21世纪高等学校规划教材

DIANZI JISHU JICHU JIAOCHENG

电子技术基础教程

台　方　张全洲　主　编
张明波　副主编

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

21世纪高等学校规划教材

DIANZI JISHU JICHU JIAOCHENG

电子技术基础教程

主　编　台　方　张全洲
副主编　张明波
编　写　张子萍
主　审　史建萍

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为21世纪高等学校规划教材。

本书主要介绍数字电路的理论知识，只简述了必要的模拟电路的知识。全书内容包括数字逻辑基础、门电路与逻辑代数、组合逻辑电路、常用组合逻辑器件、触发器的基本理论、时序逻辑电路、常用时序逻辑器件和脉冲的产生与变换，共8章。各章最后均附有学习指导和习题，以便于课后加深对所学知识的理解和掌握。

根据数字电路教学的需要，在附录中引入了必要的半导体器件，扼要地介绍了相关的二极管、三极管和场效应管的基础知识。

本书适用于各类远程、函授和夜大等大学本专科各专业电子技术课程，也可作为渴望掌握电子技术基础知识的自学者的指导书。

图书在版编目（CIP）数据

电子技术基础教程／台方，张全洲主编. —北京：中国电力出版社，2011.6

21世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5123-1835-9

Ⅰ. ①电… Ⅱ. ①台… ②张… Ⅲ. ①电子技术－高等学校－教材 Ⅳ. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字（2011）第125868号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街19号 100005 http://www.cepp.sgcc.com.cn）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011年7月第一版 2011年7月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 10印张 239千字

定价 **17.00** 元

前　言

电子技术基础是一门专业基础课，主要论述各种逻辑门电路、集成器件的功能和应用、组合逻辑电路的分析与设计、时序逻辑电路的分析与设计等内容。

本书通过各种半导体器件及其电路阐述了数学电子技术中的基本概念、基本原理和基本分析方法，并通过大量的实例介绍了数字电路的分析和设计方法。

在保证知识完整性的前提下，我们根据多年的教学经验，力求删繁就简，以够用为准，避免不必要的推导。为使读者能更好地理解和掌握基本概念和基本方法，每一章均特别增加了学习指导。每章最后均附有习题，希望以此提高读者的思考问题和解决问题的能力。

本书由台方、张全洲担任主编，张明波担任副主编，张子萍参加编写，史建萍担任主审。

在本书的编写过程中，参考了大量的文献，在此向各位作者致以真诚的谢意。

由于时间仓促及编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编　者

2011 年 6 月

目　　录

第1章　数字逻辑基础

自集成电路发明以来，电子技术有了极大的发展。随着大规模集成电路和超大规模集成电路的出现，使计算机和数字设备以前所未有的规模和速度迅速发展。今天，电子技术几乎已渗透到社会生产和生活的各个领域，它在工业、农业、国防、科研、经济管理、办公自动化、现代通信及日常生活等各个领域中都有着广泛的应用。可以说没有先进的电子技术就没有现代社会生产，就没有国防、工业与生活的现代化。

1.1　数字逻辑的基本概念

1.1.1　模拟信号和数字信号

在电子技术领域，存在着两类信号：一类是模拟信号，即幅值随时间连续变化的信号，如图 1-1 所示；另一类是数字信号，即幅值随时间变化都是离散的信号，如图 1-2 所示。用于传送、加工和处理模拟信号的电路称为模拟电路，而用于传送、加工和处理数字信号的电路称为数字电路。

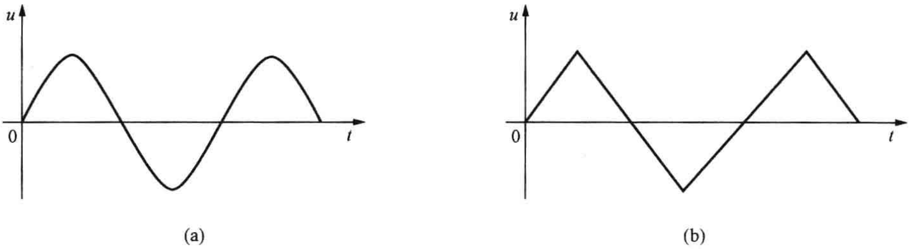

图 1-1　模拟信号

（a）正弦波；（b）三角波

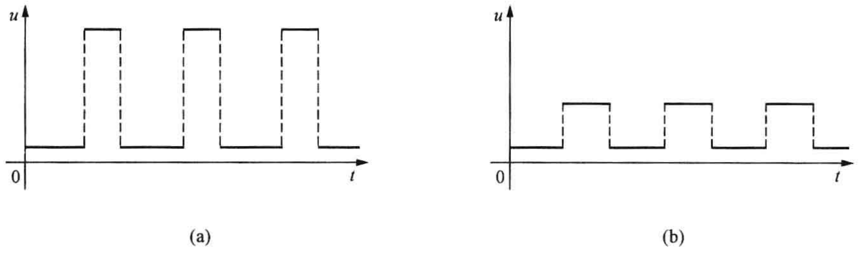

图 1-2　数字信号

（a）矩形波；（b）方波

1.1.2　数字逻辑和逻辑体系

在数字电路中常用数字 0 和 1 来表示两种逻辑状态，即二值数字逻辑。采用二值数学逻辑的原因如下：

（1）在客观世界中存在着大量相互联系又相互对立的两种状态，如真和假、赞成和反对、亮和灭等。所有这些对立的状态，均可以抽象地用 0 或 1 表示，称为逻辑 0 状态和逻辑 1 状态。

（2）二值数字逻辑便于利用电路中电子器件的开关特性形成数字信号（离散的信号电压或数字电压）。

这些数字电压常用逻辑电平来表示。逻辑电平并不是某个（物理量）电压，而是一段电压的范围，见表 1-1。

表 1-1　逻辑电平与电压之间的关系

电　压（V）	电　平	二值逻辑值
3～5	H（高电平）	1
0～0.3	L（低电平）	0

1.1.3　正负逻辑的规定

电平和逻辑数值之间的对应关系是人为设定的。如果以逻辑 1 表示高电平，以逻辑 0 表示低电平，则称为正逻辑体制。如果以逻辑 0 表示高电平，以逻辑 1 表示低电平，则称为负逻辑体制。表 1-1 即为正逻辑。

在集成电路中一般都采用正逻辑，如无特殊说明，本书一律采用正逻辑，即规定逻辑高电平为逻辑 1，逻辑低电平为逻辑 0。

1.1.4　数字波形

数字波形是逻辑电平对时间的图形表示。如图 1-3（a）所示为以逻辑电平表示的数字波形，如图 1-3（b）所示为 8 位数据的数字波形。

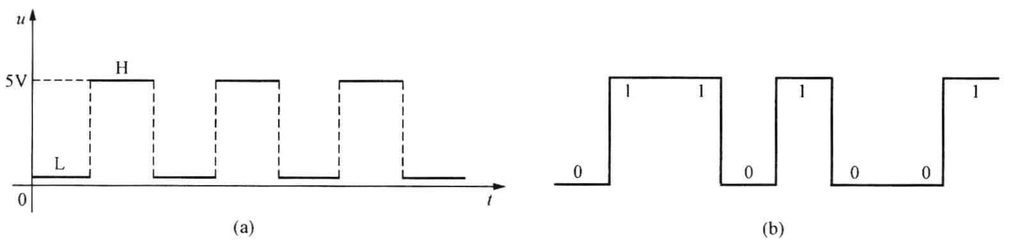

图 1-3　数字波形

（a）以逻辑电平表示的数字波形；（b）8 位数据的数字波形

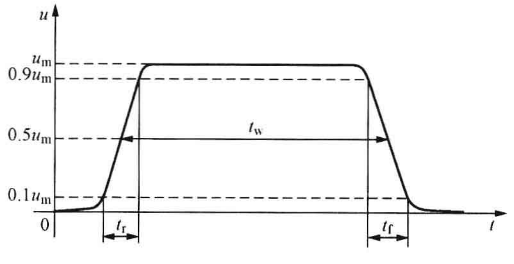

图 1-4　实际脉冲波形

图 1-3 所示的数字波形是理想的，即信号状态的变化是不需要时间的。但在实际的数字系统中，数字波形并不能够立即上升或下降，而是需要经历一段时间。

在实际脉冲波形中（如图 1-4 所示），定义从脉冲幅值的 10%上升到 90%经历的时间为脉冲波形的上升时间（t_r）；定义从脉冲幅值的 90%下降到 10%经历的时间为脉冲波形的下降时间

(t_f)；定义脉冲幅值的 50%的两个时间点所跨越的时间为脉冲宽度（t_w）。数字信号的上升时间和下降时间的典型值一般为几纳秒（ns）。

1.2 数字电路的发展和分类

近 20 年来，随着数字电子技术的发展，传统的模拟系统已被或逐渐被性能优越的数字系统所代替。与模拟电路相比，数字电路主要有以下特点：

（1）数字电路的集成度高。基本单元电路结构简单，对元器件精度的要求不高，允许电路参数有较大的离散性，有利于电路的集成。

（2）数字电路的通用性强。数字系统的设计通常采用各种标准数字集成组件，因此系统工作可靠性高、稳定性好、精度高，便于维护。

（3）数字电路的抗干扰能力强。由于数字信号是用 0（低电平）或 1（高电平）两个状态来表示的，都是一段电压的范围，因此能很容易地解决外界信号干扰的问题。

（4）数字电路的保密性好。数字信号比较容易进行加密处理，信息资源不易被窃取。

1.2.1 数字电路发展

现代数字电路是由半导体工艺制成的若干数字集成器件构造而成的，其基本单元是逻辑门，数字电路的发展经历了电子管、半导体分立元件和集成电路几个阶段。自美国 TI 公司首次推出 54/74 系列 TTL 逻辑门电路以来，随着集成电路的工艺不断改进，先后出现了 54/74LS、54/74ALS、54/74H、54/74S、54/74AS 等产品，54/74 系列产品的发展过程反映了集成电路向高速化和低功耗化的改进过程。

后来出现了标准 CMOS（CMOS4000 系列）电路，但由于当时工艺所限，无法实现高集成度，并且其工作速度也无法和 TTL 系列相比，因此其发展速度较 TTL 电路要慢。不久电子产品市场对集成电路的品种、性能和节能等方面提出新的要求，继而美国的 Motorola 和 National Semiconductor 公司联合推出了 54/74HC 高速 CMOS 逻辑电路系列。随着制造工艺（特别是 CMOS 工艺）的不断改进，现在 CMOS 电路的性能已经超过了 TTL 而成为占主导地位的逻辑器件。

1.2.2 数字电路的分类

数字电路按集成度可以分为小规模（SSI）、中规模（MSI）、大规模（LSI）、超大规模（VLSI）和甚大规模（ULSI）五类。集成度是指芯片中集成的三极管（包括 BJT 和 FET）的个数。集成电路的分类见表 1-2。

表 1-2　集成电路的分类

分　类	集　成　度	典　型　电　路
小规模（SSI）	<10	逻辑门电路
中规模（MSI）	10～100	计数器、加法器
大规模（LSI）	100～1000	小型存储器、门阵列
超大规模（VLSI）	1000～10^6	大型存储器、微处理器
甚大规模（ULSI）	>10^6	可编程逻辑器件、多功能集成电路

1.3 数制及数制转换

数制与我们的生活有着密不可分的关系，数制即计数体制。在不同的时间和场合下，我们使用不同的数制。比如在我国古代盛行十六进制，因此才有了“半斤八两”的成语；而现在的日常生活中，我们习惯于十进制；在数字系统中（如数字计算机），使用的则是二进制、八进制或十六进制。

1.3.1 十进制

十进制是日常生活中最常用的计数体制，它采用 0～9 十个数码和一个小数点来表示任意十进制数。其计数规律是“逢十进一”，因此十进制就是以 10 为基数的计数体制。

在十进制数中，处于不同的位置的数码所代表的数值等于数码乘以该位置所对应的因子，不同位置所对应的因子是不相同的，我们称这一因子为位权。在十进制中，个位、十位、百位的位权分别为 1（10^0）、10（10^1）和 100（10^2），而十分位的位权为 10^{-1}。因此，任意十进制数可按位权展开为 10 的幂的多项式，称为位权展开式。如 264.7 的展开式为

$$(264.7)_{10}=2\times10^2+6\times10^1+4\times10^0+7\times10^{-1}$$

十进制的位权展开式的通式为

$$(N)_{10}=\sum_{i=-\infty}^{\infty}D_i\times10^i \qquad (1\text{-}1)$$

式中 i——数位，即数码所在的位置；

10^i——数码 D_i 的位权。

任意一个十进制数都可以按照式（1-1）展开。

1.3.2 二进制

在二进制数中，每一位数码仅有 0 和 1 两种取值可能，进位关系是“逢二进一”，因此二进制是以 2 为基数的计数体制。

一般地，二进制数可以表示为

$$(N)_2=\sum_{i=-\infty}^{\infty}D_i\times2^i \qquad (1\text{-}2)$$

例如：$(1011.11)_2=1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1}+1\times2^{-2}$。

二进制具有以下特点：

（1）二进制只允许取 0 和 1 两个数码，因此它的每一数位都可以用一个具有两个稳定状态的元件来表示，在数字电子电路中都是采用这样的元件。这样数码的存储、分析和传输，就可以用简单而可靠的方式进行。

（2）二进制数的运算规则简单，运算操作方便，因此相应的运算电路也就比较简单。

1.3.3 十六进制和八进制

虽然二进制数有其优点，但也有书写冗长、不直观的缺点。因此在数字计算机有关资料中常用十六进制数或八进制数来表示二进制数。十六进制和八进制同样紧凑，同时又具有与二进制间转换关系简单的优点。

十六进数采用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E 和 F 共 16 个数码组成，其计数规律为“逢十六进一”。十六进制数可以表示为

$$(N)_{16}=\sum_{i=-\infty}^{\infty}D_i\times 16^i \tag{1-3}$$

例如：$(789)_{16}=7\times16^2+8\times16^1+9\times16^0$。

八进制数由 0、1、2、3、4、5、6、7 共 8 个数码组成，其计数规律为“逢八进一”。八进制数可以表示为

$$(N)_{8}=\sum_{i=-\infty}^{\infty}D_i\times 8^i \tag{1-4}$$

例如：$(789.32)_8=7\times8^2+8\times8^1+9\times8^0+3\times8^{-1}+2\times8^{-2}$。

1.3.4 数制转换

既然同一个数可以采用不同的进制来表示，那么不同的进制之间必定存在一定的转换关系。

一、非十进制数转换为十进制数

非十进制数向十进制数的转换比较简单。先将该数按位权展开成位权展开式，该式的值即为该数对应的十进制数。

【例 1-1】 将非十进制数 $(1011.11)_2$、$(87.9)_{16}$、$(45)_8$、$(32)_7$ 转换为十进制数。

解 （1）$(1011.11)_2=1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1}+1\times2^{-2}=(11.75)_{10}$

（2）$(87.9)_{16}=8\times16^1+7\times16^0+9\times16^{-1}=(135.5625)_{10}$

（3）$(45)_8=4\times8^1+5\times8^0=(37)_{10}$

（4）$(32)_7=3\times7^1+2\times7^0=(23)_{10}$

二、十进制数转换为二进制数

（1）整数部分。将十进制整数连续除以 2 直至商为 0 为止，然后自下而上地排列余数就可得到对应的二进制数。此方法称为“除 2 取余”法。

【例 1-2】 将十进制数 $(17)_{10}$ 转换为二进制数。

解

$$\begin{array}{r|l l l}
2 & 17 & \cdots\cdots\cdots\cdots & 1 \\ \hline
2 & 8 & \cdots\cdots\cdots\cdots & 0 \\ \hline
2 & 4 & \cdots\cdots\cdots\cdots & 0 \\ \hline
2 & 2 & \cdots\cdots\cdots\cdots & 0 \\ \hline
2 & 1 & \cdots\cdots\cdots\cdots & 1 \\ \hline
 & 0 & &
\end{array}\uparrow$$

即 $(17)_{10}=(10001)_2$

（2）小数部分。将十进制小数连续乘 2，取出每次乘积的整数部分（0 或 1），然后自上而下的排列取出的整数即为对应的二进制数。此方法称为“乘 2 取整”法。

【例 1-3】 将十进制数 $(0.76)_{10}$ 转换为二进制数。

解

$$\begin{array}{ll}
0.76\times2=1.52 & 1 \\
0.52\times2=1.04 & 1 \\
0.04\times2=0.08 & 0 \\
0.07\times2=0.14 & 0
\end{array}\downarrow$$

即 $(0.76)_{10} \approx (0.11)_2$

三、十进制数转换为任意进制数

如果将十进制数转换为任意进制数（K 进制），可以按照以下法则进行：

（1）整数部分。采用“除 K 取余”法，类似于“除 2 取余”法。

（2）小数部分。采用“乘 K 取整”法，类似于“乘 2 取整”法。

【例 1-4】 将十进制数 $(5679)_{10}$ 转换为十六进制数。

解

$$
\begin{array}{r|l l r}
16 & \underline{5679} & \cdots\cdots\cdots\cdots & 15 \\
16 & \underline{\ 354} & \cdots\cdots\cdots\cdots & 2 \\
16 & \underline{\ \ 22} & \cdots\cdots\cdots\cdots & 6 \\
16 & \underline{\ \ \ 1} & \cdots\cdots\cdots\cdots & 1 \\
 & \ \ \ 0 & &
\end{array}
\uparrow
$$

即 $(5679)_{10}=(162F)_{16}$

四、二进制数与十六进制数及八进制数之间的转换

二进制数和十六进制数之间的转换非常简便。将二进制数以小数点为界向左（向右）每 4 位为一组（最高位不足 4 位时，在高位补 0，最低位不足 4 位时，在低位补 0），找出对应的十六进制数即可（简称“4 对 1”）。二进制数转换为八进制数是将二进制数以小数点为界向左（向右）每 3 位为一组，找出每组对应的八进制数（简称“3 对 1”）。

【例 1-5】 将二进制数 1101100111.101 转换成十六进制数和八进制数。

解（1）

$$
\begin{array}{ccccccl}
0011 & 0110 & 0111 & . & 1010 & & \text{二进制（最高最低位补 0）} \\
\downarrow & \downarrow & \downarrow & & \downarrow & & \\
3 & 6 & 7 & . & A & & \text{十六进制}
\end{array}
$$

即 $(1101100111.101)_2=(367.A)_{16}$

（2）

$$
\begin{array}{cccccccl}
001 & 101 & 100 & 111 & . & 101 & & \text{二进制} \\
\downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \downarrow & & \\
1 & 5 & 4 & 7 & . & 5 & & \text{八进制}
\end{array}
$$

即 $(1101100111.101)_2=(1547.5)_8$

相反，由八进制数（十六进制数）到二进制数的转换只需将原数按位用 3 位（4 位）二进制数码替代即可。

【例 1-6】 将 $(367.A)_{16}$、$(367)_8$ 分别转换为二进制数。

解（1）$(367.A)_{16}=(0011\quad 0110\quad 0111\,.\,1010)_2$

（2）$(367)_8=(001\quad 101\quad 111)_2$

二进制、八进制、十进制和十六进制之间的相互转换，最好是以二进制为“中心”，即八进制、十进制和十六进制之间的转换都用经过二进制的方法实现。因此应该熟练掌握二进制与八进制、十进制和十六进制的转换。

【例 1-7】 将 $(2B7.A)_{16}$ 转换成十进制数。

解 $(2B7.A)_{16}=(001010110111.1010)_2=(695.625)_{10}$

1.4 二 进 制 码

在数字系统中往往需要采用一定位数的二进制数码表示需要处理的信息，我们称这些含有特定信息的二进制数码为代码。而建立代码与特定信息之间一一对应关系的过程称为编码。如果要对 N 种状态进行编码，则采用的二进制代码的位数 n 必须满足以下关系

$$2^n \geqslant N \tag{1-5}$$

下面介绍几种常用的二进制码。

1.4.1 BCD 码

BCD 码就是将十进制数的 0～9 这 10 个数码分别用 4 位（$2^n = 2^4 \geqslant 10 = N$）二进制数码的组合来表示，即 BCD 码是用 4 位二进制码表示的 1 位十进制数码（简称“4 对 1”）。

BCD 码可以分为有权码和无权码两类。有权码是指 4 位二进制码的每一位都具有指定的位权。十进制数码和二进制码之间的关系可以表示为

$$N = \sum_{i=0}^{3} W_i b_i \tag{1-6}$$

式中 W_i——二进制编码中各位数码（b_i）的位权。

8421BCD 码是一种应用比较普遍的有权 BCD 码，在 8421 码中，b_3 的权为 8（2^3），b_2 的权为 4（2^2），b_1 的权为 2（2^1），b_0 的权为 1（2^0）。这样在 8421 码中，0101 代表的十进制数码就是

$$(0101)_{8421BCD} = 0\times8+1\times4+0\times2+1\times1 = (5)_{10}$$

由于 4 位二进制数可以表示 16 种状态，而十进制数码只有 10 个，因此 8421BCD 码中只选取了从 0000（0）～1111（15）16 种组合的前 10 种，其余 6 种组合是无效的，见表 1-3 所示。

表 1-3 几 种 常 见 的 码

十进制数	自然二进制数	有权码		无权码 余 3 码
		8421 码	2421 码	
0	0000	0000	0000	0011
1	0001	0001	0001	0100
2	0010	0010	0010	0101
3	0011	0011	0011	0110
4	0100	0100	0100	0111
5	0101	0101	1011	1000
6	0110	0110	1100	1001
7	0111	0111	1101	1010
8	1000	1000	1110	1011
9	1001	1001	1111	1100

从 16 种组合中选取 10 种有效组合有许多不同的方式，因此就存在着多种形式的 BCD 码，如 2421 码、5421 码等。

余 3 码是在 8421 码上加 3（0011）得到的，无法用式（1-6）表示其编码关系，因此它是一种无权码。

BCD 码和二进制数在形式上都是由 0 和 1 组成的，但却是两个不同的概念。例如，十进

制数（32）$_{10}$对应的二进制数是（100000）$_2$，而它的8421BCD码则是（00110010）$_{8421BCD}$。十进制整数到二进制数是经除2取余法转换过来的，而十进制数到BCD码的转换是将十进制数的每一位直接用4位二进制码来表示。

1.4.2 格雷码

在实际使用中，还有一种常见的无权码叫格雷码，又称为循环码。格雷码和二进制码对照表见表1-4。

表 1-4　　格雷码和二进制码对照表

二进制码				格雷码				二进制码				格雷码			
b_3	b_2	b_1	b_0	g_3	g_2	g_1	g_0	b_3	b_2	b_1	b_0	g_3	g_2	g_1	g_0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0

一、格雷码的特点

相邻的两个码组之间仅有一位码元不同。因而常用于模拟量的转换中，当模拟量发生微小变化而可能引起数字量发生变化时，格雷码仅改变一位，这样与其他码同时改变两位或多位的情况相比更为可靠，减少出错的可能性。

二、格雷码的书写

虽然格雷码有上述（按行）的特点，但是书写格雷码时，以按列书写较为容易。

仔细观察表1-4后发现，最高位（g_3列）自上而下先是8个0，后是8个1。次高位（g_2列）自上而下先是4个0，中间是8个1，后是4个0。次低位（g_1列）自上而下是以00111100为一组，再重复一组（00111100）。最低位（g_0列）自上而下是以0110为一组，共有相同的4组。

除了上述编码外，常用的编码还有美国标准信息交换码（ASCII 码）等，关于这些编码的讨论，可以参考相关的文献。

1.5 带符号位的二进制数

1.5.1 二进制数符号的表示

二进制数也有正负之分。表示二进制数正负的方法是在二进制数（最高位）之前加一符号位，一般用0表示正数，用1表示负数。例如：$(+6)_{10}=(0110)_2$，$(-6)_{10}=(1110)_2$。

1.5.2 原码、反码和补码

一、正数的原码、反码和补码

正数的原码、反码和补码相同。例如

$$(+6)_{原}=(+6)_{反}=(+6)_{补}=(0110)_2$$

二、负数的原码、反码和补码

设负数的原码为

$$(-6)_{原}=(1110)_2$$

则该负数的反码为

$$(-6)_{反}=(1001)_2$$

而其补码为

$$(-6)_{补}=(1010)_2$$

将负数的原码除符号位外的其他各位数取反即可得到反码，再将反码加 1 可得补码。

1.5.3　二进制数的加减运算

一、加法

二进制数的加法运算与十进制类似，为逢二进一。例如

					1
被加数	0	0	1	1	1
加　数	+ 0	+ 1	+ 0	+ 1	+ 1
和	0	1	1	1 0	1 1

二、减法

二进制数的减法运算是将减法转换成加法，即数 A 减去数 B 等于数 A 加上（$-B$），而$-B$ 应写成补码。

设有符号数 $A=(1011)_2$，$B=(0110)_2$，则

	常规减法	转换后的加法
被减数	1011	1011
减　数	− 0110	+ 1010
差	0101	$\boxed{1}$ 0101

丢弃进位位后，两种算法的结果相同。

进位位为 2^n，n 为差（和）的最高位的位数。本例中 $n=4$，所以 $2^4=(16)_{10}=(10000)_2$。

带符号的数的减法的计算公式为

$$A-B=A+B_{补}-2^n \tag{1-7}$$

学 习 指 导 一

一、本章小结

1．数字系统中使用的是二进制数。二进制是以 2 为基数的计数体制，用 0 或 1 表示两种对立的状态。十六进制和八进制是二进制的简写形式，常用于计算机相关文献中。

2．正逻辑：用逻辑 1 表示高电平，逻辑 0 表示低电平。

3．任意一种格式（进制）的数都可以相互转换。建议以二进制为“中心”，熟练掌握二进制与八进制、十进制和十六进制的转换。

4．BCD 码是一种以 4 位二进制数表示 0～9 十个十进制数码的编码形式。常用的 BCD 码有 8421BCD 码、5421BCD 码、2421BCD 码和余 3 码等。

5．格雷码中两个相邻的代码之间只有一位码元不同。格雷码又称为循环码。

6．二进制数的符号的表示，用 0 表示正数，用 1 表示负数。

7．正的二进制数，原码=反码=补码。负的二进制数，保留原码的符号位，其他位求反后为反码，反码加 1 为补码。

二、例题分析与解答

1．将十进制数（367.49）$_{10}$分别转换为二进制数、八进制数和十六进制数。

（1）分析：二进制、八进制、十进制和十六进制之间的相互转换，应以二进制为“中心”。

（2）解答：

$$
\begin{aligned}
(367.49)_{10} &= (101101111.01111111)_2 \\
&= (557.376)_8 \\
&= (16F.7F)_{16}
\end{aligned}
$$

2．将十六进制数（A05.28）$_{16}$分别转换为十进制数、八进制数和二进制数。

（1）分析：先将十六进制数转换成二进制数，然后再由二进制数转换成八进制数和十进制数。

（2）解答：

$$
\begin{aligned}
(A05.28)_{16} &= (101000000101.00101)_2 \\
&= (5005.12)_8 \\
&= (2565.15625)_{10}
\end{aligned}
$$

3．将八进制数（705.23）$_8$转换为十进制数。

（1）分析：先将八进制数转换成二进制数，然后再由二进制数转换成十进制数。

（2）解答：

$$
\begin{aligned}
(705.23)_8 &= (111000101.010011)_2 \\
&= (453.296875)_{10}
\end{aligned}
$$

4．将十进制数（705）$_{10}$分别转换为 8421BCD 码和余 3 码。

（1）分析：十进制的每一位数码均对应 4 位的二进制的代码，按不同的编码规则即可进行转换。

（2）解答：

$(705)_{10}=(0111\ 0000\ 0101)_{8421BCD}$　　8421BCD 码

$=(1010\ 0011\ 1000)_{余3码}$　　余 3 码（在 8421BCD 码的基础上加 0011）

5．设 $A=(100101)_2$，$B=(011011)_2$，求 $A-B$。

（1）分析：将 $A-B$ 转换成 $A+(-B)$。所以先求$-B$ 的补码，再做加法。

（2）解答：

1）$-B_{原}=(111011)_2$，$-B_{反}=(100100)_2$，$-B_{补}=(100101)_2$

2）$A-B=A+B_{补}-2^n=(100101)_2+(100101)_2-(100000)_2=(01010)_2$

习　题　一

1.1　在正逻辑时，设逻辑高电平为 5V，逻辑低电平为 0V，试画出下列二进制数的数字波形。

（1）11011000111　　（2）10111100　　（3）1010101

1.2　写出下列各数对应的十进制数。

（1）$(10101100111.0011)_2$　（2）$(135.6)_8$　（3）$(2A6.FC)_{16}$

1.3 将下列十进制数分别转换为二进制数、八进制数、十六进制数和 8421BCD 码（要求误差不大于 2^{-3}）。

（1）$(67)_{10}$　（2）$(1024)_{10}$　（3）$(0.25)_{10}$　（4）$(254.5)_{10}$　（5）$(34.58)_{10}$

1.4 将下列二进制数转换为十六进制数。

（1）$(10101010)_2$　（2）$(1111.11)_2$　（3）$(10101011.010111)_2$

1.5 将 1.4 题中的二进制数转换为八进制数。

1.6 将下列十六进制数转换为二进制数。

（1）$(A316)_{16}$　（2）$(7EF.C8)_{16}$　（3）$(0.356C)_{16}$

1.7 将下列八进制数转换为二进制数。

（1）$(765)_8$　（2）$(0.357)_8$　（3）$(356.32)_8$

1.8 将下列数码作为二进制数或 8421BCD 码，分别求出其对应的十进制数。

（1）100100111000　（2）1100110011　（3）100010111.1

1.9 求出下列 8421 码所对应的二进制数。

（1）$(1101001)_{8421BCD}$　（2）$(0.1)_{8421BCD}$　（3）$(101000.0011)_{8421BCD}$

1.10 设 $A=(010101)_2$，$B=(010011)_2$，求 $A-B$。

1.11 鲁迅先生的小说《风波》中有以下描写：这村庄［未庄］的习惯有点特别，女人生下孩子，多喜欢用秤称了轻重，便用斤数当作小名。……伊的儿媳七斤嫂子正捧着饭篮走到桌边，便将饭篮在桌上一摔，愤愤地说，“你老人家又这么说了。六斤生下来的时候，不是六斤五两么？你家的秤又是私秤，加重秤，十八两秤；用了准十六，我们的六斤该有七斤多哩，我想便是太公和公公，也不见得正是九斤八斤十足，用的秤也许是十四两……”

问：按七斤嫂子的说法，六斤应改为几斤几两？