

임베디드 기반 SW 개발 프로젝트

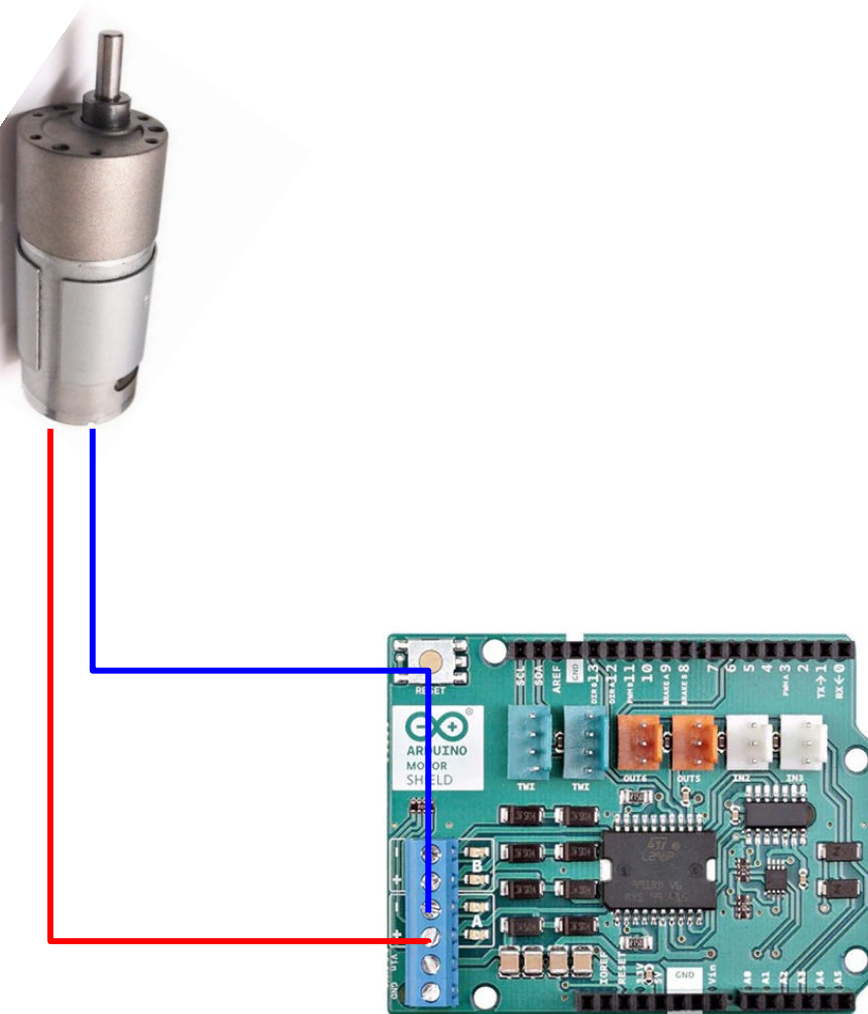
AURIX TC275 보드 PWM 사용

- Pulse Width Modulation 기반 모터 구동 -

현대자동차 입문교육
박대진 교수

모터 회전

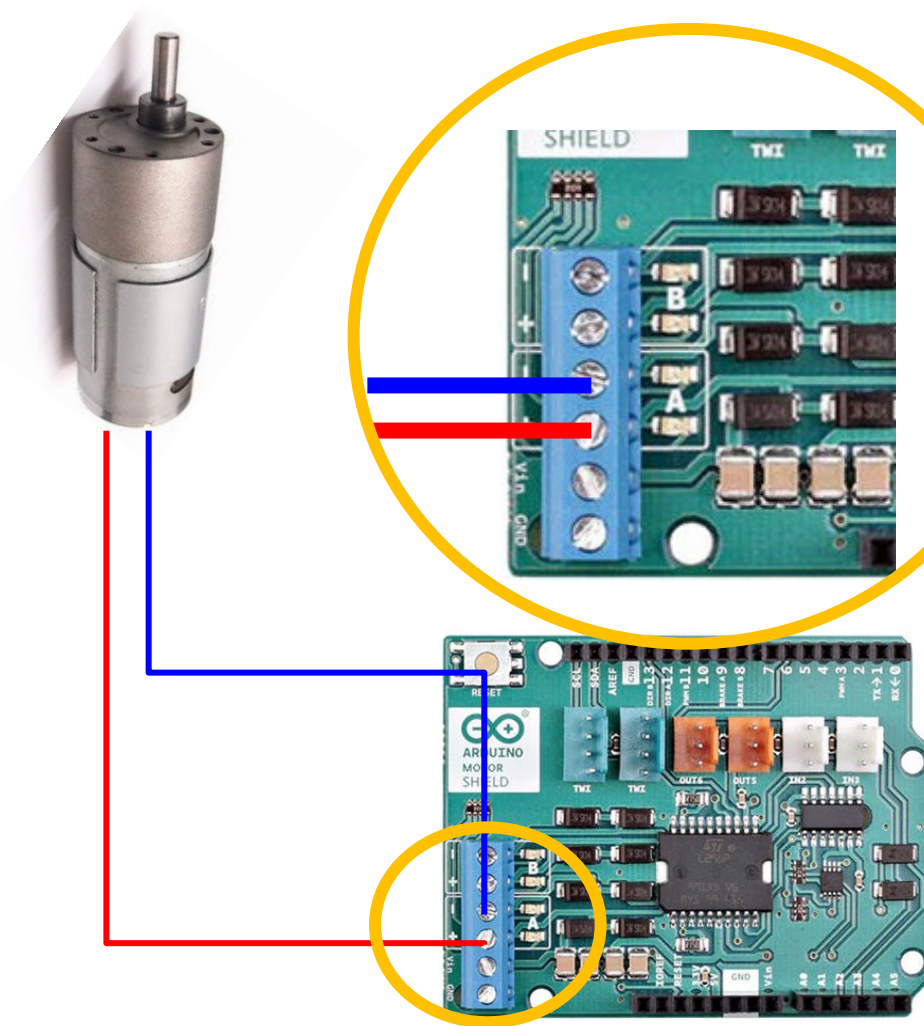
Lab1: Motor Dimming



DC 모터의 출력은 입력되는 전압 값에 따라 결정된다.
모터шил드는 디지털신호와 PWD 신호를 입력받아 모터를 제어하는 아날로그 신호를 생성한다.

Function	Motor shield	Shield buddy
Direction	D12	P10.1
PWM	D3	P2.1
Brake	D9	P2.7

Lab1: Motor Dimming



Direction pin의 입력은 모터의 동작방향
 Brake pin의 입력은 모터의 동작 여부
 PWM pin의 입력은 모터의 동작 RPM을 결정

모터шил드를 shield buddy에 장착하고, 모터 출력단에 모터의 +, - 케이블을 연결한다.
 Shield buddy의 직류연결 단자나 모터шил드의 Vin단자에 직류전원을 인가한다.

Function	Motor shield	Shield buddy
Direction	D12	P10.1
PWM	D3	P2.1
Brake	D9	P2.7

Lab1: Motor Dimming

```
void initMotor(void)
{
    P10_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX);
    P02_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX);
    P02_IOCR4.U &= ~(0x1F << PC7_BIT_LSB_IDX);

    P10_IOCR0.U |= 0x10 << PC1_BIT_LSB_IDX;
    P02_IOCR0.U |= 0x11 << PC1_BIT_LSB_IDX;
    P02_IOCR4.U |= 0x10 << PC7_BIT_LSB_IDX;
}
```

P10.1, P2.7 pin은 digital output을 위해 0x10을 setting

P2.1 pin은 PWM output을 위해 0x11을 setting

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

Function	Motor shield	Shield buddy
Direction	D12	P10.1
PWM	D3	P2.1
Brake	D9	P2.7

Lab1: Motor Dimming

```
GTM_CMU_FXCLK_CTRL.U &= ~(0xF << FXCLK_SEL_BIT_LSB_IDX);
GTM_CMU_CLK_EN.U |= 0x2 << EN_FXCLK_BIT_LSB_IDX;
```

```
GTM_TOM0_TGC1_GLB_CTRL.B.UPEN_CTRL1 |= 0x2;
GTM_TOM0_TGC1_ENDIS_CTRL.B.ENDIS_CTRL1 |= 0x2;
GTM_TOM0_TGC1_OUTEN_CTRL.B.OUTEN_CTRL1 |= 0x2;
```

```
GTM_TOM0_CH9_CTRL.B.SL |= 0x1;
GTM_TOM0_CH9_CTRL.B.CLK_SRC_SR |= 0x1;
```

```
GTM_TOM0_CH9_SR0.U = 12500 - 1;
//GTM_TOM0_CH9_SR1.U = 1250 - 1;
```

```
GTM_TOUTSEL0.U &= ~(0x3 << SEL1_BIT_LSB_IDX);
```

```
TOUTSEL0 → TOUT00 ~ TOUT15
TOUTSEL1 → TOUT16 ~ TOUT31
TOUTSEL2 → TOUT32 ~ TOUT47
TOUTSEL3 → TOUT48 ~ TOUT63
TOUTSEL4 → TOUT64 ~ TOUT79
TOUTSEL5 → TOUT80 ~ TOUT95
TOUTSEL6 → TOUT96 ~ TOUT103
```

P00.12	TIN21	TOUT21	TIM0_3	TIM1_3	TOM0_3	TOM1_3	ATOM 2_3	ATOM 3_3
P02.0	TIN0	TOUT0	TIM0_0	TIM1_0	TOM0_8	TOM1_8	ATOM 0_0	ATOM 1_0
P02.1	TIN1	TOUT1	TIM0_1	TIM1_1	TOM0_9	TOM1_9	ATOM 0_1	ATOM 1_1

TOUTSELn (n = 0-14)

Timer Output Select Register

(9FD30_H+n*4_H)

Reset Value: 0000 0000_H

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
SEL15	SEL14	SEL13	SEL12	SEL11	SEL10	SEL9	SEL8								
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SEL7	SEL6	SEL5	SEL4	SEL3	SEL2	SEL1	SEL0								
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w								

GTM 활성화 및 클럭 설정을 동일하게 진행하고 P2.1 핀의 TOM출력에 맞게 레지스터 선정 및 비트 위치 설정

P2.1핀은 TOM_9 채널의 TOUT01과 연결되어 있고 이는 TOUTSEL0 레지스터에 위치하고 있다.

TOUT01은 2번째 핀이다.

Lab1: Motor Dimming

25.11.2 TOM Global Channel Control (TGC0, TGC1)

```
GTM_CMU_FXCLK_CTRL.U &= ~(0xF << FXCLK_SEL_BIT_LSB_IDX);
GTM_CMU_CLK_EN.U |= 0x2 << EN_FXCLK_BIT_LSB_IDX;
```

```
GTM_TOM0_TGC1_GLB_CTRL.B.UPEN_CTRL1 |= 0x2;
GTM_TOM0_TGC1_ENDIS_CTRL.B.ENDIS_CTRL1 |= 0x2;
GTM_TOM0_TGC1_OUTEN_CTRL.B.OUTEN_CTRL1 |= 0x2;
```

```
GTM_TOM0_CH9_CTRL.B.SL |= 0x1;
GTM_TOM0_CH9_CTRL.B.CLK_SRC_SR |= 0x1;
```

```
GTM_TOM0_CH9_SR0.U = 12500 - 1;
//GTM_TOM0_CH9_SR1.U = 1250 - 1;
```

```
GTM_TOUTSEL0.U &= ~(0x3 << SEL1_BIT_LSB_IDX);
```

```
}
```

GTM_TOMi_TGC0_GLB_CTRL (i=0-2)
TOMi TGC0 Global Control Register(08030_H+i*800_H) Reset Value: 00000000_H

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
UPEN_CT RL7	UPEN_CT RL6	UPEN_CT RL5	UPEN_CT RL4	UPEN_CT RL3	UPEN_CT RL2	UPEN_CT RL1	UPEN_CT RL0								
rW	rW	rW	rW	rW	rW	rW	rW								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RST _CH 7	RST _CH 6	RST _CH 5	RST _CH 4	RST _CH 3	RST _CH 2	RST _CH 1	RST _CH 0								HOS T_T RIG
W	W	W	W	W	W	W	W								W

GTM_TOMi_TGC0_ENDIS_CTRL (i=0-2)
TOMi TGC0 Enable/Disable Control Register (08070_H+i*800_H) Reset Value: 00000000_H

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved															
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ENDIS_CT RL7	ENDIS_CT RL6	ENDIS_CT RL5	ENDIS_CT RL4	ENDIS_CT RL3	ENDIS_CT RL2	ENDIS_CT RL1	ENDIS_CT RL0								
rW	rW	rW	rW	rW	rW	rW	rW								

25.11.2.1 Overview

There exist two global channel control units (TGC0 and TGC1) to drive a number of individual TOM channels synchronously by external or internal events.

Each TGC[y] can drive up to eight TOM channels where TGC0 controls TOM channels 0 to 7 and TGC1 controls TOM channels 8 to 15.

The TOM submodule supports four different kinds of signalling mechanisms:

GTM_TOMi_TGC0_GLB_CTRL (i=0-2)
TOMi TGC0 Global Control Register(08030_H+i*800_H) Reset Value: 00000000_H

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
UPEN_CT RL7	UPEN_CT RL6	UPEN_CT RL5	UPEN_CT RL4	UPEN_CT RL3	UPEN_CT RL2	UPEN_CT RL1	UPEN_CT RL0								
rW	rW	rW	rW	rW	rW	rW	rW								
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RST _CH 7	RST _CH 6	RST _CH 5	RST _CH 4	RST _CH 3	RST _CH 2	RST _CH 1	RST _CH 0								HOS T_T RIG
W	W	W	W	W	W	W	W								W

TOM_9 채널은 TGC1에서 drive한다
GTM_TOM0_TGC1에서 채널 9는 2번째 채널
이므로 CTRL1의 UPEN, ENDIS, OUTEN을 설정
한다.

Lab1: Motor Dimming

```
GTM_CMU_FXCLK_CTRL.U &= ~(0xF << FXCLK_SEL_BIT_LSB_IDX);
GTM_CMU_CLK_EN.U |= 0x2 << EN_FXCLK_BIT_LSB_IDX;
```

```
GTM_TOM0_TGC1_GLB_CTRL.B.UPEN_CTRL1 |= 0x2;
GTM_TOM0_TGC1_ENDIS_CTRL.B.ENDIS_CTRL1 |= 0x2;
GTM_TOM0_TGC1_OUTEN_CTRL.B.OUTEN_CTRL1 |= 0x2;
```

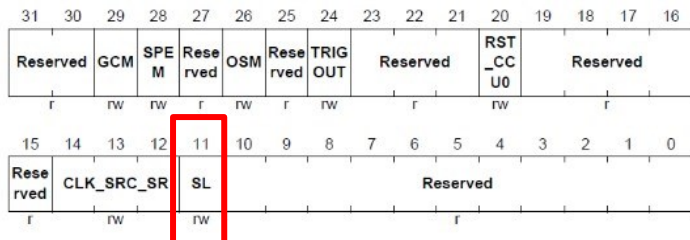
```
GTM_TOM0_CH9_CTRL.B.SL |= 0x1;
GTM_TOM0_CH9_CTRL.B.CLK_SRC_SR |= 0x1;
```

```
GTM_TOM0_CH9_SR0.U = 12500 - 1;
//GTM_TOM0_CH9_SR1.U = 1250 - 1;
```

```
GTM_TOUTSEL0.U &= ~(0x3 << SEL1_BIT_LSB_IDX);
```

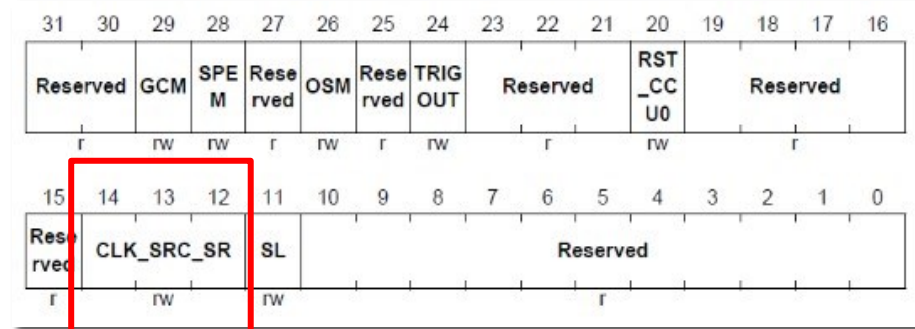
```
}
```

GTM_TOM0_CHx_CTRL (x=0-14)
TOM0 Channel x Control Register'
(08000_H+x*0040_H) Reset Value: 00000800_H



Field	Bits	Type	Description
SL	11	rw	Signal level for duty cycle 0 _B Low signal level 1 _B High signal level If the output is disabled, the output TOM_OUT[x] is set to inverse value of SL.

GTM_TOM0_CHx_CTRL (x=0-14)
TOM0 Channel x Control Register'
(08000_H+x*0040_H) Reset Value: 00000800_H



CLK_SRC_SR	[14:12]	rw	<p>Clock source select for channel</p> <p>The register CLK_SRC is updated with the value of CLK_SRC_SR together with the update of register CM0 and CM1.</p> <p>The input of the FX clock divider depends on the value of FXCLK_SEL (see CMU).</p> <p>000_B CMU_FXCLK(0) selected: clock selected by FXCLKSEL</p> <p>001_B CMU_FXCLK(1) selected: clock selected by FXCLKSEL/ 2⁴</p> <p>010_B CMU_FXCLK(2) selected: clock selected by</p>
------------	---------	----	--

TOM_9 채널 CTRL의 SL, CLK_SRC_SR에서 신호값의 종류, clock cycle을 설정한다.
Shadow register에 CM0 값을 설정한다.

Lab1: Motor Dimming

```
//initERU();
initMotor();
initGTM();
initVADC();
//initButton();

GTM_TOM0_TGC1_GLB_CTRL.U |= 0x1 << HOST_TRIG_BIT_LSB_IDX;

unsigned short duty = 0;

while(1)
{
    VADC_startConversion();
    unsigned int adcResult = VADC_readResult();

    duty = 12500 * adcResult / 4096;

    P10_OUT.U |= 0x1 << P1_BIT_LSB_IDX;
    P02_OUT.U |= 0x1 << P1_BIT_LSB_IDX;
    P02_OUT.U &= ~(0x1 << P7_BIT_LSB_IDX);

    GTM_TOM0_CH9_SR1.U = duty;
}
return (1);
```

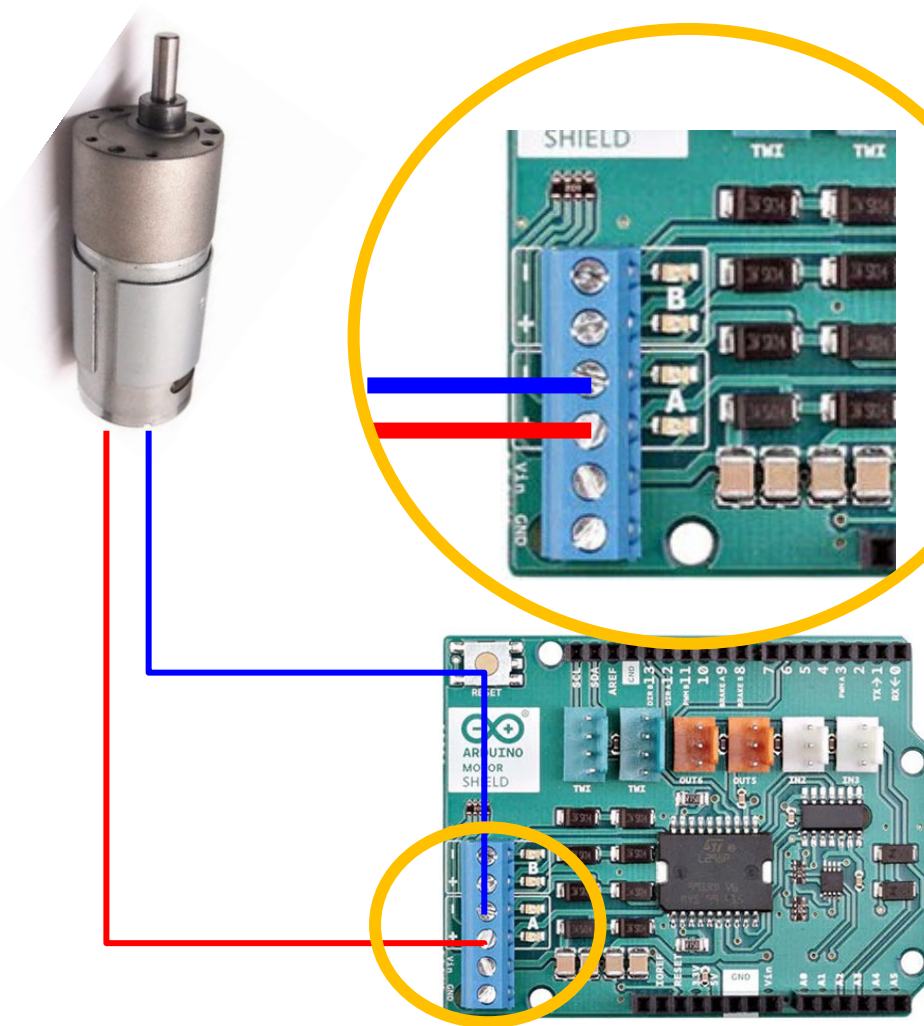
Init 함수 설정 및 TOM의 trigger event를 발생시킨다.

가변저항의 아날로그 출력을 받아 ADC로 변환 후 생성한 duty값을 모터쉴드로 전송한다.

결과, 가변저항의 저항 값에 따라 DC 모터의 RPM이 변경된다.

모터 회전방향 변경

Lab2: Motor 회전 Direction 조정



Direction pin의 입력은 모터의 동작방향
 Brake pin의 입력은 모터의 동작 여부
 PWM pin의 입력은 모터의 동작 RPM을 결정

모터шил드를 shield buddy에 장착하고, 모터 출력단에 모터의 +, - 케이블을 연결한다.
 Shield buddy의 직류연결 단자나 모터шил드의 Vin단자에 직류전원을 인가한다.

Function	Motor shield	Shield buddy
Direction	D12	P10.1
PWM	D3	P2.1
Brake	D9	P2.7

1, 0에 따라 방향 바뀜 (시계방향, 반시계방향 → 테스트해서 확인바람)

Lab2: Motor Direction

스위치를 사용하여 push/pull 상태에 따라 방향을 전환하게 한다.

Analog Reference AREF	PWM pin 0	AREF
Digital pin 0 (RX0)	PWML.1	P15.3
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

이전 예제에서 사용한 SW2이 사용하는 핀 P2.1을 모터가 사용하고 있기 때문에, SW3을 사용한다.

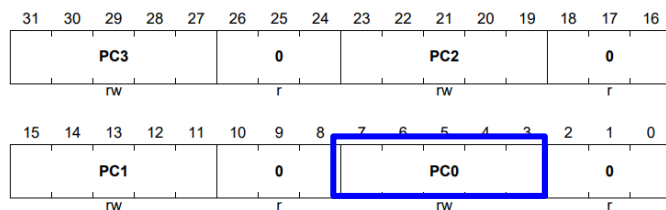
SW3은 easyshield D3핀에 연결되어 있고 이는 shield buddy P2.0핀과 연결되어 있다.

Lab2: Motor Direction

```
void initButton(void)
{
    P02_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC1_BIT_LSB_IDX);
    P02_IOCR0.U |= 0x02 << PC1_BIT_LSB_IDX;
}
```

```
void initButton(void)
{
    P02_IOCR0.U &= ~(0x1F << PC0_BIT_LSB_IDX);
    P02_IOCR0.U |= 0x02 << PC0_BIT_LSB_IDX;
}
```

```
// Port registers
#define PC0_BIT_LSB_IDX 3
#define PC1_BIT_LSB_IDX 11
#define PC2_BIT_LSB_IDX 19
```



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 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 Read as 0; should be written with 0.

Table 13-14 Port 02 Functions

Port Pin	I/O	Pin Functionality	Associated Reg./ I/O Line	Port I/O Control Select. Reg./Bit Field	Value
P02.0	I	General-purpose input	P02_IN.P0	P02_IOCR0.PC0	0XXXX _B
		GTM input	TIN0		
		SCU input	REQ6		
		CCU60 input	CC60INA		
		CCU61 input	CC60INB		
		CIF input	CIFD0		
		ASCLIN2 input	ARX2G		
	O	General-purpose output	P02_OUT.P0		1X000 _B
		GTM output	TOUT0		1X001 _B
		ASCLIN2 output	ATX2		1X010 _B
		QSPI3 output	SLSO31		1X011 _B
		DSADC output	DSCGPWMN		1X100 _B
		CAN node 0 output	TXDCAN0		1X101 _B
		ERAY output	TXDA		1X110 _B
		CCU60 output	CC60		1X111 _B

P2.0핀의 GPIO 인풋을 관리하는 레지스터는 P2.1핀과 동일한 P02_IOCR0이다.

P02_IOCR0의 PC0 영역을 수정한다.
PC0 비트 인덱스를 코드에 define하고 스위치 인덱스를 수정한다.

Lab2: Motor Direction

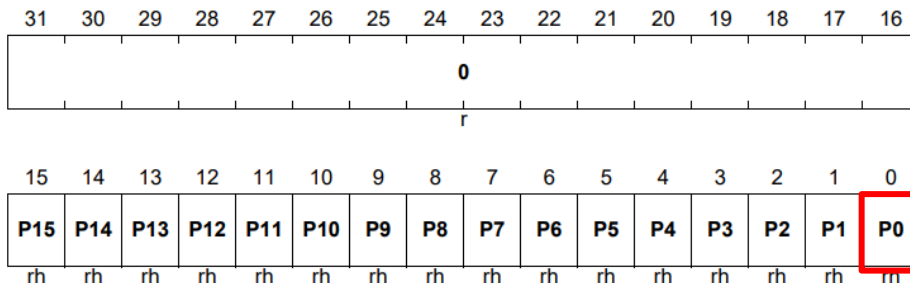
```
// initMotor();
initMotor();
initGTM();
initVADC();
initButton();

duty = 12500 * adcResult / 4096;

if( (P02_IN.U & (0x1 << P0_BIT_LSB_IDX)) == 0)
    P10_OUT.U |= 0x1 << P1_BIT_LSB_IDX;
else
    P10_OUT.U &= ~(0x1 << P1_BIT_LSB_IDX);

P02_OUT.U |= 0x1 << P1_BIT_LSB_IDX;
P02_OUT.U &= ~(0x1 << P7_BIT_LSB_IDX);
```

```
#define P0_BIT_LSB_IDX 0
#define P1_BIT_LSB_IDX 1
#define P2_BIT_LSB_IDX 2
```



initButton()을 main에 추가한다

읽어야할 pin이 1에서 0으로 바뀌었으므로 값을 읽는 레지스터의 비트 위치를 P0로 변경한다.

버튼의 push/pull 상태에 따라 모터의 동작 방향이 변경된다.

Shield Pin Collision 이슈

(HAT보드 위에 모터 쉴드 하나 더 적층할 경우 일부 기능 제약)

Channel	Motor Parameter	Pin Motorshield	Easy shield Parametor	Pin Easy shield	Pin Shield buddy
A	Direction	D12	LED2	D12	P10_1
	Speed(PWM)	D3	SW2	D3	P2_1
	Break	D9	RGB(R)	D9	P02_7
B	Direction	D13	LED1	D13	P10_2
	Speed(PWM)	D11	RGB(B)	D11	P10_3
	Break	D8	Ultrasonic	D8	P02_6

Motorshield와 easy shield간에 공유하는 핀의 목록이다.
공유하는 핀 사이에 겹치는 동작은 사용할 수 없다.

감사합니다. 휴식~~