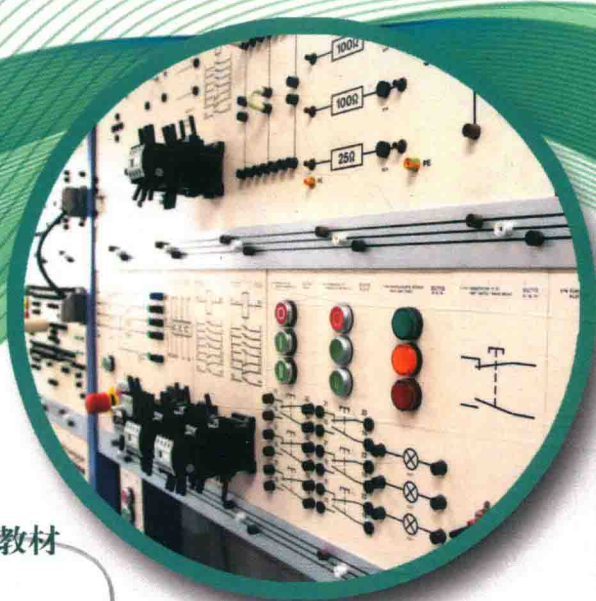




“十三五”高等学校信息与控制系列规划教材

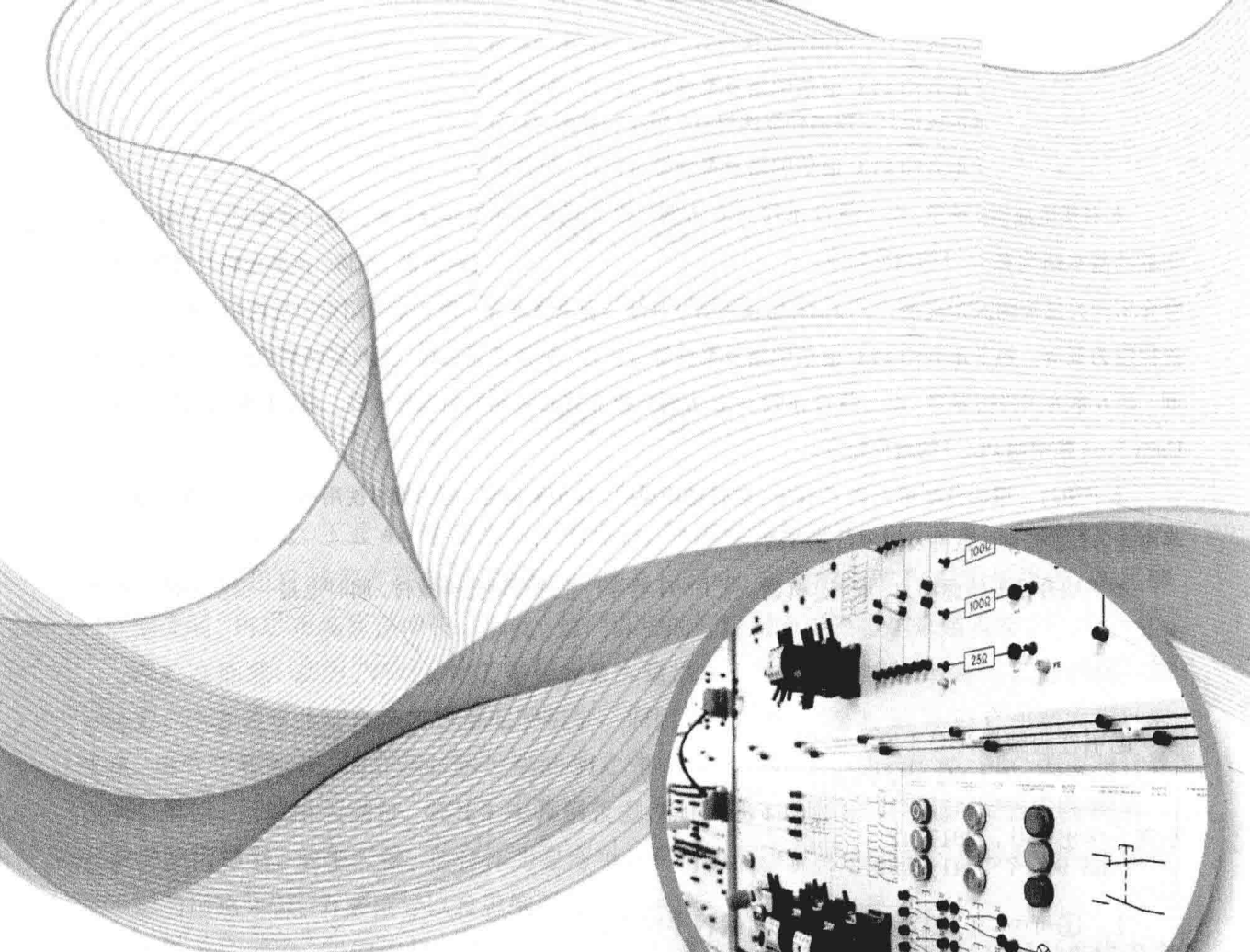
可编程序控制器技术与系统

潘 蕾 薛 锐
黄石红 沈剑贤

编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS



“十三五”高等学校信息与控制系列规划教材

可编程序控制器技术与系统

潘 蕾 薛 锐
黄石红 沈剑贤

编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书系统地讲述了可编程序控制器的基本原理和设计方法。全书共分6章。第1章概述了可编程序控制器的基本结构和工作原理等；第2章介绍PLC的编程基础，包括编程语言、资源、典型逻辑功能等；第3章介绍开关量控制及系统设计，包括梯形图设计、顺序功能图设计等。第4章介绍模拟量控制，并以热工过程控制为案例。第5章介绍PLC通信网络及系统综合设计，包括现场总线、变频器网络控制及系统设计案例。第6章为实验指导书，以三菱Q系列PLC为例介绍了PLC控制的知识与方法。最后以附录的形式给出Unity Pro(施耐德PLC)的编程指令。

本书通过二维码分享相关PLC程序、软件使用说明、应用案例等，还为教材使用单位提供高质量课件和半物理仿真实验系统软件及控制对象模型。

本书适合作为能源动力、电气、机械、化工、环境等行业的自动化类教材，同时也是一部很好的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器技术与系统 / 潘蕾等编著. -- 南京 :
东南大学出版社, 2017. 12
ISBN 978-7-5641-7599-3

I. ①可… II. ①潘… III. ①可编程序控制器
IV. ①TM571.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第323854号

可编程序控制器技术与系统

出版发行 东南大学出版社
社 址 南京市玄武区四牌楼2号(邮编: 210096)
出版人 江建中
责任编辑 姜晓乐(joy_supe@126.com)
经 销 全国各地新华书店
印 刷 虎彩印艺股份有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 18
字 数 456千字
版 次 2017年12月第1版
印 次 2017年12月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5641-7599-3
定 价 49.00元

东大版图书若有印装质量问题, 请直接与营销部联系。电话(传真): 025-83791830

前言

随着智能制造、工业 4.0 等概念的不断推进,可编程序控制器(PLC)也得到更加广泛的应用。近年来 PLC 技术方兴未艾,根据 Frorst & Sullivan 发布的全球 PLC 市场报告,有足够的证据证明,PLC 市场呈正增长。因此,这门课程的开设对于工科生越来越重要。

PLC 在能源、动力、环境、化工等行业有大量需求,但目前出版的介绍 PLC 的书籍与能源动力、环境类专业结合且内容全面的很少。原因有几方面:首先,现有 PLC 书籍大都针对机械、电气工程专业,而介绍过程控制的 PLC 书籍内容往往不全面;其次,PLC 图书与计算机图书类似,虽然琳琅满目,但其中工具书较多,类似于产品手册,不适合作为教材;还有一类是实验指导书、例程汇编,适合作为参考书,不能满足作教材的要求。高校教材用书需包含系统的理论知识、方法指导以及思维引导和训练。

基于上述原因,我们编写了这本《可编程序控制器技术与系统》教材。在编写过程中力图遵循教育教学规律,注重思维训练和方法指导,拓宽专业适用面。编写团队将十多年的本科 PLC 教学、竞赛、工程项目积累融入书中,以贯彻授课、实验、研讨交替进行的启发式教学理念为目的,力图打造出一部适用于多专业、内容全面的 PLC 教材。

全书分为 6 章,第 1 章概述了可编程序控制器的基本结构和工作原理等,介绍 PLC 这种控制计算机的硬件基础。第 2 章介绍 PLC 的软件基础,包括其编程语言、编程资源、程序特点、典型逻辑功能的编程等。第 3 章介绍 PLC 的主要功能——开关量控制及系统设计,包括开关量控制系统的组成,数字量输入/输出通道的原理、结构和配置方法,PLC 开关量控制系统的设计方法(包括梯形图设计、顺序功能图设计)和步骤等。第 4 章介绍了模拟量控制,其中包括了基本的离散时间控制理论、数字 PID 算法、模拟量输入/输出通道原理和配置方法、PLC 模拟量控制指令编程以及 PLC 模拟量控制半物理仿真系统,又称硬件在回路(Hardware in Loop, HIL)系统,并介绍了基于 HIL 研究大惯性过热汽温控制的实例。由于过程控制对象很复杂,大多难以在实验室建立,通过 PLC 的 HIL 平台设计过程控制器是很有意义的。第 5 章介绍 PLC 通信网络,包括网络通信基础、具有现场总线特色的 PLC 网络、变频器原理及其网络控制以及小型热工 PLC 控制实验系统(包括液位、温度、流量、压力)的综合设计,为学习 PLC 系统的组网和综合设计打下基础。第 6 章为实验指导书,包括编程基础、开关量控制和模拟量控制三类实验训练,虽然实验与具体设备关联,但本书所选开关量实验比较通用,模拟量实验可以用 HIL 系统实现,不一定需要实物,HIL 平台的软件和控制对象模型可以联

系出版社获得。

本书具有以下两个特色：

(1) 内容全面，专业适用面更宽

本书内容包括顺序控制、模拟量控制和过程控制综合几方面，既有机械、电气工程方面的应用例程，也有能源动力等过程控制的应用例程，因而能够适用更多专业的自动化教学。我们配套开发了可编程序控制器的虚拟仿真实验平台（HIL），可以提供给用书师生使用，作为课堂演示和课外实验的资源；书中还配套了 PLC 实验指导书、思考题与习题，其内容与各章节呼应，为巩固学习和实训之用。

(2) 系统性强，注重思维训练

PLC 位于计算机学科与控制学科的交叉点，本书从控制系统的角度进行编排，实现从 PLC 控制的知识点→知识块→知识体系的构建过程，纵向地构建起 PLC 控制技术与系统的知识结构。

本书中建立了对问题、设计方法的横向比较和分析。在例程中对同一 PLC 设计任务提供不同设计方法、不同编程语言的比较，起到“举一反三”的思维训练效果。

本书的内容设置适合采用启发式教学。在 32 学时课程中，可讲授 16 学时、实验及研讨 16 学时，单双周交替进行，使学生先在课堂系统地接受知识的梳理和引导，进而自主探索、动手实践。

本书提供丰富的教辅材料，包括：（1）16 学时的高质量授课课件，课件信息丰富，包含图、动画和视频，反映前沿技术，有利于采用启发式教学方法。（2）书中的 PLC 控制应用例程及其他应用例程，如电厂化学水处理程控系统。（3）PLC 模拟量控制半物理仿真软件和控制对象模型。（4）PLC 设计软件的使用说明书。（5）习题与实验参考答案。

本书由东南大学和南京工程学院合作编写。东南大学潘蕾副教授负责编写第 2 章、第 3 章和第 4 章，南京工程学院薛锐副教授负责编写第 1 章、第 5 章的 5.1 节、第 6 章的 6.1 节 ~ 6.2 节和附录，东南大学黄石红副教授负责编写第 5 章的 5.2 节 ~ 5.3 节，东南大学沈剑贤副教授负责编写第 6 章的 6.3 节和教辅案例。研究生王钱超同学绘制了书中所有插图，研究生杨得金同学编写了教辅材料《PLC 系统开发软件使用说明》。潘蕾负责对全书进行统稿。

在编写过程中学习和汲取了部分国内外有关书籍内容，受益匪浅，在此表示谢意。

由于编者知识和经验有限，不妥之处在所难免，期望得到读者的批评指正。



本书附加资源
可扫码获得

编者

2017 年 10 月

目 录

第 1 章 可编程序控制器概述

1.1 PLC 的产生与发展	001
1.2 PLC 的结构和工作原理	002
1.2.1 PLC 系统硬件组成	002
1.2.2 PLC 内部结构	003
1.2.3 PLC 的软件结构	007
1.2.4 PLC 的工作原理	008
1.3 PLC 的分类和性能指标	011
1.3.1 分类	011
1.3.2 性能指标	012
1.4 PLC 的特点和应用	013
1.4.1 PLC 的特点	013
1.4.2 PLC 系统的应用	014
1.5 三菱电机 Q 型 PLC 简介	014
思考题与习题 1	017

第 2 章 PLC 编程基础

2.1 PLC 的编程语言	018
2.1.1 图形编程方式	019
2.1.2 文本编程方式	021

2.1.3 梯形图语言	022
2.2 PLC 的编程资源	024
2.2.1 用户软元件	024
2.2.2 系统软元件	031
2.3 PLC 的顺控程序	033
2.4 顺控程序的基本逻辑	036
2.4.1 顺控程序分析工具	036
2.4.2 基本逻辑功能	038
2.4.3 定时器控制逻辑	049
2.4.4 计数器控制逻辑	054
2.5 顺控程序基本指令	058
2.5.1 程序控制指令	058
2.5.2 数据处理指令	064
思考题与习题 2	081

第 3 章 开关量控制

3.1 过程输入 / 输出通道概述	086
3.1.1 数字量输入 / 输出通道组成原理	087
3.1.2 可编程控制器的 DI / DO 通道	090
3.2 PLC 控制系统的基本配置	104
3.2.1 PLC 基本系统配置	104
3.2.2 PLC 基本系统扩展	105
3.3 PLC 系统开发软件	106
3.4 梯形图程序设计	108
3.4.1 PLC 控制系统设计步骤	108
3.4.2 梯形图程序设计	109
3.4.3 梯形图应用例程及指令	116
3.5 顺序功能图程序设计	130
3.5.1 SFC 程序的组成结构	131
3.5.2 步进梯形图编程	133

思考题与习题 3	138
----------------	-----

第 4 章 模拟量控制

4.1 PLC 模拟量控制系统原理与组成	140
4.2 信号的采样、量化和编码	141
4.3 模拟量输出通道 (D/A)	143
4.3.1 D/A 转换器原理	143
4.3.2 可编程控制器的 D/A 转换模块	145
4.4 模拟量输入通道与接口	154
4.4.1 A/D 转换器的工作原理及主要性能指标	154
4.4.2 可编程控制器的 A/D 转换模块	157
4.5 PLC 模拟量控制基本算法及应用指令	169
4.5.1 PLC 模拟量控制理论基础	169
4.5.2 PLC 的 PID 控制指令	178
4.5.3 过程控制指令	189
4.6 PLC 模拟量控制半物理仿真实验系统	195
4.6.1 PLC 控制器与 PC 仿真对象的通信	196
4.6.2 PLC 模拟量控制半物理仿真系统	201
4.7 PLC 复杂过程控制算法设计	203
4.7.1 过热汽温的动态特性	203
4.7.2 过热汽温控制系统的设计原则	204
4.7.3 串级过热汽温控制系统	205
思考题与习题 4	210

第 5 章 PLC 通信网络与系统综合设计

5.1 可编程序控制器通信网络概况	211
5.1.1 网络通信基础	211
5.1.2 PLC 常用通信访问控制方法	216
5.1.3 PLC 分层控制网络系统的配置及特点	220

5.2 Q 系列 CC-Link 网	224
5.2.1 CC-Link 概况	224
5.2.2 CC-Link 通信原理	227
5.2.3 网络参数设置	228
5.2.4 主从站通信设计	233
5.3 基于 CC-Link 的小型热工 PLC 控制实验台设计	241
5.3.1 系统硬件组成	241
5.3.2 系统软件设计	244
思考题与习题 5	254

第 6 章 可编程序控制器实验指导书

6.1 PLC 编程基础实验	255
6.1.1 与或非逻辑功能实验	255
6.1.2 定时器 / 计数器功能实验	256
6.1.3 水塔水位控制	258
6.2 开关量控制实验	258
6.2.1 十字路口交通灯控制的模拟	258
6.2.2 装配流水线控制的模拟	259
6.2.3 运料小车控制模拟	259
6.3 模拟量控制实验	260
6.3.1 变频器的参数设置	260
6.3.2 利用 MX Sheet 记录上位机实验数据	261
6.3.3 一阶单容水箱对象的阶跃测试	265
6.3.4 单容水箱液位 PID 控制观察实验	269

附 录	272
-----------	-----

参考文献	280
------------	-----

第 1 章 可编程序控制器概述

可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC), 简称可编程控制器, 是微处理器、数字通信和控制技术飞速发展的产物。PLC 是一种专门为在工业环境下自动化应用而设计的专用计算机装置, 它以微处理器为核心, 具有输入、控制、输出和通信功能, 既可以单台独立工作, 也可以用多台 PLC、编程器、操作监视器或个人计算机以及通信网络构成可编程控制器系统, 实现对工业生产过程、装置或设备的控制。由于 PLC 具有功能强大、操作方便、可靠性高等优点, 目前已成为工业自动控制领域中广泛应用的自动化装置。

本章概述 PLC 的产生、发展、原理、相关概念和基本应用。

1.1 PLC 的产生与发展

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出世界上第一套可编程序逻辑控制器 (PLC), 并成功地应用于 GM 公司的汽车自动装配线上, 开辟了数字电子设备全新的应用领域。这一时期它主要用于顺序逻辑控制, 故称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller), 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速发展, PLC 从开关量的逻辑控制扩展到数字控制和生产过程控制领域, 真正成为一种电子计算机工业控制装置, 故称为可编程序控制器 (Programmable Controller), 简称 PC。但是, 由于 PC 容易和个人计算机 (Personal Computer) 相混淆, 故人们仍习惯地用 PLC 作为可编程序控制器的缩写。

1985 年, 国际电工委员会 (IEC) 制定了可编程序逻辑控制器的标准, 并给其作了如下定义: “可编程序控制器是一种专为工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子系统, 它采用可编程序的存储器, 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, 通过数字式、模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械和生产过程。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。”

PLC 最初只具备逻辑控制、定时、计数等功能, 主要用于取代继电器接触控制。因而可以说 PLC 是计算机技术与继电器接触控制技术相结合的产物。20 世纪 70 年代, 计算机技术被引入可编程序控制器, 使其功能不断增强。现在的 PLC 系统已采用了中央处理器单元 (CPU), 其指令系统丰富, 程序结构灵活, 具有高速计数、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。现代的 PLC 系统或者提供了数字显示的接口, 或者配有直接相连接的触摸屏, 增加了系统人机对话的能力。随着微处理器技术的

发展,在 PLC 中已使用了 16 位、32 位高性能 CPU,并能实现多处理器冗余计算,具有 Web 上网的功能。随着技术的进步,当前 PLC 和集散控制系统(DCS)、工控机(IPC)之间正相互覆盖、渗透与替代,相辅相成,已成为工业自动化中应用最为广泛的控制设备。

从控制功能看,可编程控制器的发展经历了以下 4 个阶段:

① 从第一台 PLC 问世到 20 世纪 70 年代中期是可编程控制器的初创阶段。这一阶段的产品主要用于逻辑运算和计时、计数运算。

② 从 20 世纪 70 年代中期到 70 年代末期是可编程控制器的发展阶段。这一阶段产品的扩展功能包括数据的传送、数据的比较和运算、模拟量的运算等。

③ 从 20 世纪 70 年代末期到 80 年代中期是可编程控制器的通信阶段。这一阶段可编程控制器在通信方面有了很大的发展,初步形成了分布式的通信网络系统。但是,由于制造厂商各自采用不同的通信协议,产品间的互通比较困难。另外,在该阶段,数学运算的功能得到了较大的扩充,产品的可靠性进一步提高。

④ 20 世纪 80 年代中期以后是可编程控制器的开放阶段。这主要表现在通信系统的开放,使各制造厂的产品可以通信。在这一阶段,产品的规模增大,功能不断完善,大中型的产品多数有大屏幕显示功能,产品的扩展也因通信功能的改善而变得方便。此外,还采用了标准的软件系统,增加了高级编程语言等。

目前世界上生产可编程控制器产品的厂家非常多,代表性的制造商有:

美国:罗克韦尔公司(Rockwell)、通用电气公司(GE Fanuc)、艾默生公司(EMERSON)。

日本:三菱电机公司(MITSUBISHI)、欧姆龙公司(OMRON)、日立公司(HITACHI)。

欧洲:德国西门子公司(SIMENSE)、德国伦茨公司(Lenze)、法国施耐德公司(Schneider Electric)、奥地利贝加莱公司(B&R)、瑞士 ABB 公司、英国欧陆公司(EUROTHERM)。

中国台湾:台达电子公司、士林电机公司、盟立自动化、永宏 PLC 等。

中国大陆:无锡信捷、深圳奥越信、北京和利时、浙大中控、兰州全志、厦门海为、南大傲拓等。

1.2 PLC 的结构和工作原理

可编程控制器综合应用了自动化、计算机和通信等领域的成熟技术,形成了以微处理器为核心的高度模块化的机电一体化装置。广义地讲,可编程控制器也是一种计算机,只不过它是一种工业控制专用的计算机,它的实际组成与一般微型计算机基本相同,也是由硬件和软件两大部分组成。

1.2.1 PLC 系统硬件组成

尽管目前世界上出现了几十种品牌的 PLC,而且它们的指令系统与编程语言不尽相同,但其结构组成却大致一样。如图 1.1 所示,一个基本的 PLC 系统主要由中央处理器单元(CPU)、输入模块、输出模块、编程装置、存储器和电源等组成。

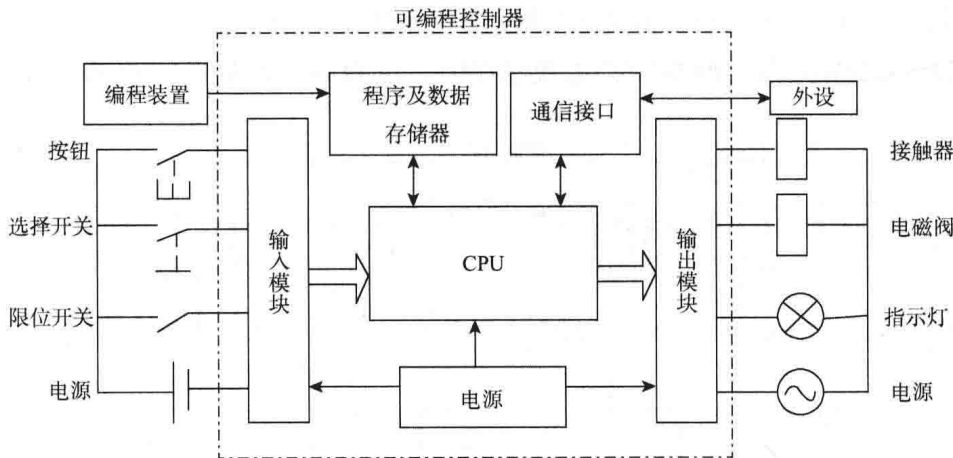


图 1.1 基本 PLC 系统结构图

1) 中央处理器单元

中央处理器单元是一个含有处理器的单元，通过接收输入信号、运行存储器中的程序来实现控制决策，并将程序运行结果作为控制信号送至输出模块。

2) 电源

PLC 使用 220 V 交流电源或 24 V 直流电源。PLC 内部的开关电源把交流电压转换成 CPU 及输入 / 输出接口电路所需的 $\pm 5\text{ V}$ 、 $\pm 12\text{ V}$ 、 $\pm 24\text{ V}$ 等直流电源。

3) 程序及数据存储

用于存储程序、输入数据、设定值、运算中间结果、输出数据等。

4) 输入 / 输出模块 (I/O 模块)

PLC 通过 I/O 模块接收外部设备的信息并将内部信息传送到外部。如图 1.1 所示，输入信号可能来自按钮、开关、传感器等，是由电压、电流或电脉冲序列等表示的开关量或模拟量信号。输出信号可能送至含有信号灯、电机启动线圈、电磁阀的电路。

5) 通信接口

用于 PLC 与其他网络站点间的信息传送。

6) 编程装置

用于开发 PLC 程序，然后下载到 PLC 存储器中。手持式编程器便于在线调试 (见图 1.2)；离线开发时一般采用个人电脑作为编程装置。



图 1.2 手持式编程器和 PLC 实物图

1.2.2 PLC 内部结构

PLC 内部基本结构如图 1.3 所示，它以微处理器 CPU 为核心，以系统的三条总线——数据总线、地址总线和控制总线为信息传输通路，配上大规模集成电路的存储器和输入 / 输出 (I/O) 接口电路组成计算机系统。

CPU 控制 PLC 内部所有操作。内部时钟频率范围在 1 ~ 8 MHz 内，决定了 PLC 的操作速度并且为系统中所有元件提供计时和同步功能。总线是 PLC 内部数字信号的通信通路，

CPU 使用数据总线在组成元件之间传送数据,用地址总线传送存储数据存放位置的入口地址,用控制总线传送控制信号。另外 I/O 系统总线用于 I/O 接口电路与 I/O 模块之间的通信。

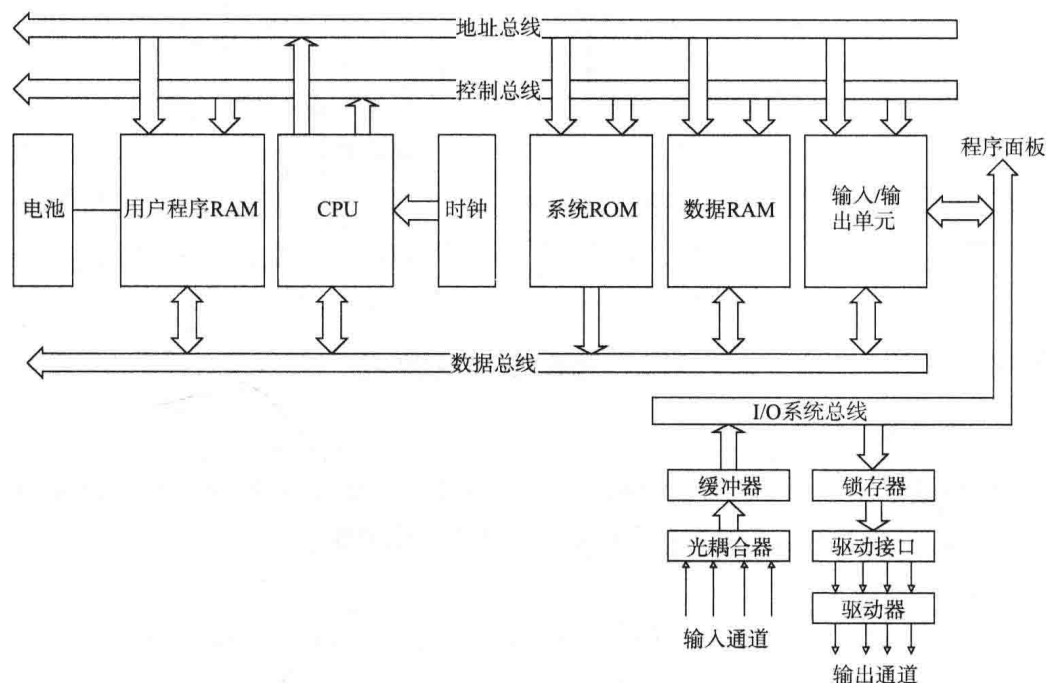


图 1.3 PLC 内部基本结构图

1) 中央处理单元 (CPU)

CPU 由控制器、运算器和寄存器组成并集成在一个芯片内。CPU 芯片负责输入/输出处理、程序解算、通信处理等功能。CPU 的内部结构取决于相关的微处理器,一般包括:

- ① 1 个算术逻辑单元 ALU,负责数据运算,实现加、减、与、或、非、异或等逻辑运算。
- ② 寄存器,位于微处理器中,用来存储程序执行时的相关信息。
- ③ 控制单元,用于指挥、协调和控制操作,包括程序与数据的输入、取指令并译码、控制 ALU 对数据进行传送与加工、运算结果的输出、与外部设备信息交换等。

一般 PLC 使用下列 CPU 芯片:

- ① 通用微处理器,如 Intel 公司的 8086 到 Pentium 系列芯片。
- ② 单片微处理器(单片机),如 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机。
- ③ 位片式微处理器,如 AMD 2900 系列位片式微处理器。

CPU 通过数据总线、地址总线、控制总线和电源总线与存储器、输入/输出接口、编程器和电源相连接。在 PLC 控制系统中,CPU 模块相当于人的大脑,它不断地采集输入信号,执行用户程序,刷新系统的输出。

2) 存储器

PLC 内的存储器主要用于存放系统程序、用户程序和数据等。

(1) 系统程序存储器

PLC 系统程序决定了 PLC 的基本功能,该部分程序由 PLC 制造厂家编写并固化在系统

程序存储器中,主要包括:

- ① 系统管理程序:系统管理程序主要控制 PLC 的运行,使 PLC 按正确的次序工作。
- ② 用户指令解释程序:用户指令解释程序将 PLC 的用户指令转换为机器语言指令,传输到 CPU 内执行。

- ③ 功能程序与系统程序调用:负责调用不同的功能子程序及其管理程序。

系统程序属于需长期保存的重要数据,所以其存储器采用只读存储器 (ROM)(见图 1.4) 或可擦除可编程只读存储器 (EPROM)。可用的其他程序存储器还有可电擦除可编程只读存储器 (EEPROM)、快闪存储器 (FLASH) 等。

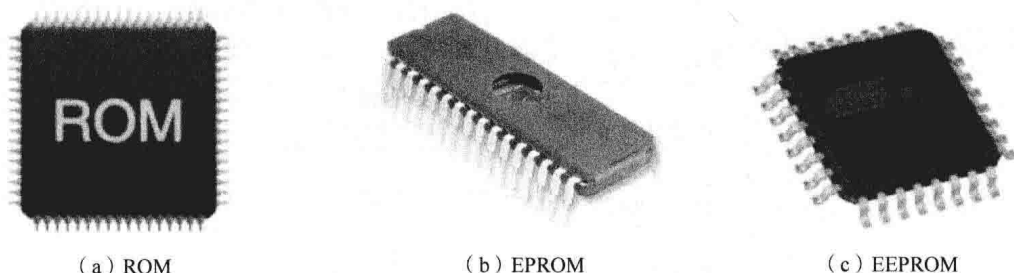


图 1.4 只读存储器芯片实物图

ROM 具有非易失性,即电源断开后仍能保存已存储的内容,但只能读出内容,不能写入内容。

EPROM 是一种具有可擦除功能、擦除后即可进行再编程的 ROM 内存,写入前须用紫外线照射芯片上的透镜窗口才能擦除已写入内容,可重复擦除和写入。

EEPROM 是非易失性的,可以用编程装置编程,兼有 ROM 的非易失性和 RAM 的随机存取优点,但是写入信息所需时间比 RAM 长得多。EEPROM 的擦除不需要借助于其他设备,它是以电子信号来修改其内容,而且以字节为最小修改单位。

(2) 用户程序存储器

用户程序存储器用于存放用户载入的 PLC 应用程序,载入初期的用户程序因需修改与调试,所以称为用户调试程序,存放在可以随机读写操作的随机存取存储器 (RAM) 内以方便用户修改与调试。

RAM 又叫读/写存储器。它是易失性的存储器,在电源中断后,储存的信息将会丢失。RAM 的工作速度高,价格便宜,改写方便。用户可以从编程装置读出 RAM 中的内容,也可以将用户程序写入 RAM。在关闭 PLC 的外部电源后,可用锂电池保存 RAM 中的用户程序和某些数据。锂电池可用 2~5 年,需要更换锂电池时,由 PLC 发出信号,通知用户。现在部分 PLC 仍用 RAM 来储存用户程序。

通过修改与调试后的程序称为用户执行程序,由于不需要再作修改与调试,用户执行程序就被下载到 EPROM / EEPROM 存储器芯片内长期使用。EPROM / EEPROM 芯片通常是 PLC 的一个可插入模块,可以永久保存。

(3) 数据存储

用于存储 PLC 运行过程中需生成或调用的预设、中间及结果数据，包括以下内容：

- ① 输入 / 输出元件的状态数据；
- ② 定时器和计数器以及其他内部装置所存储的值（设定值和当前值等）；
- ③ 组态数据，如输入 / 输出地址、软元件配置、通信组态等。

由于工作数据与组态数据不断变化，且不需要长期保存，所以采用随机存取存储器（RAM）存储。

三菱 Q 系列 PLC 的 CPU 存储器配置见图 1.5：

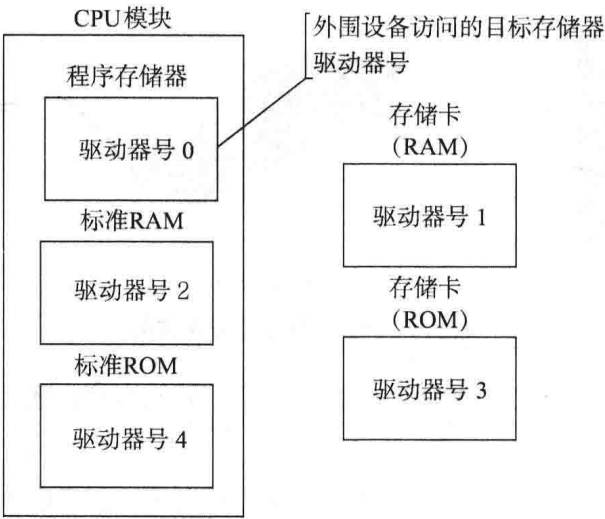


图 1.5 三菱 Q 系列 PLC 的 CPU 存储器配置图

说明：

- ① 程序存储器：存储 QCPU 的运行程序，执行前先将标准 ROM 或存储卡中的程序读入程序存储器。
- ② 标准 RAM：存储文件寄存器和局部软元件的数据。
- ③ 标准 ROM：QCPU 使用 ROM 时，用于存储参数和程序数据。
- ④ 存储卡（RAM）：存储局部软元件、调试数据、SFC 跟踪数据和故障历史数据以及参数和程序。
- ⑤ 存储卡（ROM）：闪存卡用于存储参数，是程序和文件寄存器。

3) I/O 模块

I/O 模块是系统的眼、耳、手、脚，是联系外部现场和 CPU 模块的桥梁。

输入模块用来接收和采集输入信号。数字量输入模块用来接收从按钮、选择开关、数字拨码开关、限位开关、压力继电器等来的数字量输入信号；模拟量输入模块用来接收电位器、测速发电机和各种变送器提供的连续变化的模拟量电流电压信号。

数字量输出模块用来控制接触器、电磁阀、电磁铁、指示灯、数字显示装置和报警装置等输出设备，模拟量输出模块用来控制调节阀、变频器等执行装置。

CPU 模块的工作电压一般是 5 V（DC），而 PLC 的输入 / 输出信号电压一般较高，如

24 V(DC)或 220 V(AC)。从外部引入的尖峰电压和干扰噪声可能损坏 CPU 模块中的元器件,或影响 PLC 的正常工作。在 I/O 模块中,用光耦隔离器、小型继电器等器件来隔离外部输入电路或负载。I/O 模块除了传递信号外,还有电平转换与隔离的作用。

I/O 模块各点的通断状态均用发光二极管显示,外部接线一般接在 I/O 模块面板的接线端子上。

4) 总线

总线是 PLC 内部用来通信的通道。信息以二进制的形式传输,即在一组位中,用二进制数 1 或 0 来表示开/关状态。PLC 系统内部总线包括:

(1) 数据总线

传送 CPU 处理过程中使用的数据,8 位微处理器有可以进行 8 位数据并行传递的内部数据总线。

(2) 地址总线

传送存储器单元的地址。每个字的存储位置都对应一个地址,以便于 CPU 获得存储在某位置的数据、读取数据或者把数据写在某个地址中。如果地址总线有 8 条,总地址数为 $2^8=256$,地址空间为 0~255;如果地址总线有 16 条,则可能有 65536 个地址。

(3) 控制总线

传送 CPU 控制所用的信号。例如,通知存储器是否需要从输入单元接收数据或输出数据到输出单元,同时传送用于同步活动的时序信号。

(4) I/O 系统总线

用于在输入/输出接口与输入/输出模块之间进行通信。

1.2.3 PLC 的软件结构

可编程控制器除了硬件系统外,还需要软件系统的支持,它们相辅相成,缺一不可,构成可编程控制器。可编程控制器的软件系统由系统程序(又称系统软件)和用户程序(又称应用软件)两大部分组成。

1) 系统程序

系统程序由可编程控制器的制造厂商编制,固化在 PROM 或 EPROM 中,安装在可编程控制器上,随产品提供给用户。系统程序包括系统管理程序、用户指令解释程序和供系统调用的标准程序模块等。

(1) 系统管理程序

主要功能如下:

- ① 时间分配的运行管理,即控制可编程控制器的输入、输出、运算、自检及通信的时序。
- ② 存储空间的管理,即生成用户环境,规定各种参数和程序的存放地址,将用户使用的数据参数和存储地址转化为实际的数据格式及物理存放地址。
- ③ 系统的自检程序,即对系统进行出错检验、用户程序语法检验、句法检验、警戒时钟运行等。

(2) 用户指令解释程序

将用户用各种编程语言编制的应用程序翻译成中央处理单元能执行的机器指令。

(3) 供系统调用的标准程序模块

由许多独立的程序块组成,可各自完成包括输入、输出、特殊运算等不同的功能。可编程控制器的各种具体工作由这部分来完成。

2) 用户程序

用户程序是根据生产过程控制的要求,由用户使用制造厂商提供的编程语言自行编制应用程序、模拟量运算程序、闭环控制程序和操作站系统应用程序等。

① 开关量逻辑控制程序:它是可编程控制器用户程序中最重要的一部分,一般采用梯形图、指令表或功能表图等编程语言编制,不同 PLC 的制造厂商提供的编程语言有不同的形式。

② 模拟量运算程序及闭环控制程序:它们通常是在大中型 PLC 上实施的程序,由用户根据需要按可编程控制器提供的软件和硬件功能进行编制。制造厂商提供相应的编程软件供用户编制模拟量运算和 PID 控制等程序,编程语言一般采用高级语言或汇编语言。

③ 操作站系统程序:它是大型可编程控制器系统经过通信联网后,由用户为进行信息交换和管理而编制的程序。它包括各类画面的操作显示程序,一般采用高级语言实现。一些厂商也提供了人机界面的有关软件,用户可以根据制造厂商提供的软件使用说明进行操作站的系统画面组态和编制相应的应用程序。

1.2.4 PLC 的工作原理

PLC 一般有三种基本的工作模式,即运行模式(RUN)、停止模式(STOP)和暂停模式(PAUSE)。PLC 上电后进行系统初始化,包括系统自检及内存的初始化工作,为 PLC 的正常运行做好准备。PLC 在工作模式工作时,通过周期性地执行程序来完成控制功能,直至 PLC 返回停止(STOP)或暂停(PAUSE)模式。

1) 扫描工作方式

PLC 系统 CPU 模块的程序运行模式与微型计算机系统中程序的运行方式截然不同,PLC 采用了周期性地循环执行程序的方法。PLC 每次循环要完成 5 个阶段的工作:内部处理、通信服务、输入处理、执行程序和输出处理。因此 PLC 系统 CPU 的工作过程是串行完成的。

在内部处理阶段,CPU 检查内部硬件(包括主机和 I/O 模块)的状态,将监控定时器即“看门狗”(Watch Dog)复位,同时完成一些其他必要的处理工作。监控定时器用于监视用户程序循环时间,目的是避免用户程序“死循环”,保证 PLC 能正常工作。只要循环超时,系统即报警,或作相应处理。

在通信服务阶段,PLC 检查与之相连的智能模块的通信需求,完成数据通信,在此阶段也响应编程设备的输入命令,更新存储器内容。

在 PLC 的 CPU 模块存储器中设置了一个区域,用来存放输入信号和输出信号的状态,它们分别称为输入映象寄存器和输出映象寄存器,也称为软元件。在输入处理阶段,CPU 把所