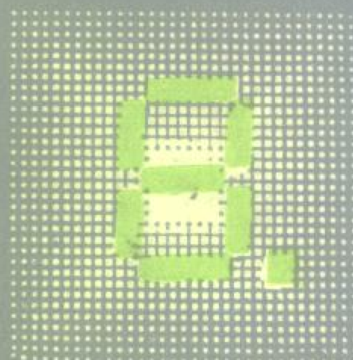
DIANZI JISHU JICHU LITI XITIJI



电子技术基础例题习题集

【数字部分】

南京工学院自动控制系

电路与电子技术基础教研组编　李士雄主编

高等教育出版社

电子技术基础例题习题集

（数 字 部 分）

南京工学院自动控制系
电路与电子技术基础教研组编
李士雄　主编

高等教育出版社

本书是在长期从事“电子技术基础”教学过程中，从大量的例题、习题和思考题中选编而成的。全书共有例题 154 个，习题（包括思考题）1064 个，有概念题、计算题、分析题、设计题、应用题、绘图题、选择题、综合题，适用面广，内容丰富，类型齐全。本书符合高等工业学校《电子技术基础教学大纲》，能与教材配合使用。本书各章之前均有“提要”，用分析、归纳、比较和图表的方式对各章主要内容进行了总结，重点突出。许多例题和习题具有加深对基本概念的理解，提高演算能力，开拓思路，增强应用的特点，尤其是大型综合练习题，实用性强，富于启发。较难的题都给出了提示，绝大部分计算题附有答案。

本书分模拟和数字两册出版。“模拟部分”内容有半导体二极管和三极管、基本放大电路、场效应管及其应用、级间耦合和多级放大、反馈放大器、正弦波振荡器、运算放大器、放大器的频率特性、功率放大器、直流稳压电源、晶闸管及其应用。“数字部分”内容有 RC 电路及晶体管的开关运用、双极型逻辑门电路、逻辑代数基础、触发器、数字逻辑部件、MOS 数字集成电路、脉冲的产生和整形。

本书可作为学习“电子技术基础”课程的本科、大专、电大师生的辅助教材，也是自学者的一本很好的参考书。

责任编辑　谭骏云

电子技术基础例题习题集

（数字部分）

南京工学院自动控制系

电路与电子技术基础教研组　编

李士雄　主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

二二〇七工厂印装

*

开本 787×1092 1/16　印张17　插页1　字数 387,000

1985年8月第1版　1985年9月第1次印刷

印数 00,001—20,660

书号 15010·0649　定价 3.30 元

前　　言

本书是遵照教育部《关于编审高等学校理工科基础课和技术基础课教材的几项原则》(施行草案)中有关编审习题集的基本要求的精神而编写的。全书共有例题154道，习题1064道。内容丰富，类型比较齐全，有概念题、计算题、分析题、设计题、应用题、绘图题、选择题、综合题等。全书共有十八章，符合部颁《电子技术基础教学大纲》的要求。各章之前均有“提要”，用分析、归纳、比较和图表的方式对各章主要内容进行总结，重点突出。许多例题和习题具有加深对基本概念的理解、提高演算能力、开拓思路、增强应用的特点。大型综合练习题实用性较强。较难的习题都给出提示，例题都插在习题之间，以便读者在解同类题目时，有所借镜。每个计算题都进行过验算，绝大部分计算题都在书末附有答案。

本书分模拟、数字两册出版。“模拟部分”参加编写的有陈天授、陈黎明、李桂安、贾瑞萍等同志，由陈天授同志负责。“数字部分”参加编写的有皇甫正贤、郑虎申、吴修林、徐在君等同志，由皇甫正贤同志负责。

本书承教育部电工教材编审委员会电子技术编审小组各位委员的关注并提出了许多宝贵意见。华中工学院汤之璋教授主审了全部内容，陈婉儿、王岩、陈大钦、朱立群和邹寿彬几位老师参加了审阅。他们认真负责，提出了许多很有价值的修改意见。清华大学、西安交大、重庆大学、上海业余工大、东北重型机械学院及其他兄弟院校还寄给了我们习题和考题供选用。所有以上各种热忱支持，我们在此谨致衷心的感谢！

由于我们的学识和经验有限，且时间又比较紧迫和零散，不妥和错误之处，在所难免，敬希读者批评指正。

目　录

第十二章　RC 电路及晶体管的开关运用

提　　要

一、数制及其相互转换

任意 R 进制的数 $(N)_R$，用位置记数法表示：

$$(N)_R=(a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1a_0.\ a_{-1}a_{-2}\cdots a_{-m})_R \tag{12-1}$$

该数可用多项式表示法写成

$$(N)_R=(a_{n-1}R^{n-1}+a_{n-2}R^{n-2}+\cdots+a_1R'+a_0R^0+a_{-1}R^{-1}+a_{-2}R^{-2}+\cdots+a_{-m}R^{-m})_R$$

$$=\left(\sum_{i=-m}^{n-1}a_iR^i\right)_R \tag{12-2}$$

式中：n 为整数位位数；m 为小数位位数；　R 是基数；a_i 是 R 进制中 R 个数码符号中的任何一个数，即 $0\leqslant a_i\leqslant R-1$。计数时每一位均逢 R 进一，因此，式(12-2)中的 R 在写成 R 进制的数字符号时，应记作 10(读成“么零”)。

若某数由 α 进制转换成 β 进制，我们可运用多项式代替法或基数乘除法(α、β 可为任意正整数)。

如果对 α、β 进制的运算法不熟悉，可用十进制作桥梁进行两次转换，即 $(N)_\alpha \Longleftrightarrow (N)_{10} \Longleftrightarrow (N)_\beta$。

二、RC 电路

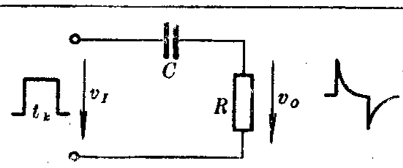
一阶 RC 电路暂态过程的一般表达式为

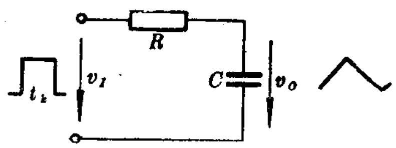
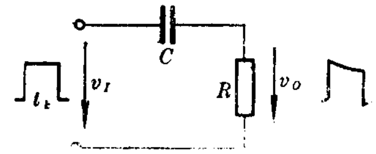
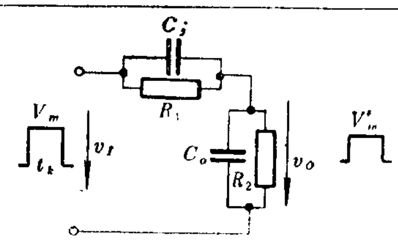
$$f(t)=f(\infty)+[f(0^+)-f(\infty)]e^{-t/\tau} \tag{12-3}$$

式中各物理量的意义从图 12-1 所示的某电路暂态过程波形图例中可见：$f(0^-)$ 为该物理量在换路前瞬间的值；$f(0^+)$ 为换路后瞬间的值；$f(\infty)$ 为电路进入稳态后的值；τ 是一阶线性网络的时间常数。当阶跃电压作用于一阶 RC 电路时，只要求出 $f(0^-)$、$f(0^+)$、$f(\infty)$ 和 τ，就能画出暂态过程的波形。这就是常用的“三点一 τ 法”。

脉冲数字电路常用的 RC 电路，如表 12-1 所示。

表 12-1　脉冲数字电路常用的 RC 电路

名　称	电路形式及输入输出电压波形	参数条件	特点与用途
微分电路		$t_k\gg RC$	v_O 与 v_I 有近似微分关系；输出为尖顶脉冲。

名 称	电路形式及输入输出电压波形	参 数 条 件	特 点 与 用 途
积分电路		$t_k \ll RC$	v_O与v_I有近似积分关系；输出为锯齿波。
阻容耦合电路		$t_k \ll RC$	v_O与v_I波形近似，v_O隔直；输出为近似矩形波。
脉冲分压器		$\frac{C_j}{C_o}=\frac{R_2}{R_1}$ $V'_m=V_m\frac{R_2}{R_1+R_2}$	输出为减幅矩形波，而宽度不变；用作脉冲电压衰减器。

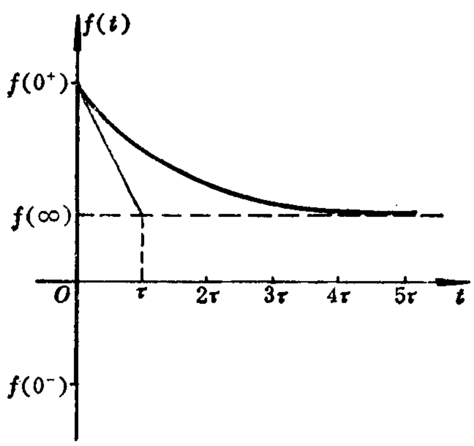


图 12-1 某电路瞬态过程波形举例

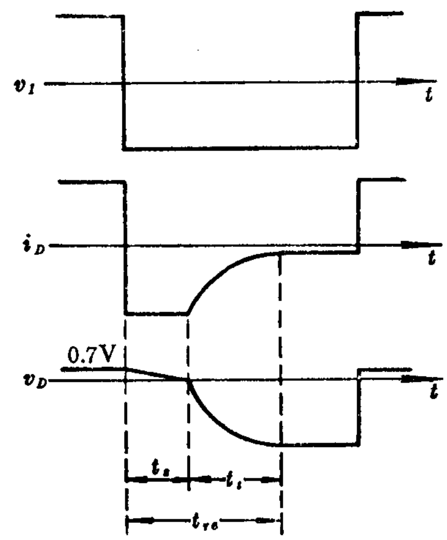


图 12-2 二极管的开关时间

三、晶体管的开关运用

在脉冲数字电路中，电子器件大多工作在“开关”状态。因此，我们应充分认识晶体管工作状态转换时的“开关时间”，以及缩短开关时间以提高工作速度的具体措施。二极管正向导通为“开”态；反向截止为“关”态。三极管饱和为“开”态；截止为“关”态。

1. 二极管的开关特性——二极管在导通与截止状态间转换的过渡过程

开关时间主要由正向导通变为反向截止时的“反向恢复时间 t_{re}”决定。

$$t_{re}=t_s+t_t \qquad (12\text{-}4)$$

式中：t_s 为存储时间；t_t 为渡越时间。反向恢复时间中的电压、电流波形见图 12-2。

产生反向恢复时间的实质是，PN 结中存储电荷 Q 必须经历一段时间后才能从本区域内释

放，并靠复合而消失。

2. 三极管的开关特性——三极管在截止与饱和(经过放大区)状态转换的过渡过程

开关时间由"开通时间 t_{ON}"与"关断时间 t_{OFF}"决定。作用在基极的阶跃电压 v_I 和集电极电流 i_C、电压 v_C 的波形见图 12-3。图中：t_d 为导通延迟时间；t_r 为上升时间；t_s 为存储时间；t_f 为下降时间。

产生开通时间的实质是 PN 结充电及基区非平衡少数载流子的电荷 Q_b 建立所经历的时间；产生关断时间是三极管饱和时基区多余的电子存储电荷 Q_{bs} 和集电区空穴存储电荷 Q_{cs} 消散所经历的时间(以 NPN 管为例)。

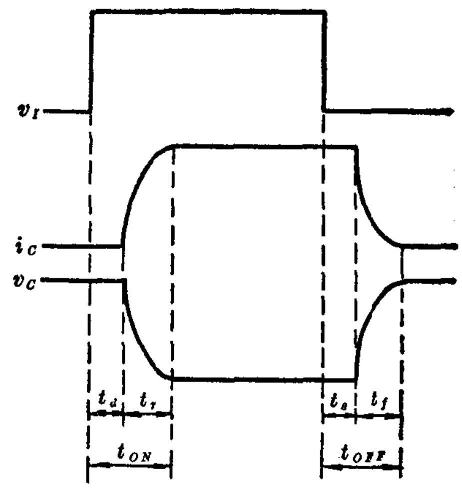


图 12-3 三极管的开关时间

三极管静态工作时，可处于截止、饱和、放大三种工作状态，它们的特点如表 12-2 所示。

表 12-2 三极管三状态比较(以 NPN 管为例)

特点 \ 状态	截止	放大	饱和
发射结	反偏或正偏小于死区电压(≈0.5V)	正偏大于死区电压	正偏大于死区电压
基极电流	$I_B \approx 0$	$I_B < I_{BS}$ $I_{BS}=\frac{E_C}{\beta R_C}$	$I_B > I_{BS}$
I_B、I_C、I_E 间关系(以简单反相器为例)	$I_B \approx I_C \approx I_E \approx 0$	$I_C=\beta I_B$ $I_E=(\beta+1)I_B$ $I_E=I_B+I_C$	$I_C<\beta I_B$ $I_E<(\beta+1)I_B$ $I_E=I_B+I_C$
集电结	反偏	反偏	正偏
集电极与发射极间电压差	$V_{CE} \approx +E_C$	V_{CE} 可变	$V_{CE}=V_{CES}(\approx 0.3\text{V})$

例题和习题

一、数制及其相互转换 (题 12.1～12.18)

二、RC 电路的分析计算(题 12.19～12.42)

三、二极管、三极管的开关特性(题 12.43～12.73)

12.1 将下列各数按权展开：

1. $(7642)_{10}$
2. $(4211.375)_{10}$
3. $(11010)_2$

4. $(1011.011)_2$

5. $(56.743)_8$

12.2

〔例〕 十进制数 10^{15} 需用几位二进制数来表示?

〔解〕 设需 n 位二进制数,则 $2^n \geqslant 10^m$,即 $\lg 2^n \geqslant \lg 10^m$,所以 $n \geqslant (m/\lg 2) \approx 3.32m$。因为 $m=15$,所以 $n \geqslant 49.8$。取 $n=50$(位)。

12.3 估算下列十进制数所需的二进制位数:

1. 10^2; 2. 10^7; 3. 10^{20}。

12.4 教室里有 64 个学生,每人都有一张打着表示各人学号的码孔卡片。问卡片上至少需打多少个孔位?若有 65 个学生又该怎样?这些孔位的组合代表各学生的学号,问这些组合有无多余的?

12.5 按十进制数 0 至 17 的次序,列表相应填写二进制、三进制、四进制、八进制和十六进制数的序列。

12.6

〔例〕 将下列二进制数转换为十进制数:

1. 101110;

2. 0.01101。

〔解〕 对二进制数 $(N)_2 = (a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1 a_0.a_{-1}\cdots a_{-m})_2$ 可用多项式表示为

$$(N)_2 = (a_{n-1}\cdot 10^{n-1} + a_{n-2}\cdot 10^{n-2} + \cdots + a_1\cdot 10^1 + a_0\cdot 10^0 + \cdots + a_{-m}\cdot 10^{-m})_2$$

式中 10 即二进制的基数 2 。

为转换成十进制数 $(N)_{10}$ 应按题 12.5 的数制对照表,先把上式中每个数字符号用相应的十进制数代替,然后再按十进制数的计算规则进行计算就得到 $(N)_{10}$。所以称为“多项式代替法”。实际上就是把二进制数相关各位的权依次相加,因此又叫“按权相加法”。

1. $(101110)_2$

$= (1\times 10^{101} + 0\times 10^{100} + 1\times 10^{11} + 1\times 10^{10} + 1\times 10^1 + 0\times 10^0)_2$

$= (1\times 2^5 + 0\times 2^4 + 1\times 2^3 + 1\times 2^2 + 1\times 2^1 + 0\times 2^0)_{10} = (46)_{10}$

2. $(0.01101)_2$

$= (0\times 10^{-1} + 1\times 10^{-10} + 1\times 10^{-11} + 0\times 10^{-100} + 1\times 10^{-101})_2$

$= (0\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3} + 0\times 2^{-4} + 1\times 10^{-5})_{10}$

$= (0.40625)_{10}$

12.7 将下列二进制数转换为十进制数:

1. 10101; 2. 11110; 3. 10111:

4. 11010; 5. 101001; 6. 101010;

7. 110011; 8. 11011011; 9. 0.01001;

10. 1010101.001。

12.8 将二进制数变换成八进制数:

1. 10111; 2. 11010; 3. 101010;

4. 110011; 5. 11011011。

12.9 将八进制数变换成十进制数:

1. $(13)_8$; 2. $(56)_8$; 3. $(77)_8$; 4. $(120)_8$; 5. $(243)_8$。

12.10

〔例〕 将二进制数 101010 变换成八、十六和十进制数。

〔解〕 利用基数为 2^k(k 为正整数)的数制之间转换特别直接的优点，可将二进制数直接转换成八、十六进制数。

如二进制数直接转换成八进制数:

$$
\begin{aligned}
N &= (\underbrace{101}_{\downarrow}\ \ \underbrace{010}_{\downarrow})_2 \\
&= (\ 5\ \ \ \ 2\ )_8
\end{aligned}
$$

如二进制数直接转换成十六进制数:

$$
\begin{aligned}
N &= (101010)_2 \\
&= (\underbrace{0010}_{\downarrow}\ \ \underbrace{1010}_{\downarrow})_2 \\
&= (\ 2\ \ \ \ A\ )_{16}
\end{aligned}
$$

而

$$N = (52)_8 = (5\times 8^1 + 2\times 8^0)_{10} = (42)_{10}$$

$$N = (2A)_{16} = (2\times 16^1 + A\times 16^0)_{10} = (42)_{10}$$

12.11 将下列二进制数分别变换成八、十六和十进制数:

1. 110010; 2. 111101101; 3. 11110000;

4. 10010111; 5. 1111111110。

12.12

〔例〕 将下列十进制数转换成二进制数:

1. $(365)_{10}$; 2. $(0.904)_{10}$(准确到小数点后五位)。

〔解〕 可用"基数乘除法"进行转换。当被转换数是整数时，用基数逐次去除被转换数及历

次所得的商，直除到商为“零”止，最后取各次相除的余数，即得转换后的数。当被转换数是小数时，改用基数去乘，最后取各次乘积的整数。

1.

除数	被除数		余数
2	365		
2	182	……	1
2	91	……	0
2	45	……	1
2	22	……	1
2	11	……	0
2	5	……	1
2	2	……	1
2	1	……	0
	0	……	1

读写次序 ↑

所以$(365)_{10}=(101101101)_2$

2.

整数		
		0.904 × 2
1	……	1.808
		0.808 × 2
1	……	1.616
		0.616 × 2
1	……	1.232
		0.232 × 2
0	……	0.464
		0.464 × 2
0	……	0.928

读写次序 ↓

因要求准确到小数点后五位，取“四舍五入”，所以

$$(0.904)_{10}=(0.11101)_2$$

12.13　将下列十进制数转换为二进制数(准确到小数点后六位)：

1. 19;　2. 27;　3. 43;

4. 127;　5. 67;　6. 102;

7. 193;　8. 0.765;　9. 0.278;

10. 18.454。

12.14　将十进制数变换成八进制数：

1. 14;　2. 25;　3. 46;

4. 83;　5. 124。

12.15　将八进制数变换成二进制数：

1. 13; 2. 25; 3. 56;

4. 120; 5. 243。

12.16

〔例〕 将十进制数 2695 分别转换成二、八和十六进制数。

〔解〕 解法一：$(2695)_{10}=(?)_2=(?)_8=(?)_{16}$

$$
\begin{array}{r|l l}
2 & 2695 & \text{余数} \\
2 & 1347 & \cdots\cdots 1 \\
2 & 673 & \cdots\cdots 1 \\
2 & 336 & \cdots\cdots 1 \\
2 & 168 & \cdots\cdots 0 \\
2 & 84 & \cdots\cdots 0 \\
2 & 42 & \cdots\cdots 0 \\
2 & 21 & \cdots\cdots 0 \\
2 & 10 & \cdots\cdots 1 \\
2 & 5 & \cdots\cdots 0 \\
2 & 2 & \cdots\cdots 1 \\
2 & 1 & \cdots\cdots 0 \\
 & 0 & \cdots\cdots 1
\end{array}
\quad \uparrow \text{读写次序}
$$

所以 $(2695)_{10}=(101\ \ 010\ \ 000\ \ 111)_2$

$$
\begin{array}{cccc}
\downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow
\end{array}
$$

$=(5\ \ 2\ \ 0\ \ 7)_8$

又 $(2695)_{10}=(1010\ \ 1000\ \ 0111)_2$

$$
\begin{array}{ccc}
\downarrow & \downarrow & \downarrow
\end{array}
$$

$=(A\ \ 8\ \ 7)_{16}$

解法二：用基数 2 辗转相除，步骤繁琐。若改用基数 2^3 或 2^4 辗转相除，则甚简便。即求

$(2695)_{10}=(?)_{16}=(?)_2=(?)_8$

$$
\begin{array}{r|l l}
16 & 2695 & \text{余数} \\
16 & 168 & \cdots\cdots 7 \\
16 & 10 & \cdots\cdots 8 \\
 & 0 & \cdots\cdots A
\end{array}
\quad \uparrow \text{读写次序}
$$

所以 $(2695)_{10}=(A\ \ 8\ \ 7)_{16}$

$$
\begin{array}{ccc}
\downarrow & \downarrow & \downarrow
\end{array}
$$

$=(101\ \ 010\ \ 000\ \ 111)_2$

$$
\begin{array}{cccc}
\downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow
\end{array}
$$

$=(5\ \ 2\ \ 0\ \ 7)_8$

12.17 将下列十进制数分别变换成二、八和十六进制数：

1. 1000; 2. 777; 3. 123;

4. 63;   5. 270。

12.18 给出以下二进制数，按二进制计数规则求 $A+B$、$A-B$、$C\times D$ 和 C/D。

已知 $A=1011010$，$B=101111$，$C=1010100$，$D=110$。

12.19　如图 12.19 所示电路。已知 $V_C(0^-)=6\text{V}$，求 t 为 0^-、0^+、∞ 时的 V_C、i_1、i_2 和 i_3 值。

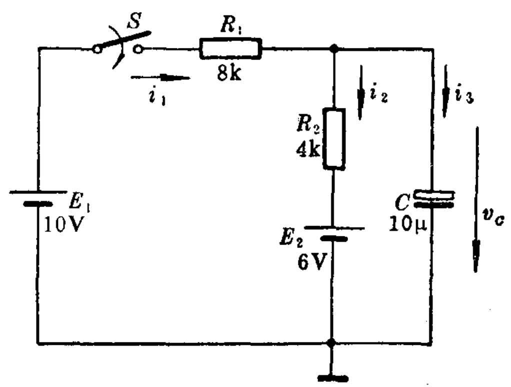


图　12.19

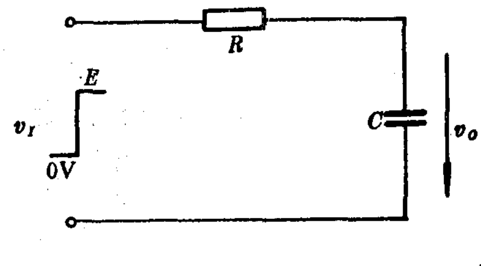


图　12.20

12.20　如图 12.20 所示电路。已知初始电压为零，试分别求出 v_O 达到 $0.5E$、$0.65E$、$0.95E$ 所需的时间 t_k，并总结求解公式。

12.21　如图 12.21 所示指数曲线。根据暂态过程公式证明由 $x(t_1)$ 到 $x(t_2)$ 的时间间隔为

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

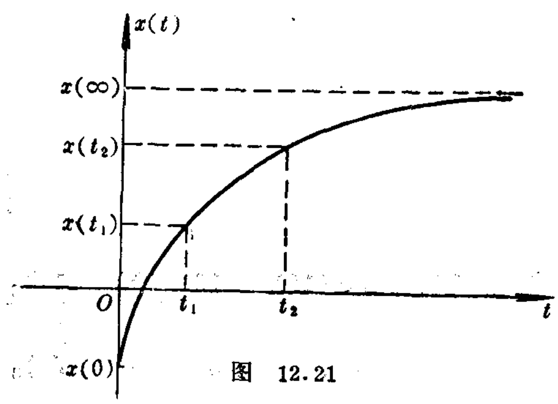
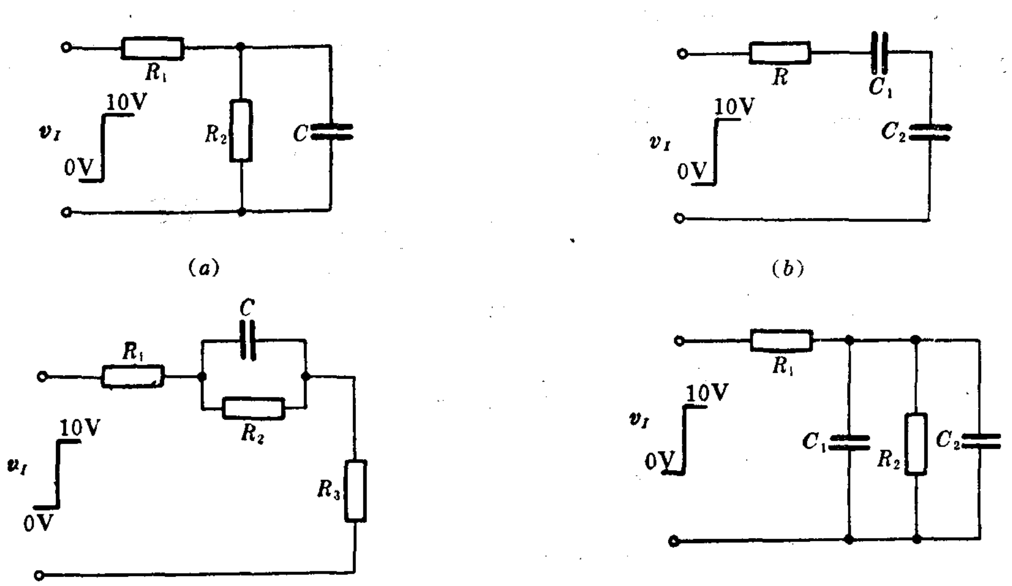


图　12.21

12.22　试求图 12.22 所示几种电路的时间常数 τ。



(a)　(b)　(c)　(d)

图　12.22

注：为使图面清晰，本书插图内的电阻、电容一律不标单位 Ω、F，如电阻旁标100，即电阻为 100Ω，电容旁标 0.01μ，即电容为 0.01μF。本书插图中的半导体三极管、场效应管，一律未画外圈。

12.23 试判断图 12.23 各电路，哪几个可应用三点一 τ 法？如果能用，则求其时间常数 τ。

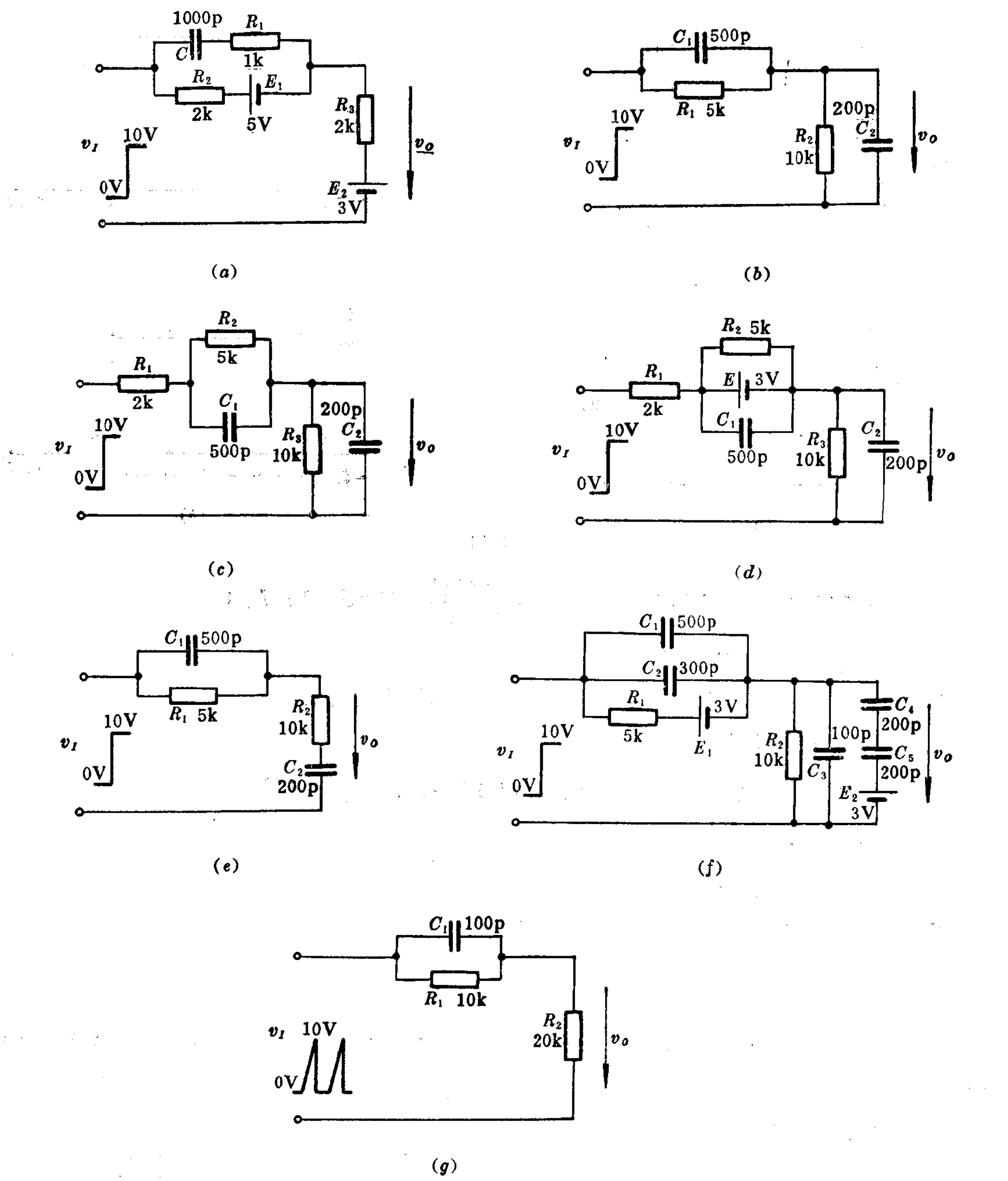


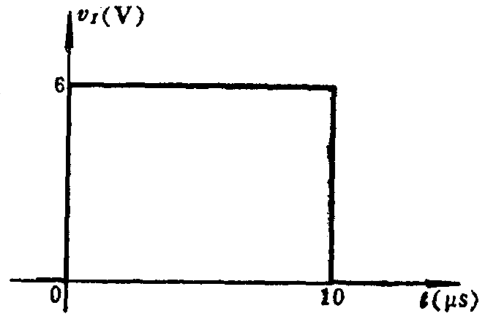
图 12.23

12.24

〔例〕 如图 12.24(a)所示电路。已知 v_I 跳变前，电路为稳态。试画出 v_O 波形。

〔解〕 由于电路是一阶 RC 电路，且输入为阶跃，故可应用三点一 τ 法分析计算。

1. 输入由 0 V正跳变到 6 V 时：



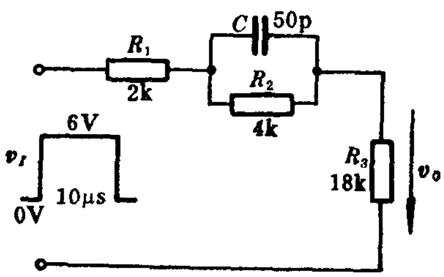
$$v_O(0^-)=0$$

$$v_O(0^+)=\frac{R_3}{R_1+R_3}\times 6\text{ V}=\frac{18\text{ k}\Omega}{2\text{k}\Omega+18\text{k}\Omega}\times 6\text{V}=5.4\text{ V}$$

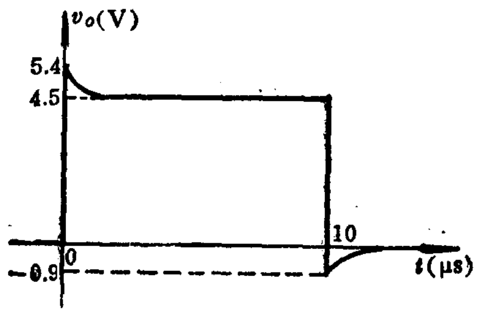
（换路瞬间 v_C 不变）

$$v_O(\infty)=\frac{R_3}{R_1+R_2+R_3}\times 6\text{ V}=\frac{18\text{ k}\Omega}{(2+4+18)\text{k}\Omega}\times 6\text{V}=4.5\text{ V}$$

（暂态结束后，电容相当于开路。）



(a)



(b)

图 12.24

$$\tau_1=[(R_1+R_3)\,/\!/\,R_2]\cdot C=\frac{(2+18)\text{k}\Omega\times 4\text{ k}\Omega}{(2+18+4)\text{k}\Omega}\times 50\text{ pF}=0.167\ \mu\text{s}$$

2. 输入由 6V 负跳变到 0V 时：

因为 $t_k=10\ \mu\text{s}\gg 5\tau$，所以输入正跳变引起的暂态过程已结束。

$$v_O(10^-)=4.5\text{ V}$$

$$v_O(10^+)=v_O(10^-)-\frac{R_3}{R_1+R_3}\times 6\text{ V}=4.5\text{ V}-5.4\text{ V}=-0.9\text{ V}$$

$$v_O(\infty)=0$$

$$\tau_2=\tau_1=0.167\ \mu\text{s}$$

电路输入、输出电压波形如图 12.24(b)所示。

12.25

〔例〕 如图 12.25(a)所示电路。开关 S 原来位于位置 1，且电路处于稳态。开关 S 在 $t=0$ 时，从位置 1 打到位置 2；在 $t=20\ \mu\text{s}$ 时，从位置 2 打到位置 3 。试通过分析计算，对应画出 $v_1(t)$ 和 $v_2(t)$ 的波形。

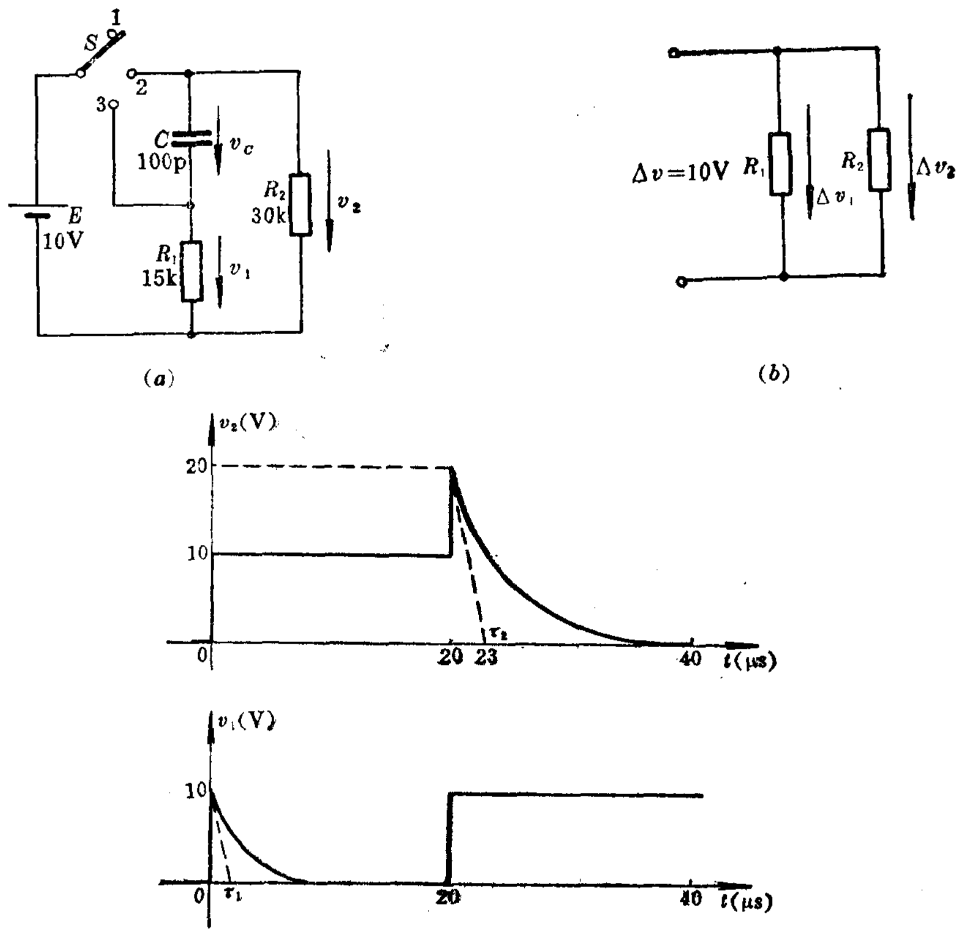
〔解〕 电路是一阶 RC 电路，输入是阶跃电压，故可应用三点一 τ 法分析计算。

1. 开关 S 在 $t=0$ 时，从“1”打到“2”：

$$v_1(0^-)=0\text{ V}$$

$v_2(0^-)=0$ V（因 $t=0^-$ 时，电路处于稳态。）

用跳变量法求 $v(0^+)$。求输出跳变量等效电路如图 12.25(b)所示。



(a) (b)

(c)

图 12.25

$$v_1(0^+)=v_1(0^-)+\Delta v_1(\text{⌠})=0\ \text{V}+10\ \text{V}=10\ \text{V}$$

$$v_2(0^+)=v_2(0^-)+\Delta v_2(\text{⌠})=0\ \text{V}+10\ \text{V}=10\ \text{V}$$

$$\tau_1=R_1C=15\ \text{k}\Omega\times 100\ \text{pF}=1.5\ \mu\text{s}$$

在 $t=20\ \mu\text{s}$ 前，电路经$(3\sim5)\tau$，已进入稳态。

$$v_1(\infty)=0\ \text{V}$$

$$v_2(\infty)=10\ \text{V}$$

2. 开关 S 在 $t=20\ \mu\text{s}$ 时，从“2”拨到“3”：

$$v_1(20^-)=0\ \text{V}$$

$$v_2(20^-)=10\ \text{V}$$

且 $v_C(20^-)=v_C(20^+)=10\ \text{V}$

$$v_1(20^+)=10\ \text{V}$$

$$v_2(20^+)=v_1(20^+)+v_C(20^+)=10\ \text{V}+10\ \text{V}=20\ \text{V}$$

$$v_1(\infty)=10\ \text{V}$$

$$v_2(\infty)=0\text{V}$$