

▶ 高等院校电子信息类规划教材

# 电路与电子技术基础

胡世昌 周传生 主编



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等院校电子信息类规划教材

# 电路与电子技术基础

胡世昌 周传生 主编

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

---

## 内 容 简 介

本书将原来的《电路分析》和《模拟电子技术基础》两门课程以及基础课程《大学物理》中的部分内容有机地结合起来,形成新的教材《电路与电子技术基础》,本教材可以用于在一个学期内完成两门课程的教学内容。本书的主要内容包括:电路与元件、线性电路分析、动态元件和动态电路、时域分析初步、正弦稳态分析、半导体元器件、基本放大电路、功率放大器、集成运算放大器、负反馈放大器、正弦波振荡器、直流稳压电源。本书适合作为计算机和电子信息类专业本科生电子技术基础课程的教材,也可以作为电子信息类学生研究生入学考试的复习参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术基础 / 胡世昌, 周传生主编. —北京:  
中国铁道出版社, 2007. 2  
高等院校电子信息类规划教材  
ISBN 978-7-113-07568-2

I. 电… II. ①胡… ②周… III. ①电路理论—高等学校—  
教材②电子技术—高等学校—教材 IV. TM13 TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 021971 号

书 名: 电路与电子技术基础

作 者: 胡世昌 周传生 等

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

策划编辑: 严晓舟 秦绪好

责任编辑: 苏 茜 谢立和 王雪飞

封面设计: 高 洋

封面制作: 白 雪

责任校对: 王春霞

印 刷: 河北省遵化市胶印厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.75 字数: 391 千

版 本: 2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~5 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-07568-2/TP·2242

定 价: 22.00 元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社计算机图书批销部调换。

计算机类专业的学生为什么要学习电路与电子技术？以及应该掌握到什么程度？这一直是有所争议的问题，也是编者试图回答的两个问题。

编者以为，计算机专业的学生学习电路与电子技术，首先的目的是要消除对于计算机的神秘感。人们对于计算机的掌握，正如任何一种工具，可以分成3个层次：第一个层次是使用，人们会使用它，但不知道为什么会这样，即所谓知其然；第二个层次是了解，人们知道某个事物运行的大致规律，但并不清楚其特定的细节，这时人们不再对其感到神秘，因为人们知其所以然；第三个层次是精通，人们不仅知道其大致规律，还应该非常细致地掌握了其细节，可以从头到尾地设计它。编者以为，为了使计算机专业的学生能够理解计算机内部的真实运行机制，必须让他们了解计算机硬件的基础，而要达到这个目的，首先要了解电路与电子技术（包括模拟、数字两种）。当然，对于那些想要在计算机硬件领域具有更深造诣的读者，本书的内容还远远不够。

在内容的安排上，传统上需要首先学习大学物理，再学习电路、电子技术，考虑到计算机等非电类专业学时的限制和学生学习的实际需求，本书将这些相关的物理、电路和模拟电子技术知识综合在一起，并在总量上作了适当的精简。

至于学习方法，本书提倡读者了解知识的内在结构，我们认为学习电路与模拟电子技术，并不需要大量的记忆和过多的公式，必要的数学基础、简单的几个电路分析方法加上对特定电路元件特性的了解，足以让读者掌握本书内容。

本书力图通过简单直观的方法来讲述，避免过于晦涩的理论陈述。目的在于有利于读者阅读和理解，我们希望读者通过独立地阅读本书，就能够解答他们的大多数疑问。编者在写作时也使用了很多口语化的写法，因为我们希望使阅读成为一个愉快的经历，让学习成为一个充满乐趣的过程，所以本书非常适合于自学。

是的，学习应该是轻松而有趣的。

本书第1章~第5章为电路部分，重点讲述线性电路的分析方法，在此基础上，再对非线性电路的分析加以适当的介绍。

第1章介绍电路变量与基本电路元件，使读者可以轻松地与基础物理的知识进行衔接。第1章的最后，介绍了电路分析中非常重要的基础知识——基尔霍夫电流和电压定律，以及这两个定律的简单应用。

第2章~第5章都是有关线性电路分析的内容，其中：

第2章介绍线性电路分析的基本定律和方法，包括节点和网孔分析法、叠加原理、戴维南与诺顿定理等。为避免引入过多的难点，在这里主要是以电阻电路分析为例进行讲解。通过对本章的学习，读者能够熟练掌握电阻的特性以及线性电路的各种分析方法，重点应放在分析方法的掌握上。第3章介绍两个动态元件——电感和电容的电压/电流关系，并由此推导出多个动态元件串并联时元件参数之间的关系。把动态元件放在线性电路分析之后讲解，有助于分散难点和突出重点，同时也为第4章和第5章进一步学习动态电路分析作好了基础准备。第4章介绍使用微分方程求解动态电路的时域分析法，考虑到学时数和具体的专业需求，我们仅仅介绍了一阶电路时域分析和三要素法。在本章的开始，提出了频域分析的概念，并在结尾通过具体例子分析了用微分方程求解动态电路的烦琐。第5章以

介绍正弦稳态分析为重点，这是考虑到全面讲述频域分析需要掌握很多的数学基础，对计算机和非电类专业显得过于困难。采用频域分析可以将线性电路分析的方法推广到动态电路中，本章强调了二者之间的联系。同时也对电气设备经常使用的三相电作出了比较详细的分析。

第6章~第12章介绍了模拟电子技术部分，其中：

第6章介绍常用半导体元器件，即二极管、三极管和场效应晶体管及其特性。第7章介绍各种基本放大电路及其分析方法，主要集中在共射放大电路的分析、图解法和等效电路法，并对多级放大电路加以简单介绍。第8章介绍功率放大器，重点分析了单管功率放大电路和推挽功率放大电路。第9章介绍集成运算放大器的组成和使用，包括静态工作点的漂移和差动输入电路，以及集成运算放大器的分析方法和典型应用。第10章介绍负反馈放大器，侧重于基本概念的掌握以及负反馈对放大器参数的影响，以及负反馈放大电路的分析方法。第11章介绍正弦波振荡器，包括RC、LC振荡器和石英晶体振荡器。第12章介绍常用的直流稳压电源，包括整流滤波原理、稳压电路及典型集成稳压电路的应用。

本书是为计算机以及非电子类专业学生编写而成的，适用于本科生教学或自学。如果用于专科教学，可对内容作适当的删减。

参加本书编写工作的还有吴鹏、郭宏伟、单连成、邹焜、孙静和刘杰，在此深表感谢。同时我们也对编写本书给予大力支持的刘天华、刘利群和于锡金表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，不足之处在所难免，恳请各位读者批评指正。

编者

2007年2月

<b>第 1 章 电路与元件</b> .....	<b>1</b>
1.1 引言 .....	1
1.1.1 电路及其组成 .....	1
1.1.2 计量单位制 .....	2
1.2 电路变量 .....	3
1.2.1 电荷与电流 .....	3
1.2.2 电流强度 .....	4
1.2.3 电流方向 .....	4
1.2.4 电压 .....	5
1.2.5 功率 .....	9
1.3 电阻和欧姆定律 .....	11
1.3.1 欧姆定律 .....	12
1.3.2 电阻的伏安特性 .....	12
1.3.3 电阻的功率 .....	13
1.3.4 电导 .....	14
1.3.5 开路与短路 .....	14
1.4 电源 .....	14
1.4.1 独立电源 .....	15
1.4.2 受控电源 .....	16
1.4.3 无源元件和有源元件 .....	17
1.5 基尔霍夫定律 .....	17
1.5.1 基尔霍夫电流定律 .....	18
1.5.2 基尔霍夫电压定律 .....	20
1.5.3 有源电路欧姆定律和全电路欧姆定律 .....	21
习题 .....	23
<b>第 2 章 线性电路分析</b> .....	<b>26</b>
2.1 线性电路 .....	26
2.2 简单电路分析 .....	27
2.2.1 串联和并联 .....	27
2.2.2 独立源的串并联 .....	27
2.2.3 电阻的串并联 .....	29
2.2.4 支路电流法 .....	32
2.3 结点和网孔分析 .....	33
2.3.1 结点分析法 .....	33
2.3.2 网孔分析法 .....	37

2.4	叠加原理	40
2.5	电源变换	42
2.5.1	理想电源和实际电源	42
2.5.2	电压源和电流源的等效变换	44
2.5.3	受控源的等效变换	45
2.6	戴维南与诺顿定理	46
2.6.1	戴维南与诺顿定理	46
2.6.2	戴维南与诺顿等效电路的求解	47
2.6.3	最大功率传输定理	50
2.7	Y- $\Delta$ 变换	51
	习题	53
<b>第3章</b>	<b>动态元件和动态电路</b>	<b>56</b>
3.1	电容	56
3.2	电感	59
3.3	电容的串并联	62
3.4	电感的串并联	63
3.5	线性动态电路	65
	习题	67
<b>第4章</b>	<b>时域分析初步</b>	<b>69</b>
4.1	动态电路的分析方法	69
4.2	一阶RC电路	69
4.2.1	暂态响应和稳态响应	71
4.2.2	零状态响应和零输入响应	72
4.3	一阶RL电路	72
4.3.1	换路定则	74
4.3.2	时间常数	75
4.4	三要素法求解一阶电路	76
	习题	79
<b>第5章</b>	<b>正弦稳态分析</b>	<b>82</b>
5.1	正弦交流电	82
5.1.1	正弦信号的三要素	82
5.1.2	正弦信号的相位差	83
5.1.3	正弦信号的参考方向	84
5.1.4	正弦信号的有效值	84
5.1.5	正弦信号的运算	85
5.2	相量	87
5.2.1	复数及其运算	87

5.2.2	将微分方程转化为代数方程.....	88
5.2.3	正弦信号的相量表示.....	90
5.2.4	正弦量的微分、积分的相量表示.....	91
5.2.5	总结：从时域表示到频域表示.....	92
5.3	相量分析.....	93
5.3.1	电路元件伏安特性的相量形式.....	93
5.3.2	基尔霍夫定律的相量形式.....	97
5.4	阻抗与导纳.....	97
5.4.1	欧姆定律的相量形式.....	97
5.4.2	阻抗的串并联.....	98
5.4.3	阻抗的意义.....	99
5.5	谐振.....	102
5.5.1	串联谐振（电压谐振）.....	102
5.5.2	并联谐振（电流谐振）.....	103
5.5.3	谐振的物理本质.....	104
5.5.4	谐振的品质因数（quality factor）.....	105
5.6	相量分析法.....	107
5.7	交流电路的功率.....	109
5.7.1	平均功率.....	109
5.7.2	复功率、有功功率和无功功率.....	110
5.7.3	最大功率传输定理.....	112
5.8	三相电路.....	113
5.8.1	三相电源.....	114
5.8.2	三相电路的负载.....	116
5.8.3	三相电路负载的星（Y）形连接.....	116
5.8.4	三相电路负载的三角（ $\Delta$ ）形连接.....	118
5.8.5	三相电路的功率.....	119
习题	.....	120
<b>第 6 章</b>	<b>半导体元器件.....</b>	<b>123</b>
6.1	半导体的导电性能.....	123
6.1.1	本征半导体.....	123
6.1.2	N 型半导体和 P 型半导体.....	124
6.1.3	PN 结.....	125
6.2	半导体二极管.....	128
6.2.1	基本结构.....	128
6.2.2	二极管的特性.....	129
6.2.3	二极管的主要参数.....	130
6.2.4	二极管的应用举例.....	130
6.3	特殊二极管.....	132



6.3.1	稳压二极管 .....	132
6.3.2	光电二极管 .....	134
6.3.3	发光二极管 .....	134
6.4	半导体三极管 .....	135
6.4.1	基本结构 .....	135
6.4.2	电流分配和放大原理 .....	136
6.4.3	双极型半导体三极管的共射特性曲线 .....	139
6.4.4	半导体三极管的其他参数 .....	141
6.4.5	半导体三极管工作状态分析 .....	143
6.5	场效应晶体管 .....	144
6.5.1	结型场效应管 .....	145
6.5.2	MOS 场效应管 .....	148
6.5.3	场效应管的主要参数 .....	151
习题	.....	152
<b>第 7 章</b>	<b>基本放大电路</b> .....	<b>155</b>
7.1	放大电路概述 .....	155
7.1.1	放大电路的功能与参数 .....	155
7.1.2	放大电路的基本结构 .....	156
7.1.3	共射组态基本放大电路 .....	156
7.2	等效电路分析法 .....	157
7.2.1	直流近似估算 .....	158
7.2.2	交流小信号估算 (微变等效电路法) .....	159
7.3	图解分析法 .....	163
7.3.1	直流图解分析 .....	163
7.3.2	交流图解分析 .....	164
7.4	静态工作点的稳定 .....	166
7.5	放大电路的频率特性 .....	167
7.6	多级放大电路及其级间耦合方式 .....	168
7.6.1	阻容耦合 .....	168
7.6.2	直接耦合 .....	169
7.6.3	变压器耦合 .....	169
7.6.4	多级放大电路电压放大倍数的计算 .....	170
7.7	场效应管放大电路 .....	170
习题	.....	171
<b>第 8 章</b>	<b>功率放大器</b> .....	<b>173</b>
8.1	放大电路的输出功率 .....	173
8.2	单管功率放大电路 .....	176
8.3	推挽功率放大电路 .....	178
习题	.....	182

<b>第 9 章 集成运算放大器</b> .....	<b>183</b>
9.1 直流放大器极间耦合方式及零点漂移.....	183
9.1.1 直流放大器与直接耦合.....	183
9.1.2 零点漂移.....	184
9.2 差动放大电路.....	186
9.2.1 差动放大电路的原理.....	186
9.2.2 差动放大电路的输入输出方式.....	188
9.2.3 改进的差动放大电路.....	188
9.2.4 长尾式差动放大电路.....	190
9.3 集成运算放大器的主要技术指标.....	191
9.4 集成运算放大器的基本分析方法.....	193
9.5 集成运算放大器的应用.....	194
9.5.1 比例运算.....	194
9.5.2 加减法运算.....	196
9.5.3 积分运算和微分运算.....	198
9.5.4 数模转换器.....	199
9.5.5 比较器.....	199
习题.....	201
<b>第 10 章 负反馈放大器</b> .....	<b>203</b>
10.1 反馈的基本概念与分类.....	203
10.1.1 反馈的基本概念.....	203
10.1.2 反馈的分类.....	204
10.2 负反馈一般表达式及对放大电路的影响.....	211
10.2.1 负反馈的一般表达式.....	212
10.2.2 负反馈对放大器性能的影响.....	212
10.3 深度负反馈条件下的近似估算法.....	219
10.3.1 非深度负反馈的一般计算方法.....	219
10.3.2 深度负反馈放大电路的近似估算.....	220
习题.....	224
<b>第 11 章 正弦波振荡器</b> .....	<b>225</b>
11.1 正弦波振荡电路的工作原理.....	225
11.1.1 正弦波的产生.....	225
11.1.2 自激振荡的条件.....	227
11.2 LC 正弦波振荡器.....	229
11.2.1 三点式正弦波振荡电路.....	229
11.2.2 改进型电容三点式正弦波振荡电路.....	231
11.3 RC 正弦波振荡器.....	232

11.3.1	RC 串并联网络的选频特性 .....	232
11.3.2	RC 串并联网络正弦波振荡电路 .....	233
11.4	石英晶体振荡器 .....	234
11.4.1	石英晶体振荡器的原理 .....	234
11.4.2	石英晶体振荡器的主要参数 .....	235
11.4.3	石英晶体振荡电路 .....	236
习题	.....	239
<b>第 12 章</b>	<b>直流稳压电源</b> .....	<b>240</b>
12.1	直流稳压电源的组成 .....	240
12.2	整流与滤波 .....	241
12.2.1	半波整流电路 .....	241
12.2.2	全波整流电路 .....	242
12.2.3	桥式整流电路 .....	243
12.2.4	倍压整流电路 .....	244
12.2.5	平滑滤波器 .....	246
12.2.6	整流滤波电路设计举例 .....	247
12.3	直流稳压电路 .....	248
12.3.1	并联型稳压电路 .....	249
12.3.2	串联型稳压电路 .....	249
12.3.3	集成稳压电路 .....	250
习题	.....	251
参考文献	.....	253
附录	习题答案 .....	254

# 第 1 章 电路与元件

电路理论和电磁学是电子工程技术的两大基础理论，自动控制、电子技术、通信、测量仪器、计算机等专业都是在此基础上发展起来的。学好电路理论是学习电子工程学科的重要前提。

## 1.1 引言

### 1.1.1 电路及其组成

一个实际电路是由电气元件互相连接而构成，并具有一定功能的整体。组成实际电路的电气元件种类繁多、性能各异，其中常用的有电池、信号产生器、电阻、电容、电感、开关、晶体管等。电路的基本功能可以分为两类：实现电能的产生、传输、分配和转换，或完成电信号的产生、传输、存储和变换。

图 1-1 (a) 是电能产生、传输、转换的例子，它是一个简单的照明电路，由电池、开关、连接导线、灯组成。其作用是将由电池提供的电能传送给灯并转换成光能。其中电池用于提供电能，灯消耗电能，并将其转换成光能，开关和导线则用于将电池和灯连接起来。

图 1-1 (b) 是电信号的产生、传输、变换的例子，话筒产生的声音信号经放大器放大后，通过扬声器变换为人耳能够听到的声音信号。

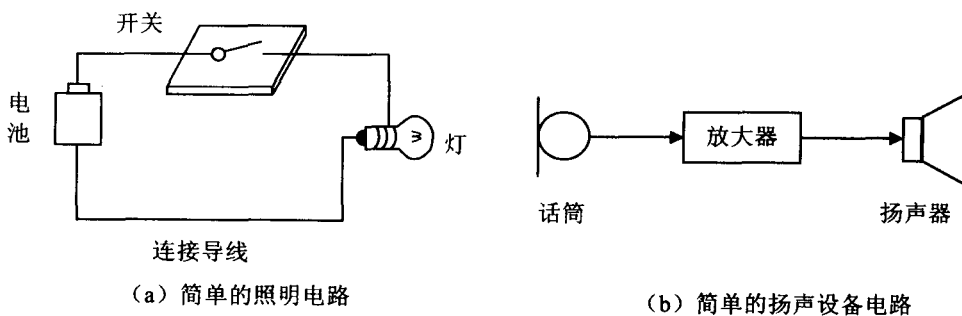


图 1-1 实际电路举例

在电路理论中，常将提供电能或信号的器件、装置称为电源；将使用电能或电信号，并将电能转换成其他形式能量的设备称为负载。连接在电源和负载之间起着电能的传输、分配作用的其他器件则构成了中间环节。

要构成一个电路，电源、负载、中间环节三部分必不可少。

每个实际电路的电气元件的特性是复杂的，为了便于分析，可以抽取出某个主要的电磁特性，构建出它的数学模型来近似代表实际元件，这种数学模型称为理想化电路元件，由理想化电路元件构成的电路称为电路模型。

图 1-2 (a) 是一个由电池、开关和灯组成的简单的实际电路，图 1-2 (b) 是它对应的电路模型，或者称为它的电路图。由图中可见，实际电路和表示它的电路图有很大的差别，因为电路图是用实际元件的数学模型（即理想化电路元件）建立的，实际应用中多种多样

的电气元件被表示成了有限的几种理想电路元件，所以从电路图中无法看出原来的实际电路元件究竟是什么。为了完整起见，这里也给出了它的电气连接图，如图 1-2 (c) 所示，本书对电气图不作过多的介绍。

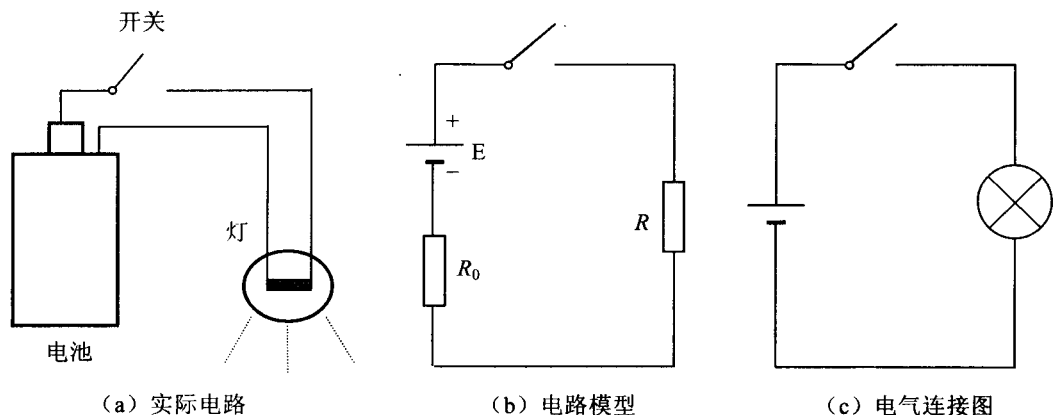


图 1-2 电路的几种表达方式

同一个理想化电路元件对应着多种多样的实际电路元件，相应地，同一个实际元件也可能有着不同的理想模型，随着应用场合的不同，其理想模型也可能有所不同。随着课程的深入，读者会逐步加深理解。

通过使用理想化电路元件，可以对其进行精确的数学分析，并对实际中存在的种类繁多的实际元件进行统一分析。比如，实际的电阻都有着千差万别的外观和不同的应用，而在电路模型中，我们是用同样的电路元件来代表的。

电路理论分析的研究对象是电路模型，而不是实际电路。为此首先要熟悉一些计量单位制的概念和基本的电路变量。

### 1.1.2 计量单位制

使用最为广泛的计量单位制是国际单位制，它是 1960 年在国际计量大会上通过的，此后又经过了多次修订。国际单位制建立在 7 种基本单位之上，如表 1-1 所示。

表 1-1 国际单位制

基本量名	单位名	单位符号
长度	米	m
质量	千克	kg
时间	秒	s
电流	安培	A
热力学温度	开尔文	K
物质的量	摩尔	mol
发光强度	坎德拉	cd

国际单位制的优点是通过对十进制与 7 个基本单位相联系，可以表达出很大和很小的量，并用词头来表达 10 的幂次，表 1-2 是常用的国际单位制词头。建议读者熟悉这些词头，因

为它们已经为各类学科所采用，渗入了人们生活的各个方面。

表 1-2 常用的国际单位制词头

词头	名称	符号	词头	名称	符号
$10^{24}$	yotta (尧)	Y	$10^{-24}$	yocto (幺)	y
$10^{21}$	zetta (泽)	Z	$10^{-21}$	zepto (仄)	z
$10^{18}$	exa (艾)	E	$10^{-18}$	atto (阿)	a
$10^{15}$	peta (拍)	P	$10^{-15}$	femto (飞)	f
$10^{12}$	tera (太)	T	$10^{-12}$	pico (皮)	p
$10^9$	giga (吉)	G	$10^{-9}$	nano (纳)	n
$10^6$	mega (兆)	M	$10^{-6}$	micro (微)	$\mu$
$10^3$	kilo (千)	k	$10^{-3}$	mili (毫)	m
$10^2$	hecto (百)	h	$10^{-2}$	centi (厘)	c
10	deka (十)	da	$10^{-1}$	deci (分)	d

其他单位，如力、能量等的单位都是从 7 个基本单位推导而来的。比如功或能量的基本单位焦耳 (J)，国际单位制定义  $1\text{J}=1\text{kgm}^2/\text{s}^2$ ；功率的单位瓦特 (W)， $1\text{W}=1\text{J/s}$ 。还有一些计量单位并不属于国际单位制，如热量单位卡 (cal)， $1\text{cal}=4.1868\text{J}$ ；功率单位马力， $1\text{马力}=739.499\text{W}$ ；等等。这些非国际单位制不建议使用。

## 1.2 电路变量

电路分析的主要对象是可以方便地测量的 3 个基本物理量——电流、电压和功率。其他相关的变量则有助于理解电路模型及其规律。

### 1.2.1 电荷与电流

根据原子理论，物质是由原子组成的，原子又是由原子核和围绕原子核高速运动的电子组成的。原子核由带正电荷的质子和不带电荷的中子组成，所以整体上原子核带正电荷。电子带负电荷。电子的负电荷与质子的正电荷平衡，而且每个原子的质子数与电子数相等，因此原子呈中性。

带电粒子所带的电荷数称为电荷量。电荷量的国际单位是库仑 (C)。1 库仑的电量等于  $6.24 \times 10^{18}$  个电子所带的电荷量。单个电子所带的电荷量是  $-1.602 \times 10^{-19}\text{C}$ ，单个质子所带的电荷量是  $1.602 \times 10^{-19}\text{C}$ 。

不随时间变化的电荷量常用大写字母  $Q$  表示。瞬间电荷量 (可以随时间变化，也可以不随时间变化) 则用  $q(t)$  表示，也常常简记为  $q$ 。这是工程上的一种习惯用法：大写字母表示常量；小写字母则用于更一般的表示，可以是常量，也可以是变量。原子最外层的电子在适当条件下可能克服原子核的吸引力，而从原子中挣脱出来，成为带负电的自由电子，失去电子的原子则会形成带正电荷的粒子。因此电荷既不能创造，也不能消失，这种特性叫做电荷守恒性。但是在一定的条件下，电荷能从一个地方转移到另一个地方，这种电荷的移动就形成了电流。

图 1-3 表示了金属导体中产生电流的情况，外加电压的作用使金属导体中的电子发生迁移。其中的箭头表示正电荷的运动方向，所以电子的运动方向实际上是与箭头方向相反的。

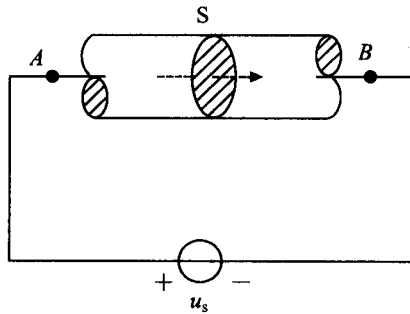


图 1-3 金属导体中产生电流的情况

由于电荷在工程上难以测量，因此常常将电流作为分析和测量的对象。

## 1.2.2 电流强度

任何物体的运动都存在着速率和方向的问题，电荷运动也不例外。微观上这种电荷运动的速率和方向的不同，反映到宏观上就是电流的大小和方向。

大小和方向均不随时间变化的电流称为直流电流，用大写字母  $I$  表示。大小或方向随时间变化的电流则称为时变电流，用  $i(t)$  表示，简写为  $i$ 。

如果电路中电荷运动的速率快，则电流就强；反之，电流就弱。衡量电路中电荷速率的指标称为电流强度，其定义是单位时间内通过电路某截面的电荷量，可表达为电荷对时间的变化率，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

上式中， $q$  为电荷量，单位为库仑 (C)。

$t$  为时间，单位为秒 (s)。

$i$  为电流强度，单位为安培 (A)，这是以法国物理学家安培 (A.M.Ampere) 命名的。1A=1C/s，表示在 1 秒内，通过导体横截面的电荷量为 1 库仑时，电流为 1 安培。

安培 (Andre-Marie Ampere, 1775~1836) 是法国数学家和物理学家，出生于法国里昂，安培于 1820 年给出电流的定义和测量电流的方法。他发明了电磁铁和安培表，是电力学的奠基人。

## 1.2.3 电流方向

物理学中规定正电荷的运动方向为电流方向，带负电的自由电子的运动方向则与电流方向相反。不同媒介中的导电粒子是不同的，最常见的金属导体中主要的导电媒介是自由电子，如果电流方向是从  $A$  端向  $B$  端，其内部实际发生的是自由电子在从  $B$  端向  $A$  端运动，在效果上这相当于等量的正电荷自  $A$  端向  $B$  端的运动。

在分析复杂电路时，通常难以事先判定电流的真实方向，而且在—根金属线上，电流只能有两种不同的方向，因此可以任意假定—种方向作为参考方向，当实际电流方向与它相同时，电流是正值；反之，电流是负值，如图 1-4 所示。图中用实线箭头表示参考方向，虚线箭头表示该电路中电流的真实方向。



图 1-4 电流的参考方向

电流参考方向是任意指定的，如果根据这个参考方向进行计算的结果是正值，就说明实际电流方向与参考方向相同；如果结果是负值，就说明实际电流方向与参考方向相反。

必须强调，当提到电流的时候必须同时指明其大小和方向，忽略其中任何一个方面，其描述都是不完整的。

大小和方向均不随时间变化的电流称为直流电流，简称为 DC。大小和方向按正弦变化的电流称为交流电流，简称为 AC。此外还可能有按照其他规律变化的电流。但直流和交流电流是工程中最常遇到的两个类型。

**【例 1-1】** 电流强度为 1A 的电流由 A 向 B 通过电路元件，实际方向如图 1-5 (a) 和图 1-5 (b) 中虚线箭头所示，电流参考方向如图中实线所示，求  $I_1$  和  $I_2$  的值。

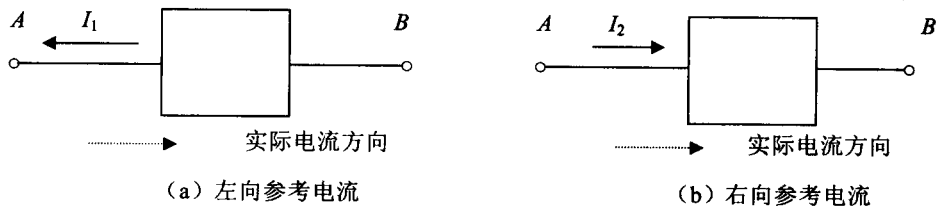


图 1-5 例 1-1 图

**【解】**

$$I_1 = -1\text{A} \quad I_2 = 1\text{A}$$

## 1.2.4 电压

### 1. 电势能

在平面上移动任何物体时，都必须用力。但是，物体从高处自由落下，水从高处向低处流，树叶落向地面，是谁在用力呢？物理学已经告诉我们，这是重力在起作用。在重力的作用下，处在地面不同高度的物体有着不同的重力势能。相同质量的物体在相同的高度具有相同的重力势能。物体在重力作用下下落时，会失去重力势能，而获得动能。根据能量守恒定律，物体失去的重力势能和获得的动能大小相等。

推动电荷移动的力称为电场力。电荷处在电场中时会受到电场力的作用，正电荷会沿着电场力的方向运动，负电荷则会沿着电场力的相反方向运动，从而在电路中产生电流。在没有电



场力的地方，电荷会保持静止，而不会自发地发生移动，自然也就不会产生电流。电场力对于处于电场中的电荷的作用，与重力对于处于地球引力范围内的物体的作用十分相似。处于电场中的不同位置的电荷也有着不同的势能，这种势能被称为电势能。

等量的电荷在相同的电场中的相同点具有相同的电势能，或者说电势能只与电荷量和电场的特性这两个因素有关。电荷在电场力的作用下移动时，也会失去电势能。根据能量守恒定律，这些失去的电势能会转化成等量的其他形式的能量。

为了计量电势能的大小，必须设定一个电势能为零的位置，物理学上认为距离电场无限远处的电势能为零（这一点也和重力势能的约定相似，回忆一下，在计算重力势能时通常认为地面的重力势能为零）。所以，电势能是一个相对的量。

## 2. 电势

电势能与电荷量的比值称为电势，由于电势能只与电荷在电场中的位置以及电荷量有关，所以可以用电势的分布来表征电场的特性。如果电场力将电荷  $q$  从某点移动到无限远处所做的功为  $w$ ，那么该点电势的计算公式为

$$v = \frac{dw}{dq} \quad (1-2)$$

其中  $w$  是电场力对电荷所做的功，单位为焦耳 (J)。

$q$  是电荷量，单位为库仑 (C)。

$v$  是该点的电势，单位为伏特 (V)。

在前文关于电势能的叙述中，已经指出“等量的电荷在同一电场中的相同点具有相等的电势能”。公式 (1-2) 在计算电势时通过微分去掉了电荷量的影响，所以它就只与电场本身的特性有关了，即：

电势的大小只与电场本身的特性有关，电场中的相同点具有相同的电势。

这个结论对于理解许多基本概念来说十分重要。

如果电荷在电场力的作用下移动，则说明电场力对电荷做了功，相应地电荷失去了电势能。在分析时可设定电路中某一点的电势为零，相应地电荷在该点的电势能也为零，称之为零参考点，其他点的电势都是相对于零参考点而言的。

某点的电势也称该点的电位，在工程上后一个名称更常用。用符号  $V_A$  表示  $A$  点间的电位。电位是一个相对的量，当我们说“ $A$  点电位”时就是指  $A$  点相对于零参考点的电位差，电位可能为正，也可能为负。正电位说明  $A$  点电位高于零参考点，负电位说明  $A$  点电位低于零参考点。

工程上习惯约定电路的“接地点”为零参考点。

电路的接地：

电路中的“接地”也叫公共端，有三类常见的“接地”(earth ground) 类型，分别称为“大地”、“信号地”和“机壳地”，其符号分别如图 1-6 (a)、图 1-6 (b) 和图 1-6 (c) 所示。

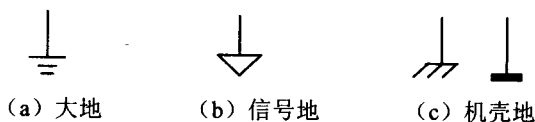


图 1-6 三种表示接地方法的符号