

# **Cómo gobernar un display LCD alfanumérico basado en el controlador HD44780**



José Ignacio Suárez Marcelo

## 1. Introducción

Un display alfanumérico de matriz de puntos (dot-matrix) es un dispositivo de interfaz humana formado por una pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Crystal Display) sobre la que se pueden mostrar mensajes formados por distintos caracteres: letras, números, símbolos, etc. (figura 1). Se encuentran en distintos formatos, por ejemplo,  $2 \times 8$ ,  $2 \times 16$ ,  $4 \times 20$ , etc. El primer dígito indica el número de filas del display y el segundo el número de columnas, es decir,  $2 \times 16$  significa que tiene 2 filas y 16 columnas.



**Figura 1** Vista frontal de un LCD alfanumérico

Estos dispositivos vienen gobernados por un microcontrolador, que normalmente va incorporado sobre la misma placa de circuito impreso que soporta el LCD (figura 2). En el mercado es muy habitual encontrarse con el controlador HD44780 de Hitachi, que es el que se describe a continuación aquí. El controlador se encarga de gestionar el display líquido: polarizar los puntos de la pantalla, generar los caracteres, desplazar la pantalla, mostrar el cursor, etc. El usuario se despreocupa de todos estos problemas y simplemente necesita conocer una serie de comandos o instrucciones de alto nivel (limpia display, posiciona cursor, etc.) que le permitirán mostrar mensajes o animaciones sobre la pantalla de forma sencilla. Para comunicarse con el controlador del display se dispone de una interfaz paralelo al exterior, de fácil conexión a otros microcontroladores o microprocesadores.



**Figura 2** Vista trasera de un LCD alfanumérico donde se aprecia el controlador incrustado HD44780 de la firma nipona Hitachi

Los caracteres que se pueden representar están formados por una matriz de puntos que vienen almacenados en memoria ROM dentro del propio controlador. El fabricante reserva una pequeña zona de memoria RAM donde se pueden definir algunos caracteres especiales, como por ejemplo la letra ñ que no suele venir, o si se desean, pequeños gráficos.

## 2. Conexiones a un LCD con microcontrolador HD44780

El número de pines de un display alfanumérico es normalmente de 14 (o de 16 si el LCD es retroiluminado) y son compatibles TTL. En la tabla 1 se muestra el significado de las señales de cada pin. Hay tres tipos de señales en el LCD: de alimentación, de control y de datos.

**Tabla 1**

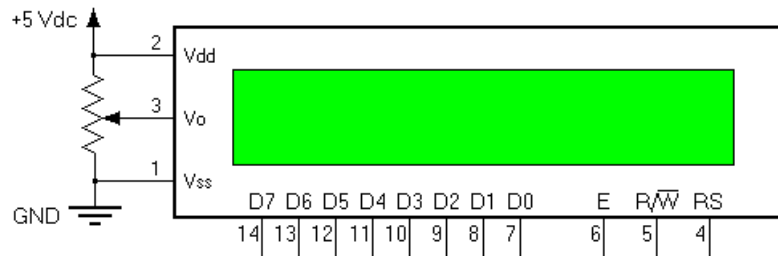
Descripción de los pines de un LCD alfanumérico

Nº PIN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	$V_{SS}$	Alimentación negativa (masa)
2	$V_{DD}$	Alimentación positiva (+5Vdc)
3	$V_O$	Ajuste del contraste
4	RS	Selección de Registro (Register Select) RS = 1 $\Rightarrow$ Registro de Datos RS = 0 $\Rightarrow$ Registro de Instrucciones
5	$R/\overline{W}$	Lectura / Escritura (Read/Write) $R/\overline{W}$ = 1 $\Rightarrow$ Lectura $R/\overline{W}$ = 0 $\Rightarrow$ Escritura
6	E	Habilitación del display (Enable) E = 1 $\Rightarrow$ Habilitado E = 0 $\Rightarrow$ Deshabilitado
7–14	DB[0..7]	Pines del 0 al 7 del bus de datos bidireccional

### – Señales de alimentación:

Son tres señales correspondientes a los pines 1, 2 y 3. El pin 1 corresponde a la masa, el 2 a la alimentación positiva (normalmente +5Vdc) y el 3 al ajuste del contraste. Habitualmente, al dar alimentación y sin haber mandado todavía ningún comando, el

display muestra en su pantalla la primera fila con todos sus caracteres en negro. Si no fuera así, se debería proceder al ajuste del contraste. Para ello, se debe instalar un potenciómetro de unos  $10K\Omega$  tal y como se observa en la figura 3. Cuanto más cercano a masa esté el voltaje en el pin 3 ( $V_O$ ) mayor será el contraste.



**Figura 3** Conexión del potenciómetro de ajuste del contraste

– Señales de control:

Los pines 4, 5 y 6 forman las señales de control del LCD. El pin 4 (RS) sirve para seleccionar el registro de datos (DR) o el de instrucciones (IR), poniendo  $RS=1$  o  $RS=0$ , respectivamente. El pin 5 permite leer ( $R/\overline{W}=1$ ) o escribir ( $R/\overline{W}=0$ ) en el módulo LCD tanto datos como instrucciones. Y por último, el pin 6 (E) permite habilitar, con  $E=1$ , o deshabilitar el display ( $E=0$ ). Sólo cuando está habilitado nos podemos comunicar con él.

NOTA: Ver **anexo III** para las temporizaciones de los procesos de escritura y lectura.

– Señales de datos:

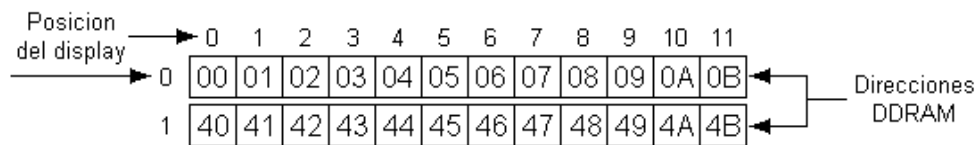
Por último, los pines del 7 al 14 forman un bus de datos bidireccional de 8 bits (DB7 – DB0) por donde se pueden escribir datos e instrucciones y se puede leer el estado del display (si está o no ocupado, la posición actual del cursor, etc.). El LCD también puede ser gobernado con un bus de datos de 4 bits (utilizando el nibble más significativo).

### 3. Definiciones previas

Para continuar con la descripción de la pantalla LCD se deben conocer previamente algunos conceptos importantes.

– DDRAM (Display Data RAM):

Es el área de memoria RAM interna del LCD donde se envían los caracteres (en código ASCII de 8 bits) que se quieren visualizar en la pantalla. Su capacidad es de 80 bytes (se pueden poner hasta 80 caracteres, pero sólo se visualizan unos pocos). El área que no se utilice se puede emplear como una RAM de datos de propósito general. En la figura 4 se observan las direcciones asignadas a cada celda de un display de 2×16.



**Figura 4** Direcciones DDRAM para un display de 2x16

– CGRAM (Character Generator RAM):

Es el área de memoria RAM interna del LCD donde el usuario puede definir sus propios caracteres o gráficos. El tamaño de la CGRAM es de 64 bytes lo que permite crear hasta 8 caracteres de 5×7 puntos o 4 de 5×10. Los caracteres son en realidad de 5×8 puntos, pero las fuentes están definidas en 5×7.

– CGROM (Character Generator ROM):

Es un área de memoria ROM interna del LCD donde está definido todo el juego de caracteres que el display puede mostrar (números, caracteres latinos, griegos, caracteres

japoneses “Kanji” y otros). Tiene almacenados hasta 160 caracteres de 5×7 puntos (para números, caracteres latinos y Kanji) y 32 de 5×10 puntos (para caracteres griegos y otros) (ver anexo II).

– Registros internos:

El HD44780 tiene dos registros internos de 8 bits, un registro de datos (DR) y un registro de instrucciones (IR), que se pueden leer y escribir.

El registro de instrucciones almacena el código de la instrucción (clear display, cursor home, set DDRAM address, etc.) cuando es escrito, mientras que en modo lectura permite leer el bit de ocupado (Busy Flag) y la posición actual del cursor.

El registro de datos almacena de forma temporal el dato que va a ser escrito/leído tanto en/de DDRAM como en/de CGRAM. Los datos escritos en el DR son transferidos automáticamente a la DDRAM o CGRAM mediante una operación interna del propio controlador.

Estos dos registros pueden ser seleccionados mediante la señal RS (pin 4) en modo lectura o escritura según la señal  $R/\overline{W}$  (pin 5) (ver tabla 2).

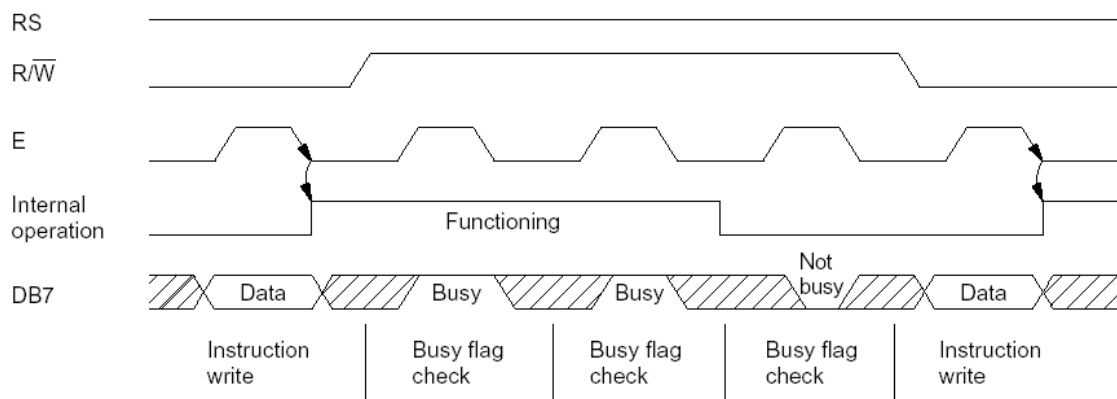
**Tabla 2**

Descripción de los pines de un LCD alfanumérico

RS	$R/\overline{W}$	FUNCIÓN
0	0	Escribe en el IR y ejecuta operación interna (clear display, cursor home, etc.)
0	1	Lee el IR. Lee Busy Flag (DB7) y Address Counter (DB0–DB6)
1	0	Escribe dato en DR y ejecuta operación interna (DR→DDRAM o DR→CGRAM)
1	1	Lee un dato del DR y ejecuta operación interna (DDRAM→DR o CGRAM→DR)

– Busy Flag (BF):

El busy flag (bandera de ocupado) se pone a 1 cuando el HD44780 está realizando una operación interna y no puede atender en ese instante a los comandos externos. Cualquier instrucción que se mande (excepto la instrucción de lectura del BF y AC) no será tenida en cuenta por el controlador del LCD. La siguiente instrucción debe ser enviada tras asegurarse de que el BF está a 0. El estado del BF es puesto por el controlador en la línea de datos DB7 (pin 14) en respuesta a la activación de las señales  $RS = 0$  y  $R/\overline{W} = 1$ .



**Figura 5** Ejemplo de comprobaciones sucesivas del estado de ocupación del display

– Address Counter (AC):

El address counter (contador de direcciones) sirve para direccionar tanto la DDRAM como la CGRAM. Cuando se envía una instrucción del tipo “set DD/CGRAM address” al IR, la dirección que ha sido pasada al IR se carga sobre el AC. El direccionar una u otra memoria depende del código de instrucción leído. Después de escribir en (leer de) la DDRAM o la CGRAM el AC se incrementa (decrementa) por uno. El contenido del AC es escrito sobre el bus de datos (DB6–DB0), cuando  $RS = 0$  y  $R/\overline{W} = 1$ .



– Mostrar un carácter en la pantalla del LCD:

Para escribir un carácter en una posición determinada de la pantalla es necesario mandar al IR la dirección correspondiente a la celda (instrucción “set DDRAM address”) y posteriormente enviar el carácter al DR (instrucción “write data to CG or DDRAM”). El controlador del LCD puede incrementar o decrementar la posición del display después de el envío de cada carácter.

#### 4. Inicialización del LCD

Los LCDs basados en el HD44780 necesitan ser inicializados tras ser alimentados. El proceso de inicialización es necesario y si no se respetan los pasos y los tiempos que indica el fabricante el LCD no puede ser puesto en marcha.

La inicialización puede ser llevada a cabo de dos formas: mediante reset interno o mediante instrucciones (dentro de ésta, puede ser con bus de datos de 8 bits o de 4 bits).

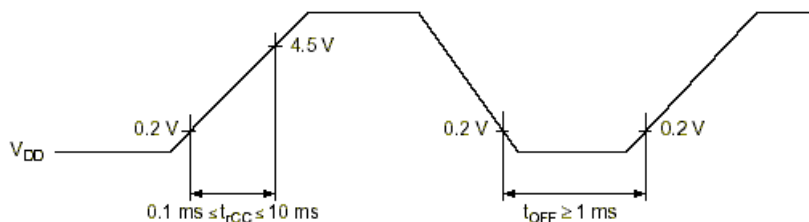
##### – Inicialización mediante reset interno:

El controlador de LCD lleva incorporado un circuito interno para resetear automáticamente la unidad cuando se da alimentación al módulo. Si no se cumplen los requisitos de tiempos especificados por el fabricante (tabla 3), el módulo no podrá resetearse y se tendrá que llevar a cabo la inicialización mediante instrucciones (figura 5).

**Tabla 3**

Condiciones de la alimentación para producir un reset interno

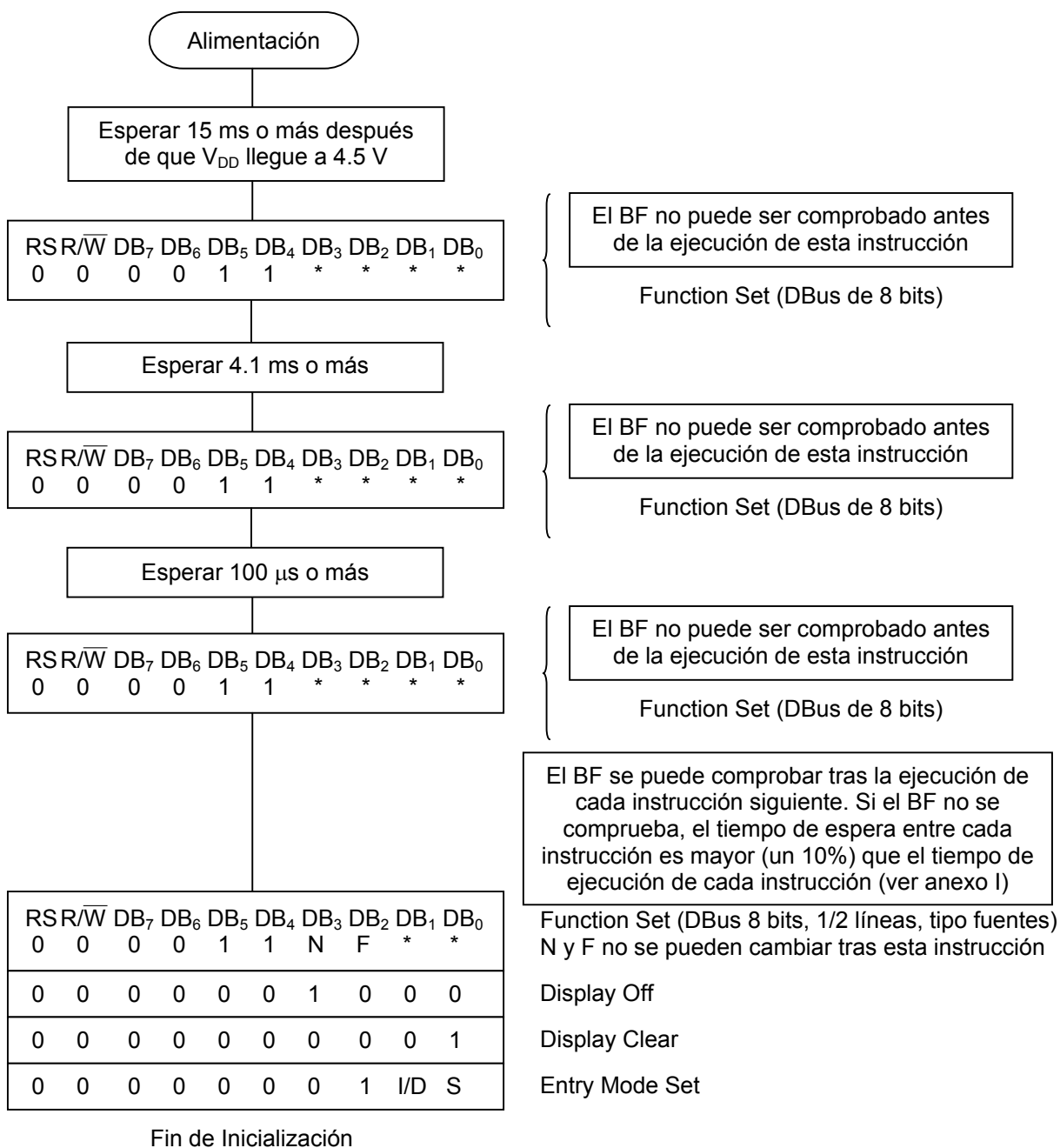
PARÁMETRO	SÍMBOLO	MÍN.	MÁX.	UNIDADES
Tiempo subida alimentación	$t_{rCC}$	0.1	10	ms
Tiempo desconexión	$t_{OFF}$	1	–	ms



**Figura 6** Definición de los tiempos de la alimentación

– Inicialización mediante instrucciones:

Sin duda la forma más fiable de resetear el módulo LCD es hacerlo mediante instrucciones, ya que los requerimientos de alimentación difícilmente se cumplirán alguna vez. El procedimiento a seguir, teniendo un bus de datos de 8 bits, es el siguiente:



## 5. Instrucciones del controlador HD44780

Las instrucciones o comandos que pueden ser utilizados por un microcontrolador o microprocesador externo para programar el LCD se pueden agrupar en cuatro tipos:

- Instrucciones para establecer funciones del LCD como el formato del display o la longitud de los datos.
- Instrucciones para direccionar la RAMs internas
- Instrucciones para transferir datos desde/a las RAMs internas.
- Otras Instrucciones.

A continuación se detallan las instrucciones que aparecen resumidas en el **anexo I**. (Ver **anexo III** para las temporizaciones de los procesos de escritura y lectura).

### – **CLEAR DISPLAY (CD): “Limpia Pantalla”**

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tiempo de ejecución: 82 $\mu$ s ÷ 1.64 ms									

Borra la pantalla. La DDRAM se rellena con el carácter correspondiente al espacio (0×20). El contador de direcciones se pone a cero (AC = 0). Si el display fue desplazado, se restaura la posición original. El display se deshabilita (D = 0) y el cursor y el parpadeo (blink), si estaban activados, se mueven a la esquina superior izquierda de la pantalla (dirección 0×00). Pone por defecto el bit I/D = 1 (incremento).

**NOTA:** \*, no importa el valor del bit.

– **RETURN HOME (RH): “Retorna a Casa”**

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	*
Tiempo de ejecución: 40 $\mu$ s ÷ 1.64 ms									

Retorna el cursor a la posición inicial (dirección 0x00). El contador de direcciones se pone a cero (AC = 0). Si el display fue desplazado, se restaura la posición original. El cursor y el parpadeo (blink), si estaban activados, se mueven a la esquina superior izquierda de la pantalla. El contenido de la DDRAM no se ve afectado.

– **ENTRY MODE SET (EMS): “Establece Modo de Entrada”**

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
Tiempo de ejecución: 40 $\mu$ s									

- **I/D (Cursor Izquierda/Derecha):** Establece la dirección de movimiento del cursor. El AC se incrementa (I/D=1) o decrementa (I/D = 0) en 1 después de escribir o leer cada carácter en/de la DDRAM o CGRAM. El cursor y la función de parpadeo (blink) se mueven sobre el display una posición a la derecha (I/D = 1) o a la izquierda (I/D = 0).
- **S (Pantalla Izquierda/Derecha):** Cuando S = 1 el display entero se desplaza una posición a la izquierda (I/D = 1) o a la derecha (I/D = 0) después de escribir o leer cada carácter en/de la DDRAM. El cursor y el parpadeo no se mueven en relación a la posición del display. Cuando S = 0 el display no se desplaza. Tampoco se desplaza el display cuando se escriben datos en la CGRAM.

– **DISPLAY ON/OFF CONTROL (DC): “Control Encendido/Apagado de Pantalla”**

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
Tiempo de ejecución: 40 $\mu$ s									

- **D (Display On/Off):** Cuando D = 1, el display se habilita. Cuando D = 0, el display se apaga, pero se retiene el contenido de la DDRAM.
- **C (Cursor On/Off):** Cuando C = 1, el cursor se muestra en la posición especificada por el AC. Cuando C = 0, el cursor no se muestra en pantalla. El cursor está formado por una línea de 5 puntos en la octava fila del carácter, por debajo del bloque de 5×7 puntos que forman un carácter. Para caracteres de 5×10 puntos, el cursor es dibujado en la fila undécima como una línea de 5 puntos.
- **B (Parpadeo On/Off):** Cuando B = 1, el carácter que se encuentra en la posición del cursor parpadea. Cuando B = 0, la función de parpadeo queda deshabilitada.

– **CURSOR OR DISPLAY SHIFT (CDS): “Desplazamiento Cursor o Pantalla”**

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*
Tiempo de ejecución: 40 $\mu$ s									

La pantalla y/o el cursor son desplazados a derecha (R/L = 1) o izquierda (R/L = 0) sin modificar el contenido de la DDRAM. Para un display de 2 líneas el cursor es movido desde la posición 40 de la primera línea a la posición 1 de la segunda línea. Sin embargo,

de la posición 40 de la segunda línea el cursor no retorna a casa (posición 1, línea 1), sino que pasa a la posición 1 de la segunda línea.

S/C	R/L	FUNCIÓN
0	0	Desplaza cursor a la izquierda ( $AC = AC - 1$ )
0	1	Desplaza cursor a la derecha ( $AC = AC + 1$ )
1	0	Desplaza el display entero, con el cursor, a la izquierda (AC no se modifica)
1	1	Desplaza el display entero, con el cursor, a la derecha (AC no se modifica)

– **FUNCTION SET (FS): “Establece Función”**

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	DL	N\$	F	*	#
Tiempo de ejecución: 40 $\mu$ s									

- **DL (Ancho del Bus de Datos):** Selecciona el ancho del Bus de Datos. Cuando DL = 1, se utiliza un bus de 8 bits (DB7 – DB0). Cuando DL = 0, se utiliza un bus de datos de 4 bits (DB7 – DB4). En este caso es necesario realizar dos transferencias consecutivas para poder transferir desde/a el display.
- **N (Número de Líneas):** Selecciona el formato del display (1 ó 2 líneas). N = 1, 2 líneas. N = 0, 1 línea.
- **F (Tamaño de las Fuentes):** Cuando F = 1, se usan caracteres de 5×10 puntos. Cuando F = 0, se usan los de 5×7.

**AVISO:** Esta instrucción (FS) debe ser ejecutada al inicio del programa antes de cualquier otra instrucción, exceptuando las instrucción “read busy flag & address”. FS no puede ser ejecutada de nuevo, salvo para cambiar el ancho del bus de datos. Una vez establecido, el formato del display no puede ser modificado.

– **SET CGRAM ADDRESS (SCG): “Establece Dirección CGRAM”**

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	A <sub>CG</sub>					
Tiempo de ejecución: 40 μs									

El contador de direcciones (AC) es cargado con una dirección de la CGRAM, expresada ésta como un número binario de 6 bits ( $A_{CG}$ ). Tras la ejecución de esta instrucción, las posteriores transferencias de datos serán realizadas a través de la CGRAM. El controlador HD44780, además de tener definidos todo los caracteres ASCII en una memoria ROM, permite al usuario definir en la memoria CGRAM hasta 8 caracteres gráficos de 5×7 puntos o bien 4 caracteres de 5×10 puntos. Cada byte que forma un carácter se va guardando de forma consecutiva en la CGRAM (esta memoria tiene una capacidad de 64 bytes).

– **SET DDRAM ADDRESS (SDD): “Establece Dirección DDRAM”**

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	$A_{DD}$						
Tiempo de ejecución: 40 $\mu$ s									

El contador de direcciones (AC) es cargado con una dirección de la DDRAM, expresada como un número binario de 7 bits ( $A_{DD}$ ). Tras la ejecución de esta instrucción, las posteriores transferencias de datos serán realizadas a través de la DDRAM. Para displays de 1 línea ( $N = 0$ )  $A_{DD}$  puede ir de 0×00 a 0×4F (de 0 a 79 en decimal). Para displays de 2 líneas ( $N = 1$ )  $A_{DD}$  puede ir de 0×00 a 0×27 (de 0 a 39 en decimal) para la primera línea y de 0×40 a 0×67 (de 64 a 101 en decimal) para la segunda línea.



– **READ BUSY FLAG & ADDRESS (RBF): “Lee BF y Dirección”**

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	BF	AC						
Tiempo de ejecución: 1 μs									

Se lee la bandera de ocupado (*busy flag*, BF), que indica si el LCD está (BF = 1) o no (BF = 0) ejecutando todavía una operación interna. Con BF = 1 no se aceptará la siguiente instrucción hasta que BF = 0. Además esta instrucción también lee el contenido del contador de direcciones (*address counter*, AC) expresado como un número binario de 7 bits. El AC se utiliza para acceder tanto a la CGRAM como a la DDRAM. En cada lectura el AC contendrá una dirección de la CGRAM o de la DDRAM, dependiendo de si la instrucción de establecimiento de dirección más recientemente ejecutada ha sido “SCG” o “SDD”, respectivamente. Es decir, el AC contendrá una dirección a la RAM que se ha usado más recientemente.

– **WRITE DATA TO CG/DDRAME (WD): “Escribe Dato a CG/DDRAME”**

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	DATO							
Tiempo de ejecución: 46 μs									

Escribe una palabra de 8 bits en la CGRAM o en la DDRAM dependiendo de la instrucción de establecimiento de dirección (SCG o SDD) más recientemente ejecutada. El DATO se guarda en la dirección que hubiese sido especificada por el AC en la instrucción correspondiente (SCG o SDD). Tras la escritura del dato en la RAM, el AC se incrementa o decrementa por uno, según se haya establecido en la instrucción “EMS” (si estuviera activada la opción, el display también podría ser desplazado).

– **READ DATA FROM CG/DDRAME (RD): “Lee Dato desde CG/DDRAME”**

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	1	DATO							
Tiempo de ejecución: 46 μs									

Lee una palabra (DATO) de 8 bits de la CGRAM o de la DDRAM. La instrucción que se haya ejecutado inmediatamente antes indicará el lugar de lectura (SCG o SDD). El AC contendrá la dirección de la RAM de donde debe ser leído el DATO. Antes de ejecutar esta instrucción de lectura (RD), se ha de ejecutar una instrucción SCG, o SDD, o CDS, o una instrucción previa de lectura de datos (RD) de la CG/DDRAME. Cualquier otra instrucción que preceda a RD, hará que el dato leído sea erróneo. La operación de desplazamiento del cursor tiene el mismo efecto que una instrucción SDD.

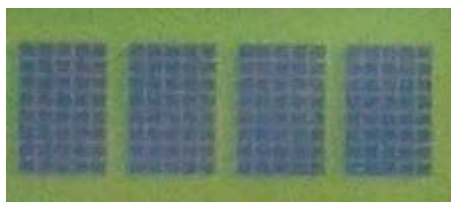
Después de una lectura (RD), el AC se incrementa o decrementa automáticamente en 1, según lo especificado por la instrucción EMS. Sin embargo el display no se desplaza, a pesar de lo indicado por la instrucción EMS.

## 6. Definición de nuevos caracteres

Cuando se envía un carácter ASCII, como por ejemplo el “A”, al modulo LCD, el controlador HD44780 busca en la memoria CGROM (no la CGRAM) interna el patrón que le corresponde y lo muestra en la pantalla. La CGROM contiene 192 mapas de bits correspondientes al alfabeto, números, signos de puntuación, caracteres japoneses Kanji, símbolos griegos y otros. La CGRAM es parte del controlador HD44780 y no puede ser alterada o reprogramada por el usuario. No se pueden modificar píxeles individuales en el LCD, tan sólo caracteres completos identificados por un código ASCII.

Sin embargo, a pesar de que no se pueden cambiar píxeles individuales y de que no se puede cambiar la CGROM, existe una forma de generar caracteres nuevos e incluso gráficos. Para este cometido existe la memoria llamada CGRAM, que es utilizada (direccionada) por el controlador de la misma manera que la CGROM. Cuando el controlador recibe un código ASCII correspondiente al mapa de memoria CGRAM (en concreto direcciones desde la 0x00 a la 0x0F), entonces muestra por pantalla el carácter que el usuario haya definido previamente en dicha posición.

Para definir un nuevo carácter, por ejemplo la letra “ñ” o la “Ñ”, hay que saber que de cada byte de la CGRAM sólo interesan los 5 bits menos significativos para dibujar el nuevo símbolo, ya que cada carácter de la pantalla está formado por un ancho de 5 puntos, y necesitaremos 7 bytes para un carácter completo de 5x7 puntos. En realidad un carácter está formado por 5x8 puntos (figura 6), pero el 8º se reserva para dibujar el cursor.



**Figura 7** Conjunto de caracteres de 5x8 puntos

Por tanto, cada carácter de 5×7 puntos necesita 8 bytes (si los caracteres son de 5×10 puntos se necesitarán hasta 16 bytes). La memoria CGRAM tiene 64 bytes donde se pueden definir hasta 8 caracteres de 5×7 puntos (o 4 caracteres de 5×10 puntos). Estos 8 caracteres tienen asignados los códigos ASCII del 0 al 7 (del 0 al 4 sin son de 5×10 puntos). Al alimentar el módulo LCD la CGRAM tomará valores aleatorios, por lo que será necesario ponerla a 0×00 si se va a utilizar.

– Pasos para definir un carácter nuevo:

1. Establecer dirección de la CGRAM (dirección de la 64 a la 127). → **SCG**

**Tabla 4**

Direcciones base de la CGRAM para definir caracteres nuevos

<b>CÓDIGO ASCII</b>	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>DIRECCIÓN</b>	64	72	80	88	96	104	112	120
<b>BASE</b>	(0×40)	(0×48)	(0×50)	(0×58)	(0×60)	(0×68)	(0×70)	(0×78)

2. Enviar un byte por cada una de las líneas del carácter a definir → **WD**

Hasta 8 bytes por cada carácter de 5×7 puntos (o 16 bytes para caracteres de 5×10 puntos).

3. Para abandonar la CGRAM (y dejar de definir caracteres nuevos), establecer el AC a un valor válido de la DDRAM → **SDD** o **CD** o **RH**.
4. Para ver en pantalla uno de los caracteres definidos escribir el código ASCII correspondiente (del 0 al 7) → **WD**

- Ejemplo de definición del carácter “ñ”:

	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	
Byte 0	0	1	1	1	0	0x0E
Byte 1	0	0	0	0	0	0x00
Byte 2	1	0	1	1	0	0x16
Byte 3	1	1	0	0	1	0x19
Byte 4	1	0	0	0	1	0x11
Byte 5	1	0	0	0	1	0x11
Byte 6	1	0	0	0	1	0x11
Byte 7	0	0	0	0	0	0x00

**Figura 8** Definición del carácter “ñ” con formato de 5x8 puntos

## ANEXO I: Instrucciones del HD44780

Command	Code										Description	Execution Time	
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0			
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears the display and returns the cursor to the home position (address 0).	82μs~1.64ms	
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	Returns the cursor to the home position (address 0). Also returns a shifted display to the home position. DD RAM contents remain unchanged.	40μs~1.64ms
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Sets the cursor move direction and enables/disables the display.	40μs
Display ON/OFF Control	0	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Turns the display ON/OFF (D), or the cursor ON/OFF (C), and blink of the character at the cursor position (B).	40μs
Cursor & Display Shift	0	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	Moves the cursor and shifts the display without changing the DD RAM contents.	40μs
Function Set	0	0	0	0	0	1	DL	N\$	F	*	#	Sets the data width (DL), the number of lines in the display (L), and the character font (F).	40μs
Set CG RAM Address	0	0	0	0	1	A <sub>CG</sub>					Sets the CG RAM address. CG RAM data can be read or altered after making this setting.		40μs
Set DD RAM Address	0	0	0	1	A <sub>DD</sub>					Sets the DD RAM address. Data may be written or read after making this setting.		40μs	
Read Busy Flag & Address	0	0	1	BF	AC					Reads the BUSY flag (BF) indicating that an internal operation is being performed and reads the address counter contents.		1μs	
Write Data to CG or DD RAM	1	0	Write Data								Writes data into DD RAM or CG RAM.		46μs
Read Data from CG or DD RAM	1	1	Read Data								Reads data from DD RAM or CG RAM.		46μs
	I/D = 1: Increment      I/D = 0: Decrement S = 1: Accompanies display shift. S/C = 1: Display shift      S/C = 0: cursor move R/L = 1: Shift to the right.      R/L = 0: Shift to the left. DL = 1: 8 bits      DL = 0: 4 bits N = 1: 2 lines      N = 0: 1 line F = 1: 5x10 dots      F = 0: 5 x 7 dots BF = 1: Busy      BF = 0: Can accept data # Set to 1 on 24x4 modules \$ With KS0072 is Address Mode.										DD RAM: Display data RAM CG RAM: Character generator RAM A <sub>CG</sub> : CG RAM Address A <sub>DD</sub> : DD RAM Address Corresponds to cursor address. AC: Address counter Used for both DD and CG RAM address.		Execution times are typical. If transfers are timed by software and the busy flag is not used, add 10% to the above times.

## ANEXO II: Juego de caracteres ASCII del HD44780

HIGH-ORDER 4 BIT LOW- ORDER 4 BIT	0	2	3	4	5	6	7	A	B	C	D	E	F
	0000	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)		0	a	P	`	P		-	9	E	α	p
xxxx0001	(2)	!	1	A	Q	a	9	7	7	4		ä	q
xxxx0010	(3)	"	2	B	R	b	r	「	イ	ツ	×	ρ	θ
xxxx0011	(4)	#	3	C	S	c	s	」	ウ	〒	ε	ε	ω
xxxx0100	(5)	\$	4	D	T	d	t	、	エ	ト	μ	μ	Ω
xxx0101	(6)	%	5	E	U	e	u	・	オ	ナ	1	σ	Ü
xxx0110	(7)	&	6	F	V	f	v	ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)	'	7	G	W	g	w	7	キ	ヲ	ウ	g	π
xxxx1000	(1)	(	8	H	X	h	x	イ	ウ	ネ	リ	「	ア
xxxx1001	(2)	)	9	I	Y	i	y	ウ	ツ	ル	」	」	y
xxxx1010	(3)	*	:	J	Z	j	z	エ	コ	ン	レ	j	キ
xxxx1011	(4)	+	;	K	[	k	[	オ	サ	ヒ	ロ	」	カ
xxxx1100	(5)	,	<	L	*	l	l	ヤ	シ	フ	ワ	φ	円
xxxx1101	(6)	_	=	M	I	m	」	ユ	ズ	ハ	コ	ト	÷
xxxx1110	(7)	.	>	N	^	n	→	ヨ	ヒ	ホ	」	」	
xxxx1111	(8)	/	?	O	_	o	+	ッ	ソ	マ	」	ö	■

### NOTES:

1. The CG RAM generates character patterns in accordance with the user's program.
2. Shaded areas indicate 5 x 10 dot character patterns.

### **ANEXO III: Consideraciones sobre las operaciones de lectura y escritura**

Para que las instrucciones lleguen correctamente al controlador del display se debe respetar la secuencia de activación de las señales así como los tiempos mínimos y máximos expresados por el fabricante.

En primer lugar se ha de partir con la señal ENABLE (**E**) a nivel bajo. En esta situación se activan las señales **RS** y **R/W#** a sus valores correspondientes (**R/W#** a cero para la escritura, o a uno para la lectura) y tras dejar pasar un tiempo  $t_{AS}$  (tiempo de establecimiento de la dirección), se pone **E** en alto. Tras este flanco ascendente en **E** se nos pueden presentar dos casos: escritura o lectura.

#### Escritura:

Si estamos en una escritura, tras el flanco ascendente de **E** enviamos el dato al bus de datos (**DB[0..7]**) y debemos dejarlo puesto un tiempo mínimo  $t_{DSW}$  (tiempo de establecimiento de los datos en escritura). Posteriormente ponemos **E** a nivel bajo, pero antes de bajar hay que asegurarse de que haya estado en alto por lo menos un tiempo  $PW_{EH}$  (ancho del pulso de habilitación en alto). El flanco de bajada en **E** hace que se cargue la instrucción en el interior del controlador HD44780, pero para ello hay que mantener activas las señales de datos durante un tiempo  $t_H$  (tiempo de mantenimiento de los datos) y las señales **RS** y **R/W#** un tiempo mínimo  $t_{AH}$  (tiempo de mantenimiento de la dirección).

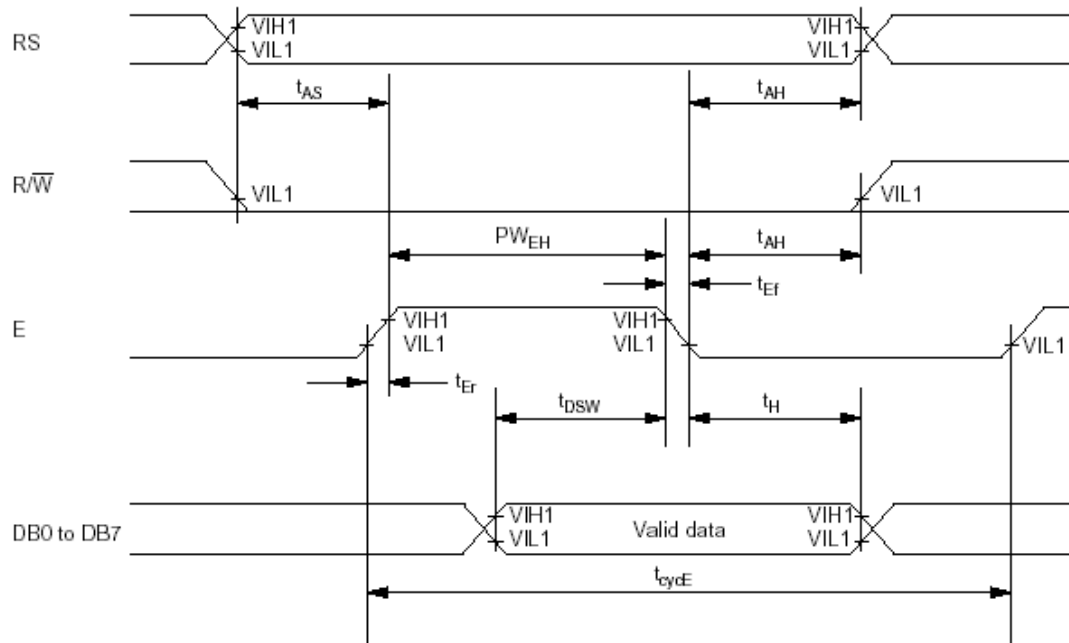
#### Lectura:

Si estamos en una lectura, tras el flanco ascendente de **E** debemos esperar un tiempo mínimo  $t_{DDR}$  (tiempo de retardo de los datos) antes de leer el dato del bus de datos (**DB[0..7]**). Posteriormente ponemos **E** a nivel bajo, tras asegurarse de que haya estado en alto por lo menos un tiempo  $PW_{EH}$  (ancho del pulso de habilitación en alto). El flanco



ascendente de **E** ha hecho que el controlador HD44780 haya entregado el dato en el bus, y tras el flanco descendente de **E** mantendrá los datos un tiempo mínimo  $t_{DHR}$  (tiempo de mantenimiento de los datos en la lectura). Las señales **RS** y **R/W#** las podremos desactivar tras pasar un tiempo mínimo  $t_{AH}$  (tiempo de mantenimiento de la dirección) desde el flanco descendente de **E**.

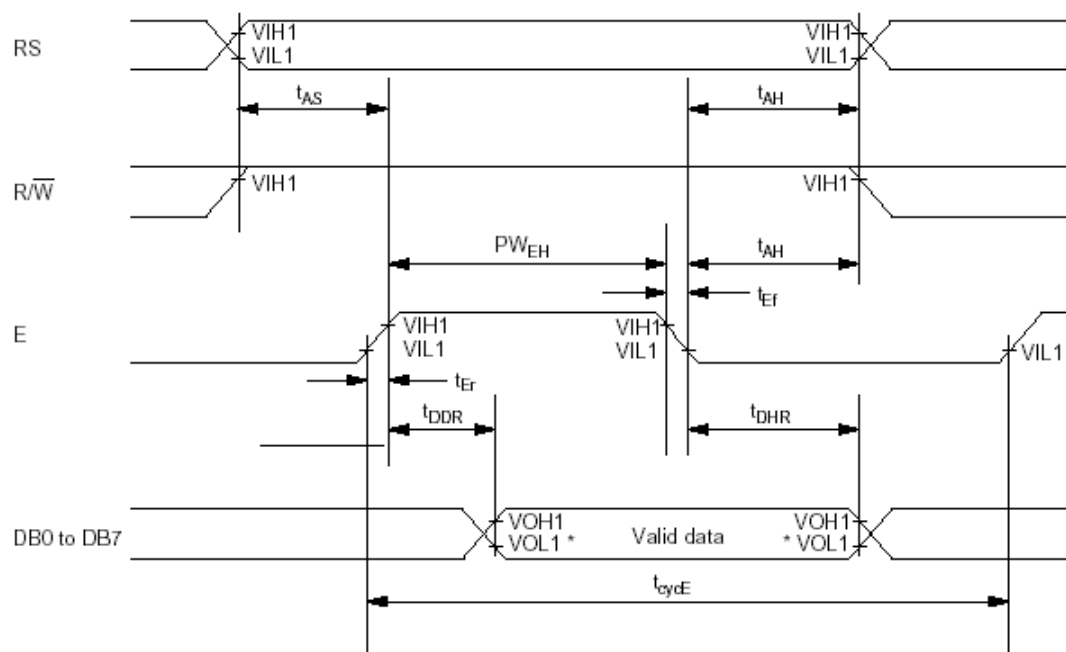
Tanto en lectura como en escritura, el tiempo mínimo entre dos flancos ascendentes en la señal **E** es  $t_{cycE}$  (tiempo de ciclo de habilitación).



#### Write Operation

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Enable cycle time	$t_{cycE}$	1000	—	—	ns	Figure 27
Enable pulse width (high level)	$PW_{EH}$	450	—	—		
Enable rise/fall time	$t_{Er}, t_{Ef}$	—	—	25		
Address set-up time (RS, $\overline{R/W}$ to E)	$t_{AS}$	60	—	—		
Address hold time	$t_{AH}$	20	—	—		
Data set-up time	$t_{DSW}$	195	—	—		
Data hold time	$t_H$	10	—	—		

**Figura 9** Operación de Escritura



### Read Operation

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Enable cycle time	$t_{cycE}$	1000	—	—	ns	Figure 28
Enable pulse width (high level)	$PW_{EH}$	450	—	—		
Enable rise/fall time	$t_{Er}, t_{Ef}$	—	—	25		
Address set-up time (RS, $R/\bar{W}$ to E)	$t_{AS}$	60	—	—		
Address hold time	$t_{AH}$	20	—	—		
Data delay time	$t_{DDR}$	—	—	360		
Data hold time	$t_{DHR}$	5	—	—		

**Figura 10** Operación de Lectura