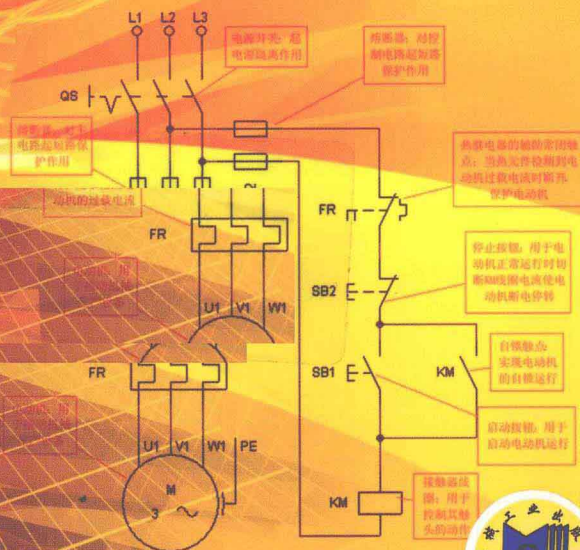


图解电器 及PLC控制技术

TUJIE DIANQI
JI PLC KONGZHI JISHU

陆运华 主编



WWW

赠送源程序、教学视频、电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

图解电器及 PLC 控制技术

主 编 陆运华
副主编 郭家星 段树华
主 审 徐 锋



机械工业出版社

本书主要内容分为两篇,共八章,包括:可编程序控制器(以松下电工的FP1系列PLC为样机)的构成及工作原理、可编程序控制器的硬件系统、可编程序控制器的指令系统(软件系统)、可编程序控制器控制系统的硬件设计、PLC编程要领及小型实用程序分析、常用低压电器元件简介、常用电力拖动控制线路及PLC控制程序、综合工程实例程序分析等内容。

本书打破传统文字描述无法直观生动再现电路与程序运行状态的困境,采用“电路动态运行流程图”和“程序动态执行过程图”结合少量文字注解的描述方法,将抽象空洞的电路运行过程和程序执行过程以一幅幅动态连续的流程图动态、形象地展现在读者面前,使读者犹如看动画一样学习,轻松了解电路及程序运行的每个状态下的各个器件的通断情况和动作细节。

本书配有免费助学资源包,内含书中全部源程序、与每个项目相对应的flash课件及编程软件FPWIN GR2.0的详细使用说明资料。凡购买此书的读者可登录机械工业出版社教材服务网(www.cmpedu.com)进行注册、免费下载,免费注册下载流程见本书最后一页。

本书可作为职业院校机电类及其他相关专业的教学用书,亦可作为技术人员的岗位培训教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

图解电器及PLC控制技术/陆运华主编. —北京:机械工业出版社, 2010.11

ISBN 978-7-111-32158-3

I. ①图… II. ①陆… III. ①电气设备—自动控制—图解②可编程序控制器—图解 IV. ①TM762-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第195933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:张值胜 责任编辑:高倩

版式设计:张世琴 责任校对:陈延翔

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18.25印张·452千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-32158-3

定价:39.50元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

电器控制技术作为一门成熟的传统技术在当今工业社会中仍被普遍应用，众多的工业生产设备均需由电力拖动来完成，所有电力原动机的五花八门的拖动要求需由变化多样的继电-接触器控制电路来实现。而可编程序控制器（PLC）则是在是继电-接触器控制的基础上发展起来的一种新型的通用自动控制装置，它将传统的继电-接触器控制技术与计算机技术及通信技术有机融为一体。它具有结构简明紧凑，组成生产控制系统方式灵活多变；性能价格比高，研制和组装成生产控制系统的周期短且非常容易根据生产需要调整工艺流程（相对于继电-接触器控制技术而言）；它还具有非常强的抗工业干扰能力，编程简单易学（符合传统电工技术人员的思维习惯），因而深受工业控制界广大技术人员的欢迎。近年来 PLC 技术更是突飞猛进，功能更趋完善，业已成为现代工业自动化的三大支柱之一。

随着 PLC 日益广泛的使用，其应用及编程技术已成为现代技术工人所必须掌握的一门通用技术。目前国内各类职业院校也相继开设了这门课程，但选用的教材大多为传统的学科体系式教程，这就与目前职业教育的培养目标和企业对职业教育类学生的技能要求有着很大的差距。为此编者以松下电工（NAIS）的 FP1 系列 PLC 为样机，从职业教育类学生的实际出发，结合自己多年以来的实践教学经验，围绕传统继电-接触器技术改造和 9 个涉及各行业各领域的综合工程实例来详细具体地介绍 PLC 的基本知识与应用技能。

本书具有以下编写风格：

1. 遵循读者群的认知规律，打破传统的学科课程体系，坚持以任务为引领，以学生的行为为导向，采取项目式模块化的形式对 PLC 的知识与应用技能进行重新构建，突出技能的培养和职业行为习惯的养成，力求做到“在做中学，在学中会”。

2. 以就业为导向，坚持“够用、实用、会用”的原则，弱化了繁琐抽象的指令表分析，强化了梯形图程序的阅读分析能力，重在培养学生的 PLC 应用能力，侧重于帮助学生学会方法，培养逻辑思维能力，更好地满足企业岗位的需要。

3. 打破传统文字描述无法直观生动再现电路与程序运行状态的困境，采用“电路动态运行流程图”和“程序动态执行过程图”结合少量文字注解的描述方法将抽象空洞的电路运行过程和程序执行过程以一幅幅动态连续的流程图动态形象地展现在读者面前，使学生犹如看动画一样学习，帮助读者了解电路及

程序运行的每个状态下的各个器件的通断情况和动作细节（每个项目均配有动态的 flash 课件，方便教师和学生掌握电路工作原理及程序运行过程），寓学于乐。

4. 本教材从零点起步，面向职业学校学生（特别是 80、90 后在卡通和漫画的阅读环境中长大的一代）、企业初中级电工技术人员，以循序渐进的原则培养电工及工控人员的操作技能和编程技能，内容以操作项目为主。编写风格上以图为主，辅以必要的介绍文字，动态、直观明了地介绍了电器控制和 PLC 控制技术的基本知识和基本技能，使读者按图索骥“一看即懂，一读就通”。让读者在动态直观且轻松的阅读中迅速掌握电器控制和 PLC 控制技术，提高技能。

5. 有效地整合电器控制技术与 PLC 控制技术两门课程，既节省篇幅又做到有机渗透，恰到好处，内容体现了新技术、新材料、新设备、新工艺等四新内容。

本书由陆运华担任主编，郭家星、段树华担任副主编。第一章、第二章由段树华编写，第三章至第五章由郭家星编写，第六章至第八章由陆运华编写。

另外参与本书的编写和策划工作的还有陆建平、敖华勤、胡翠华、黄泽跃、池文圣、方孔婴、吴贤英、章玲萍、杨振宇、陈洲、刘永、文碧桃、姚加强、李响初、蔡卫兵等诸位老师。在此对他们为本书付诸出版所作出的贡献一并表示深深的谢意。

本书在编写过程中还得到了江西电力职业技术学院、湖南铁道职业技术学院、广东清远职业技术学院、台州职业技术学院、苏州工业园区职业技术学院等单位领导和老师的大力支持和策划指导。在此一并表示衷心的感谢。

本书由徐锋教授主审，他为本书提出了很多建设性的意见和建议，在此深表谢忱。

书中错漏之处恳请读者朋友批评指正。编者的 E-mail 为：luyunhua@126.com。

编者

目 录

前 言

第一篇 PLC 结构原理与指令系统

第一章 PLC 的构成及工作原理	2
第一节 PLC 概述	2
第二节 PLC 的基本构成及工作原理	6
第三节 PLC 的技术规格与分类	10
第二章 PLC 的硬件系统	13
第一节 系统的硬件配置	13
第二节 基本 I/O 单元	18
第三节 松下 FP1 系列 PLC 简介	22
第三章 PLC 的指令系统	33
第一节 编程基础	33
第二节 基本指令系统	39
第三节 应用指令系统	48

第二篇 电气控制与 PLC 编程应用

第四章 PLC 控制系统的硬件设计	60
第一节 控制系统的设计步骤和 PLC 的选型	60
第二节 系统硬件的设计方案	64
第三节 PLC 的输入/输出电路设计	68
第四节 PLC 系统供电及接地设计	70
第五章 PLC 编程要领及小型实用程序分析	73
第一节 PLC 的编程要领	73
第二节 常用的小型实用程序介绍	76
第六章 常用低压电器	85
第一节 概述	85
第二节 手控电器与主令电器	88
第三节 接触器	95
第四节 继电器	99
第五节 熔断器	106
第六节 断路器	108

第七节	低压电器的产品型号	110
第七章	常用电力拖动控制电路及其 PLC 控制程序	113
第一节	三相异步电动机正转控制电路及其 PLC 控制程序	113
第二节	三相异步电动机正反转控制电路及其 PLC 控制程序	131
第三节	位置控制与自动循环控制电路及其 PLC 控制程序	151
第四节	顺序控制与多地控制电路及其 PLC 控制程序	165
第五节	三相异步电动机减压起动控制电路及其 PLC 控制程序	181
第六节	绕线转子异步电动机起动与调速控制电路及其 PLC 控制程序	199
第七节	三相异步电动机制动控制电路及其 PLC 控制程序	207
第八节	多速异步电动机控制电路及其 PLC 控制程序	228
第八章	综合工程实例程序分析	234
第一节	抢答器的程序设计实例分析	234
第二节	交通信号灯的程序设计实例分析	239
第三节	多种液体混合装置的程序设计实例分析	246
第四节	天塔之光控制程序设计实例分析	254
第五节	基于 PLC 的 CA6140 车床控制电路技改实例分析	256
第六节	电梯自动控制程序设计实例分析	260
第七节	台车的呼车控制程序设计实例分析	263
第八节	运料小车控制程序设计实例分析	267
第九节	物料传送带顺起逆停控制程序设计实例分析	269
附录		271
附录 A	特殊数据寄存器一览表	271
附录 B	特殊内部继电器一览表	273
附录 C	FP 系列指令表	274
附录 D	常用电气设备图形符号及文字符号	281
参考文献		284

第一篇

PLC结构原理与指令系统

- ◎ PLC的构成及工作原理
- ◎ PLC的硬件系统
- ◎ PLC的指令系统

第一节 PLC 概述

一、PLC 的产生和特点

1. PLC 的产生

20 世纪 60 年代, 随着小型计算机的出现和大规模生产及多机群控的发展, 人们尝试用小型计算机来实现工业控制, 以代替传统的继电主接触器控制。传统的继电接触器控制采用的是固定接线方式, 一旦生产过程有所变动, 就需重新设计线路, 并连线安装, 不利于产品的更新换代。但采用小型计算机实现工业控制由于价格昂贵, 输入、输出电路不匹配, 编程技术复杂, 因而没能得到推广和应用。

20 世纪 60 年代末期, 美国汽车制造工业竞争激烈, 为了适应生产工艺不断更新的需要, 在 1968 年, 美国通用汽车 (GM) 公司根据汽车制造生产线的需要, 希望用电子化的新型控制器替代继电器控制柜, 以减少汽车改型时, 重新设计、制造继电器控制柜的成本和时间。通用汽车公司对新型控制器提出 10 点具体要求:

- 1) 编程简单, 可在现场修改程序。
- 2) 维护方便, 采用插件式结构。
- 3) 可靠性高于继电器控制柜。
- 4) 体积小于继电器控制柜。
- 5) 成本可与继电器控制柜竞争。
- 6) 可将数据直接送入计算机。
- 7) 可直接用 115V 交流输入。
- 8) 输出采用交流 115V, 能直接驱动电磁阀、交流接触器等。
- 9) 通用性强, 扩展方便。
- 10) 程序要能存储, 存储器容量可扩展到 4KB。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 根据上述要求, 研制出世界上第一台可编程序控制器, 并在通用 (GM) 公司汽车生产线上首次应用成功, 实现了生产线的自动控制。其后日本、德国等相继引入, 可编程序控制器迅速发展起来。但这一时期它主要用于顺序控制, 虽然也采用了计算机的设计思想, 但当时只能进行逻辑运算, 故称为可编程序逻辑控制器, 简称 PLC。

20 世纪 70 年代后期, 随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展, 可编程序逻辑控制器更多地具有了计算机的功能, 不仅用编程逻辑取代硬接线逻辑, 还增加了运算、数据传送和处理等功能, 真正成为一种电子计算机工业控制装置, 而且做到了小型化和超小型化。这种采用微电子技术的工业控制装置的功能远远超出逻辑控制、顺序控制的范围, 故称为可编程序控制器, 简称 PC (Programmable Controller)。但由于 PC 容易和个人计算机 (Personal

Computer) 混淆, 故人们仍习惯用 PLC 作为可编程序控制器的缩写。

2. PLC 的特点

PLC 是面向用户的专用工业控制计算机, 具有许多明显的特点。

(1) 可靠性高, 抗干扰能力强 PLC 是专门为工业控制而设计的, 除了对器件严格筛选以防老化外, 在硬件和软件两方面还采用了屏蔽、滤波、隔离、故障诊断和自动恢复等措施, 使可编程序控制器具有很强的抗干扰能力, 使其平均无故障时间达到 $(3 \sim 5) \times 10^4 \text{h}$ 以上。

(2) 编程直观、简单 可编程序控制器是面向用户、面向现场的控制类器件, 考虑到大多数电气技术人员更熟悉电气控制电路的特点, 它没有采用微机控制中常用的汇编语言, 而是采用了一种面向控制过程的梯形图语言。梯形图语言与继电器原理图相类似, 形象直观, 易学易懂。电气工程师和具有一定电气知识基础的电工、操作人员都可以在短时间内学会, 使用起来得心应手。世界上许多公司生产的 PLC 都把梯形图语言作为第一用户语言。

(3) 适应性好 PLC 是通过程序实现控制的。当控制要求发生改变时, 只要修改程序即可。由于 PLC 产品已标准化、系列化、模块化, 因此能灵活方便地进行系统配置, 组成规模不同、功能不同的控制系统, 适应能力非常强, 故既可控制单机, 一条生产线, 又可控制一个复杂的群控系统, 既可以现场控制, 又可以远距离控制。

(4) 功能完善, 接口功能强 目前的 PLC 具有数字量和模拟量的输入/输出、逻辑和算术运算、定时、计数、顺序控制、通信、人机对话、自检、记录和显示等功能, 使设备控制水平大大提高。接口功能驱动极大地方便了用户, 常用的数字量输入/输出接口, 就电源而言有交流 110V、220V 和直流 5V、24V、48V 等多种; 负载能力可在 $(0.5 \sim 5\text{A})$ 的范围内变化; 模拟量的输入/输出有 $\pm 50\text{mV}$ 、 $\pm 10\text{V}$ 和 $0 \sim 10\text{mA}$ 、 $4 \sim 20\text{mA}$ 等多种规格。可以很方便地将 PLC 与各种不同的现场控制设备顺利连接, 组成应用系统。例如, 输入接口可直接与各种开关量和传感器进行连接, 输出接口在多数情况下也可直接与各种传统的继电器、接触器及电磁阀等相连接。

PLC、继电器控制系统及计算机控制系统的比较见表 1-1。

表 1-1 PLC、继电器控制系统及计算机控制系统比较表

项 目	PLC	继电器-接触器控制系统	计算机控制系统
功能	用程序可以实现各种复杂控制	用大量继电器布线逻辑实现顺序控制	用程序实现各种复杂控制, 功能最强
改变控制内容	修改程序较简单容易	改变硬件接线逻辑、工作量大	修改程序, 技术难度较大
可靠性	平均无故障工作时间长	受机械触点寿命限制	一般比 PLC 差
工作方式	顺序扫描	并行处理	中断处理, 响应最快
接口	直接与生产设备连接	直接与生产设备连接	要设计专门的接口
环境适应性	可适应一般工业生产现场环境	环境差, 会降低可靠性和寿命	要求有较好的环境
抗干扰性	一般不专门考虑抗干扰问题	能抗一般电磁干扰	要专门设计抗干扰措施, 否则易受干扰影响
维护	现场检查、维修方便	定期更换继电器, 维修费时	技术难度较高
系统开发	设计容易、安装简单、调试周期短	图样多、安装接线工作量大、调试周期长	系统设计较复杂、调试技术难度大, 需要有系统的计算机知识
通用性	较好, 适应面广	一般是专用	要进行软、硬件改造才能作其他用
硬件成本	比微机控制系统高	少于 30 个继电器的系统最低	一般比 PLC 低

二、PLC 的应用与发展

PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石化、机械制造、汽车装配、电力、轻纺等行业生产。目前,典型的 PLC 有以下几点功能:

1. 顺序控制

这是 PLC 应用最广泛的领域,基本取代了传统的继电-接触器顺序控制,例如:注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机、组合机床、磨床、装配生产线、包装生产线、电镀流水线及电梯控制等。

2. 过程控制

在工业生产过程中,有许多连续变化的量,如温度、压力、流量、液位、速度、电流和电压等,称为模拟量。PLC 有 A/D 和 D/A 转换模块,这样,PLC 可以作模拟量控制用于过程控制。

3. 数据处理

一般 PLC 都设有四则运算指令,可以很方便地对生产过程中的数据进行处理。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。较高档次的 PLC 还可以连接显示终端和打印机等外围设备,从而实现显示和打印功能。

4. PLC 的更新与发展

PLC 的技术发展特点为高速度、大容量、系列化、模块化、多品种。PLC 的编程语言、编程工具多样化,通信联网能力越来越强,PLC 的联网和通信可分为两类:一类是 PLC 之间的联网通信,不同 PLC 的制造厂商都有自己的专有联网手段;另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信,一般 PLC 都有通信模块用于与计算机的通信。在网络中要有通用的通信标准,否则在一个网络中不能连接多个厂商的产品。美国通用汽车公司在 1983 年提出了制造自动化协议(MAP),在一定程度上推动了通信标准化的进程。

目前在世界先进工业国家,PLC 已成为工业控制的标准设备,它的应用几乎覆盖了所有工业企业。PLC 应用技术已成为当今世界潮流,作为工业自动化的三大支柱(PLC 应用技术、机器人、计算机辅助设计和制造)之一的 PLC 应用技术,将会跃居主导地位。

近 10 年来,我国的 PLC 研制、生产、应用也发展很快,特别是在应用方面,在引进一些成套设备的同时,也配套引进不少 PLC。如上海宝钢第一期工程,就采用了 250 台 PLC 进行生产控制,第二期又采用了 108 台。又如天津化纤厂、秦川核电站、北京吉普生产线等都采用了 PLC 控制。可以预见,PLC 的应用将会越来越广泛,我国的工业自动化程度必将提高到一个新水平。

三、几种常见的 PLC 流派

PLC 的厂家众多,各厂家又生产不同系列的各型 PLC,造成 PLC 品种繁多且指令系统相互不兼容,这给广大用户在学习、选择、使用和开发 PLC 等方面都带来了不少困难。为了更好地应用不同类型的 PLC,不妨将 PLC 产品按地域分为三种流派。处于同一地域的 PLC 产品,相互借鉴比较多,互相影响也比较大,技术渗透比较深,面临的主要市场相同,用户要求接近,因此同一流派的 PLC 产品呈现出较多的相似性,而不同流派的 PLC 产品则差异明显。

目前 PLC 产品按地域可分成三大流派:一是美国产品,二是欧洲产品,三是日本产品。美国和欧洲的 PLC 技术是在相互隔离情况下独立研究开发的,因此其产品有明显的差异性;

而日本的 PLC 技术是由美国引进的,对美国的 PLC 产品有一定的继承性。美国和欧洲以大中型 PLC 而闻名,而日本则以小型 PLC 著称。

1. 美国的 PLC 产品

美国是 PLC 的生产大国,有 100 多家 PLC 厂商,其中著名的有 A-B 公司、通用电气 (GE) 公司、莫迪康 (MODICON) 公司、德州仪器 (TI) 公司和西屋公司等。其中 A-B 公司是美国最大的 PLC 制造商,其产品约占美国 PLC 市场的一半。

A-B 公司 PLC 产品规格齐全、种类丰富,其主推的大、中型 PLC 产品是 PLC—5 系列。该系列为模块式结构,CPU 模块为 PLC—5/10、PLC—5/12、PLC—5/15、PLC—5/25 时,属于中型 PLC,I/O 点配置范围为 256 ~ 1 024 点;当 CPU 模块为 PLC—5/11、PLC—5/20、PLC—5/30、PLC—5/40、PLC—5/60、PLC—5/40L、PLC—5/60L 时,属于大型 PLC,I/O 点最多可配置到 3 072 点。该系列中 PLC—5/250 功能最强,最多可配置到 4 096 个 I/O 点,具有强大的控制和信息管理功能,大型机 PLC—3 最多可配置 8 096 个 I/O 点。A-B 公司的小型 PLC 产品有 SLC500 系列等。

GE 公司的 PLC 代表产品是小型机 GE—I、GE—I/J、GE—I/P 等,除 GE—I/J 外,均采用模块式结构。其中,GE—I 用于开关量控制系统,最多可配置 112 个 I/O 点;GE—I/J 是更小型化的产品,其 I/O 点最多可配置 96 点。GE—I/P 是 GE—I 的增强型产品,增加了部分功能指令(数据操作指令)、功能模块(A/D、D/A 等)和远程 I/O 功能等,其 I/O 点最多可配置 168 个。中型机 GE—III 比 GE—I/P 增加了中断、故障诊断等功能,最多可配置 400 个 I/O 点。大型机 GE—V 比 GE—III 增加了部分数据处理、表格处理和子程序控制等功能,并具有较强的通信功能,最多可配置 2 048 个 I/O 点;GE—VI/P 最多可配置 4 000 个 I/O 点。

TI 公司的小型 PLC 新产品有 510、520 和 TI100 等,中型 PLC 新产品有 TI300、5TI 等,大型 PLC 产品有 PM550、530、560、565 等系列。其中除 TI100 和 TI300 无联网功能外,其他 PLC 都可实现通信联网,构成分布式控制系统。

MODICON 公司有 M84 系列 PLC。其中,M84 是小型机,具有模拟量控制、与上位机通信等功能,最多点为 112 个 I/O 点。M484 是中型机,其运算功能较强,可与上位机通信,也可与多台 PLC 联网,最多可扩展为 512 个 I/O 点。M584 是大型机,其容量大、数据处理和网络能力强,最多可扩展为 8 192 个 I/O 点。M884 是增强型中型机,它具有小型机的结构、大型机的控制功能,主机模块配置 2 个 RS—232C 接口,可方便地进行组网通信。

2. 欧洲的 PLC 产品

德国的西门子公司、AEG 公司和法国的 TE 公司都是欧洲著名的 PLC 制造商。德国西门子的电子产品以性能精良而久负盛名,在中、大型 PLC 产品领域与美国的 A-B 公司齐名。

西门子的 PLC 主要产品是 S5、S7 系列。在 S5 系列中,S5—90U、S5—95U 属于微型整体式 PLC;S5—100U 是小型模块式 PLC,最多可配置 256 个 I/O 点;S5—115U 是中型 PLC,最多可配置 1 024 个 I/O 点;S5—115UH 是大型机,它是由两台 S5—115U 组成的双机冗余系统,最多可配置 4 096 个 I/O 点,模拟量可达 300 多路。而 S7 系列是西门子公司近几年在 S5 系列 PLC 基础上推出的新产品,其性能价格比较高,其中 S7—200 系列属于微型 PLC,S7—300 系列属于中小型 PLC、S7—400 系列属于中高性能的大型 PLC。

3. 日本的 PLC 产品

日本的 PLC 在小型机领域中颇具特色，某些用欧美的中型机或大型机才能实现的控制，日本的小型机就可以解决，在开发较复杂的控制系统方面也明显优于欧美的小型机。日本有许多 PLC 制造商，如三菱、欧姆龙、松下、富士、日立和东芝等，在全球小型 PLC 市场上，日本的产品约占 70% 的份额。

三菱公司的 PLC 是较早进入中国市场的产品，其小型机 F1/F2 系列是 F 系列的升级产品。F1/F2 系列 PLC 加强了指令系统，增加了特殊功能单元和通信功能，比 F 系列 PLC 有了更强的控制能力。20 世纪 80 年代末，三菱公司继 F1/F2 系列之后又推出 FX 系列，该系列产品在容量、速度、特殊功能和网络功能等方面都有所加强。FX2 系列 PLC 是 20 世纪 90 年代开发的整体式高功能小型机，它配有各种通信适配器和特殊功能单元。FX2N PLC 是近几年推出的高功能整体式小型机，它是 FX2 PLC 的换代产品，其各种功能都有了全面的提升。近年来还不断推出满足不同要求的微型 PLC，如 FX0S、FX1S、FX0N、FX1N 及 α 系列等产品。三菱公司的大中型 PLC 有 A 系列、QnA 系列、Q 系列，它们具有丰富的网络功能，I/O 点数可达 8 192。其中 Q 系列产品具有超小的体积、丰富的机型、灵活的安装方式、双 CPU 协同处理、多存储器 and 远程口令等特点，在三菱公司现有 PLC 中性能较高。

欧姆龙公司的 PLC 产品中，大、中、小、微型规格一应俱全。微型机以 SP 系列为代表，其体积小，速度极快。小型机有 P 型、H 型、CPM1A 系列、CPM2A 系列、CPM2C、CQM1 系列等。P 型机现已被性能价格比更高的 CPM1A 系列所取代，CPM2A/2C、CQM1 系列 PLC 内置 RS—232C 接口和实时时钟，并具有软 PID 功能，CQM1H 是 CQM1 的升级产品。中型机有 C200H、C200HS、C200HX、C200HG、C200HE 和 CS1 系列。C200H 是前些年畅销的高性能中型机，它有配置齐全的 I/O 模块和高功能模块，具有较强的通信和网络功能。C200HS 系列 PLC 是 C200H 系列 PLC 的升级产品，指令系统更丰富、网络功能更强。C200HX/HG/HE 系列 PLC 是 C200HS 系列 PLC 的升级产品，有 1 148 个 I/O 点，其容量是 C200HS 系列 PLC 的 2 倍，速度是其 3.75 倍，有品种齐全的通信模块，是适应信息化的 PLC 产品。CS1 系列 PLC 具有中型机的规模、大型机的功能，是一种极具推广价值的新机型。大型机有 C1000H、C2000H、CV (CV500/CV1000/CV2000/CVM1) 等。C1000H、C2000H 可单机或双机热备运行，安装有带电插拔模块，C2000H 可在线更换 I/O 模块；CV 系列中除 CVM1 外，均可采用结构化编程，易读、易调试，并具有更强大的通信功能。

松下公司的 PLC 产品中，FP0 为微型机，FP1 为整体式小型机，FP3 为中型机，FP5、FP10、FP10S (FP10 的改进型)、FP20 为大型机，其中 FP20 是最新产品。松下公司近几年 PLC 产品的主要特点是指令系统功能强，有的机型还提供了可以用 FP-BASIC 语言编程的 CPU 及多种智能模块，为复杂系统的开发提供了软件手段；FP 系列各种 PLC 都配置通信机制，由于它们使用的应用层通信协议具有一致性，这给构成多级 PLC 网络和开发 PLC 网络应用程序带来了方便。

第二节 PLC 的基本构成及工作原理

一、PLC 的基本构成

用 PLC 进行控制，其实质是按一定算法进行输入和输出变换，并将这个变换予以物理

实现。物理实现要求 PLC 的输入应当排除干扰信号以适应于工业现场，输出应放大到工业控制的水平，能为实际控制系统方便使用。这就要专门设计 I/O 电路。可编程序控制器主要由中央处理单元（CPU）、存储器、输入输出单元（I/O）、电源和编程器等几部分组成，其结构框图和逻辑结构图如图 1-1 和图 1-2 所示。

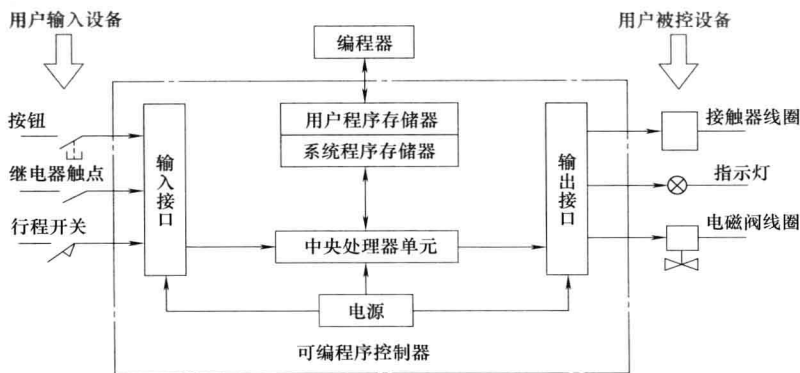


图 1-1 PLC 结构框图

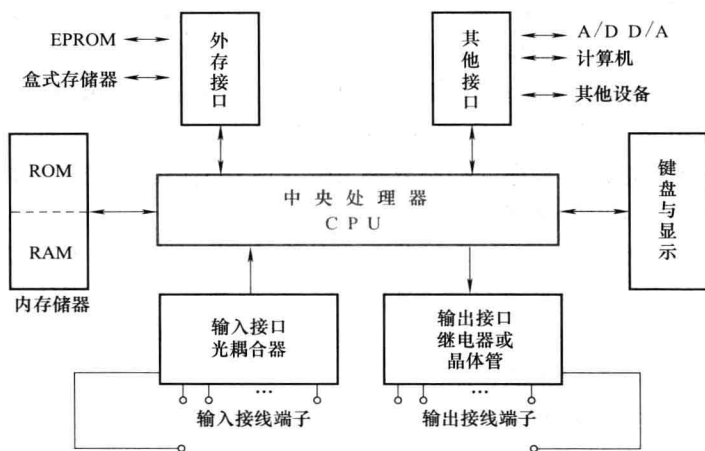


图 1-2 PLC 逻辑结构图

二、PLC 的基本工作原理

1. PLC 的等效电路

PLC 可看作一个执行逻辑功能的工业控制装置。其中，中央处理器用来完成逻辑运算功能，存储器用来保持逻辑功能。因此可把图 1-1 转变成类似于继电-接触器控制的等效电路图，如图 1-3 所示。

PLC 的等效电路可分为三部分：输入部分、内部控制电路（程序）和输出部分。

(1) 输入部分 这部分的作用是收集被控设备的信息或操作命令。输入端子是 PLC 与外部开关（行程开关、转换开关、按钮等）、敏感元件等交换信号的端口。输入继电器（如图 1-3 中 X0、X1、X2 等）由接到输入端的外部信号来驱动，其驱动电源可由 PLC 的电源组件提供（如直流 24V），也有用独立的交流电源（如交流 220V）供给的。等效电路中的

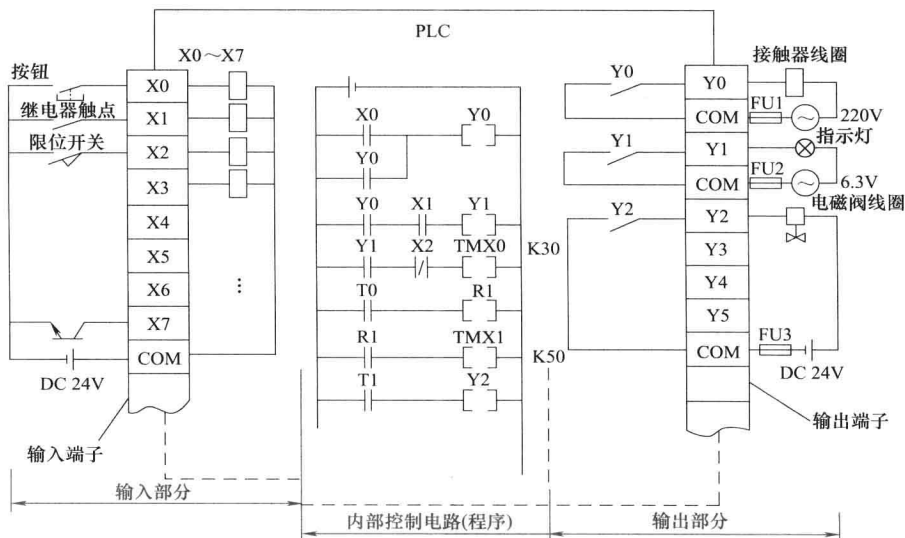


图 1-3 PLC 的等效电路图

一个输入继电器，实际对应于 PLC 输入端的一个输入点及其输入电路。例如一个 PLC 有 8 点输入，那么它相当于有 8 个微型输入继电器，它在 PLC 内部与输入端子相连，既作为 PLC 内部与输入端子相联系的通道，也作为 PLC 编程时使用的常开触点和常闭触点。

(2) 内部控制电路（程序） 这部分控制电路实质上是由用户根据控制要求编制的程序所组成的，其作用是按用户程序的控制要求对输入信号进行运算处理，判断哪些信号需要输出，并将得到的结果输出给负载。

PLC 内部有许多类型的器件，如定时器（用 TM 表示）、计数器（用 CT 表示）、辅助继电器（如图 1-3 中的 R1）。这些器件都是软器件，它们都有无限对用软件实现的常开触点（高电平状态）和常闭触点（低电平状态），均在 PLC 内部。编写的梯形图是将这些软器件进行内部连线，完成对被控设备的控制。

(3) 输出部分 这部分的作用是驱动外接负载。输出端子是 PLC 向外接负载输出信号的端口。如果一个 PLC 的输出点为 8 点，那么该 PLC 就有 8 个输出继电器。PLC 输出继电器（如图 1-3 中的 Y0、Y1、Y2 等）的触点，与输出端子相连，并通过输出端子驱动外接负载，如接触器的驱动线圈、信号灯、电磁阀等。输出继电器除提供一对供控制负载回路通断使用的物理常开触点外，还提供 PLC 内部使用的许多对常开和常闭触点。根据用户的负载要求可选用不同类型的负载电源。此外，PLC 还有晶体管输出和晶闸管输出，前者只能用于直流输出，后者只用于交流输出。但两者采用的都是无触点输出，运行速度快。

2. PLC 的工作原理

PLC 虽具有微型计算机的许多特点，但它的工作方式却与微机有很大不同。微机一般采用等待命令的工作方式。如常见的键盘扫描方式或 I/O 扫描方式，有键按下或 I/O 动作时则转入相应的子程序，无键按下则继续扫描。PLC 则采用循环扫描工作方式，在 PLC 中，用户程序按先后顺序存放，如 CPU 从第一条指令开始执行程序，直至遇到结束符（ED）后又返回第一条指令。如此周而复始不断循环。这种工作方式是在系统软件控制下，顺次扫描各

输入点的状态，按用户程序进行运算处理，然后顺序向输出点发出相应的控制信号。整个工作过程可分为五个阶段：自诊断、与编程器或计算机等外设通信、输入现场信号、执行用户程序、输出结果并刷新，其工作过程框图如图 1-4 所示。

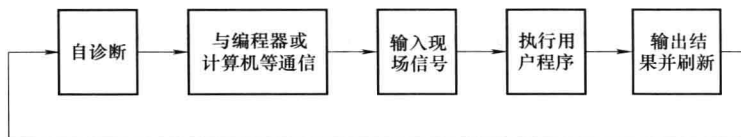


图 1-4 PLC 工作过程框图

PLC 这五个阶段的工作过程，称为一个扫描周期，完成一个周期后，又重新执行上述过程，扫描周而复始地进行。扫描周期是 PLC 的重要指标之一，在不考虑第二个因素（与编程器等通信）时，扫描周期 T 为

$$T = (\text{读入一点的时间} \times \text{输入点数}) + (\text{运算速度} \times \text{程序步数}) + (\text{输出一点的时间} \times \text{输出点数}) + \text{故障诊断时间}$$

显然扫描时间主要取决于程序的长短，一般每秒钟可扫描数十次以上，这对于工业设备通常没有什么影响。但对控制时间要求较严格，响应速度要求快的系统，就应该精确计算响应时间，用心编排程序，合理安排指令的顺序，以尽可能减少扫描周期造成的响应延时而不良影响。

PLC 与继电-接触器式控制的重要区别之一为工作方式不同。继电-接触器控制是按“并行”方式工作的，也就是按同时执行的方式工作的，只要形成电流通路，就可能有几个继电器同时动作。而 PLC 是以反复扫描的方式工作的，它是循环地连续逐条执行程序，任一时刻它只能执行一条指令，这就是说 PLC 是以“串行”方式工作的。这种串行工作方式可以避免继电-接触器控制的触点竞争和时序失配问题。

总之，采用循环扫描的工作方式也是 PLC 区别于微机的最大特点，使用者应特别注意。

3. I/O 信号的传递过程

根据上述 PLC 的工作过程，可以得出从输入端子到输出端子的信号传递过程，如图 1-5 所示。

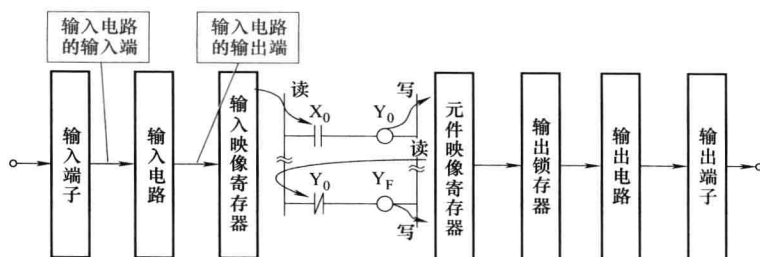


图 1-5 信号传递过程

当输入端子外接开关状态有变化时，此变化反映到输入电路的输出端；在 I/O 刷新阶段，CPU 从输入电路的输出端读出各路状态，并将其写入输入映像寄存器；在程序执行阶段，CPU 从输入映像寄存器和元件映像寄存器中读取各继电器的状态（即数据），根据此状

态执行用户程序，并将执行结果再写入元件映像寄存器中；在紧接着的下一个 I/O 刷新阶段，将元件映像寄存器的状态写入输出锁存电路，再经输出电路传递到输出端子，从而控制外接设备动作。

第三节 PLC 的技术规格与分类

一、PLC 的一般技术规格

PLC 的一般技术规格，主要指的是 PLC 所具有的电气、机械和环境等方面的规格。各厂家不同产品的规格不尽相同。大致有如下几种：

- 1) 电源电压：PLC 所需要外接的电源电压，通常分为交流电源和直流电源两种形式。
- 2) 允许电压范围：PLC 外接电源电压所允许的波动范围，也分为交流电源和直流电源两种形式。
- 3) 消耗功率：PLC 所消耗的电功率的最大值。与上面相对应，分为交流电源和直流电源两种形式。
- 4) 冲击电流：PLC 能承受的冲击电流的最大值。
- 5) 绝缘电阻：交流电源外部所有端子与外壳端子间的绝缘电阻。
- 6) 耐压：交流电源外部所有端子与外壳端子间，在 1min 内可承受的交流电压的最大值。
- 7) 抗干扰性：PLC 可以抵抗的干扰脉冲的峰-峰值、脉宽、上升沿。
- 8) 抗振动：PLC 能承受的机械振动的频率、振幅、加速度及在 x 、 y 、 z 三个方向上的时间。
- 9) 耐冲击：PLC 能承受的冲击力的强度及 x 、 y 、 z 三个方向上的次数。
- 10) 环境温度：使用 PLC 的温度范围。
- 11) 环境湿度：使用 PLC 的湿度范围。
- 12) 环境气体状况：使用 PLC 时，是否允许周围有腐蚀气体等方面的气体环境要求。
- 13) 保存温度：保存 PLC 所需要的温度范围。
- 14) 电源保持时间：PLC 要求电源保持的最短时间。

二、PLC 的基本技术性能指标

各厂家的 PLC 产品技术性能也各不相同，且各有特色，这里只介绍一些基本的、常见的技术性能指标。

(1) 输入/输出点数 (I/O 点数) 指 PLC 外部输入、输出端子的总和，是衡量 PLC 性能的重要指标。I/O 点数越多，外部可接的输入设备和输出设备就越多，控制规模就越大。

(2) 扫描速度 一般以执行 1K 步指令所需时间来衡量，故单位为 ms/千步。也有时以执行一步指令的时间计，如 $\mu\text{s}/\text{步}$ 。

(3) 内存容量 一般以 PLC 所能存放用户程序的多少衡量。在 PLC 中程序指令是按“步”存放的（一条指令往往不止一步），一步占用一个地址单元，一个地址单元一般占用 2B。如一个内存容量为 1K 步的 PLC 可推知其内存为 2KB。

(4) 指令条数 这是衡量 PLC 软件功能强弱的主要指标。PLC 具有的指令条数越多，说明其软件功能越强。