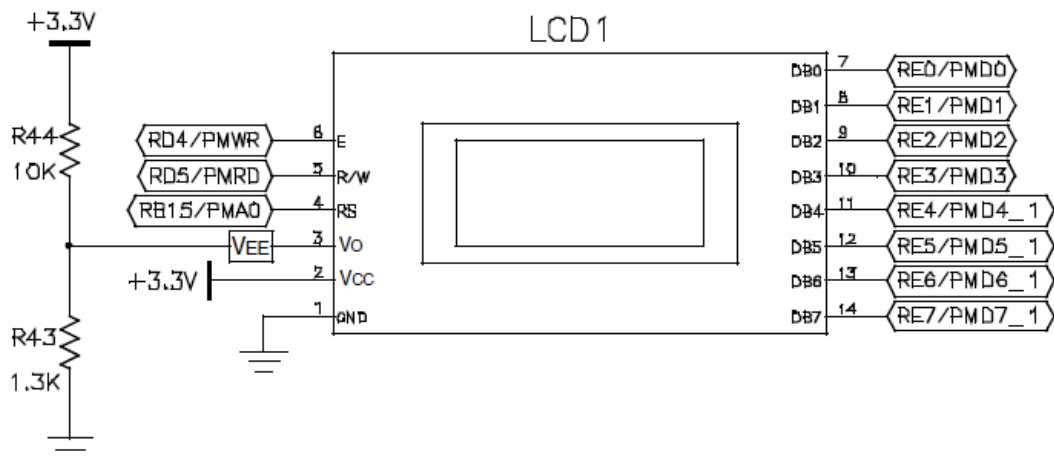


LCD

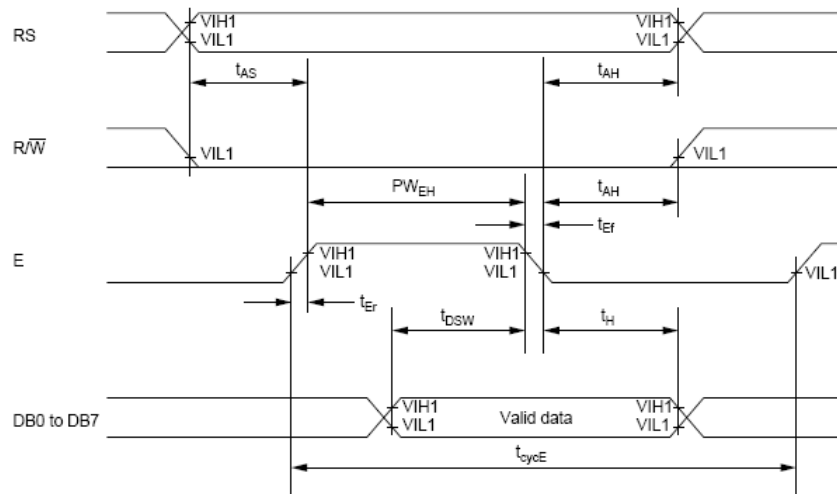
La Explorer 16 cuenta con un LCD de 2 líneas (máximo 16 caracteres por línea) para mostrar información. El módulo LCD (Tianma TM162JCAWG1) es compatible con el controlador estándar industrial HD44780U.



For Explorer 16 board, here are the data and control signal definitions:

- RS -> RB15
- E -> RD4
- RW -> RD5
- DATA -> RE0 - RE7

La sincronización entre las señales es muy importante a la hora de mostrar datos en la pantalla LCD. Dado que sólo la vamos a utilizar para escribir, el cronograma a continuación muestra las relaciones de tiempos correspondientes a una escritura.



Item	Symbol	Min	Max	Unit
Enable cycle time	t_{cycE}	500	—	ns
Enable pulse width (high level)	PW_{EH}	230	—	
Enable rise / fall time	t_{Er}, t_{Ef}	—	20	
Address set-up time (RS, R / W to E)	t_{AS}	40	—	
Address hold time	t_{AH}	10	—	
Data set-up time	t_{DSW}	80	—	
Data hold time	t_H	10	—	

Write Operation

El controlador de la pantalla LCD tiene dos registros: **IR (Instruction Register)** y **DR (Data Register)**. Además, cuenta con dos memorias: la **DDRAM (Display Data RAM)** para guardar los caracteres a visualizar, y la **CGRAM (Character Generation RAM)**, que guarda el patrón de visualización para cada código ASCII (matriz de 5x7 puntos) y cuyo contenido no vamos a modificar en los programas que escribiremos.

El registro IR guarda la orden a realizar: borrar la pantalla, desplazar el cursor etc. La siguiente tabla recoge la descripción de los comandos:

Instruction	Code										Description	Execution time
	R S	R / W	DB 7	DB 6	DB 5	DB 4	DB 3	DB 2	DB 1	DB 0		
Clear display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears display and returns cursor to the home position (address 0).	1.64ms
Cursor home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	Returns cursor to home position (address 0). Also returns display being shifted to the original position. DDRAM contents remains unchanged.	1.64ms
Entry mode set	0	0	0	0	0	0	0	1	I / D	S	Sets cursor move direction (I / D), specifies to shift the display (S). These operations are performed during data read / write.	40us
Display On / Off control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Sets On / Off of all display (D), cursor On / Off (C) and blink of cursor position character (B).	40us
Cursor / display shift	0	0	0	0	0	1	S / C	R / L	*	*	Sets cursor-move or display-shift (S / C), shift direction (R / L). DDRAM contents remains unchanged.	40us
Function set	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	Sets interface data length (DL), number of display line (N) and character font(F).	40us
Set CGRAM address	0	0	0	1	CGRAM address						Sets the CGRAM address. CGRAM data is sent and received after this setting.	40us
Set DDRAM address	0	0	1	DDRAM address							Sets the DDRAM address. DDRAM data is sent and received after this setting.	40us
Read busy-flag and address counter	0	1	BF	CGRAM / DDRAM address							Reads Busy-flag (BF) indicating internal operation is being performed and reads CGRAM or DDRAM address counter contents (depending on previous instruction).	0us
Write to CGRAM or DDRAM	1	0	write data								Writes data to CGRAM or DDRAM.	40us
Read from CGRAM or DDRAM	1	1	read data								Reads data from CGRAM or DDRAM.	40us

The HD44780 instruction set

Bit name	Setting / Status	
I / D	0 = Decrement cursor position	1 = Increment cursor position
S	0 = No display shift	1 = Display shift
D	0 = Display off	1 = Display on
C	0 = Cursor off	1 = Cursor on
B	0 = Cursor blink off	1 = Cursor blink on
S / C	0 = Move cursor	1 = Shift display
R / L	0 = Shift left	1 = Shift right
DL	0 = 4-bit interface	1 = 8-bit interface
N	0 = 1 / 8 or 1 / 11 Duty (1 line)	1 = 1 / 16 Duty (2 lines)
F	0 = 5x7 dots	1 = 5x10 dots
BF	0 = Can accept instruction	1 = Internal operation in progress

HD44780 command bits

El registro DR guarda los datos. Para visualizar un carácter en la pantalla LCD, es necesario escribir su código ASCII (8 bits) en la posición que le corresponde en la DDRAM, y para ello se utiliza el DR. Para no tener que estar gestionando la dirección de la DDRAM, o lo que es lo mismo, el cursor, en cada acceso realizado, la pantalla LCD se configura en la inicialización de modo que el cursor avance automáticamente. De ese modo, es suficiente situar el cursor al principio de la línea (enviando el correspondiente comando) y escribir después una secuencia de 16 caracteres consecutivamente, ya que cada carácter se escribirá en una posición consecutiva.

Display position	1	2	3	4	5												39	40
DDRAM address (hexadecimal)	00	01	02	03	04	.....											26	27
	40	41	42	43	44	.....											66	67

Tal y como se ha comentado, el patrón de cada código ASCII se guarda en la memoria CGRAM que es automáticamente accedida a través del código ASCII del carácter que quiere visualizar. La siguiente tabla muestra el contenido de la CGRAM (se puede cambiar, aunque no lo vamos a hacer):

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	1	P	`	P				-	9	3	α	ρ	
xxxx0001	(2)			!	1	A	Q	a	q				。	7	チ	4	ä	q
xxxx0010	(3)			"	2	B	R	b	r				「	イ	ツ	×	β	θ
xxxx0011	(4)			#	3	C	S	c	s				」	ウ	テ	ε	ω	
xxxx0100	(5)			\$	4	D	T	d	t				、	エ	ト	ト	μ	Ω
xxxx0101	(6)			%	5	E	U	e	u				・	オ	ナ	1	5	Ü
xxxx0110	(7)			&	6	F	V	f	v				ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)			'	7	G	W	g	w				フ	キ	ヲ	ヲ	q	π
xxxx1000	(1)			(	8	H	X	h	x				イ	ク	ネ	リ	フ	Σ
xxxx1001	(2)			)	9	I	Y	i	y				ウ	ケ	ル	ル	フ	Σ
xxxx1010	(3)			*	:	J	Z	j	z				エ	コ	ハ	レ	j	チ
xxxx1011	(4)			+	;	K	L	k	l				オ	サ	ヒ	ロ	*	π
xxxx1100	(5)			,	<	L	¥	1	l				ハ	シ	フ	ワ	φ	π
xxxx1101	(6)			-	=	M	J	m	}				ユ	ズ	ハ	ン	ト	÷
xxxx1110	(7)			.	>	N	^	n	+				ヨ	セ	ホ	フ	π	
xxxx1111	(8)			/	?	O	_	o	+				ッ	リ	マ	フ	π	

Para finalizar, la tabla siguiente muestra qué valor deben tener los bits RS y R/W en función de que lo que se quiera escribir sea un comando o un dato.

RS	R/W	Operation
0	0	IR write as an internal operation (display clear, etc.)
1	0	DR write as an internal operation (DR to DDRAM or CGRAM)