

PLC程序设计 与应用研究

..... 罗及红 著
..... 廖 辉 杨欣慧 参著



电子科技大学出版社

PLC 程序设计 与应用研究

PLC CHENGXU SHEJI YU YINGYONG YANJIU

罗及红 著

廖 辉 杨欣慧 参著

电子科技大学出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

PLC 程序设计与应用研究 / 罗及红著. -- 成都 : 电子科技大学出版社, 2017.9

ISBN 978-7-5647-5084-8

I. ①P… II. ①罗… III. ①PLC 技术—程序设计
IV. ①TM571.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 222240 号

PLC 程序设计与应用研究

罗及红 著

策划编辑 谭炜麟

责任编辑 谭炜麟

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051

主 页 www.uestcp.com.cn

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 成都新千年印制有限公司

成品尺寸 185mm×260mm

印 张 8.5

字 数 195 千字

版 次 2017 年 9 月第一版

印 次 2017 年 9 月第一次印刷

书 号 ISBN 978-7-5647-5084-8

定 价 58.00 元

版权所有，侵权必究

前言

可编程控制器(简称 PLC)是以微处理器为核心的通用工业控制装置,它将传统的继电器接触器控制系统与计算机控制技术紧密结合,集计算机、控制、通讯于一体,具有可靠性高、通用性强、应用灵活、易于使用、维修方便、价格便宜等优点,是当今及未来工业控制的主要手段和重要的自动化控制设备,被誉为现代工业生产自动化的三大支柱之一。

近年来,日本三菱公司的小型 PLC 产品 FX_{2N} 和德国西门子(SIEMENS)公司 S7-200 型 PLC,在我国已广泛应用于各行各业生产过程的自动控制领域中。为大力普及这两大系列 PLC 的实际应用,作者们在总结 PLC 领域长达十年教学和科研经验的基础上,花了近两年时间,撰写此书,旨在为已经使用或将要使用 PLC 的在校大学生和在职的广大电气技术人员,进行较为系统的介绍。

本书从工程应用的角度出发,以我国目前广泛应用的日本三菱公司的小型 PLC 产品 FX_{2N} 和德国西门子(SIEMENS)公司 S7-200 型 PLC 为样机,突出应用性和实践性,重点讲述了小型 PLC 的构成、原理、编程,详细介绍了 PLC 指令及应用、编程技巧及在自动控制领域中的硬件、软件系统设计方法。

本书主要由 PLC 指令编程及应用、PLC 应用系统设计和基于 PLC 自动控制系统中的应用三大部分组成。选题都是以日本三菱 FX_{2N} 和德国西门子 S7-200 为样机,主要采用梯形图和指令表语言编程。需要说明的是,所给出的参考程序既不是唯一的,也不一定是最优秀的,所以,建议读者用自己的编程思路及所熟悉的指令去完成。

本书由湖南商务职业技术学院的罗及红、新疆石河子大学的廖辉、吉林电子信息职业技术学院的杨欣慧三人共同编写。其中,第 2 章、第 3 章、第 5 章由罗及红编写;第 1 章和第 4 章由廖辉编写;第 6 章由杨欣慧编写。

本书由浅入深,力求通俗易懂,注重实际应用,可作为大专院校机电一体化、电气自动化、自动控制等相关专业的教学参考用书,以及各级各类 PLC 培训班的实训用书;对于广大的电气工程技术人员,则是一本非常有价值的参考书和技术手册。

作者

2014 年 7 月

目 录

第 1 章 可编程控制器 (PLC) 概述	1
1.1 PLC 的产生与发展	1
1.2 PLC 的分类	1
1.3 PLC 的特点	4
1.4 PLC 的应用	5
第 2 章 PLC 系统构成与工作原理	7
2.1 PLC 系统构成	7
2.2 PLC 工作过程及原理	9
2.3 S7-200 PLC 的系统特性及硬件构成	11
第 3 章 PLC 编程元件与编程语言	16
3.1 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 编程元件	16
3.2 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 编程语言	20
3.3 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 外部接线及编程软件使用	23
第 4 章 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 指令及应用	25
4.1 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 基本指令及应用	25
4.2 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 步进指令及应用	41
4.3 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 步进与功能指令综合应用	49
4.4 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 功能指令及应用	60
第 5 章 西门子 S7-200PLC 指令及应用	69
5.1 位逻辑运算指令及应用	69
5.2 定时器指令及应用	84
第 6 章 PLC 编程方法与应用系统设计	102
6.1 PLC 应用系统设计概述	102
6.2 PLC 应用系统设计内容和步骤	102
6.3 PLC 程序设计方法	104

6.4 PLC 程序设计应用案例 119

6.5 S7-200 系列 PLC 装配、检测和维护 125

6.6 PLC 应用中若干问题的处理 128

第1章 可编程控制器 (PLC) 概述

1.1 PLC 的产生与发展

可编程控制器 (简称 PLC) 是在传统的顺序控制器的基础上引入了微电子技术、计算机技术、自动控制技术和通讯技术而形成的一代新型工业控制装置, 目的是用来取代继电器、执行逻辑、记时、计数等顺序控制功能, 建立柔性的程序控制系统。

PLC 产生及发展:

(1) 1969 年美国数字设备公司 (DEC) 研制出世界第一台可编程控制器, 并成功地应用在美国通用汽车公司 (GM) 的生产线上。但当时只能进行逻辑运算, 故称为可编程逻辑控制器, 简称 PLC (Programmable Logic Controller)。

(2) 70 年代后期, 随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展, 使 PLC 从开关量的逻辑控制扩展到数字控制及生产过程控制域, 真正成为一种电子计算机工业控制装置, 故称为可编程控制器, 简称 PC (Programmable Controller)。但由于 PC 容易与个人计算机 (Personal Computer) 相混淆, 故人们仍习惯地用 PLC 作为可编程控制器的缩写。

1985 年国际电工委员会 (IEC) 对 PLC 的定义如下: 可编程控制器是一种进行数字运算的电子系统, 是专为在工业环境下的应用而设计的工业控制器, 它采用了可以编程序的存储器, 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指令, 并通过数字或模拟式的输入和输出, 控制各种类型机械的生产过程。

PLC 程序既有生产厂家的系统程序, 又有用户自己开发的应用程序, 系统程序提供运行平台, 同时, 还为 PLC 程序可靠运行及信息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, 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形成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计。

可见, PLC 是由继电器逻辑控制系统发展而来, 在数字处理、顺序控制方面具有一定优势。PLC 是集自动控制技术、计算机技术和通讯技术于一体的一种新型工业控制装置, 具有通用性强、使用方便、适应面广、可靠性高、抗干扰能力强、编程简单等特点, 已跃居工业自动化三大支柱 (PLC、ROBOT、CAD/CAM) 的首位。可以预料: 在工业控制领域中, PLC 控制技术的应用必将形成世界潮流。

1.2 PLC 的分类

目前, PLC 有以下四种分类:

1.2.1 从组成结构形式分

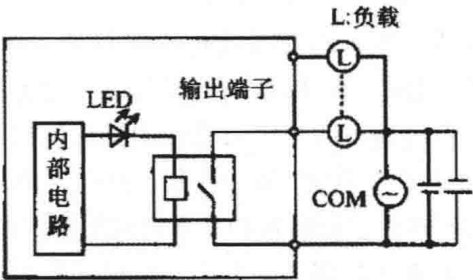
- 1. 整体式 PLC: 其 CPU 模块、I/O 模块和电源都装在一个箱体机壳内, 结构非常紧凑。具有体积小、价格低的特点, 小型 PLC 一般都采用整体式结构。
- 2. 模块式 PLC : 又叫积木式, 用搭积木的方式组成系统, 它由框架和模块组成, 大中型 PLC 采用模块式结构。
- 3. 叠装式 PLC : 是整体式和模块式相结合的产物。把工作单元的外形都做成外观尺寸一致的, CPU、I/ 及电源也可以做成独立的, 再采用电缆连接各个单元。如三菱公司的 FX 系列 PLC 和西门子公司的 S7-200 型 PLC, 均采用叠装式结构。

1.2.2 按 I/O 点数及内存容量分

- 1. 小型 PLC : I/O 点数在 256 点以下
- 2. 中型 PLC : I/O 点数在 256 ~ 2048 点
- 3. 大型 PLC : I/O 点数在 2048 点以上

1.2.3 按输出形式分

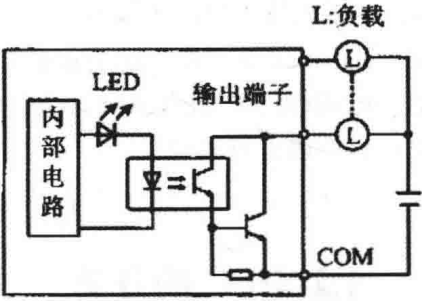
- 1. 继电器输出 : 为有触点输出方式, 适用于低频大功率直流或交流负载。



继电器输出型

图 1.1 继电器输出型图

- 2. 晶体管输出 : 为无触点输出方式, 适用于高频小功率直流负载。



晶体管输出型 (NPN 集电极开路)

图 1.2 晶体管输出型 (NPN 集电极开路) 图

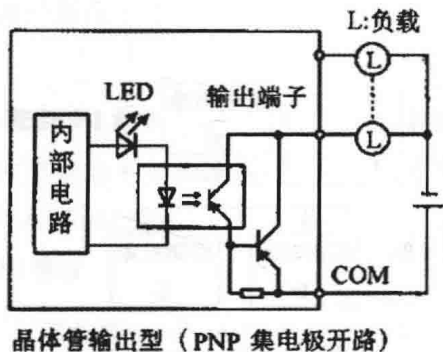


图 1.3 晶体管输出型 (PNP 集电极开路) 图

3. 晶闸管输出：为无触点输出方式，适用于高速大功率交流负载。

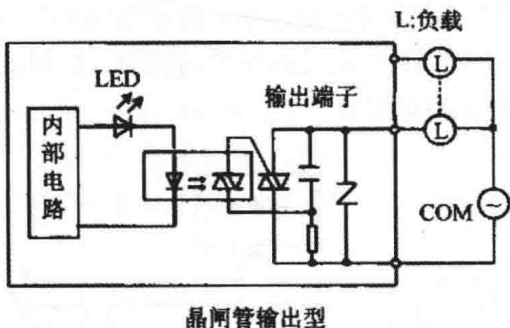


图 1.4 晶闸管输出型图

1.2.4 从控制系统分

1. 集中式控制型

用一个 PLC 控制一台或多个被控设备。主要用于输入、输出点数较少，各被控设备所处的位置比较近，且相互间的动作有一定联系的场合。其特点是控制结构简单。

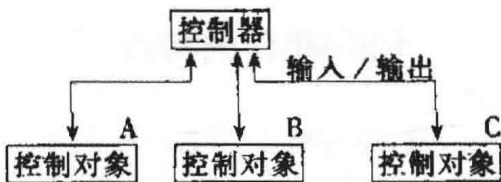


图 1.5 集中式控制型图

2. 远程式控制型

指控制单元远离控制现场，PLC 通过通信电缆与被控设备进行信息传递。该系统一般用于被控设备十分分散，或工作环境比较恶劣的场合。其特点是需要采用远程通信模块，

提高了系统的成本和复杂性。

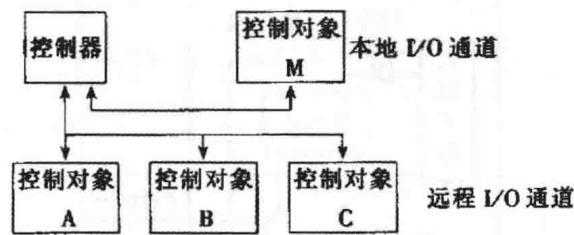


图 1.6 远程式控制型图

3. 分布式控制型

即采用几台小型 PLC 分别独立控制某些被控设备，然后再用通信线将几台 PLC 连接起来，并用上位机进行管理。该系统多用于有多台被控设备的大型控制系统，其各被控设备之间有数据信息传送的场合。其特点是系统灵活性强、控制范围大，但需要增加用于通信的硬件和软件，系统的复杂性也更大。

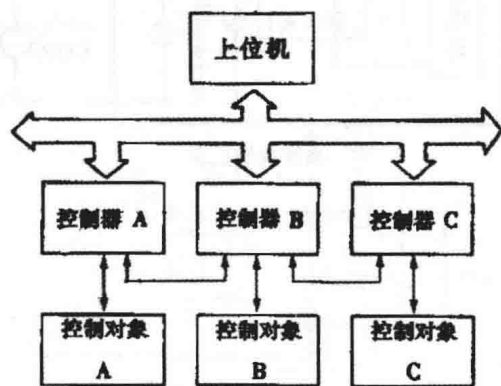


图 1.7 分布式控制型图

1.3 PLC 的特点

PLC 与其他控制装置相比，具有以下特点：

1. 可靠性高，抗干扰能力强

在 CPU 和 I/O 模块之间采用光电隔离、滤波和联锁，在软件中有故障自诊断程序，使平均无故障时间高达 30 万小时。

2. 编程简单，操作方便

编程语言有梯形图 LAD、指令语句表 STL 和控制系统流程图 CSF，尤其是梯形图通

俗直观,易于掌握。编程器有计算机(便于仿真调试和监控运行)和手持式编程器(小巧轻便、现场调试)。

3. 安装、调试和维护方便

体积小、安装接线少,可用试验开关作输入信号、发光二极管作输出信号进行模拟调试,故障率很低,且有自诊断和显示功能。

4. 体积小、能耗低

容易安装在机械设备内部,是实现机电一体化的理想设备,减少了配线和线圈用电量。

5. 易于实现机电一体化

与继电器控制系统相对比,具有以下几个方面的优点:

(1)在器件组成上 继电器控制电路中的继电器和接触器器件很多(尤其是复杂电路),故障率高,占用的空间也大;而 PLC 中的很多继电器(如中间继电器、时间继电器)则是虚拟的,它由软件构成(称为“软继电器”),不易发生故障,也几乎不占用空间。

(2)在触点使用上 继电器控制电路中的常开、常闭触头由实际的结构决定,因此数量是固定的,不能重复使用,所以电路越复杂,需要的继电器及其触点就越多;而 PLC 中的每个软继电器的触点数量是可以重复使用,无故障率,且 PLC 中的软继电器寿命无限。

(3)在电流工作上 继电器控制电路中有实际电流存在,可以用电流表直接测量,由于触点多、电流大,极易发生断路故障和安全事故;而 PLC 梯形图中的工作电流是一种信息流,称之为“软电流”或“能流”,不会发生断路故障和安全事故。

(4)在接线方式上 继电器控制电路图中的所有接线都必须逐根连接,缺一不可,在改变控制电路时,必须改变实际接线;而 PLC 的接线,除输入、输出需要实际接线外,内部的所有软接线都是通过软件连接的,在改变控制电路时,只需要修改程序,其改变的灵活性与速度是继电器控制线路无法比拟的。

另外,在运行过程中,还具有以下优点:触点不抖,定时准确(采用半导体元件)、可靠性高(具有自诊功能)、维护方便等优点。

1.4 PLC 的应用

80 年代占据主导地位,90 年代则占领了工业控制领域,国外专家预言:PLC 技术将位居工业自动化三大支柱之首(PLC、机器人和计算机辅助设计),集 3C 于一身(控制、计算机和通信技术)。其应用类型大致可分为以下六种:

1. 开关量逻辑控制(低档) 它是 PLC 最基本的应用,主要利用 PLC 的逻辑运算、定时、计数等基本功能,实现触点与电路的串、并联,可取代传统的继电器控制,用于单机、多机群和自动生产线等控制。

2. 运动控制(中档) 即数控 CNC 技术 PLC 将描述目标位置和运动参数的数据传送

给位置控制模块，然后由位置控制模块确保运行到目标位置。

3. **过程控制（中档）** 是对温度、压力、流量、速度、位置等连续变化模拟量的 PID 闭环控制，如轧机、锅炉、加热炉等。

4. **集散控制 DCS（高档）** PLC 之间，PLC 和计算机之间可以联网实现集散控制。

5. **数据处理 CNC（高档）** 通过数字运算，完成对数据的采集、分析及处理，应用于大型控制系统。

6. **综合控制（高档）** PLC 是实现 EIC 综合控制系统的整机设备（电气控制 Electric、仪表控制 Instrumentation 和计算机系统 Computer）。

应用领域包括：

电力行业，如锅炉温度控制；机械行业，如机床控制；汽车行业，如装配生产线控制；钢铁行业，如加热炉控制系统；化学、轻工业行业，如配料生产线控制；食品、造纸行业，如搅拌机控制；纺织行业，如套机自动控制；建材行业：如水泥、人造板的生产工艺流程控制；公用事业领域，如电梯、舞台灯、交通灯系统的自动控制；等等。

第2章 PLC 系统构成与工作原理

2.1 PLC 系统构成

2.1.1 PLC 的硬件系统

一般来讲, PLC 分为箱体式和模块式两种。但它们的组成是相同的, 对箱体式 PLC, 有一块 CPU 板、I/O 板、显示面板、内存块、电源等, 当然按 CPU 性能分成若干型号, 并按 I/O 点数又有若干规格。对模块式 PLC, 有 CPU 模块、I/O 模块、内存、电源模块、底板或机架。无论哪种结构类型的 PLC, 都属于总线式开放型结构, 其 I/O 能力可按用户需要进行扩展与组合。PLC 的基本结构框图 2.1 所示:

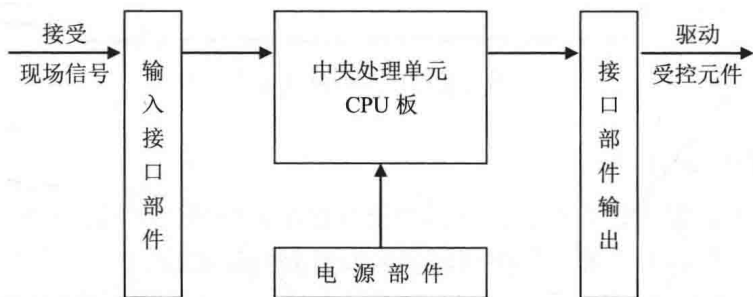


图 2.1 PLC 基本框架图

PLC 主要由中央处理单元、输入接口、输出接口、通信接口等部分组成, 其中 CPU 是 PLC 的核心, I/O 部件是连接现场设备与 CPU 之间的接口电路, 通信接口用于与编程器和上位机连接。对于整体式 PLC, 所有部件都装在同一机壳内; 对于模块式 PLC, 各功能部件独立封装, 称为模块或模板, 各模块通过总线连接, 安装在机架或导轨上。不同厂商生产的不同系列产品在每个机架上可插放的模块数是不同的, 一般为 3 ~ 10 块。可扩展的机架数也不同, 一般为 2 ~ 8 个机架。基本机架与扩展机架之间的距离不宜太长, 一般不超过 10M。PLC 硬件由以下五个部分组成, 如图 2.2 所示。

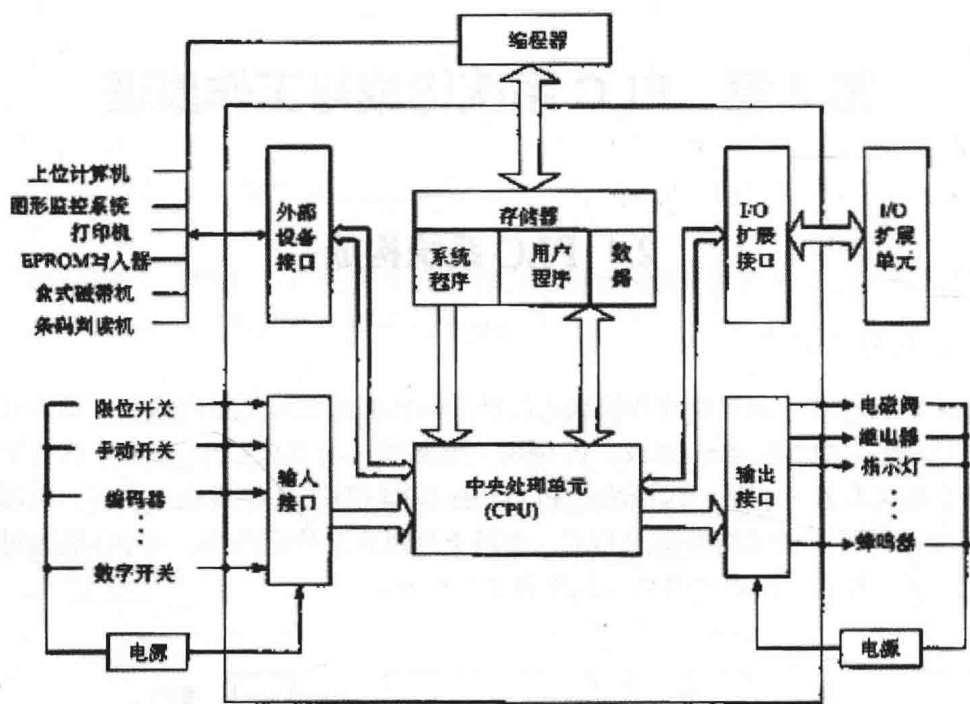


图 2.2 PLC 硬件结构图

1. 中央处理单元 CPU

CPU 通过输入装置读入外设的状态，由用户程序去处理，并根据处理结果通过输出装置去控制外设。一般的中型可编程控制器多为双微处理器系统，一个是字处理器，它是主处理器，由它处理字节操作指令，控制系统总线，内部计数器，内部定时器，监视扫描时间，统一管理编程接口，同时协调位处理器及输入输出。另一个为位处理器，也称布尔处理器，它是从处理器，它的主要作用是处理位操作指令和在机器操作系统的管理下实现 PLC 编程语言向机器语言转换。CPU 处理速度是指 PLC 执行 1000 条基本指令所花费的时间。

2. 存储器

存储器主要存放系统程序，用户程序及工作数据。PLC 所用的存储器基本上由 PROM，EPROM，EEPROM 及 RAM 等组成。

3. 输入 / 输出部件

输入 / 输出部件又称 I/O 模块。PLC 通过 I/O 接口可以检测被控对象或被控生产过程的各种参数，以这些现场数据作为 PLC 对控对象进行控制的信息依据。同时 PLC 又通过 I/O 接口将处理结果送给被控设备或工业生产过程，以实现控制。

4. 编程装置和编程软件

PLC 以顺序执行存储器中的程序来完成其控制功能的。

5. 电源部件

2.1.2 PLC 的软件系统

PLC 软件系统分为系统程序和用户程序两大类。系统程序包括系统管理程序和用户指令的解释程序以及供系统调用的专用标准程序等。系统管理程序用以完成机内运行相关时间分配、存贮空间分配管理及系统自检等工作。用户指令的解释程序用以完成用户指令变换为机器码的工作。用户程序是用户为了达到某种控制目的, PLC 厂家提供的编程语言所编写的程序, 是一定控制功能的表述。同一台 PLC 用于不同控制目的时就需要编写不同的用户程序; 当用户程序定入 PLC 之后, 如需改变控制要求, 还可以进行多次改写。

其中, 个人计算机程序开发系统的软件主要包括以下几个部分。

1. 编程软件

这是最基本的软件, 允许用户生成、编辑、储存、打印梯形图程序及其他形式的程序。

2. 文件编制软件

它与系统生成软件一起, 可以给梯形图中的每一个触点和线圈加上注释, 指出它们在程序中的作用, 或解释某一段程序的功能, 使程序便于阅读和理解。

3. 数据采集和分析软件

可以从一个或多个 PLC 采集数据, 并用各种处理方法来分析这些数据, 然后将结果用统计图形式显示在 CRT 上。

4. 实时操作员接口软件

提供实时操作的人-机接口装置, 个人计算机被用作系统的监控装置, 通过 CRT 告诉操作人员系统的状况和可能发生的各种报警信息; 操作员可以通过键盘输入各种控制指令, 来处理系统中所出现的各种问题。

5. 仿真软件

它允许工业控制计算机对工厂生产过程和系统仿真, 对现有系统有效地检测、分析和调试, 也允许系统设计者对所发生的问题加以修改。

2.2 PLC 工作过程及原理

2.2.1 PLC 的循环扫描

PLC 整个工作过程需要读入开关状态、逻辑运算、输出运算结果共三步。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, 因此工作的次序是: 输入→第一步运算→第二步运算→最后一步运算→输出。这种工作方式就称为扫描工作方式。从输入到输出的整个执行时间称为扫描周期。

PLC 的 CPU 是采用分时操作的原理, 如图 2.3 所示, 每一时刻执行一个操作, 随着时

间的延伸一个动作接一个动作顺序地进行，这种分时操作进程称为 CPU 对程序的扫描。PLC 的用户程序由若干条指令组成，指令在存储器中按序号顺序排列。CPU 从第一条指令开始，顺序逐条地执行用户程序，直到用户程序结束，然后返回第一条指令开始新一轮扫描。

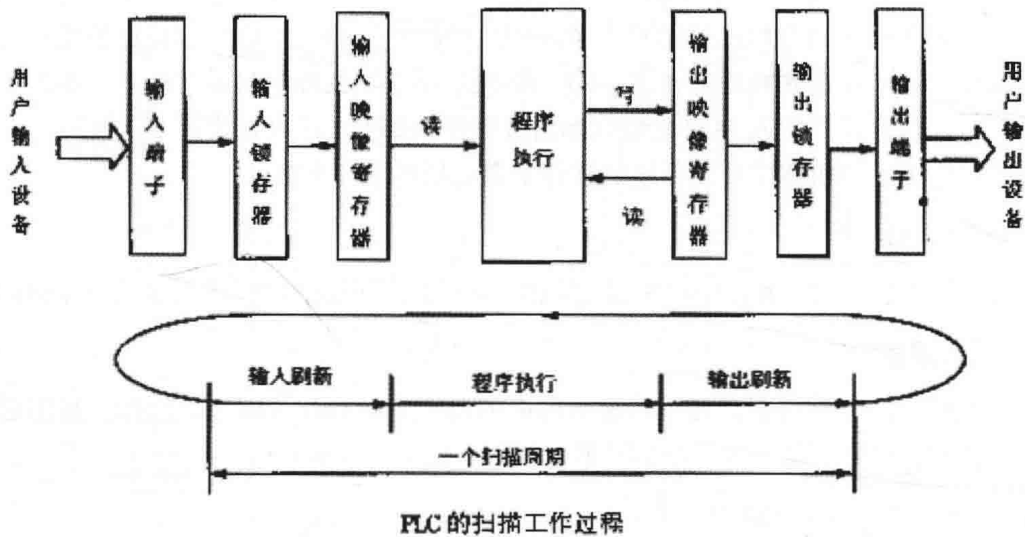


图 2.3 PLC 循环扫描图

2.2.2 PLC 的工作过程

可编程控制器的工作过程，如 PLC 等效电路工作图 2.4 所示：

1. 内部处理

公共操作是在每次扫描程序前进行的自检。

2. 通信服务

外设的请求命令包括操作人员的介入和硬件设备的中断。

3. 输入处理

程序执行前，可编程控制器的全部输入端子的通 / 断状态读入输入映像寄存器。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，直到下一扫描周期的输入处理阶段才读入这些变化。另处，输入触点从通(ON)→断(OFF)[或从断(OFF)→通(ON)]变化到处于确定状态止，输入滤波器还有一响应延长时间（约 10S）。数据 I/O 操作也称为 I/O 状态刷新。它包括两种操作：

- ① 采样输入信号，即刷新输入状态表的内容；
- ② 送出处理结果，即用输出状态表的内容刷新输出电路。

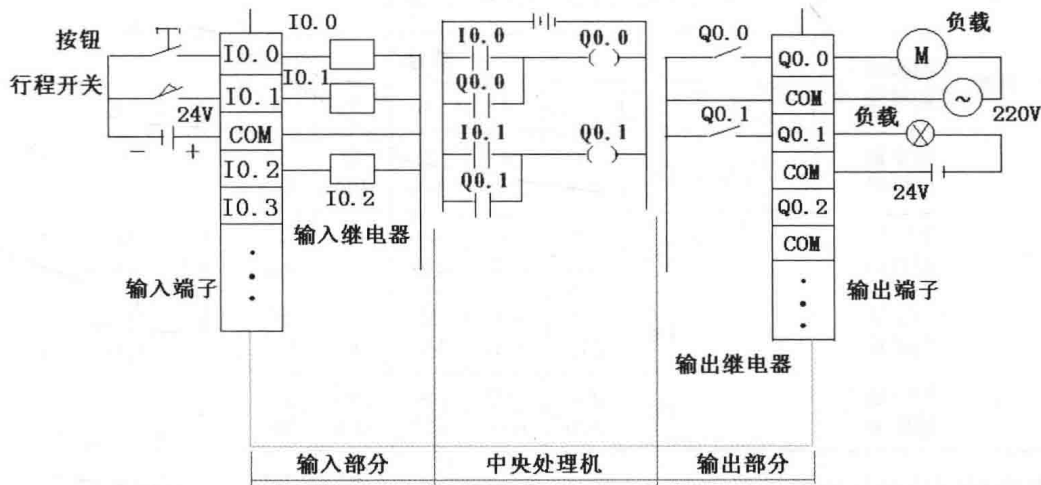
4. 程序处理

对应用户程序存储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，每次结果都写入有关的映像寄存器，因此，各软元件（X 除外）的映像寄存器的内容随着程序的执行在不断变化。输出断电器的内部触点的动作由输出映像寄存器的内容决定。

5. 输出处理

全部指令执行完毕，将输出 Y 的映像寄存器的通 / 断状态向输出锁存寄存器传送，成为可编程控制器的实际输出，可编程控制器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。以上的方式称为成批输入 / 输出方式（或刷新方式）。



PLC 的等效电路示意图
图 2.4 PLC 等效电路工作图

2.2.3 PLC 的 I/O 滞后现象

造成 I/O 响应滞后的原因：

- ① 扫描方式 循环时间是一个程序循环所占用的时间，循环时间由过程映像传送时间、操作系统的执行时间和用户程序的执行时间三大部分组成，当用户程序较长时，指令执行时间在扫描周期中会占相当大的比例。
- ② 电路惯性 输入滤波时间常数和输出继电器触点的机械滞后。
- ③ 与程序设计安排有关 可以使用优化程序的方法予以减少。

2.3 S7-200 PLC 的系统特性及硬件构成

2.3.1 S7-200 PLC 系统结构

主要组成部分有导轨（RACK）、电源模块（PS）、中央处理单元 CPU 模块、接口模块（IM）、信号模块（SM）、功能模块（FM）等，通过 MPI 网的接口直接与编程器 PG、操