

电路 电子学 信号分析基础

习 题 与 解 答

一 九 八 四 年 五 月

前 言

本书是美国佐治亚技术学院肯德尔·L·Su 著。是该校的主要参考书之一。全书有 345 个题，分十七章；选题的内容丰富，有代表性、手册性、系统性等特点；对学习和掌握，解决电子学问题的基本方法，提高分析问题和解决问题的能力很有帮助。因我国目前电子学方面的理论书籍较多，而系统完整的题解尚少，故仅将原书中的题目与解答译出。适合各类高等院校电子专业师生和电子技术科技工作者参考。

该书一至八章和九至十七章分别由冯希章和张文湘译，张世璽和冯麟保校。由于水平所限，难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

河北师范大学科 研 处

物理系资料室

一九八三年十一月

第一章 预备知识和电

目 录

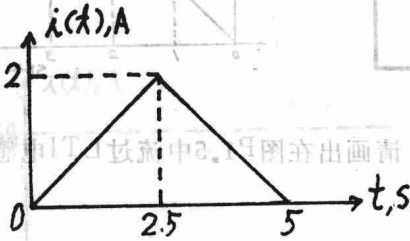
第一章	预备知识和电路元件.....	1
第二章	网络平衡方程和线性时不变 (LTI) 网络分析.....	7
第三章	一些网络特性和定理.....	29
第四章	动态激励下简单电路分析.....	41
第五章	稳态电路分析.....	55
第六章	二端电子器件及其电路模型.....	71
第七章	二对端和三端线性网络.....	82
第八章	场效应管电路.....	103
第九章	双极型晶体管电路.....	118
第十章	其他电子器件和电路.....	138
第十一章	频域中的网络分析.....	145
第十二章	时域的网络分析和系统概念.....	159
第十三章	周期性激励的系统响应——傅立叶分析.....	166
第十四章	傅立叶变换及其应用.....	180
第十五章	拉普拉斯变换及其应用.....	196
第十六章	系统分析的状态变量法.....	212
第十七章	逻辑电路.....	228

1.3 求出在图 1.3 中通过电阻时不电压为 1V 电容器的电流 $i(t)$

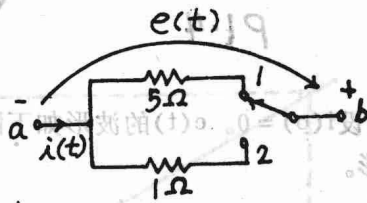


第一章 预备知识和电路元件

1.1 图P1.1的电路是模拟一个线性时变 (LTV) 电阻器。当 $t=0$ 时开关接通1端, 经过1秒后开关转而接通2端。以后每经1秒开关都在1端和2端交替闭合。画出由已给出的 $i(t)$ 引起的 $e(t)$ 波形。



(a)



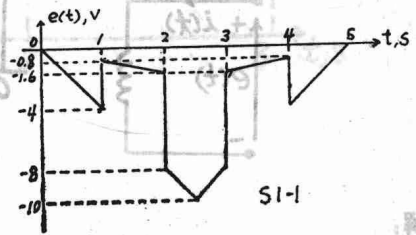
(b)

解:

1.2 一个非线性电阻其 $U-i$ 曲线符合 $U=i^2$

(a) 画出 $U-i$ 曲线。

(b) 如果给出 $i(t) = \cos 5t + \sin 8t$, 请用一次三角式写出其相应的 $u(t)$ 表达式 (仅限用正弦和余弦项不要平方或乘积项)。这个习题说明一个非线性元件能够产生加到它上面的原来所没有的频率成分。

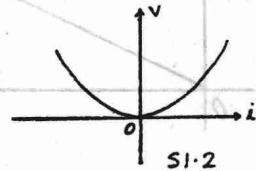


解: (a)

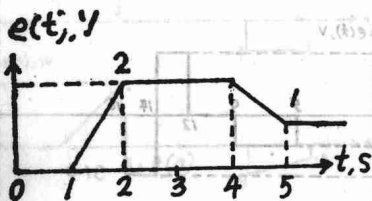
(b) $u(t) = i^2(t) = 1$

$$+ \sin^2 3t + \frac{1}{2} \cos 10t + \sin 13t -$$

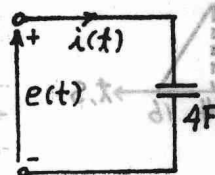
$$- \frac{1}{2} \cos 16t$$



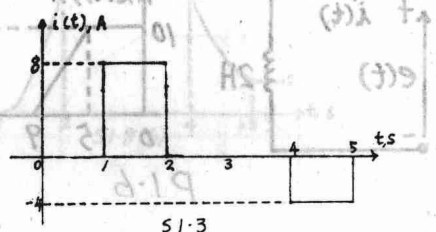
1.3 画出在图P1.3中通过线性时不变 (LTI) 电容器的电流 $i(t)$



P1-3



解:

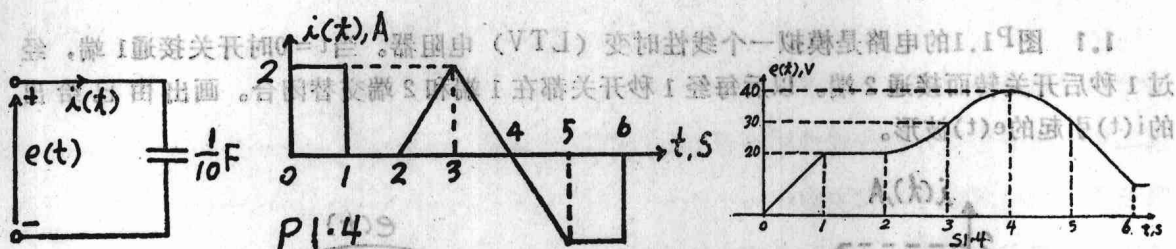


S1-3

第一章 电路分析基础

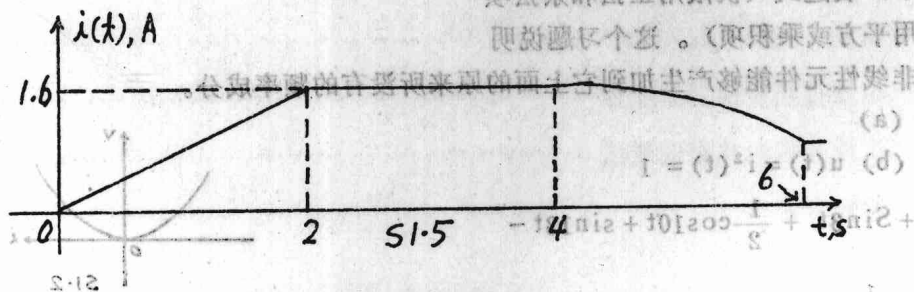
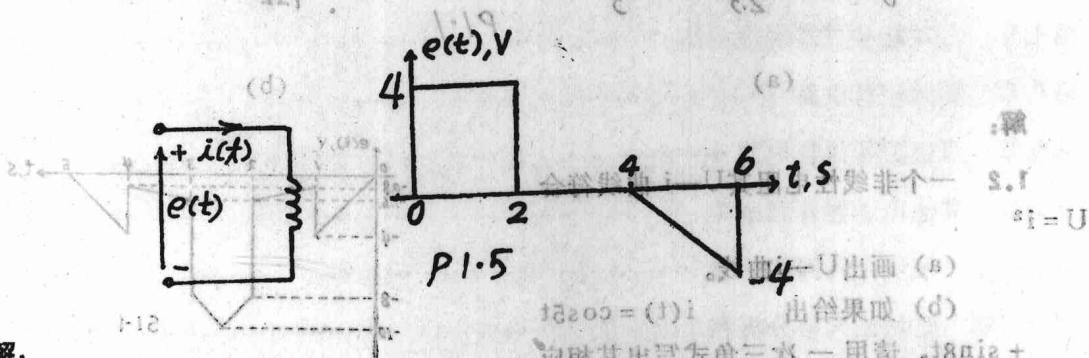
1.4 假设 $e(0) = 0$ 。 $i(t)$ 的波形如下图。请画出在图 P1.4 中 LTI 电容器两端的电压 $e(t)$ 的波形。

解：



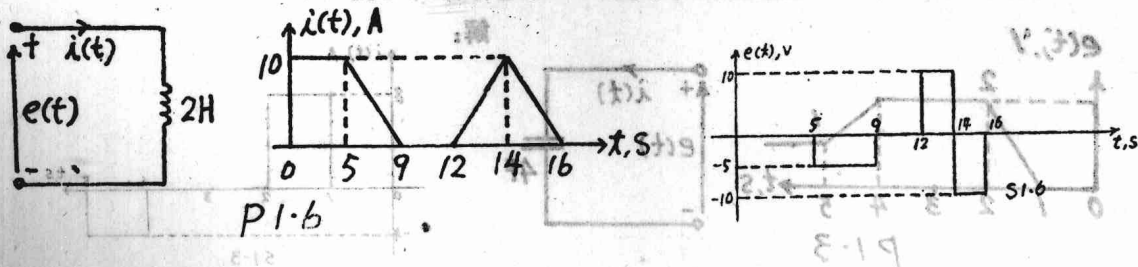
1.5 假设 $i(0) = 0$ 。 $e(t)$ 的波形如下图。请画出在图 P1.5 中流过 LTI 电感的电流 $i(t)$ 的波形。

解：



1.6 画出在图 P1.6 中 LTI 电感两端的电压 $e(t)$ 。

解：

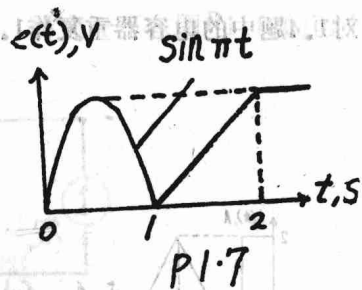


1.7 如果电压由图P1.7所示，并被加到

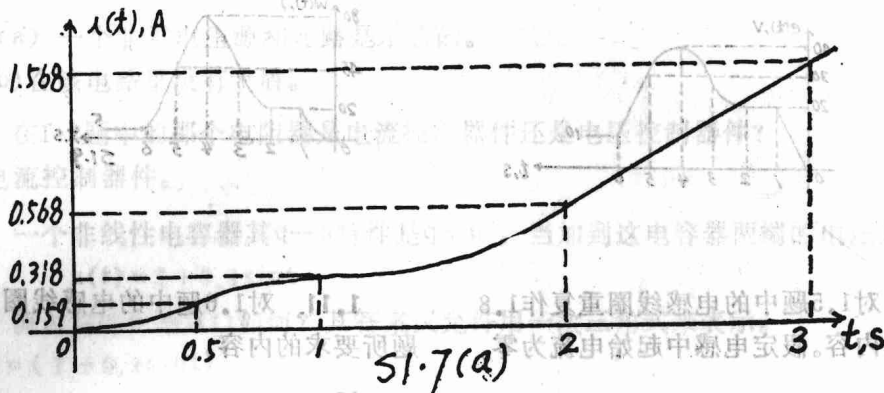
(a) 一个2H的电感上并且 $i(0) = 0$;

(b) 一个2F的电容上。

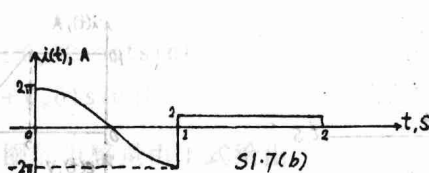
请分别画出所得到的电流 $i(t)$ 的波形。



解: (a)



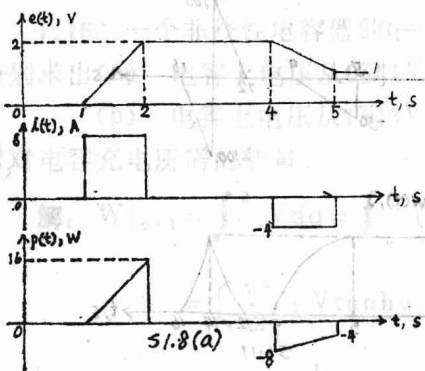
(b)



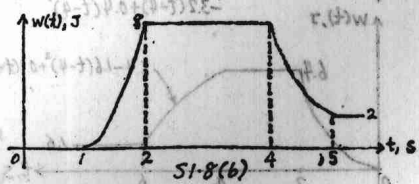
1.8 (a) 画出在1.3题中的电容器上所得到的功率。

(b) 画出在该题中 $t > 0$ 后电容器上贮存的能量。

解: (a)

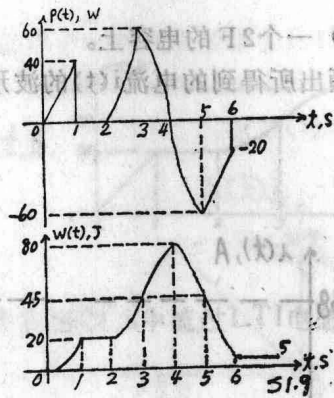
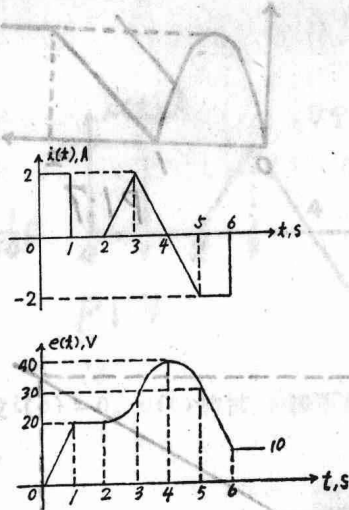


(b)



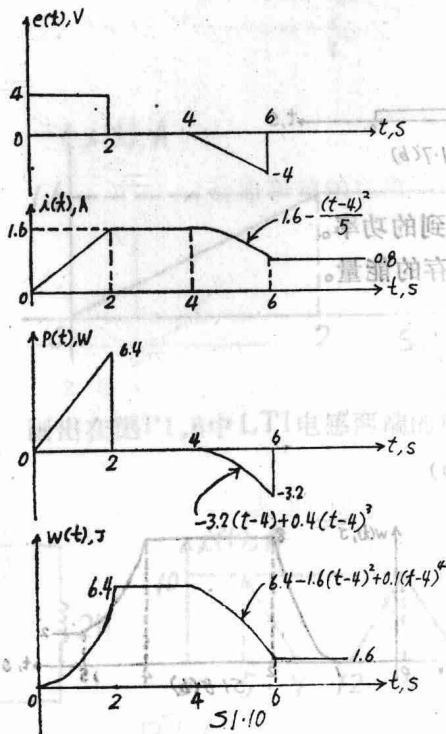
1.9 对1.4题中的电容器重复作1.8题所要求的内容。假定电容上起始电荷为零。

解:



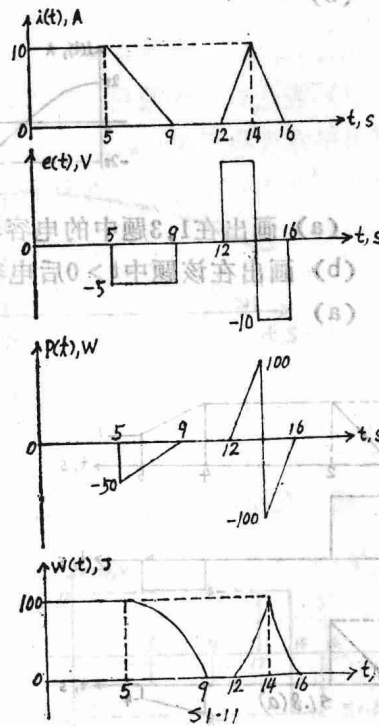
1.10 对1.5题中的电感线圈重复作1.8题所要求的内容。假定电感中起始电流为零。

解:

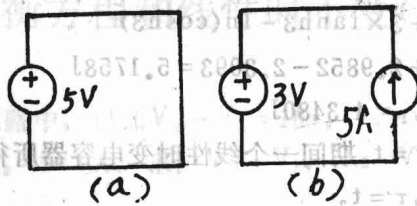


1.11 对1.6题中的电感线圈重复作1.8题所要求的内容。

解:



1.12 用你至今已学到的电路元件的定义为基础，研究一下在图P1.12的两个电路中有任何矛盾之处？如果有，请指出该电路的矛盾处。



p1.12

解：(a) 一个非零电压源和短路是矛盾的。

(b) 在该电路里没有矛盾。

1.13 在1.2题中的那个电阻器是电流控制器件还是电压控制器件？

解：电流控制器件。

1.14 一个非线性电容器其 $q-u$ 特性是 $q = u^2$ ，当加到这电容器两端的电压是：

$$u(t) = 1 + 0.1 \sin t$$

流过它的电流 $i(t)$ 如何？其答案仅允许用一次三角式来表示。

解： $q = (1 + 0.1 \sin t)^2$

$$\begin{aligned} i &= \frac{dq}{dt} = 2(1 + 0.1 \sin t)(0.1 \cos t) \\ &= 0.2 \cos t + 0.02 \cos t \sin t \\ &= 0.2 \cos t + 0.01 \sin 2t \end{aligned}$$

1.15 一个LTV电感线圈的电感量由下式给出

$$L(t) = t + \tan ht$$

如果通过它的电流是 $10 \sin 10t$ ，求电感上的电压是多少？

$$\text{解： } u = \frac{d}{dt}(Li) = L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt} = (t + \tan ht) \times 100 \cos 10t + 10 \sin 10t \times (1 + \operatorname{sech}^2 t)$$

1.16 一个非线性电容器的 $q-v$ 曲线由右式给出 $q = v + \tan hv$

分别求出(a) 电容上电压从0到1V；

(b) 电容上电压从1到3V

时对电容充电所需的能量。

$$\begin{aligned} \text{解： } W|_{v=1} &= \int_0^1 V dq = \int_0^1 (1 + \operatorname{sech}^2 v) v dv \\ &= \left[\frac{v^2}{2} + V \tanh v - \ln(\cosh v) \right]_0^1 \\ &= \frac{1}{2} + \tanh 1 - \ln(\cosh 1) + \ln(1) \end{aligned}$$

查中... $= 0.5 + 0.7616 - 0.4338 = 0.8278J$

$$W|_{v=3} = \left[\frac{v^2}{2} + v \tanh v - \ln(\cosh v) \right]_0^3$$

$$= 4.5 + 3 \times \tanh 3 - \ln(\cosh 3)$$

$$= 4.5 + 2.9852 - 2.3093 = 5.1758J$$

$$W|_{v=3} - W|_{v=1} = 4.3480J$$

1.17 证明：从 $\tau = t_1$ 到 $\tau = t_2$ 期间一个线性时变电容器所得到的能量是

$$W(t_1, t_2) = \int_{\tau=t_1}^{\tau=t_2} V(\tau) dq(\tau)$$

解：因为

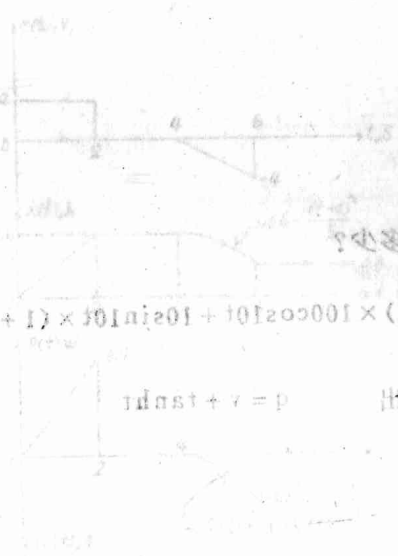
$$W(t_1, t_2) = \int_{\tau=t_1}^{\tau=t_2} V(\tau) i(\tau) d\tau$$

而

$$i(\tau) d\tau = dq(\tau)$$

所以可得

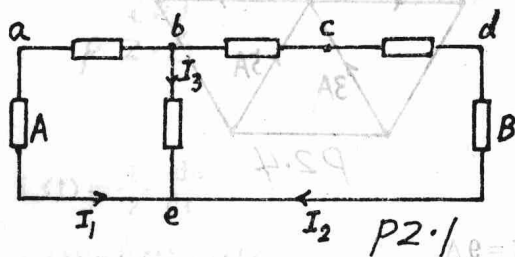
$$W(t_1, t_2) = \int_{\tau=t_1}^{\tau=t_2} V(\tau) dq(\tau)$$



如果通过电容的电压是... 求电容上的电压是多少？
 一个非线性电容... 其电容由... 非一个...
 电容... 电压... 能量...
 电容... 电压... 能量...

第二章 网络平衡方程和线性时不变(LTI)网络的分析

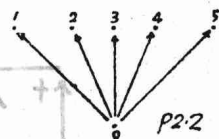
2.1 在图P2.1所示的电路中, 已知 $V_a - V_e = 10\text{V}$, $v_b - v_e = 35\text{V}$, $v_b - v_d = 22\text{V}$, $V_c - V_d = -11\text{V}$, $I_1 = 3\text{A}$ 和 $I_2 = -1\text{A}$ 。求: $V_c - V_b$, $V_b - V_c$, $V_d - V_c$, $V_e - V_b$, $V_e - V_c$, $V_d - V_a$ 和 I_3 。



解: $V_a - V_b = -25\text{V}$, $V_b - V_c = 33\text{V}$, $V_d - V_e = 13\text{V}$, $V_e - V_b = -35\text{V}$, $V_e - V_c = -2\text{V}$, $V_d - V_a = 3\text{V}$, $I_3 = -2\text{A}$ 。

2.2 在图P2.2中, 下列各电压值是已知的:

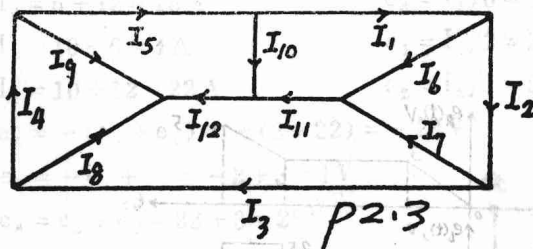
$V_{10} = 1\text{V}$, $V_{20} = 2\text{V}$, $V_{30} = 3\text{V}$, $V_{40} = -4\text{V}$ 和 $V_{50} = 5\text{V}$ 。求 V_{12} , V_{23} , V_{34} , V_{45} , V_{51} , V_{13} 和 V_{35} 。



解: $V_{12} = -1\text{V}$, $V_{23} = -1\text{V}$, $V_{34} = 7\text{V}$, $V_{45} = -9\text{V}$, $V_{51} = 4\text{V}$, $V_{13} = -2\text{V}$, $V_{35} = -2\text{V}$ 。

2.3 在图P2.3中, 下列电流值是已知的:

$I_1 = 1\text{A}$, $I_2 = 2\text{A}$, $I_3 = 3\text{A}$, $I_4 = -4\text{A}$, 和 $I_5 = 5\text{A}$ 。求 I_6 , I_7 , I_8 , I_9 , I_{10} , I_{11} 和 I_{12} 。

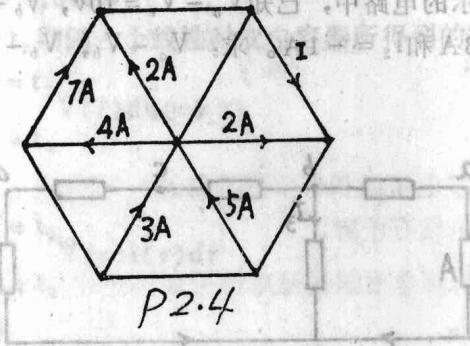


解: $I_6 = I_1 - I_2 = 1 - 2 = -1\text{A}$
 $I_7 = I_2 - I_3 = 2 - 3 = -1\text{A}$
 $I_8 = I_3 - I_4 = 3 - (-4) = 7\text{A}$
 $I_9 = I_4 - I_5 = -4 - 5 = -9\text{A}$
 $I_{10} = I_5 - I_1 = 5 - 1 = 4\text{A}$

$$I_{11} = I_6 + I_7 = -1 + (-1) = -2A$$

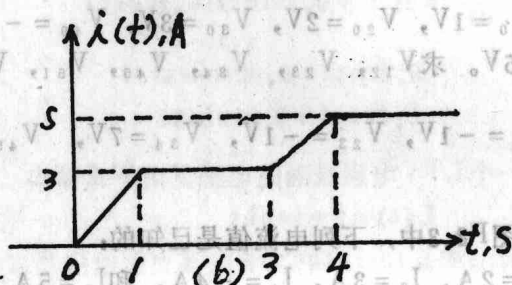
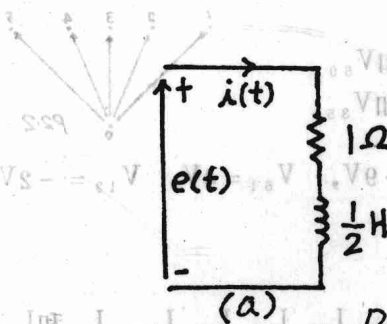
$$I_{12} = -(I_8 + I_9) = -(7 - 9) = 2A$$

2.4 在图P2.4中I的数值是多少?

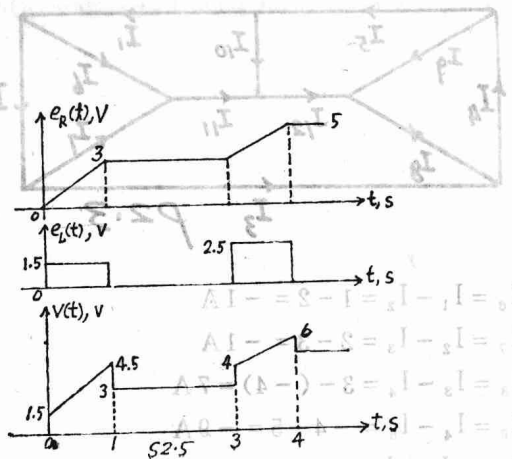


解: $I = -2 + 5 + 3 - 4 + 7 = 9A$

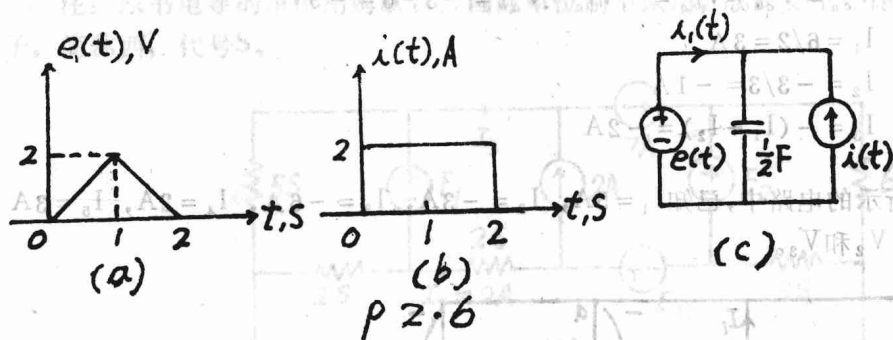
2.5 在图P2.5(a)电路中电流*i(t)*的波形如图P2.5(b)所示。请画出相应的电压*V(t)*的波形。



解:



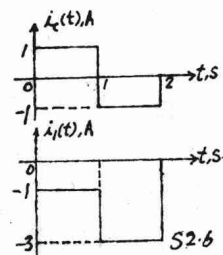
2.6 如果 $e(t)$ 由图 P2.6(a) 给出, $i(t)$ 由图 P2.6(b) 给出。请画出在图 P2.6(c) 中的 $i_1(t)$ 。



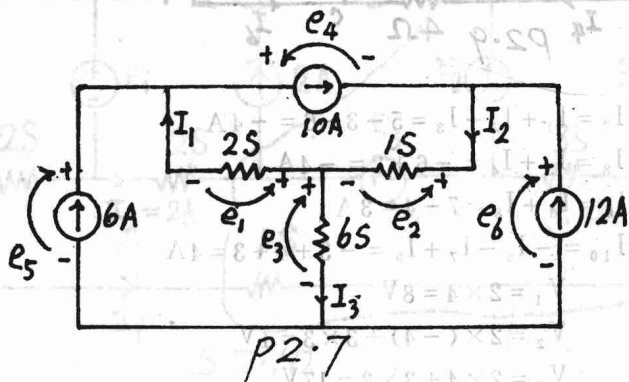
解:

$$i_c(t) = \frac{1}{2} \frac{de}{dt}$$

$$i_1(t) = i_c(t) - i(t)$$



2.7 确定在图 P2.7 的电路中所有六个电压的数值。



解:

$$I_3 = 6 + 12 = 18 \text{ A}$$

$$e_3 = I_3 / 6 = 3 \text{ V}$$

$$I_1 = 10 - 6 = 4 \text{ A}$$

$$e_1 = I_1 / 2 = 2 \text{ V}$$

$$I_2 = 10 + 12 = 22 \text{ A}$$

$$e_2 = I_2 / 1 = 22 \text{ V}$$

$$e_4 = -(e_1 + e_2) = -(2 + 22) = -24 \text{ V}$$

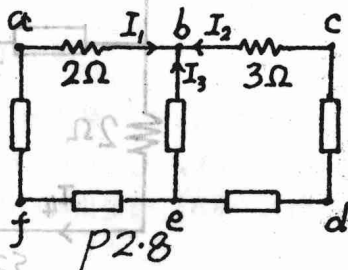
$$e_5 = -e_1 + e_3 = -2 + 3 = 1 \text{ V}$$

$$e_6 = e_2 + e_3 = 22 + 3 = 25 \text{ V}$$

2.8 在图 P2.8 所示的电路中, 已知 $V_{be} = -2 \text{ V}$, $V_{cd} = 4 \text{ V}$, $V_{de} = -9 \text{ V}$, $V_{ef} = 6 \text{ V}$ 和 $V_{af} = 10 \text{ V}$ 。确定: V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} , I_1 , I_2 和 I_3 。

解: 沿左边的网孔可得

$$V_{ab} = 2 - 6 + 10 = 6 \text{ V}$$



中(沿右边的网孔,可得) 出像(d) a. s. 图由(t) i, 出像(a) e. s. 图由(t) e. 果成 0.5

$$V_{bc} = -4 + 9 - 2 = 3V$$

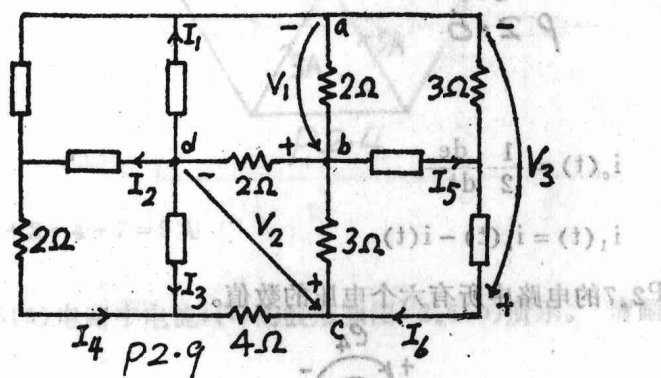
$$V_{ca} = V_{cb} + V_{ba} = -V_{bc} - V_{ab} = -3 - 6 = -9V$$

$$I_1 = 6/2 = 3A$$

$$I_2 = -3/3 = -1A$$

$$I_3 = -(I_1 + I_2) = -2A$$

2.9 在图P2.9所示的电路中,已知 $I_1 = 5A$, $I_2 = -3A$, $I_3 = -6A$, $I_4 = 2A$, $I_5 = 3A$ 和 $I_6 = 7A$ 。确定 V_1 , V_2 和 V_3 。



解:

$$I_7 = I_1 + I_2 + I_3 = 5 - 3 - 6 = -4A$$

$$I_8 = I_3 + I_4 = -6 + 2 = -4A$$

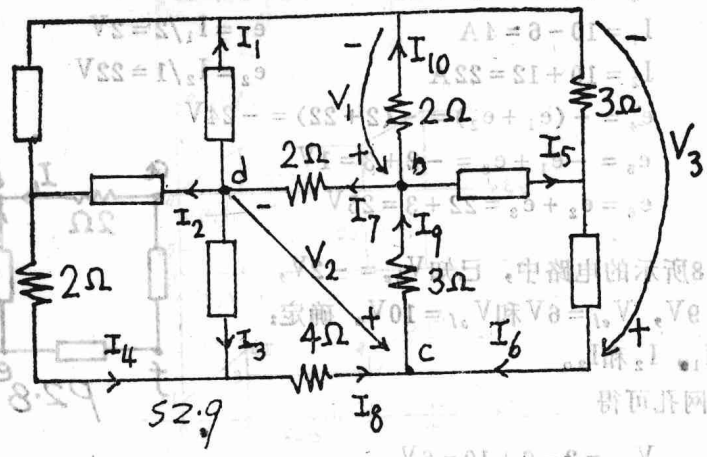
$$I_9 = I_6 + I_8 = 7 - 4 = 3A$$

$$I_{10} = -I_5 - I_7 + I_9 = -3 + 4 + 3 = 4A$$

$$V_1 = 2 \times 4 = 8V$$

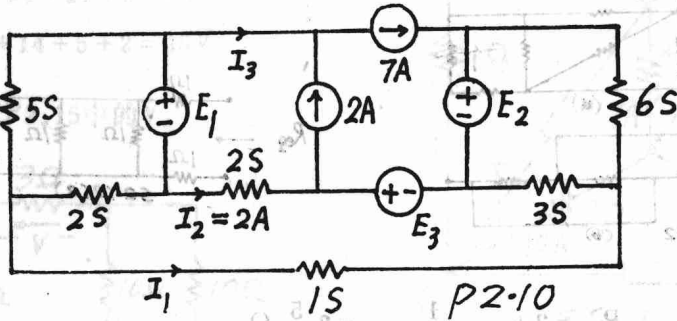
$$V_2 = 2 \times (-4) + 3 \times 3 = 1V$$

$$V_3 = 2 \times 4 + 3 \times 3 = 17V$$



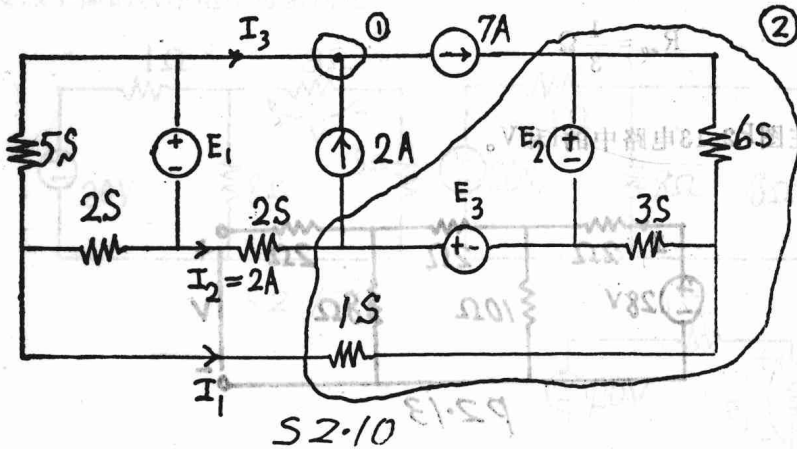
2.10 在图P2.10(注)的电路中 I_1 和 I_3 的数值是多少? [提示: 本题看起来很复杂, 其实并非如此, 稍微想一下就可节省大量的工作。]

注: 原书电导的单位用姆欧 \mathcal{S} , 国际单位制不采用, 故译文中一律将电导单位改为西门子, 简称西, 代号S。

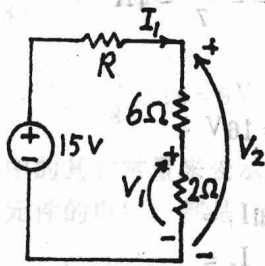
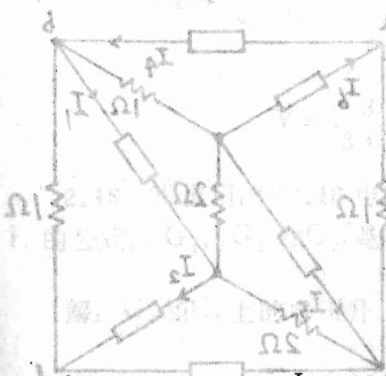


解: 由闭合面1得: $I_3 = 7 - 2 = 5\text{A}$

由闭合面2得: $I_1 = -2 + 2 - 7 = -7\text{A}$



2.11 在图P2.11所示的电路中, 已知 $V_2 = 10\text{V}$ 。请确定 I_1 和 V_1 。

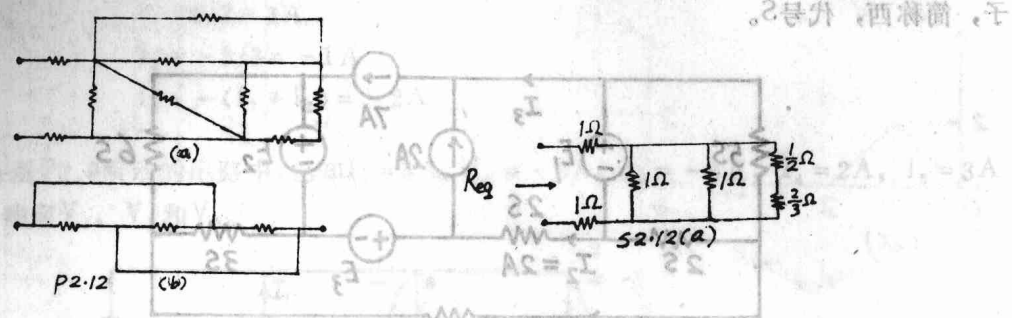


解: $I_1 = 10/8 = 1.25\text{A}$

$V_1 = 2I_1 = 2.5\text{V}$

其 2.12 求图 P2.12 各个对端之间的等值 LTI 电阻值。图中每个电阻值都是 1Ω 。(注)

注：原书在图 a 中漏画一个电阻，与答案不符。今更正。藤下一麒 编，池成非 译



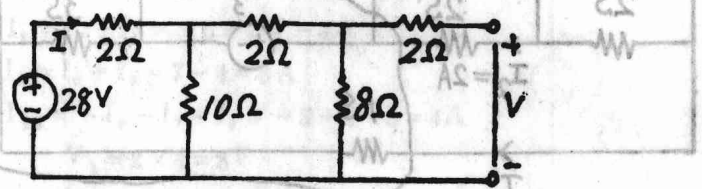
解：(a)

$$R_{eq} = 2 + \frac{1}{\frac{1}{1+1} + \frac{6}{5}} = 2\frac{5}{16} \Omega$$

(b) 这三个电阻是并联的，因此

$$R_{eq} = \frac{1}{3} \Omega$$

2.13 求在图 P2.13 电路中的 I 和 V。

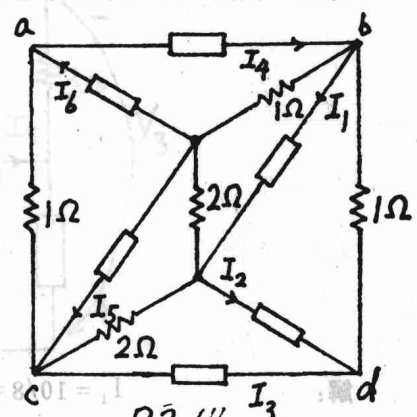


解：

$$I = \frac{28}{2 + \frac{10 \times 10}{10 + 10}} = \frac{28}{7} = 4A$$

$$V = \frac{10}{10 \times 10} I \times 8 = 16V$$

2.14 在图 P2.14 的电路中，已知 $I_1 = 3A$, $I_2 = -2A$, $I_3 = 4A$, $I_4 = 6A$, $I_5 = -7A$ 和 $I_6 = 5A$ 。确定由 a 到 b 和由 c 到 d 的电压升。

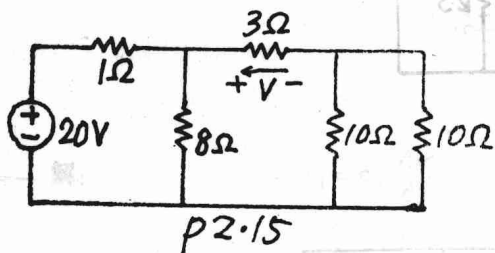


解：利用基尔霍夫电流定律，所有电流都已标示在图中。然后，由基尔霍夫电压定律可以得到：

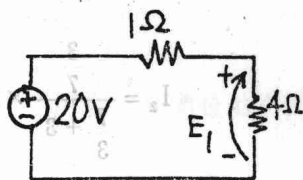
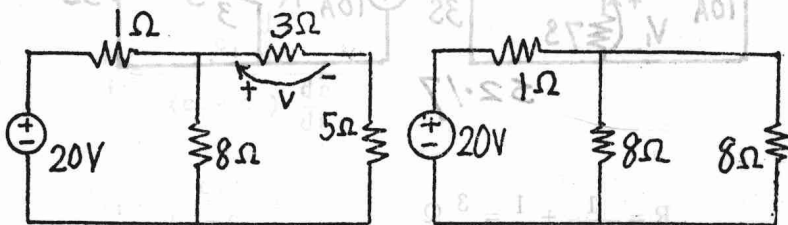
$$V_{ba} = 1 + 24 + 14 + 5 = 44V$$

$$V_{dc} = 24 + 14 + 5 + 2 = 45V$$

2.15 确定图P2.15中的V。



解：按照下面的次序电路可被简化



按电压分压规则

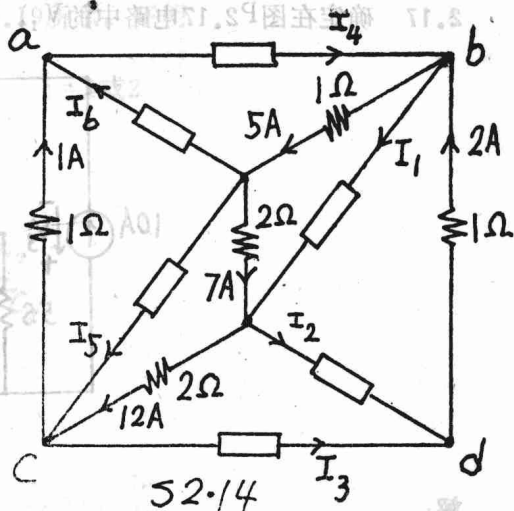
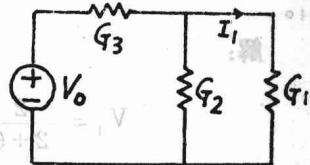
$$E_1 = \frac{4}{1+4} \times 20 = 16V$$

$$V = \frac{3}{3+5} \times E_1 = \frac{3}{8} \times 16 = 6V$$

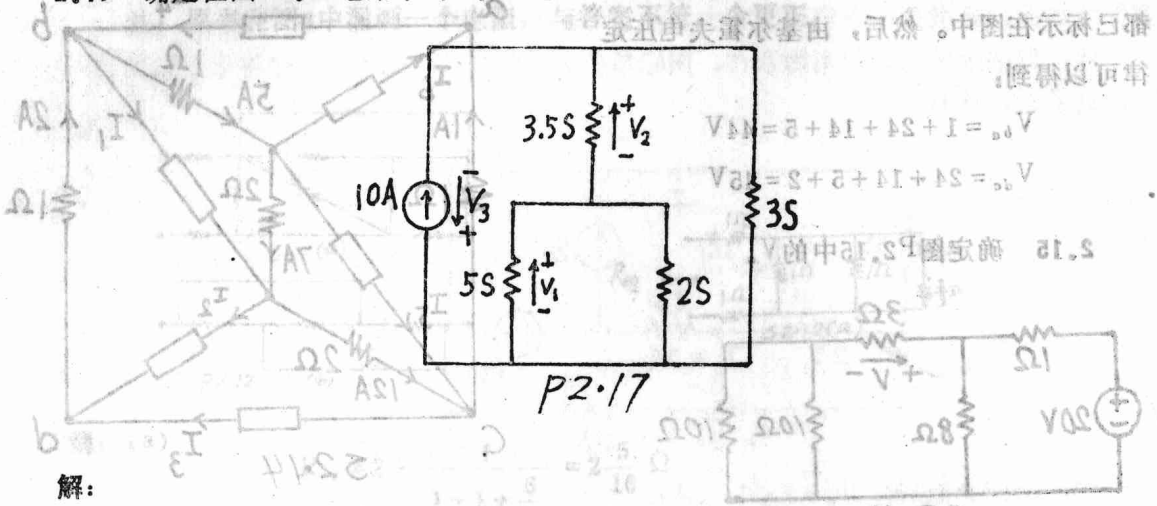
2.16 求出用图P2.16电路中的其它常量来表示的电流 I_1 的公式。 G_1 , G_2 和 G_3 是各元件的电导，都是已知的。

解： G_1 和 G_2 上的电压升 = $\frac{G_3 V_0}{G_1 + G_2 + G_3}$

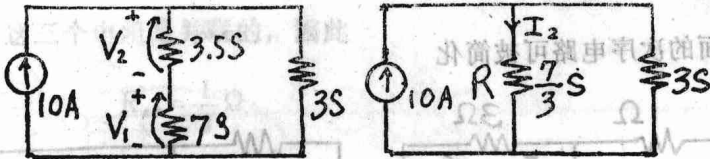
$$I_1 = \frac{G_1 G_3 V_0}{G_1 + G_2 + G_3}$$



2.17 确定在图P2.17电路中的 V_1 , V_2 和 V_3 各电压值。



解:



$$R = \frac{1}{3.5} + \frac{1}{7} = \frac{3}{7} \Omega$$

$$I_2 = \frac{\frac{3}{7}}{\frac{7}{3} + 3} \times 10 = \frac{70}{16} = \frac{35}{8} = 4.375 \text{ A}$$

$$V_1 = 4.375 / 7 = 0.625 \text{ V}$$

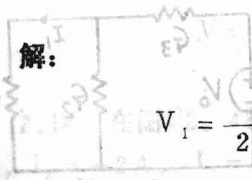
$$V_2 = 4.375 / 3.5 = 1.25 \text{ V}$$

$$V_3 = -(V_1 + V_2) = -1.875 \text{ V}$$

2.18 确定在图 P2.18 电路中的 V_1 和

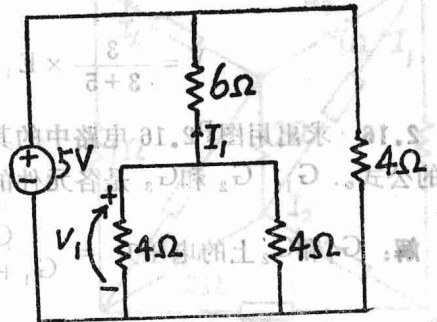
I_{10}

解:



$$V_1 = \frac{2}{2+6} \times 5 = 1.25 \text{ V}$$

$$I_{10} = -\frac{5}{8} = -0.625 \text{ A}$$



P2.18