



21st CENTURY
规划教材

面向21世纪高职高专电子通信系列规划教材

COURSES FOR VOCATIONAL HIGHER EDUCATION, ELECTRONICS AND COMMUNICATION

数字电路与逻辑设计

DIGITAL CIRCUITS AND LOGIC DESIGNING

曹庆生 主编



科学出版社
www.sciencep.com

NEW in 2006



面向21世纪高职高专电子通信系列规划教材
COURSES FOR VOCATIONAL HIGHER EDUCATION: ELECTRONICS AND COMMUNICATION

数字电路与逻辑设计

曹庆生 主编

（理工科专业教材）

2000年出版，2001年重印，2002年第三次印刷，2003年第四次印刷
(北京人民邮电出版社出版)

ISBN 7-113-04111-1

定价：20.00元

（北京人民邮电出版社出版）

责任编辑：曹庆生、王...
封面设计：曹庆生

科学出版社

北京

地址

电话

网址

（北京人民邮电出版社出版）

2000年出版，2001年重印，2002年第三次印刷，2003年第四次印刷

（北京人民邮电出版社出版）

科学出版社

（北京人民邮电出版社出版）

北京

内 容 简 介

本书是根据“数字电路与逻辑设计”课程教学大纲,并结合作者多年的教学实践而编写的教材。

全书共分8章,主要讲述了数制与编码、逻辑电路基本知识、逻辑代数与逻辑函数、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲产生与整形电路、可编程逻辑器件,以及数/模、模/数转换器等内容。

本书可作为高职高专及成人教育计算机、电力、电子通信及自动化等专业的教材,也可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路与逻辑设计/曹庆生主编. —北京:科学出版社,2006

(面向21世纪高职高专电子通信系列规划教材)

ISBN 7-03-016129-7

I. 数… II. 曹… III. 数字电路—逻辑设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第090724号

责任编辑:李昱颖 丁 波/责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉/封面设计:飞天创意

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京彩色印装有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年2月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006年2月第一次印刷 印张:10 3/4

印数:1—4 000 字数:234 000

定价:15.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈踮蹇〉)

销售部电话010-62136131 编辑部电话010-62138978-8208

面向 21 世纪高职高专规划教材专家委员会

主 任 李宗尧

副主任 (按姓氏笔画排序)

丁桂芝 叶小明 张和平 林 鹏

黄 藤 谢培芬

委 员 (略)

信息技术系列教材编委会

主 任 丁桂芝

副主任 (按姓氏笔画排序)

万金保 方风波 徐 红 鲍 泓

委 员 (按姓氏笔画排序)

于晓平	马国光	仁英才	王东红	王正洪
王 玉	王兴宝	王金库	王海春	王爱梅
邓 凯	付百文	史宝会	本柏忠	田 原
申 勇	任益夫	刘成章	刘克敏	刘甫迎
刘经玮	刘海军	刘敏涵	安志远	许殿生
何瑞麟	余少华	吴春英	吴家砮	吴瑞萍
宋士银	宋锦河	张红斌	张环中	张海鹏
张蒲生	张德实	李云程	李文森	李 洛
李德家	杨永生	杨 闯	杨得新	肖石明
肖洪生	陈 愚	周子亮	周云静	胡秀琴
赵从军	赵长旭	赵动庆	郝 梅	唐铸文
徐洪祥	徐晓明	袁德明	郭庚麒	高延武
高爱国	康桂花	戚长政	曹文济	黄小鸥
彭丽英	董振珂	蒋金丹	韩银峰	魏雪英

出版前言

随着世界经济的发展,人们越来越深刻地认识到经济发展需要的人才多元化、多层次的,既需要大批优秀的理论型、研究型的人才,也需要大批应用型人才。然而,我国传统的教育模式主要是培养理论型、研究型的人才。教育界在社会对应用型人才需求的推动下,专门研究了国外应用型人才教育的成功经验,结合国情大力度地改革我国的“高等职业教育”,制定了一系列的方针政策。联合国教科文组织1997年公布的教育分类中将这种教育称之为“高等技术与职业教育”,也就是我们通常所说的“高职高专”教育。

我国经济建设需要大批应用型人才,呼唤高职高专教育的崛起和成熟,寄希望于高职高专教育尽快向国家输送高质量的紧缺人才。近几年,高职高专教育发展迅速。目前,各类高职高专学校已占全国高等院校的近1/2,约有600所之多。教育部针对高职高专教育出台的一系列政策和改革方案主要体现在以下几个方面:

- “就业导向”成为高职高专教育的共识。高职高专院校在办学过程中充分考虑市场需求,用“就业导向”的思想制定招生和培养计划。
- 加快“双师型”教师队伍建设。已建立12个国家高职高专学生和教师的实训基地。
- 对学生实行“双认证”教育。学历文凭和职业资格“双认证”教育是高职高专教育特色之一。
- 高职高专教育以两年学制为主。从学制入手,加快高职高专教学方向的改革,充分办出高职高专教育特色,尽快完成紧缺人才的培养。
- 开展精品专业和精品教材建设。已建立科学的高职高专教育评估体系和评估专家队伍,指导、敦促不同层次、不同类型的学校办出一流的教育。

在教育部关于“高职高专”教育思想和方针指导下,科学出版社积极参与到高职高专教材的建设中去,在组织教材过程中采取了“请进来,走出去”的工作方法,即由教育界的专家、领导和一线的教师以及企事业单位从事人力资源工作的人员组成顾问班子,充分分析我国各地区的经济发展、产业结构以及人才需求现状,研究培养国家紧缺人才的关键要素,寻求切实可行的教学方法、手段和途径。

通过研讨认识到,我国幅员辽阔,各地区的产业结构有明显的差异,经济发展也不平衡,各地区对人才的实际需求也有所不同。相应地,对相同专业和相近专业,不同地区的教学单位在培养目标和培养内容上也各有自己的定位。鉴于此,适应教育现状的教材建设应该具有多层次的设计。

为了使教材的编写能针对受教育者的培养目标,出版社的编辑分不同地区逐所学校拜访校长、系主任和老师,深入到高职高专学校及相关企事业单位,广泛、深入地教学第

一线的老师、用人单位交流,掌握了不同地区、不同类型的高职高专院校的教师、学生和教学设施情况,清楚了各学校所设专业的培养目标和办学特点,明确了用人单位的需求条件。各区域编辑对采集的数据进行统计分析,在相互交流的基础上找出各地区、各学校之间的共性和个性,有的放矢地制定选题项目,并进一步向老师、教育管理者征询意见,在获得明确指导性意见后完成“高职高专规划教材”策划及教材的组织工作:

- 第一批“高职高专规划教材”包括三个学科大系:经济管理、信息技术、建筑。
- 第一批“高职高专规划教材”在注意学科建设完整性的同时,十分关注具有区域人才培养特色的教材。
- 第一批“高职高专规划教材”组织过程正值高职高专学制从3年制向2年制转轨,教材编写将其作为考虑因素,要求提示不同学制的讲授内容。
- 第一批“高职高专规划教材”编写强调
 - ◆ 以就业岗位对知识和技能需求下的教材体系的系统性、科学性和实用性。
 - ◆ 教材以实例为先,应用为目的,围绕应用讲理论,取舍适度,不追求理论的完整性。
 - ◆ 提出问题→解决问题→归纳问题的教、学法,培养学生触类旁通的实际工作能力。
 - ◆ 课后作业和练习(或实训)真正具有培养学生实践能力的作用。

在“高职高专规划教材”编委的总体指导下,第一批各科教材基本是由系主任或从教学一线中遴选的骨干教师执笔撰写。在每本书主编的严格审读及监控下,经各位老师的辛勤编撰,这套凝聚了所有作者及参与研讨的老师们的经验、智慧和资源,涉及三个大的学科近200种的高职高专教材即将面世。我们希望经过近一年的努力,奉献给读者的这套书是他们渴望已久的适用教材。同时,我们也清醒地认识到,“高职高专”是正在探索中的教育,加之我们的水平和经验有限,教材的选题和编辑出版会存在一些不尽人意的地方,真诚地希望得到老师和学生的批评、建议,以利今后改进,为繁荣我国的高职高专教育不懈努力。

科学出版社

2004年6月1日

前 言

“数字电路与逻辑设计”是计算机应用技术、机电一体化、信息技术、控制技术等专业的一门技术基础课程。

本书的编写充分考虑到高职高专教育的特点、高等职业教育的培训目标和方向,结合了当今数字逻辑电路设计技术的发展趋势,未列入实用价值不大的内容以及部分较深的理论知识,比如可编程逻辑器件的器件原理、状态图的化简等,突出了在实践中有用的理论。本书的实例详细论述了解题的过程,例题选择上使初学者易于上手,力图培养既有较为完善专业理论知识,又有扎实实践技能的高层次生产一线的技术人才。

数字逻辑电路设计技术与其他科学技术一样,发展异常迅速,仿真技术在电子、数字电路设计中已处于较高的位置。例如,企业的产品开发实际上已经较少采用传统的设计方法,而本书第7章就简要地介绍了硬件描述语言的基本知识,介绍了FPGA和CPLD开发步骤及开发软件,并介绍了利用这些软件对数字逻辑电路进行仿真的方法和步骤。

当前网络已成为学习新科技、新技术的广阔课堂。本书介绍了几个较为热门的技术网站,以便开阔学生眼界,在校学习期间立定奋斗目标;这也是端正学习态度、自主激发学习积极性的内在动力。

本书的绪论、第1~4、7章由曹庆生编写,第5章由乔清合编写,第6、8章由戴碧穹编写。曹庆生负责全书的设计、统稿。

鉴于编写时间仓促,写作经验不足,本书不足之处在所难免,望广大读者批评指正。

目 录

绪论	1
第 1 章 数制与编码	4
1.1 进位计数制	4
1.1.1 十进制数	4
1.1.2 二进制数	4
1.1.3 十六进制数	5
1.2 各种进位制的转换	6
1.2.1 二进制数的转换	6
1.2.2 十进制数的转换	7
1.3 十进制数的编码	8
1.3.1 8421 码	8
1.3.2 2421 码	9
1.3.3 余 3 码	9
1.3.4 格雷码	9
1.3.5 奇偶校验码	9
小结	10
习题	10
第 2 章 逻辑电路的基本知识	11
2.1 逻辑的基本知识	11
2.1.1 基本逻辑	12
2.1.2 复合逻辑	15
2.2 逻辑门电路的基本知识	17
2.2.1 半导体元件组成门电路	18
2.2.2 集成门电路	19
2.3 常用逻辑门集成电路简介*	21
2.3.1 TTL 器件	21
2.3.2 CMOS 器件	22
小结	22
习题	22
第 3 章 逻辑代数与逻辑函数	24
3.1 逻辑代数与运算	24
3.1.1 逻辑代数的基本运算	24
3.1.2 逻辑代数的基本定理和规则	26
3.2 逻辑函数的基本形式与标准形式	27
3.2.1 逻辑函数的基本形式	27
3.2.2 逻辑函数的标准形式	28

3.3	逻辑函数的卡诺图	31
3.3.1	卡诺图的获得	31
3.3.2	卡诺图与逻辑函数的关系	32
3.3.3	卡诺图的性质	34
3.4	逻辑函数的化简	35
3.4.1	代数化简法	35
3.4.2	卡诺图化简法	36
3.4.3	逻辑函数化简的几个实际问题	41
	小结	44
	习题	44
第4章	组合逻辑电路	46
4.1	逻辑问题的建模	47
4.2	逻辑电路设计时的逻辑代数处理	49
4.2.1	用“与非”门实现	49
4.2.2	用“或非”门实现	50
4.3	组合逻辑电路设计举例	51
4.4	采用集成电路块的逻辑设计	56
4.4.1	使用数据选择实现组合逻辑设计	56
4.4.2	使用译码器实现组合逻辑设计	58
4.5	组合逻辑电路的险象	60
4.5.1	组合逻辑电路险象的产生	60
4.5.2	险象的分类	62
4.5.3	险象的判别	62
4.5.4	险象的消除	63
4.6	组合逻辑电路的分析	65
	小结	68
	习题	68
第5章	时序逻辑电路	70
5.1	时序逻辑电路的结构与类型	70
5.2	状态表和状态图	71
5.2.1	Mealy 型状态表和状态图	72
5.2.2	Moore 型状态表和状态图	73
5.3	触发器及各类触发器的转换	74
5.3.1	RS 触发器	74
5.3.2	D 触发器	77
5.3.3	JK 触发器	78
5.3.4	T 触发器	80
5.3.5	各类触发器的相互转换	81
5.4	时序逻辑电路的设计	83
5.4.1	时序逻辑设计的步骤及要点	83

5.4.2 时序电路设计举例	89
5.5 运用集成电路的时序逻辑设计	92
5.5.1 常用集成电路块简介	93
5.5.2 应用功能模块时序逻辑设计举例	100
5.6 时序逻辑电路分析	104
5.7 异步时序电路*	108
小结	112
习题	113
第6章 脉冲产生与整形电路*	115
6.1 多谐振荡电路	115
6.1.1 环形振荡器	115
6.1.2 RC 振荡器	116
6.1.3 石英晶体振荡器	117
6.2 脉冲整形电路	117
小结	118
习题	118
第7章 可编程逻辑器件	119
7.1 可编程逻辑器件的分类	119
7.1.1 简单 PLD	120
7.1.2 复杂 PLD	120
7.2 PLD 的基本原理	120
7.2.1 PLD 的结构	120
7.2.2 PLD 的编程	121
7.3 复杂 PLD 的开发过程和工具软件介绍	122
7.3.1 MAX + plus II 的应用过程	123
7.3.2 HDL 综合器	125
7.3.3 仿真器	125
7.3.4 适配器	126
7.3.5 下载器	126
7.4 用 MAX + plus II 仿真数字逻辑电路	126
7.5 VHDL 简介	139
小结	144
习题	144
第8章 数/模、模/数转换器	145
8.1 数/模转换器	145
8.1.1 D/A 转换原理	145
8.1.2 D/A 转换器的主要参数	148
8.1.3 典型 D/A 转换器	148
8.2 模/数转换器	152
8.2.1 双积分 A/D 转换器	152

8.2.2 逐次逼近 A/D 转换器	153
小结	157
习题	157
主要参考文献	158

绪 论

1. 数字逻辑电路的基本概念

电子技术分为模拟电子技术和数字电子技术两个大类，模拟电子技术用于处理模拟信号；数字电子技术处理的是数字信号，处理模拟信号的电路叫做模拟电路，处理数字信号的电路叫做数字电路，两者在本质上是截然不同的。

模拟信号是指随着时间在数值上连续变化的电信号，我们平常说：市电本来是 220V，今天电压低到了 195V。这里的 220V 和 195V 就是模拟信号。像那些用指针式仪表测量的电压、温度、速度、压力等都属于模拟信号。

数字信号是指在时间和数值上都是不连续的，也就是说是一种离散的信号。例如从时间 08:25:23 到 08:25:24，中间有无数个时刻，可以看成连续的，但电子钟表只能区分出两个离散的秒时间。数字系统往往表现为“有”和“无”两个离散量，利用电子元件的“通”与“断”就很容易实现并可靠地反映这样的两个离散量。

信号的离散有的是自然形成的，有的是人为加以量化而形成的。例如学生的成绩表就是自然形成的离散量，因为成绩这些数字本来就是离散的。而我们把电动机温度这一连续变化的数值记录到表格上，就把模拟量变成了离散量。

数字电路按构造来分，可分为分立元件电路和集成电路，而集成电路又可分 TTL 集成电路和 CMOS 集成电路两大类，按处理信号可分组合逻辑电路和时序逻辑电路。

2. 数字集成电路的历史和发展趋势

数字电路经历了电子管、分立元件、集成电路等几个阶段。

电子管的数字电路体积庞大，消耗电功率非常高，可靠性极差，早在 20 世纪 60 年代就结束了它的使命。

20 世纪 70 年代广泛地采用了集成电路。那时，主要是各种门电路和功能单一的数字电路，集成度不高。20 世纪 80 年代出现了大型功能模块，也达到了每平方英寸（1 英寸 = 2.54 厘米）几十门、几百万门的集成度。由于计算机的普及、各种计算机语言的开发，数字电路的设计方法也发生了根本的变化。1983 年出现了硬件描述语言 HDL (hardware description language)，它不再是以在纸上画电路图的方式设计电路，而是用“语言”来解说电路，然后把它写入芯片。如果发生了错误可以擦除，修改后重写，其优点极为明显。

20 世纪 90 年代又出现了在片系统 (system on chip, SOC)，它把一个完整的系统构造在一块集成电路芯片中。随着 HDL 的完善和改进，在线编程 (in system program, ISP) 也进入实用阶段，即将没有设定具体目的的芯片 (裸片) 直接安装到电路板上，然后把用 HDL 编写“程序”下载到芯片中，就构成了完整的硬件电路。就像我们在刚组装好的计算机 (裸机) 上安装软件一样，只有安装了软件的计算机才有具体的用途。

科学技术的发展是没有止境的，数字电子技术也一样，ISP 技术目前正应用得如火如荼，几乎任何复杂的数字逻辑都可以用 ISP 技术来实现。

3. 数字电路的应用领域

数字逻辑电路的应用领域极为广泛，几乎渗透到每一个角落。

在工业中,单片机技术、可编程程序控制器(PLC)、可编程逻辑器件(PLD)广泛应用于现有的工业设备的改造中,新产品开发没有不采用这些技术的,工业机器人如果没有数字逻辑技术是根本不可能实现的。

在农业中,数字逻辑技术用来进行土壤的水分、肥性和温度的采集,以便随时对其进行科学的控制,把农作物的生长掌握在最佳状态。

在航空航天领域,运用数字技术控制发射火箭和卫星已不是新鲜的事了,直观上看来是计算机控制技术,但不使用数字电路制成板卡计算机也无法输出它的控制信号及接收卫星发回的信号。

在人们的日常生活中,数字技术已与我们息息相关。电视机就是采用数字技术来实现传送的图像与发送端同步的;VCD和DVD也是运用数字编码将各种信息制作在CD-ROM(光盘)上,一张小小光盘可以装入一年的报纸。在昔日看来“海量”的资料当时需要价值上万元磁记录体才能装下,现在只要使用价格仅2元的CD-ROM即可装下。这就是数字技术的“丰功伟绩”。

4. “数字电路与逻辑设计”课程与其他课程的关系

“数字电路与逻辑设计”是计算机应用技术、信息技术、机电一体化、自动控制等专业的重要技术基础课程。本课程是在学习了“电工原理”、“模拟电子技术”后开设的,它的理论和技术也将作为后续的“单片计算机”、“计算机接口技术”等课程的分析处理工具。即使将来要学习VHDL也必须有数字逻辑电路的基本知识,不然无法看懂那些EDA(电子自动化设计)书籍上的实例。

5. 学习“数字电路与逻辑设计”课程的注意事项

“数字电路与逻辑设计”课程处理和分析的是“离散量”,就是用电子电路的“通”与“断”,电平的“高”与“低”,电流的“有”与“无”等来体现逻辑问题,在很大程度上与我们的习惯完全不同,这是本课程与其他课程的区别之处。同时,本课程又穿插着二进制数的知识,它与逻辑取值也是不一样的,在学习本课程时我们要逐步适应这一新的“观念”。

(1) 二进制数是计算机中普遍采用的计数制,我们要先学习二进制数的基本知识和运算规则,其中加法有 $1+1=10$ 。然后学习二进制数的其他记录方法。要理解十六进制数实际上是为书写记忆二进制数而设置的。

(2) 对逻辑问题描述时就发生逻辑取值的问题,逻辑值也是只有0和1,但与二进制数不同。它的“加法”是 $1+1=1$ (而不是10)。也就是说逻辑运算与数值运算的规则不一样,在学习中一定要区分开来。

(3) 逻辑运算的“与”、“或”、“非”是事件与条件的关系,这与数值计算方法有许多相似之处,但也有一定的区别,学习中要给予重视。

(4) 逻辑函数和逻辑代数与数学的函数和代数也相似,区别也是取值不同。数学的取值是无限的,逻辑的取值只有0和1两个。

(5) 还要注意实现同一逻辑要求的函数及电路的“不唯一性”,也就是说同一个逻辑要求,可以用好几种电路来实现。如果题目没有给出特定的要求,寻求“标准答案”是没有多大意义的。

(6) 本书某些地方有“超前”内容（标注*的部分），那是作者特意安排的“启蒙”。在这些地方只作适当的了解，不要过于追求。

第 1 章 数制与编码

本章重点

1. 二进制数、十进制数、十六进制数以及它们之间的相互转换。
2. 各种进位制的常规运算方法。
3. 数码和字符的编码。

在我们日常生活中，我们采用的计数是十进制的计数方式，即逢十进一。取值为 0~9，超过 9 就进位。

科学技术的发展出现了电子技术、数字电路以及计算机，在这些技术中采用十进制计数也是可以做到的，但实现起来却异常复杂。因为电子线路中总可以用两种不同的状态表示某些事物，我们就采用这些来实现数字及逻辑。

1.1 进位计数制

1.1.1 十进制数

我们遇到的大多数数字是“有权编码”的，例如一个十进制数 478.25 就是有权编码数。所谓“权”就是每一位数对应于十进制数的值，例如：

	4	7	8	.	2	5
	↓	↓	↓		↓	↓
权	100	10	1		0.1	0.01

十进制数的运算方法是数学的范畴，这里不多做介绍。

1.1.2 二进制数

数字系统中广泛采用二进制数，它不仅使电路简单，而且运算速度快。二进制数的计数是“逢二进一”，即 $1+1=10$ ， $111+1=1000$ 。

二进制数也是有权编码数，例如一个二进制数 1011.11 各位对应的权分别为 8、4、2、1、 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{4}$ 。把它换算成十进制数为 $8 \times 1 + 4 \times 0 + 2 \times 1 + 1 \times 1 + \frac{1}{2} \times 1 + \frac{1}{4} \times 1 = 11.75$ 。

上例可见：二进制数的权从小数点往左依次为 1、2、4、8、16、32……从小数点往右依次为 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{16}$ ……

在我们遇到二进制数时，一般不要把它想像成十进制数的多少，而是看成一个字符串，在需要把它转换成十进制数时才按权计算。

在数字计算过程中，应该是可以采用任何进位制来计数和运算，但不同数制决定的运算方法、难易程度和实现成本各不相同，且相差极大。在计算机和数字系统中采用二进制数，是因为它有如下几个特点：

(1) 二进制数只有 0 和 1 两个数码，任何具有两个不同稳定状态的元件都可以用来表示一位二进制数，例如电路的“通”与“断”，电平的“高”与“低”，电流的“有”与“无”……

(2) 二进制数的运算规则比较简单，其运算规则如下所示。

加法规则：

$$\begin{aligned} 0+0=0 & \quad 0+1=1 \\ 1+0=1 & \quad 1+1=0 \text{ (同时向相邻高位进位)} \end{aligned}$$

减法规则：

$$\begin{aligned} 0-0=0 & \quad 0-1=1 \text{ (同时向相邻高位借位)} \\ 1-0=1 & \quad 1-1=0 \end{aligned}$$

乘法规则：

$$\begin{aligned} 0 \times 0=0 & \quad 0 \times 1=0 \\ 1 \times 0=0 & \quad 1 \times 1=1 \end{aligned}$$

除法规则：

$$0 \div 1=0 \quad 1 \div 1=1$$

$$\begin{array}{r} \\ +) \\ \hline 1 \end{array}$$

例 1.1 计算 $1011 + 1101 = 11000$ 。

例 1.2 计算 $1011 \times 1101 = 10001111$ 。

$$\begin{array}{r} \\ \times) \\ \hline \\ \\ \\ \hline 1 \end{array}$$

例 1.3 计算 $10010001 \div 1011 = 1101 \cdots 10$ 。

$$\begin{array}{r} \\ 1 \phantom{\text{商}} \\ \hline \\ \\ \hline 1 \\ \\ \\ \hline \cdots \text{余数} \end{array}$$

(3) 二进制数码 0 和 1 可以与逻辑代数变量的“假”与“真”对应。但要注意逻辑变量只有 0 和 1 两个值，没有“数”的概念。

二进制数的缺点是书写冗长，不便于记忆和阅读。为此，我们常采用十六进制数，十六进制数不但容易阅读和书写，便于记忆，而且具有二进制数的特点，十分容易转换成二进制数，在计算机中我们常采用十六进制数表示。

1.1.3 十六进制数

十六进制数的计数是“逢十六进一”，就应该有 16 个字符来书写，这 16 个字符分别是 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F，其中的 A、B、…、E、F 不是字母而是数字，它们分别对应于十进制数的 10、11、12、13、14、15。

十六进制数是为了书写二进制数的，那么它与二进制数就有一个直接对应的关系：它把二进制数从小数点往左每四位分为一段，每一段对应于一位十六进制数。例如二进制数 10 1011 1110 1010 写成十六进制数为 2BFA，最左边不足四位可补若干个 0。

0010	1011	1110	1010
↓	↓	↓	↓
2	B	E	A

不同数制的各种编码见表 1.1，但八进制数已很少使用。

表 1.1 不同进位计数制的各种编码

十进制数	二进制数	十六进制数	八进制数
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	8	10
9	1001	9	11
10	1010	A	12
11	1011	B	13
12	1100	C	14
13	1101	D	15
14	1110	E	16
15	1111	F	17

为了区别各种进位制，我们可以在数字的后面标注后缀。

二进制数后缀为 (B)；八进制数后缀为 (O)；十六进制数后缀为 (H)；十进制数后缀为 (D)。

例如， $10110111(B) = 183(D) = 267(O) = B7(H)$ 。

1.2 各种进位制的转换

在计算机和其他数字系统中，普遍使用二进制数，采用二进制数的数字系统只能处理二进制数或用二进制代码形式表示的其他进位制数。而人们习惯使用十进制数，所以，在信息处理过程中，先要把十进制数转换成二进制数，计算机才能接受并进行加工处理，处理完后转换成十进制数显示出来，人们才可以直接读取。这样我们就要学习进位制的转换方法。

1.2.1 二进制数的转换

将二进制数转换成其他进位制的数字是学习数字逻辑的基本技能。