



工程教育系列教材  
教育部CDIO工程教育试点教材

# 电路分析 基础

■ 主编 巨辉 周蓉



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS



工程教育系列教材  
教育部CDIO工程教育试点教材

# 电路分析 基础

Dianlu Fenxi Jichu

■ 主编 巨辉 周蓉

大学图书馆  
藏书章

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第063899号  
I. ①电... II. ①巨... ②周... III. ①电... IV. ①TM13  
ISBN 978-7-04-024688-8  
2012年11月第1版  
2012年11月第1次印刷  
定价：30.00元

高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容简介

本书主要讲述电路分析理论及其应用, 主要内容包括: 电路的基本概念与定律, 电路的基本分析方法和电路定理, 动态电路的时域分析, 正弦稳态电路分析, 三相电路, 互感与变压器, 电路频率响应, 双口网络。

本书以能力培养为导向, 以实际电路问题为导引, 叙述电路基本概念、基本理论和方法, 使读者带着问题学习知识, 在解决问题的过程中掌握电路分析方法, 提高知识的应用能力, 并使创造性精神潜移默化在问题答案的寻求过程中, 使读者充分体会到发现的乐趣。

本书可作为高等学校电子信息类、自动化类、电气类和计算机类等专业学生的教材, 对从事电类专业及其他相关专业的工程技术人员亦有重要的参考价值。

## 图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础 / 巨辉, 周蓉主编. — 北京: 高等教育出版社, 2012.5  
ISBN 978-7-04-034585-8

I. ①电… II. ①巨… ②周… III. ①电路分析—高等学校—教材 IV. ①TM133

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第063699号

策划编辑 曲文利      责任编辑 曲文利      封面设计 李卫青      版式设计 马敬茹  
插图绘制 郝林      责任校对 刘春萍      责任印制 胡晓旭

---

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
邮政编码	100120		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
印 刷	北京京科印刷有限公司	网上订购	<a href="http://www.landrao.com">http://www.landrao.com</a>
开 本	787 mm × 1 092 mm 1/16		<a href="http://www.landrao.com.cn">http://www.landrao.com.cn</a>
印 张	21	版 次	2012年5月第1版
字 数	510千字	印 次	2012年5月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	30.70元

---

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 34585-00

工 程 教 育 系 列 教 材  
——教育部 CDIO 工程教育试点教材

编审委员会

顾 问 李茂国 顾佩华

主任委员 周定文

副主任委员 谢明元 陆小华

委员(按姓氏笔画)

王天宝	王建波	巨 辉	包能胜
朱 明	何 晋	何建新	吴四九
杨 玲	杨明欣	赵永生	熊光晶

# 总序

近年来，针对工程教育与产业需求严重脱节等问题，我国各高等学校积极探索工程教育的新模式，力争从教育观念、目标、内容到方法对工程教育进行整体改革。教育部推进的“卓越工程师教育培养计划”和 CDIO 工程教育模式试点，旨在“面向工业界、面向未来、面向世界”培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的后备工程师，引导各高等学校积极探索工程人才培养的规律，为建设创新型国家、实现工业化和现代化奠定坚实的人力资源基础。

CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) 工程教育模式是由美国麻省理工学院会同瑞典三所著名大学倡导，与工业界共同合作创建的工程教育模式，并获得 2011 年度美国国家工程院 (NAE) 颁布的“戈登奖”。这种模式强调工程教育必须回归工程，坚持工程人才“知识、能力、素质”的协调发展，着重基础知识、个人能力、人际团队能力和工程系统能力等四个层面的能力培养，突破了传统的以学科知识传授为主的人才培养模式，更加适应产业界对工程人才的需求。CDIO 模式与工程专业认证的华盛顿协议 (EC2000) 具有高度的一致性。

我们在长期的 CDIO 工程教育改革过程中，组织编写了一批适应 CDIO 模式的教材，通过试用与修订，拟在统一规划的基础上正式出版。本系列教材在编写过程中，贯彻实施工程教育一体化改革的思路，将理论与实践有机结合、课内与课外有机结合、知识传授与能力培养有机结合、学习习惯与创新思维培养有机结合，实现知识、能力、素质的一体化培养，提高学生综合应用系统知识的能力。在注重学科知识体系完整的同时，特别强调知识的应用和工程问题分析，力求做到将理论学习和工程应用集成于同一学习空间，通过基于案例的、基于问题的和基于工程项目的驱动，使学生提高学科知识学习的目的性和应用能力。教材采用基本原理结合典型工程应用实例的结构，以学生理解与应用知识为目标，精选内容、引入新技术，将配套实验与能力培养统筹考虑，突出工程应用能力的培养。每章有贯穿始终的典型工程应用案例，有目标设定、目标测评、思考题、实践与提高、工程训练项目和习题，并有小结和英文术语表。

根据试用情况，我们首先出版《电路分析基础》、《模拟电子技术基础》、《数字逻辑设计基础》、《信号与系统》、《单片微型计算机原理及接口技术》五本教材。因为编写中突破了原有教材的模式，编写者感到具有很大的挑战，我们欢迎使用这套教材的读者及时向我们提出意见与建议，以便我们今后对教材进行修订和完善。

CDIO 系列教材的编写，始终得到教育部高等教育司理工处和教育部 CDIO 试点工作组的关注与支持，并得到高等教育出版社的大力帮助，我们在此表示衷心的感谢。

“工程教育系列教材——教育部 CDIO 工程教育试点教材”编审委员会  
2011 年 12 月于成都

# 前言

信息技术的快速发展正在日益深刻地影响着社会、经济、文化发展，改变着人类的生产、生活方式。同时，对从事信息技术、产品和系统研究、设计、开发和应用的技术人才的要求不断提高。一方面要求他们具有扎实的知识基础和宽泛的知识面，另一方面具有较强的能力，包括应用知识解决问题的能力、实践能力、创新能力、学习能力、交流沟通能力和团队合作能力以及强烈的社会责任感。这既是现代高等工程教育必须面临的挑战，也是高等教育教学改革的方向。电路分析基础课程作为电气信息类专业基础课程，同样面临着从传统的以“知识导向”为主向以“能力导向”为主的教学改革。为此，我们编写了这本教材，作为 CDIO 工程教育改革系列教材之一。

本教材按照 CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) 工程教育创新模式，结合教育部“卓越工程师教育培养计划”的实施原则，突出基本理论与实际应用的结合，强化知识传授与能力培养的有机融合。以电路理论与分析方法及其在工程中的应用为主线，以典型工程实例需解决的问题引出各章节内容，使学生在问题的驱动下学习理论和方法。同时，各章都设置工程应用实例分析与电路设计内容，帮助学生在掌握基本理论的同时，学习实际电路分析与设计的方法，提高学生应用知识的能力。通过合理安排教材内容，在保证基本理论知识的前提下，兼顾计算机辅助电路分析和电路仿真方法的学习。力求处理好强化基本理论掌握与淡化技巧性解题训练、有限课时安排与教材内容增加的矛盾。

本教材的特点主要有：

(1) 既明确每章节的知识目标，又明确能力目标。每章开篇都提出本章的知识目标和能力目标，并设置知识与能力测评练习，引导教师和学生的教学进程，评价教学效果。

(2) 精选内容，强化基础，突出知识的工程应用。内容安排上采用以基本原理、基本理论结合典型工程应用实例的结构方式。

(3) 结合时代背景，融合了计算机辅助电路分析和电路仿真的内容，使学生在掌握手工分析计算的同时，了解和掌握计算机辅助分析与电路仿真方法。

(4) 为便于教材使用者学习和练习，每章既有手工分析与计算习题，也有工程训练项目和习题、计算机辅助分析与仿真题，并有小结。

(5) 将配套实验与能力培养统筹考虑，大量增加设计性实验。

本教材可作为高等学校电子信息类、自动化类、电气类和计算机类等专业的电路分析相关课程的教材，也可供从事电路和系统设计的有关工程技术人员作为参考书。

参与本教材编写的人员均为成都信息工程学院的骨干教师，有着丰富的教学经验和科研经历。第1、2章由周蓉编写，第3章由张秀芳编写，第4章由陈丹编写，第5章由黄小燕编写，第6章由伍谨斐编写，第7章由何西凤编写，第8章由张绍全编写，第9章由赵丽娜编写，第10章由巨辉、姚玉琴编写。付克昌编写了全书的计算机辅助分析与仿真内容。全书由巨辉、

周蓉担任主编，并负责全书的策划与统稿。审校由张秀芳和黄小燕完成。

本书在编写过程中，征求了部分 CDIO 试点学校相关专业老师的意见，得到了校内外相关教师和学校教务处的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。本书虽经多次讨论、试用并反复修改，但因时间仓促及作者水平所限，不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 10 月于成都

# 目录

<b>第1章 电路的基本概念与定律</b> .....	1
引例 用电安全 .....	1
1.1 电路分析概述 .....	2
1.2 电路和电路模型 .....	3
1.3 电路变量 .....	5
1.3.1 电荷与电流 .....	5
1.3.2 电压 .....	7
1.3.3 电功率与能量 .....	8
1.4 基尔霍夫定律 .....	9
1.4.1 电路名词 .....	9
1.4.2 基尔霍夫电流定律 .....	10
1.4.3 基尔霍夫电压定律 .....	12
1.5 电路元件 .....	14
1.5.1 电阻元件 .....	14
1.5.2 理想电源 .....	17
1.5.3 受控源 .....	18
1.6 两类约束 .....	21
1.7 技术实践 .....	22
1.7.1 用电安全分析 .....	22
1.7.2 电费计算 .....	23
1.8 计算机辅助分析 .....	24
本章小结 .....	24
基础与提高题 .....	25
工程题 .....	29
仿真题 .....	30
<b>第2章 电阻电路的一般分析方法</b> .....	32
引例 铂电阻温度传感器 .....	32
2.1 网孔分析法 .....	33
2.1.1 网孔分析法概述 .....	33
2.1.2 含理想电流源的网孔分析法 .....	34
2.1.3 含受控源的网孔分析法 .....	36
2.2 结点分析法 .....	36



2.2.1	结点分析法概述	37
2.2.2	含理想电压源的结点分析法	38
2.2.3	含受控源的结点分析法	40
2.3	技术实践	41
2.3.1	铂电阻测温电路分析	41
2.3.2	直流晶体管电路分析	42
2.4	计算机辅助分析	44
2.4.1	网孔分析方法	44
2.4.2	结点分析方法	45
	本章小结	47
	基础与提高题	47
	工程题	50
	仿真题	51
<b>第3章</b>	<b>电路等效及电路定理</b>	<b>52</b>
	引例 扩音器系统	52
3.1	齐次定理与叠加定理	53
3.1.1	齐次定理	53
3.1.2	叠加定理	54
3.2	电路等效的一般概念	56
3.3	无源单口网络的等效电路	57
3.3.1	电阻的串联与并联等效	58
3.3.2	电阻 Y 形、 $\Delta$ 形电路的等效	61
3.3.3	含受控源单口网络的等效	63
3.4	含源单口网络的等效电路	65
3.4.1	理想电源的串联等效与并联等效	65
3.4.2	实际电源的两种电路模型及其等效变换	67
3.4.3	等效电源定理	69
3.4.4	最大功率传输定理	74
3.5	技术实践	76
3.5.1	扩音器系统分析	76
3.5.2	模拟直流仪表设计	78
3.5.3	电源建模	81
3.6	计算机辅助分析	83
	本章小结	87
	基础与提高题	87
	工程题	91
	仿真题	91
<b>第4章</b>	<b>一阶电路的时域分析</b>	<b>93</b>

引例 闪光灯电路 .....	93
4.1 动态元件 .....	94
4.1.1 电容元件 .....	94
4.1.2 电感元件 .....	97
4.1.3 电容与电感元件的串并联 .....	100
4.2 动态电路的方程及其解 .....	102
4.2.1 动态电路方程的建立 .....	102
4.2.2 微分方程的经典解法 .....	103
4.3 电路的初始值 .....	105
4.3.1 独立初始值 .....	105
4.3.2 非独立初始值 .....	106
4.4 一阶电路的零输入响应 .....	107
4.4.1 RC 电路零输入响应 .....	108
4.4.2 RL 电路零输入响应 .....	111
4.5 一阶电路的零状态响应 .....	113
4.5.1 RC 电路零状态响应 .....	113
4.5.2 RL 电路零状态响应 .....	115
4.6 一阶电路的全响应——三要素法 .....	117
4.7 阶跃响应与冲激响应 .....	121
4.7.1 阶跃响应 .....	121
4.7.2 冲激响应 .....	123
4.8 技术实践 .....	127
4.8.1 闪光灯电路分析 .....	127
4.8.2 延时电路 .....	128
4.8.3 继电器电路 .....	129
4.8.4 汽车点火电路 .....	130
4.9 计算机辅助分析 .....	130
本章小结 .....	134
基础与提高题 .....	135
工程题 .....	141
<b>第 5 章 二阶电路的时域分析 .....</b>	<b>142</b>
引例 汽车点火系统 .....	142
5.1 二阶电路的零输入响应 .....	143
5.2 二阶电路的零状态响应 .....	147
5.3 二阶电路的全响应 .....	148
5.4 技术实践 汽车点火系统分析 .....	150
5.5 计算机辅助分析 .....	151
本章小结 .....	153

基础与提高题 .....	154
工程题 .....	156
仿真题 .....	157
<b>第 6 章 正弦稳态电路分析</b> .....	<b>158</b>
引例 分频音箱系统 .....	158
6.1 正弦电压与电流 .....	159
6.1.1 正弦量的三要素 .....	159
6.1.2 相位差 .....	160
6.1.3 有效值 .....	162
6.2 正弦量的相量表示 .....	163
6.2.1 复数及其运算 .....	163
6.2.2 正弦量与相量 .....	164
6.3 电路定律的相量形式 .....	166
6.3.1 无源元件的 VCR 相量形式 .....	166
6.3.2 KCL 与 KVL 的相量形式 .....	169
6.4 电路的相量模型 .....	171
6.4.1 阻抗与导纳 .....	171
6.4.2 正弦稳态电路相量模型 .....	173
6.4.3 无源单口网络相量模型串并联等效 .....	175
6.5 正弦稳态电路的相量分析法 .....	176
6.6 正弦稳态电路的功率与功率传输 .....	181
6.6.1 单口网络的功率 .....	181
6.6.2 最大功率传输定理 .....	189
6.7 技术实践 .....	192
6.7.1 分频音箱系统分析 .....	192
6.7.2 移相器 .....	193
6.7.3 交流电桥 .....	194
6.7.4 交流功率测量 .....	196
6.8 计算机辅助分析 .....	197
本章小结 .....	201
基础与提高题 .....	202
工程题 .....	210
<b>第 7 章 三相电路</b> .....	<b>211</b>
引例 电力系统 .....	211
7.1 三相电源 .....	212
7.1.1 对称三相电源 .....	212
7.1.2 对称三相电源的连接方式 .....	213
7.2 平衡三相电路分析 .....	215

7.2.1	Y-Y 电路与 $\Delta$ -Y 电路 .....	216
7.2.2	$\Delta$ - $\Delta$ 电路与 Y- $\Delta$ 电路 .....	218
7.3	平衡三相电路功率 .....	221
7.4	非平衡三相电路 .....	223
7.5	技术实践 .....	225
7.5.1	家庭配电 .....	225
7.5.2	接地和接零 .....	226
7.5.3	三相功率测量 .....	228
7.6	计算机辅助分析 .....	230
	本章小结 .....	232
	基础与提高题 .....	233
	工程题 .....	235
<b>第 8 章</b>	<b>耦合电感和理想变压器</b> .....	<b>237</b>
引例	变压器 .....	237
8.1	耦合电感元件 .....	238
8.2	耦合电感的电压、电流关系 .....	240
8.3	耦合电感的去耦等效 .....	242
8.4	理想变压器 .....	249
8.5	技术实践 .....	252
8.5.1	电力变压器 .....	252
8.5.2	隔离变压器 .....	253
8.5.3	变压器用做阻抗匹配 .....	254
本章小结	.....	255
基础与提高题	.....	256
工程题	.....	259
<b>第 9 章</b>	<b>电路频率响应</b> .....	<b>260</b>
引例	按键电话 .....	260
9.1	网络函数与频率响应 .....	261
9.1.1	网络函数 .....	261
9.1.2	一阶 RC 电路的频率响应 .....	263
9.2	多频正弦稳态电路 .....	265
9.2.1	非正弦周期信号 .....	265
9.2.2	多频正弦电路的稳态响应 .....	266
9.2.3	多频正弦信号的有效值 .....	268
9.2.4	多频正弦电路的平均功率 .....	269
9.3	电路的谐振 .....	271
9.3.1	串联谐振 .....	271
9.3.2	并联谐振 .....	274

9.3.3 谐振电路的频率特性 .....	275
9.4 技术实践 .....	279
9.4.1 按键电话分析 .....	279
9.4.2 无线电接收机 .....	280
9.5 计算机辅助分析 .....	281
本章小结 .....	283
基础与提高题 .....	284
工程题 .....	288
<b>第 10 章 双口网络</b> .....	<b>289</b>
引例 射频传输线 .....	289
10.1 双口网络方程及其参数 .....	290
10.1.1 $Z$ 方程与 $Z$ 参数 .....	290
10.1.2 $Y$ 方程与 $Y$ 参数 .....	291
10.1.3 $A$ 方程与 $A$ 参数 .....	293
10.1.4 $H$ 方程与 $H$ 参数 .....	294
10.1.5 双口网络参数的转换 .....	296
10.1.6 互易双口网络和互易定理 .....	298
10.2 具有端接的双口网络 .....	300
10.3 双口网络的连接 .....	303
10.4 技术实践 .....	307
10.4.1 晶体管放大电路分析 .....	307
10.4.2 均匀传输线及其特性阻抗 .....	310
本章小结 .....	312
基础与提高题 .....	313
工程题 .....	317
<b>参考文献</b> .....	<b>319</b>

# 第1章 电路的基本概念与定律

## 教学目标

### 知识

- 建立并深刻理解电路、电路模型；电路中支路、回路、结点等结构元素；电流、电压和电功率等电路变量的基本概念。
- 学习并掌握组成电路模型的基本电路元件(电阻、电容、电感、理想电源、受控源)的特性、电路符号。
- 学习并掌握集总电路的基本定律(基尔霍夫电压定律和电流定律)。
- 学习并掌握利用电路两类约束列写电路方程并求解电路变量或(和)电路元件参数。

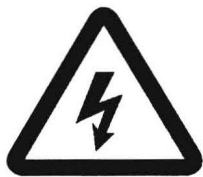
### 能力

- 根据简单的实际电路建立其电路模型。
- 根据电路问题合理假设电路变量参考方向(或极性)并求解简单电路,根据计算结果分析解释电路现象。
- 利用基本的电工仪表正确测量实际电路中电压、电流值和电路元件的参数值。

## 用电安全

图1-0-1所示的“止步高压危险”这种警告标志在许多用电场所经常见到,是否高压一定危险?在干燥和多风的秋天,常常碰到这样的现象:脱毛衣时,会听到“噼啪”声响,并伴有闪光;朋友见面握手时,手指刚一接触到对方,会突然感到指尖针刺般刺痛;早晨起床梳头时,头发经常会“飘”起来,越理越乱;等等。这就是存在于人体的静电。虽然静电电压比能够引起伤害的电压大几百甚至几千倍,但却没有什么危害,这是为什么呢?

所有形式的能量,包括电能,都可能是危险的,而不仅仅是能造成伤害的高压。电能能否造成实际伤害在于电流大小以及电流如何流过受害者的身体。确定一个电源是否存在危险电流,以及在什么条件下会存在潜在的危险电流,是非常困难的,这需要懂得一些电气知识,如:电压与电流如何产生、如何度量以及它们之间有何关系;如何确定复杂的实际电路中电压与电流值;可以利用什么样的规律分析和理解电路中的电现象;等等。



止步高压危险

图1-0-1 用电安全标志

## 引例

## 1.1 电路分析概述

现代通信网、电话、计算机、电视、医疗设备、机器人、各种电力设施等是现代生活中必不可少的设备与系统，它们中包含了各种各样的电路。日常生活中的电系统按功能可以分为电力系统和信号处理系统。

电力系统生产电能，并对电能进行传输和分配。设计和运行电力系统的主要任务是保证任何一台设备出现故障都不会影响整个电力系统电能的供应。

信号处理系统对承载信息的电信号进行处理。通过各种处理手段，使信号所包含的信息成为更合适的形式。

如何分析并设计满足要求的电系统尤为重要。电系统设计的概念模型如图 1-1-1 所示。

在电系统设计过程中，首先根据用户需求，拟制出详细的设计要求。再通过对设计要求进行分析，获得相应的预测电路模型。电路模型就是电系统的数学模型。电路模型元件称为理想电路元件。理想电路元件是实际电路器件（如电池或电灯）的数学模型。使用理想电路元件来表现实际电路器件的物理行为，精确度是非常重要的。电路分析工具以及电路分析则是对预测的电路模型进行分析计算。计算的结果再与期望值进行比较，如果计算值与期望值存在偏差，则应对预测电路模型进行优化调整，直到计算值与期望值相符为止。再利用电路模型，完成物理原型的设计，即选用实际电器件搭建电路系统。物理原型仍然需要通过多次实验进行测试，并将测试结果与设计要求进行比较，若测量结果表明物理原型与设计要求存在差异，则需反复对电路模型及物理原型进行优化，直到物理原型完全符合设计要求为止。至此，电系统的主要设计过程结束。

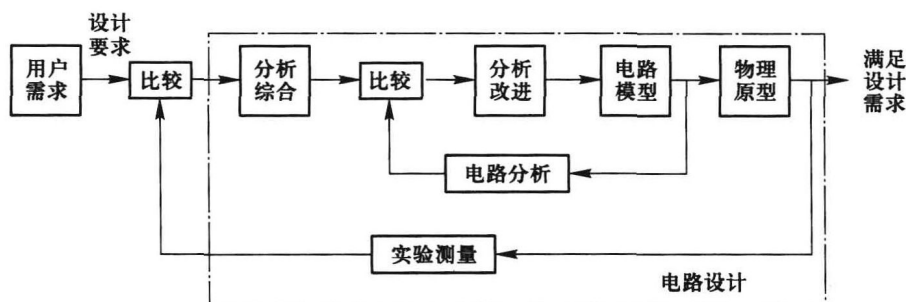


图 1-1-1 电系统设计的概念模型

综上所述，在电系统的整个设计过程中，电路分析起到了举足轻重的作用。电路分析是基于电路模型进行的电气系统特性预测，预测结果的精确度直接决定了构造的物理原型的实用性。在现代设计方法中，电路的分析、仿真已经成为电路系统设计周期中必不可少的环节。电路分析对于工程师是十分重要的，工程师只有具备了电路分析的能力才能具备电路设计的能力。作为一名工程师，可以通过参与各种技术革新，不断地改进和完善现有的系统，并开发新的系统，以满足不断发展的社会需求。作为一名学生，应主要学习前人解决问题的经验。通过阅读和讨论，思考这些问题在过去是如何被解决的，并通过相关的课后练习和实验进行能力培养，为成为一名具有解决实际问题的工程师做准备。

## 1.2 电路和电路模型

### 1. 实际电路

由电源、导线及各种用电元器件或电气设备按一定顺序组成的网络称为电路。电路能够进行能量的传输、分配控制与转换(如配电线路与设备)和信息的传递与处理(如信号的放大、滤波、调谐和检波等)。

实际电路通常由四个要素组成:①电源(source),如电站的发电设备、电池等;②用电设备,也称负载(load),如电灯、计算机、电动机等;③控制装置,如自动、手动开关;④导线(line),通常由铜或铝等电阻率小的金属制成。实际电路的组成结构、具体功能以及设计方法各不相同,但遵循同一理论基础,即电路理论。

### 2. 电路模型(model)

对实际电路的分析一般有两种办法:①用电工仪表对实际电路进行测量;②将实际电路抽象为电路模型,而后用电路理论进行分析计算。方法②可以简化电路,使分析直观明了,本书主要侧重讨论此方法,同时介绍基本的电路测试方法。

将实际电路抽象为电路模型,需要将电路中的每一个实际器件的主要电磁特性进行抽象和概括。即去除实际部件的外形、尺寸等差异,抽取出其共有的电磁性能,定义成理想元件。如电灯、电炉、电动机等用电设备,其耗电的电磁特性在电路模型中可抽象为理想电阻、电感元件。根据发生在实际电路器件中的电磁现象,按性质可分为四种基本的理想电路元件:①消耗电能(电阻);②供给电能(理想电源);③储存电场能量(理想电容);④储存磁场能量(理想电感)。

用理想电路元件来模拟实际电路中每个电气器件和设备,再根据这些器件的连接方式,用理想导线将这些电路元件连接起来,就得到该实际电路的电路模型。电路模型反映实际电路中电气设备和器件(实际部件)的伏安特性及它们的连接方式。

图1-2-1中图(a)所示是一个简单的手电筒实物,图(b)和图(c)所示分别是图(a)所示实物的电气图和电路图。

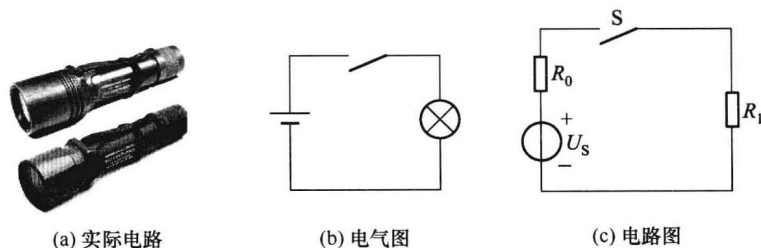


图 1-2-1 手电筒及其电路

事实上,理想电路元件和实际元件的尺寸大小有明显差别。电路模型可以把一个发电厂简化成一个电源,也可以把一个晶体管转化为由几个电阻、电容和受控电源组成的集合。若电路元件外形尺寸不大,与其工作的信号波长相比可以忽略不计,则这些元件被称为集总参数元件(lumped parameter element)。若电路本身的几何尺寸  $L$  相对于电路的工作频率  $f$  所对应的波长



$\lambda$  小得多( $\lambda = c/f$ , 其中  $c$  是光速,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ), 则这些电路被称为集总参数电路(lumped parameter circuit)。在分析集总参数电路时, 可以忽略元件和电路本身的几何尺寸。例如, 电路工作在工频 50 Hz 时, 波长  $\lambda = 6\,000 \text{ km}$ , 多数电路满足  $L \ll \lambda$ , 属于集总参数电路; 电路工作在低频时, 绝大部分的电路元件可视为集总参数模型; 电路工作在高频时, 若工作信号的波长和体积尺寸相比已不可忽略, 则要考虑电路的分布参数, 以更真实地反映电路的实际工作状态。分布参数电路(distributed parameter circuit)是指电路本身的几何尺寸相对于工作波长不可忽略的电路。本课程重点讨论集总参数电路的分析方法。

表 1-2-1 列出我国国家标准电气图(electric diagram)中的部分图形符号。运用表格中的图形符号, 可以画出实际电路中各器件相互连接的电气图。表 1-2-2 列出部分电路元件的图形符号。运用表格中的图形符号, 可以画出反映实际电路中各器件电气特性及相互连接关系的电路图。

表 1-2-1 部分电气图用图形符号  
(根据国家标准 GB 4728)

名称	符号	名称	符号	名称	符号
导线	—	传声器		电阻器	
连接的导线	+	扬声器		可变电阻器	
接地		二极管		电容器	
接机壳		稳压二极管		线圈、绕组	
开关		隧道二极管		变压器	
熔断器		晶体管		铁心变压器	
灯		运算放大器		直流发电机	
电压表		电池		直流电动机	

表 1-2-2 部分电路元件图形符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
理想电流源		理想导线	—	电容	
理想电压源		连接的导线	+	电感	
受控电流源		电位参考点		理想变压器 耦合电感	
受控电压源		理想开关		回转器	
电阻		开路		理想运放	
可变电阻		短路		二端元件	
非线性电阻		理想二极管			