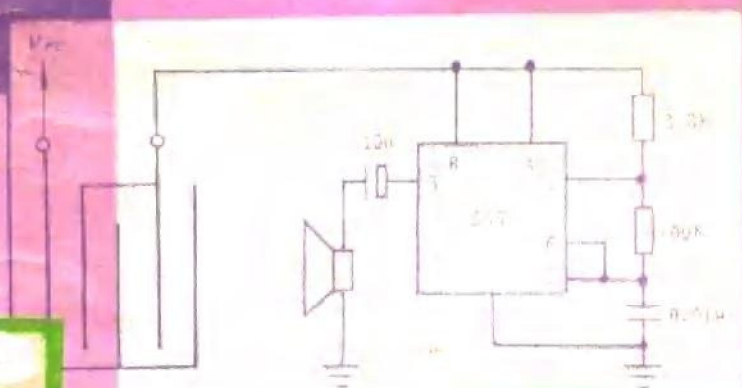


555 定时器原理及 实用电路集锦

杨兆选 丁润涛 编著



天津大学出版社

内 容 提 要

本书较全面地介绍了电子技术领域中应用十分广泛的555 定时器集成电路的原理及其应用。全书共分三部分：第一部分介绍555定时器的内部结构及其工作原理；第二部分讲述定时器的三种基本应用模式，这是灵活应用555定时器的基础；第三部分给出了以555定时器为核心的实用电路77例，并对每个电路的工作原理做了较详细地说明。这些电路大都取自科研、生产及电子爱好者的制作实践，实用性强、便于仿制且成本低廉。

读者对象：从事电子技术工作的科研、设计、生产人员，大中专院校师生，无线电修理人员及广大电子爱好者。

555定时器原理 及实用电路集锦

杨兆选 丁润涛 编著

天津大学出版社出版

（天津大学内）

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本：787×1092毫米1/32 印张：4 $\frac{1}{2}$ 字数：103千字

1989年12月第一版 1989年12月第一次印刷

印数：1—5500

ISBN 7-5618-0146-7

TN·2

定价：1.85元



前 言

555定时器是一种将模拟功能和逻辑功能巧妙地结合在同一硅片上的新颖的线性集成电路。最早由美国西格内蒂克(Signetics)公司于1972年推出并投放市场,立即得到广泛的应用。近几年来,国内以上海元件五厂为代表的生产厂家为推广该芯片的应用做了大量的工作。该芯片以其价格低廉、电路简单、使用灵活、稳定度高、功耗小、带负载能力强等优点,得到了各国电子技术专业工作者和业余爱好者的优先选用,在我国也得到极为广泛的应用。本书的出版,期望能对进一步普及推广该芯片的应用起促进作用。书中,首先介绍了555定时器的内部结构及其工作原理,接着讲述了它的三种基本应用模式,然后以主要篇幅给出了以555定时器为核心的实用电路77例。为了便于读者查阅和选用,书中对这些实例除了顺序编号外,还按其功能分为:波形发生器、信号变换、DC-DC转换、定时与延时、控制、模拟声响与报警、检验与测量、实用业余制作等八大类。对其中每个电路的特点、工作原理及用途都做了较详细地说明。

本书由杨兆选、丁润涛编写,郇昕同志对部分电路做了实验。庞维珍副教授审阅了书稿,为提高书稿质量提出了许多宝贵意见。尽管如此,由于编者的水平所限,书中难免还有不当之处,敬请广大读者批评指正。

最后,向书末列出的“主要参考资料”的有关作者表示衷心的感谢。

编 者

一九八八年九月于天津

目 录

第一章 555定时器简介	(1)
§ 1.1 内部结构及其引脚	(1)
§ 1.2 等效逻辑图	(3)
§ 1.3 工作原理及主要参数	(4)
§ 1.4 556双定时器	(6)
§ 1.5 CMOS定时器	(7)
第二章 555定时器的基本应用	(10)
§ 2.1 多谐振荡器	(10)
§ 2.2 单稳态触发器	(19)
§ 2.3 RS触发器	(26)
第三章 555实用电路集锦	(29)
§ 3.1 波形发生器和整形电路	(29)
(1) 方波发生器	(29)
(2) 占空系数可调的振荡器	(30)
(3) 可控方波发生器	(31)
(4) 锯齿波发生器	(32)
(5) 可调对称性的三角波发生器	(34)
(6) 多种波形发生器	(35)
(7) 间歇振荡器	(35)
(8) 时序脉冲发生器	(37)
(9) 施密特整形器	(38)
(10) 渐宽脉冲发生器	(39)
(11) 高稳定度渐宽脉冲发生器	(40)

§ 3.2 信号变换电路	(42)
(12) 分频器电路	(42)
(13) 线性扫描电路	(44)
(14) 逆变器电路	(45)
(15) 倍频器	(46)
(16) 压控振荡器	(48)
(17) 电压—频率变换器	(49)
(18) 线性 $V-F$ 转换器	(50)
(19) 线性温度—频率变换器	(52)
(20) 线性电压—脉宽转换器	(53)
§ 3.3 直流—直流变换及稳压电路	(54)
(21) 直流电压极性变换器	(54)
(22) 稳定输出负DC—DC变换器	(55)
(23) 改进型负压极性变换器	(56)
(24) 升压DC—DC变换器 I	(57)
(25) 升压DC—DC变换器 II	(58)
(26) 小型升压开关稳压电源	(58)
(27) 双极性DC—DC稳压变换器	(60)
(28) 开关式稳压电源	(61)
(29) 脉冲调制型开关稳压电源	(62)
(30) 高效率调宽稳压电源	(63)
(31) 快速响应的过压、过流保护电路	(65)
§ 3.4 定时与延时电路	(66)
(32) 曝光定时电路	(66)
(33) 开或关控制电路	(67)
(34) 级联定时电路	(68)
(35) 适于频繁通断的定时器	(68)
(36) 顺序定时电路	(70)
(37) 延时开关	(70)

(38)	光控定时路灯开关·····	(72)
(39)	通用定时控制开关·····	(74)
(40)	高精度长定时电路·····	(76)
§ 3.5	控制电路·····	(77)
(41)	温度控制电路 ·····	(77)
(42)	恒温器电路 ·····	(78)
(43)	发光二极管亮度控制电路 ·····	(80)
(44)	光控交流开关 ·····	(82)
(45)	实用光控开关 ·····	(83)
(46)	直流电机多级转速控制电路 ·····	(85)
(47)	用电负荷控制器·····	(87)
(48)	扩音机无信号自动关机电路·····	(89)
(49)	自动复位触电保安器电路·····	(89)
(50)	触摸式电子开关·····	(93)
§ 3.6	模拟声响及报警电路 ·····	(94)
(51)	电话铃声模拟电路·····	(94)
(52)	救护车模拟声响电路·····	(95)
(53)	警笛声响模拟电路·····	(95)
(54)	下雨报警器·····	(97)
(55)	液位监控报警器·····	(98)
(56)	电眼报警器·····	(98)
(57)	保险丝熔断报警器·····	(99)
(58)	失落脉冲报警器·····	(101)
(59)	超速报警器·····	(101)
(60)	转速低限报警器·····	(104)
(61)	直流电源上、下限报警电路·····	(105)
§ 3.7	检验与测量电路 ·····	(107)
(62)	粮食湿度检测仪·····	(107)
(63)	逻辑电平探头·····	(108)

(64)	双线逻辑状态测试器·····	(109)
(65)	电容测量仪·····	(111)
(66)	高灵敏度电容测量仪·····	(113)
(67)	数字电容表·····	(114)
(68)	频率计电路·····	(115)
(69)	具有过量程指示的多档次频率计·····	(116)
§ 3.8	实用业余制作电路 ·····	(118)
(70)	555 “叮、咚” 门铃 ·····	(118)
(71)	玩具机枪声响发生器·····	(119)
(72)	电熨斗调温器·····	(120)
(73)	电冰箱保护插座·····	(122)
(74)	全自动电冰箱保护器·····	(124)
(75)	门锁报警器·····	(126)
(76)	多用检修测试仪·····	(129)
(77)	新颖多变的彩灯控制器·····	(131)
主要参考资料 ·····		(135)

第一章 555定时器简介

§ 1.1 内部结构及其引脚

555定时器 (Timer)，国内也称555时基电路，是一种将模拟功能和逻辑功能巧妙地集成在同一硅片上的新颖的线性集成电路。它的价格低廉（约1.00~2.50元/片），使用方便，只需要少量的外接元件就可构成多种模拟和数字电路。很容易推广应用。

555定时器最早由美国西格内蒂克 (Signetics) 公司于1972年推出并投放市场。其目的是为了取代体积大、定时精度不高的机械式延时器。然而，大出设计者预料，这种555定时器在人们的使用过程中，用途不断地得到开拓，被大量用于工业控制、微型计算机、仪器仪表、电子检测、电子定时延时、电子乐器、报警、玩具、汽车等领域，大大超过原设计的应用范围。由于555应用如此广泛，美国各大公司竞相仿制，如仙童 (Fairchild) 公司的NE555、德克萨斯 (Texas) 公司的SN52555/SN72555、美国无线电 (RCA) 公司的CA555、莫托洛拉公司 (Motorola) 的MC1555等产品相继投产。目前世界上几乎所有的大型半导体厂家都生产这类产品。如日本东芝 (TOSHIBA) 公司的TA7555、日立 (Hitachi) 公司的HA555等。我国也有不少厂家生产该产品，如上海元件五厂的5G1555、贵州4433厂的FX555等，尽管不同厂家的产品在结构和参数方面可能略有差别，但产品型号中都保留了“555”

这三个数字。这三个数字不同于一般集成电路型号中数字的含意，后者仅仅是一种编号，而前者有很具体的含义。后面介绍555内部结构时将会看到：此集成电路中有两个电压比较器，它们的基准电压由三个严格相等的 $5\text{k}\Omega$ 电阻分压提供，555因此而得名。

各厂家的555定时器产品，大都采用金属圆壳（TO—99）或陶瓷双列直插（DIP）的封装形式，如图1.1所示。

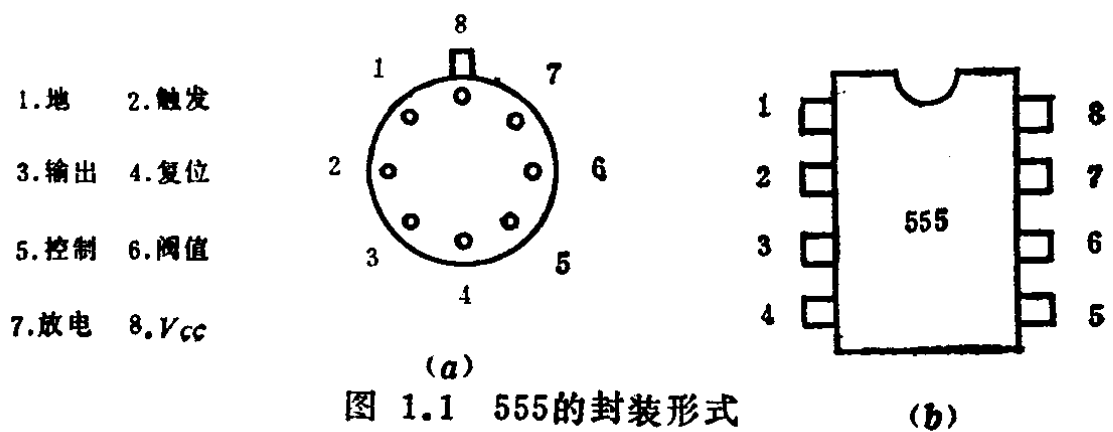


图 1.1 555的封装形式

不同厂家的555定时器的产品，其内部结构大致相同，可等效成23个晶体三极管、17个电阻及两个二极管。图1.2是上

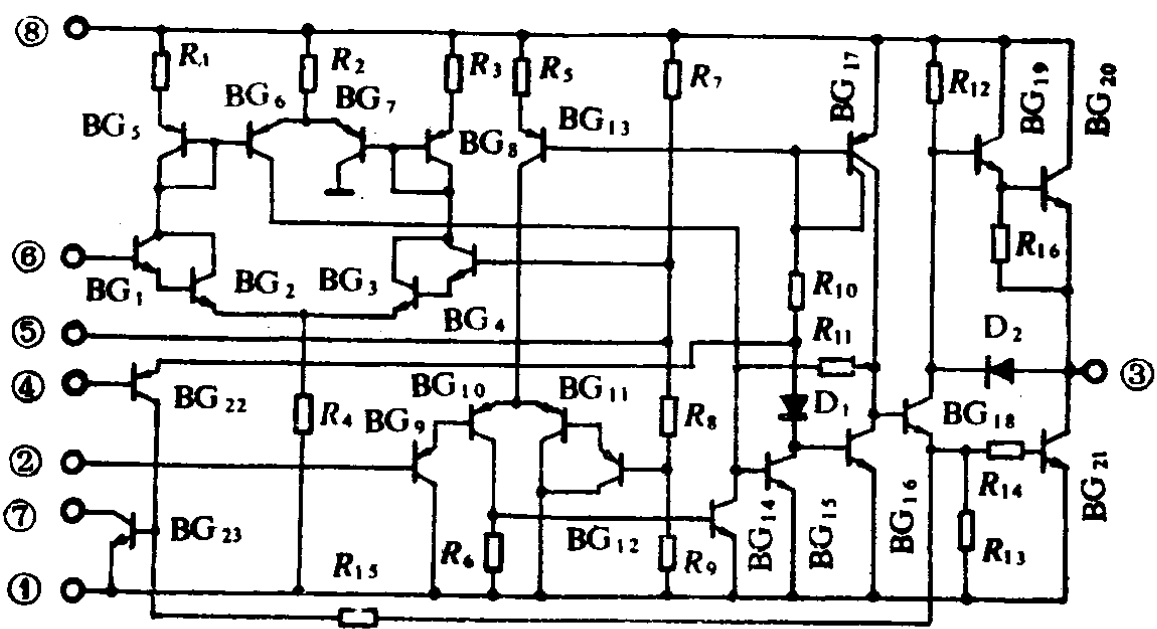


图 1.2 555电原理图

海元件五厂产品的电原理图。

§ 1.2 等效逻辑图

尽管不同产品的电原理图可能略有差别，但根据其工作原理，这些原理图都可简化成图1.3所示的等效逻辑图。在分析555定时器的工作原理时，如果直接根据电原理图进行，则分析工作将十分繁琐，难以理解。若利用其等效逻辑图来进行，问题就会大大简化。所以人们在分析555的工作原理及设计555的各种应用电路时，通常都依据其等效逻辑图来进行。

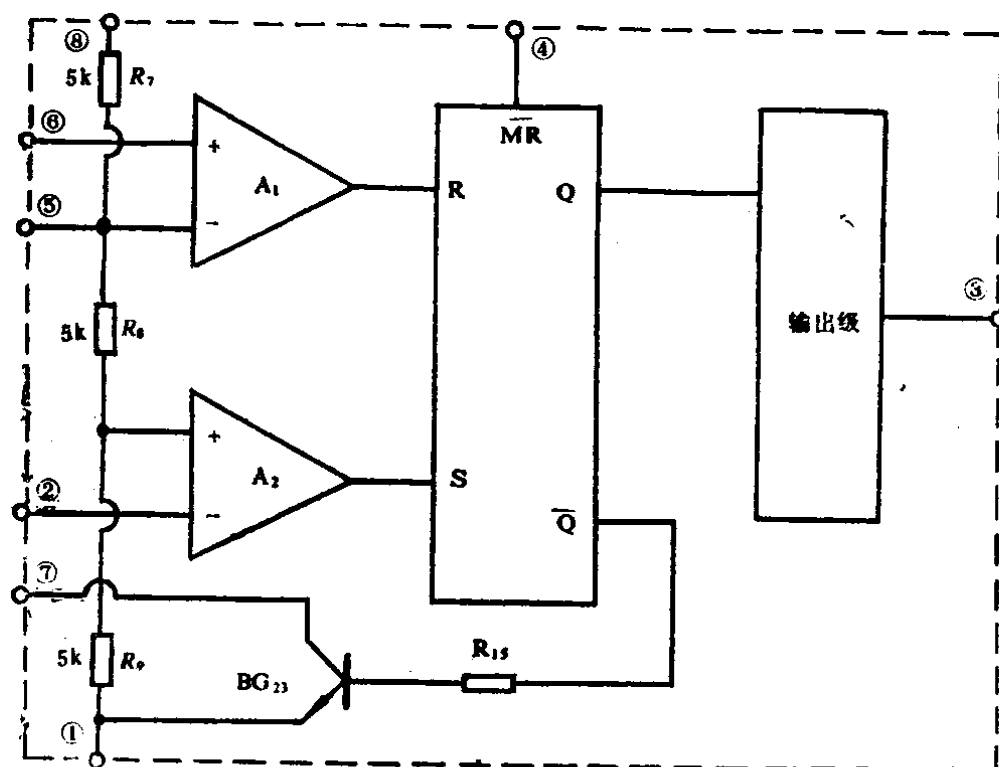


图 1.3 等效逻辑图

§ 1.3 工作原理及主要参数

由图1.3所示的等效逻辑图可见, 555包括两个电压比较器、一个分压器、一个RS触发器、一个功率输出级和一个放电晶体管。

比较器 A_1 称为上比较器, 由图1.2中的 $BG_{11} \sim BG_{18}$ 组成。它是一个由NPN管复合结构作输入级的两级差分放大器。上比较器 A_1 的反相输入端固定设置在 $2/3V_{cc}$ (V_{cc} 为电源电压)上, 它的同相输入端⑥脚称作阈值端(或称高触发端), 常用来测外部时间常数回路中电容上的电压。

比较器 A_2 称为下比较器, 由 $BG_9 \sim BG_{13}$ 组成。它是由PNP管组成复合输入级的差分放大器。 A_2 的同相输入端固定设置在 $1/3V_{cc}$ 上, 反相输入端②脚称作触发输入端, 用来启动电路。

RS触发器由 $BG_{14} \sim BG_{16}$ 构成。其中 BG_{15} 和 BG_{14} 的基极分别受上比较器和下比较器输出端的控制。 A_1 控制R端, A_2 控制S端。RS触发器具有复位输入端④脚, 当④脚处于低电平时, 整个电路的输出端③脚为低电平, 即电路具有复位优先的功能。

$BG_{18} \sim BG_{21}$ 构成功率输出级, ③脚为其输出端, 能输出最大为200mA的电流, 故可直接驱动小型电机、继电器、低阻扬声器等功率负荷。

BG_{22} 是复位放大器, BG_{23} 是放电晶体管, 它能承受50mA以上的放电电流, 其集电极⑦脚, 称为放电端。由图1.3等效逻辑图可见, 当555输出端为高电平(即 $\overline{Q}$ 端为低电平)时, BG_{23} 截止; 反之, 当输出端为低电平时, BG_{23} 导通, 使外接

电容通过它迅速放电。

R_7 、 R_8 、 R_9 是三只精密度较高的 $5k\Omega$ 的电阻，三只电阻构成了一个电阻分压器，为上、下比较器提供基准电压。因为分压器的三个电阻是 $5k\Omega$ ，“555”因此而得名。

555的⑥脚称为“控制端”，它是上比较器的基准电压端。若此端外接电压源，则比较器的基准电压由外接电压源所决定，从而实现了外电压控制。如果⑤脚不接外部电压源，则上、下比较器的基准电压分别是 $\frac{2}{3}V_{cc}$ 和 $\frac{1}{3}V_{cc}$ 。若⑤脚接4伏电压源，则上比较器的基准电压就是4伏，而下比较器的基准电压为外接电压源的一半，为2伏。如果⑤脚接一交变电压（例如正弦波），则上、下比较器的基准电压都随时间而变化，从而使外部定时元件的充放时间也随之变化，可以起到调制的作用。当⑤脚不接外加电压时，通常接入一个 $0.01\sim 0.1$ 微法的电容至地，以防止外界干扰。

⑧脚为电源正极（ V_{cc} ）端。电源电压范围在 $4.5\sim 18$ 伏之间选用。

①脚为电源负极（地）端。

根据图1.3等效逻辑图不难理解555的工作原理：当⑥脚电位高于 $\frac{2}{3}V_{cc}$ 时，因 A_1 反相输入端的基准电位等于 $\frac{2}{3}V_{cc}$ ，所以上比较器 A_1 输出高电平；若此时下比较器 A_2 没有触发信号输入，即②脚电位高于 $\frac{1}{3}V_{cc}$ ，则 A_2 输出低电平，故RS触发器Q端输出低电平，③脚也为低电平，此时， $\overline{Q}$ 端为高电平，放电晶体管 BG_{23} 导通。然后，即使⑥脚电位变低，此状态也一直保持不变，直到②脚输入触发信号。若在触发输入端②输入一个负脉冲，使其电位低于 $\frac{1}{3}V_{cc}$ ，则 A_2 输出高电平，使RS触发器置位，即③脚输出高电平；与此同时，放电管 BG_{23} 由导

通变为截止.此状态也能一直保持,直到⑥脚再出现高于 $\frac{2}{3} V_{cc}$ 的电平时,又重复前述过程。

根据以上的工作原理分析,可以归纳出附表1所示的555定时器的真值表。

附表 1 555 的 真 值 表				
阈值端 ⑥	触发端 ②	强复位端④	输出端 ③	放电端 ⑦
•	•	低	低	导 通
$>\frac{2}{3}V_{cc}$	$>\frac{1}{3}V_{cc}$	高	低	导 通
$<\frac{2}{3}V_{cc}$	$>\frac{1}{3}V_{cc}$	高	原 状 态	原 状 态
•	$<\frac{1}{3}V_{cc}$	高	高	关 断

注：* 表示为任意电平。

附表1列出的引出端真值表,显然与一般数字电路不同,其触发端和阈值端输入不一定是逻辑电平,可以是模拟电平。因此该电路兼有模拟与数字的特色。

§ 1.4 556双定时器

有些生产厂家把两个完全独立的555定时器电路封装成一个14引脚的芯片,称之为556双定时器。其引脚排列如图1.4所示。实用中,可用两个555定时器代替556定时器,或者反之。

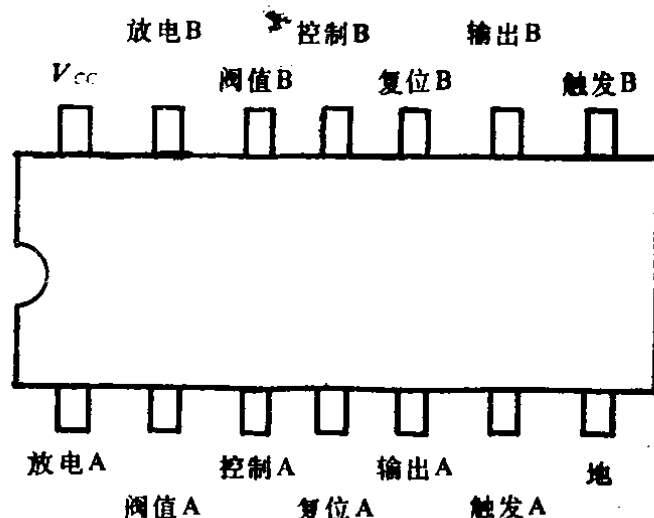


图 1.4 556的引脚排列

§ 1.5 CMOS 定时器

随着CMOS工艺的发展，美国英特西尔公司首先采用CMOS工艺研制出低功耗定时器ICM7555/7556。前者为单定时器，后者为双定时器。国内有上海元件五厂生产的5G7555/7556 CMOS定时器。7555及7556的封装形式及引脚功能分别与双极型定时器555及556完全相同。其逻辑关系也与双极型定时器相同，只是性能上比后者更完善。

图1.5是7556定时器的等效逻辑图，它类似于前面给出的556定时器的等效逻辑图。

由图1.5可见，7556的逻辑图也包括两个电压比较器 A_1 和 A_2 、RS触发器、电阻分压器、放电场效应管 Q_D 和输出反相器。

当图1.5中的控制端（③脚或⑪脚）悬空时，比较器 A_1 和 A_2 的基准电压由设在电路内部的分压器决定。因此，若 $V_{SS}=0$ ，则上比较器 A_1 的基准电压为 $\frac{2}{3}V_{DD}$ ，下比较器 A_2 的基准电压

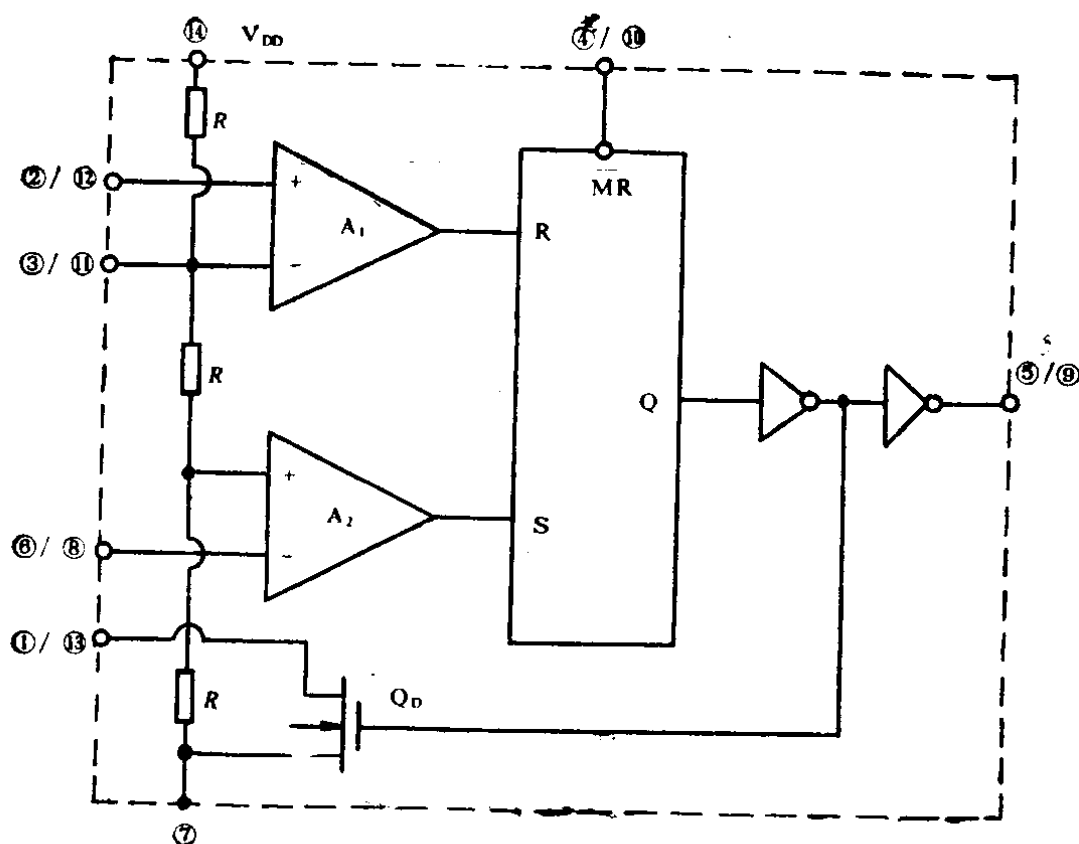


图 1.5 7556的等效逻辑图

为 $\frac{1}{3}V_{DD}$ 。阈值端（②或⑫）的输入电平与 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 进行比较，触发端（⑥或⑧）的输入电平与 $\frac{1}{3}V_{DD}$ 进行比较。所以前者也称为高电平触发端，后者也称为低电平触发端

图中，RS触发器的两个输入端也来自 A_1 和 A_2 ，它也具有强复位端（④或⑩），当强复位端为低电平时，输出端（⑤或⑨）必定为低电平。

F_1 、 F_2 是两个反相器。

Q_D 是放电场效应管。当输出端为低电平时， Q_D 导通；当输出端为高电平时， Q_D 截止。

三个精密电阻 R （阻值均为 $200k\Omega$ ）构成了电阻分压器，为两个电压比较器提供基准电压。

CMOS定时器的工作原理及其真值表与双极型555 定时器基本相同，不再赘述。但二者的电参数指标却有较大的差别。附表 2 列出了555和7556两种定时器的主要电参数。

实际工作中选用定时器时，在负载轻、功耗低、定时时间长（定时电阻大于10MΩ）的场合一般选用CMOS型，反之，负载较重（如继电器、低阻扬声器等）、功耗大的场合，则选用双极型定时器。

附表 2 定时器主要电参数

参 数 名 称	符 号	5 5 5	7 5 5 6	单 位
电 源 电 压	V_{CC}/V_{DD}	4.5~18	3~15	V
静 态 电 流	I_{CC}/I_{DD}	10	0.2	m A
定 时 精 度		1	1	1 %
强复位电流	I_{MR}	100μA	50 P A	μA/PA
放 电 电 流	I_D	50	与 V_{DD} 相关	m A
输 出 电 流	I_O	200	与 V_{DD} 相关*	m A
最 高 工 作 频 率	f_{max}	500	500	kHz

* CMOS定时器7556的输出电流与工作电源电压相关，在5 V、10V、15V下输出端对地的瞬间短路电流为1 mA、8 mA和16mA，而对电源(V_{DD})的瞬间短路电流为4 mA、30mA和80mA。

第二章 555定时器的基本应用

无论双极型555定时器还是CMOS型7555定时器，只要通过少量外接元件的不同配置与组合，就能演变出成百上千种有实用价值的电路。若把这些实用电路按其工作原理归纳分类，分为三种基本应用模式，即多谐振荡器，单稳态触发器以及RS触发器。

§ 2.1 多谐振荡器

一、工作原理

如图2.1(a)所示，将555定时器外接两个电阻 R_a 、 R_b 和一个电容 C ，便构成无稳态多谐振荡器。因为555定时器⑤脚悬空，故上比较器 A_1 的基准电压是 $\frac{2}{3}V_{cc}$ ，而下比较器的基准电压是 $\frac{1}{3}V_{cc}$ 。

刚接通电源的瞬间，定时电容 C 两端电压为零，触发端②脚电位低于 $\frac{1}{3}V_{cc}$ ， A_2 输出高电平，使RS触发器置位，故定时器③脚输出高电平。接着电源 V_{cc} 经电阻 R_a 、 R_b 对电容 C 充电，使电容端电压 V_c 上升，当 V_c 上升到大于上比较器 A_1 的基准电压 $\frac{2}{3}V_{cc}$ 时， A_1 输出高电平，使RS触发器复位，Q端输出低电平，即定时器③脚输出低电平。此时， $\overline{Q}$ 端为高电平，故晶体管 BG_{23} 导通，电容 C 通过 R_b 及 BG_{23} 放电，使电容的端电压逐渐下降，当电容电压降低到低于 $\frac{1}{3}V_{cc}$ 时，下比较器 A_2 输出翻转，变为高电平，使RS触发器置位，Q端为高电平，即③脚输出为高电平。此时 $\overline{Q}$ 端变为低电平，放电管 BG_{23} 截止，电源 V_{cc} 又通过 R_a 和 R_b 向电容 C 充电，电容电压由 $\frac{1}{3}V_{cc}$ 开始上升，当