

初学者园地  
手把手教你学单片机(九)

[套件供应]

教你学单片机(九)

周兴华

MCS-51 单片机可提供两个 16 位的定时器/计数器：定时器/计数器 1 和定时器/计数器 0。它们均可用作定时器或事件计数器，为单片机系统提供计数和定时功能。

定时器/计数器的结构及工作原理

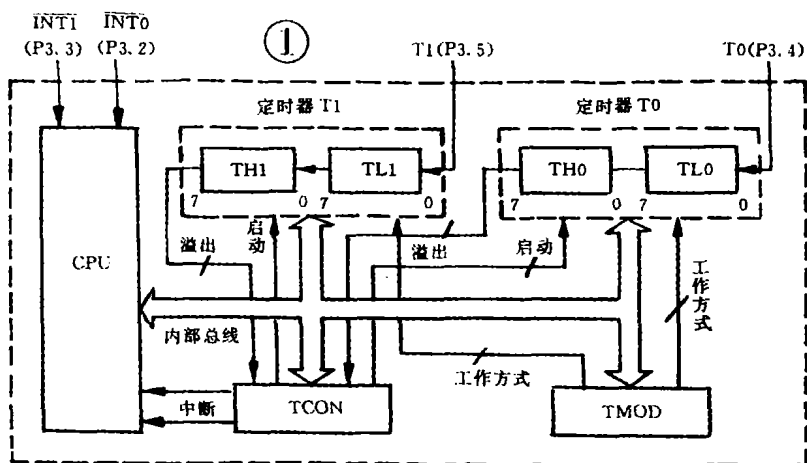
图 1 为定时器/计数器的结构框图。

由图 1 可见，定时器/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，另一个是系统的时钟振荡器。计数器对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。当计数到计数器为全 1 时，再输入一个脉冲就使计数值回零，同

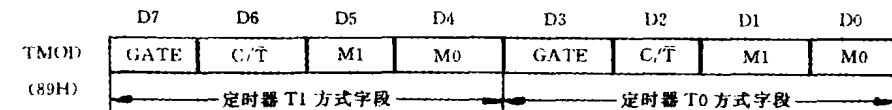
脉冲序列)时，由于计数脉冲为一时间基准，所以脉冲数乘以脉冲间隔时间就是定时时间，因此为定时功能。当脉冲源为间隔不等的外部脉冲发生器时，就是外部事件的计数器，因此为计数功能。

用作“定时器”时，在每个机器周期寄存器加 1，也可以把它看作是在累计机器周期。由于一个机器周期包括 12 个振荡周期，所以，它的计数速率是振荡频率的 1/12。如

果单片机采用 12MHz 晶体，则计数频率为 1MHz，即每微秒计数器加 1。



时从最高位溢出一个脉冲使特殊功能寄存器 TCON (定时器控制寄存器)的某一位 TFO 或 TF1 置 1, 作为计数器的溢出中断标志。如果定时器/计数器工作于定时器状态, 则表示定时的时间到, 若工作于计数状态, 则表示计数回零。所以, 加 1 计数器的基本功能是对输入脉冲进行计数, 至于其工作于定时还是计数状态, 则取决于外接什么样的脉冲源。当脉冲源为时钟振荡器(等间隔



的 1/24。

定时器/计数器 T0 由两个 8 位特殊功能寄存器 TH0 和 TL0 构成，定时器/计数器 T1 由两个 8 位特殊功能寄存器 TH1 和 TL1 构成。方式寄存器 TMOD 用于设置定时器/计数器的工作方式，控制寄存器 TCON 用于启动和停止定时器/计数器的计数，并控制定时器/计数器的状态。对于每一个定时器/计数器其内部结构实质上是一个可编程加法计数器，由编程来设置它工作在定时状态或计数状态。8 位特殊功能寄存器 TH0 和 TL0 (或 TH1 和 TL1) 可被程控为不同的组合状态 (13 位、16 位、两个分开的 8 位等)，从而形成定时器/计数器四种不同的工作方式，这也只需用指令改变 TMOD 的相应位即可。

定时器/计数器方式寄存器和控制寄存器

方式寄存器 TMOD 和控制寄存器 TCON 用于控制定时器/计数器的工作方式，一旦把控制字写入 TMOD 和 TCON 后，在下一条指令的第一个机器周期初 (S1P1 期间) 就发生作用。

两个寄存器格式如下：

1. 定时器/计数器方式寄存器 TMOD

其中高 4 位控制定时器 T1, 低 4 位控制定时器 T0。

M1、M0: 工作方式选择位。定时器/计数器具有 4 种工作方式, 由 M1、M0 位来定义, 如下表。

bit	8FH	8EH	8DH	8CH	8BH	8AH	89H	88H
TCON (88H)	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
					与外部中断有关			

这样不但可以根据计数值计算出定时时间，也可以反过来按定时时间的要求计算出应计数的预置值。

用作“计数器”时，MCS-51 在其对应的外输入端 T0 (P3.4) 或 T1 (P3.5) 有一个输入脉冲的负跳变时加 1。最快的计数速率是振荡频率

C/T: 选择“计数器”或“定时器”功能, C/T=1 为计数器功能(计数在 T0 或 T1 端的负跳变)。C/T=0 为定时器功能(计机器周期)。

GATE: 选通控制。GATE=0, 由软件控制 TR0 或 TR1 位启动定时器; GATE=1, 由外部中断引脚 INT0

(P3.2)和  $\overline{\text{INT1}}$  (P3.3)输入电平分别控制 T0 和 T1 的运行。

2. 定时/计数器控制寄存器 TCON

TF1: 定时器 T1 溢出中断标志, 当定时器 T1 溢出时由内部硬件置位, 申请中断, 当单片机转向中断服务程序时, 由内部硬件将 TF1 标志位清 0。

TR1: 定时器 T1 运行控制位, 由软件置位/清除来控制定时器 T1 开启/关闭。当 GATE (TMOD.7) 为 0 而 TR1 为 1 时, 允许 T1 计数; 当 TR1 为 0 时禁止 T1 计数。当 GATE (TMOD.7) 为 1 时, 仅当 TR1=1 且  $\overline{\text{INT1}}$  输入为高电平才允许 T1 计数, TR1=0 或  $\overline{\text{INT1}}$  输入低电平都禁止 T1 计数。

TF0: 定时器 T0 溢出标志, 其含义与 TF1 类同。

TR0: 定时器 T0 的运行控制位, 其含义与 TR1 类同。

复位时, TMOD 和 TCON 的所有位均清 0。

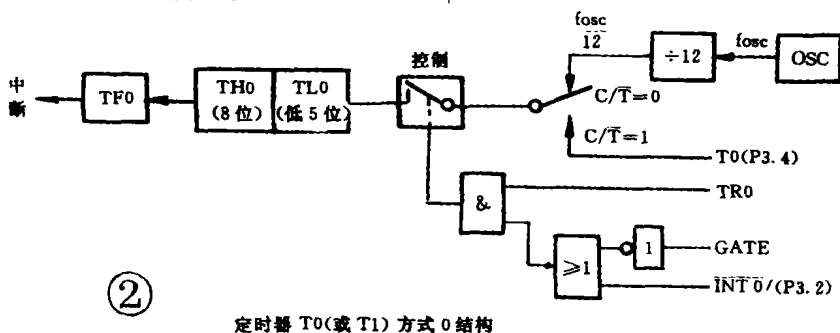
TCON 的低 4 位与外部中断有关, 在下一讲再作论述。

定时器/计数器的工作方式

2 个 16 位定时器/计数器具有定时和计数两种功能, 每种功能包括了 4 种工作方式。用户通过指令把方式字写入 TMOD 中来选择定时器/计数器的功能和工作方式, 通过把计数的初始值写入 TH 和 TL 中来控制计数长度, 通过对 TCON 中相应位进行置位或清 0 来实现启动定时器工作或停止计数。还可以读出 TH、TL、TCON 中的内容来查询定时器的状态。

1. 方式 0

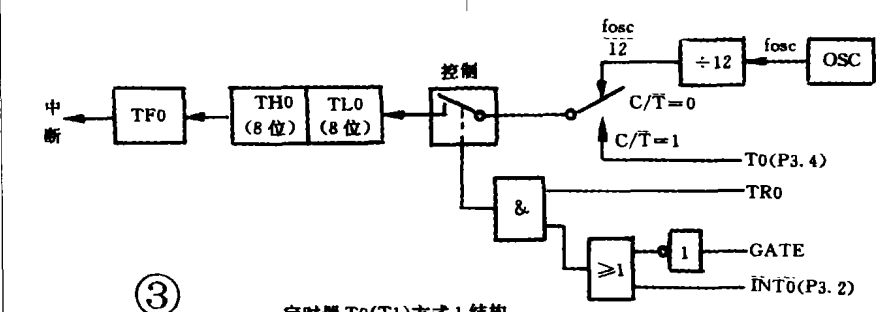
当 M1M0 两位为 00 时, 定时器/计数器被选为工作方式 0。其等效框图如图 2 所示。



方式 0 是一个 13 位的定时器/计数器。定时器 T1 的结构和操作与定时器 T0 完全相同。在这种方式下, 16 位寄存器 (TH0 和 TLO) 只用 13 位。其中 TLO 的高 3 位未用, 其余位占整个 13 位的低 5 位, TH0 占高 8 位。当 TLO 的低 5 位溢出时向 TH0 进位, 而 TH0 溢出时向中断标志 TFO 进位 (硬件置位 TFO), 并申请中断。定时器 T0 计数溢出与否可通过查询 TFO 是否置位, 或是否产生定时器 T0 中断而知道。

当  $C/\overline{T}=0$  时, 多路开关连接振荡器的 12 分频器输出, T0 对机器周期计数, 这就是定时工作方式。

当  $C/\overline{T}=1$  时, 多路开关与引脚 P3.4 (T0) 相连, 外部计数脉冲由引脚 T0 输入。当外信号电平发生 1 到



0 跳变时, 计数器加 1, 这时 T0 成为外部事件计数器。

当 GATE=0 时, 封锁“或”门, 使引脚  $\overline{\text{INT0}}$  输入信号无效。这时, “或”门输出为常“1”, 打开“与”门, 由 TR0 控制定时器 T0 的开启和关闭。若 TR0=1, 接通控制开关, 启动定时器 T0, 允许 T0 在原计数值上作加法计数, 直至溢出。溢出时, 计数寄存器值为 0, TFO=1, 并申请中断, T0 从 0 开始计数。因此, 若希望计数器按原计数初值开始计数, 在计数溢出后, 应给计数器重新赋初值。若 TR0=0, 则关断控制开关, 停

止计数。

当 GATE=1, 且 TR0=1 时, “或”门、“与”门全部打开, 外信号电平通过  $\overline{\text{INT0}}$  直接开启或关断定时器计数。输入“1”电平时, 允许计数, 否则停止计数。这种操作方法可用来测量外信号的脉冲宽度等。

当为计数工作方式时, 计数值的范围是: 1~8192 ( $2^{13}$ )

当为定时工作当时, 定时时间的计算公式为:  $(2^{13}-\text{计数初值}) \times \text{晶振周期} \times 12$  或  $(2^{13}-\text{计数初值}) \times \text{机器周期}$

2. 方式 1

当 M1M0 两位为 01 时, 定时器/计数器被选为工作方式 1。其等效框图如图 3 所示。

方式 1 为 16 位计数结构的工

作方式, 计数器由 8 位 TH0 和 8 位 TLO 构成 (定时器 T1 的结构和操作与定时器 T0 完全相同)。其逻辑电路和工作情况与方式 0 完全相同, 所不同的只是组成计数器的位数。

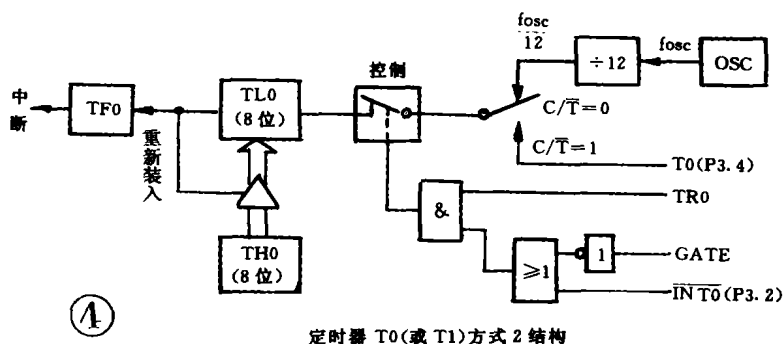
当为计数工作方式时, 计数值的范围是: 1~65536 ( $2^{16}$ )

当为定时工作方式时, 定时时间计算公式为:  $(2^{16}-\text{计数初值}) \times \text{晶振周期} \times 12$  或  $(2^{16}-\text{计数初值}) \times \text{机器周期}$

3. 方式 2

当 M1M0 两位为 10 时, 定时器/计数器被选为工作方式 2。其等效框图如图 4 所示。

方式 0 和方式 1 的最大特点是计数溢出后, 计数器全为 0, 因此循环定时或计数应用时就存在重新设置计数初值的问题, 这不但影响定时精度, 而且也给程序设计带来不便。方式 2 就是针对此问题而设置的, 它具有自动重新加载功能, 因此也可以说方式 2 是自动重新加载工作方式。在这种工作方式下, 把 16



④ 定时器 T0(或 T1)方式 2 结构

位计数器分为两部分,即以 TL0 作计数器,以 TH0 作预置寄存器,初始化时把计数初值分别装入 TL0 和 TH0 中。当计数溢出后,由预置寄存器以硬件方法自动加载。

初始化时,8 位计数初值同时装入 TL0 和 TH0 中。当 TL0 计数溢出时,置位 TF0,同时把保存在 TH0 中的计数初值自动加载装入 TL0 中,然后 TL0 重新计数,如此重复不止,这不但省去了用户程序中的重装指令,而且有利于提高定时精度。但这种方式下计数值有限,最大只能到 256。这种自动重新加载工作方式非常适用于连续定时或计数应用。

当为计数工作方式时,计数值的范围是:1~256( $2^8$ )

当为定时工作方式时,定时时间计算公式为:( $2^8$ -计数初值) $\times$ 晶振周期 $\times 12$ 或( $2^8$ -计数初值) $\times$ 机器周期

#### 4.方式 3

当 M1M0 两位为 11 时,定时器/计数器被选为工作方式 3。

前三种工作方式下,对两个定时器/计数器的使用是完全相同的,

但是在方式 3 下,两个定时器/计数器的工作却是不同的。

定时器/计数器 T0:

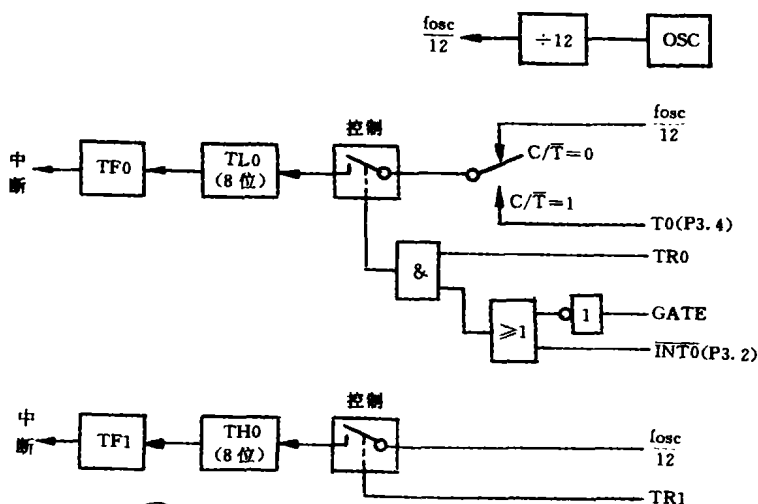
在方式 3 下,定时器/计数器 T0 被拆成两个独立的 8 位计数器 TL0 和 TH0,其中 TL0 既可以计数使用,又可以定时使用,定时器/计数器 T0 的各控制位和引脚信号全归它使用。其功能和操作与方式 0 和方式 1 完全相同,而且逻辑电路结构也极其类似,如图 5。

但 TH0 则只能作为简单的定时器使用,而且由于定时器/计数器 T0 的控制位已被 TL0 所占用,因此只好借用定时器/计数器 T1 的控制位 TR1 和 TF1,即计数溢出置位 TF1,而定时的启动和停止则受 TR1 的状态控制。

由于 TH0 只能作定时器使用而不能作计数器使用,因此在方式 3 下,定时器/计数器 T0 可以构成二个定时器;或一个定时器一个计数器。

定时器/计数器 T1:

如果定时器/计数器 T0 已被设置为工作方式 3,则定时器/计数器



⑤ 定时器 T0 方式 3 结构

T1 只能设置为方式 0,方式 1 或方式 2,因为它的运行控制位 TR1 及计数溢出标志位 TF1 已被定时器/计数器 T0 所占据,在这种情况下,定时器/计数器 T1 通常是作为串行口的波特率发生器使用,因为已没有计数溢出标志位 TF1 可供使用,因此就把计数溢出直接送给串行口,以决定串行通信的速率。当作为波特率发生器使用时,只需设置好工作方式,便自动运行。如要停止工作,只需送入一个把它设置为方式 3 的方式控制字就可以了。因为定时器/计数器 T1 不能在方式 3 下使用,如果硬把它设置为方式 3,就停止工作。

定时器/计数器的初始化

由于定时器/计数器的功能是由软件编程确定的,所以一般在使用定时器/计数器前都要对其进行初始化,使其按设定的功能工作。初始化步骤一般如下:

1. 确定工作方式,对 TMOD 赋值。
2. 预置定时或计数的初值,可直接将初值写入 TH0、TL0 或 TH1、TL1。
3. 根据需要开放定时器/计数器的中断,直接对 IE 位赋值。
4. 启动定时器/计数器,若已规定用软件启动,则可将 TR0 或 TR1 置“1”;若已规定由外中断引脚电平启动,则需给外引脚加启动电平。当实现了启动要求之后,定时器即按规定的工作方式和初值开始计数或定时。(待续)

**配文优惠邮购** (每次邮费保价费 12 元): Keil 51 Windows 集成开发环境 (已汉化光盘, 邮购代号: K1): 46 元。TOP851 多功能编程器 (邮购代号: B1): 400 元。LED 输出试验板 (邮购代号: S1): 90 元。LED 数码管输出试验板 (邮购代号: S2): 140 元。5V 高稳定专用稳压电源 (邮购代号: D1): 35 元。邮购时只需在附言栏中写明邮购代号及数量并附上联系电话即可。

邮购地址: 201103 上海市闵行区莲花路 2151 弄 57 号 201 室  
联系人: 吕超亚  
电话: 021-64066571 13044152947  
技术支持 E-mail: zzh2151@sohu.com