

30
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTO
DE LOS PARÁMETROS FUNCIONALES Y
OPERATIVOS DE UNIDADES DE TRANSPORTE
TERRESTRE"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
(ÁREA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA)**
P R E S E N T A N :
**DAVID CAMACHO CASTAÑEDA
JAVIER CUEVAS MORENO
ESPRAIN HERADIO GUTIERREZ BALLINAS**

DIRECTOR DE TESIS: M. EN I. VÍCTOR M. TORRES GODÍNEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D. F.



**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**

1987



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.

DEDICATORIA

A mi Madre por su cariño, bondad y dedicación hacia mi.

A mi Padre por su incansable ejemplo de superación lo cual ha permitido alcanzar mis metas.

A mis hermanos; Diana, Ma. Elena, Claudia y Cupa, por todos los momentos inolvidables que hemos compartido.

A mi Novia por su paciencia y devoción.

A mis amigos Roberto, Manuel y Rodelmar por todos los buenos momentos.

A mi maestro y amigo, el Ing. Víctor Torres Godínez por su apoyo y dedicación para la realización de esta tesis.

David

DEDICATORIA

A Dios por su infinita misericordia.

A mis padres María Elena y Enrique:

Por su cariño y comprensión, su infinita paciencia y su gran dedicación para lograr el desarrollo y superación de mis hermanos y mio.

A mis hermanos Ana María, Enrique y Roberto:

Por su cariño y solidaridad en las buenas y en las malas ocasiones.

A mi sobrina Viridiana:

Por ser la niña mas cariñosa, alegre y dedicada.

A mis amigos Efrain, David y Luis Gerardo :

Por su amistad demostrada siempre.

Al Ing. Victor Manuel Torres Godínez:

Por su guía y paciencia para el desarrollo de este trabajo, así como por su gran amistad.

Javier

DEDICATORIA

A mis padres, Mercedes y Efraín.

Por su apoyo incondicional que me brindaron durante todos mis estudios y por su gran amor y comprensión.

A Juanita y a mi hermana Alma Delia por su cariño.

A Isabel por su cariño, apoyo, comprensión en los momentos difíciles.

A Javier y David:

Por confiar en mí como compañero, para el desarrollo de este trabajo por la gran amistad y paciencia que han tenido conmigo.

A la familia Cuevas Moreno por la confianza, apoyo y amistad que me han brindado.

A la familia Ballinas Navarro y a la memoria de mis abuelos, Humberto y Elia, por su apoyo y cariño incondicionales.

Al Ing. Víctor Torres Godínez, por su apoyo para el desarrollo de esta tesis, así como por su amistad demostrada siempre.

Efraín

AGRADECIMIENTOS

A nuestros Profesores y compañeros de la Facultad de Ingeniería.

A la Familia Cuevas Moreno.

Al Sr. Ramón García.

Al Ing. Francisco Javier González Terán.

Al Ing. Antonio Salva Calleja.

A la Ing Mónica Barrera Rivera.

A nuestro amigo José Rodelmar.

A todos aquellos que desinteresadamente nos ayudaron durante nuestra formación académica.

**La grandeza de un ideal no es alcanzario,
si no luchar por el. Alcanzario es solo la recompensa.**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE
MEDICION REMOTO DE LOS
PARÁMETROS FUNCIONALES Y
OPERATIVOS DE UNIDADES DE
TRANSPORTE TERRESTRE.**

INDICE

| | |
|---|-----------|
| I.- ANTECEDENTES | 1 |
| 1.- PLANTEAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA PROTOTIPO | 2 |
| 1.1 Conocimiento de las variables que se desean medir | 3 |
| 1.2 Diagrama de bloques que conforma al sistema | 6 |
| 1.3 Descripción de las etapas que conforman al sistema | 6 |
| 1.4 Arquitectura recomendada | 8 |
| 1.5 Microcontrolador 68HC11F1 | 9 |
| 2.- DISEÑO Y DESARROLLO DE LOS TRANSDUCTORES CORRESPONDIENTES A LAS VARIABLES DE INTERES | 13 |
| 2.1 Selección de los transductores | 14 |
| 2.2 Medición de la señal de desplazamiento | 18 |
| 2.3 Medición de la señal de velocidad | 19 |
| 2.4 Medición de la señal de velocidad angular | 22 |
| 2.5 Medición de la señal de nivel de líquidos | 24 |
| 2.6 Medición de la señal de temperatura | 28 |
| 2.7 Medición de la señal de presión de aceite | 33 |
| 3.- DISEÑO Y DESARROLLO DE LOS ACONDICIONADORES DE SEÑAL | 35 |
| 3.1 Acondicionamiento de la señal de desplazamiento | 36 |
| 3.2 Acondicionamiento de la señal de velocidad | 38 |
| 3.3 Acondicionamiento de la señal de velocidad angular | 41 |
| 3.4 Acondicionamiento de la señal de nivel de líquido | 44 |
| 3.5 Acondicionamiento de la señal de temperatura | 46 |
| 3.6 Acondicionamiento de la señal de presión | 47 |
| 3.7 Acondicionamiento de la señal de voltaje | 48 |
| 3.8 Sistema de localización satelital GPS | 49 |
| 4.- DISEÑO Y DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA | 54 |
| 4.1 Tarjeta de evaluación SIMMP-2 | 55 |
| 4.2 Fuente de alimentación | 65 |
| 4.3 Reloj de tiempo real | 70 |
| 4.4 Circuito supervisor de voltaje | 72 |

| | |
|--|------------|
| 5.- PRUEBAS DE LA MEDICION DE LAS VARIABLES | 73 |
| 5.1 Transductor de desplazamiento | 74 |
| 5.2 Transductor de velocidad | 76 |
| 5.3 Transductor de velocidad angular | 78 |
| 5.4 Transductor de nivel de líquidos | 80 |
| 5.5 Transductor de la señal de temperatura | 82 |
| 5.6 Transductor de la señal de presión de aceite | 84 |
| 5.7 Sensado del nivel de voltaje de la batería | 85 |
| 5.8 Prueba a las señales sensadas en tiempo real | 85 |
| 6.- DESCRIPCIÓN DE LOS ESQUEMAS DE COMUNICACIÓN | |
| Y SUS CARACTERÍSTICAS | 87 |
| 6.1 Trunking | 88 |
| 6.2 Satélites | 90 |
| 6.3 Radio Spread Spectrum en VHF | 94 |
| 6.4 Otras alternativas de comunicación | 95 |
| 6.6 Cuadro comparativo de esquemas de comunicación | 97 |
| 7.- COMPARACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO | |
| EMPLEANDO CADA UNO DE LOS ESQUEMAS DE | |
| COMUNICACIÓN..... | 99 |
| 7.1 Antecedentes | 100 |
| 7.2 Tecnologías de comunicación (cuadro comparativo) | 101 |
| 8.- PRUEBA DEL PROTOTIPO INSTALADO A UN VEHÍCULO | |
| AUTOMOTOR..... | 105 |
| 8.1 Instalación | 106 |
| 8.2 Recorrido de prueba | 107 |
| 8.3 Resultados | 110 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 111 |
| APENDICE A..... | 115 |
| APENDICE B | 126 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 129 |

ANTECEDENTES

La utilización de componentes de estado sólido en los automóviles empezó en la década de los 60's, se trataba de sencillos dispositivos de encendido transistorizados, reguladores del alternador y de la carga de la batería, así como de simples sistemas de alarma antirrobo.

Desde entonces hasta nuestros días el cambio ha sido muy grande. La incorporación previa de las computadoras de viaje, los indicadores de los sistemas de diagnóstico hacen que los tableros de los vehículos actuales sean cada vez más sofisticados.

La razón que ha originado esta evolución es tecnológica; el aumento de la fiabilidad de los circuitos integrados actuales frente a los componentes discretos de antaño y la capacidad de la industria electrónica de crear circuitos específicos para aplicaciones automovilísticas, añadiendo además una constante reducción del costo y sus dimensiones, hasta la aparición de los microprocesadores y su gran potencia de cálculo, aunada a su elevada velocidad, ha hecho posible el control de los diversos parámetros de interés que intervienen en la conducción y en los complejos sistemas de vigilancia y control de los motores, los frenos, la velocidad, etc. Aumentando la fiabilidad y seguridad de los vehículos.

El desarrollo tecnológico no se limita solamente a los vehículos de uso particular, éste se presenta también en los utilizados para el transporte de pasajeros y de carga, por esta razón las empresas transportistas deben de incorporar en sus vehículos adecuados sistemas que permitan realizar sus recorridos de una forma segura, eficiente y en el menor tiempo posible.

En los últimos años se han establecido en nuestro país empresas de servicio, en las cuales el éxito está ligado a la rapidez y seguridad con la que sus productos llegan al cliente.

Sin embargo, la transportación de los productos se ve afectada debido a problemas durante los traslados, dentro de estos están el mal uso de las unidades de transporte por parte de los operadores, como por ejemplo forzar los motores .

Otro problema muy crítico es el que sucede cuando las estaciones despachadoras de las empresas transportistas pierden contacto con las unidades de carga que se encuentran en tránsito por la red de carreteras, y al no existir forma de monitorear los embarques, ocurre que en cualquier punto del traslado puede ser alterada la carga al cambiar la caja del vehículo o al sustraer parte de ésta (Robo Hormiga), sin tener el registro del momento en que se sucede. Debido a lo anterior las empresas transportistas necesitan de un sistema confiable de monitoreo que registre en tiempo real los eventos que ocurren desde el momento en que el vehículo inicia su recorrido hasta que regresa para iniciar uno nuevo. Este sistema debe contar con dispositivos capaces de registrar las variables operativas que permitan evaluar el desempeño del vehículo durante el recorrido.

El tema de tesis que se desarrolló consiste en el diseño e implementación de un sistema prototipo, con el cual las empresas transportistas puedan conocer las condiciones de sus vehículos de carga, así como también verificar que la carga que transportan esté segura.

Este prototipo permitirá programar mantenimientos preventivos de los vehículos de carga, según las condiciones en las que se encuentren. Contando con la posibilidad de indicar los periodos en los cuales deberán ser llevados a la verificación de los índices contaminantes.

La importancia de contar con un sistema de este tipo permitirá a las empresas transportistas reducir pérdidas económicas debido a la sustracción ilícita de mercancía durante el traslado, al conocer la hora exacta en que suceden, y si además, el vehículo cuenta con un sistema de localización satelital GPS (Global Positioning System) se puede determinar la ubicación del mismo con gran exactitud. Con el apoyo de un esquema de comunicación (Radio Spread Spectrum en VHF, trunking, microondas, celular etc.), permitirá enviar una señal de alerta si se trata de un asalto ó determinar una mala actitud del conductor. Así mismo el sistema propiciará la reducción de costos por concepto de mantenimiento, ya que se podrá capacitar a los operadores de los vehículos de

carga para que el manejo de estos sea el adecuado, con base a analizar la información obtenida en recorridos anteriores (velocidades máximas alcanzadas, límites de operación del motor etc.).

El sistema se contempla de manera modular, compacto y versátil. Se adecua al número y tipo de señales que se requieran registrar, por ser configurable y expandible. Su capacidad de almacenamiento se puede seleccionar, así como también la forma de la extracción de datos.

El sistema está integralmente diseñado para operar en ambientes hostiles y es libre de mantenimiento. Puede ser instalado en vehículos en donde existen vibraciones, grandes variaciones de temperatura, incluso impactos. Cuenta con la característica de los sistemas abiertos que permite que sea actualizable siguiendo el avance de la tecnología, además de poder incorporar las mejoras tecnológicas de otras áreas.

El sistema se desarrolló pensando en la economía de las empresas, contemplando que el costo inicial es razonable, si se considera que los beneficios son inmediatos.

CAPITULO 1

**PLANTEAMIENTO DE LA ESTRUCTURA
DEL SISTEMA PROTOTIPO**

En este capítulo se describen brevemente cada una de las etapas de los diferentes sistemas que conforman al sistema de medición remoto, así como también la selección de un microcontrolador para ser la base de funcionamiento del prototipo.

El sistema prototipo se desarrolló de acuerdo a una metodología que parte del planteamiento de los objetivos globales del proyecto y los alcances que tendrá, para enseguida empezar a dividir al sistema total en varios módulos o subsistemas, de esta forma los subsistemas podrán resolverse individualmente.

Con esta metodología se tienen las siguientes ventajas:

- Se evita el riesgo al tratar de diseñar el sistema en un solo paso.
- Evita que el analista se encierre en detalles y de la pauta para que se pierdan los objetivos centrales del problema.
- Se ahorra tiempo, puesto que grupos de analistas trabajan por separado pero simultáneamente en subsistemas independientes.

Sin embargo debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- Existe la posibilidad de que el sistema se divida en subsistemas incorrectos.
- Los sistemas deben de integrarse eventualmente. Estos mecanismos de integración deben plantearse al principio.
- Una vez que se realizan las divisiones en subsistemas, su interfaz puede descuidarse o ignorarse.

1.1.- CONOCIMIENTO DE LAS VARIABLES QUE SE DESEAN MONITOREAR

El sistema de monitoreo remoto de los parámetros funcionales y operativos de unidades de transporte de carga terrestre, tiene la función de registrar en tiempo real la fecha, hora y duración en que suceden los eventos, almacenándolos en

memoria, para que las centrales despachadoras tengan un mayor control y alcance sobre las unidades de reparto. Este prototipo permite tomar la información de los parámetros de interés proporcionando una salida que puede ser compatible con diversos esquemas de comunicación.

El sistema prototipo puede detectar, de acuerdo a la naturaleza de las variables, señales digitales, analógicas y el tiempo en que éstas se producen, las que se describen a continuación :

SEÑALES DIGITALES.-

PARO Y ENCENDIDO DEL MOTOR.- Esta señal indica la hora en que se pone en funcionamiento el motor del vehículo y el momento en que se apaga el mismo, no quedando inhibidas las señales de operación del vehículo (velocidad, R.P.M., temperatura, presión etc.).

ENGANCHE Y DESENGANCHE DE REMOLQUE.- El control de la unidad detecta las maniobras de enganche y desenganche del remolque identificando cuando sucede el evento por medio de un bit , registrándolo en tiempo real al momento en que se llevan a cabo.

APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS DE LA CAJA.- Para transportes de carga con caja cerrada, se tiene contemplado sensar con un bit la señal de apertura y cierre de puertas de la caja, para monitorear el compartimiento de la carga.

PRESIÓN DE ACEITE.- Esta señal es sensada por un bit, el cual indica cuando la presión del motor se encuentra fuera del rango permisible de funcionamiento.

TEMPERATURA.- Esta señal al igual que la de presión de aceite es sensada por un bit que indica cuando la temperatura en el motor excede el rango máximo de operación.

NIVEL DE VOLTAJE DE LA BATERÍA.- Esta señal permite monitorear el nivel de voltaje que tiene la batería del vehículo, el cual, al encontrarse por debajo de su

nivel mínimo de operación, pondrá en modo de bajo consumo al sistema.

SEÑALES ANALÓGICAS.-

VELOCIDAD.- Gran parte de los accidentes en unidades de transporte de carga son ocasionados por exceso de velocidad. Por lo tanto es importante monitorear y alertar la sobrevelocidad a través de un buzzer o zumbador.

DESPLAZAMIENTO.- Esta señal es indispensable para conocer la distancia que recorre un vehículo de carga a una velocidad promedio en una ruta predeterminada.

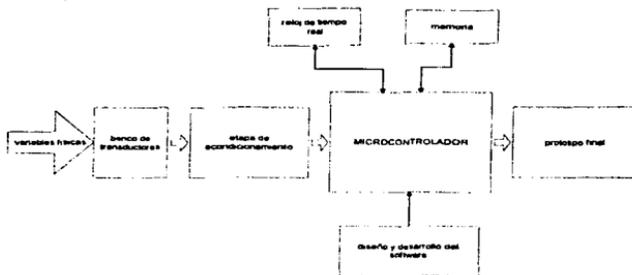
R.P.M.- El poder programar servicios preventivos y correctivos en unidades de transporte de carga depende de la cantidad de esfuerzo de los motores y hábitos de manejo del operador del vehículo.

NIVEL DE LÍQUIDOS.- Para los vehículos de carga que transportan líquidos es importante el monitorear los niveles de estos con el fin de evitar fugas o derrames.

TIEMPO

Para cualquier variable que se desee monitorear es indispensable tener una referencia del tiempo en que suceden los eventos.

1.2.- DIAGRAMA DE BLOQUES QUE CONFORMAN AL SISTEMA.



1.3.- DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS QUE CONFORMAN AL PROTOTIPO.-

VARIABLES FÍSICAS.-

Una vez que se tienen identificadas las variables físicas que se desean monitorear, el grabador de eventos las procesa y las convierte en señales compatibles con el sistema.

TRANSDUCTORES.-

De acuerdo a lo estipulado por la Sociedad Americana de Instrumentación en 1962, por definición un transductor es: *"Un dispositivo que entrega una señal eléctrica como respuesta a una variable física o fenómeno medido"*.

En la mayoría de los sistemas de instrumentación la variable de entrada no es eléctrica, por lo que se emplean los transductores o sensores como el medio por el cual se sensan los fenómenos físicos que ocurren, a fin de convertirlos en señales eléctricas que sean aceptadas por el sistema de instrumentación. Las

señales eléctricas producidas por los sensores son proporcionales al fenómeno físico que se está monitoreando.

ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO.-

Esta etapa consiste en adecuar todas y cada una de las señales provenientes del banco de transductores hacia el sistema de procesamiento de datos. El acondicionamiento se realiza por medio del diseño de circuitos electrónicos que entreguen a la salida valores de voltaje proporcionales a los cambios que experimentan las variables físicas. Una vez acondicionadas todas las señales, (analógicas y digitales), éstas son acopladas al microcontrolador del grabador de eventos, quien se encargará de procesar y transmitir los datos adquiridos, a través de una interface para comunicación serial.

RELOJ DE TIEMPO REAL.-

El reloj de tiempo real es importante dentro de cualquier sistema de adquisición de datos, ya que permite conocer los instantes en los que se suceden las variables o fenómenos por medir. Generalmente este tipo de dispositivo es programable e interactúa en forma directa con el microcontrolador.

Para nuestro caso, se utilizará para conocer los instantes en los que se toman las lecturas o se suceden las alarmas.

MEMORIA.-

Un microcontrolador debe comunicarse con las memorias RAM y ROM para leer y escribir información binaria como son: instrucciones, datos y direcciones. El tamaño de la memoria adjunta al microcontrolador depende del número de instrucciones y bytes de datos, necesarios para una aplicación particular. Las memorias RAM y ROM vienen en una gran variedad de tamaños y las pastillas individuales deben interconectarse para formar el tamaño deseado de memoria.

DISEÑO Y DESARROLLO DEL SOFTWARE.-

El microprocesador es el corazón del sistema, es el lugar desde donde se ejecutan todas las instrucciones y se comandan las ordenes al resto del sistema.

El módulo procesador se encarga de llevar la secuencia de lecturas de las diferentes señales tanto analógicas como digitales. Toma diferentes decisiones en la lectura de las variables y selecciona cuales datos se deben almacenar y cuales no. Lleva también el control del reloj de tiempo real. La forma como se desarrollan todas estas funciones es responsabilidad del software.

El software se contempla de forma estructurada a través de un programa principal y subrutinas de servicio. El programa principal monitorea el estado del sistema y al ocurrir un evento específico atiende una rutina de servicio. Es a través del software que se realiza la comunicación con el mundo exterior.

1.4 .- ARQUITECTURA RECOMENDADA.

La elección de los elementos en un sistema digital es una parte muy importante dentro del desarrollo de cualquier tipo de proyecto, ya que de ello depende la elaboración del mismo.

Los elementos que deben de analizarse son: facilidad de manejo, cantidad de información a procesar, aplicación, precisión , exactitud y costo.

En cuanto al costo, la gran disponibilidad de componentes a alta y mediana escala de integración, nos permiten tener un acceso real de los mismos, como por ejemplo un microcontrolador.

En cuanto a la cantidad de información a procesar, elegimos el uso del microcontrolador MC68HC11F1 como la base del funcionamiento del sistema de medición remoto de variables funcionales y operativas en vehículos de carga.

1.5.- MICROCONTROLADOR MC68HC11F1.-

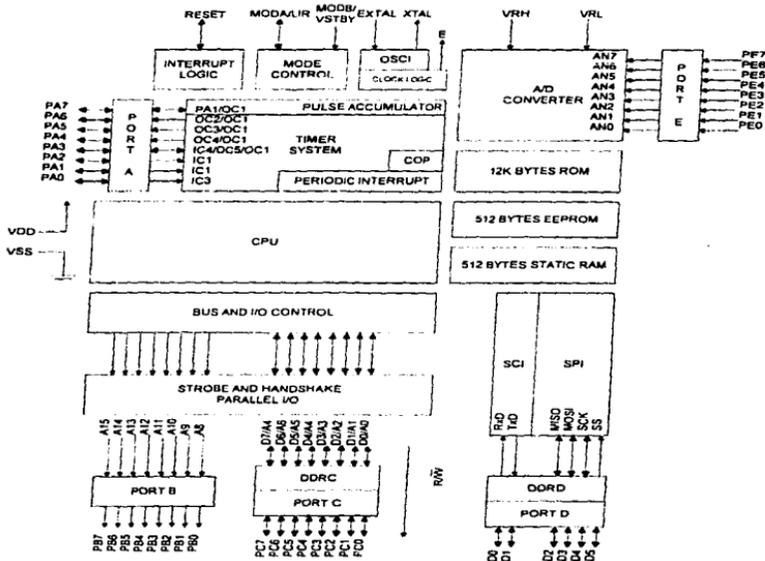
El MC68HC11F1 es un microcontrolador de 8 bits fabricado por la Compañía Motorola con tecnología (HCMOS) empaquetado de 68 pines. El MC68HC11F1 es la primer versión de la familia M68HC11 que no multiplexa el bus de direcciones/datos.

Las características del MC68HC11F1 son las siguientes:

- 1024 Bytes de memoria RAM (Random Acces Memory)
- 512 Bytes de EEPROM (Electrical Erasable Programable Read Only Memory)
- Un acumulador de pulsos de 8 bits.
- Circuito para interrupción de tiempo real
- Sistema de timer de 16 bits
- Interface para comunicación serial con periféricos (SPI)
- Interface para comunicación serial (SCI), con código estándar NRZ (asíncrono, no retorno a cero).
- Tres canales para entrada de captura
- Cuatro canales para salida de comparación
- Cuatro canales para entrada de captura o cinco canales para salida de comparación seleccionables por software).
- Modos de ahorro de energía STOP Y WAIT
- Convertidor Analógico / Digital de ocho canales y ocho bits.
- Cinco puertos de entrada/ salida (I/O) para propósito general (Puerto A, Puerto B, Puerto C, Puerto D, Puerto E).

- 22 Pines bidireccionales (I/O)
- 8 Pines exclusivamente de salida
- 8 Pines exclusivamente de entrada
- Rangos máximos de operación del circuito:
 - Voltaje de alimentación $V_{DD} = 7.0 \text{ V}$
 - Disipación de potencia $P_D = 85 \text{ mW}$

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MICROCONTROLADOR.-



El microprocesador 68HC11F1 puede operar en cuatro modos diferentes:

| MODO DE OPERACIÓN | MOD (A) | MOD (B) |
|-------------------|---------|---------|
| BOOTSTRAP | 0 | 0 |
| SINGLE CHIP | 0 | 1 |
| TEST | 1 | 0 |
| EXPANDIDO | 1 | 1 |

El modo de operación es definido por el valor de dos bits denominados MODA y MODB que son leídos inmediatamente después del RESET.

Para los modos Single-Chip y Bootstrap todo el sistema está dentro del mismo circuito integrado, validando los pines del C.I. a las terminales de puertos, el temporizador o el convertidor A/D.

En los modos Test y Expandido, el bus de datos y el de direcciones están disponibles en pines del circuito integrado por lo que se podrá agregar externamente más memoria RAM y EPROM además de puertos adicionales.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó el microcontrolador MC68HC11F1 en modo expandido.

CAPITULO 2

DISEÑO Y DESARROLLO DE LOS TRANSDUCTORES CORRESPONDIENTES A LAS VARIABLES DE INTERES

En este capítulo se describe el diseño y desarrollo de los transductores que se usaron para la medición de las variables de interés.

2.1.-SELECCION DE LOS TRANSDUCTORES.

En un sistema de medición el transductor es el elemento de entrada con la función crítica de transformar alguna cantidad física en una cantidad eléctrica que sea proporcional a la medición. La selección apropiada del transductor es por lo tanto la parte más importante en la obtención de resultados exactos.

Características sistemáticas de un sistema de medición.



Algunos factores que deben de tomarse en cuenta en la selección del transductor son:

a) *Parámetros fundamentales:* tipo y rango de la medición, span, sensibilidad.

Tipo y rango de la medición.- El rango de un transductor se define como los límites superior e inferior de los valores que el sistema puede registrar. El rango puede ser unidireccional o bidireccional, simétrico o asimétrico o desplazado (con cero suprimido).

Span.- Es la diferencia algebraica de los puntos extremos que definen al rango.

Sensibilidad.- Es la relación en el cambio en la salida con el cambio en el valor de la magnitud a medir. Establece la pendiente de la curva de calibración.

b) Características eléctricas: Excitación, Salida, Impedancias de entrada y salida, Tierras.

Excitación.- A excepción de los tipos autogeneradores, los transductores requieren una excitación, consistente en una tensión eléctrica externa aplicada al mismo para su apropiada operación.

Salida.- La salida es la magnitud eléctrica producida por el transductor, que es una función continua de la magnitud a medir (salida analógica) en forma de una amplitud de tensión, una relación de tensiones, corriente o a veces como cambio de capacitancia, inductancia y otros.

Impedancia de entrada y salida .- La impedancia de un transductor presentada a la fuente de excitación es la impedancia de entrada (Z_{ENT}), mientras que la impedancia a través de las terminales de salida del transductor es la impedancia de salida (Z_{SAL}). La impedancia debida al cableado entre el transductor (terminales de salida) y la carga es la impedancia de carga (Z_L). La impedancia de la fuente de excitación, presentada al transductor se representa como (Z_S). La impedancia de los cables se considera parte de la impedancia de la fuente.

Tierras.- Las líneas de retorno de la excitación y de retorno de la salida pueden estar aisladas una de otra o pueden constituir una línea única. Es común que las líneas de retorno estén eléctricamente aisladas del encapsulado del transductor, que puede estar conectado o no a tierra a través del montaje. Las líneas de retorno pueden estar conectadas ambas a una tierra cercana de la fuente de excitación y a la carga, o pueden quedar sin conexión a la tierra (tierra flotante). Los cables de excitación y de salida pueden estar blindados cuando son susceptibles de inducir

perturbaciones electromagnéticas o electrostáticas a lo largo del camino de conexión. Cuando el cableado es largo y cuando los niveles de la señal de salida son relativamente bajos, el blindaje se conecta usualmente a tierra cerca de la carga. Algunas veces también en el extremo del transductor.

c) Características mecánicas: Las características mecánicas de diseño se especifican en los transductores principalmente por tres razones; para facilitar su manejo e instalación, para prevenir utilizations inadecuadas o una degradación de las prestaciones ocasionada por el medio ambiente, y para interconectar adecuadamente al transductor con el sistema con el que opera. La configuración, dimensiones, el tipo, tamaño y localización de todas las conexiones eléctricas, mecánicas están especificadas siempre, así como las provisiones para ajustes de ganancia y cero externas.

d) Exactitud del transductor: Efectos de no linealidad, repetibilidad, efectos de histéresis y resolución.

Linealidad.- Un sistema es lineal cuando existe una correspondencia proporcional entre los valores de entrada y la salida. Expresa el comportamiento diferencial de la curva de calibración respecto a una línea especificada.

Repetibilidad.- Es la habilidad de un transductor a reproducir lecturas de salida cuando se aplica el mismo valor de la magnitud de manera consecutiva, bajo las mismas condiciones y en la misma dirección.

Histéresis.- Es la máxima diferencia en la salida de la magnitud a medir para un valor determinado interior al rango, cuando este valor es alcanzado mediante el aumento y disminución de la magnitud.

Resolución.- Es el cambio más pequeño en el valor medido para el cual el transductor responderá.

e) Condiciones ambientales: Efectos de la temperatura, aceleración, y vibración.

Efectos de la temperatura.- El rango de temperaturas operativas es el rango de temperaturas ambientales, dado por sus extremos superior e inferior en el cual el transductor opera dentro del rango de especificaciones definido.

Efectos de aceleración.- Son los efectos de las aceleraciones en estado cuasipermanente sobre los elementos internos de un transductor ocasionando error en su salida. Cuando un transductor está orientado a utilizarse en aplicaciones en donde estará sujeto a aceleraciones, la posibilidad de que existan errores de aceleración debe considerarse y deben analizarse las tolerancias de estos errores.

Efectos de las vibraciones.- Estos efectos son debido a aceleraciones vibratorias, pueden afectar a los transductores de manera similar a las aceleraciones permanentes. Sin embargo, normalmente existen efectos mas severos relacionados con la frecuencia de vibración. Esto es debido a que el efecto de las frecuencias de vibración dentro de un rango específico, muestran determinados factores de amplificación (resonancias) debido a los elementos internos del transductor, pudiendo ocurrir a una o mas frecuencias.

f) Compatibilidad con el equipo asociado: Acople de impedancias y resistencia de aislamiento.

Acople de impedancias.- En los sistemas experimentales es necesario interconectar diversos dispositivos de equipo electrónico. Es decir, la impedancia de entrada de un dispositivo debe ser tendiente a infinito y la impedancia de salida del otro lo mas cercano a cero esto con el fin de lograr la máxima transferencia de energía y evitar el desacoplamiento de impedancias.

Resistencia de aislamiento.- Cuando dos o mas porciones de un transductor (una de ellas puede ser el encapsulado) están eléctricamente

aisladas una de otra, la resistencia entre ellas, medida mediante la aplicación de una tensión c.c. especificada es la resistencia de aislamiento. El grado de aislamiento se puede expresar mediante la tensión de ruptura, magnitud de tensión de c.c. o c.a. que se puede aplicar entre las porciones aisladas sin ocasionar el arco o sin ocasionar conducciones entre las porciones por encima de un valor de corriente especificado.

2.2.- MEDICIÓN DE LA SEÑAL DE DESPLAZAMIENTO.

La mayoría de los transductores de desplazamiento detectan movimientos o miden posición por medio de sus ejes sensores, que están mecánicamente unidos a través de un mecanismo al punto del objeto cuyo desplazamiento quiere medirse. Algunos diseños de transductores de desplazamiento incorporan provisiones con tolerancias conocidas para poder minimizar la falta de alineamiento entre el punto de medida y el eje sensor.

Transductores de desplazamiento Inductivos.-

Los transductores que convierten el desplazamiento, generalmente lineal, en un cambio de la autoinductancia de un devanado pueden ser agrupados en dos versiones, acoplados y sin contacto.

El diseño acoplado emplea un núcleo permeable magnético deslizante, que se mueve dentro de un devanado (bobina). El eje sensor determina el movimiento del núcleo, cuando éste se mueve, el devanado cambia su autoinductancia.

Los diseños sin contacto son más comúnmente usados que los diseños de acoplo. La proximidad relativa del devanado sensor al objeto a medir causa cambios en la inductancia del devanado. Aunque las medidas son factibles cuando el objeto está hecho de un material diamagnético altamente conductor o material paramagnético, el método es más eficaz cuando el objeto está realizado de material ferromagnético que tiene alta permeabilidad. Los rangos de medida de estos transductores son típicamente del orden de 1.5 cm. En ambas direcciones.

Selección del método de medición.-

El medidor de desplazamiento lineal u odómetro digital, se desarrolló utilizando un interruptor magnético el cual se emplea en los taxímetros para vehículos de servicio público. El principio de operación se basa en la apertura y cierre de un interruptor magnético por un imán permanente acoplado mediante un chicote a una de las ruedas del vehículo. Al girar la rueda provoca que el imán abra y cierre las laminillas del contacto generando un pulso por cada giro. Estos pulsos alimentan al acumulador de pulsos que mediante una subrutina de conversión realizada por el microprocesador obtiene el desplazamiento del vehículo en función del diámetro de la rueda y el número de pulsos (Fig. 2.1).



Fig. 2.1 Diagrama esquemático del odómetro digital:

2.3.- MEDICIÓN DE LA SEÑAL DE VELOCIDAD.

La velocidad lineal comúnmente se detecta mediante dispositivos electromagnéticos, en los que un cambio en el flujo magnético induce una fuerza electromotriz (fem) en un conductor (devanado). La fem inducida es igual al producto del número de vueltas en el devanado y al cambio de flujo magnético en la unidad de tiempo, o

$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

Donde:

e = fem inducida

N = número de vueltas del devanado

$$\frac{d\phi}{dt} = \text{cambio de flujo magnético } (\phi) \text{ por unidad de tiempo (t)}$$

El signo negativo de la ecuación indica que la dirección de la fem inducida se opone al cambio de flujo que lo produce.

Determinando la velocidad de rotación del dispositivo transductor y con el conocimiento del radio del mismo, se puede obtener la velocidad lineal.

Ya que la aceleración es la variación de velocidad en el tiempo, la velocidad puede ser determinada integrando la salida de un acelerómetro. En muchas aplicaciones con acelerómetros, se añaden circuitos integradores al circuito acondicionador para poder generar tanto la aceleración como la velocidad.

Transductores de velocidad electromagnéticos.-

Este tipo de transductor consiste en un devanado montado en una carcaza de acero pulido y un núcleo coaxial cilíndrico con imán permanente unido a un eje con un tope engrazado. El núcleo se mueve dentro del devanado, con el movimiento del objeto al que se ha unido el extremo del eje, produciendo una salida en el devanado, proporcional a la velocidad. Otro principio diferente es el diseño de devanado fijo como el que se muestra en la figura 2.2. Un imán permanente se coloca entre dos muelles, en los extremos del imán cilíndrico, unos aros de aleación oro-paladio minimizan la fricción, moviéndose dentro de unos casquillos de acero cromoplateado pulido. El transductor completo se monta sobre el objeto cuya velocidad oscilante quiere medirse. Cuando la frecuencia de este movimiento excede de la frecuencia natural del sistema suspendido (del orden de 15Hz) el imán permanece invariable en una posición determinada. El devanado fijado dentro de la carcaza del transductor, se mueve relativamente al imán, ahora estacionario, con el movimiento del objeto a medir. El consiguiente cambio de flujo resultante provoca una tensión de salida en el devanado proporcional a la velocidad.

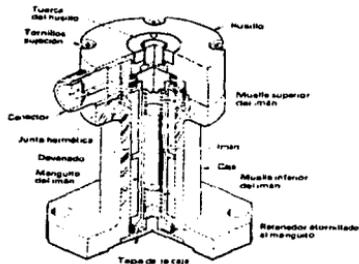


Fig. 2.2 Transductor de velocidad electromagnético.

Selección del método de medición.-

Para la medición de velocidad se utilizó el mismo transductor que se emplea para medir el desplazamiento, es decir el interruptor magnético. Como se mencionó para el medidor de desplazamiento, el interruptor magnético entrega un pulso por cada vuelta que da la rueda, el tren de pulsos generados alimenta a un convertidor de frecuencia a voltaje, el cual entrega un voltaje proporcional a estos y a su vez a la velocidad con que gira la rueda del vehículo. El voltaje de salida generado alimenta a uno de los canales del convertidor analógico / digital del microcontrolador donde a través de rutinas de conversión se obtiene la velocidad del vehículo (Fig. 2.3).

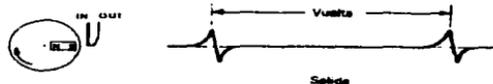


Fig. 2.3 Principio de funcionamiento del interruptor magnético con salida por frecuencia

2.4.- MEDICIÓN DE LA SEÑAL DE VELOCIDAD ANGULAR (R.P.M.).

Para velocidades angulares, lo mas conveniente para una correcta medición es utilizar una combinación de una rueda dentada (engrane), un sensor magnético de proximidad y un contador de pulsos por unidad de tiempo .

Transductores de velocidad angular.-

Los dispositivos sensores de velocidad angular más comunes son:

- ***Tacómetros capacitivos.-*** Usan un rotor con armadura unido al eje sensor. La capacitancia varía periódicamente con la rotación del eje. Si los electrodos se conectan a un puente de c.a. la salida del puente detecta estos cambios.
- ***Tacómetros extensiométricos.-*** Utilizan una viga en voladizo en la que se le han aplicado unas galgas extensiométricas, un disco excéntrico está unido al eje de rotación. La viga se encuentra en contacto con el disco de manera que se provoca una deflexión en cada revolución del objeto.
- ***Tacómetros del tipo interruptor.-*** Utilizan la apertura y cierre de contactos. Pueden usarse relés magnéticos, actuando por un imán acoplado al eje. En algunos diseños se tienen pares de contactos rotativos entre los que se conecta un condensador de manera que se carga alternativamente con tensiones de polaridad opuesta, los contactos estacionarios se conectan a una fuente de c.c. en serie con un condensador a través del cual se producen pulsos de corriente.
- ***Tacómetro electromagnético de rotor dentado.-*** Este tipo de tacómetro utiliza un rotor ferromagnético con salientes dentadas o configuración de engranaje equiespaciados en conjunción con un devanado de transducción electromagnética. El conjunto devanado transductor puede ser del tipo de efecto hall o puede ser inductivo, sin embargo la mayoría

son del tipo electromagnético. El conjunto se coloca dentro de una cápsula herméticamente sellada. La parte frontal de la cápsula suele estar atornillada para facilitar la instalación y el ajuste entre el polo y el diente rotor (Fig. 2.4).

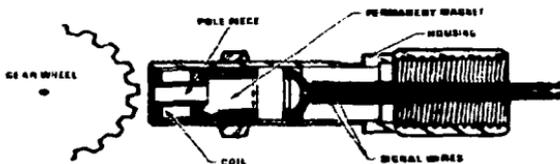


Fig. 2.4 Tacómetro electromagnético de velocidad angular.

Selección del método de medición.-

Para la medición de la señal de R.P.M. se utilizó el transductor QSP-500-600 fabricado por Navistar. Este dispositivo funciona bajo el principio de tacómetro electromagnético. El transductor es una punta magnética que registra la rotación del volante del motor. Los dientes del volante deben ser de material ferromagnético. Un imán permanente localizado en el transductor genera un campo magnético, cuando un diente atraviesa este campo, el cambio de flujo resultante induce una fem en el devanado del transductor (figura 2.5)

El transductor debe de estar posicionado de manera que la punta sensora esté lo más cerca posible del diente del volante, sin tener contacto físico y considerando los efectos debidos a la expansión térmica y a la rugosidad de la superficie del diente.

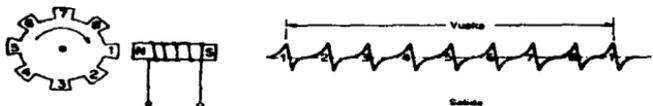


Fig. 2.5 Principio operativo de tacómetro electromagnético con salida por frecuencia

2.5.- MEDICIÓN DE NIVEL DE LÍQUIDOS.

La medición puede ser continua o puede ser discreta (punto de nivel).

Transductores continuos para nivel de líquidos.-

A partir de la medida del nivel de líquido en un tanque abierto o cerrado puede determinarse, si se conocen la geometría y las dimensiones del tanque, el volumen y la masa del líquido. El limite entre un líquido y un gas o entre dos líquidos diferentes también puede determinarse con transductores de nivel.

- **Transductor de tipo flotador.-** El flotador se usa acoplado a un transductor potenciométrico o de elemento resistivo. El elemento resistivo, de alambre devanado, puede tener una respuesta de tipo lineal, logarítmica o exponencial, pudiendo para mejorar dicho elemento resistivo emplear dispositivos de carbón, películas de platino, etc. El transductor se puede alimentar con c.c. o c.a.. Como desventaja principal de este tipo de transductores está la aparición de ruido por la fricción mecánica entre el cursor y el elemento resistivo, debido al envejecimiento de éste.
- **Transductor de nivel mediante presión.-** Una forma de medir el nivel de líquidos consiste en determinar la altura de la columna del líquido que crea una determinada presión. Cuando el tanque es cerrado, la diferencia de presión (la presión que desarrolla la altura h del líquido menos la presión en la superficie) puede ser medida con un transductor de presión

diferencial, cuyas puntas sensoras se conectan a la parte superior e inferior del tanque. Para un líquido, cuyo peso específico se conoce, la salida del transductor es directamente proporcional al nivel. Cuando se trata de un tanque abierto la forma más sencilla consiste en colocar el transductor de presión en la parte inferior del tanque, de manera que el elemento sensor esté siempre en contacto con el líquido. La presión medida de esta manera es directamente proporcional a multiplicar la altura del líquido por su peso específico. Otro método diferente se basa en la compresión de un tubo flexible inmerso que contiene un contacto eléctrico continuo junto a un elemento resistivo, de manera que la resistencia medida decrece con el aumento de nivel.

- **Transductor por radiación.**- Se puede detectar uno o más niveles de líquido utilizando una fuente radioactiva a flujo constante y que incida sobre uno o varios receptores situados en la pared opuesta del tanque, o bien detectar el nivel de manera continua colocando la fuente en posición vertical y visualizando la salida del detector que decrece al aumentar el nivel. Normalmente la radiación es procedente de una fuente de rayos gamma de Cs, Co, Ra. La detección del nivel se da cuando se reduce la cantidad de radiación detectada en el receptor debido a que la trayectoria de radiación es absorbida por el líquido. Una gran ventaja de estos sensores es que el sistema de detección puede colocarse en el exterior del recipiente.
- **Transductor tipo capacitivo.**- Existen numerosas configuraciones de transductores de nivel continuos cuya capacitancia cambia conforme al dieléctrico entre uno o más pares de electrodos. La capacitancia cambia al variar el nivel de líquido o cuasi-líquido, cuya constante dieléctrica es mayor que el aire u otro gas al que reemplaza. Cuando las paredes del recipiente o tanque no son conductoras o la constante dieléctrica es baja, se coloca un tubo metálico en el interior de otro tubo que actúa como

segundo electrodo. Este cilindro está parcialmente perforado o ranurado para permitir el flujo libre del líquido o gas.

Transductores discretos para nivel de líquidos (punto de nivel).-

Este tipo de transductores pueden utilizarse también para determinar la presencia o ausencia de un líquido en una conducción o canal. Pueden usarse uno, dos o más transductores de punto de nivel en una instalación.

- ***Transductor de tipo fotoeléctrico.***- Los métodos fotoeléctricos se utilizan para sensar niveles de líquidos, siguiendo dos modos, de transmitancia y de reflexión. En el modo de transmitancia un haz de luz, entre la fuente y el sensor de luz (instalado en la pared opuesta del tanque o justo debajo de la fuente), se atenúa cuando el líquido asciende hasta el camino óptico. En el modo de reflexión, un prisma óptico actúa de manera que se refleja menos luz cuando el prisma está inmerso en el líquido, debido al cambio en el índice de refracción, que cuando está inmerso en gas.
- ***Transductor por transferencia calorífica.***- La transferencia de calor de un elemento calentado es generalmente mayor en un líquido que en un gas. Para este método se utilizan elementos resistivos por los que circula una corriente suficiente para auto-calentarlos (normalmente se utilizan termistores). Cuando el nivel asciende y el líquido entra en contacto con el cuerpo caliente, el elemento se enfría y resulta de ello un cambio en la resistencia del mismo.
- ***Transductor por ultrasonido.***- Para detectar el nivel de un líquido por ultrasonido se utilizan dos métodos: de cavidad de resonancia y de camino sónico.
 - ***El método de cavidad de resonancia es una técnica de detectar volúmenes, de los que se deriva el nivel. Se excita la cavidad formada por las paredes del tanque y la superficie de líquido***

mediante oscilaciones electromagnéticas a frecuencias ultrasónicas o radiofrecuencias mediante un elemento colocado en la parte superior del tanque; cuando el nivel de líquido aumenta, el volumen de la cavidad disminuye y la frecuencia de resonancia cambia. Cuando se conoce la frecuencia de resonancia del tanque vacío, se puede determinar el nivel de líquido aplicando un factor de escala.

- *El método de camino sónico* consiste en dirigir un pulso de energía ultrasónica a la superficie del líquido midiéndose el tiempo de viaje del pulso al reflectarse en ella. Cuando se conoce la velocidad del sonido por el fluido por donde viaja, se puede determinar la distancia entre el emisor y el receptor y con ello el nivel de líquido.

Selección del método de medición.-

Como anteriormente se menciona existen varias formas de medir el nivel de líquidos en un tanque abierto o cerrado. Para el desarrollo del prototipo se utilizó, a título demostrativo, uno con el principio de variación de dieléctrico entre uno o más pares de electrodos (Transductor de nivel capacitivo). Es importante mencionar que el tipo de transductor que se utilice dependerá del fluido que se va a transportar, ya que si el fluido es, por ejemplo, altamente viscoso (petróleo crudo, aceite, glicerina etc.) un medidor capacitivo como el que se presenta no funcionaría correctamente.

El transductor de nivel capacitivo fue diseñado e implementado utilizando dos tubos de cobre concéntricos de la misma longitud, uno de ellos de menor diámetro y aislado por medio de un forro de PVC, (electrodo interno), y otro parcialmente ranurado para permitir el flujo del líquido (electrodo externo). Este medidor presenta ventajas significativas tales como buena linealidad, amplio intervalo de medición, facilidad de operación y costo relativamente bajo (Fig. 2.6).

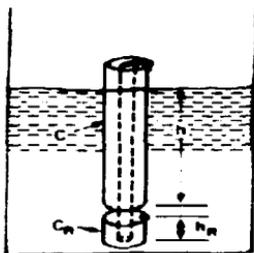


Fig. 2.6 Transductor por variación de dieléctrico de condensador.

2.6.- MEDICIÓN DE LA SEÑAL DE TEMPERATURA.

La medición de la temperatura depende de varias consideraciones que es necesario evaluar en la selección del tipo de sensor. Inicialmente, es necesario seleccionar un transductor cuyo elemento sensor alcance la temperatura del fluido o superficie a medir en un tiempo permisible para realizar la medición. Se debe de considerar también el rango de medida y el límite de sobrerango, la constante de tiempo y el tipo de acondicionador de la señal asociado, el sistema de adquisición de datos y de visualización utilizados. La salida de un transductor de temperatura en cualquier momento es simplemente la medida de la temperatura de su elemento sensor. En algunos casos es difícil asegurar que esta temperatura es la misma que la temperatura que se desea medir.

Transductores de temperatura.-

Los transductores de temperatura o termómetros eléctricos, se caracterizan por tener en un mismo elemento las funciones sensoras y de transducción. Existen diversos transductores para la medición de la temperatura, de los cuales se mencionan los siguientes:

- **Transductores con elementos sensores resistivos.**- La resistencia eléctrica de varios materiales cambia en forma reproducible con la temperatura. La medición de esta se puede efectuar a partir de la variación en el valor de la resistencia eléctrica del material utilizado. Los materiales sólidos usados actualmente se dividen en dos grupos: Conductores (metales) y Semiconductores. Los materiales conductores fueron los primeros en utilizarse y tradicionalmente se les llamaron termómetros resistivos. Los materiales semiconductores son más recientes y se les conoce como termistores.

- **Sensores resistivos conductores.**- Los materiales conductores muestran generalmente un aumento de su resistencia con la temperatura. El cambio de resistencia viene dado por el *coeficiente térmico de resistencia del conductor y la resistencia base* de un elemento sensor de temperatura conductor .

Para la medición de la temperatura es importante seleccionar un elemento conductor con las siguientes características ; alto *coeficiente térmico de resistencia (α)*, con el fin de obtener cambios de resistencia substanciales. Además que este valor (α), permanezca constante en un amplio rango de temperaturas, con el fin de que la resistencia en función de la temperatura sea lineal, y que tenga una resistividad alta para minimizar la cantidad de material requerido para la elaboración del sensor.

Sensores resistivos semiconductores.- De este tipo de sensores los más ampliamente utilizados son los termistores. Los termistores se caracterizan por una elevada resistividad y un alto coeficiente de temperatura de resistencia *negativo* (no siendo así para los sensores resistivos conductores). Su rango de medida se encuentra entre -50°C y $+300^{\circ}\text{C}$ (algunos diseños han sido desarrollados para temperaturas en el rango criogénico bajo). Su

relación R/T es no lineal y sus características están definidas como de potencia nula. El término potencia nula se refiere a una potencia de disipación baja de manera que el autocalentamiento es despreciable. La corriente de excitación para la medida de temperaturas con termistores se encuentra típicamente por debajo de los 100mA.

Dentro de este tipo de sensores resistivos semiconductores podemos citar:

- a) Cristales de Germanio.- Se ven afectados por los campos magnéticos y su. Intervalo de medición: es de 1 a 30 ° K.
- b) Cristales de Silicio.- Su principal ventaja es su alta sensibilidad para controlar pequeños cambios de temperatura, sin embargo a altas temperaturas se descalibran, por lo que el rango de medición es limitado a pocos cientos de grados centígrados.

- **Transductores de temperatura termoelectrónicos.-** La transducción de temperaturas por medios termoelectrónicos se basa en el efecto Seebeck. Cuando dos conductores diferentes (A y B) forman un circuito, mediante la unión de ambos por sus extremos, y las dos uniones se mantienen a temperaturas diferentes, una unión a temperatura T, la otra a una temperatura superior $T+\Delta T$, circula una corriente eléctrica que aumenta con la diferencia de temperatura de las dos uniones. La corriente fluirá de A a B en la unión más fría cuando el conductor A es positivo con respecto a B.

El circuito termopar está basado en el efecto Seebeck (Fig. 2.7). Dos conductores diferentes están unidos en el punto en donde se quiere medir la temperatura (unión sensora) y termina en un punto en donde ambas terminales están a la misma temperatura, que se conoce como unión de

referencia. La temperatura t_{ref} de la unión de referencia puede ser cualquiera; sin embargo, usualmente se mantiene al punto de hielo (0°C). Las curvas de calibración de termopares están normalmente basadas en esta temperatura de la unión de referencia, y los conductores están designados como positivo (P) y negativo (N) cuando la temperatura que se mide, t , es mayor que la temperatura de referencia. Los hilos de conexión entre la unión de referencia y la carga representada por R_L , puede ser hilo de cobre. La magnitud del potencial termoeléctrico (fem térmica) producido por un termopar depende de los materiales del hilo y la diferencia de temperatura entre las dos uniones.

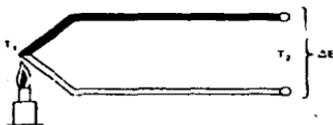


Fig.2.7 Circuito termopar básico

Aunque muchos materiales producen el efecto termoeléctrico en cierto grado, generalmente se emplean los pares de: platino - rodio, cromoel - alumel, cobre - constantán, y hierro - constantán. Cada uno de estos pares presenta una combinación de propiedades que se adaptan a una clase particular de aplicaciones. Debido a que el efecto termoeléctrico es no lineal, la sensibilidad varía con la temperatura; la máxima sensibilidad de los termopares anteriores es para el cobre - constantán aproximadamente de $60\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ a 350°C . El menos sensible es el de platino - rodio de $6\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ entre 0 y 100°C .

Los termopares más comunes y sus rangos de temperatura se listan a continuación:

- Cromel - Alumel (700 a 1200 ° C)
- Hierro - Constantán (150 a 1000 ° C)
- Cobre - Constantán (200 - a 350 ° C)
- Platino - Platino y Rodio (0 a 1500 ° C)

- **Transductores de temperatura de cristal de cuarzo.**- Se emplean como sensores de temperatura a los cristales de cuarzo, utilizados como elementos controladores de frecuencia en circuitos oscilantes. La sensibilidad de estos cristales a las variaciones de temperatura se utiliza para mediciones en el rango de - 50 a + 250 ° C, se optimiza la linealidad de la frecuencia en función de la temperatura cuando se utilizan cristales de cuarzo cortados con una orientación especialmente diseñada. La señal de frecuencia se introduce a un oscilador y se mezcla con la salida de otro de referencia, de tal manera que se obtiene una frecuencia de batido. Esta diferencia puede ser cuantificada con un contador de frecuencia (frecuencímetro).

Selección del método de medición.-

La temperatura es sensada por medio del bulbo del motor del vehículo. El bulbo consiste en un termistor encapsulado en una concha que contiene un medio que permite la transferencia de calor. Conforme la temperatura aumenta, la resistencia en el bulbo disminuye debido a que el termistor tiene un coeficiente de temperatura negativo. Cuando la temperatura disminuye, la resistencia en el bulbo aumenta. Las variaciones de la resistencia ocasiona cambios en el flujo de la corriente en las bobinas del circuito eléctrico del medidor de temperatura localizado en el tablero de control. La señal que proviene del amés del tablero alimenta a uno de los puertos digitales del grabador de eventos. Mediante el valor lógico de un pulso se determina a través de un comparador de nivel cuando la temperatura del motor está fuera del rango permisible de operación.

2.7.- MEDICIÓN DE LA SEÑAL DE PRESIÓN DE ACEITE.

Transductores de presión.-

La presión se detecta esencialmente mediante elementos sensores mecánicos, una membrana elástica, un tubo recto, que ofrecen a la presión (fuerza) una superficie (área) de actuación. Cuando esta fuerza no está equilibrada por otra fuerza igual actuante en la superficie opuesta del elemento sensor, el elemento entra en flexión. Esta flexión se traduce (mediante un elemento transductor) como un desplazamiento o una deformación.

Aunque todos los elementos sensores de presión realmente responden a un cambio de presión diferencial a través de ellos, los transductores pueden ser diseñados para medir, tanto presiones absolutas, manométricas, o diferenciales, dependiendo de la presión de referencia mantenida o admitida por el elemento del lado de referencia. La configuración básica de referencia de presión se muestra en la figura 2.8, en donde se usa un diafragma como referencia del elemento sensor. El lado de referencia de un elemento sensor de presión absoluta se encuentra al vacío y esta herméticamente sellado. Para la presión manométrica se toman medidas con el lado de referencia actuando sobre la presión ambiental. Los elementos sensores de presión diferencial flexionan con el aumento de diferencia entre dos presiones, las cuales pueden variar indistintamente. Se acostumbra denominar a la presión normalmente mas baja y con menor variación presión de referencia y a la otra presión de medida.

En los transductores de presión se usan dos tipos básicos de diafragmas: el diafragma plano y el diafragma ondulado.



Fig. 2.8 Configuración básica del elemento sensor de presión.

Selección del método de medición.-

La presión en el motor será medida directamente del arnés del tablero de control. Esta señal proviene de un sensor que capta la presión en el depósito de aceite cuando el motor está en operación. El sensor consiste en un strain-gauge controlado por un diafragma que debido a los cambios de presión hace que varíe el elemento resistivo y por consiguiente el flujo de la corriente a través de las bobinas del circuito eléctrico del medidor. Se empleará un valor lógico para registrar cuando la presión del aceite del motor sale del rango permisible de operación.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y DESARROLLO DE LOS ACONDICIONADORES DE SEÑAL

Una vez seleccionados los transductores de interés, otra de las etapas importantes es acondicionar las señales que entregan los transductores para que puedan ser fácilmente adquiridas por el microprocesador.

En este capítulo se describe el diseño y desarrollo de los acondicionadores de señal que se utilizaron para el sistema prototipo, así como la descripción de un sistema GPS (Global Positioning System). El cual podría ser incorporado al grabador de eventos mediante la adición de una tarjeta de interfase con GPS para la localización y la extracción remota de datos del vehículo en movimiento.

3.1.- ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE DESPLAZAMIENTO (ODÓMETRO DIGITAL).

En el capítulo anterior se mencionó que el interruptor magnético es el transductor de desplazamiento que entrega un pulso por cada vuelta que da una de las ruedas del vehículo.

La primera parte del acondicionamiento consiste en convertir la señal obtenida del interruptor magnético en una señal cuadrada con niveles lógicos (TTL), para esto la señal de salida del interruptor magnético es alimentada a una red RC, con la cual se obtiene un cambio en la referencia de la señal quedando abajo de cero. Esta señal alimenta al circuito disparador Schmitt-trigger (CMOS 4093) que está configurado para detectar el cruce por cero y generar un pulso cuadrado por cada vuelta de la rueda del vehículo. El tren de pulsos cuadrados alimenta al contador de eventos del microprocesador, que mediante una subrutina de conversión se obtiene el desplazamiento.

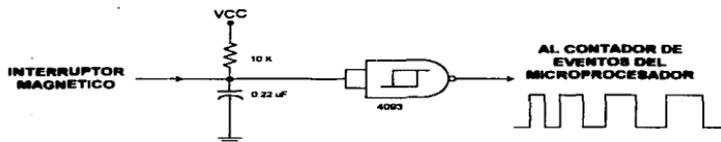


Fig. 3.1 Circuito eléctrico del odómetro digital

Formulas para el calculo del desplazamiento.-

Partiendo de que :

Diámetro de la rueda = D

1 vuelta del interruptor magnético = 1 pulso

por lo tanto :

$$frecuencia = \frac{\text{pulsos}}{\text{segundo}}$$

por lo tanto

1 vuelta = 1 pulso = 1 Hz

si sabemos que la formula del perímetro es :

$$P = \pi \times D$$

$$\text{Desplazamiento} = P \times (\text{nvueltas})$$

$$\text{Desplazamiento} = \pi \times D \times (\text{nvueltas})$$

donde:

$$0.90 \text{ m} < D < 1.20 \text{ m}$$

Note : El tamaño standard del diámetro de las ruedas (Llanta + Rin) de un vehículo de carga es la que amba se menciona.

3.2.- ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE VELOCIDAD.

La primera parte del acondicionamiento de la señal de velocidad consiste en convertir la frecuencia de la señal que se obtiene a la salida del disparador Schmitt trigger utilizado en el odómetro digital (descrito en el punto 3.1), en un voltaje proporcional a la frecuencia del giro de una de las ruedas del vehículo, esto se logra utilizando el circuito integrado LM2907N, que es un convertidor de frecuencia a voltaje de alta escala de integración (Fig. 3.2 a).

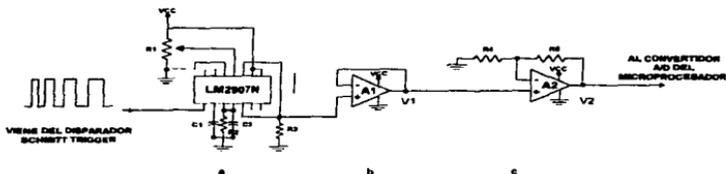


Fig. 3.2 Circuito eléctrico del acondicionador de velocidad.

Para la segunda etapa de acondicionamiento, el amplificador operacional A1 funciona como seguidor de voltaje para acoplar al circuito de transducción con el circuito de amplificación (Fig. 3.2 b).

La tercera etapa consiste en el amplificador operacional A2 y las resistencias R4 y R5 que configuran a un amplificador no inversor con ganancia $(R5+R4)/R4$ (Fig. 3.2 c)

La salida V2 es un voltaje de c.c.. con el rango de 0 a 5V proporcional a un rango de velocidad de 0 a 170 kmh. Esta señal alimenta a uno de los canales del convertidor analógico/digital del microprocesador para posteriormente ser procesada mediante una subrutina de conversión.

Formulas para el calculo de la velocidad lineal.-

Considerando :

$$v = d/t; \quad y \quad f = (1/T) \cdot 2$$

donde:

v = velocidad

d = distancia

T = periodo

f = frecuencia

t = tiempo

2 = constante para ajuste de
frecuencias máximas

$$v = \left(\frac{f}{2}\right) \times d \times \left(\frac{3600}{1000}\right)$$

$$v = 1.8 \times f \times d$$

$$f = \left(\frac{v}{1.8 \times d}\right)$$

La expresión matemática que relaciona al voltaje de salida con la frecuencia de la señal de entrada es :

$$V_o = V_{cc} \cdot R1 \cdot C1 \cdot f$$

donde :

V_o = voltaje de salida del convertidor

V_{cc} = voltaje de alimentación = 5 V

f = frecuencia de la señal de entrada

La resistencia R1 puede calcularse de la siguiente relación dada por el fabricante :

$$R1 > \frac{V3max}{I3min}$$

V3max es el voltaje que se desea tener a la salida cuando la frecuencia de entrada sea máxima.

I3 = 140 μ A (dato del fabricante)

R1 no debe ser demasiado grande o afectaría la impedancia de salida del circuito por otra parte C1 se obtiene de la relación de salida :

$$C1 = \frac{V3max}{R1 * Vcc * fmax}$$

la única restricción para este capacitor es que sea mayor a 100 pF para evitar variaciones con la temperatura.

substituyendo de las fórmulas anteriores:

$$f = \frac{Vo}{Vcc * R1 * C1}$$

$$v = Vo * D * \left(\frac{1.8 * \pi}{Vcc * R1 * C1} \right)$$

donde :

v = velocidad

Vo = voltaje de salida del convertidor de frecuencia a voltaje

D = Diámetro de la rueda 0.90 m < D < 1.20 m

Vcc = 5 V

R1 = 40 K Ω

C1 = 500 n F

Formulas para el calculo de la velocidad angular.-

Considerando :

Revoluciones Por Minuto = R.P.M.

R.P.M. máx = 4000

No. de dientes del engrane del volante del motor = nd

nd máx = 171 dientes

$$f_{\text{giro}} = \frac{(R.P.M.) (rad)}{60}$$

por lo tanto :

f giro máx = 11400

siendo este valor el máximo de frecuencia que se puede alimentar al convertidor de frecuencia a voltaje.

La expresión matemática que relaciona al voltaje de salida con la frecuencia de la señal de entrada es :

$$V_o = V_{cc} * R1 * C1 * f$$

donde :

V_o = voltaje de salida del convertidor

V_{cc} = voltaje de alimentación = 5 V

f = frecuencia de la señal de entrada.

La resistencia R1 puede calcularse de la siguiente relación dada por el fabricante :

$$R1 > \frac{V3_{max}}{I3_{min}}$$

V3_{máx} es el voltaje que se desea tener a la salida cuando la frecuencia de entrada sea máxima.

I3 = 140 μ A (dato del fabricante)

R1 no debe ser demasiado grande o afectaría la impedancia de salida del circuito por otra parte C1 se obtiene de la relación de salida :

$$C1 = \frac{V3_{max}}{R1 * V_{cc} * f_{max}}$$

la única restricción para este capacitor es que sea mayor a 100 pF para evitar variaciones con la temperatura.

$$f = \frac{V_o}{V_{cc} * R1 * C1}$$

$$\frac{V_o}{V_{cc} * R1 * C1} = \frac{R. P. M. * nd}{60}$$

$$R. P. M. = \frac{V_o}{nd} * \left(\frac{60}{V_{cc} * R1 * C1} \right)$$

donde :

R.P.M. = velocidad angular

V_o = voltaje de salida del convertidor de frecuencia a voltaje

nd = numero de dientes del volante del motor nd < 171

V_{cc} = 5 V

R1 = 20 K Ω

C1 = 2.7 n F

Para la segunda etapa la señal de salida del integrador se acopló a la etapa de amplificación mediante un seguidor de voltaje. Debido a que esta señal presentaba en su rango de medición una componente de c. c. del orden de 1.2 V fue necesario implementar un sumador inversor que agregara a la señal un voltaje negativo de (-1.2 V) para que la referencia quedara en cero, y a la vez la señal se amplificara con ganancia de 5 para los niveles de voltaje de referencia del convertidor Analógico / Digital del microprocesador. Finalmente la señal de salida se acopló al canal del convertidor A/D por medio de un seguidor de voltaje para obtener la máxima transferencia de información (Fig. 3.4b).

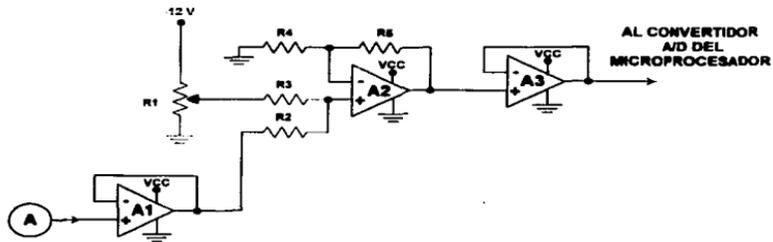


Fig. 3.4b Diagrama eléctrico del acondicionador de nivel capacitivo

Formulas para el calculo del nivel de liquidos.-

Determinación de la frecuencia del monoestable:

$$f_a = 1.44 / (R_1 + 2R_2)$$

$$R_1 = R_2 = 820 \Omega$$

sustituyendo valores:

$$f_0 = 26,607 \text{ Hz} \quad T_0 = 37.58 \mu\text{s}$$

La señal de salida del periodo (T_0) dispara en el flanco de bajada al multivibrador estable por lo que se debe cumplir la siguiente condición :

$$T_0 / 2 < \sigma < T_0$$

donde:

σ = constante de tiempo

$$\sigma = 1.1 (R3 \cdot Cx)$$

Cx = Capacitancia de la sonda

$$150 < Cx < 250 \text{ pF}$$

3.5.- ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE TEMPERATURA.

La señal de corriente que el sensor (bulbo de temperatura) entrega, es tomada directamente del arnés de las señales de control que se encuentran en el tablero de instrumentos. Esta señal se convierte a voltaje para alimentar a un comparador no inversor el cual entrega a la salida un voltaje de saturación de 5 V cuando el voltaje de la entrada no inversora es superior al de la entrada inversora. La entrada inversora es un voltaje de referencia que corresponde a la resistencia del sensor cuando la temperatura en el motor es de 220 °C que se considera el límite superior del rango normal de operación. Cuando la temperatura en el motor se eleva, la resistencia en el sensor disminuye y el voltaje en la entrada no inversora aumenta (Fig. 3.5).

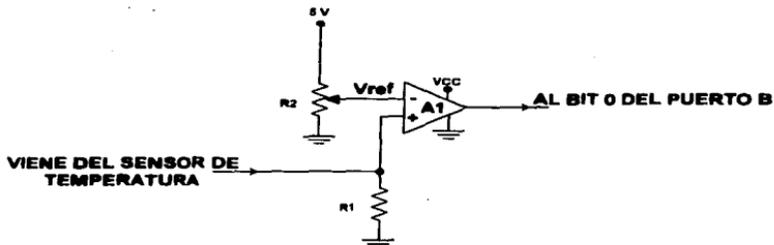


Fig. 3.5 Diagrama eléctrico del acondicionador de temperatura

3.6.- ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE PRESION.

La señal de corriente que el sensor (bulbo de presión de aceite) entrega es tomada directamente del arnés de las señales de control que se encuentran en el tablero de instrumentos. Esta señal se convierte a voltaje y alimenta a un detector inversor de nivel de voltaje (comparador) el cual entrega a la salida un voltaje de saturación de 5 V cuando el voltaje en la entrada inversora es superior al de la entrada no inversora. El voltaje de la entrada no inversora es un voltaje de referencia que corresponde a la resistencia del sensor cuando la presión de aceite en el motor es de 65 PSI, que se considera como el límite superior del rango normal de operación. Cuando la presión de aceite del motor disminuye, la resistencia en el sensor disminuye y el voltaje en la entrada inversora aumenta (Fig. 3.6).

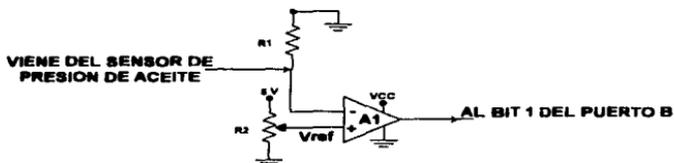


Fig. 3.6 Diagrama eléctrico del acondicionador de presión de aceite

3.7.- ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE VOLTAJE.

El circuito acondicionador está diseñado para monitorear el voltaje de la batería del vehículo e indicar cuando este voltaje está fuera del rango de correcta operación. La señal de voltaje es tomada del arnés de las señales de control y es acondicionada por medio de dos comparadores interconectados para configurar un circuito detector de ventana. La señal de voltaje de la batería se conecta a la entrada inversora del comparador A y a la entrada no inversora del comparador B. Un voltaje de 14.5 V (límite superior) se aplica a la entrada no inversora de A, en tanto que un voltaje de 10.5 V (límite inferior) se aplica a la entrada inversora de B. Se considera una carga normal cuando el valor del voltaje de la batería está en el rango de 10.5 V a 14.5 V.

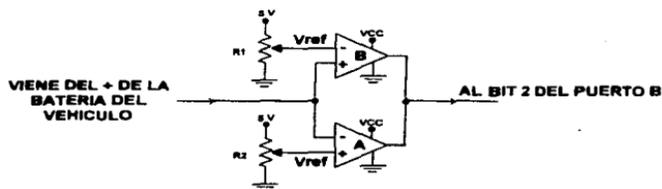


Fig. 3.7 Diagrama eléctrico del acondicionador de temperatura

3.8-SISTEMA DE LOCALIZACION SATELITAL GPS.

El departamento de defensa de los Estados Unidos fue de los primeros en utilizar el concepto de Global Positioning System o GPS. Esto se basa en la constelación de 27 satélites, (Anexo II), que están en órbita alrededor de la tierra a una gran altura. El gobierno de los Estados Unidos ha invertido alrededor de 10 billones de dólares para construir este sistema.

Los satélites son altamente confiables ya que eliminan los problemas que presentan los sistemas terrestres, además de que cuentan con la suficiente tecnología para dar la posición exacta de las cosas en cualquier parte del mundo las 24 horas.

Ahora en día con la tecnología de los circuitos integrados los receptores de GPS son más rápidos, baratos y pequeños que cualquiera los puede llevar consigo. Esto significa que todos tendremos la habilidad de saber exactamente donde estamos todo el tiempo.

Ideas básicas.

El concepto en que se basa el GPS es simple si conocemos donde exactamente está un satélite en el espacio y que tan lejos se encuentra de nosotros. El principio básico detrás del GPS consiste en usar satélites como puntos de referencia para triangular la posición de algo o de alguien en cualquier parte de la tierra. Es decir se necesitan como mínimo tres mediciones (tres satélites A, B, C), los cuales debemos conocer su distancia y posición exacta en el espacio. Cada satélite proyecta una esfera con un radio imaginario que al intersectarse los tres a un mismo tiempo en un mismo punto dan la posición en donde nos encontramos.

Por supuesto los relojes tienen que ser muy precisos porque el tiempo que transcurre en llegar un mensaje de radio proveniente de un satélite puede ser aproximadamente de seis centésimas de segundo, es por esto que los relojes de los receptores son de una exactitud del orden de los nanosegundos. Los satélites

y los receptores se comunican por medio de series de códigos digitales (pseudo-random code), que se comparan entre sí para determinar la diferencia de tiempo entre el envío y la transmisión.

Los satélites usan relojes atómicos que son muy precisos, los receptores usan relojes de cuarzo que no son tan precisos por lo tanto difieren en precisión de los anteriores, es por esto que las computadoras internas del GPS están programadas para realizar operaciones aritméticas para encontrar el tiempo correcto entre las tres mediciones que los satélites realizan y los canales de lectura con los que cuenta el GPS., para poder dar la posición. Otro aspecto importante de los satélites GPS es que no solo transmiten pseudo random code, sino también transmiten datos acerca de su posición orbital exacta y el estado de funcionamiento . A diferencia de los satélites de T.V. que giran alrededor del planeta una vez cada 12 horas, los satélites GPS pasan sobre las estaciones terrenas del departamento de Defensa de los Estados Unidos dos veces al día para permitir el monitoreo de su altura, posición y velocidad. Las variaciones que se monitorean son llamadas errores de predicción. Estas variaciones son producidas por atracciones gravitacionales de la luna y el sol, y por la radiación solar sobre el satélite. Las estaciones de monitoreo corrigen las variaciones de la órbita y envían las correcciones de regreso al satélite para que continúe con su trayectoria.

Sin embargo hay momentos del día en el cual menos de cuatro satélites se encuentran arriba de nosotros. Por lo tanto durante esos momentos el GPS no es muy confiable y se recomienda otro tipo de sistema de navegación, como es el caso de un LORAN. La combinación provee al GPS exactitud constante cuando los satélites están arriba y establece un preciso punto de referencia para un LORAN. Después el LORAN puede ser muy preciso cuando los satélites del GPS están debajo del horizonte.

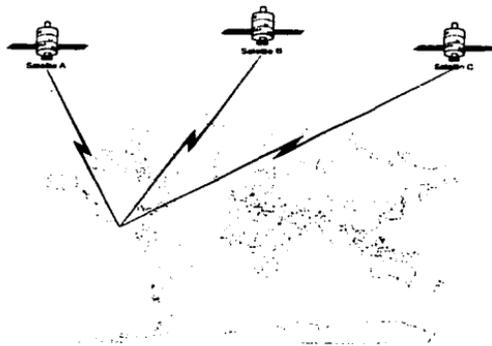


Fig. 3.8 La triangulación de los satélites es la base del sistema GPS.

Factores que ocasionan errores en el sistema.-

La ionosfera de la tierra provoca errores debido a una capa de partículas cargadas eléctricamente que se encuentra de 80 a 120 millas sobre la tierra. Estas partículas afectan la velocidad de la luz solar y por lo tanto afectan la velocidad de las señales de radio GPS. Existen formas de minimizar el error causado por esta variación. Por un lado se puede predecir cual es la variación típica de la velocidad de la luz en promedio diariamente, después aplicar un factor de corrección a todas las mediciones. Esto podría ayudar pero desafortunadamente no todos los días son iguales.

Otra forma de medir las variaciones de la velocidad de la señal es observando la velocidad relativa de la luz de dos diferentes señales. Cuando la luz viaja a través de la ionosfera ésta disminuye a una razón inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia de la señal. La menor frecuencia de la señal, es la que mas rápido disminuye.

Por lo tanto si comparamos los tiempos de las dos diferentes partes de la señal de GPS , las dos partes tienen diferentes frecuencias, entonces se puede identificar cual de las dos llega más lentamente. Este tipo de corrección de errores es muy sofisticado y solamente los más avanzados receptores " dual-frequency " lo poseen. Es conocido como " Ionospheric-free solution " y con esto gran parte de este tipo de errores se pueden eliminar.

Después de que las señales provenientes de los satélites de GPS atraviesan la ionosfera, que se encuentra muy arriba, éstas entran a la atmósfera de la tierra en donde se encuentra nuestro clima. Desafortunadamente el vapor de agua en la atmósfera puede también afectar las señales. Los errores son similares a los causados por la ionosfera pero lamentablemente este tipo de errores es casi imposible corregirlos.

Otro tipo de errores.-

El retraso de la propagación atmosférica y ionosférica son solamente un tipo de errores que afectan la exactitud de las mediciones. La siguiente es una lista de errores que también afectan a las mediciones;

Los receptores que se encuentran en la tierra a veces cometen errores. Los receptores realizan redondeos de operaciones matemáticas o de interferencias eléctricas que posiblemente causen correlaciones erróneas de los pseudo códigos aleatorios " pseudo-random codes ". Estos errores pueden ser muy pequeños o muy grandes. Cuando los errores son grandes es fácil de detectarlos porque son obvios, pero algunas veces los pequeños errores son difíciles de detectar. Estos errores pueden ocasionar pequeños pies de incertidumbre en cada medición.

Otro tipo de error que afecta a los receptores y/o satélites es el error " multipath ". Este error se incrementa cuando las señales transmitidas desde un satélite saltan alrededor antes de llegar al receptor. El resultado ocasiona que la señal no llegue directamente al receptor como debiera de ser, si no que tome rutas erróneas, algo similar al "fantasmeco" en las televisiones.

Sin embargo modernos receptores usan técnicas avanzadas de procesamiento de señales y antenas especiales para minimizar estos problemas, pero no eliminarlos del todo.

Precision.-

La precisión de GPS se determina por la suma de las fuentes de error que se han mencionado. La contribución de cada fuente probablemente dependa de condiciones atmosféricas y de equipo.

Resumen de errores:

Fuente de error (típico):

| | |
|--|---------------------------------------|
| Error del reloj del satélite | 2 pies |
| Error de predicción | 2 pies |
| Error del receptor | 4 pies |
| Atmósfera/ionosfera | 12 pies |
| Peor de los casos de S/A (si es implementado) | 25 pies |
| Total (raíz cuadrada de la suma) | 15 a 30 pies (dependiendo del S/A) |

Para calcular el error real se multiplica el total por el GDOP (Geometric Dilution of Precision).

GDOP bajo buenas condiciones está en el rango de 4 a 6. Por lo tanto la precisión exacta que se puede esperar es:

- Buen receptor (típico) 60-100 pies
- Peor de los casos 200 pies
- Si se implementa S/A 350 pies

CAPITULO 4

DISEÑO Y DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Para el desarrollo del sistema prototipo se contempló la utilización de una tarjeta de evaluación del microcontrolador 68HC11F1 que facilitara la interacción entre el software desarrollado para la adquisición y el procesamiento de datos y los acondicionadores de señal. Es decir que permitiera realizar modificaciones en las rutinas de servicio de forma simultánea a la ejecución de éstas, evitando pérdida de tiempo en la realización de procesos elaborados de almacenamiento, ejecución y corrección con dispositivos auxiliares (grabadores de memorias EPROM, implementación de arquitectura básica). Se encontró en el mercado la existencia de dos tarjetas de evaluación comerciales; la desarrollada por la compañía Motorola y otra desarrollada por un investigador del Departamento de Control de la Facultad de Ingeniería de la UNAM siendo esta última la más completa, fácil de usar y de menor costo. Dicha tarjeta denominada SIMMP-2 reúne todas las ventajas para ser utilizada como tarjeta de evaluación en el prototipo desarrollado. Así mismo en este capítulo se explicará el desarrollo e implementación de la fuente de alimentación de tipo conmutada y el circuito de reloj de tiempo real.

4.1.- TARJETA DE EVALUACION SIMMP-2.

Características generales.-

La tarjeta de evaluación SIMMP-2 es una computadora basada en el Microcontrolador MC68HC11F1 (con un cristal de 8 MHz) fabricado por la compañía Motorola descrito anteriormente en el capítulo 1. La tarjeta SIMMP-2 cuenta con las siguientes características:

- **Facilidad para operar en cualquiera de los cuatro modos de operación del MC68HC11: boot-strap, single-chip, expandido y test.**

- Programador de memorias EPROM.- Este bloque tiene la capacidad de programar físicamente las memorias EPROM comerciales (27C16, 27C32, 27C64, 27C128 etc.). Empleando para esto una computadora anfitriona (PC) que ejecute un software via puerto serie.
- Convertidor TTL-RS232.- El convertidor consiste en un circuito integrado MAX-232 el cual cambia los niveles lógicos de voltaje TTL a los niveles RS232 (+12 V y -12 V) y viceversa.
- 2 Puertos Paralelos Adicionales. La SIMMP-2 integra en su arquitectura dos circuitos integrados Intel 82C55. Cada uno de estos circuitos integrados contiene 3 puertos paralelos programables de entrada o salida que son validados en el modo expandido, mediante el paginador de puertos (74LS138).
- Paginador de Puertos.- Este bloque integra un 74LS138 (decodificador de 3 a 8) y el mismo genera 8 líneas de paginación de puertos, validando cada una de estas un intervalo de 128 direcciones. Se pueden acceder 6 de las 8 líneas (Y2-Y7). Las 2 líneas (Y0-Y1) no tienen acceso ya que el sistema las usa para habilitar a los dos puertos paralelos programables.
- Memoria RAM.- Dependiendo del mapa de memoria que se esté utilizando, la SIMMP-2 puede aceptar memorias RAM de 8kb o 32kb en el modo expandido.
- Memoria EPROM.- Cuando el Microcontrolador 68HC11 funciona en modo expandido o modo test el tamaño de la memoria necesariamente tendrá que ser de 8kb o 32 Kb, ya que la EPROM está colocada para ser parte de el mapa de memoria.
- Capacidad para comunicarse con una PC por medio de un manejador hexadecimal (PUMMA.EXE).

Manejador hexadecimal PUMMA.EXE

El manejador hexadecimal PUMMA es un software, que al ejecutarse en una

computadora de tipo PC hace que dicha computadora y la tarjeta de evaluación SIMMP-2 conformen un sistema anfitrión-destino en donde la PC es el anfitrión y la tarjeta de evaluación es el sistema destino. El enlace entre el anfitrión y el sistema destino se realiza vía puerto serie.

Las características con las que cuenta el software PUMMA.EXE son las siguientes:

- Carga en PC de un listado hexadecimal y bajado a la tarjeta SIMMP-2 que represente código para ser cargado en memoria RAM de la SIMMP-2 a partir de la dirección que previamente haya sido especificada. Una vez cargado el programa en la SIMMP-2, éste es ejecutado.
- Almacenamiento en disco de la PC de un listado hexadecimal que represente código o datos para su depuración o empleo posterior. PUMMA guarda en disco los listados hexadecimales bajo un archivo con un nombre dado por el usuario con la extensión LEM ó BLM.
- Lectura de disco de archivos LEM ó BLM.
- Edición de un listado hexadecimal cargado en ese momento por el usuario o recién leído del disco de la PC.
- Capacidad para importar un archivo con extensión S19 que haya sido generado por un ensamblador o un compilador cruzado para MC68HC11. El archivo queda validado como listado hexadecimal para ser de inmediato bajado y ejecutado en la SIMMP-2 o almacenado en disco para su posterior uso.
- Capacidad para leer información de la memoria de la tarjeta SIMMP-2.
- Capacidad para escribir información a la memoria RAM de la tarjeta SIMMP-2.

- Capacidad para programar la memoria EEPROM del MC68HC11 que valide la tarjeta SIMMP-2.
- Capacidad para cargar bloques de código o datos validados previamente como archivos BLM ó LEM, en la memoria RAM de la tarjeta SIMMP-2.
- Capacidad para programar memorias EPROM comerciales.

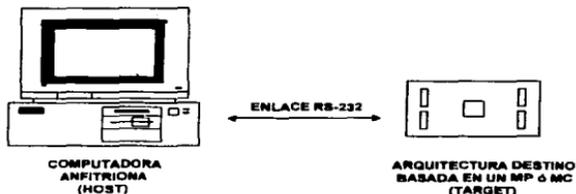


Fig. 4.1.- Sistema Anfitrión - Destino

Inicialización del sistema.-

Para operar el sistema se requiere de una PC (computadora anfitriona) que cuente con sistema operativo MS-DOS versión 3.0 ó posterior y con al menos un puerto serial. La conexión de la computadora anfitriona y la SIMMP-2 se logra mediante un cable serial con tres hilos validado para el lado de la PC con un conector DB9 hembra y para la tarjeta SIMMP-2 con un conector MOLEX hembra.

El software que se emplea en la PC consiste de un programa ejecutable y de 15 archivos. LEM, BLM, AYD y ASC, que PUMMA emplea para validar las funciones descritas anteriormente. El archivo ejecutable y los archivos acompañantes deberán estar en el mismo subdirectorio o unidad de disco en donde se ejecute el software PUMMA.

Para inicializar el sistema se deben realizar los siguientes pasos:

- 1) Energizar la tarjeta SIMMP-2 y oprimir su botón de RESET.
- 2) Ejecutar el programa PUMMA en la PC con el sujetador de mayúsculas validado.
- 3) Cuando se ejecuta el programa PUMMA aparece una pantalla en la que se explica el significado de las siglas PUMMA, así como también el crédito al autor del programa, la versión y la fecha en que fue realizado. En esta misma pantalla se pide al usuario que pulse cualquier tecla para continuar.
- 4) A continuación se le pide al usuario que en caso de que la PC cuente con dos puertos seriales (COM1 o COM2), especifique cual puerto usará, el cuál quedará inicializado a 1200 bps y formato 8N1. En caso de que la PC tenga sólo un puerto serie, el programa PUMMA inicializará el mismo y no requerirá ninguna especificación por parte del usuario.
- 5) Después de lo anterior aparecerá un menú en donde se pide al usuario que indique el tipo de microcontrolador que valida a la tarjeta SIMMP-2.
- 6) Enseguida aparecerá en pantalla el menú de opciones para la inicialización de la tarjeta SIMMP-2:
 1. BAJAR AMBIENTE PUMMA A SIMMP-2
 2. PROSEGUIR SIN BAJAR AMBIENTE PUMMA
 3. EJECUTAR SIN ARQUITECTURA 68HC11 DESTINATARIA

En caso de que la SIMMP-2 no tenga validado el ambiente PUMMA, el usuario deberá escoger la opción uno de este menú. Una vez que el usuario haya escogido la opción uno del menú de inicialización aparecerán en la pantalla mensajes que testifican la lectura de disco del ambiente PUMMA y su transmisión (bajado a la SIMMP-2), enseguida se deberá observar en el LED TESTIGO de la tarjeta SIMMP-2 una cadencia de encendido y apagado indicando con esto que se tiene validado el ambiente PUMMA, pudiéndose establecer comunicación entre la

PC y la tarjeta SIMMP-2. Posteriormente aparecerá en la pantalla un mensaje en donde se pide al usuario que indique en que modo opera el MC68HC11, para nuestro caso se opera en modo expandido. Finalmente todo quedará listo para operar el sistema cuando aparezca el menú principal de interface con la tarjeta de evaluación SIMMP-2.

Menú principal de interface con la tarjeta de evaluación SIMMP-2

El menú principal cuenta con las siguientes opciones:

1. INTRODUCCION DE UN PROGRAMA EN LENGUAJE DE MAQUINA DEL 68HC11
2. PASAR A MENÚ DE MANEJO DE DISCO
3. BAJAR A SIMMP-2 AMBIENTE RECEPTOR DE PROGRAMAS NP.S19
4. BAJAR A SIMMP-2 PROGRAMA EN MODO BOOT-STRAP
5. PASAR A MENÚ DE MANEJO DE MEMORIA
6. BAJAR A SIMMP-2 PROGRAMA CON ASIGNACION DE DIRECCIONES
7. PASAR A MENÚ DE EDICIÓN
8. BAJAR AMBIENTE PUMMA A SIMMP-2
9. TERMINAR LA SESION

Mapas de memoria con los que puede operar la tarjeta de evaluación SIMMP-2

La tarjeta SIMMP-2 puede funcionar con diferentes mapas de memoria dependiendo en que modo opera el microcontrolador 68HC11F1.

Al operar en los modos expandido ó TEST el microcontrolador 68HC11F1 cuenta con líneas de selección de memoria y puertos que pueden ser configurados por software, esto hace que en estos casos puedan ser configurados diversos mapas de memoria. Cada mapa es configurado por software (mediante la programación de firmware residente en la tarjeta) y por hardware (colocando puentes).

| | |
|---|------------------|
| Vectores de Reset e Interrupción | \$FFFF |
| FIRMWARE DE ENLACE CON EL PROGRAMA MANEJADOR PUMMA EEPROM INTERNA | \$FFC0 \$FFBF |
| EPROM/EEPROM EXTERNA 7.5 K | \$FED0 \$FDFF |
| RAM EXTERNA 8.0 K | \$E0D0 \$DFFF |
| | \$CD0D |
| SUBMAPA DE PUERTOS | \$1BFF |
| | \$1800 |
| | \$105F |
| REGISTROS DE CONTROL Y PROGRAMACION DE PERIFERICOS | \$1000 |
| | \$03FF |
| PILA (STACK) | \$03E0 \$03DF |
| ZONA DE RAM INTERNA PARA EL USUARIO | \$0100 \$00FF |
| ZONA EMPLEADA POR EL MEDIO AMBIENTE PUMMA | \$0000 |

Fig. 4.2.- Mapa de memoria de la SIMMP-2 operando en modo expandido.

Submapa de puertos.-

El submapa de puertos está definido en un intervalo de 1K (de la dirección \$1800 a la \$ 1BFF) dividido en ocho subintervalos de 128 direcciones cada uno, al invocar una dirección de puerto en un subintervalo determinado se verifica en nivel bajo una de ocho líneas de habilitación de puerto.

| | |
|---------------------------------------|---------|
| ZONA DECODIFICADA POR Y7 | \$ 1BFF |
| | \$ 1B80 |
| ZONA DECODIFICADA POR Y6 | \$ 1B7F |
| | \$ 1B00 |
| ZONA DECODIFICADA POR Y5 | \$ 1AFF |
| | \$ 1A80 |
| ZONA DECODIFICADA POR Y4 | \$ 1A7F |
| | \$ 1A00 |
| ZONA DECODIFICADA POR Y3 | \$ 19FF |
| | \$ 1980 |
| ZONA DECODIFICADA POR Y2 | \$ 197F |
| | \$ 1900 |
| 31 REPETICIONES DEL MAPA DEL PPI-2 | \$ 18FF |
| | \$ 1884 |
| CONTROL PPI-2 | \$ 1883 |
| PUERTO C PPI-2 | \$ 1882 |
| PUERTO B PPI-2 | \$ 1881 |
| PUERTO A PPI-2 | \$ 1880 |
| 31 REPETICIONES DEL MAPA DEL PPI-1 | \$ 187F |
| | \$ 1804 |
| CONTROL PPI-1 | \$ 1803 |
| PUERTO C PPI-1 | \$ 1802 |
| PUERTO B PPI-1 | \$ 1801 |
| PUERTO A PPI-1 | \$ 1800 |

Fig. 4.3.- Submapa de puertos de la SIMMP-2 operando en modo expandido o TEST

Submapa de puertos alterno

En todos los mapas de memoria asociados con los modos TEST y EXPANDIDOS existe un submapa de puertos alterno definido en intervalos de 1K (direcciones de la \$1C00 a la \$1CFF), donde al conectar un 74LS138 se generará en sus ocho salidas líneas de habilitación de puertos asociadas cada una de ellas con sendos subintervalos de 128 direcciones cada una, así como también los subintervalos que verificarán cada línea de habilitación como se muestra en la Fig. 4.3.

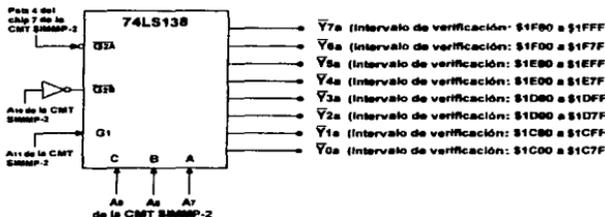


Fig. 4.4 - Conexión de un decodificador 74LS138 para validar el submapa de puertos alterno con 8 subintervalos de verificación.

Puertos de entrada y salida direccionados a un 74LS374.

Para el desarrollo del sistema se emplearon tres puertos de uno de los dos registros 74LS374 con los que cuenta la tarjeta de evaluación SIMMP-2, siendo habilitados dos puertos de entrada y uno de salida. El primer puerto de entrada controla el acceso de códigos binarios del teclado auxiliar del sistema, el otro puerto de entrada recibe las 6 señales digitales que registra el sistema (indicadas en el capítulo 1). El puerto de salida se empleó para la conexión del buzzer ó zumbador que indica la sobrevelocidad del vehículo.

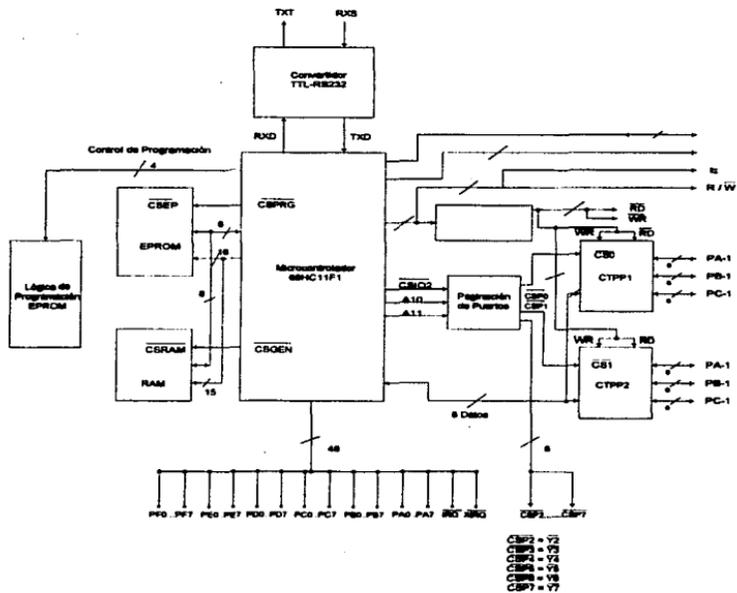


Fig. 4.5 Diagrama de bloques SIMMP-2

4.2-FUENTE DE ALIMENTACION.

El diseño de la fuente se basó en las necesidades específicas de alimentación que el prototipo requería para el correcto funcionamiento. La decisión de utilizar una fuente conmutada y no una fuente de c.a. a c.c. (transformador, puente rectificador, regulador monolítico y filtro), lo determinaron las características del sistema.

El sistema es alimentado mediante la batería del vehículo, debido a esto no se tiene una fuente de c.a. disponible. Todos los voltajes positivos y negativos provienen de una sola fuente de voltaje por lo que en realidad lo que se implementó fue un convertidor de c.c. a c.c..

Las ventajas de utilizar una fuente conmutada son el tener un voltaje de salida independiente a la corriente de carga, inmunidad al ruido y excelente porcentaje de regulación del orden de 0.796 % @ 1 A.

Fuente regulada ideal.

Una fuente regulada ideal es un circuito electrónico diseñado para proveer un voltaje predeterminado V_o el cual es independiente de la corriente I_L derivada de V_o , de la temperatura y también de cualquier variación de voltaje de línea c.a.

Existen tres razones por las cuales una fuente de poder no regulada no es suficiente para muchas aplicaciones. La primera razón es que tiene una pobre regulación; el voltaje de salida no es constante para las variaciones de la carga. La segunda es que la salida de voltaje varía con la entrada de c.a. La tercera razón es que la salida de voltaje de c.c. varía con la temperatura, particularmente porque se trata de dispositivos semiconductores. Estas desventajas pueden eliminarse al integrar en el diseño una fuente conmutada.

Fuente conmutada.-

El circuito básico de control de una fuente conmutada se muestra a continuación en la Fig. 4.6.

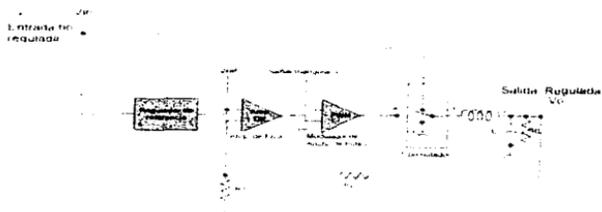


Fig. 4.6 Topología básica de una fuente conmutada.

La entrada de voltaje no regulada es V_{IN} y la salida regulada es V_O . La corriente de salida es enviada a la carga por medio de R_L que es del orden de algunos amperes. La caja punteada muestra circuitos de baja potencia, fabricados en un solo C.I. El regulador de referencia es un regulador monolítico el cual su salida es el voltaje de referencia regulado V_{REF} que sirve como fuente de voltaje para los demás circuitos en el C.I. Debido a que la corriente que circula a través de V_{REF} es pequeña (10 mA) las pequeñas pérdidas de potencia en el regulador de paso no afectan la eficiencia del resto del sistema.

Una señal de onda triangular de periodo T que también se encuentra en el chip es aplicada a la terminal inversora del comparador el cual funciona como un modulador de ancho de pulso (PWM). El voltaje de salida del amplificador de error v_m es aplicado a la terminal no inversora del PWM. La salida v_a del PWM acciona el conmutador, creando una onda cuadrada (de periodo T y un ciclo de trabajo δ), donde el mínimo valor es 0 y el máximo valor es V_{IN} . Esta onda cuadrada es filtrada por el arreglo LC, el cual funciona como un filtro paso bajas con frecuencia de corte:

$$\omega_c = 2/\sqrt{LC}$$

Salida de voltaje regulada.-

Debido a que existe un corto circuito virtual entre las terminales de entrada del amplificador de error, $V_{REF} = R_1 V_o / (R_1 + R_2)$, la salida está dada por;

$$V_o = V_{REF} (1 + R_2/R_1)$$

El voltaje regulado solo depende del voltaje V_{ref} y del valor de R_2/R_1 . Éste es independiente de las variaciones en el voltaje de entrada V_{IN} y de los cambios en la corriente de carga.

Eficiencia.-

Una fuente conmutada puede exceder el 90% de eficiencia si se usa un conmutador con pocas pérdidas (un transistor con bajo $V_{CE(SAT)}$ y alta velocidad de conmutación) y un filtro con alta Q (un inductor con baja resistencia).

Para la implementación de la fuente conmutada se empleó el circuito integrado LM2575-5.0 fabricado por la compañía National Semiconductors, este dispositivo entrega a la salida un voltaje regulado de 5.0 V @ 1A de carga con una aceptable linealidad.

El circuito eléctrico de la figura 4.7 muestra el circuito integrado que se utilizó para la implementación de la fuente conmutada y los cuatro elementos necesarios para la regulación a 5 V.

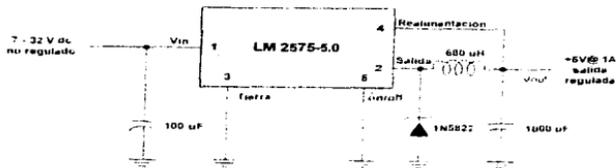


Fig. 4.7 Circuito eléctrico de la fuente conmutada.

Determinación de los componentes para la fuente conmutada:

Selección del Inductor:

Los valores de voltaje de entrada y corriente máxima que consume el sistema son:

$$V_{in}(\text{Max}) = 12 \text{ V,}$$

$$I_{\text{LOAD}} = 125 \text{ mA.}$$

Estos dos valores se consultan en la gráfica de la figura 4.8 para identificar el código del inductor de la región indicada por $V_{IN}(\text{Max})$ e $I_{\text{LOAD}}(\text{Max})$. Una vez que se conoce el código del inductor, en seguida se consulta la tabla de la figura 4.9. Esta tabla proporciona el valor apropiado del inductor que se debe de utilizar para que la fuente conmutada regule adecuadamente.

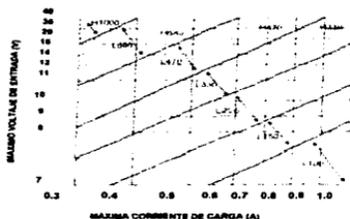


Fig.4.8 Gráfica $V_{in}(\text{max})$ Vs $I_{\text{load}}(\text{max})$

| Código del Inductor | Valor del inductor |
|---------------------|--------------------|
| L100 | 100 μ H |
| L150 | 150 μ H |
| L220 | 220 μ H |
| L330 | 330 μ H |
| L470 | 470 μ H |
| H330 | 330 μ H |
| H470 | 470 μ H |
| H680 | 680 μ H |
| H1000 | 1000 μ H |

Fig. 4.9 Selección del Inductor por No. de parte.

Selección del Capacitor de salida:

El valor del capacitor y el tipo de capacitor determina la disminución de voltaje de rizo que se presenta a la salida. El valor del capacitor que proporciona a la salida el menor voltaje de rizo posible (de 35mV a 50mV menos), está entre el valor de 220 μ F y 1000 μ F. También se debe de considerar que el capacitor tenga la menor resistencia en serie equivalente, sin embargo una resistencia equivalente muy pequeña del orden de 0.05 Ω puede causar inestabilidad como es el caso de los capacitores de Tantalio. Un capacitor electrolítico es el mas recomendado, debe tener un voltaje de ruptura de 5 veces mas grande que el voltaje de salida (5X 5 = 25 V).

- Otra forma de seleccionar el Inductor de salida es por medio de un desarrollo matemático que a continuación se presenta:

se debe cumplir que la reactancia de C sea mucho menor que la de L a la frecuencia del oscilador del C.I.

$$T / 2\pi C \ll 2\pi L / T$$

Por lo tanto el voltaje de salida será constante, igual al promedio del valor de la onda cuadrada.

Sabemos que el valor de la capacitancia que menor voltaje de rizo presenta a la salida está entre 220 μ F y 1000 μ F. El valor del periodo T es 1/ f. La frecuencia de oscilación del circuito integrado (LM2575-5.0) es de 52000 Hz (dato del fabricante), por lo tanto el periodo T = 1/52000.

Proponemos el valor de C=1000 uF y sustituimos en la desigualdad anterior para obtener el valor de la inductancia L.

Selección del Diodo :

La selección del diodo debe contemplar que sea al menos 1.2 veces mayor que el máximo valor de la carga a la salida para asegurar una ruta de retorno de la corriente de cuando el switch del regulador está en off. Además debe tener alta velocidad de conmutación y gran eficiencia. El diodo que reúne estas características es el diodo shottky (1N5822), utilizando en la implementación de la fuente conmutada.

4.3-RELOJ DE TIEMPO REAL.

Como se mencionó en el capítulo 1 es muy importante tener una referencia del tiempo en el que suceden los eventos. El Circuito Integrado que se empleó para conocer los instantes en los que se registran lecturas o se activan alarmas es el C.I. CMOS MM58274C fabricado por National Semiconductor.

El circuito utilizado es un reloj comercial especialmente diseñado para trabajar con sistemas basados en microprocesadores. La frecuencia de transmisión de datos es a 2 MHz, y es totalmente compatible con tecnología TTL. Cuenta con las siguientes características :

- Almacena periodos de tiempo que van desde segundos hasta decenas de año en registros independientes y de fácil acceso.
- Contador de horas programable para 12 ó 24 horas.
- Registro para año bisiesto.
- Bajo consumo de energía en modo Standby (10uA @ 2.2 V).
- Rango de voltaje de alimentación $V_{DD}= 4.5$ a 5.5 V
- Voltaje de alimentación para modo Standby $V_{DD}= 2.2$ a 5.5 V.
- Rango de operación de temperatura de -40° C hasta 85° C.

Funcionamiento.-

El MM58274C cuenta con 16 registros, dos de ellos son de control y los restantes proporcionan información sobre fecha y hora actual, con una precisión de décimas de segundo. Además puede ser programado para que genere una interrupción (única o repetitiva), la cual puede darse en un intervalo de tiempo máximo de 60 segundos.

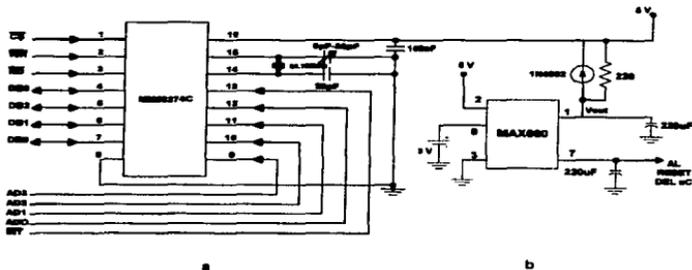


Fig. 4.11 (a) Circuito eléctrico del reloj de tiempo real MM58274C (b) Circuito eléctrico del supervisor de voltaje (Watch-Dog).

| Función | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 | Comentario | Acceso |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|----------------------------|--------|
| Contador de Año Bisiesto | X | X | | | 0 = Año Bisiesto | R/W |
| Indicador AM/PM (Modo 12 hrs.) | | | X | | 0 = AM 1= PM | R/W |
| Bit de Selección 12/24 hrs. | | | | X | 0 = 12 hrs. 1 = 24 hrs. | R/W |

Fig. 4.12 Inicialización de registros de control

| Acceso (Dirección) | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|--------------------|--|--|--|---|
| Leer de : | Bandera Cambio - Datos | 0 | 0 | Bandera de Interrupción |
| Escribir a : | Test 0=Modo normal 1=Modo Test | Clock Start/Stop 0=Arranque del reloj 1=Paro del Reloj | Selección de Interrupción 0=Selección de la interrupción 1=Registro de Interrupción | Interrupción Start/Stop 0=Habilita 1=Deshabilita |

Fig. 4.13 Registros de control

4.4.- CIRCUITO SUPERVISOR DE VOLTAJE.

El diseño del prototipo tiene como prioridad que el reloj de tiempo real nunca pierda la información, por lo que se implementó un circuito supervisor de voltaje (Watch-Dog) MAX690 que se encarga de vigilar que el voltaje de alimentación esté en el rango adecuado de operación. Cuando este voltaje es menor a 4.7 V, genera una señal de RESET, que deshabilita la ejecución del programa. Cuando el voltaje es menor al de la batería de respaldo (3.6 Volts), conecta el reloj a dicha batería para asegurar que no se pierda la información almacenada (Fig. 4.11 b).

CAPITULO 5

**PRUEBAS DE LA
MEDICIÓN DE LAS VARIABLES**

En este capítulo se presentan los resultados de las pruebas realizadas a los transductores implementados para el registro de las variables. La interpretación de estos resultados se presenta en forma gráfica en donde se muestra la respuesta del transductor a su correspondiente excitación. Este comportamiento se compara con la respuesta que tendría el transductor si éste fuera ideal. La comparación entre estas dos respuestas determina, la confiabilidad de los transductores que se implementaron con base a sus características de: tipo y rango de la medición, span, sensibilidad, linealidad y resolución.

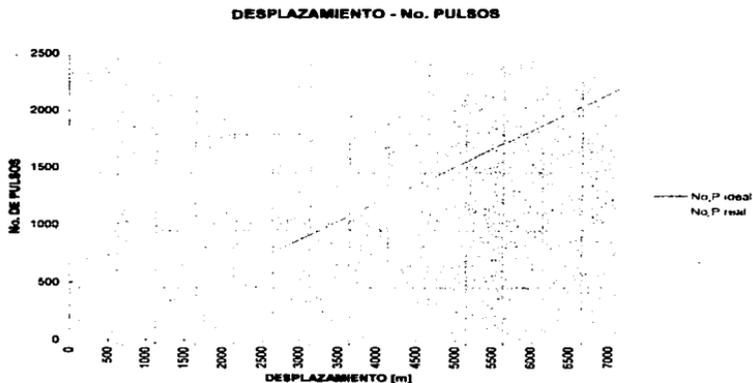
5.1-TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO.

Características del sensor.-

| | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| - Tipo y rango de la medición.- | Unidireccional, 0 - 999 999 m |
| - Span.- | 999 999 m |
| - Sensibilidad.- | S= 0.3181 m/No.pulsos |
| - Linealidad.- | 99.8125 % |
| - Resolución.- | 100 m |

| DESPLAZAMIENTO | Nº de Ideal | Nº de Real | % de Ideal | % de Real |
|----------------|-------------|------------|------------|-----------|
| 0 | 156 11 | 156 | 100 | 100 |
| 500 | 316 21 | 317 | 100 | 100 |
| 1000 | 474 41 | 475 | 100 | 100 |
| 1500 | 630 62 | 635 | 100 | 100 |
| 2000 | 786 77 | 794 | 100 | 100 |
| 2500 | 954 92 | 952 | 99 | 99 |
| 3000 | 1114 08 | 1112 | 99 | 99 |
| 3500 | 1273 23 | 1273 | 100 | 100 |
| 4000 | 1432 33 | 1431 | 99 | 99 |
| 4500 | 1591 50 | 1588 | 99 | 99 |
| 5000 | 1750 7 | 1747 | 99 | 99 |
| 5500 | 1909 26 | 1906 | 99 | 99 |
| 6000 | 2069 01 | 2065 | 99 | 99 |
| 6500 | 2228 17 | 2224 | 99 | 99 |

Tabla 1. Respuesta ideal vs. Respuesta real para desplazamiento



5.2-TRANSDUCTOR DE VELOCIDAD LINEAL.

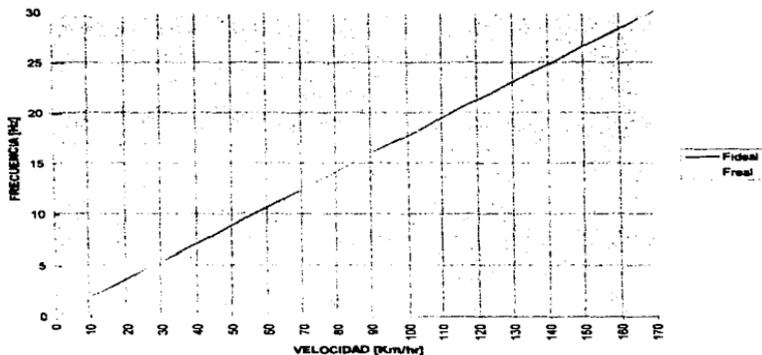
Características del sensor.-

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| - Tipo y rango de la medición.- | Unidireccional, 0-170 Km/hr. |
| - Span.- | 170 Km/hr. |
| - Sensibilidad.- | 0.1745 Km/hr-Hz |
| - Linealidad.- | 98.181 % |
| - Resolución.- | 2 Km / hr |

| 0 | 0 | 0 | 0.113 | 0 |
|-----|-------|-------|--------|------|
| 10 | 1.77 | 1.76 | 1.85H | 0.02 |
| 20 | 3.54 | 3.55 | 3.603 | 0.19 |
| 30 | 5.31 | 5.35 | 5.44H | 0.04 |
| 40 | 7.07 | 7.3 | 7.093 | 0.23 |
| 50 | 8.84 | 9.06 | 8.838 | 0.22 |
| 60 | 10.61 | 10.96 | 10.583 | 0.36 |
| 70 | 12.38 | 12.4 | 12.328 | 0.02 |
| 80 | 14.15 | 14.22 | 14.073 | 0.07 |
| 90 | 15.92 | 15.91 | 15.818 | 0.01 |
| 100 | 17.68 | 17.31 | 17.563 | 0.37 |
| 110 | 19.45 | 19.26 | 19.308 | 0.16 |
| 120 | 21.22 | 21.07 | 21.053 | 0.21 |
| 130 | 22.99 | 22.44 | 22.798 | 0.55 |
| 140 | 24.76 | 24.23 | 24.543 | 0.53 |
| 150 | 26.53 | 26.37 | 26.288 | 0.16 |
| 160 | 28.29 | 27.94 | 28.033 | 0.35 |
| 170 | 30.06 | 30.22 | 28.778 | 0.16 |

Tabla 2. Respuesta ideal vs. Respuesta real para velocidad.

VELOCIDAD-FRECUENCIA



5.3-TRANSDUCTOR DE VELOCIDAD ANGULAR.

Características del sensor.-

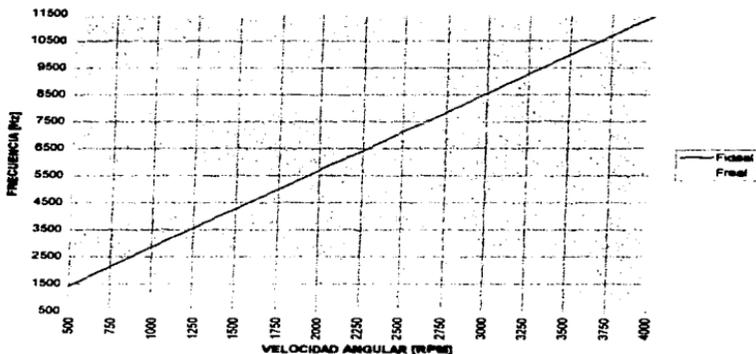
- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| - Tipo y rango de la medición.- | Unidireccional, 500- 4000 R.P.M. |
| - Span.- | 3500 R.P.M. |
| - Sensibilidad.- | 2.8482 R.P.M./Hz |
| - Linealidad.- | 98.12 % |
| - Resolución.- | 40 R.P.M. |

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

| | | | | |
|------|---------|--------|-----------|-------|
| 500 | 1425 | 1243 | 1292 952 | 182 |
| 750 | 2137 5 | 1994 | 2005 002 | 143 5 |
| 1000 | 2850 | 2727 | 2717 052 | 123 |
| 1250 | 3562 5 | 3352 | 3429 102 | 109 5 |
| 1500 | 4275 | 4130 | 4141 152 | 139 |
| 1750 | 4987 5 | 4825 | 4853 202 | 89 5 |
| 2000 | 5700 | 5585 | 5595 252 | 115 |
| 2250 | 6412 5 | 6290 | 6277 302 | 122 5 |
| 2500 | 7125 | 6971 | 6969 352 | 154 |
| 2750 | 7837 5 | 7723 4 | 7701 402 | 114 1 |
| 3000 | 8550 | 8406 | 8415 452 | 142 |
| 3250 | 9262 5 | 9125 | 9125 502 | 137 1 |
| 3500 | 9975 | 9837 | 9837 552 | 138 |
| 3750 | 10687 5 | 10530 | 10540 602 | 157 5 |
| 4000 | 11400 | 11250 | 11261 652 | 150 |

Tabla 3. Respuesta ideal vs. Respuesta real para R.P.M.

VELOCIDAD ANGULAR - FRECUENCIA



5.4-TRANSDUCTOR DE NIVEL DE LIQUIDOS.

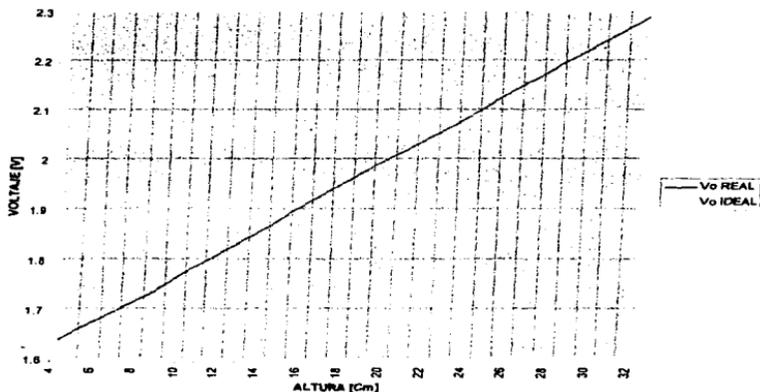
Características del sensor.-

- | | |
|---------------------------------|---------------------------|
| - Tipo y rango de la medición.- | Unidireccional, 4 - 32 Cm |
| - Span.- | 28 Cm |
| - Sensibilidad.- | 0.0233 [V/Cm] |
| - Linealidad.- | 97.04 % |
| - Resolución.- | 1 mm |

| | | | | |
|----|--------|-------|-------|--------|
| 4 | 1 6169 | 1 637 | 1 634 | 0 0181 |
| 5 | 1 6421 | 1 66 | 1 657 | 0 0179 |
| 6 | 1 6653 | 1 681 | 1 68 | 0 0157 |
| 7 | 1 6885 | 1 702 | 1 704 | 0 0135 |
| 8 | 1 7117 | 1 724 | 1 727 | 0 0123 |
| 9 | 1 7349 | 1 749 | 1 75 | 0 0141 |
| 10 | 1 7581 | 1 779 | 1 774 | 0 0155 |
| 11 | 1 7813 | 1 795 | 1 797 | 0 0137 |
| 12 | 1 8045 | 1 819 | 1 85 | 0 0145 |
| 13 | 1 8277 | 1 843 | 1 843 | 0 0193 |
| 14 | 1 8509 | 1 865 | 1 867 | 0 0141 |
| 15 | 1 8741 | 1 889 | 1 89 | 0 0189 |
| 16 | 1 8973 | 1 915 | 1 913 | 0 0187 |
| 17 | 1 9205 | 1 94 | 1 937 | 0 0195 |
| 18 | 1 9437 | 1 962 | 1 96 | 0 0183 |
| 19 | 1 9669 | 1 985 | 1 983 | 0 0181 |
| 20 | 1 9901 | 2 008 | 2 007 | 0 0179 |
| 21 | 2 0133 | 2 02 | 2 02 | 0 0167 |
| 22 | 2 0365 | 2 057 | 2 053 | 0 0155 |
| 23 | 2 0597 | 2 074 | 2 074 | 0 0143 |
| 24 | 2 0829 | 2 089 | 2 1 | 0 0161 |
| 25 | 2 1061 | 2 125 | 2 123 | 0 0189 |
| 26 | 2 1293 | 2 146 | 2 146 | 0 0187 |
| 27 | 2 1525 | 2 171 | 2 17 | 0 0185 |
| 28 | 2 1757 | 2 195 | 2 193 | 0 0193 |
| 29 | 2 1989 | 2 218 | 2 215 | 0 0191 |
| 30 | 2 2221 | 2 241 | 2 24 | 0 0189 |
| 31 | 2 2453 | 2 264 | 2 263 | 0 0187 |
| 32 | 2 2685 | 2 287 | 2 286 | 0 0185 |

Tabla 4. Respuesta ideal vs. Respuesta real para nivel de líquidos.

ALTURA - VOLTAJE



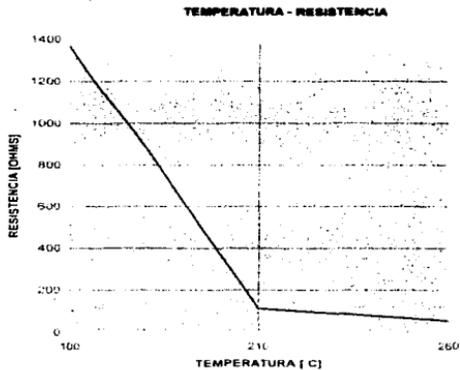
5.5-TRANSDUCTOR DE LA SEÑAL DE TEMPERATURA DEL MOTOR.

Características del sensor.-

- Tipo de la medición.- Unidireccional activa un bit al presentar exceso en la temperatura del motor.
- Sensibilidad.- $8.18\Omega/^{\circ}\text{C}$

| TEMPERATURA | RESISTENCIA |
|-------------|-------------|
| 100 | 1365 |
| 210 | 113 |
| 260 | 55 |

Tabla 5. Comportamiento del sensor de temperatura.



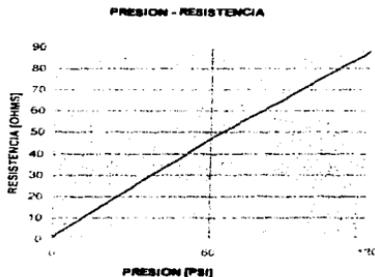
5.6-TRANSDUCTOR DE LA SEÑAL DE PRESION DE ACEITE.

Características del sensor.-

- Tipo de la medición.- Unidireccional, activa un bit al presentar baja presión del motor.
- Sensibilidad.- $.725 \Omega/\text{Psi}$

| 0 | 1 |
|-----|----|
| 60 | 47 |
| 120 | 88 |

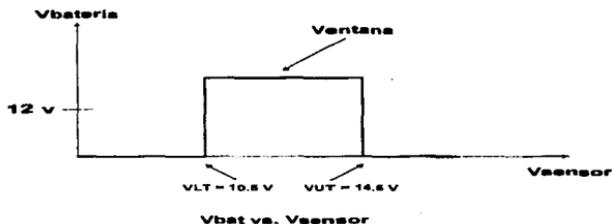
Tabla 6. Comportamiento del sensor de presión.



5.7-SENSADO DEL NIVEL DE VOLTAJE DE LA BATERÍA.

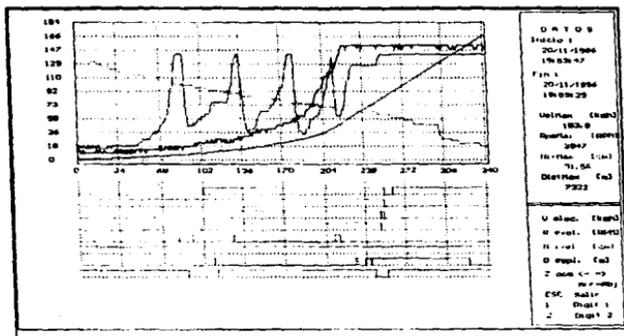
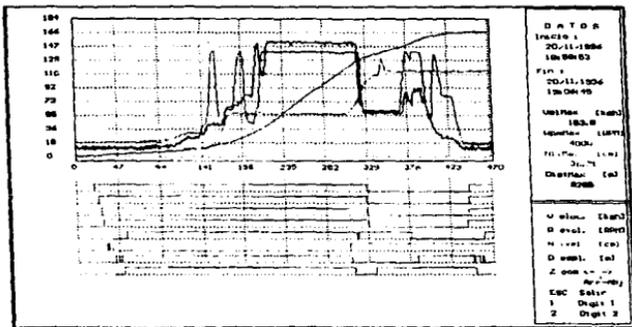
La carga de la batería del vehículo puede verse a través de una ventana cuyos límites son 10.5 V y 14.5 V debido a que este rango es el que se considera como carga normal en los vehículos de transporte.

La respuesta de este transductor se interpreta con base en la siguiente figura, que corresponde a la forma de onda de un circuito detector de ventana.



5.8-PRUEBA A LAS SEÑALES SENSADAS EN TIEMPO REAL.

La presentación de las gráficas de respuesta en la P.C. tiene la versatilidad de mostrar información de todas las señales que el prototipo del grabador de eventos puede registrar. Las gráficas muestran datos importantes como son los valores máximos de velocidad, R.P.M., nivel máximo, y distancia. Así mismo despliega el comportamiento de las señales digitales, fecha, hora de inicio y término del registro de todas las señales.



CAPITULO 6

**DESCRIPCIÓN DE LOS ESQUEMAS DE
COMUNICACIÓN Y SUS CARACTERÍSTICAS**

En este capítulo se describen algunos esquemas de comunicación que se pueden emplear para interactuar con el sistema grabador de eventos, a fin de transmitir información desde un punto remoto, que puede estar estático o en movimiento (vehículo), a una estación central.

6.1-Trunking.

Trunking es un novedoso sistema de radio comunicación en el que se comparten automáticamente un pequeño número de canales entre un gran número de usuarios logrando con esto la optimización de la comunicación.

El principio básico de funcionamiento de un sistema Trunking es semejante al de una central telefónica, que cuenta con una serie de canales o troncales disponibles, mismas que son automáticamente asignadas a un abonado en el sistema cuando éste desea establecer comunicación.

La comunicación se logra mediante la operación de búsqueda y asignación de un canal disponible que realiza un sistema computarizado en fracciones de segundo, estableciendo de inmediato el enlace solicitado. Al terminar la comunicación el canal regresa automáticamente a un estado de disponibilidad.

El sistema opera en la banda de 400Mhz. y tiene una cobertura de 50 Km. en torno a las repetidoras (Fig.6.1).

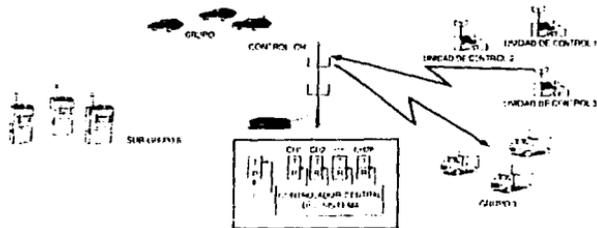


Fig. 6.1 Sistema de Comunicaciones Trunking

Una de las partes más importantes en este sistema es determinar el número de troncales que se requieren en una ruta o en la conexión entre centrales. Para dimensionar una ruta o el tamaño de una central telefónica, es necesario conocer la intensidad de tráfico en un día representativo de trabajo. La principal unidad del tráfico de llamadas es el Erlang. Llamado así en memoria del matemático Danés A.K. Erlang.

El Erlang expresa el grado de servicio o la probabilidad de encontrar x canales ocupados.

Esta probabilidad considera lo siguiente:

- El Tráfico originado proviene de un número infinito de fuentes.
- El número de troncales o canales de servicio es limitado
- Existencia de completa disponibilidad

6.2-SATÉLITES.

Los enlaces satelitales son el resultado de las investigaciones en el campo de las radiocomunicaciones con la certeza de aprovechar al máximo la capacidad y cobertura al menor costo. La segunda guerra mundial contribuyó rápidamente al desarrollo de misiles y la tecnología de las microondas.

Inicialmente los sistemas de comunicación via satélite fueron designados para asegurar enlaces entre un número pequeño de estaciones terrestres con antenas muy grandes (arriba de 32m. de diámetro). Actualmente la tendencia es utilizar sistemas de uno o varios satélites hasta grupos de cientos de estaciones terrestres con pequeñas antenas (1m de diámetro) a veces llamadas VSAT (Very Small Aperture Terminals).

En la actualidad hay gran diversidad de satélites geoestacionarios orbitando la tierra. No todos los satélites operan a la misma frecuencia, el uso de bandas diferentes para los enlaces de subida y bajada evita interferencia entre las señales de entrada y salida del satélite.

Las bandas de frecuencia para las estaciones fijas son: (Banda C), (Banda X, uso militar), (Banda Ku), (Banda Ka). Las bandas de frecuencia para las estaciones móviles son: (Banda L).

El sistema de comunicaciones via satélite se divide en dos partes;

- Segmento de espacio (incluye el satélite y lo necesario en la tierra para lograr los lanzamientos, además de la estación de resguardo).
- Segmento de tierra (estaciones terrenas que contienen transmisores y receptores para la transmisión y recepción de las señales provenientes de los satélites).

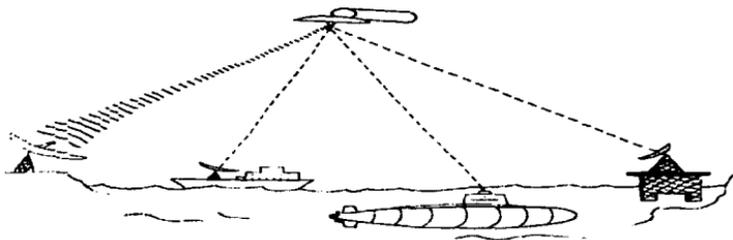


Fig. 6.2 Sistema de Comunicaciones con Satélites

Características del medio.-

El satélite de comunicaciones es un dispositivo que actúa principalmente como "reflector" de las emisiones terrenas. Se puede decir que es la extensión al espacio del concepto de "torre de microondas". Al igual que éstas, los satélites "reflejan" un haz de microondas que transportan información codificada. Principalmente la función de "reflexión" se compone de un receptor y un emisor, que operan a diferentes frecuencias por ejemplo; recibe a 6 GHZ. y envía (refleja) a 4 GHZ.

Fisicamente, los satélites giran alrededor de la tierra en forma sincrónica, para los sistemas de satélites geoestacionarios, a una altura de 35,680 Km. en un arco directamente ubicado sobre el ecuador. Esta es la distancia requerida para que un satélite gire alrededor de la tierra en 24 horas, coincidiendo con la vuelta completa de un punto en el ecuador.

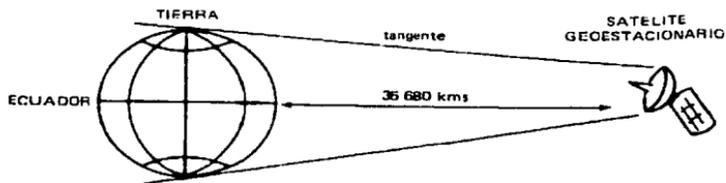


Fig. 6.3 Distancia Tierra - Satélite

El espaciamiento o separación entre dos satélites de comunicaciones, es de 2880 Kms equivalente a un ángulo de 4° visto desde la tierra. El número de satélites posibles a conectar es finito, lo cual es reducido pero suficiente si se saben aprovechar.

Estaciones terrenas.

Las estaciones de los años setenta usaban una antena plato de más de 10 metros de diámetro. Sin embargo, la tecnología hizo posible la reducción de estos dispositivos y actualmente una antena pequeña tiene 5 metros de diámetro.

La reducción no se detuvo y ahora en día existen microestaciones terrenas para comunicaciones vía satélite, con una antena de 60 cm de diámetro y 7 Kg. de peso, que abaratan el costo y facilitan su instalación y mantenimiento.

Algunas de las características de estas microestaciones son:

- Uso de microcomputadores locales como inteligencia de control.
- Eliminan las cargas de la conexión telefónica.
- Ubicables en cualquier empresa o el hogar.

- Permiten el acceso " local " a archivos centralizados sin demoras producidas por compartir recursos.
 - Una microestación consta de tres partes:
 - Estación receptora (una antena y un Microcontrolador)
 - Un segmento en el satélite
 - Una estación emisora

Servicio móvil via satélite.-

Muchos usuarios que requieren comunicarse por satélite tienen la característica de que sus equipos no permanecen fijos, sino que se mueven o cambian de lugar constantemente, por ejemplo, en barcos, aviones, trenes, camiones de carga y automóviles. Estos vehículos utilizan sistemas de comunicaciones móviles via satélite, en los cuales se aprovechan constelaciones de satélites que giran en torno a la tierra en órbitas bajas. Estos sistemas de comunicaciones se dan en la banda L.

Dentro de las áreas de transporte se ha extendido el uso de sistemas de navegación y localización. Un sistema muy utilizado actualmente para localización de unidades móviles es el GPS (Global Positioning System). Este sistema permite conocer la ubicación espacial de un objeto auxiliándose de una constelación de satélites. Utiliza antenas de dimensiones pequeñas con polarización circular. La constelación de satélites GPS a diferencia de los satélites de comunicaciones comerciales, que son geostacionarios, son de órbita baja (35,000.00Km).

RESUMEN DE FRECUENCIAS ASIGNADAS A CADA BANDA

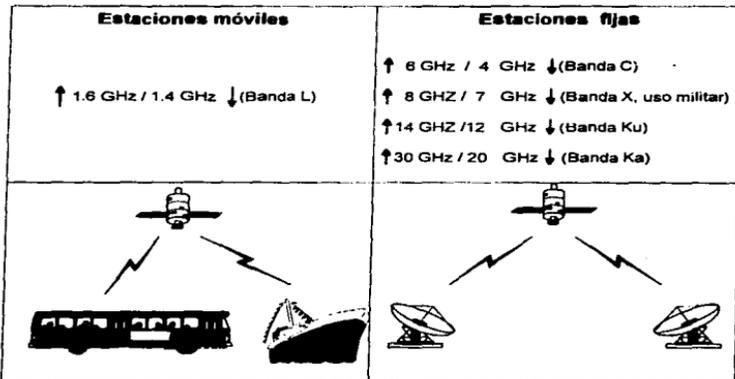


Fig. 6.4 Estaciones Terrenas Y Móviles

El uso de bandas diferentes para los enlaces de subida y de bajada evita interferencia entre las señales de entrada y salida del satélite (Fig.6.4).

6.3-RADIO SPREAD SPECTRUM EN VHF.

Esta tecnología es muy útil para establecer comunicaciones entre varios usuarios y una estación central. Se basa en el uso de un grupo de frecuencias que se comparten entre los usuarios a medida que estos las emplean. Es por lo tanto un sistema que trabaja bajo demanda. Las frecuencias no permanecen fijas, sino que se están moviendo a lo largo del espectro asignado al usuario (Frequency Hopping).

Este sistema está restringido a operar en una determinada zona, por lo que su cobertura no es tan amplia como la que se obtiene con un esquema satelital.

Para cuando el sistema trabaja en UHF, se requiere que exista línea de vista entre las estaciones que se quieren comunicar.

6.4. OTRAS ALTERNATIVAS DE COMUNICACION.

Debido a los altos costos de construcción, lanzamiento y mantenimiento de los satélites de comunicaciones, otras ideas han surgido que tienden a crear alternativas de gran practicidad y menor costo.

Space Mirror.-

Esta idea consiste en una sombrilla de livianísimas fibras de grafito de 3 metros de diámetro. El dispositivo reflejaría las señales de comunicaciones enviadas desde un emisor a un receptor, ambos en tierra. Se pretende que los principales beneficios sean: economía, banda ancha, inmunidad a las restricciones de velocidad de los datos y alcance total. Sería una vía alternativa a las comunicaciones vía satélite domésticas.

Este aparato flotaría sobre la tierra a una altura entre 96 y 160 Kms, manteniéndose arriba por una señal electromagnética emitida desde una estación terrena. El *Space -Mirror*, a una altura de 140 Kms, podría cubrir un radio de 1300Kms, casi el 70%, del territorio continental de los E.U. Está es una condición por la cual no podría ser un reemplazo total de los satélites dado que estos pueden cubrir la mitad de la tierra.

En aplicaciones punto a punto, podría manejar acceso a bases de datos, transmisión telefónica sin demoras, lectura remota de mediciones y control de semáforos.

La frecuencia de operación sería de al menos 3GHZ. También se ha dicho que podría tener circuitos integrados que transforman el reflector pasivo en un dispositivo activo de transmisión, emitiendo sus propias señales, además de reflejar las transmisiones digitales desde puntos en la tierra.

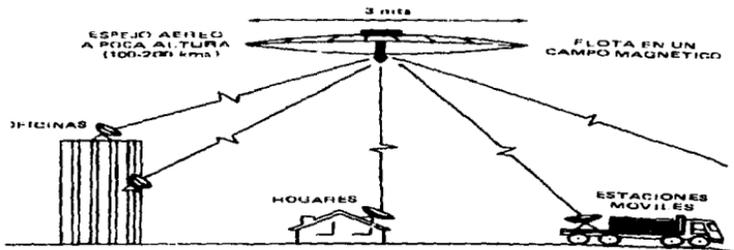


Fig. 6.5 Otras Alternativas De Comunicación.- Space Mirror

6.5.- CUADRO COMPARATIVO DE ESQUEMAS DE COMUNICACIÓN.

| ESQUEMA | VELOCIDAD | TIPO DE ENLACE | CARACTERÍSTICAS GENERALES |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------------|--|
| Satélite | Desde 2400 bps hasta 2.048 Mbps | Punto a punto; Punto a multipunto | <p>Es un medio muy confiable para transmitir señales entre dos localidades, o entre una y varias localidades. Este tipo de tecnología se ofrece en las bandas C y Ku, siendo esta última muy sensible a las condiciones atmosféricas.</p> <p>Los costos asociados a esta tecnología depende de los esquemas de acceso al satélite que se manejen; por ejemplo, para un par de estaciones terrenas de 2.4 m de diámetro, operando en la banda C y con acceso tipo TDMA, los costos asociados son de \$120,000.00 dólares (este costo ya incluye obras civiles para montar las antenas, estudios de interferencia, memoria de cálculos y contratación de servicios ante Telecom).</p> <p>Esta tecnología ofrece una confiabilidad del orden del 99.9%.</p> |
| Radio VHF | Hasta E1 (2.048 Mbps) | Punto a Punto ó Punto a multipunto | <p>Es un medio confiable que permite establecer transmisión de datos dentro de un radio de hasta 48 Km. en formas de half duplex o full duplex. Este radio se provee con interface RS-232 y trabaja en la banda de 30 - 300 Mhz.</p> <p>Para establecer comunicación entre dos puntos se requieren dos equipos de radio. El costo de un (1) Radio VHS es de aproximadamente 800 dólares americanos.</p> <p>En la estación maestra se requiere una torre cuyo costo se establece una vez definidas las características de las condiciones de radiación.</p> <p>En el caso de requerir torres, es necesario hacer una obra civil para montarlas. Todos los costos asociados deben ser cubiertos por el cliente.</p> <p>Se requiere un permiso ante la S.C.T. así como la asignación de frecuencias de operación si el radio opera en Spread Spectrum, no se requiere permiso de la S.C.T.</p> <p>El tiempo de entrega de los equipos de radio es de aproximadamente 8 semanas, una vez pagados los equipos y habiendo indicado las frecuencias de operación asignadas por S.C.T.</p> <p>La confiabilidad de esta tecnología es del orden del 99%</p> |

| ESQUEMA | VELOCIDAD | TIPO DE ENLACE | CARACTERISTICAS GENERALES |
|----------------|--|------------------------------------|--|
| Radio Trunking | Permite la transmisión de voz y/o datos. Para datos se pueden tener velocidades de hasta 64 Kbps | Punto a Punto o punto a multipunto | <p>Este sistema de comunicación presenta gran ventaja porque se comparten automáticamente un número pequeño de canales entre un gran número de usuarios, dentro de un radio de hasta 50Km.</p> <p>El sistema funciona en la banda de 400mhz. La comunicación se logra mediante la operación de búsqueda y asignación de un canal disponible que realiza un sistema computarizado en fracciones de segundo, estableciendo de inmediato el enlace solicitado. Al terminar la comunicación el canal regresa automáticamente a un estado de disponibilidad.</p> <p>Para establecer comunicación entre dos puntos se requiere una base con fuente de poder, antena, y un equipo de radio portátil o móvil. El costo de la base es de \$ 1,000 dólares Americanos y el costo de cada radio es de \$ 900 dólares americanos. El tiempo de entrega de los equipos es de 3 días. El costo de activación es de \$ 25 dólares citadio, y la renta mensual sin limite de llamadas es de \$ 15 dólares por cada radio. No se necesita permiso ante la SCT para usar esta tecnología.</p> <p>La confiabilidad de esta tecnología es del orden del 99.9%.</p> |

CAPITULO 7

**COMPARACIÓN DEL SISTEMA EMPLEANDO
CADA UNO DE LOS ESQUEMAS DE COMUNICACIÓN**

En este capítulo se establece una tabla comparativa que muestra los costos asociados a algunos esquemas de comunicaciones que se pueden emplear para transferir la información, que fue generada en el vehículo de carga, a un centro de control o monitoreo.

Esta tabla fue construida con costos proporcionados por proveedores que se dedican a la venta de esas tecnologías.

Cabe hacer notar que los costos mostrados pueden variar de proveedor a proveedor, por lo que estos se deben considerar solamente para fines de estudio económico.

7.1 ANTECEDENTES.

La selección de una adecuada plataforma de comunicaciones para establecer un medio de transferencia de información, está basada en consideraciones de beneficio/costo, así como en aspectos de seguridad y confiabilidad para la transferencia de información.

Para el caso de esta tesis, la selección y/o en su defecto, la recomendación de la plataforma de comunicaciones que más conviene para la transferencia de información se basó en las siguientes consideraciones:

- Tipo de red de comunicaciones: Metropolitana, Nacional, Regional.
- Frecuencia en la que se requiere usar el medio de comunicaciones: Constantemente, Cada hora, Cada día, Por demanda.
- Seguridad de la información: Muy alta, Alta, Regular.
- Disponibilidad del medio de comunicaciones: Muy alta, Alta, No importa.
- Cobertura del medio de comunicaciones: Nacional, Metropolitana, Regional

- Costo del sistema: Muy alto, Alto, Regular, Bajo.
- Tiempo de respuesta para atender una falla en el esquema de comunicaciones: Inmediato, En dos horas máximo, En un día, No se requiere.

7.2 TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN

En el capítulo anterior se presentó una tabla en la que se comparan diversas tecnologías de comunicaciones. A continuación se muestra una tabla en la que se califican las tecnologías de comunicaciones de acuerdo a los parámetros establecidos arriba.

| TECNOLOGIA | VELOCIDAD | CONECTIVIDAD | OBSERVACIONES | COSTOS ASOCIADOS | COBERTURA | DISPONIBILIDAD | SOPORTE DEL PROVEEDOR |
|------------|-----------------------------|---------------|--|---|-----------|-----------------------------------|--|
| USAT | Desde 9.6Kbps hasta 64 Kbps | Punto a punto | <p>Es una alternativa de comunicaciones que ayuda a que el enlace entre el vehículo y su estación de control sea de alta confiabilidad. Esta tecnología trabaja en banda Ku y ofrece una confiabilidad de hasta el 99.99%.</p> <p>Consiste de una antena móvil de 30 cm. de diámetro que se instala en el toldo del vehículo de carga. Trabaja con 12 volt y consume 3 Amp. La transmisión de la señal se hace a través de una tecnología conocida como "Spread Spectrum".</p> <p>Esta tecnología la ha estado ofreciendo Qualcomm en los EE UU para la comunicación de unidades móviles con estaciones de control.</p> <p>Este medio requiere que exista una estación terrestre en la localidad del dueño de la flota de los vehículos de carga.</p> <p>Además hay que pagar los costos mensuales por el uso del segmento espacial.</p> | <p>Costo de cada antena \$867.00 dólares americanos.</p> <p>Hay que pagar el uso del segmento espacial, que depende de la portadora que se esté considerando.</p> | Nacional | Las 24 hrs. los 365 días del año. | Dado que no existe un proveedor local, hay necesidad de importar los equipos, por lo que el soporte del proveedor para atender una posible falla es de 2 días. |

| TECNOLOGIA | VELOCIDAD | CONECTIVIDAD | OBSERVACIONES | COSTOS ASOCIADOS | COBERTURA | DISPONIBILIDAD | SOPORTE DEL PROVEEDOR |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--|---|-------------------------|---|---|
| Radio Spread Spectrum en VHF | Hasta E1 (2.048 Mbps) | Punto a Punto ó Punto a Multipunto | Es un medio confiable que permite establecer transmisión de datos dentro de un radio que depende del tipo y sensibilidad del radio (es posible obtener coberturas de hasta 48 Km). Se pueden obtener confiabilidades del 99%. No se requiere un permiso de la S.C.T. para operar esta tecnología | Costo de cada radio \$800 00 dólares americanos (radio YAESU) | Metropolitano, Regional | Las 24 hrs. del día los 365 días del año. | Buena, ya que existen proveedores locales |
| Radio Trunking | Desde 1200 bps hasta 19.2 Kbps | Punto a Punto ó Multipunto | Es un medio confiable que permite establecer transmisión de datos dentro de un radio que depende del tipo y sensibilidad del radio trunking, aunque su cobertura es por regiones. Se pueden obtener confiabilidades del 98%. No se requiere un permiso de la S.C.T. para operar esta tecnología. Generalmente esta tecnología se renta por proveedores externos y hay que pagar una cuota mensual. | Costo de cada radio trunking \$900 00 dólares americanos (radio MOTOROLA) | Metropolitano, Regional | Las 24 hrs. del día los 365 días del año | Buena, ya que existen proveedores locales |

De la tabla anterior se observa lo siguiente:

Si lo que se desea es una cobertura nacional, de tal manera que sea posible establecer comunicaciones con vehículos en todo el territorio nacional, entonces la tecnología USAT es la recomendada.

Si simplemente se desea establecer comunicación en una región o en una zona, entonces la tecnología de radio en VHF es la que se recomienda.

No se recomienda la tecnología en radio trunking debido a que es una tecnología más orientada a voz y se ha visto que no es un medio muy confiable para la transmisión de datos.

Dado que el radio en spread spectrum no requiere por el momento de pagos mensuales por concepto del uso del espacio libre, hace que esta tecnología sea muy atractiva.

Para esta tesis, se recomienda la tecnología en radio Spread Spectrum o la tecnología USAT. Cabe hacer notar que para el caso de esta última, se puede hacer uso de otras tecnologías de comunicación móvil tipo USAT que actualmente emplean la banda L de satélites de órbitas bajas(GPS).

El sistema de adquisición de datos que se desarrolló en la tesis, tendrá un puerto de comunicaciones de tipo serial para acoplarle el sistema de radio que se desee.

CAPITULO 8

PRUEBA DEL PROTOTIPO INSTALADO A UN VEHICULO AUTOMOTOR

Para la comprobación del sistema de monitoreo, se instaló el prototipo desarrollado en un vehículo automotor convencional (VW sedan) obteniéndose los resultados que a continuación se describen.

8.1-INSTALACIÓN.

Para la instalación del sistema en el vehículo de pruebas, se procedió a realizar las modificaciones al diseño original de algunos de los acondicionadores para que fueran compatibles con las señales que este vehículo entrega debido a que no fue posible realizarlas en un vehículo de carga.

Los acondicionadores modificados fueron los que se utilizan para las señales de R.P.M., Velocidad y Desplazamiento, esto debido a que los rangos contemplados para el sistema son para vehículos de carga los cuales el diámetro de la rueda y la relación de dientes en el volante del motor son mucho mayores a las de un vehículo convencional.

Una vez realizadas las modificaciones a los acondicionadores, se instalaron en el vehículo los sensores de velocidad y desplazamiento. Para la lectura de R.P.M. se suprimió el sensor y se tomó directamente la señal del distribuidor del motor. Las señales digitales como son apertura y cierre del compartimiento de carga, voltaje de la batería, temperatura del motor y presión de aceite, fueron simuladas mediante interruptores debido a que el vehículo de pruebas no iba a presentar falla en estas señales.

Para la señal de nivel de líquidos el sensor se introdujo al vehículo con un nivel determinado el cual durante el recorrido de prueba no presentó variaciones.

Una vez instalados los sensores se acoplaron a los transductores implementados en el grabador de eventos mediante un conector.

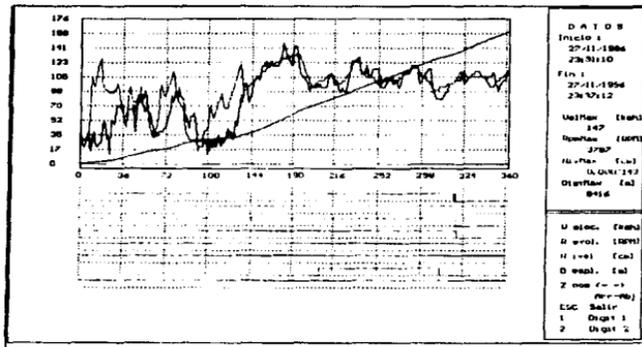
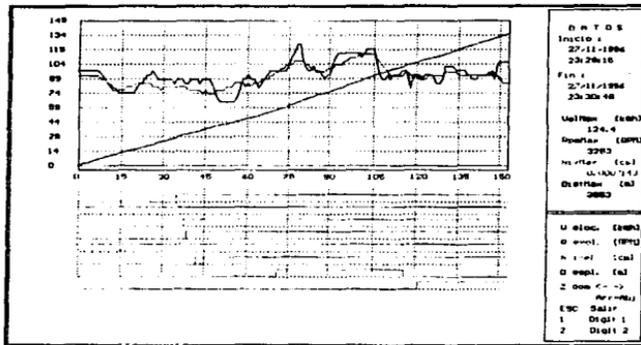
8.2.-RECORRIDO DE PRUEBA.

Como primer actividad se procedió a inicializar la memoria de eventos a través de una computadora portátil cargando la hora en el grabador de eventos.

Ya Iniciado el recorrido la verificación de las señales se realizo confrontando los valores desplegados en el display del grabador con los observados en el tablero de instrumentos del vehiculo.

A lo largo del recorrido de aproximadamente 10 kilómetros se realizaron almacenamientos parciales de los datos obtenidos.

Cada gráfica muestra en la parte superior izquierda la representación de las señales analógicas en donde el eje de las absisas representa el tiempo transcurrido en segundos y el eje de las ordenadas el rango correspondiente a la señal indicada, la parte inferior izquierda representa las señales digitales siendo el mismo eje de absisas que para las señales analógicas y el eje de las ordenadas las señales digitales que se registraron. En el cuadro ubicado en la parte superior derecha se presentan la fecha, hora de inicio y fin del registro, así como los valores de velocidad, R.P.M., nivel y distancia máximos. Por ultimo en el cuadro inferior derecho se observa el menú de instrucciones del programa de graficación.



8.3.- RESULTADOS.

El prototipo como se puede observar en las gráficas anteriores respondido satisfactoriamente a las expectativas planteadas. Esto no significa que el grabador de eventos pueda funcionar en cualquier vehículo ya que como se menciona anteriormente a manera de prueba se realizaron modificaciones a los transductores. Lo ideal hubiera sido poder tener acceso a un vehículo de carga en el cual el dispositivo se habría instalado sin necesidad de hacer ninguna modificación para que todas las señales fueran registradas.

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

Este trabajo de tesis es una alternativa viable para las empresas transportistas mexicanas que tienen la necesidad de supervisar las unidades de transporte de carga en el momento en que éstas se retiran de las centrales despachadoras. Consideramos que el impacto económico para las empresas interesadas en implementar el sistema de monitoreo remoto en sus vehículos de carga, sería accesible debido a que la inversión inicial se recuperaría en poco tiempo, si se consideran los beneficios que el sistema puede aportar a corto plazo. Estos son el poder conocer las condiciones en las cuáles son utilizadas las unidades de transporte por parte de los operadores (choferes) y con esto determinar si las especificaciones preestablecidas de manejo son respetadas. El rubro por pérdidas y robo de la mercancía a transportar puede disminuir con la ayuda del sistema de monitoreo debido a que es posible detectar en cualquier momento cualquier anomalía en el compartimiento de carga. Por otro lado se contempló reducir costos de diseño, haciendo el prototipo compatible con la mayoría de los sensores con los que los vehículos de carga vienen provistos de fábrica, como es el caso de la empresa Diesel Nacional (DINA) la que permitió realizar una investigación técnica y documental de las unidades que producen en la planta armadora de ciudad Sahagun Hidalgo.

Para el desarrollo se contempló la utilización de una tarjeta de evaluación del microcontrolador 68HC11F1 para que el desarrollo del prototipo fuera más ágil y dinámico en la medición y procesamiento de la información proveniente de las señales sensadas.

La selección de los transductores se enfocó a las características funcionales y operativas que los vehículos de carga tienen para que la operación sea de acuerdo a las normas establecidas. Algunos de los transductores, instalados de fábrica, se utilizaron en el prototipo por tener las características necesarias para el sistema de adquisición de datos. También se contempló monitorear el compartimiento de carga dependiendo del tipo de remolque que el vehículo arrastra (caja cerrada o contenedor para líquidos).

El transductor de nivel de líquidos implementado presentó problemas debido a que la señal de salida estaba montada en una componente de directa que ocasionaba error en las lecturas. El problema se corrigió con la adición de un voltaje negativo, el cuál se obtuvo del circuito integrado de la fuente conmutada.

El prototipo del transductor de nivel de líquidos se desarrolló bajo el principio de variación capacitiva, por lo que se tiene que tomar en cuenta que tipo de líquido se va a medir, ya que si este es altamente conductivo los electrodos tienen que estar aislados uno del otro o de lo contrario habría un corto.

En un principio, para el desarrollo del sistema la depuración de los programas en ensamblador se realizó con la ayuda de un simulador para computadora personal, pero debido a las limitaciones que este tipo de software presentó para la utilización de las conversiones analógico/digitales y de comunicaciones se optó por la utilización de una tarjeta de evaluación.

Para la selección de la tarjeta de evaluación se consideró una que, operando en modo expandido, permitiera que el prototipo fuera sencillo de implementar y probar en sus etapas de captación, procesamiento y transmisión de los datos de las señales monitoreadas. Lo anterior debido a que permite, mediante la comunicación con una computadora el transferir los programas en ensamblador a la memoria RAM de la tarjeta para su ejecución, prescindiendo con ello de la utilización de memorias EEPROM para la implementación del programa en el prototipo.

Con la utilización de la tarjeta de evaluación se desarrollo un programa que respondiera adecuadamente a las expectativas que para esta tesis se marcaron. Adicionalmente a los programas propios del sistema, se elaboraron la rutinas básicas que permitieran, desde una computadora personal, llevar a cabo las etapas de extracción de los datos captados por el prototipo y la ejecución de rutinas de ayuda para el análisis de dicho datos.

La utilización del microprocesador 68HC11 como elemento fundamental del

prototipo, permitirá incorporar a futuro la posibilidad de transmitir mediante el puerto de comunicaciones serial y paralelo, la información contenida en la memoria de eventos del grabador a través de medios de comunicación altamente confiables como los enlaces vía satélite, sistemas de radio VHF, y Trunkig.

El uso del microcontrolador 68HC11, y en consecuencia de la tarjeta de evaluación, fue la mejor opción para asegurar que la cantidad de información a procesar fuera en el menor tiempo y con la mayor exactitud y precisión.

El sistema de respaldo deberá contemplar la incorporación de un circuito cargador y una batería que suministre energía al banco de memorias y al reloj de tiempo real cuando el grabador de eventos sea implementado con una arquitectura del microcontrolador 68HC11F1. Para este prototipo solo fue necesario incluir una batería de níquel-cadmio con duración de 3 años para respaldo del reloj de tiempo real, debido a que el prototipo se desarrolló con la tarjeta de evaluación.

La utilización de una fuente conmutada ayuda a una mejor regulación, ya que las variaciones del voltaje en la salida no dependen de la corriente de carga ni del voltaje de entrada.

Se hizo un estudio de la problemática que las empresas transportistas mexicanas tienen en la actualidad. Encontramos que una de las principales desventajas que éstas tienen son la dependencia de tecnología extranjera para la implementación de sistemas de monitoreo y adquisición de datos en vehículos de carga. Las empresas que visitamos, las cuales no se mencionan por estar el prototipo en pláticas para su comercialización, tienen gran interés en adquirirlo por ser un sistema confiable y de tecnología 100% mexicana.

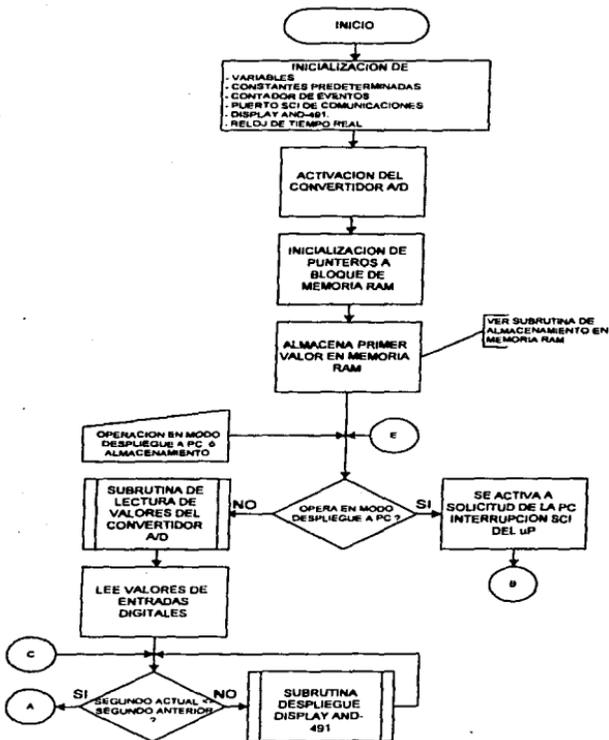
Por otro lado si el transportista o dueño del vehículo de transporte quiere conocer la ubicación de éste en cualquier momento en que se retira de la base, se puede agregar al sistema de monitoreo remoto de variables una tarjeta de comunicación con sistema GPS, la cuál el precio actual en el mercado es de 400 dólares americanos

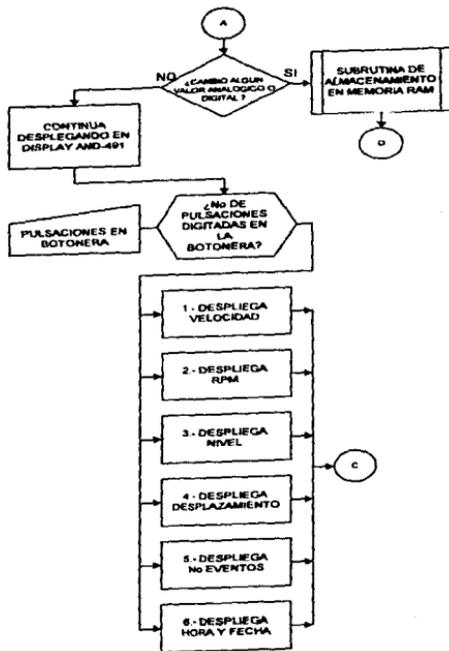
A P E N D I C E A

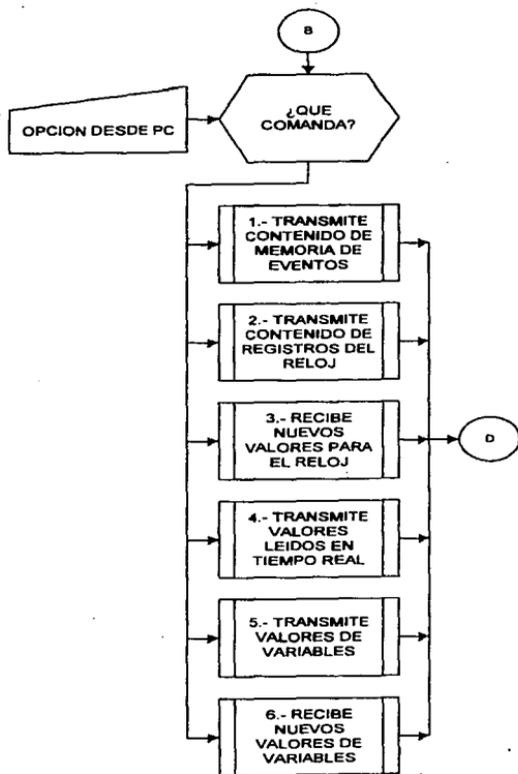
DIAGRAMAS DE FLUJO

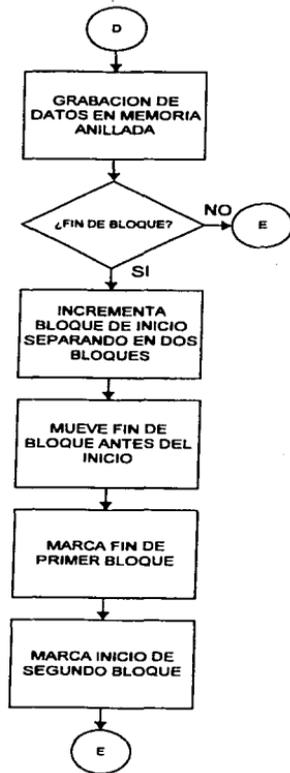
CORRESPONDIENTES A LOS PROGRAMAS

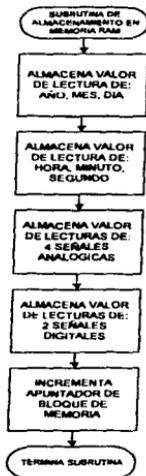
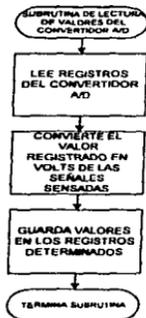
DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROGRAMA DE LAS RUTINAS DEL MICROPROCESADOR 68HC11F1

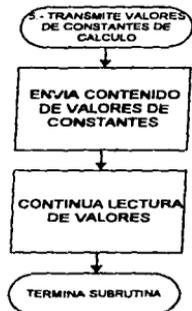
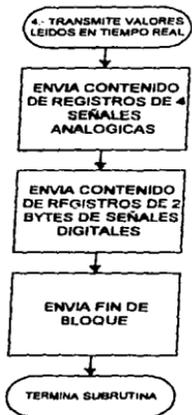




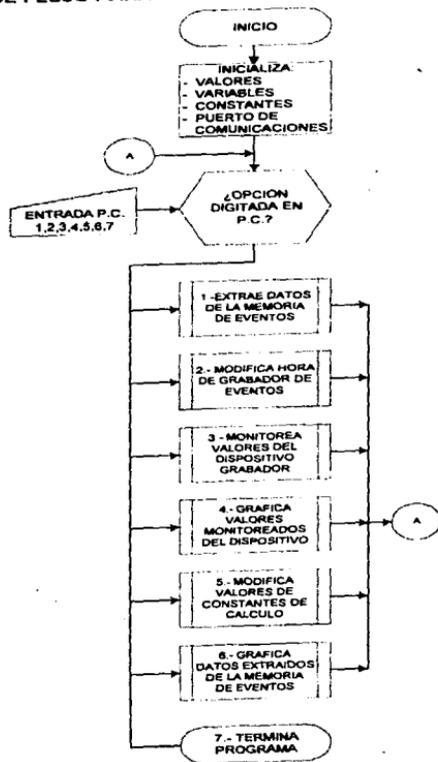


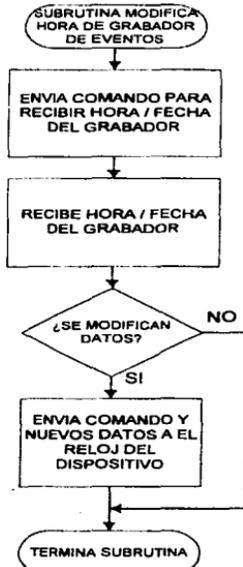
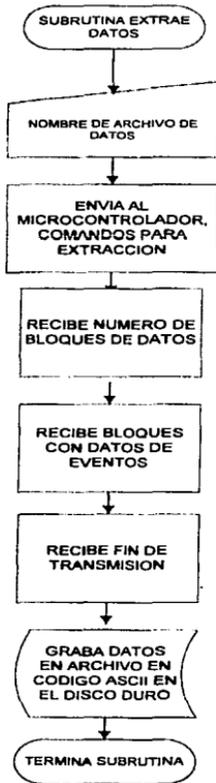


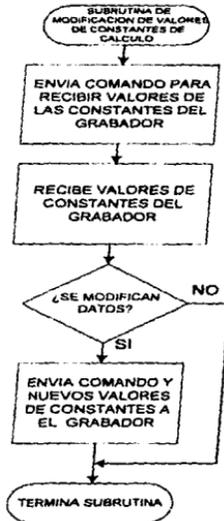
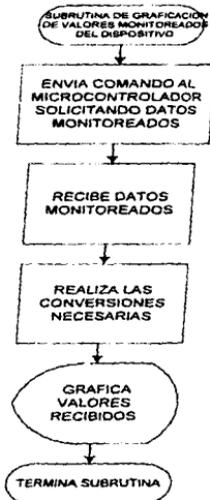


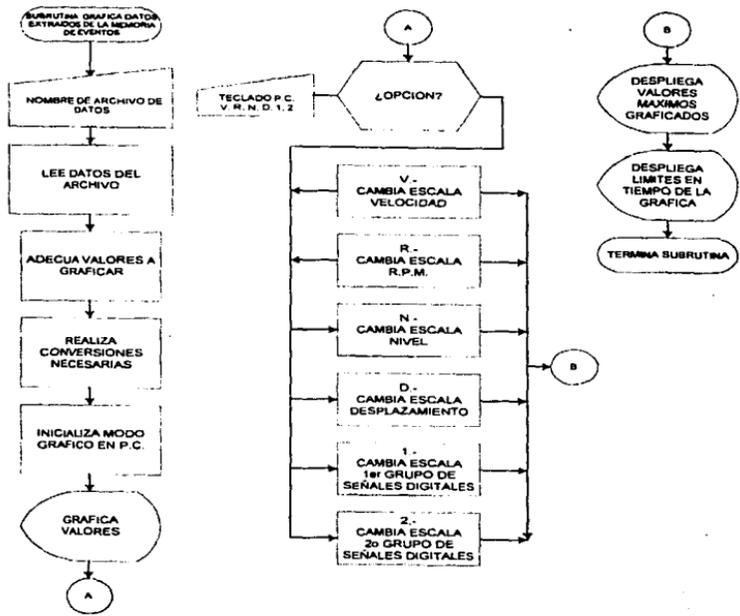


DIAGRAMAS DE FLUJO PARA EL PROGRAMA DE LAS RUTINAS DE LA P.C.









APENDICE B

**CONSTELACIÓN DE
SATÉLITES GPS EN OPERACIÓN**

El bloque II de satélites fueron diseñados para tener 14 días de navegación autónoma (operación sin tener contacto con el segmento de control (CS)). Este bloque de satélites fue lanzado de Febrero de 1989 a Octubre de 1990.

El bloque IIA de satélites fueron diseñados para tener 180 días de navegación autónoma. Los lanzamientos de estos satélites han sido de Noviembre de 1990 a Septiembre de 1996.

El promedio de vida de los satélites de los bloques II y IIA es de 7.3 años, cada uno de ellos contiene 4 relojes atómicos; (dos de Cesio y dos de Rubidio). Todos los satélites fueron lanzados desde la estación de la fuerza aérea en cabo cañaveral Florida, E.U.

GPS CONSTELLATION HISTORY AND STATUS

(STATUS AS OF 06 NOV 96)

| NAVSTAR# | SVN/PRN | LAUNCH | SLOT | OPERATIONAL | NAV LOST | REASON FOR FAILURE | MONTHS OPERATIONAL |
|----------|---------|-----------|------|-------------|-----------|--------------------|--------------------|
| I-1 | 1 / 4 | 22-FEB-78 | ** | 29-MAR-78 | 25JAN-80 | CLOCK | 21.9 |
| I-2 | 2 / 7 | 13-MAY-78 | ** | 14-JUL-78 | 30-JUL-80 | CLOCK | 25.5 |
| I-3 | 3 / 6 | 06-OCT-78 | ** | 09-NOV-78 | 19-APR-92 | CLOCK | 161.3 |
| I-4 | 4 / 8 | 11-DEC-78 | ** | 08-JAN-79 | 27-OCT-86 | CLOCK | 93.6 |
| I-5 | 5 / 5 | 09-FEB-80 | ** | 27-FEB-80 | 28-NOV-83 | WHEEL | 45.0 |
| I-6 | 6 / 9 | 26-APR-80 | ** | 16-MAY-80 | 10-DEC90 | WHEEL | 126.8 |
| I-7 | 7 / | 18-DEC-81 | ** | | | BOOSTER | |
| I-8 | 8 / 11 | 14-JUL-83 | ** | 10-AUG-83 | 04-MAY-93 | EPS DEGR | 116.8 |
| I-9 | 9 / 13 | 13-JUN-84 | ** | 19-JUL-84 | 28-FEB-94 | CLOCK | 115.2 |
| I-10 | 10 / 12 | 08-SEP-84 | ** | 03-OCT-84 | 18-NOV-95 | CLOCK | 133.5 |
| I-11 | 11 / 3 | 09-OCT-85 | ** | 30-OCT-85 | 27-FEB-94 | TT&C | 99.9 |

TOTAL BLOCK I SATELLITE YEARS ON ORBIT = 78.29 YEARS
 AVERAGE OPERATING LIFE TO DATE = 7.12 YEARS
 (INCLUDING BOOSTER FAILURE)

| NAVSTAR# | SVN/PRN | LAUNCH | SLOT | OPERATIONAL | NAV LOST | REASON FOR FAILURE | MONTHS OPERATIONAL |
|----------|---------|-----------|------|-------------|-----------|--------------------|--------------------|
| II-1 | 14 / 14 | 14-FEB-89 | E1 | 14-APR-89 | OPERATING | | 90.7 |
| II-2 | 13 / 2 | 10-JUN-89 | B3 | 12-JUL-89 | OPERATING | | 87.8 |
| II-3 | 16 / 16 | 17-AUG-89 | E5 | 13-SEP-89 | OPERATING | | 85.8 |
| II-4 | 19 / 19 | 21-OCT-89 | A4 | 14-NOV-89 | OPERATING | | 83.7 |
| II-5 | 17 / 17 | 11-DEC-89 | D3 | 11-JAN-90 | OPERATING | | 81.8 |
| II-6 | 18 / 18 | 24-JAN-90 | F3 | 14-FEB-90 | OPERATING | | 80.7 |
| II-7 | 20 / 20 | 25-MAR-90 | B5 | 19-APR-90 | 10-MAY-96 | | 72.7 |
| II-8 | 21 / 21 | 02-AUG-90 | E2 | 31-AUG-90 | OPERATING | | 74.2 |
| II-9 | 15 / 15 | 01-OCT-90 | D2 | 20-OCT-90 | OPERATING | | 72.5 |
| IIA-10 | 23 / 23 | 26-NOV-90 | E4 | 10-DEC-90 | OPERATING | | 70.9 |
| IIA-11 | 24 / 24 | 03-JUL-91 | D1 | 30-AUG-91 | OPERATING | | 62.2 |
| IIA-12 | 25 / 25 | 23-FEB-92 | A2 | 24-MAR-92 | OPERATING | | 55.4 |
| IIA-13 | 28 / 28 | 10-APR-92 | C5 | 25-APR-92 | OPERATING | | 54.4 |
| IIA-14 | 26 / 26 | 07-JUL-92 | F2 | 23-JUL-92 | OPERATING | | 51.4 |
| IIA-15 | 27 / 27 | 09-SEP-92 | A3 | 30-SEP-92 | OPERATING | | 49.2 |
| IIA-16 | 32 / 1 | 22-NOV-92 | F1 | 11-DEC-92 | OPERATING | | 46.8 |
| IIA-17 | 29 / 29 | 18-DEC-92 | F4 | 05-JAN-93 | OPERATING | | 46 |
| IIA-18 | 22 / 22 | 03-FEB-93 | B1 | 04-APR-93 | OPERATING | | 43.1 |
| IIA-19 | 31 / 31 | 30-MAR-93 | C3 | 13-APR-93 | OPERATING | | 42.8 |
| IIA-20 | 37 / 7 | 13-MAY-93 | C4 | 12-JUN-93 | OPERATING | | 40.8 |
| IIA-21 | 39 / 9 | 26-JUN-93 | A1 | 21-JUL-93 | OPERATING | | 39.5 |
| IIA-22 | 35 / 5 | 30-AUG-93 | B4 | 20-SEP-93 | OPERATING | | 37.5 |
| IIA-23 | 34 / 4 | 26-OCT-93 | D4 | 01-DEC-93 | OPERATING | | 35.2 |
| IIA-24 | 36 / 6 | 10-MAR-94 | C1 | 28-MAR-94 | OPERATING | | 31.3 |
| IIA-25 | 33 / 3 | 28-MAR-96 | C2 | 09-APR-96 | OPERATING | | 6.9 |
| IIA-26 | 40 / 10 | 16-JUL-96 | E3 | 15-AUG-96 | OPERATING | | 2.7 |
| IIA-27 | 30 / 30 | 12-SEP-96 | B2 | 01-OCT-96 | OPERATING | | 1.2 |

TOTAL BLOCK II/IIA SATELLITE YEARS ON ORBIT = 120.28 YEARS
 AVERAGE OPERATING LIFE TO DATE = 4.81 YEARS

BIBLIOGRAFIA

- **Métodos Experimentales Para Ingenieros**
Jack P. Holman
Cuarta Edición .Mc Graw Hill
- **Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales**
Robert F. Coughlin . Frederick F. Driscoll.
Cuarta Edición. Prentice Hall
- **Measurement Systems. Aplications and Design.**
Ernest Doebelin.
Mc. Graw Hill, 1978
- **Sensores y Analizadores.**
Harry N. Norton
Colección Electrónica/Informática
Ed.Gustavo Gili. 1984
- **Electronic Measurement and Instrumentation.**
Oliver & Cage.
Mc. Graw Hill, 1974
- **MC68HC11. Reference Manual.**
Motorola Inc.1991
- **Manual del Usuario. Tarjeta de Evaluación SIMMP-2.**
ING.Antonio Salvá Calleja

- Real Time Clock Handbook.
National Semiconductor. 1991.
- The Flow and Level Handbook.
Omega Technologies Company. 1990/91
- The Electric Heaters Handbook.
Omega Technologies Company. 1992
- La Electrónica en el Automóvil.
Biblioteca de Electrónica/Informática
Ediciones Orbis. Barcelona. 1986.
- Satélites de Comunicaciones.
Rodolfo Neri Vela.
Mc. Graw Hill. México. 1989
- GPS. A Guide to The Next Utility.
Jeff Hurn.
Trimble Navigation.
- Global Positioning System Overview.
Peter H. Dana. Department of Geography,
University of Texas at Austin.
- Navstar GPS Internet Connections.
Richard B. Langley,
University of New Brunswick.
- Internet Web Sites:
http://www.unavco.ucar.edu/gen_info/related_web.html