

EE351

微机原理与微系统

姜俊敏

电子与电子工程系

课程信息

- 任课教师： 姜俊敏 (jiangjm@sustech.edu.cn)
- 助教： 宋炜烨 (21级硕士) (12132140@mail.sustech.edu.cn)
邓豪强 (19级本科生) (denghq2019@mail.sustech.edu.cn)
- 课程安排：
 - 周二：理论课 [1-16周][一教401][5-6节] 50%时间
 - 周三：实验课 [1-16周][三教502机房][7-8节] 50%时间

第八章 定时器计数器

本章学习目标

定时/计数器及其应用

- ◆ 定时/计数器的工作方式
- ◆ 定时/计数器量程的扩展

定时/计数器

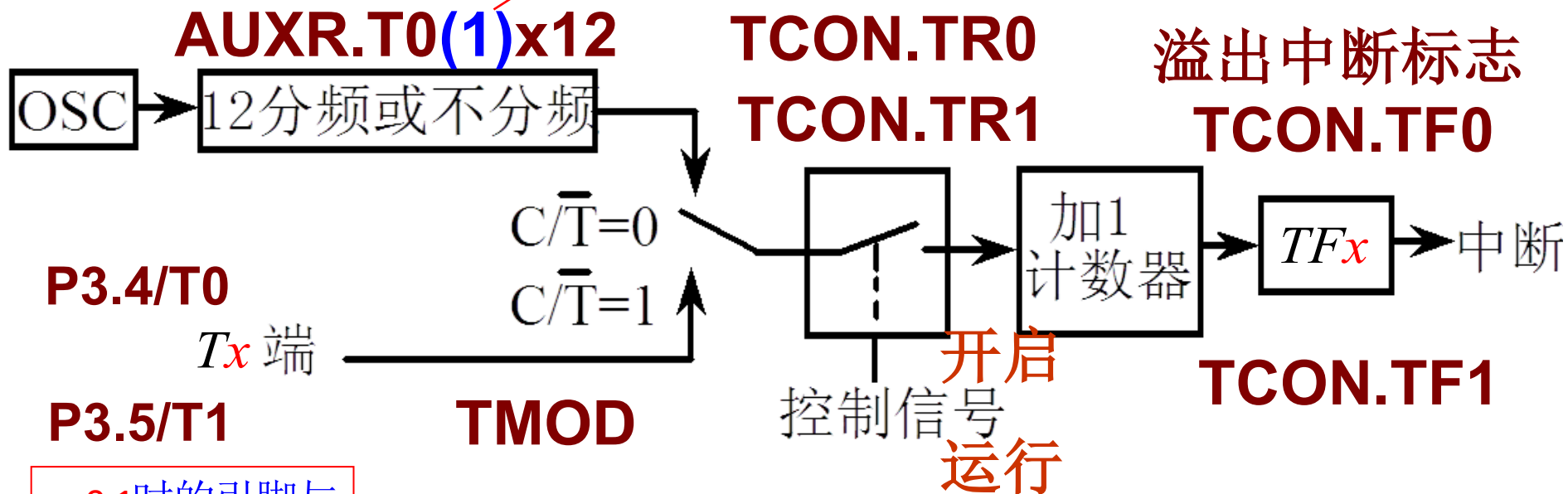
单片机内部集成了五个16位的定时/计数器（T0、T1、T2、T3和T4），不仅可以方便地用于定时控制，而且还可以用作分频器和用于事件记录；

另外，可以设置使用可编程时钟输出功能，用于给外部器件提供时钟。

定时/计数器的结构及工作原理

定时/计数器的核心是一个加1计数器,加1计数器的脉冲有两个来源,一个是外部脉冲源(T_x 脚, $x=0,1,2,3,4$),另一个是系统时钟振荡器。

括号内1表示T1x12, 以下类同



$x=0,1$ 时的引脚与
控制标志位

图7-1 定时/计数器的结构框图 ($x=0,1,2,3,4$,下同)

定时/计数器的结构及工作原理

图中有两个模拟位开关, **TMOD.C/T** 决定工作方式: 是定时还是计数。

控制信号(由**TCON.TR0(1)**等形成) 决定计数器开启与关闭。

用户可对特殊功能寄存器**TMOD**, **TCN**相应位设置, 从而选择不同工作方式(计数或定时)或是否启动计数器。

AUXR中**T0x12**, **T1x12**决定是否对振荡时钟进行12分频。

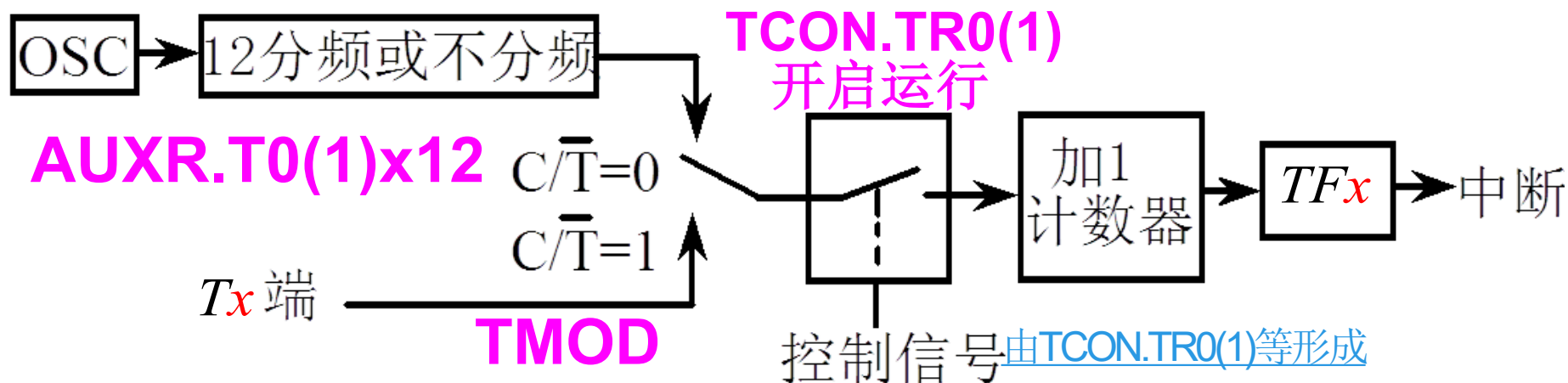


图7-1 定时/计数器的结构框图($x=0,1,2,3,4$, 下同)

定时/计数器的结构及工作原理

当脉冲源为时钟振荡器(等间隔脉冲序列)时, 每个时钟周期计数器加1, 因计数脉冲为一时间基准, 所以脉冲数乘以脉冲间隔时间即定时时间, 因此有定时功能。

当脉冲源为外部脉冲(通常间隔不等)时, 就是外部事件计数器, 当外输入端上有1→0的跳变时计数器加1。

外部输入信号速率是不受限制的,但须保证给出的电平在变化前至少被采样一次。

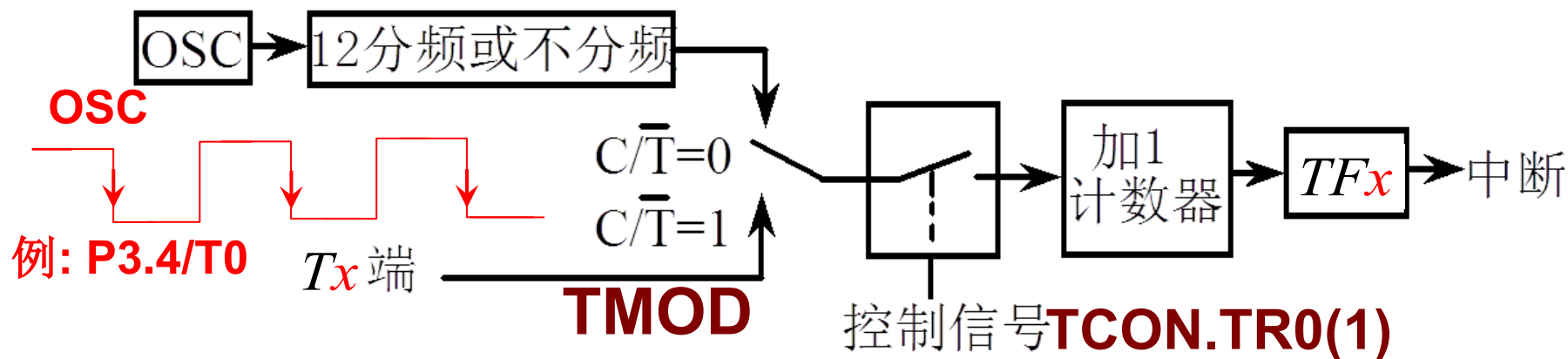
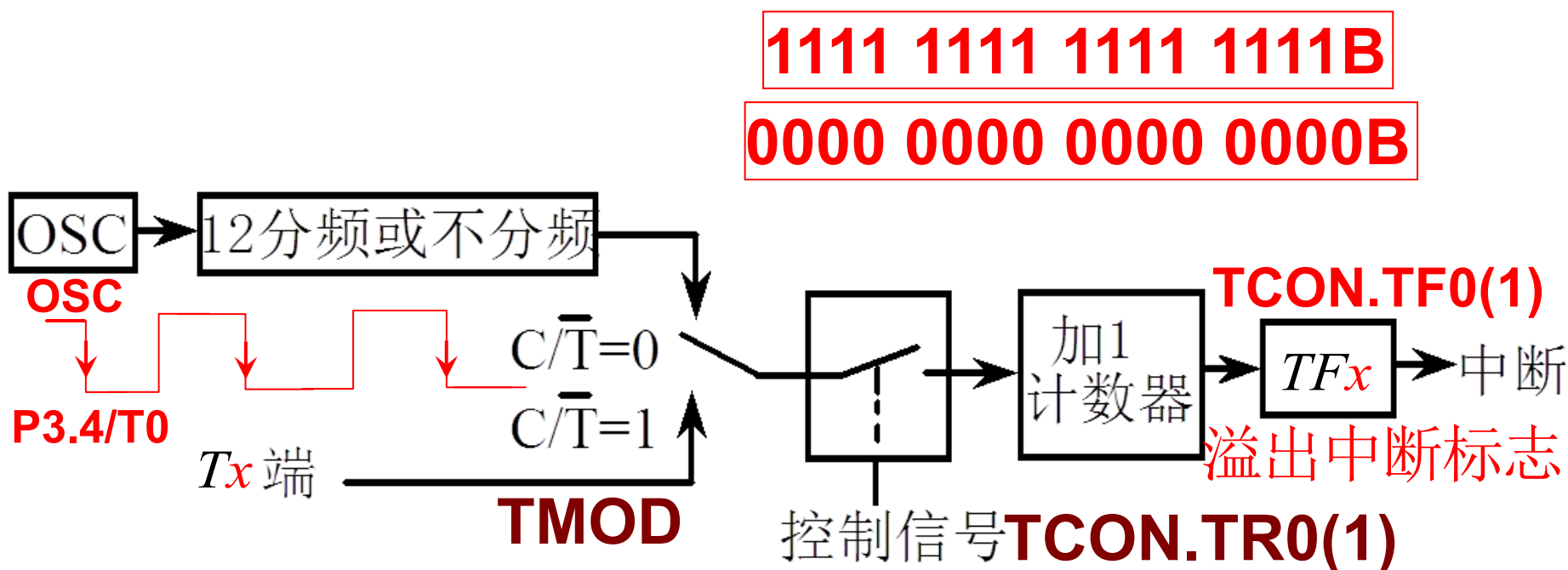


图7-1 定时/计数器的结构框图 ($x=0,1,2,3,4$, 下同)

定时/计数器的结构及工作原理

- 计数器对这两个脉冲源之一进行输入计数，每输入一个脉冲，计数值加1。
- 当计数到计数器全1时，再输入一个脉冲就使计数值回零，同时从最高位溢出一个脉冲使寄存器TCON的TF0或TF1置1，作为计数器的溢出中断标志。
- 如果定时/计数器工作于定时状态，则表示定时时间到；若工作于计数状态，则表示计数回零。



定时/计数器量程的扩展

➤ 实际中需要的定时时间常数超过定时器的定时能力, 特别当单片机系统时钟频率较高时, 定时时长就更有限。为满足需要, 经常需对单片机的定时能力进行扩展。

1、定时器的最大定时能力

◇ 定时状态时, 定时器是对时钟周期进行计数, 若对时钟进行12分频, 则每12个时钟周期计数一次。

◇ 当晶振频率为11.0592MHz, 用12分频时, 计数的单位时间为:

$$\text{单位时间为: } T_u = \frac{12}{\text{晶振频率}} = \frac{12}{11059200} \text{ s}$$

定时时间为: $T_c = XT_u$ 。其中, T_u 为单位时间,

T_c 为定时时间, X 为所需计数的次数值。

1、定时器的最大定时能力

计数次数与计数初值

$$\text{单位时间: } T_u = \frac{12}{11059200} s$$

$$\text{定时时间: } T_c = X T_u, X \text{ 为所需计数次数 } (X = T_c / T_u)。$$

IAP15W4K58S4单片机的定时/计数器是加1计数器。因此, 不能直接将实际的计数次数值X作为计数初值送入计数寄存器THx、TLx中。

当使用工作方式0,1时, 必须将实际计数次数值以 2^{16} 为模求补, 以补码作为计数初值送入THx和TLx。

应装入定时/计数器的计数初值N为:

$$N = 2^{16} - \frac{T_c}{T_u}$$

X: 计数次数值

例如计数初值:

| | |
|----|----------------------|
| 1 | 1111 1111 1111 1111B |
| 2 | 1111 1111 1111 1110B |
| 16 | 1111 1111 1111 0000B |

定时器的最大定时能力

计数次数与计数初值

例如: 已知 $T_u = \frac{12}{11059200} s$ 要求定时 $T_c = 10ms$,



晶振频率为11.0592MHz, 用12分频时

$$\text{则: 计数次数} = \frac{T_c}{T_u} = 10ms / \frac{12}{11059200} s = 9216$$

◆ 对方式0,1 计数初值(时间常数): $2^{16} - 9216 = 56320 = 0DC00H$

(THx装入DCH, TLx装入00H)。

$$\text{计数初值} = 2^{16} - \text{计数次数}$$

1101 1100 0000 0000B

当系统时钟频率为11.0592MHz, 12分频时:

◆ 16位定时器最大定时能力为: $T = 2^{16} \times \frac{12}{11059200} s$

计数初值: 0000 0000 0000 0000 $\approx 71.11ms$

2、定时量程的扩展

定时量程的扩展分为**软件扩展**和**硬件扩展**两种方法。

(1) 软件扩展方法

软件扩展方法是在**定时器中断服务程序**中对**定时器中断请求次数**进行计数，当中断请求次数达到要求值时才进行相应的处理。

◇例如，**某事件的处理周期为1s**，由于受到最大定时时间(**71.11ms**)的限制，无法一次完成定时。

◆可将定时器的**定时时间**设为**10ms**，启动定时器后，每一次**定时器溢出中断**将产生**10ms**的定时。

◆在**中断服务程序**中对**定时器中断次数**进行计数，每计数**100**次进行一次事件处理，则可实现**1s**的定时效果。

2、定时量程的扩展

(2) 硬件扩展方法

- 硬件扩展方法可以使用外接通用定时器芯片对单片机的定时能力进行扩展。
- 也可以利用单片机自身的资源对定时能力进行扩展。
- 例如, 将两个定时器串联起来使用 (一个用于定时方式, 另一个用于计数方式, 请分析其最大定时时间)。

◆当系统时钟频率为**11.0592MHz**, **12分频**时:

◆**16位定时器最大定时能力为: $T \approx 71.11\text{ms}$**

◆**两个串联最大定时时间: $T = 2^{16} \times 71.11\text{ms} \approx 4660.26\text{ s}$**

由于该扩展方法占用较多的资源, 较少采用。