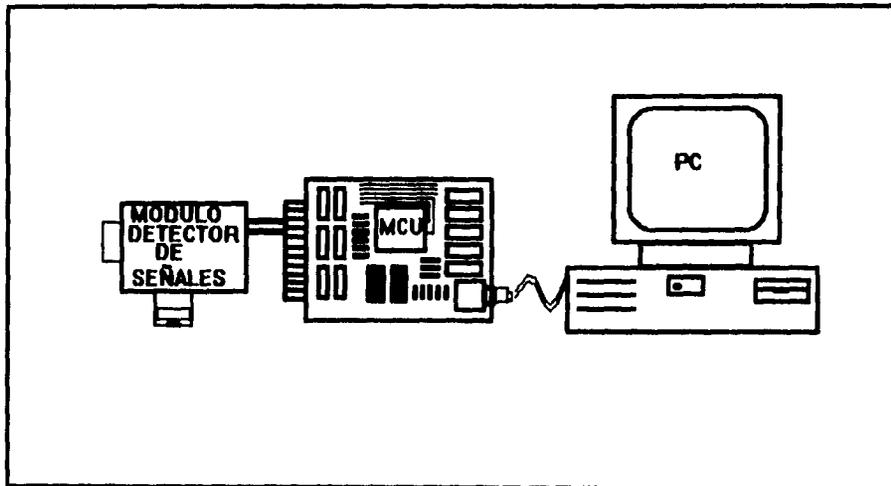


Figura 4.2.1. Diagrama de bloques de los elementos de hardware del sistema.

La primera parte del sistema que se tratara será la del modulo de detección de señales, del cual se mostraran las diversas etapas que lo componen. También se dará una explicación de los componentes que se utilizan en dicho modulo. Posteriormente se presentara lo que concierne a la circuitería de la interfase del microcontrolador con la PC para el despliegue de la información, señalando cuales son los dispositivos de comunicación y sus tipos de conexiones. La última parte será la del sistema mínimo, que como se menciona, esta parte del hardware será la que albergue al microcontrolador, mostrándose los elementos que son necesarios para su funcionamiento básico, así como los dispositivos adicionales que se requieren para el buen funcionamiento del sistema.

4.2.1 MODULO DE DETECCIÓN DE SEÑALES

EL SUBSISTEMA DE DETECCIÓN.

El modulo de detección o subsistema de detección , como se ha indicado previamente, tiene el objetivo de detectar la presencia de un automóvil dentro de una área específica y de proveer con una señal de salida adecuada la información sobre la detección realizada al microcontrolador a través de uno de sus puertos, a fin de realizarse un barrido por el microcontrolador. De acuerdo a lo discutido en el subcapítulo opciones de solución (2.3) se tiene que el subsistema de detección debe basar su funcionamiento en los transductores fotoeléctricos en su modo de operación difuso.

Cabe mencionar que las señales ópticas del tipo infrarrojas, por su longitud de onda, pueden presentar una mayor inmunidad a interferencias de señales externas no deseadas por el subsistema de detección al pretender realizar la detección de un objeto mediante el sensado del rebote de un haz óptico, que es el modo de operación difuso. Además, ofrece una mayor facilidad de manejo a un menor costo sobre otras señales ópticas que pudieran ofrecer una mayor inmunidad al ruido.

El modulo de detección va a ser un dispositivo periférico que va a constar de 4 partes para su funcionamiento e interfase con el microcontrolador, las cuales son:

- i) **Etapa emisora.**- En esta etapa se va a generar una señal de rayos infrarrojos codificada, la cual se va a transmitir desde un punto en dirección al área en donde se desea detectar la presencia del vehículo.

- ii) **Etapa receptora.**- Su función será la de captar la señal infrarroja de rebote desde el área de detección, la de filtrar todas aquellas señales ópticas del medio que no sean deseables para una correcta detección, la de eliminar aquellas señales infrarrojas que no contenga el código de la señal emitida, así como el evaluar la intensidad del rebote

DISEÑO DEL SISTEMA

de haz recibido, con la finalidad de diferenciar el rebote provocado por un vehículo al que ocurra con otras fuentes, como podrían ser las personas, animales u objetos pequeños que llegasen a cruzar por el área de detección.

iii) **Etapa de acondicionamiento de señal.**- Esta etapa va a tomar la señal proveniente de la etapa receptora, la cual estará ya filtrada e identificada con el código seleccionado, y la modificara de acuerdo a los voltajes de operación del microcontrolador, así como a los niveles lógicos establecidos para la identificación de una detección.

iv) **Etapa de sensado.**- Esta es la parte mas sencilla del modulo y se compondrá de una circuiteria y conexiones de interfase modulo-microcontrolador. Esta etapa deberá ser mas sencilla en una aplicación real, ya que solamente se contara con un modulo detector para fines ilustrativos.

ETAPA EMISORA.

El diseño del circuito de esta etapa esta basado en la generación de una señal de tren de pulsos en el espectro infrarrojo. La cual se va a obtener en base a una señal portadora de aproximadamente 45 kHz, modulada por un tren de pulsos de aproximadamente 1 kHz, el cual fungirá como código de la señal y la cual se alimentará a un LED infrarrojo de 940 nm de longitud de onda.

En el diseño del circuito para la generación de la señal portadora de 45 kHz, así como de la del tren de pulsos se emplearon circuitos integrados (CI) temporizadores 555 en su modo de operación astable (que funciona como un oscilador), en el apéndice B se da una breve descripción de este tipo de CI y sus modos de operación. Especificamente se utilizo un CI₁ LM556, ya que esta pastilla contiene dos temporizadores 555. Para determinar los valores de las resistencias y capacitores, de acuerdo a las caracterfsticas del CI₁, se emplearon las fórmulas (1), (2) y (3) del apéndice B. Debido a que en el mercado solo

DISEÑO DEL SISTEMA

existen ciertos valores de capacitores y resistencias llamados comerciales, se seleccionaron de estos los mas cercanos a los calculados, empleándose los siguientes valores para la señal portadora:

$$\begin{aligned}R_1 &= 1 \text{ k} \\R_2 &= 33 \text{ k} \\C_1 &= 470 \text{ pf}\end{aligned}$$

por lo tanto la frecuencia real de la señal portadora se obtiene de (4) del apéndice B :

$$\text{frecuencia} = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C_1$$

$$\text{frecuencia}_1 = 1.44 / (1 \cdot 10^3 + 66 \cdot 10^3) 470 \cdot 10^{-12} = 45.728 \text{ kHz.}$$

en tanto para la señal de tren de pulsos se tienen los siguientes valores:

$$\begin{aligned}R_5 &= 1 \text{ k} \\R_6 &= 10 \text{ k} \\C_4 &= 0.047 \text{ uf} \\C_5 &= 0.022 \text{ uf}\end{aligned}$$

disponiéndose los capacitores C_4 y C_5 en paralelo para tener una capacitancia de .069 uf en total. Por lo tanto, se tiene una frecuencia real del tren de pulsos de:

de (4) del apéndice B :

$$\text{frecuencia}_2 = 1.44 / (1 \cdot 10^3 + 20 \cdot 10^3) .069 \cdot 10^{-6} = 993 \text{ Hz}$$

DISEÑO DEL SISTEMA

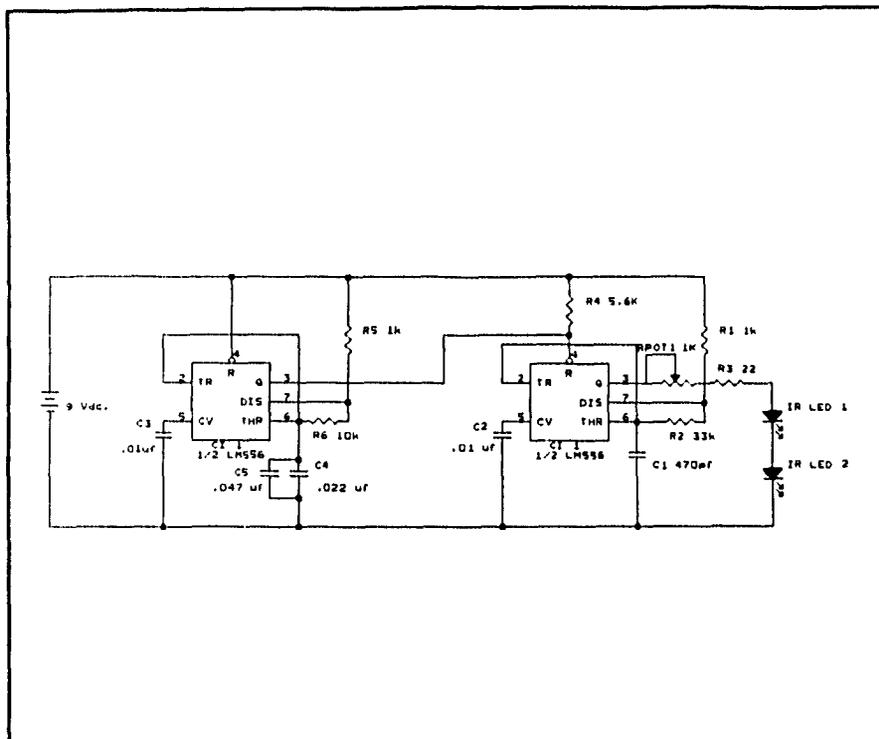


Figura 4.2.2. Diagrama electrónico de la etapa de emisión del modulo de detección.

Para la realización del proceso de la modulación de la señal portadora se tomo la señal de salida del segundo oscilador, tren de pulsos de f_2 , de la pata 5 del CI_1 y se alimento en la señal de restablecer del primer oscilador en la pata 10 del CI_1 , portadora de f_1 , y que normalmente va referido a V_{cc} , para que en el instante en que se tiene la presencia del pulso positivo, a la salida del segundo oscilador tendremos la presencia de la señal portadora solamente durante el lapso de duración del pulso, obteniéndose por lo tanto una señal portadora de 45 kHz aprox. modulada por una señal de tren de pulsos de 1 kHz aprox. En la figura 4.2.2 se muestra el esquema del circuito de emisión.

La salida de esta señal modulada resultante se alimento a dos LED's infrarrojos de 940 nm. de longitud de onda en serie y con una resistencia limitadora de corriente de 22-ohm

DISEÑO DEL SISTEMA

para evitarles algún daño por exceso de corriente. También se le adiciono una resistencia (R3) y un potenciómetro (RPOT1) limitadores de corriente conectados en serie a la salida de la señal, antes de alimentar a los LED's, para controlar la potencia total emitida en los haces infrarrojos, con el propósito de poder calibrar la intensidad de haz que puede rebotar dependiendo de las diferentes alturas en que pueden ser colocados los dispositivos detectores en referencia al lugar que debe ocupar un automóvil.

El valor de R3 se calculo a partir de la máxima corriente que permiten drenar los LED's infrarrojos, que es de 300 mA. Considerando el voltaje máximo que se tiene a la salida del 556 es de 9 V. y la caída de voltaje en cada LED es de 1.2 V. teniéndose lo siguiente:

$$V_{SAL} - 2 V_{LED} = 9 - 2.4 = 6.6 \text{ V.}$$

este voltaje dividido entre la máxima corriente permitida por los LED's nos dará el valor mínimo de la resistencia limitadora de corriente, que es:

$$R_3 = V_{MAX} / I_{MAX} = 6.6 / 300 = 22 \text{ ohms.}$$

ETAPA RECEPTORA

Debido a que la principal tarea de esta etapa es la de recibir la señal infrarroja de rebote provocada por el automóvil y la de realizar varios tipos de filtrados de señal, se investigo en el mercado cuales eran los distintos tipos de dispositivos y elementos que podrían ayudar a cumplir esta tarea. Durante la investigación se encontró un circuito integrado híbrido (CI₂) que satisfacía en su mayoría las necesidades del circuito de la etapa receptora a un costo menor que la de los otros posibles elementos en su conjunto. Así, el diseño del circuito de la etapa receptora esta basado en un circuito integrado híbrido detector de señales infrarrojas, conocido como receptor/demodulador infrarrojo GPIU52X. En el apéndice D se da una breve descripción de este circuito.

DISEÑO DEL SISTEMA

La conexión del receptor/demodulador infrarrojo es muy sencilla, ya que solamente requiere de una alimentación de 5 V. y una señal de referencia a tierra, tiene una tercera conexión que es la de salida de la señal captada. A la salida del CI₂, el GP1U52X, se tiene la señal de pulsos de 1 kHz ya demodulada, pero con un nivel de tan solo unos cuantos milivoltios.

El diseño del circuito de la etapa receptora también contempla el uso de un CI 567, que es un decodificador de tono basado en un circuito PLL. El apéndice C da los conceptos básicos del funcionamiento del PLL y del CI 567, que pertenece a la familia de este tipo de circuitos. La decisión de utilizar el decodificador de tono 567 (CI₃) se debe a dos razones; la primera es de que funciona básicamente como un detector de tono, lo cual se puede utilizar como detector de código de la señal emitida, y la segunda es de que puede recibir en la entrada niveles muy bajos de voltaje, del orden de los milivoltios, y son esos mismos niveles los que solo puede ofrecer como salida el receptor/demodulador CI₂ que se utilizara.

Con el objeto de asegurar una buena recepción de la señal en el CI₃, se adiciono un transistor de propósito general colector común operando como interruptor. La salida del transistor por su emisor tendrá un acoplamiento capacitivo hacia el decodificador de tono con el objeto de eliminar los niveles de cd que pudieran introducirse. El decodificador de tono, como se indica en el apéndice C, tiene la facilidad de determinar la frecuencia central a la cual va a decodificar el tono mediante la conexión de tan solo un capacitor y una resistencia en la patas de temporización 5 y 6, cuyos valores fueron determinados por el uso de la tabla de la figura C.2 del apéndice C, entrando con el valor deseado de decodificación de tono, que es de 1 kHz, y buscando valores comerciales de componentes, arrojando los siguientes valores:

$$R_8 = 5.6 \text{ k}$$

$$C_{10} = 0.1 \text{ uF}$$

confirmando la obtención de la frecuencia central, de (1) del apéndice C

$$f_0 = 1.1 / (10 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-6}) = 1.1 \text{ kHz}$$

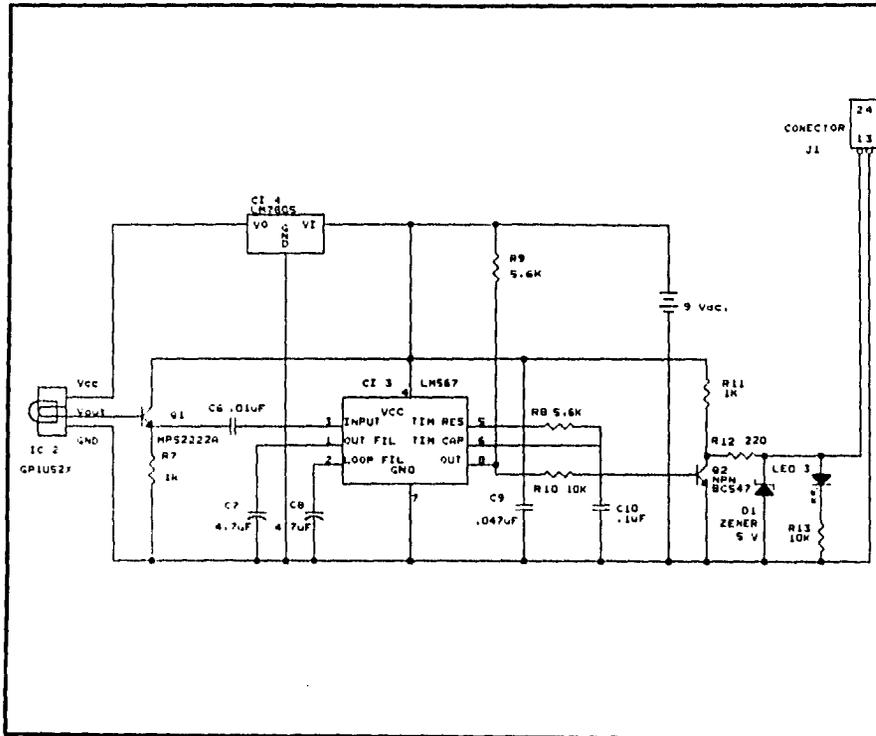


Figura 4.2.3. Diagrama del circuito de la etapa receptora.

La señal de salida de la etapa receptora va a ser el tren de pulsos de la etapa emisora, pero con un nivel TTL muy bien cuadrado por el transistor de interrupción de salida del CI 567. La figura 4.2.3 muestra el diagrama del circuito completo de la etapa receptora.

DISEÑO DEL SISTEMA

ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL.

Debido a la comunicación con el microcontrolador, se eligieron voltajes compatibles con los niveles TTL para determinar los estados de salida del modulo de detección, asignándose un nivel lógico positivo para el estado en el cual se detecte la presencia de un vehículo por el modulo detector y, en consecuencia, un nivel lógico negativo para el estado en el cual no se detecte la presencia del objeto. Por otra parte, considerando que la alimentación recomendable para los CI 556 y CI 567 es de 9 V., según datos del fabricante para una operación mas confiable, la salida que tendrá en el CI 567 será de un tren de pulsos de 1 kHz. con un nivel de 9V., que no son compatibles con los niveles TTL y, además, cuando el decodificador de tono no tiene ninguna señal de entrada su salida siempre será un nivel alto de 9 V. Estos son los parámetros básicos para la elaboración del diseño de la etapa de acondicionamiento de señal.

Para hacer compatibles las señales que se detallan en el párrafo anterior, se empleo un transistor de propósito general emisor común acoplado a través de una resistencia de 10 k a la salida del CI 567 y en paralelo con una resistencia de 5.6 k conectada a Vcc. El objeto de introducir el transistor es el de manejar un diodo zener a 5 V. con un LED en paralelo. Para poder cambiar el nivel de voltaje de respuesta del modulo a 5 V. cuando se haga una detección y 0 V. para el caso de no haber ninguna detección. El LED conectado en paralelo con el diodo Zener esta conectado a una resistencia de 10 k en serie a tierra, para limitar su corriente.

ETAPA DE SENSADO

Esta es la etapa mas sencilla de diseño, ya que uno de los periféricos del sistema del microcontrolador va a ser un multiplexor, el cual al recibir una dirección por parte del microcontrolador va a activar una de sus líneas de salida, la cual deberá ir conectada directamente al modulo de detección seleccionado, para que proporcione la información de la detección realizada.

DISEÑO DEL SISTEMA

Debido a que la velocidad con que puede trabajar el microcontrolador es muy rápida comparada con la de los elementos del modulo de detección, seria muy diffeil que al momento de solicitar la información de la detección por parte del microcontrolador, el modulo de detección la tuviera disponible un instante después, pues el modulo de detección tardaría mucho para encender, realizar la detección y manejar la salida. La opción que se manejo es la de mantener en constante funcionamiento al modulo de detección y solamente controlar su señal de salida con la información de la detección por medio de un bus de tres estados, el cual se activara siempre y cuando el microcontrolador lo solicite por medio de un multiplexor. Todas las salidas de los módulos de detección estarán enlazadas a un mismo canal de datos a través de un bus de tres estado a fin de evitar contaminación de información y posibles daños entre estos.

El diagrama de la figura 4.2-3 se muestra en forma esquemática la forma en que el microcontrolador habilita los sensores a través del multiplexor.

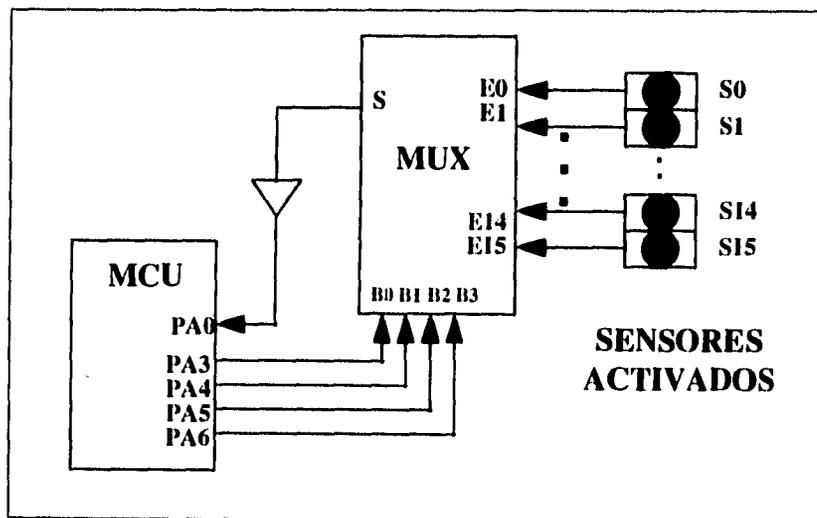


Figura 4.2-4. Diagrama de conexiones para sensar a través del multiplexor el estado lógico de los sensores.

DISEÑO DEL SISTEMA

En base al diagrama anterior, la forma de determinar el estado lógico de los sensores que determinaran si el cajón del estacionamiento donde se encuentran ubicados esta disponible o no es el siguiente :

1. El MCU habilita el puerto A y escribe en este la dirección del sensor que será leído por medio del multiplexor en base a los valores de PA3, PA4, PA5 y PA6.
2. El multiplexor (MUX) habilita la entrada correspondiente a la dirección definida por B0, B1, B2 y B3 que son determinadas por PA3, PA4, PA5 y PA6.
3. Puesto que los sensores están activados, se lee el estado lógico de cada uno de estos cuando el MUX determina cual de los sensores son direccionados.
4. El estado lógico inverso del sensor es obtenido a la salida del MUX, y entra a un inversor que cambia dicho estado y es detectado por el puerto A del MCU a través de la línea PA0.
5. El MCU lee el puerto A para conocer la respuesta del sensor y después envía escribe la dirección del siguiente sensor por el mismo puerto.
6. Al llegar a la dirección del ultimo sensor, el programa de monitoreo del MCU comienza nuevamente con la dirección del primer sensor.
7. Este proceso se repite infinitamente hasta reinicializar el sistema.

DISEÑO DEL SISTEMA

La tabla de verdad que se obtiene del diagrama de la figura 4.2-4 es la siguiente :

MCU	PA6	PA5	PA4	PA3		PA0
MUX	B3	B2	B1	B0	S	
	0	0	0	0	$\overline{E0}$	S0
	0	0	0	1	$\overline{E1}$	S1
	0	0	1	0	$\overline{E2}$	S2
	0	0	1	1	$\overline{E3}$	S3
	0	1	0	0	$\overline{E4}$	S0
	0	1	0	1	$\overline{E5}$	S5
	0	1	1	0	$\overline{E6}$	S6
	0	1	1	1	$\overline{E7}$	S7
	1	0	0	0	$\overline{E8}$	S8
	1	0	0	1	$\overline{E9}$	S9
	1	0	1	0	$\overline{E10}$	S10
	1	0	1	1	$\overline{E11}$	S11
	1	1	0	0	$\overline{E12}$	S12
	1	1	0	1	$\overline{E13}$	S13
	1	1	1	0	$\overline{E14}$	S14
	1	1	1	1	$\overline{E15}$	S15

DISEÑO DEL SISTEMA

4.2.2 INTERFASE DEL MCU CON LA PC

Como se mencionó en el capítulo 2, el medio que se decidió usar para comunicar el MCU con la PC, es la interfase RS-232C; ya que el MCU a través del puerto serial de comunicaciones D, puede acoplarse directamente al puerto serial de la PC (RS-232C), conectando los pines TxD y RxD del puerto D con sus respectivos pines del puerto serial de la PC, con conector DB9 o DB25, según sea el caso.

Para nuestro diseño, se optó por integrar al circuito de comunicación un dispositivo, el cual sea capaz de proporcionar la ganancia necesaria, para la comunicación esto con el fin de evitar pérdidas en la línea de comunicación si la distancia que separa al MCU de la PC fuera considerable. Otro aspecto importante es el que se refiere al manejo de los niveles de voltaje entre el MCU y la PC; ya que los niveles de voltaje son diferentes entre el puerto D del MCU y el puerto serial de la PC; es necesario trasladar éstos y de esta forma obtener un funcionamiento adecuado del circuito; el dispositivo seleccionado fue el MAX 232, y las características del mismo se muestran en los apéndices de este trabajo.

El circuito integrado MAX 232, es un dispositivo que funciona con una sola fuente de alimentación de voltaje de 5V; tiene la capacidad de generar voltajes de $\pm 10V$, a partir de la fuente de 5V mediante la conexión de capacitores externos; estos voltajes son los que proveen la ganancia necesaria y los niveles de voltaje para la transmisión de información hacia y de el puerto serial RS-232C.

La fig. 4.2.2.1, en la siguiente página muestra el diagrama esquemático del circuito empleado para la comunicación entre el MCU y la PC, el cual nos permite el despliegue de la información.

DISEÑO DEL SISTEMA

4.2.2 INTERFASE DEL MCU CON LA PC

Como se mencionó en el capítulo 2, el medio que se decidió usar para comunicar el MCU con la PC, es la interfase RS-232C; ya que el MCU a través del puerto serial de comunicaciones D, puede acoplarse directamente al puerto serial de la PC (RS-232C), conectando los pines TxD y RxD del puerto D con sus respectivos pines del puerto serial de la PC, con conector DB9 o DB25, según sea el caso.

Para nuestro diseño, se optó por integrar al circuito de comunicación un dispositivo, el cual sea capaz de proporcionar la ganancia necesaria, para la comunicación esto con el fin de evitar pérdidas en la línea de comunicación si la distancia que separa al MCU de la PC fuera considerable. Otro aspecto importante es el que se refiere al manejo de los niveles de voltaje entre el MCU y la PC; ya que los niveles de voltaje son diferentes entre el puerto D del MCU y el puerto serial de la PC; es necesario trasladar éstos y de esta forma obtener un funcionamiento adecuado del circuito; el dispositivo seleccionado fue el MAX 232, y las características del mismo se muestran en los apéndices de este trabajo.

El circuito integrado MAX 232, es un dispositivo que funciona con una sola fuente de alimentación de voltaje de 5V; tiene la capacidad de generar voltajes de $\pm 10V$, a partir de la fuente de 5V mediante la conexión de capacitores externos; estos voltajes son los que proveen la ganancia necesaria y los niveles de voltaje para la transmisión de información hacia y de el puerto serial RS-232C.

La fig. 4.2.2.1, en la siguiente página muestra el diagrama esquemático del circuito empleado para la comunicación entre el MCU y la PC, el cual nos permite el despliegue de la información.

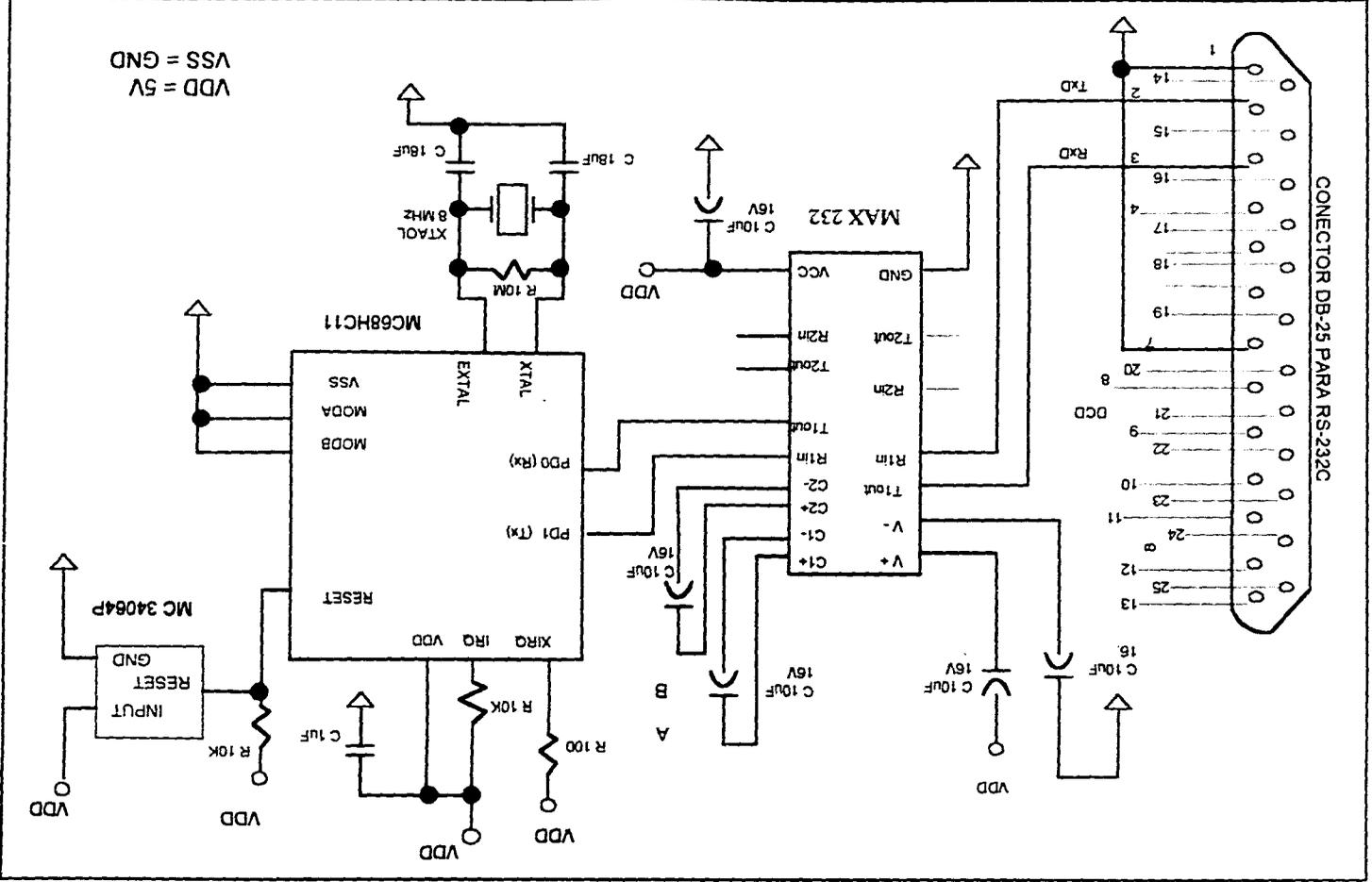


Fig. 4.2.2.1 Diagrama esquemático del circuito de interfase entre el MCU y la PC.

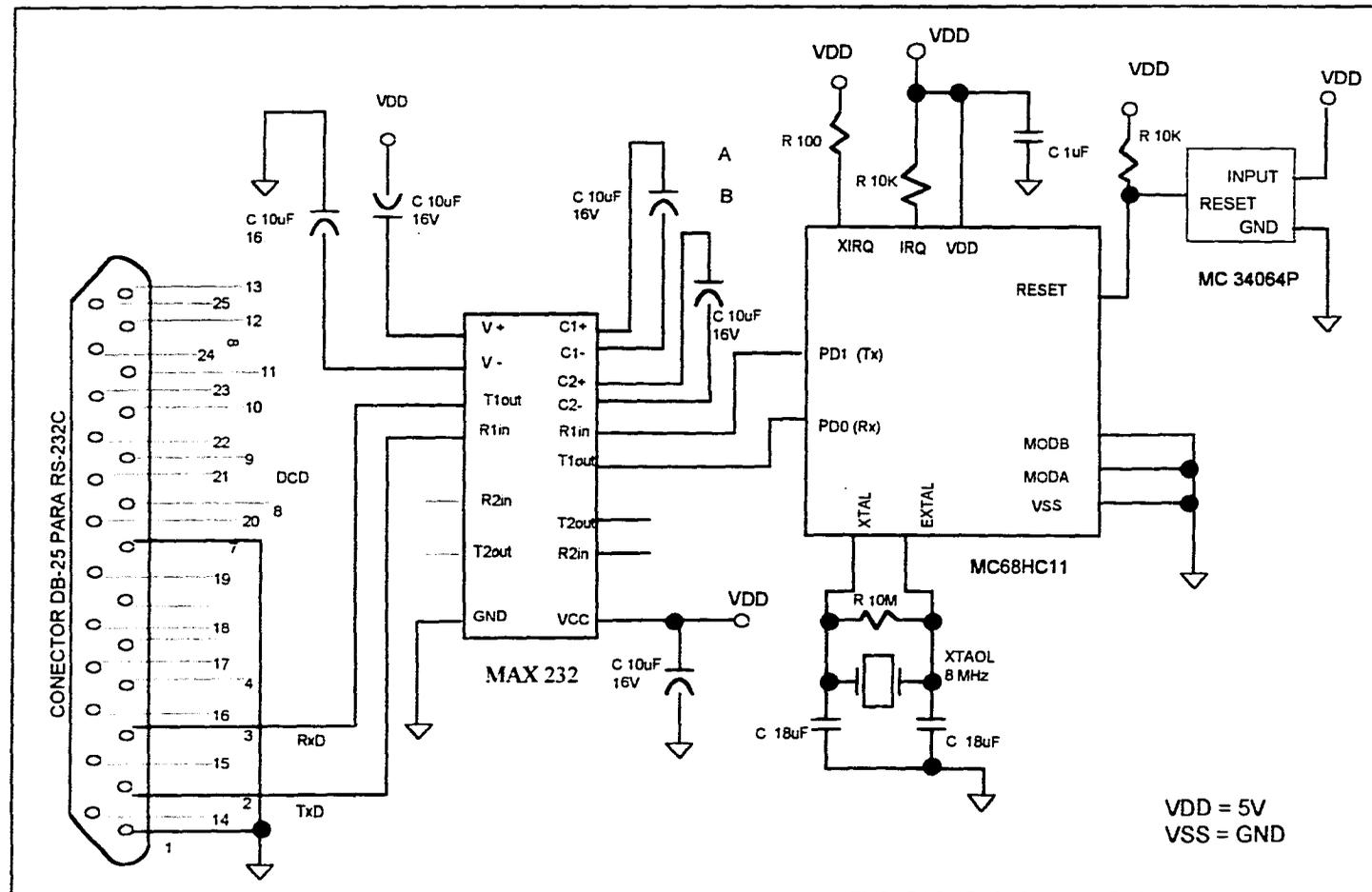


Fig. 4.2.2.1 Diagrama esquemático del circuito de interfase entre el MCU y la PC.

DISEÑO DEL SISTEMA

4.3 DISEÑO DEL SISTEMA MÍNIMO Y DIAGRAMA GENERAL

El diseño del sistema mínimo está basado en el MC68HC11E2, el cual trabaja en el modo de operación single chip, se optó por trabajar en este modo de operación con el objeto de explotar las ventajas que ofrece el MCU, como las memorias internas RAM, EEPROM, así como los puertos del mismo; de esta forma se reduce el número de circuitos integrados externos para el diseño del sistema.

Para trabajar en el modo de operación single chip es necesario que las terminales MODA y MODB tengan en sus entradas las siguientes condiciones:

$$\text{MOD A} = 0 \text{ V}$$

$$\text{MOD B} = 5 \text{ V}$$

De esta forma se consigue la operación del MCU en el modo de single chip.

La circuitería externa al MCU necesaria para conformar el sistema mínimo, es la siguiente:

- Un circuito oscilador.
- Circuito de reset.
- Acabado de las terminales de los puertos de entrada que no son usadas.
- Fuente de alimentación de 5 V.

El circuito oscilador está formado por un cristal el cual trabaja a una frecuencia de 8 Mhz, esta frecuencia es necesaria para que el sistema pueda entregar la velocidad de transmisión de datos de 9600 Bauds que se requieren para la comunicación del puerto serial D a la computadora personal. Los valores de los componentes que integran el circuito oscilador son los sugeridos por el fabricante para el caso en que el MCU trabaje a frecuencias altas.

DISEÑO DEL SISTEMA

El circuito de reset, esta formado por el dispositivo inhibidor de voltajes bajos (LVI por sus siglas en inglés, low voltage inhibit MC34064); este circuito al detectar un voltaje menor al de alimentación (VDD), genera a su salida un pulso negativo el cual llega directamente a la terminal de reset del MCU para que se efectúe la operación de reset. Se le agrego a este circuito un reset manual que está formado por una red RC y un botón normalmente abierto, el cual al ser accionado genera un pulso negativo a la entrada del MC34064, y de esta forma obtener la señal de reset a la entrada del MCU.

El acabado de las terminales. Debido a que el MC68HC11 es un dispositivo CMOS, las terminales de entrada sin terminar (acabado) se deben asegurar para garantizar la operación y confiabilidad de éste. Un inversor CMOS, es un representativo del circuito encontrado en las terminales de entrada del MCU. Cuando la entrada es un cero lógico, el transistor de canal P estará conduciendo, el transistor de canal N esta apagado. Cuando la entrada es un uno lógico, el transistor de canal P está apagado y el transistor de canal N conducirá. Los transistores son dispositivos con puntos de operación relativamente amplios. Conforme la entrada pasa a través del suministro medio de alimentación, hay una región en donde ambos transistores conducen hasta cierto grado. Bajo circunstancias normales, la entrada no permanece en esta región durante mucho tiempo; una vez que el inversor está conectado de modo que uno sólo de los transistores este conduciendo, virtualmente no hay flujo de corriente. Este principio es la razón por lo que la corriente impulsada por un transistor CMOS sea directamente proporcional a la frecuencia de conexión. En general, toda la corriente producida en puentes en la región lineal durante transiciones y por la carga y descarga de capacitancias internas. Debido a que las entradas tienen una impedancia muy alta, si no se conectan, la entrada puede oscilar o flotar en niveles medios de la fuente de alimentación. Cualquiera de éstas dos condiciones puede resultar una corriente agregada del suministro de energía. Para el caso de las oscilaciones puede esto causar la generación de ruido a la fuente de alimentación. Así que ciertas entradas en el MCU como: RESET, EXTAL, MODA y MODB, no pueden dejarse sin terminar. De esta forma se protegerá el MCU y se evita la inducción de ruido externo al sistema.

DISEÑO DEL SISTEMA

Fuente de alimentación. El diagrama electrónico de la fuente de alimentación para el sistema se muestra adelante, esta formada por un transformador para reducir el voltaje de línea al un nivel adecuado para la aplicación, a continuación se tiene la rectificación de la señal de línea en base a un puente de diodos y una etapa de filtrado, para eliminar rizo, después de el filtrado se tiene la etapa de regulación al voltaje que será usado en el circuito, para esto se usa el circuito integrado LM7805, finalmente se incluye un filtro a base de capacitores para eliminar ruidos indeseables.

En la figura 4.3.2 se muestra el diagrama electrónico del sistema mínimo.

La operación del sistema es de la siguiente forma: el puerto A del MCU es utilizado para el proceso de decodificación o selección de los sensores, esto se hace por medio de los bits de salida PA₃, PA₄, PA₅, y PA₆, estas salidas pasan a través de un buffer (MC4050) para mantener constantes los niveles, las salidas correspondientes del buffer llegan las terminales de control del multiplexor (74C150), y así por medio del software el MCU pondrá en las salidas del puerto A las direcciones para la selección de los sensores uno a su vez. Los datos obtenidos de los sensores son capturados por el MCU vía el bit 0 del puerto A y almacenados en registros de la memoria RAM interna del MCU, una vez que se encuentran almacenados los datos de todos los sensores, éstos son codificados y enviados a la computadora por medio del puerto D, el cual esta configurado como puerto serial, como se mencionó anteriormente este esta acoplado por el dispositivo MAX232 al puerto serial de la computadora.

La sección de comunicaciones del sistema esta detallada en el subtema 4.2.2; la cual esta formada por el puerto D del MCU el cual esta acoplado por medio del circuito MAX 232 al puerto serial de la computadora personal, el MAX 232 traslada los voltajes de $\pm 15V$ que entrega al computadora a 0V y 5V que son los voltajes de operación del MCU; para la comunicación se emplea la interfase RS-232C, con conector DB-25 para el extremo del MCU y un conector DB-9 para el extremo de la computadora, las conexiones son mostradas en el diagrama esquemático general.

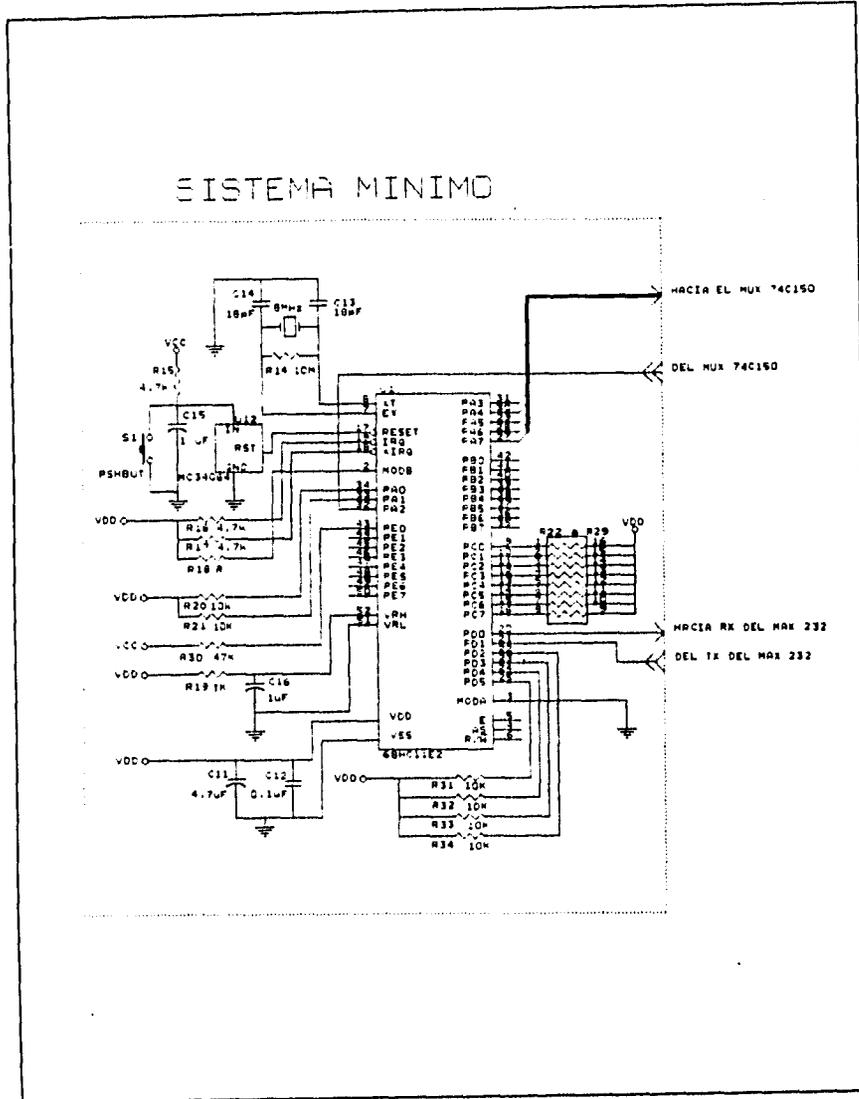


Figura 4.3.2 Diagrama electrónico del sistema mínimo.

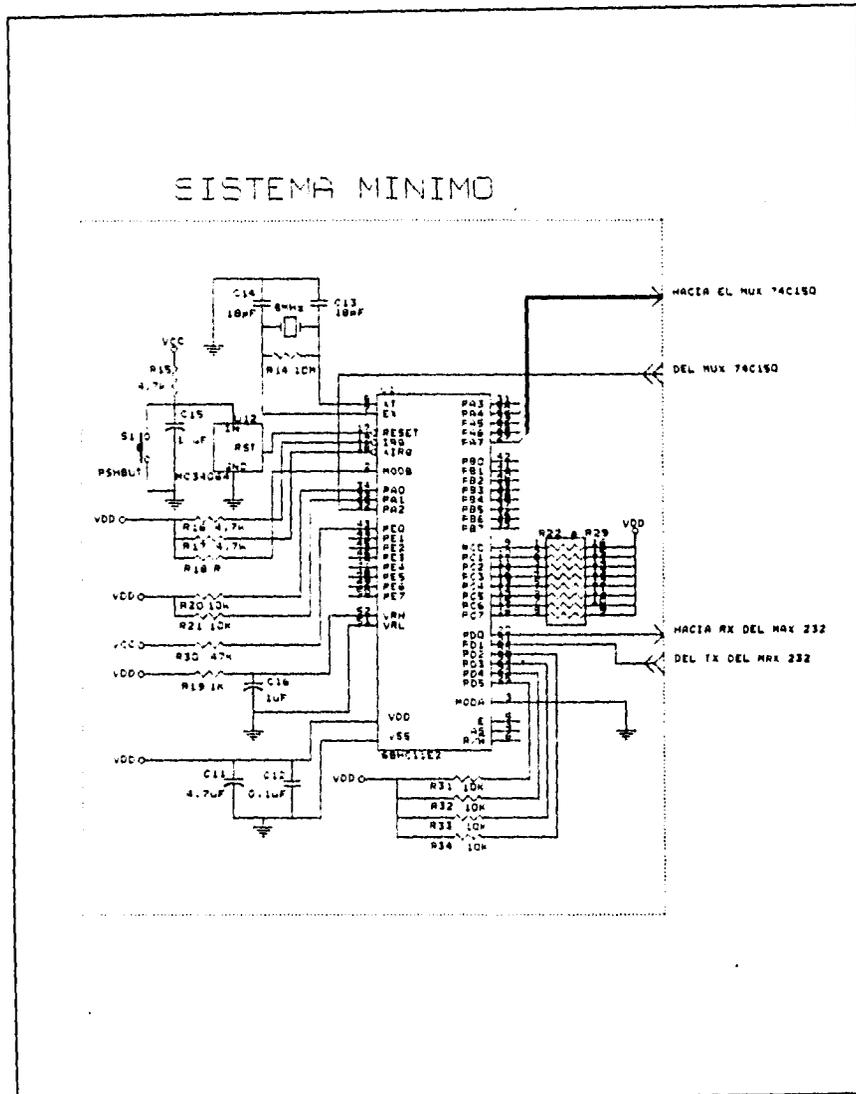


Figura 4.3.2 Diagrama electrónico del sistema mínimo.

DISEÑO DEL SISTEMA

Como se mencionó al principio de este tema, el sistema mínimo hace uso de la memoria EEPROM en la cual se almacena el programa principal para el funcionamiento del sistema, la secuencia de programación para esta memoria es la siguiente:

- 1.- Una vez que se tiene el programa principal en ensamblador este genera un archivo con la extensión S19.
- 2.- Ejecutar desde la PC el programa PCBUG11.EXE, entonces responder "NO" a las preguntas que efectúa al lanzar dicho programa.
- 3.- Seleccionar la opción correspondiente para el tipo de microcontrolador a utilizar.
- 4.- Definir el puerto por el cual se tiene el enlace con la PC; COMM1.
- 5.- Responder a la pregunta que se hace para verificar que el reloj del MCU sea de 8 MHz.
- 6.- Una vez dentro de la línea de comandos del PCBUG digitar lo siguiente:

> MS \$1035 [ENTER]

con esto se desprotege la memoria EEPROM para grabar el programa en ensamblador.

7. Después ejecutar la siguiente instrucción :

> EEPROM \$B600 \$BE00 [ENTER]

esta instrucción define las localidades donde se encuentra la EEPROM en el mapa de memoria.

DISEÑO DEL SISTEMA

8.- Para grabar el programa en ensamblador en la memoria EEPROM se ejecuta la siguiente instrucción :

> LOAD <Nombre del programa> [ENTER]

9.- Digitar **Quit** para salir del programa PCBUG11.

Con esto finaliza el procedimiento de grabación de la memoria EEPROM del microcontrolador.

Para ejecutar estas las rutinas de inicialización que se encuentran en la memoria EEPROM del sistema, es necesario conectar la terminal PE0 del puerto E a un nivel alto, esto permite que el apuntador del programa (Program Counter) del MCU salte a la dirección inicial de la EEPROM y de esta forma ejecutar automáticamente las instrucciones iniciales, así como el programa que se encarga de monitorear los sensores.

El diagrama general del sistema se muestra en la siguiente pagina. La lista de componentes es la que se muestra a continuación :

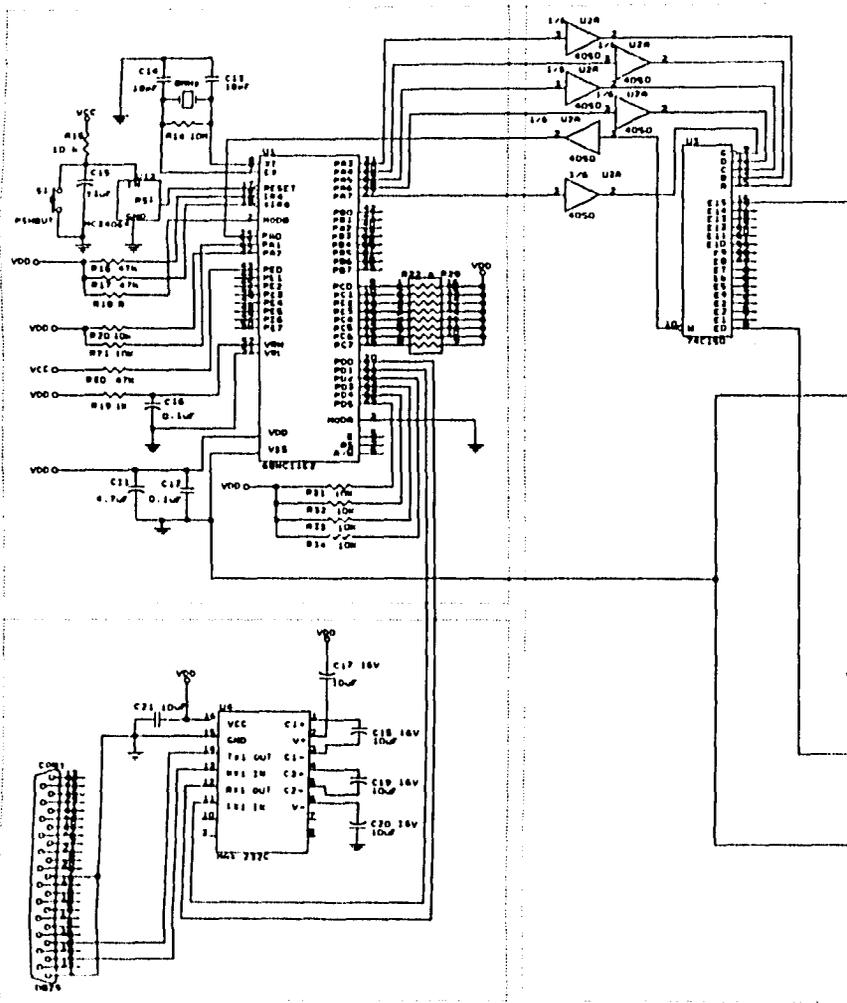
REFERENCIA	NOMBRE COMERCIAL	DESCRIPCIÓN
Capacitores		
C1		470 picoF 500V cerámica
C2, C3, C6		0.01 microF 500V cerámica
C4, C9		0.047 microF 500V cerámica
C5		0.022 microF 500V cerámica
C7, C8 , C11		4.7 microF 63V electrolítico
C10, C12		0.1 microF 500V cerámico
C13, C14		18 picoF 250V cerámico

DISEÑO DEL SISTEMA

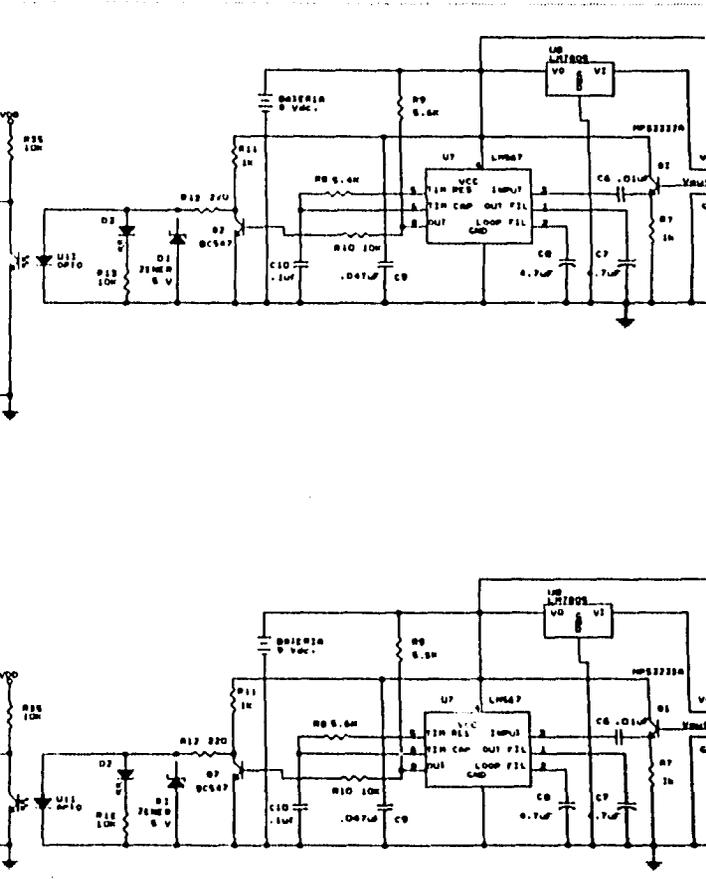
REFERENCIA	NOMBRE COMERCIAL	DESCRIPCIÓN
C15, C16		1 microF 16V electrolítico
C17 a C21		10 microF 16V electrolítico
Diodos		
D1		Zener, 5V
D2		Led (diodo emisor de luz)
IR1, IR2	LT1029	Diodo emisor de luz infrarroja
Transistores		
Q1	MPS2222A	Tipo NPN
Q2	BC547	Tipo NPN
Resistencias		
R1, R5, R7, R11, R19		1 Kohm, ½ W, 5 %
R2		33 Kohm, ½ W, 5 %
R3		22 Kohm, ½ W, 5 %
R4, R8, R9		5.6 Kohm, ½ W, 5 %
R6, R10, R13, R15, R20 a R29, R31 a R36		10 Kohm, ½ W, 5 %
R12		220 ohm, ½ W, 5 %
R14		10 Mohm, ½ W, 5 %
R16 a R18, R30		47 kohm, ½ W, 5 %
RV1		1 Kohm, ½ W, pot, 20 vueltaS

REFERENCIA	NOMBRE COMERCIAL	DESCRIPCIÓN
Circuitos Integrados		
U1	MC68HC11E2	Microcontrolador
U2	CD4050BM	6 buffers no inversores
U3	74C150	Multiplexor de 16 líneas a 1
U4	MAX232	Drive para RS-232C
U5	LM556	Dos circuitos de temporización
U6	GPIU52X	Módulo de recepción infrarrojo
U7	LM567	Decodificador de tono
U8, U9	LM7805	Regulador de voltaje +5V
U10	LM7809	Regulador de voltaje +9V
U11	4N28	Optoacoplador
U12	MC34064	Inhibidor de voltaje

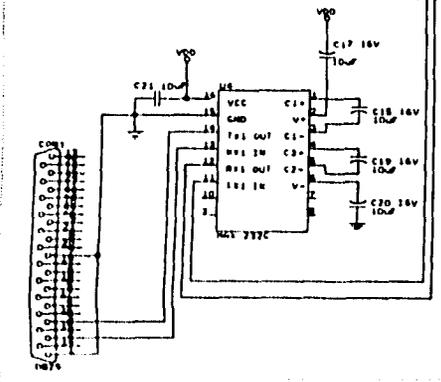
SISTEMA MINIMO



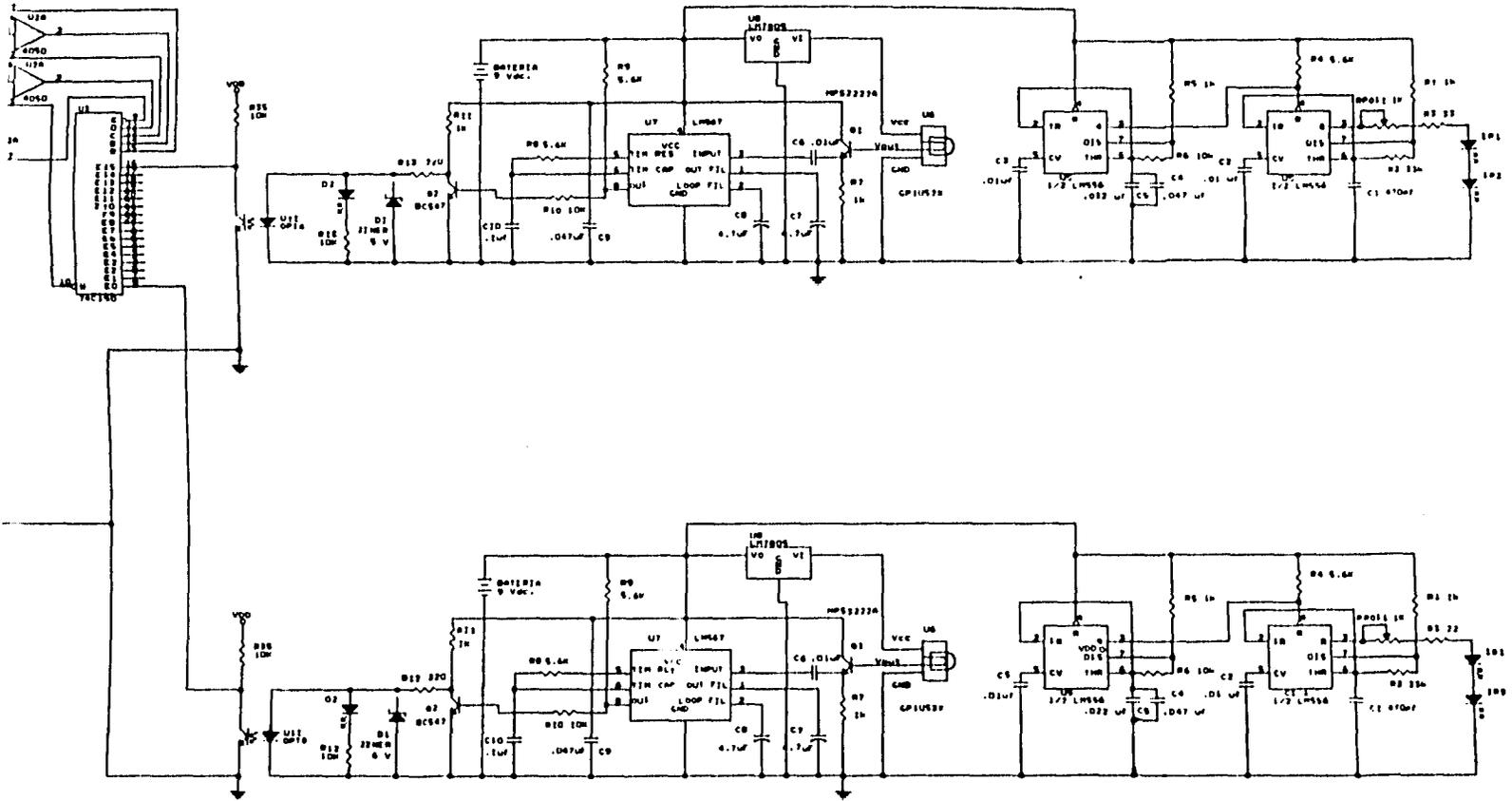
SISTEMA DE DETECCION

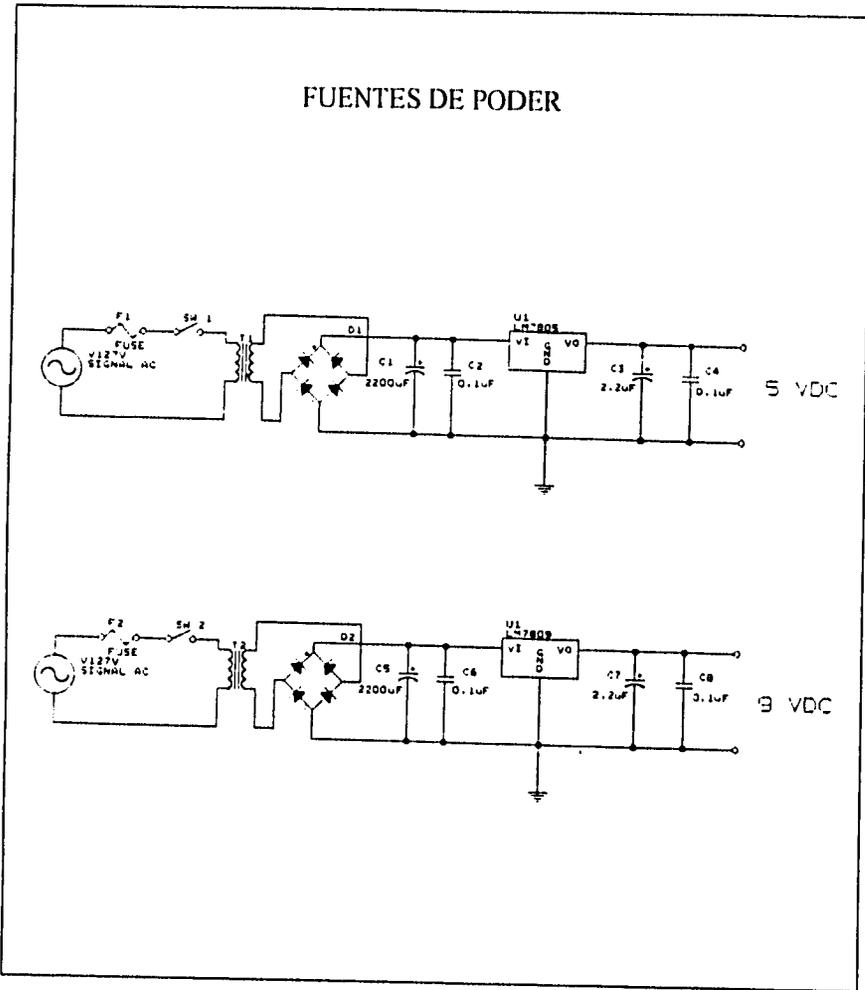


SISTEMA DE COMUNICACION



SISTEMA DE DETECCION





CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Algunos de los problemas a los que nos enfrentamos fueron la escasa información existente acerca de los avances tecnológicos en estacionamientos, con el objeto de conocer los desarrollos que se han efectuado en este campo. Así como también la dificultad de acceder a la información, que por ser de carácter tecnológico, las empresas privadas y dependencias que la poseen tienen el registro de derecho de copia y no la proporcionan libremente.

En lo que se refiere al diseño de los detectores, se investigaron algunos tipos de sensores, que por sus características podían utilizarse para realizar la función necesaria para detección de los automóviles en cada uno de los cajones del estacionamiento, tomándose la decisión de emplearse los sensores de tipo óptico infrarrojo debido a su costo, facilidad de manejo, disponibilidad en el mercado, bajo consumo de potencia, facilidad de codificación de las señales manejadas, así como por su tamaño reducido.

Uno de los problemas durante el diseño del módulo de detección fue la alta captación del ruido del medio ambiente en su etapa receptora, lo cual se solucionó utilizando cable blindado en la conexión del receptor de las señales hacia el pre-amplificador, obteniéndose de esta forma el manejo de una señal con mayor inmunidad al ruido.

El diseño de este sistema digital está basado en el MCU 68HC11 debido básicamente a que este microcontrolador posee las características que facilitaron el desarrollo de este proyecto, además de que el costo de este es relativamente bajo en base al beneficio que puede proporcionar. Debido a la poca experiencia en el uso de este microcontrolador, nos encontramos con diversos problemas, tales como: el correcto alambrado del sistema mínimo, control de funcionamiento y la programación de las rutinas requeridas para el sistema.

Los problemas anteriores fueron superados mediante la práctica y estudio detallado de las funciones del microcontrolador que se requerían para la operación del sistema. Uno de los

CONCLUSIONES

elementos que nos facilitó en gran medida fue la utilización del software emulador para el microcontrolador.

Para poder efectuar el enlace del MCU con la computadora, se decidió la utilización de la interfase RS-232C debido básicamente a que cumple con las características de comunicación serial requeridas y por ser un estándar de comunicación ampliamente difundido utilizado comúnmente en las computadoras personales.

En lo que se refiere al software utilizado para el despliegue de la información proveniente del MCU, se tuvo la oportunidad de conocer una herramienta de desarrollo de aplicaciones en ambiente Windows la cual, además de ser una de las herramientas más recientes para aplicaciones gráficas, posee un control que permite efectuar la comunicación a través del puerto serial. Para lo cual también se tuvieron que realizar algunas pruebas para conocer como se efectúa dicha comunicación, así como los conceptos relacionados para efectuar el enlace con el microcontrolador, esta fue una de las tareas de gran interés durante el desarrollo del sistema de monitoreo.

Las pruebas de laboratorio del funcionamiento de cada una de las partes así como del sistema digital ya integrado se realizaron de manera positiva obteniéndose los resultados esperados.

Este sistema de monitoreo no se llevo a cabo en una implantación real dentro de un estacionamiento debido a que no se contempla dentro de los alcances del presente trabajo. Sin embargo, el diseño propuesto puede ser la base para continuar con el desarrollo de equipos de control enfocados a mejorar los servicios de los estacionamientos, tales como : control y registro automático de acceso mediante el uso de tarjetas magnéticas y expedición de boletos con código de barras, obtención de información del uso del inmueble para una mejor administración del mismo.

APÉNDICE A

PADRÓN DE ESTACIONAMIENTOS

En este apéndice se muestran los resultados del padrón de estacionamientos efectuados en la Ciudad de México correspondientes a los años 1988, 1989, 1990, 1991 y 1992.

Esta información fue proporcionada por la Dirección General de Desarrollo Integral del Transporte y que pertenece al Departamento del Distrito Federal.

TABLA 1.4 - TOTAL DE ESTACIONAMIENTOS AL SERVICIO PUBLICO POR DELEGACIÓN POLITICA Y TIPO DE CONSTRUCCIÓN, 1988.

DELEGACIÓN PÓLITICA	TIPO DE CONSTRUCCIÓN							
	TIPO "A" DE EDIFICIO		TIPO "B" DE ARMADURA		TIPO "C" DE LOTE		TOTAL	
	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD
ALVARO OBREGÓN	8	3476			10	926	18	4402
AZCAPOTZALCO	10	1603			5	279	15	1882
BENITO JUARÉZ	23	8613	3	390	53	6818	79	15821
COYOACÁN	5	1934			10	6625	15	8559
CUAUHTÉMOC	122	30412	35	5588	302	19286	459	55286
G. A. MADERO	10	1998			6	706	16	2704
IZTACALCO					4	770	4	770
IXTAPALAPA	1	50			8	839	9	889
M. CONTRERAS					1	655	1	655
MIGUEL HIDALGO	25	6263	1	175	42	8056	68	14494
TLALPAN					3	1045	3	1045
V. CARRANZA	17	2804	1	350	18	1706	36	4860
XOCHIMILCO	1	68			1	402	2	470
TOTAL	222	57221	40	6503	463	48113	725	111837

FUENTE: D.D.F. - C.G.T. DIRECCION GENERAL DE DESARROLLO INTEGRAL DEL TRANSPORTE.

**TABLA 1.4 - TOTAL DE ESTACIONAMIENTOS AL SERVICIO PUBLICO,
POR DELEGACIÓN POLÍTICA Y TIPO DE CONSTRUCCIÓN, 1989.**

DELEGACIÓN PÓLITICA	TIPO DE CONSTRUCCIÓN							
	TIPO "A" DE EDIFICIO		TIPO "B" DE ARMADURA		TIPO "C" DE LOTE		TOTAL	
	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD
ALVARO OBREGÓN	7	3296			10	903	17	4199
AZCAPOTZALCO	10	1603			4	189	14	1792
BENITO JUARÉZ	19	7928	6	662	42	6760	67	15350
COYOACÁN	5	1947			9	6475	14	8422
CUAUHTÉMOC	109	28368	48	6589	290	18348	447	53305
G. A. MADERO	9	1958			5	477	14	2435
IZTACALCO					4	770	4	770
IXTAPALAPA	1	50			11	1501	12	1551
M. CONTRERAS	1	120			1	655	2	775
MIGUEL HIDALGO	24	6536	1	175	47	6915	72	13626
TLALPAN					6	1315	6	1315
V. CARRANZA	15	2239	1	350	16	2322	32	4911
XOCHIMILCO	1	68			2	422	3	490
TOTAL	201	54113	56	7776	447	47052	704	108941

FUENTE: D.D.F. - C.G.T. DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO INTEGRAL DEL TRANSPORTE.

**TABLA 1.4 - TOTAL DE ESTACIONAMIENTOS AL SERVICIO PUBLICO,
POR DELEGACIÓN PÓLITICA Y TIPO DE CONSTRUCCIÓN, 1990.**

DELEGACIÓN PÓLITICA	TIPO DE CONSTRUCCIÓN							
	TIPO "A" DE EDIFICIO		TIPO "B" DE ARMADURA		TIPO "C" DE LOTE		TOTAL	
	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD
ALVARO OBREGÓN	9	2743			12	3411	21	6154
AZCAPOTZALCO	10	1982			4	199	14	2181
BENITO JUARÉZ	23	10411	8	869	42	5097	73	16377
COYOACÁN	5	1899			10	7666	15	9565
CUAUHTÉMOC	106	22807	59	7697	296	17835	461	48339
G. A. MADERO	9	2241			6	551	15	2792
IZTACALCO					5	820	5	820
IXTAPALAPA	1	60			12	3730	13	3790
M. CONTRERAS					1	800	1	800
MIGUEL HIDALGO	26	9069			40	4817	66	13886
TLALPAN	1	156			6	1252	7	1408
V. CARRANZA	15	2372	2	442	18	2212	35	5026
XOCHIMILCO	1	70			2	420	3	490
TOTAL	206	53810	69	9008	454	48810	729	111628

FUENTE: D.D.F. - C.G.T. DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO INTEGRAL DEL TRANSPORTE.

**TABLA 1.4 - TOTAL DE ESTACIONAMIENTOS AL SERVICIO PUBLICO,
POR DELEGACIÓN POLÍTICA Y TIPO DE CONSTRUCCIÓN, 1991.**

DELEGACIÓN PÓLITICA	TIPO DE CONSTRUCCIÓN							
	TIPO "A" DE EDIFICIO		TIPO "B" DE ARMADURA		TIPO "C" DE LOTE		TOTAL	
	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD
ALVARO OBREGÓN	9	2987			14	3571	23	6558
AZCAPOTZALCO	8	1784			7	1177	15	2961
BENITO JUARÉZ	23	10401	8	869	44	5303	75	16573
COYOACÁN	5	2118			11	7651	16	9769
CUAUHTÉMOC	111	21993	59	7356	304	20071	474	49420
G. A. MADERO	7	2046			11	1474	18	3520
IZTACALCO					3	220	3	220
IXTAPALAPA	1	60			12	3730	13	3790
M. CONTRERAS					1	800	1	800
MIGUEL HIDALGO	25	8478			39	4802	64	13280
TLALPAN	1	156			10	2174	11	2330
V. CARRANZA	5	1182	2	442	29	3469	36	5093
XOCHIMILCO	1	68			1	20	2	88
TOTAL	196	51273	69	8667	486	54462	751	114402

FUENTE: D.D.F. - C.G.T. DIRECCION GENERAL DE DESARROLLO INTEGRAL DEL TRANSPORTE.

**TABLA 1.4 - TOTAL DE ESTACIONAMIENTOS AL SERVICIO PUBLICO,
POR DELEGACIÓN PÓLITICA Y TIPO DE ESTACIONAMIENTO, 1992**

DELEGACIÓN PÓLITICA	TIPO DE CONSTRUCCIÓN							
	TIPO "A" DE EDIFICIO		TIPO "B" DE ARMADURA		TIPO "C" DE LOTE		TOTAL	
	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD	NUMERO	CAPACIDAD
ALVARO OBREGÓN	9	2987			14	3571	23	6558
AZCAPOTZALCO	8	1784			7	1177	15	2961
BENITO JUARÉZ	23	10401	8	869	44	5303	75	16573
COYOACÁN	5	2118			11	7651	16	9769
CUAUHTÉMOC	111	21993	59	7356	304	20071	474	49420
G. A. MADERO	7	2046			11	1474	18	3520
IZTACALCO					3	220	3	220
IXTAPALAPA	1	60			12	3730	13	3790
M. CONTRERAS					1	800	1	800
MIGUEL HIDALGO	25	8478			39	4802	64	13280
TLALPAN	1	156			10	2174	11	2330
V. CARRANZA	5	1182	2	442	29	3469	36	5093
XOCHIMILCO	1	68			1	20	2	88
TOTAL	196	51273	69	8667	486	54462	751	114402

FUENTE: D.D.F. - C.G.T. DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO INTEGRAL DEL TRANSPORTE.

APÉNDICE B

EL CIRCUITO INTEGRADO (CI) TEMPORIZADOR 555

INTRODUCCIÓN.

El temporizador 555 es uno de los mas populares y versátiles circuitos integrados que se hayan construido. Este incluye 23 transistores, 2 diodos y 16 resistores en una oblea de silicio dispuesta en una pastilla de 8 patas tipo DIP (mini dual-in-line package). El CI 556 es una pastilla tipo DIP de 16 patas que combina dos CI 555 en una sola pastilla. En las figuras B.3 y B.4 se muestran las hojas del fabricante del CI 556 con su diagrama esquemático, diagrama de conexiones y características eléctricas. También existe una versión disponible de ultra baja potencia del CI 555. El CI 555 tiene dos modos de operación principalmente:

Modo monoestable.- En este modo de operación, el CI 555 funciona como un circuito de un disparo. Aplicaciones incluyen temporizadores, detección de pulsos pedidos, interruptores de tacto, interruptores de salto y otros.

Modo astable.- El CI 555 puede operar como un oscilador. Algunos usos incluyen generadores de pulsos, relojes lógicos, generadores de tono, alarmas de seguridad, destelladores de LED's y/o lamparas y otras mas.

CIRCUITO DE OPERACIÓN ASTABLE BÁSICO.

Si el circuito se conecta como en la figura B.1 a), con las patas correspondientes al trigger y threshold conectadas entre si, el circuito se disparara por si solo cada ciclo de tiempo, funcionando como un oscilador. El capacitor externo C_1 se cargara a través de las resistencia R_1 y R_2 y se descargara por R_2 . Por esto el ciclo de trabajo estará dado por la

APÉNDICES

razón de estas dos resistencias. En este modo de operación, el capacitor C_1 se carga y descarga entre $1/3$ y $2/3$ de V_{cc} . La frecuencia de oscilación es independiente de V_{cc} .

En la figura B.1 b) se muestra la forma de onda generada por este modo de operación, en donde los tiempos t_1 y t_2 están dados por las siguientes ecuaciones.

El tiempo de carga (salida alta) esta dado por :

$$t_1 = 0.693 (R_1 + R_2) C_1 \quad (1)$$

y el tiempo de descarga (salida baja) es:

$$t_2 = 0.693 (R_2) C_1 \quad (2)$$

así, el periodo total del ciclo es:

$$t_1 + t_2 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C_1 \quad (3)$$

y la frecuencia de oscilación:

$$f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C_1 \quad (4)$$

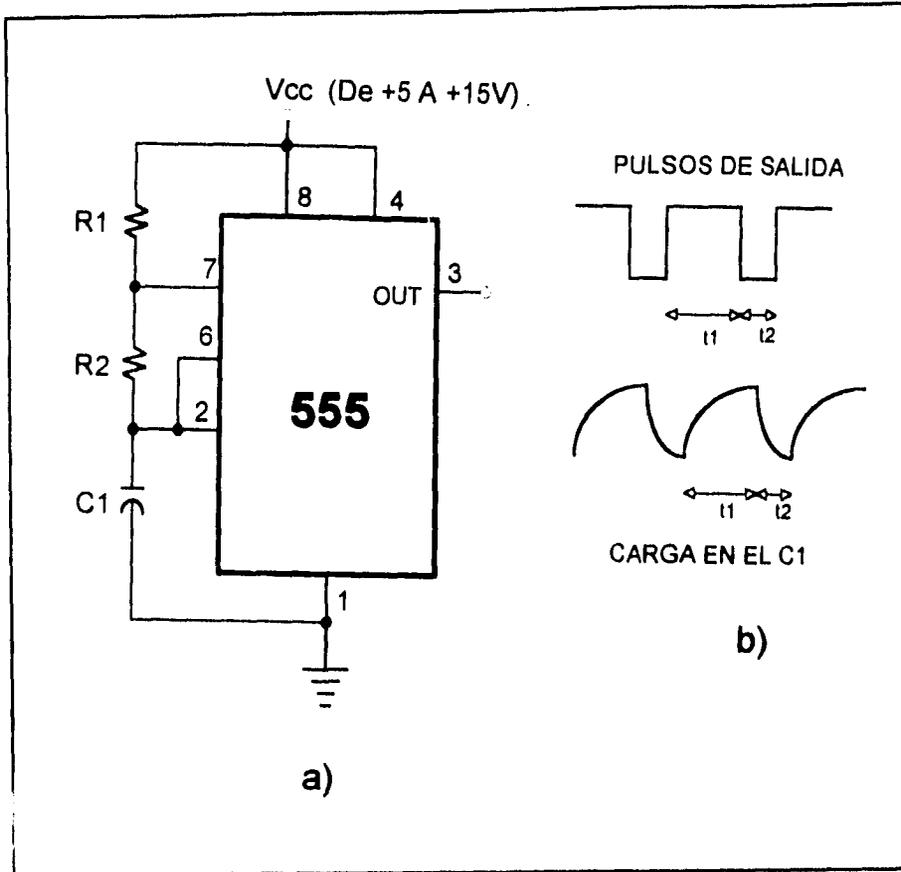


Figura B.1 Circuito astable básico. a) Conexiones, b) forma de onda generada.

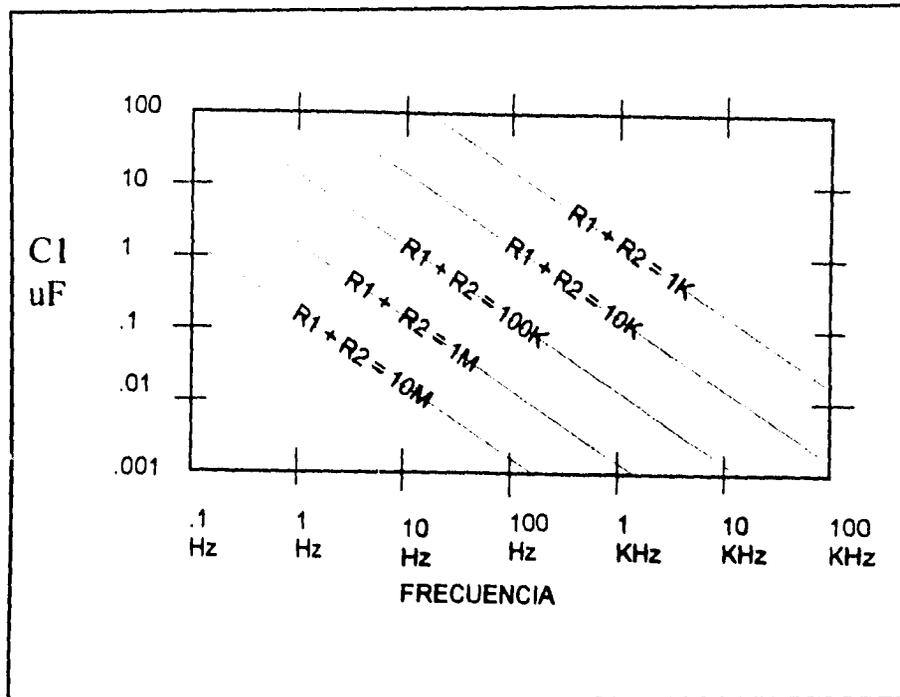


Figura B.2. Relación de las resistencia con el capacitor y las frecuencias de oscilación.

APÉNDICE C**EL CIRCUITO INTEGRADO GP1U52X
RECEPTOR DEMODULADOR DE INFRARROJO.****DESCRIPCIÓN GENERAL.**

El GP1U52X es un circuito integrado híbrido diseñado para sistemas de detección infrarroja de alta confiabilidad en televisores, videocaseteras, componentes de audio y otras.

La figura D.1 muestra el diagrama de bloques de del CI GP1U52X que utiliza un pequeño fotodiodo que tiene su sensibilidad pico en el rango de rayos infrarrojos de menor valor en frecuencia. Su filtro óptico interno reduce o elimina la falsa operación que pudiera causarse por otras fuentes luminicas. La salida del fotodiodo se alimenta a un preamplificador limitador para proporcionar una señal limpia al resto del circuito. El filtro pasa banda elimina todas las señales fuera de la banda de paso ($40 \text{ kHz} \pm 4 \text{ kHz}$). La señal restante es alimentada a un demodulador, un integrador y un circuito de generación de onda, para que a la salida se tenga una señal de onda limpia, sin la portadora.

ESPECIFICACIONES.

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| • Máximo voltaje de aplicación | 6.3 V. |
| • Voltaje de operación recomendable | $5.0 \pm 0.3 \text{ V.}$ |
| • Disipación de corriente | 5.0 mA. |
| • Frecuencia central de banda de paso | 40 kHz |
| • Ancho de banda (-3 dB de 40 kHz) | 4 kHz |
| • Banda de paso infrarroja | $980 \pm 100 \text{ nm}$ |

APÉNDICES

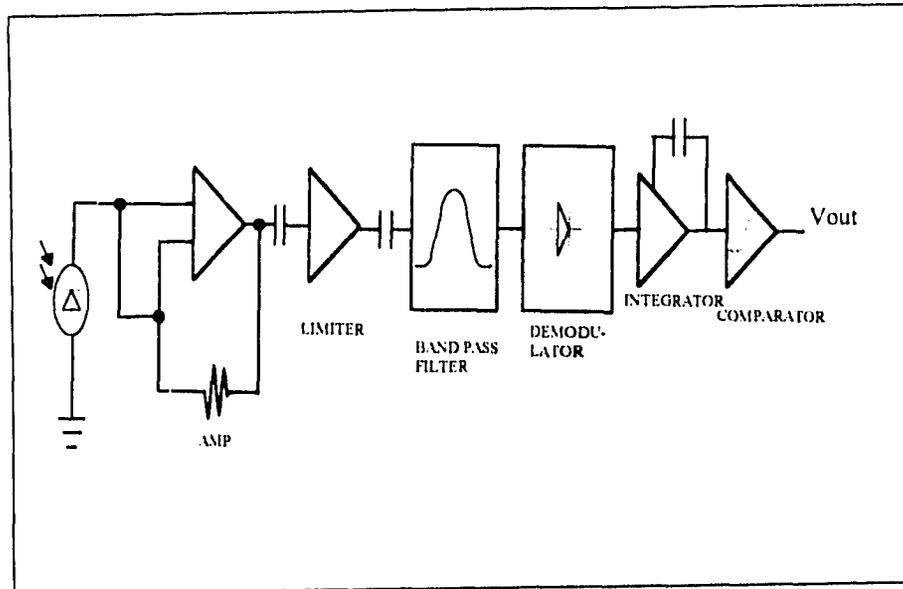


Figura C.1 Diagrama de bloques del CI GPIU52X.

APÉNDICES

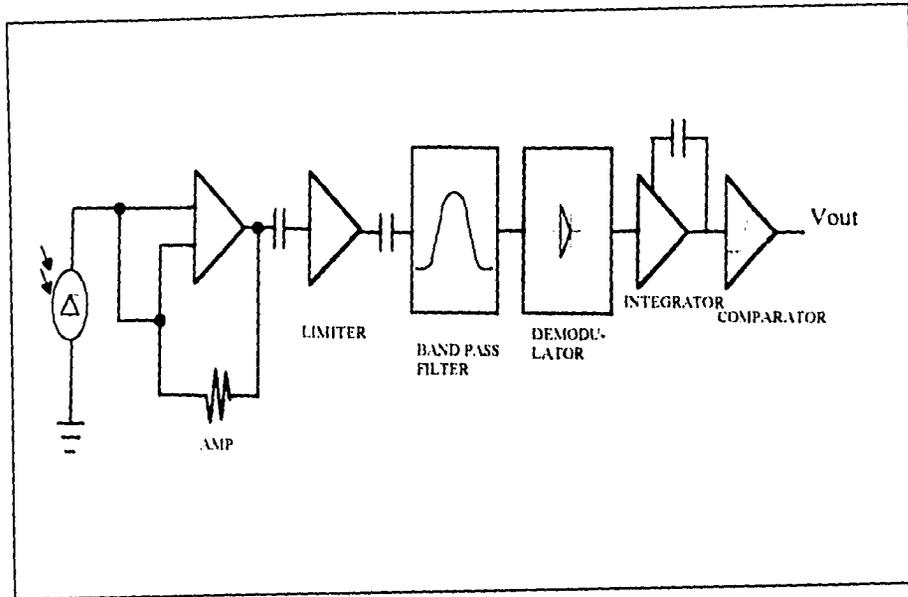


Figura C.1 Diagrama de bloques del CI GPIU52X.

APÉNDICE D

EL CIRCUITO INTEGRADO PLL 567 (DECODIFICADOR DE TONO)

INTRODUCCIÓN.

El circuito de lazo de amarre de fase (PLL de las siglas en inglés de -Phase Locked Loops-), amarra la frecuencia y la fase de un oscilador de frecuencia variable a aquella de una referencia de entrada. Un servo-lazo electrónico proporciona el filtrado y sintonía de una frecuencia selectiva sin la necesidad de inductores, en un circuito de estado sólido de tamaño muy pequeño. En la figura D.1 se muestra el diagrama de bloques de un circuito PLL básico, el cual se representa con los bloques de un comparador de fase (también llamado detector de fase), un filtro paso baja (LPF) y un oscilador lineal controlado por voltaje (VCO).

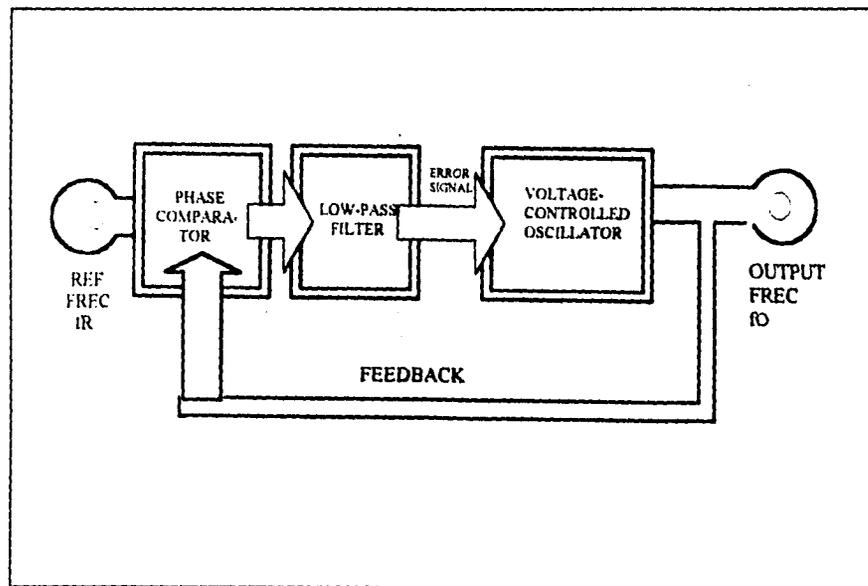


Figura D.1 Diagrama de bloques de un circuito PLL.

APÉNDICES

Principio de operación.

El comparador de fase recibe y compara la frecuencia y fase de una frecuencia de salida del mismo circuito (f_o), con una frecuencia de referencia de entrada externa (f_r) para generar un voltaje variable de error de salida. Después de que el voltaje de error es filtrado por el LPF este es alimentado a la entrada de control del VCO de modo que cualquier diferencia entre la frecuencia y fase de f_o y f_r se va ir reduciendo progresivamente a cero. Cuando esto ocurre, se dice que el lazo ha sido amarrado.

Si la frecuencia del VCO es inicialmente menor que la de la entrada de referencia, la salida del comparador de fase oscilará positivamente. Entonces su salida de voltaje filtrada comandará la frecuencia del VCO a incrementarse hasta que su frecuencia y fase coincida de manera precisa con la referencia de entrada. De modo similar, si la frecuencia del VCO se incrementa por encima de la referencia interna, se toma una respuesta de reversa. La salida del comparador de fase se decrementa directamente contra la frecuencia del VCO para amarrarla a la misma frecuencia que de la entrada.

El filtro paso baja es la parte esencial del PLL que convierte la salida del detector de fase en un voltaje de control de D.C. plano. Dado a que tiene una constante de tiempo finita, el amarre del PLL no es instantánea y la frecuencia de salida se amarra al valor principal de f_r en vez de a su valor instantáneo. Esta característica es valiosa para generar salidas limpias de frecuencia cuando se tienen entradas de referencia ruidosas.

Principalmente hay cuatro circuitos distintos en el mercado. Solo uno de ellos es fabricado con tecnología CMOS que es el CD4046B de Harris. Los otros tres son circuitos integrados monolíticos: el PLL NE565, el generador de funciones NE566 y el generador de tono NE567, estos últimos de Philips (Signetics). Existe una gran variedad de aplicaciones en las cuales se pueden emplear los circuitos PLL, como lo son: multiplicador de frecuencias, sintetizador de frecuencias, generador de ondas,

demoduladores de FM, demoduladores de FSK, generador de FM de 3 bandas, generador de sonido, decodificador de tono y muchas otras aplicaciones mas.

El Decodificador de tono NE567.

El circuito integrado con decodificador de tono contiene un lazo de amarre de fase estable y un transistor de interrupción que produce una onda cuadrada aterrizada cuando un tono seleccionado es alimentado por la entrada. El decodificador puede reconocer tonos de distintas frecuencias. Por ejemplo, pueden detectar tonos de teléfonos de tacto. El decodificador de tono también se encuentra en radiolocalizadores, control y monitoreo de frecuencias, osciladores de precisión, decodificadores en telemetría y otras.

Básicamente el 567 es utilizado como interruptor de potencia de bajo voltaje que se enciende cuando este recibe una señal de tono sustancial dentro de un rango estrecho de valores de frecuencia seleccionada o como un interruptor de precisión controlado por tono. También puede operar como generador de onda variable o simplemente como un circuito PLL convencional.

La figura D.2 muestra el diagrama de bloques del 567, así como sus conexiones para operar como detector de tono. La señal de AC de tono de entrada es acoplada a la pata 3 a través del capacitor C4, el cual debe tener una impedancia de 20 kilohms aproximada. La pata 8 es capaz de drenar una corriente de carga de hasta 100 miliamperios. Normalmente la pata 7 esta aterrizada y la pata 4 esta conectada a la fuente de potencia, de un mínimo de 4.5 V. hasta un máximo de 9 Volts. La frecuencia central del oscilador (fo) se puede determinar por la formula:

$$f_o = 1.1 / (R1 \times C1) \quad (1.D)$$

Donde la resistencia esta en kilohms y la capacitancia en microfaradios.

APÉNDICES

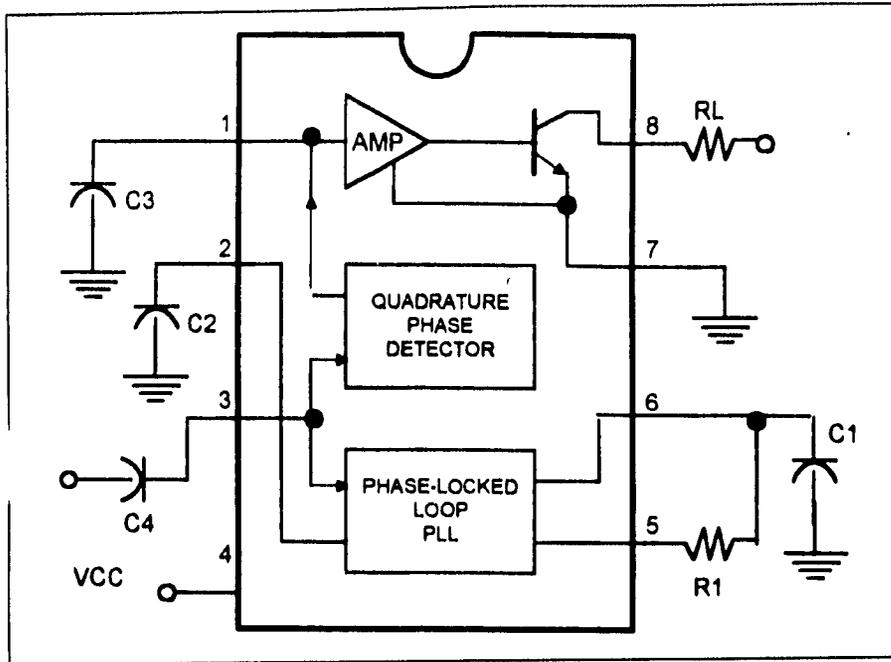


Figura D.2 Diagrama de bloques del decodificador de tono 567.

De esta ecuación la capacitancia puede determinarse por traspaso de términos, la cual sería:

$$C1 = 1.1 / (f_0 \times R1) \quad (2.D)$$

Con estas fórmulas y el dato del valor de la frecuencia central deseada los valores de la resistencia y el capacitor pueden ser fácilmente determinados. La tabla C.1 muestra la relación que hay entre la resistencia R1 y el capacitor C1. El valor típico de la resistencia debe ser entre 2 y 20 kilohms.

El oscilador genera una onda diente de sierra exponencial que esta disponible en la pata 6 de la pastilla y una onda cuadrada en la 5. El ancho de banda del interruptor de tono (El

APÉNDICES

rango de amarre del PLL) esta determinado por C2 y una resistencia interna de 3.9 kilohms. El retraso de tiempo del interruptor se determina por C3 y una resistencia interna. En la siguiente pagina se presenta una hoja de datos de fabricante para este circuito.

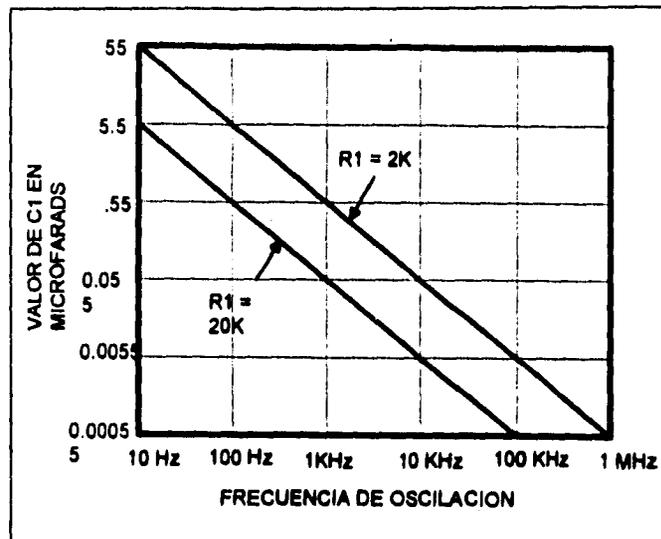


Figura D.3 Guía para la selección de la resistencia y capacitor para la sección del oscilador controlado por corriente en el decodificador de tono.

APÉNDICE E

SUBROUTINAS EN VISUAL BASIC PARA EL CONTROL DE
DESPLIEGUE DE LA INFORMACION EN LA PC

Dentro de este apéndice se concentra las rutinas desarrolladas en Visual Basic para la creación de la aplicación que despliega la información en la PC con los datos provenientes del MCU.

ROUTINA PARA DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN

```
' *****  
' Definición de parámetros de comunicación  
' *****  
  
Sub OkButton_Click ()                               ' Evento click del botón OK  
    On Error Resume Next  
  
    OldPort = f_monitor.MSComm1.CommPort  
  
    If NewPort <> OldPort Then  
  
        If f_monitor.MSComm1.PortOpen Then  
            f_monitor.MSComm1.PortOpen = False  
            ReOpen = True  
        End If  
  
        f_monitor.MSComm1.CommPort = NewPort  
  
        If Err = 0 Then  
            If ReOpen Then  
                f_monitor.MSComm1.PortOpen = True  
            End If  
        End If  
  
        If Err Then  
            MsgBox Error$, 48  
            f_monitor.MSComm1.CommPort = OldPort  
            Exit Sub  
        End If  
    End If
```

APÉNDICES

```
f_monitor.MSComm1.Settings = NewBaud$ + "," + NewParity$ + "," + NewData$ + "," +
NewStop$
  If Err Then
    MsgBox Error$, 48
    Exit Sub
  End If
  f_monitor.MSComm1.Handshaking = NewShake

  If Err Then
    MsgBox Error$, 48
    Exit Sub
  End If

  Unload ConfigScrn
End Sub
```

RUTINA DE HABILITACIÓN DEL PUERTO SERIE AL CARGAR LA FORMA DE MONITOREO

```
'*****
' Definición de parámetros para el puerto
'*****

Sub Form_Load ()                                ' evento load de la forma f_monitor
  f_monitor.MSComm1.CommPort = glb_pto
  EVMsg$ = " - Esperando ..."
  f_monitor.Caption = f_monitor.Caption & " " & EVMsg$
  f_monitor.MSComm1.InputLen = 0
  f_monitor.MSComm1.PortOpen = True
end Sub
```

RUTINAS DE DECODIFICACIÓN Y CONTROL DE INDICACIÓN DE LOS SENSORES

```
'*****
'Este evento se utiliza para atrapar los
'eventos de comunicación y errores.
'*****
'
Static Sub MSComm1_OnComm ()                    ' Evento On Comm del control de puertos
  Dim EVMsg$
```

```

Dim ERMsg$

'--- Salta de acuerdo al evento detectado ..

'If glb_pto <> 0 Then
  Select Case MSComm1.CommEvent
    '--- Mensajes de eventos

    Case MSCOMM_EV_RECEIVE
      EVMsg$ = "Recibiendo datos ..."
    Case MSCOMM_EV_SEND
      EVMsg$ = "Envío datos ..."
    Case MSCOMM_EV_CTS
      EVMsg$ = "Detecto cambio en CTS"
    Case MSCOMM_EV_DSR
      EVMsg$ = "Detecto cambio en DSR"
    Case MSCOMM_EV_CD
      EVMsg$ = "Detecto cambio en CD "
      Call slee_puerto ' Llama a la subrutina que lee el puerto
    Case MSCOMM_EV_EOF
      EVMsg$ = "Fin de archivo detectado"

    '--- Mensajes de Error

    Case MSCOMM_ER_BREAK
      EVMsg$ = "Break Recibido"
    Case MSCOMM_ER_CTSTO
      ERMsg$ = "CTS Timeout"
    Case MSCOMM_ER_DSRTO
      ERMsg$ = "DSR Timeout"
    Case MSCOMM_ER_FRAME
      EVMsg$ = "Error en el Frame"
    Case MSCOMM_ER_OVERRUN
      ERMsg$ = "Overrun Error"
    Case MSCOMM_ER_CDTO
      ERMsg$ = "Carrier Detect Timeout"
    Case MSCOMM_ER_RXOVER
      ERMsg$ = "Receive Buffer Overflow"
    Case MSCOMM_ER_RXPARITY
      EVMsg$ = "Error de Paridad"
    Case MSCOMM_ER_TXFULL
      ERMsg$ = "Buffer de Transmisión lleno"
    Case Else
      ERMsg$ = "Error de comunicación desconocido"
  End Select

```

APÉNDICES

```
If Len(EVMsg$) Then
    '--- Despliega los mensajes
    f_monitor.Caption = f_monitor.Caption & " " & EVMsg$
    EVMsg$ = ""

Elseif Len(ERMsg$) Then
    '--- Despliega los mensajes de alerta
    ' en un message box.
    Beep
    Ret = MsgBox(ERMsg$, 1, "Presione Cancel para Salir , Ok para ignorar.")
    ERMsg$ = ""
    '--- Cancel (2) fue presionado
    If Ret = 2 And glb_pto <> 0 Then
        f_monitor.MSComm1.PortOpen = False 'cierra el puerto y termina
        glb_pto = 0
    End If
End If

End Sub

' *****
' Subrutina para leer los datos del puerto serial
' *****
Sub slee_puerto ()

    Do
        Dummy = DoEvents()
    Loop Until f_monitor.MSComm1.InBufferCount >= 2

    glb_datos = f_monitor.MSComm1.Input
    f_monitor.MSComm1.PortOpen = False

    Call sdecodifica(glb_datos) ' llama a la subrutina de decodificación de datos
    f_monitor.MSComm1.PortOpen = True
End Sub

' *****
' Subrutina para decodificación de datos
' *****
Sub sdecodifica (datos As String)

    Dim d, temp, i, s As Integer
    Dim res, dbyte As String
```

```
f_monitor.ani_a0.Visible = False
f_monitor.ani_a1.Visible = False
f_monitor.ani_a2.Visible = False
f_monitor.ani_a3.Visible = False
f_monitor.ani_a4.Visible = False
f_monitor.ani_a5.Visible = False
f_monitor.ani_a6.Visible = False
f_monitor.ani_a7.Visible = False
f_monitor.ani_a8.Visible = False
f_monitor.ani_a9.Visible = False
f_monitor.ani_a10.Visible = False
f_monitor.ani_a11.Visible = False
f_monitor.ani_a12.Visible = False
f_monitor.ani_a13.Visible = False
f_monitor.ani_a14.Visible = False
f_monitor.ani_a15.Visible = False
i = 1
```

```
While i <= 2 ' Numero de bytes leídos en el puerto
dbyte = Mid$(datos, i, 1)
d = Asc(dbyte) ' Convierte el chr en su código ANSI
temp = d
While temp > 0
temp = Int(d / 2)
If temp * 2 = d Then
res = res & "0"
s = 0
Else
res = res & "1"
s = 1
End If
If s = 1 Then
Call shab_sensor(Val(b), s)
End If
d = temp
b = b + 1
Wend
if (i - 1) > 0 Then
b = 8 * i
Else
b = 8
End If
i = i + 1
Wend
End Sub
```

APÉNDICES

```
'*****  
' Subrutina para controlar la habilitación de los sensores  
'*****  
Sub shab_sensor (num As Integer, sensor As Integer)  
  
Select Case num  
Case 15  
    f_monitor.ani_a15.Visible = True  
Case 14  
    f_monitor.ani_a14.Visible = True  
Case 13  
    f_monitor.ani_a13.Visible = True  
Case 12  
    f_monitor.ani_a12.Visible = True  
Case 11  
    f_monitor.ani_a11.Visible = True  
Case 10  
    f_monitor.ani_a10.Visible = True  
Case 9  
    f_monitor.ani_a9.Visible = True  
Case 8  
    f_monitor.ani_a8.Visible = True  
Case 7  
    f_monitor.ani_a7.Visible = True  
Case 6  
    f_monitor.ani_a6.Visible = True  
Case 5  
    f_monitor.ani_a5.Visible = True  
Case 4  
    f_monitor.ani_a4.Visible = True  
Case 3  
    f_monitor.ani_a3.Visible = True  
Case 2  
    f_monitor.ani_a2.Visible = True  
Case 1  
    f_monitor.ani_a1.Visible = True  
Case 0  
    f_monitor.ani_a0.Visible = True  
End Select  
End Sub
```

RUTINA PARA INICIAR LA COMUNICACIÓN CON EL MCU

```

Sub sini_comm (monitor As Integer)
*****
'Efectua la inicialización de la comunicacion con el MCU, La PC envia los datos y se recibe el
eco del mismo. Los datos a transmitir son los del abecedario.
*****
Dim comm_res, dato, dansi, err_res, i As Integer
Dim abc, mcu As String

comm_res = 0           ' Contiene el resultado de la comunicación
dansi = 65             ' Código ANSI para la letra "A"
dato = 25              ' Numero de letras del abecedario
f_monitor.MSComm1.PortOpen = False
f_monitor.MSComm1.PortOpen = True           ' Abre el puerto
While dato >= 0
    abc = Chr(dansi)
    f_monitor.MSComm1.Output = abc           ' Transmite el dato
    If Err Then
        MsgBox Error$, 48
        'Exit Do
    End If
    glb_comm = 0
    Do                                       ' Rutina que pasa el control
        Ret = DoEvents()                   ' a Windows para la Tx y Rx
    Loop Until f_monitor.MSComm1.OutBufferCount = 0 Or CancelSend
    i = 1
    glb_datos = f_monitor.MSComm1.Input     ' Lee puerto
    While mcu <> abc
        mcu = Mid$(glb_datos, i, 1)
        i = i + 1
        If i = 2 Then
            mcu = abc
            comm_res = 1
        End If
    Wend
    dato = dato - 1
    dansi = dansi + 1
Wend
If comm_res <> 0 Then
    MsgBox("Error durante la inicialización", 0, "Presione Ok ")
End If
Wend
End Sub

```

CONTROL DE COMUNICACIONES MSCOMM DE VISUAL BASIC

Descripción

El control de comunicaciones provee la comunicación serial para aplicaciones que permiten la transmisión y recepción de datos a través del puerto serial.

Nombre del Archivo : MSCOMM.VBX



Tipo de Objeto : MSComm

Características

Este control de comunicaciones proporciona dos alternativas para efectuar la comunicación:

- **Comunicación por Evento.** Es un método muy poderoso para manejar la interacción con el puerto serial. En algunas situaciones es necesario notificar el momento en que se lleva a cabo algún evento, esto es, cuando hay cambio en la línea de Detección de Portadora (CD) o en la línea de Petición para Envío (RTS). En estos casos es conveniente utilizar el evento **OnComm** para atrapar y manejar estos eventos. El evento *OnComm* también permite manejar y detectar los errores de comunicación.
- **Comunicación por poleo.** Con este método es necesario checar el valor de la propiedad *CommEvent* para detectar la comunicación o algún error, este poleo debe efectuarse cada vez que se efectúe una función crítica dentro del programa. Este método se recomienda para aplicaciones pequeñas en donde no se realizan transmisiones que involucren el manejo de los diferentes eventos de comunicación.

Debe utilizarse un Control de comunicación por cada puerto que se requiera utilizar. La dirección del puerto y de la interrupción deben ser definidas en el Panel de Control de Windows.

PROPIEDADES

- Propiedad** : **Break**
Descripción : Indica ó limpia la señal de break. Esta propiedad no esta disponible durante el diseño.
Sintaxis : `[form].MSComm.Break [= {True | False}]`
Tipo de dato : Integer (boolean)
Comentarios : En la siguiente tabla se explican los valores de esta señal.

Valor	Descripción
True	Indica la señal de break
False	Limpia la señal de break

Cuando la propiedad tiene el valor **True** manda la señal de **break**, esta señal suspende la transmisión hasta que se cambie el valor de la propiedad a **False**.

- Propiedad** : **CDHolding**
Descripción : Determina el estado de la línea CD. Esta propiedad no esta disponible durante el diseño.
Sintaxis : `[form].MSComm.CDHolding`
Tipo de dato : Integer (boolean)
Comentarios : En la siguiente tabla se explican los valores de esta señal.

Valor	Descripción
True	CD tiene un valor alto
False	CD tiene un valor bajo

Cuando la línea CD tiene un valor alto (**CDHolding = True**) y ha transcurrido el número de milisegundos definido en la propiedad

APÉNDICES

CDTimeout, el control de comunicaciones prende la propiedad de *CommEvent* con MSCOMM_ER_CDTO (Carrier Detect Time out error) y genera el evento *OnComm*.

Propiedad : **CDTimeout**

Descripción : Define el tiempo en milisegundos que el control espera por la señal Carrier Detect (CD). Esta señal indica que ha transcurrido el tiempo definido preendiendo la propiedad *CommEvent* con MSCOMM_ER_CDTO (Carrier Detect Time out error) y genera el evento *OnComm*.

Sintaxis : `[form].MSComm.CDtimeout [= numero de milisegundos]`

Tipo de dato : Long

Comentarios : Cuando la línea CD permanece en estado bajo (CDHolding = False) y ha transcurrido el número de milisegundos definido en la propiedad CDTimeout, el control de comunicaciones prende la propiedad de *CommEvent* con MSCOMM_ER_CDTO (Carrier Detect Time out error) y genera el evento *OnComm*.

Propiedad : **CommEvent**

Descripción : Regresa el último evento de error o de comunicación. Esta propiedad no está disponible durante el diseño.

Sintaxis : `[form].MSComm.CommEvent`

Tipo de dato : Integer

Comentarios : Además de que se genera el evento *CommEvent* cuando se detecta un error o evento de comunicación, la propiedad **CommEvent** contiene el número del código de error o del evento. Los valores de código que puede tomar esta propiedad se muestran en las siguientes tablas.

Códigos de error de la propiedad *CommEvent* :

Valor	Descripción
MSCOMM_ER_BREAK	Indica que se recibió la señal de BREAK
MSCOMM_ER_CDTO	Carrier Detect Timeout
MSCOMM_ER_CTSO	Clear To Send Timeout
MSCOMM_ER_DSRTO	Data Set Ready Timeout
MSCOMM_ER_FRAME	El hardware detecto un error en el frame
MSCOMM_ER_OVERRUN	Overrun en el puerto. No se leyó un caracter antes de que llegara el siguiente.
MSCOMM_ER_RXOVER	Overflow en el buffer de recepción
MSCOMM_ER_RXPARITY	Error de paridad
MSCOMM_ER_TXFULL	El buffer de transmisión está lleno

Códigos de comunicación de la propiedad *CommEvent* :

Valor	Descripción
MSCOMM_EV_CD	Cambio detectado en la línea Carrier Detect
MSCOMM_EV_CTS	Cambio detectado en la línea Clear To Send
MSCOMM_EV_DSR	Cambio detectado en la línea Data Set Ready. Este evento ocurre cuando DSR cambia de -1 a 0.
MSCOMM_EV_EOF	Caracter de fin de archivo recibido (ASCII 26)
MSCOMM_EV_RING	Se detecto la campana (RING). Algunos UART's no soportan esta característica.
MSCOMM_EV_RECEIVE	Se recibió el numero de caracteres definidos por Rthreshold. Este evento es generado continuamente hasta aplicar la propiedad de Input para remover los datos del buffer de recepción.
MSCOMM_EV_SEND	Se envían los caracteres contenidos en el buffer de transmisión.

APÉNDICES

Propiedad	: CommId
Descripción	: Indica el numero de dispositivo utilizado. Esta propiedad no esta disponible durante el diseño.
Sintaxis	: <i>[form].MSComm.CommId</i>
Tipo de dato	: Integer
Comentarios	: Es el valor que entrega Windows con la función OpenComm de API (Applications Program Interface) que es utilizada por las rutinas internas de comunicación.
Propiedad	: CommPort
Descripción	: Indica o define el puerto serial de comunicación.
Sintaxis	: <i>[form].MSComm.CommPort</i> [= Numero de Puerto]
Tipo de dato	: Integer
Comentarios	: Durante el diseño se puede definir el numero de puerto entre 1 y 99 (el default es 1). Sin embargo, el control de comunicaciones genera el error 68 (Dispositivo no disponible) si el dispositivo no existe cuando se intenta abrir con la propiedad <i>PortOpen</i> .
Propiedad	: CTSHolding
Descripción	: Determina si se puede enviar datos al verificar el estado de la línea CTS, esta señal de CTS es enviada por el módem para indicar que se puede proceder con la transmisión. Esta propiedad no esta disponible durante el diseño, pero se puede utilizar durante la corrida.
Sintaxis	: <i>[form].MSComm.CTSHolding</i>
Tipo de dato	: Integer (boolean)
Comentarios	: Durante el diseño se puede definir el numero de puerto entre 1 y 99 (el default es 1). Sin embargo, el control de comunicaciones genera el error 68

(Dispositivo no disponible) si el dispositivo no existe cuando se intenta abrir con la propiedad *PortOpen*.

Valor	Descripción
True	La línea de CTS tiene un valor alto
False	La línea de CTS tiene un valor bajo

Cuando la línea CTS tiene un valor alto (**CTSHolding = True**) y ha transcurrido el número de milisegundos definido en la propiedad *CTSTimeout*, el control de comunicaciones prende la propiedad de *CommEvent* con *MSCOMM_ER_CTSTO* (Clear To Send Timeout error) y genera el evento *OnComm*.

La línea CTS es utilizada por el hardware de handshaking RTS/CTS (Request To Send/Clear To Send). Esta propiedad permite consultar (poll) de la línea CTS.

Propiedad	: CTSTimeout
Descripción	: Determina o indica el numero de milisegundos para esperar la señal de CTS antes de prender la propiedad <i>CommEvent</i> con <i>MSCOMM_ER_CTSTO</i> y generar el evento <i>OnComm</i> .
Sintaxis	: <i>[form].MSComm.CTSTimeout</i> [= numero de milisegundos]
Tipo de dato	: Long
Comentarios	: Cuando la señal de CTS tiene un valor alto (CTSHolding = True) y han transcurrido el numero de milisegundos definidos por <i>CTSTimeout</i> el control de comunicaciones prende la propiedad <i>CommEvent</i> con <i>MSCOMM_ER_CTSTO</i> y generar el evento <i>OnComm</i> .

APÉNDICES

Propiedad	: DSR Holding
Descripción	: Determina el estado de la línea DSR, esta señal es enviada por el módem para indicar que esta listo para operar. Esta propiedad no esta disponible durante el diseño, pero se puede utilizar durante la ejecución.
Sintaxis	: <i>{form}</i> . <i>MSComm</i> . DSR Holding
Tipo de dato	: Integer (boolean)
Comentarios	: La siguiente tabla muestra los valores que puede tomar esta propiedad.

Valor	Descripción
True	La línea de DSR tiene un valor alto
False	La línea de DSR tiene un valor bajo

Cuando la línea DSR tiene un valor alto (**DSR Holding = True**) y ha transcurrido el número de milisegundos definido en la propiedad **DSRTimeout**, el control de comunicaciones prende la propiedad de *CommEvent* con **MSCOMM_ER_DSRTO** (Data Set Ready Timeout error) y genera el evento *OnComm*.

Propiedad	: DSRTimeout
Descripción	: Determina o indica el numero de milisegundos para esperar la señal de DSR antes de prender la propiedad <i>CommEvent</i> con MSCOMM_ER_DSRTO y generar el evento <i>OnComm</i> .
Sintaxis	: <i>{form}</i> . <i>MSComm</i> . DSRTimeout [= numero de milisegundos]
Tipo de dato	: Long
Comentarios	: Cuando la señal de DSR tiene un valor alto (DSR Holding = True) y han transcurrido el numero de milisegundos definidos por DSRTimeout el control de comunicaciones prende la propiedad <i>CommEvent</i> con MSCOMM_ER_DSRTO y generar el evento <i>OnComm</i> .

Propiedad : **DTREnable**
Descripción : Determina el estado de la línea DTR durante la comunicación, esta señal es enviada por la computadora al módem para indicar que esta lista para operar.
Sintaxis : *[form]* .*MSComm*.**DTREnable** [= {True | False}]
Tipo de dato : Integer (boolean)
Comentarios : La siguiente tabla muestra los valores que puede tomar esta propiedad.

Valor	Descripción
True	Habilita la línea DTR
False	Deshabilita la línea DTR (default)

Cuando DTREnable tiene el valor True, la línea DTR pasa a un nivel alto (on) cuando se abre el puerto y pasa a nivel bajo (off) al cerrar el puerto. Cuando DTREnable tiene el valor False, la línea DTR permanece en estado bajo.

Propiedad : **Handshaking**
Descripción : Determina o indica el protocolo de comunicación.
Sintaxis : *[form]* .*MSComm*.**Handshaking** [= protocolo]
Tipo de dato : Integer
Comentarios : El handshaking se refiere al protocolo interno de comunicación que se utilizara para transferir los datos del puerto al buffer de recepción. Cuando un caracter de dato llega al puerto serial, el dispositivo de comunicación tiene que moverlo hacia el buffer de recepción de tal forma que pueda ser leído. Si no se tiene un buffer de recepción y la aplicación esta esperando leer cada caracter directamente del hardware (puerto), este se puede perder debido a la rapidez con que llega.

APÉNDICES

Un protocolo de handshaking asegura que no haya pérdida de datos a menos de que se de se tenga el error *buffer overrun*, en este caso los datos llegan más rápido al puerto antes de que pueda mover los anteriores al buffer de recepción.

Los protocolos validos se muestran en la siguiente tabla :

Protocolo	Descripción
MSCOMM_HANDSHAKE_NONE	No hay handshaking (default)
MSCOMM_HANDSHAKE_XONXOFF	Handshaking XON/XOFF
MSCOMM_HANDSHAKE_RTS	Handshaking RTS/CTS
MSCOMM_HANDSHAKE_RTSXONXOFF	Se utilizan ambos RTS y XON/XOFF

Propiedad : **InBufferCount**

Descripción : Determina el numero de caracteres que están contenidos en el buffer de recepción. Esta propiedad no esta disponible durante el diseño.

Sintaxis : `[form].MScComm.InBufferCount` [= numero de caracteres recibidos]

Tipo de dato : Integer

Comentarios : Esta propiedad se refiere al numero de caracteres recibidos que están contenidos en el buffer de recepción. Para limpiar este buffer se debe aplicar el valor de cero a **InBufferCount**:

Propiedad : **InBufferSize**

Descripción : Determina o indica el tamaño del buffer de recepción en bytes.

Sintaxis : `[form].MScComm.InBufferSize` [= numero de bytes]

Tipo de dato : Integer

Comentarios	: Esta propiedad se refiere al tamaño total del buffer de recepción. El tamaño de default es de 1024 bytes.
	Entre mayor sea el tamaño de este buffer, se deja menor memoria para la aplicación. Sin embargo, el contar con un buffer pequeño se corre el riesgo de tener overflow. Como una regla general se recomienda empezar con un buffer de 1024 bytes. Si se presenta el error de overflow, incremente el tamaño del buffer a la velocidad de transmisión de la aplicación.
Propiedad	: Input
Descripción	: Regresa y remueve la cadena de caracteres del buffer de recepción. Esta propiedad no esta disponible durante el diseño y es de solo lectura durante la ejecución.
Sintaxis	: <code>[form].MSComm.Input</code>
Tipo de dato	: String
Comentarios	: La propiedad <i>InputLen</i> determina el numero de caracteres que son leídos con la propiedad <i>Input</i> . Con un valor de <i>InputLen</i> cero, la propiedad de <i>Input</i> puede leer el buffer completo.
Propiedad	: Inputlen
Descripción	: Determina o indica el numero de caracteres que son leídos del buffer de recepción por la propiedad de <i>Input</i> .
Sintaxis	: <code>[form].MSComm.Inputlen [= numero de caracteres]</code>
Tipo de dato	: Integer
Comentarios	: El valor de default de la propiedad <i>InputLen</i> es cero, lo cual permite leer el contenido total del buffer.

APÉNDICES

Cuando no se tienen caracteres en el buffer de recepción, la propiedad de *Input* entrega una cadena de caracteres de longitud cero ("").

Propiedad : **NullDiscard**
Descripción : Determina si se transfieren caracteres nulos al buffer de recepción.
Sintaxis : *{form}.MSComm.NullDiscard* [= {True | False }]
Tipo de dato : Integer (boolean)
Comentarios : La siguiente tabla muestra los valores de esta propiedad.

Valor	Descripción
True	Los caracteres nulos no son transferidos del puerto al buffer de recepción
False	Los caracteres nulos son transferidos del puerto al buffer de recepción (default).

El carácter nulo está definido por el código ASCII como 0, chr\$ (0).

Propiedad : **OutBufferCount**
Descripción : Determina el número de caracteres que están contenidos en el buffer de transmisión. Esta propiedad no está disponible durante el diseño.

Sintaxis : *{form}.MSComm.OutBufferCount* [= 0]
Tipo de dato : Integer
Comentarios : Para limpiar este buffer se debe aplicar el valor de cero a la propiedad *outBufferCount*.

Propiedad : **OutBufferSize**
Descripción : Determina o indica el tamaño del buffer de transmisión en bytes.

Sintaxis : *{form}.MSComm.OutBufferSize* [= número de bytes]
Tipo de dato : Integer

Comentarios : Esta propiedad se refiere al tamaño total del buffer de transmisión. El tamaño de default es de 512 bytes.

Entre mayor sea el tamaño de este buffer, se deja menor memoria para la aplicación. Sin embargo, el contar con un buffer pequeño se corre el riesgo de tener overflow. Como una regla general se recomienda empezar con un buffer de 512 bytes. Si se presenta el error de overflow, incremente el tamaño del buffer a la velocidad de transmisión de la aplicación.

Propiedad : **Output**

Descripción : Escribe una cadena de caracteres al buffer de transmisión. Esta propiedad no esta disponible durante el diseño.

Sintaxis : `{form}.MSComm.Output [= cadena de caracteres o variable]`

Tipo de dato : String

Propiedad : **ParityReplace**

Descripción : Determina o indica el caracter que reemplaza un caracter invalido de la cadena cuando ocurre un error de paridad.

Sintaxis : `{form}.MSComm.ParityReplace [= caracter]`

Tipo de dato : String

Comentarios : El *bit de paridad* se utiliza para detectar algún error y es transmitido junto con el numero de bits de datos especificados.

Por default, el control utiliza el signo de interrogación (?) para reemplazar los caracteres inválidos. Indicando una cadena de caracteres vacía en la propiedad *ParityReplace* se deshabilita el chequeo de paridad.

Comentarios : Esta propiedad se refiere al tamaño total del buffer de transmisión. El tamaño de default es de 512 bytes.

Entre mayor sea el tamaño de este buffer, se deja menor memoria para la aplicación. Sin embargo, el contar con un buffer pequeño se corre el riesgo de tener overflow. Como una regla general se recomienda empezar con un buffer de 512 bytes. Si se presenta el error de overflow, incremente el tamaño del buffer a la velocidad de transmisión de la aplicación.

Propiedad : **Output**

Descripción : Escribe una cadena de caracteres al buffer de transmisión. Esta propiedad no esta disponible durante el diseño.

Sintaxis : `[form].MSComm.Output [= cadena de caracteres o variable]`

Tipo de dato : String

Propiedad : **ParityReplace**

Descripción : Determina o indica el caracter que reemplaza un caracter invalido de la cadena cuando ocurre un error de paridad.

Sintaxis : `[form].MSComm.ParityReplace [= caracter]`

Tipo de dato : String

Comentarios : El *bit de paridad* se utiliza para detectar algún error y es transmitido junto con el numero de bits de datos especificados.

Por default, el control utiliza el signo de interrogación (?) para reemplazar los caracteres inválidos. Indicando una cadena de caracteres vacía en la propiedad *ParityReplace* se deshabilita el chequeo de paridad.

APÉNDICES

Propiedad	: PortOpen
Descripción	: Determina o indica el estado del puerto de comunicación (abierto o cerrado). Esta propiedad no esta disponible durante el diseño.
Sintaxis	: <code>[form].MComm.PortOpen [= {True False}]</code>
Tipo de dato	: Integer (boolean)
Comentarios	: La siguiente tabla muestra los valores que puede tomar esta propiedad.

Valor	Descripción
True	El puerto de comunicación esta abierto
False	El puerto de comunicación esta cerrado

Al indicar un valor de **True** a la propiedad *PortOpen* se abre el puerto, y con el valor **False** se cierra el puerto limpiando los buffers de transmisión y recepción. Al terminar la aplicación, el puerto de comunicación cierra automáticamente el puerto serial.

Si la propiedad *CommPort* tiene un numero de puerto invalido, el control de comunicaciones genera el error 68 (Dispositivo no disponible) si el dispositivo no existe cuando se intenta abrir con la propiedad *PortOpen*.

El puerto serial debe soportar también los valores de la propiedad *Settings* que se están definiendo, en caso contrario se pueden tener problemas de hardware y la aplicación no funcionará correctamente.

Así también, si alguna de las propiedades *DTREnable* y *RTSEnable* son cambiadas con un valor **True** antes de que sea abierto el puerto y cambian a **False** cuando se cierra el puerto. En otro caso, *DTR* y *RTS* permanecen en su estado previo.

Propiedad : **Rthreshold**
Descripción : Determina o indica el numero de caracteres a recibir antes de que el control de comunicaciones prenda la propiedad *CommEvent* con *MSCOMM_EV_RECEIVE* y genere el evento *OnComm*.
Sintaxis : *[form].MSComm.RThreshold* [= numero de caracteres]
Tipo de dato : Integer
Comentarios : Indicando el valor de 0 (default) a la propiedad *Rthreshold* se deshabilita la generación del evento *OnComm* en la recepción. Esto es, si se indica un valor de 1 para esta propiedad, el control de comunicaciones genera el evento *OnComm* cada vez que transfiere un caracter al buffer de recepción.

Propiedad : **RTSEnable**
Descripción : Determina el estado de la línea RTS durante la comunicación, esta señal es enviada por la computadora al módem para que le permita la transmisión de los datos.
Sintaxis : *[form].MSComm.RTSEnable* [= {True | False}]
Tipo de dato : Integer (boolean)
Comentarios : La siguiente tabla muestra los valores que puede tomar esta propiedad.

Valor	Descripción
True	Habilita la línea RTS
False	Deshabilita la línea RTS (default)

Cuando **RTSEnable** tiene el valor **True**, la línea **RTS** pasa a un nivel alto (on) cuando se abre el puerto y pasa a nivel bajo (off) al cerrar el puerto. Esta propiedad permite checar el estado de la línea **RTS** manualmente. La línea **RTS** es utilizada en el handshaking **RTS/CTS**.

APÉNDICES

Propiedad	: Settings
Descripción	: Determina o indica los parámetros de baudaje, paridad, bits de datos y stop bits.
Sintaxis	: <i>[form]</i> . <i>MSComm.Settings</i> [= cadena de parámetros]
Tipo de dato	: string
Comentarios	: La cadena de parámetros tiene el siguiente formato : BBBB, P, D, S . En donde : BBBB es el numero de bits por segundo (baudaje), P es la paridad, D es el numero de bits de datos y S es el número de bits de stop. Los valores de default son : 9600, n, 8, 1 .

Los valores de velocidad de transmisión validos son : 110, 300, 600, 1200, 2400, 9600 (default), 14440, 19200, 38400 (reservado), 56000 (reservado), 128000 (reservado) y 256000 (reservado) bits por segundo.

Los valores de bits de datos validos son : 4, 5, 6, 7, 8 (default).

Los valores de bits de stop validos son : 1 (default) , 1.5, 2.

En la siguiente tabla se muestran los valores de paridad permitidos :

Valor	Descripción
E	Par (Even)
M	Marca (Mark) RTS (default)
N	Ninguna (default)
O	Impar (Odd)
S	Espacio (Space)

Propiedad	: Sthreshold
Descripción	: Determina o indica el número mínimo de caracteres disponibles en el buffer de transmisión antes de que el control de comunicaciones prenda la propiedad <i>CommEvent</i> con <code>MSCOMM_EV_SEND</code> y genere el evento <i>OnComm</i> .
Sintaxis	: <code>[form].MComm.SThreshold</code> [= número de caracteres]
Tipo de dato	: Integer
Comentarios	: Indicando el valor de 0 (default) a la propiedad <i>Sthreshold</i> se deshabilita la generación del evento <i>OnComm</i> en la recepción. Si se indica un valor de 1 para esta propiedad, el control de comunicaciones genera el evento <i>OnComm</i> hasta que el buffer de transmisión se encuentre completamente vacío.

APÉNDICE F

HOJAS DE ESPECIFICACIONES Y DATOS TÉCNICOS DE LOS COMPONENTES

En este apéndice se muestran las hojas de especificaciones y características eléctricas de los componentes utilizados en el diseño del sistema. La fuente de estos datos son los manuales técnicos proporcionados por el fabricante.

**Control, Audio, and Computer Cables
For EIA RS-232 Applications**

22 Gauge
Stranded Conductors (7x30)
PVC Insulated

Product Description
Tinned copper, PVC insulated, conductors cabled. Chrome or Light Beige PVC jacket.

 8442 NEC CM FT 4	2	100	30.5	1.8	.011	.38	.025	.64	.170	4.32	
		U-500	U-152.4	7.9	For Plenum versions, see 82442, 87442 or 82442 on page 108. Color code: Black, Red						
 8443 NEC CM FT 4 2576 150V 80 C	3	100	30.5	2.1	.010	.25	.032	.81	.172	4.37	
		U-500	U-152.4	9.0	Color code: Black, Red, Green.						
		U-1000	U-304.8	17.5							
	8444 NEC CM FT 4	4	100	30.5	2.4	.010	.25	.032	.81	.185	4.70
			U-500	U-152.4	11.2	Color code chart No. 1, Technical Information Section					
			U-1000	U-304.8	21.5	For Plenum versions, see 82444 or 82444 on page 63.					
			1000	304.8	22.2						
	8445 NEC CM FT 4	5	100	30.5	2.8	.010	.25	.032	.81	.194	4.93
			U-500	U-152.4	12.6	Color code chart No. 1, Technical Information Section.					
			U-1000	U-304.8	23.3						
1000			304.8	23.4							

Características del cable a utilizar

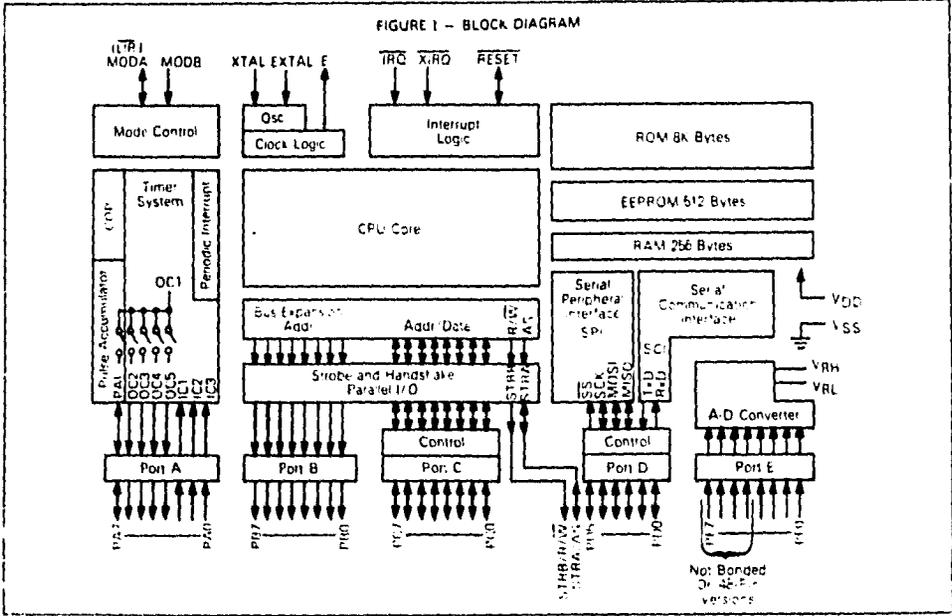
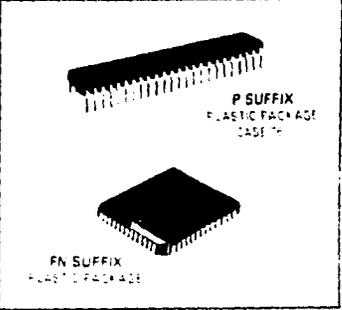


MC68HC11A8 Technical Summary

- 8-BIT HCMOS MICROCOMPUTER**
- The HCMOS MC68HC11A8 is an advanced microcomputer (MCU) containing highly sophisticated on-chip peripheral functions. An improved instruction set provides additional capability while maintaining compatibility with the other members of the M6801 Family. The fully static design allows operation at frequencies down to dc, further reducing its already low power consumption. Features include:
- 3 V to 5.5 V Operation
 - Power Saving STOP and WAIT Modes
 - 8K Bytes of ROM
 - 512 Bytes of EEPROM
 - 256 Bytes of Static RAM (All Saved During Standby)
 - Enhanced 16-Bit Timer System
 - Four Stage Programmable Prescaler
 - Three Input Capture Functions
 - Five Output Compare Functions
 - A Real Time Interrupt Circuit
 - An 8-Bit Pulse Accumulator Circuit
 - An Embedded Non-Retain-to-Zero Serial Communications Interface (SCI)
 - A New Serial Peripheral Interface (SPI)
 - Eight Channel 8-Bit A/D Converter
 - A Computer Operating Priority (COP) Warning System
 - Multilevel Interrupt Priorities (2)

HCMOS
(HIGH-DENSITY HIGH-PERFORMANCE SILICON GATE)

MICROCOMPUTER



MC68HC11A8
Technical
Summary

8-BIT HCMOS MICROCOMPUTER

The HCMOS MC68HC11A8 is an advanced microcomputer (MCU) containing highly sophisticated on-chip peripheral functions. An improved instruction set provides additional capability while maintaining compatibility with the other members of the MC6801 Family. The fully static design allows operation at frequencies down to dc, further reducing its already low power consumption. Features include:

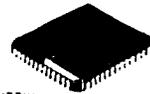
- 3 V to 5 V Operation
- Power Saving STOP and WAIT Modes
- 8K Bytes of ROM
- 512 Bytes of EEPROM
- 256 Bytes of Static RAM (All Saved During Standby)
- Enhanced 16-Bit Timer System
 - Four Stage Programmable Prescaler
 - Three Input Capture Functions
 - Five Output Compare Functions
- A Real Time Interrupt Circuit
- An 8-Bit Pulse Accumulator Circuit
- An Enhanced Non-Retainable Zero Serial Communications Interface (SCI)
- A New Serial Peripheral Interface (SPI)
- Eight Channel 8-Bit A/D Converter
- A Computer Operating Property (COP) Watchdog System
- Multilevel Interrupt Priorities (2)

HCMOS
 (HIGH-DENSITY HIGH-PERFORMANCE SILICON GATE)

MICROCOMPUTER

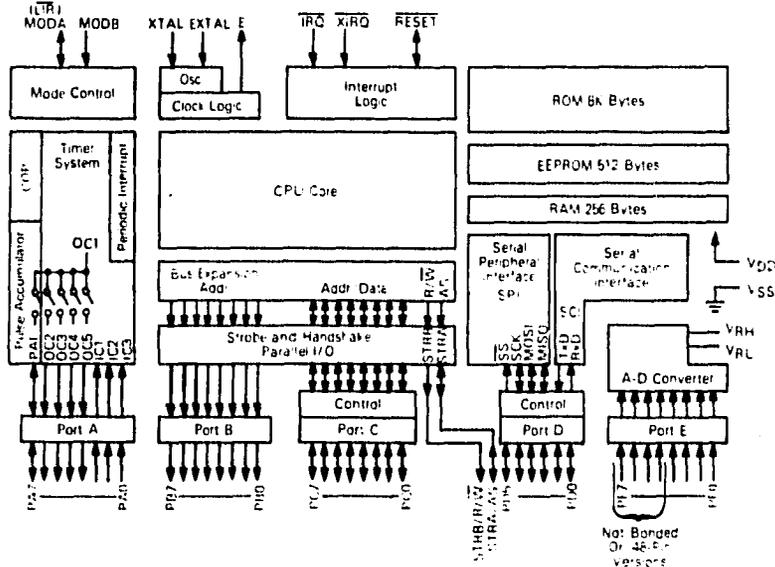


P SUFFIX
 PLASTIC PACKAGE
 CASE 78



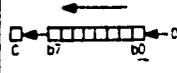
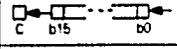
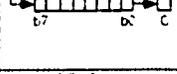
FN SUFFIX
 PLASTIC PACKAGE

FIGURE 1 - BLOCK DIAGRAM



FALLA DE ORIGEN

TABLE 6 - MCGHC11AB INSTRUCTION SET SUMMARY (SHEET 1 of 6)

Source Format	Operation	Boolean Expression	Addressing Mode for Operand	Machine Coding (Hexadecimal)		#	-
				Opcode	Operands		
ABA	Add Accumulators	$A + B \rightarrow A$	INH	1B		1	2
ABX	Add B to X	$IX + 00B \rightarrow IX$	INH	3A		1	3
ABY	Add B to Y	$IY + 00B \rightarrow IY$	INH	1B 3A		2	4
ADCA (opri)	Add with Carry to A	$A + M + C \rightarrow A$	A IMM A DIR A EXT A IND, X A IND, Y	89 99 B9 A9 1B A9	ii dd hh ii ii ii	2 2 3 2 3	2 3 4 4 5
ADCB (opri)	Add with Carry to B	$B + M + C \rightarrow B$	B IMM B DIR B EXT B IND, X B IND, Y	C9 D9 F9 E9 1B E9	ii dd hh ii ii ii	2 2 3 2 3	2 3 4 4 5
ADDA (opri)	Add Memory to A	$A + M \rightarrow A$	A IMM A DIR A EXT A IND, X A IND, Y	8B 9B BB AB 1B AB	ii dd hh, ii ii ii	2 2 3 2 3	2 3 4 4 5
ADDB (opri)	Add Memory to B	$B + M \rightarrow B$	B IMM B DIR B EXT B IND, X B IND, Y	CB DB FB EB 1B EB	ii dd hh, ii ii ii	2 2 3 2 3	2 3 4 4 5
ADDD (opri)	Add to D, D	$D + M + V \rightarrow D$	IMV DIR EXT IND, X IND, Y	C3 D3 F3 E3 1B E3	ii, iii dd hh, ii ii ii	3 2 3 2 3	4 5 6 6 7
ANDA (opri)	AND A with Memory	$A \wedge V \rightarrow A$	A IMM A DIR A EXT A IND, X A IND, Y	84 94 B4 A4 1B A4	ii dd hh, ii ii ii	2 2 3 2 3	2 3 4 4 5
ANDB (opri)	AND B with Memory	$B \wedge V \rightarrow B$	B IMM B DIR B EXT B IND, X B IND, Y	C4 D4 F4 E4 1B E4	ii dd hh, ii ii ii	2 2 3 2 3	2 3 4 4 5
ASL (opri)	Arithmetic Shift Left		EXT IND, X IND, Y A INH B INH	76 66 1B 66 46 56	hh ii ii ii ii ii	3 2 3 1 1	6 6 7 2 2
ASLA							
ASLB							
ASLD	Arith Shift Left Double		INH	06		1	3
ASR (opri)	Arithmetic Shift Right		EXT IND, X IND, Y A INH B INH	77 67 1B 67 47 57	hh ii ii ii ii ii	3 2 3 1 1	6 6 7 2 2
ASRA							
ASRB							
BCD (re)	Branch if Carry Clear	$? C = 0$	REL	24	ii	2	3
BCLR (opri) (mask)	Clear Bits	$M \wedge \text{mask} \rightarrow M$	DIR IND, X IND, Y	15 1D 1B, 1D	dd mm ii mm ii mm	3 3 4	6 7 B
BCS (re)	Branch if Carry Set	$? C = 1$	REL	25	ii	2	3
BEQ (re)	Branch if = Zero	$? Z = 1$	REL	27	ii	2	3
BGE (re)	Branch if ≥ Zero	$? N \oplus V = 0$	REL	2C	ii	2	3
BGT (re)	Branch if > Zero	$? Z + !N \oplus V = 0$	REL	2E	ii	2	3

See Notes on Sheet 6



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

TABLE 8 - MC68HC11A8 INSTRUCTION SET SUMMARY (SHEET 2 of 6)

Source Form(s)	Operation	Boolean Expression	Addressing Mode for Operand	Machine Coding (Hexadecimal)		P	~
				Opcode	Operand(s)		
BHI (rel)	Branch if Higher	$? C + Z = 0$	REL	22	''	2	3
BHS (rel)	Branch if Higher or Same	$? C = 0$	REL	24	''	2	3
BITA (opri)	Bit(s) Test A with Memory	A=M	A IMM	85	''	2	2
			A DIR	96	dd	2	3
			A EXT	B5	hh ll	3	4
			A IND. X	A5	''	2	4
			A IND. Y	1B A5	''	3	5
BITB (opri)	Bit(s) Test B with Memory	B=M	B IMM	C5	''	2	2
			B DIR	D5	dd	2	3
			B EXT	F5	hh ll	3	4
			B IND. X	E5	''	2	4
			B IND. Y	1B E5	''	3	5
BLE (rel)	Branch if \leq Zero	$? Z + (N \oplus V) = 1$	REL	2F	''	2	3
BLU (rel)	Branch if Lower	$? C = 1$	REL	26	''	2	3
BLS (rel)	Branch if Lower or Same	$? C + Z = 1$	REL	23	''	2	3
BLT (rel)	Branch if \leq Zero	$? N \oplus V = 1$	REL	2D	''	2	3
BMI (rel)	Branch if Minus	$? N = 1$	REL	2B	''	2	3
BNE (rel)	Branch if Not = Zero	$? Z = 0$	REL	2E	''	2	3
BP (rel)	Branch if Plus	$? N = 0$	REL	2A	''	2	3
BR (rel)	Branch Always	$? 1 = 1$	REL	2C	''	2	3
BRN (rel)	Branch Never	$? 1 = 0$	REL	21	''	2	3
BRCLR (opri, mskl, rel)	Branch if Bit(s) Clear	$? M \oplus mm = 0$	DIR	13	dd mm ''	4	6
			IND. X	1F	'' mm ''	4	7
			IND. Y	1B 1F	'' mm ''	5	6
BRSET (opri, mskl, rel)	Branch if Bit(s) Set	$? M \oplus mm = 0$	DIR	12	dd mm ''	4	6
			IND. X	1E	'' mm ''	4	7
			IND. Y	1B 1E	'' mm ''	5	6
BSET (opri, mskl)	Set Bit(s)	$M \leftarrow mm \oplus M$	DIR	14	dd mm ''	3	6
			IND. X	1C	'' mm ''	3	7
			IND. Y	1B 1C	'' mm ''	4	6
BSR (rel)	Branch to Subroutine	See Special Ops	REL	BD	''	2	6
BVC (rel)	Branch if Overflow Clear	$? V = 0$	REL	28	''	2	3
BVS (rel)	Branch if Overflow Set	$? V = 1$	REL	29	''	2	3
CBA	Compare A to B	$A - B$	INH	11		1	2
CLC	Clear Carry Bit	$0 \rightarrow C$	INH	0C		1	2
CLI	Clear Interrupt Mask	$0 \rightarrow I$	INH	0E		1	2
CLR (opri)	Clear Memory Byte	$0 \rightarrow M$	EXT	7F	hh ll	3	6
			IND. X	6F	''	2	6
			IND. Y	1B 6F	''	3	7
CLRA	Clear Accumulator A	$0 \rightarrow A$	A INH	4F		1	2
CLRB	Clear Accumulator B	$0 \rightarrow B$	B INH	5F		1	2
CLV	Clear Overflow Flag	$0 \rightarrow V$	INH	0A		1	2
CMPA (opri)	Compare A to Memory	$A - M$	A IMM	B1	''	2	2
			A DIR	91	dd	2	3
			A EXT	B1	hh ll	3	4
			A IND. X	A1	''	2	4
			A IND. Y	1B A1	''	3	5
CMPB (opri)	Compare B to Memory	$B - M$	B IMM	C1	''	2	2
			B DIR	D1	dd	2	3
			B EXT	F1	hh ll	3	4
			B IND. X	E1	''	2	4
			B IND. Y	1B E1	''	3	5

See Notes on Sheet 6

TABLE 6 - MC68HC11AB INSTRUCTION SET SUMMARY (SHEET 3 of 6)

Source Form(s)	Operation	Boolean Expression	Addressing Mode for Operand	Machine Coding (Hexadecimal)		I	-
				Opcode	Operands		
COM (opri)	1's Complement Memory Byte	$\text{!FF} - M \rightarrow M$	EXT IND, X IND, Y	73	hh ll	3	6
				63	ff	2	6
				1B 63	ff	3	7
COMA	1's Complement A	$\text{!FF} - A \rightarrow A$	A INH	43		1	2
COMB	1's Complement B	$\text{!FF} - B \rightarrow B$	B INH	53		1	2
CPD (opri)	Compare D to Memory 16 Bit	$D - M \rightarrow M + 1$	IMM DIR EXT IND, X IND, Y	1A 83	jj kk	4	5
				1A 93	dd	3	6
				1A 83	hh ll	4	7
				1A A3	ff	3	7
				CD A3	ff	3	7
CPX (opri)	Compare X to Memory 16 Bit	$IX - M \rightarrow M + 1$	IMM DIR EXT IND, X IND, Y	BC	jj kk	3	4
				9C	dd	2	5
				BC	hh ll	5	6
				AC	ff	2	6
				CD AC	ff	3	7
CPY (opri)	Compare Y to Memory 16 Bit	$IY - M \rightarrow M + 1$	IMM DIR EXT IND, X IND, Y	1B 8C	jj kk	4	5
				1B 9C	dd	3	6
				1B 8C	hh ll	4	7
				1A 1C	ff	3	7
				1B AC	ff	3	7
DAA	Decimal Adjust A	Adj. Sum to BCD	INH	19		1	2
DEC (opri)	Decrement Memory Byte	$M - 1 \rightarrow M$	EXT IND, X IND, Y	7A	hh ll	3	6
				6A	ff	2	6
				1B 6A	ff	3	7
DECA	Decrement Accumulator A	$A - 1 \rightarrow A$	A INH	4A		1	2
DECB	Decrement Accumulator B	$B - 1 \rightarrow B$	B INH	5A		1	2
DES	Decrement Stack Pointer	$SP - 1 \rightarrow SP$	INH	3A		1	3
DEX	Decrement Index Register X	$IX - 1 \rightarrow IX$	INH	0E		1	3
DEY	Decrement Index Register Y	$IY - 1 \rightarrow IY$	INH	1B 0E		2	4
EORA (opri)	Exclusive OR A with Memory	$A \oplus M \rightarrow A$	A IMM A DIR A EXT A IND, X A IND, Y	B6	ii	2	2
				9B	dd	2	3
				BE	hh ll	5	4
				AB	ff	2	4
				1B AB	ff	3	5
EORB (opri)	Exclusive OR B with Memory	$B \oplus M \rightarrow B$	B IMM B DIR B EXT B IND, X B IND, Y	C8	ii	2	2
				D8	dd	2	3
				F8	hh ll	3	4
				EB	ff	2	4
				1B EB	ff	3	5
FDIV	Fractional Divide 16 by 16	$D/IX \rightarrow IX, r \rightarrow D$	INH	03		1	41
IDIV	Integer Divide 16 by 16	$D/IX \rightarrow IX, r \rightarrow D$	INH	0C		1	41
INC (opri)	Increment Memory Byte	$M + 1 \rightarrow M$	EXT IND, X IND, Y	7C	hh ll	3	6
				6C	ff	2	6
				1B 6C	ff	3	7
INCA	Increment Accumulator A	$A + 1 \rightarrow A$	A INH	4C		1	2
INCB	Increment Accumulator B	$B + 1 \rightarrow B$	B INH	5C		1	2
INS	Increment Stack Pointer	$SP + 1 \rightarrow SP$	INH	31		1	3
INX	Increment Index Register X	$IX + 1 \rightarrow IX$	INH	0B		1	3
INY	Increment Index Register Y	$IY + 1 \rightarrow IY$	INH	1B 0B		2	4
JMP (opri)	Jump	See Special Ops	EXT IND, X IND, Y	7E	hh ll	3	3
				6E	ff	2	3
				1B 6E	ff	3	4
JSR (opri)	Jump to Subroutine	See Special Ops	DIR EXT IND, X IND, Y	9D	dd	2	5
				8D	hh ll	3	6
				AD	ff	2	6
				1B AD	ff	3	7

See Notes on Sheet 6



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

TABLE B - MC68HC11A8 INSTRUCTION SET SUMMARY (SHEET 4 of 6)

Source Format	Operation	Boolean Expression	Addressing Mode for Operand	Machine Coding (Hexadecimal)		I	D
				Opcod	Operands		
LDAA (opri)	Load Accumulator A	$M \rightarrow A$	DIRMM	B	ii	2	2
			DIRI	9	dd	2	3
			DIRT	B6	hh ll	3	4
			AINDX	A6	ll	2	4
			AINDX	1B A6	ll	3	5
LDAB (opri)	Load Accumulator B	$M \rightarrow B$	BIMM	C6	ii	2	2
			BDIR	D6	dd	2	3
			BEXT	F6	hh ll	3	4
			BINDX	E6	ll	2	4
			BINDX	1B E6	ll	3	5
LDD (opri)	Load Double Accumulator D	$M \rightarrow A, M+1 \rightarrow B$	IMM	CC	jj kk	3	3
			DIF	DC	dd	2	4
			EXT	FC	hh ll	3	5
			INDX	EC	ll	2	5
			INDX	1E EC	ll	3	6
LDS (opri)	Load Stack Pointer	$M, M+1 \rightarrow SP$	IMM	B	jj kk	3	3
			DIF	9	dd	2	4
			EXT	B	hh ll	3	5
			INDX	A	ll	2	5
			INDX	1E A	ll	3	6
LDX (opri)	Load Index Register	$M, M+1 \rightarrow X$	IMM	CE	jj kk	3	3
			DIF	DE	dd	2	4
			EXT	FE	hh ll	3	5
			INDX	EE	ll	2	5
			INDX	1E EE	ll	3	6
LDA (opri)	Load Data Register	$M, M+1 \rightarrow D$	IMM	8	jj kk	3	3
			DIF	10	dd	2	4
			EXT	18	hh ll	3	5
			INDX	0	ll	2	5
			INDX	10	ll	3	6
LSL (opri)	Logical Shift Left		IMM	7	hh ll	3	3
			INDX	9	ll	2	3
			INDX	1B 9	ll	3	4
			AINDX	A	ll	2	3
LSLA	Logical Shift Left Accumulator A		INDX	9	ll	2	3
			INDX	1B 9	ll	3	4
			AINDX	A	ll	2	3
			BINDX	9	ll	2	3
LSLB	Logical Shift Left Accumulator B		INDX	9	ll	2	3
			INDX	1B 9	ll	3	4
			AINDX	A	ll	2	3
			BINDX	9	ll	2	3
LSLD	Logical Shift Left Double		INDX	5		1	3
LSR (opri)	Logical Shift Right		EXT	74	hh ll	3	6
			INDX	64	ll	2	6
			INDX	1E 64	ll	3	7
			AINDX	44	ll	1	6
LSRA	Logical Shift Right Accumulator A		AINDX	44	ll	1	6
			BINDX	44	ll	1	6
LSRB	Logical Shift Right Accumulator B		AINDX	44	ll	1	6
			BINDX	44	ll	1	6
LSRD	Logical Shift Right Double		INDX	5		1	3
MUL	Multiply B by E	$A \times B \rightarrow D$	INDX	0		1	16
NEG (opri)	2's Complement Memory Byte	$0 - M \rightarrow M$	EXT	70	hh ll	3	6
			INDX	60	ll	2	6
			INDX	1E 60	ll	3	7
NEG	2's Complement A	$0 - A \rightarrow A$	AINDX	4		1	2
NEGB	2's Complement B	$0 - B \rightarrow B$	BINDX	4		1	2
NOT	Not Accumulator	$\sim A \rightarrow A$	INDX	0		1	1
DRAA (opri)	DR Accumulator A (Inclusive)	$A + M \rightarrow A$	DIRMM	5A	ii	2	2
			DIRI	6A	dd	2	3
			DIRT	BA	hh ll	3	4
			AINDX	AA	ll	2	4
			AINDX	1E AA	ll	3	5
DRAB (opri)	DR Accumulator B (Inclusive)	$B + M \rightarrow B$	BIMM	CA	ii	2	2
			BDIR	DA	dd	2	3
			BEXT	FA	hh ll	3	4
			BINDX	EA	ll	2	4
			BINDX	1E EA	ll	3	5

See Notes on Sheet 6



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

TABLE 6 - MCBHC11AB INSTRUCTION SET SUMMARY (SHEET 6 of 6)

Source Format	Operation	Boolean Expression	Addressing Mode for Operand	Machine Coding (Hexadecimal)		I	-
				Opcode	Operand(s)		
PSHA	Push A onto Stack	$A \rightarrow S1; SP = SP - 1$	A INH	36		1	3
PSHB	Push B onto Stack	$B \rightarrow S1; SP = SP - 1$	B INH	37		1	3
PSHX	Push X onto Stack (Lo First)	$1X \rightarrow S1; SP = SP - 2$	INH	3C		1	4
PSHY	Push Y onto Stack (Lo First)	$1Y \rightarrow S1; SP = SP - 2$	INH	1B 3C		2	5
PULA	Pop A from Stack	$SP = SP + 1; A \leftarrow S1$	A INH	32		1	4
PULB	Pop B from Stack	$SP = SP + 1; B \leftarrow S1$	B INH	33		1	4
PULX	Pop X from Stack (Hi First)	$SP = SP + 2; 1X \leftarrow S1$	INH	38		1	6
PULY	Pop Y from Stack (Hi First)	$SP = SP + 2; 1Y \leftarrow S1$	INH	1B 38		2	6
ROL (opri)	Rotate Left		EXT	79	hh ll	3	6
			IND, X	69	ll	2	6
			IND, Y	1B 69	ll	3	7
			A INH	49		1	2
RCLB			B INH	59		1	2
RCR (opri)	Rotate Right		EXT	76	hh ll	3	6
			IND, X	66	ll	2	6
			IND, Y	1B 66	ll	3	7
			A INH	46		1	2
RCRB			B INH	56		1	2
RPI	Return from Interrupt	See Special Ops	INH	3E		1	10
RTS	Return from Subroutine	See Special Ops	INH	35		1	6
SEC	Set Carry	$1 \rightarrow C$	INH	0D		1	2
SBCA (opri)	Subtract with Carry from A	$A - M - C \rightarrow A$	A INH	64	dd	2	2
			A DIR	54	dd	2	3
			A EXT	B4	hh ll	3	4
			A IND, X	A4	ll	2	4
			A IND, Y	1E A4	ll	3	5
SBCB (opri)	Subtract with Carry from B	$B - M - C \rightarrow B$	B INH	C2	ll	2	2
			B DIR	C2	dd	2	3
			B EXT	F2	hh ll	3	4
			B IND, X	E2	ll	2	4
			B IND, Y	1E E2	ll	3	5
SEC	Set Carry	$1 \rightarrow C$	INH	0D		1	2
SEI	Set Interrupt Mask	$1 \rightarrow I$	INH	0F		1	2
SEV	Set Overflow Flag	$1 \rightarrow V$	INH	0B		1	2
STAA (opri)	Store Accumulator A	$A \rightarrow M$	A DIR	97	dd	2	3
			A EXT	B7	hh ll	3	4
			A IND, X	A7	ll	2	4
			A IND, Y	1E A7	ll	3	5
STAB (opri)	Store Accumulator B	$B \rightarrow M$	B DIR	D7	dd	2	3
			B EXT	F7	hh ll	3	4
			B IND, X	E7	ll	2	4
			B IND, Y	1E E7	ll	3	5
STD (opri)	Store Double Accumulator	$A \rightarrow M, B \rightarrow M + 1$	DIR	DD	dd	2	4
			EXT	FD	hh ll	3	5
			IND, X	ED	ll	2	5
			IND, Y	1E ED	ll	3	6

See Notes on Sheet 6



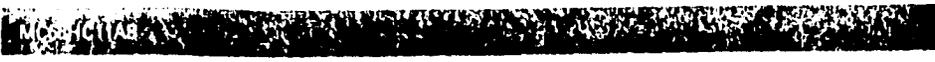
MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

TABLE 6 - MC68HC11AB INSTRUCTION SET SUMMARY (SHEET 6 of 8)

Source Format	Operation	Boolean Expression	Addressing Mode for Operand	Machine Coding (Hexadecimal)		#	~
				Opcode	Operand(s)		
STOP	Stop Internal Clocks		INH	CF		1	2
STS (opri)	Store Stack Pointer	$SP \rightarrow M, M+1$	DIR	BF	dd	2	4
			EXT	BF	hh ll	3	5
			IND, X	AF	ff	2	5
			IND, Y	1B AF	ff	3	6
STX (opri)	Store Index Register X	$IX \rightarrow M, M+1$	DIR	DF	dd	2	4
			EXT	FF	hh ll	3	5
			IND, X	EF	ff	2	5
			IND, Y	CD EF	ff	3	6
STY (opri)	Store Index Register Y	$IY \rightarrow M, M+1$	DIR	1B DF	dd	3	5
			EXT	1B FF	hh ll	4	6
			IND, X	1A EF	ff	3	6
			IND, Y	1B EF	ff	3	6
SUBA (opri)	Subtract Memory from A	$A - M \rightarrow A$	A IMM	8C	ii	2	2
			A DIR	80	dd	2	3
			A EXT	8C	hh ll	3	4
			A IND, X	A0	ff	2	4
			A IND, Y	1B A0	ff	3	5
SUBB (opri)	Subtract Memory from B	$B - M \rightarrow B$	B IMM	CC	ii	2	2
			B DIR	DC	dd	2	3
			B EXT	CC	hh ll	3	4
			B IND, X	EC	ff	2	4
			B IND, Y	1B EC	ff	3	5
SUBD (opri)	Subtract Memory from D	$D - M, M+1 \rightarrow D$	IMM	5C	ii, kk	3	4
			DIR	93	dd	2	5
			EXT	B3	hh ll	3	6
			IND, X	A3	ff	2	6
			IND, Y	1B A3	ff	3	7
SAI	Software Interrupt	See Special Ops	INH	3F		1	14
TAB	Transfer A to B	$A \rightarrow B$	INH	1E		1	2
TAP	Transfer A to CC Register	$A \rightarrow CCR$	INH	0E		1	2
TBA	Transfer B to A	$B \rightarrow A$	INH	17		1	2
TEST	TEST (Only in Test Modes)	Addr. Bus Counts	INH	00		1	6
TPA	Transfer CC Register to A	$CCR \rightarrow A$	INH	07		1	2
TST (opri)	Test for Zero or Minus	$M - 0$	EXT	7D	hh ll	3	6
			IND, X	6D	ff	2	6
			IND, Y	1B 6D	ff	3	7
TSTA		$A - 0$	A INH	4D		1	2
TSTB		$B - 0$	B INH	5D		1	2
TSX	Transfer Stack Pointer to X	$SP + 1 \rightarrow IX$	INH	3C		1	3
TSY	Transfer Stack Pointer to Y	$SP + 1 \rightarrow IY$	INH	1B 3C		2	4
TXS	Transfer X to Stack Pointer	$IX - 1 \rightarrow SP$	INH	35		1	3
TYS	Transfer Y to Stack Pointer	$IY - 1 \rightarrow SP$	INH	1B 35		2	4
WAIT	Wait for Interrupt	Stack Regs. & WAIT	INH	3E		2	6
XCDX	Exchange D with X	$IX \rightarrow D, D \rightarrow IX$	INH	BF		1	3
XGDY	Exchange D with Y	$IY \rightarrow D, D \rightarrow IY$	INH	1B BF		2	4

NOTES

- * = Infinity or until RESET occurs
- ** = Twelve cycles are used beginning with the opcode fetch. A wait state is entered which remains in effect for an integer number of MPU clock cycles (n) until an interrupt is recognized. Finally two additional cycles are used to fetch the appropriate interrupt vector (14 + n total)
- dd = 8-bit direct address (\$0000-\$00FF) (high byte assumed to be 00)
- ff = 8-bit positive offset \$00 (0) to \$FF (255) is added to index
- hh = High order byte of 16-bit extended address
- ll = Low order byte of 16-bit extended address
- ii = One byte of immediate data
- jj = High order byte of 16-bit immediate data
- kk = Low order byte of 16-bit immediate data
- ll = Low order byte of 16-bit extended address
- mm = 8-bit bit mask (set bits to be affected)
- rr = Signed relative offset \$80 (-128) to \$7F (+127) (offset relative to the address following the machine code offset byte)
- # = Number of bytes of machine code
- ~ = Number of cycles required for execution



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

MAXIMUM RATING

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V _{CC}	-0.3 to +7.0	V
Input Voltage	V _{in}	-0.3 to +7.0	V
Operating Temperature Range	T _A	-40 to 85	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-55 to 150	°C

This device contains protective circuits against damage due to high static voltages or electrical fields. However, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltages higher than maximum-rated voltages to this high impedance circuit. Reliability of operation is enhanced if unused inputs are tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either GND or VCC).

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance Plastic 52-Pin Quad Pack Plastic 48-Pin DIP	θ _{JA}	50 180	°C/W

POWER CONSIDERATIONS

The average chip-junction temperature, T_J, in °C can be obtained from:

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA}) \tag{1}$$

Where

T_A = Ambient Temperature, °C

θ_{JA} = Package Thermal Resistance, Junction-to-Ambient, °C/W

P_D = P_{INT} + P_{I/O}

P_{INT} = I_{CC} × V_{CC}, Watts = Chip Internal Power

P_{I/O} = Power Dissipation on Input and Output Pins = User Determined

For most applications P_{I/O} < P_{INT} and can be neglected.

An approximate relationship between P_D and T_J (if P_{I/O} is neglected) is

$$P_D = K + (T_J + 273^\circ\text{C}) \tag{2}$$

Solving equations 1 and 2 for K gives

$$K = P_D \cdot (T_A + 273^\circ\text{C}) + \theta_{JA} \cdot P_D^2 \tag{3}$$

Where K is a constant pertaining to the particular part. K can be determined from equation 3 by measuring P_D (at equilibrium) for a known T_A. Using this value of K, the values of P_D and T_J can be obtained by solving equations (1) and (2) iteratively for any value of T_A.



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

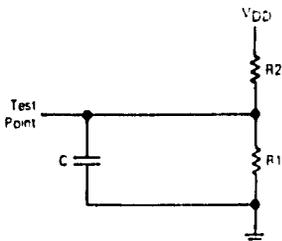
PRELIMINARY DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 5.0 Vdc ± 10%, V_{SS} = 0 Vdc, T_A = -40 to 85°C, unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	Min	Max	Unit
Output Voltage: I _{Load} = ± 10 mA (See Note 1)	A ¹ Outputs V _{OL} A ² Outputs Except RESET V _{OH}	-	0.1	V
Output High Voltage: I _{Load} = -0.8 mA, V _{DD} = 4.5 V (See Note 1)	All Outputs Except RESET V _{OH}	V _{DD} - 0.8	-	V
Output Low Voltage: I _{Load} = 1.6 mA	All Outputs V _{OL}	-	0.4	V
Input High Voltage	All Inputs V _{IH}	0.7 × V _{DD}	V _{DD}	V
Input Low Voltage	All Inputs V _{IL}	V _{SS}	0.2 × V _{DD}	V
I/O Pins, 3-State Leakage V _{IN} = V _{DD} or V _{IL} (See Note 3)	PA7, PC0-PC7, PDO-PD5, AS/STRA, MDDA/LTR, RESET	IOZ	± 10	μA
Input Current V _{IN} = V _{DD} or V _{SS} V _{IN} = V _{DD}	PA0-PA2, PE0-PE7, IRQ, XIRQ, MODE, YPP	I _{IN}	± 1 TBD	μA
Total Supply Current (See Note 3): RUN: Single-Chip Expanded Multiplexed WAIT: All Peripheral Functions Shut Down STDP: No Clocks, Single-Chip Mode	I _{DD} W _{DD} S _{DD}	-	20 180 4 300	mA μA
Input Capacitance	PA0-PA2, PE0-PE7, IRQ, XIRQ, EXTAL, FA7, PC0-PC7, PDO-PD5, AS/STRA, MDDA, LTR, RESET	C _{IN}	8 12	pF
Power Dissipation	P _{DI}	-	110	mW

NOTES

1. V_{OH} specification for reset is not applicable because it is an open-drain pin.
2. See A¹ D specification for leakage current for port E.
3. All pins configured as inputs: V_{IL} = 0.2 V, V_{IH} = V_{DD} - 0.2 V, no dc load; EXTAL is driver 2, square wave, C_L = 25 pF or EXTAL, t_{ov} = 500 ns.

FIGURE 6 - EQUIVALENT TEST LOAD



V_{DD} 4.5 V

Pins	R1	R2	C
PA0-PA7 PB0-PB7 PC0-PC7 PDO, PD5	3.26 kΩ	2.35 kΩ	90 pF
PD1-PD4	3.26 kΩ	2.35 kΩ	200 pF



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

M68HC128

PRELIMINARY CONTROL TIMING (V_{SE} = 0 Vdc, V_{DD} = 5.0 V ± 10%, T_A = -40 to 85°C)

Characteristics	Symbol	Min	Max	Unit
Frequency of Operation: Crystal Operation External Clock Option	f _{X1A} f _O	- dc	8.4 8.4	MHz
Internal Operating Frequency: Crystal Option (f _{X1A} = 4) External Clock Option	f _O	- dc	2.1 2.1	MHz
Crystal Oscillator Startup Time (See Figure 7)	t _{rc}	-	100	ms
Crystal Oscillator Stop Recovery Startup Time (See Figure 8)	t _{LCH}	-	100	ms
Wait Recovery Startup Time (See Figure 13)	t _{WASH}	-	2	Ecyc
Processor Control Setup Time (See Figure 7)	t _{PCS}	180	-	ns
Reset Low Time (Output)	t _{RCCM}	3	4	Ecyc
Reset Rise Time for Internal Reset (See Figure 10 and Note 1)	t _{IRR}	-	2	Ecyc
Reset Input Pulse Width (See Figure 7 and Note 2)	PW _{RSTI}	2	-	Ecyc
Interrupt Pulse Width: Low, IRC Edge Triggered Mode (See Figure 11)	PW _{IRO}	125	-	ns
Timer Input Capture Pulse Width (See Figure 12)	PW _{TIM}	200	-	ns
Pulse Accumulator Input Pulse Width (See Figure 12)	PW _{TIM}	200	-	ns

NOTES

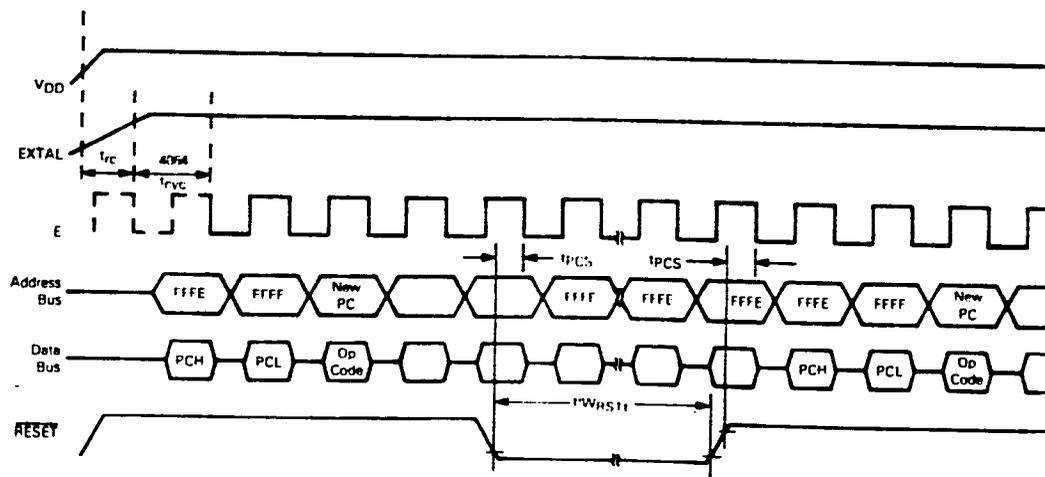
- 1 This is the maximum time that external components should delay RESET rising so that internal COP and clock monitor interrupts can be recognized.
- 2 This is the minimum time that RESET must be held low for an external reset; if not preempted by an internal reset (COP or clock monitor). To guarantee an external reset vector will be generated, RESET must be held low for a minimum of 8 Ecyc.



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

23

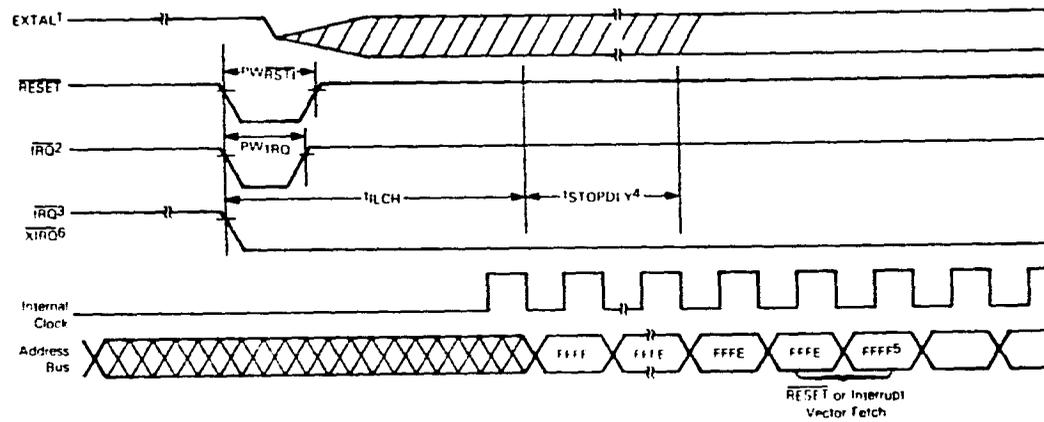
FIGURE 7 - POWER-ON RESET AND RESET TIMING DIAGRAM





MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

FIGURE 8 - STOP RECOVERY TIMING DIAGRAM



NOTES:

- 1 Represents the internal gating of the f XTAL pin
- 2 Edge-sensitive IRQ pin (IROE bit = 1)
- 3 Level-sensitive IRQ pin (IROE bit = 0)
- 4 tSTOPDLY = 4064 t_{cy} if DLY bit = 1 or 4 t_{cy} if DLY bit = 0
- 5 RESET vector address shown for timing example
- 6 XIRQ will cause STOP recovery regardless of X bit state
- 7 No vector if STOP terminated by XIRQ and no interrupt pending.

FIGURE 9 - MODE PROGRAMMING

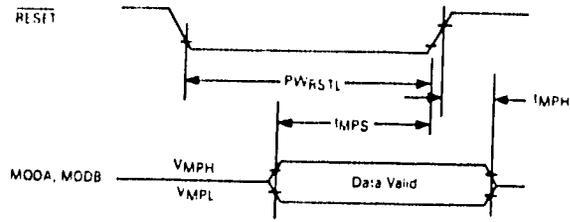


FIGURE 10 - INTERNAL $\overline{\text{RESET}}$



FIGURE 11 - INTERRUPT TIMING

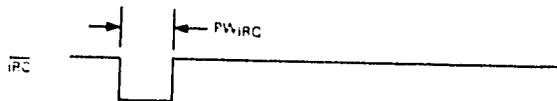
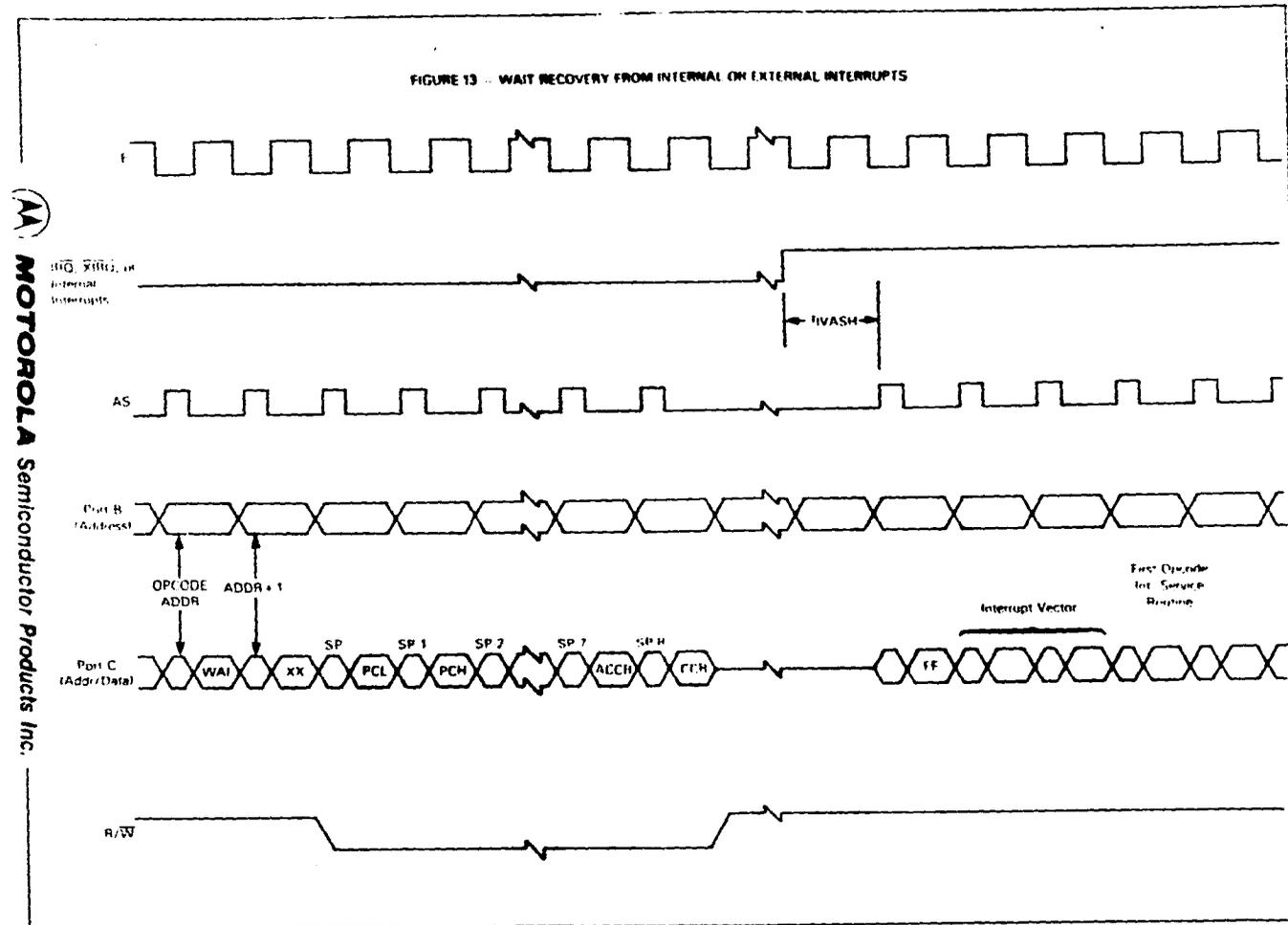


FIGURE 12 - TIMER INPUTS



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

FIGURE 13 - WAIT RECOVERY FROM INTERNAL OR EXTERNAL INTERRUPTS



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

PRELIMINARY EXPANSION BUS TIMING (V_{DD} = 5.0 Vdc ± 10%, V_{SS} = 0 Vdc, T_A = 25°C ± 5%, unless otherwise noted
See Figure 54¹)

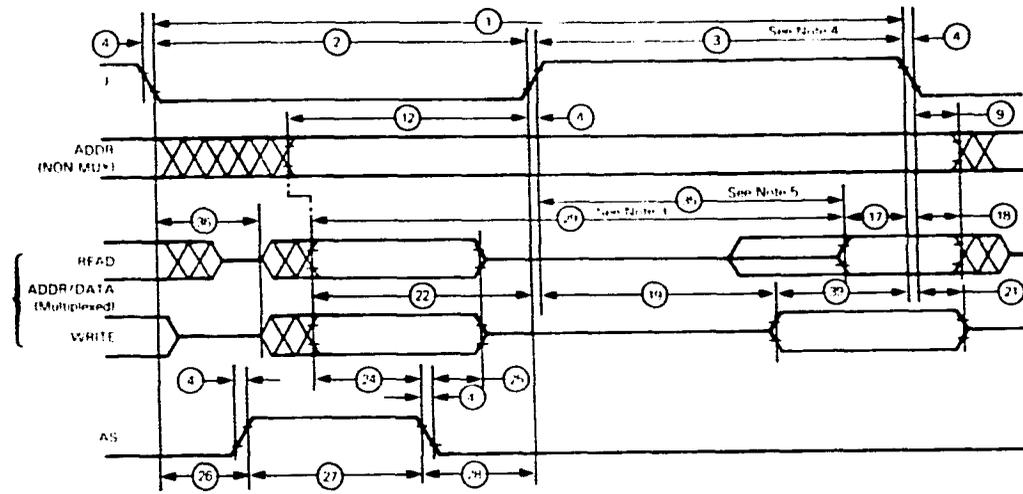
Num	Characteristic	Symbol	1.05 MHz		2.1 MHz		Unit
			Min	Max	Min	Max	
1	Cycle Time	t _{CYC}	952	-	476	-	ns
2	Pulse Width, E Low	PW _{EL}	400	-	200	-	ns
3	Pulse Width, E High	PW _{EH}	420	-	210	-	ns
4	E Rise and Fall Time	t _{r, f}	-	25	-	20	ns
9	Address Hold Time (See Note 1)	t _{AH}	80	-	30	-	ns
12	Non-Muxed Address Valid Time to E (See Note 2)	t _{AV}	200	-	75	-	ns
17	Read Data Setup Time	t _{DSR}	80	-	30	-	ns
18	Read Data Hold Time	t _{DHR}	10	80	10	80	ns
19	Write Data Delay Time	t _{DDW}	-	225	-	110	ns
21	Write Data Hold Time	t _{DHW}	50	-	30	-	ns
22	Muxed Address Valid Time to E Rise (See Note 2)	t _{AVM}	200	-	75	-	ns
24	Muxed Address Valid Time to AS Fall (See Note 2)	t _{ASL}	80	-	20	-	ns
25	Muxed Address Hold Time (See Note 1)	t _{AHL}	50	-	30	-	ns
26	Delay Time, E to AS Rise (See Notes 1 and 2)	t _{ASD}	90	-	40	-	ns
27	Pulse Width, AS High (See Note 2)	PW _{AS}	200	-	90	-	ns
28	Delay Time, AS to E Rise (See Notes 1 and 2)	t _{ASED}	80	-	40	-	ns
29	MPU Address Access Time (Computed - See Note 2) = 12 of 22: Whichever is Smaller, Address Valid + 4 Clock Rise Time + 3 Pulse Width, E High + 1 ¹ Read Data Setup Time	t _{ACCA}	615	-	275	-	ns
30	MPU Access Time (Computed - See Note 2) = 3 Pulse Width, E High + 1 ¹ Read Data Setup Time	t _{ACCE}	-	390	-	180	ns
36	Multiplexed Address Delay (Previous Cycle MPU Read)	t _{MAD}	100	-	60	-	ns
37	Multiplexed Read Data Valid Before E	t _{RDV}	10	-	25	-	ns
38	Multiplexed Address Valid Before E	t _{ADP}	0	-	0	-	ns
39	Write Data Setup Time (Computed - See Note 2) = 3 Pulse Width, E High + 12 Write Data Delay Time	t _{DSW}	195	-	110	-	ns

NOTES

- 1 Affected by input clock duty cycle (KTAL, EXTAL).
- 2 At specified cycle time.



FIGURE 14 EXPANSION BUS TIMING



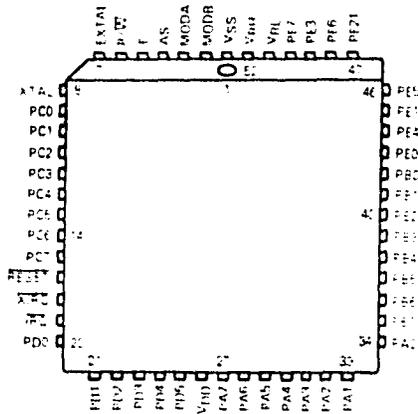
- NOTES
1. Output voltage levels shown are V_{OL} and V_{OH} , input levels shown are V_{IL} and V_{IH} .
 2. Measurement points shown for outputs are V_{OL} , V_{OH} , V_{IL} , and V_{IH} as appropriate.
 3. Address Access Time is computed by $(12 + 22) + 4 + 3 = 41$.
 4. No device should drive Port C, except when E, or high of contention may result.
 5. Enable Access Time is computed by 31 .

PIN ASSIGNMENTS AND MECHANICAL DATA

This section contains the pin assignments and mechanical data for the 52-lead quad pack and the 48-pin quad in-line versions of the MC68011A.

PIN ASSIGNMENTS

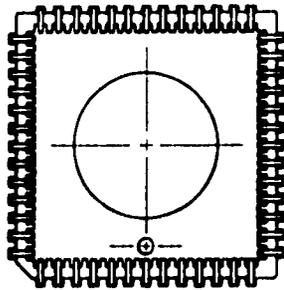
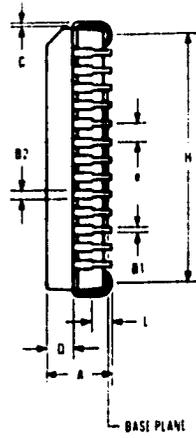
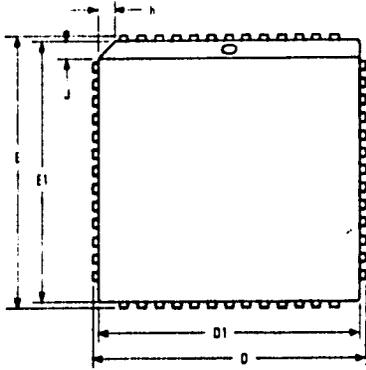
52-LEAD QUAD PACKAGE



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

MC84C17AB

FN SUFFIX
PLASTIC PACKAGING
PRELIMINARY MECHANICAL DATA



52 LEAD
QUAD PACK

	INCHES	
	MIN	MAX
A	0.165	0.180
B1	0.013	0.021
B2	0.026	0.032
C	0.005	0.015
D	0.705	0.705
D1	0.750	0.756
E1	0.705	0.705
E1	0.750	0.756
e	0.050	BSC
H	0.710	BSC
h	0.042	0.048
J	0.042	0.048
L	0.025	0.040
D	0.070	0.080



MOTOROLA Semiconductor Products Inc.

3501 ED BUESTEIN BLVD. AUSTIN, TEXAS 78721 • A SUBSIDIARY OF MOTOROLA INC.

RS232 TOPICS

- MAX230-241 Features
- MAX232 Block Diagram
- The Extended RS232 Family
- Up to 8 Drivers/10 Receivers – MAX244-249
- Isolated RS-232 – MAX250/251/252

MAXIM

MAX230-MAX241 FEATURES

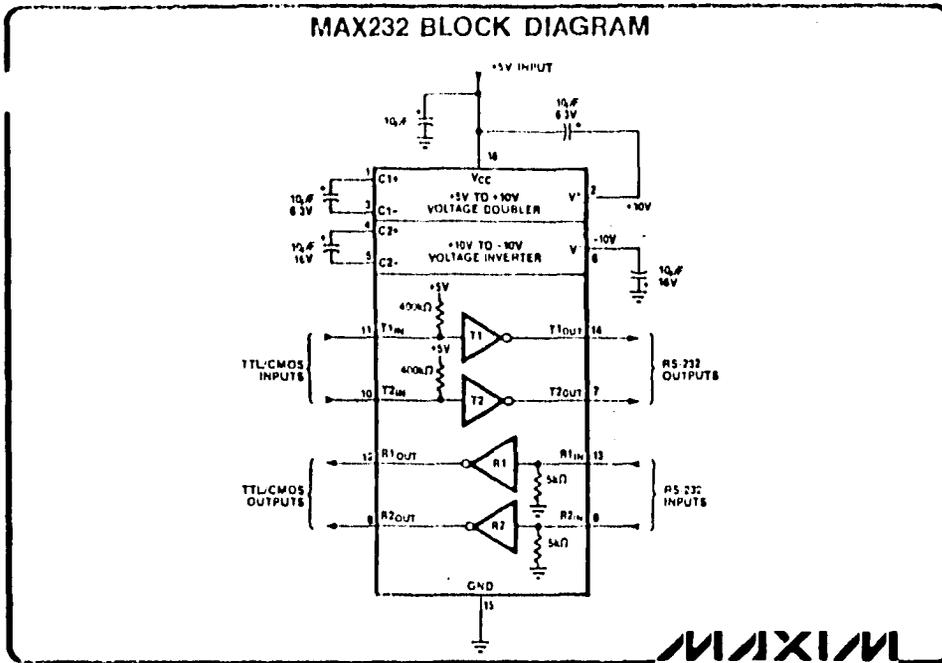
- Single +5V Supply (Except MAX231 and MAX239)
- Up to 5 Transmitters and 5 Receivers in One Device
- Low Power Shutdown (MAX230, 235, 236, 240 and 241)
- On-Chip Capacitors (MAX233, MAX235)
- Surface Mount (Except MAX233, MAX235)

MAXIM

The MAX23X and MAX24X families' key feature is that line drivers supply true RS-232 output levels even though the chips operate from a single +5V logic supply. The plus and minus supplies needed to meet the RS-232 minimum output specification of $\pm 5V$ into $3k\Omega$ are internally generated by an on-chip charge pump. As shown in the selector table, new versions have been designed to meet a variety of system requirements.

The MAX232 Family

Part Number	Power Supply	No. of RS-232 Drivers	No. of RS-232 Receivers	Ext. Caps.	Shut-down	Receivers Output 3-State	RS-232 Driver 3-State	Pins	Features
MAX230	+5V	5	0	4	Y	-	-	20	
MAX231	+5V and +7.5V to 13.2V	2	2	2	-	-	-	14	
MAX232	+5V	2	2	4	-	-	-	16	
MAX232A	+5V	2	2	4	-	-	-	16	12Vps Slew Rate
MAX233	+5V	2	2	0	-	-	-	20	No Ext. Capacitors
MAX234	+5V	4	0	4	-	-	-	16	
MAX235	+5V	5	5	0	Y	Y	-	24	No Ext. Capacitors
MAX236	+5V	4	3	4	Y	Y	-	24	
MAX237	+5V	5	3	4	-	-	-	24	
MAX238	+5V	4	4	4	-	-	-	24	1488/1489 Repl.
MAX239	+5V and +7.5V to 13.2V	3	5	2	-	Y	-	24	No Ext. Capacitors
MAX240	+5V	5	5	4	Y	Y	-	44	
MAX241	+5V	4	5	4	Y	Y	-	28	
MAX242	+5V	2	2	4	Y	Y	Y	18	
MAX243	+5V	2	2	4	-	-	-	16	1 Rcvr Has Neg Threshold
MAX244	+5V	8	10	4	-	-	-	44	
MAX245	+5V	8	10	0	Y	Y	Y	40	1 Rcvr Always Active
MAX246	+5V	8	10	0	Y	Y	Y	40	1 Rcvr Always Active
MAX247	+5V	8	9	0	Y	Y	Y	40	1 Rcvr Always Active
MAX248	+5V	8	8	4	-	Y	-	44	2 Rcvr and Drvr Enable Inputs
MAX249	+5V	6	10	4	-	Y	-	44	2 Rcvr and Drvr Enable Inputs
MAX250	+5V	2	2	-	Y	Y	Y	14	Isolated RS-232 Chip Set
MAX251	+5V	2	2	-	Y	Y	Y	14	Isolated RS-232 Chip Set
MAX252	+5V	2	2	0	Y	Y	Y	40	Complete Isolated RS-232
MAX1080	+5V	2	2	4	Y	-	Y	16	LT1080 Equivalent



The MAX232 generates \pm supplies with two flying-capacitor charge pumps. The first charge pump converts the +5V input to a nominal +10V at V⁺. The second converts +10V to -10V. The \pm 10V supplies then power the RS-232 transmitters. With two drivers and two receivers, the MAX232 is suitable for RS-232 connections where both the DTE (Data Terminal Equipment) and the DCE (Data Communications Equipment) use one data line and one control line.

The MAX232 was introduced by Maxim in 1985. In 1986, 11 more devices were added to the family. These parts have additional drivers and receivers needed to implement many types of full RS-232 ports. Especially notable are the MAX233 and MAX235, which contain a patented scheme using internal charge pump capacitors that requires no external components.

THE EXTENDED RS232 FAMILY

- MAX232A: High Speed (12V/μs into 2500pF/3K Ω)
- MAX240: Transmitter-Shutdown Three-State Receiver Output
- MAX243: High Speed, Negative Threshold on 1 Receiver
- MAX1080: 18 pin, Transmitter Shutdown

MAXIM

THE MAX244-MAX249

- Up to 8 Transmitters per Device
- Up to 10 Receivers per Device
- No External Capacitors (MAX245/246/247)
- Low Power Shutdown With One Receiver Always Active (MAX245/246/247)
- Two Transmitter, Two Receiver Enable Pins (MAX248/249)
- Two Complete PC-AT Serial Ports (MAX249)

MAXIM

MAX232A

The RS-232 family has been further expanded with the addition of the MAX232A. This device features a faster slew rate than the MAX232 while still meeting RS-232's 30V/μs maximum slew rate requirement to minimize ringing in long cables. In addition, transmitter outputs go to a high impedance state when the chip is powered down.

MAX243 - NEGATIVE THRESHOLD

The new MAX243 is pin compatible with the MAX232A, and differs only in that RS-232 cable fault protection is removed on one of the two receiver inputs. This means that control lines such as CTS and RTS can either be driven or left floating, and communication will not be interrupted. Different cables are not needed to interface with different pieces of equipment.

The input threshold of the receiver without cable fault protection is -0.8V rather than +1.4V. Its output goes positive *only* if the input is connected to a control line that is actively driven negative. If not driven it defaults to the 0 or "OK to send" state. Normally, the MAX243's other receiver (+1.4V threshold) is used for the data line (TD or RD) while the negative threshold receiver is connected to the control line (DTR, DTS, CTS, RTS, etc.).

Other members of the MAX232 family implement the optional cable fault protection as specified by RS-232 specifications (now the EIA-232D spec). This means that a receiver output goes high whenever its input is driven negative, left floating, or shorted to ground. The high output tells the serial communications IC to stop sending data. To avoid this, the control lines must either be driven or connected with jumpers to an appropriate positive voltage level.

3-STATE TRANSMITTERS

Several new devices also provide 3-state drivers for use in network applications. A logic level input controls this function. See the Selector Guide on page 13 for parts with this feature.

TWO PC SERIAL PORTS

The MAX244 through MAX249 can implement two full "PC" compatible serial ports. The MAX245, MAX246, and MAX247 contain internal charge pump capacitors and need no external components.



MM54C150/MM74C150 16-Line to 1-Line Multiplexer MM72C19/MM82C19 TRI-STATE® 16-Line to 1-Line Multiplexer

General Description

The MM54C150/MM74C150 and MM72C19/MM82C19 multiplex 16 digital lines to 1 output. A 4-bit address code determines the particular 1-of-16 inputs which is routed to the output. The data is inverted from input to output.

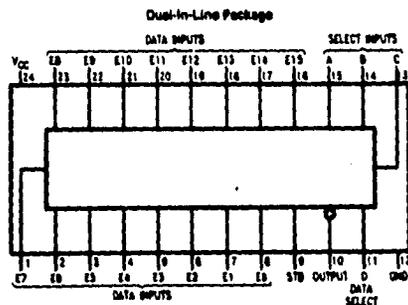
A strobe override places the output of MM54C150/MM74C150 in the logical "1" state and the output of MM72C19/MM82C19 in the high-impedance state.

All inputs are protected from damage due to static discharge by diode clamps to V_{CC} and GND.

Features

- Wide supply voltage range 3.0V to 15V
- Guaranteed noise margin 1.0V
- High noise immunity 0.45 V_{CC} (typ.)
- TTL compatibility Drive 1 TTL Load

Connection Diagram



Order Number MM54C150*, MM74C150*, MM72C19* or MM82C19*

*Please refer to Section 8, Appendix D for availability of various package types

TL/P1601-1

MM54C150/MM74C150/MM72C19/MM82C19

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.
 Voltage at Any Pin -0.3V to $V_{CC} + 0.3V$
 Operating Temperature Range
 MM54C150, MM72C19 -55°C to +125°C
 MM74C150, MM82C19 -40°C to +85°C

Storage Temperature Range -65°C to +150°C
 Power Dissipation
 Dual-In-Line 700 mW
 Small Outline 500 mW
 Operating V_{CC} Range 3.0V to 15V
 V_{CC} 18V
 Lead Temperature (soldering, 10 seconds) 260°C

DC Electrical Characteristics

Min/Max limits apply across temperature range unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CMOS to CMOS						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage	$V_{CC} = 5.0V$ $V_{CC} = 10V$	3.5 8.0			V V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage	$V_{CC} = 5.0V$ $V_{CC} = 10V$			1.5 2.0	V V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$V_{CC} = 5.0V, I_O = -10 \mu A$ $V_{CC} = 10V, I_O = -10 \mu A$	4.5 9.0			V V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$V_{CC} = 5.0V, I_O = +10 \mu A$ $V_{CC} = 10V, I_O = +10 \mu A$			0.5 1.0	V V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.005	1.0	V
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 0V$	-1.0	-0.005		μA
I_{OZ}	Output Current in High Impedance State MM72C19/MM82C19	$V_{CC} = 15V, V_O = 15V$ $V_{CC} = 15V, V_O = 0V$	-1.0	0.005 -0.005	1.0	μA μA
I_{CC}	Supply Current	$V_{CC} = 15V$		0.05	300	μA
CMOS/LPTTL Interface						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage	54C, 72C, $V_{CC} = 4.5V$ 74C, 82C, $V_{CC} = 4.75V$		$V_{CC} - 1.5$ $V_{CC} - 1.5$		V V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage	54C, 72C, $V_{CC} = 4.5V$ 74C, 82C, $V_{CC} = 4.75V$			0.8 0.8	V V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	54C, 72C, $V_{CC} = 4.5V, I_O = -1.6 mA$ 74C, 82C, $V_{CC} = 4.75V, I_O = -1.6 mA$	2.4 2.4			V V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	54C, 72C, $V_{CC} = 4.5V, I_O = 1.6 mA$ 74C, 82C, $V_{CC} = 4.75V, I_O = 1.6 mA$			0.4 0.4	V V
Output Drive (Short Circuit Current)						
I_{SOURCE}	Output Source Current (P-Channel)	$V_{CC} = 5.0V, V_{OUT} = 0V, T_A = 25^\circ C$	-4.35	-6		mA
I_{SOURCE}	Output Source Current (P-Channel)	$V_{CC} = 10V, V_{OUT} = 0V, T_A = 25^\circ C$	-20	-40		mA
I_{SINK}	Output Sink Current (N-Channel)	$V_{CC} = 5.0V, V_{OUT} = V_{CC}, T_A = 25^\circ C$	4.35	6		mA
I_{SINK}	Output Sink Current (N-Channel)	$V_{CC} = 10V, V_{OUT} = V_{CC}, T_A = 25^\circ C$	20	40		mA
<p>Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the device should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.</p>						

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{pd} , t_{pd1}	Propagation Delay Time to a Logical "0" or Logical "1" from Data Inputs to Output	$V_{CC} = 5.0V$		250	600	ns
		$V_{CC} = 10V$		110	300	ns
		$V_{CC} = 5.0V, C_L = 150 pF$		290	650	ns
		$V_{CC} = 10V, C_L = 150 pF$		120	330	ns
t_{pd} , t_{pd1}	Propagation Delay Time to a Logical "0" or Logical "1" from Data Select Inputs to Output	$V_{CC} = 5.0V$		290	650	ns
		$V_{CC} = 10V$		120	330	ns
t_{pd} , t_{pd1}	Propagation Delay Time to a Logical "0" or Logical "1" from Strobe to Output MM54C150/MM74C150	$V_{CC} = 5.0V$		120	300	ns
		$V_{CC} = 10V$		55	150	ns
$t_{H} - t_{OH}$	Delay from Strobe to High Impedance State MM72C19/MM82C19	$V_{CC} = 5.0V, R_L = 10k, C_L = 5 pF$		80	200	ns
		$V_{CC} = 10V, R_L = 10k, C_L = 5 pF$		80	150	ns
$t_{H} - t_{LO}$	Delay from Strobe to Logical "1" Level or to Logical "0" Level (from High Impedance State) MM72C19/MM82C19	$V_{CC} = 5.0V, R_L = 10k, C_L = 5 pF$		80	250	ns
		$V_{CC} = 10V, R_L = 10k, C_L = 5 pF$		30	120	ns
C_{IN}	Input Capacitance	Any Input (Note 2)		5.0		pF
C_{OUT}	Output Capacitance MM72C19/MM82C19	(Note 2)		11.0		pF
C_{PD}	Power Dissipation Capacitance	(Note 3)		100		pF

MM54C150/MM74C150/MM72C19/MM82C19

*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the device should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 2: Capacitance is guaranteed by periodic testing.

Note 3: C_{PD} determines the no load AC power consumption of any CMOS device. For complete explanation, see 54C/74C Family Characteristics, application note AN-90.

MM54C150/MM74C150/MM74C150/MM72C150/MM62C15

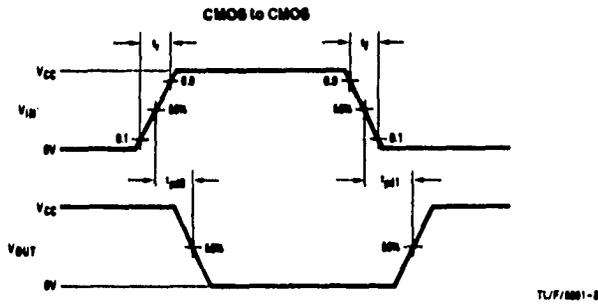
Truth Table

MM54C150/MM74C150

				Inputs													Output					
D	C	B	A	STROBE	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	W	
X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1*
0	0	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
0	0	0	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
0	0	0	1	0	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
0	0	0	1	0	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
0	0	1	0	0	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
0	0	1	0	0	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
0	0	1	1	0	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
0	0	1	1	0	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
0	1	0	0	0	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
0	1	0	0	0	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
0	1	0	1	0	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
0	1	0	1	0	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
0	1	1	0	0	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
0	1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
0	1	1	1	0	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
0	1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
1	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
1	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
1	0	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	1
1	0	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	0
1	0	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	1
1	0	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	0
1	0	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	1
1	0	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	0
1	1	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	1
1	1	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	0
1	1	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	1
1	1	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	0
1	1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	1
1	1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	0
1	1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
1	1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0

*For MM72C15/MM62C15 this would be 10-Z, everything else is the same.

Switching Time Waveforms



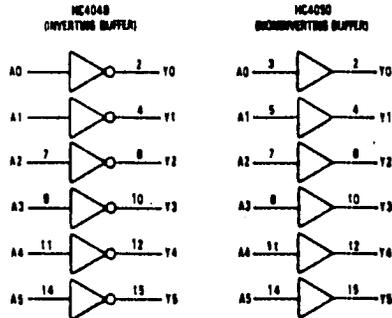
**Hex Buffers/Logic-Level
 Down Converters**
High-Performance Silicon-Gate CMOS

The MC54/74HC4049 consists of six inverting buffers, and the MC54/74HC4050 consists of six noninverting buffers. They are identical in pinout to the MC14049UB and MC14050B metal-gate CMOS buffers. The device inputs are compatible with standard CMOS outputs; with pullup resistors, they are compatible with LSTTL outputs.

The input protection circuitry on these devices has been modified by eliminating the V_{CC} diodes to allow the use of input voltages up to 15 volts. Thus, the devices may be used as logic-level translators that convert from a high voltage to a low voltage while operating at the low-voltage power supply. They allow MC14000-series CMOS operating up to 15 volts to be interfaced with High-Speed CMOS at 2 to 6 volts. The protection diodes to GND are Zener diodes, which protect the inputs from both positive and negative voltage transients.

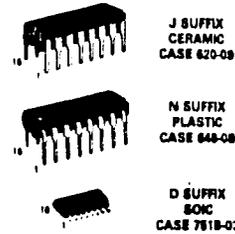
- Output Drive Capability: 10 LSTTL Loads
- Outputs Directly Interface to CMOS, NMOS, and TTL
- Operating Voltage Range: 2 to 6 V
- Low Input Current: 5 μ A
- High Noise Immunity Characteristic of CMOS Devices
- In Compliance with the Requirements Defined by JEDEC Standard No. 7A
- Chip Complexity: 36 FETs or 9 Equivalent Gates (4049)
 24 FETs or 6 Equivalent Gates (4050)

LOGIC DIAGRAMS



PIN 1 = V_{CC}
 PIN 8 = GND
 PINS 13, 16 = NO CONNECTION

MC54/74HC4049
MC54/74HC4050

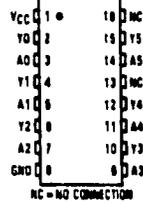


ORDERING INFORMATION

MC74HCXXXXN Plastic
 MC54HCXXXXJ Ceramic
 MC74HCXXXXD SOIC

T_A = -55° to 125°C for all packages.
 Dimensions in Chapter 6.

PIN ASSIGNMENT



FUNCTION TABLE

A Inputs	Y Outputs	
	MC4049	MC4050
L	H	L
H	L	H

MC54/74HC4049•MC54/74HC4050

MAXIMUM RATINGS*

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{CC}	DC Supply Voltage (Referenced to GND)	-0.5 to +7.0	V
V _{in}	DC Input Voltage (Referenced to GND)	-1.5 to +18	V
V _{out}	DC Output Voltage (Referenced to GND)	-0.5 to V _{CC} +0.5	V
I _{in}	DC Input Current, per Pin	±20	mA
I _{out}	DC Output Current, per Pin	±25	mA
I _{CC}	DC Supply Current, V _{CC} and GND Pins	±50	mA
PD	Power Dissipation in Still Air, Plastic or Ceramic DIP† SDIC Packages†	750 500	mW
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to +150	°C
T _L	Lead Temperature, 1 mm from Case for 10 Seconds (Plastic DIP or SDIC Package) (Ceramic DIP)	260 300	°C

This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields referenced to the GND pin, only. Extra precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than the maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, the ranges GND ≤ V_{in} ≤ 15 V and GND ≤ V_{out} ≤ V_{CC} are recommended.
Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either GND or V_{CC}).

*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation should be restricted to the Recommended Operating Conditions.
†Dereating — Plastic DIP: -10 mW/°C from 65° to 125°C
Ceramic DIP: -10 mW/°C from 100° to 125°C
SDIC Package: -7 mW/°C from 65° to 125°C
For high frequency or heavy load considerations, see Chapter 4.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit
V _{CC}	DC Supply Voltage (Referenced to GND)	2.0	6.0	V
V _{in}	DC Input Voltage (Referenced to GND)	0	V _{CC} to 15	V
V _{out}	DC Output Voltage (Referenced to GND)	0	V _{CC}	V
T _A	Operating Temperature, All Package Types	-55	+125	°C
t _r , t _f	Input Rise and Fall Time (Figure 1)	V _{CC} = 2.0 V V _{CC} = 4.5 V V _{CC} = 6.0 V	0 1000 500 400	ns

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to GND)

Symbol	Parameter	Test Conditions	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
				25°C to -65°C	±65°C	±125°C	
V _{IH}	Minimum High-Level Input Voltage	V _{out} = 0.1 V or V _{CC} - 0.1 V I _{out} ≤ 20 μA	2.0	1.5	1.5	1.5	V
			4.5	3.15	3.15	3.15	
			6.0	4.2	4.2	4.2	
V _{IL}	Maximum Low-Level Input Voltage	V _{out} = 0.1 V or V _{CC} - 0.1 V I _{out} ≤ 20 μA	2.0	0.3	0.3	0.3	V
			4.5	0.9	0.9	0.9	
			6.0	1.2	1.2	1.2	
V _{DH}	Minimum High-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IH} or V _{IL} I _{out} ≤ 20 μA	2.0	1.9	1.9	1.9	V
			4.5	4.4	4.4	4.4	
			6.0	5.9	5.9	5.9	
V _{DL}	Maximum Low-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IH} or V _{IL} I _{out} ≤ 20 μA	2.0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5	0.1	0.1	0.1	
			6.0	0.1	0.1	0.1	
I _{in}	Maximum Input Leakage Current	V _{in} = V _{CC} or GND V _{in} = 15 V I _{out} ≤ 5.2 mA	6.0	±0.1	±1.0	±1.0	μA
			6.0	0.5	5.0	5.0	
			6.0	2	20	40	
I _{CC}	Maximum Quiescent Supply Current (per Package)	V _{in} = 15 V or GND I _{out} = 0 μA	6.0	2	20	40	μA

NOTE: Information on typical parametric values can be found in Chapter 4.

MC54/74HC4049•MC54/74HC4050

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, Input t_r = t_f = 6 ns)

Symbol	Parameter	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
			25°C to -55°C	±55°C	±125°C	
t _{PLH} , t _{PHL}	Maximum Propagation Delay, Input A to Output Y (Figures 1 and 2)	2.0 4.5 6.0	85 17 14	105 21 18	130 28 22	ns
t _{TLH} , t _{THL}	Maximum Output Transition Time, Any Output (Figures 1 and 2)	2.0 4.5 6.0	75 15 13	85 19 16	110 22 19	ns
C _{in}	Maximum Input Capacitance	—	10	10	10	pF

NOTES:

1. For propagation delays with loads other than 50 pF, see Chapter 4.
2. Information on typical parametric values can be found in Chapter 4.

C _{PD}	Power Dissipation Capacitance (Per Buffer) Used to determine the no-load dynamic power consumption: $P_D = C_{PD} V_{CC}^{2f} + I_{CC} V_{CC}$ For load considerations, see Chapter 4.	Typical @ 25°C, V _{CC} = 5.0 V	pF
		27	

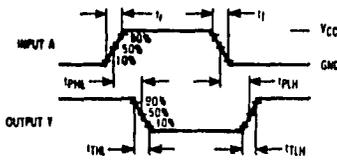


Figure 1a. Switching Waveforms (HC4049)

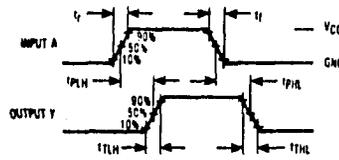
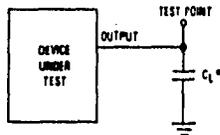


Figure 1b. Switching Waveforms (HC4050)



*Includes all probe and jig capacitance.

Figure 2. Test Circuit



LM567/LM567C Tone Decoder

General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

Features

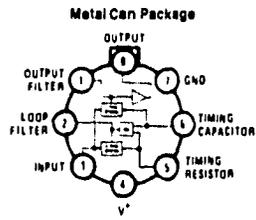
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability

- Bandwidth adjustable from 0 to 14%
- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

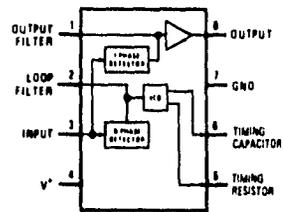
Connection Diagrams



TL1116975-1

Order Number LM567H or LM567CH
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line and Small Outline Packages



TL1116975-2

Order Number LM567CM
See NS Package Number M08A
Order Number LM567CN
See NS Package Number N08E

LM567/LM567C

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage Pin	9V
Power Dissipation (Note 1)	1100 mW
V _B	15V
V _J	-10V
V _J	V ₄ + 0.5V
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C
LM567H	0°C to +70°C
LM567CH, LM567CM, LM567CN	

Soldering Information
 Dual-in-Line Package
 Soldering (10 sec.) 260°C
 Small Outline Package
 Vapor Phase (60 sec.) 215°C
 Infrared (15 sec.) 220°C
 See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics AC Test Circuit, T_A = 25°C, V₊ = 5V

Parameters	Conditions	LM567			LM567C/LM567CM			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current Quiescent	R _L = 20k		8	8		7	10	mA
Power Supply Current Activated	R _L = 20k		11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20		15	20		Ω
Smallest Detectable Input Voltage	I _L = 100 mA, I _o = I _o		20	25		20	25	mV rms
Largest No Output Input Voltage	I _C = 100 mA, I _o = I _o	10	15		10	15		mV rms
Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio			8			8		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	B _n = 140 kHz		-6			-6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f _o
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of f _o
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			±0.1			±0.1		%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75 - 6.75V		±1	±2		±1	±5	%/V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability (4.75-5.75V)	0 < T _A < 70 -55 < T _A < +125		35 ± 60 35 ± 140			35 ± 60 35 ± 140		ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V - 6.75V 4.75V - 9V		0.5 2.0	1.0 2.0		0.4 2.0	2.0 2.0	%/V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			I _o /20			I _o /20		
Output Leakage Current	V _B = 15V		0.01	25		0.01	25	μA
Output Saturation Voltage	e _o = 25 mV, I _B = 30 mA e _o = 25 mV, I _B = 100 mA		0.2 0.8	0.4 1.0		0.2 0.6	0.4 1.0	V
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

Note 1: The maximum junction temperature of the LM567 and LM567C is 150°C. For operating at elevated temperatures, deviation in the T_o calculation must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 45°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 110°C/W, junction to ambient. For the Small Outline package, the device must be derated based on a thermal resistance of 160°C/W, junction to ambient.

Note 2: Refer to RET5567A drawing for specifications of military LM567H version.



LM565/LM565C Phase Locked Loop

General Description

The LM565 and LM565C are general purpose phase locked loops containing a stable, highly linear voltage controlled oscillator for low distortion FM demodulation, and a double balanced phase detector with good carrier suppression. The VCO frequency is set with an external resistor and capacitor, and a tuning range of 10:1 can be obtained with the same capacitor. The characteristics of the closed loop system—bandwidth, response speed, capture and pull in range—may be adjusted over a wide range with an external resistor and capacitor. The loop may be broken between the VCO and the phase detector for insertion of a digital frequency divider to obtain frequency multiplication.

The LM565H is specified for operation over the -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ military temperature range. The LM565CH and LM565CN are specified for operation over the 0°C to $+70^{\circ}\text{C}$ temperature range.

Features

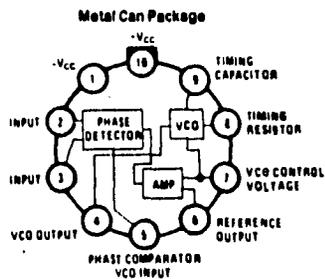
- 200 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ frequency stability of the VCO
- Power supply range of ± 5 to ± 12 volts with 100 ppm/% typical
- 0.2% linearity of demodulated output

- Linear triangle wave with in phase zero crossings available
- TTL and DTL compatible phase detector input and square wave output
- Adjustable hold in range from $\pm 1\%$ to $> \pm 60\%$

Applications

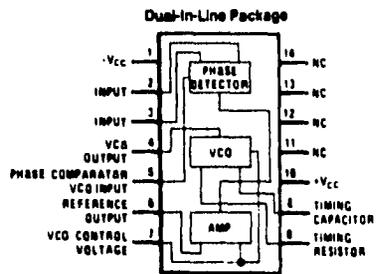
- Data and tape synchronization
- Modems
- FSK demodulation
- FM demodulation
- Frequency synthesizer
- Tone decoding
- Frequency multiplication and division
- SCA demodulators
- Telemetry receivers
- Signal regeneration
- Coherent demodulators

Connection Diagrams



Order Number LM565H or LM565CH
See NS Package Number M10C

TL/H/7853-1



Order Number LM565CN
See NS Package Number N14A

TL/H/7853-3

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage $\pm 12V$
 Power Dissipation (Note 1) 1400 mW
 Differential Input Voltage $\pm 1V$

Operating Temperature Range
 LM565H $-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$
 LM565CH, LM565CN $0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$
 Storage Temperature Range $-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec) $260^{\circ}C$

Electrical Characteristics AC Test Circuit, $T_A = 25^{\circ}C$, $V_{CC} = \pm 6V$

Parameter	Conditions	LM565			LM565C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Current			8.0	12.5		8.0	12.5	mA
Input Impedance (Pins 2, 3)	$-4V < V_2, V_3 < 0V$	7	10			5		k Ω
VCO Maximum Operating Frequency	$C_0 = 2.7$ pF	300	500		250	500		kHz
VCO Free-Running Frequency	$C_0 = 1.5$ nF $R_0 = 20$ k Ω $I_0 = 10$ kHz	-10	0	+10	-30	0	+30	%
Operating Frequency Temperature Coefficient			-100			-200		ppm/ $^{\circ}C$
Frequency Drift with Supply Voltage			0.1	1.0		0.2	1.5	$^{\circ}/V$
Triangle Wave Output Voltage		2	2.4	3	2	2.4	3	V_{p-p}
Triangle Wave Output Linearity			0.2			0.5		%
Square Wave Output Level		4.7	5.4		4.7	5.4		V_{p-p}
Output Impedance (Pin 4)			5			5		k Ω
Square Wave Duty Cycle		45	50	55	40	50	60	%
Square Wave Rise Time			20			20		ns
Square Wave Fall Time			50			50		ns
Output Current Sink (Pin 4)		0.8	1		0.8	1		mA
VCO Sensitivity	$I_0 = 10$ kHz		6600			6600		Hz/V
Demodulated Output Voltage (Pin 7)	$\pm 10\%$ Frequency Deviation	250	300	400	200	300	450	mV $_{0-d}$
Total Harmonic Distortion	$\pm 10\%$ Frequency Deviation		0.2	0.75		0.2	1.5	%
Output Impedance (Pin 7)			3.5			3.5		k Ω
DC Level (Pin 7)		4.25	4.5	4.75	4.0	4.5	5.0	V
Output Offset Voltage $ V_7 - V_8 $			30	100		50	200	mV
Temperature Drift of $V_7 - V_8$			500			500		$\mu V/^{\circ}C$
AM Rejection		30	40			40		dB
Phase Detector Sensitivity K_D			68			68		$^{\circ}/3.3$ rad

Note 1: The maximum junction temperature of the LM565 and LM565C is $+150^{\circ}C$. For operation at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of $+150^{\circ}C/W$ junction to ambient or $+45^{\circ}C/W$ junction to case. Thermal resistance of the dual-in-line package is $+85^{\circ}C/W$.

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA



6-Pin DIP Optoisolators
Transistor Output

The 4N25/A, 4N26, 4N27 and 4N28 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Most Economical Optoisolator
- Meets or Exceeds all JEDEC Registered Specifications

Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- I/O Interfacing
- Solid State Relays

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C	P_D	120	mW
		1.41	mW/°C
OUTPUT TRANSISTOR			
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	30	Volts
Emitter-Collector Voltage	V_{ECO}	7	Volts
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C	P_D	150	mW
		1.76	mW/°C
TOTAL DEVICE			
Isolation Surge Voltage (1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	Vac
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250 2.94	mW mW/°C
Ambient Operating Temperature Range (2)	T_A	-55 to +100	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T_L	260	°C

(1) Isolation surge voltage is an internal device electrical breakdown rating for this test. Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
(2) Refer to Quality and Reliability Section for test information.

4N25*
4N25A*
4N26*
(CTR = 20% Min)
4N27
4N28
(CTR = 10% Min)

*Motorola Preferred Device
STYLE 1 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04



"T" LEADFORM
WIDE SPACED 0.4"
CASE 730C-06

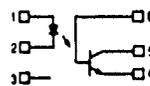


"S"-P LEADFORM
SURFACE MOUNT
CASE 730C-04
(STANDARD PROFILE)



CASE 730F-04
(LOW PROFILE)

SCHEMATIC



- PIN 1** LED ANODE
2 LED CATHODE
3 N.C.
4 EMITTER
5 COLLECTOR
6 BASE

4N25, 4N25A, 4N26, 4N27, 4N28

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
INPUT LED					
Forward Voltage ($I_f = 10\text{ mA}$)	V_f	—	1.15	1.5	Volts
			1.3	—	
			1.05	—	
Reverse Leakage Current ($V_R = 3\text{ V}$)	I_R	—	—	100	μA
Capacitance ($V = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_j	—	18	—	pF
OUTPUT TRANSISTOR					
Collector-Emitter Dark Current ($V_{CE} = 10\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	I_{CEO}	—	1	50	nA
			1	100	
($V_{CE} = 10\text{ V}$, $T_A = 100^\circ\text{C}$)	I_{CEO}	—	1	—	μA
Collector-Base Dark Current ($V_{CB} = 10\text{ V}$)	I_{CBO}	—	0.2	—	nA
Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1\text{ mA}$)	V_{BRICEO}	30	45	—	Volts
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$)	V_{BRICBD}	70	100	—	Volts
Emitter-Collector Breakdown Voltage ($I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$)	V_{BRICEC}	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain ($I_C = 2\text{ mA}$, $V_{CE} = 5\text{ V}$)	β_{FE}	—	500	—	—
Collector-Emitter Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CE} = 0$)	C_{CE}	—	7	—	pF
Collector-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CB} = 0$)	C_{CB}	—	19	—	pF
Emitter-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{EB} = 0$)	C_{EB}	—	9	—	pF
COUPLED					
Output Collector Current ($I_f = 10\text{ mA}$, $V_{CE} = 10\text{ V}$)	I_C	2	7	—	mA
		1	5	—	
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 2\text{ mA}$, $I_f = 50\text{ mA}$)	$V_{CE(sat)}$	—	0.15	0.5	Volts
Turn-On Time ($I_f = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$)	t_{on}	—	2.8	—	μs
Turn-Off Time ($I_f = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$)	t_{off}	—	4.5	—	μs
Rise Time ($I_f = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$)	t_r	—	1.2	—	μs
Fall Time ($I_f = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$)	t_f	—	1.3	—	μs
Isolation Voltage ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$)	V_{ISO}	7500	—	—	V(ac rms)
Isolation Resistance ($V = 500\text{ V}$)	R_{ISO}	10^{11}	—	—	Ω
Isolation Capacitance ($V = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_{ISO}	—	0.2	—	pF

TYPICAL CHARACTERISTICS

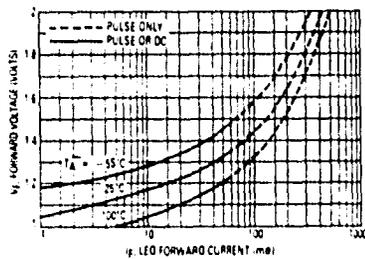


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

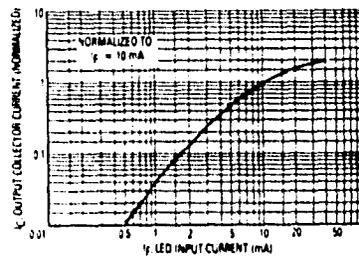


Figure 2. Output Current versus Input Current

MC34064
MC33064

Advance Information

UNDervOLTAGE SENSING CIRCUIT

The MC34064 is an undervoltage sensing circuit specifically designed for use as a reset controller in microprocessor-based systems. It offers the designer an economical solution for low voltage detection with a single external resistor. The MC34064 features a trimmed-in-package bandgap reference, and a comparator with precise thresholds and built-in hysteresis to prevent erratic reset operation. The open collector reset output is capable of sinking in excess of 10 mA, and operation is guaranteed down to 1.0 volt input with low standby current. These devices are packaged in 3-pin TO-226AA and 8-pin surface mount packages.

Applications include direct monitoring of the 5.0 Volt MPU logic power supply used in appliance, automotive, consumer and industrial equipment.

- Trimmed-In-Package Temperature Compensated Reference
- Comparator Threshold of 4.6 V at 25°C
- Precise Comparator Thresholds Guaranteed Over Temperature
- Comparator Hysteresis Prevents Erratic Reset
- Reset Output Capable of Sinking in Excess of 10 mA
- Internal Clamp Diode for Discharging Delay Capacitor
- Guaranteed Reset Operation with 1.0 Volt Input
- Low Standby Current
- Economical TO-226AA and SO-8 Surface Mount Packages

UNDervOLTAGE SENSING CIRCUIT

SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT

P SUFFIX
 PLASTIC PACKAGE
 CASE 29
 (TO-226AA)



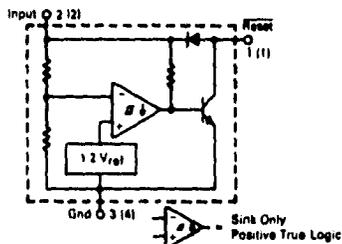
PIN 1: RESET
2: INPUT
3: GROUND

D SUFFIX
 PLASTIC PACKAGE
 CASE 751
 (SO-8)



PIN 1: RESET
2: INPUT
3: N.C.
4: GROUND
5: N.C.
6: N.C.
7: N.C.
8: N.C.

REPRESENTATIVE BLOCK DIAGRAM



Pin numbers adjacent to terminals are for the 3-pin TO-226AA package.
 Pin numbers in parenthesis are for the D suffix SO-8 package.

ORDERING INFORMATION

Device	Temperature Range	Package
MC34064D-S	0°C to +70°C	Plastic SO-8
MC34064P-S	0°C to +70°C	Plastic TO-226AA
MC33064D-S	-40°C to +85°C	Plastic SO-8
MC33064P-S	-40°C to +85°C	Plastic TO-226AA

The document contains information on a new product. Specifications and information herein are subject to change without notice.

MC34064, MC33064

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Input Supply Voltage	V_{in}	-1.0 to 10	V
Reset Output Voltage	V_O	10	V
Reset Output Sink Current (note 1)	I_{Sink}	Internally Limited	mA
Clamp Diode Forward Current, Pin 1 to 2 (Note 1)	I_F	100	mA
Power Dissipation and Thermal Characteristics			
P Suffix, Plastic Package			
Maximum Power Dissipation (at $T_A = 25^\circ\text{C}$)	P_D	625	mW
Thermal Resistance, Junction to Air	$R_{\theta JA}$	200	$^\circ\text{C/W}$
D Suffix, Plastic Package			
Maximum Power Dissipation (at $T_A = 25^\circ\text{C}$)	P_D	625	mW
Thermal Resistance, Junction to Air	$R_{\theta JA}$	200	$^\circ\text{C/W}$
Operating Junction Temperature	T_J	-150	$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature			
MC34064	T_A	0 to +70	$^\circ\text{C}$
MC33064		-40 to +85	
Storage Temperature Range	T_{Stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS For typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$; for min-max values T_A is the operating ambient temperature range that applies (Notes 2 and 3)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Units
COMPARATOR					
Threshold Voltage					V
High State Output (V_{in} Increasing)	V_{IH}	4.5	4.61	4.7	
Low State Output (V_{in} Decreasing)	V_{IL}	0.5	4.59	4.7	
Hysteresis	V_H	0.01	0.02	0.05	
RESET OUTPUT					
Output Sink Saturation	V_{OL}	—	0.46	1.0	V
($V_{in} = 4.0\text{ V}$, $I_{Sink} = 8.0\text{ mA}$)		—	0.15	0.4	
($V_{in} = 4.0\text{ V}$, $I_{Sink} = 2.0\text{ mA}$)		—	—	0.1	
($V_{in} = 1.0\text{ V}$, $I_{Sink} = 0.1\text{ mA}$)					
Output Sink Current ($V_{in, Reset} = 4.0\text{ V}$)	I_{Sink}	10	27	60	mA
Output Off-State Leakage ($V_{in, Reset} = 5.0\text{ V}$)	I_{OH}	—	0.02	0.5	μA
Clamp Diode Forward Voltage, Pin 1 to 2 ($I_F = 10\text{ mA}$)	V_F	0.6	0.9	1.2	V
TOTAL DEVICE					
Operating Input Voltage Range	V_{in}	1.0 to 8.5	—	—	V
Quiescent Input Current ($V_{in} = 5.0\text{ V}$)	I_{in}	—	390	500	μA

NOTES:

1. Maximum package power dissipation limits must be observed.
2. Low duty cycle pulse techniques are used during test to maintain junction temperature as close to ambient as possible.
3. $T_{low} = 0^\circ\text{C}$ for MC34064, $T_{high} = +70^\circ\text{C}$ for MC34064
 $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC33064, $T_{high} = +85^\circ\text{C}$ for MC33064

MC34064, MC33064

FIGURE 1 — RESET OUTPUT VOLTAGE versus INPUT VOLTAGE

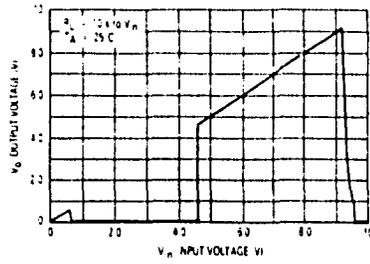


FIGURE 2 — RESET OUTPUT VOLTAGE versus INPUT VOLTAGE

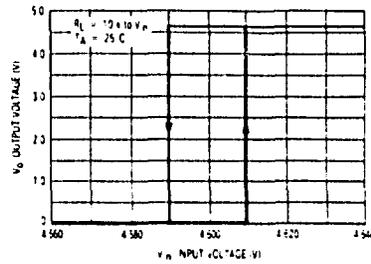


FIGURE 3 — COMPARATOR THRESHOLD VOLTAGE versus TEMPERATURE

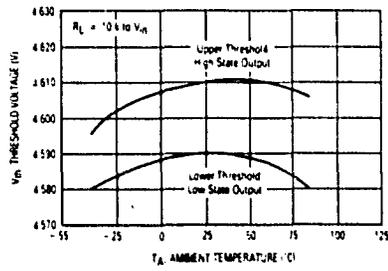


FIGURE 4 — INPUT CURRENT versus INPUT VOLTAGE

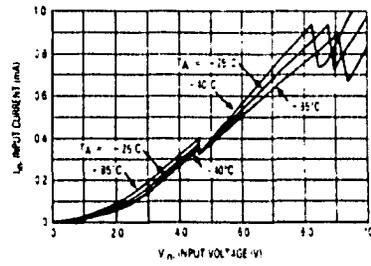


FIGURE 5 — RESET OUTPUT SATURATION versus SINK CURRENT

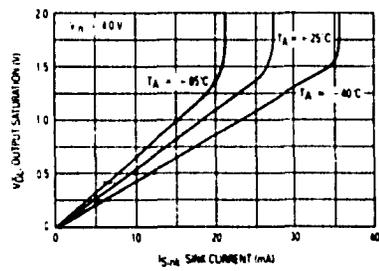
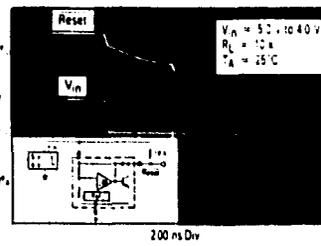


FIGURE 6 — RESET DELAY TIME



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Estacionamientos
Rafael Cal y Mayor
Edit. Representaciones y Servicios de Ingeniería
- Estacionamientos
Asociación Mexicana de Caminos, A.C. y Representaciones y Servicios de Ingeniería
- Ingeniería de Tránsito
Cal y Mayor
Asociación Mexicana de Caminos, A.C. y Representaciones y Servicios de Ingeniería
- Diseño y simulación de un sistema operativo de entradas y salidas de un estacionamiento
Facultad de Ingeniería - U.N.A.M. 1987
- Evaluación de los Estacionamientos fuera de la vía pública
Facultad de Contaduría y Admon. - U.N.A.M. 1984
- Sistematización y Planeación de Estacionamientos en la zona metropolitana
Bosom Creixell.
Escuela de Ingeniería Universidad Anahuac. 1986
- Diseño de un Sistema de Incentivos para el programa de controladoras de
estacionamientos fuera de la vía pública de la empresa Servimet.
Facultad de Derecho. ITAM 1990.
- Reglamento de Estacionamientos Públicos del D.F.
Departamento del Distrito Federal
- Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en calles y carreteras
Publicación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Normas para la planeación y proyecto de estacionamientos.
Dirección General de Vialidad y Transporte
COVITUR 1983.
- XI Censo General de Población y Vivienda
INEGI 1990.
- Folleto de American Parking Equipment Inc.
Middleburg Hts, Ohio
- Folleto de Canadian Parking Equipment Limited
Formerly APD. Automatic Parking Devices of Canada

BIBLIOGRAFÍA

Construcción de Aparcamientos
Sill, Otto
Blume Barcelona

El Arte de Proyectar en Arquitectura
Neufert, Ernest
Gustavo Gili, S.A. Barcelona

Manual de Diseño Ambiental
McCluskey, Jim
Gustavo Gili, S.A. Barcelona

Medidores y Transductores Electrónicos
Edit. Marcombo

Handbook of Electronic test equipment
Lank, Khon D.
Prentice Hall

Principles of Measurements Systems
Bentley, John P.
Wiley, New York

Transducers in Digital Systems
Woolvet, George A.
Stevenage Herts

Transducers for Automation
Hordesk, Michael F.
Van Nostran Reinhold, New York.

Electronica Teoria de Circuitos
Boylestad, Nashelsky
Prentice Hall

Sensores y Analizadores
Norton, Harry
Gustavi Gili, S.A. Barcelona

Componentes Electronicos
SIEMENS

Transductores y Acondicionadores de Señal
R. Pallas Arney
Marcombo

BIBLIOGRAFÍA

Transductores y medidores electronicos
Boixerau
Mundo Electronico Marcombo

Optoelectronica
Watson J.
Limusa

Optoelectronics an Introduction
Wilson, J and Hawkes
Prentice Hall

"Phase-Locked Loops" Electronics Now
Ray Marston
Farmingdale, U.S.A. - Octubre 1994

"Phase-Locked Loops" Electronics Now
Ray Marston
Farmingdale, U.S.A. - Diciembre 1994

Linear Interface and Circuit Applications
Pipenger and Ej Tobasen
Texas Instruments

M68HC11 Reference Manual
Motorola

The Winn Rosch Hardware Bible
Winn L. Rosch
Edit. Brady

Principles of Data Communications
James Martin
Edit. Prentice Hall

Microsoft Visual Basic
Programmer's Guide
Language Reference

Visual Basic How-to (Second Edition)
Thomas, Arnson, Waite
Edit. Waite Group Press