

Infineon TC275 Motor

Jehong Jeon

Architecture and Compiler for Embedded system Lab.

School of Electronics Engineering, KNU, KOREA

2023-06-30



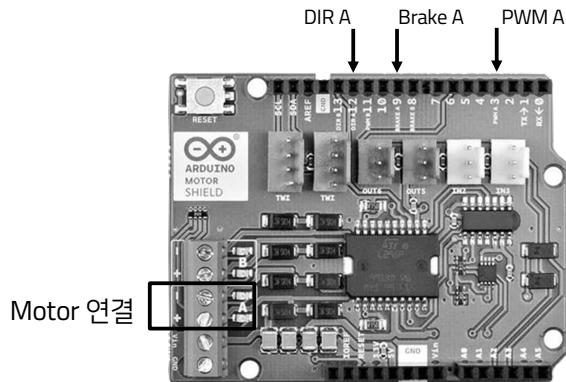
Motor Example

- PWM Duty Ratio에 따른 Motor Dimming
 - 1. 새로운 예제를 위한 프로젝트를 생성한다.
 - 2. 원하는 동작을 위해 레지스터와 메모리에 직접 접근해서 값을 써야한다.
 - 3. Board Schematic과 Datasheet를 통해 PWM 신호 출력에 대한 정보를 파악한다.
 - 4. PWM 신호 생성을 위해 사용할 GTM 모듈의 동작 원리를 파악하고 메모리 맵을 분석한다.
 - 5. 분석 결과를 활용해 임베디드 프로그래밍을 한다.

Motor Example

1. Motor 연결 정보 파악

- ✓ Motor를 사용하기 위해 **Arduino Motor Shield**를 사용한다.

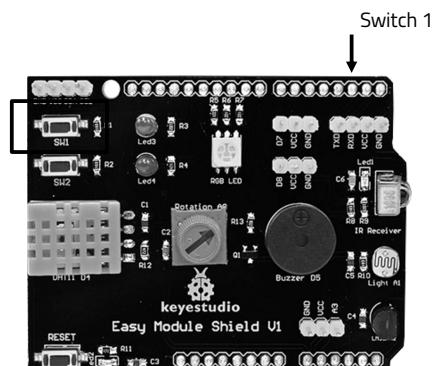


- ✓ PWM A는 D3 단자에 연결되어 있으며, 모터 속도를 제어한다.
- ✓ Brake A는 D9 단자에 연결되어 있으며, 모터의 동작 여부를 결정한다.
- ✓ DIR A는 D12 단자에 연결되어 있으며, 모터의 동작 방향을 결정한다.

Motor Example

1. Switch 연결 정보 파악

- ✓ Switch를 사용하기 위해 **Easy Module Shield V1** 확장 보드를 사용한다.

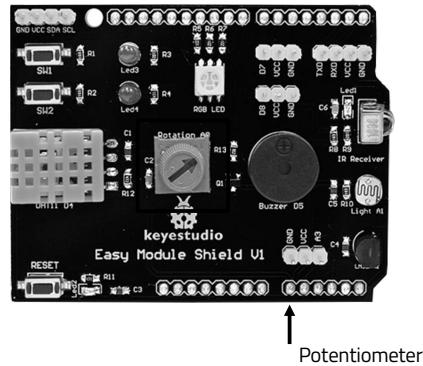


- ✓ Switch 1은 D2핀에 연결되어 있다.
- ✓ Switch의 눌린 상태를 읽어서 모터의 방향을 결정한다.

Motor Example

1. Potentiometer 연결 정보 파악

- ✓ Potentiometer를 사용하기 위해 **Easy Module Shield V1** 확장 보드를 사용한다.

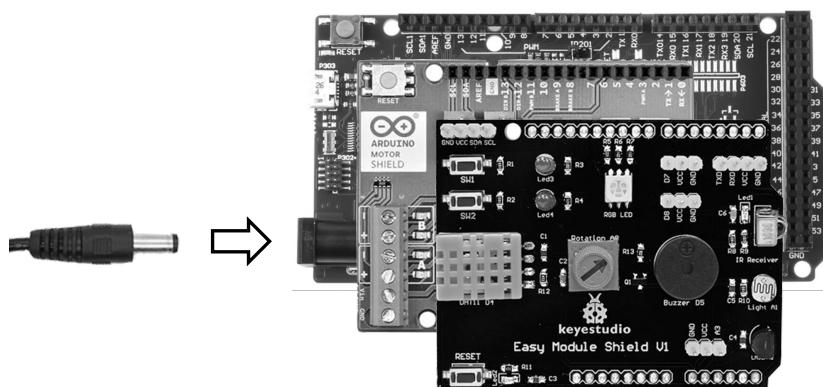


- ✓ Potentiometer는 A0핀에 연결되어 있다.
- ✓ Potentiometer의 전압 값을 ADC로 읽어서 Motor의 속도를 조절한다.

Motor Example

1. 확장 보드 연결 정보 파악

- ✓ ShieldBuddy 보드 위에 **Arduino Motor Shield** 와 **Easy Module Shield V1** 확장 보드를 연결한 모습은 다음 그림과 같다.

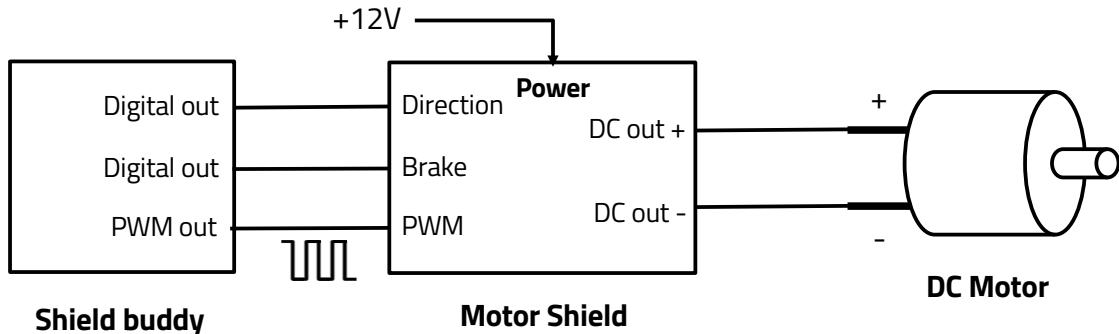


- ✓ 모터를 구동하기 위한 전원을 공급하기 위해 ShieldBuddy 보드에 12v 어댑터를 연결해야 한다.

Motor Example

1. 확장 보드 연결 정보 파악

- ✓ Arduino Motor Shield 의 동작 구성을 다음과 같다.



- ✓ Direction 은 모터의 회전 방향을 결정한다. High : 정방향, Low : 역방향
- ✓ Brake 는 모터의 회전 가능 여부를 결정한다. High : 회전 중지 Low : 회전 가능
- ✓ PWM 핀은 모터의 속도를 제어한다. 0% ~ 100% Duty 로 속도 조절

Motor Example

1. PWM 신호 출력 정보 파악

- ✓ Motor PWM 핀이 연결된 PORTO2 Pin 1는 GTM 모듈의 TOUT1과 연결되어 있다.
- ✓ GTM 모듈의 TOUT1이 PWM 신호를 출력하면 PORTO2 Pin 1을 통해 Motor Driver에 인가될 수 있다.
- ✓ PWM 신호를 통해 Motor 속도를 제어하기 위해 해당 Pin을 **GTM 모듈의 TOUT1** 으로 설정해야 한다.

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

Motor Example

2. Data sheet 분석 : IO 설정 (1)

- ✓ PORT02 Pin 1을 GTM 모듈의 TOUT1으로 설정하기 위해 P02_IOCRO Register의 PC1 bits를 1001b로 설정한다

P02_IOCRO Register 주소: F003_A210h (F003A200h + 10h)

P02_IOCRO Register 구조:

Table 13-3 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
P00	F003 A000 _H	F003 A0FF _H	13 pins
P01	F003 A100 _H	F003 A1FF _H	5 pins
P02	F003 A200 _H	F003 A2FF _H	12 pins
P10	F003 B000 _H	F003 B0FF _H	9 pins
P11	F003 B100 _H	F003 B1FF _H	16 pins

P02_IOCRO

Port 02 Input/Output Control Register 0

Reset Value: 1010 1010 _H							
31	30	29	28	27	26	25	24
PC3	0		PC2	0			
r/w	r		r/w	r			

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
PC1	0		PC0	0											
r/w	r		r/w	r											

datasheet: 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.



9/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : IO 설정 (2)

- ✓ Motor DIR 핀의 Output을 사용하기 위해 연결된 Pin의 IO 설정이 필요하다.
- ✓ DIR A 핀이 PORT10 Pin 1에 연결되어 있기 때문에 P10_IOCRO Register의 PC1 bits를 설정한다.

P10_IOCRO Register 주소: F003_B010h (F003B000h + 10h)

P10_IOCRO Register 구조:

Table 13-3 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
P00	F003 A000 _H	F003 A0FF _H	13 pins
P01	F003 A100 _H	F003 A1FF _H	5 pins
P02	F003 A200 _H	F003 A2FF _H	12 pins
P10	F003 B000 _H	F003 B0FF _H	9 pins
P11	F003 B100 _H	F003 B1FF _H	16 pins

Pn_IOCRO (n=10-11)

Port n Input/Output Control Register 0

Reset Value: 1010 1010 _H							
31	30	29	28	27	26	25	24
PC3	0		PC2	0			
r/w	r		r/w	r			

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
PC1	0		PC0	0											
r/w	r		r/w	r											

datasheet: 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.



10/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : IO 설정 (3)

- ✓ Motor BRAKE 핀의 Output을 사용하기 위해 연결된 Pin의 IO 설정이 필요하다.
- ✓ BRAKE 핀이 PORT02 Pin 7에 연결되어 있기 때문에 **P02_IOCR Register**의 **PC7 bits**를 설정한다.

P02_IOCR4 Register 주소: F003_A214h (F003A200h + 14h)

P02_IOCR4 Register 구조:

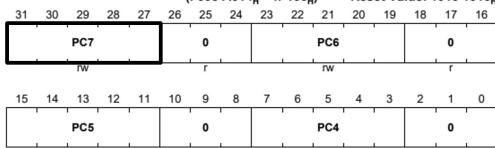
Table 13-3 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
P00	F003 A000 _H	F003 A0FF _H	13 pins
P01	F003 A100 _H	F003 A1FF _H	5 pins
P02	F003 A200 _H	F003 A2FF _H	12 pins
P10	F003 B000 _H	F003 B0FF _H	9 pins
P11	F003 B100 _H	F003 B1FF _H	16 pins

P0n_IOCR4 (n=0-2)

Port 0n Input/Output Control Register 4

(F003 A014_H + n*100_H) Reset Value: 1010 1010_H



datasheet: p.1082

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.



11/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : IO 설정 (4)

- ✓ Switch 1 의 Input을 사용하기 위해 연결된 Pin의 IO 설정이 필요하다.
- ✓ Switch는 PORT02 Pin 0에 연결되어 있기 때문에 **P02_IOCR Register**의 **PC0 bits**를 설정한다.

P02_IOCRO Register 주소: F003_A210h (F003A200h + 10h)

P02_IOCRO Register 구조:

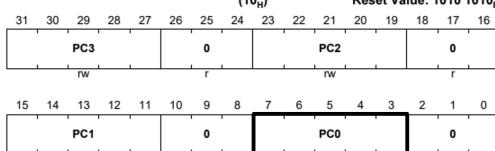
Table 13-3 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
P00	F003 A000 _H	F003 A0FF _H	13 pins
P01	F003 A100 _H	F003 A1FF _H	5 pins
P02	F003 A200 _H	F003 A2FF _H	12 pins
P10	F003 B000 _H	F003 B0FF _H	9 pins
P11	F003 B100 _H	F003 B1FF _H	16 pins

P02_IOCR0

Port 02 Input/Output Control Register 0

(10_H) Reset Value: 1010 1010_H



datasheet: p.1080

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



12/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : GTM Enable 설정

- ✓ GTM_CLC Register는 GTM 모듈의 Enable 설정을 한다.
- ✓ GTM 모듈을 Enable 하기 위해 **DISR bit**를 0으로 설정한다.
- ✓ GTM 모듈이 Enable 되어 있는지 확인하기 위해 **DISS bit**가 0인지 확인한다.

GTM_CLC Register 주소: F019_FD00h (F0100000h + 9FD00h)

GTM_CLC Register 구조:

Table 25-63 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
GTM	F010 0000 _H	F019 FFFF _H	
CLC			
Clock Control Register (9FD00 _H) Reset Value: 0000 0003 _H			
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
0			
r			
0			
r			
EDIS			
DIS S			
DIS R			
rw			
r			
rw			

Field	Bits	Type	Description
DISR	0	rw	Module Disable Request Bit Used for enable/disable control of the GTM module. 0 _B No disable requested 1 _B Disable requested
DISS	1	r	Module Disable Status Bit Bit indicates the current status of the GTM module. 0 _B GTM module is enabled 1 _B GTM module is disabled
EDIS	3	rw	Sleep Mode Enable Control Used for module sleep mode control.
0	2, [31:4]	r	Reserved Read as 0; should be written with 0.

datasheet: p.3766

ACE Lab.

13/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : System Critical Register 설정 (1)

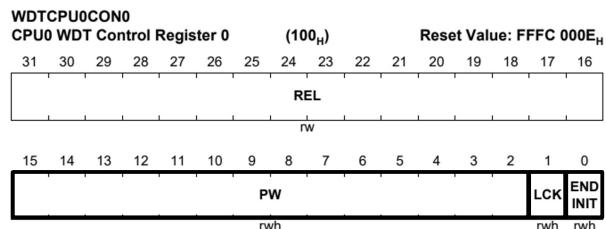
- ✓ 설정해야 하는 GTM_CLC Register는 System Critical Register이기 때문에 Write Protected (System ENDINIT, End-of-Initialization) 되어 있다.
- ✓ 해당 Register를 수정하기 위해서는 System ENDINIT을 해제해야 한다.
- ✓ SCU_WDTCPU0CON0 Register는 **System Critical Register**의 **System ENDINIT**을 설정/해제한다.

SCU_WDTCPU0CON0 Register 주소: F003_6100h (F0036000h + 100h)

SCU_WDTCPU0CON0 Register 구조:

Table 7-5 Registers Address Spaces - CCU Registers

Module	Base Address	End Address	Note
SCU	F003 6000 _H	F003 63FF _H	-



ACE Lab.

14/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : System Critical Register 설정 (2)

- ✓ **ENDINIT bit**는 System ENDINIT의 설정 상태를 나타내며 Modify Access를 통해서만 수정이 가능하다.
- ✓ **LCK bit**는 SCU_WDTCPUOCONO Register의 Lock 상태를 나타내며 해당 Register의 Lock 상태는 Password Access를 통해 Unlock되고, Modify Access를 통해 Lock 된다.
- ✓ **PW bits**는 SCU_WDTCPUOCONO Register에 접근하기 위한 Password를 저장하며 해당 값을 읽으면 bits[7:2]가 반전되어 읽힌다.

Field	Bits	Type	Description
ENDINIT	0	rwh	End-of-Initialization Control Bit 0 _b Access to Endinit-protected registers is permitted. 1 _b Access to Endinit-protected registers is not permitted. This bit must be written with a '1' during a Password Access or Check Access (although this write is only used for the password-protection mechanism and is not stored). This bit must be written with the required ENDINIT update value during a Modify Access.
LCK	1	rwh	Lock Bit to Control Access to WDTxCONO 0 _b Register WDTxCONO is unlocked 1 _b Register WDTxCONO is locked (default after ApplicationReset) The current value of LCK is controlled by hardware. It is cleared after a valid Password Access to WDTxCONO when WDTxSR.US is 0 (or when WDTxSR.US is 1 and the SMU is in RUN mode), and it is automatically set again after a valid Modify Access to WDTxCONO. During a write to WDTxCONO, the value written to this bit is only used for the password-protection mechanism and is not stored. This bit must be cleared during a Password Access to WDTxCONO, and set during a Modify Access to WDTxCONO. A Check Access does not clear LCK.

PW	[15:2]	rwh	User-Definable Password Field for Access to WDTxCONO This bit field is written with an initial password value during a Modify Access. A read from this bitfield returns this initial password, but bits [7:2] are inverted (toggled) to ensure that a simple read/write is not sufficient to service the WDT. If corresponding WDTxSR.PAS = 0 then this bit field must be written with its current contents during a Password Access or Check Access. If corresponding WDTxSR.PAS = 1 then this bit field must be written with the next password in the LFSR sequence during a Password Access or Check Access The default password after Application Reset is 00000000111100 _b A-step silicon: Bits [7:2] must be written with 111100 _b during Password Access and Modify Access. Read returns 000011 _b for these bits.
-----------	--------	-----	--

Motor Example

2. Data sheet 분석 : System Critical Register 설정 (3)

- ✓ SCU_WDTCPUOCONO Register에 적절한 값을 Write하여 **Password Access**를 수행한다.
- ✓ **Password Access**는 SCU_WDTCPUOCONO Register의 Lock 상태를 해제하며 과정은 다음과 같다.
 1. SCU_WDTCPUOCONO Register의 값을 읽어 REL bits, PW bits를 얻는다.
 2. Bits[7:2] (PW bits의 일부)가 반전되어 읽히기 때문에 이를 반전시켜 정확한 PW bits를 얻는다.
 3. Write 할 값의 bits[31:16]은 읽혀진 REL bits 값으로 설정하고 bit[15:2]는 앞서 구한 정확한 PW bits 값으로 설정한다.
 4. Write 할 값의 bit[1]은 0으로 설정하고, bit[0]은 1로 설정한다.
 5. 설정된 값을 SCU_WDTCPUOCONO Register에 한번에 쓴다.
 6. SCU_WDTCPUOCONO Register의 LCK bit를 확인하여 Lock 상태가 해제되었는지 파악한다.
(Password Access가 정상적으로 수행되면 Lock 상태가 해제되며 LCK bit가 0으로 설정된다.)
- ✓ Password Access를 통해 SCU_WDTCPUOCONO Register의 Lock 상태가 해제되면 Modify Access를 통해 System ENDINIT을 설정/해제할 수 있다.

Motor Example

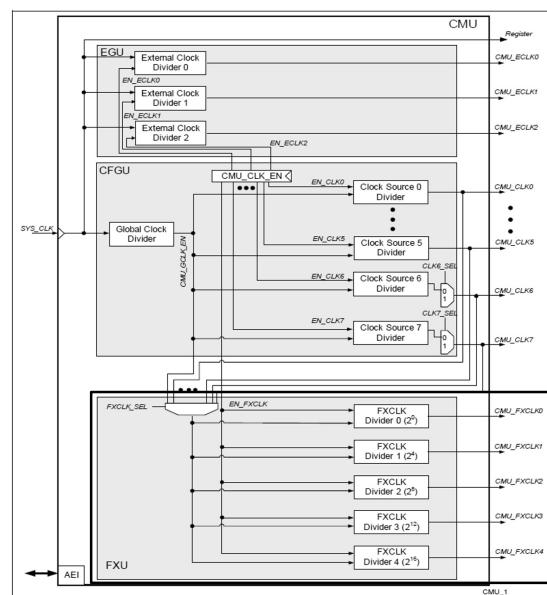
2. Data sheet 분석 : System Critical Register 설정 (4)

- ✓ SCU_WDTCPUOCONO Register에 적절한 값을 Write하여 **Modify Access**를 수행한다.
- ✓ **Modify Access**는 **System ENDINIT**을 설정/해제하며 과정은 다음과 같다.
 1. SCU_WDTCPUOCONO Register의 값을 읽어 REL bits, PW bits를 얻는다.
 2. Bits[7:2] (PW bits의 일부)가 반전되어 읽히기 때문에 이를 반전시켜 정확한 PW bits를 얻는다.
 3. Write 할 값의 bits[31:16]은 읽혀진 REL bits 값으로 설정하고 bit[15:2]는 앞서 구한 정확한 PW bits 값으로 설정한다.
 4. Write 할 값의 bit[1]은 1로 설정하고, bit[0]은 적절한 값으로 설정한다.
(System ENDINIT 설정: bit[0] = 1, System ENDINIT 해제: bit[0] = 0)
 5. 설정된 값을 SCU_WDTCPUOCONO Register에 한번에 쓴다.
 6. SCU_WDTCPUOCONO Register의 LCK bit를 확인하여 Lock 상태가 해제되었는지 파악한다. (Modify Access가 정상적으로 수행되면 Lock 상태가 설정되며 LCK bit가 1로 설정된다.)
- ✓ Modify Access를 통해 System ENDINIT을 해제하면 System Critical Register를 수정할 수 있으며 수정을 완료하면 System ENDINIT을 꼭 다시 설정해야 한다.

Motor Example

2. Data sheet 분석 : GTM 내부 Clock 설정 (1)

- ✓ GTM 모듈은 내부에 CMU (Clock Management Unit)을 포함하고 있다.
- ✓ CMU는 GTM 입력 클럭을 분주하여 다양한 내부 클럭을 생성하고, GTM 내부의 하위 모듈에 공급한다.
- ✓ 본 실습에서 PWM 신호 생성을 위해 사용할 하위 모듈인 **TOM (Timer Output Module)**은 **CMU_FXCLK**에 따라 동작한다.
- ✓ 따라서, CMU의 **FXU**에 대한 설정을 해야 한다.



Motor Example

2. Data sheet 분석 : GTM 내부 Clock 설정 (2)

- ✓ GTM_CMU_FXCLK_CTRL Register는 CMU_FXCLK의 소스 클럭을 설정한다.
- ✓ CMU_FXCLK의 소스 클럭으로 GTM 모듈의 입력 클럭인 CMU_GCLK_EN 또는 GTM 모듈 내부에서 생성된 CMU_CLKx가 사용될 수 있다.
- ✓ 소스 클럭을 CMU_GCLK_EN으로 설정하기 위해 FXCLK_SEL bits를 0000b로 설정한다.

GTM_CMU_FXCLK_CTRL Register 주소: F010_0344h (F0100000h + 344h)

GTM_CMU_FXCLK_CTRL Register 구조:

Table 25-63 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
GTM	F010 0000 _H	F019 FFFF _H	

GTM_CMU_FXCLK_CTRL							
CMU FXCLK Control Register (00344 _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
Reserved							
FXCLK_SEL							
datasheet: p.2844							

Field	Bits	Type	Description
FXCLK_SEL	[3:0]	rw	<p>Input clock selection for EN_FXCLK line</p> <p>0000_b: CMU_GCLK_EN selected 0001_b: CMU_CLK0 selected 0010_b: CMU_CLK1 selected 0011_b: CMU_CLK2 selected 0100_b: CMU_CLK3 selected 0101_b: CMU_CLK4 selected 0110_b: CMU_CLK5 selected 0111_b: CMU_CLK6 selected 1000_b: CMU_CLK7 selected</p> <p>Note: This value can only be written, when the CMU_FXCLK generation is disabled. See bits 23...22 in register CMU_CLK_EN.</p> <p>Note: Other values for FXCLK_SEL are reserved and should not be used, but they behave like FXCLK_SEL = 0.</p>

ACE Lab.

19/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : GTM 내부 Clock 설정 (3)

- ✓ GTM_CMU_CLK_EN Register는 CMU 내부의 클럭에 대한 Enable 설정을 한다.
- ✓ GTM_CMU_CLK_EN Register는 CMU 내부에서 생성된 다양한 클럭에 대한 Enable을 설정할 수 있다.
- ✓ CMU_FXCLK을 Enable 하기 위해 EN_FXCLK bits를 10b로 설정한다.

GTM_CMU_CLK_EN Register 주소: F010_0300h (F0100000h + 300h)

GTM_CMU_CLK_EN Register 구조:

Table 25-63 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
GTM	F010 0000 _H	F019 FFFF _H	

GTM_CMU_CLK_EN							
CMU Clock Enable Register (00300 _H) Reset Value: 00000000 _H							
31	30	29	28	27	26	25	24
23	22	21	20	19	18	17	16
EN_FXCLK				EN_ECLK1	EN_ECLK0		
EN_CLK7	EN_CLK6	EN_CLK5	EN_CLK4	EN_CLK3	EN_CLK2	EN_CLK1	EN_CLK0
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
Reserved							
15	14	13	12	11	10	9	8
7	6	5	4	3	2	1	0
datasheet: p.2835							

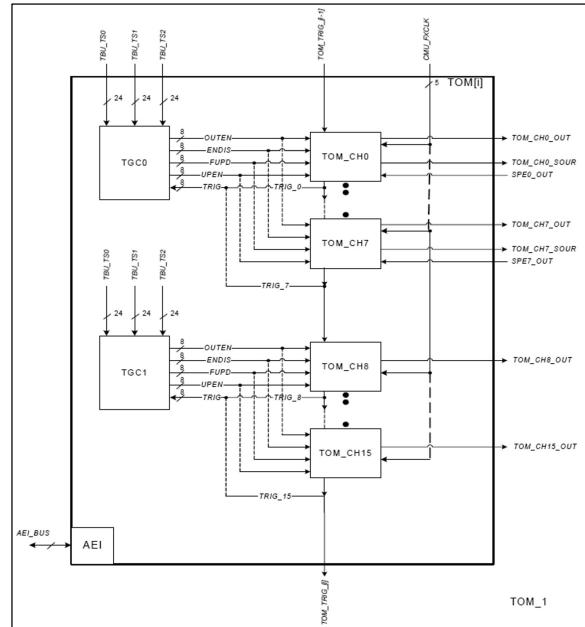
Field	Bits	Type	Description
EN_CLK4	[9:8]	rw	Enable clock source 4 see bits [1:0]
EN_CLK5	[11:10]	rw	Enable clock source 5 see bits [1:0]
EN_CLK6	[13:12]	rw	Enable clock source 6 see bits [1:0]
EN_CLK7	[15:14]	rw	Enable clock source 7 see bits [1:0]
EN_ECLK0	[17:16]	rw	Enable ECLK 0 generation subunit see bits [1:0]
EN_ECLK1	[19:18]	rw	Enable ECLK 1 generation subunit see bits [1:0]
EN_ECLK2	[21:20]	rw	Enable ECLK 2 generation subunit see bits [1:0]
EN_FXCLK	[23:22]	rw	<p>Enable all CMU_FXCLK from disable state</p> <p>00_b: clock source is disabled (ignore write access) 01_b: disable clock signal and reset internal states 10_b: enable clock signal 11_b: clock signal enabled (ignore write access)</p> <p>Note: An enable to EN_FXCLK from disable state will be reset internal fixed clock counters.</p>

ACE Lab.

Motor Example

2. Data sheet 분석 : TOM 구조 분석

- ✓ PWM 신호 생성을 위해 GTM 모듈 내부의 TOM을 사용한다.
- ✓ GTM 모듈은 3개의 TOM을 포함하고 있고, 각 TOM은 2개의 TGC (TOM Global Channel Control)와 16개의 TOM Channel을 가지고 있다.
- ✓ TGC는 8개의 TOM Channel과 연결되어 있으며 이를 통해 TOM Channel을 제어할 수 있다.
- ✓ TOM Channel은 TGC의 제어에 따라 동작을 수행하며 출력 신호를 생성한다.
- ✓ 본 실습에서는 **TOM0_CH9**를 사용한다.
- ✓ 따라서, **TOM0_CH9**를 사용하기 위한 설정을 수행한다.



ACE Lab.

21/52

Motor Example

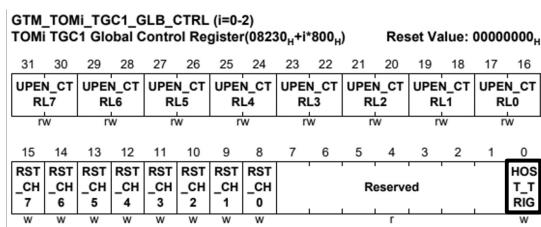
2. Data sheet 분석 : TOM0 – TGC1 설정 (1)

- ✓ GTM_TOM0_TGC1_GLB_CTRL Register는 Channel 8-15를 제어하는 TGC1에 대한 설정을 한다.
- ✓ Channel에 대한 Enable/Disable 설정 및 Output Enable 설정은 트리거 신호에 의해 일괄적으로 반영된다.
- ✓ **HOST_TRIG bit**를 1로 설정하여 사용자가 소프트웨어적으로 트리거 신호를 발생시킬 수 있다.

GTM_TOM0_TGC1_GLB_CTRL Register 주소: F010_8230h (F0100000h + 8230h)

GTM_TOM0_TGC1_GLB_CTRL Register 구조:

Table 25-63 Registers Address Space			
Module	Base Address	End Address	Note
GTM	F010 0000 _H	F019 FFFF _H	



Field	Bits	Type	Description
HOST_TRIGGER	0	w	Trigger request signal (see TGC0, TGC1) to update the register ENDIS_STAT and OUTEN_STAT 0 _B no trigger request 1 _B set trigger request Read as 0. Note: This flag is cleared automatically after triggering the update
Reserved	[7:1]	r	Reserved Read as zero, should be written as zero
RST_CH0	8	w	Software reset of channel 0 0 _B No action 1 _B Reset channel Read as 0. Note: This bit is cleared automatically after write by CPU. The channel registers are set to their reset values and channel operation is stopped immediately. The S-r FlipFlop SOUR is set to '1'.

ACE Lab.

datasheet: p.2937

22/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : TOM0 – TGC1 설정 (2)

- ✓ TOM 동작을 위한 CM0 / CM1 / CLK_SRC 값은 먼저 Shadow Register에 저장된다.
- ✓ 업데이트가 Enable 되어 있으면 업데이트를 할 때 Shadow Register에 저장되어 있는 값이 일괄적으로 반영되어 CM0 / CM1 / CLK_SRC가 설정된다.
- ✓ TOM Channel 10이 동작하기 위해서는 해당 Channel에 대한 CM0 / CM1 / CLK_SRC 값이 설정되어야 하며 이를 위해 **UPEN_CTRL1 bits**를 **10b**로 설정하여 업데이트를 Enable 한다.

GTM_TOM0_TGC1_GLB_CTRL Register 구조:

GTM_TOMI_TGC1_GLB_CTRL (i=0-2) TOMi TGC1 Global Control Register(08230 _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									
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	
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
Reserved																
																r

datasheet: p.2937

UPEN_CT RL0	[17:16]	r/w	TOM channel 0 enable update of register CM0, CM1 and CLK_SRC from SR0, SR1 and CLK_SRC_SR Write of following double bit values is possible: 00 _B don't care, bits 1:0 will not be changed 01 _B update disabled: is read as 00 (see below) 10 _B update enabled: is read as 11 (see below) 11 _B don't care, bits 1:0 will not be changed Read of following double values means: 00 _B channel disabled 11 _B channel enabled
UPEN_CT RL1	[19:18]	r/w	TOM channel 1 enable update of register CM0, CM1 and CLK_SRC See bits 17:16
UPEN_CT RL2	[21:20]	r/w	TOM channel 2 enable update of register CM0, CM1 and CLK_SRC See bits 17:16

Motor Example

2. Data sheet 분석 : TOM0 – TGC1 설정 (3)

- ✓ GTM_TOM0_TGC1_FUPD_CTRL Register는 트리거 신호에 따른 동작 설정을 한다.
- ✓ FUPD_CTRLx bits는 CM0/CM1/CLK_SRC의 업데이트가 트리거 신호에 의해 실행되도록 설정하며 이를 Channel 9에 적용하기 위해 **FUPD_CTRL1 bits**를 **10b**로 설정한다.
- ✓ RSTCNO_CHx bits는 CN0의 초기화가 트리거 신호에 의해 실행되도록 설정하며 이를 Channel 10에 적용하기 위해 **RSTCNO_CH1 bits**를 **10b**로 설정한다.

GTM_TOM0_TGC1_FUPD_CTRL Register 주소: F010_8238h (F0100000h + 8238h)

GTM_TOM0_TGC1_FUPD_CTRL Register 구조:

Table 25-63 Registers Address Space																
Module	Base Address	End Address	Note													
GTM	F010 0000 _H	F019 FFFF _H														
GTM_TOMI_TGC1_FUPD_CTRL (i=0-2) TOMi TGC1 Force Update Control Register (08238 _H +i*800 _H)																Reset Value: 00000000 _H
RSTCNO_ CH7	RSTCNO_ CH6	RSTCNO_ CH5	RSTCNO_ CH4	RSTCNO_ CH3	RSTCNO_ CH2	RSTCNO_ CH1	RSTCNO_ CH0									
r/w	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	
FUPD_CT RL7	FUPD_CT RL6	FUPD_CT RL5	FUPD_CT RL4	FUPD_CT RL3	FUPD_CT RL2	FUPD_CT RL1	FUPD_CT RL0									
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w									r/w

datasheet: p.2939

FUPD_CT RL1	[3:2]	r/w	Force update of (A)TOM channel 1 operation registers Write of following double bit values is possible: 00 _B don't care, bits 1:0 will not be changed 01 _B force update disabled: is read as 00 (see below) 10 _B force update enabled: is read as 11 (see below) 11 _B don't care, bits 1:0 will not be changed Read of following double values means: 00 _B force update disabled 11 _B force channel enabled
RSTCNO_ CH1	[19:18]	r/w	Reset CN0 of channel 1 on force update event Write of following double bit values is possible: 00 _B don't care, bits 1:0 will not be changed 01 _B CN0 is not reset on forced update: is read as 00 (see below) 10 _B CN0 is reset on forced update: is read as 11 (see below) 11 _B don't care, bits 1:0 will not be changed Read of following double values means: 00 _B CN0 is not reset on forced update 11 _B CN0 is reset on forced update

Motor Example

2. Data sheet 분석 : TOM0 – TGC1 설정 (3)

- ✓ GTM_TOM0_TGC1_ENDIS_CTRL Register는 트리거 신호에 따른 채널 Enable/Disable을 설정한다.
- ✓ 트리거 신호에 따라 각 Channel을 Enable 할지 Disable 할지 설정할 수 있다.
- ✓ 트리거 신호 발생 시, Channel 9가 Enable 되게 ENDIS_CTRL1 bits를 10b로 설정한다.

GTM_TOM0_TGC1_ENDIS_CTRL Register 주소: F010_8270h (F0100000h + 8270h)

GTM_TOM0_TGC1_ENDIS_CTRL Register 구조:

Table 25-63 Registers Address Space									
Module	Base Address	End Address	Note						
GTM	F010 0000 _H	F019 FFFF _H							

GTM_TOM0_TGC1_ENDIS_CTRL (i=0-2) TOMI TGC1 Enable/Disable Control Register (08270 _H +1*800 _H) Reset Value: 00000000 _H									
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
RL7	RL6	RL5	RL4	RL3	RL2	RL1	RL0		
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w		
Reserved									
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
ENDIS_CTRL7	ENDIS_CTRL6	ENDIS_CTRL5	ENDIS_CTRL4	ENDIS_CTRL3	ENDIS_CTRL2	ENDIS_CTRL1	ENDIS_CTRL0		
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w		
1	0								

Field	Bits	Type	Description
ENDIS_CTRL0	[1:0]	rw	<p>(A)TOM channel 0 enable/disable update value</p> <p>If a TOM channel is disabled, the counter CNO is stopped and the FlipFlop SOUR is set to the inverse value of control bit SL. On an enable event, the counter CNO starts counting from its current value.</p> <p>Write of following double bit values is possible:</p> <p>00_B don't care, bits 1:0 of register ENDIS_STAT will not be changed on an update trigger</p> <p>01_B disable channel on an update trigger</p> <p>10_B enable channel on an update trigger</p> <p>11_B don't change bits 1:0 of this register</p> <p>Note: if the channel is disabled (ENDIS[0]=0) or the output is disabled (OUTEN[0]=0), the TOM channel output TOM_OUT[0] is the inverted value of bit SL.</p>
ENDIS_CTRL1	[3:2]	rw	<p>(A)TOM channel 1 enable/disable update value</p> <p>See bits 1:0</p>

datasheet: p.2940



25/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : TOM0 – TGC1 설정 (4)

- ✓ GTM_TOM0_TGC1_OUTEN_CTRL Register는 트리거 신호에 따른 Output Enable을 설정한다.
- ✓ 트리거 신호에 따라 각 Channel의 Output을 Enable 할지 Disable 할지 설정할 수 있다.
- ✓ 트리거 신호 발생 시, Channel 9의 Output이 Enable 되게 OUTEN_CTRL1 bits를 10b로 설정한다.

GTM_TOM0_TGC1_OUTEN_CTRL Register 주소: F010_8278h (F0100000h + 8278h)

GTM_TOM0_TGC1_OUTEN_CTRL Register 구조:

Table 25-63 Registers Address Space									
Module	Base Address	End Address	Note						
GTM	F010 0000 _H	F019 FFFF _H							

GTM_TOM0_TGC1_OUTEN_CTRL (i=0-2) TOMI TGC1 Output Enable Control Register (08278 _H +1*800 _H) Reset Value: 00000000 _H									
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
OUTEN_CTRL7	OUTEN_CTRL6	OUTEN_CTRL5	OUTEN_CTRL4	OUTEN_CTRL3	OUTEN_CTRL2	OUTEN_CTRL1	OUTEN_CTRL0		
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w		
Reserved									
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
OUTEN_CTRL7	OUTEN_CTRL6	OUTEN_CTRL5	OUTEN_CTRL4	OUTEN_CTRL3	OUTEN_CTRL2	OUTEN_CTRL1	OUTEN_CTRL0		
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w		
1	0								

Field	Bits	Type	Description
OUTEN_CTRL0	[1:0]	rw	<p>Output (A)TOM_OUT(0) enable/disable update value</p> <p>Write of following double bit values is possible:</p> <p>00_B don't care, bits 1:0 of register OUTEN_STAT will not be changed on an update trigger</p> <p>01_B disable channel output on an update trigger</p> <p>10_B enable channel output on an update trigger</p> <p>11_B don't change bits 1:0 of this register</p> <p>Note: if the channel is disabled (OUTEN[0]=0) or the output is disabled (OUTEN[0]=0), the TOM channel output TOM_OUT[0] is the inverted value of bit SL.</p>
OUTEN_CTRL1	[3:2]	rw	<p>Output (A)TOM_OUT(1)enable/disable update value</p> <p>See bits 1:0</p>
OUTEN_CTRL2	[5:4]	rw	<p>Output (A)TOM_OUT(2) enable/disable update value</p> <p>See bits 1:0</p>
OUTEN_CTRL3	[7:6]	rw	<p>Output (A)TOM_OUT(3) enable/disable update value</p> <p>See bits 1:0</p>
OUTEN_CTRL4	[9:8]	rw	<p>Output (A)TOM_OUT(4) enable/disable update value</p> <p>See bits 1:0</p>
OUTEN_CTRL5	[11:10]	rw	<p>Output (A)TOM_OUT(5) enable/disable update value</p> <p>See bits 1:0</p>

datasheet: p.2945



26/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : TOM0 – Channel 9 설정 (1)

- ✓ GTM_TOM0_CHx_CTRL Register는 TOM1의 각 Channel에 대한 동작 설정을 한다.
- ✓ TOM Channel 9의 동작을 설정하기 위해 **GTM_TOM0_CH9_CTRL Register**를 설정한다.
- ✓ 출력 신호의 Duty Cycle에 대한 Signal level을 High로 설정하기 위해 **SL bit**를 1로 설정한다.

GTM_TOM0_CH9_CTRL Register 주소: F010_8240h (F0100000h + 8240h)

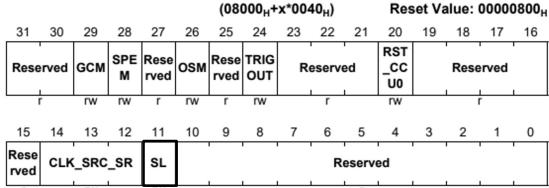
GTM_TOM0_CH9_CTRL Register 구조:

Table 25-63 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
GTM	F010 0000 _H	F019 FFFF _H	

GTM_TOM0_CHx_CTRL (x=0-14)
TOM0 Channel x Control Register¹

(08000_H+x*0040_H) Reset Value: 00000800_H



datasheet: p.2953

ACE Lab.

27/52

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

Motor Example

2. Data sheet 분석 : TOM0 – Channel 9 설정 (2)

- ✓ TOM Channel 1의 동작 클럭을 CMU_FXCLK1로 설정하기 위해 **CLK_SRC_SR bits**를 001b로 설정한다.
- ✓ CMU_FXCLK1의 주파수는 100MHz / 16 = 6,250kHz 이다.
- ✓ CLK_SRC_SR bits가 업데이트를 할 때 반영되기 때문에 TOM Channel 1의 동작 클럭 또한 업데이트를 할 때 반영된다.

GTM_TOM0_CH9_CTRL Register 주소: F010_8240h (F0100000h + 8240h)

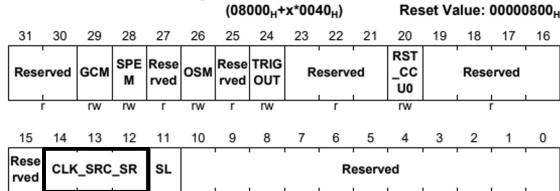
GTM_TOM0_CH9_CTRL Register 구조:

Table 25-63 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
GTM	F010 0000 _H	F019 FFFF _H	

GTM_TOM0_CHx_CTRL (x=0-14)
TOM0 Channel x Control Register¹

(08000_H+x*0040_H) Reset Value: 00000800_H



datasheet: p.2953

CLK_SRC_SR	[14:12]	rw	Clock source select for channel
			The register CLK_SRC is updated with the value of CLK_SRC_SR together with the update of register CM0 and CM1.
			The input of the FX clock divider depends on the value of FXCLK_SEL (see CMU).
000 _b	CMU_FXCLK(0) selected: clock selected by FXCLKSEL		
001 _b	CMU_FXCLK(1) selected: clock selected by FXCLKSEL / 2 ⁴		
010 _b	CMU_FXCLK(2) selected: clock selected by FXCLKSEL / 2 ⁸		
011 _b	CMU_FXCLK(3) selected: clock selected by FXCLKSEL / 2 ¹²		
100 _b	CMU_FXCLK(4) selected: clock selected by FXCLKSEL / 2 ¹⁶		
101 _b	no CMU_FXCLK selected, clock of channel stopped		
110 _b	no CMU_FXCLK selected, clock of channel stopped		
111 _b	no CMU_FXCLK selected, clock of channel stopped		
			Note: if clock of channel is stopped (i.e. CLK_SRC = 101/110/111), the channel can only be restarted by resetting CLK_SRC_SR to a value of 000 to 100 and forcing an update via the force update mechanism.

ACE Lab.

28/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : TOM1 – Channel 9 설정 (3)

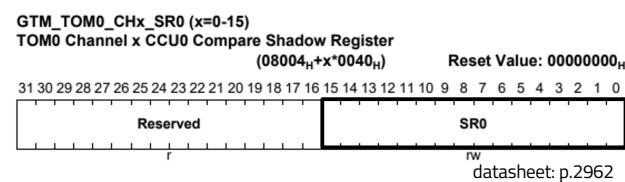
- ✓ GTM_TOM1_CHx_SR0 Register는 CMO에 대한 Shadow Register이다.
- ✓ TOM Channel 9의 CMO를 설정하기 위해 **GTM_TOM1_CH9_SR0 Register**를 설정한다.
- ✓ GTM_TOM1_CH9_SR0 Register에 설정할 CMO 값을 저장하면 업데이트를 할 때 CMO에 반영된다.
- ✓ 본 실습에서는 PWM 신호의 주기를 2ms로 설정하기 위해 해당 Register의 값을 **(12500 – 1)**로 설정한다.

GTM_TOM0_CH1_SR0 Register 주소: F010_8244h (F0100000h + 8244h)

GTM_TOM0_CH1_SR0 Register 구조:

Table 25-63 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
GTM	F010 0000 _H	F019 FFFF _H	



$$(Period\ of\ PWM) = \frac{(Value\ of\ CMO) + 1}{(Freq.\ of\ CMU_FXCLK1)}$$
$$= \frac{12500}{6250\ kHz} = 0.002s$$

Motor Example

2. Data sheet 분석 : TOUT 설정 (1)

- ✓ GTM 모듈 내 하위 모듈에서 생성한 출력 신호를 외부에 전달하기 위해서는 GTM 모듈의 출력 포트 (TOUT)와 연결 설정을 해야 한다.
- ✓ 하나의 출력 포트에는 하위 모듈에서 생성된 출력 신호 4개가 MUX를 통해 연결되어 있으며 MUX 제어를 통해 하나의 신호가 출력 포트와 연결된다.
- ✓ **GTM_TOUTSEL Register**는 MUX에 제어 신호를 입력하며 하나의 Register가 16개의 MUX를 제어한다.
- ✓ 따라서, LED가 연결된 TOUT1 (PORT02 Pin 1)은 **GTM_TOUTSELO Register**의 **SEL1 bits**를 통해 설정할 수 있다.

Motor Example

2. Data sheet 분석 : TOUT 설정 (2)

- ✓ GTM_TOUTSEL0 Register는 TOUT을 통해 출력될 신호를 설정한다.
- ✓ TOUT1에 대해 설정하기 위해 **GTM_TOUTSEL0 Register**의 **SEL1 bits**를 설정한다.
- ✓ TOMO Channel 9를 통해 생성한 PWM 신호를 TOUT1로 출력하기 위해 **SEL1 bits**를 **00b**로 설정한다.

GTM_TOUTSEL0 Register 주소: F019_FD30h (F0100000h + 9FD30h)

GTM_TOUTSEL0 Register 구조:

Table 25-63 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
GTM	F010 0000 _H	F019 FFFF _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								
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
SEL7	SEL6	SEL5	SEL4	SEL3	SEL2	SEL1	SEL0								
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Field	Bits	Type	Description
SELx (x = 0-15)	[x*2+1: x*2]	rw	TOUT(n*16+x) Output Selection This bit defines which timer out is connected as TOUT(n*16+x). The mapping for each pin is defined by Table 25-67Table 25-68 00 _B Timer A form Table 25-67Table 25-68 is connected as TOUT(n*16+x) to the ports 01 _B Timer B form Table 25-67Table 25-68 is connected as TOUT(n*16+x) to the ports 10 _B Timer C form Table 25-67Table 25-68 is connected as TOUT(n*16+x) to the ports 11 _B Timer D form Table 25-67Table 25-68 is connected as TOUT(n*16+x) to the ports Note: If TOUT(n*16+x) is not defined in Table 25-67Table 25-68 this bit field has to be treated as reserved.



datasheet: p.354

31/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : VADC Enable 설정

- ✓ VADC_CLC Register는 VADC 모듈의 Enable 설정을 한다.
- ✓ VADC 모듈을 Enable 하기 위해 **DISR bit**를 **0**으로 설정한다.
- ✓ VADC 모듈이 Enable 되어 있는지 확인하기 위해 **DISS bit**가 **0**인지 확인한다.
- ✓ 해당 Register를 수정하기 위해서는 System ENDINIT을 해제해야 한다.

VADC_CLC Register 주소: F002_0000h (F0020000h + 0h)

VADC_CLC Register 구조:

Table 28-10 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
VADC	F002 0000 _H	F002 3FFF _H	

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E DIS	0 S DIS R		
r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	rw	r	r	rw

Field	Bits	Type	Description
DISR	0	rw	Module Disable Request Bit Used for enable/disable control of the module. Also the analog section is disabled by clearing ANONS. 0 _B On request: enable the module clock 1 _B Off request: stop the module clock
DISS	1	r	Module Disable Status Bit 0 _B Module clock is enabled 1 _B Off: module is not clocked
0	2	r	Reserved, write 0, read as 0
EDIS	3	rw	Sleep Mode Enable Control Used to control module's reaction to sleep mode. 0 _B Sleep mode request is enabled and functional 1 _B Module disregards the sleep mode control signal
0	[31:4]	r	Reserved, write 0, read as 0

datasheet: p.3889



32/52

Motor Example

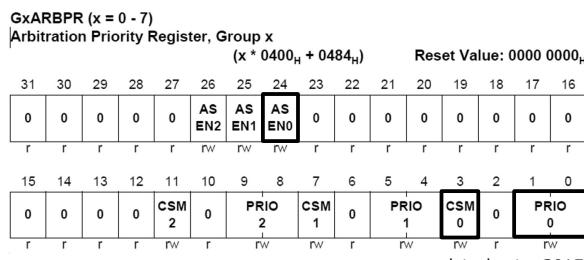
2. Data sheet 분석 : Group 설정 (1)

- ✓ VADC_GxARBPR Register는 Group의 Request Source Arbiter에 대한 설정을 한다.
- ✓ VADC의 여러 Group 중, Potentiometer와 연결된 Pin AN00| Group 4에 입력되기 때문에 **VADC_G4ARBPR Register**를 설정한다.
- ✓ Pin AN0에 대한 Conversion Request만 생성하면 되기 때문에 Request Source Arbiter는 **Request Source 0에 대한 설정 (PRI00 bits / CSM0 bit / ASENO bit)**만 수행한다.

VADC_G4ARBPR Register 주소: F002_1484h (F0020000h + 1484h)

VADC_G4ARBPR Register 구조:

Module	Base Address	End Address	Note
VADC	F002 0000 _H	F002 3FFF _H	



datasheet: p.3945

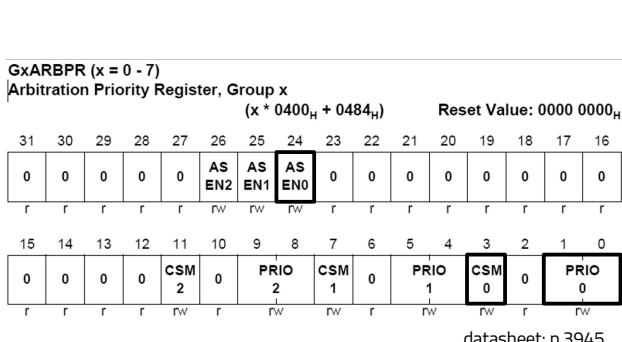


33/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : Group 설정 (2)

- ✓ Request Source 0의 우선 순위를 가장 높게 설정하기 위해 **PRI00 bits**를 **11b**로 설정한다.
- ✓ Request Source 0의 Conversion Request가 현재 수행하고 있는 Conversion이 끝날 때까지 기다린 후에 실행되도록 설정하기 위해 **CSM0 bit**를 **0b**로 설정한다.
- ✓ Request Source 0을 Enable 하기 위해 **ASENO bit**를 **1b**로 설정한다.



Field	Bits	Type	Description
PRI00, PRI01, PRI02	[1:0], [5:4], [9:8]	rw	Priority of Request Source x Arbitration priority of request source x (in slot x) 00 _B Lowest priority is selected. ... 11 _B Highest priority is selected.
CSM0, CSM1, CSM2	3, 7, 11	rw	Conversion Start Mode of Request Source x 0 _B Wait-for-start mode 1 _B Cancel-inject-repeat mode, i.e. this source can cancel conversion of other sources.
0	2, 6, 10, [23:12]	r	Reserved, write 0, read as 0
ASENy (y = 0 - 2)	24 + y	rw	Arbitration Slot y Enable Enables the associated arbitration slot of an arbiter round. The request source bits are not modified by write actions to ASENR. 0 _B The corresponding arbitration slot is disabled and considered as empty. Pending conversion requests from the associated request source are disregarded. 1 _B The corresponding arbitration slot is enabled. Pending conversion requests from the associated request source are arbitrated.
0	[3:1:27]	r	Reserved, write 0, read as 0



Motor Example

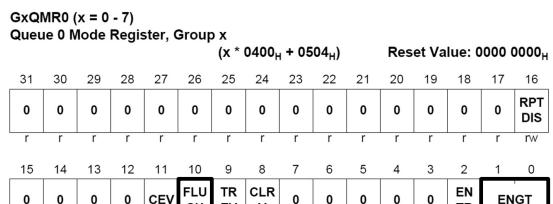
2. Data sheet 분석 : Group 설정 (3)

- ✓ VADC_GxQMR Register는 Group의 Request Source에 대한 설정을 한다.
- ✓ Group 4의 Request Source 0을 사용하기 때문에 **VADC_G4QMRO Register**를 설정한다.
- ✓ Software를 통해 Request Source 0의 Conversion Request 생성을 가능하게 하기 위해 **ENGT bit**를 01b로 설정한다.
- ✓ 초기화시, Request Source 0에 의한 Conversion Request를 Clear 하기 위해 **FLUSH bit**를 1로 설정한다.

VADC_G4QMRO Register 주소: F002_1504h (F0020000h + 1504h)

VADC_G4QMRO Register 구조:

Table 28-10 Registers Address Space			
Module	Base Address	End Address	Note
VADC	F002 0000 _H	F002 3FFF _H	



datasheet: p.3914

Field	Bits	Type	Description
ENGT	[1:0]	rw	Enable Gate Selects the gating functionality for source 0/2. 0 _B No conversion requests are issued 1 _B Conversion requests are issued if a valid conversion request is pending in the queue 0 register or in the backup register 10 _B Conversion requests are issued if a valid conversion request is pending in the queue 0 register or in the backup register and REQGTx = 1 11 _B Conversion requests are issued if a valid conversion request is pending in the queue 0 register or in the backup register and REQGTx = 0 <i>Note: REQGTx is the selected gating signal.</i>
FLUSH	10	w	Flush Queue 0 _B No action 1 _B Clear all queue entries (including backup stage) and the event flag EV. The queue contains no more valid entry.

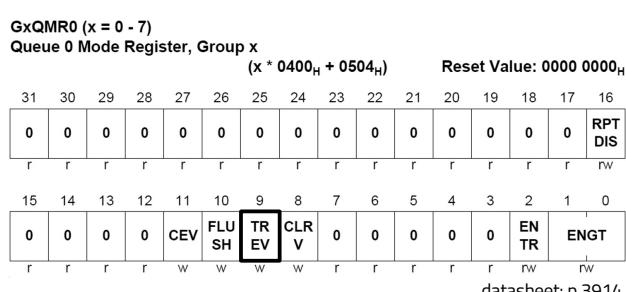
ACE Lab.

35/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : Group 설정 (4)

- ✓ **TREV bit**는 Conversion Request를 생성하는 트리거 이벤트를 소프트웨어적으로 발생시킨다.
- ✓ 따라서, Conversion Request를 생성하고자 할 때 해당 bit를 1로 설정한다.



datasheet: p.3914

Field	Bits	Type	Description
CLRV	8	w	Clear Valid Bit 0 _B No action 1 _B The next pending valid queue entry in the sequence and the event flag EV are cleared. If there is a valid entry in the queue backup register (QBUR.V = 1), this entry is cleared, otherwise the entry in queue register 0 is cleared.
TREV	9	w	Trigger Event 0 _B No action 1 _B Generate a trigger event by software
FLUSH	10	w	Flush Queue 0 _B No action 1 _B Clear all queue entries (including backup stage) and the event flag EV. The queue contains no more valid entry.

ACE Lab.

36/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : Group 설정 (5)

- ✓ VADC_GxARBCFG Register는 Group의 AD Converter에 대한 설정을 한다.
- ✓ Group 4를 사용하므로 **VADC_G4ARBCFG Register**를 설정한다.
- ✓ AD Converter를 Normal Operation Mode로 동작시키기 위해 **ANONC bits**를 11b로 설정한다.

VADC_G4ARBCFG Register 주소: F002_1480h (F0020000h + 1480h)

VADC_G4ARBCFG Register 구조:

Table 28-10 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
VADC	F002 0000 _H	F002 3FFF _H	

GxARBCFG (x = 0 - 7)
Arbitration Configuration Register, Group x
(x * 0400_H + 0480_H) Reset Value: 0000 0000_H

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
SAM	BU	CAL	CAL	0	0	SYN	CHNR			CSRC		ANONS			
PLE	SY	S	S	r	r	rh	rh			rh		rh			
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	ARB	M	0	ARBRND	0	0	ANONC	
r	r	r	r	r	r	r	rw	r	rw	r	rw	r	r	rw	

- ANONS = 11_B: Normal Operation

The converter is active, conversions are started immediately.
Requires no wakeup time.

Field	Bits	Type	Description
ANONC	[1:0]	rw	Analog Converter Control Defines the value of bitfield ANONS in a stand-alone converter or a converter in master mode. Coding see ANONS or Section 28.4.1.
0	[3:2]	r	Reserved, write 0, read as 0
ARBRND	[5:4]	rw	Arbitration Round Length Defines the number of arbitration slots per arb. round (arbitration round length = t_{ARB}). ¹⁾ 00 _B 4 arbitration slots per round ($t_{ARB} = 4 / f_{ADCD}$) 01 _B 8 arbitration slots per round ($t_{ARB} = 8 / f_{ADCD}$) 10 _B 16 arbitration slots per round ($t_{ARB} = 16 / f_{ADCD}$) 11 _B 20 arbitration slots per round ($t_{ARB} = 20 / f_{ADCD}$)
0	6	r	Reserved, write 0, read as 0

datasheet: p.3942



37/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : Group 설정 (6)

- ✓ VADC_GxICLASS Register는 Group의 Input Class에 대한 설정을 한다.
- ✓ Analog Input Channel은 미리 설정된 Input Class 중 하나에 속하게 되며 해당 Input Class의 설정이 반영된다.
- ✓ Group 4의 Input Class 0을 설정하기 위해 **VADC_G4ICLASS0 Register**를 설정한다.
- ✓ Sample Time과 Conversion Mode를 설정하기 위해 **STCS bits / CMS bits**를 설정한다.

VADC_G4ICLASS0 Register 주소: F002_14A0h (F0020000h + 14A0h)

VADC_G4ICLASS0 Register 구조:

Module	Base Address	End Address	Note
VADC	F002 0000 _H	F002 3FFF _H	

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	0	0	0	0	0	CME	0	0	0		STCE				
r	r	r	r	r	r	rw	r	r	r		rw				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	CMS	0	0	0		STCS				
r	r	r	r	r	r	rw	r	r	r		rw				



datasheet: p.3952

38/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : Group 설정 (7)

- ✓ Conversion Mode를 12-bit Conversion으로 설정하기 위해 CMS bits를 000b로 설정한다.

GxICLASS0 (x = 0 - 7) Input Class Register 0, Group x															
(x * 0400 _H + 04A0 _H) Reset Value: 0000 0000 _H															
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	0	0	0	0	CME	0	0	0							STCE
r	r	r	r	r		r	r	r							rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	CMS	0	0	0							STCS
r	r	r	r	r		r	r	r							rw

datasheet: p.3952

Field	Bits	Type	Description
STCS	[4:0]	rw	Sample Time Control for Standard Conversions Number of additional clock cycles to be added to the minimum sample phase of 2 analog clock cycles: Coding and resulting sample time see Table 28-4. For conversions of external channels, the value from bitfield STCE can be used.
0	[7:5]	r	Reserved, write 0, read as 0
CMS	[10:8]	rw	Conversion Mode for Standard Conversions 000 _B 12-bit conversion 001 _B 10-bit conversion 010 _B 8-bit conversion 011 _B Reserved 100 _B Reserved 101 _B 10-bit fast compare mode 110 _B Reserved 111 _B Reserved
0	[15:11]	r	Reserved, write 0, read as 0

Motor Example

2. Data sheet 분석 : Channel 설정 (1)

- ✓ VADC_GxCHCTR Register는 Group의 Analog Input Channel에 대한 설정을 한다.
- ✓ Potentiometer가 연결된 Pin AN00| Group 4의 Input Channel 7에 입력되므로 **VADC_G4CHCTR7 Register**를 설정한다.
- ✓ 해당 Input Channel에 대한 Input Class / Result Register / Result Align을 설정하기 위해 ICLSEL bits / RESREG bits / RESPOS bit를 설정한다.

VADC_G4CHCTR7 Register 주소: F002_161Ch (F0020000h + 161Ch)

VADC_G4CHCTR7 Register 구조:

Table 28-10 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
VADC	F002 0000 _H	F002 3FFF _H	
G0CHCTRy (y = 0 - 7) Group 0, Channel y Ctrl. Reg. (0600 _H + y * 0004 _H) Reset Value: 0000 0000 _H			
0	BWD EN	BWD CH	0 0 0 0 0 0 RES POS RES TBS RESREG
r	rw	rw	r r r r r r rw rw rw rw rw rw
15	14	13	12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
	BNDSELX	REF SEL	SY NC CHEV MODE BNDSELU BNDSELL 0 0 ICLSEL
	rw	rw	rw rw rw rw rw rw r r rw

datasheet: p.3949

Motor Example

2. Data sheet 분석 : Channel 설정 (2)

- ✓ Analog Input Channel 7의 Input Class를 앞서 설정한 Group 4의 Input Class 0으로 설정하기 위해 **ICLSEL bits**를 **00b**로 설정한다.
- ✓ Analog Input Channel 7의 디지털 값을 Group 4의 Result Register 10에 저장하기 위해 **RESREG bits**를 **0001b**로 설정한다.
- ✓ Analog Input Channel 7의 디지털 값을 Right-Aligned로 저장하기 위해 **RESPOS bit**를 **1**로 설정한다.

G4CHCTRy ($y = 0 - 7$)															
Group 4, Channel y Ctrl. Reg. ($1600_{\text{H}} + y * 0004_{\text{H}}$) Reset Value: 0000 0000 $_{\text{H}}$															
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	BWD EN	BWD CH	0	0	0	0	0	0	0	RES POS	RES TBS	RESREG			
r	rw	rw	r	r	r	r	r	r	r	rw	rw				rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	BNDSELX	REF SEL	SY NC	CHEV MODE	BNDSELU	BNDSELL	0	0	0	0	0	0	0	0	ICLSEL
	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	r	r	r	r	r	rw

datasheet: p.3949

Field	Bits	Type	Description
ICLSEL	[1:0]	rw	Input Class Select 00 _b Use group-specific class 0 01 _b Use group-specific class 1 10 _b Use global class 0 11 _b Use global class 1
RESREG	[19:16]	rw	Result Register 0000 _b Store result in group result register GxRES0 ... 1111 _b Store result in group result register GxRES15
Field	Bits	Type	Description
RESPOS	21	rw	Result Position 0 _b Store results left-aligned 1 _b Store results right-aligned

ACE Lab.

41/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : Conversion Request 설정

- ✓ VADC_G4QINR Register는 Request Source의 Conversion Request에 대한 설정을 한다.
- ✓ Group 4의 Request Source 0을 사용하므로 **VADC_G4QINR0 Register**를 설정한다.
- ✓ Analog Input Channel 7을 입력으로 설정하기 위해 **REQCHNR bits**를 **7**으로 설정한다.
- ✓ Single-shot Mode로 설정하기 위해 **RF bit**를 **0b**로 설정한다. (해당 bit를 1b로 설정하면 Conversion이 끝난 후 다시 Conversion Request가 발생하여 Continuous Mode로 동작한다.)

VADC_G4QINR0 Register 주소: F002_1510h (F0020000h + 1510h)

VADC_G4QINR0 Register 구조:

Table 28-10 Registers Address Space															
Module	Base Address	End Address	Note												
VADC															
GxQINR0 ($x = 0 - 7$)															
Queue 0 Input Register, Group x ($x * 0400_{\text{H}} + 0510_{\text{H}}$) Reset Value: 0000 0000 $_{\text{H}}$															
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	EX TR	EN SI	RF	REQCHNR			
r	r	r	r	r	r	r	w	w	w	w	w				w

datasheet: p.3918

ACE Lab.

Field	Bits	Type	Description
REQCHNR	[4:0]	w	Request Channel Number Defines the channel number to be converted
RF	5	w	Refill 0 _b No refill: this queue entry is converted once and then invalidated 1 _b Automatic refill: this queue entry is automatically reloaded into QINR0 when the related conversion is started
ENSI	6	w	Enable Source Interrupt 0 _b No request source interrupt 1 _b A request source event interrupt is generated upon a request source event (related conversion is finished)

42/52

Motor Example

2. Data sheet 분석 : Result Register 설정

- ✓ VADC_GxRES Register는 변환된 디지털 값에 대한 정보를 저장한다.
- ✓ Analog Input Channel 7의 디지털 값을 Result Register 1에 저장하도록 설정했기 때문에 **VADC_G4RES1 Register**를 확인한다.
- ✓ 변환이 끝나 새로운 디지털 값이 저장되었는지 확인하기 위해 VF bit가 1인지 확인한다.
- ✓ 변환된 디지털 값을 확인하기 위해 Align을 고려하여 **RESULT bits**를 확인한다.

VADC_G4RES1 Register 주소: F002_1704h (F0020000h + 1704h)

VADC_G4RES1 Register 구조:

Table 28-10 Registers Address Space

Module	Base Address	End Address	Note
VADC	F002 0000 _H	F002 3FFF _H	

G0RESy (y = 0 - 15)
Group 0 Result Register y (0700_H + y * 0004_H) Reset Value: 0000 0000_H

31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16
VF FCR CRS EMUX CHNR DRC
rhw rh rh rh rh rh
15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
RESULT
rhw

Field	Bits	Type	Description
RESULT	[15:0]	rwh	Result of Most Recent Conversion The position of the result bits within this bitfield depends on the configured operating mode. Refer to Section 28.7.2.
VF	31	rh	Valid Flag Indicates a new result in bitfield RESULT or bit FCR. 0 _B No new result available 1 _B Bitfield RESULT has been updated with new result value and has not yet been read, or bit FCR has been updated

datasheet: p.3972

ACE Lab.

43/52

Motor Example

3. 프로그래밍

1) 모터와 Potentiometer를 사용하기 위해 필요한 레지스터 주소와 비트 필드를 정의한다. (1)

```
1 #include "Ifx_Types.h"
2 #include "IfxCpu.h"
3 #include "IfxScuWdt.h"
4
5 /* Port Registers */
6 #define PORT02_BASE          (0xF003A200)
7 #define PORT02_OMR           (*(volatile unsigned int*) (PORT02_BASE + 0x04))
8 #define PORT02_IOCR0          (*(volatile unsigned int*) (PORT02_BASE + 0x10))
9 #define PORT02_IOCR4          (*(volatile unsigned int*) (PORT02_BASE + 0x14))
10 #define PORT02_IN             (*(volatile unsigned int*) (PORT02_BASE + 0x24))
11
12 #define PORT10_BASE          (0xF003B000)
13 #define PORT10_OMR           (*(volatile unsigned int*) (PORT10_BASE + 0x04))
14 #define PORT10_IOCR0          (*(volatile unsigned int*) (PORT10_BASE + 0x10))
15
16 #define P0                   0
17 #define PC0                 3
18 #define PC1                 11
19 #define PC7                 27
20 #define PS0                 0
21 #define PS1                 1
22 #define PS7                 7
23 #define PCL0                16
24 #define PCL1                17
25 #define PCL7                23
```

PORT 관련 레지스터 주소 및 비트 필드 정의

ACE Lab.

44/52

Motor Example

3. 프로그래밍

1) 모터와 Potentiometer를 사용하기 위해 필요한 레지스터 주소와 비트 필드를 정의한다. (2)

```
28 /* SCU Registers */
29 #define SCU_BASE (0xF0036000)
30 #define SCU_WDTSCON0 ((*volatile unsigned int*)(SCU_BASE + 0x0F0))
31 #define SCU_WDT_CPU0CON0 ((*volatile unsigned int*)(SCU_BASE + 0x100))
32 #define SCU_EICR2 ((*volatile unsigned int*)(SCU_BASE + 0x218))
33 #define SCU_IGCR0 ((*volatile unsigned int*)(SCU_BASE + 0x22C))
34
35 #define LCK 1
36 #define ENDINIT 0
37 #define INP0 12
38 #define EIE0 11
39 #define REN0 9
40 #define FEN0 8
41 #define EXI0 4
42 #define IGPO 14
43
44 /* SRC Registers */
45 #define SRC_BASE (0xF0038000)
46 #define SRC_CCU60_SR0 ((*volatile unsigned int*)(SRC_BASE + 0x420))
47 #define SRC_SCUERU0 ((*volatile unsigned int*)(SRC_BASE + 0xCD4))
48
49 #define TOS 11
50 #define SRE 10
51 #define SRPN 0
52
```

SCU, SRC 관련 레지스터 주소 및 비트 필드 정의

```
55 /* CCU60 Registers */
56 #define CCU60_BASE (0xF0002A00)
57 #define CCU60_CLC ((*volatile unsigned int*)(CCU60_BASE + 0x00))
58 #define CCU60_T12 ((*volatile unsigned int*)(CCU60_BASE + 0x20))
59 #define CCU60_T12PR ((*volatile unsigned int*)(CCU60_BASE + 0x24))
60 #define CCU60_TCTR0 ((*volatile unsigned int*)(CCU60_BASE + 0x70))
61 #define CCU60_TCTR4 ((*volatile unsigned int*)(CCU60_BASE + 0x78))
62 #define CCU60_INP ((*volatile unsigned int*)(CCU60_BASE + 0xAC))
63 #define CCU60_IEN ((*volatile unsigned int*)(CCU60_BASE + 0xB0))
64
65 #define DISS 1
66 #define DISR 0
67 #define CTM 7
68 #define T12PRE 3
69 #define T12CLK 0
70 #define T12STR 6
71 #define T12RS 1
72 #define INPT12 10
73 #define ENT12PM 7
```

CCU60 타이머 관련 레지스터 주소 및 비트 필드 정의



45/52

Motor Example

3. 프로그래밍

1) 모터와 Potentiometer를 사용하기 위해 필요한 레지스터 주소와 비트 필드를 정의한다. (3)

```
76 /* VADC Registers */
77 #define VADC_BASE (0xF0020000)
78 #define VADC_CLC ((*volatile unsigned int*)(VADC_BASE + 0x000))
79 #define VADC_GLOBCFG ((*volatile unsigned int*)(VADC_BASE + 0x080))
80 #define VADC_G4ARBPCFG ((*volatile unsigned int*)(VADC_BASE + 0x1480))
81 #define VADC_G4ARBPR ((*volatile unsigned int*)(VADC_BASE + 0x1484))
82 #define VADC_G41CLAS0 ((*volatile unsigned int*)(VADC_BASE + 0x14A0))
83 #define VADC_G40MR0 ((*volatile unsigned int*)(VADC_BASE + 0x1504))
84 #define VADC_G40INR0 ((*volatile unsigned int*)(VADC_BASE + 0x1510))
85 #define VADC_G4CHCTR6 ((*volatile unsigned int*)(VADC_BASE + 0x1618))
86 #define VADC_G4RES1 ((*volatile unsigned int*)(VADC_BASE + 0x1704))
87 #define VADC_G4CHCTR7 ((*volatile unsigned int*)(VADC_BASE + 0x161C))
88 #define VADC_G4CHASS ((*volatile unsigned int*)(VADC_BASE + 0x1488))
89
90 #define DISS 1
91 #define DISR 0
92 #define ANONC 0
93 #define ASENO 24
94 #define CSM0 3
95 #define PRI0 0
96 #define CMS 8
97 #define STCS 0
98 #define FLUSH 10
99 #define TREV 9
100 #define ENGT 0
101 #define RF 5
102 #define REQCHNR 0
103 #define RESPOS 21
104 #define RESREG 16
105 #define ICLSEL 0
106 #define VF 31
107 #define RESULT 0
108 #define CHNR 20
109 #define ASSCH7 7
```

VADC 관련 레지스터 주소 및 비트 필드 정의

```
111 /* GTM Registers */
112 // GTM - CMU
113 #define GTM_BASE (0xF0100000)
114 #define GTM_CLC ((*volatile unsigned int*)(GTM_BASE + 0x0FD00))
115 #define GTM_TOUTSEL0 ((*volatile unsigned int*)(GTM_BASE + 0x9FD38))
116 #define GTM_CMU_CLK_EN ((*volatile unsigned int*)(GTM_BASE + 0x0300E))
117 #define GTM_CMU_FXCLK_CTRL ((*volatile unsigned int*)(GTM_BASE + 0x0344))
118
119 #define EN_FXCLK 22
120 #define FXCLK_SEL 0
121 #define DISS 1
122 #define DISR 0
123 #define SEL1 2
124
125 // GTM - TOM0
126 #define GTM_TOM0_TGC1_GLB_CTRL ((*volatile unsigned int*)(GTM_BASE + 0x08230))
127 #define GTM_TOM0_TGC1_ENDIS_CTRL ((*volatile unsigned int*)(GTM_BASE + 0x08270))
128 #define GTM_TOM0_TGC1_OUTEN_CTRL ((*volatile unsigned int*)(GTM_BASE + 0x08278))
129 #define GTM_TOM0_TGC1_FUPD_CTRL ((*volatile unsigned int*)(GTM_BASE + 0x08238))
130 #define GTM_TOM0_CH9_CTRL ((*volatile unsigned int*)(GTM_BASE + 0x08240))
131 #define GTM_TOM0_CH9_SR0 ((*volatile unsigned int*)(GTM_BASE + 0x08244))
132 #define GTM_TOM0_CH9_SR1 ((*volatile unsigned int*)(GTM_BASE + 0x08248))
133
134 #define UPEN_CTRL1 18
135 #define HOST_TRIG 0
136 #define ENDIS_CTRL1 2
137 #define OUTEN_CTRL1 2
138 #define RSTCN0_CH1 18
139 #define FUPD_CTRL1 2
140 #define CLK_SRC_SR 12
141 #define SL 11
```

GTM 관련 레지스터 주소 및 비트 필드 정의



46/52

Motor Example

3. 프로그래밍

- 2) Switch와 Motor가 연결된 PORT의 IO 설정을 한다.

Switch 1	-	PORT02 Pin 0
Motor DIR_A	-	PORT10 Pin 1
Motor PWM_A	-	PORT02 Pin 1
Motor BRAKE_A	-	PORT02 Pin 7

Switch 와 Motor의 연결 PORT 정보

```
210 void initButton(void)
211 {
212     PORT02_IOCR0 &= ~(0x1F << PC0);
213
214     PORT02_IOCR0 |= (0x02 << PC0);
215 }
```

Switch 관련 IO 설정 코드

```
217 void initMotor(void)
218 {
219     PORT10_IOCR0 &= ~(0x1F << PC1);
220     PORT02_IOCR0 &= ~(0x1F << PC1);
221     PORT02_IOCR4 &= ~(0x1F << PC7);
222
223     PORT10_IOCR0 |= (0x10 << PC1); // Set D12 to OUTPUT (DIRA)
224     PORT02_IOCR0 |= (0x11 << PC1); // Set D3 to PWM OUTPUT (PWMA)
225     PORT02_IOCR4 |= (0x10 << PC7); // Set D9 to OUTPUT (BRAKE_A)
226 }
```

Motor 관련 IO 설정 코드



47/52

Motor Example

3. 프로그래밍

- 2) VADC를 설정하기 위한 함수를 구현한다.

```
228 void initVADC(void)
229 {
230     /* VADC Enable */
231     /* Password Access to unlock WDTSCPU0CON0 */
232     SCU_WDT_CPU0CON0 = ((SCU_WDT_CPU0CON0 ^ 0xFC) & ~(1 << LCK)) | (1 << ENDINIT);
233     while((SCU_WDT_CPU0CON0 & (1 << LCK)) != 0);
234
235     /* Modify Access to clear ENDINIT bit */
236     SCU_WDT_CPU0CON0 = ((SCU_WDT_CPU0CON0 ^ 0xFC) | (1 << LCK)) & ~ (1 << ENDINIT);
237     while((SCU_WDT_CPU0CON0 & (1 << LCK)) == 0);
238
239     VADC_CLC &= ~(1 << DISR); // Enable VADC Module
240
241     /* Password Access to unlock WDTSCPU0CON0 */
242     SCU_WDT_CPU0CON0 = ((SCU_WDT_CPU0CON0 ^ 0xFC) & ~(1 << LCK)) | (1 << ENDINIT);
243     while((SCU_WDT_CPU0CON0 & (1 << LCK)) != 0);
244
245     /* Modify Access to clear ENDINIT bit */
246     SCU_WDT_CPU0CON0 = ((SCU_WDT_CPU0CON0 ^ 0xFC) | (1 << LCK)) | (1 << ENDINIT);
247     while((SCU_WDT_CPU0CON0 & (1 << LCK)) == 0);
248
249     while((VADC_CLC & (1 << DISS)) != 0); // Wait until module is enabled
250 }
```

VADC System Critical Lock 해제 코드

```
252     VADC_G4ARBRP |= ((0x3) << PRI00); // Highest Priority for Request Source 0
253     VADC_G4ARBRP &= ~((0x01) << CS00); // Conversion Start Mode : Wait-for-start mode
254     VADC_G4ARBRP |= ((0x01) << (ASEN0)); // Arbitration Source Input 0 Enable
255
256     VADC_G4QMR0 &= ~((0x03) << ENGT); // Enable Conversion Requests
257     VADC_G4QMR0 |= ((0x01) << ENGT);
258
259     VADC_G4QMR0 |= ((0x01) << FLUSH); // Clear all Queue Entries
260
261     VADC_G4ARRCFG |= ((0x3) << ANONC); // Analog Converter : Normal Operation
262
263     VADC_G4ICLASS0 &= ~((0x7) << CMS); // Group-specific Class 0
264
265     /* VADC Group 4 Channel 7 Setting */
266     VADC_G4CHCTR7 |= ((0x01) << RESPOS); // Read Results Right-aligned
267     VADC_G4CHCTR7 &= ~((0xF) << RESREG); // Store Result in Group Result Register G4RES1
268     VADC_G4CHCTR7 &= ~((0x3) << ICLSEL); // Use Group-specific Class 0
269
270     VADC_G4CHCTR7 |= ((0x01) << RESREG);
271     VADC_G4CHASS |= 0x1 << ASSCH7;
272 }
```

VADC 설정 코드



48/52

Motor Example

3. 프로그래밍

2) VADC를 사용하기 위한 함수를 구현한다.

```
274 void VADC_startConversion(void)
275 {
276     /* No fill and Start Queue */
277     VADC_G4QINR0 &= ~(0x1F); // Request Channel Number : 6
278     VADC_G4QINR0 |= (0x07);
279
280     VADC_G4QINR0 &= ~((0x01) << RF); // No fill : it is converted once
281
282     VADC_G4QMR0 |= ((0x01) << TREV); // Generate a Trigger Event
283 }
```

ADC 변환을 시작하는 코드

```
285 unsigned int VADC_readResult(void)
286 {
287     unsigned int result;
288
289     while( (VADC_G4RES1 & (0x1 << VF)) == 0 );
290     result = VADC_G4RES1 & ((0xFFFF) << RESULT);
291
292     return result;
293 }
```

ADC 변환이 완료되었을 때 값을 반환하는 코드



49/52

Motor Example

3. 프로그래밍

2) PWM을 설정하기 위한 GTM 설정 함수를 구현한다.

```
295 void initGTM(void)
296 {
297     /* Password Access to unlock WDTSCON0 */
298     SCU_WDT_CPU0CON0 = ((SCU_WDT_CPU0CON0 ^ 0xFC) & ~(1 << LCK)) | (1 << ENDINIT);
299     while((SCU_WDT_CPU0CON0 & (1 << LCK)) != 0);
300
301     /* Modify Access to clear ENDINIT bit */
302     SCU_WDT_CPU0CON0 = ((SCU_WDT_CPU0CON0 ^ 0x0F) | (1 << LCK)) & ~ (1 << ENDINIT);
303     while((SCU_WDT_CPU0CON0 & (1 << LCK)) == 0);
304
305     GTM_CLC &= ~(1 << DISR); // enable VADC
306
307     /* Password Access to unlock WDTSCON0 */
308     SCU_WDT_CPU0CON0 = ((SCU_WDT_CPU0CON0 ^ 0xFC) & ~(1 << LCK)) | (1 << ENDINIT);
309     while((SCU_WDT_CPU0CON0 & (1 << LCK)) != 0);
310
311     /* Modify Access to clear ENDINIT bit */
312     SCU_WDT_CPU0CON0 = ((SCU_WDT_CPU0CON0 ^ 0x0F) | (1 << LCK)) | (1 << ENDINIT);
313     while((SCU_WDT_CPU0CON0 & (1 << LCK)) == 0);
314
315     while((GTM_CLC & (1 << DISS)) != 0); // Wait until module is enabled
316 }
```

GTM(PWM) System Critical Lock 해제 코드

```
319     GTM_CMU_FXCLK_CTRL &= ~((0x0F) << FXCLK_SEL);
320     GTM_CMU_CLK_EN |= ((0x02) << EN_FXCLK);
321
322     GTM_TOM0_TGC1_GLB_CTRL |= ((0x02) << OPEN_CTRL1);
323     GTM_TOM0_TGC1_ENDIS_CTRL |= ((0x02) << ENDIS_CTRL1);
324     GTM_TOM0_TGC1_OUTEN_CTRL |= ((0x02) << OUTEN_CTRL1);
325
326     GTM_TOM0_CH9_CTRL |= ((0x01) << SL);
327     GTM_TOM0_CH9_CTRL |= ((0x01) << CLK_SRC_SR);
328
329     GTM_TOM0_CH9_SR0 = 12500 - 1;
330
331     GTM_TOUTSEL0 &= ~((0x03) << SEL1);
332 }
```

GTM(PWM) 설정 코드



50/52

Motor Example

3. 프로그래밍

3) 동작에 따라 'main' 함수를 구현한다.

```
177 while(1)
178 {
179     VADC_startConversion();
180     unsigned int adcResult = VADC_readResult();
181
182     duty = 12500 * adcResult / 4096;
183
184     if( (PORT02_IN & (0x1 << P0)) == 0 ) {
185         // Run MOTOR Forward
186         // to run motor Forward :
187         // PWMA (D3) = HIGH
188         // DIRA (D12) = HIGH
189         // BRAKE_A (D9) = LOW
190
191         PORT10_OMR |= ((0x01) << PS1);      // Set DIRA to HIGH
192         PORT02_OMR |= ((0x01) << PCL7);      // Set BRAKE_A to LOW
193
194     } else {
195         // Run MOTOR Backward
196         // to run motor Forward :
197         // PWMA (D3) = HIGH
198         // DIRA (D12) = LOW
199         // BRAKE_A (D9) = LOW
200
201         PORT10_OMR |= ((0x01) << PCL1);      // Set DIRA to LOW
202         PORT02_OMR |= ((0x01) << PCL7);      // Set BRAKE_A to LOW
203
204     }
205
206     GTM_TOM0_CH9_SR1 = duty;      // Set PWMA
207 }
```

ADC 값을 읽어 모터의 속도가 변화하고, Switch 1이 눌린 상태에 따라 모터가 정회전하거나 역회전 한다.

Switch 1이 눌린 상태라면 모터를 정방향으로 구동

Switch 1이 떨어진 상태라면 모터를 역방향으로 구동

PWM duty를 ADC 결과값으로 설정하여 모터의 속도를 변경한다.

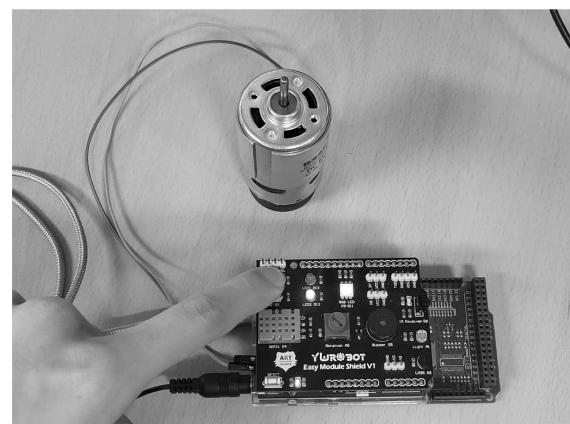
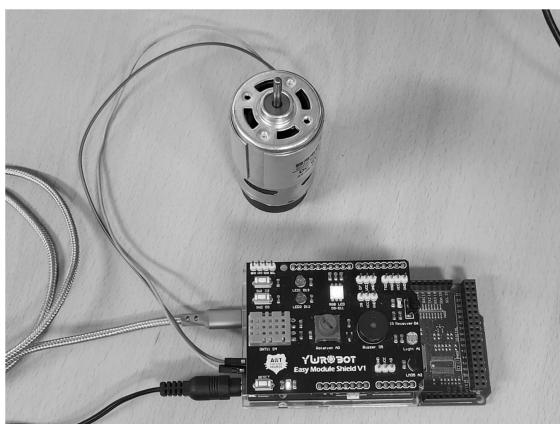


51/52

Switch Example

4. 동작 확인

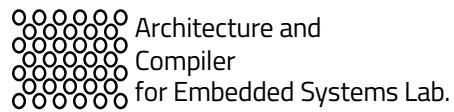
- ✓ Build 및 Debug 후 ('Resume' 버튼 클릭), Switch와 Potentiometer의 위치에 따라 모터의 동작이 변하는 것을 확인한다.



52/52

Q & A

Thank you for your attention



School of Electronics Engineering, KNU

ACE Lab (jehongjeon27@gmail.com)