

CAPITULO 7

Temporizadores y contadores

7.1. INTRODUCCION.

El Microcontrolador 8052 tiene tres registros temporizadores-contadores denominados Timer 0 (T0), Timer 1 (T1) y Timer 2 (T2). El Microcontrolador 8051 tiene sólo dos Timers. el T0 y el T1, de las mismas características que los del 8052. Por esta razón, todo lo que se diga con relación a los Timers 0 y 1 del 8052 es válido para los del 8051 y viceversa.

Los tres timers pueden ser configurados para que operen como temporizadores o como contadores. Cuando el dispositivo opera como Timer, el registro contador se incrementa cada ciclo máquina (la temporización se produce contando los ciclos máquina hasta sobrepasar el valor prefijado). Así, se puede considerar que funciona como un contador de ciclos máquina, de tal forma que, como a cada ciclo máquina le corresponden 12 periodos de reloj, la razón de conteo es 1/12 de la frecuencia del oscilador.

En la función contador, el registro es incrementado en respuesta a la transición del nivel alto de tensión al nivel bajo (flanco descendente) de la señal externa aplicada al (pin 14) para el contador T0, al (pin 15) para T1 y al (pin 1) para el T2, este último pertenece al 8052. La entrada externa es muestreada durante el estado 5 de la fase 2 (S5P2) de cada ciclo máquina. El contador se incrementa cuando la muestra señala un nivel alto de la señal de entrada en un ciclo y un nivel bajo en el ciclo siguiente. El nuevo valor de la cuenta aparece en el registro correspondiente durante el estado 3 de la fase 1 (S3PI) del siguiente ciclo en que la transición ha sido detectada. Puesto que necesita dos ciclos máquina (24 ciclos de reloj) para reconocer la transición del flanco descendente, la máxima razón de conteo es 1/24 de la frecuencia del oscilador.

Mientras que el Timer 0 y 1 tienen cuatro modos de operación, el Timer 2 tiene tres modos como se va a ver en el Apartado 7.2 y 7.3.

Antes de pasar al estudio de los distintos tipos Timers, de su configuración y de realizar algunos ejercicios de aplicación, se va a analizar el circuito general que representa a los Timers presentes en los Microcontroladores 8052/8051.

En 1a Figura 7.1 se observan cuatro bloques fundamentales que de izquierda a derecha se van a exponer a continuación:

-En la parte superior izquierda aparece un dispositivo conmutador que selecciona la forma de efectuar el conteo, bien mediante el oscilador reloj del microcontrolador, o con un reloj externo. La primera opción establece aplicaciones generales de tipo timer (temporizador) y la segunda de tipo counter (contador).

-En la parte inferior izquierda se encuentra un circuito lógico que acciona el interruptor (símbol eléctrico) que permite el paso de los impulsos que incrementan los registros de conteo. Este circuito permite dos opciones: bien se acciona el interruptor por software, para ello $GATE=0$ y $TR1=1$, que son bits imagen pertenecientes a unos registros de control que se estudiarán, o bien se acciona por hardware con la señal de nivel alto, aplicada al pin INT 1, estando $GATE=1$ y $TR1=1$.

-En la parte central se encuentran los registros de conteo, que pueden ser de 8, 13 o 16 bits según el modo de trabajo (TL 1, TH 1).

-A la derecha del registro de conteo se encuentra el biestable representativo del bit de bandera, TF1, que señala el *overflow* o sobrepasamiento del registro contador.

-Finalmente, si la interrupción correspondiente está habilitada, se produciría una interrupción, tema que será tratado en el próximo capítulo.

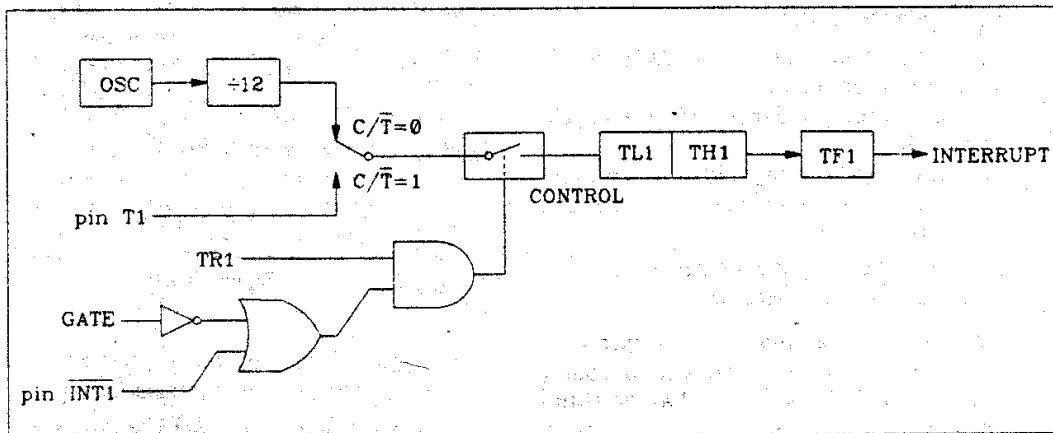


Figura 7.1

7.2. TIMER 0 (T0) y TIMER 1 (T1)

La función timer (temporizador) o counter (contador) es seleccionada por el bit de control C/T perteneciente al registro TMOD (Timer/Counter Mode Control

Register), de los SFR (Special Function Register). El registro TMOD no es direccionable «bit a bit» (Cuadro 7.1).

Estos dos timer/counters tienen cuatro modos de operación, como se indica a continuación, que se seleccionan mediante los pares de bit (M0,M1) en el registro TMOD.

CUADRO 7.1

TMOD																											
b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀																				
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0																				
← Timer 1 →				← Timer 0 →																							
BIT	NOMBRE Y COMENTARIO																										
b ₀ - b ₁	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MODO</th> <th>M1</th> <th>M0</th> <th>MODO DE OPERACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Temporizador de 13 bits</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>Temporizador/Contador de 16 bits</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>Temporizador/Contador de 8 bits con Auto-recarga</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>Contadores múltiples específicos</td> </tr> </tbody> </table>							MODO	M1	M0	MODO DE OPERACION	0	0	0	Temporizador de 13 bits	1	0	1	Temporizador/Contador de 16 bits	2	1	0	Temporizador/Contador de 8 bits con Auto-recarga	3	1	1	Contadores múltiples específicos
MODO	M1	M0	MODO DE OPERACION																								
0	0	0	Temporizador de 13 bits																								
1	0	1	Temporizador/Contador de 16 bits																								
2	1	0	Temporizador/Contador de 8 bits con Auto-recarga																								
3	1	1	Contadores múltiples específicos																								
b ₂	C/T : Selecciona temporizador o contador - Si C/\overline{T} = 0 entonces temporiza con los pulsos del reloj interno. - Si C/\overline{T} = 1 entonces cuenta los pulsos que llegan por T0 (pin 14).																										
b ₃	GATE : Habilita la entrada exterior $\overline{INT0}$ (pin 12). - Si GATE = 1 entonces habilita $\overline{INT0}$ si TR0 = 1 (control por hardware). - Si GATE = 0 entonces deshabilita $\overline{INT0}$ y depende exclusivamente de TR0 (control por software). (TR0 es un bit del Reg. TCON y se activa o desactiva por software).																										
b ₄ - b ₅ - b ₆ y b ₇	Configuración del <i>Timer 1</i> . Igual que para el <i>Timer 0</i> , sustituyendo: T0 por T1 (pin 15) $\overline{INT0}$ por INT1 (pin 13) TR0 por TR1																										

7.2.1. Modo 0: Temporizador/contador de 13 bits

Poniendo los bits M0 = M1 = 0 en el registro TMOD se selecciona el modo de operación cero (Modo 0). El timer/counter 0 y el 1 se ven como indica la Figura 7.2.

Como se puede ver en la Figura 7.2 los Timers 0 y 1 están configurados con registros de 13 bits, repartiéndose 8 bits para TH0 o TH 1 y los 5 bits de menor peso para TL0 o TL1 (los 3 bits de más peso de TL0 o TL1 son indeterminados y deben ser ignorados). Cuando la cuenta, en el registro de conteo, da una vuelta pasando desde todos «unos» a todos «ceros», activa el indicador de interrupción TFX (x=0 si se trata del Timer 0 y x=1 si se trata del Timer 1), siendo éste un bit

que pertenece al registro TCON (Timer/ Counter Control Register), registro que es direccionable «bit a bit» (véase Cuadro 7.2).

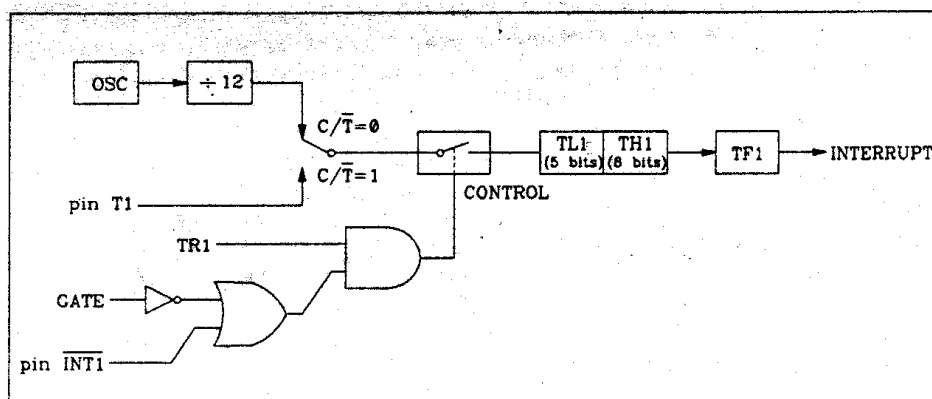


Figura 7.2

CUADRO 7.2

TCON								
	b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀
	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
BIT	NOMBRE Y COMENTARIO							
b ₀	IT0 : Control interrupción externa 0 (INT0). - Si IT0 = 0 entonces es activa por nivel bajo. - Si IT0 = 1 entonces es activa por flanco de bajada.							
b ₁	IE0 : Flag de interrupción para la interrupción externa (INT0). - Se pone a uno cuando se detecta interrupción externa. - Se repone automáticamente al atender la interrupción por flanco.							
b ₂	IT1 : Control interrupción externa 1 (INT1).							
b ₃	IE1 : Flag de interrupción para la interrupción externa 1 (INT1).							
b ₄	TR0 : Habilita por software temporizador/contador 0. - Si TR0 = 1 entonces habilita temporizador/contador 0. - Si TR0 = 0 entonces deshabilita temporizador/contador 0.							
b ₅	TF0 : Flag de Overflow (sobrepasamiento) del Timer 0. Se repone automáticamente al atender la interrupción.							
b ₆	TR1 : Habilita temporizador/contador 1.							
b ₇	TF1 : Flag de Overflow (sobrepasamiento) del Timer 1.							

La autorización de cuenta de pulsos, procedentes de la señal de reloj (actuando como temporizador) o bien del pin 15 (T1) (actuando como contador), se produce en el Timer 1, cuando $TR1 = 1$ y las entradas $GATE=0$ o $INT1 = 1$.

Una aplicación podría ser, para medir el ancho de pulsos a través del pin $INT1$. Así, mientras $INT1 = 1$ los impulsos internos o externos de cuenta llegarían al contador $TH1-TL1$. Cuando $INT1 = 0$ el valor del contador permanecerá sin cambios, puesto que no llegarán mas pulsos de cuenta. Para ello es necesario que $GATE = 1$ y $TR1 = 1$.

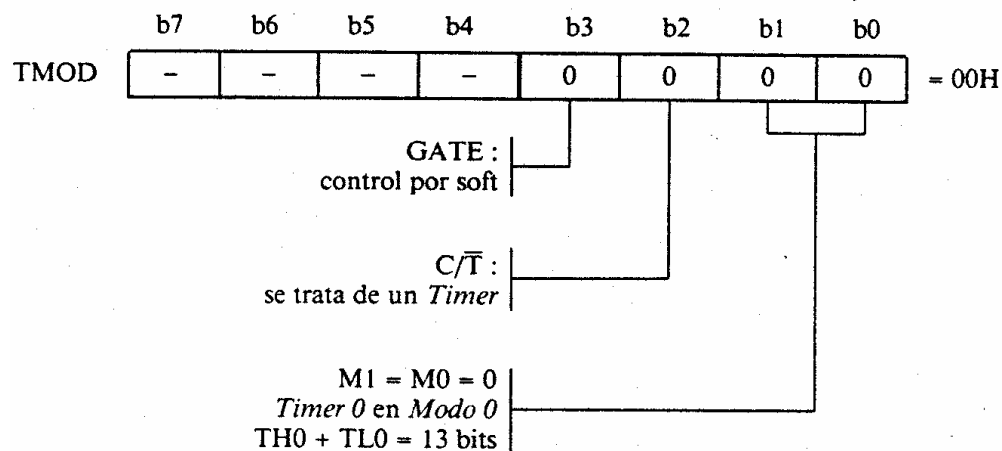
El *Modo 0* de operación es el mismo para el Timer 1 que para el Timer 0, sustituyendo los bits o señales con el subíndice 1 por el subíndice 0. Así, el registro $TMOD$ está dividido en dos partes iguales para el control del Timer 0 y el Timer 1; lo mismo sucede con $TCON$.

Ejercicio 7.1. Timers 0 y 1 en Modo 0 como temporizador. Arranque por software.

Este ejercicio prueba el funcionamiento del timer 0 en Modo 0, con la puyesta en marcha por software. El bit 0 del puerto P0 conmutará entre cero y uno en función de los valores del Timer 0.

Los pasos a seguir son:

1.- Programar $TMOD$



- 2.- Se activa el bit 0 del Puerto 0.
- 3.- Se llama a la rutina Tempo para temporizar.
- 4.- Se desactiva el bit 0 del Puerto 0.
- 5.- Se llama a la rutina Tempo y se salta incondicionalmente al paso 2.

La rutina Tempo realiza lo siguiente:

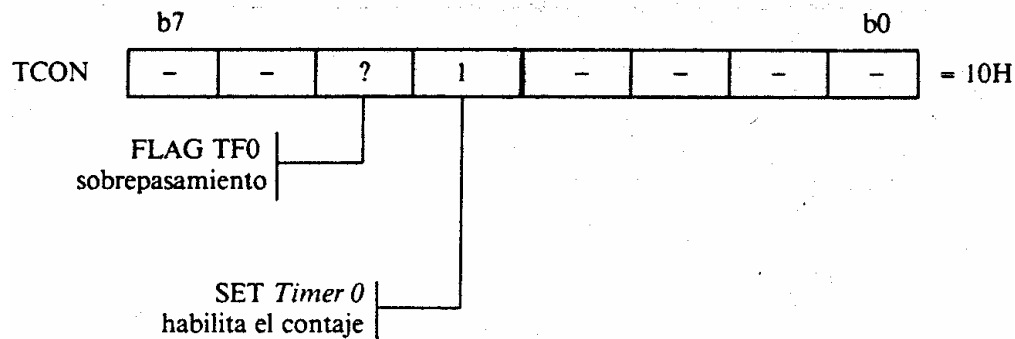
1.- Carga de los registros del Timer 0 a sus valores mínimos correspondiendo con la máxima temporización. Se entiende que el flag TF0 se activará (0 → 1) cuando la cuenta rebase:

XXX0 0000 0000 0000

XXX1 1111 1111 1111 = 1FFFH

Se sugiere al lector que calcule la temporización considerando lo indicado en el Apartado 7.1, es decir, se incrementa a la razón de 1/12 de la frecuencia de reloj. Podemos adelantar que la temporización es muy pequeña.

2.- Se programa TCON.



3.- Verifica si ha ocurrido un desbordamiento en la cuenta. Si así es, sale de la rutina.

ETIQUETA	CODIGO
	MOV TMOD, #00
B0203	MOV B, #01
	MOV PO.B
	ACALL Tempo
	MOV B, #00
	MOV PO.B
	ACALL Tempo
	AJMP B0203
	;
Tempo	MOV TLO, #00
	MOV THO, #00
	MOV TCON, #10
B0309	MOV A, TCON
	ANL A, #20
	JZ B0309
	RET

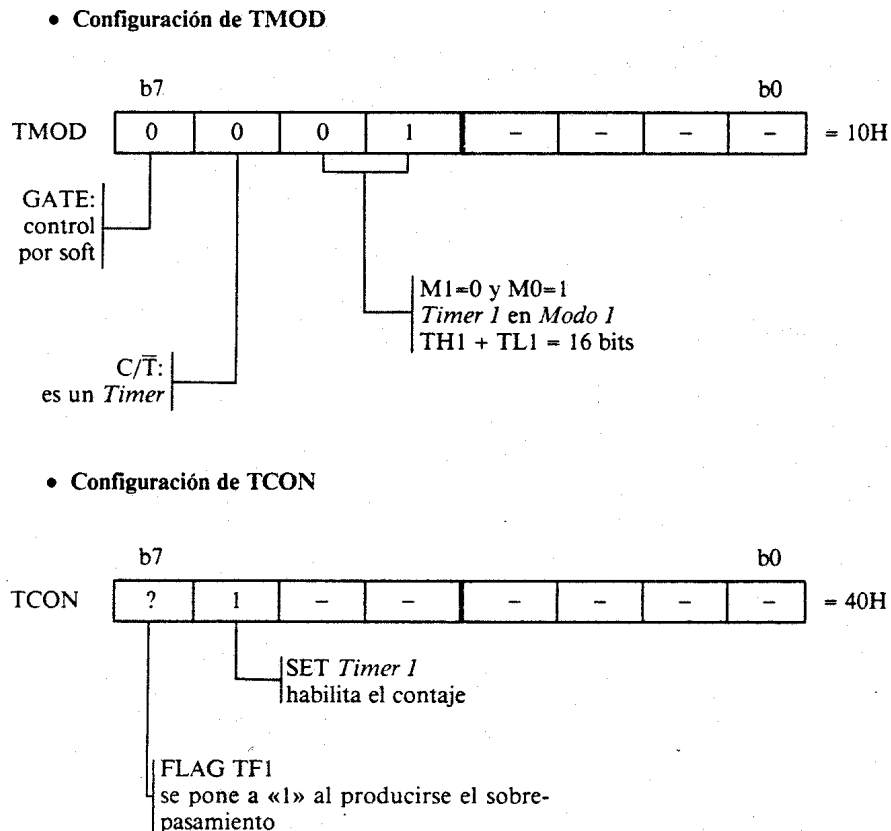
7.2.2. Modo 1: Temporizador/contador de 16 bits

El funcionamiento de los Timers en Modo 1 es el mismo que en Modo 0, exceptuando que los registros de conteo son de 16 bits (TL0+ TH0) o (TL1 + TH1).

Ejercicio 7.2. Timer 1 en Modo 1 (16 bits) como temporizador: Arranque por software.

Este ejercicio es similar al anterior en cuanto a los resultados, pues el bit 0 del Puerto P0 (P0.0) va a conmutar al ritmo del Timer 1, pero éste, al estar programado en Modo 1, utiliza los 16 bits de TH1+ TL1; si se carga con 0000H, la temporización es más larga, por lo que el ritmo de conmutación será menor. Recuérdese que el indicador de desbordamiento, al utilizar el Timer 1, es TF1 (bit 7 del registro TCON) y que éste se produce al pasar TH1- TL1 de FFFFH a 0000H, es decir, después de contar 65.536 ciclos máquina.

El arranque del Timer 1 se produce, como en el ejercicio anterior, al poner a «1» el bit 6 del registro TCON.



ETIQUETA	CODIGO
	MOV TMOD, #10
B0203 SETB	P0.0
	ACALL Tempo
	CLR P0.0
	ACALL Tempo
	AJMP B0203
	;
Tempo	MOV TL1, #00
	MOV TH1, #00
	MOV TCON, #40
B0309 MOV	A,TCON
	ANL A, #80
	JZ B0309
	RET

Ejercicio 7.3. Timer 1 en Modo 1 (16 bits) como temporizador hardware y software. Arranque por software

Este ejercicio permite ver la interacción de la temporización de los Timers físicos con la temporización, ya estudiada en el Capítulo 5 -Ejercicio 5.1-, por software; de esta manera se pueden conseguir tiempos más largos.

El algoritmo de funcionamiento de este programa es el siguiente: por cada unidad de decremento del registro R0 se establece un ciclo de cuenta del Timer 1, de tal forma que si se carga el registro R0 con 0FH, y el Timer 1 con 0000H., se establecen 15 períodos completos de ciclos de conteo del Timer 1 más los ciclos máquina que implica la ejecución del programa, es decir, aproximadamente: 15 x 65536 ciclos máquina.

Los registros TMOD y TCON están configurados como en el ejercicio anterior, por lo que no se hace ningún comentario.

ETIQUETA	CODIGO
	MOV R0, #0F
	MOV TMOD, # 11
B0205	SETB P0.0
	ACALL Tempo
	CLR P0.0
	ACALL Tempo
	AJMP B0205
	;
Tempo	MOV TL1, #00
	MOV TH1, #00
	MOV TCON, #40
B0309	MOV A,TCON


```

ANL    A, #B0
JZ      B0309
DJNZ    R0, Tempo
MOV     R0, #0F
RET

```

Ejercicio 7.4. Timer 1 en Modo 1 (16 bits) como temporizador: Arranque por hardware desde el exterior

Este ejercicio es similar al anterior, salvo en la forma de arrancar el Timer 1. En el ejercicio anterior, el arranque se hacía vía software al poner el bit 6 (TR1) del registro TCON a «1», estando el bit 7 (GATE) del registro TMOD a «0», como se puede observar en la Figura 7.2. Entonces el interruptor CONTROL se cerraba y llegaban los impulsos a los registros de conteo. Ahora la nueva configuración parte de que GATE=1 y TR1=1, pero no es suficiente para arrancar el Timer 1; se necesita aplicar al pin 13 (INT1) un nivel de tensión alto desde el exterior. La figura 7.3 muestra las conexiones externas para este ejercicio.

- **Configuración de TMOD.**

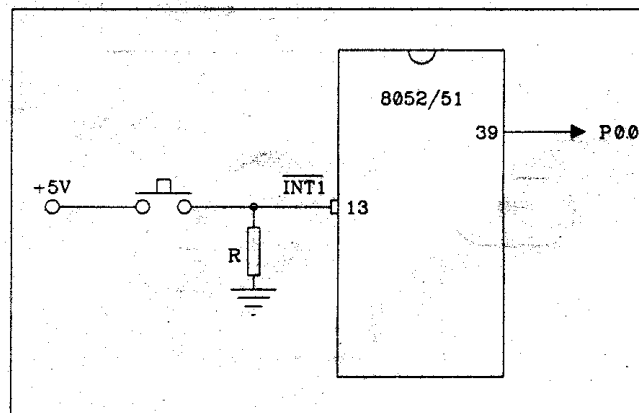
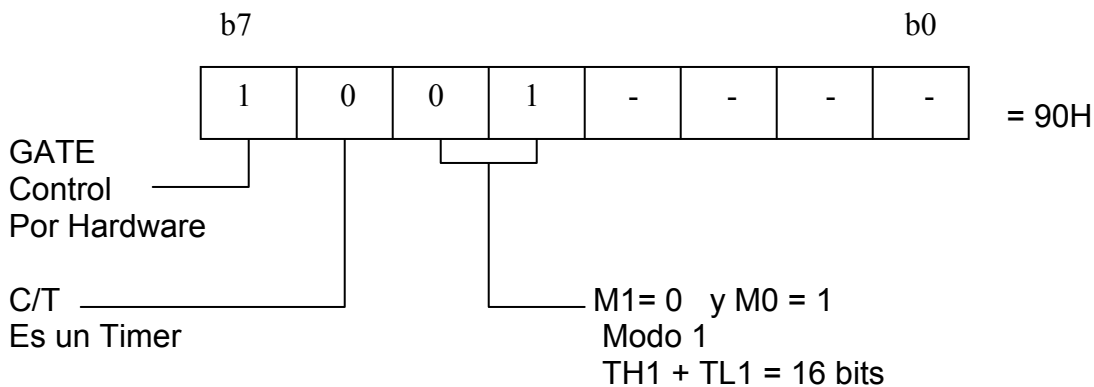


Figura 7.3

Este es el listado del programa :

ETIQUETA	CODIGO
	MOV TMOD, # 90
	MOV R0, #0F
	CLR P0.0
	ACALL Tempo
	SETB P0.0
	NOP
	;
Tempo	MOV TL1, #00
	MOV TH1, #00
	MOV TCON, #40
B0309	MOV A, TCON
	ANL A, #80
	JZ B0309
	DJNZ R0, B0300
	RET

7.2.3. Modo 2: Temporizador/contador de 8 bits con auto-recarga

Puesto que el funcionamiento es el mismo para el Timer 1 que para el Timer 0, los comentarios se hacen para el Timer 1.

El *Modo2* configura el registro Timer como un contador de 8 bits (TL1) con recarga automática (Figura 7.4).

El desbordamiento de TL1 no sólo activa el bit de flag (TF1), sino que también «recarga» TL1 con el contenido de TH1, el cual es inicializado por software. La recarga de TL1 por TH1 es una copia por lo que TH1 mantiene el dato inicial con que fue cargado.

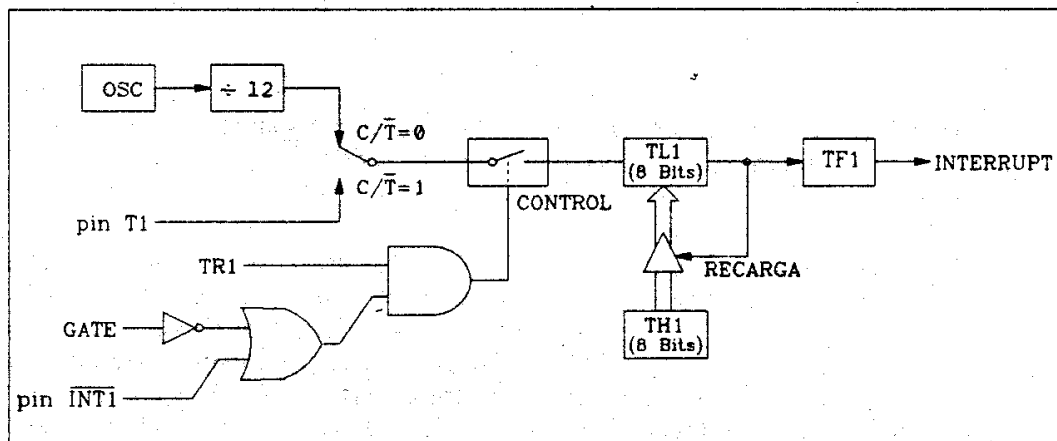


Figura 7.4

Ejercicio 7.5. Timer 1 en Modo 2 como contador con autorrecarga

Este ejercicio trata de observar el funcionamiento del Timer 1 como contador de impulsos externos; autorrecargándose al producirse el desbordamiento con el dato situado en TH1, como muestra la arquitectura del Timer 1 en Modo 2 en la Figura 7.4.

A cada flanco descendente de los impulsos de conteo exteriores, aplicados al pin 15 (T1) el registro TL1 se incrementa en una unidad a partir del valor inicial de carga, que en este caso es F0H. Cuando este valor alcanza FFH, el impulso siguiente, que produce el desbordamiento, activa el indicador TF1 y recarga automáticamente el contenido del registro TH1, que en el ejercicio contiene el mismo valor inicial de TL1, es decir, F0H.

Para que puedan llegar los impulsos de conteo a TL1, es preciso que CONTROL=1; para ello se necesita que GA TE= 1, TR 1= 1 (por software) y que el pin 13 (INT1) esté a nivel alto.

En la Figura 7.5 se puede ver la conexión precisa del microcontrolador con las señales exteriores para este ejercicio.

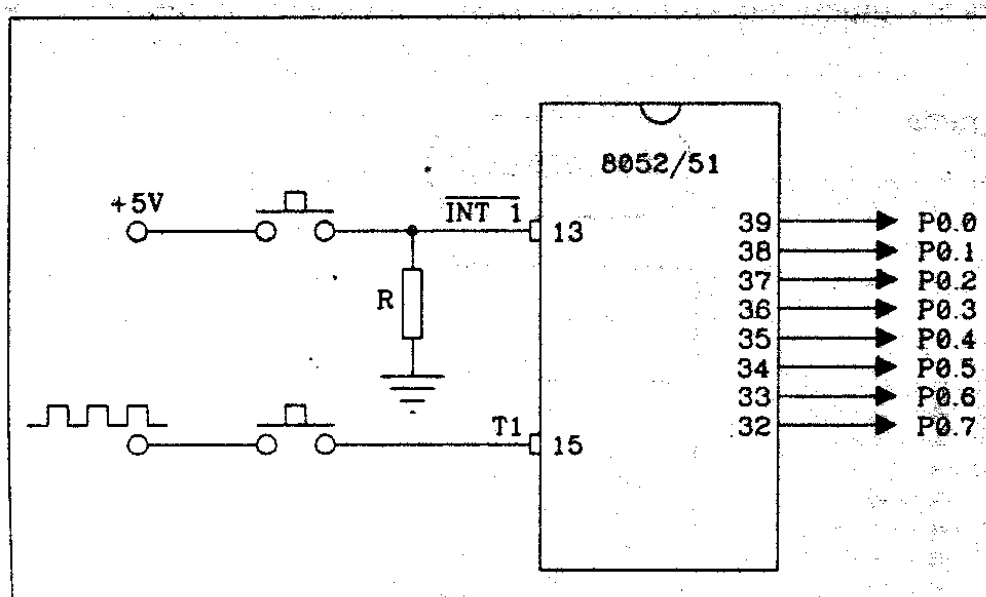
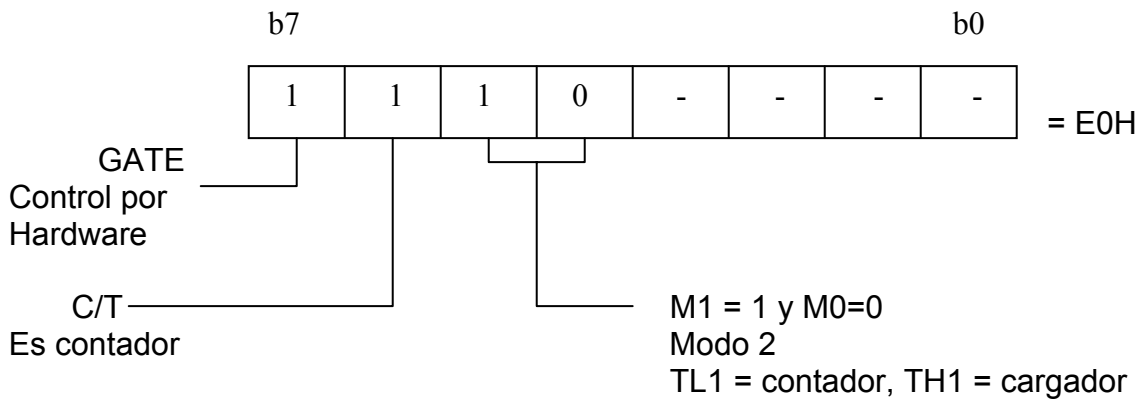


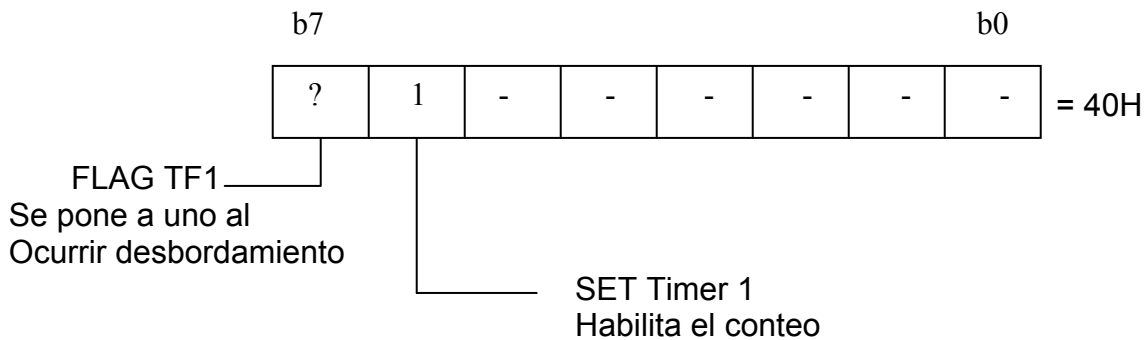
Figura 7.5

A continuación se muestra la configuración de TCON y TMOD para este ejercicio.

- **Configuración de TMOD.**



- **Configuración de TCON.**



Este es el listado del programa:

ETIQUETA	CODIGO
	MOV TMOD, #E0
	MOV TL1, #F0
	MOV TH1, #F0
	MOV TCON, #40
BO20C:	MOV P0, TL1
	AJMP B020C
	NOP

7.2.4. Modo 3: Varios contadores

El *Modo 3* está previsto para aquellas aplicaciones que requieran un temporizador o contador extra. Así, TL0 y TH0 son dos contadores de 8 bits independientes (Figura 7.6). En este modo el Timer 1 cede el flag de tratamiento de interrupciones (TF1) y el bit de control (TR1).

El registro TL0 (8 bits) utiliza la lógica de control que ha sido común hasta ahora (GATE, pin INT0 y TR0) permitiendo la operación de temporización con los ciclos máquina del microcontrolador y el conteo de pulsos a través del pin 14 (T0).

El registro TH0 (8 bits) sólo permite la temporización con la señal de 1/12 de la frecuencia del oscilador utilizando como bit de CONTROL (TR1) y como flag (TF1); ambas señales pertenecen al Timer 1.

En realidad el Modo 3, en cuanto a su funcionamiento, es similar a los modos anteriores, con la salvedad de que sólo cuenta con registros de 8 bits, produciéndose el desbordamiento al incrementarse en una unidad del valor FFH.

De esta manera, el Microcontrolador 8052 puede tener hasta cuatro temporizadores/contadores, y el 8051 hasta tres; es decir, cuando el Timer 0 está en Modo 3, el Timer 1 puede ser utilizado, por ejemplo, como generador de base de tiempos en las comunicaciones serie o en cualquier aplicación que no necesite interrupciones. La cuestión es, en el caso del Microcontrolador 8052, que el Timer 2 ha sido diseñado especialmente para utilizarlo como generador de frecuencia en las comunicaciones del puerto serie. No obstante, es la imaginación y creatividad del usuario la que va a determinar lo que es útil para su aplicación.

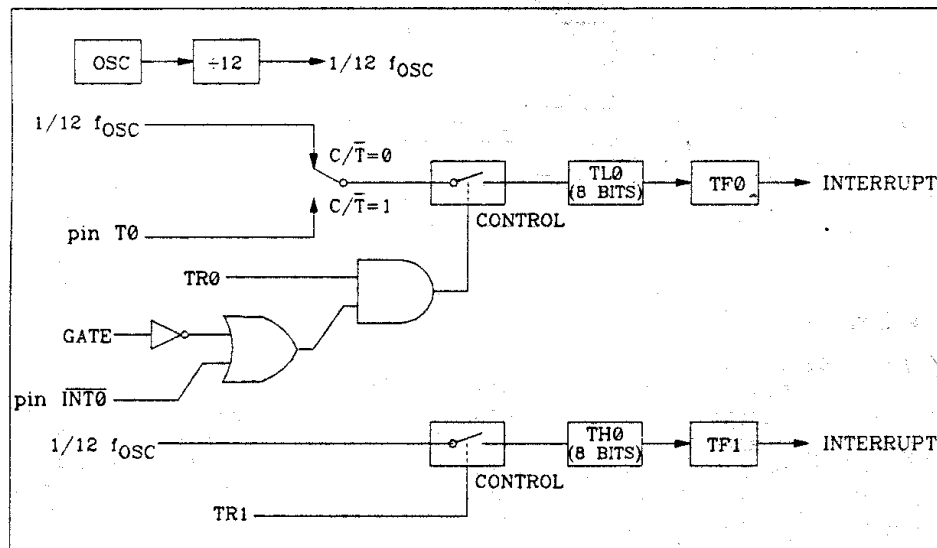


Figura 7.6

Ejercicio 7.6. El Timer 0 en Modo 3 como contador de 8 bits

Se trata de mostrar el funcionamiento del Timer 0 en Modo 3, como contador. Los impulsos de conteo exteriores se aplican al pin 14 (T0). La acción sobre el interruptor CONTROL es exterior a través del pin 12 (INT0). El valor inicial de TL0 es F0H y el estado de la cuenta se presenta al exterior por el Puerto P0. Cuando se produce el desbordamiento se carga en el Puerto P0 un 55H.

La Figura 7.7 muestra el conexionado externo para la comprobación de este ejercicio.

ETIQUETA	CODIGO
	MOV TMOD, #07
	MOV TCON, #10
	MOV TL0, #F0
B0209:	MOV P0, TL0
	MOV A, TCON
	ANL A, #20
	JZ B0209
	MOV A, #55
	MOV P0, A
	NOP

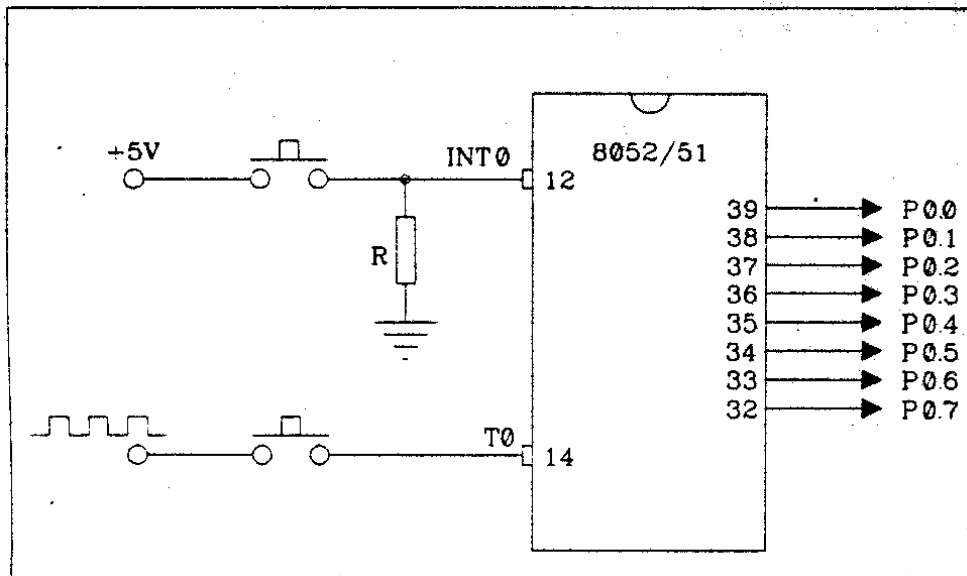


Figura 7.7

7.3. EL TIMER 2

El Microcontrolador 8052, con relación al 8051, presenta un temporizador/contador extra de 16 bits (el timer 2). Al igual que los Timers 0 y 1, puede operar como temporizador o como contador de eventos. Dentro de los registros especiales (SFR), el registro (T2CON) puede configurarlo como Timer ($C/T2=0$) o como Counter ($C/T2=1$) contador de flancos descendentes, introduciendo los mismos a través del pin 1 (T2) del Microcontrolador 8052.

El registro T2CON (Timer/Counter 2 Control Register) es un registro direccionable "bit a bit". y su estructura aparece en el Cuadro 7.3.

Es conveniente seguir el Cuadro 7.3 teniendo presentes las Figuras 7.8 y 7.10.

Cuadro 7.3

T2CON								
	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0
	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	$C/\overline{T2}$	$CP/\overline{RL2}$
BIT	NOMBRE Y COMENTARIO							
b_0	<div><div>$CP/\overline{RL2}$</div>: Bit de Captura/Recarga.<ul style="list-style-type: none">- Si $CP/\overline{RL2} = 1$ y $EXEN2 = 1$ habilita captura en T2EX (<i>pin</i> 2). (véase Figura 9-8).- Si $CP/\overline{RL2} = 0$ y $EXEN2 = 1$ habilita autorrecarga por:<ul style="list-style-type: none">- Sobrepasamiento del <i>Timer</i> 2.- Por flanco descendente en T2EX (véase Figura 9.10).- Si $RCLK = 1$ o $TCLK = 1$ se ignora este bit y el <i>Timer</i> 2 es forzado a la autorrecarga en el sobrepasamiento.</div>							
b_1	<div><div>$C/\overline{T2}$</div>: Bit selector del Temporizador/Contador.<ul style="list-style-type: none">- Si $C/\overline{T2} = 0$ actúa como temporizador.- Si $C/\overline{T2} = 1$ actúa como contador.</div>							
b_2	<div><div>TR2</div>: Bit de Arranque/Parada del <i>Timer</i> 2.<ul style="list-style-type: none">- Si $TR2 = 1$ arranque del <i>Timer</i> 2.- Si $TR2 = 0$ parada del <i>Timer</i> 2.</div>							
b_3	<div><div>EXEN2</div>: Bit de habilitación del flanco descendente exterior (T2EX).<ul style="list-style-type: none">- Si $EXEN2 = 1$ habilita señal T2EX. Captura o autorrecarga si procede.- Si $EXEN2 = 0$ deshabilita <i>pin</i> T2EX.</div>							
b_4	<div><div>TCLK</div>: Bit comunicaciones reloj transmisor (véase Cuadro 12.2).</div>							
b_5	<div><div>RCLK</div>: Bit comunicaciones reloj receptor (véase Cuadro 12.2).</div>							
b_6	<div><div>EXF2</div>: <i>Flag</i> de activación de señal por el <i>pin</i> T2EX ($EXEN2=1$). Vectoriza interrupción si está habilitada.</div>							
b_7	<div><div>TF2</div>: <i>Flag</i> de sobrepasamiento en el <i>Timer</i> 2. No se activa cuando $RCLK = 1$ o $TCLK = 1$ Vectoriza interrupción si está habilitada.</div>							

El Timer 2 tiene tres modos de operación, pero sólo los dos primeros serán tratados en este capítulo.

- Modo captura.
- Modo autorrecarga.
- Modo generador señal comunicación serie.

Siendo la selección establecida según los valores asignados, a los bits correspondientes del registro T2CON (véase Cuadro 7.4).

Cuadro 7.4

RCLK + TCLK	CP/RL2	TR2	MODO
0	0	1	16 bits con autorrecarga
0	1	1	16 bits con captura
1	X	1	Generador de baudios
X	X	0	Off

7.3.1. El Timer 2 en modo captura

Hay dos opciones que son seleccionadas por el bit 3 (EXEN2) del registro de control T2CON. Si EXEN2=0, el Timer 2 puede trabajar como temporizador o contador, poniendo el flag TF2 a nivel alto cuando se produce el desbordamiento y generando interrupción si ésta está habilitada. Si EXEN2= 1 el Timer 2 puede hacer lo señalado anteriormente, pero además cuando se produce una transición

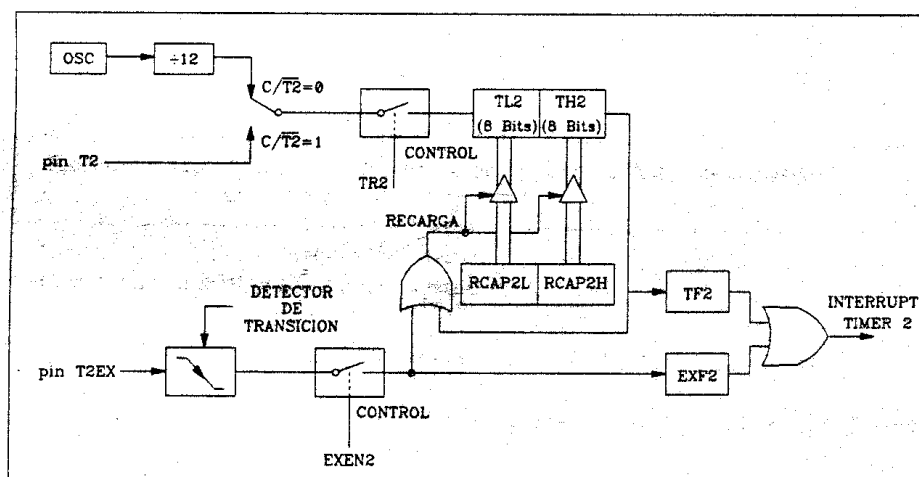


Figura 7.8

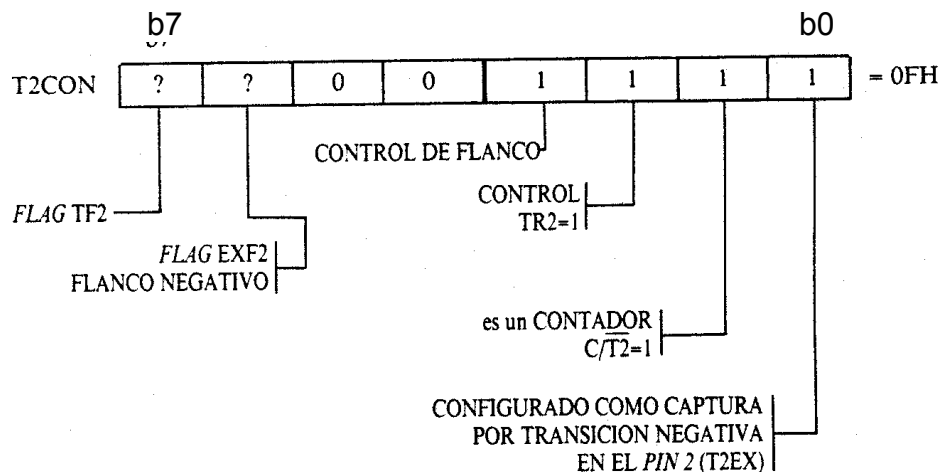
en la entrada externa T2EX en «flanco descendente» el valor que en ese instante está presente en los registros de conteo TL2 y TH2 es capturado dentro de los registros de captura RCAP2L y RCAP2H, respectivamente (RCAP2L y RCAP2H ocupan las posiciones de memoria CAH y CBH en el área de los SFR). Además, el flanco descendente en el pin T2EX, siendo EXEN2= 1, pone a « 1 » el flag de EXF2 y puede generar una interrupción, si está habilitada (Figura 7.8).

Ejercicio 7.7. Timer 2 como temporizador

Este ejercicio tiene la misma estructura que el Ejercicio 7.2, por lo que se remite al lector a revisar dicho ejercicio.

Observar cómo al modificar el contenido de los registros TL2 + TH2 se pueden conseguir distintas temporizaciones. La máxima se consigue con 0000H.

El registro T2CON queda configurado de la siguiente forma:



ETIQUETA	CODIGO
B0200:	SETB P0.0
	ACALL SUB1
	CLR P0.0
	ACALL SUB1
	AJMP B 0200
	;
SUB1:	MOV TL2, #99
	MOV TH2, #99
	MOV T2CON, #04
B0309 :	MOV A, T2CON
	ANL A, #80
	JZ B0309
	RET

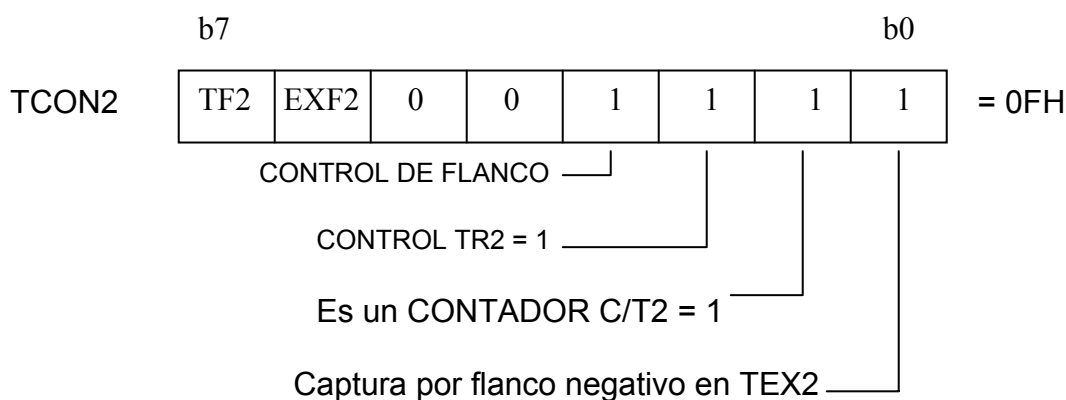
Ejercicio 7.8. Timer 2 en modo “captura” como contador

Con este ejercicio se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- Observar el Timer 2 como contador de 16 bits, con las mismas características que el Timer 0 o el Timer 1.
- Observar cómo se produce el modo captura.
- Integrar en el mismo ejercicio el Timer 1 y el Timer 2. El primero como temporizador y el segundo como contador.

A continuación se pasa a comentar las tareas que efectúa el programa.

-Primero se configura el Timer 2 como contador y en modo «captura».



-Enseguida se cargan los registros de conteo TL2 y TH2.

-El contenido de TL2 se saca por el Puerto P0, por lo que el byte bajo de la cuenta de pulsos va apareciendo en el Puerto P0.

-Pregunta si ha llegado algún flanco descendente en el pin T2EX. Si es así, y puesto que está programado en modo captura, pasa el contenido de TL2 y TH2 a RCAP2L y RCAP2H, respectivamente.

-El contenido de RCAP2L se saca por el Puerto P0. pero se intercambian los nibbles (SWAP A). El tiempo de visualización del contenido de CAP2L está temporizado por el Timer 1 en la rutina *Tempo*.

-Al regresar de la rutina de temporización se borra el flag EXF2, correspondiente a la transición negativa.

-Se pregunta por el flag de desbordamiento y si se activa quiere decir que el Timer 2 ha sobrepasado el valor FFFFH.

-En estas condiciones el programa termina visualizando por el Puerto P0 el dato 55H.

En la Figura 7.9 se muestra el esquema del montaje exterior:

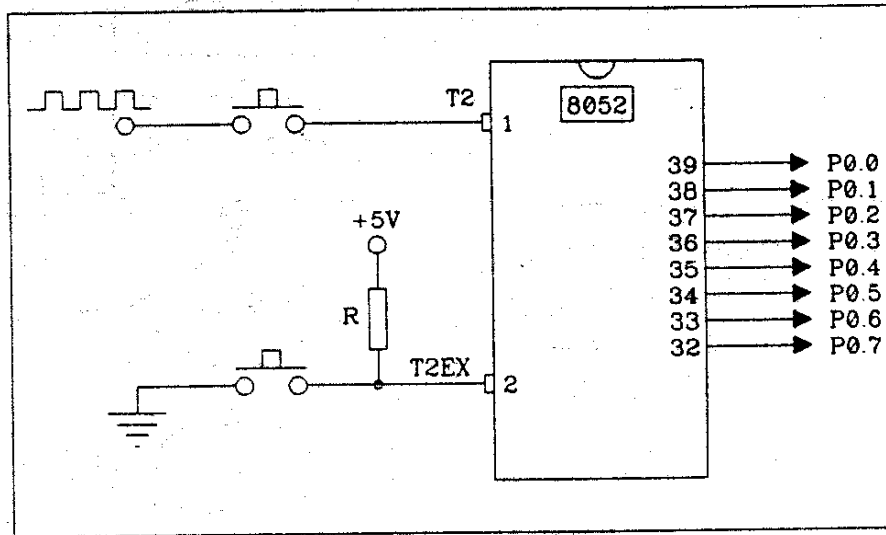


Figura 7.9

Este es el listado del programa:

ETIQUETA	CODIGO
	MOV T2CON, #0F
	MOV TH2, #FF
	MOV TL2, #F0
B0209:	MOV P0, TL2
	MOV A, T2CON
	ANL A, #40
	JZ B021B
	MOV A, CAP2L
	SWAP A
	MOV P0, A
	ACALL Tempo
	CLR .EXF2
B021B:	MOV A, T2CON
	ANL A, #E0
	JZ B0209
	MOV P0, #55
	NOP
	;
Tempo:	MOV RO, #50
	MOV TMOD, #10
B0305:	MOV TL1, #00
	MOV TH1, #00
	MOV TCON, #40
B030E	MOV A, TCON
	ANL A, #80
	JZ B030E
	DJNZ RO, B0305
	RET

7.3.2. Timer 2 en modo autorrecarga

En el modo autorrecarga hay, de nuevo, dos opciones, que se seleccionan con el bit EXEN2 del registro T2CON. Si EXEN2 = 0, entonces, cuando en el Timer 2 se produce el desbordamiento, no sólo pone a «1» el flag TF2, sino que «recarga» los valores de los registros RCAP2L y RCAP2H, cargados inicialmente por software, en los registros de conteo TL2 y TH2, respectivamente. Si EXEN2=1, entonces el Timer 2 no sólo hace lo anterior, sino que al producirse un flanco descendente, en la entrada externa T2EX, dispara la recarga y activa el flag EXF2 (Figura 7.10).

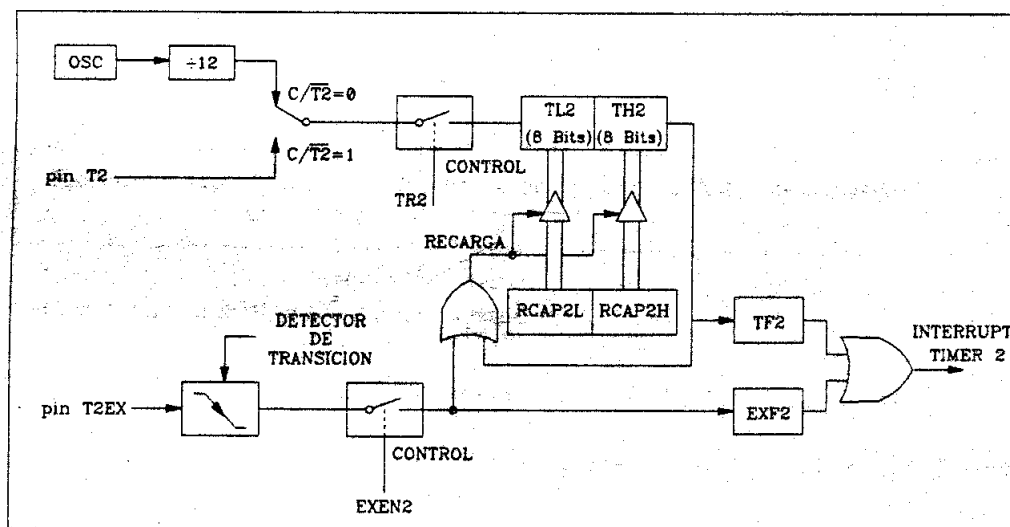
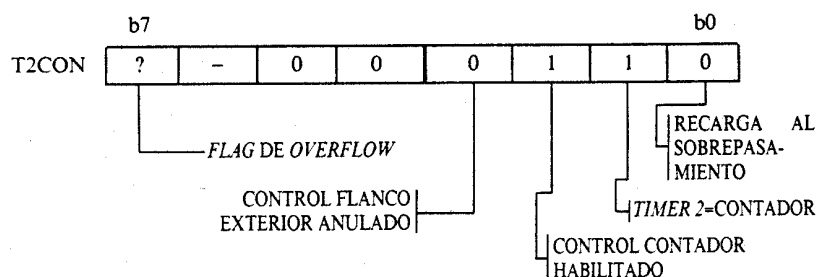


Figura 7.10

Ejercicio 7.9. Timer 2 con autorrecarga al producirse el overflow (desbordamiento)

En este ejercicio se configura el Timer 2 como contador de los impulsos que le llegan exteriormente por el pin 1 (T2), al producirse el desbordamiento los registros TH2 y TL2 se recargan con los valores situados en RCAP2H y RCAP2L.

En este caso el registro T2CON queda configurado de la siguiente forma:



La Figura 7.10 muestra las conexiones externas necesarias para este ejercicio.

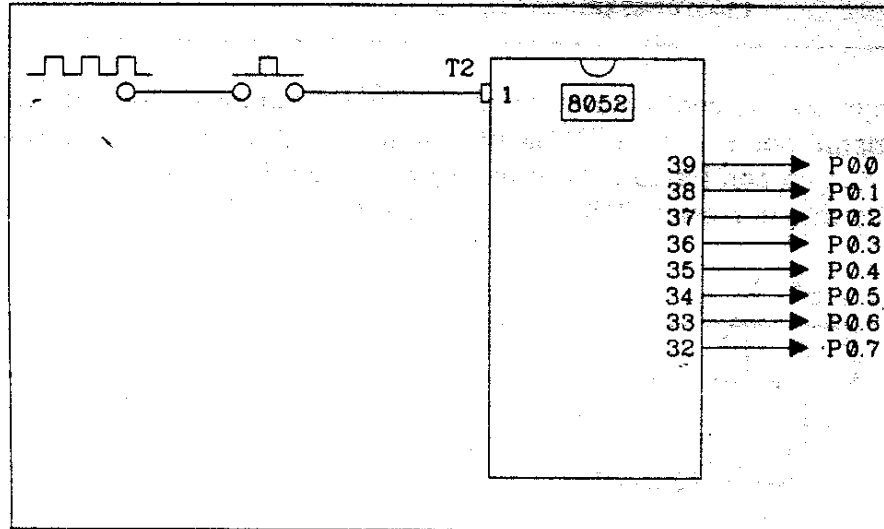


Figura 7.10

Este es el listado del programa

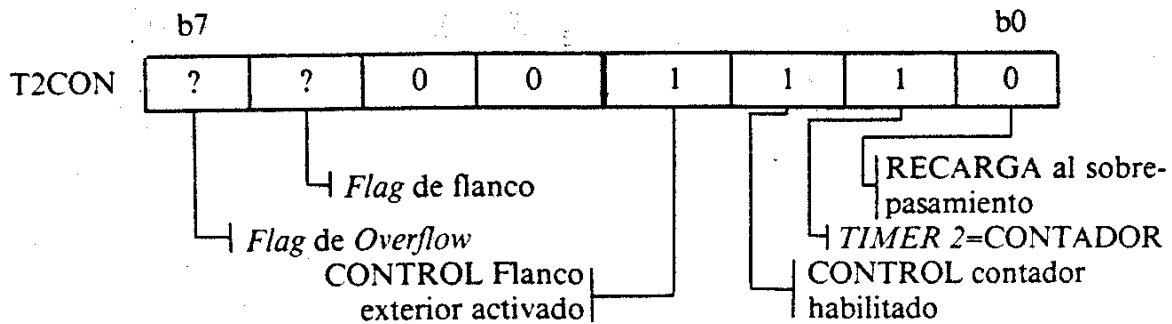
ETIQUETA	CODIGO
	MOV T2CON, #06
	MOV CAP2L, # F5
	MOV CAP2H, #FF
	MOV TL2, #F0
	MOV TH2, #FF
B020F:	MOV P0, TL2
	SETB C
	ANL C, TF2
	JNC B020F
	CLR .TF2
	AJMP B020F

Ejercicio 9.10. Timer 2 con autorrecarga al producirse un flanco descendente en el pin T2EX

La diferencia con el ejercicio anterior consiste en que, en este caso, la «recarga» también se produce al generar un flanco descendente en el pin 2 (T2EX) del microcontrolador. Los impulsos de conteo entran por el pin 1 (T2).

El esquema del montaje es el mismo que el de la Figura 7.9 del Ejercicio 7.8. En aquél se producía una captura al flanco descendente en el pin T2EX, mientras que en este caso se produce una recarga.

La configuración del registro TCON2 es la siguiente:



Este es el listado del programa:

ETIQUETA	CODIGO
	MOV T2CON, #0E
	MOV CAP2L, #F5
	MOV CAP2H, #FF
	MOV TL2, #F0
	MOV TH2, #FF
BO20F:	MOV P0, TL
	SETB C
	ANL C, .EXF2
	JNC B021B
	CLR .EXF2
	JC B020F
B021B:	SETB C
	ANL C, .TF2
	JNC B020F
	CLR .TF2
	AJMP B 020F

Ejercicio 7.11. Timer 2 con captura al producirse un flanco descendente en el pin T2EX

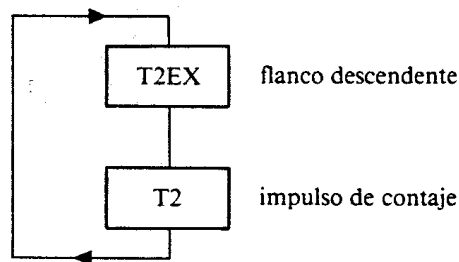
Si en el Ejercicio 7.10 se sustituye la instrucción:

MOV T2CON, #0EH por MOV T2CON, #0FH

se producirá la captura al producirse un flanco descendente por la línea T2EX (pin 2). Si también se sustituye la instrucción:

`MOV P0, TL2` por `MOV P0, CAP2L`

se observará, al pulsar sucesivamente, y en el siguiente orden:



que el incremento producido en TH2 + TL2 «pasa» al registro RCAP2H + RCAP2L visualizándose en el Puerto P0.