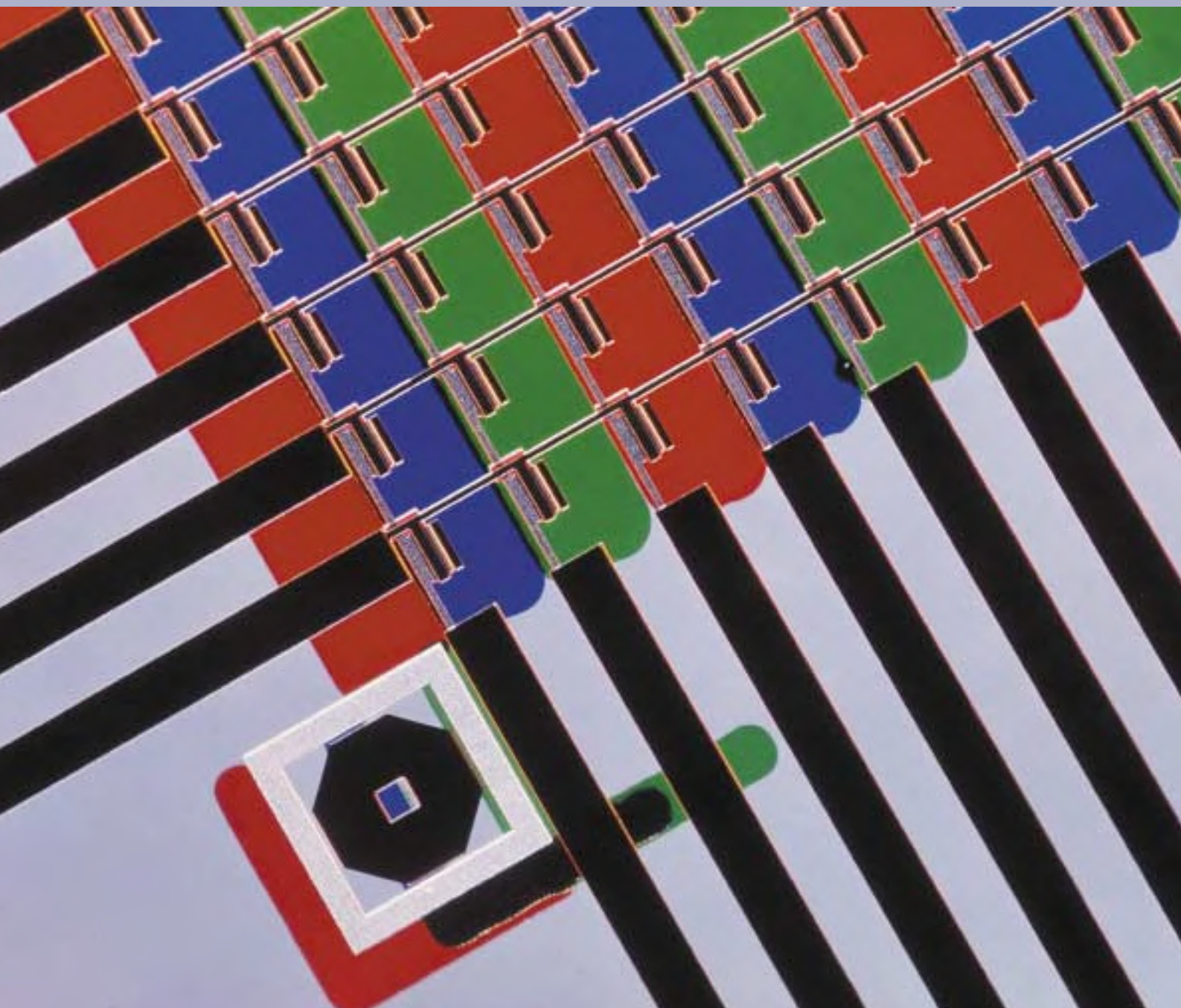


Control de pantallas de cristal líquido mediante PIC

Ejemplo práctico de interconexión y control de una pantalla de cristal líquido (LCD) por un microcontrolador PIC



Introducción al microcontrolador

El mundo de la electrónica quedó marcado de forma radical con la aparición de los microprocesadores. A partir de la irrupción en el mercado de dicho elemento, se inició un cambio total en la electrónica de control, a todos los niveles y en todos los sectores productivos que deseamos analizar.

Estos microcircuitos, que incorporan en su interior y a tamaño microscópico, miles de elementos básicos como transistores, resistencias, etc., fueron aceptados con gran rapidez en el mercado, dado que, por sus características propias, ofrecían mayor versatilidad, mayor fiabilidad, más sencillez en el diseño de equipos de control, posibilidad de implementar diversas aplicaciones en diseños idénticos, menor coste y muchas otras posibilidades que podríamos enumerar. Sí, podemos afirmar que fue el paso más decisivo para sustituir a nivel industrial los sistemas basados en lógica secuencial, por la lógica programable que resulta de la implementación de estos microchips en los circuitos electrónicos.

Desde su aparición, los fabricantes han sacado al mercado una enorme variedad de microcircuitos, que van desde los microprocesadores de carácter general,

vertidores A/D, etc.) que hicieron más sencillo el diseño de las tarjetas por parte de los técnicos en ingeniería de aplicación. Aparecieron entonces los microcontroladores y dada la fuerte competencia existente entre los distintos fabricantes, surge como es natural, gran variedad de ellos. Cada uno con características peculiares, que lo diferencia de los demás, otorgándole una potencialidad específica, distinta flexibilidad, etc.

Microcontrolador PIC 16C57

Sin duda los grandes fabricantes de este tipo de microchips, son Intel, Motorola, etc.; aunque en este artículo trataremos sobre los microcontroladores de Microchip Technology. Este fabricante americano, pone a nuestra disposición, gran cantidad de elementos, con características muy variadas, de modo que tengamos a nuestro alcance, desde el microcontrolador más sencillo, hasta aquel cuya complejidad requiere un análisis bastante más profundo por nuestra parte, todo en función del proyecto que deseamos abordar.

Es de destacar que prácticamente todos los microcircuitos de las diferentes familias de Microchip, están basados

en la misma estructura interna y poseen repertorios de instrucciones de programación similares. Esto quiere decir que, una vez comprendido el funcionamiento general de uno de ellos, los demás resultarán asimilables con relativa facilidad.

En nuestro artículo trataremos la familia 16C5X, que resulta ser una de las más sencillas de asimilar, y nos permitirá tener una idea clara del funcionamiento de los PIC de Microchip. En la *tabla 1* se muestran los diversos microcircuitos de dicha familia, con indicación de sus características más importantes. De entre todos ellos elegiremos para nuestro trabajo concreto el PIC 16C57.

Nuestro PIC, presenta una estructura interna basada en la arquitectura Har-

vard, que utiliza buses internos distintos para acceder a las memorias de programa y de datos. El bus interno de instrucciones tiene un ancho de 12 bits, lo que hace que podamos utilizar la misma palabra para manipular el código de operación y el operando asociado a la misma. El bus de datos interno posee un ancho de 8 bits en lectura y en escritura.

Como podemos apreciar en la *tabla 1*, el 16C57 dispone de:

- Memoria de programa de 2 K, por lo que empleará un bus de direccionamiento interno de 11 bits.
- Memoria de datos compuesta por una RAM de 72 palabras, por lo que su bus de direccionamiento interno será de 7 bits.

En la *figura 1* podemos observar los diferentes buses internos de manipulación de las memorias y trabajo del microcircuitos.

En la llamada memoria de programa (2K x 12 bits), almacenaremos los valores correspondientes a las instrucciones que componen nuestros programas ejecutables. Mientras que en la memoria de datos (72 x 8 bits) se irán almacenando los valores generados por el propio programa durante su ejecución. En la *figura 2* podemos apreciar la composición de estas memorias.

Debemos destacar aquí cómo la memoria de programa (EPROM o PROM) se encuentra dividida en cuatro partes denominadas páginas, abarcando la página 0 desde la dirección 000H hasta la 1FFH, la página 1 desde la dirección 200H hasta la 3FFH, la página 2 desde la dirección 400H hasta la 5FFH, y la página 3 desde la dirección 600H hasta la 7FFH.

En cuanto a la memoria de datos (RAM), podemos apreciar que está dividida en cuatro bancos de trabajo, compuestos cada uno del siguiente modo:

- Banco 0: Desde la dirección 00H hasta la dirección 07H contiene 8 registros especiales de trabajo, de los que después hablaremos. Y desde la dirección 08H hasta la dirección 1FH, contiene 24 registros de propósito general que usaremos para almacenar datos.

- Banco 1: Desde la dirección 20H hasta la 2FH contiene 16 registros que no se usan. Y desde la dirección 30H hasta la 3FH, contiene registros de propósito general.

- Banco 2: Desde la dirección 40H hasta la 4FH contiene 16 registros que no se usan. Y desde la dirección 50H

“EL PIC 16CJ PRESENTA UNA ESTRUCTURA INTERNA BASADA EN LA ARQUITECTURA HARVARD, QUE UTILIZA BUSES INTERNOS DISTINTOS PARA ACCEDER A LAS MEMORIAS DE PROGRAMA Y DE DATOS”

a los diseñados para aplicaciones específicas en función de la demanda de las diversas empresas consumidoras.

Estos componentes llegaron a nosotros como elementos extraños y complejos, que rápidamente fueron aceptados a nivel profesional. Su estructura interna hacía que para realizar el diseño de diferentes sistemas de control, necesitáramos emplear además del propio chip, otros elementos como memorias, periféricos de comunicación, buffers, sistemas osciladores, temporizadores, etc.

Al objeto de facilitar este tipo de diseños, los fabricantes de microchips, decidieron incorporar en la misma pastilla del microprocesador, una serie de elementos (memorias, puertos de E/S, con-

En la misma estructura interna y poseen repertorios de instrucciones de programación similares. Esto quiere decir que, una vez comprendido el funcionamiento general de uno de ellos, los demás resultarán asimilables con relativa facilidad.

En nuestro artículo trataremos la familia 16C5X, que resulta ser una de las más sencillas de asimilar, y nos permitirá tener una idea clara del funcionamiento de los PIC de Microchip. En la *tabla 1* se muestran los diversos microcircuitos de dicha familia, con indicación de sus características más importantes. De entre todos ellos elegiremos para nuestro trabajo concreto el PIC 16C57.

Nuestro PIC, presenta una estructura interna basada en la arquitectura Har-

RESUMEN

Se trata en este artículo, de detallar la interconexión entre un microcontrolador PIC, de Microchip, y una pantalla de cristal líquido de cuarzo (LCD). Dada la amplia extensión del tema, y la brevedad necesaria del artículo, se proporciona toda la información precisa de forma escueta, empleando para ello las tablas y esquemas mínimos.

Se analizará en primer lugar el microcontrolador 16C57, expresando sus características fundamentales y sus mnemónicos de operación. A continuación, se describe una pantalla LCD, evaluando sus características y modo de programación. Finalmente se muestra el circuito completo de interconexión y se desarrolla un pequeño programa de control. Dicho programa se realiza empleando subrutinas independientes, convenientemente señaladas y con las orientaciones oportunas, con la intención de que resulte lo más didáctico posible.

de bloques internos que le confieren mayor potencialidad, como un bloque oscilador que marca la velocidad de trabajo del sistema, los temporizadores y contadores empleados para realizar conteos de sucesos, la ALU (Unidad Aritmético Lógica) que constituye el núcleo central del PIC y realiza las operaciones aritméticas y booleanas necesarias para el programa, etc.

Set de instrucciones del PIC 16C57

En la página siguiente se presenta la *tabla 4*, en la que se muestra de forma resumida el set de instrucciones de nuestro PIC.

Distribución de terminales del PIC 16C57

En la *figura 3* puede apreciarse la distribución física de pines o terminales de nuestro microcontrolador. En ella podemos apreciar la existencia de dos terminales (3 y 5) que no tienen ninguna función asignada (no se deben conectar).

En la *tabla 5* se presenta una descripción simple de la función de cada uno de los terminales del 16C57.

hasta la 5FH, contiene registros de propósito general.

- Banco 3: Desde la dirección 60H hasta la 6FH contiene 16 registros que no se usan. Y desde la dirección 70H hasta la 7FH, contiene registros de propósito general.

En la *tabla 2* se presentan los registros especiales contenidos en las primeras direcciones de memoria RAM. Podemos

ver sus denominaciones, la dirección concreta en la que se encuentran y la función que realizan.

Además de lo mostrado en la tabla anterior, el microcontrolador dispone de otros registros de trabajo particulares, que no están implementados en la memoria RAM y que se presentan en la *tabla 3*.

El PIC dispone también de otra serie

Componente PIC	Pines	E/S	EPROM/ROM	RAM
16C54	18	12	512	25
16C54A	18	12	512	25
16C54C	18	12	512	25
16CR54A	18	12	512	25
16CR54C	18	12	512	25
16C55	28	20	512	24
16C55A	28	20	512	24
16C56	18	12	1K	25
16C56A	18	12	1K	25
16CR56A	18	12	1K	25
16C57	28	20	2K	72
16C57C	28	20	2K	72
16CR57C	28	20	2K	72
16C58B	18	12	2K	73
16CR58B	18	12	2K	73

Tabla 1. Componentes de la familia 16C5X.

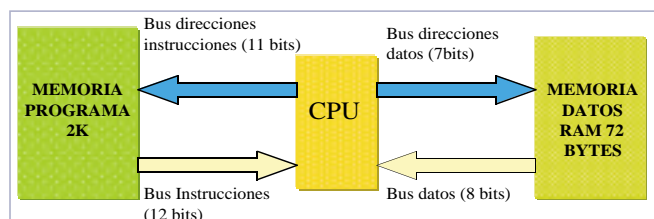


Figura 1.

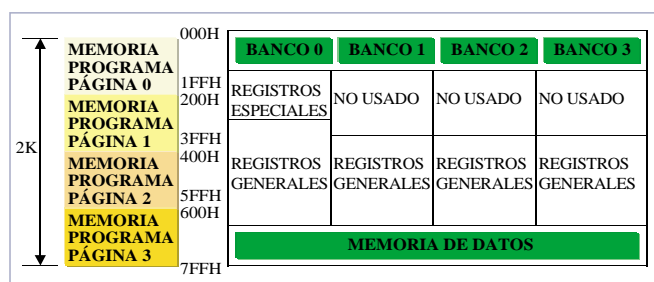


Figura 2. Estructura de las memorias PROM y RAM.

REGISTRO	RAM	FUNCIÓN
INDF	00H	Direccionamiento indirecto con el puntero FSR
TMR0	01H	Registro contador del módulo interno TIMER 0
PCL	02H	8 bits de menor peso del contador de programa
STATUS	03H	Registro de flags de estado (carry, cero, etc.)
FSR	04H	Puntero para el direccionamiento indirecto
PORT A	05H	Registro de comunicación exterior por el puerto A
PORT B	06H	Registro de comunicación exterior por el puerto B
PORT C	07H	Registro de comunicación exterior por el puerto C

Tabla 2.

OTROS REGISTROS IMPORTANTES	
OPTION	Controla el funcionamiento del TIMER 0 y del WDT
STACK	Disponemos de dos registros de pila (STACK1 y STACK2)
W	Acumulador
TRISA	Registro de control del puerto A
TRISB	Registro de control del puerto B
TRISC	Registro de control del puerto C

Tabla 3.

PIC 16C57			
TOCK1	1	28	MCLR/Vpp
Vdd	2	27	OSC1/CLKIN
NC	3	26	OSC2/CLKOUT
Vss	4	25	RC7
NC	5	24	RC6
RA0	6	23	RC5
RA1	7	22	RC4
RA2	8	21	RC3
RA3	9	20	RC2
RB0	10	19	RC1
RB1	11	18	RC0
RB2	12	17	RB7
RB3	13	16	RB6
RB4	14	15	RB5

Figura 3.

La pantalla LCD

Elegimos para nuestro artículo, de entre todos los modelos de LCD's existentes, la pantalla LCD de Batron (BT 12009) cuyas características principales son:

- Una línea de 20 caracteres.
- Un carácter se compone de 5x7 puntos.
- Una CG ROM (generador de caracteres ROM) con 192 caracteres predefinidos.
- Una CG RAM que permite definir ocho caracteres por el usuario.
- Una RAM que almacena hasta 80 bytes.
- Un registro de instrucciones IR.
- Un registro de datos DR.

Esta pantalla es de fácil conexión a los terminales del PIC 16C57. En la *tabla 6* se presenta la distribución de terminales de este módulo:

Todas las funciones que se pueden programar en este módulo LCD, se controlan mediante las señales E, RS y R/W escribiendo o leyendo los datos oportunos. Los niveles lógicos activos de todas las señales de control corresponden con el nivel alto. En la *tabla 7* se muestran las operaciones que se realizan según las combinaciones de las mismas.

La señal E es de habilitación del módulo y es activa con nivel lógico

PIC 16C5X		
MNEMONICOS OPERANDOS		DESCRIPCIÓN DE LAS INSTRUCCIONES
addwf	f,d	Suma W y f y va a destino (d)
andwf	f,d	Y lógico entre W y f, resultado en (d)
clrf	f	Coloca a 00 el registro (f)
clrw	-	Coloca a 00 el registro (W)
comf	f,d	Complemento de (f) a destino (d)
decf	f,d	(f)-1 a destino (d)
decfsz	f,d	(f)-1 a destino (d). Si es 0 salta.
incf	f,d	(f)+1 a destino (d)
incfsz	f,d	(f)+1 a destino (d). Si es 0 salta
iorwf	f,d	OR Inclusiva entre W y f, a destino (d)
movf	f,d	Mueve (f) a destino (d)
movwf	f	Mueve W a f
nop	-	No operación
rlf	f,d	Rota f a izqda a través carry a destino (d)
rrf	f,d	Rota f a dcha a través carry a destino (d)
subwf	f,d	Resta (f)-W y carga en destino (d)
swapf	f,d	Intercambia nibles de (f) y destino (d)
xorwf	f,d	OR exclusiva entre W y (f) a destino (d)
bcf	f,b	Poner a 0 el bit b del registro (f)
bsf	f,b	Poner a 1 el bit b del registro (f)
btfsc	f,b	Salta si el bit b del registro (f) es 0
btfss	f,b	Salta si el bit b del registro (f) es 1
andlw	k	AND lógico entre W y el literal k, a W
call	k	Llamada a subrutina
clrwtd	k	Borra el temporizador del Watchdog
goto	k	Salto incondicional
iorlw	k	OR inclusiva entre W y k, hacia W
movlw	k	Mueve el literal k a W
option	k	Carga el registro OPTION con k
retlw	k	Retorno de interrupción
sleep	-	Entrada en modo bajo consumo
tris	f	Carga el registro TRIS correspondiente con W
xorlw	k	OR exclusiva de W y k, hacia W
f	Dirección de registro (0x00 a 0x7F)	
W	Registro de trabajo (Acumulador)	
b	Uno de los 8 bits de registro	
k	Valor literal, constante o etiqueta	
d	Registro destino. Si d=0 el destino es W, si d=1 el destino es f.	

Tabla 4.

PIN	FUNCIÓN	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	TOCK1	E	Entrada de reloj a TIMER 0
2	Vdd	A	Tensión de alimentación
3	N.C.	-	
4	Vss	A	Masa
5	N.C.	-	
6 a 9	RA0 a RA3	E/S	Líneas bidireccionales de E/S del puerto A
10 a 17	RB0 a RB7	E/S	Líneas bidireccionales de E/S del puerto B
18 a 25	RC0 a RC7	E/S	Líneas bidireccionales de E/S del puerto C
26	OSC2/ CLKOUT	-	Entrada cristal en modo "oscilador de cristal" En modo RC, proporciona una frecuencia de salida igual a 1/4 la frecuencia de CLKIN
27	OSC1/ CLKIN	E	Entrada de reloj procedente del cristal o fuente externa
28	MCLR/ Vpp	E	Entrada de borrado (Reset). Proporciona un Reset al componente con un nivel lógico bajo

Tabla 5.

PIN	FUNCIÓN
1	Terminal de masa (GND)
2	Terminal de alimentación (+5V)
3	No conectado
4	Selección (RS) de registros internos
5	Lectura escritura (R/W)
6	Selección del módulo LCD (E)
7 a 14	Líneas bus de datos (DB0 a DB7)

Tabla 6.

E	RS	R/W	OPERACIÓN
1	0	0	Escribir una instrucción en el IR
1	0	1	Leer el IR (AC y el flag Busy)
1	1	0	Escribir en DR (Para DD RAM o CG RAM)
1	1	1	Leer el DR (De DD RAM o CG RAM)

Tabla 7.

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
Clear display	Borra el LCD. Escribir en IR la palabra 0000 0001
Reiniciar	Cursor a posición inicial. Escribir en IR la palabra 0000 001X
Modo entrada	Establece las condiciones en que los datos aparecerán en la pantalla. Escribir en IR la palabra: 0000 01 I/D S. I/D = 0 Decremento automático del AC al escribir I/D = 1 Incremento automático del AC al escribir S = 0 El display no se desplaza al escribir un nuevo carácter S = 1 El display si se desplaza al escribir un nuevo carácter
Control display	Enciende o apaga el display completo, y el cursor, en función del código introducido según se indica a continuación: 0 0 0 0 1 D C B B = 0 No hay parpadeo en el cursor rectangular B = 1 Si hay parpadeo en el cursor rectangular C = 0 El cursor no se visualiza C = 1 El cursor si se visualiza D = 0 El display se apaga D = 1 El display se enciende
Desplazamiento cursor o display	Mueve el cursor y desplaza el display sin cambiar el contenido de la DD RAM según el código siguiente: 0 0 0 1 S/C R/L X X S/C = 0 El deslizamiento se produce sobre el cursor S/C = 1 El deslizamiento se produce sobre todo el display R/L = 0 A izquierda R/L = 1 A derecha
Set	Conecta el LCD a través de las 8 líneas del bus de datos o bien con 4 líneas para ahorrar líneas de conexión. Define las líneas del LCD y el número de puntos por carácter. Según la palabra: 0 0 1 DL N F X X DL = 0 Control con 4 bits DL = 1 Control con 8 bits N = 0 Se trabaja con una línea N = 1 Se trabaja con dos líneas F = 0 Se obtendrán 5x7 puntos F = 1 Se obtendrán 5x10 puntos
Colocar dirección CG RAM	El registro AC queda cargado con la dirección de la CG RAM. Según la palabra: 0 1 CG5 CG4 CG3 CG2 CG1 CG0 CG5...CG0 = dirección de CG RAM (64 direcciones)
Colocar dirección DD RAM	El registro AC queda cargado con la dirección de la DD RAM. Según la palabra: 1 DD6 DD5 DD4 DD3 DD2 DD1 DD0 DD6...DD0 = dirección de DD RAM (128 direcciones)
Leer BUSY y AC	El dato recibido indica el contenido de AC. El bit número 7 representa el flag Busy que nos indica si el módulo esta ocupado (1) o si está libre para recibir nuevos datos (0). Según la palabra: BF AC6 AC5 AC4 AC3 AC2 AC1 AC0
Escribir en CG RAM o en DD RAM	Se pueden escribir en CG RAM o en DD RAM los datos que se desee Según la palabra: DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0
Leer CG RAM o DD RAM	Se pueden leer los datos existentes en CG RAM y en DD RAM. Según la palabra: DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0

Tabla 8.

alto. La señal RS sirve para seleccionar los registros internos IR (RS=0) y DR (RS=1). La señal R/W se emplea para leer (R/W=1) o para escribir (R/W=0) un dato en el registro deseado.

El módulo, posee además un registro denominado AC que apunta a la dirección donde serán leídos o escritos los datos sobre la DD RAM (RAM de datos del display) y la CG RAM (generador de caracteres RAM definibles por el usuario). El AC se incrementa o decrece automáticamente de acuerdo a cómo se programe el modo entrada.

Programación de la pantalla LCD

Las funciones que pueden programarse en la pantalla vienen expresadas en la tabla 8.

Aplicación práctica

En la figura 4 podemos apreciar la forma de conectar la pantalla LCD a nuestro microcontrolador. Las líneas RA0, RA1, y RA2 se utilizan para control de la pantalla (E, RS y R/W respectivamente), mientras que las líneas RB0, RB1..., RB7, se conectan a DB0, DB1..., DB7, respectivamente.

Además realizaremos las siguientes consideraciones:

- El bloque oscilador interno, está completado con un cristal de cuarzo (XTAL) de 20 MHz, y los condensadores C1 y C2 de 22 pF cada uno.
- La entrada MCLR es controlada por el circuito RC, formado por una resistencia de 20 K y un condensador C de 1 µF, que proporcione un pulso de reset

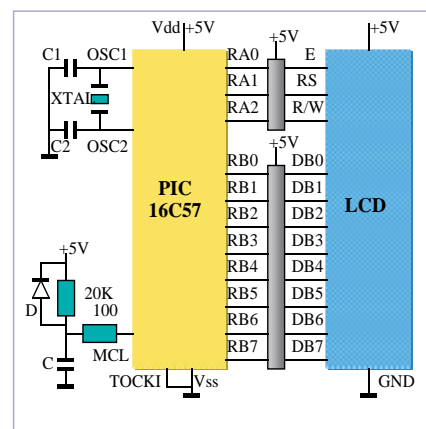


Figura 4.

al conectar el circuito a la fuente de alimentación. El diodo D sirve para descargar el condensador con mayor rapidez al desaparecer la alimentación.

- En todas y cada una de las líneas de los buses de interconexión, debe conectarse una resistencia de 1K a la alimentación (+5V).

La programación de nuestro sistema consistirá básicamente, en el diseño del software apropiado al esquema de la figura 4, que permita el control y utilización de la pantalla LCD.

La idea base de nuestro programa puede ser la siguiente: al arrancar el sistema, mediante su conexión a la alimentación, el PIC debe controlar todos los elementos dispuestos bajo su mando, comprobar su funcionamiento, y finalmente pasar a ejecutar las acciones deseadas (en este caso escribir una frase en la pantalla LCD).

Bibliografía

- José M^o Angulo, *Microprocesadores. Curso sobre aplicaciones industriales*. Paraninfo.
M. Robin y Th. Maurin, *Interconexión de microprocesadores*. Paraninfo.
Javier Martínez Pérez y Mariano Barrón Ruiz, *Prácticas con microcontroladores de 8 bits*. McGraw Hill. *Manuales de Microchip*.

Internet

- www.microchip.com
www.netcom.es/celes

AUTOR

Celestino Benítez Vázquez
celes@netcom.es
www.netcom.es/celes

Ingeniero técnico industrial por la EUITI de Gijón e ingeniero industrial por la UNED. Desarrolla diversos trabajos profesionales en el ejercicio libre de la profesión y desde hace unos 20 años trabaja en el sector de las máquinas recreativas.