

第七章 脉冲波形的产生与变换



7.1 555定时器

555定时器是一种将模拟功能与逻辑功能巧妙结合在一起的中规模集成电路。该电路功能灵活、适用范围广，只要外围电路稍作配置，即可构成**单稳态触发器**、**多谐振荡器**或**施密特触发器**，因而在定时、检测、控制、报警等方面。

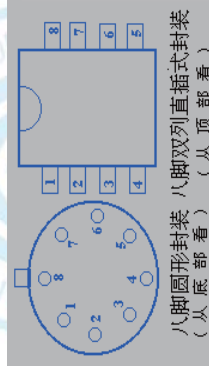


集成555定时器元件简介

555定时器的封装一般有两种：

八脚圆形封装

八脚双列直插式封装



第七章 脉冲波形的产生与变换

第1节 555定时器

第2节 施密特触发器

第3节 单稳态触发器

第4节 多谐振荡器



555定时器分类

555定时器又称**单基电路**。555定时器按照内部元件为**双极型**（又称TTL型）和**单极型**两种。双极型内部采用的是晶体管；单极型内部采用的是**场效应管**。

555定时器按单片电路中包括定时器的个数分为**单基定时器**和**双基定时器**。

常用的**单基定时器**有**双极型定时器5G555**和**单极型定时器CG7555**。双基定时器有**双极型定时器5G556**和**单极型定时器CG7556**。



集成555定时器元件简介

双极型555工作电压4.5 ~ 15V，CMOS型为3~18V。它们可以与模拟集成运算放大器和TTL、CMOS数字电路共用一个电源。

CMOS型最大输出电流可达200mA，可直接驱动小电机、继电器等负载。

555定时器是一种应用广泛、使用灵活的集成器件，多用于**脉冲产生**、**整形**及**定时**等。



学习要点

- ◆ 数字电路区别于模拟电路的主要特点之一是：它的工作信号是离散的脉冲信号。最常用的脉冲信号是方波（矩形波）。如何产生方波以及对不理想的方法如何整形，是本章讨论的重点。
- ◆ 555定时器的的工作原理及逻辑功能
- ◆ 由555定时器构成单稳、多谐、施密特触发器的方法



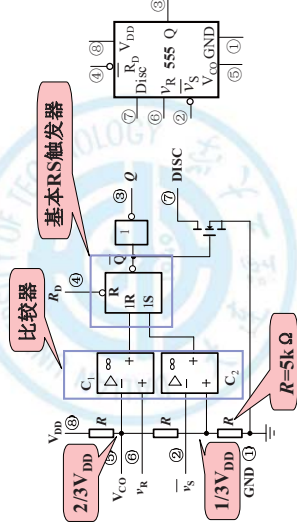
555定时器的由来

集成555定时器因为其内部都有3个精密的5KΩ电阻而得名。后来国内外许多公司和厂家都相继生产出双极型和CMOS型555集成电路。虽然CMOS型3个分压电阻不再是5KΩ，但仍然沿用555名称。

目前一些厂家在同一基片上集成2个555单元，型号后加556，同一基片上集成4个555单元，型号后加558。

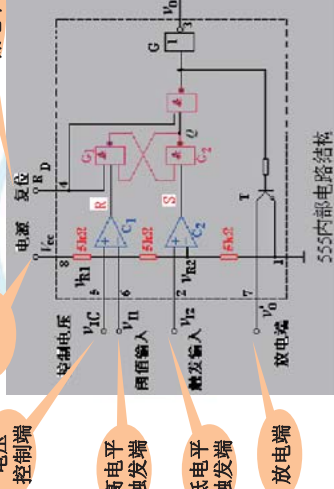


555定时器的工作原理



555定时器的内部原理

电压 5~16V
控制端 复位端 低电平有效



高电平 触发端
低电平 触发端
放电端

555内部电路结构

输入	输出	Q	Q'
阈值输入 (v _m) R	输出 放电管 (v _o) T	1	0
X	X	0	1
< $\frac{2}{3}V_{CC}$	< $\frac{1}{3}V_{CC}$	0	1
> $\frac{2}{3}V_{CC}$	> $\frac{1}{3}V_{CC}$	1	0
< $\frac{2}{3}V_{CC}$	< $\frac{1}{3}V_{CC}$	1	0
> $\frac{2}{3}V_{CC}$	> $\frac{1}{3}V_{CC}$	0	1

注意: 工作中不使用V_{CC}时, 一般都要通过一个0.01 μF的电容接地, 以旁路高频干扰。

555定时器的功能表



输入	输出	Q	Q'
V _b	V _b	R	S
0	X	X	X
1	< 1/3 V _{cc}	1	0
1	> 1/3 V _{cc}	0	1
1	< 2/3 V _{cc}	1	1
1	> 2/3 V _{cc}	0	0

555内部电路结构

输入	输出	Q	Q'
阈值输入 (v _m) R	输出 放电管 (v _o) T	1	0
X	X	0	1
< $\frac{2}{3}V_{CC}$	< $\frac{1}{3}V_{CC}$	0	1
> $\frac{2}{3}V_{CC}$	> $\frac{1}{3}V_{CC}$	1	0
< $\frac{2}{3}V_{CC}$	< $\frac{1}{3}V_{CC}$	1	0
> $\frac{2}{3}V_{CC}$	> $\frac{1}{3}V_{CC}$	0	1

注意: 工作中不使用V_{CC}时, 一般都要通过一个0.01 μF的电容接地, 以旁路高频干扰。

555内部电路结构

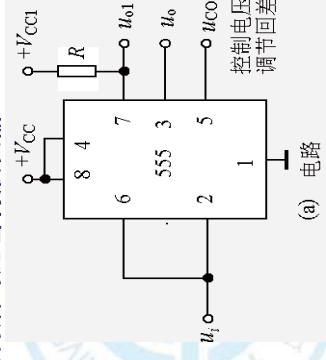
输入	输出	Q	Q'
阈值输入 (v _m) R	输出 放电管 (v _o) T	1	0
X	X	0	1
< $\frac{2}{3}V_{CC}$	< $\frac{1}{3}V_{CC}$	0	1
> $\frac{2}{3}V_{CC}$	> $\frac{1}{3}V_{CC}$	1	0
< $\frac{2}{3}V_{CC}$	< $\frac{1}{3}V_{CC}$	1	0
> $\frac{2}{3}V_{CC}$	> $\frac{1}{3}V_{CC}$	0	1

注意: 工作中不使用V_{CC}时, 一般都要通过一个0.01 μF的电容接地, 以旁路高频干扰。

7.2 555定时器构成的施密特触发器

将555定时器的

阈值输入端v_m和触发输入端v_{tr}相连, 便构成了施密特触发器。



555内部电路结构

输入	输出	Q	Q'
阈值输入 (v _m) R	输出 放电管 (v _o) T	1	0
X	X	0	1
< $\frac{2}{3}V_{CC}$	< $\frac{1}{3}V_{CC}$	0	1
> $\frac{2}{3}V_{CC}$	> $\frac{1}{3}V_{CC}$	1	0
< $\frac{2}{3}V_{CC}$	< $\frac{1}{3}V_{CC}$	1	0
> $\frac{2}{3}V_{CC}$	> $\frac{1}{3}V_{CC}$	0	1

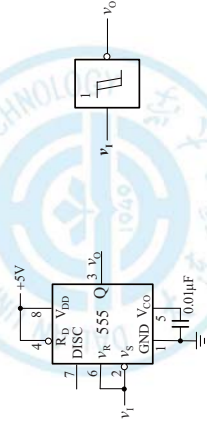
注意: 工作中不使用V_{CC}时, 一般都要通过一个0.01 μF的电容接地, 以旁路高频干扰。

555内部电路结构

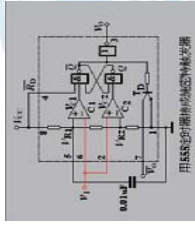
输入	输出	Q	Q'
阈值输入 (v _m) R	输出 放电管 (v _o) T	1	0
X	X	0	1
< $\frac{2}{3}V_{CC}$	< $\frac{1}{3}V_{CC}$	0	1
> $\frac{2}{3}V_{CC}$	> $\frac{1}{3}V_{CC}$	1	0
< $\frac{2}{3}V_{CC}$	< $\frac{1}{3}V_{CC}$	1	0
> $\frac{2}{3}V_{CC}$	> $\frac{1}{3}V_{CC}$	0	1

注意: 工作中不使用V_{CC}时, 一般都要通过一个0.01 μF的电容接地, 以旁路高频干扰。

电路结构



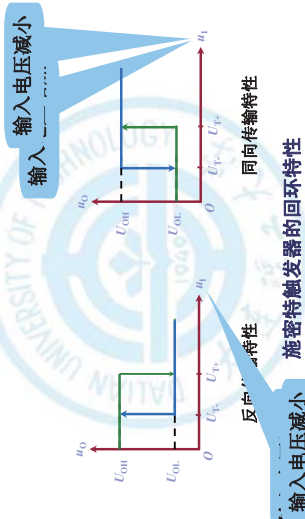
7.2.1 工作原理



由于比较器的参考电压不同，因而基本RS触发器的置0信号和置1信号必然发生在输入信号的不同电平。因此，输出电平由高到低和由低到高所对应的输出电压值也不同。

由于施密特触发器的滞后电压传输特性，它对触发器电平的上升沿和下降沿的反应不同。

施密特触发器的电压传输特性

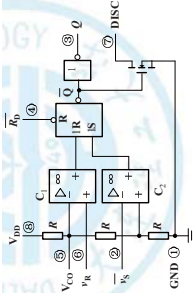


从以上分析可知，555 定时器构成的施密特触发器上限阈值电压 $V_{T+} = \frac{2}{3} V_{CC}$ ，下限阈值电压 $V_{T-} = \frac{1}{3} V_{CC}$ ，该电路的回差电压为：

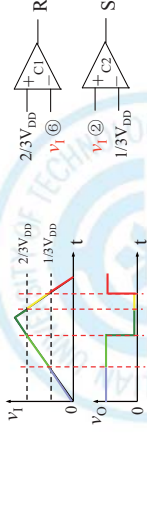
$$\Delta V = V_{T+} - V_{T-} = \frac{2}{3} V_{CC} - \frac{1}{3} V_{CC} = \frac{1}{3} V_{CC} \quad (7-1)$$

若使用控制输入端 V_{CO} ，则：

$$V_{T+} = V_{CO}, V_{T-} = \frac{1}{2} V_{CO} \quad (7-2)$$



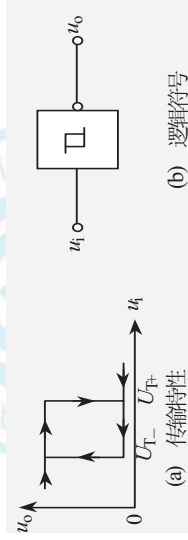
原理分析



- (1) 当 $v_i < 1/3 V_{DD}$ 时, $R=1, S=0, Q=1, v_o=1$;
- (2) 当 $1/3 V_{DD} < v_i < 2/3 V_{DD}$ 时, $R=1, S=1, Q=1, v_o=1$;
- (3) 当 $v_i > 2/3 V_{DD}$ 时, $R=0, S=1, Q=0, v_o=0$;
- (4) 当 $1/3 V_{DD} < v_i < 2/3 V_{DD}$ 时, $R=1, S=1, Q=0, v_o=0$;
- (5) 当 $v_i < 1/3 V_{DD}$ 时, $R=1, S=0, Q=1, v_o=1$;

滞后特性

滞后电压传输特性，即输入电压的上升过程和下降过程的阈值电平不同。这是施密特触发器固有的特性。



7.2.2 门电路构成的施密特触发器

将两级 CMOS 反相器 G_1, G_2 串联，同时通过分压电阻 R_1, R_2 把输出端的电压反馈到输入端，可以构成如图 7-4 所示的施密特触发器电路。

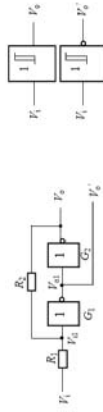
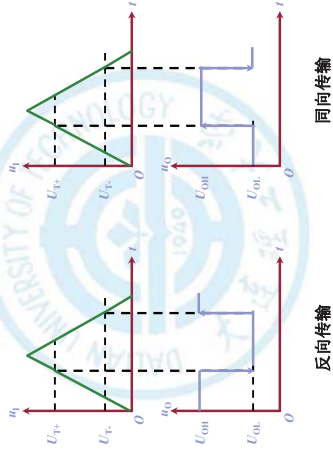
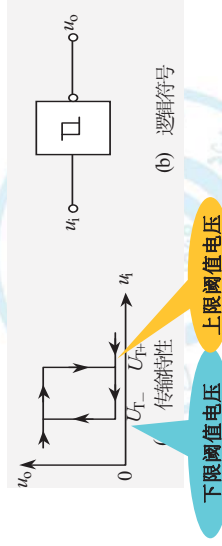


图 7-4 CMOS 反相器构成的施密特触发器

施密特触发器的输入输出波形图



回差电压 (滞后电压) : $\Delta U_T = U_{T+} - U_{T-}$



假定反相器 G_1 和 G_2 的阈值电压为 $V_m = \frac{1}{2} V_{DD}$

$$V_{H1} - V_{i1} = (V_{o1} - V_{i1}) \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad V_{H1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{i1} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{o1}$$

当 $V_{i1} = 0$ 时, G_1 门截止, 输出端 $V_{o1} = 0$, 此时 $V_{H1} \approx 0$ 。

当输入 V_{i1} 从 0 逐渐升高到 $V_{i1} = V_m$ 时, 电路产生如下正反馈过程:



于是电路的状态迅速转换为 $V_o \approx V_{DD}$ 。此时 V_i 的值即为施密特触发器在输入信号正向增加时的阈值电压，称为正向阈值电压 V_{T+} 。此时

$$V_{T+} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{th} \quad V_{T+} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_i + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o$$

当 V_i 从高电平 V_{DD} 逐渐下降并达到 $V_{T-} = V_{th}$ 时，电路产生又一个正反馈过程：

$$V_{o1} \downarrow \rightarrow V_{o2} \uparrow \rightarrow V_o \downarrow$$

使得电路又迅速转换到 $V_o = 0$ 的状态。此时 V_i 的值为输入信号减小时的阈值电压，称为负向阈值电压 V_{T-} 。此时

$$V_{T-} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_i + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{DD}$$

将 $V_{DD} = 2V_{th}$ 代入，得到 $V_{T-} = \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right) V_{th}$

$$\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} \approx 2 \frac{R_1}{R_2} V_{th}$$

可以看出，该电路的回差电压与 R_1/R_2 成正比，可以通过改变 R_1/R_2 的比值来调节回差电压。图 7-5 为电路的工作波形及传输特性。

$$\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} \approx 2 \frac{R_1}{R_2} V_{th}$$

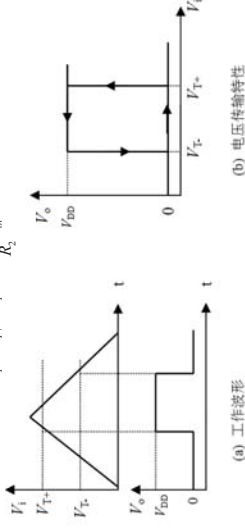


图 7-5 图 7-4 电路的工作波形及传输特性

7.2.3 集成施密特触发器 74132

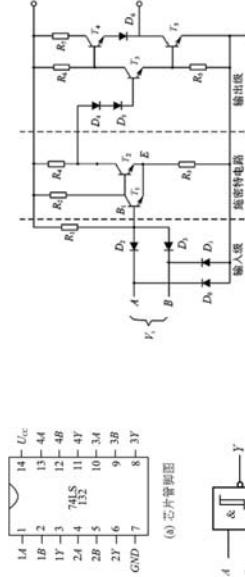
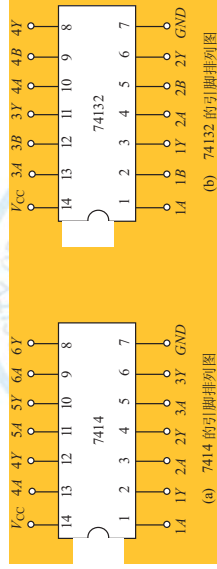


图 7-7 TTL 集成施密特触发器 74132

集成施密特触发器 74132 芯片引脚图

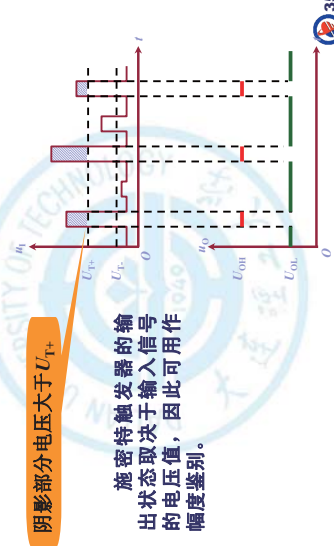


(b) 74132 的引脚排列图

输入 AB 中只要有一个或一个以上的电平低于下限阈值电压 V_{T-} ，则 $Q=1$ ；输入 A、B 电平皆高于上限阈值电压 V_{T+} ，则 $Q=0$ 。

8. 信号整形

将不规则的信号波形整成矩形脉冲。



8. 幅度鉴别

阴影部分电压大于 U_{T+} 。

施密特触发器的输出状态取决于输入信号的电压值，因此可用作幅度鉴别。

7.2.4 施密特触发器用途

1. 波形变换

将一周期性信号变换为矩形波，其输出脉冲宽度 τ_p 可通过改变进行调节 ΔU_T 。

$$\Delta U_T = U_{T+} - U_{T-}$$

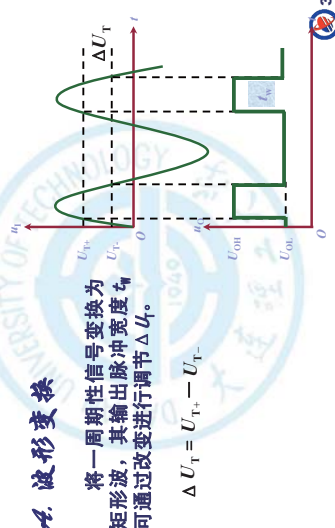
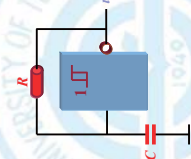


图 7-5 图 7-4 电路的工作波形及传输特性

2. 构成多谐振荡器

由施密特触发器构成的多谐振荡器如上图所示，其原理请同学自行分析。



【例 7-1】在 555 定时器构成的施密特触发器中，电源电压 $V_{CC}=12\text{V}$ ，控制端 V_{CO} 悬空，输入 V_I 加入如图 7-11 所示的幅度为 16V 的梯形波，试求：(1) V_{T1} 、 V_{T2} 及 ΔV ；(2) 对应 V_I 画出 V_O 波形，并标明 V_{T1} 、 V_{T2} 波形各点电压值；(3) 当控制端 $V_{CO}=10\text{V}$ 时， V_{T1} 、 V_{T2} 及 ΔV 的值。

解：(1) $V_{T1} = \frac{2}{3}V_{CC} = \frac{2}{3} \times 12\text{V} = 8\text{V}$

$V_{T2} = \frac{1}{3}V_{CC} = \frac{1}{3} \times 12\text{V} = 4\text{V}$

$\Delta V = V_{T1} - V_{T2} = 8\text{V} - 4\text{V} = 4\text{V}$

(2) V_O (即 Q) 的波形见图 7-11。

(3) $V_{CO}=10\text{V}$ ， $V_{T1}=V_{CO}=10\text{V}$ ， $V_{T2}=\frac{1}{3}V_{CO}=5\text{V}$

$\Delta V = V_{T1} - V_{T2} = 10\text{V} - 5\text{V} = 5\text{V}$

根据： $\Delta V = V_{T1} - V_{T2} = \frac{2}{3}V_{CO} - \frac{1}{3}V_{CO} = \frac{1}{3}V_{CO}$

若使用控制端输入 V_{CO} ，则：

$V_{T1} = V_{CO}$ ， $V_{T2} = \frac{1}{2}V_{CO}$

$V_{T1} = 10\text{V}$ ， $V_{T2} = 5\text{V}$

$\Delta V = 5\text{V}$

37

7.3 单稳态触发器

单稳态触发器：加入触发信号后，它可以由稳定状态转入暂稳态，经过一定时间以后，它又会自动返回原来的稳定状态。



40

单稳态触发器的应用简介

- ◆ 单稳态触发器被广泛用于脉冲整形、延时（产生滞后于触发脉冲的输出脉冲）以及定时（产生固定时间宽度的脉冲信号）等
- ◆ 单稳态触发器的暂稳态通常是靠 RC 电路的充、放电过程来维持的
- ◆ RC 电路可接成两种形式：微分和积分电路形式
- 单稳态触发器在数字电路中一般用于
- 定时**：产生一定宽度的矩形波
- 整形**：把不规则的波形转换成宽度、幅度都相等的波形
- 延时**：把输入信号延迟一定时间后输出等。

43

【例 7-2】555 定时器构成的施密特触发器用作光控路灯开关，图 7-12 示出了 555 定时器构成的施密特触发器用作光控路灯开关的电路图。图中 R_1 为 $2\text{M}\Omega$ 的可变电阻， R_2 为光敏电阻，白天有光照射时，其阻值为几十 $\text{k}\Omega$ ，晚上无光照射时，其阻值为几十 $\text{M}\Omega$ ， H 为继电器， D 为续流二极管， H 中有电流， K 吸合，灯 L 亮，否则 L 不亮。

解：有光照射时， $R_1 < R_2$ ， $V_I > \frac{2}{3}V_{CC}$ ， $Q=0$ ， H 中有电流， K 吸合，灯 L 亮；无光照射时， $R_1 > R_2$ ， $V_I < \frac{1}{3}V_{CC}$ ， $Q=1$ ， H 中有电流， K 吸合，灯 L 亮，施密特触发器起到了光控路灯开关的作用。

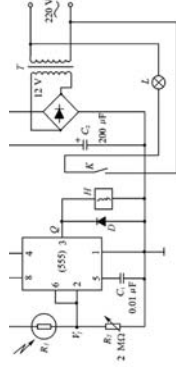


图 7-12 施密特触发器用作光控路灯开关电路

38

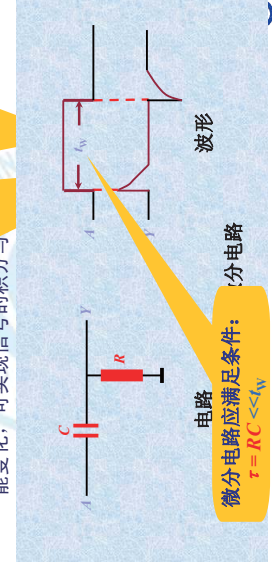
单稳态触发器主要有以下三类：

- (1) 微分型单稳态触发器
- (2) 积分型单稳态触发器
- (3) 集成单稳态触发器

41

7.3.1 由门电路构成的单稳态触发器

RC 积分与微分：输出电路不能突变，电路应满足条件：适当选取 R 和 C ，使 $\tau = RC \gg t_{\text{on}}$ ，及极间电容变化，可实现信号的积分与微分。



44

本节小结

施密特触发器是一种能够把输入波形整形成为适合于数字电路需要的矩形脉冲的电路。而且由于具有滞回特性，所以抗干扰能力也很强。

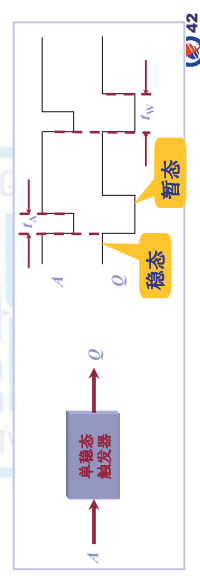
施密特触发器可以由分立元件构成，也可以由门电路及 555 定时器构成。

施密特触发器在脉冲的产生和整形电路中应用很广。

39

单稳态触发器的一般特性：

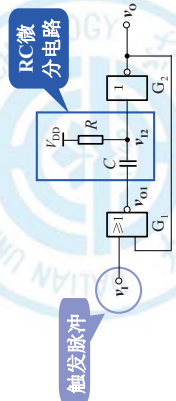
- ◆ 只有一个稳态，另有一个暂稳态。
- ◆ 何时翻转到暂稳态取决于输入信号。
- ◆ 何时翻转回稳态取决于电路参数 R 与 C 。



42

电路结构

门电路+RC 微分电路 → 微分型单稳态触发器



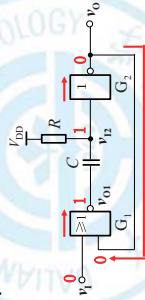
q_1 、 q_2 为 CMOS 或非门， v_{01} 、 v_{02} 分别为 q_1 、 q_2 的输出， v_{12} 为 q_2 输入。

45

微分型单稳态触发器工作原理分析

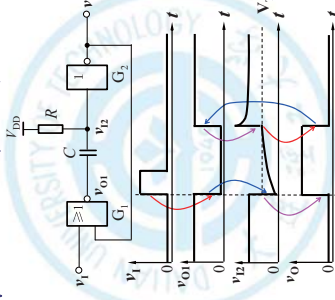
A. 单稳态触发器的稳态

稳态时, 无触发脉冲输入, v_i 为低电平, C 没有充放电, 相当于断开。

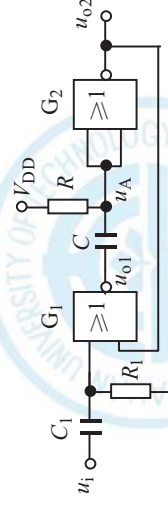


∴ 触发器的稳态为 $v_{o1} \approx V_{DD}$, $v_o \approx 0V$ 。此时, 电容两端的电压相等, 无充放电。

微分型单稳态触发器工作波形分析



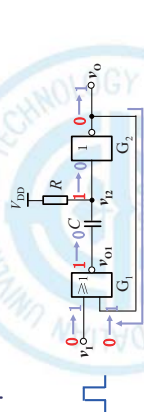
微分型单稳态触发器电路的改进



当 u_i 的宽度很宽时, 可在单稳态触发器的输入端加一个 RC 微分电路, 否则, 在电路由暂稳态返回到稳态时, 由于门 G_1 被 u_i 封住了, 会使 u_{o2} 的下降沿变缓。

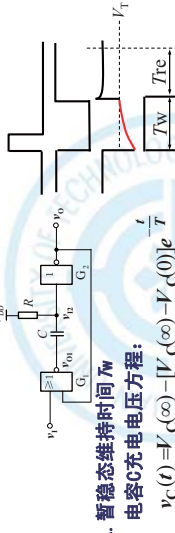
微分型单稳态触发器工作原理分析 (续)

B. 当 v_i 加一正脉冲时, 由稳态进入暂稳态。



暂稳态: $v_{o1} \approx 0V$, $v_o \approx V_{DD}$
这里有一正反馈现象: $v_{o1} \uparrow \Rightarrow v_{o2} \downarrow \Rightarrow v_{o1} \uparrow$
作用: 改善 v_{o1} 、 v_o 边沿。

微分型单稳态触发器参数计算



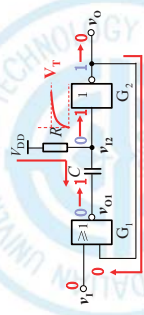
A. 暂稳态维持时间 T_w
电容 C 充电电压方程:
 $v_C(t) = V_C(\infty) - [V_C(\infty) - V_C(0)]e^{-\frac{t}{T}}$
将 $V_C(0) \approx 0V$, $V_C(\infty) \approx V_{DD}$, $T = RC$ 代入上式得:
 $v_C(t) = V_{DD}(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
当 $v_C(t) = V_T = 1/2 V_{DD}$ 时, $t = T_w$, 代入上式可求得:
 $T_w = RC \ln 2 \approx 0.7 RC$

作业

- 7.9
- 7.14
- 7.17
- 7.18
- 7.22
- 7.23

微分型单稳态触发器工作原理分析 (续)

C. 暂稳态自动回到稳态



随着 V_{DD} 通过电阻向电容 C 的充电, v_{o2} 逐渐上升, 当 v_{o2} 上升到 V_T 时, $v_{o1} \approx 0V$, $v_o \approx V_{DD}$, 电路回到稳态。
正反馈现象:
作用: 改善 v_{o1} 、 v_o 边沿。

微分型单稳态触发器参数计算 (续)

B. 恢复时间 T_r

$T_r \approx (3 \sim 5) RC$
最高工作效率 f_{max}

在暂稳态期间 T_w 和恢复时间 T_r 内, 电路不得响应触发信号。因此, 2 个触发信号之间的最小时间间隔为:

$$T_d = T_w + T_r$$

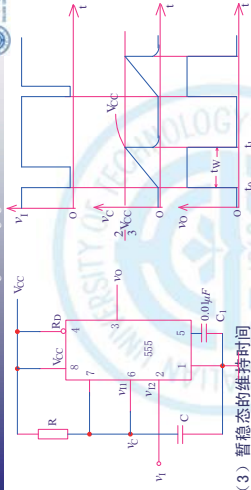
$$f_{max} = \frac{1}{T_d}$$

7.3.2 555 定时器组成的单稳态触发器

单稳态触发器——有一个稳态和一个暂稳态; 在触发脉冲作用下, 由稳态翻转到暂稳态; 暂稳态维持一段时间后, 自动返回到稳态。

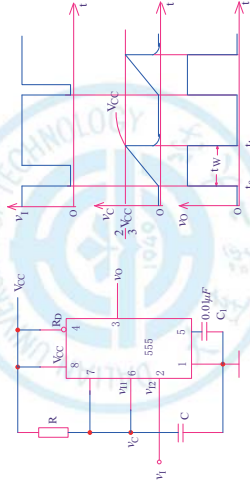
用 555 定时器组成单稳态触发器电路组成工作原理





- (3) 暂稳态的维持时间
- 在暂稳态期间, 三极管截止, V_{ce} 经 R_0 向 C 充电。时间常数 $\tau_1 = R_0 C$, V_{ce} 由 0V 开始增大, 在 V_{ce} 上升到 $2/3 V_{cc}$ 之前, 电路保持暂稳态不变。
- (4) 自动返回 (暂稳态结束) 时间
- 当 V_{ce} 上升至 $2/3 V_{cc}$ 时, V_{ce} 由 1 跳变 0, 三极管由截止转为饱和和导通, 电容 C 经 R_0 迅速放电, 电压 V_{ce} 迅速降至 0V, 电路由暂稳态重新转入稳态。

- (5) 恢复过程
- 当暂稳态结束后, 电容 C 通过饱和和导通的放电三极管放电, 经过 (3~5) τ_2 后, 电容 C 放电完毕, 恢复过程结束。



主要参数估算

- (1) 输出脉冲宽度 T_w (用三要素法计算)
- $$t_w = \tau_1 \ln \frac{V_{ce}(\infty) - V_{ce}(0^+)}{V_{ce}(\infty) - V_{ce}(t_w)} = \tau_1 \ln \frac{V_{cc} - 0}{V_{cc} - \frac{2}{3} V_{cc}} = 1.1 R_0 C$$
- 上式说明, 单稳态触发器输出脉冲宽度 t_w 仅决定于定时元件 R_0 、 C 的取值, 与输入触发信号和电源电压无关, 调节 R_0 、 C 的取值, 即可方便的调节 t_w 。
- (2) 恢复时间 t_r
- $$t_r = (3 \sim 5) \tau_2$$
- (3) 最高工作频率 f_{max}
- $$T_{min} = t_w + t_r, f_{max} = \frac{1}{T_{min}} = \frac{1}{t_w + t_r}$$
- t_w 周期的最小值: 因此, 单稳态触发器的最高工作频率应为:

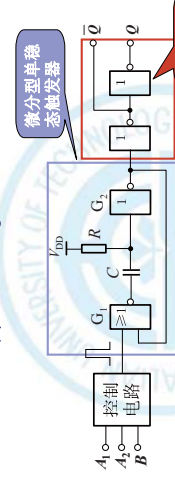
7.3.3 集成单稳态触发器

为适应数字系统中的广泛应用, 现已生产出单片集成单稳态触发器。集成单稳态触发器根据电路及工作状态不同可分为可重复触发和不可重复触发两种。

TTL 集成器件 74121 是一种不可重复触发集成单稳态触发器

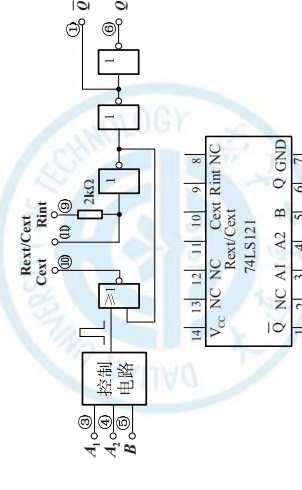
TTL 集成器件 74122 是一种可重复触发集成单稳态触发器

74LS121 的原理框图



- 控制电路用于产生窄脉冲。当输入满足以下条件时, 控制电路产生窄脉冲:
- (1) 若 A_1 、 A_2 至少有一个为 0 时, B 由 0 \rightarrow 1;
- (2) 若 $B=1$, A_1 、 A_2 至少有一个由 1 \rightarrow 0。

74LS121 内部结构和引脚图



74LS121 的功能表

A_1 和 A_2 是两个下降沿有效的触发信号输入端, B 是上升沿有效的触发信号输入端。非重复触发单稳态触发器 74121 的功能表

TTL 集成器件 74121 是一种不可重复触发集成单稳态触发器

TTL 集成器件 74122 是一种可重复触发集成单稳态触发器

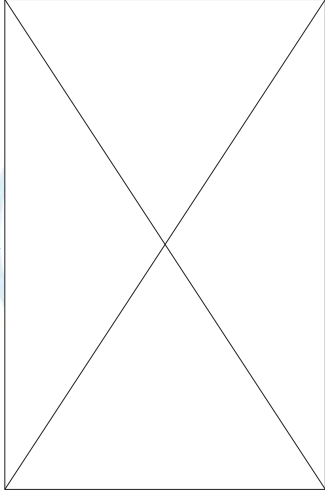
74LS121 的功能表

A_1 和 A_2 是两个下降沿有效的触发信号输入端, B 是上升沿有效的触发信号输入端。非重复触发单稳态触发器 74121 的功能表

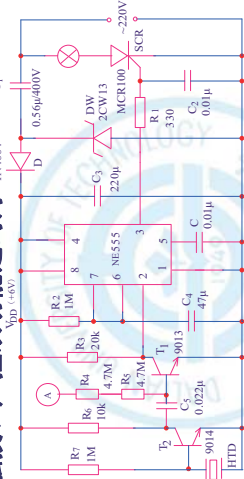
TTL 集成器件 74121 是一种不可重复触发集成单稳态触发器

TTL 集成器件 74122 是一种可重复触发集成单稳态触发器

方波发生器功能演示



B 触摸、声控双功能延时灯



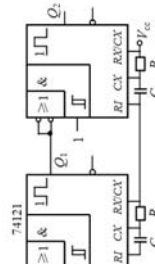
555和 T_1 、 R_2 、 C_1 组成单稳态定时电路，定时（即灯亮）时间约为1分钟。当声音传至压电陶瓷片时，HTD将声音信号转换成电信号，经 T_2 、 T_1 放大，触发555，使555输出高电平，触发导通晶闸管SCR，电灯亮；同样，若触摸金属片A时，人体感应电信号经 R_4 、 R_5 加至 T_1 基极，也能使 T_1 导通，触发555，达到上述效果。

【例 7.4】图 7-24 为由两个集成单稳态触发器 74121 组成的脉冲波形变换电路，外接电阻 $R_1 = 22k\Omega$ ， $R_2 = 1k\Omega$ ，电容 $C_1 = C_2 = 0.13\mu F$ ，试根据图中给定的 V_1 波形，对应画出 Q_1 、 Q_2 的电压波形，并计算输出脉冲宽度 T_{w1} 和 T_{w2} 。

$$\text{解： } T_{w1} = 0.7R_1C_1 = 0.7 \times 0.13 \times 10^{-6} \times 22 \times 10^3 = 2\text{ms}$$

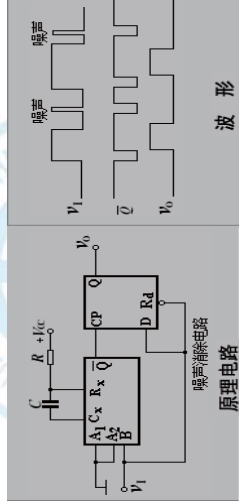
$$T_{w2} = 0.7R_2C_2 = 0.7 \times 0.13 \times 10^{-6} \times 11 \times 10^3 = 1\text{ms}$$

Q_1 、 Q_2 对应 V_1 的波形如图 7-25 所示。



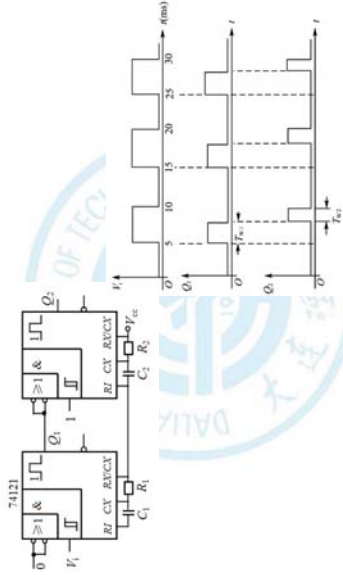
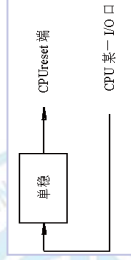
D、消除噪声

通常噪声多表现为尖脉冲，宽度较窄，而有用的信号都具有有一定的宽度。因此，利用单稳态电路，将输出脉宽调节到大于噪声宽度而小于信号宽度即可消除噪声。



C CPU“看门狗”电路

由可重复触发特性，只要定时时间小于暂稳态时间，单稳态触发器就可连续输出高电平，系统工作正常；当“死机”发生后，单稳态触发器因得不到连续触发而输出低电平，系统复位，进入初始化程序。



7.3.5 单稳态触发器的应用

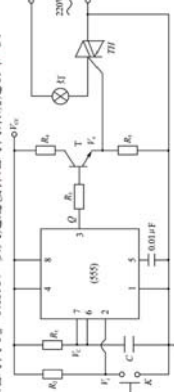
A 触发电时控制开关

555定时器构成单稳态触发器。只要用手触摸一下金属片 P_1 ，由于人体感应电压相当于在触发



【例 7.3】555 定时器构成的单稳态触发器组成的楼梯照明灯控制电路如图 7-23 所示。

稳态时，输入信号 $V_1 = 1$ ，输出 $Q = 0$ ， $\overline{Q} = 1$ ， $V_c = 0$ ，晶闸管 TH 不吸合，灯不亮；人上楼时，在楼下按开关 K 准备上楼， V_1 由 1 变到 0，电容充电： $E_c \rightarrow R \rightarrow C \rightarrow$ 地，暂稳态开始； V_c 指数上升， $Q = 1$ ， T 饱和， TH 吸合，灯亮； V_c 上升至 $\frac{2}{3}V_{cc}$ 时， V_1 已提前回到高电平 1，即 $V_1 > \frac{1}{3}V_{cc}$ ， Q 由 1 变到 0，暂稳态结束， T 截止， TH 不吸合，灯灭。 $Q = 1$ ，灯亮的时间 $T_w = 1.1RC$ ，以人走过楼梯地时间来确定 R 和 C 。



本节小结

单稳态触发器具有一个稳态。由门电路构成的单稳态触发器和基本 RS 触发器在结构上也极为相似，只有用于反馈的耦合网络不同。

单稳态触发器可以由门电路构成，也可以由 555 定时器构成。在单稳态触发器中，由一个暂稳态过渡到稳态，其“触发”信号也是由电路内部电容充（放）电提供的，暂稳态的持续时间即脉冲宽度也由电路的阻容元件决定。

单稳态触发器不能自动地产生矩形脉冲，但却可以把其它形状的信号变换成为矩形波，用途很广。

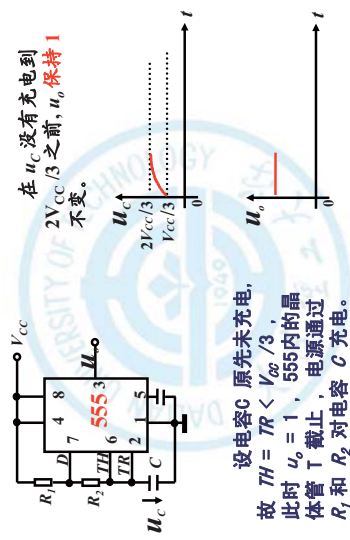
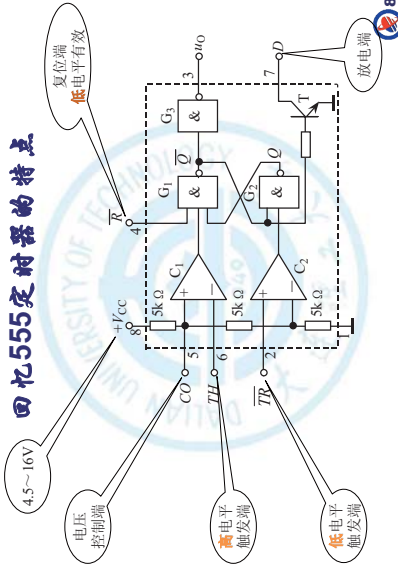
7.4 多谐振荡器

多谐振荡器又称无稳电路，主要用于产生各种**方波或时间脉冲信号**。它是一种自激振荡器，在接通电源之后，不需要外加触发信号，便能自动地产生矩形脉冲波。由于矩形脉冲波中含有丰富的高次谐波分量，所以习惯上又把矩形波振荡器称为多谐振荡器。

能产生矩形脉冲的自激振荡电路叫做

多谐振荡器。

回忆555定时器的特点



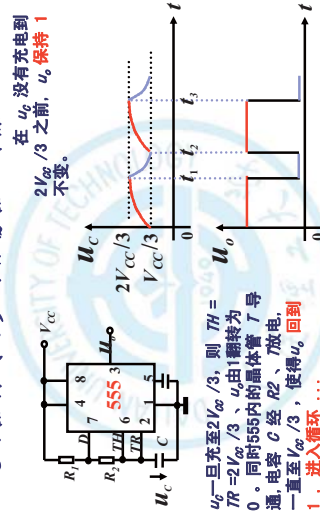
多谐振荡器的组成

多谐振荡器一般没有集成器件, 它通常是由集成逻辑门或其它中规模集成电路搭接而成。它还可以由施密特触发器或集成 555 定时器来实现。

回忆 555 定时器真值表

输入	输出
阈值输入 (V_{TH})	输出 放电管 (V_O)
复位 (R)	T
触发输入 (V_{TR})	0
0	1
$< \frac{1}{3}V_{CC}$	截止
$> \frac{1}{3}V_{CC}$	0
$> \frac{2}{3}V_{CC}$	1
$< \frac{2}{3}V_{CC}$	不定
$> \frac{1}{3}V_{CC}$	1
$> \frac{2}{3}V_{CC}$	不变

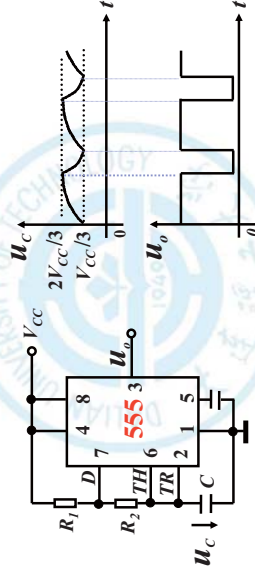
555 定时器构成的多谐振荡器工作原理



多谐振荡器的缺点:

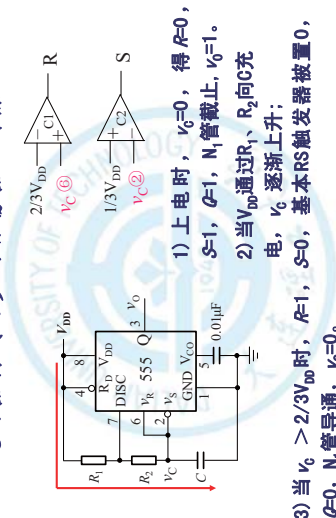
- ✓ 多谐振荡器, 其振荡频率取决于阈值电平 V_{TH} 和 时间常数 RC 。
- ✓ 其中 V_{TH} 容易受温度、电源电压变化的影响;
- ✓ 振荡器电路的工作方式易受干扰, 造成电路状态转换的提前或滞后;
- ✓ 在电路状态临近转换时电容的充、放电已经比较缓慢, 转换电平的微小变化或轻微干扰都会严重影响振荡周期。

7.4.1 如何用 555 定时器构成多谐振荡器:

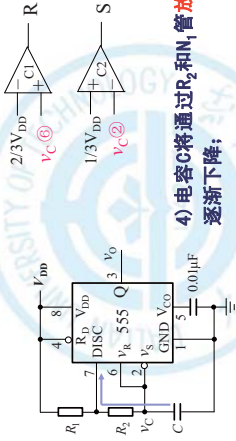


输出波形

555 定时器构成的多谐振荡器工作原理



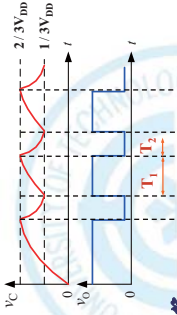
555定时器构成的多谐振荡器工作原理



4) 电容C将通过 R_2 和 N_1 管放电, V_C 逐渐下降;

5) 当 V_C 下降到 $V_C < 1/3V_{DD}$ 时, $R=0$, $S=1$, RS 触发器置成1态, $C=1$, T_1 管截止, $V_C=1$ 。对电容C充电又重新开始。

工作波形



主要参数计算

通过 V_C 的暂态方程, 求得:

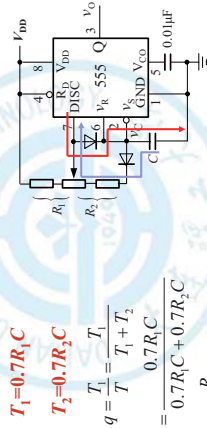
$$T_1 = 0.7(R_1 + R_2)C$$

$$T_2 = 0.7R_2C$$

从占空比q的表达式可知, 占空比始终大于50%。

7.4.2 占空比可调的多谐振荡器电路

利用半导体二极管的单向导电特性, 把电容C充电和放电回路隔离开来, 再加上一个电位器, 便可构成占空比可调的多谐振荡器。



$$T_1 = 0.7R_1C$$

$$T_2 = 0.7R_2C$$

$$q = \frac{T_1}{T_1 + T_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{0.7R_1C}{0.7R_1C + 0.7R_2C}$$

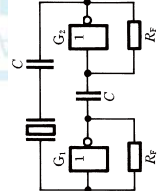
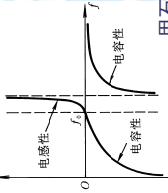
$$= \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

7.4.3 石英晶体多谐振荡器



公元1922年美国卡第提出用石英压电效应调制电磁振荡的频率。

巴黎广播电台首先用严济慈制作的石英振荡片实现了无线电播音中的稳频, 随后各国相继采用, 使无线电广播振荡电磁回路稳频成为压电晶体的最重要应用之一。



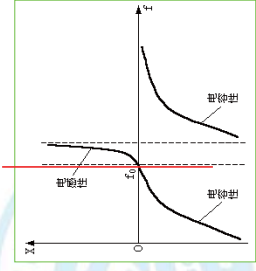
石英晶体的特点

前面介绍的多谐振荡器的一个共同特点就是振荡频率不稳定, 容易受温度、电源电压波动和RC参数误差的影响。

而在数字系统中, 矩形脉冲信号常用作时钟信号来控制整个系统的工作。因此, 控制信号频率不稳定会直接影响到系统的工作, 显然, 前面讨论的多谐振荡器是不能满足要求的, 必须采用频率稳定度很高的石英晶体多谐振荡器。

石英晶体的频率特性

石英晶体具有很好选频特性。当振荡信号的频率和石英晶体的固有谐振频率 f_0 相同时, 石英晶体呈现很低的阻抗, 信号很容易通过, 而其它频率的信号则被衰减掉。

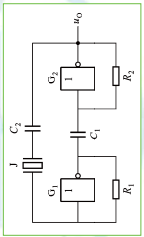


石英晶体的阻抗频率特性图

石英晶体的频率特性

因此, 将石英晶体串接在多谐振荡器的回路中就可组成石英晶体振荡器, 这时, 振荡频率只取决于石英晶体的固有谐振频率 f_0 , 而与RC无关。

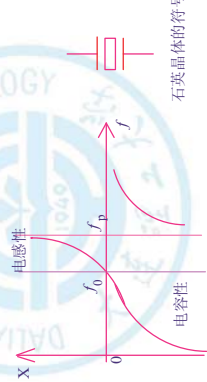
在对称式多谐振荡器的基础上, 串接一块石英晶体, 就可以构成一个石英晶体振荡器电路。该电路将产生稳定极高的矩形脉冲, 其振荡频率由石英晶体的串联谐振频率 f_0 决定。



石英晶体的选频特性

有两个谐振频率。当 $f=f_s$ 时, 为串联谐振, 石英晶体的电抗 $X=0$; 当 $f=f_p$ 时, 为并联谐振, 石英晶体的电抗无穷大。

由晶体本身的特性决定: $f_s \approx f_p \approx f_0$ (晶体的标称频率) 石英晶体的选频特性极好, f_0 十分稳定, 其稳定度可达 $10^{-10} \sim 10^{-11}$ 。



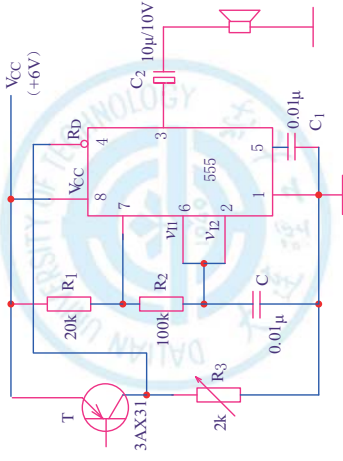
石英晶体的符号

石英晶体的选频特性

目前, 家用电子钟几乎都采用具有石英晶体振荡器的矩形波发生器。由于它的频率稳定度很高, 所以走时很准。

通常选用振荡频率为 32768Hz 的石英晶体谐振器, 因为 $32768=2^{15}$, 将 32768Hz 经过15次二分频, 即可得到1Hz的时钟脉冲作为计时标准。

D 简易温控报警器



09

本节小结

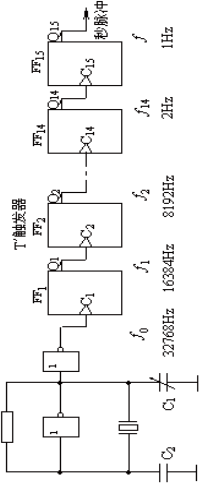
多谐振荡器是一种自激振荡电路，不需要外加输入信，就可以自动地产生出矩形脉冲。

多谐振荡器可以由门电路构成，也可以由555定时器构成。由门电路构成的多谐振荡器和基本RS触发器在结构上极为相似，只是用于反馈的耦合网络不同。RS触发器具有两个稳态，多谐振荡器没有稳态，所以又称为无稳电路。在多谐振荡器中，由一个暂稳态过渡到另一个暂稳态，其“触发”信号是由电路内部电容充(放)电提供的，因此无外加触发脉冲。多谐振荡器的振荡周期与电路的阻容元件有关。

555定时器是一种应用广泛、使用灵活的集成器件，多用于脉冲产生、整形及定时等。

12

E 秒脉冲发生器



CMOS石英晶体多谐振荡器产生 $f=32767\text{Hz}$ 的基准信号，经7触发器构成的15级异步计数器分频后，便可得到稳定度极高的秒信号。这种秒脉冲发生器可做各种计时系统的基准信号源。

10

本章总结

掌握555定时器的的工作原理，会灵活应用。

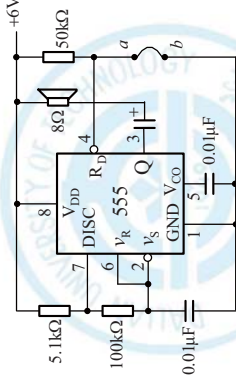
掌握施密特触发器的工作原理和应用。

掌握单稳态触发器的工作原理和应用。

掌握多谐振荡器的工作原理和应用。

13

F 防盗报警电路



如图所示是一个由555定时器构成的防盗报警电路，a、b两端被一细铜丝接通，此铜丝置于窃窃者必经之路，当窃窃者闯入室内将铜丝碰断后，扬声器即发出报警声。

11

第七章 脉冲波形的产生与变换

结束

14