

97



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES.**

**CAMPUS ARAGÓN**

293009

**DISEÑO Y APLICACION EN RED PARA EL MONITOREO Y ACCESO  
DE PERSONAL A TRAVES DE UN SISTEMA DE CONTROL  
UTILIZANDO EL MICROCONTROLADOR COP888EB**

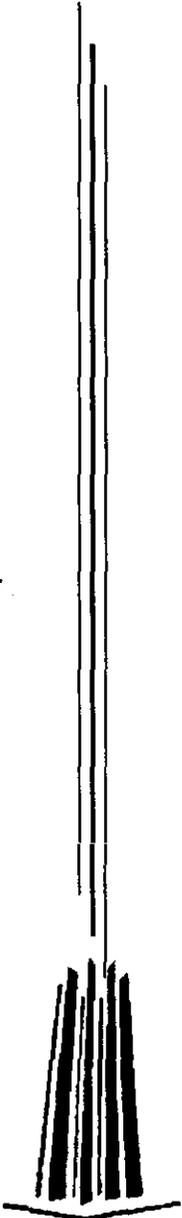
**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A N:**

**VALDIVIESO CASTILLO KARIN  
VEGA RAMÍREZ ALEJANDRO ANTONIO**

**ASESOR: ING. JOEL LOPEZ CONTRERAS**





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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON  
DIRECCION

**KARIN VALDIVIESO CASTILLO  
P R E S E N T E.**

En contestación a la solicitud de fecha 5 de julio del año en curso, presentada por Alejandro Antonio Vega Ramírez y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOEL LÓPEZ CONTRERAS pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado, "DISEÑO Y APLICACIÓN EN RED PARA EL MONITOREO Y ACCESO DE PERSONAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE CONTROL UTILIZANDO EL MICROCONTROLADOR COP888EB", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México, 21 de agosto del 2000  
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VAZQUEZ



*Cy B*

- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- C p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/VS/R'IIa.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON  
DIRECCION

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

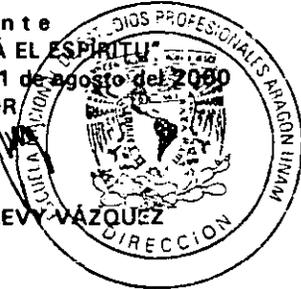
**ALEJANDRO ANTONIO VEGA RAMÍREZ  
P R E S E N T E.**

En contestación a la solicitud de fecha 5 de julio del año en curso, presentada por Karin Valdivieso Castillo y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOEL LÓPEZ CONTRERAS pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado, "DISEÑO Y APLICACIÓN EN RED PARA EL MONITOREO Y ACCESO DE PERSONAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE CONTROL UTILIZANDO EL MICROCONTROLADOR COP888EB", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México, 21 de agosto del 2080  
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- C p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/VSR/lla.

INDICE.....	2
ANTECEDENTES.....	4
INTRODUCCION.....	7
1. - APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA EN LA ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL.....	9
1.1. - RELACIÓN INGENIERÍA-MUNDO COTIDIANO.....	10
1.2. - DEFICIENCIAS Y ALCANCES DE LA ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL.....	11
1.3. - LA ELECTRÓNICA: ELEMENTO DE ENLACE ENTRE LA INGENIERÍA DE CONTROL Y LA ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL.....	15
2. - LA INGENIERÍA DE CONTROL COMO HERRAMIENTA AUXILIAR EN LA ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL.....	17
2.1. - DESARROLLO DE LA INGENIERÍA.....	18
2.2. - CONTROL DE ACCESOS.....	21
2.2.1. – SISTEMAS DE CONTROL DE ACCESO.....	27
3. – DIFERENCIAS DE LOS MICROPROCESADORES Y MICROCONTROLADORES.....	35
3.1. – APLICACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES.....	36
3.1.1. – MICROPROCESADORES Y MICROCONTROLADORES.....	36
3.1.2. – DESCRIPCIÓN DE UN MICROCONTROLADOR.....	37
3.1.3. – ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS MICROCONTROLADORES.....	41
3.1.4. – EL MICROPROCESADOR.....	52
3.2. – DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MICROCONTROLADOR COP8.....	65
3.2.1. – ARQUITECTURA DE LOS MICROCONTROLADORES COP888.....	65
4. - DISEÑO DE LA RED DE CONTROL.....	87
4.1. - ENLACE DE COMUNICACIÓN ENTRE LA MEMORIA Y EL MICROCONTROLADOR.....	88
4.2. - LA UART COMO INTERFAZ COMPUTADORA-SISTEMA DE CONTROL.....	93
4.3. - LA INTERFAZ CAN PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE LOS MICROCONTROLADORES.....	101
4.4. - MODULO ADC COMO SENSOR DE VARIABLES.....	103
5. - PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	110
5.1. – SENSORES.....	111
5.1.1. – TIPOS DE SENSORES.....	113
5.2. – ESTRUCTURA DEL PROGRAMA PRINCIPAL CAN.....	117

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	130
BIBLIOGRAFÍA.....	133
HEMEROGRAFÍA.....	135
OTRAS FUENTES.....	137
ANEXO.....	139
DIAGRAMA ELÉCTRICO DE UN LECTOR DE TARJETAS MAGNÉTICAS.....	144

## ANTECEDENTES

La concepción del siguiente proyecto está basada en la existencia de sistemas previos que han sido diseñados para la aplicación y manejo de control en los diversos campos de acción, pero con la ventaja de que maneja un número menor de variables, lo que lo hace más sencillo y de menor costo para su diseño e implementación.

Este sistema se enfoca al área de control de accesos, específicamente, al concerniente a la administración de personal. Esto debido a que, actualmente todo este proceso está a cargo de personal de seguridad, o al conocido reloj checador, el cual registra la hora de entrada y salida del trabajador en su tarjeta. Pero estos datos pueden ser alterados a voluntad, puesto que todo está controlado por el elemento hombre. Para evitar este tipo de "errores", este sistema ha sido pensado con el fin de terminar con estos inconvenientes, sobre todo para el departamento de control de personal, que es el que se encarga de obtener todos estos datos, con base en ello, realizar el balance del mes y preparar la nómina.

El sistema en cuestión se encargará de obtener los datos necesarios para elaborar un balance de actividades, esto es, obtener los horarios de entrada y salida, retrasos, ausencias, permanencia dentro de las instalaciones después de la hora estipulada, entre otras cosas. Todo esto a través de una tarjeta magnética, la cual tiene registrados todos los datos personales del trabajador, y el sistema de control proporcionará a estos que ya han sido mencionados anteriormente para realizar los procesos correspondientes. Todos los datos serán guardados en una memoria que estará conectada con este sistema de control para que, a su vez, cuando sean requeridos por el personal del departamento administrativo, estén disponibles, obteniéndolos a través de una PC que va a estar conectada a esta misma red de control.

Dado que la administración es tan confiable como se quiera, es necesario aplicar nuevos sistemas de control, y aquí es donde entra en acción las nuevas tecnologías que continuamente está desarrollando la ingeniería electrónica, particularmente.

Aquí se muestran las características de los dispositivos que han de utilizarse para el conformado de este sistema de control de acceso, es decir, los 3 microcontroladores COP888EB. Estos dispositivos se encuentran conectados en red para realizar esta función. También se mencionan los diferentes dispositivos que han de manejarse para la completa comunicación entre ellos. Por un lado tenemos la referente entre los mismos microcontroladores, esta primera se realiza a través de la interfaz CAN, que les permite a estos dispositivos controladores comunicarse entre sí, por otro lado, cuando se requiera información del sistema desde la PC integrada a este sistema, se tiene la interfaz UART para la comunicación computadora-sistema de control, de manera que se puedan obtener en cualquier momento todos los datos que sean requeridos en el departamento de personal. También existe otra interfaz, la MICROWIRE PLUS, que se encarga de comunicar a la memoria con los microcontroladores, esto para el almacenamiento de los datos obtenidos en el bloque de control de interacción entre el sistema y el usuario, es decir, en el registro de entradas y salidas.

Por otro lado, también se menciona el módulo ADC del sistema como sensor de variables, que se encarga de obtener la información ya codificada por el sistema de sensores, y así ser procesada por el grupo de microcontroladores y almacenada en la memoria, para su posterior lectura por la PC encargada de la administración de esta.

En este trabajo se explica cada uno de los elementos antes mencionados, sus características, sus datos específicos, su funcionamiento de acuerdo al lugar que ocupa dentro de esta red de control, también se presenta la información relacionada con los microcontroladores, sus datos, su arquitectura y su funcionamiento.

Cabe señalar que para que funcione este sistema, también se requiere de un programa que haga operar estos microcontroladores, por lo que se presenta el algoritmo para desarrollar este programa de aplicación para la activación del sistema. Este programa está en el lenguaje de los microcontroladores, es decir, en ensamblador.

Previo esta información, se presenta un bosquejo referente al desarrollo y evolución de los microcontroladores a partir de la aparición del primer microprocesador. Información general sobre las arquitecturas de los primeros dispositivos controladores, así como la diferencia que existe entre ellos.

También, datos generales sobre el control de accesos y sus aplicaciones más comunes actualmente en la industria, así como un bosquejo general sobre los antecedentes de la administración, mirando a este proyecto desde un punto de vista real, cotidiano, para demostrar la utilidad que pueda tener al momento de ser elegido como sistema de control, y particularmente de accesos en la administración de personal.

Este es un buen sistema que puede ser aplicado si se requiere una completa confiabilidad en alguna empresa donde se quiera asegurar que los trabajadores realmente desarrollan sus actividades laborales, y así evitar que se incurra en acciones que puedan ir contra los intereses de la empresa en cuestión, y donde se busca la excelencia en su desempeño laboral.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los dispositivos electrónicos a gran escala en encapsulados muy diminutos ha permitido el desarrollo de múltiples sistemas, son requeridos en diversas áreas de la vida cotidiana del ser humano, tal es el caso de los elevadores controlados por sistemas de control automático, acceso a edificios de carácter restringido o no públicos, acceso a la banca a través de los sistemas en red de cajeros automáticos, así como los recientemente concebidos edificios inteligentes, entre otros muchos ejemplos.

Los circuitos digitales, dispositivos electrónicos también, son muy utilizados en estos sistemas mencionados, y en otros tantos. Estos dispositivos existen en diversos tipos, de acuerdo a su escala de integración, es decir, al número de elementos sencillos con que cuenta interiormente el pequeño chip de silicio. El elemento más sencillo es un transistor, que puede ser TBJ, FET o una combinación de ambos.

En nuestro caso hablaremos de un dispositivo de mucho mayor escala de integración llamado microcontrolador, el cual es aplicado a un sistema de monitoreo y control de acceso a un determinado espacio, particularmente el registro de acceso, horario de entrada y salida, así como alguna otra variable que se pretenda medir. Toda esta información será almacenada en un conjunto de memorias a las cuales solo tendrá acceso el personal que se encargue de este tipo de datos así como del manejo prudente de esta información, particularmente nos referimos a los administradores del departamento de personal, quienes se encargan de realizar los balances del mes y la elaboración de la nómina a partir de los datos recabados por el sistema que anteriormente se ha sido mencionado, de una manera más fidedigna, y sin la alteración de estos por personas ajenas a este departamento.

Primeramente se presentan las causas del porqué desarrollar este tipo de sistemas para después proseguir con algunos conceptos básicos concernientes a la historia y desarrollo de los microcontroladores así como datos de estos dispositivos, y finalmente, la estructura que encierra este proyecto para su diseño e implementación correspondiente, es decir, todo lo relacionado con las características del microcontrolador, sus datos, sus especificaciones así como los referentes a los subsistemas que lo van a conformar.

Cabe señalar que el proyecto es de tipo técnico, es decir, más enfocado al área de ingeniería que al administrativo, o de costos, por lo cual solo se maneja información relacionada con el dispositivo en cuestión, así como la que se refiere a la constitución de las interfaces que el sistema requiere para su implementación y su consiguiente funcionamiento correcto, sin tomar en cuenta la evaluación económica que pueda conllevar.

## CAPÍTULO 1

## APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA EN LA ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL

### 1.1. - RELACIÓN INGENIERÍA-MUNDO COTIDIANO

La ingeniería es un elemento muy importante para el desarrollo de la humanidad, ya que gracias al ingenio de muchas personas, puede vivir con grandes comodidades y lujos, así como reducir las distancias a recorrer, también ha logrado desarrollos que le han servido para satisfacer sus necesidades.

En el campo social el ingeniero ha creado elementos que coadyuvan al desarrollo humano, los cuales le han redituado comodidades, ganancias, pero también le ha acarreado serios problemas con sus congéneres, ya que debe tomar en cuenta lo que la gente opina, quiere y esta dispuesta a dar de manera que pueda obtener algo a favor suyo, de ahí que, con un mutuo acuerdo entre ambas partes, pueblo e ingenieros, todo sea confiable y con la seguridad de que lo que se va a desarrollar será por el bien de todos.

Es necesario tomar en cuenta cada elemento, por mínimo que sea, para el desarrollo de elementos que, al final del proceso, serán usados por el público, con una proyección hacia un futuro próximo. Y para evitar que se trate de una contribución para el mal estar de la comunidad se debe estudiar cada factor de la sociedad, sus necesidades, sus inconformidades, sus pros y sus contras, conjuntándolos a los requerimientos y características de los proyectos. De este modo se tendrá una mejor planeación y proyección para el inicio de la producción del nuevo aditamento ya que las estructuras, procesos tecnológicos, y en especial los aparatos, creados por los ingenieros influyen significativamente en el bienestar personal del ser humano, en cada una de sus necesidades y actividades dentro de su ambiente, puesto que el comportamiento de una persona se determina parcialmente por lo que le rodea, así que los ingenieros influyen indirectamente sobre la conducta humana por medio de las obras que estos producen. Todo lo que el ingeniero produzca inevitablemente afectará a la gente, de muchas formas dado que interviene directamente con estas obras como usuarios, operadores y conservadores. Lo que la gente necesita, prefiere y tolera, debe influir marcadamente en las características de sus diseños.

La ingeniería aporta muchos elementos que hacen al ser humano una vida mejor, por eso es, en un momento dado, el mejor regalo de la humanidad para la humanidad, ya que con ella el mundo entero ha llegado a ser lo que es, un planeta de vida latente y en constante progreso para bien de sus habitantes. Aunque involuntariamente, a veces, ocasiona perjuicios a su ambiente sin tomar en cuenta medidas antes de poner en funcionamiento estas innovaciones, y solo cuando estos se vislumbran es cuando se inicia el proceso de contracción para reestudiarlo, aun cuando el mal ya esta hecho y que difícilmente se puede resolver, toda vez que solo se ayuda a reducir en todo lo posible.

## 1.2. - DEFICIENCIAS Y ALCANCES DE LA ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL

Desde la antigüedad el hombre primitivo desarrollaba en forma incipiente el proceso administrativo en sus actividades cotidianas, que posteriormente se fueron complicando y transformando, lo que acarrió una profundización del proceso administrativo. En 1886 Henry Fayol crea el primer modelo de proceso con los siguientes conceptos: prever, organizar, dirigir, coordinar y controlar.

Cabe señalar que Fayol no definió lo anterior como proceso administrativo, sino como principios básicos de administración.

Según George Terry la planeación, organización, ejecución y control constituyen el proceso que en administración son los medios por los cuales se administra.

De acuerdo con Rodas Carpizo el proceso administrativo es un proceso social que tiene como finalidad lograr los máximos resultados mediante la coordinación de actividades y personas que integran un sistema organizacional.

Los orígenes del enfoque clásico de la administración se remontan a las consecuencias generadas por la revolución industrial, que se pueden resumir en:

- a) El crecimiento acelerado y desorganizado de las empresas, causante de una gradual complejidad en su administración y que exigía un enfoque científico que sustituyese el empirismo y la improvisación dominante.
- b) La necesidad de aumentar la eficacia y la competencia de las organizaciones, en el sentido de obtener el mejor rendimiento posible de sus recursos.

La aplicación de la administración ha originado diversas opiniones, ya que por un lado se considera como una ciencia, otros la consideran como una técnica, y un tercer grupo la considera como un arte.

Para la ciencia administrativa tiene como objetivo el estudio del hombre como integrante de organizaciones con objetivos definidos a satisfacer. Esta ciencia espera reunir todos los conocimientos de su área en una disciplina distintiva.

La administración, como ciencia, persigue la satisfacción de objetivos institucionales, que son los objetivos de servicio, es decir, cubrir la necesidad del consumidor; el objetivo social, proteger los intereses de los trabajadores y empleados; y el objetivo económico, cuidar los referidos a la empresa, todo esto a través de mecanismos de operación y de esfuerzo humano.

La administración tiene que ser un instrumento mediante el cual el hombre pueda organizar socialmente sus actividades. Y no utilizado por la burocracia para seguir conservando sus privilegios y estabilizar su estrato. El hombre mediante la administración autogestionaria, organizará el complejo proceso mediante el cual participará en la vida social, y es la herramienta con la cual humanizará su vida social combatiendo la enajenación y la frustración que hay en el mundo moderno, lograr la independización, la supervivencia y la construcción de una sociedad más justa y humana.

En muchos casos la administración ha sido aplicada con fines explotadores y manipuladores, por esto mismo ahora debe ser el medio para que los países logren establecer su independencia económica y política.

Frederick Winslow Taylor, fundador de la administración científica especifica que la organización y la administración deben estudiarse y tratarse científica y no empíricamente. Pretendía elaborar una ciencia de la administración. Su mayor mérito es contribuir para encarar sistemáticamente el estudio de la organización, lo que además de revolucionar la

industria impactó la administración, ya que para él el proceso administrativo esta constituido por la prevención, organización, dirección, coordinación y control.

La planeación es la primer función fundamental de la administración, la planeación proporciona antes de la actividad, la guía y los cursos de acción que requieren los gerentes para alcanzar sus objetivos.

La planeación tiene cinco características:

- a) incluye la identificación personal y organizacional
- b) se relaciona con las condiciones de incertidumbre, es decir, si sucede o no un evento
- c) utiliza el pensamiento reflexivo, la imaginación y la prevención
- d) es continua y revisa constantemente la planeación

La planeación dirige, guía y orienta a las demás funciones generales.

Se planea la organización, la integración y el control:

La organización es la coordinación de las actividades humanas en función de los elementos materiales y técnicos que dispone la empresa para lograr los fines de ésta. Todo esto se logra mediante la corriente planeación señalando de antemano los propósitos y objetivos que se persiguen, dando las reglas, las políticas, determinando los procedimientos y programas a los que habrá de sujetarse el proceso mismo de la organización.

La estructura de la empresa: divisiones, departamentos secciones, puestos, jerarquias, canales de mando, líneas de comunicaciones, etc. Constituyen un aparato formal que prepara la acción y su encausamiento futuro; de lo que se trata es que la organización actúe.

Para ello es necesario integrar el conjunto humano en que se ha de desarrollar las diferentes actividades de la empresa, para que la ejecución se realice en sus diferentes formas.

La función del control es la confrontación de los programas con los resultados concretos y reales, ya sea para eliminar los obstáculos que han impedido su realización concreta, o para corregir las desviaciones de su ejecución, o los mismos programas si es que es necesario.

El control debe estar debidamente planeado. Es necesario que se analicen, se estudien, se escojan los medios de que se trata, de acuerdo con la naturaleza de las actividades y operaciones de la empresa.

La planeación pierde toda su fuerza si no va acompañada del control correspondiente, y esto, a su vez, carece de sentido si no se aplica a determinado plan elaborado con anterioridad.

La organización ha sido de importancia para el hombre. La organización ha penetrado en muchas de las formas de la actividad humana porque la colaboración humana, la mutua dependencia de los individuos y la protección contra amenazas ha fomentado una intensa actividad organizativa en toda la humanidad a través del tiempo.

Mediante una organización adecuada, un gerente espera obtener más que la suma de los esfuerzos individuales.

Organizar es un caso en el cual la suma es mayor que la referente a sus partes individuales. Existe un mayor interés en la potencia de la mezcla que en la fuerza de sus integrantes. La organización puede tener un efecto muy favorable sobre la actuación y el control generales. Por ejemplo, los esfuerzos de ejecución están condicionados en gran parte por la calidad de aquellos que son organizacionales desarrollados. Una persona, colocada en el puesto equivocado para ella, o que depende de un jefe de grupo con quien no simpatiza, o que tiene compañeros con los cuales no le interesa estar asociado, será muy difícil de motivar. Aquí entra en acción el efecto de la organización sobre el comportamiento del individuo.

La dirección es una función administrativa o también una función-síntesis, porque sintetiza las funciones de planeación, organización e integración.

Desde luego, la dirección como tipo social o de grupos humanos es el objeto material de la administración. Sin la dirección la administración no se realiza, porque mientras la dirección no se lleva a cabo, no se puede decir qué se está administrando. Las otras funciones tienen valor administrativo solo si sirven a la administración.

El mejor control de una acertada dirección la proporciona la auditoría administrativa, la cual revisará todas las funciones de la empresa para medir su eficiencia en cuanto a lograr los objetivos preestablecidos con los medios aportados proporcionando rendimientos satisfactorios o a los accionistas y dejando en la empresa condiciones de continuidad y permanencia.

La dirección es un trabajo más cerebral que físico que lleva a cabo el ejecutivo más capaz, más responsable y más costoso y que del centro de atención de los obreros, los accionistas y los extraños con el objeto de la empresa. Su atención requiere la aplicación de altos principios éticos.

La función directiva incluye todos los métodos para iniciar una acción. Una parte de esa función es llamada supervisión cuando el gerente está en contacto físico directo con los subordinados.

En las organizaciones lineales simples, el supervisor debe efectuar todas las funciones de la administración, aún en las organizaciones altamente funcionales, en las cuales, la planeación, el control, la organización, la comunicación, la asesoría y la toma de decisiones son manejados por especialistas, el supervisor contribuirá a estas funciones aunque sea en una pequeña parte. El supervisor puede ser el elemento más crítico en la administración en una empresa.

De acuerdo a los elementos de administración expuestos aquí, la administración en general, y la de personal en particular, puede ser tan eficaz como se quiera, siempre y cuando se sigan con rigurosidad todas las recomendaciones antes expuestas. Pero, como se mencionó también, si existe una deficiencia en cada uno, o alguno de los elementos que conforman una buena administración, inevitablemente que existirá siempre la posibilidad de infringir los estatutos establecidos para el buen correr de la empresa en sus diferentes campos que la conforman, y como resultado lamentable, se utilizan métodos más seguros y que garanticen una confiabilidad y seguridad que a veces el elemento humano no puede brindar, ni hacer valer.

En suma, aplicar la administración a un sistema requiere de un grupo de normas inquebrantables, respetadas por todos, para un buen desarrollo de la empresa en cuestión, fundamentada en los principios establecidos para ello, de lo contrario, se requerirá de elementos externos que si garanticen el avance al progreso del grupo de trabajo, sin la quebrantabilidad del elemento hombre.

Particularmente hablamos del control de acceso de personal a un área de trabajo. Desde hace muchos años, cuando apareció el reloj checador como uno de los aditamentos para el control del arribo de los trabajadores, se ha venido manejando el uso de tarjeta checadora con la cual se lleva el control de movimientos de quienes laboran en cualquier área de trabajo, es decir, sus faltas, retardos, sus horas de entrada y salida, y de esta manera hacer un balance del desempeño que tienen cada uno de los trabajadores en su empresa. Es cierto que la información que arroja este sistema es útil para quien está encargado de realizar dicha tarea, pero ¿realmente es cierto lo que los números presentan?, ¿Es confiable toda esta información cuando no existe alguien que pueda dar fe de la veracidad de estos datos?. Es necesario observar que cuando se trata de un sistema de control donde se confía plenamente en el trabajador pueden existir irregularidades que al paso del tiempo

repercutirán en la "bolsa" de la empresa en cuestión. Esto no quiere decir que el trabajador retrase el reloj para llegar más tarde o que lo adelante para salir más temprano, sino que simplemente es ¿realmente es el propio trabajador cuyo nombre aparece al frente de la tarjeta quien registra sus horas tanto de entrada como de salida?. Por otro lado ¿se garantiza que quien lleva el balance en este tipo de cuestiones es honesto? No digamos que precisamente sea el vigilante de la puerta, porque puede ser el jefe de personal, o ambos, o todos aquellos que están involucrados en esta área específicamente. De cualquier manera, siempre existirá la posibilidad de incurrir en este tipo de actitudes nocivas que de por sí atentan contra la integridad de la compañía que confía en sus trabajadores para lograr su principal fin que es el de obtener lo mejor para sí misma y para quienes en ella laboran a través de la creación y comercialización de un producto específico, además de violar los estatutos del contrato de trabajo que se celebra entre el patrón y el trabajador, que se establece con base en la ley federal del trabajo, el cual en su título cuarto referente a los derechos y obligaciones de los trabajadores y de los patrones expresa que, para los patrones en su capítulo 1 artículo 132, en sus 28 apartados, cumplir las disposiciones de las normas de trabajo, pagar salarios e indemnizaciones, y en general, la procuración de comodidad, atención médica, instalaciones libres de riesgo y consideraciones generales, tanto en el lugar de trabajo como en el propio trato sobre los trabajadores, además de proporcionarle una constante capacitación. Mientras que el artículo 133, de los 11 apartados, le prohíbe toda acción que pudiera fracturar los derechos que la ley le otorga como trabajador, y sobre todo la predisposición que pudiese ejercer hacia cierto movimiento o corriente política o religiosa. Por otro lado, para los trabajadores, de acuerdo al capítulo 2 artículo 134, dentro de los 13 apartados, se le obliga al trabajador cumplir con las disposiciones de las mismas normas de trabajo, acatarse a las medidas y restricciones que para efecto de su seguridad y comodidad se hayan establecido, así como las referentes al propio desempeño laboral que deba ejecutar, el cuidado del mismo y sobre todo, la responsabilidad que implica acudir a laborar los días determinados para este efecto, y, en su caso, avisar las causas por las cuales existe impedimento de acudir al lugar de trabajo. Referente al artículo 135, de acuerdo a sus 10 apartados, se prohíbe al trabajador efectuar actos que vayan en contra de sí mismo, de sus compañeros de trabajo y de la empresa en general, además de evitar actitudes, costumbres, adicciones y el consecuente uso de sustancias nocivas, y en general del propio reglamento mencionado anteriormente. Observar las obligaciones del trabajador podrá traer como incentivo, de acuerdo al capítulo cuarto, ascensos y preferencias establecidas en esta ley, de acuerdo a criterio del patrón y desempeño del trabajador. Observar lo anteriormente señalado es muy importante para lograr una armonía, tanto en la producción como en la obtención o retribución del producto terminado al ser comercializado, y también en el área de trabajo y entre quienes componen esta unidad, ya que a fin de cuentas todos tienen derecho a lo logrado, siempre y cuando sean honestos al trabajar de verdad, ya que solo así se puede merecer algo más que un sueldo.

### 1.3. - LA ELECTRÓNICA: ELEMENTO DE ENLACE ENTRE LA INGENIERÍA DE CONTROL Y LA ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL

El desarrollo de la ingeniería electrónica a través de los años, a partir de la invención del transistor en los años cuarenta, provocó un cambio drástico en la industria electrónica pues ha permitido el desarrollo de sistemas y aditamentos que han venido a revolucionar el constante avance, principalmente tecnológico, que la humanidad ha venido experimentando desde el nacimiento de esta nueva tecnología para el apoyo del hombre en sus actividades de manera que su vida cotidiana sea más placentera, tanto en los lugares de trabajo como en los propios hogares, más exacta en lo referente a los procesos de producción que constantemente incorpora nuevas características a sus sistemas debido al continuo crecimiento de este ramo, en la industria y, en general, hasta donde esta revolución ha logrado penetrar. La miniaturización es el resultado de ello y nos ha maravillado pues aun no se conocen límites.

En la actualidad se pueden encontrar sistemas completos en un pequeño chip miles de veces menor que los primeros sistemas creados. Las ventajas son muy obvias, ya que son pequeños y ligeros y no existe pérdida por temperatura o sobrecalentamiento, además de ser más resistentes. El fenómeno de la miniaturización ha producido sistemas pequeños de manera que el objetivo de su encapsulado es proporcionar mayor manejabilidad del propio dispositivo y mayor fijación en su estado definitivo. Lo que posiblemente podría limitar a la miniaturización son la calidad de material semiconductor, el diseño del sistema y la limitación del equipo de creación de estos circuitos.

Es así como la producción de estos sistemas, basados en la electrónica y desarrollados a través de esta ingeniería, se ha hecho cada día más considerable en el tamaño de los proyectos ha desarrollar, además de que la confiabilidad de los mismos es día con día más alta, y es que actualmente no existe compañía o productor que no base, aunque mínimamente, sus actividades de producción en sistemas electrónicos puesto que cada uno de los artefactos que aplica en su proceso de producción u otra actividad que realice quien lo utiliza, se convierte en un "vigilante celoso" de su deber para con su ocupación específica como para con su "patrón", de manera que exista una confiabilidad que muy difícilmente se podría lograr con la participación del ser humano que, en ciertos casos, voluntaria o involuntariamente deja al aire situaciones irrelevantes para él sin reparar en que estas pequeñeces podrían tener su grado de atención y que muchas veces es ignorado. Ciertamente es importante señalar que la precisión en sistemas de producción y la imparcialidad en sistemas de control es, en cierto modo, mas objetiva al aplicarlos sobre las diferentes actividades que se deban realizar en los diferentes lugares de trabajo sobre la que pueda tener el ser humano ya que al aplicar un sistema específico a un proceso u otra actividad se eliminan posibles eventualidades que ocasionarían problemas a quienes están involucrados en determinado grupo de producción o control.

Es importante destacar que, mencionado lo anterior, existen procesos que requieren una precisión increíble que solo podría ser lograda por el personal que se ha venido aplicando y familiarizando con este proceso, pero que algunas veces es imposible de lograr aún cuando se hable de años de trabajo sobre el mismo proceso, para este caso no podemos hablar de negligencia por parte del operador ya que, debido a su desempeño y a su experiencia en su trabajo, involuntariamente comete errores que podrían ser incluso imperceptibles pero que de cualquier manera merecen su atención de manera que la siguiente producción o proceso

sea manejado con más cuidado y una mayor observación y vigilancia para aumentar la confiabilidad en este sentido.

Por otro lado, existen procesos, no precisamente de producción pero si de control, en que también es necesaria la confiabilidad que debe demostrar quien realiza esta actividad, ya que de lo contrario comete errores voluntarios puesto que esta consiente de que al no hacer lo estrictamente requerido esta cometiendo una omisión que al correr del tiempo puede ocasionar una negligencia voluntaria y provocada muy marcada e. incluso, mezquina que traerá como resultado un malfuncionamiento en la compañía, o proceso, en su conjunto.

Finalmente, se refiere al hecho de que sistemas que "no requieren vigilancia", puesto que se confía plenamente en que el desarrollo del proceso será el adecuado para él en conjunto, son utilizados de acuerdo a los intereses de quien se ve o esta relacionado con él, todo esto debido a que dada la falta de vigilancia, o incluso en combinación con esta, se obtiene un provecho de parte de este para bien propio y en contra del objetivo principal del sistema o grupo de trabajo, que es el de obtener un buen resultado para el equipo en general, puesto que si la compañía gana, todos ganan, y no para el individuo en particular, ya que la ganancia sería a costa de la pérdida que tendría el grupo laboral.

El microprocesador ha revolucionado la industria electrónica, debido a su gran escala de integración que ha reducido el tamaño y costo de los sistemas. El microprocesador es el corazón de cualquier computador o sistema en general, ya que proporciona las señales de control y temporización para todos los demás elementos, maneja instrucciones y datos, transfiere información entre memorias y dispositivos de entrada/salida, decodifica instrucciones, ejecuta todas las operaciones que se requieran.

El microprocesador es un claro ejemplo de lo que la electrónica ha logrado desarrollar a través de todo este tiempo en que ha venido evolucionando, a partir de la creación del transistor, y es uno de los elementos mas utilizados en nuestra vida cotidiana para satisfacer las necesidades y requerimientos de este mundo cambiante.

## CAPÍTULO II

## LA INGENIERÍA DE CONTROL COMO HERRAMIENTA AUXILIAR EN LA ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL

### 2.1. - DESARROLLO DE LA INGENIERÍA

Esta ingeniería, que se encarga de desarrollar y aplicar sistemas de control a procesos y actividades, y la electrónica, que gracias a la constante innovación en el campo de los dispositivos electrónicos y demás aditamentos, presentan un sin fin de opciones para aquellos que desean confiar en algo que les responda cuando más se necesita en los diferentes puntos de vista ya que garantizan una completa funcionalidad así como una confiabilidad, que tal vez no sea del 100% puesto que las máquinas no son perfectas, pero que si aseguran, en combinación con una buena relación hombre-maquina honesta y confiable, que el objetivo fijado desde el inicio y para el cual fue creado el grupo de trabajo o compañía será cubierto con la certeza que lo que se logre será para bien y a favor de quienes realmente confían y creen que es posible ser mejores cada día.

El control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. Además de su extrema importancia en los sistemas de vehículos espaciales, de guiado de misiles, robóticos y similares, el control automático se ha vuelto una parte importante e integral en los procesos modernos industriales y de manufactura. El control automático es esencial en el control numérico de las máquinas-herramienta de las industrias de manufactura, en el diseño de sistemas de pilotos automáticos en la industria aeroespacial, y en el diseño de automóviles y camiones en la industria automotriz. También es esencial en las operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad viscosidad y flujo en las industrias de proceso.

Debido a que los avances en la teoría y la practica del control automático aportan los medios para obtener un desempeño óptimo de los sistemas dinámicos, mejorar la productividad, aligerar la carga de muchas operaciones manuales repetitivas, casi todos los ingenieros y científicos deben tener un buen conocimiento de este campo.

Las aplicaciones del control automático son sinónimo de la tecnología moderna. Estas se encuentran en amplia gama de productos tecnológicos, desde robots hasta tostadores. El control automático aborda el problema de obtener el comportamiento deseado de un sistema dinámico que trabaja por sí solo. Por sistema dinámico se entiende un conjunto de cantidades que dependen del tiempo, las cuales identifican a los objetos de interés. Un piloto automático es un ejemplo de sistemas de control para avión. Los misiles guiados son completamente dependientes del control automático. Menos impresionantes, aunque más comunes, son los sistemas de control de temperatura y los de control de velocidad constante, estos últimos se utilizan para motores eléctricos.

Otros ejemplos de dispositivos de control automático incluyen controles de posicionamiento y velocidad para cintas y unidades de disco, sistemas automáticos para el aterrizaje de aeronaves, sistemas para evitar coaliciones, rodamientos magnéticos, corazones artificiales y otras prótesis, además de marcapasos para el corazón, todo los robots y muchos sistemas biológicos.

El objetivo de la teoría de control automático es obtener una regulación o control sin que intervenga un ser humano en el lazo de control. Para ello, se deben llevar a cabo las mediciones referentes al estado del sistema y esta información se utiliza para generar la acción de control que permita alcanzar el estado deseado. Para realizar las mediciones se utilizan dispositivos denominados sensores, mientras que para producir la acción de control

se emplean los conocidos como actuadores. El conjunto de sensores, actuadores y dispositivos lógicos utilizados para implantar las acciones de control constituyen el controlador.

El primer trabajo significativo en control automático fue el regulador de velocidad centrífugo de James Watt para el control de la velocidad de una máquina de vapor, en el siglo XVIII. Minorsky, Hazen y Nyquist, entre muchos otros aportaron trabajos importantes en las etapas iniciales del desarrollo de la teoría de control. En 1922, Minorsky trabajó en los controladores automáticos para dirigir embarcaciones, y mostró que la estabilidad puede determinarse a partir de las ecuaciones diferenciales que describen el sistema. En 1932, Nyquist diseñó un procedimiento relativamente simple para determinar la estabilidad de sistemas en lazo cerrado, con base en la respuesta en lazo abierto en estado estable cuando la entrada aplicada es una senoidal. En 1934, Hazen quien introdujo el término servomecanismos para los sistemas de control de posición, analizó el diseño de los servomecanismos para los sistemas de control de posición, analizó el diseño de los servomecanismos con relevadores, capaces de seguir con precisión una entrada cambiante. Con forme las plantas modernas con muchas entradas y salidas se vuelven más y más complejas, la descripción de un sistema de control moderno requiere de una gran cantidad de ecuaciones. La teoría de control clásica, que trata de los sistemas con una entrada y una salida, pierde su solidez ante sistemas con entradas y salidas múltiples. Desde alrededor de 1960, debido a que la disponibilidad de las computadoras digitales hizo posible el análisis en el dominio del tiempo de sistemas complejos, la teoría de control moderna, basada en el análisis en el dominio del tiempo y la síntesis a partir de las variables de estado, se ha desarrollado para enfrentar la creciente complejidad de las plantas modernas y los requerimientos limitativos respecto de la precisión, el peso y el costo en aplicaciones militares, espaciales e industriales.

Durante los años comprendidos entre 1960 y 1980, se investigaron a fondo el control óptimo tanto en sistemas determinísticos como estocásticos, y el control adaptable, mediante el aprendizaje de sistemas complejos. De 1980 a la fecha, los descubrimientos en la teoría de control moderna se centraron en el control robusto, el control de  $H_\infty$  y temas asociados.

Ahora que las computadoras digitales se han vuelto más baratas y más compactas, se usan como parte integral de los sistemas de control. Las aplicaciones recientes de la teoría de control moderna incluyen sistemas ajenos a la ingeniería, como los biológicos, biomédicos, económicos y socioeconómicos.

Un sistema es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado. Un sistema no necesariamente es físico. El concepto de sistema se aplica a fenómenos abstractos y dinámicos, tales como los que se encuentran en la economía. Por lo tanto, la palabra sistema debe interpretarse como una implicación de sistemas físicos, biológicos, económicos y similares. Un sistema es un conjunto de entes interrelacionados que llevan a cabo una actividad o tarea determinada.

También puede ser la combinación de elementos o componentes que actúan de manera conjunta para realizar una función perfectamente definida, que no podría ser llevada a cabo por alguno de los elementos que forman parte de él.

De acuerdo con la enciclopedia Americana, un sistema es una colección de objetos que forman un todo y se combinan, ya sea en forma natural o mediante la acción del hombre. Particularizando, un sistema es un ente formado por un conjunto de entradas, un conjunto de salidas y una relación bien definida entre ambos conjuntos.

Un sistema empresarial esta formado por muchos grupos. Cada tarea asignada a un grupo representará un elemento dinámico del sistema. Para la correcta operación de tal sistema deben establecerse métodos de realimentación para reportar los logros de cada grupo. El acoplamiento cruzado entre los grupos funcionales debe reducirse a un mínimo para evitar retardos de tiempo inconvenientes en el sistema. Entre más pequeño sea dicho acoplamiento, mas regular será el flujo de señales y materiales de trabajo. Un sistema empresarial es un sistema en lazo cerrado, es decir, mantiene una relación prescrita entre la entrada de referencia y la salida, comparándolas y usando la diferencia como medio de control. Un buen diseño del mismo reducirá el control administrativo requerido. En este caso, las perturbaciones en este sistema son la falta de personal o de materiales, la interrupción de las comunicaciones, los errores humanos, etc. Puesto que es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida del sistema.

El establecimiento de un sistema bien fundado para obtener estimados, basado en estadísticas, es imprescindible para la administración adecuada.

Con el propósito de aplicar la teoría de control para mejorar el desempeño de tal sistema, debemos representar la característica dinámica de los grupos componentes del sistema mediante un conjunto de ecuaciones relativamente simples.

Aunque es ciertamente una dificultad obtener representaciones matemáticas de los grupos de componentes, la aplicación de técnicas de optimización a los sistemas empresariales mejora significativamente el desempeño de tales sistemas.

Es aquí donde la ingeniería de control es aplicable, particularmente, a la administración de personal, ya que un sistema de control de acceso de personal es imparcial en el momento de registrar a cuanto trabajador presenta su clave de acceso y es más estricto al momento de presentar el balance de lo ocurrido en un cierto periodo de tiempo con la "x" cantidad de trabajadores que diariamente utilizan dicho sistema de control y monitoreo, además de su característica de inviolabilidad para alterar registros, garantizando una mejor confiabilidad. Aunado a esto, es posible restringir este sistema de manera que sea imposible cometer actos deshonestos al interior de la empresa, que asegurará al poseedor de esta que todo será de acuerdo a su interés propio.

Por otro lado, se garantiza la seguridad de la empresa ya que el acceso será restringido a toda persona ajena a ella, y solamente quien posea una identificación que lo acredite como trabajador y su clave de acceso podrá ir al interior para proceder con sus actividades laborales.

Esta es una de las aplicaciones que de la ingeniería electrónica y de control se puede aplicar a problemas sociales como lo es la administración de personal cuando se requieren confiabilidad y seguridad al supervisar un proceso, en nuestro caso, el correcto cumplimiento de las obligaciones que los trabajadores tienen para con su empresa en la cual se desenvuelven en los diferentes campos que esta involucre, y que finalmente todo, en conjunto, tienen un mismo fin, la armonía dentro de esta para que todos salgan beneficiados con los resultados del arduo trabajo que desarrollan, tanto individual como en equipo, para la obtención de un bien o servicio que se convertirá en una remuneración para el grupo industrial o de servicio al que están adscritos.

## 2.2. - CONTROL DE ACCESOS

En los años recientes, las grandes empresas han adoptado un nuevo método para proteger sus intereses de problemas sociales, tales como el vandalismo, terrorismo y espionaje. Por lo cual, estas empresas se han valido de innovaciones tecnológicas, figura 2.1, como son los sistemas de seguridad, de alarma y de televisión en

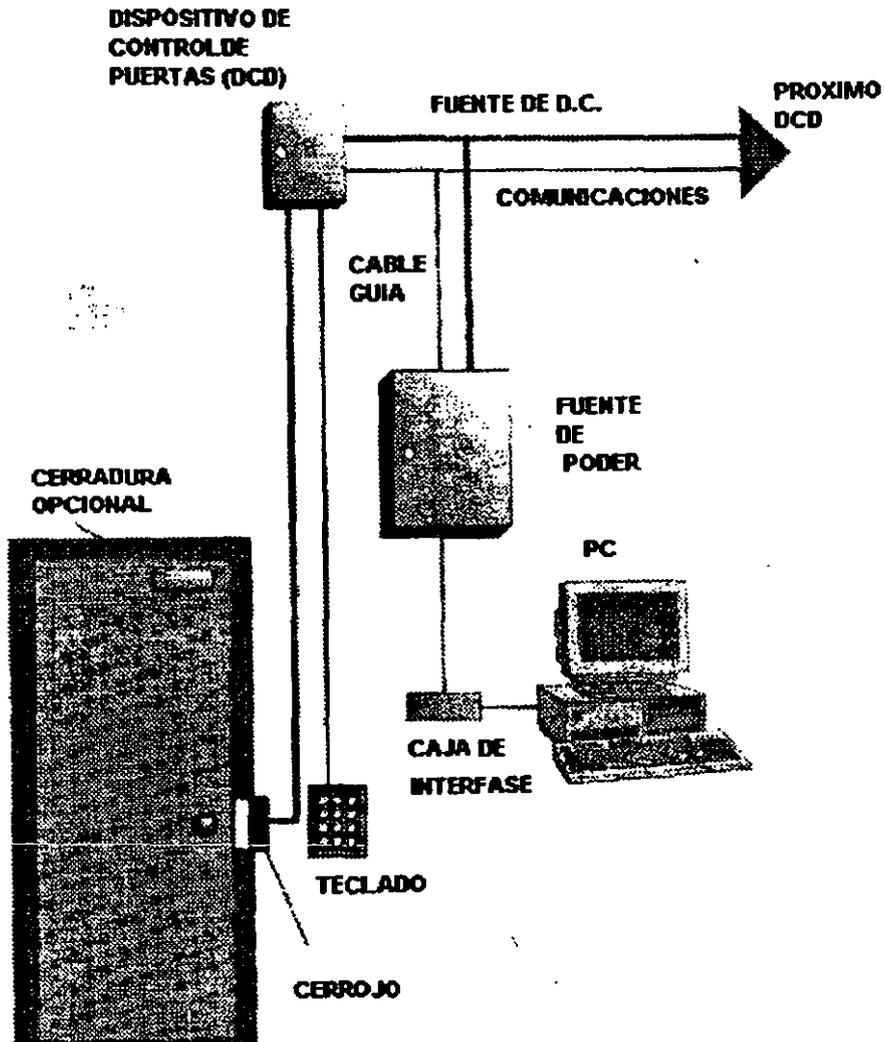


Figura 2.1:  
SISTEMA DE CONTROL DE ALTA TECNOLOGÍA

circuito cerrado, figura 2.2. De algún modo, esto reduce el riesgo de las invasiones antes mencionadas, pero aún cuando esto se haya controlado, falta el renglón referente al acceso de quienes desarrollan una actividad dentro de la empresa, que deben identificarse completamente para poder entrar a las instalaciones.

Los avances de la electrónica se han aplicado en muchos campos, uno de ellos es la seguridad, lo que ha llegado a desplazar al personal de vigilancia, que se han encargado de controlar la seguridad y el acceso a las instalaciones, oficinas y edificios con los que la empresa cuenta.

Las tecnologías recientes se han acoplado a los sistemas de seguridad haciéndolos más confiables y mejores. Actualmente estos sistemas son, y deben serlo, sofisticados debido al alto índice de inseguridad, como un ejemplo, que se registra en todo el mundo, llegándose a realizar sistemas basados en computadoras de manera que se puedan controlar un número grande de funciones, variadas estas, para garantizar una completa seguridad, tanto dentro como fuera de la empresa.

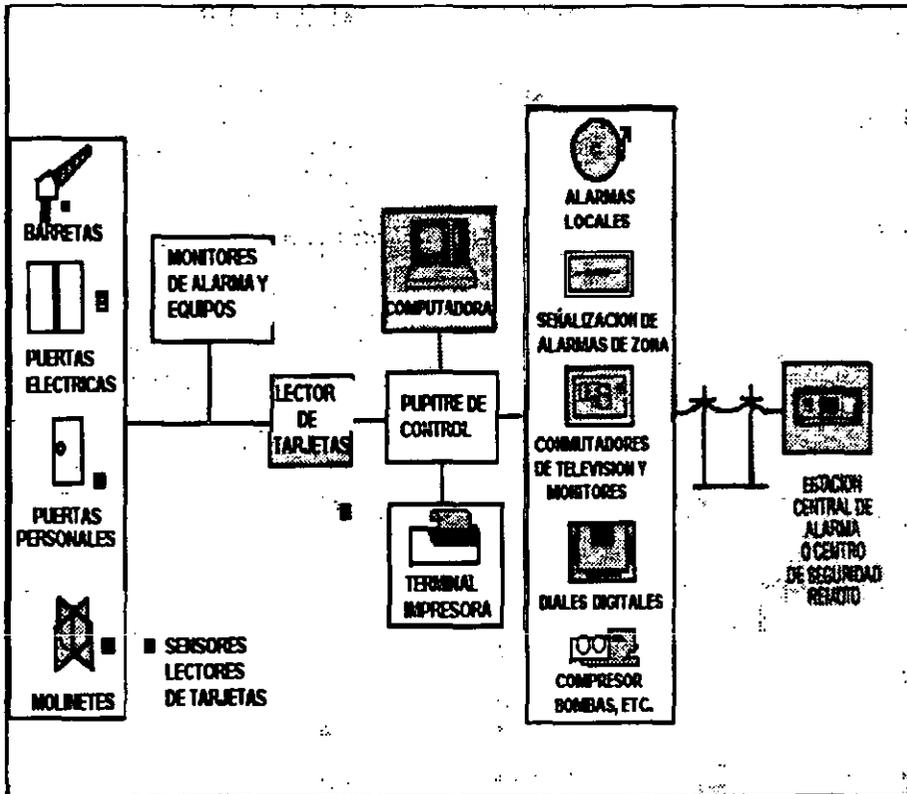


Figura 2.2  
ESQUEMA GENERAL DE UN CONTROL DE ACCESOS

De la mano del desarrollo de las nuevas tecnologías, también van los procesos de fabricación de los mecanismos de control de accesos y del propio control eléctrico-electrónico.

Existen diferentes tipos de mecanismos para el control de acceso de usuarios con los que se puede contar, algunos de ellos son el electro neumático y el electromecánico abarcando las partes mecánica, eléctrica, así como los sistemas electrónicos con sus circuitos analógicos, digitales y con los mismos microprocesadores, figura 2.3.

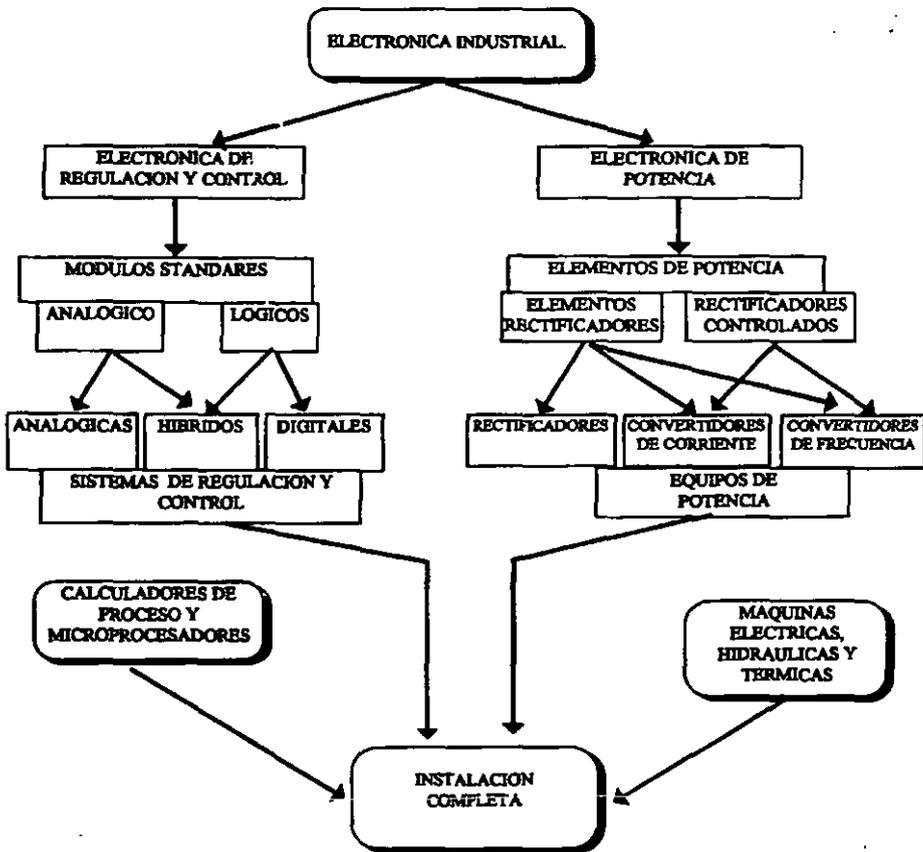


Figura 2.3  
RELACION ENTRE LAS INGENIERIAS

La relación existente entre la electrónica de potencia y la de regulación y control da pie a la realización de un control automatizado dentro de una instalación que comprenda varios elementos, logrando esto a partir de la generación de señales de control obtenidas de sistemas analógicos, digitales, y de una mezcla de ambos, con lo cual se pueden manejar

elementos de potencia que, debido a su gran potencial, permiten mover dispositivos mecánicos a través de acoplamientos entre estos y sus similares eléctricos.

## SISTEMAS CON CIRCUITOS ANALÓGICOS

Los sistemas con circuitos analógicos son aquellos con los que se realizan funciones tales como:

- Amplificar voltajes o corrientes
- Modificar impedancias
- Limitar señales de protección
- Compensar
- Eliminar o atenuar señales indeseables
- Acondicionar señales para utilizarlas en sistemas complejos

Los sistemas analógicos están constituidos por las configuraciones de los amplificadores operacionales en todas sus versiones y tipos, todo esto de acuerdo con lo que se pretenda realizar, aunque actualmente se aplican en estas y otras funciones como las que llevan a cabo sistemas de instrumentación electrónicos, de fuentes de alimentación, entre muchos otros.

Para ello, se deben conocer las características de un amplificador ideal con las cuales se pueden analizar y diseñar sobre cualquier sistema que maneje amplificadores operacionales, con lo cual se obtienen resultados cuyos errores pueden ser despreciables.

Dichas características son:

- Resistencia de entrada,  $\alpha$ .
- Resistencia de salida,  $R_o = 0$ .
- Ganancia de voltaje,  $A_v = \alpha$ .
- Ancho de banda,  $W_H = \alpha$ .
- Balance perfecto en corrientes de entrada cero.
- Factor de rechazo en modo común,  $CMRR = \alpha$ .
- Todas las características iguales, a cualquier temperatura.

Con lo cual se puede decir que el amplificador operacional clasifica, compara voltajes y corrientes tanto a la entrada como a la salida.

## SISTEMAS CON CIRCUITOS DIGITALES

En los sistemas industriales, los circuitos controladores reciben y procesan la información sobre condiciones en que operará el sistema, figura 2.4. Por lo que un sistema de control electrónico de un sistema puede ser de tipo:



**Figura 2.4:**  
**DISPOSITIVOS RECOLECTORES DE INFORMACIÓN**

En la entrada se encuentran los dispositivos que recolectan la información proveniente del operador o del sistema, los cuales pueden ser:

- Botones pulsadores
- Interruptores de fin de carrera
- Interruptores de presión
- Fococeldas

En el procesamiento lógico se toman las decisiones de acuerdo a la información recolectada por los dispositivos de entrada, y a su vez envía las ordenes a la sección de salida. Esta parte esta conformada por circuitos basados en relevadores magnéticos, circuitos transistorizados discretos e integrados, figura 2.5.

La salida esta conformada por dispositivos que presentan las señales que envían los circuitos lógicos ya procesadas, es decir, con la decisión establecida en concordancia con las entradas, para operar mecanismos, tales como:

- Arrancadores de motores
- Contadores
- Selenoides
- Lámparas indicadoras

A partir de la introducción del primer microcontrolador el campo de acción de las computadoras se incrementó, debido a que se acompañaba de herramientas tales como el software que se utilizó en el diseño de circuitos, sistemas electrónicos e híbridos.

El microprocesador cuenta con los dos principales componentes que utiliza una computadora, la unidad aritmético-lógica, ALU, y la de control. Actualmente los microcontroladores se encuentran en diferentes sectores y sistemas, como son:

Controladores programables:

- Automatización industrial
- Máquinas herramientas
- Instrumentación biomédica

Control de procesos:

- Sistemas de supervisión y control

Unidades de proceso aritmético y contables:

- Ordenadores de gestión
- Cajas registradoras

Sistemas de comunicación:

- Transmisores y receptores de datos
- Procesamiento digital de señales

La automatización de la industria está basada en los microprocesadores y microcontroladores, por lo que se justifica así su incorporación al control y supervisión de los múltiples procesos que ella involucra. Para incorporar un sistema de lógica programada se debe:

- Elegir el soporte electrónico adecuado, es decir, el hardware del sistema.
- Desarrollar el programa del mismo hardware en un lenguaje de alto nivel y depuración del mismo, esto es, el software.
- Verificar en el ambiente real el funcionamiento del equipo en el proceso.

Por ello, los microprocesadores se han popularizado su uso en los sistemas de control y automatización.

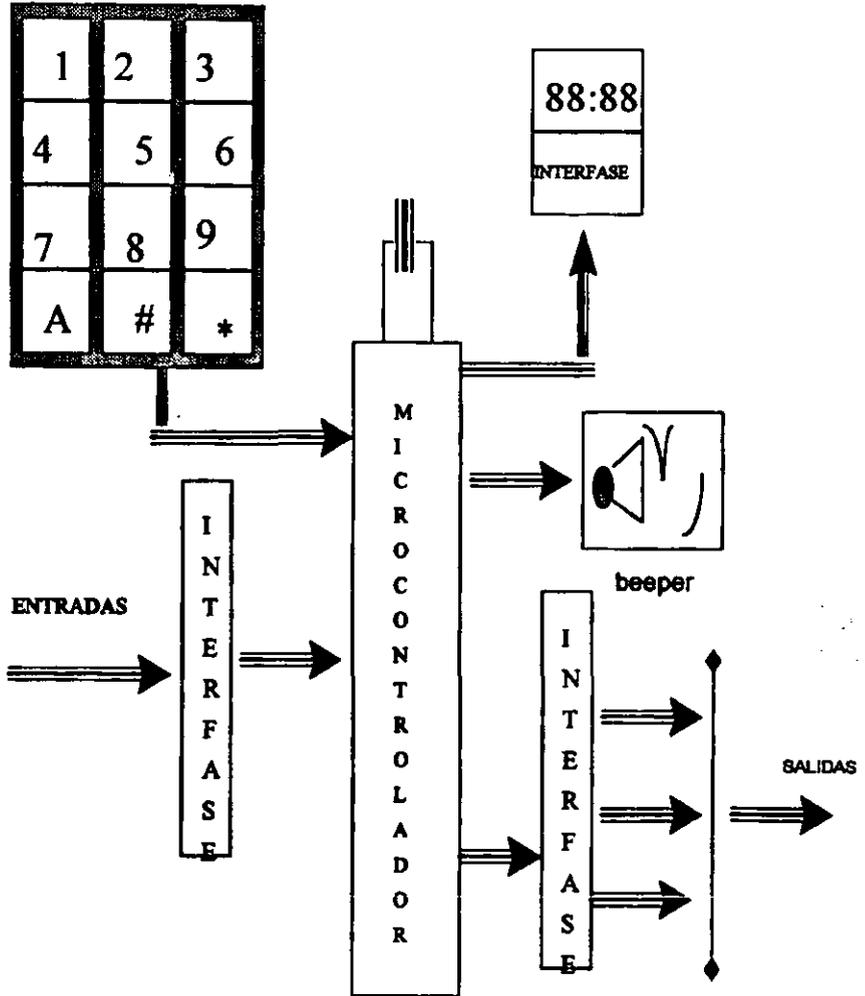


Figura 2.5  
SISTEMA DE CONTROL CON MICROCONTROLADOR

## ELECTRONICA DE POTENCIA

La electrónica de potencia se encarga de estudiar los diferentes arreglos con semiconductores para trabajar como un interruptor abierto, es decir, cuando su disposición evita el paso de la corriente, o cerrado, cuando permite el paso de la corriente sin oponer resistencia, figura 2.6.

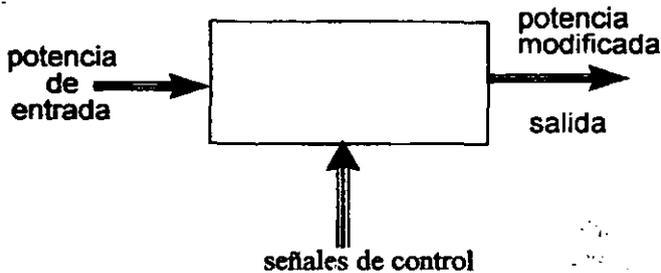


Figura 2.6

### PROCESO DE CONTROL DE LA ELECTRÓNICA DE POTENCIA

Además, existe otro elemento no menos importante, la señal de control, que se encarga de hacer que el dispositivo pase de un estado a otro. Esta señal es pequeña con respecto a la que maneja el dispositivo.

#### 2.2.1. - SISTEMAS DE CONTROL DE ACCESO

A través de los años se han venido utilizando varios sistemas para aplicar seguridad, principalmente en las puertas, que van desde las trancas hasta las chapas metálicas. Posteriormente, se crearon los cerrojos y las consiguientes cerraduras.

Una cerradura debe proporcionar:

- Seguridad de cierre, esto es, protección contra la apertura con llaves parecidas.
- Seguridad contra ganzúas, protección contra apertura violenta
- Capacidad de soporte, protección contra perforaciones
- Seguridad de función

A partir de lo anterior, la industria ha desarrollado y mejorado los mecanismos de cerraduras para garantizar seguridad y control de acceso a áreas restringidas, ya sean cerraduras con cerrojo transversal de seguridad, cerradura de sobreponer un cerrojo adicional, sistemas de cierre mecánicos y electrónicos para todas las áreas y aplicaciones, utilizando tecnologías de vanguardia, pudiéndose elegir, así, entre diversos sistemas de cierre convencionales eléctricos y electromecánicos, utilizando llaves reversibles y soluciones en la electrónica.

El sistema de cierre electrónico cumple con las máximas exigencias de seguridad en el ámbito privado y comercial puesto que regula el control de acceso en una área determinada de acuerdo al espacio y tiempo según las necesidades. También puede controlar el acceso a determinada área de personas personalizando el acceso.

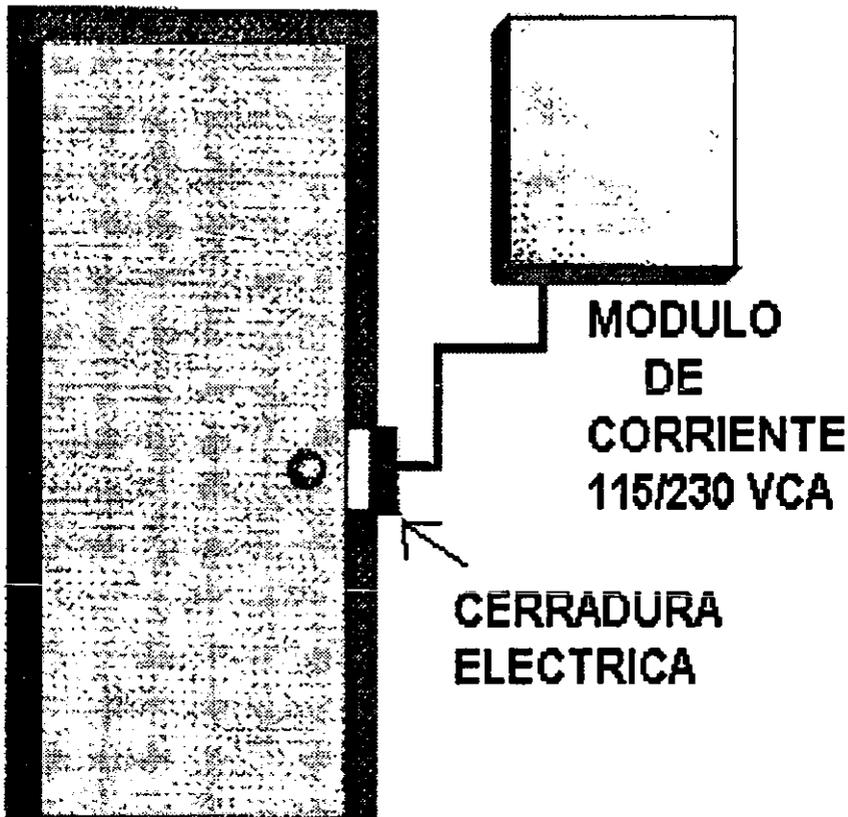
El sistema de llave reversible tiene la característica de estar equipado con un sistema antiganzua y antitaladro que protege contra aperturas no deseadas.

La cerradura eléctrica de golpe, figura 2.7, y electromagnética, figura 2.8, en puertas de acceso controlado son sistemas de cerradura comúnmente usados en el control de acceso en la industria.

Los sistemas remotos de cerrado permiten o niegan el acceso a una área, ya que la puerta se puede asegurar todo el tiempo o durante un horario seleccionado. Para lograr esto, los dispositivos de cerradura eléctrica, figura 2.9, están enlazados a los controles de la puerta que están provistos con el sistema de control de acceso.

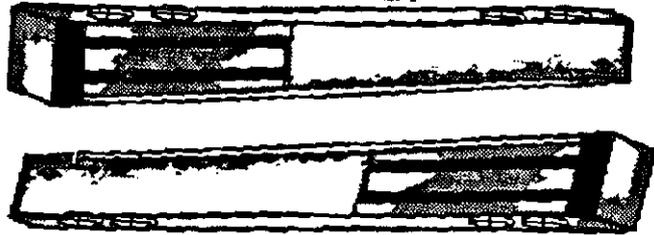
Cuando la salida debe ser controlada, es necesario suministrar un dispositivo de aseguramiento en caso de falla lo que mantendrá la puerta cerrada tanto del lado de entrada como del de salida. Esto ha permitido el desarrollo de este tipo de cerraduras.

La cerradura electrónica de alta seguridad es lo más reciente que la tecnología electrónica ha presentado, siendo muy confiable en el sistema mecánico. Provee un alto grado de seguridad, confiabilidad y de control de acceso, figura 2.10.

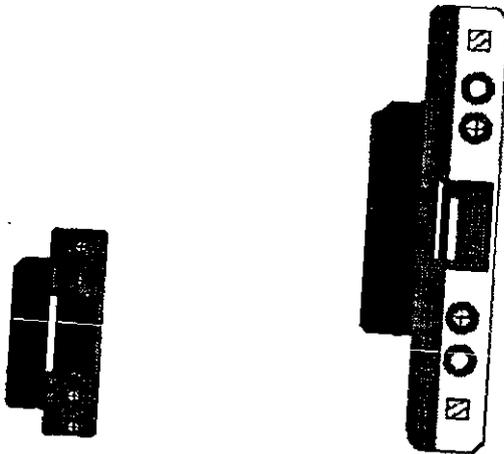


**Figura 2.7**  
**ACCESO CONTROLADO POR CERRADURA ELECTRICA**

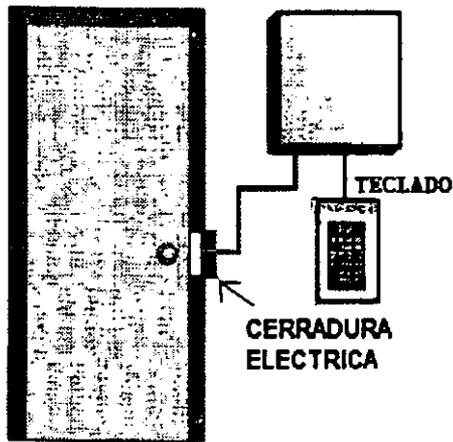
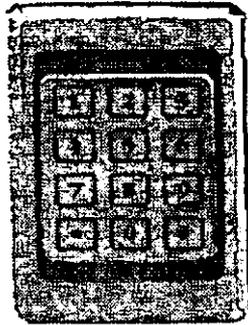
**MANIJA ELECTROMAGNETICA**



**Figura 2.8**  
**CERRADURA ELECTROMAGNÉTICA**



**Figura 2.9**  
**CERRADURA ELÉCTRICA**



**Figura 2.10**  
**SISTEMA DE IDENTIFICACION VIA TECLADO**

El sistema de identificación por número de clave, figuras 2.11 y 2.12, cuenta con un teclado que permite comparar la clave numérica asignada del usuario a la de la memoria programada por el equipo, la cual es comparada para la plena identificación. El sistema de control horario realiza sus funciones por medio de una tarjeta magnética, incluyendo la función de control de accesos y horario. Combinado con los programas de gestión horaria permiten la obtención de información relativa a la presencia/ausencia del personal.



Figura 2.11

**TARJETA DE IDENTIFICACIÓN CON CÓDIGO DE BARRAS**

Además de lo anterior, se incorpora la captura de datos en forma sencilla, mediante un diálogo interactivo entre la terminal y el operario, utilizándose para ello la lectora de tarjetas magnéticas y el teclado, o también un lector de código de barras.

Este tipo de sistema constituye una terminal idónea para aplicaciones de control horario con un punto de marcaje en los que no se precisa teclado y display, como pudiera ser el caso de control de acceso a zonas restringidas, en el que se precisa controlar la apertura de la puerta, o control horario en más de un punto de marcaje.

El programa de gestión horaria debe de permitir por lo menos informes detallados y completos referidos a horas trabajadas, ausencias, retrasos, horas extras, nocturnas, festivas, incidencias médicas, además de disponer de un cuadro de horarios y calendarios que permitan el tratamiento de: horarios fijos, flexibles, por horas, turnos, redondeos, pensados para en personal administrativo y laboral.

**SISTEMA POR RADIO-FRECUENCIA**

El sistema por radiofrecuencia se compone de un elemento pasivo denominado transponder, figura 2.13, que se incorpora a personas, objetos o animales a identificar, y un sistema de lectura, elemento activo. El sistema de lectura se coloca en los diversos puntos en los que se desea efectuar la identificación. Con este sistema se pueden identificar objetos a una distancia de hasta 1.5 metros atravesando cualquier tipo de material.

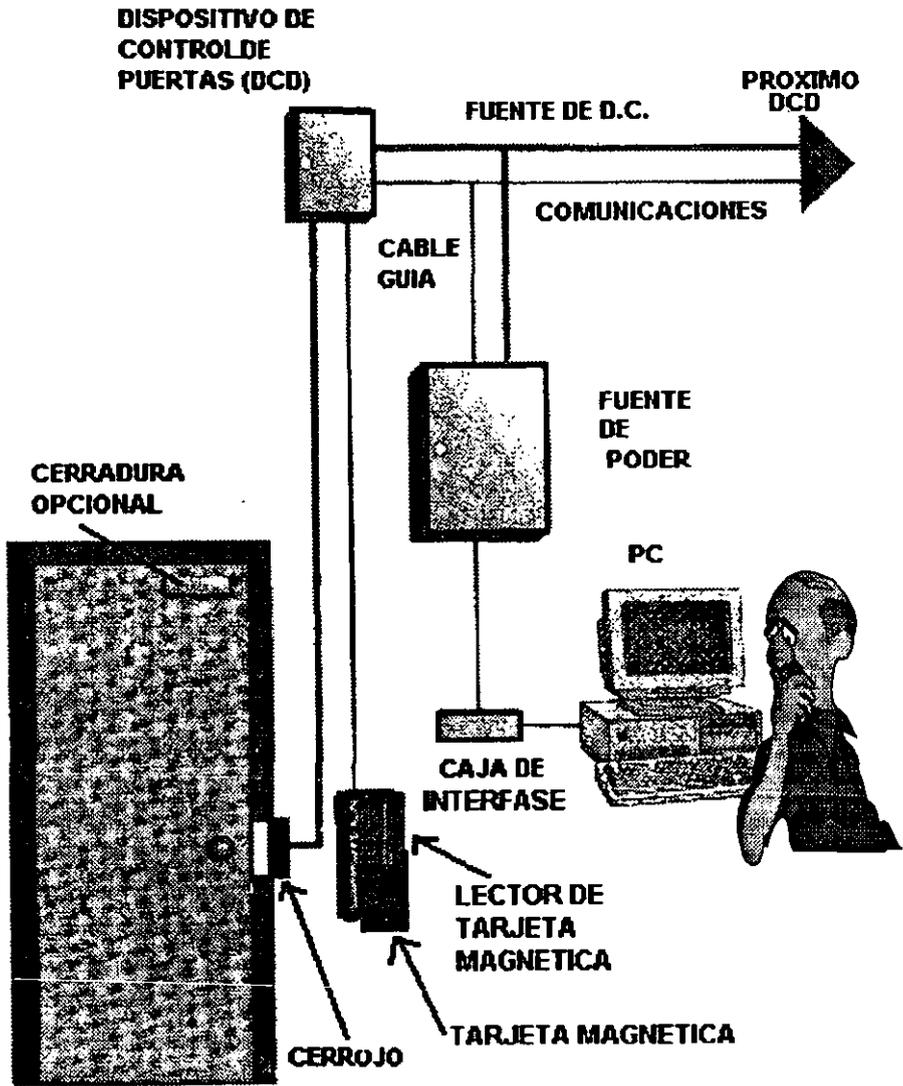
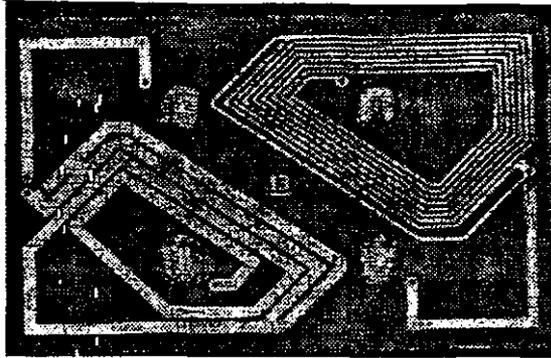


Figura 2.12  
SISTEMA DE CONTROL INTERACTIVO

El transponder es el componente que se une al elemento a identificar. No contiene ningún tipo de fuente de alimentación, es pasivo, por lo que no necesita de mantenimiento y su tiempo de vida es ilimitada, virtualmente.

El transponder consta de un microchip que tiene una matriz con 64 posiciones, un circuito integrado de regulación de voltaje y un circuito transmisor.



**Figura 2.13**  
**COMPONENTE INTERNO DEL MICROCHIP PARA EL TRANSPONDER**

A cada transponder se le asigna en el proceso de fabricación, grabación con tecnología láser, un código único e irreplicable, compuesto por 10 dígitos alfanuméricos elegidos aleatoriamente, 500 000 millones de posibilidades, que imposibilita cualquier alteración o falsificación posterior. Existe en diferentes formatos para poder adaptarse a distintas aplicaciones y usos.

El sistema de lectura, antena y decodificador, activa al transponder mediante un campo magnético creado por una antena. La antena recibe a continuación el código, de 10 números y/o letras, enviado por el transponder y lo transmite al decodificador para que lo procese.

No existe contacto físico entre el lector y el transponder, siendo su campo de lectura esférico. El transponder envía la información modulada en fase y cuenta con un sistema de detección de errores con los que se eliminan las alteraciones provocadas por las interferencias y obstáculos, con lo que se asegura la confiabilidad de la lectura.

El proceso de transmisión tiene las características siguientes:

- Frecuencia de excitación: 128 kHz
- Campo de excitación:  $4 \times 10^5$  Weber/m<sup>2</sup>
- Frecuencia de retorno: 64 kHz
- Índice de transferencia: 8 Kbit/seg.
- Modulación: 180° PSK
- Sincronización: 8 bit
- Detección/Corrección de errores: 17 bit
- Tipo de comunicación: full duplex

El sistema de control de acceso y presencia se basa en la tecnología de identificación por radiofrecuencia, que permite la identificación de objetos y personas por proximidad.

El control se realiza por comparación del código del transponder, microchip, que lleva la persona y los códigos almacenados en la memoria del sistema de lectura, permitiendo o denegando el acceso y/o registrando las entradas o salidas de las instalaciones.

El sistema de control de acceso y presencia está formado por los siguientes componentes: La tarjeta de identificación, transponder, es de acceso con formato idéntico al de una de crédito, con un transponder incorporado. El código emitido por el transponder hace posible la identificación de forma única y no falsificable.

A esta tarjeta se le puede incorporar, además, una banda magnética y/o chip de contacto, figura 2.14, y admite todo tipo de personalización, incluso con sublimación térmica.

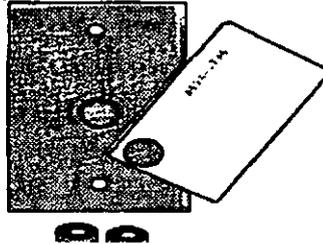


Figura 2.14

### TARJETA CON CHIP DE CONTACTO

En el sistema de lectura, antena y decodificador, el lector es el elemento del sistema responsable de la creación del campo magnético, de la captación de la tarjeta, así como de su conversión a formato digital.

Si una tarjeta se encuentra en el campo de acción del lector, éste lee su código y lo compara con los contenidos en la memoria del sistema, permitiendo o denegando el acceso.

Se diferencia de otros sistemas tradicionales, banda magnética, en que basta con aproximar la tarjeta a una distancia de 10 cm. a 150 cm. atravesando prácticamente cualquier tipo de superficie para que sea reconocida.

Una vez recibida la información del transponder, el sistema puede tener capacidad de decisión propia, estación independiente, o comunicarse con un ordenador central para actuar según las pautas programadas, conexión en red.

El lector puede funcionar como estación autónoma e independiente. En esta modalidad, la característica más importante es su simplicidad de uso. Para su funcionamiento basta conectarle el sistema de apertura de puerta y definir los códigos de las tarjetas que están autorizadas a entrar.

En caso de pérdida de una tarjeta, su código puede ser desautorizado fácil e inmediatamente.

En caso de sistemas de control de acceso y presencia más complejos, el lector puede trabajar integrado dentro de una red informática.

### CAPÍTULO III

## DIFERENCIA ENTRE LOS MICROPROCESADORES Y MICROCONTROLADORES

### 3.1. – APLICACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES

#### 3.1.1. - MICROPROCESADORES Y MICROCONTROLADORES

A lo largo de los años, la ingeniería electrónica se ha desarrollado vertiginosamente durante el último medio siglo. Basándose en la creación del transistor, el ingeniero ha emprendido una carrera para reducir las limitaciones de diseño de componentes electrónicos.

Después de mucho tiempo de acoplar un número enorme de dispositivos lógicos para conformar un contador o un sumador, aparece el microprocesador, en 1970, con una eficiencia que minó el camino de la electrónica digital con nuevas estrategias de diseño. Este fue el predecesor del computador y otros dispositivos que procesan señales digitales, cuya velocidad cada día se revoluciona. De la misma manera, este nuevo desarrollo propició la reducción en escala de los dispositivos electrónicos, principalmente el microprocesador. Un microprocesador es un dispositivo integrado, que puede ejecutar un determinado conjunto de instrucciones en código máquina. Este código máquina, o programa, lo puede leer desde una memoria externa o interna de acuerdo al tipo de microprocesador de que se trate.

Las características principales de un microprocesador son su universalidad y su programabilidad, lo que lo hace un dispositivo útil en su aplicación para la computadora, entre otras cosas. El microprocesador es un dispositivo de alta integración que contiene muchos circuitos más sencillos como lo son los flip-flop's, contadores, registros, etc., todos ellos en el mismo encapsulado. El programa que ejecuta está constituido por una serie de instrucciones que se ejecutan secuencialmente y que implican operaciones aritméticas o lógicas. Estas instrucciones están basadas en un código conocido por el microprocesador que, junto con los algoritmos y programas de aplicación, determinan el funcionamiento de este y pueden ser alterados las veces que sea necesario para que se pueda adaptar a alguna aplicación específica. A todo este conjunto se le conoce como software, mientras que el mismo circuito y sus conexiones físicas y demás componentes electrónicos, difíciles de modificar, constituyen el hardware.

Con esta nueva tecnología aparecieron nuevas necesidades, principalmente en el campo de la medición y el control, que reclamaban dispositivos microprocesados que se encargaran de tareas específicas, las cuales fueran rápidas y que estos no ocupasen mucho espacio. Así, a principios de los 80's aparece el microcontrolador, dispositivo que en arquitectura está compuesto por una unidad central de procesamiento, CPU, memoria RAM, memoria ROM y circuitería de entrada y salida, así como dispositivos especiales.

Sus aplicaciones más comunes son en sistemas mínimos tales como el control central de una reproductora de video VHS, donde controla las señales recibidas del control remoto, el avance de la cinta, el autotracking y la sintonía de los canales. En sistemas de control para la adquisición de datos por medio de convertidores A/D y D/A internos en el chip.

Para determinar cual es la mejor opción para diseñar es criterio de quien se encargará de ello, ya que se deben definir las estructuras de manejo del circuito general, interfaces, así como el manejo de los programas fuentes a realizar.

Generalmente, el CPU de un microcontrolador es mucho más simple y sus instrucciones en gran parte están desarrolladas con base en el manejo del hardware dentro del chip.

La arquitectura de un microcontrolador es tipo harvard, mientras que la del computador es von newmann. En el microcontrolador, la memoria RAM es mínima, debido a que las operaciones primitivas de control e instrumentación no necesitan almacenar gran cantidad de datos temporales. La memoria ROM es limitada, 4K. No es necesario diseñar codificadores de mapa de memoria ni de puertos de entrada y salida pues vienen implícitos. Los microcontroladores tienen problemas al entregar un bus de direcciones, y la mayoría lo hace a través de puertos de entrada/salida utilizando señales de sincronización, que también pueden servir para la expansión de memorias internas del dispositivo. Son más lentos pero logran hasta 50 MHz.

¿Qué es un microcontrolador?

Es un dispositivo que se utiliza para controlar algún proceso o aspecto del medio. Una aplicación típica de un microcontrolador podría ser el monitoreo de temperatura de una casa y actuar sobre el aire acondicionado para regular la temperatura.

Al principio, los controladores se construyeron con componentes lógicos y eran, normalmente grandes y pesados. Tiempo después los microprocesadores empezaron a utilizarse y un microcontrolador entero cabía en una tarjeta de circuito impreso. Esto es todavía común, se pueden encontrar controladores alimentados por uno de los muchos microprocesadores comunes (Zilog Z-80, Intel 8088, Motorola 6809 y otros).

Conforme el proceso de miniaturización continuó todos los componentes necesarios para el controlador fueron integrados en un solo chip, de esa forma una computadora en un solo chip o microcontrolador había nacido. Un microcontrolador es un circuito de integración a gran escala que incluye en un solo chip, todas o la mayoría de las partes necesarias para realizar una acción de control. El microcontrolador podría denominarse como "Una solución en un solo chip". Típicamente incluye:

CPU	Unidad Central de procesamiento
RAM	Memoria de acceso aleatorio
EPROM/ PROM/ ROM	Memoria de solo lectura borrable programable
I/O	Entradas/ Salidas (Serial y paralelo)
Temporizadores	
Controlador de interrupciones.	

Si se incluye solamente las características específicas a la tarea de control, el costo es relativamente bajo. Un microcontrolador típico tiene instrucciones de manipulación de bits, acceso fácil y directo y procesamiento rápido y eficiente de las interrupciones. Los microcontroladores son una solución en un solo chip que reduce drásticamente el número de partes y el costo del diseño.

### 3.1.2. – DESCRIPCIÓN DE UN MICROCONTROLADOR

Es una computadora en un sólo chip (encapsulado en una sola pastilla), porque tiene su propio microprocesador, puertos paralelos de entrada y salida y un puerto de comunicación serial para que se comunique con el exterior. Tiene temporizadores y contadores, memoria de lectura y escritura y, además, puede incluir un convertidor análogo/digital además de otras funciones. Todas estas funciones dentro de un chip. Existen aún muchas aplicaciones donde los microcontroladores pueden operar.

Las aplicaciones de los microcontroladores son ilimitadas (el límite es su imaginación) entre ellos podemos mencionar: sistemas de alarmas, sistemas de iluminación, paneles publicitarios, etc. Controles automáticos para la Industria en general. Entre ellos el control de motores DC/AC y motores de paso a paso, control de máquinas, control de temperatura, control de tiempo, adquisición de datos mediante sensores, etc.

#### Funcionamiento y Constitución.

Típicamente un microcontrolador tiene la siguiente estructura, figura 3.1:

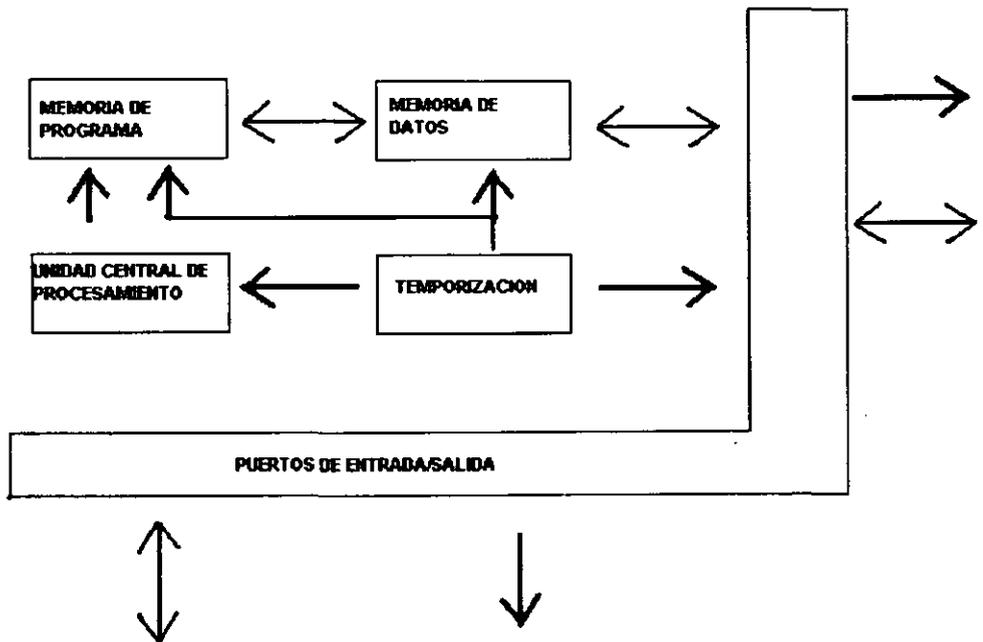


Figura 3.1

#### La Unidad Central de procesamiento (CPU)

Es el núcleo del microcontrolador, ahí se realizan todas las operaciones aritméticas y lógicas. Es la parte que realiza los cálculos del microcontrolador.

#### La memoria de programa.

La memoria de programa contiene un conjunto de instrucciones organizadas en una secuencia particular para realizar una tarea específica. La memoria de programa es conocida como Memoria de solo lectura (Read Only Memory, ROM) o OTP/EPROM. La memoria OTP (One-Time Programmable) puede grabarse una sola vez y los datos se almacenan permanentemente aunque el microcontrolador se apague. La memoria de

programa causa que se ejecute el propio programa tan pronto como se alimente al microcontrolador.

La memoria de datos.

Un tipo de memoria que pueda ser de lectura y escritura para el puntero de pila (stack pointer), almacenamiento de datos y variables del programa. Este tipo de memoria comúnmente se llama Memoria de Acceso Aleatorio (Random Access Memory, RAM). Cada localidad de memoria tiene una dirección única que el CPU usa para encontrar la información que necesita.

Un microcontrolador típico contiene ambos tipos de memorias ROM y RAM.

Señales de tiempo (Timing).

Los microcontroladores usan una señal de tiempo, llamada reloj, para proveer una referencia de tiempo para la ejecución del programa y determinar cuando el dato debe escribirse o leerse desde la memoria. También provee una base de tiempo para los periféricos.

Entradas/salidas.

Los microcontroladores requieren una interfaz para comunicarse con la circuitería externa. Los puertos de entrada sirven para que el microcontrolador lea los datos o los estados y los puertos de salida le permiten al microcontrolador afectar el sistema externo. Las conexiones entre el microcontrolador y los componentes externos varían de acuerdo a la aplicación, y pueden incluir unidades de display, teclados, interruptores, sensores, relevadores, etc.

El CPU puede pedir información a la memoria llamándola por su dirección. Las direcciones con todos sus bits se almacenan en la CPU como un número binario en una memoria temporal tipo latch conocida como registro. Las salidas del registro se envían sobre múltiples cables (o a través de un solo cable) a la memoria y a los periféricos del microcontrolador. El grupo de cables (paralelo) o el cable (serie) que transporta la dirección se llama bus de direcciones. La palabra bus se usa para designar a uno o más cables que comparten una trayectoria común hacia múltiples lugares. El registro de direcciones mantiene los bits de direcciones. El número de bits de direcciones depende del tipo de microcontrolador.

Los datos se envían a la CPU sobre un bus de datos. Este de datos se diferencia del bus de direcciones en que la CPU la usa para leer la información de la memoria o los periféricos y para escribir la información a la memoria o los periféricos. Las señales en el bus de direcciones se originan solo en la CPU y se envían a los otros periféricos. Las señales en el bus de datos pueden ser salidas desde la CPU o entradas a la CPU. La información sobre este bus es enviada o recibida en el CPU por el registro de datos. En otras palabras el bus de datos es bidireccional y el bus de direcciones es unidireccional, figura 3.2. El tamaño de los buses de datos y de direcciones puede ser diferente y depende del tipo de microcontrolador y el tamaño de la memoria.

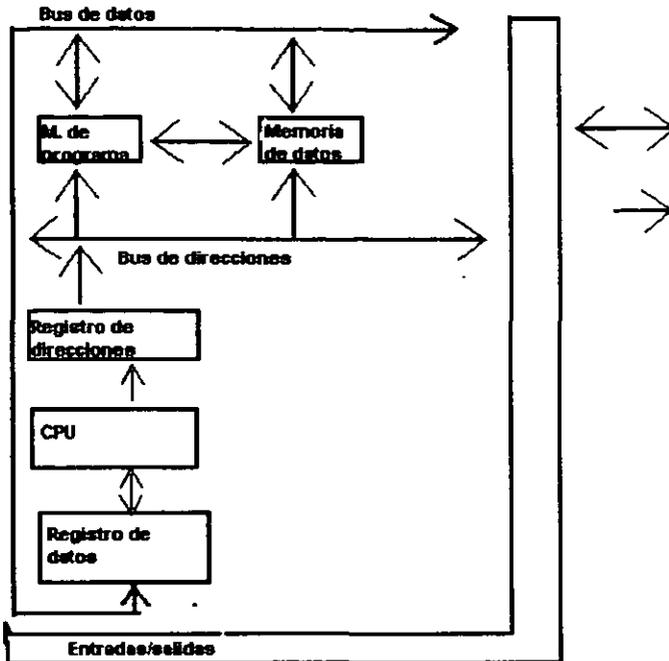


Figura 3.2

### Características Técnicas.

La mayoría de los microcontroladores minimizan los componentes externos a través de arreglos:

Capacidades de modo de alerta e interrupción externa.

Alta eficiencia en sus códigos de programación.

Bajo consumo de energía (modos: ocupado y libre)

Estructura de interrupciones por vectores.

Alta seguridad y confiabilidad.

Cálculos de sumas con códigos de redundancia cíclica.

Sistema guardián (Watchdog) y monitor de reloj.

Capacidad de leer los pines de entrada/salida independientemente.

Trampa de Software para detectar condiciones ilegales.

Baja interferencia debido a la radiación electromagnética.

Variedad en sus relojes y temporizadores.

Generador de pulsos de reloj.

Muchas características analógicas:

Convertidores A/D de 8 bits

Comparadores

Interfaces de comunicación

Opciones de reloj:

Reloj de cristal

Resonador cerámico  
 Generador de onda cuadrada externa.

### 3.1.3. - ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS MICROCONTROLADORES

Antecedentes del microcontrolador.

Se presentan algunos ejemplos de los microprocesadores que existían en la época, pues el microcontrolador nació con el concepto del microprocesador. La categoría de las microcomputadoras se divide en dos áreas: los microcontroladores y los microprocesadores.

Esta distinción se hace porque en realidad hay dos tipos diferentes de dispositivos.

Los microcontroladores tienen generalmente una arquitectura de bus dual en lugar de un mapeo de memoria con la arquitectura Von Neuman que es común en la mayoría de los microprocesadores. Para aplicaciones de control, los microcontroladores son más eficientes que los microprocesadores. Las instrucciones del microcontrolador son muy diferentes a las instrucciones del microprocesador. Los microcontroladores son invariablemente dispositivos de un solo chip a diferencia de los microprocesadores que son dispositivos multi-chip. Los microcontroladores dominan el mercado de las microcomputadoras en términos de volumen. La división entre los microcontroladores y los procesadores en ocasiones es imperceptible, sin embargo, existe.

#### EL PROCESADOR 4004, EL PRIMERO (NOV. 1971)

El primer chip con un CPU fue el Intel 4004, un procesador de 4 bits creado para una calculadora. Procesaba datos de 4 bits pero sus instrucciones eran de 8 bits.

El 4004 tenía 46 instrucciones, usaba solamente 2,300 transistores en un encapsulado tipo DIP de 16 terminales. Corría a una velocidad de 740 KHz, aunque la meta original era de 1 MHz para permitirle cálculos tan rápidos como un IBM 1620 de la época de los 60's.

El 4040 (1972) era una versión mejorada del 4004, sumando 14 instrucciones, una pila (stack) más grande, un espacio para programa de 8 K e interrupciones.

#### EL TMS 1000, EL PRIMER MICROCONTROLADOR (1972)

Texas Instruments siguió muy de cerca al 4004/4040 de Intel con su TMS 1000 de 4 bits, que fue el primer microprocesador que incluía suficiente memoria RAM, y espacio ROM para el programa y le permitía operar sin tantos componentes externos de apoyo. Incluía un acumulador de 4 bits, un registro Y de 4 bits y un registro X de 2 ó 3 bits que al combinarse creaba un registro indexado de 6 ó 7 bits para los 64 o 128 bytes de la memoria RAM.

#### EL 8086 DE INTEL, LA OPCIÓN DE IBM (1978)

El 8086 de Intel estaba basado en el diseño del 8080/8085 con un conjunto de registros similares, pero expandido a 16 bits. La unidad de Interfaz del bus alimentaba la cadena de instrucción a la unidad de ejecución a través de una línea de preacceso de 6 bytes, de tal forma que el acceso y la ejecución eran concurrentes.

El 80286 expandió el diseño a 32 bits añadiendo un modo (cambio del modo real al modo protegido) que incrementó enormemente el número de segmentos usando un selector de 16

bits para un descriptor de segmentos que contenía, dentro de una dirección de 24 bits, el tamaño y los atributos de un segmento.

Pero todo el acceso a la memoria estaba aún restringido a segmentos de 64K hasta el 80386 (1985), que incluía muchas mejoras en el direccionamiento.

El 80486 (1989) añadió líneas completas, 8K de memoria caché en el chip, FPU integrado y versiones de doble reloj. El Pentium (1993) era superescalar con caches separadas de 8 K. El Pentium fue el nombre que le dio Intel al 80586 porque no podía proteger al 586 de que otras compañías lo usaran- y de hecho, el CPU compatible de NexGen se llama el Nx586. Debido a su popularidad, la línea 80x86 ha sido la que más clones tiene, desde el NEC V20/V30, 80386 Y 80486 de AMD y CYRYX a versiones del Pentium dentro de menos de dos años de su producción.

### APLICACIONES DE LOS MICROCONTROLADORES.

Los microcontroladores son ampliamente utilizados en aparatos electrodomésticos (hornos de microondas, refrigeradores, televisores y videograbadoras, estereos), computadoras y periféricos (impresoras láser, módems, unidades de disco), automóviles (control de encendido, diagnóstico, control de la temperatura), control ambiental (casas ecológicas, fábricas), instrumentación, naves espaciales y cientos de usos más, en muchas aplicaciones, pueden encontrarse más de un procesador.

Los microcontroladores son muy utilizados donde el poder de procesamiento no es muy importante, por ejemplo podría ser muy eficiente controlar un horno de microondas con un sistema UNIX, sin embargo, un microcontrolador puede realizar esa tarea sin ningún problema y a un costo comparativamente menor.

En la robótica los microcontroladores son muy importantes. Muchas tareas específicas pueden distribuirse entre un gran número de controladores en un sistema. La comunicación entre los microcontroladores y una central habilitará la información a ser procesada por la computadora central, o la turnará a los otros controladores en el sistema.

Una aplicación especial en la agricultura son los sensores, colocando uno de estos chips en medio de un campo de cultivo, se puede monitorear y grabar los parámetros ambientales (temperatura, humedad, lluvia, etc.), el tamaño pequeño, el bajo consumo de energía y la flexibilidad hacen a estos dispositivos ideales para monitorear y grabar datos.

La siguiente tabla, tabla 3.1, muestra resumidamente las diferentes aplicaciones en las áreas más importantes del mercado:

**Tabla 3.1: aplicaciones de los microcontroladores**

Segmento del mercado.	del	Aplicaciones	Funciones	Características requeridas en el microcontrolador.
-----------------------	-----	--------------	-----------	--

Juguetes	Juegos de basketball Juguetes electrónicos Pistolas láser	Administradores de batería.	Bajo costo. Bajo consumo de energía. Amplio rango de voltaje de operación. Salidas de corriente alta. Encapsulado pequeño.
Equipo de audio electrónico.	Tarjetas electrónicas de audio en equipo musical.	Administradores de batería. Generador de tonos. Baja potencia.	Amplio rango de voltaje. Bajo consumo de potencia. Temporizadores flexibles.
Herramientas artículos electrónicos y	Pequeñas aplicaciones: Planchas. Cafeteras. Hornos de microondas. Licuadoras Procesadores de alimentos	Fuentes de bajo costo Medidores de temperatura Inmunidad al ruido	Detección de baja de energía. Comparadores Salidas de alta corriente Sistema watchdog e interrupciones Entradas de disparador Schmitt Moduladores de ancho de pulso.
Herramientas artículos electrónicos y	Aplicaciones domésticas: Control de estufas Lavavajillas Lavadoras Secadoras Aspiradoras Timbres Atenuadores (dimmers)	Retardos en los circuitos de relé Temporizadores Contadores Controladores de secuencia Control de temperatura Inmunidad al ruido Controladores principales.	Detección de baja energía Comparadores Convertidores A/D Interrupciones Entradas con disparadores Schmitt Salidas del modulador de ancho de pulso PWM. Salidas de corriente alta

Control de movimiento	Control de motores Herramientas de poder.	Control de velocidad de motores Ambiente ruidoso Temporización	Moduladores PWM flexibles Entradas con disparador Schmitt Salidas de alta corriente.
Sistemas de seguridad y monitoreo	Sistemas de seguridad Alarmas antirrobo Sistemas de monitoreo de datos remoto Sistemas de control de emergencia. Interruptores de seguridad	Transmisión de datos Monitoreo Temporización Diagnóstico Monitoreo de datos Interfaz al sistema telefónico Modo de espera	UART Moduladores PWM flexibles Temporizadores Entradas/salidas flexibles Modos de ahorro de energía Interfaz serial sincrónica.
Misceláneos	Control de interruptores (elevador, semáforos, interruptores de potencia) Sistemas de control de sensores Control de presión Taxímetros Temporizadores industriales Medidores de temperatura Bombas de gas Detectores de gas/humo.	Temporización Contador Sensor Medición	Microcontrolador genérico.

Industria automotriz	Control de unidades de cassette en los autoestereos Control de puertas, sillas y ventanas. Controladores esclavos	Temporización Control de movimiento Control de display Inmunidad al ruido y a la interferencia electromagnética. Interfaz serial Modos de espera Amplio rango de temperatura	Moduladores PWM flexibles. Modos de ahorro de energía Sistema guardián watchdog Interfaz CAN Características especiales para el tablero Reducida Interferencia electromagnética Amplio rango de temperatura.
----------------------	---	--	--

Tabla 3.1: continuación

Fabricantes y costo de componentes

Entre los fabricantes de microcontroladores podemos ubicar el siguiente directorio de acuerdo con los modelos que produce:

Características de arquitecturas.

#### ARQUITECTURA VON NEUMANN.

Los microcontroladores basados en esta arquitectura tienen un solo bus de datos que se usa para el acceso de las instrucciones y los datos. Las instrucciones del programa y los datos son almacenados en una memoria principal común. Cuando tal procesador direcciona la memoria principal, primero accesa una instrucción y luego se introduce el dato que soportará la instrucción. Los dos accesos separados hacen lenta la operación del microcontrolador.

La computadora es una máquina destinada a "procesar información". El primer computador recibía datos y órdenes uno a uno a medida que estaba en condiciones de hacer una nueva operación.

Hacia 1950, Von Neumann tuvo la idea de construir la máquina de tal modo que pudiera "memorizar" una serie de órdenes y una serie de datos, de tal modo que pudiera luego "trabajar sola" hasta lograr el resultado. Concibió para ello la "arquitectura" o estructura física hoy conocida con su nombre y generalizada en la segunda y la tercera generación de computadores. Paralelamente concibió lo que se ha llamado el "programa", o sea un conjunto estructurado de órdenes o instrucciones de trabajo que guían, paso a paso, el funcionamiento de la máquina. Esto lleva a una primera estructuración: debe haber una unidad de memoria y una unidad que procesa, y esta memoria debe poder contener el programa y los datos así como resultados parciales de las operaciones en curso. Estas dos

unidades básicas conforman la "Unidad Central de Procesos" (CPU o "Central Process Unit", en inglés).

Tanto los computadores con gran volumen de memoria y alta velocidad de proceso (llamados "main - frame") como los computadores personales de nuestras oficinas u hogares ("PC" o "Mac") o las máquinas de video-juegos ("flippers" electrónicos) tienen una "CPU" con esta misma estructura y que cumple las mismas funciones básicas, figura 3.3.



Figura 3.3

Pero para poder realizar su trabajo, el computador debe tener componentes que permitan ingresar los datos y el programa, y sería inútil sin otros destinados a entregar los resultados solicitados: son los "periféricos" de entrada y de salida. Un periférico típico de entrada es el teclado y uno de salida es la impresora, como lo es también el monitor de video, el cual permite una mejor interacción del usuario con la máquina (para ver a la vez lo que él ingresa y lo que sale).

La Unidad Central de Procesos o CPU se subdivide no en dos sino en tres partes importantes, figura 3.4:

- La Memoria, para conservar la información indispensable para operar,
- Una Unidad Aritmética, para efectuar las operaciones, y
- Una Unidad de Control que asegura el correcto flujo de información desde la entrada hacia la memoria, desde ahí hacia la unidad aritmética, luego de nuevo hacia la memoria y, por fin, hacia la salida.

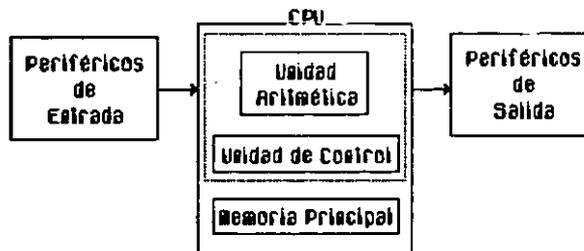


Figura 3.4

La Unidad Aritmética y la Unidad de Control conforman el "procesador".

**Unidad de control**

La Unidad de Control - encargada de coordinar todos los componentes y los flujos de datos- es muy compleja en computadores grandes. Sin embargo su estructura en computadores pequeños es una buena ilustración de sus sistemas básicos. Se presenta como en el gráfico adjunto y se compone de:

- La memoria tampón o "buffer de almacenamiento", donde se mantienen temporalmente datos que fluyen desde o hacia la memoria principal (RAM);
- El registro de próxima dirección, que contiene la dirección de la siguiente instrucción a ser ejecutada;
- El registro de dirección, que contiene la dirección de la celda de memoria (RAM) en la que se está leyendo o escribiendo;
- El registro de instrucciones, que contiene el código de la instrucción en curso de ejecución;
- El decodificador, dispositivo que interpreta la instrucción y dirige los flujos de información de manera que la instrucción sea llevada a cabo adecuadamente.

En máquinas más complejas se agrega además un controlador de entradas y salidas, que administra todo el flujo hacia y desde los periféricos, figura 3.5.

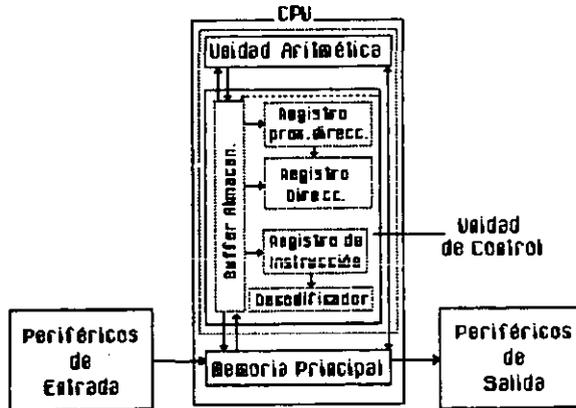


Figura 3.5

### Unidad Aritmética

La Unidad Aritmética realiza las operaciones tanto aritméticas como lógicas que se encomienda al computador, dirigida por la Unidad de Control, figura 3.6.

La Unidad Aritmética comprende:

- Uno o varios registros de memoria llamados "acumuladores", donde se guardan los resultados parciales de las operaciones y el resultado final hasta que sea transmitido al Buffer de la Unidad de Control;
- Circuitos de suma/resta, multiplicación/división, comparación (mayor/menor), edición (modificar un dato) y examen (saber el estado del un acumulador, p. ej. si está vacío o hubo un rebase de bits, lo cual es muy importante para el control interno).

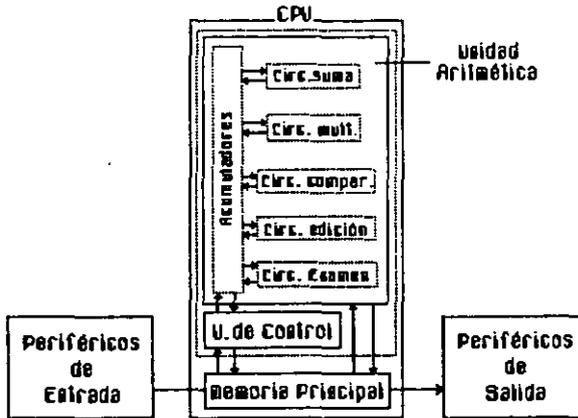


Figura 3.6

### Memoria

Como lo hemos mencionado, se ha de entregar a un computador dos tipos de información: el programa y los datos que éste habrá de procesar. Esto implica que la memoria interna de la máquina se divide en varias partes: una para el programa y otra para los datos (iniciales, parciales y finales), figura 3.7.

### Memoria ROM

Además, para facilitar el trabajo del usuario, toda computadora se entrega con una especie de "programa maestro" que contiene instrucciones básicas para la Unidad de Control (normalmente: Qué hacer al momento de encenderse y cómo realizar las operaciones lógicas - base de su poder-), de tal modo que el operador no tenga que ocuparse del funcionamiento electrónico de la máquina. Este programa especial ocupa una parte reservada de la memoria, que puede ser leída pero no alterada: es la "ROM" ("read-only memory"), generalmente contenida en un "chip" especial. Al apagar el computador, esta información no desaparece, a diferencia de la memoria RAM.

## Memoria RAM

La memoria disponible para recibir los programas y los datos es la "RAM" ("random-access memory"), o memoria de acceso aleatorio. Se llama así por que es posible acceder directamente a cualquier lugar de ella si se conoce la "dirección" de la celdilla que contiene la información que interesa. Está constituida habitualmente por varios chips.

## RAM - Cache

Muchos computadores cuentan además con otra área de memoria: el "cache" (escondite, en inglés). En esta área se conservan los datos de uso más frecuente (requeridos por el procesador) junto con su dirección en la RAM. Cuando la Unidad de Control determina que necesita el dato de tal celda RAM, lo "manda a buscar" en ambos lugares y utiliza el que le llega primero.

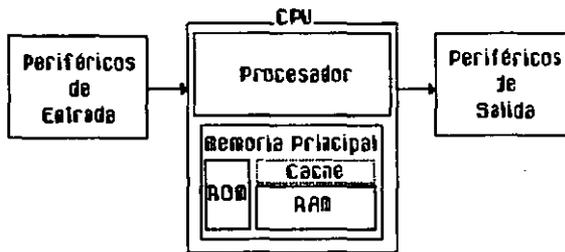


Figura 3.7

## Noción de software y hardware

Tanto el programa especial de la ROM como los diversos programas comercializados, o que los programadores redactan a pedido, constituyen el llamado "software" ("material blando"), en contraposición con el "hardware" ("material duro") que es el conjunto de los componentes electrónicos y mecánicos requeridos.

En los primeros tiempos de los ordenadores se manejaban con sistemas de numeración decimal, una electrónica sumamente complicada muy susceptible a fallos y un sistema de programación cableado o mediante fichas, Von Newman propuso dos conceptos básicos que revolucionarían la informática:

a) La utilización del sistema de numeración binario. Simplificaba enormemente los problemas que la implementación electrónica de las operaciones y funciones lógicas planteaban, a la vez proporcionaba una mayor inmunidad a los fallos (electrónica digital).

b) Almacenamiento de la secuencia de instrucciones de que consta el programa en una memoria interna, fácilmente accesible, junto con los datos que referencia. De este forma la velocidad de proceso experimenta un considerable incremento.

Tomando como modelo las máquinas que aparecieron incorporando las anteriores características, el ordenador se puede considerar compuesto por las siguientes partes:

- La Unidad Central de Proceso, U.C.P., más conocida por sus siglas en inglés (CPU).

- La Memoria Interna, MI.
- Unidad de Entrada y Salida, E/S.
- Memoria Masiva Externa, ME.

Realicemos a continuación una descripción de lo que se entiende por cada una de estas partes y cómo están relacionadas entre sí:

- La Unidad Central de Proceso (CPU) viene a ser el cerebro del ordenador y tiene por misión efectuar las operaciones aritmético-lógicas y controlar las transferencias de información a realizar.

- La Memoria Interna (MI) contiene el conjunto de instrucciones que ejecuta la CPU en el transcurso de un programa. Es también donde se almacenan temporalmente las variables del mismo, todos los datos que se precisan y todos los resultados que devuelve.

- Unidades de entrada y salida (E/S) o Input/Output (I/O): son las encargadas de la comunicación de la máquina con el exterior, proporcionando al operador una forma de introducir al ordenador tanto los programas como los datos y obtener los resultados.

Como es de suponer, estas tres partes principales de que consta el ordenador deben estar íntimamente conectadas; aparece en este momento el concepto de bus: el bus es un conjunto de líneas que enlazan los distintos componentes del ordenador, por ellas se realiza la transferencia de datos entre todos sus elementos.

Se distinguen tres tipos de bus:

- De control: forman parte de él las líneas que seleccionan desde dónde y hacia dónde va dirigida la información, también las que marcan la secuencia de los pasos a seguir para dicha transferencia.
- De datos: por él, de forma bidireccional, fluyen los datos entre las distintas partes del ordenador.
- De direcciones: La memoria está dividida en pequeñas unidades de almacenamiento que contienen las instrucciones del programa y los datos. El bus de direcciones consta de un conjunto de líneas que permite seleccionar de qué posición de la memoria se quiere leer su contenido. También direcciona los puertos de E/S.

La forma de operar del ordenador en su conjunto es direccionar una posición de la memoria en busca de una instrucción mediante el bus de direcciones, llevar la instrucción a la unidad central de proceso -CPU- por medio del bus de datos, marcando la secuencia de la transferencia el bus de control. En la CPU la instrucción se decodifica, interpretando qué operandos necesita: si son de memoria, es necesario llevarles a la CPU; una vez que la operación es realizada, si es preciso se devuelve el resultado a la memoria.

### 3.1.4. - EL MICROPROCESADOR

Un salto importante en la evolución de los ordenadores lo introdujo el microprocesador: se trata de una unidad central de proceso contenida totalmente en un circuito integrado.

- Unidad aritmético-lógica: Es donde se efectúan las operaciones aritméticas (suma, resta, y a veces producto y división) y lógicas (and, or, not, etc.).
- Decodificador de instrucciones: Allí se interpretan las instrucciones que van llegando y que componen el programa.
- Bloque de registros: Los registros son celdas de memoria en donde queda almacenado un dato temporalmente. Existe un registro especial llamado de indicadores, estado o banderas, que refleja el estado operativo del microprocesador.
- Bloque de control de buses internos y externos: supervisa todo el proceso de transferencias de información dentro del microprocesador y fuera de él.

En 1973, el centro de investigación de Xerox en Palo Alto desarrolló un equipo informático con el aspecto externo de un PC personal actual. Además de pantalla y teclado, disponía de un artefacto similar al ratón; en general, este aparato (denominado Alto) introdujo, mucho antes de que otros los reinventaran, algunos de los conceptos universalmente aceptados hoy en día. Sin embargo, la tecnología del momento no permitió alcanzar todas las intenciones.

El desarrollo del primer microprocesador por Intel en 1971, el 4004 (de 4 bits), supuso el primer paso hacia el logro de un PC personal, al reducir drásticamente la circuitería adicional necesaria. Sucesores de este procesador fueron el 8008 y el 8080, de 8 bits. Ed Roberts construyó en 1975 el Altair 8800 basándose en el 8080; aunque esta máquina no tenía teclado ni pantalla (sólo interruptores y luces), era una arquitectura abierta (conocida por todo el mundo) y cuyas tarjetas se conectaban a la placa principal a través de 100 terminales, que más tarde terminarían convirtiéndose en el bus estándar S-100 de la industria.

En 1980, Sir Clive Sinclair lanzó el ZX-80, seguido muy poco después del ZX-81. Estaban basados en un microprocesador sucesor del 8085 de Intel: el Z80 (desarrollado por la empresa Zilog, creada por un ex-ingeniero de Intel). Commodore irrumpió con sus VIC-20 y, posteriormente, el Commodore 64, basados aún en el 6502 y, este último, con mejores posibilidades gráficas y unos 64 Kb de memoria. Su competidor fue el ZX-Spectrum de Sinclair, también basado en el Z80, con un chip propio para gestión de gráficos y otras tareas, la ULA (Unidad aritmética y lógica), que permitió rebajar su costo y multiplicó su difusión por Europa, y en particular por España. Sin embargo, todos los ordenadores domésticos de la época, como se dieron en llamar, estaban basados en procesadores de 8 bits y tenían el límite de 64 Kb de memoria. Los intentos de rebasar este límite manteniendo aún esos chips por parte de la plataforma MSX o los CPC de Amstrad, de poco sirvieron.

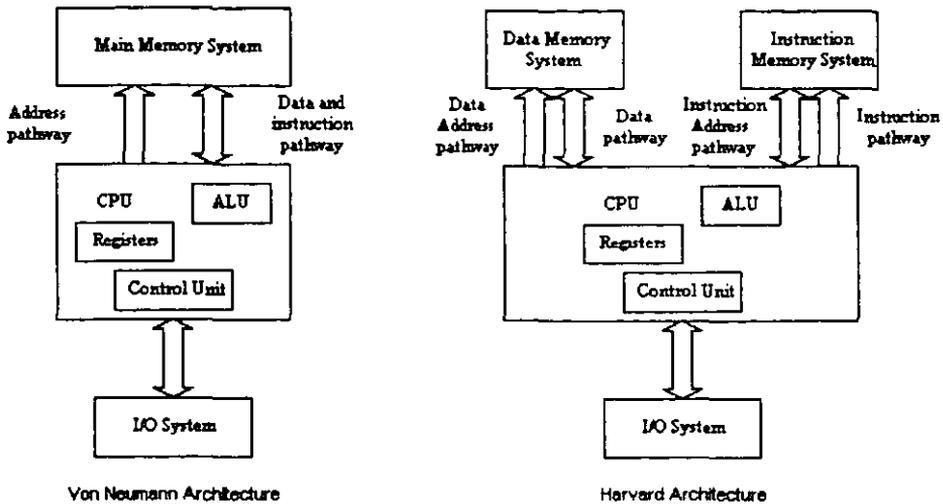


Figura 3.8: tipos de arquitecturas

#### ARQUITECTURA VON NEUMANN.

Las máquinas con arquitectura Von Neumann almacenan los datos y el programa en el mismo espacio de memoria con un solo bus, figura 3.8. En una máquina Von Neumann, una instrucción contiene el comando de operación y la dirección del dato sobre el que va a operar. La mayoría de los microprocesadores de propósito general tales como el 68000 de Motorola y el 80x86 de Intel usan esta arquitectura. Su implementación es fácil, pero el programa y los datos requieren compartir un solo bus.

En las computadoras modernas se usa para mostrar que la memoria puede almacenar las instrucciones del programa y el dato aplicado. De hecho, lógicamente no hay distinción entre esas dos cosas, sin embargo cuando Von Neumann hizo la propuesta fue revolucionario. Realmente, la idea de que un programa se modificara a sí mismo fue propuesta por el británico Alan Turin en 1936, pero él se interesó más en los problemas teóricos, por el contrario Von Neumann se interesó principalmente por los trabajos prácticos en cuanto al diseño de las computadoras.

El sistema que Von Neumann propuso aún forma parte de las computadoras y se llama ARQUITECTURA VON NEUMANN.

Además de la estructura básica de la máquina, Von Neumann también diseñó un conjunto mínimo de instrucciones que los programas podían utilizar.

La organización fundamental de una computadora práctica, propuesta por Von Neumann en 1945 y que forma parte del modelo para el diseño de las computadoras actuales.

En esencia el sistema Von Neumann propuso que se tuviera lo siguiente:

1. Una memoria de trabajo que contenga la instrucción del programa que se esté ejecutando y el dato sobre el que el programa está actuando.
2. Un nuevo tipo de estado del programa que causara que el programa se iniciara nuevamente desde un punto arbitrario en la secuencia.
3. Una unidad de mando y control que leyera el programa desde la memoria, una vez por ciclo, y sacara la instrucción indicada por ese paso.
4. Una unidad Aritmética que realizara operaciones aritméticas simples conforme se lo indicara el programa. Como resultado de estos desarrollos, las computadoras se hicieron más fáciles de programar, y por lo tanto muchos sistemas que son familiares para nosotros actualmente.

### ARQUITECTURA HARVARD

Estrictamente hablando, se refiere a un CPU con espacios de datos y de programa separados, pero se utiliza generalmente para referirse a buses de datos y programa separados con objeto de mejorar la velocidad, aunque el espacio de direcciones sea realmente compartido, figura 3.8. Originalmente las computadoras con arquitectura Harvard eran programadas usando tarjetas de inserción o algo similar, y los datos estaban en un área que se podía escribir. La arquitectura Von Neumann introdujo la idea de un programa almacenado en la misma memoria de escritura en que se almacenaban los datos.

La única diferencia en la arquitectura Harvard es que la memoria de datos y la memoria de programa están separadas y usan trayectorias de transmisión diferentes. Esto habilita a la máquina para transferir las instrucciones y los datos simultáneamente. Esta estructura puede mejorar la estabilidad ya que las instrucciones y los datos pueden accederse al mismo tiempo.

La arquitectura Harvard es usada comúnmente en microprocesadores para aplicaciones integradas y de tiempo real.

Los microcontroladores basados en una arquitectura Harvard tienen líneas de datos separados y líneas de instrucciones. Esto ocasiona que las operaciones ocurran paralelamente. Como una instrucción está siendo preaccesada, la instrucción corriente se ejecuta en el bus de datos. Una vez que la instrucción corriente se realizó, la siguiente instrucción está lista. Este preacceso permite, teóricamente una ejecución más rápida que la arquitectura Von Neumann, pero se añaden algunas complicaciones en la fabricación.

### ARQUITECTURA HARVARD MODIFICADA

Hay una desventaja con el uso de la Arquitectura Harvard ya que se necesita el doble de terminales en el chip ya que usa memoria de datos y memoria de programa. Para balancear entre el costo y la estabilidad, se usa la arquitectura Harvard Modificada, el cual usa externamente un solo bus de datos y un bus de direcciones, pero internamente hay dos buses separados, para el programa y para los datos. **La separación de los buses se hace**

**por multiplexión en tiempo.** En un ciclo de reloj la información del programa fluye sobre los pines y en el segundo ciclo los datos fluyen sobre los mismos pines.

## COMPARACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES ARQUITECTURAS.

Semejanzas y diferencias entre la arquitectura Harvard y Von Neumann.

Casi todos los microcontroladores usan una arquitectura funcional equivalente a una Arquitectura Harvard (desde el punto de vista del programador); generalmente hay unas cuantas características que difieren entre las máquinas de Arquitectura Harvard y Von Neumann.

La habilidad de leer desde el espacio del programa (código): garantizado en las arquitecturas Von Neumann; posible, a través de arreglos en algunas arquitecturas Harvard.

La habilidad de escribir al espacio del programa (código): solamente posible en las máquinas con arquitectura Von Neumann, a diferencia de algunas máquinas con arquitectura Harvard pueden modificarse para permitir la escritura al espacio del programa (code space).

Simultáneamente las transacciones en los buses de datos/programa: Solamente posible en la arquitectura Harvard; puede causar una gran mejora en la velocidad.

La arquitectura Harvard fue nombrada después de la Harvard Mark 1 y las primeras computadoras electromecánicas desarrolladas en Harvard por Howard Aiken otro pionero en las computadoras. Esta arquitectura tiene memoria de programa y memoria de datos separadas con un bus de direcciones separado y un bus de datos para cada memoria. Una de las VENTAJAS DE la arquitectura Harvard es que la operación del microcontrolador puede controlarse más fácilmente en caso de que el contador de programa sufra algún cambio. Una arquitectura Harvard Modificada permite el acceso a las tablas de datos desde la memoria de programa. Esto es muy importante con las microcomputadoras, ya que la memoria de programa es usualmente ROM o OTP/EPROM mientras que la memoria de datos es RAM. Consecuentemente, las tablas de datos necesitan estar en la memoria de programa así que ellos no se pierden cuando el microcontrolador se apaga.

La ventaja de una arquitectura Harvard modificada es que la instrucción y la transferencia de datos pueden traslaparse con una línea de dos estados, lo que significa que la instrucción puede accederse desde la memoria de programa mientras se ejecuta la instrucción corriente usando la memoria de datos. Una desventaja es que se requieren instrucciones especiales para acceder a la RAM y a la ROM, haciendo la programación más difícil

## OTROS TIPOS DE ARQUITECTURAS

### ARQUITECTURA CISC

Casi todos los microcontroladores de hoy se basan en el concepto CISC (Complex Instruction Set Computer). El microcontrolador CISC típico tenía como 80 instrucciones, muchos de ellos muy específicos y dedicados a tareas especiales. Es común que las instrucciones tengan comportamientos diferentes. Algunas instrucciones pueden operar solo en ciertas direcciones o espacios y otros pueden reconocer solo algunos modos de direccionamiento.

Las ventajas de la arquitectura CISC son que muchas de las instrucciones son tipo macro, permitiendo al programador usar solo una instrucción en lugar de muchas instrucciones simples.

En general lo que se propone la arquitectura CISC es acercar al máximo los lenguajes de alto nivel con los lenguajes de máquina mediante el aumento del nivel semántico de las instrucciones.

Otro avance importante en la tecnología CISC es el incremento de la velocidad usando principalmente las siguientes técnicas: incremento de la frecuencia del reloj, buses de datos de 32 bits, integración de memoria caché.

## ARQUITECTURA RISC

La tendencia de la industria del diseño de microprocesadores es hacia la arquitectura RISC (Reduced Instruction Set), implementando un conjunto más pequeño de instrucciones. Los beneficios de la simplicidad con el diseño RISC son: un chip más pequeño, menor número de pines y muy bajo consumo de energía.

Entre las características de un procesador RISC podemos mencionar:

- La arquitectura Harvard permite el acceso simultáneo del programa y de los datos y el traslape en algunas operaciones para mejorar la estabilidad del procesamiento.
- El almacenamiento de la instrucción permite mayor velocidad en su ejecución.
- Un conjunto de instrucciones ortogonal para simplicidad en la programación, permite a cada instrucción operar sobre cualquier registro o usar cualquier modo de direccionamiento; las instrucciones no tienen combinaciones especiales, excepciones, restricciones o efectos colaterales.

Hasta principios de la década de los 80's la tendencia en el diseño de computadoras era la de aumentar la complejidad del procesador para obtener una mayor eficiencia del equipo. A este tipo de tendencia pertenece la arquitectura CISC.

En los últimos años ha surgido una nueva tendencia que se caracteriza por poseer un conjunto de instrucciones reducido y simple. A esta tendencia se le llama RISC (Reduced Instruction Set Computer), y su objetivo es la interrelación entre el "software" y el "hardware" para así lograr la máxima eficiencia del equipo.

## ARQUITECTURA SISC

Una computadora con un conjunto específico de Instrucciones (SISC = Specific Instruction Set Computer). La idea detrás del microcontrolador era limitar las capacidades del CPU, permitiendo una computadora completa (memoria, entrada/salida, interrupciones, etc.) tener la capacidad necesaria para una aplicación. A expensas de las instrucciones de propósito más general que hacen a los microprocesadores estándar más fáciles de utilizar, el conjunto de instrucciones estaba diseñado para la tarea específica de control (manipulación de bits, entradas/salidas más eficientes y cosas por el estilo).

Los microcontroladores de ahora vienen con una gran cantidad de características que ayudarán al ingeniero de control – sistema watchdog, modos de reposo/activación (sleep/wakeup), ahorro de energía, canales de entrada/salida potentes. Se mantiene el

conjunto de instrucciones específico (y reducido), y se ahorra así espacio real, más y más características de estas pueden agregarse, mientras se mantiene la economía del microcontrolador.

## ARQUITECTURA RISC VS CISC

Hoy en día, los programas cada vez más grandes y complejos demandan mayor velocidad en el procesamiento de información, lo que implica la búsqueda de microprocesadores más rápidos y eficientes.

Los avances y progresos en la tecnología de semiconductores, han reducido las diferencias en las velocidades de procesamiento de los microprocesadores con las velocidades de las memorias, lo que ha repercutido en nuevas tecnologías en el desarrollo de estos mismos. Hay quienes consideran que en breve los microprocesadores RISC (reduced instruction set computer) sustituirán a los CISC (complex instruction set computer), pero existe el hecho que los CISC tienen un mercado de software muy difundido, aunque tampoco tendrán ya que establecer nuevas familias en comparación con el desarrollo de nuevos proyectos con tecnología RISC.

La arquitectura RISC plantea en su filosofía de diseño una relación muy estrecha entre los compiladores y la misma arquitectura como se verá más adelante.

Veamos primero cual es el significado de los términos CISC y RISC:

CISC (complex instruction set computer) Computadoras con un conjunto de instrucciones complejo.

RISC (reduced instruction set computer) Computadoras con un conjunto de instrucciones reducido.

Los atributos complejo y reducido describen las diferencias entre los dos modelos de arquitectura para microprocesadores solo de forma superficial. Se requiere de muchas otras características esenciales para definir los RISC y los CISC típicos. Aun más, existen diversos procesadores que no se pueden asignar con facilidad a ninguna categoría determinada.

Así, los términos complejo y reducido, expresan muy bien una importante característica definitiva, siempre que no se tomen solo como referencia las instrucciones, sino que se considere también la complejidad del hardware del procesador.

Con tecnologías de semiconductores comparables e igual frecuencia de reloj, un procesador RISC típico tiene una capacidad de procesamiento de dos a cuatro veces mayor que la de un CISC, pero su estructura de hardware es tan simple, que se puede realizar en una fracción de la superficie ocupada por el circuito integrado de un procesador CISC.

Esto hace suponer que RISC reemplazará al CISC, pero la respuesta a esta cuestión no es tan simple ya que:

Para aplicar una determinada arquitectura de microprocesador son decisivas las condiciones de realización técnica y sobre todo la rentabilidad, incluyendo los costos de software.

Existían y existen razones de compatibilidad para desarrollar y utilizar procesadores de estructura compleja así como un extenso conjunto de instrucciones.

La meta principal es incrementar el rendimiento del procesador, ya sea optimizando alguno existente o se desee crear uno nuevo. Para esto se deben considerar tres áreas principales a cubrir en el diseño del procesador y estas son:

La arquitectura.

La tecnología de proceso.

El encapsulado.

La tecnología de proceso, se refiere a los materiales y técnicas utilizadas en la fabricación del circuito integrado, el encapsulado se refiere a cómo se integra un procesador con lo que lo rodea en un sistema funcional, que de alguna manera determina la velocidad total del sistema.

Aunque la tecnología de proceso y de encapsulado son vitales en la elaboración de procesadores más rápidos, es la arquitectura del procesador lo que hace la diferencia entre el rendimiento de una CPU (Control Process Unit) y otra. Y es en la evaluación de las arquitecturas RISC y CISC donde centraremos nuestra atención.

Dependiendo de cómo el procesador almacena los operandos de las instrucciones de la CPU, existen tres tipos de juegos de instrucciones:

1. Juego de instrucciones para arquitecturas basadas en pilas.
2. Juego de instrucciones para arquitecturas basadas en acumulador.
3. Juego de instrucciones para arquitecturas basadas en registros.

Las arquitecturas RISC y CISC son ejemplos de CPU con un conjunto de instrucciones para arquitecturas basadas en registros.

La microprogramación es una característica importante y esencial de casi todas las arquitecturas CISC.

Como por ejemplo:

Intel 8086, 8088, 80286, 80386, 80486.

Motorola 68000, 68010, 68020, 68030, 6840.

La microprogramación significa que cada instrucción de máquina es interpretada por un microprograma localizado en una memoria en el circuito integrado del procesador.

En la década de los sesentas la microprogramación, por sus características, era la técnica más apropiada para las tecnologías de memorias existentes en esa época y permitía

desarrollar también procesadores con compatibilidad ascendente. En consecuencia, los procesadores se dotaron de poderosos conjuntos de instrucciones.

Las instrucciones compuestas son decodificadas internamente y ejecutadas con una serie de microinstrucciones almacenadas en una ROM interna. Para esto se requieren de varios ciclos de reloj (al menos uno por microinstrucción).

Buscando aumentar la velocidad del procesamiento se descubrió en base a experimentos que, con una determinada arquitectura de base, la ejecución de programas compilados directamente con microinstrucciones y residentes en memoria externa al circuito integrado resultaban ser más eficientes, gracias a que el tiempo de acceso de las memorias se fue decrementando conforme se mejoraba su tecnología de encapsulado.

Debido a que se tiene un conjunto de instrucciones simplificado, éstas se pueden implantar por hardware directamente en la CPU, lo cual elimina el microcódigo y la necesidad de decodificar instrucciones complejas.

En investigaciones hechas a mediados de la década de los setentas, con respecto a la frecuencia de utilización de una instrucción en un CISC y al tiempo para su ejecución, se observó lo siguiente:

- Alrededor del 20% de las instrucciones ocupa el 80% del tiempo total de ejecución de un programa.
- Existen secuencias de instrucciones simples que obtienen el mismo resultado que secuencias complejas predeterminadas, pero requieren tiempos de ejecución más cortos.

Las características esenciales de una arquitectura RISC pueden resumirse como sigue:

Estos microprocesadores siguen tomando como base el esquema moderno de Von Neumann.

Las instrucciones, aunque con otras características, siguen divididas en tres grupos:

- a) Transferencia.
- b) Operaciones.
- c) Control de flujo.

Reducción del conjunto de instrucciones a instrucciones básicas simples, con la que puede implantarse todas las operaciones complejas. Arquitectura del tipo load-store (carga y almacena). Las únicas instrucciones que tienen acceso a la memoria son 'load' y 'store'; registro a registro, con un menor número de acceso a memoria. Casi todas las instrucciones pueden ejecutarse dentro de un ciclo de reloj. Con un control implantado por hardware (con un diseño del tipo load-store), casi todas las instrucciones se pueden ejecutar en cada ciclo de reloj, base importante para la reorganización de la ejecución de instrucciones por medio de un compilador. Pipeline (ejecución simultánea de varias instrucciones). Posibilidad de

reducir el número de ciclos de máquina necesarios para la ejecución de la instrucción, ya que esta técnica permite que una instrucción puede empezar a ejecutarse antes de que haya terminado la anterior.

El hecho de que la estructura simple de un procesador RISC conduzca a una notable reducción de la superficie del circuito integrado, se aprovecha con frecuencia para ubicar en el mismo, funciones adicionales:

Unidad para el procesamiento aritmético de punto flotante.

Unidad de administración de memoria.

Funciones de control de memoria cache.

Implantación de un conjunto de registros múltiples.

La relativa sencillez de la arquitectura de los procesadores RISC conduce a ciclos de diseño más cortos cuando se desarrollan nuevas versiones, lo que posibilita siempre la aplicación de las más recientes tecnologías de semiconductores. Por ello, los procesadores RISC no solo tienden a ofrecer una capacidad de procesamiento del sistema de 2 a 4 veces mayor, sino que los saltos de capacidad que se producen de generación en generación son mucho mayores que en los CISC.

Por otra parte, es necesario considerar también que:

La disponibilidad de memorias grandes, baratas y con tiempos de acceso menores de 60 ns en tecnologías CMOS.

Módulos SRAM (Memoria de acceso aleatorio estática) para memorias cache con tiempos de acceso menores a los 15 ns.

Tecnologías de encapsulado que permiten realizar más de 120 terminales. Esto ha hecho cambiar, en la segunda mitad de la década de los ochentas, esencialmente las condiciones técnicas para arquitecturas RISC.

## PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LAS MAQUINAS RISC

En el diseño de una máquina RISC se tienen cinco pasos:

1. Analizar las aplicaciones para encontrar las operaciones clave.
2. Diseñar un bus de datos que sea óptimo para las operaciones clave.
3. Diseñar instrucciones que realicen las operaciones clave utilizando el bus de datos.
4. Agregar nuevas instrucciones sólo si no hacen más lenta a la máquina.
5. Repetir este proceso para otros recursos.

El primer punto se refiere a que el diseñador deberá encontrar qué es lo que hacen en realidad los programas que se pretenden ejecutar. Ya sea que los programas a ejecutar sean con los algoritmos tradicionales, o estén dirigidos a robótica o al diseño asistido por computadora.

La parte medular de cualquier sistema es la que contiene los registros, el ALU y los 'buses' que los conectan. Se debe optimar este circuito para el lenguaje o aplicación en cuestión. El tiempo requerido, (denominado tiempo del ciclo del bus de datos) para extraer los operandos de sus registros, mover los datos a través del ALU y almacenar el resultado de nuevo en un registro, deberá hacerse lo más corto posible.

El siguiente punto a cubrir es diseñar instrucciones de máquina que hagan un buen uso del bus de datos. Por lo general se necesitan solo unas cuantas instrucciones y modos de direccionamiento; sólo se deben colocar algunas adicionales si serán usadas con frecuencia y no reducen el desempeño de las más importantes.

Siempre que aparezca una nueva y atractiva característica, deberá analizarse y ver la forma en que se afecta al ciclo de bus. Si se incrementa el tiempo del ciclo, probablemente no vale la pena tenerla.

Por último, el proceso anterior debe repetirse para otros recursos dentro del sistema, tales como memoria cache, administración de memoria, coprocesadores de punto flotante, etcétera.

Una vez planteadas las características principales de la arquitectura RISC así como la filosofía de su diseño, podríamos extender el análisis y estudio de cada una de ellas y las implicaciones que estas tienen.

## PAPEL DE LOS COMPILADORES EN UN SISTEMA RISC

El compilador juega un papel clave para un sistema RISC equilibrado.

Todas las operaciones complejas se trasladan al microprocesador por medio de conexiones fijas en el circuito integrado para agilizar las instrucciones básicas más importantes. De esta manera, el compilador asume la función de un mediador inteligente entre el programa de aplicación y el microprocesador. Es decir, se hace un gran esfuerzo para mantener al hardware tan simple como sea posible, aún a costa de hacer al compilador considerablemente más complicado. Esta estrategia se encuentra en clara contra posición con las máquinas CISC que tienen modos de direccionamiento muy complejos. En la práctica, la existencia en algunos modos de direccionamiento complicados en los microprocesadores CISC, hacen que tanto el compilador como el microprograma sean muy poco accesibles.

No obstante, las máquinas CISC no tienen características complicadas como carga, almacenamiento y salto que consumen mucho tiempo, las cuales en efecto aumentan la complejidad del compilador.

Para suministrar datos al microprocesador de tal forma que siempre esté trabajando en forma eficiente, se aplican diferentes técnicas de optimización en distintos niveles jerárquicos del software.

Los diseñadores de RISC en la empresa MIP y en Hewlett Packard trabajan según la regla siguiente:

Una instrucción ingresa en forma fija en el circuito integrado del procesador (es decir, se alambra físicamente en el procesador) si se ha demostrado que la capacidad total del sistema se incrementa en por lo menos un 1%.

En cambio, los procesadores CISC, han sido desarrollados por equipos especializados de las empresas productoras de semiconductores y con frecuencia el desarrollo de compiladores se sigue por separado. Por consiguiente, los diseñadores de los compiladores se encuentran con una interfaz hacia el procesador ya definido y no pueden influir sobre la distribución óptima de las funciones entre este y el compilador.

Las empresas de software que desarrollan compiladores y programas de aplicación, tienden por razones de rentabilidad, a utilizar diferentes procesadores como usuarios de su software en lugar de realizar una optimización completa, y aprovechar así las respectivas características de cada uno. Lo cual también genera otros factores negativos de eficiencia. Esta limitación de las posibilidades de mejoramiento del sistema, que viene dada a menudo por una obligada compatibilidad, se superó con los modernos desarrollos RISC.

## CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO DE LOS SISTEMAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL USUARIO

A parte de la base conceptual para el desarrollo de un sistema de computación de alta calidad, se requieren técnicas especiales para optimizar cada uno de los factores que determinan la capacidad de procesamiento, la cual, solo puede definirse con el programa de aplicación.

La información suministrada por un fabricante, sobre la velocidad en mips (millones de instrucciones por segundo) que una arquitectura es capaz de realizar, carece de relevancia hasta que el usuario sepa cuantas instrucciones genera el respectivo compilador, al traducir su programa de aplicación y cuánto tiempo tarda la ejecución de estas instrucciones, y solo el análisis de diferentes pruebas y comparaciones de rendimiento ("benchmarks") da una idea aproximada, que el usuario puede aplicar para delimitar las arquitecturas adecuadas.

Dos diferentes puntos de vista acerca de capacidad de procesamiento del sistema.

**Sistema reprogramable.** Un usuario que necesite desarrollar un sistema reprogramable, no está interesado en obtener una alta capacidad de procesamiento. Sistema incluido o dedicado. En estos sistemas el principal objetivo es procesar en forma repetitiva una serie de aplicaciones o funciones determinadas, y es de suma importancia la mayor cantidad posible de pruebas y comparaciones de rendimiento ("benchmarks") diferentes.

Así, estas pruebas y comparaciones sirven para determinar la capacidad de procesamiento de los sistemas, pero solo el análisis de varios resultados de diferentes programas da una idea aproximada de la capacidad de procesamiento real.

## APLICACIONES DE LOS PROCESADORES RISC

Las arquitecturas CISC utilizadas desde hace 15 años han permitido desarrollar un gran número de productos de software. Ello representa una considerable inversión y asegura a estas familias de procesadores un mercado creciente. Sin embargo, simultáneamente aumentan las aplicaciones en las cuales la capacidad de procesamiento que se pueda obtener del sistema es más importante que la compatibilidad con el hardware y el software anteriores, lo cual no solo es válido en los subsistemas de alta capacidad en el campo de los sistemas llamados "embedded", en los que siempre dominaron las soluciones especiales de alta capacidad de procesamiento sino también para las estaciones de trabajo ("workstations"). Esta clase de equipos se han introducido poco a poco en oficinas, en la medicina y en bancos, debido a los cada vez más voluminosos y complejos paquetes de software que con sus crecientes requerimientos de reproducción visual, que antes se encontraban solo en el campo técnico de la investigación y desarrollo.

En este tipo de equipos, el software de aplicación, se ejecuta bajo el sistema operativo UNIX, el cual es escrito en lenguaje C, por lo que las arquitecturas RISC actuales están adaptadas y optimizadas para este lenguaje de alto nivel. Por ello, todos los productores de estaciones de trabajo de renombre, han pasado en pocos años, de los procesadores CISC a los RISC, lo cual se refleja en el fuerte incremento anual del número de procesadores RISC, (los procesadores RISC de 32 bits han visto crecer su mercado hasta en un 150% anual). En pocos años, el RISC conquistará de 25 al 30% del mercado de los 32 bits, pese al aparentemente abrumador volumen de software basado en procesadores con el estándar CISC que se ha comercializado en todo el mundo.

La arquitectura MIPS-RISC ha encontrado, en el sector de estaciones de trabajo, la mayor aceptación. Los procesadores MIPS son fabricados y comercializados por cinco empresas productoras de semiconductores, entre las que figuran NEC y Siemens. Los procesadores de los cinco proveedores son compatibles en cuanto a las terminales, las funciones y los bits.

## CONCLUSIONES

Cada usuario debe decidirse a favor o en contra de determinada arquitectura de procesador en función de la aplicación concreta que quiera realizar. Esto vale tanto para la decisión por una determinada arquitectura CISC o RISC, como para determinar si RISC puede emplearse en forma rentable para una aplicación concreta.

Nunca será decisiva únicamente la capacidad de procesamiento del microprocesador, y sí la real que puede alcanzar el sistema en su conjunto. Los costos, por su parte, también serán evaluados.

Supongamos por ejemplo, que el precio de un procesador sea de \$500.00 USD, éste será secundario para un usuario que diseña una estación de trabajo para venderla después a un precio de \$100 000.00 USD. Su decisión se orientará exclusivamente por la potencialidad de este procesador.

RISC ofrece soluciones atractivas donde se requiere una elevada capacidad de procesamiento y se presente una orientación hacia los lenguajes de alto nivel.

En el campo industrial existe un gran número de aplicaciones que ni siquiera agotan las posibilidades de los controladores CISC de 8 bits actuales.

Si bien el campo de aplicaciones de las arquitecturas RISC de alta capacidad crece con fuerza, esto no equivale al fin de otras arquitecturas de procesadores y controladores acreditadas que también seguirán perfeccionándose, lo que si resulta dudoso es la creación de familias CISC completamente nuevas. Adoptando técnicas típicas de los procesadores RISC en las nuevas versiones de CISC, se intenta encontrar nuevas rutas para el incremento de la capacidad de las familias CISC ya establecidas.

Entre tanto, los procesadores RISC han conquistado el sector de las estaciones de trabajo, dominado antes por los Motorola 68 000, y es muy probable que acosen la arquitectura Intel en el sector superior de las PC's.

Las decisiones en el mercado las toman los usuarios, y aquí, el software o la aplicación concreta juega un papel mucho más importante que las diferencias entre las estructuras que son inapreciables para el usuario final.

### 3.2. - DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MICROCONTROLADOR COP8

#### 3.2.1. - ARQUITECTURA DE LOS MICROCONTROLADORES COP888

##### Introducción:

Los microcontroladores COP888 contienen internamente la memoria de programa y la memoria de datos. Además contiene en el chip puertos configurables de entrada y salida, un temporizador y una interfaz MICROWIRE/PLUS. La integración de la memoria y los periféricos en el chip proveen soluciones con un solo componente para muchas aplicaciones.

La organización de la memoria está basada en una arquitectura "Harvard", en la que la referida a los datos es distinta de la de programa. Cada una de estas memorias tiene su propio espacio físico y usa su propio bus de direcciones. La ventaja de este tipo de organización es que el acceso a la memoria de programa y la de datos puede ser al mismo tiempo, reduciendo el tiempo de ejecución total. En contraste en la arquitectura "Von Neumann", la memoria de programa y la de datos comparten el mismo bus de direcciones, y los accesos no pueden ocurrir en el mismo intervalo de tiempo.

Excepto por el acumulador (A) y el contador de programa (PC); todos los registros, puertos de entrada/salida, y la memoria RAM están mapeados en la dirección de la memoria de datos. Entre estos registros están: el registro B, el registro X, el puntero SP, y los registros de entrada/salida de los puertos. Todos estos registros pueden ser accedidos leyendo o escribiendo a sus direcciones de memoria.

La arquitectura del COP888 provee una mejora a la arquitectura Harvard: una instrucción llamada Cargar Indirectamente el Acumulador (LAID), que permite acceder a las tablas almacenadas en la memoria de programa. Una arquitectura Harvard convencional no permite esto.

Los microcontroladores COP888 se comunican con otros dispositivos a través de varios puertos de entrada/salida configurables o por medio de la interfaz serial MICROWIRE/PLUS. Los puertos de entrada/salida se designan con letras, por ejemplo, puerto G, puerto D, puerto I y puerto L.

Se provee de un temporizador de 16 bits de propósito general en todos los microcontroladores COP888. El temporizador puede configurarse para trabajar en tres formas: Modulación por ancho de pulso (PWM), contador de eventos externos o entrada en modo de captura.

Es posible manejar un máximo de 16 interrupciones diferentes; dos interrupciones no enmascarables y 14 interrupciones enmascarables. Todas las interrupciones ocasionan un salto a la misma localidad en la memoria de programa. Una instrucción especial (VIS) puede colocarse en esa localidad para ocasionar un salto automático a la subrutina de la interrupción con mayor prioridad.

#### DIAGRAMA A BLOQUES

Un diagrama a bloques se muestra en la figura 3.9. Todos los COP888 tienen los elementos mostrados en el diagrama a bloques. Estos elementos incluyen la Unidad Aritmética y Lógica (ALU), la memoria de datos, la memoria de programa, el temporizador 1, la interfaz MICROWIRE/PLUS, los puertos de entrada/salida.

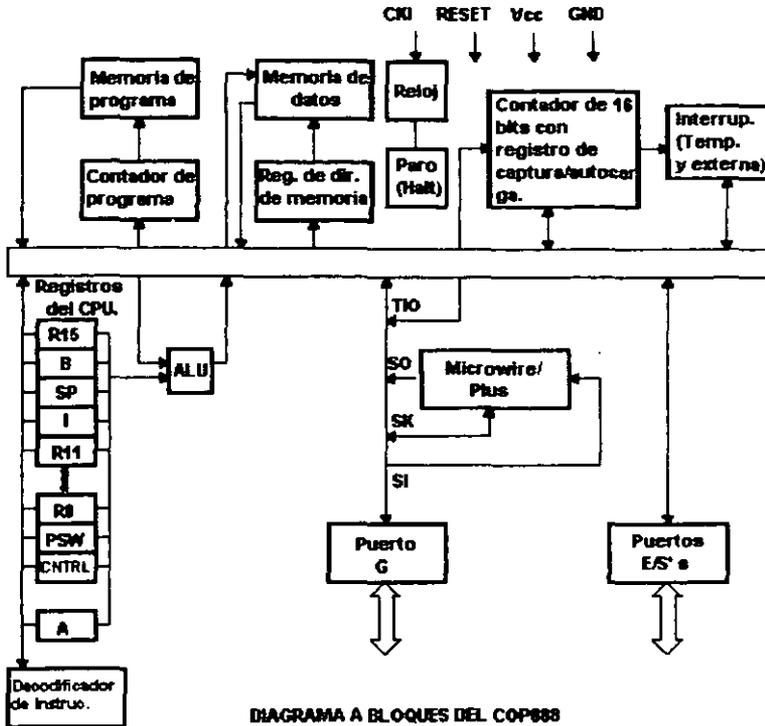


Figura 3.9

## ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA

### MEMORIA DE PROGRAMA

Es un bloque de memoria ROM o EPROM. El rango de direccionamiento alcanza hasta 32 Kbytes. Se utiliza un contador de programa (PC) de 15 bits para direccionar la que controla el programa, que se subdivide en segmentos de 4 Kbytes con respecto a ciertas instrucciones. La memoria de programa puede mantener constantes las instrucciones o los datos.

Las divisiones de los segmentos en 4 Kbytes dentro de la memoria de programa afectan a las instrucciones de Salto Absoluto (JMP) y salto a la subrutina (JSR). Estas instrucciones causan que los 12 bits inferiores del contador de programa sean reemplazados por el valor especificado en la instrucción mientras que los tres bits superiores permanezcan sin cambio. Así, estas instrucciones saltan dentro del segmento de 4 K bytes presente.

Las instrucciones indirectas, Salto Indirecto (JID) y Cargar el Acumulador Indirectamente (LAID), operan solo dentro de un bloque de 256 bytes. Esta restricción se presenta porque solamente los 8 bits inferiores del contador de programa, PC, son reemplazados durante la

revisión de la tabla de la memoria de programa. Los siete bits superiores del PC permanecen sin cambio.

La instrucción de salto corto (JP) es totalmente independiente de todo el bloque de memoria. Esta instrucción permite un salto de hasta 32 localidades hacia arriba o hasta 31 localidades hacia abajo tomando como referencia el contador de programa. Un salto hacia delante (en la próxima instrucción) no está permitido ya que esto puede interpretarse como una instrucción de no-operación (NOP).

## MEMORIA DE DATOS

Todos los dispositivos de la familia COP888 tienen memoria de lectura/escritura para datos. Algunas secciones de la memoria de datos están reservadas para los registros del CPU, los registros de entrada/salida y registros de control que ya están mapeadas en la memoria. Otras secciones de esta memoria contiene RAM y/o EEPROM que pueden usarse por el programa de aplicación. La cantidad de RAM y EEPROM varía de una familia a otra.

La memoria de datos puede ser accesada directamente por una dirección especificada en la instrucción, o indirectamente usando los registros X, SP o B. En todos los casos la memoria se especifica con un solo byte. Así, una de las 256 localidades de esta es especificada para un acceso a ella.

En componentes que no usan la extensión del segmento de datos hay un solo segmento de 256 bytes dividido en segmentos más pequeños como se muestra en la figura 3.10.

Hay 128 bytes de RAM que ocupan dos espacios de direcciones no contiguas: 112 bytes de memoria 00 a 6F hex, y 16 bytes en la parte superior de la memoria, desde F0 hasta FF hex. La mayor parte de la memoria sobrante, de B0 hasta EF hex, se usa para los registros entradas/salidas y de control requeridos por los temporizadores, puertos, interfaz microwire y periféricos opcionales. La parte restante del bloque de 256 bytes (70 a 7F Hex) no se utiliza.

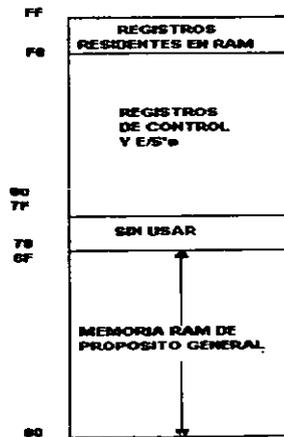


Figura 3.10

La parte baja del segmento de 112 bytes es memoria de lectura/escritura y se puede usar en el programa. Después del reset el puntero (SP) es inicializado en la parte superior de este segmento (6F Hex) y el stack decrece a partir de esta dirección tan pronto como los datos se envían al stack.

La memoria desde cero hasta el stack puede usarse para cualquier propósito por el programa de aplicación. Las 16 direcciones iniciales tienen un significado especial cuando se usan con ciertas instrucciones (por ejemplo LD B, #), porque las instrucciones son de un solo byte y ejecutarla toma un solo ciclo de instrucción, en lugar de dos bytes y dos ciclos de instrucción.

La tabla 3.2 muestra un mapeo de memoria básico para los dispositivos COP888.

DIRECCIÓN	CONTENIDO
00-6F	Espacio de direcciones RAM en el chip
70-BF	Espacio de direcciones de la memoria de datos
C0-CF	Entradas/salidas y espacio para los registros
D0	Registro de Datos del puerto L
D1	Registro e Conf. Del puerto L
D2	Entrada del puerto L (solo lectura)
D3	Reservado para el puerto L
D4	Registro de Datos del puerto L
D5	Registro e Conf. Del puerto L
D6	Entrada del puerto L (solo lectura)
D7	Reservado para el puerto L
D8	Registro de Datos del puerto L
D9	Registro e Conf. Del puerto L
DA	Entrada del puerto L (solo lectura)
DB	Reservado para el puerto L
DC	Registro de datos del puerto D
DD-DF	
E0-E5	Reservado
E6	Registro para T1
E7	Registro para T1
E8	Registro CNTRL
E9	Registro Microwire/Plus
EA	Byte Inferior del temporizador T1
EB	Byte superior del temporizador T1
EC	Registro para T1
ED	Registro para T1
EE	Registro de Control CNTRL
EF	Registro PSW

F0-FB	Ram mapeada como registros
FC	Registro X
FD	Registro SP
FE	Registro B
FF	Registro S

Tabla 3.2

## EXTENSIÓN DEL SEGMENTO DE DATOS

En la mayoría de los dispositivos COP888, hay 128 bytes de RAM residentes en dos segmentos dentro de la memoria de 256 bytes. En los COP888 que ocupan más de 128 bytes de RAM, la RAM ocupa direcciones arriba de 256.

Para permitir al programa acceder la RAM arriba de esas direcciones se usa el registro S. Se forma una dirección de 16 bits combinando los 8 bits del registro S con los 8 bits de la dirección normal especificada por el programa. Este registro es el byte más significativo y los 8 bits de la dirección normal ocupa el byte menos significativo. El registro S puede accederse a través de la dirección FF Hex y puede leerse o escribirse como cualquier otro registro. Después de un reset este registro es puesto a cero, y el mapa de memoria es el mismo que para un dispositivo sin extensión de la memoria. Sin embargo, si el valor 01 se escribe al registro en cuestión, una memoria de datos especificando una dirección entre 00 y 7F Hex accederá la RAM que se encuentra desde 0100 a 017F Hex, también llamada el segmento 01 de la RAM.

El programa puede escribir al registro S en cualquier momento para cambiar de un segmento de direcciones a otro. Todos los modos de direccionamiento son válidos, no importa el segmento que se escoja. Este registro no necesita cambiarse para acceder la memoria entre 80 y FF Hex, porque en ese rango.

## REGISTROS DE ENTRADA/SALIDA MAPEADOS

Los COP888 tiene tres tipos diferentes de puertos: entrada/salida configurable, salida dedicada y entrada dedicada. Todos los puertos de entrada/salida tienen registros específicos mapeados y/o direcciones asociadas a ellos, dependiendo del tipo de puerto.

Todos los registros de puertos y terminales de conexión están mapeados en el espacio de la memoria de datos. Sin embargo, las instrucciones que operan en la memoria de datos operan en los registros del puerto y pines. Estos incluyen instrucciones usadas para habilitar, deshabilitar y probar bits individualmente.

## ENTRADAS/SALIDAS CONFIGURABLES

Los puertos entrada/salida configurables tienen dos registros asociados: un registro de configuración y un registro de datos. Estos dos registros mapeados permiten que los pines sean configurados individualmente como entradas o como salidas y puedan ser modificados por el software.

El registro de configuración se usa para configurar las terminales como entradas o como salidas. Un pin se configura como entrada escribiendo un cero y como salida escribiendo un 1 a su bit correspondiente en el registro de configuración. Si un pin se configura como salida, el bit del registro de datos asociado representa el estado del pin (1 = lógica alta, 0 =

lógica baja). Si un pin se configura como entrada, el bit del registro de datos asociado selecciona si el bit es un pico débil (weak pull-up) o una alta impedancia.

Una dirección más de datos se asigna a cada uno de los puertos de entrada/salida. Leyendo esta dirección de memoria regresa el valor de los pines sin importar como están configurados estos.

## SALIDAS DEDICADAS

Los puertos de salida dedicadas tienen un registro asociado. Este registro de salida de datos se usa para colocar el pin a un estado bajo o uno alto. Un pin puede configurarse individualmente escribiendo un uno o un cero a su registro de datos asociado.

## ENTRADAS DEDICADAS

Los puertos de entrada dedicadas no tienen registros de puertos asociados. Sin embargo, una dirección de la memoria de datos se asigna a las terminales del puerto para la lectura del puerto de entrada. Las direcciones de los pines son localidades de solo lectura.

## REGISTROS PRINCIPALES (Core Registers)

Todos los COP888 comparten un bloque común de lógica conocida como el corazón del COP888. Este núcleo incluye el CPU, el bloque temporizador 1, el MICROWIRE/plus y el de interrupciones. Los registros contenidos en estos bloques son los registros principales. Todos los registros principales están mapeados en la memoria de datos excepto el contador de programa (PC) y el acumulador.

## ACUMULADOR

Todos los componentes de la familia COP888 tienen un solo acumulador de 8 bits y se usa en todas las operaciones aritméticas y lógicas como ADD y XOR. Además se usa en las instrucciones de intercambio, JID (Salto indirecto) y LAID (Cargar el acumulador indirectamente). Las instrucciones aritméticas y lógicas lo utilizan como operador o como registro de resultados.

## CONTADOR DE PROGRAMA

El CPU contiene un contador de programa usado en el direccionamiento de todo el programa. El PC es inicializado en cero cuando se establece un reinicio (reset) y se incrementa en uno por cada byte del código de instrucción. Los saltos, a subrutinas, interrupciones y la instrucción JID (Salto indirecto) ocasionan que algunos o todos los bits del PC sean reemplazados. Las instrucciones de control de transferencia que reemplazan solo algunos de los bits del PC tienen un rango de salto limitado.

## REGISTROS DE CONTROL

Los Cop888 tienen tres registros de control de 8 bits (PSW, CNTRL, ICNTRL).

Registro PSW, tabla 3.3.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
HC	C	T1PND A	T1ENA	EXPND	BUSY	EXEN	GIE
GIE	Habilitar las interrupciones globales						
EXEN	Habilitar las interrupciones externas						
BUSY	Bandera de ocupado para MICROWIRE						
EXPND	Bandera para interrupción externa						
T1ENA	Habilitar la interrupción del temporizador T1A						
T1PND A	Bandera para interrupción del temporizador T1						
C	Bandera de acarreo						
HC	Bandera de medio acarreo						

Tabla 3.3

Registro CNTRL, tabla 3.4.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
TIC 3	TIC 2	TIC 1	TIC 0	MSEL	IEDG	SL1	SL0
SL1 & SL0	Seleccionan el factor divisor de MICROWIRE						
IEDG	Polaridad de la interrupción externa						
MSEL	Selecciona a G5 y G4 como señales SK y SO, respectivamente						
TIC0	Control de inicio/parada del TIMER T1 en los modos 1 y 2.						
TIC1	Bit de control de modo para T1						
TIC2	Bit de control de modo para T1						
TIC3	Bit de control de modo para T1						

Tabla 3.4

Registro ICNTRL, tabla 3.5.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
FLAG 1	FLAG 2	PPND	PPEN	$\mu$ WPND	$\mu$ WEN	T1PNDB	TIENB
TIENB	Habilitar la interrupción del temporizador B						
T1PNDB	Interrupción del temporizador T1B pendiente						
$\mu$ WEN	Habilitar la interrupción de MICROWIRE						
$\mu$ WPND	Interrupción de MICROWIRE/PLUS pendiente						
PPEN	Habilitar la interrupción periférica						
PPND	Interrupción periférica pendiente						
FLAG 2	Bandera de propósito general						
FLAG 1	Bandera de propósito general						

Tabla 3.5

## REGISTROS DE DATOS

El cop888 tiene 16 registros de datos de 8 bits localizados en la memoria de datos en las direcciones 00F0 a 00FF Hex. Cuatro de estos registros tienen funciones especiales. La

localidad 00FD contiene el puntero de 8 bits SP para la memoria de datos. La localidad 00FF está reservada para la extensión del segmento de los mismos. Este registro se usa en algunos COP888 para extender la memoria más allá de los 128 bytes. Los doce registros restantes, 00FF hasta 00FB, son siempre válidos para uso general.

#### EL PUNTERO DE PILA (stack pointer)

Es un registro mapeado en la localidad 00FD Hex. El puntero de pila se inicia automáticamente en la dirección 06F Hex.

Al empujar las direcciones al puntero se provoca que éste disminuya hasta cero. Al retirar direcciones del puntero se logra que aumente. Si este es inicializado en el punto 06F Hex y crece se origina una interrupción de software (software trap). El límite inferior del puntero es la dirección 0000 Hex.

El usuario puede iniciar el puntero en cualquier punto de la memoria base pero debe cuidarse la interferencia con los otros registros.

#### PUNTERO DE MEMORIA DE DATOS

Los controladores COP888 contienen dos registros especiales X y B, que pueden usarse como punteros. Estos permiten el direccionamiento indirecto de todas las localidades mapeadas en el espacio de la memoria de datos. Además, pueden incrementarse o decrementarse automáticamente por ciertas instrucciones que usan el direccionamiento indirecto. El autoincremento y el autodecremento permiten al programa de usuario avanzar fácilmente a través de las localidades de la memoria de datos.

#### REGISTRO MICROWIRE/PLUS

Es un sistema de comunicación serial contiene un registro mapeado SIOR de 8 bits, las señales de entrada y salida seriales para el registro SIOR son suministradas por los pines SI y SO. El registro de corrimiento toma como base de tiempo la señal SK. Los datos se almacenan de tal forma que se recibe primero el bit menos significativo.

#### REGISTROS TEMPORIZADORES

El COP888 cuenta con un bloque temporizador. El bloque temporizador consiste de un contador/temporizador de 16 bits con dos registros asociados de 16 bits. Estos de 16 bits y el temporizador son organizados como dos de 8 bits mapeados en la memoria.

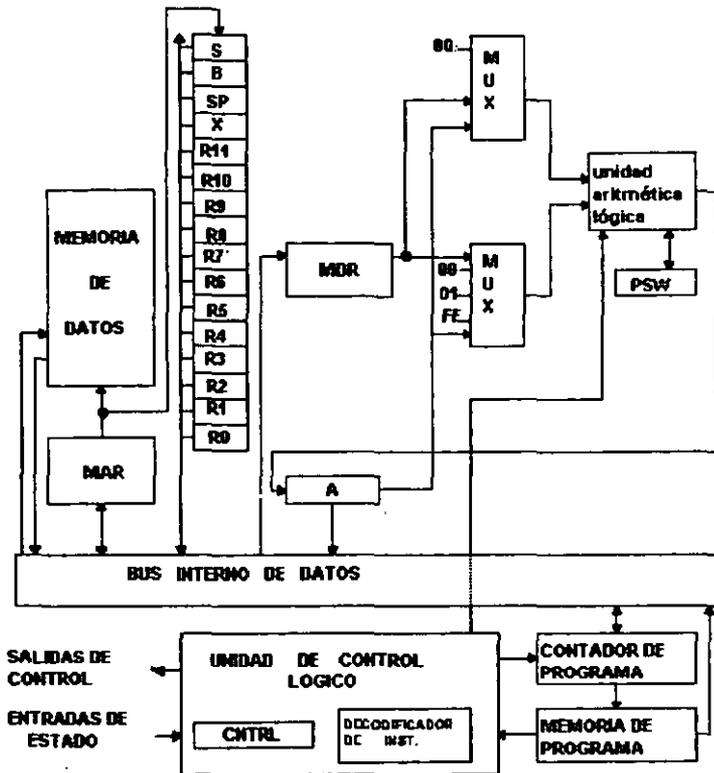


Figura 3.11

## OPERACIÓN DEL CPU

### CONTROL LÓGICO

El control lógico maneja virtualmente todas las operaciones dentro del dispositivo, figura 3.11. Incluye el contador de programa (PC), los registros de la dirección de la memoria, el registro de estado del procesador de palabras y el registro de instrucción para almacenamiento de información. También incluye lógica para acceder directamente a la memoria, decodificación y ejecución de instrucciones y el manejo de interrupciones y errores. Recibe entradas desde la Unidad Aritmética y Lógica (ALU) y los periféricos integrados incluyendo los temporizadores y la interfaz microwire/plus y genera las señales de control para estas y otras partes del componente.

### UNIDAD ARITMÉTICA Y LÓGICA.

Realiza todas las operaciones aritméticas y lógicas. Las entradas de a la unidad (ALU) son suministradas por el acumulador, varios datos constantes, los bits de acarreo y medio

acarreo y los registros de la memoria de datos. Las entradas a la unidad (ALU) para una instrucción dada se especifican en el código de instrucciones, figura 3.11.

El acumulador funciona como fuente o destino de datos para la ALU (unidad aritmética y Lógica) y se usa en todas las instrucciones aritméticas y lógicas. Siempre contiene el valor de la última operación lógica, aritmética, de carga o intercambio que se realizó.

Todas las instrucciones aritméticas y lógicas con dos operandos usan los registros de la memoria de datos (MDR) como una entrada a la ALU. Estos registros pueden cargarse con los operandos desde la memoria de datos o los registros de instrucción. Ya que solo existe un registro de este tipo de memoria, las instrucciones aritméticas y lógicas no pueden realizarse directamente sobre dos operandos de la memoria de programa y/o datos. Tales operaciones requieren que un operando de esta sea cargado en el acumulador antes de la ejecución de la operación.

## MODOS DE ACCESO A LA MEMORIA

### ACCESO A LA MEMORIA DE DATOS

Todos estos accesos se realizan usando los registros de direcciones de la memoria interna. El contenido de los registros de esta selecciona la localidad dentro del espacio de la memoria de datos para leerse o escribirse por la instrucción presente.

Las direcciones se cargan con el puntero B en el último ciclo de instrucción de todas las instrucciones. Por lo tanto, aquellas que usan el modo de direccionamiento indirecto con el registro B son muy eficientes. Esto se debe a que la localidad de la memoria a ser accesada durante una instrucción ya está presente en el registro de dirección al inicio de la misma. Las instrucciones que usan el modo de direccionamiento directo o el direccionamiento indirecto usando el registro X para acceder la memoria de datos requieren uno o dos ciclos de instrucción más para acceder y cargar la dirección deseada en el registro de direcciones antes de que la instrucción presente sea ejecutada.

Algunas instrucciones que usan el direccionamiento directo son más eficientes cuando se consideran los registros de datos localizados entre 00F0 y 00FF Hex. Esto es porque la dirección de la memoria del registro está en el primer byte del código de operación de la instrucción. Esto permite que el registro se cargue con la nueva dirección en el primer ciclo de instrucción. Las instrucciones que no accesan la memoria de datos no afectan el registro de direcciones. Durante la ejecución de las instrucciones que usan la unidad aritmética y lógica y un operando de la memoria de datos, el contenido de la localidad direccionada por el registro se carga en el registro de datos antes de que sea enviada a la unidad aritmética y lógica.

### ACCESO A LA MEMORIA DE PROGRAMA

Todos los accesos a la memoria de programa se realizan usando el contador de programa (PC), esto incluye el acceso para búsqueda de tablas. En cualquier instante, el PC direcciona un byte en esta memoria, este byte es cargado en el registro de instrucción para decodificarlo o usarlo como un dato inmediato o dirección de memoria. Todos los accesos a datos y códigos de operación causan que el PC se incremente automáticamente, de tal

forma que el PC se encuentra siempre una instrucción arriba de la que se está ejecutando, así se tiene un pre-acceso a los códigos de operación.

## EJECUCIÓN Y DECODIFICACIÓN DE INSTRUCCIONES.

La decodificación de todas las instrucciones se realiza por el controlador lógico del CPU. Códigos de operación de un solo byte requieren un solo acceso a la memoria. Por lo que muchos de estos son de un ciclo. Códigos de operación de varios bytes requieren más de un acceso a la memoria de programa; el primer byte se decodifica para saber cuantos accesos se requieren para terminar la instrucción. Solo un acceso a la memoria de programa puede efectuarse durante una de un ciclo. Por lo que una instrucción requiere tantos ciclos de instrucción como bytes del código de operación.

El reloj del ciclo de instrucción (tc) siempre es igual a una décima parte de la señal de reloj en el pin CKI. Todas las instrucciones son ejecutadas en múltiplos de este ciclo.

### Familias de microcontroladores

La línea de microcontroladores de 8 bits cop8 se divide en dos familias: La familia básica y la familia Feature.

### LA FAMILIA BÁSICA

Los componentes de la familia básica son para aplicaciones pequeñas y de bajo costo, que requieren menos memoria y periféricos más simples; mientras que los miembros de la familia FEATURE son para aplicaciones que requieren más memoria y periféricos más avanzados. Sin embargo, las dos familias comparten la misma arquitectura básica y el mismo conjunto de instrucciones.

Los dispositivos de la familia básica tienen desde 768 bytes hasta 4 Kbytes de ROM y 64 a 128 bytes de RAM; y un temporizador de 16 bits. Se provee un modo de paro (HALT) para apagar al dispositivo en períodos de inactividad. Estos dispositivos tienen típicamente 20 ó 28 pines. Cuentan con otros tantos periféricos simples como comparadores.

La familia básica de microcontroladores COP8 contiene toda la memoria de datos y programa internamente. Además, contiene puertos de entrada/salida configurables, cronómetro y una interfaz MICROWIRE/plus incorporado. La presencia de memoria integrada y periféricos permite al microcontrolador COP8 de la Familia Básica proveer una solución en un solo chip para muchas de las aplicaciones.

La organización del microcontrolador COP8 de la familia básica se basa en la arquitectura "Harvard", en que la memoria de programa es distinta de la de datos. Cada una de las memorias tiene su espacio propio físico, y usa su propio bus de dirección interna. La ventaja de este tipo de organización es que los accesos a la memoria de datos y la de programa puede tener lugar concurrentemente, reduciendo el tiempo total de ejecución. Por el contraste, en la arquitectura "Von Neumann", la memoria de datos y la de programa comparten el mismo bus de direcciones, y los accesos concurrentes no pueden ocurrir.

A excepción del Acumulador (A) y Programar Mostrador (PC), todos los registros, puertos de entrada/salida, y la RAM están mapeadas en la memoria en el espacio de direcciones de la memoria de datos. Entre estos registros están el registro B, el registro X, Indicador de Pila (SP), y los registros de los puertos. Tales registros pueden accederse leyendo o escribiendo sus direcciones de memoria.

La arquitectura de la familia Básica COP8 provee una mejora a la arquitectura Harvard: Una instrucción llamada Cargar el acumulador Indirectamente (LAID), que permite el acceso a las tablas de datos almacenadas en la memoria de programa. Una arquitectura Harvard convencional no permite esto.

El COP8 de la familia básica se comunica con otros dispositivos mediante varios puertos de entrada/salida configurables o mediante la interfaz serial de entrada/salida MICROWIRE/plus. Los puertos son designados por letras tal como: El Puerto C, Puerto D, Puerto G, Puerto I, y Puerto L.

Un cronómetro de 16 bits de propósito general se provee, junto con un registro de 16 bits de autocarga/captura. El cronómetro puede configurarse para operar en cualquier de tres de modos: La Modulación de Anchura (PWM), el contador de eventos externos, o modo de captura.

Tres diferentes tipos de interrupciones son disponibles en el dispositivo: la interrupción enmascarable externa, la interrupción enmascarable del temporizador y la no enmascarable trampa de software. Todas las interrupciones causan un salto a una dirección específica en la memoria de programa. El programa código en esa dirección determina la prioridad relativa de las de tipo enmascarable.

## LA FAMILIA FEATURE

Los miembros de la Familia Feature tienen desde 2K hasta 24K de ROM y 128 a 1088 bytes de RAM; y, al menos, dos temporizadores de 16 bits. Los componentes de la familia Feature añaden 9 instrucciones más a su conjunto de instrucciones para soportar las interrupciones por vectores, empujando/sacando la pila y tipos adicionales de operaciones lógicas. Además del modo de paro (HALT), se anexa otra forma de apagado del componente, se le llama el modo libre (IDLE) que permite monitorear ciertas secciones para que operen mientras que otras partes del componente están apagadas. Todos los miembros de la familia cuentan con sistema de activación de los pines (MULTI INPUT WAKE-UP) que proveen entradas separadas para disparar las interrupciones enmascaradas o para la salida de los modos HALT ó IDLE. Los dispositivos tienen típicamente 28, 40 ó 44 pines. Se incluyen periféricos avanzados tales como el convertidor analógico digital, la interfaz síncrona/asíncrona universal y la interfaz CAN.

## DISPOSITIVOS OTP

Todos los dispositivos COP8 tienen una versión OTP. Los dispositivos OTP se pueden grabar utilizando equipo de programación estándar para PROM. Son útiles no solo para prototipos y producción limitada, también son útiles para producción normal debido a que el costo es comparativamente menor que los dispositivos borrables. Para el corto tiempo en el mercado y por su facilidad de hacer las

revisiones rápidamente o corregir los problemas (bugs), los COP8 OTP ofrecen una atractiva opción para la producción final.

Los COP8 OTP ofrecen una operación con bajo voltaje y seguridad en la memoria de programa. La seguridad se logra programando un bit en el dispositivo haciendo que el programa no pueda leerse después.

Algunos COP8 tienen la memoria expandida hasta 32 K bytes de memoria de programa a un costo adicional razonable. Estos dispositivos son útiles para aplicaciones de software intensivo cuando el tiempo en el mercado es crítico, debido a que el software puede desarrollarse sin importar el tamaño del programa. Los costos de manufactura pueden disminuir optimizando el programa.

## DISPOSITIVOS OTP COP8SAx7

Una adición reciente a la familia COP8 son los dispositivos cop8sax7, estos dispositivos ofrecen una combinación muy buena de memoria OTP, bajo precio y un gran conjunto de características:

- Microcontrolador de 8 bits de bajo costo
- Espacio de programa OTP con protección de lectura/escritura.
- Opciones de reloj seleccionables.
- oscilador/resonador de cristal
- oscilador externo
- oscilador R/C interno
- Hasta 12 salidas de alta corriente
- Lógica guardián (Watchdog) y monitor de reloj

Diagrama a bloques del COP888EB.

El COP888EB es un miembro de la familia FEATURE de microcontroladores de 8 bits, provee alta estabilidad, soluciones económicas para aplicaciones integradas de control. El COP888EB tiene una combinación de características adicionales: Una interfaz CAN, un receptor/transmisor asíncrono universal, un convertidor analógico/digital multicanal, una interfaz periférica serial y reducida interferencia a las radiaciones electromagnéticas usando filtros internos en la fuente de alimentación, un oscilador de cristal de baja corriente, figura 26.

Los tipos de características válidas en el COP888 se muestran en la relación siguiente:

Memoria de programa: ROM de 8 Kbytes

Memoria de datos: RAM estática, 192 bytes

Extensión de la memoria de datos por medio del registro S.

Cronómetros programables de 16 bits

Temporizador y modo libre (IDLE).

Interrupciones de modo de alerta a través de los puertos L, M y la interfaz CAN.

Sistema de alarma y monitor de reloj.

Existen varias versiones del COP888EB que operan sobre diferentes rangos de temperatura y voltaje.

## DIAGRAMA A BLOQUES

La figura 3.12 es un diagrama que muestra los bloques funcionales básicos del COP888EB. El núcleo del CPU consiste de una Unidad Aritmética Lógica (ALU) y un conjunto de registros del CPU.

Diversos bloques funcionales del dispositivo COP8 se comunican con el núcleo mediante un bus interno.

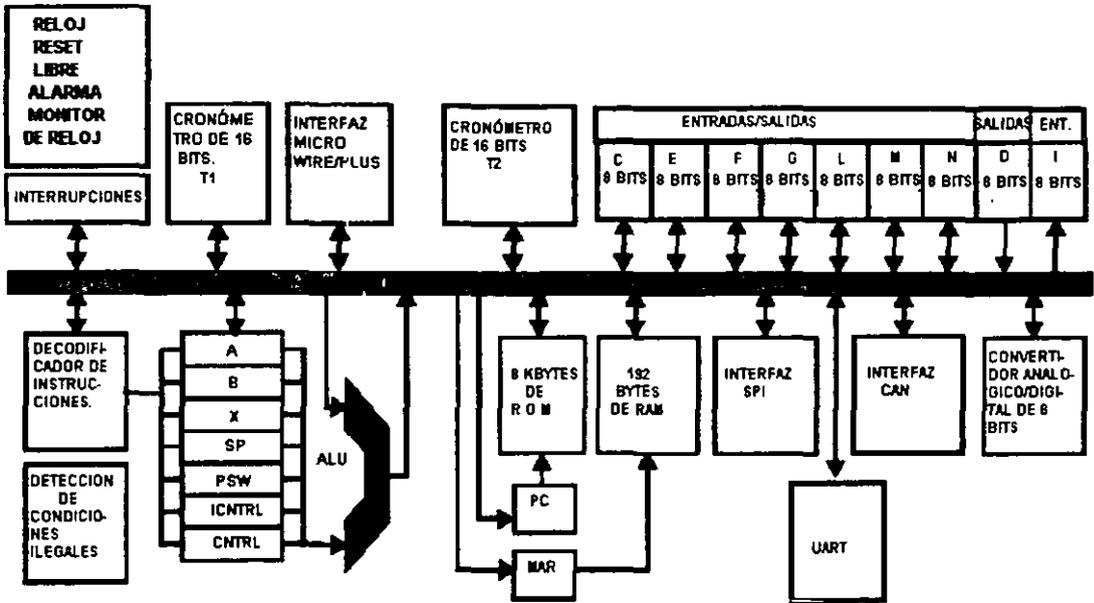


Figura 3.12

## DESCRIPCIÓN DE PINES

De acuerdo con la figura 3.13:

Las terminales Vcc y GND son los pines de alimentación al circuito. CKI es una entrada de reloj que puede alimentarse por un oscilador de cristal (en conjunción con CK0).

RESET es la entrada de reinicio maestro. El dispositivo cuenta con siete puertos de entrada/salida bidireccionales de 8 bits (C, E, F, G, L, M, N) donde cada bit puede ser individualmente configurado como entrada, salida o tercer estado bajo control del programa. Tres direcciones en las localidades de la memoria de datos se utilizan para estos cada uno de los puertos. Cada uno de estos puertos de entrada/salida tiene dos registros de 8 bits mapeados en la memoria, el registro de CONFIGURACIÓN y el registro de SALIDA DE DATOS. Una dirección mapeada en memoria es utilizada para la entrada de cada uno de los puertos. Los puertos L y M son de 8 bits,

se utilizan para el sistema Multi-input Wake-up en sus ocho pines. Todos los pines del puerto M y L tienen disparadores Schmitt en sus entradas.

Los puertos M y L tienen solo un vector de interrupciones.

El puerto G es un puerto de 8 bits que cuenta con 5 pines de entrada/salida (G0 a G5), un pin de entrada (G6) y una salida dedicada G7 que se utiliza para salida del reloj CK0.

Ya que G6 es una entrada dedicada y G7 una salida dedicada los bits asociados en los registros de datos y configuración para G6 y G7 se usan para propósito especial.

El puerto G tiene las siguientes características alternas

G0	INTR (Entrada para interrupción externa)
G1	Salida dedicada para el sistema Watchdog
G2	temporizador T1
G3	T1A
G4	S0 (salida de datos serial para el sistema MICROWIRE)
G5	SK (reloj serial para MICROWIRE)
G6	SI (entrada de datos del sistema Microwire)
G7	CK0 (salida dedicada del oscilador)

El puerto M es de entrada/salida bidireccional, estos pines pueden usarse

Para propósito general o para funciones alternas.

Los pines del puerto M tienen funciones alternas. Cada pin (M0 - M5) ha sido asignado a un dato alterno, configuración o fuente de alarma (wake-up source). Si se elige la función alterna el contenido de los bits asociados en el registro de configuración o en el registro de datos son ignorados. El bloque SPI (Serial Peripheral Interface), usa cuatro de los pines del puerto M para reconfigurar automáticamente sus entradas MISO, MOSI y SCK y pines de selección de entrada/salida dependiendo si la interfaz ha sido configurada como esclavo o maestro. Cuando la interfaz SPI es deshabilitada estos pines se comportan como entradas/salidas de propósito general escribiendo sobre los pines de configuración y de datos. La interfaz CAN hace uso de uno de los modos de alarma del puerto para disparar una alarma (wake up), si tal condición se ha detectado en los pines dedicados de CAN.

El puerto M tiene las siguientes funciones alternas

M0	Entrada Wake-up o MISO (Master In Slave Out)
M1	Entrada Wake-up o MOSI (Master Out Slave In)
M2	Entrada Wake-up o SCK
M3	Entrada Wake-up o SS
M4	Entrada Wake-up o T2A
M5	Entrada Wake-up o T2B
M6	Entrada Wake-up

Los puertos C, E, F y N son puertos de entrada/salida de propósito general.

Cualquier encapsulado que contiene a los puertos C, E, F, M, N pero tiene menos de ocho pines, contienen terminales sin conexión, quedan volando dentro del chip. Para este tipo de dispositivos el programa debe escribir un "1" al registro de configuración correspondiente a los pines que no existen. Esto configura los bits de puerto como salidas y reduciendo la fuga de corriente del dispositivo.

El puerto N es un puerto de 8 bits con funciones alternas usadas para extender las líneas de selección de los esclavos de la interfaz SPI. El bloque expansor SPI tiene líneas de selección mutuamente exclusivas (ESS0-ESS7) de acuerdo al estado de la línea SS y el contenido específico del registro de corrimiento SPI. La extensión de las líneas de selección de los esclavos puede realizarse sobre los pines del puerto N habilitando la función alterna del registro N. Si se habilita la función alterna sobre la línea ESSx causa que el estado del puerto cambie exactamente como el registro de datos PORTND. El puerto N tiene las siguientes funciones alternas:

N0	ESS0
N1	ESS1
N2	ESS2
N3	ESS3
N4	ESS4
N5	ESS5
N6	ESS6
N7	ESS7

#### TERMINALES PARA CAN

Para la interfaz CAN este dispositivo tiene 5 pines dedicados con las siguientes características:

VREF	Voltaje de referencia para el chip y con valor de $V_{cc}/2$
RX0	Pin de entrada de datos del receptor CAN
RX1	Entrada de datos del receptor CAN
TX0	Salida de datos del transmisor CAN
TX1	salida de datos del transmisor CAN. El pin puede colocarse en el tercer estado con el bit TXEN1 en el registro de control del bus CAN.

#### FUNCIONES ALTERNAS DEL PUERTO

Muchos pines de propósito general tienen funciones alternas. El software puede programar cada uno de los pines para que funcionen como propósito general o como funciones específicas. El hardware del chip determina cuales de los pines tienen funciones alternas y qué funciones son.

El puerto D es un puerto de salida dedicada que se va a un nivel alto cuando se presenta un reinicio.

**Plastic Leaded Chip Carrier**

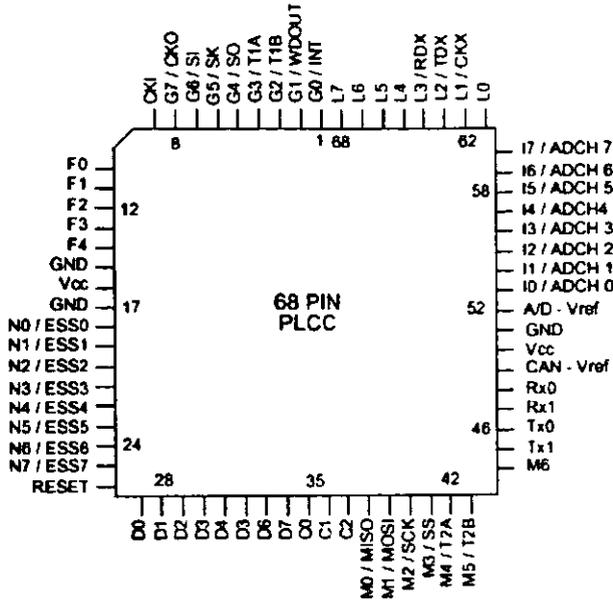


Figura 3.13

**Plastic Chip Carrier**

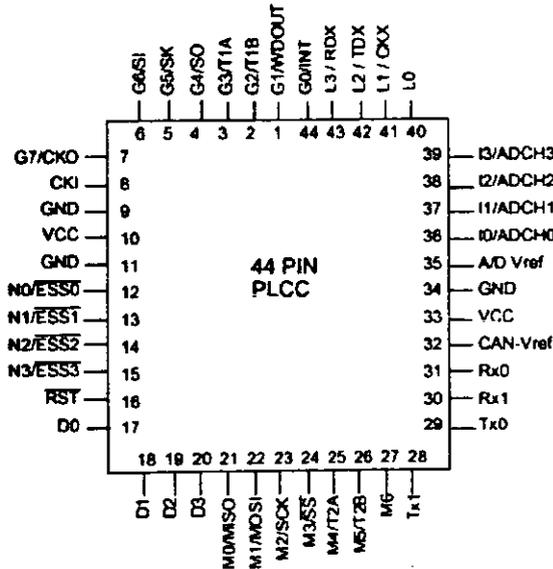


Figura 3.14

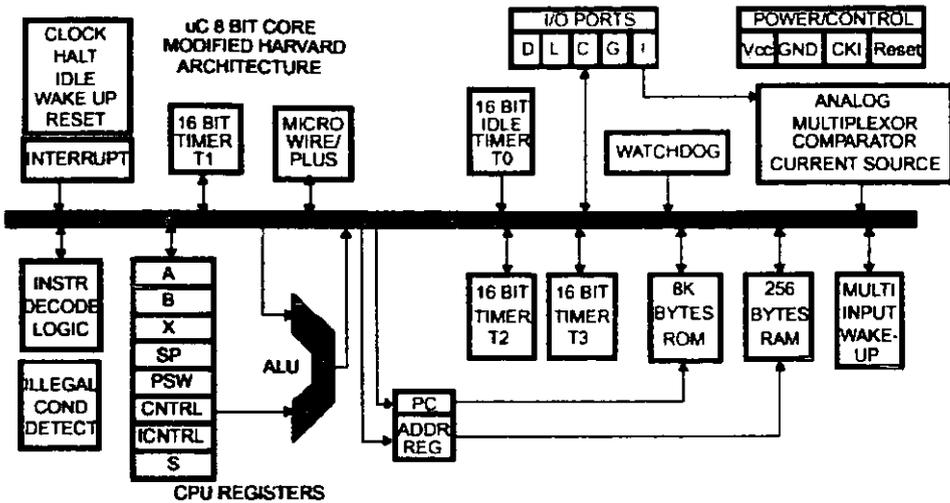


Figura 3.15

El diagrama anterior, figura 3.15, muestra los bloques funcionales básicos. El CPU consiste de una unidad aritmética y lógica y un conjunto de registros del CPU.

### Descripción Básica del COP888EB

La Arquitectura del dispositivo utiliza una ARQUITECTURA HARVARD MODIFICADA. Con esta arquitectura el control de la memoria de programa almacenado (ROM) es diferente a la memoria de datos (RAM). Ambos tipos de memoria tienen su propio espacio de direccionamiento con buses de dirección separados. La arquitectura, aunque basada en la arquitectura Harvard permite la transferencia de datos desde la ROM hasta la RAM.

### REGISTROS DEL CPU

El CPU puede realizar una suma, resta, operación lógica o corrimiento de 8 bits en un ciclo de instrucción (tc)

Hay cinco registros del CPU:

- A es el registro acumulador de 8 bits
- PC es el contador de programa de 15 bits
- PU son los 7 bits superiores del contador de programa
- PL son los 8 bits inferiores del contador de programa PC.
- B es un puntero de 8 bits en la memoria RAM que puede ser post-incrementado o post-decrementado de manera opcional.
- X es un puntero de 8 bits en la memoria RAM .
- SP es el puntero de pila o stack pointer que apunta a la subrutina/interrupción. El SP es

iniciado en la dirección 02F en condiciones de reset.

Todos los registros están mapeados en la memoria a excepción del Acumulador y el Contador de Programa (PC).

## MEMORIA DE PROGRAMA

La memoria de programa para el dispositivo consiste de 8K bytes de ROM. Estos bytes pueden mantener las instrucciones del programa o los datos constantes. La memoria de programa es direccionada por los 15 bits del contador de programa. Todas las interrupciones en el dispositivo apuntan hacia la dirección 0FF Hex.

## MEMORIA DE DATOS

El espacio de la memoria de datos incluye la memoria RAM incluida en el chip y los registros de datos, los registros de entrada/salida (I/O configuración, datos y terminal), los registros de control, el registro de corrimiento para MICROWIRE y varios registros y contadores asociados a los temporizadores (exceptuando el temporizador IDLE). La memoria de datos es direccionada directamente por la instrucción o indirectamente por los punteros B, X y SP.

El componente tiene 192 bytes de RAM. 16 bytes de RAM están mapeados como registros en las direcciones 0F0 a 0FF Hex. Estos registros pueden cargarse directamente y también incrementarse o decrementarse con la instrucción DRSZ (Decrement Register and Skip if Zero)

El conjunto de instrucciones permite habilitar, resetear o probar cualquier bit. Todos los registros del puerto de entrada/salida (I/O) están mapeados en la memoria; por lo que los bits de entrada/salida pueden ser individualmente habilitados o reseteados. Los bits del acumulador A, también pueden habilitarse individualmente.

## CONDICIONES DE RESET

Cuando la entrada RESET se coloca en estado bajo inicializa al microcontrolador. La inicialización ocurrirá siempre que la entrada caiga a un nivel bajo. Después de un reinicio, los registros de datos y configuración para los puertos L y G, son limpiados y se mantienen en el tercer estado. El puerto D se coloca en estado alto después del reset. Los registros de control PC, CNTRL y ¡CNTRL son borrados (se limpian). Los registros de Multi-Input Wakeup son limpiados y el contador de programa se inicia en 06F Hex.

## CIRCUITOS OSCILADORES

El chip puede ser controlado por una entrada de reloj en la entrada CKI que puede estar entre DC y 10 MHz. La salida de reloj CK0 está sobre el pin G7. La frecuencia de entrada se divide por 10 para producir el ciclo de instrucción. (1/tc), figura 3.16.

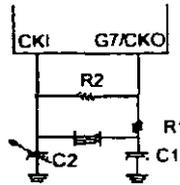


Figura 3.16

La tabla 3.6 muestra los valores para los componentes requeridos para un oscilador de cristal:

R1 (K $\Omega$ )	R2 (K $\Omega$ )	C1 (pF)	C2 (pF)	CKI (MHz)	Condición
0	1	30	30 - 36	10	Vcc = 5V
0	1	30	30 - 36	4	Vcc = 5V
0	1	200	100 - 150	0.455	Vcc = 5V

Tabla 3.6

## FUNCIONAMIENTO INDEPENDIENTE DE LOS MÓDULOS

### COMPUTADORA PERSONAL.

Una computadora personal se utiliza para actuar sobre los nodos de la red en cualquier instante, es la herramienta de control del usuario hacia la red y le proporciona a éste información visual y fácil de interpretar sobre los procesos que se llevan a cabo en la red ya que puede obtener los datos almacenados en la memoria de los microcontroladores. Para realizar ésta conexión se utiliza el puerto serial de la computadora y el receptor/transmisor asíncrono universal del microcontrolador COP888EB. La computadora pide información a un módulo maestro que tiene la finalidad de empaquetar los mensajes de un formato RS232 a CAN y desempaquetar las tramas de CAN para convertirlas a RS232; este módulo realiza las peticiones correspondientes a los nodos existentes a fin de que se lleve a cabo con éxito la transmisión de los datos hacia la máquina y ésta pueda procesar la información y ejercer las acciones correctivas como interrupciones o el borrado de aquellos datos que ya se han leído.

La información leída puede organizarse en una base de datos para procesarla según convenga. La función que cumple la computadora personal es precisamente como nodo final, es el lugar donde el usuario interpreta los datos y les da el uso que considera necesario; en el sistema que proponemos, que se trata de un sistema de control de asistencia, la información que se introduce al microprocesador se guarda en una memoria, después que se han guardado los datos se le envía un mensaje a la computadora para indicarle que se cuenta con algunos datos y si se encuentra disponible un programa para

descargarlos esta operación puede realizarse. No existe la necesidad de una conexión permanente con una PC sino que el sistema es muy flexible: se cuenta con memoria para permitir la operación del sistema que no exista peligro de pérdida de datos, si se llega a la saturación de la memoria un mensaje aparece en el DISPLAY indicando que la memoria está llena y que es necesario descargar los datos antes de continuar registrando las tarjetas que se le presenten, la información tiene que ser solicitada por la PC y ésta correrá la aplicación adecuada para vaciar los datos a su memoria, en el sistema de control de asistencia puede afectarse a un programa de nómina para hacer los cálculos de pago y sistemas de multas que sean política de la empresa.

La computadora recibe y envía comandos por medio de su puerto serial, interpreta los datos que se le envían y toma la acción indicada por su algoritmo de programa. Las acciones que pueden ejercerse son verificación de conexión, modificación de la fecha, petición de datos, cálculo de la suma para chequeo de errores y solicitud de reenvío de información, la intención de realizar una suma de los datos es para asegurar que lleguen correctamente y no hayan sufrido modificaciones durante la transmisión.

## MODULO DE TRANSMISIÓN/RECEPCIÓN

La función del módulo de enlace con la PC es realizar la traducción de los mensajes en CAN a un formato de RS232. Recibe desde los otros nodos los mensajes en un formato establecido por la trama de CAN, le corresponde el identificador 0 y como tal tiene la mayor prioridad de comunicación en el bus, eso significa que si requiere enviar información a través del bus puede hacerlo sin ningún problema. El proceso para enviar un comando en el bus es el siguiente, la PC a través de su puerto serial envía una secuencia de información y el microcontrolador a través de la UART recibe esa secuencia de dígitos que vienen de la PC, ésta secuencia está bien definida y debe indicar la dirección del nodo al que se le está enviando la información y un comando o código que le indicará a los otros nodos la acción a ejecutar. Los datos recibidos a través del puerto serial se guardan en el buffer de transmisión de CAN, que ya está indicado por el programa, para poder acceder la información al bus. Como la trama de CAN permite un campo de datos de 8 bytes como máximo los datos que tienen longitudes de más de 8 bytes deben enviarse en tramas diferentes. A la salida de la interfaz CAN se tiene un TRANSCEIVER que recibe una entrada simple, una terminal de transmisión y otra de recepción, a la salida del transceiver se tiene una señal diferencial que permite una mayor inmunidad al ruido, permite que la señal viaje a través del cable sin muchos problemas. La longitud del bus está en función de la velocidad de transmisión, en nuestro caso la velocidad es de 100 Kbits/s que permite una longitud de 1000 m. La alimentación al circuito puede ser a través de la red o cada módulo puede tener alimentación individual. Este módulo tiene alimentación a través de una fuente de corriente alterna de 12 Volts, sufre una rectificación a través de un puente de diodos, un filtrado a través de un condensador y una regulación a través de un componente integrado. La salida del regulador puede aplicarse sin problemas a todos los componentes, en este módulo solo se alimenta al microcontrolador, a un controlador MAX232, y al transceiver, por lo que el consumo de corriente es muy bajo. Para permitir la conexión a la red se utilizan conectores del tipo telefónico, específicamente el RJ11 con cuatro hilos. Dos hilos sirven para transmitir la alimentación a los otros nodos, el voltaje a través de los cables es de corriente alterna para permitir que viaje con menos dificultades con la que lo haría con

corriente directa. Los otros dos hilos de los cables se usan para transmitir la información con el protocolo CAN.

## MODULO DE CONTROL DE ASISTENCIA

Este módulo integra diferentes componentes en su placa, contiene un microcontrolador con interfaz CAN, una memoria serial de 32 Kbits, un reloj de tiempo real, una transceiver para adaptarse al bus CAN, un Switch para configurar la dirección del nodo en el bus, un teclado para modificar la hora del reloj, un display para mostrar la hora y los diferentes mensajes que se envían al usuario, un lector de tarjetas magnéticas para adquirir los datos del usuario, un rectificador para acondicionar el voltaje que recibe por los cables, unos capacitores para filtrado y un regulador para limitar y mantener el voltaje en los límites permitidos para la alimentación a los circuitos.

El algoritmo del módulo es el siguiente: Al recibir energía debe mostrar después de unos instantes la hora en el display y la leyenda "pase su tarjeta", esto significa que el nodo está listo para recibir y enviar datos a través del bus. Si es la primera vez que se pone en operación el nodo debe habilitarse la comunicación desde la PC a través de un comando bien definido, una vez que se habilita la comunicación en el bus el módulo puede interactuar con los otros componentes. La fecha y la hora podrán visualizarse en el Display y de acuerdo con la programación del reloj se recibirá un pulso indicando que ha transcurrido un minuto, el microcontrolador tomará este mensaje y leerá los registros del reloj para actualizar la hora mostrada en la pantalla, de esa forma se asegura que la hora real estará a la vista del usuario. Si por alguna razón existe una falla en el suministro de energía el reloj mantendrá la hora real pues cuenta con una pila interna que asegura su funcionamiento hasta por diez años.

Al momento de deslizar una tarjeta a través del lector se capturan los datos de la tarjeta si éstos no exceden 28 caracteres, se le añaden los de la hora, los minutos, el día, mes y año, todos los datos se guardan inicialmente en la memoria RAM, después de guardarlos y si la comunicación de red está permitida se envía un código hacia la PC, este código consiste en la dirección del nodo que solicita la comunicación y un comando para iniciar la descarga de los datos si la PC cuenta con las condiciones necesarias. En caso de que existan condiciones favorables para iniciar la descarga la PC envía un comando para cerrar la comunicación de los otros módulos y después solicita los datos de la tarjeta al nodo que inició la comunicación. Después de bajar todos se debe abrir la comunicación de los otros módulos de tal forma que puedan acceder al bus de comunicaciones.

## CAPÍTULO IV

## DISEÑO DE LA RED DE CONTROL

### 4.1. – ENLACE DE COMUNICACIÓN ENTRE LA MEMORIA Y EL MICROCONTROLADOR

#### MICROWIRE PLUS

MICROWIRE/PLUS es un sistema de comunicación serial que permite al microcontrolador comunicarse con cualquier otro dispositivo que soporta el sistema MICROWIRE/PLUS. Ejemplos de tales dispositivos incluyen convertidores analógicos digitales, comparadores, memorias EEPROM, controladores, componentes para telecomunicaciones y otros procesadores. La interfaz usa un sistema simple y económico de 3 hilos entre los dispositivos.

Varios dispositivos que usan el sistema MICROWIRE/PLUS pueden conectarse al mismo sistema de 3 hilos. Uno de éstos dispositivos, opera en lo que se llama el modo maestro, proporciona el reloj al sistema e inicia la transferencia de datos. Otro dispositivo opera en el modo esclavo y responde enviando el dato pedido. El componente esclavo usa el reloj del componente maestro para sacar o introducir los datos mientras el maestro también introduce o saca los datos.

En el COP888, las señales se llaman SI (entrada serial), SO (salida serial) y SK (reloj serial). Para el dispositivo maestro SI y SK son salidas mientras que SO es una entrada.

El cop888 puede operar como maestro o como esclavo dependiendo de la configuración que se le haga en el programa. La figura 4.1 muestra un ejemplo de cómo varios dispositivos pueden conectarse usando un sistema MICROWIRE/plus. El protocolo para seleccionar y habilitar los componentes esclavos se determina por el diseñador del sistema.

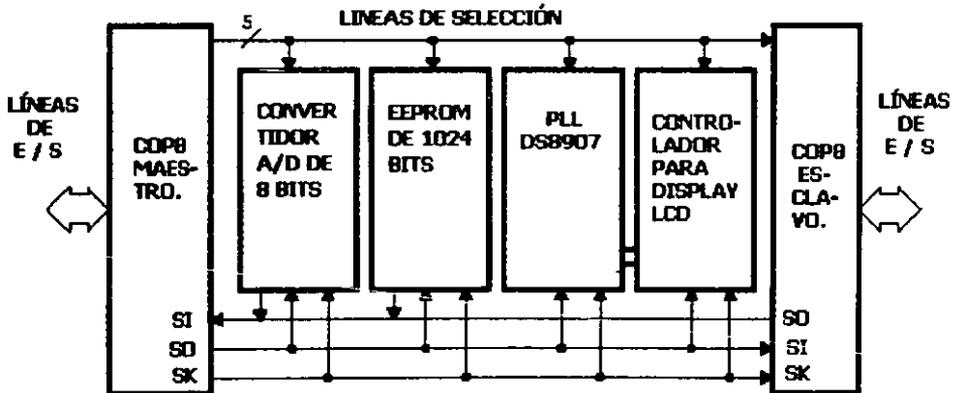


Figura 4.1

## TEORÍA DE OPERACIÓN.

El diagrama a bloques que se muestra a continuación, figura 4.2, da una idea de la operación interna del circuito MICROWIRE/plus.

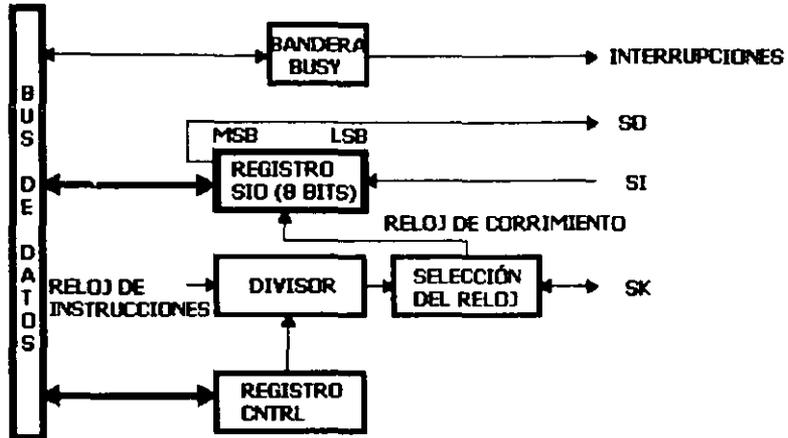


Figura 4.2

Un registro de corrimiento de 8 bits, llamado REGISTRO DE ENTRADA/SALIDA SERIAL (SIO), se usa para enviar y recibir datos; en cualquier tipo de transferencia de datos los bits se recorren en el registro. Cuando se envía un byte de datos los bits salen por la salida SO, primero sale el bit más significativo, cuando un byte de datos se recibe por la entrada SI se recibe primero el bit más significativo.

El registro SIO está mapeado en el espacio de la memoria de datos permitiendo escribir en él un dato a enviarse o recibir en él un byte completo. La bandera de ocupado BUSY en el registro PSW indica si el registro SIO está listo para leer o para escribir. Pueden usarse interrupciones para sincronizar la lectura o la escritura del registro SIO para completar el corrimiento de los 8 bits, o un lazo de tiempo puede programarse cuidadosamente para ese propósito.

El programa del usuario debe escribir al registro SIO solamente cuando el reloj SK está en nivel bajo. Un byte de datos se escribe generalmente al final del ciclo de corrimiento de los 8 bits, cuando el reloj está en nivel bajo. Si el programa escribe al registro SIO cuando SK está en alto, un dato desconocido puede colocarse en el registro.

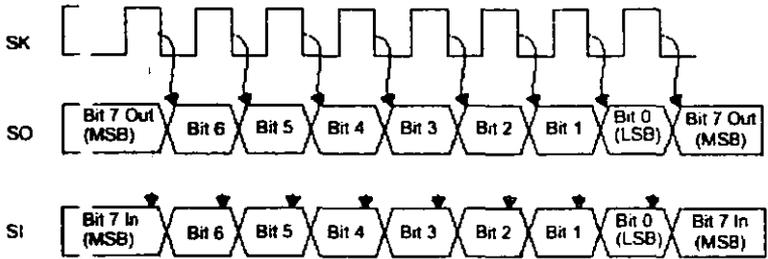
## TEMPORIZACIÓN

La señal de reloj SK se genera por el dispositivo maestro, el reloj de la interfaz MICROWIRE/plus se sincroniza a esta señal.

Hay dos formas de operación para la interfaz: el modo estándar y el modo alterno. En el modo estándar de SK, la salida de datos en SO se temporiza en el flanco de bajada de la

señal de reloj SK y un dato de entrada en SI se muestrea en el flanco de subida de la señal de reloj SK. En el modo alterno SK, las funciones del reloj están reservadas: el dato de salida en SO se registra en el flanco de subida del reloj SK y el dato de entrada en SI se muestrea en el flanco de bajada del reloj SK.

Los diagramas de tiempo de la señal se muestran en la figura 4.3.



SK 0.5µs 1µs 1.5µs

DIAGRAMA DE TIEMPOS DEL FORMATO ESTÁNDAR DE SK

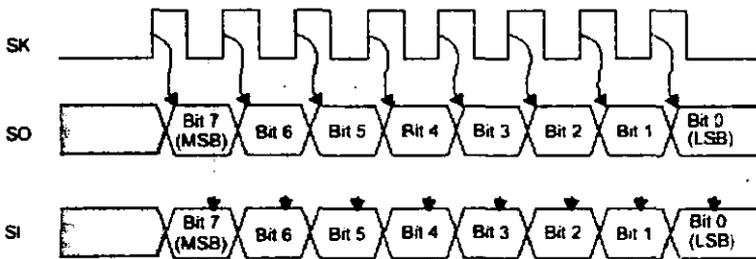


DIAGRAMA DE TIEMPOS DEL FORMATO ALTERNO DE SK

Figura 4.3

Las flechas negras indican los flancos del reloj SK que causan que la salida de datos sea posible en el pin SO, y las flechas grises indican los flancos que causan que los datos de entrada sean muestreados en el pin SI. De igual manera, el corrimiento del registro SIO ocurre en el flanco de caída de la señal de reloj SK.

En el modo estándar de SK, el bit más significativo se considera válido después de que el registro SIO del transmisor es cargado. Así el dato es temporizado en el dispositivo receptor en el flanco de subida inicial de la señal de reloj SK. En el modo alterno de SK, el bit más significativo es temporizado en el flanco de bajada del mismo pulso de reloj. La opción a elegir depende de la implementación del protocolo MICROWIRE/PLUS

El modo de reloj se determina por el bit SKSEL (bit 6) del registro de configuración del puerto G. Después del reset, este bit tiene un valor de 0, resultando en el modo de operación estándar. El programa de usuario puede modificar este modo al de tipo alterno habilitando el bit SKSEL (SKSEL=1).

## CONFIGURACIÓN DEL PUERTO G

Las tres señales SO, SI y SK de la interfaz MICROWIRE/PLUS son funciones alternas de los pines G4, G5 y G6 del puerto G. Para habilitar el uso de estos pines como la interfaz MICROWIRE/PLUS, se debe habilitar el bit MSEL del registro de control. Los bits SL0 Y SL1, también del registro de control, son usados para controlar la velocidad del reloj (SK).

El puerto G debe configurarse adecuadamente para la operación de la interfaz. Esto se complementa escribiendo ciertos valores en el registro del puerto G. El pin G4 (SO) debe ser configurado como una salida para el envío de datos. Mientras que el pin G5 (SK) se debe hacer como una salida en el modo maestro o como una entrada en el modo esclavo. G6 (SI) sirve específicamente como una entrada, así que no necesita configurarse como tal. La programación del registro de configuración del puerto G se resume en la tabla 4.1 siguiente:

Config. del puerto G. Bits G5 Y G4	OPERACIÓN DE MICROWIRE	FUNCIÓN DEL PIN G4	FUNCIÓN DEL PIN G5	FUNCIÓN DEL PIN G6
0 - 0	Esclavo, datos de entrada	tri-estado	Entrada SK	Entrada SI
0 - 1	Esclavo, datos de entrada y salida.	Salida SO.	Entrada SK	Entrada SI
1 - 0	Maestro, datos de entrada	tri-estado	Salida SK	Entrada SI
1 - 1	Maestro, datos de entrada y salida	Salida SO.	Salida SK	Entrada SI

Tabla 4.1

## FRECUENCIA DE LA SEÑAL DE RELOJ SK.

Cuando el Cop888 opera en el modo maestro, genera la señal de reloj SK. Un divisor disminuye la frecuencia del reloj de instrucciones, produciendo un periodo de reloj que es 2, 4 ó 8 veces el periodo del reloj de instrucciones. El factor divisor se programa escribiendo a dos bits del registro de control.

El divisor interno se respeta cuando se habilita la bandera de ocupado para MICROWIRE. Debido a eso el contador del divisor siempre inicia desde 0, al comienzo de un ciclo de corrimiento de 8 bits, asegurando pulsos de reloj uniformes.

Cuando el microcontrolador opera en el modo esclavo, la señal de reloj se genera por el dispositivo maestro. En tal caso SK es una entrada y la señal SK generada por el microcontrolador permanece inactiva.

## BANDERA DE OCUPADO E INTERRUPCIONES

Un bit en el registro PSW se utiliza como bandera para indicar el estado del registro de corrimiento SIO. Para iniciar el corrimiento de un byte, el programa le asigna un valor de 1. El corrimiento continúa automáticamente de acuerdo a la señal SK. Con cada corrimiento, el bit de mayor orden es sacado del registro y, simultáneamente el bit de menor orden se introduce desde el pin SI.

Cuando el corrimiento termina, el bit BUSY se resetea automáticamente por el hardware y si la interrupción está habilitada, se genera. Cuando esto ocurre el programa debe escribir el siguiente byte a enviarse y colocar la bandera BUSY para iniciar la transferencia del siguiente byte. Pueden utilizarse las interrupciones o la revisión de los bits para determinar cuándo debe hacerse.

Si se utiliza la revisión de los bits, el CPU corre en un lazo continuo en el que se lee el estado de la bandera BUSY. Cuando esta es igual a cero, el programa lee o escribe al registro SIO, colocándola como ocupado para la siguiente transferencia y regresa al lazo de revisión de las banderas (polling).

Si se utilizan las interrupciones, el CPU realiza otras tareas mientras el byte se introduce o se saca del registro SIO. La rutina de servicio resetea la bandera de MICROWIRE pendiente, lee o escribe al registro SIO, habilita la de ocupado (BUSY) para la siguiente transferencia y regresa de la interrupción. También debe habilitarse el bit GIE de interrupciones globales.

El programa puede controlar el tiempo de transferencia habilitando y limpiando la bandera de ocupado directamente. Si esta de ocupado (BUSY) se deshabilita directamente por el programa la transmisión se detiene inmediatamente. En tal caso la interrupción no se genera.

El protocolo de reconocimiento entre el maestro y el esclavo debe asegurar que el esclavo tenga tiempo suficiente para responder al mensaje enviado por el maestro.

Es posible eliminar la necesidad de revisar las banderas o las interrupciones aumentando la velocidad de transferencia. Esto se logra escribiendo un lazo que se ejecute en la cantidad exacta de tiempo para permitir el corrimiento de los ocho bits, al final del lazo el programa inicia inmediatamente la transferencia del siguiente dato, sin verificar el bit BUSY.

Cuando el COP888 opera en el modo esclavo, la bandera de ocupado debe colocarse solamente cuando la señal SK está en bajo. Esto sucede porque el bit realiza una operación AND con la señal SK para producir la señal de corrimiento. Si esta bandera está puesta mientras la señal SK está en alto, el pulso SK se selecciona, resultando en un pulso de reloj con un ancho desconocido y causando un corrimiento no confiable.

## 4.2. – LA UART COMO INTERFAZ COMPUTADORA-SISTEMA DE CONTROL

### EL TRANSMISOR/RECEPTOR ASÍNCRONO UNIVERSAL

El microcontrolador COP888EB tiene un transmisor/receptor asíncrono universal integrado, que puede usarse para recibir y transmitir datos en forma serial, sea síncrona o asíncronamente. Esta unidad, full-dúplex, es completamente programable y puede configurarse en una amplia gama de modos de operación. Ofrece las siguientes características:

- Operación Full- dúplex
- Opciones programables de interfaz serial, incluyendo tasa de bits, bit de inicio, longitud de dato (7, 8 ó 9 bits), bits de paridad (par/impar, marca, espacio o ninguna) y bits de parada (7/8, 1, 1-7/8 o 2)
- Exactitud en la generación de la tasa de bits usando el reloj interno (no se requiere cristal adicional)
- Reporte completo de estado
- Vectores de interrupción separados para las condiciones de buffer de recepción lleno y buffer de transmisión vacío.
- Operación síncrona o asíncrona
- Modo de atención del receptor para mejorar las condiciones de interconexión.
- Circuitería para detección de errores y capacidad para autopruueba.

### REVISIÓN DE OPERACIÓN DE LA UART

La figura 4.4 muestra un diagrama a bloques de la UART. Hay tres secciones principales en el circuito: el receptor, el transmisor y las secciones de control.

La sección del receptor recibe datos en forma serial del pin RDX. Los bits de datos que llegan en forma serial son almacenados en el registro de corrimiento, primero se recibe el bit menos significativo. Cuando se recibe un byte completo, se transfiere al buffer de recepción (RBUF) y se coloca la bandera de buffer de recepción lleno (RBFL). Si se habilita la interrupción del receptor se genera una interrupción. El software del usuario lee y procesa el byte en el registro de recepción (RBUF).

La sección del transmisor envía datos en forma serial en el pin TDX. Si el buffer de transmisión (TBUF) está vacío, se coloca una bandera (TBMT). Si se habilita la interrupción del transmisor de la UART se genera una interrupción cuando el buffer de transmisión está vacío. El programa del usuario debe escribir el siguiente byte en el buffer de transmisión (TBUF). En el tiempo apropiado el byte es transferido desde el buffer de transmisión (TBUF) al registro de corrimiento para su transmisión. Los bits de datos se envían en forma serial desde el registro de corrimiento en el pin TDX, se envía primero el bit menos significativo.

El software controla la UART usando tres registros mapeados en la memoria: el registro de control y estado (ENU), el registro de control y estado (ENUR) y el registro de reloj e interrupciones (ENUI). Algunos bits en estos registros son de control mientras que otros son de estado. Se usan dos registros mapeados en la memoria para seleccionar la velocidad de la UART: los registros PSR y BAUD. La fuente de reloj para generar la

tasa de bauds puede ser del reloj interno o una señal de reloj externa recibida en el pin CKX.

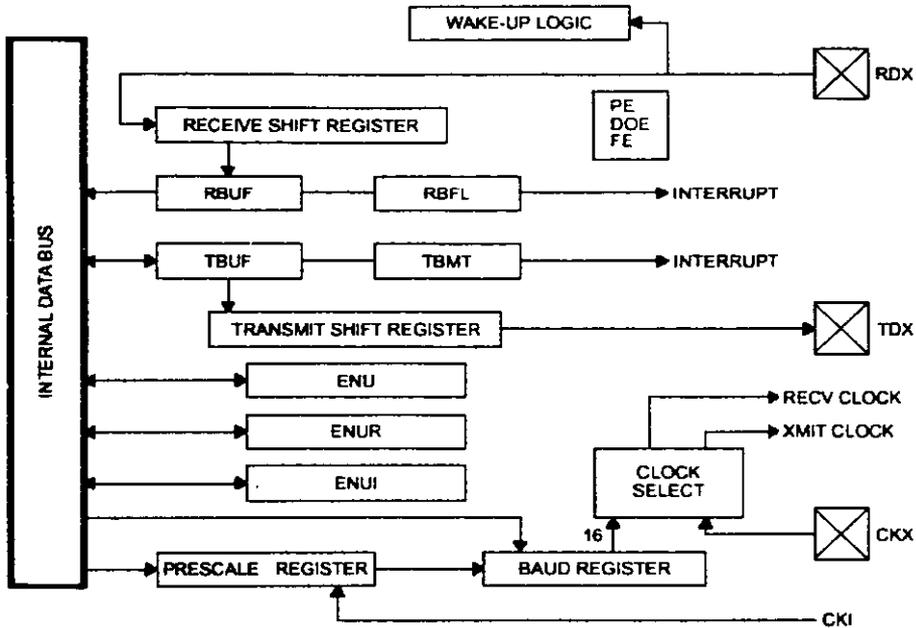


DIAGRAMA A BLOQUES DE LA UART

1998 umr1.14A

Figura 4.4

## REGISTROS DE LA UART

La UART contiene siete registros mapeados en la memoria, se localizan en la memoria de datos en las direcciones XXB8 hasta XXBE. Tres de los cuales se usan para configurar la UART (ENU, ENUR, ENUI) y dos se usan para configurar la velocidad de transmisión. La sección del transmisor tiene dos registros ligados, el de transmisión (TBUF) y el de corrimiento; la sección del receptor también contiene dos registros ligados, el de corrimiento y el de recepción (RBUF). Los dos registros de corrimiento no están mapeados y no pueden accederse directamente por software.

El mapa de bits para los registros se muestra en las tablas siguientes:

REGISTRO DE CONTROL Y ESTADO, ENU, tabla 4.2.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PEN	PSEL1	XBIT9/PSELO	CHL1	CHL0	ERR	RBFL	TBMT

- PEN: Bit para habilitar la paridad (0 = deshabilitada 1 = habilitada)
- PSEL1: Bit de selección de paridad (con PSEL0), como se indica abajo:
- PSEL1-PSEL0 = 00 paridad impar, si se habilita la paridad
- PSEL1-PSEL0 = 01 paridad par
- PSEL1-PSEL0 = 10 Marca (1),
- PSEL1-PSEL0 = 11 espacio (0)
- XBIT9/PSEL0 = Para nueve bits por trama, este bit es XBIT9, el noveno bit del dato es transmitido. Para siete u ocho bits por trama, este bit sirve como PSEL0.
- CHL1-CHL0: Bits de selección del formato de trama (número de bits de datos):
- CHL1-CHL0 = 00 Ocho bits de datos por trama
- CHL1-CHL0 = 01 siete bits de datos por trama.
- CHL1-CHL0 = 10 Nueve bits por trama (usando XBIT9, RBIT9).
- CHL1-CHL0 = 11 Lazo de diagnóstico. La salida del transmisor es conectada internamente a la entrada del receptor.
- ERR = Bandera de error. Se coloca ante la ocurrencia de cualquier error (DOE, FE, o PE).
- RBFL: Bandera de receptor lleno. Se coloca cuando el receptor ha recibido un byte completo y lo ha copiado al registro RBUF. Se resetea automáticamente cuando el programa del usuario lee el registro RBUF.
- TBMT: Bandera de buffer de transmisión vacío. Se coloca cuando la UART transfiere un byte de datos desde el registro TBUF al registro de corrimiento para su transmisión. Se resetea automáticamente cuando el software escribe al registro TBUF.

Tabla 4.2

REGISTRO DE CONTROL Y ESTADO, ENUR, tabla 4.3.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
DOE	FE	PE	Reserved	RBIT9	ATTN	XMTG	RCVG
DOE:	Error de sobreflujo, se limpia por el registro ENUR						
FE:	Error de trama, se limpia leyendo el registro ENUR						
PE:	Error de paridad, se limpia leyendo el registro ENUR						
RBIT9:	Bit 9 recibido, cuando la UART opera con nueve bits por trama						
ATTN:	Modo de atención, se limpia automáticamente después de recibir un dato con el formato de 9 bits.						
XMTG:	Indica que la UART está transmitiendo, se resetea al final de la última trama						
RCVG:	Error del receptor, indica que se recibió una trama incorrecta, se resetea cuando el pin RDX recibe un flanco de subida						

Tabla 4.3

## REGISTRO DE CONTROL DE RELOJ E INTERRUPTIONES, ENUI, tabla 4.4.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
STP2	STP78	ETDX	SSEL	XRCLK	XTCLK	ERI	ETI
STP2:	Número de bits de parada (0 = 1 bit de parada, 1 = 2 bits de parada)						
STP78:	Longitud del último bit de parada (0= 1 bit, 1 = 7/8 bit)						
ETDX:	Habilita la transmisión del pin TDX, una función alterna del pin L2 del puerto L (0= Pin del puerto L, 1= pin TDX)						
SSEL:	Bit de selección de sincronía (0 = asíncrono, 1 = síncrono)						
XRCLK:	Selecciona la fuente de reloj para la sección del receptor (0 = reloj interno, 1 = reloj externo)						
XTCLK:	Selecciona la fuente de reloj para la sección del transmisor (0 = reloj interno, 1 = reloj externo)						
ERI:	Habilita la interrupción desde el receptor (0 = deshabilitado, 1 = habilitado)						
ETI:	Habilita la interrupción desde el transmisor (0 = deshabilitado, 1 = habilitado)						

Tabla 4.4

## INTERFAZ UART

Los pines L1, L2 y L3 del puerto L se usan para la interfaz UART. Estos tres pines se usan para el reloj (CKX), el transmisor (TDX) y el receptor (RDX) respectivamente. RDX es una función inherente asociada con el pin L3 y no requiere configuración, excepto asegurar que los bits que representan al pin L3 en los registros de datos y configuración permanezcan en estado bajo para asegurar que sea una entrada. La función TDX se asigna al pin L2 habilitando el bit ETDX en el registro de control ENUI y habilitar el pin L2 en el registro de configuración del puerto L para que funcione como salida.

## FUNCIONAMIENTO DE LA UART.

## MODO ASÍNCRONO

El modo asíncrono se selecciona reseteando el bit SSEL del registro ENUI. La frecuencia de entrada a la UART es 16 veces la tasa de bits. Mientras el registro de corrimiento envía los 8 bits en el pin TDX, el registro TBUF puede cargarse por el programa con el siguiente byte a transmitirse. Cuando el registro de corrimiento termina la transmisión del dato, el contenido del Buffer de Transmisión (TBUF) se transfiere al registro de corrimiento y se habilita la bandera de Buffer de Transmisión Vacío (TBMT) en el registro ENUI. La bandera de TBMT se resetea automáticamente por la UART cuando el programa carga un

nuevo dato en el registro TBUF. El bit XMTG se utiliza para indicar que la UART está transmitiendo, este bit se resetea al final de la última trama.

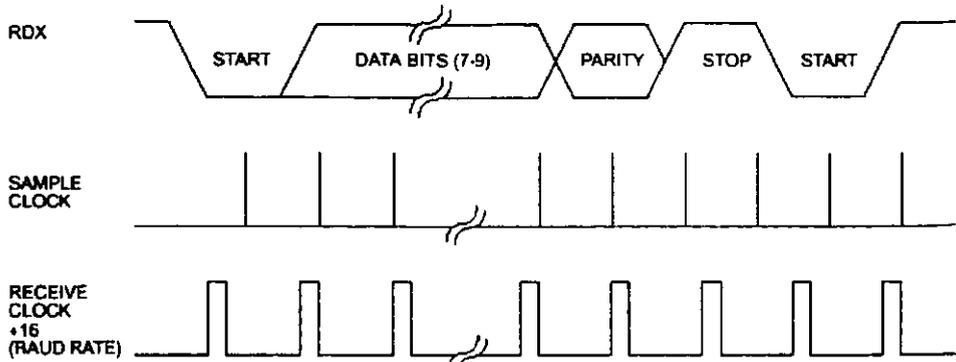


Figura 4.5

El receptor de la UART monitorea continuamente la señal en el pin RDX para detectar un nivel bajo como bit de inicio. Después de sensar ese nivel, espera la mitad del tiempo de un bit y muestrea nuevamente. Si el pin RDX continúa en un bajo, el receptor lo considera un bit de inicio válido y los bits restantes en la trama son muestreados una sola vez, en la mitad del bit. Los datos recibidos en forma serial se colocan en el registro de corrimiento, después de recibir el carácter completo, el contenido del registro de corrimiento es copiado al registro de recepción (RBUF) y se habilita la bandera de Buffer de Recepción Lleno (RBFL), esta bandera se resetea automáticamente cuando el software lee el carácter del registro RBUF. El registro de recepción (RBUF) es de solo lectura. Los bits RCVG advierten cuando ha ocurrido un error de trama.

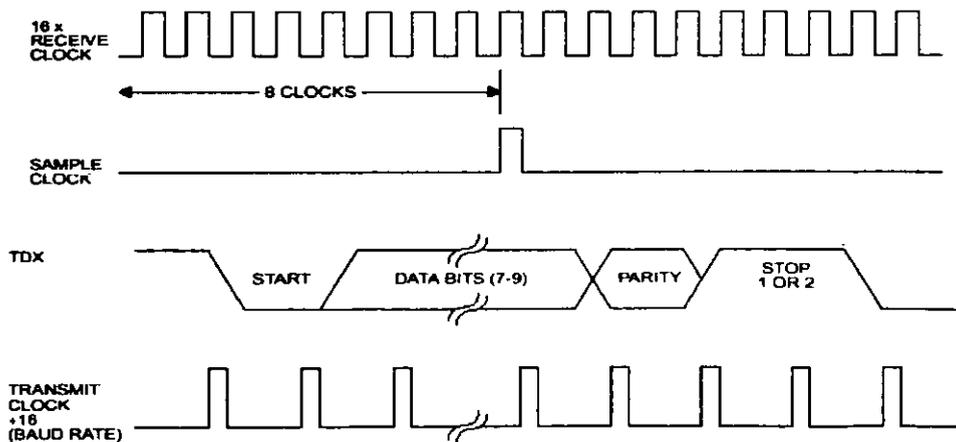


Figura 4.6

La fuente de reloj para el transmisor y/o el receptor puede obtenerse de una fuente externa o del generador de reloj interno. Si se utiliza el generador de reloj interno puede utilizarse el pin CKX como una salida.

## MODO SÍNCRONO

El modo síncrono se selecciona habilitando los bits SSEL, XTCLK Y XRCLK en el registro ENUI. En este modo, los datos son transmitidos en el flanco de subida y son recibidos en el flanco de bajada del reloj síncrono CKX.

La frecuencia de entrada a la UART es la misma que la tasa de bits en el pin CKX. Si el reloj seleccionado para los datos de entrada y salida es el CKX. El generador de la tasa de bits se utiliza para producir el reloj síncrono. Los datos recibidos y transmitidos tienen sincronía con el reloj generado.

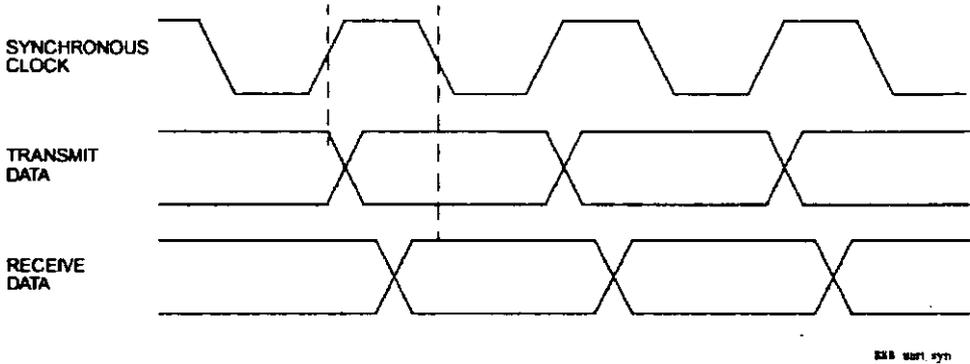


Figura 4.7

## FORMATOS DE TRAMA

La UART soporta varios formatos de trama como se muestra a continuación en la figura 4.8:

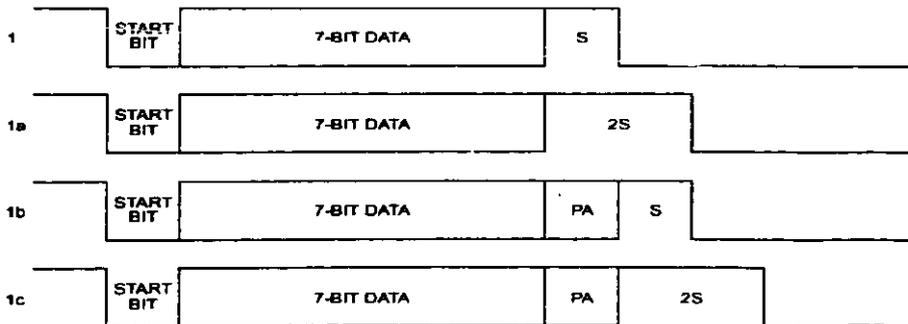


Figura 4.8

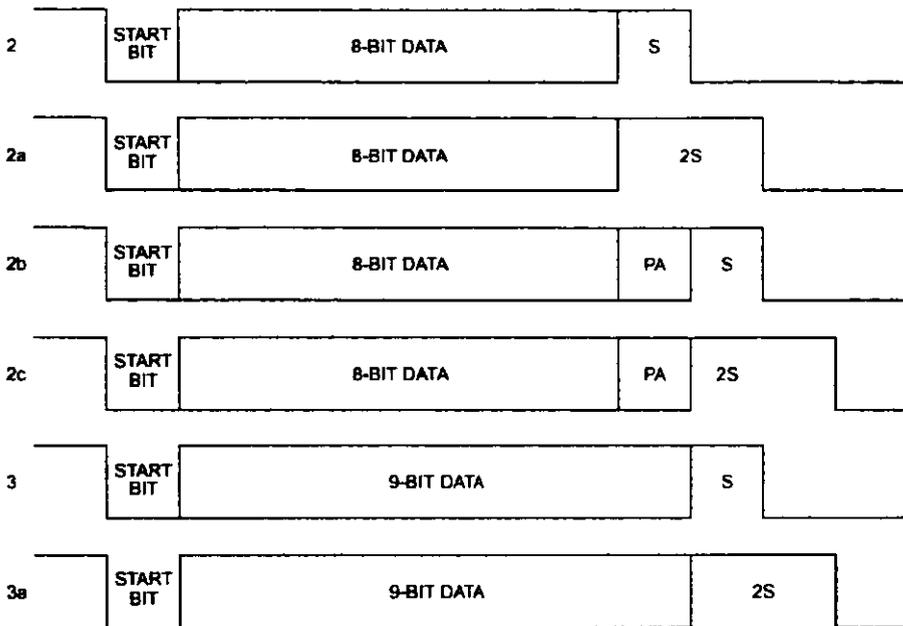


Figura 4.8: continuación

El formato de trama se selecciona actuando sobre ciertos bits de control en los registros ENU y ENUI. Un formato de trama consiste de un bit de inicio seguido por 7, 8 o 9 bits (excluyendo la paridad), un bit de paridad opcional, 7/8, 1, 1-7/8 o 2 bits de parada. En aplicaciones que utilizan la paridad, el bit de paridad se genera y se verifica por hardware. El bit de paridad opcional puede seleccionarse como par, impar, marca o espacio. La paridad no es posible con el formato de 9 bits.

El número de bits de datos (7, 8 ó 9) se selecciona con los bits CHL0 y CHL1 en el registro ENU.

Los formatos de trama para el receptor difieren de los del transmisor solamente en el número de bits de parada necesarios. El receptor requiere solo un bit de parada en una trama sin importar la selección de los bits de parada en el registro ENUI. En el modo full-dúplex se asume que el formato de trama es el mismo para el receptor que para el transmisor.

#### CONDICIONES DE REINICIO (RESET)

Todos los bits son puestos a cero mediante una reinicialización, excepto el bit TBMT en el registro ENU que se mantiene en alto. El registro PSR es limpiado como un resultado del reinicio, mientras que el registro de corrimiento es iniciado en alto, todos los bits a uno. El motivo para hacer esto es proveer una transición de alto a bajo en el pin TDX para interpretarlo como un bit de inicio una vez que la UART ha iniciado.

## GENERACIÓN DE LA TASA DE BITS.

Los relojes para la entrada y salida de la UART pueden seleccionarse individualmente para obtenerlas de una fuente externa en el pin CKX o dividiendo el reloj CKI por el generador de la tasa de bauds. El generador de la tasa de bauds consiste de los registros PSR y BAUD junto con la circuitería asociada. La selección del reloj de entrada para las secciones del receptor y transmisor de la UART se muestra en la figura 4.4.

Con L1 configurado como una entrada, puede utilizarse un reloj externo para el transmisor y/o el receptor. Con L1 configurada como una salida, el reloj del generador de bauds es enrutada al pin L1, desde donde el utilizado para el generador de tasa de bauds (BRG) puede seleccionarse como tal para el receptor y el transmisor.

Internamente, el reloj básico se crea a partir de la frecuencia del oscilador de entrada a través de un divisor de dos secciones. Este divisor consiste de un factor de 5 bits que va de 1 a 16 en incrementos de 0.5, acoplado a un contador binario de 11 bits. Los factores de división se especifican a través de dos registros, PSR (selección del factor) y registro de selección de velocidad (BAUD). El factor de velocidad abarca parte del registro de selección del factor. El factor se selecciona con los 5 bits superiores del registro PSR, mientras que el factor de velocidad se selecciona con los tres bits inferiores en unión con los ocho bits del registro BAUD. Esto permite alcanzar los 11 bits necesarios y va de 1 a 2048. El valor programado es igual al divisor menos 1, lo cual va de 0 a 2047. Un valor del factor con todos ceros se reserva para indicar que no hay reloj, cuando no lo hay la UART se apaga para ahorrar energía. El programa de aplicación también debe apagar la UART cuando se selecciona una velocidad diferente.

Muchas características de la UART son deshabilitadas cuando se selecciona la opción de apagado del reloj. Por consiguiente, siempre que un reloj externo se esté utilizando para el receptor y el transmisor, la opción de no reloj (NO CLOCK) no debe usarse cuando se selecciona los modos de diagnóstico, 7 bits de datos, modo síncrono, paridad o 7/8 de paridad.

Hay muchas formas distintas para calcular los dos factores de división (El factor y la velocidad). Un método efectivo es lograr una frecuencia de 1.8432 MHz, una forma de lograr ese valor de frecuencia es seleccionar un oscilador de 9.216 MHz asociado a un divisor por 5. La salida se usa para programar un multiplicador por 16 para lograr las velocidades de 110, 134.5, 150, 300, 600, 1200, 1800, 2400, 3600, 4800, 7200, 9600, 19200 y 34,800.

### 4.3. – LA INTERFAZ CAN PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE LOS MICROCONTROLADORES

#### APLICACIONES DE CAN

El sistema del bus CAN fue desarrollado originalmente para el uso en los automóviles. Hoy, la mayoría de los fabricantes de autobuses han diseñado múltiples sistemas utilizando la red CAN. Sin embargo, las redes CAN han sido instaladas por otras industrias, los principales campos de acción son los de control industrial y redes compatibles.

En general, CAN es útil para todas las aplicaciones donde varios subsistemas o dispositivos tienen que comunicarse; provee multifuncionalidad y capacidades de tiempo real. Las características únicas de detección de errores y la tolerancia a fallas los hacen útiles en el diseño de equipo médico, elevadores y otras aplicadas con relación a las necesidades humanas.

Las redes CAN son usadas en máquinas donde se conectan varias ECU's (Unidades de Control Electrónico). Daimler-Benz fue el primer fabricante que implemento el protocolo CAN en la administración de la máquina. Hoy, la mayor parte de los autobuses de Daimler-Benz usan el protocolo CAN corriendo a 500 Kbits/s. La mayoría de los fabricantes restantes también han implementado CAN en sus productos. Además, algunos autobuses están equipados con sistemas multiplex conectados a unidades de control electrónico.

Una tercera clase de redes basadas en CAN está conectando dispositivos de entretenimiento.

En Europa, todos los carros de pasajeros proveerán una interfaz de diagnóstico. La estandarización de soluciones basadas en CAN está en desarrollo y en un futuro no muy lejano todos los automóviles tendrán como mínimo un nodo CAN.

Volkswagen se encuentra desarrollando un sistema de prueba basado en múltiples redes CAN.

El protocolo CAN desarrollado por Bosch soporta la conexión orientada a las comunicaciones.

NEOPLAN ha desarrollado un autobús híbrido. El motor desarrollado por BMW puede usar Diesel o gas natural. El motor genera voltaje de AC, que es convertido a DC por un convertidor de frecuencia para cargar la batería. La batería alimenta directamente a los dos servomotores que controlan las ruedas, nada más hay un eje. El convertidor de frecuencia y los servomotores son controlados por PLC's estándares. El ambiente de programación es IEC 1131, y la comunicación se realiza a través de CAN.

Varios trenes y coches están utilizando redes CAN para conectar los sistemas de frenos; otros se comunican a través de CAN a varios subsistemas, los cuales son para control automático de frenos, monitoreo y diagnóstico. El Organismo CiA (Can In Automation) ha establecido especificaciones para algunos dispositivos de control tales como el sistema de puertas, control de frenos y puentes para conjuntos de trenes. Los organismos CiA y VDV (Verband Deutscher Verkehrsbetriebe) están desarrollando en forma conjunta un sistema basado en una red CAN que sustituirá a la red IBIS. Conecta, por ejemplo, máquinas de boletos, pantallas de cristal líquido, contador de pasajeros, etc.

Multanova está usando redes CAN en equipo de medición para seguridad de tráfico y cumplimiento de la ley. El sistema MultaStar basado en CAN para vigilancia y detecciones rápidas realiza varias funciones en diferentes nodos inteligentes.

En varias máquinas móviles las redes CAN enlazan ECU's (Unidades de Control Electrónico) así como sensores y actuadores. En muchas aplicadas para agricultura (Fendt, Claas, John Deere) Can se usa desde hace varios años.

Pero las redes CAN son usadas también en aplicaciones marítimas, MTU ha desarrollado un sistema de monitoreo y control. Se introdujo por primera vez en 1994, y se instaló en más de 150 barcos. Kongsberg Norcontrol está desarrollando otro similar basado en CAN.

Las redes basadas en CAN tienen amplio uso en la industria. Al principio, los fabricantes establecieron sus protocolos propietarios, actualmente, los diseños están basados en uno de los ya estandarizados: CANOpen, DeviceNet o Smart Distributed Systems.

Ejemplos típicos son sistemas de control para máquinas textiles, impresoras y empaquetadoras.

Un campo de aplicación muy importante es la robótica. ABB, Bosch, Engel, Kuka entre otros han implementado redes CAN así como interfaces abiertas.

La compañía Reis Robotics ha diseñado un sistema de control distribuido basado en uno de tipo abierto CAN. El bus controlador está equipado con tarjetas portadoras de módulo M que contienen dos tarjetas que proveen dos interfaces abiertas para CAN. El microcontrolador 68332 en el módulo M corre el programa del controlador maestro CAN. Las redes can conectan varios servocontroladores, dispositivos de entrada y salida y unidades de control numérico. Además las redes abiertas pueden usarse para comunicarse con otros robots.

En la automatización de viviendas las redes CAN son utilizadas para subredes pero no como red de soporte (backbone). Aplicaciones típicas son el control del aire acondicionado, sistemas de calentamiento y enfriamiento, cuartos de control integrado y de control de iluminación.

Hay muchos campos de aplicación en las que CAN se encuentra en casa. Desde hace varios años algunos fabricantes de equipo médico (Combat Diagnostics, Dräger, Fresenius, GE Medical Systems, Phillips Medical Systems, Siemens, Storz Endoskope).

Otras aplicaciones son sistemas de control para telescopios (Observatorio de Hawaii y Greenwich), simuladores de vuelo, experimentos de física, etc.

El sistema de rayos X de Siemens está usando CAN para comunicación interna.

Además de las aplicaciones en los automóviles, las redes CAN se están usando en algunas lavadoras profesionales, máquinas expendedoras y copiadoras.

CAN se está utilizando ampliamente en aplicaciones de control de propósito general. En particular, CAN es útil en el control de movimiento o cuando se requiere otra función inteligente.

En la industria y en aplicaciones de propósito general se requieren las comunicaciones "abiertas", por lo que existen varios protocolos de capas superiores útiles como CANOpen y DeviceNet.

#### 4.4. - MODULO ADC COMO SENSOR DE VARIABLES

##### INTRODUCCIÓN

Algunos dispositivos COP888 tienen un multicanal, una entrada multiplexada, y un convertidor Analógico a Digital ratiométrico. El convertidor A/D recibe una señal de voltaje en un pin de entrada, o un par de pines de entrada, y convierte la señal analógica a un valor digital de 8 bits usando aproximaciones sucesivas. El valor digital puede ser leído entonces por el software desde un registro de memoria proyectado. El rango de voltaje de entrada está definido por los voltajes de  $V_{cc}$  y GND.

NOTA: el COP888EB tiene un pin de entrada para el voltaje de referencia  $V_{cc}$  separado llamado  $V_{ref}$  usado por el convertidor A/D.

El convertidor A/D es útil en aplicaciones donde el software necesita leer un valor, por ejemplo temperatura o velocidad, desde un sensor analógico. Hasta ocho diferentes entradas de un solo propósito o cuatro diferentes del tipo diferencial pueden ser manejadas por un solo dispositivo COP888 a través de los canales de entrada multiplexados.

##### OPERACIÓN A/D

La figura 4.9 es un diagrama de bloques que muestra la estructura del convertidor A/D del COP888. Hay dos registros de memoria proyectados en el circuito de este convertidor: el registro de control para este A/D, ENAD, usado para configurarlo y habilitarlo, y el registro de resultados A/D, ADRSLT, un registro de solo lectura que contiene los resultados de la conversión, el convertidor A/D soporta medidas ratiométricas.

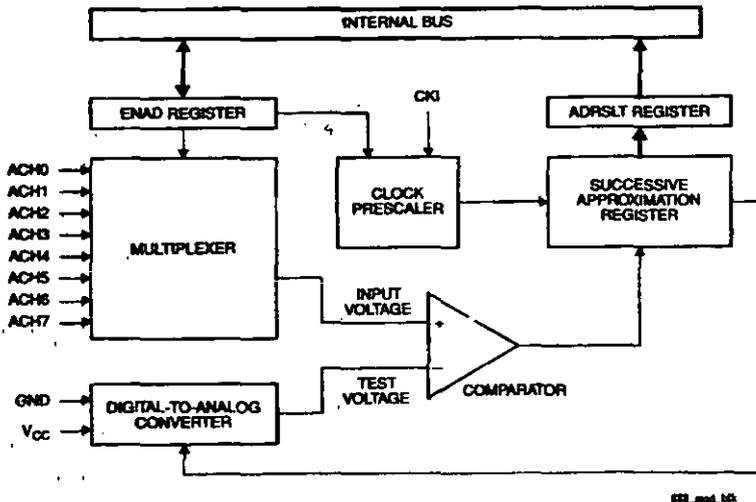


Figura 4.9  
DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONVERTIDOR A/D DEL COP888

El rango de voltaje de entrada está determinado por dos voltajes de referencia fijos suministrados al dispositivo a través de los pines GND, tierra, y Vcc, voltaje del suministro de energía. GND es el límite más bajo y Vcc es el límite más alto del rango de voltaje de entrada.

Los voltajes analógicos son recibidos en los pines ACH0 hasta ACH7, canales analógicos del 0 al 7, los cuales son funciones alternadas de los pines del puerto I. Un multiplexor selecciona un canal para una conversión de un solo propósito, o un par de canales para la conversión de un par diferencial, basado en el valor programado dentro del registro ENAD. El voltaje de entrada, o para un par diferencial, la diferencia entre los dos voltajes de entrada, es enviado a un comparador. Este compara el de entrada con uno generado por un convertidor digital a analógico.

El convertidor A/D usa aproximaciones sucesivas para determinar el voltaje de entrada analógico. El convertidor digital a analógico interno genera uno de prueba, que inicialmente está puesto a la mitad del posible rango de voltaje, a la mitad de los voltajes de GND y Vcc. Después que la comparación se hizo, otra comparación se realiza con el de prueba puesto a la mitad del nuevo rango posible,  $\frac{1}{4}$  o  $\frac{3}{4}$  entre GND y Vcc. Esto se repite hasta que el voltaje de entrada es determinado por una precisión de  $1/256$  del rango del de entrada completo, ocho iteraciones.

Cada vez que se hace una comparación, un bit es puesto o borrado en el registro de las aproximaciones sucesivas, dependiendo si el voltaje de entrada es mas alto o más bajo que el de prueba. Los valores del bit en el registro de aproximaciones sucesivas están determinados desde el bit más significativo hasta el menos significativo, generando un valor digital de 8 bits que es proporcional al voltaje de entrada analógico. El valor 00 Hex representa el voltaje mas bajo, GND, y un valor de FF Hex representa el mas alto, Vcc. Al final de la conversión, el valor de 8 bits es transferido al registro ADRSLT, permitiendo al resultado final ser leído por el software. El registro de aproximaciones sucesivas no puede ser entrado directamente por el software.

El convertidor A/D usa su propio reloj, el cual es generado por reducir de escala al reloj CKI a una frecuencia menor. El circuito preescalador del reloj permite una decisión de cuatro diferentes factores por los cuales dividir para generar el reloj A/D. La decisión se hace para programar un juego de bits en el registro ENAD. Esta característica permite una cierta cantidad de control sobre la transacción entre velocidad y precisión del convertidor A/D sin cambiar la velocidad de reloj del chip.

Una conversión simple toma 17 ciclos del reloj A/D: uno para restablecer el A/D, siete para muestrear el voltaje de entrada, ocho para la conversión, y uno para transferir el resultado al registro ADRSLT. El tiempo total depende de la velocidad de reloj del chip y el factor para dividir usado para generar el reloj A/D. Si los voltajes analógicos en diferentes canales son para ser monitoreados simultáneamente, deben estar multiplexados en tiempo por el software de aplicación.

El circuito del convertidor A/D es desactivado cuando el dispositivo entra al modo HALT o IDLE. Si el A/D esta corriendo cuando esto pasa, la conversión es cancelada, re iniciada, sin volver a muestrear, hasta salir del modo HALT o IDLE. El programa de aplicación siempre debería terminar y reiniciar cualesquiera conversiones pendientes debido a posibles corrupciones del voltaje muestreado hasta salir del modo HALT o IDLE.

## REGISTROS DEL CONVERTIDOR A/D

Dos registros de memoria proyectada son usados con el convertidor A/D: el registro ENAD y el registro ADRSLT. El ENAD es una locación de memoria de lectura-escritura usado para controlar la operación del convertidor A/D. El ADRSLT es un registro de solo lectura que contiene el resultado de conversión A/D mas reciente.

El convertidor A/D es controlado por escribir un byte al registro ENAD. El byte de datos escrito en este habilita, o deshabilita, el reloj del convertidor A/D, pone el factor a dividir por para generar el reloj, selecciona el modo de operación, conversión sencilla o modo continuo, entradas de un solo propósito o diferenciales, y selecciona el canal o el par de canales que van a recibir la entrada analógica. El mapa de bit de registro para el ENAD se muestra en la tabla 4.5.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
CHS2	CHS1	CHS0	DIFF	CONT	PRSC1	PRSC0	ADBSY

CHS2-CHS0: Bits de selección de canal  
 DIFF: Modo diferencial, 0 = de un solo propósito, 1 = diferencial  
 CONT: Modo continuo, 0 = conversión sencilla, 1 = continua  
 PRSC1-PRSC0: Bits de selección para el prescalador del reloj A/D  
 ADBSY: Bit de ocupado y A/D habilitado

**Tabla 4.5**  
**Registro de Control del Convertidor A/D, ENAD**

El registro ENAD es borrado hasta restablecer. Esto inhibe la operación del reloj A/D y deshabilita el convertidor A/D. Para iniciar usando el convertidor A/D, es necesario solo escribir los valores de bit de propiedad al registro ENAD, como se describe a continuación. Los contenidos del registro ADRSLT son desconocidos siguiendo un restablecimiento.

### Bit de Ocupado

El bit ADBSY del registro ENAD es usado para iniciar y detener la conversión A/D. Cuando ADBSY es borrado, la lógica preescalar se deshabilita y el reloj A/D es apagado. Poniendo el bit ADBSY inicia el reloj A/D e inicia una conversión basada en el valor de selección de modo corriente en el registro ENAD. La completación normal de una conversión A/D borra el bit ADBSY y apaga el convertidor A/D.

El bit ADBSY se mantiene en uno durante la conversión continua. El programa de aplicación puede detenerla al escribir cero al bit ADBSY.

Para detener y reiniciar una conversión ya en progreso, primero escribe un cero al bit ADBSY para detener la corriente y entonces escribe un uno a ADBSY para iniciar una nueva conversión. Esto puede ser hecho en dos instrucciones consecutivas.

### Selección de Preescalador

El reloj A/D es generado por dividir el reloj CKI. El periodo de reloj resultante es un entero múltiplo del reloj CKI. El factor a dividir por puede ser puesto a 2, 4, 6 o 12. Sin embargo, la frecuencia de reloj A/D resultante debe estar entre 100 KHz y 1.67 MHz para una operación acorde con el circuito A/D.

Con un reloj CKI corriendo a 10 MHz, ciclo de instrucción de 1 MHz, un factor de 6 por el cual dividirse resulta en una frecuencia A/D de 1.67 MHz, la máxima velocidad de reloj A/D permitida. Además, con el CKI corriendo a 10 MHz, el factor por el cual dividir debe ser 6 o 12. Uno menor puede ser usado solo si el CKI esta corriendo a menos de 10 MHz. En cualquier caso, la frecuencia de reloj resultante debe estar entre 100 KHz y 1.67 MHz.

El factor preescalador por el cual dividir es programado escribiendo los bits 2 y 1 en el registro ENAD. La tabla 4.6 muestra los valores en binario usados para programar esta parte del registro, y el resultante reloj A/D para cada valor binario.

ENAD Bits 2-1	A/D Clock
00	Divide al CKI por 2
01	Divide al CKI por 4
10	Divide al CKI por 6
11	Divide al CKI por 12

**Tabla 4.6**  
**Opciones de Preescalador A/D**

### Conversión Sencilla o Modo continuo

El convertidor A/D puede ser programado para ejecutar una conversión sencilla, o para ejecutar conversiones continuamente usando la misma entrada de un solo propósito o de par diferencial. El modo de conversión sencilla puede ser usado para obtener un solo valor analógico, o usado secuencialmente para obtener valores desde diferentes canales. El continuo puede ser usado para monitorar un solo canal o una entrada de par diferencial sobre un periodo de tiempo. El modo de operación es controlado por el bit 3 del registro ENAD: 0 para el de conversión sencilla, o 1 para el continuo.

En el modo de conversión sencilla, esta se inicia tan pronto como el bit ADBSY del registro ENAD es puesto por el software. Después de los ciclos de reloj A/D, el resultado es transferido al registro ADRSLT y ADBSY es borrado. El software puede leer el resultado cualesquiera veces después de esto.

En el modo continuo, la conversión es ejecutada de la misma manera que en el referente a la sencilla, pero las conversiones son repetidas constantemente usando la misma entrada analógica. Un nuevo resultado es transferido al registro ADBSY cada 17 ciclos de reloj A/D, sobrescribiendo el resultado previo. El software puede leer el resultado mas reciente del registro ADRSLT en cualquier momento. Las conversiones son ejecutadas repetidamente hasta que el software borra el bit ADBSY del registro ENAD.

## Selección de Canal

Los voltajes analógicos son recibidos en los pines ACH0 hasta ACH7, los cuales son funciones alternas de los pines I0 a I7 del puerto I.

El convertidor A/D usa un canal para la conversión de un solo propósito, o un par de canales para la conversión del par diferencial. El modo de propósito sencillo o diferencial es seleccionado con el bit 4 del registro ENAD: 0 para propósito sencillo, o 1 para propósito diferencial. El número de canal, o juego de dos números de canal, es seleccionado con los bits 7, 6, y 5 del mismo registro, como indica la tabla 4.7.

ENAD Bits 7-6-5	Modo de propósito sencillo	Modo de par diferencial (+, -)
000	ACH0	ACH0, ACH1
001	ACH1	ACH1, ACH0
010	ACH2	ACH2, ACH3
011	ACH3	ACH3, ACH2
100	ACH4	ACH4, ACH5
101	ACH5	ACH5, ACH4
110	ACH6	ACH6, ACH7
111	ACH7	ACH7, ACH6

**Tabla 4.7**  
**Selección de Canal A/D**

Cuando el convertidor A/D es usado en modo diferencial, solo la entrada positiva al A/D es muestreada y retenida. La entrada negativa está conectada constantemente y debe ser mantenida estable por la duración de la conversión. Una falla por mantener una entrada negativa estable resultará en una conversión incorrecta.

## CONVERSIÓN MULTICANAL

El convertidor A/D permite el uso de hasta ocho entradas de propósito sencillo o cuatro de par diferencial. Sin embargo, hay solo un convertidor A/D, con solo un registro de resultado. Si múltiples canales son monitoreados simultáneamente, deben ser multiplexados por tiempo por el software de aplicación.

La figura 4.10 muestra un ejemplo de un programa de lenguaje ensamblador que ejecuta esta función. El programa hace una requisición para una conversión analógica a digital desde cada uno de los ocho canales de propósito sencillo en secuencia, lee los ocho bytes de resultado, y escribe los resultados dentro de un bloque de memoria de datos. La operación del programa se explica a continuación.

			: A/D, convert 8 channels	Bytes/Cycles
ADC8:	RC		: Reset carry bit	1/1
	LD	ENAD, #5	: Select ACH0 conversion and PSC = 6	3/3
			: Start the conversion	
	NOP		: Needed for timing on first	1/1
	LD	B, # ENAD	: B pointer to ENAD register	2/2

	LD	X, # DEST	; X pointer to result destination	2/3
LOOP:	LD	A, [B]	; Get previous ENAD contents	1/1
	ADC	A, # 021	; Change to next input channel	2/2
	X	A, [B+]	; Request next conversion	1/2
	LD	A, [B-]	; Get previous result from ADRSLT	1/2
	X	A, [X+]	; Store result and incr. Pointer	1/3
	IFNC		; Test ADC instr. For overflow	1/1
	JP	LOOP	; Loop back for next channel	1/3

**Figura 4.10**  
**Rutina de Conversión A/D**

El programa fue escrito con velocidad de ejecución como la consideración primaria. El texto de comentarios en el listado del programa muestra el propósito de cada instrucción, el número de bytes de la memoria de programa usado por la instrucción, y el número de ciclos de reloj por instrucción que se requiere para ejecutar la instrucción.

Al inicio del programa, la primera conversión se inicializa, especificando el canal ACH0 con un reloj dividido por un factor de 6. Ambos, ENAD y ADRSLT serán entrados con el apuntador B, así que el registro B se inicializa con para ENAD. Los resultados serán almacenados en un bloque de memoria de datos ocupando ocho bytes iniciando en DEST. La memoria de datos será entrada con el apuntador X, así el registro X se inicia para DEST. El lazo del programa primero lee el registro ENAD, cambia el byte de control para especificar el siguiente canal de propósito sencillo, ACH1 la primera vez en el lazo, y usa la instrucción X, intercambio, para requerir la posterior conversión. La instrucción X también incrementa el registro B, presentando la consecuente instrucción para entrar al registro ADRSLT. El registro ADRSLT sigue inmediatamente el registro ENAD en la memoria de datos. El byte de resultado de la conversión previa es cargado dentro del acumulador desde ADRSLT, y al mismo tiempo, el apuntador B es decrementado en preparación para el siguiente pase a través del lazo. El byte de resultado es escrito dentro de memoria de datos usando el apuntador X. La instrucción IF prueba para sobreflujo desde la instrucción ADC, lo cual sucederá después que todos los ocho bytes de resultado han sido escritos, ocho pases por conducto del lazo.

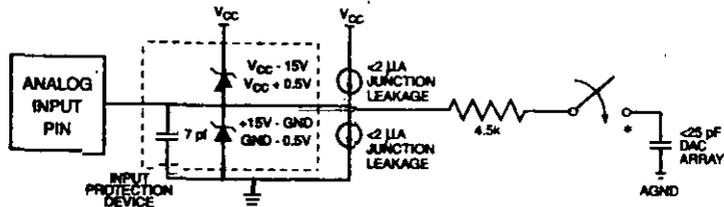
En cada iteración del lazo, el programa requiere una nueva conversión y rápidamente lee los resultados de la conversión previa. El resultado anterior se mantiene en el registro ADRSLT hasta sobrecribir el nuevo, lo cual lleva 17 ciclos de reloj A/D, o 102 ciclos de reloj CKI. La sección de lazo del programa lleva 14 ciclos de reloj por instrucción para ejecutar, o 140 ciclos de reloj CKI. Así, el resultado subsecuente llega a estar disponible antes de que sea necesario en la siguiente iteración del lazo.

El código del programa usa 17 bytes de la memoria de programa. Para ejecución, la rutina completa toma 120 ciclos de instrucciones: 10 ciclos para presentación inicial, 14 ciclos para los primeros siete lazos, y 12 ciclos para la última iteración del lazo, un ciclo para saltar sobre la instrucción JP. Con un reloj CKI de 10 MHz, la rutina toma 120 microsegundos.

## VELOCIDAD, PRECISIÓN, Y CONSIDERACIONES DE HARDWARE

La máxima velocidad de reloj A/D permitida de 1.67 MHz resulta en un periodo de reloj de 600 ns. El tiempo requerido para una conversión A/D es 17 ciclos de reloj A/D, o 10.2 microsegundos. Esta es el tiempo de conversión más pequeño posible para el convertidor A/D COP888GD. En algunos casos, un tiempo de conversión más largo puede ser necesario o deseable de manera que se puedan asegurar conversiones precisas. Esto es porque toma algo de tiempo para la señal de entrada analógica cargar la carga capacitiva en la entrada A/D.

La figura 4.11 muestra la operación interna de un pin de entrada analógica en el modo de propósito sencillo, juntos con las cargas capacitivas y los componentes de protección de entrada en el pin. El conmutador analógico se mantiene abierto la mayoría del tiempo. Para una conversión A/D, el conmutador es cerrado para la duración de los siete ciclos de reloj A/D, y el voltaje es muestreado durante este periodo.



\*El conmutador analógico solo se cierra durante el tiempo de muestreo

**Figura 4.11**  
**OPERACIÓN INTERNA DEL PIN DE ENTRADA ANALÓGICO**

El periodo de reloj A/D podría hacerse mas largo lo suficiente como para permitir el capacitor cargar hasta el voltaje completo suministrado al pin de entrada analógico. Si el mínimo periodo de reloj A/D de 600 ns es suficiente depende de la impedancia de salida de la fuente analógica y de los requerimientos de precisión de la aplicación. En general, los beneficios y costos por uso de un reloj A/D mas lento podrian ser considerados cuando la impedancia de la fuente analógica excede  $3\text{ K}\Omega$ . Como regla, se puede incrementar el periodo de reloj A/D en proporción a la impedancia de la fuente. Por ejemplo, para una impedancia de la fuente de  $6\text{ K}\Omega$  se usa dos veces el periodo de reloj mínimo de 600 ns, o 1200 ns, 833 KHz. El reloj A/D puede ser reducido en velocidad al incrementar el factor por el cual dividirlo programado o reduciendo la frecuencia del reloj CKI, o una combinación de ambos. La frecuencia del reloj A/D no debería ser reducida debajo de 100 KHz.

El ruido eléctrico y el acoplamiento del reloj digital a las entradas analógicas pueden causar conversiones imprecisas. Para resultados con la mayor precisión posible, se diseña la placa de circuito para minimizar ruido en estas entradas. Se mantienen los leads de los pines de la entrada analógica tan cerca como sea posible, y tan lejos de los leads del reloj.

## CAPÍTULO V

## PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

### 5.1. – SENSORES

Como seres humanos que somos frecuentemente ignoramos que tan asombroso es nuestro sistema de percepción. Tal es el caso de un vaso sobre la mesa a la cual, con un simple movimiento, se puede alcanzar y tomar sin pensar en todo ese accionar.

El llevar a cabo la simple tarea de tomar de un vaso requiere una compleja interacción de sensores; interpretación, conocimiento y coordinación, lo que se entiende solo un poco. Por lo que la acción de implantar un nivel de interpretación humano en un robot o un sistema controlador es algo tremendamente difícil. La computadora paralela que se encuentra dentro de cada una de nuestras cabezas dedica grandes partes de materia gris a los problemas de percepción y manipulación. Lo que da como conclusión y como una realidad el hecho de que en la actualidad un sistema controlador está limitado por los sensores que se le dan y por el programa que se escribe para él.

Los escritores de ciencia ficción y futuristas describen a los robots como máquinas similares a la imagen del hombre y que pueden ejecutar todos sus trabajos. Sin embargo, si los robots nunca estarán disponibles para sustituir al hombre, se debe tomar en cuenta los posibles avances en dos áreas que pueden ser comparadas con las habilidades de los seres humanos:

- Desarrollo de inteligencia artificial: eso es, para magnificar la capacidad del robot para entender y tomar decisiones para dejar la información recolectada por los medidores.
- Desarrollo de sensores: esto es, el incremento de la habilidad del robot para obtener información del ambiente donde se encuentre, así como sus propias características.

La inteligencia es la capacidad para de entender, conocer y aprender. Esta capacidad, en el hombre, llegó a ser posible para construir y controlar el mundo, mientras que el animal con menos inteligencia continua viviendo como hace millones de años.

Los robots con limitada flexibilidad no tienen inteligencia, pero algunos robots pueden hacer decisiones para dejar los datos recolectados por los sensores. Estos son llamados inteligentes.

A través de los sensores y del procesador integrado dentro del sistema del robot su adaptación al ambiente esta hecha. Los sensores pueden ser simples, sistemas de On/Off, o complejos, identificación en tres dimensiones.

Algunos sensores artificiales presentan un paralelismo con las directrices humanas, particularmente, visión, tacto y oído. Otros, significativamente importantes, no presentan este paralelismo:

- Sensor de luz infrarroja: que identifica las fuentes de calor.
- Sensor de proximidad: detecta la aproximación de alguna cosa al área que detecta.
- Sensor acústico: determina la localización y el movimiento, como los murciélagos y delfines.

De los cinco sentidos, visión, tacto, oído, olfato y gusto, aquellos que más han sido desarrollados son la visión y el tacto. La visión del hombre es el principal método de entrada de datos. La cantidad de información colectada es enorme. Mucha investigación y desarrollo industrial han sido caros en el intento por duplicar esta capacidad. Además, algunos avances han sido hechos en el área de sensores de escucha, como por ejemplo la identificación de voces.

Otras capacidades de detección en los seres humanos no tienen paralelo en los robots como sentir aceleración, presión, ángulo y velocidad angular, lo que permite al hombre estar en pie y sobre el piso.

El sensor artificial comparado con los ojos humanos es la cámara. Así como el ojo, la cámara incluye lentes, un obturador, y un sistema de detección capaz de transmitir dada la cantidad de luz incidente.

El sensor artificial consiste de una "piel" que puede, así como la piel del ser humano, enviar señales de presión ejercida sobre algún punto. Los sensores pueden también medir fuerzas y momentos para los puntos de contacto.

Los sensores de escucha artificial son los micrófonos, que convierten las vibraciones creadas en el aire por habla, en señales eléctricas. En todos estos casos la computadora decodifica la información suministrada por las capas sensoriales.

Los sensores pueden ser clasificados de acuerdo con los principios físicos en los cuales están basados, óptico, acústico, o de acuerdo con las cantidades sensadas, inclinación, fuerza. Sin embargo, están divididos habitualmente en dos tipos principales: sensores de contacto y sensores de no contacto.

Los sensores de contacto son aquellos que requieren contacto físico con objetos en su ambiente, además de producir señales de medición. Existen sensores de contacto para varios niveles de sofisticación. Desde los simples como las microllaves, que son usadas para identificar la presencia o ausencia de un objeto, hasta los complejos como la "piel artificial".

Naturalmente, estos sensores inician la alimentación de datos después del contacto físico que solo ha sido hecho entre el robot y el ambiente. El contacto debe ser hecho en un modo de explosión; el brazo del robot debe ser movido por la zona de contacto para divagar y cuidadosamente prevenir el daño del sensor.

La principal ventaja de este tipo de sensor la precisión de sus medidas. Los sensores de contacto pueden ser divididos en dos categorías, de acuerdo a su posición con relación al brazo del robot:

- Sensores posicionados para sus propios puntos de contacto. Ellos permiten una medición de presión, presencia de un objeto, identificación.
- Sensores posicionados para pulso o dedos del robot. Ellos permiten una medición directa de los procesos ocupando un lugar para los puntos de contacto.

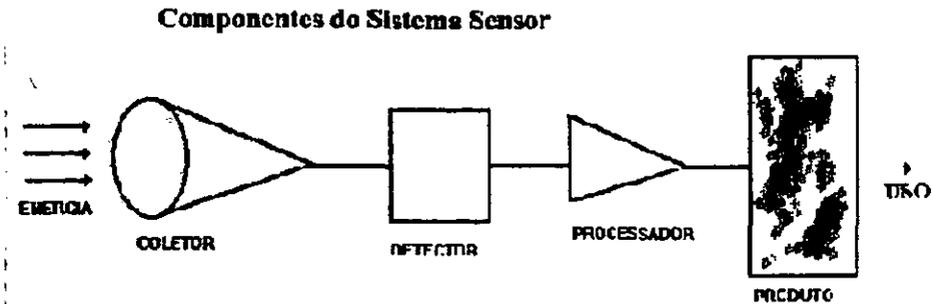
Los sensores de no contacto, como su nombre lo indica, no tienen contacto físico con el objeto a ser medido. Las informaciones son colectadas a distancia, así se exponen menos a daños físicos estos sensores.

Se utiliza este tipo de sensores con el principio de transferencia de ondas, que son aplicadas a distancia a un objeto.

Sensar no es percibir; los sensores son meramente transductores que convierten un fenómeno físico en señales eléctricas que un micro puede leer, esto puede hacerse por medio de un convertidor analógico digital (ADC), se carga un valor de un puerto de entrada/salida ó se usa una interrupción externa; comúnmente se necesita alguna interface electrónica entre el sensor y la computadora (o microcontrolador) para acondicionar y/o amplificar la señal.

Todos los materiales naturales y fenómenos absorben, transmiten, reflejan y emiten una masa electromagnética. Con el corriente desarrollo es posible medirla con precisión razonable a larga distancia, las propiedades espectrales de estos materiales y fenómenos.

Cualquier sistema sensor presenta los siguientes componentes necesarios para captar la masa magnética, figura 5.1.



Donde:

El colector recibe la energía a través de lentes, espejos, antenas, etc.

El detector toma la energía colectada de una banda determinada del espectro.

El procesador, donde una señal registrada es enviada a procesamiento, revelado, amplificación, a través del cual se obtiene el producto.

El producto contiene la información necesaria para el usuario.

### 5.1.1. - TIPOS DE SENSORES

Los sensores pueden ser clasificados en función de la fuente de poder o en función del tipo de producto que se genera.

En función de la fuente de poder:

- a) Los pasivos: no posee una fuente propia de masa. Miden la masa solar reflejada o la emitida por los blancos fijados. Sistemas fotográficos.
- b) Los activos: poseen su propia fuente de masa electromagnética, trabajando en bandas restringidas del espectro. Radares.

En función del tipo de producto:

- a) Los no productores de imágenes: ellos no suministran una figura de la superficie sensada. Radiómetros, salida en dígitos o gráficos, y espectralímetros, señalización espectral. Son esencialmente para la adquisición de información por minuto sobre el comportamiento espectral de objetos de la superficie terrestre.
- b) Los productores de imágenes: se obtiene como resultado una figura de la superficie observada. Suministran información en la variación del espacio de la replica espectral de la superficie observada.

Para un prototipo de robot móvil; al pensar en las necesidades mínimas de información que este requiere para realizar sus primeras tareas previstas como son el poder desplazarse en línea recta y el dar vueltas con el ángulo necesario para después poder lograr el seguimiento de una trayectoria dada o llegar a un punto dado, se llega a la conclusión de que la información mínima requerida es:

- 1) Su velocidad y dirección, es decir, el sensor en la rueda.

- 2) Sensar algunos objetos, más específicamente, las distancias entre el robot en movimiento y los objetos u obstáculos que se encuentren en su camino, y
- 3) el ángulo que hay entre el primer eslabón (cabeza) y el segundo (trasero), esto con el fin de realizar otras tareas determinadas como el ir en reversa.

Tal información se obtiene por los siguientes sensores ó componentes con un respectivo método para sensar:

- 1) Encoder de Posición Incremental
- 2) Sensores Ultrasónicos
- 3) Potenciómetro de Precisión

#### Encoder de Posición Incremental

Un encoder de este tipo consiste de una regla lineal o de un disco, en este caso disco, el cual es movido por la parte cuya posición o velocidad, va a ser determinada. Este elemento incluye dos tipos de regiones o sectores que tiene cada uno, una propiedad que los distingue. Los sectores son ordenados de una manera alternada y equidistante; si ésta propiedad cambiante es sensada por un dispositivo de lectura se obtiene un incremento en posición en un cambio de salida.

La simplicidad y "economía" de este método son obvias, pero tiene algunas limitaciones como son:

1<sup>da</sup> La información acerca de la posición se pierde cuando la alimentación al sistema falla ó cuando este es desconectado, y cuando hay fuertes perturbaciones.

2<sup>da</sup> Para obtener una salida digital compatible con un puerto de entrada/salida de una computadora es necesario un circuito contador o hacerlo de alguna forma por medio de software (alguna interrupción o programación de alta velocidad, tiempo real, para obtener el tiempo de cambio entre un sector y otro, ó..) especial según sea la aplicación específica.

3<sup>da</sup> No es posible obtener la dirección del movimiento a menos que se le agregue un elemento adicional.

Las propiedades físicas que se usan para diferenciar entre un sector y otro pueden ser magnéticas, eléctricas, u ópticas; cualquiera que sea el caso la salida básica obtenida es en forma de un tren de pulsos.

El caso específico que se maneja es el de los codificadores ópticos.

Algunos codificadores ópticos se basan en sectores opacos y transparentes, otros en sectores reflejantes y no reflejantes, y otros en interrupciones creadas por medio de perforaciones en un disco de lámina de metal muy delgada u otro material. En cualquiera de estos casos, en la cabeza lectora fija, hay una fuente de luz, normalmente un LED infrarrojo, y un fotodetector (LDR, celda fotoeléctrica o fototransistor).

Ya que un codificador es un elemento bastante caro, se decide implementar un disco delgado metálico con una serie de ranuras equidistantes y homogéneas, con la forma de disco dentado, que se acopla directamente al eje del motor.

Este gira dentro de un switch óptico, que deja pasar e interrumpe un haz de luz infrarroja.

#### Sensores Ultrasónicos

Los sensores ultrasónicos emplean el fenómeno de la piezoelectricidad, esto es, cuando se deforman algunos materiales sólidos generan dentro de ellos una carga eléctrica. Este efecto es reversible en el sentido de que si se aplica una carga, el material se deformará mecánicamente como respuesta. Este principio electromagnético de conversión de energía se aplica con utilidad en ambas direcciones. El caso en que se suministra energía eléctrica y

se obtiene energía mecánica se emplea en pequeños vibradores, en los sistemas sonar para la detección acústica y detección de objetos bajo el agua, en equipos ultrasónicos de pruebas industriales, y muchos otros, así como los sensores de un robot en donde se recurre también al caso en que se aplica energía mecánica y se obtiene eléctrica; al usar los dos casos de aplicación de energía de uno y otro tipo para obtener la otra consecuente es como se obtienen distancias. El efecto piezoeléctrico puede responder a (o producir) deformaciones mecánicas del material en muchas formas diferentes, como dilatación en el espesor, etc.

La forma del movimiento efectuado depende de la forma y orientación del cuerpo con relación a los ejes de los cristales y la posición de los electrodos. Los electrodos metálicos se recubren con otros metales para unirlos al material piezoeléctrico y aplicarles o extraerles la carga eléctrica. Como los materiales piezoeléctricos son aisladores, los electrodos se convierten en placas de un capacitor. Por tanto, un elemento piezoeléctrico que se emplea para convertir movimiento en señales eléctricas, puede considerarse como generador de carga y como capacitor. La deformación mecánica genera una carga; ésta se convierte en un voltaje definido que aparece entre los electrodos de acuerdo con la ley general de los capacitores.

El efecto piezoeléctrico es sensible a la dirección, porque la tensión produce una polaridad definida en el voltaje, mientras que la compresión produce una opuesta.

Así pues, si al transductor piezoeléctrico de un sensor ultrasónico, con los cortes requeridos, se le aplica en sus extremos (electrodos) un voltaje, el cristal sufre cambios en sus dimensiones, lo que ocasiona un cambio de presión en el medio que lo rodea (el aire es el medio en el que se trabaja), y viceversa, al ser sometido el cristal a un cambio de presión aparecen cargas eléctricas en sus extremos, donde se crea una diferencia de potencial. Por lo que este tipo de transductor puede funcionar como emisor ó receptor ultrasónico.

Ésta es la manera en que se explica el funcionamiento básico de un sensor ultrasónico.

Se puede tomar en cuenta que el medio a través del cual viaja el sonido es el aire. Otro material diferente al aire se toma como un objeto (se incluyen sólidos, líquidos y gases). Todos los objetos reflejan y absorben una porción de la onda.

Una parte de la onda que llega a la superficie del material es reflejada, mientras que otra penetra el material y es eventualmente reflejada por cualquier límite de superficie encontrado mientras viaja dentro del material; por lo que también se recibe una señal proveniente del interior del material.

La amplitud de la onda reflejada es directamente proporcional a la superficie disponible del objeto reflejante. El tamaño de la superficie, forma y orientación son también factor que contribuye a la fuerza de la señal reflejada.

#### Medición De Una Distancia

La manera de obtener ésta información, de la distancia, se logra al hacer la medición del tiempo de vuelo. Si se toma en cuenta  $T_0$  como el tiempo en el cual una ráfaga de pulsos es transmitida y  $T_1$  el tiempo en el cual la ráfaga o parte de ella es recibida, entonces la distancia  $D$  entre el sensor y el objeto se determina de la siguiente forma:

$$D = 0.5 * C * (T_1 - T_0)$$

en donde

$D$  = distancia

$C$  = velocidad del sonido en el aire

$T_0$  = tiempo en el cual la onda de sonido es transmitida

$T_1$  = tiempo en el cual la onda de sonido es recibida  
Se asume a la velocidad del sonido en el aire como 344 m/s.

### Potenciómetro de Precisión

Básicamente, los potenciómetros consisten en una resistencia provista de un contacto móvil. El movimiento del contacto puede ser de traslación, rotación, o una combinación de los dos.

El elemento resistente se excita con voltaje de c-c o de c-a, y el voltaje de salida es (idealmente) función lineal del movimiento de entrada. Existen dos restricciones en todos los sensores resistivos. La primera restricción es que cada uno de ellos necesita una alimentación eléctrica para dar una señal de salida, puesto que un cambio en la resistencia no es una señal en sí. Y la segunda restricción es que, esa alimentación, cuya magnitud afecta a la señal de salida, es limitada por el mismo calentamiento del sensor, ya que un cambio en temperatura también cambia el valor de resistencia.

El método que se emplea (uno de los más usuales) para medir pequeños cambios en resistencia consiste en colocar un divisor de voltaje en paralelo con otro que lleva el sensor (en este caso el potenciómetro). Los dos divisores son diseñados para que cuando no exista un cambio en él, ambos den el mismo voltaje. Así, al tomar la diferencia entre sus salidas se obtiene una señal que depende solo de la variable medida. Este arreglo es conocido como puente de Wheatstone.

Este método está basado en un método de medición llamado nulo, porque el voltaje en un divisor de voltaje, es comparado con el de otro divisor de voltaje que incluye la resistencia a medir. Pero la salida de voltaje puede ser medida por el método nulo o por el de desviación. Para la medición tipo nulo, un resistor conocido, ajustable, es arreglado hasta que los dos divisores de voltaje den la misma salida. En el método de tipo desviación se mide el voltaje o corriente resultante del desequilibrio entre los dos divisores de voltaje cuando la resistencia sensible a la cantidad de interés cambia su valor.

Para detectar la señal de salida de un sensor en un puente, se toma en cuenta que se debe tener una adecuada impedancia de entrada, la cual debe ser alta ya que se pretende medir el voltaje de salida de un puente y es necesario reducir el efecto de carga que causa una medición como ésta, y un arreglo compatible en conexiones de tierra con la alimentación del puente. Por lo que usa un arreglo de amplificador diferencial ahora ya que el voltaje de salida es

$$V_{sal} = R_f (V_2 - V_1)$$

$R_f$

y dado que  $R_1 = R_2$  y  $R_f = R_f$

y que  $R_f = R_1$

se obtiene una  $V_{sal} = (V_2 - V_1)$  salida de ganancia unitaria con una razón de rechazo de modo común alta (CMRR) debido a que al colocar el amplificador diferencial se pretende amplificar la diferencia entre los voltajes de entrada pero no la señal de modo común (aunque en ésta aplicación la ganancia de salida sea unitaria). Se puede amplificar ya sea en el mismo arreglo o después, en la magnitud necesaria, para obtener la señal y el rango deseados en el convertidor analógico digital (ADC) que recibe ésta señal y proporciona los datos que se requieren (información necesaria para calcular los ángulos entre un eslabón y otro, para la aplicación que se pretenda). Este dispositivo convertidor se encuentra en la tarjeta de expansión de puertos antes mencionada.

## 5.2. - ESTRUCTURA DEL PROGRAMA PRINCIPAL

CAN

Las aplicaciones principales de los enlaces CAN se encuentran en el ramo automotriz, sin embargo, su incursión en la industria ha sido muy importante. Proponemos una red de control en la que varios nodos CAN pueden ejercer algunas acciones importantes dependiendo de las variables que estén manejando. La aplicación está basada en el microcontrolador COP888EB y pueden hacerse versiones similares en otros microcontroladores de menor capacidad, como el COP888BC.

Las soluciones con los microcontroladores son muy universales y dependen en gran medida de las necesidades, las cuales se cubren al realizar la programación del microcontrolador. Básicamente existirán dos tipos de nodos: un maestro y múltiples esclavos.

El funcionamiento del nodo maestro se resume de la siguiente manera:

El sistema de control tiene como soporte una computadora personal, esta computadora sirve como terminal o sistema primario de control, a través de ella podemos actuar sobre los nodos de la red, se pueden enviar mensajes a través de un nodo muy especial.

La PC es el lugar donde se procesarán los datos, se pasarán a una base de datos y se organizarán para poderlos utilizar a los fines que nos convengan. Se abren así varias posibilidades controlar la asistencia, controlar los accesos, controlar la nómina, etc.

Por un lado se tendrá una conexión a través de la interfaz UART del microcontrolador hacia la PC, y por otro lado se conectará el sistema de control por conducto de la interfaz CAN. El funcionamiento del nodo maestro será realmente como traductor de mensajes cambiando los datos recibidos de la PC a un formato que pueda entenderse en la red CAN.

Los mensajes recibidos a través de la interfaz UART tendrán un formato bien definido que será de la siguiente manera:

La computadora personal debe enviar una secuencia bien definida para que los otros nodos puedan interpretarlo en la tabla que integra cualquiera de los nodos. Tabla 5.1.

Dirección del nodo	Valor para distinguir entre mensaje normal o comando	Comando a ejecutar + código de entrada
--------------------	--	--

Tabla 5.1

Un ejemplo de los comandos que se pueden ejecutar es el siguiente:

ID

0

29

La dirección del nodo puede ser de tres dígitos por lo que se pueden agregar tantos nodos hasta un total de 256.

El cero indica que el dato recibido corresponde a un comando y cuando toma el valor de 1 el dato o los datos siguientes son parte de la información a procesar.

Los comandos que maneja el sistema deben finalizar con un código, el valor de 29 significa que los módulos deben abrir la comunicación en red.

Después del RESET el programa realizará la rutina de inicialización. En esta rutina las diferentes interrupciones se habilitarán y la interfaz CAN será configurada. Se utilizará el modo simple pues el transceiver se encargará de acondicionar la señal en el modo

diferencial. Una vez que se cargan los valores iniciales y que las interrupciones están habilitadas se realiza la rutina principal. La rutina principal puede cambiar si se consideran nodos para aplicaciones diversas. En nuestro caso la rutina principal se encargará de obtener datos de las tarjetas magnéticas y de verificar cada una de las banderas que disparan las diferentes acciones.

Los módulos esclavos se configurarán para obtener datos del usuario, mostrar mensajes en la pantalla de cristal líquido, obtener datos del reloj de tiempo real y guardar datos y leerlos de una memoria externa. Cada uno de estos módulos tiene la habilidad de trabajar como entidades independientes, la dependencia que guardarán con respecto al módulo maestro consiste en el envío de la información a la PC.

Los algoritmos utilizados en la programación de los módulos son los siguientes:

Después de un RESET se entra a una rutina de inicialización donde se establecen las condiciones de operación de cada uno de los periféricos utilizados configuración de la UART, interfaz CAN, configuración de cada uno de los pines del microcontrolador.

Una vez que se han considerado las condiciones iniciales se entra a la rutina principal donde se prestará atención a cada uno de los eventos que puedan presentarse. Recepción ó envío de información, lectura de la tarjeta, etc. Figura 5.2.

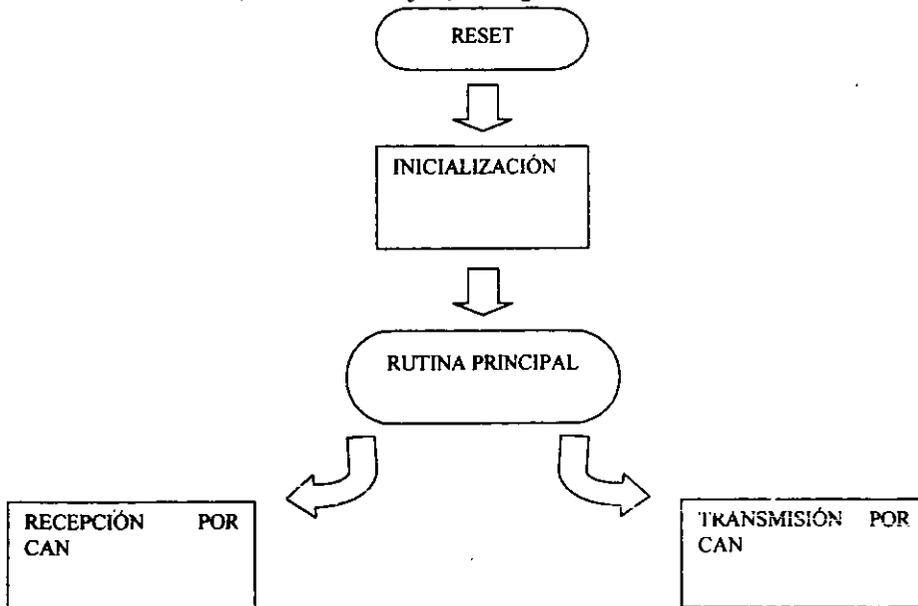


Figura 5.2

En la rutina principal se revisará si ya pasó alguna tarjeta, figura 5.3, si ya existen los datos de la tarjeta se salta a una rutina para leer los datos de hora y fecha a un reloj de tiempo

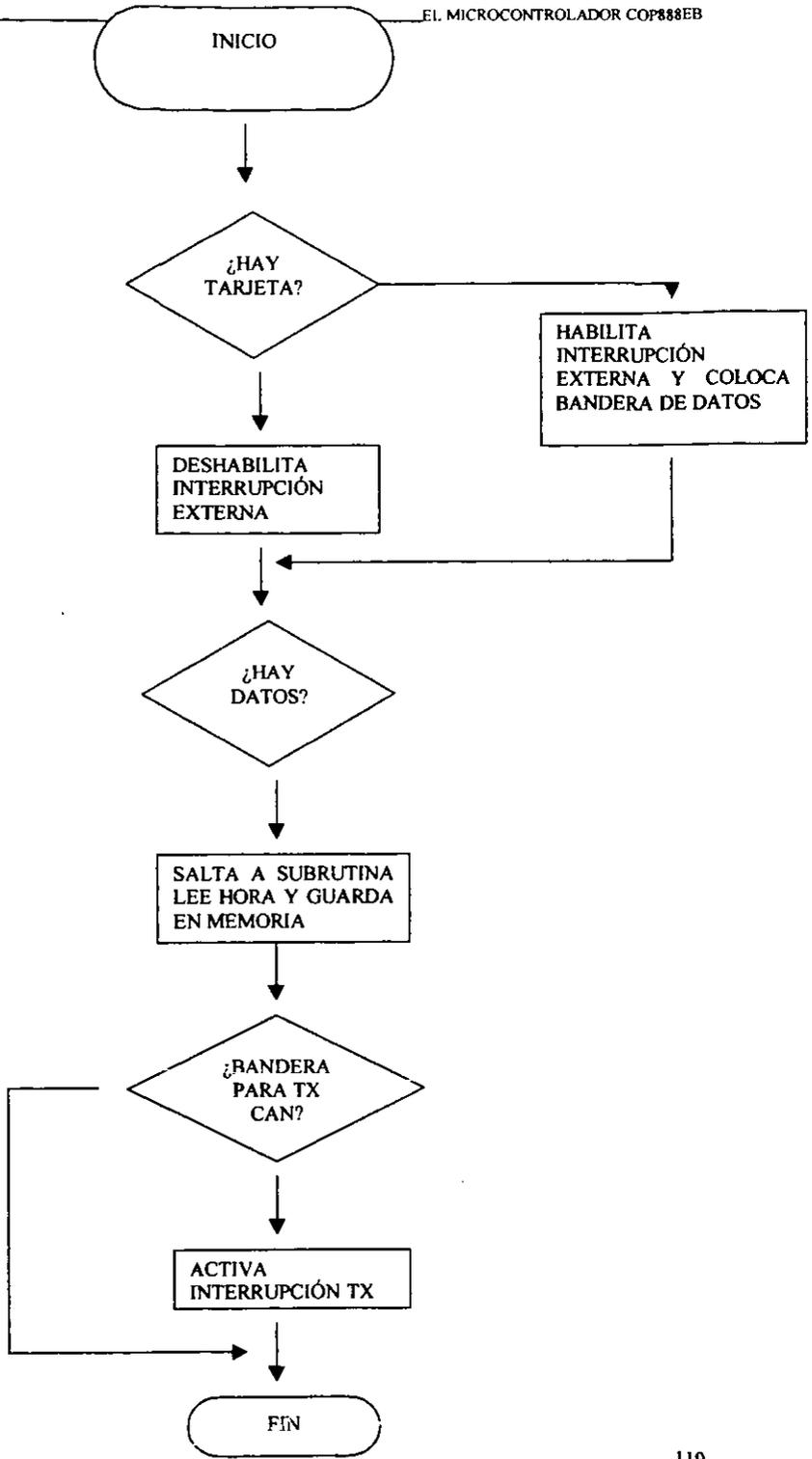


Figura 5.3

real, el reloj DS12887. Ahí se forma toda una cadena de datos que pertenece a un usuario, una vez formada la cadena de datos se guarda en la memoria serial. Si está habilitada la transmisión por CAN se realiza la petición de transmisión de datos. Esta petición pasa del nodo maestro a la PC, si está conectada la PC podrá darle respuesta al sistema, si no está conectada o encendida no habrá descarga de los datos que tiene el nodo maestro

## LECTURA DE DATOS DE LAS TARJETAS DE BANDA MAGNÉTICA

Cada una de las tarjetas tiene información que debemos guardar para observar el usuario que ha accedido al sitio de trabajo. Las tarjetas de banda magnética cuentan con números de longitud definida, en nuestro caso no pasan de los 30 caracteres. Estos 30 caracteres están grabados en el segundo track de la tarjeta y se pueden leer con un sistema comercial, en nuestro caso utilizamos un sistema Panasonic que cuenta con un cabezal monoaural que permite la lectura solo del segundo track.

Las dimensiones físicas de las tarjetas están estandarizadas por ANSI (American National Standard Institute) y se definieron para facilitar su manipulación y almacenamiento. La franja magnética existente consiste de tres pistas con formatos y usos independientes. Los espacios reservados se muestran en la figura 5.4.

### Características de la pista 1

Tiene una densidad de 210 bpi (bits por pulgada) con palabras de 6 bits más 1 para paridad impar. Puede contener 84 palabras de información.

### Características de la pista 2

Tiene una densidad de 75 bpi con palabras de 4 bits más 1 bit para paridad impar. La codificación de 4 bits permite la formación de solo 10 caracteres numéricos más 6 de código. El número máximo de palabras es de 42 en una tarjeta.

### Características de la pista 3

Tiene una densidad de 210 bpi como la pista 1 y palabras de 4 bits más 1 para paridad impar. En este caso el número máximo de palabras posibles a almacenar en una tarjeta es de 117.

## TECNICAS DE CODIFICACION

La técnica de codificación fue desarrollada por Aiken y se conoce como "Two Frequency, Coherent Phase Recording" (Grabación de fase coherente y dos frecuencias). Este método permite la grabación de datos en forma seriada sin necesidad de pulsos de sincronía en canal separado y con velocidad de lectura variable.

En la pista tenemos, a espacios fijos, transiciones de flujo magnético. Estas transiciones a espacios fijos son usadas como CLOCK. Entre una transición y otra puede o no existir una transición intermedia. Si existe, el bit grabado es 1; si no existe la transición intermedia el bit grabado es 0.

La figura 5.5 muestra una señal digital obtenida de la lectura de una tarjeta magnética.

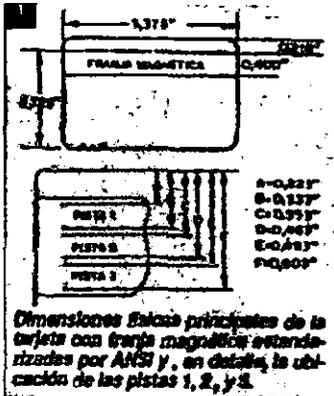


Figura 5.4

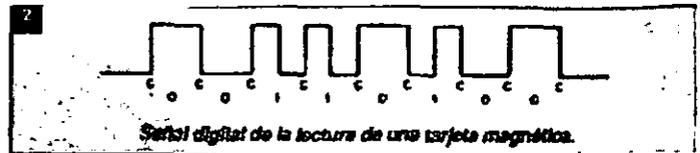


Figura 5.5

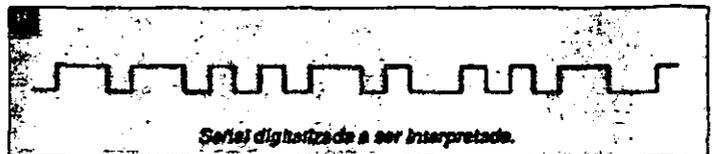


Figura 5.6

A cada espacio regular existe una transición de nivel lógico alto H al nivel lógico bajo L o de nivel lógico L al nivel lógico H. Cada transición es un pulso de reloj.

La permanencia del nivel en H o de L de un clock significa que el dato grabado es cero. Si hubiera una transición de estados indica un bit de dato 1.

Las palabras son grabadas en la tarjeta de forma tal que el bit menos significativo quede a la derecha y el bit de paridad quede a la izquierda si se mira la tarjeta como en la figura 5.4. Como la tarjeta se lee de derecha a izquierda, el bit menos significativo es el primero en ser leído.

## LA GRABACIÓN MAGNÉTICA

Básicamente, la grabación magnética de una tarjeta se hace a través de una cabeza magnética con un gap, en la cual provoca una inversión en el sentido de la corriente que circula por su bobinado a cada transición de flujo magnético deseada. La franja magnética se desplaza longitudinalmente a la cabeza, recibiendo las líneas de flujo del gap, y es magnetizada. A cada inversión en el sentido de la corriente, corresponde una inversión en el sentido de la magnetización. En la franja magnética aparecen imanes con polos invertidos correspondiendo cada inversión a una transición de clock o de dato 1.

La figura 5.7 muestra la cabeza magnética y la relación bit lógico-corriente en la cabeza-sentido del flujo en el gap-íman en la franja magnética.

Al pasar la tarjeta previamente grabada sobre una cabeza de lectura que posee un gap semejante al de la cabeza de grabación, ésta generará una tensión proporcional a la variación de flujo, obedeciendo así a la ley de Lenz. Cuando el flujo es constante, la tensión generada es igual a cero.

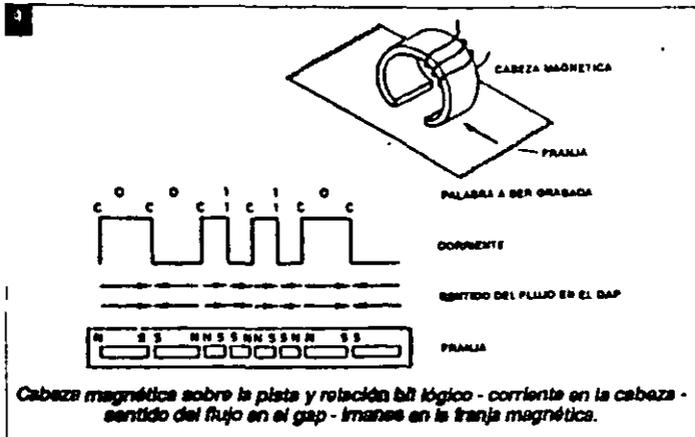


Figura 5.7

## MÉTODO DE LECTURA

Imaginemos la señal de la figura 5.6 obtenida de la lectura de una tarjeta con franja magnética. Los primeros bits son siempre cero para que haya sincronía. Por tanto las 3 transiciones de la izquierda serán con certeza, transiciones de clock. El diagrama de la figura 5.8 muestra un sistema de lectura de tarjeta con velocidad variable.

El fundamento es contar el tiempo entre transiciones y compararlo a  $\frac{3}{4}$  del tiempo anterior. Si fuera mayor, el dato es 0; si fuera menor, el dato es 1.

De este modo es posible la lectura de tarjetas que son pasadas manualmente por el lector, sin que haya errores.

Una vez leída la tarjeta de acuerdo a las señales vistas anteriormente se guardan en la memoria RAM del microcontrolador, se realiza una rutina para acceder a los registros del reloj del tiempo real para obtener la hora en que el evento ha ocurrido y al igual que los datos leídos de la tarjeta se guardan los en la memoria RAM del microcontrolador. Una vez que se tiene toda la cadena de datos se verifica el espacio en la memoria y si es posible guardarlos. En caso de que el espacio sea insuficiente se manda un mensaje al usuario a través de la pantalla de cristal líquido para avisar que la memoria debe ser leída con la finalidad de continuar con su operación normal. Figura 5.13.

## TEMPORIZADOR

El temporizador del microcontrolador se utiliza como contador de eventos externos y tiene mucho que ver con la hora que se muestra en la pantalla. El reloj está configurado para mandar un pulso cada que se cumple un minuto, este pulso se utiliza para enviar a una rutina de actualización de la hora en la pantalla del sistema.

Se recibe el pulso, se detiene el temporizador, se resetean todas las banderas pendientes, se recargan los registros del timer y se habilita una bandera para que en la rutina principal se

pueda enviar a una subrutina que lea la hora desde los registros del reloj y se envíe la información a la pantalla de cristal líquido. Figura 5.10.

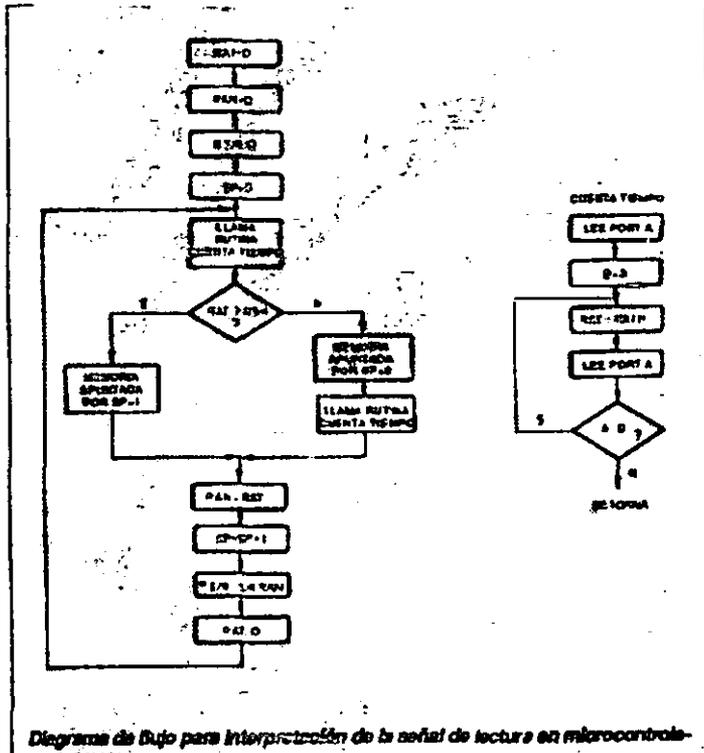


Figura 5.8

RECEPCION POR CAN

Una vez que se ha recibido un mensaje válido la interfaz genera una interrupción y se realizará la rutina mostrada. Todas las interrupciones en el proceso de recepción y transmisión serán deshabilitadas. Después de eso se verifica la dirección y la longitud de bytes a recibir. Se guardan los datos en la memoria RAM y se analizan para ejecutar la acción correspondiente. Como CAN es un protocolo orientado a mensajes cada uno de los mensajes que reciban los módulos tendrán un significado y el nodo los deberá entender para ejecutar la tarea: enviar información, repetir la última transferencia de datos, cerrar la comunicación al bus. Figura 5.11.

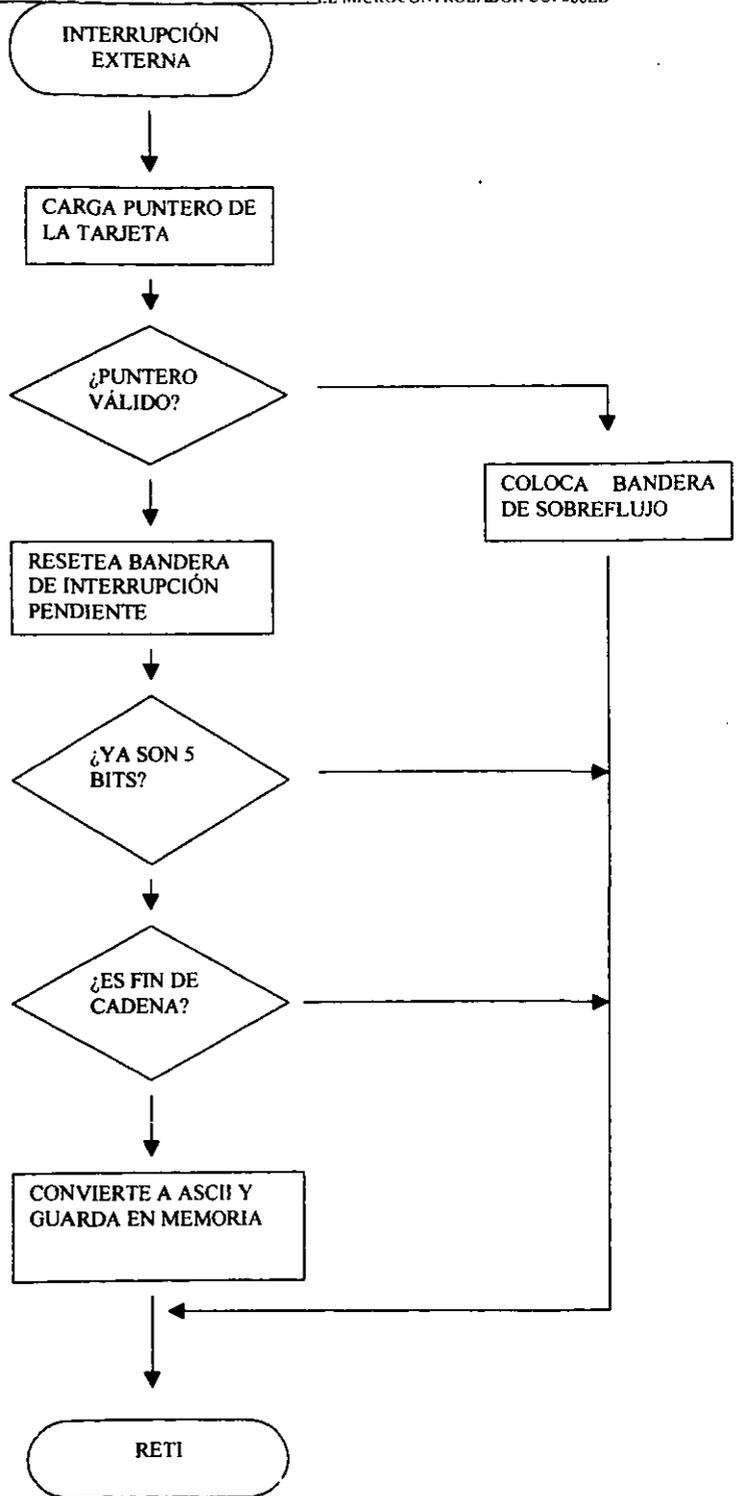


Figura 5.9

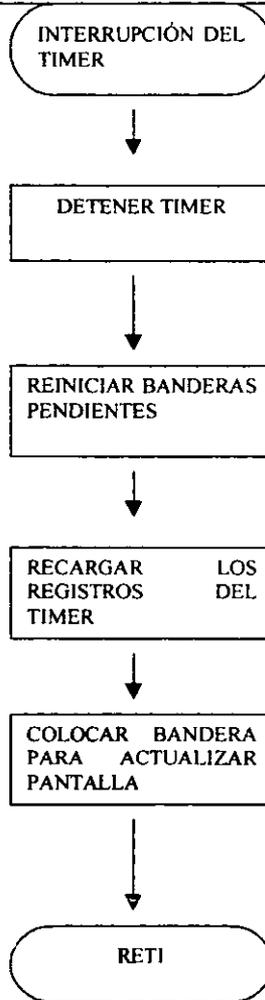


Figura 5.10

## TRANSMISIÓN POR CAN

Esta rutina se dispara en la rutina principal, la bandera para transmisión de datos se habilita. Carga los registros de transmisión de datos con los apropiados, la dirección del nodo que se quiere contactar, la cantidad de bytes a enviar y el mensaje que se transmitirá.

El mensaje se transmite solo si no hay mensaje en el bus. Si existe un mensaje en el bus la transmisión del mensaje seguirá solo si el nodo que inicia la transmisión tiene una prioridad más alta. Los nodos tendrán más prioridad en tanto que las direcciones que les corresponden sean pequeñas, es decir que el nodo cero tendrá mayor prioridad que todos los demás. El nodo 12 tendrá mayor prioridad que el nodo 23 por citar un ejemplo.

Como la transmisión de los mensajes es de dos bytes en la inicialización se mantendrá una bandera y un puntero señalará el último dato que se transmitió. Una interrupción se generará cuando se hayan transmitido los dos bytes para señalar que se pueden cargar los siguientes dos bytes, las banderas de transmisión pendiente se quitarán cuando se hayan transmitido los ocho bytes que se permiten como máximo en la interfaz CAN. Si se quieren enviar más datos se utilizará la misma rutina de servicio. Figura 5.12.

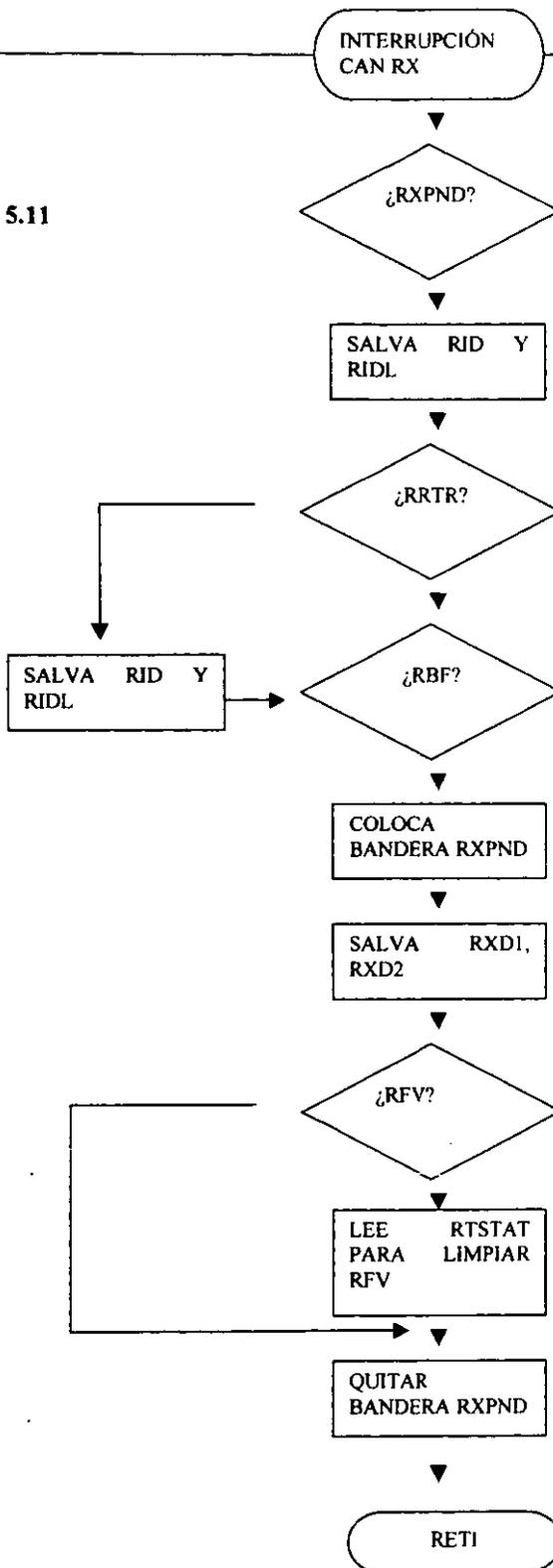
#### SUBROUTINA DE LEER HORA Y GUARDAR EN MEMORIA

El reloj de tiempo real tiene pila interna lo que permite que funcione independientemente por espacio de 10 años sin interrupciones. La hora y la fecha se guardan en la memoria RAM del reloj por lo que la rutina irá a leer las direcciones de memoria correspondientes. Se accesa los registros del reloj y posteriormente se usa la interfaz Microwire del microcontrolador para guardar los datos en la memoria.

INTERRUPCIÓN  
CAN RX

EL MICROCONTROLADOR COP888EB

Figura 5.11



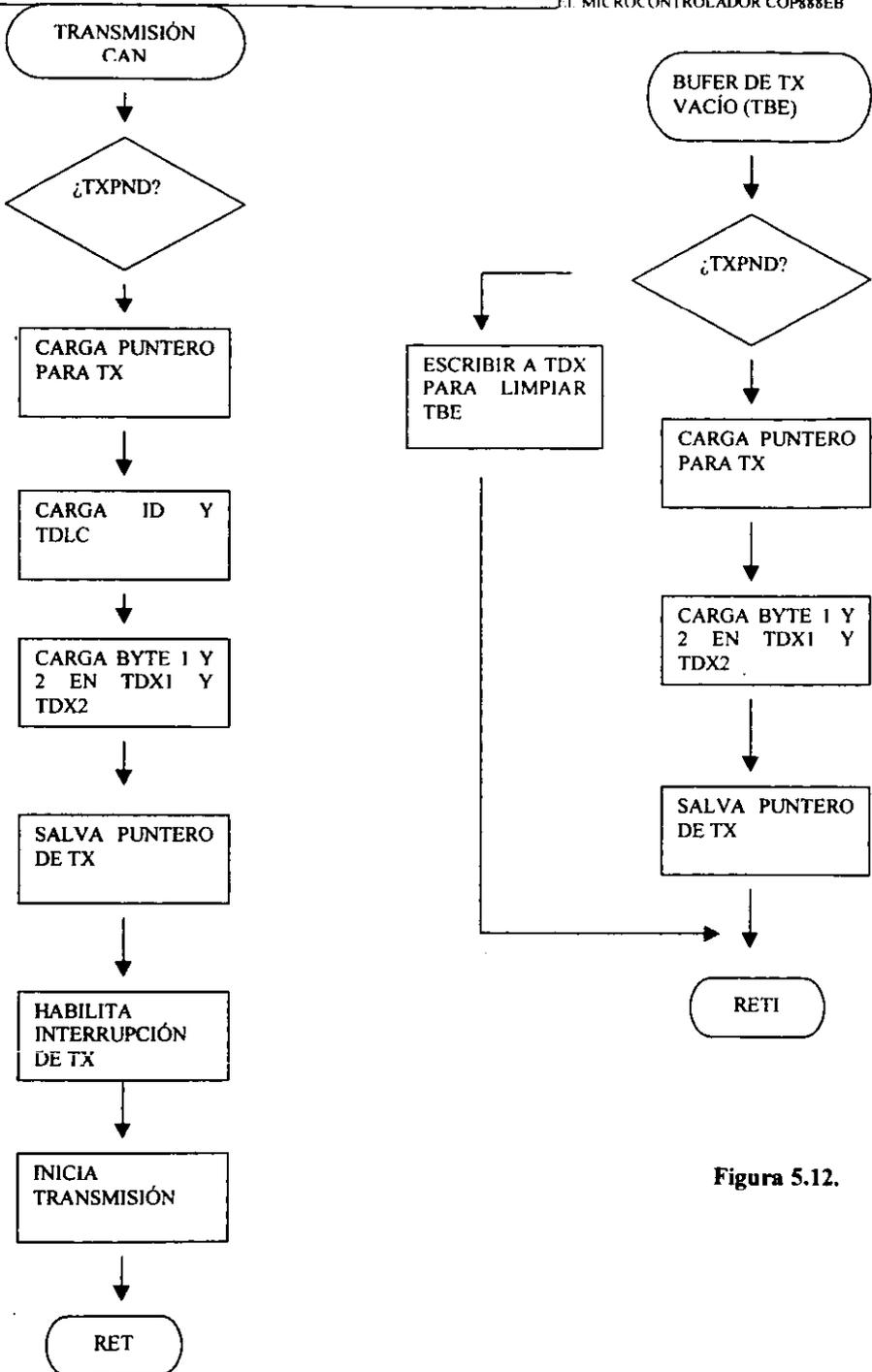


Figura 5.12.

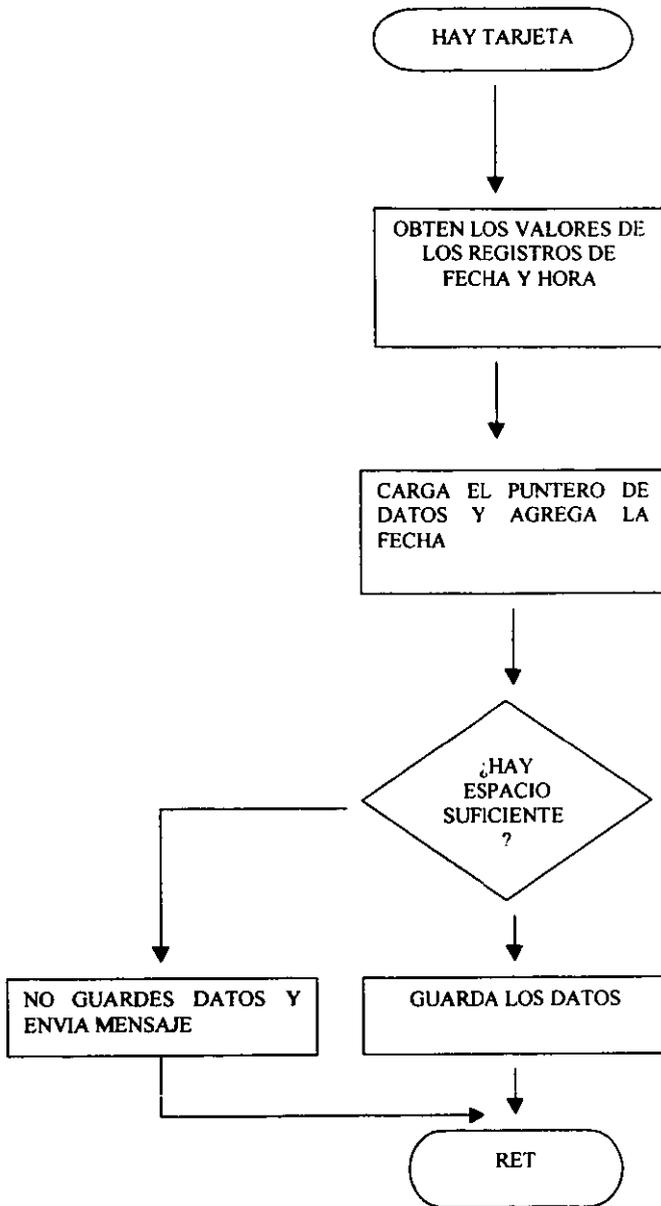


Figura 5.13

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de este proyecto ha permitido plantear, mostrar y establecer las diferentes necesidades que el ser humano ha venido adquiriendo desde el primer instante en que necesitó controlar sus labores, sus actividades y sus propiedades. Como hemos visto en el inicio de este trabajo, el hecho de querer administrar procesos o actividades ha llevado a crear diferentes mecanismos para este fin, de manera que los resultados de estos sean los más confiables y que reditúen en lo mejor y con las mejores ganancias. Se ha comentado como el propio ser humano ha ideado procedimientos que pueden alterar y atentar contra los intereses de otros, como hemos mencionado, el hecho de querer falsear un registro sobre el cual se basarán quienes se dedican al balance de nómina implica un trabajo desleal de este individuo para con el propietario, y mas aún, porque pretende de ese mismo modo obtener un rédito a costa de su mala intención, provocada por su falta de ética. Como se ha mencionado también, el proceso de administración en general es de una invaluable ayuda ya que permite estructurar de manera detallada y con una plena seguridad un plan de trabajo o de desempeño que ayudará a manejar con mayor confiabilidad cada uno de los elementos quienes laboran dentro de ese sistema, pero desafortunadamente existe un elemento que siempre tendrá un desempeño difícil de prever y que puede ser distinto a lo esperado, y es que el ser humano tiende a variar su comportamiento y, muy particularmente, falsear cualquier tipo de información para su bien propio.

Es aquí, entonces, donde se debe agregar un elemento más a lo que se ha ideado para una buena administración de personal, y es un ingrediente que ha surgido en tiempos recientes, este agregado, por el cual se ha desarrollado este proyecto, es el sistema controlador automático. Naturalmente, aplicar algo así, implica echar mano de la electrónica moderna, que ha venido desarrollando diversos elementos con los cuales se auxilia para crear diferentes sistemas que pueden ir acorde con las necesidades y requerimientos del ser humano. Un caso particular, el microcontrolador, que es el objetivo sobre el cual se ha concebido y abordado este tratado, y con quien se ha logrado desarrollar este sistema de monitoreo y control de acceso de personal utilizando el microcontrolador COP888EB. Dicho sistema nos ha permitido conformar una nueva forma de recopilación de datos a partir de una red, integrada por estos elementos así como de interfaces para su intercomunicación, que está ideada para eliminar los inconvenientes que siempre acompañan a uno de control tradicional, y que incluye características que son muy útiles y aplicables para los sistemas de control actuales.

Así pues, al estructurar este sistema con los diversos elementos de los cuales ya se ha hecho mención a lo largo de este trabajo, y de quienes se proporcionaron datos e información para conocerles más detalladamente, se logra establecer de este modo un sistema confiable para su aplicación práctica en cualquiera relacionado a la administración, particularmente de personal donde sea verdaderamente necesario trabajar con datos correctos y fidedignos, para que al momento de realizar operaciones con dicha información se elabore con la plena seguridad que, por el lado de la confiabilidad, no existirá alteración alguna en el banco de datos correspondiente.

Finalmente, esta aplicación es una de tantas cosas que se pueden hacer con el constantemente actualizado y revolucionario campo de la electrónica, que día a día nos sorprende con sus avances y descubrimientos así como sus aplicaciones al mundo cotidiano haciéndolo, o intentando hacer de él, un lugar más cómodo y más fácil de habitar.

Más allá de la aplicación que nosotros hemos implementado se pueden extender múltiples nodos capaces de adquirir información de otras variables. Pensemos en un uso superior de control, como un edificio inteligente, un sistema complejo de control, donde el grado de

automatización es tan grande que la comunicación entre los microcontroladores sea una necesidad para el correcto funcionamiento. Aquí el intercambio de datos dinámico y la ejecución oportuna de las tareas son muy importantes. Conocer el estado de una variable en todo momento y que sea importante para nosotros, la humedad probablemente, y la ejecución de una acción en otro lado de la red, activar el sistema de riego, puede ser una aplicación interesante y fácil de implementar pues se tiene ya una base para hacer funcionar la red. La idea del sistema que proponemos es un sistema modular. Pueden crearse módulos de diferentes características y que se comuniquen a través del protocolo de comunicación utilizado. Esa sería la única condición para que todos los módulos se comunicaran dinámicamente y ejercieran las tareas automáticas de control, que de acuerdo a los resultados logrados en esta aplicación puede llegar a efectuarse de forma tal que se obtenga el máximo provecho de los microcontroladores.

## BIBLIOGRAFÍA

FAYOL, Henri. Administración Industrial y General. Previsión, Organización, Mando, Coordinación. Buenos Aires, Ed. El Ateneo, 1984. 210 pp.

RIVERA C. Ma. Teresa. Prolegómenos V. Enfoque Evolutivo de la Administración. México, Ed. CCH Vallejo, 1988, 399 pp.

RODAS Carpizo et al. Alejandro. Administración Básica. México. Ed. LIMUSA, 1980.

TAYLOR, Frederic W. Principios de la Administración Científica. México, 17ª Edición, Ed. Herrero, 1979, 278 pp.

TERRY, George R. Principios de Administración. México. 5ª Edición, Ed. Continental, 1981. 699 pp.

BOYLESTAD, Robert. Electrónica. Teoría de Circuitos. E. U. 5ª Edición, Ed. Prentice Hall, 1994. 902 pp.

MALONEY, Timothy J. Electrónica Industrial Moderna. E. U. 3ª Edición, Ed. Prentice Hall, 1997. 845 pp.

OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna. E. U. Ed. Prentice Hall, 1975. 890 pp.

TOCCI, Ronald J. Sistemas Digitales. Principios y Aplicaciones. E. U. 5ª Edición, Ed. Prentice Hall, 1993. 798 pp.

NATIONAL SEMICONDUCTOR. Manual del Microcontrolador COP8. Ed. National Semiconductor. 200 pp.

NORTON, Harry N. Sensores y Analizadores. España, Ed. Gustavo Gili. 1982. 574 pp.

CEBALLOS, Francisco Javier. Enciclopedia de Microsoft: Visual Basic 6.0. México, Ed. Alfaomega. 2000. 1028 pp.

## HEMEROGRAFÍA

VALLEJO, Horacio D. Tarjetas Magnéticas. Saber Electrónica. Editorial Saber. México. 1992. 77 pp.

## OTRAS FUENTES

Et. Al. Historia de los Microprocesadores. 1999  
<http://maxwell.univalle.edu.co/~osterpu/pic.html>

ALZATE L. Jader. Microprocesadores. 2000.  
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/9827/intro.htm>

BAYCO, John. Historia de los Microprocesadores. 1998.  
[http://infopad.eecs.berkeley.edu/CIC/archive/cpu\\_history.html](http://infopad.eecs.berkeley.edu/CIC/archive/cpu_history.html)

BEENE, Gary, Historia de Visual Basic, 1999.  
<http://www.vbinformation.com/history.htm>

EVERY, David K. Historia de Visual Basic, 1999.  
[http://www.mackido.com/History/History\\_VB.html](http://www.mackido.com/History/History_VB.html)

LOYOLLA, Waldomiro. Sensores, 1999.  
<http://www.dee.bauru.unesp.br/robotica/>

ANEXO

## BREVE DESCRIPCIÓN DE VISUAL BASIC

¿Que hace de VB un gran lenguaje de programación? La respuesta es simple puesto que VB provee mas de un código actual para un programador que algún otro lenguaje de programación no visual.

Si alguna vez se ha programado con el BASIC u otro lenguaje de programación en línea de comandos, entonces se recordará que el programador tenia que escribir el código para una interfaz de usuario completa. Las listas, botones y ventanas de ahora, así como otras aplicaciones tales como los menús, no estaban incorporados al lenguaje de programación de BASIC. Los programadores tenían que crear el código de su propia inspiración para estas características.

El 80% del tiempo de los programadores se utilizaba escribiendo el código para crear la interfaz de usuario para sus aplicaciones, la interfaz visual. Para eliminar este vaciado enorme del tiempo de un programador, Microsoft ha provisto Visual Basic con capacidad incorporada para crear la interfaz de usuario usando solo un ratón para computadora.

Esta capacidad de creación de la interfaz ha tenido el beneficio de estandarizar la interfaz de usuario a las aplicaciones de Windows. Hoy, los usuarios pueden moverse de un programa Windows a otro y ver las mismas herramientas de interfaz básicas con las cuales trabajar, les permite concentrarse solamente en las capacidades únicas de la aplicación.

La línea final es que se puede crear un casco de aplicación completa, la interfaz de usuario, muy rápido y después usar el tiempo trabajando en las características que diferencian una aplicación de otra idéntica que se encargará de hacer exactamente lo mismo.

## OTROS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Los lenguajes que previamente fueron herramientas de línea de comandos han adoptado ahora la estrategia del IDE visual. Aparentemente existen sólo dos de propósito general, y muy populares competidores del VB, Visual C y Delphi. Esto no significa que son los únicos.

- Delphi
 

Basado en el lenguaje de programación Pascal, Delphi ha desarrollado un enorme seguimiento. Diseñado para ser compatible con la familia OCX de controles que apoyan VB, Delphi es muy similar a VB. La mejor característica de Delphi es que crea archivos EXE completamente solos, a diferencia de VB que requiere la distribución de un número enorme de archivos de apoyo incluso para las aplicaciones más pequeñas. Delphi usa Pascal en lugar de un lenguaje derivado de BASIC porque probablemente los programadores de VB no usan saltos.
- Visual C
 

De inicio los programadores necesitan un ambiente salón de clase con un instructor experto para permitirles entender las complejidades del lenguaje de programación C. en el nivel de revisión, C es solo otro lenguaje de programación y no es tan difícil para entender en concepto. Es en los detalles de codificación que los nuevos usuarios se encuentran empantanados con las preguntas que dan la mayor dificultad. VB, por otro lado, es más intuitivo, se puede trabajar por su cuenta propia, o con ayuda mínima de algún otro programador.

## APLICACIÓN DE VISUAL BASIC

De manera general, se presentan los elementos que se manejan dentro de la interfaz entre nuestro sistema de control y la PC, para la obtención y consiguiente procesamiento de la información dentro de la base de datos destinada para su almacenamiento, de donde el encargado de realizar el balance de la nómina los obtendrá posteriormente.

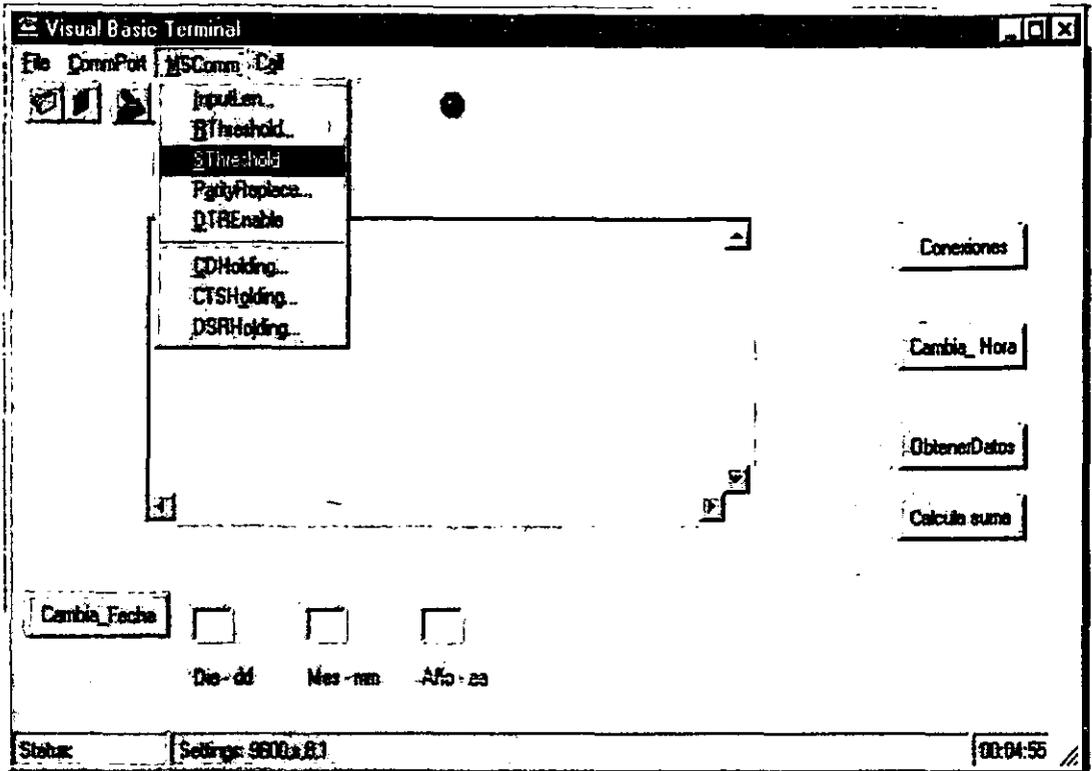


Figura A.1

La figura A.1 muestra la pantalla principal que ilustrará el menú de entrada, aquí se observan todas las herramientas que se utilizarán para la obtención de los datos.

En la parte superior observamos los menús referentes a la operación de los archivos, la comunicación entre el puerto y el sistema, las propiedades de la comunicación entre ambos, y la obtención de información, esto es, iniciar la comunicación como tal. Posteriormente, observamos el cuadro de texto en el cual observaremos la trama de datos obtenida del sistema para su posterior procesamiento. Se presentan también los botones para las diferentes acciones a realizar, primeramente se encuentra, de arriba hacia abajo, el comando para las “conexiones” con lo cual se confirma la relación entre ambos elementos, posteriormente tenemos el comando “cambia\_hora”, el cual se encargará de actualizar lo

concerniente al horario actual, que es un dato muy importante para la realización del balance, por lo que este es importante para ello. El comando "obtener\_datos" es el encargado de pedir los informes de lo almacenado en la memoria del controlador que serán transmitidos al puerto preestablecido para ser presentados en el cuadro antes mencionado, y posteriormente guardarlos. El comando calcular suma se encargará de sumar todos los valores obtenidos, presentando así el dato más importante a almacenar dentro de la base destinada a este fin.

Finalmente encontramos el comando cambiar fecha, que es otro elemento muy importante para la base de datos, ya que ambos, fecha y hora, son requeridos de manera fidedigna para crear un balance confiable. Para la fecha, se maneja como día, dd, muestra el día como (01-31), mes, mm, como (01-12) y año, aa, como (00-99).

En esta misma figura observamos el menú referido a las propiedades del puerto para una comunicación adecuada. En caso de control de la transmisión con verificación por hardware estos parámetros son muy importantes. Todas estas señales son muy valiosas cuando se utilizan todos los pines del conector DB9, en nuestro caso utilizamos solo tres, un pin para la transmisión de datos, otro para recepción de estos y otro como referencia. La propiedad InputLen maneja la cantidad de bytes de información que se pueden guardar en el buffer de recepción. Visual Basic tiene una serie de controles para utilizarlos como mecanismos de entrada y salida, como son cajas de texto, como la mencionada para visualizar los datos requeridos al controlador del sistema, además de botones de comando, como los referidos a la corrección de la fecha y la hora, los orientados a la obtención de datos y el cálculo de la suma, además de casillas de verificación, botones de opción, listas desplegables y barras de desplazamiento. Otra posibilidad de proveer datos o visualizarlos es a través de cajas de diálogo. Por ejemplo, InputBox presenta una caja donde requiere un dato; también, MsgBox, que visualiza una información o un resultado a consecuencia de un evento que nosotros queremos interceptar, como la presentada en la figura A.1, que requiere un dato y lo muestra.

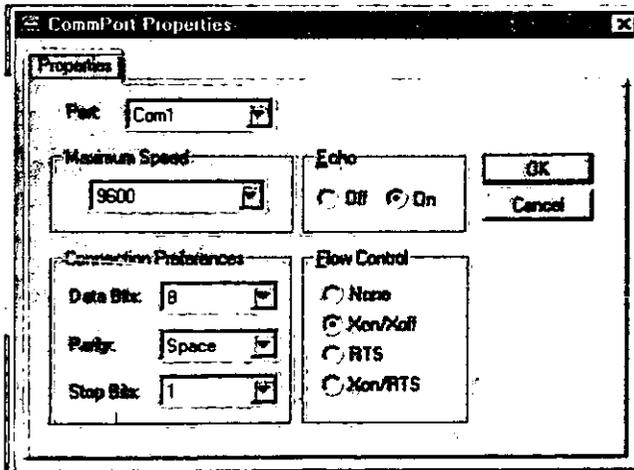


FIGURA A.2

La figura A.2 nos muestra la pantalla que se encarga de establecer la interface para iniciar la comunicación entre nuestro sistema de control y la PC, y así hacer nuestra recabación de información a partir de los datos obtenidos por el conjunto detector de estos y que se encuentran almacenados en la memoria del mismo controlador, y que necesariamente se debe vaciar a una base de datos preestablecida, de ahí la necesidad de crear esta interface entre PC y controlador. Así, el primer paso es establecer un puerto de intercomunicación entre ambos. Por ello, se establecen las condiciones para esto. la imagen nos presenta los diferentes menús para este fin, en primer término se presenta el menú referente al puerto por donde se establecerá el contacto entre ambos sistemas. de los puertos con los que cuenta cualquier PC normal particularmente se utilizará el puerto Com1. Posteriormente, observamos el menú referido a la velocidad para la transferencia de los datos, este menú cuenta con una lista de velocidades para iniciar la comunicación, para nuestro caso será de 9600 bps, además, también se presentan los relacionados al tamaño de la palabra o tren de bits que se transmitirán entre ambos sistemas, aquí podremos seleccionar de la misma manera una cierta longitud de la palabra; así como el tipo de paridad, que encierra un listado de posibilidades para este fin, que se manejará para reducir la probabilidad de error incluyendo la cantidad de estos para el fin ya mencionado. Por otro lado, en adición observamos el cuadro dirigido a la "confirmación" de los datos. de modo que exista una obtención confiable de estos, y finalmente, el control de flujo del tren, con lo cual se establezca y exista una perfecta comunicación entre los referidos equipos para recabar la información que será manejada por el programa ideado para este fin, y su posterior almacenamiento en la base de datos referida anteriormente.

Cabe mencionar que el programa mostrado es solo una herramienta para interactuar con la red de microcontroladores, se pueden mejorar sus características para poder operar de manera óptima. Las funciones se pueden ampliar en tanto los módulos de la red tengan más y mejores funciones. Una red con elementos de este tipo que obtengan otros datos proporcionados por sensores de temperatura, humedad, etc., podrán pasarlos a una PC para poder manipularlos y analizarlos, y en base a los resultados ejercer una acción correctiva sobre el sistema, sea activando relés, activando motores, cerrando válvulas, etc., cualquier acción que pueda afectarlo de manera positiva y eso se puede lograr con el programa que sirve como interface al usuario, y en este caso una de tipo gráfico es la mejor opción pues proporciona un entorno amigable a quien se encarga de esta tarea.

## DIAGRAMA ELÉCTRICO DE UN LECTOR DE TARJETAS MAGNÉTICAS

