

脉冲与数字电路习题解答

一系脉冲与数字电路教研室 編

成都电讯工程学院情报资料室

1980年4月

前 言

本书是配合顾德仁教授主编的“脉冲与数字电路”教材（上、下册）中习题而编写的。根据教材的安排及题意，对题解在内容深浅和步骤粗细等方面作了搭配，有的还列出了多种解法。编写本书的目的既是为了节省教师的备课时间，又便于学生自学和讨论，以提高他们分析和解决问题的能力，有利于巩固课堂教学。因此，本习题解是与同名课程紧密联系的教学参考书。

出版本书，也是为了抛砖引玉，欢迎读者对所编题解作进一步的讨论，各校尚可自拟结合专业的题目，这样更有利于提高教学质量。

本书在编写时，章节完全与教材相对应，唯有图号是以字母S单独编排的。凡引用了教材中的图和公式的地方，都分别作了说明。

从内容来看，本书对目前从事脉冲与数字电路工作的工程技术人员也是一本有益的参考书。

本书在编写与出版过程中，曾得到了院内许多兄弟单位和教师的指导与帮助，在此表示深切的感谢。由于我们水平有限，教学经验不足，加之时间仓猝，编写时征求意见不够广泛，因此本书在质量上定然还存在不少问题，恳切希望读者来函指正，不胜感谢。

编 者 成都电讯工程学院一系

脉冲与数字电路教研室

一九八〇年元月

目 录

前 言	 (i)
第一章 绪论	 (1)
第二章 脉冲通过线性网络	 (12)
第三章 半导体二极管及其简单电路	 (22)
第四章 半导体三极管及其简单电路	 (28)
第五章 锯齿波发生器	 (35)
第六章 张弛振荡器	 (40)
第七章 集成运算放大器及其电路	 (55)
第八章 负阻器件脉冲电路	 (64)
第九章 二进制	 (70)
第十章 逻辑函数	 (78)
第十一章 集成逻辑门	 (95)
第十二章 集成触发器	 (106)
第十三章 时序逻辑网络	 (114)
第十四章 编码、译码、码组变换及校验	 (129)
第十五章 算术运算电路	 (155)
第十六章 数一模及模一数转换	 (165)
第十七章 大规模集成电路	 (172)

第一章 緒 論

6. 什么叫传输函数？分别写出图 S 1—1（即图 P 1—1）电路的传输函数。

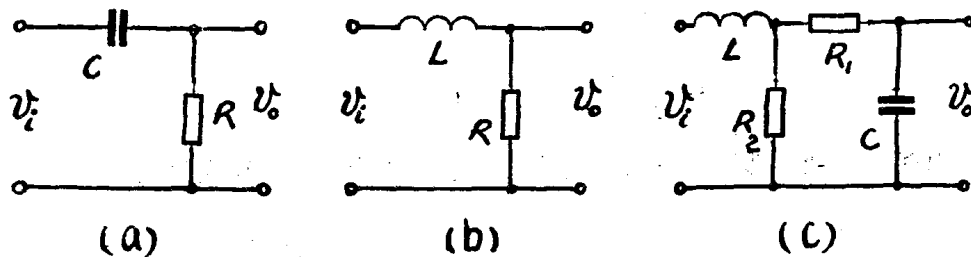


图 S 1—1 重画图 P 1—1

解：一个网络的输出函数与输入函数之比称为传输函数，通常用拉氏变换的形式，即 $H(S)$ 。

$$(a) \quad H(S) = \frac{S}{S + \frac{1}{\tau}} \quad (\tau = RC)$$

$$(b) \quad H(S) = \frac{\tau}{S + \tau} \quad \left(\tau = \frac{L}{R}\right)$$

$$\begin{aligned}
 (c) \quad H(S) &= \frac{\left(\frac{1}{SC} + R_1\right)R_2 \cdot \frac{1}{SC}}{\frac{1}{SC} + R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{SC + R_1} \\
 &= \frac{\left(\frac{1}{SC} + R_1\right)R_2}{\frac{1}{SC} + R_1 + R_2} + SL \\
 &= \frac{\frac{R_2}{SC}}{\left(\frac{1}{SC} + R_1\right)R_2 + \frac{L}{C} + SLR_1 + SLR_2} \\
 &= \frac{1}{S^2LC + S^2LC \frac{R_1}{R_2} + S \frac{L}{R_2} + SCR_1 + 1}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{\frac{1}{LC(1 + \frac{R_1}{R_2})}}{S^2 + \frac{\frac{L}{R_2} + CR_1}{LC(1 + \frac{R_1}{R_2})}S + \frac{1}{LC(1 + \frac{R_1}{R_2})}} = \frac{\omega_0^2}{S^2 + 2\zeta\omega_0 S + \omega_0^2},$$

其中 $\omega_0^2 = 1/LC(1 + \frac{R_1}{R_2})$,

$$\zeta = \frac{\sqrt{\frac{L}{R_2 C}}}{2\sqrt{\frac{R_1 + R_2}{L}}} \left(1 + \frac{R_1 R_2 C}{L}\right).$$

7. 写出图 S1—2 (即图 P1—2) 波形的数学表达式及其拉氏变换式。

解:

$$v(t) = \begin{cases} \frac{E}{\tau}t & (0 \leq t \leq \tau) \\ E & (t > \tau) \end{cases}$$

或表示为

$$v(t) = \frac{E}{\tau}t - \frac{E}{\tau}(t - \tau)1(t - \tau),$$

由于

$$\frac{E}{\tau}t \longrightarrow \frac{E}{\tau S^2}$$

$$\frac{E}{\tau}(t - \tau)1(t - \tau) \longrightarrow \frac{E}{\tau S^2}e^{-s\tau}$$

由此得到

$$v(t) \longrightarrow \frac{E}{\tau S^2}(1 - e^{-s\tau}).$$

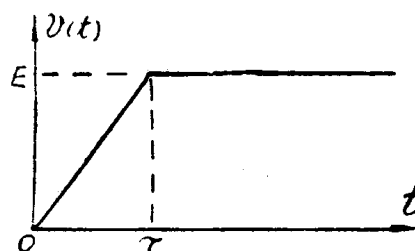


图 S1—2 重画图 P1—2

8. 利用瞬态公式 (1—10) 写出下列几种指数曲线的解析式子。

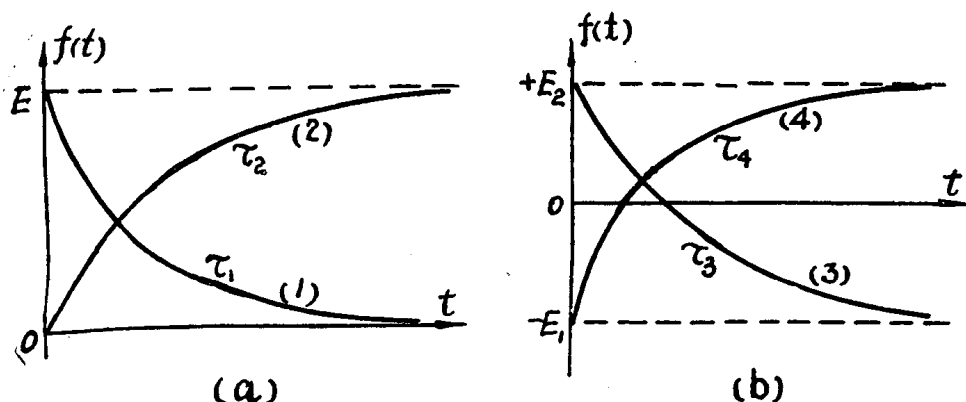


图 S1—3 重画图 P1—3

解:

$$(1) f(0) = E \quad f(\infty) = 0$$

$$\therefore f(t) = E e^{-\frac{t}{\tau_1}} \quad \circ$$

$$(2) f(0) = 0 \quad f(\infty) = E$$

$$\therefore f(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau_2}}) \quad \circ$$

$$(3) f(0) = +E_2 \quad f(\infty) = -E_1$$

$$\therefore f(t) = -E_1 + (E_2 + E_1)e^{-\frac{t}{\tau_3}} \quad \circ$$

$$(4) f(0) = -E_1 \quad f(\infty) = +E_2$$

$$\therefore f(t) = E_2 - (E_1 + E_2)e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \circ$$

9. 试求图 S1—4 (即图 P1—4) 所示几种电路的时间常数。

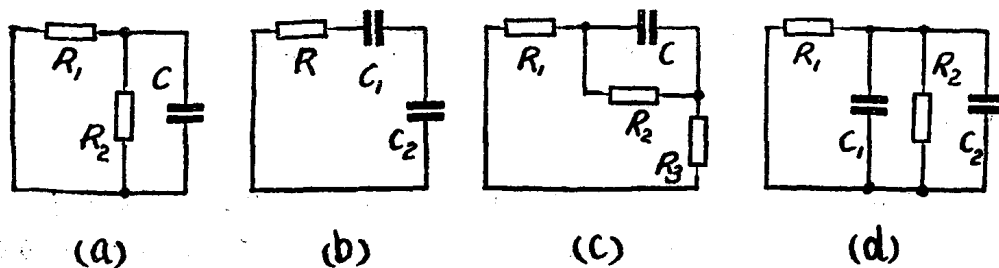


图 S1—4 重画图 P1—4

解: 图中电路是已经将电源短接的结果, 故求时间常数不必考虑电源, 因此得到

$$(a) \quad \tau = (R_1 // R_2)C,$$

$$(b) \quad \tau = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} R,$$

$$(c) \quad \tau = [(R_1 + R_3) // R_2]C,$$

$$(d) \quad \tau = (R_1 // R_2)(C_1 + C_2).$$

10. 如图 S1—5 (即图 P1—5) 所示指数曲线, 试根据瞬态公式 (1—10) 证明由 $x(t_1)$ 到 $x(t_2)$ 的时间间隔为

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

解: 由公式 (1—10) 得

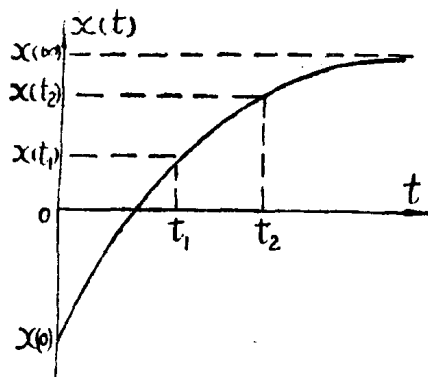


图 S1—5 重画图 P1—5

$$x(t_1) = x(\infty) + [x(0) - x(\infty)]e^{-\frac{t_1}{\tau}},$$

$$x(t_1) - x(\infty) = [x(0) - x(\infty)]e^{-\frac{t_1}{\tau}},$$

$$x(\infty) - x(t_1) = [x(\infty) - x(0)]e^{-\frac{t_1}{\tau}},$$

$$e^{-\frac{t_1}{\tau}} = \frac{x(\infty) - x(0)}{x(\infty) - x(t_1)},$$

故

$$t_1 = \tau \ln \frac{x(\infty) - x(0)}{x(\infty) - x(t_1)}.$$

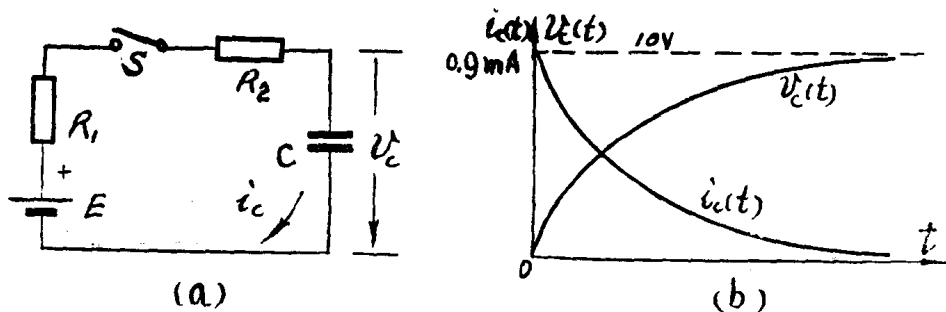
同理可得

$$t_2 = \tau \ln \frac{x(\infty) - x(0)}{x(\infty) - x(t_2)},$$

$$t_2 - t_1 = \tau \left[\ln \frac{x(\infty) - x(0)}{x(\infty) - x(t_2)} - \ln \frac{x(\infty) - x(0)}{x(\infty) - x(t_1)} \right]$$

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

11. 如图S1—3(a) (即图P1—6) 所示电路, 设 $R_1 = 1$ 千欧, $R_2 = 10$ 千欧, $C = 910$ 皮法, $E = 10$ 伏, 当 $t = 0$ 时开关 S 合上, $v_c(0) = 0$ 伏, 试计算: 1) $v_c(t)$ 的变化规律; 2) $v_c(t)$ 的上升时间; 3) $i_c(t)$ 的变化规律及最大电流 I_m . 并画出 $v_c(t)$ 和 $i_c(t)$ 的波形图。



图S1—6 (a) 重画图P1—6 (b) 波形

解: 1) 已知 $v_c(0) = 0$ V, 而 $v_c(\infty) = E = 10$ V, $\tau = (R_1 + R_2)C = 11 \times 10^3 \times 910 \times 10^{-12} = 10 \mu\text{s}$, 根据瞬态公式 (1—10) 得

$$v_c(t) = 10 \left(1 - e^{-\frac{t}{10^{-5}}} \right) = 10 (1 - e^{-10^5 t}) \text{ V}.$$

2) 以 0.1 到 0.9 最大值计算上升时间有

$$t_r = 2.2\tau = 2.2 \times 10 \mu S = 22 \mu S$$

$$3) \quad i_c(0) = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{10}{11} \times 10^{-3} \approx 0.9 \text{ mA}$$

$$i_c(\infty) = 0 \text{ mA}$$

时间常数 τ 同 1)，根据公式 (1-10) 有

$$i_c(t) = 0.9e^{-10^5 t},$$

最大电流出现在 $t = 0^+$ 时刻，故有

$$I_m = i_c(0) = 0.9 \text{ mA}.$$

$v_c(t)$ 和 $i_c(t)$ 波形均见图 S1-6 (b)。

12. 图 S1-6 (a) 电路，当 S 合上后 3 毫秒， $v_c(3) = 30$ 伏，并已知 $E = 45$ 伏， $C = 0.05$ 微法，问电阻 $R_1 + R_2$ 应多大？

$$\text{解：由 11 题解已知 } v_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$\text{又 } v_c(3) = 45(1 - e^{-\frac{3}{\tau}}) = 30$$

则

$$1 - e^{-\frac{3}{\tau}} = \frac{2}{3},$$

解得

$$\tau = \frac{3}{1.1} = 2.7 \text{ ms},$$

$$\therefore R_1 + R_2 = \frac{\tau}{C} = \frac{2.7 \times 10^{-3}}{0.05 \times 10^{-6}} = 54 \text{ k}\Omega.$$

13. 下图电路，联动开关原置于位置“1”，稳定后，当 $t = 0$ 瞬间将开关转接到“2”位置，试求 $v_o(t)$ 的变化规律，绘出波形并求 $v_o(t)$ 变化到 0 电平所经历的时间 t 。

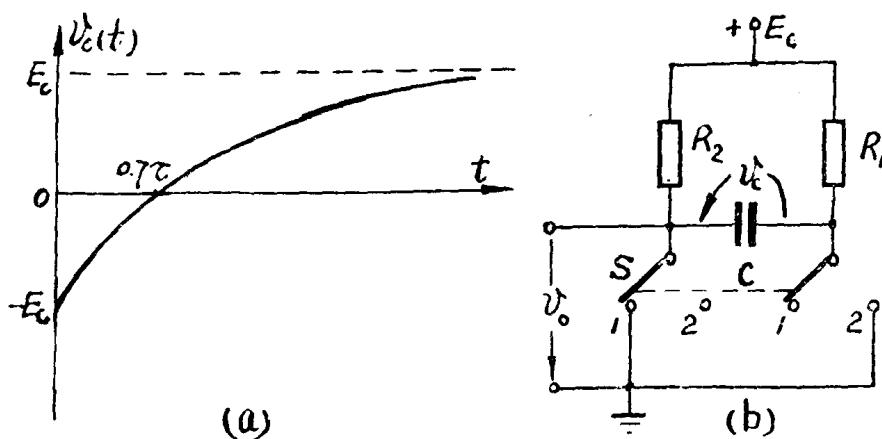


图 S1-7 (a) 波形图 (b) 重画图 P1-7

解：联动开关 S 在位置“1”而 C 充满电后 $v_c(0^-) = E_c$ ， S 转接到位置“2”时

$$v_0(0) = -v_c(0^-) = -E_c,$$

$$v_0(\infty) = E_c,$$

$$\tau = R_2 C.$$

由瞬态公式 (1-10) 得 $v_0(t)$ 的变化规律

$$v_0(t) = E_c(1 - 2e^{-\frac{t}{\tau}})$$

波形如图 S1—7 (a)。

由第 10 题的结果， $v_0(t)$ 变化到 0 电平所经历的时间为

$$t = \tau \ln \frac{E_c - (-E_c)}{E_c - 0} = \tau \ln 2 \approx 0.7\tau$$

14. 如图 S1—8 (a) (即图 P1—8) 所示电路，当 $t=0$ 瞬间， S 由位置“1”转接到位置“2”，求 $v_0(t)$ ，并绘出波形图。

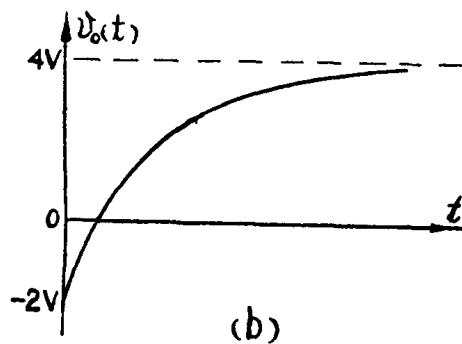
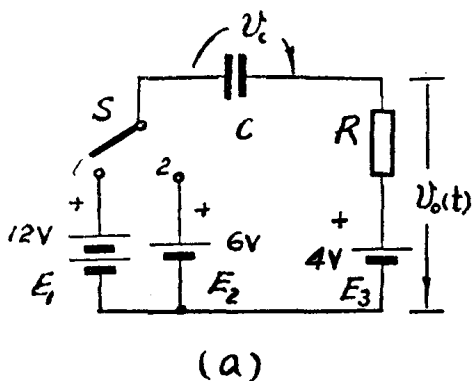


图 S1—8 (a) 重画图 P1—3 (b) 波形

解： S 接到“2”瞬间，由于电容 C 上的电压不能突变，故有

$$v_0(0) = E_2 - (E_1 - E_3) = 6 - 8 = -2V,$$

$$v_0(\infty) = 4V,$$

$$\tau = RC.$$

由瞬态公式得

$$v_0(t) = 4 + (-2 - 4)e^{-\frac{t}{\tau}} = 4 - 6e^{-\frac{t}{\tau}},$$

波形图见图 S1—8 (b)。

15. 在如图 S1—9 (即图 P1—9) 所示电路中，开关置于“1”，求：1) 时间常数 τ ；2) 在 $t=\tau$ 及 5τ 时的 v_R 、 v_L 值；3) $t=5\tau$ 时的 i_L 。当达到稳态后，开关突然由“1”

转接到“2”时， R_2 上的电压为何值？

解：1) 时间常数为

$$\tau = \frac{L}{R_1} = \frac{10^{-3}}{100} = 10\mu\text{S}。$$

2) 设 $t=0$ 时，电路接通 (S 接“1”位置)

$$i_L(0) = 0, \quad i_L(\infty) = \frac{E}{R_1} = \frac{10}{100} = 0.1 \text{ A},$$

$$\text{故 } i_L(t) = 0.1(1 - e^{-10^5 t}) \text{ A},$$

$$v_R = R_1 i_L = 10(1 - e^{-10^5 t}) \text{ V},$$

$$v_L = E - v_R = 10e^{-10^5 t} \text{ V},$$

将 $t=\tau$ 及 5τ 代入上式求得

$$v_R(\tau) = 10(1 - e^{-1}) \approx 10 - 3.7 = 6.3 \text{ V},$$

$$v_R(5\tau) = 10(1 - e^{-5}) \approx 10 - 0.067 = 9.93 \text{ V},$$

$$v_L(\tau) \approx 3.7 \text{ V},$$

$$v_L(5\tau) \approx 0.067 \text{ V}。$$

3) $i_L(5\tau) = 0.1(1 - e^{-5}) \approx 0.1 - 0.00067 \approx 99.3 \text{ mA}$ 。 S 接“1”位置达到稳态时的电流为 $i_L(\infty) = 100 \text{ mA}$ ，而 S 转接到“2”的瞬间， L 上的电流不变，故 R_2 上的电压为

$$v_{R_2} = 100 \times 100 = 10^4 \text{ V}。$$

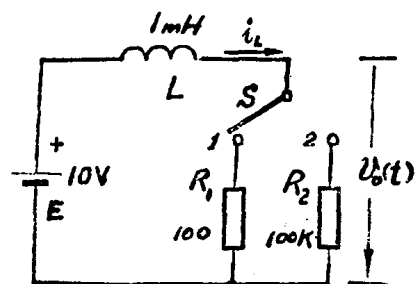
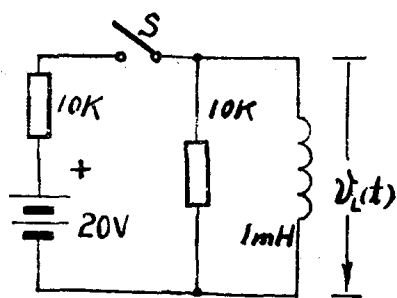
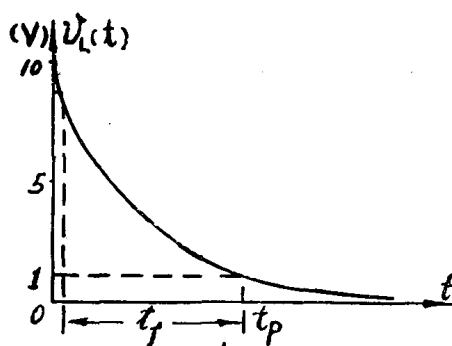


图 S1—9 重画图 P1—9

16. 如图 S1—10 (a) (即图 P1—10) 所示电路，当 $t=0$ 时合上开关，求：1) $v_L(t)$ 的变化规律，画出波形图；2) 电压 $v_L(t)$ 的下降时间及对应于 $0.1V_{Lm}$ 的宽度 t_p 。



(a)



(b)

图 S1—10 (a) 重画图 P1—10 (b) 波形

$$\text{解：1) } v_L(0) = \frac{1}{2} \times 20 = 10 \text{ V},$$

$$v_L(\infty) = 0V, \quad \tau = \frac{L}{R} = \frac{10^{-3}}{5 \times 10^3} = 0.2 \mu S。$$

$v_L(t)$ 的变化规律为

$$v_L(t) = 10e^{-5 \times 10^6 t},$$

波形见图 S1—10 (b)。

2) 以 $(0.9-0.1) V_{Lm}$ 的变化时间计算: $t_t = 2.2\tau = 0.44 \mu S$,
 $0.1 V_{Lm}$ 的脉宽为

$$t_p = 2.3\tau = 0.46 \mu S。$$

17. 在图 S1—11 (a) (即图 P1—11) R 、 L 、 C 并联电路中, 在合上开关 S 而达到稳态后, 于 $t=0$ 瞬间打开 S , 试以复频分析法分析电路产生的过渡过程, 并画出波形图。(提示: 可忽略电感 L 上的电阻 R_L , 按阻尼系数三种不同的情况加以讨论)。

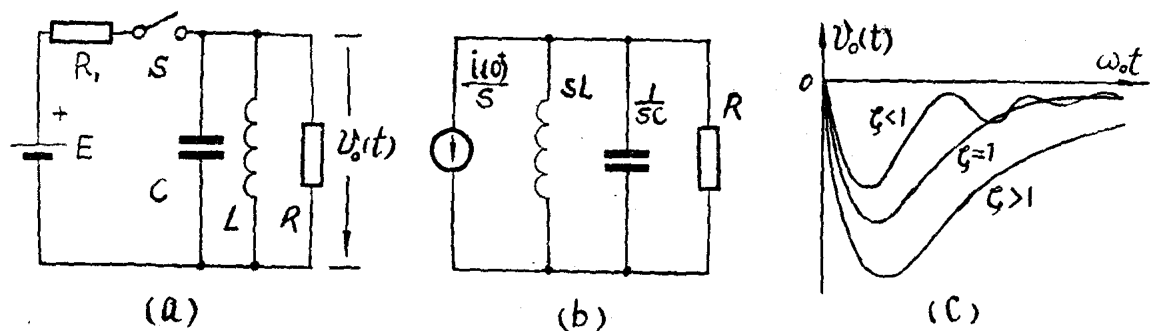


图 S1—11 (a) 重画图 P1—11, (b) S 断开后的等效电路, (c) 波形

解: S 接通而达稳态后, 电感 L 上的电流为: $i_L(0^-) = \frac{E}{R_1}$ 。在 $t=0$ 时 S 打开则: $i_L(0^+) = i_L(0^-) = \frac{E}{R}$ 。

根据题意, 可作出 S 断开后的等效电路如图 S1—11 (b), 由等效电路可求其阻抗复数形式:

$$Z(S) = \frac{1}{\frac{1}{SL} + sC + \frac{1}{R_2}} = \frac{\frac{1}{C}S}{S^2 + \frac{1}{R_2C}S + \frac{1}{LC}},$$

$$V_o(S) = -\frac{i(0^+)}{S}Z(S) = -\frac{R_2}{R_1}E \frac{\frac{1}{R_2C}}{S^2 + \frac{1}{R_2C}S + \frac{1}{LC}}。$$

令: $\frac{1}{LC} = \omega_0^2$, $\frac{1}{2R_2} \sqrt{\frac{L}{C}} = \zeta$, 代入上式得:

$$V_o(S) = -\frac{R_2}{R_1} E \frac{2\xi\omega_0}{S^2 + 2\xi\omega_0 S + \omega_0^2}.$$

讨论: 1) $\xi > 1$, 过阻尼情况

则 $S_{1,2} = (-\xi \pm \sqrt{\xi^2 - 1})\omega_0$

$$V_o(S) \rightarrow v_o(t) = -\frac{R_2}{R_1} E \frac{\xi}{\sqrt{\xi^2 - 1}} e^{-\xi\omega_0 t} \left(e^{\sqrt{\xi^2 - 1}\omega_0 t} - e^{-\sqrt{\xi^2 - 1}\omega_0 t} \right).$$

2) $\xi < 1$, 欠阻尼情况

则 $S_{1,2} = (-\xi \pm j\sqrt{1 - \xi^2})\omega_0$

$$V_o(S) \rightarrow v_o(t) = -\frac{R_2}{R_1} E \frac{2\xi}{\sqrt{1 - \xi^2}} e^{-\xi\omega_0 t} \sin \sqrt{1 - \xi^2} \omega_0 t.$$

3) $\xi = 1$, 临界阻尼情况

$$V_o(S) = -\frac{R_2}{R_1} E \frac{2\omega_0}{(S + \omega_0)^2}$$

$$V_o(S) \rightarrow v_o(t) = -\frac{R_2}{R_1} E 2\omega_0 t e^{-\omega_0 t}.$$

三种不同情况波形均见图 S1—11 (c)。

18. 在图 S1—12(a) (即图 P1—12) 所示电路中, 于 $t=0$ 时合上 S_1 , 在 $t=100$ 微秒之后合上 S_2 , 在同一座标上画出 i_1 和 i_2 的波形。

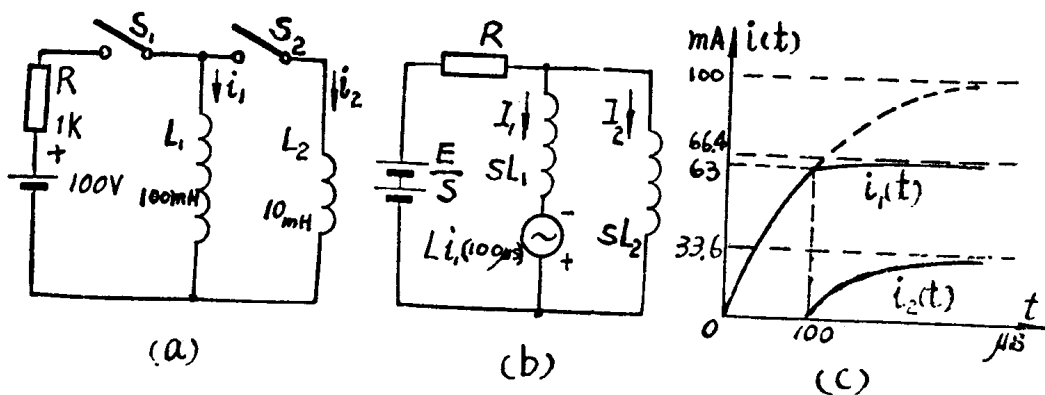


图 S1—12 (a) 重画图 P1—12, (b) S_2 合上后的等效电路, (c) 波形。

解: $t=0$ 时 S_1 合上,

则 $i_1(0) = 0, \quad i_1(\infty) = \frac{E}{R} = \frac{100}{10^3} = 100 \text{ mA},$

$$\tau = \frac{L_1}{R} = 100 \mu\text{s}.$$

由过渡过程公式 (1—10) 写出

$$i_1(t) = 100(1 - e^{-10^4 t}) \quad (11.11)$$

将 $t = 100 \mu S$ 代入, 得

$$i_1(100) = 100(1 - e^{-1}) = 100(1 - 0.3679) \approx 63 \text{ mA}$$

在 $t = 100 \mu S$, 即 $i_1 = 63 \text{ mA}$ 时合上 S_2 , 画出图 S1—12(b) 等效电路。根据等效电路列回路方程

$$(I_1 + I_2)R + I_2 L_2 S = \frac{E}{S} \quad \langle 1 \rangle$$

$$I_1 L_1 S - L_1 i_1 = I_2 L_2 S \quad \langle 2 \rangle$$

由 $\langle 2 \rangle$ 式得

$$I_2 = \frac{I_1 L_1 S - L_1 i_1}{L_2 S} = \frac{L_1}{L_2} \left(I_1 - \frac{i_1}{S} \right) \quad \langle 3 \rangle$$

由 $\langle 1 \rangle$ 式得

$$I_1 R + I_2 (R + L_2 S) = \frac{E}{S} \quad \langle 4 \rangle$$

将 $\langle 3 \rangle$ 代入 $\langle 4 \rangle$ 式得

$$I_1 R + \frac{L_1}{L_2} \left(I_1 - \frac{i_1}{S} \right) (R + L_2 S) = \frac{E}{S} \quad \langle 5 \rangle$$

解 $\langle 5 \rangle$ 式并代入数据整理得到

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{E + \frac{L_1}{L_2} i_1 (R + L_2 S)}{S \left[R + \frac{L_1}{L_2} (R + L_2 S) \right]} = \frac{100 + 630 + 6.3 \times 10^{-3} S}{S(10^3 + 10^4 + 0.1 S)} \\ &= \frac{63 \times 10^{-3} - \frac{73}{1100}}{S + 11 \times 10^4} + \frac{73}{1100} \frac{1}{S} \end{aligned}$$

取拉氏反变换得到

$$i_1(t) = \frac{73}{1100} + \left(63 \times 10^{-3} - \frac{73}{1100} \right) e^{-11 \times 10^4 (t - 10^{-4})} A$$

由 $\langle 3 \rangle$ 式取反变换并将 $i_1(t)$ 值代入得

$$\begin{aligned} i_2(t) &= \frac{L_1}{L_2} [i_1(t) - i_1] \\ &= \frac{73}{110} - 630 \times 10^{-3} + \left(630 \times 10^{-3} - \frac{73}{110} \right) e^{-11 \times 10^4 (t - 10^{-4})} A \end{aligned}$$

式中 $t \geq 10^{-4} S$ 。波形见图 S1—12(c)

19. 在图 S1—13(a) (即图 P1—13) 电路中, 将 S_1 周期性地从位置“1”接到“2”, 开关 S_2 受 $v_o(t)$ 控制, 当 $v_o(t) < 0$ 时, S_2 打开; 当 $v_o(t) \geq 0$ 时, S_2 合上, 画出当

S_1 每 20 毫秒改变一次时, 电路稳定输出波形, 并标出主要的电压数值和时间常数

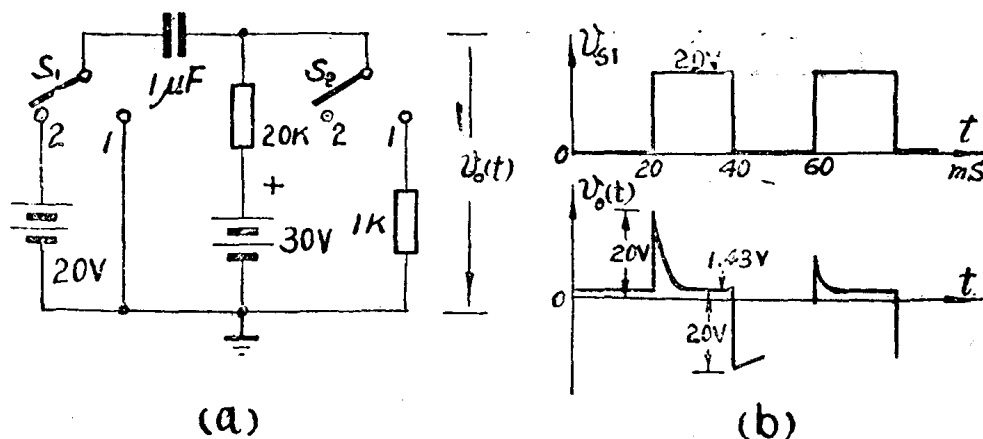


图 S1—13 (a)重画图 P1—13, (b)输出波形。

解: S_1 在位置 “1” 和 “2” 之间转换相当于输入 $t_p = 20 \text{ ms}$ 的方波, 设初始位置为接 “1”, 图 S1—13 (b) 中的 v_{s1} 是开关 S_1 转换时的模拟输入波形。分段讨论如下:

当 $0 < t < 20 \text{ ms}$ 时, S_2 合上 (接 “1”) , 开始给 C 充电。

$$v_o(0) = 0, \quad v_o(\infty) = \frac{30 \times 1}{20 + 1} \approx 1.43 \text{ V},$$

$$\tau_1 = 10^{-6} \left(\frac{20 \times 10^3}{20 + 1} \right) = 10^{-3} \frac{20}{21} \approx 1 \text{ ms},$$

$$\text{故 } v_o(t) = 1.43(1 - e^{-10^3 t}),$$

当 $t = 20 \text{ ms}$ 时 v_{s1} 正跳变, $v_o(t)$ 亦应有同样的变化, 跳变幅度为 20 V 。

当 $20 \text{ ms} < t < 40 \text{ ms}$, 此期间时间常数仍同前, $\tau_1 = 1 \text{ ms}$, 经 $(3 \sim 5) \tau$, $v_o(t)$ 回到 1.43 V 。

$t = 40 \text{ ms}$ 时 $v_o(t)$ 负跳变 20 V , 这时 $v_o(t) < 0$, 故 S_2 打开 (接 “2”) 。

当 $40 \text{ ms} < t < 60 \text{ ms}$, S_2 打开, 时间常数 $\tau_2 = 20 \times 1 \times 10^{-3} = 20 \text{ ms}$, 输出电压为

$$v_o(t) = 30 - (20 + 30)e^{-t/\tau_2}$$

令 $v_o(t) = 0$, 得

$$t = \tau_2 \ln \frac{30 + 20}{30} = 20 \times 10^{-3} \ln \frac{5}{3} = 10.2 \text{ ms}$$

即 $v_o(t)$ 是一条从 -20 V 开始以 τ_2 为时间常数, 向 $+30 \text{ V}$ 上升的指数曲线, 当 $t = 40 + 10.2 = 50.2 \text{ ms}$ 时, $v_o(t) = 0$ 。紧接着 S_2 合上, C 放电时间常数变成 τ_1 , $v_o(t)$ 终值仍为 1.43 V 。

$t = 60 \text{ ms}$, $v_o(t)$ 正跳变 20 V , 以后 $v_o(t)$ 以 τ_1 为时间常数指数下降。

以后重复前面过程。波形见图 S1—13 (b)。

第二章 脉冲通过线性网络

7. 将如图 S2—1 (即图 P2—1) 所示的方波信号加到 R 、 C 高通网络的输入端, 当 $RC = 10t_p$ 和 $RC = 0.1t_p$ 时电路的性质如何? 并分别画出 R 上和 C 上的稳定电压波形。

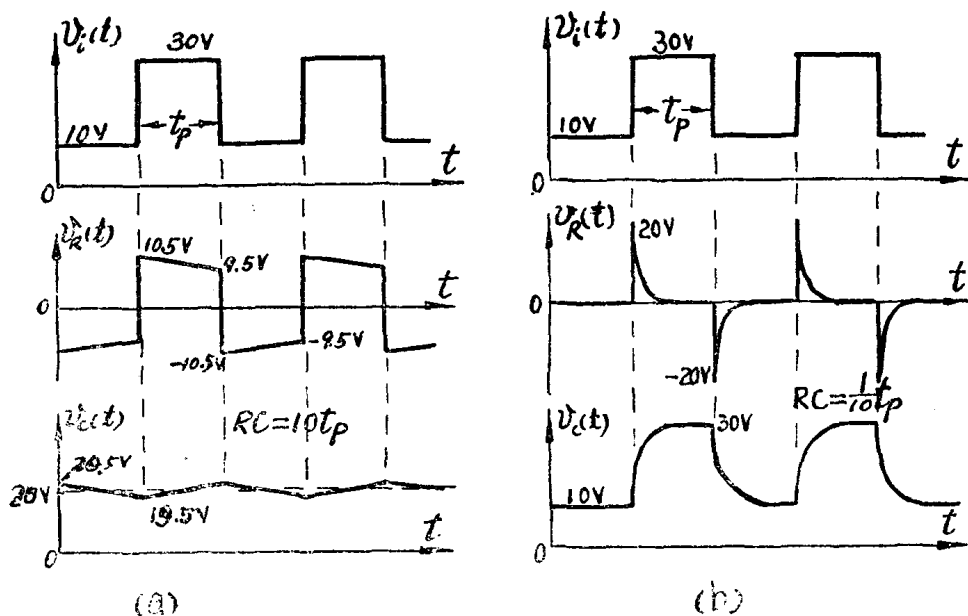


图 S2—1 (a) $RC = 10t_p$ 时的波形 (b) $RC = 0.1t_p$ 时的波形

解: $RC = 10t_p$ 时, 符合 $\tau \gg t_p$ 条件, 故网络为耦合性的, 达到稳态后, 其波形为图 S2—1(a)。

当 $RC = 0.1t_p$ 时, 符合 $RC \ll t_p$ 条件, 故为微分网络, 波形如图 S2—1(b)。

8. 将图 S2—2 (即图 P2—2) 所示的矩形脉冲输入到 RC 高通网络, 设 $R = 6$ 千欧, $C = 51$ 皮法, 画出稳定输出电压波形, 并求出它的最大值和最小值。

解: 网络的时间常数为

$$\tau = RC = 6 \times 10^3 \times 51 \times 10^{-12} = 306 \text{ nS}$$

符合 $\tau \ll t_p = 10 \mu\text{S}$, 故网络为微分性的, 波形如图 S2—2。其最大值和最小值亦示于图上。

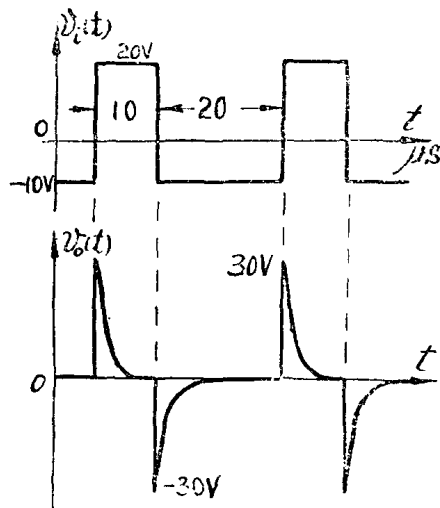


图 S2—2 重画图 P2—2 及输出电压波形

9. 如图 S2—3 (即图 P2—3) 所示的方波输入到 RC 高通网络, 网络的时间常数为 τ , 脉冲宽

度为 t_p , 试求在 1) $\frac{t_p}{\tau} \gg 1$; 2) $t_p = 0.5\tau$ 时的输出电压波形。

解: 1) $t_p/\tau \gg 1$ 即 $\tau \ll t_p$, 故网络为微分性的, 输出电压为正负相间的尖脉冲, 幅度为 $10V$ 。

2) $t_p = 0.5\tau$, 网络为耦合性的, 但失真较大, 输出电压波形经 $(3 \sim 5)$ 倍 τ , 即 $(6 \sim 10)$ 个脉冲达到稳态值。可以算出:

$$e^{-\frac{t_p}{\tau}} = e^{-0.5} \approx 0.6$$

$$V^+ + 0.6V^+ = 10V, V^+ = 6.3V,$$

$V^- = -V^+ = -6.3V$, 式中 V^+ 及 V^- 为达到稳定后的输出电压幅值。1), 2) 波形均见图 S2-3。

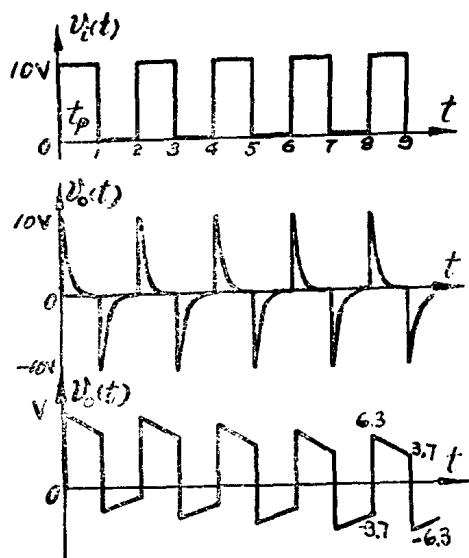


图 S2-3 重画图 P2-3 及输出电压波形

10. 输入理想方波, 周期 $T = 10$ 微秒, 幅度 $V_m = 5$ 伏, 指出图 S2-1 (即图 P2-4) 中 1) (a)、(b)、(c) 各是什么电路? 2) 在 (c) 中 $v_c(0) = 5$ 伏, 极性如图所示, 画出输出 $v_o(t)$ 波形, 并求出 $0 \leq t < t_1$ 的变化规律。

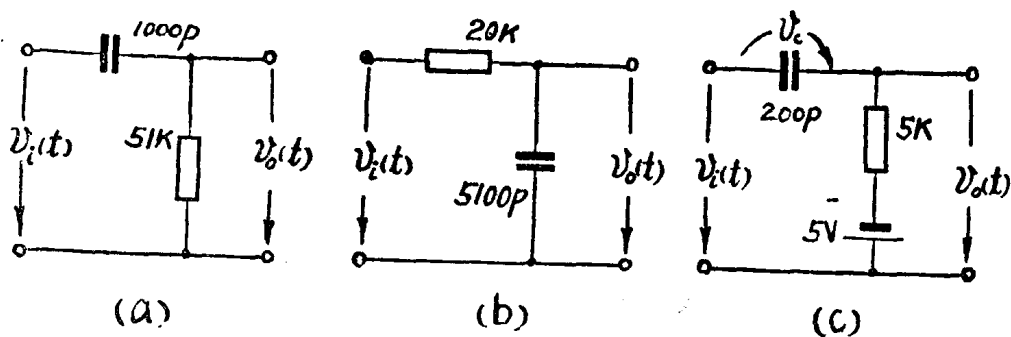


图 S2-4 重画图 P2-4

解: 1) (a) $\tau = 51 \times 10^3 \times 1000 \times 10^{-12} = 51 \mu S$

$$\tau \gg T (= 10 \mu S)$$

故 (a) 为耦合电路。

$$(b) \tau = 20 \times 5100 \times 10^{-9} = 102 \mu S$$

$$\tau \gg T$$

故 (b) 为积分电路。

$$(c) \tau = 200 \times 5 \times 10^{-9} = 1 \mu S, \tau \ll T.$$

故(c)为微分电路。

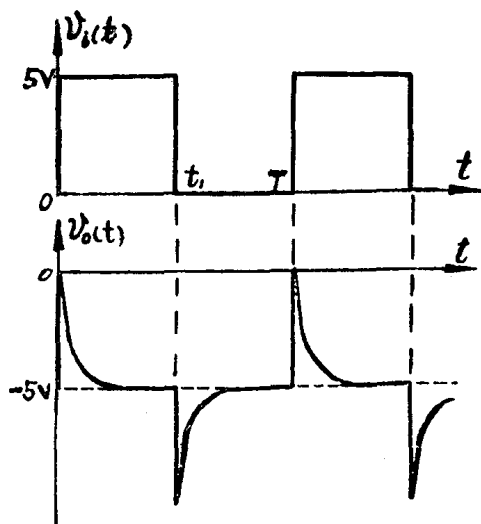


图 S2—5 波形图

2) 设输入 $v_i(t)$ 如图 S2—5 所示, $\because v_c(0)=5V, \therefore v_o(0)=v_i(0)-v_c(0)=0V$, 而 $v_o(\infty)=-5V, \tau=1\mu S$, 在 $0 \leq t < t_1$ 内 $v_o(t)$ 的变化规律为

$$v_o(t) = -5 + 5e^{-10^6 t},$$

$v_o(t)$ 的波形见图 S2—5。

11. 如图 S2—5 (a) (即图 P2—5) 所示电路, 当 $v_i(t)$ 幅度为 12 伏, 宽度为 12 微秒的正极性脉冲时, 画出输出电压 $v_o(t)$ 波形, 并标明电平值。

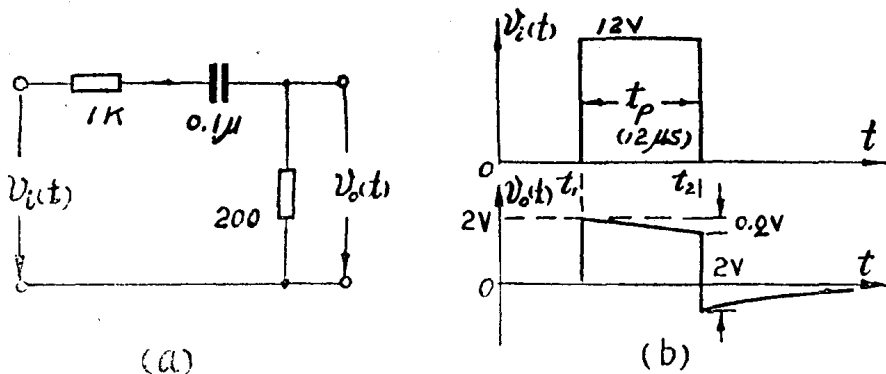


图 S2—6 (a) 重画图 P2—5, (b) 波形。

解: 输入 $v_i(t)$ 如图 S2—5 (b) 所示, 当 $t=t_1$ 时, $v_i(t_1)$ 跳变 12V, 而 $v_o(t_1)$ 的跳变量为两电阻的分压值, 即

$$v_o(t_1) = 12 \frac{0.2}{1.2} = 2V$$

而稳态值 $v_o(\infty)=0V$, 时间常数 $\tau=1.2 \times 0.1 \times 10^{-2} = 120 \mu S$, 所以在 $t_1 < t < t_2$ 内