

实验7

STM32数据采集与控制

定时器使用及AD采样

实验目的

熟悉与掌握

- AD采样，串行通信，DMA
- 定时器中断的使用方法
- 定时器的PWM波形输出配置方法
- SPWM

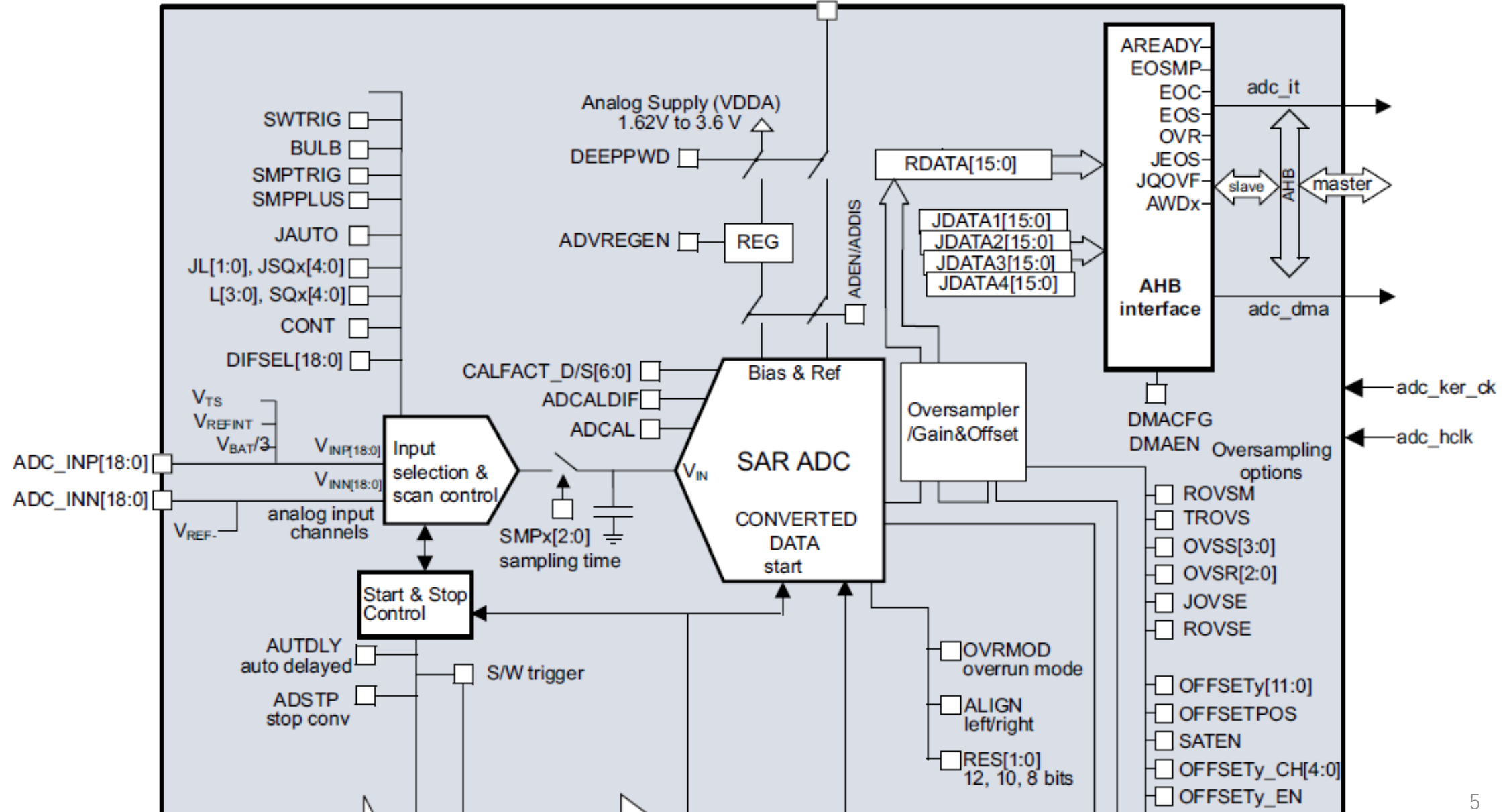
实验内容

- AD采样
- 定时器中断
 - ✓ 以定时器中断方式通过GPIO输出
- PWM波形输出
 - ✓ 单通道输出
 - ✓ 互补输出
 - ✓ 死区设置
 - ✓ SPWM

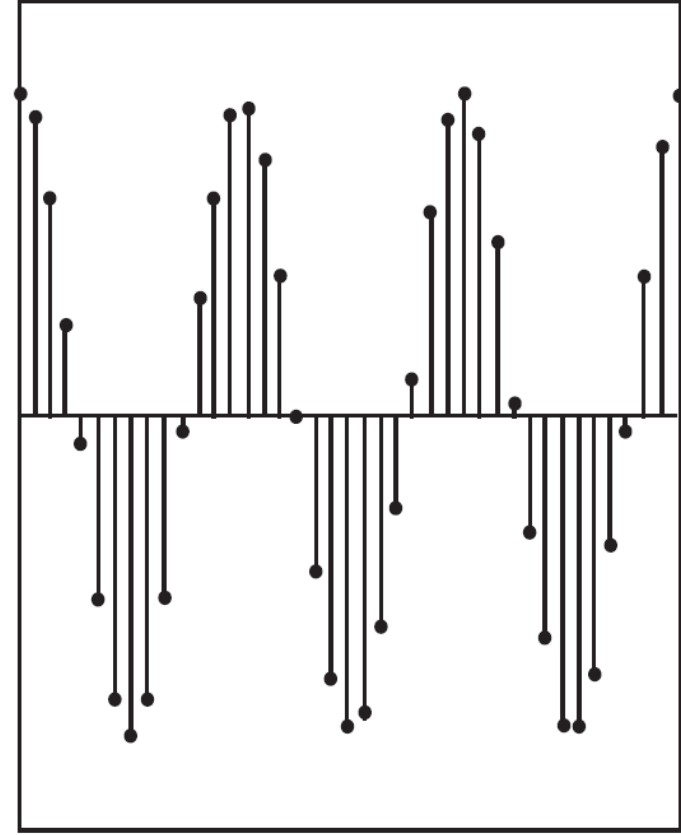
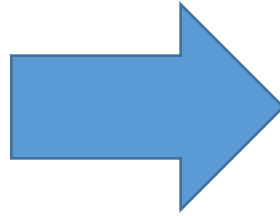
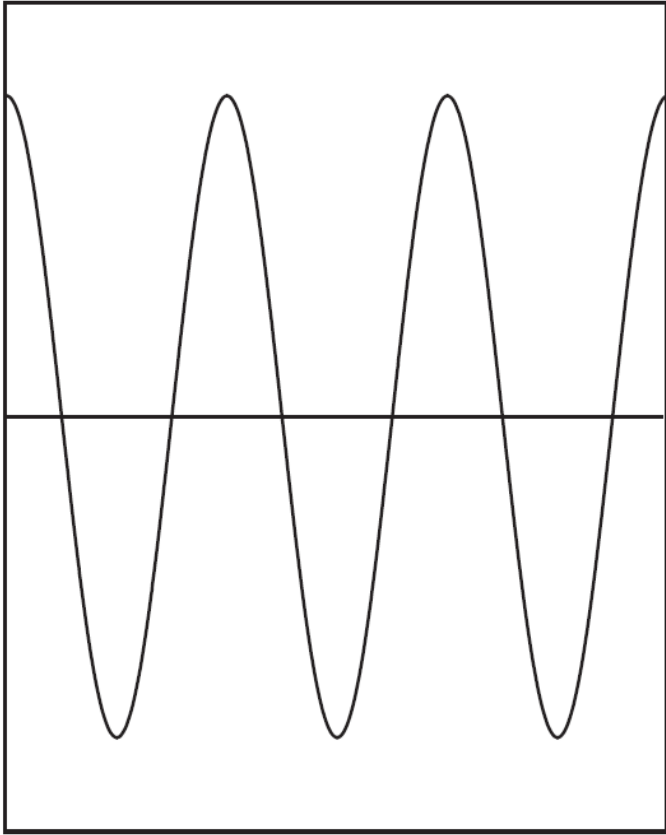
STM32G4的ADC

- 不同的型号所含ADC模块数量不同，最多有5个ADC（ADC1~5）；但也并非完全独立，其中ADC1和ADC2是一对，ADC3和ADC4是一对，ADC5可独立控制。
- 每个ADC都包含一个12位逐次比较型模拟数字转换器。
- 每个ADC有最多至19个通道，不同的通道具有单次、连续和扫描或断续等采样模式。

STM32G4的ADC

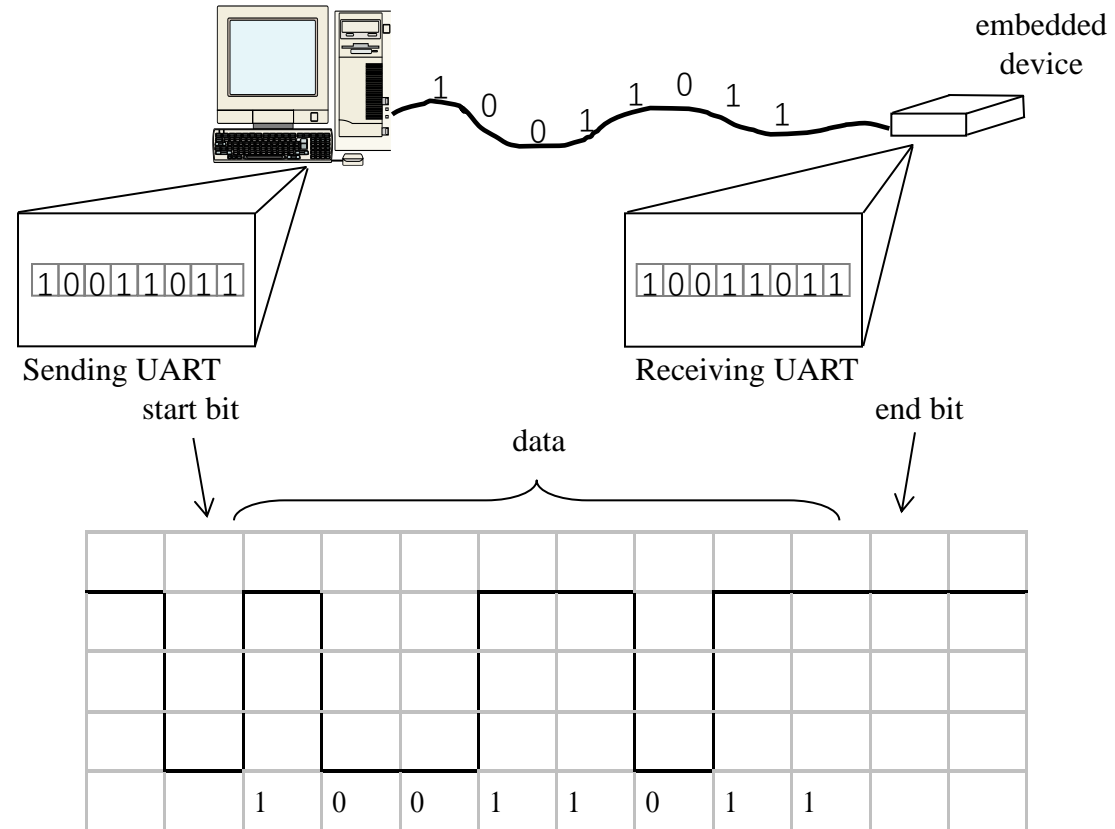


ADC采样频率



Serial Transmission Using UARTs

- UART: Universal Asynchronous Receiver Transmitter
 - Takes parallel data and transmits serially
 - Receives serial data and converts to parallel
- Parity: extra bit for simple error checking
- Start bit, stop bit
- Baud rate
 - signal changes per second
 - bit rate usually higher



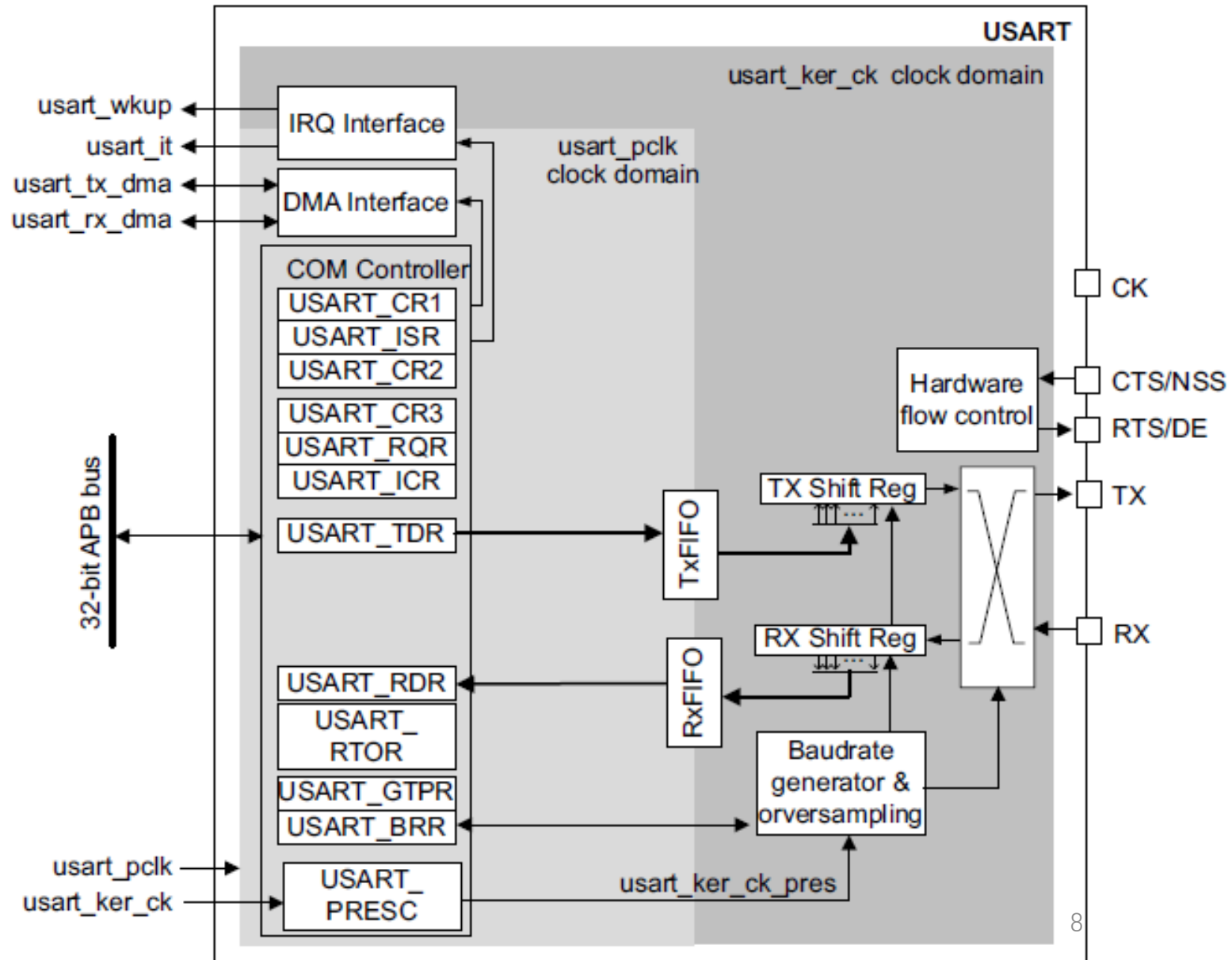
STM32G4的串口

■ USART1, **USART2**, USART3

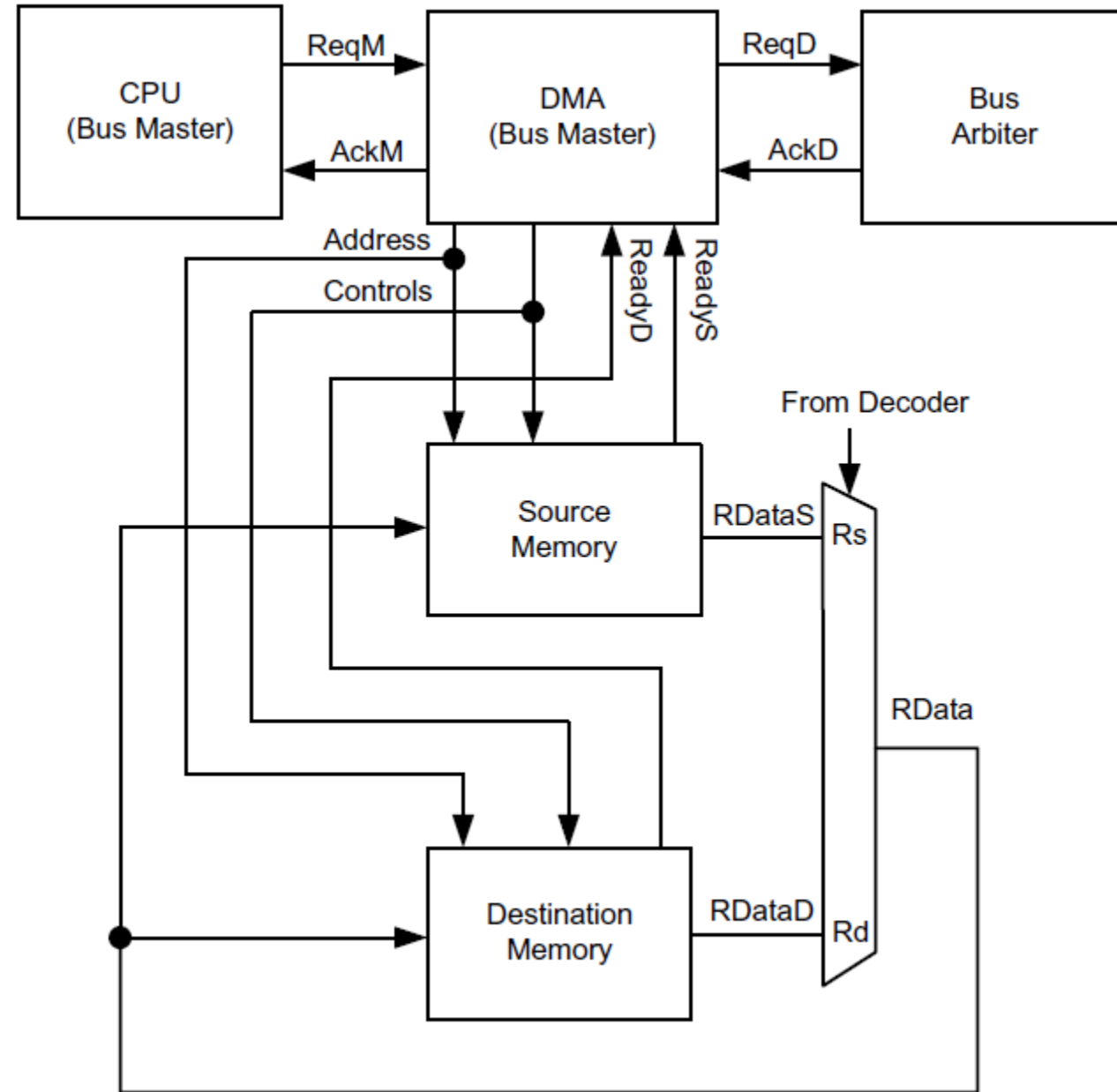
■ UART4, UART5

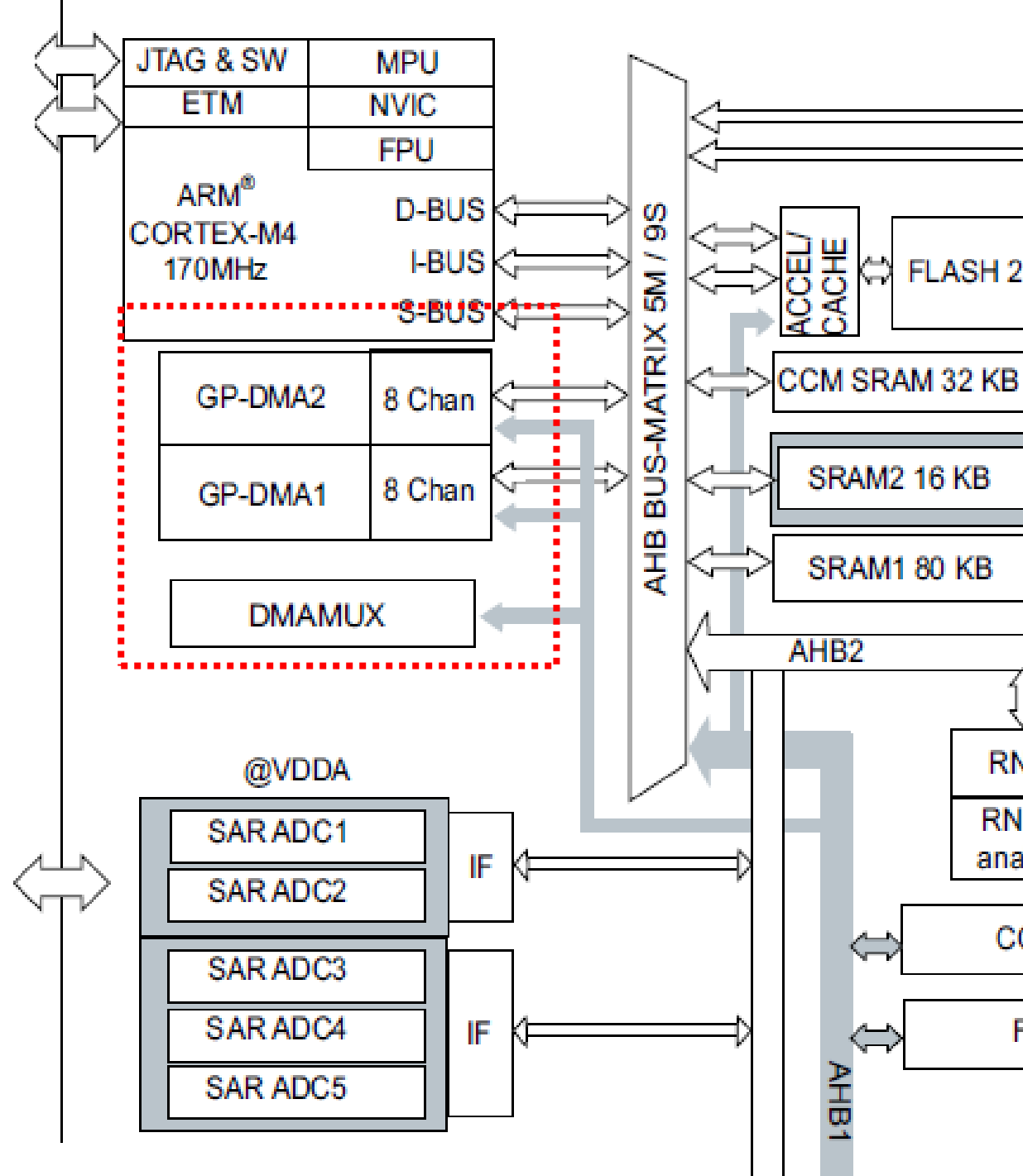
■ LPUART1

USART block diagram

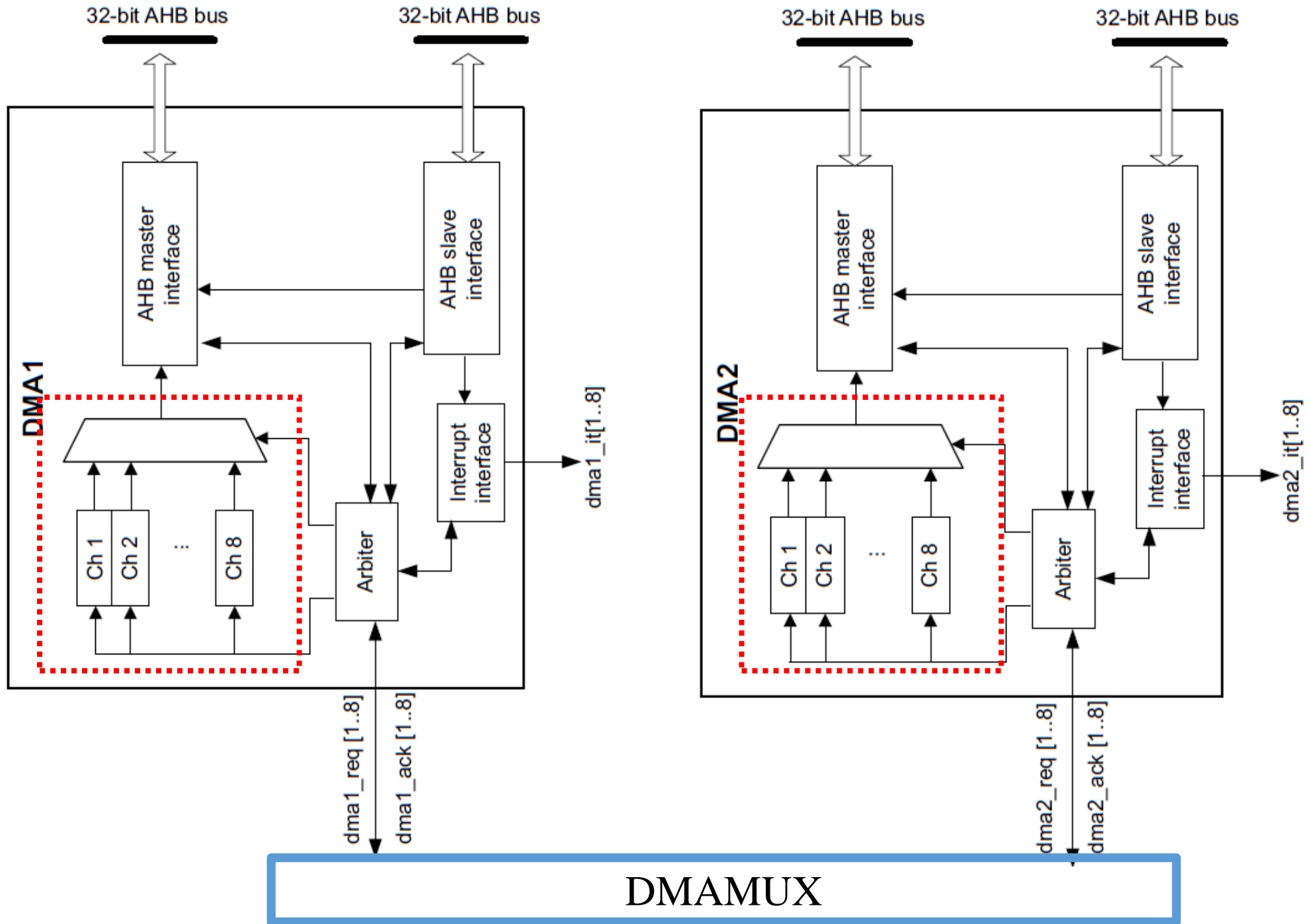


DMA



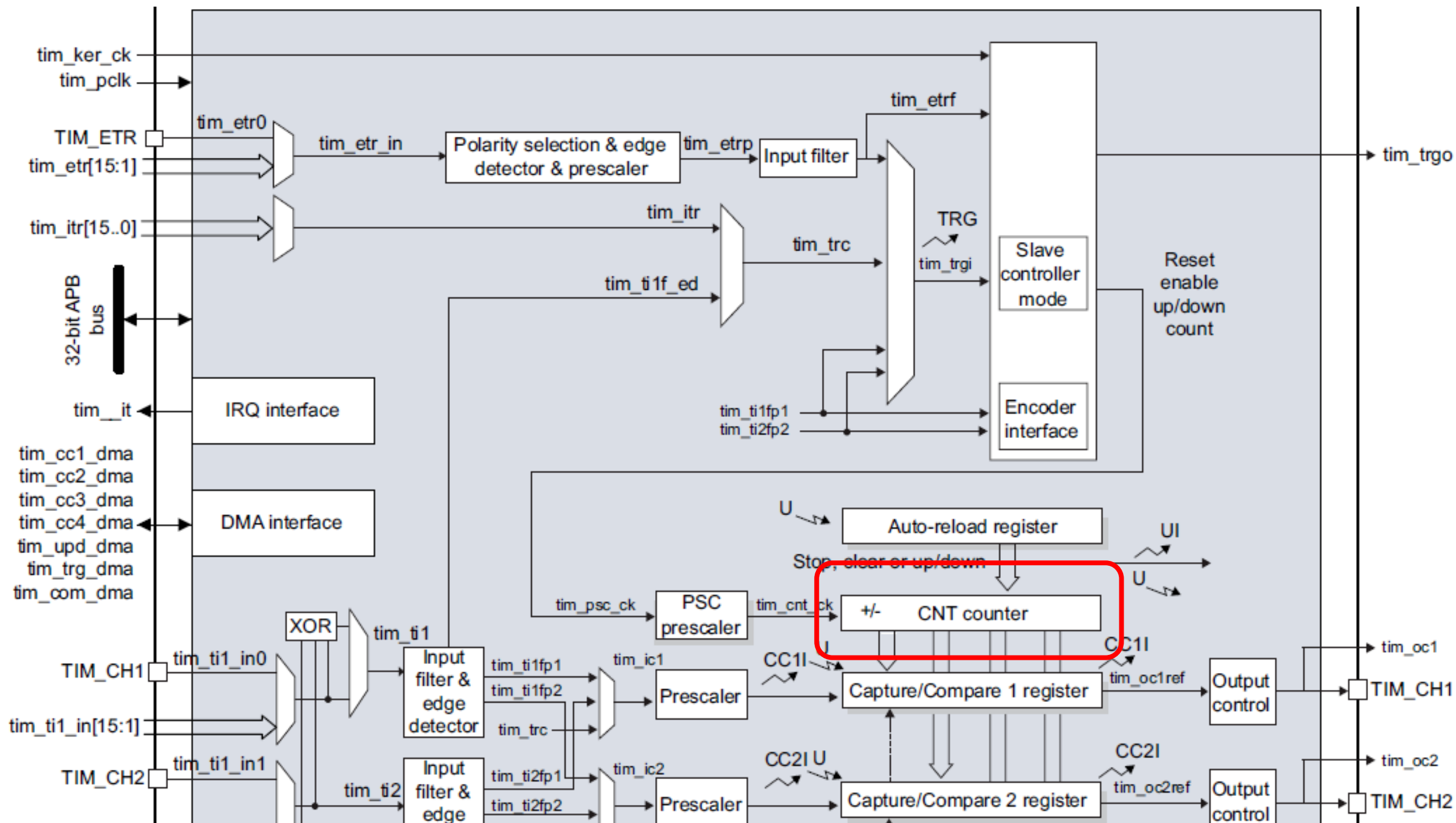


DMAMUX:
DMA request multiplexer

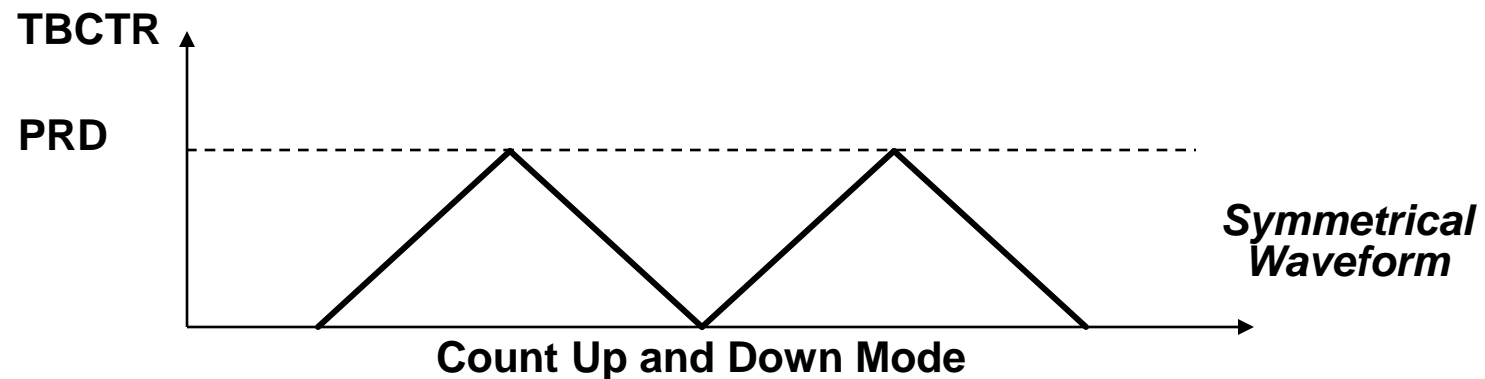
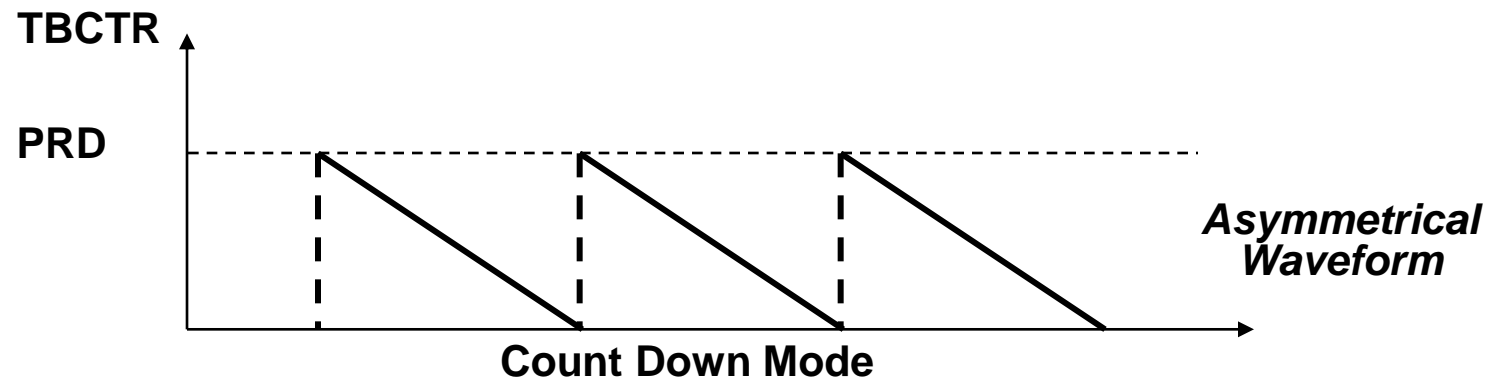
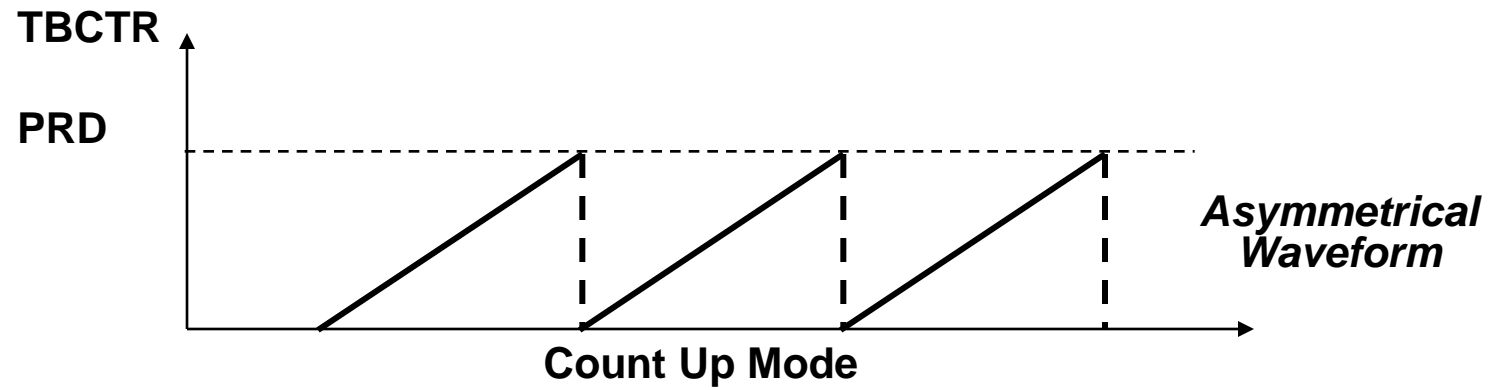


STM32G4的定时器

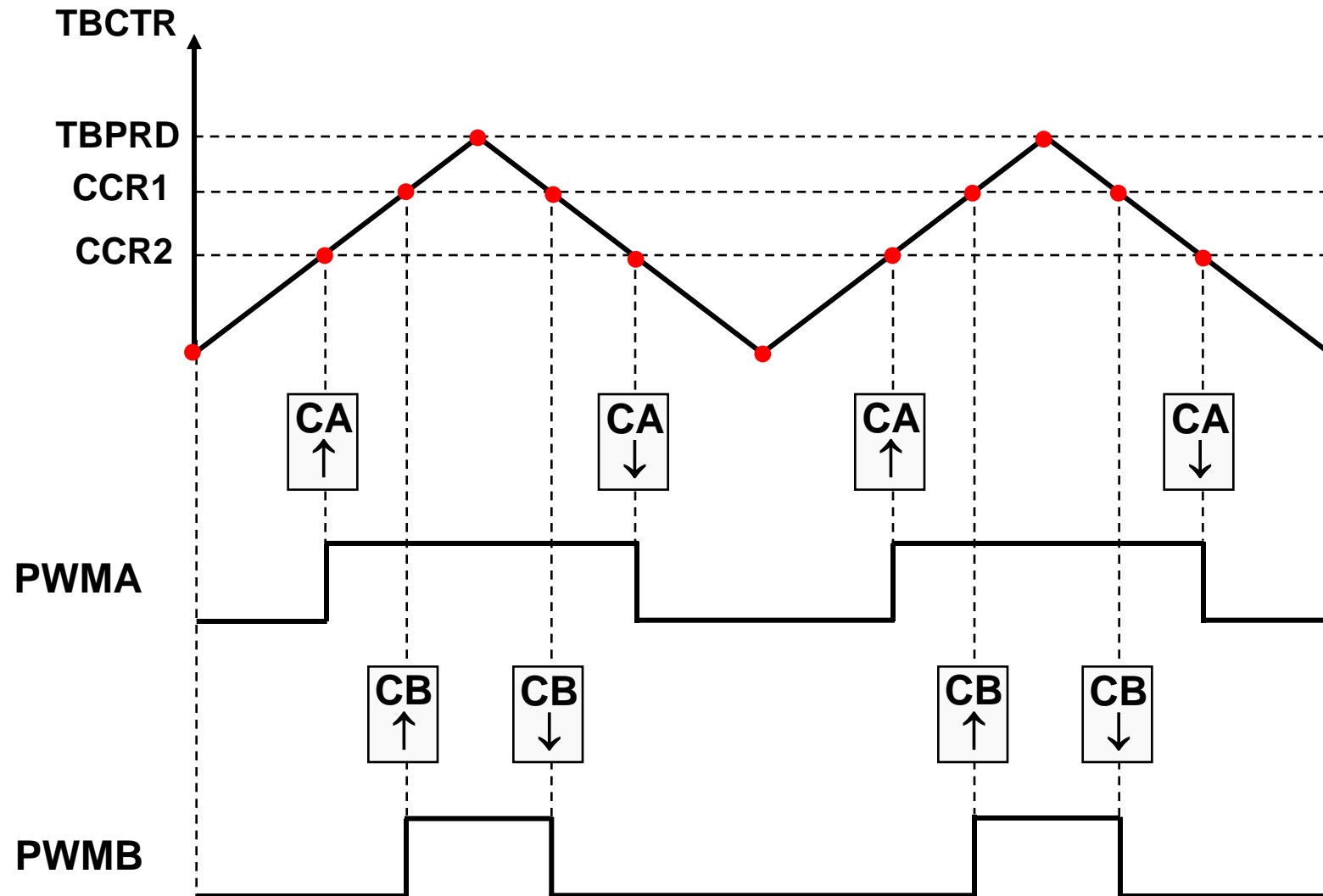
类型	定时器	计数器精度	计数器类型	预分频因子	DMA请求产生	捕捉/比较通道	互补输出
高精度定时器	HRTIM	16位	Up	/1/2/4(x2 x4 x8 x16 x32,带DLL)	是	12	有
高级控制	TIM1, TIM8,TIM20	16位	Up, down, Up/down	1~65536之间的整数	是	4	4
通用	TIM2,TIM5	32位	Up, down, Up/down	1~65536之间的整数	是	4	无
通用	TIM3,TIM4	16位	Up, down, Up/down	1~65536之间的整数	是	4	无
通用	TIM15	16位	Up	1~65536之间的整数	是	2	1
通用	TIM16,TIM17	16位	Up	1~65536之间的整数	是	1	1
基本	TIM6,TIM7	16位	Up	1~65536之间的整数	是	0	无



PWM Time-Base Count Modes

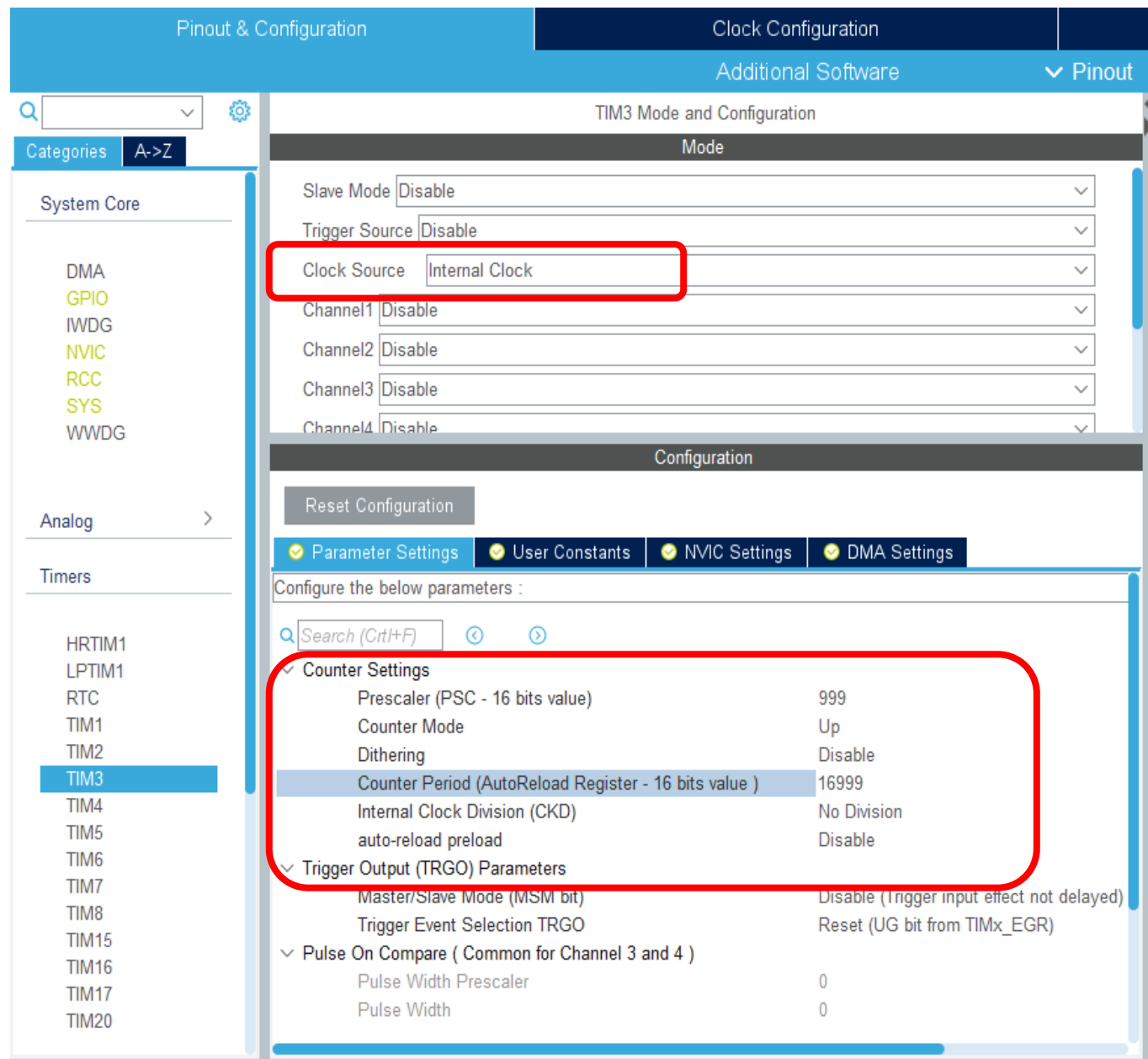


PWM Count Up-Down Symmetric Waveform



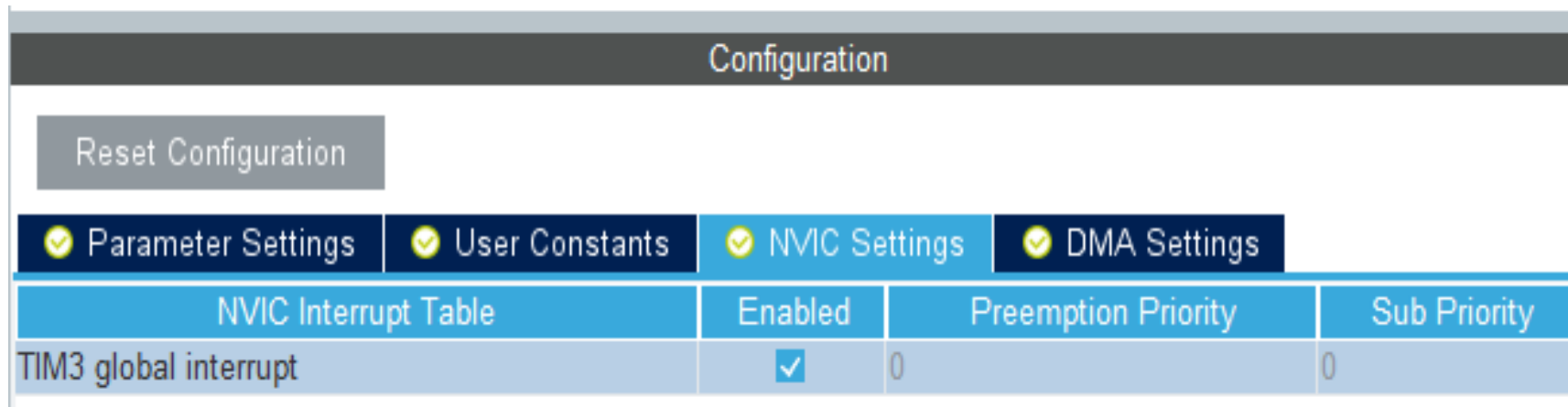
配置定时器TIM3

- 在模式（Mode）栏，将时钟源（Clock Source）选择为Internal Clock
- 把Parameter Settings中的预分频因子（Prescaler）和计数器周期（Counter Period）分别设置为999和16999
- 把Counter Mode设置为升模式（Up）



配置中断

- 在TIM3的配置界面中，选中NVIC设置（NVIC Settings），使能TIM3的全局中断



- 返回到System Core中的NVIC配置界面，将优先级组（Priority Group）选择4bits for pre-emption priority 0 bits for subpriority。同时，还会看到，TIM3 global interrupt已出现在中断表中，并且已使能；将它的抢占式优先级设为1，响应优先级为0。

使能定时器中断

```
HAL_TIM_Base_Start_IT(TIM_HandleTypeDef *htim);
```

- 放到main函数中，位于while(1)循环前面的注释对中
- TIM3初始化函数MX_TIM3_Init()的后面

```
/* USER CODE BEGIN 2 */  
HAL_TIM_Base_Start_IT(&htim3);  
/* USER CODE END 2 */
```

定时器的中断服务函数

- 开启TIM3的中断后，当条件满足时，就会执行定时器中断服务函数

TIM3_IRQHandler() → stm32g4xx_it.c

```
void TIM3_IRQHandler(void)
{
    HAL_TIM_IRQHandler(&htim3); → stm32g4xxhal_tim.c
}
```

TIM3_IRQHandler() → HAL_TIM_IRQHandler() → HAL_TIM_PeriodElapsedCallback()

弱函数

重定义定时器回调函数

- 在main.c中重新定义回调函数HAL_TIM_PeriodElapsedCallback(), 使PA5的输出状态翻转

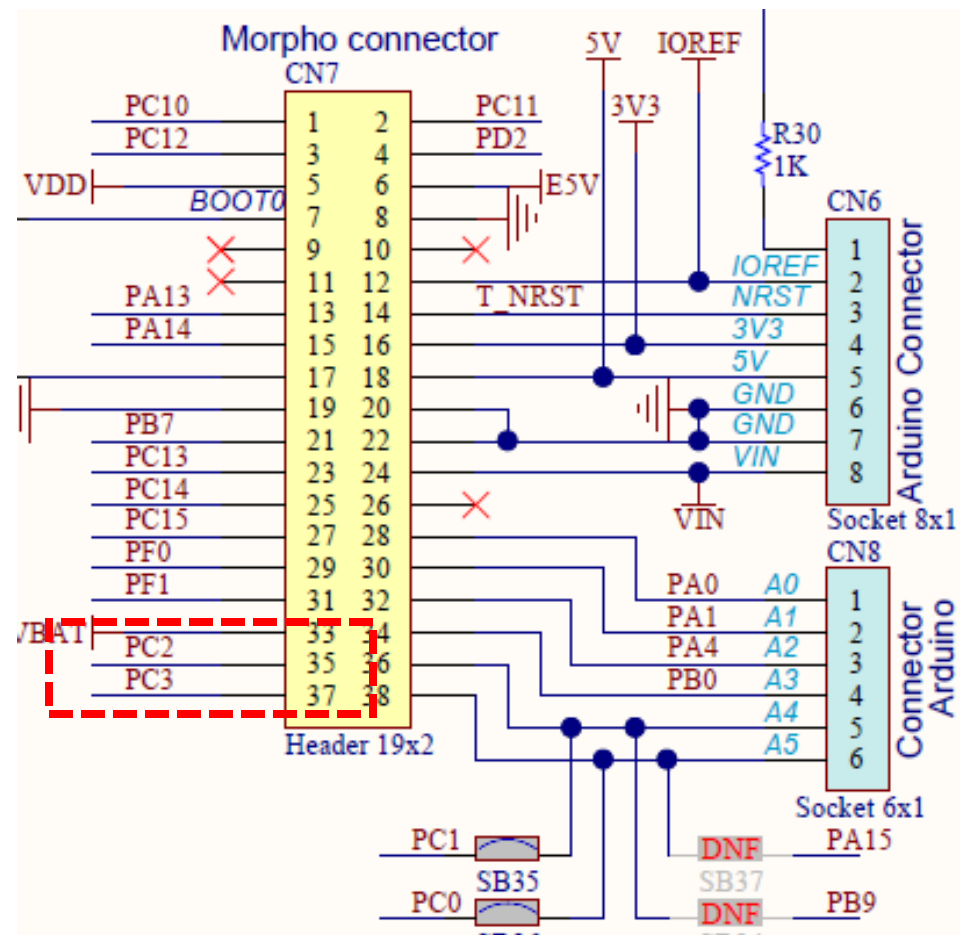
```
/* USER CODE BEGIN 4 */  
void HAL_TIM_PeriodElapsedCallback(TIM_HandleTypeDef *htim)  
{  
    HAL_GPIO_TogglePin(LED_GPIO_Port, LED_Pin);  
}  
/* USER CODE END 4 */
```

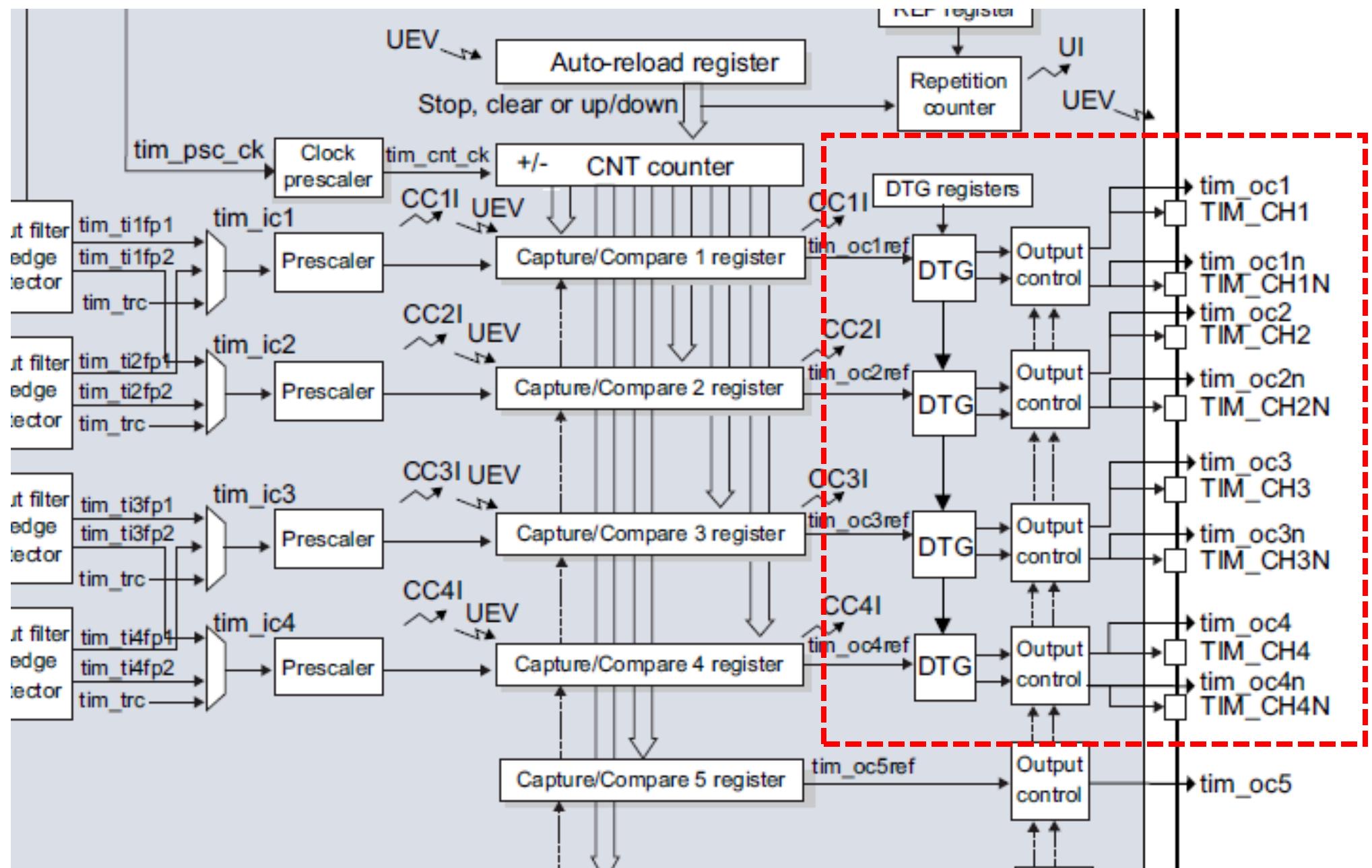
- 定时器的预分频因子和计数器周期分别设置为999和16999，系统时钟频率为170MHz，最终TIM3中断的周期为：
 $1000 \times 17000 / 170\text{MHz} = 0.1\text{s}$ ，即10Hz
- 编译工程，并下载到硬件中运行；LD2闪烁频率是多少？

定时器中断

课堂练习:

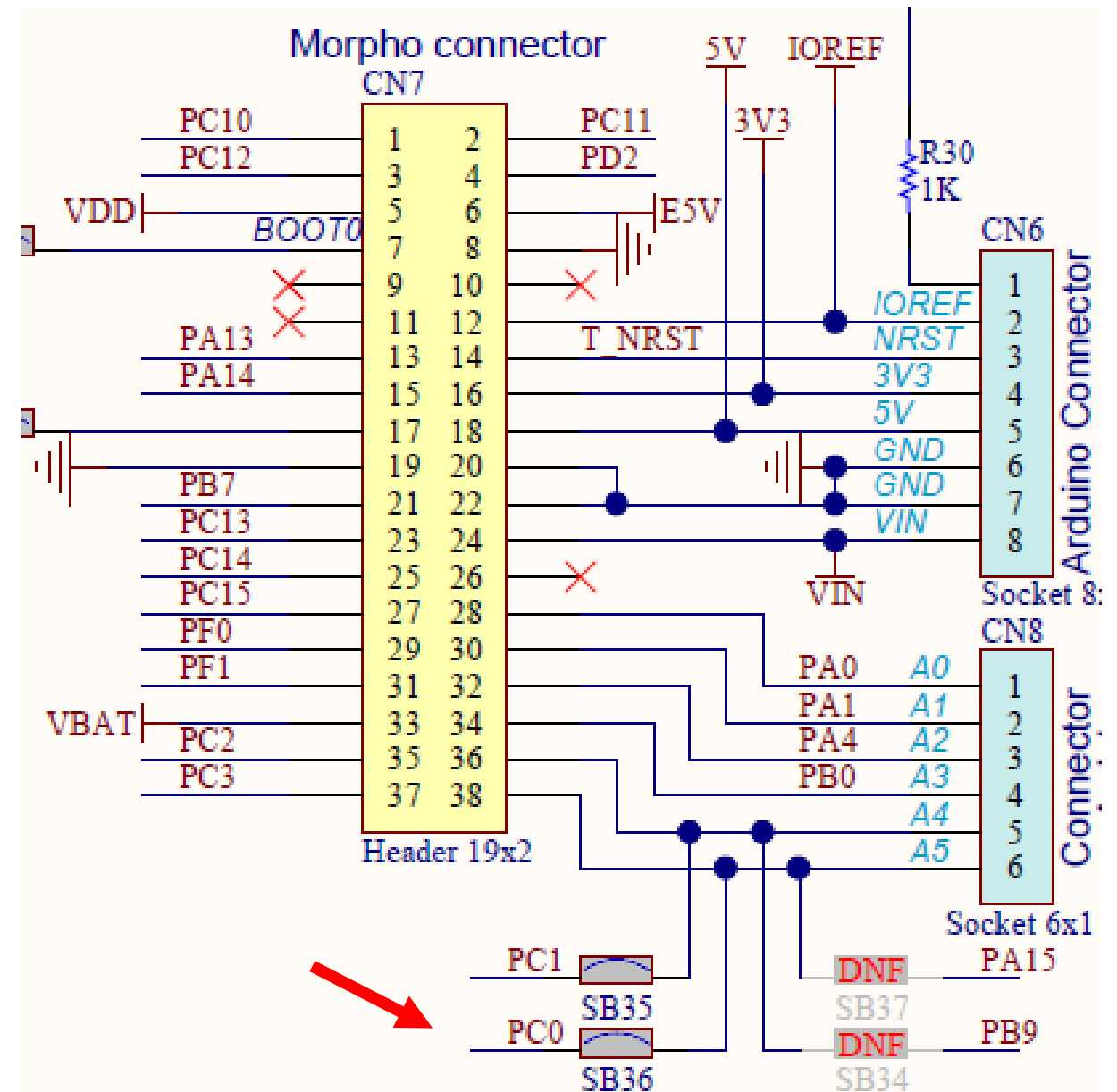
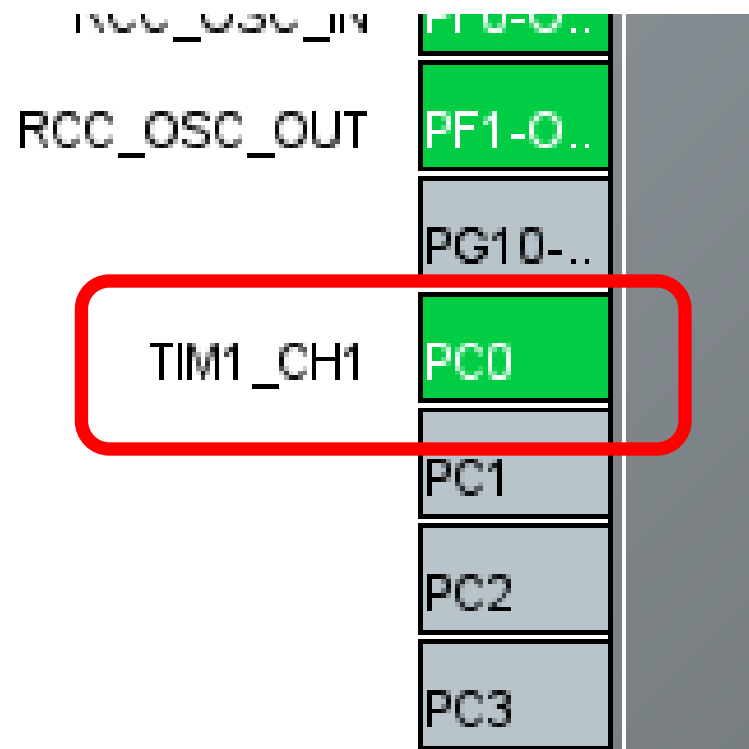
- (1) 参照上面的例子，用定时器中断，控制LD2以0.5Hz频率闪烁；
- (2) 用定时器TIM3中断，使PC2/PC3输出互补的两路方波信号，输出频率为50Hz；输出波形占空比设置为20%
- (3) 配置两路ADC，实现对上述两路输出的采样，并通过串口送至PC，在PC上显示测量波形。





Dead-time generator

配置定时器TIM1



配置定时器TIM1

TIM1 Mode and Configuration

Mode

Slave Mode

Disable

▼

Trigger Source

Disable

▼

Clock Source

Internal Clock

▼

Channel1

PWM Generation CH1

▼

Channel2

Disable

▼

Configuration

Reset Configuration

✓ NVIC Settings

✓ DMA Settings

✓ GPIO Settings

✓ Parameter Settings

✓ User Constants

Configure the below parameters :

Search (Ctrl+F)

◀

▶

i

▼ Counter Settings

Prescaler (PSC - 16 bits ...

999

Counter Mode

Up

Dithering

Disable

Counter Period (AutoRelo...

8499



✓ PWM Generation Channel 1

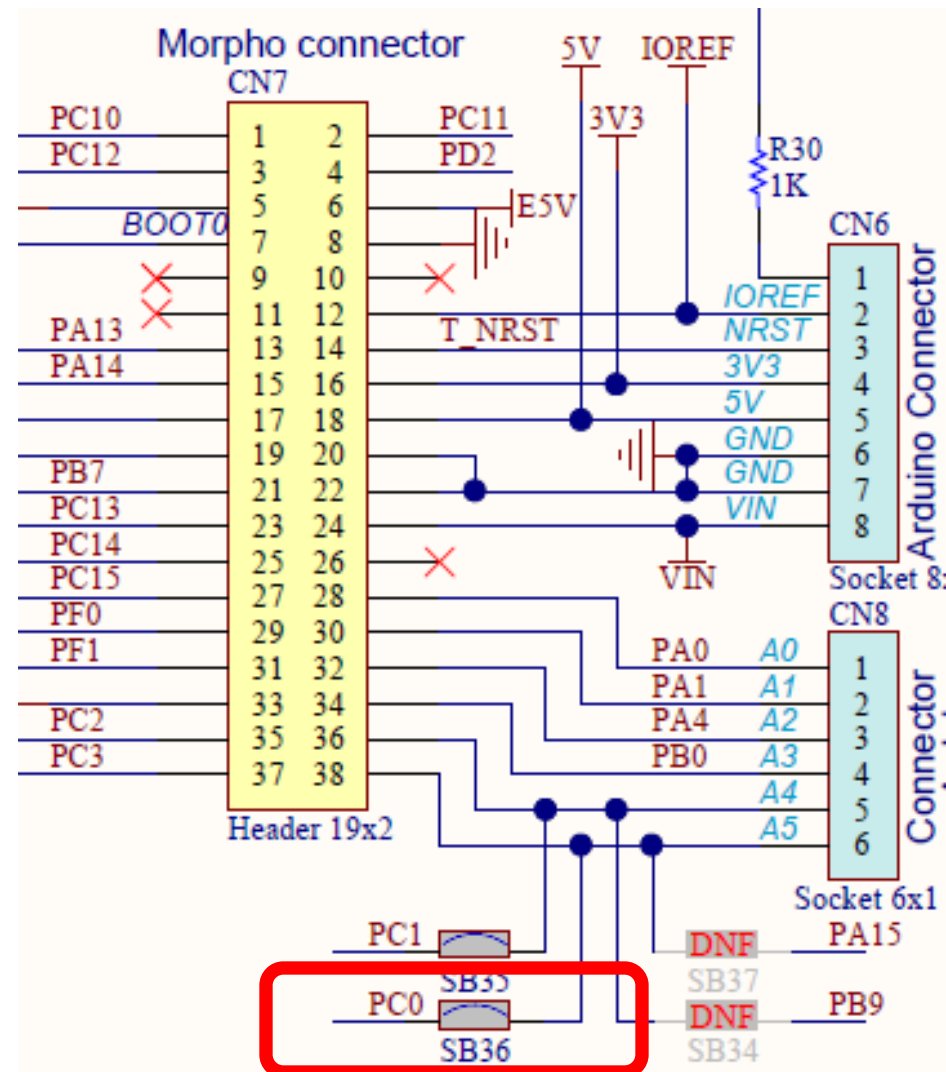
Mode	PWM mode 1
Pulse (16 bits value)	2125
Output compare preload	Enable
Fast Mode	Disable
CH Polarity	High
CH Idle State	Reset



启动TIM1的PWM

■ 启动PWM

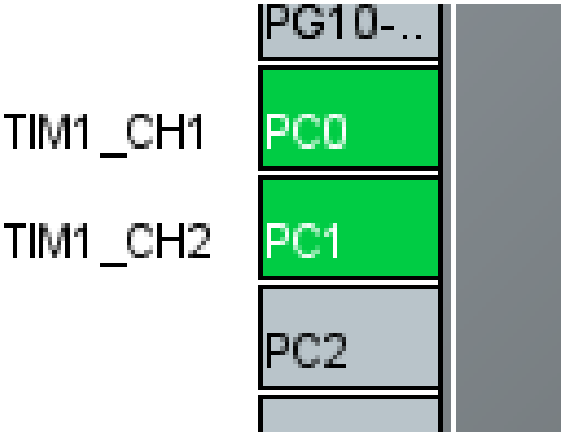
```
HAL_TIM_PWM_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_1);
```



输出2路PWM波形

TIM1 Mode and Configuration

Mode	
Slave Mode	Disable
Trigger Source	Disable
Clock Source	Internal Clock
Channel1	PWM Generation CH1
Channel2	PWM Generation CH2



Counter Settings

Prescaler (PSC - 16 bits ...	999
Counter Mode	Up
Dithering	Disable
Counter Period (AutoRelo...	8499

PWM Generation Channel 1

Mode	PWM mode 1
Pulse (16 bits value)	2125
Output compare preload	Enable
Fast Mode	Disable
CH Polarity	High
CH Idle State	Reset

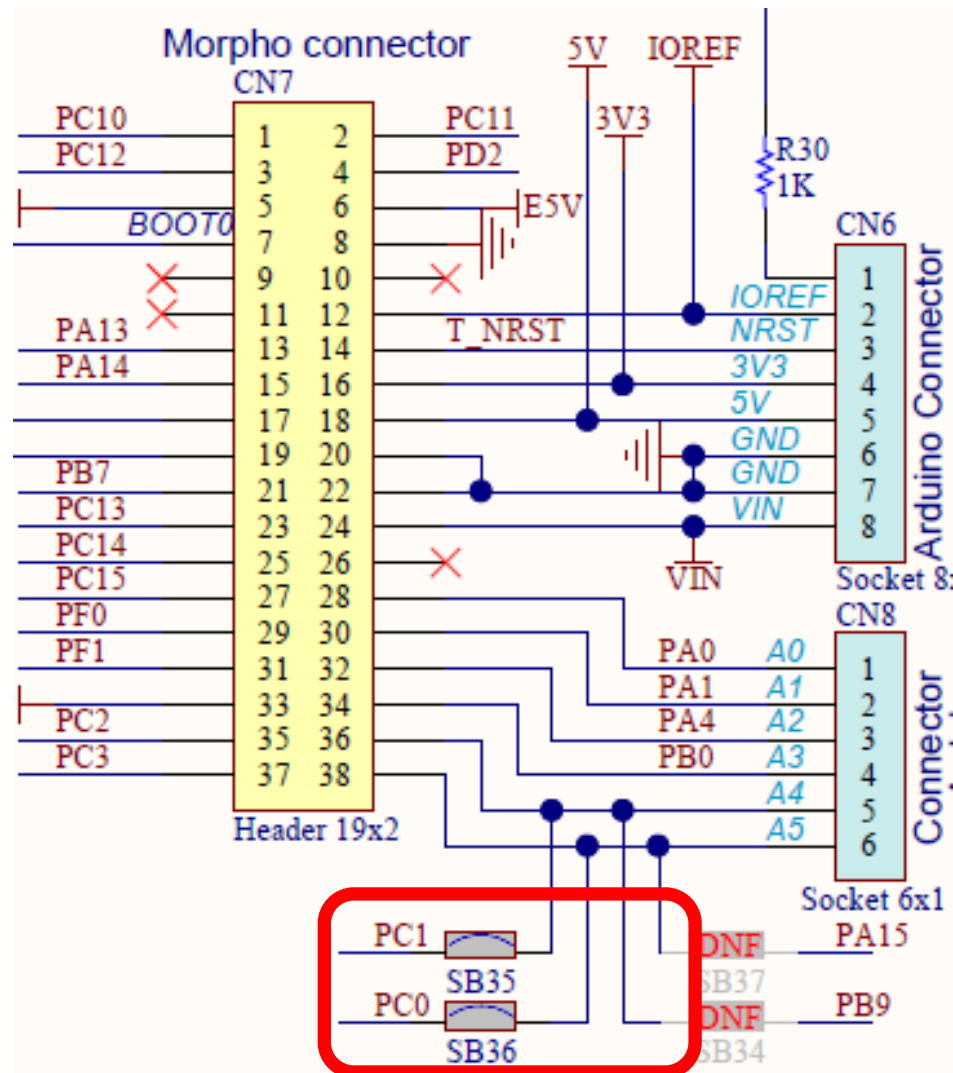
PWM Generation Channel 2

Mode	PWM mode 1
Pulse (16 bits value)	4250
Output compare preload	Enable
Fast Mode	Disable

输出2路PWM波形

■ 启动PWM

```
HAL_TIM_PWM_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_1);  
HAL_TIM_PWM_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_2);
```



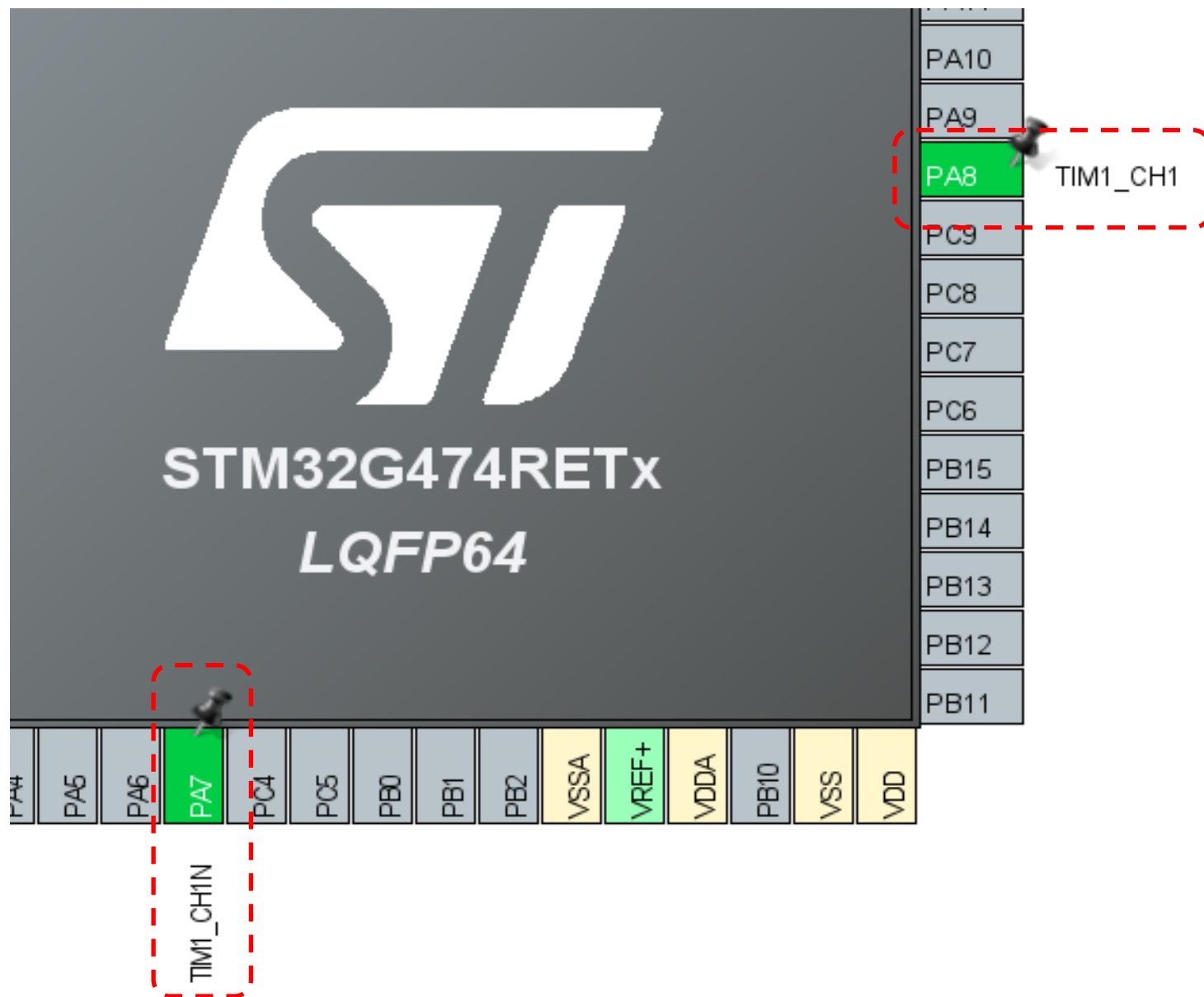
互补型PWM输出

- 互补型的PWM输出：两路输出是完全互补的，某时刻一路输出高电平，另外一路就输出低电平
- 并非所有定时器都有互补型输出：TIM3没有，TIM1有
- TIM1有4个PWM输出及其互补输出：
 - ✓ TIM1_CH1 <-> TIM1_CH1N
 - ✓ TIM1_CH2 <-> TIM1_CH2N
 - ✓ TIM1_CH3 <-> TIM1_CH3N
 - ✓ TIM1_CH4 <-> TIM1_CH4N
- 由于引脚复用，这些PWM信号可通过配置，从不同的引脚输出

互补型PWM输出

- TIM1 的4个PWM输出通道对应的引脚如下所示（详细内容可以查看STM32G474RE的文档）：
 - ✓ TIM1_CH1-PA8/PC0, TIM1_CH1N-PA7/PA11/PB13/PC13
 - ✓ TIM1_CH2-PA9/PC1, TIM1_CH2N-PA12/PB0/PB14
 - ✓ TIM1_CH3-PA10/PC2, TIM1_CH3N-PB1/PB9/PB15
 - ✓ TIM1_CH4-PA11/PC3, TIM1_CH4N-PC5
- 以TIM1_CH1和TIM1_CH1N这对互补型PWM为例，介绍互补型PWM的配置过程

配置TIM1



配置TIM1

Pinout & Configuration

Clock Configuration

Additional Software

Categories

A->Z

System Core

>

Analog

>

Timers

>

HRTIM1

LPTIM1

RTC

TIM1

TIM2

TIM3

TIM4

TIM5

TIM6

TIM7

TIM8

TIM15

TIM16

TIM17

TIM20

Connectivity

>

Multimedia

>

Security

>

Computing

>

Middleware

>

Utilities

>

TIM1 Mode and Configuration

Mode

Slave Mode

Disable

Trigger Source

Disable

Clock Source

Internal Clock

Channel1

PWM Generation CH1 CH1N

Channel2

Disable

Configuration

Reset Configuration

NVIC Settings

DMA Settings

GPIO Settings

Parameter Settings

User Constants

Configure the below parameters :

Search (Ctrl+F)

Counter Settings

Prescaler (PSC - 16 bits value)

0

Counter Mode

Up

Dithering

Disable

Counter Period (AutoReload Regist...

8499

Internal Clock Division (CKD)

No Division

Repetition Counter (RCR - 16 bits v...

0

auto-reload preload

Enable

Trigger Output (TRGO) Parameters

Master/Slave Mode (MSM bit)

Disable (Trigger input effect not delayed)

Trigger Event Selection TRGO

Reset (UG bit from TIMx_EGR)

Trigger Event Selection TRGO2

Reset (UG bit from TIMx_EGR)

Break And Dead Time management - BRK...

BRK State

Disable

BRK Polarity

High

BRK Filter (4 bits value)

0

BRK Sources Configuration

- Digital Input

Disable

- COMP1

Disable

- COMP2

Disable

配置TIM1

✓ NVIC Settings	✓ DMA Settings	✓ GPIO Settings
✓ Parameter Settings		✓ User Constants
Configure the below parameters :		
<input type="text" value="Search (Ctrl+F)"/> ◀ ▶ i		
✓ Break And Dead Time management - Output...		
Automatic Output State	Disable	
Off State Selection for Run Mode (O...	Disable	
Off State Selection for Idle Mode (O...	Disable	
Lock Configuration	Off	
DeadTime Preload	Disable	
Dead Time	100	
Asymmetrical DeadTime	Disable	
Falling Dead Time	0	
✓ Clear Input		
Clear Input Source	Disable	
✓ Pulse On Compare (Common for Channel 3...		
Pulse Width Prescaler	0	
Pulse Width	0	
✓ PWM Generation Channel 1 and 1N		
Mode	PWM mode 1	
Pulse (16 bits value)	2125	
Output compare preload	Enable	
Fast Mode	Disable	
CH Polarity	High	
CHN Polarity	High	
CH Idle State	Reset	
CHN Idle State	Reset	

死区参数

启动定时器及PWM输出

- 启动定时器: `HAL_TIM_Base_Start()`
- 启动TIM1的PWM1通道输出: `HAL_TIM_PWM_Start()`
- 启动互补PWM通道输出: `HAL_TIMEx_PWMN_Start()`

```
/* USER CODE BEGIN 2 */
```

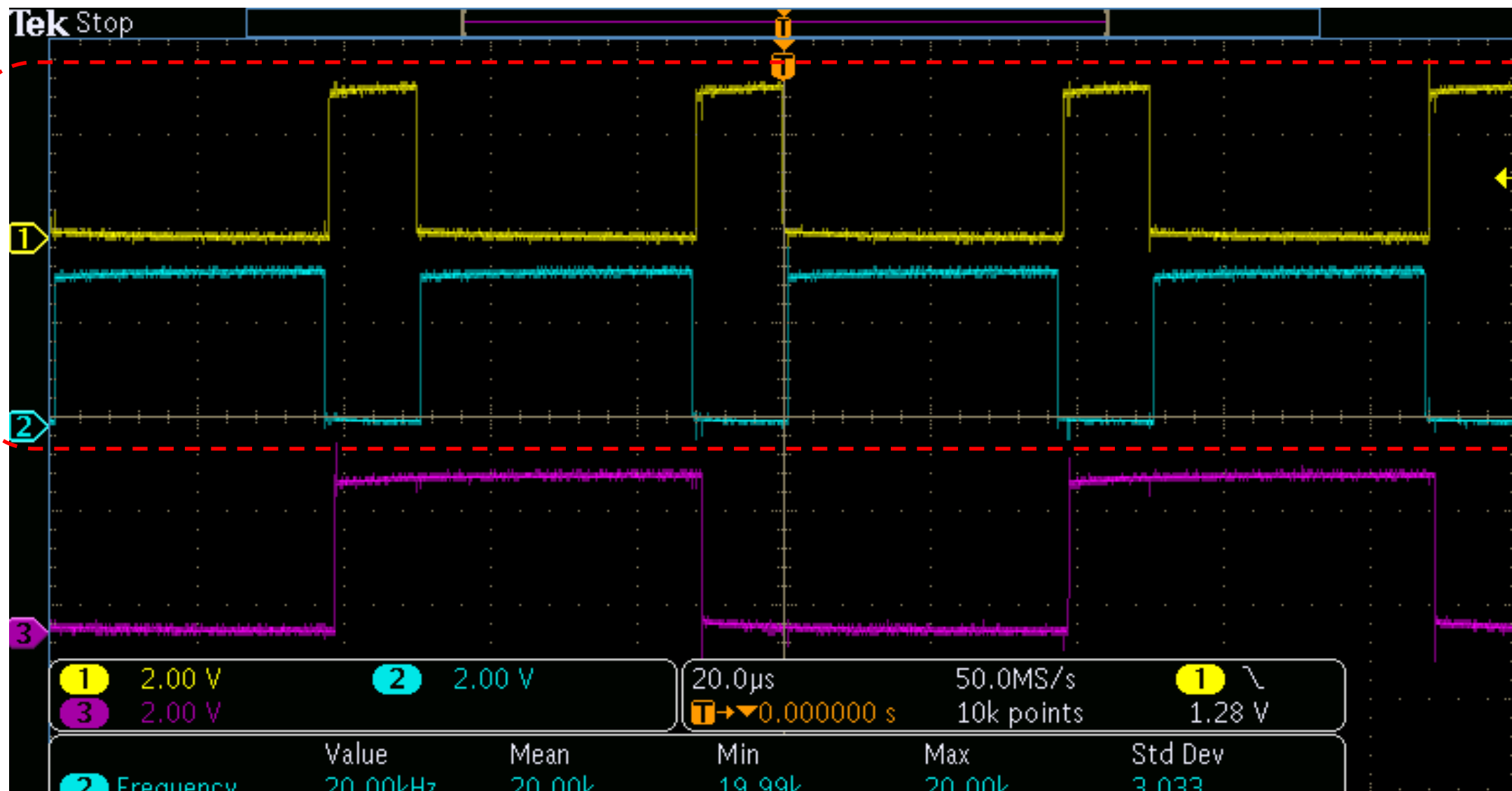
```
HAL_TIM_Base_Start(&htim1);
```

```
HAL_TIM_PWM_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_1);
```

```
HAL_TIMEx_PWMN_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_1);
```

```
/* USER CODE END 2 */
```

Tek Stop



1

2.00 V

2

2.00 V

20.0 μs

50.0MS/s

1

1.28 V

3

2.00 V

0.000000 s

10k points

2

Frequency

Value

20.00kHz

Mean

20.00k

Min

19.99k

Max

20.00k

Std Dev

3.033

3

Frequency

9.998kHz

9.998k

9.998k

9.998k

100.0m

1

+Width

11.88 μs

11.88 μ

11.86 μ

11.88 μ

8.831n

1

Frequency

20.00kHz

20.00k

19.99k

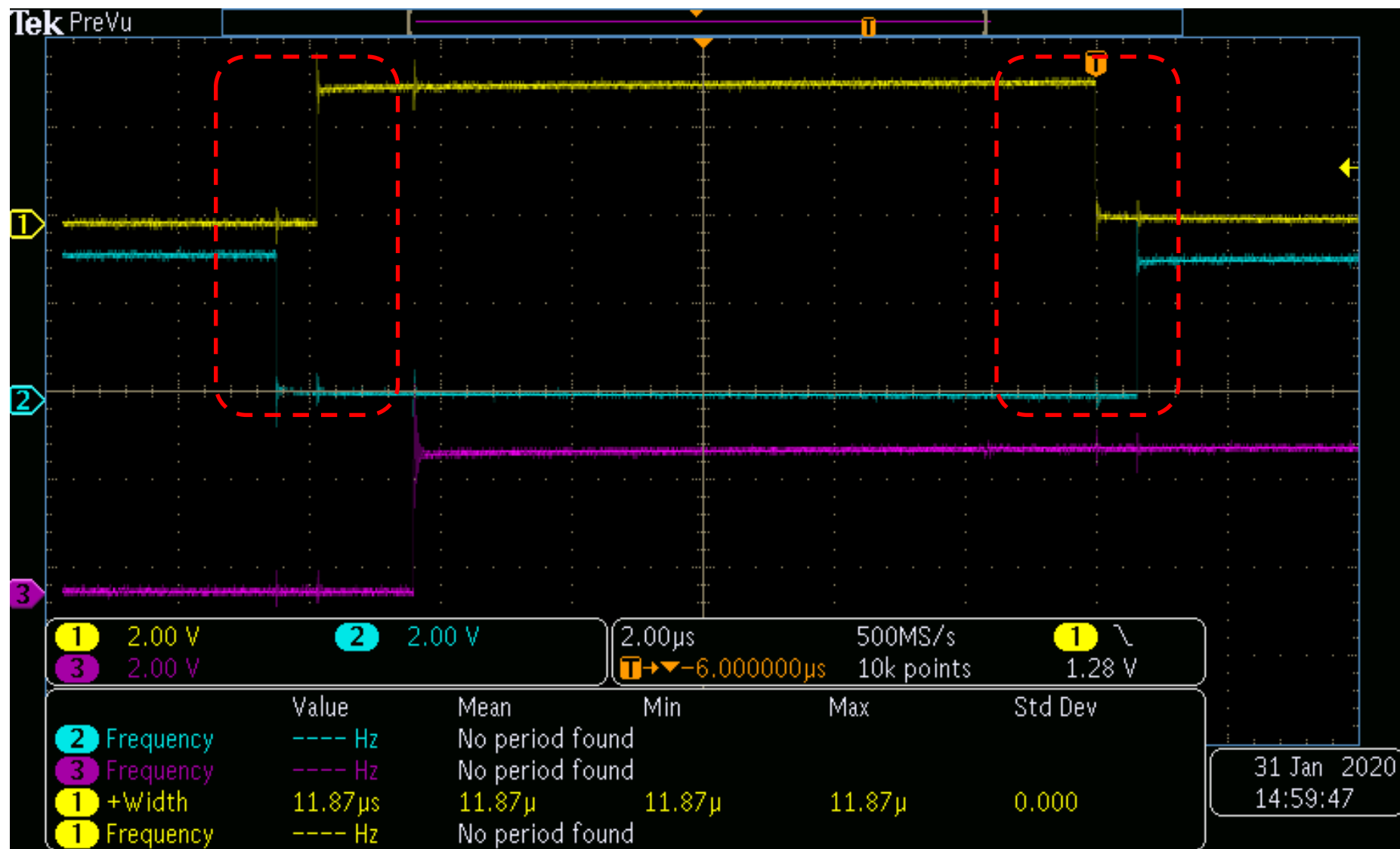
20.00k

3.849

31 Jan 2020

14:58:56

死区参数的作用

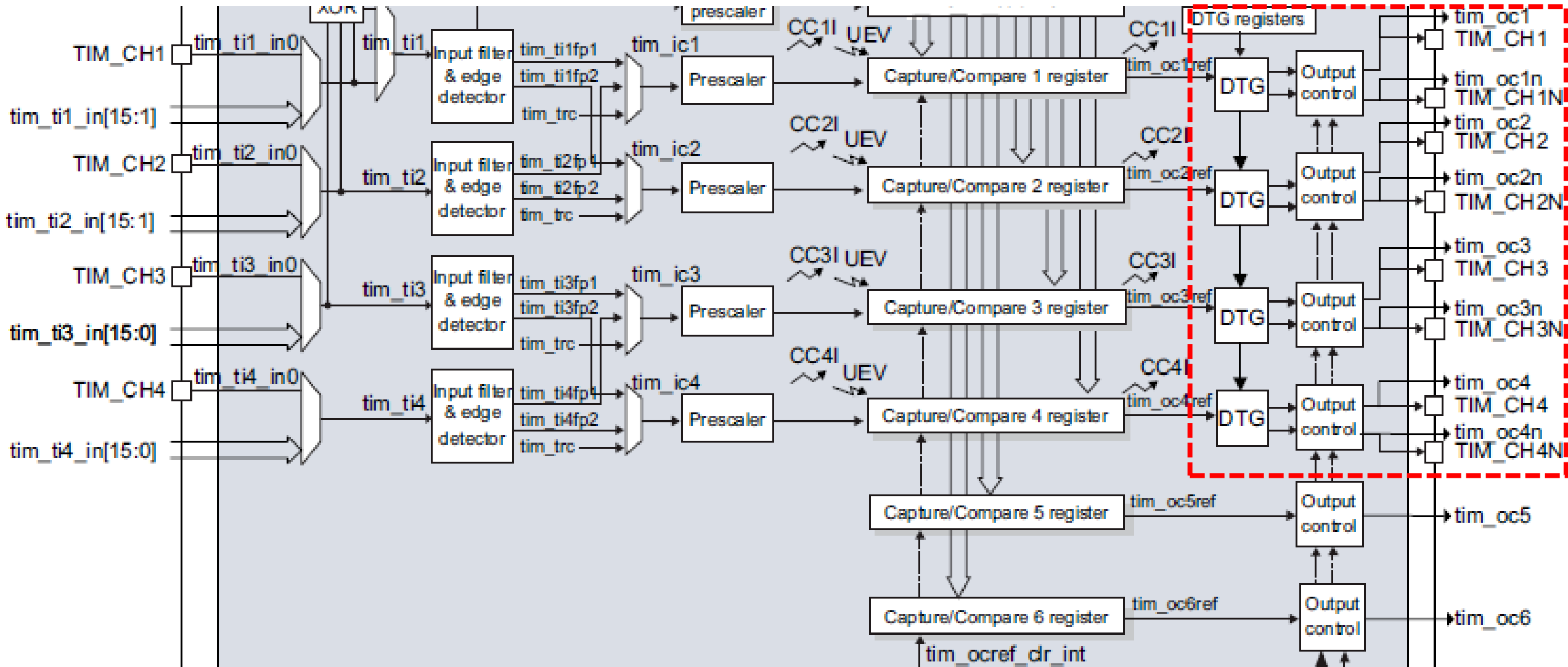


练习7：PWM输出与AD采样

任务7.1：用定时器实现PWM输出，并用ADC采集输出波形

（1）参照上面的步骤，配置TIM1的互补PWM输出，设置PWM输出频率为学号的后三位（如果小于100，取乘以10之后的数字）；（2）修改死区时间参数，查看输出波形的变化；（3）配置两路ADC，实现对上述两路输出的采样，并通过串口送至PC，在PC上显示测量波形。

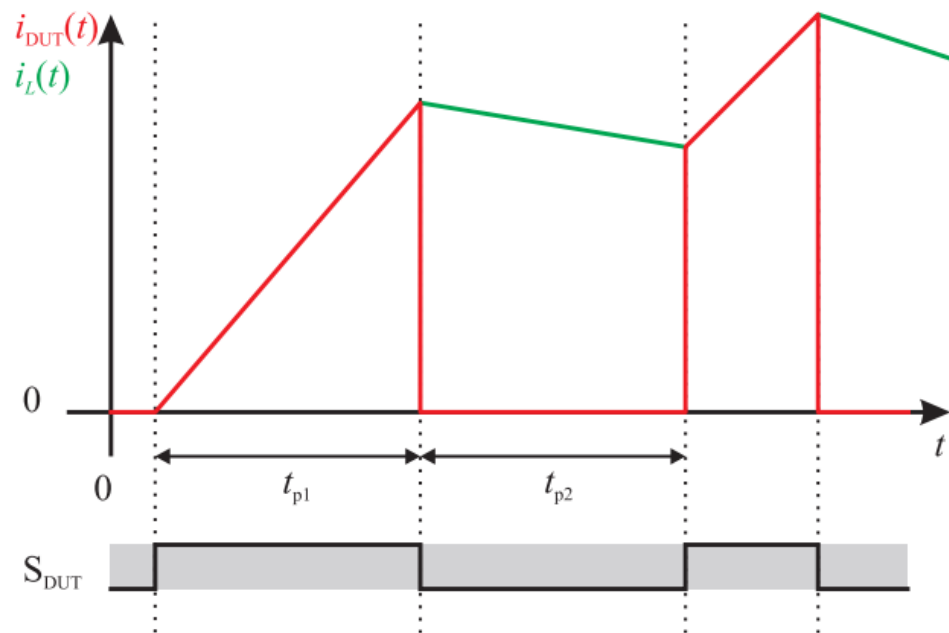
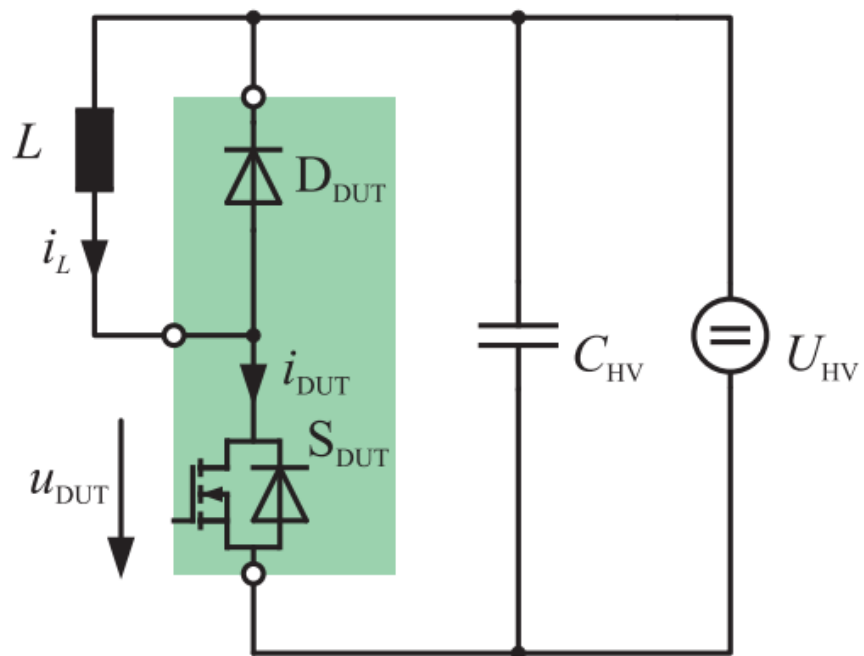
CNT counter



改变PWM输出波形占空比

- 改变占空比，需要调整PWM产生通道（PWM Generation Channel）参数中的**脉冲数（Pulse）**
- 该参数对应的是TIM的捕捉/比较寄存器CCR_x
- TIM1 有 6 个 CCR 寄存器（只有 4 个 PWM 输出通道）：TIM1_CCR1、TIM1_CCR2、.....，分别对应TIM1_CH1、TIM1_CH2.....PWM输出通道的脉冲数（Pulse）值。
- 可在代码中给这些寄存器赋值

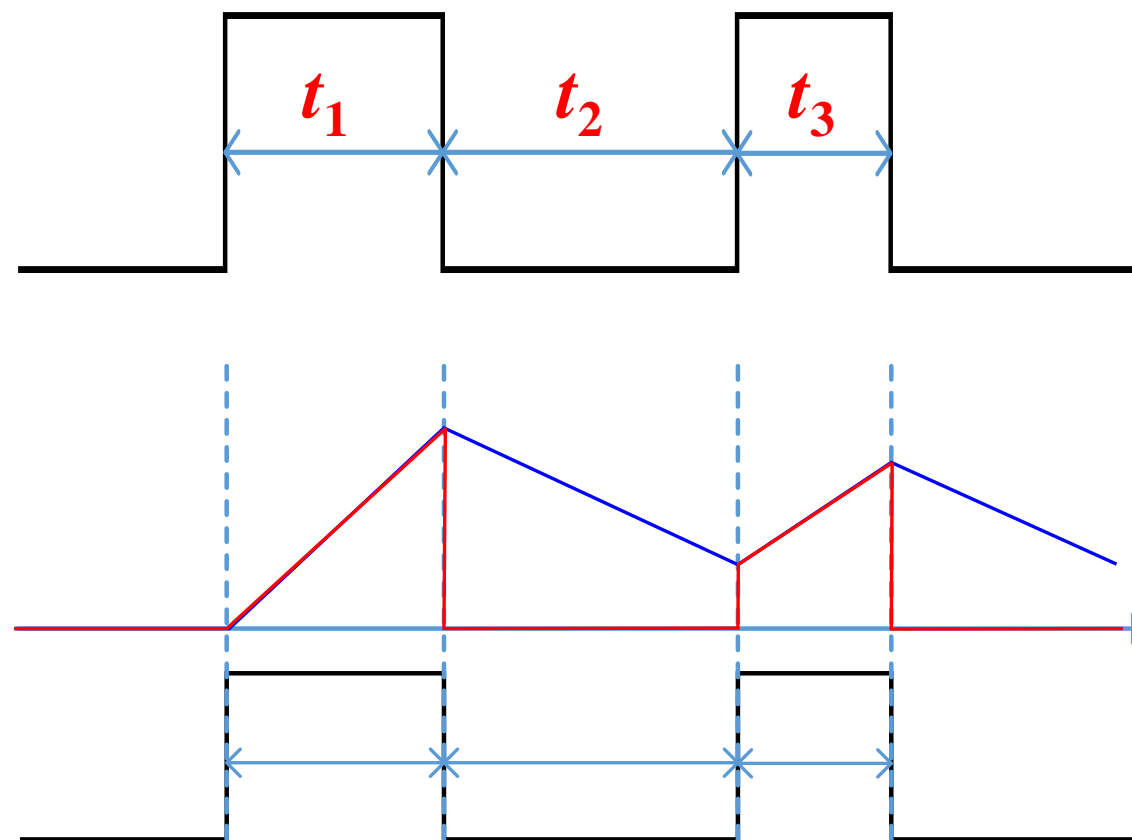
双脉冲测试



$$i_L(t) = \frac{1}{L} \cdot \int_0^{t_{p1}} U_{HV} dt$$

练习7：PWM输出

- 任务7.2：用定时器实现双脉冲输出
- ✓ 输出波形参数（ t_1 、 t_2 和 t_3 ）可调，数值由主机模型设定
- ✓ 用示波器测试输出波形



单次、非连续

THE END