

全国大学生电子设计竞赛参考用书

王 伞 ● 主编

常用电路模块分析 与设计指导

(第2版)

电路模块为核心

- 注重工程实践能力的培养
- 设计案例均来自实践项目
- 稍加修改即可扩展应用
- 具有很好的实用性和创新性

清华大学出版社



TN702
183-2

. 013031494

常用电路模块分析与设计指导

(第2版)

王 伞 主编



TN702
183-2

清华大学出版社

北 京



北航

C1640006

内 容 简 介

本书共分为 13 章, 以各种实用的电路模块为核心, 包括模拟信号处理电路(放大、运算、程控增益、数
控衰减、功率推动等)、电源技术、信号产生与变换单元、数模混合电路(A/D、D/A)、通信电子线路(无
线发射、接收、遥控电路)、传感器模块、自动控制单元、语音模块等, 分析了具体条件下各种电路模块的
选用及应用。书中介绍的基本电路模块和设计范例具有实用价值, 电路中元件、集成块都给出具体的型号和参
数, 只需将各种电路恰当地组合, 便能形成具有特定功能的电子电路系统, 学生在设计电路时可直接借鉴或
参考。

本书可作为高等院校电子类专业的参考教材, 亦可作为大学生电子设计竞赛及课外科技活动用书或者相
关培训机构的教材, 还可作为工程技术人员和电子爱好者的自学参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

常用电路模块分析与设计指导/王伞主编. —2 版. —北京: 清华大学出版社, 2013.3

ISBN 978-7-302-31200-0

I. ①常… II. ①王… III. ①电子电路-电路分析-教材 ②电子电路-电路设计-教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 002423 号

责任编辑: 钟志芳

封面设计: 刘 超

版式设计: 文森时代

责任校对: 赵丽杰

责任印制: 何 芊

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 清华大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 22.5 字 数: 528 千字

版 次: 2007 年 4 月第 1 版 2013 年 3 月第 2 版 印 次: 2013 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 39.80 元

产品编号: 044953-01

编 委 会

主 编:

王 伞

编 委:

王 伞

侯长波

李名祺

杨文彬

王 天

赵旦峰

前 言

《常用电路模块分析与设计指导》第1版于2007年发行,作者希望此书为开展课外科技创新活动的高校学生及电子设计爱好者提供一定的帮助。该书自出版以来,深受广大读者的支持,引起了积极的反响。

由于电子系统设计是一个发展速度较快的领域,自2007年以来,新的IC器件层出不穷,一些先进的设计方法与理念逐渐成熟,因此本书第1版中的部分内容已落后于应用技术的发展,鉴于上述情况,编者在第1版的基础上进行了修订,补充整理形成《常用电路模块分析与设计指导(第2版)》书稿。第2版教材有以下特点。

► 体系合理

本书以电路模块为核心,包括模拟信号处理电路(放大、运算、程控增益、数控衰减、功率推动等)、信号产生与变换单元、数模混合电路(A/D、D/A)、通信电子线路(无线发射、接收、遥控电路)、传感器模块、自动控制单元等,分析具体条件下各种电路模块的选择及应用。书中介绍的基本电路模块和设计范例具有实用价值,电路中元件、集成块都给出了具体型号和参数,只需将各种电路恰当地组合,便能形成具有特定功能的电子电路系统,学生在设计电路时可直接借鉴或参考。本书新增第2章“电源技术”,主要考虑供电电源是电子系统中必不可少的组成部分,掌握一定的电源知识,有利于系统整体设计思路的培养。

在编写体系上,设置了三级目录,本着循序渐进的原则,叙述由浅入深、重点突出、通俗易懂。各章节内容相对独立,既可以通读,也可根据实际需要选读。

► 注重实践

本书编写的主导思想是注重实践,以工程设计训练为主,在对电子电路进行分析时,尽量避免抽象的原理分析和数学推导,侧重于器件的外特性、电路功能、物理意义和结论的说明。通过电子电路的设计与制作实践,提高学生的工程实践能力、分析问题与解决问题的能力。

► 启发创新

工程实践能力和创新能力的培养,仅靠计划学时内的理论与实验教学是不够的。因此,许多高等院校都建设了开放实验环境,学生可以有很大的自由度自选题目、自行设计,在开放实验室独立完成具有一定创意的选题或自己感兴趣的实验;同时,开放实验室可以作为学生科技开发、专题培训、各种学科竞赛和新技术讲座的环境。本书按适应创新教育的要求精选了内容,设计案例多选自电子设计竞赛及学生科研立项,对电子电路创新设计与实践具有启发性。另外,根据需要设置“思路扩展”栏目,即举一反三,对所讨论的电路稍作改动,便能实现其他功能,起到“点睛”的作用。

本书的第1章、第3章、第6章由杨文彬编写;第2章、第8章、第11章、第13章由王伞编写;第4章、第9章、第10章由侯长波编写;第5章、第7章由李明祺编写;第

12章由王天编写；附录由王伞、杨文彬编写；全书由王伞统稿。在编写本书的过程中，哈尔滨工程大学信息与通信工程学院赵旦峰教授作为本书的主审，对本书给予了指导；廖宇老师为本书绘制了部分插图，在此表示感谢！

由于编者水平所限，书中难免有疏漏之处，恳请各位同仁指正。

本书如能为大学生课外科技活动、电子设计竞赛和电子爱好者、工程技术人员提供帮助，作者将感到十分欣慰。

编者于哈尔滨工程大学

目 录

第 1 章 半导体器件单元	1
1.1 二极管	1
1.1.1 二极管的基本原理	1
1.1.2 二极管特性的分析	1
1.1.3 二极管应用电路设计	2
1.1.4 其他类型的二极管	7
1.2 三极管	8
1.2.1 三极管的结构和种类	8
1.2.2 三极管特性的分析	8
1.2.3 三极管放大电路设计	9
1.3 场效应管	10
1.3.1 场效应管的结构和种类	11
1.3.2 场效应管特性的分析	12
1.3.3 场效应管放大电路设计	13
1.4 其他半导体放大电路	14
1.4.1 调谐式高频放大器	14
1.4.2 半导体视频放大器	18
第 2 章 电源技术	21
2.1 线性稳压电源	21
2.1.1 简单稳压电路	21
2.1.2 分立元件线性稳压电路	21
2.1.3 固定式线性集成稳压电路	22
2.1.4 可调式线性集成稳压器	24
2.2 开关式稳压电源	26
2.2.1 串联型脉宽调制式开关稳压电路	26
2.2.2 并联型脉宽调制式开关稳压电路	27
2.2.3 开关电源实例	28
2.3 电源变换电路	29
2.3.1 DC/DC 变换电路	29
2.3.2 DC/AC 逆变器	33
2.3.3 电源变换模块	33
2.4 UPS 电路	35

2.5	电子镇流器电路	37
2.6	可控硅调压电路	38
2.6.1	单向可控硅交流调压电路	38
2.6.2	双向可控硅交流调压电路	39
2.6.3	双向可控硅调压电路干扰的抑制	40
2.7	直流馈电电路	40
2.7.1	独立电源供电的考虑	40
2.7.2	数字电路与模拟电路供电的考虑	41
2.7.3	退耦滤波电路的考虑	42
2.7.4	使用二次电源的考虑	43
第3章	集成运算放大器电路	44
3.1	运算放大器的基本原理	44
3.1.1	运算放大器的基本组成	44
3.1.2	理想运算放大器的等效模型与参数	44
3.2	基本放大电路	45
3.2.1	反相比例放大器	45
3.2.2	同相比例放大器	46
3.2.3	差动比例放大器	48
3.3	加减运算电路	48
3.3.1	反相求和电路	48
3.3.2	双运放加减运算电路	49
3.4	其他运算电路	50
3.4.1	积分电路和微分电路	50
3.4.2	对数电路和指数电路	52
3.5	程控增益放大器	53
3.5.1	由模拟开关和运放构成程控增益放大器	53
3.5.2	程控增益放大器 PGA202	55
3.5.3	由 D/A 和运放构成程控增益放大器	56
3.6	压控增益放大器	57
3.6.1	压控增益放大器 AD603	58
3.6.2	压控增益放大器 VCA810	59
3.7	自动增益控制 (AGC) 放大电路	60
3.8	运放构成电压比较器	61
3.8.1	简单电压比较器	61
3.8.2	具有限幅作用的电压比较器	62
3.8.3	滞回比较器	62
3.8.4	窗口比较器	64

3.9 U-I 与 I-U 变换电路	65
3.9.1 U-I 变换器	65
3.9.2 电流放大器	65
3.9.3 I-U 变换器	66
3.10 运放构成有源滤波器	66
3.10.1 低通有源滤波器	66
3.10.2 高通有源滤波器	68
3.10.3 50Hz 陷波器	70
3.10.4 集成模拟滤波器	70
3.11 运算放大器的其他应用	71
3.11.1 峰值保持电路	71
3.11.2 全波整流电路	72
3.12 运算放大器的选型与使用技巧	73
3.12.1 运放的选型	73
3.12.2 多级放大电路的调试	73
3.12.3 宽带高速放大电路	74
3.12.4 运放电路的使用技巧	74
3.12.5 运算放大器的供电	76
第 4 章 信号产生与变换单元	78
4.1 RC 振荡器	78
4.1.1 RC 相移振荡器	78
4.1.2 文氏电桥振荡器	80
4.2 LC 振荡器	82
4.3 晶体振荡器	84
4.4 压控振荡器 (VCO)	86
4.4.1 三极管压控振荡器	86
4.4.2 由 MC1648 组成的压控振荡器	87
4.4.3 利用 MAX2606 设计的压控振荡器	88
4.5 用一只电阻编程的宽带振荡器	89
4.6 关于高频电路中电感的计算与制作	91
4.6.1 单层空心线圈的计算	92
4.6.2 单层磁芯线圈的计算	92
4.6.3 高频磁芯使用介绍	93
4.7 函数信号发生器	95
4.7.1 运放构成的方波发生器	95
4.7.2 运放构成的矩形波 (脉冲) 发生器	96
4.7.3 555 构成的矩形波 (脉冲) 发生器	96

4.7.4	三角波发生器	98
4.7.5	锯齿波发生器	98
4.7.6	单片集成函数信号发生器 MAX038	99
4.8	信号整形电路	101
4.9	锁相频率合成技术	102
4.9.1	频率合成技术概述	102
4.9.2	锁相环的基本工作原理	103
4.9.3	锁相环中环路滤波器的设计	104
4.9.4	低频锁相环 NE567 的应用	105
4.9.5	MC145151 单片 PLL 设计的可编程频率合成器	107
4.9.6	MC145152 单片 PLL 设计的可编程频率合成器	110
4.9.7	以 TLC2932 为核心组成的锁相环	114
4.10	直接数字频率合成技术	115
4.10.1	DDS 信号发生器的工作原理	116
4.10.2	典型 DDS 芯片 AD9852 应用范例	118
4.10.3	DDS 信号发生器设计范例	123
第 5 章	A/D、D/A 转换器	126
5.1	采样定理与模拟信号的数字化	126
5.2	A/D 转换器	127
5.2.1	A/D 转换器的基本原理	127
5.2.2	A/D 转换器的性能指标与类型	129
5.3	高精度低速串行 A/D 转换器 ADS1286	130
5.3.1	ADS1286 的功能描述	130
5.3.2	ADS1286 与单片机接口	132
5.4	高速并行 A/D 转换器 ADS828E	133
5.4.1	ADS828E 的功能描述	133
5.4.2	ADS828E 的电路设计	134
5.5	D/A 转换器	135
5.5.1	D/A 转换器的基本原理	135
5.5.2	D/A 转换器的性能指标与分类	136
5.6	高精度多通道电压输出型 D/A 转换器 TLV5614	137
5.6.1	TLV5614 的功能描述	137
5.6.2	TLV5614 与单片机接口	139
5.7	高速高精度 D/A 转换器 DAC904E	140
5.7.1	DAC904E 的功能描述	140
5.7.2	DAC904E 的电路设计	141
5.8	双极性电流输出型 D/A 转换器 AD5445	142

5.8.1	AD5445 的功能描述	142
5.8.2	AD5445 的电路设计	143
5.8.3	AD5445 作为乘法器使用	144
5.9	A/D、D/A 中的电压基准电路	144
5.9.1	串联型电压基准	145
5.9.2	并联型电压基准	145
5.9.3	高精度电压基准 REF02	147
5.10	高速 A/D 中的采样时钟	147
5.10.1	采样时钟抖动对 A/D 信噪比的影响	147
5.10.2	高速 A/D 采样时钟芯片 AD9510	148
第 6 章	功率放大单元	150
6.1	概述	150
6.2	功率放大器分类	150
6.2.1	A 类功率放大器	150
6.2.2	B 类功率放大器	151
6.2.3	AB 类功率放大器	152
6.2.4	C 类功率放大器	153
6.2.5	D 类功率放大器	153
6.3	功率放大器电路	156
6.3.1	变压器推挽式功率放大电路	156
6.3.2	OCL 功率放大电路	157
6.3.3	OTL 功率放大电路	159
6.3.4	BTL 功率放大电路	160
6.4	集成音频功放	160
6.4.1	LM386 集成功放的应用	161
6.4.2	“傻瓜”集成功放的应用	161
6.4.3	TDA2007A 集成功放的应用	162
6.4.4	TDA1512A 集成功放的应用	164
6.4.5	TDA2822 集成功放的应用	164
6.4.6	TDA7294 集成功放的应用	165
6.5	高频功率放大电路	167
6.5.1	高频功率放大器的基本电路	167
6.5.2	高频功率放大器中的匹配网络	167
6.5.3	匹配网络计算举例	169
6.6	运算放大器功率放大电路	171
6.6.1	大功率运算放大器 LT1210	171
6.6.2	多级运放并联提高输出功率	172

6.7 功率放大器设计、制作与调试的若干考虑	172
第7章 传感器及其接口电路单元	176
7.1 模拟量输出型传感器	176
7.1.1 电压输出型传感器前置放大电路	176
7.1.2 电流输出型传感器前置放大电路	177
7.1.3 PWM 输出型传感器	177
7.2 数字接口输出传感器	178
7.3 传感器前置放大电路	180
7.3.1 仪表放大器电路	180
7.3.2 高精度运算放大器	182
7.4 温度传感器应用实例	183
7.4.1 AD590 温度传感器应用实例	183
7.4.2 DS18B20 数字接口温度传感器	184
7.5 湿度传感器应用实例	190
7.5.1 BM-RH206A 湿度传感器	190
7.5.2 SHT15 数字接口温湿度传感器	191
7.6 加速度传感器应用实例	192
7.6.1 ADXL202 模拟接口加速度传感器	192
7.6.2 MXC6202 数字接口加速度传感器	194
7.7 压力传感器应用实例	195
7.7.1 MPVZ5004G 压力传感器	195
7.7.2 电阻敏感薄膜压力传感器	196
7.8 光电传感器应用实例	197
7.8.1 光电开关 GP2A25 典型使用实例	197
7.8.2 抗干扰红外计数器设计	198
7.9 GPS 模块传感器	199
7.10 传感器的标定技巧	200
7.10.1 实场(地)标定法	201
7.10.2 模拟替代法	201
7.10.3 标定技巧	202
第8章 基本数字逻辑单元	204
8.1 基本逻辑单元电路	204
8.1.1 门电路	204
8.1.2 触发器	205
8.1.3 用于脉冲整形的触发器	210
8.2 编码与译码电路	211
8.2.1 编码器	211

8.2.2 译码器.....	214
8.3 锁存器与总线驱动电路.....	217
8.3.1 锁存器.....	217
8.3.2 总线驱动器.....	218
8.4 计数与时钟电路.....	219
8.4.1 二进制计数器.....	220
8.4.2 十进制计数器.....	221
8.4.3 任意进制计数器.....	221
8.4.4 分频器.....	223
8.4.5 集成时钟芯片 DS1302.....	224
第 9 章 信息无线传输单元.....	226
9.1 信息无线传输概述.....	226
9.2 无线信息的发送原理.....	227
9.3 简单调频发射机.....	228
9.4 MC1496 芯片组成的调幅发射机.....	228
9.5 MAX2606 实现调频发射.....	229
9.6 MC2833 芯片组成的调频发射机.....	230
9.7 无线信息的接收原理.....	231
9.8 简单调频接收机.....	233
9.9 简单调幅接收机.....	233
9.10 接收机前端变频信号处理芯片 NE602 的应用.....	234
9.11 利用电视机高频头设计的二次变频调频接收机.....	235
9.12 MC3362 芯片组成的调频接收机.....	237
第 10 章 无线遥控单元.....	239
10.1 遥控电路的组成.....	239
10.2 多路无线遥控中的编码/解码.....	240
10.3 超声波遥控发射/接收电路.....	241
10.4 红外遥控接收电路 CX20106 及其应用.....	242
10.5 VD5026/VD5027 编码/解码芯片在多路遥控中的应用.....	244
10.5.1 VD5026/VD5027 芯片说明.....	244
10.5.2 VD5026/VD5027 4 路编码遥控电路.....	245
10.5.3 其他编码/解码芯片.....	247
10.6 遥控通道的扩展.....	247
10.7 无线发射/接收头在遥控电路中的应用.....	248
10.7.1 超温检测无线报警电路.....	248
10.7.2 15 路热释电红外无线探测报警系统.....	249

第 11 章 语音电路单元	251
11.1 语音 IC 概述	251
11.2 音乐 IC	252
11.3 WTV 系列语音芯片	254
11.4 ISD1800 系列语音 IC	257
11.5 PM50 系列语音 IC	260
11.6 PM50 系列语音 IC 的开发	261
11.6.1 并行控制模式 (PM50 Standard)	263
11.6.2 串行控制模式 (PM50 Serial)	263
11.6.3 智能模式 (PM50 Power)	264
11.6.4 其他编辑模式	265
11.7 语音识别 IC	265
第 12 章 自动控制技术单元	270
12.1 概述	270
12.2 具有上下限的温度自动控制器	270
12.3 水位自动控制电路	273
12.4 时间自动控制电路	274
12.5 PID 控制电路	278
12.6 继电器控制电路模块	281
12.7 直流有刷电机控制电路	282
12.8 步进电机控制电路模块	283
12.9 巡线控制电路模块	285
第 13 章 电子电路设计与制作	288
13.1 电子电路设计与制作入门	288
13.2 电子电路设计	290
13.2.1 电子电路设计的基本原则	290
13.2.2 电子电路设计的基本方法	291
13.2.3 电子电路设计的一般步骤	294
13.3 电子电路制作	294
13.3.1 电子工程师必须重视电子电路制作工艺	295
13.3.2 PCB 排版设计及元件布局	295
13.3.3 手工制作 PCB	296
13.3.4 元器件的测试与筛选	297
13.3.5 焊接工艺	298
13.3.6 装配工艺	298
13.3.7 关于机壳的设计与制作	298
13.4 电子电路中的抗干扰与屏蔽接地	300

13.4.1 电子电路中的抗干扰措施	300
13.4.2 电子电路的电磁屏蔽技术	302
13.4.3 电子电路的布线与接地技术	303
13.4.4 电子电路中的浮置、滤波、隔离技术	304
13.5 电子电路的调试	305
13.5.1 电子电路调试的步骤	305
13.5.2 电子电路调试的若干问题	306
13.6 电子电路的故障检测	307
13.6.1 排除故障的常用方法	307
13.6.2 正确处理排除故障时的几个关系	309
附录 A 74 系列芯片型号及功能	311
附录 B 74 系列芯片按功能索引	317
附录 C 4000 系列芯片及其功能	323
附录 D 4000 系列芯片按功能索引	326
附录 E 二极管参数汇总	329
附录 F 三极管参数汇总	331
附录 G 场效应管参数汇总	334
附录 H 常用三极管性能参数表	337
附录 I 常用运算放大器性能参数表	338
附录 J 常用敏感电阻	339
参考文献	341

第 1 章 半导体器件单元

半导体是一种导电性能介于导体和绝缘体之间的材料，大部分电子器件都由半导体构成。半导体器件中的二极管、三极管等是某些电路的核心部件。电路的性能与其所用器件的特性密切相关。硅是比较常见的半导体材料，广泛应用于各种半导体器件和集成电路中。

1.1 二 极 管

1.1.1 二极管的基本原理

二极管即 PN 结二极管，如图 1-1 所示为其伏安特性曲线，二极管的导通电流与二极管两端正向偏置电压成指数关系。

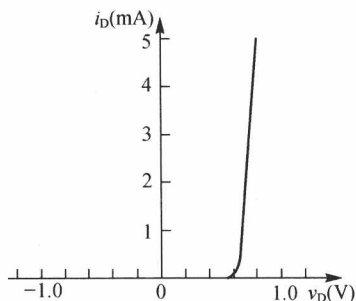


图 1-1 二极管的伏安特性曲线

二极管可等效为压控开关。当其两端正向电压大于导通电压（硅管 0.7V、锗管 0.3V）时等效为开关闭合，此时二极管允许大电流通过；加反向电压时等效为开关断开，流过二极管的电流非常小（本章后文所提正向电压均指能够使二极管导通的电压）。

1.1.2 二极管特性的分析

二极管特性分析如下。

(1) 温度特性

二极管的伏安特性会随着环境温度的变化而改变，如图 1-2 所示。在正向电压不变的前提下，流过二极管的电流会随着环境温度的升高而增大。

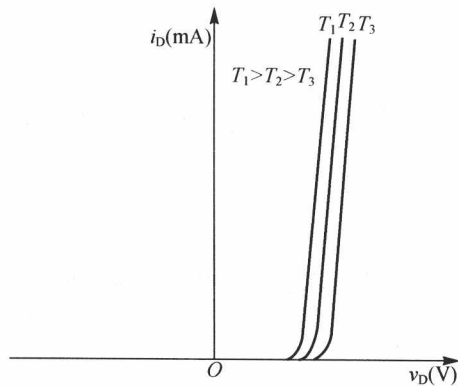


图 1-2 二极管的伏安特性与温度的关系

(2) 击穿电压

二极管两端加反向电压时，当电压增大到一定程度后，反向流过二极管的电流瞬间增大的现象称为反向击穿，此时加在二极管两端的反向电压值称为最大反向电压（PIV）。为避免二极管反向击穿，加在二极管两端的反向工作电压必须小于二极管的 PIV 值。

(3) 开关特性

二极管等效为压控开关时，从一种状态切换到另一种状态时的速度表现了二极管的开关特性。PN 结的结电容造成结电压缓慢变化，使二极管的开关具有时延性。

1.1.3 二极管应用电路设计

1. 整流电路

整流的目的是将双极性交流信号转换为单一极性的信号。在如图 1-3 所示的直流电源电路中，二极管整流电路的功能是将双极性交流电转化为单一极性交流电，再经过滤波和稳压得到直流电源。



图 1-3 直流电源电路结构图

整流电路主要利用二极管的开关特性，即二极管的电流在正向电压作用下存在，而在反向电压作用时为 0。整流电路分为半波整流电路和全波整流电路。

(1) 半波整流电路

如图 1-4 所示为纯阻性负载的半波整流电路。把整流二极管看成理想元件，加正向电压时导通，加反向电压时截止。故信号正半周输入时二极管导通， $u_v=0$ ， $u_o=u_2$ ， $i_v=i_o=\frac{u_o}{R_L}$ ；负半周输入时二极管截止， $u_o=0$ ， $u_v=u_2$ ， $i_v=i_o=0$ 。

由此可知：