普通高等教育"十二五"规划教材
电工电子基础课程规划教材

数字逻辑设计及应用知识要点与习题解析

(中英文版)

■ 姜书艳 主编 ■ 陈骏莲 廖红舒 副主编

中国工信出版集团
電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教材
电工电子基础课程规划教材

数字逻辑设计及应用
知识要点与习题解析
（中英文版）

姜书艳 主 编
陈骏莲 廖红舒 副主编
唐 军 王 宏 付 炜 周建华 编

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

《数字逻辑设计及应用知识要点与习题解析（中英文版）》与《数字设计——原理与实践（第 4 版）》（John F. Wakerly，林生 等译，2007）、《数字设计——原理与实践（第 4 版，影印版）》（John F. Wakerly，2007）或《数字逻辑设计及应用》（双语教材，姜书艳主编，2014）配套使用。本习题集的编写紧扣教材的能力目标要求，既注重基础知识的巩固，又强调基本能力的培养。全书共 8 章内容，包括数制与编码、逻辑代数基础、逻辑门电路、组合逻辑设计原理、组合逻辑设计实践、存储电路、时序逻辑设计原理、时序逻辑设计实践等。每章包括：知识要点、典型例题解析、习题、习题解答、Exercises 和 Exercises Solutions 六方面内容。本习题集题型丰富，难易适中，对巩固课堂知识、提高学生分析问题和解决问题的能力有较好的帮助。

本习题集可作为高等学校电类（包括电子、通信、电气及自动化、计算机等）各专业教师、本科生及自学者的参考书，也可供攻读硕士研究生的考生和相关技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

数字逻辑设计及应用知识要点与习题解析：中英文版 / 姜书艳主编. —北京：电子工业出版社，2015.5
电工电子基础课程规划教材
ISBN 978-7-121-23957-1

I. ①数… II. ①姜… III. ①数字逻辑－逻辑设计－高等学校－教学参考资料 IV. ①TP302.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 175042 号

策划编辑：王羽佳
责任编辑：王羽佳　　　文字编辑：王晓庆
印　　刷：涿州市京南印刷厂
装　　订：涿州市京南印刷厂
出版发行：电子工业出版社
　　　　　北京市海淀区万寿路 173 信箱　邮编　100036
开　　本：787×1092　1/16　印张：15.5　字数：447 千字
版　　次：2015 年 5 月第 1 版
印　　次：2015 年 5 月第 1 次印刷
印　　数：3000 册　　定价：39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前　言

本书是为配合《数字设计——原理与实践（第4版）》（John F. Wakerly，林生 等译，2007）、《数字设计——原理与实践（第4版，影印版）》（John F. Wakerly，2007）或《数字逻辑设计及应用》（双语教材，姜书艳主编，2014）的使用而编写的配套学习指导与习题集。编者根据数字电路课程教学实践和课程教学的基本要求，对教材内容进行了归纳、总结和提炼。希望本书能够帮助学生把握课程内容的重点、难点，从而提高分析问题、解决问题的能力。

由于电路基础课程内容比较抽象，加之理论性、系统性、灵活性较强，所以许多初学者感到较难理解和掌握。特别是随着电路技术的发展，电路功能日益复杂，新型器件不断产生，相应的电路分析方法和手段也在不断演变和发展，因此，为了保证本课程的教学质量，在教师提高教学水平的同时，学生有必要完成适当的课外作业，同时加强实践性环节的训练。

本书共 8 章，依次对应教材中的数制与编码、逻辑代数基础、逻辑门电路、组合逻辑设计原理、组合逻辑设计实践、存储电路、时序逻辑设计原理、时序逻辑设计实践等内容。每章包括六方面内容：知识要点、典型例题解析、习题、习题解答、Exercises 和 Exercises Solutions。知识要点通过总结各章的知识点，形成学习要点；典型例题解析针对各章的重点和难点内容引出的例题，进行详细分析，加强学生对重点、难点内容的理解；习题和习题解答为了适应不同层次同学的需要，采用中英文双语编写，建立与国际学术界交流的平台。这些习题与教材内容紧密配合，深度、广度适中。全英文习题的编写，有助于学生对于英文专业术语的掌握和全英文考试题目的理解。

为适应教学模式、教学方法和手段的改革，本书提供习题参考答案，请登录华信教育资源网（http://www.hxedu.com.cn）注册下载。另外，本书提供如下的相关学习网站。

（1）http://222.197.183.243/wlxt/course.aspx?courseid=0669：省级精品资源共享课程——数字逻辑设计及应用（2013 年）

（2）http://222.197.183.243/wlxt/jingpin.asp?courseid=0170：省级精品课程——数字逻辑设计及应用（2005 年）

（3）http://china.xilinx.com/support/university/index.htm：Xilinx 的大学计划，提供了大量的产品资料、课程资料以及用于数字设计实验课程的芯片和插件

（4）https://www.aldec.com/en：Aldec 的教育计划，提供了 Aldec 自己的软件包和第三方的兼容工具以及原型系统

本书由姜书艳教授任主编，负责整本书的统审、定稿工作，陈骏莲、廖红舒任副主编，陈骏莲负责中文部分的组织和编写，廖红舒负责英文部分的组织和编写。姜书艳编写了第 1、2 章和附录 A 部分，陈骏莲编写了中文部分的第 3、4 章，廖红舒编写了英文部分的第 3、4 章，唐军编写了中、英文部分第 5 章和英文部分第 8 章，王宏编写了中文部分的第 6、7 章，付炜编写了英文部分的第 6、7 章，周建华编写了中文部分的第 8 章。本书从构思到完成期间，电子科技大学数字逻辑设计及应用课程组的很多老师都参与了编写，几经修订。课程组的陈瑜、金燕华、崔琳莉、赖永秀、陈德军、李春梅、唐普英、曾洁、李军、卢有亮、周鹰、郭磊、廖昌俊、张刚、王振松、李力、兰京川、袁渊等也参与了本书的编写工作，其中，陈瑜老师参与了整本书的讨论与组织工

作。电子工业出版社的王羽佳、王晓庆编辑对全书的结构和内容提出了重要的意见，在此一并表示诚挚的感谢！

尽管本书融入了编者长期从事数字电路基础课程教学的经验和体会，但受编者水平及编写时间的限制，书中难免存在不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

作　者

2015年5月

目　　录

第 1 章　数制与编码（Number Systems and Codes）

一、知识要点

1．掌握按位计数制（Positional Number System）的概念，以及十进制（Decimal）、二进制（Binary）、八进制（Octal）及十六进制（Hexadecimal）的定义。

2．掌握十进制数、二进制数、八进制数以及十六进制数之间相互转换的方法。

3．掌握非十进制数（无符号）的加减运算方法。

4．掌握有符号的二进制数的构建方法：符号-数值码（原码）（Signed-Magnitude）、二进制补码（Two's-Complement）、二进制反码（Ones'-Complement）。

5．掌握原码、补码、反码三种编码形式的相互转换。

6．掌握带符号的二进制数的加减方法。

7．掌握 BCD 码（Binary Codes for Decimal Numbers，BCD）、格雷码（Gray Code）的构建方式以及与二进制数之间的相互转换。

二、典型例题解析

【例 1-1】 以下算术运算在某种进制中是正确的，请确定以下两个运算中的基数分别是多少。

1．23+44+14+32=223　　　　2．302/20=12.1

【解题指导】

按位计数制应满足如下公式：$D=\sum_{i=-n}^{p-1} d_i \times r^i$，其中，$r$ 为基数，d_i 为第 i 位的数值，D 为数值大小。

所以在解题中，可以设基数为 R，然后按照按位计数制的运算法则，将等式展开成 R 的一元方程的形式，从而解得 R 的值。

【解答】

1．设基数为 B，按照按位计数制的运算法则，该等式可以转换成：

$$2B+3+4B+4+B+4+3B+2=2B^2+2B+3$$

可以解得基数为 $B=5$；

2．设基数为 B，按照按位计数制的运算法则，该等式可以转换成：

$$(3B^2+2)/(2B)=B+2+1/B$$

可以解得基数为 $B=4$。

【例 1-2】 请将 22.75_{10} 分别转换成十六进制数、八进制数和二进制数。

【解题指导】

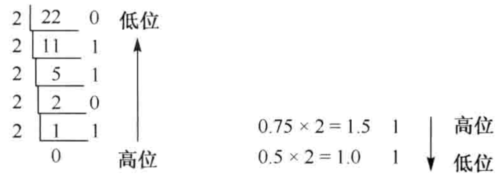
将十进制数转换成其他进制的数，要分成整数部分和小数部分两个方面进行讨论。

整数部分的转换方法是：若将十进制数转换成 N 进制数，则需要将该十进制数的整数部分除以 N，取其余数，作为转换后 N 进制数整数部分的最低位；然后将上次除法的商再除以 N，再取其余数作为 N 进制整数部分的次低位；依此类推，一直到除法的商为 0 为止，整数部分讨论完毕。

小数部分的转换方法是：将该十进制数的小数部分乘以 N，取其积的整数部分，作为转换后 N

进制数小数部分的最高位；然后将乘法后的积的小数部分再乘以 N，再取其整数部分，作为 N 进制数小数部分的次高位；依此类推，一直到乘法的积的小数部分为 0，或者达到要讨论的精度为止，小数部分讨论完毕。

该例题中先进行二进制部分的讨论。图 1.1 中箭头所示方向即是数据读取的方向。



(a) 整数部分转换　　(b) 小数部分转换

图 1.1　例 1-2 求解示意图

所以，$22.75_{10} = 10110.11_2$。八进制数和十六进制数可以做相同的讨论，区别在于，将上面讨论中的除数和乘数分别换成 8 和 16 即可。

另外，十六进制中的数值 0～15 分别对应如下：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。

【解答】

$22.75_{10} = 10110.11_2 = 26.6_8 = 16.C_{16}$

【例 1-3】 请将十进制数 47.39_{10} 转换成二进制数，要求转换后精度保留到小数点后 3 位。

【解题指导】

整数部分的讨论方法与【例 1-2】相同，下面主要进行小数部分的讨论：

$$\begin{array}{ll} 0.39 \times 2 = 0.75 & 0 \quad \text{高位} \\ 0.78 \times 2 = 1.56 & 1 \\ 0.56 \times 2 = 1.12 & 1 \quad \text{低位} \\ \cdots\cdots & \end{array}$$

由讨论可知，小数部分的乘积操作最终无法达到 0，所以需要保留至所需的精度，即转换成二进制数后保留到小数点后 3 位。

【解答】

$47.39_{10} = 101111.011_2$

【例 1-4】 请将十进制数 56.48_{10} 转换成二进制数，要求转换后精度为 $\varepsilon < 10^{-2}$。

【解题指导】

整数部分的讨论方法等同于【例 1-2】，下面主要进行小数部分的讨论。

小数部分的乘积操作最终无法达到 0，所以需要保留至所需的精度。转换成二进制数后精度要求为 $\varepsilon < 10^{-2}$，而 10^{-2} 是保留到十进制数的小数点后两位，转换成二进制数后应为 $\varepsilon = 2^{-n} < 10^{-2}$，$n \geqslant 7$，所以应保留到转换成二进制数后的小数点后 7 位。

【解答】

$56.48_{10} = 111000.0111101_2$

【例 1-5】 请将如下的数转换成十进制数：

1．10110.11_2　　2．26.67_8　　3．$F4.25_{16}$

【解题指导】

可以利用公式 $D_{10} = \sum_{i=-n}^{p-1} b_i \times N^i$，将其他进制的数转换成十进制数。其中，$N$ 为待转换进制的基

数；N^i 为第 i 位的权重；i 的取值为 $[-n,p-1]$；b_i 为第 i 位的值。故以上三个数值的转换可以按如下的方法进行：

$10110.11_2 = 1\times2^4+0\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+0\times2^0+1\times2^{-1}+1\times2^{-2}=22.75_{10}$

$26.67_8 = 2\times8^1+6\times8^0+6\times8^{-1}+7\times8^{-2}=22.8594_{10}$

$F4.25_{16} = 15\times16^1+4\times16^0+2\times16^{-1}+5\times16^{-2}=244.1445_{10}$

【解答】

1．$10110.11_2 = 22.75_{10}$　2．$26.67_8 = 22.8594_{10}$　3．$F4.25_{16} = 244.1445_{10}$

【例 1-6】 请将二进制数 101101.1101_2 转换成八进制数和十六进制数。

【解题指导】

将二进制数转换成八进制数和十六进制数的方法如下。

整数部分的讨论：以二进制数的小数点为分界点，依次向左每 3 位（4 位）二进制数等效为一位八进制数（十六进制数），位数不足的在高位加 0；

小数部分的讨论：以二进制数的小数点为分界点，依次向右每 3 位（4 位）二进制数等效为一位八进制数（十六进制数），位数不足的在低位加 0。

【解答】

$101101.1101_2 = 55.64_8 = 2D.D_{16}$

【例 1-7】 请将 33.16_8 转换成十六进制数。

【解题指导】

将一个八进制数转换成一个十六进制数，需要经过两个步骤：第一，先将八进制数转换成二进制数；第二，再将转换后的二进制数转换成十六进制数。

对于第一步的讨论如下：将一个八进制数（十六进制数）转换成二进制数的方法是，每一位八进制数（十六进制数），等效于 3 位（4 位）二进制数。

第二步的讨论等同于【例 1-6】中的分析。

所以该题的解答过程如下：$33.16_8 = 011011.001110_2 = 1B.38_{16}$

【解答】

$33.16_8 = 1B.38_{16}$

【例 1-8】 请分别写出如下带符号数的二进制 8-bit 原码、反码和补码。

1．-99_{10}　2．$+53_{10}$　3．-128_{10}　4．0_{10}

【解题指导】

对于正数而言，原码、补码、反码 3 种编码的形式相同，都是符号位（MSB）“0”加上数值位。其中，数值位大小等于该数的绝对值大小。

对于负数而言，原码、补码、反码3种编码的构建方法不同。原码是符号位“1”加上数值位，数值位的大小等于该数的绝对值大小；反码是符号位“1”加上数值位，数值位为原码数值位的逐位取反；补码是符号位“1”加上数值位，数值位为反码数值位的末位 +1 。

-99_{10}，其原码为 11100011，其中 MSB（最高有效位）“1”为符号位，表示负号，后面的 1100011 为数值位，其值大小为 99；反码为 10011100，MSB 仍为符号位，数值位则是原码数值位的逐位取反；补码则是在反码的基础上在末位+1 而得到的，即为 10011101；

$+53_{10}$ 的原码、补码、反码 3 种编码相同，都是符号位“0”，加上数值位 0110101（其值为 53），故 3 种编码都为 00110101。数值位和符号位要凑足题目要求的 8 位；

-128_{10} 的原码和反码都超出了 8-bit 的计数范围 $[-127,+127]$，故无法表示。但是在补码的计数范

围$[-128,+127]$之内。其构建方法可以根据补码的性质来决定。补码的符号位可以看成是-2^{n-1}的权重，其中，n为补码的位数，该题中为8。所以-128_{10}的数值为0，即其补码为10000000；

0_{10}的原码和反码都有+0和–0之分，补码则统一为00000000。

【解答】

1. $-99_{10}=11100011_{原码}=10011100_{反码}=10011101_{补码}$
2. $+53_{10}=00110101_{原码}=00110101_{反码}=00110101_{补码}$
3. -128_{10}=$10000000_{补码}$（原码和反码超出了计数范围）
4. $0_{10}=00000000_{原码}(10000000_{原码})=00000000_{反码}(11111111_{反码})=00000000_{补码}$

【例 1-9】 一个二进制数的补码是$10110_{补码}$，请问其8-bit二进制补码是多少？

【解题指导】

$10110_{补码}$为5-bit的二进制补码，若要将其扩展到8位，则需先将其变成5-bit的原码，为$11010_{原码}$。注意，一个负数从补码到原码的转变过程与从原码到补码的过程一样，都是“符号位不变，数值位取反加1”。由于原码的数值位大小为该数的绝对值，故可以在高位加0，不会改变其值。所以可以在原码的高位补0，使其达到8-bit，为$10001010_{原码}$，再将其变成补码，方法参考【例 1-8】，为$11110110_{补码}$。

【解答】

$10110_{补码}=11110110_{补码}$

【例 1-10】 数A的补码为11111001，数B的补码为11010101，数C的补码为01111101，请完成如下的计算，并讨论是否溢出。

1．–A–B　　2．–A+B　　3．A–C

【解题指导】

带符号的二进制数运算为二进制补码运算，即满足如下的关系：

$[和]_{补码}=[被加数]_{补码}+[加数]_{补码}$，被加数、加数、和都为补码。

$[-A-B]_{补码}=[-A]_{补码}+[-B]_{补码}$，已知A的补码，求–A的补码可以分成两步：第一，A的符号位取反；第二，A的数值位取反加1。所以该题中$[-A]_{补码}=00000111$；同理，$[-B]_{补码}=00101011$。所以$[-A-B]_{补码}=00000111+00101011$，二进制加法的规则为逢二进一，故最终的结果为$[-A-B]_{补码}=00110010$。

溢出判定有两个原则：第一，如果两个符号相异的两个数相加，则不会溢出；第二，如果两个同符号的数相加，其最高有效位的进位输出和进位输入不等，则溢出；第1小题中$[-A-B]_{补码}=00000111+00101011$为两个同符号的数相加，但是，最高有效位的进位输入和进位输出都为0，故无溢出发生；

$[-A+B]_{补码}=[-A]_{补码}+[B]_{补码}=00000111+11010101=11011100$，其溢出判定属于第一种情况，故无溢出发生；

$[A-C]_{补码}=[A]_{补码}+[-C]_{补码}=11111001+10000011=01111100$，其最高有效位的进位输入为0，进位输出为1，故有溢出。另外，该小题中两个负数相加，和为正数，结果显然不正确，亦可推断出存在溢出。

【解答】

1．$[-A-B]_{补码}=00110010$　　无溢出　　2．$[-A+B]_{补码}=11011100$　　无溢出

3．$[A-C]_{补码}=01111100$　　有溢出

【例 1-11】 请分别写出以下各数的8421BCD码、2421BCD码、余3码及格雷码。

1. 79_{10}　　2. 1101101_2　　3. FF_{16}

【解题指导】

8421BCD 码、2421BCD 码和余 3 码都是 BCD 码，即十进制编码。每个编码表示一位（0～9）的十进制数。故如果要转换成以上的形式，必须先将数字转换成十进制数。其中，8421 和 2421 为该种编码形式的各位上的权重，其具体编码形式参见教材。余 3 码是在 8421BCD 码的基础之上加 0011 而得到的。

格雷码的变化规则如下：

假设一个数用 n 位二进制表示为 $(b_{n-1}b_{n-2}\cdots b_1b_0)_2$，其格雷码为 $(g_{n-1}g_{n-2}\cdots g_1g_0)_{\text{gray}}$，二者关系为

$$g_i = b_i \oplus b_{i+1} \quad (i = 0,1,\cdots,n-2)$$
$$g_{n-1} = b_{n-1}$$

或者，$(b_{n-1} \quad b_{n-1}\oplus b_{n-2}\cdots \quad b_m \oplus b_{m-1} \quad \cdots b_2 \oplus b_1 \quad b_1 \oplus b_0)_{\text{gray}}$，其中 b_m 为第 m 位的二进制数。

下面分别对几个小题进行讨论：

1. $79_{10} = 0111\ 1001_{8421BCD} = 1101\ 1111_{2421BCD} = 1010\ 1100_{余3码} = 1001111_2 = 1101000_{格雷码}$

2. $1101101_2 = 109_{10} = 0001\ \ 0000\ \ 1001_{8421BCD} = 0001\ \ 0000\ \ 1111_{2421BCD}$
$= 0100\ \ 0011\ \ 1100_{余3码} = 1011011_{格雷码}$

3. $FF_{16} = 255_{10} = 0010\ \ 0101\ \ 0101_{8421BCD} = 0010\ \ 1011\ \ 1011_{2421BCD}$
$= 0101\ \ 1000\ \ 1000_{余3码} = 11111111_2 = 10000000_{格雷码}$

【解答】

1. $79_{10} = 0111\ 1001_{8421BCD} = 1101\ 1111_{2421BCD} = 1010\ 1100_{余3码} = 1001111_2 = 1101000_{格雷码}$

2. $1101101_2 = 0001\ \ 0000\ \ 1001_{8421BCD} = 0001\ \ 0000\ \ 1111_{2421BCD}$
$= 0100\ \ 0011\ \ 1100_{余3码} = 1011011_{格雷码}$

3. $FF_{16} = 0010\ \ 0101\ \ 0101_{8421BCD} = 0010\ \ 1011\ \ 1011_{2421BCD}$
$= 0101\ \ 1000\ \ 1000_{余3码} = 11111111_2 = 10000000_{格雷码}$

三、习题

【习题 1-1】 分别进行如下数制转换。

1. $(120)_{10} = (\qquad)_2$　　2. $(39)_{10} = (\qquad)_7$　　3. $(97)_6 = (\qquad)_{16}$

【习题 1-2】 分别进行如下数制转换，要求转换误差 $\varepsilon < 10^{-2}$。

1. $(22.37)_{10} = (\qquad)_2$　　2. $(35.49)_{10} = (\qquad)_6$　　3. $(16.68)_{10} = (\qquad)_{16}$

【习题 1-3】 分别写出如下十进制数对应的二进制数、八进制数、十六进制数。

1. $(28.5)_{10}$　　2. $(38.75)_{10}$　　3. $(7.125)_{10}$

【习题 1-4】 分别写出如下符号数的 8-bit 二进制原码、反码和补码。

1. $(+45)_{10}$　　2. $(-37)_{10}$　　3. $(-47)_{10}$

【习题 1-5】 分别写出如下符号数的二进制原码、反码和补码。

1. $(+17.5)_{10}$　　2. $(-12.75)_{10}$　　3. $(-9.25)_{10}$

【习题 1-6】 填空。

1. 某十进制数的等值二进制数的原码、补码、反码（顺序不定）为 10010101、11101010、10010110，其中，10010101 表示（　　　　　）码，11101010 表示（　　　　　）码，10010110 表示（　　　　　）码。

2. 已知某数的反码是 1010101，则该数对应的原码是（　　　　　），补码是（　　　　　）。

3. 已知 10011101、11100010、10011110 为某二进制数的原码、反码、补码（顺序不定），则其中

（　　　　）是原码，（　　　　）是反码，（　　　　）是补码。

【习题 1-7】 填空。

1. $(F6.A)_{16}=(\quad)_{10}=(\quad)_{8}=(\quad)_{8421BCD}$

2. $(B2.8)_{16}=(\quad)_{8}=(\quad)_{2}=(\quad)_{余3码}$

3. $(102)_{8}=(\quad)_{2}=(\quad)_{10}=(\quad)_{格雷码}$

【习题 1-8】 选择。

1. $(36.7)_{10}$ 的 5121BCD 码是（　　）。

A. 01101001.1010　　B. 00111100.1110

C. 00110110.0111　　D. 00110110.1110

2. 十进制数 $(726)_{10}$ 的 2421BCD 码是（　　）

A. $(110100101100)_{2421BCD}$　　B. $(011110000110)_{2421BCD}$

C. $(110110000110)_{2421BCD}$　　D. $(011100100110)_{2421BCD}$

【习题 1-9】 试用 8 位二进制补码完成下列十进制数的运算。

1. $(+78)_{10}+(+35)_{10}$　　2. $(-56)_{10}-(41)_{10}$　　3. $(-81)_{10}+(-49)_{10}$

4. $(-93)_{10}+(+49)_{10}$　　5. $(+67)_{10}+(+72)_{10}$

【习题 1-10】 设 $A=-(27.625)_{10}$，$B=+(20)_{10}$，求：

1. $(A)_{补}$　　2. $(B)_{补}$　　3. $(A\times B)_{补}$　　4. $(A+B)_{补}$　　5. $(A-B)_{补}$

【习题 1-11】 已知浮点数 1011 1101 0100 0000 0000 0000 0000 0000 的第 1 位是符号位，第 2～9 位是阶码，其余位为尾数，试求其对应的十进制数。

四、习题解答

【习题 1-1】 分别进行如下数制转换。

【解答】

1. $(120)_{10}=(1111000)_2$　　2. $(39)_{10}=(54)_7$　　3. $(97)_6=(61)_{10}=(3D)_{16}$

【习题 1-2】 分别进行如下数制转换，要求转换误差 $\varepsilon<10^{-2}$。

【解答】

1. $(22.37)_{10}=(00010110.0101111)_2$　　2. $(35.49)_{10}=(55.253)_6$

3. $(16.68)_{10}=(10.AE)_{16}$

【习题 1-3】 分别写出如下十进制数对应的二进制数、八进制数、十六进制数。

【解答】

1. $(28.5)_{10}=(11100.1)_2=(34.4)_8=(1C.8)_{16}=(0010\ 1000.0101)_{8421BCD}$

2. $(38.75)_{10}=(100110.11)_2=(46.6)_8=(26.C)_{16}$
$=(0011\ 1000.0111\ 0101)_{8421BCD}$

3. $(7.125)_{10}=(111.001)_2=(7.1)_8=(7.2)_{16}=(0111.0001\ 0010\ 0101)_{8421BCD}$

【习题 1-4】 分别写出如下符号数的 8-bit 二进制原码、反码和补码。

【解答】

1. $(+45)_{10}=(00101101)_{原码}=(00101101)_{反码}=(00101101)_{补码}$

2. $(-37)_{10}=(10100101)_{原码}=(11011010)_{反码}=(11011011)_{补码}$

3. $(-47)_{10}=(10101111)_{原码}=(11010000)_{反码}=(11010001)_{补码}$

【习题 1-5】 分别写出如下符号数的二进制原码、反码和补码。

【解答】

1. $(+17.5)_{10} = (010001.10)_{原码} = (010001.10)_{反码} = (010001.10)_{补码}$

2. $(-12.75)_{10} = (101100.11)_{原码} = (110011.00)_{反码} = (110011.01)_{补码}$

3. $(-9.25)_{10} = (101001.01)_{原码} = (110110.10)_{反码} = (110110.11)_{补码}$

【习题 1-6】 填空。

【解答】

1．反，原，补　　2．1101010，1010110　　3．11100010，　10011101，　10011110

【习题 1-7】 填空。

【解答】

1. $(F6.A)_{16} = (246.625)_{10} = (366.5)_8 = (001001000110.011000100101)_{8421BCD}$

2. $(B2.8)_{16} = (262.4)_8 = (178.5)_{10} = (10110010.1)_2$
$= (010010101011.1000)_{余3码}$

3. $(102)_8 = (01000010)_2 = (66)_{10} = (01100011)_{格雷码}$

【习题 1-8】 选择。

【解答】

1．A　　　2．A

【习题 1-9】 试用 8 位二进制补码完成下列十进制数的运算。

【解答】

1. $(+78)_{10} + (+35)_{10} = (01001110)_{补} + (00100011)_{补} = (01110001)_{补}$
$= (113)_{10}$　　无溢出

2. $(-56)_{10} - (41)_{10} = (11001000)_{补} + (11010111)_{补} = (10011111)_{补}$
$= (-97)_{10}$　　无溢出

3. $(-81)_{10} + (-49)_{10} = (10101111)_{补} + (11001111)_{补} = (01111110)_{补}$
$\neq (-130)_{10}$　　有溢出

4. $(-93)_{10} + (+49)_{10} = (10100011)_{补} + (00110001)_{补} = (11010100)_{补}$
$= (-44)_{10}$　　无溢出

5. $(+67)_{10} + (+72)_{10} = (01000011)_{补} + (01001000)_{补} = (10001011)_{补}$
$\neq (139)_{10}$　　有溢出

【习题 1-10】 设 $A = -(27.625)_{10}$， $B = +(20)_{10}$，求：

【解答】

1. $(A)_{补} = 100100.011$　　2. $(B)_{补} = 010100$　　3. $(A \times B)_{补} = 10111010111.1$

4. $(A+B)_{补} = 111000.011$　　5. $(A-B)_{补} = 11010000.011$

【习题 1-11】 已知浮点数 1011 1101 0100 0000 0000 0000 0000 0000 的第 1 位是符号位，第 2～9 位是阶码，其余位为尾数，试求其对应的十进制数。

【解答】

1．符号位=1，所以该数为负数；

2．有效数=尾数前面加‘1.’，所以，有效数=1.1；

3．指数 = 阶码−偏移量 127 = 01111010−01111111 = −5；

4．有效数的小数点左移 5 位 ，所以，有效数 = 0.000011；

5．$-(0.000011)_2 = -(0.046875)_{10}$。

V. Exercises

【Exercise 1-1】 Perform the following number system conversions.

1. $(120)_{10}$ =($)_2$ 2. $(39)_{10}$ =($)_7$ 3. $(97)_6$ =($)_{16}$

【Exercise 1-2】 Convert the following decimal numbers, keeping the conversion error ε smaller than 10^{-2}.

1. $(22.37)_{10}$ =($)_2$ 2. $(35.49)_{10}$ =($)_6$ 3. $(16.68)_{10}$ =($)_{16}$

【Exercise 1-3】 Convert the following decimal numbers into binary, octal and hexadecimal.

1. $(28.5)_{10}$ 2. $(38.75)_{10}$ 3. $(16.125)_{10}$

【Exercise 1-4】 Write the 8-bit signed-magnitude, two's complement and ones' complement representations for each of these decimal numbers.

1. $(+45)_{10}$ 2. $(-37)_{10}$ 3. $(-47)_{10}$

【Exercise 1-5】 Write the 8-bit signed-magnitude, two's complement and ones' complement representations for each of these decimal numbers.

1. $(+17.5)_{10}$ 2. $(-12.75)_{10}$ 3. $(-9.25)_{10}$

【Exercise 1-6】 Fill in the blanks.

1. Knowing that the equivalent signed-magnitude, two's complement and ones' complement codes (the order is not sure) of a decimal numbers are 10010101, 11101010 and 10010110, then 10010101 is ( )representation, 11101010 is( )representation, 10010110 is( )representation.

2. Knowing that the two's complement of one number is 1010101, then the corresponding signed-magnitude is( ), and the two's complement is( ).

3. Knowing that(10011101), (11100010) and (10011110)are the signed-magnitude, two's complement and ones' complement represents (the order is not sure), then ( )is the signed-magnitude, ( )is two's complement, and( )is ones' complement.

【Exercise 1-7】 Fill in the blanks

1. $(F6.A)_{16}$ = ($)_{10}$= ($)_8$ = ($)_{8421BCD}$

2. $(B2.5)_{16}$ = ($)_8$ = ($)_2$ = ( )余3码

3. $(102)_8$ = ($)_2$ = ($)_{10}$ = ( )格雷码

【Exercise 1-8】 Choose the correct answer.

1. The 5121BCD code of $(36.7)_{10}$ is( ).

A. 00110110.0111 B. 00111100.1110

C. 01101001.1010 D. 00110110.1110

2. The 2421BCD code of the decimal digit is ( )

A. $(110100101100)_{2421BCD}$ B. $(011110000110)_{2421BCD}$

C. $(110110000110)_{2421BCD}$ D. $(011100100110)_{2421BCD}$

【Exercise 1-9】 Add the following pairs of decimal numbers with the corresponding 8-bit two's complement represents, indicating whether or not overflow occurs.

1. $(+78)_{10}+(+35)_{10}$ 2. $(-56)_{10}-(41)_{10}$ 3. $(-81)_{10}+(-49)_{10}$

4. $(-93)_{10}+(+49)_{10}$ 5. $(+67)_{10}+(+72)_{10}$

【Exercise 1-10】 Suppose that A = $-(27.625)_{10}$ and B = $+(20)_{10}$. Then finish the following computation.

1. $(A)_{\text{two's complement}}$ 2. $(B)_{\text{two's complement}}$ 3. $(A\times B)_{\text{two's complement}}$

4. $(A+B)_{\text{two's complement}}$ 5. $(A-B)_{\text{two's complement}}$

【Exercise 1-11】 Knowing that the floating-point digital 1011 1101 0100 0000 0000 0000 0000 0000 represents 1 sign bit in the beginning, 8 exponent bits in the middle, and 23 mantissa bits in the end. Convert this floating-point binary into decimal.

VI. Exercises Solutions

【Exercise 1-1】 Perform the following number system conversions.

【Solution】

1. $(120)_{10}=(1111000)_2$ 2. $(39)_{10}=(54)_7$ 3. $(97)_6=(61)_{10}=(3D)_{16}$

【Exercise 1-2】 Convert the following decimal numbers, keeping the conversion error ε smaller than 10^{-2}.

【Solution】

1. $(22.37)_{10}=(00010110.0101111)_2$ 2. $(35.49)_{10}=(55.253)_6$ 3. $(16.68)_{10}=(10.AE)_{16}$

【Exercise 1-3】 Convert the following decimal numbers into binary, octal and hexadecimal.

【Solution】

1. $(28.5)_{10}=(11100.1)_2=(34.4)_8=(1C.8)_{16}=(0010\ 1000.0101)_{8421BCD码}$

2. $(38.75)_{10}=(100110.11)_2=(46.6)_8=(26.C)_{16}=(0011\ 1000.\ 0111\ 0101)_{8421BCD码}$

3. $(7.125)_{10}=(111.001)_2=(7.1)_8=(7.2)_{16}=(0111.000100100101)_{8421BCD码}$

【Exercise 1-4】 Write the 8-bit signed-magnitude, two's complement and ones' complement representations for each of these decimal numbers.

【Solution】

1. $(+45)_{10}=(00101101)_{\text{signed-magnitude}}=(00101101)_{\text{ones' complement}}=(00101101)_{\text{two's complement}}$

2. $(-37)_{10}=(10100101)_{\text{signed-magnitude}}=(11011010)_{\text{ones' complement}}=(11011011)_{\text{two's complement}}$

3. $(-47)_{10}=(10101111)_{\text{signed-magnitude}}=(11010000)_{\text{ones' complement}}=(11010001)_{\text{two's complement}}$

【Exercise 1-5】 Write the 8-bit signed-magnitude, two's complement and ones' complement representations for each of these decimal numbers.

【Solution】

1. $(+17.5)_{10}=(010001.10)_{\text{signed-magnitude}}=(010001.10)_{\text{ones' complement}}=(010001.10)_{\text{two's complement}}$

2. $(-12.75)_{10}=(101100.11)_{\text{signed-magnitude}}=(110011.00)_{\text{ones' complement}}=(110011.01)_{\text{two's complement}}$

3. $(-9.25)_{10}=(101001.01)_{\text{signed-magnitude}}=(110110.10)_{\text{ones' complement}}=(110110.11)_{\text{two's complement}}$

【Exercise 1-6】 Fill in the blanks.

1. Knowing that the equivalent signed-magnitude, two's complement and ones' complement codes (the order is not sure) of a decimal numbers are 10010101, 11101010 and 10010110, then 10010101 is (　　　)representation, 11101010 is(　　　)representation, 10010110 is(　　　)representation.

2. Knowing that the two's complement of one number is 1010101, then the corresponding signed-magnitude is(　　　　　), and the two's complement is(　　　　　).

3. Knowing that(10011101), (11100010) and (10011110)are the signed-magnitude, two's complement and ones' complement represents (the order is not sure), then (　　　　　)is the signed-magnitude,(　　　　)is two's complement, and(　　　　)is ones' complement.

【Solution】

1. two's complement, signed-magnitude and ones' complement

2. 1101010，1010110 3. 11100010, 10011101, 10011110

【Exercise 1-7】 Fill in the blanks.

【Solution】

1．$(F6.A)_{16} = (246.625)_{10} = (366.5)_8 = (001001000110.011000100101)_{8421BCD}$

2．$(B2.8)_{16} = (262.4)_8 = (178.5)_{10} = (010010101011.1000)_{\text{Excess-3 code}}$

3．$(102)_8 = (001000010)_2 = (66)_{10} = (001100011)_{\text{Gray code}}$

【Exercise 1-8】 Choose the correct answer.

【Solution】

1．C　　2．A

【Exercise 1-9】 Add the following pairs of decimal numbers with the corresponding 8-bit two's complement represents, indicating whether or not overflow occurs.

【Solution】

1．$(+78)_{10}+(+35)_{10}=(01001110)_{\text{two's complement}}+(00100011)_{\text{two's complement}}$
$=(01110001)_{\text{two's complement}}=(113)_{10}$　　without overflow

2．$(-56)_{10}-(41)_{10}=(11001000)_{\text{two's complement}}+(11010111)_{\text{two's complement}}$
$=(10011111)_{\text{two's complement}}=(-97)_{10}$　　without overflow

3．$(-81)_{10}+(-49)_{10}=(10101111)_{\text{two's complement}}+(11001111)_{\text{two's complement}}$
$=(01111110)_{\text{two's complement}}\neq(-130)_{10}$　　with overflow

4．$(-93)_{10}+(+49)_{10}=(10100011)_{\text{two's complement}}+(00110001)_{\text{two's complement}}$
$=(11010100)_{\text{two's complement}}=(-44)_{10}$　　without overflow

5．$(+67)_{10}+(+72)_{10}=(01100011)_{\text{two's complement}}+(01101000)_{\text{two's complement}}=(11001011)_{补}$
$\neq(139)_{10}$　　with overflow

【Exercise 1-10】 Suppose that $A=-(27.625)_{10}$ and $B=+(20)_{10}$. Then finish the following computation.

【Solution】

1．$(A)_{\text{two's complement}} = 100100.011$　　2．$(B)_{\text{two's complement}} = 010100$

3．$(A\times B)_{\text{two's complement}} = 1011101011.1$　　4．$(A+B)_{\text{two's complement}} = 1000.011$

5．$(A-B)_{\text{two's complement}} = 1010000.011$

【Exercise 1-11】 Knowing that the floating-point digital 1011 1101 0100 0000 0000 0000 0000 0000 represents 1 sign bit in the beginning, 8 exponent bits in the middle, and 23 mantissa bits in the end. Convert this floating-point binary into decimal.

【Solution】

1．Sign=1　→ it is negative

2．index =01111010--01111111 → index=–5

3．Terminal = 0.100 0000 0000 0000 0000 0000+1 → terminal=1.1

4．real number =move the radix point of the terminal number to the left for five bits → real number = –0.000011

5．decimal= $-(0.046875)_{10}$