



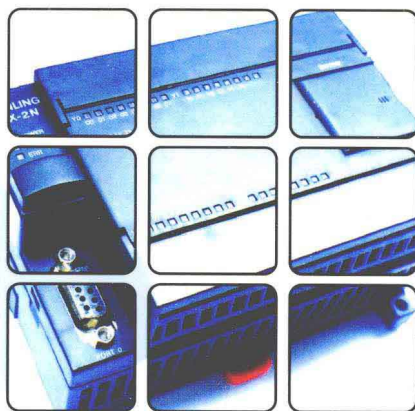
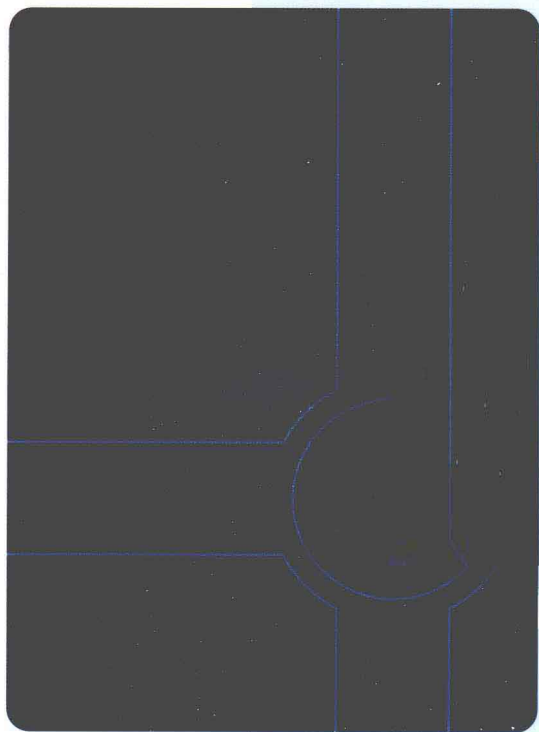
全国高等院校应用型规划教材·机械机电类

可编程控制器原理及应用教程

张鹤鸣 刘耀元 张辉先 主编

KEBIANCHENG KONGZHIQI YUANLI JI YINGYONG JIAOCHENG

(第二版)



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国高等院校应用型规划教材·机械机电类

可编程控制器原理及应用教程 (第二版)

主 编 张鹤鸣 刘耀元 张辉先
副主编 胡 花 朱海燕



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书从生产实际与工程应用角度出发,选择技术较为新颖、成熟的三菱 FX_{2N} 系列 PLC 作为对象编写本教材,重在培养学生掌握基本原理、分析方法、实用技术,以及系统初步设计能力。书中系统性介绍了可编程控制器的基础知识,三菱 FX_{2N} 的基本指令,步进顺控指令及状态编程方法,功能指令及其应用,PLC 系统设计,PLC 的工程应用技术,以及 PLC 实验、三菱编程软件及编程实验。

教材特点:立足于新颖性、实践性、应用性、创新性。可作为高等学校机电类、自动化类及电类专业的本科、专科的教材,也可作为工程技术人员的培训教材及应用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用教程/张鹤鸣,刘耀元,张辉先主编. —2 版. —北京:北京大学出版社,2011.3

(全国高等院校应用型规划教材·机械机电类)

ISBN 978-7-301-18544-5

I. ①可… II. ①张…②刘…③张… III. ①可编程序控制器—高等学校—教材
IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 022168 号

书 名: 可编程控制器原理及应用教程 (第二版)

著作责任者: 张鹤鸣 刘耀元 张辉先 主编

策 划 编 辑: 李 玥

责 任 编 辑: 李 玥

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-18544-5/TP·1156

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765126 出版部 62754962

电 子 信 箱: zyjy@pup.cn

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 498 千字

2007 年 2 月第 1 版 2011 年 3 月第 2 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

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

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

第二版前言

本书第一版出版后得到广大读者的关心和支持,提供了许多宝贵意见和建议,在此表示深深的感谢。

为满足广大读者对教材“少而精”的要求,增强本科学生对 PLC 学习的理解和趣味性,突出理论思路 and 理论应用,第二版在保留原版新颖性、实践性、应用性、创新性的基础上,做了较大幅度的更改。突出重点内容,删去不易理解的、烦琐的内容,增加了工程应用技术,加强了设计能力和实践能力的培养。

本书分为 7 章。第 1 章介绍了可编程控制器基础知识,包括可编程控制器的定义、特点和发展趋势;硬件组成、软件和编程语言以及工作原理;三菱 FX_{2N} 性能简介及内部编程软元件。第 2 章介绍了 FX_{2N} 基本指令,重在基本指令的理解和应用。第 3 章介绍了 FX_{2N} 步进顺控指令及状态编程法,介绍步进顺控指令及 SFC 图, SFC 图编程规则和注意事项,单流程、多流程的 SFC 图编程方法,非状态元件实现状态编程。重点在于方法思路的理解和应用。第 4 章介绍了 FX_{2N} 功能指令及编程方法,包括功能指令的表达形式、含义和分类;传送与比较类、算术及逻辑运算类、循环与移位类、数据处理类、程序控制类共 5 类常用功能指令。重点在于理解数据结构和应用。第 5 章介绍了 PLC 系统设计,包括 PLC 系统设计的内容与步骤,硬件设计和软件设计,工程应用设计举例 4 个。第 6 章介绍了 PLC 的工程应用技术,包括 PLC 的外围 I/O 接口技术,模拟量控制,通信技术,人机界面,工控组态软件和 PLC 控制变频调速技术。第 7 章介绍了 PLC 实验与实训指导,包括三菱 GX-DEVELOPER-8.52 编程软件的使用, PLC 实验指导,触摸屏和编程软件应用实验。

本书按 60 个授课学时编写,实验与实训 20 个学时,可作为高等院校机电类、自动化类及电类专业的本科教材和专科教材使用,也可作为工程技术人员的应用参考书。

本书由张鹤鸣、刘耀元、张辉先主编,胡花、朱海燕副主编。参加编写的具体分工如下:第 1 章、第 2 章、5.3 节、6.4 节、7.2 节由刘耀元编写;第 3 章、第 4 章、5.5 节、5.6 节、6.6 节由张鹤鸣编写;5.1 节、5.2 节、5.4 节由朱海燕编写;6.1 节、6.2 节和 6.3 节由胡花编写;6.5 节、7.1 节、7.3 节由张辉先编写;附录由金宝熠编写,全书插图由周富霞、高鹏绘制。全书由张鹤鸣负责审稿。

本书在编写过程中,得到了三菱电机自动化(中国)公司技术部杨弟平工程师和徐世廷教授的大力支持,在此深表谢意。由于时间有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。编者电子信箱: hongduhe@hotmail.com。

编 者

2010 年 12 月

第一版前言

21 世纪以来,可编程控制器技术迅猛发展,各生产厂家不断推出许多功能强大的新型 PLC 产品和各种特殊功能模块与通信联网器件。当今的 PLC 作为集微机技术、自动化技术与通信技术于一体的工业控制通用机,其应用几乎遍及工业生产的各个领域。

为主动适应社会发展的需要,立足于新世纪高等学校人才培养的目标和方向,突出应用性、针对性,以及加强对学生实践能力的培养。本书选择技术较为新颖、成熟的三菱 FX_{2N} 系列 PLC 作为对象编写本教材,重在培养学生掌握基本原理和编程实用技术以及系统初步设计能力。教材特点:立足于新颖性(介绍较新技术产品)、实践性(较大篇幅介绍指令的实际应用训练)、应用性(书中大量列举各种应用例题、方法、思考题与练习题)、创新性(重在介绍理论的思路和方法要点)。

全书按 60 授课学时编写,实验与实训 20 学时,可作为高等学校机电类、自动化类及电类专业的本、专科专业教材使用,也可作为工程技术人员的应用参考书。

本书由张鹤鸣、刘耀元主编,胡花、朱海燕、张俊华、胡民山副主编。参加编写的具体分工如下:第 1 章、第 12.1 节由刘昌旭编写,第 2、第 3 章由邹小莲编写,第 4 章、第 12.2 节由刘耀元编写,第 5、第 6 章由张鹤鸣编写,第 7、第 8 章由胡花编写,第 9 章由张俊华编写,第 10 章由朱海燕编写,第 11 章由江海英编写,第 12.3 节由胡民山编写,附录由愈文编写。全书由张鹤鸣负责审稿。

本书在编写过程中,得到了郭纪林教授、罗中华高级技师的大力支持,在此深表谢意。由于时间紧、编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。编者电子信箱:ldg1239@sina.com。

编 者

2006 年 11 月

目 录

第 1 章 可编程控制器概述	1
1.1 可编程控制器的定义、特点及发展	1
1.2 PLC 的组成及工作原理	7
1.3 三菱 FX _{2N} 系列 PLC	19
1.4 习题与思考题	28
第 2 章 FX _{2N} 系列 PLC 的基本指令	30
2.1 指令概述	30
2.2 基本指令的功能及应用	31
2.3 梯形图的编程规则	39
2.4 常用基本环节的编程	41
2.5 梯形图程序设计方法	46
2.6 习题与思考题	60
第 3 章 FX _{2N} 系列 PLC 步进指令及状态编程法	64
3.1 FX _{2N} 系列 PLC 步进顺控指令及状态转移图	64
3.2 编制 SFC 图的规则和状态编程注意事项	71
3.3 多流程步进顺序控制编程方法	73
3.4 应用非状态元件实现状态编程	88
3.5 习题与思考题	90
第 4 章 FX _{2N} 系列 PLC 功能指令及编程方法	94
4.1 功能指令的表示形式、含义及分类	94
4.2 传送、比较类功能指令及应用	98
4.3 算术及逻辑运算指令及应用	114
4.4 循环与移位指令及其应用	122
4.5 数据处理指令及其应用	131
4.6 程序控制类指令及应用	137
4.7 习题与思考题	152
第 5 章 可编程序控制系统设计及应用举例	155
5.1 PLC 控制系统设计的内容及步骤	155
5.2 PLC 控制系统硬件设计和软件设计	159
5.3 两种液体混合装置的 PLC 控制	167
5.4 组合机床的 PLC 控制	170
5.5 随动控制系统的 PLC 控制	176
5.6 气动机械手的 PLC 控制	179



5.7 习题与思考题	185
第6章 PLC 的工程应用技术	187
6.1 PLC 外围 I/O 接口	187
6.2 PLC 模拟量控制	191
6.3 PLC 通信技术	209
6.4 PLC 的人机界面	223
6.5 工控组态软件 MCGS 嵌入版	243
6.6 PLC 控制变频调速技术的应用	257
6.7 习题与思考题	271
第7章 PLC 的实验与实训指导	272
7.1 三菱 GX-DEVELOPER-8.52 编程软件的使用	272
7.2 PLC 实验指导	285
7.3 触摸屏与 GX Developer 8.52 编程软件的应用实验	298
附录一 FX_{2N} 可编程控制器特殊元件编号及名称检索	303
附录二 FX_{2N} 功能指令顺序排列	315
参考文献	318



第 1 章 可编程控制器概述

【内容提要】 本章主要讲述可编程控制器的定义、特点、发展趋势, PLC 工作原理及 FX_{2N} 系列 PLC 的组成和内部资源。

1.1 可编程控制器的定义、特点及发展

1.1.1 PLC 的定义

可编程控制器是一种专为工业环境下应用而设计的, 以微处理芯片为核心的新型工业控制装置。

在可编程控制器出现以前, 继电-接触器控制在工业电气控制中占主导地位。但是, 继电-接触器控制系统是靠硬连线逻辑构成系统, 接线复杂, 对生产工艺变化的适应性差, 体积大、可靠性低、查找故障困难。20 世纪 60 年代末, 美国最大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, 希望寻找一种方法, 尽可能减少重新设计系统和接线的工作量、降低成本。设想把计算机的功能完备、灵活性和通用性强等优点和继电-接触器控制系统的简单易懂、操作方便、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, 1968 年, 该公司公开招标。1969 年美国数字公司 (DEC) 根据招标的要求研制出了世界上第一台可编程控制器, 并在通用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控制器 (Programmable Logic Controller), 简称 PLC。

初期的 PLC 仅具备逻辑控制、定时、计数等功能, 只是用它来取代继电-接触器控制。随着微电子技术和计算机技术的发展。20 世纪 70 年代中期出现了微处理器和微型计算机, 微机技术被应用到 PLC 中, 使其不仅具有逻辑控制功能, 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控制器 (Programmable Controller)。

国际电工委员会 (IEC) 1985 年 1 月对可编程控制器作了如下定义: 可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为工业环境下应用而设计, 它采用可编程序的存储器, 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、模拟式的输入和输出, 控制各种类型的生产机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备都应易于与工业控制系统联成一体, 易于扩充功能的原则而设计。

由 PLC 的定义可以看出:

- (1) PLC 是为适应于各种较为恶劣的工业环境而设计;
- (2) PLC 具有计算机相似的结构, 是一种工业控制用计算机;



(3) PLC 必须在用户二次开发编程后方可使用。

由于可编程控制器具备计算机技术的特点，有人简称 PC，但为了与个人计算机（Personal Computer）区别，本书仍采用大多数人称，仍将其简称为 PLC（早期的名称）。

近年来，可编程控制器（PLC）技术迅猛发展，现已成为工业电气控制技术的主流。PLC、机器人、CAD/CAM 技术已成为工业自动化的三大支柱。其应用几乎遍及工业生产的各个领域。了解 PLC 的工作原理、具备设计、调试和维护 PLC 控制系统的能力，已成为现代工业对电气技术人员和工科学生的基本要求。

1.1.2 PLC 的特点及应用

1. PLC 的特点

PLC 得到如此广泛的应用，原因在于 PLC 有一系列受用户欢迎的特点。

(1) 高可靠性和强抗干扰能力

PLC 的硬件和软件采取下列抗干扰和提高可靠性措施。

① 用软件代替传统继电器控制系统中大量的中间继电器和时间继电器，只剩下与输入和输出有关的少量硬件，接线大大减少，使得因触点接触不良造成的故障大大减少；

② 所有的 I/O 接口电路均采用光电隔离，使工业现场的外电路与 PLC 内部电路之间电气上完全隔离；

③ 各输入端均采用 RC 滤波器、并采取屏蔽措施，对采用的器件进行严格的筛选，采用性能优良的开关电源；

④ 良好的自诊断功能，一旦电源或其他软、硬件发生异常情况，CPU 立即采用有效措施，以防止故障扩大；

⑤ 大型 PLC 还可以采用双 CPU 构成冗余系统或有 3 个 CPU 构成的表决系统，使可靠性进一步增强；

⑥ 在软件方面，采用故障检测和诊断程序等措施。

由于采用以上措施，PLC 具有很高的可靠性和很强的抗干扰能力，平均无故障间隔时间可达 4~5 万小时，使用寿命在 10 年以上，可直接用于有强烈干扰的工业生产现场并持续工作。

(2) 丰富的 I/O 接口模块

为了实现与生产过程控制中的各种工业现场设备的相互连接，PLC 设置有丰富的 I/O 接口模块，对各种不同的工业现场信号（交流或直流、开关量或模拟量、电压或电流、脉冲或电位、强电或弱电等），均设计有相应的 I/O 模块，使之可与工业现场的器件或设备（按钮、行程开关、接近开关、传感器及变送器、电磁线圈、控制阀等）直接连接。

另外，为了提高系统的操作灵活性，许多 PLC 还有多种人机界面；为了组成工业局部网络，还有多种通信联网的接口模块等。

(3) 灵活性好

为了适应各种工业控制需要，除了一些小型 PLC 以外，绝大多数 PLC 均采用模块化





结构。PLC 的各个部件,包括 CPU、电源、I/O 等均采用模块化设计,由机架及电缆将各模块连接起来,用户可根据系统的规模和功能的需要自行选择各种组合。

比传统的电气控制线路先进之处,PLC 为改进和修改原设备提供了极其方便的手段,通过修改或重新编写应用软件,就可以用一台 PLC 实现不同的控制功能。

(4) 编程简单易学

PLC 大多采用梯形图作为主要的编程语言。梯形图是一种面向用户的编程语言,它的表达方式类似于继电器控制系统电路图,具有形象直观、易学易懂的特点。

(5) 系统安装简单,维修方便

PLC 不需要专门的机房,可以在各种工业环境下直接运行。使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接,即可投入运行。

PLC 的各种模块上大多都有运行和故障指示装置,便于用户了解运行情况和查找故障。由于采用模块化结构,因此一旦某模块发生故障,用户可以通过更换模块的方法,使系统迅速恢复运行。

2. PLC 的应用

由于 PLC 自身的特点和优势,在工业控制中 PLC 已得了广泛应用,包括机械、冶金、化工、电力、运输、建筑等众多领域,应用范围也在不断扩大。PLC 主要的应用领域包括以下几个方面。

(1) 逻辑控制

逻辑控制是 PLC 最基本的应用,它可以取代传统的继电器控制装置,如机床电气控制、各种电动机控制等,可实现组合逻辑控制、定时控制和顺序逻辑控制等功能。PLC 的逻辑控制功能相当完善,可用于单机控制,也可用于多机群控制及自动生产线控制,其应用领域已遍及各行各业。

(2) 运动控制

PLC 使用专用的运动控制模块,可对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制,实现单轴、双轴和多轴位置控制,并使运动控制和顺序控制功能有机结合在一起。

PLC 的运动控制功能可用于各种机械,如金属切削机床、成型机械、机器人、电梯等场合,可方便地实现机械设备的自动化控制。

(3) 闭环过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过其模拟量 I/O 模块,及数据处理和数据运算等功能,实现对模拟量的闭环控制。

现代的大中型 PLC 一般都有 PID 闭环控制功能,这一功能可以用 PID 子程序或专用的 PID 模块来实现。

(4) 数据处理

现代 PLC 具有数学运算、数据传送、转换、排序和查表等功能,可以完成数据的采集、分析和处理等操作。这些数据可以与存储器中的参考值进行比较,也可以用通信功能传送到其他智能装置,或将它们打印制表。





数据处理功能一般用于大型系统，如无人柔性制造系统，也可以用于过程控制系统，如石油、化工、化纤、纺织、造纸、冶金、食品加工中的一些大型控制系统。

（5）通信联网

PLC 的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台 PLC 之间的通信、PLC 与其他智能设备（如计算机、变频器、数控装置等）之间的通信。PLC 与其他智能控制设备一起，可以组成“集中管理、分散控制”式控制系统。

当然，并不是所有的 PLC 都具有上述全部功能，一些小型 PLC 只具有上述的部分功能，但价格较低，而大型 PLC 具备的功能较为完善。

1.1.3 PLC 的发展趋势

1. 发展阶段

经过几十年的迅速发展，PLC 的功能越来越强大，应用范围也越来越广泛，其足迹已遍及国民经济的各个领域，形成了能够满足各种需要的 PLC 应用系统。从第一台 PLC 被制造出来，至今已发展到第四代，每代各具不同特点，如表 1-1 所示。

表 1-1 PLC 的发展阶段

年份	功能特点	应用范围
第一代 1969—1972	逻辑运算、定时、计数、中小规模集成电路 CPU、磁芯存储器	取代传统继电器-接触器控制
第二代 1973—1975	增加算术运算、数据处理功能，初步形成系列，可靠性进一步提高	能同时完成逻辑控制、模拟量控制
第三代 1976—1983	增加复杂数值运算和数值处理，远程 I/O 和通信功能，采用大规模集成电路，微处理器，加强自断、容错技术	适应大型复杂控制系统控制需要，并用于联网、通信、监控等场合
第四代 1983 至今	高速大容量多功能，采用 32 位微处理器，编程语言多样化，通信能力进一步完善，智能化功能模块齐全	构成分级网络控制系统，实现图像动态过程监控，模拟网络资源共享

2. 发展趋势

随着市场需求的不断提高，PLC 的发展体现出以下趋势。

（1）向小型化、微型化和大型化、多功能两个方向发展

PLC 的主要应用领域是自动化，不同的企业对自动化的要求、规模及投资数额都不相同，存在着不同层次的需求。因此，PLC 将朝着两个方向发展：一是向小型化、微型化的方向发展，以适应小型企业技术改造的需求，提供性能价格比更高的小型 PLC 控制系统；二是向大型化、多功能方向发展，为大、中型企业提供高水准的 PLC 控制系统。



其共同特点是,现代 PLC 的结构和功能块不断改进,产品更新换代周期越短,并不断地向高性能、高速度、高性能价格比方向发展。

(2) 过程控制功能不断增强

在 PLC 发展的初期,它只能完成开关量逻辑控制。随着 PLC 技术的发展,出现了模拟量 I/O 模块和专门用于模拟量闭环控制(过程控制)的智能 PID 模块。现代 PLC 的模拟量控制功能日益强大,除专门用于模拟量闭环控制(过程控制)的智能 PID 模块外,一些 PLC 还具有模糊控制、自适应控制和参数自整定功能,使调试时间减少,控制精度提高。在过程控制方面,已经很难分清 PLC 与工业控制计算机之间的界限。

(3) 大力开发智能型 I/O 模块

智能 I/O 模块是以微处理器和存储器为基础的功能部件,它们的 CPU 与 PLC 的 CPU 并行工作,占用主 CPU 的时间很少,有利于提高 PLC 的扫描速度。主要包括模拟量 I/O、高速计数输入、中断输入、运动控制、热电偶输入、条形码阅读器、多路 BCD 码输入/输出、模糊控制器、PID 回路控制、通信等模块。

智能 I/O 模块本身就是一个小的微型计算机系统,有很强的信息处理能力和控制功能,有的模块甚至可以自成系统,单独工作。它们可以完成 PLC 的主 CPU 难以兼顾的功能,简化某些控制领域的系统设计和编程,提高 PLC 的适应性和可靠性。

(4) 与个人计算机日益紧密结合

个人计算机的价格便宜,有很强的数据运算、处理和分析能力。目前,个人计算机主要用作 PLC 的编程器、操作站或人/机接口终端等。在工业控制现场,可以将 PLC 与加固型的工业计算机连接在同一网络上,这种网络价格低、用途广,已得到了广泛使用。

PLC 的计算机化,大型 PLC 具备个人计算机的功能,是另一发展趋势。这类 PLC 采用功能强大的微处理器和大容量的存储器,将逻辑控制、模拟量控制数学运算和通信功能紧密结合在一起。PLC 与个人计算机、工业控制计算机、分散控制系统在功能和应用方面互相渗透、互相融合,使控制系统的性能价格比不断提高。

(5) 编程语言趋向标准化

与个人计算机相比,PLC 的硬件、软件的体系结构是封闭的,而不是开放的。在硬件方面,各厂家的 CPU 模块和 I/O 模块互不通用,通信网络和通信协议往往也不是专用的。各厂家的 PLC 的编程语言和指令系统的功能和表达方式也不一致,有的甚至有相当大的差异,因此各厂家的 PLC 互不兼容。为了解决这一问题,IEC(国际电工委员会)制定了 PLC 标准 IEC1131,其中 IEC1131-3 中制定了编程语言的标准。

目前,已有越来越多的工控新品厂商推出了符合 IEC1131-3 标准的 PLC 指令系统或在个人计算机上运行的软件包,并提供多种编程语言供用户选择使用。一些公司已作出规划,准备以个人计算机为基础,在 Windows 平台上开发符合 IEC1131-3 标准的全新一代开放体系结构的 PLC。

(6) 通信与联网能力不断增强

PLC 的通信与联网功能可以使 PLC 与 PLC 之间、PLC 与个人计算机等式逻辑其他智能设备之间能够进行数字信息交换,形成一个统一的整体,实现分散控制与集中控制。现在,几乎所有的 PLC 产品都有通信联网功能,通过双绞线、同轴电缆或光纤,信息可



以传送到几十公里远的地方；通过 Modem 和互联网，可以使 PLC 与世界上其他地方的计算机装置进行通信。

目前，有的 PLC 使用专用的通信协议进行通信，或使用较多厂商支持的通信协议和通信标准，如现场总线。为了尽量减少用户在通信编程方面的负担，PLC 的通信功能日趋完善，使设备之间的通信能够自动周期性地地进行，不需要用户为通信编程，用户的工作只是在组成系统时做一些硬件或软件上初始化设置。

1.1.4 常用 PLC 简介

随着 PLC 市场的不断扩大，PLC 的生产已经发展成为一个庞大的产业，主要厂商集中在一些欧美国家及日本。美国与欧洲一些国家的 PLC 是在互相封闭的情况下发展起来的，产品有比较大的差异，日本则是在引进美国技术的基础上发展的。在中国工业控制设备市场上，欧美国家的大型 PLC 较多，而日本的则以高性价比的小型机居多。

1. 美国的 PLC

美国有 100 多家 PLC 厂商，著名的有 A-B 公司、通用电气（GE）公司、莫迪康（MODICON）公司、德州仪器（TI）公司、西屋公司等。其中 A-B 公司是美国最大的 PLC 制造商，产品约占美国 PLC 市场的一半。A-B 公司的主要产品为大、中机型。如 PLC-5 系列，为模块式结构，CPU 有 PLC-5/10、PLC-5/12、PLC-5/15、PLC-5/1125、PLC-5/11、PLC-5/20、PLC-5/30、PLC-5/40、PLC-5/60 等种类，最多可配置 5000 个 I/O 点。A-B 公司的小型机产品有 SLC500 系列等。

GE 公司的代表产品是 GE-I、GE-III、GE-VI 等系列，分别小型机、中型机及大型机，GE-VI/P 最多可配置 4000 个 I/O 点。德州仪器公司的小型机产品有 510、520 等，中型机有 5TI 等，大型 PLC 产品有 PM550、530、560、565 等系列。莫迪康公司生产 M84 系列小型机，M484 系列中型机，M584 系列大型机。M884 是增强型中型机，具有小型机的结构、大型机的控制功能。

2. 欧洲的 PLC

德国的西门子（SIEMENS）公司、AEG 公司和法国的 TE 公司是欧洲著名的 PLC 制造商。德国西门子的电子产品以性能优良而久负盛名。在大、中型 PLC 产品领域与美国的 A-B 公司齐名。

西门子 PLC 主要产品有 S5 及 S7 系列，其中 S7 系列是代替 S5 的新产品。S7 系列含 S7-200、S7-300 及 S7-400 系列。其中 S7-200 是微型机，S7-300 是中、小型机，S7-400 是大型机。S7 系列机性价比比较高，近年来在中国市场的占有份额有不断上升之势。

3. 日本的 PLC

日本 PLC 产品在小型机领域颇具盛名。某些用欧美中型或大型机才能实现的控制，日本小型机就可以解决。日本有许多 PLC 制造商，如三菱、欧姆龙、松下、富士、日立、





东芝等,在 PLC 小型机市场上,日本产品约占 70% 的份额。

欧姆龙 (OMRON) 公司的 PLC 产品,大、中、小型、微型规格齐全。微型机以 SP 系列为代表,小型机有 P 型、H 型、CPM1A、CPM2A 系列及 CPM2C、CQM1 等。中型机有 C20H、C200HS、C200HX、C200HG、C200HE 及 CSI 等系列。松下公司的产品中 FP0 为微型机,FP1 为整体式小型机,FP3 为中型机,FP5/FP10、FP10S、FP20 为大型机。

三菱公司的 PLC 进入中国市场较早,其中小型、超小型 PLC 有 F、F1、F2、FX2、FX1、FX_{2C}、FX₀、FX_{ON}、FX_{OS}、FX_{2N}、FX_{2NC} 等系列。F 系列已停产。F1 系列机在中国曾有较广泛的应用。FX2 系列机是 F、F1、F2 等机型的更新换代产品,属于高性能叠装式机种。其中 FX_{2N} 型机是三菱公司的高性能小型机中的代表作。三菱近期升级产品为 FX_{3U} 和 FX_{3C} 型。其中 FX_{3C} 可在 Controller Link 层面进行通信,FX_{3U} 则扩大至以太层面。另外,三菱公司还生产是 A 系列 PLC,这是一种中大型模块式机种。

本书将在后续章节中以三菱 FX_{2N} 系列机型介绍 PLC 的应用技术。

4. 中国的 PLC

中国有许多厂家及科研院所从事 PLC 的研制及开发工作,产品如中国科学院自动化研究所的 PLC-0088,北京联想计算机集团公司的 GK-40,上海机床电器厂的 CKY-40,上海起重电器厂的 CF-40MR/ER,苏州机床电器厂的 YZ-PC-001A,原机电部北京工业自动化研究所的 MPC-001/20、KB20/40,杭州机床电器厂的 DKK02,天津中环自动化仪表公司的 DJK-S-84/86/480,上海自立电子设备厂的 KKI 系列,上海香岛机电制造有限公司的 ACMYS80、ACMY-S256,无锡华光电子工业有限公司的 SR-10、SR-20/21 等。

1.2 PLC 的组成及工作原理

1.2.1 PLC 的组成

PLC 是一种以微处理器为核心的专用于工业控制的特殊计算机,其硬件配置与一般微型计算机装置类似,如图 1-1 所示。虽然 PLC 的具体结构多种多样,但其基本结构相同,即主要由中央处理单元 (CPU)、存储单元、输入单元、输出单元、电源及编程器等构成。

1. 中央处理单元

中央处理单元 (CPU) 是 PLC 的主要部分,是系统的控制中枢,起着总指挥的作用。其主要功能是接收并储存从编程器输入的用户程序和数据;按存放的先后次序取出指令并进行编译;检查电源、存储器、输入输出以及警戒定时器的状态,诊断用户程序的语法错误等。

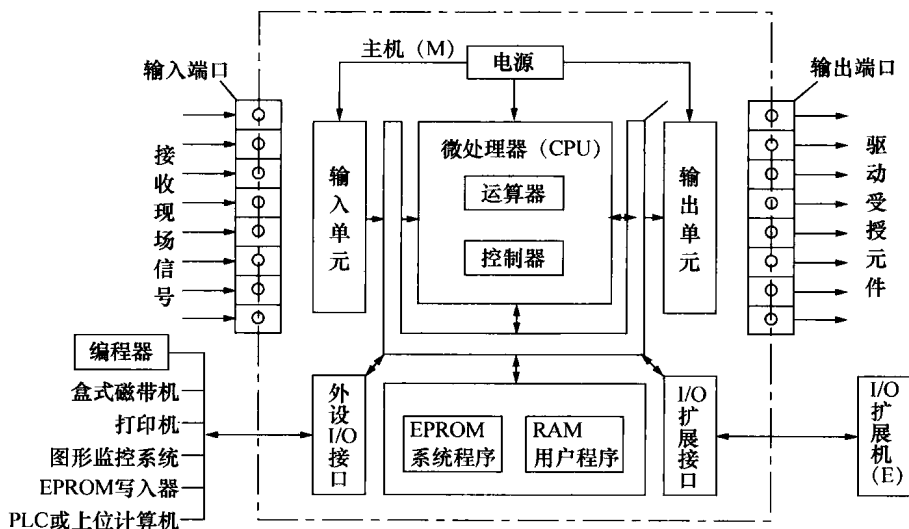


图 1-1 PLC 的配置结构图

PLC 常用的 CPU 主要采用通用微处理器、单片机 (单片微处理器)、双极型位片式微处理器三种。通用微处理器常用的是 8 位机和 16 位机, 如 Z80A、8085、8086、M6800、M6809 等。单片机常用的是 8039、8049、8031、8051 等。双极型位片式微处理器常用的有 AM2900、AM2901、AM2903 等。

在小型 PLC 中, 大多采用 8 位微处理器和单片机; 在中型 PLC 中, 大多采用 16 位微处理器和单片机; 在大型 PLC 中, 位数越高, 运算速度越快, 指令功能越强。

一般 CPU 单元模块上还包括系统程序存储器、用户程序存储器、参数存储器、系统控制单元、输入输出控制接口、编程器接口以及通信接口等。

2. 存储器

PLC 的存储器是一些具有记忆功能的电子线路, 主要用于存放系统程序、用户程序、工作数据等信息。存放系统软件的存储器称为系统程序存储器, 存放应用软件的存储器称为用户程序存储器, 存放工作数据的存储器称为数据存储器。

(1) PLC 常用的存储器类型

① RAM (Random Access Memory)。RAM 是一种读/写存储器, 又称为随机存储器。它读写方便, 存储速度快, 由锂电池支持的 RAM 可以满足各种需要。PLC 中的 RAM 一般用作用户存储器和数据存储器。

② ROM (Read Only Memory)。ROM 称为只读存储器, 其内容一般不能修改, 掉电后其内容不变。在 PLC 中一般用于存储系统程序。

③ EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)。EPROM 是一种可擦除的只读存储器。在紫外线连续照射约 20 分钟后, 即能将存储器内的所有内容清除。若加高电平 (12.5 V 或 24 V) 可以写入程序。在断电的情况下, 存储器的内容保持不变。这类存储器可以用来存储系统程序和用户程序。



④ E²PROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory)。E²PROM 是一种电可擦除的只读存储器。使用编程器就可以对其所存储的内容进行修改,它兼有 RAM 和 EPROM 的优点。但要对其某单元写入时,必须首先擦除该存储单元的内容,且执行读/写操作的总次数有限,约 1 万次。

(2) PLC 存储空间的分配

PLC 的存储空间一般可分为三个区域:系统程序存储区、系统 RAM 存储区(包括输入/输出映象区和系统软设备)、用户程序存储区。

① 系统程序存储区,一般采用的 ROM 或 EPROM 存储器。该存储区用于存放系统程序。包括监控程序、功能子程序、管理程序、命令解释程序、系统诊断程序等。这些程序和硬件决定了 PLC 的各项性能。

② 系统 RAM 存储区,包括 I/O 映象区以及逻辑线圈、数据寄存器、计数器、定时器等各类软设备的存储器区。

③ 用户程序存储区,可用于存放用户自行编制的用户程序。该区一般采用 EPROM 或 E²PROM 存储器,或者采用加备用电池的 RAM。不同类型的 PLC,其存储容量各不相同。中小容量 PLC 一般不超过 8K 字节,大型 PLC 的存储容量高达几百 K 字节。

3. 输入/输出 (I/O) 单元

输入/输出信号分为数字量(包括开关量)和模拟量。相应的输入/输出模块包括:数字量输入模块、数字量输出模块、模拟量输入模块、模拟量输出模块。

下面以开关量为例介绍 I/O 单元。

I/O 单元是 PLC 与现场的 I/O 设备或其他外设之间的连接部件。PLC 通过输入单元把工业设备或生产过程的状态、信息读入主机,通过用户程序的运算与操作,把结果通过输出单元输出给执行机构。输入单元对输入信号进行滤波、隔离、电平转换等,把输入信号安全可靠地传送到 PLC 内部,输出单元把用户程序的运算结果输出到 PLC 外部。输出单元具有隔离 PLC 内部电路和外部执行元件的作用,还具有功率放大作用。

(1) 输入单元

PLC 的输入单元通常有二种类型:直流 12 ~ 24 V 输入,交流 100 ~ 120 V 或 200 ~ 240 V 输入,如图 1-2 所示为一种 PLC 的输入电路。外部输入开关通过输入端子与 PLC 相连接。

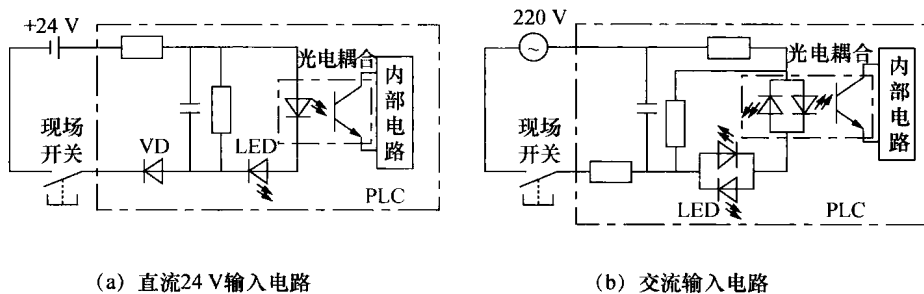


图 1-2 PLC 的输入电路

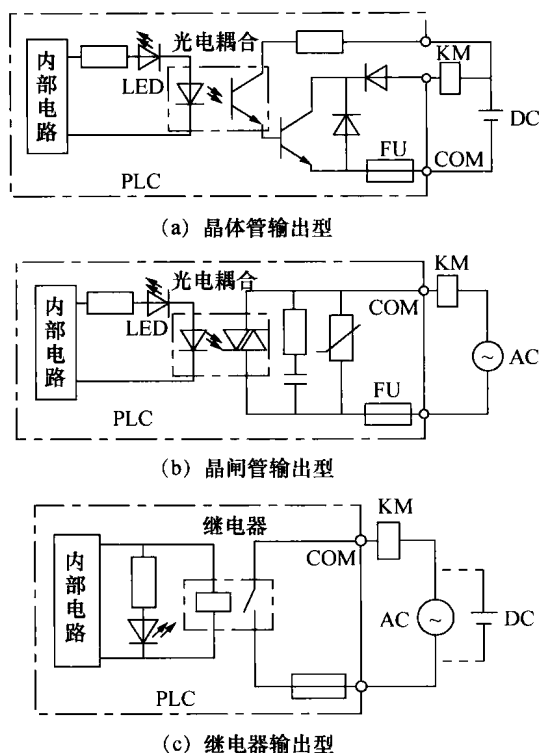


图 1-3 PLC 输出电路

输入电路的一次电路和二次电路间用光电隔离器件，将现场与 PLC 内部实现电气上的隔离。在电路上设有 RC 滤波器，用于消除输入触点的抖动和沿输入线引入的外部噪声的干扰。当输入开关闭合时，一次电路中流过电流，输入指示灯亮，光电隔离器中的发光二极管发光，光耦合三极管从截止状态变为饱和导通状态，PLC 的输入数据产生了 0 和 1 的状态改变。

(2) 输出单元

PLC 的输出通常有以下三种形式，电路如图 1-3 所示，各种型号 PLC 的输出电路大致相同，外部负载（如接触器、电磁阀等）通过输出端子（如 Y1、Y2、…）与 PLC 相连。

① 晶体管输出型，通过光电隔离器件使开关晶体管饱和导通或截止，以控制外电路的通断。带负载能力小。

② 双向晶闸管输出型，采用的是光触发双向晶闸管的导通或截止以控制外电路的通

断。带负载能力较大，响应速度较快。

③ 继电器输出型，PLC 输出时，通过内部驱动电路接通或断开输出继电器的线圈，使继电器的触点闭合或断开，用继电器触点控制外电路的通断，属于机械隔离。抗干扰能力强，带负载能力大。

输出电路的负载电源由外部提供。电源电压大小应根据输出器件类型与负载要求确定（见 6.1 节）。允许流过的输出电流一般为 0.5~2 A，允许输出电流的额定值与负载性质有关。例如，FX_{1N} 继电器输出的 PLC 的最大负载能力，在外部电源电压为 AC250 V，DC30 V 以下时，电阻性负载为 2 A/点、8 A/COM 端，电感性负载为 80 VA，灯负载为 100 W。

PLC 的外部负载通常有接触器、电磁阀、信号灯、执行电器等，但不能直接带电动机。

4. 电源、编程器及智能模块

(1) 电源单元

PLC 的工作电源一般为单相交流电源或直流电源。要求额定电压为 AC100~240 V，额定频率为 50 Hz/60 Hz，电压允许范围为 AC85~264 V，允许瞬间停电时间为 10 ms 以下；用直流供电的 PLC 机种，要求输入信号电压为 DC24 V，输入信号电流为 7 mA/DC24 V。PLC 都包括一个稳压电源用于对 CPU 和 I/O 单元供电，有的 PLC 的电源和 CPU 合为一体，有