

Fabian

CAPÍTULO 13

LCD

En muchos proyectos es necesario visualizar información a través de una pantalla de bajo coste. La forma más utilizada es mediante un display LCD tal como se explica en este capítulo.

13.1 VISUALIZADOR LCD

Las pantallas de cristal liquido o display **LCD** para mensajes (*Liquid Crystal Display*) tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información que genera cualquier equipo electrónico de una forma fácil y económica (figura 13-1). La pantalla consta de una matriz de caracteres (normalmente de 5x7 puntos) distribuidos en una, dos, tres o cuatro líneas de 16 hasta 40 caracteres cada línea. El proceso de visualización es gobernado por un microcontrolador incorporado a la pantalla, siendo el Hitachi 44780 el modelo más utilizado.



Figura 13-1 Aspecto de un módulo LM016L

Distintos fabricantes ofrecen multitud de versiones de visualizadores de cristal líquido. El modelo utilizado en este libro es el LM016L, que es un módulo LCD de dos líneas de 16 caracteres cada una. Su fácil manejo lo hace ideal para dispositivos que necesitan una capacidad de visualización pequeña o media. Las características generales de un módulo LM016L son:

- Consumo muy reducido, del orden de 7,5 mW.
- Pantalla de caracteres ASCII, además de los caracteres japoneses Kanji, caracteres griegos y símbolos matemáticos.
- Desplazamiento de los caracteres hacia la izquierda o a la derecha.
- Memoria de 40 caracteres por línea de pantalla, visualizándose 16 caracteres por línea.
- Movimiento del cursor y cambio de su aspecto.
- Permite que el usuario pueda programar ocho caracteres.
- Pueden ser gobernados de dos formas principales:
 - Conexión con bus de 4 bits.
 - Conexión con bus de 8 bits.

Lo que a continuación se explica se refiere al modelo LM016L y con pequeñas variaciones es también válido para cualquier otro.

13.2 PATILLAJE

El módulo LM016L tiene 14 pines descritos en la figura 13-2 y tabla 13-1. Se conecta fácilmente a cualquier sistema microcontrolador, tal como se muestra en la figura 13-5. Las líneas del bus datos son triestados y pasan a estado de alta impedancia cuando el LCD no está habilitado.

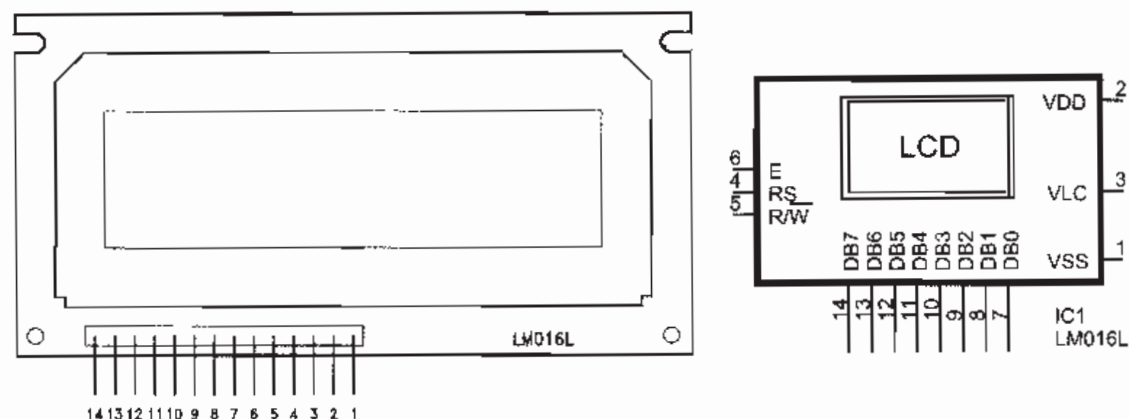


Figura 13-2 Patillaje del LCD LM016L

La alimentación es de + 5V. La regulación de contraste se realiza mediante el voltaje obtenido al dividir los 5 V con una resistencia ajustable de 10 k y aplicárselo al pin V_{LC} , como describe la figura 13-5. En algunos proyectos se elimina la resistencia ajustable y conecta V_{LC} a masa fijando el máximo contraste permanentemente.

SEÑAL	DEFINICIÓN	PINES	FUNCIÓN
DB0....DB7	<i>Data Bus</i>	7...14	Bus de Datos.
E	<i>Enable</i>	6	E=0, LCD no habilitado. E=1, LCD habilitado.
R/W	<i>Read/Write</i>	5	R/W=0, escribe en LCD. R/W=1, lee del LCD.
RS	<i>Register Select</i>	4	R/S=0, Modo Comando. R/S=1, Modo Carácter.
V_{LC}	<i>Liquid Crystal driving Voltage</i>	3	Tensión para ajustar el contraste.
V_{DD}	<i>Power Supply Voltage</i>	2	Tensión de alimentación, +5V
V_{SS}	<i>Ground</i>	1	Masa.

Tabla 13-1 Función de los pines en un LM016L

13.3 DDRAM

El LM016L posee una zona de memoria RAM llamada **DDRAM** (*Data Display RAM*) donde se almacenan los caracteres que se pueden representar. Tiene una capacidad de 80 bytes, 40 por cada línea, de los cuales sólo 32 se pueden visualizar a la vez (16 bytes por línea), figura 13-3. La DDRAM almacena los códigos ASCII de los caracteres que aparecerán en pantalla y existe una correspondencia entre las filas de la pantalla y las posiciones consecutivas de memoria.

En pantalla se visualizan 32 caracteres: 16 de cada fila																															
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	}	24	25	26	27	← FILA 0							
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52		64	65	66	67	← FILA 1							

La DDRAM tiene un tamaño de 80 bytes (40 en cada fila), de los cuales se visualizan 32

Figura 13-3 DDRAM

De las 80 posibles, las dos direcciones más importantes de la DDRAM son:

- Dirección 00h, que es el comienzo de la primera línea.
- Dirección 40h, que es el comienzo de la segunda línea.

Cada vez que se escribe un dato en la DDRAM automáticamente se apunta a la siguiente posición, donde se realizará la escritura del próximo carácter.

Lower 4 Bits	Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111	
xxxx0000	CG RAM (1)			0	a	P	`	F					一	夕	ミ	α	p	
xxxx0001	(2)			!	1	A	Q	a	4				。	ア	チ	ム	ä	q
xxxx0010	(3)			"	2	B	R	b	r				「	イ	ツ	×	β	θ
xxxx0011	(4)			#	3	C	S	c	s				」	ウ	テ	モ	ε	ω
xxxx0100	(5)			\$	4	D	T	d	t				、	エ	ト	ホ	μ	Ω
xxxx0101	(6)			%	5	E	U	e	u				・	オ	ナ	ユ	ε	Ü
xxxx0110	(7)			&	6	F	V	f	v				ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)			'	7	G	W	g	w				フ	キ	ヌ	ラ	g	π
xxxx1000	(1)			(	8	H	X	h	x				イ	ク	ネ	リ	フ	×
xxxx1001	(2)			)	9	I	Y	i	y				ウ	ケ	ノ	ル	´	γ
xxxx1010	(3)			*	:	J	Z	j	z				エ	コ	ハ	レ	j	チ
xxxx1011	(4)			+	;	K	[	k	{				オ	サ	ヒ	ロ	×	斤
xxxx1100	(5)			,	<	L	¥	l	¥				カ	シ	フ	ワ	¢	円
xxxx1101	(6)			-	=	M	]	m	}				ユ	ズ	ハ	ン	も	÷
xxxx1110	(7)			.	>	N	^	n	+				ヨ	セ	ホ	ゝ	ñ	
xxxx1111	(8)			/	?	O	_	o	+				ッ	リ	マ	°	ö	■

Figura 13-4 Caracteres definidos dentro de la tabla CGROM (cortesía de Hitachi)

13.4 CARACTERES DEFINIDOS EN LA CGROM

El módulo LM016L posee una zona de memoria interna no volátil llamada CGROM donde se almacena una tabla con los 192 caracteres que pueden ser visualizados (figura 13-4). Cada uno de los caracteres tiene su representación binaria de ocho bits. Para visualizar un carácter debe recibir por el bus de datos el código correspondiente. Por ejemplo, para visualizar el carácter "A" el LCD debe recibir por su bus de datos el código b'01000001'.

También permite definir ocho nuevos caracteres de usuario, no incluidos en su tabla interna. Estos caracteres se guardan en una zona de RAM denominada CGRAM (*Character Generator RAM*).

13.5 MODOS DE FUNCIONAMIENTO

El LM016L, tiene tres modos de funcionamiento principales:

- **Modo Comando.** Cuando por el bus de datos el LCD recibe instrucciones como "Borrar Display", "Mover Cursor", "Desplazar a izquierda", etc. Para trabajar en modo comando, el pin RS debe estar a "0". El pin R/W también debe ser "0" para indicar que se está realizando una operación de escritura. Una operación en este modo tarda un máximo de 1,64 ms.
- **Modo Carácter o Dato.** Cuando por el bus de datos el visualizador LCD recibe un carácter a escribir en la DDRAM. Es decir, cuando se envía al LCD el carácter ASCII a visualizar. Para trabajar en este modo, el pin RS debe estar a "1". El pin R/W debe ser "0" para indicar que está realizando una operación de escritura. También se le puede llamar "modo carácter" o "modo registro". Una operación en este modo tarda un máximo de 40 μ s.
- **Modo lectura del "Busy Flag" o LCD Ocupada.** En el bit 7 del bus de dato el LCD informa al microcontrolador de que está ocupado, (este bit es denominado *Busy Flag*). Para ello se lee el bus de dato con RS=0 y R/W=1, si el bit 7 del bus de datos es "1" indica que la pantalla LCD está ocupada realizando operaciones internas y no puede aceptar nuevas instrucciones ni datos. Hay que esperar a que el *Busy Flag* valga "0" para enviarle la siguiente instrucción o carácter.

El modo de operación de lectura del *Busy Flag* se ha ideado para evitar posibles problemas de tiempo, de manera que no se realiza ninguna operación con el LCD hasta comprobar que no está ocupado. El pin R/W permite leer el registro de estado en el modo *Busy Flag* que sólo sirve para comprobar si el controlador ha terminado de realizar la instrucción que se le ha enviado y así poder enviar más.

Para un control sencillo, se pueden realizar pausas después de cada instrucción o envío de datos para no tener que leer el registro de estado, con ello se evita el modo de lectura del *Busy Flag*. La principal ventaja de esto es que se logra ahorrar un pin del microcontrolador porque la línea R/W no es necesaria y se puede conectar directamente a masa, tal como se ilustra en la figura 13-5. La detección del *Busy Flag* se sustituye entonces por un pequeño retardo antes de realizar cualquier nueva operación con el display LCD. Este retardo debe ser mayor de 1,64 ms si trabaja en modo comando y mayor de 40 μ s si trabaja en modo dato.

13.6 COMANDOS DE CONTROL

Los comandos que admite el módulo LM016L se resumen en la tabla 13-2.

COMANDO	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
<i>Clear Display</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Return Home</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*
<i>Entry Mode Set</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
<i>Display Control</i>	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
<i>Cursor and display Shift</i>	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*
<i>Function Set</i>	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*
<i>Set CGRAM Address</i>	0	0	0	1	<i>CGRAM Address</i>					
<i>Set DDRAM Address</i>	0	0	1	<i>DDRAM Address</i>						
<i>Read Busy Flag</i>	0	1	BF	<i>DDRAM Address</i>						
<i>Write RAM</i>	1	0	<i>Write Data</i>							
<i>Read RAM</i>	1	1	<i>Read Data</i>							

Tabla 13-2 Comandos del visualizador LCD LM016L

Los comandos se envían a través del bus de datos. Para que el LCD los reconozca hay que poner la señal RS a nivel bajo. A continuación se detallan los comandos y símbolos de esta tabla:

- *Clear Display* (0 0 0 0 0 0 0 1). Borra pantalla y devuelve el cursor a la posición inicial (dirección 0 de la DDRAM)
- *Return Home* (0 0 0 0 0 0 1 x). Cursor a dirección origen. Devuelve el cursor a la posición original de la DDRAM (dirección 00h) quedando intacto su contenido.
- *Entry Mode Set* (0 0 0 0 0 1 I/D S). Modo Entrada. Establece las características de escritura de los datos *Shift* e *Increment/Decrement*:
 - S = 0. La información visualizada en pantalla no se desplaza al escribir un nuevo carácter.

- $S = 1$. La información visualizada se desplaza al escribir un nuevo carácter. La pantalla se desplaza en el sentido indicado por el bit I/D cuando el cursor llega al filo de la pantalla.
- $I/D = 1$. Incremento automático de la posición del cursor. La posición de la DDRAM se incrementa automáticamente tras cada lectura o escritura a la misma,
- $I/D = 0$. Decremento de la posición del cursor. Se decrementa el puntero de la DDRAM.
- *Display Control* (0 0 0 0 1 D C B). Control de la pantalla:
 - $B = 0$. *Blink OFF*, no hay efecto de parpadeo del cursor.
 - $B = 1$. *Blink ON*, efecto de parpadeo con un cursor rectangular.
 - $C = 0$. *Cursor OFF*, el cursor no se visualiza.
 - $C = 1$. *Cursor ON*, el cursor es visualizado.
 - $D = 0$. *Display OFF*, el display se apaga.
 - $D = 1$. *Display ON*, el display se enciende.
- *Cursor and Display Shift* (0 0 0 1 S/C R/L x x). Control de los desplazamientos del cursor y de la pantalla:
 - $R/L = 0$. *Left*. A la izquierda.
 - $R/L = 1$. *Right*. A la derecha.
 - $S/C = 0$. El efecto de desplazamiento se aplica sólo sobre el cursor sin alterar el contenido de la DDRAM.
 - $S/C = 1$. El efecto de desplazamiento se aplica sobre todo el display.
- *Function Set* (0 0 1 DL N F x x). Características de control hardware:
 - $F = 0$. *Font*. Caracteres de 5 x 7 puntos.
 - $F = 1$. *Font*. Caracteres de 5 x 10 puntos.
 - $N = 0$. *Number Line*. Pantalla de 1 línea.
 - $N = 1$. *Number Line*. Pantalla de 2 líneas.
 - $DL = 0$. *Data Length*. Comunicación con 4 bits. Indica al display LCD que solamente se van a utilizar las líneas DB7, DB6, DB5 y DB4 para enviarle los datos y que se hará enviando primero el nibble alto, y a continuación el nibble bajo del dato
 - $DL = 1$. *Data Length*. Comunicación con 8 bits.
- *Set CGRAM Address*. Se va a escribir sobre la dirección CGRAM señalada.
- *Set DDRAM Address* (1 d d d d d d). Esta instrucción se utiliza para modificar el puntero a la DDRAM. Así por ejemplo, si la dirección es la 08h se escribirá en el centro de la primera línea.
- *Read Busy Flag*. Lee el BF indicando si hay una operación interna en curso y lee, además, el contenido de la dirección DDRAM apuntada.

13.7 CONEXIÓN DE LCD MEDIANTE 4 BITS

La figura 13-5 ilustra la forma de conectar el LCD al Puerto B del microcontrolador mediante 4 líneas y sin lectura del *Busy flag* por lo que también se

