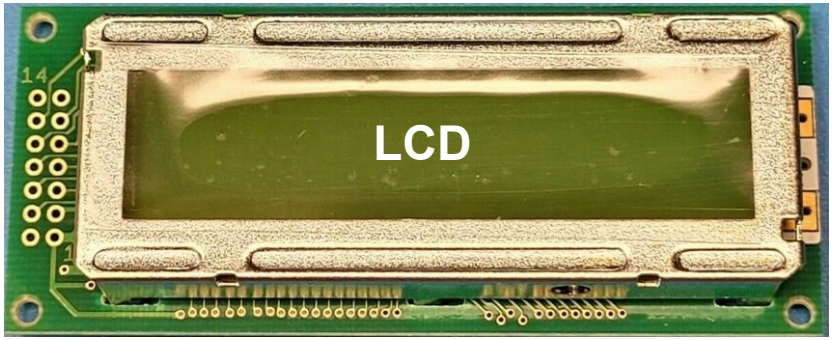
Lecture 05

LCD 제어

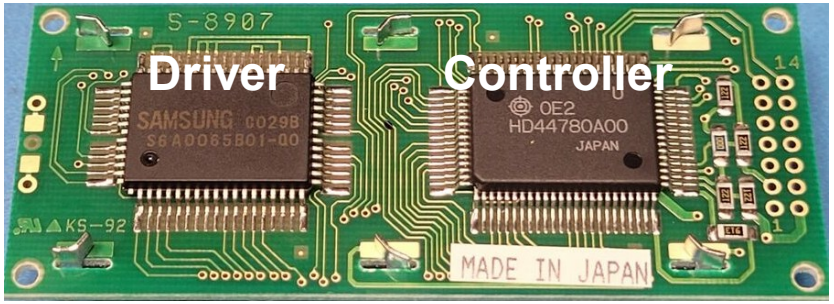
LCD 모듈 소개

- 16×2 LCD(Liquid Crystal Display)

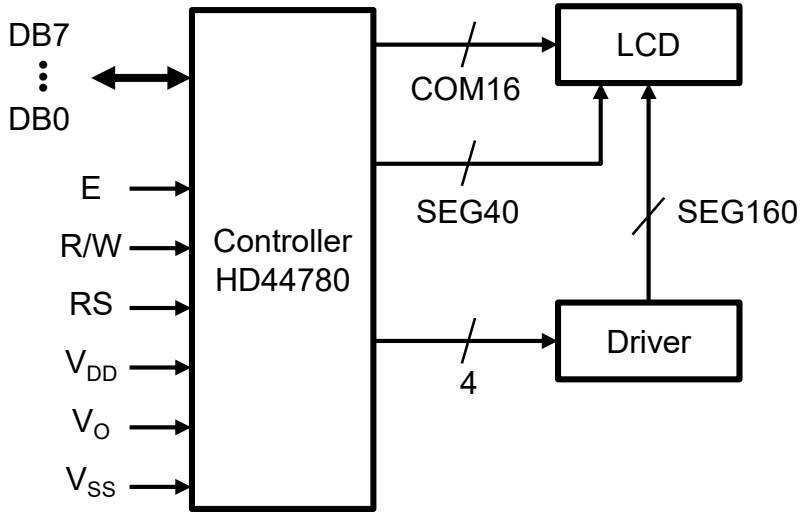


앞면

뒷면



- 16문자 2라인
- 4비트, 8비트 MCU와 인터페이스
- 5×7 도트, 5×10 도트 디스플레이 폰트
- 240 문자 폰트의 문자 발생기 ROM(CGROM)
- 64×8비트 문자발생기 RAM(CGRAM)



LCD 모듈 소개

- 인터페이스 핀
  1. VSS : GND(0V)
  2. VDD : VCC(5V)
  3. VO : 가변저항 10k를 달아서 글자의 밝기를 조절해줌
  4. RS : 입력신호만 받는 단자로서 LCD의 제어 명령/데이터 입력 제어 신호를 설정함
     - 0이면 명령 입력 설정(IR 선택)
     - 1이면 데이터 입력 설정(DR 선택)
  5. R/W : 읽기/쓰기 단자 Read/Write 신호를 관장함
     - 0이면 쓰기 동작으로서 MCU에서 LCD 모듈로의 데이터 쓰기
     - 1이면 읽기 동작으로서 LCD모듈에서 MCU로의 데이터 읽기
  6. E : Enable 신호 명령이 하나 입력될 때마다 펄스를 하나씩 내줌
     - 0이면 LCD가 동작하지 않음
     - 1이면 LCD가 동작함
  7. DB0~DB7 : 데이터 버스

LCD 모듈 소개

- 인터페이스 핀

핀번호	기호	신호레벨	핀설명	비고
1	VSS	-	Ground	0V
2	VDD	-	Vcc	5V±5%
3	VO	H/L	Text Light	by user
4	RS	H/L	Register selection	H:data L:instruction
5	R/W	H,H->L	Read/Write	H:read L:write
6	E	H/L	Enable signal	
7	DB0	H/L	Data 0	
8	DB1	H/L	Data 1	
9	DB2	H/L	Data 2	
10	DB3	H/L	Data 3	4bit사용시 DB4~DB7을 사용
11	DB4	H/L	Data 4	
12	DB5	H/L	Data 5	
13	DB6	H/L	Data 6	
14	DB7	H/L	Data 7	

LCD 모듈 소개

- Instruction set

I/D = 1 : 어드레스 자동 증가
I/D = 0 : 어드레스 자동 감소
S = 1 : 전체 시프트
S = 0 : 시프트 안함
S/C = 1 : 표시 시프트
S/C = 0 : 커서 이동
R/L = 1 : 오른쪽으로 시프트
R/L = 0 : 왼쪽으로 시프트
DL = 1 : 8비트
DL = 0 : 4비트
N = 1 : 2라인
N = 0 : 1라인
F = 1 : 5×10 도트
F = 0 : 5×8 도트
BF = 1 : 내부 동작 중
BF = 0 : 명령/데이터 받기 가능

DDRAM : 표시 데이터 RAM
CGRAM : 폰트 제작용 RAM
ACG : CGRAM 어드레스
ADD : DDRAM 어드레스
AC : 어드레스 카운터

명령		제어명령		데이터									설명	실행 시간
		RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	hex		
명령 쓰기	화면 클리어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0x01	표시클리어, 커서홈	1.64ms
	커서홈	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	0x02	커서홈	1.64ms
	엔트리 모드셋	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	0x06	커서방향,표시이동(x)	40us
												0x07	커서방향,표시이동(0)	
	표시 온/오프	0	0	0	0	0	0	1	D Display 표시	C Cursor 커서	B Blink 블링크	0x08	표시(x),커서(x),블링크(x)	40us
												0x0c	표시(0),커서(x),블링크(x)	
												0x0e	표시(0),커서(0),블링크(x)	
												0x0f	표시(0),커서(0),블링크(0)	
	표시 시프트	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	0x18	커서,표시내용을 좌로 이동	40us
												0x1c	커서,표시내용을 우로 이동	
	펑션셋	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	0x28	Data선4비트,2줄표시,5x7도트	40us
												0x38	Data선8비트,2줄표시,5x7도트	
	CG 램주소	0	0	0	1	Address						0x40 ~ 0x7f	CG램 어드레스 설정	40us
	DD 램주소	0	0	1	Address							0x80~ 0xff	DD램 어드레스 설정	40us
명령 읽기	BF주소 읽기	0	1	BF	Address								BF,AC 내용읽기	40us
데이터 쓰기	데이터 쓰기	1	0	쓸 DATA									데이터를 쓴다	40us
데이터 읽기	데이터 읽기	1	1	읽을 DATA									데이터를 읽는다	40us

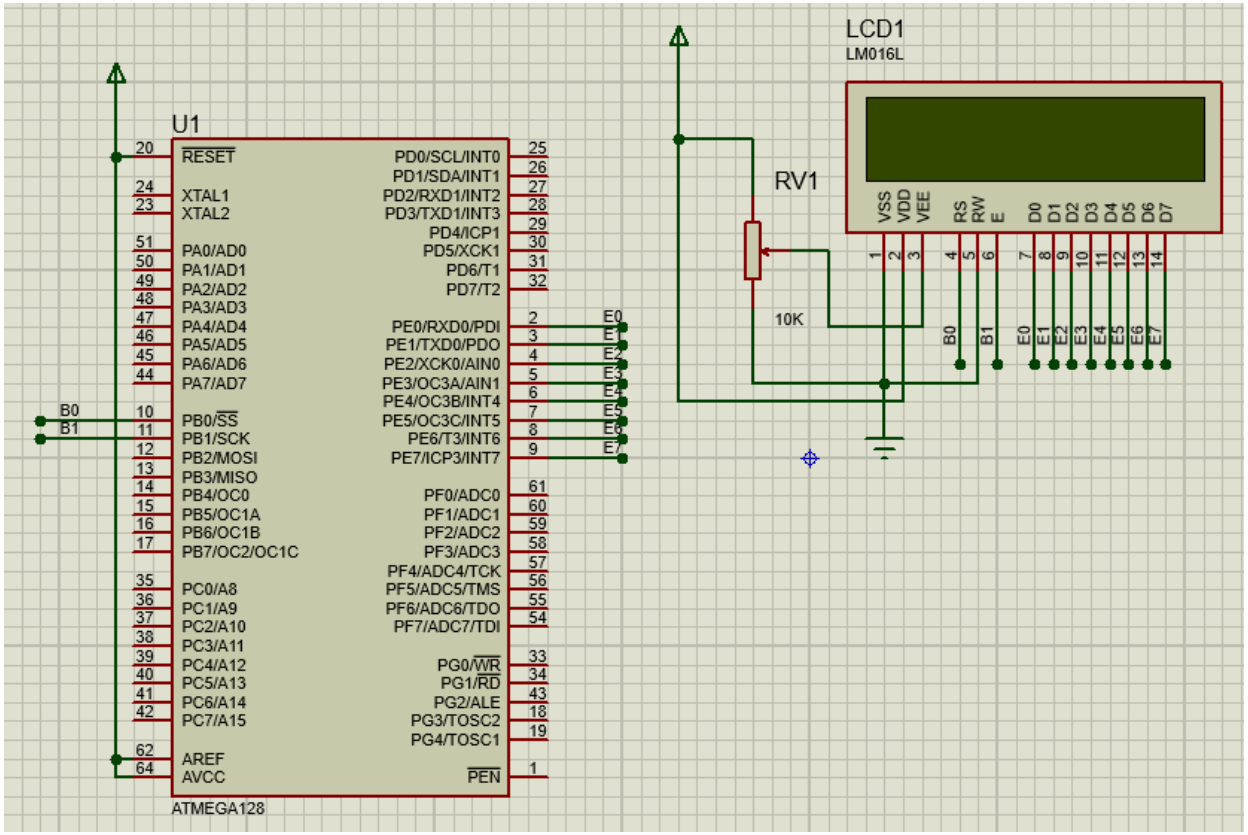
LCD 모듈 소개

- 레지스터
  - 명령 레지스터(IR)
    - CPU로부터 LCD 표시에 관련된 제어명령을 쓰는 용도
    - LCD 모듈의 제어상태를 확인하는 용도
  - 데이터 레지스터(DR)
    - DDRAM 혹은 CGRAM에 써 넣기 위한 데이터를 저장하는 용도
    - DDRAM 혹은 CGRAM으로부터 읽어진 데이터의 일시적인 저장 용도

RS	R/W	동 작 기 능
0	0	IR 선택하여 제어명령쓰기(디스플레이 클리어 등)
0	1	DB7로부터 비지플래그를 읽기/어드레스카운터를 DB0-6으로부터 읽기
1	0	DR선택하여 데이터 값을 쓰기(DR에서 DDRAM혹은 CGRAM으로)
1	1	DR선택하여 데이터 값을 읽기 (DDRAM혹은 CGRAM에서 DR로)

실습1: 8비트 버스 사용

- Proteus



실습1: 8비트 버스 사용

- LCD 제어 핀 할당
  - RS, E : 포트B
  - DB7, …, DB0 : 포트E
  - R/W = 0 : MCU에서 LCD 모듈로의 데이터 쓰기

```
#define LCD_DATA_DIR  DDRE
#define LCD_DATA_PORT PORTE
#define LCD_CTRL_DIR  DDRB
#define LCD_CTRL_PORT PORTB
```

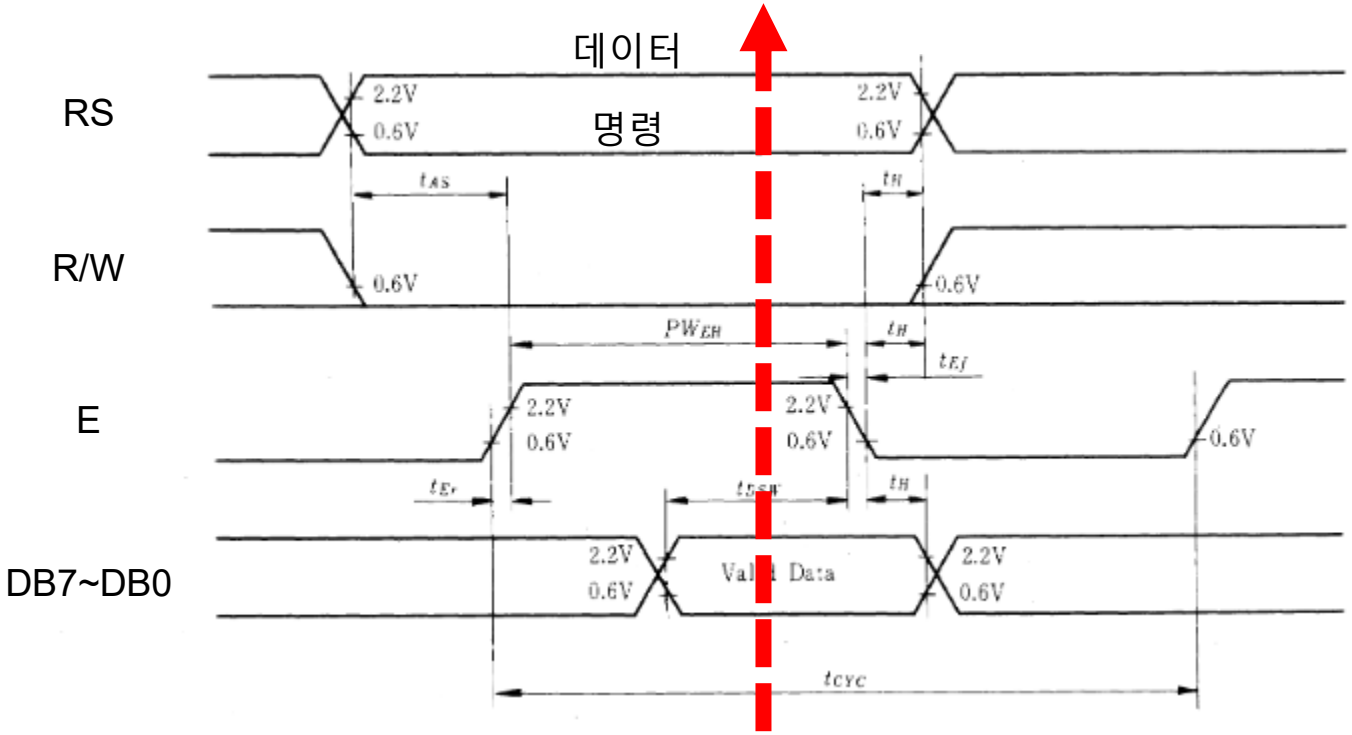
- 자주 사용하는 RS와 E 신호 설정

```
#define LCD_E_HIGH  (LCD_CTRL_PORT |= 0x02)
#define LCD_E_LOW   (LCD_CTRL_PORT &= 0xfd)
#define LCD_RS_HIGH (LCD_CTRL_PORT |= 0x01)
#define LCD_RS_LOW  (LCD_CTRL_PORT &= 0xfe)
```

실습1: 8비트 버스 사용

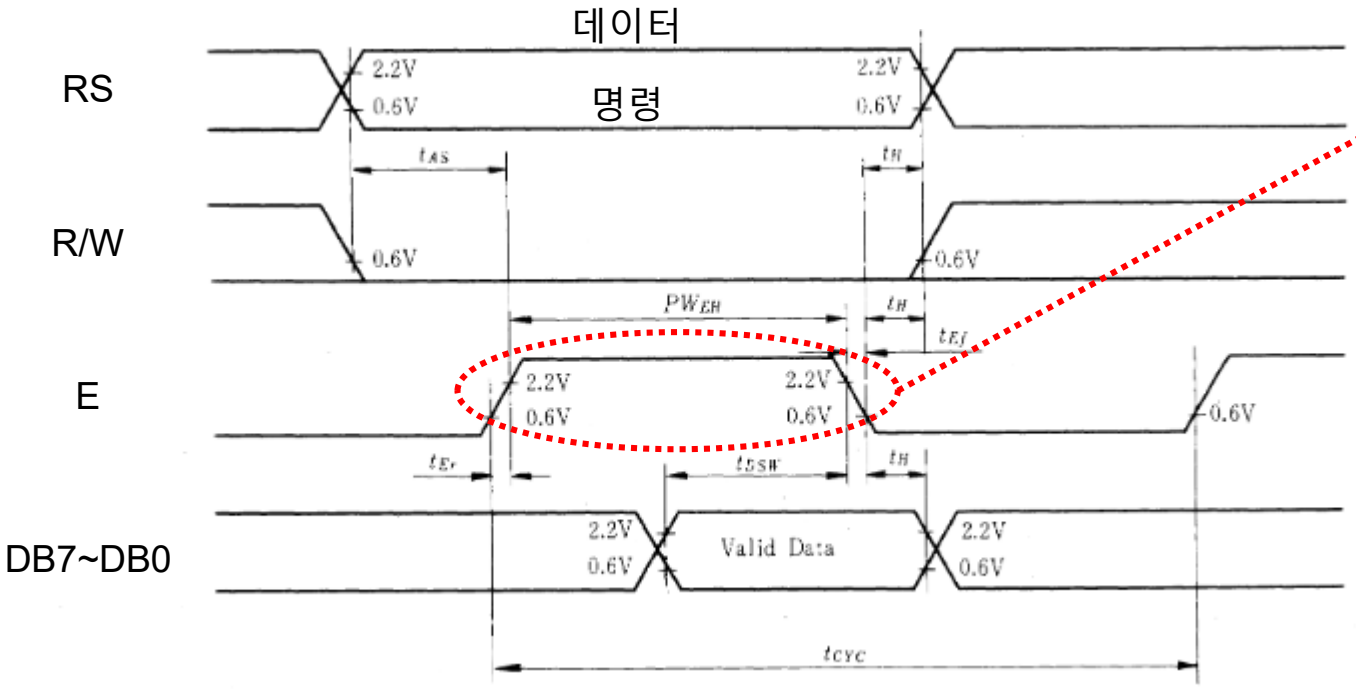
- 명령/데이터 쓰기

데이터 쓰기 : RS = 1, R/W = 0, E = 1, 데이터를 DB7~DB0에 넣음
명령 쓰기 : RS = 0, R/W = 0, E = 1, 명령을 DB7~DB0에 넣음



실습1: 8비트 버스 사용

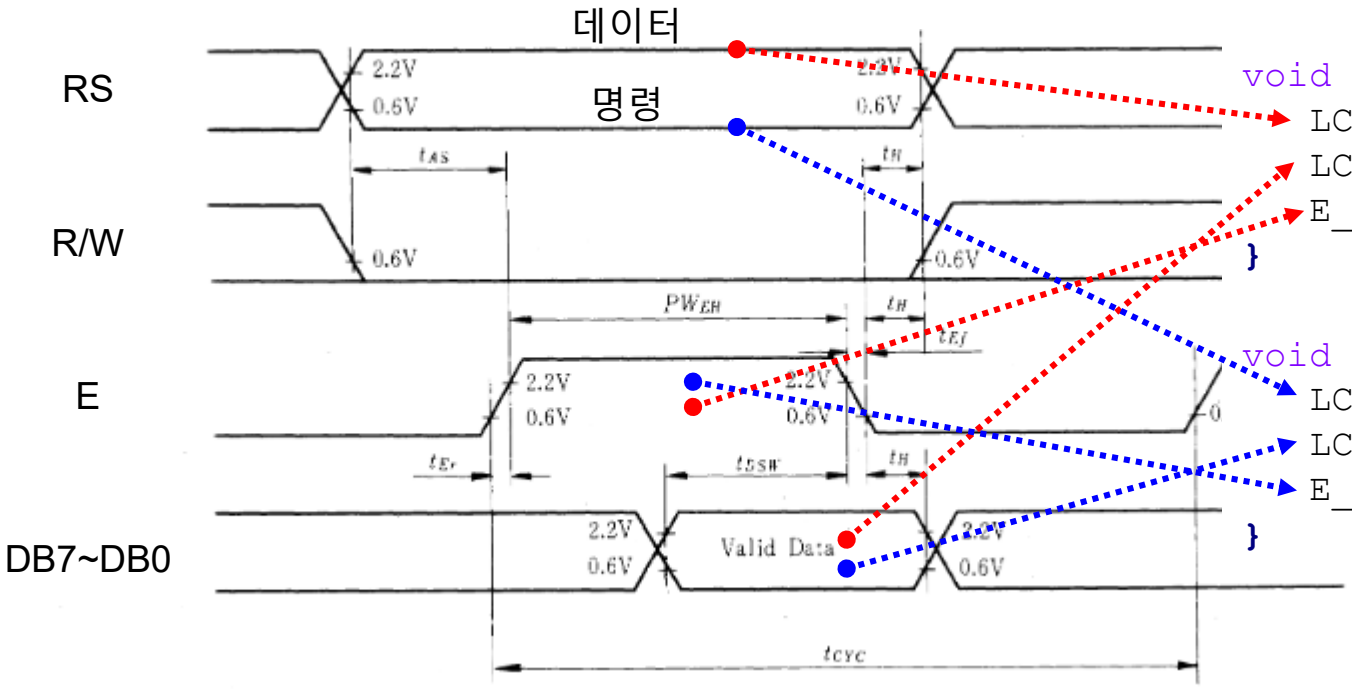
- 명령/데이터 쓰기




```
void E_pulse(void) {
    LCD_E_HIGH;
    _delay_ms(5);
    LCD_E_LOW;
}
```

실습1: 8비트 버스 사용

- 명령/데이터 쓰기




```
void Data_set(char s) {
  LCD_RS_HIGH;
  LCD_DATA_PORT = s;
  E_pulse();
}

void Command_set(char s) {
  LCD_RS_LOW;
  LCD_DATA_PORT = s;
  E_pulse();
}
```

실습1: 8비트 버스 사용

- LCD 초기화

```
void init_lcd(void) {
    Command_set(0x38);
    Command_set(0x0f);
    Command_set(0x06);
}
```

명령		제어명령		데이터									설명	실행시간
		RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	hex		
명령쓰기	화면 클리어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0x01	표시클리어, 커서홈	1.64ms
	커서홈	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	0x02	커서홈	1.64ms
	엔트리 모드셋	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	0x06	커서방향,표시이동(x)	40us
												0x07	커서방향,표시이동(0)	
	표시 온/오프	0	0	0	0	0	0	1	D Display 표시	C Cursor 커서	B Blink 블링크	0x08	표시(x),커서(x),블링크(x)	40us
												0x0c	표시(0),커서(x),블링크(x)	
												0x0e	표시(0),커서(0),블링크(x)	
												0x0f	표시(0),커서(0),블링크(0)	
	표시 시프트	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	0x18	커서,표시내용을 좌로 이동	40us
												0x1c	커서,표시내용을 우로 이동	
	펑션셋	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	0x28	Data선4비트,2줄표시,5x7도트	40us
												0x38	Data선8비트,2줄표시,5x7도트	
	CG 램주소	0	0	0	1	Address						0x40 ~ 0x7f	CG램 어드레스 설정	40us
	DD 램주소	0	0	1	Address							0x80~ 0xff	DD램 어드레스 설정	40us
명령읽기	BF주소 읽기	0	1	BF	Address								BF,AC 내용읽기	40us
데이터쓰기	데이터 쓰기	1	0	쓸 DATA									데이터를 쓴다	40us
데이터읽기	데이터 읽기	1	1	읽을 DATA									데이터를 읽는다	40us

실습1: 8비트 버스 사용

- LCD에 글자 출력

```
void cursor_at(char x, char y)
{
    switch (y) {
        case 0: y = 0x80; break;
        case 1: y = 0xc0; break;
        case 2: y = 0x94; break;
        case 3: y = 0xd4; break;
    }
    y = y+x;
    Command_set(y);
}

void writeString_lcd(
    char x,
    char y,
    const char *str)
{
    cursor_at(x, y);
    while (*str)
        Data_set(*str++);
}
```

4라인 LCD까지 지원

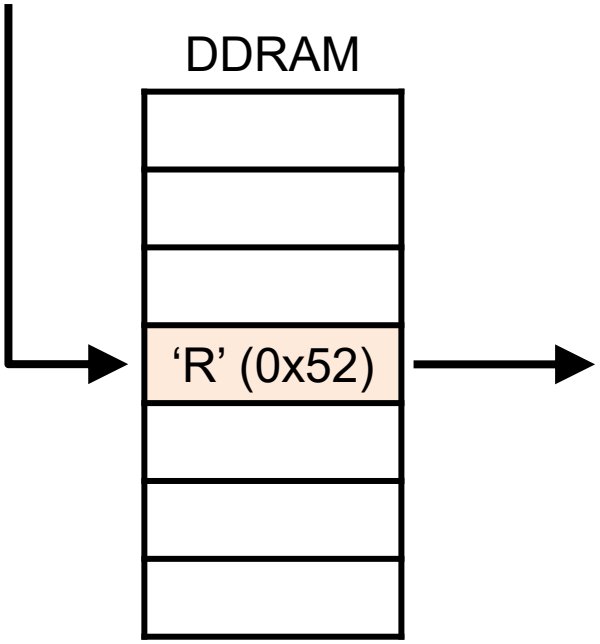
I/D = 1 : 어드레스 자동 증가

명령		제어명령		데이터									설명	실행 시간
		RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	hex		
명령 쓰기	화면 클리어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0x01	표시클리어, 커서홈	1.64ms
	커서홈	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*			4ms
	엔트리 모드셋	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	0x06	커서방향,표시이동(x)	40us
												0x07	커서방향,표시이동(0)	
	표시 온/오프	0	0	0	0	0	0	1	D Display 표시	C Cursor 커서	B Blink 블링크	0x08	표시(x),커서(x),블링크(x)	40us
												0x0c	표시(0),커서(x),블링크(x)	
												0x0e	표시(0),커서(0),블링크(x)	
												0x0f	표시(0),커서(0),블링크(0)	
	표시 시프트	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	0x18	커서,표시내용을 좌로 이동	40us
												0x1c	커서,표시내용을 우로 이동	
	펑션셋	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	0x28	Data선4비트,2줄표시,5x7도트	40us
												0x38	Data선8비트,2줄표시,5x7도트	
	CG 램주소	0	0	0	1	Address						0x40 ~ 0x7f	CG램 어드레스 설정	40us
	DD 램주소	0	0	1	Address							0x80~ 0xff	DD램 어드레스 설정	40us
명령 읽기	BF주소 읽기	0	1	BF	Address								BF,AC 내용읽기	40us
데이터 쓰기	데이터 쓰기	1	0	쓸 DATA									데이터를 쓴다	40us
데이터 읽기	데이터 읽기	1	1	읽을 DATA									데이터를 읽는다	40us

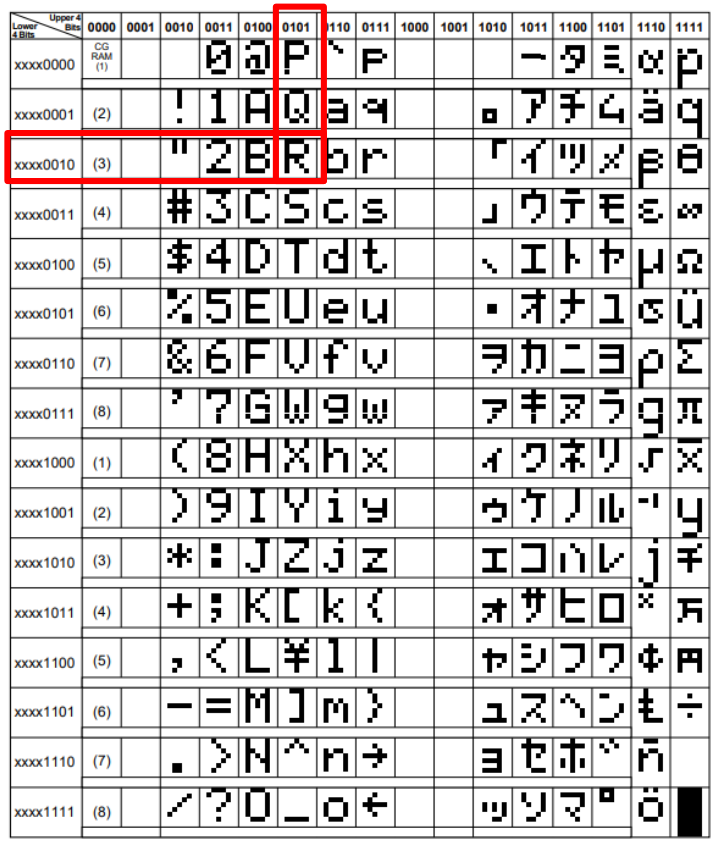
실습1: 8비트 버스 사용

- LCD에 글자 출력 : DDRAM과 CGROM의 역할

```
Data_set('R');
```



CGROM



CGROM 0x52 어드레스에서 미리 저장한 패턴

1	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	1	1	1	0
1	0	1	0	0
1	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0

실습1: 8비트 버스 사용

- 다른 보조 함수

```
void cirscr(void) {
   Command_set(0x01);
   _delay_ms(5);
}

void cursor_home(void) {
   Command_set(0x02);
   _delay_ms(5);
}

void move_display(char p) {
   if (p==LEFT) Command_set(0x18);
   else if (p==RIGHT) Command_set(0x1c);
}

void move_cursor(char p) {
   if (p==RIGHT) Command_set(0x14);
   else if (p==LEFT) Command_set(0x10);
}
```

```
void Entry_shift(char p) {
   if (p==RIGHT) Command_set(0x05);
   else if (p==LEFT) Command_set(0x07);
   else if (p==NO) Command_set(0x06);
}

void display_onoff(
   unsigned char d,
   unsigned char c,
   unsigned char b)
{
   unsigned char display = 0x08;
   if (d==ON) d = 0x04;
   else d = 0x00;
   if (c==ON) c = 0x02;
   else c = 0x00;
   if (b==ON) b = 0x01;
   else b = 0x00;
   display = display | d | c | b;
   Command_set(display);
}
```

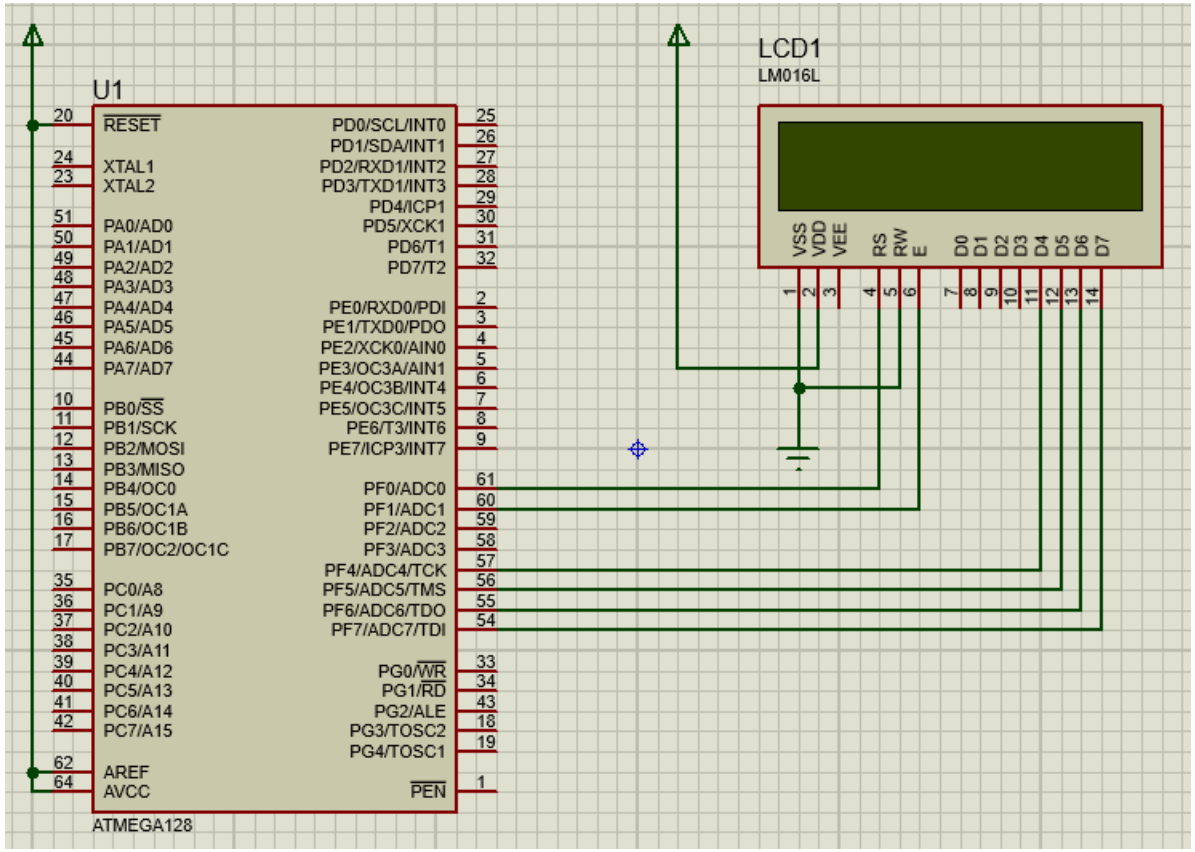
실습1: 8비트 버스 사용

- LCD 제어 소스 코드

```
#include <xc.h>
#include <util/delay.h>
#include <avr/io.h>
#include "lcd1.h"

int main(void) {
    DDRE = DDRB = 0xff;

    init_lcd();

    writeString_lcd(0, 0, "Welcome");
    writeString_lcd(0, 1, "Have a nice day");

    while(1);
}
```

실습2: 4비트 버스 사용

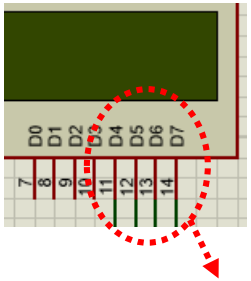
- Proteus



실습2: 4비트 버스 사용

- LCD 초기화

```
void init_lcd4(void) {
    LCD_DATA_PORT = 0xff;
    Command_set4(0x28);
    Command_set4(0x06);
    Command_set4(0x0c);
    cirscr4();
}
```



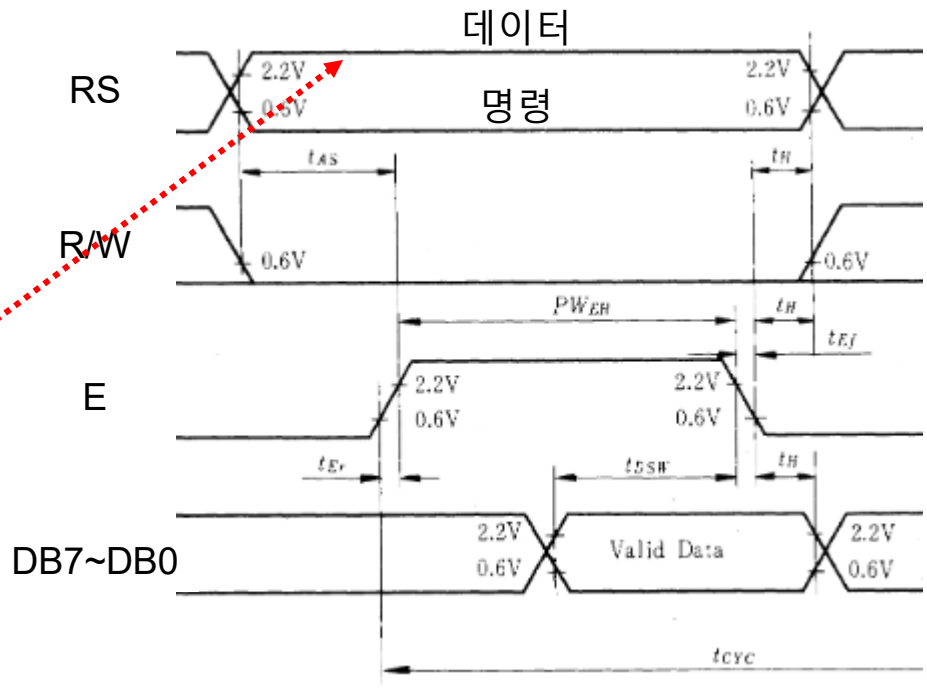
DB3~DB0 연결 안 되는데
8비트 데이터 전송은???

명령		제어명령		데이터									설명	실행 시간
		RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	hex		
명령 쓰기	화면 클리어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0x01	표시클리어, 커서홈	1.64ms
	커서홈	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	0x02	커서홈	1.64ms
	엔트리 모드셋	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	0x06	커서방향,표시이동(x)	40us
												0x07	커서방향,표시이동(0)	
	표시 온/오프	0	0	0	0	0	0	1	D Display 표시	C Cursor 커서	B Blink 블링크	0x08	표시(x),커서(x),블링크(x)	40us
												0x0c	표시(0),커서(x),블링크(x)	
												0x0e	표시(0),커서(0),블링크(x)	
												0x0f	표시(0),커서(0),블링크(0)	
	표시 시프트	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	0x18	커서,표시내용을 좌로 이동	40us
												0x1c	커서,표시내용을 우로 이동	
	펑션셋	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	0x28	Data선4비트,2줄표시,5x7도트	40us
												0x38	Data선8비트,2줄표시,5x7도트	
	CG 램주소	0	0	0	1	Address						0x40 ~ 0x7f	CG램 어드레스 설정	40us
	DD 램주소	0	0	1	Address							0x80~ 0xff	DD램 어드레스 설정	40us
명령 읽기	BF주소 읽기	0	1	BF	Address								BF,AC 내용읽기	40us
데이터 쓰기	데이터 쓰기	1	0	쓸 DATA									데이터를 쓴다	40us
데이터 읽기	데이터 읽기	1	1	읽을 DATA									데이터를 읽는다	40us

실습2: 4비트 버스 사용

- 명령/데이터 쓰기

```
void Command_set4(char s) {
    LCD_RS_LOW;
    LCD_DATA_PORT = (s&0xf0);
    E_pulse();
    LCD_DATA_PORT = (s<<4);
    E_pulse();
}

void Data_set4(char s) {
    LCD_RS_HIGH;
    LCD_DATA_PORT = (s&0xf0) | 0x01;
    E_pulse();
    LCD_DATA_PORT = (s<<4) | 0x01;
    E_pulse();
}
```



실습2: 4비트 버스 사용

- LCD 제어 소스 코드

```
#include <xc.h>
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
#include "lcd4.h"

int main(void) {
    DDRF = 0xff;

    init_lcd4();

    writeString_lcd4(0, 0, "Welcome");
    writeString_lcd4(0, 1, "Have a nice day");

    while(1);
}
```