

2016년 2학기  
컴퓨터하드웨어 실험 보고서  
7조 6주차

한성희 이호욱 한경수

## Table Of Contents

Table Of Contents .....	1
comments: true .....	2
ARM DS-5 .....	2
개요 .....	2
세팅 .....	2
구현 .....	5
GPIO memory map .....	5
GPIO Register 에 대해 .....	6
Bit 다루기 .....	6
Bit Set .....	6
Bit Unset .....	6
Bit Check .....	6
Port Enable .....	6
LED 에 불켜기 .....	8
조이스틱 탐지 .....	9
S1, S2 버튼 탐지 .....	10
결론 .....	11

comments: true

## ARM DS-5

DStream 과 Cortex-M3 으로 하는 실험이다. DStream 엔 JTAG 라는 디버거가 있고, 플래시 다운로드가 있어서 Cortex-M3 이라는 cpu 로 전송이 가능하다. 또한 이 JTAG 를 통해서 실시간 디버깅이 가능하다.

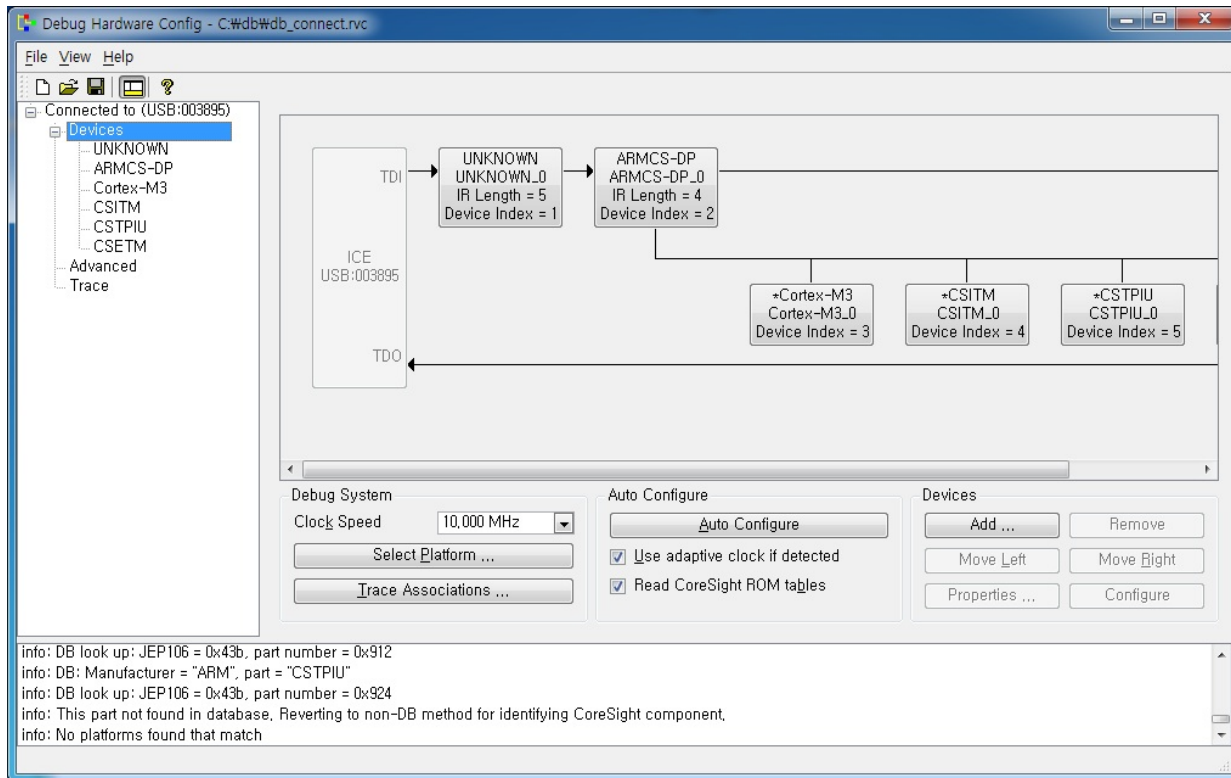
DStream 으로 Cortex-M3 에 axf 를 플래시 다운로드를 통해서 작업할 수 있다.

## 개요

Eclipse for DS-5 로 보드의 레지스터 값을 조작하는 프로그램을 플래시 다운로드로 보드의 cpu 로 전송시켜 LED를 제어한다.

## 세팅

Debug Hardware Config를 이용하여 host PC에 연결된 Dstream 목록 중에 해당 Dstream 항목을 선택한 뒤, Connect한다. Auto Configure버튼을 누르면 Dstream 장비가 JTAG를 통해 프로세서 내부 Debug Logic의 각 컴포넌트에 대한 체인 정보를 읽어온다.



위와 같은 hardware config 프로그램으로 하드웨어 설정을 잡고, 하드웨어 설정 파일인 rvc를 원하는 위치에 저장한다.

ex) c:\db\db\_connect

```
관리자: C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\WUSER>cd c:\wdb

c:\wdb>"c:\Program Files\DS-5\bin\wdbimporter.exe" -t c:\wdb db_connect.rvc
DS-5 Config Database Import Utility v1.2
Copyright 2011-2014 ARM Ltd

Reading c:\wdb\wdb_connect.rvc
Enter DS-5 source configuration path
<the location of the database that contains the necessary data to identify the target>
[default:'c:\Program Files\DS-5\sw\debugger\configdb'] >

Found 1 ARM core
Import Summary -
ID  Name      Definition  Associated TCF files
--  -
2   Cortex-M3  Cortex-M3  <none>

Select a core to modify <enter its ID and hit return> or press enter to continue
[]

Enter Platform Manufacturer
[default:'Imported'] >Huins

Enter Platform Name
[default:'db_connect'] >

Building configuration XML...

Creating database entry...

DTSL script assumptions:
  The Cortex-M3 cores are using trace sources of type ETMv3_4.
  All ETM devices occur after the core definitions in the RUC file.
  The ETMv3_4 devices for the Cortex-M3 cores are already unlocked.

Import successfully completed

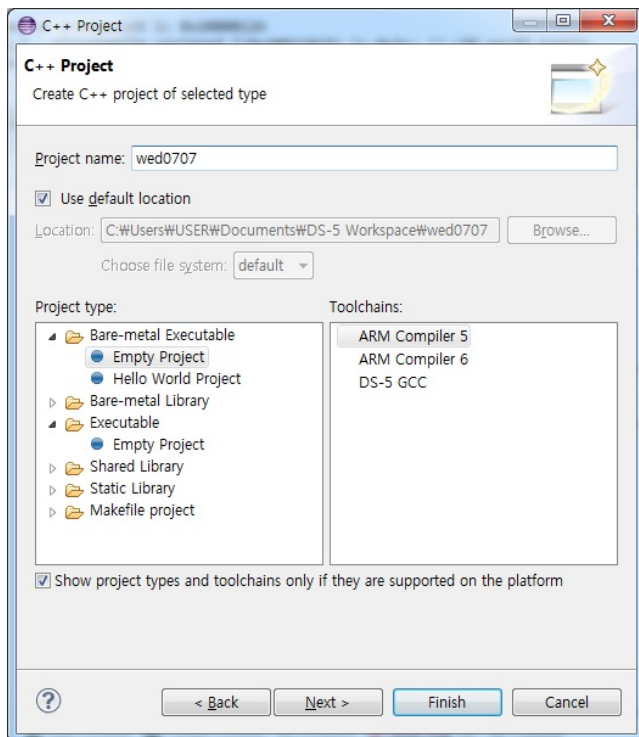
The new platform will not be visible in the DS-5 Debugger until the destination
Database
has been added to the "User Configuration Databases" list and the database has b
een rebuilt.
A rebuild is done either when DS-5 is (re)started, a user configuration database
is added or
by forcing a database rebuild.
To force a rebuild or add a database, select the "Window -> Preferences" menu it
em.
then expand the DS-5 group. To rebuild, select "Configuration Database", then pr
ess
the "Rebuild database ..." button.
To add a database to the "User Configuration Databases" list, click the "Add" bu
tton
and supply a suitable "Name" (E.g. Imported) and "Location" for the database.

c:\wdb>
```

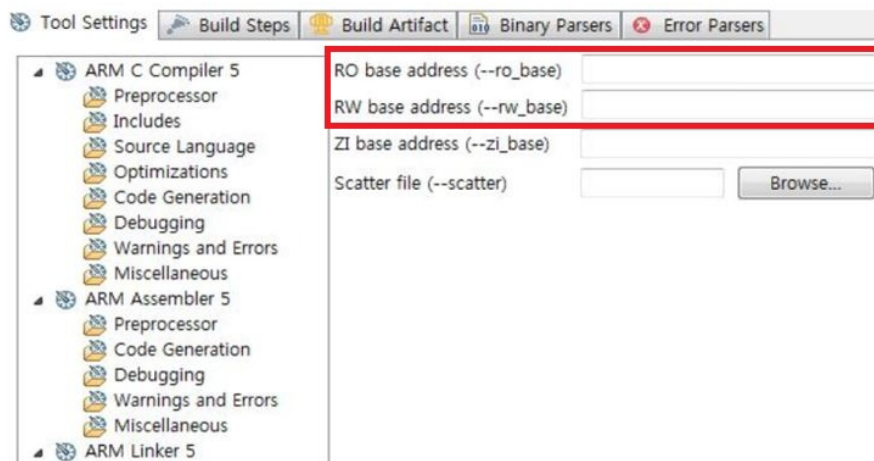
이제 Debugger 가 이 설정파일에 관한 디바이스를 import 하기 위해

```
1 cdbimporter.exe -t c:\db c:\db_connect
```

라는 명령어로 import 한다.



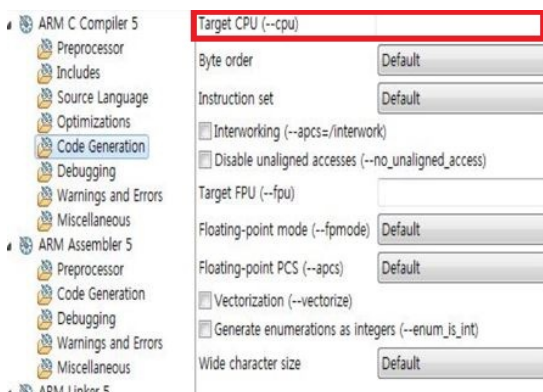
Eclipse for DS-5 를 이용하여 C++ Project 를 생성한다.



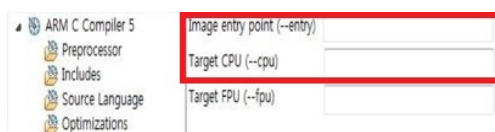
RO base address(--ro\_base)와 RW base address(--rw\_base)에 각각 SRAM (aliased by bit-banding)의 메모리 주소를 입력한다.

RO base address(--ro\_base) = 0x2000 0000.

RW base address(--rw\_base) = 0x2000 0000 ~ 0x2000 FFFF 중 임의의 주소

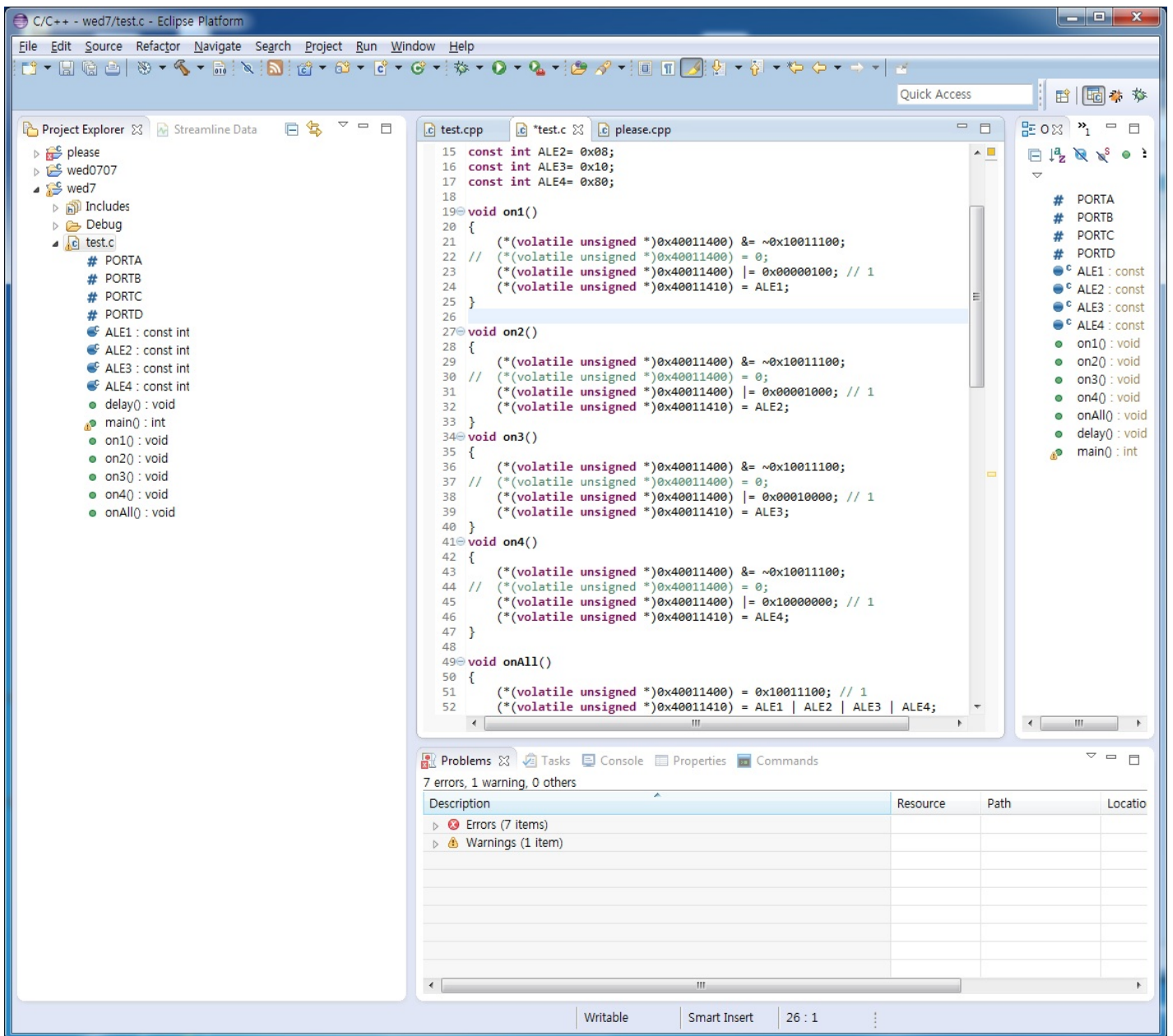


Target CPU(--cpu) 자리에 우리가 STM32 보드에서 사용할 CPU 이름 Cortex-M3를 입력.



여기에도 Image entry point(--entry) = main Target CPU(--cpu) = Cortex-M3

값을 넣어준다.



프로젝트가 생성된 모습이다.

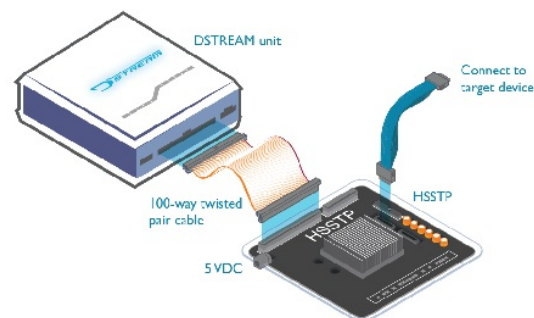
아무것도 하지 않은채 다음 코드를 build 하게 되면 axf 파일이 Debug 하위 폴더에 생성이 된다.

```

1 int main(){
2     return 0;
3 }

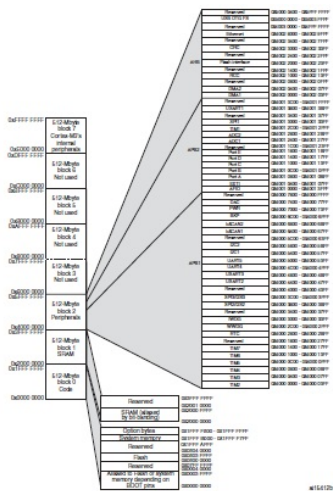
```

Debug Configuration 에 들어가서 axf 파일을 지정한 뒤, Debug 를 누르면 플래시 다운로드가 axf 파일을 전송하면서 우리가 만든 프로그램이 ARM 보드 상에서 동작하게 된다.



## 구현

### GPIO memory map



memory mapping에 사용될 memory map.

각 register 별로 memory address 가 나타나 있다.

## GPIO Register 에 대해

### 9.2 GPIO registers

- 9.2.1 Port configuration register low (GPIOx\_CRL) (x=A..G)
- 9.2.2 Port configuration register high (GPIOx\_CRH) (x=A..G)
- 9.2.3 Port input data register (GPIOx\_IDR) (x=A..G)
- 9.2.4 Port output data register (GPIOx\_ODR) (x=A..G)
- 9.2.5 Port bit set/reset register (GPIOx\_BSR) (x=A..G)
- 9.2.6 Port bit reset register (GPIOx\_BRR) (x=A..G)
- 9.2.7 Port configuration lock register (GPIOx\_LCKR) (x=A..G)

그림을 보면 GPIO x Register 에 대해 나타나 있는데, 각 CRL 부터 LCKR 까지 GPIO\_BASE 주소로부터 offset 을 가진다.

```
1 //offset
2 CRL = 0x00
3 CRH = 0x04
4 IDR = 0x08
5 ODR = 0x0C
6 BSR = 0x10
7 BRR = 0x14
8 LCKR = 0x18
```

앞으로 이 GPIO 의 원하는 목적에 따라 해당 register 를 set/unset 하면서 과제를 수행할 것이다.

이 register 변수를 제어하기 위해서 간단한 비트연산의 지식이 필요하다.

## Bit 다루기

Bit 는 여기서 32bit 변수라고 가정한다. 그리고 bit 는 0 부터 시작한다고 생각한다.

### Bit Set

bit set 은 | (OR) 연산을 통해 구현하게 된다.

```
1 BIT |= (1 << 3) // 3 번째 비트를 set
2 BIT |= (1 << n) // n 번째 비트를 set
3
4 // macro
5 #define set_bit(data, loc) ((data) |= (0x1 << (loc)))
```

### Bit Unset

bit unset 은 & 와 ~ 을 조합하여 구현하게 되는데 코드는 다음과 같다.

```
1 BIT &= ~(1 << 3) // 3번째 비트를 unset
2
3 /* 한 비트 클리어 */
4 #define clear_bit(data, loc) ((data) &= ~(0x1 << (loc)))
```

### Bit Check

bit check 방법은 다음과 같다.

```
1 if(data & (1 << 3)) // 3번째 bit 가 1인지 검사
2
3 /* 비트 검사 */
4 #define check_bit(data, loc) ((data) & (0x1 << (loc)))
```

## Port Enable

```
1 #define RCC_BASE 0x40021000
2 #define RCC_APB2ENR REGISTER_32(RCC_BASE + 0x18 )
3 (*(volatile unsigned *)0x40021018) |= 0x3c; // A, B, C, D Port Enable
```



### 7.3.11 RCC register map

The following table gives the RCC register map and the reset values.

Table 18. RCC register map and reset values

Offset	Register	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0							
0x00	RCC_CR	Reserved				PLL RDY	PLL ON	Reserved				CSSON	HSEBYP	HSERDY	HSEON	HSICAL[7:0]								HSITRIM[4:0]				Reserved		HSIRDY	HSION									
	Reset value					0	0					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Reserved	1	HSION					
0x04	RCC_CFGR	Reserved				MCO [2:0]	Reserved				USBPRE	PLLMUL[3:0]				PLLTPRE	PLLSRC	ADC PRE [1:0]	PPRE2 [2:0]				PPRE1 [2:0]				HPRE[3:0]				SWS [1:0]		SW [1:0]							
	Reset value					0	0	0					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
0x08	RCC_CIR	Reserved				CSSC				Reserved				PLL RDY	HSERDY	HSIRDY	LSERDY	LSIRDY	Reserved				PLL RDY	HSERDY	HSIRDY	LSERDY	LSIRDY	CSSF				Reserved				PLL RDY	HSERDY	HSIRDY	LSERDY	LSIRDY
	Reset value					0								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0x0C	RCC_APB2RSTR	Reserved				Reserved				TIM1TRST				TIM10RST	TIM9RST	Reserved				ADC3RST	USART1RST	TIM8RST	TIM1RST	ADC2RST	ADC1RST	IOPGRST	IOPFRST	IOPDRST	IOPBRST	IOPCRST	IOPARST	Reserved		AFIOIRST						
	Reset value									0				0	0					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0x010	RCC_APB1RSTR	Reserved	DACRST	PWRST	BKPRST	Reserved	CANRST	Reserved	USBRST	I2C2RST	I2C1RST	UART5RST	UART4RST	USART3RST	USART2RST	Reserved	SPI3RST	SPI2RST	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved					
	Reset value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
0x14	RCC_AHBENR	Reserved				Reserved				Reserved				Reserved				SDIOEN	FMCEN	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved					
	Reset value																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0x18	RCC_APB2ENR	Reserved				TIM11EN	TIM10EN	TIM9EN	Reserved				ADC3EN	USART1EN	TIM8EN	SPI1EN	TIM1EN	ADC2EN	ADC1EN	IOPGEN	IOPFEN	IOPDEN	IOPEN	IOPCEN	IOPBEN	IOPAEN	Reserved		AFIOEN	Reserved										
	Reset value					0	0	0					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

RCC\_APB2ENR 에서 PORT 들을 enable 시켜줘야 사용이 가능한데, 위에서 표를 보면 PORTAEN, PORTBEN, PORTCEN, PORTDEN 에 해당된다.

해당 비트를 2진수로 표현하면 0b0011 1100 인데 16진수로 표현하면 0x3C 가 된다. 그래서 0x40021018 주소에 0x3C 를 넣어주면 enable 이 된다.

## 9.2.1 Port configuration register low (GPIOx\_CRL) (x=A..G)

Address offset: 0x00

Reset value: 0x4444 4444

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
CNF7[1:0]		MODE7[1:0]		CNF6[1:0]		MODE6[1:0]		CNF5[1:0]		MODE5[1:0]		CNF4[1:0]		MODE4[1:0]	
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
CNF3[1:0]		MODE3[1:0]		CNF2[1:0]		MODE2[1:0]		CNF1[1:0]		MODE1[1:0]		CNF0[1:0]		MODE0[1:0]	
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Bits 31:30, 27:26, **CNFy[1:0]**: Port x configuration bits (y= 0 .. 7)

23:22, 19:18, 15:14, These bits are written by software to configure the corresponding I/O port.

11:10, 7:6, 3:2 Refer to [Table 20: Port bit configuration table on page 161](#).

**In input mode (MODE[1:0]=00):**

00: Analog mode

01: Floating input (reset state)

10: Input with pull-up / pull-down

11: Reserved

**In output mode (MODE[1:0] > 00):**

00: General purpose output push-pull

01: General purpose output Open-drain

10: Alternate function output Push-pull

11: Alternate function output Open-drain



Bits 29:28, 25:24, **MODEy[1:0]**: Port x mode bits (y= 0 .. 7)  
 21:20, 17:16, 13:12, These bits are written by software to configure the corresponding I/O port.  
 9:8, 5:4, 1:0 Refer to [Table 20: Port bit configuration table on page 161](#).  
 00: Input mode (reset state)  
 01: Output mode, max speed 10 MHz.  
 10: Output mode, max speed 2 MHz.  
 11: Output mode, max speed 50 MHz.

## 9.2.5 Port bit set/reset register (GPIOx\_BSRR) (x=A..G)

Address offset: 0x10

Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
BR15	BR14	BR13	BR12	BR11	BR10	BR9	BR8	BR7	BR6	BR5	BR4	BR3	BR2	BR1	BR0
w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
BS15	BS14	BS13	BS12	BS11	BS10	BS9	BS8	BS7	BS6	BS5	BS4	BS3	BS2	BS1	BS0
w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w

Bits 31:16 **BRy**: Port x Reset bit y (y= 0 .. 15)

These bits are write-only and can be accessed in Word mode only.

0: No action on the corresponding ODRx bit

1: Reset the corresponding ODRx bit

*Note: If both BSx and BRx are set, BSx has priority.*

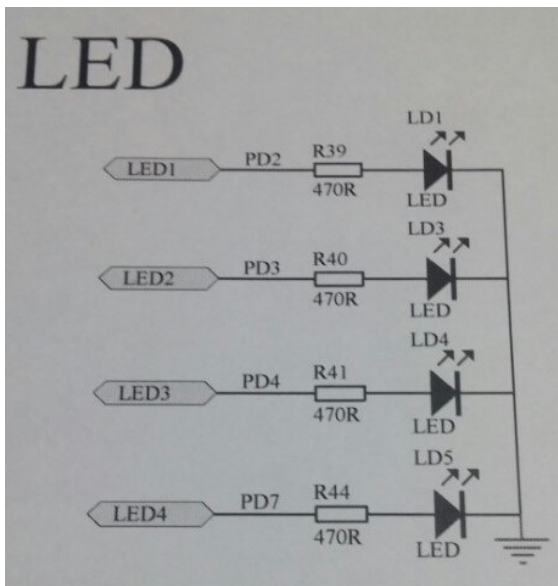
Bits 15:0 **BSy**: Port x Set bit y (y= 0 .. 15)

These bits are write-only and can be accessed in Word mode only.

0: No action on the corresponding ODRx bit

1: Set the corresponding ODRx bit

### LED 에 불켜기



LED 는 기본적으로 PortD 를 사용하여 동작시킬 수 있다.

GPIOBSRR, GPIODCRL 두개의 레지스터에 값을 넣으면서 구현 가능하다.

```

1 LED1 : BS2
2 LED2 : BS3
3 LED3 : BS4
4 LED4 : BS7
5
6 0b10000000 : LED4
7 0b00010000 : LED3
8 0b00001000 : LED2
9 0b00000100 : LED1

```

LED1을 동작시키는 실제 코드는 다음과 같다.

```

1 const int ALE1= 0x04;

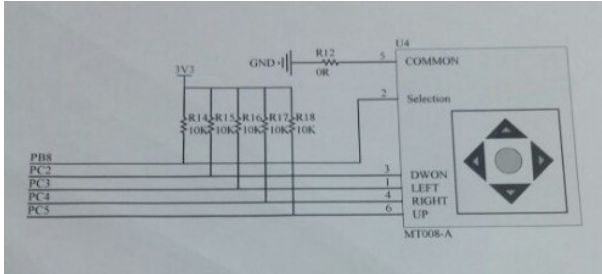
```

```

2  const int ALE2= 0x08;
3  const int ALE3= 0x10;
4  const int ALE4= 0x80;
5
6  void on1()
7  {
8      (*(volatile unsigned *)0x40011400) &= ~0x10011100; // all unset
9      (*(volatile unsigned *)0x40011400) |= 0x00000100; // 1
10     (*(volatile unsigned *)0x40011410) = ALE1;
11 }
12
13 int main(){
14     (*(volatile unsigned *)0x40011404) = 0x44444444; // reset
15     (*(volatile unsigned *)0x40011400) = 0x10011100; // 1
16     (*(volatile unsigned *)0x40011008) = 0x00000000;
17     return 0;
18 }

```

## 조이스틱 탐지



조이스틱은 PortC 를 이용해서 탐지가 가능하다.

GPIOC\_IDR : input data register 를 이용해서 탐지한다.

GPIOC\_IDR 의 주소는 0x40011008. 조이스틱을 상하좌우로 컨트롤 하면 bit 가 다음과 같이 바뀌게 된다.

```

1  0b00x0 0000
2  0b000x 0000
3  0b0000 x000
4  0b0000 0x00

```

조이스틱 입력이 들어오면 x 가 0으로 바뀐다. 어떻게 바뀌는지 알았으니, 코드로 구현하면 다음과 같다.

조이스틱이 눌려졌을 때 처리

```

1  if(~(*(volatile unsigned *)0x40011008) & 0x4)
2      on1();
3  else if(~(*(volatile unsigned *)0x40011008) & 0x20)
4      on4();
5  else if(~(*(volatile unsigned *)0x40011008) & 0x8)
6      on2();
7  else if(~(*(volatile unsigned *)0x40011008) & 0x10)
8      on3();

```

조이스틱이 눌려졌을 땐 PORTC\_IDR 값의 0b000x 0000 0000.

x부분의 값이 0으로 바뀌는데 마찬가지로 코드로 구현하면 다음과 같다.

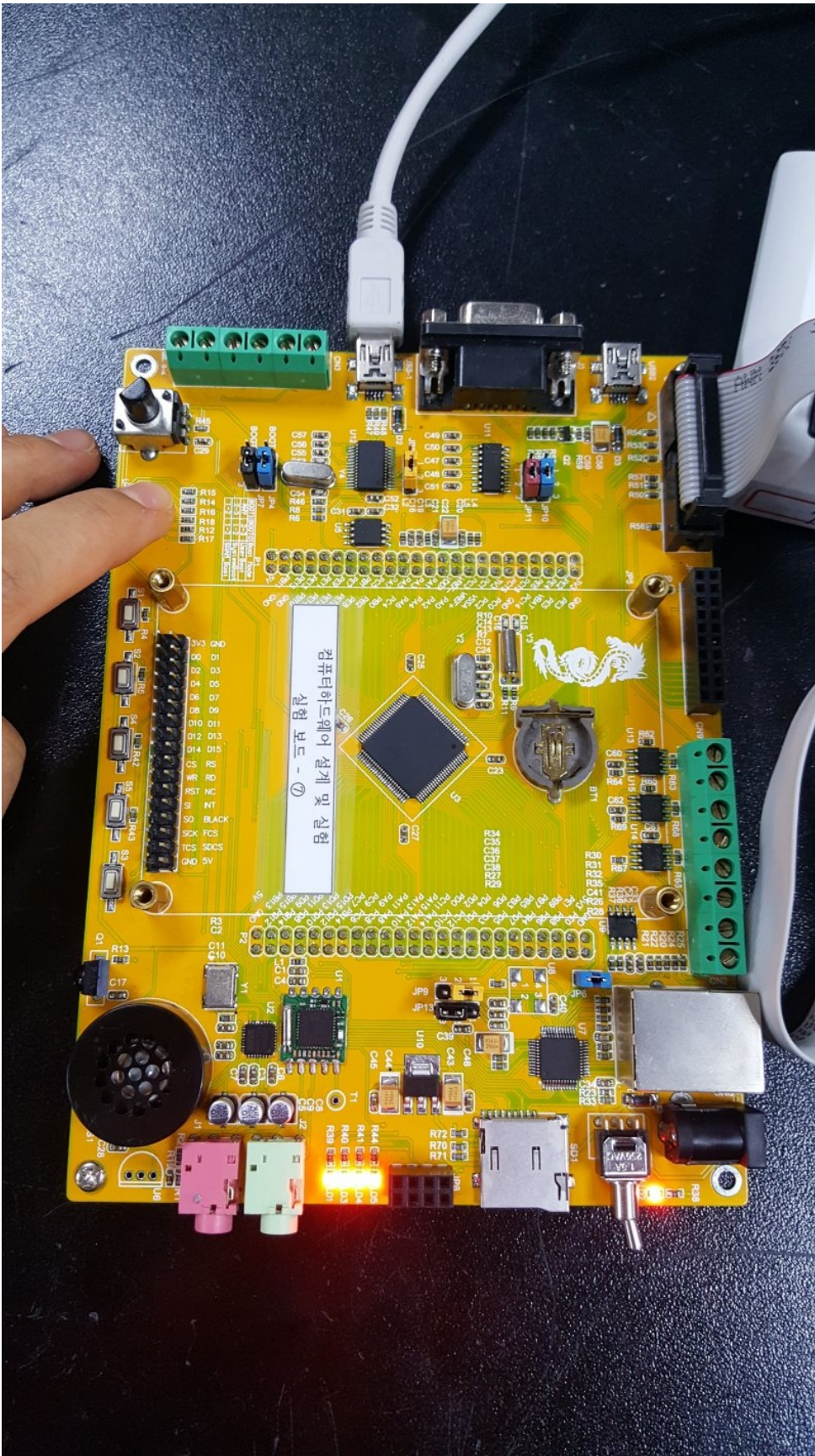
LED에 불이 전부 들어온 경우

```

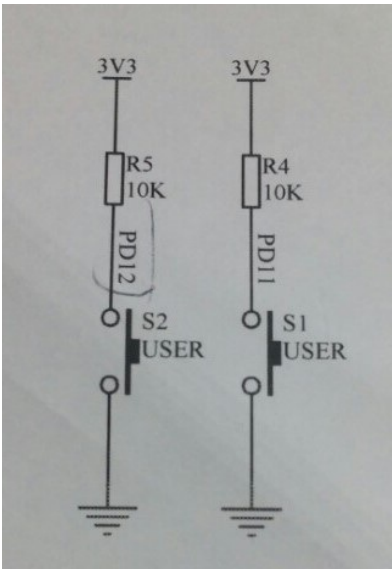
1  if(~(*(volatile unsigned *)0x40010C08) & 0x100)
2      onAll();
3
4  void onAll()
5  {
6      (*(volatile unsigned *)0x40011400) = 0x10011100; // 1
7      (*(volatile unsigned *)0x40011410) = ALE1 | ALE2 | ALE3 | ALE4;
8  }

```

동작된 그림은 다음과 같다.



S1, S2 버튼 탐지



```
1 CRL = 0x00
2 CRH = 0x04
3 IDR = 0x08
4 ODR = 0x0C
5 BSRR = 0x10
6 BRR = 0x14
7 LCKR = 0x18
```

버튼은 PORTD 를 이용해서 탐지가 가능하다. 좀더 자세히 쓰면 PORTDIDR 을 통해서 탐지가 가능하다. 좀 전 LED 를 제어할 때도 PORTD 를 썼는데, 입력을 받을 때도 같은 PORT 를 쓰는게 가능하다. 출력할 땐 PORTDCNF, PORTDBSRR 을 썼고, 입력을 받을 땐 PORTDIDR 을 쓴다.

```
1 // S1 가 눌러졌을 땐
2 0b0000 x000 0000 0000
3 // S2 가 눌러졌을 땐
4 0b000x 0000 0000 0000
```

위의 x 인 부분이 해당 버튼이 눌러졌을 때 0으로 바뀐다. 이를 탐지하는 코드를 쓰면 다음과 같다.

```
1 while ( !(((*(volatile unsigned *)0x40011408) & 0x0800) >> 11) ) {
2     on1(); delay();
3     on2(); delay();
4     on3(); delay();
5     on4(); delay();
6 }
7 while ( !(((*(volatile unsigned *)0x40011408) & 0x1000) >> 12) ) {
8     on4(); delay();
9     on3(); delay();
10    on2(); delay();
11    on1(); delay();
12 }
```

## 결론

처음 다루는 ARM 보드라서 많이 헷갈렸고 어려웠다. 예비실험 조의 발표에서 조금 정보가 덜 주어진 것 같아 처음엔 조원 모두가 불만이었으나, 문제를 해결해 나가면서 우리가 다루는 플랫폼에 대해서 점점 익숙해졌다. 만약 모든 정보가 주어진 거기에 맞춰서 그냥 따라하기만 했다면 해당 정보들이 머리 속에 들어가있지 않았을것 같다. 고생한만큼 큰 공부가 되었고, 앞으로 수행할 과제에 대해 스스로 해결하는 힘을 길렀다고 생각한다. 또한 처음이라서 memory 주소를 그대로 쓰면서 과제를 했는데, 다음부터는 미리 define 된 bit macro 와 stm32f macro 를 적극 활용해서 readability 를 높이는 방향으로 코딩을 할 것이다. memory address를 통해 ARM 보드의 기능을 다루는 법을 알게 되었다.