



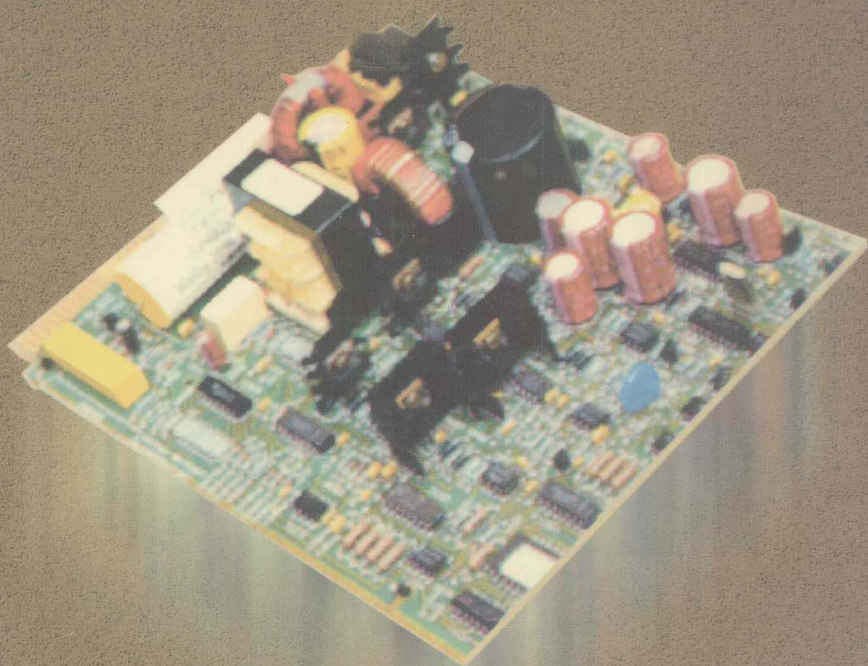
中等专业学校教学用书

电子通信类专业通用

脉冲与数字电路 习题集

陈传虞 主编

柯节成 冯满顺 编
王忠庆 李 玲



高等教育出版社

中等专业学校教学用书

脉冲与数字电路习题集

陈传虞 主编
柯节成 冯满顺
王忠庆 李 玲 编

高等教育出版社

内 容 提 要

本习题集根据国家教育委员会颁布的中等专业学校电子类专业通用的《脉冲与数字电路课程教学大纲》编写,经电子线路课程组委托专人审阅,同意作为本专业教学用书出版。

全集共 11 章,包括 RC 电路、晶体管开关特性及其应用、脉冲波形产生及变换电路、锯齿波发生器、逻辑门电路、逻辑代数及函数之化简、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、集成门在脉冲电路中之应用、数模转换与模数转换。

习题集突出中等专业学校特点,强调对学生实践能力的培养,既面向学生,又面向教师。题量丰富,共 1060 题,类型多样化,有填空、选择、思考、问答、计算、作图、查手册训练、实验现象分析等。

每章结构为本章要点及常用公式、例题(共 168 题)、基本题(共 310 题)、选做题(共 582 题)及选做题解答,为便于参考,书末还提供了 4 份试卷。

此习题集也可供本专业工程技术人员参考,也可供各类自学考试或题库考卷选用。

责任编辑 姚玉洁

图书在版编目(CIP)数据

脉冲与数字电路习题集/陈传虞主编;柯节成等编. —北京:高等教育出版社,1997

ISBN 7-04-005997-5

I. 脉… II. ①陈… ②柯… III. ①脉冲电路-专业学校-习题②数字电路-专业学校-习题 IV. TN78-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 19517 号

出版发行	高等教育出版社		
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	邮政编码	100009
电 话	010—64054588	传 真	010—64014048
网 址	http://www.hep.edu.cn		
经 销	新华书店上海发行所		
印 刷	复旦大学印刷厂		
开 本	787×1092 1/16	版 次	1997 年 7 月第 1 版
印 张	33.75	印 次	2000 年 7 月第 4 次印刷
字 数	839 000	定 价	26.50 元



凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

这本习题集是根据 1992 年 5 月全国中等专业学校电子线路课程教学研讨会上与会代表的提议而确定编写的。电子线路课程组决定由已有部分基础的上海电子教学协作组和南京地区中等专业学校电子教学研究会共同负责这项工作,并由陈传虞副教授组织协调工作。会后由课程组向全国各中等专业学校的有关老师征集习题。应征者有

湖北武汉无线电工业学校祝惠芳老师

辽宁广播电视电校王萍老师

分别寄来 100 道习题。后来这些题目按章分类转交给各位编写老师,供他们编写时参考。

1992 年暑假在上海召开了编写本习题集的第一次会议,确定了编写的指导思想,定了主编及编者,并制定了具体的编写方针和计划。

编写本书的指导思想是:

1. 习题集应覆盖国家教育委员会颁布的工科电子、通信类专业通用的《脉冲与数字电路教学大纲》,兼顾工科电工类《电子技术基础(多学时)教学大纲》。它和脉冲与数字电路课程的教材、实验指导书、教学指导书相互配套,构成一个完整的体系。

2. 习题集应突出中等专业学校特色,强调对学生实践能力的培养,而对设计类题目不做过高的要求。在训练学生正确使用器件手册、灵活运用中大规模集成电路、分析实验现象、独立排除故障等方面,给出不少例题和习题。

3. 习题集既是面向学生的,又是面向教师的。为此对每章内容作了如下安排:

- 每一章均有一定数量的例题。这些例题一方面为学生的解题提供示范和借鉴,另一方面,也帮助学生加深对课程内容的理解,有利于掌握教学重点。教师可以利用这些例题进行阶段复习或小结。

有些例题对教材作了适当的补充和提高,教师可以根据需要,适当拓宽讲授内容,以弥补教材的不足。

- 每章有基本题,按每课时 2~3 题安排,这部分内容是面向学生的,总题量为 310 题。要求能覆盖教学基本要求,深度适中,绝大多数学生能独立完成。为使学生能独立思考,完成作业,这部分题目不附答案或题解。

- 每章有较多的选做题,其中有些题和基本题差不多,是它的变形,仅稍有变化。另有一些则具有扩充教学内容或提高的性质,或者是应用方面的题目。例如在有些章节中增加了 CMOS 集成电路的应用、ROM 在组合逻辑电路方面的应用、可编程逻辑阵列(PAL)的应用等。有些选做题则是对教材的补充和深化。

这部分题目均附有题解,对老师和学生都会有所帮助。因为这部分题量较多,也为今后编写试题库打下一点基础。

4. 为避免单调,题目的类型力求多样化,包括有填空、选择、问答、计算、作图、查阅手册训练、实验现象分析等。

本书由陈传虞副教授任主编,柯节成高级讲师编写第 8、9 两章及试卷 3、4;冯满顺高级讲师

编写第 6、7、11 三章及试卷 1、2;王忠庆高级讲师编写第 5、10 两章,李玲讲师编写第 1~4 章。

上海会议后,各位编者按照会议精神初步完成了各自承担的习题集的初稿。1993 年 6 月由高等教育出版社电子编辑室姚玉洁编审会同全国中等专业学校电子线路课程组成员、全体参编人员在南京共同对习题集的初稿进行了初审,对编写的指导思想给予了肯定和确认,对初稿提出了进一步修改的中肯意见,并对编写稿件从内容要求到体系安排作了明确的规定。

以后主编会同各章的编写人员逐一对习题内容作了复审、筛选、修正、加工和补充。历时三年始完成书稿,各章的编写老师作了很大努力。

本书由湖南邮电学校高级讲师王家继老师主审。他对书稿提出许多宝贵的修改建议和意见。高等教育出版社责任编辑姚玉洁编审在加工中做了大量工作,纠正了不少错误。他们对书稿质量的提高,都付出了不少心血。在编写过程中,全国各地各校老师给予很多关注。主编和编者在此一并对他们表示衷心的感谢。

限于编者的水平,习题集中肯定会有不少疏漏、错误和缺点,恳请使用本习题集的师生、工程技术人员及读者提出批评和指正,我们将深表感谢。

主编

1995.8

目 录

第 1 章 RC 电路	1	二、例题(例 7-1~例 7-21)	194
一、本章要点及常用公式	1	三、基本题(7-1~7-44)	212
二、例题(例 1-1~例 1-7)	2	四、选做题(7-45~7-126)	223
三、基本题(1-1~1-18)	9	五、选做题解答(7-45~7-126 题解)	245
四、选做题(1-19~1-51)	14	第 8 章 集成触发器	280
五、选做题解答(1-19~1-51 题解)	22	一、本章要点及常用公式	280
第 2 章 晶体管开关特性及其应用	29	二、例题(例 8-1~例 8-20)	280
一、本章要点及常用公式	29	三、基本题(8-1~8-30)	292
二、例题(例 2-1~例 2-6)	31	四、选做题(8-31~8-86)	300
三、基本题(2-1~2-22)	37	五、选做题解答(8-31~8-86 题解)	312
四、选做题(2-23~2-50)	40	第 9 章 时序逻辑电路	323
五、选做题解答(2-23~2-50 题解)	45	一、本章要点	323
第 3 章 脉冲波形产生及变换电路	50	二、例题(例 9-1~例 9-38)	323
一、本章要点及常用公式	50	三、基本题(9-1~9-40)	359
二、例题(例 3-1~例 3-9)	52	四、选做题(9-41~9-165)	371
三、基本题(3-1~3-16)	60	五、选做题解答(9-41~9-165 题解)	408
四、选做题(3-17~3-46)	64	第 10 章 集成门在脉冲电路中之应用 ..	442
五、选做题解答(3-17~3-46 题解)	68	一、本章要点	442
第 4 章 锯齿波发生器	72	二、例题(例 10-1~例 10-15)	442
一、本章要点及常用公式	72	三、基本题(10-1~10-21)	454
二、例题(例 4-1~例 4-5)	73	四、选做题(10-22~10-74)	459
三、基本题(4-1~4-20)	76	五、选做题解答(10-22~10-74 题解)	471
四、选做题(4-21~4-40)	78	第 11 章 数/模转换与模/数转换	485
五、选做题解答(4-21~4-40 题解)	81	一、本章要点	485
第 5 章 逻辑门电路	83	二、例题(例 11-1~例 11-11)	485
一、本章要点及常用公式	83	三、基本题(11-1~11-16)	494
二、例题(例 5-1~例 5-15)	83	四、选做题(11-17~11-37)	500
三、基本题(5-1~5-34)	95	五、选做题解答(11-17~11-37 题解)	506
四、选做题(5-35~5-123)	106	参考文献	515
五、选做题解答(5-35~5-123 题解)	132	试卷	516
第 6 章 逻辑代数及函数之化简	146	试卷(1)	516
一、本章要点及常用公式	146	试卷(1) 答案	518
二、例题(例 6-1~例 6-21)	146	试卷(2)	520
三、基本题(6-1~6-49)	157	试卷(2) 答案	522
四、选做题(6-50~6-114)	163	试卷(3)	524
五、选做题解答(6-50~6-114 题解)	177	试卷(3) 答案	526
第 7 章 组合逻辑电路	194	试卷(4)	528
一、本章要点	194	试卷(4) 答案	530

第1章 RC 电 路

一、本章要点及常用公式

1. 了解一阶 RC 电路在恒值电压激励下, 电路中响应的变化规律及其分析方法——三要素法。

(1) 响应 $x(t)$ 的变化规律表达式

$$x(t) = x(\infty) + [x(0^+) - x(\infty)]e^{-t/\tau} \quad (t \geq 0)$$

(1-1)

通过求解三要素 $x(0^+)$ 、 $x(\infty)$ 和 τ , 就能很方便地找出任何一个一阶 RC 电路的响应在过渡过程中的变化情况。

(2) 过渡过程中响应 $x(t)$ 由 $x(t_1)$ 变化到 $x(t_2)$ 所需的时间间隔

$$t_2 - t_1 = \tau \ln \frac{x(\infty) - x(t_1^+)}{x(\infty) - x(t_2)}$$

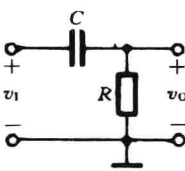
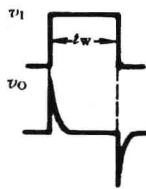
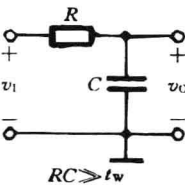
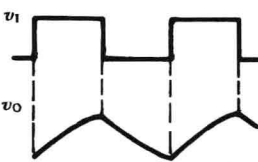
(1-2)

其中, τ 等于 R 与 C 的乘积。在求解脉冲信号的宽度等时间参数时, 均套用此式。

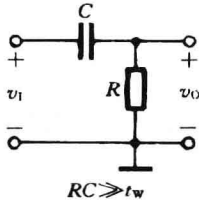
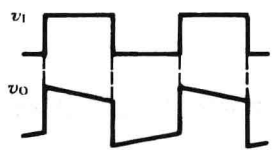
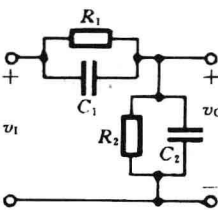
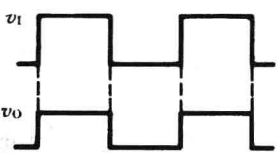
2. 常用的 RC 电路

常用的 RC 电路有微分电路、积分电路、耦合电路和脉冲分压器等。它们的组成、输入波形、输出波形、功能及特点见表 1-1。

表 1-1

电路名称	电路组成及条件	波 形	功 能	特 点
微分电路			将矩形波变换成正、负相间的尖脉冲	突出输入信号中变化量, 降低它的直流及缓变分量(低频分量)
积分电路			将矩形波变换成三角波	突出输入信号的直流及缓变分量, 降低输入信号的变化量

续表

电路名称	电路组成及条件	波 形	功 能	特 点
耦合电路			隔直流, 基本不失真地传送矩形波	开始时波形有渐移过程, 动态平衡时 v_o 不再含有直流分量
脉冲分压器			将矩形脉冲分压后输出	输出有三种补偿, 即过补偿、欠补偿和最佳补偿

二、例题(例 1-1~例 1-7)

例 1-1 电路如图 1-1 所示。开关 S 原来闭合, 在 $t=0$ 时 S 断开。试写出 $v_o(t)$ 变化规律表达式, 并画出它的波形。

解 1. 求三要素 $x(0^+)$ 、 $x(\infty)$ 和 τ 。

$t < 0$ 时, S 闭合, 电容上的端电压 $v_C(0^-) = 0V$ 。

$t = 0$ 时, S 断开, 电源 V 通过电阻 R_1 、 R_2 对电容 C 充电。由于充电电流有限, 电容两端电压不能在瞬间突变, 即

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

而

$$v_o(0^+) = v_C(0^+) + v_{R_2}(0^+)$$

$$= V \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \times \frac{20}{30} V = 6.7V$$

开关断开后, 电路的时间常数 τ 为

$$\tau = (R_1 + R_2) \times C = (10 + 20) \times 0.1ms = 3ms$$

$t \rightarrow \infty$ 时, 电容中充电电流 $i_C(\infty) = 0$, 电容相当于开路, 所以

$$v_o(\infty) = V = 10V$$

2. 写表达式

根据公式(1-1), 有

$$\begin{aligned} v_o(t) &= v_o(\infty) + [v_o(0^+) - v_o(\infty)]e^{-t/\tau} \\ &= 10V + [6.7 - 10]e^{-t/3 \times 10^{-3}}V \\ &= 10V - 3.3e^{-t/3 \times 10^{-3}}V \end{aligned}$$

($t \geq 0$)

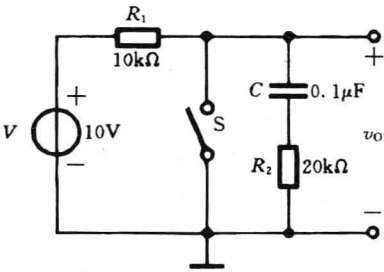


图 1-1 例 1-1 电路

3. 画波形

输出 $v_o(t)$ 是随时间指数规律变化的。由于 RC 电路过渡过程的 $95\% \sim 99\%$ 都是在 $(3 \sim 5)\tau$ 时间内完成的, 因此, 在画波形时, 先在纵坐标上确定 $v_o(0^+)$ 、 $v_o(\infty)$, 在横坐标上确定 5τ ($5 \times 3\text{ms} = 15\text{ms}$), 再用指数曲线将 $v_o(0^+)$ 、 $v_o(5\tau) \approx v_o(\infty)$ 两点连起来, 就得到输出波形, 如图 1-2 所示。

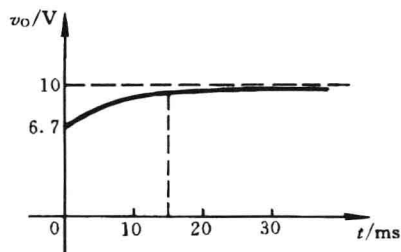


图 1-2 例 1-1 波形

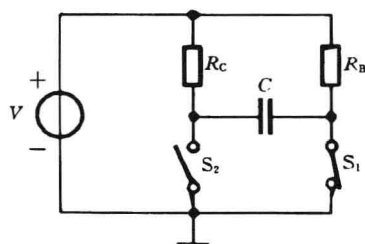


图 1-3 例 1-2 电路

例 1-2 电路如图 1-3 所示。开关 S_1 原来闭合, S_2 断开。在 $t=0$ 时两开关同时动作, S_1 由闭合变为断开, S_2 则反之。试求开关动作前、后电路的时间常数 τ_1 和 τ_2 。

解 求时间常数 τ 的方法是将开关置于实际位置, 把电路中所有的恒压源短路, 恒流源开路, 再对剩下的 RC 无源网络作串、并联化简。如果电路能化简为一只电阻和一只电容串联的回路, 所求就是一阶 RC 电路的时间常数 $\tau=RC$ 。

1. 求 $t < 0$ 时电路的 τ_1

$t < 0$ 时, S_1 闭合, S_2 断开, 电路实际如图 1-4(a) 所示。将电源 V 短路, 得

$$\tau_1 = R_c C$$

电阻 R_B 被短路, 说明它在 $t < 0$ 时对电容 C 充、放电无影响。

2. 求 $t \geq 0$ 时电路的 τ_2

$t \geq 0$ 时, S_1 断开, S_2 闭合, 电路实际如图 1-4(b) 所示。电路的时间常数为

$$\tau_2 = R_B C$$

电阻 R_c 被短路, 它对 $t \geq 0$ 后电容的充、放电不起作用。顺便指出, 如果某个 RC 电路不能化简成一只电阻和一只电容串联的形式, 它就不是一阶 RC 电路, 它的过渡过程就不能用三要素法来分析。

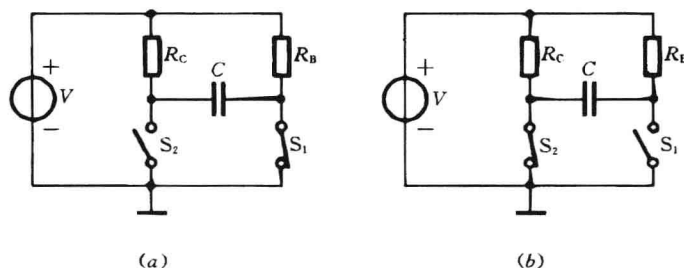


图 1-4 例 1-2 开关前、后实际电路

例 1-3 在图 1-5(a) 所示电路中输入一正脉冲, 波形如图 1-5(b) 所示。试求电阻 R_2 两端电压 v_{R_2} 的变化规律表达式, 并画出波形。

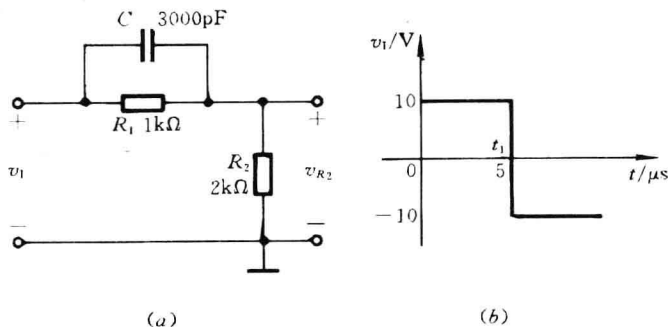


图 1-5 例 1-3 电路及输入波形

解 就 RC 电路而言, 输入信号每跃变一次, 就要在电路中引起一次电容充、放电的过渡过程(或称暂态)。在分析连续多次过渡过程中响应的变化规律时, 应始终将电容 C 两端的电压 v_C 作为每一次分析的基础。若某次暂态开始时, 前一次暂态已结束(5τ 以后), 则 v_C 值就等于前次暂态求得的 $v_C(\infty)$; 若前次暂态尚未结束(5τ 以内), v_C 值应根据前次求出的 $v_C(t)$ 表达式来计算。在本电路中, 输入的单脉冲分别在 $t=0$ 和 $t=t_1=5\mu\text{s}$ 处发生了跃变, 电路将经历两个暂态过程。

1. v_1 第一次(在 $t=0$ 时刻)跃变引起的暂态过程

设 $t<0$ 时电路已稳定, 电容 C 上的初始端电压

$$v_C(0^-) = v_1(0^-) \frac{R_1}{R_1 + R_2} = -10 \times \frac{1}{3} \text{V} = -3.3 \text{V}$$

$t=0^+$ 时, 有

$$v_C(0^+) = v_C(0^-) = -3.3 \text{V}$$

$$v_{R_2}(0^+) = v_1(0^+) - v_C(0^+) = 10 \text{V} + 3.3 \text{V} = 13.3 \text{V}$$

$t>0$ 以后, 电容 C 充电, 其时间常数为 τ_1 , 有

$$\tau_1 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C = \frac{2}{3} \times 10^3 \times 3 \times 10^{-9} \text{s} = 2 \mu\text{s}$$

$t \rightarrow \infty$ 时, 考虑到 $i_C(\infty) = 0$, 电容应视为开路, 所以

$$v_{R_2}(\infty) = v_1(0^+) \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \times \frac{2}{3} \text{V} = 6.67 \text{V}$$

注意: 在计算 $v_{R_2}(\infty)$ 时, 不考虑输入信号跃变(或开关动作)对它的影响。

根据公式(1-1)可写出 v_{R_2} 在 $t=0 \sim 5\mu\text{s}$ 范围内变化规律表达式为

$$\begin{aligned} v_{R_2}(t) &= v_{R_2}(\infty) + [v_{R_2}(0^+) - v_{R_2}(\infty)] e^{-t/\tau_1} \\ &= 6.67 \text{V} + [13.3 - 6.67] e^{-t/2 \times 10^{-6}} \text{V} \quad (0 \leq t < 5\mu\text{s}) \end{aligned}$$

2. v_1 第二次(在 t_1 时刻)跃变引起的暂态过程

因为 $t_1/\tau_1=2.5$, 就是说, $t=5\mu\text{s}$ 时, 前一次暂态过程尚未结束, 所以电容 C 上电压计算过程如下:

$$v_{R_2}(t_1^-) = 6.67\text{V} + 6.63e^{-5 \times 10^{-6}/2 \times 10^{-6}}\text{V} = 7.2\text{V}$$

而

$$v_C(t_1^-) = v_1(t_1^-) - v_{R_2}(t_1^-) = 10\text{V} - 7.2\text{V} = 2.8\text{V}$$

以 $v_C(t_1^-)$ 为基础, 再求三个要素。

当 $t=t_1^+$ 时, $v_C(t_1^+) = v_C(t_1^-) = 2.8\text{V}$, 所以

$$v_{R_2}(t_1^+) = v_1(t_1^+) - v_C(t_1^+) = -10\text{V} - 2.8\text{V} = -12.8\text{V}$$

第二次暂态中, 电容 C 放电, 电路的时间常数 $\tau_2 = \tau_1$ 。 $t \rightarrow \infty$ 时, $i_C(\infty) = 0$, 有

$$v_{R_2}(\infty) = v_1(\infty) \frac{R_2}{R_1 + R_2} = -10 \times \frac{2}{3}\text{V} = -6.7\text{V}$$

再根据公式(1-1), 可写出 v_{R_2} 在 $t \geq t_1$ 以后的变化规律表达式为

$$\begin{aligned} v_{R_2}(t) &= v_{R_2}(\infty) + [v_{R_2}(0^+) - v_{R_2}(\infty)]e^{-(t-t_1)/\tau_2} \\ &= -6.7\text{V} + [-12.8 - (-6.7)]e^{-(t-5 \times 10^{-6})/2 \times 10^{-6}}\text{V} \\ &= -6.7\text{V} - 6.1e^{-(t-5 \times 10^{-6})/2 \times 10^{-6}}\text{V} \quad (t \geq 5\mu\text{s}) \end{aligned}$$

综合分析, 图 1-5(a) 所示电路中的响应 $v_{R_2}(t)$ 在输入信号作用下产生的变化规律为

$$v_{R_2}(t) = \begin{cases} 6.67\text{V} + 6.63e^{-t/2 \times 10^{-6}}\text{V} & (0 \leq t < 5\mu\text{s}) \\ -6.67\text{V} - 6.1e^{-(t-5 \times 10^{-6})/2 \times 10^{-6}}\text{V} & (t \geq 5\mu\text{s}) \end{cases}$$

v_{R_2} 的波形见图 1-6 所示。

要说明的是: 在写第二次暂态中响应 $v_{R_2}(t)$ 的表达式时, e 的指数应写成“ $-(t-t_1)/\tau$ ”, 这样写表明该变化规律的表达式在 $t \geq t_1$ 以后方才生效。

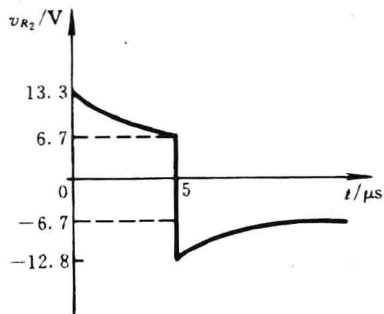


图 1-6 例 1-3 V_{R_2} 波形

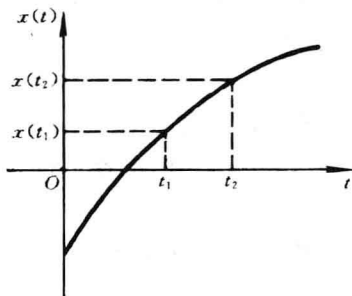


图 1-7 例 1-4 波形

例 1-4 $x(t)$ 为某一过渡过程中的响应, 其波形见图 1-7 所示。试证明 $x(t)$ 由 $x(t_1)$ 变化到 $x(t_2)$ 所需时间间隔 $t_2 - t_1$ 的计算公式为

$$t_2 - t_1 = \tau \ln \frac{x(\infty) - x(t_1)}{x(\infty) - x(t_2)} \quad (1-4)$$

解 根据三要素公式(1-1),有

$$x(t_1) = x(\infty) + [x(0^+) - x(\infty)]e^{-t_1/\tau} \quad (1-5)$$

$$x(t_2) = x(\infty) + [x(0^+) - x(\infty)]e^{-t_2/\tau} \quad (1-6)$$

将两式中 $x(\infty)$ 移至左边,再将两式相除,整理得

$$\frac{x(t_1) - x(\infty)}{x(t_2) - x(\infty)} = \frac{e^{-t_1/\tau}}{e^{-t_2/\tau}} = e^{+(t_2 - t_1)/\tau} \quad (1-7)$$

对式(1-7)等式两边取以 e 为底的对数,有

$$t_2 - t_1 = \tau \ln \frac{x(t_1) - x(\infty)}{x(t_2) - x(\infty)} = \tau \ln \frac{x(\infty) - x(t_1)}{x(\infty) - x(t_2)}$$

公式(1-4)是一个非常重要的公式。在估算脉冲电路的重复周期 T 、脉冲宽度 t_w 、前沿 t_r 和后沿 t_f 等参数时,均用到此式。式(1-4)的特例是当 $t_1 = 0^+$ 、 $t_2 = t_w$ 时,有

$$t_w = \tau \ln \frac{x(\infty) - x(0^+)}{x(\infty) - x(t_w)} \quad (1-8)$$

例 1-5 在图 1-8 所示电路中,电容 C 已充有 $-5V$ 电压。电路中开关 S 受电容电压 v_c 值的控制,即当 v_c 上升到 $5V$ 时 S 断开,当 v_c 下降到 $-5V$ 时 S 闭合。试分析并画出 v_c 的波形,计算 v_c 连续两次过零点的时间间隔。

解 许多脉冲电路都是由 RC 电路和电子开关电路组成的,其特点是:电子开关每动作一次,就会使 RC 电路发生一次新的过渡过程,而 RC 电路的过渡过程进行到一定程度,又会反过来影响电子开关的状态。本题就是针对脉冲电路的这种工作特点,用机械开关予以模拟的。

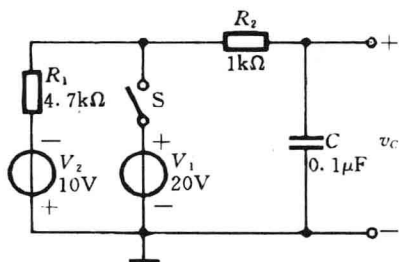


图 1-8 例 1-5 电路

1. 第一次过渡过程

在电路初始状态下 $v_c = -5V$, 开关 S 刚刚闭合(设此时 $t = 0$)。开关动作使电源 V_1 作用于电路,电路进入过渡过程,有

$$v_c(0^+) = v_c(0^-) = -5V$$

随后,电容 C 充电,时间常数 $\tau_1 = R_2 C = 100\mu s$ 。

当 $t \rightarrow \infty$ 时, $i_c(\infty) = 0$, 电容 C 视为断开,又有

$$v_c(\infty) = V_1 = 20V$$

求出三个要素后,再计算 v_c 第一次过零所需的时间 t_1' , 根据公式(1-8),有

$$t_1' = \tau_1 \ln \frac{v_c(\infty) - v_c(0^+)}{v_c(\infty) - v_c(t_1')} = 100 \times \ln \frac{20 - (-5)}{20 - 0} \mu s = 22 \mu s$$

v_c 从 $-5V$ 上升到 $+5V$ 所需的时间 t_1 为

$$t_1 = \tau \ln \frac{v_c(\infty) - v_c(0^+)}{v_c(\infty) - v_c(t_1)} = 100 \times \ln \frac{20 - (-5)}{20 - 5} \mu s = 50 \mu s$$

根据题意,当 $t=t_1=50\mu\text{s}$ 时,开关 S 受 v_C 控制将自动断开,在电路中引起新的过渡过程。

2. 第二次过渡过程

在 $t=t_1^+$ 时, S 断开的瞬时电容 C 上的端电压不能突变:

$$v_C(t_1^+) = v_C(t_1^-) = 5\text{V}$$

此时,电源 V_2 作用于电路,电容 C 放电, v_C 随之减小。电路的时间常数

$$\tau_2 = (R_1 + R_2)C = (4.7 + 1) \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6} \text{s} = 570\mu\text{s}$$

当 $t \rightarrow \infty$ 时,有

$$v_C(\infty) = V_2 = -10\text{V}$$

设 v_C 从 $+5\text{V}$ 下降到 0V 所需的时间间隔为 t_2' , 则

$$t_2' = \tau_2 \ln \frac{v_C(\infty) - v_C(t_1^+)}{v_C(\infty) - 0} = 570 \ln \frac{-10 - 5}{-10} \mu\text{s} = 231\mu\text{s}$$

至此,电容电压 v_C 两次过零值所需的时间间隔已经确定,即

$$t' = (t_1 - t_1') + t_2' = 50\mu\text{s} - 22\mu\text{s} + 231\mu\text{s} = 259\mu\text{s}$$

对该电路来说, v_C 降低到 -5V 的时间 t_2 为

$$t_2 = t_1 + \tau_2 \ln \frac{v_C(\infty) - v_C(t_1^+)}{v_C(\infty) - v_C(t_2)} = 570 \ln \frac{-10 - 5}{-10 - 5} \mu\text{s} + 50\mu\text{s} = 676\mu\text{s}$$

$t \geq t_2$ 以后,电路中开关 S 又自动闭合,电路回到第一过渡过程,如此周而复始地工作下去。

电容电压 v_C 的波形见图 1-9 所示。

例 1-6 将图 1-10(b) 所示方波输入到图 1-10(a) 所示电路中,试画出在

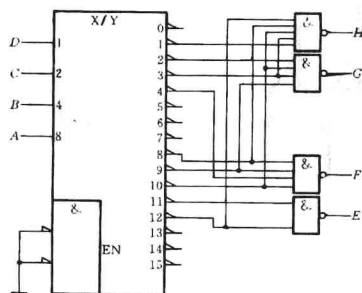


图 1-9 例 1-5 波形

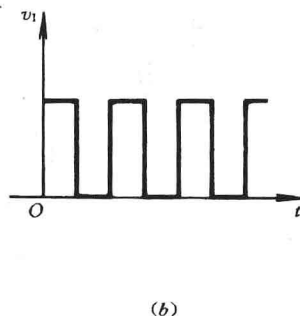
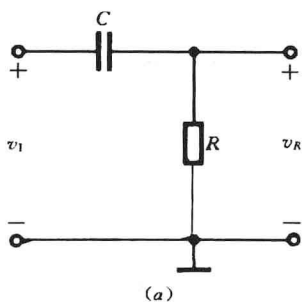


图 1-10 例 1-6 电路和输入波形

$$1. t_w \gg \tau$$

$$2. t_w \approx \tau$$

两种不同的条件下,电阻 R 两端电压 v_R 在示波器上显示的波形。

解 简单 RC 电路从电阻两端输出时,满足 $\tau \ll t_w$ 条件的是微分电路,它输出正、负相间的尖脉冲;满足 $\tau \gg t_w$ 条件的是耦合电路,它输出不含直流分量的矩形波,但在开始的一段时间,输出波形因输入信号中包含的直流分量逐步地降落在电容上而产生渐移现象,当 $t_w \approx \tau$ 时,输出波形介于前两者之间,波形有一些平顶倾斜。

1. 画 $t_w \gg \tau$ 时 v_R 的波形

这是微分电路,对应输入的跃变时刻将输出正、负相间的尖脉冲,波形如图 1-11(a)所示。

2. 画 $t_w \approx \tau$ 时 v_R 的波形

耦合电路一般经历 $(3 \sim 5)\tau$ 时间的渐移过程后,便进入了动态平衡。以后,输出信号中不再含有直流分量,输出电压曲线与时间轴围成的面积上、下相等。在示波器上只能看到动态平衡以后的波形,如图 1-11(b)所示。

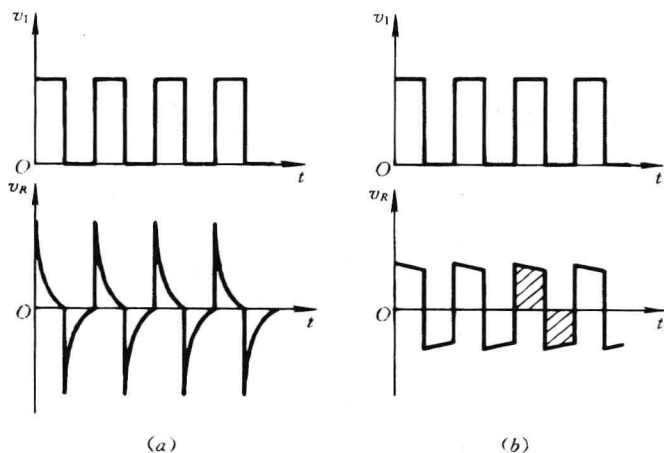


图 1-11 例 1-6 输入、输出波形

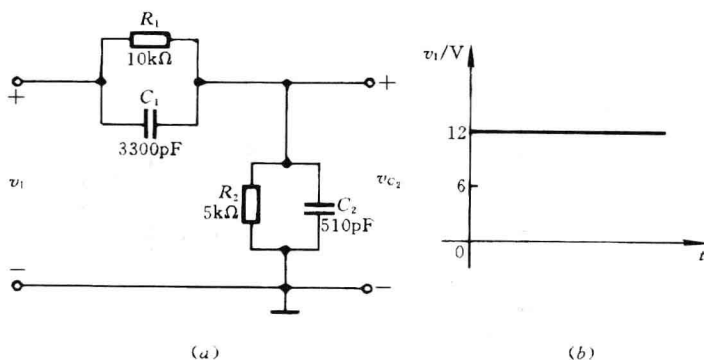


图 1-12 例 1-7 脉冲分压器及输入波形

例 1-7 脉冲分压器如图 1-12(a)所示。电容 C_1 、 C_2 上原来已有电荷, $v_{C1}=4\text{V}$, $v_{C2}=2\text{V}$ 。试根据输入波形图 1-12(b), 计算 $v_{C2}(0^+)$ 、 $v_{C1}(0^+)$ 及 $v_{C2}(\infty)$ 之值。

解 根据电容上电压与电流的关系, 输入信号跃变瞬间电容两端的电压为

$$v_C(0^+) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^{0^-} i_C(t) dt + \frac{1}{C} \int_{0^-}^{0^+} i_C(t) dt = v_C(0^-) + \Delta v_C$$

在一般情况下, 电路中有耗能元件电阻存在, 电容中充、放电电流 $i_C(t)$ 是有限的, 所以

$$\Delta v_C = \frac{1}{C} \int_0^{0^+} i_C(t) dt = 0$$

即在任一瞬间电容端电压不能突变, $v_C(0^+) = v_C(0^-)$ 。但是, 当电路中没有耗能元件时, 电容中充、放电电流近似无穷大, 电容端电压就可以突变, $\Delta v_C \neq 0$, 且有

$$v_C(0^+) = v_C(0^-) + \Delta v_C \quad (1-9)$$

其中, Δv_C 值是由输入信号中的跃变量引起的。

1. 计算 $v_{C2}(0^+)$ 和 $v_{C1}(0^+)$

当 v_1 从 $+6\text{V}$ 跃变到 $+12\text{V}$ 时, 就输入信号的变化量 Δv_1

而言, 电阻相对于电容可视为开路 (Δv_1 反映输入信号中的高频分量, 使 $X_C = 1/(2\pi fC) \ll R$), 如此, 脉冲分压器在跃变的瞬间的等效电路如图 1-13 所示。据此可求出电容电压的瞬间变化量

$$\Delta v_{C2} = \Delta v_1 \frac{C_1}{C_1 + C_2} = (12\text{V} - 6\text{V}) \frac{3300}{3810} = 5.2\text{V}$$

而

$$\Delta v_{C1} = \Delta v_1 - \Delta v_{C2} = 6\text{V} - 5.2\text{V} = 0.8\text{V}$$

根据题意, $v_{C2}(0^-) = 2\text{V}$, $v_{C1}(0^-) = 4\text{V}$, 得

$$v_{C2}(0^+) = v_{C2}(0^-) + \Delta v_{C2} = 2\text{V} + 5.2\text{V} = 7.2\text{V}$$

同时, 有

$$v_{C1}(0^+) = v_{C1}(0^-) + \Delta v_{C1} = 4\text{V} + 0.8\text{V} = 4.8\text{V}$$

2. 计算 $v_{C2}(\infty)$

当 $t \rightarrow \infty$ 时, 电容充、放电结束, $i_C(\infty) = 0$, 电容相对于电阻开路, 所以

$$v_{C2}(\infty) = v_1(\infty) \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \times \frac{5}{10+5} \text{V} = 4\text{V}$$

同理, $v_{C1}(\infty)$ 值的计算也很简单, 可以求出 $v_{C1}(\infty) = 8\text{V}$ 。

三、基本题 (1-1~1-18)

1-1 填空

1. 脉冲技术研究的是有关脉冲波形的 _____、_____、_____ 和 _____ 等问题。
2. 常用的脉冲信号有 _____、_____、_____ 和 _____ 等。
3. 描述矩形脉冲的主要参数有 _____、_____、_____、_____ 和 _____ 等。

1-2 问答题

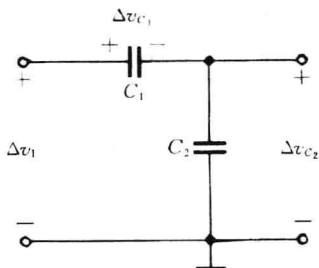


图 1-13 例 1-7 电压跃变瞬间的等效电路

- 怎样计算 RC 电路的时间常数 τ ? τ 值的大小对电路有无影响? 为什么?
- 一阶 RC 电路的过渡过程中, 响应 $x(t)$ 按什么规律变化? 它变化的特点是什么?

1-3 判断题(对的打 $\checkmark$, 错的打 $\times$)

- 电容中电流 $i_C(\infty)=0$ 时过渡过程结束。 ()
- 因为 $v_C(0^+)=v_C(0^-)$, 所以 $v_R(0^+)=v_R(0^-)$ 。 ()
- 电容两端电压不为零, 电容就要充、放电。 ()
- 一阶 RC 电路中可能有多个电容器。 ()

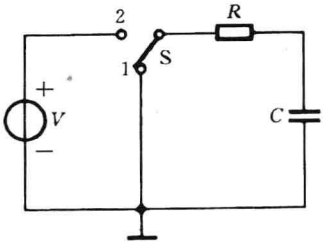


图 1-14 P1-4 电压

1-4 电路如图 1-14 所示。试根据下面两种情况分别填写

表 1-2 和表 1-3。

- $t=0$ 时, 开关 S 由“1”拨到“2”处;
- $t=0$ 时, 开关 S 由“2”拨到“1”处。

表 1-2

时 间	电荷量 q	电容端电压	充电电流
$t=0^+$			
$t \uparrow$			
$t \rightarrow \infty$			

(用 $\uparrow$ 表示增大, $\downarrow$ 表示减小)

表 1-3

时 间	电荷量 q	电容端电压	放电电流
$t=0^+$			
$t \uparrow$			
$t \rightarrow \infty$			

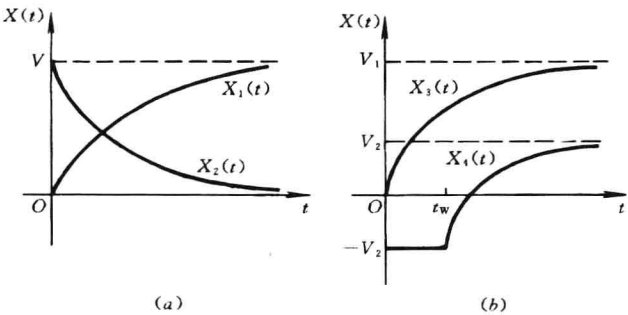


图 1-15 P1-5 响应规律曲线

1-5 利用三要素公式写出图 1-15(a)、(b)所示各响应规律曲线的表达式, 假定时间常数均为 τ 。

1-6 在图 1-16 所示电路中, 开关 S 原处在“2”处, $t=0$ 时, S 拨向“1”。试分别求出 v_C 、 v_R 在 $t=10\mu s$ 、 $100\mu s$ 、 $300\mu s$ 和 $500\mu s$ 时的值, 并画出 v_C 和 v_R 的波形。

1-7 分别求出图 1-17 所示四种 RC 电路的时间常数 τ 值。

1-8 电路如图 1-18 所示。 $t=0$ 时开关 S 由“1”拨到“2”, 经 $10ms$ 后又重新回到“1”处。试分析并写出 $v_O(t)$ 表达

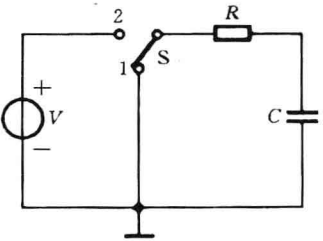


图 1-16 P1-6 电路

式,再画出 v_o 的波形。

1-9 将图 1-19(b)所示输入信号加到图 1-19(a)所示电路上。试分析该电路的工作过程,画出 $v_o(t)$ 的波形。

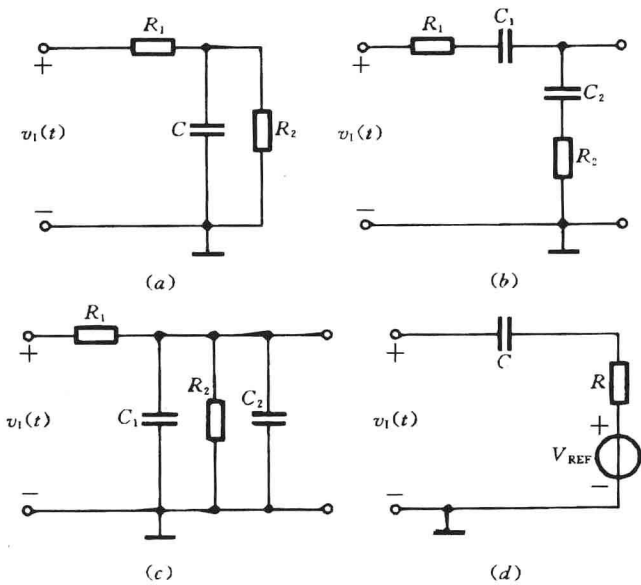


图 1-17 P1-7 电路

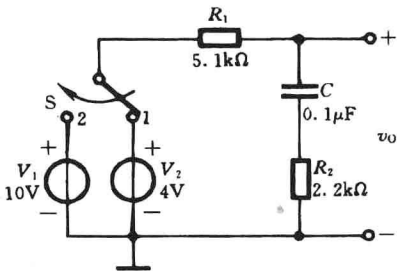


图 1-18 P1-8 电路

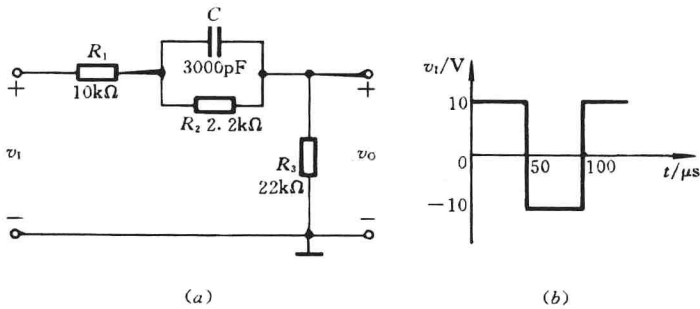


图 1-19 P1-9 电路及输入信号

- 1-10 电路如图 1-20 所示。
- 当电容器放完电时,开关 S 由“2”拨到“1”。若要使电容器经过 20ms 充到 5V,电阻 R_1 应选为多少?
 - 当电容器充完电后,开关 S 由“1”拨到“2”。若要使电容器放电的初始电流为 0.1 mA,电阻 R_2 应选为多少?
- 1-11 将图 1-21 所示输入波形分别加到微分电路($\tau=t_w/10$)和耦合电路($\tau=10 t_w$)上。试分别画出两电路在示波器上显示的输出波形。