

ARM Coretex-M

펌웨어 설계



타이머 제어 SW 설계



한국기술교육대학교
온라인평생교육원

학습목표

- STM32F429의 타이머 구조와 관련 레지스터를 설명할 수 있다.
- STM32F429의 타이머 제어 소프트웨어를 설계하고 테스트할 수 있다.

학습내용

- STM32F429의 타이머 구조
- STM32F429의 타이머 제어 SW 설계하기

STM32F429의 타이머 구조



⚙️ STM32F429의 clock

🎯 STM32F429의 clock 설정

STM32F429

최대 180MHz속도로 동작할 수 있는 CPU

- ... 동작 속도가 빠르면 전력소모가 많음
- ... 전력소모를 최소화해야 하는 응용분야에서는 최대 속도로 동작시킬 필요 없음
- ... STM32F429는 외부에 clock(크리스탈이나 오실레이터)을 장착하지 않아도 사용이 가능함
- ... CPU 내부에 16MHz의 CPU clock과 32KHz의 RTC(Real Time Clock)가 있음
- ... CPU clock은 HSE, HSI 중 하나를 선택할 수 있고 초단위 시간을 재는 RTC는 LSE, LSI중 하나를 선택가능

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 clock

STM32F429의 clock 설정

- 총 4개의 clock이 있으며 각각 External이나 Internal로 선택 가능

HSE

High Speed
External

HSI

High Speed
Internal

LSE

Low Speed
External
(32.768KHz)

LSI

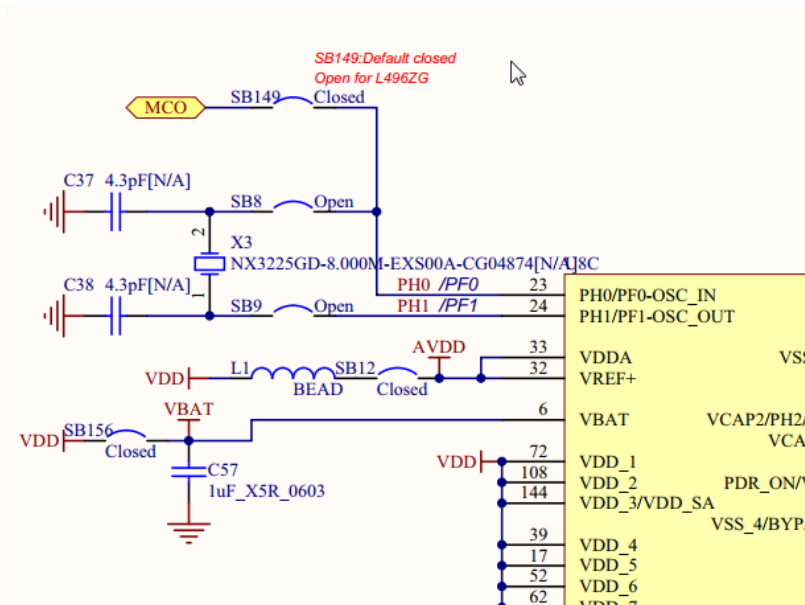
Low Speed Internal
(32KHz)

STM32F429의 타이머 구조

STM32F429의 clock

Nucleo-F429 보드의 clock 관련 상태

Nucleo-F429보드의 CPU clock 크리스탈



X3 8MHz

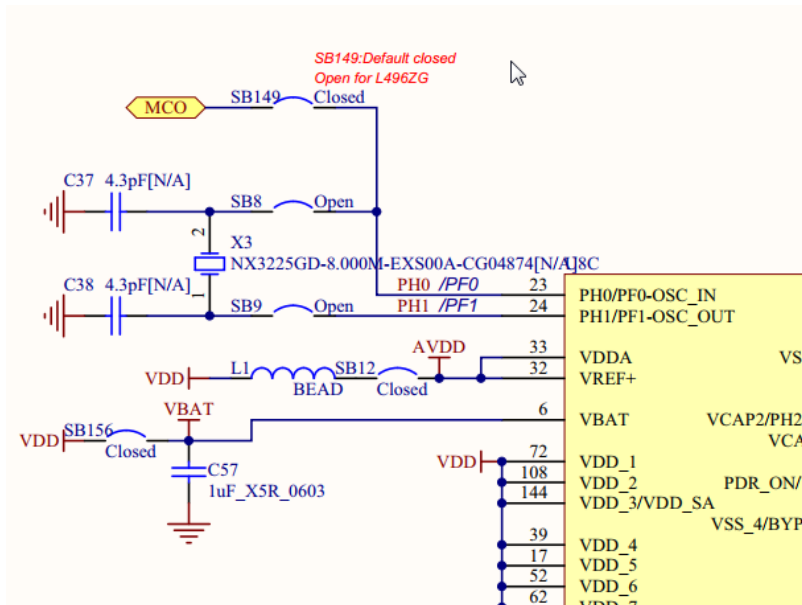
... 크리스탈이며, 미장착되어 있음

STM32F429의 타이머 구조

STM32F429의 clock

Nucleo-F429 보드의 clock 관련 상태

Nucleo-F429보드의 CPU clock 크리스탈



[N/A]

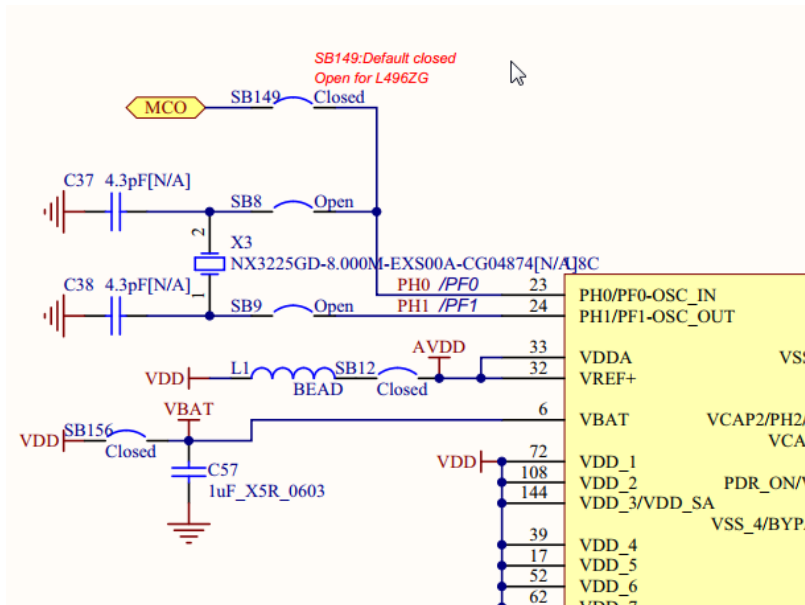
... Not Assembled 라는 의미로
미조립 상태임

STM32F429의 타이머 구조

STM32F429의 clock

Nucleo-F429 보드의 clock 관련 상태

Nucleo-F429보드의 CPU clock 크리스탈



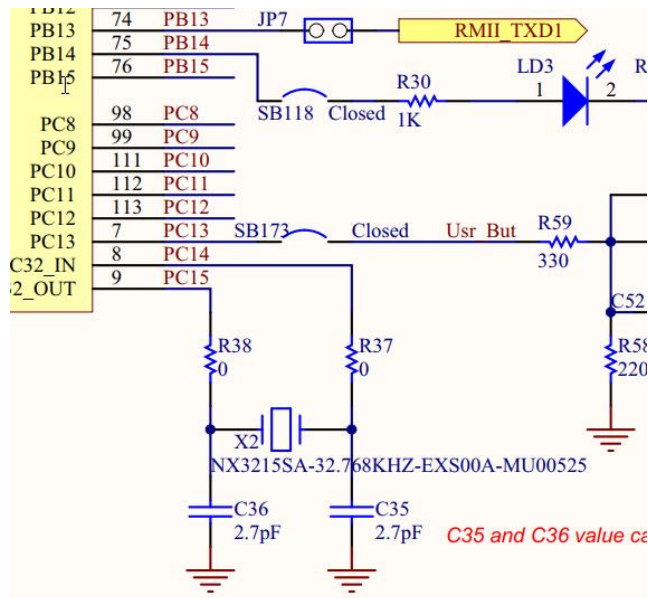
[N/A]

... Not Assembled 라는 의미로
미조립 상태임

! HSE(High Speed External)를 선택할 수 없고
HSI(High Speed Internal)를 선택해야 함

STM32F429의 clock

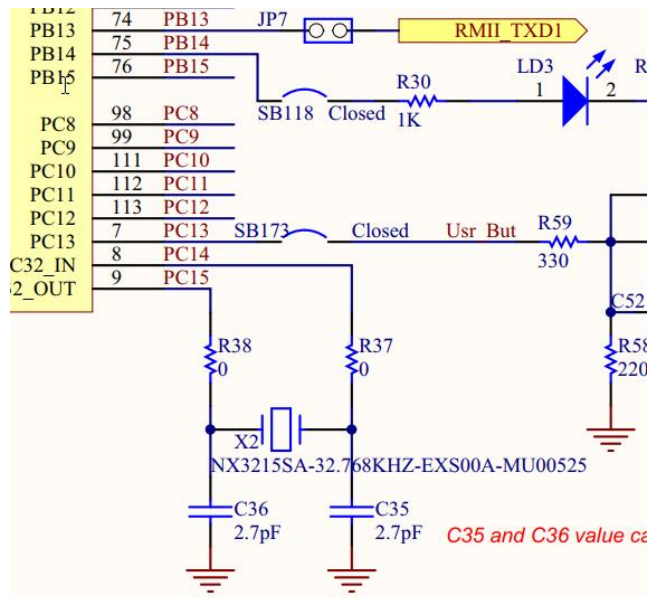
Nucleo-F429보드의 RTC clock 크리스탈



... X2 32.768KHz 크리스탈로
장착되어 있음

STM32F429의 clock

Nucleo-F429보드의 RTC clock 크리스탈



— 9

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 clock

CubeMX로 Nucleo-F429 보드의 clock 설정

- ...> STM32F429의 Clock 설정은 복잡하지만 CubeMX툴을 사용하여 비교적 쉽게 설정이 가능
- ...> 다음은 Nucleo-F429보드에 맞게 최대 CPU속도로 설정하는 과정을 설명함
 - Nucleo-F429보드를 기준으로 한 새로운 프로젝트 생성
 - Low Speed Clock: LSE로 선택

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 clock

CubeMX로 Nucleo-F429 보드의 clock 설정

→ CubeMX로 LSE를 선택하는 과정

1

System Core

RCC

LSE

Crystal/Ceramic Resonator 선택

2

PC14번과 PC15번이 RCC_OSC32_IN, RCC_OSC32_OUT으로 수정됨을 확인

3

Timers -> RTC 에 Activate Clock Source를 활성화

4

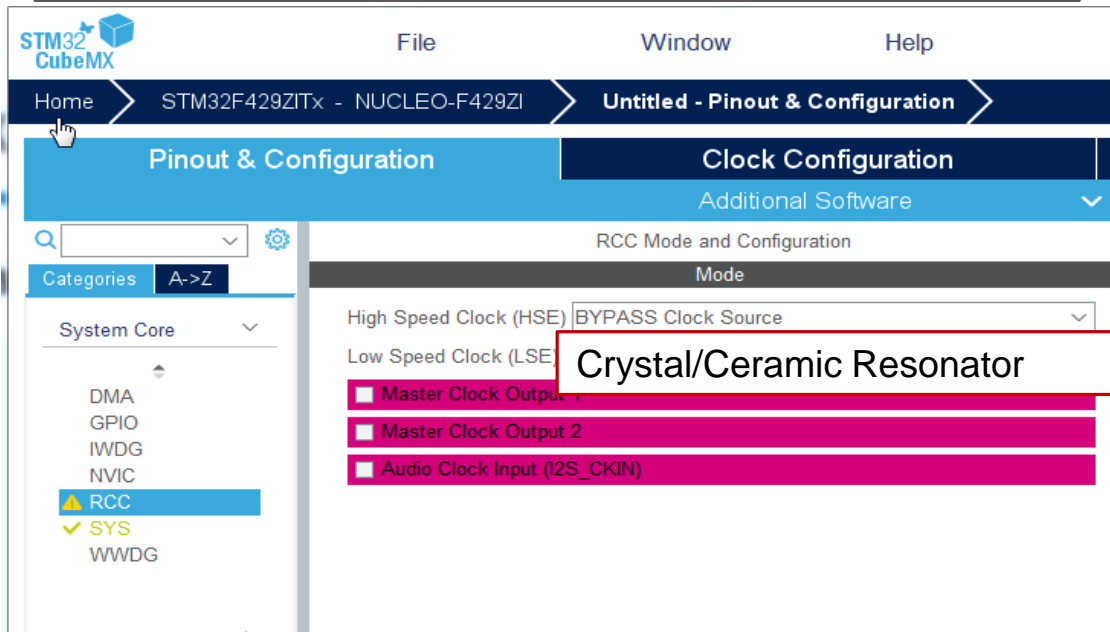
Clock Configuration에서 RTC Clock Mux를 LSE로 선택

STM32F429의 타이머 구조

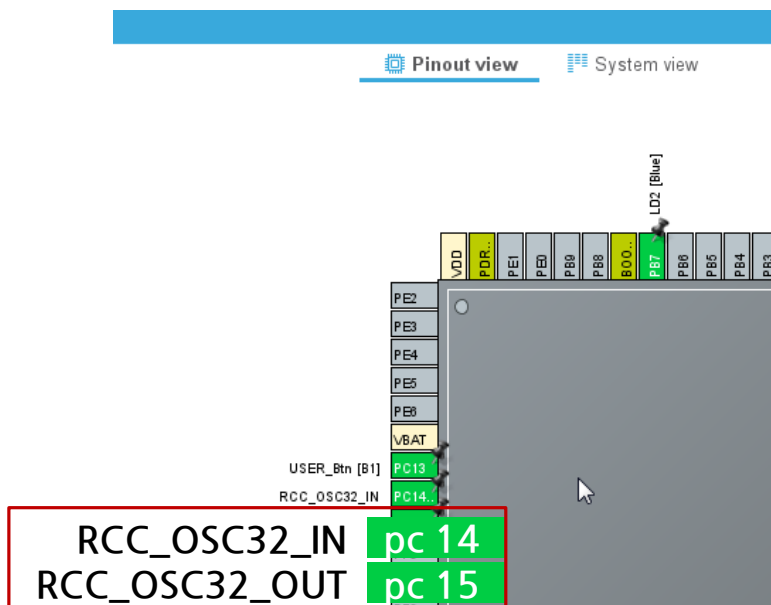
STM32F429의 clock

CubeMX로 Nucleo-F429 보드의 clock 설정

CubexMX를 통한 LSE 설정



clock 관련 핀 설정

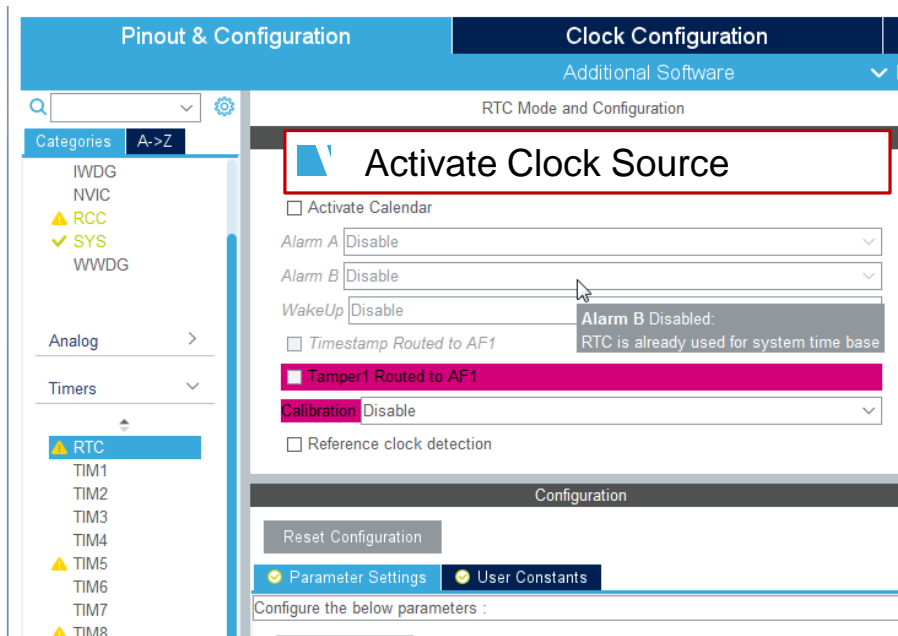


STM32F429의 타이머 구조

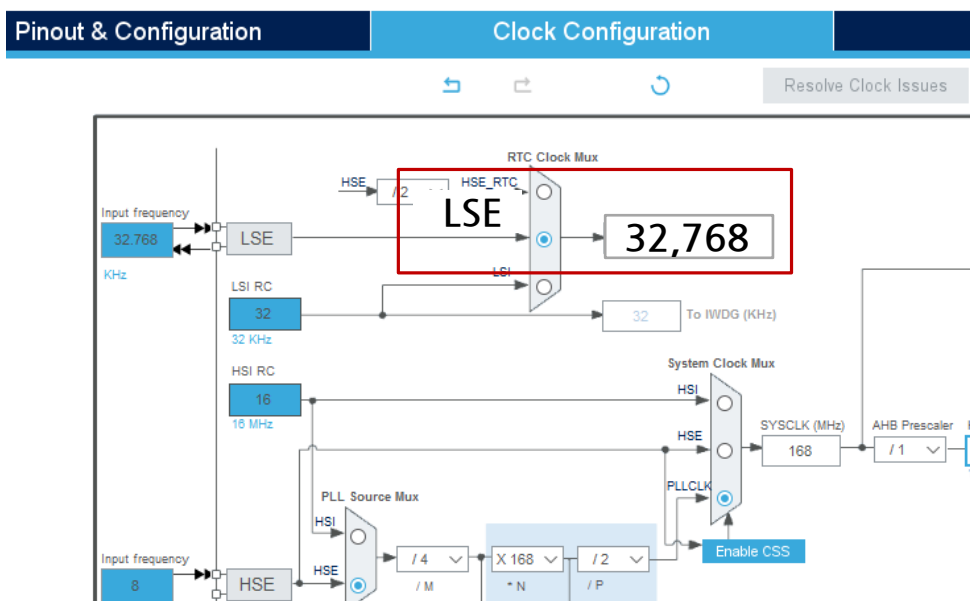
STM32F429의 clock

CubeMX로 Nucleo-F429 보드의 clock 설정

RTC 설정을 Activate Clock Source



LSE 선택



STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

타이머의 종류

Systick

WatchDog
Timer
(IWDG, WWDG)

Basic Timer

General
purpose Timer

Advanced-
control Timer

STM32F429의 타이머 구조



⚙️ STM32F429의 타이머

🌈 타이머의 종류

SysTick

항상 동작하는 시스템 타이머, HAL_Delay()함수등에 사용

WatchDog Timer(IWDG,WWDG)

CPU의 오동작을 탐지하여 문제가 발생하면 재부팅시켜주는 타이머

Basic Timer

입출력 기능은 없고 시간기반 타이머용도 , TIMx (x:6,7)

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

타이머의 종류

General purpose Timer

범용 타이머, 출력 비교, 원펄스, 입력캡처등으로 사용하는 타이머,
TIMx (x: 2~5, 9~14)

Advanced-control Timer

범용 타이머보다 많은 기능을 가지는 타이머,
주로 모터 제어와 디지털 파워변환 용도로 사용, TIMx (x: 1, 8)

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

타이머의 특징 분류

STM32F429ZI의 타이머 분류

Table 6. Timer feature comparison

Timer type	Timer	Counter resolution	Counter type	Prescaler factor	DMA request generation	Capture/compare channels	Complementary output	Max interface clock (MHz)	Max timer clock (MHz) (1)
Advanced-control	TIM1, TIM8	16-bit	Up, Down, Up/down	Any integer between 1 and 65536	Yes	4	Yes	90	180
General purpose	TIM2, TIM5	32-bit	Up, Down, Up/down	Any integer between 1 and 65536	Yes	4	No	45	90/180
	TIM3, TIM4	16-bit	Up, Down, Up/down	Any integer between 1 and 65536	Yes	4	No	45	90/180
	TIM9	16-bit	Up	Any integer between 1 and 65536	No	2	No	90	180
	TIM10, TIM11	16-bit	Up	Any integer between 1 and 65536	No	1	No	90	180
	TIM12	16-bit	Up	Any integer between 1 and 65536	No	2	No	45	90/180
	TIM13, TIM14	16-bit	Up	Any integer between 1 and 65536	No	1	No	45	90/180
	TIM6, TIM7	16-bit	Up	Any integer between 1 and 65536	Yes	0	No	45	90/180

STM32F429의 타이머중 SysTick, WatchDog Timer를 제외



→ Advanced-control, General purpose, Basic Timer에 대한 특징을 보여줌

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

타이머의 특징 분류

비교 사항

Advanced-control

General purpose

Basic Timer 에 대한
타이머 번호

카운터 해상도(크기)

카운터 타입

Prescaler 범위

DMA 사용 여부

캡처/비교 채널수

보상 출력 유무

최대 인터페이스 속도

최대 타이머 클럭

카운터 해상도

비교 사항
16비트 또는 32비트로
구성됨

카운터 타입

비교 사항
up만 사용할 수 있거나
up 또는 down 또는
up/down으로 분류됨

DMA를 사용할 수 있는 타이머

비교 사항
TIM1,8, TIM2,3,4,5와
Basic 타이머인 TIM6,7이
가능

STM32F429의 타이머 구조



⚙️ STM32F429의 타이머

🎯 주요 타이머 레지스터들

Counter register (TIMx_CNT)

카운터 레지스터, 카운터 값 자체를 저장하는 레지스터로
종류에 따라 up, down, up/down이 가능

Prescaler register (TIMx_PSC)

분주비 레지스터, 공급되는 클럭을 1~65,536 범위의 값으로
나누어 분주할 비를 설정하는 레지스터

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

주요 타이머 레지스터들

Auto-reload register (TIMx_ARR)

카운터 주기 레지스터

up 카운터의 경우

TIMx_CNT가 TIMx_ARR과 동일해지면
다시 0으로 카운터

down 카운터의 경우

TIMx_CNT가 0이 되면 TIMx_CNT의 값을
TIMx_ARR과 동일하게 하여 다시 감소

Capture/Compare register (TIMx_CCR)

캡처/비교기 레지스터, 입력신호가 주어질때 TIMx_CNT의 값을
캡처하거나 TIMx_CNT와 TIMx_CCR가 동일해지면 인터럽트를
발생하거나 출력 채널로 0또는 1을 출력

STM32F429의 타이머 구조

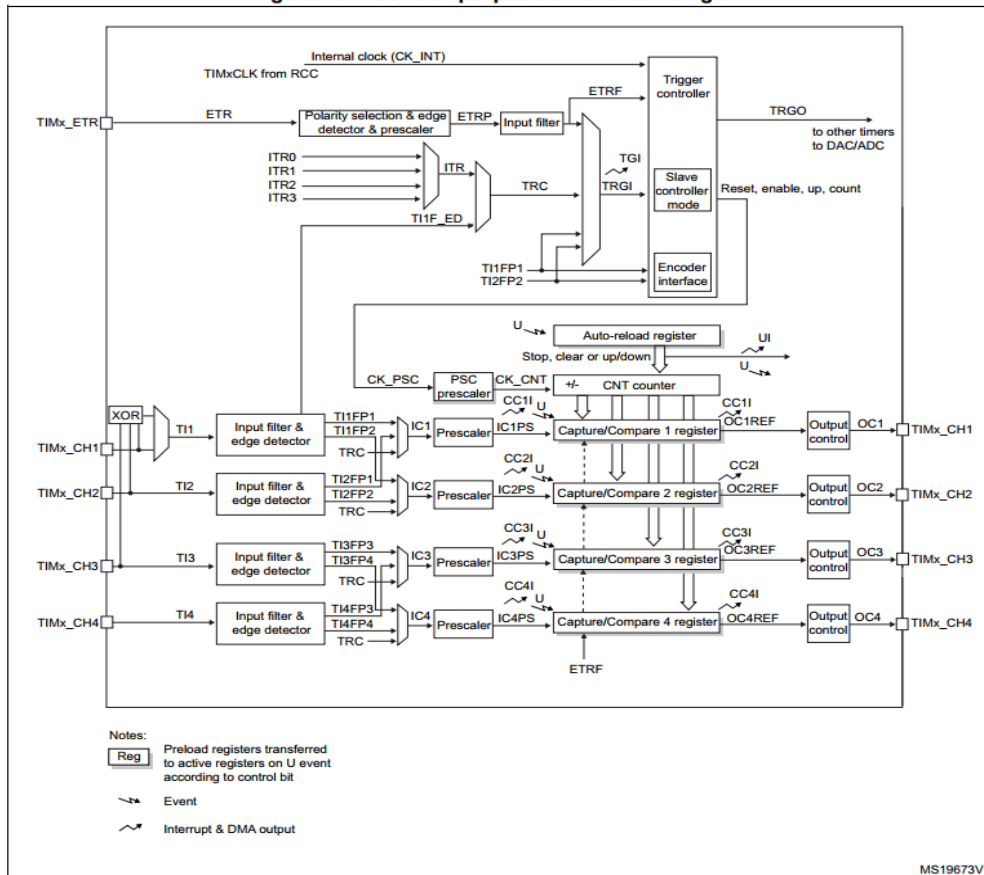


STM32F429의 타이머

General purpose Timer의 구조와 레지스터

STM32F429ZI의 General purpose timer 구조

Figure 134. General-purpose timer block diagram



Capture/Compare register

- ... Trigger controller
- ... Prescaler
- ... 16비트의 카운터
- ... Auto-reload register

STM32F429의 타이머 구조



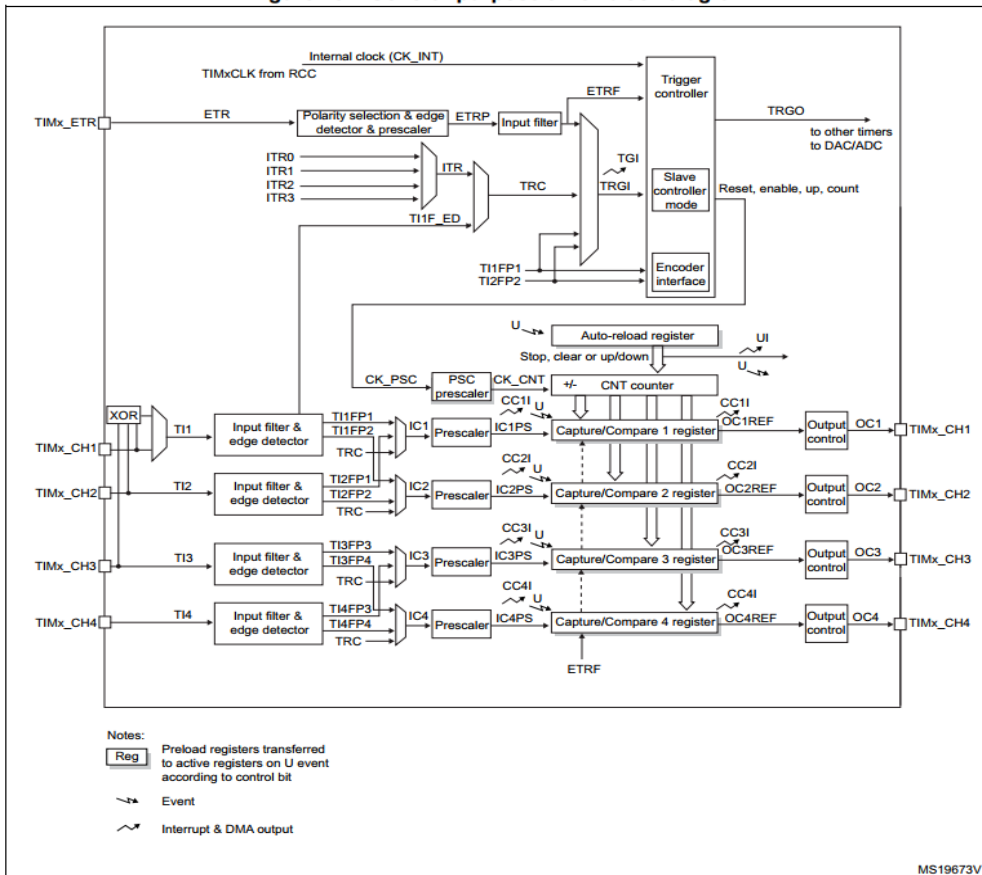
STM32F429의 타이머



General purpose Timer의 구조와 레지스터

STM32F429ZI의 General purpose timer 구조

Figure 134. General-purpose timer block diagram



4개의 채널 입력
(TIMx_CH1
~TIMx_CH4)



1개의
외부 트리거
(TIMx_ETR)

외부로부터의 입력

STM32F429의 타이머 구조



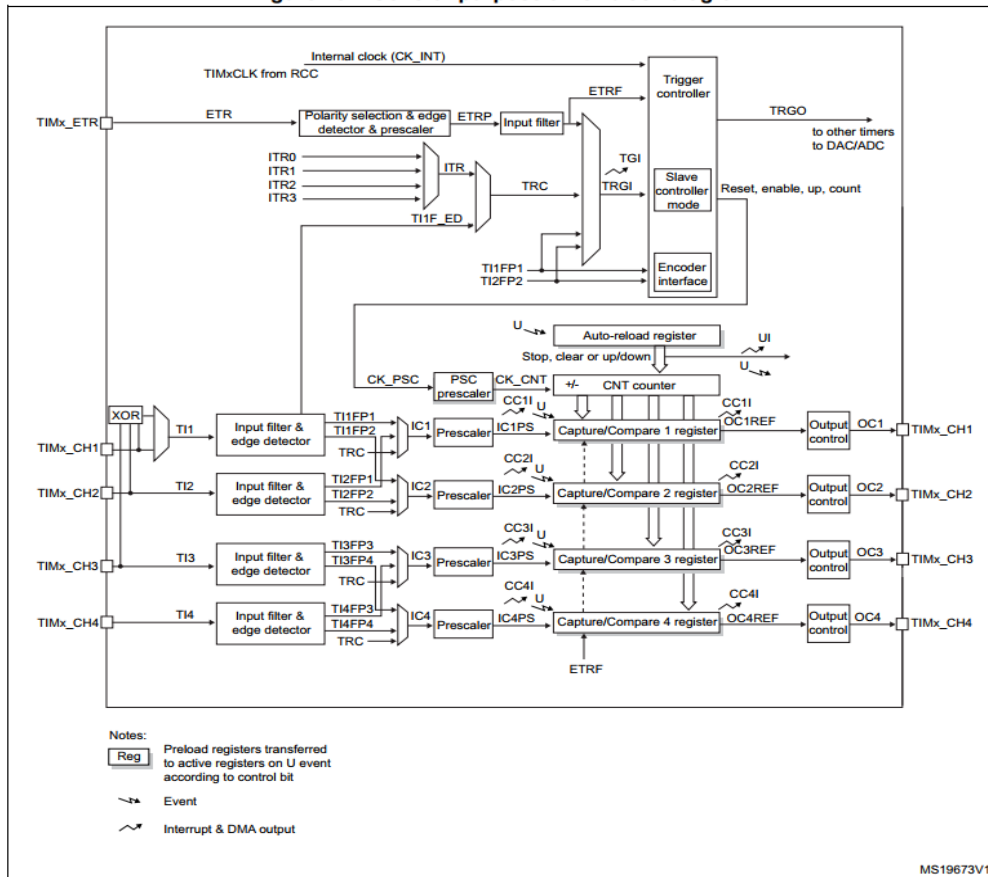
STM32F429의 타이머



General purpose Timer의 구조와 레지스터

STM32F429ZI의 General purpose timer 구조

Figure 134. General-purpose timer block diagram



출력

... 4개의 채널 (TIMx_CH1 ~TIMx_CH4)로 구성

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

General purpose Timer의 구조와 레지스터

- Counter register (TIMx_CNT)
- TIM2와 TIM5는 총 32비트 크기의 해상도를 가짐

General purpose timer의 counter register

Address offset: 0x24

Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
CNT[31:16] (depending on timers)															
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	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
CNT[15:0]															
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w

Bits 31:16 CNT[31:16]: High counter value (on TIM2 and TIM5).

Bits 15:0 CNT[15:0]: Counter value

- Prescaler register (TIMx_PSC)
- 분주비 레지스터로 공급되는 클럭(f_{CK_PSC})을 PSC[15:0]의 16비트 크기인 1~65,536 범위의 값으로 분주할 비를 설정하는 레지스터

General purpose timer의 prescaler register

Address offset: 0x28

Reset value: 0x0000

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PSC[15:0]															
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w

Bits 15:0 PSC[15:0]: Prescaler value

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

General purpose Timer의 구조와 레지스터

Auto-reload register (TIMx_ARR)

카운터 주기 레지스터

up 카운터의 경우

- TIMx_CNT가 TIMx_ARR과 동일해지면 다시 0으로 카운터되고

down 카운터의 경우

- TIMx_CNT가 0이 되면 TIMx_CNT의 값을 TIMx_ARR과 동일하게 하여 다시 감소

General purpose timer의 auto reload register

Address offset: 0x2C
Reset value: 0xFFFF FFFF

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
ARR[31:16] (depending on timers)															
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	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
ARR[15:0]															
r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w

STM32F429의 타이머 구조



⚙️ STM32F429의 타이머

🌈 General purpose Timer의 구조와 레지스터

... Capture/Compare register (TIMx_CCR)

캡처/비교기 레지스터,
입력신호가 주어지는 경우

... TIMx_CNT의 값을 캡처

TIMx_CNT와
TIMx_CCR가 동일한 경우

... 인터럽트를 발생하거나 출력 채널로 0
또는 1을 출력

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

General purpose Timer의 구조와 레지스터

Capture/Compare register (TIMx_CCR)

General purpose timer의 Capture/Compare register

Address offset: 0x34

Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
CCR1[31:16] (depending on timers)															
rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
CCR1[15:0]															
rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro	rw/ro

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

General purpose Timer를 사용한 타이머 설정

- ... General purpose timer인 TIM2를 이용하여 10ms 주기의 타이머 인터럽트를 발생시키는 설정 예
- ... 원하는 주기를 발생시키려면 기본적으로 3가지를 설정할 수 있어야 함
- ... Timer에 공급되는 버스 Clock 속도, Prescaler 값, Peroid 값

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

General purpose Timer를 사용한 타이머 설정

TIM2의 버스 clock

0x4000 3C00 - 0x4000 3FFF	SPI3 / I2S3		
0x4000 3800 - 0x4000 3BFF	SPI2 / I2S2	APB1	Section 28.5.10: SPI register map on page 925
0x4000 3400 - 0x4000 37FF	I2S2ext		
0x4000 3000 - 0x4000 33FF	IWDG		Section 21.4.5: IWDG register map on page 712
0x4000 2C00 - 0x4000 2FFF	WWDG		Section 22.6.4: WWDG register map on page 719
0x4000 2800 - 0x4000 2BFF	RTC & BKP Registers		Section 26.6.21: RTC register map on page 836
0x4000 2000 - 0x4000 23FF	TIM14		Section 19.5.12: TIM10/11/13/14 register map on page 694
0x4000 1C00 - 0x4000 1FFF	TIM13		
0x4000 1800 - 0x4000 1BFF	TIM12		Section 19.4.13: TIM9/12 register map on page 684
0x4000 1400 - 0x4000 17FF	TIM7		
0x4000 1000 - 0x4000 13FF	TIM6		Section 20.4.9: TIM6 and TIM7 register map on page 707
0x4000 0C00 - 0x4000 0FFF	TIM5		
0x4000 0800 - 0x4000 0BFF	TIM4		
0x4000 0400 - 0x4000 07FF	TIM3		
0x4000 0000 - 0x4000 03FF	TIM2		Section 18.4.21: TIMx register map on page 648

타이머에 따라 공급되는 버스 clock이 다름



TIM2는 APB1을 사용

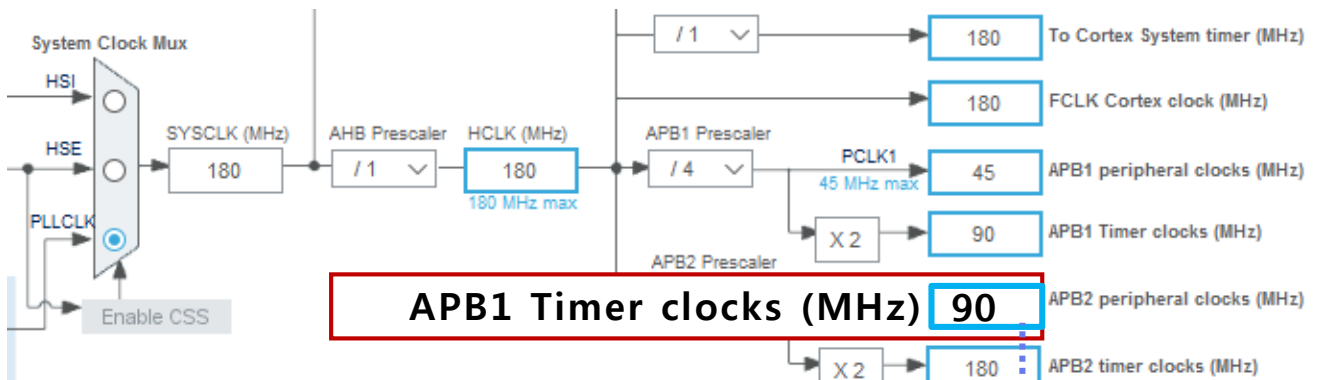
STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

General purpose Timer를 사용한 타이머 설정

APB1의 속도



APB1은 90MHz로 동작함

STM32F429의 타이머 구조

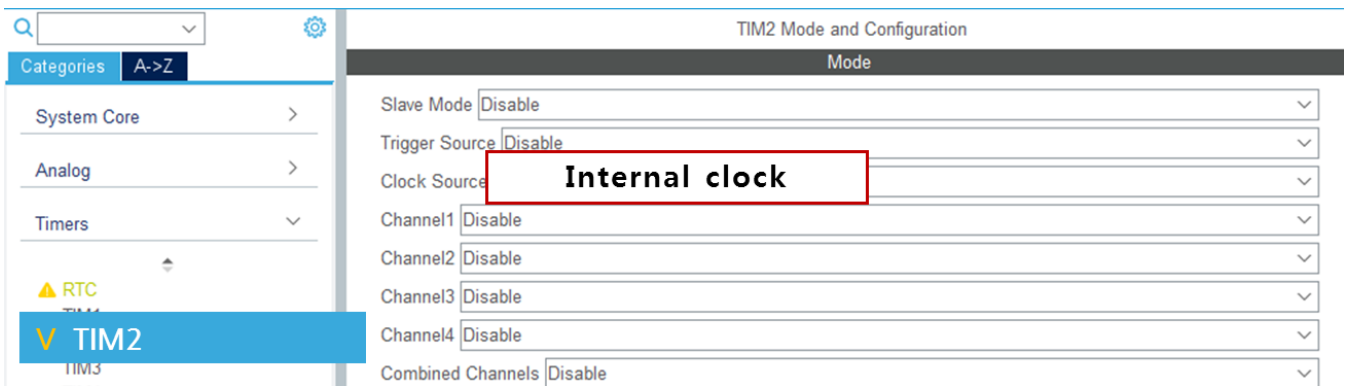


STM32F429의 타이머

General purpose Timer를 사용한 타이머 설정

→ TIM2의 clock source 를 Internal clock으로 설정

TIM2의 Clock Source



원하는 주기

Period \times (1/APB1) \times Prescaler

0.01 초

900 \times (1/90MHz) \times 1000

STM32F429의 타이머 구조



STM32F429의 타이머

General purpose Timer를 사용한 타이머 설정

→ TIM2의 clock source 를 Internal clock으로 설정

TIM2의 Prescaler와 Peroid

Configuration

Reset Configuration

☒ Parameter Settings
 ☒ User Constants
 ☒ NVIC Settings
 ☒ DMA Settings

Configure the below parameters :

Search (Ctrl+F)

Count

Prescaler (PSC - 16 bits value) 1000

Counter Mode Up

Counter Period (AutoReload Register -32 bits va... 900

Internal Clock Division (CKD) No Division

auto-reload preload Disable

Trigger Output (TRGO) Parameters

Master/Slave Mode (MSM bit) Disable (Trigger input effect not delayed)

Trigger Event Selection Reset (UG bit from TIMx_EGR)

STM32F429의 타이머 제어 SW 설계하기



Systick 타이머 제어 초기화 SW 생성

교수님 실습 영상

- 1 CubeMX 를 사용하여 보드 선택
- 2 최대 clock으로 설정
- 3 NVIC 설정에 Systick 타이머 설정 확인
- 4 코드 생성
- 5 1초 단위로 UART 메시지를 출력하는 코드 설계
 - 1ms속도의 인터럽트가 발생함을 확인하기 위함
- 6 UART 메시지 확인

STM32F429의 타이머 제어 SW 설계하기



SysTick 타이머 제어 초기화 SW 생성

교수님 실습 영상

...> 앞에 소개된 코드를 작성하고 동작시켜 테스트 진행

- 1 앞에 작성된 코드에 추가하여 Timer2 clock source 설정
- 2 Prescaler와 Period 설정
- 3 TIM2의 NVIC 설정에서 TIM2 break interrupt 활성화
- 4 TIM2의 PeriodElapsed Callback 함수 작성
- 5 10ms 단위의 timer로 1초 단위의 counter를 UART로 출력하기

요점노트

1. STM32F429의 타이머 구조



- STM32F429의 타이머 구조
 - STM32F429는 최대 180MHz 속도로 동작할 수 있는 CPU임
 - STM32F429는 외부에 clock(크리스탈이나 오실레이터)을 장착하지 않아도 사용이 가능함
 - CubeMX를 사용하여 최대 동작 속도인 180MHz로 설정할 수 있음
 - STM32F429는 SysTick, WatchDog, Basic, General purpose, Advanced-control Timer의 총 5가지 타이머를 가지고 있음

요점노트

2. STM32F429의 타이머 제어 SW 설계하기



- STM32F429의 타이머 제어 SW 설계하기
 - CubeMX를 사용하여 보드 선택 및 최대 clock으로 설정할 수 있음
 - SysTick 타이머는 항상 1ms 단위로 동작하는 타이머 인터럽트를 발생시킴
 - TIM2를 사용하기 위해 Timer2 clock source 설정 및 Prescaler와 Period를 설정하여야 함
 - TIM2의 PeriodElapsed Callback 함수를 사용하여 타이머 인터럽트를 설정할 수 있음