

工控技术精品丛书

PLC 模拟量 与通信控制应用实例详解

李江全 主 编
张荣华 鲁敏 李亚萍 副主编

模



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



实例源程序
程序运行录屏
系统测试录像

工控技术精品丛书

PLC 模拟量与通信控制 应用实例详解

张荣华 鲁 敏 李江全
李亚萍



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从应用的角度系统地介绍了三菱 FX 系列 PLC、西门子 S7-200 系列 PLC 模拟量输入/输出及其与 PC 的数据通信技术。其内容包括计数制与编码、PLC 模拟量控制概述、PLC 模拟量扩展模块、PLC 数据通信基础、PC 串行通信概述、PLC 与 PC 数据通信协议、PLC 模拟量输入与 PC 通信控制、PLC 模拟量输出与 PC 通信控制、PLC 温度检测与 PC 通信控制,其中 PC 与 PLC 通信程序同时采用 VB、VC++、LabVIEW 和组态软件实现。

为方便读者学习,本书提供配套光盘,内容包括实例源程序、程序运行录屏、系统测试录像等。

本书内容丰富,可供各类自动化、计算机应用、机电一体化等专业的大学生、研究生学习 PLC 数据通信技术,也可供计算机控制系统研发的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 模拟量与通信控制应用实例详解 / 李江全主编. —北京:电子工业出版社,2014.6
(工控技术精品丛书)
ISBN 978-7-121-23192-6

I. ①P… II. ①李… III. ①plc 技术—应用—通信控制器 IV. ①TN919.5②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 095818 号

策划编辑:陈韦凯

责任编辑:王凌燕

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:北京天宇星印刷厂

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:787×1 092 1/16 印张:22.25 字数:569.6 千字

印 次:2014 年 6 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:59.00 元(含 DVD 光盘 1 张)

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

可编程序逻辑控制器（简称 PLC）主要是为现场控制而设计的，其人机界面主要是开关、按钮、指示灯等，因其良好的适用性和可扩展能力而得到越来越广泛的应用。采用 PLC 的控制系统或装置具有可靠性高、易于控制、系统设计灵活、能模拟现场调试、编程使用简单、性价比高、有良好的抗干扰能力等特点。但是，PLC 也有不易显示各种实时图表、曲线和汉字，无良好的用户界面，不便于监控等缺陷。

现代 PLC 的通信功能很强，可以实现 PLC 与计算机、PLC 与 PLC、PLC 与其他智能控制装置之间的通信联网。PLC 与计算机联网，可以发挥各自所长。PLC 用于现场设备的直接控制，作为下位机，执行可靠有效的分散控制。计算机作为上位机可以提供良好的人机界面，进行系统的监控和管理，进行程序编制、参数设定和修改、数据采集等，既能保证系统性能，又能使系统操作简便，便于生产过程的有效监督。因此，要求 PLC 与计算机之间具有稳定、可靠的数据通信。

本书从应用的角度系统地介绍了三菱 FX 系列 PLC、西门子 S7-200 系列 PLC 模拟量输入/输出及其与 PC 的数据通信技术。其内容包括计数制与编码、PLC 模拟量控制概念、PLC 模拟量扩展模块、PLC 数据通信基础、PC 串行通信概述、PLC 与 PC 数据通信协议、PLC 模拟量输入与 PC 通信控制、PLC 模拟量输出与 PC 通信控制、PLC 温度检测与 PC 通信控制，其中 PC 与 PLC 通信程序同时采用 VB、VC++、LabVIEW 和组态软件实现。

本书内容丰富，可供各类自动化、计算机应用、机电一体化等专业的大学生、研究生学习 PLC 数据通信技术，也可供计算机控制系统研发的工程技术人员参考。

为方便读者学习，本书提供配套光盘，内容包括实例源程序、程序运行录屏、系统测试录像等。

本书由石河子大学鲁敏编写第 1、2 章，李亚萍编写第 3、4 章，张荣华编写第 5、6 章，李树峰编写第 7、8 章，李江全编写第 9、10 章，西安航空职业技术学院党媚编写第 11、12 章，全书由李江全担任主编并统稿，张荣华、鲁敏、李亚萍担任副主编。参与编写工作的人员还有田敏、朱东芹、郑瑶、刘恩博、邓红涛、李宏伟、郑重、汤智辉、胡蓉等老师。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥或错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者
2014 年 4 月

目 录

第 1 章 计数制与编码	(1)
1.1 计数制	(1)
1.1.1 计数制概述	(1)
1.1.2 十进制数与二进制数	(2)
1.1.3 八进制数与十六进制数	(3)
1.2 计数制转换及其程序设计	(4)
1.2.1 二进制数与十进制数的转换	(4)
1.2.2 二进制数与八进制数的转换	(7)
1.2.3 二进制数与十六进制数的转换	(10)
1.2.4 八进制数与十进制数的转换	(13)
1.2.5 十六进制数与十进制数的转换	(14)
1.2.6 八进制数与十六进制数的转换	(17)
1.3 字符编码	(17)
1.3.1 BCD 码	(18)
1.3.2 格雷码	(18)
1.3.3 ASCII 编码	(20)
第 2 章 PLC 模拟量控制概述	(23)
2.1 模拟量与模拟量控制	(23)
2.1.1 模拟量与数字量	(23)
2.1.2 模拟量控制系统简介	(24)
2.2 模拟量信号处理	(28)
2.2.1 A/D 与 D/A 转换	(28)
2.2.2 采样和滤波	(30)
2.2.3 标定和标定变换	(35)
2.3 PLC 模拟量控制	(37)
2.3.1 PLC 模拟量控制系统的组成与特点	(37)
2.3.2 PLC 模拟量控制过程与目的	(38)
2.3.3 PLC 模拟量输入/输出方式	(40)
2.4 PLC 控制系统设计与可靠性措施	(44)
2.4.1 PLC 控制系统设计过程	(44)
2.4.2 PLC 控制系统的可靠性措施	(47)
第 3 章 PLC 模拟量扩展模块	(51)
3.1 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 的模拟量扩展模块	(51)
3.1.1 特殊功能模块概述	(51)
3.1.2 特殊功能模块的读/写指令	(53)
3.1.3 模拟量输入/输出模块简介	(57)

3.1.4	A/D 转换模块	(60)
3.1.5	D/A 转换模块	(67)
3.1.6	温度扩展模块	(74)
3.2	西门子 S7-200 系列 PLC 的模拟量扩展模块	(77)
3.2.1	PLC 对模拟量的处理	(77)
3.2.2	模拟量输入模块	(78)
3.2.3	模拟量输出模块	(81)
3.2.4	温度扩展模块	(83)
第 4 章	PLC 数据通信基础	(85)
4.1	PLC 数据通信概述	(85)
4.1.1	数据通信系统组成	(85)
4.1.2	PLC 数据通信的目的	(86)
4.1.3	PLC 数据通信的类型	(88)
4.1.4	PLC 数据通信的链接方式	(91)
4.1.5	数据在 PLC 存储器中存取的方式	(95)
4.1.6	PLC 控制系统的信号类型	(96)
4.1.7	PLC 数据通信介质	(98)
4.2	个人计算机与 PLC 的通信	(100)
4.2.1	计算机与 PLC 通信的方法与条件	(101)
4.2.2	计算机与 PLC 的通信内容	(102)
4.2.3	计算机与 PLC 通信程序的设计要点与方法	(103)
4.2.4	PLC 串口通信调试软件及其应用	(108)
第 5 章	PC 串行通信概述	(112)
5.1	串行通信技术简介	(112)
5.1.1	串行通信的基本概念	(112)
5.1.2	串行通信协议	(116)
5.1.3	串行通信的接口标准	(121)
5.1.4	PC 中的串行端口	(127)
5.1.5	串行通信线路连接	(130)
5.1.6	串口调试工具	(132)
5.2	串行通信控件 MSComm	(134)
5.2.1	MSComm 控件处理通信的方式	(134)
5.2.2	MSComm 控件的使用	(134)
5.2.3	MSComm 控件的常用属性	(137)
5.2.4	MSComm 控件的 OnComm 事件	(141)
5.2.5	MSComm 控件通信步骤	(143)
5.3	PLC 组态王串口通信设置	(143)
5.3.1	三菱 FX 系列 PLC 组态王通信设置	(143)
5.3.2	西门子 S7-200 PLC 组态王通信设置	(145)

5.4	LabVIEW 与串口通信	(146)
5.4.1	LabVIEW 中的串口通信功能模块	(146)
5.4.2	LabVIEW 串口通信步骤	(148)
第 6 章	PLC 与 PC 数据通信协议	(150)
6.1	通信协议基本知识	(150)
6.1.1	通信网络开放系统互连模型 OSI	(150)
6.1.2	通信协议基本概念	(152)
6.2	三菱 FX 系列 PLC 与 PC 的通信协议简介	(153)
6.2.1	FX 系列 PLC 的通信协议类型	(153)
6.2.2	计算机链接通信协议	(154)
6.2.3	无协议通信	(165)
6.3	西门子 S7-200 系列 PLC 与 PC 的通信协议简介	(172)
6.3.1	PPI 通信及应用	(172)
6.3.2	自由口通信及应用	(174)
6.4	三菱 FX _{2N} 系列 PLC 与 PC 通信编程口协议	(184)
6.4.1	命令帧格式	(184)
6.4.2	响应帧格式	(185)
6.4.3	地址计算	(185)
6.4.4	强制置位与复位	(187)
6.4.5	读/写指令示例	(188)
6.5	西门子 S7-200 系列 PLC 与 PC 通信 PPI 协议	(191)
6.5.1	通信过程	(191)
6.5.2	命令格式	(191)
6.5.3	命令类型	(192)
第 7 章	三菱 PLC 与 PC 通信之模拟量输入	(195)
7.1	三菱 PLC 模拟电压输入	(195)
7.1.1	设计任务	(195)
7.1.2	线路连接	(195)
7.1.3	PLC 端电压输入程序设计	(196)
7.1.4	PLC 程序写入与监控	(196)
7.2	三菱 PLC 与 PC 通信实现模拟电压输入	(198)
7.2.1	设计任务	(198)
7.2.2	线路连接	(198)
7.2.3	指令获取与串口通信调试	(198)
7.2.4	PC 端 VB 程序设计详解	(199)
7.2.5	PC 端 VC++ 程序设计详解	(205)
7.2.6	PC 端监控组态程序设计	(211)
7.2.7	PC 端 LabVIEW 程序设计	(216)

第 8 章 西门子 PLC 与 PC 通信之模拟量输入	(221)
8.1 西门子 PLC 模拟电压输入	(221)
8.1.1 设计任务	(221)
8.1.2 线路连接	(221)
8.1.3 PLC 端电压输入程序设计	(222)
8.1.4 PLC 程序下载与监控	(222)
8.2 西门子 PLC 与 PC 通信实现模拟电压输入	(223)
8.2.1 设计任务	(223)
8.2.2 线路连接	(224)
8.2.3 串口通信调试	(224)
8.2.4 PC 端 VB 程序设计详解	(225)
8.2.5 PC 端 VC++ 程序设计详解	(229)
8.2.6 PC 端监控组态程序设计	(235)
8.2.7 PC 端 LabVIEW 程序设计	(240)
第 9 章 三菱 PLC 与 PC 通信之模拟量输出	(246)
9.1 三菱 PLC 模拟电压输出	(246)
9.1.1 设计任务	(246)
9.1.2 线路连接	(246)
9.1.3 PLC 端电压输出程序设计	(247)
9.1.4 PLC 程序写入与监控	(247)
9.2 三菱 PLC 与 PC 通信实现模拟电压输出	(249)
9.2.1 设计任务	(249)
9.2.2 线路连接	(249)
9.2.3 指令获取与串口通信调试	(249)
9.2.4 PC 端 VB 程序设计详解	(250)
9.2.5 PC 端 VC++ 程序设计详解	(254)
9.2.6 PC 端监控组态程序设计	(258)
9.2.7 PC 端 LabVIEW 程序设计	(262)
第 10 章 西门子 PLC 与 PC 通信之模拟量输出	(265)
10.1 西门子 PLC 模拟电压输出	(265)
10.1.1 设计任务	(265)
10.1.2 线路连接	(265)
10.1.3 PLC 端电压输出程序设计	(266)
10.1.4 PLC 程序下载与监控	(266)
10.2 西门子 PLC 与 PC 通信实现模拟电压输出	(267)
10.2.1 设计任务	(267)
10.2.2 线路连接	(267)
10.2.3 串口通信调试	(268)
10.2.4 PC 端 VB 程序设计详解	(268)
10.2.5 PC 端 VC++ 程序设计详解	(272)

10.2.6	PC 端监控组态程序设计	(277)
10.2.7	PC 端 LabVIEW 程序设计	(282)
第 11 章	三菱 PLC 与 PC 通信之温度检测	(286)
11.1	三菱 PLC 温度检测	(286)
11.1.1	设计任务	(286)
11.1.2	线路连接	(286)
11.1.3	PLC 端温度检测程序设计	(287)
11.1.4	PLC 程序写入与监控	(288)
11.2	三菱 PLC 与 PC 通信实现温度检测	(289)
11.2.1	设计任务	(290)
11.2.2	线路连接	(290)
11.2.3	指令获取与串口通信调试	(290)
11.2.4	PC 端 VB 程序设计详解	(291)
11.2.5	PC 端 VC++ 程序设计详解	(296)
11.2.6	PC 端监控组态程序设计	(302)
11.2.7	PC 端 LabVIEW 程序设计	(310)
第 12 章	西门子 PLC 与 PC 通信之温度检测	(315)
12.1	西门子 PLC 温度检测	(315)
12.1.1	设计任务	(315)
12.1.2	线路连接	(315)
12.1.3	PLC 端温度检测程序设计	(316)
12.1.4	PLC 程序下载与监控	(318)
12.2	西门子 PLC 与 PC 通信实现温度检测	(319)
12.2.1	设计任务	(319)
12.2.2	线路连接	(319)
12.2.3	串口通信调试	(320)
12.2.4	PC 端 VB 程序设计详解	(321)
12.2.5	PC 端 VC++ 程序设计详解	(327)
12.2.6	PC 端监控组态程序设计	(334)
12.2.7	PC 端 LabVIEW 程序设计	(340)
参考文献		(345)

第 1 章 计数制与编码

数制是人们利用符号来计数的科学方法。数制可以有很多种，但在计算机的设计与使用上常使用的为二进制、十进制、八进制和十六进制。

计算机的最重要的功能是处理信息，如数值、文字、符号、语言、图形和图像等。在计算机内部，各种信息都必须采用数字化编码的形式被传送、存储和加工。因此掌握信息编码的概念与处理技术是至关重要的。

1.1 计数制

1.1.1 计数制概述

凡是用数字符号排列，按由低位向高位进位计数的方法称为进位计数制，简称计数制或进位制。在人们的社会生产活动和日常生活中，大量使用着各种不同的进位计数制，不仅有应用十分普遍的十进制，还有六十进制（如分、秒的计时）、十二进制（如 12 个月为一年）等。在现代计算机中，数的表示则采用了二进制计数制。

数据无论使用哪种进位制，都包含两个基本要素：基数与各位的“位权”。

1. 基数

一种计数制允许选用基本数字符号的个数称为基数。在基数为 J 的计数制中，包含 J 个不同的数字符号，每个数位计满 J 就向高位进 1，即“逢 J 进一”。例如，最常用的十进制数，每一位上允许选用 0,1,2,...,9 共 10 个不同数码中的一个，则十进制的基数为 10，每位计满 10 时向高位进 1。

2. 位权

一个数字符号处在数的不同位时，它所代表的数值是不同的。每个数字符号所表示的数值等于该数字符号值乘以一个与数码所在位有关的常数，这个常数称为“位权”，简称“权”。位权的大小是以基数为底、数字符号所在位置的序号为指数的整数次幂。

注意，对任何一种进制数，整数部分最低位位置的序号是 0，每高一位位置，序号加 1，而小数部分位置序号为负值，每低一位位置，序号减 1。

将一个 J 进制数 N_J 按权展开的多项式和的一般表达式为





$$N_J = K_{n-1} \cdot J^{n-1} + K_{n-2} \cdot J^{n-2} + \cdots + K_1 \cdot J^1 + K_0 \cdot J^0 + K_{-1} \cdot J^{-1} + K_{-2} \cdot J^{-2} + \cdots + K_{-m} \cdot J^{-m} = \sum_{i=n-1}^{-m} K_i \cdot J^i$$

可见, J 进制数相邻两个数位的权相差 J 倍, 如果小数点向左移一位, 则数值缩小 J 倍, 反之, 小数点向右移一位, 数值扩大 J 倍。

1.1.2 十进制数与二进制数

1. 十进制数

十进制数是日常生活与科研最常用的一种书写形式。采用十进制数书写时, 基数为 10, 有 10 个数字符号, 即 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9。

十进制数运算时“逢十进一”, 十进制数每位的值等于该位的权与该位数字符号值的乘积, 一个十进制数就可以写成按权展开的多项式和的形式。

对于任意一个十进制数 N , 设整数部分有 n 位, 小数部分有 m 位, 于是可以写出一个十进制数的一般表达式如下:

$$(N)_{10} = K_{n-1} \cdot 10^{n-1} + K_{n-2} \cdot 10^{n-2} + \cdots + K_1 \cdot 10^1 + K_0 \cdot 10^0 + K_{-1} \cdot 10^{-1} + K_{-2} \cdot 10^{-2} + \cdots + K_{-m} \cdot 10^{-m} = \sum_{i=n-1}^{-m} K_i \cdot 10^i$$

式中, K_i 是 0,1, ..., 9 中的一个。

例如, $296.4D = 2 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$ 。

2. 二进制数

计算机中用得最多的是基数为 2 的计数制, 即二进制数。二进制数只有 0 和 1 两种数字符号, 计数“逢二进一”, 第 i 位上的位权是 2 的 i 次幂。

一个二进制数展开成多项式和的表达式是

$$(N)_2 = K_{n-1} \cdot 2^{n-1} + K_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \cdots + K_0 \cdot 2^0 + K_{-1} \cdot 2^{-1} + \cdots + K_{-m} \cdot 2^{-m} = \sum_{i=n-1}^{-m} K_i \cdot 2^i$$

式中, K_i 是 0 或 1。

通常把表示信息的数字符号称为代码。现代计算机对各种各样的数据甚至操作命令、存储地址等都使用二进制代码表示。

与十进制数相比, 引入二进制数字系统后计算机结构和性能具有如下的优点:

(1) 物理上最容易实现。因为许多组成计算机的电子的、磁性的、光学的基本器件都具有两种不同的稳定状态, 如高、低两个电位, 脉冲的有无, 脉冲的正、负极性等, 可以用来表示二进制数位上的“0”和“1”, 并且易于进行存放、传送等操作, 而且稳定可靠。

(2) 单编码、计数、加减运算规则简单。由于二进制数运算规则较十进制数简单, 从而简化了计算机内部运算器寄存器的线路, 提高了机器的预算速度, 可用开关电路实现, 简便易行。

(3) 二进制数的 0、1 代码也与逻辑代数中逻辑量 0 与 1 吻合, 所以二进制数同时可以使计算机方便地进行逻辑运算。

(4) 二进制数和十进制数之间的对应关系也不复杂, 如表 1-1 所示, 其相互转换也易于实现。

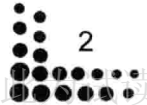


表 1-1 二进制数与十进制数的对应关系

二 进 制 数	十 进 制 数	二 进 制 数	十 进 制 数
0000	0	1000	8
0001	1	1001	9
0010	2	1010	10
0011	3	1011	11
0100	4	1100	12
0101	5	1101	13
0110	6	1110	14
0111	7	1111	15

1.1.3 八进制数与十六进制数

20 世纪 40 年代，导致计算机技术飞跃发展的原因之一，是二进制数字系统引入计算机。但是二进制数也有不足之处。它在绝大多数情况下，比同等数值的十进制数占用更多的位数。比如，十进制数 1 位数字 9，它的二进制数表示需要 4 位，即 1001，而 99 需要 7 位二进制数表示，即 1100011。二进制数书写很长，也很容易读错。因此，计算机使用者常用缩写的十六进制数或八进制数来弥补这个缺点。为了清晰方便起见，常在数字后面加一个缩写的字母作进位制的标识，如表 1-2 所示。

表 1-2 几种进位制的标识

进 位 制	标 志 字 母	英 文	注 释
二进制数	B	Binary	
八进制数	O (Q)	Octal	为避免字母 O 误认作数字 0，标志可改为字母 Q
十进制数	D	Decimal	
十六进制数	H	Hexadecimal	

例如，35D、110B、75Q 和 36H，从其最后一个标志字母就可以知道它们分别是十进制数、二进制数、八进制数和十六进制数。通常不加标志时默认是十进制数。

1. 八进制数

八进制数常作为二进制数的一种书写形式，其基数是 8，有 0,1,2,3,4,5,6,7 共 8 个不同的数字符号，运算时“逢八进一”。一个八进制数可以表示成：

$$(N)_8=K_{n-1}\cdot8^{n-1}+K_{n-2}\cdot8^{n-2}+\cdots+K_0\cdot8^0+K_{-1}\cdot8^{-1}+\cdots+K_{-m}\cdot8^{-m}=\sum_{i=n-1}^{-m}K_i\cdot8^i$$

式中， K_i 是 0,1,⋯,7 中的一个。

1 位八进制数与 3 位二进制数表示，它们的对应关系如表 1-3 所示。



表 1-3 八进制数与二进制数的对应关系

八进制数	0	1	2	3	4	5	6	7
二进制数	000	001	010	011	100	101	110	111

2. 十六进制数

十六进制数是计算机最常用的一种书写形式，用十六进制数既可简化书写，又便于记忆。十六进制数的基数为 16，有 16 个数字符号，即 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F。

十六进制数运算时“逢十六进一”，一个十六进制数 N 可表示为

$$(N)_{16} = K_{n-1} \cdot 16^{n-1} + K_{n-2} \cdot 16^{n-2} + \cdots + K_1 \cdot 16^1 + K_0 \cdot 16^0 + K_{-1} \cdot 16^{-1} + K_{-2} \cdot 16^{-2} + \cdots + K_{-m} \cdot 16^{-m} = \sum_{i=n-1}^{-m} K_i \cdot 16^i$$

式中， K_i 是 0,1,⋯,9,A,B,C,D,E,F 中的一个。

每 4 位二进制数可用 1 位十六进制数表示，8 位二进制数可用 2 位十六进制数表示，十六进制数在串口通信程序设计中应用十分普遍。1 位十六进制数与十进制数及二进制数的对应关系如表 1-4 所示。

表 1-4 十六进制数与十进制数、二进制数的对应关系

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

1.2 计数制转换及其程序设计

在进行串口通信程序设计中经常遇到不同数制的相互转换，如智能仪器传回到计算机的数据是十六进制数，要在程序画面显示温度值需要转换成便于理解的十进制数。这种进位制间的转换工作将由计算机按照规定的算法自动完成。本节介绍了二进制数、十进制数、八进制数及十六进制数之间的相互转换算法，并给出了 VB 转换程序。

1.2.1 二进制数与十进制数的转换

现在，除了一些专用的数据处理计算机采用十进制数外，绝大多数计算机用二进制数进行算术逻辑运算。但是人们仍然依传统习惯往计算机输入十进制的原始数据，要求计算机也以



十进制数形式打印、显示运算结果，这就必须在输入数据后，计算机将十进制数转换成二进制数再进行计算，而且送出结果前也必须把二进制数转换成十进制数再进行输出。

1. 二进制数转换成十进制数

利用二进制数按权展开成多项式和的表达式，取基数为 2，逐项相加，其和就是相应的十进制数。

例：将二进制数 110010.1B 转换成十进制数。

$$\begin{aligned}\text{解：} 110010.1\text{B} &= 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} \\ &= 32 + 16 + 2 + 0.5 \\ &= 50.5\text{D}\end{aligned}$$

2. 十进制数转换成二进制数

十进制数转换成二进制数时，整数部分与小数部分换算算法不同，需要分别进行。整数部分用除基取余法转换，小数部分用乘基取整法转换。

1) 除基取余法

除基取余法是十进制整数转换成二进制数的方法。需要转换的整数除以基数 2，取其商的余数就是二进制数最低位的系数 K_0 ，将商的整数部分继续除以基数 2，取其商的余数作为二进制数高一位的系数 K_1 ，……，这样逐次相除直到商为 0，即得到从低位到高位余数序列，便构成对应的二进制整数。

例：把十进制整数 233 转换成二进制数。

解：设转换后的 n 位二进制整数是 $K_{n-1}K_{n-2}\cdots K_1K_0$ ， K_i 是二进制数位上的系数。

转换过程用竖式表达如图 1-1 所示。

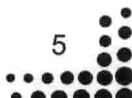
十进制整数	余数	系数 K	位
$2 \overline{) 233}$			
$2 \overline{) 116}$	1	K_0	最低位
$2 \overline{) 58}$	0	K_1	
$2 \overline{) 29}$	0	K_2	
$2 \overline{) 14}$	1	K_3	
$2 \overline{) 7}$	0	K_4	
$2 \overline{) 3}$	1	K_5	
$2 \overline{) 1}$	1	K_6	
$2 \overline{) 0}$	1	K_7	最高位

图 1-1 十进制整数转二进制数

从最后一次余数开始向上顺序写出，得到换算结果：233D=11101001B。

2) 乘基取整法

乘基取整法是将十进制小数转换成二进制数的方法，这种方法把要转换的小数乘以基数 2，取其积的整数部分作为对应二进制小数的最高位系数 K_{-1} ，将积的小数部分继续乘以基数 2，新得到积的整数部分作为二进制数下一位的系数 K_{-2} ，……，这样逐次乘基数，直到积的小数



部分为 0，即得到从高位到低位积的整数序列，便构成对应的二进制小数。

例：把十进制小数 0.8125 转换成二进制小数。

解：设转换后的 m 位二进制小数是 $0.K_1K_2\cdots K_m$ ，转换过程用竖式表达如图 1-2 所示。

十进制小数	积的整数部分	系数 K	位
0.8125			
$\times \quad 2$			
1.6250	1	K_1	最高位
0.6250			
$\times \quad 2$			
1.250	1	K_2	
0.250			
$\times \quad 2$			
0.50	0	K_3	
$\times \quad 2$			
1.0	1	K_4	最低位

图 1-2 十进制小数转二进制数

将乘积的整数部分从上到下顺序写出，得到换算结果： $0.8125D=0.1101B$ 。

需要指出的是，并不是所有的十进制小数都能转化成有限位的二进制小数，有时整个过程会无限进行下去。例如， $0.3D$ 转换成二进制小数时，从小数点后第 3 位开始出现无限循环的情况： $0.3D=0.0011001100\cdots B$ ，此时，可以根据精度的要求并考虑计算机字长位数取一定位数后，“0 舍 1 入”，得到原十进制数的二进制数近似值。

一个既有整数又有小数部分的十进制数被送入计算机后，转换将分三步进行：

- (1) 由机器把整数部分按除基取余法进行转换。
- (2) 小数部分按乘基取整法进行转换。
- (3) 将已转换的两部分合在一起就是所求的二进制数值。

例：把十进制数 14.4375 转换成二进制数。

解：因为 $14D=1110B$ ， $0.4375D=0.0111B$

所以 $14.4375D=1110.0111B$

十进制数与任意进制数之间的转换和十进制数与二进制数之间的转换方法完全相同。即把任意进制数按权展开成多项式和的形式，再把各位的权与该位上系数相乘，乘积逐项相加，其和便是相应的十进制数。十进制数转换成任意进制数时，整数部分用“除基取余”的算法，小数部分用“乘基取整”的算法，然后将得到的任意进制的整数与小数拼接，即为转换的最后结果。

3. 二进制数与十进制数的转换程序设计

1) 将二进制数转换成十进制数

```

Dim m As Integer, b As Long
s = 0
b = Val(Text1.Text)           '文本框中输入二进制数
n = Len(Text1.Text)
For i = 1 To n
    m = Mid(b, n - i + 1, 1)

```



```
s = s + m * 2 ^ (i - 1)
Next i
Text1.Text = s
```

'显示十进制数

2) 将十进制数转换成二进制数

(1) 方法 1。

```
Dim t As String
d = Val(Text1.Text)
Do
    s = Int(d / 2)
    y = d Mod 2
    t = y & t
    d = s
Loop While s > 0
Text1.Text = t
```

'文本框中输入十进制数
'对 2 取余, 直至商为 0
'显示二进制数

(2) 方法 2。

```
Data = Text1.Text
lngip = Val(Data)
Do
    strBin = (lngip Mod 2) & strBin
    lngip = lngip \ 2
Loop Until lngip = 0
If Len(strBin) < 8 Then
    For i = 1 To 8 - Len(strBin)
        strBin = "0" & strBin
    Next i
End If
Text1.Text = strBin
```

'文本框中输入十进制数
'将输入的数不断除以 2 后组合得到余数
'循环除以 2 并返回除后的整数
'如果数被 2 循环整除后为 0, 则退出循环
'显示二进制数

1.2.2 二进制数与八进制数的转换

1. 二进制数转换成八进制数

八进制数中的 1 位数对应于二进制数的 3 位数, 所以, 从二进制数转换成八进制数时, 以小数点为分界线, 整数部分从低位到高位, 小数部分从高位到低位, 每 3 位二进制数为一组, 不足 3 位的, 小数部分在低位补 0, 整数部分在高位补 0, 然后用 1 位八进制数的数字来表示, 这就是一个相应八进制数的表示。

采用八进制数书写二进制数, 位数约减少到原来的 1/3。

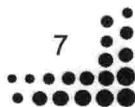
例: 将二进制数 110110.1011B 转换成八进制数。

解: 110110.1011B = 110 110. 101 100 B

$\begin{array}{cccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 6 & 6 & 5 & 4 \end{array}$

这里小数部分最低位要补两位 0, 转换后才能与原二进制数值相符。

结果: 110110.1011B = 66.54Q





2. 八进制数转换成二进制数

直接将数值中的每位八进制数转换成对应的 3 位二进制数即可。

例：将八进制数 36.24Q 转换成二进制数。

解：

3	6	.	2	4
↓	↓		↓	↓
011	110		010	100

结果：36.24Q=111110.0101B

表达二进制数结果时，整数部分最高位的 0 不写入，小数部分最低位的 0 不写入。

3. 二进制数与八进制数的转换程序设计

1) 将二进制数转换成八进制数

```

Dim m As Integer, t As String, bb As Variant
bb = Text1.Text           '文本框中输入二进制数
n = Len(Text1.Text)
y = n Mod 3
If y = 1 Then              '根据输入二进制的位数补 0
    bb = "00" & Text1.Text
ElseIf y = 2 Then
    bb = "0" & Text1.Text
End If
n = Len(Text1.Text)
For i = 1 To n Step 3      '从前至后，按照每 3 位分割
    s = Mid(bb, i, 3)
    Select Case s           '逐个判断
        Case "000"
            ob = 0
        Case "001"
            ob = 1
        Case "010"
            ob = 2
        Case "011"
            ob = 3
        Case "100"
            ob = 4
        Case "101"
            ob = 5
        Case "110"
            ob = 6
        Case "111"
            ob = 7
    End Select
    t = t & ob
Next i
Text1.Text = t             '显示八进制数

```