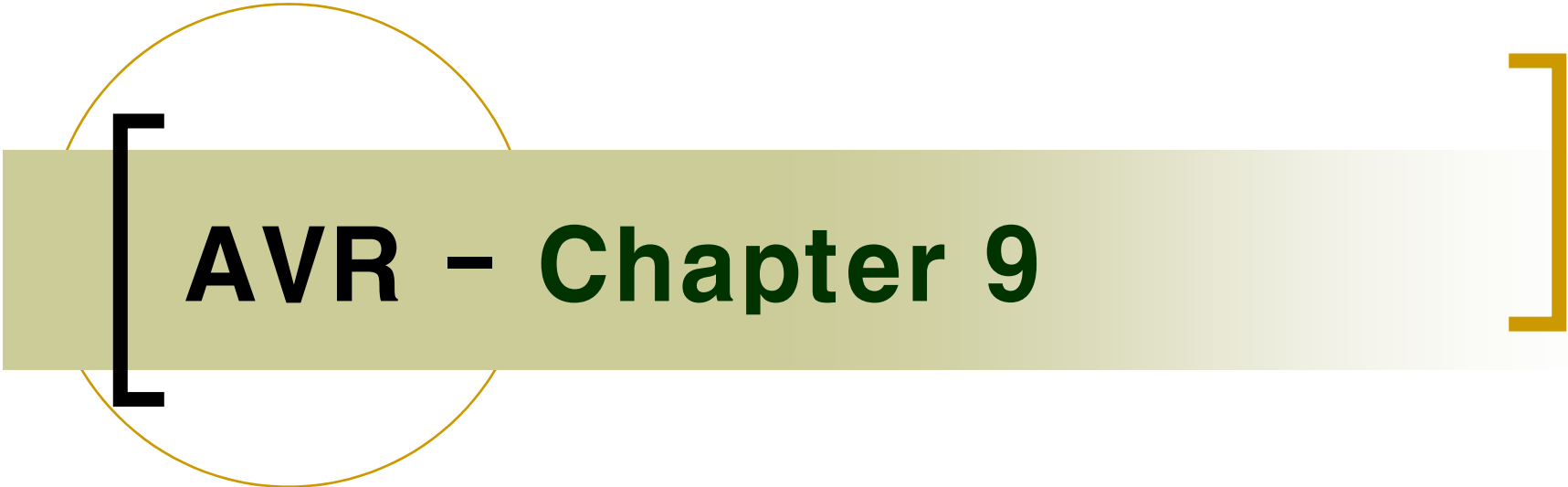




AVR - Chapter 9

류대우

(주)뉴티씨(NEWTC) 대표이사

davidryu@newtc.co.kr

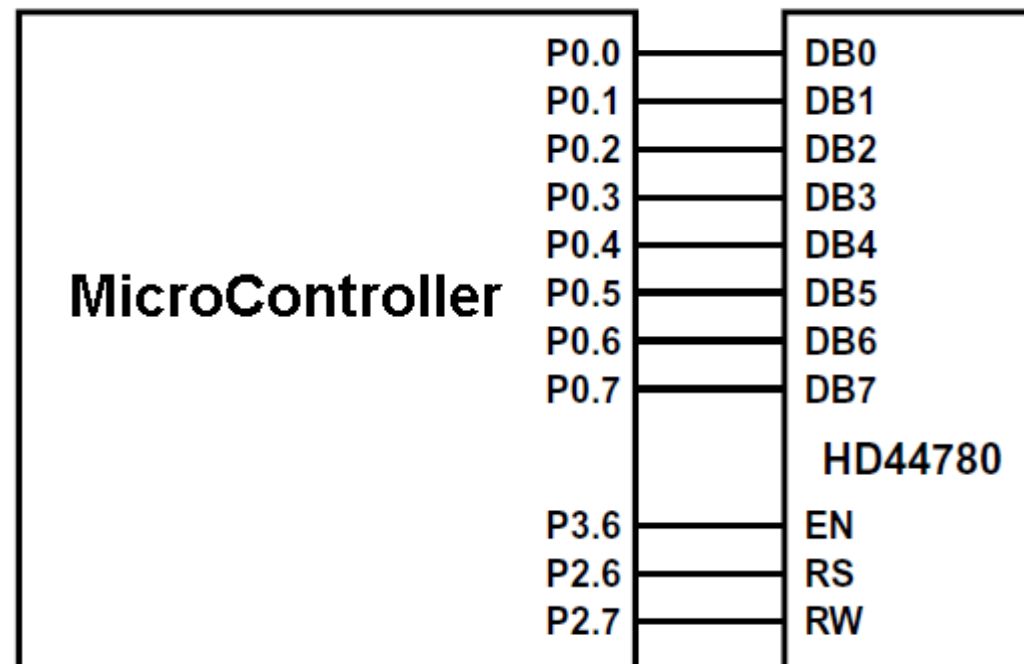
[히다찌 HD44780 호환 모드 사용시]

- 텍스트 LCD는 대부분 히다찌에서 만든 HD44780을 기본으로 한다. 거기에서 약간씩 나라에 따라서, 약간씩 변형을 준 것이 대부분이다.
- 하지만, 타이밍과 색깔이 약간씩 다른 정도로, 대부분의 경우 거의 똑같다.
- 기본 제어 방식이 같으므로, 기본 소스를 제작한 후, LCD마다 약간씩 다른 타이밍도를 참고하여, 수정하여 사용한다.

[서론]

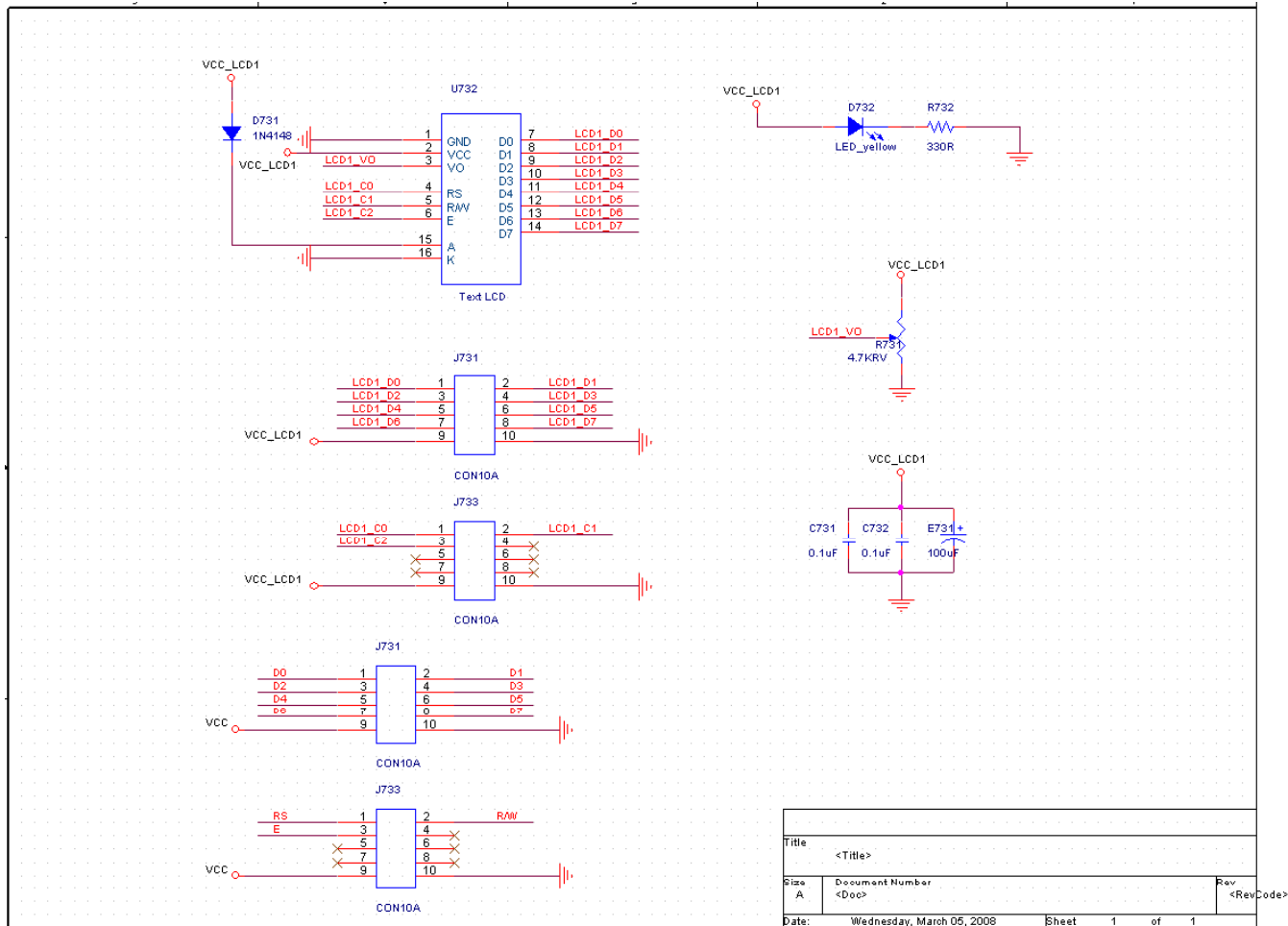
- 텍스트 LCD를 제어함에 있어서, 가장 중요한 포인트는 바이어스를 잘 설정하고, 핀 연결을 제대로 하는 데 있겠다.
- 하드웨어가 준비 되면, 소프트웨어 작업에 들어가는 데, 타이밍에 맞춰서 , delay를 잘 주는 것도 중요하겠지만, Text LCD의 경우 일반적으로 대략 잘 맞으므로, 이 부분은 걱정 없겠다.
- 대부분 히다씨의 HD44780 호환 모드가 업계의 표준이다시피 하고, 약간씩 변경이 있는 정도로 텍스트 LCD는 제어되고 있다.
- 우선 여기서는 (주)뉴티씨(NEWTC)의 KD-128PRO (ATMega128 개발 키트)를 기준으로 하였으며,
- 선의 연결은 아래와 같다.
 - Data : 데이터 용으로 사용할 포트
 - RS : Control용으로 연결한 포트의 0번 비트
 - R/W : Control용으로 연결한 포트의 1번 비트
 - E : Control용으로 연결한 포트의 2번 비트

[Connecting HD44780 to Micro controller]



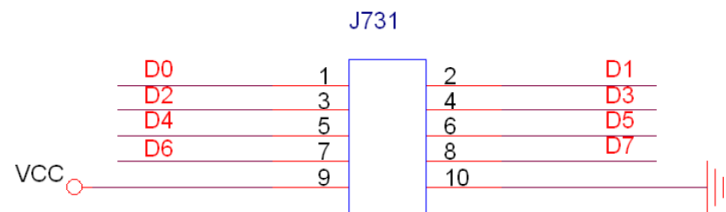
[인터페이스 회로도

]



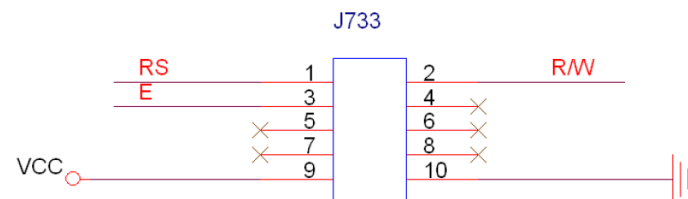
[커넥터 연결

■ 데이터 신호 핀 번호



1 번	3 번	5 번	7 번	9 번
D0	D2	D4	D6	전원 5V
2 번	4 번	6 번	8 번	10 번
D1	D3	D5	D7	전원 GND

■ 컨트롤 신호 핀 번호



1 번	3 번	5 번	7 번	9 번
RS	E			전원 5V
2 번	4 번	6 번	8 번	10 번
R/W				전원 GND

[컨트롤 신호



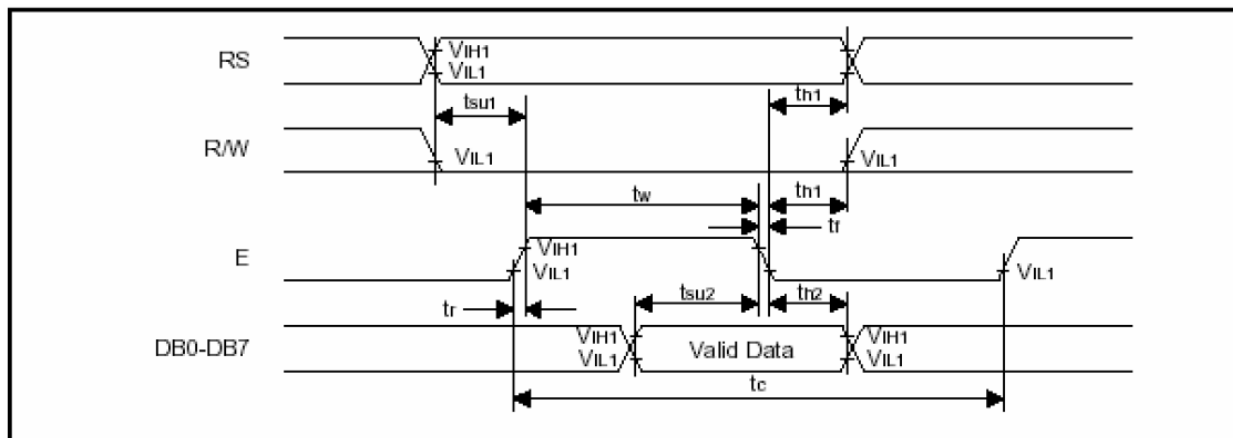
신호	동작
RS	Register selection 1 : Data register 0 : Instruction register)
R/W	Read/write selection 1 : Read 0 : Write
E	Enable signal E 의 하강 Edge에서 데이터를 전달

[Control and Display Instruction]

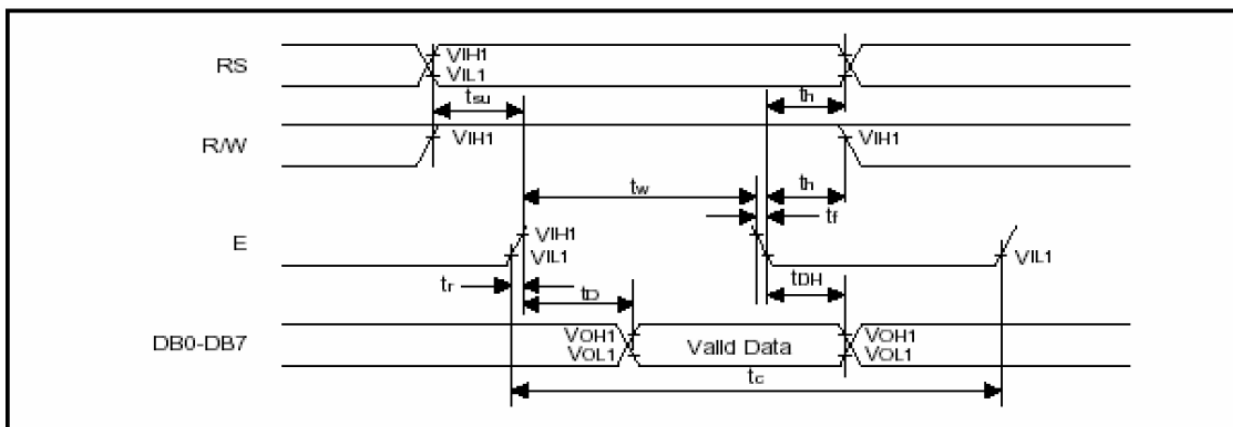
Instruction	Instruction Code										Description Instruction Code	Execution time (fsoc=270kHz)
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Write "20H" to DDRAM, and set DDRAM address to "00H" from AC.	1.53ms
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	Set DDRAM address to "00H" from AC and return cursor to its original position if shifted. The contents of DDRAM are not changed.	1.53ms
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	SH	Assign cursor moving direction and make shift of entire display enable.	39μs
Display ON/OFF Control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Set display(D), cursor(C), and blinking of cursor(B) on/off control bit.	39μs
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X	Set cursor moving and display shift control bit, and the direction, without changing DDRAM data.	39μs
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X	Set interface data length (DL : 4-bit/8-bit), numbers of display line (N : 1-line/2-line), display font type(F : 5 X 8 dots/ 5 X 11 dots)	39μs
Set CGRAM Address	0	0	0	1	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Set CGRAM address in address counter.	39μs
Set DDRAM Address	0	0	1	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Set DDRAM address in address counter.	39μs
Read Busy Flag and Address	0	1	BF	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Whether during internal operation or not can be known by reading BF. The contents of address counter can also be read.	0μs
Write Data to RAM	1	0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Write data into internal RAM (DDRAM/CGRAM).	43μs
Read Data from RAM	1	1	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Read data from internal RAM (DDRAM/CGRAM).	43μs

[Timing Diagram

■ Write Mode



■ Read Mode



[Control Timing]

Mode	Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Write Mode	E Cycle Time	t_c	500	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	t_R, t_F	-	-	20	
	E Pulse Width (High, Low)	t_w	230	-	-	
	R/W and RS Setup Time	t_{su1}	40	-	-	
	R/W and RS Hold Time	t_{H1}	10	-	-	
	Data Setup Time	t_{su2}	80	-	-	
	Data Hold Time	t_{H2}	10	-	-	
Read Mode	E Cycle Time	t_c	500	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	t_R, t_F	-	-	20	
	E Pulse Width (High, Low)	t_w	230	-	-	
	R/W and RS Setup Time	t_{su}	40	-	-	
	R/W and RS Hold Time	t_H	10	-	-	
	Data Output Delay Time	t_D	-	-	120	
	Data Hold Time	t_{DH}	5	-	-	

[프로그래밍



- 우선은 아래와 같이 RS, RW, E 를 쉽게 제어할 수 있도록 함수로 만들도록 한다.

- ```
void LCD_RS(int onoff){
 if(onoff==ON)
 PORTA = PORTA|0x04;
 else
 PORTA = PORTA&0xFB;
}
```

```
void LCD_RW(int onoff){
 if(onoff==ON)
 PORTA = PORTA|0x08;
 else
 PORTA = PORTA&0xF7;
}
```

```
void LCD_E(int onoff){
 if(onoff==ON)
 PORTA = PORTA|0x20;
 else
 PORTA = PORTA&0xDF;
}
```

# [Char 데이터를 쓰는 함수]

- 데이터를 쉽게 쓰기 위해 char를 쓰는 함수를 만들자.
- 데이터를 쓰고 나서는 반드시 E 펄스를 주어야 함에 유의한다.
  - `void write_char(char s){  
    LCD_RS(ON);  
    PORTF=s;  
    E_Pulse();  
}`
  - `void E_Pulse(void){  
    char i;  
    LCD_E(ON);  
    delay(DELAYTIME1);  
    LCD_E(OFF);  
}`

# [ 텍스트 LCD의 초기화 ]

## ■ 초기화의 중요성

- 데이터를 쓰기 전에 TextLCD를 초기화 하지 않으면, 켜 때마다 값이 달라질 수 있으므로,
- 사용하기 전에 반드시 초기화를 통해,
- Display를 ON하고,
- 화면을 클리어하고,
- 커서 위치를 (0,0)으로 가져다 놓아야 한다.

# [HD44780 인스트럭션 세트]

- 사용할 함수에 따라서, 아래 인스트럭션 셋을 참조한다.

| Instruction                                 | Code |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                             | RS   | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
| <a href="#">Clear Display</a>               | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   |
| <a href="#">Return Home</a>                 | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | *   |
| <a href="#">Entry Mode Set</a>              | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | I/D | S   |
| <a href="#">Display ON/OFF</a>              | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | C   | B   |
| <a href="#">Cursor and Display Shift</a>    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | S/C | R/L | +   | +   |
| <a href="#">Function Set</a>                | 0    | 0   | 0   | 0   | 1   | DL  | N   | F   | +   | +   |
| <a href="#">Set CG RAM address</a>          | 0    | 0   | 0   | 1   | A   | A   | A   | A   | A   | A   |
| <a href="#">Set DD RAM address</a>          | 0    | 0   | 1   | A   | A   | A   | A   | A   | A   | A   |
| <a href="#">Read busy flag and address</a>  | 0    | 1   | BF  | A   | A   | A   | A   | A   | A   | A   |
| <a href="#">Write data to CG or DD RAM</a>  | 1    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| <a href="#">Read data from CG or DD RAM</a> | 1    | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

**Notes**  
 \* means 0 or 1 have no effect

Where execution times are given as A / B

A applies for 1/8 duty or 1/11 duty (1 display line)

B applies for 1/16 duty (2 display lines)

# [레지스터들(HD44780)]

- 8 비트 레지스터들, 인스트럭션 레지스터(IR), 데이터 레지스터(DR)로 구성
- IR의 역할
  - DD RAM (Display Data RAM)과 CG RAM (Character generator RAM)에 화면 클리어, 커서 이동, 그리고 어드레스 정보 등과 같은 Instruction 코드들을 저장
  - IR은 MPU로부터 다시 쓰여질 수 있지만 MPU에 의해 읽혀질 수는 없다.
- DR의 역할
  - DD RAM또는 CG RAM에 쓰여질 데이터를 임시로 저장한다.
  - DD RAM 또는 CG RAM으로부터 읽혀질 데이터를 임시로 저장한다.
  - MPU로부터 DR에 쓰여진 데이터는 내부 동작에 의해 자동적으로 DD RAM 또는 CG RAM에 쓰여진다.
  - DR은 DD RAM 또는 CG RAM으로부터 읽혀질 때, 데이터 저장용으로도 사용된다.
  - 어드레스 정보가 IR에 쓰여질 때, 데이터는 DD RAM 또는 CG RAM에서 DR로 내부 동작에 의해 읽혀진다.
  - 그런 다음, MPU로의 데이터 전송은 MPU에 의해 DR을 읽음에 의해 완료된다. MPU가 DR을 읽은 후에, 다음 어드레스에 있는 DD RAM 또는 CG RAM 안의 데이터는 MPU로부터 다음 읽혀질 때 DR로 보내진다.
  - 레지스터 선택기(RS) 신호들은 이들 두 레지스터들로부터 그것들의 선택을 한다.

# [레지스터 선택하기]

## Register selection

| RS | R/W | Enable  | Operation                                                  |
|----|-----|---------|------------------------------------------------------------|
| == | === | =====   | =====                                                      |
| 0  | 0   | H, H->L | IR write as internal operation<br>(Display clear, etc.)    |
| 0  | 1   | H       | Read busy flag (DB7) and<br>address counter (DB0-DB6)      |
| 1  | 0   | H, H->L | DR write as internal operation<br>(DR to DD RAM or CG RAM) |
| 1  | 1   | H       | DR read as internal operation<br>(DD RAM or CG RAM to DR)  |

# [관련 레지스터들]

## ■ Busy Flag

- 플래그가 "1"일 때는, HD44780은 내부 동작모드에 있어서, 다음 Instruction이 받아 들여지지 않을 것이다.
- 레지스터 선택 테이블이 보여주는 것처럼, busy 플래그는 RS=0, R/W=1일 때 DB7로 출력된다. 다음 instruction은 busy 플래그가 "0"임을 확인한 후에 쓰여져야 한다.

## ■ Address counter (AC)

- 어드레스 카운터(AC)는 어드레스들을 DD와 CG RAM들로 할당한다. 어드레스에 대한 인스트럭션이 IR에 쓰여질 때, 어드레스 정보는 IR에서 AC로 보내진다. DD 또는 CG RAM의 선택은 또한 인스트럭션에 의해 함께 결정된다.
- DD 또는 CG RAM 디스플레이 데이터로 쓴 후에, AC는 자동적으로 1 증가 또는 감소된다. AC 내용은 위의 레지스터 선택 테이블에서 보여준 것처럼, RS=0 그리고 R/W=1일 때, DB0~DB6로 출력된다.

## ■ Display Data RAM (DD RAM)

- DD RAM은 8비트 캐릭터 코드들에 나타난 디스플레이 데이터를 저장한다. 그것의 용량은 80\*8비트, 또는 80 캐릭터들이다. 80 캐릭터들보다 적게 디스플레이 하고, DD RAM은 디스플레이에 대해 일반 데이터 램으로 사용될 수 있다. DD RAM 어드레스들과 LCD상의 위치들은 아래와 같다. DD RAM 주소는 AC에 셋 되고, hexa 데미컬로 보여진다.

# [CG ROM 과 CG RAM]

- LM018에 의해 제공된 40 문자 x 2 라인 디스플레이로 디스플레이 쉬프트가 수행될 때, 디스플레이는 뺄 돌 것입니다. 왼쪽 쉬프트는 디스플레이 위치 1에 떨어져서 디스플레이 위치 40에 다시 나타날 것입니다. 오른쪽 쉬프트는 사전에 문자가 디스플레이 위치 40에 나타나서는 디스플레이 위치 1에 다시 나타날 것입니다.
- Character Generator ROM (CG ROM)  
문자 발생기 ROM은 5 x 7 도트 또는 5 x 10 도트 문자 패턴들을 8비트 문자 코드들로부터 발생시킬 겁니다. 그것은 192개의 5 x 7 도트 캐릭터 패턴들과 192개 5 x 10 도트 캐릭터 패턴들을 가집니다.
- Character Generator RAM (CG RAM)  
문자 발생기 램은 유저가 소프트웨어로 문자 패턴들을 재정의 할 수 있는 램입니다. 5 x 7 도트로는, 8개의 유저 정의된 문자 패턴들이 저장될 수 있고, 5x10 도트로는 4개의 유저 정의된 문자 패턴들이 저장될 수 있습니다.

# DD RAM 어드레스들

## [(40\*2 라인 디스플레이)]

DD RAM addresses for a 40 character x 2 line display

|          | 1  | 2  |           | 39 | 40 | ← display position     |
|----------|----|----|-----------|----|----|------------------------|
| 1st line | 00 | 01 | - - - - - | 26 | 27 | ← DD RAM address (Hex) |
| 2nd line | 40 | 41 | - - - - - | 66 | 67 | ← DD RAM address (Hex) |

# [ 내부 리셋 회로에 의한 초기화(I) ]

- HD44780는 파워가 켜질 때, 내부 리셋 회로를 사용하여, 자동적으로 초기화한다.(리셋)
- 다음 인스트럭션 들이 초기화 할 때, 실행된다.
- Busy flag (BF)는 초기화가 끝날 때까지 Busy 상태로 남는다. Busy 상태(BF=1)는 Vcc가 4.5 볼트로 올라온 후에 10ms이다.
  
- 1. 디스플레이 클리어
- 2. Function set .....
  - DL = 1 : 8 비트 인터페이스
  - N = 0 : 1 라인 디스플레이
  - F = 0 : 5 x 7 도트 캐릭터 폰트
- 3. 디스플레이 ON/OFF ...
  - D = 0: Display OFF
  - C = 0: Cursor OFF
  - B = 0: Blink OFF

# [ 내부 리셋 회로에 의한 초기화(2) ]

## ■ 4. Entry mode set ..

- I/D = 1: +1 (increment)
- S = 0: No shift

## ■ 5. DD RAM에 써라

- 다음의 경우 내부 리셋 회로는 정상적으로 동작하지 않는다.
  - 전원공급의 rise time(0.2→4.5)이 0.1ms - 10ms를 벗어날 때,
  - 전원 OFF(0.2 이하)의 저 레벨 폭이 1ms보다 짧을 때
- 이 경우에, 초기화는 정상적으로 수행되지 않을 것이다.
- 상세화된 아래의 인스트럭션에 의해 초기화 하라
- 만약 리셋 회로를 똑바로 동작시키기 위한 전원 공급 조건들이 맞춰지지 않으면, 인스트럭션에 의한 초기화가 요구된다.

# [인스트럭션에 의한 초기화 (인터페이스가 8비트 와이드일 때)]

```

[Power ON]

[Wait more than 15ms]
[after Vdd rises to 4.5v]

RS R/W DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0 Can't check BF before this instruction
0 0 0 0 1 1 * * * * Function set (8-bit interface)

[Wait more than 4.1ms]

RS R/W DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0 Can't check BF before this instruction
0 0 0 0 1 1 * * * * Function set (8-bit interface)

[Wait more than 100us]

RS R/W DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0 Can't check BF before this instruction
0 0 0 0 1 1 * * * * Function set (8-bit interface)

BF can be checked after the following
instructions. When BF is not checked,
the waiting time between instructions
is longer than the execution time.
(See Instruction set)

RS R/W DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0
0 0 0 0 1 1 N F * * Function set [8-bit Interface]
 [Specify display lines]
RS R/W DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 Display OFF [and character font]
 These cannot be
 changed afterwards

RS R/W DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 Display ON

RS R/W DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0
0 0 0 0 0 0 1 1/0 S entry mode set

[end of initialisation]

```

# [참고!! 인터페이스가 4비트 폭일 때의 초기화]

[Power ON]

[ Wait more than 15ms ]  
[after Vdd rises to 4.5v]

|    |     |     |     |     |     |                                                                          |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------|
| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 |                                                                          |
| 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | Can't check BF before this instruction<br>Function set (8-bit interface) |

[Wait more than]  
[ 4.1ms ]

|    |     |     |     |     |     |                                                                          |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------|
| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 |                                                                          |
| 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | Can't check BF before this instruction<br>Function set (8-bit interface) |

[Wait more than]  
[ 100us ]

|    |     |     |     |     |     |                                                                          |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------|
| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 |                                                                          |
| 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | Can't check BF before this instruction<br>Function set (8-bit interface) |

BF can be checked after the following instructions. When BF is not checked, the waiting time between instructions is longer than the execution time.  
(See Instruction set)

|    |     |     |     |     |     |                                   |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------------|
| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 |                                   |
| 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | Function set (to 4-bit interface) |

|    |     |     |     |     |     |                                                            |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------------------------------------|
| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 |                                                            |
| 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   |                                                            |
| 0  | 0   | N   | F   | *   | *   | Function set [4-bit Interface ]<br>[Specify display lines] |

|    |     |     |     |     |     |                                                   |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------------------|
| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 |                                                   |
| 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | [and character font ]                             |
| 0  | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | Display OFF These cannot be<br>changed afterwards |

|    |     |     |     |     |     |            |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 |            |
| 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |            |
| 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | Display ON |

|    |     |     |     |     |     |                |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| RS | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 |                |
| 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |                |
| 0  | 0   | 0   | 1   | I/O | S   | entry mode set |

[end of initialisation]

# [문제

]

- Text LCD에 “Hello Mr. xxx” 를 첫 번째 줄에  
“Thank You!” 를 두 번째 줄에 쓰시오.
- Shift 명령으로 오른쪽으로 Shift 하면서 글을 돌려보  
세요.