

本章主要介绍 STC15F2K60S2 单片机的定时/计数器 ( T0、T1、T2 ) 以及可编程时钟输出的工作原理及应用。

## 6.1 STC15F2K60S2 单片机的定时/计数器

在工业检测、控制中，许多场合都要用到计数或定时功能，如定时输出、定时检测、定时扫描等。在单片机应用中，利用软件延时可以实现定时功能，用软件检查 I/O 口状态可以实现外部计数功能，但这些方法都要占用大量的 CPU 时间，增加 CPU 的开销，故应尽量少用。STC15F2K60S2 单片机内部集成了三个 16 位的可编程的定时/计数器 T0、T1、T2，不仅可以实现定时和计数功能，还可实现 3 路的可编程时钟输出，可以为单片机外部提供各种时钟信号。

### 6.1.1 STC15F2K60S2 单片机定时/计数器的结构及基本原理

STC15F2K60S2 单片机内部有 3 个 16 位定时/计数器 ( T0、T1、T2 )，每个定时/计数器都具有计数和定时两种工作模式。STC15F2K60S2 单片机定时/计数器的结构如图 6-1 所示。其中，TL0、TH0 是 T0 的低 8 位、高 8 位状态值，TL1、TH1 是 T1 的低 8 位、高 8 位状态值，T2L、T2H 是 T2 的低 8 位、高 8 位状态值。与 T0、T1、T2 有关的控制寄存器主要有 TMOD、TCON、AUXR 等。其中 TMOD 为 T1 和 T2 的工作模式和工作方式控制寄存器，TCON 用于管理 T0、T1 的启动及停止、溢出标志位等，AUXR 可控制 T2 的启动和停止。当 T0、T1、T2 工作在定时模式时，可通过 AUXR 寄存器选择计数脉冲源为传统 8051 单片机系统时钟的

12 分频 ( 12T ) 或不分频 ( 1T ) 的工作模式。

定时/计数器的核心部件就是一个加 1 的计数器，其本质是对脉冲进行计数，其工作原理如图 6-2 所示。每来一个脉冲，计数值加 1；当计数器计数值计满 ( 全为 1 ) 之后，再来一个脉冲，则计数器溢出，溢出标志位  $TF_x$  (  $x = 0$  或 1 ) 置 1，同时计数器清 0。

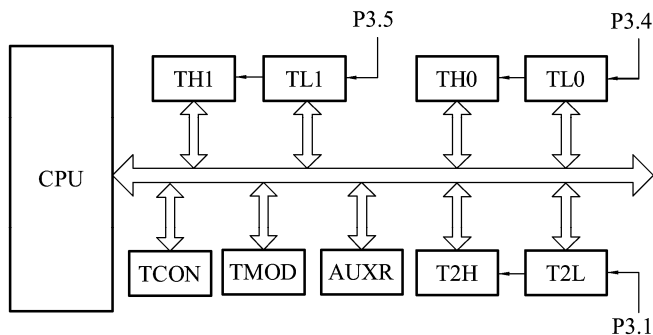


图 6-1 定时/计数器内部基本结构

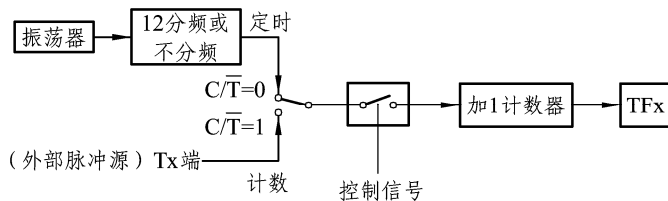


图 6-2 定时/计数器基本工作原理

## 1. 定时模式

如果定时/计数器的工作计数脉冲源来自内部系统时钟，则定时/计数器工作在定时模式。

定时时间可表示为

$$\begin{aligned}
 t &= ( \text{计数器容量} - \text{计数器初始值} ) \times \text{计数间隔} \\
 &= \text{计数值} \times \text{计数间隔}
 \end{aligned}$$

其中计数间隔可设置成 12T ( 即系统时钟的 12 分频 ) 或 1T ( 即系统时钟，不分频 )。定时时间与单位时间间隔及计数器的初始值有关，通过设置计数器初始值，就可以设定不同的定时时间。

## 2. 计数模式

如果定时/计数器的工作计数脉冲源来自单片机的外部,即计数脉冲从单片机的 T0( P3.4 )、T1( P3.5 )、T2( P3.1 )口输入,则定时/计数器工作在计数模式。计数模式是统计外部脉冲的个数。计数脉冲个数可表示为

$$n = \text{计数器容量} - \text{计数器初始值}$$

### 6.1.2 定时/计数器的控制寄存器

STC15F2K60S2 单片机中与定时/计数器 T0、T1、T2 有关的控制寄存器主要有 TMOD、TCON、AUXR 等,下面分别进行介绍。

#### 1. TMOD 寄存器

TMOD 寄存器是 T0、T1 的方式控制寄存器,字节地址为 89H。其格式如下:

TMOD ( 89H )	位号	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	符号	GATA	C/T	M1	M0	GATA	C/T	M1	M0
	定时器	T1				T0			

TMOD 寄存器的高 4 位为 T1 的方式字,低 4 位为 T0 的方式字。其中:

M1、M0: 定时/计数器工作方式选择位,其具体定义如表 6-1 所示。

表 6-1 定时/计数器 T0、T1 的工作方式选择

M1	M0	工作方式	功能说明
0	0	0	16 位自动重装计数器

0	1	1	16 位不可重装计数器
1	0	2	8 位自动重装计数器
1	1	3	中断不可屏蔽的 16 位自动重装计数器。该模式只适用 T0，对于 T1 无效

$C/\bar{T}$ ：功能选择位。 $C/\bar{T}=0$  时，为定时功能（对内部时钟进行计数）； $C/\bar{T}=1$  时，为计数功能（对 T0 或 T1 的外部引脚脉冲负跳变进行计数）。

GATA：门控位。当 GATA=0 时，只要  $TR_x$ （ $x=0$  或 1，下同）=1，定时器就能启动；当 GATA=1 时，只有  $TR_x=1$  且  $INT_x$  引脚为高电平时，定时器才启动。

## 2. TCON 寄存器

TCON 寄存器是 T0、T1 控制寄存器，字节地址为 88H，可位寻址。其格式如下：

TCON (88H)	位号	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	符号	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

TF1：定时器 T1 的溢出中断标志位。当启动 T1 计数后，从初值开始计数，当产生溢出后由硬件将 TF1 置 1，向 CPU 请求中断，一直保持到 CPU 响应中断时，才由硬件清 0。TF1 也可由软件清 0。

TR1：定时器 T1 的运行控制位。当 TR1=1 时允许运行，当 TR1=0 时停止运行。

TF0：定时器 T0 的溢出中断标志位。其功能与 TF1 类似。

TR0：定时器 T0 的运行控制位。其功能与 TR1 类似。

TCON 寄存器的其他位与中断系统有关，在第 5 章中已介绍，在此不再赘述。

### 3. AUXR 辅助寄存器

AUXR 寄存器主要用来设置定时/计数器 T0、T1 的计数时钟和 UART 串口的波特率。

STC15F2K60S2 单片机是 1T 的 8051 单片机，为兼容传统 8051 单片机，定时器 T0 和定时器 T1 复位后是传统 8051 单片机的速度，即 12 分频。也可通过 AUXR 设置成 1T 模式，即不进行 12 分频。

AUXR 寄存器的地址为 8EH，不可位寻址。其格式如下：

AUXR ( 8EH )	位号	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	符号	T0x12	T1x12	UART_M0x6	T2R	T2_C/ $\bar{T}$	T2x12	EXTRAM	S1ST2

T0x12：定时器 T0 速度控制位。T0x12=0，定时器 T0 的速度是传统 8051 单片机定时器的速度，即 12 分频；T0x12=1，定时器 T0 的速度是传统 8051 单片机定时器速度的 12 倍，即不分频。

T1x12：定时器 T1 速度控制位。T1x12=0，定时器 T1 的速度是传统 8051 单片机定时器的速度，即 12 分频；T1x12=1，定时器 T1 的速度是传统 8051 单片机定时器速度的 12 倍，即不分频。

T2R：定时器 T2 运行控制位。T2R=1 时允许运行，T2R=0 时停止运行。

T2\_C/ $\bar{T}$ ：定时器 T2 功能选择位。T2\_C/ $\bar{T}$ =0 时，定时器 T2 为定时功能（对内部系统时钟进行计数）；T2\_C/ $\bar{T}$ =1 时，定时器 T2 为计数功能（对引脚 T2/P3.1 的外部脉冲进行计数）。

T2x12：定时器 T2 速度控制位。T2x12=0，定时器 T2 的速度是传统 8051 单片机定时器的速度，即 12 分频；T2x12=1，定时器 T2 的速度是传统 8051 单片机定时器速度的 12 倍，即不分频。

定时器 T2 除了作为一般定时器使用外，主要用作 UART 串口的波特率发生器。如果 UART 串口用 T2 作为波特率发生器，T2x12 位决定 UART 串口是 12T 还是 1T。

UART\_M0x6 和 S1ST2 用于控制 UART 串口速度，将在后面相关章节介绍。

### 6.1.3 定时/计数器 T0、T1 的工作方式

STC15F2K60S2 单片机的定时/计数器 T0 有 4 种工作方式 (方式 0、方式 1、方式 2、方式 3), T1 有 3 种工作方式 (方式 0、方式 1、方式 2), 此外 T1 还可作为波特率发生器。通过对方式寄存器 TMOD 中的 M1、M0 位进行设置, 可选择相应的工作方式。下面以 T0 (T1 与 T0 类似) 为例进行介绍。

#### 1. 方式 0

当 M1M0 (TMOD.1 TMOD.0) =00 时, T0 工作于方式 0, 其逻辑结构如图 6-3 所示。方式 0 为 16 位的自动重装计数器模式, 计数器由低 8 位的 TL0 和高 8 位的 TH0 组成 16 位计数器, 其最大的计数值为  $2^{16} = 65536$ 。当 TL0 的 8 位计数器溢出后向 TH0 进位, 当 TH0 溢出后, 则 T0 中断溢出标志位 TF0 置位, 向 CPU 发出中断请求。

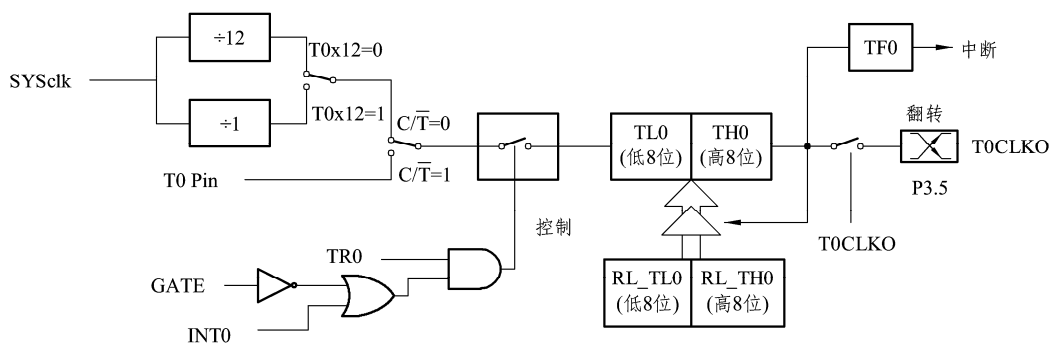


图 6-3 定时/计数器 T0 的方式 0 逻辑结构

#### (1) T0 的定时模式

当  $C/\bar{T}=0$  时, 多路开关连接到系统时钟的分频输出, T0 对内部系统时钟计数, 即 T0 工作在定时模式。

STC15F2K60S2 单片机的定时器有两种计数速率: 一种是 12T 模式, 每 12 个时钟加 1, 与传统 8051 单片机相同; 另外一种 1T 模式, 每个时钟加 1, 速度是传统 8051 单片机的 12

倍。T0 的速率由特殊功能寄存器 AUXR 中的 T0x12 决定：当 T0x12=0 时，T0 工作在 12T 模式；当 T0x12=1 时，T0 工作在 1T 模式。

## (2) T0 的计数模式

当  $C/\bar{T}=1$  时，多路开关连接到外部脉冲输入 P3.4/T0，即 T0 工作在计数模式。

T0 的启动与 TR0、GATA 位有关：当 GATE=0 时，T0 的启动/停止由 TR0 决定；当 TR0=1 时，T0 开始计数；当 TR0=0 时，T0 停止计数。当 GATE=1 时，若 TR0=1，同时外部中断输入引脚 INTO 也为高电平，定时器才开始启动计数，利用 GATA 的这一功能可以测量脉冲宽度。

T0 有 2 个隐藏的寄存器 RL\_TH0 和 RL\_TL0。RL\_TH0 与 TH0 共用同一个地址，RL\_TL0 与 TL0 共用同一个地址。当 TR0=0 即 T0 被禁止工作时，对 TL0 写入的内容会同时写入 RL\_TL0，对 TH0 写入的内容也会同时写入 RL\_TH0。当 TR0=1 即 T0 被允许工作时，对 TL0 写入的内容，实际上不是写入当前寄存器 TL0 中，而是写入隐藏的寄存器 RL\_TL0 中；对 TH0 写入的内容，实际上也不是写入当前寄存器 TH0 中，而是写入隐藏的寄存器 RL\_TH0 中。这样可以巧妙地实现 16 位重载定时器。当读 TH0 和 TL0 的内容时，所读的内容就是 TH0 和 TL0 的内容，而不是 RL\_TH0 和 RL\_TL0 的内容。

当 T0 工作在方式 0 时，[TL0, TH0] 的溢出不仅置位 TF0，而且会自动将 [RL\_TL0, RL\_TH0] 的内容重新装入 [TL0, TH0]。

对于 T0，当 TOCLKO (INT\_CLKO.0) = 1 时，P3.5/T0CLKO 管脚配置为 T0 的时钟输出 T0CLKO。对于 T1，当 T1CLKO (INT\_CLKO.1) = 1 时，P3.4/T1CLKO 管脚配置为 T1 的时钟输出 T1CLKO。

## 2. 方式 1

当 M1M0=01 时，T0 工作于方式 1，其逻辑结构如图 6-4 所示。

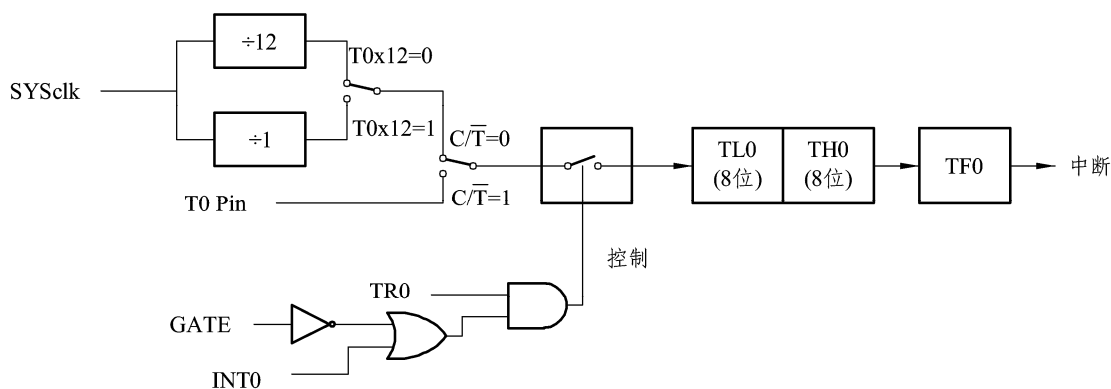


图 6-4 定时/计数器 T0 的方式 1 逻辑结构

方式 1 为 16 位的不可重装计数器模式，计数器由低 8 位的 TL0 和高 8 位的 TH0 构成，其最大的计数值为  $2^{16}=65\,536$ 。除了无重装功能外，方式 1 的其他功能及工作原理与方式 0 类似。此外，本方式不用于时钟输出功能。

### 3. 方式 2

当 M1M0=10 时，T0 工作于方式 2，其逻辑结构如图 6-5 所示。方式 2 为 8 位自动重装计数器模式，即当 TL0 计数器溢出时，TH0 中的计数初值自动送入 TL0，同时使 T0 中断标志位 TF0 置位，向 CPU 发出中断请求。该方式下，计数器溢出时无须用软件重新给 TL0 和 TH0 赋初值，从而提高定时器的定时精度。方式 2 的最大计数值为  $2^8=256$ 。

对于 T0，当 TOCLKQ (INT\_CLKO.0)=1 时，P3.5/T0CLKO 管脚配置为 T0 的时钟输出 T0CLKO。对于 T1，当 T1CLKO (INT\_CLKO.1)=1 时，P3.4/T1CLKO 管脚配置为 T1 的时钟输出 T1CLKO。



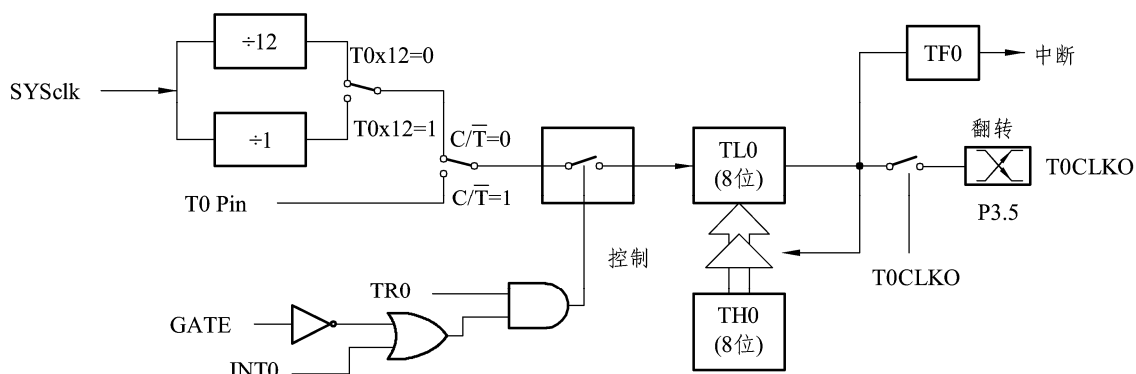


图 6-5 定时/计数器 T0 的方式 2 逻辑结构

#### 4. 方式 3

当 M1M0 = 11 时，T0 被设置为方式 3，其逻辑结构图如 6-6 所示。

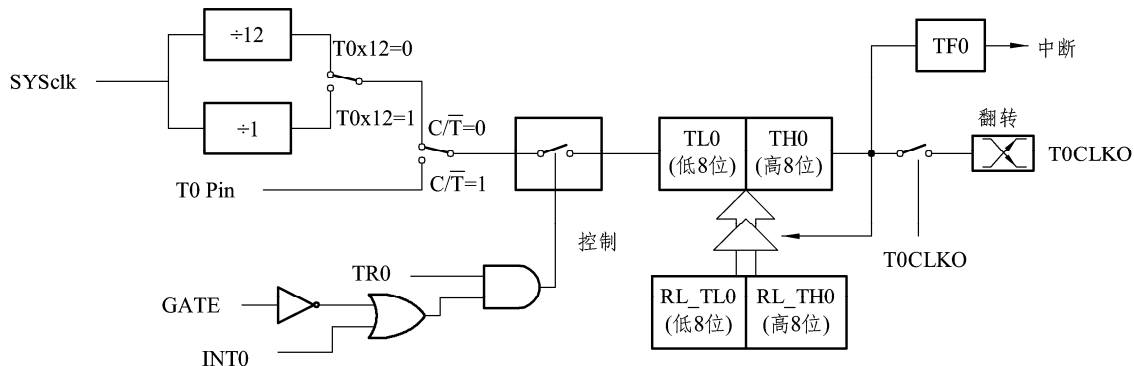


图 6-6 定时/计数器 T0 的方式 3 逻辑结构

对于 T0，方式 3 为中断不可屏蔽的 16 位自动重装计数器模式。方式 3 与方式 0 基本是一样的，唯一不同的是：当 T0 工作于方式 3 时，只需允许 T0 的中断允许控制位 ET0，不需要允许总中断 EA 就能打开 T0 的中断，即此方式下 T0 中断与总中断使能位 EA 无关。一旦工作在方式 3 下的 T0 中断被打开 (ET0=1)，那么该中断是不可屏蔽的。该中断的优先级最高，不能被任何中断所打断，而且该中断打开后既不受 EA 控制也不再受 ET0 控制，当 EA=0 或 ET0=0 时都不能屏蔽此中断。

对于 T1，工作在方式 3 时，T1 停止计数，效果与 TR1=0 相同。T1 的工作方式 0、方式

1、方式 2 与 T0 完全相同，请读者自行分析。

## 6.1.4 定时/计数器 T2 的工作方式

STC15F2K60S2 单片机的定时/计数器 T2 固定为 16 位自动重装模式，与定时/计数器 T0、T1 的方式 0 功能相同。其逻辑结构图如 6-7 所示，计数器由低 8 位的 T2L 和高 8 位的 T2H 组成 16 位计数器，其最大的计数值为  $2^{16}=65\ 536$ 。当 T2L 的 8 位计数器溢出后向 T2H 进位，当 T2H 溢出后，向 CPU 发出中断请求。当相应的中断服务程序被响应后或 ET2=0，该中断的中断请求标志位会立即自动被清 0。

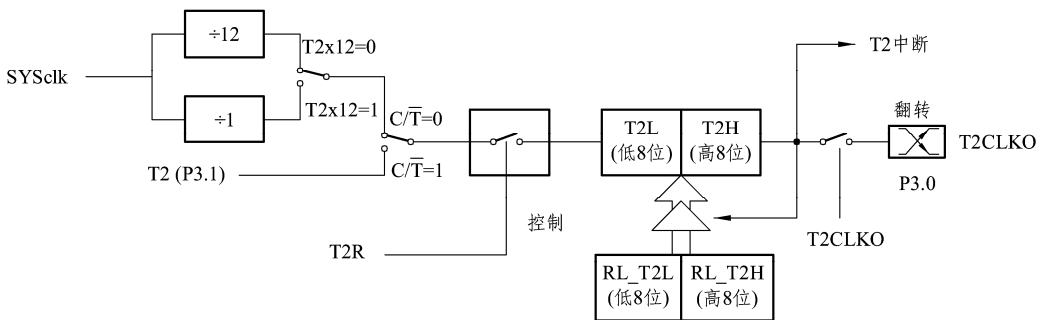


图 6-7 定时/计数器 T2 的工作方式逻辑结构

T2R (AUXR.4) 为 T2 的运行控制位。T2\_C/T 为 T2 的功能选择位。T2\_C/T=0 时，多路开关连接到系统时钟输出，T2 对内部系统时钟计数，即 T2 工作在定时模式。T2\_C/T=1 时，多路开关连接到外部脉冲引脚 P3.1/T2，即 T2 工作在计数模式。

T2 也有两种计数速率，即 12T 模式和 1T 模式，由特殊功能寄存器 AUXR 中的 T2x12 控制位决定。如果 T2x12=0，则 T2 工作于 12T 模式；如果 T2x12=1，则 T2 工作于 1T 模式。

T2 也有两个隐藏的寄存器 RL\_TH2 和 RL\_TL2，其工作原理与 T0 和 T1 相同，可实现 16 位的自动重装功能。

[T2L, T2H] 的溢出不仅置位被隐藏的中断请求标志位 (T2 的中断请求标志位对用户不可

见),使 CPU 转去执行 T2 的中断服务程序,而且会自动将[RL\_TL2,RL\_TH2]的内容重新装入 [T2L, T2H]。

T2 可以当作定时器或计数器使用,也可以当作可编程时钟输出和串口的波特率发生器。

当 T2CLKO ( INT\_CLKO.2 ) =1 时, P3.0/T2 管脚配置为 T2 的时钟输出 T2CLKO。

## 6.1.5 单片机定时/计数器的应用

### 1. 定时/计数器程序的初始化

定时/计数器应用编程必须根据应用要求进行设置,首先要对程序正确初始化,包括正确设置控制字,选择定时/计数器的工作模式和工作方式,正确计算计数器初始值,然后再编写中断服务程序,适时设置控制位等。通常情况下,程序初始化的主要步骤如下:

① 设置定时/计数器的工作模式和工作方式。对于 T0、T1,将控制字写入 TMOD 寄存器,注意 TMOD 不能位寻址。对于 T2,只要把工作模式控制字写入 AUXR 寄存器中。

② 选择时钟源,将控制字写入 AUXR。对 AUXR 中的 T0x12、T1x12、T2x12 位进行设置,置 0 时为系统时钟的 12 分频,置 1 时为不分频。STC15F2K60S2 单片机复位后默认为 12 分频,与传统 8051 单片机兼容。

③ 设定初始值。对于 T0、T1,初始值写入 THx 和 TLx 寄存器;对于 T2,初始值写入 T2H 和 T2L 寄存器。

④ 如果采用中断方式,要设置中断控制位。对于 T0、T1,要置位 IE 中 ETx 位;对于 T2,要置位 IE2 中的 ET2 位,允许定时器中断,并置位 EA 使 CPU 开放总中断。

⑤ 设置定时器的启动或停止。对于 T0、T1,设置 TCON 中的 TRx 位;对于 T2 设置

AUXR 中的 T2R 位，以启动或停止计数。

在进行定时/计数器编程时还要注意：若要循环计数，在一次定时或计数结束后，除了方式 1 要重新用软件给 TLx 和 THx 赋初值外，方式 0、方式 2 都具有重装功能，无须重新赋初值。当计数器溢出时，若采用查询方式，T0 和 T1 要用软件将中断请求标志位 TFx 清 0；如采用中断方式则不用（TFx 在中断响应过程中由硬件自动清 0）。

## 2. 计数初值的计算

定时/计数器在不同的工作模式下，其最大计数值也不一样。方式 0、方式 1 的最大计数值为 65 536，方式 2 的最大计数值为 256。方式 0 和方式 1 的计数容量一样，但方式 0 具有重装功能；方式 2 虽然具有重装功能，但计数容量较小。因此，通常情况下选择方式 0 最为方便。

### (1) 定时模式的初值计算

由于定时器的计数脉冲源可以是系统时钟（1T）或系统时钟的 12 分频（12T），因此，需要根据应用系统所选定的计数脉冲时钟源计算出单位时间间隔。设定定时器的初值为  $x$ ，系统的时钟频率为  $f_{osc}$ ，若计数时钟源选择系统时钟的 12 分频，则

$$\begin{aligned} \text{单位时间间隔} &= \frac{12}{f_{osc}} \\ \text{定时时间 } t &= (\text{计数器容量} - x) \times \text{单位时间间隔} \\ &= (2^n - x) \times \frac{12}{f_{osc}} \end{aligned}$$

例如： $f_{osc}=12\text{ MHz}$ ，定时时间  $t$  为 10 ms，采用定时器 T0 的方式 1，则定时器的初值  $x$  为：

$$\begin{aligned} x &= 2^n - \frac{t \cdot f_{osc}}{12} \\ &= 2^{16} - \frac{10 \times 10^{-3} \times 12 \times 10^6}{12} = 55536 = \text{D8F0H} \end{aligned}$$

则高 8 位值 D8H 装入 TH0，低 8 位值 F0H 装入 TL0。

若计数脉冲源选择系统时钟 (1T), 则定时器的初值为 :

$$x = 2^n - t \cdot f_{osc}$$

### (2) 计数模式的初值计算

设计数器初值为  $x$ , 实际要计数的脉冲个数为  $m$ , 则有  $m = 2^n - x$ , 即计数器初值  $x = 2^n - m$

例如 : 计数器 T1 工作在方式 2, 要求计数 10 个脉冲, 则计数器的初值  $x = 2^8 - 10 = 246$ , 因此 TH1 = TL1 = 246 = F6H。

## 3. 定时/计数器的应用举例

**【例 6-1】** 设系统时钟频率为 12 MHz, 采用定时器 T0, 在 P1.0 口输出一个周期为 20 ms 的方波。

分析 : 系统时钟频率为 12 MHz, 若采用系统时钟的 12 分频计时方式, 则单位计时间隔为 1  $\mu$ s。由于输出是 20 ms 的方波, 把定时时间设为 10 ms, 每隔 10 ms 让 P1.0 取反, 便可产生连续的方波。本例采用 T0 方式 0 最为方便。

定时器 T0 工作在方式 0 时, 是具有自动重装功能的 16 位计数器模式, 定时时间 10 ms 的初始值为 D8F0H, 则 TL0=0xF0, TH0=0xD8。

程序设计可采用查询方式和中断方式。采用查询方式时, CPU 要不断地查询定时器 T0 的溢出标志位 TF0, 当溢出时, 必须用软件清除 TF0。若采用中断方式, 则无须清除溢出中断标志位 TF0 (硬件会自动清除)。

### (1) 采用查询方式的参考程序

```
#include <STC15F2K60S2.h>
sbit P1_0=P1^0;
main()
{
    TMOD=0x00;          //设定工作模式为方式 0 (16 位自动重装模式)
```

```
AUXR &=0x7F;          //定时器 T0 设置为 12T 模式

TH0=0xD8;             //设定初始值

TL0=0xF0;

TR0=1;                //启动定时器 T0

while(1)
{
    while(TF0==1)     //查询定时器 T0 是否溢出
    {
        TF0=0;        //清除溢出标志位

        P1_0=!P1_0; //输出取反
    }
}
```

## (2) 采用中断方式的参考程序

```
#include <STC15F2K60S2.h >
sbit P1_0=P1^0;
main()
{
    TMOD=0x00;        //设定工作模式为方式 0

    AUXR &=0x7F;     //定时器 T0 设置为 12T 模式

    TH0=0xD8;        //设定初始值

    TL0=0xF0;

    ET0=1;           //允许 T0 中断

    EA=1;            //开总中断

    TR0=1;           //启动定时器 T0

    while(1);        //等待
```

```

}

void Time0_ISR() interrupt 1 //中断服务程序

{
    P1_0=!P1_0;    //输出取反
}

```

**【例6-2】**在P1.0口输出一个周期为2.5 s、占空比为20%的脉冲信号，设系统时钟频率为12 MHz。

分析：系统时钟频率为12 MHz，采用12分频的计时方式，则方式0、方式1最大定时时间为65.536 ms，不能直接定时。根据题意，高电平为500 ms，低电平为2 000 ms，若采用定时器T0的方式1，定时时间设为50 ms，则高电平要循环10次，低电平要循环40次。

定时50 ms的初值为

$$x = 2^{16} - \frac{50 \times 10^{-3} \times 12 \times 10^6}{12} = 15536 = 3CB0H$$

因此，TH0 = 0x3C，TL0 = 0xB0。

采用中断方式，参考程序如下：

```

#include <reg51.h>
sbit P1_0=P1^0;

unsigned char  time; //定义变量，统计循环次数

main()
{
    TMOD=0x01; //设定 T0 为方式 1

    TH0=0x3C; //设定 50ms 的初始值

    TL0=0xB0;

    ET0=1; //允许 T0 中断
}

```

```
EA=1;          //开总中断

TR0=1;        //启动定时器 T0

P1_0=0;       //P1.0 输出低电平

time=0;

while(1);    //等待
}

void time0_ISR() interrupt 1 //中断服务程序
{
    TH0=0x3C; //重新赋初值
    TL0=0xB0;
    time++;
    if (time==40)
        P1_0=1; //P1.0 输出高电平
    else if(time==50)
    {
        P1_0=0; //P1.0 输出低电平
        time=0;
    }
}
```

例 6-2 的仿真波形如图 6-8 所示。



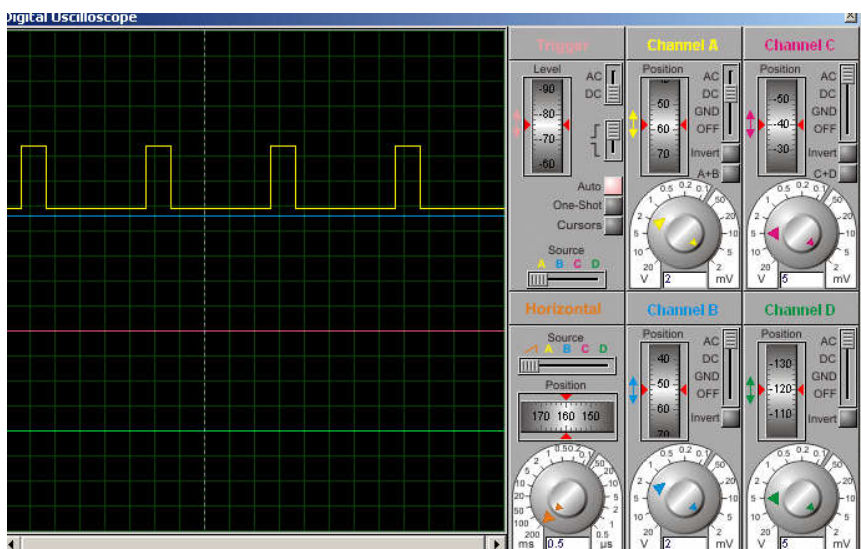


图 6-8 例 6-2 的仿真波形

**【例 6-3】**利用定时器的门控方式测量外部正脉冲宽度。设外部正脉冲从由 P3.2 (INT0) 输入，试编写程序，测量这个外部脉冲的宽度。

分析：如图 6-9 所示，当 GATE=1 和 TR0=1 时，只有当 INT0 引脚输入为高电平时，T0 才允许计数，利用这个方法便可以测量外部输入脉冲的宽度。

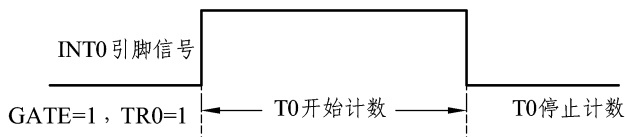


图 6-9 利用门控法测脉冲宽度

参考程序如下：

```
#include <REG51.H>
sbit P3_2=P3^2;
main()
{
    unsigned int time;    //用来存储数据的变量

    TMOD=0x09;          //设定 T0 为方式 1，GATE 位为 1

    TH0=0;              //设定初始值为 0

    TL0=0;
```

```

while(P3_2==1);      //等待 P3.2 为低电平

TR0=1;              //启动定时器 T0

while(P3_2==0);     //等待 P3.2 上升沿, 开始计数

while(P3_2==1);     //等待 P3.2 下降沿, 停止计数

TR0=0;              //防止下一个 P3.2 上升沿启动 T0

time=TH0*256+TL0;   //把计数值赋给变量

while(1);
}

```

**【例 6-4】** 利用定时/计数器 T0 或 T1 的 Tx 端口扩展外部中断源。

分析：在某些应用系统中常会出现原有的外部中断源不够用，而定时/计数器有多余的情况，此时可将 Tx 用于扩展外部中断源。现选择定时/计数器 T1 为对外部事件计数模式且工作于方式 2（8 位自动重装），设置计数初值为 FFH，则 T1 端口输入一个负跳变脉冲，计数器溢出，置对应的中断请求标志位 TF1 为 1，向主机请求中断处理，从而达到了增加一个外部中断源的目的。

其参考程序如下：

```

#include <REG51.h>
main()
{
    TMOD=0x60; //设定 T1 工作于方式 2, 计数状态

    TH1=0xFF; //设初始值为最大值

    TL1=0xFF;

    ET1=1;    //允许 T1 中断

    EA=1;    //开总中断
}

```

```
TR1=1;      //启动定时器 T1

while(1);   //等待
}

void time1_ISR() interrupt 3 //中断服务程序
{
..... // ( 具体功能 )
}
```

## 6.2 STC15F2K60S2 单片机的可编程时钟输出

STC15F2K60S2 单片机具有 4 路可编程时钟输出 ,分别为 MCLKQ( P5.4 ),T0CLKQ( P3.5 ), T1CLKO ( P3.4 ), T2CLKO ( P3.0 ), 可以为单片机外部提供时钟。其中 , T0CLK0 的输出时钟频率由定时/计数器 T0 控制 ,T1CLKO 的输出时钟频率由定时/计数器 T1 控制 ,相应的 T0、T1 需要工作在方式 0 或方式 2( 自动重装模式 ); T2CLKO 的输出时钟频率由定时/计数器 T2 控制。对于 STC5F2K60S2 单片机 , 如果工作电压为 5 V , I/O 口的对外输出速度最快不超过 13.5 MHz , 所以对外可编程时钟输出频率不超过 13.5 MHz ; 如果工作电压为 3.3 V , I/O 口的对外输出速度最快不超过 8 MHz , 所以对外可编程时钟频率不超过 8 MHz。

### 6.2.1 与可编程时钟输出有关的特殊功能寄存器

STC15F2K60S2 单片机的主时钟是指内部 RC 时钟 , 也可以是外部输入的时钟或外部晶体振荡产生的时钟 ; 系统时钟是指对主时钟进行分频后供给 CPU、串口、SPI、定时器、CCP/PWM/PCA、A/D 转换等的实际工作时钟。

与可编程时钟输出相关的寄存器主要有辅助寄存器 AUXR、时钟分频寄存器 CLK\_DIV (PCON2)、外部中断使能和时钟输出寄存器 INT\_CLKO (AUXR2)。其中 AUXR 前面已介绍过，这里重点介绍 CLK\_DIV 和 INT\_CLKO 寄存器。

## 1. CLK\_DIV ( 时钟分频寄存器 )

CLK\_DIV (PCON2) 寄存器是时钟分频寄存器，字节地址为 97H，不可位寻址。其格式如下：

CLK_DIV ( PCON2 )	位号	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
( 97H )	符号	MCKO_S1	MCKO_S0	ADJR	Tx_Rx	—	CLKS2	CLKS1	CLKS0

MCKO\_S1、MCKO\_S0：主时钟 (MCLK) 对外分频输出控制位。主时钟对外输出管脚 MCLKO (P5.4) 既可对外输出内部 RC 时钟，也可对外输出外部输入的时钟或外部晶体振荡产生的时钟。主时钟的输出频率由 MCKO\_S1 和 MCKO\_S0 控制，如表 6-2 所示。图 6-10 所示为主时钟 MCLKO 输出控制结构图。

表 6-2 主时钟输出频率设置

MCKO_S1	MCKO_S0	功能说明
0	0	主时钟不对外输出时钟
0	1	主时钟对外输出时钟，输出时钟频率=MCLK
1	0	主时钟对外输出时钟，输出时钟频率=MCLK/2
1	1	主时钟对外输出时钟，输出时钟频率=MCLK/4

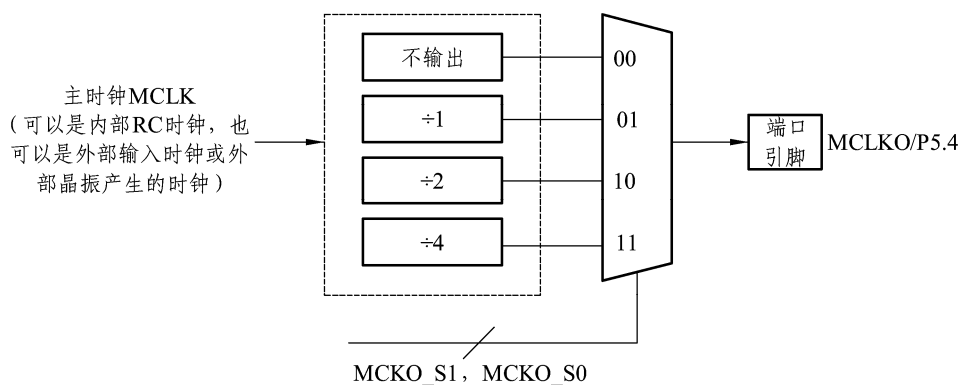


图 6-10 主时钟输出控制结构图

CLKS2、CLKS1、CLKS0：系统时钟选择控制位，详见第 2 章。

CLK\_DIV 的其他位与可编程时钟输出无关，将在后续相关章节介绍。

## 2. INT\_CLKO ( AUXR2 )( 外部中断允许和时钟输出控制寄存器 )

INT\_CLKO( AUXR2 )寄存器为外部中断允许和时钟输出控制寄存器，字节地址为 8FH，

不可位寻址。其格式如下：

INT_CLKO ( AUXR2 )( 8FH )	位号	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	符号	—	EX4	EX3	EX2	—	T2CLKO	T1CLKO	T0CLKO

### (1) T2CLKO

T2CLKO 用于设定是否允许将 T2CLKO/P3.0 脚配置为定时器 T2 的时钟输出 T2CLKO。

T2CLKO=0，不允许将 P3.0 脚配置为定时器 T2 的时钟输出 T2CLKO；T2CLKO=1，允许将

P3.0 脚配置为定时器 T2 的时钟输出 T2CLKO，输出时钟频率=T2 溢出率/2。

① 如果  $T2\_C/\bar{T}=0$ ，定时器 T2 对内部系统时钟计数。此时：

➤ 如果 T2 工作在 1T 模式 (  $T2x12=1$  )，则

$$\text{输出频率} = ( \text{SYSclk} ) / ( 65536 - [ \text{RL\_TH2}, \text{RL\_TL2} ] ) / 2$$

➤ 如果 T2 工作在 12T 模式 (  $T2x12=0$  )，则

$$\text{输出频率} = (\text{SYSclk}) / 12 / (65536 - [\text{RL\_TH2}, \text{RL\_TL2}]) / 2$$

② 如果  $T2\_C/\bar{T}=1$ ，定时器 T2 对外部脉冲输入 (P3.1/T2) 计数。

$$\text{输出频率} = (\text{T2\_Pin\_CLK}) / (65536 - [\text{RL\_TH2}, \text{RL\_TL2}]) / 2$$

## (2) T1CLKO

T1CLKO 用于设定是否允许将 T1CLKO/P3.4 脚配置为定时器 T1 的时钟输出 T1CLKO。

T1CLKO=0，不允许将 P3.4 脚配置为定时器 T1 的时钟输出 T1CLKO；T1CLKO=1，允许将 P3.4 脚配置为定时器 T1 的时钟输出 T1CLKO，输出时钟频率=T1 溢出率/2。

① 当定时器 T1 工作在方式 0 (16 位自动重装模式) 时，有以下两种情况：

➤ 如果  $C/\bar{T}=0$ ，定时器 T1 对内部系统时钟计数。

若 T1 工作在 1T 模式 ( $T1x12=1$ )，则

$$\text{输出频率} = (\text{SYSclk}) / (65536 - [\text{RL\_TH1}, \text{RL\_TL1}]) / 2$$

若 T1 工作在 12T 模式 ( $T1x12=0$ )，则

$$\text{输出频率} = (\text{SYSclk}) / 12 / (65536 - [\text{RL\_TH1}, \text{RL\_TL1}]) / 2$$

➤ 如果  $C/\bar{T}=1$ ，定时器 T1 对外部脉冲输入 (P3.5/T1) 计数。

$$\text{输出频率} = (\text{T1\_Pin\_CLK}) / (65536 - [\text{RL\_TH1}, \text{RL\_TL1}]) / 2$$

② 当定时器 T1 工作在方式 2 (8 位自动重装模式) 时，也有以下两种情况：

➤ 如果  $C/\bar{T}=0$ ，定时器 T1 对内部系统时钟计数。

若 T1 工作在 1T 模式 ( $T1x12=1$ )，则

$$\text{输出频率} = (\text{SYSclk}) / (256 - \text{TH1}) / 2$$

若 T1 工作在 12T 模式 ( $T1x12=0$ )，则

$$\text{输出频率} = (\text{SYSclk}) / 12 / (256 - \text{TH1}) / 2$$

- 如果  $C/\bar{T}=1$ ，定时器 T1 对外部脉冲输入 ( P3.5/T1 ) 计数。

$$\text{输出频率} = (\text{T1\_Pin\_CLK}) / (256 - \text{TH1}) / 2$$

### (3) T0CLKO

T0CLKO 用于设定是否允许将 T0CLKO/P3.5 脚配置为定时器 T0 的时钟输出 T0CLKO。

T0CLKO=0，不允许将 P3.5 脚配置为定时器 T0 的时钟输出 T0CLKO；T0CLKO=1，允许将 P3.5 脚配置为定时器 T0 的时钟输出 T0CLKO，输出时钟频率=T0 溢出率/2。

- ① 当定时器 T0 工作在方式 0 ( 16 位自动重装模式 ) 时，有以下两种情况：

- 如果  $C/\bar{T}=0$ ，定时器 T0 对内部系统时钟计数。

若 T0 工作在 1T 模式 (  $T0x12=1$  )，则

$$\text{输出频率} = (\text{SYSclk}) / (65536 - [\text{RL\_TH0}, \text{RL\_TL0}]) / 2$$

T0 工作在 12T 模式 (  $T0x12=0$  )，则

$$\text{输出频率} = (\text{SYSclk}) / 12 / (65536 - [\text{RL\_TH0}, \text{RL\_TL0}]) / 2$$

- 如果  $C/\bar{T}=1$ ，定时器 T0 对外部脉冲输入 ( P3.4/T0 ) 计数。

$$\text{输出频率} = (\text{T0\_Pin\_CLK}) / (65536 - [\text{RL\_TH0}, \text{RL\_TL0}]) / 2$$

- ② 当定时器 T0 工作在方式 2 ( 8 位自动重装模式 ) 时，也有以下两种情况：

- 如果  $C/\bar{T}=0$ ，定时器 T0 对内部系统时钟计数。

若 T0 工作在 1T 模式 (  $T0x12=1$  )，则

$$\text{输出频率} = (\text{SYSclk}) / (256 - \text{TH0}) / 2$$

若 T0 工作在 12T 模式 (  $T0x12=0$  )，则

$$\text{输出频率} = (\text{SYSclk}) / 12 / (256 - \text{TH0}) / 2$$

- 如果  $C/\bar{T}=1$ ，定时器 T0 对外部脉冲输入 (P3.4/T0) 计数。

$$\text{输出频率} = (\text{T0\_Pin\_CLK}) / (256 - \text{TH0}) / 2$$

## 6.2.2 STC15F2K60S2 单片机的可编程时钟输出应用

### 1. 主时钟输出

**【例 6-5】** 设系统主时钟频率 SYSclk 为 12 MHz，利用主时钟分频在引脚 P5.4 输出频率为 6 MHz 的时钟信号。

分析：主时钟输出需要对 CLK\_DIV 寄存器的 MCKO\_S1、MCKO\_S0 位进行设置，输出为 6 MHz，即  $\text{SYSclk}/2$ ，则  $\text{MCKO\_S1} = 1$ 、 $\text{MCKO\_S0} = 0$ 。

参考程序如下：

```
#include <STC15F2K60S2.H>
void main()
{
    // CLK_DIV=0x40;    //01000000，P5.4 输出频率为 SYSclk=12 MHz

    CLK_DIV=0x80;    //10000000，P5.4 输出频率为 SYSclk/2=6 MHz

    // CLK_DIV=0xC0;    //11000000，P5.4 输出频率为 SYSclk/4=3 MHz
}
```

### 2. 定时器可编程时钟输出

定时器可编程时钟输出，初始化的基本步骤如下：

- ① 设置定时器的工作模式 (方式 0 或方式 2)。
- ② 设置定时器的初值。



③ 启动定时器。

④ 对 IN\_CLKO 寄存器的 T2CLKO、T1CLKO、T0CLKO 位进行设置，使相应的脚输出时钟信号。

**【例 6-6】** 设系统时钟频率 SYSclk 为 18.432 MHz，试编程从 T0CLKO ( P3.5 ) 输出频率为 38.4 kHz 的时钟信号，从 T1CLKO ( P3.4 ) 输出频率为 250 kHz 的时钟信号。

分析：如果定时器工作在方式 0 ( 16 位自动重装 )，从 INT\_CLKO ( AUXR2 ) 寄存器功能分析中可知，当 T0、T1 工作在 1T 模式 ( T0x12=1 ) 时，则输出频率为

$$f_{\text{out}} = ( \text{SYSclk} ) / ( 65536 - [\text{RL\_THx}, \text{RL\_TLx}] ) / 2$$

因此，定时器 T0、T1 的初始值为 ( 65536-SYSclk/2/  $f_{\text{out}}$  )。

参考程序如下：

```
#include <STC15F2K60S2.H>

#define FOSC 18432000 //定义 FOSC 为 18.432MHz

#define F38_4kHz (65536-FOSC/2/38400) //1T 模式

#define F250kHz (65536-FOSC/2/250000) //1T 模式

void main()
{
    AUXR |=0x80; //定时器 T0 为 1T 模式

    AUXR |=0x40; //定时器 T1 为 1T 模式

    TMOD=0x00; // T0、T1 工作在方式 0 ( 16 位自动重装 )

    TL0= F38_4kHz; //设置 T0 计数初始值的低位

    TH0= F38_4kHz>>8; //设置 T0 计数初始值的高位
```

```

TL1= F250kHz;    //设置 T1 计数初始值的低位

TH1= F250kHz>>8;    //设置 T1 计数初始值的高位

TR0=1;          //启动定时器 T0

TR1=1;          //启动定时器 T1

INT_CLK0= 0x03;    //允许定时器 T0、T1 的时钟输出

while(1);
}

```

**【例 6-7】** 设系统钟频率为 12 MHz，利用定时器 T2 从 P3.0 输出频率为 1 kHz 的时钟信号。

分析：如果定时器 T2 工作在 12T 模式，其参考程序如下：

```

#include <STC15F2K60S2.H>
#define FOSC 12000000

#define F1kHz (65536-FOSC/2/12/1000) //12T 模式

void main()
{
    AUXR |=0x00;    //00000000，定时器 T2 为 12T 模式

    T2L= F1kHz;    //设置 T2 计数初始值的低位

    T2H= F1kHz>>8;    //设置 T2 计数初始值的高位

    AUXR |=0x10;    //启动定时器 T2

    INT_CLK0= 0x04;    //允许定时器 T2 的时钟输出

    while(1);
}

```

## 习 题

6-1 简述 STC15F2K60S2 单片机定时/计数器 T0、T1 的工作方式各有什么特点。

6-2 STC15F2K60S2 单片机定时/计数器的定时模式和计数模式有何区别？如何设置？

6-3 设系统时钟频率为 12 MHz，在 STC15F2K60S2 单片机 P1.0 口接一发光二极管，要使二极管亮 1 s 灭 1 s 交替进行，试编写程序实现。

6-4 使用定时器 T1 的方式 0，试编写程序在 P1.0 口输出周期为 400  $\mu$ s、占空比为 1:4 的矩形脉冲。

6-5 设系统时钟频率为 18.432 MHz，从 T0 (P3.4) 引脚输出 100 kHz 的时钟信号，试编写程序实现。