



面向 21 世纪课程教材配套参考书

电工技术

(电工学 I)

(第五版)

学习辅导与习题解答

■ 主 编 贾贵玺

■ 副主编 张 军 李洪凤

高等教育出版社



面向 21 世纪课程教材配套参考书

电工技术

(电工学 I)

(第五版)

学习辅导与习题解答

■ 主 编 贾贵玺

■ 副主编 张 军 李洪凤

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是与教育部面向 21 世纪课程教材——《电工技术》(电工学 I)(第五版)相配套的学习辅导书。本书先介绍教材的特点和各章教学学时分配;其后为各章内容提要和基本要求、学习指导、习题解答(每题均有较详细的解题步骤),便于教学参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术(电工学 I)(第 5 版)学习辅导与习题解答/
贾贵玺主编.--北京:高等教育出版社,2018.3

ISBN 978-7-04-049472-3

I. ①电… II. ①贾… III. ①电工技术-高等学校-
题解 IV. ①TM-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 036987 号

策划编辑 金春英 责任编辑 孙琳 封面设计 于文燕 版式设计 于婕
插图绘制 于博 责任校对 刁丽丽 责任印制 田甜

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	三河市吉祥印务有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×960mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	12.25	版 次	2018 年 3 月第 1 版
字 数	220 千字	印 次	2018 年 3 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	23.40 元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 49472-00

前 言

由天津大学贾贵玺、姚海彬主编的《电工技术》(电工学 I)(第五版)是教育部面向 21 世纪课程教材,为了使學生更好地掌握上述教材的基本概念、基本理论和分析方法,抓住重点、开拓思路,便于自学和复习,我们编写了这本与上述教材配套的《学习辅导与习题解答》,本书也为采用上述教材的教师备课、批改作业提供了方便。

本书各章的基本要求和重点是根据教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会最新制订的“电工学”教学基本要求而确定的,重点内容要求学生能深刻理解和熟练掌握;各章的难点为学生不易理解和掌握的内容。习题解答主要是提供解题思路和结果,但应说明解题方法并不一定唯一。望读者能够合理使用本书,以便达到预期效果。

各章学时分配主要是为使用上述教材的授课教师提供参考。

本书由贾贵玺任主编,参加编写的有张军、李洪凤。贾贵玺对全书做了修订。

本书由清华大学王鸿明教授主审,王鸿明教授对书稿进行了十分仔细的审阅,提出了许多中肯的修改意见,在此,我们表示由衷的感谢。

本书难免存在不妥和错误之处,恳请使用本书的教师、学生和读者提出批评指正。

编 者

2017 年 6 月

《电工技术》(电工学 I) 教材的特点

教材以教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会最新制订的“电工学”教学基本要求为基点,同时考虑电工学课程改革的方向,对某些传统内容进行了删减、拓宽和延伸,并融入了一些新产品、新技术的内容,使教材更具系统性、应用性、先进性。

教材具有以下几个特点。

一、高起点

教材直接从电路的组成、结构、模型入手,推出了网络与系统概念和结点、支路、回路、网孔等电工术语;使学生首先对电路-网络-系统有一个概括了解,然后再由整体到局部,切入电路内部,介绍电路的基本定律和元件的伏安特性;并联系实际,介绍电气设备的额定值。

二、强电、弱电兼顾

教材的第1章1.1节概括介绍了力能电路与信号电路的功能及特点。第2章介绍了激励与响应概念。以后各章分别介绍正弦交流电路、三相电路、磁路、变压器、电动机、电气控制及安全用电等,章节内容多属强电系统,但也穿插有二极管和晶体管电路分析、受控源、谐波分析、频率特性等内容。使学生不仅掌握强电系统的一些基本知识,而且为学习电子技术、自动控制系统等打下良好基础。

三、着重概念、突出应用,提高学生分析问题的能力

教材着重于使学生对概念、定义、定理、定律及分析方法有深刻理解和掌握,尤其突出它们在电路分析和工程实际中的应用。教材对传统的电路部分进行了优选和加工,对一些基本概念、基本理论力求定义准确、叙述简明。省去了戴维宁定理的证明、复杂正弦交流电路的分析和二阶电路的时域分析、拉普拉斯变换和 s 域分析,而增加了磁路和变压器、电动机、电气控制、电工测量、安全用电等

实践性、应用性较强的部分篇幅。

教给学生许多知识固然重要,培养学生分析问题、解决问题的能力则更为宝贵。教材注意了对分析问题思路的介绍。在内容的处理方面多处应用“对偶原理”、“等效方法”,不仅节约了学时,而且提高了学生认识问题和分析问题的能力。

四、引入新技术、新成果,使教材增加活力

第8章电动机介绍了近几年来得到迅速推广使用的软起动器、变频调速器、永磁同步电动机和无刷直流电动机;第10章专讲可编程控制器(PLC);第11章安全用电介绍了漏电保护器以及各种接地、接零系统;第12章电工测量对智能化仪表作了简单介绍。使学生接触到高科技产品和现代化技术,激发学生学科学、用科学的积极性和创新精神。

各章教学学时分配

下面列出的是 55、64、70 三种总学时的学时分配参考表。需要说明的是,各章讲课时数不包括实验时数。实验时数应为总学时数的 25%,故使用本教材应配有 14~16 学时的实验。

学时分配参考表

章节及内容	讲课时数			实验时数
	55 学时	64 学时	70 学时	
第 1 章 电路的基本概念和基本定律 第 2 章 电路的分析方法	7	10	10	4
第 3 章 正弦交流电路	7	8	8	4
第 4 章 三相正弦交流电路	2	2	2	2
第 5 章 非正弦周期信号电路	2	2	3	
第 6 章 电路的瞬态分析	4	4	4	
第 7 章 磁路和变压器	5	6	6	
第 8 章 电动机	6	7	8	
第 9 章 电气控制	3	3	4	2
第 10 章 可编程控制器及其应用	3	4	6	4
第 11 章 安全用电	1	1	1	
第 12 章 电工测量	1	1	2	
合 计	41	48	54	16

注:采用 55 学时时可少做一个实验。

目 录

第 1 章	电路的基本概念和基本定律	1
第 2 章	电路的分析方法	19
第 3 章	正弦交流电路	48
第 4 章	三相正弦交流电路	74
第 5 章	非正弦周期信号电路	88
第 6 章	电路的瞬态分析	105
第 7 章	磁路和变压器	128
第 8 章	电动机	143
第 9 章	电气控制	154
第 10 章	可编程控制器及其应用	158
第 11 章	安全用电	174
第 12 章	电工测量	176

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

一、内容提要 and 基本要求

(一) 内容提要

本章内容有:电路与电路模型,电压、电流及其参考方向,电路的功和功率,基尔霍夫定律,无源电路元件,有源电路元件,受控源,电路的基本状态和电气设备的额定值。

(二) 基本要求

1. 理解和掌握电路的基本物理量及其应用,如电压、电流参考方向的意义,电位和功率的计算。
2. 理解和掌握无源电路元件 R 、 L 、 C 的伏安特性。
3. 理解和掌握电压源、电流源的外特性及实际有源元件的两种电路模型。
4. 理解和掌握电路的基本定律——基尔霍夫定律。
5. 了解电气设备的额定值。

二、学习指导

本章内容的重点为电压、电流的参考方向,元件伏安特性和基尔霍夫定律以及电压源、电流源的特性。

1. 电压、电流的参考方向是为分析电路而假设的。在参考方向下,电压、电流、功率都是代数量。在分析、计算电路时,电压、电流的参考方向通常采用关联参考方向,即一致方向。如果电路中的某无源元件的电压、电流参考方向不关联(相反),则其元件约束方程前加“-”号。如电阻元件的电压、电流参考方向如图 1.1 所示时,其伏安特性方程为

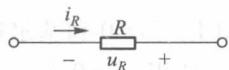


图 1.1

$$u_R = -Ri_R$$

2. 计算电路元件消耗的功率时,要考虑其电压、电流是否为关联参考方向。若是,则用 $p=ui$ 计算;若否,则用 $p=-ui$ 计算。无论哪种情况,若 $p>0$,则说明此电路元件消耗了功率,在电路中的作用为负载;若 $p<0$,则说明此电路元件输出功率,在电路中的作用为电源。

3. 电压源、电流源为本章的难点,尤其是电流源,初学者总觉得难以理解和掌握。电压源、电流源都是理想的有源元件。当一个实际电源的内阻远远小于负载电阻时,可近似看成电压源;而当它的内阻远远大于负载电阻时,改变负载电阻,电源输出的电流变化不大,则可近似看成电流源。

电压源与电流源为对偶元件,它们都有两个基本特性,可以对照理解和掌握。电压源的端电压为恒定值或为一定的时变电压,与它输出的电流无关,其输出电流由外电路决定;电流源输出的电流为恒定值或为一定的时变电流,与其端电压无关,它的端电压由外电路确定。因此,如果一个电压源与一个电流源串联时,则此支路电流被电流源所确定,而电流源的端电压要根据 KVL 列方程确定;如果一个电压源与一个电流源并联,则电流源的端电压被电压源确定,而电压源提供的电流要根据 KCL 确定。

例如图 1.2 所示电路。若 $U_{S1}=4\text{ V}$, $I_{S1}=2\text{ A}$, $I_{S2}=4\text{ A}$, $U_{S2}=10\text{ V}$, $R=2\ \Omega$, 由于电压源 U_{S1} 与电流源 I_{S1} 串联,则支路电流为

$$I_{S1}=2\text{ A}$$

而电流源 I_{S2} 的端电压被 U_{S2} 确定,即

$$U_{I_{S2}}=U_{AB}=U_{S2}=10\text{ V}$$

根据 KCL,电压源 U_{S2} 支路电流为

$$\begin{aligned} I &= I_R - I_{S1} - I_{S2} \\ &= \left(\frac{10}{2} - 2 - 4 \right) \text{ A} \\ &= -1\text{ A} \end{aligned}$$

根据 KVL,电流源 I_{S1} 的端电压为

$$U_{I_{S1}}=U_{S2}-U_{S1}=(10-4)\text{ V}=6\text{ V}$$

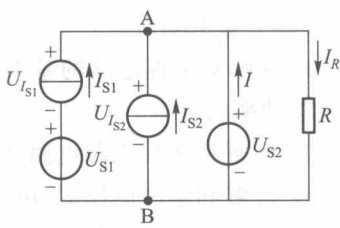


图 1.2

4. 基尔霍夫定律是电路的基本定律,不仅是本章的重点内容,而且是全书电路部分的重点内容,所以要熟练掌握,正确运用。学习基尔霍夫定律前首先要正确理解关于结点、支路、回路、网孔的定义,然后逐一掌握基尔霍夫电流定律(KCL) $\sum i=0$ 和基尔霍夫电压定律(KVL) $\sum u=0$ 。

使用 $\sum i=0$ 和 $\sum u=0$ 时必须注意到两套正、负号的问题:一套是各项前的运算正、负号;另一套为电流 i 、电压 u 本身代数量的正、负号。 $\sum i=0$ 中各项前的

运算正、负号取决于 i 的参考方向是流入结点还是流出结点; $\sum u$ 中各项前的运算正、负号则取决于此电压 u 的参考方向是否与回路循行方向一致。一致者,取正;相反者,取负。而 u 、 i 本身代数量的正、负号均取决于其实际方向是否和参考方向一致。

5. 电气设备的额定值是选用电气设备的主要依据,因此要了解电气设备各项额定值的意义。负载设备需要正常工作于额定状态,而电源设备通常是以一定电压供电的,其输出的电流和功率由负载决定,应当正确选择和使用。

三、习题解答

1.1 理想电流源的外接电阻越小,它的端电压()。

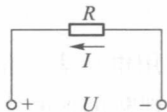
- (a) 越高 (b) 越低 (c) 不能确定

解:(b)

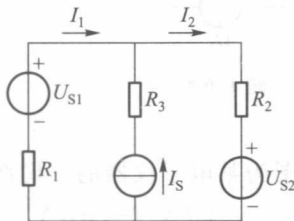
1.2 题 1.2 图所示电路中, U 、 I 之间的关系式应为()。

- (a) $U = -RI$ (b) $U = RI$ (c) 不能确定

解:(a)



题 1.2 图



题 1.3 图

1.3 题 1.3 图所示电路中,正确的回路电压方程是()。

- (a) $U_{S1} - R_1 I_1 + R_3 I_S = 0$
 (b) $U_{S2} + R_3 I_S + R_2 I_2 = 0$
 (c) $U_{S1} - R_1 I_1 - U_{S2} - R_2 I_2 = 0$

解:(c)

1.4 题 1.4 图所示电路中,电压源 U_S 输出的功率为()。

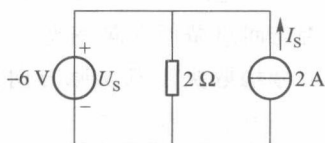
- (a) 30 W (b) 6 W (c) 12 W

解:(a)

1.5 题 1.5 图所示电路中,A 点的电位 V_A 为()。

- (a) 19.2 V (b) 10.8 V (c) 4.8 V

解:(c)



题 1.4 图

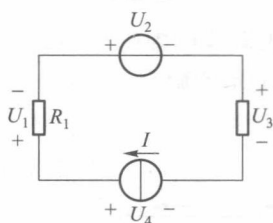


题 1.5 图

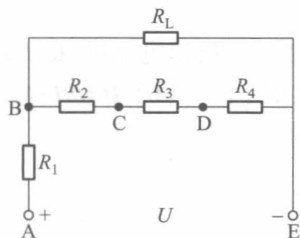
1.6 题 1.6 图所示电路中,已知 $U_1=U_2=U_3=4\text{ V}$,则 $U_4=(\quad)$ 。

- (a) 4 V (b) 12 V (c) 8 V

解:(b)



题 1.6 图



题 1.7 图

1.7 题 1.7 图为某电子仪器的一局部线路,用电压表测量发现 $U_{AB}=3\text{ V}$, $U_{BC}=1\text{ V}$, $U_{CD}=0\text{ V}$, $U_{DE}=2\text{ V}$, $U_{AE}=6\text{ V}$ 。由此可判断出现的故障为()。

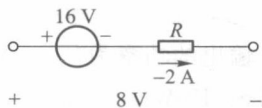
- (a) CD 段断开 (b) CD 段短路 (c) DE 段断开

解:(b)

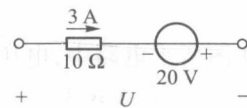
1.8 题 1.8 图中电阻 R 为()。

- (a) 12 Ω (b) -12 Ω (c) 4 Ω

解:(c)



题 1.8 图



题 1.9 图

1.9 题 1.9 图中电压 U 为()。

- (a) 10 V (b) 50 V (c) -10 V

解:(a)

1.10 题 1.10 图所示电路中,三个电阻消耗的功率之和为()。

- (a) 5 W (b) 11 W (c) 无法计算

解:(a)

1.11 将两只额定值为 220 V、100 W 的白炽灯串联接在 220 V 电源上,则电源输出的功率为()。(设白炽灯为线性电阻)

- (a) 200 W (b) 100 W (c) 50 W

解:(c)

1.12 将两只额定值分别为 110 V、100 W 和 110 V、40 W 的白炽灯串联后接到 220 V 电源上,通电后()。

- (a) 两只白炽灯均可正常工作
(b) 40 W 的白炽灯烧毁
(c) 100 W 的白炽灯烧毁

解:(b)

1.13 电路的负载增大指的是()。

- (a) 负载的电阻值增大
(b) 负载的电压或电流增大
(c) 电源输出的功率增大

解:(c)

1.14 求题 1.14 图所示电路中开关 S 合上和断开时 A 点的电位。已知:
 $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 4 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 26 \text{ k}\Omega$ 。

解:

$$(1) \text{ S 合上} \quad V_A = \frac{12}{R_2 + R_3} \times R_2 = 1.6 \text{ V}$$

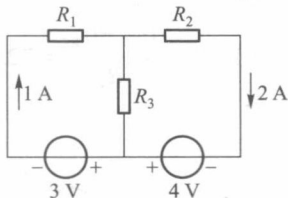
$$(2) \text{ S 断开} \quad V_A = \frac{-12 - 12}{R_1 + R_2 + R_3} \times R_3 + 12 = -7.5 \text{ V}$$

1.15 题 1.15 图所示电路是测量电压用的电位差计电路。其中 $R_1 + R_2 = 1000 \Omega$, $R_3 = 200 \Omega$, $U_s = 12 \text{ V}$, 当调节滑动触点使 $R_2 = 250 \Omega$ 时,电流计 G 中无电流通过。试求被测电压 U_x 的大小。

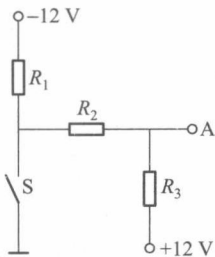
解:

$$U_x = \frac{U_s}{R_1 + R_2 + R_3} \times R_2 = 2.5 \text{ V}$$

1.16 某晶体管放大电路的直流电路如题 1.16 图所示。已知 $R_B =$



题 1.10 图

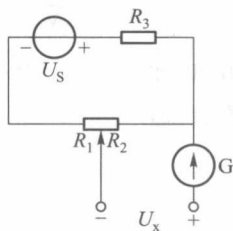


题 1.14 图

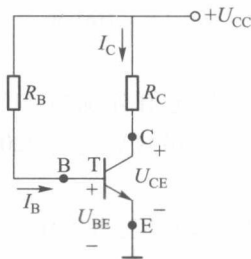
156 k Ω , $R_C = 2$ k Ω , $U_{BE} = 0.7$ V, $U_{CC} = 12$ V。 (1) 求 $I_B = ?$ (2) 若 $I_C = 50I_B$, 求 $U_{CE} = ?$ (T 为晶体管)

解:

$$(1) I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B} = 72.4 \mu\text{A}$$



题 1.15 图



题 1.16 图

$$(2) I_C = 50I_B = 3.62 \text{ mA}$$

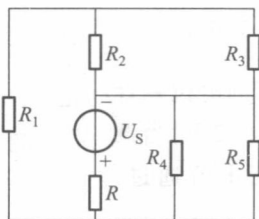
$$U_{CE} = U_{CC} - R_C I_C = 4.76 \text{ V}$$

1.17 题 1.17 图所示电路中, 电源电压 $U_S = 24$ V, $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$, $R_3 = 15 \Omega$, $R_4 = 25 \Omega$, $R_5 = 100 \Omega$, $R = 8 \Omega$ 。求电源输出的功率。

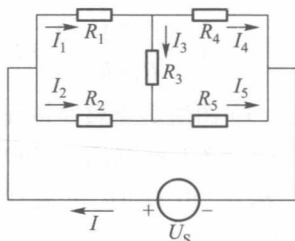
解:

$$R_{\Sigma} = R + R_4 // R_5 // (R_1 + R_2 // R_3) = 20 \Omega$$

$$P = \frac{U_S^2}{R_{\Sigma}} = 28.8 \text{ W}$$



题 1.17 图



题 1.18 图

1.18 求题 1.18 图中电流 I_4 、 I_5 、 I 及电源电压 U_S 。已知 $I_1 = 2$ mA, $I_2 = 1$ mA, $I_3 = 1$ mA, $R_1 = 1$ k Ω , $R_3 = 2$ k Ω , $R_2 = R_4 = 4$ k Ω , $R_5 = 1$ k Ω 。

解:

$$I_4 = I_1 - I_3 = 1 \text{ mA}$$

$$I_5 = I_2 + I_3 = 2 \text{ mA}$$

$$I = I_1 + I_2 = 3 \text{ mA}$$

$$U_s = R_2 I_2 + R_5 I_5 = 6 \text{ V}$$

1.19 求题 1.19 图所示各电路中的未知量。

解:

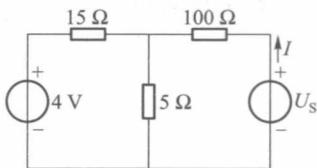
$$(a) R = \frac{8-16}{-2} \Omega = 4 \Omega$$

$$(b) I = \frac{-10+16}{10} \text{ A} = 0.6 \text{ A}$$

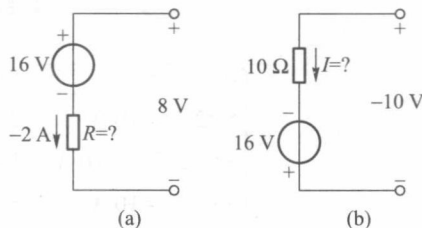
1.20 欲使题 1.20 图中电流 $I=0$, 问电压源电压 U_s 应为多少?

解:

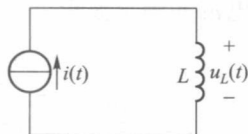
$$U_s = U_{5\Omega} = \frac{4 \times 5}{15+5} \text{ V} = 1 \text{ V}$$



题 1.20 图



题 1.19 图



题 1.21 图

1.21 题 1.21 图所示电路中, 已知 $L=2 \text{ H}$, 电流 $i(t)$ 的数学表达式为

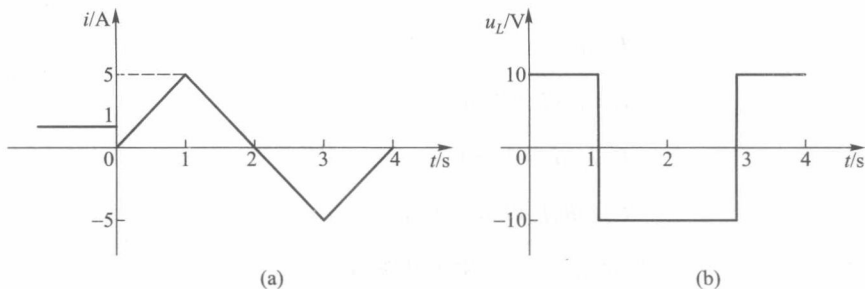
$$i(t) = \begin{cases} 1 \text{ A} & t < 0 \\ 5t \text{ A} & 0 \leq t \leq 1 \text{ s} \\ (-5t+10) \text{ A} & 1 \text{ s} \leq t \leq 3 \text{ s} \\ (5t-20) \text{ A} & 3 \text{ s} \leq t \leq 4 \text{ s} \end{cases}$$

(1) 画出 $i(t)$ 的波形; (2) 求 $u_L(t)$ 并画出波形; (3) 求 $t=2.5 \text{ s}$ 时电感元件的功率和储能。

解:

(1) $i(t)$ 波形如题解 1.21 图 (a) 所示。

$$(2) u_L(t) = L \frac{di}{dt}$$



题解 1.21 图

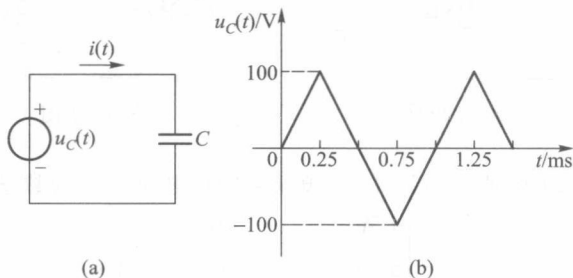
$$= \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 5 \times 2 \text{ V} = 10 \text{ V} & 0 \leq t \leq 1 \text{ s} \\ -5 \times 2 \text{ V} = -10 \text{ V} & 1 \text{ s} \leq t \leq 3 \text{ s} \\ 5 \times 2 \text{ V} = 10 \text{ V} & 3 \text{ s} \leq t \leq 4 \text{ s} \end{cases}$$

$u_L(t)$ 波形如题解 1.21 图(b)所示。

$$(3) P(2.5 \text{ s}) = ui|_{t=2.5 \text{ s}} = 25 \text{ W}$$

$$W(2.5 \text{ s}) = \frac{1}{2} Li^2(t) \Big|_{t=2.5 \text{ s}} = 6.25 \text{ J}$$

1.22 题 1.22 图(a)所示电路中, $C=1 \mu\text{F}$, 电压 $u_C(t)$ 的波形如题 1.22 图(b)所示, 求电容电流并画出波形。



题 1.22 图

解:

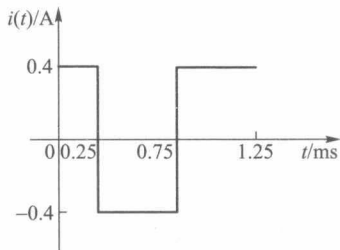
根据 $u_C(t)$ 波形图写出 $u_C(t)$ 表达式为

$$u_C(t) = \begin{cases} 4 \times 10^5 t \text{ V} & 0 \leq t \leq 0.25 \text{ ms} \\ (-4 \times 10^5 t + 200) \text{ V} & 0.25 \text{ ms} \leq t \leq 0.75 \text{ ms} \\ (4 \times 10^5 t - 400) \text{ V} & 0.75 \text{ ms} \leq t \leq 1.25 \text{ ms} \end{cases}$$

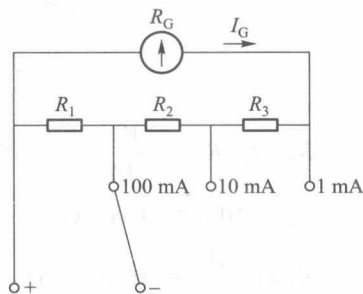
因为 $i(t) = C \frac{du_c(t)}{dt}$, 所以电流表达式为

$$i(t) = \begin{cases} 0.4 \text{ A} & 0 \leq t \leq 0.25 \text{ ms} \\ -0.4 \text{ A} & 0.25 \text{ ms} \leq t \leq 0.75 \text{ ms} \\ 0.4 \text{ A} & 0.75 \text{ ms} \leq t \leq 1.25 \text{ ms} \end{cases}$$

$i(t)$ 波形如题解 1.22 图所示。



题解 1.22 图



题 1.23 图

1.23 题 1.23 图为万用表的直流毫安挡电路。表头内阻 $R_G = 280 \Omega$, 满标值电流 $I_G = 0.6 \text{ mA}$ 。欲使其量程扩大为 1 mA 、 10 mA 、 100 mA , 试求分流电阻 R_1 、 R_2 及 R_3 。

解:

$$\begin{cases} R_G I_G = (R_1 + R_2 + R_3) (1 - I_G) \\ (R_G + R_3) I_G = (R_1 + R_2) (10 - I_G) \\ (R_G + R_2 + R_3) I_G = R_1 (100 - I_G) \end{cases}$$

代入数据为

$$\begin{cases} 280 \times 0.6 = (R_1 + R_2 + R_3) (1 - 0.6) \\ (280 + R_3) \times 0.6 = (R_1 + R_2) (10 - 0.6) \\ (280 + R_2 + R_3) \times 0.6 = R_1 (100 - 0.6) \end{cases}$$

解方程组, 得

$$R_1 = 4.2 \Omega, R_2 = 37.8 \Omega, R_3 = 378 \Omega$$

1.24 用题 1.23 中万用表测量直流电压, 共三挡量程, 即 10 V 、 100 V 、 250 V , 如题 1.24 图所示。试计算倍压器电阻 R_4 、 R_5 、 R_6 。

解:

因为 $R = R_1 + R_2 + R_3 = 420 \Omega$

$$R // R_G = 168 \Omega$$