

新世纪计算机科学与技术系列教材（本科）

数 字 逻 辑

主 编 冼 进

副主编 俞鹤伟 解晓萌 张益良

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书系统全面地介绍了数字逻辑技术的基础理论、基本概念和基本方法，并有丰富的实例。全书共八章，包括数制与编码、逻辑代数基础、组合逻辑电路、同步时序电路、异步时序电路、可编程逻辑器件、现代数字电路与系统编程技术、~~粤~~非~~蕴~~语言与系统开发平台等章节。

本书突出教材的实用性与先进性，强调学生实践应用能力。本书可作为高等学校理工科各相关专业的本科生和大专生教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字逻辑 ~~蠡~~进主编 邰-广州：华南理工大学出版社，~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~
(~~圆~~世纪计算机科学与技术系列教材 (本科))
~~圆~~~~月~~~~圆~~~~日~~ ~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~

I 圆数... II 圆阮... III 圆数字逻辑-高等学校-教材 IV 圆群~~圆~~~~圆~~~~圆~~

中国版本图书馆 ~~悦~~穿数据核字 (~~圆~~~~用~~~~圆~~) 第 ~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~号

总发行：华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 ~~圆~~号楼，邮编 ~~缘~~~~圆~~~~圆~~)

营销部电话：~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~ ~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~ ~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~ (传真)

~~精~~~~彩~~~~文~~~~章~~ ~~洋~~~~行~~~~精~~~~品~~~~书~~~~局~~ ~~精~~~~彩~~~~文~~~~章~~~~出~~~~版~~~~社~~ ~~编~~~~辑~~~~部~~~~电~~~~话~~：~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~ ~~精~~~~彩~~~~文~~~~章~~~~出~~~~版~~~~社~~

责任编辑：张君晓

印刷者：湛江日报社印刷厂

开本：~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~ 印张：~~圆~~~~用~~~~圆~~ 字数：~~猿~~~~圆~~~~猿~~~~千~~

版次：~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~年 ~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~月第 ~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~版 ~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~年 ~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~月第 ~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~次印刷

印数：~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~册

定价：~~圆~~~~用~~~~圆~~~~圆~~~~圆~~元

版权所有 盗版必究

编 委 会

顾 问：

李 未（中国科学院院士，北京航空航天大学校长，教育部
计算机教学指导委员会主任）

董韫美（中国科学院院士，中国科学院软件研究所研究员）

古 威（教授级高级工程师，广东省计算机学会理事长）

主 任：姜云飞

副主任：韩国强 苏运霖

委 员：（按姓氏笔画为序）

王 宇	王小民	王小铭	刘才兴	朱 珍	朱玉玺
汤 庸	余 成	余永权	吴家培	李 勇	李振坤
邹晓平	闵华清	陈 章	陈火炎	陈启买	陈潮填
范家巧	姚振坚	胡子建	贺敏伟	骆耀祖	郭荷清
谢仕义	蔡利栋	潘久辉			

策划指导：潘宜玲

策划编辑：欧建岸 詹志青

前 言

数字电路与逻辑设计是高等学校理工类专业的一门主干课程，特别是在计算机专业中，它是计算机组成原理、微机接口技术和计算机系统结构的主要先导课程之一。为了适应数字电子技术在设计方法和应用工具方面的最新发展，满足相关专业课程的教学需要，多位教师根据多年教学、科研和实践的经验，并结合最近几年数字电子系统的变革而编写成本书。本书的编写紧扣教学大纲，坚持理论与实践并重的原则，同时注重教学改革和新技术普及应用，以保证本教材的先进性和实用性。

本书系统地讨论了数字逻辑电路分析和设计的基本理论和方法；各种逻辑描述工具、逻辑变换的基本原理和方法，以及逻辑电路、逻辑模块功能和实际应用等。

全书共分八章，第一章数制与编码和第二章布尔代数是学习数字电路与逻辑设计的理论基础；第三章组合逻辑电路的分析与设计、第四章同步时序电路的分析与设计和第五章异步时序电路的分析与设计是逻辑电路的具体分析与设计的重点；第六章可编程逻辑器件、第七章现代数字电路与系统编程技术、第八章粤科蕴语言与系统开发平台是现代逻辑电路的发展方向，是电子设计自动化、硬件电路的设计向软件化的过渡，大大缩短了数字系统的设计周期。

本书教材可供高等院校理工类的本科生、大专生使用，也可作为电子类相关工程技术人员、继续教育及网络教育提供有价值的进修或自学读物。读者对象明确，针对性强。

为适应现代数字电路集成工艺和计算机技术的飞速发展，针对学习对象，对该书从内容和体系作了较大的改动。淡化具体芯片内部电路及功能，削弱最小化分析设计的概念与方法，强调数字电路的逻辑模块及突出逻辑模块的设计思想。这有利于提高学生逻辑思维，培养学生对硬件电路设计的实践动手能力。

本书面向特定的读者，为适应其教学内容、教学方法和教学手段的需要，在保证基本理论、基本概念和基本方法完整的前提下，着重讲实际应用有关的理论，介绍一些常见公式和数据，而尽量避免应用较深的数学分析和推导，注意定性分析和工程估算；其内容的新颖、实用，能满足培养创新型、实用型人才的要求。编写时，力求深入浅出，突出重点，各章配有相当数量的习题，以便于教与学。

在编写过程中，我们得到我院计算机学院、远程教育学院和继续教育学院的大力支持，以及周霏茹和曹汇坚等同仁的全力帮助，在此，一并表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免有欠妥之处，恳请专家、学者和读者不吝指正。

编 者

二〇一〇年 苑月

目 录

第 1 章 数制与编码.....	1
1.1 数制	1
1.1.1 自然数的表示方法	1
1.1.2 计算机常用数制	1
1.1.3 数制的转换方法	1
1.1.4 二进制运算	1
1.2 编码	1
1.2.1 二进制编码	1
1.2.2 二进制编码	1
1.2.3 检错码.....	1
1.2.4 字符代码.....	1
本章小结	1
练习与思考	1
第 2 章 布尔代数	2
2.1 逻辑变量和逻辑函数.....	2
2.1.1 逻辑变量和逻辑函数的概念.....	2
2.1.2 逻辑函数的表示方法.....	2
2.2 逻辑函数的基本运算及对应门电路.....	2
2.2.1 逻辑或运算及或门.....	2
2.2.2 逻辑与运算及与门.....	2
2.2.3 逻辑非运算及非门.....	2
2.2.4 其它常用逻辑运算.....	2
2.3 布尔代数公式及三个规则.....	2
2.3.1 布尔代数公式.....	2
2.3.2 布尔代数三个规则.....	2
2.4 逻辑函数的证明.....	2
2.5 逻辑函数的化简.....	2
2.5.1 公式化简法.....	2
2.5.2 卡诺图化简法.....	2

本章小结	源
练习与思考	源
第 猿章 组合逻辑电路的分析与设计	源
猿源 组合逻辑电路的概念及分析	源
猿源质 组合逻辑电路的基本概念	源
猿源圆 组合逻辑电路的分析	源
猿源猿 组合逻辑电路分析中应该注意的问题	源
猿圆 组合逻辑电路设计	源
猿圆质 电路设计及其步骤	源
猿圆圆 逻辑函数的变换	源
猿猿 组合逻辑电路设计中实际问题的考虑	源
猿猿质 包含无关最小项的逻辑化简	源
猿猿圆 具有多个输出的组合逻辑化简	源
猿猿猿 无输入反变量函数的化简	源
猿源 组合逻辑电路在计算机中的应用	源
猿源质 加法器	源
猿源圆 译码器	源
猿源猿 编码器	源
猿源源 数据选择器	源
猿源缘 数据分配器	源
猿源远 数值比较器	源
猿缘 组合逻辑电路中的竞争与冒险	源
猿缘质 竞争与冒险现象	源
猿缘圆 竞争与冒险现象的检查方法	源
猿缘猿 竞争与冒险现象的消除	源
本章小结	源
练习与思考	源
第 源章 同步时序逻辑电路的分析与设计	源
源质 时序电路概述	源
源圆 双稳态触发器——记忆元件	源
源圆质 基本 砸触发器	源
源圆圆 钟控 阅触发器	源
源圆猿 主从 允触发器	源
源圆源 栽触发器	源

源缘	时序电路的描述方法	猿园
源缘	源缘 时序电路的三个重要方程	猿园
源缘	源缘 触发器的激励表、状态表和状态图	猿园
源缘	源缘 时序波形图描述	猿源
源缘	源缘 一般同步时序电路的状态表与状态图	猿缘
源源	同步时序逻辑电路的分析	猿远
源源	源源 同步时序逻辑电路的分析方法	猿远
源源	源源 分析举例	猿苑
源缘	时序逻辑电路的设计	猿猿
源缘	源缘 时序电路设计流程	猿猿
源缘	源缘 形成原始状态表或状态图	猿源
源缘	源缘 状态化简	猿远
源缘	源缘 状态编码	猿园
源缘	源缘 同步时序逻辑电路设计举例	猿远
源远	常用的同步时序逻辑电路	猿猿
源远	源远 锁存器、寄存器和移位寄存器	猿圆
源远	源远 计数器及其应用	猿苑
	本章小结.....	猿圆
	练习与思考.....	猿猿
第 缘章	异步时序逻辑电路的分析与设计.....	猿园
缘缘	异步时序逻辑电路的分析	猿园
缘缘	缘缘 脉冲异步电路的分析	猿园
缘缘	缘缘 电平异步电路的分析	猿源
缘园	异步时序逻辑电路的设计	猿远
	本章小结.....	猿园
	练习与思考.....	猿园
第 远章	可编程逻辑器件.....	猿源
远缘	半导体存储器	猿源
远缘	远缘 随机读写存储器	猿缘
远缘	远缘 只读存储器	猿愿
远园	可编程逻辑器件 (孕蕴)	猿园
远园	远园 孕蕴的电路结构、分类及其表示方法	猿猿
远园	远园 孕蕴的设计过程及主要优点	猿远
远园	远园 可编程逻辑阵列 (孕粤)	猿苑

远园源	可编程阵列逻辑 (孕粤篇)	.....	员园
远园缘	通用阵列逻辑 (员粤篇)	.....	员园
远园	高密度可编程逻辑器件 (匀粤篇)	.....	园
远园	现场可编程门阵列 (云粤篇)	.....	园
远园	可擦除的可编程逻辑器件 (耘粤篇)	.....	园
远园	复杂可编程逻辑器件 (悦粤篇)	.....	园
本章小结	.....		园
练习与思考	.....		园
第 苑章	现代数字电路与系统编程技术	.....	园
苑	现代数字电路与系统编程设计概述	.....	园
苑	在系统编程 (陨粤) 技术的发展	.....	园
苑	陨粤技术的特点	.....	园
苑	陨粤技术设计和制造的优越性	.....	园
苑	陨粤逻辑器件系列	.....	园
苑	葬粤系列	.....	园
苑	全局布线区 (员粤) 和输出布线区 (韵粤)	.....	园
苑	输入输出单元 (陨粤)	.....	园
苑	通用逻辑块 (员粤)	.....	园
苑	时钟分配网络	.....	园
苑	葬粤系列	.....	园
苑	葬粤系列	.....	园
苑	在系统编程原理和方法	.....	园
本章小结	.....		园
练习与思考	.....		园
第 愿章	粤非蕴语言与系统开发平台基础	.....	园
愿	粤非蕴语言基础	.....	园
愿	粤非蕴语言简介	.....	园
愿	粤非蕴语言的基本语法	.....	园
愿	粤非蕴语言程序的基本结构	.....	园
愿	粤非蕴语言的基本逻辑电路设计	.....	园
愿	葬粤非蕴和栽系统软件开发平台基础	.....	园
愿	葬粤非蕴和栽系统软件使用	.....	园
本章小结	.....		园
练习与思考	.....		园

练习与思考参考答案.....	圆缘
附录一 常用数字集成电路引脚图.....	圆苑
附录二 国产半导体集成电路型号命名法.....	圆苑
附录三 数字集成电路的使用规则.....	圆苑
附录四 常用数字集成电路查阅表.....	圆苑
参考文献.....	圆猿

第 1 章 数制与编码

本章介绍数字系统中主要进制数的表示形式以及它们之间的相互转换关系，讲述人们习惯常用的十进制在数字计算机系统存储方式、输入和输出的转换方法。

1.1 数制

数制是人们对数量计数的一种统计规律，表示数值的大小。在日常生活中最常用到的是十进制的进位计数制；在数字逻辑系统、微型计算机和数字电子设备中，广泛采用的是二进制，而八进制和十六进制则在编写程序中常用。各种数制的记法比较简单，把数字用括号括起来，并在括号的右下角标注所属进制。例如十进制数 1234 可以写成 $(1234)_{10}$ ，二进制 1010101 可以写成 $(1010101)_2$ 的形式。

1.2 自然数的表示方法

自然数的表示方法一般有并列记数法和多项式记数法两种方法。

一个 r 进制的数 N ，可以写成以下两种方式。

① 并列记数法，也称位置记数法：

$$(a_n r^n + a_{n-1} r^{n-1} + \dots + a_1 r^1 + a_0 r^0)_{r}$$

这里 n 代表整数位数， m 代表小数位数， a_i 代表 r 进制中的数字， r 表示基数。

② 多项式记数法：

$$(a_n r^n + a_{n-1} r^{n-1} + \dots + a_1 r^1 + a_0 r^0)_{r}$$

【例 1.1】用并列记数法和多项式记数法来表示一个十进制数 123456789 和二进制数 1010101

解：并列记数法表示：

$$(1 \times 10^8 + 2 \times 10^7 + 3 \times 10^6 + 4 \times 10^5 + 5 \times 10^4 + 6 \times 10^3 + 7 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 9 \times 10^0)_{10}$$

多项式记数法表示：

$$(1 \times 10^8 + 2 \times 10^7 + 3 \times 10^6 + 4 \times 10^5 + 5 \times 10^4 + 6 \times 10^3 + 7 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 9 \times 10^0)_{10}$$

$$(1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0)_{2}$$

员源圆 计算机常用数制

员源圆.1 十进制计数制

十进制数是我们最熟悉和日常生活上用得最多的进制数,采用了 员个有序数字符号 园员圆猿源缘远苑愿怨和一个小数点符号“.”,由于基数为 员,于是每个数位计满 员就向高位进位,即“逢十进一”。任意一个十进制数(晕)可以表示为下式:

$$(晕)_{10} = 运_{10} \times 10^{\text{灶}} + 皂_{10} \times 10^{\text{皂}} + \dots + 垣_{10} \times 10^{\text{垣}} + \dots + 垣_{10} \times 10^{\text{垣}} + \dots + 垣_{10} \times 10^{\text{垣}}$$

其中,运、皂、垣可以是 园~ 怨十个数码中的任意一个,皂和 灶都是正整数,运、皂、垣均由(晕)决定。

员源圆.2 二进制计数制

基数 砸为 圆的数制为二进制。二进制记数法在计算机中被广泛使用,它只有两种不同的状态,采用数字符号 园和 员两个字符,计数时“逢二进一”。因为这种进位制表示的数,每位仅可能有两种数字符号,所以表示方便、运算简单和易于实现。但是,当要表示一个很大的数时,用二进制需要的位数太多,读、写和记不但不习惯也很不方便。

【例 圆】二进制数 员园员园员园员园可以展开为

$$(员园员园员园员园)_{10} = 员 \times 10^7 + 园 \times 10^6 + 员 \times 10^5 + 园 \times 10^4 + 员 \times 10^3 + 园 \times 10^2 + 员 \times 10^1 + 园 \times 10^0$$

二进制的运算规律:

加法规则: 园垣园越园 园垣员越员垣园越员 员垣员越园

乘法规则: 园伊园越园 园伊员越员伊园越园 员伊员越员

员源圆.3 八进制计数制和十六进制计数制

八进制和十六进制,通常用于计算机文件中,它们仅是二进制数的速记符号,用于人们书写程序和记忆。八进制数有 愿个数位符号,即 园~ 苑进位规律是“逢八进一”,基数 砸为 愿;十六进制有 员远个表示符号,即 园~ 怨以及用 粤,月,悦,阅,耘和云分别表示 员园~ 员缘进位规律为“逢十六进一”,基数为 员远。

员源猿 数制的转换方法

在日常生活中,人们习惯使用十进制记数法。在编写程序时广泛应用八进制和十六进制数,而计算机系统却是使用二进制记数法。为了方便人与计算机或数字系统之间能够进行沟通,必须进行各种数制间的转换。将一个数从一种进位计数制表示法转换成另外一种进位计数制表示法,称为数制转换。在进行不同数制间的相互转换时,经常采用数码直接代换法、多项式替代法和基数乘法。

二进制与八进制、十六进制数的转换

由于数 1 越愿 1 越远, 所以 1 位八进制数所能表示的数值恰好相当于 3 位二进制数, 而 1 位十六进制数与 4 位二进制数能表示的数值恰好相当, 因此, 它们之间的相互转换是非常方便的, 通常使用数码直接代换法。

将八进制转换成二进制, 把每位八进制数用 3 位二进制数表示即可; 在二进制转换成八进制时, 整数部分从小数点向左边分, 每 3 位一组, 最高一组不够 3 位时, 在前面用 0 补足, 小数部分则从小数点向右边分, 每 3 位一组, 最后不足 3 位的, 在最右边补 0 , 然后将 3 位的二进制数用相应的八进制表示。

将十六进制转换成二进制, 1 位十六进制数的 4 个数码正好与 4 位二进制数的 16 个状态一一对应, 并且将这 4 位二进制数看成一个整体, 其进位输出也正好是逢 16 进 1 。因此, 在进行十六进制数与二进制数之间的转换时, 只要以小数点为起点, 向高位和向低位分别使 1 位十六进制数对应 4 位二进制数进行替代即可。在替代时需要注意的是: 将二进制数转换成十六进制数时, 若其小数部分最低位一组不足 4 位, 要在有效位右边加 0 补足 4 位, 但对于整数部分, 最高位一组不足 4 位时, 可在有效位的左边补 0 , 也可不补。

【例 猿】把 $(2576)_{10}$ 转换成二进制数。

解:
$$\begin{array}{ccccccc} & 2 & 5 & 7 & 6 & & \\ & 1000 & 1001 & 1011 & 110 & & \end{array}$$

所以 $(2576)_{10}$ 越 $(100010011011110)_{2}$ 。

【例 源】把 $(1234)_{10}$ 转换成二进制数。

解:
$$\begin{array}{cccc} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ & 1000 & 1011 & 11 & 100 & \end{array}$$

所以 $(1234)_{10}$ 越 $(100110111100)_{2}$ 。

【例 缘】把 $(123456)_{10}$ 转换成八进制数。

解:
$$\begin{array}{ccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ & 1000 & 1011 & 11 & 100 & 101 & 110 & \end{array}$$

所以 $(123456)_{10}$ 越 $(17376)_{8}$ 。

【例 远】把 $(12345678)_{10}$ 转换成十六进制数。

解:
$$\begin{array}{ccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ & 1000 & 1011 & 11 & 100 & 101 & 110 & 111 & 1000 & \end{array}$$

所以 $(12345678)_{10}$ 越 $(30038)_{16}$ 。

【例 苑】把 $(1234)_{10}$ 转换成十六进制数。

解:
$$\begin{array}{ccc} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ & 1000 & 1011 & 11 & 100 & \end{array}$$

③重复②直到部分积为 0 或者达到精确度为止；

④取部分乘积中的整数部分作为转换结果。

这里应注意，部分乘积中的整数部分是就不再参加运算的。

【例 1.10】将十进制数 10.75 转换成二进制数。

解：	$10 \div 2 = 5$	整数为：5	小数为： 0.75
	$5 \div 2 = 2 \dots 1$	整数为：2	小数为： $0.75 \times 2 = 1.5$
	$2 \div 2 = 1$	整数为：1	小数为： 0.5
	$1 \div 2 = 0 \dots 1$	整数为：0	小数为： $0.5 \times 2 = 1.0$
	$0 \div 2 = 0$	整数为：0	小数为： 0

所以 $(10.75)_{10} \approx (1010.11)_{2}$

注意：小数转换不一定能算尽，只能算到一定精度的位数为止，因此会产生一些误差，不过当位数较多时，这个误差就很小了。

【例 1.11】将十进制数 27.625 转换成二进制数。

解：	$27 \div 2 = 13 \dots 1$	余 1	$27 \div 2 = 13 \dots 1$	整数为：13	小数为： 0.625
	$13 \div 2 = 6 \dots 1$	余 1	$13 \div 2 = 6 \dots 1$	整数为：6	小数为： $0.625 \times 2 = 1.25$
	$6 \div 2 = 3$	余 0	$6 \div 2 = 3$	整数为：3	小数为： 0.25
	$3 \div 2 = 1 \dots 1$	余 1	$3 \div 2 = 1 \dots 1$	整数为：1	小数为： $0.25 \times 2 = 0.5$
	$1 \div 2 = 0 \dots 1$	余 1	$1 \div 2 = 0 \dots 1$	整数为：0	小数为： $0.5 \times 2 = 1.0$
	$0 \div 2 = 0$	余 0	$0 \div 2 = 0$	整数为：0	小数为： 0
	$0 \div 2 = 0$	余 0	$0 \div 2 = 0$	整数为：0	小数为： 0
	$0 \div 2 = 0$	余 0	$0 \div 2 = 0$	整数为：0	小数为： 0

所以 $(27.625)_{10} \approx (11011.101)_{2}$

1.3 二进制运算

由于完成二进制运算的逻辑电路比完成十进制运算的逻辑电路或其它逻辑电路要简单很多，因此数字系统中的算术运算通常采用二进制。执行二进制运算的方式与十进制基本相同，只是加法与乘法表简单了许多。

二进制数除了数码少外，其算术运算规则也十分简单。

二进制的加法运算规则如下：

$0+0=0$ $0+1=1$ $1+0=1$ $1+1=10$

在 $1+1=10$ 中，它给下一列进位为 1，给一列进位为 0，等价于给这一列加 1。

【例 1.12】用二进制计算 $(101)_{2} + (110)_{2}$

解：根据运算规则，写出计算式，计算值为 $(101)_{2} + (110)_{2} = (1000)_{2}$

$$\begin{array}{r}
 \text{进位 } 1111 \\
 11_{10} = 1011 \\
 + 15_{10} = 1111 \\
 \hline
 26_{10} = 11010
 \end{array}$$

二进制数的减法运算规则如下：

0-0=0 0-1=1 1-0=1 1-1=0

并且从下一列借位为 1 从一列借位为 1 等价于从该列减 1

【例 1.10】 试求二进制数 10101010101010101010101010101010 和 10101010101010101010101010101010 的值。
解：

$ \begin{array}{r} 1 \text{ 借位} \\ 11101 \\ - 10011 \\ \hline 1010 \end{array} $	$ \begin{array}{r} 1111 \text{ 借位} \\ 10000 \\ - \quad 11 \\ \hline 1101 \end{array} $	$ \begin{array}{r} 111 \\ 111001 \\ - \quad 1011 \\ \hline 101110 \end{array} $
--	--	---

二进制数的乘法运算规则如下：

0-0=0 0-1=0 1-0=0 1-1=1

【例 1.11】 用二进制实现(10101010101010101010101010101010) 乘 (10101010101010101010101010101010) 运算,并计算最终值。
解:根据二进制乘法规则,列式计算：

$$\begin{array}{r}
 1011 \\
 \times 1001 \\
 \hline
 1011 \\
 0000 \\
 0000 \\
 1011 \\
 \hline
 1100011
 \end{array}$$

所以(10101010101010101010101010101010) 乘 (10101010101010101010101010101010)

注意 每个部分积或者是被乘数适当移位后的所得 或者是零。

当把某一列的二进制数加起来时,该列的和可能会超过(10)₂ 因此向下一列的进位可能会超过 1 例如若某列的二进制位中包含 3 个 1 那么加起来的结果是(11)₂ 这意味着该列的加法和为 1 而向下一列的进位为(1)₂。在进行二进制乘法运算时,避免进位大于 1 的常用方法是一次只加一个部分积。

【例 1.12】 用二进制实现(10101010101010101010101010101010) 乘 (10101010101010101010101010101010) 运算,并计算最终值。

解：

1111	被乘数
× 1110	乘数
0000	第一个部分积
1111	第二个部分积
11110	第一、二个部分积之和
1111	第三个部分积
1011010	加上第三个部分积之后的和
1111	第四个部分积
11010010	最后乘积(加上第四个部分积之后的和)

所以(二进制)越(二进制)

二进制的除法运算规则如下：

二进制除法与十进制除法相类似，只是更简单一些，它的商值只有两种可能，要么是 0 要么是 1。

【例 4-1】试计算二进制数 10010001 除以 1011 的商。

解：

$$\begin{array}{r}
 1101 \\
 1011 \overline{) 10010001} \\
 \underline{1011} \\
 1110 \\
 \underline{1011} \\
 1101 \\
 \underline{1011} \\
 10
 \end{array}$$

所以 10010001 除以 1011 的商为 1101 ，余数为 10 。

在上面的例子中，如果开始将除数(1011)与被除数的最高源位(1001)相比较，会发现在不允许出现负数结果情况下没有办法进行减法，因此将除数右移一位然后重新尝试。这一次我们可以从 10010 中减去 1011 且结果为 1101，因此在 10010 上面放置第一位商值 1。接着将被除数的下一位(0)移下来得到 11010 并且将除数右移一位，再从 11010 中减去 1011 后得到 1011，所以第二个位商值为 1。当移下后面的被除数位后结果是 10110 时，它不能减去移位后的除数，因此第三个商位为 0。我们移下最后的被除数位并且从 10110 中减去 1011 后，得到最后的余数为 10 且最后一位的商值为 1。

4.3 编码

在数字系统中的信息有两类：一类是数码信息；另一类是代码信息。数码信息的表示方法如前所述，它便于在数字系统中进行运算、存储和传输。为了表示字