

SHUZIDIANZIDIANLU

SHUZIDIANZIDIANLU

阎石 主编

中央广播电视大学出版社

数字电子电路

数字电子电路

阎石 主编

中央广播电视大学出版社

(京)新登字 163 号

数 字 电 子 电 路

阎 石 主 编

*

中央广播电视大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

国营五二三厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 23.75 千字 546

1993年2月第1版 1993年4月第1次印刷

印数 1—25000

定价 12.90 元

ISBN 7-304-00769-9 / TN·14

前 言

本书是为高等工程专科(大专)电气、电子类专业电子技术基础课程(数字电路部分)编写的教材。

电子技术基础是这些专业的一门重要的技术基础课,它不仅有自身的体系,而且又有很强的实践性。

考虑到课程本身的特点,也考虑到高等工程专科的培养目标是重点造就面向基层、应用型的高等专门人才,我们感到必须更加强调本课程的实用性。为此,我们在编写过程中采取了以下一些做法。

一、在讲授基础理论内容时,以“必须”和“够用”为尺度,删掉了与器件应用无直接联系的内容。同时,又保持了课程体系的完整性。

二、在讲述集成电路时,重点介绍外部特性和正确的使用方法。对电路的内部结构仅作简单的定性介绍。

三、在分析、计算各种电路时,强调物理概念,只介绍实用的工程计算方法。

四、在处理传统内容和新技术的关系时,大幅度削减了已经过时的内容,同时增加了新型器件及其应用的内容。

目前,高等工程专科院校中除了普通全日制院校以外,还有电大、业大、职工大学、成人教育学院等。这些学校的办学形式灵活多样,这就要求教材更适于学生自学。为了满足这一需要,我们力求把书写得易读、易懂,尽可能地把来龙去脉交待清楚。同时,还为每一章编写了自我检测题和答案,以帮助学生自己检查学习效果。书中画*号的章节虽属因课时所限而划为自学内容,但仍很重要,不可忽视。

电子技术基础毕竟只是一门入门性质的课程,真正掌握并熟练应用这门技术还有待于实验课、后续课乃至实际工作的培养与锻炼。

本书的第一~四章由任为民编写,第五~十章由阎石编写。阎石任主编,负责全书修改与订稿。沈雅芬参加了各章内容的讨论,协助收集习题,并承担了习题的试作工作。

清华大学童诗白教授、钱淑英副教授,北京邮电学院谢源清教授,北京工业大学陆培新教授,山东电大白衡教授,大连电大马逢援副教授以及高等教育出版社李永和编审、姚玉洁副编审在百忙中认真审阅了书稿并亲临审稿会,提出了许多宝贵的修改意见。作者谨对他们的热情支持与大力协助表示由衷的感谢。

怎样编好一本适合于大专层次的教材,对我们也是一个新课题。书中的谬误与不当之处恐在所难免,尚盼读者批评指正。

编 者

1992年9月

64071

数字电子电路符号说明

一、文字符号的一般规定

1. 电流和电压

I_B, U_B	大写字母、大写下标, 表示直流量
I_b, U_b	大写字母、小写下标, 表示交流有效值
i_B, u_B	小写字母、大写下标, 表示瞬时值
i_b, u_b	小写字母、小写下标, 表示交流瞬时值

2. 电源电压

V_{CC}	三极管集电极电源电压
V_{BB}	三极管基极电源电压
V_{EE}	三极管发射极电源电压
V_{DD}	MOS 管漏极电源电压
V_{SS}	MOS 管源极电极电压

3. 器件符号

D	二极管
T	三极管、MOS 管
G	门电路
F(FF)*	触发器

4. 逻辑变量

$A, B, C, \dots$	输入逻辑变量
$y, z, \dots$	输出逻辑变量

二、基本符号

1. 电流和电压

I_I, U_I	输入电流、电压
I_{IH}, U_{IH}	输入高电平时的电流、电压
I_{IL}, U_{IL}	输入低电平时的电流、电压
I_O, U_O	输出电流、电压
I_{OH}, U_{OH}	输出高电平时的电流、电压
I_{OL}, U_{OL}	输出低电平时的电流、电压

* 触发器符号新国际中为 FF, 本书中用 F。

I_{CC}, I_{DD}	电源电流
I_L	负载电流
U_{ON}	二极管、晶体管导通电压
U_T	温度的电压当量
U_{TH}	阈值电压
U_{TN}, U_{TP}	增强型 NMOS 管和 PMOS 管开启电压
U_{PN}, U_{PP}	耗尽型 NMOS 管和 PMOS 管夹断电压
2. 功率	
P	功率通用符号
p	瞬时功率
P_O	输出功率
P_D	静态功耗
P_a	动态功耗
P_{tot}	总功耗
P_M	最大允许功耗
N_O	扇出系数
3. 频率	
f	频率通用符号
ω	角频率通用符号
f_O	中心频率、谐振频率、输出频率
f_{CP}	时钟频率
f_{max}	最高频率
4. 时间	
t_d	延迟时间
t_s	存储时间
t_r	上升时间
t_f	下降时间
t_{rD}	反向恢复时间
t_{on}	开启时间或开通时间
t_{off}	关闭时间
t_{PHL}, t_{PLH}	传输延迟时间
t_{THL}, t_{TLH}	转换时间
t_{Pd}	平均传输延迟时间
T	周期、温度
t_W	脉冲宽度

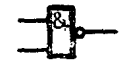
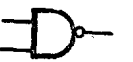
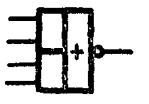
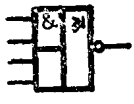
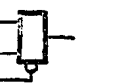
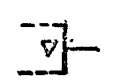
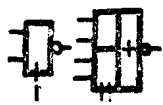
- τ 时间常数
5. 电阻、电导、电容、电感
- R, r 电阻通用符号(小写表示器件内部等效电阻)
- R_I 输入电阻
- R_O 输出电阻
- R_L 负载电阻
- R_S 信号源内阻
- R_F 反馈电阻
- r_{on} 器件导通电阻
- G, g 电导的通用符号
- C 电容的通用符号
- L 电感的通用符号
6. 器件、电路的引出端
- b 晶体三极管基极
- c 晶体三极管集电极
- e 晶体三极管发射极
- G MOS 管栅极
- D MOS 管漏极
- S MOS 管源极
- B MOS 管衬底
- $A, B, C, \dots$ 门电路、译码器、数据选择器地址的输入端
- $a, b, c, d, e, f, g, h, dp$ 显示译码器笔段输出
- BI 灭灯输入
- LT 灯测试
- CP 触发器时钟脉冲
- C_r 清除
- S 置位、加法和
- R 复位
- $E(EN)$ 允许、使能、控制端
- D 数据、 D 触发器输入
- J, K JK 触发器输入
- LD 送数
- Q 触发器、计数器、寄存器状态输出
- U/D 加/减计数选择

P/S	并行/串行选择
R/W	读/写控制
TH	阈值控制
TR	触发输入
OUT	输出
NC	空
R_{ext}, C_{ext}	外接电阻、电容
Z	高阻输出

7. 参数符号

β	共发射极电流放大系数
α	共基极电流放大系数
g_m	跨导
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_F	二极管正向电流
I_R	二极管反向电流
I_S	二极管的反向饱和电流
$U_{(BR)}$	二极管的击穿电压
$U_{(BR)CEO}$	基极开路时 c-e 间的击穿电压
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
A	放大倍数的通用符号
F	反馈系数的通用符号
U_{NH}	高电平噪声容限
U_{NL}	低电平噪声容限
U_R	参考电压
U_{T+}	施密特触发器正向阈值电压
U_{T-}	施密特触发器负向阈值电压
ΔU_T	施密特触发器滞后电压(回差电压)
q	占空比
K	绝对温度
N_F	噪声系数
η	效率
D	非线性失真系数

本书常用逻辑符号对照表

名 称	常用符号	国标符号	国外符号
非门			
与门			
或门			
与非门			
或非门			
与或非门			
异或门			
同或门			
集电极开路门 (OC门)			
三态门			
带施密特触 发器的门电路			
扩展输入			

续表

名 称	常用符号	国标符号	国外符号
扩展输出			
传输门			
双向模拟开关			
半加器			
全加器			
RS触发器			
同步RS触发器			
边沿D触发器 (上升沿)			
边沿JK触发器 (下降沿)			
主从JK触发器(脉冲触发)			

目 录

数字电子电路符号说明	(1)
绪论	(1)
第一章 半导体二极管、三极管和 MOS 管	
1.1 概述	(4)
1.1.1 半导体基本知识	(4)
1.1.2 PN 结及其导电性能	(6)
1.2 半导体二极管	(9)
1.2.1 二极管的结构、特点和符号	(9)
1.2.2 二极管的伏安特性	(10)
1.2.3 二极管的开关特性	(11)
1.2.4 二极管的主要参数、选用方法和应用举例	(12)
1.2.5 几种常用的特殊二极管	(15)
1.3 晶体三极管	(17)
1.3.1 三极管的结构、符号和特点	(17)
1.3.2 三极管的工作原理	(18)
1.3.3 三极管共射极电路的特性曲线	(21)
1.3.4 三极管的开关特性	(23)
1.3.5 三极管的主要参数、选用方法和应用举例	(25)
1.4 绝缘栅场效应管(MOS管)	(28)
1.4.1 N沟道增强型场效应管	(28)
1.4.2 MOS管的其它类型和性能特点	(31)
1.4.3 MOS管的开关特性	(33)
1.4.4 绝缘栅场效应管的主要参数和使用特点	(33)
本章小结	(35)
自我检测题	(35)
习题和思考题	(37)
第二章 数字逻辑基础	
2.1 概述	(41)
2.1.1 数字电路及其特点	(41)
2.1.2 数的进制	(42)

2.1.3 二进制代码	(46)
2.2 逻辑代数及其基本运算	(47)
2.2.1 逻辑代数中的逻辑变量	(48)
2.2.2 逻辑代数中的三种基本逻辑运算	(48)
2.3 逻辑函数及其表示方法	(50)
2.3.1 逻辑函数	(50)
2.3.2 逻辑函数的表示方法	(51)
2.3.3 常用的复合逻辑函数	(53)
2.4 逻辑代数的公式和运算规则	(54)
2.4.1 基本公式	(54)
2.4.2 若干常用公式	(55)
2.4.3 逻辑代数的基本运算规则	(56)
2.5 逻辑函数的公式化简法	(57)
2.5.1 逻辑函数的最简形式	(57)
2.5.2 常用的公式化简方法	(58)
2.6 逻辑函数的卡诺图化简法	(60)
2.6.1 逻辑函数的最小项表达式	(60)
2.6.2 逻辑函数的卡诺图表示法	(61)
2.6.3 用卡诺图化简逻辑函数	(63)
2.7 具有无关项的逻辑函数及其化简方法	(67)
2.7.1 逻辑函数式中的无关项	(67)
2.7.2 化简具有约束项的逻辑函数	(68)
本章小结	(69)
自我检测题	(70)
习题和思考题	(72)

第三章 逻辑门电路

3.1 概述	(76)
3.2 分立元件门电路	(77)
3.2.1 二极管与门和或门	(77)
3.2.2 三极管反相器(非门)	(81)
3.2.3 正逻辑和负逻辑	(83)
3.3 CMOS集成门电路	(85)
3.3.1 CMOS反相器	(85)
3.3.2 CMOS与非门和或非门	(91)
3.3.3 CMOS传输门和双向模拟开关	(93)

3.3.4	CMOS 三态门和异或门	(94)
3.3.5	CMOS 电路的几种系列和使用方法	(96)
3.4	TTL 集成门电路	(97)
3.4.1	TTL 反相器	(97)
3.4.2	TTL 与非门和集电极开路门(OC 门)	(103)
3.4.3	TTL 门电路的其他类型	(107)
3.4.4	TTL 电路的改进系列及其他双极型门电路	(111)
3.4.5	门电路的使用及连接问题	(112)
	本章小结	(115)
	自我检测题	(115)
	习题和思考题	(117)

第四章 组合逻辑电路

4.1	概述	(123)
4.1.1	组合逻辑电路的特点	(123)
4.1.2	组合逻辑电路的分析和设计方法	(124)
4.2	编码器和译码器	(126)
4.2.1	编码器	(126)
4.2.2	译码器	(130)
4.3	数据选择器	(139)
4.3.1	TTL 数据选择器	(139)
4.3.2	CMOS 数据选择器	(140)
4.4	加法器和数值比较器	(141)
4.4.1	加法器	(141)
4.4.2	数值比较器	(144)
4.5	中规模集成组合逻辑电路(MSI) 的应用	(146)
4.5.1	用数据选择器组成函数发生器	(146)
4.5.2	用最小项译码器实现逻辑函数	(148)
4.5.3	用 MSI 设计组合电路的一般方法	(150)
*4.6	组合逻辑电路中的竞争冒险现象	(154)
4.6.1	竞争冒险的概念及其产生的原因	(154)
4.6.2	消除竞争冒险的方法	(155)
	本章小结	(156)
	自我检测题	(157)
	习题和思考题	(158)

第五章 触发器

5.1	概述	(161)
5.2	触发器的电路结构与工作原理	(162)
5.2.1	基本 RS 触发器	(162)
5.2.2	时钟控制的触发器	(166)
5.3	触发器逻辑功能的分类	(180)
5.3.1	RS 触发器的逻辑功能及其表示方法	(180)
5.3.2	JK 触发器的逻辑功能及其表示方法	(181)
5.3.3	D 触发器的逻辑功能及其表示方法	(181)
5.3.4	T 触发器的逻辑功能及其表示方法	(182)
5.4	触发器电路结构和逻辑功能的关系	(183)
*5.5	触发器的动态特性	(184)
5.5.1	输入信号的建立时间和保持时间	(185)
5.5.2	触发器的传输延迟时间	(185)
5.5.3	触发器的最高时钟频率	(186)
5.6	触发器应用举例	(186)
5.6.1	单脉冲发生电路	(186)
5.6.2	三人抢答逻辑电路	(186)
5.6.3	乘 2 运算电路	(188)
5.7	触发器的选择和使用	(189)
5.7.1	触发器逻辑功能的选择	(189)
5.7.2	触发器电路结构形式的选择	(191)
5.7.3	触发器工艺类型的选择	(191)
	本章小结	(192)
	自我检测题	(192)
	习题和思考题	(194)

第六章 时序逻辑电路

6.1	概述	(199)
6.1.1	时序逻辑电路的特点	(199)
6.1.2	时序电路逻辑功能的描述方法	(200)
6.1.3	同步时序逻辑电路的分析方法	(200)
6.2	寄存器和移位寄存器	(203)
6.2.1	寄存器	(203)
6.2.2	移位寄存器	(204)
6.2.3	移位寄存器应用举例	(207)

6.3	计数器	(211)
6.3.1	同步二进制计数器	(211)
6.3.2	同步十进制计数器	(218)
6.3.3	异步计数器	(225)
6.3.4	构成任意进制计数器的方法	(229)
6.3.5	计数器应用举例	(236)
本章小结		(240)
自我检测题		(241)
习题和思考题		(242)

第七章 脉冲波形的产生和整形

7.1	概述	(248)
7.1.1	矩形脉冲的性能参数	(248)
7.1.2	脉冲振荡电路与脉冲整形电路	(249)
7.2	施密特触发器	(249)
7.2.1	用门电路组成的施密特触发器	(250)
*7.2.2	集成施密特触发器	(252)
7.2.3	施密特触发器应用举例	(254)
7.3	单稳态触发器	(256)
7.3.1	用门电路组成的单稳态触发器	(256)
7.3.2	集成单稳态触发器	(258)
7.3.3	单稳态触发器应用举例	(260)
7.4	多谐振荡器	(261)
7.4.1	用门电路组成的多谐振荡器	(261)
7.4.2	用施密特触发器组成的多谐振荡器	(268)
7.5	555 定时器及其应用	(269)
7.5.1	555 定时器	(269)
7.5.2	555 定时器的典型应用	(270)
7.5.3	555 定时器的综合应用举例	(274)
本章小结		(276)
自我检测题		(277)
习题和思考题		(279)

第八章 半导体存储器

8.1	概述	(284)
8.2	只读存储器:(ROM)	(285)
8.2.1	掩膜ROM	(285)

8.2.2 PROM 和 EPROM	(288)
8.2.3 ROM 的应用举例	(290)
8.3 随机存储器 (RAM)	(294)
8.3.1 RAM 的结构和工作原理	(294)
8.3.2 RAM 的存储单元	(296)
8.3.3 RAM 的扩展	(297)
本章小结	(299)
自我检测题	(300)
习题和思考题	(300)

第九章 专用集成电路

9.1 概述	(302)
9.2 半定制集成电路 (SCIC)	(303)
9.2.1 可编程逻辑阵列 (PLA)	(303)
9.2.2 门阵列 (GA)	(305)
9.3 可编程逻辑器件 (PLD)	(307)
9.3.1 可编程阵列逻辑 (PAL)	(307)
9.3.2 通用阵列逻辑 (GAL)	(311)
9.3.3 PLD 的编程	(316)
本章小结	(316)
自我检测题	(317)
习题和思考题	(317)

第十章 读图练习

10.1 概述	(319)
10.2 读图举例	(320)
10.2.1 两位二十进制加法器电路	(320)
10.2.2 128 键编码器	(322)
本章小结	(326)

附录	(327)
----	-------

绪 论

什么是电子技术

电子技术是一门研究电子器件及其应用的科学技术。

自1904年第一只实用的电子器件——真空二极管问世以来,电子技术获得了巨大的发展。电子技术的广泛应用不仅有力地促进了生产力的发展,也使我们的生活变得更加丰富多彩。

电子技术的发展和进步是与新型电子器件的发明紧密联系在一起的。真空电子管(通常称之为第一代的电子器件)首先在通讯领域得到了最广泛的应用。由此而产生的无线电通讯、无线电广播和电视技术引起了通讯技术的革命,使人类得以轻易地跨越空间距离,迅速地交换信息。但由于用真空电子管制造的电子设备比较笨重,在可靠性和寿命上也存在一定的缺陷,这就限制了它在许多领域中的推广应用。

1950年一批美国科学家发明了晶体管(即半导体三极管)。这种新型的电子器件不但体积小、重量轻,而且由于不需要象电子管那样用灯丝加热,因而极大地延长了使用寿命和提高了可靠性。晶体管的普遍应用导致了电子设备的大规模更新换代。到了六十年代初期,除了少数超高频、高电压、大功率的电子设备以外,几乎所有电子设备中的电子管都被晶体管所取代。同时,电子技术的应用领域也得到了进一步的扩展。通常把晶体管称为第二代的电子器件。

1961年美国的德克萨斯仪器公司率先推出了集成电路产品(即所谓的第三代电子器件)。集成电路的诞生标志着电子技术发展的第二次飞跃。由于把为数众多的晶体管、电路元件和连线集成于同一片半导体硅片上制成为一个集成电路器件,这就实现了电路的微型化。而且,由于大幅度地减小了器件外部的连线,从而有效地提高了电子设备的可靠性。集成电路的推广应用再一次地引起了电子设备的大规模更新换代。随着电子设备的小型化和可靠性的提高,电子技术的应用也更加普及了。

到了本世纪的七十年代,集成电路的工艺已日臻完善,设计手段也日益现代化。已经能把数以万计的,乃至上千万个晶体管和元件集成于同一硅片上,于是有了大规模和超大规模集成电路产品,也就是第四代的电子器件。这样就可以把十分复杂的电子电路制成一个指甲大小的大规模集成电路器件。

根据预测,本世纪末集成电路的集成度可能突破1亿个晶体管/每片集成电路。为了得到集成度更高、工作速度更快的电子器件,科学家们正在努力寻找新一代全新的电子器件。

在大规模集成电路迅速发展的同时,大功率电子器件的研制也取得了突破性的进展。目前生产的大功率电子器件足以控制数千安培的电流,可承受数千伏的高电压。用大功率电子器件制成的驱动装置已经广泛地用在各行各业的自动化系统中。

今天,电子技术几乎渗透到了社会生产和生活的一切领域,以至难于逐一列举。例如在通讯