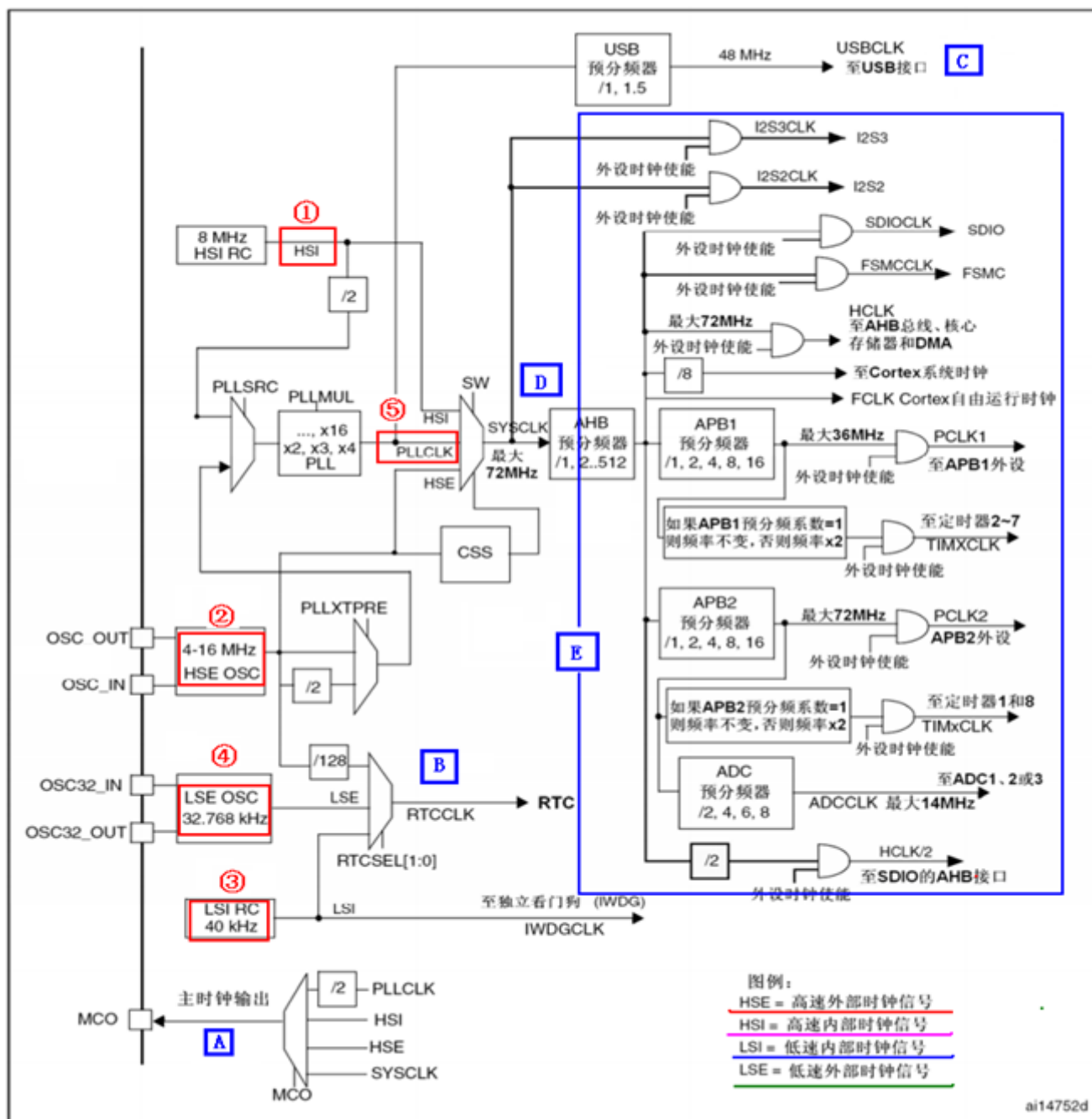


## 24年 第六晚讲义：PWM输出

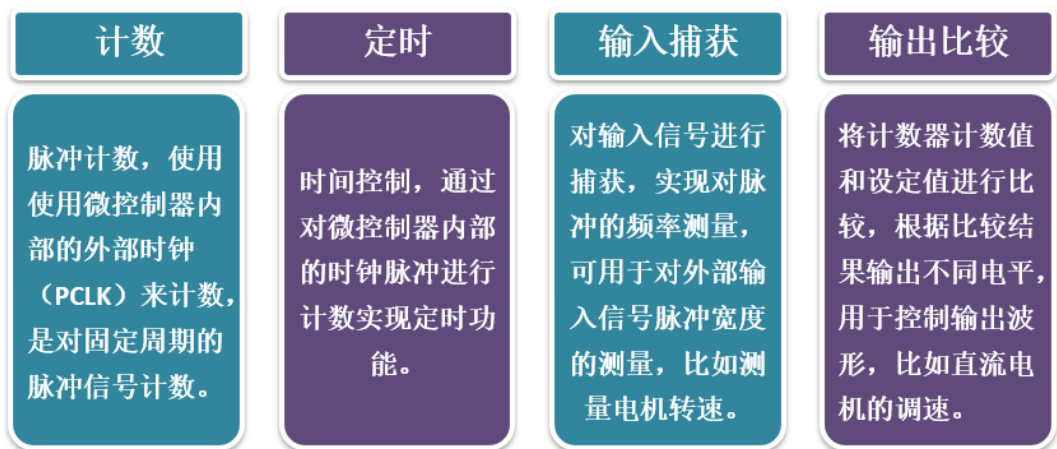
### • 1. 先复习一下定时器吧



### • STM32系统有五个时钟源：

- HSI：高速内部时钟，由HSI RC（高速内部时钟振荡器）产生，频率为8MHz
- HSE：高速外部时钟，外部晶振
- LSI：低速内部时钟
- LSE：低速外部时钟
- PLLCLK：锁相环倍频输出信号（PLLMUL倍频）

### • 2. 定时器的主要功能



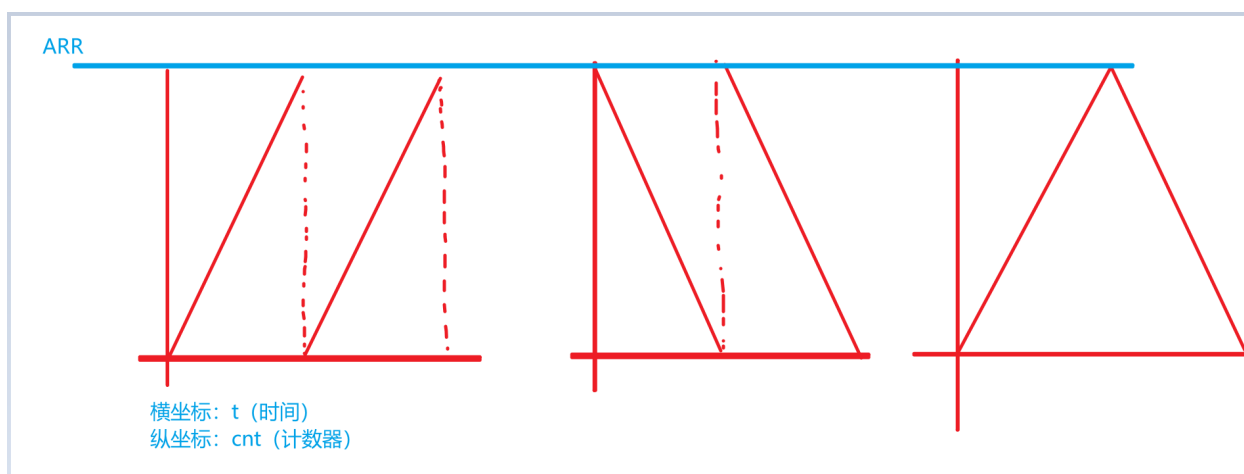
3. 定时器的类型（摘自中文参考手册）

- ▶ 14 高级控制定时器（TIM1 和 TIM8）
- ▶ 15 通用定时器（TIM2 到 TIM5）
- ▶ 16 通用定时器（TIM9 到 TIM14）
- ▶ 17 基本定时器（TIM6 和 TIM7）

主要特点	基本定时器	通用定时器	高级定时器
内部时钟CK_INT来源	APB1分频器	APB1分频器	APB2分频器
预分频器的位数(分频范围)	16位 (1~65536)	16位 (1~65536)	16位 (1~65536)
计数器的位数（计数范围）	16位 (1~65536)	16位 (1~65536)	16位 (1~65536)
更新中断和DMA	√	√	√
计数方向	↑	↑、↓、↑↓	↑、↓、↑↓
外部事件计数	x	√	√
定时器触发或级联	x	√	√
4个独立捕获/比较通道	x	√	√
单脉冲输出方式	x	√	√
正交编码器输入	x	√	√
霍尔传感器输入	x	√	√
刹车信号输入	x	x	√
带死区的PWM互补输出	x	x	√

- 高级控制定时器：适用于高性能应用场景
- 通用定时器：以上功能均支持
- 基本定时器：仅提供计数功能，不支持输入捕获或PWM
- 4. 通用定时器
  - 4.1. 关键寄存器（16位）：

- 计数器寄存器 (TIMx\_CNT) : 存储当前定时器的计数, 计数方向取决于定时器模式 (向上, 向下或中心对齐)



- 预分频寄存器 (TIMx\_PSC) : 取值1~65535 ( $2^{16}-1$ )
- 自动重载寄存器 (TIMx\_ARR) :
  - 向上计数模式下, 计数器从0计数到自动重载值TIMx\_ARR计数器中的值, 然后重新从0开始计数, 并产生一个计数器向上溢出事件
  - ...

#### 4.2. 定时时间的计算公式

定时时间由 TIM\_TimeBaseInitTypeDef 中的 TIM\_Prescaler 和 TIM\_Period 设定。TIM\_Period 的大小实际上表示的是需要经过 TIM\_Period 次计数后才会发生一次更新或中断。TIM\_Prescaler 是时钟预分频数。

设脉冲频率为 TIMxCLK, 定时公式为:

$$T = (TIM\_Period + 1) \times (TIM\_Prescaler + 1) / TIMxCLK$$

假设系统时钟是 72 MHz, 系统时钟部分初始化程序为:

```
TIM_TimeBaseStructure.TIM_Prescaler=35999; //分频 35 999
```

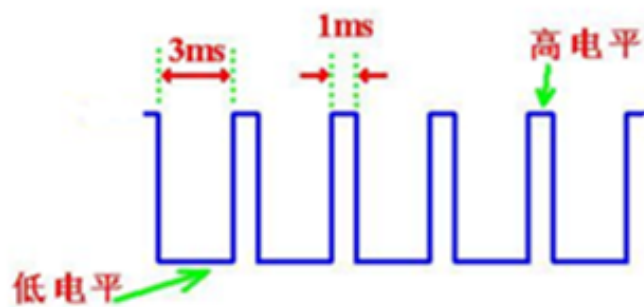
```
TIM_TimeBaseStructure.TIM_Period = 999; //计数值 999
```

定时时间为:

$$\begin{aligned} T &= (TIM\_Period + 1) \times (TIM\_Prescaler + 1) / TIMxCLK \\ &= (999 + 1) \times (35999 + 1) / 72M = 0.5 \text{ 秒} \end{aligned}$$

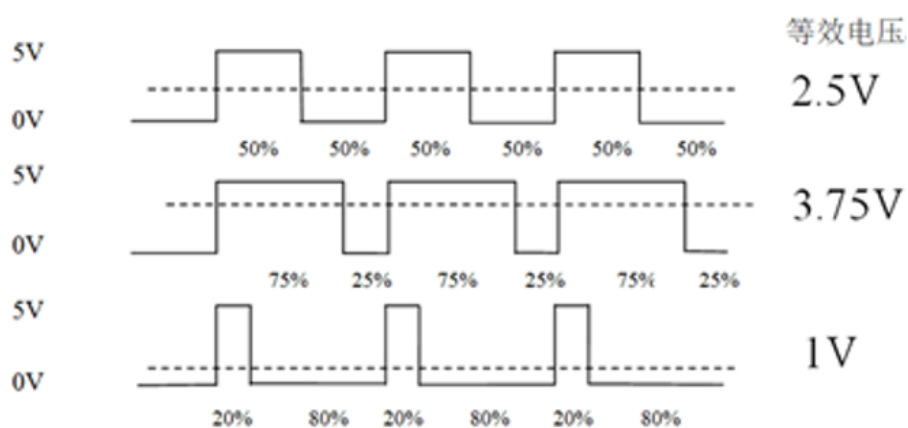
#### 5. PWM波 (Pulse Width Modulation, 脉冲宽度调制)

- 即: 一个周期内高电平持续的时间就是脉冲宽度(脉宽), 而PWM (脉冲宽度调制) 就是控制一个周期内的高电平的持续时间, 高电平的时间在一个周期内所占的时间也叫占空比。

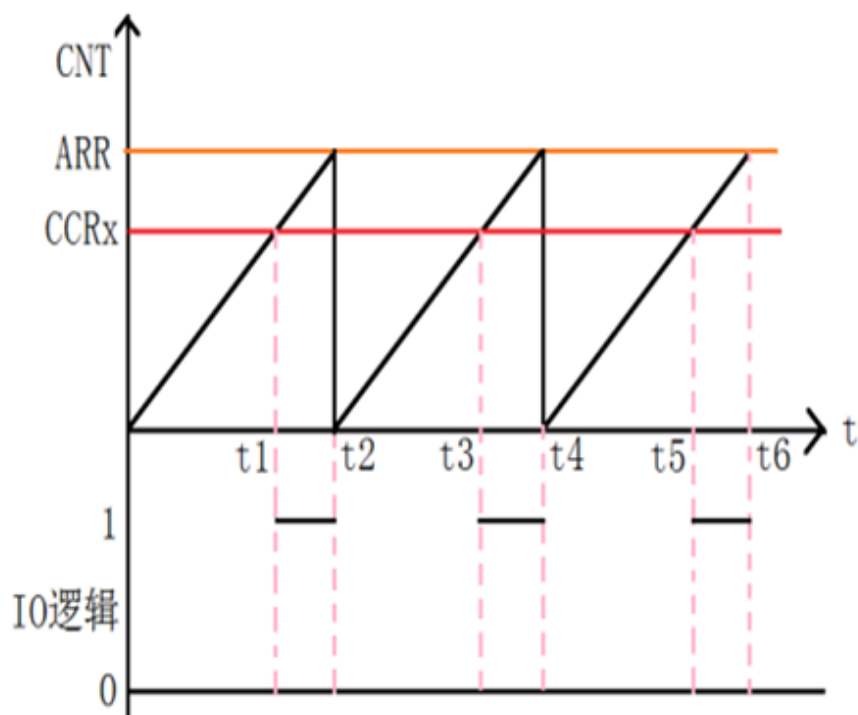


- PWM波的作用：

- 输出模拟电压：通过电压高低来控制LED的亮度等，输出电压=(接通时间÷脉冲时间)×最大电压值



- PWM波工作过程：



- 名词解释：

- ARR：自动重装载值
- CNT：定时器计数器当前的值

- CCRx: 比较寄存器x的值
- 工作过程:
  - 当 $CNT < CCRx$ 时, 输出无效电平【低电平】(0),  $CNT > CCRx$ 时, 输出有效电平【高电平】(1), 当 $CNT == ARR$ 时, 重新归零, 再重新向上计数
  - 所以, 改变CCRx的值就可以改变PWM输出的占空比
    - 改变CCRx→高电平和低电平持续的时间发生变化, 改变占空比, 改变模拟电压
  - 改变ARR的值, 就可以改变PWM输出的频率
    - 改变ARR→改变了定时器的溢出值, 改变了周期长度→改变PWM波形频率
- [PWM波形计算案例]:
  - 假设psc分频为71, arr设置为4999,  $Tout = ((arr+1)*(psc+1))/Tclk = 5ms$ , 所以如果想让PWM输出高电平的时间为2.5ms的话, 高电平占的时间就应占50%, 所以CCRx设置为2500
- 6. 培训任务

## 任务五(改)

1: 让LED0 (引脚为PF9) 的小灯泡模拟呼吸灯的效果, 逐渐变亮后又逐渐变暗, 一个周期的时间不限。