

## MODULO LCD

Las pantallas de cristal líquido LCD o display LCD (Liquid Cristal Display) consta de una matriz de caracteres (normalmente de 5x7 o 5x8 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 de controlador más utilizado.

Las características principales de un módulo LCD 16x2 son las siguientes:

- Consumo muy reducido, del orden de 7.5mW
- 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 8 caracteres
- Pueden ser gobernados de 2 formas principales:
  - Conexión con bus de 4 bits
  - Conexión con bus de 8 bits

### PinOut

PIN N°	NOMBRE	NIVEL	FUNCION	
1	VSS	0V	REFERENCIA DE FUENTE (0V)	
2	VDD	5V	ALIMENTACIÓN 5V	
3	VO	VARIABLE	AJUSTE CONTRASTE, VARIABLE ENTRE 0V Y 5V	
4	RS	H/L	H: REGISTRO DE CONTROL	L: REGISTRO DE DATOS
5	R/W	H/L	H: HABILITA LECTURA	H: HABILITA ESCRITURA
6	E	H→L	HABILITACION DEL CHIP	
7	DB0	H/L	DATA BUS 8 BITS	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L		DATA BUS 4 BITS
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	A	-	ANODO BACKLIGTH	
16	K	-	CATODO BACKLIGTH	

### Data Display RAM DDRAM

El módulo LCD posee una zona de memoria RAM llamada DDRAM (DataDisplay RAM) donde se almacenan los caracteres que se van a mostrar en la pantalla.

Tiene una capacidad de 40 bytes por línea, de los cuales sólo se pueden visualizar la cantidad de caracteres que permita mostrar el display.

Para los ejemplos usaremos un display de 16 Caracteres por 2 líneas, entonces tendremos 80 bytes (40 por línea) de los cuales podremos visualizar solo 32 bytes (16 por línea).

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.

### El bus de datos

El bus de datos de un módulo LCD puede funcionar como un bus de 8 bits o como un bus multiplexado de 4 bits. Este último modo nos permitirá ahorrar 4 pines del microcontrolador.

La diferencia es que para utilizarlo en 4 bits habría que enviar los datos en dos partes (de 4 bits), utilizando solo los pines del DB4 al DB7. Primero se transmitirán los bits más significativos y luego los menos significativos.

### El bus de control

Está formado por 3 señales – RS, R/W y E –.

- **RS** se utiliza para indicar al bus de datos si la información que le llega es una comando o por el contrario es un carácter. RS=0 indicara **comando**. RS=1, indicara **carácter**.
- **R/W** pin que le indica al display si vamos a escribir o a leerlo. R/W=0 define al bus de datos como **entrada** de datos. R/W=1 lo define como **salida** de datos.
- **E** se utiliza para habilitar o no al display. E=0 display **deshabilitado**. E=1 display **habilitado**, y puede ser leído. E=1→0 (flanco descendente) inicia el proceso de escritura – pulso mínimo 450nseg.

## COMANDOS DE CONTROL

Consisten en diferentes códigos que se introducen a través del bus de datos del módulo LCD:

**CLEAR DISPLAY** (tarda mínimo 15 mseg en ejecutarse)

Borra el módulo LCD y coloca el cursor en la primera posición (dirección 0).

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

**HOME** (tarda mínimo 1,7 useg en ejecutarse)

Coloca el cursor en la posición de inicio (dirección 0) y hace que el display comience a desplazarse desde la posición original. El contenido de la memoria RAM de datos de visualización (DD RAM) permanece invariable. La dirección de la memoria RAM de datos para la visualización (DD RAM) es puesta a 0.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	X

**ENTRY MODE SET** (tarda mínimo 40 useg en ejecutarse)

Setea el movimiento del cursor y especificada si hay un desplazamiento a la siguiente posición de la pantalla.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

I/D	1: INCREMENTA
	0: DECREMENTA
S	1: DESPLAZAMIENTO AUTOMATICO
	0: NADA

**DISPLAY CONTROL** (tarda mínimo 40 useg en ejecutarse)

Activa o desactiva poniendo en ON/OFF tanto al display (D) como al cursor (C) y se establece si este último debe o no parpadear (B).

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

<b>D</b>	1: DISPLAY ON
	0: DISPLAY OFF
<b>C</b>	1: CURSOR ON
	0: CURSOR OFF
<b>B</b>	1: CURSOR PARPADEA
	0: CURSOR NO PARPADEA

**CURSOR OR DISPLAY SHIFT** (tarda mínimo 40 useg en ejecutarse)

Mueve el cursor y desplaza el display sin cambiar el contenido de la memoria de datos de visualización DD RAM.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	<b>S/C</b>	<b>R/L</b>	X	X

<b>S/C</b>	1: DESPLAZA DISPLAY
	0: MUEVE CURSOR
<b>R/L</b>	1: DESPLAZA A LA DERECHA
	0: DESPLAZA A LA IZQUIERDA

**FUNCTION SET** (tarda mínimo 40 useg en ejecutarse)

Establece el tamaño de interface con el bus de datos (DL), número de líneas del display (N) y tipo de carácter (F).

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	<b>DL</b>	<b>N</b>	<b>F</b>	X	X

<b>DL</b>	1: INTERFACE DE 8 BITS
	0: INTERFACE DE 4 BITS
<b>N</b>	1: 2 LINEAS
	0: 1 LINEA
<b>F</b>	1: 5x10 PUNTOS
	0: 5x8 PUNTOS

**SET DDRAM ADDRESS** (tarda mínimo 40 useg en ejecutarse)

Los caracteres que se van visualizando, se van almacenando previamente en La memoria llamada DD RAM para de aquí pasar a la pantalla. Mediante esta instrucción se establece la dirección de memoria DD RAM a partir de la cual se irán almacenando los datos a visualizar. Las direcciones de la 00h a la 0Fh corresponden con los 16 caracteres del primer renglón y de la 40h a la 4Fh con los 16 caracteres del segundo renglón.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	<b>DDRAM DIRECCION</b>						

**SET CGRAM ADDRESS** (tarda mínimo 40 useg en ejecutarse)

El módulo LCD además de tener definidos todo el conjunto de caracteres ASCII, permite al usuario definir 4 u 8 caracteres gráficos. La composición de estos caracteres se va guardando en una memoria llamada **CGRAM** con capacidad para 64 bytes. Cada carácter gráfico definido por el usuario se compone de 16 u 8 bytes que se almacenan en sucesivas posiciones de la **CG RAM**.

Mediante esta instrucción se establece la dirección de la memoria **CGRAM** a partir de la cual se irán almacenando los bytes que definen un carácter gráfico.

Ejecutado este comando todos los datos que se escriban o se lean posteriormente, lo hacen desde esta memoria **CGRAM**.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	<b>CGRAM DIRECCION</b>					

**WRITE DATA** (tarda mínimo 40 useg en ejecutarse)

Este comando escribe datos en la DDRAM o en la CGRAM.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	<b>ESCRIBE DDRAM o CGRAM DATA</b>							

**READ DATA** (tarda mínimo 40 useg en ejecutarse)

Este comando lee datos de la DDRAM o de la CGRAM.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	1	<b>ESCRIBE DDRAM o CGRAM DATA</b>							

## SECUENCIA DE INICIALIZACIÓN LCD

El módulo LCD ejecuta automáticamente una secuencia de inicio interna en el instante de aplicarle la tensión de alimentación si se cumplen los requisitos de alimentación expuestos en su manual.

La secuencia de inicio a ser ejecutada por el usuario es la siguiente:

1. CLEAR DISPLAY (mínimo 15 mseg)
2. FUNCION SET, elegimos el tamaño del bus a usar, la cantidad de renglones del display el tamaño del carácter.
3. DISPLAY CONTROL, encendemos el display y configuramos el cursor
4. ENTRY MODE SET, configuramos si tiene autoincremento y desplazamiento.
5. HOME, mandamos el display a la posición inicial.

Ejemplo de inicialización con la siguiente configuración:

- 8 bits de bus, 2 líneas, Caracteres 5x8 Puntos
- Display ON, Cursor OFF, Parpadeo OFF
- Autoincremento y sin desplazamiento
- Desplazamiento del cursor a la derecha.

1. CLEAR DISPLAY (mínimo 15 mseg)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

2. FUNCION SET (mínimo 40 useg)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	1	1	0	0	0

3. DISPLAY CONTROL (mínimo 40 useg)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

4. ENTRY MODE SET (mínimo 40 useg)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

5. HOME (mínimo 1,7 useg)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

## USO DE LA PANTALLA LCD

Luego de estar inicializado módulo LCD ya podemos escribir las posiciones de la memoria DDRAM para que los caracteres aparezcan en la posición de la pantalla.

Siguiente el ejemplo de la inicialización anterior, donde el display quedo posicionado en HOME (posición inicial) y con autoincrementa hacia la derecha, los caracteres que escribamos empezaran a aparecer de izquierda a derecha ocupando las posiciones correspondientes en la pantalla.

Ejemplo 1:

### 1. SECUENCIA DE INICIALIZACION

- CLEAR DISPLAY (mínimo 15 mseg)
- FUNCION SET (mínimo 40 useg)
- DISPLAY CONTROL (mínimo 40 useg)
- ENTRY MODE SET (mínimo 40 useg)
- HOME (mínimo 1,7 useg)

### 2. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII **C** (01000011b=0x43h)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

### 3. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII **O** (01001111b=0x4Fh)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

### 4. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII **M** (01001101b=0x4Dh)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

### 5. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII **E** (01000101b=0x45h)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

### 6. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII **L** (01001100b=0x4Ch)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

En la pantalla se verá lo siguiente:

00h	01h	02h	03h	04h	05h	06h	07h	08h	09h	0Ah	0Bh	0Ch	0Dh	0Eh	0Fh
<b>C</b>	<b>O</b>	<b>M</b>	<b>E</b>	<b>L</b>											
40h	41h	42h	43h	44h	45h	46h	47h	48h	49h	4Ah	4Bh	4Ch	4Dh	4Eh	4Fh

Ejemplo 2: (Basándonos en el Ejemplo 1)

7. SET DDRAM ADDRESS, posición 0x47h

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	1	0	0	0	1	1	1

8. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII **6** (00110110b=0x36h)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	0	1	1	0	1	1	0

9. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII **t** (01110100b=0x74h)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	1	1	1	0	1	0	0

10. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII **o** (01101111b=0x6Fh)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	1	1	0	1	1	1	1

11. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII  (00100000b=0x20h) – espacio –

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0

12. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII **A** (01000001b=0x41h)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1

13. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII **n** (01101110b=0x6Eh)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	1	1	0	1	1	1	0

14. WRITE DATA (Carácter) – Carácter ASCII **o** (01101111b=0x6Fh)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	1	1	0	1	1	1	1

En la pantalla se agregara lo siguiente:

00h	01h	02h	03h	04h	05h	06h	07h	08h	09h	0Ah	0Bh	0Ch	0Dh	0Eh	0Fh
C	O	M	E	L											
							6	t	o		A	n	o		
40h	41h	42h	43h	44h	45h	46h	47h	48h	49h	4Ah	4Bh	4Ch	4Dh	4Eh	4Fh