

嵌入式系统

北京邮电大学
计算机学院

戴志涛



北京邮电大学

STM32通用定时器

Timer



定时/计数技术原理



➤ 定时/计数的实质：对脉冲信号计数

- 定时：计数的对象是标准的内部时钟信号，其周期恒定，计数值恒定地对应于一定的时间
- 计数：计数的对象是与外部过程相对应的脉冲信号（信号周期可以不固定）
 - ✉ 完成脉冲个数、宽度和频率的测量等



定时/计数技术应用



➤ 嵌入式系统中的定时/计数技术应用场景：

- ❑ 周期性执行某任务：每隔时间 t 完成一次AD采样
- ❑ 延时一定时间执行某个任务
- ❑ 显示实时时间：万年历
 - ✉ RTC: Real-Time Clock
- ❑ 产生不同频率的波形：MP3播放器
- ❑ 产生不同脉宽的波形：驱动伺服电机
- ❑ 测量脉冲的个数：测量转速
- ❑ 测量脉冲的宽度：测量频率

定时：
对内部
脉冲计
数

计数：
对外部
输入计
数



定时的实现方式

➤ 纯软件方法

- 利用处理器执行特定指令或延时程序段所需时钟数得到定时时间

 - ⊗ 间接对处理器的指令周期计数

 - ⊗ `for (CN=0xFFFFFFFF;CN!=0;CN--)`

- 缺点：占用CPU时间，中断、流水等因素影响精度

 - ⊗ 延时过程中CPU始终被占用，CPU利用率不高

 - ⊗ 不同处理器每条指令的执行时间不同，很难精确延时

 - STM32：指令周期数十ns

- 优点：通用性和灵活性好

 - ⊗ 适合短延时和不精确延时

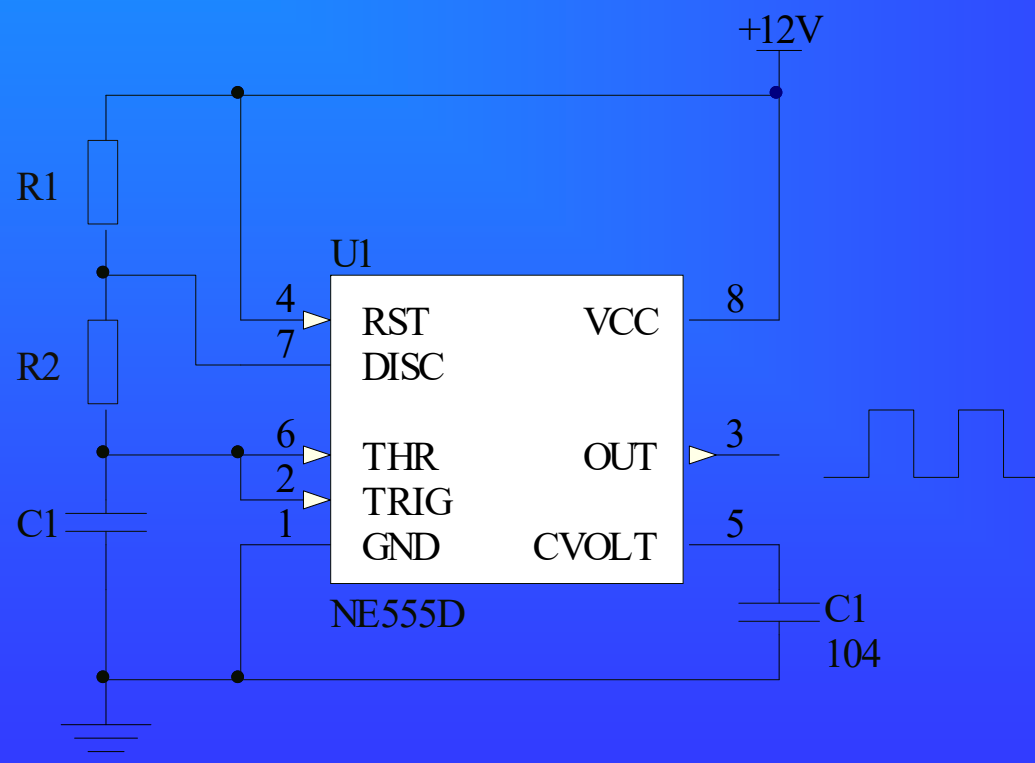
 - 高速ADC转换时间只需几个时钟周期



定时的实现方式

➤ 纯硬件方法

- ❑ 采用分频器、单稳电路或简易定时电路控制定时时间
- ❑ 不占用CPU时间，但通用性、灵活性差



定时的实现方式

➤ 软硬件结合方法

❑ 可编程定时/计数器可由软件配置定时与计数功能

✉ 内部计数模式：精确延时，对内部脉冲计数

✉ 输出比较/PWM输出模式：对内部脉冲计数，输出指定波形的数字信号

✉ 输入捕获模式：对外部脉冲计数

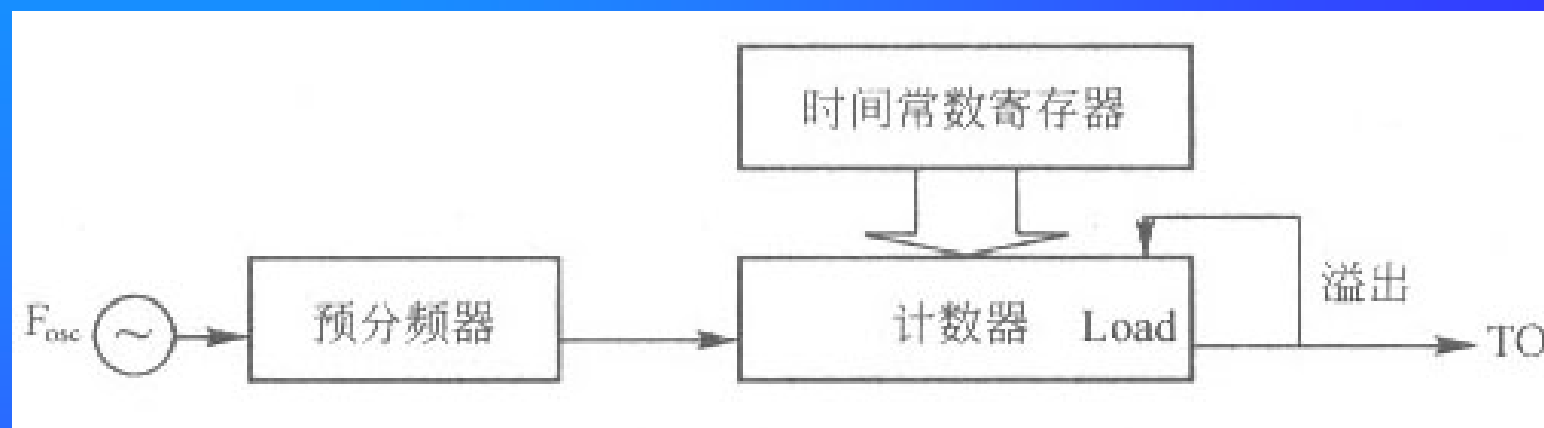
❑ 测量输入信号频率和占空比、测量外部事件的发生次数和时间间隔

❑ 定时器与CPU并行工作，不占用CPU时间，使用灵活

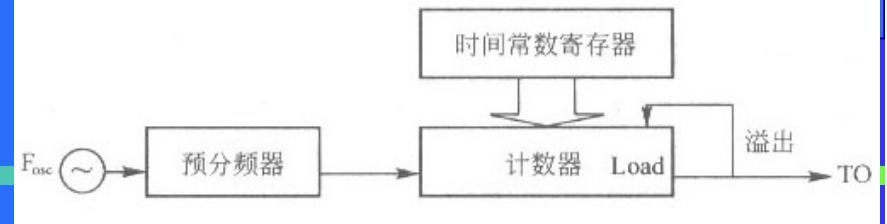


定时计数技术原理

➤ 可编程定时/计数器的基本结构



定时器的计数模式



➤ 递增计数模式

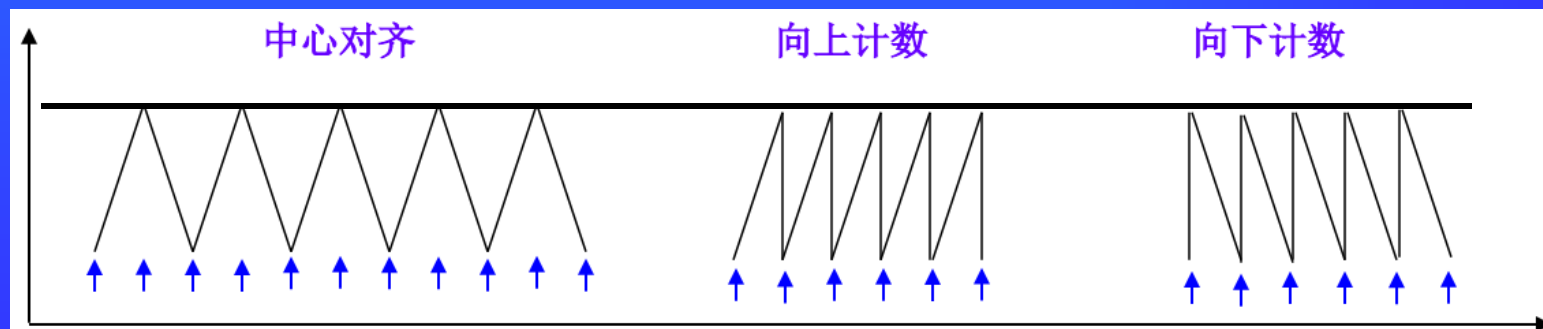
- ❑ 计数器从0向上计数到自动加载值 (TIMx_ARR)，产生一个计数器上溢事件，然后重新从0开始计数

➤ 递减计数模式

- ❑ 计数器从自动加载值 (TIMx_ARR) 开始向下计数到0，产生一个计数器下溢事件，然后从自动加载值重新开始计数

➤ 中央对齐模式 (递增/递减计数)

- ❑ 计数器从0开始计数到自动加载值-1，产生一个计数器上溢事件
- ❑ 然后从自动加载值开始向下计数到1并产生一个计数器下溢事件
- ❑ 然后再从0开始重新计数



STM32系列的定时器



	F4系列	F2系列	F1系列
高级定时器 TIM1/8	16位向上/下计数器； 4通道IC/OC/PWM； 带死区控制和编码器接口，适合马达控制		
通用定时器 TIM2 ~ 5	TIM3/4: 16位向上/下计数器 TIM2/5: 32位 向上/下计数器 4通道IC/OC/PWM		16位向上/下计数器 4通道IC/OC/PWM
基本定时器 TIM6/7	16位向下计数器； 同步电路触发DAC		
双通道定时器 TIM9/12	16位向下计数器； 2通道IC/OC/PWM		
单通道定时器 10/11/13/14	16位向下计数器； 单通道IC/OC/PWM		



STM 32的各类定时器



➤ 通用定时器

- ❑ 可用于输出比较（时序和延迟生成）、单脉冲模式、输入捕获（用于测量外部信号频率）、传感器接口（编码器和霍尔传感器）等各种场合

➤ 高级定时器

- ❑ 除通用功能外，还包含一些与电机控制和数字能量转换应用相关的功能

➤ 单通道或双通道定时器

- ❑ 用作通用定时器，通道数有限

➤ 基本定时器

- ❑ 无任何输入/输出管脚
- ❑ 既可用作时基定时器，也可用于触发DAC外设

定时器类型		STM32 F4系列
高级		TIM1 TIM8
通用	16 位	TIM3 TIM4
	32 位	TIM2 TIM5
基本		TIM6 TIM7
单通道		TIM10 TIM11 TIM13 TIM14
双通道		TIM9 TIM12



定时器通道



- 高级定时器和通用定时器在基本定时器的基础上引入了外部引脚，可以支持输入捕获和输出比较功能

Table 6. Alternate function mapping

Port	AF0	AF1	AF2	AF3
	SYS	TIM1/2	TIM3/4/5	TIM8/9/10/11
PA0		TIM2_CH1 TIM2_ETR	TIM5_CH1	TIM8_ETR
PA1		TIM2_CH2	TIM5_CH2	
PA2		TIM2_CH3	TIM5_CH3	TIM9_CH1
PA3		TIM2_CH4	TIM5_CH4	TIM9_CH2
PA4				
PA5		TIM2_CH1 TIM2_ETR		TIM8_CH1N
PA6		TIM1_BKIN	TIM3_CH1	TIM8_BKIN
PA7		TIM1_CH1N	TIM3_CH2	TIM8_CH1N
PA8	MCO1	TIM1_CH1		
PA9		TIM1_CH2		



定时器特性概览

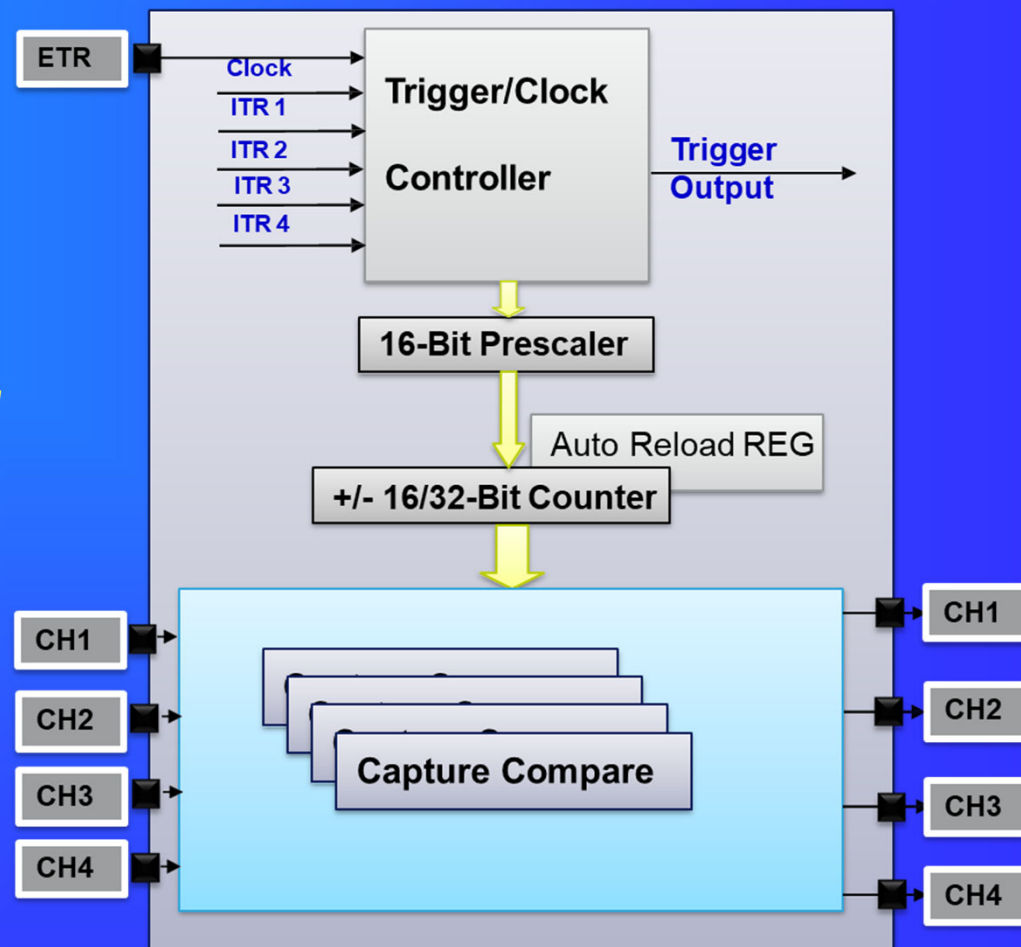


定时器类型	计数器分辨率	计数器类型	DMA	通道	比较通道	同步	
						主配置	从配置
高级	16 位	递增、递减和中心对齐	有	4	3	有	有
通用	16 位 32位 (TIM2 和 TIM5)	递增、递减和中心对齐	有	4	0	有	有
基本	16 位	递增	有	0	0	有	无
单通道	16 位	递增	无	1	0	有 (OC 信号)	无
双通道	16 位	递增	无	2	0	有	有
单通道, 带一个互补输出	16 位	递增	有	1	1	有 (OC 信号)	无
双通道, 带一个互补输出	16位	递增	有	2	1	无	有



通用定时器(TIM2 到 TIM5)的主要特性

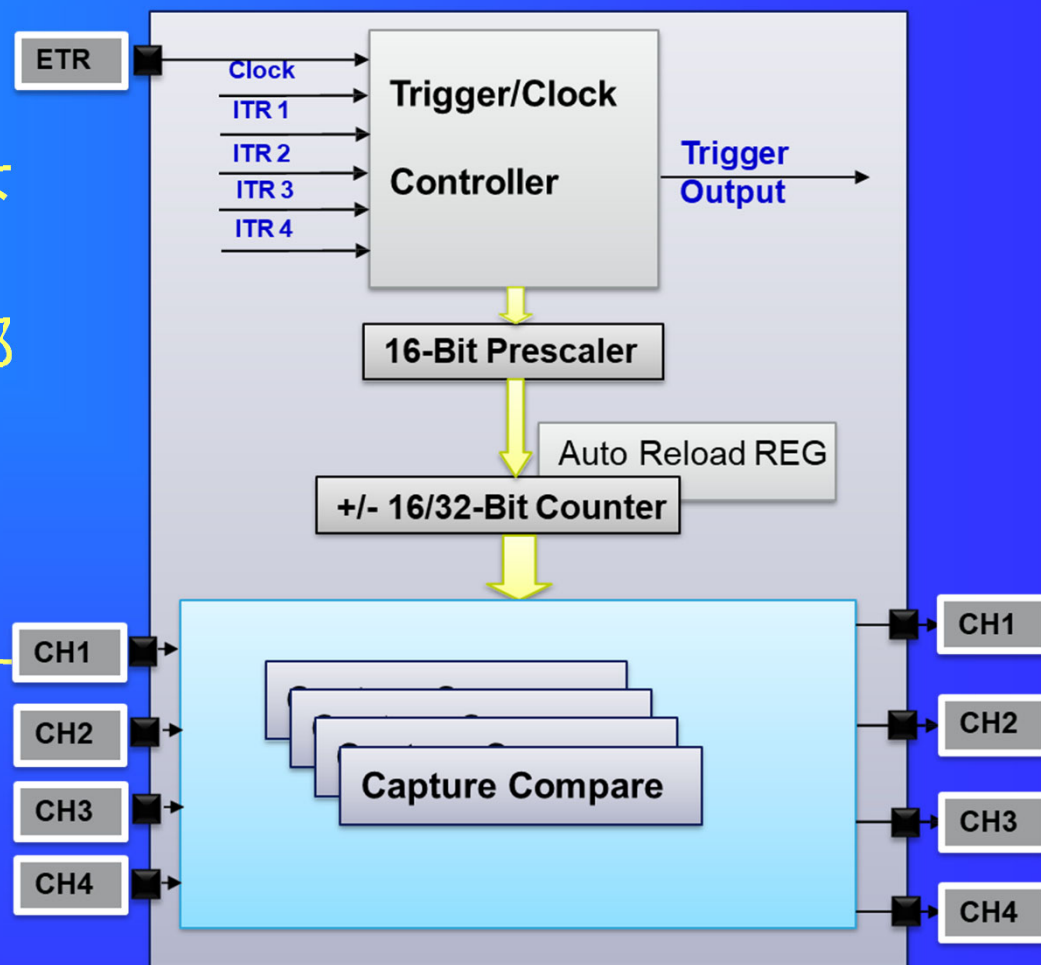
- 16位 (TIM3 和 TIM4) 或 32位 (TIM2 和 TIM5)
- 递增、递减和递增/递减自动重载计数器
- 16位可编程预分频器
 - ❑ 分频系数: 1到65536之间
 - ❑ 可将脉冲宽度和波形周期从几微秒调制到几毫秒
 - ❑ 运行时可修改
- 多达4个独立通道, 可用于:
 - ❑ 输入捕获
 - ❑ 输出比较
 - ❑ PWM生成 (边沿和中心对齐模式)
 - ❑ 单脉冲模式输出



通用定时器(TIM2 到 TIM5)的主要特性

➤ 下列事件发生时产生中断/DMA请求:

- ❑ 更新: 计数器上溢/下溢、计数器初始化 (通过软件或内部/外部触发)
- ❑ 触发事件 (计数器启动、停止、初始化或通过内部/外部触发计数)
- ❑ 输入捕获
- ❑ 输出比较



通用定时器TIM9–TIM14差异

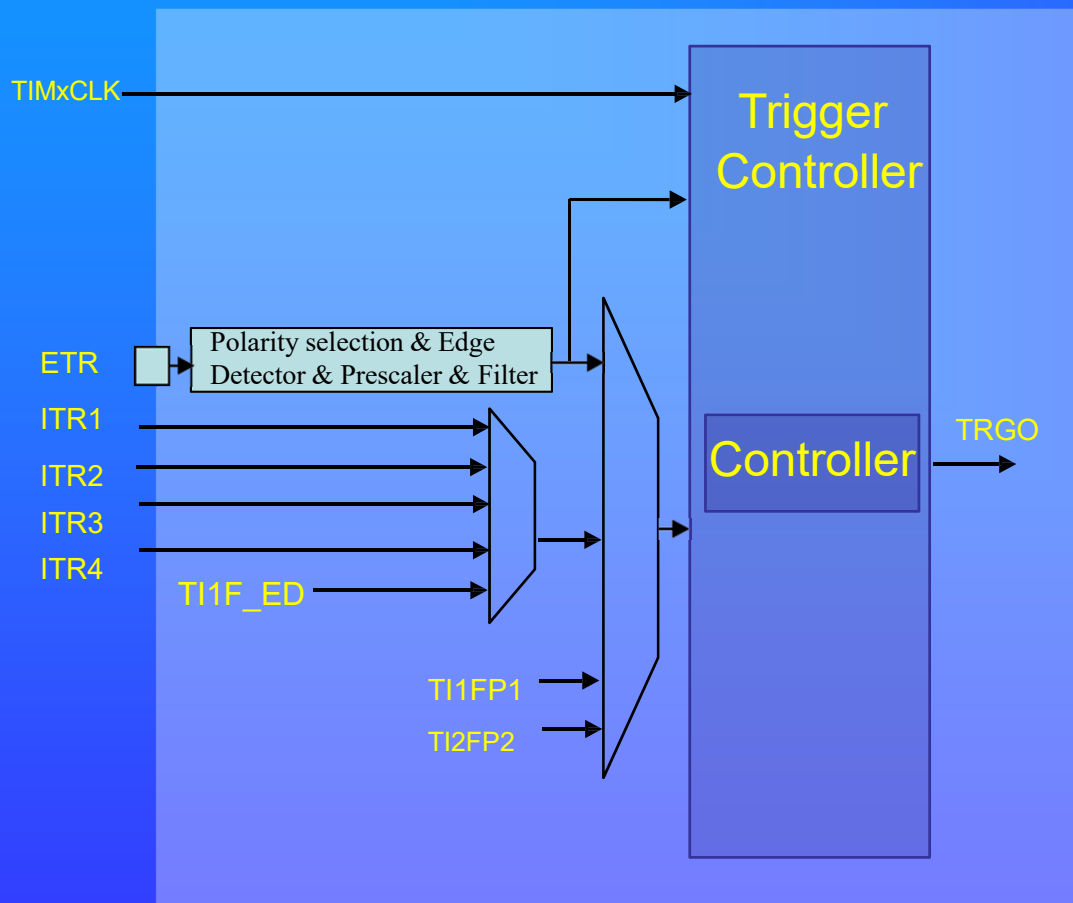


- 16位自动重载递增计数器
- 最多2个独立通道



计数时钟的选择

➤ 计数器时钟可从8个来源选择



☐ RCC提供的内部时钟TIMxCLK

☐ 内部触发输入ITR1~ITR4

☒ 可用一个定时器作为另一定时器的分频器

☐ 外部捕捉比较引脚

☒ 引脚1: TI1FP1或TI1F_ED

☒ 引脚2: TI2FP2

☐ 外部引脚ETR, 特性:

☒ 使能/禁止位

☒ 可编程设定极性

☒ 4位外部触发过滤器

☒ 外部触发分频器:

☐ 分频器关闭

☐ 二分频

☐ 四分频

☐ 八分频

RCC(Reset and Clock Controller)



北京邮电大学

定时器寄存器



➤ 预分频器寄存器 (TIMx_PSC)

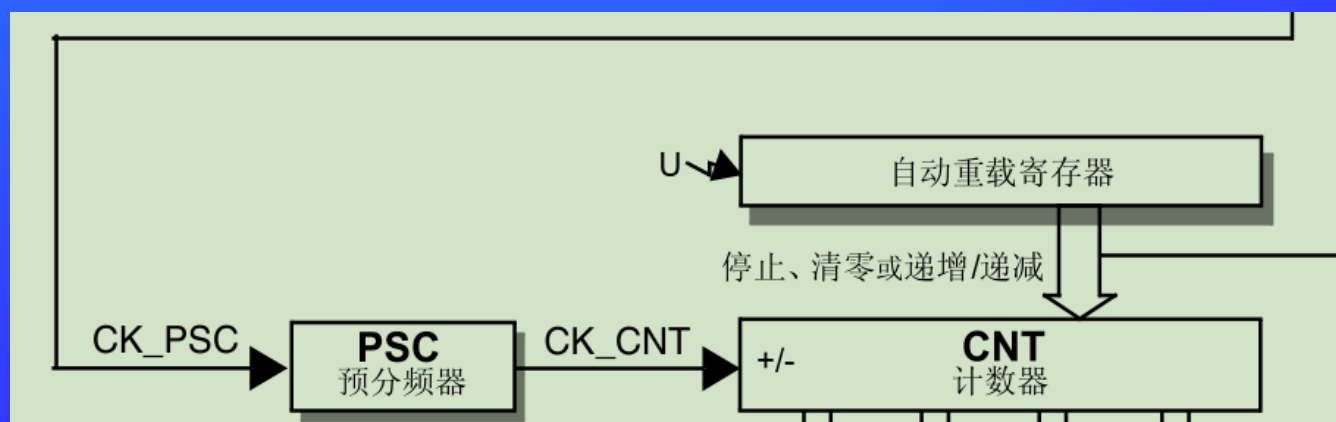
- ❑ 对输入时钟进行分频 (1到65536) , 得到计数器的驱动时钟 CK_CNT
- ❑ 可在运行时改变其设置值

➤ 计数器寄存器(TIMx_CNT)

- ❑ 在外部时钟的驱动下实时进行向上计数、向下计数或者中心对齐计数

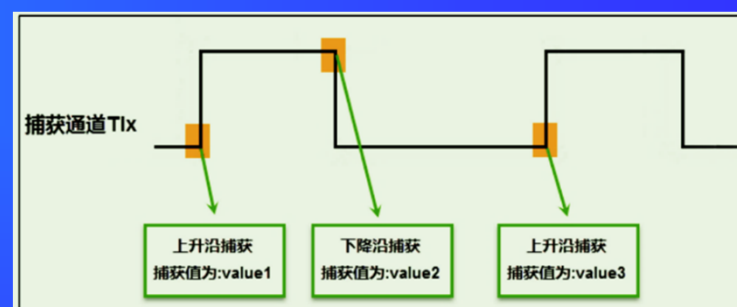
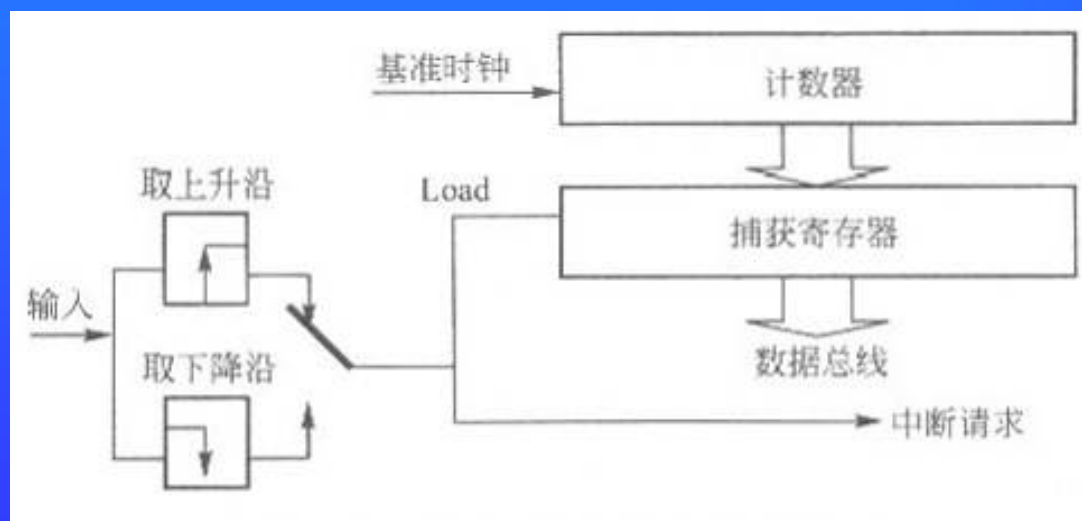
➤ 自动重载寄存器 (TIMx_ARR) :

- ❑ 存放与计数器CNT比较的值, 若两值相等则递减重复计数



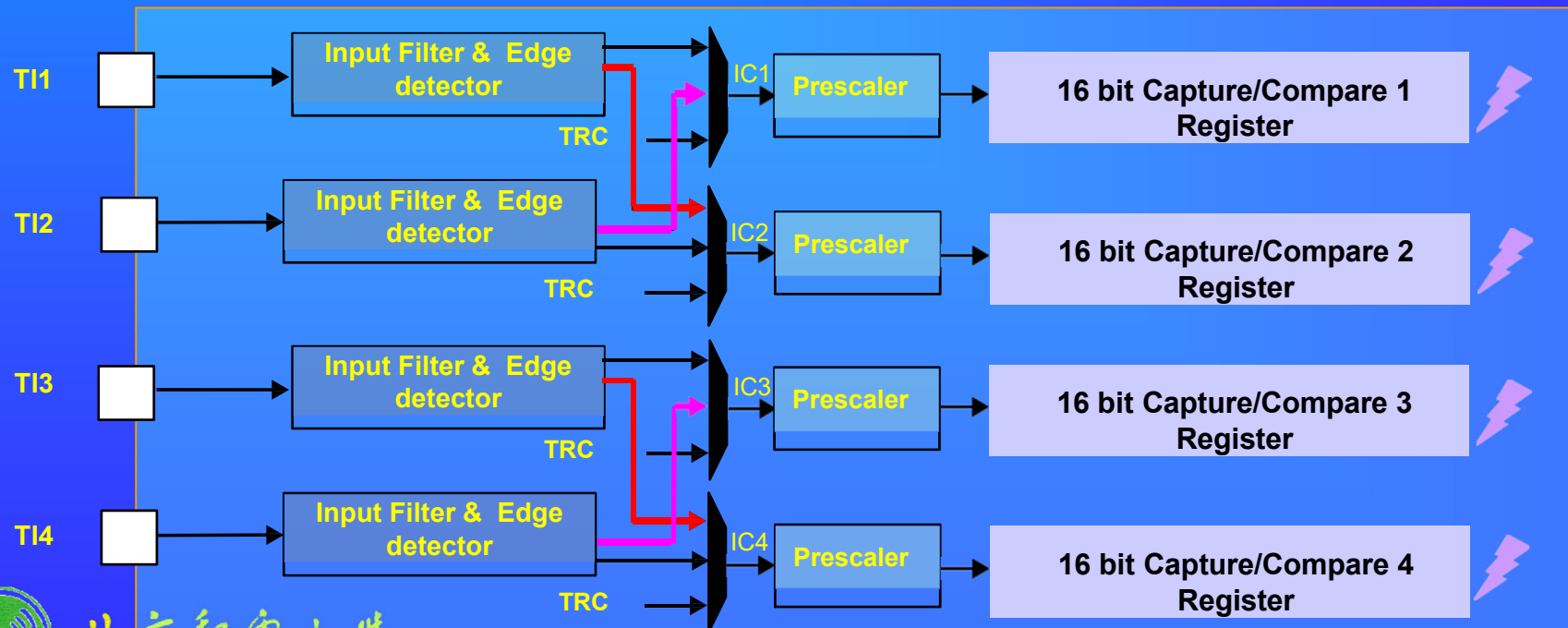
输入捕获方式

- 可以用来捕获外部事件，如引脚的电平变化（上升沿、下降沿或者双边沿），并记录事件发生的时间
- 通常可以用来测量外部信号的频率或者电平持续的时间（脉宽）
- 实例：测量频率或者电平持续的时间



输入捕获方式

- 4个16位捕获比较寄存器可以编程用于存放检测到的每一次输入捕获时的计数器当前值
- IC1、2和IC3、4可以分别通过软件设置将其映射到TI1、TI2和TI3、TI4
- 产生一次捕获时，相应的CCxIF标志位被置1
 - ❑ 如果中断或DMA请求使能，则产生中断或DMA请求
 - ❑ 若CCxIF标志位已经为1时又产生一个捕捉，则捕获溢出标志位CCxOF将被置1

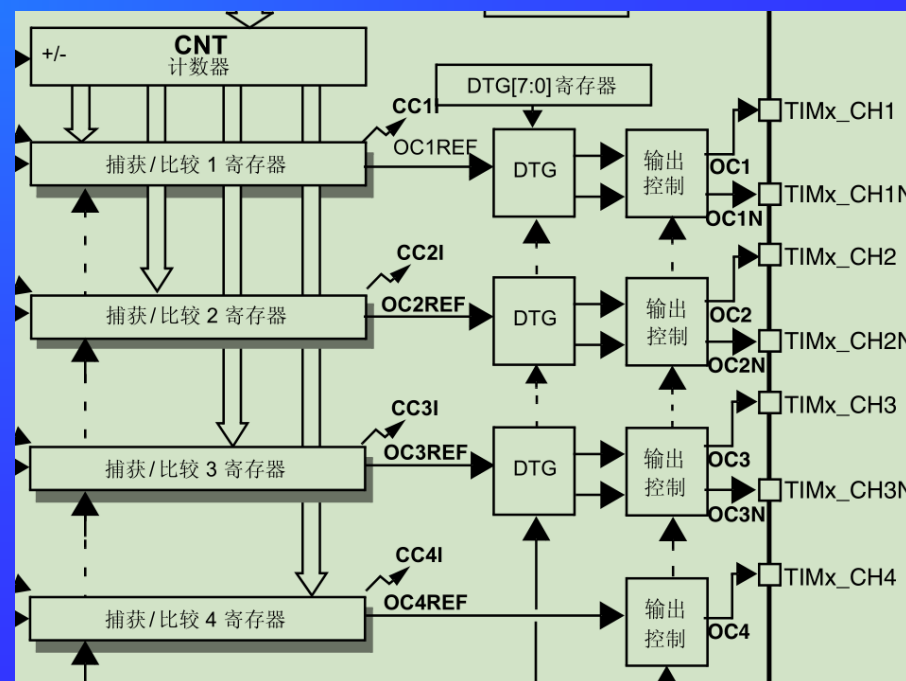
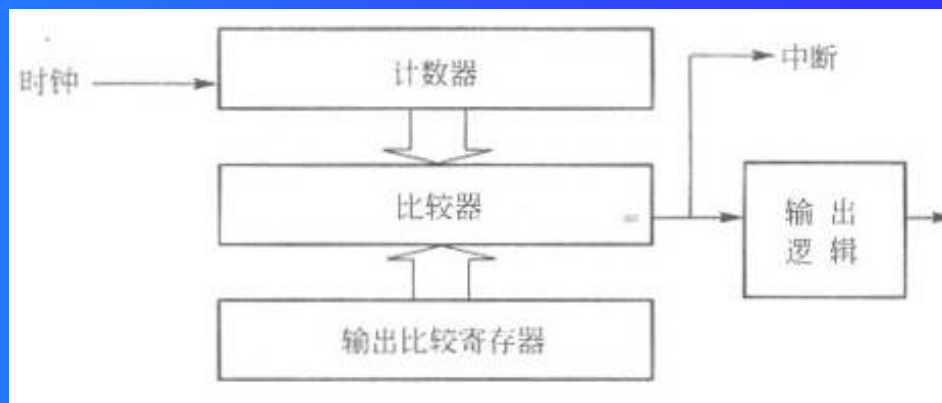


输出比较方式

➤ 通过定时器的计数比较电路控制外部引脚对外输出的波形：

□ 当计数值与捕获/比较寄存器的内容相同时，管脚产生特定的输出

✉ 如：电平翻转



输出比较方式



➤ 当捕捉/比较寄存器内的值与计数值相等时，相应的输出引脚对应的输出寄存器可根据预先编程的配置赋值：

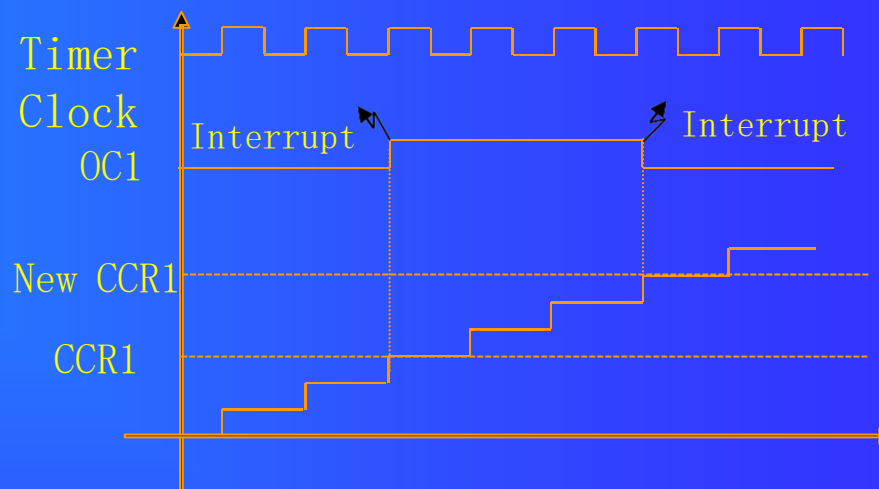
❑ 置位、复位、翻转、保持不变

❑ 对状态寄存器中的标志位置位

✉ 如果相应中断使能位被置位，则产生中断请求

✉ 如果DMA请求使能置位，则产生DMA请求

➤ 可编程设置CCR_x寄存器，设定为重载或不重载寄存器

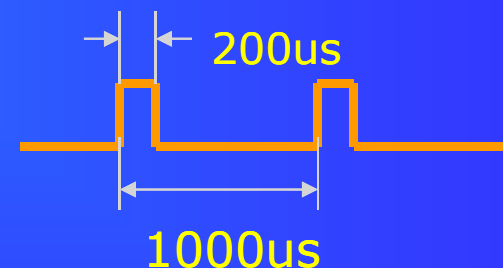


PWM 功能



➤ PWM (Pulse Width Modulation) 脉冲宽度调制

- ❑ 对模拟信号电平进行数字编码
- ❑ 是利用微处理器的数字输出来对模拟电路进行控制的一种非常有效的技术
- ❑ 通过高分辨率计数器的使用，方波的占空比被调制用来对一个特定模拟信号的电平进行编码
- ❑ 占空比：输出的PWM中，高电平保持的时间与该PWM的时钟周期的时间之比



- ❑ 广泛应用于从测量、通信到功率控制与变换的许多领域中
 - ✉ 常见应用有：电机控制，DAC输出等



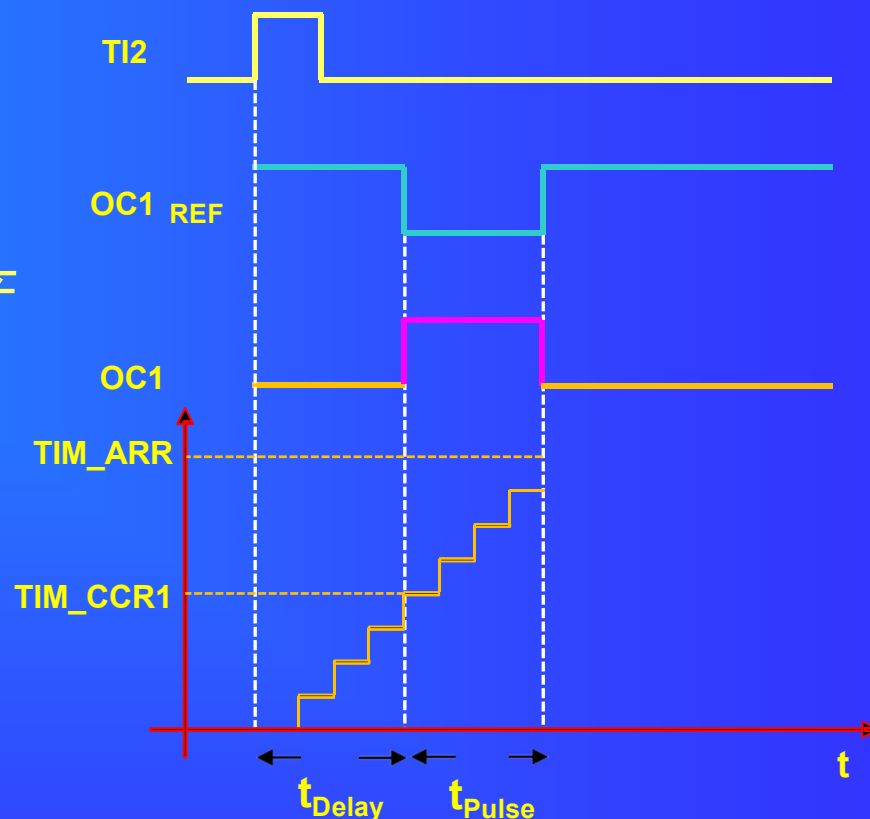
单脉冲模式

➤ 单脉冲模式 (OPM)：输入捕获和输出比较组合的特殊情况

- 允许计数器响应一个激励，并在一个可编程延时之后产生一个脉宽可编程的脉冲

➤ 通过软件可以设定选用两种单脉冲模式波形：

- 单脉冲
- 重复脉冲



本章结束

