

项目驱动

任务引领

中等职业教育规划教材

PLC与变频器 项目教程

张 威 主编

PLC YU BIANPINQI XIANGMU JIAOCHENG



赠电子教案

掌握就业的技能

体验学习的快乐



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业教育规划教材

PLC 与变频器项目教程

主 编 张 威
副主编 田莉莉
参 编 陈晓霞 郝 昭
 郑立冬 张永新



机械工业出版社

本书为中等职业教育专业规划教材,可供机电、电气、电子等相关专业使用。本书由初识 PLC 控制系统,三相异步电动机的控制,电动机基本控制电路的改造,学习 PLC 应用程序设计,认识变频器控制系统等 5 个项目组成。

本书从中等职业学校学生实际出发,以任务为引领,以生产实践为主线,适用于项目化教学形式,对 PLC 及变频器的知识点与技能进行重新构建,突出了“实用为主,够用为度”的思想。本书内容新颖,形式活泼,图文并茂,通俗易懂。

为方便教学,本书配有免费电子教案,选用本书作为教材的学校可来电索取,咨询电话:010-88379195。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 与变频器项目教程/张威主编. —北京:机械工业出版社,2009.1

中等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-25452-2

I. P… II. 张… III. ①可编程序控制器—专业学校—教材②变频器—专业学校—教材 IV. TP332.3 TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 165972 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王娟 责任编辑:王娟 张值胜

版式设计:霍永明 责任校对:王欣

封面设计:马精明 责任印制:李妍

北京鑫海金澳胶印有限公司印刷装订

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 9.25 印张 · 228 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-25452-2

定价:17.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379934

封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器（PLC）是集计算机技术、自动控制技术和通信技术于一体的新型自动控制装置，其性能优越，已被广泛地应用于工业控制的各个领域，并已成为工业自动化的四大支柱（PLC、工业机器人、CAD/CAM和数控技术）之一。PLC的应用已经成为一个世界潮流，在不久的将来，PLC技术在我国也将得到更全面的推广与应用。

变频器是将固定频率的交流电变换为频率连续可调的交流电的装置，变频器的问世，使电气传动领域发生了一场技术革命，即交流调速取代直流调速。交流电动机的变频调速技术具有节能、改善工艺流程、提高产品质量以及便于自动控制等诸多优点。

本书以日本三菱公司的FX_{2N}系列PLC和FR-E540型变频器为例，按照任务驱动教学法，重新整合了PLC的基础知识、指令系统、编程方法、应用实例以及变频器相关知识等。

教材的编写过程中，始终以“实用为主，够用为度”为宗旨，以培养新世纪社会需要的、高素质的劳动者和中初级专门人才为出发点，以就业为导向，突出开放性、自主性和实践性的特点，力求做到以下几点：

1. 参照国家职业标准《维修电工》等的要求，确定教材内容的广度和深度，便于技能鉴定考核工作的顺利开展。

2. 体现以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，有利于学生掌握知识、提高技能。

3. 从企业生产实际中选取针对性强的课题，以缩短学校教育与企业需要的距离，更好地满足企业用人的需要。

4. 尽量采用图、表等表现形式，降低学生的学习难度，激发学生的学习兴趣。

5. 教材内容上突出实用性、创新性，并留有扩展的余地。在语言表达上力求精练，通俗易懂。

本书绪论、项目三、项目五、附录由北方机电工业学校张威编写，项目一由北方机电工业学校田莉莉编写，项目二中任务一、任务二由北方机电工业学校陈晓霞编写，项目二中任务三、任务四由郝昭编写，项目四中任务一、任务二由迁安职教中心郑立冬编写，项目四中任务三、任务四由保定职教中心张永新编写。编写过程中得到了北方机电工业学校冀文校长，崔俊明、周继功老师的大力支持，在此一并表示衷心感谢。

因编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有错漏之处，恳请读者批评指正。

目 录

前言	
绪论	1
项目一 初识 PLC 控制系统	7
任务一 彩灯控制	7
任务二 抢答器控制	12
任务三 自动门控制	16
任务四 学习 PLC 编程语言	21
项目二 三相异步电动机的控制	27
任务一 三相异步电动机的点动控制	27
任务二 三相异步电动机的单向运转控制	33
任务三 程序的写入、调试及监控	40
任务四 学习编程软件	45
项目三 电动机基本控制电路的改造	58
任务一 笼型电动机串电阻减压起动控制电路的改造	58
任务二 三相异步电动机Y— Δ 减压起动控制电路的改造	65
任务三 三相异步电动机正反转控制电路的改造	74
任务四 改造三相异步电动机调速控制的电路	84
项目四 学习 PLC 应用程序设计	93
任务一 油循环控制	93
任务二 送料小车运动控制	98
任务三 液体自动混合装置的控制	104
任务四 交通信号灯控制	108
项目五 认识变频器控制系统	118
任务一 恒压供水系统的控制	118
任务二 电梯的控制	124
任务三 机电一体化实训考核装置的控制	127
附录	136
附录 A 三菱 FX 系列 PLC 指标与参数	136
附录 B 三菱 FX _{2N} 应用指令	140
参考文献	144

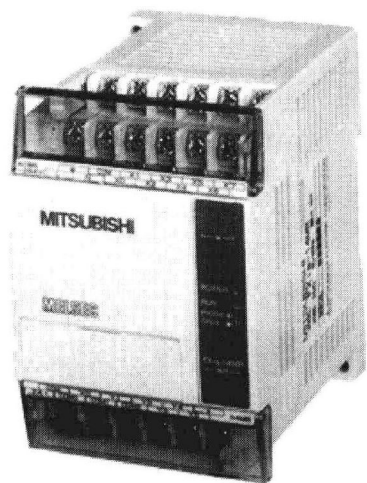
绪 论

可编程序控制器简称 PLC，是 20 世纪 60 年代以来发展极为迅速，应用面极为广泛的工业控制装置，是现代工业生产自动化的四大支柱之首。当今 PLC 吸取了微电子技术和计算机技术的最新成果，从单机自动化到整条生产线的自动化乃至整个工厂的生产自动化；从柔性制造系统、工业机器人到大型分散控制系统，PLC 均承担着重要角色。

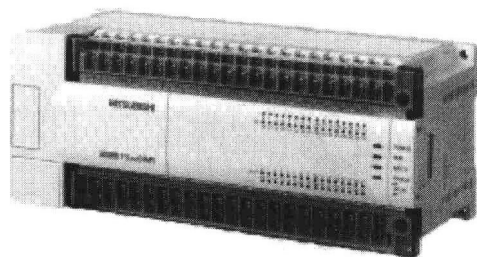
在生产类产品中，PLC 技术和变频调速技术已成为基本的通用技术。变频调速技术以其精度高、性能好、内部软件齐全、价格低、应用方便等优点，在很多场合替代了直流调速和电磁调速，占据了调速领域的主导地位。变频器与 PLC 通过软件来改变控制过程，具有编程简单、灵敏度高、可靠性高、体积小等优点。因此，被广泛应用于制造业、矿业、冶金等各个领域。

下面简单介绍一些 PLC 及变频器的外形及应用场合。

部分 PLC 及变频器的外形如图 0-1 所示，其在工业上的典型应用如图 0-2 所示。

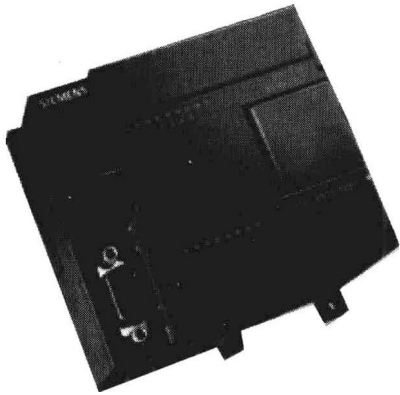


三菱 FXIS/FXIN 系列 PLC

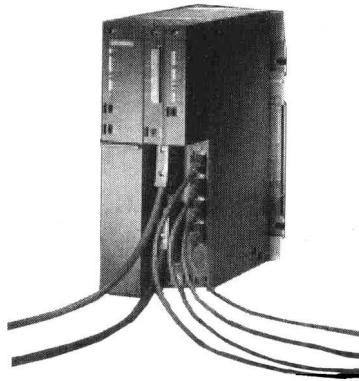


三菱 FX2N 系列 PLC

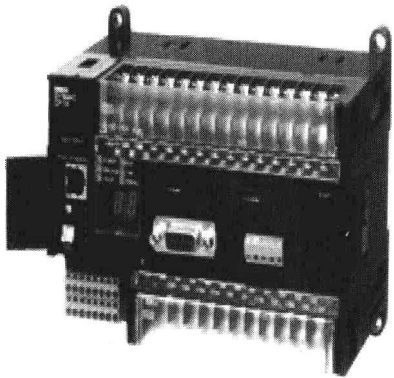
图 0-1 部分 PLC 及变频器的外形图



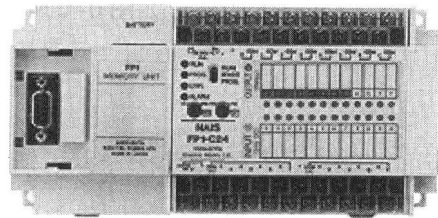
西门子 S7-200 系列 PLC



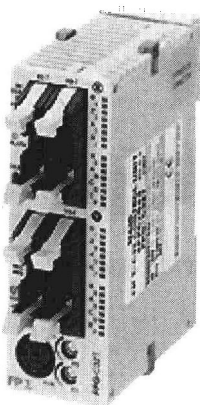
西门子新一代 S7-400 系列 PLC



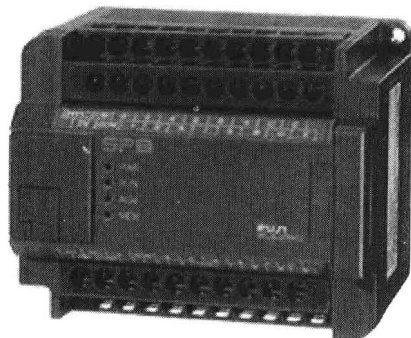
欧姆龙 CP1H 系列 PLC



松下 FP1 系列 PLC

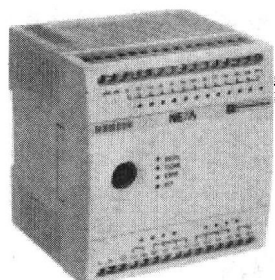


松下 FP Σ 系列 PLC

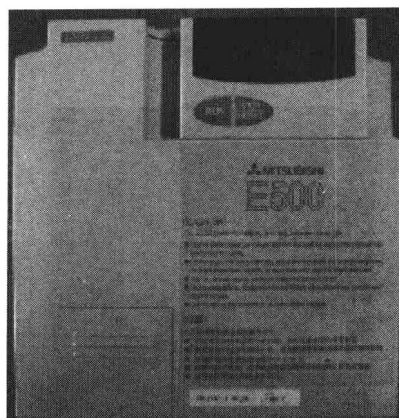


富士系列 PLC

图 0-1 部分 PLC 及变频器的外形图 (续)



施耐德系列 PLC



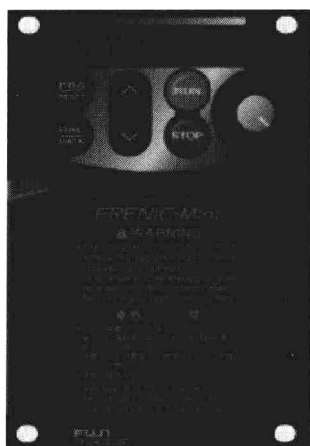
三菱 FR 系列变频器



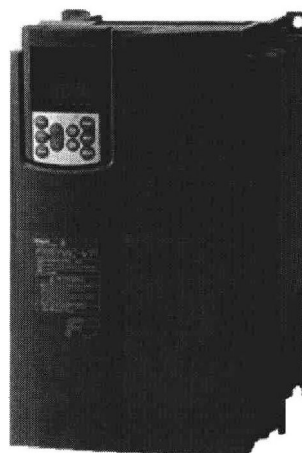
富士 EI1S 系列变频器



VF-7F 系列变频器

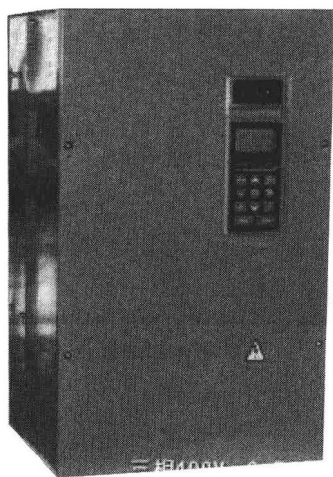


MINI 型变频器 FRENIC-Mini



FRENIC-VP 系列变频器 (VP 风机泵用)

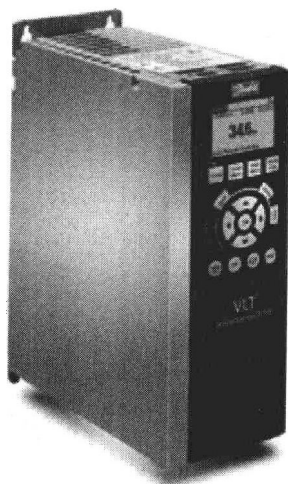
图 0-1 部分 PLC 及变频器的外形图 (续)



优利康 YD2000 风机泵用型变频器

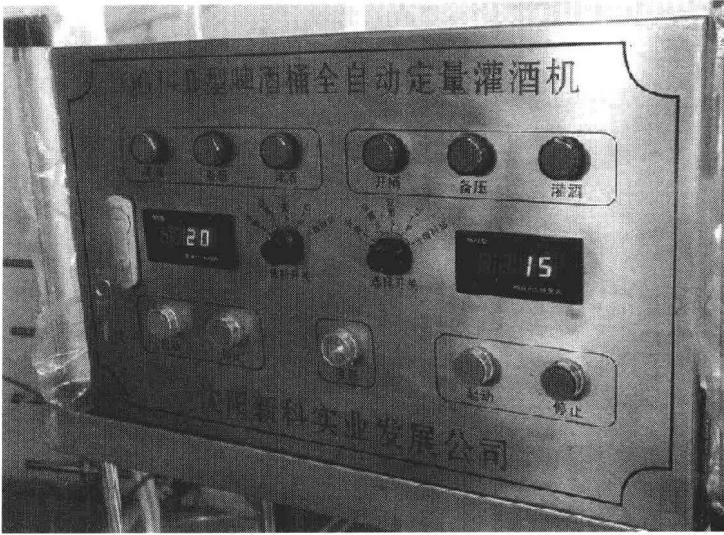


施耐德 ATV11 系列变频器

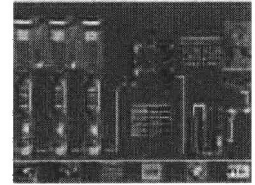


VLT FC300 系列变频器

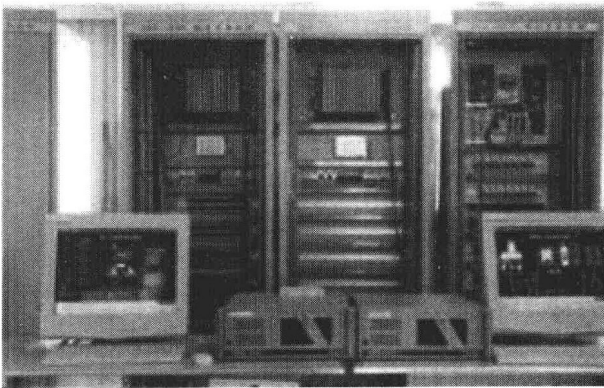
图 0-1 部分 PLC 及变频器的外形图 (续)



PLC 在双表显示中的应用



PLC 在电池清洁设备中的应用

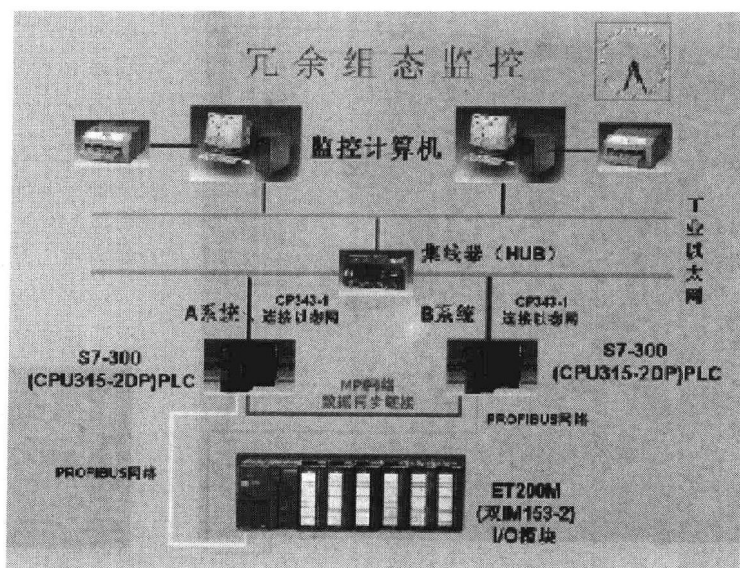


PLC 在水汽集中取样自控系统中的应用

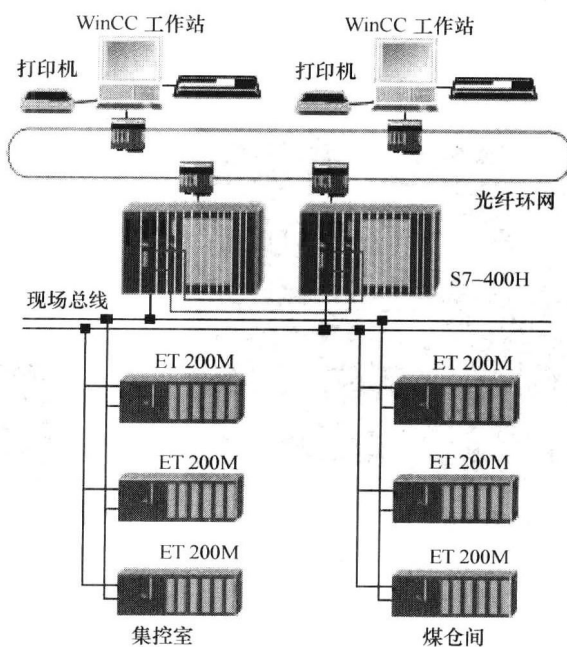


PLC 在可编程数控底孔加工机中的应用

图 0-2 PLC 在工业上的部分应用



PLC 在冗余监控系统中的应用



PLC 在电厂输煤程控系统改造中的应用

图 0-2 PLC 在工业上的部分应用 (续)

项目一 初识 PLC 控制系统

可编程序控制器（简称 PLC）制造厂家较多，目前市场上品种、规格繁多，各厂家均独具特色，但一般来说，PLC 控制系统都包括两部分，一部分是硬件系统，另一部分是软件系统。PLC 的硬件系统基本组成主要是微处理器（CPU）、存储器、I/O（输入/输出）单元、电源单元和编程器等五大部分。软件系统主要是编制的各种程序。PLC 均采用“循环扫描，周而复始”的工作方式。其工作过程实质上就是 CPU 执行程序过程。为了进一步认识 PLC 控制系统，下面分 4 个任务来进行学习。

任务一 彩灯控制

任务目标

1. 熟悉传统的继电-接触器控制系统。
2. 掌握可编程序控制器（PLC）的基本组成。
3. 掌握 PLC 各组成部分的功能。

任务分析

节日彩灯的亮暗变化，给节日带来无穷乐趣，现有一彩灯，通过 PLC 来实现它的亮暗控制。控制电路如图 1-1 所示。控制要求：
①按下按钮 SB，彩灯 HL 亮；②松开按钮 SB，彩灯 HL 灭。

如何用 PLC 实现本任务？PLC 是什么？其结构如何？通过完成对本任务的学习来解决这些问题。

相关知识

PLC 是计算机家族中的一员，是专为在工业环境中的应用而设计的。它采用一类可编程的存储器，用于存储内部程序，执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令，并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。传统的继电-接触器控制系统通常由输入设备、控制电路和输出设备三大部分组成，如图 1-2 所示。显然这是一种由许多“硬”的元器件连接起来组成的控制系统，PLC 及其控制系统是从继电接触控制系统和计算机控制系统发展而来的，PLC 的 I/O 部分与继电接触控制系统大致相同，PLC 控制部分用微处理器和存储器取代了继电器控制电路，其

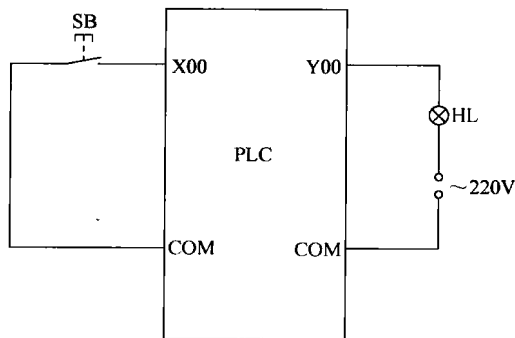


图 1-1 彩灯控制电路



控制作用是通过用户软件来实现的。PLC 的基本结构如图 1-3 所示。

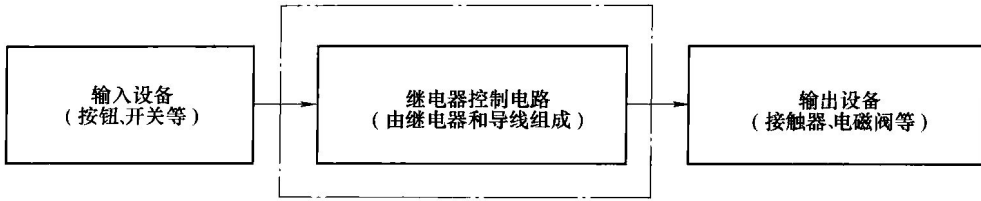


图 1-2 继电器接触控制系统组成框图

1. 微处理器 (CPU)

CPU 一般由控制器、运算器和寄存器组成，这些电路都集成在一个芯片上。与一般计算机一样，CPU 是 PLC 的核心，它按系统程序赋予的功能指挥 PLC 有条不紊地进行工作。

CPU 主要有以下功能：

- 1) 接收并存储用户程序和数据；
- 2) 诊断电源、PLC 工作状态及编程的语法错误；
- 3) 接收输入信号，送入数据寄存器并保存；
- 4) 运行时顺序读取、解释、执行用户程序，完成用户程序的各项操作；
- 5) 将用户程序的执行结果送至输出端。

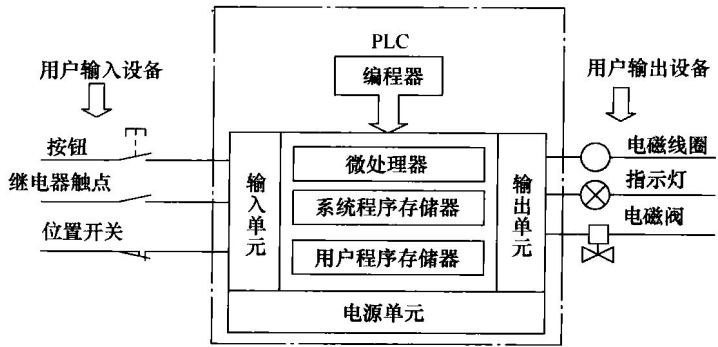


图 1-3 PLC 的基本结构

不同型号 PLC 的 CPU 芯片是不同的，有的采用通用 CPU 芯片，如 8031、8051、8086、80826 等，也有采用厂家自行设计的专用 CPU 芯片（如西门子公司的 S7-200 系列 PLC 均采用其自行研制的专用芯片），随着 CPU 芯片技术的不断发展，各类 PLC 所用的 CPU 芯片也越来越先进。



CPU 芯片的性能关系到 PLC 处理控制信号的能力与速度，CPU 位数越高，系统处理的信息量越大，运算速度也越快。

2. 存储器

PLC 的存储器可以分为系统程序存储器、用户程序存储器及工作数据存储器等 3 种。

(1) 系统程序存储器 系统程序存储器用来存放由 PLC 生产厂家编写的系统程序，并固化在 ROM 内，用户不能直接更改。系统程序质量的好坏，很大程度上决定了 PLC 的性能，其内容主要包括三部分：第一部分为系统管理程序，它主要控制 PLC 的运行，使整个 PLC 按部就班地工作；第二部分为用户指令解释程序，通过用户指令解释程序，将 PLC 的编程语言变为机器语言指令，再由 CPU 执行这些指令；第三部分为标准程序模块与系统调用程序，它包括许多不同功能的子程序及其调用的管理程序，如完成输入、输出及特殊运算等的子程序，PLC 的具体工作都是由这部分程序来完成的，这部分程序的多少决定了 PLC 性能的强弱。



(2) 用户程序存储器 根据控制要求而编制的应用程序称为用户程序。用户程序存储器用来存放用户针对具体控制任务,用规定的 PLC 编程语言编写的各种用户程序。目前较先进的 PLC 采用可随时读写的快闪存储器作为用户程序存储器。快闪存储器不需后备电池,掉电时数据也不会丢失,使用非常方便。

(3) 工作数据存储器 工作数据存储器用来存储工作数据,即用户程序中使用的 ON/OFF 状态、数值数据等。在工作数据区中开辟有元件映像寄存器和数据表。其中元件映像寄存器用来存储开关量、输出状态以及定时器、计数器、辅助继电器等内部器件的 ON/OFF 状态。数据表用来存放各种数据,它存储用户程序执行时的某些可变参数值及 A/D 转换得到的数字量和数学运算的结果等。



PLC 产品手册中给出的“存储器类型”和“程序容量”是针对用户程序存储器而言的。

3. 输入/输出 (I/O) 单元

输入/输出接口是 PLC 与外界连接的途径是 CPU 与现场 I/O 装置或其他外部设备之间的连接部件。图 1-4 所示为三菱 FX_{2N}型 PLC 外部 I/O 端口。

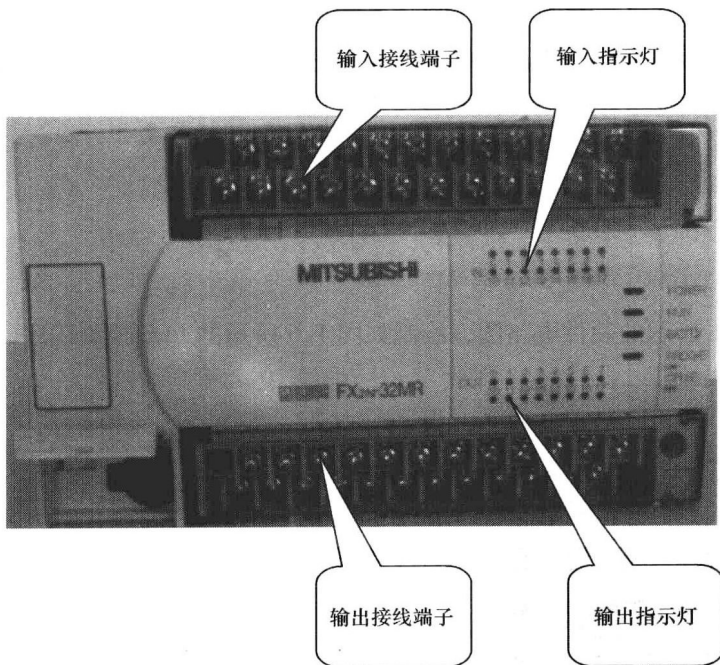


图 1-4 三菱 FX_{2N}型 PLC 外部 I/O 端口

输入接口用来接收和采集两种类型的输入信号,一类是来自按钮、选择开关、行程开关、继电器触点、接近开关、光电开关、数字拨码开关等的开关量输入信号;另一类是来自电位器、测速发电机和各种变送器等模拟量输入信号。

输出接口用来连接被控对象中各种执行元件,如接触器、电磁阀、指示灯、调节阀(模拟量)、调速装置(模拟量)等。



注意:

I/O 的能力可按用户的需要进行扩展和组合。

4. 编程器

编程器有简易编程器和智能图形编程器两种,主要用于编程、对系统进行设定、监控 PLC 及 PLC 所控制系统的工作状况。编程器是 PLC 开发应用、监测运行、检查维护不可缺少的组件。图 1-5 所示为三菱 FX_{2N} 简易编程器。



注意:

编程器不直接加入现场控制运行。一台编程器可开发、监护多台 PLC 的工作。

5. 电源

电源部件用来将外部供电电源转换成供 PLC 的 CPU、存储器、I/O 接口等部件工作所需要的直流电源,维持 PLC 的正常工作。

PLC 的电源部件有很好的稳压措施,因此对外部电源的要求不高。直流 24V 供电的机型,允许电压为 16 ~ 32V;交流 220V 供电的机型,允许电压为 85 ~ 264V,频率为 47 ~ 53Hz。

一般情况下,PLC 还可为用户提供 24V 直流电源作为输入电源或负载电源。



注意:

为防止因外部电源发生故障,造成 PLC 内部重要数据丢失,一般 PLC 都备有后备电源。

任务实施

根据如图 1-1 所示的硬件电路图,绘制如图 1-6 所示的 PLC 控制程序。

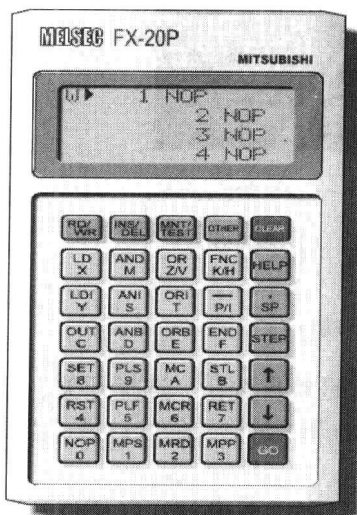
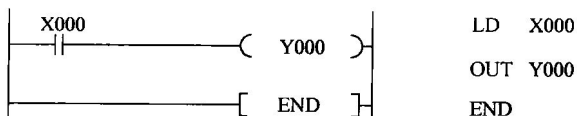


图 1-5 三菱 FX_{2N} 简易编程器



梯形图

指令表

```

LD X000
OUT Y000
END
  
```

图 1-6 彩灯控制程序



有关程序的相关知识将在后续课程中学习。

知识链接

可编程序控制器（PLC）的发展及应用范围

1. 可编程序控制器（PLC）的产生和发展

20 世纪 60 年代，在世界工业技术改革浪潮的冲击下，各个工业国家都在寻找一种比继电器更可靠、功能更齐全、响应速度更快的新型工业控制装置。直到 1968 年，为适应汽车型号的不断翻新，尽量避免重建流水线和更换继电器控制系统，以降低成本、缩短生产周期，美国通用汽车公司公开招标，研制一种工业控制器，提出了“使用、编程方便，可在现场修改和调试程序，维护方便、可靠性高、体积小、易于扩充”等要求。根据招标要求，美国数字设备公司（DEC）在 1969 年研制出了第一台可编程序控制器 PDP-14，并在通用汽车公司的自动装配生产线上试用成功，从而开创了工业控制的新局面。经过 30 多年的发展，可编程序控制器产品性能日臻完善，概括起来，其发展过程可归纳如表 1-1 所示。

表 1-1 PLC 的发展过程

发展时期	特点	典型产品举例
初创时期 (1969 ~ 1977 年)	由数字集成电路构成，功能简单，仅具备逻辑运算和计时、计数功能。机种单一，没有形成系列	DEC 公司的 PDP-14、日本富士电机公司的 USC-4000 等
功能扩展时期 (1977 ~ 1982 年)	以微处理器为核心，功能不断完善，增加了传送、比较和模拟量运算等功能。初步形成系列，可靠性进一步提高，存储器采用 EPROM	德国西门子公司的 SYMATIC S3 系列和 S4 系列、日本富士电机公司的 SC 系列等
联机通信时期 (1982 ~ 1990 年)	能够与计算机联机通信，出现了分布式控制，增加了多种特殊功能，如浮点数运算、平方、三角函数、脉宽调制等	德国西门子公司的 SYMATIC S5 系列、日本三菱公司的 MELPLAC-50、日本富士电机公司的 MICREEX 等
网络化时期 (1990 年 ~)	通信协议走向标准化，实现了和计算机网络互联，出现了工业控制网，可以用高级语言编程	德国西门子公司的 S7 系列、日本三菱公司的 A 系列等

从 PLC 的发展趋势看，PLC 控制技术将成为今后工业自动化的主要手段。在未来的工业生产中，PLC、机器人、CAD/CAM 和数控技术将成为实现工业自动化化的四大支柱技术。

2. PLC 的应用领域

PLC 已广泛应用于工业生产的各个领域，冶金、机械、化工、轻工、食品、建材等，几乎没有不用到它的。不仅工业生产用它，一些非工业过程，如楼宇自动化、电梯控制、农业大棚环境参数调控、水利灌溉等。PLC 的应用领域主要分为以下几类：

(1) 取代传统的继电器电路 实现逻辑控制、顺序控制，既可用于单台设备的控制，也可用于多机群控及自动化流水线，如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、电镀流水线等。

(2) 工业过程控制 在工业生产过程当中, 存在一些如温度、压力、流量、液位和速度等连续变化的量, PLC 采用相应的模拟/数字 (A/D) 和数字/模拟 (D/A) 转换模块, 以及各种各样的控制算法程序来处理, 完成闭环控制。

(3) 运动控制 PLC 可以用于圆周运动或直线运动的控制。一般使用专用的运动控制模块, 如可驱动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块, 广泛用于各种机械、机床、机器人、电梯等场合。

(4) 数据处理 PLC 具有数学运算、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能, 可以完成数据的采集、分析及处理。数据处理一般用于如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

(5) 通信及联网 PLC 通信含 PLC 间的通信及 PLC 与其他智能设备间的通信。随着工厂自动化网络的发展, 现在的 PLC 都具有通信接口, 通信非常方便。

思考与练习

1. 什么是可编程序控制器 (PLC)? 它的组成部分有哪些?
2. PLC 的 CPU 有哪些功能?
3. 简述 PLC 的发展历程。
4. 简述 PLC 的应用领域。

任务二 抢答器控制

任务目标

1. 掌握输入/输出接口的作用。
2. 熟悉输入/输出接口的不同结构。
3. 掌握输入/输出接口的特点。

任务分析

在各种知识竞赛中, 经常用到抢答器, 现有四人抢答器, 通过 PLC 来实现控制, 如图 1-7 所示。图 1-7 中, 输入 X01 ~ X04 与 4 个抢答按钮相连, 对应 4 个输出 Y01 ~ Y04 继电器。只有最早按下按钮的人才会有输出, 后者无论是否有输入均不会有输出。当组织者按复位按钮后, 输入 X00 接通抢答器复位, 进入下一轮竞赛。

本任务涉及到多个输入、输出, 在 PLC 硬件上如何连接? 如何理解 PLC 的输入/输出? 通过本任务的学习来解决这些问题。

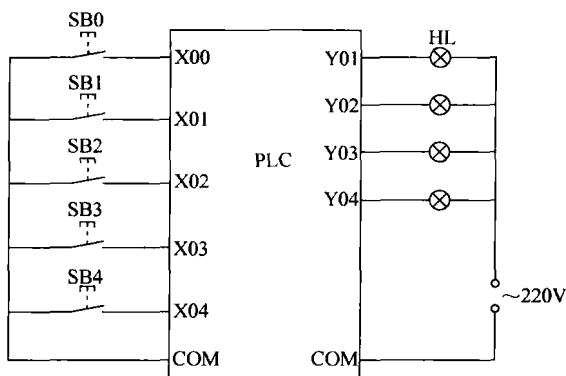


图 1-7 四人抢答器控制电路图