

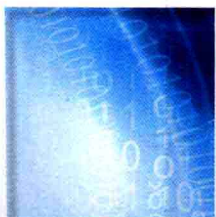
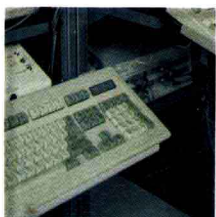
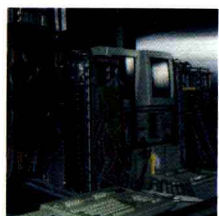
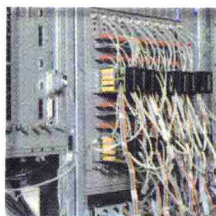
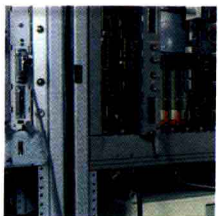
工业控制计算机 典型应用系统编程实践

李江全 主 编

葛 云

王 丽 副主编

万 畅



超值 配套光盘，内容：

- 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

电子/电气工程师应用技术丛书

工业控制计算机 典型应用系统编程实践

李江全 主 编
葛 云 王 丽 万 畅 副主编

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,较全面和系统地介绍了工业控制计算机典型应用系统,内容包括:利用PC与PLC、PC与PCI数据采集卡、PC与USB数据采集模块、PC与CAN总线模块、PC与单片机、PC与无线数传模块、PC与GSM短信模块、PC与智能仪器及PC与远程I/O模块等组成的控制系统设计。每个实例首先介绍了相关的硬件技术,然后给出具体的测控线路和完整的Visual Basic、Delphi和KingView程序。为方便读者学习,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。

本书可供各类自动化、计算机应用、机电一体化、测控仪器等专业的大学生、研究生学习计算机控制技术,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

工业控制计算机典型应用系统编程实践/李江全主编. —北京:电子工业出版社,2012.1
(电子/电气工程师应用技术丛书)

ISBN 978-7-121-15581-9

I. ①工... II. ①李... III. ①工业控制计算机—计算机控制系统—程序设计 IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第271203号

策划编辑:陈韦凯

责任编辑:桑 昀

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

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:25 字数:660千字

印 次:2012年1月第1次印刷

册 数:4000册 定价:53.00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

计算机控制技术（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和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控制系统。

随着科学技术的迅速发展，计算机控制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。

计算机控制技术已成为 21 世纪关键的信息技术之一。了解和掌握计算机控制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。

为弥补现有计算机控制技术类书籍在应用实践和程序设计方面的不足，提高广大学生学习兴趣和设计控制系统的能力，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控制系统，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控制程序。本书选取了当前控制领域流行的面向对象语言 Visual Basic、Delphi 和组态软件 KingView 作为开发工具。

Visual Basic（以下简称 VB）是微软公司推出的一种可视化的、面向对象和采用事件驱动方式的结构化高级程序设计语言，是当今世界上应用最广泛的编程语言之一，它也被公认为是编程效率最高的一种编程方法。无论是开发功能强大、性能可靠的商务软件，还是编写能处理实际问题的实用小程序，VB 都是最快速、最简便的语言。

Delphi 是 Borland 公司推出的可视化、面向对象的结构化程序设计语言。Delphi 可以胜任从最简单的用户界面程序到高级、复杂的 Windows 应用程序的编程工作；使用 Delphi 编制的程序具有代码尺寸小、运行速度高和移植能力强的特点。

KingView（组态王）是北京亚控科技发展有限公司开发的具有自主知识产权、市场占有率相对较高的组态软件。它提供了资源管理器式的操作主界面，并且提供了以汉字作为关键字的脚本语言支持。界面操作灵活方便，易学易用，有较强的通信功能，支持的硬件也非常丰富。KingView 的应用领域几乎囊括了大多数行业的工业控制。

本书从工程应用的角度出发，较全面和系统地介绍了工业控制计算机典型应用系统，内容包括：利用 PC 与 PLC、PC 与 PCI 数据采集卡，PC 与 USB 数据采集模块，PC 与 CAN 总线模块，PC 与单片机、PC 与无线数传模块，PC 与 GSM 短信模块，PC 与智能仪器及 PC 与远程 I/O 模块等组成的控制系统设计。每个实例首先介绍了相关的硬件技术，然后给出具体的测控线路和完整的 VB、Delphi 和 KingView 程序。

书中提供的程序代码完整且全部在 WindowsXP 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,建立控制系统整体概念,以工程实践为主,硬件系统设计采用“搭积木”方式,突出程序设计,重在功能实现,这是本书的特色,也是与已有控制系统类书籍不同的地方,相信对读者学习计算机控制系统会有很大帮助。

本书内容丰富,几乎涵盖了所有的计算机控制应用系统,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、测控仪器等专业的大学生、研究生学习计算机控制技术,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。

本书由塔里木大学王丽编写第 1、4 章,张有强编写第 3 章,万畅编写第 2、5 章,石河子大学葛云编写第 6、7、8 章,王玉巍编写第 9 章,严海娟编写第 10 章,李江全编写第 11 章和附录,全书由葛云、王丽、万畅担任副主编,由李江全教授担任主编并统稿。参与编写、程序调试、资料收集、插图绘制和文字校核工作的人员还有田敏、胡蓉、任玲、郑重、李宏伟、张茜、王洪坤、郑瑶、邓红涛等老师,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;电子工业出版社陈韦凯编辑在本书的策划、加工中做了大量工作,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
2011 年 11 月

目 录

第 1 章 基于三菱 PLC 的控制系统.....	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 组成的控制系统	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 Visual Basic 测控程序设计	21
1.2.5 PC 端 Delphi 测控程序设计	24
1.2.6 PC 端 KingView 测控程序设计	28
第 2 章 基于西门子 PLC 的控制系统	37
2.1 西门子 PLC 模拟量扩展模块与通信协议	37
2.1.1 西门子 PLC 模拟量输入模块	37
2.1.2 西门子 PLC PPI 通信协议	41
2.2 PC 与西门子 S7-200 PLC 组成的控制系统	45
2.2.1 设计任务	45
2.2.2 线路连接	45
2.2.3 西门子 PLC 端测控程序设计	46
2.2.4 PC 端 Visual Basic 测控程序设计	50
2.2.5 PC 端 Delphi 测控程序设计	53
2.2.6 PC 端 KingView 测控程序设计	58
第 3 章 基于 PCI 数据采集卡的控制系统	64
3.1 典型数据采集卡简介	64
3.1.1 数据采集系统概述	64
3.1.2 基于 PC 的 DAQ 系统组成	67
3.1.3 用 PCI-1710HG 数据采集卡组成的测控系统	70
3.1.4 PCI-1710HG 数据采集卡的安装与测试	72
3.2 PC 与 PCI-1710HG 数据采集卡 组成的控制系统	80
3.2.1 设计任务	80
3.2.2 线路连接	80
3.2.3 Visual Basic 测控程序设计	81

3.2.4	Delphi 测控程序设计	88
3.2.5	KingView 测控程序设计	100
第 4 章	基于单片机的控制系统	108
4.1	典型单片机开发板简介	108
4.1.1	单片机控制系统的组成	108
4.1.2	单片机开发板 B 的功能	111
4.1.3	单片机开发板 B 的主要电路	112
4.2	PC 与单片机开发板 B 组成的控制系统	114
4.2.1	设计任务	114
4.2.2	线路连接	115
4.2.3	单片机端 C51 测控程序设计	116
4.2.4	单片机端汇编测控程序设计	123
4.2.5	PC 端 Visual Basic 测控程序设计	131
4.2.6	PC 端 Delphi 测控程序设计	135
第 5 章	基于分布式 I/O 模块的控制系统	141
5.1	典型分布式 I/O 模块简介	141
5.1.1	集散控制系统的结构与特点	141
5.1.2	ADAM4000 远程数据采集控制系统	143
5.1.3	ADAM4000 系列模块简介	145
5.1.4	ADAM4000 系列模块的软件安装	152
5.2	PC 与 ADAM4000 系列模块 组成的测控系统程序设计	155
5.2.1	设计任务	155
5.2.2	线路连接	156
5.2.3	Visual Basic 测控程序设计	156
5.2.4	Delphi 测控程序设计	159
5.2.5	KingView 测控程序设计	163
第 6 章	基于 CAN 总线模块的控制系统	170
6.1	典型 CAN 总线功能模块简介	170
6.1.1	现场总线控制技术概述	170
6.1.2	CAN 总线控制技术概述	172
6.1.3	CAN 接口卡与 iCAN 系列功能模块简介	176
6.2	PC 与 iCAN-4000 系列模块 组成的控制系统	179
6.2.1	设计任务	179
6.2.2	线路连接	179
6.2.3	Visual Basic 测控程序设计	180
6.2.4	Delphi 测控程序设计	185

第 7 章 基于 USB 数据采集模块的控制系统	192
7.1 USB 总线在数据采集系统中的应用	192
7.1.1 USB 总线及其数据采集系统的特点	192
7.1.2 采用 USB 传输的数据采集系统	194
7.1.3 典型 USB 数据采集模块简介	196
7.2 PC 与 USB-4711A 数据采集模块 组成的控制系统	198
7.2.1 设计任务	198
7.2.2 线路连接	199
7.2.3 Visual Basic 测控程序设计	199
7.2.4 Delphi 测控程序设计	206
7.2.5 KingView 测控程序设计	215
第 8 章 基于无线数传模块的控制系统	223
8.1 典型无线数传模块简介	223
8.1.1 无线数传技术概述	223
8.1.2 DTD46X 系列无线数传模块	225
8.2 PC 与 DTD462 无线数传模块 组成的控制系统	231
8.2.1 设计任务	231
8.2.2 线路连接	231
8.2.3 利用 C51 语言实现基于 DS18B20 的单片机温度测控	232
8.2.4 利用汇编语言实现基于 DS18B20 的单片机温度测控	239
8.2.5 利用 Visual Basic 实现 PC 与无线数传模块温度测控	247
8.2.6 利用 Delphi 实现 PC 与无线数传模块温度测控	253
第 9 章 基于 GSM 短信模块的控制系统	259
9.1 GSM 网络短信测控技术	259
9.1.1 GSM 短信测控系统的特点与组成	259
9.1.2 AT 指令介绍	263
9.1.3 超级终端的使用	268
9.2 PC 与 TC35 短信模块组成 的控制系统	272
9.2.1 设计任务	272
9.2.2 线路连接	273
9.2.3 利用 C51 语言实现单片机温度检测及短信发送	274
9.2.4 利用 C51 语言实现单片机短信接收及继电器控制	281
9.2.5 利用 Visual Basic 实现 PC 短信接收与发送	287
9.2.6 利用 Delphi 实现 PC 短信接收与发送	292
9.2.7 利用 KingView 实现 PC 短信接收与发送	305
第 10 章 基于智能仪器的控制系统	313
10.1 典型智能仪器简介	313

10.1.1	智能仪器的结构与特点	313
10.1.2	XMT-3000A 型智能仪器的通信协议	314
10.1.3	PC 与 XMT-3000A 型智能仪器串口通信调试	317
10.2	PC 与 XMT-3000A 智能仪器 组成的控制系统	319
10.2.1	设计任务	319
10.2.2	线路连接	319
10.2.3	利用 Visual Basic 实现 PC 与单台智能仪器温度测控	322
10.2.4	利用 Delphi 实现 PC 与单台智能仪器温度测控	325
10.2.5	利用 KingView 实现 PC 与单台智能仪器温度测控	330
10.2.6	利用 Visual Basic 实现 PC 与多台智能仪器温度测控	336
10.2.7	利用 Delphi 实现 PC 与多台智能仪器温度测控	341
10.2.8	利用 KingView 实现 PC 与多台智能仪器温度测控	346
第 11 章 基于 Internet 网络的测控系统		354
11.1	网络化测控系统概述	354
11.1.1	工业测控网络	354
11.1.2	工业以太网	357
11.2	基于组态王的网络化温度测控	361
11.2.1	组态王的网络功能	361
11.2.2	组态王中 Web 的配置	363
11.2.3	在 IE 浏览器端浏览	367
11.3	基于 VB 与 ASP 的网络化 温度测控	369
11.3.1	设计任务	369
11.3.2	线路连接	369
11.3.3	任务实现	370
附录 A 串行通信控件 MSComm		380
A.1	MSComm 控件处理通信的方式	380
A.2	MSComm 控件的使用	381
A.3	MSComm 控件的常用属性	383
A.4	MSComm 控件的 OnComm 事件	387
A.5	MSComm 控件的通信步骤	387
参考文献		389

第1章 基于三菱 PLC 的控制系统

三菱 FX 系列 PLC（可编程逻辑控制器）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控制系统。

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的特殊用途 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 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、D/A 转换类、温度测量与控制类、脉冲计数与位置控制类、网络通信类这 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、D/A 转换类

A/D、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）等的不同，有多种规格可以供选择。

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。

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（通道数量）、测量精度、检测元件类型等的不同，有多种规格可以供选择。

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。

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（比例积分微分）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（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（通道数量）、频率、控制轴数等的不同，有多种规格可以供选择。

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。

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者通过 SSCNET 高速总线输出，连接的驱动器可以是步进电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，并且能够直接接受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 网络连接、MELSEC NET/H 网络连接、CC-Link 网络等。根据不同的网络与连接线的形式，有多种规格可以供选择。

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。

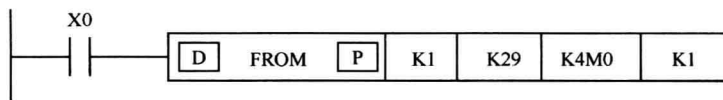
为了能够方便地实现 PLC 对特殊功能模块的控制，并减少应用指令的条数，统一应用指令的格式，在三菱 PLC 的特殊功能模块中设置了专门用于 PLC 与模块间进行信息交换的缓冲存储器（Buffer Memory, BFM）。缓冲存储器数据中包括了模块控制信号位、模块参数等控制条件，以及模块的工作状态信息、运算与处理结果、出错信息等内容。

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。

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。

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。

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 代表触点上沿驱动。各种组合所代表的意义如下:

- **FROM** (无前缀 D 与后缀 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;
- **ROMP** (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;
- **FROMP** (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。

K1: 模块地址常数,用来选择与指定特殊功能模块。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□。

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。

K4M0: 数据在 PLC 中的存储位置指定 (目标位置)。K4 代表需要阅读的二进制位数,以 4 位 (bit) 二进制数为单位,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。

K1: 需要传送的点数,采用 FROM、FROMP 格式时,以 16 位二进制数为单位,K1 代表阅读 16 点,K2 代表 32 点等。采用 DFROM、DFROMP 格式时,以 32 位二进制数为单位,K1 代表阅读 32 点,K2 代表 64 点等。允许输入的值为 K1~K32767。

例如,对于如图 1-1 所示的各指令,其意义分别如下。

指令①的作用是: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。

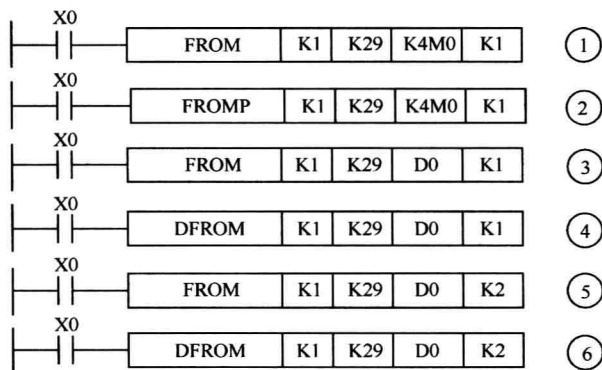


图 1-1 FROM 指令使用意义

指令②的作用是：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的作用是：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。

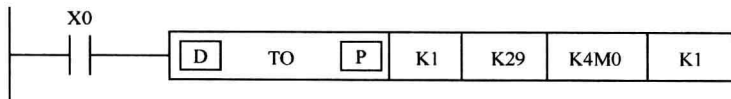
指令④的作用是：当 X0 为“1”时，将安装于基本单元右侧的第 1 个特殊功能模块的缓冲存储器的参数 BFM#29、BFM#30 读入到 PLC 的 16 位数据存储器 D0、D1 中（32 位阅读指令）。

指令⑤的作用是：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的作用是：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，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。

X0：指令执行启动条件。

[D]TO[P]：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。

K1：模块地址常数，用来选择与指定特殊功能模块。

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。

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数位数, 以 4 位 (bit) 二进制数为单位, 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。

K1: 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 四通道 A/D 转换模块的主要性能参数见表 1-1。

表 1-1 三菱 FX_{2N}-4AD 四通道 A/D 转换模块的主要性能参数

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 -10~10V	DC 4~20mA 或 -20~20mA	
输入极限	DC -15~15V	DC -32~+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 -10~10V 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	DC 24V/55mA; 5V/30mA		DC 24V 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 DC 24V 电源输入。

外部模拟量输入及 DC 24V 电源与模块间的连接要求如图 1-2 所示。

3) 输出特性

三菱 FX_{2N}-4AD 模块的 A/D 转换输出特性如图 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 (DC 10V 或 20mA) 所对应的数字量输出设定为 2000 (DC 10V) 或 1000 (20mA)。

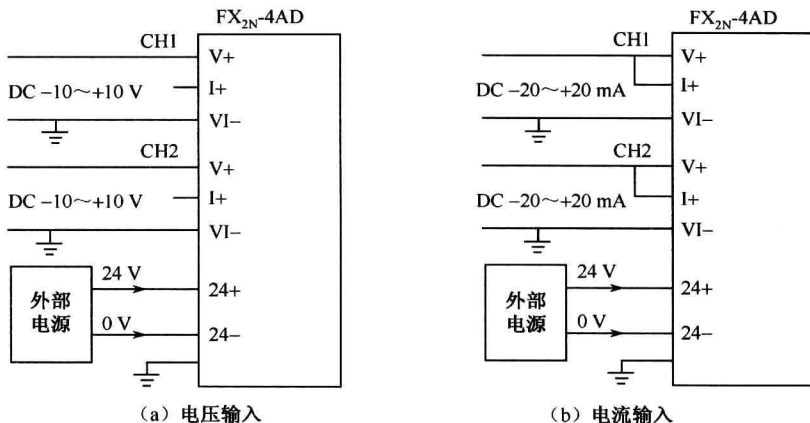


图 1-2 外部模拟量输入及 DC 24V 电源与模块间的连接

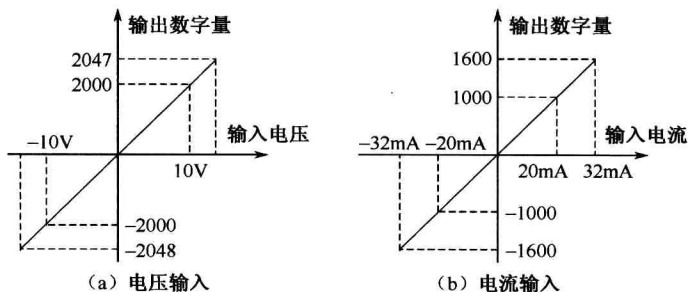


图 1-3 三菱 FX_{2N}-4AD 模块的 A/D 转换输出特性

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中的存储地址如下:

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中的定义如下。

BFM#0: 通道选择与控制字:

“0”: 通道模拟量输入为 -10~+10V 直流电压;

“1”: 通道模拟量输入为 +4~+20mA 直流电流;

“2”: 通道模拟量输入为 -20~+20mA 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中的定义如下。

BFM#29: 模块工作状态信息。以二进制数位的状态表示, 具体如下。

bit0: “1”为模块存在报警, 报警原因由 BFM#29bit1~bit39 表示 (BFM#29bit1~bit39 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。

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, 需要将电缆屏蔽层与 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。



图 1-4 FX_{2N}-4AD 编程实例

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, 其内容可参阅它的说明书 (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 口。现对编程口通信协议作简要介绍。

1. 命令帧格式

图 1-5 所示为 FX 协议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	DATA 1 DATA 2 ...	ETX	SUM

图 1-5 FX 协议发送通信命令帧格式

此帧格式中各个部分的含义如下。

STX 为开始字符, 其 ASCII 码十六进制数值为 02H。

CMD 为命令码, 命令码有读或写等, 占 1 字节。读 ASCII 码为 30H, 写 ASCII 码为 31H。读、写的对象可以是 FX 的数据区。

ADDR 为起始地址, 十六进制数表示, 占 4 字节, 不足 4 字节高位补 0。

NUM 为读或写的字节数, 十六进制数表示, 占 2 字符, 不足 2 字符高位补 0, 最多可以读、写 64 字节的数据。读可以为奇数字节, 而写必须为偶数字节。

DATA 为写数据, 在此填入要写的的数据, 每字节两个字符。如字数据, 则低字节在前, 高字节在后。用十六进制数表示, 所填的数据个数应与 NUM 指定的数相符。

ETX 为结束字符, 其 ASCII 码十六进制数值为 03H。

SUM 为累加和, 从命令码开始到结束字符 (包含结束字符) 的各个字符的 ASCII 码, 进行十六进制数累加。累加和超过两位数时, 取它的低两位, 不足两位时高位补 0, 也用十六进制数表示。其计算公式为