# 임베디드 MCU 프로그래밍 실습

## AURIX TC275 보드 GPIO 사용

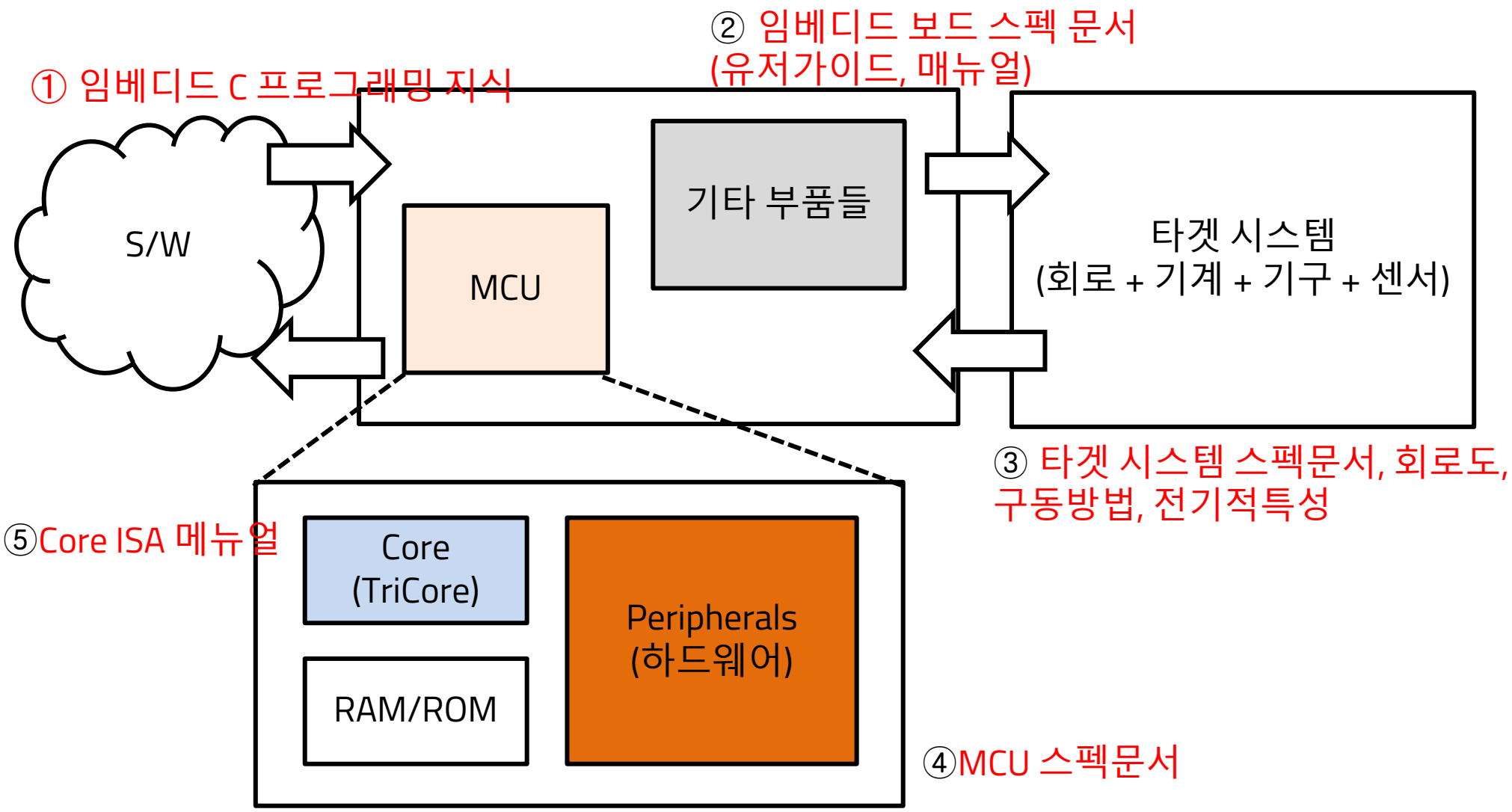
현대자동차 입문교육
박대진 교수

# 실습 목표
## : 입력, 출력 제어

1. 보드의 **GPIO** 출력을 제어해서 **LED**를 **toggle** 해보도록 한다.

2. 확장 보드의 **Push** 버튼 **(SW2)** 상태를 **GPIO**로 입력 받아 버튼이 눌렸을 때 **LED**를 켜보도록 한다.

# (1/3) MCU 프로그래밍 개요 및 읽어야 할 문서들



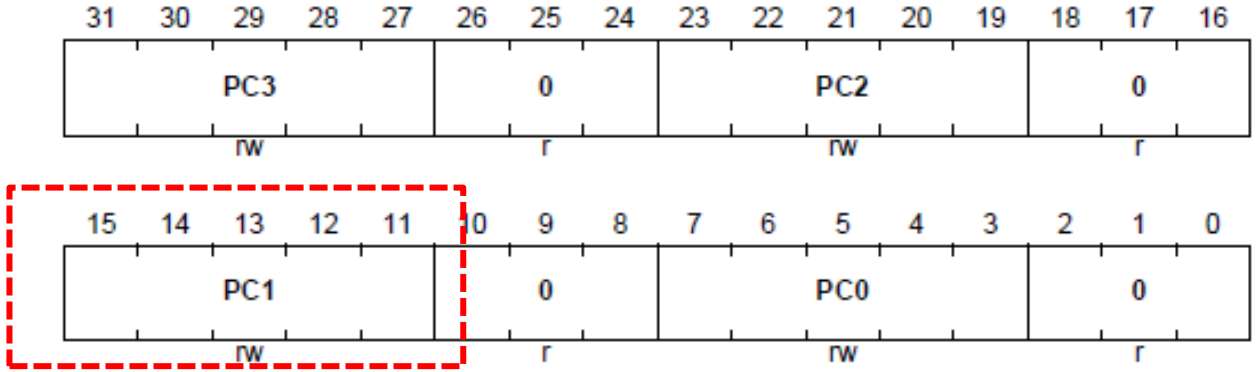
# (2/3) 스펙을 읽고나서 코딩 – 주소 및 타입

```
372
373 /** \brief  10, Port Input/Output Control Register 0 */
374 #define P10_IOCR0 /*lint --e(923)*/ (*(volatile Ifx_P_IOCR0*)0xF003B010u)
375
376 /** \brief  14, Port Input/Output Control Register 4 */
```

```
564 /** \brief  Port Input/Output Control Register 0 */
565 typedef union
566 {
567     unsigned int U;                    /**< \brief Unsigned access */
568     signed int I;                      /**< \brief Signed access */
569     Ifx_P_IOCR0_Bits B;                /**< \brief Bitfield access */
570 } Ifx_P_IOCR0;
571
```

```
156
157 /** \brief  Port Input/Output Control Re
158 typedef struct _Ifx_P_IOCR0_Bits
159 {
160     unsigned int reserved_0:3;
161     unsigned int PC0:5;
162     unsigned int reserved_8:3;
163     unsigned int PC1:5;
164     unsigned int reserved_16:3;
165     unsigned int PC2:5;
166     unsigned int reserved_24:3;
167     unsigned int PC3:5;
168 } Ifx_P_IOCR0_Bits;
169
```

# (3/3) 스펙을 읽고나서 코딩 - 해당 비트 셋팅




여기에 10000b 를 쓰고 싶으면

또는

#define PC1_BIT_LSB_IDX 11
P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX )

```
5
6 P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC1_BIT_LSB_IDX
```

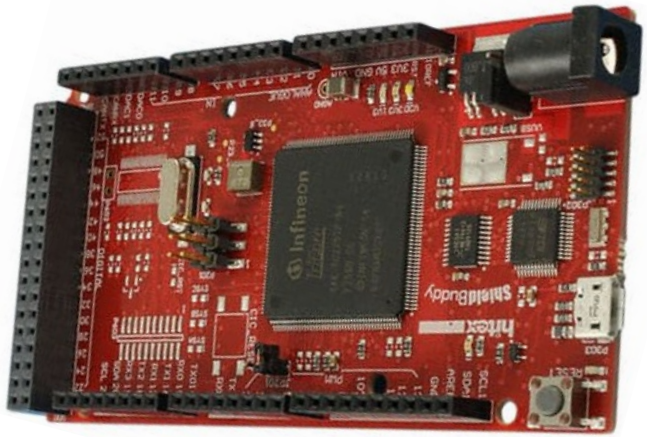
```
9
10 P10_IOCR0.B.PC1 = 0x10;
```

# 확장 보드 연결

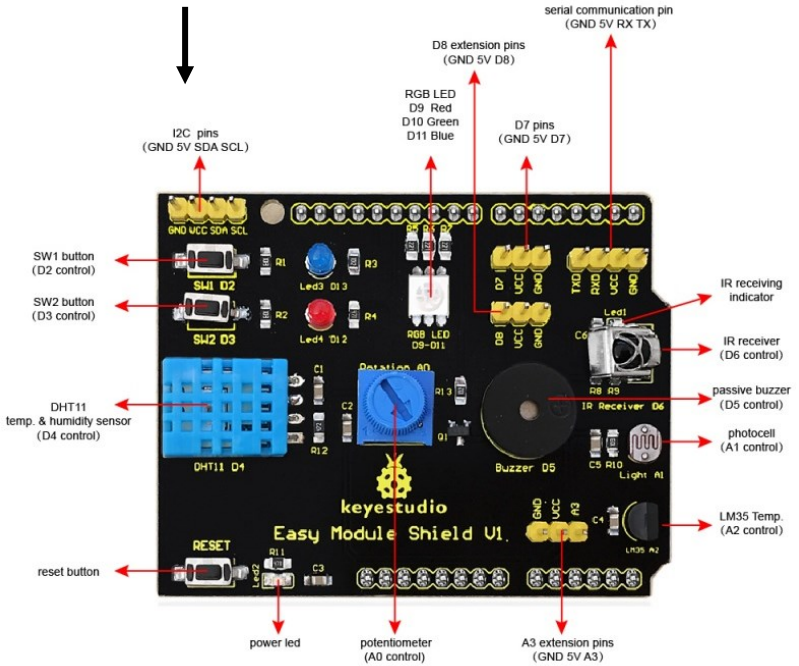
## : TC275 + ShieldBuddy + YwRobot Shield

- 본 실습에서 사용하는 보드
  - Infineon 사의 **AURIX TriCore TC275** MCU 를 기반으로
  - Hitex 사에서 제작한 **ShieldBuddy TC275** 개발 보드

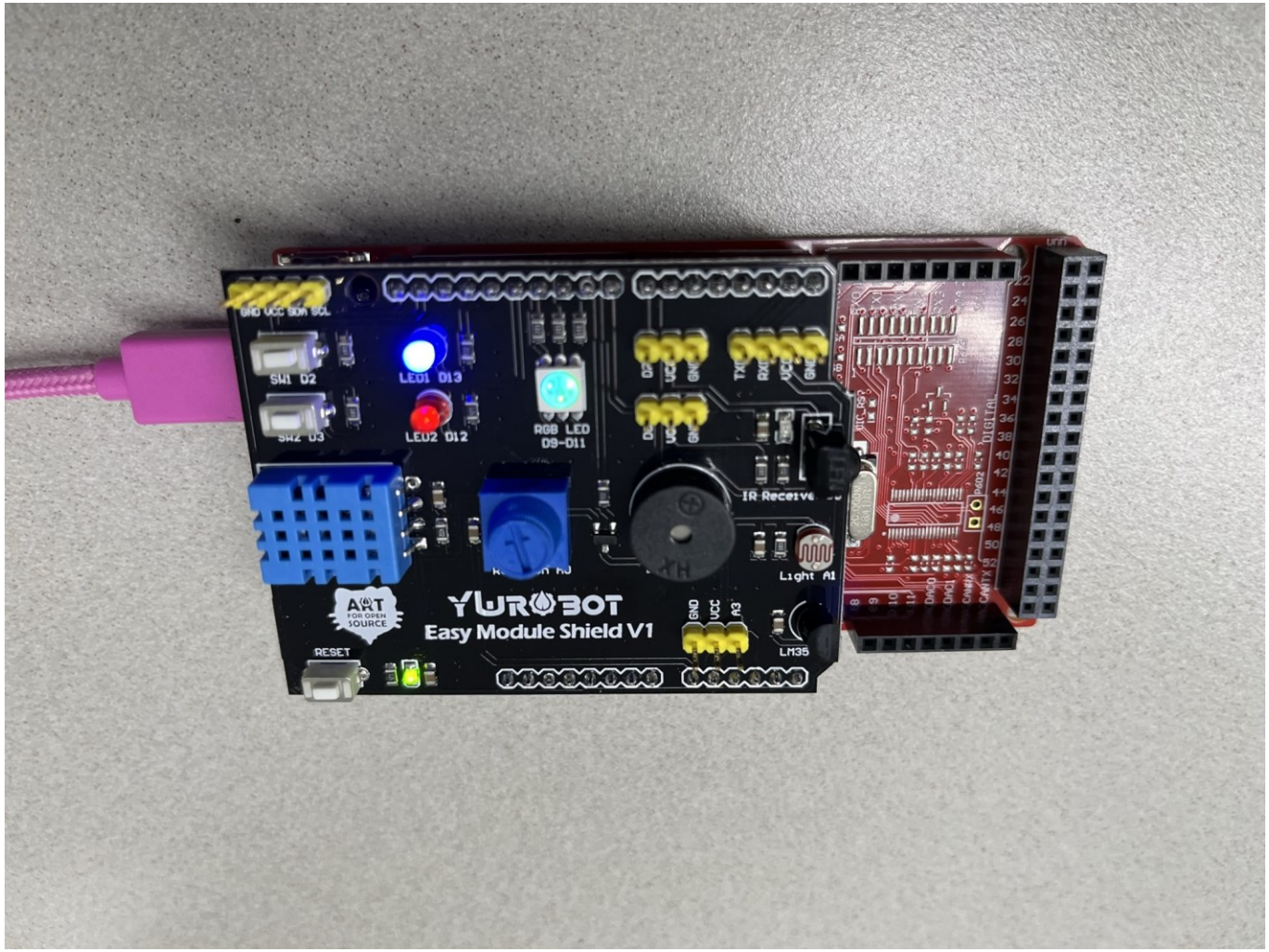
- 여러 가지 센서를 브레드보드 없이 연결하기 위해
  - **YwRobot Easy Module Shield V1** 확장 보드 사용




+



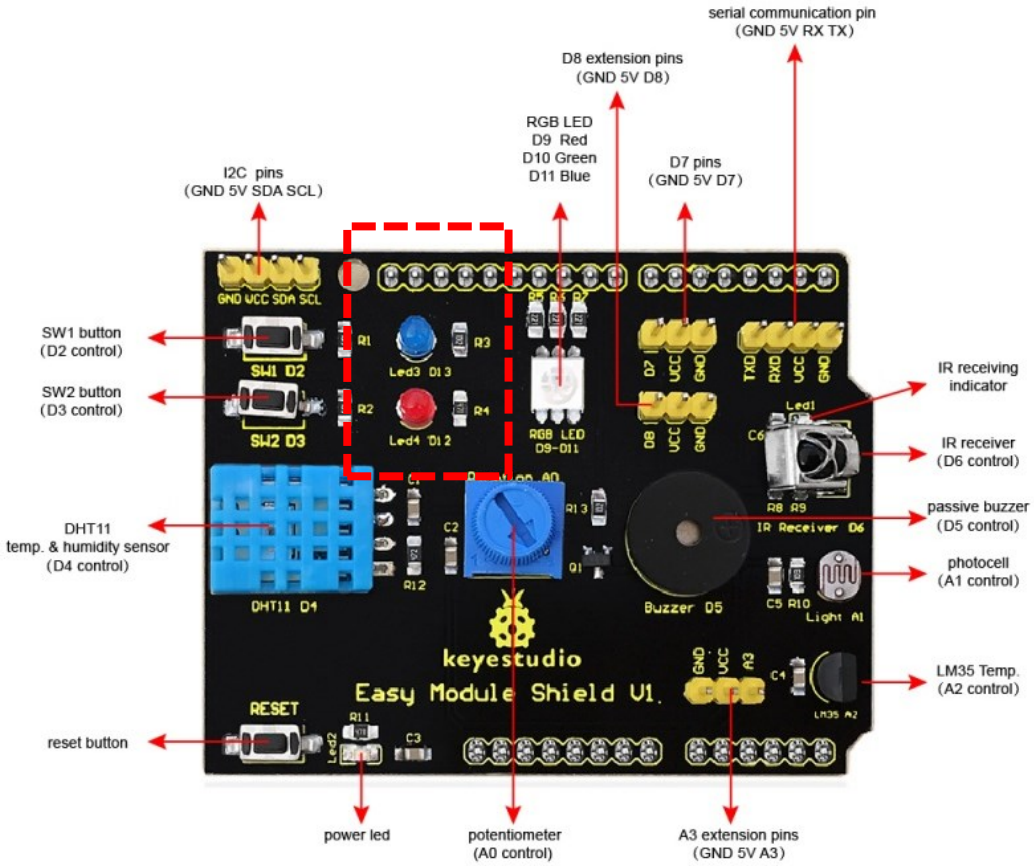
# 확장 보드를 TC275 보드에 연결한 모습



# LED 회로 구조 파악

- 보드의 LED를 사용하기 위해서는 TC275 보드의 어떤 핀이 Easy Module Shield 확장 보드의 LED와 연결되어 있는지 알아야 함

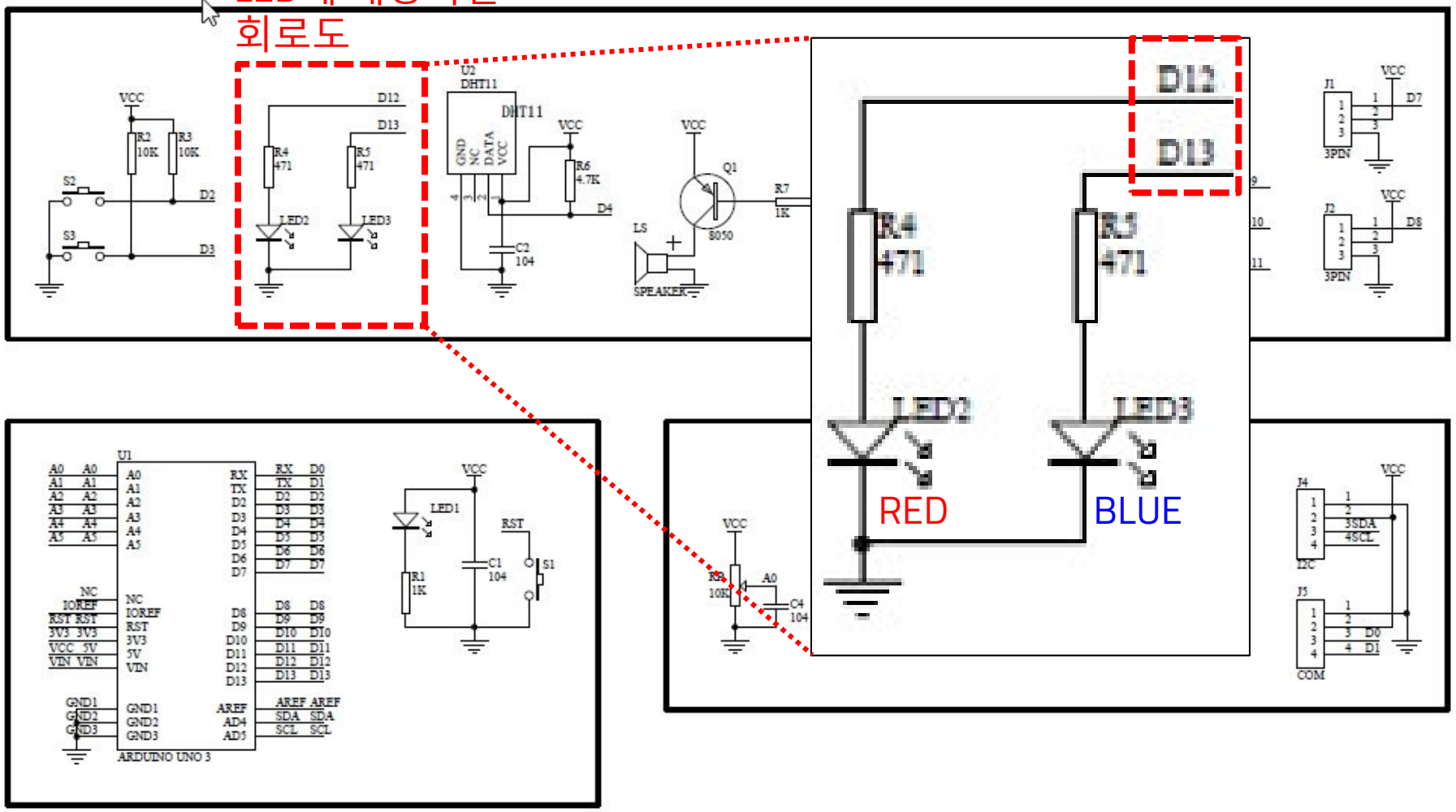
  → 데이터 시트 분석 필요



# 회로도 @ 확장 보드 데이터 시트

LED에 해당하는
회로도

LED는
D12, D13 핀에 연결

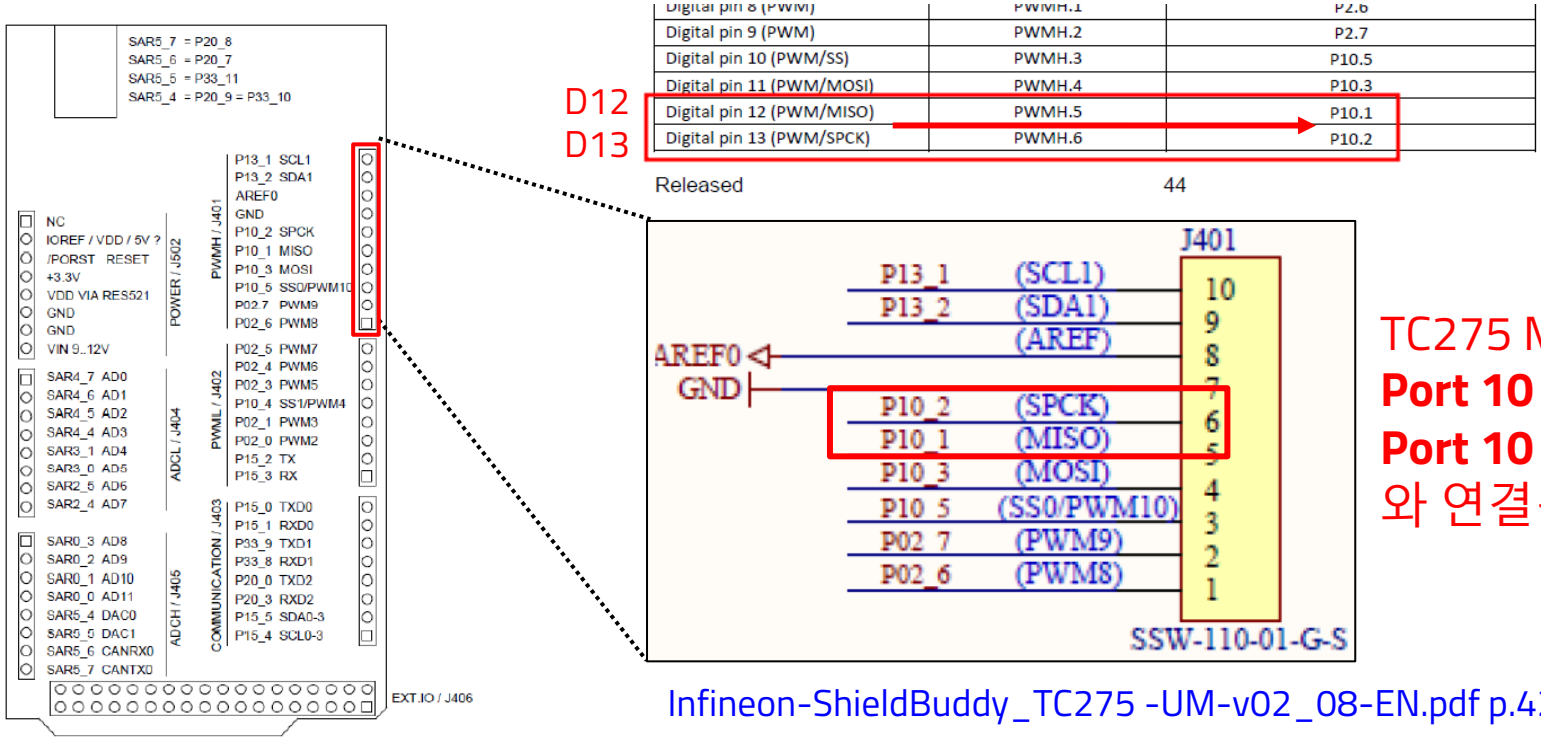


# Pin Map @ TC275 보드

- 앞서 LED는 확장 보드의 핀 D12, D13에 연결 되어있는 것을 확인

→ **그렇다면 확장 보드의 핀 D12, D13는 TC275 보드의 어느 핀에 연결?**

Infineon-ShieldBuddy_TC275 -UM-v02_08-EN.pdf p.44




| | | | |
|---|---|---|---|
| | Digital pin 8 (PWM) | PWMH.1 | P2.6 |
| | Digital pin 9 (PWM) | PWMH.2 | P2.7 |
| | Digital pin 10 (PWM/SS) | PWMH.3 | P10.5 |
| | Digital pin 11 (PWM/MOSI) | PWMH.4 | P10.3 |
| D12 | Digital pin 12 (PWM/MISO) | PWMH.5 | P10.1 |
| D13 | Digital pin 13 (PWM/SPCK) | PWMH.6 | P10.2 |

Released 44

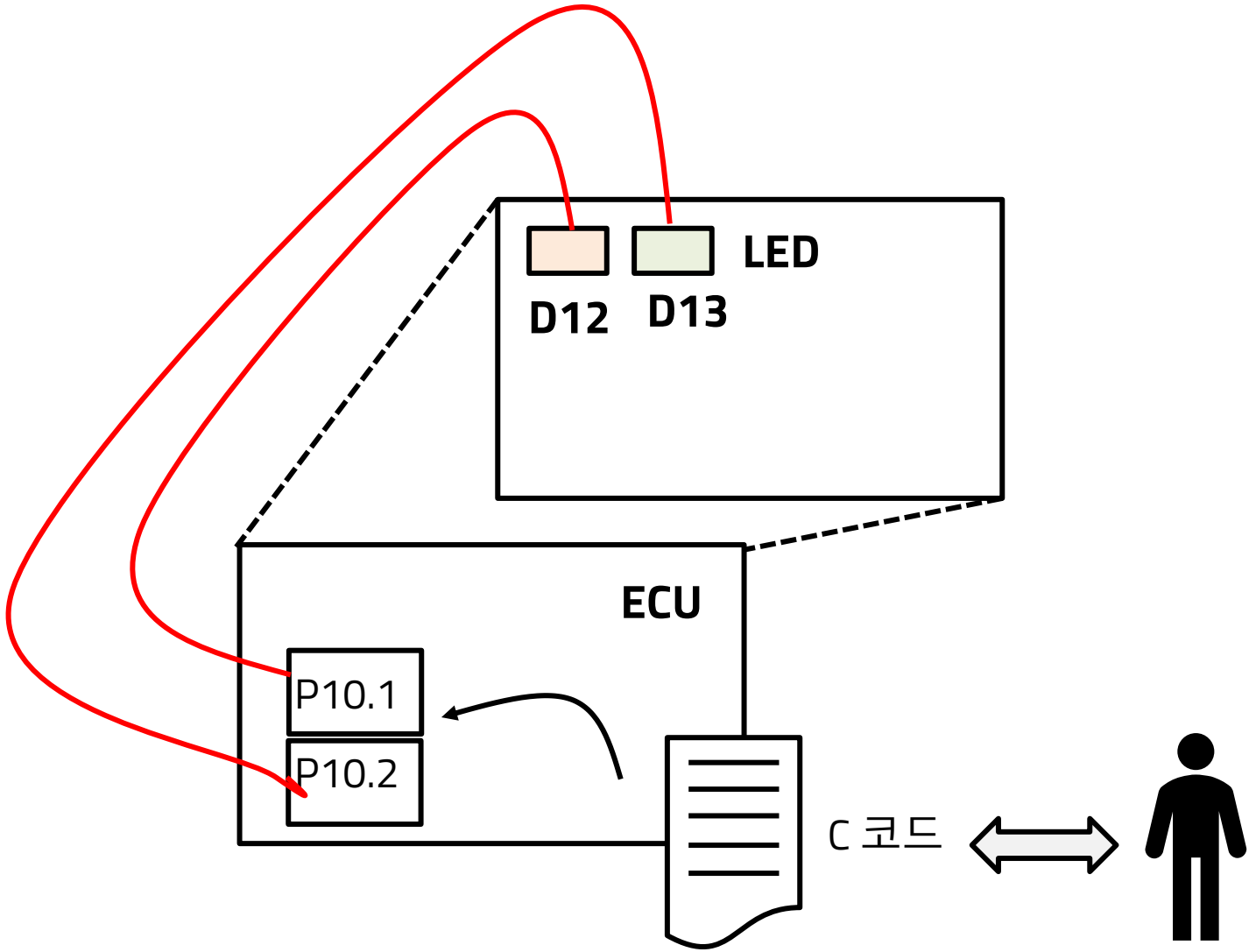



TC275 MCU I/O 중,
**Port 10 pin 1 (P10.1)**
**Port 10 pin 2 (P10.2)**
와 연결됨

Infineon-ShieldBuddy_TC275 -UM-v02_08-EN.pdf p.42

Infineon-ShieldBuddy_TC275 -UM-v02_08-EN.pdf p.46

# ECU보드화 Sensor/Actuator보드의 연결구조



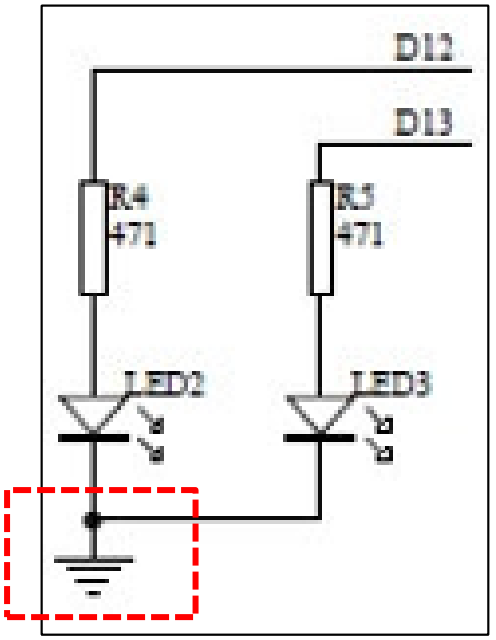
# LED를 제어하려면...

- LED 회로를 보면 D12, D13 핀 반대쪽에 GND가 있으므로
  → HIGH 값을 인가해야 LED가 켜질 수 있음
  → 반대로 LOW 값을 인가하면 LED는 꺼짐

- **즉, LED를 켜려면 MCU의 P10.1, P10.2 핀에 HIGH 값을 인가해야 함**

- 어떻게 MCU의 핀에 HIGH 또는 LOW 값을 인가?

→ **GPIO 하드웨어 모듈을 설정해야 함**



# GPIO (General Purpose Input Output)

- MCU 칩 외부와 통신하기 위해 범용(general purpose)으로 사용되는 **디지털 신호 입/출력 모듈**

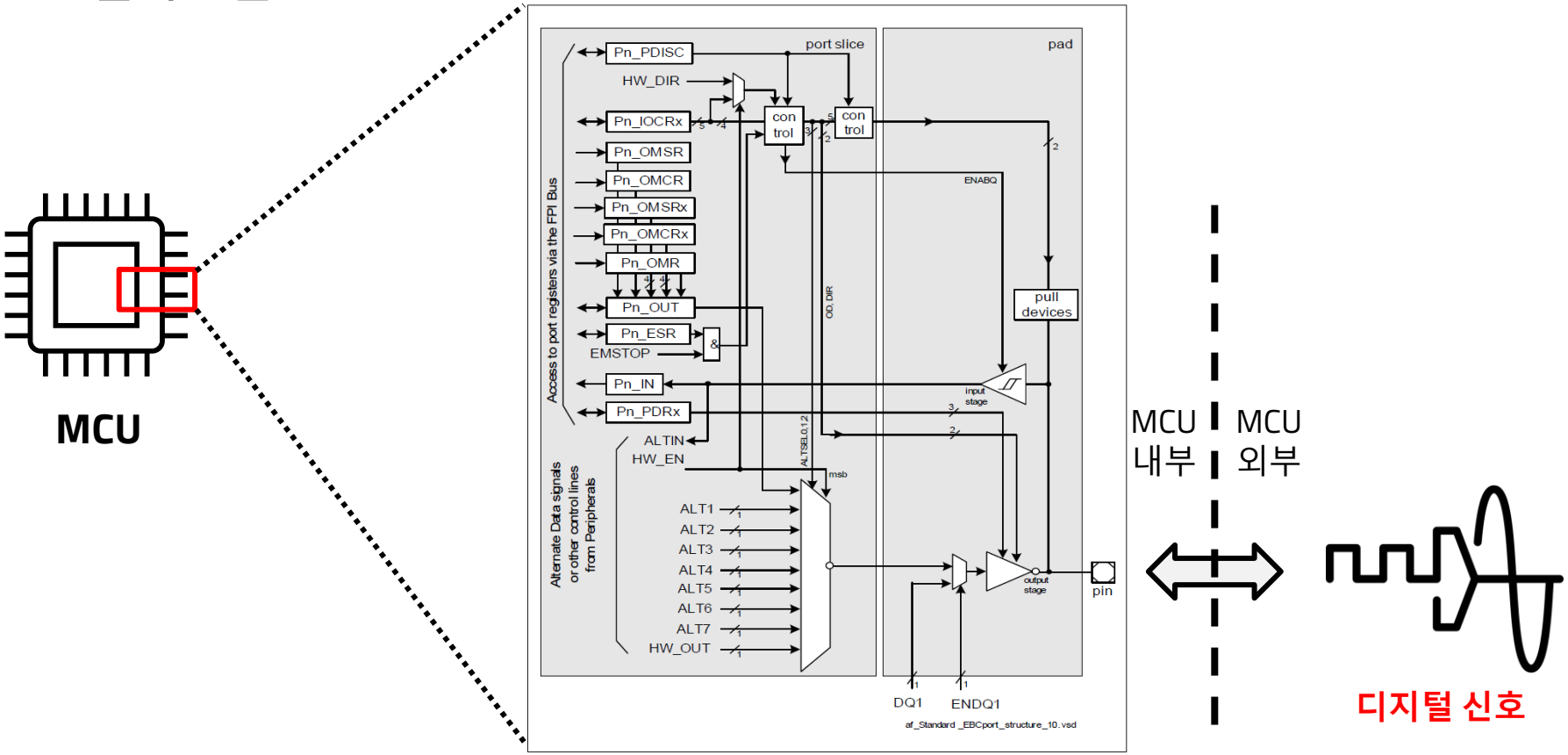



Figure 13-1 General Structure of a Port Pin

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1067

# GPIO (General Purpose Input Output)

- **GPIO 하드웨어 모듈의 다양한 기능을 원하는 대로 사용하기 위해**

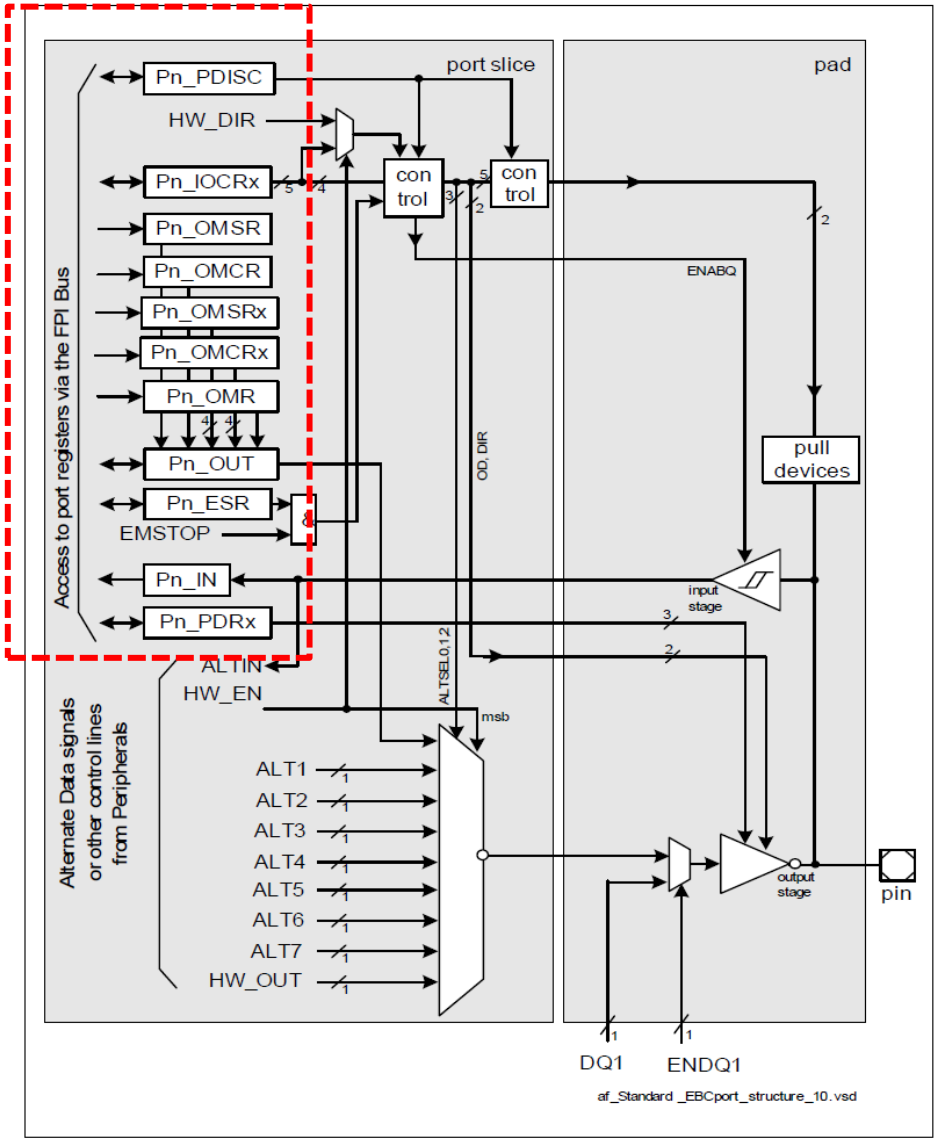
→ **GPIO 해당하는 레지스터 설정 필요**

  - 입력으로 사용할 것인지, 출력으로 사용할 것인지
  - 풀-업(pull-up)으로 사용할 것인지, 풀-다운(pull-down)으로 사용할 것인지
  - 속도를 얼마나 빠르게 사용할 것인지
  - etc …

- **MCU의 하드웨어가 "레지스터"라는 이름으로 특정 주소에 설정 (configuration) 가능하도록 매핑 되어 있음**

- 본 실습에서 GPIO 동작 목표는

→ **P10.1, P10.2 핀의 출력 모드 동작**






Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1067

# GPIO 레지스터 설정

- P10.1, P10.2 핀의 출력 모드 동작을 위해서는 어떤 레지스터 설정이 필요?
  → 데이터 시트에서 찾을 수 있음

- GPIO Port 레지스터 항목에서
  - **P10_OUT**
  - **P10_IOCR0**
- 2가지 레지스터에 설정이 필요함

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1163

**Table 13-16 Port 10 Functions** (cont'd)

| Port Pin | I/O | Pin Functionality | Associated Reg./ I/O Line | Port I/O Control Select. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Reg./Bit Field | Value |
| P10.1 | I | General-purpose input | P10_IN.P1 | P10_IOCR0. PC1 | $0XXXX_B$ |
| | | GTM input | TIN103 | | |
| | | QSPI1 input | MRST1A | | |
| | | GPT120 input | T5EUDB | | |
| | O | General-purpose output | P10_OUT.P1 | | $1X000_B$ |
| | | GTM output | TOUT103 | | $1X001_B$ |
| | | QSPI1 output | MTSR1 | | $1X010_B$ |
| | | QSPI1 output | MRST1 | | $1X011_B$ |
| | | MSC0 | EN01 | | $1X100_B$ |
| | | VADC output | VADCG6BFL1 | | $1X101_B$ |
| | | MSC0 output | END03 | | $1X110_B$ |
| | | Reserved | – | | $1X111_B$ |
| P10.2 | I | General-purpose input | P10_IN.P2 | P10_IOCR0. PC2 | $0XXXX_B$ |
| | | GTM input | TIN104 | | |
| | | QSPI1 input | SCLK1A | | |
| | | SCU input | REQ2 | | |
| | | MSC0 input | SDI01 | | |
| | | GPT120 input | T6INB | | |
| | | CAN node 2 input | RXDCAN2E | | |
| | O | General-purpose output | P10_OUT.P2 | | $1X000_B$ |
| | | GTM output | TOUT104 | | $1X001_B$ |
| | | Reserved | – | | $1X010_B$ |
| | | QSPI1 output | SCLK1 | | $1X011_B$ |
| | | MSC0 | EN00 | | $1X100_B$ |
| | | VADC output | VADCG6BFL2 | | $1X101_B$ |
| | | MSC0 output | END02 | | $1X110_B$ |
| | | Reserved | – | | $1X111_B$ |

# GPIO 레지스터 설정 – Address

- <u>레지스터 설정을 위해 레지스터가 위치한 주소 파악 필요</u>

1. GPIO (Ports) 레지스터 영역 찾기

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.227

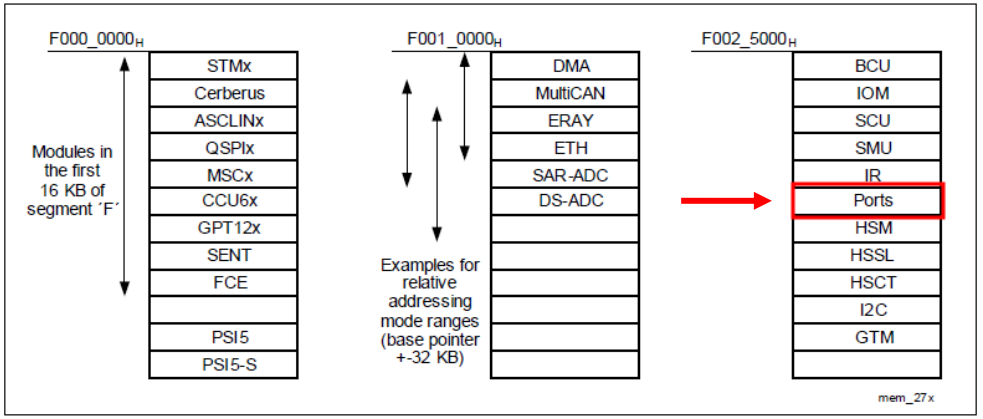



**Figure 3-1 Segment F Structure**

2. 실습에서 사용하는 Port 10 에 해당하는 레지스터 영역 찾기
   - 시작 주소 (Base address)
   - **= 0xF003B000**

**Table 3-3 On Chip Bus Address Map of Segment 15** (cont'd)

| Unit | Address Range | Size | Access Type | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Read | Write |
| Reserved | $F003\ A300_H$ - $F003\ AFFF_H$ | – | SPBBE | SPBBE |
| Port 10 | $F003\ B000_H$ - $F003\ B0FF_H$ | 256 byte | access | access |
| Port 11 | $F003\ B100_H$ - $F003\ B1FF_H$ | 256 byte | access | access |

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.231

# GPIO 레지스터 설정
## : P10_IOCR0 Direction Reg Addr 계산

3. 사용할 특정 레지스터의 주소 찾기

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1074

- **P10_IOCR0**
- **Offset Address = 0x0010**
- **즉, Base Address로부터 0x0010만큼 떨어져 있음**

→ P10_IOCR0 레지스터 주소

→ = [P10 Base Addr] + [P10_IOCR0 Offset Addr]

→ = 0xF003B000 + 0x0010 = **0xF003B010**

**Table 13-4 Registers Overview**

| Register Short Name | Register Long Name | Offset Address | Access Mode | | Reset | Desc. see |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Read | Write | | |
| Pn_OUT | Port n Output Register | $0000_H$ | U, SV | U, SV, P | Application Reset | Page 13-38 |
| Pn_OMR | Port n Output Modification Register | $0004_H$ | U, SV | U, SV, P | Application Reset | Page 13-39 |
| ID | Module Identification Register | $0008_H$ | U, SV | BE | Application Reset | Page 13-13 |
| Pn_IOCR0 | Port n Input/Output Control Register 0 | $0010_H$ | U, SV | U, SV, P | Application Reset | Page 13-14 |
| Pn_IOCR4 | Port n Input/Output | $0014_H$ | U, SV | U, | Application | Page 13-1 |

왜 P10 이 아니라 Pn 으로 표기?

- MCU에서 사용할 수 있는 Port 는 여러 개 존재
  - ✓ Port 1, Port 2, … Port 10, …
- 각 Port 들이 동일한 레지스터 구성을 가지기 때문!
- 모든 Port에 대한 레지스터는 동일한 **map**을 참고하기 위해 Pn (n 자리에는 Port 번호) 사용

사용할 Port 번호 n = 10

→ Pn = P10

# GPIO 레지스터 설정
# : P10_OUT Data Reg Addr 계산

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1074

3. 사용할 특정 레지스터의 주소 찾기
   - **P10_OUT**
   - Offset Address = 0x0000
   - **즉, Base Address로부터 0x0000만큼 떨어져 있음**

   → P10_OUT 레지스터 주소
   → = [P10 Base Addr] + [P10_OUT Offset Addr]
   → = 0xF003B000 + 0x0000 = **0xF003B000**

Table 13-4 Registers Overview

| Register Short Name | Register Long Name | Offset Address | Access Mode Read | Access Mode Write | Reset | Desc. see |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pn_OUT | Port n Output Register | $0000_H$ | U, SV | U, SV, P | Application Reset | Page 13-38 |
| Pn_OMR | Port n Output Modification Register | $0004_H$ | U, SV | U, SV, P | Application Reset | Page 13-39 |
| ID | Module Identification Register | $0008_H$ | U, SV | BE | Application Reset | Page 13-13 |
| Pn_IOCR0 | Port n Input/Output Control Register 0 | $0010_H$ | U, SV | U, SV, P | Application Reset | Page 13-14 |
| Pn_IOCR4 | Port n Input/Output | $0014_H$ | U, SV | U, | Application | Page 13-1 |

왜 P10 이 아니라 Pn 으로 표기?

- MCU에서 사용할 수 있는 Port 는 여러 개 존재
  - ✓ Port 1, Port 2, … Port 10, …
- 각 Port 들이 동일한 레지스터 구성을 가지기 때문!
- 모든 Port에 대한 레지스터는 동일한 **map**을 참고하기 위해 Pn (n 자리에는 Port 번호) 사용

사용할 Port 번호 n = 10
→ Pn = P10

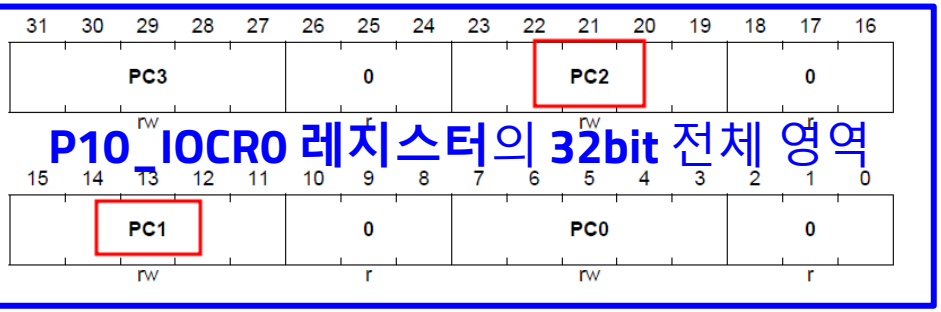
# GPIO 레지스터 설정

## : P10_IOCR0에 값을 쓰기 → Output Direction 설정

- P10.1, P10.2를 General Purpose Output (push-pull)으로 사용하기 위해 P10_IOCR0 레지스터에 어떤 값을 써야 하는지 확인

**where?**

- Pin 1 과 Pin 2 이므로 PC1, PC2 영역에 write 필요




| Field | Bits | Type | Description |
|---|---|---|---|
| PC0, PC1, PC2, PC3 | [7:3], [15:11], [23:19], [31:27] | rw | **Port Control for Port n Pin 0 to 3**<br>This bit field determines the Port n line x functionality (x = 0-3) according to the coding table (see Table 13-5). |
| 0 | [2:0], [10:8], [18:16], [26:24] | r | **Reserved**<br>Read as 0; should be written with 0. |

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1080

Table 13-5 PCx Coding

| PCx[4:0] | I/O | Characteristics | Selected Pull-up / Pull-down / Selected Output Function |
|---|---|---|---|
| $10000_B$ | Output | Push-pull | General-purpose output |
| $10001_B$ | | | Alternate output function 1 |
| $10010_B$ | | | Alternate output function 2 |
| $10011_B$ | | | Alternate output function 3 |
| $10100_B$ | | | Alternate output function 4 |
| $10101_B$ | | | Alternate output function 5 |
| $10110_B$ | | | Alternate output function 6 |
| $10111_B$ | | | Alternate output function 7 |
| $11000_B$ | | Open-drain | General-purpose output |
| $11001_B$ | | | Alternate output function 1 |
| $11010_B$ | | | Alternate output function 2 |
| $11011_B$ | | | Alternate output function 3 |
| $11100_B$ | | | Alternate output function 4 |
| $11101_B$ | | | Alternate output function 5 |
| $11110_B$ | | | Alternate output function 6 |
| $11111_B$ | | | Alternate output function 7 |

1) This is the default pull device setting after reset for powertrain applications.

**what?**

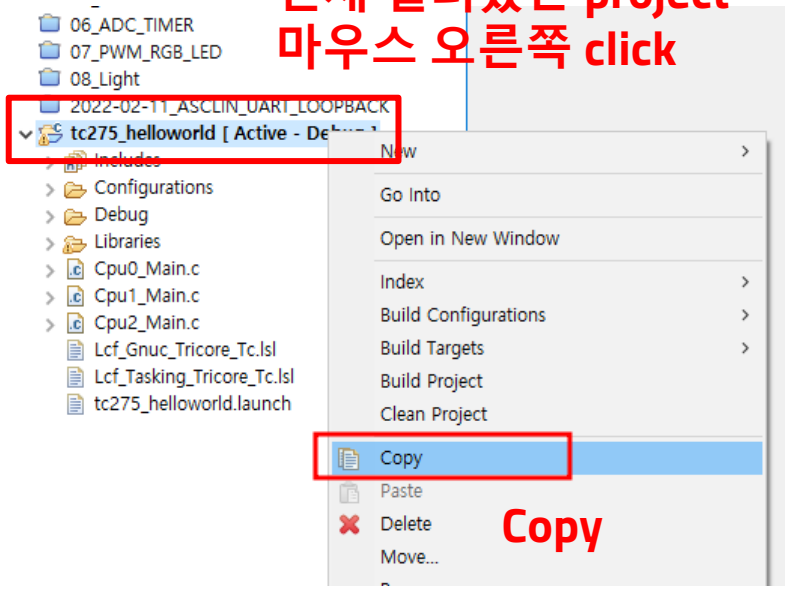
- 출력 모드로 사용하기 위해 0x10 값을 PC1, PC2 영역에 write

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1090

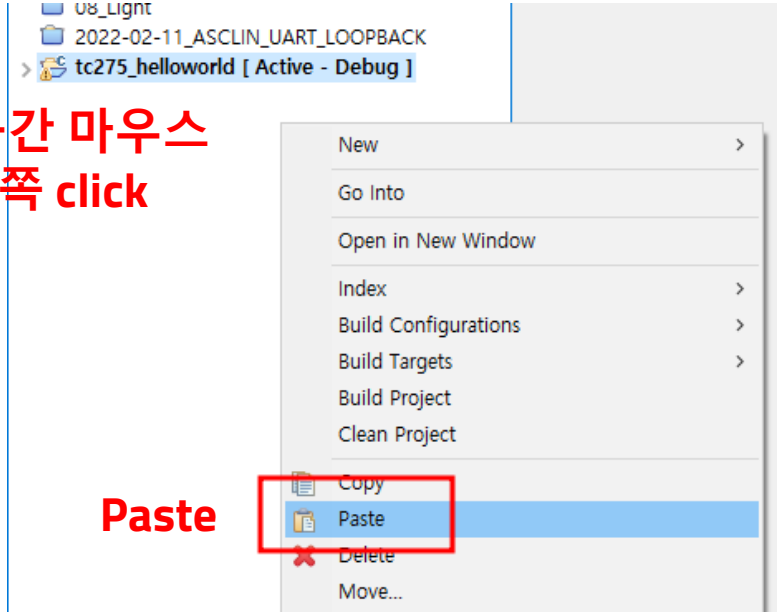
# Lab1 – Let's Do it by Yourself

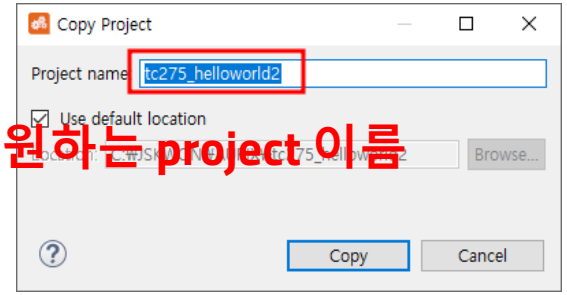
## : 프로젝트 환경 복사 및 셋업

현재 열려있는 project
마우스 오른쪽 click




빈 공간 마우스
오른쪽 click

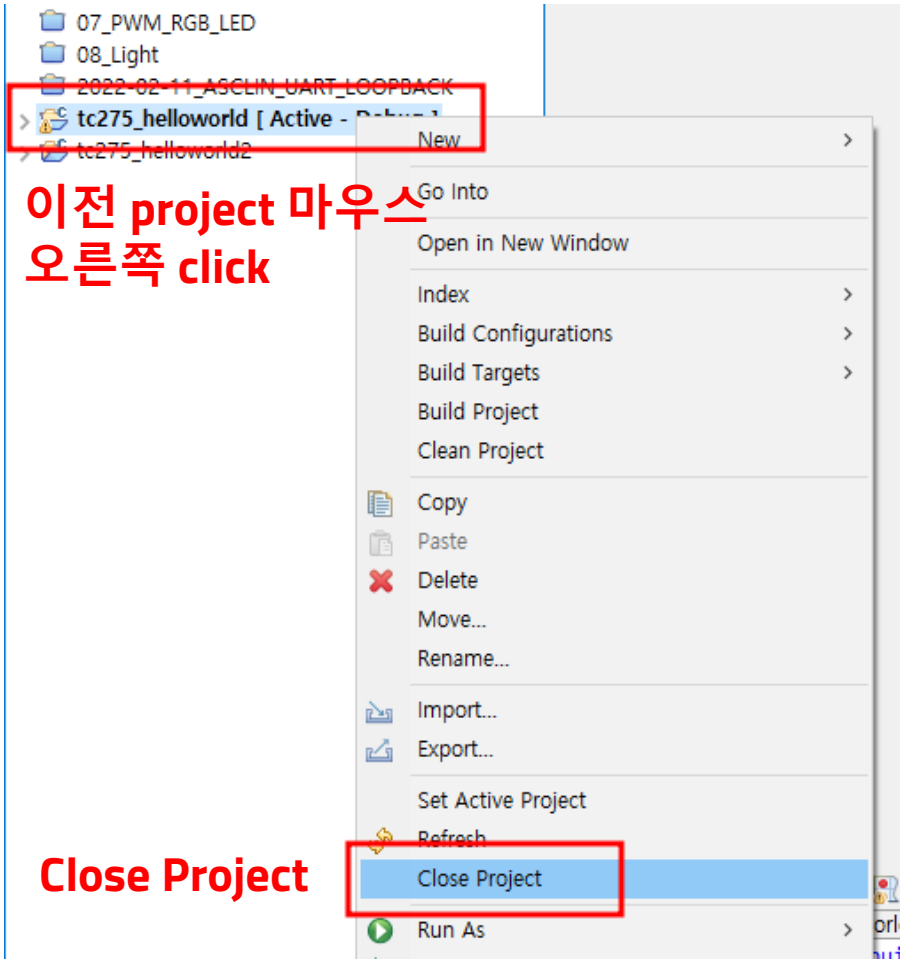


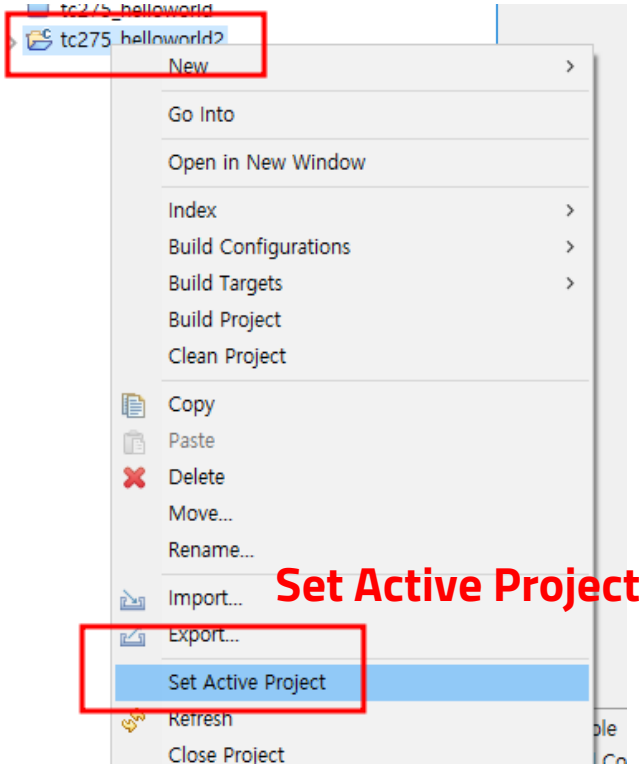




원하는 project 이름

# Lab1 – Let's Do it by Yourself

## : 프로젝트 환경 복사 및 셋업



# Lab1 – Let's Do it by Yourself

## : P10_IOCR0 레지스터에 값 쓰기

```
30
31  // Port registers
32  #define PC1_BIT_LSB_IDX          11
33  #define PC2_BIT_LSB_IDX          19
34  #define P1_BIT_LSB_IDX           1
35  #define P2_BIT_LSB_IDX           2
36
```

Port 레지스터 bit shift offset

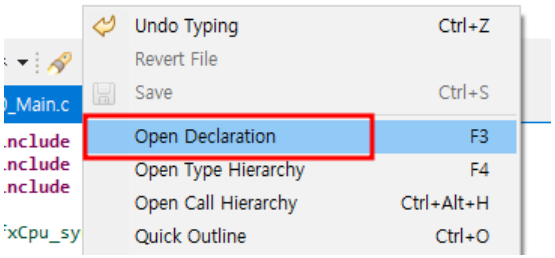
```
86
87  void initLED(void)
88  {
89      P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX);    // reset P10_IOCR0 PC1
90      P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC2_BIT_LSB_IDX);    // reset P10_IOCR0 PC2
91
92      P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC1_BIT_LSB_IDX;       // set P10.1 push-pull general output
93      P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC2_BIT_LSB_IDX;       // set P10.2 push-pull general output
94  }
95
```

# Lab 1 - Memory Map된 하드웨어 영역을 주소로 접근
# : P10_IOCR0 레지스터 선언부

- LED 사용을 위한 초기화 함수 *initLED()*

```
86
87  void initLED(void)
88  {
89      P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX);     // reset P10_IOCR0 PC1
90      P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC2_BIT_LSB_IDX);     // reset P10_IOCR0 PC2
91
92      P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC1_BIT_LSB_IDX;        // set P10.1 push-pull general output
93      P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC2_BIT_LSB_IDX;        // set P10.2 push-pull general output
94  }
95
```

**AURIX에서 제공하는 헤더파일의 레지스터 주소 확인**
- 레지스터 이름 (P10_IOCR0) right click




'Open Declaration' click

```
372
373  /** \brief  10, Port Input/Output Control Register 0 */
374  #define P10_IOCR0 /*lint --e(923)*/ (*(volatile Ifx_P_IOCR0*)0xF003B010u)
375
```

레지스터의 주소를 가리키는 변수는 *volatile* 키워드 사용

Libraries\Infra\Sfr\TC27D_Reg\IfxPort_reg.h

앞서 데이터 시트에서 찾았던 P10_IOCR0 레지스터의 주소와 동일 = 0xF003B010

# Lab1 - 구조체를 이용한 비트 slice, 공용체 이용한 타입선택

- 레지스터 주소 pointer에서 사용되는 구조체 (struct) / 공용체 (union)

```
372
373 /** \brief  10, Port Input/Output Control Register 0 */
374 #define P10_IOCR0 /*lint --e(923)*/ (*(volatile Ifx_P_IOCR0*)0xF003B010u)
375
```

Libraries\Infra\Sfr\TC27D_Reg\IfxPort_reg.h

*Ifx_P_IOCR0* 이라는 자료형은 어디로부터?

```
86
87 void initLED(void)
88 {
89     P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX);
90     P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC2_BIT_LSB_IDX);
91
92     P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC1_BIT_LSB_IDX;
93     P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC2_BIT_LSB_IDX;
94 }
95
```

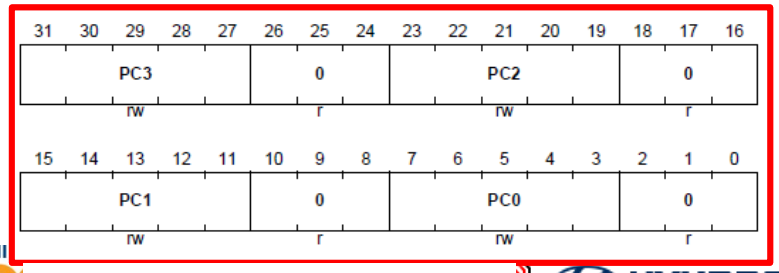
```
564 /** \brief  Port Input/Output Control Register 0 */
565 typedef union
566 {
567     unsigned int U;
568     signed int I;
569     Ifx_P_IOCR0_Bits B;
570 } Ifx_P_IOCR0;
571
```

Libraries\Infra\Sfr\TC27D_Reg\IfxPort_regdef.h

```
/**< \brief Unsigned access */
/**< \brief Signed access */
/**< \brief Bitfield access */
```

공용체 (union)의 형태로 선언되어 있음

공용체 (union)의 멤버 중, **U 사용** =
***unsigned int*** **에 해당하는 크기만큼 사용**
**→ 변수 P02_IOCR0 은 32bit 의 크기를 가짐**




**P10_IOCR0 레지스터 32bit**

```
156
157 /** \brief  Port Input/Output Control Re
158 typedef struct _Ifx_P_IOCR0_Bits
159 {
160     unsigned int reserved_0:3;
161     unsigned int PC0:5;
162     unsigned int reserved_8:3;
163     unsigned int PC1:5;
164     unsigned int reserved_16:3;
165     unsigned int PC2:5;
166     unsigned int reserved_24:3;
167     unsigned int PC3:5;
168 } Ifx_P_IOCR0_Bits;
169
```

레지스터를 이루는 bit 필드 단위로 사용하고 싶으면 공용체 멤버 중, **B 사용**
(LSB가 작은 주소에 위치하므로 **→ Little Endian**)

Libraries\Infra\Sfr\TC27D_Reg\IfxPort_regdef.h

# 구조체 bit slice 이용하여 특정 비트만 접근하는 방법

- 레지스터 값을 수정할 수 있는 2가지 방법 - 두 코드는 동일한 결과를 가짐

→ **P10_IOCR0 레지스터의 PC1 영역에 0x10 이라는 값을 write 하는 코드**

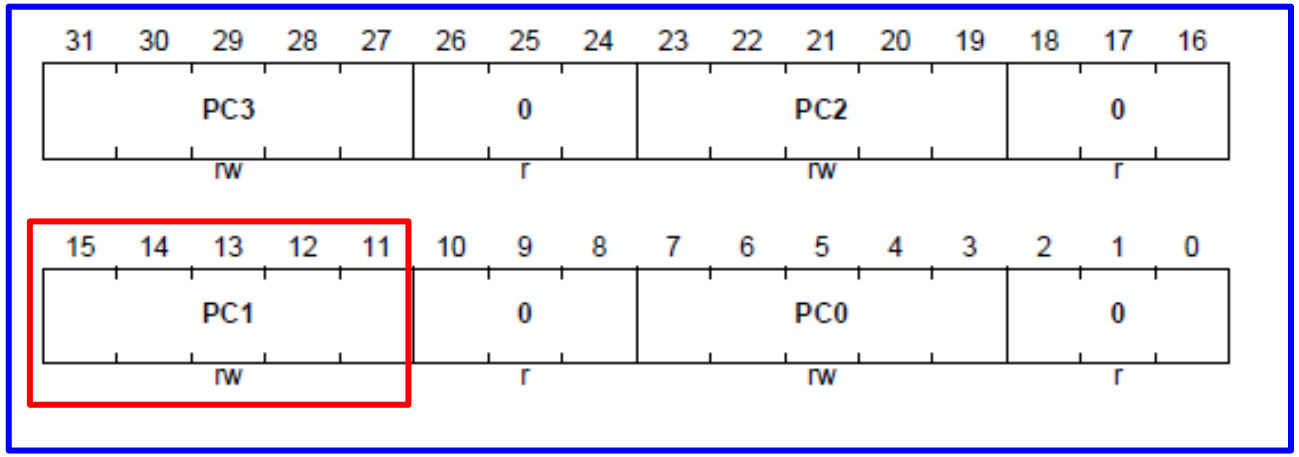
```
5
6 P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC1_BIT_LSB_IDX
```

P10_IOCR0 레지스터에 unsigned int 의 32bit 크기 전체로 접근 (PC1 영역이 시작되는 11번째 bit까지 shift 필요)

```
9
10 P10_IOCR0.B.PC1 = 0x10;
```

P10_IOCR0 레지스터 중, PC1 영역에 해당하는 5개의 bit 에 구조체 필드로 접근 (다른 영역에는 영향 X)

**P10_IOCR0 레지스터 32bit**



# Lab 설명: 비트 Clear

- LED 사용을 위한 초기화 함수 *initLED()*

```
30
31  // Port registers
32  #define PC1_BIT_LSB_IDX          11
33  #define PC2_BIT_LSB_IDX          19
34  #define P1_BIT_LSB_IDX           1
35  #define P2_BIT_LSB_IDX           2
36
```

```
86
87  void initLED(void)
88  {
89      P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX);      // reset P10_IOCR0 PC1
90      P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC2_BIT_LSB_IDX);      // reset P10_IOCR0 PC2
91
92      P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC1_BIT_LSB_IDX;         // set P10.1 push-pull general output
93      P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC2_BIT_LSB_IDX;         // set P10.2 push-pull general output
94  }
95
```

```
86
87  void initLED(void)
88  {
89      P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX);      // reset P10_IOCR0 PC1
90      P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC2_BIT_LSB_IDX);      // reset P10_IOCR0 PC2
91
92      P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC1_BIT_LSB_IDX;         // set P10.1 push-pull general output
93      P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC2_BIT_LSB_IDX;         // set P10.2 push-pull general output
94  }
95
```

shift 하는 숫자 (BIT_LSB_IDX)의 의미

"0"과 AND 연산의 의미

**P10_IOCR0 레지스터 32bit**

| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PC3 | | | | | 0 | | | PC2 | | | | | 0 | | |
| rw | | | | | r | | | rw | | | | | r | | |

| 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PC1 | | | | | 0 | | | PC0 | | | | | 0 | | |
| rw | | | | | r | | | rw | | | | | r | | |

~(0x1F << 11)
= ~0x0000F800
= 0xFFFF07FF

PC1 영역 "0"을 AND 연산하면 반드시 0의 결과
(나머지는 "1"과 AND 연산하면 값 유지)

PC2, PC1의 bit 위치만큼 0x1F 값을 left shift

전체 레지스터 중, PC2 또는 PC1 등 특정 영역만을 0으로 clear

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1080

# Lab 설명: Bit Set

- LED 사용을 위한 초기화 함수 *initLED()*

```
86
87  void initLED(void)
88  {
89      P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX);      // reset P10_IOCR0 PC1
90      P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC2_BIT_LSB_IDX);      // reset P10_IOCR0 PC2
91
92      P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC1_BIT_LSB_IDX;         // set P10.1 push-pull general output
93      P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC2_BIT_LSB_IDX;         // set P10.2 push-pull general output
94  }
95
```

OR 연산을 사용한 레지스터 write

0x10 << 11
= 0x00008000

PC1 영역에 0x10을 OR 연산하면 해당 위치의 비트만 값이 변경됨 (나머지는 "0"과 OR 연산하여 값 유지)

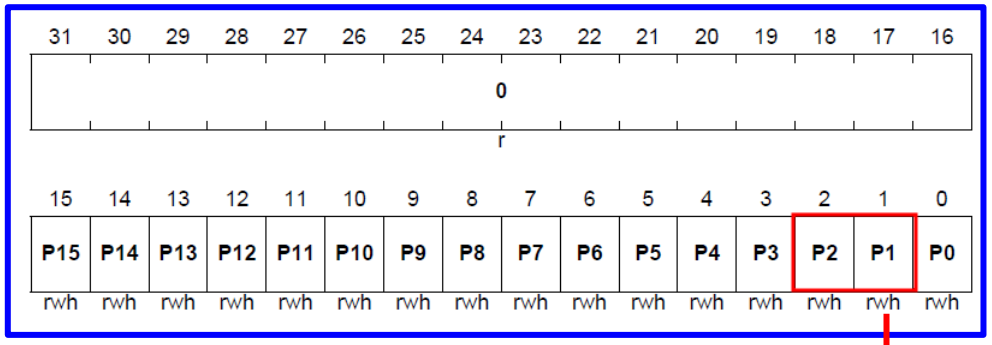
전체 레지스터 중, PC2 또는 PC1 등 특정 영역에만 값 write

# GPIO 레지스터 설정

## : P10_OUT 에 값을 쓰기 → Output Value 설정

- P10.1, P10.2 출력에 HIGH("1") 또는 LOW("0")의 값을 인가하기 위해 P10_OUT 레지스터에 어떤 값을 써야 하는지 확인

**P10_OUT 레지스터의 32bit 전체 영역**




| Field | Bits | Type | Description |
|---|---|---|---|
| **Px**<br>**(x = 0-15)** | x | rwh | **Port n Output Bit x**<br>This bit determines the level at the output pin Pn.x if the output is selected as GPIO output.<br>$0_B$ The output level of Pn.x is 0.<br>$1_B$ The output level of Pn.x is 1.<br>Pn.x can also be set or cleared by control bits of the Pn_OMSR, Pn_OMCR or Pn_OMR registers. |
| **0** | [31:16] | r | **Reserved**<br>Read as 0; should be written with 0. |

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1103

**where?**

- Pin 1 과 Pin 2 이므로 P1, P2 영역에 write 필요
- 전체 32bit 중, P2, P1 영역은 1bit 씩 차지

**what?**

- 출력하고자 하는 값("0" 또는 "1")을 P1, P2 영역에 write

# Lab2 – Let's Do it by Yourself

## : P10_OUT에 값을 써서, 출력 제어해보자, (토글)

```
43
44  int core0_main(void)
45  {
46      IfxCpu_enableInterrupts();
47
48      /* !!WATCHDOG0 AND SAFETY WATCHDOG ARE DISABLED HERE!!
49       * Enable the watchdogs and service them periodically if it is required
50       */
51      IfxScuWdt_disableCpuWatchdog(IfxScuWdt_getCpuWatchdogPassword());
52      IfxScuWdt_disableSafetyWatchdog(IfxScuWdt_getSafetyWatchdogPassword());
53
54      /* Wait for CPU sync event */
55      IfxCpu_emitEvent(&g_cpuSyncEvent);
56      IfxCpu_waitEvent(&g_cpuSyncEvent, 1);
57
58      initLED();
59
60
61      while(1)
62      {
63          // 1. GPIO OUT
64          for(uint32 i = 0; i < 10000000; i++);   // delay
65          P10_OUT.U ^= 0x1 << P1_BIT_LSB_IDX;                 // toggle P10.1 (LED D12 RED)
66
67          for(uint32 i = 0; i < 10000000; i++);   // delay
68          P10_OUT.U ^= 0x1 << P2_BIT_LSB_IDX;;                // toggle P10.2 (LED D13 BLUE)
69
70
71      }
72      return (1);
73  }
74
```

# Lab 2: P10_OUT 셋팅

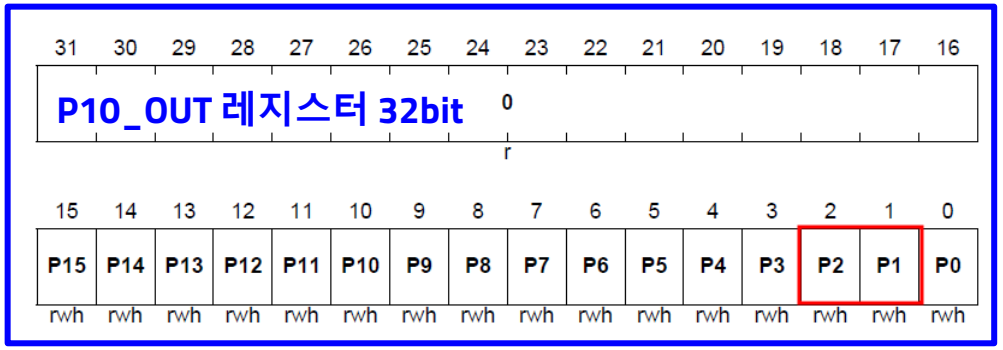
```
30
31  // Port registers
32  #define PC1_BIT_LSB_IDX          11
33  #define PC2_BIT_LSB_IDX          19
34  #define P1_BIT_LSB_IDX           1
35  #define P2_BIT_LSB_IDX           2
36
```

- main 함수 while문 내에 원하는 동작에 대한 코드를 작성

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1103

```
43
44  int core0_main(void)
45  {
46      IfxCpu_enableInterrupts();
47
48      /* !!WATCHDOG0 AND SAFETY WATCHDOG ARE DISABLED HERE!!
49       * Enable the watchdogs and service them periodically if it is required
50       */
51      IfxScuWdt_disableCpuWatchdog(IfxScuWdt_getCpuWatchdogPassword());
52      IfxScuWdt_disableSafetyWatchdog(IfxScuWdt_getSafetyWatchdogPassword());
53
54      /* Wait for CPU sync event */
55      IfxCpu_emitEvent(&g_cpuSyncEvent);
56      IfxCpu_waitEvent(&g_cpuSyncEvent, 1);
57
58      initLED();
59
60
61      while(1)
62      {
63          // 1. GPIO OUT
64          for(uint32 i = 0; i < 10000000; i++);   // delay
65          P10_OUT.U ^= 0x1 << P1_BIT_LSB_IDX;                 // toggle P10.1 (LED D12 RED)
66
67          for(uint32 i = 0; i < 10000000; i++);   // delay
68          P10_OUT.U ^= 0x1 << P2_BIT_LSB_IDX;;                // toggle P10.2 (LED D13 BLUE)
69
70
71      }
72      return (1);
73  }
74
```

LED 초기화




XOR 연산을 사용한 bit toggle

P1 영역과 "1"값을 XOR 연산하면, 두 값이 다를 경우 1을 출력
→ 현재 bit값이 "0"인 경우 "1"을 write
→ 현재 bit값이 "1"인 경우 "0"을 write
**toggle 동작을 수행**

```
408
409  /** \brief  0, Port Output Register */
410  #define P10_OUT /*lint --e(923)*/ (*(volatile Ifx_P_OUT*)0xF003B000u)
411
412  /** \brief  40, Port Pad Driver Mode 0 Register */
```

앞서 데이터 시트에서 찾았던 P10_OUT 레지스터의 주소와 동일 = 0xF003B000

# Lab1, Lab2 수행 결과

## SW가 HW를 제어

- SW에서 변수의 형태로 특정 주소의 레지스터에 write한 값이 **하드웨어에 미치는 영향**
  - P10_IOCR0 레지스터에 의해 pin으로 출력되는 값이 P10_OUT으로 multiplexing 되도록 함

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1067

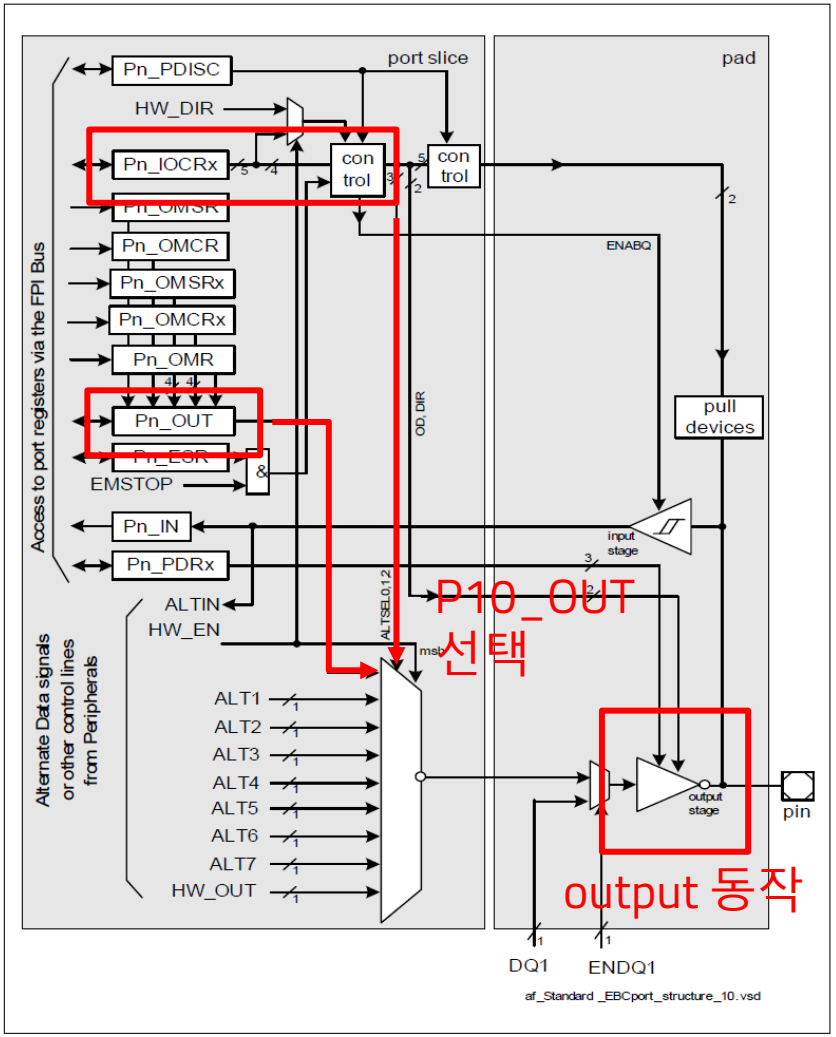
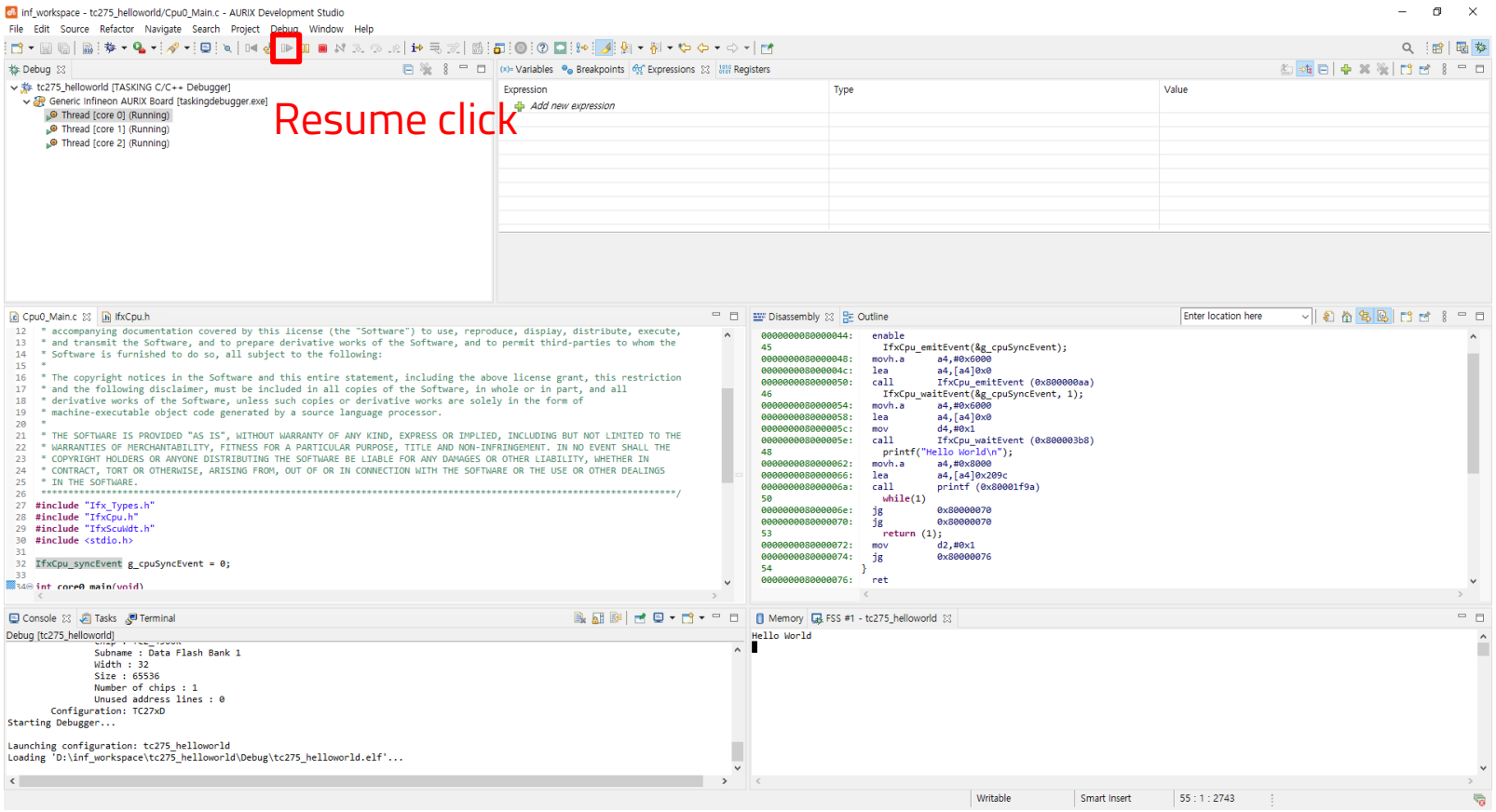


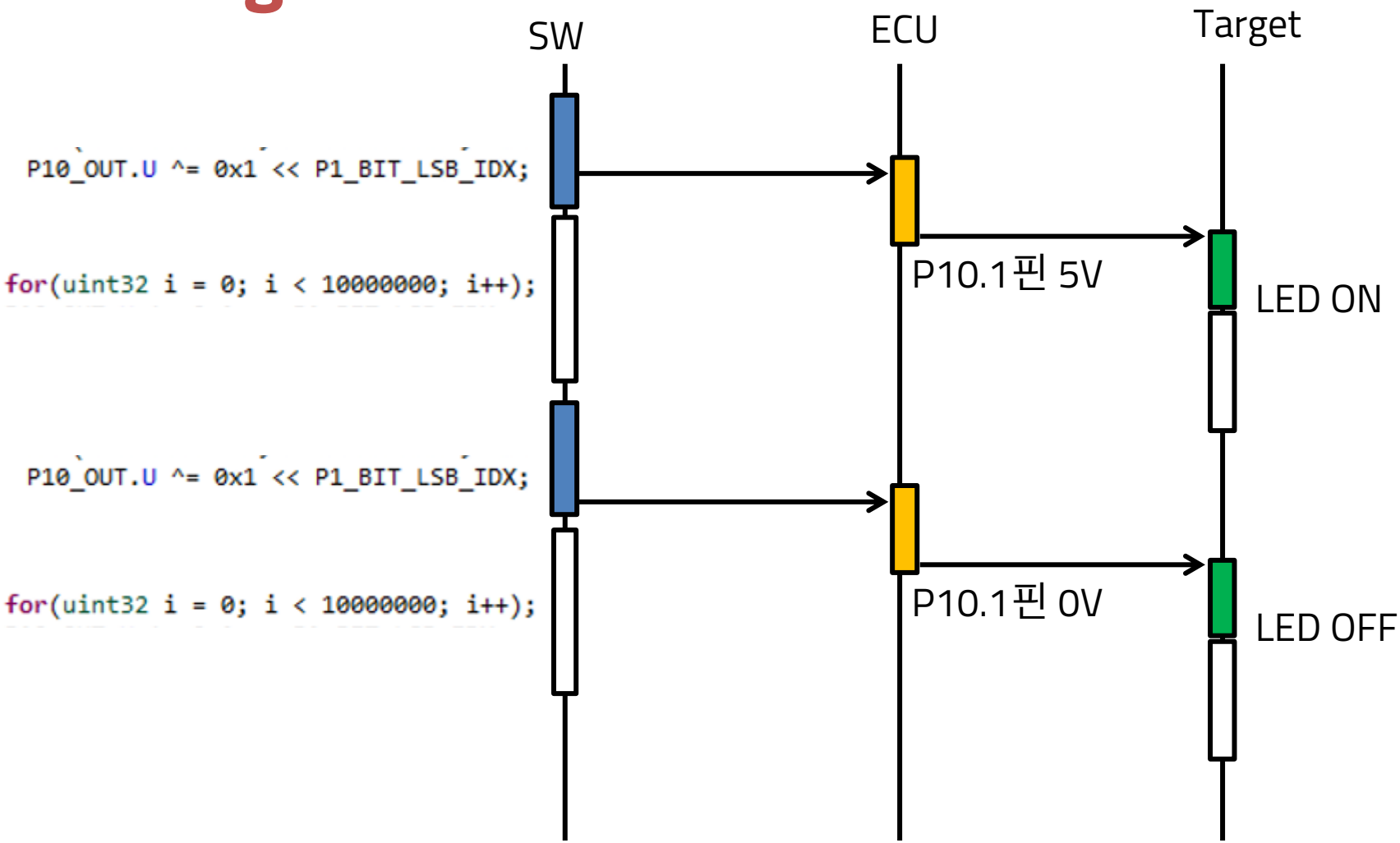

Figure 13-1 General Structure of a Port Pin

# Build 및 Debug

- 프로젝트 빌드 (ctrl + b)
- 디버그 수행하여 보드에 실행 파일 flash

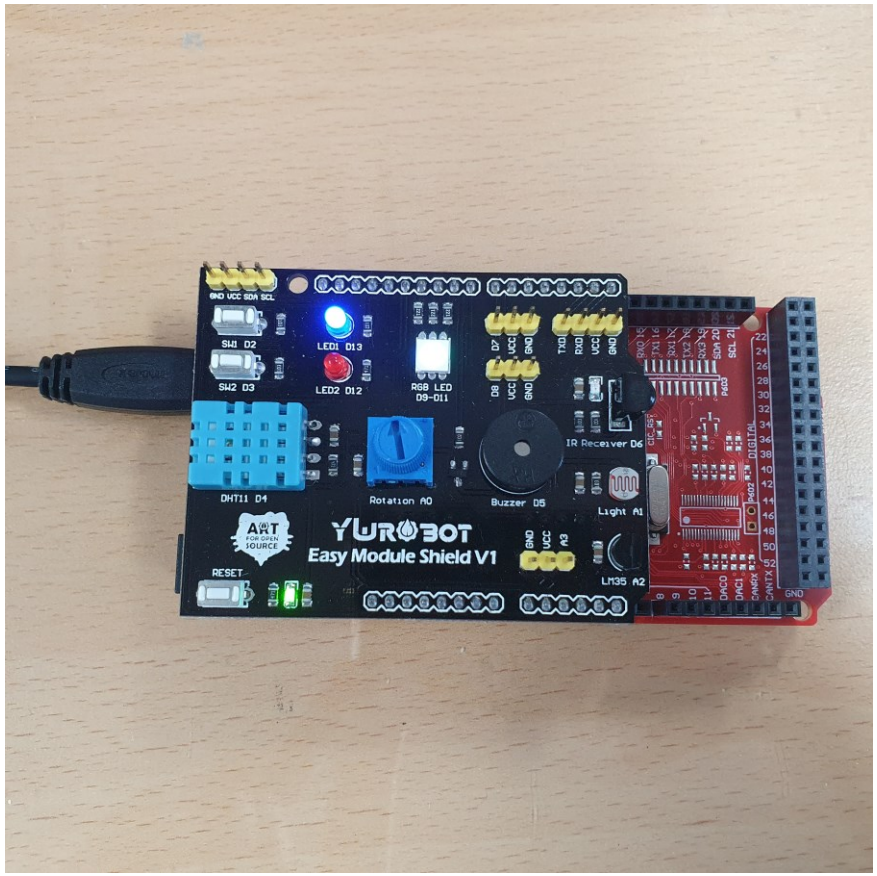


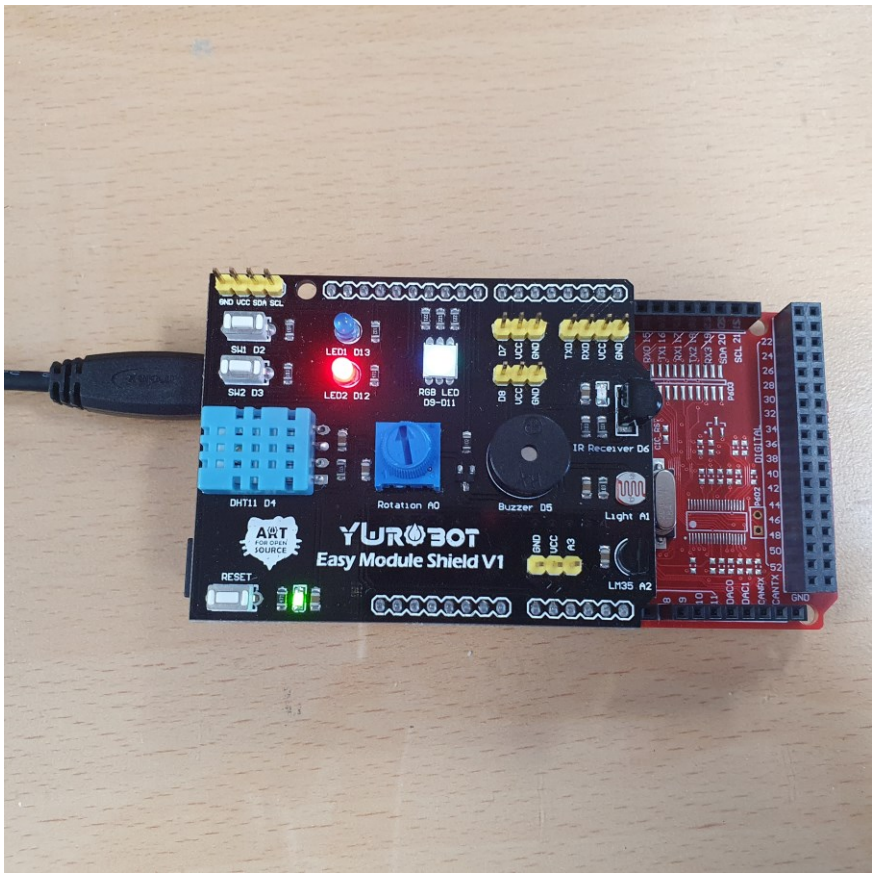
# Polling-based SW-HW Interaction



# 동작 확인

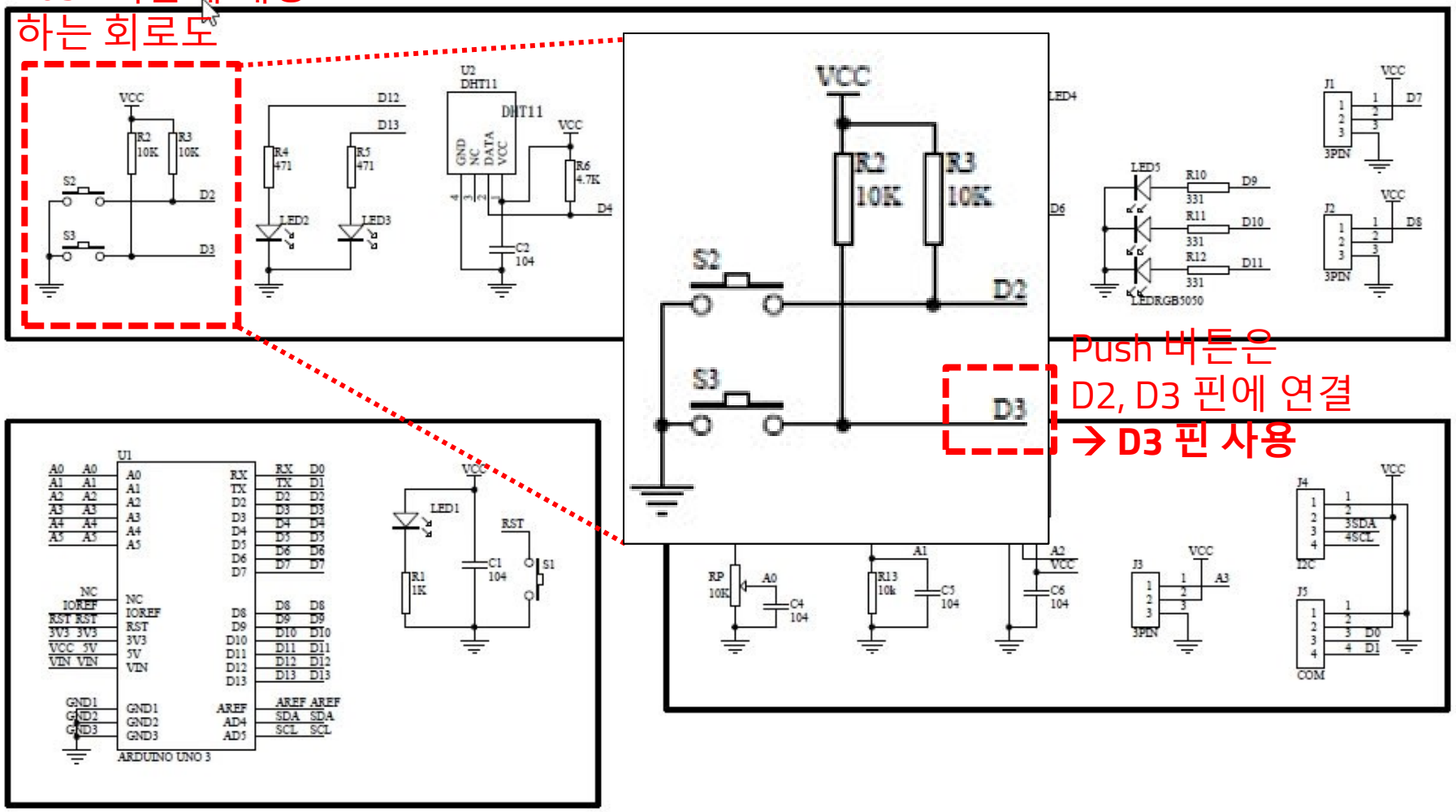
- 두 LED가 차례로 toggle 하는 모습 확인 가능



# Push 버튼 회로 구조 파악

Push 버튼에 해당
하는 회로도

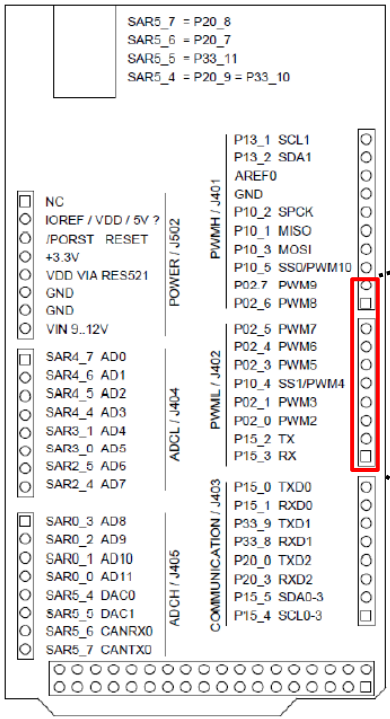


# Pin Map @ TC275 보드

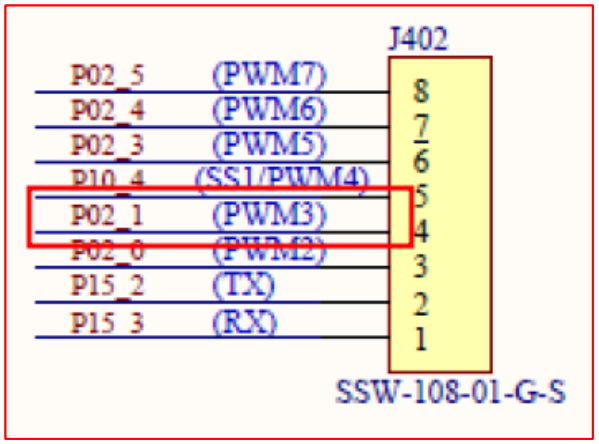
- 사용할 Push 버튼 (SW2) 은 확장 보드의 핀 D3에 연결 되어있는 것을 확인

→ **그렇다면 확장 보드의 핀 D3은 TC275 보드의 어느 핀에 연결?**

Infineon-ShieldBuddy_TC275 -UM-v02_08-EN.pdf p.44




| | | |
|---|---|---|
| Digital pin 1 (TX0) | PWML.2 | P15.2 |
| Digital pin 2 (PWM) | PWML.3 | P2.0 |
| Digital pin 3 (PWM) | PWML.4 | P2.1 |
| Digital pin 5 (PWM) | PWML.6 | P2.3 |
| Digital pin 6 (PWM) | PWML.7 | P2.4 |




TC275 MCU I/O 중,
**Port 2 pin 1 (P02.1)**
와 연결됨

Infineon-ShieldBuddy_TC275 -UM-v02_08-EN.pdf p.42

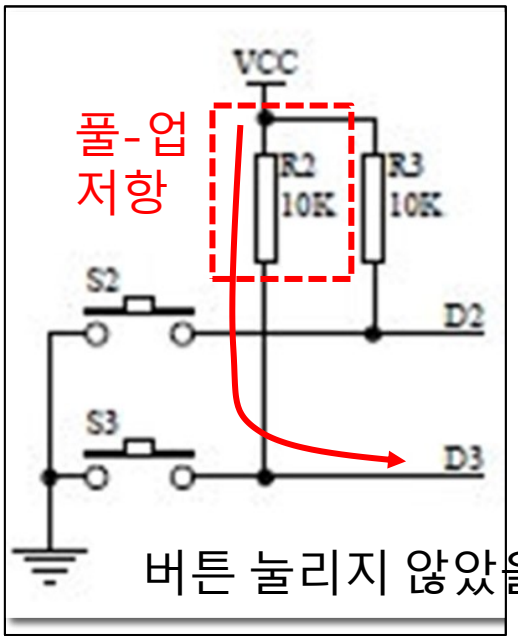
Infineon-ShieldBuddy_TC275 -UM-v02_08-EN.pdf p.46

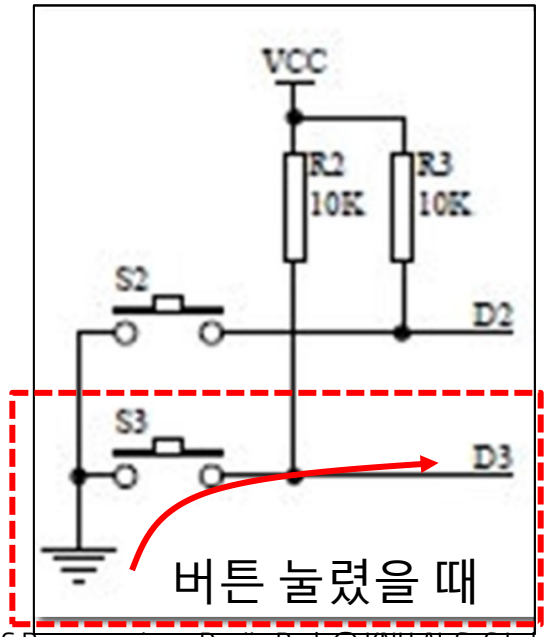
# Push 버튼 상태를 읽기 위해

- Push 버튼 회로를 보면 D3 핀에 VCC가 pull-up으로 연결 되어있음
  → 버튼이 눌리지 않으면 핀에 HIGH가 전달됨
  → 반대로 버튼이 눌리면 핀에 LOW가 전달됨

- <u>즉, LOW 값이 입력될 때 Push 버튼이 눌려 있는 상태인 것</u>

- **GPIO를 입력 모드로 사용해서 MCU의 핀이 HIGH 또는 LOW 값인지 확인해야 함**



# GPIO 레지스터 설정

- P02.1 핀의 입력 모드 동작을 위해서는 어떤 레지스터 설정이 필요?
  → 데이터 시트에서 찾을 수 있음

- GPIO Port 레지스터 항목에서
  - **P02_IN**
  - **P02_IOCR0**
- 2가지 레지스터에 설정이 필요함

**Table 13-14 Port 02 Functions** (cont'd)

| Port Pin | I/O | Pin Functionality | Associated Reg./ I/O Line | Port I/O Control Select. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Reg./Bit Field | Value |
| **P02.1** | I | General-purpose input | P02_IN.P1 | P02_IOCR0. PC1 | $0XXXX_B$ |
| | | GTM input | TIN1 | | |
| | | ASCLIN2 input | ARX2B | | |
| | | CAN node 0 input | RXDCAN0A | | |
| | | ERAY input | RXDA2 | | |
| | | CIF input | CIFD1 | | |
| | | SCU input | REQ14 | | |
| | O | General-purpose output | P02_OUT.P1 | | $1X000_B$ |
| | | GTM output | TOUT1 | | $1X001_B$ |
| | | Reserved | – | | $1X010_B$ |
| | | QSPI3 output | SLSO32 | | $1X011_B$ |
| | | DSADC output | DSCGPWMP | | $1X100_B$ |
| | | Reserved | – | | $1X101_B$ |
| | | Reserved | – | | $1X110_B$ |
| | | CCU60 output | COUT60 | | $1X111_B$ |
| P02.2 | I | General-purpose input | P02_IN.P2 | P02_IOCR0 | 0XXXX |

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1151

# GPIO 레지스터 설정

## Port02 Group Base Address

- 레지스터 설정을 위해 레지스터가 위치한 주소 파악 필요

1. GPIO (Ports) 레지스터 영역 찾기

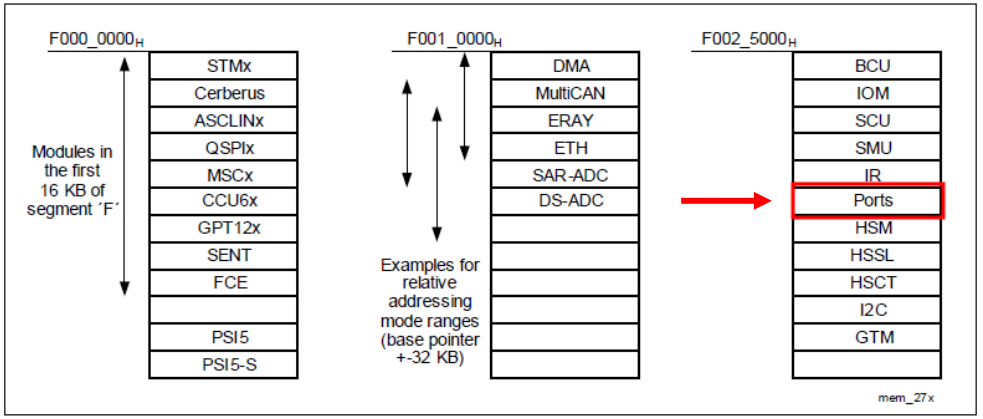



Figure 3-1 Segment F Structure

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.227

2. 실습에서 사용하는 Port 02 에 해당하는 레지스터 영역 찾기
   - 시작 주소 (Base address)
   - **= 0xF003A200**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Interrupt Router (IR) SRC Registers | F003 8000H - F003 9FFFH | 8 Kbyte | access | access |
| Port 00 | F003 A000H - F003 A0FFH | 256 byte | access | access |
| Port 01 | F003 A100H - F003 A1FFH | 256 byte | access | access |
| Port 02 | F003 A200H - F003 A2FFH | 256 byte | access | access |

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.230

# GPIO 레지스터 설정 – Address 계산

3. 사용할 특정 레지스터의 주소 찾기
   - **P02_IN**
   - Offset Address = 0x0024
   - **즉, Base Address로부터 0x0024만큼 떨어져 있음**

   → P02_IN 레지스터 주소

   → = [P02 Base Addr] + [P02_IN Offset Addr]

   → = 0xF003A200 + 0x0024 = **0xF003A224**

   - **P02_IOCR0**
   - Offset Address = 0x0010
   - **즉, Base Address로부터 0x0010만큼 떨어져 있음**

   → P02_IOCR0 레지스터 주소

   → = [P02 Base Addr] + [P02_IOCR0 Offset Addr]

   → = 0xF003A200 + 0x0010 = **0xF003A210**

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1075

Table 13-4 Registers Overview (cont'd)

| Register Short Name | Register Long Name | Offset Address | Access Mode Read | Access Mode Write | Reset | Desc. see |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pn_IOCR12 | Port n Input/Output Control Register 12 | $001C_H$ | U, SV | U, SV, P | Application Reset | Page 13-14 |
| – | Reserved | $0020_H$ | BE | BE | – | – |
| Pn_IN | Port n Input Register | $0024_H$ | U, SV | BE | Application Reset | Page 13-52 |
| – | Reserved | $0028_H$-$003C_H$ | BE | BE | – | – |

사용할 Port 번호 n = 02

→ Pn = P02

Table 13-4 Registers Overview

| Register Short Name | Register Long Name | Offset Address | Access Mode Read | Access Mode Write | Reset | Desc. see |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pn_OUT | Port n Output Register | $0000_H$ | U, SV | U, SV, P | Application Reset | Page 13-38 |
| Pn_OMR | Port n Output Modification Register | $0004_H$ | U, SV | U, SV, P | Application Reset | Page 13-39 |
| ID | Module Identification Register | $0008_H$ | U, SV | BE | Application Reset | Page 13-13 |
| Pn_IOCR0 | Port n Input/Output Control Register 0 | $0010_H$ | U, SV | U, SV, P | Application Reset | Page 13-14 |
| Pn_IOCR4 | Port n Input/Output | $0014_H$ | U, SV | U, | Application | Page 13-1 |

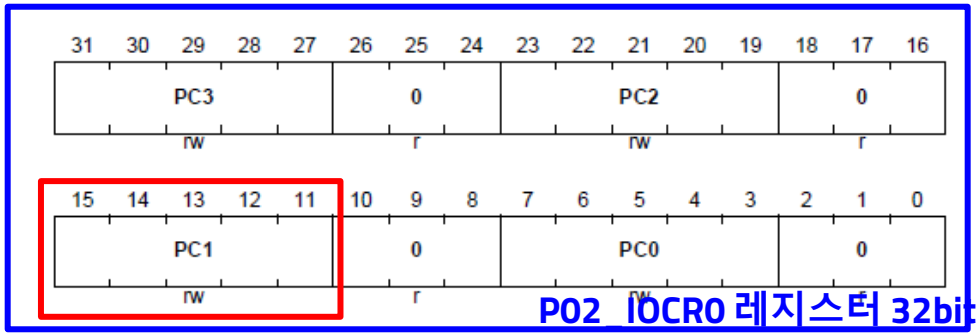
Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1074

# P02.1 포트 Direction 설정
## : P02_IOCR0 레지스터에 값 쓰기

- P02.1를 General Purpose Input 으로 사용하기 위해 P02_IOCR0 레지스터에 어떤 값을 써야 하는지 확인

**where?**

- Pin 1 이므로 PC1 영역에 write 필요




P02_IOCR0 레지스터 32bit

| Field | Bits | Type | Description |
|---|---|---|---|
| PC0, PC1, PC2, PC3 | [7:3], [15:11], [23:19], [31:27] | rw | **Port Control for Port n Pin 0 to 3**<br>This bit field determines the Port n line x functionality (x = 0-3) according to the coding table (see Table 13-5). |
| 0 | [2:0], [10:8], [18:16], [26:24] | r | **Reserved**<br>Read as 0; should be written with 0. |

**P02_IOCR0 레지스터 32bit 중,**
**PC1 영역에 해당하는 5bit**

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1080

**what?**

- 풀-업 회로가 연결된 입력 모드로 사용하기 위해 0x02 값을 PC1 영역에 write
- (X 는 무관항(don't care)을 의미)

Table 13-5 PCx Coding

| PCx[4:0] | I/O | Characteristics | Selected Pull-up / Pull-down / Selected Output Function |
|---|---|---|---|
| $0XX00_B$ | Input | – | No input pull device connected, tri-state mode |
| $0XX01_B$ | | | Input pull-down device connected |
| $0XX10_B$ | | | Input pull-up device connected[1)] |
| $0XX11_B$ | | | No input pull device connected, tri-state mode |

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1089

# Lab 3: P02_IOCR0이용하여 Direction 제어

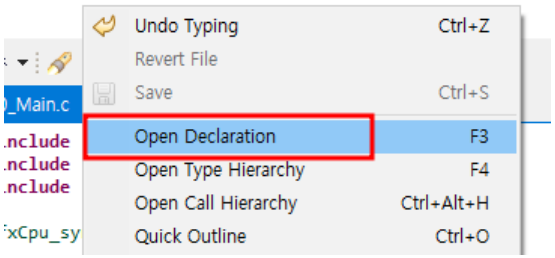
```
 95
 96  void initButton(void)
 97  {
 98      P02_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX);       // reset P02_IOCR0 PC1
 99
100      P02_IOCR0.U |= 0x02 << PC1_BIT_LSB_IDX;          // set P02.1 general input (pull-up connected)
101  }
102
```

# Lab 3 설명: P02_IOCR0 레지스터 정의부

- Push 버튼 사용을 위한 초기화 함수 *initButton()*

```
95
96  void initButton(void)
97  {
98      P02_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX);       // reset P02_IOCR0 PC1
99
100     P02_IOCR0.U |= 0x02 << PC1_BIT_LSB_IDX;          // set P02.1 general input (pull-up connected)
101 }
102
```

**AURIX에서 제공하는 헤더파일의 레지스터 주소 확인**
- 레지스터 이름 (P02_IOCR0) right click




'Open Declaration' click

```
306 #define P02_IN /*lint --e(923)*/ (*(volatile Ifx_P_IN*)0xF003A224u)
307
308 /** \brief  10, Port Input/Output Control Register 0 */
309 #define P02_IOCR0 /*lint --e(923)*/ (*(volatile Ifx_P_IOCR0*)0xF003A210u)
310
311 /** \brief  14, Port Input/Output Control Register 4 */
312 #define P02_IOCR4 /*lint --e(923)*/ (*(volatile Ifx_P_IOCR4*)0xF003A214u)
```

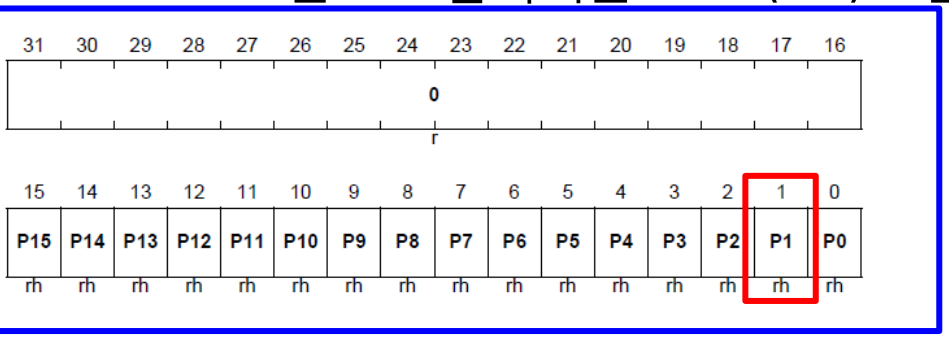
레지스터의 주소를 가리키는 변수는 *volatile* 키워드 사용

Libraries\Infra\Sfr\TC27D_Reg\IfxPort_reg.h

앞서 데이터 시트에서 찾았던 P02_IOCR0 레지스터의 주소와 동일 = 0xF003A210

# GPIO 레지스터 설정 – P02 _IN값 Read

- P02.1 핀으로 입력되는 HIGH(“1”) 또는 LOW(“0”)의 값을 읽기 위한 레지스터




P02 _IN 레지스터 32bit

where?
- Pin 1 이므로 P1 영역을 read





| Field | Bits | Type | Description |
|---|---|---|---|
| **Px**<br>**(x = 0-15)** | x | rh | **Port n Input Bit x**<br>This bit indicates the level at the input pin Pn.x.<br>$0_B$ The input level of Pn.x is 0.<br>$1_B$ The input level of Pn.x is 1. |
| **0** | [31:16] | r | **Reserved**<br>Read as 0. |

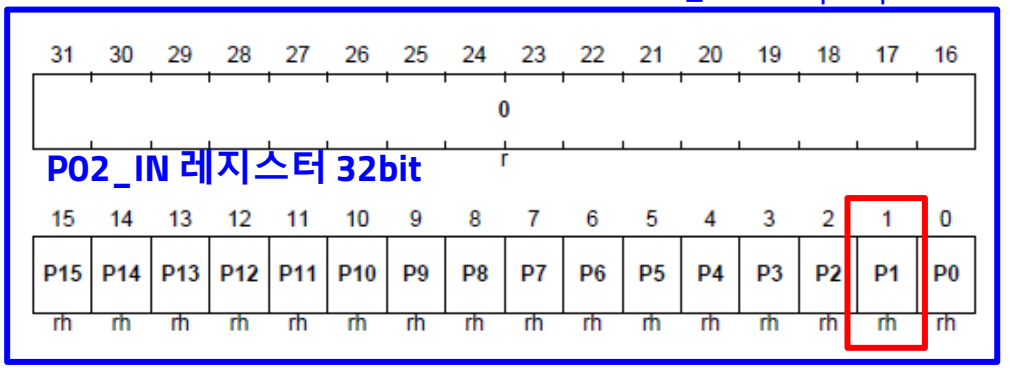
what?
- 입력되는 값이 HIGH이면 P1 영역의 값이 “1”
- 입력되는 값이 LOW이면 P1 영역의 값이 “0”

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1118

# Lab 4: P02.1 포트 값에 따른 출력 제어

- main 함수 while문 내에 원하는 동작에 대한 코드를 작성

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1103




```
53
54      /* Wait for CPU sync event */
55      IfxCpu_emitEvent(&g_cpuSyncEvent);
56      IfxCpu_waitEvent(&g_cpuSyncEvent, 1);
57
58      initLED();
59      initButton();
60
61      while(1)
62      {
63          /*
64          // 1. GPIO OUT
65          for(uint32 i = 0; i < 10000000; i++);   // delay
66          P10_OUT.U ^= 0x1 << P1_BIT_LSB_IDX;                 // toggle P10.1 (LED D12 RED)
67
68          for(uint32 i = 0; i < 10000000; i++);   // delay
69          P10_OUT.U ^= 0x1 << P2_BIT_LSB_IDX;;                // toggle P10.2 (LED D13 BLUE)
70          */
71
72
73          // 2. GPIO IN
74          if( (P02_IN.U & (0x1 << P1_BIT_LSB_IDX)) == 0   // check button status, is it pushed?
75          {
76              P10_OUT.U |= 0x1 << P1_BIT_LSB_IDX;         // set P10.1 (LED D13 RED)
77          }
78          else
79          {
80              P10_OUT.U &= ~(0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);      // clear P10.1 (LED D13 RED)
81          }
82
83      }
84      return (1);
85  }
```

LED, Button 초기화

AND 연산을 사용한 bit Read

다른 영역의 값과 관계없이, P1 영역만의 값을 읽을 때, P1 영역에만 "1"값을 채워 AND 연산하면, P1 영역의 값만 남음
**(Bit Masking)**

```
304
305 /** \brief  24, Port Input Register */
306 #define P02_IN /*lint --e(923)*/ (*(volatile Ifx_P_IN*)0xF003A224u)
307
308 /** \brief  10, Port Input/Output Control Register 0 */
```

앞서 데이터 시트에서 찾았던 P02_IN 레지스터의 주소와 동일 = 0xF003A224

# Lab 3, Lab 4 실행결과

## SW가 HW를 제어함.

- SW에서 변수의 형태로 특정 주소의 레지스터에 write한 값이 **하드웨어에 미치는 영향**
  - P02_IOCR0 레지스터에 의해 pin이 입력으로 동작하도록 함

Infineon-TC27x_D-step-UM-v02_02-EN.pdf p.1067

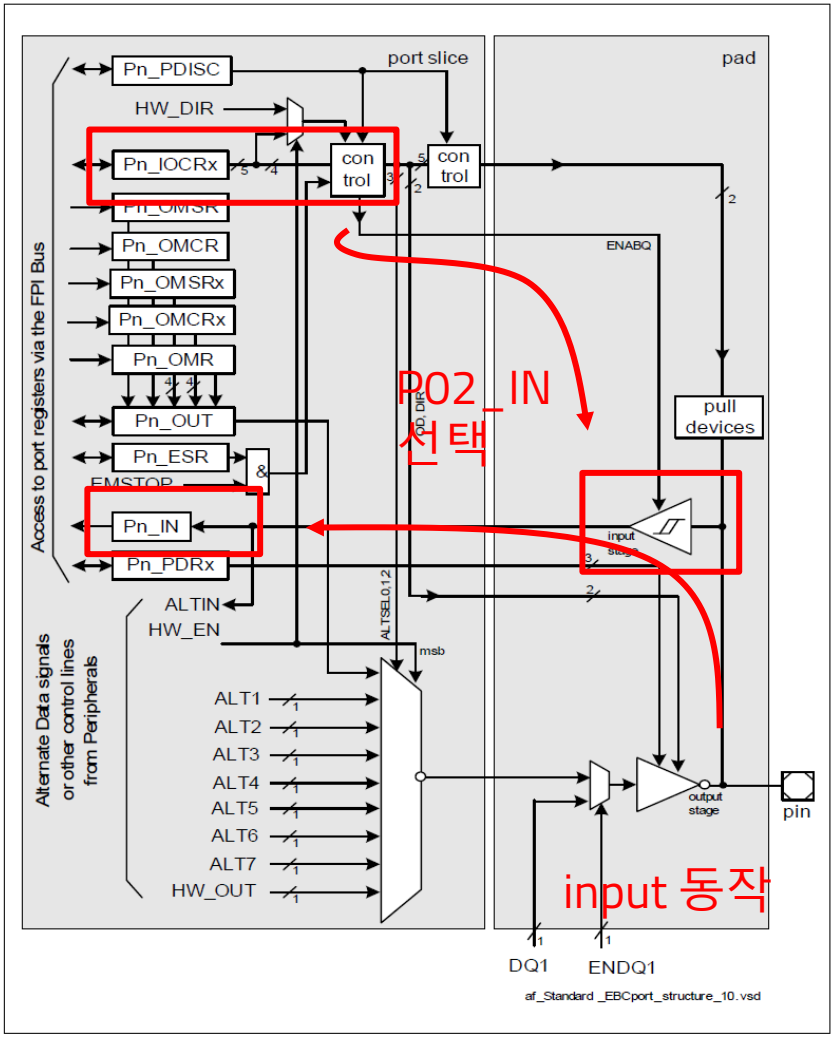
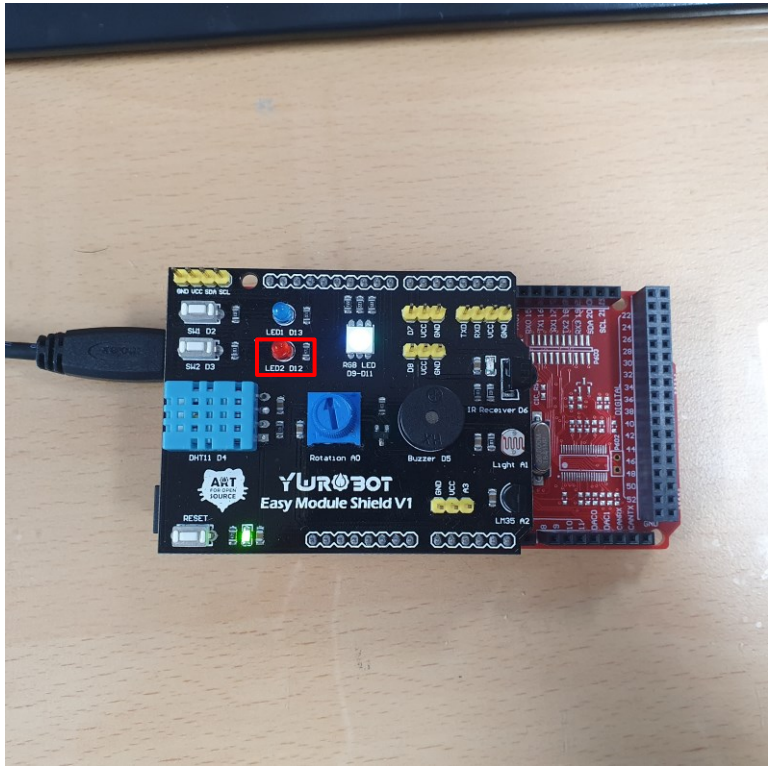


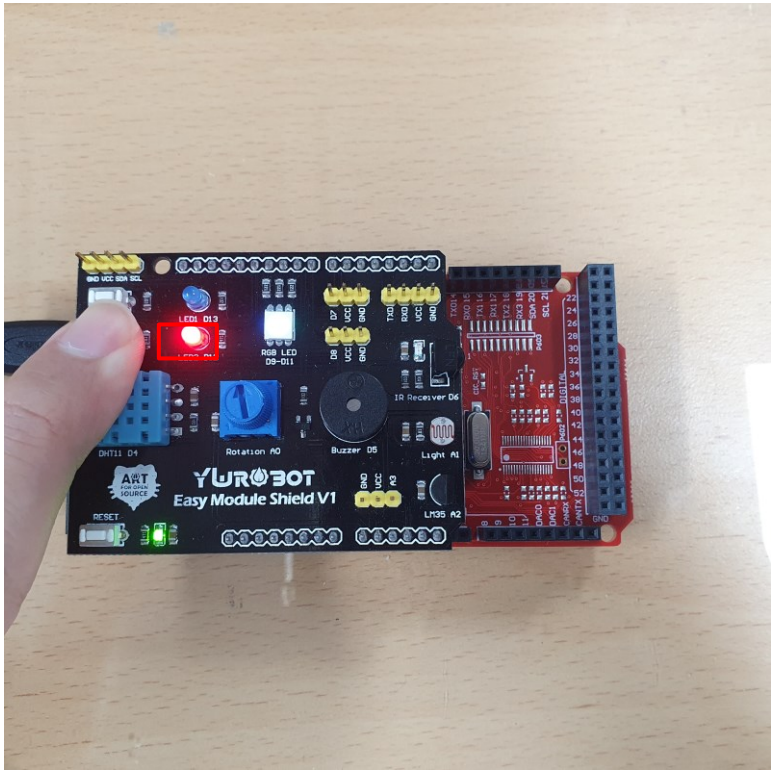

**Figure 13-1 General Structure of a Port Pin**

# 동작 확인

- Build & Debug 후, Push 버튼을 누를 때만 LED RED가 켜지는 모습 확인 가능

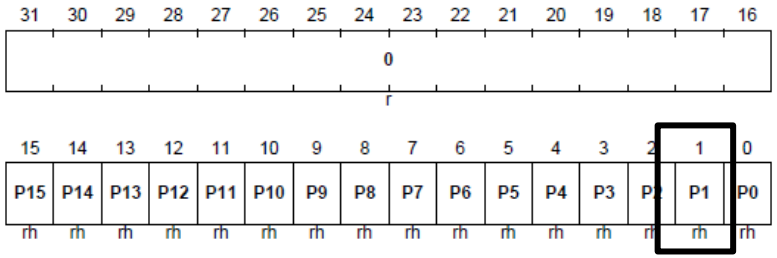



Switch is not pushed




Switch is pushed

# 비트 연산 후 0을 비교하는 이유




P01_IN.U값이 0x0000_FF03 일때
&0x0000_0002 를 연산

```
                                  1 1
&  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
-------------------------------------
                                  1 0
```

⇨ 1이 아니라 2임.

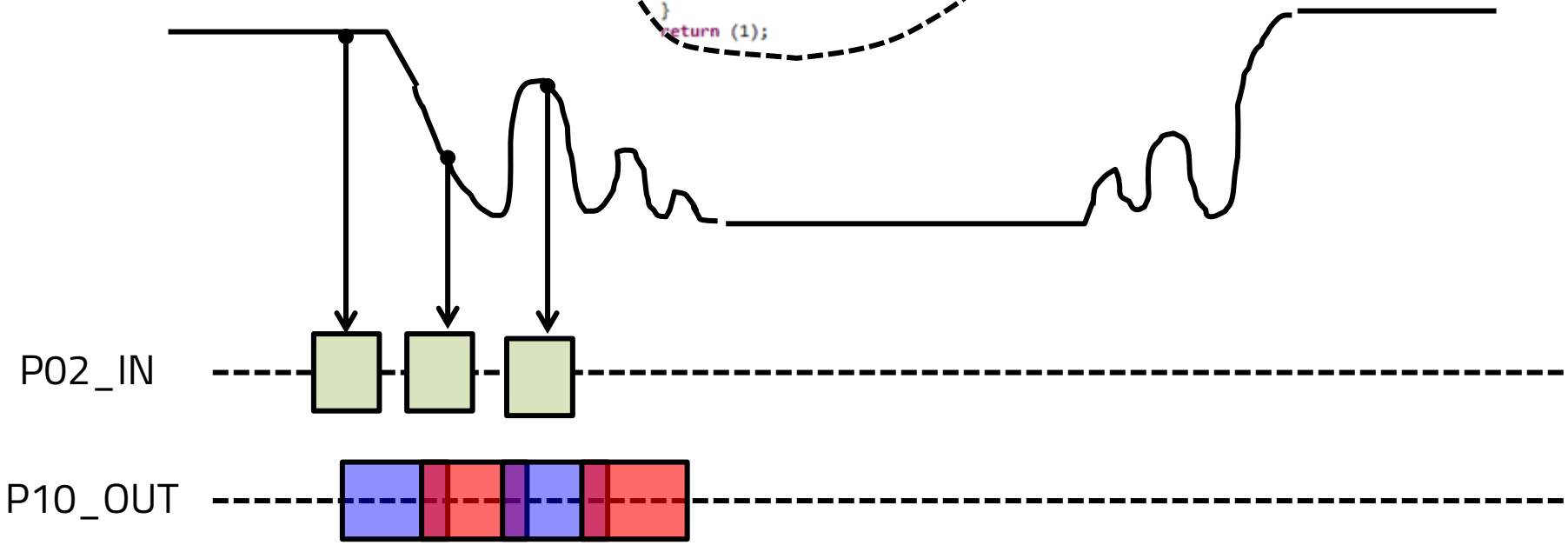
```
// 2. GPIO IN
if( (P02_IN.U & (0x1 << P1_BIT_LSB_IDX)) == 1 )
{
    P10_OUT.U &= ~(0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);
}
else
{
    P10_OUT.U |= 0x1 << P1_BIT_LSB_IDX;
}
```

위치에 따라 2, 4, 8, 16 등의 조건값을 비교해야 하는 불편함

# 너무 빠른 Read Operation

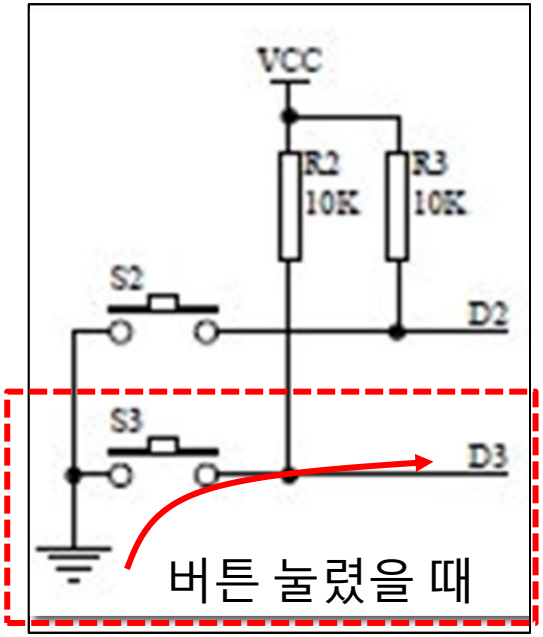
```
while(1)
{
    // 2. GPIO IN
    if( (P02_IN.U & (0x1 << P1_BIT_LSB_IDX)) == 0 )
    {
        P10_OUT.U |= 0x1 << P1_BIT_LSB_IDX;
    }
    else
    {
        P10_OUT.U &= ~(0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);
    }
}
return (1);
```

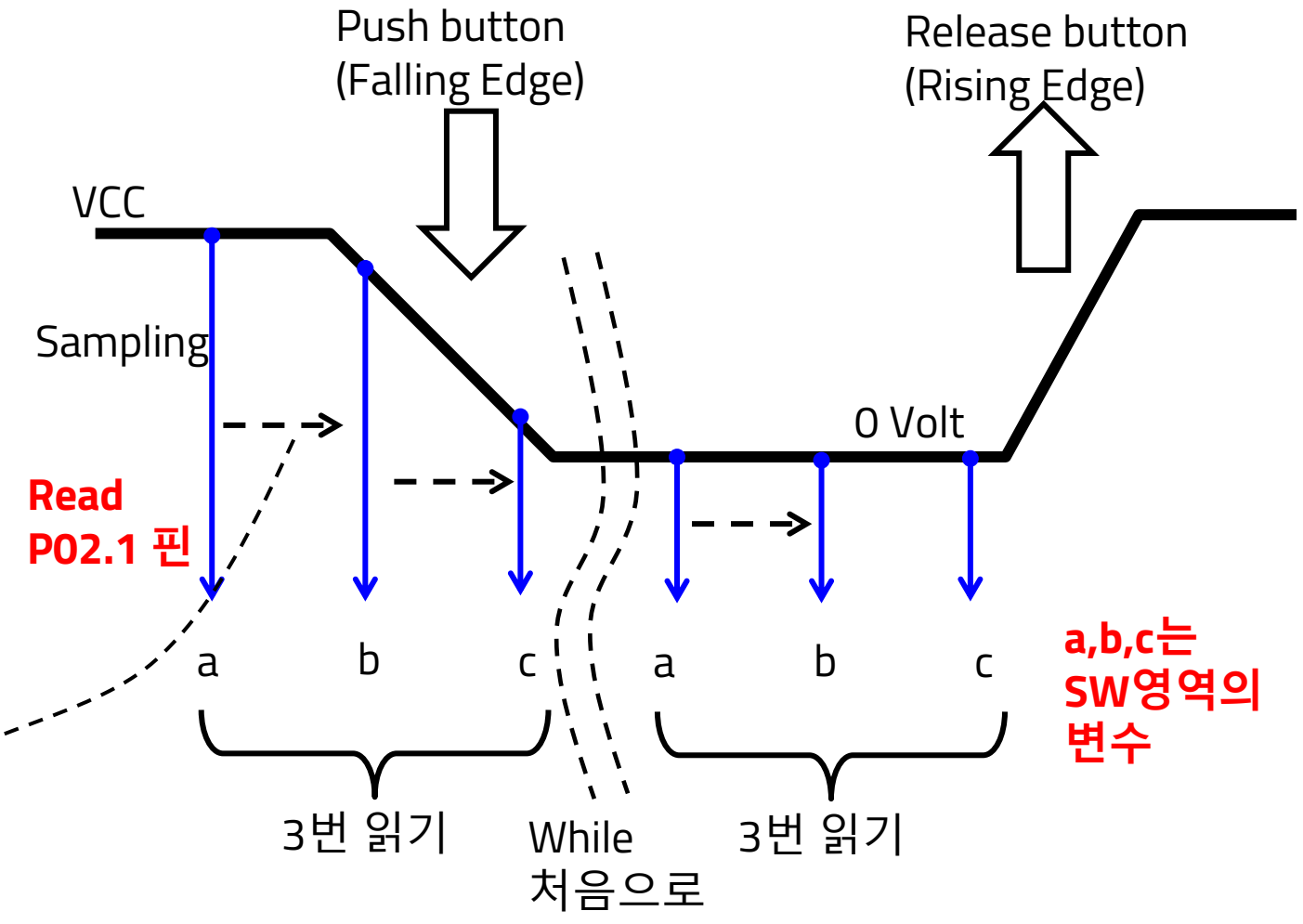
빠른 cycle로 read




Overrun 됨 (아직 P10_OUT으로 값 전달하여 전압 구동 중에 다시, 다른 값을 씀)

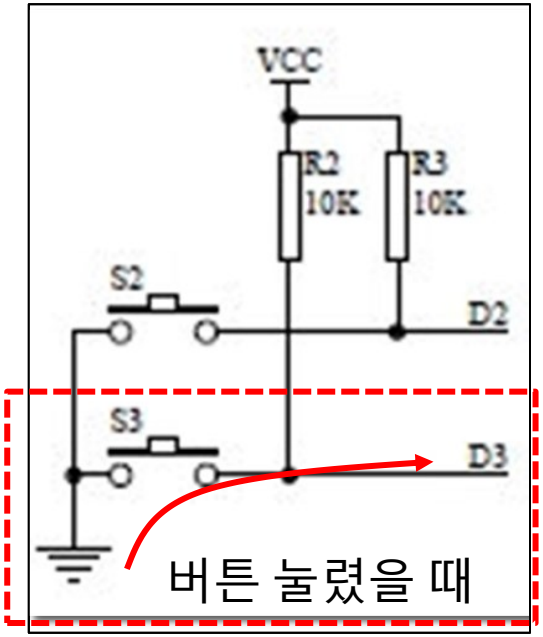
# Lab1: LPF – 샘플링 3번해서 유지되는지 판단

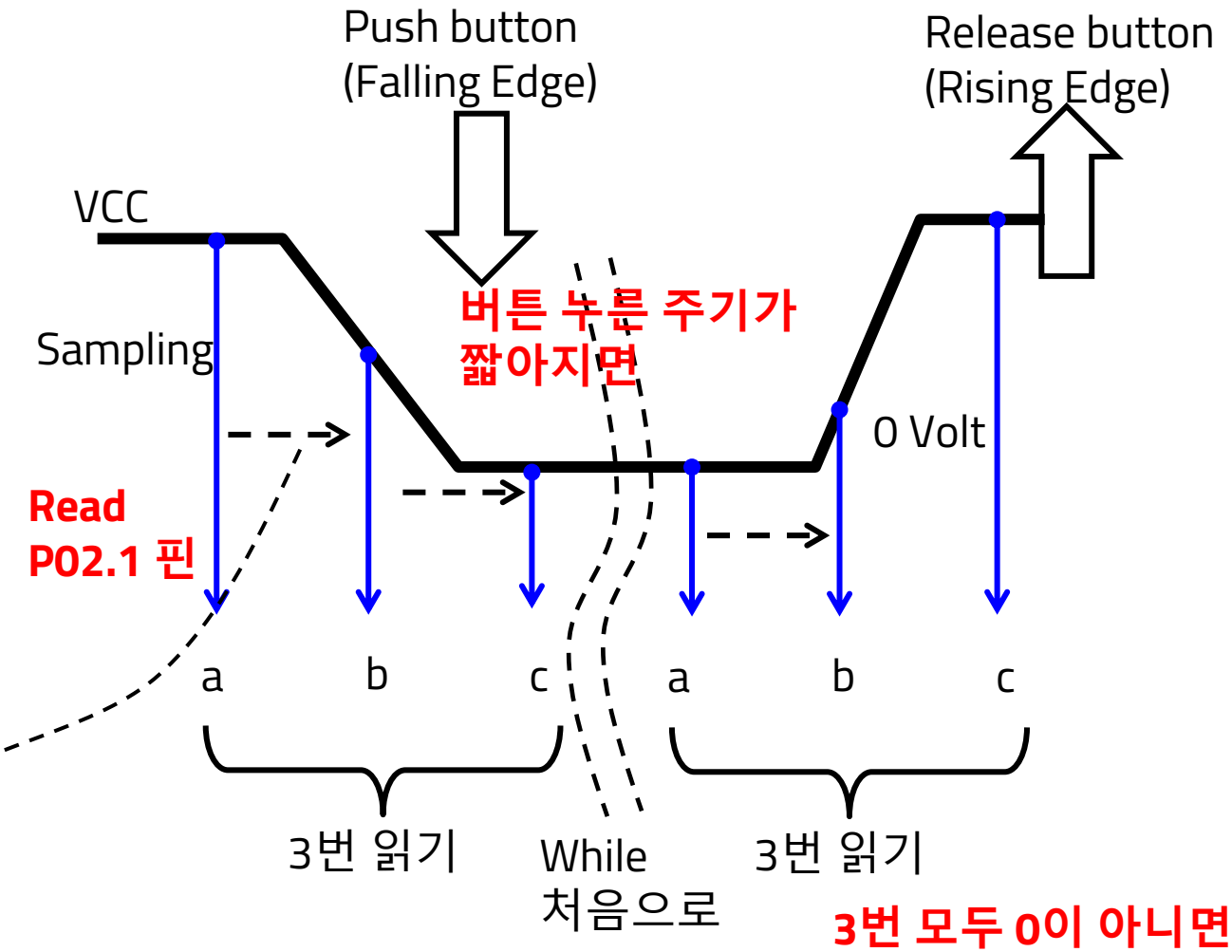



```
for(unsigned int i = 0; i < 100; i++);
```

# Lab1: LPF – 샘플링 3번해서 유지되는지 판단



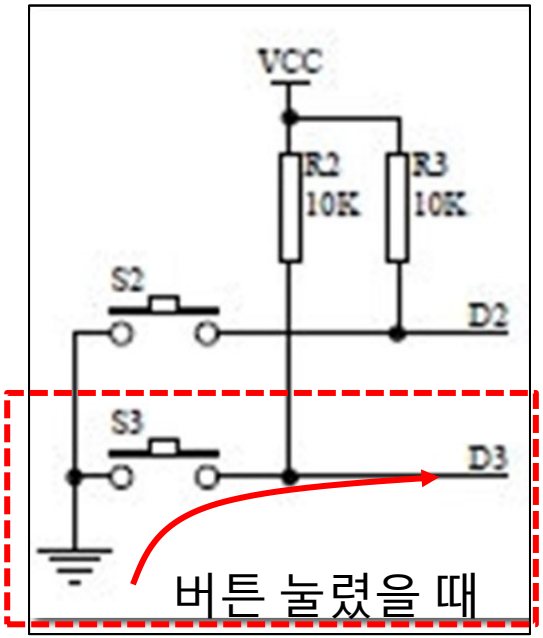



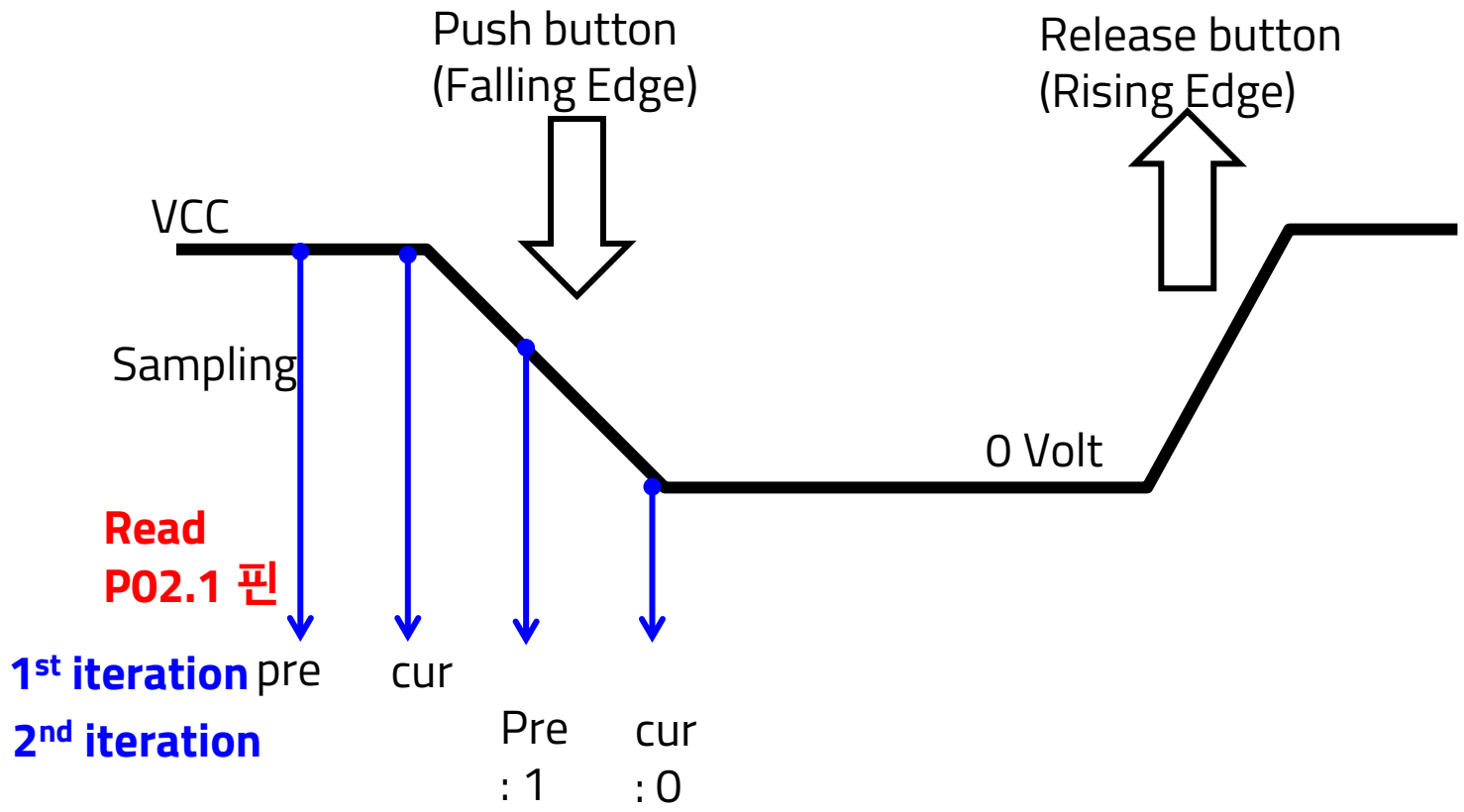

```
for(unsigned int i = 0; i < 100; i++);
```

# Lab1: LPF – 샘플링 3번해서 유지되는지 판단

```
while(1)
{

    a = P02_IN.U & (0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);
    for(unsigned int i = 0; i < 100; i++);

    b = P02_IN.U & (0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);
    for(unsigned int i = 0; i < 100; i++);

    c = P02_IN.U & (0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);
    for(unsigned int i = 0; i < 100; i++);

    if( a == 0 && b == 0 && c == 0 )
        P10_OUT.U |= (0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);        // 
    else
        P10_OUT.U &= ~(0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);        //


}
```

# Lab2: Polling기반 Edge Detection



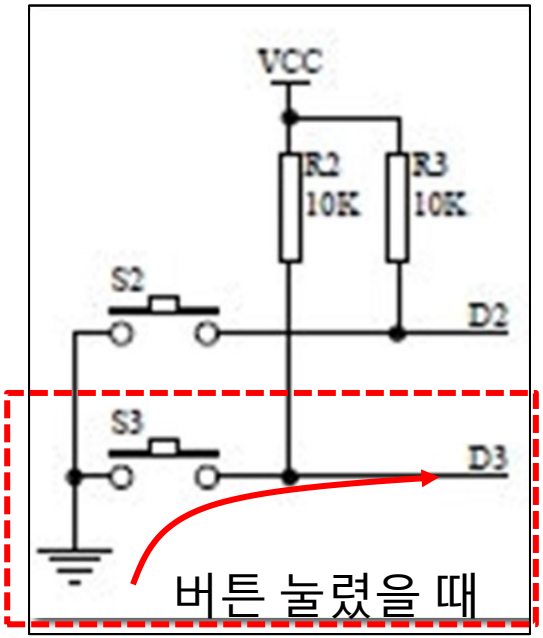



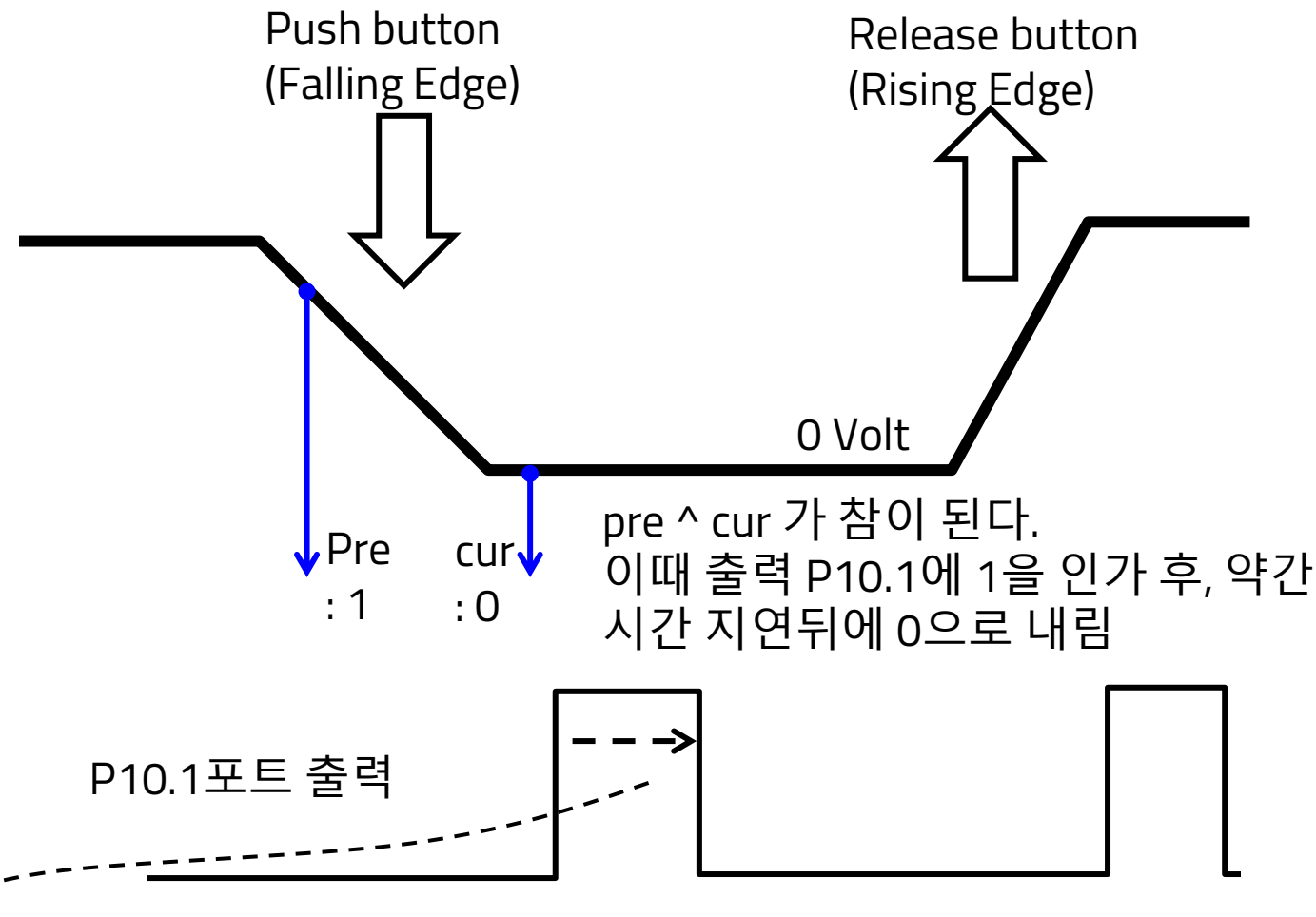

**Pre cur 는 SW영역의 변수**

# Lab2: Polling기반 Edge Detection

```c
unsigned char pre = 1, cur = 1;

while(1)
{

    pre = P02_IN.U & (0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);
    for(unsigned int i = 0; i < 1000; i++);
    cur = P02_IN.U & (0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);

    // edge detection
    if( pre ^ cur )
    {
        P10_OUT.U |= (0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);        // set P10.1 (LED D13 RED)
        for(unsigned int i = 0; i < 100000; i++);
        P10_OUT.U &= ~(0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);        // clear P10.1 (LED D13 RED)
    }


}
```

# Lab2: Polling기반 Edge Detection




```
for(unsigned int i = 0; i < 100000; i++);
```

# 감사합니다. 휴식~~

# FAQ

- 상판 LED소자가 P10.1에 연결된 정보는 스펙 문서 2개 (타겟보드, MCU보드) 각각을 확인해야 한다
- 비트를 clear, set, toggle, 그리고 그 값을 확인 하는 4가지 비트 연산 방법을 꼭 기억하자!