

跟我动手学

PLC与触摸屏

李响初 等 编著



PLC控制系统设计及应用

触摸屏结构及原理

触摸屏组态软件的应用

恒压供水控制系统

中央空调节能控制系统



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

跟我动手学 PLC与触摸屏

李响初 李 哲 刘拥华 编著



NLIC2970969042



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书系统介绍了三菱 FX 系列 PLC 和三菱系列触摸屏的原理及应用, 主要内容包括: PLC 概述, PLC 的硬件系统, PLC 的指令系统及其应用, PLC 控制系统设计与应用, 触摸屏的基本结构、工作原理及分类, 触摸屏组态软件的应用和 PLC 与触摸屏联机实例。内容编排采取循序渐进、由浅入深、够用和实用原则, 将枯燥的理论与实践紧密结合起来, 符合读者的认知规律。

本书适用于电气自动化产品开发设计人员作为参考资料和技术革新、设备改造的关键素材, 也可作为各类职业院校、社会培训班的实训教材和教学参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

跟我动手学 PLC 与触摸屏 / 李响初等编著. —北京: 中国电力出版社, 2013.9

ISBN 978-7-5123-4672-7

I. ①跟… II. ①李… III. ①plc 技术②触摸屏
IV. ①TM571.6②TP334.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 154200 号



中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 9 月第一版 2013 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16 印张 377 千字

印数 0001—3000 册 定价 35.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

随着自动控制技术的不断优化及自动控制部件制作工艺的迅速发展，各种自动控制部件已在办公、通信、家电、医疗、工业自动化、航天、军工等领域得到广泛应用。特别是作为自动控制核心技术之一的 PLC 与触摸屏的成功研发与应用，进一步扩展了自动控制技术的控制功能与应用范围，提高了自动控制系统的性能稳定性和工作可靠性，为自动控制技术的持续发展提供了良好的技术支持。

本书主要介绍了三菱 FX 系列 PLC 和三菱系列触摸屏的原理及应用。PLC 部分的内容主要包括三菱 FX 系列 PLC 的构成及工作原理、PLC 的硬件系统、PLC 的指令系统及其应用、PLC 控制系统设计与应用。触摸屏部分的内容主要包括三菱触摸屏的基本结构、工作原理及分类，触摸屏组态软件的应用。此外，在上述内容的基础上，本书对 PLC 与触摸屏联机综合应用通过第 7、8 章两例“联机实例”进行了详细阐述。

本书具有以下特点：

- (1) 内容丰富。本书全面覆盖了三菱 FX 系列 PLC、三菱系列触摸屏及其综合应用知识。
- (2) 重点突出。本书选材注重实用性、合理性和新颖性。重点突出三菱 FX 系列 PLC、三菱系列触摸屏基本功能及应用特性的介绍。还提供了大量的工程设计实例，便于读者查阅与引用。
- (3) 难易结合。本书按照由浅入深、循序渐进的原则编排内容，尽可能地将基本控制要求与控制流程的实践相结合，直观地将设计过程呈现给读者。
- (4) 强调实用。本书实例设计直接面对用户的实际应用需求，重视培养读者的应用能力。

本书由李响初、李哲、刘拥华编著。参加本书电路实验、绘图与资料整理工作的有李喜初、王资、蔡振华、陆运华、余雄辉、吴新跃、廖礼鹏、阙爱容等同仁。本书在编写过程中，参考了大量的国内外资料，并应用了其中的一些资料，限于篇幅有限，难以一一列举，在此一并向有关作者表示衷心的感谢。

限于编者学识水平，书中不足和疏漏之处在所难免，恳请有关专家与广大读者朋友批评指正。

编 者



目 录

前言

第 1 章 PLC 概述	1
1.1 PLC 的简史、定义及特点	1
1.2 PLC 的应用和发展前景	4
1.3 PLC 的基本结构及工作原理	8
第 2 章 PLC 的硬件系统	15
2.1 PLC 的硬件配置	15
2.2 基本 I/O 单元	21
2.3 三菱 FX 系列 PLC 简介	27
2.4 编程器及编程软件的应用	32
第 3 章 PLC 的指令系统及其应用	52
3.1 编程基础	52
3.2 基本指令系统及其应用	59
3.3 步进指令系统及其应用	77
3.4 功能指令系统及其应用	86
第 4 章 PLC 控制系统设计与应用	142
4.1 PLC 控制系统设计概要	142
4.2 PLC 在机械手控制系统中的应用	151
4.3 PLC 在霓虹灯广告屏控制系统中的应用	155
4.4 PLC 在城市交通信号灯控制系统中的应用	158
4.5 PLC 在知识竞赛抢答器控制系统中的应用	160
4.6 PLC 在全自动洗衣机控制系统中的应用	162
4.7 PLC 在居室安全控制系统中的应用	164
4.8 PLC 在污水处理控制系统中的应用	166
4.9 PLC 在四层电梯控制系统中的应用	168
4.10 PLC 在普通机床控制系统技改中的应用	171

第 5 章 触摸屏的基本结构、工作原理及分类	178
5.1 触摸屏概述.....	178
5.2 触摸屏的基本结构及工作原理.....	180
5.3 触摸屏的分类.....	181
5.4 触摸屏产品简介及选型指标.....	187
5.5 触摸屏与外围设备的连接.....	190
第 6 章 触摸屏组态软件的应用	195
6.1 GT 软件的安装与卸载.....	195
6.2 GT 软件的应用.....	201
6.3 GT 软件画面设置.....	220
第 7 章 基于 PLC 与触摸屏的恒压供水控制系统	225
7.1 恒压供水控制系统概述.....	225
7.2 恒压供水控制系统设计与调试.....	227
第 8 章 基于 PLC 与触摸屏的中央空调节能控制系统	230
8.1 中央空调控制系统概述.....	230
8.2 中央空调节能控制系统改造设计.....	234
附录 A 三菱 FX 系列 PLC 指令一览表	238
附录 B 三菱 FX2N 系列 PLC 内部软元件分配一览表	244
附录 C GT 软件快捷键一览表	245
参考文献	247

PLC 概 述

PLC 是以微处理器为核心,综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种通用工业自动控制装置,已成为现代工业控制的三大支柱(PLC、机器人和 CAD/CAM)之一。本章主要介绍其基本结构及工作原理。

1.1 PLC 的简史、定义及特点

1.1.1 PLC 的简史及定义

20 世纪 60 年代末,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装置,以减少汽车改型时,重新设计、制造继电器控制装置的成本和时间。通用汽车公司首次公开招标的新型控制器基本要求为:

- (1) 编程简单方便,可在现场修改程序。
- (2) 硬件维护方便,采用插件式结构。
- (3) 可靠性高于继电器控制装置。
- (4) 体积小于继电器控制装置。
- (5) 成本上可与继电器控制系统竞争。
- (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,可直接驱动电磁阀、交流接触器等。
- (9) 通用性强,扩展方便。
- (10) 用户程序存储器容量至少可以扩展到 4KB。

1969 年,美国数字设备公司(DEC)根据通用汽车公司招标的技术要求,研制出第一台可编程序控制器,并在通用汽车公司汽车自动装配线上试用,获得成功。其后,日本、德国等相继引入这项新技术,可编程序控制器由此而迅速发展起来。

20 世纪 70 年代初、中期,可编程序控制器虽然引入了计算机的设计思想,但实际上只能完成顺序控制,仅有逻辑运算、定时、计数等控制功能。所以人们将其称为可编程序逻辑控制器,简称 PLC(Programmable Logic Controller)。

20世纪70年代末~80年代初,随着微处理器技术的发展,可编程序控制器的处理速度大大提高,增加了许多特殊功能,使得可编程序控制器不仅可以进行逻辑控制,而且可以对模拟量进行控制。因此,美国电器制造协会(NEMA)将可编程序控制器命名为PC(Programmable Controller),但由于PC容易和个人计算机(Personal Computer)混淆,故人们仍习惯将PLC作为可编程序控制器的缩写。

20世纪80年代以来,随着大规模和超大规模集成电路技术的迅猛发展,以16位和32位微处理器为核心的可编程序控制器得到迅速发展。这时的PLC具有了高速计数、中断技术、PID调节和数据通信等功能,从而使PLC的应用范围和应用领域不断扩大。

PLC的发展初期,不同的开发制造商对PLC有不同的定义。为使这一新型的工业控制装置的生产和发展规范化,国际电工委员会(IEC)于1985年1月制定了PLC的标准,并给它作了如下定义:“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命令,并通过数字式、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的外部设备,都应按易于与工业控制系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则而设计。”

综上所述,可编程序控制器从诞生到现在,经历了三次换代,见表1-1。

表 1-1 可编程序控制器的发展过程

代 次	核心器件	功能特点	应用范围
第一代 1969~1972年	1位微处理器	逻辑运算、定时、计数	替代传统的继电器控制
第二代 1973~1975年	8位微处理器及存储器	数据的传送和比较,模拟量的运算,产品系列化	能同时完成逻辑控制、模拟量控制
第三代 1976~1983年	高性能8位微处理器	处理速度提高,向多功能及联网通信发展	复杂控制系统及联网通信
第四代 1984年至今	16位和32位微处理器	实现逻辑、运算、数据处理、联网等功能	分级网络控制系统

1.1.2 PLC的特点

PLC是综合继电器—接触器控制的优点和计算机灵活、方便的优点而设计制造及发展的,这就使PLC具有许多其他控制器所无法相比的特点。

1. 可靠性高、抗干扰能力强

由PLC的定义可以知道,PLC是专门为工业环境下应用而设计的,因此在设计PLC时,从硬件和软件上都采取了抗干扰的措施,提高了其可靠性。

(1) 硬件措施。

1) 屏蔽。对PLC的电源变压器、内部CPU、编程器等主要部件采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽,以防外界的电磁干扰。

2) 滤波。对PLC的输入/输出线路采用多种形式的滤波,以消除或抑制高频干扰。

3) 隔离。在PLC内部的微处理器和输入/输出电路之间,采用了光电隔离等措施,有效地隔离了输入输出之间电的联系,减少了故障和误动作。

4) 采用模块式结构。这种结构有助于在故障情况下短时修复。因为一旦查出某一模块出现故障, 就能迅速更换, 使系统恢复正常工作。

(2) 软件措施

1) 故障检测。设计了故障检测软件定期地检测外界环境, 如掉电、欠电压、强干扰信号等, 以便及时进行处理。

2) 信息保护和恢复。信号保护和恢复软件使 PLC 偶发性故障条件出现时, 将 PLC 内部信息进行保护, 不遭破坏。一旦故障条件消失, 可恢复原来的信息, 使之正常工作。

3) 设置警戒时钟 WDT。如果 PLC 程序每次循环执行时间超过了 WDT 规定的时间, 预示程序进入死循环, 立即报警。

4) 程序检查和检验。一旦程序有错, 立即报警, 并停止执行。

由于采用了以上抗干扰的措施, 一般 PLC 的平均无故障时间可达到 $(3\sim 5) \times 10^4\text{h}$ 以上。

2. 编程直观、简单

PLC 是面向用户、面向现场的控制类器件, 常采用梯形图语言进行编程。该语言与继电器原理图类似, 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。

3. 通用性好、使用方便

目前, PLC 产品已标准化、系列化、模块化, 可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。

4. 功能完善、接口功能强

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, 可使设备控制功能大大提高。此外, 利用 PLC 接口功能强的特点, 可很方便地将 PLC 与各种不同的现场控制设备相连接, 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。

5. 安装简单、调试方便、维护工作量小

PLC 控制系统的安装接线工作量比继电器接触器控制系统少得多, 只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连。PLC 软件设计和调试大多可在实验室里进行, 用模拟实验开关代替输入信号, 其输出状态可以观察 PLC 上的相应发光二极管, 也可以另接输出模拟实验板。模拟调试后, 再将 PLC 控制系统安装到现场, 进行联机调试, 这样既省时间又方便。此外, PLC 配备有许多监控提示信号, 能动态地监视控制程序的执行情况, 检查出自身的故障, 并随时显示给操作人员, 为现场的调试和维护提供了方便。

综上所述, 可编程序控制器在性能上优于继电器逻辑控制, 与微型计算机、单片机一样, 是一种用于工业自动化控制的理想工具。

PLC、继电器控制系统及计算机控制系统的性能比较见表 1-2。

表 1-2 PLC、继电器控制系统及计算机控制系统的性能比较

项 目	PLC	继电器控制系统	计算机控制系统
功能	用程序可以实现各种复杂控制	利用大量继电器布线实现顺序控制	用程序实现各种复杂控制, 功能最强

续表

项 目	PLC	继电器控制系统	计算机控制系统
改变控制内容	修改程序, 较简单容易	改变硬件接线, 工作量大	修改程序, 技术难度较大
工作方式	顺序扫描	并行处理	中断处理, 响应最快
接口功能	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
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
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
抗干扰能力	一般不专门考虑抗干扰问题	能抵抗一般电磁干扰	要专业设计抗干扰措施
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	需进行软、硬件改造
硬件成本	比微机控制系统高	少于30个继电器的系统成本最低	一般比 PLC 低

1.2 PLC 的应用和发展前景

1.2.1 PLC 的应用

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。PLC 的应用形式可归纳为以下几种类型:

1. 开关量逻辑控制

PLC 具有强大的逻辑运算能力, 可以实现各种简单和复杂的逻辑控制。这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域, 它取代了传统的继电—接触器的控制。

2. 模拟量控制

PLC 中配置有 A/D 和 D/A 转换模块。其中 A/D 模块能将现场的温度、压力、流量、速度等模拟量经过 A/D 转换变为数字量, 再经 PLC 中的微处理器处理去进行控制或经 D/A 模块转换后, 变成模拟量去控制被控对象, 这样就可实现 PLC 对模拟量的控制。

3. 过程控制

现代大中型的 PLC 一般都配备了 PID 控制模块, 可进行闭环过程控制。当控制过程中某一个变量出现偏差时, PLC 能按照 PID 算法计算出正确的输出去控制生产过程, 把变量保持在整定值上。目前, 许多小型 PLC 也具有 PID 功能。

4. 定时和计数控制

PLC 具有很强的定时和计数功能, 它可以为用户提供几十甚至上百个、上千个定时器和计数器。其计时的时间和计数值可以由用户在编写用户程序时任意设定, 也可以由操作人员在工业现场通过编程器进行设定, 实现定时和计数的控制。如果用户需要对频率较高的信号进行计数, 则可以选择高速计数模块。

5. 顺序控制

在工业控制中, 可采用 PLC 步进指令编程或用移位寄存器编程来实现顺序控制。

6. 数据处理

现代的 PLC 不仅能进行算术运算、数据传送、排序、查表等, 而且还能进行数据比较、数据转换、数据通信、数据显示和打印等, 它具有很强的数据处理能力。

7. 通信和联网

现代 PLC 一般都具有通信功能, 它既可以对远程 I/O 进行控制, 又能实现 PLC 与 PLC、PLC 与计算机之间的通信, 这样用 PLC 可以方便地进行分布式控制。

1.2.2 PLC 的发展前景

近年来, 随着电子技术的发展和市场需求的增加, PLC 的结构和功能正在不断改进, 各个生产厂家不断推出 PLC 新产品, 平均 3~5 年更新换代一次, 有些新型中小型 PLC 的功能甚至达到或超过了过去大型 PLC 的功能。现代可编程序控制器具有如下发展前景:

1. 向高速度、大容量方向发展

为了提高 PLC 的处理能力, 要求 PLC 具有更好的响应速度和更大的存储容量。目前, 有的 PLC 的扫描速度可达 0.1ms/千步左右。PLC 的扫描速度已成为很重要的一个性能指标。

在存储容量方面, 有的 PLC 最高可达几十兆字节。为了扩大存储容量, 有的公司已使用了磁棒存储器或硬盘。

2. 向超大型、超小型两个方向发展

当前中小型 PLC 比较多, 为了适应市场的不同需求, 今后 PLC 将向多品种方向发展, 特别是向超大型和超小型两个方向发展。现已有 I/O 点数达 14336 点的超大型 PLC, 其使用 32 位微处理器、多 CPU 并行工作和大容量存储器, 功能较强。

小型 PLC 由整体结构向小型模块化结构发展, 可以使配置更加灵活, 已开发了各种简易、经济的超小型及微型 PLC, 最小配置的 I/O 点数为 8~16 点, 以适应单机及小型自动控制的需要, 如三菱公司的 α 系列 PLC。

3. 大力开发智能模块, 加强联网通信能力

为满足各种自动化控制系统的要求, 近年来不断开发出许多功能模块, 如高速计数模块、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信和人机接口模块等。这些具备 CPU 和存储器的智能模块, 既扩展了 PLC 的功能, 使用也更灵活方便, 扩大了 PLC 的应用范围。

加强 PLC 联网通信的能力是 PLC 技术进步的潮流。PLC 的联网通信有两类: 一类是 PLC 之间的联网通信, 各 PLC 生产厂家都有自己的专用联网技术; 另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信, 一般 PLC 都有专用通信模块与计算机通信。为了加强联网通信能力, PLC 生产厂家之间也在协商制定通用的通信标准, 以便构成更大的网络系统, PLC 已成为集散控制系统 (DCS) 不可缺少的重要组成部分。

4. 增强外部故障的检测与处理能力

根据统计资料表明, 在 PLC 控制系统的故障中, CPU 故障占 5%, I/O 接口故障占 15%, 输入设备故障占 45%, 输出设备故障占 30%, 线路故障占 5%。前两项共 20% 的故障属于 PLC 的内部故障, 它可通过 PLC 本身的软、硬件实现检测、处理; 而其余 80% 的故障属于 PLC 的外部故障。因此, PLC 生产厂家都在致力于研制、开发用于检测外部故障的专用智能模块, 以进一步提高系统的可靠性。

5. 编程语言多样化

在 PLC 系统结构不断发展的同时, PLC 的编程语言也越来越丰富, 功能也在不断提高。除了大多数 PLC 使用的梯形图语言外, 为了适应各种控制要求, 出现了面向顺序控制的步进编程语言、面向过程控制的流程图语言、与计算机兼容的高级语言 (BASIC、C 语言等) 等。多种编程语言的并存、互补与发展是 PLC 进步的一种表现。

1.2.3 常见 PLC 流派简介

目前, PLC 产品按地域可分为三大流派: 一是美国产品, 二是欧洲产品, 三是日本产品。其中美国和欧洲的 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) 公司和德州仪器 (TI) 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。常见美国 PLC 产品如图 1-1 所示。

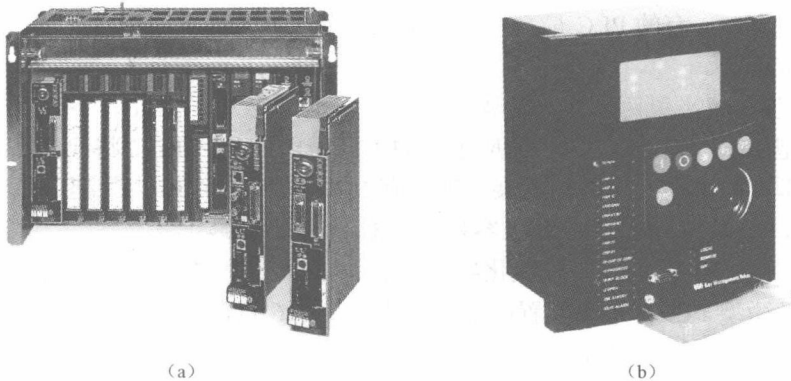


图 1-1 常见美国 PLC 产品

(a) A-B 公司 PLC-5 系列; (b) GE 公司通用 PLC

A-B 公司 PLC 产品规格齐全、种类繁多, 其主推的大、中型 PLC 产品是 PLC-5 系列。该系列为模块式结构, 当 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 256~1024 点; 当 CPU 模块为 PLC-5/11、PLC-5/20、PLC-5/30、PLC-5/60、PLC-5/40L、PLC-5/60L 时, 属于大型 PLC, I/O 点最多可配置到 3072 点。该系列中 PLC-5/250 功能最强, 最多可配置到 4096 个 I/O 点, 具有强大的的控制和信息管理功能, 大型机 PLC-3 最多可配置 8096 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。

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，最多可配置 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 8192 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。常见欧洲 PLC 产品如图 1-2 所示。

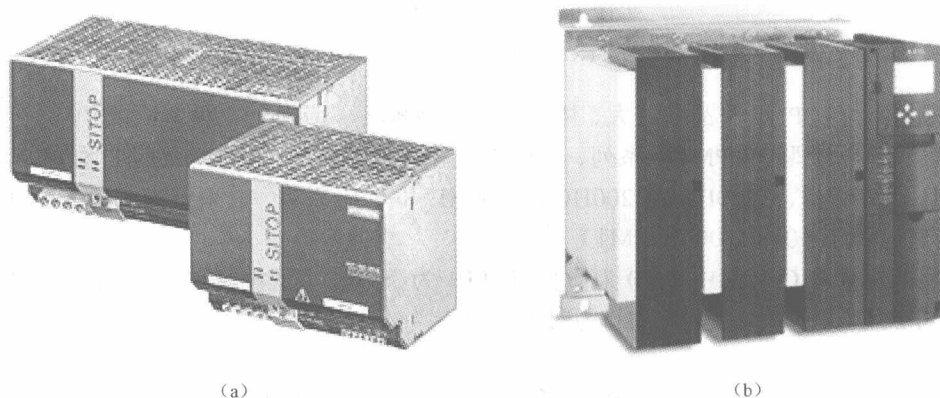


图 1-2 常见欧洲 PLC 产品

(a) 西门子公司 S7 系列；(b) AEG 公司通用 PLC

西门子的 PLC 产品主要有 S5、S7 系列。在 S5 系列中，S5-90U、S5-95U 属于微型整体式 PLC；S5-100U 属于小型模块式 PLC，最多可配置 256 个 I/O 点；S5-115U 是中型 PLC，最多可配置 1024 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 4096 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，其性价比较高，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时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 市场领域，日本的产品约占 70% 的份额。常见日本 PLC 产品如图 1-3 所示。

三菱公司的 PLC 是较早进入中国市场的产品。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 PLC 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 年代开发的整体式多功能小型机，它配有各种通信适配器和特殊功能单元。FX2N PLC 是近几年推出的多功能整体式小型机，它是 FX2 PLC 的换代产品，其各种功能都有了全面的提升。三菱公司的大中型 PLC 有 A 系列、QnA 系列、Q 系列，它们都有丰富的网络功能，I/O 点数可达 8192 个。

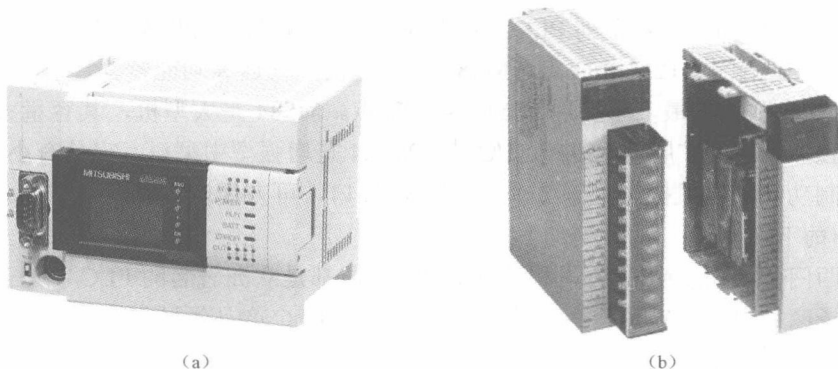


图 1-3 常见日本 PLC 产品
(a) 三菱公司 FX2N 系列; (b) 欧姆龙公司 CPM1A 系列

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,小型机有 P 型、H 型、CPM1A 系列、CPM2A 系列、CPM2C 系列、CQM1 系列等,中型机有 C200H、C200HS、C200HX、C200HG、C200HE 和 CS1 系列,大型机有 C1000H、C2000H、CV (CV500/CV1000/CV2000/CVM1) 等。

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、FP20 为大型机,其中 FP20 为最新产品。

1.3 PLC 的基本结构及工作原理

PLC 由于自身的特点,在工业生产的各个领域得到了越来越广泛的应用。而作为 PLC 的用户,要正确地应用 PLC 去完成各种不同的控制任务,首先应了解 PLC 的基本结构和工作原理。

1.3.1 PLC 的基本结构

目前,可编程序控制器的产品很多,不同厂家生产的 PLC 以及同一厂家生产的不同型号 PLC 其结构各不相同,但其基本结构和基本工作原理大致相同。它们都是以微处理器为核心的结构,其功能的实现不仅基于硬件的作用,更要靠软件的支持。PLC 硬件系统的基本结构如图 1-4 所示。

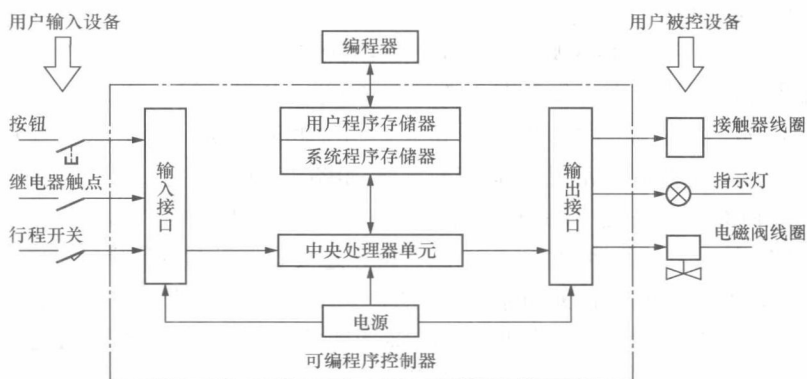


图 1-4 PLC 硬件系统的基本结构

由图 1-4 可见, PLC 的硬件系统由微处理器 (CPU)、存储器 (EPROM、RAM)、输入/输出模块、外设 I/O 接口、通信接口及电源组成。对于整体式的 PLC, 这些部件都在同一个机壳内; 而对于模块式的 PLC, 各部件独立封装, 称为模块, 各模块通过机架和电缆连接在一起。

1.3.2 PLC 的工作原理

1. PLC 的工作过程

PLC 虽然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的不同。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 采用循环扫描方式, 即 PLC 从 0000 号存储地址所存放的第一条用户程序开始, 在无中断或跳转的情况下, 按存储地址号递增的方向顺序逐条执行用户程序, 直到 END 指令结束。然后再从头开始执行, 并周而复始地重复, 直到停机或从运行 (RUN) 切换到停止 (STOP) 工作状态。下面我们具体介绍 PLC 的扫描工作过程。

PLC 扫描工作过程主要分三个阶段: 输入采样、程序执行、输出刷新, 如图 1-5 所示。

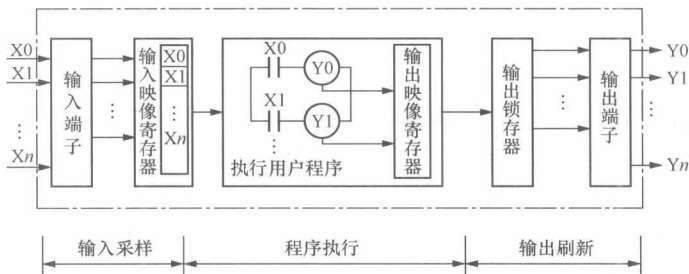


图 1-5 PLC 扫描过程示意图

(1) 输入采样。PLC 在开始执行程序之前, 首先以扫描方式将所有输入端的通断状态转换成电平的高低状态“1”或“0”, 并存入输入锁存器中, 然后将其写入各自对应的输入映像寄存器中, 即刷新输入。随即关闭输入端口, 进入程序执行阶段。

(2) 程序执行。PLC 按顺序从 0000 号地址开始的程序进行逐条扫描, 并分别从输入映像寄存器、输出映像寄存器以及辅助继电器中获得所需的数据进行运算处理, 再将程序执行的结果写入输出映像寄存器。但这个结果在全部程序未被执行完毕之前不会送到输出端口。

(3) 输出刷新。在执行到 END 指令, 即执行完用户所有程序后, PLC 将输出映像寄存器中的内容送到输出锁存器中, 并通过一定的驱动装置 (继电器、晶体管或晶闸管) 驱动相应输出设备工作。

由上述分析很容易看出, PLC 在初始化后, 进行循环扫描。PLC 一次扫描的过程包括五个主要环节: 公共处理、执行程序、循环时间计算处理、I/O 刷新、RS-232 端口服务和外设端口服务, 如图 1-6 所示。

(1) 公共处理。复位监视定时器, 进行硬件检查、用户内存检查等。检查正常后, 方可进行下一步的操作。如果有异常情况, 则根据错误的严重程度发出报警或错误警示, 甚至停止 PLC 运行。

(2) 执行程序。CPU 按从左向右、自上而下的顺序对每条指令进行解释、执行，且 CPU 从输入映像寄存器和输出映像寄存器中读出各继电器的状态，根据用户程序给出的逻辑关系（串并联关系等）进行逻辑运算，并将运算结果再写入输出映像寄存器中。

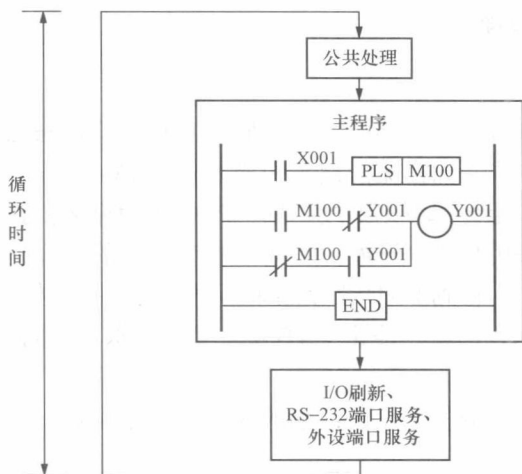


图 1-6 PLC 扫描周期示意图

(3) 循环时间计算处理。在扫描周期计算处理阶段，若设定扫描周期为固定值，则进入等待循环，直到该指令值到达，再往下进行；若设定扫描周期为不定值（即决定于用户程序的长短等），则进行扫描周期的计算。

(4) I/O 刷新。CPU 从输入电路中读取各输入点状态，并将此状态写入输入映像寄存器中；同时将元件映像寄存器的状态传送到输出锁存电路，再经输出电路隔离和功率放大，驱动外部负载。

(5) RS-232 端口服务和外设端口服务。完成与外设端口连接的外围设备或通信适配器的通信处理。

PLC 完成一次扫描五个环节所需的时间称为扫描周期（或工作周期），在不考虑外部因素（与编程器通信等）时，其扫描周期 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，PLC 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、响应速度要求快的控制系统，就应该精确计算响应时间，合理选用指令，精简程序，以尽可能减少扫描周期造成的响应延时等不良影响。

2. I/O 信号传递的滞后现象

从微观上来考虑，由于 PLC 特定的扫描工作方式，程序在执行过程中所用的输入信号是本周期内采样阶段的输入信号。若在程序执行过程中，输入信号发生变化，其输出不能即时做出反映，只能等到下一个扫描周期开始时采样该变化了的输入信号。另外，程序执行过程中产生的输出不是立即去驱动负载，而是将处理的结果存放在输出映像寄存器中，等程序全部执行结束，才能将输出映像寄存器的内容通过锁存器输出到端口上。

由上述分析可知,从 PLC 的输入端输入信号发生变化,到 PLC 输出端对该变化做出响应需要一段时间,这段时间称作响应时间或滞后时间,这种现象称为 PLC 输入/输出响应的滞后现象。综合分析该现象产生原因,大致有以下几个方面:

(1) 以扫描的方式执行程序,其输入/输出信号间的逻辑关系存在着原理上的滞后。这是 PLC 输入/输出响应出现滞后的最主要原因。

(2) 输入滤波器存在时间常数。输入电路中的滤波器对输入信号有延迟作用,时间常数越大,延迟作用越大。

(3) 输出继电器存在机械滞后。从输出继电器的线圈得电到其触点闭合需要一段时间,这取决于输出电路的硬件参数,如 FX2N 系列 PLC 输出继电器的滞后时间为 14ms。

1.3.3 PLC 的技术规格与分类

1. PLC 的一般技术规格

PLC 的一般技术规格主要是指 PLC 所具有的电气、机械、环境等方面的规格。不同生产厂家的不同产品规格各不相同,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 所消耗电功率的最大值,也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、频率。

(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 三个方向的时间。

(9) 耐冲击。PLC 能承受的冲击力强度及 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 所需的温度范围。

(14) 电源保持时间。PLC 要求电源保持的最短时间。

三菱 FX2N 系列 PLC 环境规格见表 1-3。

表 1-3

三菱 FX2N 系列 PLC 环境规格

项 目	规 格
环境温度	使用温度 0~55℃, 储存温度 -20~70℃
环境湿度	使用时 35%~85%RH (不凝露)