

模拟电子技术基础

林玉江 主编

哈尔滨工业大学出版社



528406

7N01
L61

416598

模拟电子技术基础

主 编 林玉江
主 审 蔡惟铮 王杏林



哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书是以作者教改教材为基础,按哈尔滨工业大学现行的教学大纲要求,并参照国家教委颁发的电子技术基础课程教学基本要求编写的。内容主要包括半导体器件基础、基本放大电路、放大电路的频率特性、集成单元与运算放大器、反馈放大电路、正弦波振荡电路、运算放大器应用电路、直流稳压电源、电流模技术基础、应用电路。

本书特点是选材适当,结构紧凑,内容新颖,以集成应用为主线,重应用、重实践。适合教学改革、减少学时的需要。

本书可作为高等院校电气类、自控类和电子类专业“模拟电子技术基础”课程教材或教学参考书,也可供有关工程技术人员参考。

EA 17/14

模拟电子技术基础

Moni Dianzi Jishu Jichu

主编 林玉江

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 19.125 字数 488 千字

1997 年 5 月第 1 版 1997 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—6 000

ISBN 7-5603-1216-0/TN·40 定价 19.80 元

前 言

几年来,作者对“模拟电子技术基础”课的授课艺术进行了立项研究,在教学法研究方面取得了多项成果。同时编写了与教学法研究配套使用的系列改革教材,经过十轮教学实践,效果良好,学生反映易学易懂。本书是以上述系列改革教材为基础,按哈尔滨工业大学现行的本课程教学大纲要求,并参照国家教委颁发的电子技术基础课程教学基本要求编写的。

本书编写的指导思想是:缩减学时,满足教改需要,精选内容,便于教学;打好基础,快速入门;讲法改革,解难为易;以集成应用为主线,更新教学内容。

本书特点,一是博采众长,吸取精华,删除过时内容,既要拓宽新 IC、新技术,力求较多地反映现代先进的电子技术,又要突出作为教材的特点,有利于教师教学,便于学生读书自学。二是在教学法研究实践中提出了解决重点、难点问题的新讲法(用“电流法”分析反馈极性、用“电阻法”判断正弦波振荡的相位平衡条件),经同行专家鉴定委员会鉴定认为:“理论正确,方法新颖,独具特色,实用性强,属国内领先水平,值得推广应用”。

本书按 68 学时教学大纲要求编写,其各章讲授学时分配如下:

第一章,8 学时;第二章,12 学时;第三章,4 学时;第四章,8 学时;第五章,7 学时;第六章,5 学时;第七章,10 学时;第八章,8 学时;第九章,6 学时。

第一、二章为入门基础内容,要求授课速度适中,突出重点,打好基础,快速入门,要做习题练习课。第四章中的差放,第五章、第六章、第七章为本课的重点内容,存在难点问题,授课时必须讲深讲透。每章后都有小结和习题,通过作习题和领会本章学习要点,加深理解本章内容。

参加本书编写的有樊伟(第七章),马东(第八章),林玉江(第一、二、四、五、六、九章),王明彦(第十章),谢红(第三章),全书由林玉江主编。

本书由全国高校电子技术研究会副理事长、东北地区高校电子技术研究会理事长哈尔滨工业大学蔡惟铮教授和哈尔滨工程大学王杏林副教授主审,审稿认真负责,发现错误,并能提出修改方案和建议,给编者以很大的帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者对先进的电子技术了解不够,在编写第九章时,是以北京航空航天大学张凤言教授提供的“电流模电路基础”教学实施方案建议编写的。有关编写电流模技术方面的难点问题得到了张凤言教授的指教,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,敬请使用本书的教师和同学们多加批评指正,以便今后修订。

编者

一九九七年三月

于哈尔滨工业大学

绪 论

电子学和电子技术是与电子有关的理论和技术,自成体系,发展迅速,应用广泛。目前人们已进入“微电子”信息时代。

一、什么是电子技术

电子技术就是研究电子器件、电子电路和系统及其应用的科学技术。现代电子技术的应用概括为通讯、控制、计算机和文化生活等四个方面,其中文化生活包括的内容广泛,如广播、电视、录音、录像、多媒体技术、电化教学、自动化办公设备、电子文体用具和家庭电子化等等。

二、电子器件

电子器件是指电真空器件、半导体器件和集成电路等。

电真空器件:是以电子在高度真空中运动为工作基础的器件,称电真空器件。如电子管、示波管、显像管、雷达荧光屏和大功率发射管等。

半导体器件:是以带电粒子(电子和空穴)在半导体中运动为工作基础的器件,称半导体器件。如半导体二极管、三极管、场效应管等。

集成电路:将一定数量的元器件及电路集成在很小的芯片上,制成“固体电路”称集成电路。按集成的元器件数量多少又分为小规模、中规模和大规模集成电路,它体现了新工艺、新器件、新电路和新技术的综合水准,是一种独具特点的电子器件。如集成运放、集成乘法器、集成计数器、计算机的中央处理器 CPU 等。

三、电子技术发展史(简述)

本世纪初,1904 年出现了真空二极管,1906 年出现了真空三极管,相继制成放大电路,首先应用在通讯上。1948 年发明了晶体管,由于具有体积小,重量轻,耗电省的特点,很快取代电子管。1959 年出现了固体电路,其发展很快。在一片(cm^2)硅片上能制成一个门电路(如与非门有 11 个元器件)。1960 年每个芯片上有 100 个元器件,处于小规模集成阶段。1966 年后进入中规模集成阶段,每个芯片上有 100~1 000 个元器件。1969 年进入大规模集成阶段,每个芯片上的元器件数达到 10 000 个左右。1975 年跨入超大规模集成阶段,每个芯片上元器件数可达几万个以上。从 60 年代至 80 年代期间,集成度增加了 10^6 倍,每年递增率为 $\sqrt[20]{10^6} \approx 2$ 倍。目前的超大规模集成工艺飞速发展,在几十平方毫米的芯片上可集成百万个元器件,已进入微电子时代。

超大规模集成电路的出现是电子技术发展史上划时代的重要里程碑。它使计算机技术向大规模高速度方面发展,如“银河”Ⅰ型,计算速度可达 10 亿次/秒。同时又出现小型化单片计算机,应用在工业控制及生活中各个技术领域。

80 年代末至 90 年代初,电流模新技术发展很快,是模拟集成电路的发展具有重要意义的关键技术,可以不夸张地说,它使模拟电子技术发展到了又一个新的里程碑。

综上所述,电子器件的更新换代,促使电子技术不断革新,其新电路、新技术日新月异,其应用已渗透到各学科领域。

四、电子技术特点

1. 动作迅速 以计算机为例,计算速度百万次/秒。
2. 灵敏度高 以无线电信号为例,灵敏度可达 $\mu\text{V}/\text{m}$ 级。接收机对微弱的电信号能收到,

即体现出灵敏度高的特点。

3. 工作稳定 电子电路工作稳定,以计算机为例,一年的故障时间 <30 秒。卫星控制电路能长期稳定工作。

4. 体积小、耗电省 集成电路体积小,以集成运放 LM346 为例,静态工作电流仅为 $7\mu\text{A}$ 。

5. 距离远 电磁波传播距离远,遥感技术(远距离观测)和遥控技术(远距离控制)都体现了控制距离远的特点。

电子技术的特点很多,仅上述几例已能说明电子技术的优点,故应用广泛。现在及未来,电子技术是“热门”学科。

五、本门课程特点及学习要点

本门课程是电气类、自控类和电子类专业在电子技术方面入门性质的技术基础课,它具有自身的体系,是实践性很强的课程。本门课程的任务是使学生获得电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能(简称“三基”内容),培养学生分析问题和解决问题的能力,为以后深入学习电子技术某些新领域中的内容,以及为电子技术专业中的应用打好基础。

1. 本门课程的特点

(1) “三基”内容多

本门课程研究的重点内容是放在电路分析上,以研究信号的传输、放大、控制等有关的基本单元电路和多级集成电路的应用为主线,涉及到的基本概念和专业术语、基本原理和分析方法与其它前导课内容相比不但多,而且复杂。读者在学习开始阶段就会遇到一定的困难。因此,学好入门基础知识(1,2章内容)是学好本门课程的关键。

(2) 工程技术性强

由于电子元、器件的参数分散性大,在分析计算电路技术指标时,常采用近似计算法或工程估算法。要求初学者尽快适应和掌握。

(3) 实践性强

理论研究的多种放大电路,必须通过实验进行调试和测量,才能应用。因此,本门课程的实际内容较多,工程实践性强。通过实验培养学生学会使用常用电子仪器,学会调试、测量电路的基本方法,提高实践动手能力,提高分析问题和处理问题能力。

2. 学习要点

(1) 打好入门基础,解决入门难问题

本门课程前两章为入门基础内容。基本概念多,技术术语多,电路种类多,初学者感到困难。要求弄清基本概念,掌握分析方法,会计算电路参数,即做到入门。

(2) 学深学透重点和难点问题

本课的基础电路、反馈电路、振荡电路和集成运放应用电路均为重点内容,必须掌握。分析判断反馈的极性和正弦波振荡的条件是难点问题,必须解决透彻。

(3) 学好基本概念和术语

对于一般的术语要知道叫“什么”,并记牢。有的概念还要知道“为什么”,并要牢固正确掌握。只有基本概念清楚,才能理解本课的基本原理。

(4) 认真做好实验,通过实验验证理论的正确性,并能培养学生的独立工作能力和开发意识。

高新技术发展的标志是以电子技术水准来评价的,而电子技术的发展速度快,应用广泛,因此,学好本门课程是十分重要的。

本书常用符号

一、电压和电流符号的规定(以集电极电压和电流为例)

- U_C, I_C 大写字母, 大写下标, 表示集电极直流电压和电流
 U_c, I_c 大写字母, 小写下标, 表示集电极电压和电流交流分量有效值
 u_c, i_c 小写字母, 大写下标, 表示集电极含直流的电压和电流总瞬时值
 u_c, i_c 小写字母, 小写下标, 表示集电极电压和电流的交流分量
 U_{cm}, I_{cm} 大写字母, 小写下标, 表示集电极电压和电流交流分量最大值
 $\dot{U}_c, \dot{I}_c$ 集电极电压和电流交流分量的复数表示
 $\Delta U_C, \Delta I_C$ 表示直流电压和电流的变化量
 $\Delta u_c, \Delta i_c$ 表示总瞬时值电压和电流的变化量
 $U_{c(AV)}, I_{c(AV)}$ 表示集电极电压和电流交流分量平均值

二、基本符号

1. A 增益或放大倍数的通用符号

A 的不同符号的下标代表不同物理意义的增益, 例如:

A_u 电压放大倍数的通用符号

A_{ui} 第一个下标表示输出量、第二个下标表示输入量, 电压放大倍数符号, 余此类推

A_{ui} 表示输出电压 U_o 与输入电压 U_i 之比, 即 $A_{ui} = U_o / U_i$

A_{us} 考虑信号源内阻时的电压放大倍数, 即 $A_{us} = U_o / U_s$

$\dot{A}$ 复数增益或放大倍数的通用符号

$\dot{A}_{uSL}$ 低频电压放大倍数的复数量

$\dot{A}_{uSH}$ 高频电压放大倍数的复数量

$A_{um}(A_{uSm})$ 中频电压放大倍数

A_{up} 滤波器通带电压放大倍数

A_i, A_u, A_{ui}, A_{iu} 分别表示电流、电压、互阻、互导增益

$A_{if}, A_{uf}, A_{uif}, A_{iuf}$ 分别表示反馈放大器的电流、电压、互阻、互导增益

A_{ud} 差模电压放大倍数

A_{id} 差模电流增益

A_{uc} 共模电压放大倍数

$A(s)$ 增益函数拉普拉斯变换

A 表示基本放大器

2. B BJT 的基极

BW 带宽(-3dB), BW_G 单位增益带宽、 BW_p 全功率带宽

3. C 电容

C_i, C_o, C_L 分别指输入, 输出和负载电容

C_B, C_D, C_J 分别指势垒电容, 扩散电容和结电容

- C_b, C_e 分别指基极和射极旁路电容
 C_π, C_μ 分别指 BJT 的发射结和集电结电容
 C_{dg}, C_{gs}, C_{ds} 分别指 FET 的分布电容
 C_φ 表示相位补偿电容
 C BJT 集电极。
4. D 二极管, 场效应管漏极
 D 非线性失真系数
 D_z 稳压管
5. E BJT 的发射极
 E, ϵ 能量, 电场强度
 E_G 半导体的激活能
6. F 反馈系数
7. $f, \omega = 2\pi f$ 频率、角频率
 f_L 低频截止(-3dB)频率, $\omega_L = 2\pi f_L$
 f_H 高频截止(-3dB)频率, $\omega_H = 2\pi f_H$
 f_α, f_β 分别指共基 BJT 和共射 BJT 的截止频率
 f_T 特征频率
 f_c 时钟信号频率、切割频率(幅频特性曲线切割 f 轴)
 f_0 滤波器中心或转折频率
8. G 增益(与 A 含义相同)
 G FET 的栅极
 g 动态(微变)电导
 g_m 低频跨导
9. I, i 电流
 I_E, I_B, I_C, I_D 分别指射、基、集、漏极直流电流
 i_C, i_B, i_E, i_D 分别指集、基、射、漏极总瞬时值电流
 I_c, I_b, I_e, I_d 分别指上述电极交流电流的有效值
 i_s 信号源电流
 I_{IO} 输入失调电流
 I_{IB}, I_B 输入偏置电流
 I_m 电流幅度
 I_c, I_b, I_e, I_d 分别指上述电极交流电流的复数表示
 $I(s)$ 电流的拉普拉斯变换
 I_S PN 结反向饱和电流
 I_{DSS} 结型、耗尽型 FET 在 $U_{GS}=0$ 时 I_D 值
 I_D 二极管电流, FET 的漏极电流
 I_F, I_R 分别表示正向电流, 反向电流;
 I_{CBO} 发射极开路时的集电结反向饱和电流
 I_{CEO} 基极开路时的穿透电流

- I_{CM} 集电极最大允许电流
10. J 电流密度;
11. K 热力学温度单位(开尔文)
 K 常数,增益系数
 K_{SVR} 电源电压抑制比
 K_{CMR} 共模抑制比
12. N 电子型半导体
 n 电子浓度
13. P 功率,例如:
 $P_i(P_I), P_o(P_O), P_c$ 分别指输入、输出信号功率和集电极耗散功率
 P_V 直流电源供给功率
 P_T BJT 的管耗
 P_{CM} 集电极最大允许功耗
 P 空穴型半导体;
 p 空穴浓度
14. R 电阻符号
 $R_b, R_c, R_e, R_G, R_S, R_D$ 分别指基、射、集、栅、源、漏极直流偏置电阻
 R_s 信号源内阻
 $R_F(R_f)$ 反馈电阻
 R_L 负载电阻
 R_{cm} 共模负反馈电阻
 R_{SC} 开关电容等效电阻
 r_i, r_o 分别指电路的输入和输出电阻
 r_{if}, r_{of} 分别指反馈电路的输入和输出电阻
 r 动态(微变)电阻,等效电阻,例如:
 $r_{bb'}, r_{b'e}, r_{b'c}, r_{ce}, r_e$ 表示 BJT 的体电阻和结电阻
 r_{gs}, r_{ds} 表示 FET 的动态电阻
15. S FET 源极,西门子
 S 发射结面积、开关、脉动系数
 S_R 运算放大器的转换速率
 S_r 稳压系数
 S_u 电压调整率
 S_I 电流调整率
 S_{rip} 纹波抑制比
 S_T 输出电压的温度系数
 s 复频率 s 秒
16. T 晶体三极管代号
 T 温度,周期
 T_r 变压器

t 时间

17. U, u 电位、电压,例如:

$U_B, U_C, U_E, U_G, U_D, U_S$ 分别指相应电极直流电位

$U_{BE}, U_{CE}, U_{DS}, U_{GS}$ 分别指相应电极间直流电压

$u_{BE}, u_{CE}, u_{DS}, u_{GS}$ 分别指相应电极间总瞬时值电压

$u_i, u_o, u_{be}, u_{ce}, u_{ds}, u_{gs}$ 分别指输入、输出和相应电极间交流电压分量

$U_i, U_o, U_{be}, U_{ce}, U_{ds}, U_{gs}$ 分别指上述交流分量的有效值

u_s, U_s 信号源电压及其有效值

$\dot{U}_s, \dot{U}_i, \dot{U}_o, \dot{U}_{be}, \dot{U}_{ce}, \dot{U}_{ds}, \dot{U}_{gs}$ 分别指上述交流分量的复数值

$U(s)$ 电压的拉普拉斯变换

u_{ld} 差模输入电压

u_{lc} 共模输入电压

U_m 交流电压的幅值

U_T 温度电压当量(热力学电压)

$U_{GS(th)}$ 增强型 MOSFET 开启(阈值)电压

$U_{GS(off)}$ 结型 FET 的夹断电压、耗尽型 MOSFET 阈值(或夹断)电压

U_{IO} 输入失调电压

U_{OO} 输出失调电压

U_{REF} 参考(基准)电压

$U_{(BR)}$ 晶体管的击穿电压

$U_{CE(sat)}$ BJT 的饱和电压

U_ϕ 接触电位差

18. $V_{CC}, V_{DD}, +V_S$ 正电源电压

$V_{EE}, V_{SS}, -V_S$ 负电源电压

三、其他符号

$\alpha, \bar{\alpha}$ 共基 BJT 的电流增益(放大系数)

$\beta, \bar{\beta}$ 共基 BJT 的电流增益(放大倍数)

η 效率

τ 时间常数,非平衡少子寿命,脉冲宽度

φ 相位差

φ_m 相位裕度

G_m 幅值裕度

X, x 电抗

Z, z 阻抗

Y, y 导纳

ω, Ω 角频率

Ω 电阻的单位(欧姆)

rad 弧度

Q 静态工作点,品质因数

目 录

第一章 半导体器件基础

1.1 半导体的基础知识	(1)
1.1.1 半导体	(1)
1.1.2 本征半导体	(1)
1.1.3 杂质半导体	(3)
1.2 PN 结与半导体二极管	(5)
1.2.1 PN 结形成	(5)
1.2.2 PN 结的单向导电性	(6)
1.2.3 PN 结电容特性	(8)
1.2.4 PN 结的温度特性	(9)
1.2.5 半导体二极管	(9)
1.3 稳压管	(12)
1.3.1 稳压管的稳压原理	(12)
1.3.2 稳压管的主要参数	(13)
1.3.3 埋层齐纳击穿稳压管	(13)
1.4 双极型晶体管(BJT)	(14)
1.4.1 三极管的结构	(14)
1.4.2 三极管的电流放大作用	(14)
1.4.3 三极管的特性曲线	(18)
1.4.4 三极管的主要参数	(20)
1.4.5 共射三极管的小信号等效模型——H 参数等效电路	(21)
1.4.6 三极管高频小信号模型——混合 π 模型及其参数	(24)
1.5 场效应晶体管(FET)	(27)
1.5.1 结型场效应管(JFET)	(27)
1.5.2 绝缘栅型场效应管	(29)
1.5.3 场效应管的主要参数	(31)
1.5.4 场效应管小信号模型	(32)
1.5.5 场效应管与双极型晶体管比较	(33)
本章小结	(33)
习题	(34)

第二章 基本放大电路

2.1 放大的概念和技术指标	(38)
----------------------	------

2.1.1	放大概念	(38)
2.1.2	放大电路的主要技术指标	(38)
2.2	共射放大电路的组成和工作原理	(40)
2.2.1	共射电路组成	(40)
2.2.2	电路放大原理	(41)
2.3	放大电路的分析方法	(42)
2.3.1	公式法	(42)
2.3.2	图解法	(43)
2.3.3	H 参数微变等效电路分析法	(46)
2.3.4	三种分析方法比较	(48)
2.4	三种(接法)基本放大电路分析	(49)
2.4.1	共射电路	(49)
2.4.2	共集电极电路	(52)
2.4.3	共基极电路	(54)
2.5	场效应管放大电路分析	(55)
2.5.1	自偏压共源放大电路	(55)
2.5.2	共漏放大电路	(56)
2.6	多级放大电路分析	(57)
2.6.1	多级放大电路的耦合方式	(57)
2.6.2	多级放大电路的交流参数	(61)
	本章小结	(62)
	习题	(63)

第三章 放大电路的频率特性

3.1	频率特性的基本概念及波特图表示法	(69)
3.1.1	频率特性的基本概念	(69)
3.1.2	波特图工程近似表示法	(71)
3.1.3	增益带宽积	(71)
3.2	共射放大电路的频率特性	(72)
3.2.1	共射电路的频率特性分析	(72)
3.2.2	共射电路完整的频率特性曲线及折线近似画图法	(78)
3.3	共基放大电路的频率特性	(81)
3.4	多级放大电路的频率特性	(82)
3.4.1	多级放大电路的频率特性表达式	(82)
3.4.2	多级放大电路的下限截止频率 f_L 的估算	(83)
3.4.3	多级放大电路的上限截止频率 f_H 的估算	(83)
	本章小结	(84)
	习题	(84)

第四章 集成单元与运算放大器

4.1	恒流源电路	(87)
-----	-------	------

4.1.1	晶体管恒流源电路	(87)
4.1.2	电流镜	(88)
4.1.3	微电流源	(88)
4.1.4	比例电流源	(89)
4.1.5	多路恒流源	(90)
4.2	差动放大电路	(90)
4.2.1	差动放大电路的构成与差模和共模信号概念	(90)
4.2.2	差放抑制温源原理	(93)
4.2.3	差放的静态分析	(93)
4.2.4	差放的动态分析	(95)
4.2.5	大信号差模特性分析	(97)
4.3	功率放大电路	(98)
4.3.1	功率放大电路的特点与分类	(98)
4.3.2	互补推挽功放的工作原理	(99)
4.3.3	达林顿组态(复合管)	(101)
4.3.4	功率放大电路主要参数估算	(102)
4.3.5	实际乙类推挽功放	(104)
4.4	集成运算放大器	(105)
4.4.1	运放原理电路简介	(105)
4.4.2	集成运放的主要技术参数	(107)
4.4.3	理想运放的特点及虚短、虚断、虚地概念	(110)
4.4.4	理想运放的三种输入方式	(111)
4.4.5	运放的使用注意事项	(112)
	本章小结	(113)
	习题	(113)

第五章 反馈放大器

5.1	反馈的基本概念和分类	(118)
5.1.1	基本概念	(118)
5.1.2	反馈的分类及判断	(118)
5.2	方框图表示图	(121)
5.2.1	负反馈放大电路的方框图表示法	(121)
5.2.2	闭环放大倍数(增益) A_f 及其一般表达式	(121)
5.3	具有深度负反馈的放大电路的分析和计算	(122)
5.3.1	深度负反馈的特点	(122)
5.3.2	负反馈放大电路的分析和估算	(123)
5.4	负反馈对放大电路性能的改善	(130)
5.4.1	提高放大倍数的稳定性	(130)
5.4.2	减小非线性失真	(130)
5.4.3	抑制干扰和噪声	(131)

5.4.4 扩展频带和减小频率失真	(131)
5.4.5 对输入电阻和输出电阻的影响	(132)
5.5 负反馈的正确引入原则	(132)
5.6 负反馈电路中的自激振荡及消除	(132)
5.6.1 产生自激振荡的原因及条件	(132)
5.6.2 负反馈放大电路的稳定性和自激振荡的消除	(133)
本章小结	(135)
习题	(136)

第六章 正弦波振荡电路

6.1 产生正弦波振荡的条件	(144)
6.1.1 什么是自激振荡	(144)
6.1.2 产生正弦波振荡的条件	(144)
6.1.3 产生正弦波振荡的起振幅度条件	(145)
6.2 正弦波振荡电路的组成与分析方法	(145)
6.2.1 正弦波振荡电路的组成	(145)
6.2.2 分析方法	(146)
6.3 RC 正弦波振荡电路	(146)
6.3.1 RC 串并网络的选频特性	(146)
6.3.2 文氏桥振荡电路分析	(148)
6.4 LC 正弦波振荡电路	(149)
6.4.1 LC 并联谐振回路的选频特性	(149)
6.4.2 变压器反馈式 LC 正弦波振荡器	(151)
6.4.3 电感三点式正弦波振荡器	(152)
6.4.4 电容三点式正弦波振荡器	(152)
6.4.5 电容反馈式改进型振荡电路	(153)
6.5 石英晶体振荡器	(153)
6.5.1 石英晶体谐振器的特性	(154)
6.5.2 石英晶体振荡电路	(155)
本章小结	(156)
习题	(157)

第七章 运算放大器的应用

I 线性应用电路	(162)
7.1 运放的三种基本输入比例运算电路	(162)
7.1.1 反相输入比例运算电路	(162)
7.1.2 同相输入比例运算电路	(163)
7.1.3 差动输入比例运算电路	(164)
7.2 运算电路	(164)
7.2.1 求和运算电路	(164)

7.2.2	积分和微分电路	(166)
7.2.3	对数和反对数运算电路	(167)
7.3	乘除法运算电路	(168)
7.3.1	模拟乘法器的基本概念	(168)
7.3.2	对数式乘法器	(170)
7.3.3	乘法运算电路	(170)
7.3.4	除法运算电路	(171)
7.4	有源滤波电路	(173)
7.4.1	低通滤波电路(LPF)	(173)
7.4.2	二阶压控电压源低通滤波器	(175)
7.4.3	高通滤波电路(HPF)	(176)
7.5	开关电容滤波器(SCF)	(177)
7.5.1	开关电容电路的基本概念	(177)
7.5.2	一阶开关电容低通滤波器	(181)
I	运放非线性应用电路	(183)
7.6	电压比较电路	(184)
7.6.1	零电压比较电路	(184)
7.6.2	任意电压比较电路	(185)
7.6.3	滞回比较器	(185)
7.6.4	窗口比较器	(186)
7.7	非正弦波形发生器	(187)
7.7.1	矩形波发生器	(187)
7.7.2	三角波发生器	(188)
7.7.3	锯齿发生器	(190)
	本章小结	(191)
	习题	(192)

第八章 直流稳压电源

8.1	整流电路	(199)
8.1.1	半波整流电路	(200)
8.1.2	全波整流电路	(200)
8.1.3	桥式整流电路	(201)
8.2	滤波电路	(202)
8.2.1	电容滤波器	(202)
8.2.2	电感滤波器	(204)
8.2.3	电感电容滤波器	(205)
8.2.4	Π 型滤波器	(205)
8.2.5	线滤波器	(206)
8.3	直流稳压电路	(207)
8.3.1	稳压管稳压电路的主要指标	(207)

8.3.2	稳压管稳压电路	(208)
8.3.3	串联型稳压电路	(210)
8.3.4	高精度基准电源	(211)
8.4	三端集成稳压器	(212)
8.4.1	三端固定电压稳压器	(212)
8.4.2	三端可调集成稳压器	(214)
8.4.3	高效率低压差线性集成稳压器	(217)
8.5	高效率开关稳压电源	(218)
8.5.1	开关电源的特点和分类	(218)
8.5.2	开关稳压电源原理及分析	(219)
	本章小结	(222)
	习题	(223)

第九章 电流模技术基础

9.1	电流模电路的一般概念	(228)
9.1.1	什么是电流模技术	(228)
9.1.2	什么叫电流模电路	(228)
9.2	跨导线性(TL)的基本概念和回路原理	(228)
9.2.1	跨导线性(TL)的基本概念	(228)
9.2.2	跨导线性(TL)回路原理	(229)
9.3	严格的电流模电路	(231)
9.3.1	甲乙类推挽电流模电路	(231)
9.3.2	甲乙类电流模放大器	(232)
9.3.3	吉尔伯特电流增益单元	(232)
9.3.4	多级电流放大器	(233)
9.3.5	一象限乘法器	(234)
9.3.6	两象限乘法器	(234)
9.3.7	可变增益电流放大器	(234)
9.4	电流模运放及应用	(236)
9.4.1	电流反馈超高速集成运放的基本概念	(236)
9.4.2	电流反馈超高速集成运放电路与特性分析	(239)
9.4.3	电流反馈运放应用的特点	(242)
9.5	电流模乘法器	(247)
9.5.1	跨导线性四象限乘法器工作原理	(247)
9.5.2	典型通用跨导线性单片集成四象限乘法器电路	(251)
9.6	电流传输器	(252)
9.6.1	基本电流传输器	(252)
9.6.2	电流传输器应用电路	(253)
9.7	电流模电路的特点	(255)
	本章小结	(256)

习题.....	(257)
第十章 应用电路	
10.1 调制与解调.....	(259)
10.1.1 调制与解调概念.....	(259)
10.1.2 调幅与检波.....	(260)
10.1.3 调频与鉴波.....	(262)
10.1.4 脉冲宽度调制(PWM)	(265)
10.2 超外差式接收机.....	(266)
10.2.1 超外差式概念.....	(266)
10.2.2 调幅收音机的工作原理.....	(266)
10.3 微型无线电多路编码遥控电路.....	(269)
10.3.1 发射机.....	(269)
10.3.2 接收机.....	(270)
10.4 晶闸管工作原理及应用.....	(271)
10.4.1 晶闸管的结构和工作原理.....	(271)
10.4.2 双向晶闸管及双向触发二极管.....	(274)
10.4.3 可关断晶闸管(GTO)	(275)
10.5 晶闸管应用电路.....	(276)
10.5.1 单相桥式可控整流电路.....	(276)
10.5.2 可控调压电路.....	(277)
10.5.3 微触摸延时节能开关电路.....	(279)
10.6 安全快速充电器.....	(280)
10.6.1 电路工作原理.....	(280)
10.6.2 电路调试.....	(280)
10.7 红外探测器的原理与制作.....	(281)
10.7.1 基本原理.....	(281)
10.7.2 热释电红外传感器.....	(282)
10.7.3 菲涅耳透镜.....	(283)
10.7.4 探测器电路.....	(283)
本章小结.....	(286)
习题.....	(286)
主要参考文献.....	(287)