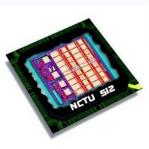
LAB04 認識LCD

Author : 2016 喻婉茹/陳柏亨 (wan juyu/henry@si2lab.org)

Lecturer: 喻婉茹 (wanjuyu@si2lab.org)



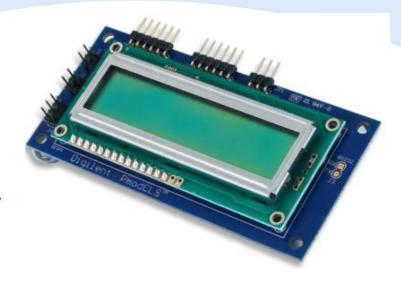
Introduction

✓ LCD (liquid-crystal display)

Type: DIGILENT PmodCLS

Feature:

- 16x2 liquid crystal character display
- Wide range of instruction functions
- Up to 32 user definable characters
- Multiple communication options including UART, SPI, and I²C
- Small PCB size for flexible designs 1.8" $\times 3.8$ " (4.6 cm \times 9.7 cm)
- Two 1x6-pin Pmod ports with SPI and UART interfaces
- Library and example code available in resource center



Character Display

✓ Use ASCII code

https://zh.wikipedia.org/wiki/ASCII

一連位							
0000 0001	二進位	十進位	十六進位	縮寫			名稱/意義
0000 0010 2 02 STX STX AB 本文開始 本文開始 0000 0011 3 03 ETX ETX AC 本文結束 0000 0100 4 04 EOT EOT AD 伊勢結束 0000 0101 5 05 ENQ EQ AE 請求 B B B ES AH 遗格 0000 1001 7 07 BEL EE AG F 接続回居 B B B ES AH 遗格 0000 1001 9 09 HT FT AI 水平定位符號 0000 1010 10 0A LF FF FF AL 接直键 LF AG 接直键 LF AG 接面 LF AG B B B ES AH 遗格 0000 1010 10 0A LF FF FF AL 接直键 LF AG 接直键 LF AG 接面 LF AG 接面 LF AG 接面 LF AG ED LF AG ED LF ED LF ED LF ED LF ED LF ED ED ED ED ED ED ED E	0000 0000	0	00	NUL	NUL	^@	空字元(Null)
0000 0011 3 03 ETX	0000 0001	1	01	SOH	SOH	^A	標題開始
0000 0100 4 04 EOT EoT AD 傳輸結束 1000 0101 5 05 ENQ ENQ AE 請求 1000 0110 6 06 ACK Ack AF 確認回度 1000 0111 7 07 BEL EEL AG 審終 B参 1000 1000 8 08 BS ES AH 遗格 1000 1001 9 09 HT NT AI 水平定位符號 1000 1010 10 0A LF LF AJ 操行键 1000 1011 11 0B VT VT AK 超直定位符號 1000 1101 12 0C FF FF AL 操真键 1000 1101 13 0D CR CR AM Enter键 1000 1110 14 0E SO SO AN 取消變換 (Shift out) 1000 1111 15 0F SI SI AO 欧用變換 (Shift in) 1001 1000 16 10 DLE SEL AP 欧田養持護照 1001 1001 17 11 DC1 SEL AP 欧田養持護原控制 1001 0010 18 12 DC2 SEL AR 碳量控制 (XOFF 停用軟體速度控制) 1001 0010 18 12 DC2 SEL AR 碳量控制 (XOFF 停用軟體速度控制) 1001 0100 20 14 DC4 SEL AT 碳量控制 (XOFF 停用軟體速度控制) 1001 0110 22 16 SYN STN AV 可涉用智停 1001 1010 24 18 CAN CAN AX AV 確認失敗回應 1001 1010 25 19 EM EN AY 建線介質中斷 1001 1010 28 1C FS FS AN 化解分部符 1001 1110 28 1C FS FS AN 化解分部符 1001 1110 29 1D GS CS AI SU路分隔符 1001 1110 29 1D GS CS AI SU路分隔符 1001 1110 29 1D GS CS AI SU路分隔符 1001 1110 20 1E RS SES AN SU路分隔符 1001 1110 20 1001 1110 30 1E RS SES AN SU路分隔符 1001 1110 1001 1	0000 0010	2	02	STX	STX	^B	本文開始
0000 0101 5 05 ENQ ENQ AE 請求 1000 0110 6 06 ACK Ack AF 確認回應 1000 0111 7 07 BEL EE AG 審終 B参 1000 1000 8 08 BS ES AH 遗格 1000 1001 9 09 HT NT AI X平定位符號 1000 1010 10 0A LF LF AJ 操行键 1000 1011 11 0B VT VT AK 整直定位符號 1000 1101 12 0C FF FF AL 操真键 1000 1101 13 0D CR CR AM Enter键 1000 1101 14 0E SO SO AN 取消變換 (Shift out) 1000 1111 15 0F SI SI AO 欧用變換 (Shift in) 1001 1000 16 10 DLE Sua AP 跳出資料通訊 Sage 1001 101 18 12 DC2 SC2 AR 接置控制	0000 0011	3	03	ETX	ETX	^C	本文結束
1000 0110 6 06 ACK ACK	0000 0100	4	04	EOT	EOT	^D	傳輸結束
0000 0111 7 07 BEL 6EE AG 審論 1 32 58 58 58 58 58 58 58 5	0000 0101	5	05	ENQ	ENQ	^E	請求
0000 1000 8 08 BS ss AH 透格 1 透格 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2	0000 0110	6	06	ACK	ACK	^F	確認回應
0000 1001 9 09 HT wT A 水平定位符號 0000 1010 10 0A LF LF A	0000 0111	7	07	BEL	BEL	^G	響鈴
0000 1010 10	0000 1000	8	08	BS	85	^H	退格
0000 1011 11	0000 1001	9	09	HT	нт	^[水平定位符號
DODD 1100 12 DC FF FF AL 換真鍵 DODD 1101 13 DD CR CR AM Enter鍵 DODD 1111 15 DF SI SI AO DX用製換 (Shift out) DODD 1111 15 DF SI SI AO DX用製換 (Shift in) DODD 1111 DD 1 DCI AO DX用製換 (Shift in) DODD 1000 DI DI DCI AO DX DX DX DX DX DX DX D	0000 1010	10	0A	LF	LF	^J	換行鍵
0000 1101 13	0000 1011	11	0B	VT	VT	^K	垂直定位符號
DODO 1110	0000 1100	12	0C	FF	FF	^L	換頁鍵
DODO 1111 15	0000 1101	13	0D	CR	CR	^M	Enter鍵
DODI 1000 16	0000 1110	14	0E	SO	50	^N	取消變換(Shift out)
DODI 1001 17	0000 1111	15	0F	SI	SI	^0	啟用變換(Shift in)
DODI 1010 18	0001 0000	16	10	DLE	DLE	^P	跳出資料通訊
DO01 0011	0001 0001	17	11	DC1	001	^Q	裝置控制一(XON 啟用軟體速度控制)
DODI 1010 20	0001 0010	18	12	DC2	DC2	^R	裝置控制二
DODI 0101 21 15	0001 0011	19	13	DC3	DCS	^S	裝置控制三(XOFF 停用軟體速度控制)
D001 0110 22 16 SYN SYN AV 同步用智停	0001 0100	20	14	DC4	DC4	^T	裝置控制四
DODI 1011 23	0001 0101	21	15	NAK	NAK	^U	確認失敗回應
0001 1000 24 18 CAN cax ^X 取消 0001 1001 25 19 EM EM ^Y 連線介質中断 0001 1010 26 1A SUB sue ^Z 替換 0001 1011 27 1B ESC ESC ^[退出继 0001 1100 28 1C FS ** ^\ 檔案分割符 0001 1101 29 1D GS cs ^] 群組分隔符 0001 1110 30 1E RS *s ^^ 記錄分隔符	0001 0110	22	16	SYN	SYN	^\	同步用暫停
0001 1001 25 19 EM sx ^Y 連線介質中断 0001 1010 26 1A SUB sut ^Z 替换 0001 1011 27 1B ESC stc ^[退出继 0001 1100 28 1C FS *z ^\ 檔案分割符 0001 1101 29 1D GS cs ^] 課組分隔符 0001 1110 30 1E RS *s ^^ 記錄分隔符	0001 0111	23	17	ETB	ETB	^W	區塊傳輸結束
0001 1010 26 1A SUB sut ^Z 替换 0001 1011 27 1B ESC esc ^[退出建 0001 1100 28 1C FS rs ^\ 檔案分割符 0001 1101 29 1D GS cs ^] 群组分隔符 0001 1110 30 1E RS ss ^^ 記錄分隔符	0001 1000	24	18	CAN	CAN	^X	取消
0001 1011 27 1B ESC esc ^[退出鍵 0001 1100 28 1C FS rs ^\ 檔案分割符 0001 1101 29 1D GS cs ^] 詳組分隔符 0001 1110 30 1E RS ss ^^ 記錄分隔符	0001 1001	25	19	EM	EM	^Y	連線介質中斷
0001 1100 28 1C FS rs ^\ 檔案分割符 0001 1101 29 1D GS cs ^] 詳組分隔符 0001 1110 30 1E RS ss ^^ 記錄分隔符	0001 1010	26	1A	SUB	SUB	^Z	替换
0001 1101 29 1D GS cs ^] 群組分隔符 0001 1110 30 1E RS ss ^^ 記錄分隔符	0001 1011	27	1B	ESC	ESC]^	退出鍵
0001 1110 30 1E RS as ^^ 記錄分隔符	0001 1100	28	1C	FS	FS	^\	檔案分割符
OUT THE SU IE RS AS BEING PROTE	0001 1101	29	1D	GS	cs	^]	群組分隔符
0001 1111 31 1F US us 單元分隔符	0001 1110	30	1E	RS	RS	^^	記錄分隔符
	0001 1111	31	1F	US	US	^_	單元分隔符

二進位	十進位	十六進位	圖形	二進位	十進位	十六進位	圖形	二進位	十進位	十六進位	圖形
0010 0000	32	20	(space)	0100 0000	64	40	@	0110 0000	96	60	•
0010 0001	33	21	1	0100 0001	65	41	Α	0110 0001	97	61	a
0010 0010	34	22	"	0100 0010	66	42	В	0110 0010	98	62	b
0010 0011	35	23	#	0100 0011	67	43	С	0110 0011	99	63	С
0010 0100	36	24	\$	0100 0100	68	44	D	0110 0100	100	64	d
0010 0101	37	25	%	0100 0101	69	45	Е	0110 0101	101	65	е
0010 0110	38	26	&	0100 0110	70	46	F	0110 0110	102	66	f
0010 0111	39	27		0100 0111	71	47	G	0110 0111	103	67	g
0010 1000	40	28	(0100 1000	72	48	Н	0110 1000	104	68	h
0010 1001	41	29)	0100 1001	73	49	-1	0110 1001	105	69	i
0010 1010	42	2A	*	0100 1010	74	4A	J	0110 1010	106	6A	j
0010 1011	43	2B	+	0100 1011	75	4B	K	0110 1011	107	6B	k
0010 1100	44	2C	,	0100 1100	76	4C	L	0110 1100	108	6C	-1
0010 1101	45	2D	-	0100 1101	77	4D	М	0110 1101	109	6D	m
0010 1110	46	2E		0100 1110	78	4E	N	0110 1110	110	6E	n
0010 1111	47	2F	1	0100 1111	79	4F	0	0110 1111	111	6F	0
0011 0000	48	30	0	0101 0000	80	50	Р	0111 0000	112	70	р
0011 0001	49	31	1	0101 0001	81	51	Q	0111 0001	113	71	q
0011 0010	50	32	2	0101 0010	82	52	R	0111 0010	114	72	r
0011 0011	51	33	3	0101 0011	83	53	S	0111 0011	115	73	s
0011 0100	52	34	4	0101 0100	84	54	Т	0111 0100	116	74	t
0011 0101	53	35	5	0101 0101	85	55	U	0111 0101	117	75	u
0011 0110	54	36	6	0101 0110	86	56	V	0111 0110	118	76	V
0011 0111	55	37	7	0101 0111	87	57	W	0111 0111	119	77	w
0011 1000	56	38	8	0101 1000	88	58	Х	0111 1000	120	78	х
0011 1001	57	39	9	0101 1001	89	59	Υ	0111 1001	121	79	у
0011 1010	58	3A	:	0101 1010	90	5A	Z	0111 1010	122	7A	z
0011 1011	59	3B	;	0101 1011	91	5B	[0111 1011	123	7B	{
0011 1100	60	3C	<	0101 1100	92	5C	١	0111 1100	124	7C	- 1
0011 1101	61	3D	=	0101 1101	93	5D]	0111 1101	125	7D	}
0011 1110	62	3E	>	0101 1110	94	5E	۸	0111 1110	126	7E	~
0011 1111	63	3F	?	0101 1111	95	5F	_				

Instruction Function

Escape sequence

- 'ESC' (0x1B) + '['(0x5B) + special instruction]
- https://reference.digilentinc.com/pmod/pmod/cls/user_guide

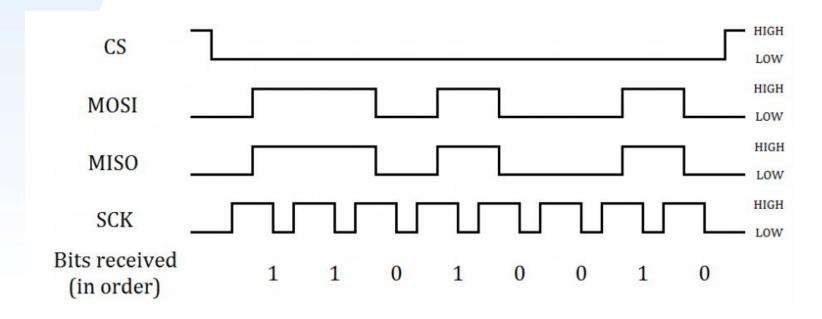
Instruction	Result
<row>;<col/>H</row>	set cursor position to <row>, <col/></row>
S	save cursor position
u	restore saved cursor position
j	clear display and home cursor
<ps>K</ps>	erase within line, 0 = current position to end of line, 1 = start of line to current position, 2 = entire line
<ps>N</ps>	erase field in current line <ps> = number of chars starting at current position</ps>
<pn>@</pn>	scroll left <pn> columns</pn>
<pn>A</pn>	scrool right <pn> columns</pn>
*	reset: equivalent to cycling power of PmodCLS
<ps>h</ps>	set display mode, 0 = wrap line at 16 character, 1 = wrap line at 40 characters
<ps>c</ps>	set cursor mode, 0 = cursor off, 1 = cursor on, blink off, 2 = cursor on, blink on
<pn>a</pn>	save TWI address in EEPROM to <pn></pn>
<pn>b</pn>	save baud rate value in EEPROM to <pn></pn>
<pt>p</pt>	program character table into <u>LCD</u>



Communication protocol

✓ Use SPI (Serial Peripheral Interface)

- https://reference.digilentinc.com/pmod/communication_protocols/spi
- CS (chip select) : active low
- MOSI (master out slave in) & MISO (mater in slave out)
 - Master和slave之間互相溝通data
- SCK (serial clock): 在falling edge傳遞資料

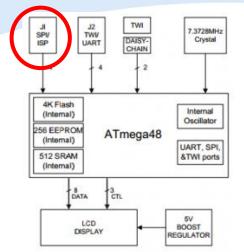




PmodCLS

✓ 只會用到Header J1

- 因為我們要用SPI protocol



Header J1						
Pin	Signal	Description				
1	SS	Slave Select				
2	MOSI	Master-Out-Slave-In				
3	MISO	Master-In-Slave-Out				
4	SCK	Serial Clock				
5	GND	Power Supply Ground				
6	VCC	Positive Power Supply (3.3V)				

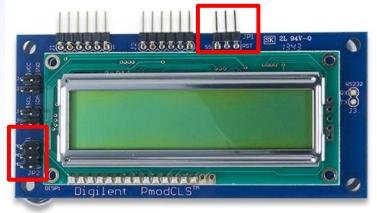
✓ Jumper需要調整!

- JP1: 中間和SS連在一起

- JP2: 參考下面的table,選SPI

PmodCLS Block Diagram

 For rev. E boards, a missing jumper is represented by a '1' and a connected jumper is represented by a '0'.



MD2, MD1, MD0	Protocol	Details
0,0,0	UART	2400 baud
0,0,1	UART	4800 baud
0,1,0	UART	9600 baud
0,1,1	UART	Baud rate in EEPROM
1,0,0	TWI	Address: 0x48
1,0,1	TWI	Address in EEPROM
1,1,0	SPI	
1,1,1	Specified in EEPROM	Specified in EEPROM



Example code

✓ DIGILENT提供的範例程式

- Input
 - Reset: 整個程式reset
 - Clear: 把LCD畫面上的字全部清掉
 - Start: 在LCD上顯示內容
- Output -> LCD
- master_interface.v
 - 主要控制的design,負責產生SS
- spi_interface.v
 - 將1byte的data,轉成SPI的模式
 - 負責產生MOSI、MISO、SCK
- command_lookup.v
 - 存放顯示內容的ASCII code
- 注意!!!因為他使用的版子和我們的不同,記得要修改uCf檔
- LCD只要input一串內容,在下次改變前,會一直保持



Lab04

✓ 題目

- 設計一個倒數器,並將倒數的數字顯示在LCD上
- 功能
 - 設定數字:可以設定要從哪個數字開始倒數,最大設定到60
 - 重設數字:將數字歸零
 - 開始:按下後開始倒數,倒數頻率可以自由決定
 - 暫停:按下後,停留在當下數到的數字
 - 繼續:從暫停的數字開始繼續往下數
 - 重新開始:回到一開始設定的數字
- ✓ Due day: 6/1(三) PM10, 一個人只能demo 2次
- ✓ 繳交檔案:
 - CountDown_dcsxx.bit
 - CountDown_dcsxx.v //top module
 - 若有多個.V檔,請打包一起上傳~





助教會抓抄襲,被抓到的暑假就開始囉^_^



借板子注意事項

- ✓ 四個人借一組板子,若人數不夠助教會幫忙安排~
- ✓ 歸還日期:Lab04 demo完
- ✓ 內容物:
 - 板子
 - 電源線
 - 傳輸線
 - LCD
- ✓ 一拿到板子要先檢查~確定內容物都有!
- ✓ 歸還後若是發現板子有問題,助教會找借的那四個人照價賠償