

## TEORIA Y APLICACIÓN DE LA INFORMATICA2

---

### MicroControladores PIC16CXX

---

#### ● Que es un Microcontrolador?



Un Microcontrolador es un circuito integrado o mas comunmente llamado chip, que cumple las funciones de cerebro de cualquier aplicación, que puede ser desde encender un

led hasta telecontrol y es responsable de la buena funcionalidad del circuito que gobierna. Como todo cerebro, este chip tiene que procesar alguna información que tiene en su memoria y de esta manera decidir que hacer. A esta información que debe tener el chip se le llama software o programa de aplicación. Es responsabilidad nuestra enviar la adecuada información a este chip para que trabaje bien.

Puede ser visto externamente como un circuito integrado normal, pero internamente dispone de todos los dispositivos típicos de un sistema microprocesado.

Un microcontrolador es un circuito integrado que contiene toda la estructura (arquitectura) de un microcomputador, o sea CPU, RAM, ROM y circuitos de entrada y salida. Los resultados de tipo práctico, que pueden lograrse a partir de éstos elementos, son sorprendentes.

Algunos microcontroladores más especializados poseen además convertidores análogo digital, temporizadores, contadores y un sistema para permitir la comunicación serial.

Un controlador es un dispositivo electrónico encargado de, valga la redundancia, controlar uno o más procesos.

Por ejemplo, el controlador del aire acondicionado, recogerá la información de los sensores de temperatura, la procesará y actuará en consecuencia.

Al principio, los controladores estaban formados exclusivamente por componentes discretos. Más tarde, se emplearon procesadores rodeados de memorias, circuitos de E/S,... sobre una placa de circuito impreso (PCB).

Hace unos años, los sistemas de control se implementaban usando exclusivamente lógica de componentes, lo que hacía que fuesen dispositivos de gran tamaño y muy pesados. 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 fabricación de un controlador que integrase todos sus componentes en un sólo chip.

## Qué es un PIC?

Un PIC es un microcontrolador basado en memoria EPROM/FLASH desarrollado por Microchip Technology.

Los '**PIC**' 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* (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.

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. Aparecían con frecuencia en revistas de ocio, y 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).

## Introducción histórica

En 1965 GI formó una división de microelectrónica, destinada a generar las primeras arquitecturas viables de memoria EPROM y EEPROM. De forma complementaria GI Microelectronics Division fué también responsable de desarrollar una amplia variedad de funciones digitales y analógicas en las familias AY3-xxxx y AY5-xxxx.

GI también creó un microprocesador de 16 bit, denominado CP1600, a principios de los 70. Este fué un microprocesador razonable, pero no particularmente bueno manejando puertos de e/s. Para algunas aplicaciones muy específicas GI diseñó un Controlador de Interface Periférico (PIC) entorno a 1975. Fué diseñado para ser muy rápido, además de ser un controlador de e/s para una máquina de 16 bits pero sin necesitar una gran cantidad de funcionalidades, por lo que su lista de instrucciones fué pequeño.

No es de extrañar que la estructura diseñada en 1975 es, sustancialmente, la arquitectura del actual PIC16C5x. Además, la versión de 1975 fué fabricada con tecnología NMOS y sólo estaba disponible en versiones de ROM de máscara, pero seguía siendo un buen pequeño microcontrolador. El mercado, no obstante, no pensó así y el PIC quedó reducido a ser empleado por grandes fabricantes únicamente.

Durante los 80, GI renovó su apariencia y se reestructuró, centrando su trabajo en sus principales actividades, semiconductores de potencia esencialmente, lo cual siguen haciendo actualmente con bastante éxito. GI Microelectronics Division cambió a GI Microelectronics Inc (una especie de subsidiaria), la cual fué finalmente vendida en 1985 a Venture Capital Investors, incluyendo la fábrica en Chandler, Arizona. La gente de Ventura realizó una profunda revisión de los productos en la compañía, desechando la mayoría de los componentes AY3, AY5 y otra serie de cosas, dejando sólo el negocio de los PIC y de las memorias EEPROM y EPROM. Se tomó la decisión de comenzar una nueva compañía, denominada Arizona Microchip Technology, tomando como elemento diferenciador sus controladores integrados.

Como parte de esta estrategia, la familia NMOS PIC165x fué rediseñada para emplear algo que la misma compañía fabricaba bastante bien, memoria EPROM. De esta forma nació el concepto de basarse en tecnología CMOS, OTP y memoria de programación EPROM, naciendo la familia PIC16C5x.

Actualmente Microchip ha realizado un gran número de mejoras a la arquitectura original, adaptándola a las actuales tecnologías y al bajo costo de los semiconductores.

El PIC original se diseñó para ser usado con la nueva UCP de 16 bits CP16000. Siendo en general una buena UCP, ésta tenía malas prestaciones de E/S, y el PIC de 8 bits se desarrolló en 1975 para mejorar el rendimiento del sistema quitando peso de E/S a la UCP. El PIC utilizaba microcódigo simple almacenado en ROM para realizar estas tareas; y aunque el término no se usaba por aquel entonces, se trata de un diseño RISC que ejecuta una instrucción cada 4 ciclos del oscilador.

En 1980 aproximadamente, los fabricantes de circuitos integrados iniciaron la difusión de un nuevo circuito para control, medición e instrumentación al que llamaron microcomputador en un sólo chip o de manera más exacta MICROCONTROLADOR.

En 1985, dicha división de microelectrónica de General Instruments se convirtió en una filial y el nuevo propietario canceló casi todos los desarrollos, que para esas fechas la mayoría estaban obsoletos. El PIC, sin embargo, se mejoró con EPROM para conseguir un controlador de canal programable. Hoy en día multitud de PICs vienen con varios periféricos incluidos (módulos de comunicación serie, UARTs, núcleos de control de motores, etc.) y con memoria de programa desde 512 a 32.000 palabras (una *palabra* corresponde a una instrucción en ensamblador, y puede ser 12, 14 o 16 bits, dependiendo de la familia específica de PICmicro).



## Arquitectura interna de un microcontrolador

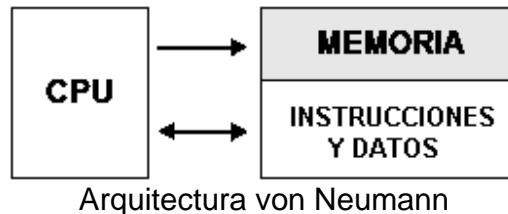
Como ya hemos visto, un microcontrolador es un dispositivo complejo, formado por otros más sencillos. A continuación se analizan los más importantes.

### Procesador

Es la parte encargada del procesamiento de las instrucciones. Debido a la necesidad de conseguir elevados rendimientos en este proceso, se ha

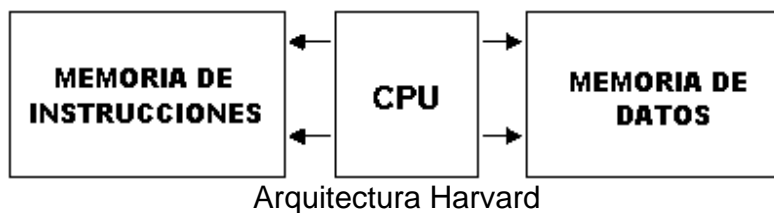
desembocado en el empleo generalizado de procesadores de arquitectura Harvard frente a los tradicionales que seguían la arquitectura de von Neumann.

Esta última se caracterizaba porque la CPU se conectaba con una memoria única, donde coexistían datos e instrucciones, a través de un sistema de buses.



### -Arquitectura Harvard

En la arquitectura Harvard son independientes la memoria de instrucciones y la memoria de datos y cada una dispone de su propio sistema de buses para el acceso. Esta dualidad, además de propiciar el paralelismo, permite la adecuación del tamaño de las palabras y los buses a los requerimientos específicos de las instrucciones y de los datos.



El procesador de los modernos microcontroladores responde a la arquitectura RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido), que se identifica por poseer un repertorio de instrucciones máquina pequeño y simple, de forma que la mayor parte de las instrucciones se ejecutan en un ciclo de instrucción.

Otra aportación frecuente que aumenta el rendimiento del computador es el fomento del paralelismo implícito, que consiste en la segmentación del procesador (pipe-line), descomponiéndolo en etapas para poder procesar una instrucción diferente en cada una de ellas y trabajar con varias a la vez.

Entonces podemos decir que estructura interna de los PIC 16C5XX se basa en registros con memoria y buses separados para las instrucciones y los datos, llamada arquitectura Harvard. La memoria y el bus de datos (RAM) son de 8 bits de ancho, mientras que la memoria EPROM y su bus tienen 12 bits.

Esta estructura emplea 2 espacios de memoria diferentes, uno para datos y otro para programas y además se utilizan 2 buses distintos: uno para el tráfico entre la CPU y los datos y otro para la comunicación entre la memoria de programa y la CPU. Esto permite que, mientras una instrucción se ejecuta utilizando el bus de datos (8 bits). La siguiente se está leyendo desde la memoria de programa y cargándose en el registro de instrucción utilizando el bus de instrucciones de 12 bits.

### Las principales características de los PIC son:

- 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.**

### Las gamas de los PIC

La forma de designación de los PIC en general obedece a la siguiente estructura:

PIC nn LLL xxx

Siendo :

nn – un número propio de la gama del PIC.

LLL – código de letras donde la primera indica la tensión de alimentación y las otras dos el tipo de memoria que utiliza. En la tabla 1.1 se puede ver las distintas opciones que se pueden dar.

### Tipos de PIC

Existen diversas familias de PIC, las cuales se amplian constantemente, pero las más básicas son:

PIC16C5x: instrucciones de 12 bit, 33 instrucciones, 2 niveles de acumulador, sin interrupciones. En algunos casos la memoria es del tipo ROM, definida en fábrica.

PIC16Cxx: instrucciones de 14 bit, 35 instrucciones, 8 niveles de acumulador. El PIC16C84 posee memoria EEPROM.

PIC17Cxx: instrucciones de 16 bit, 55 instrucciones, 16 niveles de acumulador. A menos que se indique, la memoria es del tipo EPROM.

Adicionalmente existen otras familias derivadas, como los PIC16Fxx que emplean memoria del tipo FLASH.

Actualmente, los controladores integran todos los dispositivos antes mencionados en un pequeño chip. Esto es lo que hoy conocemos con el nombre de microcontrolador.

## Diferencia entre microcontrolador y microprocesador

Es muy habitual confundir los términos de microcontrolador y microprocesador, cayendo así en un error de cierta magnitud. Un microcontrolador es, como ya se ha comentado previamente, un sistema completo, con unas prestaciones limitadas que no pueden modificarse y que puede llevar a cabo las tareas para las que ha sido programado de forma autónoma. Un microprocesador, en cambio, es simplemente un componente que conforma el microcontrolador, que lleva a cabo ciertas tareas que analizaremos más adelante y que, en conjunto con otros componentes, forman un microcontrolador.

A esto es a lo que se le conoce con el nombre de *microcontrolador*, un computador dentro de un sólo chip.

Las principales características que diferencian a un microcontrolador de un microprocesador son:

1. Son sistemas cerrados, ya que contiene todos los elementos de un computador en un solo chip, frente a los microprocesadores que son sistemas abiertos, ya que sacan las líneas de los buses de datos, direcciones y control al exterior, para la conexión de memorias, interfaces de E/S, etc.

2. Son de propósito específico, es decir, son programados para realizar una única tarea, mientras que los microprocesadores son de propósito general.

La historia de los microcontroladores surge 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.

Un microcontrolador, típicamente consta de:

- CPU o procesador.- Es el cerebro del sistema que procesa todos los datos que viajan a lo largo del bus.
- Memorias.- Está formada por una no volátil (ROM, EEPROM, FLASH) donde se almacenan los programas y una volátil (RAM) donde se almacenan los datos.
- Reloj principal.- Normalmente todos los microcontroladores tienen incorporados circuitos osciladores para el funcionamiento de éstos.
- Puertos E/S (Entrada/Salida).- Soportan las líneas que comunican al microcontrolador con los periféricos externos.
- Perro guardián o Watchdog.- Contador que resetea al microcontrolador cada vez que rebosa. Sirve para evitar fallos de funcionamiento, por lo que hay que inicializarlo periódicamente antes de que rebose.
- Protección ante fallo de alimentación o Brownout.- Circuito que resetea al microcontrolador cuando la tensión de alimentación baja de un cierto límite.
- Temporizadores.- Para controlar periodos de tiempo.
- Convertidores A/D y D/A. (Análogo/Digital y Digital/Analógico)
- Comparadores analógicos
- Moduladores de anchura de impulsos.
- Puertos de comunicación.- Tanto serie como paralelo.
- Control de interrupciones

Debido a que los microcontroladores sólo incluyen las características específicas para una tarea, su coste 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.

## Aplicaciones

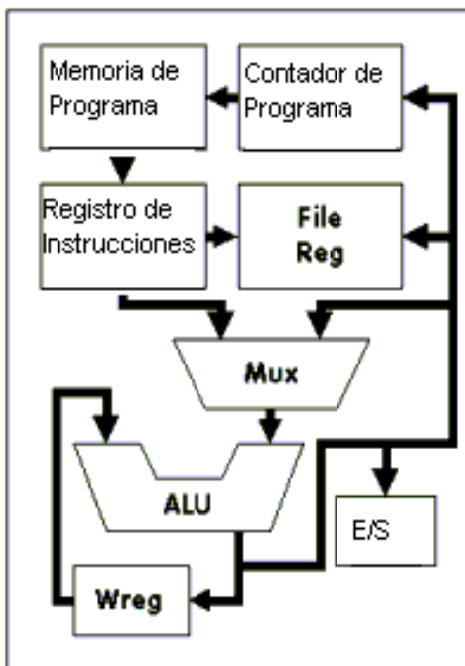
El mercado de los microcontroladores está creciendo cada año y parece no tener barreras. Los microcontroladores a menudo se encuentran en aplicaciones domésticas ( microondas, refrigeradores, televisión, equipos de música), ordenadores con sus componentes (impresoras, módems, lectores de discos), coches (ingeniería de control, diagnostico, control de climatización), control medioambiental (invernaderos, fabricas, casas), instrumentación, aeronáutica, y miles de usos más. En muchos podemos encontrar más de un microcontrolador. Los microcontroladores son muy usados en robótica, donde la comunicación entre controladores es una gran ventaja. Esto hace posible muchas tareas específicas al distribuir un gran número de microcontroladores por todo el sistema. La comunicación entre cada microcontrolador y uno central permitiría procesar la información por un ordenador central, o transmitirlo a otros microcontroladores del sistema.



Otro ejemplo de aplicación de los microcontroladores, es la de utilizarlos para monitorizar y grabar parámetros medioambientales (temperatura, humedad, precipitaciones, etc.). Pequeño tamaño, bajo consumo de potencia, y flexibilidad hacen de este dispositivo ideal para este tipo de aplicaciones.

Debe quedar clara por tanto la diferencia entre microcontrolador y microprocesador: a modo de resumen, el primero es un sistema autónomo e independiente, mientras que el segundo es una parte, cabe decir que esencial, que forma parte de un sistema mayor.

● **Por que pequeña computadora?**



A es este chip se le conoce también como microcomputadora, porque tiene todos los componentes y recursos necesarios para serlo, es decir:

- Una CPU (**C**entral **P**rocessor **U**nit o Unidad de Procesamiento Central) quien interpreta las instrucciones de programa.
- Una memoria PROM (**P**rogrammable **R**ead **O**nly **M**emory o Memoria Programable Solamente para Lectura) el cual memoriza permanentemente las instrucciones de programa. Otros modelos de microcontroladores tienen memoria de programa de tipo EEPROM y otros de tipo FLASH
- Una memoria RAM (**R**andom **A**ccess **M**emory o Memoria de Acceso Aleatorio) utilizada para memorizar las variables utilizadas para el programa.
- Una serie de LINEAS de E/S para controlar dispositivos externos o recibir pulsos de sensores, switches, etc.
- Una serie de dispositivos auxiliares para su funcionamiento, como puede ser generador de clock, bus, contador, etc.

El tener todos estos recursos en un solo chip hace ventajoso el uso de este dispositivo ya que en poco tiempo y con pocos componentes podemos hacer lo que sería trabajoso hacer con circuitos tradicionales.

Existen cientos de fabricantes de micro controladores, entre los que más destacan son:

- ATMEL
- INTEL
- MOTOROLA
- MICROCHIP

Existen diferentes modelos de PIC; el uso de uno o de otro depende la exigencias del proyecto diferenciándose por el número de líneas de E/S y por los recursos que se ofrecen.

Una descripción detallada de cada tipo de PIC está disponible en el sitio web de la [Microchip Technology, Inc](http://www.microchip.com) donde podemos encontrar grandes y variadas cantidades de información técnicas, software de apoyo, ejemplos de aplicación y actualizaciones disponibles.

---

## **Microcontroladores PIC**

### **Memoria de programa, memoria de datos, E/S, recursos auxiliares, programación**

#### **Memoria de programa**

El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. Como éste siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente.

Existen algunos tipos de memoria adecuados para soportar estas funciones, de las cuales se citan las siguientes:

- **ROM** con máscara: se graba mediante el uso de máscaras. Sólo es recomendable para series muy grandes debido a su elevado coste.
- **EPROM**: se graba eléctricamente con un programador controlador por un PC. Disponen de una ventana en la parte superior para someterla a luz ultravioleta, lo que permite su borrado. Puede usarse en fase de diseño, aunque su coste unitario es elevado.
- **OTP**: su proceso de grabación es similar al anterior, pero éstas no pueden borrarse. Su bajo coste las hacen idóneas para productos finales.
- **EEPROM**: también se graba eléctricamente, pero su borrado es mucho más sencillo, ya que también es eléctrico. No se pueden conseguir grandes capacidades y su tiempo de escritura y su consumo es elevado.
- **FLASH**: se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que las EEPROM, pero que suelen disponer de mayor capacidad que estas últimas. Son recomendables aplicaciones en las que es necesario modificar el programa a lo largo de la vida del producto. Por sus mejores prestaciones, está sustituyendo a la memoria EEPROM para contener instrucciones. De esta forma **Microchip** comercializa dos microcontroladores prácticamente iguales que sólo se diferencian en que la memoria de programa de uno de ellos es tipo EEPROM y la del otro tipo Flash. Se trata del PIC16C84 y el PIC16F84, respectivamente.

### Memoria de datos

Los datos que manejan los programas varían continuamente, y esto exige que la memoria que los contiene debe ser de lectura y escritura, por lo que la memoria RAM estática (SRAM) es la más adecuada, aunque sea volátil.

Hay microcontroladores que disponen como memoria de datos una de lectura y escritura no volátil, del tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de la información, que está disponible al reiniciarse el programa. El PIC16F84 dispone de 64 bytes de memoria EEPROM para contener datos.

### Líneas de E/S

A excepción de dos patitas destinadas a recibir la alimentación, otras dos para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo, y una más para provocar el Reset, las restantes patitas de un microcontrolador sirven para soportar su comunicación con los periféricos externos que controla.

Las líneas de E/S que se adaptan con los periféricos manejan información en paralelo y se agrupan en conjuntos de ocho, que reciben el nombre de Puertas. Hay modelos con líneas que soportan la comunicación en serie; otros disponen de conjuntos de líneas que implementan puertas de comunicación para diversos protocolos, como el I2C, el USB, etc.

## Recursos auxiliares

Según las aplicaciones a las que orienta el fabricante cada modelo de microcontrolador, incorpora una diversidad de complementos que refuerzan la potencia y la flexibilidad del dispositivo. Entre los recursos más comunes se citan los siguientes:

- Circuito de reloj: se encarga de generar los impulsos que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema. - Temporizadores, orientados a controlar tiempos. - Perro Guardián o WatchDog: se emplea para provocar una reinicialización cuando el programa queda bloqueado. - Conversores AD y DA, para poder recibir y enviar señales analógicas. - Sistema de protección ante fallos de alimentación - Estados de reposos, gracias a los cuales el sistema queda congelado y el consumo de energía se reduce al mínimo.

## Programación de microcontroladores

La utilización de los lenguajes más cercanos a la máquina (de bajo nivel) representan un considerable ahorro de código en la confección de los programas, lo que es muy importante dada la estricta limitación de la capacidad de la memoria de instrucciones. Los programas bien realizados en lenguaje Ensamblador optimizan el tamaño de la memoria que ocupan y su ejecución es muy rápida.

Los lenguajes de alto nivel más empleados con microcontroladores son el C y el BASIC de los que existen varias empresas que comercializan versiones de compiladores e interpretes para diversas familias de microcontroladores. En el caso de los PIC es muy competitivo e interesante el compilador de C PCM de la empresa CCS y el PBASIC de microLab Engineerign, ambos comercializados en España por Mircosystems Engineering.

Hay versiones de interpretes de BASIC que permiten la ejecución del programa línea a línea, y en ocasiones, residen en la memoria del propio microcontrolador. Con ellos se puede escribir una parte del código, ejecutarlo y comprobar el resultado antes de proseguir.

## ¿Para qué sirve un PIC?

Un PIC, al ser un microcontrolador programable, puede llevar a cabo cualquier tarea para la cual haya sido programado.

No obstante, debemos ser conscientes de las limitaciones de cada PIC.

## Características

- Operan desde DC hasta 20 MHz
- Bajo consumo de potencia: 50  $\mu$ W a 32 KHz. y 6  $\mu$ W en modo de reposo, disipación máxima menor a 800 mW.
- Utiliza memorias EPROM y PROM internas
- Circuito de vigilancia (Watchdog) para recuperación por fallas de programa.
- Hasta 20 líneas de entrada y salida que permiten el manejo de corrientes considerables (25mA en "sumidero" y 20 mA en "fuente")
- Modo de operación para ahorro de potencia "sleep"
- Fusible para protección de código
- Convertidores análogo digital
- Temporizadores programables
- El conjunto de instrucciones está formado por 33 palabras
- 512-2k x 12 de memoria EPROM de programa
- 25-72 x 8 registros de propósito general (SRAM)
- Direccionamientos en modos directo, indirecto y relativo para datos e instrucciones.
- Stack o pila de 2 niveles
- 

## Dispositivos de la serie PIC16CXX

PIC EPROM RAM PUERTOS I/O

16C54 512x12 32x8 13

16C55 512x12 32x8 21

16C56 1Kx12 32x8 13

16C57 2kX12 80x8 21

Juego de instrucciones y entorno de programación

---

El PIC usa un juego de instrucciones tipo RISC, cuyo número puede variar desde 35 para PICs de gama baja a 70 para los de gama alta. Las instrucciones se clasifican entre las que realizan operaciones entre el acumulador y una constante, entre el acumulador y una posición de memoria, instrucciones de condicionamiento y de salto/retorno, implementación de interrupciones y una para pasar a modo de bajo consumo llamada *sleep*.

Microchip proporciona un entorno de desarrollo freeware llamado MPLAB que incluye un simulador software y un ensamblador. Otras empresas desarrollan compiladores C y BASIC. Microchip también vende compiladores para los PICs de gama alta ("C18" para la serie F18 y "C30" para los dsPICs) y se puede descargar una edición para estudiantes del C18 que inhabilita algunas opciones después de un tiempo de evaluación.

Para Pascal existe un compilador de código abierto, JAL, lo mismo que PicForth para el lenguaje Forth. GPUTILS es una colección de herramientas distribuidas bajo licencia GNU que incluye ensamblador y enlazador, y funciona en Linux, MacOS y Microsoft Windows. GPSIM es otra herramienta libre que permite simular diversos dispositivos hardware conectados al PIC.

## Programación del PIC

---

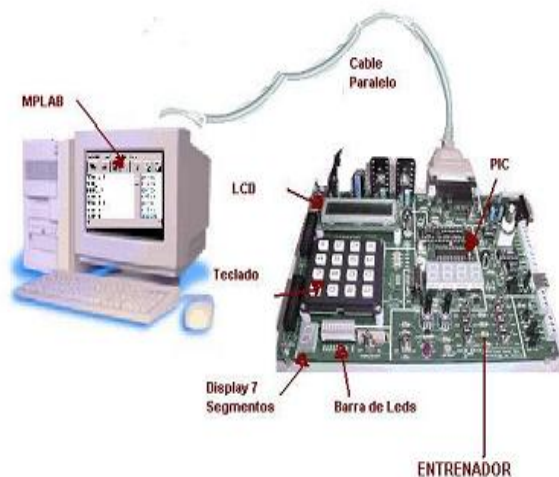
Para transferir el código de un ordenador al PIC normalmente se usa un dispositivo llamado programador. La mayoría de PICs que Microchip distribuye hoy en día incorporan ICSP (*In Circuit Serial Programming*, programación serie incorporada) o LVP (*Low Voltage Programming*, programación a bajo voltaje), lo que permite programar el PIC directamente en el circuito destino. Para la ICSP se usan los pines RB6 y RB7 como reloj y datos y el MCLR para activar el modo programación aplicando un voltaje de unos 11 voltios. Existen muchos programadores de PICs, desde los más simples que dejan al software los detalles de comunicaciones, a los más complejos, que pueden verificar el dispositivo a diversas tensiones de alimentación e implementan en hardware casi todas las funcionalidades. Muchos de estos programadores complejos incluyen ellos mismos PICs preprogramados como interfaz para enviar las órdenes al PIC que se desea programar. Uno de los programadores más simples es el TE20, que utiliza

la línea TX del puerto RS232 como alimentación y las líneas DTR y CTR para mandar o recibir datos cuando el microcontrolador está en modo programación. El software de programación puede ser el ICprog, muy común entre la gente que utiliza este tipo de microcontroladores.

Se pueden obtener directamente de Microchip muchos programadores/depuradores :

### Programadores

- PICStart Plus (puerto serie)
- Promate II (puerto serie)
- MPLAB PM3 (puerto serie y USB)
- ICD2 (puerto serie y USB)
- PICKit 1 (USB)
- IC-Prog 1.05
- WinPic 800 (puerto paralelo, serie y USB)



Además es posible armarse un programador de manera casera, en <http://microspics.blogspot.com> hay una lista con los más utilizados.

Este es un programador que utiliza el puerto USB, es freeware.

<http://www.freewebs.com/eclip-se/inicio.html>

### Depuradores integrados

- ICD2 (USB)

### Emuladores

- ICE2000 (puerto paralelo, convertidor a USB disponible)
- ICE4000 (USB)
- PIC EMU
- PIC CDlite

## Tamaño de palabra

---

El tamaño de palabra de los microcontroladores PIC es fuente de muchas confusiones. Todos los PICs (excepto los dsPIC) manejan datos en trozos de 8 bits, con lo que se deberían llamar microcontroladores de 8 bits. Pero a diferencia de la mayoría de UCPs, el PIC usa arquitectura Harvard, por lo que el tamaño de las instrucciones puede ser distinto del de la palabra de datos. De hecho, las diferentes familias de PICs usan tamaños de instrucción distintos, lo que hace difícil comparar el tamaño del código del PIC con el de otros microcontroladores. Por ejemplo, pongamos que un microcontrolador tiene 6144 bytes de memoria de programa: para un PIC de 12 bits esto significa 4096 palabras y para uno de 16 bits, 3072 palabras.

## Características de los PICs actuales

---

Los PICs actuales vienen con una amplia gama de mejoras hardware incorporadas:

- Núcleos de UCP de 8/16 bits con Arquitectura Harvard modificada
- Memoria Flash y ROM disponible desde 256 bytes a 256 kilobytes
- Puertos de E/S (típicamente 0 a 5,5 voltios)
- Temporizadores de 8/16 bits
- Tecnología Nanowatt para modos de control de energía
- Periféricos serie síncronos y asíncronos: USART, AUSART, EUSART
- Convertidores analógico/digital de 10-12 bits
- Comparadores de tensión
- Módulos de captura y comparación PWM
- Controladores LCD
- Periférico MSSP para comunicaciones I<sup>2</sup>C, SPI, y I<sup>2</sup>S
- Memoria EEPROM interna con duración de hasta un millón de ciclos de lectura/escritura
- Periféricos de control de motores
- Soporte de interfaz USB
- Soporte de controlador Ethernet



Soporte de controlador CAN

Soporte de controlador LIN

Soporte de controlador Irda

## Variaciones del PIC

---

### **PICs modernos**

Los viejos PICs con memoria PROM o EPROM se están renovando gradualmente por chips con memoria Flash. Así mismo, el juego de instrucciones original de 12 bits del PIC1650 y sus descendientes directos ha sido suplantado por juegos de instrucciones de 14 y 16 bits. Microchip todavía vende versiones PROM y EPROM de la mayoría de los PICs para soporte de aplicaciones antiguas o grandes pedidos.

Se pueden considerar tres grandes gamas de MCUs PIC en la actualidad: Los básicos (Linebase), los de medio rango (Mid Range) y los de alta performance (high performance). Los PIC18 son considerandos de alta performance y tienen entre sus miembros a PICs con módulos de comunicación y protocolos avanzados (USB, Ethernet, Zigbee por ejemplo).

### **Clones del PIC**

Por todos lados surgen compañías que ofrecen versiones del PIC más baratas o mejoradas. La mayoría suelen desaparecer rápidamente. Una de ellas que va perdurando es Ubicorn (antiguamente Scenix) que vende clones del PIC que funcionan mucho más rápido que el original. OpenCores tiene un núcleo del PIC16F84 escrito en Verilog.

### **PICs wireless**

El microcontrolador rPIC integra todas las prestaciones del PICmicro de Microchip con la capacidad de comunicación wireless UHF para aplicaciones RF de baja potencia. Estos dispositivos ofrecen un diseño muy comprimido para ajustarse a los cada vez más demandado requerimientos de miniaturización en aparatos electrónicos.

### **PICs para procesamiento de señal (dsPICs)**

Los dsPICs son el último lanzamiento de Microchip, comenzando a producirlos a gran escala a finales de 2004. Son los primeros PICs con bus de datos implementadas en hardware, como multiplicación con suma de acumulador (*multiply-accumulate*, o *MAC*), *barrel shifting*, *bit reversion* o multiplicación 16x16 bits.

#### PICs más comúnmente usados

---

PIC12C508/509 (encapsulamiento reducido de 8 pines, oscilador interno, popular en pequeños diseños como el iPod remote)

PIC16F84 (Considerado obsoleto, pero imposible de descartar y muy popular)

PIC16F84A (Buena actualización del anterior, algunas versiones funcionan a 20 MHz, compatible 1:1)

PIC12F629/675

PIC16F628

La familia PIC16F87X (los hermanos mayores del PIC16F84, con cantidad de mejoras incluidas en hardware. Bastante común en proyectos de aficionados)

PIC18F452

Los PICs han sido muy usados para romper los sistemas de seguridad de varios productos de consumo mayoritario (televisión de pago, Play Station...), lo que atrae la atención de los crackers; y segundo, el PIC16C84 fue uno de los primeros microcontroladores fácilmente reprogramables para aficionados.

---

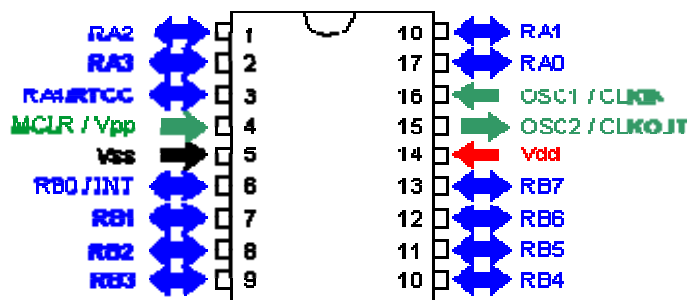
Pero también podemos enfocar el tema de internet a la posibilidad que se tiene de desarrollar con estos, Sistemas SCADA vía Web debido a que pueden adquirir y enviar datos al puerto serial de un computador utilizando transmisión UART y el protocolo RS232, o la posibilidad de implementar el protocolo TCP/IP directamente.

---

### ● Qué PIC usaremos?

Por ejemplo en el PIC (Peripheral Interface Controller) el modelo PIC16F84, la letra F hace referencia al tipo de memoria de programa, en este caso FLASH, si fuera PIC16C84, la letra C hace referencia al modelo con memoria de programa de tipo EEPROM

El PIC16F84 está dotado de 18 pines, 13 de los cuales son para E/S de datos, 2 para alimentación, 2 para clock y uno para reset. Luego explicaremos que significa cada término. Veamos una figura con la nomenclatura de sus respectivos pines:



Como se puede ver, el PIC16F84 está dotado de un total de **18 pines** dispuestos en dos hileras paralelas de 9 pines cada una. Los pines contrastados en **AZUL** representan las líneas de E/S (Entrada/Salida) disponibles para nuestra aplicación. Los pines en **ROJO** y el **NEGRO** son los pines de alimentación,

Y los de **VERDE** son reservados para el funcionamiento del PIC (MCLR para el reset y OSC1-2 para el clock).

## Investigación de un compañero

Algunos tipos de microcontroladores

### ALTAIR

ALTAIR es el nombre genérico de una familia de microcontroladores de propósito general compatibles con la familia 51. Todos ellos son programables directamente desde un equipo PC mediante un lenguaje macroensamblador, o bien mediante otros lenguajes disponibles para la familia 51 (BASIC, C,...)

Los microcontroladores ALTAIR disponen de un microprocesador de 8 bits 100% compatible a nivel de código, 256 bytes de memoria interna, 128 registros especiales de función, puertos de entrada/salida de propósito general, 111 instrucciones y posibilidad de direccionar 128 Kbytes.

Unos microcontroladores ALTAIR se diferencian de otros por el número de entradas salidas, periféricos (DAC, ADC, WATCHDOG, PWM, VELOCIDAD DE EJECUCION, ETC.). Por lo que la elección de un modelo dependerá de las necesidades.

### INTEL ( la familia 8051)

El 8051 es el primer microcontrolador de la familia introducida por la INTEL CORPORATION. Esta familia son controladores de 8 bits capaces de direccionar hasta 64 Kbytes de memoria de programa y una separada memoria de datos de 64 Kbytes. También están las familias 8031, 8032, que tienen 128 y 256 de de ram interna, y sin rom, y además de otras pocas características que las diferencian. Estas familias están diseñadas en base a la arquitectura HARVARD-

### SIEMENS

El Siemens SAB80C515 es un miembro mejorado de la familia 8051 de microcontroladores. El 80C515 es de tecnología CMOS que típicamente reduce los

requerimientos de energía comparado a los dispositivos noCMOS. Las características que tiene frente al 8051 son más puertos, un versátil convertidor analógico digital, un optimizado Timer2, un Watchdog timer, y modos de ahorro de energía sofisticados. El 80C515 tiene todas las SFRs del 8051, y de este modo puede correr cualquier programa escrito para el 8051 con excepción del uso de registro prioridad de interrupción IP.

## MOTOROLA

Los microcontroladores PIC de Microchip, combinan una alta calidad, bajo costo y excelente rendimiento. Un gran número de estos microcontroladores son usados en una gran cantidad de aplicaciones tan comunes como periféricos del ordenador, datos de entrada, automoción de datos, sistemas de seguridad y aplicaciones en el sector de telecomunicaciones.

## Enlaces externo

---

En español:

[TodoPIC, todo en microcontroladores PIC](#)

[Página de robótica chilena](#)

[Crea tu propio programador PIC](#)

[Hola Mundo con Pics](#)

[Lista de correo en español](#)

[Foro Todopic](#) la mayor comunidad de usuarios y programadores de microcontroladores PIC

[MicroPIC, todo en microcontroladores PIC en español](#)

[WikiPIC](#)

[uControl](#) Comunidad dedicada a los microcontroladores que trabaja bajo la filosofía de compartir información al estilo Wikipedia.

[Robots](#) Sitio de robótica con artículos de contenido técnico y didáctico

[NetAndTech](#) Programación de Pic's en entornos libres (GNU)

[Un recambio "generacional" para el PIC16F84A](#)

En inglés:

<http://microspics.blogspot.com> Lista con los programadores para realizar en forma casera mas conocidos.

<http://softwarepic.50webs.com/> Compiladores C, C++, Basic, pascal, etc para PIC (Gratis).

[Herramientas de Desarrollo de Microchip](#)

[Página con enlaces a los documentos originales del PIC1650](#)

[GPUTILS](#) Ensamblador y enlazador de código abierto

[GNUPIC](#) Página con muchos recursos de código abierto para desarrollo

[YaPIDE](#) Entorno de desarrollo y simulador para el PIC16F628 liberado bajo licencia GPL-2

[PicForth](#)

[Grupo de discusión sobre el PIC](#)

[SDCC](#) *Small Device C Compiler*, an Open Source compiler for microcontrollers, PIC 16x and 18x support is a WIP.

[Belle Research](#) Guía para de programación del PIC para principiantes

[Code Edit Pro](#) Editor muy configurable (software libre)

[PIC Portal with huge Project database](#) (en inglés).

[Fundamentos de PIC 16x84](#) Los principiantes dirigen para PIC 16x84 y electrónica.

<http://www.geocities.com/picmaniaco/>

[www.unicrom.com](http://www.unicrom.com)

<http://novella.mhhe.com>

[http://usuarios.lycos.es/charlytospage/microcontroladores\\_pic.htm](http://usuarios.lycos.es/charlytospage/microcontroladores_pic.htm)

<http://www.sagitron.es/index.html>

