

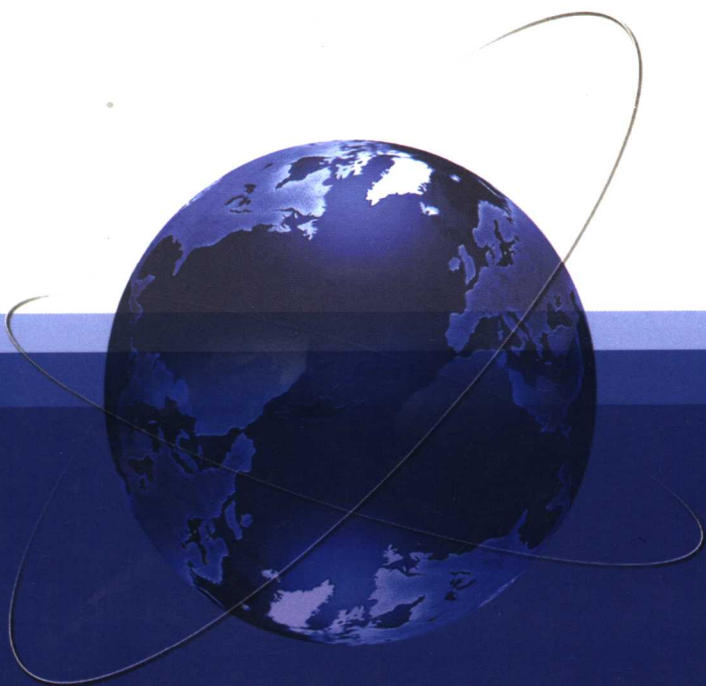


21世纪高职高专规划教材

(电工电子类)

可编程序控制器 及其应用

殷建国 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专规划教材 (电工电子类)

可编程序控制器及其应用

主 编 殷建国
副主编 郭利霞 赵双全
参 编 马玉国 武昌俊
主 审 沈玉梅



机械工业出版社

本书以三菱公司 FX 系列可程序控制器为例,介绍了 PLC 的工作原理、硬件结构、接线方式、编程元件、基本指令、步进指令和功能指令等,同时介绍了 PLC 应用设计的方法和编程器及编程软件的使用方法等。本书例举了大量 PLC 实际应用的例子,供读者参考。

本书在内容安排上,力求由浅入深、循序渐进,以实用为宗旨、以应用为目的;在内容叙述上,力求阐述清楚、通俗易懂、概念清晰;在内容结构上,力求图文并茂,插图细腻完备;在使用上,力求便于自学和教学。

本书可作为大专院校电气自动化技术、机电一体化技术、应用电子技术及其他有关专业的教材,也可供工程技术人员自学或作为培训教材使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

可程序控制器及其应用/殷建国主编. —北京:机械工业出版社, 2006. 8

21 世纪高职高专规划教材. 电工电子类
ISBN 7-111-19790-9

I. 可... II. 殷... III. 可程序控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 097289 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: 余茂祚 责任编辑: 余茂祚 版式设计: 冉晓华
责任校对: 王欣 封面设计: 饶薇 责任印制: 杨曦
北京富生印刷厂印刷
2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm·15.25 印张·373 千字
0001—4000 册
定价: 24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294
编辑热线电话(010) 68354423
封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专规划教材 编委会名单

编委会主任 王文斌

编委会副主任 (按姓氏笔画为序)

王建明	王明耀	王胜利	王寅仓	王锡铭	刘 义
刘晶磷	刘锡奇	杜建根	李向东	李兴旺	李居参
李麟书	杨国祥	余党军	张建华	茆有柏	秦建华
唐汝元	谈向群	符宁平	蒋国良	薛世山	储克森

编委会委员 (按姓氏笔画为序, 黑体字为常务编委)

王若明	田建敏	成运花	曲昭仲	朱 强	刘 莹
刘学应	许 展	严安云	李连邨	李学锋	李选芒
李超群	杨 飒	杨群祥	杨翠明	吴 锐	何志祥
何宝文	余元冠	沈国良	张 波	张 锋	张福臣
陈月波	陈向平	陈江伟	武友德	林 钢	周国良
宗序炎	赵建武	恽达明	俞庆生	晏初宏	倪依纯
徐炳亭	徐铮颖	韩学军	崔 平	崔景茂	焦 斌

总 策 划 余茂祚

前 言

本书是根据教育部有关文件精神，由中国机械工业教育协会和机械工业出版社组织全国80多所高等院校合作编写的高职高专规划教材之一。

可编程序控制器（PLC）是以微处理器为核心，综合计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种新型工业自动控制装置。经过30多年的发展，PLC在工业生产中获得了极其广泛的应用。目前，PLC已成为工业自动化领域中最重要、应用最广泛的控制装置之一，居工业自动化三大支柱之首。

由于PLC的应用日益广泛，所以学习和掌握其原理和应用对于工业领域的广大科技工作者以及大专院校电气和机电等专业的学生很有必要，为此我们特编写了这本书。

本书以三菱FX系列小型PLC为主要讲述对象，在编写过程中力求由浅入深、通俗易懂、理论联系实际，既有基本的理论知识，又有实际的应用设计。

本书共分8章。第1章介绍了可编程序控制器及其基本工作原理；第2章介绍了PLC控制系统的硬件组成；第3章介绍了三菱FX系列PLC基本指令及其编程；第4章介绍了三菱FX系列PLC步进顺序控制指令及其编程；第5章介绍了三菱FX系列PLC主要功能指令及编程方法；第6章介绍了可编程序控制器的程序设计；第7章介绍了可编程序控制器的应用系统设计；第8章介绍了三菱FX系列PLC编程器与编程软件使用方法。

本书由大连职业技术学院殷建国主编，负责全书的组织、统稿和改稿工作；副主编有武汉船舶职业技术学院郭利霞、河北机电职业技术学院赵双全；参加编写的有大连职业技术学院马玉国、安徽机电职业技术学院武昌俊。其中，第1、5章由郭利霞编写，第2、3、6章由殷建国编写，第4章由武昌俊编写，第7章由赵双全编写，第8章由马玉国编写。

本书由大连职业技术学院沈玉梅主审。本书在编写过程中得到了编者所在单位领导、老师及企业电气设计技术人员的大力支持，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，书中有错误和疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

21 世纪高职高专规划教材目录（机、电、建筑类）

高等数学（理工科用）	微机原理与接口技术	现代检测技术与仪器仪表	动画设计与制作
高等数学学习指导书（理工科用）	机电一体化系统设计	传感器与检测技术	管理信息系统
计算机应用基础	控制工程基础	制冷原理与设备	电工与电子实验
应用文写作	机械设备控制技术	制冷与空调装置自动控制技术	专业英语（电类用）
经济法概论	金属切削机床	电视机原理与维修	物流技术基础
经济学概论	机械制造工艺与夹具	自动控制原理与系统	物流仓储与配送
法律基础	冷冲模设计及制造	电路与模拟电子技术	物流管理
法律基础概论	塑料模设计及制造	低频电子线路	物流运输管理与实务
C 语言程序设计	模具 CAD/CAM	电路分析基础	建筑制图
计算机文化基础	汽车构造	常用电子元器件	建筑制图习题集
职业院校学生心理健康	汽车电器与电子设备	单片机原理及接口术案例教程	建筑力学
工程制图（机械类用）	公路运输与安全	多媒体技术及其应用程序	建筑材料
工程制图习题集（机械类用）	汽车检测与维修	操作系统	建筑工程测量
计算机辅助绘图—Auto-CAD2005 中文版	汽车营销学	数据结构	钢筋混凝土结构及砌体结构
几何量精度设计与检测	工程制图（非机械类用）	软件工程	房屋建筑学
工程力学	工程制图习题集（非机械类用）	微型计算机维护技术	土力学及地基基础
金属工艺学	离散数学	汇编语言程序设计	建筑设备
机械设计基础	电路基础	VB6.0 程序设计	建筑给排水
工业产品造型设计	单片机原理与应用	VB6.0 程序设计实训教程	建筑电气
液压与气压传动	电力拖动与控制	Java 程序设计	建筑施工
电工与电子基础	可编程序控制器及其应用（三菱机型）	C++ 程序设计	建筑工程概预算
电工电子技术（非电类专业用）	可编程序控制器及其应用（欧姆龙机型）	Delphi 程序设计	房屋维修与预算
机械制造基础	工厂供电	计算机网络技术	建筑装修装饰材料
数控技术	微机原理与应用	网络应用技术	建筑装修装饰构造
专业英语（机械类用）	模拟电子技术	网络数据库技术	建筑装修装饰设计
金工实习	数字电子技术	网络操作系统	楼宇智能化技术
数控机床及其使用维修	数字逻辑电路	网络安全技术	钢结构
数控加工工艺及编程	办公自动化技术	网络营销	多层框架结构
机电控制技术		网络综合布线	建筑施工组织
计算机辅助设计与制造		网络工程实训教程	工程造价案例分析
		计算机图形学实用教程	土木工程实训指导
			土木工程基础实验教程

目 录

前言

第1章 可编程序控制器及其基本工作

原理 1

1.1 可编程序控制器概述 1

1.2 可编程序控制器的工作原理与 编程语言 6

1.3 PLC控制系统与其他工业控 制系统的比较 11

复习思考题 14

第2章 PLC控制系统的硬件组成 15

2.1 PLC的基本硬件组成 15

2.2 PLC控制系统其他硬件组成 19

2.3 三菱FX系列PLC简介 21

2.4 三菱FX系列PLC电源及输入、 输出连接方法 34

2.5 三菱FX系列PLC接线图设计 举例 35

复习思考题 38

第3章 三菱FX系列PLC基本指令

及其编程 39

3.1 三菱FX系列PLC软继电器的 功能及编号 39

3.2 三菱FX系列PLC的基本 指令 50

3.3 PLC基本指令编程实例 65

复习思考题 70

第4章 三菱FX系列PLC步进顺序

控制指令及其编程 73

4.1 顺序控制设计法及顺序控制 功能图基本结构 73

4.2 步进顺序控制指令及编程 方法 82

4.3 编程实例 92

复习思考题 97

第5章 三菱FX系列PLC主要功能

指令及编程方法 99

5.1 三菱FX系列PLC功能指令 概述 99

5.2 传送比较类指令及其应用 101

5.3 数据处理类指令及其应用 110

5.4 控制类指令及其应用 128

5.5 高速计数器及高速计数器 指令 136

复习思考题 143

第6章 可编程序控制器的程序

设计 145

6.1 梯形图编程的基本原则及典型 单元梯形图分析 145

6.2 PLC程序设计方法 152

复习思考题 168

第7章 可编程序控制器的应用系统

设计 171

7.1 PLC应用系统设计的内容和 步骤 171

7.2 PLC的选择 172

7.3 节省PLC I/O点数的 方法 176

7.4 可编程序控制器在逻辑控制 系统中的应用实例 181

复习思考题 205

第8章 三菱FX系列PLC编程器与

编程软件使用方法 207

8.1 手持式编程器的使用方法 207

8.2 SWOPC—FXGP/WIN—C编程 软件的使用方法 222

复习思考题 232

参考文献 235

第1章 可编程序控制器及其基本工作原理

1.1 可编程序控制器概述

可编程序控制器是以微处理器为核心,综合计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种新型工业自动控制装置。可编程序控制器经过30多年的发展,在工业生产中获得了极其广泛的应用。目前,可编程序控制器已成为工业自动化领域中最重要、应用最广泛的控制装置之一,居工业生产自动化三大支柱(可编程序控制器、机器人、计算机辅助设计与制造)的首位,其应用的深度和广度已成为衡量一个国家工业自动化程度高低的标志。

1.1.1 可编程序控制器的产生及发展

1. 可编程序控制器的产生 早期工业生产中广泛使用的电气自动控制系统是继电器-接触器控制系统,简称继电器控制系统,它最早出现于1836年电磁继电器发明以后。所谓继电器控制系统,就是用导线把各种继电器、接触器、开关及其触点按一定的逻辑关系连接起来所构成的控制系统。它具有价格低廉和对维护技术要求不高等优点,适用于工作模式固定、控制要求简单的场合,其缺点是系统的布线连接不易更新、功能不易扩展和可靠性不高等,对一些比较复杂的控制系统来讲,查找和排除故障往往比较困难。另外,当产品更新、生产工艺发生变化时,继电器控制系统的元器件和接线也需做相应的变动,而且这种变动工作量很大,工期长、费用高。

随着20世纪工业生产的迅速发展,市场竞争越来越激烈,工业产品更新换代的周期日趋缩短,新产品不断涌现,传统的继电器控制系统难以满足现代社会小批量、多品种、低成本、高质量生产方式的生产控制要求,因此,迫切需要一种新的、更先进的自动控制装置来取代传统的继电器控制系统。20世纪60年代初,随着电子技术在自动控制领域中的应用,出现了半导体逻辑元件装置,利用半导体二极管、三极管和中小规模集成电路构成了逻辑式顺序控制器。逻辑式顺序控制器具有体积小、无触点、可靠性较高和动作顺序变更较方便等优点,其缺点是控制规模较小(一般I/O点数不超过64点)和程序编制不够灵活等,这就限制了它的推广应用。随着计算机技术的发展,曾用小型计算机取代继电器控制系统,实现控制要求,但是由于计算机对使用环境要求较高,而且现场的I/O信号与计算机本身不匹配,同时计算机程序编制较复杂,使用者需要掌握一定的计算机专业知识,一般工程技术人员不易熟练运用,加上计算机成本高,因而小型计算机一直没有得到广泛应用。

1968年美国最大的汽车制造商——通用汽车公司(GM)为了适应汽车型号不断更新的需要,想寻找一种方法,尽可能减少重新设计继电器控制系统和接线的工作量、降低成本、缩短周期,于是设想把计算机功能的完备性、灵活性和通用性好等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便和价格便宜等优点结合起来,制造一种新型的工业控制装置,为此,GM公司提出了10条技术指标,并在社会上公开招标。这10条技术指标是:

- 1) 编程简单,可在现场修改程序。
- 2) 维护方便,最好是插件式。

- 3) 可靠性高于继电器控制柜。
- 4) 体积小于继电器控制柜。
- 5) 可将数据直接送入管理计算机。
- 6) 在成本上可与继电器控制柜竞争。
- 7) 输入电压可以是交流 115V。
- 8) 输出能力为交流 115V/2A 以上, 能直接驱动电磁阀。
- 9) 在扩展时, 原有系统只要很小变更。
- 10) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

这就是著名的 GM10 条, 这实际上为未来的可编程序控制器勾画出了一个基本的轮廓。1969 年美国数字设备公司 (DEC) 根据招标要求, 研制出了世界上第 1 台可编程序控制器, 并在 GM 公司汽车生产线上首次应用成功。当时人们把它称为可编程序逻辑控制器, 简称 PLC, 只是用它来取代继电器控制, 仅具备逻辑控制、定时和计数等功能。随着电子技术和计算机技术的发展, 20 世纪 70 年代中期出现了微型计算机, 微机技术被应用到 PLC 中, 使得 PLC 不仅具有逻辑控制的功能, 而且还增加了运算、数据传送和处理等功能, 成为具有计算机功能的工业控制装置。

1980 年美国电气制造商协会 (NEMA) 正式将其命名为可编程序控制器 (Programmable Controller, PC)。现在人们普遍称可编程序控制器为 PLC, 而不是 PC, 是为了避免与广泛使用的个人计算机的简称 PC 相混淆。

国际电工委员会 (IEC) 于 1982 年 11 月和 1985 年 1 月颁布了可编程序控制器标准第 1 稿和第 2 稿, 对可编程序控制器作了如下的定义: “可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的命令, 并通过数字式和模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备, 都应按易于与工业控制系统连成一个整体、易于扩充功能的原则而设计。”

总之, 可编程序控制器是一台计算机, 是专为工业环境应用而设计制造的计算机。它具有丰富的 I/O 接口, 并且具有较强的驱动能力。可编程序控制器产品并不是针对某一具体工业应用, 其灵活、标准的配置能够适应工业上的各种控制。在实际应用时, 其硬件可根据需要选用配置, 其软件则需要根据控制要求进行设计。

2. 可编程序控制器的发展趋势 目前, 为了适应大中小型企业不同需要, 进一步扩大 PLC 在工业自动化领域的应用范围, PLC 正朝着以下几个方向发展:

1) 向高速度、大存储容量方向发展。为提高处理能力, 要求 PLC 具有更快的响应速度和更大的存储容量。目前, 大中型 PLC 的扫描速度每千步可达 0.2ms 左右, 各大公司都把 PLC 的扫描速度作为一个很重要的竞争指标。

PLC 可采用如下方法加快处理速度: 全面使用 64bit RISC 芯片, 多 CPU 并行处理、分时处理、分任务处理或分级处理, 各种模块智能化, 部分系统程序用门阵列电路固化技术, 这样可使 CPU 处理速度达到纳秒级。在存储容量方面, 目前大型 PLC 是几十万字节, 最高可达几兆字节。如 A-B 公司的 PLC-3 的容量为 2MB, 存储容量的提高为大规模系统的设计提供了条件。

2) 向多品种和提高可靠性方向发展。目前, 中小型 PLC 比较普遍, 为适应市场的多种

需要,今后 PLC 要向多品种方向发展,特别是向超大型和超小型 2 个方向发展。目前,开关量 I/O 点数达到 8192 点的大型 PLC 已比较多,为适应大规模控制系统的需要,I/O 点数还在增加。考虑到分散控制的思想,这种扩大将受到一定的限制。目前,小型 PLC 应用很普遍,超小型 PLC 的需要日趋增多。据报道,美国机床行业采用的超小型 PLC 几乎占 PLC 市场的 1/4。超小型、微型 PLC (仅有几个 I/O 点)在机电一体化产品中将有大有用武之地。为提高系统的可靠性,除了提高半导体器件的可靠性外,PLC 将在硬件上采用多个 CPU 冗余技术,软件上将开发出更加高级的诊断程序和纠错软件。

3) 产品更加规范化、标准化。用户将促使生产厂家把 PLC 做成兼容产品,至少 PLC 的基本部件技术规格、I/O 模块、接线端子以及通信协议将规范化、标准化,且能相互兼容。在 PLC 系统结构不断发展的同时,编程软件也在不断发展。在实际应用中,PLC 的编程语言主要有梯形图语言、顺序功能图语言、模仿过程流程的功能块语言和高级语言(如 BASIC 语言和 C 语言等)等。

未来的 PLC 编程工具和编程语言将规范化、标准化,且能相互兼容。用户将不需要编写应用程序,多种应用程序已由生产厂家固化在存储器中,它将是一种声像文并茂、组态式、菜单式的程序。

4) 发展分散型/智能型 I/O 系统,发展与现场总线兼容的 I/O 系统。目前,控制系统向集成化发展,特别是 EIC (电、仪、计算机)控制集成系统。PLC 也在向集成化发展,与功能集成同步发展的是智能 I/O 和分散控制。分散型 I/O 子系统的特点是通过双绞线或同轴电缆与 CPU 高速通信(通过通信网络,一般速率为 1~2Mbit/s);智能 I/O 是以微处理器及程序、数据存储器为基础的功能部件,安装在远程 I/O 机柜内,可连接自己的操作员接口,局部操作员接口可访问所有回路。现场总线也是 PLC 发展的重要方向,现场总线是以开放的、独立的、全数字化的双向多变量通信标准代替现场仪表标准,更主要的是将多层自动化控制系统的任务下移。由于控制功能下移,即使主机 CPU 有故障,现场仪表仍能继续工作。现场总线的基础结构是各种标准功能块,执行数据采集、运算、控制和输出。功能块具有预定义的算法,数据库通过通信存取和组态来装载,用户层定义了功能块的集合,并体现功能块的兼容性和互换性。控制系统结构的设计通常是通过连接各种不同的功能块实现的。由现场总线及其 I/O 器件为主构成的彻底分散式控制系统,将成为自动控制系统的主流。

5) 加强联网和通信的能力。加强 PLC 联网与通信能力是现代 PLC 技术进步的潮流。PLC 的联网和通信可分为 2 类:一类是 PLC 之间的联网通信,各 PLC 制造厂都有自己专有的联网手段;另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信,一般 PLC 都有用于与计算机通信的通信模块,在网络中有通用的通信标准,否则在一个网络里不能连接许多厂商的产品。标准通信网络和专用通信网络在一段时间内会共存,过渡时期的办法是采取兼容措施。标准通信网络的开发是未来的方向。

6) 控制的开放和模块化的体系结构。控制的开放和模块化的体系结构 (Open Modular Architecture for Control, OMAC) 是由美国的 GM、Ford、Chrysler 三大汽车公司最近联合提出的,他们一致认为,制造工业强烈要求降低控制系统的成本,提高其安全性、灵活性、可联网性,简化维修和培训。对于 OMAC 中控制器和模块的概念,他们建议采用个人计算机作为控制器,而开放性的获得在很大程度上依赖于软件,而不是硬件。目前,美国和日本都已开始这一研究。到目前为止,OMAC 还是一种构想,还处于起步阶段,但完善后的 OMAC

系统必将成为现代控制系统的未来。

1.1.2 可编程序控制器的主要应用领域

PLC 在工业自动化领域起着举足轻重的作用，在国内外已广泛应用于机械、冶金、石油、化工、轻工、纺织、电力、电子、食品和交通等行业。实践证明，80% 以上的工业控制可以使用 PLC 来完成。在日本，由 8 个以上中间继电器组成的控制系统都已采用 PLC。如果按应用类型来划分，PLC 的应用大致可分为如下几个领域：

1. 开关量逻辑控制 PLC 最基本的功能是逻辑运算、定时和计数等，用于进行逻辑控制，可以取代传统的继电器控制。开关量逻辑控制是 PLC 最基本、最广泛的应用领域，既可用于单台设备的控制，又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、包装生产线和电镀流水线等。

2. 模拟量控制 模拟量（如电流、电压、温度和压力等）的大小是连续变化的，工业生产，特别是连续型生产过程，常要对这些物理量进行控制。

为了使可编程序控制器处理模拟量，必须实现模拟量和数字量之间的 A/D 转换及 D/A 转换。大中型 PLC 都有多路的模拟量输入输出和 PID 控制，甚至有的小型 PLC 也带有模拟量输入输出。因此，PLC 可以作为模拟量控制，用于过程控制。有的 PLC 还可以实现模糊控制。

3. 运动控制 PLC 可以用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说，早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构，现在一般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。世界上各 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能，广泛应用于机械、机床、机器人和电梯等各种场合。

4. 监控系统 用 PLC 可以构成监控系统，进行数据采集和处理，监控生产过程。

5. 分布控制系统 随着计算机控制技术的发展，国外正兴起工厂自动化（FA）网络系统。较高档次的 PLC 都有联网功能，通过联网可以将 PLC 与 PLC、PLC 与上位机（Host Computer）连接起来，构成多级分布式控制系统。

借助 PLC 控制系统进行生产的工业是非常多的，由于 PLC 可满足绝大多数应用的需要，所以它受到广泛地欢迎。为了适应广泛的应用领域，PLC 在其设计上具有很好的灵活性及多样性，使它成为了一种“万能钥匙”式的控制设备。但是对 PLC 的实际选择、完善及使用，可能会给不熟悉 PLC 的人们带来一些困难。在 PLC 控制系统的应用中需要重点考虑的问题有：

- 1) PLC 的价格。
- 2) PLC 能否满足应用领域的需要。
- 3) 操作及维护人员是否欢迎。
- 4) PLC 将来能否扩展。
- 5) 维修是否简单。

另外，PLC 的应用推广还取决于如下几个方面：

- 1) 所投资的是否为最先进的技术。
- 2) 推荐的系统是否为所配备设备的最佳配置。
- 3) PLC 是否会带来高效率及生产效益。

人们常说，PLC 的应用范围是无限的，仅受设计者想象能力的限制，即“只有想不到，

没有做不到”。需要注意的是，PLC 只是一种功能有限的专用机器，PLC 并不能解决所有工业、商业上的控制问题，例如，PLC 虽然能完成 PID 调节功能，但还有其他类型的更有效满足较大系统需要而设计的专用过程控制器；虽然在 PLC 的控制下，可高精度地加工材料和部件，但是，许多计算机数控系统（CNC）的设计却更为经济，具有更高的速度和效率。PLC 的正确应用，要求它最终的结果应是获得所期望的最佳经济效益。

1.1.3 可编程序控制器的主要特点

(1) 可靠性高，抗干扰能力强。用 PLC 实现对系统的控制是非常可靠的，这是因为 PLC 在硬件与软件 2 个方面都采取了很多措施，确保它能可靠工作。

1) 在硬件方面采取的主要措施有 PLC 的 I/O 电路与内部 CPU 采用光电隔离，其信息靠光耦器件或电磁器件传递。而且，CPU 还采取了抗电磁干扰的屏蔽措施，以确保 PLC 程序的运行不受外界电与磁的干扰，正常工作。

PLC 使用的元器件多为无触点的、高度集成的，而且数量并不太多，为其可靠工作提供了物质基础。

在机械结构设计与制造工艺方面，为使 PLC 能安全、可靠地工作，也采取了很多措施，以确保 PLC 耐振动、耐冲击。使用 PLC 的环境温度可高达 50℃，有的 PLC 的环境温度可高达 100℃。

有的 PLC 模块可热备，一个模块工作，另一个模块也运转，但不参与控制，仅作备份，一旦工作模块出现故障，热备的模块可自动接替其工作。

2) 在软件方面采取的主要措施有设置故障检测与诊断程序，每次扫描都对系统状态、用户程序、工作环境和故障进行检测与诊断，发现出错后，立即自动作出相应的处理，如报警、保护数据和封锁输出等；对用户程序及动态数据进行电池后备，以保障停电后有关状态及信息不会因此而丢失。

(2) 编程简单，使用方便。PLC 最常用的编程语言是梯形图语言，梯形图与继电器原理图相类似，这种编程语言形象直观，容易掌握，不需要专门的计算机知识，便于广大现场工程技术人员掌握。当生产流程需要改变时，可以现场改变程序，使用方便、灵活。在大型 PLC 中还有 BASIC 等高级编程语言，以便满足各种不同控制对象和不同使用人员的需要。但应当指出的是，为了更灵活地使用 PLC，充分发挥 PLC 的功能（尤其是大中型 PLC），PLC 的应用软件设计人员需要较深入地掌握计算机硬件及继电器-接触器控制系统的知识。

PLC 的接线极其方便，只需将产生输入信号的设备（如按钮、开关）与 PLC 的输入端子连接，将接收输出信号的被控设备（如接触器和电磁阀等）与 PLC 的输出端子连接，仅用螺钉旋具即可完成全部接线工作。

(3) 功能完善，适应性强。各 PLC 生产厂家都有各种系列化产品和各种模块供用户选择，用户可以根据被控对象的规模和控制要求，选择合适的 PLC 产品，组成所需要的控制系统。在进行应用设计时，一般不需要用户制作任何附加装置，从而能使设计工作简化。

(4) 体积小、结构紧凑、安装及维护方便。PLC 体积小、重量轻，便于安装。PLC 的安装和现场接线简便，可以按积木方式扩充和删减其系统规模。由于它的逻辑、控制功能是通过软件完成的，因此允许设计人员在没有购买硬件设备前就进行“软接线”工作，从而缩短设计、生产、调试周期，节省研制经费。PLC 还具有自诊断、故障报警及故障种类显示

功能，便于操作和维修人员检查，可以通过更换模块插件迅速排除故障。另外，PLC 的结构紧凑，它与被控对象的硬件连接方式简单，接线少，便于维护。

1.1.4 可编程序控制器的分类

PLC 一般可按 I/O 点数和结构形式分类。

1. 按 I/O 点数及内存容量分类

- 1) 微型机。I/O 点数小于 64 点，内存容量为 256B ~ 1KB。
- 2) 小型机。I/O 点数为 65 ~ 128，内存容量为 1 ~ 3.6KB。
- 3) 中型机。I/O 点数为 129 ~ 512，内存容量为 3.6 ~ 13KB。
- 4) 大型机。I/O 点数为 513 ~ 896，内存容量为 13 KB 以上。
- 5) 超大型机。I/O 点数在 896 以上，内存容量在 13 KB 以上。

以上划分不包括模拟量 I/O 点数，且划分界限不是固定不变的。

2. 按结构形式分类

1) 整体式 PLC。整体式又称单元式或箱体式。整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 部件都集中装在一个机箱内，其结构紧凑、体积小、价格低，一般小型 PLC 采用这种结构。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 部件和电源，扩展单元内只有 I/O 部件和电源。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆直接连接。整体式 PLC 一般配有特殊功能单元，如模拟量单元、模糊控制单元和位置控制单元等，使 PLC 的功能得以扩展。

2) 模块式 PLC。模块式结构是将 PLC 各部分分成若干个单独的模块，如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块（有的包含在 CPU 模块中）等各种功能模块。模块式 PLC 由框架和各种模块组成，模块插在插座上。有的 PLC 没有框架，各种模块安装在底板上。模块式结构配置灵活、装配方便，便于扩展和维修。一般大、中型 PLC 采用模块式结构，有的小型 PLC 也采用这种结构。有的 PLC 将整体式和模块式结合起来，称为叠装式 PLC。它除基本单元和扩展单元外，还有扩展模块和特殊功能模块，配置比较灵活。

1.2 可编程序控制器的工作原理与编程语言

1.2.1 可编程序控制器的基本结构

世界各国生产的可编程序控制器外观各异，但作为工业计算机，其硬件结构都大体相同。主要由中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、I/O 接口、电源及编程设备几大部分构成。PLC 的硬件结构框图如图 1-1 所示。

中央处理器（CPU）是 PLC 的核心，它在系统程序的控制下完成逻辑运算、数学运算、协调系统内部各部分工作等任务；存储器是用来存放系统程序、用户程序及数据的单元；I/O 接口是 CPU 与现场 I/O 设备或其他外设的桥梁，输入接口用于采集工作现场信号，输出接口用于输出信号，控制现场执行部件；电源包括为 PLC 各工作单元供电的开关电源及为掉电保护电路供电的后备电源，后者一般为电池；编程器是 PLC 最重要的外围设备，也是 PLC 不可缺少的一部分。它不仅可以写入用户程序，还可以对用户程序进行检查、修改和调试，以及在线监视 PLC 的工作状态。编程器通过接口与 CPU 联系，完成人机对话。PLC 的基本硬件组成将在第 2 章中详细介绍。

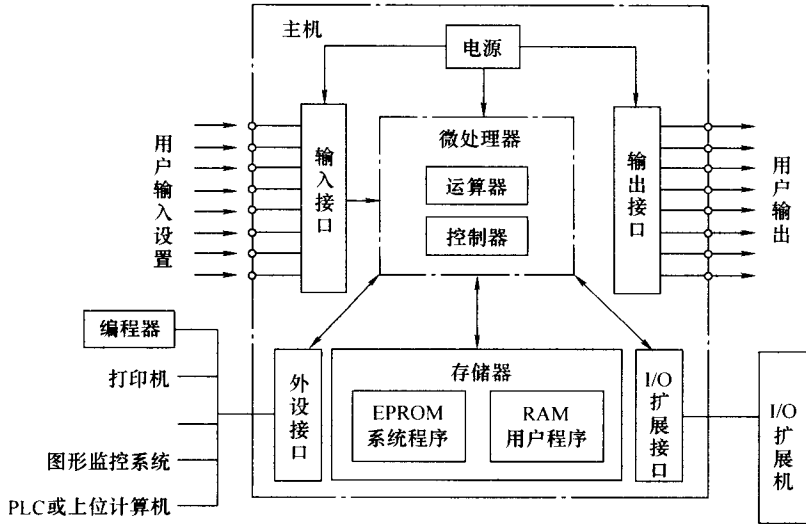


图 1-1 PLC 的硬件结构框图

1.2.2 可编程控制器的工作原理

1. PLC 实现控制的要点 I/O 信息变换和可靠物理实现可以说是 PLC 实现控制的 2 个基本要点。

I/O 信息变换靠运行存储在 PLC 内存中的程序实现。PLC 程序既有生产厂家的系统程序，又有用户自行开发的应用（用户）程序。系统程序提供运行平台，同时，还为 PLC 程序可靠运行及信号与信息转换进行必要的公共处理；用户程序由用户按控制要求设计，什么样的控制要求，就应有什么样的用户程序。

可靠物理实现主要靠 I/O 接口电路。PLC 的 I/O 接口电路都是专门设计的。输入接口电路要对输入信号进行滤波，以去掉高频干扰。而且与内部计算机电路在电上是隔离的，靠光耦元件建立联系；输出接口电路内外也是电隔离的，靠光耦元件或输出继电器建立联系。输出接口电路还要进行功率放大，以带动一般的工业控制元器件，如电磁阀和接触器等等。输入接口电路时刻监视着输入状况，并将其暂存于输入暂存器中，每一输入点都有一个对应的存储其信息的暂存器。输出接口电路要把输出锁存器的信息传送给输出点，输出锁存器与输出点也是一一对应的。

这里的输入暂存器及输出锁存器实际就是 PLC 处理 I/O 接口的寄存器。它们通过计算机总线与计算机内存交换信息，并主要由运行系统程序实现，把输入暂存器的信息读到 PLC 的内存中，称为输入刷新。PLC 内存有专门开辟的存放输入信息的映射区，这个区的每一对应位称之为输入继电器。这些位置成“1”，表示接点通；置成“0”，表示接点断。由于它的状态是由输入刷新得到的，所以它反映的就是输入状态。

输出锁存器与 PLC 内存中的输出映射区也是对应的，一个输出锁存器也有一个内存位与其对应，这个位称为输出继电器。靠运行系统程序，输出继电器的状态映射到输出锁存器，这个映射过程也称为输出刷新。

图 1-2 所示对以上叙述作了说明。其中，框图代表信息存储的地点，箭头代表信息流向

及实现信息流动的手段。图 1-2 反映了 PLC 实现控制的 2 个基本要点，同时也反映了 PLC 中信息的空间关系。

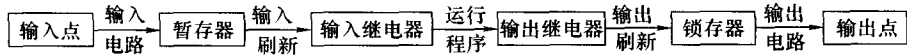


图 1-2 PLC 中信息的空间关系

2. PLC 实现控制的过程 可编程序控制器是一种工业控制计算机，其核心就是一台计算机，但由于有接口器件及监控软件的包围，其外型不像计算机，操作使用方法、编程语言甚至工作原理都与计算机有所不同。另一方面，作为继电-接触器控制盘的替代物，由于其核心为计算机芯片，因此与继电器控制逻辑的工作原理有很大区别，我们通过一个电路实例进行说明。

例 1 有 2 个开关 X1、X2，其中任何一个接通都将立即点亮红灯，2s 后点亮绿灯。

为解决以上问题，我们选用 2 个按钮、2 个继电器及 1 个具有延时 2s 后闭合触点的时间继电器，构成如图 1-3 所示的电路。

继电器电路工作过程：当按钮开关 X1 或 X2 任一按钮按下后，线圈 Y1 接通，其触点同时接通，时间继电器线圈 T 开始计时。此时，时间继电器 T 的触点因时间未到而未接通。一旦时间到，时间继电器 T 触点接通，则线圈 Y2 接通，同时 Y2 触点接通，整个过程完成。

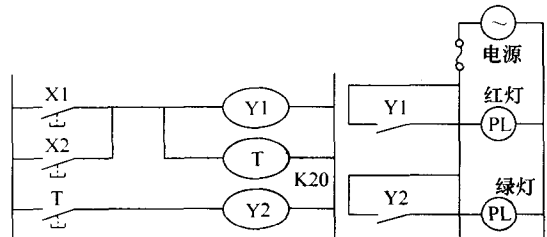


图 1-3 例 1 图

可编程序控制器的工作过程：先读入按钮开关 X1、X2 触点信息，然后对其状态进行逻辑运算，若逻辑条件满足，则线圈 Y1 接通，此时 Y1 的外触点接通，外电路形成回路，红灯亮；在定时时间未到时，时间继电器 T 触点接通的条件不满足，因此线圈 Y2 不通电，绿灯不亮。在时间继电器 T 的设定时间到达后，线圈 Y2 才接通，其触点接通，绿灯亮。

由例 1 可见，整个工作过程需要读入开关状态、逻辑运算、输出运算结果共 3 步。输入的是给定量或反馈量，输出的是被控量。因为计算机每一瞬间只能做一件事，因此 PLC 实现控制的过程一般是输入处理→运行用户程序→输出处理→再输入处理……，永不停止地循环反复地进行。这种工作方式称为扫描工作方式，从输入到输出的整个执行时间称为扫描周期。

实际的 PLC 工作过程还要复杂些。除了 I/O 刷新及运行用户程序外，还要做些公共处理工作。公共处理工作有：循环时间监控、外设服务及通信处理等。

循环时间监控的目的是避免“死循环”，避免程序反复不断地重复执行，办法是用“看门狗”，当循环超时，它就报警，并作相应处理。

外设服务是让 PLC 可接受编程器对它的操作，或通过接口向输出设备（如打印机）输出数据。

通信处理是实现 PLC 与 PLC，或 PLC 与计算机，或 PLC 与其他工业控制装置或智能部件间信息交换的，这也是增强 PLC 控制能力的需要。

此外，如同普通计算机一样，PLC 通电后，也要作系统自检及内存的初始化工作，为 PLC 的正常运行提供保证。

3. PLC 的工作过程 可编程序控制器的工作过程如图 1-4 所示。

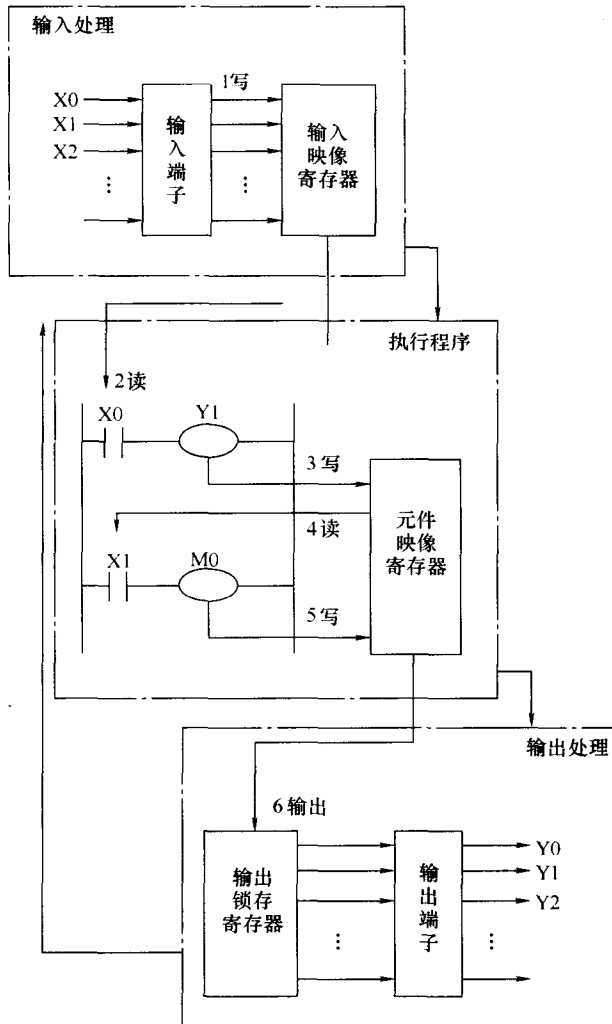


图 1-4 PLC 的工作过程

(1) 输入处理。程序执行前，PLC 将全部输入端子的通/断状态写入输入映像寄存器。在程序执行中，即使输入状态变化，输入映像寄存器的内容也不变，直到下一个扫描周期的输入处理阶段才读入这些变化。另外，输入触点从通（ON）到断（OFF）变化到处于确定状态止，输入滤波器还有响应延迟时间（约 10ms）。

(2) 程序处理。对应用户程序存储器所存的指令，从输入映像寄存器和其他软元件的映像寄存器中将有关软元件的通/断状态读出，从 0 步开始顺序运算，每次运算结果都写入有关的映像寄存器，因此，各软元件的内容随着程序的执行在不断变化。输出继电器的内部触点的动作由输出映像寄存器的内容决定。

(3) 输出处理。全部指令执行完毕，将输出映像寄存器的通/断状态向输出锁存寄存器

传送, 成为 PLC 的实际输出。PLC 内的外部输出触点对输出软元件的动作有一个响应时间, 即要有一个延迟才动作。

1.2.3 可编程序控制器的编程语言

PLC 是一种工业控制计算机, 不仅有硬件, 软件也必不可少。一提到软件, 就必然和编程语言相联系。不同厂家, 甚至不同型号的 PLC 的编程语言只能适应自己的产品。目前 PLC 常用的编程语言主要有梯形图编程语言、指令语句表编程语言、功能图编程语言和高级编程功能语言等。

梯形图编程语言形象直观, 类似于电气控制系统中继电器-接触器控制系统电路图, 逻辑关系明显; 指令语句表编程语言虽然不如梯形图编程语言直观, 但有键入方便的优点; 功能图编程语言和高级编程语言需要比较多的硬件设备。

1. 梯形图编程语言 (LAD) 该语言习惯上称为梯形图。梯形图沿袭了继电器-接触器控制电路的形式, 也可以说, 梯形图编程语言是在电气控制系统中常用的继电器-接触器逻辑控制电路的基础上演变而来的, 形象、直观、实用, 电气技术人员容易接受, 是目前用得最多的一种 PLC 编程语言。

具有自锁功能的继电器-接触器控制电路图及其对应的 PLC 梯形图如图 1-5 所示。

由图 1-5 可见两种控制电路逻辑含义是一样的, 但具体表达方法却有本质区别。PLC 梯形图中的继电器、定时器、计数器不是物理继电器、定时器和计数器, 实际上是存储器中的存储位, 因此称为软元件。相应位为“1”状态, 表示继电器线圈通电, 其常开触点闭合、常闭触点断开。

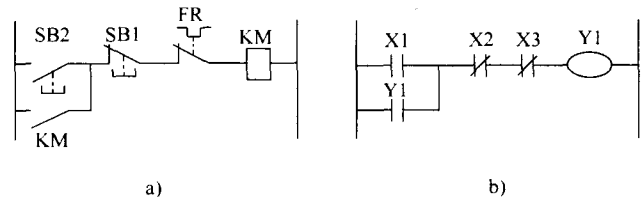


图 1-5 具有自锁功能的继电器-接触器控制电路及其对应的 PLC 梯形图

a) 继电器-接触器控制电路 b) PLC 梯形图

PLC 的梯形图是形象化的编程语言, 梯形图左右两端的母线是不接任何电源的。梯形图中并没有真实的物理电流流动, 而仅仅是概念电流 (虚电流), 或称为假想电流。把 PLC 梯形图中左边母线假想为电源相线, 而把右边母线假想为电源零线, 假想电流只能从左向右流动, 层次改变只能先上后下。假想电流是执行用户程序时满足输出执行条件的形象理解。

PLC 梯形图中每个网络由多个梯级组成, 每个梯级由一个或多个支路组成, 并由一个输出元件构成, 但右边的元件必须是输出元件。例如, 图 1-5b 中的梯形图由一个梯级组成, 梯形图有 4 个编程元件 (X1、X2、X3 和 Y1), 最右边的 Y1 是输出元件。

梯形图中每个编程元件应按一定的规则加标字母数字串, 称为编程元件编号, 不同编程元件常用不同的字母符号和一定的数字串来表示, 不同厂家的 PLC 使用的符号和数字串往往是不一样的。

2. 指令语句表编程语言 (STL) 这种编程语言是一种与计算机汇编语言相类似的助记符编程方式, 用一系列操作指令组成的语句表将控制流程描述出来, 并通过编程器送到 PLC 中去。需要指出的是, 不同厂家的 PLC 指令语句表使用的助记符并不相同, 因此, 一个相同功能的梯形图, 书写的语句表并不相同。表 1-1 是三菱 FX 系列 PLC 指令语句完成图 1-5b 功能所编写的程序。