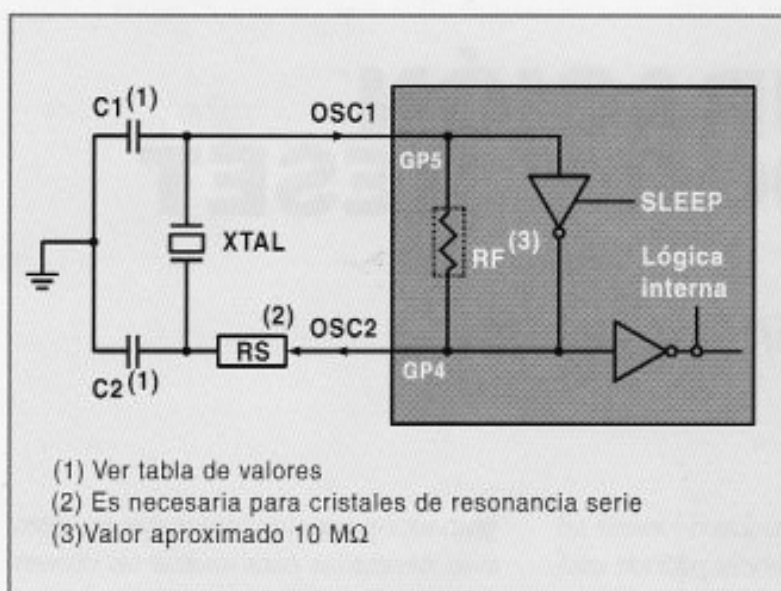
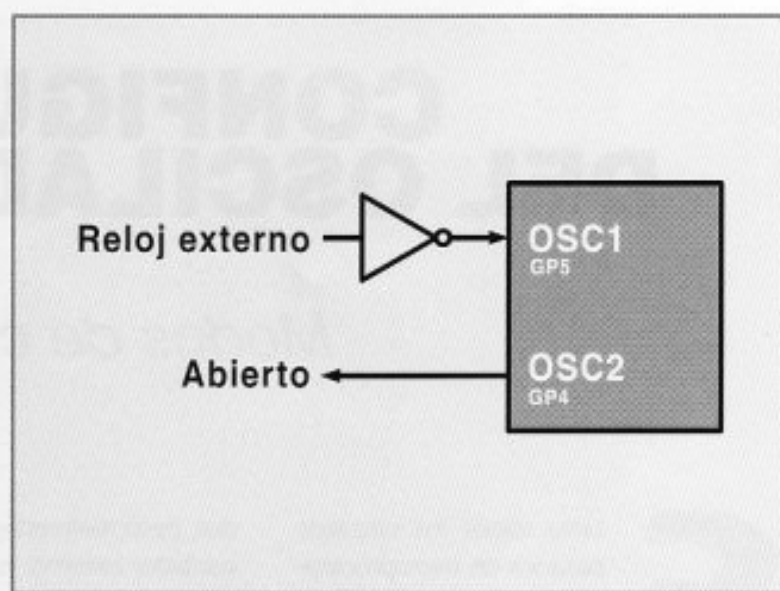


 Directiva de configuración de Protección de código, Watchdog, MCLR y Oscilador interno.



☐ Oscilador externo con cristal o resonador en paralelo con las patillas GP4 y GP5.



☐ Modo de Oscilador externo, éste puede ser un circuito específico.

el Watchdog y configura el Master Reset y Oscilador como interno. Todo ello se verá con más detalle más adelante.

TIPOS DE OSCILADORES

Los PIC12C5XXX tienen cuatro modos de configurar el oscilador:

- LP: Cristal de bajo consumo.
- XT: Cristal o resonador hasta 4 MHz.
- INTRC: Oscilador interno de 4 MHz.
- EXTRC: Oscilador externo con resistencia y condensador.

En los modos XT y LP la patilla GP5 actúa como entrada y la GP4 como salida. Si la resonancia del cristal o resonador es

serie, se deberá colocar una resistencia en serie con la salida OSC2.

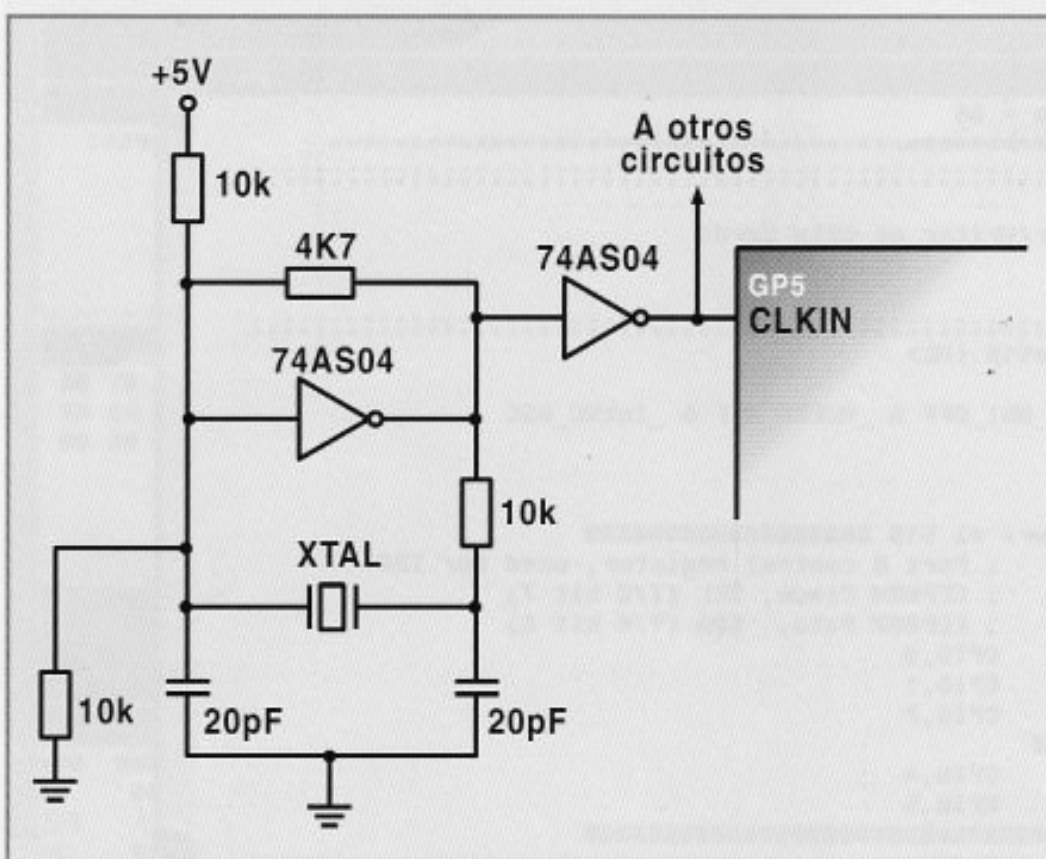
Los PIC12C6XX disponen de un modo más de configuración:

- HS Cristal o resonador de alta frecuencia.

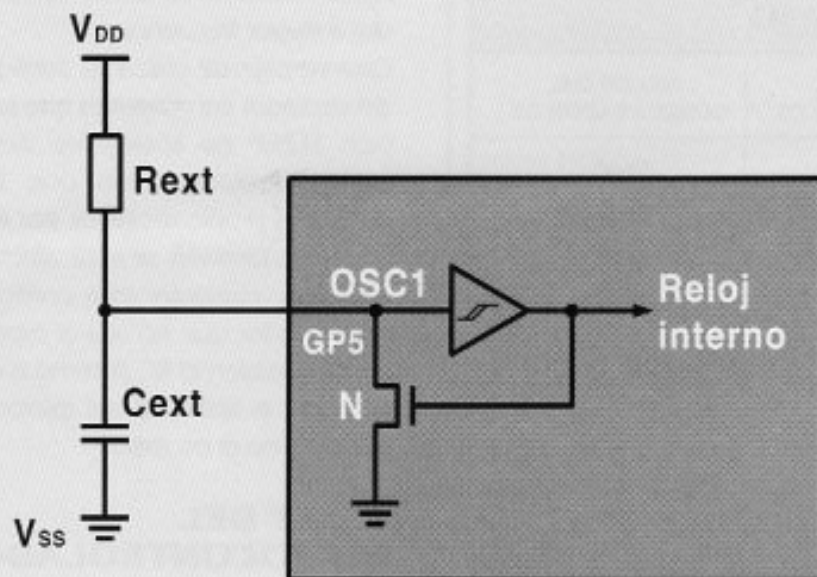
En este modo de configuración, la frecuencia mínima de trabajo es de 4 MHz, y la máxima es de 10 MHz. El comportamiento de las patillas GP4 y GP5 es igual al de la serie 5XX, sin embargo la patilla GP4 puede ser configurada como salida CLK en los modos INTRC y EXTRC.

OSCILADOR INTERNO

La frecuencia del oscilador en el modo interno (INTRC) es de 4 MHz. (5% siempre que se cumplan los requisitos dados por el fabricante (alimentación de 5V, y temperatura de 25 grados centígrados). Cada chip sale de fábrica con el oscilador calibrado, de modo que garantiza el funcionamiento con la precisión del 5% indicada. Cuando se inicializa el microcontrolador, el registro W contiene el ajuste de la calibración de fábrica; este valor hay que llevarlo al registro especial OSCCAL. Por esta razón es necesario, emplear como primera instrucción de nuestro programa, llevar el contenido del registro W al registro OSCCAL. En la ilustración podemos comprobar cómo



☐ Oscilador externo con puertas TTL y cristal o resonador paralelo.



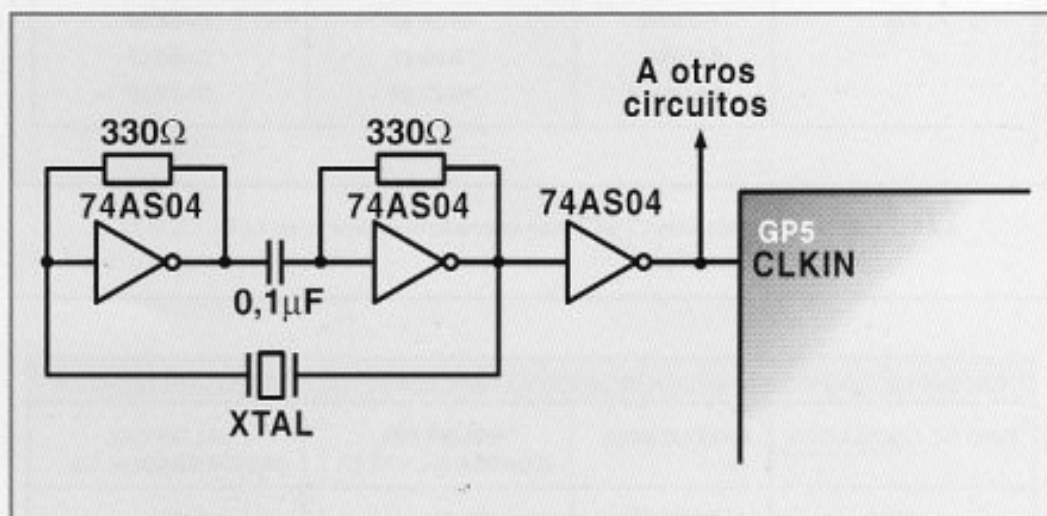
Configuración del oscilador en modo RC externa.

formen parte del diseño general. Si nada más lo empleara el microcontrolador, lo más cómodo es utilizar un cristal o resonador cerámico conectado en paralelo con las patillas GP5 y GP4 tal como muestra la figura; además, si el circuito no requiere mucha velocidad de proceso, podemos configurar el oscilador en el modo LP y emplear un cristal de 32 KHz. de este modo se reducirá considerablemente el consumo total de corriente del circuito. Para hacernos una idea de la corriente máxima que consumirá el circuito alimentado a 3 V. y con el oscilador a 32 KHz. puede llegar a ser de cuatro microamperios; sin embargo, si el oscilador trabaja a una frecuencia de 4 MHz. el consumo será de 1,5 miliamperios. En muchos casos hay que tener en cuenta estos detalles, sobre todo cuando la alimentación del circuito es proporcionada por pilas, ya que, como vemos, el consu-

realizamos esta operación en el programa del lector grabador: simplemente utilizamos la instrucción MOVWF OSCCAL y después saltamos a la etiqueta Start que es donde comienza el programa. Si el microcontrolador empleado tiene ventana de borrado, es necesario tomar nota del valor interno de la calibración antes de proceder a borrar el dispositivo con rayos ultravioleta.

OSCILADOR EXTERNO

Cuando se configura el oscilador en modo externo hay varias formas de realizar el oscilador, dependiendo si éste sólo lo utilizará el microcontrolador o también va a ser empleado por otros circuitos que



Oscilador externo con puertas TTL y cristal o resonador serie.

VALOR DE LOS CONDENSADORES CON RESONADOR CERÁMICO-PIC12CX5XX

TIPO DE OSCILADOR	FRECUENCIA	VALOR DEL CONDENSADOR C1	VALOR DEL CONDENSADOR C2
XT	4.0 MHz	30 pF	30 pF

VALOR DE LOS CONDENSADORES CON OSCILADOR DE CRISTAL-PIC12CX5XX

TIPO DE OSCILADOR	FRECUENCIA	VALOR DEL CONDENSADOR C1	VALOR DEL CONDENSADOR C2
LP	32 kHz ⁽¹⁾	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF

Nota 1: El valor recomendado para $V_{DD} > 4.5$ V, $C1 = C2 = 30$ pF

Valor de los condensadores C1 y C2 para cristales osciladores en los PIC12CX5XX.

VALOR DE LOS CONDENSADORES CON RESONADOR CERÁMICO-PIC12CX67X

TIPO DE OSCILADOR	FRECUENCIA	VALOR DEL CONDENSADOR C1	VALOR DEL CONDENSADOR C2
XT	455 kHz	22-100 pF	22-100 pF
	2.0 MHz	15-68 pF	15-68 pF
	4.0 MHz	15-68 pF	15-68 pF
HS	4.0 MHz	15-68 pF	15-68 pF
	8.0 MHz	10-68 pF	10-68 pF
	10.0 MHz	10-22 pF	10-22 pF

Valor de los condensadores C1 y C2 para resonadores cerámicos en los PIC12CX67X.

VALOR DE LOS CONDENSADORES CON OSCILADOR DE CRISTAL-PIC12CX67X

TIPO DE OSCILADOR	FRECUENCIA	VALOR DEL CONDENSADOR C1	VALOR DEL CONDENSADOR C2
LP	32 kHz ⁽¹⁾	15 pF	15 pF
	100 kHz	15-30 pF	30-47 pF
	200 kHz	15-30 pF	15-82 pF
XT	100 kHz	15-30 pF	200-300 pF
	200 kHz	10-30 pF	100-200 pF
	455 kHz	10-30 pF	15-100 pF
	1 MHz	15-30 pF	15-30 pF
	2 MHz	15-30 pF	15-30 pF
	4 MHz	15-47 pF	15-47 pF
HS	4 MHz	15-30 pF	15-30 pF
	8 MHz	15-30 pF	15-30 pF
	10 MHz	15-30 pF	15-30 pF

Nota 1: El valor recomendado para $V_{DD} > 4.5$ V, $C1 = C2 = 30$ pF

Valor de los condensadores C1 y C2 para cristales osciladores en los PIC12CX67X.

mo en el primer caso es cerca de 400 veces inferior al consumo con un oscilador a mayor frecuencia.

Otra ventaja de utilizar la configuración del oscilador con cristal es que la instrucción SLEEP no solamente detiene al microcontrolador, sino que también detiene al propio oscilador, por lo que el consumo también se verá afectado; sin embargo, cualquier otra configuración del oscilador que no sea el modo mencionado o bien el RC (interno o externo) detendrá la actividad del microcontrolador pero no el oscilador.

RESET DEL MICROCONTROLADOR

Otro de los requisitos típicos de los sistemas basados en microprocesadores es la imprescindible necesidad de inicializar por medio de un pulso todo el sistema. Es lo que conocemos como Reset del circuito. El MCLR (Master Clear) puede ser programado para que sea interno o externo-interno. Con independencia del modo programado, se genera un Reset (POR, Power-On Reset) siempre que la tensión de alimentación descienda entre 2,1 V y 1,5 V, además también puede ser provocado por otras situaciones como ya se verá.

Cuando se programa en modo externo se asigna la función de Reset a la patilla GP3, de modo que generará un Reset cuando descienda la tensión en esta patilla. La ilustración nos muestra, a modo de ejemplo, cómo detectar que la tensión de alimentación desciende por debajo de un valor determinado. Puede darse el caso de que haya circuitos controlados por el microcontrolador que no funcionen correctamente por debajo de cierta tensión; si éste fuera el caso, es necesario vigilar de un modo preciso que la alimentación no descienda al valor que provocaría un mal funcionamiento y si lo hace, al menos, que no se pierda el control.

En el primer circuito del ejemplo vemos que la tensión de Reset está fijada por el valor zener del diodo más 0,7 V, en muchos casos donde la tensión requeri-

```

AB - C:\MPLAB\TRABAJO\TCHIP4C.PJT
Project Edit Debug Picstart Plus Options Tools Window Help

c:\mplab\trabajo\tchip4c.asm
EE_OK equ 07H ; Bit 7 in PC_OFFSET used as OK flag for EE
;#####
;*****

ORG 0
movwf OSCCAL
goto Start

-----LOAD BYTES IN EEPROM MEMORY-----
LoadDate
    movf Counter,W
    addwf PCL,F
    goto LoadDate0
    goto LoadDate1
    goto LoadDate2
    goto LoadDate3
    goto LoadDate4

LoadDate0
    movf CodeRegHH,W
    movwf CommandDate
    return

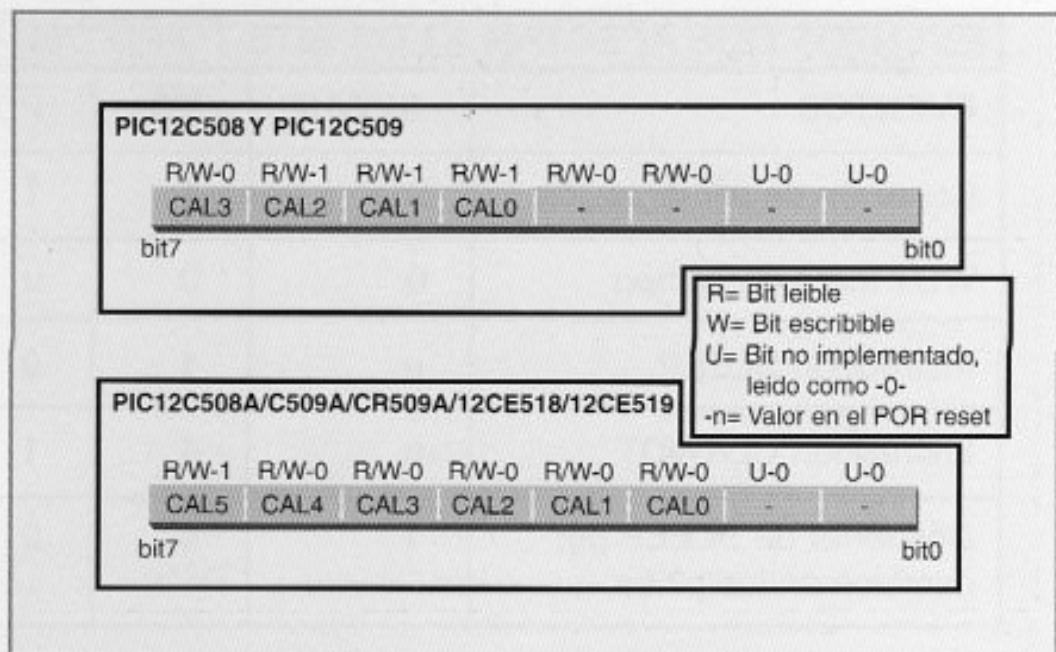
```

☐ El valor calibrado de fábrica para el oscilador se carga automáticamente en el registro W al inicializar el PIC.

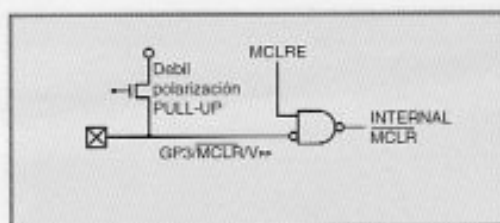
da no se pueda ajustar por no existir el zener apropiado, será preciso utilizar el segundo ejemplo que requiere de algunos cálculos que cumplan la siguiente igualdad:

$$0,7 \text{ V} = V_{DD} \times R1 / (R1 + R2)$$

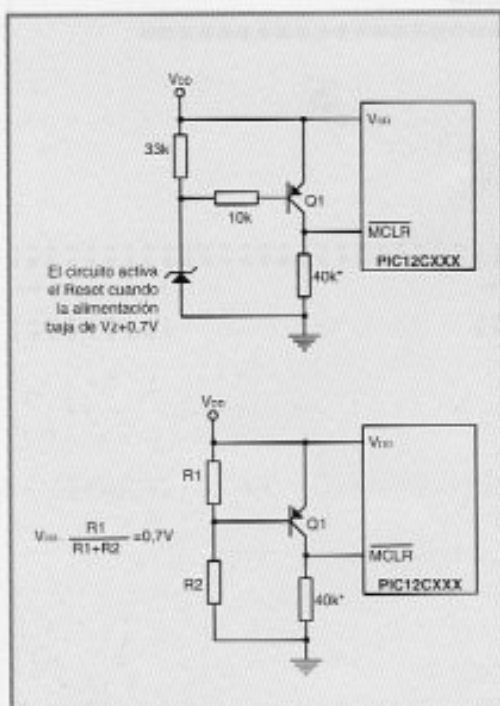
Supongamos que tenemos un circuito controlado por el microcontrolador que deja de funcionar correctamente por debajo de 4 Voltios. Cuando se llegue a esta tensión el PIC deberá subir la tensión de una de sus patillas GPx para inhabilitar el efecto del mal funcionamiento del circuito asociado. Aunque un Reset puede ser provocado por otras funciones internas, en este caso no lo tendremos en cuenta y nos limitaremos



☐ Registro OSCCAL para los PIC12C5XX.



La patilla GP3 puede ser programada para efectuar un Reset del circuito.



Circuitos típicos que provocan un Reset del circuito al descender la alimentación por debajo de los límites calculados.

T $\bar{O}$ /PD/GPWUF DEL REGISTRO DE ESTADO DESPUÉS DE RESET			
GPWUF	T $\bar{O}$	PD	RESET causado por
0	0	0	WDT despertar de SLEEP
0	0	1	WDT fuera de tiempo (no de SLEEP)
0	1	0	MCLR despertar de SLEEP
0	1	1	Conexión de alimentación
0	u	u	MCLR no durante SLEEP
1	1	0	Despertar de SLEEP por cambios de pines

Los bits T $\bar{O}$, PD y GPWUF se ven afectados después de un Reset.

solamente a controlar a GPx cuando se produzca un Reset.

Como no vamos a investigar quién a producido el Reset, nuestro programa deberá, en primer lugar, programar la patilla GPx como salida (ya veremos más adelante como hacerlo) y después haremos que GPx sea, por el momento, un "1". Después de que el programa realice las comprobaciones correspondientes deberá pasar GPx a "0" si son correctas y continuar con la ejecución del programa y si no lo son mantendrá

el "1" en GPx. Este sería el hipotético flujo del programa cuando se reinicie sistema.

Como la tensión de alimentación no deberá caer por debajo de 4 Voltios tendremos:

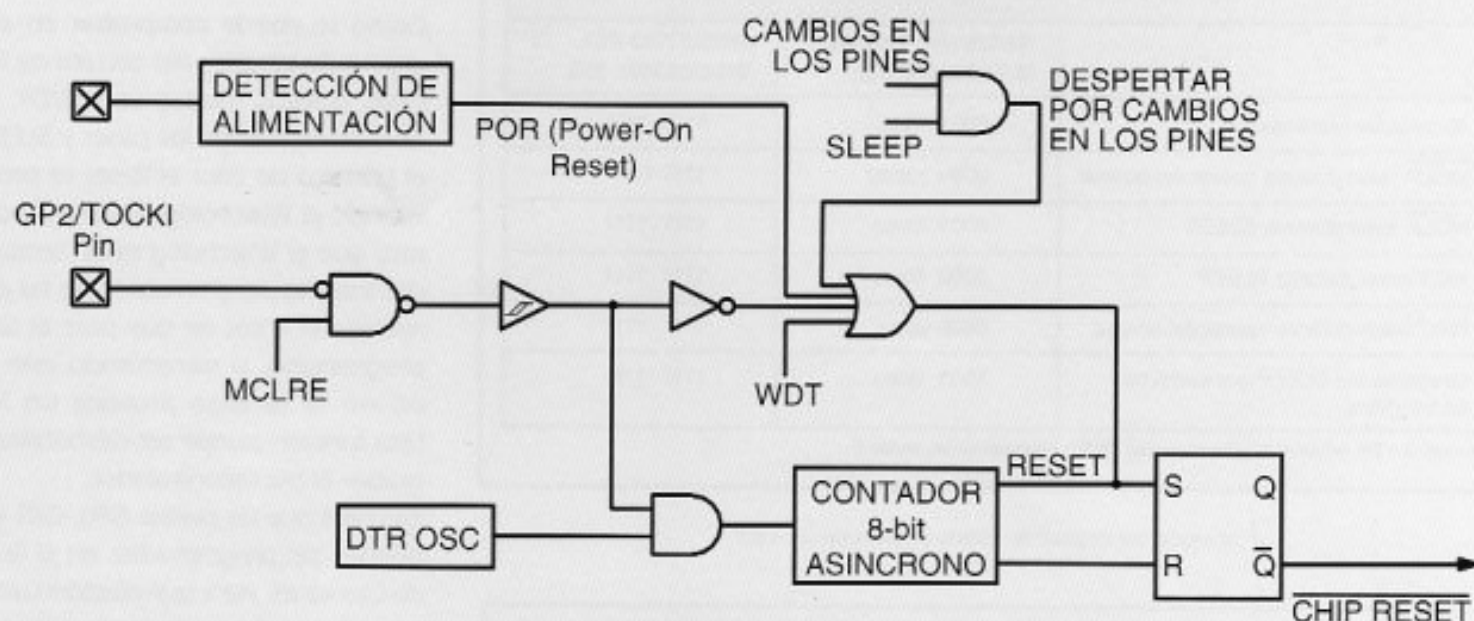
$$0,7 \text{ V} = 4 \times R1 / (R1 + R2)$$

Si fijamos como un valor aceptable para R1 de 6.800 Ohmios, tendremos que:

$$R2 = R1(4 - 0,7)/0,7 = 32.057 \text{ Ohmios}$$

EVENTOS QUE AFECTAN A LOS BITS T $\bar{O}$ /PD DEL REGISTRO DE ESTADO

EVENTOS	GPWUF	T $\bar{O}$	PD	OBSERVACIONES
Conexión de alimentación	0	1	1	
WDT fuera de tiempo	0	0	u	No afecta a PD
Instrucción SLEEP	u	1	0	
Instrucción CLRWDT	u	1	1	
Despertar de SLEEP por cambios en los pines	1	1	0	



Señales internas que pueden provocar un Reset del circuito.

ESTADO DE LOS REGISTROS DESPUÉS DE RESET PARA LOS PIC 12C5XX

REGISTRO	DIRECCIÓN	AL CONECTAR ALIMENTACIÓN	MCLR RESET WDT FUERA DE TIEMPO DESPERTAR POR CAMBIOS EN LOS PINES
W	---	qqqq qqxx ⁽¹⁾	qqqq qquu ⁽¹⁾
INDF	00h	xxxx xxxx	uuuu uuuu
TMR0	01h	xxxx xxxx	uuuu uuuu
PC	02h	1111 1111	1111 1111
STATUS	03h	0001 1xxx	q00q quuu
FSR (12CE518)	04h	111x xxxx	111u uuuu
FSR (12CE519)	04h	110x xxxx	11uu uuuu
OSCCAL	05h	1000 00--	uuuu uu--
GPIO	06h	11xx xxxx	11uu uuuu
OPTION	---	1111 1111	1111 1111
TRIS	---	--11 1111	--11 1111

Leyenda: u = Sin cambios; x = Desconocido; - = Sin implementar bit, se lee 0; q = El valor depende de la condición.
Nota 1: El registro W contiene el valor de la calibración del oscilador

Evidentemente 32 K no es una resistencia estándar si tomamos una de 33 K que sí lo es, comprobaremos por debajo de qué tensión se producirá un Reset:

$$V_{DD} = 0,7 / (R1 / (R1 + R2))$$

Si sustituimos valores tendremos que la tensión será de 4,09 Voltios que es el límite necesario para provocar el Reset. Cuando baje la tensión de alimentación al valor mínimo fijado se produce un Reset por lo que todos los puertos serán inicializados como entradas y mientras la tensión no supere este valor la patilla GPx nunca podrá pasar a "0" por programa.

OTRAS CONDICIONES DE RESET

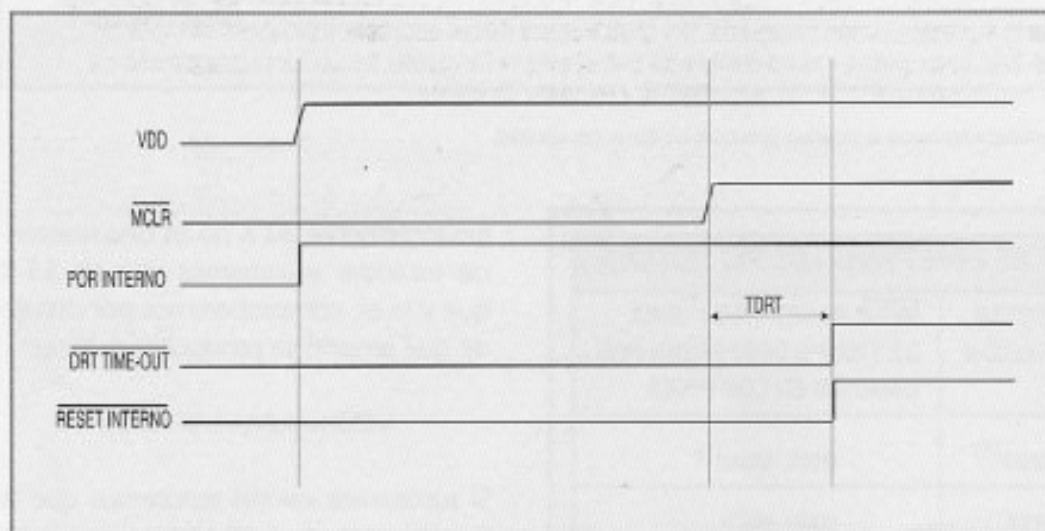
Hasta ahora hemos visto dos modos de provocar un Reset del circuito, una con POR (Power-On Reset) al caer la alimentación por debajo de 1,5 V. a 2,1 V. y otra habilitando la función MCLR al programar el microcontrolador, pero además hay otros modos de provocar un Reset en los PIC12C5XX. En los PIC12C6XX hay alguna más debido a

REGISTRO DE ESTADO PARA LOS PIC 12C5XX

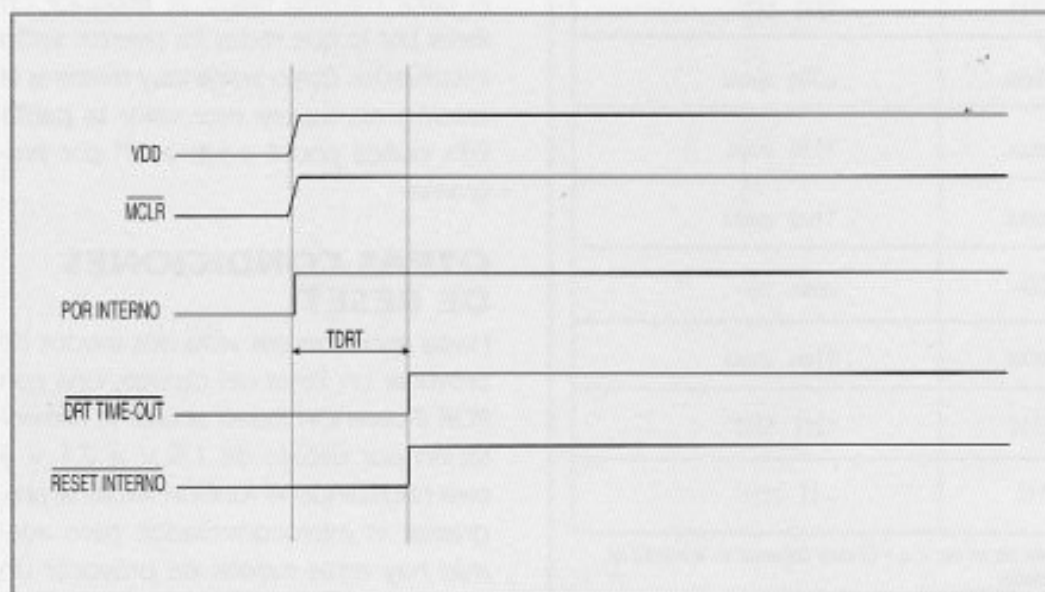
	REGISTRO ESTATUS DIRECCIÓN: 03h	REGISTRO PCL DIRECCIÓN: 02h
Al conectar alimentación	0001 1xxx	1111 1111
MCLR reset durante operación normal	000u uuuu	1111 1111
MCLR reset durante SLEEP	0001 0uuu	1111 1111
WDT reset durante SLEEP	0000 0uuu	1111 1111
WDT reset durante operación normal	0000 uuuu	1111 1111
Despertar de SLEEP por cambios en los pines	1001 0uuu	1111 1111

Leyenda: u = Sin cambios; x = Desconocido; - = Sin implementar bit, se lee 0.

 Situación del Registro de Estado después de un Reset.



 Secuencia al conectar la alimentación con MCLR en estado bajo.



 Secuencia al conectar la alimentación con MCLR a VDD.

que dispone de interrupciones como si fuera a su tiempo.

Como se puede comprobar en el diagrama de bloques del circuito de Reset, estos nuevos modos son: WDT, cambios de estado en los pines y SLEEP. En el primero de ellos el Reset se produce cuando el Watchdog "rebosa"; recordemos que el Watchdog es un temporizador interno programable que ha de ser recargado antes de que pase el tiempo programado, si transcurrido este tiempo no se recarga provoca un Reset. Esta función puede ser deshabilitada a través de un bit para grabar el microcontrolador.

Ya vimos que las patillas GP0, GP1 y GP2 pueden ser programadas, en el Registro de Opciones, para que efectúen un "despertar" del microcontrolador cuando haya cambios de estado en ellas; pues bien, este despertar de la situación SLEEP también provoca un Reset del circuito.

¿QUIÉN PROVOCÓ UN RESET?

En realidad, si todo lo expuesto hasta ahora sólo sirviera para inicializar el microcontrolador no tendría mucho sentido. Pero no es así. Después de un Reset el Registro de Estado se ve afectado de una o de otra forma dependiendo de quién provoque la inicialización. Analizando los bits GPWUF, TO y PD del Registro de Estado se puede saber con toda exactitud quién lo provocó.

Si el programa que se está desarrollando utiliza las funciones que producen un Reset interno, evidentemente será necesario saber en todo momento cómo están las "banderas" afectadas del Registro de Estado. Antes de realizar cualquier operación tras un Reset será necesario analizarlas una por una para obrar en consecuencia; el ejemplo que hemos puesto sobre el MCLR externo no nos serviría, pues no comprueba quién provocó la situación. El programa deberá comenzar analizando los bits TO y PD para saber si están a "1", si fuera así se deberá reinicializar todo ya que el Reset ha sido provocado por la conexión de alimentación.