



北京市高等教育精品教材立项项目

电子信息科学基础课程丛书

电子技术基础

Electronics Technology Fundamentals

王志军 主编

王志军 赵捷 赵建业 编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



北京市高等教育精品教材立项项目

电子信息科学基础课程丛书

电子技术基础

王志军 主编

王志军 赵捷 赵建业 编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书针对高等院校非电类理科专业特点,将内容分为4部分,共11章:第1章为电路基础部分,第2~6章为模拟电子技术部分,第7~10章为数字电子技术部分,第11章为EDA仿真软件应用部分。

本书主要内容包括:电路基础知识、半导体器件、放大电路、放大电路中的反馈、集成运算放大器的应用、直流稳压电源、数字电路基础、组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路、脉冲电路与电子测量系统、EDA软件在电子技术中的应用。每章后都有本章小结、思考题和练习题。书后附有练习题参考答案。

本书可作为高等院校非电类理科各专业(物理、生物、化学、医学等)本科生“电子技术基础”课程的教材,也可作为相关专业教师和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/王志军主编. —北京:北京大学出版社,2010.5
(电子信息科学基础课程丛书)
ISBN 978-7-301-17084-7

I. 电… II. 王… III. 电子技术—高等学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第053155号

书 名: 电子技术基础

著作责任者: 王志军 主编

责任编辑: 王 华

标准书号: ISBN 978-7-301-17084-7/TH·0058

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 电子信箱: zpup@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752038 出版部 62754962

印 刷 者: 北京宏伟双华印刷有限公司

经 销 者: 新华书店

730mm×980mm 16开本 28.25印张 527千字

2010年5月第1版 2010年5月第1次印刷

定 价: 49.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: (010)62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

随着电子信息技术的迅猛发展,各学科研究中的电子设备不断普及,自动化程度不断提高,这就要求各学科研究人员掌握越来越多的电子技术知识和技能。因此,在非电类各专业,对本科生开设“电子技术基础”课程,使他们了解掌握有关电子信息专业基础知识,了解电子工程的思维方式,是非常必要的。本书就是根据北京大学面向非电类理科专业(物理、生物、化学、医学等)本科生开设的“电子技术基础”主干基础课程需要编写的教材。参考学时数为64~96学时。

本书的内容涉及到了电子信息类本科生“电路分析”、“模拟电子技术”和“数字电子技术”三门课程的内容。在教材编写中,我们不是简单地取三门电类课程的子集,而是针对非电类专业特点,将三门电类课程相关知识点进行有机结合,形成适合非电类学生的内容结构。全书分为电路基础(第1章)、模拟电子技术(第2~6章)、数字电子技术(第7~10章)和EDA仿真软件应用(第11章)四部分。按照“信号—器件—模拟—数字—数模/模数—系统”的内容结构编排。

本书的主要特点如下:

1. 模拟电子技术内容以集成运算放大器的基本原理和应用为主线。为此,将差分放大器、功率放大器内容提前,结合单管电压放大器内容,为理解集成运算放大器的基本原理打下基础;结合反馈放大器知识,介绍集成运算放大器的各种实际应用,包括线性应用和非线性应用;将振荡电路内容作为正反馈放大器应用和集成运算放大器的非线性应用实例。

2. 数字电子技术内容以数字逻辑和集成电路应用为主线。为此,减少逻辑门内部复杂电路内容。结合实际应用,介绍组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲电路和数模转换电路的分析方法与集成电路实现;最后,结合温度测量应用实例,介绍电子测量系统,给学生建立电子系统的概念。

3. 教材中引入EDA仿真技术,介绍现代化的电子电路分析设计方法,可使非电类学生能够在今后的科研中正确运用电子技术和手段,为科研服务。

4. 每章前面有概述,后面有本章小结,帮助学生总结提高。各章配有丰富的例题、思考题和练习题,书后附有练习题参考答案。部分思考题和练习题为课程拓展知识内容,以利于培养学生的研究能力。

本书由王志军主编。第1~6章由王志军编写,第7~10章由赵捷编写,第11章由赵建业编写,全书由王志军统稿。郭海鹏参与了电路的仿真工作,刘松

秋、薛志华参加了编写大纲的讨论。

本书的编写先后得到了北京市高等教育精品教材立项项目和北京大学教材建设立项项目的支持,对此表示衷心感谢!同时感谢北京大学教务部和北京大学出版社的大力支持。信息科学技术学院主管本科生教学的陈徐宗副院长,教学顾问唐振松教授也对本书提出了许多有益的建议。本书编写过程中还参考了国内外相关参考书籍和兄弟院校的教学改革成果,在此表示衷心的感谢!也向所有关心支持本书编写、出版、发行工作的同仁致以诚挚的谢意!

由于作者的水平有限,时间仓促,书中难免出现不足和错误,敬请读者批评指正。

编 者
于北京大学
2009年6月

常用符号说明

一、基本符号

U, u	电压通用符号
I, i	电流通用符号
\dot{U}	复电压
\dot{i}	复电流
R, r	电阻通用符号
C	电容通用符号
L	电感通用符号
P	功率通用符号
f	频率通用符号
T, t	时间通用符号
A	放大倍数通用符号
F	反馈系数通用符号

二、信号符号

U_m	信号幅值
U_{pp}	信号峰峰值
U_{rms}	信号有效值
T	信号周期
$\omega(2\pi f)$	信号角频率
φ	相位角
t_r	脉冲信号上升时间
t_f	脉冲信号下降时间
τ	脉冲信号宽度
D	脉冲信号占空比
u_s, U_s	电压源、恒压源
i_s, I_s	电流源、恒流源
R_s	信号源内阻
V_{CC}, V_{DD}, V_{EE}	直流恒压电源

三、模拟电路符号

A_u	电压放大倍数
A_{us}	源电压放大倍数
A_d	差模电压放大倍数
A_c	共模电压放大倍数
A_f	反馈放大电路放大倍数
R_i	输入电阻
R_o	输出电阻
f_H	上限截止频率
f_L	下限截止频率
f_{BW}	通频带
P_{om}	最大输出功率
η	转换效率
D	非线性失真系数
S	整流电路脉动系数
S_r	稳压电路稳压系数
τ	时间常数
f_o	电路振荡频率

四、数字电路符号

BCD	二-十进制码
Y	逻辑函数
m	最小项
\times	无关项
$E、EN$	使能控制端
S	和
C	进位数
CP	时钟脉冲
FF	触发器
G	门
$S、R$	SR 触发器输入
$J、K$	JK 触发器输入
D	D 触发器输入

T	T 触发器输入
$\overline{S_d}$	直接置位端
$\overline{R_d}$	直接复位端
Q	触发器输出

五、器件参数符号

1. 二极管

D	二极管符号
D_Z	稳压二极管符号
R_D	二极管导通直流电阻
r_d	二极管导通动态电阻
r_z	稳压管稳压动态电阻
U_{on}	二极管开启电压
U_D	二极管导通电压
U_R	二极管最大反向工作电压
U_{BR}	二极管反向击穿电压
I_F	二极管最大整流电流
I_R	二极管反向电流
f_M	二极管最高工作频率
U_Z	稳压管稳定电压
I_Z	稳压管稳定电流

2. 三极管

T	三极管符号
b、c、e	基极、集电极、发射极
β	共射交流电流放大系数
$\bar{\beta}$	共射直流电流放大系数
α	共基交流电流放大系数
$\bar{\alpha}$	共基直流电流放大系数
I_{CBO}	发射极开路时集电极-基极的反向饱和电流
I_{CEO}	基极开路时集电极-发射极之间的穿透电流
f_T	特征频率
U_{CES}	饱和管压降
I_{CM}	集电极最大允许电流
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率

$U_{(BR)CEO}$	基极开路时集电极-发射极间反向击穿电压
$U_{(BR)CBO}$	发射极开路时集电极-基极间反向击穿电压
$U_{(BR)EBO}$	集电极开路时发射极-基极间反向击穿电压

3. 场效应管

d、g、s	漏极、栅极、源极
$U_{GS(off)}$	夹断电压
$U_{GS(th)}$	开启电压
I_{DSS}	饱和漏极电流
R_{GS}	直流输入电阻
g_m	低频跨导
$U_{(BR)DS}$	漏源击穿电压
$U_{(BR)GS}$	栅源击穿电压
P_{DM}	漏极最大耗散功率

4. 集成运算放大器

A	集成运放符号
A_{od}	开环差模电压增益
K_{CMR}	共模抑制比
R_{id}	差模输入电阻
R_o	输出电阻
U_{IO}	输入失调电压
I_{IO}	输入失调电流
$\Delta U_{IO}/\Delta T$	输入失调电压温漂
$\Delta I_{IO}/\Delta T$	输入失调电流温漂
U_{idmax}	最大差模输入电压
U_{icmax}	最大共模输入电压
f_H	开环带宽
f_c	单位增益带宽

5. 逻辑门

U_{IL}	输入低电平
U_{IH}	输入高电平
U_{OL}	输出低电平
U_{OH}	输出高电平
I_{IL}	低电平输入电流
I_{IH}	高电平输入电流

I_{OL}	低电平输出电流
I_{OH}	高电平输出电流
t_{on}	开启时间
t_{off}	关闭时间
U_{ON}	开门电压
U_{OFF}	关门电压
R_{ON}	开门电阻
R_{OFF}	关门电阻
U_{NL}	低电平噪声容限电压
U_{NH}	高电平噪声容限电压
N	扇出系数
t_{pd}	平均传输延迟时间
P_{ON}	空载导通功耗
P_{OFF}	空载截止功耗
V_{TH}	门电路阈值电压

六、其他符号

LSB	最低有效位
V_{REF}	参考电压
U_T	温度的电压当量,电压比较器门限电压
R_L	负载电阻
Q	静态工作点
K	热力学温度单位
S	开关
H	网络函数
ΔU_T	滞回比较器(施密特触发器)回差
Δ	量化单位
ε	量化误差
q	电荷
Ψ	磁通
U_p	纹波电压
S_{pp}	纹波抑制比

目 录

第 1 章 电路基础知识	(1)
1.1 信号及其频谱	(1)
1.1.1 信号	(1)
1.1.2 频谱	(3)
1.2 理想二端元件	(5)
1.2.1 电阻器	(5)
1.2.2 电容器	(6)
1.2.3 电感器	(7)
1.3 电源	(7)
1.3.1 独立源	(7)
1.3.2 受控源	(9)
1.4 电路定理定律	(9)
1.4.1 基尔霍夫定律	(9)
1.4.2 叠加定理	(11)
1.4.3 等效电源定理	(12)
1.5 双口网络	(14)
1.5.1 双口网络参量	(14)
1.5.2 网络函数	(15)
1.6 一阶 RC 电路分析	(17)
1.6.1 零输入响应	(17)
1.6.2 零状态响应	(18)
1.6.3 全响应	(20)
本章小结	(23)
思考题	(24)
练习题	(25)

第 2 章 半导体器件	(30)
2.1 半导体基础知识	(30)
2.1.1 半导体	(30)
2.1.2 PN 结	(33)
2.2 半导体二极管	(35)
2.2.1 二极管的结构	(35)
2.2.2 二极管的伏安特性	(36)
2.2.3 二极管的主要参数	(38)
2.2.4 二极管的应用	(39)
2.2.5 稳压二极管	(40)
2.3 晶体三极管	(42)
2.3.1 三极管的结构	(42)
2.3.2 三极管的电流放大作用	(43)
2.3.3 三极管的特性曲线	(45)
2.3.4 三极管的主要参数	(48)
2.4 场效应管	(49)
2.4.1 绝缘栅场效应管	(49)
2.4.2 结型场效应管	(54)
2.4.3 场效应管的主要参数	(57)
本章小结	(58)
思考题	(59)
练习题	(60)
第 3 章 放大电路	(67)
3.1 放大电路的性能指标与组成原理	(67)
3.1.1 放大的概念	(67)
3.1.2 放大电路的性能指标	(68)
3.1.3 共射极放大电路的组成和原理	(70)
3.2 共射放大电路的图解分析法	(73)
3.2.1 静态工作分析	(73)
3.2.2 动态工作分析	(73)
3.2.3 非线性失真分析	(77)
3.3 共射放大电路的微变等效电路分析法	(79)
3.3.1 三极管的微变等效电路	(80)
3.3.2 放大电路的微变等效电路分析法	(82)

3.4	放大电路工作点的稳定	(86)
3.4.1	温度对静态工作点的影响	(86)
3.4.2	稳定静态工作点的方法	(86)
3.5	共集电极放大电路	(90)
3.5.1	共集电极放大电路的组成	(90)
3.5.2	共集电极放大电路的分析	(91)
3.6	放大电路的频率响应和多级级联	(94)
3.6.1	阻容耦合方式	(94)
3.6.2	阻容耦合放大电路的频率响应	(95)
3.6.3	多级放大电路	(98)
3.7	直流信号放大电路	(102)
3.7.1	直接耦合方式及零点漂移	(102)
3.7.2	典型差分放大电路	(103)
3.7.3	差分放大电路的四种接法	(107)
3.8	功率放大电路	(109)
3.8.1	功率放大电路的主要指标	(109)
3.8.2	功率放大电路的工作状态	(110)
3.8.3	OCL 互补对称功率放大电路	(112)
3.8.4	OTL 互补对称功率放大电路	(114)
3.9	集成运算放大电路	(115)
3.9.1	集成运算放大电路简介	(115)
3.9.2	集成运放中的电流源	(116)
3.9.3	集成运放典型电路	(117)
3.9.4	集成运放的主要指标和传输特性	(119)
	本章小结	(122)
	思考题	(124)
	练习题	(125)
第4章	放大电路中的反馈	(136)
4.1	反馈的基本概念与分类	(136)
4.1.1	反馈的基本概念	(136)
4.1.2	反馈的分类与判别	(137)
4.1.3	负反馈放大电路的四种组态	(139)
4.1.4	反馈放大电路的一般表达式	(143)

4.2	负反馈对放大电路性能的影响	(145)
4.2.1	稳定放大倍数	(145)
4.2.2	展宽频带	(146)
4.2.3	减小非线性失真	(147)
4.2.4	改变输入和输出电阻	(148)
4.3	深度负反馈放大电路的分析	(151)
4.3.1	深度负反馈放大电路的近似估算法	(152)
4.3.2	四种组态深度负反馈放大电路的电压放大倍数估算	(152)
	本章小结	(155)
	思考题	(156)
	练习题	(157)
第5章	集成运算放大器的应用	(161)
5.1	集成运算放大器的线性应用	(161)
5.1.1	比例运算电路	(161)
5.1.2	加减运算电路	(165)
5.1.3	积分和微分运算电路	(168)
5.1.4	RC有源滤波电路	(172)
5.1.5	RC正弦波振荡电路	(180)
5.2	集成运算放大器的非线性应用	(186)
5.2.1	单限比较器	(186)
5.2.2	滞回比较器	(190)
5.2.3	双限比较器	(193)
5.2.4	矩形波发生电路	(194)
5.2.5	三角波发生电路	(197)
5.2.6	锯齿波发生电路	(198)
5.3	集成运算放大器实际应用中须注意的问题	(199)
5.3.1	运放选择	(199)
5.3.2	零点调整	(200)
5.3.3	消除自激振荡	(201)
5.3.4	保护措施	(201)
	本章小结	(203)
	思考题	(204)
	练习题	(205)

第 6 章 直流稳压电源	(215)
6.1 直流稳压电源的组成及主要指标	(215)
6.1.1 直流稳压电源的组成	(215)
6.1.2 直流稳压电源的主要指标	(216)
6.2 整流与滤波电路	(217)
6.2.1 整流电路	(217)
6.2.2 滤波电路	(220)
6.3 稳压电路	(224)
6.3.1 稳压管稳压电路	(224)
6.3.2 串联型稳压电路	(228)
6.4 集成稳压器	(231)
6.4.1 三端集成稳压器的组成	(231)
6.4.2 三端固定输出集成稳压器	(232)
6.4.3 三端可调输出集成稳压器	(233)
本章小结	(234)
思考题	(235)
练习题	(236)
第 7 章 数字电路基础	(239)
7.1 数字电路概述	(239)
7.1.1 数字电路的特点	(239)
7.1.2 数制	(240)
7.1.3 码制	(243)
7.2 基本逻辑门电路	(245)
7.2.1 晶体三极管的开关特性	(245)
7.2.2 二极管门电路	(247)
7.2.3 三极管非门电路	(248)
7.2.4 复合门电路	(249)
7.3 TTL 集成门电路	(250)
7.3.1 TTL 与非门的电路结构和工作原理	(251)
7.3.2 TTL 与非门的主要性能参数	(254)
7.3.3 抗饱和 TTL 与非门电路	(258)
7.3.4 集电极开路与非门和三态输出与非门	(259)
7.4 MOS 集成门电路	(261)
7.4.1 CMOS 非门	(261)

7.4.2	其他 CMOS 门电路	(262)
7.4.3	CMOS 电路与 TTL 电路的连接	(263)
7.5	逻辑函数及其表示方法	(264)
7.5.1	逻辑函数	(264)
7.5.2	逻辑函数的表示方法	(264)
7.5.3	常见的逻辑运算	(266)
7.6	逻辑函数的化简法	(268)
7.6.1	逻辑函数的公式和规则	(268)
7.6.2	逻辑函数的代数化简法	(271)
7.6.3	逻辑函数的卡诺图化简法	(272)
	本章小结	(276)
	思考题	(277)
	练习题	(278)
第 8 章	组合逻辑电路	(282)
8.1	组合逻辑电路的分析和设计	(282)
8.1.1	组合逻辑电路的一般框图	(282)
8.1.2	组合逻辑电路的分析方法	(283)
8.1.3	组合逻辑电路的设计方法	(284)
8.1.4	组合逻辑电路的竞争冒险现象	(285)
8.2	编码器	(286)
8.2.1	普通编码器	(287)
8.2.2	优先编码器	(288)
8.3	译码器	(290)
8.3.1	二进制译码器	(291)
8.3.2	二十进制译码器	(292)
8.3.3	显示译码器	(294)
8.4	数据选择器	(299)
8.4.1	4 选 1 数据选择器	(300)
8.4.2	集成数据选择器	(300)
8.5	数据分配器	(303)
8.6	数值比较器	(304)
8.6.1	1 位数值比较器	(305)
8.6.2	集成数值比较器	(305)

8.7 半加器和全加器	(307)
8.7.1 1位半加器	(307)
8.7.2 1位全加器	(307)
8.7.3 多位加法器	(308)
8.8 可编程逻辑器件	(311)
8.8.1 可编程逻辑阵列的结构和表示方法	(311)
8.8.2 可编程逻辑阵列的类型和应用	(312)
本章小结	(314)
思考题	(315)
练习题	(315)
第9章 触发器和时序逻辑电路	(319)
9.1 时序逻辑电路	(319)
9.1.1 时序逻辑电路的一般框图	(319)
9.1.2 时序逻辑电路的分析方法	(320)
9.2 双稳态触发器	(321)
9.2.1 SR 触发器	(321)
9.2.2 主从触发器	(326)
9.2.3 维持阻塞 D 触发器	(331)
9.2.4 不同触发器之间的转换	(332)
9.3 寄存器	(333)
9.3.1 数据寄存器	(333)
9.3.2 移位寄存器	(335)
9.4 计数器	(339)
9.4.1 二进制计数器	(339)
9.4.2 非二进制计数器	(345)
本章小结	(350)
思考题	(351)
练习题	(352)
第10章 脉冲电路与电子测量系统	(358)
10.1 单稳态触发器	(358)
10.1.1 用门电路组成的微分型单稳态触发器	(358)
10.1.2 集成单稳态触发器	(360)