

# 4주차

2017. 3. 23.

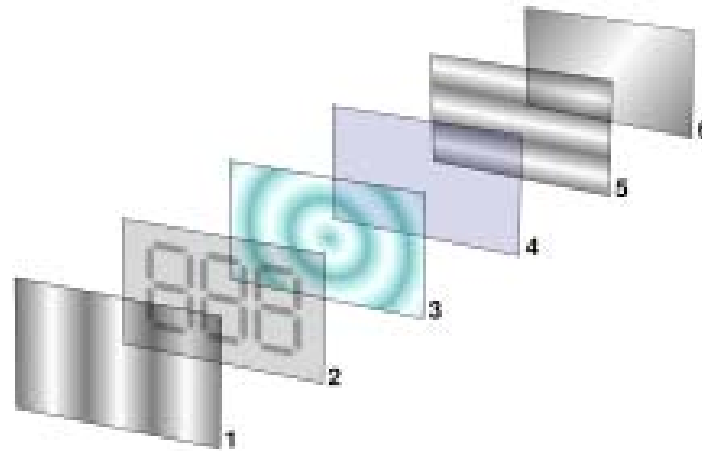
## - 이번 학기 강의내용

주	주제	강의내용
1	지난학기 review	지난학기에 배운 마이크로컨트롤러의 기본 기능에 대한 review
2	모터 1	모터 구동 이론, DC 모터
3	모터 2	STEP 모터
4	LCD 1	Character Liquid Crystal Display 기본 실습
5	LCD 2	Character Liquid Crystal Display 응용 + 4x4 키패드
6	무선통신 1	적외선(Infrared) 통신 기본
7	무선통신 2	적외선(Infrared) 통신 remote controller제작
8	중간고사	중간고사
9	데이터변환 1	SPI 통신 (Digital-to-Analog Converter)
10	데이터변환 2	데이터 변환 응용(DAC 출력-음악 만들기)
11	데이터변환 3	타이머 카운터 응용(음악 만들기)
12	데이터변환 4	아날로그-디지털 변환기 (ADC) 아날로그 컴퍼레이터
13	센서 인터페이스 1	온도 센서 압력센서 기울기센서
14	센서 인터페이스 2	광센서(cds) 포토인터럽터 텀 프로젝트 기안(1인 1 프로젝트, 졸업 작품과 연계 금지)
15	텀 프로젝트	텀 프로젝트 중간 점검
16	기말고사	텀 프로젝트 발표 및 시연

## 수업 내용

### - LCD (Liquid Crystal Display)

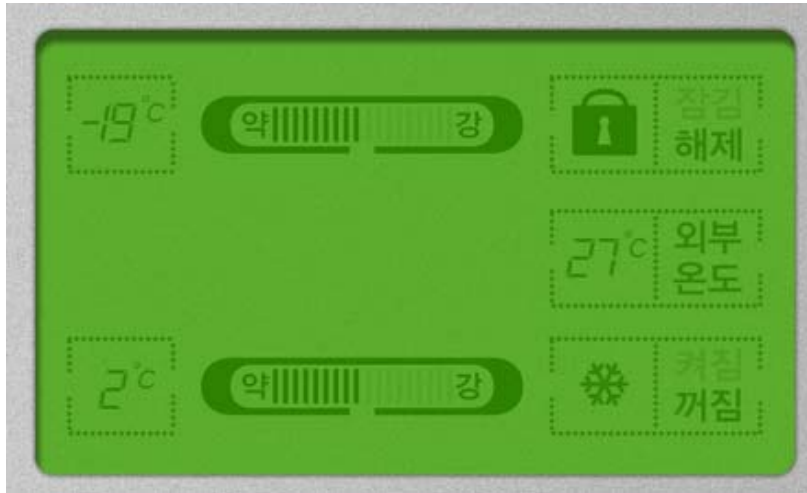
- : Electrically modulated optical device.
- : Shaped into a thin, flat panel.
- : Any number of color, monochrome pixels filled with liquid crystals.
- : Arrayed a light source (backlight).



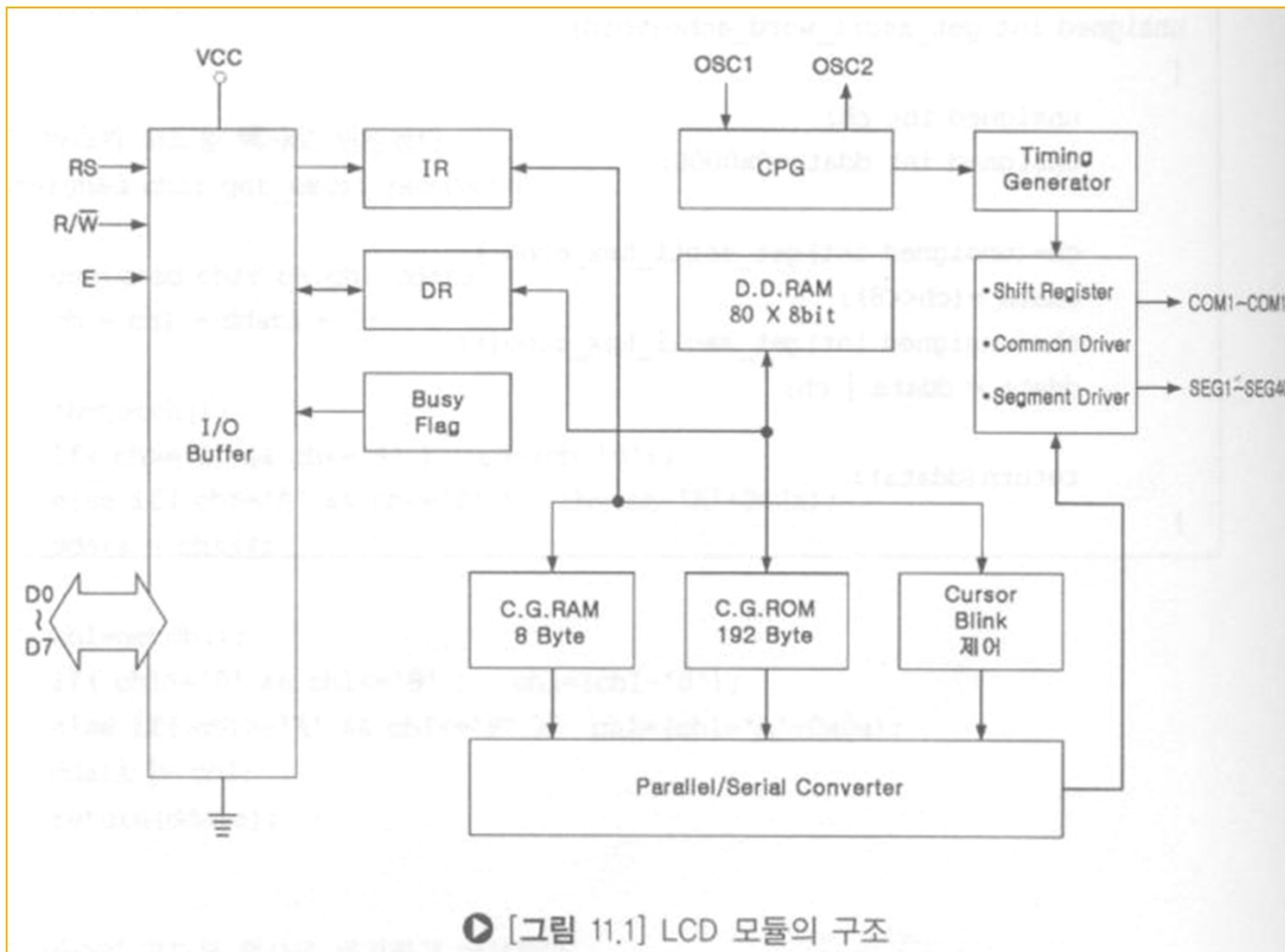
Reflective Twisted Nematic Liquid Crystal Display

1. Polarizing filter (vertical).
2. Glass substrate with electrode.
3. Twisted nematic liquid crystal.
4. Glass substrate with electrode.
5. Polarizing filter (horizontal).
6. Reflective surface to send light back to viewer (backlight).

- General purpose alphanumeric LCD & Display application



- Architecture of typical LCD module (= Display + Driver)



: Consist of display and driver parts.

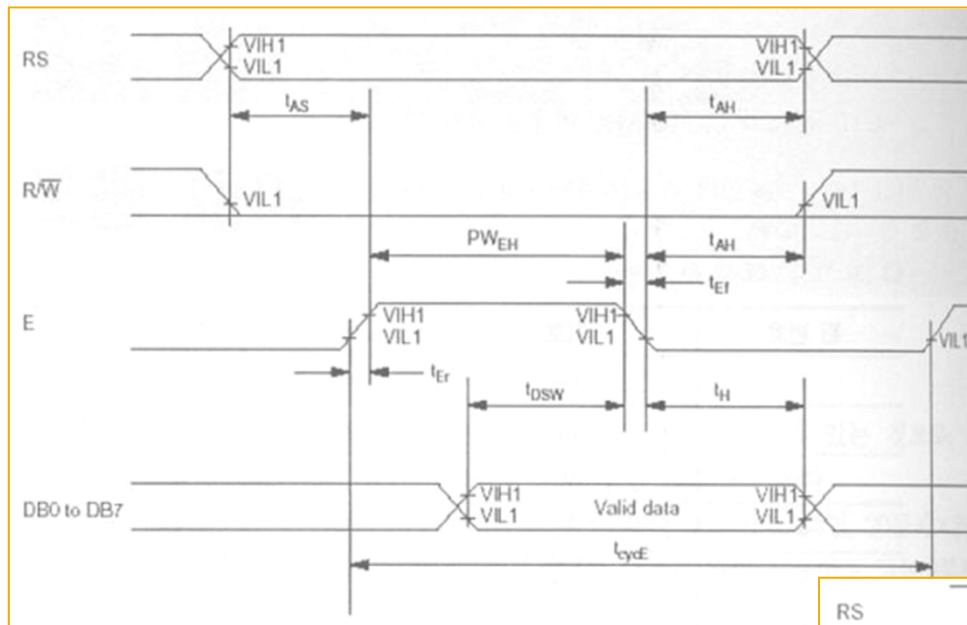
: 8 by 2 line, 16 by 2 line, 16 by 4 line, 20 by 2 line, 40 by 2 line, etc.,

- Description of LCD pins and its function

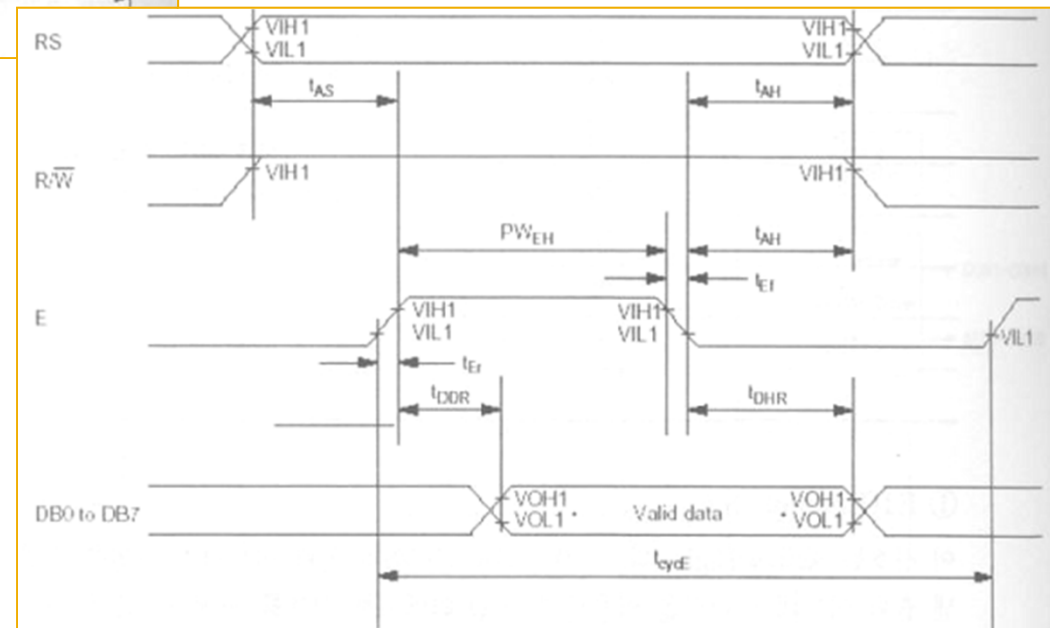
핀 번호	기호	기 능	
1	V <sub>SS</sub>	0V	전원
2	V <sub>DD</sub>	5V	
3	V <sub>L</sub>	VR 10k	
4	RS	H : 데이터, L : 인스트럭션	
5	R/ $\overline{W}$	H : 리드, L : 라이트	
6	E1	H : 인에이블 신호	
7	D0	데이터 버스 <u>4비트 사용시</u> : D4~D7만 사용 상위 4비트 하위 4비트 리드/라이트 8비트 사용시 : D0~D7을 사용	
8	D1		
9	D2		
10	D3		
11	D4		
12	D5		
13	D6		
14	D7		
15	A	LCD 백 라이트 전원	
16	K		



## - Timing Diagram (Write and Read)

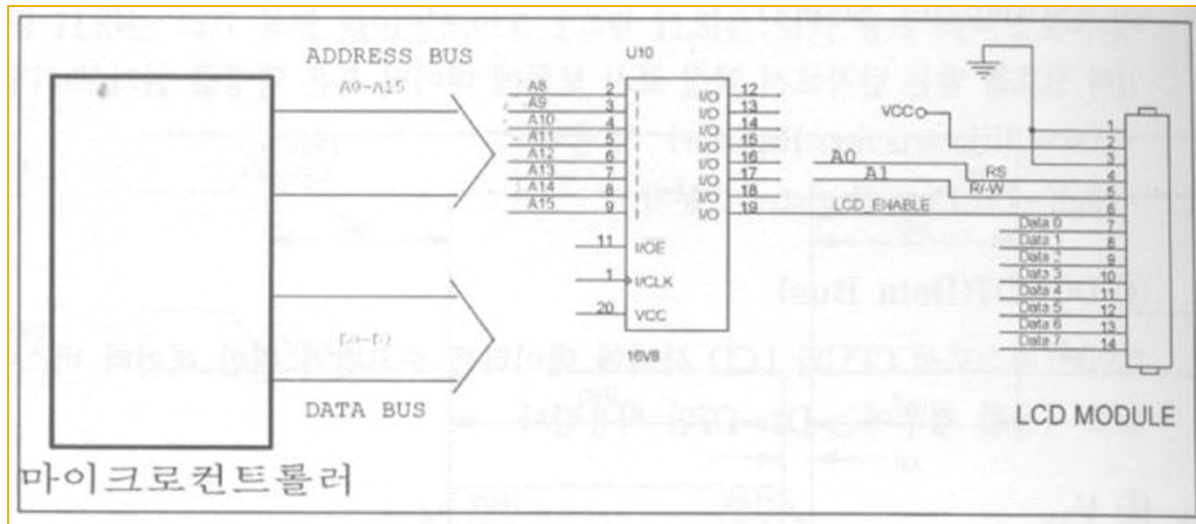


Write timing

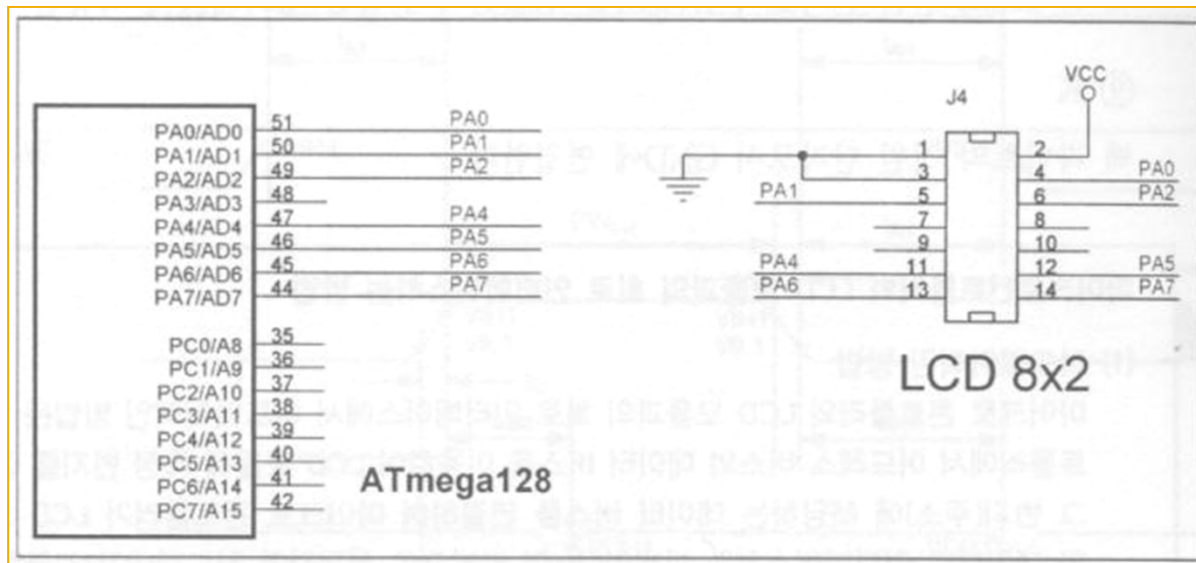


Read timing

- Interface with micro-controller



H/W Control



S/W Control



## Architecture of typical LCD module

### 1. Register

- : Two 8bit register – Instruction Register (IR), Data Register (DR)
- : Switched by RS(Register Select) signal pin.
- : **Instruction Register**
  - Clear display, Cursor shift, etc.,
  - Display Data RAM(DDRAM), Character Generator RAM (CGRAM)
- : **Data Register**
  - Temporary data storage for Data and Address.

### 2. Busy Flag (BF)

- : Indicates the system is now internally operating by a previously received instruction.
- : "1" means an instruction is being executed.
- : Check to make sure it is on "1" before sending an instruction from the MPU.

### 3. Address Counter (AC)

: Used for both DD and CG RAM address.

RS	R/W	동 작 기 능
0	0	IR을 선택하여 제어 명령 쓰기(디스플레이 클리어 등)
0	1	D7로부터 비지 플래그를 읽기/어드레스 카운터를 D0~D6으로부터 읽기
1	0	DR 선택하여 데이터 값을 쓰기(DR에서 DD RAM 혹은 CG RAM로)
1	1	DR 선택하여 데이터 값을 읽어 오기(DD RAM 혹은 CG RAM에서 DR로)

### 4. Display Data RAM (DDRAM)

: Memory capacity of 80x8 bits → 80 characters

#### ① DD RAM의 어드레스와 디스플레이 부분의 매칭 관계

열 번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	LCD 표시열 수
LCD1행	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	← DD RAM address
LCD2행	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	← DD RAM address

(DDRAM : Data Display RAM)

## 5. Character Generator ROM (CG ROM)

: Stores 192 characters and display 5x7 dot matrix patterns.

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	@	P	`	F				-	タ	ミ	α	p	
xxxx0001	(2)			!	1	A	Q	a	q			。	ア	チ	△	ä	q
xxxx0010	(3)			"	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	×	β	θ
xxxx0011	(4)			#	3	C	S	c	s			」	ウ	テ	モ	ε	∞
xxxx0100	(5)			\$	4	D	T	d	t			、	エ	ト	ハ	μ	Ω
xxxx0101	(6)			%	5	E	U	e	u			・	オ	ナ	1	σ	Ü
xxxx0110	(7)			&	6	F	V	f	v			ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)			'	7	G	W	g	w			フ	キ	ヌ	ラ	g	π
xxxx1000	(1)			(	8	H	X	h	x			イ	ク	ネ	リ	フ	×
xxxx1001	(2)			)	9	I	Y	i	y			ウ	ケ	ル	ル	”	γ
xxxx1010	(3)			*	:	J	Z	j	z			エ	コ	ハ	レ	j	〒
xxxx1011	(4)			+	;	K	L	k	{			オ	サ	ヒ	ロ	*	⌘
xxxx1100	(5)			,	<	L	¥	1	l			ハ	シ	フ	ワ	φ	⌘
xxxx1101	(6)			-	=	M	J	m	}			ユ	ズ	ヘ	ン	も	÷
xxxx1110	(7)			.	>	N	^	n	→			ヨ	セ	ホ	”	〃	
xxxx1111	(8)			/	?	O	_	o	+			ッ	ソ	マ	”	〇	■

Display Table

## 6. Character Generator RAM (CG RAM)

: User display patterns.

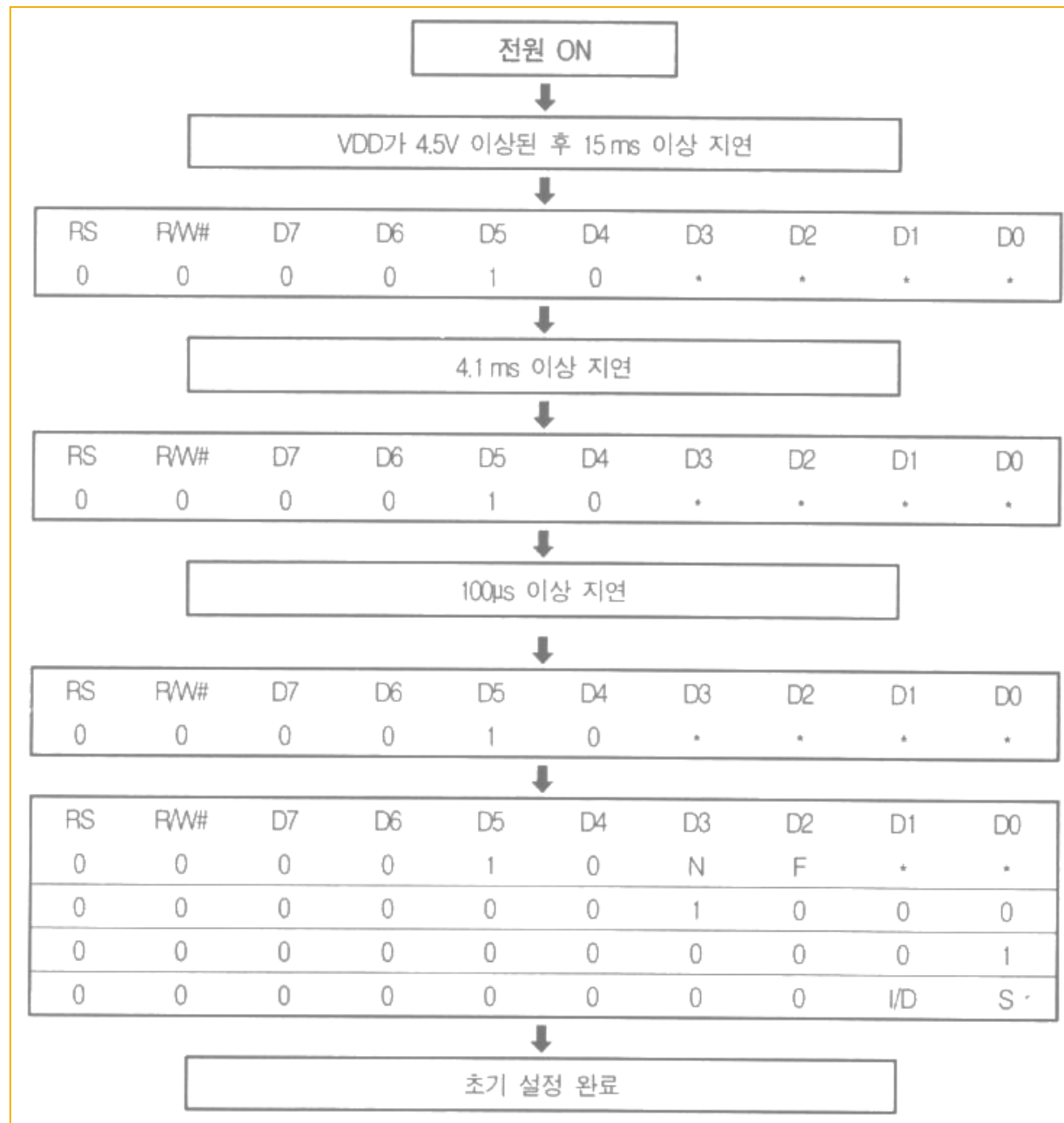
Character Codes (DDRAM data)								CGRAM Address								Character Patterns (CGRAM data)							
7	6	5	4	3	2	1	0	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0		
High				Low				High				Low				High				Low			
0 0 0 0 * 0 0 0								0 0 0				0	0	0		*	*	*	1	1	1	1	0
												0	0	1				1	0	0	0	1	
												0	1	0				1	0	0	0	1	
												0	1	1				1	1	1	1	0	
												1	0	0				1	0	1	0	0	
												1	0	1				1	0	0	1	0	
												1	1	0				1	0	0	0	1	
0 0 0 0 * 0 0 1								0 0 1				0	0	0		*	*	*	1	0	0	0	1
												0	0	1				0	1	0	1	0	
												0	1	0				1	1	1	1	1	
												0	1	1				0	0	1	0	0	
												1	0	0				1	1	1	1	1	
												1	0	1				0	0	1	0	0	
												1	1	0				0	0	1	0	0	
0 0 0 0 * 1 1 1								1 1 1				0	0	0		*	*	*					
												0	0	1									
												1	0	0									
												1	0	1									
												1	1	0									
												1	1	1									

Display Example

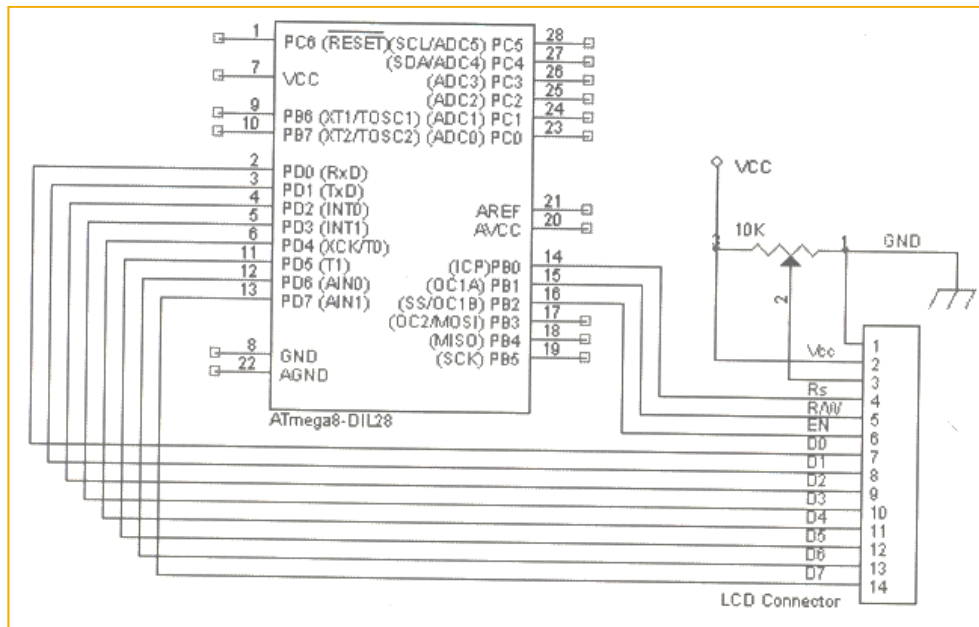
# LCD Instruction

인스트럭션	CODE										실행 시간	기 능	
	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0			
표시 클리어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.64ms	화면 클리어 및 DD RAM 번지를 00H로 세트	
커서 홈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	•	1.64ms	DD RAM 번지를 00H로 세트 및 시프트 전 화면으로 복귀
엔트리 모드	0	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	40μs	I/D : 커서 이동 방향 D : 화면 시프트 모양
표시 온/오프	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B		40μs	D : 화면 ON/OFF C : 커서 ON/OFF B : 커서 깜박임
커서/표시 시프트	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	•	•		40μs	화면 시프트 또는 커서 이동
평선 세트	0	0	0	0	1	DL	N	F	•	•		40μs	DL : 인터페이스 데이터 길이 N : LINE 개수 F : 문자 폰트 정의
CG RAM 어드레스 세트	0	0	0	1	ACG							40μs	CG RAM 어드레스 세트, 이후 전송되는 데이터는 CG RAM 데이터로 취급된다.
DD RAM 어드레스 세트	0	0	1	ADD								40μs	DD RAM 어드레스 세트, 이후 전송되는 데이터는 DD RAM 데이터로 취급된다.
비지 플래그/ 어드레스 리드	0	1	BF	AC								0μs	비지 플래그 체크, 어드레스를 리드한다. CG/DD RAM에서 다 사용할 수 있다.
CG/DD RAM 데이터 라이트	1	0	써넣을 데이터									40μs	CG/DD RAM에 데이터를 기록한다.
CG/DD RAM 데이터 리드	1	1	리드한 데이터									40μs	CG/DD RAM에서 데이터를 읽는다.
I/D=1 : 증가 I/D=0 : 감소 S=1 : 표시 시프트를 동반함 S/C=1 : 화면 시프트 S/C=0 : 커서 이동 R/L=1 : 오른쪽으로 이동 R/L=0 : 왼쪽으로 이동 DL=1 : 8 BIT, DL=0 : 4 BIT N=1 : 2 LINE, N=0 : 4 LINE F=1 : 5×10 DOT, F=0 : 5×7 DOT BF=1 : 내부 명령 수행 중 BF=0 : 명령어 대기 • : Don't care.											DD RAM : 화면 데이터 RAM CG RAM : 문자 생성 RAM ACG : CG RAM 번지 ADD : DD RAM 번지와 커서 위치 AC : DD RAM과 CG RAM의 주소에 사용되는 Address Counter		

## LCD Initialize



## CLCD 8비트 인터페이스

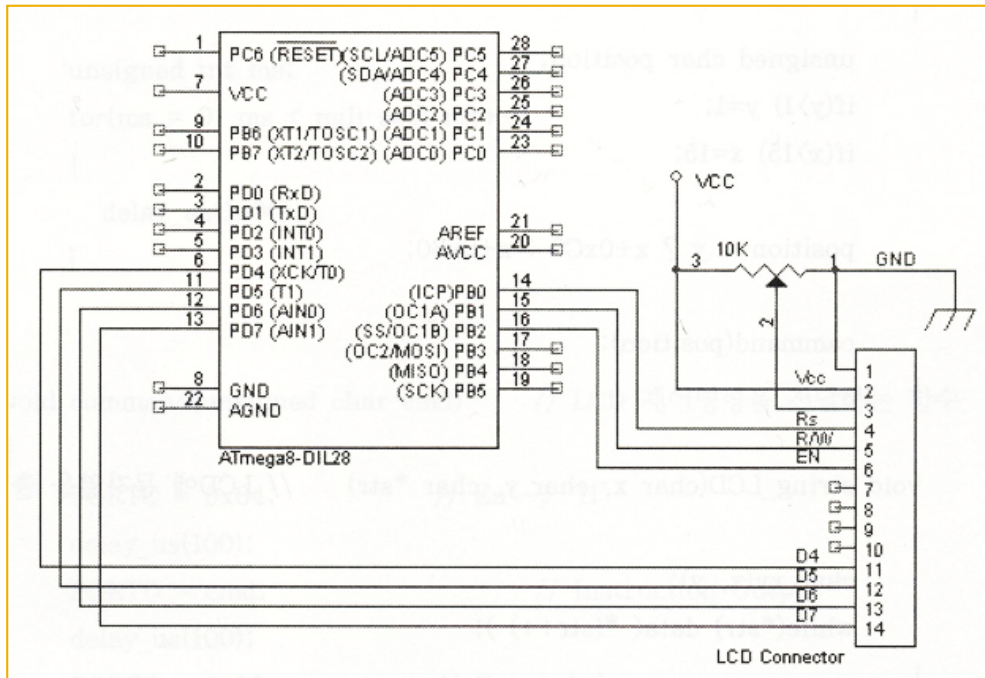


```
void init_LCD(void)
{
    command(0x38);
    command(0x0C);
    command(0x06);
    command(0x02);
    command(0x01);
}
```

```
void command(unsigned char cmd)
{
    PORTC = 0x04;    // En → H
    delay_us(100);
    PORTD = cmd;
    delay_us(100);
    PORTC = 0x00;    // En → L
    delay_us(100);
}
```

```
void data(char ch)
{
    PORTC = 0x05;    // En, Rs → H
    delay_us(500);
    PORTD = ch;
    delay_us(500);
    PORTC = 0x01;    // EN → L, Rs → H
}
```

## CLCD 4비트 인터페이스



```
void cmd_sub(char cmd)
{
    char temp;
    check_busy();
    temp = cmd;
    temp <<= 4;    // temp[3:0] → temp[7:4]
    temp &= 0xF0;  // temp[3:0] ← 0000
    PORTD = temp;
    PORTC = 0x04;
    PORTC = 0x00;
}
```

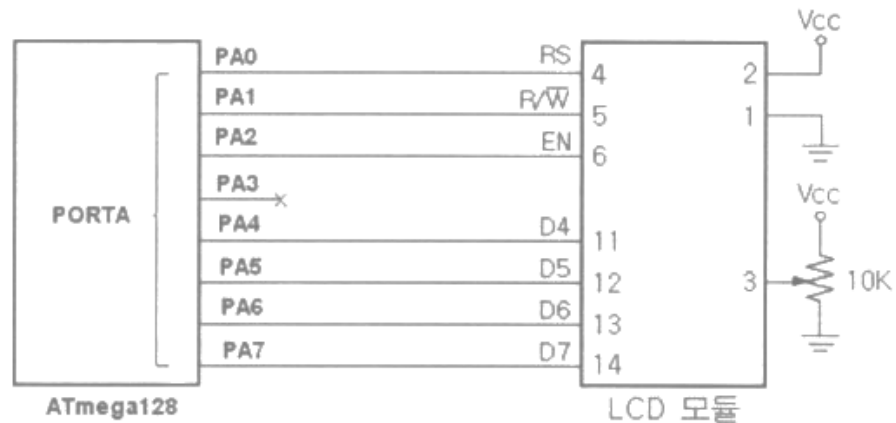
```
void cmd(char cmd)
{
    char temp;
    temp = cmd;
    temp >>= 4;    // temp[7:4] → temp[3:0]
    cmd_sub(temp);
    temp = cmd;
    temp &= 0x0F;  // temp[7:4] ← 0000
    cmd_sub(temp);
    delay_us(100);
}
```



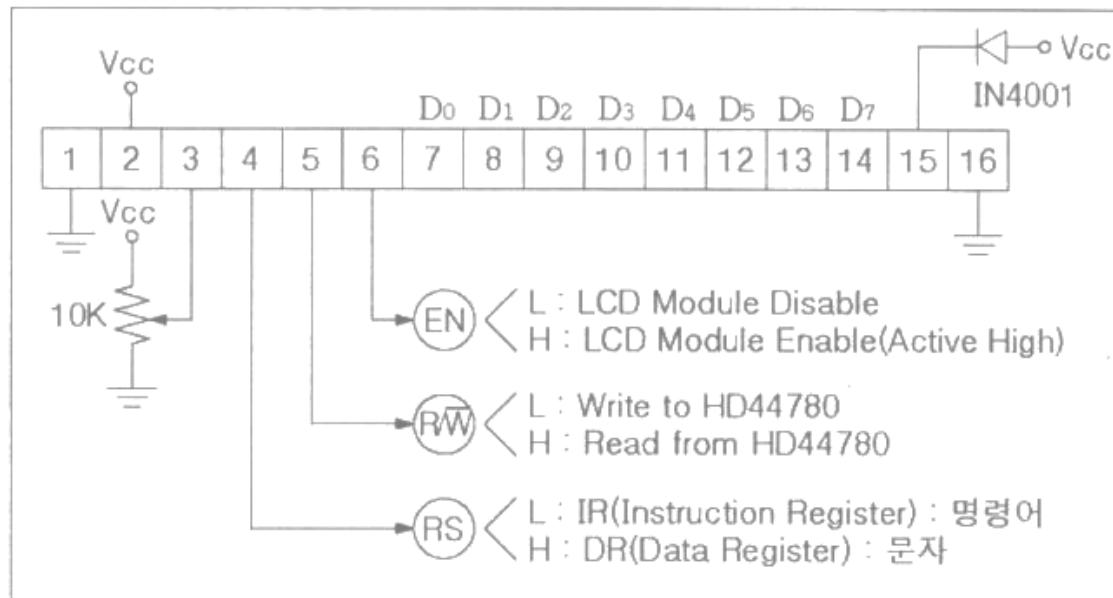
## ASCII 코드표

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char					x			
0	0	000	NUL (null)	32	20	040	Space	64	40	100	@	96	60	140	`	128	Ç	161	í	193	⌞	225	ß
1	1	001	SOH (start of heading)	33	21	041	!	65	41	101	A	97	61	141	a	129	ü	162	ó	194	⌟	226	Γ
2	2	002	STX (start of text)	34	22	042	"	66	42	102	B	98	62	142	b	130	é	163	ú	195	⌠	227	π
3	3	003	ETX (end of text)	35	23	043	#	67	43	103	C	99	63	143	c	131	â	164	û	196	⌡	228	Σ
4	4	004	EOT (end of transmission)	36	24	044	\$	68	44	104	D	100	64	144	d	132	ä	165	ü	197	⌢	229	σ
5	5	005	ENQ (enquiry)	37	25	045	%	69	45	105	E	101	65	145	e	133	å	166	°	198	⌣	230	μ
6	6	006	ACK (acknowledge)	38	26	046	&	70	46	106	F	102	66	146	f	134	æ	167	º	199	⌤	231	τ
7	7	007	BEL (bell)	39	27	047	'	71	47	107	G	103	67	147	g	135	ç	168	¸	200	⌥	232	Φ
8	8	010	BS (backspace)	40	28	050	(	72	48	110	H	104	68	150	h	136	ê	169	—	201	⌦	233	Θ
9	9	011	TAB (horizontal tab)	41	29	051	)	73	49	111	I	105	69	151	i	137	ë	170	¬	202	⌧	234	Ω
10	A	012	LF (NL line feed, new line)	42	2A	052	*	74	4A	112	J	106	6A	152	j	138	è	171	½	203	⌨	235	δ
11	B	013	VT (vertical tab)	43	2B	053	+	75	4B	113	K	107	6B	153	k	139	í	172	¾	204	〈	236	∞
12	C	014	FF (NP form feed, new page)	44	2C	054	,	76	4C	114	L	108	6C	154	l	140	î	173	ı	205	〉	237	φ
13	D	015	CR (carriage return)	45	2D	055	-	77	4D	115	M	109	6D	155	m	141	ï	174	«	206	⌫	238	e
14	E	016	SO (shift out)	46	2E	056	.	78	4E	116	N	110	6E	156	n	142	ÿ	175	»	207	⌬	239	ˆ
15	F	017	SI (shift in)	47	2F	057	/	79	4F	117	O	111	6F	157	o	143	ÿ	176	ˆ	208	⌭	240	≡
16	10	020	DLE (data link escape)	48	30	060	0	80	50	120	P	112	70	160	p	144	ÿ	177	ˆ	209	⌮	241	±
17	11	021	DC1 (device control 1)	49	31	061	1	81	51	121	Q	113	71	161	q	145	ÿ	178	ˆ	210	⌯	242	≥
18	12	022	DC2 (device control 2)	50	32	062	2	82	52	122	R	114	72	162	r	146	ÿ	179	ˆ	211	⌰	243	≤
19	13	023	DC3 (device control 3)	51	33	063	3	83	53	123	S	115	73	163	s	147	ÿ	180	ˆ	212	⌱	244	∫
20	14	024	DC4 (device control 4)	52	34	064	4	84	54	124	T	116	74	164	t	148	ÿ	181	ˆ	213	⌲	245	∫
21	15	025	NAK (negative acknowledge)	53	35	065	5	85	55	125	U	117	75	165	u	149	ÿ	182	ˆ	214	⌳	246	+
22	16	026	SYN (synchronous idle)	54	36	066	6	86	56	126	V	118	76	166	v	150	ÿ	183	ˆ	215	⌴	247	°
23	17	027	ETB (end of trans. block)	55	37	067	7	87	57	127	W	119	77	167	w	151	ÿ	184	ˆ	216	⌵	248	ˆ
24	18	030	CAN (cancel)	56	38	070	8	88	58	130	X	120	78	170	x	152	ÿ	185	ˆ	217	⌶	249	ˆ
25	19	031	EM (end of medium)	57	39	071	9	89	59	131	Y	121	79	171	y	153	ÿ	186	ˆ	218	⌷	250	ˆ
26	1A	032	SUB (substitute)	58	3A	072	:	90	5A	132	Z	122	7A	172	z	154	ÿ	187	ˆ	219	⌸	251	√
27	1B	033	ESC (escape)	59	3B	073	;	91	5B	133	[	123	7B	173	{	156	ÿ	188	ˆ	220	⌹	252	ˆ
28	1C	034	FS (file separator)	60	3C	074	<	92	5C	134	\	124	7C	174		157	ÿ	189	ˆ	221	⌺	253	ˆ
29	1D	035	GS (group separator)	61	3D	075	=	93	5D	135	]	125	7D	175	}	158	ÿ	190	ˆ	222	⌻	254	ˆ
30	1E	036	RS (record separator)	62	3E	076	>	94	5E	136	^	126	7E	176	~	159	ÿ	191	ˆ	223	⌼	255	ˆ
31	1F	037	US (unit separator)	63	3F	077	?	95	5F	137	_	127	7F	177	DEL	160	ÿ	192	ˆ	224	⌽		

## - LCD Module Programming



▶ [그림 11.6] AVR ATmega128과 LCD 모듈과의 인터페이스



▶ [그림 11.7] LCD 모듈의 핀-아웃

LCD	Description	ATMEGA8
4	RS	
5	R/W	
6	E	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	

LCD와 ATMEGA8의 연결

## 실험 실습

1. 교재의 예제를 참고하여 Character LCD의 첫 번째 줄에 "HELLO" 를 출력하고 두 번째 줄에 "KONKUK BME" 를 출력하시오.
2. Character LCD와 DC Motor응용  
첫 번째 줄에 "MOTOR App." 를 출력하고  
두 번째 줄에 스위치의 제어에 따라 DC 모터의 현재 방향인 "Reverse Dir." 또는 "Forward Dir."을 출력 하시오.



Reverse



Forward

3. DC 모터 / STEP 모터 예제 완료