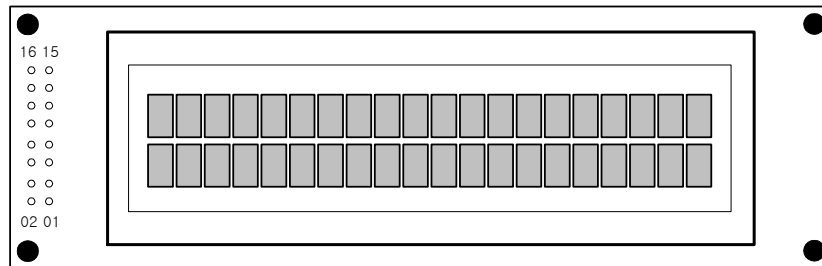


## Text LCD (20×2 Line)

### (1) 구성

LCD 모듈의 외부 구조는 그림 6.3-1과 같이 20문자×2의 표시부를 가지며, 표시부 좌측에 커넥터가 위치한다. LCD는 backlight 기능을 포함한 제품이다.



▶ 그림 6.3-1 20×2 Text LCD

사용되는 인터페이스 커넥터 핀의 기능을 요약하면 표 6.3-1과 같다.

▶ 표 6.3-1 20×2 Text LCD 핀 기능

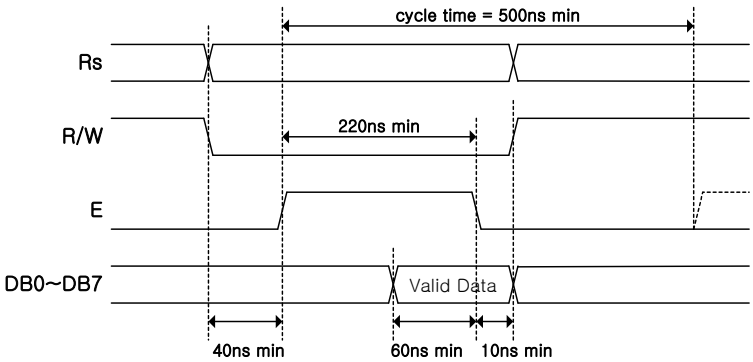
핀	신호명	기 능
1	VSS	전원 GND
2	VDD	전원 +5V
3	VEE	contrast 제어 전압레벨 (VDD-VEE = 13.5 ~ 0V)
4	RS	register select( 0 = instruction, 1 = data )
5	R/W	read/write( 0 = FPGA → LCD, 1 : FPGA ← LCD )
6	E	enable signal for read/write LCD
7	DB0 (LSB)	data
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	A	+LED(backlight LED용 전원 +4.4 ~ 4.7V)
16	K	-LED(backlight LED용 전원 GND)

### (2) 동작 타이밍

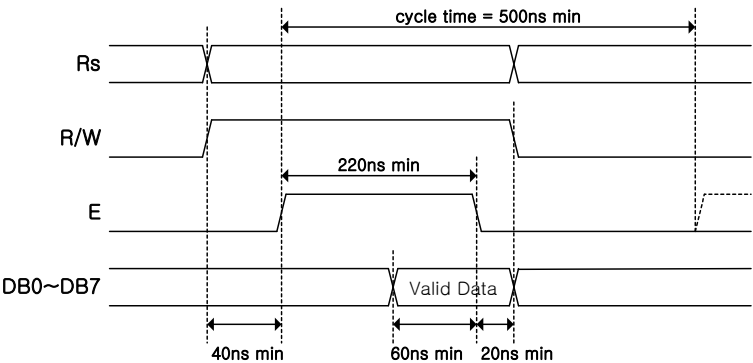
LCD 모듈은 FPGA에서 접속할 때는 각 제어 신호의 동작 타이밍을 고려하여야 한다. LCD 모듈은 일반 반도체 소자들에 비해 액세스 시간이 긴 편이므로 유의하여야 한다. 사용된 LCD 모

둘의 read 및 write 동작 시의 타이밍도는 그림 6.3-2와 같다.

LCD 모듈을 사용하기 위한 제어 명령은 표 6.3-2에 보인다. 이들 명령은 FPGA가 LCD 모듈을 제어하는 프로그램에서 사용되며 데이터 버스 DB0 ~ DB7을 통하여 전송된다. LCD 모듈이 각 명령을 받아 이를 실행하기 위해서는 지정된 시간이 필요하므로 FPGA는 그 다음의 명령을 보내기 전에 충분히 대기하거나 busy flag을 조사하여 앞에서 전송한 제어 코드의 실행이 완료되었는지의 여부를 확인하여야 한다.



(a) Write from FPGA to LCD



(b) Read from LCD to FPGA

▶▶ 그림 6.3-2 LCD 모듈의 동작 타이밍

▶ 표 6.3-2 LCD 명령어

기능	제어 신호		제어명령							
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Clear display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Return home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Entry mode set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
Display on/off control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
Cursor or display shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	0	0
Function set	0	0	0	0	1	DL	N	F	0	0
Set CG RAM address	0	0	0	1	CG RAM address					
Set DD RAM address	0	0	1	DD RAM address						
Read busy flag and address	0	1	BF	address counter						
Data write to CG RAM or DD RAM	1	0	write address							
Data read from CG RAM or DD RAM	1	1	read address							

각 명령에 대한 동작은 다음과 같다.

① Clear display

전체 화면을 지우고 어드레스 카운터를 DD RAM 어드레스 0으로 하여 커서를 home 위치로 한다.

② Return home

DD RAM의 내용은 변경하지 않고 커서만을 home 위치로 한다.

③ Entry mode set

데이터를 read하거나 write할 경우에

커서의 위치를 증가할 때 I/D = 1

감소할 때 I/D = 0

화면을 시프트할 때 S = 1

아닐 때 S = 0

④ Display on/off control

D : LCD 전체의 on/off 표시 상태

D = 1이면 on, D = 0이면 off

C : 커서 표시 상태

C = 1이면 on, C = 0이면 off

B : 커서 점멸(blinking) 상태

B = 1이면 깜박임, B = 0이면 고정

⑤ Cursor or Display shift

S/C = 1 화면 전체 이동

S/C = 0 커서 위치 이동

R/L = 1 오른쪽 이동

R/L = 0 왼쪽 이동

⑥ Function set

DL : 인터페이스 데이터 길이 설정

DL = 1 8 비트, DL = 0 4 비트

F : 문자의 폰트 크기

F = 1 5×10 도트, F = 0 5×7 도트

N : 표시 행의 수 설정

N = 1 2행(5×7만 가능), N = 0 1행

전원 인가 후 최초에는 주로 이 명령을 보내게 되는데, LCD 모듈이 리셋되려면 약 50 ms가 소요되므로 충분히 기다린 후에 이 명령어를 보내야 한다. 또한, 4 비트로 인터페이스 할 경우에는 DB4 ~ DB7을 사용하며, 상위 4 비트를 먼저 전송하고 다음에 하위 4 비트를 전송해야 한다.

⑦ Set CG RAM address

Character Generator RAM의 어드레스를 지정한다. 이후에 송수신하는 데이터는 CG RAM의 데이터가 된다.

⑧ Set DD RAM address

Display Data RAM의 어드레스를 지정한다. 이후에 송수신하는 데이터는 DD RAM의 데이터가 된다.

⑨ Read busy flag & address

LCD 모듈이 내부 동작 중임을 나타내는 Busy Flag(BF) 및 어드레스 카운터의 내용을 read 한다. LCD 모듈이 각 제어 코드를 실행하는데 지정된 시간이 필요하므로 FPGA가 BF를 읽어서 1일 경우에는 기다리고, 0일 경우는 다음 제어 코드를 보내는 방법을 사용하면 보다 효율적인 처리가 가능하다.

⑩ Data write to CG RAM or DD RAM

CG RAM 또는 DD RAM에 8 비트의 데이터를 쓸 수 있다. 이전에 설정된 주소에 따라 CG 혹은 DD가 선택되고 엔트리 모드에 따라 주소는 +1 혹은 -1이 된다.

⑪ Data read from CG RAM or DD RAM

CG RAM 또는 DD RAM에 8 비트의 데이터를 읽는다. 읽기 전에는 반드시 DD 혹은 CG의 주소 설정 명령을 실행하여야 한다.

LCD 모듈은 전원 인가 후부터 다음과 같은 초기화 과정이 필요하다.

① 전원을 투입한다.

② LCD 모듈이 리셋되려면 약 50 ms가 소요되므로 이 시간 이상을 기다린다.

③ Function set 명령(001xxx00)을 보낸다.

- ④ Display on/off control 명령(00001xxx)을 보낸다.
- ⑤ Entry mode set 명령(000001xx)을 보낸다.
- ⑥ DD RAM address를 보낸다.
- ⑦ 문자 데이터를 연속으로 보낸다.
- ⑧ 필요에 따라 위의 과정을 반복한다.

### (3) DD RAM 어드레스

DD RAM은 표시될 각 문자의 ASCII 코드 데이터가 저장되어 있는 메모리이며 모두 80개의 번지가 있는데, 화면의 각 행과 열의 위치에는 고유한 주소 값이 부여된다. 각 행과 행 사이의 주소가 연속하여 있지 않으므로 주의하여야 한다. 표시 문자의 위치에 대한 DD RAM의 주소는 다음과 같다.

	1								10								20							
1행	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13				
2행	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53				

### (4) 표시 문자 셋

▶▶ 표 6.3-3 LCD 표시 문자 주소표

	00H	10H	20H	30H	40H	50H	60H	70H	80H	90H
0	사용자 정의 영역	미사용 영역		0	@	P	'	p	미사용 영역	
1			!	1	A	Q	a	q		
2			"	2	B	R	b	r		
3			#	3	C	S	c	s		
4			\$	4	D	T	d	t		
5			%	5	E	U	e	u		
6			&	6	F	V	f	v		
7			'	7	G	W	g	w		
8			(	8	H	X	h	x		
9			)	9	I	Y	i	y		
A			*	:	J	Z	j	z		
B			+		K	[	k	{		
C			,	<	L	¥	l			
D			-	=	M	]	m	}		
E			.	>	N	^	n	→		
F			/		O	_	o	←		

LCD 모듈에서 화면에 표시할 수 있는 문자의 종류는 ASCII 도형 문자를 포함한 특수 글자와 일본어 등이 가능하다.

00H ~ 0FH의 영역에는 사용자가 정의한 문자를 설정하여 사용할 수 있다. 여기에는 최대 8문자를 정의할 수 있는데, 이에 대한 정보는 전원이 인가된 후에 정의되어야 하며, 전원이 꺼지면 저장되지 않고 사라진다.

LCD 모듈에서 화면에 표시할 수 있는 문자 중 ASCII 도형 문자의 종류와 주소 코드 값은 표 6.3-3과 같다.