

CURSO DE MICROCONTROLADORES PIC16F87X

Fernando Remiro Domínguez
Profesor de Sistemas Electrónicos
IES. Juan de la Cierva
www.terra.es/personal/fremiro



Equipos de desarrollo para trabajar con la familia de microcontroladores PIC16F87X.

- ◆ Procesador de arquitectura RISC avanzada
- ◆ Juego de solo 35 instrucciones de 14 bits de longitud. Todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucción, menos las de salto que tardan dos.
- ◆ Hasta 8K palabras de 14 bits para la Memoria de Programa, tipo FLASH en los modelos 16F876 y 16F877 y 4KB de memoria para los PIC 16F873 y 16F874.
- ◆ Hasta 368 Bytes de memoria de Datos RAM.
- ◆ Hasta 256 Bytes de memoria de Datos EEPROM.
- ◆ Pines de salida compatibles para el PIC 16C73/74/76/77.
- ◆ Hasta 14 fuentes de interrupción internas y externas.
- ◆ Pila de 8 niveles.
- ◆ Modos de direccionamiento directo e indirecto.
- ◆ Power-on Reset (POP).
- ◆ Temporizador Power-on (POP) y Oscilador Temporizador Start-Up (OST).
- ◆ Perro Guardián (WDT).
- ◆ Código de protección programable.
- ◆ *Debugger In-Circuit*
- ◆ Modo SLEEP de bajo consumo.
- ◆ Programación serie en circuito con dos pines.
- ◆ Solo necesita 5V para programarlo en este modo.
- ◆ Voltaje de alimentación comprendido entre 2 y 5,5 V.
- ◆ Bajo consumo:
 - < 2 mA valor para 5 V y 4 Mhz
 - 20 μ A para 3V y 32 Mhz
 - <1 μ A en standby

Comenzamos este nuevo curso después de la aceptación que han teniendo los anteriores relacionados con el mundo de los microcontroladores PIC. En esta Revista se han publicado con anterioridad el “Curso de aplicaciones con microcontroladores PIC” basado en el microcontrolador PIC 16F84, escrito por el Dr. Eugenio Martín Cuenca, (revistas nº 161 a 171), y el “Curso de programación de Microcontroladores PIC: El MPLAB”, escrito por el profesor Fernando Remiro Domínguez (revistas nº 179-187). En el número 189 hemos publicado un “Módulo de aprendizaje sobre microcontroladores PIC” diseñado por el profesor Juan de Dios Calle, sobre el que se podrán realizar las prácticas que se diseñaremos para este curso. No obstante, iremos planteando a lo largo de este curso, la realización practica de herramientas de fácil desarrollo y bajo coste, para hacer verdaderamente práctico este curso. De todas

formas se recomienda a los lectores que vayan a seguir este curso que consigan el software MPLAB que se puede bajar de la web de Arizona Microchip www.microchip.com, así mismo, se necesitará un programador para los microcontroladores, es valido cualquiera de los publicados en esta Revista, pero como ya hemos dicho a lo largo del curso plantearé alguno de bajo costo. Esperamos que os guste el curso y lo disfrutéis.

El corazón de los Microcontroladores PIC16F87X

La mejor forma de comenzar a estudiar un microcontrolador, en este caso una familia de microcontroladores es la de ver sus características más relevantes, y es justamente lo que vamos a hacer en las siguientes líneas:

Principales Características

Enumeramos las prestaciones y dispositivos especiales que rodean a los PIC16F87X..

Dispositivos Periféricos

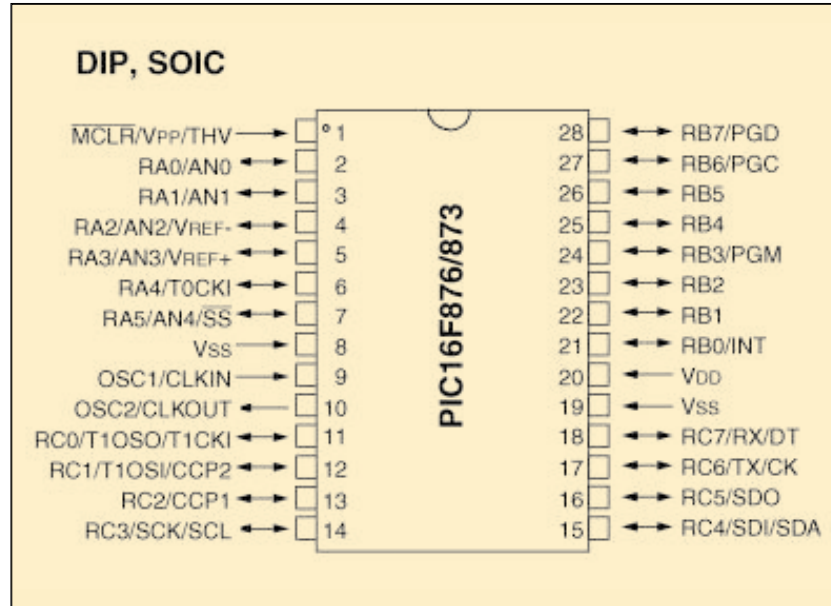
- ◆ **Timer0:** Temporizador-contador de 8 bits con preescalador de 8 bits
- ◆ **Timer1:** Temporizador-contador de 16 bits con preescalador que puede incrementarse en modo *sleep* de forma externa por un cristal/clock.
- ◆ **Timer2:** Temporizador-contador de 8 bits con preescalador y postescalador.
- ◆ Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (Modulación de Anchura de Impulsos).
- ◆ Conversor A/D de 10 bits.
- ◆ Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I²C (Master/Slave).
- ◆ USART/SCI (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con 9 bit.
- ◆ Puerta Paralela Esclava (PSP) solo en encapsulados con 40 pines

Diferencias entre los modelos de 28 y los de 40 patitas

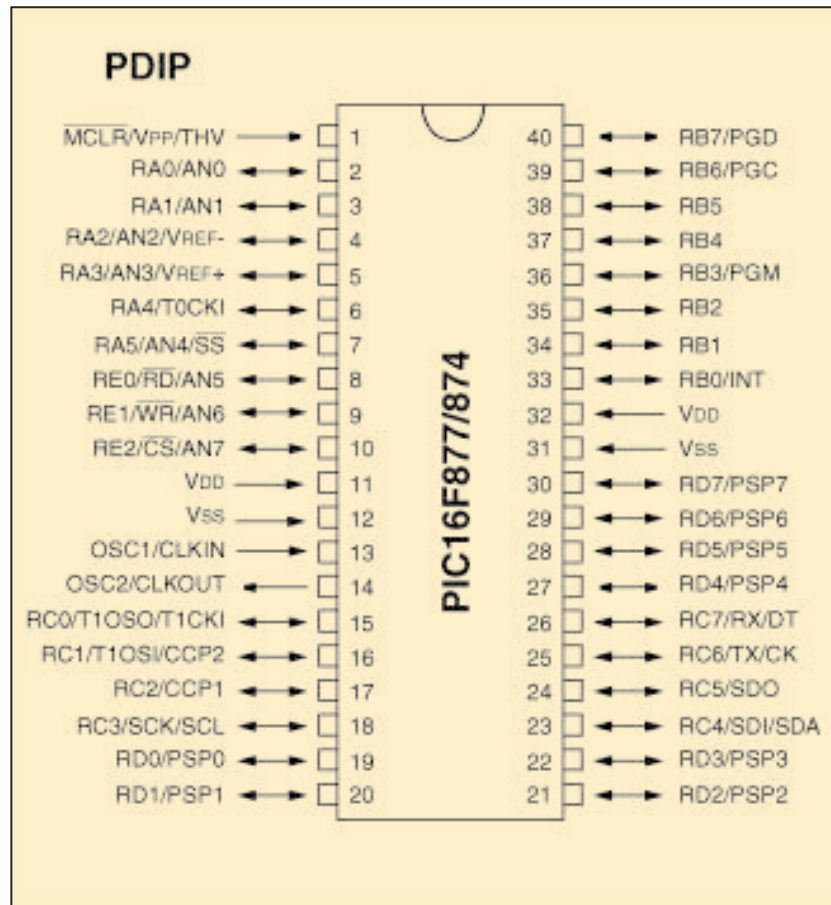
El PIC 16F873 y el 876 tienen 28 pines, mientras que el PIC 16F874 y 877 tienen 40.

Nos centraremos en el PIC 16F873 y las diferencias que tiene con sus hermanos son mínimas y se detallan a continuación:

1. Los modelos de 40 pines disponen de 5 Puertos de E/S: A, B, C, D y E, mientras que los de 28 solo tienen 3 Puertos: A, B y C.
2. Los modelos de 40 pines tienen 8 canales de entrada al Conversor A/D, mientras que los de 28 solo tienen 5 canales.
3. Sólo poseen la Puerta Paralela Esclava los PIC 16F87X de 40 pines.



Encapsulado DIP,SOIC de 28 pines.



Encapsulado PDIP de 40 pines.

Características	16F873	16F874	16F876	16F877
Frecuencia Máxima	DC-20Mhz	DX-20Mhz	DX-20Mhz	DX-20Mhz
Memoria de programa FLASH Palabra de 14 bits	4KB	4KB	8KB	8KB
Posiciones RAM de datos	192	192	368	368
Posiciones EEPROM de datos	128	128	256	256
Ports E/S	A, B y C	A, B, C y D	A, B y C	A, B, C y D
Nº de Pines	28	40	28	40
Interrupciones	13	14	13	14
Timers	3	3	3	3
Módulos CCP	2	2	2	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART	MSSP,USART	MSSP,USART	MSSP, USART
Comunicación Paralelo	-	PSP	-	PSP
Líneas de entrada en Convertidor A/D de 10 bits	5	8	5	8
Juego de Instrucciones	35 instrucciones	35 instrucciones	35 instrucciones	35 instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits	14 bits	14 bits	14 bits

Tabla 1.- Comparación de entre los PIC de la Familia 16F87X.

Los PIC 16F87X

Bajo el nombre de esta sub-familia de microcontroladores, actualmente encontramos cuatro modelos: EL PIC 16F873/4/6 y 7. Estos microcontroladores disponen de una memoria de programa FLASH de 4 a 8 KBytes de 14 bits, considerablemente superior frente al PIC 16F84 en el que solo disponíamos de 1 Kbyte de 14 bits. Esta característica, junto con la posibilidad de realizar, con las herramientas adecuadas, un debugger en circuito, nos han parecido de lo más interesante para el aprendizaje de esta familia de microcontroladores y posterior desarrollo de proyectos.

De los microcontroladores indicados, el 16F873 y el 16F876 son de 28 pines, mientras que 16F874 y el 16F877 tienen 40 patillas, lo que les permite disponer de hasta 33 líneas de E/S. En su arquitectura además incorporan:

- ◆ Varios Timer
- ◆ USART
- ◆ Bus I2C

En la Tabla 1 se muestran las características comparativas más relevantes de esta familia de microcontroladores :

Descripción global del dispositivo

La familia consta de cuatro dispositivos (PIC16F873, PIC16F874, PIC16F876 y PIC16F877). Los PIC 16F876/873 entran en el bloque de dispositivos encapsulados en 28 pines y los PIC 16F877/874 entran en el bloque de dispositivos encapsulados en 40 pines. Los dispositivos de 28 pines no tienen implementado el puerto paralelo esclavo.

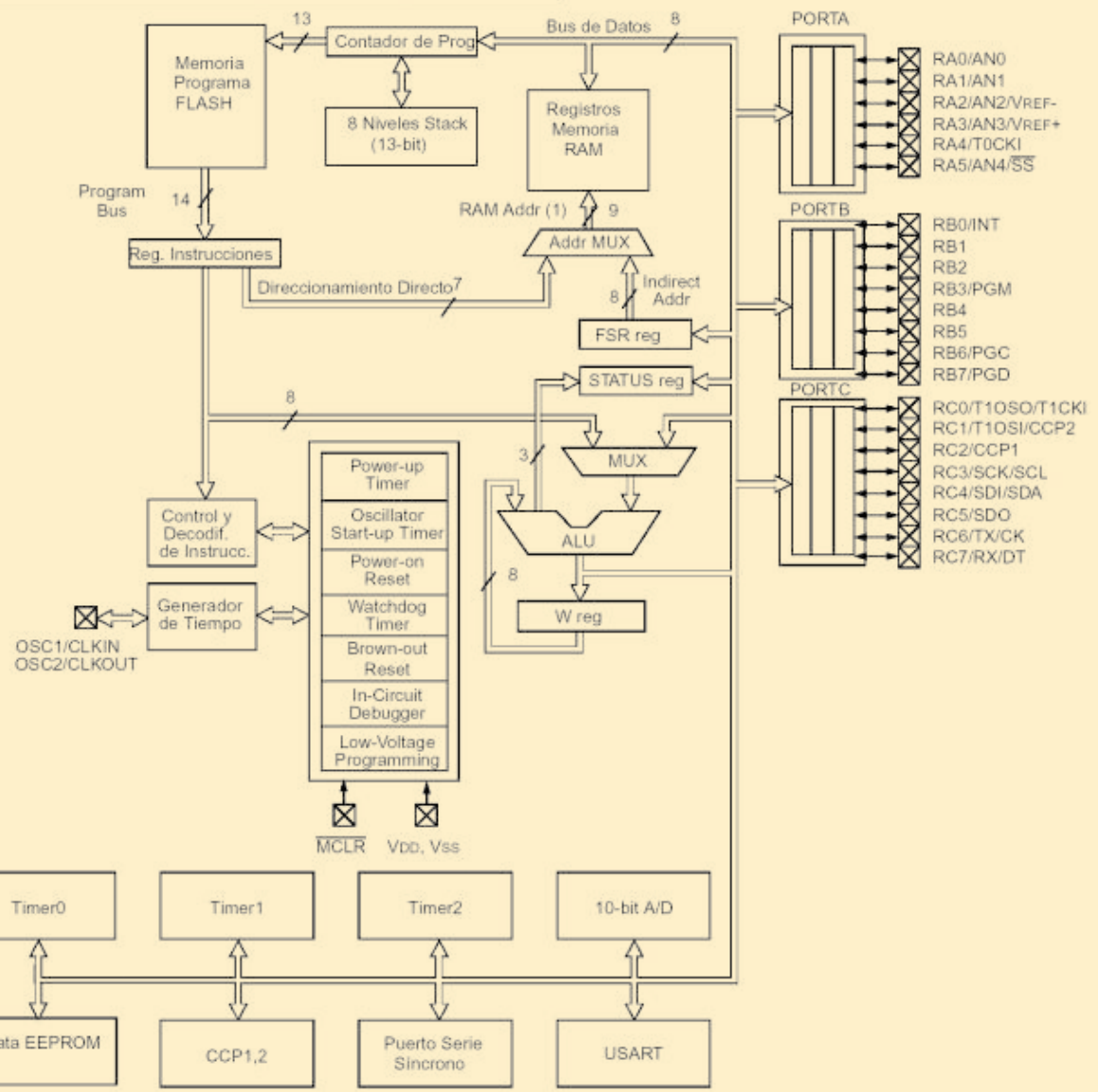
Las siguientes figuras corresponden a los diagramas de bloque de los dispositivos. Los de 28 pines en la Figura 3 y los de 40 pines en la Figura 4, y en la Tabla 2 se muestra un listado de cada uno de los pines corresponden a los dispositivos de 40 que tienen su correspondiente pilla en los dispositivos de 28 pines.

Ejercicio Práctico

Para todos aquellos que ya habéis trabajado con algún microcontrolador de Microchip, como por ejemplo el PIC16F84 o ya disponéis de un programador para este tipo de microcontroladores, os proponemos un primer programa que será muy fácil de seguir, ya que el juego de instrucciones es exactamente el mismo que para el PIC16F84. Se trata de leer el valor de las líneas del PORTA, que conectaremos a unos interruptores que nos den un “0” o un “1”, y mostrar dicho valor sobre unos diodos LED’s conectados al PORTB.

Hay que tener en cuenta que las entradas del PORTA se configuran como entradas analógicas, al hacer un reset, por lo tanto, lo primero que tendremos que hacer, es configurar estas entradas en el registro ADCON1 como entradas. Esto lo veremos en su momento cuando estudiemos los registros de configu-

Dispositivo	Memoria FLASH	Memoria de Datos	Memoria Datos EEPROM
PIC16F873	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F876	8K	368 Bytes	256 Bytes



Nota 1: Los bit de mayor peso proceden del registro de STATUS

Diagrama de bloques del PIC16F873 Y del PIC16F876.

Nombre Pin	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Tipo	Buffer Tipo	Descripción
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS(4)	Entrada externa de reloj
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Salida oscilador de cristal. Conexión a cristal o resonador en modo oscilador a cristal. En modo RC, la salida OSC2 es 1/4 de la frecuencia de OSC1, es el ciclo de instrucción.
MCLR/Vpp/THV	1	2	18	I/P	ST	Entrada Master Clear (reset) o entrada de voltaje de programación o alto voltaje de prueba en modo control. El Reset se activa con nivel bajo.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	PORTA es bidireccional de Entrada/Salida RA0 puede ser entrada analógica 0 RA1 puede ser entrada analógica 1 RA2 puede ser entrada analógica 2 o voltaje negativo de referencia. RA3 puede ser entrada analógica RA4 puede ser entrada de reloj a TMRO. La salida es de tipo "Drenador Abierto" RA5 puede ser entrada analógica 4 o la selección del puerto esclavo síncrono.
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/TOCKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB es bidireccional de Entrada/Salida. Puede programarse con polarización interna "Pull-up" RB0 puede ser entrada externa de interrupción RB3 puede ser entrada de bajo voltaje de programación Interrupciones por cambio de estado en la patilla Interrupciones por cambio de estado en la patilla Interrupciones por cambio de estado en la patilla o patilla In-Circuit Debugger o reloj serie para programación. Interrupciones por cambio de estado en la patilla o patilla In-Circuit Debugger o datos serie para programación.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	PORTC es bidireccional de Entrada/Salida RC0 puede ser salida oscilador Timer1 o entrada de reloj para Timer1 RC0 puede ser entrada oscilador Timer1 o Captu2/COMP2 Salida/PWM2. RC2 Puede ser Captu1 Entrada/Comp1 salida/PWM1. RC3 puede ser entrada/salida del reloj síncrono para los modos SPI e I2C. RC4 puede ser datos de entrada SPI (modo SPI) o datos I/O (modo I2C). RC5 puede ser datos de salida SPI (modo SPI). RC6 Puede ser transmisión asíncrona USART o reloj Síncrono. RC7 puede ser recepción Asíncrona USART o datos Síncronos.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	S/T	
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	
						PORTD es bidireccional de Entrada/Salida o puerto esclavo paralelo
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	

Nombre Pin	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Tipo	Buffer Tipo	Descripción
RE0/RD/AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTE es bidireccional de Entrada/Salida RE0 puede ser control de lectura del puerto paralelo, 0 entrada analógica 5
RE1/WR/AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	RE1 puede ser control de escritura del puerto paralelo o entrada analógica 6
RE2/CS/AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	RE2 puede ser control de selección del puerto paralelo, entrada analógica 7
VSS	12,31	13,34	6,29	P	—	Masa lógica y patillas de Entrada/Salida
VDD	13,31	12,35	7,28	P	—	Positivo para lógica y patillas de Entrada/Salida
NC	—	1,17,28,40	12,13,33,34		—	No tienen conexión interna. Deben mantenerse sin conexión.

Legenda: I = Entrada O = Salida I/O = Entrada/Salida P = Alimentación
 — = No usada TTL = Entrada TTL ST = Entrada Trigger Schmitt

Notas.-

- 1: Este buffer es una entrada Trigger Schmitt cuando se configura como interrupción externa
- 2: Este buffer es una entrada Trigger Schmitt en modo programación
- 3: Este buffer es una entrada Trigger Schmitt cuando se configura como I/O y entrada TTL en modo puerto paralelo
- 4: Este buffer es una entrada Trigger Schmitt cuando se configura en modo oscilador RC y entrada CMOS en otros casos

Descripción de los Pines del PIC 16F874 y PIC16F877.

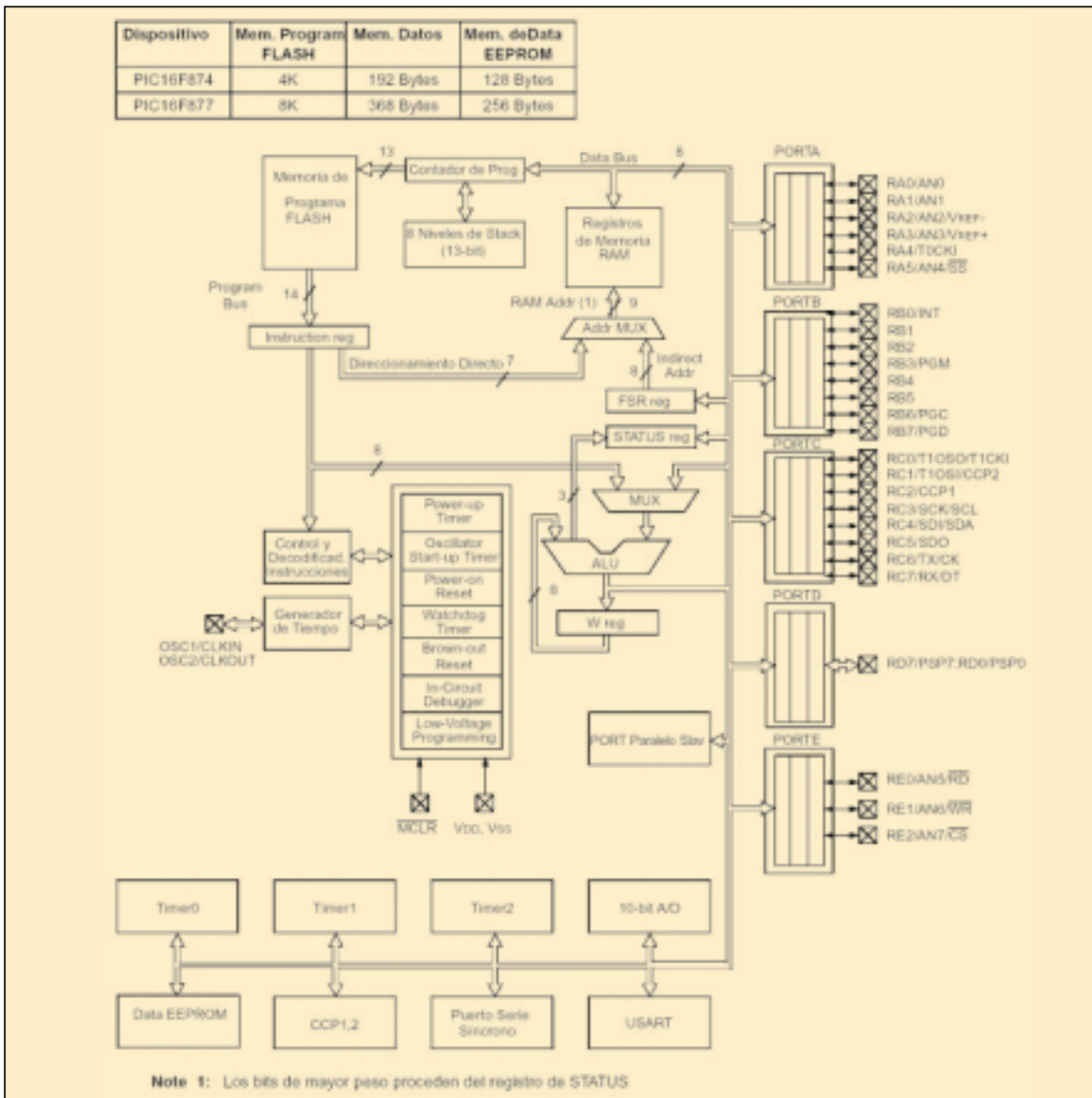
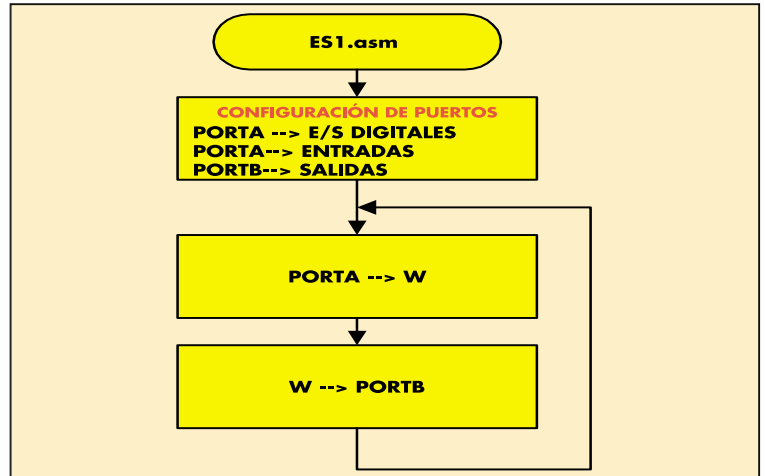


Diagrama de Bloques del PIC16F874 y 16F877.

ración del convertidor Analógico/Digital, pero vale la pena que lo comentemos aquí.

El organigrama del programa es el que se muestra en la Figura 5 y el programa es el de la Tabla 3. Por supuesto que este programa también podemos simularlo en el programa MPLAB, que como ya hemos comentado en números anteriores es gratuito y de libre distribución.



Organigrama del Programa ES1.

```

;*****
; Programa   ES1.ASM                               Fecha : 11- Febrero-2002
; Este programa configura las entradas del PORTA como entradas digitales y lee el
; contenido del PORTA y muestra su valor sobre los diodos LED conectados al PORTB
; Revisión : 0.0                                   Programa para PIC16F87X
; Velocidad del Reloj: 4 MHz                       Reloj Instrucción: 1 MHz = 1 uS
; Perro Guardián: habilitado                       Tipo de Reloj : XT
; Protección del código: OFF
;*****

List      p=16F876                                ;Tipo de procesador
include   "P16F876.INC"                          ;Definiciones de registros internos

ORG      0x00                                    ;Vector de Reset
goto     INICIO

ORG      0x05                                    ;Salva el vector de interrupción

INICIO   clrf  PORTB                             ;Borra los latch de salida del PORTB
         bsf  STATUS,RP0                          ;Selecciona banco 1
         movlw b'00000110'
         movwf ADCON1                             ;PORTA E/S digitales
         clrf  TRISB                              ;Configura PORTB como salida
         movlw b'00011111'
         movwf TRISA                              ;Configura PORTA como entrada
         bcf  STATUS,RP0                          ;Selecciona banco 0

BUCLE   movf  PORTA,W                             ;Lee el PORTA sobre W
         movwf PORTB                              ;Escribe el valor de W en el PORTA
         goto BUCLE                               ;Salta a BUCLE

END
  
```

Programa ES1.asm.