

INTRODUCCIÓN A LOS MICROCONTROLADORES

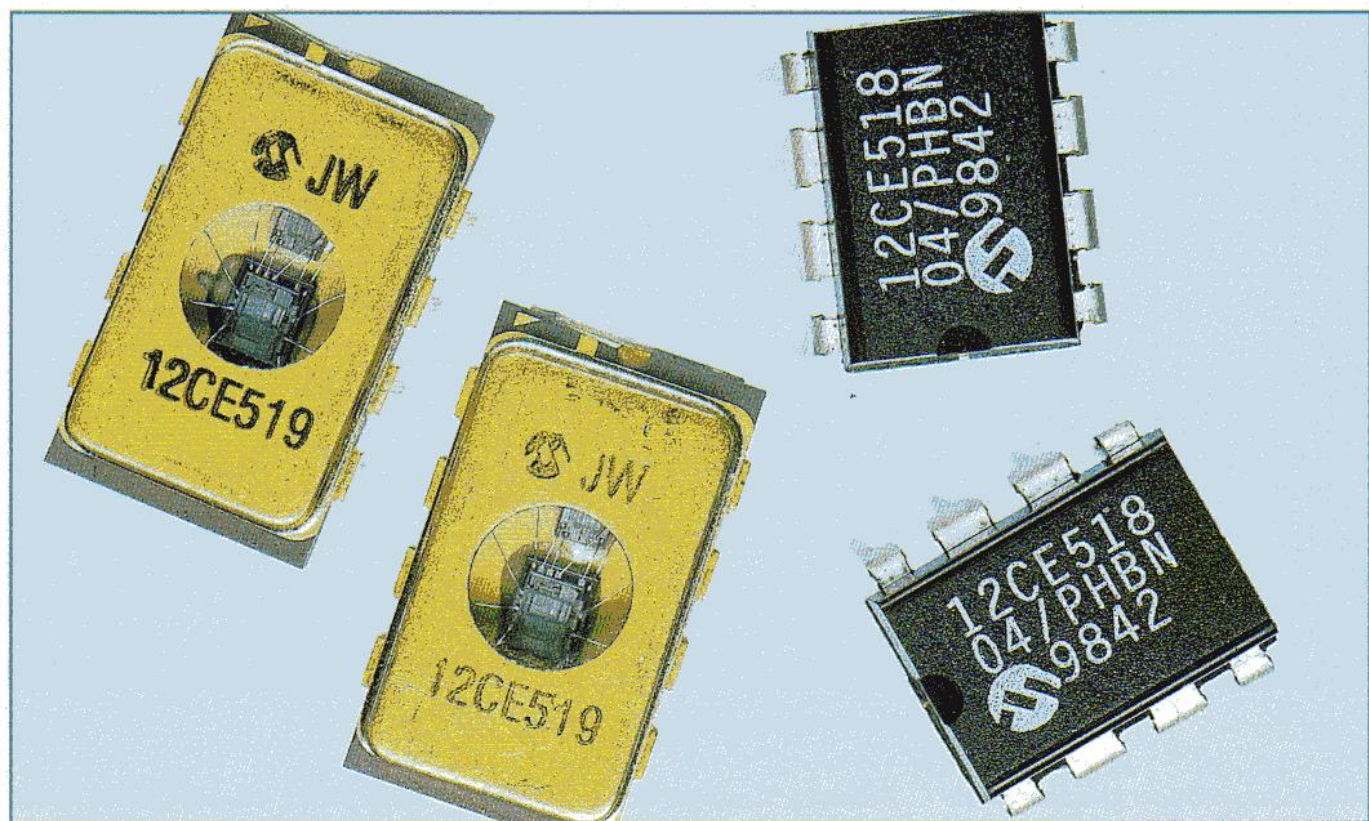
Arquitectura genérica de los diferentes modelos

Todos los modelos de microcontroladores PIC tienen una arquitectura similar, aunque sus características sean bien diferentes. Una descripción general puede ser perfectamente aplicable a cualquiera de los tipos existentes, no obstante posteriormente iremos analizando las diferencias que hay entre ellos. Una de las características más relevantes es que la arquitectura del procesador

sigue el modelo Harvard, donde la UCP (Unidad Central de Proceso) se conecta de forma diferente y con distintos buses con la memoria de instrucciones y la memoria de datos, y accede simultáneamente a estas dos memorias.

En la ejecución de las instrucciones, utilizan la técnica de segmentación (pipeline) lo cual permite al procesador realizar al mismo tiempo dos funciones: ejecución de la instrucción y búsqueda del

código de la siguiente en un sólo ciclo. Al hablar de ciclos de instrucción no nos referimos a ciclos de reloj, normalmente un ciclo de instrucción "consume" cuatro ciclos de reloj. Evidentemente, esto no es aplicable a las instrucciones de salto, pues no se conoce la dirección de la siguiente instrucción hasta completar la bifurcación, por lo que esta operación es algo más larga y requiere dos ciclos.



□ Dos versiones de microcontroladores, una borrrable con rayos ultravioleta (12CE519) y la otra no (PIC16CE518).

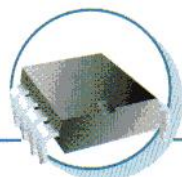
	MÁXIMA FRECUENCIA DE OPERACIÓN (MHz)	MEMORIA DE PROGRAMA	ROM	EEPROM	MEMORIA RAM DE DATOS (bytes)	MEMORIA EEPROM DE DATOS	TEMPORIZADORES	MÓDULOS DE CAPTURA / COMPARACION / PWM	PUERTA SERIE	CONVERTIDORES A/D	INTERRUPCIONES	I/O
PIC12C508	4	512	---	---	25	---	WDT/TMR0	---	---	---	---	6
PIC12C509	4	1024	---	---	41	---	WDT/TMR0	---	---	---	---	6
PIC12C518	4	512	---	---	25	16	WDT/TMR0	---	---	---	---	6
PIC12C519	4	1024	---	---	41	16	WDT/TMR0	---	---	---	---	6
PIC12C671	10	1024	---	---	128	---	WDT/TMR0	---	---	4	SI	6
PIC12C672	10	2048	---	---	128	---	WDT/TMR0	---	---	4	SI	6
PIC12C673	10	1024	---	---	128	16	WDT/TMR0	---	---	4	SI	6
PIC12C674	10	2048	---	---	128	16	WDT/TMR0	---	---	4	SI	6
PIC16C54	20	512	---	---	25	---	WDT/TMR0	---	---	---	---	12
PIC16CR54	20	---	512	---	25	---	WDT/TMR0	---	---	---	---	12
PIC16C55	20	512	---	---	25	---	WDT/TMR0	---	---	---	---	20
PIC16C56	20	1K	---	---	25	---	WDT/TMR0	---	---	---	---	12
PIC16C57	20	2K	---	---	72	---	WDT/TMR0	---	---	---	---	20
PIC16C58	20	2K	---	---	73	---	WDT/TMR0	---	---	---	---	12
PIC16C62	20	2K	---	---	128	---	2-16b, 2-8b 1-WDT	---	SPI/I ² C	---	SI	22
PIC16C64	20	2K	---	---	128	---	2-16b, 2-8b 1-WDT	1	SPI/I ² C	---	SI	33
PIC16C71	16	1K	---	---	36	---	WDT/TMR0	---	---	4	SI	13
PIC16C73	20	4K	---	---	192	---	1-16b, 2-8b 1-WDT	2	SPI/I ² C USAR	5	SI	22
PIC16C74	20	4K	---	---	192	---	2-16b, 2-8b 1-WDT	2	SPI/I ² C USAR	8	SI	33
PIC16F84	10	1K	---	1K	68	64	WDT/TMR0	---	---	---	SI	13
PIC17C42	33	2K	---	---	232	---	2-16b, 2-8b 1-WDT	2	USAR	---	SI	33

La tabla muestra las principales características de los PIC más utilizados.

Una de las principales características de los procesadores es su arquitectura RISC (Computador de Juego de Instrucciones

Reducido). Si analizamos el manual del repertorio de instrucciones que se entregó, veremos que el número de instruc-

ciones es muy reducido (33 a 35 instrucciones) todas ellas aplicables a cualquiera de los modelos. Los de gama más alta



pueden llegar hasta las 60 instrucciones. Se puede decir que las instrucciones son ortogonales, donde cualquiera de ellas puede manejar la fuente y el destino de los datos.

Otra de las características que destacamos es el banco de registros donde todos los elementos del sistema están implementados físicamente y ocupan una dirección de memoria. Tan sólo el registro INDF (Indirect Data Addressing) no es un registro físico, se utiliza para los direccionamientos indirectos, como se verá posteriormente.

Siempre ha sido un problema la reinicialización de los sistemas basados en microprocesadores al conectarlos la alimentación; pues bien, todos los PIC lo tienen resuelto: pueden generar un autoreset (Power On Reset) si así se programa. También puede generar un reset el sistema Watchdog; lo produce un temporizador interno si no es recargado antes de que pase el tiempo programado. Es un modo de controlar que el sistema no se quede perdido o bloqueado. Hay una instrucción que puede llamar poderosamente la atención; cuándo ésta se ejecuta el oscilador principal se detiene, con ello se reduce considerablemente el consumo: naturalmente habla-

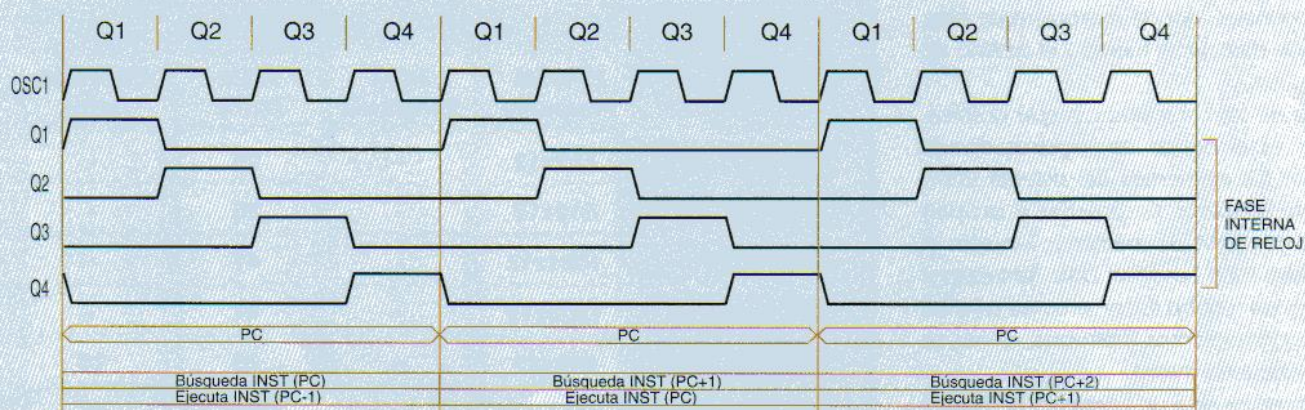
Circuito	Memoria			
	EPROM Programa	ROM Programa	RAM Datos	EEPROM Datos
PIC12C508	512x12	-	25	-
PIC12C508A	512x12	-	25	-
PIC12C509	1024x12	-	41	-
PIC12C509A	1024x12	-	41	-
PIC12CE518	512x12	-	25	16
PIC12CE519	1024x12	-	41	16
PIC12CR509A	-	1024x12	41	-

Disposición de patillas de los modelos PIC12C5XX y diferencias más significativas.

Circuito	EPROM	RAM
PIC12C671	1024x14	128x8
PIC12C672	2048x14	128x8

Circuito	Memoria		
	Programa	Datos RAM	Datos EEPROM
PIC12CE673	1024x14	128x8	16x8
PIC12CE674	2048x14	128x8	16x8

La gama PIC12C67X es algo más completa que la 12C5XX: superior frecuencia de trabajo y convertidores Analógico Digital.



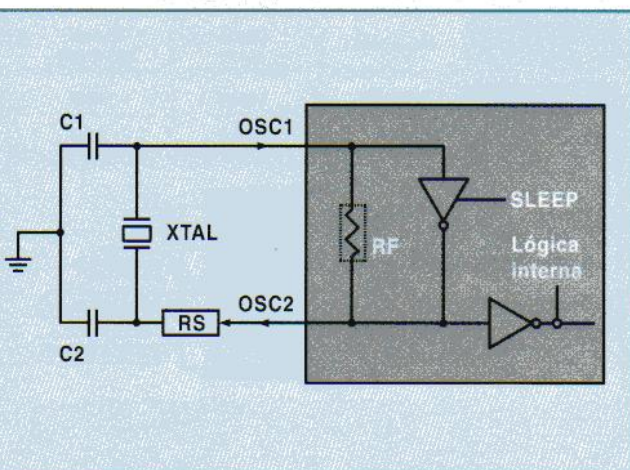
1. MOVLW 03H Búsqueda 1 Ejecuta 1
 2. MOVWF GPIO Búsqueda 2 Ejecuta 2
 3. CALL SUB_1 Búsqueda 3 Ejecuta 3
 4. BSF GPIO, BIT1 Búsqueda 4 Ejecuta SUB_1
- Se inserta un NOP en instrucciones de salto.

El ciclo de instrucción consume cuatro ciclos de reloj. La técnica de segmentación (PIPE-LINE) permite procesar y buscar el código de la siguiente instrucción al mismo tiempo.

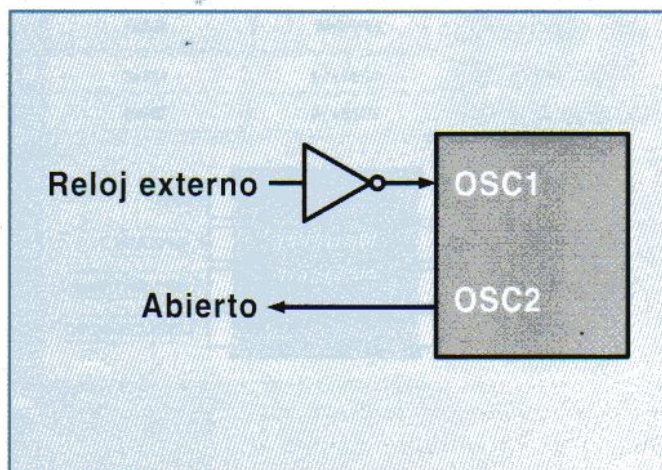
os de la instrucción SLEEP. El "desper-
lo" puede ser realizado de diferentes
rmas, dependiendo del microcontrola-
or utilizado pero, en cualquier caso, no
perderá ninguna información, es
mo si todo quedara congelado en

espera de que despierte el sistema. La
primera operación que hay que realizar
después de despertar, es leer el estado
de los diferentes registros para saber
quién cuándo y cómo se ha producido
la reinicialización del sistema.

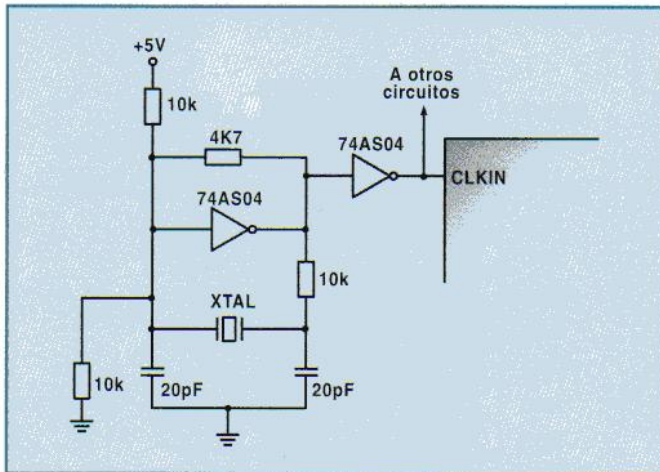
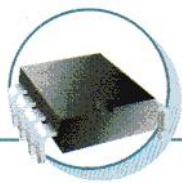
Los PIC tienen un sistema de protección
para evitar que puedan leerse. Es una
opción que se habilita o deshabilita en el
momento de la grabación. Los micro-
controladores que entregamos en esta
obra no están protegidos, por lo que no



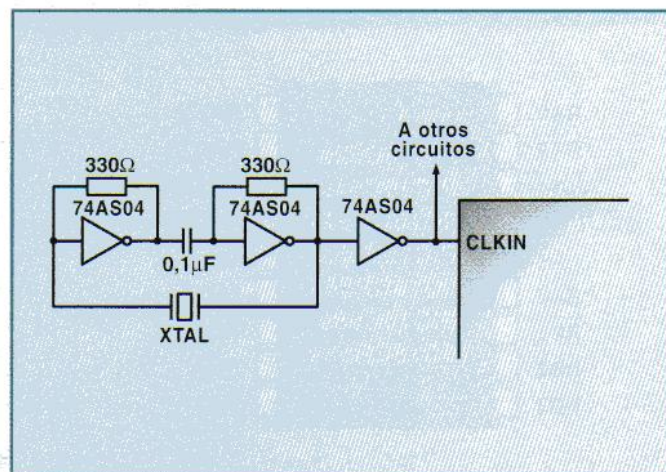
Configuración del oscilador con cristal o resonador.



Configuración del oscilador con reloj externo.



Circuito oscilador con cristal paralelo.



Circuito oscilador con cristal serie.

existe ningún problema si se desean leer o copiar.

OSCILADORES DE LOS PIC

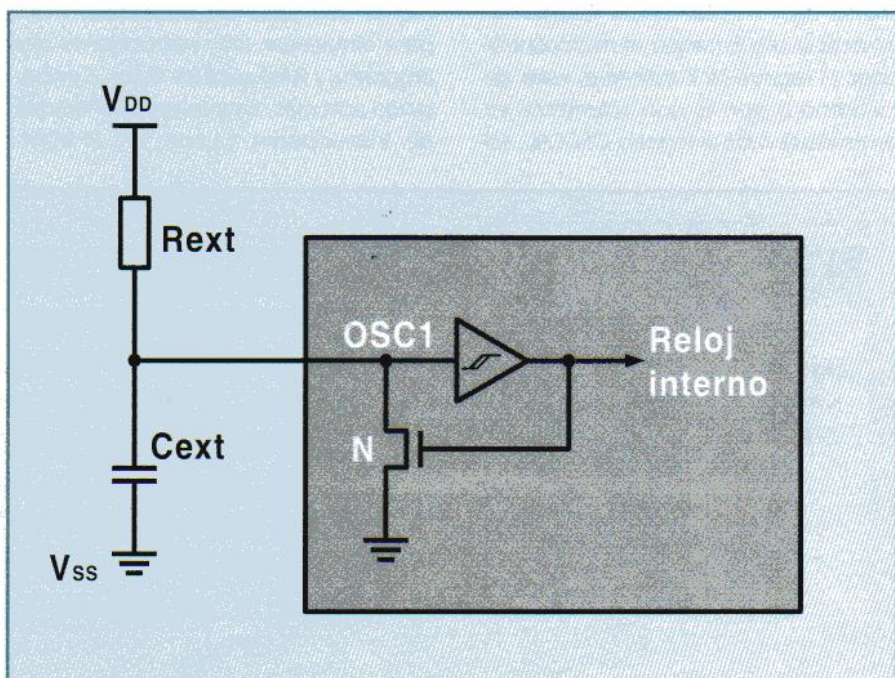
Normalmente los PIC tienen cuatro modos de funcionar RC, XT, LP y HS. Algunos modelos disponen de uno más: INTERNO. Precisamente éste es el utilizado en nuestros montajes (PIC16CE518). Cuando se realiza la programación del PIC y se elige la modalidad RC, se indica que el oscilador empleado es simplemente una resistencia y un condensador conectadas a una de sus patillas. Aunque su estabilidad de frecuencia es mediana, puede ser más que suficiente para los montajes donde no se requiera precisión en la frecuencia de reloj. En la modalidad XT se requiere de un cristal de cuarzo o resonador conectado a dos de las patillas del microcontrolador. El cristal o resonador empleado puede tener una frecuencia entre 100 KHz y 4 MHz.

Para frecuencias inferiores (entre 32 y 200 KHz) el código ha de ser LP. Esta es la modalidad ideal para obtener consumos muy bajos, el precio que se paga por ello es su baja velocidad de proceso. El consumo es muy importante cuando los circuitos diseñados se alimentan con pilas; si el sistema no requiere una velocidad elevada de proceso, a la larga, elegir LP nos ahorrará dinero.

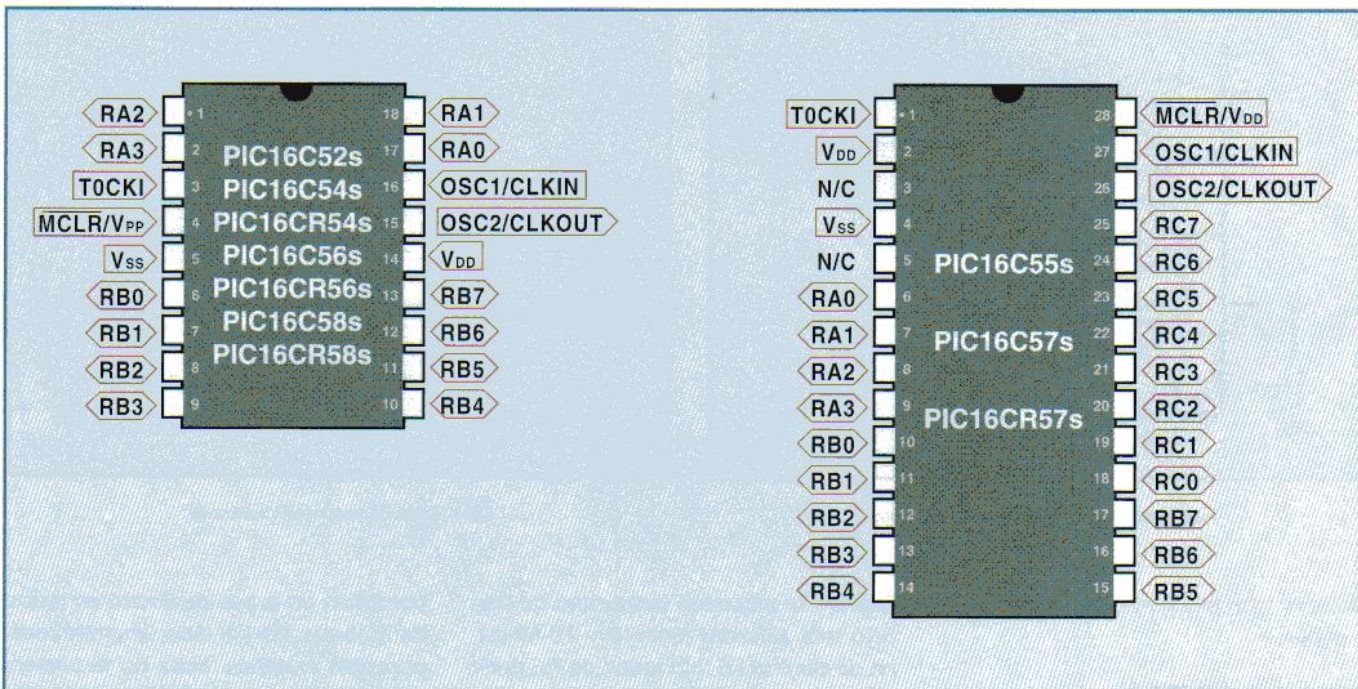
Cuando se requieran frecuencias de trabajo más elevadas (entre 8 y 20 MHz.) ha de elegirse HS. No todos los PIC pueden trabajar a estas velocidades por lo que sólo disponen de esta modalidad aquéllos que su frecuencia máxima de trabajo está comprendida entre los márgenes mencionados.

Los PIC que disponen de la modalidad INTERNA (frecuencia fija de 4 MHz.) pro-

porcionan un grado de ahorro en todos los aspectos. Por un lado, ahorran componentes externos, pues no requieren de ningún componente adicional al propio microcontrolador y, por otro, ahorran espacio en el circuito impreso. La frecuencia de trabajo del oscilador es bastante estable (+ - 5%) siempre que se cumplan los requisitos dados por el fabricante. Cada chip, de los modelos que



Configuración del oscilador en el modo RC.



Disposición de patillas de los modelos PIC16C5X.

disponen de oscilador interno, ya sale de la fábrica calibrado por lo que está garantizada la referida precisión. El único requisito que se ha de cumplir es guardar en un registro especial (OSCCAL) el valor de calibración. Cuando se conecta la alimentación al microcontrolador, el registro W contiene el valor de calibración, por lo que solamente es necesario llevarlo al registro OSCCAL. Así

pues, la primera instrucción que se ha de ejecutar será: `movwf OSCCAL`.

LA MEMORIA

Los microcontroladores poseen básicamente dos tipos de memorias: ROM para almacenar las instrucciones del programa y RAM para los datos. Concretando aún más diremos que la memoria de instrucciones puede ser EPROM,

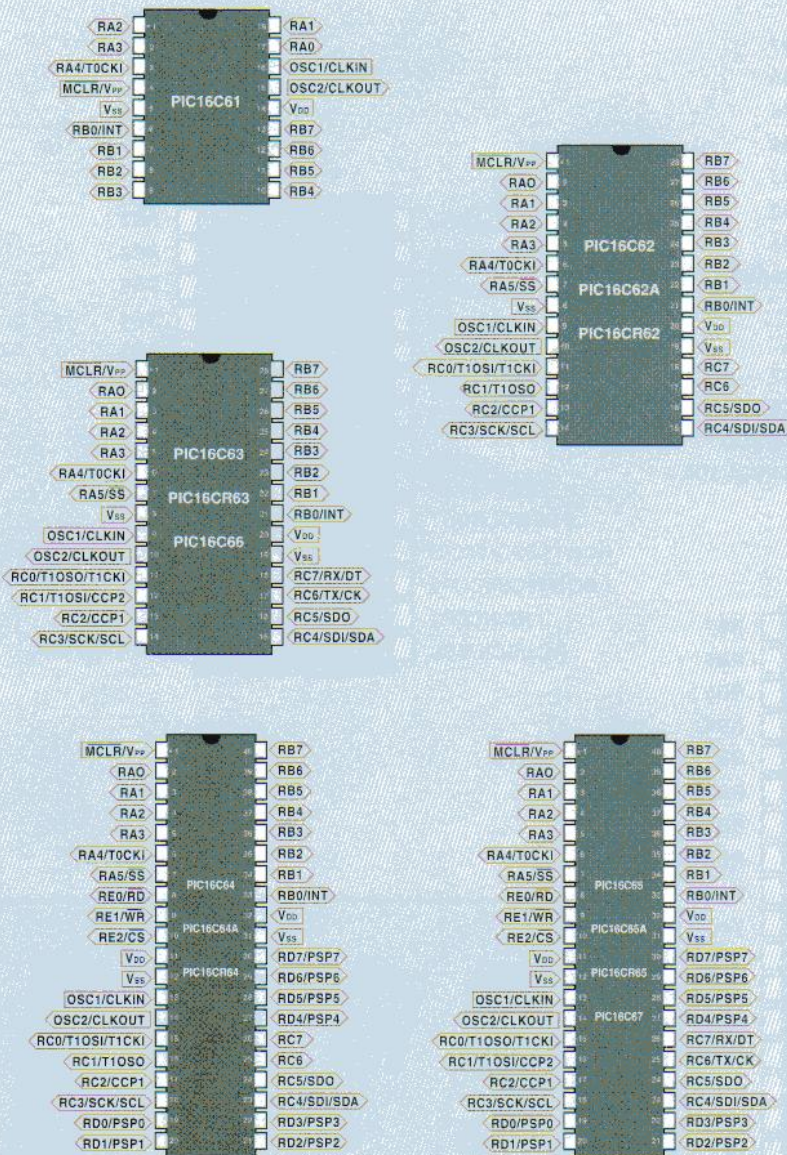
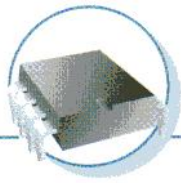
EEPROM, FLASH, etc. depende del modelo de microcontrolador y algunos de ellos, además, tienen otra memoria de datos adicional del tipo EEPROM.

BANCO DE REGISTROS

Los registros de los microcontroladores no son más que diferentes posiciones de memoria ROM o EPROM reservadas

PIC16C7X		710	71	711	715
	Memoria de programa (EPROM)x14	512	1k	1k	2k
	Memoria de datos (Bytes)x8	36	36	68	128
	Pins I/O	13	13	13	13
	Temporizadores	1	1	1	1
	Canales A/D	4	4	4	4
	Programación serie en circuito	Si	Si	Si	Si
	Reset por caída de alimentación	Si	-	Si	Si
	Interrupciones	4	4	4	4

El ciclo de instrucción de la serie PIC16C7X es de 200 ns.



Disposición de las patillas de diferentes modelos de microcontroladores.

para uso interno, o direcciones RAM para que el programador pueda utilizarlas para almacenar datos. Normalmente, éstas últimas guardarán los datos de las variables utilizadas a lo largo del programa aunque, como ya se verá, pueden emplearse como bancos de memoria RAM. La cantidad de registros, así como la dirección que ocupan en los bancos de

memoria, depende de cada modelo de microcontrolador; cada uno de ellos tiene su propio banco específico, por lo tanto, cuando se inicia un proyecto con un circuito determinado, se requiere conocer, entre otras cosas, el mapa de registros para no cometer errores en la programación. Por consiguiente, podemos clasificar a los registros en dos grupos: registros

especiales y de propósito general. Los primeros se hallan implementados como posiciones de memoria: Registro de Estado, el de Opciones, Palabra de configuración, OSCCAL, etc. y los segundos -cuyas direcciones suelen ser las siguientes a la de los registros especiales dentro del mismo banco de memoria- que se emplean para guardar datos en la fase de ejecución del programa.

TEMPORIZADORES

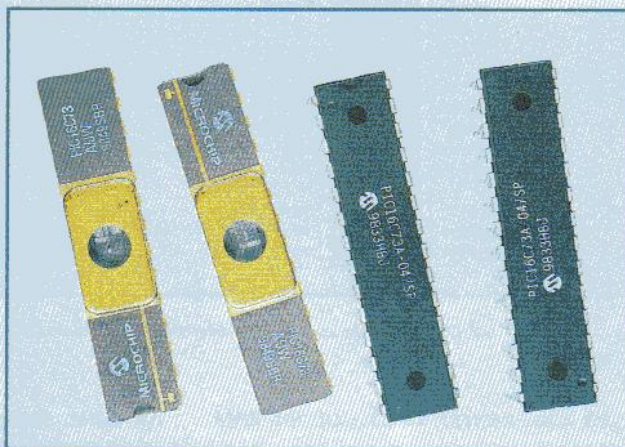
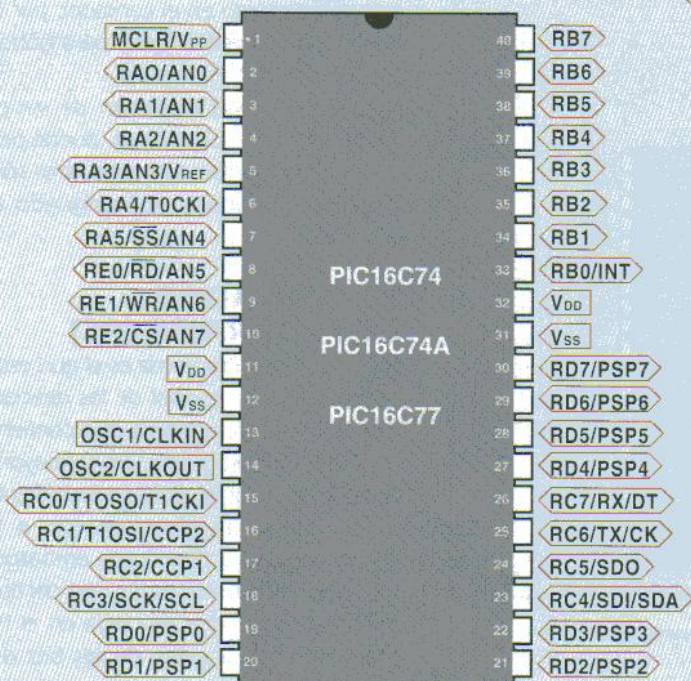
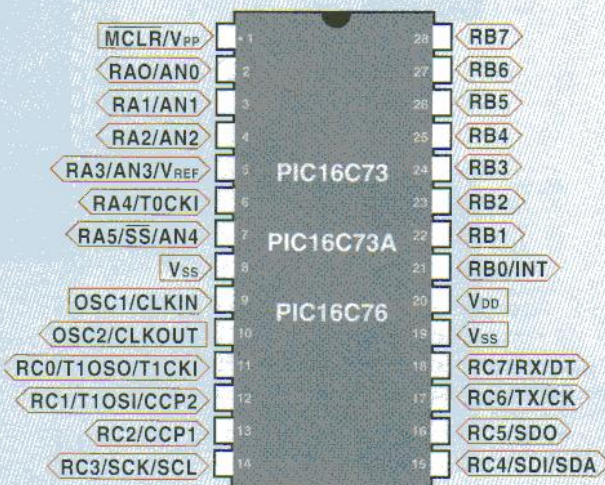
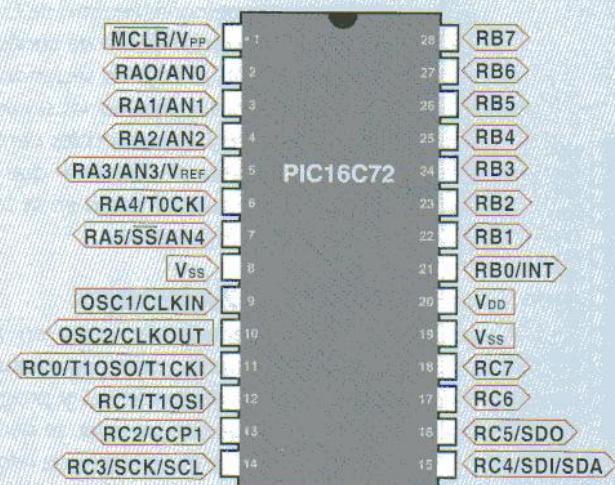
Los temporizadores incluidos en los microcontroladores son contadores ascendentes o descendentes y programables. Se carga con un valor, se decrementa al ritmo de los impulsos de reloj y cuando llega a 0 se produce su desbordamiento. Esta secuencia conlleva un tiempo de ejecución variable en función del valor cargado en el contador, por lo que es un dispositivo típico para gobernar tiempo.

Algunos modelos disponen de varios temporizadores que, incluso, puede provocar interrupciones software, otros sólo disponen de uno y está asignado al Watchdog.

EL CONTADOR DE PROGRAMA (PC)

El Contador de Programa es el que establece el flujo de control de los direccionamientos de la memoria que contiene el código del programa. En la mayoría de las instrucciones el PC se incrementa automáticamente para apuntar a la siguiente instrucción, sin embargo, cuando la instrucción es de salto del tipo directo, el valor que se carga en el PC proviene de una parte de los bits del código OP (Operando) de la propia instrucción. En los saltos relativos, la ALU suma al valor que contiene el PC el del salto y se vuelve a almacenar en el PC, por consiguiente ésa será la nueva dirección del salto.

De esto se deduce que los PIC tienen tres tipos de direccionamiento: Inmediato, donde el valor del dato está contenido en el OP de la instrucción. Directo, en el que la dirección del área de la



□ Elegir un modelo de microcontrolador u otro depende de las características de proyecto a realizar.

memoria de datos, donde se halla el operando está contenida en el OP de la instrucción. Indirecto, donde la dirección de datos que guarda el operando está contenida en un registro.

En el próximo capítulo comenzaremos a estudiar los microcontroladores PIC-12CE5XX, su arquitectura, instrucciones y diferencias entre los diferentes modelos de la gama 5xx, aunque, en realidad,

esta diferencia casi se resume en las diferentes capacidades de memoria EPROM, RAM y, en algún caso, EEPROM, además, el modelo PIC12CE518, es el empleado en los próximos montajes a realizar.