

全国普通高校
电子信息与
电气学科
基础规划教材

电子技术基础

李雪飞 编著



清华大学出版社

电子技术基础

李雪飞 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是根据国家教育部教学指导委员会于2005年新修订的“电子技术基础课程教学基本要求”,并充分考虑各院校新教学计划学时数及现代电子技术的发展趋势而编写的。

全书共分15章,内容包括半导体二极管及其基本电路、半导体三极管及放大电路基础、场效应管及其放大电路、集成运算放大电路、放大电路中的反馈、理想运放的应用、波形发生电路、直流稳压电源、逻辑代数基础、门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、数/模和模/数转换、Multisim 10简介及其在电子电路仿真中的应用。书中还有相关例题,每章后附有一定量的习题以利于学生巩固所学的知识。

本书可以作为应用型普通高等学校电子、电气、自动化、计算机、通信工程、机电一体化等相关专业的本科生的教材,也可作为高等职业技术学院相关专业的教材,还可供社会上的相关专业读者阅读。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/李雪飞编著.--北京:清华大学出版社,2014

全国普通高校电子信息与电气学科基础规划教材

ISBN 978-7-302-36389-7

I. ①电… II. ①李… III. ①电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 098991 号

责任编辑:梁颖 薛阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:宋林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:29.5 字 数:720千字

版 次:2014年10月第1版 印 次:2014年10月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00元

产品编号:050903-01

随着半导体技术的发展,电子技术所涵盖的内容越来越多,但是受限于新的教学计划、学生知识结构的变化和目前学生的就业形势等多方面因素的影响,电子技术课程的计划学时越来越少,很多高校都是在一个学期讲授完模拟电子技术和数字电子技术的全部内容,因此有必要将两门课的内容有机地结合在一起,基于此目的,编写了《电子技术基础》这本教材。

本教材的内容既可以在一个学期讲授,也可以分两个学期讲授,建议教学时数为80~112课时,各章课时安排建议按下表进行。各学校在选用本书作为教材时,可根据自己的教学计划情况,来选择讲授的内容。

电子技术基础课程课时分配表(建议)

序号	教 学 内 容	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
1	半导体二极管及其基本电路	2~4	2
2	半导体三极管及放大电路基础	14~16	14
3	场效应管及其放大电路	4~6	4
4	集成运算放大电路	6~8	6
5	放大电路中的反馈	4~8	4
6	理想运放的应用	4~6	4
7	波形发生电路	6~8	6
8	直流稳压电源	4~6	4
9	逻辑代数基础	6~8	6
10	门电路	4~6	4
11	组合逻辑电路	6~8	6
12	触发器	4~6	4
13	时序逻辑电路	10~12	10
14	数/模和模/数转换	2~4	2
15	Multisim 10 简介及其在电子电路仿真中的应用	4~6	4
教学总课时建议		80~112	80

说明:

(1) 本教材为电子电气类专业“电子技术基础”课程教材,理论授课课时数为80~112,不同专业根据不同的教学要求和计划教学时数可酌情对教材内容进行适当取舍。该教材的讲授可在一学期完成,也可以分为两个学期完成。

(2) 本教材理论授课课时数中包含习题课、课堂讨论等必要的课内教学环节。

本书在编写过程中,依据国家教育部教学指导委员会于2005年新修订的“电子技术基础课程教学基本要求”精选内容,并对内容进行整合,删除冗长的理论分析,淡化集成电路的内部结构,简化公式的数学推导过程,引入了可编程逻辑器件和EDA工具软件Multisim 10,条理清晰,详略得当。本书编写原则是,对于基本概念、基本原理、基本分析方法讲清、讲透,注重理论以应用为目的,切实培养和提高学生的应用能力和创新能力。

本书结构设计科学合理,在每章的开篇都设计了教学提示和教学要求,给读者一个启示作用,以更好地把握每章的重点内容。除第0章外,在每章结尾都设计了小结,以帮助学生归纳重要的知识点和结论。为了方便学生检验对每章内容的掌握程度,章后还附有一定量的习题,与本书一同出版的《电子技术基础习题与解答》中有详细的解题过程与答案。

本书书稿主要由李雪飞撰写,谭群燕,李明杰,韩瑞华,王丽新,刘涛,王海军等参加了部分章节的编写工作。

在本书编写过程中,曾得到许多专家和同行的热情帮助,并参考和借鉴了许多国内外公开出版和发表的文献,在此一并表示感谢!

由于时间仓促,水平有限,书中难免存在不足或疏漏之处,恳请广大读者批评指正,以便再版时修订。

为方便选用本书作为教材的任课教师授课,编者还制作了与本书配套的电子课件。需要者可在清华大学出版社网站(www.tup.com.cn)上下载。

编 者

2014年8月

本书中常用符号说明

1. 电压和电流

本书中电压和电流的书写原则有以下几点:

- (1) 英文小写字母 $u(i)$, 英文小写字母下标, 表示交流电压(电流)的瞬时值;
- (2) 英文小写字母 $u(i)$, 英文大写字母下标, 表示包含有直流量的瞬时总量;
- (3) 英文大写字母 $U(I)$, 英文小写字母下标, 表示正弦量的有效值;
- (4) 英文大写字母 $U(I)$ 上面加点, 英文小写字母下标, 表示正弦量的相量;
- (5) 英文大写字母 $U(I)$, 英文大写字母下标, 表示直流量。

以基极电流为例, i_b 表示基极电流的瞬时值, i_B 表示基极电流的含直流量的瞬时总量,

I_b 表示基极电流的有效值, $\dot{I}_b$ 表示基极电流的正弦相量, $I_B(I_{BQ})$ 表示静态时的基极电流。

其余常用符号有:

U, u	电压的通用符号
I, i	电流的通用符号
$\Delta U, \Delta I$	直流电压、电流的变化量
$\Delta u, \Delta i$	电压、电流的瞬时值变化量
$\dot{U}_i, \dot{I}_i$	输入电压、输入电流
$\dot{U}_o, \dot{I}_o$	输出电压、输出电流
$\dot{U}'_i, \dot{I}'_i$	净输入电压、净输入电流
$\dot{U}_f, \dot{I}_f$	反馈电压、反馈电流
$\dot{U}_s$	信号源电压
U_{om}	最大输出电压
U_{OM}	电压比较器的输出电压幅度
$U_{O(AV)}, I_{O(AV)}$	输出电压、电流的平均值
U_{REF}, I_{REF}	参考电压、参考电流
U_T	电压比较器的阈值电压
U_{T+}	滞回比较器、施密特触发器的上限阈值电压
U_{T-}	滞回比较器、施密特触发器的下限阈值电压
ΔU_T	滞回比较器、施密特触发器的门限宽度或回差电压
U_m	脉冲幅度
U_H	数字电路中的高电平
U_L	数字电路中的低电平
U_{OH}	输出高电平
U_{OL}	输出低电平

U_{IH}	输入高电平
U_{IL}	输入低电平
I_{IS}	门电路输入短路电流
I_{IH}	输入漏电流或高电平输入电流
I_{IL}	低电平输入电流
U_{TH}	TTL 非门电压传输特性的阈值电压
U_{NL}	门电路输入为低电平时的噪声容限
U_{NH}	门电路输入为高电平时的噪声容限

2. 直流电源电压

V	直流电源电压通用符号
V_{CC}	三极管集电极直流电源电压
V_{BB}	三极管基极直流电源电压
V_{EE}	三极管发射极直流电源电压
V_{DD}	场效应管漏极直流电源电压

3. 电阻、电容、电感、阻抗

R, r	电阻的通用符号
R_i	输入电阻
R_o	输出电阻
R_L	负载电阻
R_s	信号源内阻
R_{if}	引入反馈后的输入电阻
R_{of}	引入反馈后的输出电阻
C	电容的通用符号
L	电感的通用符号
Z	阻抗的通用符号

4. 二极管

D	二极管通用符号
I_D, i_D	二极管电流
$I_{D(AV)}$	二极管的正向平均电流
U_D	二极管的导通压降
U_{on}	二极管死区电压
U_{BR}	二极管击穿电压
U_{RM}	二极管最高反向工作电压
I_F	二极管最大整流电流
I_R	二极管反向电流
I_s	二极管反向饱和电流

f_M	二极管最高工作频率
U_T	二极管的温度电压当量
D_Z	稳压管的通用符号
U_Z	稳压管的稳定电压
I_Z	稳压管的稳定电流
I_{Zmax}	稳压管最大稳定电流
I_{Zmin}	稳压管最小稳定电流
P_{ZM}	稳压管的额定功耗
r_Z	稳压管的动态电阻
α_U	稳压管的电压温度系数

5. 三极管和场效应管

T	三极管和场效应管的通用符号
B、b	三极管的基极
C、c	三极管的集电极
E、e	三极管的发射极
$\bar{\beta}$	共射直流电流放大系数
β	共射交流电流放大系数
$\bar{\alpha}$	共基直流电流放大系数
α	共基交流电流放大系数
$I_{BQ}、I_B$	基极静态电流
$I_{CQ}、I_C$	集电极静态电流
$I_{EQ}、I_E$	发射极静态电流
I_{CBO}	集电极-基极之间的反向饱和电流
I_{CEO}	集电极-发射极之间的穿透电流
I_{CM}	集电极最大允许电流
$U_{(BR)CBO}$	发射极开路时集电极-基极间的反向击穿电压
$U_{(BR)CEO}$	基极开路时集电极-发射极间的反向击穿电压
$U_{(BR)EBO}$	集电极开路时发射极-基极间的反向击穿电压
U_{CES}	三极管的饱和管压降
r_{be}	共射接法下三极管的输入电阻
$r_{bb'}$	基区的体电阻
$C_{b'e}$	发射结等效电容
$C_{b'c}$	集电结等效电容
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
G、g	场效应管的栅极
S、s	场效应管的源极
D、d	场效应管的漏极
$I_D、i_D$	漏极电流

$U_{GS(Off)}$	耗尽型场效应管夹断电压
$U_{GS(Th)}$	增强型场效应管的开启电压
I_{DSS}	耗尽型场效应管的饱和漏极电流
R_{GS}	场效应管的直流输入电阻
g_m	三极管和场效应管的低频跨导
$U_{BR(DS)}$	漏源击穿电压
$U_{BR(GS)}$	栅源击穿电压
I_{DM}	最大漏极电流
P_{DM}	场效应管的最大允许耗散功率

6. 放大倍数

$\dot{A}_u$ 、 A_u	电压放大倍数
$\dot{A}_i$	电流放大倍数
$\dot{A}_{us}$	源电压放大倍数
$\dot{A}_{um}$	中频电压放大倍数
$\dot{A}_{usm}$	中频段时放大电路的源电压放大倍数
$\dot{A}_{usL}$	低频段时放大电路的源电压放大倍数
$\dot{A}_{usH}$	高频段时放大电路的源电压放大倍数
$\dot{A}_c$	共模电压放大倍数
$\dot{A}_d$	差模电压放大倍数
$\dot{A}_f$	闭环放大电路的放大倍数
$\dot{A}_{mf}$	引入负反馈后的中频放大倍数
$\dot{A}_{usf}$	闭环源电压放大倍数

7. 功率

P_o	输出功率
P_{om}	最大输出功率
P_V	直流电源消耗的功率
P_T	三极管的管耗
P_{Tm}	三极管的最大管耗

8. 频率

f_H	上限频率
f_L	下限频率

f_{BW}	通频带
f_{Lf}	引入负反馈后的下限频率
f_{Hf}	引入负反馈后的上限频率
f_0	谐振频率
ω_0	谐振角频率

9. 集成运放

K_{CMR}	共模抑制比
$\dot{A}_{od}$	开环差模电压增益
u_{Id}	差模输入电压
U_{Idmax}	最大差模输入电压
u_{Ic}	共模输入电压
U_{Icmax}	最大共模输入电压
U_{IO}	输入失调电压
I_{IO}	输入失调电流
I_{IB}	输入偏置电流
$u_+、i_+$	同相端输入电压、电流
$u_-、i_-$	反相端输入电压、电流
R_{id}	差模输入电阻
f_h	-3dB 带宽
S_R	转换速率
$\frac{\Delta U_{IO}}{\Delta T}$	输入失调电压温漂
$\frac{\Delta I_{IO}}{\Delta T}$	输入失调电流温漂

10. 其他符号

Q	静态工作点、品质因数
T_r	变压器的通用符号
φ	相位角
$\dot{F}$	反馈系数
M	互感系数
τ	时间常数
T	温度、周期
η	效率
q	脉冲的占空比
S	整流电路的脉动系数

γ	稳压电路的稳压系数	γ
S_T	温度系数	S_T
t_w	脉冲宽度	t_w
t_r	脉冲的上升时间	t_r
t_f	脉冲的下降时间	t_f
t_{pd}	门电路平均传输延迟时间	t_{pd}
t_{PHL}	门电路导通传输时间	t_{PHL}
t_{PLH}	门电路截止传输时间	t_{PLH}

目 录

第 0 章 绪论	1
0.1 信号	1
0.2 模拟信号与模拟电路	1
0.3 数字信号与数字电路	2
0.4 模拟信号与数字信号之间的转换	2
0.5 电子电路的计算机辅助设计软件介绍	3
第 1 章 半导体二极管及其基本电路	5
1.1 半导体的基本知识	5
1.1.1 半导体的特性	5
1.1.2 本征半导体	5
1.1.3 杂质半导体	6
1.2 半导体二极管	7
1.2.1 PN 结及其单向导电性	7
1.2.2 二极管的结构	9
1.2.3 二极管的伏安特性	10
1.2.4 二极管的主要参数	11
1.3 半导体二极管的应用	11
1.3.1 整流电路	11
1.3.2 钳位电路	12
1.3.3 限幅电路	12
1.3.4 开关电路	13
1.4 稳压管	13
1.4.1 稳压管的伏安特性	14
1.4.2 稳压管的主要参数	14
1.4.3 稳压电路	15
小结	16
习题	17
第 2 章 半导体三极管及放大电路基础	20
2.1 半导体三极管	20
2.1.1 三极管的结构	20
2.1.2 三极管的电流放大作用	21

2.1.3	三极管的输入和输出特性曲线	24
2.1.4	三极管的主要参数	26
2.2	共射极放大电路	28
2.2.1	放大的概念	28
2.2.2	放大电路的主要性能指标	28
2.2.3	放大电路的组成	31
2.3	放大电路的基本分析方法	32
2.3.1	直流通路与交流通路	33
2.3.2	静态工作点的近似估算	33
2.3.3	图解分析法	34
2.3.4	微变等效电路法	39
2.4	静态工作点的稳定问题	43
2.4.1	温度对静态工作点的影响	43
2.4.2	分压式静态工作点稳定电路	44
2.5	共集电极和共基极放大电路	48
2.5.1	共集电极放大电路	48
2.5.2	共基极放大电路	50
2.5.3	三种基本组态的比较	52
2.6	多级放大电路	53
2.6.1	多级放大电路的耦合方式	53
2.6.2	多级放大电路的电压放大倍数和输入、输出电阻	54
2.7	放大电路的频率响应	56
2.7.1	频率响应的一般概念	56
2.7.2	阻容耦合单管共射放大电路的频率响应	58
2.7.3	直接耦合单管共射放大电路的频率响应	66
2.7.4	多级放大电路的频率响应	66
小结		67
习题		69
第3章	场效应管及其放大电路	77
3.1	场效应管	77
3.1.1	结型场效应管	77
3.1.2	绝缘栅场效应管	82
3.2	场效应管的主要参数	86
3.3	场效应管放大电路	88
3.3.1	共源极放大电路	88
3.3.2	共漏极放大电路	94
小结		96

习题	97
第 4 章 集成运算放大电路	100
4.1 概述	100
4.1.1 集成电路及其分类	100
4.1.2 集成运放的特点	101
4.1.3 集成运放的基本组成单元	101
4.2 电流源电路	102
4.2.1 镜像电流源	102
4.2.2 比例电流源	102
4.2.3 微电流源	103
4.2.4 多路电流源	104
4.2.5 电流源用作有源负载	105
4.3 差分放大电路	105
4.3.1 基本差分放大电路	105
4.3.2 长尾式差分放大电路	106
4.3.3 差分放大电路的分析	107
4.3.4 差分放大电路的四种接法	109
4.3.5 恒流源式差分放大电路	111
4.4 功率放大电路	113
4.4.1 功率放大电路概述	113
4.4.2 OCL 互补对称功率放大电路	115
4.4.3 OTL 互补对称功率放大电路	120
4.4.4 采用复合管的互补对称功率放大电路	120
4.5 集成运放的性能指标和使用注意事项	122
4.5.1 集成运放的性能指标	122
4.5.2 使用前的准备工作	123
4.5.3 保护措施	124
小结	125
习题	125
第 5 章 放大电路中的反馈	131
5.1 反馈的基本概念	131
5.1.1 反馈的定义	131
5.1.2 反馈的分类及负反馈的四种组态	132
5.2 反馈的方框图和一般表达式	136
5.2.1 反馈的方框图	136
5.2.2 反馈的一般表达式	137

5.3 负反馈对放大电路性能的影响	138
5.3.1 提高放大倍数的稳定性	138
5.3.2 减小非线性失真	139
5.3.3 扩展通频带	140
5.3.4 改变输入和输出电阻	140
5.4 深度负反馈放大电路的估算	141
5.4.1 估算的依据	141
5.4.2 深度负反馈放大电路的近似估算	142
小结	146
习题	147
第6章 理想运放的应用	152
6.1 理想运放的概念与特点	152
6.1.1 理想运放的概念	152
6.1.2 理想运放的特点	152
6.2 基本运算电路	153
6.2.1 比例运算电路	154
6.2.2 求和运算电路	158
6.2.3 积分运算电路	160
6.2.4 微分运算电路	162
6.3 电压比较器	162
6.3.1 单限比较器	163
6.3.2 滞回比较器	165
6.3.3 双限比较器	169
小结	169
习题	170
第7章 波形发生电路	176
7.1 正弦波振荡电路	176
7.1.1 正弦波振荡电路的基础知识	176
7.1.2 RC正弦波振荡电路	178
7.1.3 LC正弦波振荡电路	184
7.1.4 石英晶体正弦波振荡电路	188
7.2 非正弦波发生电路	191
7.2.1 非正弦波发生电路的基础知识	191
7.2.2 矩形波发生电路	192
7.2.3 三角波发生电路	195
7.2.4 锯齿波发生电路	197

小结	198
习题	199
第 8 章 直流稳压电源	206
8.1 直流稳压电源的组成	206
8.2 单相整流电路	206
8.2.1 单相半波整流电路	206
8.2.2 单相桥式整流电路	208
8.3 滤波电路	211
8.3.1 电容滤波电路	211
8.3.2 其他滤波电路	214
8.4 稳压电路	215
8.4.1 稳压电路的性能指标	215
8.4.2 稳压管稳压电路	216
8.4.3 串联型稳压电路	216
8.5 三端集成稳压器	220
小结	222
习题	223
第 9 章 逻辑代数基础	227
9.1 概述	227
9.1.1 数字信号与逻辑电平	227
9.1.2 脉冲波形与数字波形	228
9.2 数制和码制	229
9.2.1 数制及数制间的转换	229
9.2.2 码制	231
9.3 逻辑代数中的基本运算	232
9.3.1 逻辑与	233
9.3.2 逻辑或	233
9.3.3 逻辑非	234
9.3.4 复合逻辑	234
9.4 逻辑代数中的公式	236
9.4.1 基本公式	236
9.4.2 若干常用的公式	236
9.5 逻辑代数中的基本定理	237
9.5.1 代入定理	237
9.5.2 反演定理	238
9.5.3 对偶定理	238

9.6 逻辑函数的表示方法	239
9.6.1 逻辑函数	239
9.6.2 逻辑真值表	239
9.6.3 逻辑函数式	239
9.6.4 卡诺图	241
9.6.5 逻辑图	242
9.6.6 各种表示方法间的互相转换	242
9.7 逻辑函数的化简方法	244
9.7.1 逻辑函数的种类及最简形式	244
9.7.2 公式法化简	245
9.7.3 卡诺图法化简	246
9.7.4 具有无关项的逻辑函数及其化简	248
小结	249
习题	250
第 10 章 门电路	253
10.1 概述	253
10.2 分立元器件门电路	253
10.2.1 二极管与门	253
10.2.2 二极管或门	254
10.2.3 三极管非门	254
10.3 TTL 门电路	255
10.3.1 TTL 非门的电路结构和工作原理	255
10.3.2 TTL 非门的外特性	258
10.3.3 TTL 集电极开路的门电路	261
10.3.4 TTL 三态门电路	263
10.4 CMOS 门电路	265
10.4.1 CMOS 反相器的电路结构和工作原理	265
10.4.2 其他类型的 CMOS 门电路	266
10.5 集成门电路实用知识简介	267
10.5.1 多余输入端的处理方法	267
10.5.2 TTL 电路与 CMOS 电路的接口	267
小结	268
习题	269
第 11 章 组合逻辑电路	273
11.1 概述	273
11.2 组合逻辑电路的分析和设计方法	273