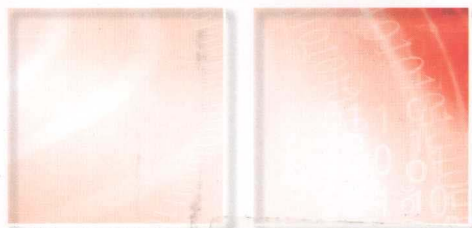
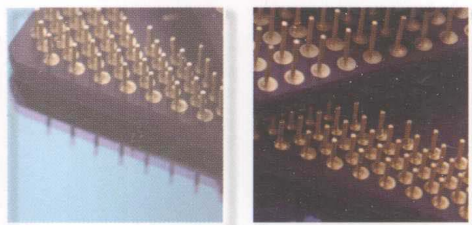
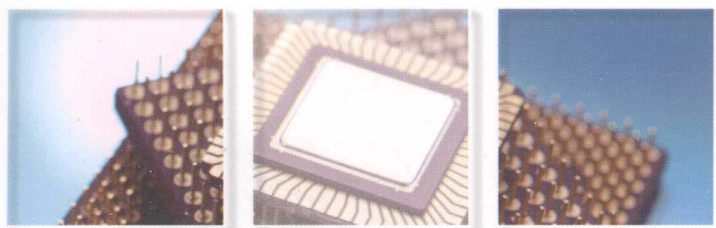


Visual Studio 串口通信 与测控应用编程实践

李江全 张荣华 等编著
李 伟 龙霞飞



超值 配套光盘，内含：

- 实例的源程序
- 软、硬件资源
- 程序运行录屏
- 系统测试录像



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

Visual Studio 串口通信 与测控应用编程实践

李江全 张荣华 李 伟 龙霞飞 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从工程应用的角度出发,较系统地介绍了9种典型测控系统的应用,内容包括:利用PC与三菱PLC、PC与西门子PLC、PC与PCI数据采集卡、PC与单片机、PC与远程I/O模块、PC与USB数据采集模块、PC与智能仪器、PC与无线数传模块,以及PC与GSM短信模块等组成的测控系统。对每种测控系统首先介绍了相关的硬件技术,然后给出具体的测控线路及完整的VB.NET、VC++.NET和C#.NET测控程序。

本书内容丰富,有较强的先进性、实用性和可操作性,可供各类自动化、计算机应用、机电一体化、测控仪器等专业的本科生和研究生学习使用,也可供计算机测控系统研发的工程技术人员参考使用。

本书提供超值配套光盘,内容包括所有实例的源程序、程序运行录屏、系统测试录像、软硬件资源等。

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

Visual Studio 串口通信与测控应用编程实践/李江全等编著. —北京:电子工业出版社,2013.1
ISBN 978-7-121-18764-3

I. ①V… II. ①李… III. ①程序语言—程序设计 IV. ①TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第246969号

策划编辑:陈韦凯

责任编辑:桑 昀

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

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:28.75 字数:758千字

印 次:2013年1月第1次印刷

印 数:4000册 定价:63.00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 zltz@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

现代测控技术（包括测试与控制）是一门新兴的综合性技术。它是计算机技术（包括软件技术、接口技术、通信技术、网络技术、显示技术）、自动控制技术、微电子技术、自动检测和传感技术等多学科相互融合与渗透而形成的一门高新技术密集型综合学科。它主要研究如何将检测与传感技术、计算机技术和自动控制理论应用于工业生产过程并设计出所需要的计算机测控系统。

随着科学技术的迅猛发展，现代测控技术的应用领域日益广泛，在冶金、化工、电力、自动化机床、工业机器人控制、柔性制造系统和计算机集成制造系统等工业控制方面已取得了令人瞩目的研究与应用成果，在国民经济中发挥着越来越大的作用。

现代测控技术已成为 21 世纪关键的信息技术之一。了解和掌握现代测控技术的基本理论和基本设计方法，已成为科学研究人员适应新形势、新技术发展的当务之急。

为弥补现有测控技术类书籍在应用实践和程序设计方面的不足，提高广大读者学习的兴趣和设计测控系统的能力，我们编写了本书。

本书硬件系统采用“搭积木”的设计思想，即选用符合要求的不同模块或器件，通过简单的线路连接，快速搭建各种类型的计算机测控系统，读者不需要自行设计电路和制作任何硬件。

在硬件系统搭建完成后，设计者的主要任务是开发测控程序。本书选取了当前测控领域流行的面向对象语言 VB.NET、VC++.NET 和 C#.NET 作为开发工具。

本书从工程应用的角度出发，较系统地介绍了 9 种典型测控系统的应用，内容包括：利用 PC 与三菱 PLC、PC 与 PCI 数据采集卡、PC 与单片机、PC 与远程 I/O 模块、PC 与 USB 数据采集模块、PC 与智能仪器、PC 与无线数传模块，以及 PC 与 GSM 短信模块等组成的测控系统。每种测控系统首先介绍了相关的硬件技术，然后给出具体的测控线路及完整的 VB.NET、VC++.NET 和 C#.NET 测控程序。

本书提供的程序代码完整且全部在 Windows XP 环境下编译通过，并经过实际的测试，其中很多代码具有非常高的实用价值，读者可以直接拿来使用或者稍加修改便可用于自己的项目设计中去。需要说明的是，本书仅提供了关键的核心程序，即在程序运行画面中实时显示传感器检测的信号值，超限时输出开关控制信号等，其他如线性化、数字滤波、数据处理、误差分析、数字 PID 控制等与控制有关的算法程序，读者可以根据自己的系统需求自行设计。

淡化理论，建立测控系统整体概念，以工程实践为主，突出程序设计，重在功能实现，这是本书的特色，也是与已有测控系统类书籍不同的地方，相信对读者学习计算机测控系统会有很大帮助。

本书内容丰富，有较强的先进性、实用性和可操作性，可供各类自动化、计算机应用、机电一体化、测控仪器等专业的本科生和研究生学习使用，也可供计算机测控系统研发的工程技术人员参考使用。

为方便读者学习，本书提供配套光盘，内容包括所有实例的源程序、程序运行录屏、系统测试录像、软硬件资源等。

本书由李江全、张荣华、李伟、龙霞飞等编著，其中石河子大学龙霞飞编写第1章，李伟编写第2章，刘长征编写第3章，张荣华编写第7章，邓红涛编写第8章，伍席文编写第9章；李江全编写第4章及附录，塔里木大学李向阳编写第5章，王建平编写第6章，全书由李江全教授统稿，参与编写工作的人员还有田敏、任玲、李宏伟、张茜、王洪坤、郑瑶等老师。电子开发网、北京研华科技、西安达泰电子、石河子大学电气工程实验中心等硬件和软件方面提供了关键技术支持，编者借此机会对他们致以深深的谢意。

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 著 者

目 录

第 1 章 基于三菱 PLC 的测控系统.....	1
1.1 三菱 PLC 特殊功能模块与通信协议	1
1.1.1 FX _{2N} 系列 PLC 的特殊功能模块.....	1
1.1.2 三菱 PLC 编程口通信协议	8
1.2 PC 与三菱 FX _{2N} PLC 组成的测控系统	16
1.2.1 设计任务	16
1.2.2 线路连接	16
1.2.3 三菱 PLC 端测控程序设计	17
1.2.4 PC 端 VB.NET 测控程序设计	20
1.2.5 PC 端 VC++.NET 测控程序设计.....	28
1.2.6 PC 端 C#.NET 测控程序设计	39
第 2 章 基于西门子 PLC 的测控系统.....	47
2.1 西门子 PLC 模拟量扩展模块与通信协议	47
2.1.1 西门子 PLC 模拟量输入模块.....	47
2.1.2 西门子 PLC PPI 通信协议	51
2.2 PC 与西门子 S7-200 PLC 组成的测控系统.....	55
2.2.1 设计任务	55
2.2.2 线路连接	55
2.2.3 西门子 PLC 端测控程序设计	56
2.2.4 PC 端 VB.NET 测控程序设计	61
2.2.5 PC 端 VC++.NET 测控程序设计.....	71
2.2.6 PC 端 C#.NET 测控程序设计	84
第 3 章 基于 PCI 数据采集卡的测控系统.....	92
3.1 典型数据采集卡简介.....	92
3.1.1 数据采集系统概述	92
3.1.2 基于 PC 的 DAQ 系统组成.....	96
3.1.3 .NET 语言数据采集与控制的方式	98
3.1.4 PCI-1710HG 数据采集卡安装与测试	100
3.2 PC 与 PCI-1710HG 数据采集卡组成的测控系统	110
3.2.1 设计任务	110
3.2.2 线路连接	110
3.2.3 VB.NET 测控程序设计	111

3.2.4	VC++.NET 测控程序设计	121
3.2.5	C#.NET 测控程序设计	131
第 4 章	基于单片机的测控系统	136
4.1	典型单片机开发板简介	136
4.1.1	单片机测控系统的组成	136
4.1.2	单片机开发板 B 的功能	139
4.1.3	单片机开发板 B 的主要电路	140
4.2	PC 与单片机开发板 B 组成的测控系统	143
4.2.1	设计任务	143
4.2.2	线路连接	144
4.2.3	单片机端 C51 温度测控程序设计	145
4.2.4	单片机汇编测控程序设计	152
4.2.5	PC 端 VB.NET 测控程序设计	160
4.2.6	PC 端 VC++.NET 测控程序设计	168
4.2.7	PC 端 C#.NET 测控程序设计	177
第 5 章	基于远程 I/O 模块的测控系统	183
5.1	典型远程 I/O 模块简介	183
5.1.1	集散控制系统的结构与特点	183
5.1.2	ADAM4000 远程数据采集控制系统	185
5.1.3	ADAM4000 系列模块简介	187
5.1.4	ADAM4000 系列模块的软件安装	194
5.1.5	ADAM4000 系列模块添加设备	196
5.2	PC 与 ADAM4000 系列模块组成的测控系统	198
5.2.1	设计任务	198
5.2.2	线路连接	198
5.2.3	VB.NET 测控程序设计	199
5.2.4	VC++.NET 测控程序设计	207
5.2.5	C#.NET 测控程序设计	216
第 6 章	基于 USB 数据采集模块的测控系统	226
6.1	USB 总线在数据采集系统中的应用	226
6.1.1	USB 总线及其数据采集系统的特点	226
6.1.2	采用 USB 传输的数据采集系统	228
6.1.3	USB-4711A 数据采集模块安装与测试	230
6.2	PC 与 USB-4711A 数据采集模块组成的测控系统	235
6.2.1	设计任务	235
6.2.2	线路连接	235

6.2.3	VB.NET 测控程序设计	236
6.2.4	VC++.NET 测控程序设计	246
6.2.5	C#.NET 测控程序设计	257
第 7 章	基于智能仪器的测控系统	262
7.1	典型智能仪器简介	262
7.1.1	智能仪器的结构与特点	262
7.1.2	XMT-3000A 型智能仪器及其通信协议	264
7.2	PC 与单台 XMT-3000A 智能仪器组成的测控系统	267
7.2.1	设计任务	267
7.2.2	线路连接	267
7.2.3	VB.NET 测控程序设计	269
7.2.4	VC++.NET 测控程序设计	277
7.2.5	C#.NET 测控程序设计	286
7.3	PC 与多台 XMT-3000A 智能仪器组成的测控系统	291
7.3.1	设计任务	291
7.3.2	线路连接	292
7.3.3	VB.NET 测控程序设计	294
7.3.4	VC++.NET 测控程序设计	305
7.3.5	C#.NET 测控程序设计	319
第 8 章	基于无线数传模块的测控系统	332
8.1	典型无线数传模块简介	332
8.1.1	无线数传技术概述	332
8.1.2	DTD46X 系列无线数传模块	334
8.2	PC 与 DTD462 无线数传模块组成的测控系统	340
8.2.1	设计任务	340
8.2.2	线路连接	341
8.2.3	利用 C51 语言实现基于 DS18B20 的单片机温度测控	341
8.2.4	利用汇编语言实现基于 DS18B20 的单片机温度测控	349
8.2.5	利用 VB.NET 实现 PC 与无线数传模块温度测控	356
8.2.6	利用 VC++.NET 实现 PC 与无线数传模块温度测控	364
8.2.7	利用 C#.NET 实现 PC 与无线数传模块温度测控	374
第 9 章	基于 GSM 短信模块的测控系统	380
9.1	GSM 网络短信测控技术	380
9.1.1	GSM 短信测控系统的特点与组成	380
9.1.2	AT 指令介绍	384
9.1.3	超级终端的使用	389

9.2 PC 与 TC35 短信模块组成的控制系统.....	393
9.2.1 设计任务	393
9.2.2 线路连接	393
9.2.3 利用 C51 语言实现单片机温度检测及短信发送.....	395
9.2.4 利用 C51 语言实现单片机短信接收及继电器控制.....	402
9.2.5 利用 VB.NET 实现 PC 短信接收与发送	409
9.2.6 利用 VC++.NET 实现 PC 短信接收与发送.....	423
附录 A 串行通信控件 MSComm	437
附录 B 串行通信控件 SerialPort	444
参考文献	449

第1章 基于三菱 PLC 的测控系统

三菱 FX 系列 PLC 具有丰富的软硬件资源、强大的功能和很高的运行速度，可用于要求很高的机电一体化控制系统，而其具有的各种扩展单元和扩展模块可以根据现场系统功能的需要组成不同的测控系统。

1.1 三菱 PLC 特殊功能模块与通信协议

1.1.1 FX_{2N} 系列 PLC 的特殊功能模块

现代工业控制给 PLC 提出了许多新的课题，如果使用通用 I/O 模块来解决，在硬件方面费用太高，在软件方面编程相当麻烦，某些控制任务甚至无法使用通用 I/O 模块来完成。为了增强 PLC 的功能，扩大其应用范围，PLC 厂家开发了品种繁多、特殊用途的 I/O 模块，包括带微处理器的智能 I/O 模块。

1. 特殊功能模块的分类

不断开发各种具有特殊功能的模块，是当代 PLC 区别于传统 PLC 的重要标志之一。随着技术的进一步发展，PLC 的应用领域正在日益扩大，除传统的顺序控制以外，PLC 正在向过程控制、位置控制等方向延伸与发展。

为了扩大应用范围，在 PLC 应用领域中，经常将过程控制、位置控制等场合所需要的特殊控制功能集成于统一的模块内。模块可以直接安装于 PLC 的基板上，也可以与 PLC 基本单元的扩展接口进行连接以构成 PLC 系统的整体，这样的模块被称为“特殊功能模块”。

特殊功能模块根据不同的用途，其内部组成与功能相差很大。部分特殊功能模块（如位置控制模块）既可以通过 PLC 进行控制，也可以独立使用，并且还可以利用 PLC 的 I/O 模块进行输入/输出点的扩展。模块本身具有独立的处理器（CPU）、存储器等组件，也可以进行独立的编程，其性能与独立的控制装置相当。

当前，PLC 的特殊功能模块大致可以分为 A/D 与 D/A 转换类、温度测量与控制类、脉冲计数与位置控制类、网络通信类 4 大类。模块的品种与规格根据 PLC 型号与模块用途的不同而不同，在部分 PLC 上可以多达数十种。

1) A/D 与 D/A 转换类

A/D 与 D/A 转换类功能模块包括模拟量输入模块（A/D 转换）、模拟量输出模块（D/A 转换）两类。根据数据转换的输入/输出点数（通道数量）、转换精度（转换位数、分辨率）等不同，有多种规格可供选择。

(1) A/D 转换功能模块的作用是将来自过程控制的传感器输入信号,如电压、电流等连续变化的物理量(模拟量)直接转换为一定位数的数字量信号以供 PLC 进行运算与处理。

(2) D/A 转换功能模块的作用是将 PLC 内部的数字量信号转换为电压、电流等连续变化的物理量(模拟量)输出。它可以用于变频器、伺服驱动器等控制装置的速度、位置控制输入,也可以用来作为外部仪表的显示。

2) 温度测量与控制类

温度测量与控制类功能模块包括温度测量与温度控制两类。根据测量输入点数(如通道数量)、测量精度、检测元件类型等不同,有多种规格可供选择。

(1) 温度测量功能模块的作用是对过程控制的温度进行测量与显示,它可以直接连接热电偶、铂电阻等温度测量元件,并将来自过程控制的温度测量输入信号转换为一定位数的数字量,以供 PLC 运算、处理使用。

(2) 温度控制功能模块的作用是将来自过程控制的温度测量输入与系统的温度给定信号进行比较,并通过参数可编程的 PID 调节与模块的自动调谐功能,实现温度的自动调节与控制。模块可以连接热电偶、铂电阻等温度测量元件,并输出对应的温度控制信号(如触点输出、晶体管输出等)以控制加热器的工作状态。

3) 脉冲计数与位置控制类

脉冲计数与位置控制类功能模块包括脉冲计数、位置控制两类。根据脉冲输入点数(如通道数量)、频率、控制轴数等不同,有多种规格可供选择。

(1) 脉冲计数功能模块用于速度、位置等控制系统的转速、位置测量,对来自编码器、计数开关等的输入脉冲信号进行计数,从而获得实际控制系统的转速、位置的实际值以供 PLC 运算、处理使用。

(2) 位置控制功能模块可以实现自动定位控制,模块可以将 PLC 内部的位置给定值转换为对应的位置脉冲输出,并通过改变输出脉冲的数量与频率,达到改变速度与位置的目的。脉冲输出的形式可以是差动输出、集电极开路晶体管输出或通过 SSCNET 高速总线输出,连接的驱动器可以是步进电动机驱动器或交流伺服驱动器,但驱动器必须具有位置控制功能,并且能够直接接收位置脉冲输入信号或是总线信号。

4) 网络通信类

网络通信类功能模块包括串行通信、远程 I/O 主站、AS-i 主站、Ethernet 网络链接、MELSEC NET/H 网络链接、CC-Link 网络等。根据不同的网络与连接形式,有多种规格可供选择。

2. 特殊功能模块的使用与编程

在 PLC 控制系统中,特殊功能模块一般作为 PLC 的扩展单元使用,模块的控制与检测需要通过 PLC 的程序进行。

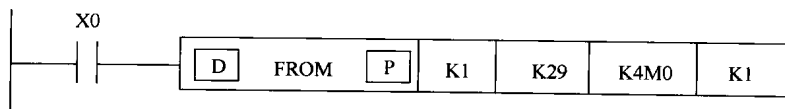
为了能够方便地实现 PLC 对特殊功能模块的控制,并减少应用指令的条数,统一应用指令的格式,在三菱 PLC 的特殊功能模块中设置了专门用于 PLC 与模块间进行信息交换的缓冲存储器(Buffer Memory, BFM)。缓冲存储器数据中包括了模块控制信号位、模块参数等控制条件,以及模块的工作状态信息、运算与处理结果、出错信息等内容。

PLC 对模块的控制,只需要通过 PLC 的数据输出 (TO) 指令 (FNC79) 在模块缓冲存储器的对应控制数据位中写入控制信号即可。同样, PLC 对模块的状态检测也只需要通过 PLC 的数据阅读 (FROM) 指令 (FNC78) 读出对应的模块缓冲存储器数据即可。

因此,对于所有的特殊功能模块, PLC 的编程事实上只是不断利用 PLC 的 TO 与 FROM 指令对模块缓冲存储器进行读/写操作而已。为此,正确使用 PLC 的 TO 与 FROM 指令,是特殊功能模块编程的前提条件。

1) FROM 指令

PLC 的 FROM 指令的作用是将特殊功能模块缓冲存储器 (BFM) 的内容读入到 PLC 中,指令的功能代号为 FNC78,指令格式如下:



指令中各元件、操作数代表的意义依次如下。

(1) **X0**: 指令执行启动条件,当 X0 为“1”时,执行本指令。启动触点可以是输入 X□□、输出 Y□□、内部继电器 M□□等。

(2) **DFROMP**: 指令代码,其中 FROM 为基本指令代码,代表特殊功能模块缓冲存储器 (BFM)。

阅读指令,带“□”的前缀 D 与后缀 P 可以根据情况选择使用,可有可无,前缀 D 表示 32 位操作指令,后缀 P 代表触点上升沿驱动。各种组合所代表的具体意义如下所述。

- **FROM** (无前缀 D, 无后缀 P): 利用触点 X0 启动的 16 位数据阅读指令。
- **DFROM** (有前缀 D, 无后缀 P): 利用触点 X0 启动的 32 位数据阅读指令。
- **FROMP** (无前缀 D, 有后缀 P): 利用触点 X0 的上升沿启动的 16 位数据阅读指令。
- **DFROMP** (有前缀 D, 有后缀 P): 利用触点 X0 的上升沿启动的 32 位数据阅读指令。

(3) **K1**: 第 1 个 K1 表示模块地址常数,用来选择与指定特殊功能模块。例如,在 FX 系列 PLC 中,从基本单元开始,依次向右的第 1, 2, 3, … 个特殊功能模块,对应的模块地址依次为 K1, K2, K3, … 在指令的这一区域只能输入常数 K□。

(4) **K29**: 模块缓冲存储器的数据地址常数 (数据源), K29 代表模块缓冲存储器的参数 BFM#29。在指令的这一区域只能输入常数 K□, 具体参数号决定于指令需要阅读的内容。

(5) **K4M0**: 数据在 PLC 中指定的存储位置 (目标位置)。K4 代表需要阅读的二进制位数,以 4 位 (bit) 二进制为单位, K4 代表 16 位,允许输入的值为 K1~K8。M0 代表数据在 PLC 中的存储区域的首地址,在 16 位数据阅读时,若输入 M0,代表读入的数据存储于 PLC 的内部继电器 M0~M15 中。存储位置也可以是 16 位数据寄存器 D (常用),这时不需要前缀 K4。

(6) **K1**: 第 2 个 K1 表示需要传送的点数,采用 FROM、FROMP 格式时,以 16 位二进制为单位, K1 代表阅读 16 点, K2 代表阅读 32 点等。采用 DFROM、DFROMP 格式时,以 32 位二进制为单位, K1 代表阅读 32 点, K2 代表阅读 64 点等。允许输入的值为 K1~K32767。

例如,如图 1-1 所示的各指令,其具体意义分别如下所述。

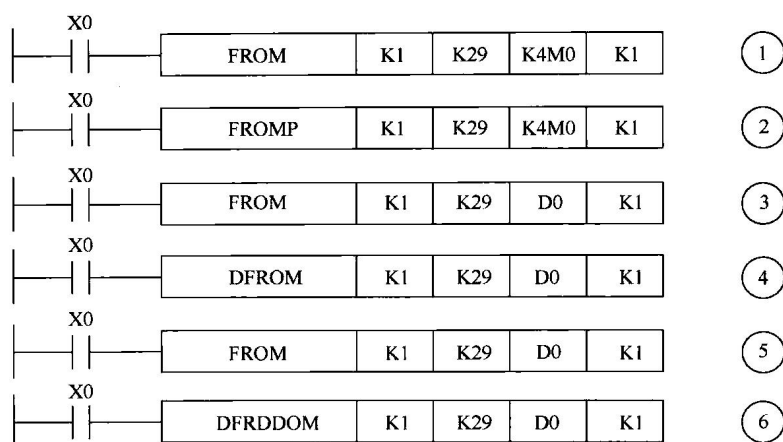


图 1-1 FROM 指令使用示例

指令①的作用:当 X0 为“1”时,将安装于基本单元右侧的第 1 个特殊功能模块的缓冲存储器的参数 BFM#29 读入到 PLC 的 M0~M15 的 16 点内部继电器中。

指令②的作用:在 X0 为“1”的瞬间,利用 X0 的上升沿,将安装于基本单元右侧的第 1 个特殊功能模块的缓冲存储器的参数 BFM#29 读入到 PLC 的 M0~M15 的 16 点内部继电器中。

指令③的作用:当 X0 为“1”时,将安装于基本单元右侧的第 1 个特殊功能模块的缓冲存储器的参数 BFM#29 读入到 PLC 的 16 位数据存储器 D0 中。

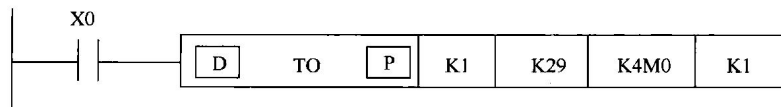
指令④的作用:当 X0 为“1”时,将安装于基本单元右侧的第 1 个特殊功能模块的缓冲存储器的参数 BFM#29、BFM#30 读入到 PLC 的 16 位数据存储器 D0、D1 中(32 位阅读指令)。

指令⑤的作用:当 X0 为“1”时,将安装于基本单元右侧的第 1 个特殊功能模块的缓冲存储器的参数 BFM#29、BFM#30 读入到 PLC 的 16 位数据存储器 D0、D1 中(16 位阅读指令,但传送点数为连续 32 点)。

指令⑥的作用:当 X0 为“1”时,将安装于基本单元右侧的第 1 个特殊功能模块的缓冲存储器的参数 BFM#29、BFM#30、BFM#31、BFM#32 读入到 PLC 的 16 位数据存储器 D0、D1、D2、D3 中(32 位阅读指令,但传送点数为连续 64 点)。

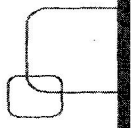
2) TO 指令

TO 指令的作用是将 PLC 中指定的内容写入特殊功能模块的缓冲存储器(BFM)中。指令的功能代号为 FNC79,指令格式如下:



指令中各元件、操作数代表的意义依次如下。

(1) X0: 指令执行启动条件。



(2) **DTOP**: 指令代码, 其中 TO 为基本指令代码, 代表特殊功能模块缓冲存储器 (BFM) 写入指令, 前缀 D 表示 32 位操作指令, 后缀 P 代表触点上升沿驱动。

(3) **K1**: 第 1 个 K1 表示模块地址常数, 用来选择与指定特殊功能模块。

(4) **K29**: 模块缓冲存储器的数据地址常数, 在 TO 指令中为目标位置, K29 代表模块缓冲存储器的参数 BFM#29。

(5) **K4M0**: 源数据在 PLC 中的存储位置指定。K4 代表需要写入的二进制位数, 以 4 位 (bit) 二进制为单位, K4 代表 16 位, 允许输入的值为 K1~K8。M0 代表源数据在 PLC 中的存储区域的首地址。源数据也可以是 16 位数据寄存器 D (常用), 这时不需要前缀 K4。

(6) **K1**: 第 2 个 K1 表示需要传送的点数, 允许输入的值为 K1~K32767。

指令中各操作数的含义和要求与 FROM 指令一致。

3. 四通道 A/D 转换模块 FX_{2N}-4AD

三菱 FX_{2N}-4AD 可将外部输入的 4 点 (通道) 模拟量 (模拟电压或电流) 转换为 PLC 内部处理需要的数字量。FX_{2N}-4AD 的模拟量输入可以是双极性的, 转换结果为 12 位带符号的数字量。

1) 性能规格

三菱 FX_{2N}-4AD 的主要性能参数参见表 1-1。

表 1-1 三菱 FX_{2N}-4AD 主要性能表

项 目	参 数		备 注
	电压输入	电流输入	
输入点数	4 点 (通道)		4 通道输入方式可以不同
输入要求	DC-10V~+10V	DC+4~-+20mA 或 -20~-+20mA	
输入极限	DC-15V~+15V	DC-32V~+32V	输入超过极限可能损坏模块
输入阻抗	≤200kΩ	≤250kΩ	
数字输出	带符号 12 位		-2048~+2047
分辨率	5mV (DC-10V~+10V 输入)	20μA (DC-20~-+20mA 输入)	
转换精度	±1% (全范围)		
处理时间	15ms/通道; 高速时 6ms/通道		
调整	偏移调节/增益调节		数字调节 (需要编程)
输出隔离	光电耦合		模拟电路与数字电路同
占用 I/O 点数	8 点		
电源要求	DC24V/55mA; 5V/30mA		DC24V 需要外部供给
编程指令	FROM/TO		

2) 模块连接

三菱 FX_{2N}-4AD 模块通过扩展电缆与 PLC 基本单元或扩展单元相连接, 通过 PLC 内部总线传送数字量并且需要外部提供 DC24V 电源输入。

外部模拟量输入及 DC24V 电源与模块间的连接要求如图 1-2 所示。

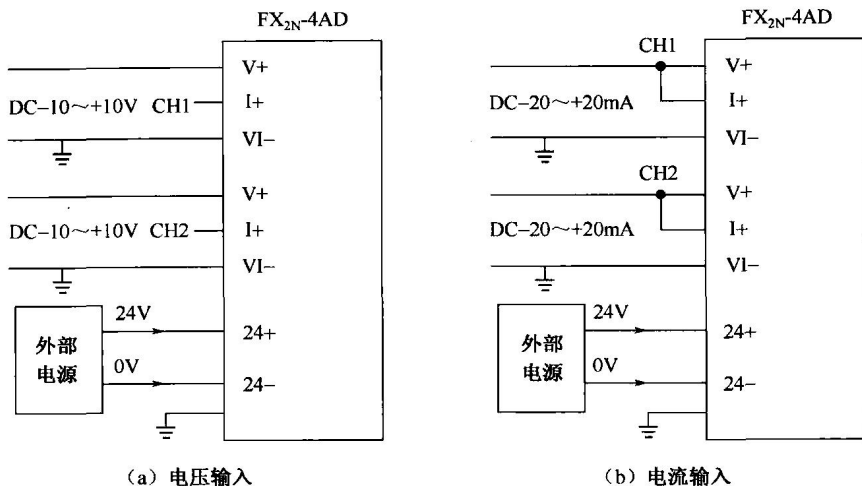


图 1-2 外部模拟量输入与 FX_{2N}-4AD 模块的连接

3) 输出特性

三菱 FX_{2N}-4AD 模块的输出特性如图 1-3 所示, 4 通道的输出特性可以不同。

模块的最大转换位数为 12 位, 首位为符号位, 对应的数字量输出范围为 -2048~+2047。同样, 为了计算方便, 通常情况下将最大模拟量输入 (DC10V 或 DC20mA) 所对应的数字量输出设定为 2000 (DC10V) 或 1000 (20mA)。

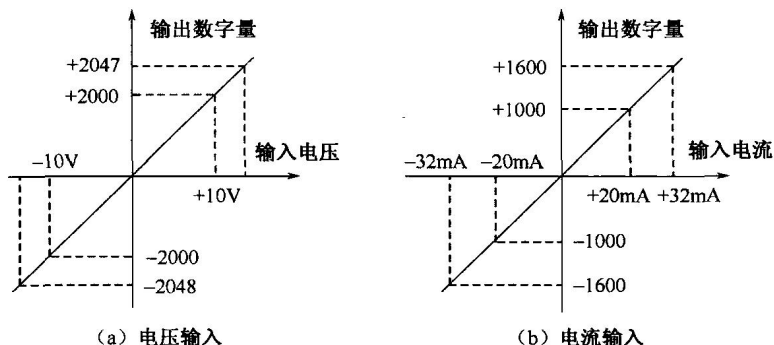


图 1-3 三菱 FX_{2N}-4AD 模块的输出特性

4) 编程与控制

三菱 FX_{2N}-4AD 模块只需要通过 PLC 的 TO 指令 (FNC79) 写入转换控制指令, 利用 FROM 指令 (FNC78) 读入转换结果即可。

FX_{2N}-4AD 常用的参数如下。

(1) 转换结果。

转换结果数据在模块缓冲存储器 (BFM) 中的存储地址如下所述。

- BFM#5: 通道 1 的转换结果数据 (采样平均值)。
- BFM#6: 通道 2 的转换结果数据 (采样平均值)。
- BFM#7: 通道 3 的转换结果数据 (采样平均值)。
- BFM#8: 通道 4 的转换结果数据 (采样平均值)。
- BFM#9~#12: 依次为通道 1~4 转换结果数据 (当前采样值)。

(2) 控制信号。

A/D 转换的控制信号在模块缓冲存储器 (BFM) 中的定义如下所述。

- BFM#0: 通道选择与控制字。
- “0”: 通道模拟量输入为 $-10\sim+10\text{V}$ 直流电压。
- “1”: 通道模拟量输入为 $+4\sim+20\text{mA}$ 直流电流。
- “2”: 通道模拟量输入为 $-20\sim+20\text{mA}$ 直流电流。
- “3”: 通道关闭。
- BFM#1~#4: 分别为通道 1~4 的采样次数设定。
- BFM#15: 通道采样速度设定。

“0”: 15ms/通道。

“1”: 6ms/通道。

- BFM#20: 通道控制数据初始化。

“0”: 正常设定。

“1”: 恢复出厂默认数据。

- BFM#21: 通道调整允许设定。

“01”: 允许改变参数调整增益、偏移量的设定。

“10”: 禁止调整增益、偏移量。

(3) 模块工作状态输出。

FX_{2N}-4AD 可以通过读出内部参数检查模块的工作状态。A/D 工作状态信号在模块缓冲存储器 (BFM) 中的定义如下所述。

- BFM#29: 模块工作状态信息。以二进制位的状态表示, 具体如下:

bit0: “1”为模块存在报警, 报警原因由 BFM#29bit1~bit3 表示 (BFM#29bit1~bit3 任何一位为“1”, 本位总是为“1”); “0”为模块正常工作。

bit1: “1”为模块偏移/增益调整错误; “0”为模块偏移/增益调整正确。

bit2: “1”为模块输入电源错误; “0”为模块电源正常。

bit3: “1”为模块硬件不良; “0”为模块硬件正常。

Bit10: “1”为数字量超过允许范围; “0”为数字量输出正常。

Bit11: “1”为采样次数超过允许范围; “0”为采样次数设定正常。

Bit12: “1”为增益、偏移量的调整被参数禁止; “0”为增益、偏移量的调整允许。

- BFM#30: 模块 ID 号。FX_{2N}-4AD 模块的 ID 号为 2010。

- BFM#23: 偏移调整。

- BFM#24: 增益调整。

5) 编程实例

启动并读出通道 1、通道 2 的直流-10~+10V 模拟量转换数据的 PLC 控制程序如图 1-4 所示。

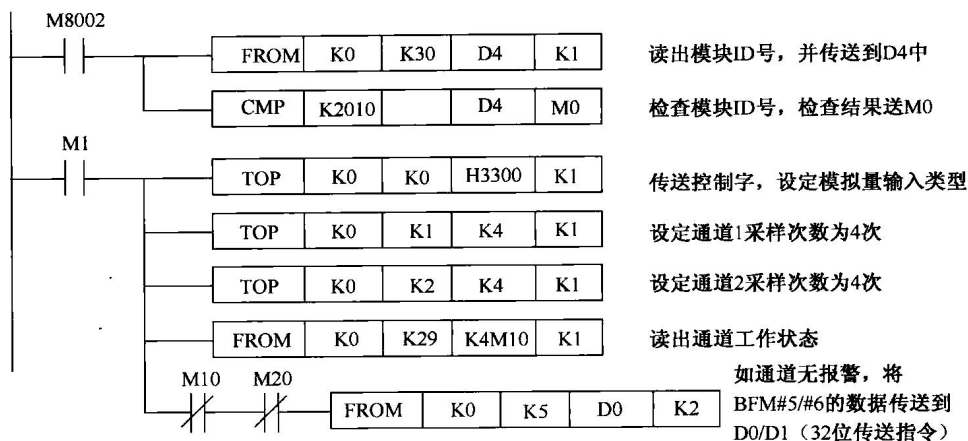


图 1-4 FX_{2N}-4AD 编程实例

6) 注意事项

- (1) 三菱 FX_{2N}-4AD 通过双绞线屏蔽电缆来连接。电缆应远离电源线或其他可能产生电气干扰的电线。
- (2) 如果输入有电压波动或在外部接线中有电气干扰，可以在 Vin 和 COM 之间接一个平滑电容器 (0.1~0.47μF/25V)。
- (3) 如果使用电流输入，则必须连接 V+和 I-端子。
- (4) 如果存在过多的电气干扰，需将电缆屏蔽层与 FG 端连接，并连接到 FX_{2N}-4AD 的接地端。
- (5) 连接 FX_{2N}-4AD 的接地端与主单元的接地端。可行的话，在主单元使用 3 级接地。

1.1.2 三菱 PLC 编程口通信协议

三菱 PLC 有串口 (RS-232C、RS-485) 通信协议，功能很强，但较复杂，其内容可参阅说明书 (如 FX 通信用户手册)。三菱还有编程口通信协议，也可用于 RS-232C 串口。现对编程口通信协议作简要介绍。

1. 命令帧格式

如图 1-5 所示为发送通信命令帧格式。

开始字符	命令码	起始地址	字节数	数据	结束字符	累加和
STX	CMD	ADDR	NUM	DATA1 DATA2...	ETX	SUM

图 1-5 发送通信命令格式