

**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

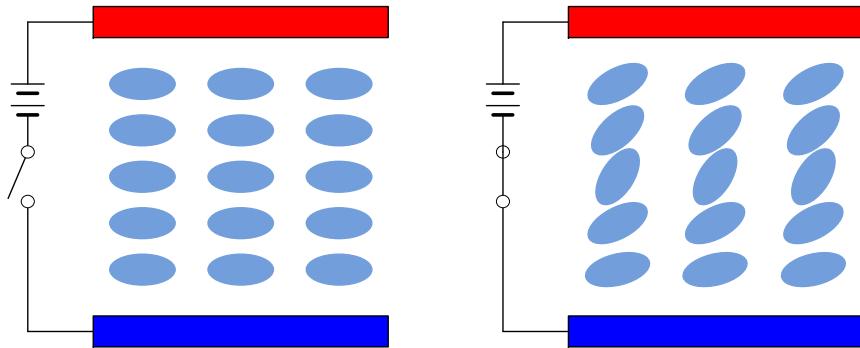
# 1. LCD의 원리와 소개

## ❖ 액정의 역사

- 1888년 오스트리아의 생물학자 라이니쳐가 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 장치가 아니라 외부의 빛을 이용한 수동형(Passive) 디스플레이 장치 → 반드시 후면광원(Back Light)가 필요

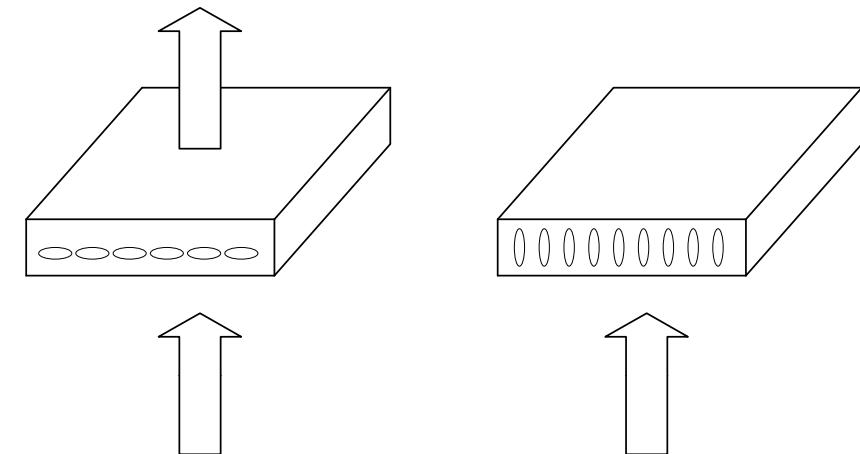


그림 11-2

## ❖ LCD의 장점

- 저소비전력( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) 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°C ~ 40°C)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

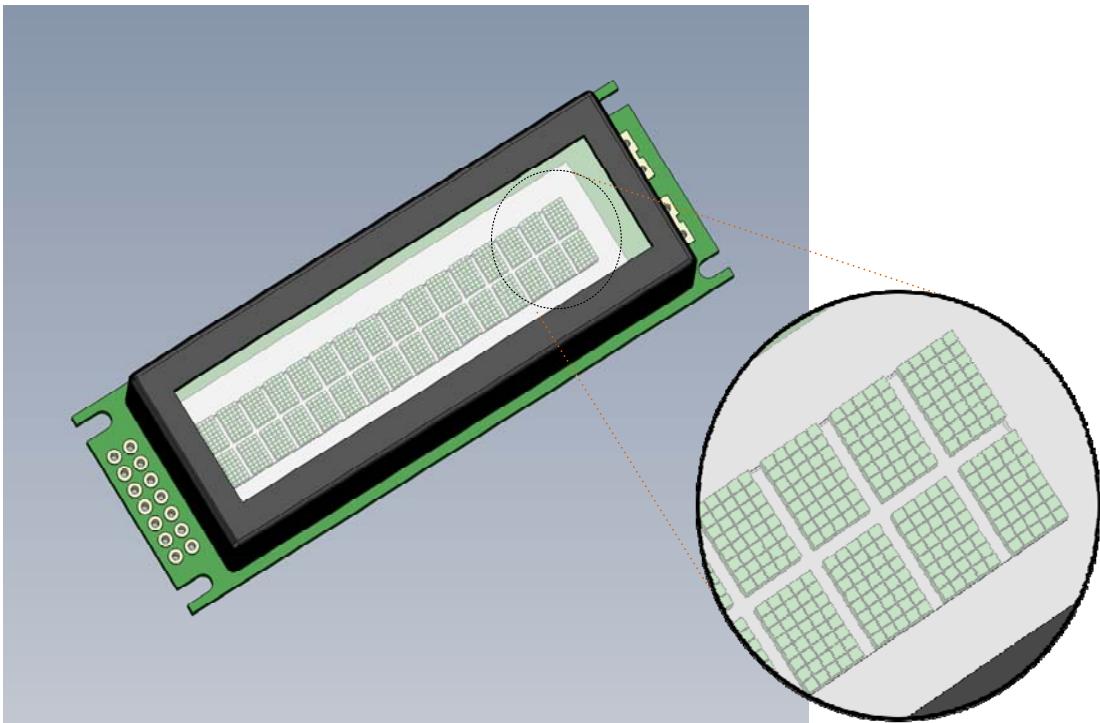
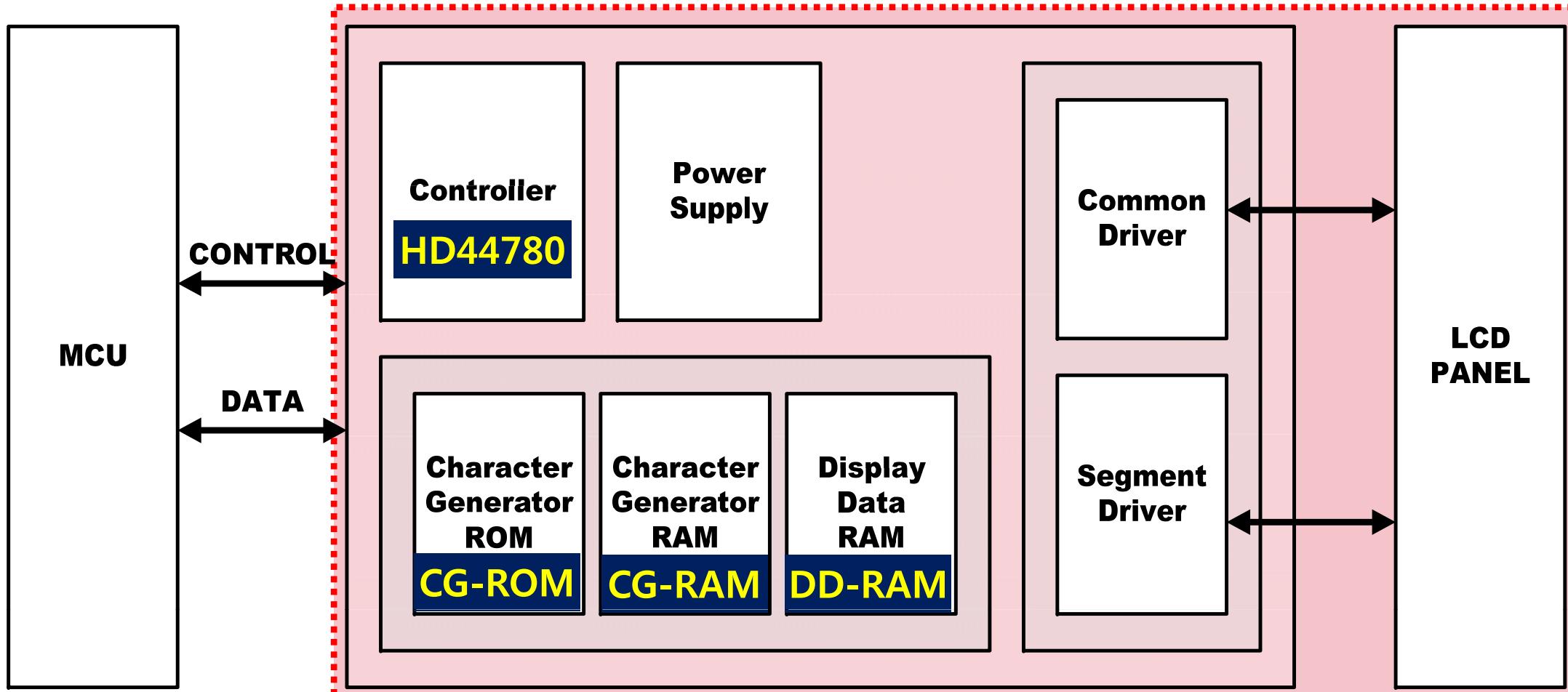


그림 11-6

## ❖ CLCD 내부구조

그림 11-9



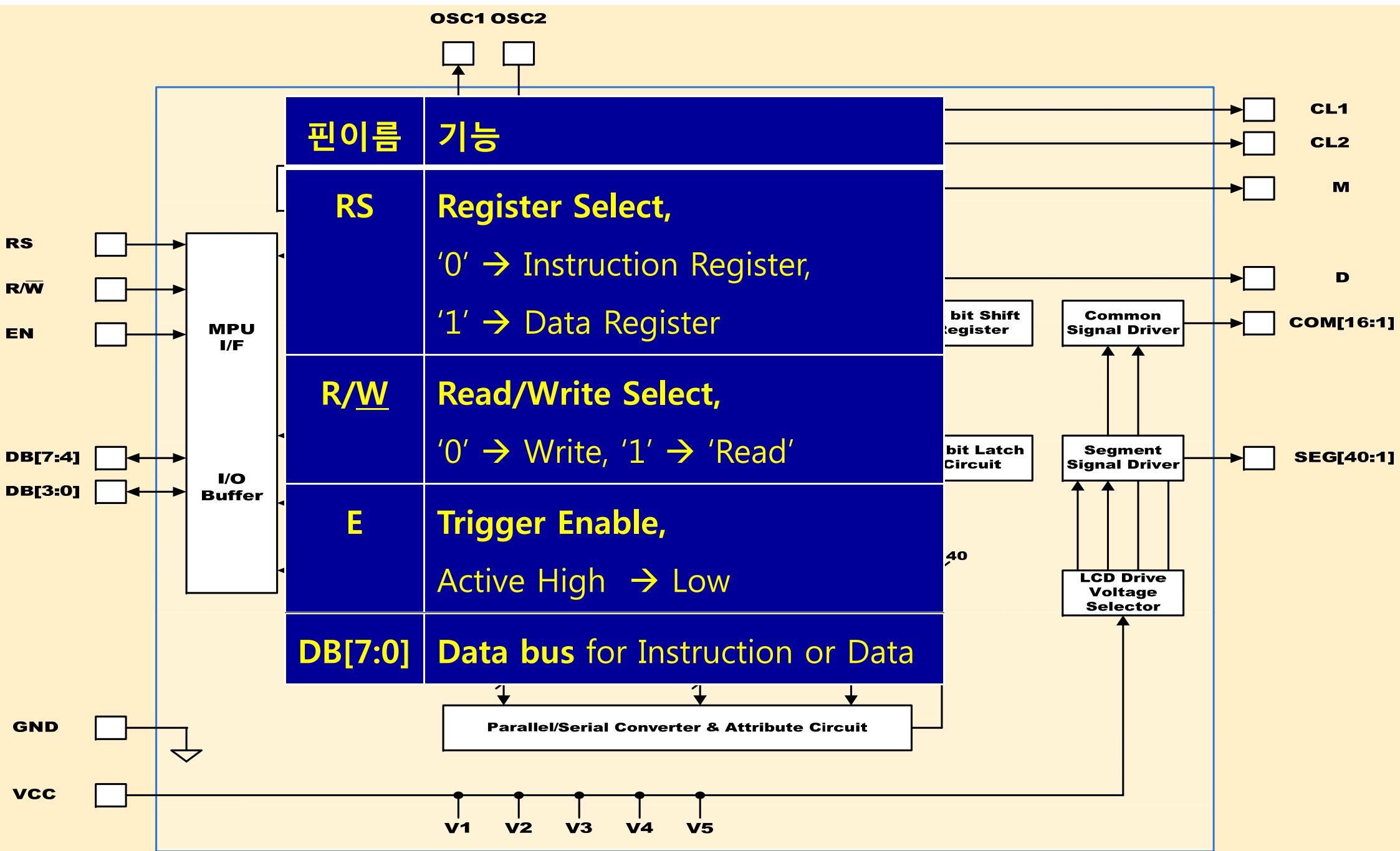
### 3. HD44780 컨트롤러

#### ❖ 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<sub>CC</sub> = 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 블럭다이어그램

그림 11-10



## ❖ CG-ROM 문자 패턴 그림 11-11

|           | Upper<br>Bits<br>4 Bits | 0000            | 0001 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 | 1000 | 1001 | 1010 | 1011 | 1100 | 1101 | 1110 | 1111 |
|-----------|-------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| xxxxx0000 | (1)                     | CG<br>RAM<br>00 |      |      |      | S    | P    | P    |      |      |      | —    | タ    | ミ    | ク    | ル    | ル    |
| xxxxx0001 | (2)                     |                 |      | !    | 1    | H    | Q    | a    | q    |      |      | □    | ア    | チ    | ケ    | エ    | ガ    |
| xxxxx0010 | (3)                     |                 |      | "    | Z    | B    | R    | b    | r    |      |      | 「    | イ    | リ    | ×    | ロ    | 。    |
| xxxxx0011 | (4)                     |                 |      | #    | 3    | C    | S    | c    | s    |      |      | 」    | ウ    | テ    | モ    | エ    | 。    |
| xxxxx0100 | (5)                     |                 |      | *    | 4    | D    | T    | d    | t    |      |      | 、    | エ    | ト    | ナ    | ハ    | 。    |
| xxxxx0101 | (6)                     |                 |      | X    | 5    | E    | U    | e    | u    |      |      | -    | オ    | ナ    | ユ    | シ    | 。    |
| xxxxx0110 | (7)                     |                 |      | 8    | 6    | F    | U    | f    | v    |      |      | ヲ    | カ    | ニ    | ヨ    | レ    | 。    |
| xxxxx0111 | (8)                     |                 |      | ?    | 7    | G    | W    | g    | w    |      |      | ア    | キ    | ヌ    | ラ    | ノ    | 。    |
| xxxxx1000 | (1)                     |                 |      | C    | 8    | H    | X    | h    | x    |      |      | イ    | フ    | ヌ    | リ    | ス    | 。    |
| xxxxx1001 | (2)                     |                 |      | 》    | 9    | I    | V    | i    | v    |      |      | フ    | テ    | ル    | ル    | 。    | 。    |
| xxxxx1010 | (3)                     |                 |      | *    | 8    | J    | Z    | j    | z    |      |      | エ    | コ    | ル    | レ    | 。    | 。    |
| xxxxx1011 | (4)                     |                 |      | +    | 9    | K    | C    | k    | c    |      |      | オ    | サ    | ヒ    | ロ    | 。    | 。    |
| xxxxx1100 | (5)                     |                 |      | ,    | L    | Y    | 1    | l    | 1    |      |      | ヤ    | シ    | フ    | ワ    | 。    | 。    |
| xxxxx1101 | (6)                     |                 |      | -    | =    | M    | J    | m    | j    |      |      | ユ    | ズ    | ム    | ニ    | 。    | 。    |
| xxxxx1110 | (7)                     |                 |      | ■    | >    | N    | H    | n    | h    |      |      | ヨ    | セ    | ル    | 。    | 。    | 。    |
| xxxxx1111 | (8)                     |                 |      | /    | ?    | O    | _    | o    | _    |      |      | ・    | シ    | ン    | マ    | 。    | 。    |

Power on

Wait for more than 15 ms  
after  $V_{CC}$  rises to 4.5 V

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

Wait for more than 4.1 ms

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

Wait for more than 100  $\mu$ s

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

Function set

Display on

Display clear

Entry mode set

|    |             |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| RS | R $\bar{W}$ | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
| 0  | 0           | 0   | 0   | 1   | 1   | N   | F   | *   | *   |
| 0  | 0           | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   |
| 0  | 0           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   |
| 0  | 0           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | I/D | S   |



Initialization ends

## ❖ HD44780 초기화 과정

그림 11-12

Function set

Function set

Function set

## ❖ HD44780 Write 타이밍

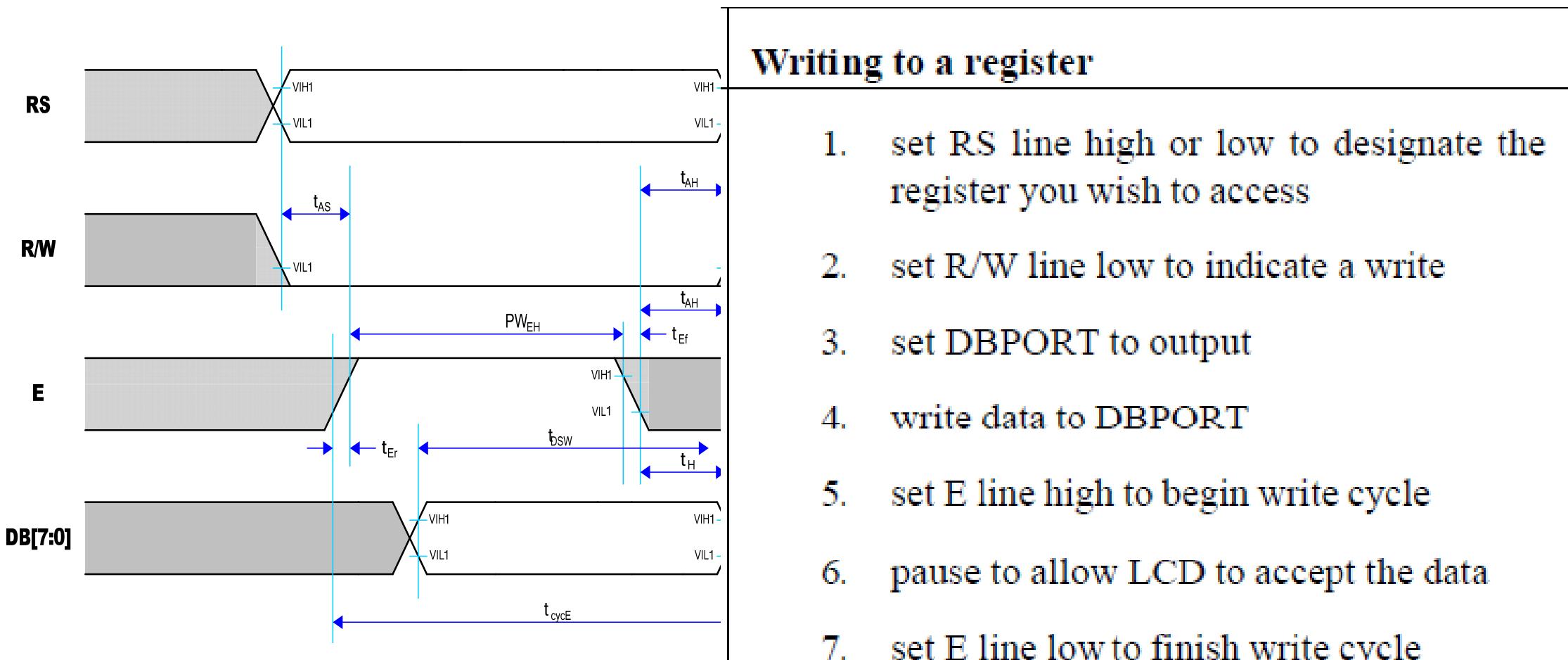
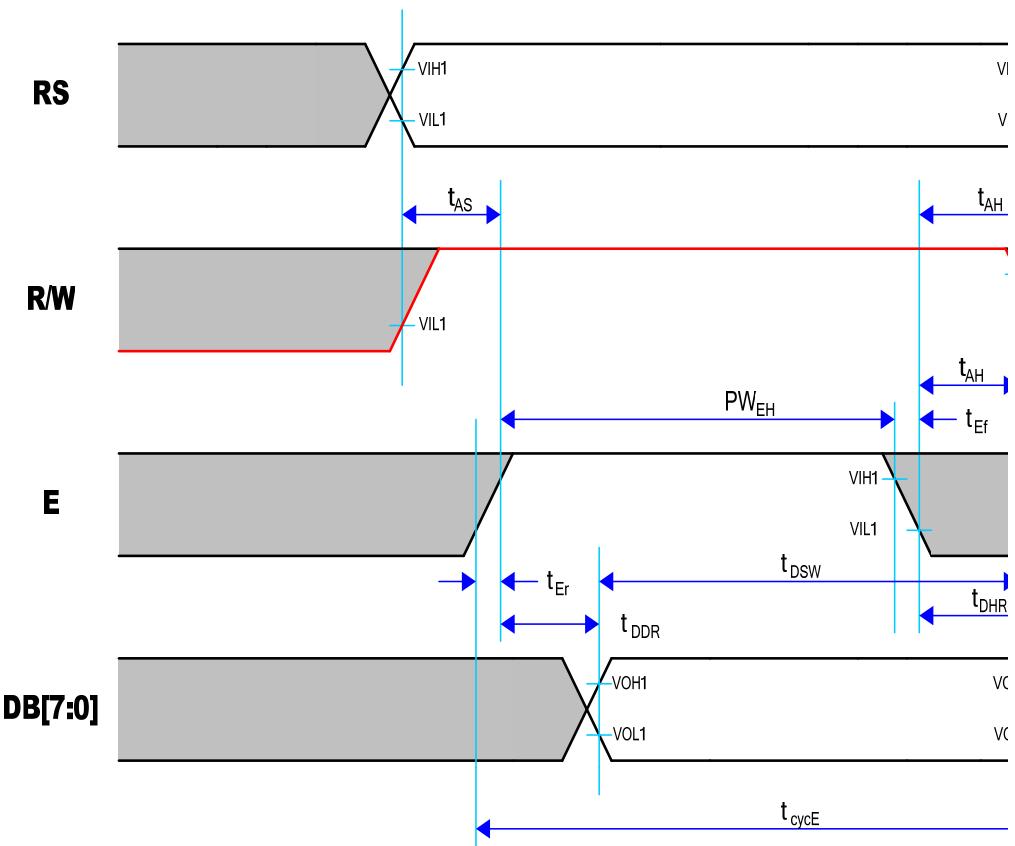


그림 11-13

## ❖ 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<br>(Control) |     | 명령어<br>(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             |
|      | <i>Entry_Mode_Set_Options</i> |
| 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                |
|      | <i>Display_Options</i>        |
| 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     |
|      | <i>Cusor_Display_Shift_Options</i> |
| 0x10 | 커서 선택, 커서 좌측 이동                    |
| 0x14 | 커서 선택, 커서 우측 이동                    |
| 0x18 | 화면 선택, 화면 좌측 이동                    |
| 0x1C | 화면 선택, 화면 우측 이동                    |
|      | <i>Function_Set_Options</i>        |
| 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               |