



“十二五”普通高等教育  
本科国家级规划教材

# 模拟电子 技术基础

(第3版)

Fundamentals of  
Analog circuits

● 西安交通大学电子学教研组 编  
● 赵进全 杨拴科 主编

高等教育出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

# 模拟电子技术基础

(第3版)

Fundamentals of  
Analog circuits

● 西安交通大学电子学教研组 编

● 赵进全 杨拴科 马积勋 徐正红 陈文洁 刘涛 编

● 赵进全 杨拴科 主编

高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，是在2003年出版的《模拟电子技术基础》（“十五”国家级规划教材）、2010年出版的《模拟电子技术基础》（第2版）（“十一五”“十二五”国家级规划教材）的基础上，参照“教育部高等学校电子电气基础课程教学指导委员会”2011年颁布的“模拟电子技术基础”课程教学基本要求，总结西安交通大学电子学教研组多年教学实践修订而成的。

本次修订未改变原教材的知识体系，仍然遵循“器件”“电路”“应用”相结合，以器件、电路工作原理及分析方法为基础，电路及系统应用为目的的原则，体现“难点分散、引导入门、利于教学”的指导思想，增加了一定量的应用实例和例题、习题，提高了教材的可读性和实用性，保持了我校电子技术基础教学“保基础、重实践、少而精”的传统。内容包括：绪言、半导体二极管及其应用、晶体管及放大电路基础、场效应管及其放大电路、集成运算放大器、放大电路的频率特性、反馈和负反馈放大电路、集成运放组成的运算电路、信号检测与处理电路、信号发生器、功率放大电路、直流稳压电源等。各章前有内容提要，末有小结，并配有难易程度和数量都比较适当的习题。

本书可与我校张克农主编的《数字电子技术基础》（第3版）配套使用，作为高等学校电气、自动化、仪器仪表、电子信息类及其他相近专业本、专科学生“电子技术基础”课程的教材或教学参考书，也可供相关工程技术人员参考。

## 图书在版编目（CIP）数据

模拟电子技术基础 / 西安交通大学电子学教研组编；赵进全，杨拴科主编. --3版. --北京：高等教育出版社，2019.7

ISBN 978-7-04-052115-3

I. ①模… II. ①西… ②赵… ③杨… III. ①模拟电路-电子技术-高等学校-教材 IV. ①TN710.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 112247 号

策划编辑	平庆庆	责任编辑	平庆庆	封面设计	赵阳	版式设计	马敬茹
插图绘制	于博	责任校对	刘莉	责任印制	田甜		

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街4号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.hepmall.com.cn">http://www.hepmall.com.cn</a>
印 刷	三河市华润印刷有限公司		<a href="http://www.hepmall.com">http://www.hepmall.com</a>
开 本	787 mm×1092 mm 1/16		<a href="http://www.hepmall.cn">http://www.hepmall.cn</a>
印 张	25.25	版 次	2003年1月第1版
字 数	570千字		2019年7月第3版
购书热线	010-58581118	印 次	2019年7月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	49.90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 52115-00

## 第3版前言

本书是在2003年出版的《模拟电子技术基础》(“十五”国家级规划教材)、2010年出版的《模拟电子技术基础》(第2版)(“十一五”“十二五”国家级规划教材)的基础上,参照“教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会”2011年颁布的“模拟电子技术基础”课程教学基本要求,总结西安交通大学电子学教研组多年教学实践修订而成的。

本次修订未改变原教材体系,仍然遵循“器件”“电路”“应用”相结合,以器件、电路工作原理及分析方法为基础,电路及系统应用为目的的原则,体现“难点分散、引导入门、利于教学”的指导思想,保持了我校电子技术基础教学“保基础、重实践、少而精”的传统,注重了教材的可读性与应用性。

与前两版相比,新版教材内容略有变化,简化了理论性较强的内容、删掉了计算机应用软件的使用说明等,同时加强了基础知识、集成器件、MOS管及其应用的教学,还增加了一定量的例题和习题,强化了重点知识的教学,简化了难点知识的教学,提高了本书的可读性和实用性。具体变化如下:

1. 删掉了第11章在系统可编程模拟器件原理及其应用、第12章Pspice软件及模拟电路仿真等内容。
2. 在原教材的第4章之后增加了新的第5章——放大电路的频率特性,原第5章至第10章依次改为第6章至第11章。
3. 在第1章中补充了半导体的基本知识、二极管的动态电阻及小信号动态模型、二极管工作状态的判断及二极管电路的分析方法、国际上部分国家半导体器件的命名方法及部分国产二极管的参数。
4. 将第2章中的2.8节——放大电路的频率特性移出,将其作为本教材的第5章,以减少第2章内容,降低第2章的教学难度;补充了部分晶体管的极限参数、基本共射极放大电路交流负载线方程的推导过程、组合放大电路的组成及性能特点。
5. 在第3章中补充了部分场效应管的极限参数及场效应管在模拟电路中的应用,将场效应管的高频模型移到第5章。
6. 在新5章中增加单管共源极放大电路及共漏极放大电路频率特性的分析。
7. 在新7章中增加了能够提高对数运算电路运算精度的具有温度补偿的对数运算电路,删去了运算放大器运算电路的误差分析。
8. 在新8章中补充了全通滤波器的基本概念、一阶全通滤波器及其频率特性。
9. 在新9章中补充了单片精密函数发生器ICL8038的参数特点及使用方法,简化了锁相环

## II 第3版前言

的工作原理及其在频率合成器中的应用。

10. 在新10章中补充了桥式推挽功率放大电路组成、工作原理，简单介绍了桥式集成功放LM4860。

11. 在新11章中简单介绍了开关型稳压电路的组成及工作原理，删掉了开关稳压电源实用电路。

书中打\*号部分为选学内容，教师可根据具体要求、总学时数及学生水平情况灵活处理。删去这些内容不影响理论体系的完整性。

本书由赵进全、杨拴科担任主编，负责提出修订大纲、组织修订和定稿工作。各章具体修订分工如下：徐正红负责第1、7、10章，赵进全负责第2、3、5、8章，陈文洁负责第4、9、11章，刘涛负责第6章。马积勋、杨拴科对全稿进行了审阅。修订过程中，西安交通大学电子学教研组杨建国、张克农、宁改娣、金印彬、张虹以及西安石油大学的崔占琴、西安理工大学的邢毓华等老师参加了讨论，并提出了宝贵的意见。

华中科技大学张林教授审阅了本书的全稿，并提出了许多建设性的修改意见。对此，谨致以衷心的感谢。

由于作者水平有限，本书内容难免有疏漏和错误，欢迎专家、学者、使用本书的教师、学生和工程技术人员提出宝贵的意见和建议。

编者

2018年6月

## 第2版前言

本书被评为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，是在2003年出版的《模拟电子技术基础》（普通高等教育“十五”国家级规划教材）的基础上，参照“教育部电子电气基础课程教学指导分委员会”2005年颁布的“模拟电子技术基础”课程教学基本要求，总结西安交通大学电子学教研组多年教学实践经验修订而成的。

本次修订未改变原教材体系，仍然遵循“器件”、“电路”、“应用”相结合，以器件、电路工作原理及分析方法为基础，电路及系统应用为目的的原则，体现“难点分散、引导入门、利于教学”的指导思想，保持我校电子技术基础教学“保基础、重实践、少而精”的传统。

与第1版相比，本版教材内容上略有增加，具体变化如下：

1. 在第1~3章中加强了二极管、晶体管和场效应管外特性及参数的介绍，增加了一些有助于熟悉器件特性、巩固掌握放大电路分析方法的例题。

2. 在第4章中补充了差分电路传输特性的数学描述，增加了MOS管差分电路、电流源电路和CMOS共源放大电路。

3. 在第6章中补充了单极性ADC输入信号偏移及消除地线干扰的例题；修改了模拟乘法器的原理介绍，添加了吉尔伯特电路；讨论了运放单电源供电电路中的直流偏置问题。

4. 在第7章中增加了程控增益放大器、线性检波与采样-保持电路、开关电容滤波器原理及实用电路，补充了包含热敏电阻、电桥测温、比较器、晶体管开关、继电器、加热器等内容的实用温度控制电路。

5. 在第8~10章中增加了脉宽调制（PWM）波发生器、集成功放和开关稳压电源实用电路，补充了锁相环工作原理及其在频率合成器中的应用、变压器耦合功放、倍压整流电路原理等内容。

6. 为引导读者合理使用EDA工具分析电子电路，增加了一章PSpice软件及模拟电路仿真的内容，并在附录中介绍了常用半导体器件（二极管、晶体管、场效应管）的SPICE模型。

7. 删去了第11章中PAC-Designer软件开发以及附录中的EWB EDA软件相关内容。

书中打“\*”号部分为选学内容，教师可根据具体要求、总学时数及学生水平情况灵活处理。删去这些内容不影响理论体系的完整性。

本书由杨拴科担任主编，负责提出修订大纲、组织修订和定稿工作，赵进全担任副主编。具体修订分工如下：马积勋修订第1章，杨拴科修订第2、4、5、11章，赵进全修订第3、7章，徐正红修订第6、9、12章，陈文洁修订第8、10章。修订过程中，西安交通大学电子学教研组杨建国、张克农、宁改娣、金印彬、刘涛等老师经常参加讨论，并提出了宝贵的意见。

## II 第2版前言

西安电子科技大学国家级教学名师傅丰林教授审阅了本书的全稿，并提出了不少建设性的修改意见。对此，谨致以衷心的感谢。

现代电子技术发展日新月异，本书内容若有疏漏和错误，欢迎专家、学者、使用本书的教师、学生和工程技术人员提出意见和建议，以便今后不断改进。

编者  
2010年4月

# 第1版前言

本书是根据西安交通大学电子学教研组几代人多年教学实践和经验，参照原国家教委1995年颁发的“高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求”（第一部分），结合新的课程体系和教学内容改革的需要编写而成的。本书与我校张克农主编的《数字电子技术基础》形成电子技术基础课程教材的姊妹篇，但内容相对独立，既可采用“先模拟后数字”，又可采用“先数字后模拟”的教学体系。

编写本书的指导思想是：

1. 本课程是入门性质的技术基础课程，教学内容的变革要符合“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的十六字方针，体现我校电子技术基础教学“保基础、重实践、少而精”的传统，以满足较少学时教学的需要。

2. 教材内容以集成电路为主，适当保留了作为电子电路基础的部分分立元件电路的重要内容。重点放在讨论各种基本放大电路及其分析方法、放大电路中的反馈、模拟集成电路及其应用等方面。

3. 重视电子器件的外特性以及各种集成电路的输入输出电路和特性；压缩电子器件以及各种集成电路内部的工作原理分析；通过经典的分立元件电路，介绍电子电路的基本分析方法；注重电子电路的组成及结构设计、分析，减少复杂数学公式，突出定性分析；适当引入系统概念。

4. 适当引入新概念、新器件、新技术，如电流模电路基础及电流模运放、低压差线性集成稳压器、精密基准电压源、可编程模拟器件及其应用、EWB EDA软件等，便于学生了解电子技术的新发展。

书中打“\*”号部分内容，教师可根据具体要求、总学时数及学生水平情况灵活处理。删去这些内容不影响理论体系的完整性。

本书的编写工作是在何金茂先生的指导下进行的，具体分工如下：马积勋编写第1、2、3章，赵进全编写第7章，徐正红编写第6、9章，杨拴科编写绪言、第4、5、8、10、11章和附录（EWB EDA软件简介），并负责制订编写提纲和全书的统稿工作。编写过程中，西安交通大学电子与信息工程学院邓建国老师，电子学教研组杨建国、张克农、段军政、高歌、宁改娣等老师经常参加修改讨论，并提出了宝贵的意见。硕士研究生何卫锋同学为本书的编写做了不少工作。

西安电子科技大学国家电工电子教学基地主任孙肖子教授审阅了本书的全稿，并提出了不

## II 第1版前言

少建设性的修改意见。对此，谨致以衷心的感谢。

现代电子技术发展日新月异，本书内容若有疏漏和错误，欢迎专家、学者、使用本书的教师、学生和工程技术人员提出意见和建议，以便今后不断改进。

编 者

2002年6月

# 本书常用符号说明

## 1. 不同书写体的电压、电流、电阻之含义

### (1) 电压和电流 (以晶体管 B、E 之间的电压为例)

$u_{BE}$	小写字母, 大写下标, 表示含有直流量的瞬时总值
$U_{BE}$	大写字母, 大写下标, 表示直流量 (或静态值)
$u_{be}$	小写字母, 小写下标, 表示交流瞬时值
$U_{be}$	大写字母, 小写下标, 表示交流分量有效值
$\dot{U}_{be}$	交流量的复数表示形式
$\Delta U_{BE}$	表示直流变化量
$\Delta u_{BE}$	表示瞬时值的变化量

### (2) 电阻

$R$	电路的电阻或等效电阻	$r$	器件内部的等效电阻
-----	------------	-----	-----------

## 2. 基本符号

### (1) 电压和电流

$I, i$	电流通用符号	$u_{id}$	差模输入电压
$U, u$	电压通用符号	$u_s$	信号源电压
$i_f, u_f$	反馈电流、电压	$V_{CC}$	集电极直流供电电源电压
$i_i, u_i$	交流输入电流、电压	$V_{EE}$	发射极直流供电电源电压
$i_o, u_o$	交流输出电流、电压	$V_{DD}$	漏极直流供电电源电压
$I_Q, U_Q$	电流、电压的静态值	$U_{OH}$	比较器输出高电平
$u_{ic}$	共模输入电压	$U_{OL}$	比较器输出低电平

### (2) 功率

$P$	功率通用符号	$P_{om}$	电路最大输出功率
$p$	瞬时功率	$P_T$	晶体管的耗散功率
$P_o$	电路输出功率	$P_V$	电源供给的功率

### (3) 频率

$f$	频率通用符号	$f_{BW}$	通频带
$\omega$	角频率通用符号	$f_H$	放大电路的上限截止频率
$f_c$	滤波器的截止频率	$f_L$	放大电路的下限截止频率

## II 本书常用符号说明

$f_0$  振荡频率

$f_o$  中心频率

(4) 电阻、电导、电容、电感

$R$  电阻的通用符号

$R_i$  电路的输入电阻

$R_o$  电路的输出电阻

$R_{id}$  差模输入电阻

$R_{ic}$  共模输入电阻

$R_{if}$  有反馈时电路的输入电阻

$R_{of}$  有反馈时电路的输出电阻

(5) 增益或放大倍数

$A$  增益或放大倍数的通用符号

$A_u$  电压放大倍数的通用符号

$A_i$  电流放大倍数的通用符号

$A_r$  互阻增益的通用符号

$A_g$  互导增益的通用符号

$A_{us}$  考虑信号源内阻时的电压放大倍数

$\dot{A}_{uH}$  高频电压放大倍数的复数量

3. 器件符号及参数

(1) 二极管

$D$  二极管

$D_Z$  稳压管

$I_S$  反向饱和电流

$I_F$  最大整流电流

$I_R$  反向电流

$I_Z$  稳压管工作电流

$R_D$  二极管直流等效电阻

$r_d$  二极管动态电阻

$r_Z$  稳压管动态电阻

(2) 晶体管

$T$  晶体管

$E$ 、 $e$  发射极

$B$ 、 $b$  基极

$C$ 、 $c$  集电极

$f_{BWG}$  单位增益带宽

$s = \sigma + j\omega$  复频

$R_s$  信号源内阻

$R_L$  负载电阻

$G$  电导的通用符号

$X$  电抗的通用符号

$Z$  阻抗的通用符号

$L$  电感的通用符号

$C$  电容的通用符号

$\dot{A}_{uL}$  低频电压放大倍数的复数量

$A_{um}$  中频电压放大倍数

$A_f$  闭环增益的通用符号

$A_{uf}$  闭环电压放大倍数

$A_{ud}$  差模电压放大倍数

$A_{uc}$  共模电压放大倍数

$C_B$  势垒电容

$C_D$  扩散电容

$C_j$  结电容

$U_Z$  稳压管的稳定电压

$U_T$  热电压

$U_{(BR)}$  反向击穿电压

$U_R$  最高反向工作电压

$f_M$  最高工作频率

$I_{CBO}$  发射极开路时的集电结反向电流

$I_{CEO}$  基极开路时，集电极与发射极之间的穿透电流

$I_{CM}$  集电极最大允许电流

$U_{CES}$  集电极发射极之间的饱和电压  
 $U_{(BR)CBO}$  发射极开路时的集电极击穿电压  
 $U_{(BR)CEO}$  基极开路时, 集电极与发射极之间的击穿电压  
 $U_{(BR)CES}$  基极发射极短路时, 集电极与发射极之间的击穿电压  
 $U_{(BR)CER}$  基极发射极之间加电阻时, 集电极与发射极之间的击穿电压

$U_A$  厄尔利电压

$P_{CM}$  集电极允许的最大耗散功率

$g_m$  跨导

### (3) 场效应管

T 场效应管

S、s 源极

G、g 栅极

D、d 漏极

$C_{gs}$  栅极与源极之间的电容

$C_{gd}$  栅极与漏极之间的电容

$C_{ds}$  漏极与源极之间的电容

### (4) 运算放大器

A 集成运放

$A_{uo}$  开环电压放大倍数

$I_{IO}$  输入失调电流

$U_{IO}$  输入失调电压

$K_{CMR}$  共模抑制比

### 4. 其他符号

$\eta$  效率

$\tau$  时间常数

$Q$  静态工作点, 电路的品质因数

$F$  反馈系数

$D=1+AF$  反馈深度

$\dot{U}(j\omega)=U(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$  正弦电压复数值

$U(s)$  电压的拉氏变换

$A(s)$  传递函数

$\beta$  共射极接法 (交流) 电流放大系数

$\alpha$  共基极接法 (交流) 电流放大系数

$\bar{\beta}$  共射极接法直流电流放大系数

$\bar{\alpha}$  共基极接法直流电流放大系数

$f_\beta$  共射极电流放大系数的上限截止频率

$f_\alpha$  共基极电流放大系数的上限截止频率

$f_T$  特征频率 (双极型)

$r_{bb'}$  基区体电阻

$r_{be}$  输入电阻

$I_{DSS}$  耗尽型管子  $U_{GS}=0$  时的漏极电流

$I_{DSM}$  最大漏极电流

$P_{DSM}$  漏极最大允许耗散功率

$U_{GS(off)}$  夹断电压

$U_{GS(th)}$  开启电压

$U_{(BR)DS}$  漏极与源极之间的击穿电压

$U_{(BR)GS}$  栅极与源极之间的击穿电压

$S_R$  转换速率 (压摆率)

$U_{ICM}$  最大共模输入电压

$U_{IDM}$  最大差模输入电压

$r_{id}$  差模输入电阻

$r_{ic}$  共模输入电阻

$\varphi$  相位角

$T$  温度、周期

$M$  互感

$\gamma$  纹波系数

$S_r$  稳压系数

$S_u$  电压调整率

$S_I$  电流调整率

$S_T$  输出电压的温度系数

# 目 录

绪言 .....	1	1.5.1 硅稳压二极管 .....	25
0.1 什么是电子技术 .....	1	1.5.2 变容二极管 .....	28
0.2 本课程的性质、任务和重点 内容 .....	3	本章小结 .....	29
0.3 本课程的特点和学习方法 .....	4	思考题及习题 .....	30
第1章 半导体二极管及其应用 .....	6	本章附录 国内外部分国家半导体晶 体管型号命名法 .....	35
1.1 半导体基本知识 .....	6	第2章 晶体管及放大电路基础 .....	38
1.1.1 半导体材料的基本特性 .....	6	2.1 晶体管 .....	38
1.1.2 本征半导体 .....	7	2.1.1 晶体管的结构 .....	38
1.1.3 掺杂半导体 .....	7	2.1.2 晶体管的工作原理 .....	39
1.2 PN结的形成与特点 .....	9	2.1.3 晶体管共射极接法的伏安特性 曲线 .....	43
1.2.1 PN结的形成 .....	9	2.1.4 晶体管的主要电参数 .....	45
1.2.2 PN结的单向导电性 .....	10	2.1.5 温度对晶体管参数的影响 .....	48
1.2.3 PN结电压与电流的关系 .....	11	2.2 共射极放大电路的组成和工作 原理 .....	49
1.2.4 PN结的反向击穿 .....	11	2.2.1 放大电路概述 .....	49
1.2.5 PN结的电容效应 .....	12	2.2.2 共射极放大电路的组成及其工作 原理 .....	53
1.3 半导体二极管 .....	14	2.3 放大电路的静态分析 .....	54
1.3.1 半导体二极管的结构和类型 .....	14	2.3.1 图解法在放大电路静态分析中的 应用 .....	54
1.3.2 半导体二极管的伏安特性 .....	14	2.3.2 估算法在放大电路静态分析中的 应用 .....	56
1.3.3 温度对半导体二极管特性的 影响 .....	16	2.4 放大电路的动态分析 .....	56
1.3.4 半导体二极管的主要电参数 .....	16	2.4.1 图解法在放大电路动态分析中的 应用 .....	57
1.3.5 半导体二极管的模型 .....	18	2.4.2 微变等效电路法在放大电路动态 分析中的应用 .....	60
1.4 半导体二极管的应用 .....	21		
1.4.1 在整流电路中的应用 .....	21		
1.4.2 在检波电路中的应用 .....	22		
1.4.3 限幅电路 .....	23		
1.4.4 钳位电路 .....	24		
1.5 特种二极管 .....	24		

## II 目录

2.5 静态工作点的选择和稳定 .....	65	3.5 场效应管在模拟电路中的其他应用 .....	113
2.5.1 静态工作点的选择 .....	65	3.5.1 场效应管恒流源 .....	113
2.5.2 静态工作点的稳定 .....	66	3.5.2 场效应管用作压控电阻 .....	114
2.5.3 负反馈在静态工作点稳定中的应用 .....	67	本章小结 .....	115
2.6 共集电极放大电路和共基极放大电路 .....	70	思考题及习题 .....	116
2.6.1 共集电极放大电路 .....	71	<b>第4章 集成运算放大器</b> .....	119
2.6.2 共基极放大电路 .....	75	4.1 集成运放概述 .....	119
2.6.3 三种基本放大电路性能比较 .....	76	4.1.1 集成电路中元器件的特点 .....	119
2.7 多级放大电路 .....	76	4.1.2 集成运放的典型结构 .....	120
2.7.1 多级放大电路的组成 .....	77	4.1.3 集成运放的符号及电压传输特性 .....	121
2.7.2 多级放大电路中的耦合方式 .....	77	4.2 双极型集成运放 .....	122
2.7.3 多级放大电路的计算 .....	79	4.2.1 典型差分放大电路 .....	122
2.7.4 组合放大器 .....	81	4.2.2 带恒流源的差分放大电路 .....	128
本章小结 .....	83	4.2.3 差分放大电路的传输特性 .....	129
思考题及习题 .....	84	4.2.4 电流源电路 .....	131
<b>第3章 场效应管及其放大电路</b> .....	91	4.2.5 复合管电路 .....	134
3.1 结型场效应管 .....	91	4.2.6 互补推挽放大电路 .....	135
3.1.1 结型场效应管的结构和类型 .....	91	4.2.7 双极型通用运放简化电路 .....	136
3.1.2 结型场效应管的工作原理 .....	92	*4.3 CMOS 集成运放 .....	139
3.1.3 结型场效应管的伏安特性 .....	94	4.3.1 MC14573 电路结构 .....	139
3.2 绝缘栅型场效应管 .....	96	4.3.2 MC14573 电路原理分析 .....	140
3.2.1 增强型 MOS 管 .....	96	4.4 运放的主要参数及简化低频等效电路 .....	142
3.2.2 耗尽型 MOS 管 .....	100	4.4.1 交流参数 .....	143
3.2.3 MOS 场效应管使用注意事项 .....	101	4.4.2 直流参数 .....	145
3.3 场效应管的参数和小信号模型 .....	102	4.4.3 简化低频等效电路 .....	147
3.3.1 场效应管的主要电参数 .....	102	*4.5 其他集成运放 .....	147
3.3.2 场效应管的小信号模型 .....	104	4.5.1 几种特殊用途的运放简介 .....	147
3.3.3 场效应管与晶体管的比较 .....	105	4.5.2 跨导运放 .....	149
3.4 场效应管放大电路 .....	106	4.5.3 电流模运放 .....	150
3.4.1 场效应管偏置电路及其静态分析 .....	106	本章小结 .....	154
3.4.2 场效应管放大电路动态分析 .....	109	思考题及习题 .....	155

第5章 放大电路的频率特性 .....	162	6.2.6 正确引入反馈 .....	205
5.1 放大电路频率响应概述 .....	162	6.3 负反馈放大电路的分析及近似	
5.1.1 频率响应和频率失真 .....	162	计算 .....	205
5.1.2 放大电路频率响应的分析		6.3.1 深度负反馈放大电路近似计算的	
方法 .....	163	一般方法 .....	205
5.2 晶体管的高频特性 .....	164	6.3.2 电压模运算放大器组成的反馈	
5.2.1 晶体管的高频模型 .....	164	电路 .....	206
5.2.2 晶体管的高频特性和高频		6.3.3 分立元件组成的反馈电路 .....	209
参数 .....	167	*6.3.4 电流模运算放大器的闭环特性 .....	212
5.3 单管放大电路的频率响应 .....	169	6.4 负反馈放大电路的自激振荡及	
5.3.1 单管共射极放大电路的频率		消除 .....	213
响应 .....	169	6.4.1 负反馈放大电路的自激振荡	
5.3.2 单管共漏极放大电路的频率		条件 .....	213
响应 .....	175	6.4.2 负反馈放大电路的稳定性 .....	214
5.3.3 放大电路的增益带宽积 .....	178	6.4.3 消除自激振荡的方法 .....	216
5.4 多级放大电路的频率响应 .....	178	本章小结 .....	218
本章小结 .....	180	思考题及习题 .....	218
思考题及习题 .....	181	第7章 集成运放组成的运算电路 .....	223
本章附录 密勒定理 .....	185	7.1 基本运算电路 .....	223
第6章 反馈和负反馈放大电路 .....	186	7.1.1 加法运算 .....	223
6.1 反馈的基本概念及类型 .....	186	7.1.2 减法运算 .....	226
6.1.1 反馈的基本概念 .....	187	7.1.3 积分运算 .....	228
6.1.2 负反馈放大电路的四种基本		7.1.4 微分运算 .....	230
类型 .....	189	7.2 对数和反对数运算电路 .....	232
6.1.3 负反馈放大电路举例 .....	192	7.2.1 对数运算 .....	232
6.1.4 负反馈放大电路的一般		7.2.2 反对数运算 .....	234
表达式 .....	195	7.3 模拟乘法器及其应用 .....	234
6.2 负反馈对放大电路性能的		*7.3.1 乘法器的工作原理 .....	234
影响 .....	198	7.3.2 乘法器应用电路 .....	238
6.2.1 提高放大倍数的稳定性 .....	198	7.4 集成运放使用中的几个问题 .....	241
6.2.2 扩展通频带 .....	198	7.4.1 选型 .....	241
6.2.3 减小非线性失真 .....	200	7.4.2 调零 .....	241
6.2.4 抑制反馈环内的干扰和噪声 .....	200	7.4.3 消振及供电电源的去耦 .....	242
6.2.5 对输入电阻和输出电阻的		7.4.4 输入及输出保护 .....	243
影响 .....	201	7.4.5 运放单电源供电电路 .....	243

本章小结 .....	246	9.2.5 函数发生器 .....	318
思考题及习题 .....	246	*9.3 锁相环及其在频率合成器中的	
<b>第8章 信号检测与处理电路</b> .....	252	应用 .....	320
8.1 电子系统概述 .....	252	9.3.1 锁相环的基本结构 .....	320
8.2 信号检测系统中的放大电路 .....	253	9.3.2 锁相环的工作过程 .....	322
8.2.1 测量放大器 .....	253	9.3.3 锁相环的特性及其应用 .....	324
8.2.2 隔离放大器 .....	256	本章小结 .....	325
8.2.3 程控增益放大器 .....	260	思考题及习题 .....	326
8.3 有源滤波器 .....	261	<b>第10章 功率放大电路</b> .....	332
8.3.1 滤波器的基础知识 .....	261	10.1 功率放大电路的特点及分类 .....	332
8.3.2 低通有源滤波器 .....	262	10.2 互补推挽功率放大电路 .....	334
8.3.3 高通有源滤波器 .....	266	10.2.1 乙类互补推挽功率放大电路 .....	334
8.3.4 带通和带阻有源滤波器 .....	268	10.2.2 甲乙类互补推挽功率放大	
*8.3.5 全通滤波器 .....	272	电路 .....	337
*8.3.6 开关电容滤波器 .....	272	10.2.3 单电源功率放大电路 .....	340
8.4 线性检波与采样-保持电路 .....	276	10.2.4 前置级为运放的功率放大	
8.4.1 线性检波电路 .....	276	电路 .....	341
*8.4.2 采样-保持电路 .....	278	*10.2.5 变压器耦合推挽式功率放大	
8.5 电压比较器 .....	279	电路 .....	342
8.5.1 单门限电压比较器 .....	280	*10.2.6 桥式推挽放大电路 .....	343
8.5.2 多门限电压比较器 .....	282	10.3 集成功率放大器 .....	345
8.5.3 集成电压比较器 .....	286	*10.4 功率器件与散热 .....	348
本章小结 .....	289	10.4.1 双极型功率晶体管 (BJT) .....	348
思考题及习题 .....	289	10.4.2 功率 MOSFET .....	349
<b>第9章 信号发生器</b> .....	294	10.4.3 绝缘栅双极型晶体管	
9.1 正弦波信号发生器 .....	294	(IGBT) .....	350
9.1.1 正弦波自激振荡的基本原理 .....	295	10.4.4 功率器件的散热 .....	351
9.1.2 RC型正弦波信号发生器 .....	296	本章小结 .....	352
9.1.3 LC型正弦波信号发生器 .....	300	思考题及习题 .....	353
9.1.4 晶体振荡器 .....	307	<b>第11章 直流稳压电源</b> .....	356
9.2 非正弦信号发生器 .....	309	11.1 概述 .....	356
9.2.1 方波发生器 .....	309	11.2 单相整流及电容滤波电路 .....	357
9.2.2 三角波和锯齿波发生器 .....	312	11.2.1 单相桥式整流电路的主要性能	
*9.2.3 脉宽调制波发生器 .....	314	指标 .....	357
9.2.4 压控振荡器 .....	316	11.2.2 电容滤波电路 .....	359

* 11.3 倍压整流电路 .....	363	稳压器 .....	373
11.4 串联反馈型线性稳压电路 .....	364	* 11.5 开关型稳压电路 .....	374
11.4.1 稳压电路的功能和性能指标 ...	364	11.5.1 降压型开关稳压电路 .....	375
11.4.2 串联反馈型线性稳压电路的工作 原理 .....	365	11.5.2 开关电源的应用 .....	377
11.4.3 高精度基准电压源 .....	368	本章小结 .....	378
11.4.4 集成三端稳压器 .....	369	思考题及习题 .....	378
* 11.4.5 高效率低压差线性集成		参考文献 .....	384