“电路”例题习题集

王文龙　编

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书收集了近年来国内部份高校硕士研究生入学试题，以及某些国外同类教材中的习题337道，这些试题面广义新，既蕴藏着电路的基本概念，又颇引人入胜，有些题目的类型尚为国内同类书中所罕见。书中除对80道例题作详尽的分析和说明外，其余各题也都给出了参考答案。此外，本书还对求解电阻梯形电路、回路电流、节点电压和计算傅里叶系数、频率特性以及找树支路的计算机程序作了介绍。这些程序比较短小实用，且均有上机运行示例，宜供学过算法语言的学生上机调试。

本书可供各大专院校有关电工、电子专业的师生使用，对于准备报考硕士研究生的读者更是一本难得的参考书。

《电路》例题习题集

王文龙　编

责任编辑：于文良　　封面设计：刘晓翔

*

中国科学技术大学出版社出版

（安徽省合肥市金寨路96号）

中国科学技术大学印刷厂印刷

安徽省新华书店发行　各地新华书店经售

*

开本：787×1092/32　　印张：9.5　字数：214千

1988年6月第1版　　1988年6月第1次印刷

印数　1—5000册

ISBN7-312-00057-6/O·30

书号：13474·30　　定价：1.70元

前　言

《电路》是电气、电子、通信等类专业的一门重要技术基础课，也常常是这类专业硕士研究生入学考试的必考科目之一。为了帮助学生巩固所学的电路基本理论和掌握解题的技巧与方法，并给学生和硕士生报考者提供一些不同类型的《电路》习题，现编写本书，愿收抛砖引玉之效。

考虑到学生用电子计算机解题的条件正逐渐成熟，而介绍小的专用电路分析程序的书目前国内还较少见，故本书编入了几个用 FORTRAN 语言写成的程序，可供学生上机调试，这对于他们熟练运用先进的计算工具和进一步学习计算机辅助电路设计，都会有所裨益。

本书含有集总参数线性非时变电路分析的例题 80 道，习题 258 道，其中一部分是近年来国内部分高校硕士生入学考试的《电路》试题，另一些选自国外的同类教材。所载的计算机程序全部在 PC-88 微型电子计算机上调试通过，并有输出示例。书稿的一部份，曾由原机械工业部部属高校理论电工学科第五次协作会议评审通过。书中全部插图均系李保同志精心绘制。在此谨向对本书的编写给予帮助的同志表示衷心的感谢！

限于本人水平和时间较紧，书中难免有不妥和错误之处，敬希读者批评指正。

王 文 龙

1987年 2 月15日

目　　录

第一章　电路元件和电路定律

例　　题

1.1　图1.1表示一个$L=0.5$H的电感器及其两端的电压波形。设$t=0$时，电感器中电流$i_L(0)=-2$A，求作$t>0$时的电流波形。

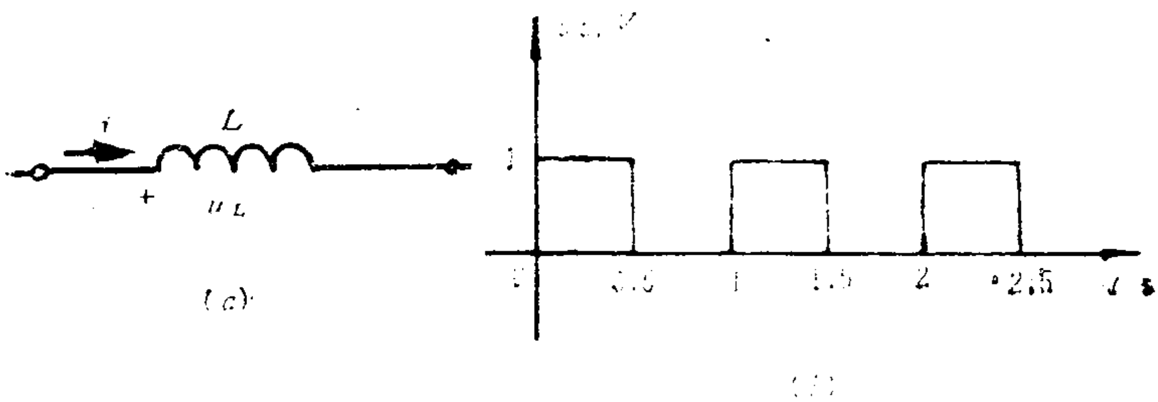


图　1.1

解： 按电感元件特性方程 $i(t)=i(t_0)+\frac{1}{L}\int_{t_0}^{t}u(\tau)\mathrm{d}\tau$

取$t_0=0$，得　$i(t)=-2+\int_0^t u(\tau)\mathrm{d}\tau$。

在$0<t\leqslant 0.5$的时间间隔内，$u=1$V，故得

$$i(t)=2t-2,\qquad 0<t\leqslant 0.5,$$

$$i(0.5)=-1\text{A}。$$

在$0.5<t\leqslant 1$的时间间隔内，$u=0$，故取$t_0=0.5$可得

$$i(t)=-1\text{A},\qquad 0.5<t\leqslant 1.$$

仿此继而可得

$$i(t)=2t-3,\qquad 1<t\leqslant 1.5.$$

$$i(t)=0,\qquad 1.5<t\leqslant 2.$$

$$i(t)=2t-4,\qquad 2<t\leqslant 2.5.$$

$$i(t)=1,\qquad t>2.5.$$

根据以上所得各时间间隔内的电流表达式，作出 $i(t)$ 的波形如图 1.2 所示。

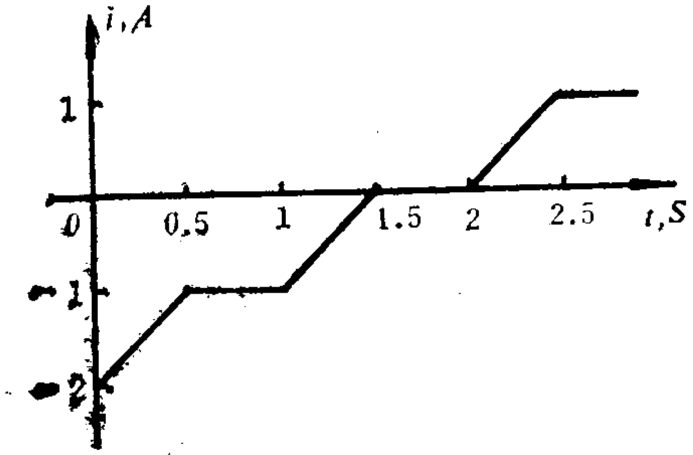


图 1.2

1.2 图1.3 示一 $C=1.25\mu\text{F}$ 的电容器及其电流的波形。设此电容器在 $t<-1\text{S}$ 时的储能为零，求作其两端电压随时间变化的波形。

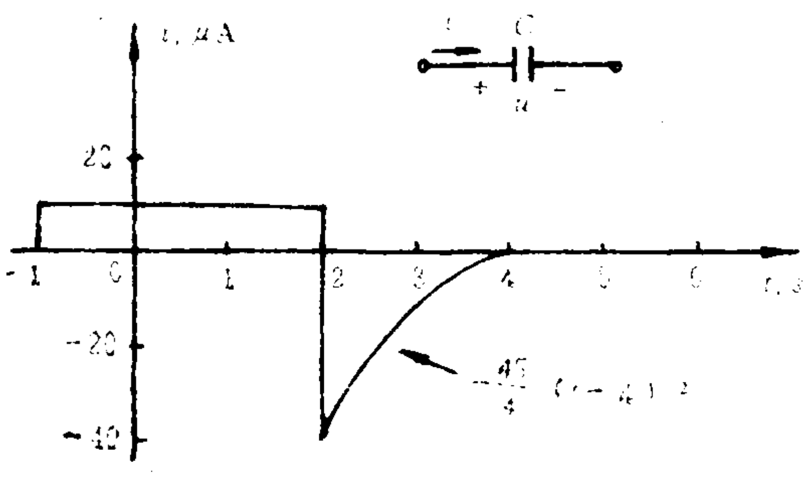


图 1.3

解： 按电容元件特性方程 $u(t)=u(t_0)+\dfrac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(\tau)\mathrm{d}\tau$

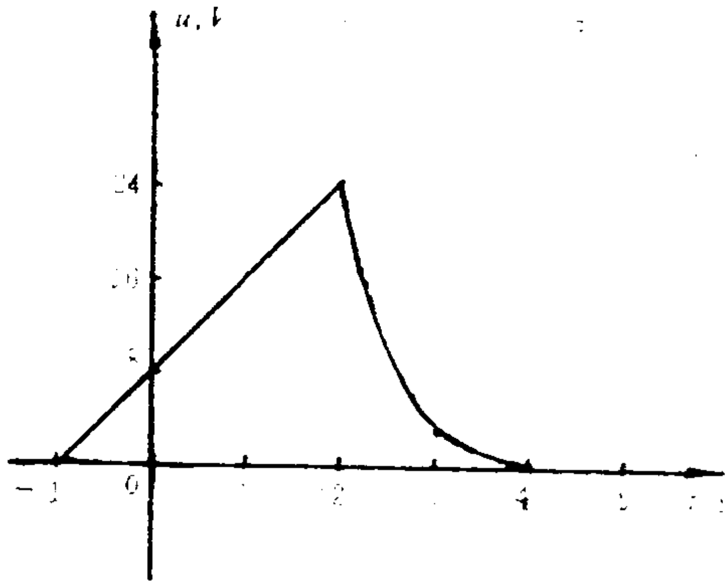


图 1.4

取 $t_0=-1$，且 $u(-1)=0$，在时间间隔 $-1<t\leqslant 2$ 内，$i=10\times 10^{-6}$A，故

$$u(t)=8(t+1), \qquad -1<t\leqslant 2,$$

$$u(2)=24\text{ V}.$$

再在特性方程中取 $t_0=2$，并将 $2<t\leqslant 4$ 间隔内的电流 $i(t)=-\frac{45}{4}\cdot(t-4)^2$ 代入，得

$$u(t)=192-9\left(\frac{t^2}{3}-4t+16\right)t, \qquad 2<t\leqslant 4,$$

$$u(4)=0.$$

继而又可得

$$u(t)=0, \qquad t>4.$$

根据以上各时间间隔内的电压表达式，便可作出$u(t)$的波形如图1.4所示。

习　　题

1.1　设图 1.5(*a*) 中的电容器$C=2F$，每一极板上原已

储有电荷$|q|=4C$。现有波形如图1.5(b) 所示电流 i流过此电容器，求作其两端电压在$t>0$时的波形。

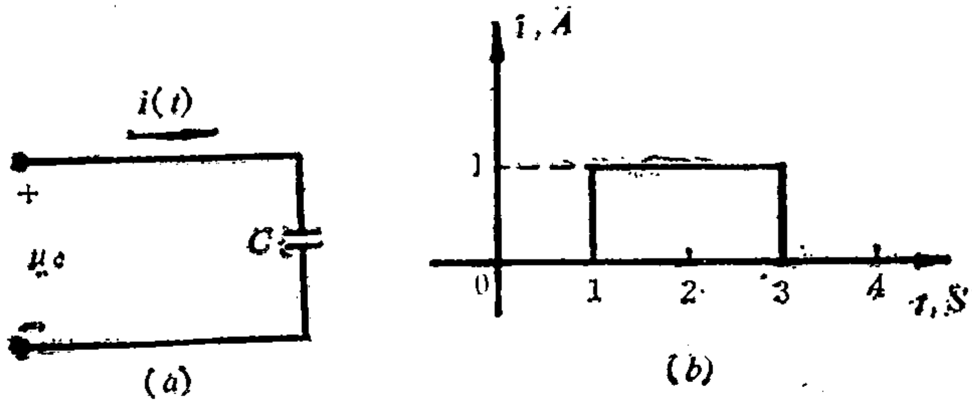


图 1.5

1.2 图1.6示出电容器和它的两端电压波形。求作其电流随时间变化的曲线。

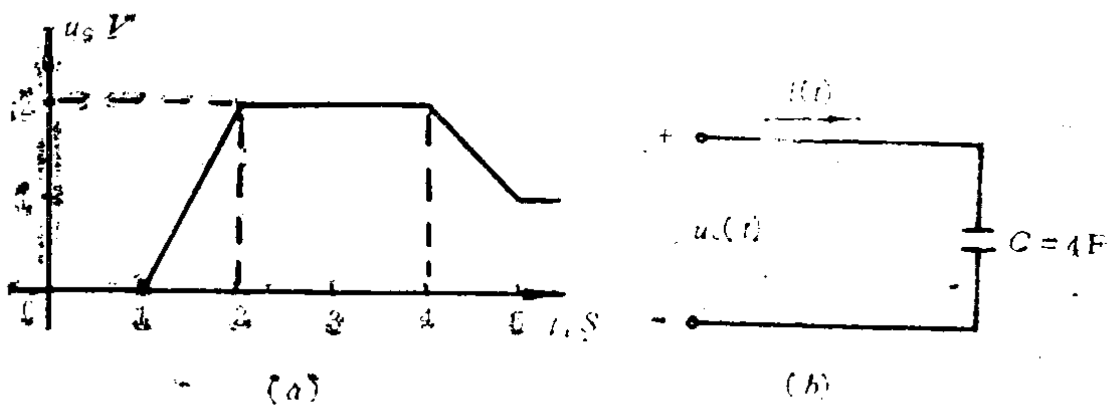


图 1.6

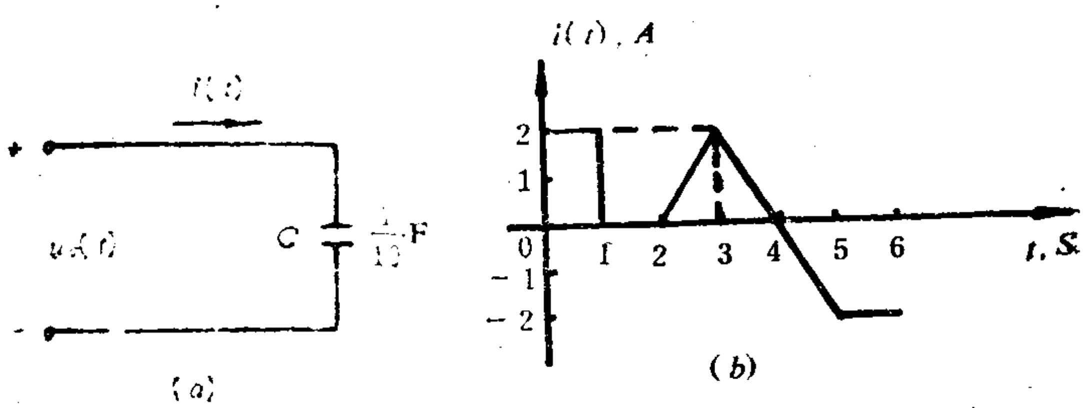


图 1.7

1.3 一个初始储能为零的电容器和它的电流波形如图1.7所示。试作其两端电压在 $t>0$ 时的波形。

1.4 图1.8所示为一初始储能为零的电感器和它的两端电压波形。试作出 $t>0$ 时流过此电感器的电流波形。

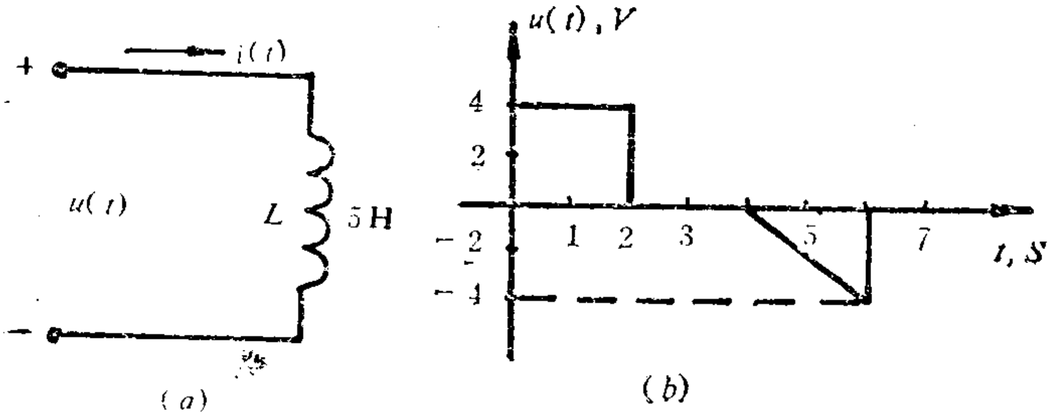


图 1.8

1.5 就图1.9，作出电感器两端电压的波形。

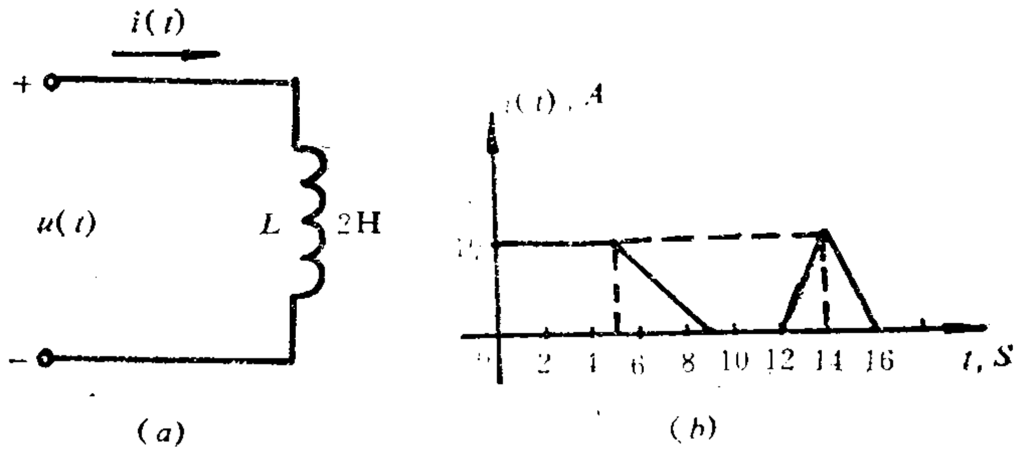


图 1.9

1.6 一个波形如图1.10所示的电压，先后施加到 (1) $i(0)=0$ 的2H电感器，(2) 2F的电容器的两端。试分别作出它们各自所

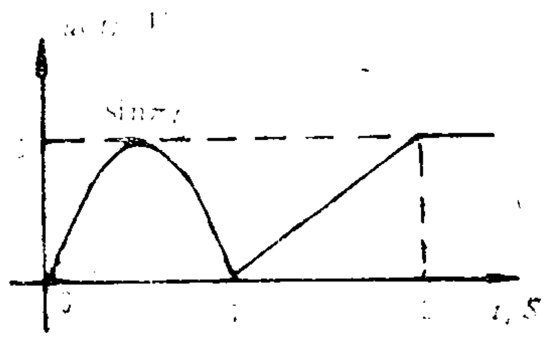
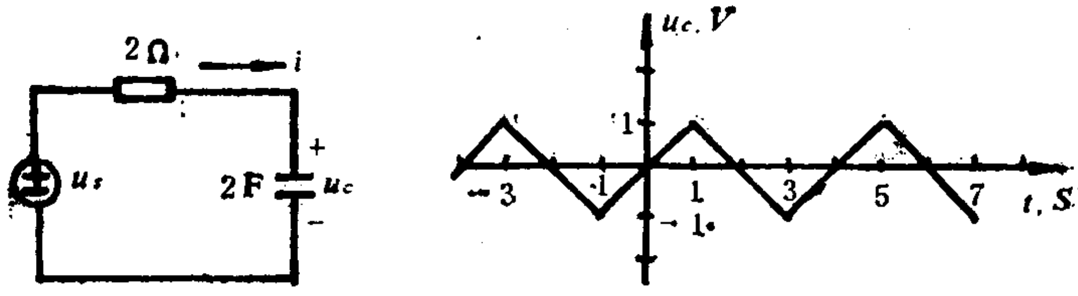


图 1.10

产生的电流波形。

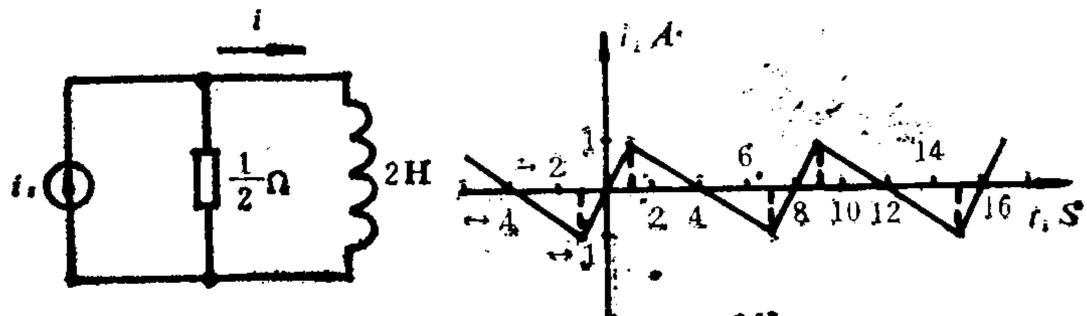
1.7 图 1.11 电路中电容器两端电压的波形为已知，求作电压源电压u_s的波形。



(a) (b)

图 1.11

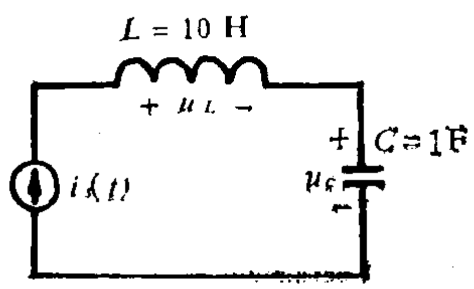
1.8 图1.12电路中电感器的电流波形为已知，求作电流源电流i_s的波形。



(a) (b)

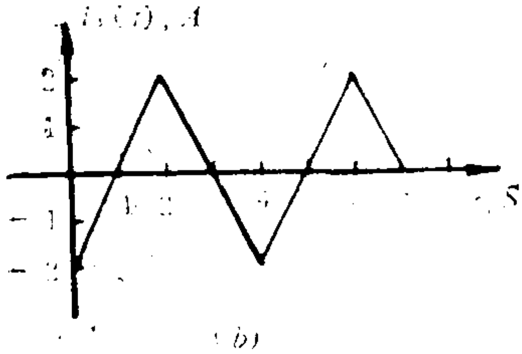
图 1.12

1.9 图 1.13(a) 所示电路由线性定常元件组成。在电流源 $i_s(t)$ 分别为两种不同的周期函数（波形如图(b)、(c)）的情况下，求$t>0$时，电感电压u_L和电容电压u_C的表达式及波形图。并解释两种情况下$\dot{u}_C$不同的原因。



(a)

图 1.13



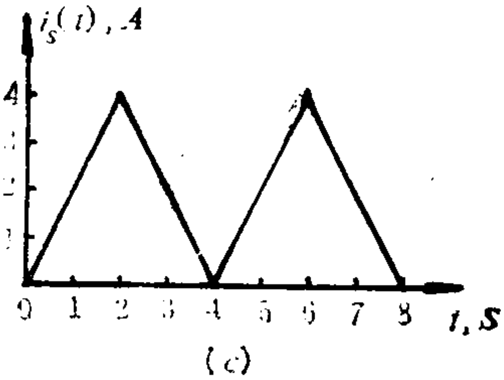


图 1.13

例　　题

1.3　对于图1.14所示的电路，已知下列各支路电流：$I_1=21\text{A}$，$I_3=30\text{ A}$，$I_5=24\text{A}$，$I_8=12\text{A}$，$I_9=6\text{A}$，$I_{10}=5\text{A}$；电压：$U_2=12\text{V}$，$U_8=6\text{V}$，$U_9=-10\text{V}$。试尽可能多地确定未知的电流和电压。图中的数字表示支路号，电压、电流均采用关联参考方向。

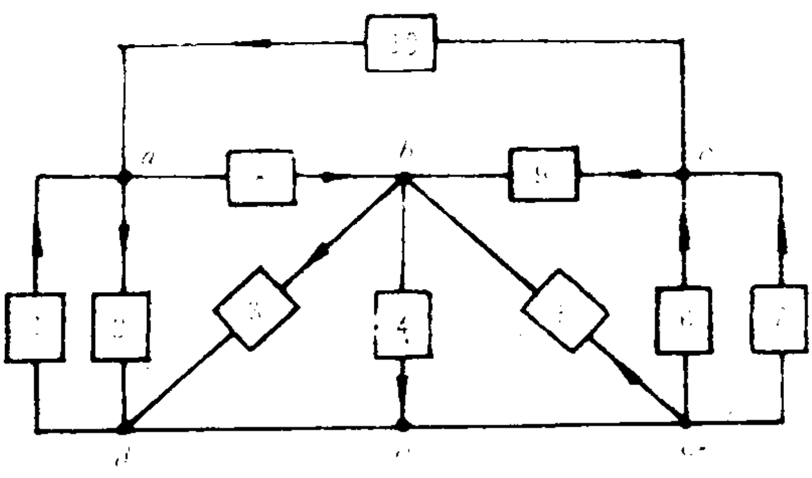


图 1.14

解：先计算未知电流。为方便计，应选择那些包含未知电流个数尽量少的节点或封闭面，列写KCL方程：

节点a：　　$I_1+I_{10}=I_2+I_8'$，

节点b：　　$I_5+I_8+I_9=I_3+I_4$，

联解此二方程可得　$I_2=14\text{A}$，$I_4=12\text{A}$，

对于未知电流I_6和I_7，找不到只包含二者之一的节点或封闭面。虽然可以列出两个以上的同时包含I_6和I_7的KCL方程，但将它们和节点a与b的KCL方程联立求解时，却发现只有三个方程是独立的，因而解不出四个未知电流。故根据题给条件不可能求得电流I_6和I_7。

一般说来，若电路具有b条支路、n个节点，因按KCL只能列出$(n-1)$个独立的电流方程，故必须在已知$l=b-n+1$个电流的条件下，方可求得其余$(n-1)$个未知电流。

对本题电路而言，$b=10$，$n=4$，而已知的支路电流只有6个，故不可能求出所有的未知电流。

再计算未知电压，对包含未知电压个数尽可能少的回路列写KVL方程：

回路ada：　　$U_2+U_1=0$，

回路$abda$：　　$U_8+U_3-U_2=0$，

回路$aboda$：　　$U_8+U_4-U_2=0$，

回路$boecb$：　　$U_4+U_6+U_9=0$，

回路ece：　　$U_6-U_7=0$，

回路$becb$：　　$U_6+U_9-U_5=0$，

回路$abca$：　　$U_8-U_9+U_{10}=0$，

把已知条件代入上列方程联解可得

$U_1=-12\text{V}$，　$U_3=6\text{V}$，　$U_4=6\text{V}$　$U_5=-6\text{V}$，

$U_6=4\text{V}$，　$U_7=4\text{V}$，　$U_{10}=-16\text{V}$，

一般说来，对于含b条支路、n个节点的电路，可由KVL列出$l=b-n+1$个独立的电压方程，故若已知$(n-1)$

个支路电压，便可求出其余的全部未知电压。本题的情况即是如此。

习　题

1.10　求图1.15中的电流 I 之值。

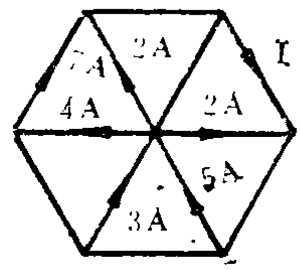


图　1.15

1.11　求图1.16 中的电压 U_{12}，U_{23}，U_{34}，U_{45}，U_{51}，U_{13}和U_{35}之值。已知：$U_{10}=10\text{V}$　$U_{20}=2\text{V}$，　$U_{30}=3\text{V}$，　$U_{40}=-4\text{V}$，$U_{50}=5\text{V}$。

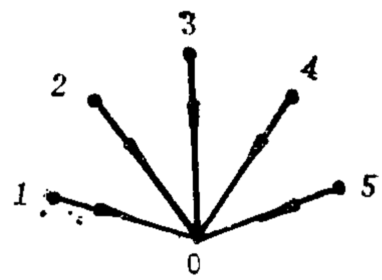


图　1.16

1.12 图 1.17(a) 为一计数器的示意图，图 (b) 是它的电路模型，图(c)中高为0.05V、宽为 1μs 的矩形脉冲代表它所记录的事件。如果 u_C 从 0 升达 100V，问所记录的矩形脉冲将有多少个？并作 $u_C(t)$ 的波形。

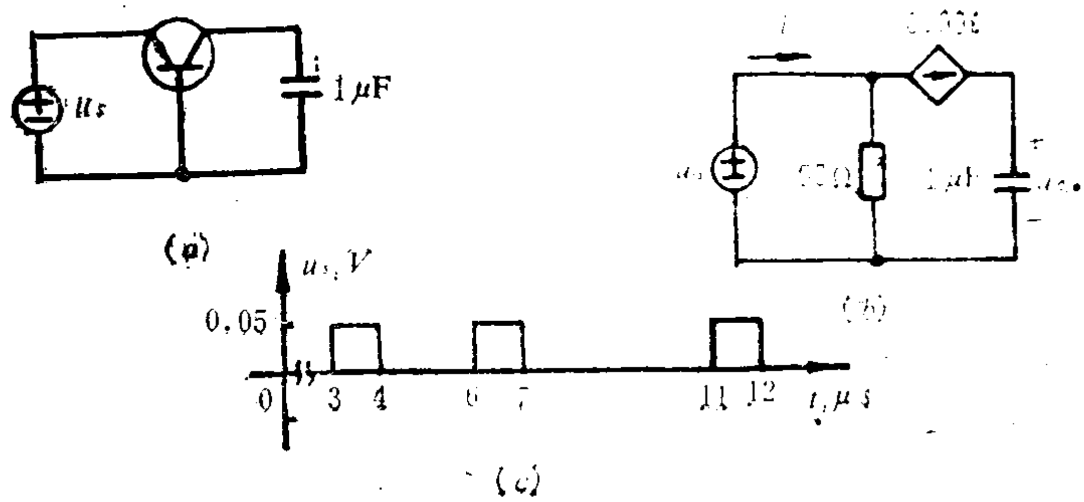


图　1.17

1.13 求图1.18中的电压U_{bc}和U_{de}。已知：$I_1 = 3A$，$I_2 = -2A$，$I_3 = 4A$，$I_4 = 6A$，$I_5 = -7A$，$I_6 = 5A$。

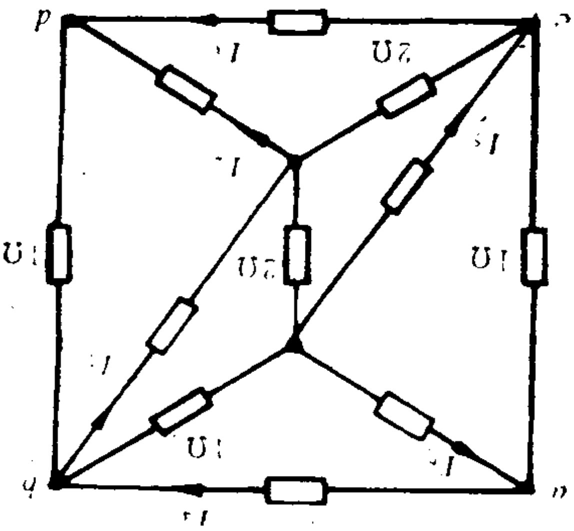


图 1.18

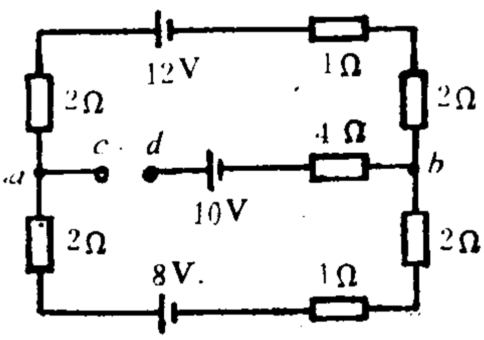


图 1.19

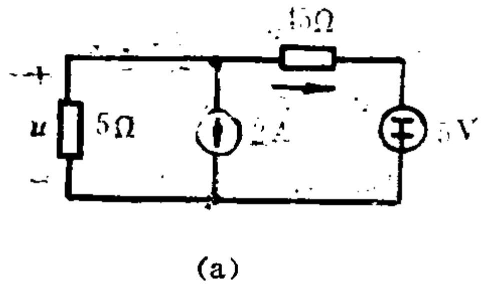
1.14 求图1.19所示电路中的电压U_{ab}和U_{cd}

例　　题

1.4 电路如图 1.20 所示。试计算每个元件的功率，说明每一电路中功率平衡的关系。

解：

(a) KCL：$I + \frac{U}{5} + 2 = 0$。



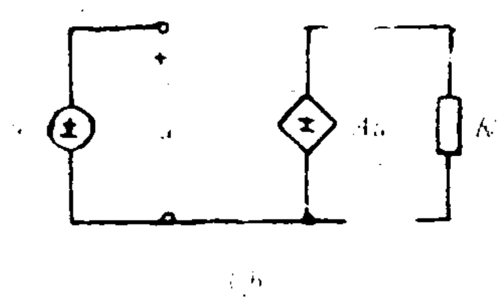


图 1.20

KVL: $45I - U = 5$,

联解以上二方程得

$U = -9.5\text{V}$,　　$I = -0.1\text{A}$

电流源电流和电压 U 的参考方向一致，故它吸取的功率

$P_1 = 2 \cdot U = -19\text{W}$.

式中负号说明电流源实际上是发出19W的功率。

电压源电压和电流 I 的参考方向相反，故它发出的功率

$P_2 = 5 \cdot I = -0.5\text{W}$.

式中负号说明电压源实际上是吸收0.5W的功率。

两个电阻所消耗的功率为

$$P = \frac{1}{5} \cdot U^2 + 45 \cdot I^2 = 18.5\text{W}.$$

以上计算结果所表明的功率平衡关系是：电流源发出19W的功率，两个电阻共消耗18.5W，其余的0.5W被电压源所吸收。

(b) 此电路中电阻 R 所消耗的功率为

$P = (Au)^2/R = A^2u_s^2/R$.

但独立电压源支路是断开的，其电流为零，不可能提供功率。那么，电阻 R 所消耗的能量是从何而来呢？

回答这个问题要从电路模型说起。任何电路模型，都是

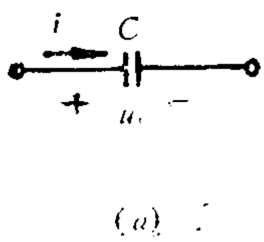
在一定条件下表明相应器件的最贴切最突出的特性、略去次要属性的理想化电路元件。据此我们才可认为理想电压源的内部电阻为零，线性电阻在任何信号的激励下都保持其线性特性。用来模拟晶体管等器件的受控源是一种有源元件，它没有把向该器件提供能量的独立电源反映出来，从而使得电路大为简化，为进行分析和计算提供了方便。由此而带来的问题是含受控源电路的能量不守恒①。

也可采用另外一种观点②，即认为受控源能向电路提供能量。则此处受控源提供能量的功率是

$$A\cdot U\cdot\frac{AU}{R}=A^2\frac{U_s^2}{R}.$$

它恰和电阻 R 所消耗的功率相平衡。

1.5 图1.21表示一个 $C=10\mu\text{F}$ 的电容器及其两端电压的波形。试计算此电容器在 $t>0$ 时的功率和能量，作出它们随时间变化的曲线。



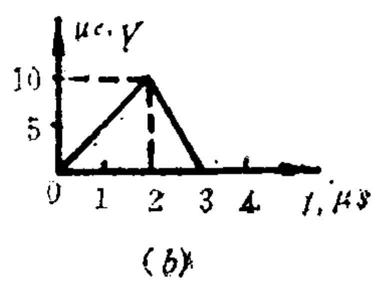


图 1.21

① M.E. Van Valekenburg, B.K. Kinariwala, Linear Circuits, by Prentice-Hall, Inc. 1982 p. 171

② William H. Hayt, Jr, Jacke. Kemmerly, Engineering Circuit Analysis, Third Edition p. 23

解： 取时间 t 的单位为秒，当 $0 \leqslant t \leqslant 2\times10^{-6}$：

$$u_C = \frac{10}{2}\times10^6 t = 5\times10^6 t\,\mathrm{V},$$

$$w_C = \frac{1}{2}Cu_C^2 = 125\times10^6 t^2\,\mathrm{J},$$

$$p_C = \mathrm{d}w_C/\mathrm{d}t = 250\times10^6 t\,\mathrm{W},$$

当 $t = 2\times10^{-6}$ 时有

$$w_C(2\times10^{-6}) = 500\times10^{-6}\,\mathrm{J}.$$

$$p_C(2\times10^{-6}) = 500\,\mathrm{W},$$

当 $2\times10^{-6} < t \leqslant 3\times10^{-6}$：

$$u_C = 30 - 10^7 t\,\mathrm{V}.$$

$$w_C = \frac{1}{2}\times10^{-5}(30-10^7 t)^2 = 5\times10^8 t^2 - 3\times10^3 t$$

$$+4.5\times10^{-3}\,\mathrm{J}.$$

$$p_C = 10^9 t - 3000\,\mathrm{W}.$$

当 $t > 3\times10^{-6}$：$u_C = 0$，$w_C = 0$，$p_C = 0$。

根据以上的计算，作出能量和功率随时间变化的曲线如图1.22所示。

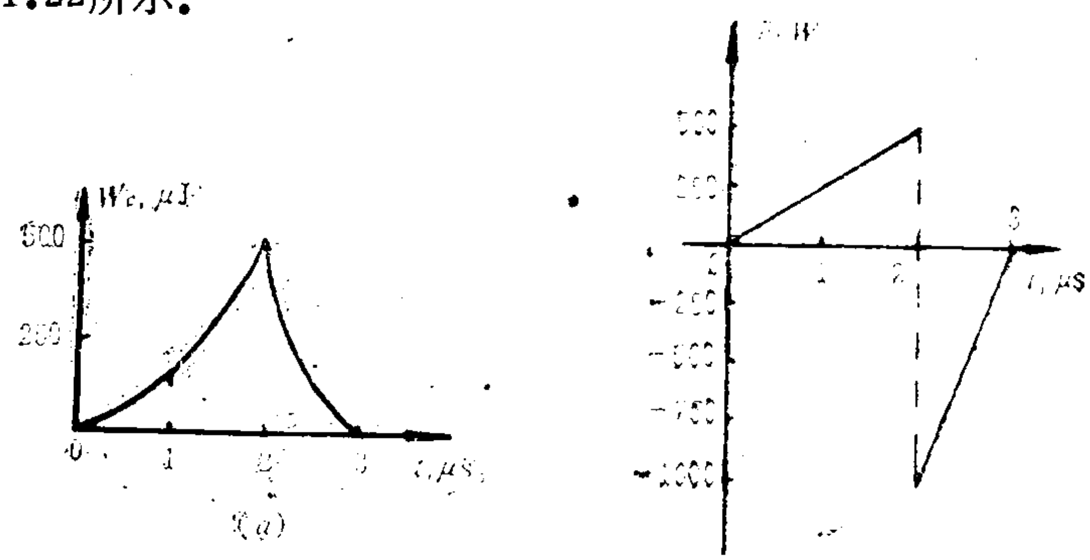


图 1.22