定时器的工作说明如下图。

定时器	计数器分辨率	计数器类型	预分频系数	产生DMA请求	捕获/比较通道	互补输出
TIM1 TIM8	16位	向上，向下，向上/向下	1-65536之间的任意数	可以	4	有
TIM2 TIM3 TIM4 TIM5	16位	向上，向下，向上/向下	1-65536之间的任意数	可以	4	没有
TIM6 TIM7	16位	向上	1-65536之间的任意数	可以	0	没有

(P 2-4-87) 定时器工作说明

8 个定时器分成 3 个组;

TIM1 和 TIM8 是高级定时器

TIM2-TIM5 是通用定时器

TIM6 和 TIM7 是基本的定时器

这 8 个定时器都是 16 位的，它们的计数器的类型除了基本定时器 TIM6 和 TIM7 都支持向上，向下，向上 / 向下这 3 种计数模式。

计数器三种计数模式:

向上计数模式: 从 0 开始，计到 arr（重装载值，即我们所需的定时时间）预设值，产生溢出事件，返回重新计时

向下计数模式: 从 arr 预设值开始，计到 0，产生溢出事件，返回重新计时

中央对齐模式: 从 0 开始向上计数，计到 arr 产生溢出事件，然后向下计数，计数到 1 以后，又产生溢出，然后再从 0 开始向上计数。(此种技术方法也可叫向上 / 向下计数）。

基本定时器（TIM6，TIM7）的主要功能:

只有最基本的定时功能，。基本定时器 TIM6 和 TIM7 各包含一个 16 位自动装载计数器，由各自的可编程预分频器驱动。

通用定时器 (TIM2~TIM5) 的主要功能 :

除了基本的定时器的功能外，还具有测量输入信号的脉冲长度（ 输入捕获） 或者产生输出波形（ 输出比较和 PWM)。

高级定时器（TIM1，TIM8）的主要功能:

高级定时器不但具有基本，通用定时器的所有的功能，还具有控制交直流电动机所有的功能，你比如它可以输出 6 路互补带死区的信号，刹车功能（了解即可）等等。

通用定时器的时钟来源:

a: 内部时钟 (CK_INT)

b: 外部时钟模式 1: 外部输入脚 (TIx)

c: 外部时钟模式 2: 外部触发输入 (ETR)

d: 内部触发输入 (ITRx): 使用一个定时器作为另一个定时器的预分频器

通用定时期内部时钟的产生:

从时钟树图中可以看到通用定时器（TIM2-7）的时钟不是直接来自 APB1，而是通过 APB1 的预分频器以后才到达定时器模块。

当 APB1 的预分频器系数为 1 时，这个倍频器就不起作用了，定时器的时钟频率等于 APB1 的频率;

当 APB1 的预分频系数为其它数值 (即预分频系数为 2、4、8 或 16) 时，这个倍频器起作用，定时器的时钟频率等于 APB1 时钟频率的两倍。

自动装在寄存器 arr 值的计算：

Tout=((arr+1)*(psc+1))/Tclk;

Tclk：TIM3 的输入时钟频率（单位为 Mhz）。

Tout：TIM3 溢出时间（单位为 us）。

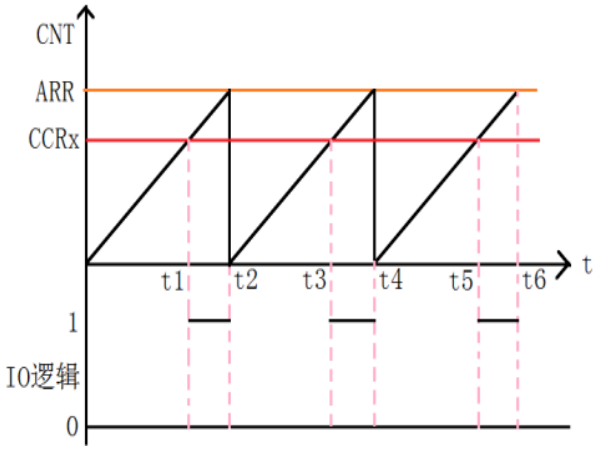
计时 1S，输入时钟频率为 72MHz，加入 PSC 预分频器的值为 35999，那么：

((1+psc)/72M)*(1+arr)=((1+35999)/72M)*(1+arr)=1 秒

则可计算得出自动窗装载寄存器 arr=1999。

接下来我们介绍一下定时器中很重要的一项功能：PWM。作为了解即可。通用定时器 PWM 工作原理

以 PWM 模式 2，定时器 3 向上计数，有效电平是高电平，定时器 3 的第 3 个 PWM 通道为例：



(P 2-4-88)PWM

定时器 3 的第 3 个 PWM 通道对应是 PB0 这引脚，三角顶点的值就是 TIM3_ARR 寄存器的值，上图这条红线的值就 TIM3_CCR3 当定时器 3 的计数器（TIM3_CNT）刚开始计数的时候是小于捕获/比较寄存器（TIM3_CCR3）的值，此时 PB0 输出低电平，随着计数器（TIM3_CNT）值慢慢的增加，当计数器（TIM3_CNT）大于捕获/比较寄存器（TIM3_CCR3）的值时，这时 PB0 电平就会翻转，输出高电平，计数器（TIM3_CNT）的值继续增加，当 TIM3_CNT=TIM3_ARR 的值时，TIM3_CNT 重新回到 0 继续计数，PB0 电平翻转，输出低电平，此时一个完整的 PWM 信号就诞生了。

PWM 输出模式；

STM32 的 PWM 输出有两种模式：

模式 1 和模式 2，由 TIMx_CCMRx 寄存器中的 OCxM 位确定的（“110”为模式 1，“111”为模式 2）。区别如下：

110：PWM 模式 1 - 在向下计数时，一旦 TIMx_CNT>TIMx_CCR1 时通道 1 为无效电平(OC1REF=0)，否则为有效电平(OC1REF=1)。

111：PWM 模式 2 - 在向上计数时，一旦 TIMx_CNTTIMx_CCR1 时通道 1 为有效电平，否则为无效电平。

由以上可知：

模式 1 和模式 2 正好互补，互为相反，所以在运用起来差别也并不太大。而从计数模式上来看，PWM 也和 TIMx 在作定时器时一样，也有向上计数模式、向下计数模式和中心对齐模式。

PWM 的输出管脚：

不同的 TIMx 输出的引脚是不同的（此处涉及管脚重映射）

TIM3 复用功能重映射：

复用功能	TIM3_REMAP[1:0] = 00 (没有重映像)	TIM3_REMAP[1:0] = 10 (部分重映像)	TIM3_REMAP[1:0] = 11 (完全重映像)(1)
TIM3_CH1	PA6	PB4	PC6
TIM3_CH2	PA7	PB5	PC7
TIM3_CH3	PB0		PC8
TIM3_CH4	PB1		PC9

(P 2-4-89)TIM3 复用功能重映射

注：重映射是为了 PCB 的设计方便。值得一提的是，其分为部分映射和全部映射。

PWM 输出频率的计算：

PWM 输出的是一个方波信号，信号的频率是由 TIMx 的时钟频率和 TIMx_ARR 这个寄存器所决定的

输出信号的占空比则是由 TIMx_CRRx 寄存器确定：

占空比 =(TIMx_CRRx/TIMx_ARR)*100%

PWM 频率的计算公式为：

$$F = \frac{72M}{(ARR + 1) \times (PSC + 1)}$$

其中：

F 就是 PWM 输出的频率，单位是：HZ；

ARR 就是自动重装载寄存器（TIMx_ARR）；

PSC 就是预分频器（TIMx_PSC）；

72M 就是系统的频率。

接下来，我们就要进入重点中的重点——中断。在 51 的学习中我们已经了解了一部分中断的知识，并且大致上可以理解中断的意思即是系统通过判断中断标志位，来允许或是不允许进入中断服务函数，进行函数内代码的操作。考虑到入门级别的了解性，我们将分为以下几点进行粗略的讲解。讲解的过程中会涉及到寄存器的相关讲解。

一 、基础知识

1. cortex-m3 支持 256 个中断，其中包含了 16 个内核中断，240 个外部中断。可谓是十分丰富的中断体系。

2. stm32 只有 84 个中断，包括 16 个内核中断和 68 个可屏蔽中断 。

3. stm32f103 上只有 60 个可屏蔽中断，f107 上才有 68 个中断 。根据 32 单片机系列的不同，中断的个数也不尽相同。

4. 先占优先级也就是抢占优先级，概念等同于 51 单片机中的中断。假设有两中断先后触发，已经在执行的中断先占优先级如果没有后触发的中断 先占优先级更高，就会先处理先占优先级高的中断。也就是说又有较高的先占优先级的中断可以打断先占优先级较低的中断。这是实现中断嵌套的基础。

5. 次占优先级，也就是响应优先级，只在同一先占优先级的中断同时触发时起作用，先占优先级相同，则优先执行次占优先级较高的中断。次占优先级不会造成中断嵌套。 如果中断的两个优先级都一致，则优先执行位于中断向量表中位置较高的中断。

6. NVIC 是什么？

嵌套向量中断控制器；用于为中断分组，从而分配抢占优先级和响应优先级；

分组的方式有两种：

（1）Cortex-m3 内核提供了一种 3 位宽度的 PRIGROUP 数据区，用于指示一个 8 位数据序列中的小数点的位置，从而表示中断优先级的分组。见下表：

组	AIRCR[10:8]	IPR 分配情况	分配结果	
0	111	0：7	0 位抢占优先级，7 位响应优先级	2^0=1 个抢占优先级，2^7=128 个响应优先级
1	110	1：6	1 位抢占优先级，6 位响应优先级	2^1=2 个抢占优先级，2^6=64 个响应优先级
2	101	2：5	2 位抢占优先级，5 位响应优先级	2^2=4 个抢占优先级，2^5=32 个响应优先级
3	100	3：4	3 位抢占优先级，4 位响应优先级	2^3=8 个抢占优先级，2^4=16 个响应优先级
4	011	4：3	4 位抢占优先级，3 位响应优先级	2^4=16 个抢占优先级，2^3=8 个响应优先级
5	010	5：2	5 位抢占优先级，2 位响应优先级	2^5=32 个抢占优先级，2^2=4 个响应优先级
6	001	6：1	6 位抢占优先级，1 位响应优先级	2^6=64 个抢占优先级，2^1=2 个响应优先级
7	000	7：0	7 位抢占优先级，0 位响应优先级	2^7=128 个抢占优先级，2^0=1 个响应优先级

（P 2-4-90）分组方式一

（2）而实际上 STM32 并没有用到这么多中断，所以在分组上只分了 5 个组，并且表示方法有所不同；见下表：

组	AIRC[10:8]	IPR[7:4]分配情况	分配结果	备注
0	111	0：4	0 位抢占优先级，4 位响应优先级	2^0=1 个抢占优先级，2^4=16 位响应优先级
1	110	1：3	1 位抢占优先级，3 位响应优先级	2^1=2 个抢占优先级，2^3=8 个响应优先级
2	101	2：2	2 位抢占优先级，2 位响应优先级	2^2=4 个抢占优先级，2^2=4 个响应优先级
3	100	3：1	3 位抢占优先级，1 位响应优先级	2^3=8 个抢占优先级，2^1=2 个响应优先级
5	011	4：0	4 位抢占优先级，0 位响应优先级	2^4=16 个抢占优先级，2^0=1 个响应优先级

（P 2-4-91）分组方式二

我们在应用当中只会用到 STM32 的分组（５组）方式，所以下面着重于５组分组方式。

二、中断向量表（STM32F10x 系列）

位置	优先级	优先级类型	名称	说明	地址
	-	-	-	保留	0x0000_0000
	-3	固定	Reset	复位	0x0000_0004
	-2	固定	NMI	不可屏蔽中断 RCC时钟安全系统(CSS)联接到NMI向量	0x0000_0008
	-1	固定	硬件失效(HardFault)	所有类型的失效	0x0000_000C
	0	可设置	存储管理(MemManage)	存储器管理	0x0000_0010
	1	可设置	总线错误(BusFault)	预取指失败，存储器访问失败	0x0000_0014
	2	可设置	错误应用(UsageFault)	未定义的指令或非法状态	0x0000_0018
	-	-	-	保留	0x0000_001C ~0x0000_002B
	3	可设置	SVCall	通过SWI指令的系统服务调用	0x0000_002C
	4	可设置	调试监控(DebugMonitor)	调试监控器	0x0000_0030
	-	-	-	保留	0x0000_0034
	5	可设置	PendSV	可挂起的系统服务	0x0000_0038
	6	可设置	SysTick	系统嘀嗒定时器	0x0000_003C
0	7	可设置	WWDG	窗口定时器中断	0x0000_0040
1	8	可设置	PVD	连到EXTI的电源电压检测(PVD)中断	0x0000_0044
2	9	可设置	TAMPER	侵入检测中断	0x0000_0048
3	10	可设置	RTC	实时时钟(RTC)全局中断	0x0000_004C
4	11	可设置	FLASH	闪存全局中断	0x0000_0050