



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教育)

数字电子技术基础

(第3版)

周良权 方向乔 编



高等教育出版社
Higher Education Press

内容简介

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(高职高专教育)

数字电子技术基础

第 3 版

反盗版举报电话: (010) 82086060
传 真: (010) 82086060
E-mail: dd@hep.com.cn

通信地址: 北京 周良权 方向乔 编

邮 编: 100011

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第172948号

购书请拨打: (010) 58581111

责任编辑: 李志强 封面设计: 李志强 责任印制: 李志强
文字编辑: 李志强 校对: 李志强 责任校对: 李志强

http://www.widohr.com 网络教育
http://www.jandao.com 网上订购
http://www.hep.edu.cn http://www.hep.com.cn 网 址
800-810-0298 读者服务
010-28281118 总发行部

北京人民印刷厂 印刷
北京蓝色图纹行有限公司 装订
010-28281000 总 址
北京市西城区德胜门内大街4号 地址
航空工业出版社 航空出版

次 次 次
2008年1月第3版
2008年1月第1次印刷
57.00元 定 价

787×1092 1/16 开 本
18.25 张 数
440 000 字 数

高等教育出版社

邮政编码: 100000
地址: 北京市西城区德胜门内大街4号
电话: 010-58581111

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育)。本书第一版在1999年曾荣获教育部科学技术进步三等奖。本次修订是在第二版教材基础上,根据高等教育出版社2006年召开的高职高专电类基础课“十一五”国家级规划教材编写会文件《专业基础课“十一五”规划教材建设的思考》中提出的“以技能培养为核心、落实应用”的精神进行修订。本书力求体现“知识的应用点紧密结合生产实际,并及时跟踪先进技术”这一高职高专教材特色。

全书内容有:数字电路基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲波形发生器与整形电路、数/模和模/数转换器、半导体存储器和可编程逻辑器件、数字电路读图练习等。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办学校的电气电子、信息自动化、机电一体化等专业的教材,也可供从事电子技术的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础/周良权,方向乔编.—3版.—北京:高等教育出版社,2008.1
ISBN 978-7-04-022707-9

I. 数… II. ①周…②方… III. 数字电路-电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第175948号

策划编辑 孙杰 责任编辑 李葛平 封面设计 张志奇 责任绘图 尹莉
版式设计 张岚 责任校对 杨雪莲 责任印制 尤静

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印刷	北京市南方印刷厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开本	787×1092 1/16	版次	1994年7月第1版
印张	18.25		2008年1月第3版
字数	440 000	印次	2008年1月第1次印刷
		定价	23.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22707-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

第3版前言

2006年11月

本书是根据2006年11月召开的高职高专电类基础课“十一五”国家级规划教材编写会文件《专业基础课“十一五”规划教材建设的思考》提出的“以技能培养为核心、落实应用”的精神,本着“教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展”的编写原则,在第二版教材的基础上进行修订。修订后的教材,进一步切合电气、电子信息类专业高职高专培养目标的_{教学层次和特点},使读者便于掌握数字电子技术课程内容的特殊性和规律性,提高学习效率,更快进入数字电子技术领域,并拓宽应用技能。具体修订有以下几个方面:

一、介绍各种较新的集成逻辑电路系列,并以简明的方式对其性能参数进行比较,使读者更易理解掌握,有利于对各系列集成逻辑门的合理选择和使用。

二、对各种集成组合和时序逻辑电路,强调从逻辑功能表入手理解其各引脚逻辑功能及其优先权排列,以提高对集成逻辑器件的应用技能。

三、删除了某些集成逻辑器件内部电路的设计过程(如集成同步十进制加法计数器)和工作原理分析(如集成CMOS施密特触发器),着重介绍其应用电路。

四、对集成逻辑器件的二进制逻辑单元图形符号用方框符号图形代替。仅保留一些较为简单易懂的二进制逻辑单元图形符号,并删除了该部分在附录中的介绍。

五、适量介绍贴近生活的集成逻辑器件的应用举例,有利于读者对知识点用途的理解,并可提高对集成逻辑器件的应用能力。

六、将每章原教学基本要求的“掌握、熟悉、了解”改为“要知道、会画出、会计算、会判断”等较为明确直观的要求,使读者更便于掌握学习的侧重点。

七、对每章重要知识点,大多作了重点提示。这是作者在长期数字电路教学过程中的体会,是对学生学习方法的强调和提示,希望能对学生更好地理解 and 掌握本门课程有所帮助。

八、可编程逻辑器件反映数字逻辑器件发展的先进技术,在各种高科技数字设备中广泛应用。本书对此作了简要介绍。

九、对数字电路维修人员而言,必须具有读图能力。本书第9章为数字电路读图练习。考虑到教学层次不同和教学时数限制,标注有“*”号,供选学。

本书第1章至第5章由北华大学工学院方向乔修订;第6章至第9章由上海理工大学周良权修订,并从设计的实训项目实践中新引入了一些应用电路。周良权负责全书的统稿。

本书由承德石油高等专科学校廖先芸教授审阅,她对全部书稿认真仔细地进行了审读,并提出了许多宝贵意见和建议。石家庄职业技术学院李新领教授为本书制作了生动的多媒体电子教案、自我检测题及试题题库光盘,在此一并表示诚挚的谢意。

第一版前言

本书是根据国家教育委员会1990年7月制订的《高等学校工程专科电子技术基础课程教学基本要求》和1990年11月武汉会议审定通过的《高等学校工程专科电子技术基础教材编写大纲》进行编写的。与本教材配套的有《模拟电子技术基础》和《电子技术基础实验》。

根据高等学校工程专科以培养工程应用型技术人才为主的培养目标,本书力求在保证必要的基本理论、基本知识、基本分析方法和技能的基础上,贯彻理论与工程实践相结合,以应用为目的,以必需、够用为度和掌握概念、强化应用等原则,突出高等学校工程专科教学的特色。

本书编写的思路是:

一、遵循教学规律,力求由浅入深,由易到难,由简到繁,循序渐进。突出数字电路学习的特点和重点。

二、在掌握数制、码制、逻辑代数、卡诺图、真值表、逻辑符号图和逻辑函数式表示方法和分析方法的基础上,以集成电路为主,介绍各种常用的组合和时序逻辑电路的逻辑功能、使用方法,并适当介绍一些常用可编程逻辑器件的基本知识。

三、在介绍集成数字电路的各章中,均列举了各种典型的应用电路,使理论与实践应用相结合,拓宽读者应用思路,了解应用规律和方法。

四、本书最后一章的读图练习,使读者了解数字电路系统的读图方法,以培养分析问题和解决问题的能力。

五、鉴于国际和国内正在推广使用新的二进制逻辑符号,在本书附录中介绍了各种常用集成数字电路逻辑符号及所表示的符号含义,并在书中各章中采用。

六、本书每章开始,根据《高等学校工程专科电子技术基础课程教学基本要求》,归纳出该章教学基本要求,目的是使读者在学习过程中便于检查对照,在每章末列有思考题与习题,书后附有部分计算习题的答案。书中附有部分典型器件的参数,供读者参考了解。

根据《高等学校工程专科电子技术基础课程教学基本要求》,本书教学参考学时范围规定为45~55学时。其中下限教学时数仅适用于各章教学基本要求的内容,上限教学时数包含基本要求以外的教学内容。各章中所介绍的实用电路,可根据各专业要求及学时数情况酌情取舍。加*注的为基本要求以外的教学内容。

本书由国家教育委员会高等学校工程专科电子技术基础教材编审组推荐为高等学校工程专科电气、电子类专业电子技术基础课程的通用教材。本书也被选定为机械电子工程师机电一体化工程专科电子技术课程的自学考试教材。也可作为普通高校大专班和职工大学电气、电子类专业电子技术基础课程教材,还可供中等专业学校或普通高校本科有关专业或从事电子技术的工程技术人员参考。

本书是在国家教育委员会组织的高等学校工程专科电子技术教材编审组和高等教育出版社指导下编写完成的。本书的第一章到第五章和附录中的器件参数由吉林电气化高等专科学校方向乔同志编写,第六章到第九章和附录中的二进制逻辑符号由上海机械高等专科学校周良权同志编写,周良权同志负责全书的统稿。华中理工大学陈大钦教授担任本书主审,参加审阅的还有彭容修副教授和杨华老师。

参加1991年7月在集美召开的审稿会的有南通职业大学陈卜锁副教授、沈阳电力高等专科学校熊保辉副教授、华北航天工业学院高磷副教授、江汉大学易沅陵副教授、集美航海学院黄国庆副教授等同志。

参加审稿和承担主审及审阅的同志对本书提出了许多宝贵的意见和建议,高等学校工程专科电子技术教材编审组组长南京化工学院副院长莫彬副教授主持组织讨论,做了许多辛勤的工作,在此一并表示衷心感谢。电子技术日新月异,教学改革任重道远,我们的能力与所提出的要求相比,还有一定差距。由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请使用本书的师生和读者批评指正。

编者

1993年8月

重点

二

三

四

五

六

七

八

九

十

十一

十二

十三

十四

十五

十六

十七

十八

十九

二十

二十一

二十二

二十三

二十四

二十五

第二版前言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)。编者在第一版的基础上,根据多年教学实践,听取众多使用本教材师生提出的宝贵意见和建议,依照2000年教育部制订的《高职高专数字电子技术基础课程教学基本要求》,在以“必需、够用为度”的原则下,结合目前数字集成器件的发展和使用情况,进行了适当的修订。修订后的教材,更加切合电气、电子类专业高职高专教学层次及教学特点,概念更为清晰、简明,读者更易于掌握数字电子技术的规律,提高应用能力。具体修订有以下方面:

一、鉴于目前数字集成器件的使用倾向于性能优越的CMOS HC系列和TTL LS系列,因此在分析集成逻辑门电路及其特性时,着重以这些系列电路为主。在引用组合和时序逻辑器件的功能时,也尽可能以这些系列作为典型电路介绍,并列出一一些相应型号。

二、为了便于讲解各系列逻辑器件性能参数时对照参考,将各系列主要参数对比表列入正文。

三、由于目前可编程逻辑器件发展较快,在各种高科技电子产品和数字电路中应用也日渐广泛,对这些器件作了知识性介绍,以便于读者了解。

四、对某些功能的集成器件,如集成单稳态触发器等的内部电路不再进行工作原理的分析,主要介绍其外部引脚功能和使用方法。

五、本书仍保留初版的应用电路举例和读图练习,目的在于提高读者对数字电路的分析应用能力。

六、书中标注“*”的章节,如时序逻辑电路的设计、可编程逻辑器件及读图练习等,可作为不同教学层次需要选修。

七、本书在修订中尽可能突出数字器件逻辑功能的规律性,便于读者能较快学习掌握。

八、在每章习题中适量补充了填空、选择和是非判断题,并基本保留原思考题和计算题,便于学生检验和巩固所学的知识。

本书修订是在高等教育出版社高职高专教育编辑室指导下完成的。第1章至第5章由北华大学工学院方向乔修订,第6章至第9章由上海理工大学周良权修订,周良权负责全书的统稿。

本书承蒙沈阳电力高等专科学校熊保辉副教授的认真审阅。审者提出了许多宝贵意见和富有远见的建议,广大兄弟院校师生对本书修订也提出了很好的建议,在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳切期望广大师生和读者提出批评和指正。

编者

2002年5月

常用符号表

A, B, C, \dots 输入逻辑变量
 a 各种计数体制展开式位权系数
 c 进位系数
 CP 触发器时钟脉冲输入端
 C_{ext} 外接电容端
 CR 清零端
 D D 触发器输入端
 D_{SR} 移位寄存器右移串行输入端
 D_{SL} 移位寄存器左移串行输入端
 EI 使能输入控制端
 EO 使能输出控制端
 FF 触发器
 f_{max} 最高工作频率
 G 逻辑门
 I_{CCH} 空载截止电源电流
 I_{CCL} 空载导通电源电流
 I_{IH} 输入高电平电流
 I_{IL} 输入低电平电流
 I_{OH} 输出高电平电流
 I_{OL} 输出低电平电流
 I_{IS} 输入短路电流
 J, K J, K 触发器输入端
 L, W, Y 输出逻辑变量
 LD 预置输入控制端
 LT 灯测试输入端
 m 最小项
 N 计数器计数输入、计数循环长度
 计数状态数、模
 N_0 扇出系数
 OC 集电极开路输出

P_{off} 空载截止功耗
 P_{on} 空载导通功耗
 dp 速度-功耗积
 Q 触发器输出
 Q^n 触发器输出初态
 Q^{n+1} 触发器输出次态
 q 占空比
 R, S R, S 触发器输入端
 R_D, S_D 触发器直接置0、置1端
 R_L 上拉电阻、负载电阻
 T T 触发器输入端
 T 周期
 T_N N 沟道场效应管
 T_P P 沟道场效应管
 TG 传输门
 TSL 三态门
 t_{WI} 输入脉宽
 t_{WO} 输出脉宽
 t_{WL} 输出低电平脉宽
 t_{WH} 输出高电平脉宽
 t_{PHL} 导通延迟时间
 t_{PLH} 截止延迟时间
 t_{pd} 平均延迟时间
 U 电压
 U_I 输入电压
 U_{IH} 高电平输入电压
 U_{IL} 低电平输入电压
 U_{BE} 三极管基极-射极电压
 $U_{CE(sat)}$ 三极管饱和压降
 $U_{IL(max)}$ 输入低电平最高电压

$U_{IH(min)}$ 输入高电平最低电压
 U_{SH} 标准输出高电平
 U_{SL} 标准输出低电平
 U_{NL} 低电平噪声容限
 U_{NH} 高电平噪声容限
 U_{TH} 阈值电压
 U_{T+} 正向阈值电压
 U_{T-} 负向阈值电压
 $U_{GS(th)N}$ N 沟道增强型场效应管开启电压

$U_{GS(th)P}$ P 沟道增强型场效应管开启电压
 ΔU_H 回差电压
 V_{CC} (TTL) 三极管集电极电源电压
 V_{EE} (TTL) 三极管射极电源电压
 V_{DD} (CMOS) 场效应管漏极电源电压
 V_{GG} (CMOS) 场效应管栅极电源电压
 V_{SS} (CMOS) 场效应管源极电源电压
 V_{REF} 基准电压
 β 三极管共射电流放大系数

目 录

第 1 章 数字电路基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 数字信号和数字电路	1
1.1.2 数字电路的特点	1
1.1.3 数字电路的分类	2
1.1.4 数字电路的应用	3
1.2 几种常用的数制和码制	3
1.2.1 数制	3
1.2.2 码制	7
1.3 逻辑函数中三种最基本的逻辑运算	8
1.3.1 逻辑函数和逻辑变量	8
1.3.2 三种基本逻辑关系及其表示方法	8
1.4 复合逻辑函数	10
1.5 逻辑函数的几种表示方法及其相互转换	12
1.5.1 已知真值表求逻辑表达式和逻辑图	12
1.5.2 已知逻辑函数式求真值表和逻辑图	14
1.5.3 已知逻辑图求逻辑函数式和真值表	14
1.6 逻辑代数	15
1.6.1 基本公式、定律和常用规则	15
1.6.2 逻辑函数的代数化简法	17
1.7 逻辑函数的卡诺图化简法	20
1.7.1 逻辑函数的最小项及最小项表达式	20
1.7.2 逻辑函数的卡诺图表示法	21
1.7.3 用卡诺图化简逻辑函数	24
1.7.4 具有无关项的逻辑函数及其	

化简	27
1.8 关于正逻辑和负逻辑的规定及其转换	28
本章小结	29
自我检验题	29
思考题与习题	30
第 2 章 集成逻辑门电路	34
2.1 分立元件逻辑门电路	34
2.1.1 二极管门电路	35
2.1.2 三极管门电路	37
2.2 CMOS 集成逻辑门	39
2.2.1 CMOS 反相器的工作原理	39
2.2.2 CMOS 反相器的特性和主要参数	40
2.2.3 其它类型的 CMOS 逻辑门	45
2.2.4 各种 CMOS 系列的数字集成电路	51
2.2.5 CMOS 电路的正确使用	52
2.3 TTL 集成逻辑门	54
2.3.1 TTL 与非门的工作原理	54
2.3.2 其它类型的 TTL 门电路	55
2.3.3 各种系列的 TTL 门电路及其性能比较	56
2.3.4 TTL 与非门的外特性及其主要参数	58
2.3.5 双极型集成逻辑门电路使用中的几个实际问题	61
2.4 不同类型门电路的接口	62
2.5 门电路应用举例	66
本章小结	67
自我检验题	68
思考题与习题	69

第3章 组合逻辑电路	74	5.3.1 寄存器	136
3.1 概述	74	5.3.2 移位寄存器	137
3.2 组合逻辑电路的分析	75	5.4 计数器	141
* 3.3 组合逻辑电路的设计	75	5.4.1 异步计数器	141
3.3.1 组合逻辑电路的设计步骤	76	5.4.2 同步计数器	148
3.3.2 组合逻辑电路设计举例	76	5.4.3 N 进制计数器	153
3.4 常用的组合逻辑电路	78	5.5 时序逻辑电路应用举例	159
3.4.1 编码器	78	本章小结	163
3.4.2 译码器	83	自我检验题	164
3.4.3 多位加法器	93	思考题与习题	164
3.4.4 数值比较器	95	第6章 脉冲波形发生器与整形电路	167
3.4.5 数据选择器	97	6.1 555定时器及其应用	167
3.5 组合逻辑电路中的竞争 -		6.1.1 555定时器的结构及工作	
冒险现象	101	原理	167
3.5.1 什么是竞争 - 冒险现象	101	6.1.2 用555定时器组成单稳态触	
3.5.2 竞争 - 冒险的识别方法	102	发器电路	169
3.5.3 消除竞争 - 冒险的方法	103	6.1.3 用555定时器组成施密特触	
本章小结	104	发器	172
自我检验题	105	6.1.4 用555定时器组成多谐振	
思考题与习题	106	荡器	175
第4章 集成触发器	110	6.2 集成和其它单稳态触发器	179
4.1 基本RS触发器	110	6.2.1 微分型单稳态触发器	179
4.2 同步触发器	114	6.2.2 集成单稳态触发器	181
4.2.1 同步RS触发器	114	6.3 集成施密特触发器	184
4.2.2 同步D触发器	116	6.4 其它多谐振荡器电路	188
4.3 时钟脉冲边沿触发的触		6.4.1 用CMOS反相器组成的多谐	
发器	118	振荡器	188
4.3.1 主从型CMOS边沿D触发器	118	6.4.2 石英晶体多谐振荡器	190
4.3.2 下降沿触发的JK触发器	120	* 6.5 脉冲产生与整形电路的	
4.4 T触发器和T'触发器	123	应用	193
4.5 触发器应用举例	124	本章小结	198
本章小结	127	自我检验题	199
自我检验题	128	思考题与习题	199
思考题与习题	128	第7章 数/模和模/数转换器	204
第5章 时序逻辑电路	133	7.1 概述	204
5.1 概述	133	7.2 D/A转换器	205
5.2 同步时序逻辑电路的分析		7.2.1 $R-2R$ 倒T形电阻网络DAC	
方法	134	基本原理	205
5.3 寄存器和移位寄存器	136	7.2.2 集成D/A转换器AD7520	
		电路结构和应用	206

7.2.3 D/A 转换器的主要技术指标	211	8.2.2 RAM 存储容量的扩展方法	238
7.3 A/D 转换器	212	* 8.3 可编程逻辑器件(PLD)	239
7.3.1 采样、保持和量化及编码	213	8.3.1 PLD 基本电路的结构、功能 与习惯表示法	239
7.3.2 V-T 型双积分式 A/D 转 换器	215	8.3.2 可编程逻辑阵列(PLA)	241
7.3.3 逐次逼近型 A/D 转换器	217	8.3.3 可编程阵列逻辑(PAL)	244
7.3.4 A/D 转换器的主要技术指标	220	8.3.4 通用阵列逻辑(GAL)	244
7.4 D/A 和 A/D 转换器应用 举例	220	8.3.5 在系统可编程逻辑器件 (ISP-PLD)	247
7.4.1 数控电流源	221	8.3.6 现场可编程门阵列(FPGA)	251
7.4.2 数控三角波-方波发生器	221	8.3.7 在系统可编程通用数字开 关(isp GDS)	252
* 7.4.3 $3\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换器 7106 集成数字电压表	222	本章小结	253
本章小结	223	自我检验题	254
自我检验题	224	思考题与习题	254
思考题与习题	224	* 第 9 章 数字电路读图练习	256
第 8 章 半导体存储器和可编程逻辑 器件	228	9.1 读图的基本步骤	256
8.1 只读存储器(ROM)	228	9.2 $3\frac{1}{2}$ 位数字电压表	257
8.1.1 固定 ROM	229	9.3 金属带材厚度自动控制器	261
8.1.2 可编程 ROM(PROM)	232	本章小结	268
8.1.3 可擦除可编程 ROM (EPROM)	232	附录	269
8.2 随机存取存储器(RAM)	235	附录一 ASCII 编码	269
8.2.1 RAM 的电路结构和工作 原理	235	附录二 常用逻辑符号对照表	271
		部分习题答案	272
		参考文献	275

第 1 章

数字电路基础



本章教学基本要求:

要知道:数字信号中**1**和**0**所表示的广泛含义;十进制数、二进制数和十六进制数的表示方法与它们之间的相互转换方法;8421BCD码的表示方法及其与十进制数的转换方法,逻辑函数、逻辑变量、逻辑状态的含义;与、或、非所表示的逻辑事件;逻辑函数真值表的含义及表示规律和方法。

会写出:逻辑与、或、非、与非、或非、与或非、异或、同或等的逻辑表达式、真值表、逻辑符号及其逻辑规律;逻辑函数式、真值表及逻辑图三者间的转换;负逻辑符号的逻辑式。

会使用:逻辑代数化简逻辑函数式;最小项及其编号表示逻辑函数式;卡诺图化简逻辑函数式。

1.1 概 述

1.1.1 数字信号和数字电路

工程上把电信号分为模拟信号和数字信号两大类。模拟信号是指在时间上和数值上都是连续变化的信号,如电视机的图像和伴音信号,生产过程中由传感器检测得的由某种物理量转化成的电信号等。传输、处理模拟信号的电路称为模拟电路。数字信号是指在时间上和数值上都是断续变化的离散信号,如生产中自动记录零件个数的计数信号,由计算机键盘输入计算机的信号等。传输、处理数字信号的电路称为数字电路。

1.1.2 数字电路的特点

由于数字信号采用二值信息来表示脉冲的有、无或电平的高、低,所以数字电路在结构和工作状态、研究内容和分析方法等方面都与模拟电路不同,它具有如下特点:

(1) 数字电路在稳态时,电子器件(如二极管、三极管)处于开关状态,即工作在饱和区和截止区。这和二进制信号的要求是相对应的,因为导通和截止两种状态的外部表现正是电流的有、无,电压的高、低,这种有和无、高和低以及任何事物凡具有相对立的两种状态,均可分别用**1**和**0**两个数码来表示其状态,因而数字电路在各个领域获得广泛应用。

(2) 数字电路是由几种最基本的单元电路组成的,在这些基本单元电路中,对元件的精度要求不高,允许有较大的误差。因为数字电路信号的**1**和**0**只是状态的含义,所以电路在工作时只要能可靠地区分开**1**和**0**两种状态就可以了。这样组成数字电路的单元结构也比较简单,具有

便于集成化和系列化生产、工作准确可靠、精度高、成本低廉、使用方便等优点。

(3) 对于数字电路,人们关心和研究的主要问题是输入信号的状态(0 或 1)和输出信号的状态(0 或 1)之间的逻辑关系,以反映电路的逻辑功能。数字电路的研究内容可以分为两种,一种是对已有电路分析其逻辑功能,称为逻辑分析;另一种是按逻辑功能要求设计电路,称为逻辑设计。

(4) 由于数字电路工作的状态、研究的内容与模拟电路不同,所以分析方法也不同,它主要是用逻辑代数和卡诺图法等进行分析。

(5) 数字电路能够对数字信号 1 和 0 进行各种逻辑运算。所谓逻辑运算,就是按照逻辑规则,进行逻辑推理和逻辑判断。因此数字电路不仅具有运算能力,还具有逻辑思维能力。另外,0 和 1 也可表示为二进制数,进行算术运算。

1.1.3 数字电路的分类

(1) 数字电路按组成的结构可分为分立元件电路和集成电路两大类。

集成电路按集成度(在一块硅片上包含的逻辑门电路或元件数量的多少)可分为小规模(SSI)、中规模(MSI)、大规模(LSI)、超大规模(VLSI)和甚大规模(ULSI)集成电路。其中,SSI集成度为 1~10 门/片或 10~100 元件/片,主要是一些逻辑单元电路,如逻辑门电路、集成触发器。MSI集成度为 10~100 门/片或 100~1 000 元件/片,主要是一些逻辑功能部件,包括译码器、编码器、选择器、算术运算器、计数器、寄存器、比较器、转换电路等。LSI集成度为 100 门/片~10 000 门/片,此类集成芯片是一些数字逻辑系统,如中央控制器、小型存储器、门阵列等。VLSI集成度在 10 000 门/片~10 万门/片,是高集成度的数字逻辑系统,如在一个硅片上集成一个完整的微型计算机、大型存储器等。而 ULSI集成度大于 10^5 门/片,主要用于可编程逻辑器件(PLD)和多功能专用集成电路(ASIC)。

集成电路的发展十分迅速。从小规模、中规模逻辑器件到微处理器,专用集成电路(ASIC)的产生标志着数字集成电路发展到了新的阶段。ASIC 是将一个复杂的数字系统制作在一块半导体基片上,构成体积小、重量轻、功耗低、速度高、成本低且具有保密性的系统级芯片。ASIC 分为全定制和半定制两种。全定制为批量生产成熟产品,由半导体生产厂家完成制作,用户可直接使用。半定制为研制阶段或小批量生产产品,用户通过软件编程的方法,将自己设计的数字系统制作在厂家生产的可编程逻辑器件(PLD)半成品芯片上,从而得到所需的系统级芯片。

(2) 按电路所用器件的不同,数字电路又可分为双极型和单极型两大类。其中双极型电路有 DTL、TTL、ECL、IIL、HTL 等多种,单极型电路有 JFET、NMOS、PMOS、CMOS 四种。

(3) 根据电路逻辑功能的不同,数字电路又可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。

根据“理论知识以应用为目的,以必需、够用为度”、“理论与工程实际相结合”的原则,本课程将以小规模集成电路为基础,以中规模集成电路为主,着重介绍各种逻辑单元电路和逻辑部件的工作原理。在分析它们逻辑功能的同时,还将介绍逻辑电路的分析方法和逻辑电路的一般设计方法。再结合一些电路的应用举例介绍逻辑器件和电路的选择及使用方法。对集成电路的工艺设计和制造,本课程不作介绍。

1.1.4 数字电路的应用

数字电路的产生和发展是电子技术发展最重要的基础。由于数字电路相对于模拟电路有一系列的优点和独到之处,使它一方面在数字信号处理中应用十分广泛(如电子计算机),另一方面也为模拟信号的变换、压缩、传输、显示提供了十分优良的载体和条件。人类当今已进入信息化时代,也可称为数字化时代,这一时代的主要特点就是信息的交互沟通十分方便、快速和有效。计算机网络(互联网)、通信网络、广播电视网络,这三大网络的融合正在成为现实,三大网络自身的完善及相互间的融合所依托的核心技术就是数字电子技术。

数字电子技术的发展,不断地改变着人们的生活。手机、DVD机、摄像机、数码照相机、数字电视、家庭影院、多媒体家用平台及其它数字家电设备已陆续成为大众化消费产品,使人们的生活质量逐步提高。除此之外,数字电子技术在机械加工、生产过程自动控制、智能化机器人、军事科学、航天技术、测量技术、远程医疗、远程教育等诸多领域都得到了广泛的应用。对现代科学、工业、农业、文化传媒娱乐产业、医学的发展和人类社会的文明进步产生着越来越深刻的革命性影响,起着巨大的推动作用。

1.2 几种常用的数制和码制

1.2.1 数制

一、各种计数体制及其表示方法

所谓数制就是计数的方法。在生产实践中,人们经常采用位置计数法,即将表示数字的数码从左至右排列起来。常用的有十进制、二进制、十六进制等。

通常,十进制数用 $(N)_{10}$ (或 $(N)_D$)表示,二进制数用 $(N)_2$ (或 $(N)_B$)表示,十六进制数用 $(N)_{16}$ (或 $(N)_H$)表示。

1. 十进制(Decimal)

十进制有如下特点:

- (1) 它的数码 K 共有十个,为0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。
- (2) 相邻位的关系是高位为低位的十倍,逢十进一,借一当十,即十进制的基数 R 等于10。
- (3) 任何一个十进制数都可以写成以10为底的幂之和的形式:

$$(N)_{10} = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \times R^i = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \times 10^i \quad (1.2.1)$$

式(1.2.1)中 i 为数字中各数码 K 的位置号,为正、负整数,小数点前第一位 $i=0$ (0号位),第二位 $i=1$ (1号位),依此类推;小数点后第一位 $i=-1$ (-1号位),第二位 $i=-2$ (-2号位),依此类推。

10^i 为第 i 位的位权。

例如 $(246.134)_{10} = 2 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1} + 3 \times 10^{-2} + 4 \times 10^{-3}$

式(1.2.1)称为数的按权展开式。一个数是由数码 K 、基数 R 和位权 R^i 这三个要素构成的。一个数的数值等于数码乘位权的集合。