

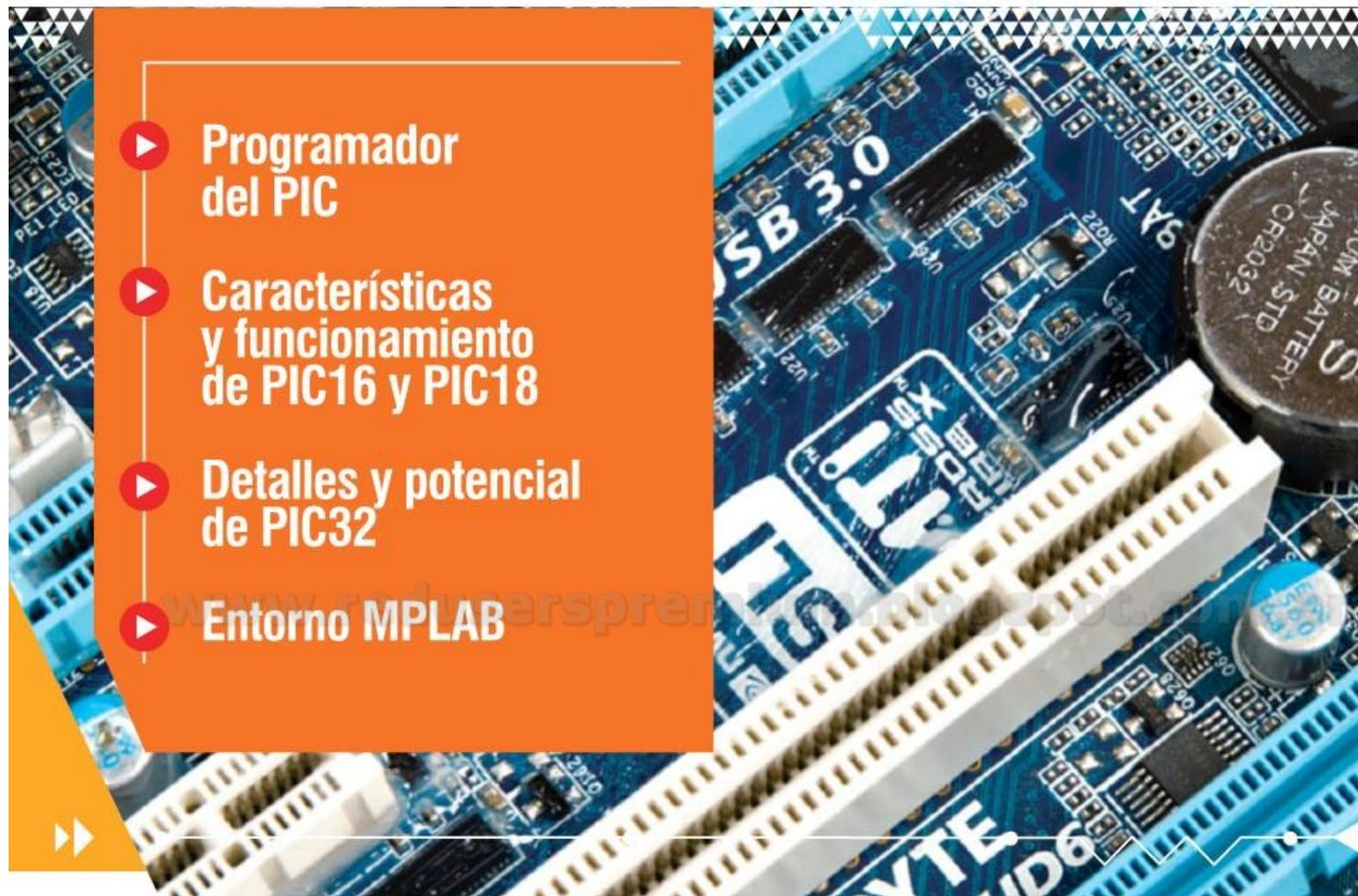
Argentina \$ 27.- // México \$ 54.-

TÉCNICO en **ELECTRÓNICA**

CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y PRÁCTICA PROFESIONAL

Microcontroladores **PIC**

- ▶ Programador del PIC
- ▶ Características y funcionamiento de PIC16 y PIC18
- ▶ Detalles y potencial de PIC32
- ▶ Entorno MPLAB



TÉCNICO en ELECTRÓNICA

CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y PRÁCTICA PROFESIONAL

www

Coordinación editorial

Paula Budris

Asesor técnico

Federico Pacheco

Nuestros expertos

Diego Aranda Mariano Rabioglio
Esteban Aredez Luciano Redolfi
Luis Ávila Juan Ignacio Retta
Alejandro Fernández Alfredo Rivamar
Agustín Liébana
Lucas Lucyk
Luis Francisco Macías
Mauricio Mendoza
Norberto Morel
Juan Novo
David Pacheco
Federico Pacheco
Gerardo Pedraza



Técnico en electrónica es una publicación de Fox Andina en coedición con Dálaga S.A. Esta publicación no puede ser reproducida ni en todo ni en parte, por ningún medio actual o futuro sin el permiso previo y por escrito de Fox Andina S.A. Distribuidores en Argentina: Capital: Vaccaro Sánchez y Cía. S.C., Moreno 794 piso 9 (1091), Ciudad de Buenos Aires, Tel. 5411-4342-4031/4032; Interior: Distribuidora Interplazas S.A. (DISA) Pte. Luis Sáenz Peña 1832 (C1135ABN), Buenos Aires, Tel. 5411-4305-0114. Bolivia: Agencia Moderna, General Acha E-0132, Casilla de correo 462, Cochabamba, Tel. 5914-422-1414. Chile: META S.A., Williams Rebolledo 1717 - Ñuñoa - Santiago, Tel. 562-620-1700. Colombia: Distribuidoras Unidas S.A., Carrera 71 Nro. 21 - 73, Bogotá D.C., Tel. 571-486-8000. Ecuador: Disandes (Distribuidora de los Andes) Calle 7º y Av. Agustín Freire, Guayaquil, Tel. 59342-271651. México: Distribuidora Intermex, S.A. de C.V., Lucio Blanco #435, Col. San Juan Tlhuaca, México D.F. (02400), Tel. 5255 52 30 95 43. Perú: Distribuidora Bolivariana S.A., Av. República de Panamá 3635 piso 2 San Isidro, Lima, Tel. 511 4412948 anexo 21. Uruguay: Espert S.R.L., Paraguay 1924, Montevideo, Tel. 5982-924-0766. Venezuela: Distribuidora Continental Bloque de Armas, Edificio Bloque de Armas Piso 9no., Av. San Martín, cruce con final Av. La Paz, Caracas, Tel. 58212-406-4250.

Impreso en Sevagraf S.A. Impreso en Argentina.
Copyright © Fox Andina S.A. VI, MMXIII.

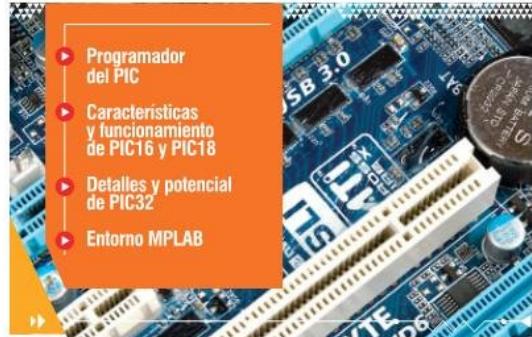
14

USERS

TÉCNICO en ELECTRÓNICA

CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y PRÁCTICA PROFESIONAL

Microcontroladores PIC



- ▶ Programador del PIC
- ▶ Características y funcionamiento de PIC16 y PIC18
- ▶ Detalles y potencial de PIC32
- ▶ Entorno MPLAB

Anónimo
Técnico en electrónica / Anónimo ; coordinado por Paula Budris. -
1a ed. - Buenos Aires : Fox Andina; Dalaga, 2013.
576 p. ; 27x19 cm. - (Users; 23)
ISBN 978-987-1949-14-4
1. Informática. I. Budris, Paula, coord. II. Título.
CDD 005.3

En esta clase veremos

EL MUY CONOCIDO PIC, UNA FAMILIA DE MICROCONTROLADORES TIPO RISC QUE REVOLUCIONÓ LA ELECTRÓNICA POR SU GRAN VERSATILIDAD Y MÚLTIPLES USOS PARA CONTROL DE PERIFÉRICOS Y OTRAS UTILIDADES.



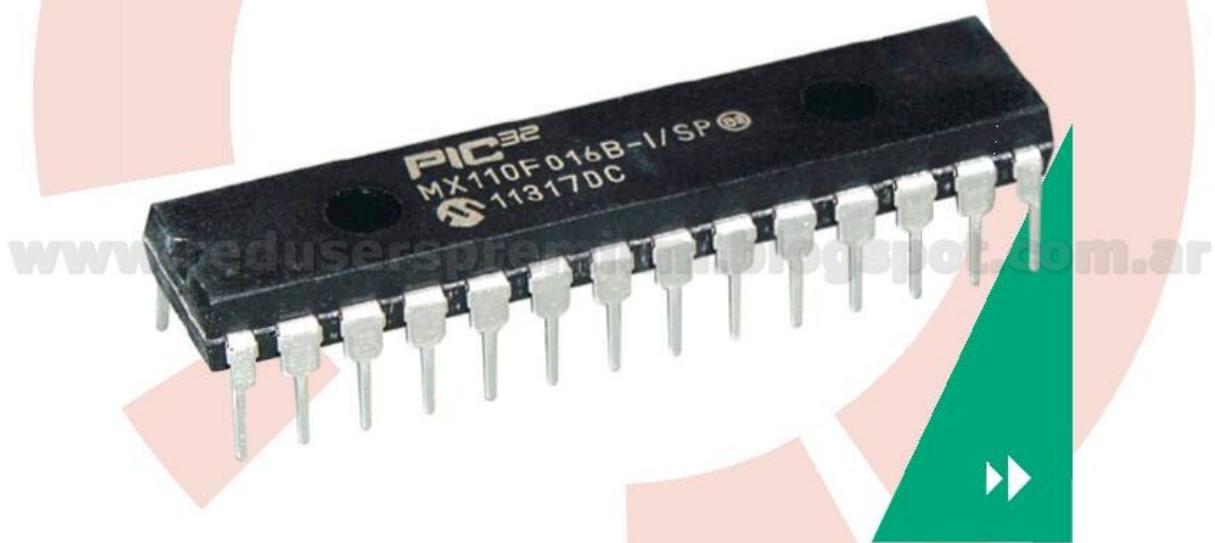
En esta clase, introduciremos el tema de los microcontroladores PIC. Comenzaremos viendo los inicios del PIC en la industria, y su evolución a lo largo de los años, así como también su arquitectura, set de instrucciones y usos comunes, con lo cual lograremos comprender cómo fue que llegó a ser tan popular entre los electrónicos.

Además de la arquitectura y las características generales del PIC, analizaremos en particular la familia PIC16, en la cual se basaron una gran cantidad de circuitos clásicos; luego PIC18, como evolución del anterior, y finalmente el más moderno de ellos, el PIC32, que se utiliza en nuestros días como estándar en la creación de circuitos programables, para los cuales es suficiente el uso de la arquitectura mencionada sin tener que pasar a microcontroladores más complejos.

Por último, estudiaremos el entorno MPLAB, que es el software que se utiliza como entorno para programación de los PIC; este incluye tanto un simulador, como un ensamblador, y se proporciona de manera gratuita (freeware). De modo tal que podamos poner en práctica el uso de la tecnología PIC, desarrollaremos un interruptor crepuscular al final de la clase.

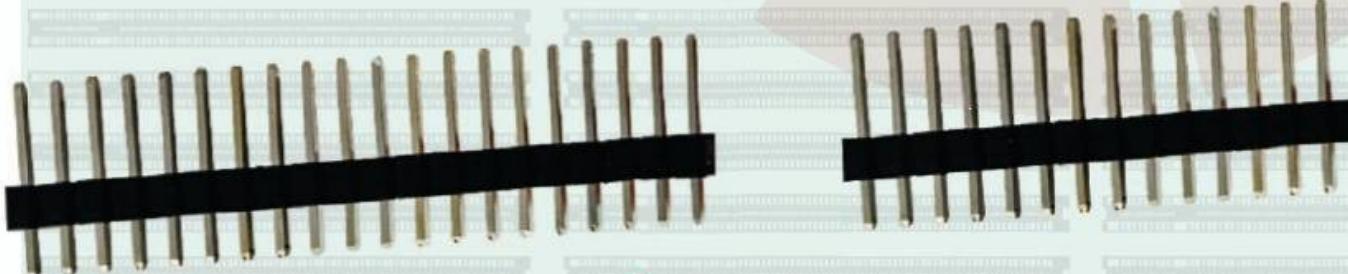
SUMARIO

- 02 EVOLUCIÓN DEL PIC
Origen, usos y funcionamiento del PIC.
- 10 PIC16 Y PIC 18
Características del PIC16 y del PIC 18.
- 18 PIC32
Descripción del PIC32 y entorno MPLAB.



2

► Clase 14 //



EVOLUCIÓN DEL PIC

LOS RESPONSABLES DE CONTROLAR MUCHOS DE LOS DISPOSITIVOS
Y APARATOS ELECTRÓNICOS QUE SE UTILIZAN COTIDIANAMENTE
EN LA ACTUALIDAD, SON UNOS PEQUEÑOS CHIPS LLAMADOS
MICROCONTROLADORES PIC.

www.electrodepot.com.ar



LOS PIC SON CIRCUITOS ELECTRÓNICOS COMPLETOS EN LOS CUALES TODOS SUS COMPONENTES SE ORGANIZAN SOBRE UNA PASTILLA DE SILICIO.



El nombre verdadero de este microcontrolador es **PICmicro** (*Peripheral Interface Controller*), conocido con el nombre **PIC**. Su primer antecesor fue creado en 1975 por la compañía **General Instruments**. Este chip, denominado PIC1650, fue diseñado para propósitos simples, como ser el control de sencillos periféricos de entrada y salida. Diez años más tarde, al añadir una memoria **EEPROM**, este circuito se convirtió en un verdadero microcontrolador PIC actual, debido a que permitía no solo controlar dispositivos externos, sino también la posibilidad de adaptarse y almacenar las instrucciones que el usuario establecía según sus necesidades y exigencias.

Estos microcontroladores (PIC) son circuitos electrónicos completos en los cuales todos sus componentes (CPU, diodos, etc.) se organizan sobre un chip o pastilla semiconductor de silicio muy pequeña que, luego, es encerrada en una cápsula plástica que contiene los pines de acceso para comunicarse con el mundo exterior. Además, poseen un juego de instrucciones reducido, promueven la simplicidad en sus diseños; son chips pequeños, con pocos pines y consumo de potencia muy bajo, lo cual lleva a que sean considerados y reconocidos como muy adecuados y populares a la hora de iniciarse en el mundo de los microcontroladores.

Pero su mejor calidad no se limita a esto último, sino a que poseen las siguientes características:

▼ **La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard.**

La importancia del empleo de la arquitectura Harvard en los microcontroladores PIC se manifiesta en la organización de la memoria del sistema, debido a que la memoria del programa, o instrucciones, es independiente de la de los datos, y tiene tamaños, longitudes de palabras y buses diferentes.

▼ **Se utiliza la técnica de segmentación (pipeline) en la ejecución de las instrucciones.**

La segmentación permite al procesador dividir la ejecución de las instrucciones en varias fases, para permitir atender instrucciones en cada fase, de manera simultánea. De esta forma, se puede ejecutar cada instrucción en un ciclo (en los PIC cada ciclo de instrucción son cuatro ciclos de reloj). Durante la fase de búsqueda, la dirección de la instrucción la proporciona la CPU, la cual normalmente se autoincrementa en la mayoría de las instrucciones, excepto en las de salto.

▼ **Poseen formato de instrucciones que presentan una misma longitud.**

Las instrucciones de los microcontroladores más sencillos tienen una longitud de palabra de 12 bits; los medianos tienen 14 bits, y los de mayor complejidad poseen más longitud. Esta característica es muy ventajosa en la optimización de la memoria de instrucciones, y facilita enormemente la construcción de ensambladores y compiladores.

▼ **Disponen de un Procesador RISC (computador de juego de instrucciones reducido).**

Son computadores de juego de instrucciones reducido, en los que el repertorio de instrucciones es muy reducido; las instrucciones son muy simples y suelen ejecutarse en un ciclo máquina. Además, los RISC deben tener una estructura pipeline y ejecutar todas las instrucciones a la misma velocidad.

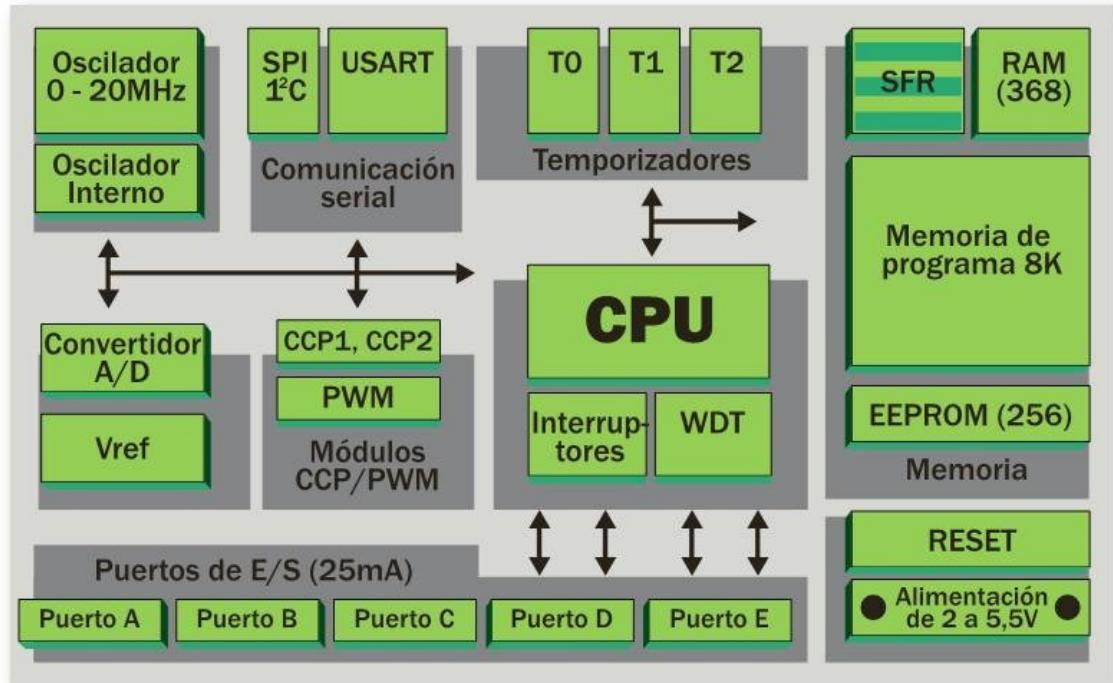
▼ **Todas las instrucciones son ortogonales.**

Cualquier instrucción puede manejar cualquier ele-



MICROCHIP

Empresa electrónica de Chandler, Arizona, EE. UU., fabricante de semiconductores a nivel mundial, entre los que se destacan las familias PIC® MCU de 8, 16 y 32 bits.



La imagen describe la estructura interna y la disposición de los componentes que anatómicamente constituyen un microcontrolador PIC.

mento de la arquitectura como fuente o como destino. En los PIC, el manejo del banco de registros, que participan activamente en la ejecución de las instrucciones, es muy interesante al ser ortogonales.

▼ Arquitectura basada en un banco de registros.

La arquitectura basada en banco de registros implica que todos los elementos del sistema, es decir, temporizadores, puertos de entrada/salida, posiciones de memoria, etc., están implementados físicamente como registros.

▼ Diversidad de modelos de microcontroladores.

La gran variedad de modelos de microcontroladores PIC permite que el usuario pueda seleccionar el más conveniente para su proyecto.

- El número de patillas de E/S varía de 4 a 70, esto dependerá del modelo.
- Casi todos disponen de una memoria EEPROM de 16 a 1024 bytes para almacenar datos y recuperarlos después de haber eliminado la alimentación.
- Las frecuencias más habituales de funcionamiento máximas, según el modelo, son 4 MHz y 10 MHz, llegando algunos a los 48 MHz.
- Además de las entradas/salidas digitales, temporizadores y contadores, según el modelo, podemos disponer de entradas/salidas analógicas (convertidores A/D, D/A), comparadores analógicos, amplificadores operacionales, puerto serie, I²C, USB.

- Según la versión de PIC, la pila o stack dispone de un cierto número de niveles lo que supone poder encadenar más o menos subrutinas.

- Los microcontroladores PIC más sencillos no admiten interrupciones, pero el resto, sí.

- Hay PIC en los que el temporizador TMR1 tiene un circuito oscilador que puede trabajar asíncronamente y que puede incrementarse aunque el microcontrolador se halle en el modo de reposo (sleep), permitiendo la implementación de un reloj en tiempo real.

- En algunos modelos, las líneas de E/S de uno o más puertos presentan una carga pull-up activada por software.

▼ Amplio margen de alimentación y corrientes de salida elevadas.

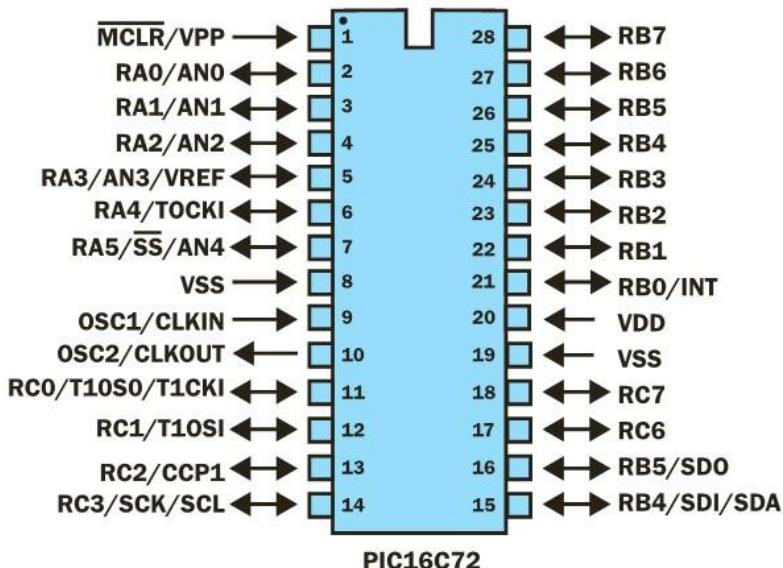
La tensión típica de los PIC es de 5v, pero, según de qué modelos se trate, se pueden alimentar con tensiones de 2 a 6,25 voltios, lo cual posibilita el funcionamiento mediante pilas corrientes importantes por su bajo consumo (menos de 2 mA a 5V y 4 MHz). Las líneas de E/S de los PIC pueden proporcionar o absorber una corriente de salida comprendida entre 20 y 25 mA, capaz de excitar directamente ciertos periféricos.

▼ Herramientas potentes y económicas.

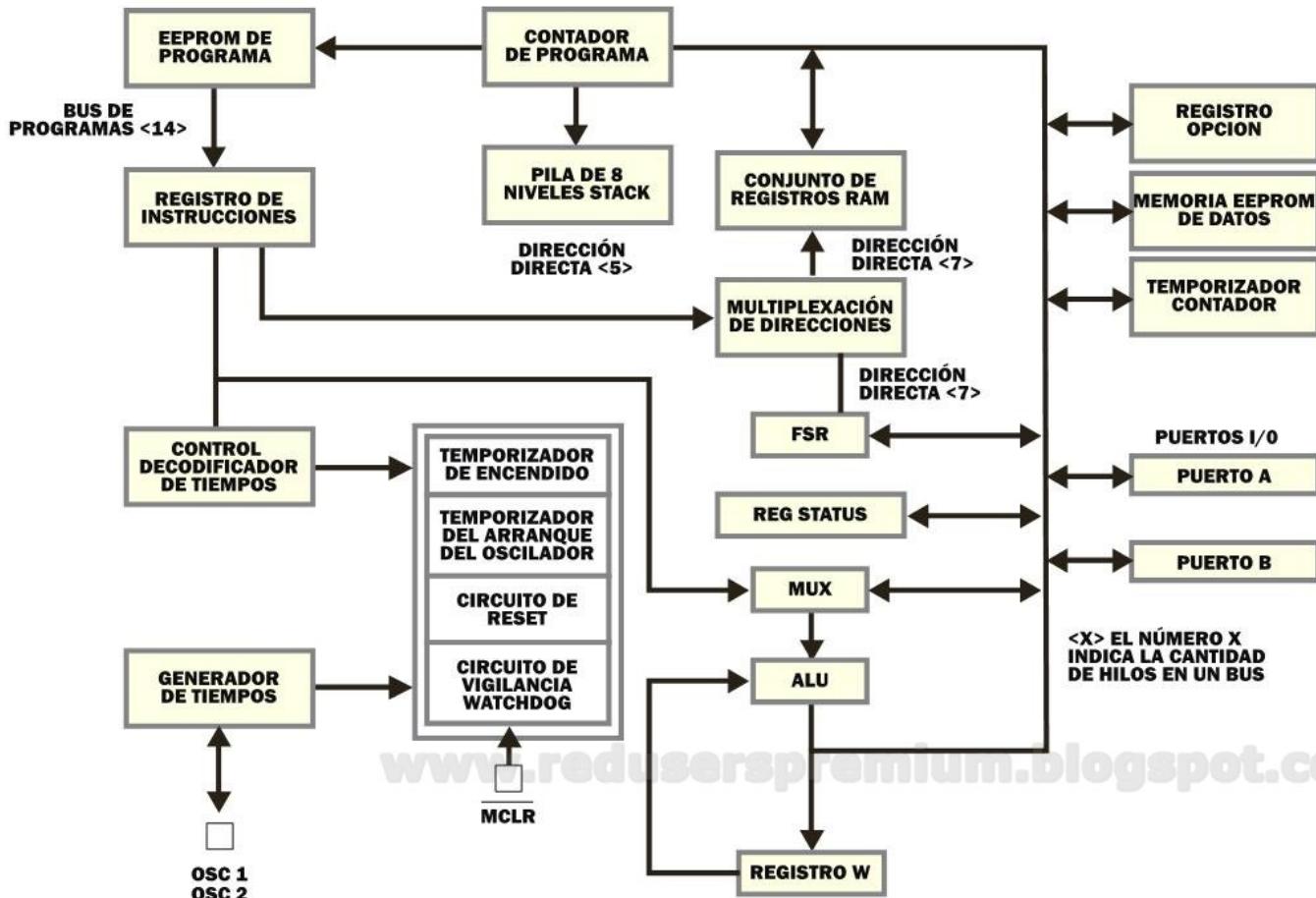
Con los PIC se dispone de gran diversidad de modelos y encapsulados, pudiendo seleccionar el que mejor se acople a

Tipos de PIC

Para resolver aplicaciones sencillas se precisan pocos recursos; en cambio, las aplicaciones grandes requieren numerosos y potentes elementos. Siguiendo esta filosofía, los fabricantes de microcontroladores PIC, tales como Microchip, Hitachi, Freescale, Intel, Atmel, etcétera, construyen diversos modelos de microcontroladores orientados a cubrir las necesidades de cada proyecto. Así, hay disponibles microcontroladores sencillos y baratos para atender las aplicaciones simples, y otros complejos y más costosos para las de mucha envergadura.



Pastillas y aspecto físico de un microcontrolador PIC recubierto con su cápsula plástica o de cerámica, que evidencia los pines de acceso para comunicarse con el exterior.



Grupo de microcontroladores PIC (8 patillas) bastante difundidos en el mercado por su reducido tamaño, bajo consumo y su gran repertorio de instrucciones en 12 y 14 bits.

6

Clase 14 //



las necesidades de acuerdo con el tipo y capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S y las funciones auxiliares precisas. Sin embargo, todas las versiones están construidas alrededor de una arquitectura común, un repertorio mínimo de instrucciones y un conjunto de opciones muy apreciadas, como el bajo consumo y el amplio margen del voltaje de alimentación.

La mayoría de los sistemas de control incrustados requieren CPU, memoria de datos, memoria de instrucciones, líneas de E/S y diversas funciones auxiliares, como temporizadores, comunicación serie y otras. La capacidad y el tipo de las memorias, el número de líneas de E/S y el de temporizadores, así como de los circuitos auxiliares, son parámetros que dependen exclusivamente de la aplicación y varían mucho de una situación a otra. Quizás se pueda considerar la decisión más importante del proyecto la elección del modelo de microcontrolador que se adapte de forma óptima a las necesidades de los usuarios.

La mejor manera de mantenerse informado sobre los PIC es mediante la página del fabricante; en ella se mantiene la información actualizada de todos los dispositivos en producción, se pueden buscar según varios criterios y se ofrecen en formato PDF (en inglés y chino) las hojas de características de los dispositivos. Aproximadamente, cada seis meses aparece un dispositivo nuevo.

Por otro lado, pueden tomarse diversas maneras de clasificar los PIC, y ninguna debe considerarse definitiva, debido a la rápida evolución de estos dispositivos. A continuación se presentan ejemplos de distintas formas de clasificar los PIC, según diversos aspectos.

▼ De acuerdo a la familia de productos:

- PIC10
- PIC12

- PIC14
- PIC16
- PIC17
- PIC18

▼ Según el tamaño de la memoria (bytes)

- 0.5K – 1 K
- 2K – 4 K
- 8K – 16 K
- 24K -32 K
- 48K – 64 K
- 96K – 128 K

▼ De acuerdo al número de patillas E/S:

- 4 - 17 patillas
- 18 - 27 patillas
- 28 - 44 patillas
- 45 - 80 patillas

En la clasificación por familias, las principales diferencias radican en el número de instrucciones y su longitud, y el número de puertos y funciones. Esto se refleja en el encapsulado, la complejidad interna y de programación, y también en el número de aplicaciones.

RASGOS DISTINTIVOS



De la misma forma que existe gran variedad de fabricantes de PIC, varios tipos de ellos, etc., en el mercado es posible encontrarlos en tamaños muy diminutos.

Los PIC son producidos por diferentes empresas, pero todos ellos responden a una regulación de normalización y deben poseer propiedades mínimas semejantes.

Pese a su gran variedad y a los tipos de fabricantes que los producen, los PIC se identifican por conservar los mismos recursos mínimos:

- ▼ **Sistema POR (POWER ON RESET):** todos los PIC tienen la facultad de generar un autoreset al conectarles la alimentación.
- ▼ **Perro guardián (Watchdog):** existe un temporizador que produce un reset automáticamente si no es recargado antes de que pase un tiempo determinado.
- ▼ **Código de protección:** en el momento de proceder a realizar la grabación del programa, permiten protegerse para evitar su lectura.
- ▼ **Modo de reposo (bajo consumo o SLEEP):** ejecutando una instrucción (SLEEP), la CPU y el oscilador principal se detienen y reducen el consumo.



PIC de 8 patillas

Se trata de un grupo de PIC bastante difundido en el mercado. Su principal característica es su reducido tamaño, ya que todos sus componentes disponen de 8 patillas. Se alimentan con un voltaje de corriente continua comprendido entre 2,5V y 5,5V, y consumen menos de 2 mA cuando trabajan a 5V y 4 MHz. El formato de sus instrucciones puede ser de 12 o de 14 bits, y su repertorio es de 33 o 35 instrucciones, respectivamente. En la siguiente figura, se muestra el diagrama de conexiónado de uno de estos PIC.

Aunque solo tienen 8 patillas, pueden destinarse hasta 6 como líneas de E/S para los periféricos porque disponen de un oscilador interno R-C, que constituye una de sus principales características.

Los modelos 12C5xx tienen instrucciones de 12 bits; mientras que los 12C6xx tienen instrucciones de 14 bits. Los modelos 12F6xx poseen memoria flash para el programa y EEPROM para los datos.

PIC16C(R)5X con instrucciones de 12 bits

Se trata de una serie de recursos limitados, pero con una buena relación coste/prestaciones. Disponen de 18, 20 o 28 patillas y pueden alimentarse a partir de una tensión de 2,5V, lo que los hace ideales en las aplicaciones que funcionan con pilas teniendo en cuenta su bajo consumo (menos de 2 mA a 5V y 4 MHz). Tienen un repertorio de 33 instrucciones cuyo formato consta de 12 bits. No admiten ningún tipo de interrupción, y la pila solo dispone de dos niveles. Poseen memoria de programa tipo OTP (16C5X) o ROM (16CR5X).

PIC16XXX con instrucciones de 14 bits

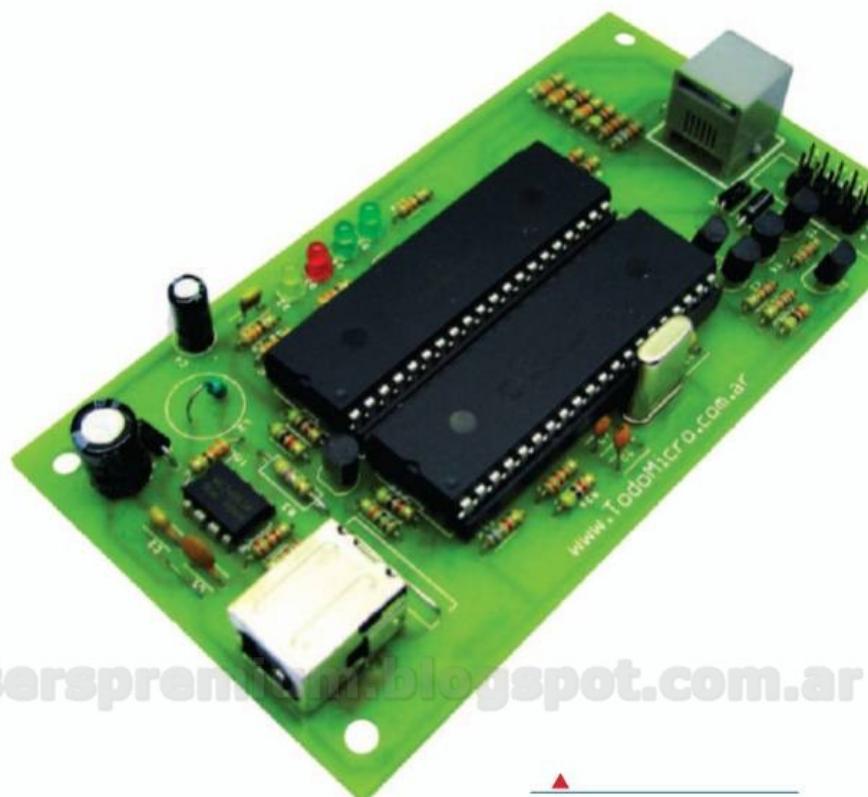
Es la gama más variada y completa de los PIC. Abarca modelos con encapsulado a partir de 18 patillas, y cubren varias opciones que integran abundantes periféricos. Dentro de esta gama se halla el conocido PIC16X84 y sus variantes. En la siguiente figura, se muestra el diagrama de conexiónado de uno de estos PIC.

En esta gama, sus componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseían los de gamas inferiores, haciendo los más adecuados en las aplicaciones complejas. Admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores. El repertorio de instrucciones es de 35, de 14 bits cada una y compatible con gamas inferiores. Sus distintos modelos contienen todos los recursos que se precisan en las aplicaciones de microcontroladores de 8 bits. También dispone de interrupciones y de una pila de 8

HAY DISPONIBLES
MICROCONTROLADORES
SENCILLOS Y BARATOS PARA
ATENDER LAS APLICACIONES
SIMPLES, Y OTROS COMPLEJOS
Y MÁS COSTOSOS PARA LAS
DE MUCHA ENVERGADURA.



niveles que permite el anidamiento de subrutinas. El temporizador TMR1 que hay en algunos PIC de esta gama tiene un circuito oscilador que puede trabajar asincrónamente y que puede incrementarse, aunque el microcontrolador se halle en el modo de reposo (sleep), posibilitando la implementación de un reloj en tiempo real.



Existe modelos de programador de PIC que son compactos, por lo tanto, su uso es más sencillo.



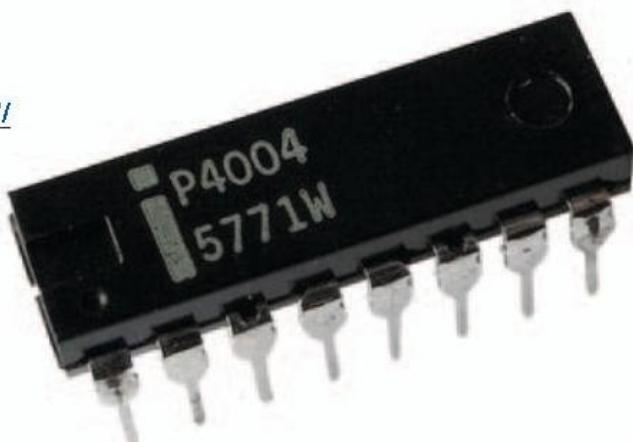


Imagen del primer microprocesador comercial de Intel, el 4004.

OTRA FORMA DE CLASIFICAR
LOS PIC ES DE ACUERDO AL
NÚMERO O GAMA DE PATILLAS
DE LAS CUALES ESTOS
DISPONEN PARA CONECTARSE
CON LOS PERIFÉRICOS.



PIC14000

Dentro de esta gama se encuentra el PIC14000, que soporta el diseño de controladores inteligentes para cargadores de baterías, pilas pequeñas, fuentes de alimentación ininterrumpibles, y cualquier sistema de adquisición y procesamiento de señales que requiera gestión de la energía de alimentación. Los PIC14000 admiten cualquier tecnología de las baterías como Li-Ion, NiMH, NiCd, Pb y Zinc.

PIC17CXXX con instrucciones de 16 bits

Se alcanzan las 58 instrucciones de 16 bits en el repertorio, y sus modelos disponen de un sistema de gestión de interrupciones vectorizadas muy potente. También incluyen variados controladores de periféricos, puertas de comunicación serie y paralelo con elementos externos, un multiplicador hardware de gran velocidad y mayores capacidades de memoria, que alcanza los 8 k palabras en la memoria de instrucciones y 454 bytes en la memoria de datos.

Quizás la característica más destacable de los componentes de esta gama es su arquitectura abierta, que consiste en la posibilidad de ampliación del microcontrolador con elementos externos.

Para este fin, las patillas sacan al exterior las líneas de los buses de datos, direcciones y control, a las que se conectan memorias o controladores de periféricos. Esta facultad obliga a estos componentes a tener un elevado número de patillas (40 y más).

Esta filosofía de construcción del sistema es la que se empleaba en los microprocesadores y no suele ser una práctica habitual cuando se emplean microcontroladores.

¿TE RESULTA ÚTIL?

Lo que estás leyendo es el fruto del trabajo de cientos de personas que ponen todo de sí para lograr un mejor producto. Utilizar versiones "pirata" desalienta la inversión y da lugar a publicaciones de menor calidad.

**NO ATENTES CONTRA LA LECTURA. NO ATENTES CONTRA TI.
COMPRA SÓLO PRODUCTOS ORIGINALES.**

Nuestras publicaciones se comercializan en kioscos o puestos de vendedores; librerías; locales cerrados; supermercados e internet (usershop.redusers.com). Si tienes alguna duda, comentario oquieres saber más, puedes contactarnos por medio de usershop@redusers.com





Este módulo de bajo voltaje incorpora en su electrónica, un microcontrolador PIC provisto de una memoria flash al igual que una memoria USB convencional.

El programador de PIC

La mayoría de estos disponen de un **zócalo de 18 pines**, el cual permite conectar tanto PIC como memorias EEPROM seriales, FLASH. El detalle para considerar en cuanto a la colocación de los PIC de 18 pines es que ocupen la totalidad del zócalo; en cambio, los PIC de 8 pines o menores se colocan ocupando la parte superior del zócalo. En tanto las memorias se ubican una hilera anterior al fin del zócalo (el pin 1 de la memoria debe coincidir con el 5 del zócalo).

El led, generalmente marcado como **Enc**, permite observar que el sistema se encuentra alimentado; mientras que el led marcado como **PIC** se enciende indicando que es seguro insertar o quitar un chip (PIC o memoria), y se apaga por instantes breves cuando una lectura o programación de un PIC está en curso. Mientras este último led esté apagado, no se debe quitar o insertar ningún integrado del zócalo.

El funcionamiento del circuito es muy simple: por lo general, los pines del puerto paralelo 2, 3, 5 y 10 permiten interconectar el circuito con la PC. El pin 2 es el encargado de traer los datos (desde la PC hacia el integrado). El pin 3 es el envío de los pulsos de reloj (desde la PC hacia el integrado). En tanto el pin 10 permite a la PC leer los datos desde el programador. El pin

¿LA PILA EN LOS PIC?

La pila en los PIC es una zona de memoria que se encuentra separada tanto de la memoria de programa como de la de datos. Tiene una estructura LIFO (**Last In First Out**), por lo que el último valor que se guarda es el primero que sale. La única manera de cargar la pila es a través de la instrucción CALL (llamada) o por una interrupción que hace que, con cada una de ellas, se cargue el contenido de la PC en el valor superior de la pila. Esta acción es necesaria realizarla, porque no se dispone de ningún flag (identificador o bandera) que indique un desbordamiento o agotamiento de la pila.

5, por último, es el encargado de controlar la tensión de programación necesaria para cuando queremos leer o escribir en un PIC.

Los microcontroladores PIC se programan utilizando el mismo protocolo que las memorias EEPROM seriales, por consiguiente, el programador debe servir tanto para PIC como para memorias.

Casi siempre, estos circuitos requieren como única alimentación 12V de corriente continua con una intensidad de 200 mA. Por ello, puede usarse cualquier fuente universal siempre que se respete la polaridad. De tener una fuente de más tensión no hay problema, se la puede utilizar sin inconvenientes. No es necesario que la fuente sea regulada.

PARA CONECTAR LOS PROGRAMADORES A LA PC, SE PUEDE UTILIZAR UN CONECTOR

HEMBRA CENTRONICS PARA CIRCUITO

IMPRESO, UN CONECTOR USB O UN CABLE

DIRECTO HACIA EL MACHO DB25.

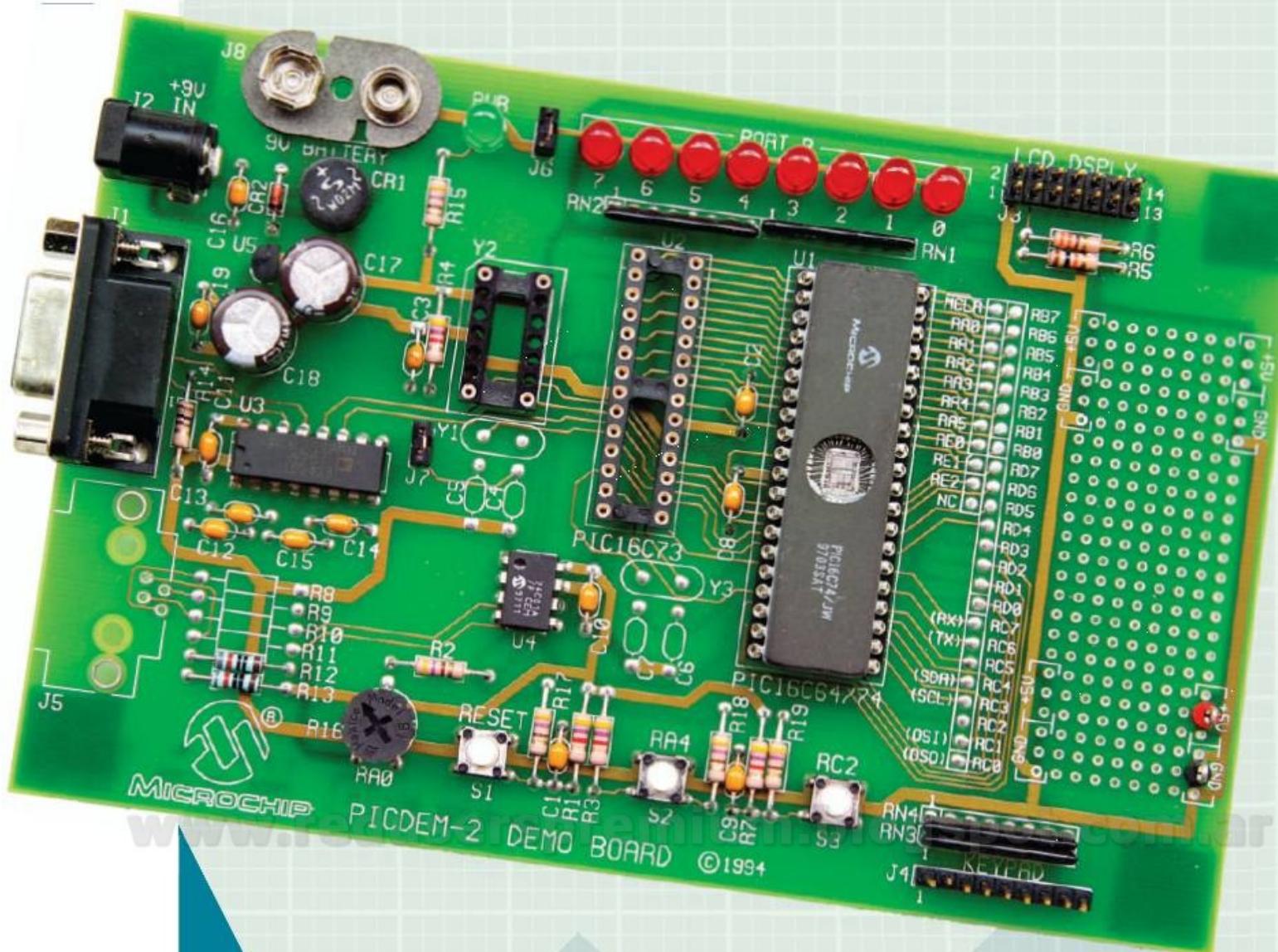


10

Clase 14 //

PIC16 Y PIC18

EN ESTE APARTADO CONOCEREMOS LAS CARACTERÍSTICAS
Y FUNCIONAMIENTO DEL PIC16, ASÍ COMO TAMBIÉN LAS VENTAJAS DEL PIC18.



E

I PIC16 es un microcontrolador de la familia Microchip. Se trata de un circuito integrado que incluye una CPU (unidad central de proceso), una memoria no volátil para contener un programa (ROM, PROM, EPROM o EEPROM), una memoria de lectura y escritura que guarda los datos (RAM, la cual es volátil), interfaces de entrada y salida, recursos auxiliares (circuitos de reloj, temporizadores, convertidores analógico a digital o viceversa, protección contra fallas de alimentación, entre otras).

Dentro de la gran diversidad de microcontroladores que existen, se pueden clasificar como: de 4, 8, 16 o 32 bits. Las prestaciones de los microcontroladores de 16 y 32 bits son superiores a las de los otros, sin embargo, la realidad demuestra que la clasificación de 8 bits es la que domina el mercado. La razón de esto reside en que la gran mayoría de aplicaciones de los microcontroladores hacen que los de 4 y 8 bits sean los más apropiados para el desarrollo de proyectos, mientras que los de 16 y 32 bits tienen prestaciones superiores a los requerimientos de las aplicaciones y, además, un precio superior, lo cual no es lo más conveniente a la hora de desarrollar un proyecto.

La mayoría de los microcontroladores fabricados se basan en la tecnología CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*).

Existen distintas marcas de microcontroladores en el mercado, sin embargo, son los de Microchip los que gozan de gran popularidad, debido a su facilidad de uso y sus prestaciones en cada uno de las diferentes gamas que ofrecen, entre algunas otras ventajas que se mencionan a continuación:

- ▼ Su manejo es sencillo.
- ▼ Hay excelente información sobre el dispositivo.
- ▼ El precio es accesible.
- ▼ Tienen buena velocidad, consumo, tamaño, alimentación, y su conjunto de instrucciones es reducido.
- ▼ Las herramientas de desarrollo son sencillas de manejar.
- ▼ La disponibilidad es inmediata.
- ▼ Poseen compatibilidad de software en todos los modelos de la misma gama.
- ▼ Hay una gama amplia de voltajes.
- ▼ Existe gran variedad de software libre.

EN UNA INTERRUPCIÓN

ENMASCARABLE, EL BIT DE HABILITACIÓN DEBE ESTAR ACTIVADO. LAS NO ENMASCARABLES OCURREN INMEDIATAMENTE.



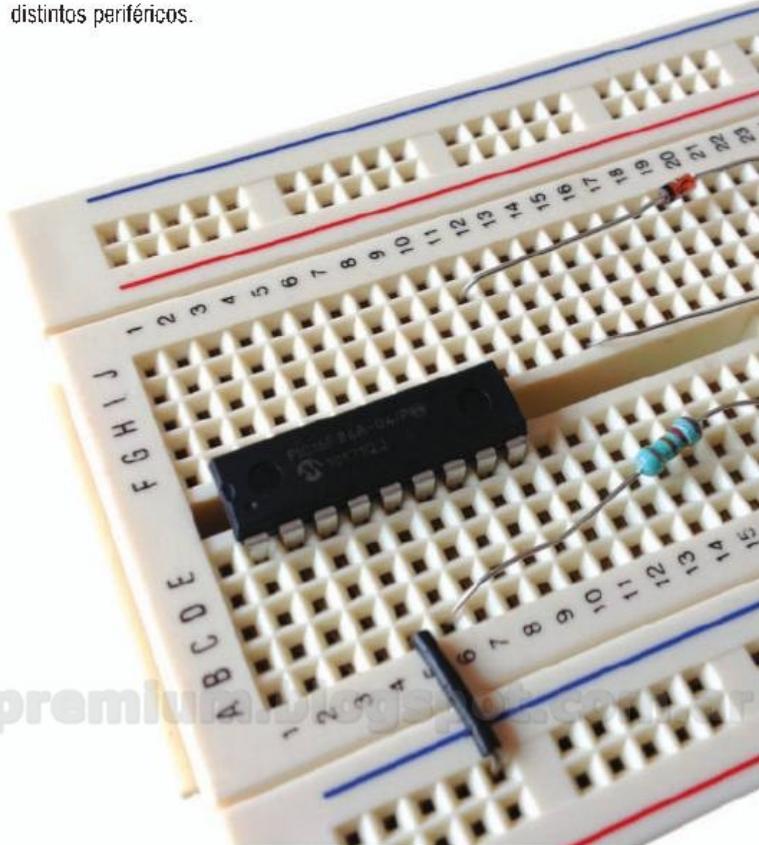
11

// Clase 14 ▶



Todas estas características son las que han llevado a Microchip a ocupar el segundo lugar en ventas de microcontroladores, compitiendo con Intel y Motorola.

Los microcontroladores PIC16 se encuentran situados dentro de la gama media. Esta gama es la más variada y completa de los PIC, la cual abarca modelos con encapsulado que van desde 18 pines hasta 68 pines, cubriendo varias opciones que integran distintos periféricos.



Debido a la composición del material de los microcontroladores con tecnología CMOS, estos son sensibles a la electricidad estática.



12

Clase 14 //



La gama media se puede clasificar en:

- ▼ Gama media estándar (PIC16C55X).
- ▼ Gama media comparador analógico (PIC16C62X/64X/66X).
- ▼ Gama media con módulo de captura (CPP), modulación de ancho de pulso (PWM) y puerto serie (PIC16Cx).
- ▼ Gama media con CAD de 8 bits (PIC16C7X).
- ▼ Gama media con CAD de precisión (PIC14000).
- ▼ Gama media con memoria Flash y EEPROM (PIC16F87X y PIC16X8X).
- ▼ Gama media con driver LCD (PIC16C92X).

El procesador es segmentado tipo pipe-line: esto significa que se aplica una técnica de segmentación que permite al procesador realizar simultáneamente la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código de la siguiente instrucción. Así, permite que se pueda ejecutar una instrucción en un ciclo, (cada ciclo de instrucción son cuatro ciclos de reloj).

El procesador es de tipo RISC (*Reduced Instruction Set Computing*), cuyas características principales son: las instrucciones tienen tamaño fijo, se presentan en un reducido número de formatos, y solo las instrucciones de carga y almacenamiento acceden a la memoria de datos, además que estos procesadores suelen disponer de varios registros de propósito general.

Poseen una arquitectura tipo Harvard, lo cual quiere decir que se utilizan dispositivos de almacenamiento separados para las instrucciones y para los datos. Por lo tanto, cuentan con un BUS de comunicación independiente para la memoria de datos y la memoria del programa.

Son de arquitectura ortogonal basada en bancos de registros. Esto significa que cualquier instrucción puede utilizar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o destino. Todos los elementos del sistema (temporizadores, puertos in/out, posiciones de memoria, etcétera) están implementados físicamente como registros.

Sobre la memoria de los PIC1, se guarda el programa que la CPU ejecutará. La memoria del programa, en este caso, se cuantifica en palabras, y cada palabra consta de 14 bits.

Arquitectura

Sobre la arquitectura del PIC, mencionaremos a continuación las características más importantes.

Dentro de la memoria del programa, encontramos unos registros, los cuales se encargan de diferentes tareas y se mencionan a continuación:

El **contador del programa o PC** (*Program Counter*) es un registro que indica la próxima instrucción que ejecutará la

PROGRAMADOR DE MICROCONTROLADORES



El programador para microcontroladores, puede encontrarse armado de fábrica o ensamblado en forma independiente. Se puede adquirir a un precio accesible.

El programador para microcontroladores es una herramienta esencial para quien busca dedicarse al desarrollo de proyectos con microcontroladores; tanto los PIC como otro tipo de microcontrolador tienen espacio para adaptarse a cualquier tamaño de PIC. Es posible realizar el armado y ensamblado de un programador propio o, si se prefiere, se puede encontrar ensamblado de fábrica a un precio accesible.

Aun cuando los microcontroladores más adecuados sean los de 4 y 8 bits, actualmente los de 32 bits se van abriendo camino. Estos tienen como áreas de desarrollo las de procesamiento de imágenes, comunicaciones, aplicaciones militares, procesos industriales y el control de dispositivos de almacenamiento masivo de datos.

Cabe destacar que la gran mayoría de los microcontroladores que hoy en día se fabrican se basan en la tecnología **CMOS** (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*). Esta tecnología es superior a otras gracias a su bajo consumo de energía y su inmunidad al ruido.

CPU. Cuando arranca el microcontrolador, el valor del PC es de 0x0000 y automáticamente se va incrementando; con esto se asegura que el programa contenido en el PIC sea ejecutado instrucción por instrucción.

La **pila o stack** se refiere a una memoria que almacena de manera temporal el valor del contador de programa, en el momento en que el programa ejecuta una subrutina o cuando salta a una interrupción.

Los microcontroladores cuentan también con una memoria RAM, la cual está dividida en sectores llamados **bancos**, y cada byte de la memoria RAM se conoce como **registro**.

Dentro de los registros de la memoria RAM, existen dos tipos: los registros de propósito especial, y los registros de propósito general.

Todos los puertos con los que cuentan los PIC16 son bidireccionales; esto quiere decir que pueden actuar tanto como puertos de entrada como puertos de salida, y son configurables por medio del software para programarlos.

Para finalizar con las características de los microcontroladores PIC, mencionaremos a continuación varios aspectos que se pueden configurar, y que dependen del proyecto que se realizará; muchas de estas características pueden ser útiles:

▼ **Selección del oscilador:** esta opción sirve para adaptar el circuito interno con el componente externo que actuará como la fuente del reloj del sistema, y que este pueda estar sincronizado con el microcontrolador.

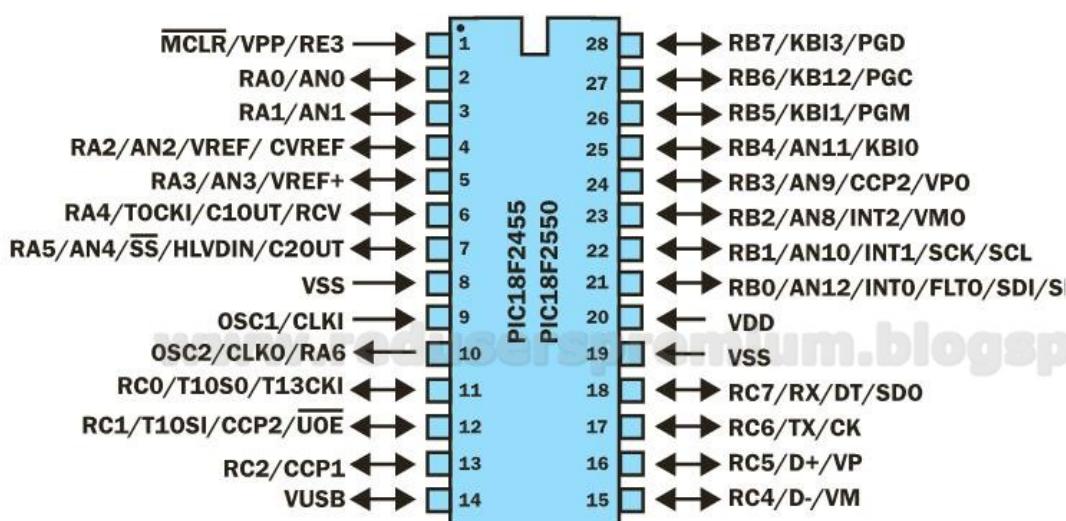
Ahora conoceremos las características que es necesario tener en cuenta sobre el PIC18.

LA FAMILIA DE LOS MICROCONTROLADORES PIC16 SE ENCUENTRA SITUADA DENTRO DE LA GAMA MEDIA, LA CUAL ES LA MÁS VARIADA Y COMPLETA.



PROBLEMAS CON LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA

Como ya mencionamos antes, los microcontroladores PIC están basados en tecnología CMOS, por lo que pueden tener numerosas ventajas. Sin embargo, en el momento de manejar estos dispositivos se debe tener especial cuidado, ya que una pequeña descarga de electricidad estática puede arruinar el microcontrolador. Por eso, es recomendable manejarlos con cuidado, sujetando el encapsulado de plástico con unas pinzas, o usando una pulsera antiestática. Para almacenarlos antes de un montaje, es preferible mantenerlos en una bolsa de plástico antiestática.



Ejemplo de un PIC18, que muestra los pines de conexión con los que cuenta y la disposición en el encapsulado.



▼ **Watchdog:** también conocido como WDT, se refiere a un temporizador, el cual una vez que alcanza su límite de tiempo puede provocar un reset en el microcontrolador. El WDT está habilitado por defecto y se puede reiniciar utilizando la instrucción de ensamblador clrwdt (*clear watchdog*).

▼ **Power up timer:** cuando el power up se encuentre habilitado, funcionará como un temporizador cada 72 ms una vez que se haya conectado la fuente de alimentación; después de ese tiempo, empieza a ejecutarse el programa, esto con el propósito de esperar a que se normalice la tensión.

▼ **Protección de código:** es el encargado de proteger la memoria del programa, evitando que se pueda leer mediante el dispositivo con el que el PIC es programado.

▼ **Escritura en memoria del programa:** se representa con los bits WRT1 y WRT0, con lo que es posible escribir en la memo-

ria del programa en tiempo de ejecución.

▼ **Modo ICD (In Circuit Debugger):** se representa con DEBUG; al estar habilitado este bit, se puede monitorear el estado de los elementos internos de hardware.

a veces bastante significativa, lo cual no es muy recomendable si se desea realizar el proyecto en una escala mayor de producción.

Si el fabricante desea reducir los costos, debe tener en cuenta las herramientas de apoyo con que va a contar: emuladores, simuladores, ensambladores, compiladores, entre otros.

▼ **Aplicación:** antes de seleccionar un microcontrolador, es imprescindible analizar los requisitos de la aplicación, para decidir cuál es el microcontrolador que mejor se aadecue a las necesidades del proyecto:

▼ **Procesamiento de datos:** puede ser necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado. En ese caso, debemos asegurarnos de seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello. Por otro lado,

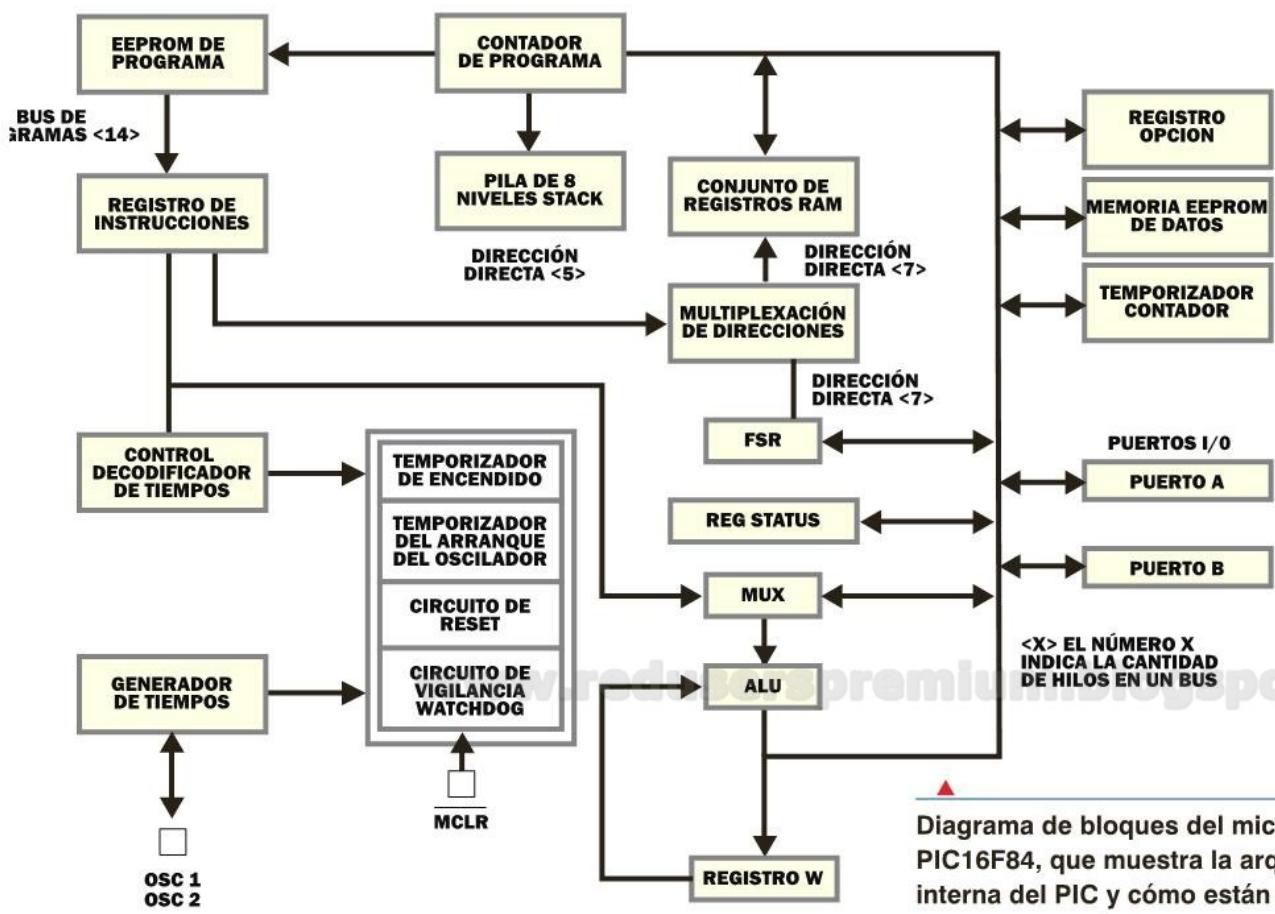


Diagrama de bloques del microcontrolador PIC16F84, que muestra la arquitectura interna del PIC y cómo están relacionados sus componentes.

habrá que tener en cuenta la precisión de los datos que se manejarán: si no es suficiente con un microcontrolador de 8 bits, puede ser necesario acudir a microcontroladores de 16 o 32 bits, o incluso a hardware de coma flotante. Una alternativa más barata y quizás suficiente es usar librerías para manejar los datos de alta precisión.

▼ **Conexiones de Entrada/Salida:** para determinar las necesidades de Entrada/Salida del sistema, es conveniente dibujar un diagrama de bloques, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y el tipo de señales por controlar. Una vez realizado este análisis, puede ser necesario añadir periféricos hardware externos o cambiar a otro microcontrolador más adecuado a ese sistema.

▼ **Consumo:** algunos productos que incorporan microcontroladores están alimentados con baterías, y su funcionamiento puede ser tan vital como activar una alarma antirrobo. Lo más conveniente en un caso como este puede ser que el microcontrolador se encuentre en estado de bajo consumo, pero que despierte ante la activación de una señal (una interrupción) y ejecute el programa adecuado para procesarla.

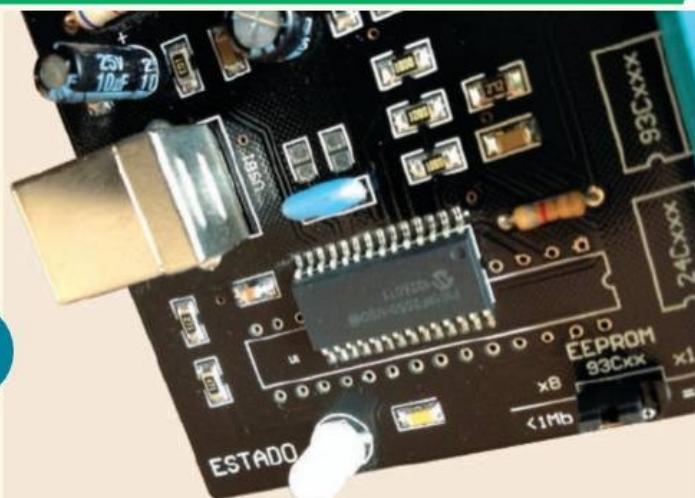
▼ **Memoria:** para detectar las necesidades de memoria de nuestra aplicación, debemos separarla en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM). Este último tipo de memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación, como un número de serie o parámetros de calibración.

En cuanto a la cantidad de memoria necesaria, puede ser imprescindible realizar una versión preliminar, aunque sea en pseudocódigo, de la aplicación y, a partir de ella, hacer una estimación de cuánta memoria volátil y no volátil es necesaria y si es conveniente disponer de memoria no volátil modificable.

HAY QUE TOMAR EN CUENTA
VARIOS FACTORES, COMO LA
DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE
DEL DISPOSITIVO.



APLICACIÓN DE LOS PIC18



Ejemplo de una aplicación en la cual se puede encontrar un PIC18 de gama mejorada.

Los PIC18, por sus características avanzadas y por su mayor cantidad de pines para señales de entrada y salida, son utilizados en aplicaciones más complejas, como en la industria automotriz, en las comunicaciones o en el control industrial. Se encuentran proyectos completos en donde las características que ofrecen los PIC de esta familia resultan ser las más adecuadas para sus propósitos, a diferencia de la familia PIC16, que cuenta con menos componentes, ideales para proyectos más sencillos y de carácter educativo.

▼ **Ancho de palabra:** el criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción importante en los costes, mientras que uno de 8 bits puede ser

el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su costo elevado, deben reservarse para aplicaciones que requieran sus altas prestaciones (Entrada/Salida potente o espacio de direccionamiento muy elevado).

16

Clase 14 //

▼ **Diseño de la placa:** la selección de un microcontrolador concreto condicionará el diseño de la placa de circuitos. Debe tenerse en cuenta que, quizás, usar un microcontrolador barato encarezca el resto de componentes del diseño. La familia de los PIC18 se encuentra dentro de la **gama mejorada**; cuentan con instrucciones de 16 bits. Este tipo de PIC es aplicado en la industria de los automóviles, el área de las comunicaciones y en el control industrial. Estos modelos proveen una alta velocidad (40 Mhz).

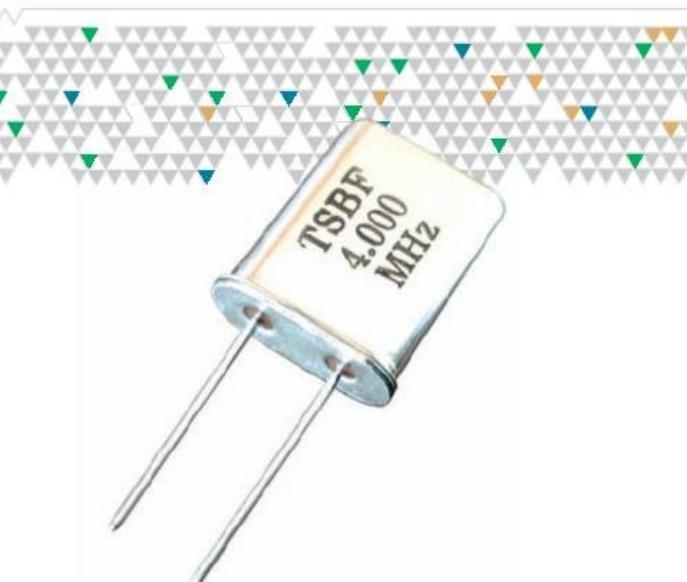
Entre sus características principales, podemos destacar las siguientes:

- ▼ Tienen un espacio de direccionamiento de memoria de programa que permite alcanzar los 2 MB y 4 KB para la memoria de datos.
- ▼ Cuentan con tecnología flash para la memoria del código.
- ▼ Posee un conjunto de 77 instrucciones, de 16 bits cada una.
- ▼ Presenta orientación a la programación en lenguaje C con la incorporación de compiladores.
- ▼ Ofrece nuevas herramientas para emulación.

Modelos

Inicialmente aparecieron cuatro modelos (PIC18C242/252/442/452) de 28 a 40 pines, que tenían hasta 16 KB de memoria de programa y hasta 1.536 bytes de RAM. Pueden funcionar a 40 Mhz, con 16 causas de interrupción, 4 temporizadores, dos módulos CCP, convertidores analógico a digital de 5 u 8 canales, y comunicación serie y paralelo.

Empezaremos por comentar sobre la arquitectura de los PIC de gama mejorada, que, al igual que la gama media, está basada en la arquitectura Harvard; esto quiere decir que los buses de la memoria del programa y la memoria de datos es-



El oscilador de cristal a 4 Mhz es el indicado para su uso con el microcontrolador PIC16F84; este tipo de osciladores es de uso muy común.

tán separados y gracias a esto se puede tener acceso a las dos memorias al mismo tiempo.

Respecto de la memoria del programa, podemos decir que los microcontroladores PIC18 implementan un contador de programa capaz de manejar los 2 MB de la memoria del programa.

Cada uno de los **PIC 18F2455** y **4455** tienen 24 kb de memoria flash, y pueden almacenar hasta 16.384 instrucciones; los PIC18F2550 y 4550 tienen 32 kb de memoria flash y pueden almacenar hasta 16.384 instrucciones.

Acerca de la memoria RAM, los bancos 4 a 7 de la memoria de datos están mapeados a un puerto dual especial de RAM. Cuando el módulo USB está desactivado, los **GPR** (*General Purpose Register*) o registros de propósito general, en estos bancos, se utilizan como cualquier otro GPR en la memoria de datos.

Cuando se permite el **módulo USB**, la memoria en estos bancos se asigna como RAM de almacenamiento intermedio para las operaciones del USB. Esta área se comparte entre el núcleo del microcontrolador y el motor de la interfaz en serie del USB, y se utiliza para transferir datos directamente entre los dos.

En teoría, se pueden utilizar las áreas de la RAM del USB para almacenar variables. En la práctica, la naturaleza dinámica de la asignación del almacenamiento intermedio hace que sea peligroso. Además, el banco 4 se utiliza para controlar el almacenamiento intermedio del USB cuando se permite el módulo, y no se debe utilizar para otros propósitos durante ese tiempo.

La memoria **EEPROM** (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*) es una matriz de memoria permanente, separada de la RAM de datos y de la memoria de programa, que se utiliza en almacenamientos de larga duración de los datos del programa. No está mapeada directamente en los registros de archivo o en la me-



Los PIC de gama mejorada se utilizan en aplicaciones más complejas, como en la industria automotriz.

TIPOS DE ENCAPSULADOS

moria, sino que se trata en forma indirecta a través de los registros especiales de la función (**SFR** o *Special Function Registers*).

Hay cuatro registros de propósito específico para leer y escribir datos en la memoria EEPROM, los cuales son: **EECON1**, **EECON2**, **EEDATA**, **EEADR**.

Los datos almacenados en la memoria EEPROM permiten la lectura y escritura de bytes. Cuando se conecta al bloque de la memoria de datos, el EEDATA sostiene los 8bits de datos para la lectura/escritura, y el registro EEADR lleva a cabo el direccionamiento de la localización de la EEPROM.

La memoria de datos EEPROM se clasifica como muy resistente a los ciclos de escritura/borrado. Un byte escribe y automáticamente borra la localización, para escribir los datos. El tiempo de escritura se controla por un contador de tiempo en el chip; variará con la tensión y la temperatura así como en diferentes PIC

El reloj en estos microcontroladores de gama mejorada puede ser externo o también puede ser interno, ya que cuentan con esta capacidad.

Los microcontroladores PIC18 de gama mejorada, así como los microcontroladores PIC16, poseen diferentes periféricos, que se pueden utilizar de acuerdo al proyecto que se esté desarrollando, a continuación detallaremos las características de los periféricos más importantes:

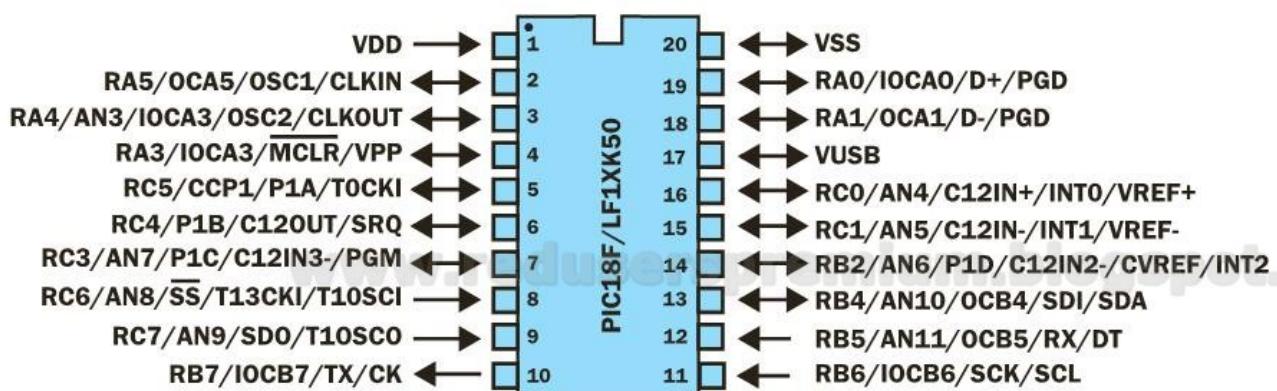
▼ **Temporizador o contador:** el pin **Timer0** es un temporizador o contador ascendente de 8 bits; cuando trabaja con el reloj del PIC, se lo conoce como **temporizador** y, cuando recibe los pulsos de una fuente externa a través del pin **RA4/TOCKI**, se llama **contador**.

Dentro de los microcontroladores, podemos encontrar dos tipos de encapsulados.

Un encapsulado es la carcasa plástica del dispositivo; estos a su vez se presentan de dos tipos: uno es en disposición rectangular, con pines del lado izquierdo, y otros, del lado derecho; estos son los más comunes en el momento de desarrollar un prototipo, y los más utilizados en labores de aprendizaje también. Existe otra clase, los cuales son cuadrados y cuentan con pines a cada lado del cuadrado; estos se utilizan para montajes de soldadura en placas hechas a la medida y se ven comúnmente en aparatos electrónicos ensamblados de fábrica.

▼ **Convertidor analógico/digital:** se utiliza para convertir señales analógicas de voltaje o corriente, proporcionadas por sensores o transmisores especializados en la variable por medir y que típicamente tienen un rango de salida de 0-5 volts, en un valor binario que puede ser manejado en forma digital por el programa de aplicación del sistema del microcontrolador.

▼ **PWM (Pulse Width Modulation):** el uso de un microcontrolador con módulo de PWM tiene varias ventajas sobre un circuito analógico, como son la precisión y un mejor control de las variables involucradas además de espacio y ahorro de energía.

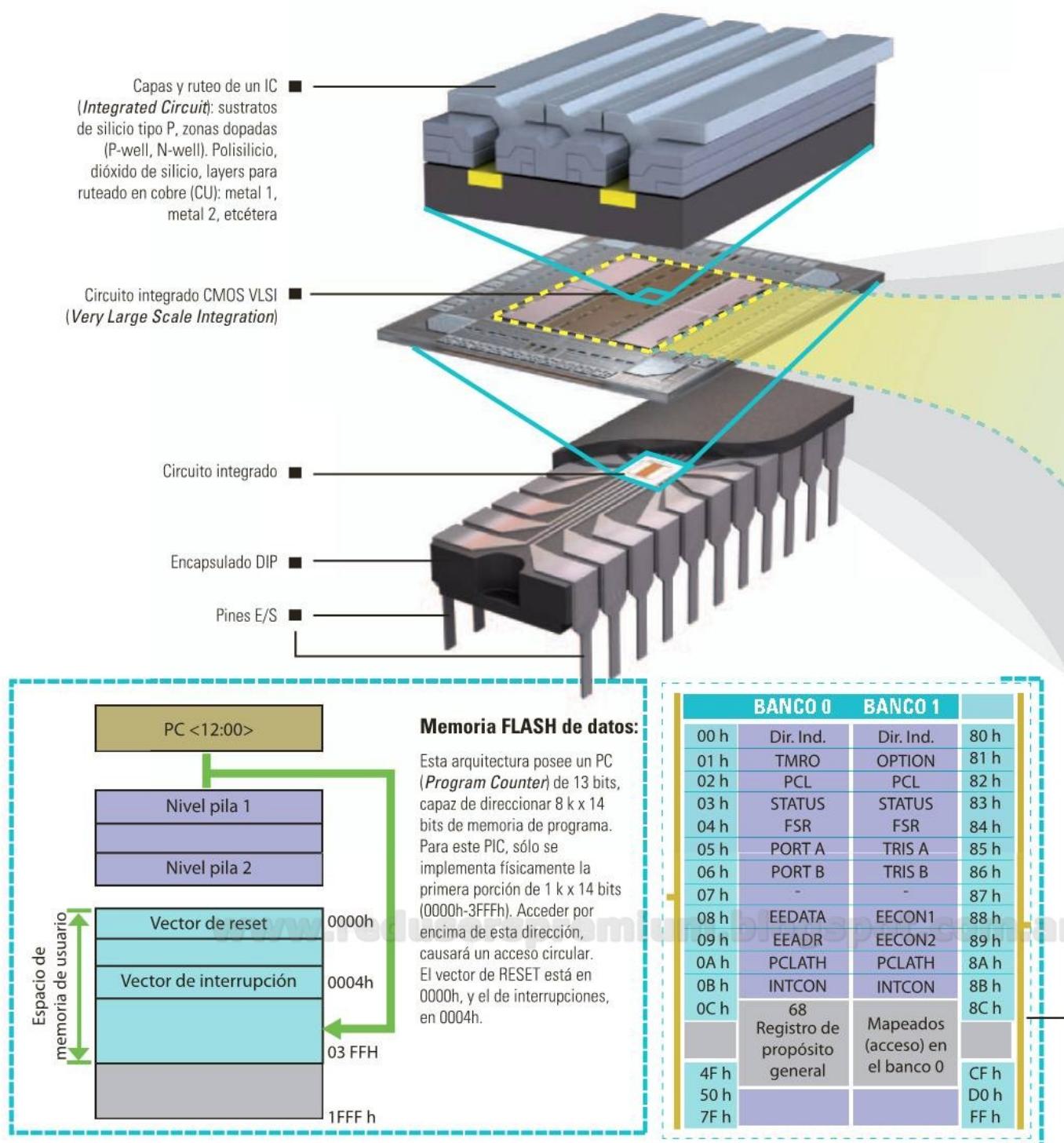


Ejemplo de otro microcontrolador PIC18, con su disposición de los pines. Se puede observar de cuántos pines de entrada y salida dispone, así como los pines destinados para periféricos.

PIC16F POR DENTRO

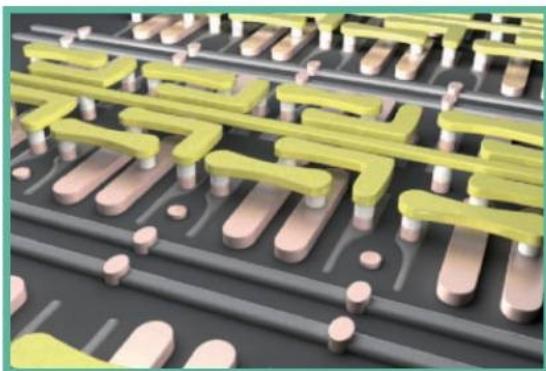
Clase 14 //

En esta infografía podemos apreciar la arquitectura interna de un PIC16F84 de 18 pines. Es una arquitectura del tipo Harvard, con almacenamiento físico separado para instrucciones (bus de 14 bits) y datos (bus de 8 bits). Posee un conjunto de instrucciones reducido (RISC) de 35 instrucciones, memoria auxiliar EEPROM de 64 x 8bits, 2 puertos de E/S, Watchdog y un temporizador (Timer0).





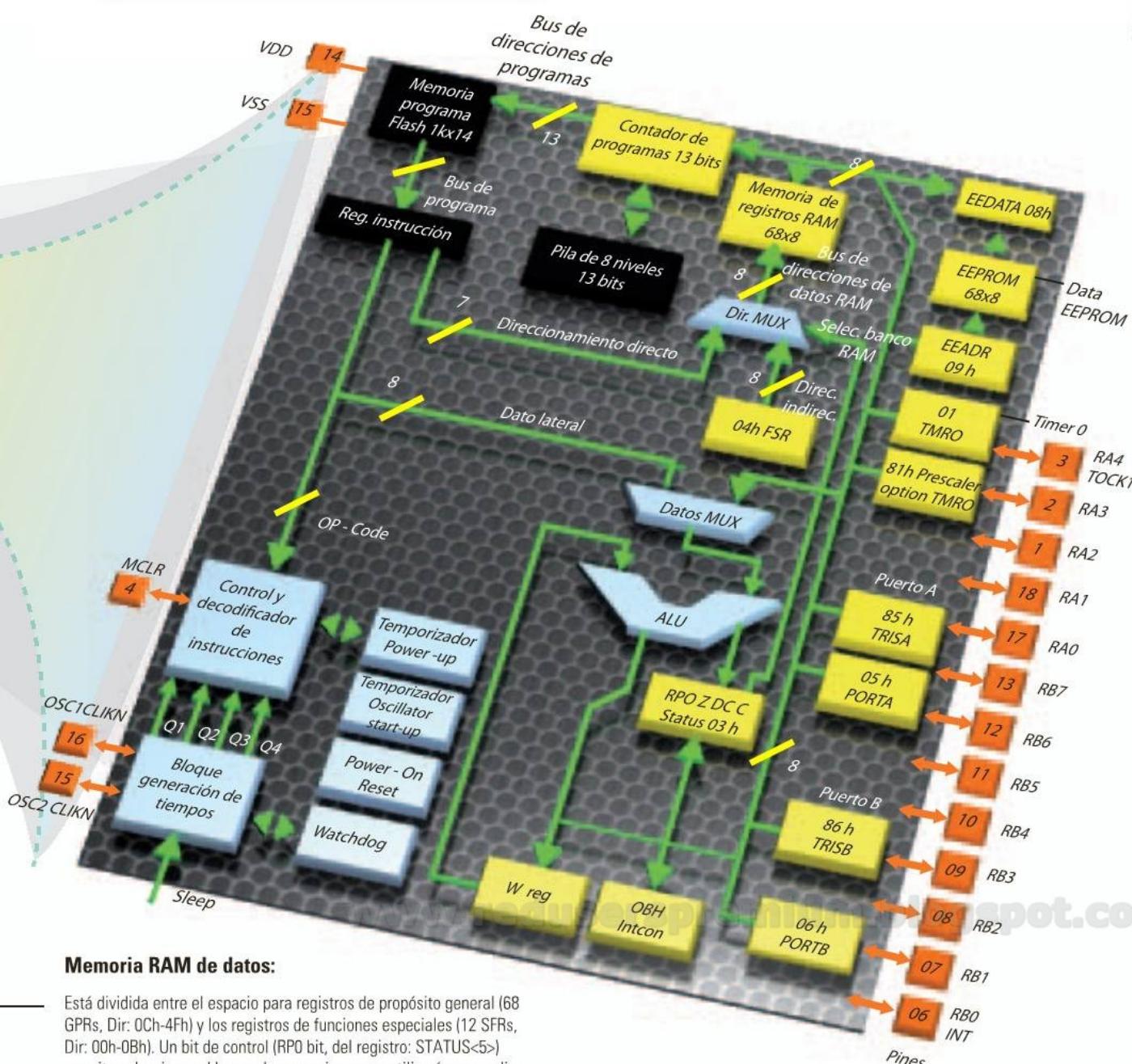
ARQUITECTURA INTERNA DE PIC16F84A



Un microcontrolador como el PIC16F84A es un circuito integrado (IC) conformado por un bloque microprocesador o CPU (Unidad Central de Procesos), memoria de programa flash EEPROM, memoria de datos RAM y puertos de E/S y periféricos.

La CPU o núcleo microprocesador consta de una Unidad de Control (UC), una Unidad Aritmético Lógica (ALU), registros internos e interfaz de memoria. La ALU es la encargada de realizar las operaciones aritméticas básicas (resta, suma, división y multiplicación) y las operaciones lógicas (OR, NOT, AND, etc.).

La Unidad de Control es la que maneja a la ALU enviándole las órdenes en la secuencia en que deben ser ejecutadas y, también, se ocupa de transportar los resultados obtenidos.

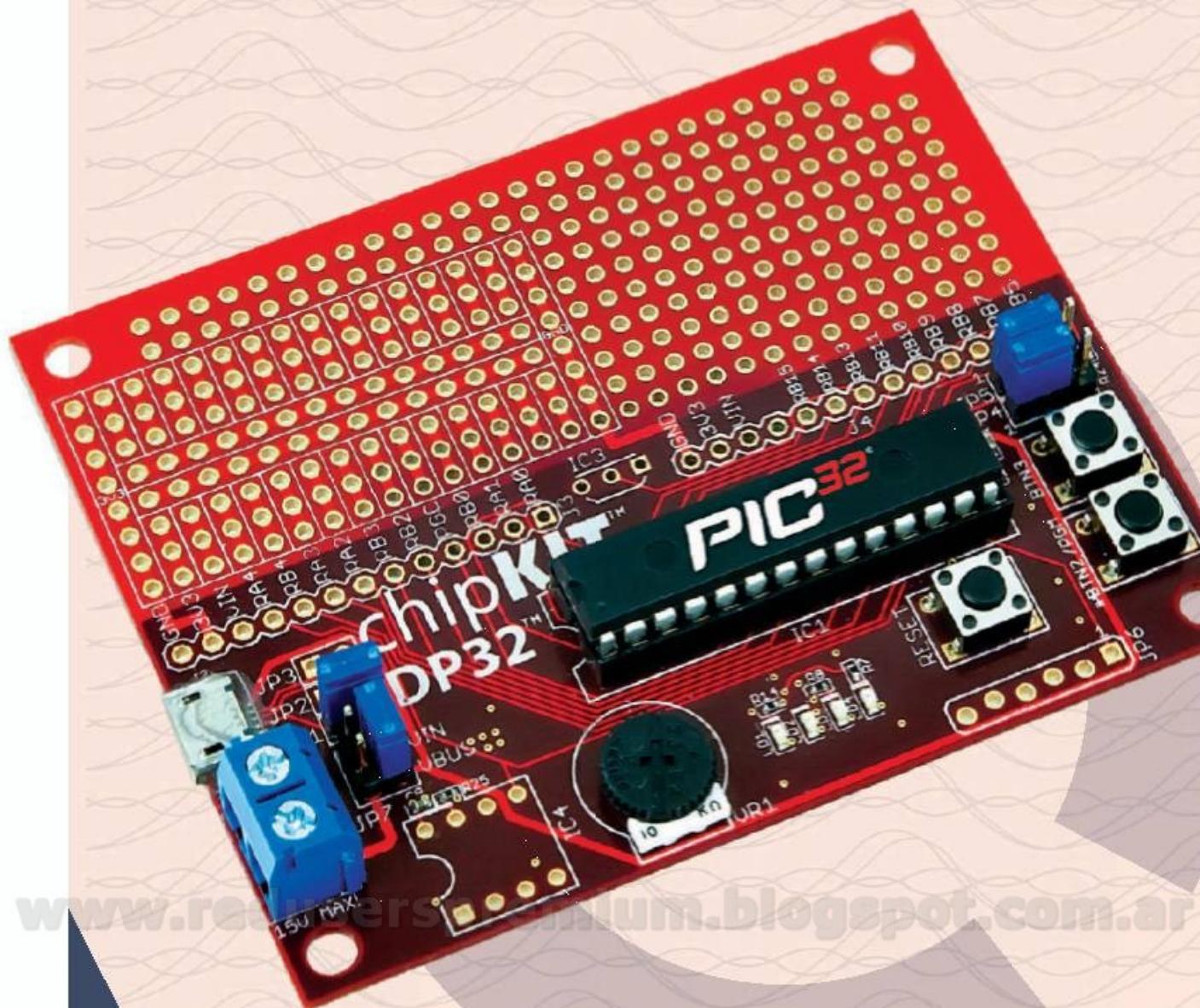


Memoria RAM de datos:

Está dividida entre el espacio para registros de propósito general (68 GPRs, Dir: 0Ch-4Fh) y los registros de funciones especiales (12 SFRs, Dir: 00h-0Bh). Un bit de control (RPO bit, del registro: STATUS<5>) permite seleccionar el banco de memoria que se utilizará, por medio de direccionamiento indirecto. Cada banco posee 128 bytes.

PIC32

ES UNA FAMILIA DE MICROCONTROLADORES FABRICADOS POR LA EMPRESA MICROCHIP, DEL TIPO DE DISEÑO RISC. EN ESTA SECCIÓN CONOCEREMOS SUS CARACTERÍSTICAS Y POTENCIAL.



A

partir de noviembre de 2007, se introdujeron en el mercado los nuevos microcontroladores PIC de 32 bits con una velocidad de procesamiento de hasta 1.6 DMIPS. Como sabemos, sus frecuencias de reloj pueden alcanzar los 80 MHz a partir de osciladores de cristal de cuarzo estándares de 4 a 5 MHz, gracias a un **PLL interno**.

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que se caracteriza por contener prácticamente todos los factores necesarios para controlar el funcionamiento de una tarea determinada, por ejemplo: un sistema de alarma, un ascensor, etc.

Un sistema basado en microcontroladores debe disponer de una memoria donde se almacena el programa que está corriendo, el que, una vez programado, solo servirá para realizar la tarea que le fue asignada. La aplicación de un microcontrolador dentro de un circuito reduce de manera drástica el tamaño y el número de componentes por utilizar; ello se traduce en menor probabilidad de averías, ya que tenemos menos componentes que puedan sufrir daños; menor volumen y menor peso.

En los últimos años, se ha facilitado enormemente el trabajo con microcontroladores al bajar sus precios, y aumentar sus prestaciones y capacidades, lo que nos lleva a pensar que, en muchas ocasiones, vale la pena utilizarlos en vez de aplicar lógica discreta como se utilizaba hace algunos años.

Esta situación influyó mucho en la política de Microchip, ya que comenzó a ofrecer de forma gratuita en su página web, la documentación y todo el software

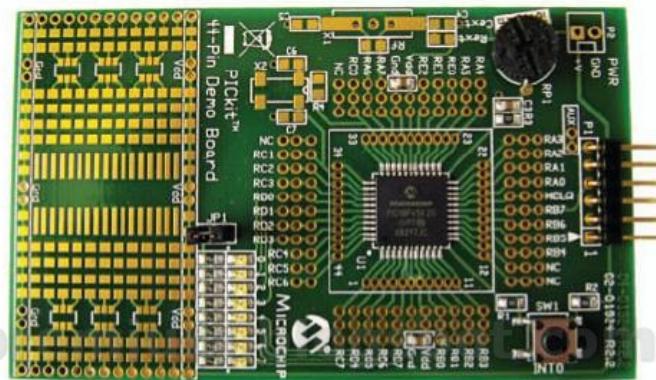
necesario para la utilización de PIC en proyectos. De este modo, se convirtió en más accesible para el público que demandaba su uso.

Esta estrategia comercial –junto con otras cuestiones técnicas– hizo que hoy en día Microchip se estableciera como líder en el mercado de microcontroladores; y que nos resultara muy fácil incluir microcontroladores PIC no solo en pequeños proyectos de aficionados a la electrónica, sino también en grandes sistemas digitales.

Pasamos ahora a la parte técnica de los PIC. Aquí, podemos desarrollar varios aspectos fundamentales que todos poseen en común; ellos son: alimentación, osciladores, puertos y, finalmente, la programación de PIC, en la que podremos adentrarnos más en lo que es la aplicación y el control de periféricos además de la programación propiamente dicha.

Alimentación de un PIC

Por lo general, los PIC se alimentan con 5 voltios de tensión (de corriente continua) aplicados entre las patas Vdd y Vss (denominaciones que derivan de *Drain* y *Source*, respectivamente, debido a su arquitectura interna de transistores y el nombre de sus partes); Vdd se conecta al positivo (5v), y Vss, al negativo (masa o tierra).



TRANSPORTE DE ENERGÍA

Quizás, alguna vez, nos hayamos preguntado por qué la energía se transporta utilizando alta tensión. Pues bien, la respuesta es sencilla: para mantener la potencia eléctrica constante (en condiciones ideales), si la tensión aumenta, la corriente disminuye. De esta forma, mientras más baja sea la corriente, tendremos menos pérdidas por efecto Joule y, al mismo tiempo, necesitaremos conductores de menor sección. Esto último se traduce en un menor costo en materiales.

PIC de 32 bits diseñado para su uso con proyectos DIY (*Do It Yourself*), de muy bajo costo. Compatible con placas Arduino.

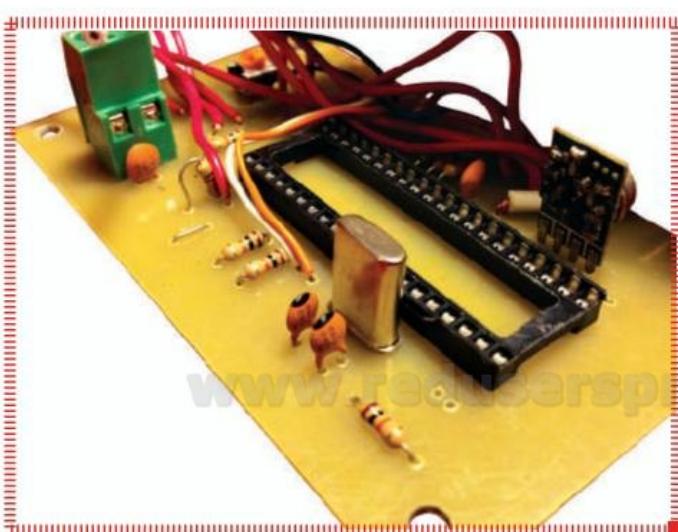
El consumo de corriente para el funcionamiento del microcontrolador depende directamente de la tensión de alimentación, de la frecuencia de trabajo y de las cargas que soporta a la salida en sus puertos, aunque, siendo tantas las variables, generalmente hablamos de unos pocos miliamperes.

El circuito de alimentación de un PIC debe tratarse como el de cualquier otro dispositivo digital; se tiene que conectar un capacitor de desacople de unos 100 nF (nano farads) lo más cerca posible de los pines de alimentación. Se lo utiliza para desviar cualquier tipo de tensión alterna generada por el ruido eléctrico y que no ingrese en el sistema para evitar inestabilidad.

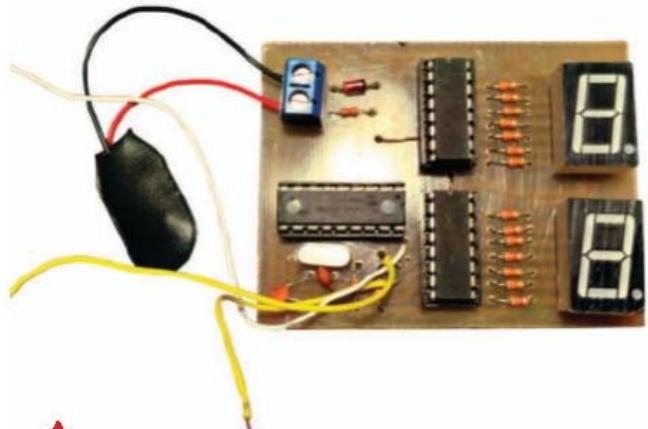
Oscilador

Todo microcontrolador necesita de un circuito que le indique a qué ritmo debe realizar su trabajo, y es el llamado oscilador o reloj (*clock*). Este genera una onda cuadrada de alta frecuencia que se utiliza como señal para sincronizar todas las operaciones internas del sistema del microcontrolador.

A PESAR DE SER UN CIRCUITO MUY
SENCILLO, ES DE VITAL IMPORTANCIA
PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO
DEL SISTEMA.



En esta imagen vemos la configuración de clock XT con un cristal de 4 MHz y dos capacitores de 22 pF para hacer funcionar un PIC 16F887.



▲ Circuito con PIC que controla dos display de siete segmentos, utilizado para pruebas de contadores vía pulsadores. Alimentado con batería de 9v y posteriormente regulado a 5v.

En general, todos los componentes del clock se encuentran integrados en el PIC, y se requieren solo unos pocos componentes externos, como un cristal de cuarzo o una red RC, para definir la frecuencia de trabajo. Aunque en varios modelos el oscilador completo se encuentra dentro del encapsulado del microcontrolador.

Los pinos **OSC1/CLKIN** y **OSC2/CLKOUT** son los bits utilizados para este fin. Se permiten cinco tipos de osciladores para definir la frecuencia de funcionamiento:

- ▼ **XT**: cristal de cuarzo.
- ▼ **RC**: oscilador con resistencia y capacitor.
- ▼ **HS**: cristal de alta velocidad.
- ▼ **LP**: cristal para baja frecuencia y bajo consumo de corriente.
- ▼ **Externa**: la señal de reloj se aplica de manera externa al circuito.

El **oscilador XT** es el más utilizado en los microcontroladores y está basado en un cristal de cuarzo o resonador cerámico. Es un oscilador estándar que permite una frecuencia muy estable de entre 100 kHz y 4 MHz. En muchos proyectos, se utiliza un cristal de 4 MHz el cual va acompañado de dos capacitores de entre 15 y 33 pF. Los PIC32 pueden llegar a frecuencias de clock de hasta 80 MHz utilizando cristales de solo 4 MHz, gracias a una tecnología interna llamada **PLL** o **Lazo de seguimiento de fase**, en el que la frecuencia del cristal y la fase son realimentadas para lograr una señal de mayor frecuencia.

Si se comprueba con un osciloscopio la señal en el pin OSC2/CLKOUT, se debería visualizar una onda senoidal de igual frecuencia que la del cristal utilizado.

Puertos de Entrada/Salida (I/O)

El PIC se comunica con su alrededor a través de los puertos. Estos están constituidos por líneas digitales de entrada o salida que trabajan entre 0v y 5v estableciendo estos valores como



"0" lógico y "1" lógico, respectivamente. Los puertos se pueden configurar tanto como entradas para recibir datos (digitales) del exterior, tales como señales de temperatura o presión, o como salidas para controlar dispositivos externos, como por ejemplo una pequeña pantalla LCD.

Un puerto consta de un máximo de 8 líneas o bits que son accesibles independientemente a través de patas individuales del PIC. Cada bit puede ser configurado como entrada o como salida en forma independiente unas de otras, según se programe. Dependiendo del modelo de PIC, podemos llegar a encontrar hasta seis puertos.

Programación

El programa que controla un PIC consiste en una serie de números hexadecimales que se graba en la memoria de programa mediante un dispositivo llamado **Programador/Grabador**. Este se conecta a una PC, mediante USB o puerto Serie, donde un software ejecuta la grabación de la memoria de programa en el microcontrolador. Este proceso de denotina **Programación/Grabación** del microcontrolador.

Para llegar a tener un archivo hexadecimal (.hex), primero debemos tener uno en lenguaje **Assembler** (.asm); dicho archivo representa la manera de expresar las instrucciones de una forma más natural al hombre y que, sin embargo, es muy cercana al microcontrolador, ya que cada una de sus instrucciones se corresponde con otra en código de máquina, que es el único lenguaje que entienden los microcontroladores, y está formado por unos y ceros del sistema binario.

En los PIC, nos encontramos con un diseño, mencionado anteriormente, del tipo RISC (*Reduced Instruction Set Computing*), lo que significa que posee un set de instrucciones reducido.

El set de instrucciones es un grupo de instrucciones representadas en grupos de caracteres alfanuméricos, que simbo-

PIC 16F887: posee tres puertos con 8 bits cada uno. Algunos bits pueden ser configurados como entradas analógicas.

LENGUAJE ASSEMBLER

Este lenguaje de programación utiliza nemáticos, es decir, grupos de caracteres alfanuméricos que simbolizan las órdenes o las tareas que se van a realizar con cada instrucción. Estos nemáticos se corresponden con los nombre de las instrucciones en inglés que, de alguna forma, nos recuerdan a la operación por realizar con la instrucción, y nos facilita su memorización para no tener que recordar el código de máquina en hexadecimal.

lizan las órdenes o las tareas que realiza cada instrucción; en otras palabras son **nemáticos** que a nosotros nos remiten a tareas que podemos identificar. Por ejemplo, saber que el código hexadecimal **50** implica la tarea de **SUMAR**, no nos remite en absoluto al número **50** con la operación suma; sin embargo, si a ese número 50 lo "enmascaramos" con un nemático, por ejemplo **ADD**, nos remitiría –en pocas letras– a la palabra en inglés que define la acción de sumar. Así es como son realizadas las instrucciones en el lenguaje de Assembler.

Sabiendo esto, podemos incorporar el término de **código fuente**, que está compuesto por una sucesión de líneas de programa. Y aquí es realmente donde el usuario escribe las instrucciones de

modo tal que el microcontrolador realice la tarea con la que fue estipulado.

Existen varios software dedicados a asistir al programador en Assembler sin la necesidad de aprenderse el set de instrucciones; incluyen un tipo de programación gráfica que, en muchas ocasiones, es más amigable que la interfaz de texto. Este software se encarga de transformar sus propias instrucciones en instrucciones de Assembler.

En esta sección, el usuario introduce la utilidad que le va a dar a su PIC; aquí es donde se analizan y procesan los datos que se obtienen a la entrada en cuestión y modificar estados en las salidas, ya sea para encender un led indicador o activar un mecanismo complejo externo.

LAS BOBINAS DE CHOQUE ACTÚAN COMO

FILTRO; PRESENTAN UNA REACTANCIA MUY ELEVADA A DETERMINADA FRECUENCIA.



Entorno MPLAB

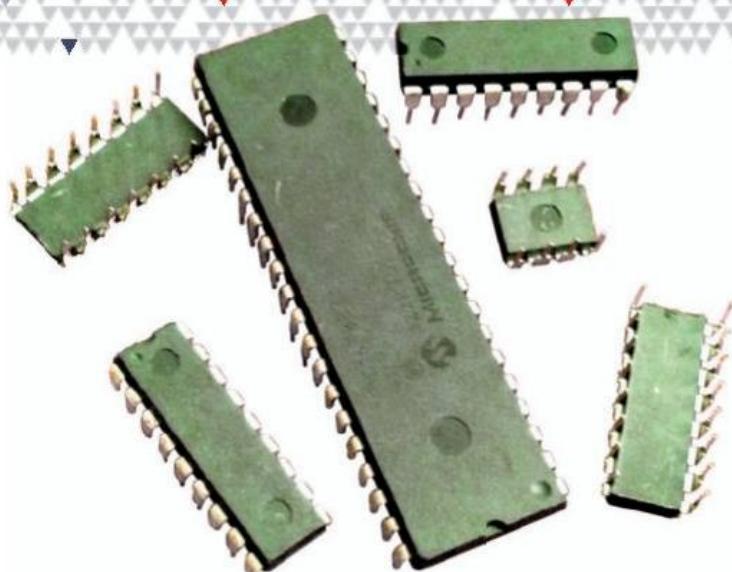
El **MPLAB** es un editor IDE gratuito de entorno de desarrollo integrado (*Integrated Development Environment*) que se ejecuta bajo Windows y está destinado a productos de la marca Microchip Technology. Con este entorno, se pueden desarrollar aplicaciones para los microcontroladores PIC.

Este software incluye todas las utilidades necesarias para la completa realización de un proyecto basado en microcontroladores PIC, permite crear y editar un archivo fuente de un proyecto además de poder ensamblarlo y simularlo en pantalla para comprobar su correcto funcionamiento; también deja ver cómo se manejan los datos en la memoria de programa y en la memoria de files, además de los registros internos del PIC.

El MPLAB incluye un editor de texto, donde se crea y edita el programa que luego se ensamblará con el llamado **MPASM**, incluido en el software. El MPLAB también incluye un simulador, llamado **MPLAB SIM**, encargado de verificar paso a paso el recorrido del programa y la visualización en forma de tablas, de las distintas memorias y los diferentes registros internos del microcontrolador.

Este programa es gratuito y se puede bajar directamente de la web del fabricante. Los primeros pasos con este IDE son bastante estándares. Una vez dentro del programa, podremos crear un proyecto donde se guardarán todos nuestros programas, aunque es recomendable trabajar siempre en proyectos individuales que no presenten confusiones.

Una vez hecho esto, debemos seleccionar el dispositivo PIC donde vamos a ejecutar el programa. Para ello, se accede al menú **Configure>Select/Device** y allí tendremos una lista de los dispositivos



Los variacs presentan a su salida una tensión variable en un rango determinado. Esto los hace muy útiles para prueba de equipos.

con los que podremos trabajar. Después, deberíamos fijar la frecuencia a la cual nuestro clock va a trabajar, y es muy importante que coincida con la frecuencia del circuito que vamos a simular. Esto se realiza yendo al menú **Debugger/Settings/Clock**.

Para activar el simulador, deberíamos acceder a **Debugger>Select Tool** y allí seleccionar el simulador MPLAB SIM que nos provee el MPLAB, pero el motivo por el cual debemos ir manualmente a seleccionarlo en vez de ya tenerlo integrado por defecto, es que nosotros podremos incluir otro software ajeno a Microchip para que simule los programas que realicemos en caso de encontrarnos más cómodos con otro simulador que ya hayamos usado anteriormente.

El MPLAB incluye un editor de texto, donde se crea y edita el programa que luego se ensamblará con el llamado **MPASM**,

incluido en el software. El MPLAB también incluye un simulador, llamado **MPLAB SIM**, encargado de verificar paso a paso el recorrido del programa y la visualización en forma de tablas, de las distintas memorias y los diferentes registros internos del microcontrolador. Este programa es gratuito y se puede bajar directamente de la web del fabricante.

Los primeros pasos con este IDE son bastante estándares. Una vez dentro del programa, podremos crear un proyecto donde se guardarán todos nuestros programas, aunque es recomendable trabajar siempre en proyectos individuales que no presenten confusiones. Una vez hecho esto, debemos seleccionar el dispositivo PIC donde vamos a ejecutar el programa. Para ello, se accede al menú **Configure>Select/Device** y allí tendremos una lista de los dispositivos con los que podremos trabajar.

LAZO DE SEGUIMIENTO DE FASE

Es un circuito con detectores de fase, filtros pasabajos y amplificadores operacionales. Se lo utiliza con una frecuencia de entrada llamada **natural**, que es realimentada para tener a la salida otra frecuencia de igual fase, pero de mayor frecuencia.

15

PRÓXIMA ENTREGA



Proyecto: analizador de espectro con PIC

EN EL PRÓXIMO FASCÍCULO REALIZAREMOS UN PROYECTO COMPLETO UTILIZANDO LOS CONOCIMIENTOS APRENDIDOS EN CLASES ANTERIORES. MEDIANTE DESCRIPCIONES DETALLADAS APRENDEREMOS A FABRICAR UN ANALIZADOR DE ESPECTRO EN BASE A PIC.

The image shows the cover of the magazine 'TÉCNICO en ELECTRÓNICA' issue 15. The cover features a red header with the word 'USERS' and a large blue banner with the number '15'. Below this, the title 'TÉCNICO en ELECTRÓNICA' is written in large black letters, with 'CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y PRÁCTICA PROFESIONAL' in smaller text underneath. The main headline on the cover is 'Proyecto: analizador de espectro con PIC'. To the left of the headline is a blue box containing four bullet points: 'Analizador de espectro de audio', 'Componentes electrónicos', 'Armado del proyecto', and 'Prueba del analizador digital'. To the right of the headline is a photograph of a circuit board with various electronic components, resistors, and capacitors. At the bottom of the cover, there is a URL: 'www.wireduserspremium.com.ar'. The entire magazine cover is set against a background of abstract blue and grey shapes, with red arrows pointing towards it from the sides.

TÉCNICO en ELECTRÓNICA

CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y PRÁCTICA PROFESIONAL



PROFESORES EN LÍNEA

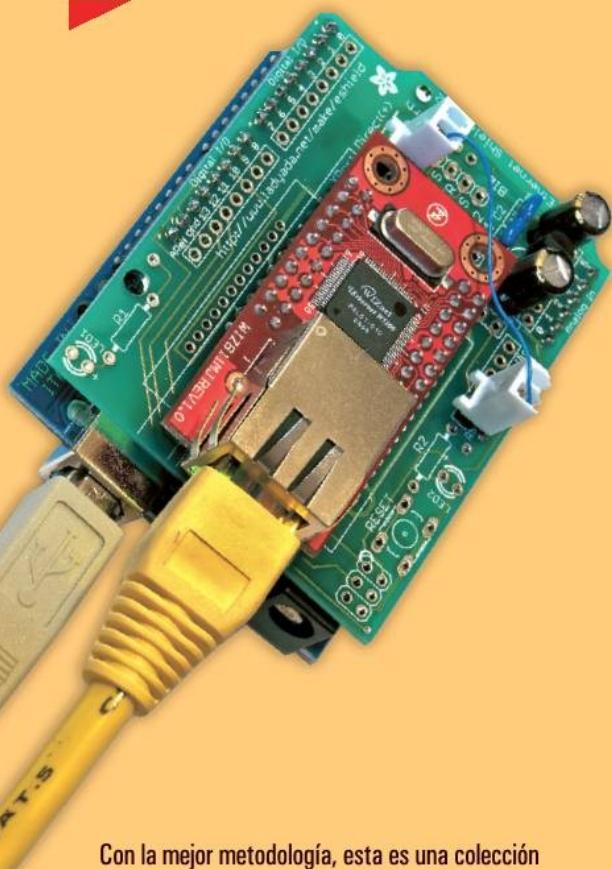
profesor@redusers.com

SERVICIOS PARA LECTORES

usershop@redusers.com

SOBRE LA COLECCIÓN

CURSO VISUAL Y PRÁCTICO QUE BRINDA CONCEPTOS Y CONSEJOS NECESARIOS PARA CONVERTIRSE EN UN TÉCNICO EXPERTO EN ELECTRÓNICA. LA OBRA INCLUYE RECURSOS DIDÁCTICOS COMO INFOGRAFÍAS, GUÍAS VISUALES Y PROCEDIMIENTOS REALIZADOS PASO A PASO PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE.



Con la mejor metodología, esta es una colección perfecta para los aficionados a la electrónica que deseen profesionalizarse y darle un marco teórico a su actividad, y para todos aquellos técnicos que quieran actualizar y profundizar sus conocimientos.

CONTENIDO DE LA OBRA

14/24

- 1 ▲ INTRODUCCIÓN A LAS REDES INFORMÁTICAS
- 2 ▲ PRINCIPIOS DE ELECTRÓNICA
- 3 ▲ EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA
- 4 ▲ CORRIENTE CONTINUA
- 5 ▲ CORRIENTE ALTERNA
- 6 ▲ DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS
- 7 ▲ CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITOS
- 8 ▲ PROYECTOS: LUCES AUDIORÍTMICAS Y MICRÓFONO FM
- 9 ▲ DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS
- 10 ▲ SIMULACIÓN DE CIRCUITOS EN LA PC
- 11 ▲ ELECTRÓNICA DIGITAL Y COMPUERTAS LÓGICAS
- 12 ▲ TÉCNICAS DIGITALES APLICADAS
- 13 ▲ MICROPROCESADORES Y MICROCONTROLADORES
- 14 **MICROCONTROLADORES PIC**
- 15 ▼ PROYECTO: ANALIZADOR DE ESPECTRO CON PIC
- 16 ▼ CONECTIVIDAD POR CABLE
- 17 ▼ CONECTIVIDAD INALÁMBRICA
- 18 ▼ DISPLAYS
- 19 ▼ SENsoRES Y TRANSDUCTORES
- 20 ▼ PROYECTO: MODIFICADOR DE VOZ
- 21 ▼ FUENTES DE ALIMENTACIÓN
- 22 ▼ PLATAFORMAS ABIERTAS
- 23 ▼ PLATAFORMA ARDUINO
- 24 ▼ PROYECTO: SISTEMA DE TELEMETRÍA CON ARDUINO



0 0 0 1 4

9 789871 949144