

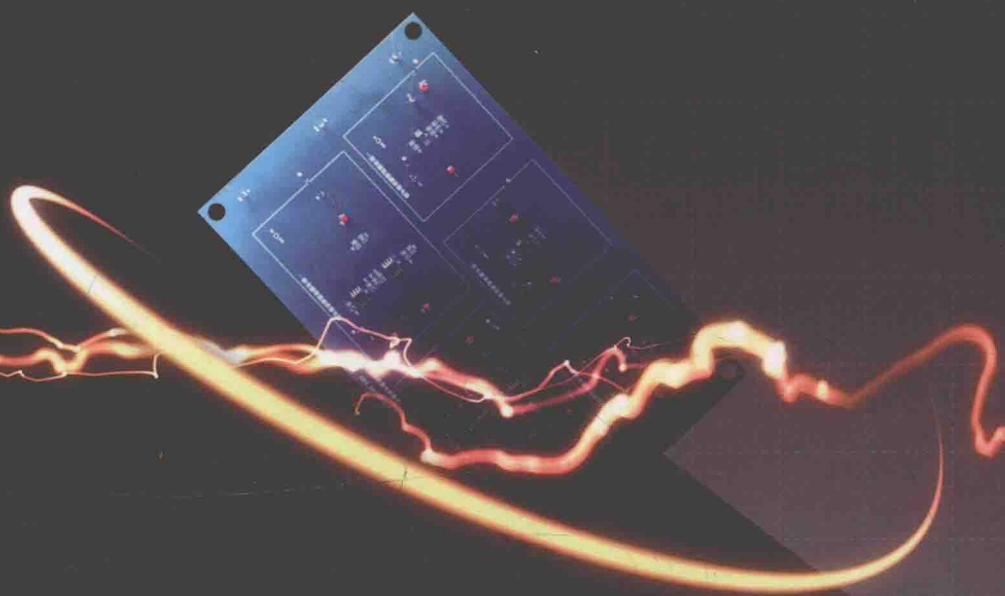
学习资源  
见书中  
学习说明

电子系统EDA新技术丛书

# 模拟电子系统设计指南 (实践篇)

从半导体、分立元件到**ADI**集成电路  
的分析与实现

◎ 何 宾 编著      ◎ 王学伟 主审



★ 通过泰克测试仪器对实际硬件电路的测试，  
以及与SPICE仿真工具的仿真结果比较，  
进一步深入理解模拟电子系统设计理论知识。



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

电子系统 EDA 新技术丛书

# 模拟电子系统设计指南

(实践篇)

从半导体、分立元件到 ADI 集成电路的分析与实现

◎何 宾 编著   ◎王学伟 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是《模拟电子系统设计指南（基础篇）：从半导体、分立元件到 ADI 集成电路的分析与实现》一书的配套实践用书，本书重点介绍了模拟电子系统中典型单元硬件电路的设计、实现和验证方法。本书共分 14 章，包括构建模拟电子系统的基本知识、SPICE 仿真工具、测试仪器原理、信号时域和频域表示实验、二极管电路设计与验证、双极结型晶体管电路设计与验证、金属氧化物场效应晶体管电路设计与验证、运算放大器电路设计与验证、集成差动放大器电路设计与验证、有源滤波器电路设计与验证、功率放大器电路设计与验证、振荡器电路设计与验证、电源管理器电路设计与验证以及模拟电路自动测试系统的构建。

本书的特色是以典型的电子设计自动化工具（electronics design automation, EDA）所包含的 SPICE 来指导实际模拟硬件电路的设计，并通过各种测试仪器对实际硬件电路的测量，比较理论和实际之间的差别，引导读者深入理解和思考实际模拟电路的设计问题，并加深对模拟电子技术理论知识的理解。本书适用于从事模拟系统设计的工程师，尤其是使用 ADI 集成电路设计的工程师。同时，也可以作为高等院校模拟电子技术基础课程的实践教学参考用书。

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

模拟电子系统设计指南. 实践篇. 从半导体、分立元件到 ADI 集成电路的分析与实现 / 何宾编著. —北京：电子工业出版社，2017.10

（电子系统 EDA 新技术丛书）

ISBN 978-7-121-32761-2

I. ①模… II. ①何… III. ①电子系统—系统设计—指南 IV. ①TN02-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 233872 号

责任编辑：王敬栋

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 印张：24.25 字数：620.8 千字

版 次：2017 年 10 月第 1 版

印 次：2017 年 10 月第 1 次印刷

定 价：78.00 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）88254888，88258888。

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

本书咨询联系方式：010-51260888-819，faq@phei.com.cn。

# 学习说明

## Study Shows

### 1. 本书配套教学资源，为读者提供学习服务

书中所提供的配套设计案例、教学课件和公开教学视频，可以通过作者的维基网站获取：  
<http://www.edawiki.com>

### 2. 本书作者联络方式，为读者解答学习过程中遇到的问题

何宾的电子邮件：[hb@gpnewtech.com](mailto:hb@gpnewtech.com)

### 3. 本书配套硬件及仪器设备购买事宜由北京汇众新特科技有限公司负责，为企业和教师提供配套的硬件设备

北京汇众新特科技有限公司网站：<http://www.gpnewtech.com>

市场及服务支持热线：010-83139076 010-83139176

### 4. 课程的培训事宜由北京汇众新特科技有限公司负责，为企业和教师提供相关的培训课程服务

北京汇众新特科技有限公司网站：<http://www.gpnewtech.com>

市场及服务支持热线：010-83139076 010-83139176

电子邮件：[hb@gpnewtech.com](mailto:hb@gpnewtech.com)

### 5. 作者的微信公众号



### 6. 为方便学习交流，作者建立了微信交流群，读者可扫描二维码加入



# 前 言

本书是《模拟电子系统设计指南（基础篇）：从半导体、分立元件到 ADI 集成电路的分析与实现》一书的配套实践用书。模拟电子系统的设计能力，取决于设计者对相关理论知识的理解深度和广度；而对理论知识的理解仅仅从书本上学习是远远不够的，需要通过大量的 SPICE 电路软件仿真以及构建和测试实际硬件电路来积累“设计经验”。

在编写本书的过程中，我的学生参与了大量模拟硬件电路的构建、测试和验证工作，而他们在大学刚开始学习模电的时候，感觉特别抽象，理解起来很困难，导致他们不知道学习模拟电子技术这门课程的目的所在，当然这也是国内大学老师和学生的通病。在我编写这本书的 6 个月时间内，通过给学生布置书上所提供的设计题目，引导他们有针对性地从实践中重新学习模拟电子技术知识，而不是像原来一样仅仅是从书本上学习。

在他们完成我所布置的这些设计题目的过程中，首先要参考我编写的《模拟电子系统设计指南（基础篇）：从半导体、分立元件到 ADI 集成电路的分析与实现》中相关的模拟电路理论知识，然后使用 SPICE 对要搭建的模拟硬件电路从不同的角度进行初步可行性验证，最后在面包板/万能板上构建实际的硬件电路，并通过测试仪器从时域（包含 X—Y）和频域两个不同的角度研究信号与模拟电子系统各个单元之间的内在关系。经过这个训练过程，他们从以前感觉模电是最难学、最不喜欢学的课程，转变为如今对模电内在所表现出的深层次“魅力”产生了浓厚兴趣。并且，现在他们可以从整体上将所学的各门相关专业课程知识点有机联系在一起。由此可见实践/实验在模拟电子课程的教与学中的重要作用。

全书分为 14 章，以二极管、BJT、MOSFET、集成运算放大器、功率放大器、电源管理器为主线，将模拟电子课程中需要掌握的重要知识点通过实验进行了系统化融合。我的学生，王中正负责本书第 5 章~第 10 章实验内容的设计和验证，唐思怡负责本书第 11 章~第 14 章实验内容的设计和验证，汤宗美负责本书教学课件的制作；我本人承担对全书的文字整理、实验结构的确认以及审阅工作。

在编写本书的过程中，ADI 大学计划提供了芯片和经费资助；NI 大学计划提供了正版 Multisim Designer 14.0 工具的授权以及 Elvis 平台；TEKTRONIX（泰克）公司大学计划提供了程控电源、信号发生器、混合域示波器、数字万用表以及经费资助。正是由于这些公司的鼎力支持和帮助，才使得我能够高质量地完成本书的编写工作，在此向他们的支持表示衷心的感谢。通过本书的编写，使得教育界和产业界能够更紧密地进行合作，产业界可以全方位地帮助教育界的老师将最新的模拟电子设计软件工具和硬件平台介绍给广大学生，同时教育界也为产业界培养更多能够从事相关工作的工程技术人员，这是一种双赢的合作。

最后，感谢电子工业出版社相关编辑对本书出版所给予的帮助和支持。由于本人水平有限，书中难免出现不足之处，请读者不吝指出，以便进一步完善本书的内容。

何 宾

2017 年 4 月于北京

# 目 录

<b>第1章</b>	<b>构建模拟电子系统的基本知识</b>	1
1.1	电阻	1
1.1.1	轴向引线型电阻	1
1.1.2	电阻网络	4
1.1.3	贴片式电阻元件的封装	5
1.2	电容	6
1.2.1	功能	6
1.2.2	有极性电容	7
1.2.3	无极性电容	9
1.2.4	聚苯乙烯电容	9
1.2.5	真实的电容值	9
1.2.6	电容的寄生效应	10
1.2.7	寄生电容	13
1.2.8	不同类型电容比较	15
1.3	面包板	16
1.3.1	面包板结构和功能	16
1.3.2	寄生电容	18
<b>第2章</b>	<b>SPICE 仿真工具</b>	20
2.1	Multisim Live 特性及其应用	20
2.1.1	登录 Multisim Live	20
2.1.2	Multisim Live 设计流程	21
2.2	ADIsimPE 仿真工具特性及其应用	29
2.2.1	下载和安装 ADIsimPE 仿真工具	29
2.2.2	ADIsimPE 仿真工具基本设计流程	32
<b>第3章</b>	<b>测试仪器原理</b>	37
3.1	数字示波器原理	37
3.1.1	信号的基本概念	37
3.1.2	示波器类型	40
3.1.3	数字示波器基本原理	40

3.1.4	性能参数	41
3.1.5	触发方式	50
3.1.6	X—Y 模式	57
3.2	信号发生器原理	57
3.2.1	信号发生器功能	57
3.2.2	信号发生器的类型	59
3.2.3	工作原理	59
3.2.4	性能参数	62
3.3	线性直流电源原理	69
3.3.1	工作原理	69
3.3.2	工作模式	70
3.3.3	性能参数	71
3.3.4	扩展应用	72
3.4	数字万用表原理	73
3.4.1	工作原理	74
3.4.2	性能参数	74
3.5	频谱分析仪原理	75
3.5.1	信号的时域和频域表示	75
3.5.2	频谱分析仪的用途	76
3.5.3	频谱分析仪种类	77
3.5.4	性能参数	83
3.6	直流电子负载	86
<b>第 4 章</b>	<b>信号时域和频域表示</b>	<b>88</b>
4.1	实验目的	88
4.2	实验材料和仪器	88
4.3	MDO3054 混合域示波器主要功能	88
4.3.1	常见按钮和菜单	89
4.3.2	前面板菜单按钮	89
4.3.3	频谱分析控件操作面板	90
4.3.4	其他控制	90
4.4	实验原理	92
4.4.1	设置任意函数发生器	92
4.4.2	正弦信号的时域分析	93
4.4.3	正弦信号的频域分析	95
<b>第 5 章</b>	<b>二极管电路设计与验证</b>	<b>101</b>
5.1	二极管 $I-V$ 曲线测量	101

5.1.1	实验目的	101
5.1.2	实验材料和仪器	101
5.1.3	电路设计原理	101
5.1.4	硬件测试电路	102
5.1.5	测试结果分析	104
5.2	半波整流电路设计和验证	105
5.2.1	实验目的	105
5.2.2	实验材料和仪器	105
5.2.3	电路设计原理	105
5.2.4	硬件测试电路	106
5.2.5	测试结果分析	107
5.3	全波整流电路设计和验证	108
5.3.1	实验目的	108
5.3.2	实验材料和仪器	108
5.3.3	电路设计原理	109
5.3.4	硬件测试电路	110
5.3.5	测试结果分析	111
5.4	桥式整流电路设计和验证	111
5.4.1	实验目的	112
5.4.2	实验材料和仪器	112
5.4.3	电路设计原理	112
5.4.4	硬件测试电路	113
5.4.5	测试结果分析	114
5.5	限幅电路设计和验证	115
5.5.1	实验目的	115
5.5.2	实验材料和仪器	115
5.5.3	电路设计原理	116
5.5.4	硬件测试电路	117
5.5.5	测试结果分析	118
5.6	交流耦合和直流恢复电路设计和验证	120
5.6.1	实验目的	120
5.6.2	实验材料和仪器	120
5.6.3	电路设计原理	120
5.6.4	硬件测试电路	122
5.6.5	测试结果分析	123
5.7	可变衰减器设计和验证	125
5.7.1	实验目的	125
5.7.2	实验材料和仪器	125



5.7.3	电路设计原理	125
5.7.4	硬件测试电路	126
5.7.5	测试结果分析	127

## 第6章 双极结型晶体管电路设计与验证 129

6.1	BJT 用作二极管	129
6.1.1	实验目的	129
6.1.2	实验材料和仪器	129
6.1.3	电路设计原理	129
6.1.4	硬件测试电路	131
6.1.5	测试结果分析	132
6.2	BJT 输出特性曲线测量	133
6.2.1	实验目的	133
6.2.2	实验材料和仪器	134
6.2.3	电路设计原理	134
6.2.4	阶梯波生成方法	136
6.2.5	硬件测试电路	138
6.2.6	测试结果分析	140
6.3	BJT 共射极放大电路设计和验证	143
6.3.1	实验目的	143
6.3.2	实验材料和仪器	143
6.3.3	电路设计原理	143
6.3.4	硬件测试电路	144
6.3.5	测试结果分析	146
6.4	BJT 镜像电流源设计和验证	146
6.4.1	实验目的	147
6.4.2	实验材料和仪器	147
6.4.3	电路设计原理	147
6.4.4	硬件测试电路	148
6.4.5	测试结果分析	149
6.5	基极电流补偿镜像电流源	150
6.5.1	实验目的	150
6.5.2	实验材料和仪器	150
6.5.3	电路设计原理	150
6.5.4	硬件测试电路	151
6.5.5	测试结果分析	153
6.6	零增益放大器设计和验证	154
6.6.1	实验目的	154





6.6.2	实验材料和仪器	154
6.6.3	电路设计原理	154
6.6.4	硬件测试电路	156
6.6.5	测试结果分析	157
6.7	稳压电流源设计和验证	158
6.7.1	实验目的	159
6.7.2	实验材料和仪器	159
6.7.3	电路设计原理	159
6.7.4	硬件测试电路	160
6.7.5	测试结果分析	161
6.8	并联整流器设计和验证	162
6.8.1	实验目的	162
6.8.2	实验材料和仪器	162
6.8.3	电路设计原理	162
6.8.4	硬件测试电路	164
6.8.5	测试结果分析	165
6.9	射极跟随器设计和验证	167
6.9.1	实验目的	167
6.9.2	实验材料和仪器	167
6.9.3	电路设计原理	167
6.9.4	硬件测试电路	168
6.9.5	测试结果分析	169
6.10	差模输入差分放大器电路设计和验证	170
6.10.1	实验目的	170
6.10.2	实验材料和仪器	171
6.10.3	电路设计原理	171
6.10.4	硬件测试电路	173
6.10.5	测试结果分析	175
6.11	共模输入差分放大器电路设计和验证	175
6.11.1	实验目的	175
6.11.2	实验材料和仪器	176
6.11.3	电路设计原理	176
6.11.4	硬件测试电路	177
6.11.5	测试结果分析	178
<b>第7章</b>	<b>金属氧化物场效应晶体管电路设计与验证</b>	<b>179</b>
7.1	MOS 用作二极管电路测试	179
7.1.1	实验目的	179

7.1.2	实验材料和仪器	179
7.1.3	电路设计原理	179
7.1.4	硬件测试电路	181
7.1.5	测试结果分析	182
7.2	MOS 输出曲线测量	183
7.2.1	实验目的	184
7.2.2	实验材料和仪器	184
7.2.3	电路设计原理	184
7.2.4	硬件测试电路	185
7.2.5	测试结果分析	187
7.3	MOS 转移特性曲线测量	189
7.3.1	实验目的	189
7.3.2	实验材料和仪器	189
7.3.3	电路设计原理	190
7.3.4	硬件测试电路	192
7.3.5	测试结果分析	193
7.4	MOS 共源极放大电路设计和验证	197
7.4.1	实验目的	198
7.4.2	实验材料和仪器	198
7.4.3	电路设计原理	198
7.4.4	硬件测试电路	199
7.4.5	测试结果分析	200
7.5	MOS 镜像电流源电路设计和验证	201
7.5.1	实验目的	202
7.5.2	实验材料和仪器	202
7.5.3	电路设计原理	202
7.5.4	硬件测试电路	203
7.5.5	测试结果分析	204
7.6	零增益放大器电路设计和验证	205
7.6.1	实验目的	205
7.6.2	实验材料和仪器	205
7.6.3	电路设计原理	206
7.6.4	硬件测试电路	207
7.6.5	测试结果分析	208
7.7	源极跟随器电路设计和验证	209
7.7.1	实验目的	209
7.7.2	实验材料和仪器	210
7.7.3	电路设计原理	210



7.7.4	硬件测试电路	211
7.7.5	测试结果分析	212
7.8	差模输入差分放大器电路设计和验证	213
7.8.1	实验目的	213
7.8.2	实验材料和仪器	213
7.8.3	电路设计原理	213
7.8.4	硬件测试电路	215
7.8.5	测试结果分析	216
7.9	共模输入差分放大器电路设计和验证	217
7.9.1	实验目的	217
7.9.2	实验材料和仪器	218
7.9.3	电路设计原理	218
7.9.4	硬件测试电路	218
7.9.5	测试结果分析	220
<b>第8章</b>	<b>集成运算放大器电路设计与验证</b>	<b>221</b>
8.1	同相放大器电路设计和验证	221
8.1.1	实验目的	221
8.1.2	实验材料和仪器	221
8.1.3	电路设计原理	221
8.1.4	硬件测试电路	223
8.1.5	测试结果分析	224
8.2	反相放大器电路设计和验证	224
8.2.1	实验目的	225
8.2.2	实验材料和仪器	225
8.2.3	电路设计原理	225
8.2.4	硬件测试电路	226
8.2.5	测试结果分析	227
8.3	电压跟随器电路设计和验证	228
8.3.1	实验目的	228
8.3.2	实验材料和仪器	228
8.3.3	电路设计原理	229
8.3.4	硬件测试电路	230
8.3.5	测试结果分析	231
8.4	加法器电路设计和验证	231
8.4.1	实验目的	231
8.4.2	实验材料和仪器	232
8.4.3	电路设计原理	232

8.4.4	硬件测试电路	233
8.4.5	测试结果分析	234
8.5	积分器电路设计和验证	235
8.5.1	实验目的	235
8.5.2	实验材料和仪器	235
8.5.3	电路设计原理	236
8.5.4	硬件测试电路	237
8.5.5	测试结果分析	238
8.6	微分器电路设计和验证	239
8.6.1	实验目的	239
8.6.2	实验材料和仪器	239
8.6.3	电路设计原理	239
8.6.4	硬件测试电路	240
8.6.5	测试结果分析	241
8.7	半波整流器电路设计和验证	242
8.7.1	实验目的	242
8.7.2	实验材料和仪器	242
8.7.3	电路设计原理	243
8.7.4	硬件测试电路	244
8.7.5	测试结果分析	245
8.8	全波整流器电路设计和验证	246
8.8.1	实验目的	246
8.8.2	实验材料和仪器	246
8.8.3	电路设计原理	246
8.8.4	硬件测试电路	248
8.8.5	测试结果分析	249
8.9	单电源同相放大器电路设计和验证	250
8.9.1	实验目的	250
8.9.2	实验材料和仪器	250
8.9.3	电路设计原理	250
8.9.4	硬件测试电路	251
8.9.5	测试结果分析	253

## 第9章 集成差动放大器电路设计与验证 ..... 255

9.1	应变力测量电路设计和验证	255
9.1.1	实验目的	255
9.1.2	实验材料和仪器	255
9.1.3	应变片原理	256

9.1.4	电路设计原理	257
9.1.5	硬件测试电路	259
9.1.6	测试结果分析	260
9.2	热电阻测量电路设计和验证	261
9.2.1	实验目的	262
9.2.2	实验材料和仪器	262
9.2.3	温度传感器原理	262
9.2.4	电路设计原理	263
9.2.5	硬件测试电路	263
9.2.6	测试结果分析	264
<b>第10章</b>	<b>有源滤波器电路设计与验证</b>	<b>266</b>
10.1	一阶有源低通滤波器电路设计和验证	266
10.1.1	实验目的	266
10.1.2	实验材料和仪器	266
10.1.3	电路设计原理	267
10.1.4	硬件测试电路	269
10.1.5	测试结果分析	270
10.2	一阶有源高通滤波器电路设计和验证	273
10.2.1	实验目的	273
10.2.2	实验材料和仪器	274
10.2.3	电路设计原理	274
10.2.4	硬件测试电路	276
10.2.5	测试结果分析	277
10.3	一阶有源带通滤波器电路设计和验证	280
10.3.1	实验目的	280
10.3.2	实验材料和仪器	281
10.3.3	电路设计原理	281
10.3.4	硬件测试电路	283
10.3.5	测试结果分析	285
10.4	一阶有源带阻滤波器电路设计和验证	291
10.4.1	实验目的	291
10.4.2	实验材料和仪器	291
10.4.3	电路设计原理	292
10.4.4	硬件测试电路	294
10.4.5	测试结果分析	295
10.5	二阶有源低通滤波器电路设计和验证	300
10.5.1	实验目的	300

10.5.2	实验材料和仪器	300
10.5.3	电路设计原理	301
10.5.4	硬件测试电路	302
10.5.5	测试结果分析	304

## 第 11 章 功率放大器电路设计与验证 ..... 308

11.1	B 类功率放大器电路设计与验证	308
11.1.1	实验目的	308
11.1.2	实验材料和仪器	308
11.1.3	电路设计原理	308
11.1.4	硬件测试电路	310
11.1.5	测试结果分析	311
11.2	AB 类功率输出放大器电路设计与验证(一)	312
11.2.1	实验目的	313
11.2.2	实验材料和仪器	313
11.2.3	电路设计原理	313
11.2.4	硬件测试电路	315
11.2.5	测试结果分析	316
11.3	AB 类功率输出放大器电路设计与验证(二)	317
11.3.1	实验目的	317
11.3.2	实验材料和仪器	317
11.3.3	电路设计原理	317
11.3.4	硬件测试电路	319
11.3.5	测试结果分析	320

## 第 12 章 振荡器电路设计与验证 ..... 322

12.1	移相振荡器电路设计和验证	322
12.1.1	实验目的	322
12.1.2	实验材料和仪器	322
12.1.3	电路设计原理	322
12.1.4	硬件测试电路	324
12.1.5	测试结果分析	326
12.2	文氏桥振荡器电路设计和验证	326
12.2.1	实验目的	327
12.2.2	实验材料和仪器	327
12.2.3	电路设计原理	327
12.2.4	硬件测试电路	329
12.2.5	测试结果分析	331

<b>第13章</b> 电源管理器电路设计与验证 .....	332
13.1 线性电源电路设计和验证 .....	332
13.1.1 实验目的 .....	332
13.1.2 实验材料和仪器 .....	332
13.1.3 硬件测试电路 .....	333
13.1.4 测试结果分析 .....	334
13.2 降压型开关电源设计与验证 .....	336
13.2.1 实验目的 .....	336
13.2.2 实验材料和仪器 .....	337
13.2.3 电路设计原理 .....	337
13.2.4 硬件测试电路 .....	342
13.2.5 测试结果分析 .....	343
13.3 升压型开关电源设计与验证 .....	350
13.3.1 实验目的 .....	350
13.3.2 实验材料和仪器 .....	350
13.3.3 电路设计原理 .....	351
13.3.4 硬件测试电路 .....	352
13.3.5 测试结果分析 .....	353
<b>第14章</b> 模拟电路自动测试系统的构建 .....	359
14.1 实验目的 .....	359
14.2 实验材料和仪器 .....	359
14.3 自动测试系统构建原理及实现 .....	359
14.3.1 下载并安装软件 .....	359
14.3.2 测试仪器与上位机连接 .....	362
14.3.3 使用 TekVISA 软件工具 .....	363
14.3.4 使用 arbexpress 软件工具 .....	365
14.3.5 使用 OpenChoice 软件工具 .....	366



# 第1章 构建模拟电子系统的基本知识

本章介绍构建模拟电子电路（系统）需要的一些基础知识，包括电阻、电容、面包板等内容。

## 1.1 电阻

本节将介绍在实验室中常用的分立/轴向引线型电阻并比较不同类型电阻的成本和性能。

### 1.1.1 轴向引线型电阻

三种最通用的轴向引线型电阻，包括合成碳/碳膜电阻、金属膜电阻和绕线电阻。

#### 1. 碳化合物/碳膜电阻

通常在通用电路中使用这种电阻，通用电路对初始精度以及温度变化引起的电路稳定性要求并不苛刻。典型的应用包括：①用作集电极或者发射极的负载。②在晶体管/FET 偏置网络中，作为充电电容的放电路径。③在数字逻辑电路中，作为上拉或者下拉。

碳膜电阻精度较低，为了理解电阻值系统，以 10%精度的电阻为例，如果第一个电阻值是 100 Ω，就没有必要做 105 Ω，因为 100 Ω 的电阻精度是 90~110 Ω，所以第二个有意义的电阻值是 120 Ω，阻值精度范围在 110~130 Ω。用这个方法类推，从 100~1000 Ω 的电阻值为 100、120、150、180、220、270 和 330 等。

国际电工委员会（international electrical commission, IEC）定义了一个标准电阻值系统，这个标准电阻值系统中包括 7 种不同精度的电阻系列。精度从低到高分别为 E3、E6、E12、E24、E48、E96、E192。这个标准电阻值系统中的标准电阻阻值是按照等比数列的形式选择的。并且每 10 倍程的阻值数量是相同的。例如 E6 系列 100 Ω~1 KΩ 之间有 6 个不同的电阻值，1 KΩ~10 KΩ 之间也同样有 6 个电阻值，并且后面每组中的阻值都是前组中对应阻值的 10 倍。因此，如果给出了 100 Ω~1 KΩ 之间的标准阻值，其他阻值都可以很容易地计算出来。IEC 给出的公式如下，

$$Y(n) = \text{Round} \left[ 100 \times e^{\left( \frac{n-1}{N} \right) \ln 10} \right] \quad (1.1)$$

式中，Round 表示对计算结果进行四舍五入处理， $n$  表示在标准系列中的第  $n$  个标准电阻值； $N$  为 7 个电阻系列的值中的一个（3、6、12、24、48、96 或 192）； $Y(n)$  为第  $n$  个标准电阻值所对应的具体电阻值。因此，电阻的排列服从准对数的关系。额定功耗在 1/8~2 W 之间。典型的，常使用 1/4~1/2 W，精度为 5% 和 10% 的电阻。

对于 10~100 Ω 之间的电阻，在不同精度（0.1%、0.25%、0.5%、1%、2%、5% 和

