

高等学校教材

电子技术基础

数字部分

【第三版】

华中工学院电子学教研室编

康华光 主编

高等教育出版社

高等学校教材

电子技术基础

数字部分

[第三版]

华中工学院电子学教研室 编
康华光 主编

高等教育出版社

本书是在第二版的基础上,经过改革试验、总结提高、修改增删而成的。在修订过程中,依照1987年经国家教委批准的《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》在保证基本教学内容的前提下,为了适应教学上的灵活性和因材施教的需要,本版适当增加了部分加宽加深的选讲内容。

本书分模拟和数字两部分出版。模拟部分包括:半导体二极管和三极管、基本放大电路、场效应管放大器、功率放大器、模拟集成电路、反馈放大器、频率响应与稳定性、信号的运算与处理电路、信号发生器、调制与解调和直流电源。数字部分包括:数字逻辑基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、半导体存储器、脉冲信号的产生与整形和A/D与D/A转换器。

书中通过对各种半导体器件及其电路的分析,阐述了电子技术中的基本概念、基本原理和基本分析方法,介绍了电路实例并附有一定数量的例题、思考题和习题。

本书经高等学校工科电工课程教学指导委员会电子技术课程教学指导小组委托南京工学院李士雄教授主审。

本书可作为高等学校电气类、电子类专业“电子技术基础”课程的教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

本书责任编辑 任庆陵

高等学校教材
电子技术基础
数字部分
[第三版]

华中工学院电子学教研室 编
康华光 主编

本书由人民邮电出版社
新华书店北京发行所发行
北京印刷一厂印装

开本850×116 1/32 张14.2 字数34000

1980年1月第1版 1988年12月第3版 1990年7月第7次印刷

印数 173 243—208 254

ISBN 7-04-001622-2/TN·97

定价 4.65 元

第三版序

自本书第一版问世以来，已经历了近十年。在这期间，电子技术领域发生了迅猛而巨大的变化。新技术革命和教学改革的不深入，促使本教材不断改进完善，第三版现在与读者见面了。

新版是在第二版的基础上，经过改革试验，总结提高、修改增删而成的。在修订工作中，依照1987年经国家教委批准的《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》，在保证基本教学内容的前提下，为适应电子技术不断发展的新形势和教学上的灵活性以及因材施教的需要，本版适当增加了部分加宽加深的选讲内容，具体考虑如下：

1. 新版在体系上作了较大的调整。在模拟部分中，将“模拟集成电路”一章的位置提前，以致有可能在“反馈放大器”以及后续各章中，均以模拟集成电路为对象进行讨论，这就形成了以模拟集成电路为主干的体系。数字部分则直接以小规模集成电路引路，逐步向中大规模集成电路深入，几乎大部分内容都纳入“组合逻辑”和“时序逻辑”两大类电路之中。

2. 在保证基本理论完整性的原则下，删去或精简了一些分立元件电路内容，增强了集成电路的应用，并引入模拟乘法器、开关电容滤波器、压控振荡器、锁相环、直流变换器、门阵列、算术逻辑单元、动态存储器、集成A/D与D/A转换器等新技术内容。

3. 为了开拓学生的知识广度，新增了“调制与解调”一章。

4. 本书数字部分的内容安排与讲述方法，注意到了与“微处理器基础”的密切联系，以利于压缩学时，提高教学效果。

5. 为了贯彻理论联系实际的原则, 书中以不同的方式, 安排了一定数量的电路实例, 并注意阅读电子电路图和查阅电子器件手册的训练。

6. 教材正文与例题、习题紧密配合。例题是正文的补充。某些内容则有意地让读者通过习题来掌握, 以调节教学节律, 利于理解深化。

7. 在编排上, 对于加宽加深的内容, 均注有 * 号, 以便于教师选讲和读者自学参考。

本版仍沿用从模拟到数字的体系, 若有需要, 亦可按数字到模拟的体系讲授, 只需将模拟部分的“半导体二极管和三极管”一章移到数字部分之前讲授即可。

参加新版模拟部分修订工作的有汤之璋(第1章)、康华光(第1、2、6、7章)、王岩(第5、8、11章)和陈大钦(第3、4、8、9、10章及附录A)等同志。参加数字部分修订工作的有康华光(第1、2章)、邹寿彬(第3、4、7章)和赵德宝(第5、6章及附录A)等同志。康华光同志为主编, 负责全书的组织和定稿。陈大钦和邹寿彬同志分别为模拟和数字部分的副主编, 协助主编工作。在修订过程中, 得到了汤之璋教授的支持与帮助。赵德宝、肖锡湘同志协助校订了模拟部分的原稿。陈大钦、瞿安连同志协助校订了数字部分的原稿。丁素芳、罗杰、杨晓安和汪菊华等同志绘制了全书的插图。教研室的其他同志也参加了部分工作。

本书由南京工学院李士雄教授主审, 负责组织审稿工作的为衣承斌副教授, 参加审阅的, 模拟部分为衣承斌、陈黎明、陈天授副教授和李桂安讲师; 数字部分为丁康源、皇甫正贤副教授, 郑虎申、严振祥讲师。在第二版发行期间, 承全国许多师生给我们以鼓励, 寄来了不少宝贵意见和建议, 编者谨此一并致以谢忱。

本版虽有所改进提高, 但离教学改革的要求尚远。敬希读者

予以批评指正。

编 者

1987年8月于武昌华工园

初 版 序

本书是根据高等学校工科基础课电工、无线电类教材编写会议(一九七七年十一月合肥会议)所制订的“电子技术基础”(电力类)教材编写大纲编写的。在编写过程中,我们力图以马列主义、毛泽东思想为指导,运用辩证唯物主义观点和方法来阐明本学科的规律。

“电子技术基础”是电力工程类各专业的一门技术基础课,它是研究各种半导体器件的性能、电路及其应用的学科。从本学科内容大的方面来划分,本书上、中两册属模拟电子技术,下册属数字电子技术;前者主要是讨论线性电路,后者则着重讨论脉冲数字电路。

教材中注意总结我们近年来的教学实践经验,加强了基础理论,如加强了半导体的物理基础和电路的基本分析方法;同时也注意吸取国内外的先进技术,如加强了线性集成电路和数字集成电路(包括中、大规模集成电路)的原理和应用,新增了电子电路的计算机辅助分析等内容。

在内容的安排上,注意贯彻从实际出发,由浅入深、由特殊到一般、从感性上升到理性等原则。通过各种半导体器件及其电路来阐明电子技术中的基本概念、基本原理和基本分析方法。对于基本的和常用的半导体电路(包括脉冲数字电路),除了作定性的分析外,还介绍了工程计算或设计方法。为了加深对课堂知识的理解,列举了若干电路实例,并配有一定数量的例题、思考题和习题。

在使用本教材时,请注意下列几点:

(1) 本课程是在学完普通物理学和电工原理的大部分内容之后开设的,课程之间的相互配合和衔接非常重要。例如,在第一章用能带理论来解释半导体内两种载流子——电子和空穴的导电规律时,应以普通物理学中讲的固体能带理论为基础;又如在分析放大器时,既讨论了稳态分析(频域),也介绍了瞬态分析(时域),在“运算放大器”一章中,又有积分、微分电路以及其它应用,这些内容应以电工原理中的无源线性电路的瞬态分析为基础,只有配合得好,才能取得满意的效果。

(2) 本教材是按课程总学时数约 200(包括实验课等环节)而编写的,除了基本内容之外,还编入了部分较深入的内容,这些内容均在标题前注有星号(*)或用小字排印,自成体系。不同专业可按学时多少,由教师灵活选择,也可供读者自学参考。

(3) 课程中各个教学环节的配合十分重要,除了课堂讲授外,还必须通过习题课和实验课等环节加以补充,有些内容可以把这几个环节有机地结合起来。对于实验课,必须予以高度重视,通过实验课,不仅可以验证理论,加深对理论知识的理解,更重要的是,可以学会电子测试技术,使理论紧密结合实践。

参加本书编写工作的有汤之璋(第一章)、陈婉儿(第一、二、九章)、陈大钦(第三、五、十章)、康华光(第四、十一章)、王岩(第六、七、十三章)、林家瑞(第六章)、邹寿彬(第八、十二章)、周劲青(第十一章)和江庚和(第十三章)等同志,最后由康华光同志定稿。在编写过程中,张瑾、朱立群、赵月怀、肖锡湘、扬华、石友惠、汪菊华、罗玉兰以及其他同志参加了许多工作,给予很大支持。

本书由南京工学院李士雄副教授主审,参加主审工作的还有江正战、张志明、衣承斌、陈黎明和丁康源等同志。

在武汉和南京举行的审稿会上,承西安交通大学沈尚贤教授、

清华大学童诗白教授、浙江大学邓汉馨副教授、上海交通大学徐俊荣副教授以及重庆大学、山东工学院、沈阳机电学院、合肥工业大学、大连工学院、湖南大学、华南工学院、同济大学、哈尔滨工业大学、天津大学、太原工学院和昆明工学院等兄弟院校的教师代表对初稿进行了认真的审阅,并提出了许多宝贵的意见。

在编写本书第八章(电子电路的计算机辅助分析)的过程中,承中国科学院湖北岩土力学研究所计算机室协助解题。

对所有为本教材进行审阅并提出宝贵意见以及在编写出版过程中给予热情帮助和支持的同志们,我们在此一并表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,加之时间比较仓促,书中错误和不妥之处,在所难免,殷切希望使用本教材的师生及其他读者,给予批评指正。

编 者

1979年3月

数字部分常用符号表 (补充)

A_0, A_1, A_2, \dots	第 0, 1, 2, …… 位译码器地址输入
$A > B, A = B, A < B$	数字比较器 $A > B, A = B, A < B$ 输出
BCD	二-十进制码
$C(\text{CP})$	进位数, 触发器时钟脉冲输入端
C_{ext}	外接电容端
cr	清零
D	D 触发器输入
D_S	移位寄存器串行输入
D_{SR}	右移串行输入
D_{SL}	左移串行输入
E	使能控制端
$E_1; E_0$	使能输入; 使能输出
FF	触发器
G	逻辑门
G	进位产生变量
f_{max}	最高工作频率
I_{BS}	临界饱和基极电流
I_{CS}	集电极饱和电流
I_{IL}	低电平输入电流
I_{IS}	输入短路电流
I_{IH}	高电平输入电流
J, K	JK 触发器输入

L	逻辑函数
LD	预置控制
LT	灯测试输入
m	最小项
N	计数器计数输入端
N_O	扇出系数
P	进位传输变量
P_D	功耗
P_{OFF}	空载截止功耗
P_{ON}	空载导通功耗
Q	触发器输出
R	RS 触发器的输入
R_d	触发器的直接置 0 端
R_{ds}	场效应管漏极-源极间的直流电阻
S	RS 触发器的输入, 和数
S_d	触发器直接置 1 端
T	周期
t	时间
t_d	延迟时间
t_f	下降时间
t_r	上升时间
t_S	存储时间
t_{on}	开通时间
t_{off}	关闭时间
t_{pd}	平均传输延迟时间
t_p	脉冲宽度
t_{pi}	输入脉冲宽度

t_{po}	输出脉冲宽度
t_{re}	恢复时间
t_{set}	建立时间
t_H	维持时间
V_{CES}	三极管的饱和压降
V_{CEO}	三极管的截止压降
V_H	滞后电压
V_{NH}	高电平噪声容限电压
V_{NL}	低电平噪声容限电压
V_{OH}	输出高电平
V_{OL}	输出低电平
V_{SH}	标准高电平
V_{SL}	标准低电平
V_{ON}	开门电平
V_{OFF}	关门电平
V_{th}	阈值电压, 门坎电平
V_{CC}, V_{DD}	电源
×	任意态
↑	从低电平到高电平的跳变
↓	从高电平到低电平的跳变
⌋	高电平脉冲
⌋	低电平脉冲

目 录

1 数字逻辑基础

引言	1
1.1 数制与码	2
1.1.1 数制	2
1.1.2 二进制码	8
1.2 逻辑函数	11
1.2.1 基本逻辑运算	11
1.2.2 逻辑函数与逻辑问题的描述	15
1.3 逻辑代数的基本定律	17
1.3.1 基本定律和恒等式	17
1.3.2 逻辑代数运算的基本规则	19
1.4 逻辑函数的代数化简法	20
1.5 逻辑函数的卡诺图化简法	23
1.5.1 逻辑函数的最小项及其性质	23
1.5.2 逻辑函数的最小项表达式	25
1.5.3 用卡诺图表示逻辑函数	26
1.5.4 用卡诺图化简逻辑函数	32
1.5.5 未用最小项表达的逻辑函数的卡诺图	36
1.5.6 具有无关项的逻辑函数的化简	37
1.6 逻辑函数与逻辑图	38
小结	40
思考题和习题	41
附录I 美国标准信息交换码(ASCII)	43

2 逻辑门电路

引言	44
----	----

2.1	二极管的开关特性	45
2.2	三极管的开关特性	49
2.2.1	三极管的开关作用	49
2.2.2	三极管的开关时间	52
2.3	基本逻辑门电路	55
2.3.1	二极管与门及或门电路	55
2.3.2	非门电路——三极管反相器	59
2.3.3	复合门电路	60
2.4	三极管-三极管逻辑门电路(TTL)	62
2.4.1	TTL与非门的工作原理	62
2.4.2	TTL与非门的带负载能力	67
2.4.3	TTL与非门的电压传输特性及抗干扰能力	70
2.4.4	TTL与非门的参数	73
2.4.5	抗饱和TTL电路	76
2.4.6	集电极开路与非门和三状态与非门	78
*2.5	射极耦合逻辑门电路(ECL)	85
*2.6	集成注入逻辑门电路(I ² L)	89
2.7	MOS逻辑门电路	92
2.7.1	NMOS反相器	93
2.7.2	NMOS逻辑门电路	100
2.7.3	CMOS逻辑门电路	102
2.7.4	CMOS传输门	109
2.8	正负逻辑问题	111
2.9	逻辑门电路使用中的几个实际问题	115
	小结	119
	思考题和习题	120
3 组合逻辑电路		
	引言	130
3.1	组合逻辑电路的分析和设计方法	131
3.1.1	组合逻辑电路的分析方法	131

3.1.2 组合逻辑电路的设计方法	132
3.2 编码器和译码器	139
3.2.1 编码器	139
3.2.2 译码器	144
3.3 数据选择器	154
3.3.1 数据选择器的工作原理	154
3.3.2 数据选择器用作逻辑函数产生器	158
3.4 数字比较器	161
3.5 算术运算电路	166
3.5.1 半加器和全加器	166
3.5.2 多位数加法器	170
3.5.3 减法运算	174
3.5.4 集成算术/逻辑单元举例	177
3.6 其它组合逻辑电路:现场可编程门阵列和现场可编程逻辑阵列	180
3.7 组合逻辑电路中的竞争冒险	184
3.7.1 产生竞争冒险的原因	185
3.7.2 消去竞争冒险的方法	186
小结	188
思考题和习题	189

4 时序逻辑电路

引言	196
4.1 触发器	197
4.1.1 基本电路	197
4.1.2 <i>RS</i> 主从触发器	202
4.1.3 <i>JK</i> 主从触发器和 <i>JK</i> 边沿触发器	206
4.1.4 <i>D</i> 边沿触发器	212
*4.1.5 集成触发器的脉冲工作特性	214
4.1.6 TTL 集成触发器的主要参数	217
4.1.7 CMOS 触发器	219

4.2 移位寄存器	225
4.2.1 移位寄存器的工作原理.....	225
4.2.2 并行输入/并行输出单向移位寄存器.....	228
4.2.3 双向移位寄存器.....	230
4.2.4 动态 MOS 移位寄存器.....	234
4.3 二进制计数器	237
4.3.1 异步二进制递增计数器.....	237
4.3.2 同步二进制计数器.....	241
4.3.3 可预置的集成四位同步二进制计数器.....	244
4.4 BCD 码十进制计数器	249
4.4.1 8421 码异步十进制递增计数器.....	250
4.4.2 8421 码同步十进制递增计数器.....	252
4.4.3 集成同步十进制可逆计数器.....	253
4.5 时序逻辑电路的分析与设计	257
4.5.1 状态图和状态表.....	258
4.5.2 同步时序逻辑电路的分析.....	260
4.5.3 同步时序逻辑电路的设计.....	264
4.5.4 异步时序逻辑电路的设计.....	271
小结	274
思考题和习题	274

5 半导体存储器

引言	286
5.1 随机存取存储器(RAM)	287
5.1.1 静态 RAM.....	287
5.1.2 动态 RAM.....	297
5.2 只读存储器(ROM)	306
5.2.1 ROM 的结构及工作原理.....	306
5.2.2 EPROM 的实例.....	312
*5.2.3 ROM 的应用.....	315
*5.3 电荷耦合器件(CCD)	319

小结.....	326
思考题和习题.....	327

6 脉冲信号的产生与整形

引言.....	330
6.1 单稳态触发器.....	330
6.1.1 微分型单稳态触发器.....	330
6.1.2 集成单稳态触发器.....	335
6.1.3 单稳态触发器的应用.....	337
6.2 多谐振荡器.....	340
6.2.1 自激多谐振荡器.....	340
6.2.2 石英晶体振荡器.....	343
6.3 施密特触发器.....	345
6.4 定时器.....	351
6.4.1 555 定时器电路.....	352
6.4.2 定时器应用举例.....	353
小结.....	360
思考题和习题.....	361

7 $\sqrt{A/D}$ 与 D/A 转换器

引言.....	368
7.1 D/A 转换器.....	369
7.1.1 D/A 转换的基本方法.....	369
7.1.2 D/A 转换器的输出方式.....	374
7.1.3 D/A 转换器的主要技术参数.....	378
7.1.4 集成 D/A 转换器举例.....	379
7.2 A/D 转换器.....	384
7.2.1 并行 A/D 转换器.....	384
7.2.2 逐次逼近 A/D 转换器.....	387
7.2.3 双积分式 A/D 转换器.....	391