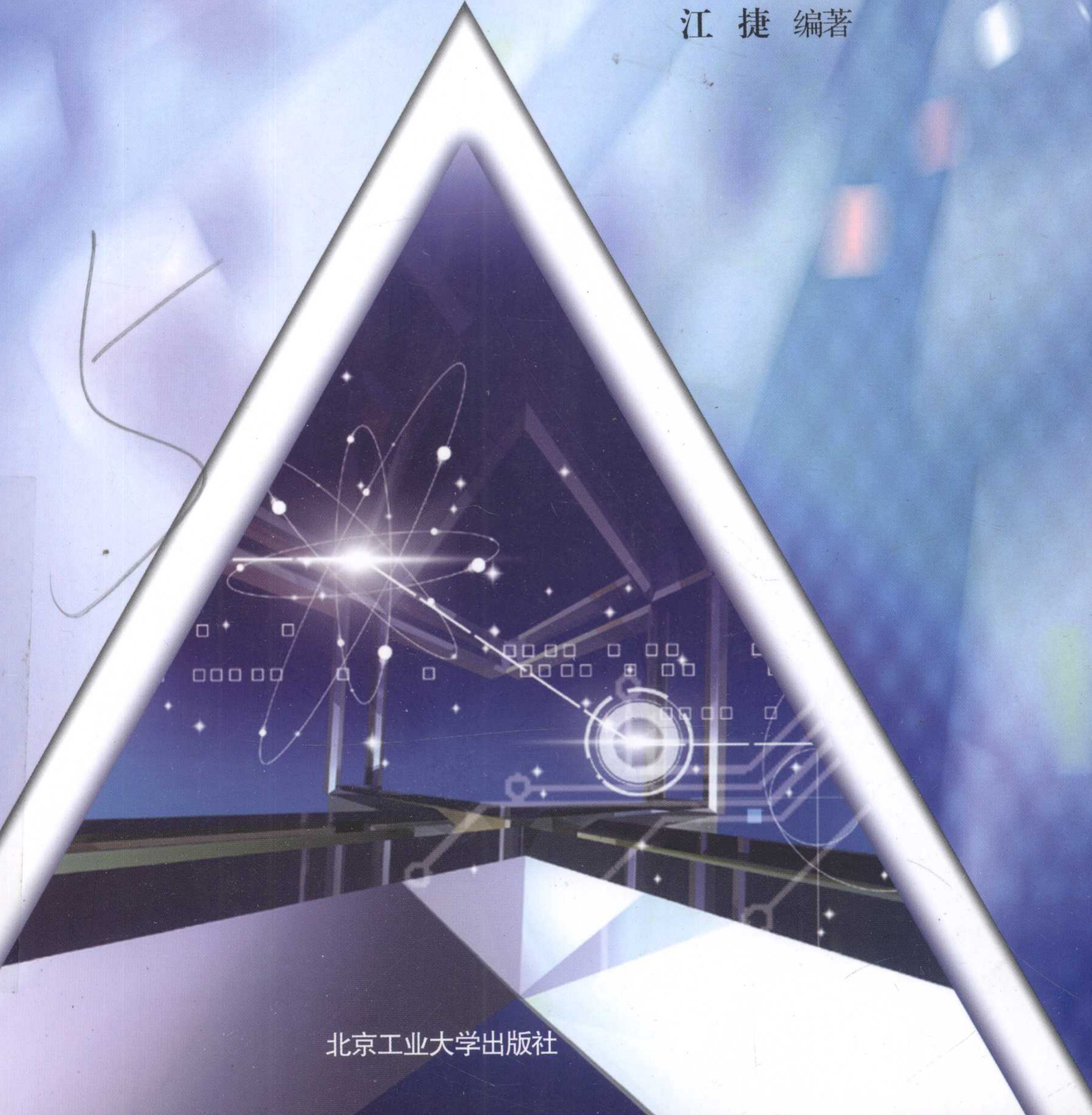
高等院校电子信息与电气学科系列规划教材

SHUZI DIANZI JISHU JICHU XUEXI ZHIDAO

数字电子技术基础学习指导

江 捷 编著



北京工业大学出版社

高等院校电子信息与电气学科系列规划教材

数字电子技术基础学习指导

江　捷　编著

北京工业大学出版社

内 容 简 介

本书是为配合《数字电子技术基础》（江捷、马志成主编，北京工业大学出版社出版）而编写的辅助教材。全书共十章，主要内容包括绪论、逻辑代数基础、门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、大规模数字集成电路、脉冲波形的产生与整形、数-模和模-数转换、硬件描述语言 VHDL 基础。每章均分为内容提要、教学基本要求、重点与难点、习题类型与解题方法、典型例题解析、习题解答六部分进行编写。

本书既可作为高等学校电子信息类、电气信息类及相关专业学生的学习辅导教材，也可供数字电子技术课程教师教学及相关工程技术人员自学参考。

图书在版编目（CIP）数据

数字电子技术基础学习指导/江捷编著. —北京：北京工业大学出版社，2010.3

ISBN 978-7-5639-2121-8

Ⅰ.①数… Ⅱ.①江… Ⅲ.①数字电路-电子技术-高等学校-教学参考资料 Ⅳ.①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 005937 号

数字电子技术基础学习指导

编　　著：江　捷
责任编辑：吕小红　王莹莹
出版发行：北京工业大学出版社
地　　址：北京市朝阳区平乐园 100 号
邮政编码：100124
电　　话：010-67391106　010-67392308（传真）
电子信箱：bgdcbsfxb@163.net
承印单位：徐水宏远印刷有限公司
经销单位：全国各地新华书店
开　　本：787mm×1092mm　1/16
印　　张：11
字　　数：270 千字
版　　次：2010 年 3 月第 1 版
印　　次：2010 年 3 月第 1 次印刷
标准书号：ISBN 978-7-5639-2121-8
定　　价：18.00 元

前　言

本书是为配合《数字电子技术基础》（江捷、马志成主编，北京工业大学出版社 2009 年 10 月出版）而编写的配套辅助教材，既可作为高等学校电子信息类、电气信息类及相关专业学生的学习辅导教材，也可作为数字电子技术课程教师的教学参考书。

全书共分十章，分别是绪论、逻辑代数基础、门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、大规模数字集成电路、脉冲波形的产生与整形、数-模和模-数转换、硬件描述语言 VHDL 基础。每章均由内容提要、教学基本要求、重点与难点、习题类型与解题方法、典型例题解析、习题解答六部分组成。内容提要归纳总结各章的主要内容和知识要点。教学基本要求将各章主要内容划分为掌握、理解和了解三个层次，为学生学习提供方向和目标。习题类型与解题方法在归纳各章常见习题类型的基础上，给出解题思路、方法和步骤。典型例题解析举例说明各种常见习题类型的求解过程，对部分题目给出多种解题方法并加以比较和归纳。习题解答对原教材所有习题进行全面解析。

本书在编写风格上力求简明扼要、突出重点，力图从解题思路、方法和步骤等方面给读者以指导，使其举一反三，加深对基本概念、基本理论和基本方法的理解和掌握。部分题目的多种解法，希望能对启发读者的发散性思维有所帮助。此外，为便于阅读，本书的内容体系、章节顺序和习题编号均与原教材保持一致。习题解答中新增的图表编号一律采用“图 A××.××”或“表 A××.××”。

本书由江捷编写。马志成教授进行了认真审阅，并提出了许多宝贵建议。赵影提供了第 4、7、9 章习题，袁海英提供了第 3 章部分习题。北京航空航天大学胡晓光教授、哈尔滨工业大学王淑娟教授、北京工业大学孙景琪教授和王铁流教授对本书编写提出了许多有益的建议。北京工业大学教材建设部门及北京工业大学出版社提供了大力协助。王曦、王希、江丹、台斯瑶、吴薇薇等学生参与了习题校对。在本书即将出版之际，谨向他们表示衷心的感谢，一并感谢在本书编写过程中给予作者无私支持和关心的家人和朋友们。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中定有欠妥和错误之处，敬请读者多加指正。

通讯地址：北京工业大学电子信息与控制工程学院，邮政编码：100124。

电子邮箱：jiangjie@bjut. edu. cn。

目　　录

第1章 绪 论

1.1 内容提要

本章介绍了数字信号及其表示方法、数字电路的特点和分类，讲述了各种常用数制及其相互转换，讨论了二进制数的原码、反码、补码表示法和二进制数的补码运算，介绍了数字电路中几种常用编码及其特点。

数码既可以表示数量大小，也可以表示不同事物。当数码表示数量大小时，采用的进位计数制，称为数制。数字电路中常用的数制有二进制、八进制、十进制和十六进制。不同数制之间可以相互转换，数制转换的实质就是权值转换。当数码表示不同事物时，它们就不再具有数量大小的含义，这种数码称为编码。常用的编码有二-十进制码（简称 BCD 码）、格雷码和 ASCII 码等。二-十进制码（BCD 码）是用 4 位二进制代码表示十进制数中的 0～9 十个数码，它有多种形式，可分为有权码和无权码两大类。8421 BCD 码是最常用的有权 BCD 码，自左向右每位的权值依次为 8、4、2、1，它的特点是与十进制数的 4 位等值二进制数完全相同。余 3 码是由 8421 BCD 码加 3（0011）得来的，是一种无权码。格雷码也是一种常用的无权码，其特点是任意两个相邻代码之间只有 1 位状态不同，可靠性较高。ASCII 码是目前国际上最通用的一种标准字符码，计算机输出到打印机的字符码都采用 ASCII 码。

二进制数有原码、反码和补码三种表示方法。在二进制数前面增加 1 位表示正、负的符号位（正数加 0，负数加 1），就得到该二进制数的原码。负数的反码，符号位为 1，数值位是原码数值位的逐位取反。负数的补码，符号位为 1，数值位是原码数值位逐位取反，再在最低位加 1。正数的原码、反码、补码三种表示法完全相同。

在数字系统中，为简化运算电路结构，常采用二进制补码表示带符号数，并用补码相加实现两数相减的运算。

1.2 教学基本要求

（1）掌握二进制数、八进制数、十进制数、十六进制数及其相互转换。

（2）掌握二进制数的原码、反码、补码表示法和二进制数的补码运算。

（3）掌握 8421 BCD 码，了解其他常用 BCD 码。

1.3 重点与难点

1. 本章重点

常用数制之间的相互转换。

2. 本章难点

二进制数的补码运算。

1.4 习题类型与解题方法

1. 不同数制间的相互转换

(1) 二进制数转换成十进制数

【解题方法】

将二进制数按位权展开求和，即可得到等值的十进制数。

(2) 二进制数转换成十六进制数

【解题方法】

由于$2^4=16$，即4位二进制数构成1位十六进制数，因此，可用分组对应的方法将二进制数转换成十六进制数。具体做法：从小数点开始，将二进制数的整数部分（自低位向高位）和小数部分（自高位向低位）每4位分成一组。不足4位时，分别在整数的最高位前和小数的最低位后加0补足，再代之以等值的十六进制数。

(3) 二进制数转换成八进制数

【解题方法】

与二进制数转换成十六进制数类似，也是从小数点开始，将二进制数的整数部分和小数部分每3位分成一组。不足3位时，分别在整数的最高位前和小数的最低位后加0补足，再代之以等值的八进制数。

(4) 十进制数转换成二进制数

【解题方法】

将十进制数的整数部分和小数部分分别进行转换，再将转换结果相加，即得等值的二进制数。

方法1：整数部分的转换采用"除以2取余数"的方法。将十进制整数反复除以2，直到商为0，再自下而上取余数，就得到等值的二进制整数。

小数部分的转换采用"乘以2取整数"的方法。将十进制小数反复乘以2，取乘积的整数部分作为二进制小数的对应数位，乘积的小数部分则继续乘以2，直到为0或达到指定精度为止。再自上而下取乘积的整数部分，即得到等值的二进制小数。

方法2：先用"除以16取余数"和"乘以16取整数"的方法，将十进制数的整数部分和小数部分分别转换成十六进制数，再将该十六进制数转换为等值的二进制数。

(5) 十六进制数转换成二进制数

【解题方法】

将每位十六进制数用等值的 4 位二进制数代替即可。

(6) 八进制数转换成二进制数

【解题方法】

将每位八进制数用等值的 3 位二进制数代替即可。

2. 原码、反码、补码间的转换

在二进制数码之前增加 1 位符号位（正数加 0，负数加 1），就得到该二进制数的原码。正数的反码与原码相同；负数的反码，符号位为 1，数值位是原码数值位的逐位取反。正数的补码与原码相同；负数的补码，符号位为 1，数值位是原码数值位逐位取反，再在最低位加 1。由于正数的原码、反码、补码形式完全相同，故不存在转换问题。

(1) 由负数的原码求反码和补码

【解题方法】

求反码的方法：符号位保持为 1 不变，对原码的数值位逐位取反，即得反码。

求补码的方法：符号位保持为 1 不变，对原码的数值位逐位取反，再在最低位加 1，即反码加 1，就得到补码。

(2) 由负数的补码求原码

【解题方法】

对负数的补码再求补码，即得原码。

3. 二进制数的补码运算

在计算机中，为简化电路结构，常用补码表示带符号数，并用补码相加完成两数相减（不同符号数的代数和）的运算。

【解题方法】

① 将两个带符号数写成补码形式。

② 按二进制加法运算规则求和，得到两数和的补码。

需要注意的是，两个相同符号数相加或两个不同符号数相减时，若运算结果超过指定位数二进制补码所能表示的带符号数的范围，就会出现溢出，从而导致计算结果错误。解决溢出的方法就是增加二进制补码的位数。

4. 用 BCD 码表示十进制数

【解题方法】

在 BCD 码中，4 位二进制码表示 1 位十进制数。对于多位十进制数，可先用相应的 BCD 码表示每位十进制数，再进行组合。

1.5 典型例题解析

【例 1.1】 试将二进制数 $(1011.101)_2$ 转换成十进制数。

解： 将二进制数按位权展开，再求和，得到

$$(1011.101)_2 = 1\times 2^3 + 0\times 2^2 + 1\times 2^1 + 1\times 2^0 + 1\times 2^{-1} + 0\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3}$$
$$= 8 + 2 + 1 + 0.5 + 0.125 = 11.625$$

【例 1.2】 试将二进制数 $(101101001.1001)_2$ 转换成十六进制数和八进制数。

解：(1) 转换成十六进制数

从小数点开始，将二进制数的整数部分自右向左、小数部分自左向右每 4 位分成一组。由于整数部分最左边一组为 1，不足 4 位，故在其左边加 000 补足 4 位，变为 0001。再将每组用等值的十六进制数代替，得到

$$(101101001.1001)_2 = (\underline{0001}\,\underline{0110}\,\underline{1001}.\,\underline{1001})_2 = (169.9)_{16}$$

(2) 转换成八进制数

将二进制数的整数部分自右向左、小数部分自左向右每 3 位分成一组。由于小数部分最右边一组为 1，故在其右边加 00 补足 3 位，变为 100。再将每组用等值的八进制数代替，得到

$$(101101001.1001)_2 = (\underline{101}\,\underline{101}\,\underline{001}.\,\underline{100}\,\underline{100})_2 = (551.44)_8$$

【例 1.3】 试将十进制数 $(165.79)_{10}$ 转换成二进制数。保留小数点后 8 位有效数字。

解：〈方法 1〉先将十进制数转换成十六进制数，再将十六进制数转换为二进制数。

① 整数部分的转换。将十进制数的整数部分反复除以 16，直到商为 0。将余数自下而上排列，就得到等值的十六进制数的整数部分。再将每位十六进制数用对应的 4 位二进制数表示，即得到等值的二进制数。由于

		余数	
16 | 165			
16 | 10	………	5 (LSB)	低位
0	………	10 (MSB)	高位

所以，得到

$$(165)_{10} = (A5)_{16} = (1010\ 0101)_2$$

② 小数部分的转换。将十进制数的小数部分反复乘以 16，取乘积的整数部分作为十六进制小数的对应数位，乘积的小数部分则继续乘以 16。由于本例要求小数点后保留 8 位有效数字（二进制数），故十六进制小数转换需取 2 位有效数字。自上而下取乘积的整数部分，即得到等值的十六进制小数。再将该十六进制小数转换成二进制形式。由于

小数部分乘以16		乘积		取乘积的整数部分	
0.79×16	⟶	12.64	⟶	12 (MSB)	高位
0.64×16	⟶	10.24	⟶	10 (LSB)	低位

所以，得到

$$(0.79)_{10} = (0.CA)_{16} = (0.1100\ 1010)_2$$

③ 合并。将整数部分和小数部分的转换结果相加，得到

$$(165.79)_{10} = (1010\ 0101.1100\ 1010)_2$$

〈方法 2〉直接将十进制数转换成二进制数。

① 整数部分的转换。将十进制数的整数部分反复除以 2，直到商为 0。将余数自下而上排列，就得到等值的二进制数的整数部分。由于

		余数		
2	165			
2	82	……… 1	(LSB)	最低位 ↑
2	41	……… 0		
2	20	……… 1		
2	10	……… 0		
2	5	……… 0		
2	2	……… 1		
2	1	……… 0		
	0	……… 1	(MSB)	最高位

所以，得到

$$(165)_{10}=(1010\ 0101)_2$$

② 小数部分的转换。将十进制数的小数部分反复乘以 2，取乘积的整数部分作为二进制小数的对应数位，乘积的小数部分则继续乘以 2，直至小数点后取 8 位有效数字。由于

小数部分乘以2		乘积		取乘积的整数部分	
0.79×2	⟶	1.58	⟶	1 (MSB)	最高位
0.58×2	⟶	1.16	⟶	1	
0.16×2	⟶	0.32	⟶	0	
0.32×2	⟶	0.64	⟶	0	
0.64×2	⟶	1.28	⟶	1	
0.28×2	⟶	0.56	⟶	0	
0.56×2	⟶	1.12	⟶	1	↓
0.12×2	⟶	0.24	⟶	0 (LSB)	最低位

所以，得到

$$(0.79)_{10}=(0.1100\ 1010)_2$$

③ 合并。将整数部分和小数部分的转换结果相加，得到

$$(165.79)_{10}=(1010\ 0101.1100\ 1010)_2$$

比较上述两种转换方法可见，当小数部分要求保留的二进制有效数字是 4 的整数倍时，采用方法 1 较简便。

【例 1.4】　试分别写出二进制数＋11011 和－11011 的原码、反码和补码。

解：＋11011 的原码为 011011，正数的反码、补码与原码相同，均为 011011。

－11011 的原码为 111011，反码为 100100，补码为 100101。

【例 1.5】　试用二进制补码计算下列各式。

(1) 1001＋0101　　(2) －1010＋0110　　(3) －1010－0111

解：首先根据两数和的绝对值判断需采用二进制补码的位数（符号位＋数值位），然后将两数用相应位数的二进制补码表示。若和的补码符号位为 0，则和为正数，可直接得到和的原码；若和的补码符号位为 1，则和为负数，需对和的补码再求补，才能得到和的原码，进而求出和的绝对值。

(1) 由于两数和的绝对值小于 2^4，故可采用 5 位二进制补码（最高位为符号位，其余 4 位为数值位）表示两个加数。1001 的补码为 01001，0101 的补码为 00101。由于

$$\begin{array}{r} 01001 \\ +00101 \\ \hline 01110 \end{array}$$

因此和的补码为 01110。符号位为 0，表示和为正数（+14）。

（2）由于两数和的绝对值小于 2^4，故可采用 5 位二进制补码表示两个加数。0110 的补码为 00110，−1010 的原码为 11010、补码为 10110。由于

$$\begin{array}{r} 10110 \\ +00110 \\ \hline 11100 \end{array}$$

因此和的补码为 11100。符号位为 1，表示和为负数。对和的补码再求补，得到原码为 10100，即和的绝对值为 0100。

（3）由于两数和的绝对值大于 2^4，但小于 2^5，故需用 6 位二进制补码（1 位符号位加 5 位数值位）表示两个加数。−1010 的 6 位二进制原码为 101010、补码为 110110，−0111 的 6 位二进制原码为 100111、补码为 111001。由于

$$\begin{array}{r} 110110 \\ +111001 \\ \hline [1]\,101111 \end{array}$$

$$\underset{\text{自动丢失}}{\uparrow}$$

因此和的补码为 101111。符号位为 1，表示和为负数。对和的补码再求补，得到原码为 110001，即和的绝对值为 10001。上式中，[1] 表示进位输出，计算时会自动丢失。

【例 1.6】 试将下列十进制数分别转换为 8421 BCD 码、2421 BCD 码和余 3 码。

（1）68　　　（2）32.47

解： 首先分别用相应的 8421 BCD 码和 2421 BCD 码表示每位十进制数，再进行组合。然后在 8421 BCD 码的基础上，再加 3（0011），即得到对应的余 3 码。

（1）$(68)_{10} = (0110\ 1000)_{8421\,\text{BCD码}}$

$= (1100\ 1110)_{2421\,\text{BCD码}}$

$= (1001\ 1011)_{\text{余3码}}$

（2）$(32.47)_{10} = (0011\ 0010.0100\ 0111)_{8421\,\text{BCD码}}$

$= (0011\ 0010.0100\ 1101)_{2421\,\text{BCD码}}$

$= (0110\ 0101.0111\ 1010)_{\text{余3码}}$

1.6 习题解答

[题 1.1] 将下列二进制整数转换为十进制数。

(1) $(101010)_2$　(2) $(1110101)_2$　(3) $(110110110)_2$

解： 将二进制整数按位权展开，再求和，得到

(1) $(101010)_2 = 1\times 2^5 + 0\times 2^4 + 1\times 2^3 + 0\times 2^2 + 1\times 2^1 + 0\times 2^0$
$= 32 + 8 + 2 = 42$

(2) $(1110101)_2 = 1\times 2^6 + 1\times 2^5 + 1\times 2^4 + 0\times 2^3 + 1\times 2^2 + 0\times 2^1 + 1\times 2^0$
$= 64 + 32 + 16 + 4 + 1 = 117$

(3) $(110110110)_2$
$= 1\times 2^8 + 1\times 2^7 + 0\times 2^6 + 1\times 2^5 + 1\times 2^4 + 0\times 2^3 + 1\times 2^2 + 1\times 2^1 + 0\times 2^0$
$= 256 + 128 + 32 + 16 + 4 + 2 = 438$

[题 1.2]　将下列二进制小数转换为十进制数。

(1) $(0.101)_2$　　(2) $(0.0111)_2$　　(3) $(0.11011)_2$

解：将二进制小数按位权展开，再求和，得到

(1) $(0.101)_2 = 1\times 2^{-1} + 0\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3} = 0.5 + 0.125 = 0.625$

(2) $(0.0111)_2 = 0\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3} + 1\times 2^{-4}$
$= 0.25 + 0.125 + 0.0625 = 0.4375$

(3) $(0.11011)_2 = 1\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2} + 0\times 2^{-3} + 1\times 2^{-4} + 1\times 2^{-5}$
$= 0.5 + 0.25 + 0.0625 + 0.03125 = 0.84375$

[题 1.3]　将下列二进制数转换为十进制数。

(1) $(110.011)_2$　　(2) $(1101.0101)_2$　　(3) $(10110.11011)_2$

解：(1) $(110.011)_2 = 1\times 2^2 + 1\times 2^1 + 0\times 2^0 + 0\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3}$
$= 4 + 2 + 0.25 + 0.125 = 6.375$

(2) $(1101.0101)_2$
$= 1\times 2^3 + 1\times 2^2 + 0\times 2^1 + 1\times 2^0 + 0\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2} + 0\times 2^{-3} + 1\times 2^{-4}$
$= 8 + 4 + 1 + 0.25 + 0.0625 = 13.3125$

(3) $(10110.11011)_2$
$= 1\times 2^4 + 0\times 2^3 + 1\times 2^2 + 1\times 2^1 + 0\times 2^0 + 1\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2} + 0\times 2^{-3} + 1\times 2^{-4} + 1\times 2^{-5}$
$= 16 + 4 + 2 + 0.5 + 0.25 + 0.0625 + 0.03125 = 22.84375$

[题 1.4]　将下列二进制数转换为八进制数和十六进制数。

(1) $(1110.0011)_2$　　(2) $(1101.0101)_2$　　(3) $(10110.11011)_2$

解：(1) $(1110.0011)_2$

将 $(1110.0011)_2$ 转换为八进制数和十六进制数，分别得到

$$(1110.0011)_2 = (\underline{001}\,\underline{110}.\ \underline{001}\,\underline{100})_2 = (16.14)_8$$
$$(1110.0011)_2 = (\underline{1110}.\ \underline{0011})_2 = (E.3)_{16}$$

(2) $(1101.0101)_2$

将 $(1101.0101)_2$ 转换为八进制数和十六进制数，分别得到

$$(1101.0101)_2 = (\underline{001}\,\underline{101}.\ \underline{010}\,\underline{100})_2 = (15.24)_8$$
$$(1101.0101)_2 = (\underline{1101}.\ \underline{0101})_2 = (D.5)_{16}$$

(3) $(10110.11011)_2$

将 $(10110.11011)_2$ 转换为八进制数和十六进制数，分别得到

$$(10110.11011)_2 = (\underline{010}\,\underline{110}.\ \underline{110}\,\underline{110})_2 = (26.66)_8$$
$$(10110.11011)_2 = (\underline{0001}\,\underline{0110}.\ \underline{1101}\,\underline{1000})_2 = (16.D8)_{16}$$

［题 1.5］ 将下列十六进制数转换为二进制数。

(1) $(A2)_{16}$　　(2) $(5D.BF)_{16}$　　(3) $(1C.FF)_{16}$

解：将每位十六进制数用对应的 4 位二进制数表示，即得到等值的二进制数。

(1) $(A2)_{16}=(1010\ 0010)_2$

(2) $(5D.BF)_{16}=(101\ 1101.1011\ 1111)_2$

(3) $(1C.FF)_{16}=(1\ 1100.1111\ 1111)_2$

［题 1.6］ 将下列八进制数转换为二进制数。

(1) $(72)_8$　　(2) $(56.14)_8$　　(3) $(34.17)_8$

解：将每位八进制数用对应的 3 位二进制数表示，即得到等值的二进制数。

(1) $(72)_8=(111\ 010)_2$

(2) $(56.14)_8=(101\ 110.001\ 100)_2$

(3) $(34.17)_8=(11\ 100.001\ 111)_2$

［题 1.7］ 将下列十进制数转换为二进制数和十六进制数。

(1) $(23)_{10}$　　(2) $(123)_{10}$　　(3) $(345)_{10}$

解：(1) $(23)_{10}$

由于

$$\begin{array}{rl|l|l}
16 & \underline{\lfloor 23} & & \text{余数} \\
16 & \underline{\lfloor 1} & \cdots\cdots & 7\ \text{(LSB)} \quad \text{低位} \\
 & \ \ 0 & \cdots\cdots & 1\ \text{(MSB)} \quad \text{高位}
\end{array}$$

所以，得到

$$(23)_{10}=(17)_{16}=(1\ 0111)_2$$

(2) $(123)_{10}$

由于

$$\begin{array}{rl|l|l}
16 & \underline{\lfloor 123} & & \text{余数} \\
16 & \underline{\lfloor 7} & \cdots\cdots & 11\ \text{(LSB)} \quad \text{低位} \\
 & \ \ 0 & \cdots\cdots & 7\ \text{(MSB)} \quad \text{高位}
\end{array}$$

所以，得到

$$(123)_{10}=(7B)_{16}=(111\ 1011)_2$$

(3) $(345)_{10}$

由于

$$\begin{array}{rl|l|l}
16 & \underline{\lfloor 345} & & \text{余数} \\
16 & \underline{\lfloor 21} & \cdots\cdots & 9\ \text{(LSB)} \quad \text{最低位} \\
16 & \underline{\lfloor 1} & \cdots\cdots & 5 \\
 & \ \ 0 & \cdots\cdots & 1\ \text{(MSB)} \quad \text{最高位}
\end{array}$$

所以，得到

$$(345)_{10}=(159)_{16}=(1\ 0101\ 1001)_2$$

［题 1.8］ 将下列十进制数转换为二进制数，保留小数点后 6 位有效数字。

(1) $(0.23)_{10}$　　(2) $(0.1123)_{10}$　　(3) $(345.07)_{10}$

解：(1) $(0.23)_{10}$

由于

小数部分乘以2	乘积	取乘积的整数部分	
0.23×2	0.46	0 (MSB)	最高位
0.46×2	0.92	0	
0.92×2	1.84	1	
0.84×2	1.68	1	
0.68×2	1.36	1	
0.36×2	0.72	0 (LSB)	最低位

所以，得到

$$(0.23)_{10}=(0.001110)_2$$

(2) $(0.1123)_{10}$

由于

小数部分乘以2	乘积	取乘积的整数部分	
0.1123×2	0.2246	0 (MSB)	最高位
0.2246×2	0.4492	0	
0.4492×2	0.8984	0	
0.8984×2	1.7968	1	
0.7968×2	1.5936	1	
0.5936×2	1.1872	1 (LSB)	最低位

所以，得到

$$(0.1123)_{10}=(0.000111)_2$$

(3) $(345.07)_{10}$

① 将十进制数的整数部分转换为十六进制数，再将十六进制数转换为二进制数，参见题 1.7(3)，得到

$$(345)_{10}=(159)_{16}=(1\ 0101\ 1001)_2$$

② 将十进制数的小数部分转换为二进制数，由于

小数部分乘以2	乘积	取乘积的整数部分	
0.07×2	0.14	0 (MSB)	最高位
0.14×2	0.28	0	
0.28×2	0.56	0	
0.56×2	1.12	1	
0.12×2	0.24	0	
0.24×2	0.48	0 (LSB)	最低位

所以，得到

$$(0.07)_{10}=(0.000100)_2$$

③ 将整数部分与小数部分的转换结果相加，可得

$$(345.07)_{10}=(101011001.000100)_2$$

[题 1.9]　试分别写出下列二进制数的原码、反码和补码。

(1) $(+1110)_2$　　(2) $(-1110)_2$　　(3) $(-001010)_2$

解：(1) $(+1110)_2$ 的原码、反码、补码形式相同，均为 01110。

(2) $(-1110)_2$ 的原码为 11110；原码符号位不变，数值位逐位取反，得到反码为

10001；原码符号位不变，数值位逐位取反，再在最低位加 1，得到补码为 10010。

(3) $(-001010)_2$ 的原码为 1001010，反码为 1110101，补码为 1110110。

[题 1.10] 试分别写出下列带符号二进制数（最高位为符号位）的反码和补码。

(1) $(1110)_2$　　(2) $(111101)_2$　　(3) $(1001010)_2$

解：(1) $(1110)_2$ 的符号位不变，数值位逐位取反，得到反码为 1001；反码再加 1，得到补码为 1010。

(2) $(111101)_2$ 的符号位不变，数值位逐位取反，得到反码为 100010；反码再加 1，得到补码为 100011。

(3) $(1001010)_2$ 的符号位不变，数值位逐位取反，得到反码为 1110101；反码再加 1，得到补码为 1110110。

[题 1.11] 试用 8 位二进制补码表示下列十进制数。

(1) $(+23)_{10}$　　(2) $(-23)_{10}$　　(3) $(-105)_{10}$

解：首先将十进制数的绝对值转换成十六进制数，再将十六进制数转换为 7 位二进制数；然后在最高位前加 1 位符号位（正数加 0、负数加 1），得到 8 位二进制原码；最后将原码变换为补码。

(1) 求 $(+23)_{10}$ 的补码

由于

			余数	
16	23			
16	1	………	7 (LSB)	低位
	0	………	1 (MSB)	高位

所以，得到

$$(23)_{10}=(17)_{16}=(10111)_2$$

在高位加 00 将 $(23)_{10}$ 表示为 7 位二进制数 0010111，再在最高位前加 1 位符号位 0（正数），得到 8 位二进制原码 00010111。由于是正数，所以补码与原码相同，也为 00010111。

(2) 求 $(-23)_{10}$ 的补码

由于 $(23)_{10}=(17)_{16}=(10111)_2$，所以表示成 7 位二进制数也是 0010111。在最高位前加 1 位符号位 1（负数），得到 8 位二进制原码 10010111，求它的补码，得到 11101001。

(3) 求 $(-105)_{10}$ 的补码

由于

			余数	
16	105			
16	6	………	9 (LSB)	低位
	0	………	6 (MSB)	高位

所以，得到

$$(105)_{10}=(69)_{16}=(110\ 1001)_2$$

在最高位前加 1 位符号位 1（负数），得到 8 位二进制原码 11101001，求其补码得到 10010111。

[题 1.12] 试用二进制补码计算下列各式。

(1) 1010＋0011　　(2) 1101＋0101　　(3) 1101－0101

(4) －1010＋0011　　(5) －1101－0101　　(6) －1101＋0101