

## 9주차

문자 LCD의 내부구조 및 HD44780 컨트롤러

# 주요 내용

## ❖ 핵심 주제

- 문자 LCD 모듈의 블록도 및 핀 기능
- 하드웨어 인터페이스 회로
- 읽기 및 쓰기 타이밍도 → 함수 프로그래밍
- 모듈 초기화 과정
- 제어 명령어를 활용한 특수 효과
- 특수문자 생성 과정

## ❖ 과제

- HD44780의 데이터시트 pp.26-29 해석

# 1. LCD의 원리와 소개

## ❖ 액정의 역사

- 1888년 오스트리아의 생물학자 라이니처가 최초로 발견
- “액체가 갖는 유동성과 결정이 갖는 광학 이방성을 모두 가진 액체”라는 의미로 Flüssige Kristall이라 불렀는데 이를 영어로 명명하면 Liquid Crystal.
- 1963년 미국 RCA사의 윌리엄스가 액정에 전기적 자극을 주면 빛의 통과 방향이 변하는 현상을 발견하고, 5년 후 디스플레이 장치 개발
- **1976년 일본의 샤프(Sharp)**사가 세계 최초로 액정을 이용한 디스플레이 개발

## ❖ 액정(Liquid Crystal)

- 광학적 이방성 : 전압이 가해지면 분자 배열이 바뀌고, 전압을 가하지 않으면 원래의 위치로 되돌아오는 성질을 가지는 물질
- 결정의 움직임에 따라 빛의 투과율이 변함

## ❖ LCD의 정의

- 자체(Active) 발광을 이용한 디스플레이 장치  
 가 아니라 외부의 빛을 이용한 수동형(Passive) 디스플레이 장치 → 반드시 후면 광원(Back Light)가 필요

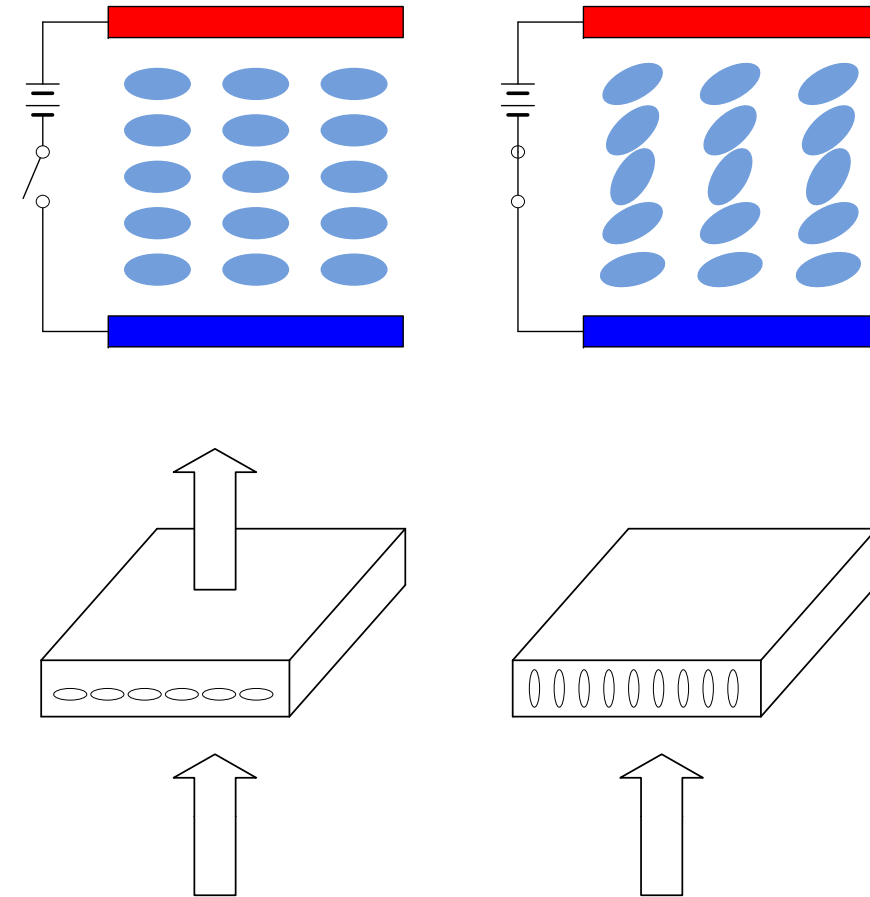


그림 11-2

## ❖ LCD의 장점

- **저소비전력**(수십 $\mu$ W/cm<sup>2</sup>) 동작 가능 : 저전력 소모로 오랜 시간 구동 가능
- 저전압(10V 이내) 동작 가능 : IC 제어 회로의 소형 간략화 가능
- 소자가 얇고(수 mm) 소형 표시에서 대형 표시(수 mm ~수백 mm) 가능

## ❖ LCD의 단점

- **비발광형**: 반사형 표시인 경우 어두운 곳에서 표시의 선명함이 떨어짐
- 선명한 표시가 요구되는 경우 **후면 광원 필요**
- 표시 콘트라스트가 보는 방향에 의존하는 경우가 많아서 **시야각이 제한**
- **응답 시간이 주위 온도에 의존**: 저온(-30℃ ~ 40℃)에서 작동하기 어려움

## ❖ PDP → LCD → LED → OLED

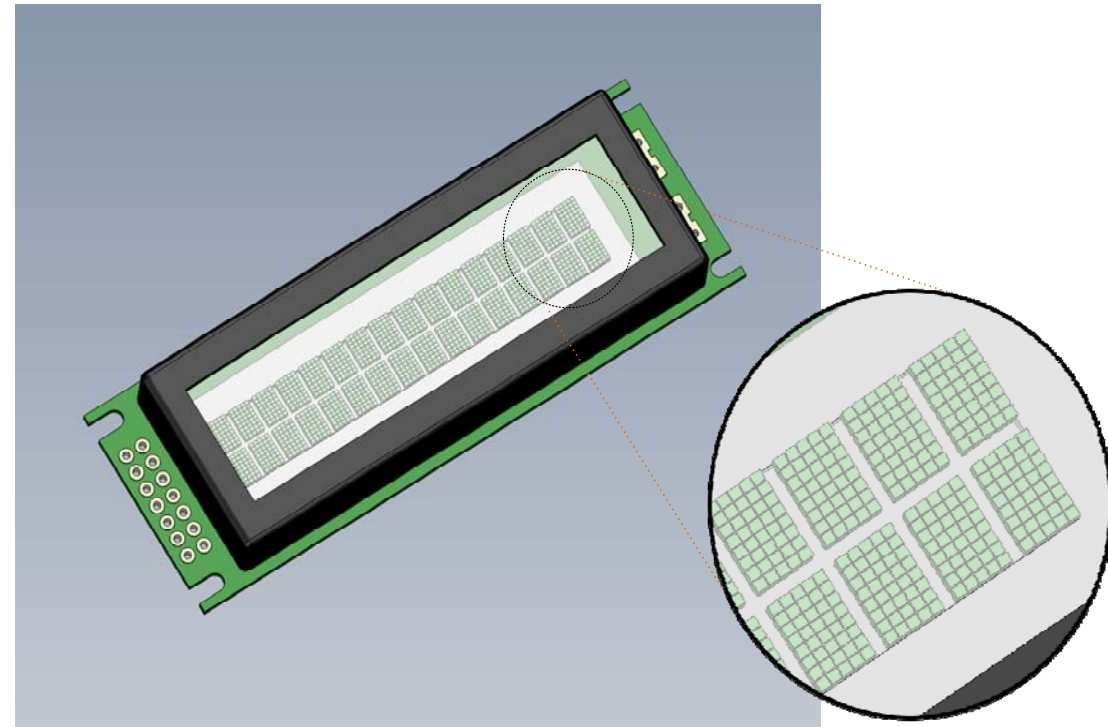
## 2. CLCD (Character LCD) 개요

### ❖ CLCD의 장점

- FND나 LED에 비해 다양한 문자를 표현 가능
- 제어하기 위해서 많은 핀이 필요하지 않음(5~11핀 정도)
- 한 번 출력하면 데이터가 유지

### ❖ CLCD의 단점

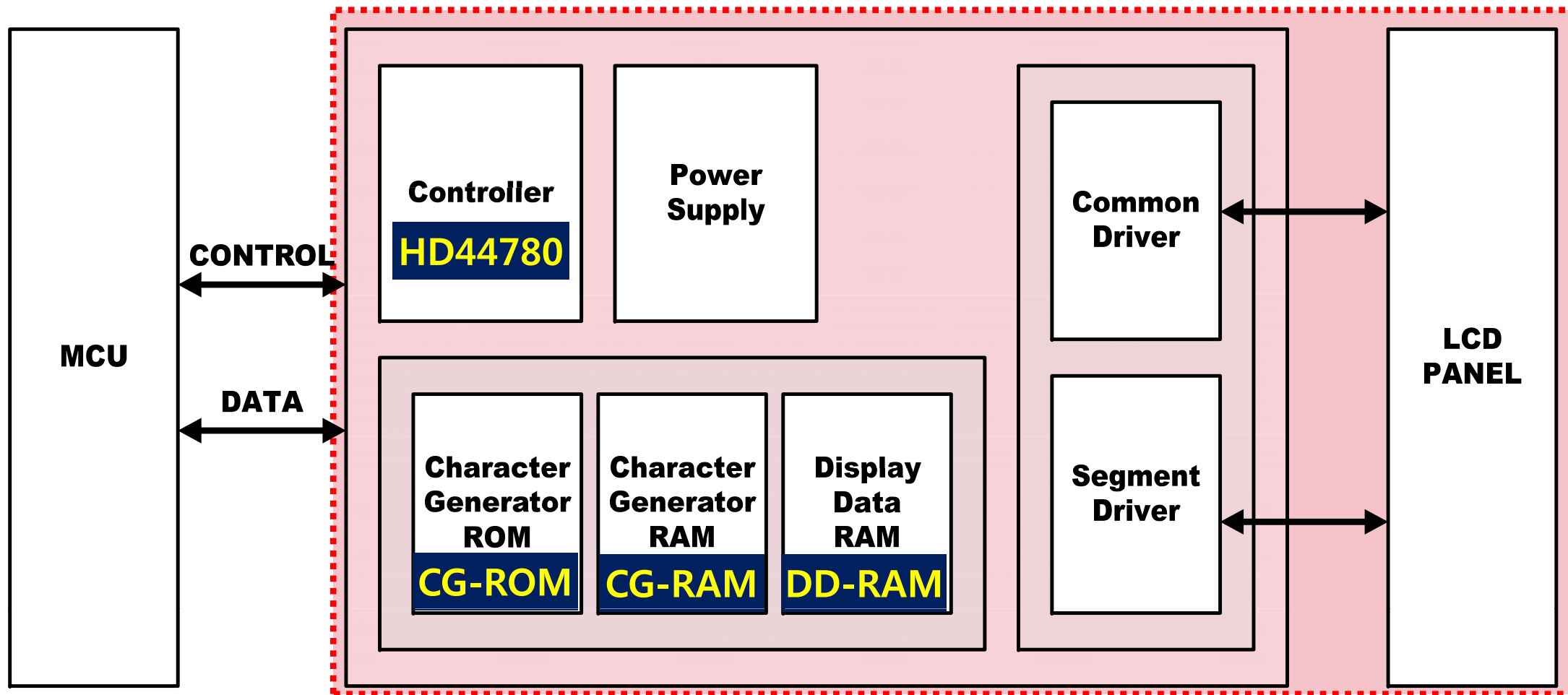
- LED나 FND에 비해 출력 효율이 떨어짐
- 응답속도가 느림



**그림 11-6**

## ❖ CLCD 내부구조

그림 11-9



### 3. HD44780 컨트롤러

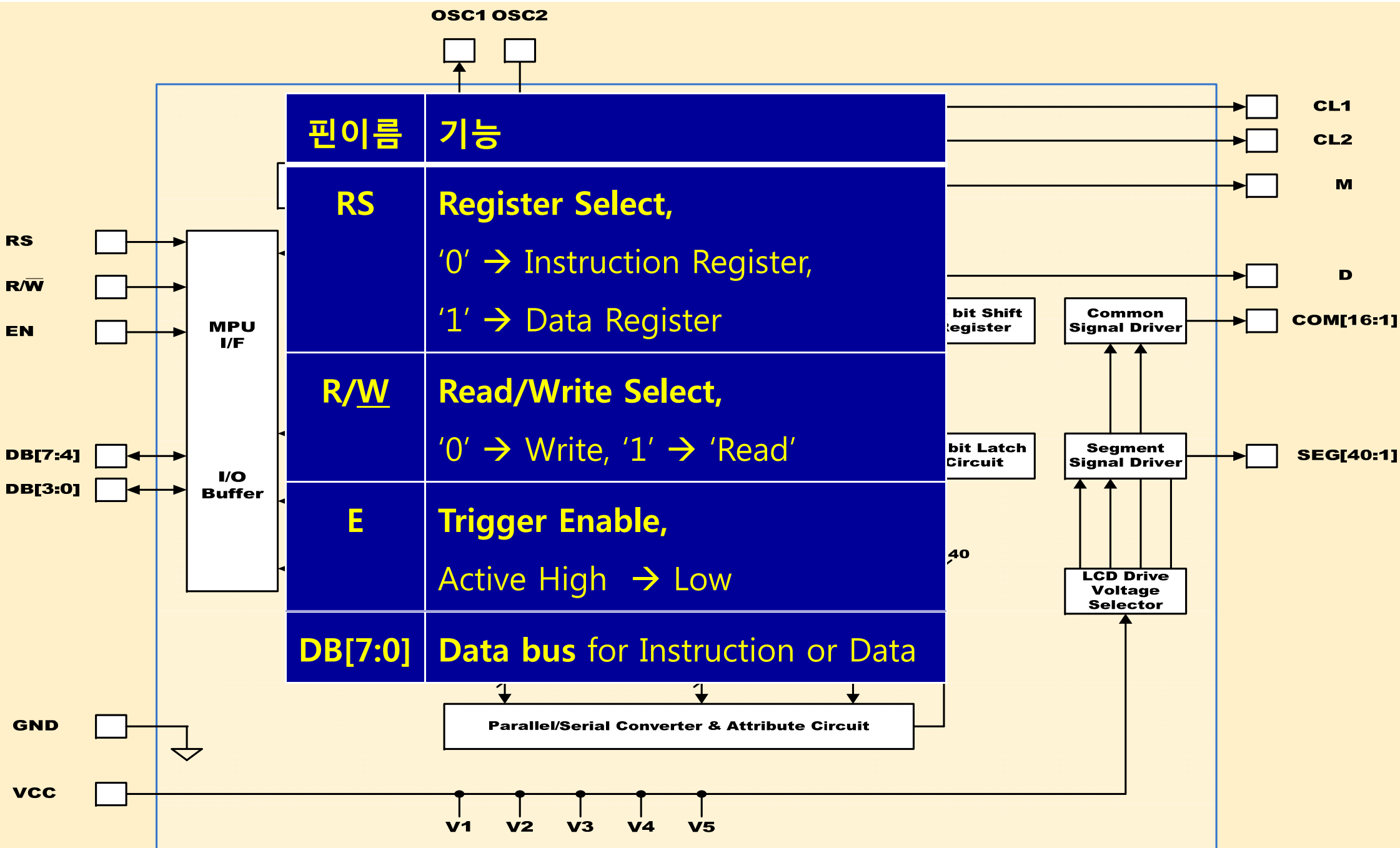
#### ❖ HD44780 제어기의 특징

- **5 x 8 and 5 x 10 dot matrix possible**
- Low power operation support → 2.7 to 5.5V
- Wide range of liquid crystal display driver power → 3.0 to 11V
- Liquid crystal driver waveform → A (One line frequency AC waveform)
- Correspond to high speed MPU bus interface → 2 MHz (when  $V_{CC} = 5V$ )
- **4-bit or 8-bit MPU interface enabled**
- **80 x 8-bit DD-RAM → 80 Characters max.**
- **9,920-bit CG-ROM** for a total of 240 character forms
  - **208** character fonts (5 x 8 dot) → **0x10 ~ 0xDF**
  - **32** character fonts (5 x 10 dot) → **0xE0 ~ 0xFF**
- **64 x 8-bit CG-RAM**
  - **8** character fonts (5 x 8 dot) → **0x00 ~ 0x07**
  - **4** character font (5 x 10 dot)
- 16-common x 40-segment liquid crystal display driver
- Programmable duty cycles → 1/8 for one line of 5 x 8 dots with cursor
- Wide range of instruction functions → **Display clear, cursor home, display on/off, cursor on/off, display character blink, cursor shift, display shift**



# ❖ HD44780 블록다이어그램

그림 11-10



# ❖ CG-ROM 문자 패턴 **그림 11-11**

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	a	F	`	F				一	タ	ミ	α	p
xxxx0001	(2)		!	1	A	Q	3	4			。	ア	チ	ム	β	q
xxxx0010	(3)		"	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	メ	ƒ	θ
xxxx0011	(4)		#	3	C	S	c	ε			」	ウ	テ	モ	ε	ω
xxxx0100	(5)		\$	4	D	T	d	t			、	エ	ト	ト	μ	Ω
xxxx0101	(6)		%	5	E	U	e	u			・	オ	ナ	ユ	ε	ü
xxxx0110	(7)		&	6	F	V	f	v			ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	z
xxxx0111	(8)		'	7	G	W	g	w			ア	キ	ヌ	ラ	ρ	π
xxxx1000	(1)		(	8	H	X	h	x			ィ	ク	ネ	リ	ρ	π
xxxx1001	(2)		)	9	I	Y	i	y			ゥ	ケ	ル	ル	ρ	π
xxxx1010	(3)		*	=	J	Z	j	z			エ	コ	ハ	レ	j	π
xxxx1011	(4)		+	=	K	C	k	c			オ	サ	ヒ	ロ	*	π
xxxx1100	(5)		,	<	L	π	l	l			カ	シ	フ	ワ	φ	π
xxxx1101	(6)		-	=	M	J	m	j			ユ	ス	へ	ン	も	÷
xxxx1110	(7)		.	>	N	^	n	→			ヨ	セ	ホ	ゞ	π	
xxxx1111	(8)		/	?	O	_	o	←			ッ	ソ	マ	°	ö	■

## ❖ HD44780 초기화 과정

### 그림 11-12

Function set

RS	R $\overline{W}$	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	1	*	*	*	*

Wait for more than 4.1 ms

Function set

RS	R $\overline{W}$	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	1	*	*	*	*

Wait for more than 100  $\mu$ s

Function set

RS	R $\overline{W}$	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	1	*	*	*	*

Function set

RS	R $\overline{W}$	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	1	N	F	*	*

Display on

0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Display clear

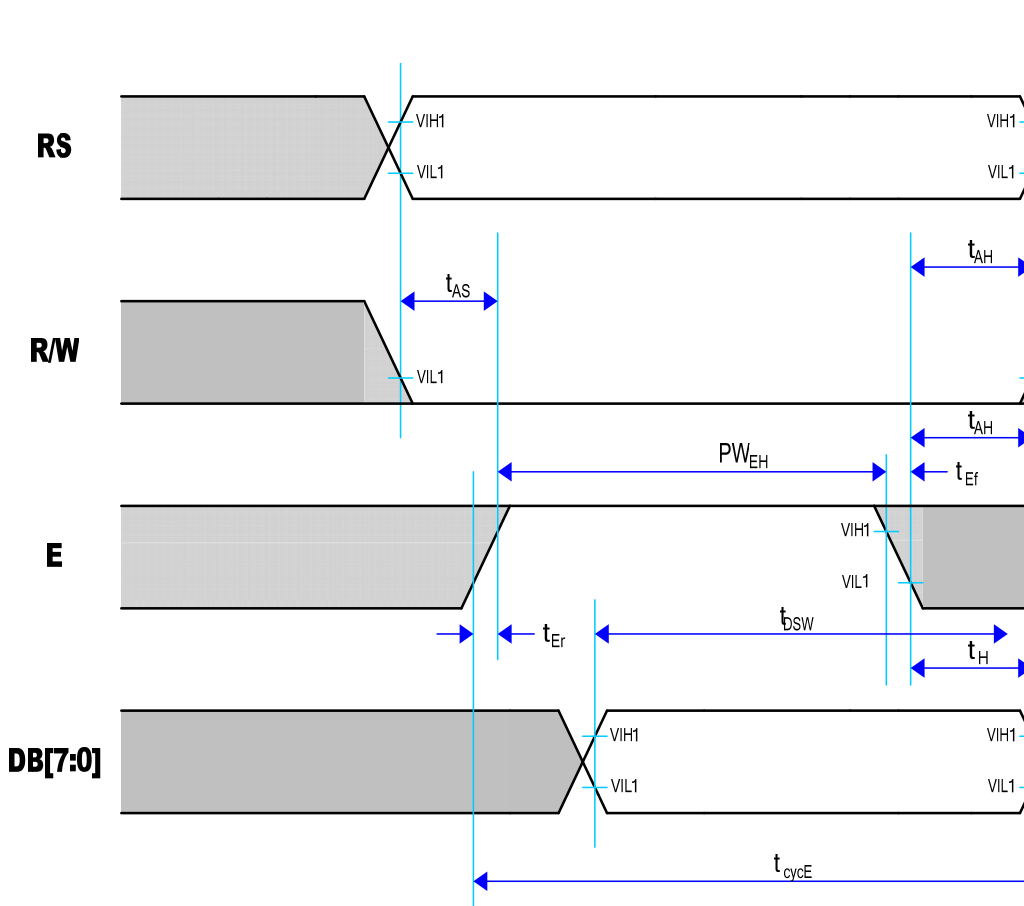
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Entry mode set

0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---

Initialization ends

## ❖ HD44780 Write 타이밍

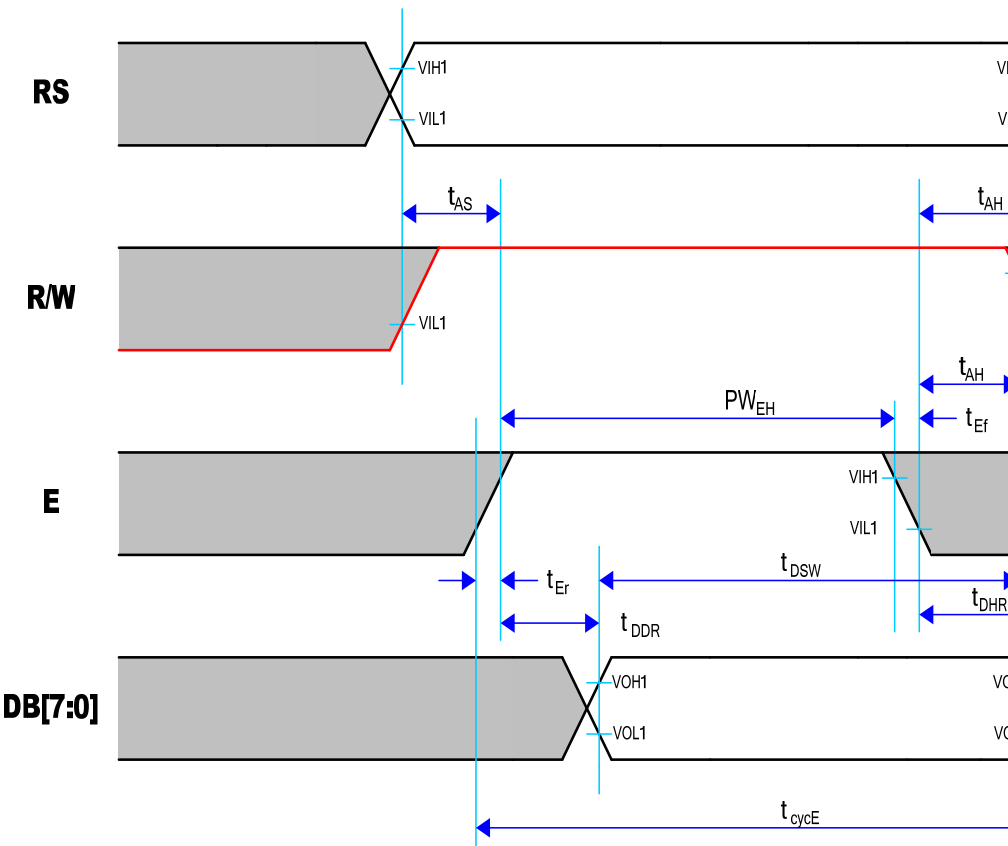


### Writing to a register

1. set RS line high or low to designate the register you wish to access
2. set R/W line low to indicate a write
3. set DBPORT to output
4. write data to DBPORT
5. set E line high to begin write cycle
6. pause to allow LCD to accept the data
7. set E line low to finish write cycle

그림 11-13

## ❖ HD44780 Read 타이밍



### Reading from a register

1. set RS line high or low to designate the register you wish to access
2. set R/W line high to indicate a read
3. set DBPORT to input
4. set E line high to begin read cycle
5. pause to allow LCD to fetch the data
6. read data from DBPORT
7. set E line low to finish read cycle

그림 11-13

## 4. HD44780 명령어

표 11-3

명령어 (Instruction)	제어신호 (Control)		명령어 (Instruction Data)							
	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	X
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
Display On/Off	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X
Set CG-RAM Address	0	0	0	1	CGRAM Address					
Set DD-RAM Address	0	0	1	DD RAM Address						
Read BF(Busy Flag) bit	0	1	BF							
Data write to DD or CG	1	0	Write Data							
Data read from DD or CG	1	1	Read Data							

- **Clear Display** → 전체 화면을 지우고, DD-RAM 주소를 0으로 설정한다.
- **Return Home** → 디스플레이 시프트 된 것을 본래의 위치로 되돌린다. DD-RAM의 데이터는 그대로 두고, DD-RAM 주소를 0로 설정한다.
- **Entry Mode Set** → Cursor move direction(I/D: Increment/Decrement)과 Display shift(S)를 결정한다. S=0: No shift, S=1, I/D=0: Shift Left, S=1, I/D=1: Shift Right
- **Display On/Off** → Display(D) ON/OFF, Curosr(C) ON/OFF, Blinking(B) of cursor position character를 결정한다. 1: On, 0: Off
- **Cursor or Display Shift** → DD RAM의 내용을 변경하지 않고, 화면 또는 커서를 좌우로 이동시킨다. S/C는 Display Shift/Cursor move, R/L은 Right/Left 를 설정
- **Function Set** → Interface Data Length(DL), Number of display lines(N), character Font(F)를 설정한다. DL=8비트/4비트, N=2 lines/1 lines, F=5x10/5x8 로 설정.

- **Set CG-RAM Address** → CG-RAM 주소 설정
- **Set DD-RAM Address** → DD-RAM 주소 설정
- **Read BF(Busy Flag) bit** → 비지 플래그 읽기
- **Data write to DD- or CG-RAM** → DD-RAM 혹은 CG-RAM 데이터 쓰기
- **Data read from DD- or CG-RAM** → DD-RAM 혹은 CG-RAM 데이터 읽기



# 명령어 요약 (표 11-4, 11-5, 11-6, 11-7)

0x01	Clear All Display
	<b><i>Entry_Mode_Set_Options</i></b>
0x04	커서 좌측 이동, 화면이동 없음
0x05	커서 좌측 이동, 화면 이동
0x06	<b>커서 우측 이동, 화면이동 없음</b>
0x07	커서 우측 이동, 화면이동
	<b><i>Display_Options</i></b>
0x08	화면 OFF, 커서 OFF, 커서 점멸 OFF
0x09	화면 OFF, 커서 OFF, 커서 점멸 ON
0x0A	화면 OFF, 커서 ON, 커서 점멸 OFF
0x0B	화면 OFF, 커서 ON, 커서 점멸 ON
0x0C	화면 ON, 커서 OFF, 커서 점멸 OFF
0x0D	화면 ON, 커서 OFF, 커서 점멸 ON
0x0E	화면 ON, 커서 ON, 커서 점멸 OFF
0x0F	<b>화면 ON, 커서 ON, 커서 점멸 ON</b>

0x02	Cursor Position -> Return Home
	<b><i>Cusor_Display_Shift_Options</i></b>
0x10	커서 선택, 커서 좌측 이동
0x14	커서 선택, 커서 우측 이동
0x18	화면 선택, 화면 좌측 이동
0x1C	화면 선택, 화면 우측 이동
	<b><i>Function_Set_Options</i></b>
0x20	4비트, 화면1행, 5x8 Font
0x24	4비트, 화면1행, 5x11 Font
0x28	4비트, 화면2행, 5x8 Font
0x2C	4비트, 화면2행, 5x11 Font
0x30	8비트, 화면1행, 5x8 Font
0x34	8비트, 화면1행, 5x11 Font
0x38	<b>8비트, 화면2행, 5x8 Font</b>
0x3C	8비트, 화면2행, 5x11 Font