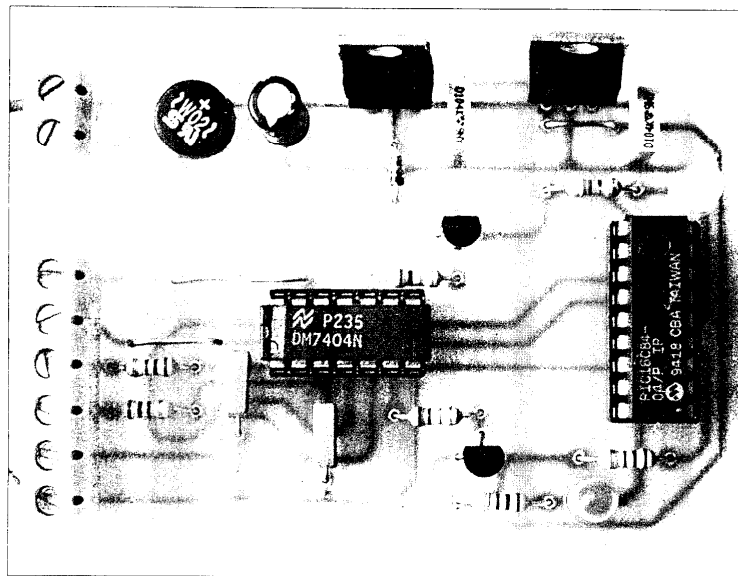


Todos conscientes o inconscientes, a diario hacemos uso de los Microcontroladores. Estos computadores (en un solo CHIP), los más pequeños del mundo, han invadido nuestros hogares, e incluso nuestros bolsillos.

# Curso de aplicaciones con microcontroladores PIC

Dr. Eugenio Martín Cuenca  
Facultad de Ciencias. Universidad de Granada



## ¿PORQUÉ LOS PICs?

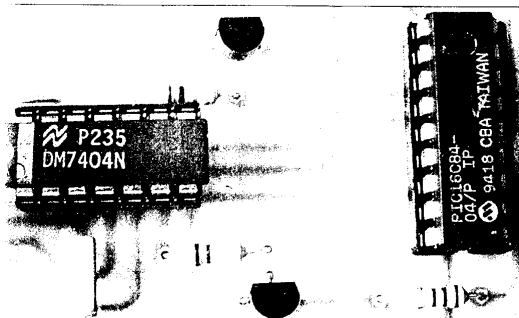
El autor de esta serie de artículos, trabaja desde 1982 con microprocesadores, realizando diseños de automatización y control. Hace unos años con motivo del diseño y realización de un sistema de control para piscifactorías, realizó un exhaustivo estudio de los microcontroladores disponibles en el mercado, eligiendo finalmente los microcontroladores PIC.

Aunque existen otras familias de microcontroladores muy interesantes, los PIC, tienen "algo" que nos fascina. Puede ser su velocidad, su precio, la facilidad de uso, la gran cantidad de información disponible, lo asequible de las herramientas de desarrollo. Todo esto produce una imagen global de sencillez y utilidad.

## LAS FAMILIAS DE MICROCONTROLADORES PIC

Los PIC son una extensa familia de microcontroladores divididos en tres gamas, la gama baja con memoria de programa de 12 bits, la gama media y la gama alta con memoria de programa de 14 bits. En la Tabla 1, se presentan algunos miembros de cada una de estas gamas con resumen de sus principales características.

Debido al espacio reducido de una publicación periódica, y con el objeto de guiar certeramente al lector, el curso se basará en el PIC16F84 por sus espe-



Precio Resistor Kit: 2.495 ptas.(incluye Software)  
Precio placa: 850 ptas.  
Precio software: 1200 ptas.

**E**ncontrándose en la mayoría de los dispositivos de uso cotidiano, en nuestras tarjetas, en los futuros monederos electrónicos, en los teléfonos móviles, en el mando a distancia, en el microondas, en la encimera de la cocina, en el encendido electrónico de nuestro automóvil. Su misión sin embargo no es solo la de hacernos la vida más fácil a la gente de a pie, también controlan los procesos industriales, los sistemas de navegación de los aviones, y otro procesos complejos.

	MEMORIA EPROM/EEPROM/FLASH (Palabras de 14 bits)	MEMORIA RAM (Bytes)	PATAS E/S	TEMPORIZADORES	PUNTERO DE INTERRUPCIÓN	COMPARADORES ANALÓGICOS	MÓDULO DE TENSIÓN DE REFERENCIA	DIRECCIÓN DE FALLO DE ALIMENTACIÓN	CONVERTIDORES A/D (CANALES)	MÓDULO LOS PWM	PUERTOS SERIE	PUERTA PARALELA SECUNDARIA
PIC12C505	512 B	25	6	TMRO	---	---	---	---	---	---	---	---
PIC12C509	1K	41	6	TMRO	---	---	---	---	---	---	---	---
PIC14000	4K	192	22	TMRO, ADTMR	11	2	SI	14	---	PC / SMBUS	---	
PIC16C84	1K	36	13	TMRO	4	---	---	---	---	---	---	
PIC16F84	1K	68	13	TMRO	4	---	---	---	---	---	---	
PIC16C71	1K	36	13	TMRO	4	---	---	4	---	---	---	
PIC16C74	4K	192	33	TMRO, TMR1, TMR2	12	---	---	8	2	SPW <sup>2</sup> C/SCI	SI	
PIC16C73	4K	192	22	TMRO, TMR1, TMR2	11	---	---	5	2	SPW <sup>2</sup> C/SCI	---	
PIC17C44	8K	454	33	TMRO, TMR1, TMR2	11	---	SI	SI	2	SPW <sup>2</sup> C/SCI	SI	

Tabla 1 - Resumen de las características de algunos de los microcontroladores PIC de las tres gamas.

RESIST

ciales características. Todo lo que se indique sobre él, puede ser aplicado con mínimas modificaciones a cualquier miembro de la familia PIC. Así el aprender a manejar uno de ellos, capacita para trabajar con cualquier miembro de la familia con un esfuerzo mínimo.

Los microcontroladores PIC-16F84 con memoria tipo FLASH y PIC-16C84 con memoria EEPROM, son potentes, flexibles y fáciles de emplear debido entre otras características a que este tipo de memoria permite su grabación y su borrado miles de veces de forma casi instantánea al realizarse eléctricamente a diferencia de los microcontroladores basados en memoria tipo EPROM que necesita un bombardeo ultravioleta. Pueden utilizarse tanto en el desarrollo como en la producción. Su coste se reduce respecto a otros modelos, pues no necesitan encapsulado cerámico con ven-

tana de programación como los chips EPROMs. Disponen además de una EEPROM de 512 bytes para datos. Lo que elimina la necesidad de una memoria EEPROM externa, y aun más importante, pueden ser programados "en circuito" sin necesidad de ser retirados, lo que permite su programación después del ensamblado y que los programas pueden ser actualizados o modificados para eliminar errores detectados con posterioridad o para introducir versiones más actualizadas del programa.

#### PIC16F84

El PIC16F84 pertenece a la gama media del fabricante, poseyendo unas características óptimas para su empleo en el aprendizaje.

Este microcontrolador con memoria FLASH está fabricado con tecnología

**Hace unos años con motivo del diseño y realización de un sistema de control para piscifactorías, el autor de este artículo, realizó un exhaustivo estudio de los microcontroladores disponibles en el mercado, eligiendo finalmente los microcontroladores PIC.**

CMOS. Su consumo es muy reducido siendo un circuito completamente estático por lo que su reloj puede detenerse completamente sin pérdida de los contenidos de los registros. Un consumo típico es de 2 mA a 4Mhz y unos 40µA en modo Sleep. Al ser un circuito CMOS, todas las entradas no usadas deben ser llevadas a -5V.

El encapsulado de 18 pines así como la descripción del patillaje puede verse en la Figura 1. Existe un modelo de 4Mhz el PIC 16F84-04 P y otro de 10Mhz el PIC 16F84-10 P.

#### ARQUITECTURA.

Las altas prestaciones de los microcontroladores PIC derivan de las características de su arquitectura. Están basados en una Arquitectura tipo Harvard que posee buses y espacios de memorias por separado para el programa, lo que

hace que sean más rápidos que los microcontroladores basados en la arquitectura tradicional de Von Neuman. Esto permite además que las instrucciones tengan un tamaño 14 bits. Otra característica es su juego de instrucciones reducido (35 instrucciones) RISC, donde la mayoría se ejecutan en un solo ciclo de reloj excepto las instrucciones de salto que necesitan dos ciclos.

Los microcontroladores PIC y por tanto el 16F84 poseen dos bloques de memoria separados, la memoria de programa y los bancos de registros (Figura 2).

La memoria de programa está organizada con palabras de 14 bits con un total de 1K, del tipo EEPROM, que durante el funcionamiento es de solo lec-

**Los PIC son una extensa familia de microcontroladores divididos en tres gamas, la gama baja con memoria de programa de 12 bits, la gama media y la gama alta con memoria de programa de 14 bits.**

tura. Solo se ejecutará el código contenido en esta memoria, pudiendo almacenar en ella además una cantidad limitada de datos como parte de la instrucción RETLW. **(En una sola palabra se agrupa el código de la instrucción y el operando o su dirección.)**

Los bancos de registros RAM son de 8 bits (byte) a excepción del contador del programa que es de 13 bits. Como puede verse en la Fig. 2, las direcciones bajas contienen los registros especiales y los registros de recursos, encontrándose a continuación los registros de propósito general. El PIC 16F84 posee 68 registros que van desde \$00-\$4F, aunque no todas estas direcciones se usan. El PIC 16C84 sólo posee 36 registros RAM; esta es una de las pocas diferen-

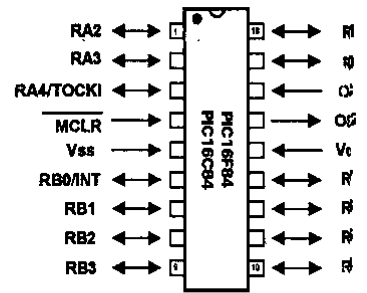


FIGURA 1.- Breve descripción y disposición de pines del PIC16C84

46  
RESISTOR

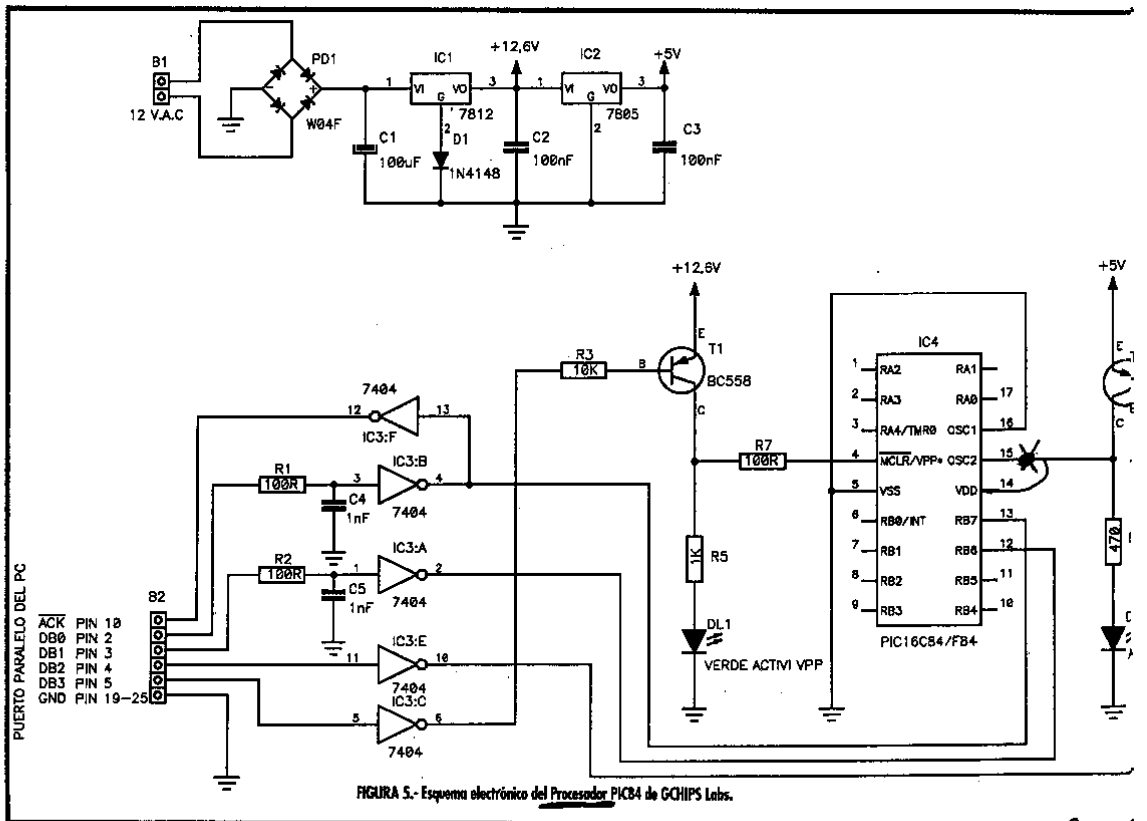


FIGURA 5.- Esquema electrónico del procesador PIC84 de GCHIPS Labs.

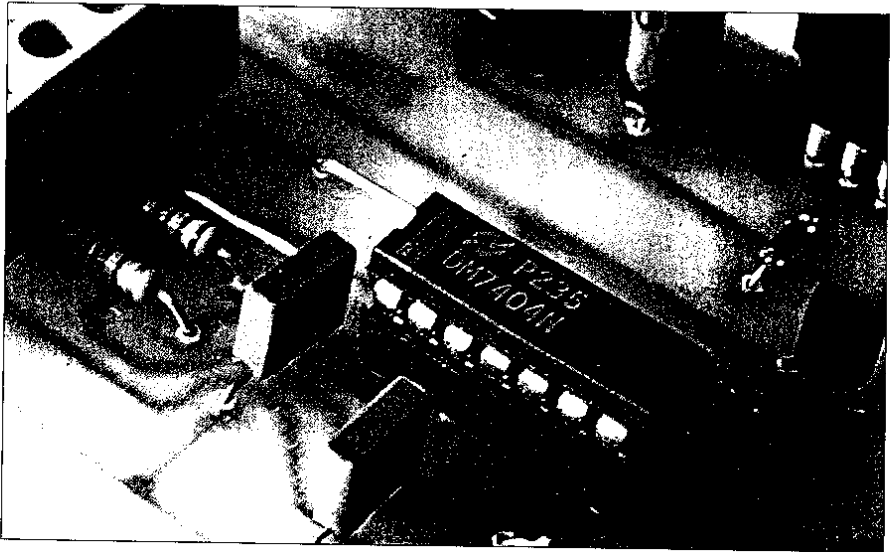
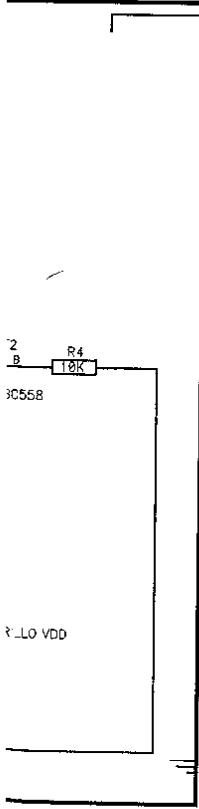
83

DESCRIPCIÓN PINES PIC16F84 / 16C84

Nombre	Nº	Tipo I/O/P	Tipo Buffer	Descripción
OSC1 / CLKIN	16	I	ST / CMOS	Entrada oscilador a cristal / fuente externa de reloj
OSC1 / CLKOUT	15	O	--	Salida oscilador a cristal. Conectar al cristal de cuarzo
MCLR	4	I/P	ST	Reset a nivel 0. Entrada voltaje de programación
RA0	17	I/O	TTL	El Puerto A es bidireccional El pin RA4 del Puerto A, si se programa como salida es de colector abierto. Como entrada puede seleccionarse en funcionamiento normal o como entrada del contador / temporizador TMR0 es decir T0CKI.
RA1	18	I/O	TTL	
RA2	1	I/O	TTL	
RA3	2	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	3	I/O	ST	
RB0/INT	6	I/O	TTL / ST	El pin 0 del Puerto B, RB0 puede programarse como entrada de interrupciones externas INT. El Puerto B es bidireccional. Mediante software y cuando se programa como entrada pueden activarse resistencias de polarización internas. Los pines RB4 a RB7 pueden programarse para que respondan a interrupción por cambio de estado. Modo programación entrada RELOJ Modo programación, DATOS
RB1	7	I/O	TTL	
RB2	8	I/O	TTL	
RB3	9	I/O	TTL	
RB4	10	I/O	TTL	
RB5	11	I/O	TTL	
RB6	12	I/O	TTL / ST	
RB7	13	I/O	TTL / ST	
Vss	5	P	--	Pin de masa GND
Vdd	14	P	--	Pin de alimentación positiva

1/CLKIN  
2/CLKOUT

84 y



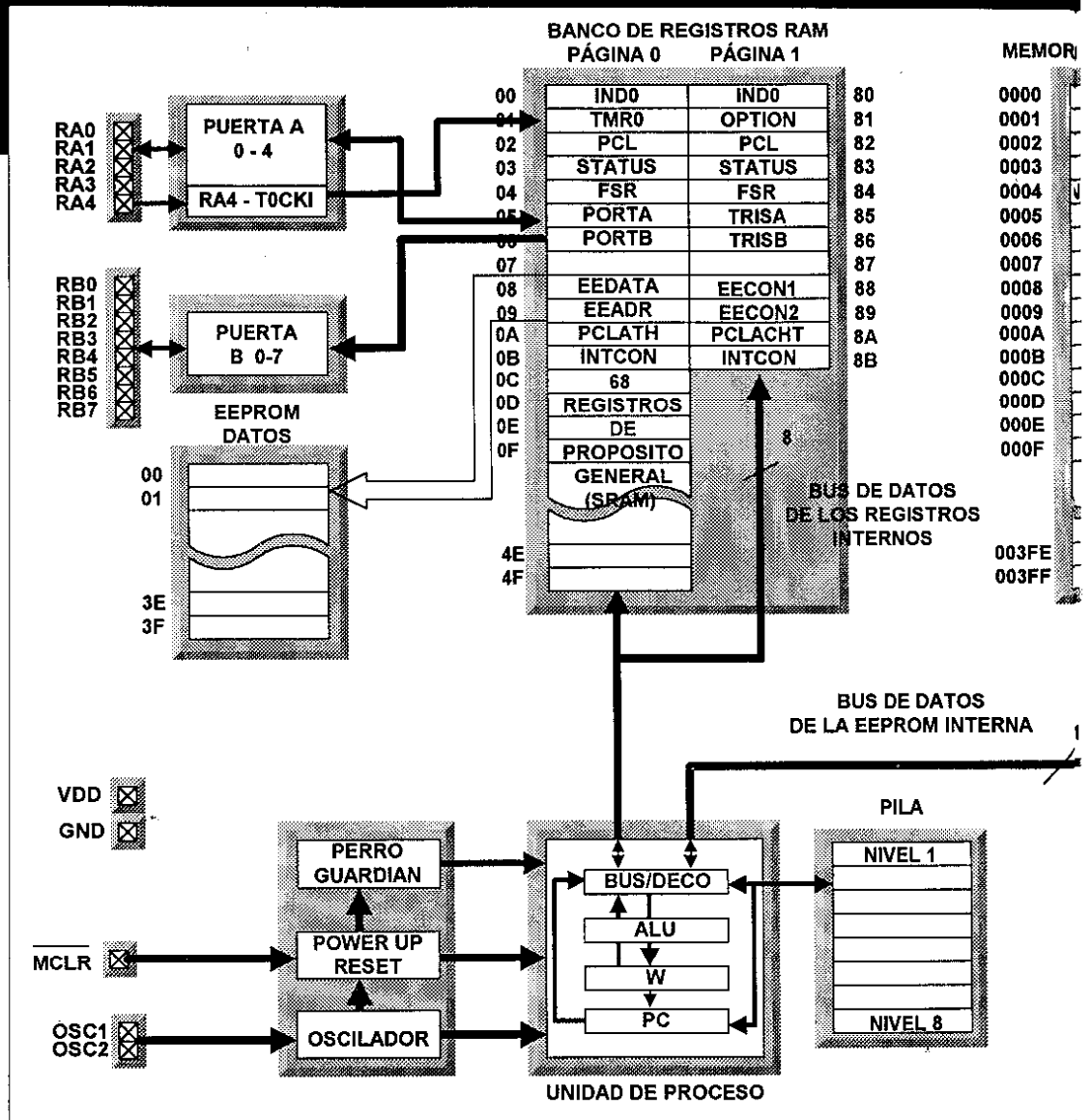
47  
RESISTOR

cias entre el PIC 16C84 y el PIC 16F84.  
El vector de reset se encuentra en la posición 0000h y el de interrupciones en la 0004h, por lo que la memoria de usuario propiamente dicha se extiende desde la dirección 0005h a la 03ffh.  
La pila es de 8 niveles. No existe nin-

guna bandera que indique que esté llena, por lo que será el programador el que deberá controlar que no se produzca su desbordamiento.  
Posee además una memoria EEPROM de datos de 8 bits. Esta no forma parte del espacio normal direcciona-

ble, y solo es accesible en lectura y escritura a través de dos registros para los datos el EEDATA que se encuentra en la posición 0008h del banco de registros RAM y para las direcciones el EEADR en la 0009h. Para definir el modo de funcionamiento de esta memoria se emple-

24



an dos registros especiales el EECON1 dirección 0088h, y el EECON2 en 0089h.

Esta memoria EEPROM no emplea ningún recurso externo de alimentación. Su programación dura unos 10 ms, y se controla mediante un temporizador interno.

Mencionar por último que el microcontrolador dispone de dos Puertos

**La memoria de programa está organizada con palabras de 14 bits con un total de 1K, del tipo EEPROM.**

de entradas y salidas E/S.

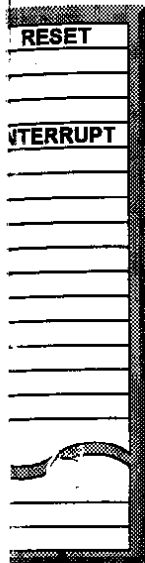
El Puerto A con 5 líneas de la RA0 a la RA4, en la que hay que distinguir la A4 o T0CKI (Timer 0 Clock Input), que como puede ver en la breve descripción de la figura 1, está compartida con la entrada para el Timer 0 (TMR0) a través de un trigger de Schmitt y que cuando se configura como salida es de colector abierto. El Puerto B dispone de 8 líneas

de entradas/salidas, que van de la RB0 a la RB7. Cabe mencionar que la línea RB0 o INT es compartida con la entrada de interrupción externa (Ver figura 1).

**HERRAMIENTAS DE DESARROLLO:**

Aunque para una empresa dedicada al desarrollo, las herramientas neces-

## DE PROGRAMA



14

FIGURA 2.- Diagrama esquemático de la arquitectura interna del PIC 16F84.

```
MPASM 01.50 Released      (c)1993-97 Microchip Technology Inc./Byte Craft Lim

Source File : CONTAR.ASM
Processor Type : 16F84

Error File : Yes      CONTAR.ERR
Cross Reference File : No
Listing File : Yes    CONTAR.LST
Hex Dump Type : INHX8M CONTAR.HEX
assemble to Object File : No

↑↑,Tab : Move Cursor      Esc : Quit      Press Enter to change value.
F1      : Help           F10 : Assemble
```

FIGURA 3.- Aspecto que presenta la pantalla del ordenador cuando se ejecuta el programa ensamblador MPASM. Como se observa en el ejemplo, en la línea Source File se indica el nombre del fichero a ensamblar CONTAR.ASM, en la Processor Type 16F84 y en la línea Hex Dump Type el fichero que se creará CONTAR.HEX en formato INHX8M.

sarías son amplias y costosas, en esta serie, se proporcionarán al lector todas las herramientas de desarrollo necesarias para poder realizar, no solo los dispositivos que se explican sino, una vez asimilados los conocimientos, poder finalizar con éxito sus propios proyectos.

Como mínimo el lector deberá disponer de un ordenador compatible que puede ser un PC mínimo funcionando bajo MS-DOS y un editor de texto ASCII como el EDIT del MS-DOS o el Notepad del Windows. Este lo empleará para escribir y editar el programa que posteriormente se grabará en el microcontrolador.

Editor EDIT del DOS o Notepad de Windows.

Ensamblador MPASM.EXE.

Software de Programación PIC84.EXE de GCHIPS Labs.

Grabador o programador PIC84, permite grabar los PIC 16C84 y PIC 16F84.

Simulador MPSIM o CESS-84.

El primer paso consiste en la escritura del programa, por ejemplo, el programa CONTAR.ASM que será uno de los primeros ejemplos. Una vez escrito este, se pasa a la fase de producción del fichero ensamblado, para lo cual empleará el programa ensamblador MPASM.EXE que distribuye libremente

el fabricante. El ensamblador produce varios ficheros; de entre ellos el que necesitamos es el fichero CONTAR.HEX.

Haciendo uso a continuación, del software de grabación PIC84.EXE que se incluye en el kit del programador, podrá grabar el fichero CONTAR.HEX producido por el ensamblador en el microcontrolador (Figura 4).

### PROGRAMADOR GCHIPS

#### LABS PIC84:

En la figura 5, se muestra el esquema eléctrico del programador PIC84 y en la figura 6 la disposición de componentes sobre la placa de PCB. Este programador, de muy bajo coste y venta en forma de kit a través de la revista "RESISTOR", permite grabar tanto los PIC16C84 como PIC16F84, en los que se basa el curso, permitiendo al lector realizar todos los montajes y programas previstos. La empresa GCHIPS Labs diseñadora del mismo tiene disponible otros programadores que abarcan una amplia gama de microcontroladores PIC.

El método de programación empleado es serie, que usa dos líneas para comunicarse con el microcontrolador PIC, la de DATOS y la de RELOJ. El programador se conecta al puerto paralelo del PC, del que la línea DB0 se emplea

para la transmisión de DATOS y la DB1 para la señal de RELOJ.

**DATOS:** Como se ha indicado la línea DB0 del puerto paralelo empleada para enviar los datos se conecta a la patita RB7 del PIC que actúa como una línea de entrada y salida. En el proceso de grabación se introducen por ella en formato serie los bits del programa. Durante la lectura, suministra el contenido del microcontrolador bit a bit.

**RELOJ:** La señal de reloj procedente de DB1 se aplica a la patita RB6, determinando la frecuencia de lectura o escritura en el microcontrolador.

**VDD - CONTROL DE LA TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN:** En esta patita controlada mediante la línea Db2, se aplica al comienzo del proceso de grabación o lectura del PIC la tensión de alimentación Vdd. Se encuentra bajo control del programa.

**MCLR / VPP - CONTROL DE LA TENSIÓN DE PROGRAMACIÓN:** Al inicio de la secuencia de grabación, por esta patita se genera la señal de RESET al microcontrolador, y posteriormente, se introduce la tensión de grabación Vpp, en nuestro caso 12.6 voltios. Se controla mediante la línea DB3 del puerto paralelo.

Como puede ver en la figura 5, a la línea DB3 se le adjudica la misión de

49  
RESISTOR

conmutar MCLR/Vpp y la línea DB2 se usa para conmutar la alimentación del PIC de encendido (ON) a apagado (OFF). La conmutación de Vpp y Vdd se realiza mediante dos transistores del tipo PNP BC558- Un buffer inversor 7404, aísla el PIC de la puerta paralelo del PC. En total junto con la línea de masa GND se completan las seis líneas empleadas del puerto paralelo. Las tensiones de alimentación Vdd de 5 voltios y de programación Vpp de 12,6 voltios se obtienen mediante dos reguladores de tensión un 7805 y un 7812 a los que se hace llegar el voltaje rectificado de un puente de diodos procedente de la entrada de alterna comprendida entre 12 y 15 voltios. En el caso del 7812, se ha colocado en el terminal de masa un diodo del tipo 1N4148 para obtener un voltaje de 12,6 voltios.

Con la misión de mantener informado al usuario, se han conectado dos diodos LEDs para evidenciar las señales de POTENCIA y ACTIVIDAD . El LED amarillo indica que el programador se encuentra bajo tensión de alimentación Vdd. El LED verde de ACTIVI-

**Los microcontroladores PIC- 16F84 con memoria tipo FLASH y PIC -16C84 con memoria EEPROM, son potentes, flexibles y fáciles de emplear debido entre otras características a que este tipo de memoria permite su grabación y su borrado miles de veces a diferencia de los microcontroladores basados en memoria tipo EPROM**

DAD indica que está siendo aplicada al PIC Vpp (12,6 V la tensión de programación). Esta tensión se encuentra bajo control del programa. Si activamos el programa sin el chip en el zócalo de programación, al tratar de leer el contenido, el programa cree que hay un chip vacío, pues no es capaz de detectar la presencia o falta del mismo. Un chip vacío se lee siempre como unos.

Atención !! solo debe insertar o retirar el PIC, cuando el LED de actividad está apagado (OFF). No inserte nunca el PIC con el LED de ACTIVIDAD encendido (ON). Si se han de realizar repetidas grabaciones durante el aprendizaje, también es conveniente, colocar el PIC en un zócalo de patitas torneadas. Este soportará el esfuerzo de las repetidas inserciones y retiradas del zócalo de programación, evitando daños en las patitas del propio microcontrolador.

La entrada en modo test/programación se produce colocando la patita MCLR/Vpp a nivel alto 12.6 voltios y llevando RB7 y RB6 a nivel bajo. En este modo RB7 actúa como línea de datos bidireccional y RB6 acepta la señal

de reloj.

La intensidad de Vpp necesaria es de 1mA para el PIC16F84 mientras que respecto a Vdd el 16F84 solo necesita en modo test/programación como máximo 20 mA a 5 voltios.

La frecuencia del reloj determina la velocidad de programación y está comprendida entre DC y 5 Mhz. Sin embargo como la EEPROM del PIC 16C84 necesita para su ciclo de programación interna 10 ms por byte, no son necesarias velocidades de reloj excesivamente altas. El tiempo típico necesario para enviar comandos y datos es de alrededor de 1ms, que es muy pequeño comparado con los 10 ms por byte necesarios por la temporización interna de la EEPROM.

Los tres primeros Kits presentados en esta serie de artículos permiten realizar el 90% de las prácticas incluidas en el libro. Si el lector desea realizar alguna consulta al autor puede dirigir un mensaje de correo electrónico a [emartin@goliat.urg.es](mailto:emartin@goliat.urg.es).

Por último indicar, que para aquellos que deseen empezar de cero y profundizar en el estudio de los micro-

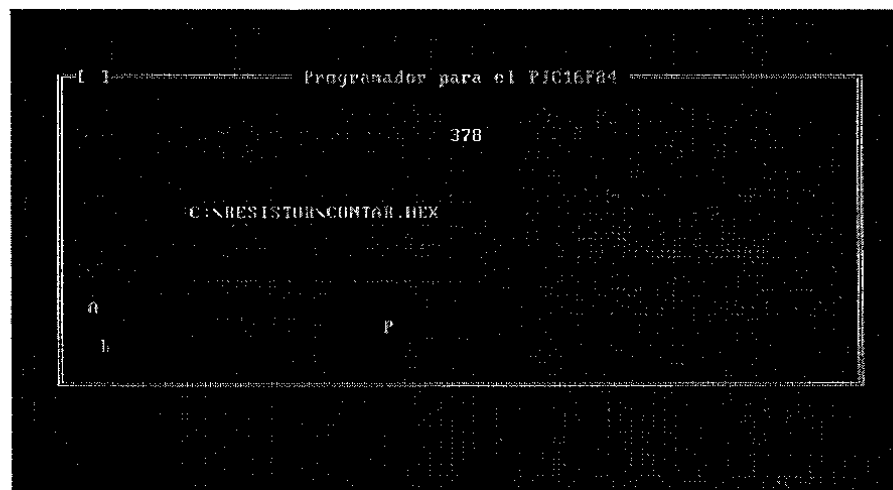
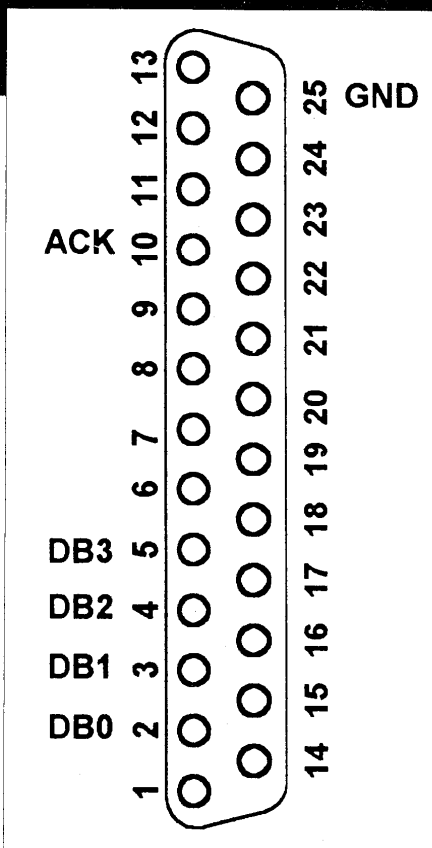


FIGURA 4.- Aspecto de la pantalla del ordenador durante el uso del programa de grabación PIC84-EXE.

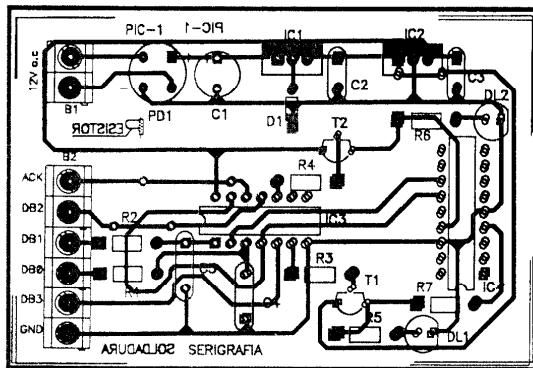


Vista frontal del conector DB-25

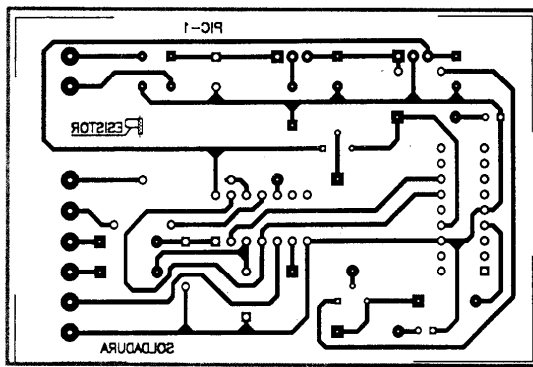
controladores PIC. E.M. Cuenca junto con J.M. Angulo, han publicado recientemente el libro "Microcontroladores PIC. La solución en un CHIP" de la Editorial Paraninfo - I.T.P., obra enfocada a los profesionales que deben utilizar los microcontroladores para resolver sus proyectos y necesitan disponer de una completa información técnica y una guía rápida y clara para la solución de casos prácticos, este libro también es distribuido por la revista "RESISTOR".

En caso de que los lectores estén interesados en la adquisición de microcontroladores PIC, estos se pueden pedir a la revista "RESISTOR". Nuestro departamento de pedidos les facilitará información de los precios.

**El método de programación empleado es serie, que usa dos líneas para comunicarse con el microcontrolador PIC, la de DATOS y la de RELOJ.**



Placa del circuito impreso vista desde el lado de la serigrafía.



Placa del circuito impreso vista desde el lado de las soldaduras

RESIS

#### LISTA DE COMPONENTES

##### RESISTENCIAS:

- |   |      |       |
|---|------|-------|
| 3 | 100Ω | R1    |
|   |      | R2,R7 |
| 1 | 470Ω | R6    |
| 1 | 1KΩ  | R5    |
| 2 | 10KΩ | R3,R4 |

##### CONDENSADORES:

- |   |       |       |
|---|-------|-------|
| 1 | 100nF | C1    |
| 2 | 100nF | C2,C3 |
| 2 | 1nF   | C4,C5 |

##### SEMICONDUCTORES:

- |   |        |       |
|---|--------|-------|
| 1 | 1N4148 | D1    |
| 2 | BC558  | T1,T2 |
| 1 | 7805   | IC2   |
| 1 | 7812   | IC1   |
| 1 | W04F   | PD1   |
| 1 | 7404   | IC3   |

##### VARIOS:

- |   |              |       |
|---|--------------|-------|
| 1 | LED Verde    | DL1   |
| 1 | LED Amarillo | DL2   |
| 1 | DB-25 Macho  |       |
| 4 | BORNAS2      | B1,B2 |

