

电子线路基础

黄义源 林俊昌 编著
陈达章 林杰才

汕头大学出版社

TN7

H94

电子线路基础

黄义源 林俊昌 编著
陈达章 林杰才

汕头大学出版社

【粤新登字T5号】

图书在版编目 (CIP) 数据

电子线路基础 / 黄义源 林俊昌 编著
陈达章 林杰才

—汕头：汕头大学出版社，1996.2

ISBN 7-81036-057-4/TN.1

I. 电…

Ⅰ. ①黄…②林…③陈…④林…

Ⅱ. 大专教材—科学技术

N. TN

汕头大学出版社出版发行

(广东省汕头市汕头大学内)

揭阳市新华印刷厂印制 新华书店经销

1996年第1版 1996年2月第1次印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：15.75 插页：2

字数：395千字 印数：3,000册

定价：25.00元

内 容 简 介

本书根据 1993 年修订电子技术基础及电子线路课程教学基本要求编写。在内容上以低频电路为主体,增加了高频电路中的一些基本内容,以适应教学改革的需要。全书共分十章,主要包括:半导体二极管及其应用、三极管及基本放大电路、运算放大器、放大电路中的负反馈、模拟信号处理电路、谐振放大电路、振荡电路、频率变换电路、功率电路和应用实例。

本书可作为高等学校电气、计算机、物理等专业的教材,也可供有关工程技术人员自学和参考。

前 言

本书是根据国家教委公布的电子技术基础课程教学基本要求编写的教材，可供电气类、计算机类、物理类等理工类专业使用。

目前已出版的电子技术教材，分为两种类型，一是供工业控制类专业使用的电子技术基础，在模拟电子部分偏重于低频应用，以信号处理为主干；二是供电子通信类专业使用的电子线路，电子线路中包含低频电路与高频电路两部分，低频部分与电子技术基本相同，高频部分则主要讨论通信电路，为通信类专业服务。

随着电子技术的发展，上述两种类型的教材，已日渐显出其局限性。一是工业控制类专业对电子技术的需要，早已超出了低频范围；二是高频电路中的一些基本内容，如调制和解调等频率变换电路，实际上也已超出了通信系统的应用，成了信息处理的重要的功能电路，成为电类学生应该了解的基本知识；三是一些既含高频电路、又有低频电路的电子电器，大量的进入日常生活，并迅速普及，作为电类学生，也应了解基本原理；四是随着专业的拓宽和淡化，作为主要技术基础课的电子技术，必须提供更宽广的基础知识面。

基于上述认识，我们编写了《电子线路基础》，在内容处理上，以控制类电子技术的基本要求为主体，适当增加了通信类电子线路中有关谐振放大、频率变换等的基础知识和基本应用电路，加强了功率电路中的开关电源和新型功率器件的介绍。扩大了课程的基础知识面，形成一种新的体系结构。这种新体系，我们曾在本校（汕头大学）计算机专业试行过。但由于水平有限，成书匆

促，错误和不足之处，请读者批评指正。

参加本书编写的有黄义源（绪论、三、四、五章）、林俊昌（六、七、八章）、陈达章（一、二章）、林杰才（九、十章）。由黄义源主编。

任仕纯、朱立群两位老师，阅读了本书的书稿，提出了不少宝贵意见，谨致深切的感谢。

编 者

1995年10月于汕头大学

本书常用符号说明

一、基本符号

1. 电流和电压

I, i	电流的通用符号
U, u	电压的通用符号
I_f, U_f	反馈电流、电压
I_i, U_i	输入电流、电压
I_d, U_d	净输入电流、电压
I_o, U_o	输出电流、电压
I_R, U_R	参考电流、电压
I_+, U_+	运放同相端输入电流、电压
I_-, U_-	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
I_S, U_S	信号源电流、电压
U_{CC}, U_{DD}, U_{SS}	电源电压

2. 功率

P	功率通用符号
p	瞬时功率
P_o	输出交变功率
P_{om}	最大输出功率
P_T	晶体管消耗的功率

P_V	电源消耗的功率
3. 频率	
f	频率通用
ω 、 Ω	角频率
BW	通频带
GW	单位增益带宽
f_H	通带的上限频率
f_L	通带的下限频率
f_0	振荡频率、中心频率
4. 电阻、电导、电容、电感	
R	通用电阻符号
R_i	电路输入电阻
R_{if}	有反馈时电路输入电阻
R_L	负载电阻
R_o	电路输出电阻
R_{of}	有反馈时电路输出电阻
R_s	信号源内阻
G	电导通用符号
C	电容通用符号
L	电感通用符号
5. 增益或放大倍数	
A	放大倍数通用符号
A_d	差模电压放大倍数
A_c	共模电压放大倍数
A_u	电压放大倍数
A_f	有反馈时的放大倍数
A_m	中频段放大倍数
A_h	高频段放大倍数
A_l	低频段放大倍数
F	反馈系数

二、器件参数符号

1. 二极管

D	二极管通用符号
D_Z	稳压二极管
I_F	二极管正向电流
I_S	二极管反向饱和电流
I_Z	稳压管电流
U_{on}	二极管导通电压
U_Z	稳压管稳定电压
$U_{(HR)}$	二极管反向击穿电压
C_j	结电容
r_z	稳压管内阻

2. 双极型三极管和场效应管

$b、c、e$	三极管的基极、集电极、发射极
$G、D、S$	场效应管的栅极、漏极、源极
f_β	共射接法 β 的截止频率
f_T	晶体管的特征频率, 即 $\beta=1$ 的频率
g_m	跨导
$r_{bb'}$	基区体电阻
r_{be}	发射结等效电阻
r_{bc}	共射接法 $b-e$ 间等效电阻
C_μ	混合 π 模型中集电结等效电容
C_π	混合 π 模型中发射结等效电容
I_{CBO}	射极开路时 $c-b$ 间的反向电流
I_{CEO}	基极开路时 $c-e$ 间的反向电流
I_{CM}	集电极最大允许电流
I_{DM}	漏极最大允许电流
I_{DSS}	耗尽型场效应管 $U_{GS}=0$ 时的 I_D 值
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
P_{DM}	漏极最大允许耗散功率

$U_{(BR)CE0}$	基极开路时 $c-e$ 间的击穿电压
$U_{(BR)DS}$	漏源间的击穿电压
α	共基接法电流放大系数
β	共射接法电流放大系数

3. 运算放大器

U_{IO}	输入失调电压
I_{IO}	输入失调电流
I_{IB}	输入偏置电流
K_{CMR}	共模抑制比
S_R	转换速率

三、其它符号

K	绝对温度
N_F	噪声系数
Q	静态工作点、 LC 回路的品质因数
T	周期、温度
η	效率
τ	时间常数
φ	相角

四、交、直流电流电压的表示方法 (以基极电压电流为例)

U_B, I_B	大写字母、大写下标, 表示直流量
U_b, I_b	大写字母、小写下标, 表示交流有效值
$\dot{U}_b, \dot{I}_b$	表示上述电压、电流的复数
u_B, i_B	小写字母、大写下标, 含有直流的总瞬时值
u_b, i_b	小写字母、小写下标, 交流瞬时值
$\Delta U_B, \Delta I_B$	直流变化量
$\Delta u_B, \Delta i_B$	瞬时值变化量
U_{bm}, I_{bm}	交流幅值

目 录

绪 论	(1)
第一章 半导体二极管及应用电路	(4)
§ 1.1 半导体的导电特性	(4)
1.1.1 本征半导体	(4)
1.1.2 杂质半导体	(7)
§ 1.2 PN 结	(9)
1.2.1 PN 结的形成	(10)
1.2.2 PN 结的单向导电性	(11)
1.2.3 PN 结的伏安特性	(13)
1.2.4 PN 结的反向击穿	(13)
1.2.5 PN 结的电容效应	(14)
§ 1.3 半导体二极管	(16)
1.3.1 半导体二极管的结构	(16)
1.3.2 二极管的伏安特性	(18)
1.3.3 二极管的主要参数	(19)
§ 1.4 二极管的应用	(20)
1.4.1 整流电路	(20)
1.4.2 限幅电路	(29)
§ 1.5 特种二极管及应用电路	(32)
1.5.1 稳压二极管	(32)
1.5.2 稳压管稳压电路	(34)
1.5.3 变容二极管	(38)
1.5.4 发光二极管	(39)
习题一	(39)

第二章 半导体三极管及放大电路基础 (44)

§ 2.1 半导体三极管 (44)

2.1.1 三极管的结构 (44)

2.1.2 三极管的电流控制和放大作用 (46)

2.1.3 三极管的特性曲线 (50)

2.1.4 三极管的主要参数及安全工作区 (54)

§ 2.2 放大电路的组成和性能指标 (57)

2.2.1 共射放大电路的组成和工作原理 (57)

2.2.2 放大电路的性能指标 (59)

§ 2.3 放大电路的图解分析法 (64)

2.3.1 确定静态工作点 (65)

2.3.2 分析动态情况 (67)

2.3.3 分析波形的非线性失真 (70)

2.3.4 图解法的适用范围 (71)

§ 2.4 放大电路的等效电路分析法 (72)

2.4.1 放大电路的直流通路和交流通路 (72)

2.4.2 静态工作点的计算 (74)

2.4.3 三极管的 h 参数等效电路 (74)

2.4.4 交流性能的计算 (78)

§ 2.5 共集电极放大电路和共基极放大电路 (81)

2.5.1 共集电极放大电路 (81)

2.5.2 共基极放大电路 (86)

2.5.3 三种基本组态的比较 (88)

§ 2.6 多级放大电路 (89)

2.6.1 直接耦合式放大电路 (89)

2.6.2 阻容耦合式放大电路 (94)

2.6.3 变压器耦合式放大电路 (96)

§ 2.7 放大电路的频率特性 (98)

2.7.1 RC 电路的频率特性 (98)

2.7.2 三极管的混合 π 模型 (103)

2.7.3	三极管电流放大系数的频率特性	(108)
2.7.4	单管共发射极放大电路的频率特性	(111)
2.7.5	多级放大电路的频率特性	(120)
§ 2.8	场效应管及其放大电路	(124)
2.8.1	结型场效应管	(124)
2.8.2	绝缘栅型场效应管	(129)
2.8.3	场效应管的主要参数	(135)
2.8.4	场效应管放大电路	(137)
习题二		(141)
第三章	运算放大器	(151)
§ 3.1	概述	(151)
§ 3.2	差动放大电路	(153)
3.2.1	电路的组成	(153)
3.2.2	静态分析	(154)
3.2.3	差模放大原理	(155)
3.2.4	共模抑制性能	(159)
3.2.5	差动电路性能的改进	(161)
§ 3.3	恒流源电路	(162)
3.3.1	镜象恒流源	(163)
3.3.2	微电流恒流源	(164)
3.3.3	多路恒流源	(164)
§ 3.4	运算放大器的中间级和输出级	(166)
3.4.1	中间级	(166)
3.4.2	输出级	(168)
§ 3.5	典型运算放大器介绍	(170)
3.5.1	电路组成	(170)
3.5.2	偏置电路	(170)
3.5.3	输入级	(172)
3.5.4	中间级和输出级	(174)
§ 3.6	运算放大器的性能参数	(175)

3.6.1	运算放大器的主要参数	(175)
3.6.2	运算放大器的等效电路和传输特性	(178)
§ 3.7	运算放大器的类型和应用方法	(180)
3.7.1	集成运放的四代产品	(180)
3.7.2	运放的类型	(181)
3.7.3	运放的使用方法	(183)
习题三		(185)
第四章	放大电路中的负反馈	(192)
§ 4.1	反馈的基本概念	(192)
4.1.1	什么是反馈	(192)
4.1.2	正反馈和负反馈	(194)
§ 4.2	负反馈的类型和判别	(198)
4.2.1	负反馈的类型	(198)
4.2.2	反馈类型的判别	(201)
§ 4.3	负反馈放大电路的分析计算	(205)
4.3.1	负反馈放大电路的一般表达式	(205)
4.3.2	负反馈放大电路的计算	(206)
§ 4.4	负反馈对放大电路性能的改善	(217)
4.4.1	提高放大倍数的稳定性	(217)
4.4.2	展宽通频带	(218)
4.4.3	减少非线性失真	(220)
4.4.4	改变输入和输出电阻	(221)
§ 4.5	负反馈放大电路的自激及其消除	(222)
4.5.1	自激的产生	(222)
4.5.2	自激的消除方法	(225)
习题四		(226)
第五章	模拟信号处理电路	(234)
§ 5.1	模拟信号运算电路	(234)
5.1.1	加法及减法运算电路	(234)
5.1.2	积分和微分运算电路	(240)

5.1.3	对数和指数运算电路	(246)
§ 5.2	乘除运算电路	(249)
5.2.1	对数式乘法运算电路	(249)
5.2.2	集成模拟乘法器	(251)
5.2.3	乘法器应用举例	(255)
§ 5.3	有源滤波电路	(259)
5.3.1	低通滤波电路	(259)
5.3.2	高通滤波电路	(265)
5.3.3	带通滤波器和带阻滤波器	(267)
5.3.4	应用举例	(269)
§ 5.4	电压比较电路	(271)
5.4.1	单限比较电路	(272)
5.4.2	滞回比较器	(276)
5.4.3	窗口比较器	(279)
习题五		(280)
第六章	谐振放大电路	(289)
§ 6.1	谐振放大器的基本知识	(289)
6.1.1	谐振放大器的特点	(289)
6.1.2	谐振放大器的性能指标	(291)
6.1.3	谐振放大器的构成	(292)
§ 6.2	选频电路	(294)
6.2.1	LC 并联谐振回路的频率特性	(294)
6.2.2	谐振回路与信号源及负载的连接	(299)
§ 6.3	放大器件的高频参数	(303)
6.3.1	高频器件的特点	(303)
6.3.2	高频器件的 Y 参量及等效电路	(304)
§ 6.4	谐振放大器的分析	(307)
6.4.1	典型谐振放大电路及其等效电路	(307)
6.4.2	放大电路增益及频率响应	(310)
6.4.3	通频带	(312)

6.4.4	选择性	(312)
6.4.5	计算实例	(313)
6.4.6	集成电路谐振放大器	(316)
§ 6.5	噪声与干扰	(317)
6.5.1	噪声的来源	(317)
6.5.2	噪声系数	(320)
6.5.3	减小噪声系数的措施	(320)
6.5.4	干扰及其抑制	(322)
习题六		(323)
第七章 振荡电路		(326)
§ 7.1	正弦波振荡电路	(326)
7.1.1	正弦波振荡电路的基本知识	(326)
7.1.2	RC 正弦波振荡电路	(328)
7.1.3	LC 正弦波振荡电路	(334)
7.1.4	石英晶体振荡电路	(338)
§ 7.2	非正弦波发生电路	(341)
7.2.1	概述	(341)
7.2.2	方波发生器	(342)
7.2.3	三角波和锯齿波发生电路	(346)
7.2.4	集成函数发生器	(348)
§ 7.3	单结晶体管振荡电路	(351)
7.3.1	单结晶体管特性	(351)
7.3.2	单结晶体管振荡电路	(353)
习题七		(355)
第八章 频谱变换电路		(359)
§ 8.1	频谱变换电路的概念	(359)
§ 8.2	调幅和检波	(360)
8.2.1	调幅波的特点	(360)
8.2.2	调幅电路	(364)
8.2.3	检波电路	(365)

§ 8.3	调频和鉴频	(369)
8.3.1	调频波的特点	(369)
8.3.2	调频电路	(372)
8.3.3	鉴频电路	(374)
§ 8.4	变频与混频电路	(376)
8.4.1	变频和混频的概念	(376)
8.4.2	混频电路	(378)
8.4.3	模拟乘法器混频电路	(381)
§ 8.5	倍频电路	(382)
§ 8.6	频率变换电路应用举例	(383)
习题八		(386)
第九章	功率电路	(389)
§ 9.1	功率放大电路概述	(389)
9.1.1	功率放大电路的特点	(389)
9.1.2	功率放大电路的工作状态	(390)
§ 9.2	低频功率放大电路	(392)
9.2.1	乙类互补对称功率放大电路	(392)
9.2.2	甲乙类互补对称电路	(396)
§ 9.3	集成低频功率放大电路	(401)
9.3.1	OTL 集成低频功率放大电路	(401)
9.3.2	单电源 BTL 集成功率放大电路	(405)
§ 9.4	线性稳压电路	(407)
9.4.1	概述	(407)
9.4.2	串联型稳压电路	(408)
9.4.3	集成三端稳压电路	(413)
§ 9.5	开关式稳压电路	(417)
9.5.1	开关稳压电路工作原理	(418)
9.5.2	PWM 集成控制器	(419)
9.5.3	串联型开关稳压电路	(422)
9.5.4	半桥式开关稳压电路	(424)