

# Guía de Uso – LDC2x16

## I. INTRODUCCIÓN

Una pantalla LCD es un módulo de pantalla electrónica que utiliza cristal líquido para producir una imagen visible. El 2x16 se traduce en una pantalla de 16 caracteres por línea en 2 de esas líneas (Figura 1). El modelo de simulación intenta emular el comportamiento de esta, respetando los tiempos de ejecución de sus instrucciones y su inicialización por MPU.

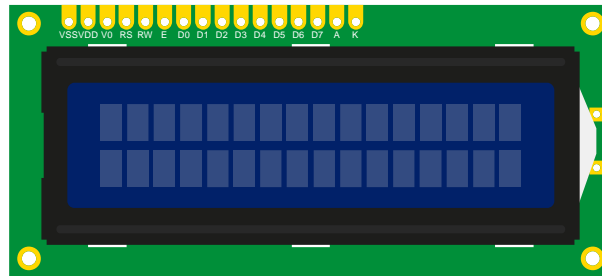


Figura 1. Pantalla LCD 2x16

En la Tabla 1 se muestra la descripción de los pines de la LCD, los pines que no están sombreados son los que se encuentran implementados en el modelo de simulación, no se encuentra implementada la interfaz de comunicación con 4 bits, ni la opción de leer, por lo que no es posible leer el estado de la señal “busy flag” (BF), el valor del registro de contador de direcciones (address counter – AC) ni los datos de las memorias DDRAM y CGRAM.

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE PINES

Pin no.	Señal	Conexión externa	Función
1	VSS	Alimentación	Señal de tierra
2	VDD		Señal de alimentación
3	V0		Ajuste de contraste
4	RS	MPU	Selección de registros 0: Registro de instrucciones 1: Registro de datos
5	R/W	MPU	Seleccionar leer o escribir 0: Escribir 1: Leer (no implementado)
6	E	MPU	Iniciar lectura/escritura de datos
7~17	DB0~DB7	MPU	Usado para transferencia de datos
15	A	Alimentación	Ánodo
16	K		Cátodo

## II. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

### 1. Datos de la pantalla

La RAM de datos de visualización (DDRAM) almacena los datos de visualización representados en códigos de caracteres de 8 bits (código ASCII), solo está disponible el modo de 2 líneas de pantalla ( $N = 1$ ), el direccionamiento de la posición de la pantalla sigue siendo de forma no continua entre la línea uno y la línea dos como se observa en la Figura 2, tener presente que la instrucción de desplazar pantalla no se encuentra implementada.

Posición de pantalla	1	2	3	4	5		39	40
Dirección DDRAM (Hexadecimal)	00	01	02	03	04	.....	26	27
	40	41	42	43	44	.....	66	67

Figura 2. Línea de pantalla

## 2. Instrucciones

TABLA 2. INSTRUCCIONES

Instrucción	Código de instrucción										Descripción	Tiempo de ejecución	
	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0			
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Escribe “20H” a la DDRAM y establece su dirección a “00H”	1.52 ms	
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x	Establece la dirección de la DDRAM a “00H” sin cambiar su contenido	1.52 ms
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Establece la dirección de movimiento del cursor y la pantalla	37 us
Display ON/OFF	0	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Pantalla encendida/apagada (D), cursor encendido/apagado (C) y parpadeo cursor (B)	37 us
Cursor or display shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	x	x	x	Mueve el cursor o la pantalla sin cambiar su contenido	37 us
Function set	0	0	0	0	1	DL	N	F	x	x	x	Establece la interfaz de longitud de dato (DL), número de líneas de la pantalla (N) y tamaño de carácter (F)	37 us
Set CGRAM address	0	0	0	1	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	Establece la dirección de la CGRAM	37 us
Set DDRAM address	0	0	1	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	Establece la dirección de la DDRAM	37 us
Write data to DDRAM	1	0	Write data								Escribe datos en la DDRAM		37 us
	I/D	= 0	Incrementa								DDRAM	RAM de datos de la pantalla	
	I/D	= 1	Decrementa										
	S	= 1	Acompaña el desplazamiento de la pantalla								CGRAM	RAM de caracteres generados	
	S/C	= 1	Corrimiento de pantalla										
	S/C	= 0	Movimiento de cursor								ACG	Dirección CGRAM	
	R/L	= 1	Movimiento a la derecha								ADD	Dirección DDRAM	
	R/L	= 0	Movimiento a la izquierda										
	DL	= 1	8 bits										
	DL	= 0	4 bits										
	N	= 1	2 líneas										
	N	= 0	1 línea										

Nota: Las instrucciones con subrayado claro están parcialmente implementadas, y las de color más oscuro no están implementadas. Los valores no indicados (x) no tienen efecto en la instrucción. Después de escribir un dato en la DDRAM, el contador de dirección aumenta o decrementa en 1.

### 3. Descripción de instrucciones

#### a. Clear Display

Borra todos los datos de la pantalla escribiendo "20H" (código ASCII de espacio) en todas las direcciones DDRAM y configura la dirección DDRAM en "00H". Devuelve el cursor al estado original, es decir, lleva el cursor al borde izquierdo en la primera línea de la pantalla. Establece un incremento en el modo de entrada ( $I / D = "1"$ ).

#### b. Return Home

Regresar a casa del cursor. Establece la dirección DDRAM en "00H". Regresa el cursor a su sitio original. El contenido de DDRAM no cambia.

#### c. Entry mode set

I/D: Incrementa ( $I/D = 1$ ) o disminuye ( $I/D = 0$ ) la dirección DDRAM en 1 cuando se escribe un carácter. El cursor se mueve hacia la derecha cuando incrementa en 1 y hacia la izquierda cuando disminuye en 1.

S: La pantalla no se desplaza cuando S es 0, la función de desplazar la pantalla ( $S = 1$ ) no está implementada.

#### d. Display ON/OFF

D: La pantalla está encendida cuando D es 1 y apagada cuando D es 0, cuando está apagada la simulación por formas de onda enseña {-}.

C: El cursor no está implementado, configurar C en 0.

B: El parpadeo del cursor no está implementado, configurar B en 0.

#### e. Cursor or display shift

Sin escribir datos de visualización, cambia la posición del cursor hacia la derecha/izquierda. Durante la visualización del modo de 2 líneas, el cursor se mueve a la segunda línea después del 40° dígito de la primera línea y a la primera después del 40° dígito de la segunda. El movimiento de pantalla no se encuentra implementado.

R/L: Mueve el cursor hacia la izquierda ( $R/L = 0$ ) o hacia la derecha ( $R/L = 1$ ).

#### f. Function set

DL: Interfaz de longitud de datos, configurar DL en 1 para interfaz con 8 bits, la interfaz con 4 bits no se encuentra implementada.

N: Número de líneas de la pantalla, establecer N en 1 para usar dos líneas, el uso de una sola línea de la pantalla no está implementado.

F: Tamaño de la fuente, no implementado.

#### g. Set DDRAM address

Establece la dirección de la DDRAM para el modo de dos líneas, ver Figura 2. Para el modo de una sola línea no está implementado.

#### h. Write data to DDRAM

Escribe el dato binario en la DDRAM, después de escribir la dirección incrementa/disminuye en 1 de acuerdo con la configuración de la instrucción *Entry mode set*.

#### 4. Inicializar

El modelo de simulación no cuenta con inicialización automática, la inicialización debe ser mediante por instrucciones como se muestra en la Figura 3.

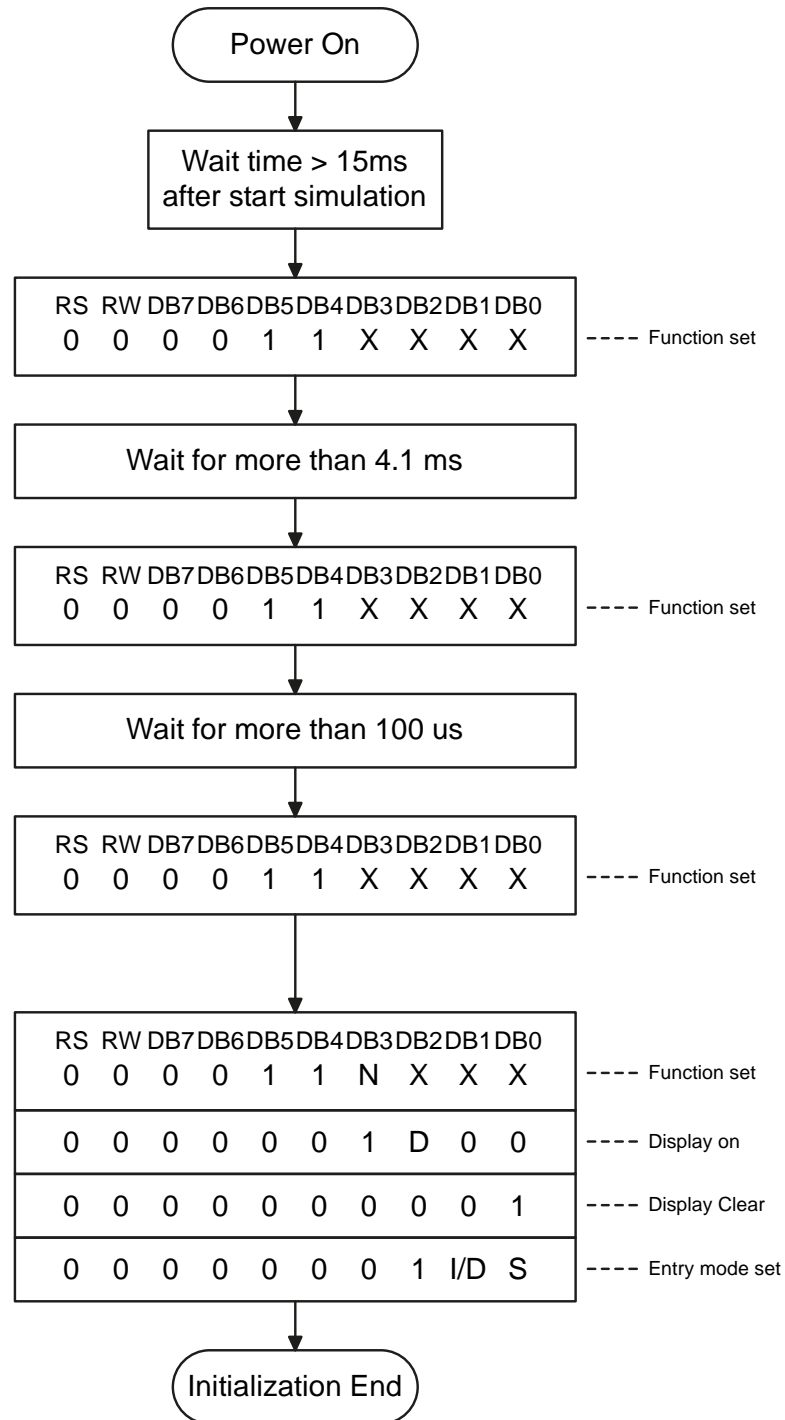


Figura 3. Inicialización con interfaz de 8 bits

## 5. Características de tiempo

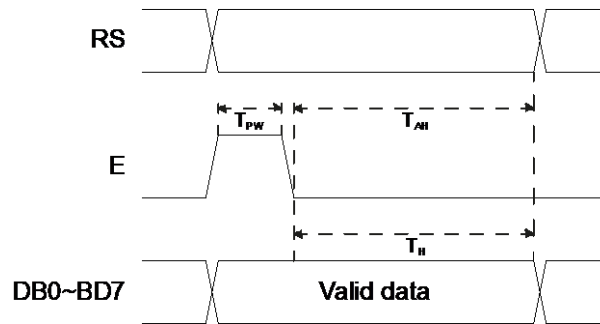


Figura 4. Escribir datos a la LCD

TABLA 3. TIEMPOS MODO ESCRITURA

Symbol	Characteristics	Pins	Time
$T_{AH}$	Address Hold Time	RS, E	See the instruction execution time
$T_H$	Data Hold Time	DB0~DB7	See the instruction execution time
$T_{PW}$	Enable Pulse Width	E	Min 400 ns

## III. SIMULACIÓN – TEST BENCH

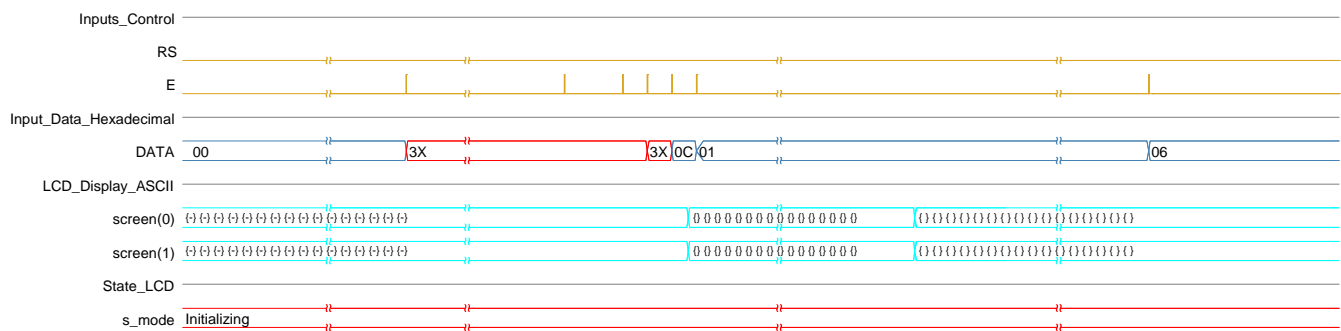


Figura 5. Inicialización pantalla LCD LDC

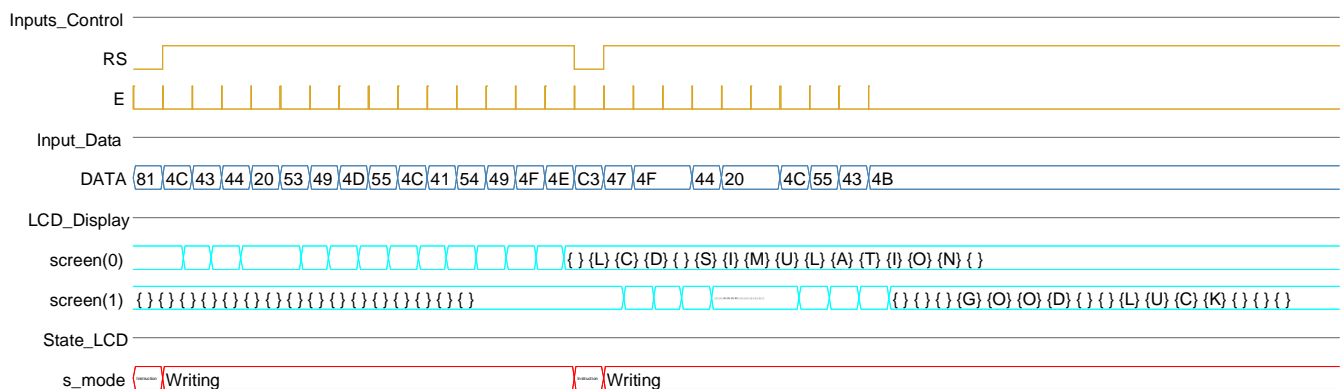


Figura 6. Escritura en pantalla LCD