

触发器计数器电路实践

青少年电子入门快车

阮初忠



CHUFAQI JISHUQI DIANLU SHIJIAN



福建科学技术出版社

●青少年电子入门快车

触发器计数器 电路实践

(闽)新登字 03 号

青少年电子入门快车
触发器计数器电路实践

阮 弼 忠

*

福建科学技术出版社出版、发行

(福州市东水路 76 号)

各地新华书店经销

福建省科发电脑排版服务公司排版

三明地质印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 4.25 印张 2 插页 92 千字

1998 年 9 月第 1 版

1998 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5335-1286-3/TN·175

定价:7.40 元

书中如有印装质量问题,可直接向承印厂调换

丛书编委：（按姓氏笔划为序）

王乃成（中国人民解放军运输工程学院）

孙 漪（西安交通大学）

孙威娜（华中理工大学）

吴淑泉（华南理工大学）

杜效农（天津理工学院）

周亦武（大连海事大学）

林成武（沈阳工业大学）

柯锡明（东南大学）

徐洪水（浙江大学）

徐宝琨（吉林大学）

程卫东（中国科学技术大学）

蔡声镇（福建师范大学）

青少年電子入門
快車

呂新奎
壬戌年
首首

国家信息产业部吕新奎副部长题词



编辑的话

近 20 年来，电子技术得到了飞速的发展，从航天飞机的发射升空、“火星探路者”号的成功登陆，到卫星全球定位系统 (GPS)、巨型计算机的研制，从海湾战争、抗震救灾、维和行动，到与我们生活息息相关的大屏幕高清晰度彩色电视机、VCD、DVD 视盘机、手提电话……我们无不感受到电子技术的无穷魅力以及对我们社会生活的巨大影响。同时，电子技术又是那么地“平易近人”。一把烙铁、几个元件、一本书，迷得一代代的青少年“乐不思蜀”……谁能否认当今的电子大师们不正是从这条路上走来的？谁又敢说今天的“小电子迷”不能成为明日的电子大师？即便是平平凡凡，他们也乐此不疲，沉迷于电子世界，增长知识，陶冶情操，服务社会。

“青少年电子入门快车丛书”是一套面向青少年朋友的电子入门读本。丛书将电子学知识分成各个相对独立的专题，分册论述。各个分册大致包括了基本知识、元器件特性、基本电路原理与分析、实用电路制作等内容，并注重反映电子科学发展的最新技术及其应用。丛书力求通俗易懂，同时强调知识性、实用性、系统性，让青少年

朋友们能够在较短时间内掌握电子技术的基本知识及制作技能。

在丛书出版之际，特别要感谢参加本丛书编写的专家们，他们大都来自全国各大院校。在为国家培养高级电子人才之余，他们仍不忘普及科技知识的社会责任，百忙之中，天南海北，共同为本丛书的出版而辛劳。国家信息产业部吕新奎副部长、清华大学的李鹤轩教授、中国电子科技大学的过璧君教授、浙江大学的陈曾济教授、大连海事大学的吕健先生以及福州市少年宫的林正山高级工程师等，也为全书的策划组稿提出了宝贵的建议，福建师范大学的许瑞珍老师为丛书编写了生动有趣的电子知识短文，在此一并致谢。

我们诚恳地希望全国电子行业的专家们能继续关注“青少年电子入门快车丛书”的成长，并希望广大青少年朋友能将学习中遇到的问题及萌发的建议告诉我们，让我们一起为普及电子知识而努力。

前 言

数字电子技术挟其丰富多彩的数字电子产品，现已深深地渗入我们生活的方方面面。环视周遭，俯拾即是的如电子门铃、电声玩具，让人眼花撩乱的如 VCD 机、手提电话、家庭电脑，仿佛我们已置身于“0”、“1”的数字世界。

触发器是继门电路之后我们向青少年朋友介绍的数字电路的又一种基本逻辑单元。它由门电路组成，且已有了成品的集成芯片。计数器也是数字电路的常用逻辑单元，可完成对信号脉冲个数的计数。它由触发器组成，也有了成品的集成芯片。显然，本书与《门电路实践》一书共同构筑了数字电子技术的基础知识。

本书第一章主要介绍数字脉冲的产生与整形电路，如多谐振荡器、单稳态电路、施密特电路等。同时也介绍了定时电路 CC7555 芯片及其应用。

第二章介绍了各种触发器，如双稳态触发器、RS 触发器、D 触发器、JK 触发器等。并介绍了各种集成触发器芯片的功能、特点、使用注意事项。

第三章介绍了各种计数器的组成、集成计数器芯片功能及使用注意事项。

第四章结合实际生活应用，例举触发器、计数器的各种小制作电路。动手制作这些电路，可加深对前三章内容的理解，也是编者所大力倡导的。

在编写过程中，我们力求通俗易懂，深入浅出，少理论上推导，多分析方法讲述。并尽量联系实际芯片介绍器件功能和应用，使之更适合于青少年朋友阅读。

由于编写水平有限，经验不足，书中遗漏、错误之处在所难免，敬请批评指正。

编著者

1998年4月于集美学村

目 录

第一章 脉冲的产生和整形	(1)
一、RC 电路	(1)
(一) 电容充放电规律	(1)
(二) RC 电路的应用	(4)
二、单稳态电路	(7)
(一) 晶体管单稳态电路	(7)
(二) 门电路组成的单稳态电路	(10)
(三) 集成电路单稳态电路	(14)
三、多谐振荡器	(19)
(一) 晶体管自激多谐振荡器	(19)
(二) 门电路构成的自激多谐振荡器	(22)
(三) 石英晶体振荡器	(24)
(四) 运算放大器构成的多谐振荡器	(25)
四、施密特电路	(27)
(一) 晶体管构成的施密特电路	(28)
(二) 门电路构成的施密特电路	(31)
(三) 运算放大器构成的施密特电路	(32)
(四) 集成施密特电路	(33)

(五) 施密特电路应用	(35)
五、定时电路——CC7555	(38)
(一) CC7555 芯片功能	(38)
(二) CC7555 芯片应用	(41)
 第二章 触发器	 (46)
一、晶体管组成的双稳态触发器	(46)
(一) 由晶体管组成的双稳态触发器工作原理 ...	(46)
(二) 触发方式	(47)
二、集成 RS 触发器	(50)
(一) 基本 RS 触发器	(50)
(二) 同步 RS 触发器	(53)
(三) 主从 RS 触发器	(55)
三、主从 JK 触发器	(58)
(一) 逻辑功能	(59)
(二) 逻辑真值表, 状态转换真值表, 逻辑函数关系式	(61)
四、D 触发器	(62)
(一) 逻辑功能	(62)
(二) 逻辑真值表, 状态转换真值表, 逻辑函数关系式	(63)
五、CMOS 触发器	(64)
(一) CMOS 三态 RS 锁存触发器	(64)
(二) CMOS 主从 JK 触发器	(65)
(三) CMOS D 触发器	(66)

第三章 计数器 (69)

- 一、二进制计数器 (69)
 - (一) 串行计数器 (70)
 - (二) 并行计数器 (75)
- 二、十进制计数器 (81)
 - (一) 并行加法计数器 (81)
 - (二) 串行加法计数器 (86)
- 三、任意进制计数器 (89)
 - (一) 反馈法 (89)
 - (二) 级联法 (91)
 - (三) 复位法 (93)

第四章 触发器、计数器的应用 (95)

- 一、CC4098 门铃电路 (95)
- 二、CC7555 楼道路灯延时开关电路 (97)
- 三、电视机电压异常报警电路 (98)
- 四、触摸式 10 挡音量自动调节电路 (99)
- 五、台灯无级调光电路 (102)
- 六、电饭煲定时开关电路 (106)
- 七、人体感应式报警器 (109)
- 八、可逆式流水彩灯控制电路 (111)
- 九、电冰箱自动保护电路 (113)
- 十、8W 手提式应急照明灯 (115)

附录 卡诺图 (118)

第一章 脉冲的产生和整形

在数字电路中，传递信息主要是通过“0”和“1”来实现的。数字“0”和“1”信息，一般都用脉冲来表示，脉冲的高电平表示“1”，脉冲的低电平表示“0”。由此可见，脉冲的产生和整形是数字电路的基础。

一、RC 电路

RC 电路在数字脉冲电路中应用广泛。在脉冲整形、波形变换、单稳态、多谐振荡等场合都能看到它的身影。

(一) 电容充放电规律

1. 充放电过程

在图 1-1 中，当开关 K 未合上 1 端时，电容 C 上电压为 0。

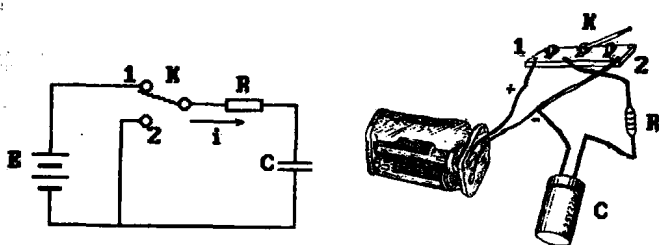


图 1-1 RC 充放电电路

当开关K合上1端时，电容两端的电压不会突然变化。这个电容好比一个水池，水龙头刚开时，水池的水位不会突然变化。随着时间的推移，水位才慢慢提高。同样地，这时电容器两端的电压也是随着时间的推移，才慢慢提高，这一过程称为电容器的充电过程。

当电容两端电压充到电源电压 ($U_c=E$) 时，充电电流 i 就为0。这时把开关K合到2端时，电容器所存的电荷就通过电阻放电，以热量的形式消耗掉。随着时间的推移，电容器两端的电压不断减小，放电电流也不断减小，最终电容器电压为0，放电电流为0。这一过程称为电容器的放电过程。

2. 充放电规律

我们先看一下，水池灌水过程，若下水池的容量小，水龙头开得大（水阻力小），下水池的水位上升就快；若下水池的容量大，水龙头开得小（水阻力大），下水池的水位上升就慢。相类似，当电容容量 C 小，电阻阻值 R 小，充电或放电时，电容两端电压变化就快。我们继续观察水池水位的变化。随着时间的推移，上水池的水面不断下降，水压下降，水龙头流出的水逐渐减小，下水池水面上升速度自然逐渐变慢。同样，随着电容充电，电容两端电压逐渐上升，电阻两端电压逐渐下降，充电电流也将逐渐减小。我们把 R 乘以 C 称为 RC 充放电的时间常数，用 $\tau=RC$ 来表示。当 R 单位为“欧姆”， C 为“法拉”时，时间常数 τ 的单位为“秒”。充电过程电流计算公式：

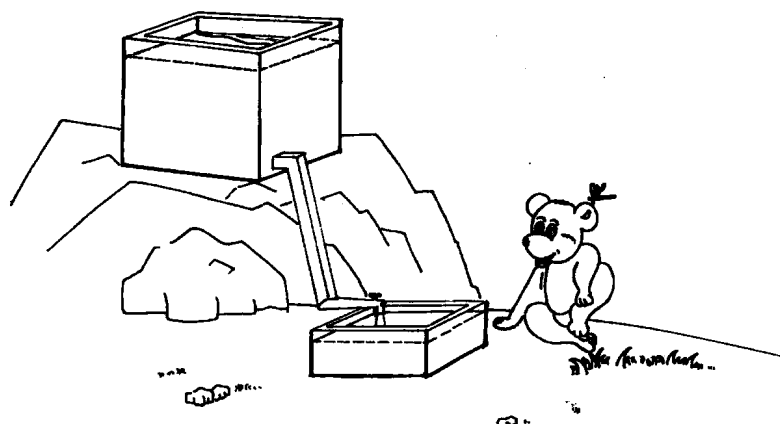
$$i = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

式中 t 为时间（秒）。随着时间 t 的推移， $e^{-\frac{t}{\tau}}$ （指数函数）就越来越小，见表1-1，那么，充电电流 i 也就越来越小。这样，我们可得电阻上的压降：

$$U_R = iR = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$$

电容两端的电压:

$$U_C = E - U_R = E - Ee^{-\frac{t}{\tau}} = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$



我们把充电电流 i , 电阻压降 U_R 和电容两端电压 U_C 随时间变化的过程用图形表示, 如图 1-2 所示。这些波形都是随着指数函数规律变化的, 为了计算方便, 我们把有关指数函数列在表 1-1。

表 1-1 指数函数表

$\frac{t}{\tau}$	0	0.5	0.69	1	2.3	3	5
$e^{-\frac{t}{\tau}}$	1	0.607	0.5	0.37	0.1	0.05	0.007
$1 - e^{-\frac{t}{\tau}}$	0	0.393	0.5	0.63	0.9	0.95	0.993

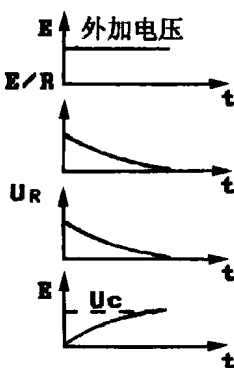


图 1-2 RC 充电过程波形

放电过程: 由于电流方向发生变化, 与所标的方向相反, 所以, 其计算公式就成为如下:

$$i = -\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_R = iR = -Ee^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_C = -U_R = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$$

其波形如图 1-3 所示。

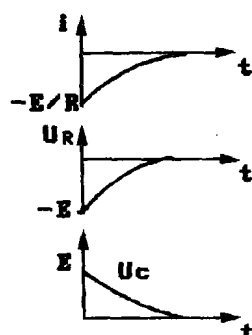


图 1-3 RC 放电过程波形

(二) RC 电路的应用

在分析 RC 充放电过程中，我们是通过一个开关来控制电源作用于 RC 电路。今后在数字电路中分析，常用脉冲信号作用于 RC 电路。

1. 微分电路

图 1-4 (a) 是一个简单的微分电路，它经常被用来把矩形脉冲转换为尖脉冲（作为触发信号）。

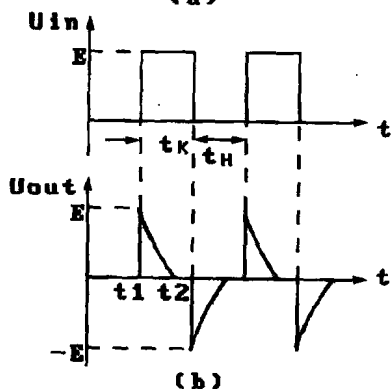
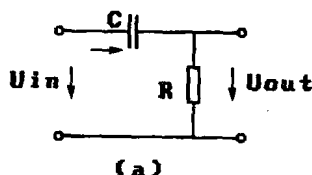


图 1-4 微分电路

在 $t=t_1$ 时刻，加入一个正脉冲，即： U_{in} 由 0 突跳到 E （称为正跳变，类似于将开关合上，接入电源）。由于电容两端开始时刻电压为 0，在 t_1 时刻输出端 U_{out} 就为 E 。此时，电容 C 开始充电，电容两端的电压 U_C 按指数规律增加。那么，输

出端 $U_{out} = U_{in} - U_C$ ，也就按指数规律下降，当电容两端电压充到 E 时，输出端 U_{out} 就为 0。到了 t_2 时刻，输入端的 E 突然变为 0（称为脉冲负跳变，类似于电源断开，输入端短接），已经充饱电



荷的电容 ($U_c = E$) 就要进行放电, 其放电回路如图 1-5 所示。这时放电电流与充电电流的方向相反, 从下向上流经电阻, 因此, 输出电压 U_{out} 从 0 跳变到 $-E$ 。由于放电电流按指数规律变化, 那么, 输出电压 U_{out} 也从 $-E$ 按指数规律变化, 电容放电完毕, 输出电压也就为 0, 其波形如图 1-4 (b) 所示。

可见, 当输入矩形脉冲时, 微分电路输出一个正、负双向的尖脉冲。这种电路具有“突出变化量, 压低恒定量”特性。在数学上, 这种尖脉冲近似等于矩形波的微分形式, 故称该电路为微分电路。

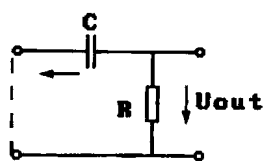


图 1-5 放电回路

其特点是输出能够很快反映输入信号的跳变成分。必须指出: 在微分电路中, RC 远远小于输入脉宽 t_K , 一般取 $RC \approx \frac{t_K}{8} \sim \frac{t_K}{5}$, 而 $t_K \leq t_H$ (脉冲间隙)。