

电子技术基础 (第2版)

刘继承◎主编



科学出版社
www.sciencep.com

电子技术基础

(第二版)

主 编 刘继承

副主编 张明莉 钮文良

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是依照教育部颁布的“电子技术(A)课程教学基本要求(草案)”编写。编写时充分考虑了教材的适用范围。文字通俗易懂,言简意赅;内容编排合理,循序渐进,符合学习者的认知规律。

本书是电气、电子信息类专科生和部分非电类专业应用型本科、专科生在电子技术方面入门性质的基础教材,同时也可用作高等职业教育各专业教材。为适应当前高等职业教育的教学需要,教材内容在讲清楚学科基本理论的同时,特别注重与实际应用相结合。考虑到有些非电类和高等职业教育专业的前导课程不完备,本书前四章讲述了学习电子技术应具备的电路方面的基础知识。

本书也可作为高等教育自学考试参考用书,还可供从事电子技术应用工作的技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/刘继承主编. —2版. —北京:科学出版社, 2007
ISBN 978-7-03-019229-5

I. 电… II. 刘… III. 电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第110321号

责任编辑:苏 鹏 毛 莹 / 责任校对:邹慧卿
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

北京文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年3月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2007年8月第 二 版 印张: 23 1/4

2007年8月第三次印刷 字数: 438 000

印数: 5 501—9 500

定价: 28.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈文林〉)

前 言

本书第一版出版之后得到了广大读者的肯定，根据读者意见我们编写了第二版。第二版在第一版的基础上增加了三相交流电路一章，同时各章增加了一定量的习题，对部分章节进行了改编，并对各章中出现的错误进行了订正。本书的内容取材和体系编排融入了作者多年的教学经验。全书共分三部分：第一章至第四章，属学习电子技术所必需的电路基础内容；第五章至第十章，属模拟电子技术内容；第十一章至第十五章，属数字电子技术内容。

电子技术是一门重要的技术基础课，课程的基本任务是在介绍半导体器件的基本原理和特性的基础上，着重研究“电子技术”的基本概念、基本原理和基本分析方法，培养学生分析问题和解决问题的能力，为今后深入学习专业课和进一步研究电子技术的发展与应用打下坚实的基础。

电子技术涉及面广、内容丰富，但受学时所限，本书着重讲述电子技术中最基本的、具有共性的问题，因此学习时应注重基本概念、基本理论和基本技能三个方面。

为了帮助读者更好地学习电子技术，下面结合本课程的特点，介绍几种学习方法：

第一，对于器件（二极管、三极管、场效应管、集成电路等电子器件）主要应掌握其外部特性（伏安特性、输入输出特性以及主要参数、技术指标等）及使用方法，而不必过分地追究其内部机理。在处理器件与电路的关系上，以电路工作原理的分析和实际应用为主，讨论器件的目的在于将其应用于电路。

第二，善于总结对比，将课程中各部分的概念、内容进行归纳、比较、总结，找出共性的东西，以便加深理解和记忆。

第三，学会用工程的观点分析问题。所谓工程观点就是根据实际情况，对照器件的数学模型和电路的工作条件进行合理的近似，以使用简便的分析方法获得具有实际意义的结果。在进行电路分析计算时，只要求满足技术指标，不必过多地追究精确的数值。

第四，电子技术是一门实践性很强的课程，实践环节在本课程中有着重要的地位和作用，它不仅能巩固所学理论、培养严谨求实的科学作风，而且能提高分析问题和解决问题的能力，因此应高度重视实践环节，坚持理论联系实际。

本书由刘继承主编，张明莉编写了第四章，钮文良编写了部分章节的部分习题。在编写过程中还得到了田文杰、艾兰、梁爱琴、耿钰、吉素霞、王传新、王珏、贺玲芳、张兆莉等教师的帮助，在此一并表示感谢。

编 者

目 录

前言

第一章 电路的基本概念与基本定律	1
1.1 电路组成和功能	1
1.2 电路模型	2
1.3 电路中基本物理量	3
1.3.1 电流、电压和电动势	3
1.3.2 电流、电压的参考方向	4
1.3.3 电位的概念	5
1.3.4 电功和电功率	6
1.4 欧姆定律和基尔霍夫定律	7
1.4.1 欧姆定律	7
1.4.2 基尔霍夫节点电流定律	8
1.4.3 基尔霍夫回路电压定律	9
习题 1	10
第二章 电路的分析方法	13
2.1 电阻串并联连接的等效变换	13
2.1.1 电阻的串联及分压公式	13
2.1.2 电阻的并联	14
2.2 电压源与电流源及其等效变换	16
2.2.1 电压源与电流源模型	16
2.2.2 电压源与电流源等效变换	17
2.3 叠加原理	19
2.4 戴维南定理	20
2.5 负载获得最大功率的条件	22
习题 2	23
第三章 正弦交流电路	27
3.1 正弦交流电路的基本概念	27
3.1.1 正弦交流电的周期和频率	27
3.1.2 正弦交流电的相位和相位差	28
3.2 正弦交流电的有效值	29

3.3 正弦交流电的相量表示	30
3.4 纯电阻交流电路	34
3.5 纯电感交流电路	36
3.6 纯电容交流电路	38
3.7 电阻、电感和电容串联的交流电路	41
3.7.1 复阻抗 Z	41
3.7.2 交流电路中的功率及功率因数	42
3.8 RC 电路的频率特性	44
3.8.1 RC 低通滤波器	44
3.8.2 RC 高通滤波器	46
3.8.3 RC 桥式谐振电路	47
习题 3	49
第四章 三相交流电路	52
4.1 正弦三相交流电源	52
4.2 负载星形连接的三相电路	55
4.3 负载三角形连接的三相电路	59
4.4 三相电路的功率	61
4.4.1 三相电路的有功功率	61
4.4.2 三相电路的无功功率、视在功率和功率因数	62
习题 4	63
第五章 二极管和三极管	65
5.1 半导体二极管	65
5.1.1 二极管单向导电性	65
5.1.2 二极管物理模型	67
5.1.3 二极管的主要参数	70
5.1.4 光敏二极管	73
5.1.5 发光二极管	74
5.2 半导体三极管	74
5.2.1 三极管的结构	75
5.2.2 三极管的电流分配与放大原理	76
5.2.3 半导体三极管的伏安特性	77
5.2.4 半导体三极管的主要参数	78
5.2.5 光电三极管和光电耦合器件	80
5.3 场效应三极管	81
5.3.1 绝缘栅型场效应管	82

5.3.2 结型场效应管	86
5.3.3 场效应管的主要参数	87
习题 5	88
第六章 三极管放大电路	90
6.1 放大电路基本概念	90
6.2 共射极基本放大电路	91
6.2.1 放大电路的构成	91
6.2.2 直流分析	91
6.2.3 交流分析	92
6.2.4 波形分析	94
6.2.5 放大电路的非线性失真	96
6.3 共集电极放大电路	99
6.4 场效应管放大电路	102
6.4.1 直流分析	102
6.4.2 交流分析	103
6.5 多级放大电路	104
6.5.1 阻容耦合	104
6.5.2 变压器耦合	105
6.5.3 光电耦合	105
6.5.4 直接耦合	106
6.6 差分放大器	107
6.6.1 差分放大器抑制零漂的原理	107
6.6.2 直流分析	108
6.6.3 交流分析	108
习题 6	109
第七章 集成运算放大电路	113
7.1 集成运算放大电路简介	113
7.1.1 集成运算放大器结构特点	113
7.1.2 主要性能指标	115
7.1.3 理想集成运算放大器	119
7.2 电子电路中的负反馈	121
7.2.1 负反馈的基本概念	121
7.2.2 负反馈放大电路的四种基本组态	125
7.2.3 负反馈放大电路的分析计算	130
7.2.4 负反馈对放大电路性能的改善	132

7.3 集成运算放大器的三种输入组态	137
7.3.1 反相输入组态	137
7.3.2 同相输入组态	139
7.3.3 差动输入组态	141
习题 7	143
第八章 集成运算放大器的应用	147
8.1 信号运算电路	147
8.1.1 加法和减法运算电路	147
8.1.2 积分和微分电路	151
8.2 电压比较电路	156
8.2.1 单门限电压比较器	157
8.2.2 双门限电压比较器	160
8.3 RC 正弦波振荡电路	163
8.3.1 正弦波振荡器振荡条件	163
8.3.2 RC 正弦波振荡器	164
习题 8	166
第九章 功率放大电路	172
9.1 功率放大电路的一般问题及解决措施	172
9.1.1 功率放大器所关注的问题	172
9.1.2 解决有关问题的措施	172
9.2 乙类互补功率放大器	174
9.2.1 OCL 电路	174
9.2.2 甲乙类 OCL 电路	176
9.2.3 OTL 电路	178
9.3 集成功率放大电路	179
9.3.1 SHM1150 II 型集成功率放大器	179
9.3.2 TDA1521 集成 OCL 电路	180
9.3.3 LM396 集成 OTL 电路	181
习题 9	182
第十章 直流稳压电源	184
10.1 单相整流电路	184
10.1.1 单相桥式整流电路	185
10.1.2 单相半波整流电路	187
10.1.3 单相全波整流电路	187
10.2 滤波电路	189

10.2.1 电容滤波电路	189
10.2.2 电感滤波电路	192
10.3 稳压电路	193
10.3.1 并联型直流稳压电路	193
10.3.2 串联型直流稳压电路	194
10.3.3 三端集成稳压器	196
10.3.4 开关型稳压电路简介	199
习题 10	202
第十一章 数字电路基础知识	204
11.1 数字逻辑基础	204
11.1.1 基本逻辑运算	204
11.1.2 复合逻辑运算	206
11.2 逻辑门电路	207
11.2.1 半导体器件的开关特性	207
11.2.2 TTL 与非门	209
11.2.3 其他类型的 TTL 门电路	211
11.2.4 TTL 门电路的主要电气指标	215
11.3 逻辑函数及其表示方法	218
11.3.1 逻辑函数	218
11.3.2 逻辑函数的表示方法	219
11.4 逻辑函数的化简	223
11.4.1 逻辑函数的最简形式	223
11.4.2 公式化简法	223
11.4.3 卡诺图化简法	227
11.4.4 具有无关项逻辑函数的化简	230
习题 11	231
第十二章 组合逻辑电路	234
12.1 组合逻辑电路的分析与设计方法	234
12.1.1 组合逻辑电路的分析	234
12.1.2 组合逻辑电路的设计	237
12.2 加法器和数值比较器	240
12.2.1 加法器	240
12.2.2 数值比较器	243
12.3 编码器与译码器	248
12.3.1 编码器	248

12.3.2 通用译码器	255
12.4 数据选择器和数据分配器	270
12.4.1 数据选择器	270
12.4.2 数据分配器	272
12.5 组合逻辑电路竞争冒险及其消除	278
12.5.1 竞争冒险现象	278
12.5.2 检查竞争冒险现象的方法	279
12.5.3 消除竞争冒险现象的方法	280
习题 12	282
第十三章 触发器	286
13.1 基本 R-S 触发器	286
13.1.1 基本 R-S 触发器的结构和工作原理	286
13.1.2 触发器的功能描述	288
13.1.3 集成基本 R-S 触发器	291
13.2 触发器的分类及其逻辑功能	292
13.2.1 R-S 触发器	292
13.2.2 J-K 型触发器	294
13.2.3 D 型触发器	294
13.2.4 T 型触发器	295
13.3 触发器的其他触发方式	296
13.3.1 边沿触发器	296
13.3.2 主从触发器	299
13.4 常用集成触发器	300
13.4.1 74LS74 和 74LS113 集成边沿触发器	300
13.4.2 集成触发器的电气特性参数	301
习题 13	302
第十四章 时序逻辑电路	306
14.1 时序逻辑电路概述	306
14.1.1 时序逻辑电路的结构特点	306
14.1.2 时序逻辑电路逻辑功能的描述方法	307
14.1.3 时序逻辑电路的分类	307
14.2 时序逻辑电路的分析	308
14.2.1 同步时序电路的分析	308
14.2.2 异步时序电路的分析	312
14.3 常用集成时序逻辑电路	314

14.3.1 计数器·····	314
14.3.2 寄存器·····	321
习题 14 ·····	324
第十五章 实用功能器件 ·····	328
15.1 集成 555 定时器·····	328
15.1.1 555 定时器的电路组成 ·····	328
15.1.2 用 555 定时器构成的施密特门 ·····	329
15.1.3 用 555 定时器构成的多谐振荡器 ·····	331
15.1.4 用 555 定时器构成的单稳态触发器 ·····	334
15.2 存储器与可编程逻辑器件·····	336
15.2.1 半导体存储器 ·····	336
15.2.2 可编程逻辑器件 ·····	342
15.3 数模和模数转换·····	345
15.3.1 数模转换 (DA 转换) ·····	345
15.3.2 模数转换 (AD 转换) ·····	348
习题 15 ·····	354
参考文献 ·····	357

第一章 电路的基本概念与基本定律

1.1 电路组成和功能

电路对于我们每一个人都不陌生。小到手电筒、半导体收音机、电风扇、电视机、洗衣机、电冰箱，大到日常生活中的供配电照明系统，电路无处不在，与我们的生活息息相关。那么，什么叫电路，电路又是怎么工作的呢？下文以最简单的手电筒为例，看看电路的组成和功能。

众所周知，手电筒是用来照明的。要点亮小灯泡，必须从电源、开关到灯泡，用导线将它们连接成一条通路，合上开关，通路中有电流流过时灯泡就点亮了，如图 1.1 所示。如果需要起动一台洗衣机，也必须将电源、开关、起动设备、保护装置和电动机等设备，用导线连接成通路，合上开关，按下

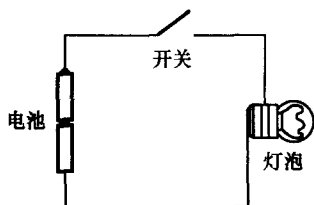


图 1.1 实际电路的例子

按钮后，有电流流过，洗衣机就起动了。可见，电路是由一些电气设备和电气器件，为实现一定的功能要求，按一定的方式连接起来的装置，而且电路一定是电流的通路。

实际电路的形式是千变万化的，但基本组成不外乎三大部分：电源（电池、发电机等）、负载（灯泡、电动机等）以及从电源到负载之间的开关、导线和其他电气设备，统称中间环节。在上面两个例子中，开关、导线、起动设备和保护装置等是中间环节。对于更复杂的电路，中间环节可能是很复杂的系统。因此，电路是由电源、负载和中间环节三部分组成。

显然，电源是产生电能的器件，例如发电机、各类电池等，它们把机械能、热能或化学能等其他形式的能转变成电能。负载是取用电能的器件，它们把电能转换成光能、机械能和热能等。中间环节则起到了传输和分配电能的作用。所以说电路的第一个功能是完成能量的传输与转换。

电路的第二个功能是执行信号的传递和处理。例如收音机、电视机，它们的接收天线接收到载有声音和图像信息的电磁波后，将其转换成相应的电信号，然后传送到后级的各相应电路部分进行调谐、变频、检波和放大等一系列处理，最后传递到扬声器和显像管，把电信号还原成声像信息。

1.2 电路模型

为了描述和分析电路的工作情况，我们常常需要画出电路图，如果电路比较简单，如手电筒等，还可以就元件的形状给出图形（这已经很麻烦了），设想一下如果电路比较复杂，用画实物的方式完成一个电路，几乎是不可能的。因此，在电工电子学中我们给出了一些理想电路元件的图形符号，如表 1.1 所示。由这些理想电路元件的图形符号画出的电路，称为电路模型。

表 1.1 常用理想电路元件的图形符号

名 称	符 号	功 能
电 池		电源或起负载作用
理想电压源		电源或起负载作用
理想电流源		电源或起负载作用
电阻		负载，耗能元件
电感		负载，储能元件
电容		负载，储能元件
开关		中间环节
二极管		中间环节
三极管（NPN 型）		中间环节

如图 1.1 所示的手电筒，其电路模型如图 1.2 所示。

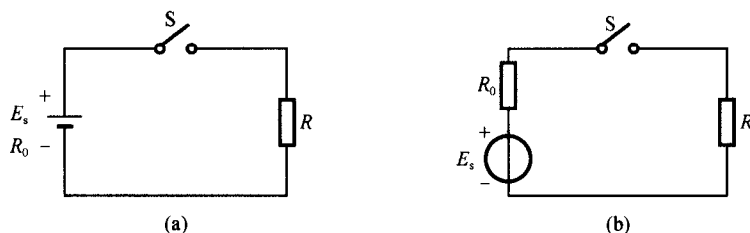


图 1.2 手电筒的电路模型

1.3 电路中基本物理量

为了描述和分析电路的工作情况，需要引出一些物理量：电流、电压、电动势、电位、电功和电功率等。早在物理电学里，我们就接触过这些物理量，这里再次介绍，是想从电路理论的角度，强调这些物理量对电路的本质描述，建立它们之间的关系，并给出各物理量的正方向的概念，并在此基础上定义正负号的意义。

1.3.1 电流、电压和电动势

电路中的电流是电荷在电源电动势产生的电场力作用下有规则的定向移动。度量电流大小的物理量称为电流强度，我们用“ i ”表示电流，用“ I ”表示直流电流。电流强度定义为在单位时间内通过导体横截面的电荷量 q ，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.3.1)$$

直流 I 可表示为

$$I = \frac{Q}{t}$$

直流是一种特殊的交流电流。

电流强度简称电流。电路中规定正电荷运动方向为电流的正方向，即电流从电源 E_s 正极出发，经闭合开关 S 流向负载电阻 R ，电流克服电阻阻力做功后回到电源的负极；电源力做功将正电荷由电源的负极经电源内部运送到电源的正极后就完成了电流的一个循环。电源消耗了自身所具有的非电能（如机械能、化学能等），强化了电荷的电位能。电流流经负载电阻 R 和电源内阻 R_0 时会在电阻两端产生电压 U_{ab} 和 U_0 ，电压的正方向与电流的方向一致，如图 1.3 所示。

电压是描述电场力做功能力的物理量。在图 1.3 所示电路中， a 、 b 两点间

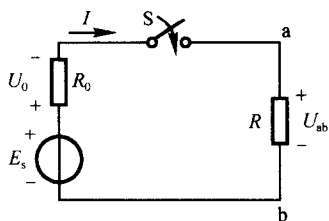


图 1.3 电流、电压和电动势的正方向

的电压在数值上等于电场力将单位正电荷沿任意路径从 a 点转移到 b 点所做的功, 记作 U_{ab} , 即

$$U_{ab} = \frac{d\omega}{dq} \quad (1.3.2)$$

式中, dq 为从 a 点转移到 b 点的电荷变化量, 单位为库仑 (C); $d\omega$ 为电荷 dq 在移动过程中电位能的变化量, 也就是电场力对电荷 dq 所做的功, 单位是焦耳 (J); U_{ab} 为电压, 单位是伏

特 (V)。负载电压的方向与电流方向相同。

电动势 E_s 是描述电源力做功能力的物理量, 它定义为: 电源力把单位正电荷从电源的低电位端经由电源内部移到高电位端所做的功, 也就是单位正电荷所获得的电位能。显然, 电动势与电压有相同的单位。电源电动势的方向与电流的正方向一致, 即从电源的负极指向电源的正极。因此, 电流、电压和电动势均为正电荷运动的方向。

我国法定计量单位是以国际单位制 (SI) 为基础的。在国际单位制中, 电流的单位是安培, 用符号 “A” 表示。即当 1s 内通过导体横截面的电荷 (量) 为 1C 时, 电流为 1A。计量小电流时, 以毫安 (mA) 或微安 (μA) 为单位。它们的换算进制为 10^3 , 即

$$1A = 10^3 mA = 10^6 (\mu A)$$

计量电压和电动势的单位为伏特 (V), 计量高电压时, 则以千伏 (kV) 为单位。

1.3.2 电流、电压的参考方向

在实际电路中我们往往不能准确地判断电流 (电压) 的正方向。如图 1.4 所示, R_3 中的电流 I_3 方向就无法判断, 因此, 在计算电流时我们需要先假定一个电流 (电压) 的正方向, 这个假定的电流 (电压) 正方向就称为电流 (电压) 的参考方向。在图 1.4 中我们假设 R_3 中的电流方向由 a 指向 b。

如果求解电路计算出的电流为正值, 则说明假设的电流参考方向与真实的电流正方向相同; 反之, 如果电流为负值, 说明假设的电流参考方向与真实的电流正方向相反。显然, 如上所述有

$$I_{ba} = -I_{ab}$$

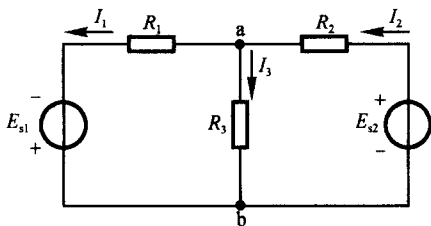


图 1.4 电流的参考方向

同理

$$U_{ba} = -U_{ab}$$

在图 1.4 中没有标出电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 两端的电压参考方向，我们约定此时电压与电流参考方向相同，即 R_3 两端的电压参考方向是 U_{ab} ，这种电压参考方向与电流的参考方向相同，称为关联参考方向。如图 1.5 所示， R_1 两端电压 U_1 参考方向与电流 I_1 的参考方向相反，称为非关联参考方向。（本书中用带有方向的线段表示电压的参考方向，箭尾为高电位，箭头为低电位；用“+”、“-”表示电压的实际正方向。）

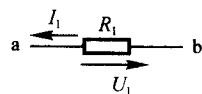


图 1.5 电压与电流非关联参考方向

1.3.3 电位的概念

在分析电路时，有时采用电位的概念讨论问题要比用电压的概念来得方便和清楚。那么什么是电位？电位与电压有何不同？电路中某点的电位是该点到电位参考点的电压，参考点的电位为零。在电路图中用“⊥”表示电位参考点。图 1.6 中，b 点为电位参考点，则 a 点的电位记作“ V_a ”，电位的单位与电压相同，为伏特（V）。

显然，电路中任意两点间的电压等于两点间的电位差，在图 1.6 中有

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

电位是一个相对的物理量，如果电路中电位参考点的选择不同，则电位的数值也随之改变。因此，只要选定一个参考点，计算电路中各点电位时，参考点不得随意改变。算得电路中各点的电位后，电路中任何两点间的电压也就确定了。

下面举个例子来说明电路中各点电位的计算及电路图的电位表示。

例 1.1 图 1.7 是一个单管放大电路，在某一瞬间加上信号 $u_i = -1V$ 。已知 $E_c = 12V$ ， $E_b = 6V$ ，求该瞬间电路中 e、m、n、p 各点电位及 mn、pm、pe 间的电压。

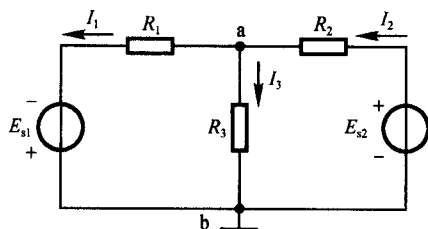


图 1.6 b 点为电位参考点

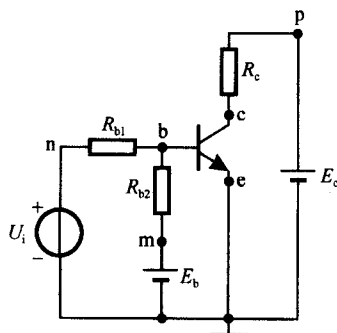


图 1.7 例 1.1 电路