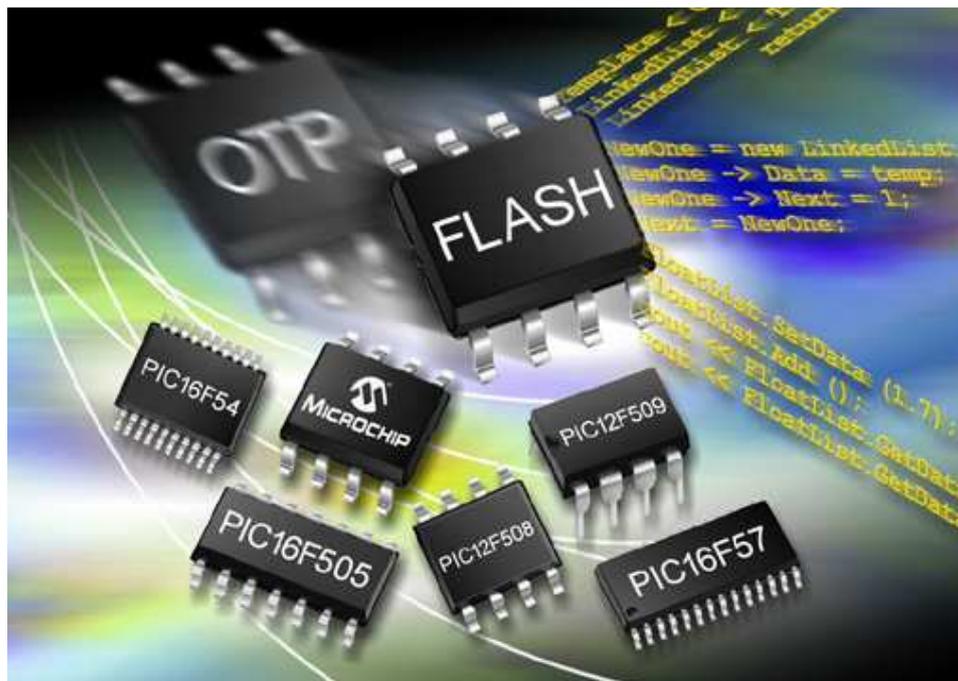


CAPÍTULO V

MICROCONTROLADORES



5.1. INTRODUCCIÓN

Los PIC⁴⁷ son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instruments.

El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como Peripheral Interface Controller o Controlador de Interfaz Periférico.

Los microcontroladores PIC fueron los primeros microcontroladores RISC, es decir, microcontroladores con un juego de instrucciones reducido. El hecho de ser procesadores de tipo RISC generalmente implica simplicidad en los diseños, permitiendo más características a bajo coste.^[40]

Los principales beneficios de esta simplicidad en el diseño son que los microcontroladores se implementan en chip muy pequeños, con pocos pines, y tienen un consumo de potencia muy bajo.

Los microcontroladores PIC ganaron popularidad rápidamente. Su uso era cada vez mayor en gran número de diseños. Debido a su bajo costo, pequeño tamaño, y bajo consumo, estos microcontroladores pueden ahora ser usados en áreas en las que previamente no habrían sido apropiados, tal como circuitos lógicos.^[41]

5.2. ANTECEDENTES

Inicialmente cuando no existían los microprocesadores las personas se ingeniaban en diseñar sus circuitos electrónicos y los resultados estaban expresados en diseños que implicaban muchos componentes electrónicos y cálculos matemáticos. Un circuito lógico básico requería de muchos elementos electrónicos basados en transistores, resistencias, etc., lo cual desembocaba en

⁴⁷ PIC (Controlador de Interfaz Periférico). son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc.

^[40] http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador_PIC

^[41] http://tauro.unex.es/vaguiti/INFORMATICA_INDUSTRIAL/bloqueIII/Cap1_PIC.pdf (Escuela de Ingenierías Industriales Universidad de Extremadura)

circuitos con muchos ajustes y fallos; pero en el año 1971 apareció el primer microprocesador el cual originó un cambio decisivo en las técnicas de diseño de la mayoría de los equipos. Con la aparición de este circuito integrado todo sería mucho más fácil de entender y los diseños electrónicos serían mucho más pequeños y simplificados. Entre los microprocesadores más conocidos tenemos el popular Z-80 y el 8085. Los diseñadores de equipos electrónicos ahora tenían equipos que podían realizar mayor cantidad de tareas en menos tiempo y su tamaño se redujo considerablemente; sin embargo, después de cierto tiempo aparece una nueva tecnología llamada microcontrolador que simplifica aun más el diseño electrónico.^[42]

Los microcontroladores surgen desde dos vías de desarrollo paralelas; una desde Intel y otra desde Texas Instruments. Los primeros microcontroladores son el 4004 y 4040 de Intel que dieron lugar al 8048, a su vez predecesor del 8051. Aún así el primer microcontrolador fue el TMS1000 de Texas Instruments. Éste integraba un reloj, procesador, ROM, RAM, y soportes de E/S en un solo chip.^[43]

Los microcontroladores están conquistando el mundo. Están presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa, en general. Se pueden encontrar controlando el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, en los teléfonos, en los hornos microondas y los televisores de nuestro hogar. Pero el siglo XXI será testigo de la conquista masiva de estos diminutos computadores, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que fabricaremos y usamos los humanos.^[44]

5.3. MICROCONTROLADOR

Para facilitar una velocidad más alta y mejorar la eficiencia de estos dispositivos de control, se trató de reducir su tamaño, apareciendo así los microprocesadores. Siguiendo con el proceso de miniaturización, el siguiente paso consistió en la

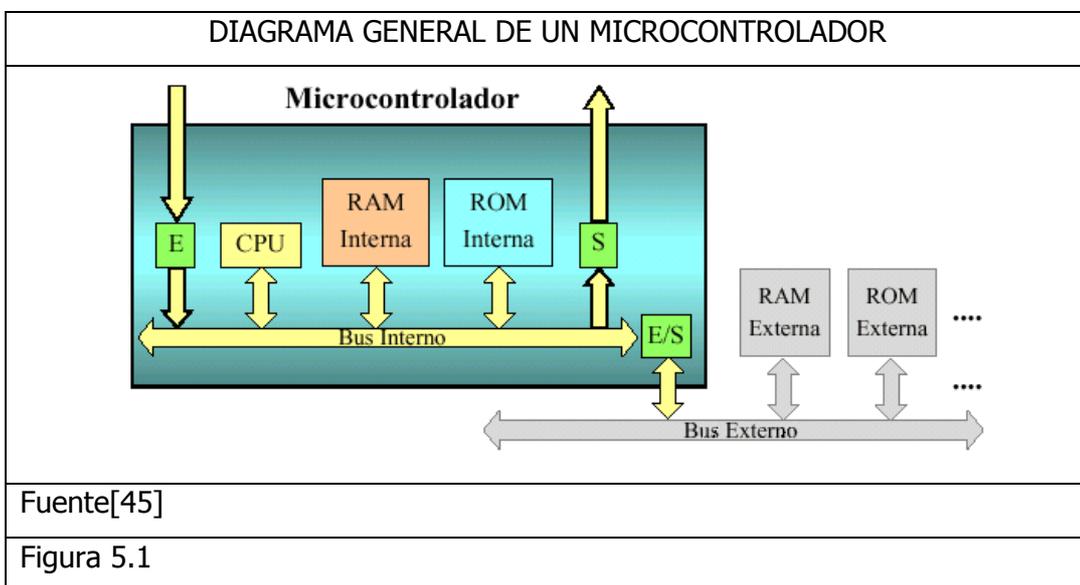
^[42] <http://usuarios.lycos.es/sfriswolker/pic/uno.htm>

^[43] http://tauro.unex.es/vaguiti/INFORMATICA_INDUSTRIAL/bloqueIII/Cap1_PIC.pdf (Escuela de Ingenierías Industriales Universidad de Extremadura)

^[44] <http://pages.hotbot.com/edu/edu-pic>

fabricación de un controlador que integre todos sus componentes en un sólo chip. A esto es a lo que se le conoce con el nombre de microcontrolador, un computador dentro de un sólo chip⁴⁸.

Se denomina microcontrolador a un dispositivo programable capaz de realizar diferentes actividades que requieran del procesamiento de datos digitales y del control y comunicación digital de diferentes dispositivos. Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.^[45]



5.3.1. ASPECTOS RELEVANTES DE LOS MICROCONTROLADORES.

- Arquitectura Harvard.- Consiste en la existencia de dos memorias independientes, una de datos y otra de instrucciones, con sus respectivos buses⁴⁹. Esto permite el acceso simultáneo al programa y los datos, y solapar algunas operaciones para mejorar el proceso.

⁴⁸ Chip. Un circuito integrado (CI) o chip, es una pastilla muy delgada en la que se encuentra una enorme cantidad (del orden de miles o millones) de dispositivos.

^[45] <http://www.rincondelvago.com/adquisicion-de-magnitudes-fisicas-mediante-microcontrolador.html>

⁴⁹ Buses. se relaciona con la transferencias internas de datos que se dan en un sistema computacional en funcionamiento.

- Segmentación de instrucciones.- Consiste en dividir la ejecución de las instrucciones en varias fases, en el caso concreto de los PIC dos fases, de manera que se realizan simultáneamente distintas fases de distintas instrucciones. Así cada instrucción se ejecuta en un ciclo de instrucción (4 ciclos de reloj), excepto las de salto que ocupan tantos ciclos de instrucción como necesite para calcular la dirección de salto.
- Formato de instrucciones de longitud constante.- Permite optimizar la memoria de instrucciones y el diseño de ensambladores y compiladores.
- RISC (computador de reducido juego de instrucciones)
- Instrucciones ortogonales.- Todas las instrucciones pueden manejar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o destino.
- Arquitectura basada en un banco de registros.- Todos los objetos del sistema se encuentran implementados físicamente como registros.
- Gran variedad.- De microcontroladores y muchas herramientas de soporte.
- Sistemas cerrados.- Ya que contiene todos los elementos de un computador en un solo chip.
- Propósito específico.- Es decir, son programados para realizar una única tarea.

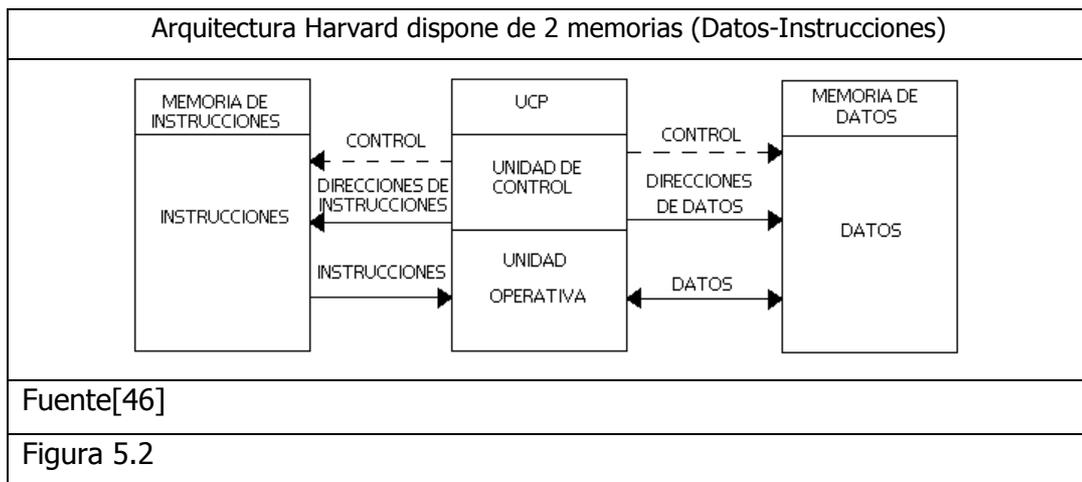
5.3.2. ARQUITECTURA BÁSICA DEL MICROCONTROLADOR

Al estar todos los microcontroladores integrados en un chip, su estructura fundamental y sus características básicas son muy parecidas. Todos deben disponer de los bloques esenciales: procesador, memoria de datos y de instrucciones, líneas de E/S, oscilador de reloj y módulos controladores de

periféricos. Sin embargo, cada fabricante intenta enfatizar los recursos más idóneos para las aplicaciones a las que se destinan preferentemente.

Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann, en el momento presente se impone la arquitectura Harvard. La arquitectura de Von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).

La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes una, que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias.^[46]



Los microcontroladores PIC responden a la arquitectura Harvard, constan de:

- CPU o Procesador.
- Memorias.
- Reloj principal.
- Puertos E/S.

^[46] <http://www2.ing.puc.cl/~iee3912/files/pic.pdf>

5.3.2.1. CPU O PROCESADOR.

Es el cerebro del sistema que procesa todos los datos que viajan a lo largo del bus y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software.

Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.

Además existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales estas son:

- **CISC:** Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (Computadores de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución.

Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros.

- **RISC:** Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están decantándose hacia la filosofía RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.
- **SISC:** En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es "específico", o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de

la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Específico).

5.3.2.2. MEMORIAS

Está formada por una no volátil (ROM⁵⁰, EEPROM⁵¹, FLASH⁵²) donde se almacenan los programas y una volátil (RAM⁵³) donde se almacenan los datos.

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos. Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales:

- a. No existen sistemas de almacenamiento masivo como disco duro o disquetes.
- b. Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria ROM, sólo hay que almacenar un único programa de trabajo.

La RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM.

⁵⁰ ROM. Son las siglas de read-only memory, que significa "memoria de sólo lectura".

⁵¹ EEPROM son las siglas de (ROM programable y borrable eléctricamente).

⁵² Flash es una forma desarrollada de la memoria EEPROM que permite que múltiples posiciones de memoria sean escritas o borradas en una misma operación de programación mediante impulsos eléctricos.

⁵³ RAM. Memoria de Acceso Aleatorio) es donde el computador guarda los datos que está utilizando en el momento presente.

Los usuarios de computadores personales están habituados a manejar Megabytes de memoria, pero, los diseñadores con microcontroladores trabajan con capacidades de ROM comprendidas entre 512 bytes y 8 k bytes y de RAM comprendidas entre 20 y 512 bytes.

Según el tipo de memoria ROM que dispongan los microcontroladores, la aplicación y utilización de los mismos es diferente. Se describen las cinco versiones de memoria no volátil que se pueden encontrar en los microcontroladores del mercado.

ROM con máscara

Es una memoria no volátil de sólo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. El elevado coste del diseño de la máscara sólo hace aconsejable el empleo de los microcontroladores con este tipo de memoria cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades.

OTP

El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura "programable una sola vez" por el usuario. OTP⁵⁴. Es el usuario quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde un PC.

La versión OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas.

Tanto en este tipo de memoria como en la EPROM, se suele usar la encriptación mediante fusibles para proteger el código contenido.

EPROM

Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM (Erasable Programmable Read OnIy Memory) pueden borrarse y grabarse muchas

⁵⁴ OTP. Programable una sola vez.

veces. La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde un PC. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos. Las cápsulas son de material cerámico y son más caros que los microcontroladores con memoria OTP que están hechos con material plástico.

EEPROM

Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory). Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de un PC. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado. No disponen de ventana de cristal en la superficie.

Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse cuantas veces se quiera sin ser retirados de dicho circuito. Para ello se usan "grabadores en circuito" que confieren una gran flexibilidad y rapidez a la hora de realizar modificaciones en el programa de trabajo.

El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es finito, por lo que no es recomendable una reprogramación continúa. Son muy idóneos para la enseñanza y la ingeniería de diseño.

Se va extendiendo en los fabricantes la tendencia de incluir una pequeña zona de memoria EEPROM en los circuitos programables para guardar y modificar cómodamente una serie de parámetros que adecuan el dispositivo a las condiciones del entorno. Este tipo de memoria es relativamente lenta.

FLASH

Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos y es más pequeña. A diferencia de la ROM, la memoria FLASH es programable en el circuito. Es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM.

La alternativa FLASH está recomendada frente a la EEPROM cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura/borrado.

Las memorias EEPROM y FLASH son muy útiles al permitir que los microcontroladores que las incorporan puedan ser reprogramados "en circuito", es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta. Así, un dispositivo con este tipo de memoria incorporado al control del motor de un automóvil permite que pueda modificarse el programa durante la rutina de mantenimiento periódico, compensando los desgastes y otros factores tales como la compresión, la instalación de nuevas piezas, etc. La reprogramación del microcontrolador puede convertirse en una labor rutinaria dentro de la puesta a punto.

5.3.2.3. RELOJ PRINCIPAL

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema.

Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico. Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero lleva aparejado un incremento del consumo de energía.

5.3.2.4. PUERTOS E/S (ENTRADA/SALIDA).

Soportan las líneas que comunican al microcontrolador con los periféricos externos. Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

5.3.3. RECURSOS ESPECIALES

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el coste, el hardware y el software.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- **Temporizadores o "Timers"**

Se emplean para controlar periodos de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior.

Para la medida de tiempos se carga un registro con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso.

Cuando se desean contar acontecimientos que se materializan por cambios de nivel en alguna de las patitas del microcontrolador, el mencionado registro se va incrementando o decrementando al ritmo de dichos impulsos.

- **Perro guardián o Watchdog**

Cuando el computador personal se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicializa el sistema. Pero un microcontrolador funciona sin el control de un supervisor y de forma continuada las 24 horas del día. El Perro guardián consiste en un temporizador que, cuando se desborda y pasa por 0, provoca un reset automáticamente en el sistema.

Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que refresque o inicialice al Perro guardián antes de que provoque el reset. Si falla el programa o se bloquea, no se refrescará al Perro guardián y, al completar su temporización provocara el reseteo.

- **Protección ante fallo de alimentación o "Brownout"**

Se trata de un circuito que resetea al microcontrolador cuando el VDD⁵⁵ es inferior a un voltaje mínimo, brownout. Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de brownout el dispositivo se mantiene reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor.

- **Estado de reposo ó de bajo consumo**

Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada, a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento. Para ahorrar energía, factor clave en los aparatos portátiles, los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los PIC), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos. En dicho estado se detiene el reloj principal y se congelan sus circuitos asociados, quedando sumido en un profundo sueño el microcontrolador. Al activarse una interrupción ocasionada por el acontecimiento esperado, el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo.

⁵⁵ VDD. Voltaje de alimentación.

- **Convertor A/D (CAD)**

Los microcontroladores que incorporan un convertor A/D (Analógico/Digital) pueden procesar señales analógicas, tan abundantes en las aplicaciones. Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del CAD diversas señales analógicas desde las patitas del circuito integrado.

- **Convertor D/A (CDA)**

Transforma los datos digitales obtenidos del procesamiento del computador en su correspondiente señal analógica que saca al exterior por una de las patitas de la cápsula.

- **Comparador analógico**

Algunos modelos de microcontroladores disponen internamente de un Amplificador Operacional que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable que se aplica por una de las patitas de la cápsula. La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 ó 0 según una señal sea mayor o menor que la otra.

También hay modelos de microcontroladores con un módulo de tensión de referencia que proporciona diversas tensiones de referencia que se pueden aplicar en los comparadores.

- **Modulador de anchura de impulsos o PWM**

Son circuitos que proporcionan en su salida impulsos de anchura variable, que se ofrecen al exterior a través de las patitas del encapsulado.

- **Puertas de E/S digitales**

Todos los microcontroladores destinan algunas de sus patitas a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando Puertas.

Las líneas digitales de las Puertas pueden configurarse como Entrada o como Salida cargando un 1 ó un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

- **Puertas de comunicación**

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, buses de redes y poder adaptarlos con otros elementos bajo otras normas y protocolos.

Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan:

- UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.
- USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona
- Puerta paralela esclava para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores.
- USB (Universal Serial Bus), que es un moderno bus serie para los PC.
- Bus I2C, que es un interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips.
- CAN (Controller Área Network), para permitir la adaptación con redes de conexionado multiplexado desarrollado conjuntamente por Bosch e Intel para el cableado de dispositivos en automóviles.

Debido a que los microcontroladores sólo incluyen las características específicas para una tarea, su costo es relativamente bajo. Un microcontrolador típico realiza funciones de manipulación de instrucciones, posee E/S de accesos fáciles y directos, y un proceso de interrupciones rápido y eficiente. Además también reducen de manera notable los costes de diseño.

Hay gran variedad de microcontroladores. Dependiendo de la potencia y características que se necesiten, se pueden elegir microcontroladores de 4, 8, 16 ó 32 bits.

Además existen versiones especializadas que incluyen módulos especiales para comunicaciones, teclados, procesamiento de señales, procesamiento de video, y otras tareas.

5.3.4. LAS GAMAS DE LOS PIC.

Los PIC se clasifican en distintas gamas atendiendo a los recursos disponibles en cada uno de ellos. Las gamas son:

- **Gama Enana:** La principal característica es que son muy pequeños, con encapsulados de 8 pines, y un juego de 33 instrucciones de 12 bits.
- **Gama Baja:** Los encapsulados son de 18, 20 ó 28 pines. Al igual que en los anteriores el número de instrucciones es de 33 con un ancho de 12 bits.

La memoria de programa es de 512 palabras, 1K ó 2K, y la de datos está comprendida entre 25 y 73 bytes. No permite interrupciones.

- **Gama Media:** Es la gama más variada y completa de los PIC, con encapsulados desde 18 a 68 pines. Tiene un conjunto de 35 instrucciones de 14 bits de ancho. Permite además características importantes que no soportaban los anteriores como son:
 - Interrupciones.
 - Pila de 8 niveles que permite anidamiento de subrutinas.

Esta familia a su vez se puede dividir en subfamilias en función de los recursos de que se dispongan.

- **Gama Alta:** Tienen unas características muy diferentes a las anteriores, ya que son micro controladores de arquitectura abierta, es

decir, que sacan sus buses al exterior. El número de instrucciones es de 58 con una anchura de 16 bits. Tienen instrucciones sectorizadas.

- o **Gama Mejorada:** Es la última gama que ha salido. Tiene memoria de programa de hasta 1M palabras. La mayoría de las instrucciones son de 16 bits, aunque las hay también de 32 bits. El número total de instrucciones es de 76. Esta gama está diseñada para aplicaciones de control. Todos ellos tienen convertidores A/D y, por ejemplo, están en fase de desarrollo algunos modelos que tienen interface para el bus CAN⁵⁶ [47]

5.3.5. MICROCONTROLADOR PIC16F877A

Un microcontrolador PIC16F877A del fabricante Microchip; tiene importantes características de manejo de entradas y salidas que se pueden configurar de acuerdo al programador, además cuenta también con una gran capacidad de memoria y funciones específicas para programar.



⁵⁶ CAN. Es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma alemana Robert Bosch GmbH, basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en ambientes distribuidos

[47] <http://www2.ing.puc.cl/~iee3912/files/pic.pdf>

Funcionamiento estructura RISC CPU

- Velocidad de operación: 4 MHz, 200 ns⁵⁷ ciclo de instrucción.
- Voltaje de operación: 4.0 – 5.5V.
- Rango de temperatura industrial: -400-850 C.
- 15 Fuentes de interrupción.
- 35 palabras de instrucción.
- Todas las instrucciones requieren de un ciclo excepto los brincos (dos ciclos).

Características especiales del microcontrolador

- Memoria no volátil: 14.3 Kbytes. (8192 palabras)
- Memoria de datos SRAM: 368 bytes.
- Memoria de datos EEPROM: 256 bytes.
- Autoprogramable por control de software.
- Programación serial por medio de dos vías.
- Perro guardián (watchdog timer) con oscilador RC.
- Código de protección programable.
- Modo dormido para ahorro de energía.
- Opciones de oscilación variable.

Características dispositivos periféricos

- 33 I/O pines; 5 I/O puertos.
- Temporizador0: 8 bit temporizador/contador con 8 bits de pre escala.
- Temporizador1: 16 bit temporizador/contador con pre escala.
- Timer2: 8 bit temporizador/contador con 8 bits del registro periódico, pre escala y post escala.
- Módulos Comparador y PWM.
- Puerto serial síncrono con 2 modos.
 - SPI Master.
 - I2C Master and Slave.
- USART/SCI con 9 bits de direccionamiento para la detección.
- Puerto paralelo esclavo (PSP).

⁵⁷ ns. Un nanosegundo es la milmillonésima parte de un segundo, 10⁻⁹.

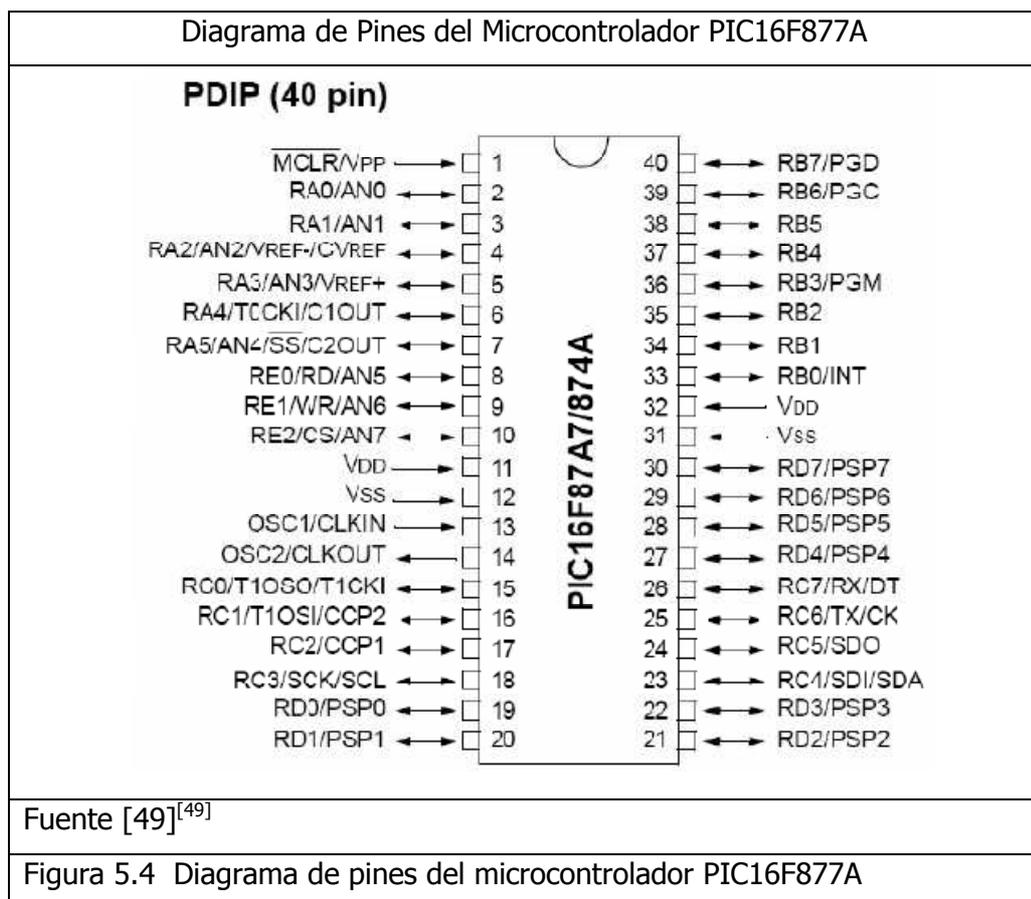
- o 8 bits amplios con externo RD, WR y CS control.

Características Analógicas

- o 10 bit, 8 canales conversión A/D.
- o Desconexión parcial por medio de reset.
- o Modulo comparador analógico.^[48]

5.3.5.1. DIAGRAMA DE PINES DEL PIC16F877A

El microcontrolador PIC16F877A al igual que los otros microcontroladores, viene en diferentes empaquetaduras. La figura nos muestra el diagrama de pines y el tipo de empaquetadura de nuestro microcontrolador.



^[48] http://energyconcepts.tripod.com/energyconcepts/stack_emmissions.htm

^[49] <http://www.monografias.com/trabajos18/descripcion-pic/descripcion-pic.shtml>

5.4. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES.

Uno de los factores que más importancia tiene a la hora de seleccionar un microcontrolador entre todos los demás es el soporte tanto software como hardware de que dispone. Un buen conjunto de herramientas de desarrollo puede ser decisivo en la elección, ya que pueden suponer una ayuda inestimable en el desarrollo del proyecto.

Las principales herramientas de ayuda al desarrollo de sistemas basados en microcontroladores son:

5.4.1. DESARROLLO DEL SOFTWARE

Ensamblador. La programación en lenguaje ensamblador puede resultar un tanto ardua para el principiante, pero permite desarrollar programas muy eficientes, ya que otorga al programador el dominio absoluto del sistema. Los fabricantes suelen proporcionar el programa ensamblador de forma gratuita y en cualquier caso siempre se puede encontrar una versión gratuita para los microcontroladores más populares.

Compilador. La programación en un lenguaje de alto nivel (como el C) permite disminuir el tiempo de desarrollo de un producto. No obstante, si no se programa con cuidado, el código resultante puede ser mucho más ineficiente que el programado en ensamblador. Las versiones más potentes suelen ser muy caras, aunque para los microcontroladores más populares pueden encontrarse versiones demo limitadas e incluso compiladores gratuitos.

Depuración: debido a que los microcontroladores van a controlar dispositivos físicos, los desarrolladores necesitan herramientas que les permitan comprobar el buen funcionamiento del microcontrolador cuando es conectado al resto de circuitos.

Simulador. Son capaces de ejecutar en un PC programas realizados para el microcontrolador. Los simuladores permiten tener un control absoluto sobre

la ejecución de un programa, siendo ideales para la depuración de los mismos. Su gran inconveniente es que es difícil simular la entrada y salida de datos del microcontrolador.

Tampoco cuentan con los posibles ruidos en las entradas, pero, al menos, permiten el paso físico de la implementación de un modo más seguro y menos costoso, puesto que ahorraremos en grabaciones de chips para la prueba.

Placas de evaluación. Se trata de pequeños sistemas con un microcontrolador ya montado y que suelen conectarse a un PC desde el que se cargan los programas que se ejecutan en el microcontrolador. Las placas suelen incluir visualizadores LCD⁵⁸, teclados, LEDs⁵⁹, fácil acceso a los pines de E/S, etc. El sistema operativo de la placa recibe el nombre de programa monitor. El programa monitor de algunas placas de evaluación, aparte de permitir cargar programas y datos en la memoria del microcontrolador, puede permitir en cualquier momento realizar ejecución paso a paso, monitorizar el estado del microcontrolador o modificar los valores almacenados los registros o en la memoria.

Emuladores en circuito. Se trata de un instrumento que se coloca entre el PC anfitrión y el zócalo de la tarjeta de circuito impreso donde se alojará el microcontrolador definitivo. El programa es ejecutado desde el PC, pero para la tarjeta de aplicación es como si lo hiciese el mismo microcontrolador que luego irá en el zócalo. Presenta en pantalla toda la información tal y como luego sucederá cuando se coloque la cápsula.^[50]

⁵⁸ LCD. Pantalla de cristal líquido (acrónimo del inglés Liquid crystal display) es una pantalla delgada y plana.

⁵⁹ LEDs. Siglas en inglés de Light-Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz)

^[50] <http://www2.ing.puc.cl/~iee3912/files/pic.pdf>

5.5. CONSIDERACIONES

Ha sido tanto el avance en el sector de tecnologías de la información y la comunicación que hoy en día nos vemos beneficiados en ello, teniendo la posibilidad de escoger dispositivos que se adapten a nuestras necesidades y a los requerimientos planteados para la elaboración o la puesta en marcha de proyectos de automatización, o para el manejo adecuado y eficiente de datos.

Son dispositivos que hoy en día tienen amplio campo de acción y que de una u otra forma representan gran parte del desarrollo tecnológico que se viene dando. Cada uno de ellos posee un sector de aplicación distinto en donde cada uno establece algunos requerimientos de trabajo a si como también poseen especificaciones para su manejo dependiendo de las aplicaciones en las cuales se van a utilizar.

Se debe tener en cuenta el **RS-485** (Estándar EIA-485) que es un protocolo de comunicaciones, el cual se define como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, el mismo que es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbps hasta 10 metros y 100 Kbps en 1.200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1.200 metros operando entre 300 y 19200 bps y la comunicación half-duplex (semiduplex). Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilizaciones. Este resulta en mayor inmunidad al ruido y mayores distancias en comparación con el RS-232. A mayor inmunidad al ruido y distancia, mayores las ventajas en aplicaciones industriales.