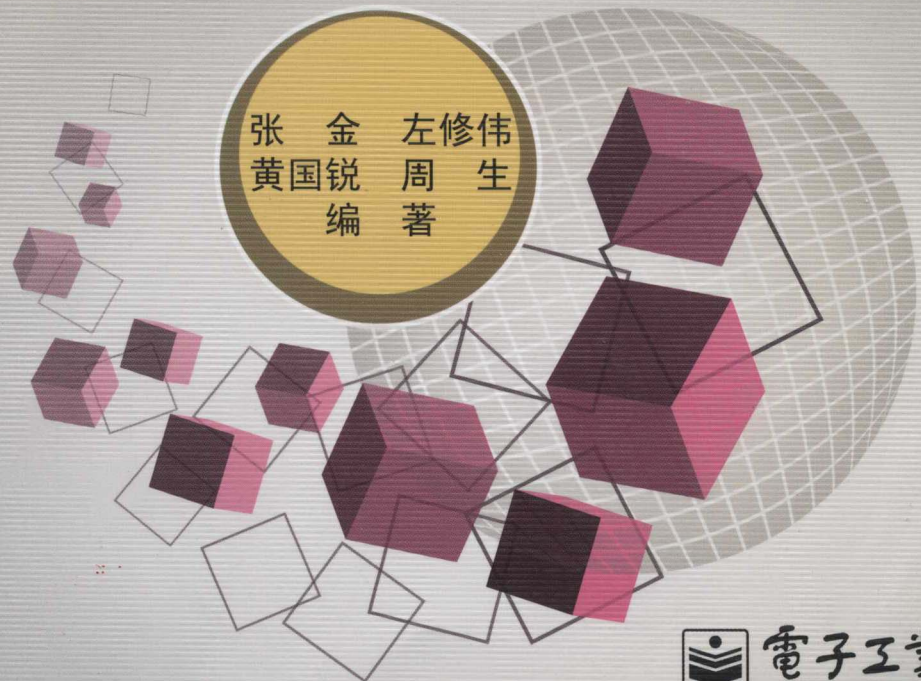


卓越工程师培养计划·电子信息

# 电子设计工程师之路



张 金 左修伟  
黄国锐 周 生  
编 著



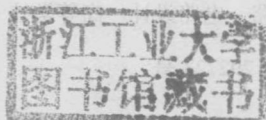
电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

卓越工程师培养计划·电子信息

# 电子设计工程师之路

张金 左修伟 黄国锐 周生 编著



浙江工业大学图书馆



72013696

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书系统阐述了电子设计工程师认证考试大纲要求的基础理论和分析方法。全书共 13 章, 其中第 1~4 章详细介绍了电路的基本理论、基本电路元件、电路基本定律、正弦交流电路、三相电路和暂态电路的分析方法; 第 5~7 章从半导体器件入手详细讨论了放大电路的概念、组成和工作原理, 集成运算放大器及应用, 稳压电源的组成和工作原理; 第 8~12 章讲述了数字电子技术涉及的逻辑函数及其化简、逻辑门、组合逻辑电路、时序逻辑电路、555 定时器等的相关概念、分析和设计方法; 第 13 章集中讨论了信号与系统分析的有关理论和方法。

本书体系完整、内容全面、实例丰富, 叙述浅显易懂, 既可作为电子设计工程师的培训和参考用书, 也可供从事电子系统设计、开发的工程人员参考或作为自学用书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有, 侵权必究。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电子设计工程师之路 / 张金等编著. —北京: 电子工业出版社, 2014. 1

(卓越工程师培养计划·电子信息)

ISBN 978-7-121-22087-6

I. ①电… II. ①张… III. ①电子电路-电路设计-高等学校-教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 292723 号

策划编辑: 王敬栋 (wangjd@phei.com.cn)

责任编辑: 谭丽莎

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订: 北京京师印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 26 字数: 666 千字

印 次: 2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 59.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlls@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

本书既是教育部“卓越工程师培养计划”中电子信息类课程群中的重要一环，也是作者多年来从事电子技术系列课程教学内容与体系改革，以及传感探测学科领域科学研究的经验总结。

本书在内容选取上遵循电子设计工程师认证考试的指导思想，以培养认证学员的实际动手能力为落脚点，努力缩小院校教学与市场需求的差距。

全书由陆军军官学院张金教授统稿，共分13章：第1章介绍电路的基本概念、元件、定律和分析方法；第2章介绍正弦交流电路的分析方法；第3章介绍三相电路的分析方法和安全用电的有关知识；第4章介绍电路的暂态过程及三要素法；第5章介绍常用半导体器件及放大电路的基本知识；第6章介绍集成运算放大器及应用；第7章介绍直流稳压电源的组成、原理及三端稳压电源；第8章介绍数字电路的基本分析工具，逻辑函数的化简方法；第9章介绍TTL逻辑门电路及组合逻辑电路的分析、设计方法和常用组合逻辑器件；第10章介绍双稳态触发器及时序逻辑电路的分析、设计方法和常用时序逻辑器件；第11章介绍555集成器件及由此构成的多谐振荡器、单稳态触发器和施密特触发器；第12章介绍CMOS数字集成电路及半导体存储器的相关内容；第13章介绍信号与系统的相关概念，连续线性时不变系统、离散线性时不变系统的分析。

参加本书编写的还有陆军军官学院的左修伟讲师、黄国锐讲师、周生讲师。

在本书的编写过程中，参考了许多专家同行们的著作，无法一一列出，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中纰漏、不妥之处在所难免，恳切希望读者批评指正。

编著者

2013年4月于合肥

# 目 录

<b>第 1 章 电路的基本概念和基本分析方法</b> .....	1
1.1 电路和电路模型 .....	1
1.1.1 电路 .....	1
1.1.2 电路模型 .....	1
1.2 电路的基本物理量 .....	1
1.2.1 电流及其参考方向 .....	2
1.2.2 电压及其参考方向 .....	2
1.2.3 电位 .....	3
1.2.4 电动势 .....	4
1.2.5 功率 .....	4
1.3 电路的工作状态 .....	5
1.3.1 开路状态 (空载状态) .....	5
1.3.2 短路状态 .....	5
1.3.3 负载状态 .....	6
1.4 电阻元件、电感元件和电容元件 .....	6
1.4.1 电阻元件 .....	6
1.4.2 电感元件 .....	8
1.4.3 电容元件 .....	8
1.5 电压源与电流源 .....	9
1.5.1 理想电压源和电流源 .....	9
1.5.2 实际电源的模型 .....	10
1.6 基尔霍夫定律 .....	11
1.6.1 几个相关的电路名词 .....	11
1.6.2 基尔霍夫电流定律 (KCL) .....	12
1.6.3 基尔霍夫电压定律 (KVL) .....	12
1.7 电路的基本分析方法 .....	14
1.7.1 支路电流法 .....	14
1.7.2 回路电流法 .....	15
1.7.3 节点电压法 .....	17
1.8 电路的串联、并联与混联 .....	18
1.8.1 电阻的串联 .....	18
1.8.2 电阻的并联 .....	19
1.8.3 电阻的混联 .....	21

1.9	线性电路的原理及应用	21
1.9.1	戴维南定理	21
1.9.2	戴维南定理的应用	21
1.9.3	叠加定理	23
1.9.4	叠加定理的应用	24
<b>第2章</b>	<b>正弦交流电路</b>	<b>25</b>
2.1	正弦交流电路的基本概念	25
2.1.1	正弦电流及其三要素	25
2.1.2	相位差	26
2.1.3	有效值	26
2.2	正弦量的相量表示法	27
2.2.1	复数及其表示形式	27
2.2.2	复数运算	27
2.2.3	正弦量的相量表示法	28
2.3	电阻、电感和电容元件电压与电流的相量关系	29
2.3.1	电阻元件	29
2.3.2	电感元件	31
2.3.3	电容元件	33
2.4	基尔霍夫定律的相量形式	35
2.5	正弦交流电路的相量分析	35
2.5.1	电阻、电感和电容串联的电路及复阻抗	35
2.5.2	电阻、电感和电容并联的电路及复导纳	38
2.5.3	复阻抗与复导纳的等效变换	40
2.5.4	阻抗的连接	42
2.6	用相量法分析复杂交流电路	45
2.7	正弦交流电路中的功率及功率因数的提高	47
2.7.1	有功功率、无功功率、视在功率和功率因数	47
2.7.2	功率因数的提高	48
2.8	正弦交流电路负载获得最大功率的条件	50
<b>第3章</b>	<b>三相电路</b>	<b>51</b>
3.1	三相电源	51
3.1.1	对称三相电源	51
3.1.2	相序	52
3.2	三相电源的连接	52
3.2.1	三相电源的星形连接	53
3.2.2	三相电源的三角形连接	53
3.3	对称三相电路	54
3.3.1	负载为星形连接的对称三相电路	54

3.3.2	负载为三角形连接的对称三相电路	57
3.4	不对称三相电路	59
3.5	三相电路的功率	61
3.6	安全用电	62
3.6.1	电流对人体的作用	62
3.6.2	常用的安全措施	62
<b>第4章</b>	<b>电路的暂态过程</b>	<b>63</b>
4.1	暂态过程概念与换路定则	63
4.1.1	暂态过程概念	63
4.1.2	换路定则	63
4.2	用微分方程分析 RC 电路的响应	64
4.2.1	RC 电路的零输入响应	64
4.2.2	RC 电路的零状态响应	65
4.3	用三要素法分析一阶电路的暂态过程	66
4.3.1	一阶电路概念	66
4.3.2	三要素法	66
4.4	多电阻 RC 电路的暂态过程	68
4.4.1	双电阻 RC 电路充电	68
4.4.2	双电阻 RC 电路放电	68
4.4.3	三电阻 RC 电路充电	69
4.4.4	电流源作用下的 RC 电路的暂态过程	69
4.4.5	多电阻 RC 电路充、放电的总结	70
4.5	RL 电路的暂态过程	70
4.5.1	RL 电路的电流从 0 开始过渡	70
4.5.2	RL 电路的电流衰减到 0	71
4.6	暂态过程的计算要点	72
4.6.1	计算时间常数的两个要点	72
4.6.2	如何求电容电流和电感电压	73
4.6.3	RL 电路暂态过程与 RC 暂态过程的区别	73
4.7	微分电路与积分电路	74
4.7.1	微分电路	74
4.7.2	积分电路	74
<b>第5章</b>	<b>放大电路基础</b>	<b>77</b>
5.1	常用半导体器件	77
5.1.1	PN 结	77
5.1.2	二极管	79
5.1.3	三极管	84
5.1.4	场效应晶体管	88

5.2	放大电路的基本概念	95
5.2.1	放大的概念	95
5.2.2	放大电路的主要性能指标	95
5.3	基本放大电路的工作原理	96
5.3.1	基本共射放大电路的组成及元件的作用	96
5.3.2	三极管放大电路及分析方法	96
5.3.3	场效应管放大电路及分析方法	106
5.4	多级放大电路	110
5.4.1	多级放大电路的耦合方式	110
5.4.2	多级放大电路的动态分析	111
5.4.3	阻容耦合放大电路的频率特性和频率失真	112
5.5	差动放大电路	113
5.5.1	电路结构	113
5.5.2	差动放大电路的信号输入	114
5.5.3	差动放大电路的输入/输出方式	115
5.6	互补对称功率放大电路	116
5.6.1	功率放大电路的概念	116
5.6.2	互补对称功率放大电路	117
5.7	放大电路中的负反馈	120
5.7.1	什么是反馈	120
5.7.2	反馈的类型及其判断	121
5.7.3	负反馈对放大电路性能的影响	122
<b>第6章</b>	<b>集成运算放大器及应用</b>	<b>125</b>
6.1	概述	125
6.1.1	集成运算放大器的组成	125
6.1.2	常用运算放大器的分类	127
6.1.3	集成运算放大器的主要参数	131
6.1.4	理想集成运算放大器	133
6.1.5	集成运放的选用原则	135
6.1.6	集成运放的封装及命名方法	137
6.2	基本运算电路	138
6.2.1	反相输入比例运算电路	138
6.2.2	加、减运算电路	139
6.2.3	仪用放大电路	140
6.2.4	积分电路	140
6.2.5	微分电路	142
6.2.6	对数运算电路	142
6.2.7	指数运算电路	143
6.2.8	复杂集成运放电路的分析与设计实例	144



6.3	信号产生电路	146
6.3.1	矩形波产生电路	146
6.3.2	正弦波产生电路	148
6.3.3	三角波产生电路	149
6.3.4	锯齿波发生器	150
<b>第7章</b>	<b>直流稳压电源</b>	<b>151</b>
7.1	直流稳压电源的组成及技术指标	151
7.1.1	直流稳压电源的组成	151
7.1.2	直流稳压电源的主要技术指标	151
7.1.3	单相桥式整流电路	152
7.1.4	滤波电路	153
7.1.5	稳压二极管及其稳压电路	154
7.2	三极管串联型稳压电路	154
7.2.1	基本原理	154
7.2.2	三端固定式集成稳压器	156
7.2.3	三端可调式集成稳压器	159
7.3	开关电源	161
7.3.1	开关稳压电源的组成	161
7.3.2	稳压控制电路的工作原理	162
<b>第8章</b>	<b>数字逻辑基础</b>	<b>163</b>
8.1	数字电路的基本概念	163
8.1.1	模拟信号和数字信号	163
8.1.2	数字信号的主要参数	163
8.1.3	数字电路	164
8.1.4	数制	164
8.1.5	码制	166
8.2	基本逻辑运算	168
8.2.1	与运算	168
8.2.2	或运算	168
8.2.3	非运算	169
8.2.4	其他常用逻辑运算	169
8.3	逻辑函数及其表示方法	170
8.3.1	逻辑函数的建立	171
8.3.2	逻辑函数的表示方法	171
8.4	逻辑函数的化简	172
8.4.1	逻辑函数的基本公式	172
8.4.2	逻辑函数的基本规则	173
8.4.3	逻辑函数的代数化简法	174

8.4.4	逻辑函数的卡诺图化简法	176
<b>第9章</b>	<b>逻辑门及组合逻辑电路</b>	<b>184</b>
9.1	数字电路的二极管和三极管	184
9.1.1	二极管的开关特性	184
9.1.2	三极管的开关特性	185
9.2	基本逻辑门电路	188
9.2.1	二极管与门和或门电路	188
9.2.2	三极管非门电路	189
9.2.3	DTL与非门电路	190
9.3	TTL逻辑门电路	190
9.3.1	TTL与非门的基本结构及工作原理	191
9.3.2	TTL与非门的电压传输特性及抗干扰能力	193
9.3.3	TTL与非门的带负载能力	195
9.3.4	TTL门电路的其他类型	197
9.4	组合逻辑电路的分析与设计方法	201
9.4.1	组合逻辑电路的特点	201
9.4.2	组合逻辑电路的分析方法	201
9.4.3	组合逻辑电路的设计方法	202
9.5	组合逻辑电路中的竞争-冒险	205
9.5.1	产生竞争-冒险的原因	205
9.5.2	冒险现象的识别	206
9.5.3	冒险现象的消除方法	207
9.6	编码器	207
9.6.1	编码器的基本概念及工作原理	207
9.6.2	二进制编码器	208
9.6.3	优先编码器	209
9.6.4	编码器的应用	210
9.7	译码器	211
9.7.1	译码器的基本概念及工作原理	211
9.7.2	集成二进制译码器74138	212
9.7.3	数字显示译码器	213
9.7.4	译码器的应用	215
9.8	数据选择器	217
9.8.1	数据选择器的基本概念及工作原理	217
9.8.2	集成数据选择器	218
9.8.3	数据选择器的应用	219
9.9	数值比较器	220
9.9.1	数值比较器的基本概念及工作原理	220
9.9.2	集成数值比较器及其应用	221

9.10	加法器	223
9.10.1	加法器的基本概念及工作原理	223
9.10.2	多位数加法器	225
9.10.3	快速进位集成4位加法器74283	225
9.10.4	集成加法器的应用	227
<b>第10章</b>	<b>触发器及时序逻辑电路</b>	<b>229</b>
10.1	基本触发器	229
10.1.1	基本RS触发器	229
10.1.2	同步RS触发器	230
10.2	主从触发器	232
10.2.1	主从RS触发器	232
10.2.2	主从JK触发器	233
10.2.3	主从T触发器和T'触发器	235
10.2.4	主从JK触发器存在的问题——一次变化现象	235
10.3	边沿触发器	236
10.3.1	维持—阻塞边沿D触发器	236
10.3.2	CMOS主从结构的边沿触发器	238
10.4	集成触发器	239
10.4.1	常用集成触发器	239
10.4.2	触发器功能的转换	241
10.5	触发器的应用	243
10.5.1	触发器的触发方式及使用中注意的问题	243
10.5.2	触发器的应用实例	243
10.6	时序逻辑电路的基本概念	245
10.6.1	时序逻辑电路的结构及特点	245
10.6.2	时序逻辑电路的分类	246
10.7	时序逻辑电路的一般分析方法	246
10.7.1	分析时序逻辑电路的一般步骤	246
10.7.2	同步时序逻辑电路的分析举例	246
10.7.3	异步时序逻辑电路的分析举例	248
10.8	计数器	249
10.8.1	二进制计数器	249
10.8.2	非二进制计数器	256
10.8.3	集成十进制计数器	259
10.9	数码寄存器与移位寄存器	266
10.9.1	数码寄存器	266
10.9.2	移位寄存器	267
10.9.3	移位寄存器构成的移位型计数器	270
10.10	时序逻辑电路的设计方法	271

10.10.1	同步时序逻辑电路的设计方法	271
10.10.2	异步时序逻辑电路的设计方法	275
<b>第 11 章</b>	<b>555 定时器及应用</b>	<b>278</b>
11.1	集成 555 定时器	278
11.1.1	555 定时器的电路结构与工作原理	278
11.1.2	555 定时器的功能表	279
11.2	施密特触发器	280
11.2.1	用 555 定时器构成的施密特触发器	280
11.2.2	集成施密特触发器	281
11.2.3	施密特触发器的应用举例	282
11.3	多谐振荡器	283
11.3.1	用 555 定时器构成的多谐振荡器	283
11.3.2	占空比可调的多谐振荡器	284
11.3.3	石英晶体多谐振荡器	284
11.3.4	多谐振荡器的应用实例	286
11.4	单稳态触发器	287
11.4.1	用 555 定时器构成的单稳态触发器	288
11.4.2	集成单稳态触发器	289
11.4.3	单稳态触发器的应用	292
<b>第 12 章</b>	<b>CMOS 数字集成电路</b>	<b>295</b>
12.1	CMOS 集成电路简介	295
12.2	MOS 集成逻辑门	298
12.2.1	NMOS 门电路	298
12.2.2	CMOS 非门电路	299
12.2.3	其他的 CMOS 门电路	301
12.2.4	CMOS 集成逻辑门电路的系列及主要参数	304
12.2.5	CMOS 集成器件的接口电路	305
12.2.6	其他器件驱动 CMOS 集成器件	308
12.3	半导体存储器	311
12.3.1	随机存取存储器 (RAM)	311
12.3.2	只读存储器 (ROM)	319
<b>第 13 章</b>	<b>信号与系统分析</b>	<b>327</b>
13.1	信号与系统	327
13.1.1	信号的概念	327
13.1.2	系统的概念	327
13.2	信号的描述和分类	328
13.2.1	信号的描述	328

13.2.2	信号的分类	328
13.2.3	信号的基本运算	332
13.3	阶跃函数和冲激函数	334
13.3.1	单位阶跃函数	334
13.3.2	单位冲激函数	335
13.3.3	序列 $\delta(k)$ 和 $\varepsilon(k)$	337
13.4	系统的性质和分类	338
13.4.1	系统的定义	338
13.4.2	系统的分类及性质	338
13.4.3	系统的描述和分析方法	340
13.4.4	系统分析概述	343
13.5	LTI 连续系统的响应	343
13.5.1	微分方程的经典解	344
13.5.2	零输入响应和零状态响应	346
13.5.3	冲激响应和阶跃响应	346
13.5.4	卷积积分	348
13.5.5	相关函数	350
13.6	连续系统的频域分析	350
13.6.1	信号分解为正交函数	350
13.6.2	傅里叶级数	352
13.6.3	周期信号的频谱	353
13.6.4	傅里叶变换	354
13.6.5	取样定理	360
13.7	连续系统的复频域分析	362
13.7.1	拉普拉斯变换	363
13.7.2	拉普拉斯变换性质	364
13.7.3	拉普拉斯逆变换	366
13.7.4	复频域分析	368
13.8	LTI 离散系统的时域分析	370
13.8.1	LTI 离散系统的响应	370
13.8.2	单位序列响应和阶跃响应	373
13.8.3	卷积和	374
13.9	LTI 离散系统的 $z$ 域分析	375
13.9.1	$z$ 变换	375
13.9.2	逆 $z$ 变换	378
13.9.3	$z$ 域分析	381
13.10	系统状态变量分析	383
13.10.1	状态与状态变量的概念	384
13.10.2	状态方程和输出方程	384
13.10.3	连续系统状态方程的建立	385

13.10.4	离散系统状态方程的建立 .....	389
13.10.5	连续状态方程的求解 .....	389
13.10.6	离散状态方程的求解 .....	390
<b>附录 A</b>	<b>电子设计工程师考试大纲 .....</b>	<b>392</b>
<b>附录 B</b>	<b>电子设计初级工程师培训大纲 .....</b>	<b>395</b>
<b>附录 C</b>	<b>电子设计助理工程师培训大纲 .....</b>	<b>397</b>
<b>附录 D</b>	<b>电子设计初级工程师认证综合知识考试命题说明 (试行) .....</b>	<b>399</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>401</b>

# 第1章 电路的基本概念和基本分析方法



## 1.1 电路和电路模型

### 1.1.1 电路

电路是由各种元器件为实现某种应用目的、按一定方式连接而成的整体，其特征是提供了电流流动的通道。复杂的电路也可称为网络。

根据电路的作用，电路可分为两类：一类用于实现电能的传输和转换；另一类用于进行电信号的传递和处理。

根据电源提供的电流不同，电路还可以分为直流电路和交流电路两种。

综上所述，电路主要由电源、负载和传输环节三部分组成，如图 1.1.1 所示的手电筒电路即一个简单的电路。电源是提供电能或信号的设备，负载是消耗电能或输出信号的设备，电源与负载之间通过传输环节相连接。为了保证电路按不同的需要完成工作，在电路中还需要加入适当的控制元件，如开关、主令控制器等。

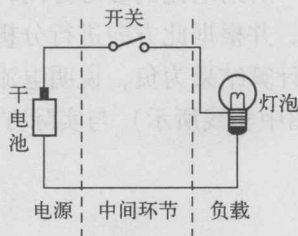


图 1.1.1 手电筒电路

### 1.1.2 电路模型

在某一种实际元件中，在一定条件下，常忽略其他现象，只考虑起主要作用的电磁现象，也就是用理想元件来替代实际元件的模型，这种模型称为电路元件，又称为理想电路元件。

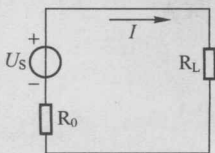


图 1.1.2 手电筒电路的电路模型

用一个或几个理想电路元件构成的模型去模拟一个实际电路，模型中出现的电磁现象与实际电路中的电磁现象十分接近，这个由理想电路元件组成的电路称为电路模型。

如图 1.1.2 所示为手电筒电路的电路模型。

本书研究的电路都是“电路模型”，简称“电路”。



## 1.2 电路的基本物理量

电路中的物理量主要包括电流、电压、电位、电动势及功率。

### 1.2.1 电流及其参考方向

带电质点的定向移动形成电流。

电流的大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量。电流的实际方向习惯上是指正电荷移动的方向。

电流分为两类：一类的大小和方向均不随时间变化，称为恒定电流，简称直流，用  $I$  表示；另一类的大小和方向均随时间变化，称为交变电流，简称交流，用  $i$  表示。

对于直流，单位时间内通过导体横截面的电荷量是恒定不变的，其大小为

$$I = \frac{Q}{T} \quad (1-2-1)$$

对于交流，若在一个无限小的时间间隔  $dt$  内，通过导体横截面的电荷量为  $dq$ ，则该瞬间的电流为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2-2)$$

在国际单位制 (SI) 中，电流的单位是安培 (A)。

在复杂电路中，电流的实际方向有时难以确定。为了便于分析计算，引入了电流参考方向的概念。

所谓电流的参考方向，就是在分析计算电路时，先任意选定某一方向作为待求电流的方向，并根据此方向进行分析计算，若计算结果为正，说明电流的参考方向与实际方向相同；若计算结果为负，说明电流的参考方向与实际方向相反。图 1.2.1 表示出了电流的参考方向 (图中实线所示) 与实际方向 (图中虚线所示) 之间的关系。

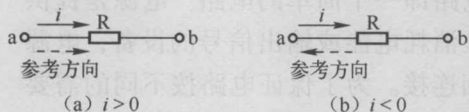


图 1.2.1 电流的参考方向与实际方向之间的关系

**例 1.2.1** 如图 1.2.2 所示，电流的参考方向已标出，并已知  $I_1 = -1\text{A}$ ， $I_2 = 1\text{A}$ ，试指出电流的实际方向。

**解：**  $I_1 = -1\text{A} < 0$ ，说明  $I_1$  的实际方向与参考方向相反，应由 B 流向 A。

$I_2 = 1\text{A} > 0$ ，说明  $I_2$  的实际方向与参考方向相同，即由 B 流向 A。

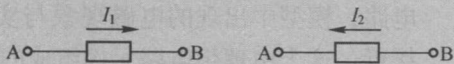


图 1.2.2 例 1.2.1 的图

### 1.2.2 电压及其参考方向

在电路中，电场力把单位正电荷 ( $q$ ) 从 a 点移到 b 点所做的功 ( $W$ ) 称为 a、b 两点间的电压，也称电位差，记为

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1-2-3)$$

对于直流，则为



$$U_{AB} = \frac{W}{Q} \quad (1-2-4)$$

电压的单位为伏特 (V)。

电压的实际方向规定为从高电位指向低电位,既可用箭头表示,也可用“+”、“-”极性表示,如图1.2.3所示。若用双下标表示,如 $U_{ab}$ 表示a指向b,显然 $U_{ab} = -U_{ba}$ 。值得注意的是,电压总是针对两点而言的。



图 1.2.3 电压实际方向的设定

和电流的参考方向一样,也需要设定电压的参考方向。电压的参考方向也是任意选定的,当参考方向与实际方向相同时,电压值为正;反之,电压值为负。

**例 1.2.2** 如图1.2.4所示,电压的参考方向已标出,并已知 $U_1 = 1V$ , $U_2 = -1V$ ,试指出电压的实际方向。

**解:**  $U_1 = 1V > 0$ ,说明 $U_1$ 的实际方向与参考方向相同,即由A指向B。

$U_2 = -1V < 0$ ,说明 $U_2$ 的实际方向与参考方向相反,应由A指向B。

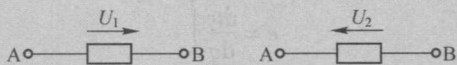


图 1.2.4 例 1.2.2 的图

### 1.2.3 电位

在电路中任选一点作为参考点,则电路中某一点与参考点之间的电压称为该点的电位。电位用符号 $V$ 或 $v$ 表示。例如,A点的电位记为 $V_A$ 或 $v_A$ 。显然, $V_A = V_{AO}$ , $v_A = v_{AO}$ 。电位的单位是伏特 (V)。

电路中的参考点可任意选定。当电路中有接地点时,则以地为参考点。若没有接地点时,则选择较多导线的汇集点为参考点。在电子线路中,通常以设备外壳为参考点。参考点用符号“⊥”表示。

有了电位的概念后,电压也可用电位来表示,即

$$\left. \begin{aligned} U_{AB} &= V_A - V_B \\ u_{AB} &= v_A - v_B \end{aligned} \right\} \quad (1-2-5)$$

因此,电压也称为电位差。

还需要指出,电路中任意两点间的电压与参考点的选择无关,即对于不同的参考点,虽然各点的电位不同,但任意两点间的电压始终不变。

**例 1.2.3** 在图1.2.5所示的电路中,已知各元件的电压为 $U_1 = 10V$ , $U_2 = 5V$ , $U_3 = 8V$ , $U_4 = -23V$ 。若分别选B点与C点为参考点,试求电路中各点的电位。

**解:** 选B点为参考点,则有

$$V_B = 0$$

$$V_A = U_{AB} = -U_1 = -10V$$

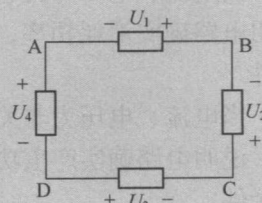


图 1.2.5 例 1.2.3 的图