

全国普通高校
电子信息与
电气学科
基础规划教材

模拟电路原理、设计及应用

王鲁云 于海霞 李美花 许少娟 编著



清华大学出版社

全国普通高校电子信息与电气学科基础规划教材

模拟电路原理、设计及应用

王鲁云 于海霞 李美花 许少娟 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是以工程型人才培养为目标,注重模拟电路基本原理和应用方法学习的一本基础性教材。全书以实现信号放大为核心内容,围绕与信号放大相关联的各种问题开展研究,内容涉及半导体基本原理,二极管、三极管、场效应管的特性及电路分析与设计,以及在放大电路系统层面下的反馈技术、集成运放应用技术、信号产生和处理电路及电源技术等各环节。

通过本书的学习,读者可以系统地掌握低频电子线路知识体系,为后续的电子线路系统的学习奠定扎实的基础。

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

模拟电路原理、设计及应用/王鲁云等编著. —北京:清华大学出版社,2017

(全国普通高校电子信息与电气学科基础规划教材)

ISBN 978-7-302-47246-9

I. ①模… II. ①王… III. ①模拟电路—高等学校—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 124393 号

责任编辑:梁 颖

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:刘海龙

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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:21.5

字 数:525 千字

版 次:2017 年 9 月第 1 版

印 次:2017 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:49.00 元

产品编号:074322-01

前言

“模拟电路”是从事电子科学与技术、信息与通信工程、控制科学与工程、计算机科学与技术等领域工作的工程技术人员,是习电路应用与设计时的一门重要基础课。本书是在全体编者总结长期从事模拟电路理论及实践教学经验,并对之前参加编写的《模拟电路分析与设计》教材进行充分总结基础上进行再次改编而成的。

作为模拟电子电路课程的基础,本书以研究微变信号的放大为核心任务,以BJT管和FET管为基本器件,以研究和掌握与之相关的各种问题和概念为主要学习对象,以能够满足一般工程应用需求为基本目标进行研究分析,并在此基础上引申到基于电子系统环境下的反馈理论、集成运放性能及运用、信号变换与处理以及电源系统的学习。

为了适应工程型人才培养的特点,以及让模拟电路充分发挥出专业基础教学的重要功能,本书十分重视把先修课程“电路分析”中的许多重要概念和分析方法,以具体工程问题运用实例的形式在模拟电路的分析中加以强化和展示,使读者在对模拟电路有更好认识理解的同时,还能够更加透彻灵活地理解和运用电路分析理论,提高在更一般的电子工程领域中电路分析的能力。结合以上所述,本书主要具有以下5个特点。

(1) 弱化半导体物理方面的介绍,强化理解如何基于非线性器件实现信号放大的一般原理和基本概念。

(2) 在关于BJT管放大电路介绍中,与一般教学策略不同,本书先通过对BJT管的基本特性和静态参数及参数波动区间分析的学习,然后再介绍信号的耦合和响应的分析方法。先从读者较为熟悉的直流分析入手帮助加深理解BJT特性,通过分析电路参数的波动区间为动态分析铺垫基础,最后再从基于信号耦合输入和耦合输出可能的几种方法上,对其交流特性进行分析,此种教学方法在实践中取得了较好的效果。

(3) 注意更多地引入如何进行放大电路参数设计方面的介绍,弥补许多教材在此方面的相对不足。

(4) 较充分地兼顾工程型教学层面中研究能力相对偏弱的特点,在课后习题的设计编排上,注意尽可能将问题以各种大类进行分类,通过对各种大类问题采取概念、判断、分析和计算这样的问题分解过程,先帮助解决怎么分析问题,然后再帮助怎么计算,循序渐进地引导学生逐步深入掌握解题方法。

(5) 培养良好的阅读习惯和能力是学生学习能力培养的重要手段和体现。为了较好地适应工程型教学层面学生阅读和自学能力培养的需要,本书在语言风格上力争做到描述细致、通俗易懂,在涉猎的知识面上以能够构成适应工程需求的、基本的模拟电路知识体系框架为限,而不对问题进行更多和更深入的探讨,以保证对于一般读者的可读性。

本书内容可分为以下五大部分,建议教学用时在64~80学时之间:第一大部分(第2~4章)是模拟电路核心器件基本特性和应用电路的分析研究;第二大部分(第5、6章)是以改善某关键技术指标为关注点的放大电路改进研究;第三大部分(第8章)是放大电路系统性能改善的研究;第四大部分(第7、9章)是集成放大电路系统的应用介绍;第五大部分(第

10 章)是模拟电路应用的基本单元——电源部分。

参加本书编写工作的有王鲁云(第 1、2、3、5 章)、于海霞(第 7、9 章)、李美花(第 4、6 章)、许少娟(第 8、10)章,陶秀兰在第 1、2、3 章中协助做了许多整理工作并提出了一些较好的修改意见,全书由王鲁云统稿并最终定稿。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,请读者不吝指正。

编者

2017 年 6 月

教学建议

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
第 1 章 绪论	掌握以下内容 电信号；放大的含义；放大电路的基本任务；非线性电路中信号波动原点与响应关系；信号原点与直流参数关系；放大器的电路模型；放大电路的主要性能指标 理解以下内容 电路课程与模拟电子电路课程的区别 了结以下内容： 模拟信号与数字信号；失真	1~2	1
第 2 章 半导体二极管及其基本电路	掌握以下内容 P 型半导体与 N 型半导体的形成与特征；PN 结与单向导电；二极管正向偏置、反向偏置、开启电压、击穿电压、反向饱和电流；二极管伏安曲线；二极管电流方程；二极管理想模型、非线性器件的线性化处理；恒压降模型、折线模型及小信号模型；二极管交流电阻、直流电阻；二极管的极限参数；二极管整流电路；稳压管电路分析与设计 理解以下内容 发光二极管伏安特性曲线；稳压二极管伏安特性曲线；本征半导体；多子与少子；P 型半导体特性、N 型半导体特性；扩散运动、漂移运动、扩散电流、漂移电流；热敏性；光敏性；稳压管模型；结电容 了解以下内容 二极管结构；二极管击穿特性、电容特性、温度特性；发光二极管电路设计；二极管限幅电路设计	7~9	7
第 3 章 双极型晶体管(BJT)原理及放大电路	掌握以下内容 三极管的结构、供电形式、工作原理、特性；电流分配关系；三极管电路一般工作形态；供电电压与截止、放大、饱和状态的关系；三极管特性曲线；直流简化模型；小信号 h 参数模型；π 参数模型；三极管工作状态的分析；交流小信号的含义；直流通路、静态工作点；三极管微变等效电路、耦合电路、交流通路；放大器组态、放大倍数、输入电阻、输出电阻；交流小信号通过发射结的方法；直流等效图、静态工作点计算；静态工作点的稳定；交流等效图、交流参数计算	16~18	16

续表

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
第3章 双极型晶体管(BJT)原理 及放大电路	理解以下内容 三极管类型;三极管直流、交流、极限参数;削顶失真、削底失真、最大不失真输出电压;交直流电压、电流波形叠加;共射、共集放大器的组成、特点及性能;多级放大器的组成、特点和性能;放大器图解分析法 了解以下内容 温度对三极管的影响;三极管的制造工艺;共基放大器的组成、特点及性能;通频带、频率特性分析、波特图;放大电路的经验设计方法。	16~18	16
第4章 场效应管及其放大电路	掌握以下内容 场效应管的基本特性;结型、绝缘栅型、增强型、耗尽型场效应管的结构特征与工作原理;夹断电压、预夹断电压的作用与区别;输出曲线(可变电阻区、饱和电流区)的理解、转移曲线及它们的类型;饱和状态下的电流表达式;共源、共漏、共栅放大器工作原理;低频小信号模型、高频等效模型;供电方式的规律;场效应管直流工作状态分析;场效应管的直流、交流等效图的画法;场效应管放大电路交流参数分析 理解以下内容 共源、共漏、共栅放大器构成的特点及性能;场效应管跨导的计算;输出和转移曲线中主要参数的识别;场效应管放大电路设计 了解以下内容 场效应管的直流、交流和极限参数;结型、绝缘栅型、增强型、耗尽型的制造工艺;频率特性分析	6~8	6
第5章 集成运算放大器	掌握以下内容 差分放大器的功能;零漂及消除方法;输出表达式的一般形式;差分放大器工作原理;差模信号、共模信号及其通路;在单端输入、双端输入、单端输出、双端输出等状态下,静态参数和动态参数的计算方法 理解以下内容 差分放大电路构成特点;长尾式差分放大电路抑制共模信号的原理;恒流源作用;镜像电流源、比例电流源工作原理 了解以下内容 差分放大器性能衡量(共模抑制比);差分放大器传输特性;恒流源电路分析	4~5	4

续表

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
第6章 功率放大电路	掌握以下内容 功率放大器作用、特性、主要指标及分类；乙类放大器构成的要点；甲乙类放大器与偏置电路；最大不失真输出功率、电源最大功率；乙类互补推挽功率放大器的组成原理；乙类放大器提高效率的方法；交越失真的克服；单电源乙类互补推挽功率放大器工作原理 理解以下内容 产生交越失真的原因；电压倍增电路、自举电路的作用；功放管的参数选择；甲类、乙类功放的效率；甲类功率放大器；乙类互补推挽功率放大器分析与计算 了解以下内容 丁类音频功率放大器	4~5	4
第7章 信号运算电路	掌握以下内容 运算放大器电路的基本模型、主要参数特性；开环输出电压表达式、电压传输特性曲线；运放的线性与非线性应用；线性运算电路的构成要点；虚断、虚短；同相、反相运算电路特征，输入阻抗特征；求和、求差电路特征；电压比较器的作用、输出信号特征；反相、同相放大器；加、减法电路；积分、微分电路；单门限电压比较器、双门限电压比较器门限电平的产生；电压比较器单、双门限电平的设计；仪用信号放大器 理解以下内容 三角波、方波信号产生电路的设计；电流失调的补偿方法 了解以下内容 多路信号代数和电路的设计	6~8	6
第8章 反馈	掌握以下内容 反馈的定义及电路构成要点；正负反馈的定义和性质；正负反馈的定义和判断方法；电压反馈、电流反馈、串联反馈、并联反馈的定义和判断方法；交流反馈、直流反馈的判别；深度负反馈条件下的分析与近似计算；负反馈电路对放大电路特性的影响 理解以下内容 深度负反馈；反馈系数；虚短；虚断；负反馈的选择 了解以下内容 电流放大器、互阻放大器的应用等	8~10	8
第9章 信号发生及 处理电路	掌握以下内容 滤波器、分类、主要技术指标；正弦波(RC、LC)振荡电路的工作原理；正弦波(RC、LC)振荡电路的设计方法 了解以下内容 有源滤波器及特点；非正弦波振荡器的工作原理；非正弦波振荡电路的设计方法	6~8	6

续表

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
第 10 章 直流电源	掌握以下内容 几种基本整流电路整流构成及性能；电容和电感滤波的特性；平均电压、平均电流及与负载关系；半波、全波、桥式整流电路设计；整流器件极限参数的计算；串联线性稳压电源工作原理和电路构成、串联开关稳压电源工作原理；可调式三端稳压器基本功能和参数扩展；电容滤波电路设计；79 系列集成线性稳压器的应用 理解以下内容 串联线性稳压电源调整管极限参数分析 了解以下内容 电压调整率；并联开关稳压电源；实际的模拟串联稳压电源电路介绍、开关串联稳压电源电路设计介绍、W7800 系列集成稳压电路参数介绍及设计举例	6~7	6
	教学总学时建议	64~80	64

说明：①本教材为电子信息类和自动化类专业“模拟电子电路”课程教材，理论授课学时数为 64~80 学时，不同专业根据不同的教学要求和计划教学学时数可酌情对教材内容进行适当取舍。②本教材理论授课学时数中包含习题课、课堂讨论等必要的课内教学环节。

符号说明

1. 几点原则

1) 电流和电压(以基极电流为例)

$I_{B(AV)}$	表示基极电流的平均值
I_B	参数字母(第一个)大写,对象字母(第二个)也大写,表示纯直流量
i_B	参数字母(第一个)小写,对象字母(第二个)大写,表示包含直流量的瞬时总量
i_b	参数字母(第一个)小写,对象字母(第二个)小写,表示纯交流量
I_b	参数字母(第一个)大写,对象字母(第二个)小写,表示交流有效值
$\dot{I}_b$	表示纯交流信号的复数值
Δi_b	瞬时值的变化量

2) 电阻

R	电路中的电阻或等效电阻
r	器件内部的等效电阻

2. 基本符号

1) 电压和电流

I, i	直流电流和瞬时电流的通用符号
U, u	直流电压和瞬时电压的通用符号
I_p, U_p	电流、电压的峰值
I_{p-p}, U_{p-p}	电流、电压的峰峰值
I_f, U_f	反馈电流、电压
$\dot{I}_i, \dot{U}_i$	正弦交流输入电流、电压
$\dot{I}_o, \dot{U}_o$	正弦交流输出电流、电压
I_Q, U_Q	静态电流、电压
i_P, u_P	集成运放同相端输入电流、电压
i_N, u_N	集成运放反相端输入电流、电压
u_{ic}	共模输入电压
u_{id}	差模输入电压
$\dot{U}_s, u_s$	交流信号源电压
U_T	电压比较器的阈值电压、PN结电流方程中温度的电压当量
U_{TH}, U_{TL}	双门限电压比较器的高阈值电压和低阈值电压
U_{OH}, U_{OL}	电压比较器的输出高电平和低电平电压值
V_{BB}, V_{CC}, V_{EE}	晶体管基极、集电极、发射极对地电源电压
V_{GG}, V_{DD}, V_{SS}	场效应管栅极、漏极、源极对地电源电压

2) 电阻、电导、电容、电感

R	电阻通用符号
G	电导通用符号
C	电容通用符号
L	电感通用符号
R_b, R_c, R_e	晶体管基极、集电极、发射极外接电阻
R_g, R_d, R_s	场效应管栅极、漏极、源极外接电阻
R_i	放大电路的输入电阻
R_o	放大电路的输出电阻
R_{if}, R_{of}	负反馈放大电路的输入、输出电阻
R_L	负载电阻
R_N	集成运放反相输入端外接的等效电阻
R_P	集成运放同相输入端外接的等效电阻
R_s	信号源内阻

3) 放大倍数、增益

A	放大倍数或增益的通用符号
A_e	共模电压放大倍数
A_d	差模电压放大倍数
$\dot{A}_u$	电压放大倍数的通用符号
A_{uo}	开环电压放大倍数
$\dot{A}_{uu}, \dot{A}_{ui}, \dot{A}_{if}, \dot{A}_{iu}$	电压放大倍数符号, 第一个输入量, 第二个输出量
$\dot{A}_{uL}, \dot{A}_{uM}, \dot{A}_{uH}$	低频、中频、高频电压放大倍数
$\dot{A}_{us}$	放大器对信号源电动势的电压放大倍数
$\dot{F}$	反馈系数通用符号

4) 功率和效率

P	平均功率通用符号
p	瞬时功率通用符号
P_o	交流输出功率
P_{om}	最大交流输出功率
P_T	晶体管耗散功率
P_V	直流电源提供的功率

5) 频率

f	频率通用符号
f_{BW}	通频带
f_c	使放大电路增益为 0dB 时的信号频率
f_H	放大电路的上限截止频率
f_L	放大电路的下限截止频率

f_0 振荡电路的中心频率
 ω 角频率通用符号

3. 器件参数符号

1) 二极管

D 二极管
 I_F 二极管最大整流电流
 I_R 二极管的反向电流
 I_S 二极管的反向饱和电流
 r_d 二极管导通时的动态电阻
 $U_{on}, U_{D(on)}$ 二极管的开启电压(二极管的死区电压)
 $U_{(BR)}$ 二极管的击穿电压

2) 稳压二极管

D_Z 稳压二极管
 I_Z, I_{ZM} 稳定电流、最大稳定电流
 r_Z 稳压状态下的动态电阻
 U_Z 稳定电压

3) 双极型管

T 晶体管
 b, c, e 基极、集电极、发射极
 $\bar{\beta}, \beta$ 共射极电路的直流放大系数和交流放大系数
 C_μ 混合 π 等效电路中集电结的等效电容
 C_π 混合 π 等效电路中发射结的等效电容
 f_β 共射极电路电流放大系数的上限截止频率
 f_T 特征频率, 即共射极电路电流放大系数下降到 1 时的频率
 g_m 跨导
 I_{CBO}, I_{CEO} 发射极开路条件下 b-c 极间的反向电流, 基极开路条件下 c-e 极间的穿透电流
 I_{CM} 集电极最大允许电流
 P_{CM} 集电极允许最大耗散功率
 $U_{(BR)CEO}$ 基极开路时 c-e 极间的击穿电压
 U_{CES} 晶体管饱和管压降
 U_{on} 晶体管 b-e 极间的开启电压

4) 单极型管

T 场效应管
 d, g, s 漏极、栅极、源极
 g_m 跨导
 I_{DO} 增强型 MOS 管 $U_{GS} = 2U_{GS(th)}$ 时的漏极电流
 I_{DSS} 耗尽型场效应管 $U_{GS} = 0$ 时的漏极电流

P_{DM}	漏极允许的最大耗散功率
$U_{GS(off)}, U_P$	耗尽型场效应管的夹断电压
$U_{GS(th)}, U_T$	增强型场效应管的开启电压

5) 集成运放

A_{od}	开环差模增益
r_{id}	差模输入电阻
I_{IB}	输入级偏置电流
I_{IB}	输入级偏置电流
I_{IO}	输入级失调电流
U_{IO}	输入级失调电压
K_{CMR}	共模抑制比
S_R	转换速率

4. 其他符号

K	热力学温度
Q	静态工作点
T	周期、温度
η	效率, 输出功率与电源提供功率之比
τ	时间常数
θ	导通角
ϕ, φ	相位角

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 电信号与电子系统	1
1.1.1 信号与电信号	1
1.1.2 模拟信号及获得方法	1
1.1.3 数字信号及获得方法	2
1.1.4 一般电子系统的构成	2
1.1.5 模拟电子技术的发展现状与趋势	3
1.1.6 习题	3
1.2 模拟电路课程的特点及学习方法	4
1.2.1 模拟电路课程的特点	4
1.2.2 模拟电路的学习特点	7
1.2.3 理论与实践的关系	7
1.2.4 习题	7
1.3 Multisim 10 仿真软件简介	8
第 2 章 半导体二极管及其基本电路	9
2.1 半导体基本知识	9
2.1.1 半导体材料	9
2.1.2 P 型和 N 型半导体	10
2.1.3 PN 结及单向导电性	10
2.1.4 PN 结的电容效应	12
2.1.5 习题	12
2.2 半导体二极管特性及其等效模型	12
2.2.1 半导体二极管的构成及分类	12
2.2.2 二极管的伏安特性	13
2.2.3 二极管的等效模型	14
2.2.4 二极管的主要参数	16
2.3 二极管电路的分析、应用及设计	17
2.3.1 静态激励电压下的二极管电路分析	17
2.3.2 动态大信号激励电压下的二极管电路分析	21
2.3.3 二极管电路中微变信号的分析	24
2.3.4 二极管电路的图解分析法	27

2.3.5 习题	28
2.4 稳压二极管及应用设计	31
2.4.1 稳压二极管介绍	31
2.4.2 稳压二极管电路的应用及设计	32
2.4.3 习题	34
2.5 其他类型二极管及电路的应用	35
2.5.1 发光二极管	35
2.5.2 变容二极管	36
2.5.3 肖特基二极管	37
2.5.4 光电二极管	37
本章小结	38
第3章 双极结型晶体管原理及放大电路	39
3.1 BJT 基础知识及工作原理	39
3.1.1 BJT 的结构及分类	39
3.1.2 BJT 的电流放大原理及电极间电压、电流关系	39
3.1.3 习题	41
3.2 BJT 的基本工作状态和参数	41
3.2.1 BJT 的基本电路形态及作用	41
3.2.2 BJT 的三种工作状态及电路模型	43
3.2.3 BJT 开关状态的运用	44
3.2.4 BJT 电路静态参数的分析计算	46
3.2.5 BJT 的特性曲线	54
3.2.6 BJT 的主要参数	55
3.2.7 习题	58
3.3 放大电路概述	61
3.3.1 放大电路基本概念	61
3.3.2 放大电路的主要技术指标	61
3.3.3 交流小信号放大电路工作的基本原理	64
3.3.4 放大电路的组态	66
3.3.5 习题	67
3.4 共射极放大电路	67
3.4.1 共射极放大电路的组成及原理	67
3.4.2 共发射极放大电路的静态分析	70
3.4.3 共发射极放大电路的动态分析	72
3.4.4 共发射极放大电路的图解分析	80
3.4.5 习题	86
3.5 共集电极与共基极放大电路	90

3.5.1	共集电极放大电路	90
3.5.2	共基极放大电路	94
3.5.3	放大电路三种组态特性的比较	95
3.5.4	习题	97
3.6	多级放大电路	99
3.6.1	多级放大电路的级间耦合方式	99
3.6.2	组合放大电路	101
3.6.3	多级放大电路的设计	102
3.7	放大电路的频率特性	107
3.7.1	频率特性概述	107
3.7.2	单时间常数 RC 电路的频率响应	108
3.7.3	共射极放大电路的低频响应分析	111
3.7.4	共射极放大电路的高频响应分析	113
3.7.5	习题	118
	本章小结	119
第 4 章	场效应管及其放大电路	120
4.1	金属-氧化物-半导体场效应管	120
4.1.1	N 沟道增强型 MOSFET	120
4.1.2	N 沟道耗尽型 MOSFET	123
4.1.3	P 沟道增强型 MOSFET 和耗尽型 MOSFET	124
4.1.4	MOSFET 的主要参数	125
4.1.5	习题	126
4.2	结型场效应管	126
4.2.1	N 沟道结型 FET	126
4.2.2	P 沟道结型 FET	129
4.2.3	习题	131
4.3	场效应管放大电路	131
4.3.1	共源极放大电路	131
4.3.2	共漏极放大电路	135
4.3.3	共栅极放大电路	136
4.3.4	场效应管放大电路的频率特性	137
4.3.5	习题	139
4.4	场效应管在实际使用中应注意的问题	144
4.4.1	不同类型 FET 的特性及使用注意事项	144
4.4.2	场效应管和三极管的比较	146
4.4.3	场效应管放大电路和三极管放大电路的比较	146
	本章小结	148

第 5 章 集成运算放大器	149
5.1 概述	149
5.2 差分放大器	149
5.2.1 基本差分放大器	149
5.2.2 长尾式差分放大器	152
5.2.3 恒流源差分放大器	157
5.2.4 习题	158
5.3 恒流源电路	160
5.3.1 镜像电流源	161
5.3.2 比例电流源	161
5.3.3 微电流源	162
5.3.4 改进型电流源	162
5.3.5 电流源电路用作有源负载	163
5.3.6 习题	163
5.4 集成运算放大器介绍	164
5.4.1 简单的集成运算放大器电路	164
5.4.2 集成运算放大器的主要参数	167
5.4.3 集成运算放大器的电路模型	172
本章小结	174
第 6 章 功率放大电路	175
6.1 功率放大电路概述	175
6.1.1 功放电路的主要技术指标	175
6.1.2 功放电路的分类及其特点	175
6.1.3 功放电路中晶体管的选择	176
6.1.4 习题	177
6.2 甲类功放电路	177
6.3 乙类双电源互补功放电路	178
6.3.1 电路组成	178
6.3.2 工作原理	178
6.3.3 主要技术指标的计算	179
6.3.4 对功率管极限参数的要求	181
6.3.5 习题	181
6.4 甲乙类互补功放电路	182
6.4.1 甲乙类双电源互补对称功放电路	182
6.4.2 甲乙类单电源互补对称功放电路	183
6.4.3 采用复合管(达林顿管)互补功率放大电路	185