

数字逻辑基础

刘明亮 饶敏 编著

北京

上海图书馆藏书

社



A541 211 0119 4803B

GS

内容简介

本书系统地讲述了数字逻辑的基本概念、分析方法和设计原理。全书共分八章：数制和码制；逻辑代数基础；TTL 集成门电路；组合逻辑电路；集成触发器；同步时序电路；异步时序电路；半导体存储器与可编程器件。

本书侧重于基本概念的讲述，注重教材的可读性、通俗性和实用性。各章均给出数量较多的例题，以利于对基本概念的深入理解、分析方法和设计方法的熟练运用。各章后均有小结，便于知识的归纳总结。

本书可作为全日制高等院校计算机专业的本科教学用书；删去带星号的章节，可作为高等院校全日制大专、成人业大、职大、民办大学计算机专业的教材；也可作为通信、电子工程和自动控制等专业的教材或参考书；还可供有关工程技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

数字逻辑基础/刘明亮等编著. —北京:北京航空航天大学出版社, 2000. 9

ISBN 7-81012-995-3

I. 数... II. 刘... III. 数字逻辑 IV. TP302.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 34138 号

数字逻辑基础

刘明亮 饶敏 编著

责任编辑 曾昭奇

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路 37 号, 邮编 100083 发行部电话 82317024

<http://www.buaapress.cn.net>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

河北省涿州市新华印刷厂印装 各地书店经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 17 字数: 435 千字

2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷 印数: 5 000 册

ISBN 7-81012-995-3/TP·409 定价: 23.00 元

总 前 言

科教兴国,教育先行,在全国上下已形成共识。在教育改革过程中,出现了多渠道、多形式、多层次办学的局面。同时,政府逐年加大教育的投入力度。教育发展了,才能有效地提高全民族的文化、科学素质,使我们中华民族屹立于世界民族之林。

计算机科学与技术的发展日新月异,其应用领域迅速扩展,几乎无处不在。社会发展的需求,促使计算机教育生气蓬勃。从普通高校的系统性教学,到远距离的电视、网上教学;从全面讲述,到不同应用领域的、星罗棋布的培训班;从公办的到民办的;从纸介教材到电子教材等等,可以说计算机教学异彩纷呈。要进行教学,就必须有教材。

面对我们这么大的国家和教学形势,在保证国家教学基本要求的前提下,应当提倡教材多样化,才能满足各教学单位的需求,使他们形成各自的办学风格和特色。为此,我们组织北京工业大学、北京航空航天大学、北京理工大学、南开大学、天津工业大学等高校的有丰富教学经验的教师编写了计算机教学的系列教材,将陆续与师生见面。

系列教材包括以下各项:

(一) **基础理论**:离散数学。

(二) **技术基础**:电路基础与模拟电子技术;数字逻辑基础;计算机组成与体系结构;计算机语言(拼盘、选择使用):包括C++程序设计基础、Visual Basic 程序设计基础、Matlab 程序设计基础、Java 程序设计基础、Delphi 语言基础、汇编语言基础等;数据结构;计算机操作系统基础;计算方法基础;微机与接口技术;数据库技术基础等。

(三) **应用基础**:计算机控制技术;网络技术;软件工程;多媒体技术等。

(四) **技术基础扩展**:编译原理与编译构造;知识工程——网络计算机环境下的知识处理。

(五) **应用基础扩展**:计算机辅助设计;单片机实用基础;图像处理基础;传感器与测试技术;计算机外设与接口技术。

本系列教材中的“数字逻辑基础”一书的编写目的是面向计算机本科或电类非计算机专业本科的。如果删去带“*”的章节可供普通高校、社会民办大学、高等职业学校、业余大学等计算机专科使用。

本系列教材在编写时,注重以下几点:(1)面对计算机科学与技术动态发展的现实,在内容上应具有前瞻性;(2)面对学以致用,既有系统的基础知识,又有应用价值的实用性;(3)具有科学性、严谨性。另外,力求排版紧凑,使有限的版面具有最大的信息量,以使读者得到实惠。

能否实现这些愿望,只有师生在教学实践中评价。我们期望得到师生的批评和指正。

高校计算机教学系列教材编委会

高校计算机教学系列教材编委会成员

主 任：赵沁平

副 主 任(常务)：陈炳和

顾 问：麦中凡

委 员(以姓氏笔划为序)：

吕景瑜(北工大教授)

乔少立(社长,副教授)

麦中凡(北航教授,教育部工科计算机基础教学指导委员会副主任、中专计算机教学指导委员会顾问)

苏开麟(北工大教授)

陈炳和(北工大教授)

张鸿宾(北工大博导)

郑玉明(北工大副教授)

金茂忠(北航博导)

赵沁平(北航博导,国务院学位办主任)

前 言

“数字逻辑”是计算机专业本科生的一门主干课程。这一类的教材已出版多本,每本教材各具特色。我们博采众家所长,结合多年的教学实践,编写了《数字逻辑基础》一书。

我们编写本教材的指导思想是突出基础,注重应用。突出了基本理论、基本概念和基本方法这些长期不变的内容,此方面的内容占据书中的大量篇幅。保留了并适当加强了关于SSI和MSI的设计方法的内容。虽然在集成电路飞速发展的今天,看来再讲这部内容似无必要,但是,在目前最流行的“在系统编程技术”中仍需借助于SSI和MSI的设计方法。在分析具体电路时,尽量以实际的集成电路芯片为例进行分析,以增强学生的感性知识。

在编写过程中,我们突出了教材的通俗性。依据由浅入深、先易后难、循序渐进的认识规律和通俗易懂的原则,每章均列举了相当数量的例题,借助于例题,可加深基本概念的理解,易于掌握基本方法的运用。在编写方法上,力求基本概念准确、清晰,重点突出,并充分考虑到自学的可读性。

本书包含了全日制高等院校计算机专业本科的数字逻辑基础的内容,可作为该专业的本科教材。另一方面,考虑到教材的适应性,本书有些章节冠以“*”号,通过内容的取舍,可以满足不同专业和不同层次的教学要求。一般来讲,删去带“*”号内容,可作为全日制高校计算机专业的大专、民办大学、成人业余大学、职工大学等的教学用书;带“*”号内容亦可作为本层次优秀学生的自学内容。本书也可作为通信、电子工程和自动控制等专业的数字电路课的替代教材或参考书;还可供有关专业的工程技术人员参考阅读。

本书第1章至第6章由刘明亮教授编写,第7、8章由饶敏副教授编写,全书由刘明亮教授统稿。岳慧、刘第、李梅等同志对本书插图的绘制做了大量工作,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中肯定会有不少缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

2000年2月

目 录

第1章 数制和码制

1.1 十进制数和任意进制数.....	(1)
1.1.1 数制.....	(1)
1.1.2 十进制数.....	(1)
1.1.3 任意进制数.....	(2)
1.2 二进制数.....	(2)
1.2.1 二进制数的表示法.....	(2)
1.2.2 二进制数的运算.....	(3)
1.2.3 二进制的特点.....	(4)
1.3 八进制数和十六进制数.....	(4)
1.3.1 八进制数.....	(4)
1.3.2 十六进制数.....	(4)
1.4 数制转换.....	(5)
1.4.1 二进制和八进制间的转换.....	(6)
1.4.2 二进制和十六进制间的转换.....	(6)
1.4.3 二进制与十进制间的转换.....	(7)
1.5 带符号数的编码.....	(9)
1.5.1 真值和机器数.....	(9)
1.5.2 原码.....	(9)
1.5.3 反码.....	(10)
1.5.4 补码.....	(12)
1.6 BCD码.....	(13)
1.6.1 8421码.....	(14)
1.6.2 2421码.....	(15)
1.6.3 5211码.....	(15)
1.6.4 余3码.....	(15)
1.6.5 格雷码.....	(15)
1.7 字符代码.....	(16)
1.7.1 ASCII码.....	(16)
1.7.2 我国的通用字符代码.....	(17)
小 结.....	(18)
思考题与习题.....	(18)

第2章 逻辑代数基础

2.1	逻辑代数与数字系统	(19)
2.1.1	数字信号、数字电路与逻辑电路	(19)
2.1.2	数字系统	(20)
2.1.3	逻辑代数	(20)
2.1.4	电平与正负逻辑	(20)
2.2	逻辑代数的基本概念	(21)
2.2.1	三种基本逻辑运算	(21)
2.2.2	逻辑变量与逻辑函数	(22)
2.3	逻辑代数的基本定律、规则和常用公式	(24)
2.3.1	基本定律	(24)
2.3.2	三条基本规则	(25)
2.3.3	常用公式	(26)
2.4	逻辑函数表达式的形式	(27)
2.4.1	逻辑函数表达式的基本形式	(27)
2.4.2	标准与或表达式	(27)
2.4.3	标准或与表达式	(29)
2.5	公式法化简逻辑函数	(31)
2.5.1	最简与或表达式的标准	(31)
2.5.2	常用的公式化简法	(31)
2.6	卡诺图法化简逻辑函数	(33)
2.6.1	卡诺图的构成	(33)
2.6.2	用卡诺图表示逻辑函数	(35)
2.6.3	卡诺图、真值表与逻辑表达式之间的转换	(36)
2.6.4	用卡诺图化简逻辑函数	(37)
2.7	具有无关项的逻辑函数化简	(40)
2.7.1	无关项	(41)
2.7.2	带有无关项的逻辑函数化简	(41)
* 2.8	表格法化简逻辑函数	(42)
2.8.1	Q-M 法化简逻辑函数的步骤	(42)
2.8.2	找出全部质蕴涵项的过程	(43)
2.8.3	找出必要质蕴涵项	(44)
2.8.4	找出函数的最小覆盖	(45)
2.9	不同形式的逻辑函数表达式之间的转换和化简	(47)
2.9.1	与或表达式转为与非-与非表达式	(48)
2.9.2	与或表达式转为或非-或非表达式	(48)

2.9.3 与或表达式变换为与或非表达式·····	(48)
2.9.4 与或表达式变换为或与表达式·····	(49)
2.9.5 或与表达式变换为或非-或非表达式·····	(49)
小 结·····	(50)
思考题与习题·····	(50)

第3章 TTL 集成门电路

3.1 半导体二极管、三极管的开关特性·····	(52)
3.1.1 二极管的开关特性·····	(52)
3.1.2 三极管的开关特性·····	(54)
3.2 TTL 与非门·····	(55)
3.2.1 电路结构与符号·····	(55)
3.2.2 工作原理·····	(56)
3.2.3 逻辑功能的分解·····	(57)
3.2.4 电压传输特性·····	(57)
3.2.5 输入特性·····	(58)
3.2.6 输入负载特性·····	(59)
3.2.7 输出特性·····	(60)
3.2.8 动态特性·····	(61)
3.3 TTL 集电极开路与非门·····	(61)
3.3.1 OC 门的电路结构与工作原理·····	(62)
3.3.2 集电极负载电阻 R_L 的选择·····	(63)
3.3.3 OC 门的应用·····	(64)
3.4 三态输出与非门·····	(64)
3.4.1 三态输出与非门工作原理·····	(64)
3.4.2 三态门的应用·····	(66)
3.5 其他类型的 TTL 门电路·····	(66)
3.5.1 三种最基本的逻辑单元电路·····	(66)
3.5.2 扩展器·····	(67)
3.5.3 与或非门·····	(68)
3.5.4 与 门·····	(69)
3.5.5 异或门·····	(69)
3.5.6 异或非门(同或门)·····	(70)
3.6 小规模 TTL 门电路的主要外部特性参数·····	(71)
3.6.1 标称逻辑电平·····	(71)
3.6.2 开门电平与关门电平·····	(71)
3.6.3 扇入系数·····	(71)

3.6.4 扇出系数·····	(71)
3.6.5 平均传输延迟时间 t_{pd} ·····	(71)
3.6.6 空载功耗·····	(71)
小 结 ·····	(72)
思考题与习题 ·····	(72)

第4章 组合逻辑电路

4.1 组合逻辑电路的分析方法·····	(75)
4.1.1 组合电路的分析步骤·····	(75)
4.1.2 分析举例·····	(75)
4.2 编码器·····	(79)
4.2.1 二进制普通编码器·····	(79)
4.2.2 二进制优先编码器·····	(81)
4.2.3 二-十进制优先编码器 74LS147 ·····	(84)
4.3 译码器·····	(85)
4.3.1 变量译码器·····	(85)
4.3.2 二-十进制译码器 ·····	(87)
4.3.3 显示译码器·····	(90)
4.4 数据选择器与数据分配器·····	(93)
4.4.1 数据选择器·····	(93)
4.4.2 数据分配器·····	(95)
4.5 奇偶检测电路·····	(96)
4.5.1 异或非门构成的奇偶检测电路·····	(97)
4.5.2 与或非门构成的奇偶检测电路·····	(97)
4.5.3 奇偶检测系统·····	(98)
4.6 数值比较器·····	(99)
4.6.1 一位数值比较器 ·····	(100)
4.6.2 四位数值比较器 ·····	(101)
4.7 加法器 ·····	(103)
4.7.1 一位加法器 ·····	(103)
4.7.2 串行进位加法器 ·····	(104)
4.7.3 超前进位加法器 ·····	(105)
* 4.8 组合逻辑电路的设计方法 ·····	(107)
4.8.1 用SSI的组合逻辑电路的设计 ·····	(107)
4.8.2 用MSI的组合逻辑电路的设计·····	(109)
4.9 组合逻辑电路的竞争-冒险·····	(114)
4.9.1 竞争-冒险·····	(114)

4.9.2 竞争-冒险的判断.....	(115)
4.9.3 消除竞争-冒险的方法.....	(117)
小 结.....	(118)
思考题与习题.....	(118)
第5章 集成触发器	
5.1 基本R-S触发器	120
5.1.1 由与非门构成的基本R-S触发器	120
5.1.2 触发器的功能描述方法	122
5.1.3 由或非门构成的基本R-S触发器	124
5.2 电位触发方式的触发器	125
5.2.1 电位触发式R-S触发器	125
5.2.2 电位触发式D触发器	127
5.2.3 电位触发式J-K触发器	128
5.2.4 电位触发式T触发器	129
5.2.5 电位触发式T'触发器	130
5.3 主从触发方式的触发器	130
5.3.1 主从R-S触发器	131
5.3.2 主从J-K触发器	133
* 5.3.3 主从触发器的工作特点	135
5.4 边沿触发方式的触发器	136
* 5.4.1 利用传输延迟的边沿触发器	136
5.4.2 维持-阻塞D触发器	138
* 5.5 触发器逻辑功能的转换	140
5.5.1 由D触发器到其他功能触发器的转换	140
5.5.2 从J-K触发器到其他功能触发器的转换	141
5.6 触发器的选用和参数	142
5.6.1 逻辑功能的选择	142
5.6.2 触发方式的选择	142
5.6.3 触发器的参数	142
小 结.....	143
思考题与习题.....	144
第6章 同步时序电路	
6.1 时序电路的结构与描述方法	(147)
6.1.1 时序电路的一般结构	(147)
6.1.2 同步时序电路的描述方法	(148)

6.2	同步时序电路的分析	(150)
6.2.1	同步时序电路的分析步骤	(150)
6.2.2	举例说明	(150)
6.3	寄存器	(153)
6.3.1	数码寄存器	(153)
6.3.2	移位寄存器	(154)
6.4	同步计数器	(157)
6.4.1	同步二进制计数器	(157)
6.4.2	同步十进制计数器	(163)
6.5	同步时序电路的设计方法	(166)
6.5.1	建立原始状态图和原始状态表	(167)
6.5.2	状态化简	(168)
6.5.3	状态分配	(171)
6.5.4	确定激励函数和输出函数	(172)
6.5.5	画逻辑图	(174)
6.6	同步时序电路的设计举例	(176)
6.6.1	用SSI的同步时序电路的设计举例	(176)
* 6.6.2	用MSI的同步时序电路的设计举例	(183)
	小 结	(187)
	思考题与习题	(188)

第7章 异步时序电路

7.1	脉冲异步时序电路的分析	(191)
7.1.1	脉冲异步时序电路的特点	(191)
7.1.2	分析步骤	(191)
7.1.3	分析实例	(192)
7.2	脉冲异步时序电路的设计	(194)
7.2.1	设计脉冲异步时序电路的注意点	(194)
7.2.2	设计步骤	(195)
7.2.3	设计举例	(195)
* 7.3	电位异步时序电路的分析	(200)
7.3.1	电位异步时序电路的特点	(200)
7.3.2	电位异步时序电路的分析步骤	(202)
7.3.3	分析举例	(203)
* 7.4	电位异步时序电路的设计	(204)
7.4.1	设计步骤	(205)
7.4.2	设计举例	(205)

7.5 异步时序电路中的竞争与冒险	(209)
7.5.1 竞争现象	(209)
7.5.2 非临界竞争、临界竞争和时序冒险	(210)
7.5.3 时序冒险的消除	(211)
小 结	(214)
思考题与习题	(214)
第 8 章 存储器和可编程逻辑器件	
8.1 MOS 门电路	(217)
8.1.1 NMOS 反相器和 PMOS 反相器	(217)
8.1.2 CMOS 门电路	(218)
8.2 只读存储器(ROM)	(220)
8.2.1 ROM 的逻辑结构与存储容量	(221)
8.2.2 掩膜式只读存储器 MROM	(221)
8.2.3 可编程只读存储器 PROM	(223)
8.2.4 可擦除可编程只读存储器 EPROM	(224)
8.2.5 电可擦除可编程只读存储器 E ² PROM	(225)
* 8.2.6 采用 ROM 的逻辑设计	(225)
8.3 随机存储器 RAM	(227)
8.3.1 RAM 的组成	(227)
8.3.2 随机存储器的分类	(228)
8.3.3 静态随机存储器(SRAM)	(228)
8.3.4 动态随机存储器(DRAM)	(230)
8.3.5 半导体存储器的容量扩展	(231)
8.4 可编程逻辑器件 PLD 概述	(233)
8.4.1 PLD 的结构	(233)
8.4.2 PLD 逻辑表示法	(234)
8.5 可编程阵列逻辑(PAL)	(235)
8.5.1 组合输出型	(235)
8.5.2 时序输出型	(237)
8.5.3 PAL 的逻辑设计	(239)
8.6 通用阵列逻辑(GAL)	(240)
8.6.1 GAL 的逻辑结构	(241)
8.6.2 输出逻辑宏单元 OLMC	(242)
8.6.3 结构控制字	(243)
8.6.4 OLMC 的工作模式	(243)
8.6.5 行地址布局	(245)

8.6.6 开发工具	(246)
8.6.7 应用GAL 芯片的设计过程	(246)
小 结.....	(253)
思考题与习题.....	(253)
附录 常用逻辑符号.....	(255)
参考文献.....	(257)

第 1 章 数制和码制

计算机所处理的各式各样的信息,本质上可归为两类:一类是数码,另一类是代码。无论是数码还是代码,均以二进制数形式表示。本章的第一个内容是介绍数制。先介绍十进制数,任意进制数;其次介绍二进制数、八进制数和十六进制数;最后介绍各种进制数的转换。

另一方面,为了使计算机既能识别数的大小和正负,又能识别数以外的事件(如字符等),必须施行编码。一般认为对数值进行编码所得到的二进制数称作数码;而对数以外的事件进行编码所得到的二进制数称作代码。数码和代码尽管都用二进制数表示,严格讲,两者是不同的。本章的第二个内容是介绍码制。先介绍二进制数的编码;其次介绍十进制数的编码;最后介绍字符的编码。

1.1 十进制数和任意进制数

1.1.1 数制

计数体制简称为数制,它是人们对数量计数的一种统计规律。进位计数制是最常用的一种计数体制,其计数规律是当低位计满数时由低位向高位进位,故称作进位计数制。数制包括多位数中每一位数的构成方法以及进位规则两个内容。在日常生活中,人们采用的是十进制;在数字计算机或其他数字系统中,采用的则是二进制、八进制和十六进制。

1.1.2 十进制数

1. 基数

十进制数(Decimal number)是人们最熟悉的进位计数制,构成十进制数的每一位数采用了十个数字,即 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9。人们定义构成每位数的数字个数为基数;显然,十进制数的基数是十。实际上,计数体制是以基数来命名的。

十进制数的计数规律是,由低位向高位进位遵守“逢十进一”的规则。也就是说,每位累计数不能超过 9,计满 10 就向高位进一。

2. 位权

在十进制数中,当某个数字处于不同位置时,它所代表的数值是不相同的。例如,在 888.88 这个数中,小数点左边第一位代表个位,它的数值就是它本身 8(或 8×10^0);小数点左边第二位代表十位,它的数值是 8×10^1 ;小数点左边第三位代表百位,它的数值是 8×10^2 ;而小数点右边第一位代表十分位,它的数值是 8×10^{-1} ;小数点右边第二位代表百分位,它的数值是 8×10^{-2} 。因此,这个数可以写为

$$888.88 = 8 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$$

可见,尽管都是数字 8,但位置不同,其数值就不同。每位的数值等于该位上的数字乘以一个固定常数。在上述那个数中,固定常数分别是 $10^2, 10^1, 10^0, 10^{-1}, 10^{-2}$,这些固定常数称作位权值,

或位值,或位权,或权值,或简称作“权”。

建立了基数和位权这两个概念,对于任何一个十进制数 N ,均可以用按位权展开式(或称作多项式)表示为

$$\begin{aligned}(N)_D &= d_{n-1} \times 10^{n-1} + d_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + d_1 \times 10^1 \\ &\quad + d_0 \times 10^0 + d_{-1} \times 10^{-1} + d_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + d_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} d_i \times 10^i\end{aligned}\quad (1-1)$$

式中, i 表示第 i 位, d_i 表示第 i 位的数字,即数字 $0 \sim 9$ 中的任一个, n 为正整数,表示整数部分的位数, m 为正整数,表示小数部分的位数。例如,一个十进制数 132.4 可表示为

$$(132.4)_D = 1 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1}$$

除此而外,还有一种称作位置记数法(或并列表示法)的表示形式,如下所示:

$$(N)_D = (d_{n-1} d_{n-2} \cdots d_1 d_0 \cdot d_{-1} d_{-2} \cdots d_{-m})_D \quad (1-2)$$

例如, $(N)_D = (143.7865)_D$ 。

1.1.3 任意进制数

仿照十进制数,任意进制数的按权展开式可写为

$$(N)_R = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i R^i \quad (1-3)$$

式中, a_i 表示任意进制数中的第 i 位数字, n 为正整数,表示整数部分的位数, m 为正整数,表示小数部分的位数。显然, R 为基数, R^i 表示第 i 位的权值。

任意进制数 N 的位置记数法可表示为

$$(N)_R = (a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_1 a_0 \cdot a_{-1} a_{-2} \cdots a_{-m})_R \quad (1-4)$$

综上所述,不难得出如下结论:

- (1) 基数是固定不变的,并且是大于 1 的正整数。
- (2) R 进制中的每位数字的个数为 R 个,其中最小的数字是 0,最大的数字是 $(R-1)$,而各位上的数字 a_i 可取 R 个数字中的任何一个。
- (3) R 进制的任何数都有两种表示形式,一种是按权位展开式,另一种是位置记数法表示式。

1.2 二进制数

1.2.1 二进制数的表示法

在式(1-3)中,当 R 等于 2 时,该式就是一个二进制数(Binary number)的按权位展开式。显然,二进制数的每位上的可用数字只有 0 和 1 两个数字,而且,计数规律是逢二进一,即每位计数到两个数时就向高位进一,同时本位变成零,所以二进制数中的“10”表示十进制数中的 2。二进制数的基数是 2,其位权为 2^i (i 表示所在的位数),二进制数的按位权展开式为

$$(N)_B = \sum_{i=-m}^{n-1} b_i 2^i \quad (1-5)$$

例如,二进制数 11.101 可表示为

$$(11.101)_B = 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

1.2.2 二进制数的运算

二进制数之间既可以执行算术运算,又可以执行逻辑运算,其运算规则简单、容易实现。这里仅介绍算术运算。逻辑运算将在后面章节中介绍。

1. 加法规则

$$\begin{array}{ll} 0+0=0 & 0+1=1 \\ 1+0=1 & 1+1=10 \end{array}$$

例如

$$\begin{array}{r} 1101 \\ + 1011 \\ \hline 11000 \end{array}$$

2. 减法规则

$$\begin{array}{ll} 0-0=0 & 0-1=1 \text{ 向高位借位} \\ 1-0=1 & 1-1=0 \end{array}$$

例如

$$\begin{array}{r} 1101 \\ - 1011 \\ \hline 0010 \end{array}$$

3. 乘法规则

$$\begin{array}{ll} 0 \times 0 = 0 & 0 \times 1 = 0 \\ 1 \times 0 = 0 & 1 \times 1 = 1 \end{array}$$

例如

$$\begin{array}{r} 1101 \\ \times 1011 \\ \hline 1101 \\ 1101 \\ 0000 \\ 1101 \\ \hline 10001111 \end{array}$$

4. 除法规则

二进制数的除法的计算方法,和十进制数的除法类似,也是由上商、减法等操作逐步完成。例如,

