

新世纪电气及自动化类规划系列教材

数字电子技术

S H U Z I D I A N Z I
J I S H U

主 编 / 杨建宁

副主编 / 郑 洁 汪 洋

东南大学出版社

新世纪电气及自动化类规划系列教材

数 字 电 子 技 术

主 编 杨建宁

副主编 郑 洁 汪 洋

主 审 成 立

东南大学出版社
南 京

内 容 提 要

本书是江苏省高校新世纪电气及自动化应用型规划教材委员会组织编写的高等学校教材。全书共分8章,包括:数字电路基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路、脉冲波形的产生与变换、半导体存储器和可编程逻辑器件、数模转换器与模数转换器,电子设计自动化。

本书根据作者多年的教学经验,结合当前电子技术迅速发展和教学改革的要求而编写。力求由浅入深、条理清楚,具有便于自学和适合教学的特点,着重加强基本概念和分析方法的阐述和归纳,各章节都有学习目标、复习思考题,主要知识点都配备有适量的例题,为学生学习和练习提供了分析和解题的思路,并给出了部分习题答案。从例题和习题的选配上加大了这一方面的教学力度。对于学生能够看懂的内容,本书提供给学生课外阅读。

本书适用于理工科高等学校电类专业(包括自动化、电气技术、电子与信息工程、电子科学与技术、通信和计算机、机电一体化、测控和生物医学工程等专业)“数字电子技术”课程的教学,也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/杨建宁主编. —南京:东南大学出版社,
2007. 12

(新世纪电气及自动化类规划系列教材)

ISBN 978-7-5641-0956-1

I. 数… II. 杨… III. 数字电子技术—高等学校—
教材 IV. TP79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 151603 号

数字电子技术

出版发行	东南大学出版社
出 版 人	江 汉
社 址	南京市四牌楼 2 号
邮 编	210096
经 销	江苏省新华书店
印 刷	兴化市印刷有限公司
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	19
字 数	474 千字
版 次	2007 年 12 月第 1 版
印 次	2007 年 12 月第 1 次印刷
印 数	1—3000 册
书 号	ISBN 978-7-5641-0956-1/TN·8
定 价	34.00 元

(凡因印装质量问题,请与我社读者服务部联系。电话:025-83792328)

新世纪电气及自动化类规划 系列教材编委会

主 任	三江学院	周泽存
副 主 任	苏州大学	张茂青
	江苏大学	赵德安
	扬州大学	陈 虹
	南京工业大学	马小军
	常州工学院	张立臣
	盐城工学院	陈 荣
	徐州师范大学	张彩荣
	南理工泰州科技学院	陆汉栋
	成贤学院	计有为
	三江学院	王 尧

执行编委 施 恩 朱 珉

编 委(按姓氏笔画排列)

马小军	王 尧	王其生	计有为	许必熙
孙宇新	孙宪君	杜逸鸣	杨建宁	杨 栋
束长宝	张立臣	张茂青	张俊芳	张家海
张彩荣	张植保	陆汉栋	陈劲操	陈 荣
陈 虹	罗慧芳	周泽存	周淑阁	赵德安
胡国文	都洪基	钱显毅	郭建江	谢秉正

前言

数字电子技术是一门专业基础必修课,它与工程实践联系紧密,实用性强,在各专业领域的测量、显示、信号处理、控制过程等方面有着极其广泛的运用,是实现各种系统自动化、智能化的基础。课程的任务是通过教学、实验、习题、自学等环节,使学生获得电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力以及实际动手技能,为学生后续相关专业课程学习,以及以后从事工程技术工作和科学研究、开拓新技术领域打下坚实的基础。

根据数字电子技术的发展和教学改革的新形势,本着“精选内容、加强基础、培养能力、便于自学、紧密联系工程实际、反映科技发展形势”的宗旨,本教材的重点放在基本概念、方法和集成电路的外部特性及其应用知识等方面,突出电子技术的实践性,学习各类芯片的重点放在应用外特性和主要参数上。在教材编排上,力求做到由浅入深,循序渐进,在讲解重点、难点内容精选例题,引导学生运用基本概念和方法来分析问题,培养学生解决实际问题的能力。

本书根据作者多年的教学经验,结合当前电子技术迅速发展和教学改革的要求而编写。力求由浅入深、条理清楚,有很好的可读性和可教性,教材编写时着重加强条理性、基本概念和分析方法的阐述、归纳。为便于自学,各章节有学习要点、复习思考题,主要知识点配备适量的例题,为学生课后阅读和练习提供了分析和解题的思路。另外,精选了一定数量的习题供教学选用,并给出了部分习题答案。从例题和习题的选配上加大了这方面的教学力度。对于学生能够看懂的内容,本书提供给学生课外阅读。

为处理迅速更新的新技术和有限篇幅之间的矛盾,精简了部分陈旧内容,加大了中、大规模集成电路器件的应用,并引入电子设计自动化(EDA)等内容。为尽早使学生对当代电子电路的设计及制作有一定程度的了解,初步学习和掌握 EDA 技术的使用软件,并通过 EDA 软件的仿真技术提高学生理论与实践相结合的能力,本书中适当引入学生初步学习和掌握 EDA 技术所使用的软件,通过 EDA 软件的仿真技术,可以大大提高学生理论与实践相结合的能力。

本书将教学内容的要求分为掌握、理解和了解三个层次。掌握是指对教学内容理解透彻清楚,并能应用所学知识解决实际问题;理解是指对教学内容正确认识,能够一般应用;了解是指对教学内容具有基本知识,为今后进一步学习打下基础。

本书按 50~90 学时类型编写。主要适合电类专业应用型本科学生使用,也适合于电大、职大、函大和成人教育等有关专业学生。教学中各专业可采取合适的教学顺序、教学环节和教学手段(例如多媒体教学等)来完成基本要求所规定的内容。教学中有意识地加强学生自学环节,在培养学生自学能力的同时,有利于解决课时少与内容多的矛盾。

本书由杨建宁编写第 1、2、3 章,郑洁编写第 4 章,刘旭明编写第 5 章,韩服善编写第 6 章,王翠编写第 7 章,汪洋编写第 8 章。本书由杨建宁担任主编,负责全书的统筹、修改和定稿。

在成书过程中,自始至终得到江苏省高校新世纪电气及自动化应用型规划教材编委会和成立教授的大力支持。成立教授认真负责地审阅、校核了全部书稿,提出了很多宝贵意见和建议,在此书正式出版之际,谨表示感谢。

限于编写者水平和时间仓促,书中不免有不妥和错误之处,衷心希望读者、同行、专家不吝拨冗相助,对教材提出批评和建议,以进一步提高质量和水平,更上一层楼。“嚶其鸣矣,求其友声”。

杨建宁

江苏大学电气与信息学院

yyynnnsn@sina.com

2007 年 3 月

目 录

1 数字电路基础	(1)
1.1 数字电路概述	(1)
1.1.1 模拟信号和数字信号	(1)
1.1.2 数字电路的基本概念	(1)
1.1.3 脉冲信号	(2)
1.1.4 数字电路的特点	(3)
1.1.5 数字电路的发展与分类	(4)
复习思考题 1.1	(4)
习题 1.1	(5)
习题答案 1.1	(5)
1.2 计数制及相互转换	(5)
1.2.1 常用计数进制	(5)
1.2.2 二进制和十进制之间的相互转换	(6)
1.2.3 二进制、十六进制、八进制之间的相互转换	(8)
1.2.4 编码	(9)
复习思考题 1.2	(10)
习题 1.2	(10)
习题答案 1.2	(10)
1.3 逻辑代数基础	(10)
1.3.1 逻辑代数的基本逻辑	(11)
1.3.2 逻辑代数的基本运算关系	(14)
1.3.3 逻辑代数的基本规则	(16)
复习思考题 1.3	(17)
习题 1.3	(17)
习题答案 1.3	(18)
1.4 逻辑函数的化简	(18)
1.4.1 逻辑函数的最简形式	(18)
1.4.2 逻辑函数的公式化简法	(19)
1.4.3 用卡诺图化简逻辑函数	(20)
1.4.4 具有无关项逻辑函数的化简	(23)
复习思考题 1.4	(24)
习题 1.4	(24)

习题答案 1.4	(26)
1.5 逻辑函数的建立及其表示方法	(26)
复习思考题 1.5	(29)
习题 1.5	(29)
习题答案 1.5	(30)
习题 1	(30)
习题答案 1	(33)
2 集成逻辑门电路	(35)
2.1 二极管分立元件逻辑门	(35)
2.1.1 二极管与门	(35)
2.1.2 二极管或门	(35)
2.1.3 BJT 非门电路(反相器)	(36)
复习思考题 2.1	(36)
习题 2.1	(36)
习题答案 2.1	(37)
2.2 TTL 逻辑门电路	(37)
2.2.1 TTL 与非门的电路结构和工作原理	(37)
2.2.2 TTL 逻辑门的技术参数	(40)
复习思考题 2.2	(45)
习题 2.2	(45)
习题答案 2.2	(46)
2.3 集电极开路门	(46)
2.3.1 OC 门的结构和功能特点	(46)
2.3.2 OC 门的线与功能	(47)
2.3.3 线与负载电阻的计算	(48)
复习思考题 2.3	(49)
习题 2.3	(49)
习题答案 2.3	(49)
2.4 三态门	(49)
复习思考题 2.4	(51)
习题 2.4	(51)
习题答案 2.4	(52)
2.5 CMOS 逻辑门电路	(52)
2.5.1 CMOS 反相器	(52)
2.5.2 CMOS 门电路	(54)
2.5.3 CMOS 传输门和双向模拟开关	(56)
2.5.4 CMOS 漏极开路门及三态门	(56)
2.5.5 BiCMOS 门电路	(58)
复习思考题 2.5	(59)

习题 2.5	(59)
习题答案 2.5	(60)
2.6* 射极耦合逻辑门电路	(60)
2.7 各类集成门电路工程知识	(62)
2.7.1 集成逻辑门电路类别	(62)
2.7.2 CMOS 系列	(63)
2.7.3 CMOS 与 TTL 电路的比较	(64)
习题 2	(64)
习题答案 2	(68)
3 组合逻辑电路	(70)
3.1 组合逻辑电路概述	(70)
3.2 SSI 组合逻辑电路分析	(71)
复习思考题 3.2	(72)
习题 3.2	(72)
习题答案 3.2	(73)
3.3 SSI 组合逻辑电路设计	(74)
复习思考题 3.3	(78)
习题 3.3	(78)
习题答案 3.3	(79)
3.4 常用 MSI 集成组合逻辑功能电路	(80)
3.4.1 编码器	(80)
3.4.2 译码器和数字显示	(84)
3.4.3 运算电路	(88)
3.4.4 数据选择器	(90)
3.4.5 数值比较器	(92)
复习思考题 3.4	(94)
习题 3.4	(94)
习题答案 3.4	(96)
3.5 用 MSI 芯片设计组合逻辑功能电路	(96)
3.5.1 用数据选择器实现组合逻辑功能	(96)
3.5.2 用译码器实现多种组合逻辑功能	(99)
3.5.3 用全加器实现多种组合逻辑功能	(101)
复习思考题 3.5	(104)
习题 3.5	(104)
习题答案 3.5	(106)
3.6 组合逻辑电路综合应用举例	(106)
3.7 组合逻辑集成电路使用实际问题	(108)
3.7.1 产生竞争冒险的原因	(109)
3.7.2 消除竞争冒险的方法	(110)

3.7.3 接口技术	(110)
3.7.4 逻辑门多余引脚的处理	(111)
3.7.5 正负逻辑问题	(112)
习题 3.7	(113)
习题答案 3.7	(113)
习题 3	(113)
习题答案 3	(116)
4 触发器和时序逻辑电路	(117)
4.1 时序逻辑电路	(117)
4.1.1 时序逻辑电路的一般结构及特点	(117)
4.1.2 时序逻辑电路的描述方法	(118)
4.1.3 时序逻辑电路的分类	(118)
复习思考题 4.1	(119)
4.2 双稳态触发器	(119)
4.2.1 双稳态触发器概述	(119)
4.2.2 基本 RS 触发器	(120)
4.2.3 钟控 RS 触发器	(124)
4.2.4 JK 触发器	(128)
4.2.5 D 触发器	(132)
4.2.6 T 触发器和 T' 触发器	(135)
复习思考题 4.2	(138)
习题 4.2	(138)
习题答案 4.2	(139)
4.3 时序逻辑电路的分析方法	(140)
4.3.1 分析时序电路的一般步骤	(140)
4.3.2 分序时序电路举例	(141)
复习思考题 4.3	(145)
习题 4.3	(145)
习题答案 4.3	(146)
4.4 寄存器和移位寄存器	(146)
4.4.1 数据寄存器	(146)
4.4.2 移位寄存器	(147)
复习思考题 4.4	(153)
习题 4.4	(153)
习题答案 4.4	(154)
4.5 计数器	(154)
4.5.1 计数器的功能和分类	(154)
4.5.2 二进制计数器	(155)
4.5.3 十进制计数器	(160)

4.5.4 移位寄存器型计数器	(165)
复习思考题 4.5	(167)
习题 4.5	(168)
习题答案 4.5	(168)
4.6 用 MSI 计数器构成 M 进制计数器	(168)
4.6.1 $M < N$ 的置 0 法和置数法	(168)
4.6.2 $M > N$ 的计数器级联方法	(172)
复习思考题 4.6	(174)
习题 4.6	(174)
习题答案 4.6	(174)
4.7 时序逻辑电路设计方法	(174)
习题 4.7	(180)
习题答案 4.7	(180)
习题 4	(180)
习题答案 4	(185)
5 脉冲波形的产生与变换	(193)
5.1 集成 555 定时器	(193)
复习思考题 5.1	(195)
习题 5.1	(195)
习题答案 5.1	(195)
5.2 多谐振荡器	(196)
5.2.1 由门电路组成的多谐振荡器	(196)
5.2.2 石英晶体振荡器	(197)
5.2.3 由 555 定时器组成的多谐振荡器	(198)
复习思考题 5.2	(200)
习题 5.2	(200)
习题答案 5.2	(200)
5.3 单稳态触发器	(201)
5.3.1 由门电路组成的单稳态触发器	(201)
5.3.2 集成单稳态触发器	(202)
5.3.3 由 555 定时器组成的单稳态触发器	(203)
5.3.4 单稳态触发器典型应用	(204)
复习思考题 5.3	(205)
习题 5.3	(205)
习题答案 5.3	(205)
5.4 施密特触发器	(206)
5.4.1 由门电路组成的施密特触发器	(206)
5.4.2 由 555 定时器组成的施密特触发器	(207)
5.4.3 施密特触发器应用举例	(208)

复习思考题 5.4	(208)
习题 5.4	(208)
习题答案 5.4	(209)
习题 5	(210)
习题答案 5	(213)
6 半导体存储器和可编程逻辑器件	(215)
6.1 半导体存储器	(215)
6.1.1 半导体存储器的特点	(215)
6.1.2 半导体存储器的分类	(215)
6.1.3 半导体存储器的主要技术指标	(216)
复习思考题 6.1	(216)
6.2 随机存取存储器 RAM	(216)
6.2.1 RAM 的结构和读/写原理	(217)
6.2.2 RAM 集成电路	(219)
复习思考题 6.2	(220)
习题 6.2	(220)
习题答案 6.2	(220)
6.3 只读存储器 ROM	(220)
复习思考题 6.3	(223)
习题 6.3	(223)
6.4 存储器的扩展和应用	(224)
6.4.1 存储器的扩展	(224)
6.4.2 存储器的应用	(225)
复习思考题 6.4	(227)
习题 6.4	(227)
6.5 可编程逻辑器件	(228)
6.5.1 可编程逻辑器件概述	(228)
6.5.2 普通可编程逻辑器件	(228)
6.5.3 复杂可编程逻辑器件	(232)
6.5.4 现场可编程门阵列	(233)
6.5.5 可编程逻辑器件的开发与应用	(234)
习题 6	(237)
习题答案 6	(239)
7 模拟量与数字量转换	(241)
7.1 D/A 转换器	(241)
7.1.1 D/A 转换的基本原理	(241)
7.1.2 D/A 转换器的类型	(242)
7.1.3 D/A 转换器的主要技术指标	(245)

7.1.4 集成 D/A 转换器及其应用	(245)
复习思考题 7.1	(249)
习题 7.1	(249)
习题答案 7.1	(249)
7.2 A/D 转换器	(250)
7.2.1 A/D 转换的基本原理	(250)
7.2.2 A/D 转换器的类型	(251)
7.2.3 A/D 转换器的主要技术指标	(258)
7.2.4 集成 A/D 转换器及其应用	(259)
复习思考题 7.2	(261)
习题 7.2	(261)
习题答案 7.2	(262)
习题 7	(262)
习题答案 7	(264)
8 EDA 技术	(265)
8.1 EDA 技术及其发展	(265)
8.1.1 EDA 技术简述	(265)
8.1.2 EDA 技术发展过程	(266)
8.1.3 21 世纪 EDA 技术发展特点	(267)
8.2 EDA 技术的基本特征及设计流程	(267)
8.3 EDA 技术的主要内容及其开发工具	(270)
8.4 VHDL	(271)
8.4.1 VHDL 简介	(271)
8.4.2 VHDL 程序的基本结构	(271)
8.4.3 VHDL 程序的基本语法	(275)
附录	(276)
附录 A 美国标准信息交换码(ASCII)	(276)
附录 B 二进制数算术运算	(277)
附录 C TTL 和 CMOS 逻辑门电路的技术参数	(279)
附录 D 二进制逻辑单元图形符号(国家标准 GB 4728.12—85)	(280)
附录 E 国产半导体集成电路型号命名法(GB 3430—82)	(284)
附录 F 常用 A/D 转换器和 D/A 转换器芯片	(286)
参考文献	(288)

1

数字电路基础

本章概述了数字电路、数制和码制的基本知识,学习逻辑代数的应用知识,以及逻辑函数的公式化简方法和卡诺图化简方法。

1.1 数字电路概述

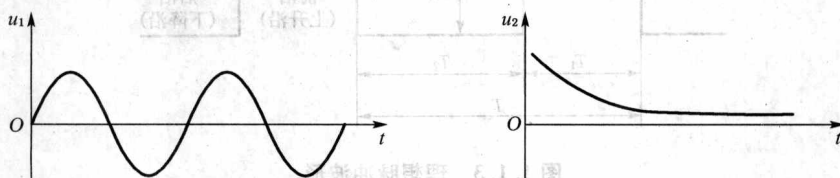
学习要点

理解数字电路的基本概念和特点。

掌握数字电路中“1”和“0”的含义。

1.1.1 模拟信号和数字信号

在电子信息工程中,产生、传递、加工和处理的信号可以分成模拟信号和数字信号两大类。模拟信号在时间和大小上都是连续的,模拟信号的数值表示了相应物理量的大小,模拟信号的波形反映了该物理量的变化规律。图 1.1.1(a)、(b)显示了两种典型的模拟信号。用以产生、传递、加工和处理模拟信号的电路称为模拟电路。数字信号在时间上是离散的,或者说的不连续的,数字信号用脉冲的有无、数目、宽度和频率或数码组合等方式反映物理量的信息。图 1.1.2 为典型数字信号示例。产生、传递、加工和处理数字信号的电路称为数字电路,例如门电路、触发器、计数器和半导体存储器等。数字电路是本课程所要学习的内容。



(a) 正弦波

(b) 指数衰减波

图 1.1.1 模拟信号和数字信号的波形



图 1.1.2 数字信号的波形

1.1.2 数字电路的基本概念

数字电路中用数字“0”和“1”来表示信号,这里的“0”和“1”已不是习惯的十进制数中的

数字。数字逻辑电路中的“1”和“0”表示两种完全对立的状态。当任何事件的结果,以及决定该事件结果的条件,如果只有完全对立的两种可能状态,而不会出现任何其他中间状态,就可以用“1”和“0”来代表该事件结果和条件的状态。数字逻辑电路中的“1”和“0”只是人为事先定义的,代表两种完全对立状态的表达,并非是狭义的数字含义。

数字信号普遍采用二进制计数形式。由于二进制数只有“0”和“1”两个数,可用电路或元件的两种截然不同的稳定状态方便容易地表示二进制的两个数码。逻辑0和逻辑1反映在数字电路上就是低、高电平。例如,共发射极放大电路三极管饱和导通时,电路输出是低电平,表示“0”状态;电路截止时,输出是高电平,表示“1”状态。

数字电路中用高电平和低电平表示信号的一定电压范围,电平并非是一个固定的电压数值,不同的数字系统中,高电平和低电平的定义范围是不一样的。在正逻辑体系下,高电平表示信号的幅值大于某个给定的电压数值,低电平表示信号的幅值小于某个给定电压数值。例如在TTL电路中,通常规定电压数值大于2.4V是高电平,电压数值小于0.8V是低电平。负逻辑体制的高低电平定义范围和正逻辑体制相反。有关正、负逻辑问题将在第2.7节中专门介绍。本书如无特殊说明,一律采用正逻辑体制。

数字电路的主要研究对象是电路的输出与输入之间的逻辑关系,数字电路中的晶体三极管处于开关状态,分析主要采用逻辑代数、逻辑表达式、真值表和波形图等数学工具。在数字电路中不能采用模拟电路的分析方法(例如微变等效电路分析法、图解分析法)。

数字电路可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。利用组合逻辑电路和时序逻辑电路可以控制、操作和运算数字系统的信息。有关这方面的知识将在后续章节详细介绍。

1.1.3 脉冲信号

数字电路中,信号是由脉冲电压或脉冲电流形式的。脉冲是一种不连续性的阶跃性离散信号,理想的脉冲波形如图1.1.3所示,实际的脉冲波形如图1.1.4所示。

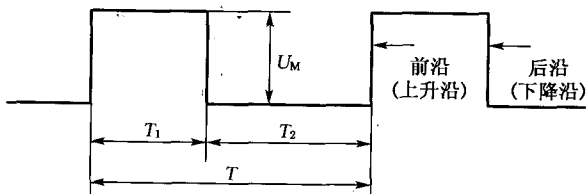


图 1.1.3 理想脉冲波形

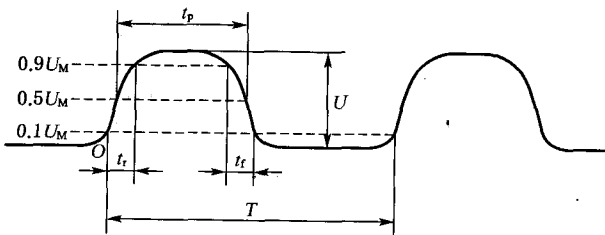


图 1.1.4 实际脉冲波形

图 1.1.3 和图 1.1.4 中脉冲信号波形参数的含义如下:

脉冲幅值 U_M : 脉冲信号变化范围。

脉冲宽度 t_p : 脉冲从上升沿的脉冲幅度 50% 点到下降沿的脉冲幅度 50% 点的持续时间。

脉冲周期 T : 周期性脉冲信号相邻两个脉冲对应点之间的时间间隔。

脉冲频率 f : 每秒时间内的脉冲数目, $f = 1/T$ 。

脉冲上升时间 t_r : 脉冲从脉冲幅度 10% 上升到 90% 所需的时间。

脉冲下降时间 t_f : 脉冲从脉冲幅度 90% 下降到 10% 所需的时间。

占空比 T_1/T : 脉冲信号宽度和脉冲周期之比。

脉冲信号有正脉冲和负脉冲之分。如果脉冲跃变后的值比初始值高, 则为正脉冲, 如图 1.1.5(a) 所示, 反之, 则为负脉冲, 如图 1.1.5(b) 所示。正逻辑系统中用高电平表示逻辑状态“1”, 低电平表示逻辑状态“0”。负逻辑系统中用高电平表示逻辑状态“0”, 低电平表示逻辑状态“1”。正逻辑系统和负逻辑系统各自适合不同的运用场合, 它们之间是可以相互转换的。



图 1.1.5 正脉冲和负脉冲

1.1.4 数字电路的特点

数字电路与模拟电路相比, 主要具有以下一些优点:

(1) 基本单元电路简单, 电路成本低, 工作可靠性高。电路中对各元件精度要求低, 允许元件参数有较大的分散性。

(2) 抗干扰能力强。数字电路只需要能区分信号两种截然不同的状态, 不必精确地测量信号的大小, 噪声容限大。数字电路通常是根据脉冲信号的有无、个数、宽度和频率来进行工作, 干扰往往只能影响脉冲幅度, 所以抗干扰能力强, 准确度较高。

(3) 通用性强。数字电路能够制造成系列化、标准化的数字部件, 并以此构成各种各样的数字系统。

(4) 容易实现算术和逻辑运算功能。易于和计算机配合, 实现自动化、智能化。

(5) 数据便于存储、携带和交换。

(6) 系统故障诊断容易。

(7) 保密性好。在数字电路中信号可以方便地进行加密处理, 使信息资源不易被窃取。

数字电路由于具有上述优点, 所以发展十分迅速, 在计算机、数控技术、通信系统、图像处理、数字仪表等方面都得到了越来越广泛的应用。电子电路数字化是当今电子技术的发展趋势。

由于数字电路具有上述优点, 随着微电子技术及集成电路(Integration Circuit, IC)工艺技术的迅猛发展, 数字电路在计算机、通信系统、仪器仪表、数控技术、家电等领域都得到了

广泛应用。数字电子技术已成为工程技术人员所必须具备的基础知识。

1.1.5 数字电路的发展与分类

数字电路的发展与模拟电路一样,经历了由电子管、半导体分立器件到 IC 的过程。但数字 IC 比模拟 IC 发展得更迅速。从 20 世纪 60 年代开始,数字集成器件用双极型工艺制成了小规模逻辑器件,随后发展到中、大规模逻辑器件;70 年代末,超大规模集成电路——微处理器的出现,使数字 IC 的性能产生了质的飞跃。目前,制备数字集成器件所用的材料以硅(Si)和锗(Ge)半导体为主,在高速数字 IC 中,也使用化合物半导体材料,例如砷化镓(GaAs)等。

逻辑门电路是一种重要的逻辑单元电路。TTL 逻辑门电路问世较早,其工艺经过不断地改进,至今仍为主要的逻辑器件之一。随着 MOS 工艺、特别是 CMOS(互补 MOS)工艺的长足进展,TTL 器件的主导地位有被 CMOS 器件所取代的趋势。近 10 多年来,可编程逻辑器件(PLD)特别是现场可编程门阵列(FPGA)的飞速发展,为数字电子技术开创了新局面。这些数字集成器件不仅规模大,而且将硬件与软件相结合,使数字 IC 的功能更加趋于完善,使用起来也更加灵活。

从集成度来说,数字 IC 可分为小规模集成(Small Scale Integration, SSI)、中规模集成 MSI (Medium Scale Integration, MSI)、大规模集成(Large Scale Integration, LSI)、超大规模集成(Very Large Scale Integration, VLS)和特大规模集成(Ultra-Large Scale Integration, ULSI)等五类。所谓集成度,是指每一块数字 IC 芯片所包含的双极型三极管 BJT 或场效应管 MOSFET 的个数。表 1.1.1 列出了五类数字集成电路的规模和分类依据。

表 1.1.1 五类数字 IC 的规模和分类依据

分 类	晶体管的个数	典型的数字 IC
小 规 模 IC	最多 10 个	逻辑门电路
中 规 模 IC	10~100	计数器、全加器、译码器
大 规 模 IC	100~1 000	小型存储器、门阵列
超大规模 IC	1 000~1 000 000	大型存储器、微处理器
特大规模 IC	1 000 000 以上	PLD、多功能 IC

近 30 年来,随着微电子技术的发展和数字 IC 芯片集成度的不断提高,例如中央微处理器(CPU)的集成度大致是每 6 年提高 8 倍,动态随机读/写存储器(DRAM)的集成度是每 6 年提高 12 倍,伴随着计算机技术和电子设计自动化(EDA)技术的迅速发展,为了分析、仿真和设计数字电路或系统,提高它们的性能价格比,可采用硬件描述语言,例如 VHDL 语言或 ISP Synario 软件包,借助计算机实现 EDA。在设计较复杂数字系统时,用硬件描述语言的优点将更加突出。

复习思考题 1.1

- 1.1.1 叙述数字电路中“1”和“0”,以及高电平和低电平的含义。
- 1.1.2 叙述脉冲信号波形参数的意义。
- 1.1.3 理想的脉冲波形是跃变的,是数字信号。实际的脉冲波形是数字信号,还是模拟