



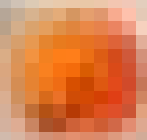
高职高专“十一五”规划教材
机电系列·电子信息类

模拟电子技术基础

MONIDIANZIJISHU JICHU

刘国巍 主 编
郭来功 副主编
周 莉 主 审

国防科技大学出版社



教育部“十三五”规划教材
教育部“十三五”规划教材

模拟电子技术基础

（第2版）

主编：王 勇
副主编：王 勇
主审：王 勇



高职高专“十一五”规划教材

机电系列·电子信息类

模拟电子技术基础

刘国巍 主 编

郭来功 副主编

周 莉 主 审

国防科技大学出版社

【内容简介】模拟电子技术是电气信息类专业的主干课程。本教材共分八章,主要内容包括常用半导体器件、基本放大电路、集成运算放大电路、放大电路中的负反馈、集成放大器的应用、功率放大线路、波形产生电路及直流电源等。

本教材是为了适应我国高职高专教育发展的要求而编写的,其突出特点是理论够用,应用为主,注重实践,叙述简单明了,概念清晰,便于学生自学和教师施教。

本书可作为高职高专院校电子信息类及其相关专业的模拟电子技术课程的教材,也可供有关专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础/刘国巍主编. —长沙:国防科技大学出版社, 2008. 6
(高职高专“十一五”规划教材·机电系列)

ISBN 978-7-81099-507-8

I. 模… II. 刘… III. 模拟电路—电子技术 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 062457 号

出版发行:国防科技大学出版社

电 话:(0731)4572640

网 址:<http://www.gfkdcbs.com>

责任编辑:耿 筠 特约编辑:李斐然

印 刷 者:北京振兴源印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.75

字 数:389 千字

版 次:2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价:28.00 元

高职高专“十一五”规划教材·机电系列

编审委员会

主 任 毕卫红 燕山大学信息学院

副 主 任 陈 旭 中科院半导体研究所

陈娟娟 清华大学信息科学技术学院

委 员 (以姓氏笔画为序)

王玉宝 白 健 刘玉良 刘国巍 刘黎明

孙 霞 李华龙 李 昕 李宝祥 辛元芳

张 卫 张 志 周 莉 周晓萍 赵苍荣

徐 红 郭来功 黄咏华 曹 成 龚 亮

梁 静 蒋亚萍 韩红梅 曾忠平

课程审定 唐立军 长沙理工大学物理与电子科学学院

内容审定 卢莹莹 清华大学信息科学技术学院

张文明 北京邮电大学电信工程学院

出版说明

高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,承担着培养高素质技术、技能型人才的重任。近年来,在国家和社会的支持下,我国的高职高专教育取得了不小的成就,但随着我国经济的腾飞,高技能人才的缺乏越来越成为影响我国经济进一步快速健康发展的瓶颈。这一现状对于我国高职高专教育的改革和发展而言,既是挑战,更是机遇。

要加快高职高专教育改革的步伐,就必须对课程体系和教学模式等问题进行探索。在这个过程中,教材的建设与改革无疑起着至关重要的基础性作用,高质量的教材是培养高素质人才的保证。高职高专教材作为体现高职高专教育特色的知识载体和教学的基本工具,直接关系到高职高专教育能否为社会培养并输送符合要求的高技能人才。

为促进高职高专教育的发展,加强教材建设,教育部在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中,提出了“重点建设好3000种左右国家规划教材”的建议和要求,并对高职高专教材的修订提出了一定的标准。为了顺应当前我国高职高专教育的发展潮流,推动高职高专教材的建设,我们精心组织了一批具有丰富教学和科研经验的人员成立了高职高专“十一五”规划教材编审委员会。

编审委员会依据教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》,调研了百余所具有代表性的高等职业技术学院和高等专科学校,广泛而深入地了解高职高专的专业和课程设置,系统地研究了课程的体系结构,同时充分汲取各院校在探索培养应用型人才方面取得的成功经验,并在教材出版的各个环节设置专业的审定人员进行严格审查,从而确保了整套教材“突出行业需求,突出职业的核心能力”的特色。

本套教材的编写遵循以下原则:

(1) 成立教材编审委员会,由编审委员会进行教材的规划与评审。

(2) 按照人才培养方案以及教学大纲的需要,严格遵循高职高专院校各学科的专业规范,同时最大程度地体现高职高专教育的特点及时代发展的要求。因此,本套教材非常注重培养学生的实践技能,力避传统教材“全而深”的教学模式,将“教、学、做”有机地融为一体,在教给学生知识的同时,强化了对学生实际操作能力的培养。

(3) 教材的定位更加强调“以就业为导向”,因此也更为科学。教育部对我国的高职高专教育提出了“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则。根据这一原则,本套教材在编写过程中,力求从实际应用的需要出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论灌输,充分体现“以行业为导向,以能力为本,以学生为中心”的风格,从而使本套教材更具实用性和前瞻性,与就业市场结合也更为紧密。

(4) 采用“以案例导入教学”的编写模式。本套教材力图突破陈旧的教育理念,在讲解的过程中,援引大量鲜明实用的案例进行分析,紧密结合实际,以达到编写实训教材的

目标。这些精心设计的案例不但可以方便教师授课,同时又可以启发学生思考,加快对学生实践能力的培养,改革人才的培养模式。

本套教材涵盖了公共基础课系列、计算机系列和机电系列的主要课程。目前已经规划的教材系列名称如下:

公共基础课系列

- 公共基础课

机电系列

- 机械类
- 数控类
- 电子信息类

计算机系列

- 计算机公共基础课
- 计算机专业基础课
- 计算机网络技术专业
- 计算机软件技术专业
- 计算机应用技术专业

对于教材出版及使用过程中遇到的各种问题,欢迎您通过电子邮件及时与我们取得联系(联系方式详见“教师服务登记表”)。同时,我们希望有更多经验丰富的教师加入到我们的行列当中,编写出更多符合高职高专教学需要的高质量教材,为我国的高职高专教育做出积极的贡献。

高职高专“十一五”规划教材编审委员会

前 言

当代电子技术的发展日新月异，电子技术的教学也发生了较大变化，为了适应 21 世纪高职高专应用型人才的培养，我们参照教育部制定的《高等学校工程专科电子技术课程教学基本要求》，并针对模拟电子技术课程学习的特点，编写了这本教材。本书对模拟电子技术的基本概念和基本分析方法作了统一的阐述，争取在保证掌握必要的基本理论知识和基本技能的基础上，贯彻高职教学“以应用为目的，以必需、够用为度，掌握概念，强化应用”的原则，培养学生实际应用能力。本书在编写时注意突出了以下几点：

1. 针对初学者普遍感到模拟电子技术课程较难入门的特点，在叙述上主要利用文字、图表来说明问题，尽量避免大量的理论分析和繁琐的数学公式推导，力求浅显易懂，使学生易于理解掌握。对一些重要的性能指标和特性也侧重于其内在涵义，学会对已有结论的理解和应用。

2. 注重实用性，增加了二极管、三极管等器件的识别、测试及在实际应用中的注意事项等常识性知识，还加入了实际工程中用到的估算和检测方法、如何选用器件等经验技巧，以便于学生学习借鉴，提高操作技能。

3. 内容结构上循序渐进，注意对基本电路的分析和应用，并对相应的知识点通过大量例题或应用电路进行支撑，在有足够基本知识的铺垫下，分析介绍集成运算放大器在模拟信号的处理、转换和产生等方面的应用。最后对直流稳压电源也作了较为详细的介绍，力图使学生从整体的角度来学习模拟电子技术的知识，能够学会在实际应用中正确选择合适的电路，为今后本专业的学习和走上工作岗位奠定基础。

4. 侧重集成电路的应用，渗透新知识、新技术。对集成运算放大器、三端集成稳压器等，淡化其内部电路结构的分析，注重从功能上掌握器件的合理选择和正确使用。对开关电源等较新技术也做了适当的介绍，以拓展学生的知识面。

5. 在每章结束设有本章小结对重要的知识点进行归纳比较，并配有适量有针对性的习题便于巩固所学知识。为加强实践环节，结合各部分理论知识，编排有相应的实验放在网络上供选用，并且在内容上尽量淡化教学设备对实验的影响，注重对学生实际动手能力的培养。

本书由刘国巍任主编，郭来功任副主编，李昕、赵苍荣参加编写。第 1 章由李昕编写，第 2 章由李昕、赵苍荣编写，第 3、4、5 章由郭来功编写，第 6、7 章由赵苍荣编写，第 8 章由刘国巍编写，由刘国巍对全书进行了统稿。曹成、刘玉良、李华龙、张志等人参与了电路的绘制，在此对他们的辛勤劳动表示衷心感谢！

电子技术发展迅速，限于编者的教学经验和学术水平有限，且时间比较仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

本书常用符号表

A		
A_f	闭环放大倍数	
A_i	电流放大倍数	
A_u	电压放大倍数	
A_{UC}	共模电压放大倍数	
A_{UD}	差模电压放大倍数	
A_{U11}	高频电压放大倍数	
A_{UL}	低频电压放大倍数	
A_{UO}	开环放大倍数	
u_{ic}	共模输入电压	V 伏特
B		
BW	带宽	Hz 赫兹
BW_p	全功率带宽	dB 分贝
C		
C	电容	F 法拉
D		
D	二极管	
E		
F		
$\dot{F}$	反馈系数	
f_H	放大器的上限频率	Hz 赫兹
f_L	放大器的下限频率	Hz 赫兹
f_M	最高工作频率	Hz 赫兹
G		
g_m	场效应管的低频互导	S 西门子
I		
I	电流	A 安培
I_B	基极电流	A 安培
I_{BN}	基极复合电流	A 安培
I_C	集电极电流	A 安培
I_{CBO}	基极-集电极反向饱和电流	A 安培
I_{CEO}	集电极-发射极反向饱和电流	A 安培
I_{CM}	集电极最大允许电流	A 安培
I_D	二极管的电流	A 安培

I_{DM}	场效应管最大漏极电流	A	安培
I_{DSS}	场效应管漏极饱和电流	A	安培
I_E	发射极电流	A	安培
I_{EN}	发射结扩散电流	A	安培
I_{EP}	空穴电流	A	安培
I_{FM}	最大整流电流	A	安培
I_R	反向饱和电流	A	安培
I_{RM}	反向峰值电流	A	安培
I_Z	稳压管工作在稳定电压下的稳定电流	A	安培
I_{Zmax}	最大稳定电流	A	安培
I_{Zmin}	最小稳定电流	A	安培
i_D	场效应管的漏极电流	A	安培
K			
K_{CMR}	共模抑制比	dB	分贝
L			
L	电感	H	亨利
M			
M	互感	H	赫兹
P			
P_c	静态功耗	W	瓦特
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率	W	瓦特
P_{DM}	场效应管最大耗散功率	W	瓦特
P_T	管耗	W	瓦特
P_{ZM}	最大允许耗散功率	W	瓦特
R			
R	电阻	Ω	欧姆
R_b	晶体三极管的基极电阻	Ω	欧姆
R_c	晶体三极管的集电极电阻	Ω	欧姆
R_d	场效应管的漏极电阻	Ω	欧姆
R_e	晶体三极管的发射极电阻	Ω	欧姆
R_f	反馈电阻	Ω	欧姆
R_g	场效应管的栅极电阻	Ω	欧姆
R_i	放大电路的输入电阻	Ω	欧姆
R_{if}	负反馈放大电路的输入电阻	Ω	欧姆
R_L	负载电阻	Ω	欧姆
R_o	放大电路的输出电阻	Ω	欧姆
R_{of}	负反馈放大电路的输出电阻	Ω	欧姆
R_S	信号源内阻	Ω	欧姆
R_s	场效应管的源极电阻	Ω	欧姆
r_{be}	晶体三极管的输入电阻	Ω	欧姆

r_{ce}	晶体三极管的输出电阻	Ω	欧姆
r_{id}	差模输入电阻	Ω	欧姆
r_z	稳压管工作在稳定电压下的动态电阻	Ω	欧姆

S

S_1	负载调整特性		
S_R	纹波抑制比	dB	分贝
S_r	稳压系数		

T

T_r	变压器		
-------	-----	--	--

U

U	电压	V	伏特
$U_{(BR)CBO}$	发射极开路时集电极-基极之间的击穿电压	V	伏特
$U_{(BR)CEO}$	基极开路时集电极-发射极之间的击穿电压	V	伏特
$U_{(BR)DS}$	场效应管最大漏源电压	V	伏特
$U_{(BR)EBO}$	集电极开路时发射极-基极之间的击穿电压	V	伏特
U_{CC}	集电极回路电源	V	伏特
U_{DD}	场效应管漏极回路电源	V	伏特
U_{EE}	发射极回路电源	V	伏特
$U_{K'max}$	最大共模输入电压	V	伏特
U_{IDmax}	最大差模输入电压	V	伏特
U_p	耗尽型场效应管的夹断电压	V	伏特
U_{RM}	反向工作峰值电压	V	伏特
U_T	场效应管的开启电压	V	伏特
U_{T+}	上门限电压	V	伏特
U_{T-}	下门限电压	V	伏特
U_Z	稳压管的稳定工作电压	V	伏特
u_{id}	差模输入电压	V	伏特
u_{oc}	共模输出电压	V	伏特
u_{od}	差模输出电压	V	伏特

X

$\dot{X}_f$	反馈信号
$\dot{X}_i$	输入信号
$\dot{X}_{id}$	净输入信号
$\dot{X}_o$	输出信号

其他

σ	电导率	S/m	西门子/米
ρ	电阻率	$\Omega \cdot m$	欧姆·米
α	晶体管共基极电流放大系数		
β	晶体管共射交流电流放大系数		

$\bar{\beta}$	晶体管共射直流电流放大系数		
ΔT	回差电压	V	伏特
τ	时间常数	s	秒
η	效率		

目 录

第 1 章 半导体器件	1
1.1 半导体基础知识	1
1.1.1 半导体特性	1
1.1.2 本征半导体和杂质半导体	1
1.1.3 PN 结及其特性	4
1.2 半导体二极管	6
1.2.1 二极管结构及其特性	6
1.2.2 二极管的主要参数	8
1.2.3 二极管电路及其应用	9
1.2.4 特殊二极管	11
1.2.5 二极管的检测及判断	13
1.3 半导体三极管	15
1.3.1 三极管的结构及分类	15
1.3.2 三极管的放大作用	16
1.3.3 三极管特性曲线	18
1.3.4 三极管的主要参数	19
1.3.5 三极管的检测及判断	20
1.4 场效应三极管	22
1.4.1 场效应管分类和基本结构	22
1.4.2 场效应管工作原理	24
1.4.3 场效应管的主要参数及性能比较	28
本章小结	29
习题 1	30
第 2 章 基本放大电路	33
2.1 基本共射极放大电路	33
2.1.1 放大电路的概念	33
2.1.2 基本共射极放大电路	35
2.2 放大电路的基本分析方法	37
2.2.1 直流通路与交流通路	37
2.2.2 放大电路的等效电路及其分析	39
2.2.3 图解法	43

2.3	静态工作点的稳定	46
2.3.1	温度对工作点的影响	46
2.3.2	射极偏置电路	46
2.4	射极输出器	49
2.5	共基极放大电路	51
2.6	场效应管放大电路	53
2.6.1	共源极放大电路	53
2.6.2	共漏极放大电路	58
2.7	放大电路的频率特性	60
2.7.1	RC 电路的频率特性	60
2.7.2	单级放大电路的低频特性	63
2.7.3	单级放大电路的高频特性	65
2.8	各种放大器件电路性能比较	66
	本章小结	67
	习题 2	69

第 3 章 集成电路运算放大器 73

3.1	模拟集成电路概述	73
3.1.1	模拟集成电路特点	73
3.1.2	集成运放中的电流源	74
3.2	多级放大电路	75
3.2.1	级间耦合方式	76
3.2.2	多级放大电路的基本性能指标分析	78
3.3	差分放大电路	80
3.3.1	差分放大电路的基本概念	80
3.3.2	基本差分式放大电路	81
3.3.3	其他接法的差分放大电路	87
3.4	集成运算放大器及其主要参数	88
3.4.1	简单的集成电路运算放大器	88
3.4.2	CMOS 型集成运放放大器简介	89
3.4.3	集成运放的主要参数	90
3.5	专用集成运放及使用	93
3.5.1	专用集成运放简介	93
3.5.2	集成运放的选择及使用	94
	本章小结	95
	习题 3	96

第 4 章 放大电路中的负反馈 100

4.1	反馈的基本概念和负反馈的分类	100
-----	----------------------	-----

4.1.1	反馈的基本概念	100
4.1.2	负反馈放大电路的四种组态	103
4.1.3	负反馈的一般表达式	107
4.2	负反馈对放大电路性能的影响	109
4.2.1	提高放大倍数的稳定性	110
4.2.2	减小非线性失真	110
4.2.3	展宽通频带	111
4.2.4	对输入电阻和输出电阻的影响	111
4.3	深度负反馈条件下放大倍数的计算	113
4.4	负反馈放大电路的自激振荡	116
4.4.1	产生自激振荡的原因和条件	116
4.4.2	消除自激振荡的方法	117
本章小结		118
习题 4		120
第 5 章 集成运算放大器的应用		123
5.1	基本运算电路	123
5.1.1	比例运算电路	124
5.1.2	加法运算	124
5.1.3	减法电路	125
5.1.4	积分和微分电路	127
5.1.5	模拟乘法器及应用	129
5.1.6	集成运放的实际应用	131
5.2	集成运放的非线性应用	133
5.2.1	比较器	133
5.2.2	非正弦波发生器	136
5.3	有源滤波器	139
5.3.1	滤波器的概念及分类	139
5.3.2	一阶有源滤波器	140
本章小结		143
习题 5		145
第 6 章 功率放大电路		150
6.1	功率放大电路的特点	150
6.2	互补对称功率放大电路	152
6.2.1	OCL 互补对称功率放大电路	153
6.2.2	OTL 互补对称功率放大电路	157
6.3	集成功率放大器	159
6.4	功率放大电路中的问题	161

本章小结	162
习题 6	163
第 7 章 波形产生电路	167
7.1 正弦波振荡电路的振荡条件	167
7.2 RC 正弦波振荡电路	169
7.2.1 RC 串并联的选频特性	169
7.2.2 RC 桥式振荡电路	171
7.3 LC 正弦波振荡电路	174
7.3.1 LC 并联回路的选频特性	174
7.3.2 变压器反馈式 LC 振荡电路	176
7.3.3 三点式 LC 振荡电路	177
7.4 石英晶体振荡电路	181
本章小结	184
习题 7	185
第 8 章 直流稳压电源	190
8.1 单相整流电路	190
8.1.1 单相半波整流电路	190
8.1.2 单相全波整流电路	192
8.1.3 单相桥式整流电路	194
8.2 滤波电路	196
8.2.1 电容滤波电路	196
8.2.2 电感滤波电路	199
8.2.3 其他滤波电路	199
8.3 稳压电路	201
8.3.1 稳压电路的主要技术指标	201
8.3.2 稳压管稳压电路	202
8.3.3 串联反馈式稳压电路	204
8.3.4 三端集成稳压器及其应用	207
8.4 开关稳压电源	212
8.4.1 开关稳压电源的发展及其特点	212
8.4.2 开关稳压电源的分类	213
8.4.3 开关集成稳压器及其应用	215
8.5 稳压电源的检测	216
本章小结	217
习题 8	220

部分习题答案	223
附 录	226
附录 A Multisim 简介	226
附录 B-1 国外主要公司生产的半导体集成电路型号识别	227
附录 B-2 电阻标注方法及标称阻值.....	233
附录 C 模拟电子技术基础常用专业词语中英文对照表	237
附录 D 总复习题	240
参考文献	247