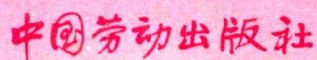


脉冲与数字电路



中国劳动出版社

全国技工学校电子类通用教材

脉冲与数字电路

技工学校电子类专业教材编审委员会组织编写

中国劳动出版社

本书是根据劳动部培训司、中国电子工业总公司教育局组织制订的《脉冲与数字电路教学大纲》编写的技工学校电子类通用教材。主要包括：脉冲电路基础、脉冲单元电路、门电路、逻辑代数基础、组合逻辑电路、集成触发器、时序电路等。书末附有实验课内容。

本书也可作为工人培训教材和职工自学用书。

本书由常州市技工学校邱加汉编写，上海市无线电二厂施嘉娟审稿。

脉冲与数字电路

技工学校电子类专业教材编审委员会组织编写

责任编辑：金龄

中国劳动出版社出版

（北京市惠新东街1号）

北京隆昌印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 11.5印张 282千字

1993年7月北京第1版 1997年3月北京第7次印刷

印数：40000册 定价：10.40元

ISBN 7-5045-1216-8/TN·022(课)

说 明

1989年以来,由技工学校电子类专业教材编审委员会组织编写的技工学校电子类专业通用教材和实习教材相继出版。这套教材有:《数学》、《物理》、《制图》、《电子电路基础》、《电子测量与仪器》、《收录机原理调试与维修》、《无线电基础》、《微型电子计算机原理》、《操作系统》、《程序设计基础》、《微型计算机原理及应用》、《数字逻辑电路》、《BASIC语言》、《PASCAL语言》、《基本操作技能》、《电视机装配调试与维修》、《计算机操作实习》。为了进一步满足技工学校教学的需要,此次又组织编写了《电工基础》、《脉冲与数字电路》、《电视机原理调试与维修》、《无线电整机装配工艺基础》、《半导体物理与器件》、《录像机原理调试与维修》、《单片微型计算机原理与应用》等7种教材。

上述教材供二年制(招收高中毕业生)和三年制(招收初中毕业生)的技工学校电子类专业的学生使用,也适合工人培训和职工自学使用

技工学校电子类专业教材编审委员会

1993年6月

前 言

电子工业部与我部密切配合，从1979年开始，共同组织编审出版了技工学校电子类专业教材。这是件具有现实意义和深远意义的工作。

职业技术教育是国家工业化和现代化的重要支柱。现代电子技术，特别是计算机技术的发明和发展，使人类社会发生了一场真正的革命。因此，衡量一个国家的国力是否强大，一定程度上已表现为在经济和社会各个领域，科学技术尤其是电子技术应用的广度、深度和由此形成的实力。在今日中国的教育、科研、国防和经济领域里，电子技术的应用日益广泛，已有数以百万计的计算机在运转，而且数量还在不断增长。企业的生产管理和制造技术因此正在发生巨大的变革。但是，从传统的制造和管理方法向电子化、采用计算机控制技术过渡并非易事，主要是在安装和操作新设备上，实质上是在人员素质方面，遇到了不少困难。所以，编写新的教材，努力培养大批懂得现代电子技术的人才，已成为尽快提高劳动生产率、产品质量和管理水平的当务之急。实践证明，推动电子技术进步和提高劳动者素质，是密切结合、互相促进的，两者缺一不可。

我国已把提高劳动者素质，即培养提高技术工人和后备劳动者的技术业务素质，摆到非常重要的位置。因此，组织编审出版技工学校电子类专业教材是十分必要的。已经出版使用的电子类教材，从最初解决教材有无问题，到逐步提高质量、增编实习教材、重视加强基本技能训练，对培养中级电子技术工人起到了积极的作用。

我相信，在广大编审、出版工作者的共同努力下，在实践中，技工学校电子类专业教材将更加完善，成为有权威的、质量一流的教材。在此，我谨向电子工业部和全体编审人员，以及为教材的出版发行做出贡献的人们表示真诚的感谢。

中华人民共和国劳动部副部长 令狐安

目 录

第一章 脉冲电路基础	1
§ 1—1 脉冲的基本概念	1
§ 1—2 电容器的充放电	2
§ 1—3 RC电路的应用	7
§ 1—4 晶体管的开关特性	10
§ 1—5 反相器	19
本章小结	22
习题	23
第二章 脉冲单元电路	25
§ 2—1 双稳态触发器	25
§ 2—2 单稳态触发器	32
§ 2—3 自激多谐振荡器	36
§ 2—4 射极耦合触发器	39
§ 2—5 锯齿波电压发生器	41
本章小结	47
习题	48
第三章 逻辑门电路	51
§ 3—1 分立元件门电路	51
§ 3—2 DTL集成门电路	57
§ 3—3 TTL集成门电路	59
§ 3—4 MOS集成门电路	68
本章小结	73
习题	74
第四章 逻辑代数基础	76
§ 4—1 逻辑代数的基本运算和基本定律	76
§ 4—2 逻辑函数的表示法	78
§ 4—3 逻辑函数的化简	81
本章小结	88
习题	89
第五章 组合逻辑电路	91
§ 5—1 常用数制及转换	91
§ 5—2 编码器	93
§ 5—3 译码器	97

本章小结	102
习题	102
第六章 集成触发器	104
§ 6—1 基本 RS 触发器	104
§ 6—2 同步触发器	107
§ 6—3 主从触发器	110
§ 6—4 边沿触发器	116
§ 6—5 触发器的转换与比较	119
§ 6—6 集成触发器的主要指标	124
本章小结	127
习题	127
第七章 时序逻辑电路	130
§ 7—1 时序电路逻辑功能表示法	130
§ 7—2 计数器	132
§ 7—3 寄存器	145
本章小结	149
习题	149
第八章 集成电路构成的脉冲电路	151
§ 8—1 单稳态触发器	151
§ 8—2 多谐振荡器	155
§ 8—3 施密特触发器	159
§ 8—4 定时器	162
本章小结	166
习题	166
实验	167
实验一 RC 电路的应用	167
实验二 双稳态触发器	168
实验三 单稳态触发器	169
实验四 多谐振荡器	170
实验五 射极耦合触发器	171
实验六 自举电路	172
实验七 基本门电路	172
实验八 二—十进制计数器	174

第一章 脉冲电路基础

在脉冲电路中，脉冲的波形是研究的重点。本章先介绍脉冲的一些基本概念，讨论RC电路中电容器的充放电规律以及RC微分电路、RC积分电路，再分析二极管的开关特性及其应用，最后研究晶体管的开关特性和最基本的开关电路——反相器。

§ 1—1 脉冲的基本概念

一、什么是脉冲

脉冲这个词包含着脉动和短促的意思，它是指存在时间极短的电压或电流的波形。由于科学技术的发展，相应出现的脉冲波的种类也越来越多。因此从广义上来说，通常把一切非正弦波都称为脉冲。图1—1所示是常见的脉冲波形。

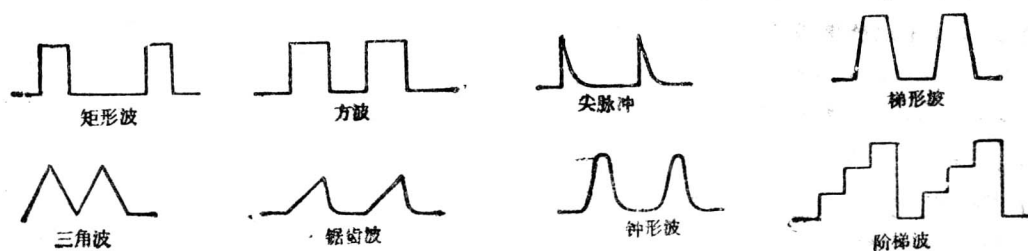


图 1—1 常见的脉冲波形

在脉冲数字电路中，常用的是矩形脉冲。它是本书主要介绍的脉冲波形。

二、脉冲研究的对象

脉冲技术是电子技术中的一种基础技术，它主要研究的内容是用什么样的电路来产生、变换、传送、放大、记忆脉冲信号，以及用什么方法来测量各种脉冲信号。

脉冲技术的发展和运用，是近几十年来电子技术发展的一个重大特点。脉冲技术现已广泛地应用于自动控制、电子计算机、遥控通讯、家用电器等各个方面。

三、脉冲的主要参数

脉冲参数是表示脉冲信号特征的物理量。研究脉冲电路的性能和质量时，常要对脉冲电路所产生的波形进行定量分析，以评价该电路的性能。

图1—2所示为实际电路中的矩形波。现以矩形波为例介绍脉冲波形各种主要参数的含义。

(1) 脉冲幅度 U_m (或 I_m) 脉冲底部的电平值和脉冲顶部的电平值之差称为脉冲幅度。

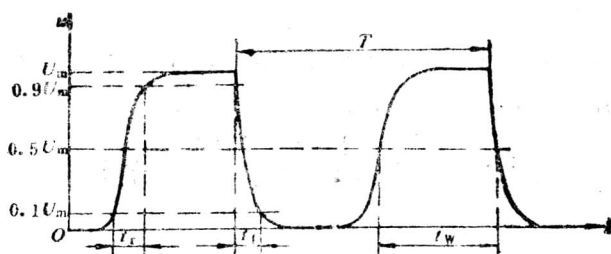


图 1—2 脉冲波形的主要参数

图1—2中, 脉冲顶部为高电平, 用 U_H 表示; 脉冲底部为低电平, 用 U_L 表示。所以脉冲幅度 $U_m = U_H - U_L$ 。

(2) 脉冲上升时间 t_r 脉冲由 $0.1U_m$ (或 $0.1I_m$) 上升到 $0.9U_m$ (或 $0.9I_m$) 所需要的时间。

(3) 脉冲下降时间 t_f 脉冲由 $0.9U_m$ (或 $0.9I_m$) 下降到 $0.1U_m$ (或 $0.1I_m$) 所需要的时间。

(4) 脉冲周期 T 在周期性出现的脉冲波形中, 两个相邻脉冲波形对应点之间的时间。周期的倒数就是脉冲频率 f 。

(5) 脉冲宽度 t_w 脉冲出现后所持续的时间, 一般以 $0.5U_m$ (或 $0.5I_m$) 处的宽度为脉冲宽度。在实用中给定的脉冲宽度一般都有具体说明。

§ 1—2 电容器的充放电

电容器的充电和放电过程是十分短暂的, 但对于脉冲电路来讲, 这个过程是十分重要和有用的。脉冲电路的种类繁多, 但构成电路的主要元件只是晶体管、电阻和电容等。晶体管作为开关, 用以接通或断开电路, 从而打破电路的稳态, 使之产生暂态过程; 而电阻、电容等则用以控制暂态过程的时间和变化率。因此, 掌握暂态过程的分析方法是学习脉冲电路的基础。

一、电容器的充放电过程

图1—3是描述电容器充放电过程的实验电路。

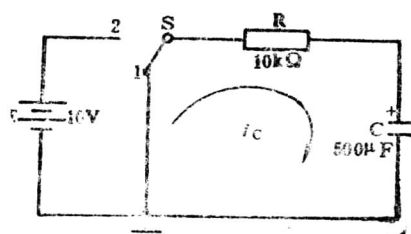


图 1—3 RC充放电实验电路

设 $t=0$ 之前, 开关S接“1”, 电容器两端电压 $u_C=0$, 流过电容器电流 $i_C=0$ 。在 $t=0$ 时刻, S扳向“2”, 于是电源将通过R对C充电。充电时满足:

$$E = u_C + i_C R \quad (1-1)$$

所以充电电流为:

$$i_C = \frac{E - u_C}{R} \quad (1-2)$$

由于原来S接“1”, 电容器极板上没有电荷, $u_C=0$ 。在S扳向“2”的瞬间, 电容器来不及充电, 所以 u_C 仍为零。由式 (1—2) 可以得到此时充电电流

$$i_c = \frac{E}{R}$$

为最大。之后，随着时间的推移，电容器极板上逐渐积累电荷， u_c 逐渐上升。 u_c 的上升使电容器充电电流 i_c 逐渐减小，反过来又促使 u_c 的上升越来越慢。当 u_c 上升到 E 时， $i_c=0$ ，充电过程结束。

由数学推导，充电电压和充电电流的变化规律为：

$$u_c = E(1 - e^{-t/RC}) \quad (1-3)$$

$$i_c = \frac{E}{R} e^{-t/RC} \quad (1-4)$$

如果充电结束后再将S扳向“1”，则电容器所充的电荷将通过R放电。放电时满足：

$$u_c + i_c R = 0 \quad (1-5)$$

所以放电电流为：

$$i_c = -\frac{u_c}{R} \quad (1-6)$$

式(1-6)中的负号表示放电电流的方向与充电电流的方向相反。在放电开始的瞬间，电容器还来不及放电，两端电压仍为 E ，所以开始放电电流 $i_c = -E/R$ 。出现放电之后，电容器中积累的电荷就减少， u_c 下降，反过来又使放电电流 i_c 减小。直到最后，电容器两极板上的电荷放完， $u_c=0$ ， $i_c=0$ ，放电过程结束。

由数学推导，放电过程中电压和电流的变化规律为：

$$u_c = E e^{-t/RC} \quad (1-7)$$

$$i_c = -\frac{E}{R} e^{-t/RC} \quad (1-8)$$

电容器充放电电压、电流的变化规律如图1-4、图1-5所示。由图可知，充电时 u_c 随时间的增加而按指数规律上升，从起始值零向终了值 E 趋近； i_c 则随时间的增加而按指数规律下降，由起始值的 E/R 向终了值零趋近。放电时 u_c 、 i_c 随时间的增加而按指数规律下降，从起始值向终了值零趋近。充放电的快慢取决于 RC 的大小： RC 大，充放电进行得慢； RC 小，则充放电进行得快。令 $\tau = RC$ ， τ 通常称为时间常数。若 R 的单位为 Ω ， C 的单位为F，则 τ 的单位为s。在脉冲技术中，用s作单位显然太大了，常用ms($1\text{ms} = 10^{-3}\text{s}$)或 μs ($1\mu\text{s} = 10^{-6}\text{s}$)作单位。 τ 的大小对电容器充放电速度的影响如图1-6所示。

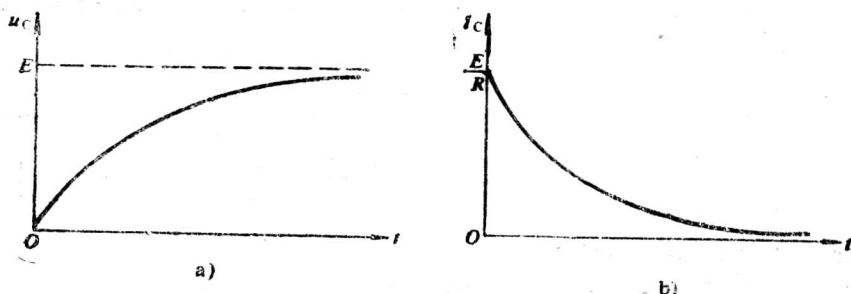


图 1-4 电容器的充电曲线

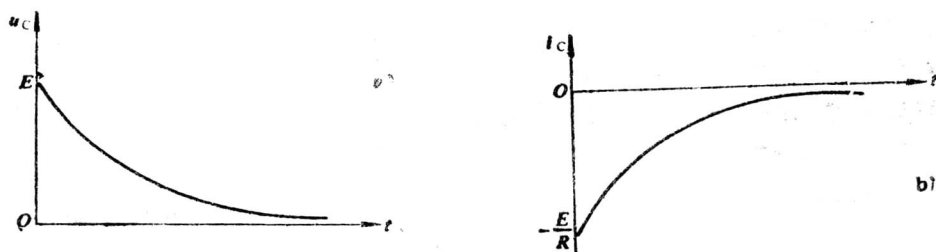


图 1—5 电容器的放电曲线

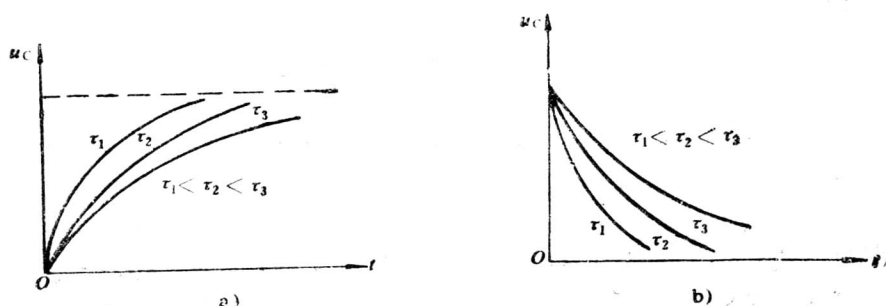


图 1—6 时间常数 τ 对充放电的影响

a) τ 对充电的影响 b) τ 对放电的影响

电容器充放电过程称为过渡过程或暂态过程。

二、电容器充放电的三要素公式

经数学推导，简单RC回路中暂态过程的解析式为：

$$f(t) = f(0^+) + [f(\infty) - f(0^+)](1 - e^{-t/\tau}) \quad (1-9)$$

式中 $f(0^+)$ 、 $f(\infty)$ 、 τ 称为三要素，因此式(1-9)称为暂态过程的三要素公式。 $f(t)$ 为RC电路中电压或电流的变化规律。显然，电路中的电压或电流是随时间按指数规律上升或下降的，变化的快慢则决定于 τ 的大小。 $f(0)$ 表示RC电路中电压或电流的起始值。我们知道电路暂态过程是由开关接通或断开破坏电路稳态而开始的。设 $t=0$ 时开关动作，则 $f(0^-)$ 表示开关动作前瞬间电压或电流的数值， $f(0^+)$ 表示开关动作后瞬间电压或电流的数值。在电容器充放电电路中由开关定理可得：

$$u_C(0^-) = u_C(0^+)$$

即电容器两端电压不能突变。 $f(\infty)$ 表示电容器充放电结束后电路中电压或电流的终了值。充放电结束后电容器流过的电流为零，电容器相当于开路， $i_C(\infty) = 0$ 。对于电源电压为 E 的简单RC回路，充电时 $u_C(\infty) = E$ ，放电时 $u_C(\infty) = 0$ 。 τ 表示电路的时间常数。 $\tau = RC$ ， R 、 C 分别为简单回路的总电阻和总电容。

例1 如图1—7所示，当 $t=0$ 时将开关S由“1”扳向“2”。

(1) 经过多少时间，电容器C两端电压上升到电源电压的50%、95%？

(2) 画出输出电压波形。

解：设S由“1”扳向“2”后，分别经 t_1 、 t_2 ，电容器两端电压 u_C 上升到电源电压的50%和95%。

(1) 由开关定理得：

$$u_C(0^-) = u_C(0^+) = 0V$$

电容器充电终了电压 $u_C(\infty) = 10V$

电路时间常数 $\tau = RC = 10 \times 10^3 \times 100 \times$

$$10^{-12} = 10^{-6}(s) = 1(\mu s)$$

由三要素公式

$$u_C(t) = u_C(0^+) + [u_C(\infty) - u_C(0^+)](1 - e^{-t/\tau})$$

可得：

$$t = \tau \ln \frac{u_C(\infty) - u_C(0^+)}{u_C(\infty) - u_C(t)}$$

当 $t = t_1$ 时，

$$t_1 = \tau \ln \frac{u_C(\infty) - u_C(0^+)}{u_C(\infty) - u_C(t_1)}$$

$$\Leftrightarrow \tau \ln 2 = 0.7\tau = 0.7(\mu s)$$

同理，当 $t = t_2$ 时，

$$t_2 = \tau \ln 20 = 3\tau = 3(\mu s)$$

综上所述，电容器充电经 $t = 0.7\tau$ ，充电完成了5%；经 $t = 3\tau$ ，充电完成了95%。工程计算中规定，充电完成95%时充电基本结束。由计算还可以知道，电容器放电过程亦然。

$$(2) u_o(t) = u_C(t) = 10(1 - e^{-t})$$

式中， t 的单位为 μs 。根据上式可作图，如图1—8所示。

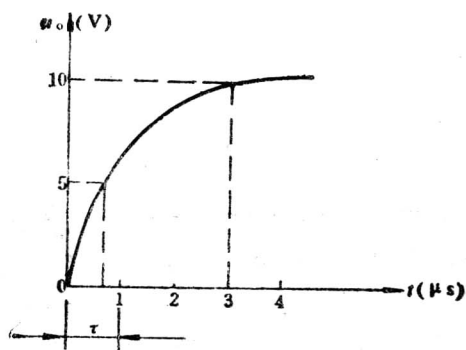


图 1—8 例1的波形图

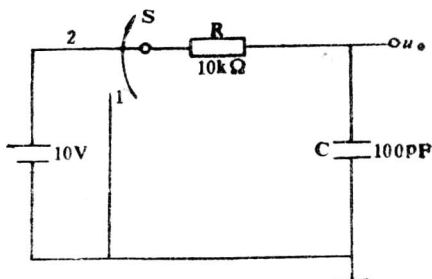


图 1—7 例1的电路图

三、时间常数的求法

从上面的讨论可以知道，在RC电路中，输入端或电路中某一部分的电压发生突变时，电容器就会发生充放电现象。充放电暂态过程的电压或电流都是按指数规律变化的，充放电的快慢取决于 τ 的大小。 τ 大，充放电进行得就慢； τ 小，充放电进行得就快。因此，要分析电容器充放电的变化情况，就要计算电路的时间常数 τ 。

在简单回路中， $\tau = RC$ ， R 、 C 分别为回路的总电阻和总电容。

在复杂电路中，就必须把复杂回路简化成简单回路，再按简单回路求 τ 的公式，求出该电路的时间常数 τ 。

表1—1列出了几种常见RC回路的时间常数。

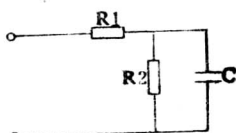
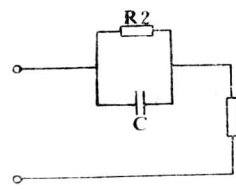
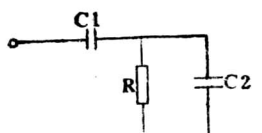
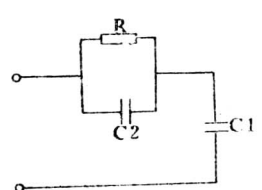
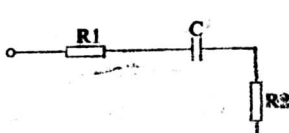
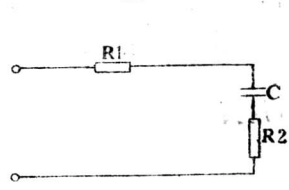
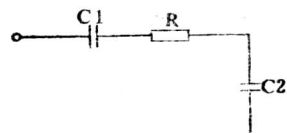
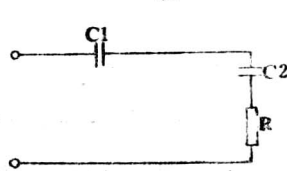
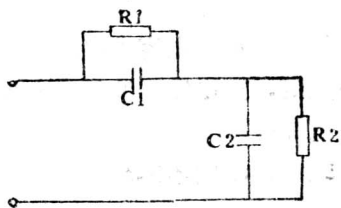
例2 在图1—9所示电路中， $E = 12V$ ， $R_1 = 4k\Omega$ ， $R_2 = 6k\Omega$ ， $C = 10\mu F$ ，试画出开关S合上后的输出电压波形，并求出S合上后，电容器两端电压上升到3.6V所需要的时间 t_1 。

解：(1) 由开关定理

$$u_C(0^-) = u_C(0^+) = 0(V)$$

表 1-1

常见RC回路的时间常数

线 路	 或 	 或 	 或 
时间常数	$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C$	$(C_1 + C_2) R$	$(R_1 + R_2) C$
线 路	 或 		
时间常数	$\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} R$	$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} (C_1 + C_2)$	

(2) 电容器充电终了电压

$$u_C(\infty) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E = \frac{6}{4 + 6} \times 12 = 7.2 \text{ (V)}$$

(3) 由表1-1可得到电路的时间常数

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C = \frac{4 \times 6}{4 + 6} \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} \\ &= 24 \times 10^{-3} \text{ (s)} \\ &= 24 \text{ (ms)} \end{aligned}$$

由三要素公式得:

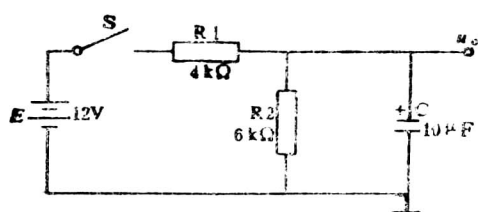
$$u_o(t) = u_C(t) = u_C(0^+) + [u_C(\infty) - u_C(0^+)](1 - e^{-t/\tau}) = 7.2(1 - e^{-t/\tau})$$

由上式可画出 u_o 的波形如图1-9b所示。当 $u_C = 3.6 \text{ V}$ 时,

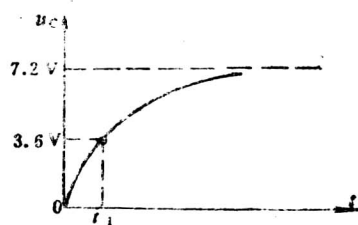
$$3.6 = 7.2(1 - e^{-t_1/\tau})$$

$$\therefore e^{-t_1/\tau} = 0.5$$

$$t_1 = 0.7\tau = 0.7 \times 24 = 16.8(\text{ms})$$



a)



b)

图 1—9 例2的图

a) 电路 b) 波形图

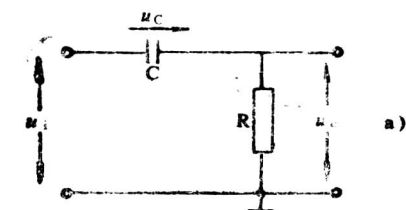
§ 1—3 RC电路的应用

RC电路应用较广，本节仅介绍三种典型的RC电路——微分电路、积分电路、脉冲分压器。

一、微分电路

1. 电路

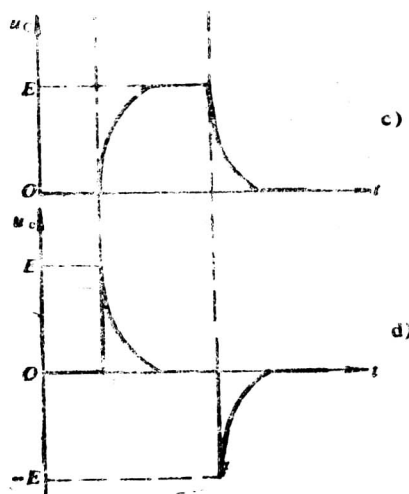
图1—10a是最简单的微分电路。输入电压 u_i 加在RC串联回路上，输出电压取自R两端。输入电压的波形是矩形波，要求脉冲宽度 t_w 远大于电路的时间常数，即 $t_w \gg RC$ 。



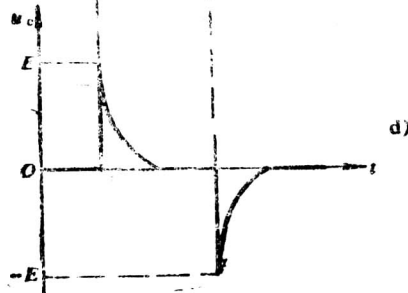
a)



b)



c)



d)

图 1—10 微分电路及其波形

2. 工作原理

在 $0 < t < t_1$ 期间, $u_i = 0V$, $u_c = 0V$, $u_o = 0V$ 。

$t = t_1$ 瞬间, u_i 由 0 突然上跳为 E , 由于电容器电压不能突变, $u_c = 0V$, 输出电压 $u_o = u_i - u_c = E$ 。

在 $t_1 < t < t_2$ 期间, 电容器自 t_1 开始充电, 但是由于 $RC \ll t_w$, 电容器电压 u_c 很快充到 E , 而输出电压 $u_o = u_i - u_c$ 迅速下降为 $0V$ 。于是输出电压 u_o 就形成一个正的尖脉冲。

$t = t_2$ 瞬间, u_i 由 E 下跳为 $0V$, 电容器电压不能突变, $u_o = u_i - u_c = -E$, 即输出电压 u_o 由 $0V$ 下跳为 $-E$ 。

$t > t_2$, 电容器自 t_2 开始放电, 因而很快使 $u_c = 0V$, 输出电压 u_o 迅速上升为 $0V$ 。于是输出电压 u_o 就形成一个负的尖脉冲。

当第二个矩形波电压出现在输入端的时候, 又重复上述过程, 在输出端就又得到一对正负相间的尖脉冲。

由此可见, 微分电路的输出突出了输入脉冲的变化部分。当输入电压不变时, 输出电压即为零。微分电路的输入输出波形如图 1—10b、d 所示。

3. 构成微分电路的条件

在前面讨论微分电路时, 我们曾假设 RC 必须很小, 即 $\tau = RC \ll t_w$, 电路的时间常数须远小于输入脉冲的脉冲宽度。这就是说, 在输入脉冲的作用期间, 电容器的充电(或放电)过程基本结束。

实际电路中一般取 $\tau \leq 0.1 t_w$ 。如果微分电路的时间常数不能满足 $\tau \ll t_w$ 时, 实际上变成了一般的耦合电路。如图 1—11b 所示, $\tau = 10 t_w$, 相对于 t_w 而言, 电容器充放电进行得很慢, 电容器两端电压 u_c 变化不大, 输出端电压 u_o 与输入端电压 u_i 波形相似, 则 RC 电路已经是 RC 耦合电路了。又如图 1—11e 所示, 当 $\tau = 0.1 t_w$ 时, 相对于 t_w 而言, 充放电进行得很快, 这时的 RC 电路已可以算是微分电路了。

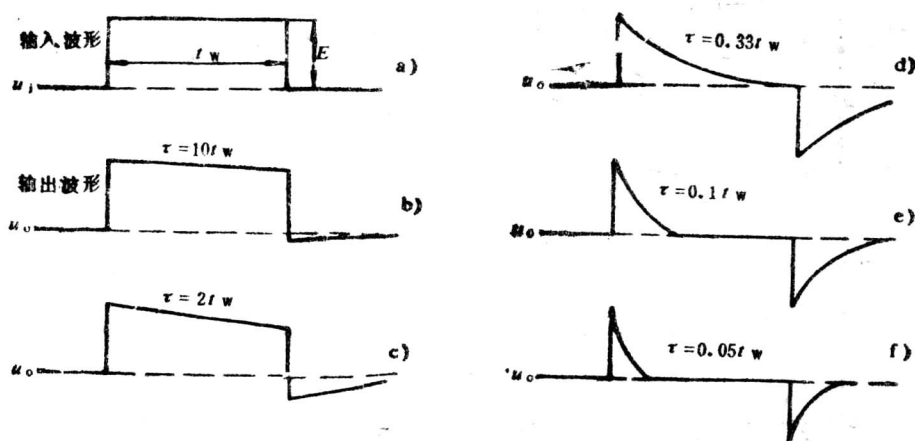


图 1—11 τ 的不同值对输出波形的影响

二、积分电路

1. 电路

图1—12a是最简单的积分电路，输入电压也是加在RC串联回路，但输出电压 u_o 却取自电容器C两端。输入端加的也是矩形波，要求脉冲宽度 $t_w \ll RC$ 。

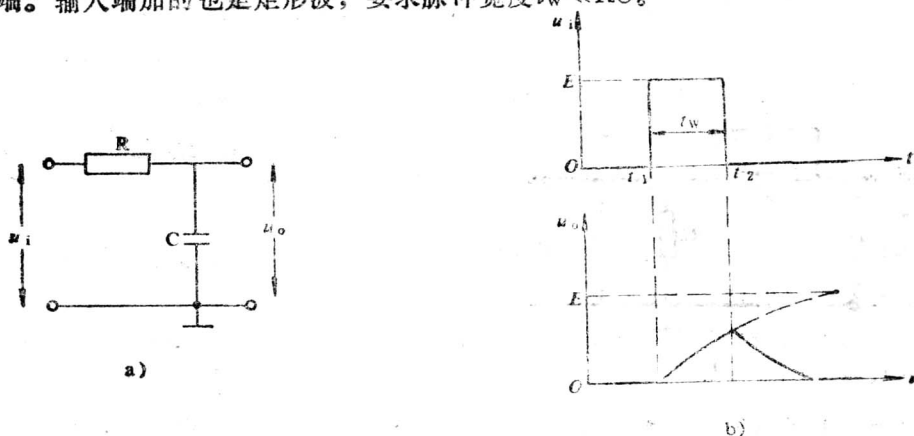


图 1—12 积分电路及其波形

2. 工作原理

在 $0 < t < t_1$ 期间，输入端电压 $u_i = 0V$ ，输出端电压 $u_o = 0V$ 。

$t = t_1$ 瞬间，输入端电压 u_i 由0突然上跳为 E ，电容器两端电压不能突变， $u_o = u_c = 0V$ 。

在 $t_1 < t < t_2$ 期间，电容器C开始充电， u_c 按指数规律上升。由于 $\tau \gg t_w$ ，电容器充电过程十分缓慢，电容器电压 u_c 上升曲线只是整个充电曲线的一小段，可以认为近似于一条直线，即 $u_o = u_c$ 是线性上升的。

$t = t_2$ 瞬间，输入端电压 u_i 下跳为 $0V$ ，电容器两端电压 u_c 不能突变而保持 t_2 前瞬间的大小。

$t > t_2$ ，电容器开始放电， $u_o = u_c$ 按指数曲线下落。

于是，输出端电压 u_o 就形成一个三角波，如图1—12b所示。当第二个矩形波出现在输入端时便重复上述过程。

由此可见，积分电路的输出延缓了输入的跳变部分，它相对于输入脉冲的上升沿、下降沿的波形，就变得“圆滑”了。

三、脉冲分压器

在脉冲电路中，经常需要把脉冲信号幅度经过衰减后送到下一级，常见的是采用电阻分压电路，如图1—13所示。但由于输出端杂散电容 C_o （包括分布电容和后级的负载电容）的存在，当输入信号 u_i 上跳变时， C_o 就有一个充电过程，输出波形上升沿将产生失真。

为了改善输出波形，可以在电阻 R_1 上并联一个电容 C_1 ， C_1 的作用是使输出电压的边沿变化加快以克服 C_o 的延缓作用，所以 C_1 通常称为加速电容。脉冲分压器如图1—14所示。当 C_1 较小时，输出波形仍然得不到恰当的补偿，出现补偿不足的情况。当 C_1 过大时，输出波形出现过冲现象。分压电路怎样才能恰当地补偿呢？如果能使输出电压的起始值 $u_o(0^+)$ 和终了值 $u_o(\infty)$ 相等的话，那么输出波形就能真实地反映输入波形。这可以通过合理地选择参数来实现。

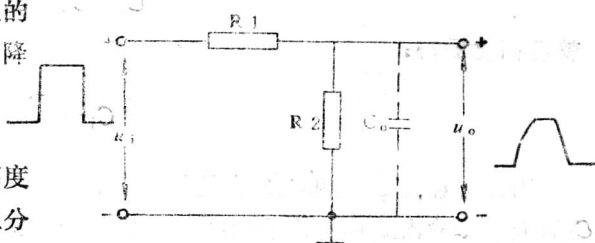


图 1—13 未经补偿的脉冲分压电路

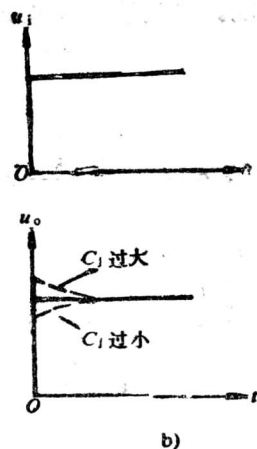
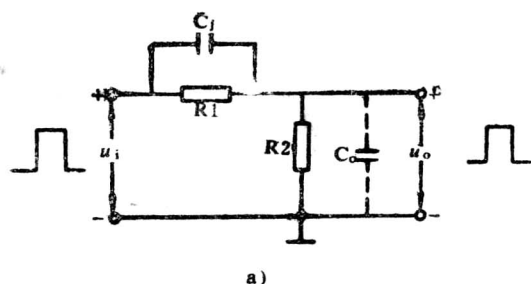


图 1—14 脉冲分压器及其波形

在 $t=0$ 瞬间，输入端电压 u_i 由 0 上跳为 E 。由于在信号跳变时，电容器相当于短路， C_i 、 C_o 呈现低阻抗， R_1 、 R_2 的阻值相对极大，可视为开路。电流主要是流过 C_i 和 C_o ，输出电压的大小决定于 C_i 、 C_o 的分压。而当 $t \rightarrow \infty$ ，即稳态时，流过 C_i 、 C_o 的电流为 0， C_i 、 C_o 可视为开路，输出电压的大小决定于 R_1 、 R_2 的分压。

$$u_o(0^+) = \frac{C_i}{C_i + C_o} E$$

$$u_o(\infty) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$$

恰当地选取参数可得，

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

整理简化后得，

$$C_i = \frac{R_2}{R_1} C_o \quad (1-10)$$

因此，在 R_1 、 R_2 和 C_o 确定的情况下，按式 (1—10) 选取 C_i ，可以大大地改善输出波形。 C_i 的大小对输出波形的影响如图 1—14b 所示。 C_i 过大时出现“过冲”现象， C_i 过小则输出波形补偿不足。

§ 1—4 晶体管的开关特性

在脉冲电路中，二极管和三极管是组成开关电路的最基本元件。掌握晶体管的开关特性，对了解晶体管在脉冲电路中的作用是十分重要的。本节先介绍晶体管的开关特性及二极管开关的一些应用，再分析最基本的开关电路——反相器。

一、二极管的开关特性

在日常生活和生产中，经常遇到的开关，例如拉线开关、按钮开关、闸刀开关等，都具有