

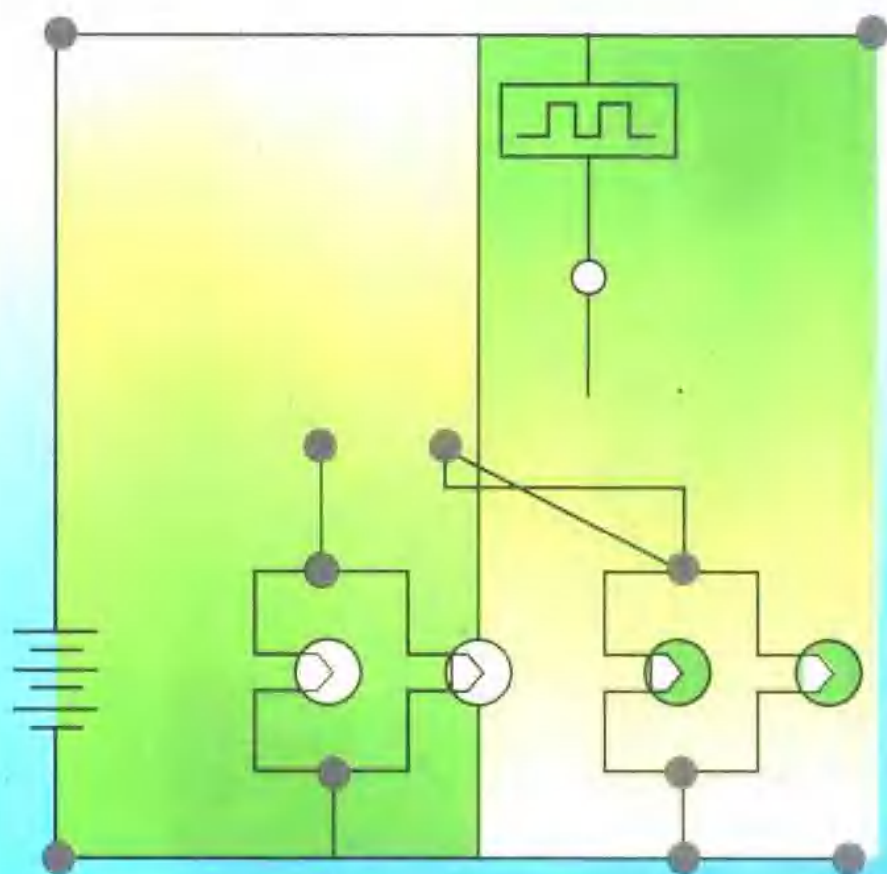
高等师范电子系列教材

模拟电子技术基础

(第二版)

高淑芳 主编

黄庆元 主审



陕西师范大学出版社

高等师范电子系列教材

模拟电子技术基础

(第二版)

主 编	高淑芳		
副主编	王佰铭		
编 写	高淑芳	王佰铭	李宗领
	王立刚		
主 审	黄庆元		

陕西师范大学出版社

图书代号:JC086400

高等师范电子系列教材
模拟电子技术基础
(第二版)
主编 高淑芳

陕西师范大学出版社出版发行
(西安市陕西师大 120 信箱 邮政编码 710062)
新华书店经销 西安市委党校印刷厂印刷
开本 787×1092 1/16 印张 18 插页 2 字数 438 千
1997 年 8 月第 2 版 2001 年 8 月第 4 次印刷
印数:13001—16000
ISBN 7-5613-1628-3/G·1172
定价:19.00 元

开户行:西安工行小寨分理处 账号:216-144610-44-815
读者购书、书店添货或发现印刷装订问题,请与发行科联系、调换。
电话:(029)5251046(传真) 5233753 5307864

高等师范电子系列教材编审委员会

主任委员	黄庆元			
副主任委员	王佰铭	禹淑芳	钱如竹	廖运策
	任来宝	卢源陵	徐克服	
委	裴幼强	行小帅	张宗根	曾昌禄
员	文宇庄	李文全	兰学忠	张喜梅
	李良波	韩庆义	林志源	李元华
	尹振华	李宗领	王 纯	屠忠源
	周全寿	张茂松	刘庆祥	黄良侠
	张元敏	博成捷	孟庆申	马学坤
	赵宏音	杜 凯	王先达	

内 容 提 要

本书是高等师范电子系列教材之一——模拟电子技术基础（第二版）。其内容包括：半导体二极管及其应用；双极型晶体管及其放大电路；单极型晶体管及其基本放大电路和多级放大电路；放大电路中的反馈；模拟集成电路基础；集成运算放大电路及其应用；振荡电路；无线电广播与接收机基础；直流电源和电流模电路简介十章。各章配有例题、小结、教学目的的要求及适量的复习思考题和练习题。

本书可作为高等师范院校、高等教育学院及同类院校的电子技术基础课程教材，教学学时为 70~80 学时。对于理工科院校非电子专业的学生，亦可作为电子技术基础课程的教学参考教材；也可作为电大、函大、职大、夜大等成人教育同类课程的教学参考教材。

前 言

高等师范电子系列教材是由中国电子学会高等师范教学研究会、中国物理学会教育学院分会等组织广大高等师范院校富有教学经验和教材编写经验的教师,根据现代高等师范人才培养的特点、电子科学技术的飞速发展及高等师范电子类教材的现状协同编写的。该系列教材包括《模拟电子技术基础》、《数字电子技术基础》、《黑白电视接收机原理与维修》、《彩色电视接收原理与维修》、《微机原理及应用》、《收录机与立体声系统》、《共用天线系统与卫星电视接收》、《录像机原理与维修》、《家用电器原理及维修》、《电工学及其应用》等十种。与此同时还编写一套与系列教材配套的实验指导书和学习指导书。为保证系列教材的质量,成立了由中国电子学会高等师范教学研究会、中国物理学会教育学院分会和高等教育出版社、陕西师范大学出版社组成的“高师电子系列教材编审委员会”,负责系列教材从编写大纲到内容的全部审定工作。系列教材的编写大纲已分别于1991年4月、1993年6月在陕西咸阳和四川成都召开的有四十多所高师院校参加的审定会上审定。该系列教材已由高等教育出版社、陕西师范大学出版社等陆续出版发行。

本版教材是在1994年已出版使用过的第一版系列教材的基础上修改的。全书包括十章内容,它们分别是:半导体二极管及其应用;双极型晶体管(BJT)及其基本放大电路;单极型晶体管(即FET)及其基本放大电路和多级放大电路;放大电路中的反馈;模拟集成电路基础;集成运算放大电路及其应用;振荡电路;无线电广播与接收基础;直流电源电路;电流模电路简介。

本版教材仍维持第一版教材的编写原则,即:保证基础、推陈出新、强化集成、开阔眼界、着手实际、着眼未来、突出“师范”、简洁明快。同时,在内容的选材和编排上除保留一版教材的主要特色:在器件方面突出“管用路用”,在电路方面突出“分立为集成服务,以集成为落脚点”外,对原版教材中的不足之处做了全面地修改和补充,特别在反映现代模拟电子技术新发展方面做了较大的努力。例如在反映模拟集成电路的新发展方面,增设了第十章电流模电路简介,力图将这一对模拟集成电路发展做出贡献的新技术尽快地介绍给大

家，以便在今后的模拟电子技术教学中有所体现。

本教材主要用于高等师范院校、高等教育学院及同类院校理科学生电子技术基础课程，使用学时 70~80 学时，讲授顺序为先模拟后数字。对于理工科非电类专业的学生，亦可作为电子技术基础课参考教材；对于电大、函大、夜大、职大等成人教育类的同类课程，亦不失为一本较合适的教材或教学参考书。

电子技术发展太快，我们的水平很难跟上科学技术的新发展，本书稿虽几经修改，但错漏之处亦在所难免，恳请广大师生、同行、读者，一如既往，不吝指教、批评，在此表示深深的谢意。

作 者

1999 年 4 月于西安

本书使用符号说明

一、基本符号

1. 电流和电压

(1) 几条原则 (以基极电流为例说明)

I_B 大写字母、大写下标, 表示直流量

I_b 大写字母、小写下标, 表示交流有效值

i_B 小写字母、大写下标, 表示含直流的总瞬时值

i_b 小写字母、小写下标, 表示交流瞬时值

$\dot{I}_b$ 表示正弦量的复数值

ΔI_B 表示直流变化量

Δi_B 表示总瞬时值的变化量

$I_{B(AV)}$ 表示平均值

(2) 使用符号

I 、 i 电流通用符号

V 、 v 电压通用符号

I_i 、 i_i 输入电流有效值、瞬时值

V_i 、 v_i 输入电压有效值、瞬时值

I_o 、 i_o 输出电流有效值、瞬时值

V_o 、 v_o 输出电压有效值、瞬时值

I_f 、 V_f 反馈电流、电压的有效值

V_s 、 v_s 信号源电压的有效值、瞬时值

I_R 、 V_R 参考电流、电压

I_m 、 V_m 正弦电流、电压的幅值

$I_{\max}$ 、 $V_{\max}$ 电流、电压的最大值

$I_{\min}$ 、 $V_{\min}$ 电流、电压的最小值

I_- (i_+)、 V_+ (v_+) 集成运放同相端电流、电压

I_- (i_-)、 V_- (v_-) 集成运放反相端电流、电压

V_{id} 、 v_{id} 差模输入电压的有效值、瞬时值

V_{ic} 、 v_{ic} 共模输入电压的有效值、瞬时值

V_{BB} 、 V_{CC} 基极、集电极回路直流电源电压

2. 功率

P 功率通用符号

p 瞬时功率

P_o 输出功率

P_T 晶体管消耗功率

P_V 直流电源提供功率

3. 频率

f 频率通用符号

ω 角频率通用符号

BW 通频带

f_l 放大电路的下限频率

f_h 放大电路的上限频率

f_c 高频载波频率

f_0 振荡频率、中心频率

f_m 调制信号频率

4. 电阻、电导、电容、电感

R 电阻通用符号

r 器件及电路的等效电阻通用符号

r_i 、 r_o 电路的输入、输出等效电阻

r_{if} 、 r_{of} 有反馈时电路的输入、输出电阻

R_L 负载电阻

R_S 信号源内阻、源极电阻

R_f 反馈电阻

G 电导的通用符号

C 电容的通用符号

L 电感的通用符号

5. 增益或放大倍数（传输系数）

$\dot{A}$ 增益或放大倍数的通用符号

A_v 电压放大倍数的通用符号

A_i 电流放大倍数

A_P 功率放大倍数

$\dot{A}_g$ 互导放大倍数

$\dot{A}_r$ 互阻放大倍数

$\dot{A}_{us}$ 源电压放大倍数

$\dot{A}_{um}$ 中频电压放大倍数的复数值

$\dot{A}_{vl}$ 低频电压放大倍数的复数值

$\dot{A}_{vh}$ 高频电压放大倍数的复数值

$\dot{A}_f$ 有反馈时（闭环）的放大倍数通用符号

$\dot{A}_{vf}$ 闭环电压放大倍数，其余类推

$\dot{F}$ 反馈系数的通用符号

$\dot{F}_v$ 电压反馈系数，其余类推

$\dot{A}_{vd}$ 差模电压放大倍数

$\dot{A}_{vc}$ 共模电压放大倍数

K_m 模拟乘法器的乘积增益

二、器件参数符号

b 、 c 、 e 晶体管基极、集电极、发射极

f_β 晶体管共射极截止频率

f_T 晶体管的特征频率

g_m 低频跨导

h_{ie} 、 h_{re} 、 h_{fe} 、 h_{oe} 晶体管小信号混合参数（共发射极接法）

r_{bb} 晶体管基区体电阻

r_{be} 晶体管共发射极输入电阻（微变电阻）

r_d 二极管的交流电阻

R_D 二极管的直流电阻

A_{od} 集成运放的开环增益

C_B PN 结的势垒电容

C_D PN 结的扩散电容

C_j PN 结的结电容

C_i 、 C_o 电路的输入、输出等效电容

D 二极管、场效应管的漏极

D_s 稳压二极管

G 场效应管的栅极

I_{CBO} 发射极开路时 $c-b$ 间的反向电流

I_{CEO} 基极开路时 $c-e$ 间的穿透电流

I_{CM} 集电极最大允许电流

I_D 二极管的电流，场效应管的漏极电流

I_{DSS} 耗尽型场效应管 $V_{GS}=0$ 时的 I_D 值（饱和漏源电流）

I_{DO} 增强型场效应管 $V_{GS}=2V_T$ 时的 I_D 值

I_F 、 $I_{F(AV)}$ 二极管的正向电流，最大平均整流电流

I_R 二极管的反向电流

$I_{R(sat)}$ 二极管的反向饱和电流

N 电子型半导体

P 空穴型半导体

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

$S(S)$ 场效应管的源极（整流电路的脉动系数）

S_R 集成运放的转换速率

$T(T)$ 晶体管（温度、周期）

V_{BR} 二极管的反向击穿电压

$V_{(BR)CEO}$ 基极开路时 $c-e$ 间的反向击穿电压

$V_{GS(off)}$ 耗尽型场效应管的夹断电压

$V_{GS(th)}$ 增强型场效应管的开启电压，温度的电压当量

V_{th} 二极管、晶体管发射结的死区电压

α 、 $\bar{\alpha}$ 晶体管共基极交、直流电流放大系数

β 、 $\bar{\beta}$ 晶体管共发射极交、直流电流放大系数

三、其它符号

K_{CMK} 共模拟制比

Q 静态工作点， LC 回路的品质因数

η 效率

τ 时间常数

ϕ 相位角

δ 矩形脉冲的占空比

目 录

第一章 半导体二极管及其应用.....	(1)
本章学习目的和要求.....	(1)
§ 1.1 PN 结	(1)
1.1.1 本征半导体的导电特性	(1)
1.1.2 杂质半导体及其导电特性	(3)
1.1.3 PN 结的形成及其单向导电性	(4)
§ 1.2 半导体二极管	(6)
1.2.1 半导体二极管的结构及类型	(6)
1.2.2 半导体二极管的主要特性	(6)
§ 1.3 半导体二极管的主要参数及型号命名	(8)
1.3.1 半导体二极管的主要参数	(8)
1.3.2 半导体二极管的型号命名	(9)
§ 1.4 半导体二极管的应用.....	(10)
1.4.1 半导体二极管的电路模型.....	(10)
1.4.2 半导体二极管的应用举例.....	(11)
§ 1.5 几种常见的特殊二极管及其应用.....	(13)
1.5.1 稳压二极管及其应用.....	(13)
1.5.2 开关二极管及其应用.....	(15)
1.5.3 变容二极管及其应用.....	(16)
1.5.4 发光二极管及其应用.....	(18)
本章小结	(19)
复习思考题	(20)
练习题	(21)
第二章 双极型晶体管及其基本放大电路	(23)
本章学习目的和要求	(23)
§ 2.1 双极型晶体管的结构及其工作原理.....	(23)
2.1.1 晶体管的结构和类型.....	(23)
2.1.2 晶体管的工作原理.....	(24)
§ 2.2 晶体管的伏安特性及主要参数.....	(27)
2.2.1 晶体管的伏安特性.....	(27)
2.2.2 温度对晶体管伏安特性的影响.....	(28)
2.2.3 晶体管的主要参数.....	(29)

§ 2.3 晶体管的开关特性	(31)
2.3.1 晶体管的开关作用	(31)
2.3.2 晶体管的开关特性	(31)
§ 2.4 晶体管基本放大电路	(33)
2.4.1 晶体管共射极基本放大电路的组成	(33)
2.4.2 晶体管基本放大电路的工作原理	(34)
2.4.3 放大电路的性能指标	(36)
§ 2.5 放大电路的基本分析方法	(38)
2.5.1 图解分析法	(38)
2.5.2 微变等效电路分析法	(41)
§ 2.6 放大电路静态工作点的稳定	(45)
2.6.1 静态工作点的设置原则	(45)
2.6.2 稳定静态工作点的措施	(46)
§ 2.7 基本放大电路的三种组态	(49)
2.7.1 共集电极基本放大电路	(49)
2.7.2 共基极基本放大电路	(51)
2.7.3 三种基本组态放大电路的比较	(52)
§ 2.8 放大电路的频率特性	(52)
2.8.1 放大电路频率特性的一般概念	(53)
2.8.2 共发射极 RC 耦合基本放大电路的频率特性	(54)
本章小结	(57)
复习思考题	(59)
练习题	(60)
第三章 单极型晶体管及其基本放大电路和多级放大电路	(65)
本章学习目的和要求	(65)
§ 3.1 结型场效应管 (JFET)	(65)
3.1.1 结型场效应管的结构	(65)
3.1.2 结型场效应管的工作原理	(66)
3.1.3 结型场效应管的伏安特性	(67)
§ 3.2 绝缘栅型场效应管 (IGFET)	(69)
3.2.1 绝缘栅型场效应管的结构	(69)
3.2.2 绝缘栅型场效应管的工作原理	(69)
3.2.3 N 沟道 E 型 MOS 管的伏安特性	(71)
3.2.4 其它 MOS 场效应管	(71)
§ 3.3 场效应管的主要参数及使用注意事项	(73)
§ 3.4 场效应管基本放大电路	(73)
3.4.1 场效应管基本放大电路的组成	(74)
3.4.2 场效应管基本放大电路的分析	(74)
3.4.3 共漏极基本放大电路	(76)

§ 3.5 多级放大电路	(77)
3.5.1 多级放大电路的耦合方式	(77)
3.5.2 多级放大电路的分析	(79)
本章小结	(80)
复习思考题	(81)
练习题	(82)
第四章 放大电路中的反馈	(85)
本章学习目的和要求	(85)
§ 4.1 反馈的基本概念	(85)
4.1.1 反馈的概念	(85)
4.1.2 反馈的形式	(86)
§ 4.2 负反馈放大电路	(89)
4.2.1 负反馈放大电路的一般表达式	(89)
4.2.2 负反馈放大电路的四种基本组态	(90)
§ 4.3 负反馈对放大电路性能的影响	(96)
4.3.1 负反馈对放大倍数的影响	(96)
4.3.2 负反馈对输入电阻的影响	(96)
4.3.3 负反馈对输出电阻的影响	(98)
4.3.4 负反馈对通频带的影响	(100)
4.3.5 负反馈对非线性失真的影响	(100)
4.3.6 放大电路中引入负反馈的一般原则	(101)
§ 4.4 负反馈放大电路的分析方法	(101)
4.4.1 深度负反馈放大电路的分析方法	(102)
4.4.2 非深度负反馈放大电路的分析方法	(106)
本章小结	(111)
复习思考题	(111)
练习题	(113)
第五章 模拟集成电路基础	(118)
本章学习目的和要求	(118)
§ 5.1 集成电路的特点	(118)
5.1.1 集成电路中元器件的特点	(118)
5.1.2 集成电路结构形式上的特点	(119)
§ 5.2 晶体管电流源电路与有源负载放大电路	(120)
5.2.1 晶体管电流源电路	(120)
5.2.2 有源负载放大电路	(122)
§ 5.3 差动放大电路	(122)
5.3.1 直接耦合放大电路的零点漂移问题	(122)
5.3.2 差动放大电路	(123)
5.3.3 差动放大电路的改进	(132)

§ 5.4 直接耦合式功率放大电路	(135)
5.4.1 功率放大电路的特点	(136)
5.4.2 直接耦合式功率放大电路	(137)
5.4.3 准互补功率放大电路	(141)
5.4.4 单电源供电的互补功率放大电路	(141)
本章小结	(142)
复习思考题	(143)
练习题	(144)
第六章 集成运算放大电路及其应用	(148)
本章学习目的和要求	(148)
§ 6.1 集成运放的电路结构及主要参数	(149)
6.1.1 集成运放的电路结构	(149)
6.1.2 集成运放的主要参数	(151)
6.1.3 各类集成运放的主要特点、选用原则及使用注意事项	(153)
§ 6.2 集成运放的应用	(156)
6.2.1 集成运放的开环特性	(157)
6.2.2 集成运放在信号运算方面的应用	(159)
6.2.3 集成运放在信号处理方面的应用	(167)
本章小结	(170)
复习思考题	(171)
练习题	(172)
第七章 振荡电路	(179)
本章学习目的和要求	(179)
§ 7.1 正弦波振荡电路基础	(179)
7.1.1 自激振荡的条件	(179)
7.1.2 振荡的建立与振幅的稳定	(180)
7.1.3 正弦波振荡电路的基本组成与分类	(181)
7.1.4 正弦波振荡电路的一般分析步骤	(181)
§ 7.2 RC 正弦波振荡电路	(182)
7.2.1 RC 串、并联网络的频率特性	(182)
7.2.2 文氏桥式正弦波振荡电路	(183)
§ 7.3 LC 正弦波振荡电路	(184)
7.3.1 LC 并联谐振回路的频率特性	(184)
7.3.2 变压器反馈式正弦波振荡电路	(186)
7.3.3 三点式正弦波振荡电路	(188)
§ 7.4 石英晶体正弦波振荡电路	(192)
7.4.1 石英晶体的基本特性	(192)
7.4.2 石英晶体振荡电路	(193)
§ 7.5 非正弦波振荡电路	(195)

7.5.1 非正弦波振荡电路与正弦波振荡电路的区别	(195)
7.5.2 矩形波振荡电路	(196)
7.5.3 三角波与锯齿波振荡电路	(198)
本章小结	(261)
复习思考题	(201)
练习题	(201)
第八章 无线电广播与接收基础	(205)
本章学习目的和要求	(205)
§ 8.1 无线电广播的基本过程	(205)
8.1.1 无线电广播的发送过程	(206)
8.1.2 无线电广播的接收过程	(206)
8.1.3 无线电广播的传输	(207)
§ 8.2 调幅与检波	(209)
8.2.1 调幅	(209)
8.2.2 检波	(212)
§ 8.3 调频与鉴频	(214)
8.3.1 调频	(214)
8.3.2 鉴频	(217)
§ 8.4 变频	(221)
8.4.1 变频原理	(222)
8.4.2 变频电路	(222)
§ 8.5 模拟乘法器的频率变换作用	(223)
8.5.1 模拟乘法器的调幅与检波作用	(223)
8.5.2 模拟乘法器的变频(或混频)作用	(225)
§ 8.6 超外差式收音机	(226)
8.6.1 超外差式收音机的电路结构和特点	(226)
8.6.2 超外差式收音机的性能指标	(227)
8.6.3 超外差式收音机电路分析	(228)
§ 8.7 集成电路收音机简介	(235)
本章小结	(238)
复习思考题	(239)
练习题	(240)
第九章 直流电源电路	(242)
本章学习目的和要求	(242)
§ 9.1 直流电源电路的组成	(242)
§ 9.2 整流电路	(243)
§ 9.3 滤波电路	(245)
9.3.1 电容滤波电路	(245)
9.3.2 RC 有源滤波电路	(248)

§ 9.4 倍压整流电路	(249)
§ 9.5 串联型稳压电路	(250)
9.5.1 基本串联型稳压电路	(250)
9.5.2 稳压电路的质量指标	(251)
9.5.3 基本串联型稳压电路存在的问题	(252)
9.5.4 串联型稳压电路性能的改进	(252)
§ 9.6 集成稳压电路	(255)
9.6.1 W7800 三端式集成稳压电路	(255)
9.6.2 W317 三端式集成稳压电路	(257)
§ 9.7 开关型稳压电路	(257)
9.7.1 开关型稳压电路的结构及工作原理	(258)
9.7.2 开关型稳压电路举例	(259)
本章小结	(261)
复习思考题	(261)
练习题	(262)
* 第十章 电流模电路简介	(265)
10.1.1 电流模电路的基本概念	(265)
10.1.2 电流模电路的基本单元	(265)
10.1.3 跨导线性电路	(266)
10.1.4 电流模电路的特点	(270)
10.1.5 电流模电路的应用及发展	(271)
参考文献	(272)