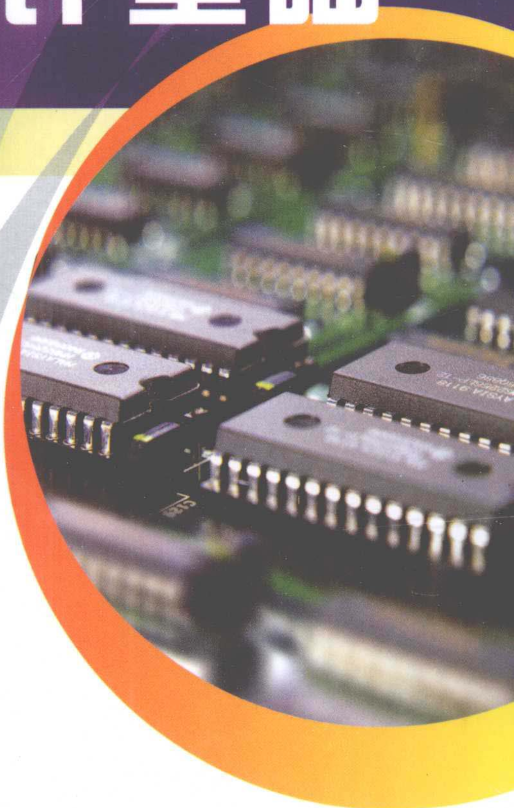
高等学校本科规划教材

数字系统设计基础



主编 毛永毅

编著 毛永毅 杜慧敏 师亚莉

西安电子科技大学出版社
http://www.xduph.com

面向21世纪高等学校本科规划教材

数字系统设计基础

毛永毅　主编

毛永毅　杜慧敏　师亚莉　编著

西安电子科技大学出版社

2010

内 容 简 介

本书全面而系统地阐述了数字电路逻辑设计的基本理论、分析方法和设计原理。全书共分10章，内容涉及数字逻辑基础、逻辑代数与逻辑函数、集成逻辑门电路及工作原理、组合逻辑电路、触发器、同步时序逻辑电路和异步时序逻辑电路、Verilog HDL 语言、半导体存储器和可编程逻辑器件、脉冲电路、数/模及模/数转换等。

本书结构新颖，内容上既注重基本理论的阐述，又注重实际应用能力的培养，可作为高等学校本科计算机科学与技术、通信、电子信息以及自动化等相关专业的教材，也可作为相关专业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字系统设计基础/毛永毅主编. —西安：西安电子科技大学出版社，2010.5
面向21世纪高等学校本科规划教材
ISBN 978-7-5606-2402-0
Ⅰ.数… Ⅱ.毛… Ⅲ.数字系统—系统设计—高等学校—教材 Ⅳ.TP271

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第017366号

策　　划　云立实
责任编辑　陈　婷　云立实
出版发行　西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)
电　　话　(029)88242885　88201467　　邮　编　710071
网　　址　www.xduph.com　　电子邮箱　xdupfxb001@163.com
经　　销　新华书店
印刷单位　西安文化彩印厂
版　　次　2010年5月第1版　2010年5月第1次印刷
开　　本　787毫米×1092毫米　1/16　印张 18.75
字　　数　444千字
印　　数　1～3000册
定　　价　26.00元
ISBN 978-7-5606-2402-0/TP·1204

XDUP 2694001-1

前　言

本书是依据高等院校数字电子技术课程教学内容的基本要求，结合综合型人才培养目标和教学特点以及作者多年的教学实践，为适应我国高等教育的新形势而编写的。全书共10章，总授课时间大约为80学时。

数字电子技术是一门重要的专业基础课，也是一门发展最快、应用最广的学科。本书侧重阐明基本物理概念，电路的工作原理和分析、设计方法。在编写过程中，作者力求做到深入浅出、思路清晰、重点突出，对基本理论、分析和设计方法等均进行了总结并附上例题，期望使读者易于理解和接受，以提高学习效率和质量。本书的主要内容安排如下：

第1、2章包括了逻辑代数的基本概念、公式和定理、逻辑函数的描述方法及化简方法等；第3章为逻辑门电路，着重介绍了TTL和CMOS逻辑门电路；第4章介绍了组合逻辑电路的分析方法和设计方法，同时介绍了若干常用组合逻辑电路及MSI组合电路模块的功能及应用，包括编码器、译码器、加法器、比较器、数据选择器等；第5章介绍了触发器的电路结构和工作特点、触发器的逻辑功能和分类以及不同逻辑功能触发器间的转换方法等；第6章首先介绍了时序逻辑电路的基本结构和特点，然后讲述了时序逻辑电路的分析方法和设计方法，计数器、寄存器和移位寄存器型计数器等常用时序逻辑电路的基本概念、工作原理和逻辑功能，同时还介绍了它们的典型MSI模块及应用；第7章介绍了硬件描述语言Verilog HDL语言的基本结构、基本语句和设计流程等基础知识；第8章系统介绍了存储器和可编程逻辑器件基本电路结构及其基本应用；第9章主要介绍了用门电路组成的脉冲电路及集成脉冲电路；第10章系统讲述了数/模转换和模/数转换的基本原理和常见的典型电路。

通过本书的学习，读者可掌握数字电路和脉冲电路的基本原理和分析设计方法，能对常见的小、中、大规模集成电路进行分析、设计和应用，并能初步掌握用可编程器件进行数字系统设计的方法。

本书由毛永毅教授、杜慧敏教授和师亚莉副教授合作编写。毛永毅教授任主编，负责全书的统稿与定稿。第1～4章由师亚莉编写，第7、8章由杜慧敏编写，第5、6、9、10章由毛永毅编写。

在本书的编写过程中，得到了西安邮电学院领导和同事们的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

编　者

2010年1月

目　　录

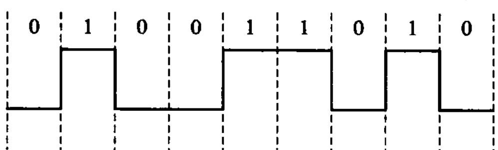
第1章 绪 论

数字电子技术已广泛应用于通信、电视、医疗设备、自动控制、新型武器、交通、电力、航空等各个领域。例如，在通信系统中，数字通信系统不仅比模拟通信系统抗干扰能力强、保密性好，还能应用计算机进行信息处理和控制，形成以计算机为中心的自动交换通信网。科学研究中先进的仪器设备，日常生活的家用电器，电子计算机及信息技术都离不开数字技术。21世纪是信息数字化的时代，数字化是人类进入信息时代的必要条件。

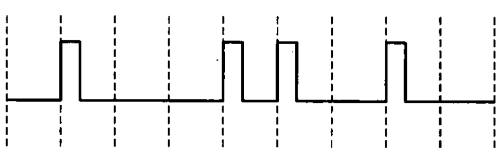
1.1 数字信号

自然界中存在着两类物理量：一类称为模拟量(Analog Quantity)，它具有时间上连续变化、值域内任意取值的特点，例如电压、温度、声音等就是典型的模拟量；另一类称为数字量(Digital Quantity)，它具有时间上离散变化(也就是不连续)、值域内只能取某些特定值的特点，例如开关的通断、电压的高低、电流的有无等就是典型的数字量。在电子设备中，无论是数字量还是模拟量都是以电信号形式出现的。通常将表示模拟量的电信号叫做模拟信号(Analog Signal)；将表示数字量的电信号称为数字信号(Digital Signal)。正弦波信号、话音信号就是典型的模拟信号；矩形波、方波信号就是典型的数字信号。将产生、传送、处理模拟信号的电子电路叫做模拟电路(Analog Circuit)；将产生、存储、传送、处理数字信号的电子电路叫做数字电路(Digital Circuit)。

数字电路的基本工作信号是由0、1两种数值组成的数字信号，一个0或一个1通常称为1比特，有时也称为一个节拍。数字信号有两种传输波形，一种称为电平型，另一种称为脉冲型。电平型数字信号是用1或0来表示一个时间节拍内信号是高电平还是低电平，而脉冲型数字信号是用1或0来表示一个时间节拍内有无脉冲。图1-1所示的数字信号



(a) 电平型数字信号



(b) 脉冲型数字信号

图1-1 数字信号的表示

为 010011010，图(a)所示是以 1 表示高电平、0 表示低电平的电平型数字信号波形，或称为不归 0 型数字信号；图(b)所示是以 1 表示有脉冲、0 表示无脉冲的脉冲型数字信号波形，或称为归 0 型数字信号，即在相邻 1 信号间，先回到 0 再变为 1。

1.2 数　制

数制是计数进位制的简称。生活中人们最熟悉的是十进制数，即由 0～9 组成的数字。生活中也有大量的非十进制计数，例如 7 天为一周，一年有 12 个月等。而在数字电路系统中，主要是使用二进制计数，有时也采用八进制计数或十六进制计数。

1. 十进制

日常生活中最常用的是十进制。十进制数中，采用了 0、1、2、…、9 共 10 个不同的数码，计数规则是“逢十进一”及“借一当十”。各个数码处于十进制数的不同数位时，所代表的数值是不同的。例如：

$$358=3\times10^2+5\times10^1+8\times10^0$$

其中，最高位数码 3 代表数值 300，次高位数码 5 代表数值 50，最低位数码 8 代表数值 8。把 100、10、1 称为十进制数数位的位权值，这些位权值都是 10 的幂。“10”称为十进制数的基数。因此，任意一个十进制数均可以按位权展开为

$$\begin{aligned}(N)_{10} &= a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1a_0.a_{-1}a_{-2}\cdots a_{-m}\\ &= a_{n-1}\times10^{n-1}+a_{n-2}\times10^{n-2}+\cdots+a_1\times10^1+a_0\times10^0\\ &\quad +a_{-1}\times10^{-1}+a_{-2}\times10^{-2}+\cdots+a_{-m}\times10^{-m}\\ &= \sum_{i=-m}^{n-1}a_i\times10^i\end{aligned}$$

式中，a_i 为第 i 位的系数，为 0～9 中任意一个数码；

n 表示整数部分位数；

m 表示小数部分位数。

十进制数按位权展开的表示方法可以推广到任意进制的计数制。一个基数为 R 的 R 进制计数制，共有 0、1、…、$R-1$ 个不同的数码，则按位权展开可表示为

$$\begin{aligned}(N)_R &= a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1a_0.a_{-1}a_{-2}\cdots a_{-m}\\ &= a_{n-1}\times R^{n-1}+a_{n-2}\times R^{n-2}+\cdots+a_1\times R^1+a_0\times R^0\\ &\quad +a_{-1}\times R^{-1}+a_{-2}\times R^{-2}+\cdots+a_{-m}\times R^{-m}\\ &= \sum_{i=-m}^{n-1}a_i\times R^i\end{aligned}$$

这种计数法叫做 R 进制计数法，R 称为计数制的基数或称为计数的模(mod)。

2. 二进制

目前在数字电路中应用最广的是二进制。二进制只有 0 和 1 两个数码，计数规则是“逢二进一”及“借一当二”。二进制的基数是 2，每个数位的位权值为 2 的幂(见表 1 - 1)。

表 1-1 二进制各位的权

权	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
十进制	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125

二进制按位权展开形式为

$$
\begin{aligned}
(N)_2 &= a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1a_0.a_{-1}a_{-2}\cdots a_{-m} \\
&= a_{n-1}\times 2^{n-1}+a_{n-2}\times 2^{n-2}+\cdots+a_1\times 2^1+ \\
&\quad a_0\times 2^0+a_{-1}\times 2^{-1}+a_{-2}\times 2^{-2}+\cdots+a_{-m}\times 2^{-m} \\
&= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i\times 2^i
\end{aligned}
$$

式中，a_i 为 0 或 1；

n 表示整数部分位数；

m 表示小数部分位数；

2^i 为第 i 位的位权值。

例如，二进制数 1101.01 可展开为

$$(1101.01)_2 = 1\times 2^3+1\times 2^2+0\times 2^1+1\times 2^0+0\times 2^{-1}+1\times 2^{-2}$$

3. 八进制

八进制对应的八个数码符号为 0～7，基数为 8，每个数位的位权值为 8 的幂，计数规则为“逢八进一”。八进制数可表示为

$$(N)_8 = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i\times 8^i$$

例如，八进制数$(128)_8$ 可展开为

$$(128)_8 = 1\times 8^2+2\times 8^1+8\times 8^0$$

4. 十六进制

十六进制数有 0～9、A、B、C、D、E、F 共 16 个数码符号，其中 A、B、C、D、E、F 6 个数码符号依次表示 10～15。十六进制数的基数为 16，每个数位的位权值为 16 的幂，计数规则为“逢十六进一”。十六进制数可表示为

$$(N)_{16} = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i\times 16^i$$

例如，十六进制数$(5D)_{16}$可展开为

$$(5D)_{16} = 5\times 16^1+13\times 16^0$$

1.3 不同进制数的转换

1. 将 R 进制数转换成十进制数

将 R 进制数转换成等值的十进制数，只要将 R 进制数按位权展开，再按十进制运算规则运算，即可得到十进制数。

【例 1-1】 将下列各进制数转换成十进制数。

$(D8.A)_{16}=13\times16^1+8\times16^0+10\times16^{-1}=(216.625)_{10}$

$(207.04)_8=2\times8^2+0\times8^1+7\times8^0+0\times8^{-1}+4\times8^{-2}=(135.0625)_{10}$

$(101.01)_2=1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}=(5.25)_{10}$

2. 将十进制数转换成 *R* 进制数

十进制数转换成 R 进制数，需将十进制数的整数部分和小数部分分别进行转换，然后将它们合并起来。整数部分的转换用除以 R 取余数法，小数部分的转换用乘以 R 取整数法。

整数部分的转换步骤如下：

① 将给定的十进制整数除以 R，余数作为 R 进制数的最低位(LSB)。

② 用前一步的商再除以 R，余数作为次低位。

③ 重复步骤②，记下余数，直至最后商为 0。最后的余数即为 R 进制数的最高位(MSB)。

【例 1-2】 将$(217)_{10}$转换成二进制数。

解

2 | 217			
2 | 108	……………余 1	……LSB	$b_0=1$
2 | 54	……………余 0		$b_1=0$
2 | 27	……………余 0		$b_2=0$
2 | 13	……………余 1		$b_3=1$
2 | 6	……………余 1		$b_4=1$
2 | 3	……………余 0		$b_5=0$
2 | 1	……………余 1		$b_6=1$
0	……………余 1	……MSB	$b_7=1$

$$(217)_{10}=(11011001)_2$$

【例 1-3】 将十进制数$(53)_{10}$转换成八进制数。

解 由于基数为 8，逐次除以 8 取余数：

8 | 53			
8 | 6	……余 5	……LSB	$b_0=5$
0	……余 6	……MSB	$b_1=6$

所以 $$(53)_{10}=(65)_8$$

十进制纯小数转换成 R 进制数的方法是：将小数部分逐次乘以 R，取乘积的整数部分作为 R 进制的各有关数位，乘积的小数部分继续乘以 R，直至最后乘积为 0 或达到一定的精度为止。

【例 1-4】 求$(0.3125)_{10}=(\qquad)_2$。

解

$0.3125\times2=0.625$	……整数为 0	$b_{-1}=0$
$0.625\times2=1.25$	……整数为 1	$b_{-2}=1$
$0.25\times2=0.5$	……整数为 0	$b_{-3}=0$

$$0.5 \times 2 = 1.0 \quad \cdots\cdots \text{整数为 } 1 \quad b_{-4}=1$$

所以 $(0.3125)_{10}=(0.0101)_2$

【例 1-5】 将十进制小数$(0.39)_{10}$转换成二进制数，要求精度达到 0.1%。

解 要求精度达到 0.1%，因为 $1/2^9<1/1000<1/2^{10}$，所以需要精确到二进制小数 10 位。

$$
\begin{aligned}
&0.39 \times 2 = 0.78 && \cdots\cdots \text{整数为 } 0 && b_{-1}=0\\
&0.78 \times 2 = 1.56 && \cdots\cdots \text{整数为 } 1 && b_{-2}=1\\
&0.56 \times 2 = 1.12 && \cdots\cdots \text{整数为 } 1 && b_{-3}=1\\
&0.12 \times 2 = 0.24 && \cdots\cdots \text{整数为 } 0 && b_{-4}=0\\
&0.24 \times 2 = 0.48 && \cdots\cdots \text{整数为 } 0 && b_{-5}=0\\
&0.48 \times 2 = 0.96 && \cdots\cdots \text{整数为 } 0 && b_{-6}=0\\
&0.96 \times 2 = 1.92 && \cdots\cdots \text{整数为 } 1 && b_{-7}=1\\
&0.92 \times 2 = 1.84 && \cdots\cdots \text{整数为 } 1 && b_{-8}=1\\
&0.84 \times 2 = 1.68 && \cdots\cdots \text{整数为 } 1 && b_{-9}=1\\
&0.68 \times 2 = 1.36 && \cdots\cdots \text{整数为 } 1 && b_{-10}=1
\end{aligned}
$$

所以 $(0.39)_{10}=(0.0110001111)_2$

【例 1-6】 将十进制小数$(0.39)_{10}$转换成八进制数，要求精度达到 0.1%。

解 要求精度达到 0.1%，因为 $1/8^3<1/1000<1/8^4$，所以需要精确到八进制小数 4 位。

$$
\begin{aligned}
&0.39 \times 8 = 3.12 && \cdots\cdots \text{整数为 } 3 && b_{-1}=3\\
&0.12 \times 8 = 0.96 && \cdots\cdots \text{整数为 } 0 && b_{-2}=0\\
&0.96 \times 8 = 7.68 && \cdots\cdots \text{整数为 } 7 && b_{-3}=7\\
&0.68 \times 8 = 5.44 && \cdots\cdots \text{整数为 } 5 && b_{-4}=5
\end{aligned}
$$

所以 $(0.39)_{10}=(0.3075)_8$

把一个带有整数和小数的十进制数转换为 R 进制数时，是将整数部分和小数部分分别进行转换，然后将结果合并起来。例如将十进制数$(217.3125)_{10}$转换成二进制数，可按例 1-2 和例 1-4 分别进行转换，并将结果合并，得到

$$(217.3125)_{10}=(11011001.0101)_2$$

3. 二进制数与八进制数、十六进制数之间的转换

(1) 二进制数与八进制数之间的转换。

由于 3 位二进制数构成 1 位八进制数，所以它们之间的关系如下：

$$(101\ 011\ 100\ 101)_2=(5345)_8$$

$$(6574)_8=(110\ 101\ 111\ 100)_2$$

(2) 二进制数与十六进制数之间的转换。

4 位二进制数构成 1 位十六进制数，它们之间的关系如下：

$$(9A7E)_{16}=(1001\ 1010\ 0111\ 1110)_2$$

$$(0101\ 1101\ 0110)_2=(5D6)_{16}$$

【例 1-7】 将$(BE2.9D)_{16}$转换成八进制数。

解　　$(BE2.9D)_{16}=(1011\ 1110\ 0010.1001\ 1101)_2$

$=(5742.472)_8$

十进制、二进制、八进制、十六进制等几种计数进制的对照表如表 1－2 所示。

表 1－2　几种计数进制数的对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

1.4　二—十进制常用代码

数字系统中的信息可以分为两类：一类是数值，表示数量的大小，对应的体制为计数体制，如二进制、八进制、十进制、十六进制等；另一类是文字符号，作为事物的代码，对应的体制是码制，指用数码对不同事物、字符、状态等进行编码的原则或规律，例如：85 中学，120 教室等。在数字电路系统中，常用与二进制数码对应的 0、1 作为代码的符号，叫做二进制码，它的含义由人们预先约定赋予，可以在不同场合有不同的含义。因此二进制码不仅仅只表示二进制数。

用二进制码表示 1 位十进制数的代码，称为二—十进制代码，即 BCD(Binary Coded Decimal)代码。由于十进制数共有 0～9 十个数码，因此，至少需要 4 位二进制代码来表示 1 位十进制数。而 4 位二进制码共有 16 种码组，在这 16 种码组中，可以任选 10 种来表示 10 个十进制数，这样不同的选法产生了不同的 BCD 码。常用的 BCD 码见表 1－3，它们的编码规则各不相同。

表 1-3 几种常用的 BCD 码

十进制数码	8421 码	余 3 码	5421 码	2421 码	631-1 码	BCD Gray 码	移存码
0	0000	0011	0000	0000	0011	0000	0001
1	0001	0100	0001	0001	0010	0001	0010
2	0010	0101	0010	0010	0101	0011	0100
3	0011	0110	0011	0011	0111	0010	1001
4	0100	0111	0100	0100	0110	0110	0011
5	0101	1000	1000	1011	1001	0111	0111
6	0110	1001	1001	1100	1000	0101	1111
7	0111	1010	1010	1101	1010	0100	1110
8	1000	1011	1011	1110	1101	1100	1100
9	1001	1100	1100	1111	1100	1000	1000

BCD 码分为有权码和无权码两大类。

1. 有权 BCD 码

在表示 0～9 十进制数的 4 位二进制代码中，每位二进制数都有确定的位权值，称为有权 BCD 码，如表 1-3 中的 8421 码、2421 码、5421 码。对于有权 BCD 码，可以根据位权展开式求得所代表的十进制数。例如：

$$[0111]_{8421BCD}=0\times8+1\times4+1\times2+1\times1=(7)_{10}$$

$$[1101]_{2421BCD}=1\times2+1\times4+0\times2+1\times1=(7)_{10}$$

最常用的有权码是 8421 BCD 码，8421 BCD 码选取 0000～1001 表示十进制数 0～9。在这种编码方式中，其位权值是按基数 2 的幂增加的，从左到右依次为 8、4、2、1，且代码中每一位的权值是固定不变的。这样，它和二进制数的位权值一致，有时也称为自然权码，代码 1010～1111 的六种状态称为禁用码或伪码。5421 BCD 码选取 0000～0100 和 1000～1100 共十种状态来对应十进制数 0～9，代码 0101～0111、1101～1111 的六种状态为禁用码。

表 1-3 中的 2421 码、631-1 码的十个数字代码中，0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 恰好互为反码。这种特性称为具有自补性，这对于求取 10 的补码是很方便的，在数字系统中很有用。

2. 无权 BCD 码

无权 BCD 码没有确定的位权值，不能按位权展开来求它们所代表的十进制数。但这些代码都有其特点，在不同场合可根据需要选用。例如余 3 BCD 码，是在每个 8421 BCD 码上加 $(3)_{10}=(0011)_2$ 得到的，故称余 3 BCD 码。用余 3 BCD 码进行加减运算比 8421 BCD 码方便，从表 1-3 中可看出，余 3 BCD 码具有自补性。又如 BCD Gray 循环码，它的两个相邻的数码之间仅有一位不同，其余位都相同。循环码的这个特点，使它在代码的形成与传输时引起的误差比较小。因此，按这种码型接成计数器时，每次状态转换过程中只有一个触发器翻转，译码时不会发生竞争-冒险现象。

3. 用 BCD 代码表示十进制数

BCD 代码中，4 位二进制代码仅表示 1 位十进制数，对一个多位的十进制数进行编码，

需要有与十进制位数相同的几组 BCD 代码来表示，每组代码之间按十进制进位。例如，用 BCD 码来表示十进制数 683，为

$$[683]_{10}=[0110\ 1000\ 0011]_{8421BCD}$$

$$[683]_{10}=[1100\ 1110\ 0011]_{2421BCD}$$

4. 其它常用代码

奇偶校验码是一种具有检错能力，可以检测一位错误的代码，它由信息位和校验位两部分组成。校验位数码的编码方式是："奇校验"时，使校验位和信息位所组成的每组代码中含有奇数个 1；"偶校验"时，使校验位和信息位所组成的每组代码中含有偶数个 1。通常采用奇校验，因为它排除了全 0 的情况。

字符码是专门用来处理数字、字母及各种符号的二进制代码。字符代码的种类繁多，目前在计算机和数字通信系统中被广泛采用的是 ASCII 码(American Standard Code for Information Interchange，美国信息交换标准代码)，常用的是 ASCII－7 编码，用 7 位二进制编码表示一个字符，共可表示 128 个不同的字符。通常使用时在最高位添"0"凑成 8 位二进制编码，或根据实际情况将最高位用做校验位。

1.5 算术运算与逻辑运算

当二进制数码中的"0"和"1"表示的是数量大小时，两数之间进行的数值运算称为算术运算。二进制算术运算和十进制算术运算的法则基本相同，唯一区别在于相邻两位之间的关系是"逢二进一"及"借一当二"。例如：

加法运算

$$\begin{array}{r} 0100 \\ +\ 1001 \\ \hline 1110 \end{array}$$

减法运算

$$\begin{array}{r} 1001 \\ -\ 0100 \\ \hline 0101 \end{array}$$

乘法运算

$$\begin{array}{r} 1001 \\ \times\ 0100 \\ \hline 0000 \\ 0000 \\ 1001 \\ 0000 \\ \hline 0100100 \end{array}$$

二进制数码中的"0"和"1"不仅可以表示数量的大小，进行二进制的数值运算，还可以表示不同的状态。例如，用"1"和"0"分别表示一件事情的真和伪，或者电位的高和低、脉冲信号的有和无等。数字电路中，两种不同的状态通常称为逻辑状态，只有两种对立状态的逻辑关系称为二值逻辑。这样，"0"和"1"已不再是通常的二进制数，而是代表两种逻辑状态的符号，它们的意义完全由事先约定。例如：以"1"表示高电平，以"0"表示低电平；也可以以"1"表示低电平，以"0"表示高电平。

这里，有两种逻辑体制，正逻辑体制规定：高电平为逻辑"1"，低电平为逻辑"0"；负逻辑体制规定：低电平为逻辑"1"，高电平为逻辑"0"。

当二进制数码"0"、"1"表示逻辑状态时，它们之间按照一定的因果关系所进行的运算叫逻辑运算。逻辑运算与算术运算有着本质的区别，下一章将重点介绍逻辑运算的各种规律。

1.6 数字电路及其发展

数字集成电路是将元器件和连线集成于同一半导体基片上而制成的数字逻辑电路或系统，是当前广泛采用的器件。根据数字集成电路中包含的门电路或元器件数量的多少，可将数字集成电路分为小规模集成(SSI)电路、中规模集成(MSI)电路、大规模集成(LSI)电路、超大规模集成(VLSI)电路和特大规模集成(ULSI)电路。小规模集成电路包含的门电路在10个以内，或元器件数不超过100个；中规模集成电路包含的门电路在10～100个之间，或元器件数在100～1000个之间；大规模集成电路包含的门电路在100个以上，或元器件数在1000～10 000个之间；超大规模集成电路包含的门电路在10 000个以上。

当前数字电路设计的趋势是规模越来越大，推向市场的时间越来越短，价格越来越低，设计方法越来越依赖于电子设计自动化(EDA)工具；多层次的设计表述，集成电路的设计与制造分离；芯片生产厂家提供模型或标准单元库，设计公司负责电路功能设计；电路功能设计已进入片上系统(SOC)时代；知识产权模块(IP核)产品化。

习 题

1.1 将下列二进制数转换成十进制数。

(1) 10110101；(2) 110101；(3) 0.1101；(4) 10101.011；(5) 101001.0101

1.2 将下列十进制数转换成二进制数。

(1) 68；(2) 124；(3) 14.75；(4) 0.906；(5) 106.375

1.3 将下列各数转换成十进制数。

(1) $(76.8)_{16}$；(2) $(12.4)_8$；(3) $(5AFD)_{16}$；(4) $(104.1)_8$；

1.4 完成下列各数的转换。

(1) $(3A.B7)_{16}=(\quad)_2=(\quad)_8$；

(2) $(235.74)_8=(\quad)_2=(\quad)_{16}$；

(3) $(45.78)_{10}=(\quad)_2=(\quad)_8$；

(4) $(123.45)_{10}=(\quad)_2=(\quad)_{16}$

1.5 写出下列各有权BCD代码的码表。

(1) 8421码；(2) 余3码；(3) 631-1码；(4) 2421码；(5) 5421码

1.6 完成下列各数的转换。

(1) $(53.42)_{10}=(\quad)_{8421BCD}$；

(2) $(23.45)_{10}=(\quad)_{余3BCD}$；

(3) $(478)_{10}=(\quad)_{2421BCD}$；

(4) $[1000\ 0110\ 0011]_{8421BCD}=(\quad)_{10}=(\quad)_2$