



卓越工程师培养计划规划教材

▪ PLC ▪

郑阿奇 主编 徐 斌 编著



施耐德

PLC 开发及实例 (第2版)



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

卓越工程师培养计划规划教材

施耐德 PLC 开发及实例 (第 2 版)

郑阿奇 主 编
徐 斌 编 著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书在继承第1版的基础上,根据近来的施耐德 PLC 工程应用开发实践,进行了内容(特别是在应用案例方面)扩充和完善。本书系统介绍施耐德 PLC 的工作原理和应用技术。主要包括施耐德 PLC 概述、Unity 硬件体系架构、Unity Pro 编程、Unity Pro 应用软件开发、PLC 冗余热备控制系统、Twido PLC 系统、PLC 通信技术及网络架构、PLC 工程开发应用和 4 个典型的 PLC 工程应用实例。应用实例包括施耐德 Twido、Premium 和 Quantum,覆盖施耐德小、中、大类型 PLC 产品,具有一定的参考价值。

本书可作为施耐德 PLC 学习和应用开发人员参考,也可作为大学有关课程教材或者作为施耐德 PLC 培训用书。

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。

图书在版编目(CIP)数据

施耐德 PLC 开发及实例 / 郑阿奇主编. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2015.5
卓越工程师培养计划规划教材
ISBN 978-7-121-25982-1

I. ①施… II. ①郑… III. ①plc 技术—程序设计—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 092265 号

策划编辑: 郝黎明

责任编辑: 底 波

印 刷: 三河市华成印务有限公司

装 订: 三河市华成印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 27.75 字数: 710 千字

版 次: 2011 年 2 月第 1 版

2015 年 5 月第 2 版

印 次: 2015 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 59.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

PLC（可编程序控制器）是计算机技术、自动控制技术和通信技术相结合的一种通用自动控制装置，施耐德 PLC 由法国 Schneider 公司生产，是目前最有影响的 PLC 产品之一。

在我国，施耐德电气品牌的知名度很高，施耐德 PLC 在我国被广泛使用。而介绍施耐德 PLC 的书却很少，系统介绍施耐德 PLC 的书更是凤毛麟角，影响了施耐德 PLC 学习、培训和应用开发。

本书第 1 版系统介绍施耐德 PLC 应用开发技术，受到了市场的广泛欢迎，本书在继承第 1 版的基础上，根据近来的施耐德 PLC 工程应用开发实践，进行了内容扩充和完善。系统介绍施耐德 PLC 的工作原理、编程方法、开发技术和工程应用，主要包括施耐德 PLC 概述、施耐德 Unity 硬件体系架构、施耐德 Unity Pro 编程、施耐德 Unity Pro 应用软件开发、施耐德 PLC 冗余热备控制系统、施耐德 Twido PLC 系统、施耐德 PLC 通信技术及网络架构、施耐德 PLC 工程开发应用和施耐德 PLC 工程应用实例。

本书包含施耐德小型、中型和大型 PLC 3 类，即施耐德 Twido、Premium 和 Quantum，其中工程应用实例具有一定的典型性和参考价值。

本书由长期从事施耐德 PLC 自动控制行业工程师编写，并且提供了大量的施耐德 PLC 应用和实践资料，包括 4 个 PLC 工程应用实例。包括施耐德 Twido、Premium 和 Quantum，覆盖施耐德小、中、大类型 PLC 产品，具有一定的典型性和参考价值，使得本书更具有可读性。

由于本书应用特色明显，只要读者阅读本书，结合 PLC 应用训练，就能在较短的时间内基本掌握施耐德 PLC 及其应用开发技术。

本书由南京师范大学郑阿奇主编，江苏省冶金设计院徐斌编著。参加本书编写的还有郑进、陶卫冬、邓拼搏、严大牛、韩翠青、王海娇、刘博宇、陈瀚、孙德荣、吴明祥、周何骏、孙承龙、陈超等。还有许多同志对本书提供了很多帮助，在此一并表示感谢！

本书配有学习或者教学课件，需要者可以在出版社网站免费下载。

网站地址为：[http:// www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn)。

由于我们的水平有限，错误在所难免，敬请广大师生、广大读者批评指正。

意见建议邮箱：easybooks@163.com。

编 者

2015.3

目 录

第 1 章 施耐德 PLC 概述	1
1.1 PLC 主要功能和特点	1
1.1.1 PLC 主要功能	1
1.1.2 PLC 特点	2
1.2 PLC 的工作原理	3
1.2.1 PLC 基本组成	3
1.2.2 PLC 工作过程	5
1.3 施耐德 (Schneider) PLC	10
1.3.1 PLC 的分类	10
1.3.2 施耐德 PLC 主要性能指标	12
1.3.3 施耐德 PLC 与 Unity	13
1.3.4 施耐德 PLC 控制系统的三层结构	15
本章思考题	15
第 2 章 施耐德 Unity 硬件体系架构	17
2.1 施耐德 Unity 产品线介绍	17
2.2 Modicon Quantum 系统	18
2.2.1 基本介绍	18
2.2.2 主要性能特点	19
2.2.3 主要模块及其功能	19
2.2.4 系统的 I/O 架构	20
2.3 Modicon Quantum 模块介绍	22
2.3.1 CPU	24
2.3.2 存储器结构	31
2.3.3 电源模块	33
2.3.4 数字量输入/输出模块	37
2.3.5 模拟量输入/输出模块	49
2.3.6 网络通信模块	59
2.3.7 高速计数器模块	63
2.3.8 专用模块	66
2.3.9 底板	68
2.4 Modicon Premium 系统	70
2.4.1 基本介绍	70
2.4.2 主要性能特点	70

2.4.3	外形和结构	70
2.5	Modicon Premium 模块介绍	71
2.5.1	CPU	72
2.5.2	电源模块	74
2.5.3	数字量输入/输出模块	76
2.5.4	模拟量输入/输出模块	77
2.5.5	网络通信模块	79
2.5.6	计数器模块	80
2.5.7	底板	82
2.6	M340 系统	86
2.6.1	基本介绍	86
2.6.2	主要性能特点	86
2.6.3	外形和结构	87
2.7	M340 模块介绍	87
2.7.1	CPU	87
2.7.2	电源模块	90
2.7.3	数字量输入/输出模块	91
2.7.4	模拟量输入/输出模块	94
2.7.5	网络通信模块	98
2.7.6	计数器模块	100
2.7.7	底板	100
2.8	系统组态	101
	本章思考题	102
第 3 章	施耐德 Unity Pro 编程	104
3.1	Unity Pro 编程基础	104
3.1.1	编程语言	104
3.1.2	Unity Pro 的特点	106
3.2	数据类型	108
3.2.1	数据描述	108
3.2.2	数据类型简介	108
3.2.3	基本数据类型	109
3.2.4	导出数据类型	114
3.2.5	功能块数据类型	116
3.2.6	泛型数据类型	118
3.2.7	数据类型之间的兼容性	118
3.2.8	堆栈执行机制	120
3.3	数据实例和数据引用	121

3.4 应用程序结构	123
3.4.1 程序循环执行	123
3.4.2 任务和进程	124
3.4.3 应用程序结构设计	130
3.5 启动模式	132
3.6 标准功能指令系统	135
3.7 功能块类型	155
3.8 I/O 数据交换管理	163
3.9 系统功能块	164
3.10 通信功能块	171
本章思考题	184
第 4 章 施耐德 Unity Pro 应用软件开发	187
4.1 Unity Pro 应用软件开发的项目创建	187
4.2 Unity Pro 类型库管理器	199
4.3 Unity Pro 配置编辑器	202
4.4 Unity Pro 数据编辑器	213
4.5 创建程序段	221
4.6 全局数据	231
4.7 动态数据表	234
4.8 Unity 通信配置	235
4.9 安全管理	244
本章思考题	245
第 5 章 施耐德 PLC 冗余热备控制系统	247
5.1 PLC 冗余热备控制系统概述	247
5.2 PLC 冗余热备控制系统原理	248
5.3 PLC 冗余热备控制系统结构	254
5.4 PLC 冗余热备控制系统的功能和特点	260
5.5 PLC 冗余热备控制系统优化	262
本章思考题	262
第 6 章 施耐德 Twido PLC 系统	264
6.1 Twido 系列 PLC 模块的组成和分类	264
6.2 Twido 系列 CPU 模块	265
6.3 Twido 系列 I/O 扩展模块	268
6.4 Twido 系列通信模块	271
本章思考题	274
第 7 章 施耐德 PLC 通信技术及网络架构	275
7.1 Schneider 集成通信网络架构	275

7.2	寻址技术	278
7.3	Modbus 通信技术	280
7.4	Modbus Plus 通信技术	291
7.5	工业以太网通信技术	295
7.6	PROFIBUS 通信技术	301
7.7	透明工厂的体系结构	303
	本章思考题	307
第 8 章	施耐德 PLC 工程开发应用	309
8.1	工程设计的原则	309
8.1.1	工程设计的原则	309
8.1.2	工程设计流程	310
8.2	需求分析	310
8.3	硬件设计	311
8.3.1	PLC 机型选择	311
8.3.2	确定容量参数	312
8.3.3	系统软硬件选择	314
8.3.4	PLC 系统外部电路设计	316
8.4	软件设计	317
8.4.1	控制程序设计的要求、原则、方法和过程	317
8.4.2	控制系统的设计	319
8.5	系统调试	325
8.5.1	系统测试	326
8.5.2	常见故障处理	326
8.5.3	PLC 的维护	330
8.6	可靠性设计	332
8.6.1	电磁干扰和电磁兼容性	333
8.6.2	硬件可靠性设计	334
8.6.3	软件可靠性设计	340
8.6.4	PLC 控制系统中防止 I/O 干扰设计	342
	本章思考题	343
第 9 章	施耐德 PLC 工程应用实例: 交通信号灯控制系统	345
9.1	PLC 在交通信号灯控制系统的应用	345
9.2	控制要求	345
9.3	控制系统的硬件设计	346
9.4	接线图和时序流程图设计	347
9.5	控制系统的软件设计	347
9.6	系统应用分析	350

第 10 章 施耐德 PLC 工程应用实例：输煤程控系统	351
10.1 系统概述	351
10.2 工艺过程	352
10.3 输煤系统主要组成	353
10.4 控制系统要求	354
10.5 控制系统组态图	356
10.6 系统设计	356
10.7 系统功能实现图	362
10.8 系统应用分析	363
第 11 章 施耐德 PLC 工程应用实例：除渣程控系统	364
11.1 系统概述	364
11.2 工艺过程	365
11.3 除渣系统工艺设备	367
11.4 控制系统要求	368
11.5 系统设计	369
11.6 系统功能实现图	379
11.7 系统应用分析	380
第 12 章 施耐德 PLC 工程应用实例：工业水处理系统	381
12.1 系统概述	381
12.2 工艺过程	381
12.3 控制系统要求	383
12.4 系统设计	385
12.5 程序设计	386
12.6 程序功能块（DFB）	398
12.7 系统功能实现图	413
12.8 系统应用分析	415
附录 A 常用系统位	416
附录 B 常用系统字	419
附录 C 练习指导	425
实验 1 熟悉 PLC 硬件及软件环境	425
实验 2 变量定义	426
实验 3 基本指令	427
实验 4 硬件配置及创建网络	427
实验 5 操作屏	429
参考文献	431

施耐德 PLC 概述

PLC 是可编程控制器 (Programmable Logical Controller) 的英文缩写。国际电工委员会 (International Electrical Committee, IEC) 曾先后于 1982 年 11 月、1985 年 1 月和 1987 年 2 月发布了可程序控制器标准草案, 并制定了 IEC 61131 标准。1995 年, 我国参照 IEC 61131 标准为可编程控制器制定了国家标准 GB/T 15969。

在 IEC 标准草案的第 3 稿中, 对 PLC 作了如下定义: 它是一种以微处理器为核心的数字运算操作的电子系统装置, 专为工业现场应用而设计。它采用可程序的存储器, 在存储器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指令, 并通过数字式或模拟式的输入、输出接口, 控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应该按易于与工业控制系统形成整体, 易于扩展其功能的原则来设计。

实际上, PLC 是适用于工业环境应用的、可满足实时控制要求的专用计算机。

自从 1969 年美国 GOULD 公司首先将 PLC 商品化并推向市场以后, 日本、德国、法国等也相继开始研制 PLC, 并得到了迅速的发展。美国和欧洲的 PLC 技术有明显的差异性, 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。日本的主推产品定位在小型 PLC 上, 美国和欧洲则以大中型 PLC 而闻名。目前国内还没有真正具有市场竞争力的 PLC 生产企业和产品, 国内的 PLC 市场仍是进口产品一统天下。



1.1 PLC 主要功能和特点

1.1.1 PLC 主要功能

PLC 作为一种专为在工业环境下应用而设计的计算机, 必须具有以下功能。

(1) 逻辑控制功能。逻辑控制功能就是位处理功能, 它用 PLC 的与、或、非指令代替继电器触点串联、并联和其他逻辑连接, 实现逻辑控制、开关控制和顺序控制。

(2) 信号采集功能。PLC 可以采集模拟信号、数字信号、脉冲信号。



(3) 输出控制功能。可以输出数字信号、模拟信号、脉冲信号, 以控制外部电磁阀、指示灯等设备。

(4) 数据处理功能。数据处理功能是指 PLC 能进行数据传送、数据比较、数据转换、数据移位、算术运算等操作, 有的还可以进行浮点运算。

(5) 定时计数功能。可以进行定时或延时控制, 时间可以精确到毫秒。用户可以自行设定, 也可以在运行过程中根据需要更改, 使用方便。脉冲可以实现加、减计数。

(6) 远程 I/O 功能。远程 I/O 功能是指通过远程 I/O 单元将分散在远距离的各种输入、输出设备与主控制器相连接, 来接收、处理信号, 实现远程控制。

(7) 人机界面功能 (HMI)。实现人机交互, 监视设备运行状态、报警及状态显示和进行过程控制, 实现参数设置和在线组态。

(8) 故障自诊断功能。可以对系统配置、硬件状态、指令合法性、网络通信等进行自诊断, 发现异常情况, 则报警且提示错误类型。如果是严重错误则自动停止运行。通过该功能, 大大提高了系统的安全性。

(9) 通信联网功能。由于现在的 PLC 大多数都具有较强的通信、联网功能, PLC 系统与计算机可以直接或通过通信处理单元相连, 构成网络, 实现信息共享和交换, 并且可以构成“集中管理、分散控制”分布式控制网络系统, 以便实现较大规模的复杂控制。

(10) 实时通信和冗余互备功能。实时通信实现总线网或以太网下 PLC 系统对信息处理的实时要求, 而冗余互备功能则体现了一般工业现场安全性和稳定性的最基本要求。

1.1.2 PLC 特点

归纳起来, PLC 主要有以下特点。

1. 可靠性高

PLC 用软件代替继电器控制系统中大量的中间继电器和时间继电器, 接线可以减少到继电器控制系统的十分之一以下, 大大减少了触点接触不良的可能性。另外, PLC 自身具有较强的自诊断能力, 能及时报告出错信息, 或停止运行等待修复。

PLC 的主要模块都使用大规模或超大规模集成电路。对 CPU 核心部件所需的 +5V 电源, 采用多级滤波, 并用集成稳压器进行调节。

PLC 对工作环境的要求低, 在环境温度 -20~65℃、相对湿度为 35%~85% 情况下, PLC 都可正常工作。

2. 抗干扰能力强

I/O 设计具有完善的通道保护和多种形式的滤波电路, 以抑止高频干扰, 削弱各模块之间的干扰影响。在系统的输入/输出回路中, 采用光电隔离等措施可有效防止回路间的信号干扰。

在 PLC 中常采用“看门狗”来监视用户程序运行时间, 以避免 PLC 在执行程序过程中进入死循环或“跑飞”(PLC 执行非预定的程序)。只要循环超时, 就会报警或作相应处理。

PLC 软件定期检测外界环境, 当 PLC 检测到偶发性故障时, 立即把当时状态存入存储器, 禁止对存储器进行操作, 以防止存储信息丢失。一旦故障条件消失, 即可恢复正常, 继续原来的程序工作。对程序及动态数据进行电池备份, 停电后, 利用备份电池供电, 使有关状态

及信息不会丢失。

3. 编程简单、系统设计修改调试方便

现在使用最多的 PLC 编程语言是梯形图。它符合大多数工厂企业电气技术人员的读图习惯,语言形象直观,易学易用。PLC 采用软件方法取代继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,使控制柜的设计、安装、接线大大简化。用户程序可以在实验室模拟调试,减少了现场调试的工作量。若生产设备更新或生产工艺流程改变,用户可通过修改其用户程序,从而可方便快速地适应工艺条件的变化。

4. 模块化结构、通用性强,维护简单、维修方便

PLC 产品系列化、标准化、模块化,用户可根据实际需求灵活选择,无须用户自己再进行设计和制作硬件装置。

即使 PLC 出现故障,维修也很方便。PLC 具有很多故障提示信号,本身还可作为故障情况记录,易于诊断。诊断出故障后可按模块查找,只需简单更换模块即可。

PLC 是将微电子技术应用于工业设备的产品,其结构紧凑、体积小、能耗低,重量轻。PLC 与继电器控制电路相比,体积减小 95%以上,功耗减少 70%以上。



1.2 PLC 的工作原理

1.2.1 PLC 基本组成

PLC 的基本组成可以归纳为 4 大部件:中央处理器单元(CPU)、存储器、输入/输出部件(I/O 部件)和电源部件。其中 CPU 是控制器的核心;存储器用于存放系统程序、用户程序及工作数据;I/O 部件是连接现场设备与 CPU 之间的接口电路;电源部件为 PLC 内部电路提供电能。下面分别说明。

1. CPU

CPU 主要包含运算器、控制器、寄存器,它是 PLC 的核心部分。PLC 的 CPU 芯片其实就是微处理器或单片机。只是它是专用于 PLC 的,并且大部分是生产厂家为实现 PLC 产品最佳性能而自行研制开发的。也有的 PLC 产品用的 CPU 芯片就是通用的单片机,只是内部装有自行编写的监控程序,并靠该监控程序实现 PLC 功能。

CPU 芯片的性能直接关系着 PLC 处理控制信号的能力和速度,CPU 位数越多,运算速度越快,系统处理的信息量也就越大。随着 CPU 芯片技术的飞跃发展,PLC 所用的 CPU 芯片也越来越高档。在一些对可靠性要求特别高的大型工业应用场合,采用双 CPU 结构,构成冗余系统。这样,即使某个 CPU 出现故障,整个系统仍然可以正常运行。

2. 存储器

存储器按照存储方式可以分为随机存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。PLC 内部所使用的存储器,按其用途一般可以分为系统程序存储器、用户程序存储器、内部数据存储器。



(1) 系统程序存储器用来存放系统工作程序(监控程序)、模块化应用功能子程序、命令解释、功能子程序的调用管理程序和系统参数等。这是 PLC 正常工作的基本保证。系统工作程序是由 PLC 生产厂家编制、安装并固化的。



系统程序存储器直接关系到 PLC 的性能, 不能由用户直接存取。出于这种可靠性方面的考虑, PLC 的系统程序存储器都采用 ROM、EPROM 等用户不能进行修改的存储器。

(2) 用户程序存储器是用来存放用户程序的。用户程序由用户编制, 通过编程器输入。所谓“编程”就是编写 PLC 用户程序。用户通过编制用户程序, 控制生产过程。

通常 PLC 产品资料中所指的存储器容量就是用户程序存储器。部分 PLC 用户程序存储器的存储容量是以“步”为单位进行计算。PLC 中的一步, 指的是 PLC 一条最基本逻辑运算指令所占用的存储器容量。不同的 PLC, 每步对应的实际存储器字节数是有所不同的。

用户程序一旦调试完成, 除非设备的控制要求发生改变, 才需要重新设计编写 PLC 程序, 否则使用者一般不需要更改程序。

(3) 内部数据存储器是用来存放 PLC 程序执行的中间状态与信息的。PLC 程序的中间处理结果等信息均存储在内部数据存储器中。内部数据存储器的存储容量与 PLC 规模和指令系统有关。PLC 的规模越大, 指令系统越复杂, 内部数据存储器的存储容量也就越大。

内部数据存储器的状态在 PLC 程序执行过程中发生动态改变, 所以必须采用动态 RAM 进行存储, 其内容在关机时自动清除。但由于设备连续工作或断电恢复的需要, 部分内部数据存储器可以用电池保持。

3. I/O 部件

I/O 部件是 CPU 与现场仪表、执行机构和其他智能设备之间的连接部件。I/O 部件包括输入模块和输出模块。

输入模块用来接收和采集输入信号, 实现外部信号到 PLC 内部信号的转换。数字量输入模块用来接收从生产设备或控制现场的各种开关、继电器等数字量输入信号, 通过输入接口电路, 将开关量信号转换成 PLC 内部控制所需要的、CPU 能够直接处理的 TTL 电平; 模拟量输入模块用来接收电位器、变送器等提供的连续变化的模拟量电流、电压信号, 通过 A/D 转换, 变为 PLC 内部能处理的数字量。输入电路中一般设有 RC 滤波电路、稳压电路等, 以防止由于输入触点抖动或外部干扰脉冲引起错误的输入信号。而且与内部计算机电路通过光耦元件隔离, 如图 1-1 所示。

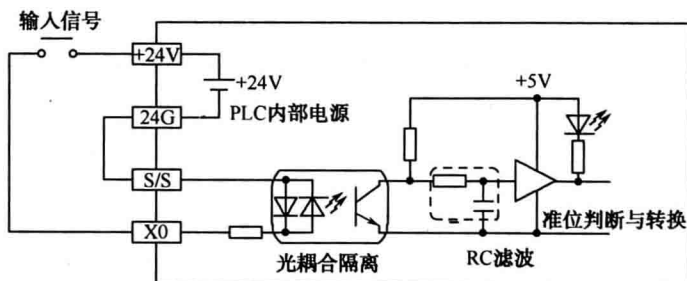


图 1-1 输入信号图

输出模块用来输出各种控制信号,实现 PLC 内部信号到外部信号的转换。数字量输出模块用来控制接触器、电磁阀、指示灯、数字显示器等输出设备;模拟量输出模块用来控制变频器、调节阀等执行装置。输出电路内外也是电隔离的,靠光耦元件或输出继电器建立联系。输出电路还要进行功率放大,使其足以驱动一般工业控制器件。

总之,PLC 通过输入模块可以检测被控对象或被控生产过程的各种参数,通过输出模块将处理结果传送给被控设备或工业生产过程,以实现控制。

I/O 模块可与 CPU 放在一起,也可远程放置。通常,I/O 模块上还具有状态显示,各 I/O 点的通断状态均用发光二极管显示。外部接线一般接在模块的接线端子排。

4. 电源

PLC 使用交流 220V 电源 (AC220V) 或直流 24V 电源 (DC24V)。PLC 内部电源主要是向其内部的 TTL 集成电路与运算放大器等部件提供工作电源,将外部输入转换为 DC5V、DC $\pm 12V$ 、DC $\pm 15V$ 、DC24V 等不同电压。部分 PLC 机型还可以向外部提供 DC24V,供外部的开关信号、外部传感器使用。但 PLC 输出使用的电源,一般不可以由 PLC 提供(即使用 DC24V),必须另外准备负载电源。

PLC 基本结构框图如图 1-2 所示。

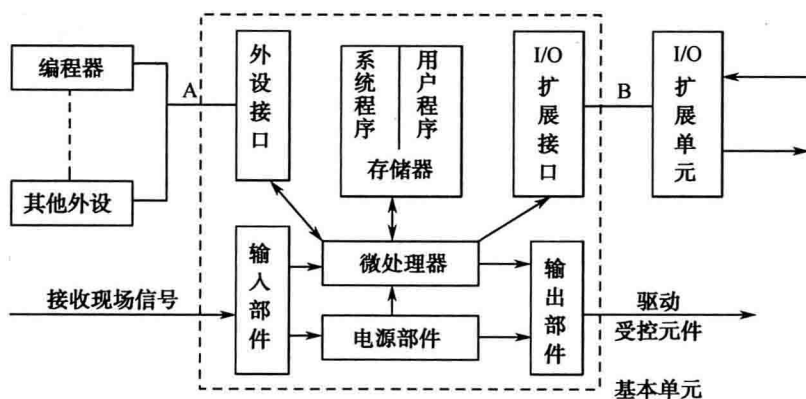


图 1-2 PLC 基本结构框图

整体结构的 PLC 的 4 大部件装在同一机壳内,也称为箱体式 PLC,它由主箱体和扩展箱体构成。其中,主箱体由 CPU 单元、内存单元、I/O 单元、外设接口、电源、箱体间接口及其他附件等构成,扩展箱体由 I/O 单元、电源、箱体间接口及其他附件等构成。

模块式结构的 PLC 的各部件独立封装,称为模块,通过机架和总线连接。每个模块又由不同单元组合而成。如 CPU 模块则由 CPU 单元、内存单元、接口单元等组合而成;输入/输出模块(I/O 模块)则是由多个输入/输出电路、接线器及相应接口等组合而成。

1.2.2 PLC 工作过程

1. 工作过程

PLC 作为一种特殊的工业控制计算机,其工作过程与通用的计算机有很大不同。最初研制生产的 PLC 主要用于代替传统的由继电器、接触器构成的控制装置。其运行方式是

不同的。

通用的计算机一般采用事件驱动和消息机制,是一种等待命令的工作方式,如常见的键盘操作,当按下按键后,计算机转入相应的子程序运行。传统的继电器控制装置采用硬逻辑并行运行方式,如果一个继电器的线圈通电或断电,则该继电器所有的触点都会动作。而 PLC 的 CPU 则采用顺序扫描用户程序的运行方式,如果一个逻辑线圈被接通或断开,则该线圈的所有触点不会立即动作,必须等扫描到这个触点时才会动作。

PLC 采用不断循环的顺序扫描工作方式。每一次扫描所用的时间称为扫描周期或工作周期,PLC 的工作过程如图 1-3 所示。

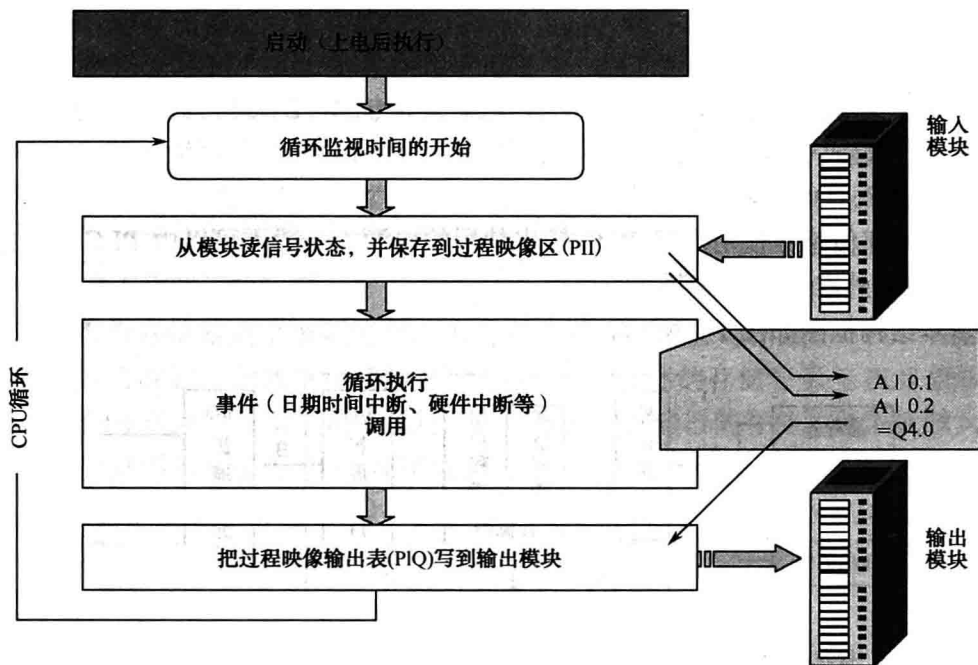


图 1-3 PLC 的工作过程图

简单讲,PLC 上电时,启动执行,然后进入 PLC 扫描过程。从用户观点,PLC 扫描过程就是从输入模块读取状态信号放入过程映像区,然后开始调用循环。如果有事件产生中断,则调用相应的块(功能)进行处理。最后把过程映像输出表送输出模块。PLC 可以被看作在系统软件支持下的一种扫描设备,一直在循环扫描并执行系统软件设计好的任务。

PLC 整个扫描过程可以分为内部处理、通信服务、输入采样、用户程序执行、输出刷新 5 个阶段。

(1) 内部处理阶段。

内部处理阶段也称为系统自检阶段。内部处理过程是运行 PLC 内部系统的管理程序,在这个阶段,PLC 完成硬件自检工作和将监控定时器复位等内部工作。如果通过自检,则执行后续功能,否则发出报警信号。该程序是生产厂家在 PLC 出厂时就已经固化的,一般比较固定,与用户的控制程序无直接关联,其运行时间与用户程序运行时间相比要短得多。

(2) 通信服务阶段。

在通信服务阶段,处理链接服务功能。主要是 PLC 建立、处理与远程 I/O、上位计算机、

其他联网 PLC、编程器以及各种智能装置的通信链接。当然，只有在系统中已配置了远程 I/O 和其他链接单元时，才进行此阶段工作。

(3) 输入采样阶段。

PLC 以扫描的方式工作，输入电路时刻监视着输入信号，按顺序将信号读入寄存输入状态的输入映像寄存器中存储，每一输入点都有一个对应的存储其信息的寄存器。输入寄存器与计算机内存交换信息通过计算机总线，并主要由运行系统程序来实现。PLC 内存有专门开辟的存放输入信息的映像区。这个区的每一个对应位 (bit) 称为输入继电器，或称软接点。位置为 1，表示接点通；位置为 0，表示接点断。由于其状态是由输入刷新得到的，所以它反映的就是输入状态。这个过程称为输入采样。该采样结果将在 PLC 执行程序时被使用。

(4) 用户程序执行阶段。

PLC 的用户程序由若干条指令组成，PLC 从第一条指令开始，按顺序逐条对用户程序进行扫描。用户程序一般从输入映像寄存器、内部寄存器和输出映像寄存器中读取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中暂存。

(5) 输出刷新阶段。

在执行完所有用户程序后，PLC 将输出映像寄存器中的内容送到输出寄存器中，并通过输出电路产生相应的输出，再去驱动用户设备。

为了便于理解 PLC 程序的执行过程，通常也可近似认为 PLC 的扫描工作过程为 3 个基本阶段：输入采样、用户程序执行、输出刷新。PLC 在运行模式时，扫描工作是不重复的，也就是说，以上 3 个阶段是不断重复的，其输入和输出存储器不断被刷新。由于这个过程是永不停止地循环反复，所以输出总是反映输入变化的。只是响应时间略有滞后。当然，这个滞后不宜太大，否则，所实现的控制就不会及时，也就失去控制意义。为此，PLC 的工作速度要快。速度快、执行指令时间短，是 PLC 实现控制的基础。事实上，PLC 的速度是很快的，执行一条指令，长则几微秒、几十微秒，短则零点几或零点零几微秒，而且这个速度还在不断提高。

同一个系统在各次扫描周期中，随着条件的不同，执行程序的时间会有变化，因为程序执行过程中，变量状态的不同，部分程序段可能不执行。

程序循环扫描一次的时间，不仅与每条指令执行的时间有关，而且与程序中所用的指令类型、指令条数有关。

2. PLC 扫描工作方式优点

PLC 扫描工作方式的优点如下。

(1) 在执行程序时，读写的是输入/输出映像寄存器的值，而不是直接对实际的 I/O 点进行的操作。

(2) 整个程序执行阶段各输入继电器的状态是固定的，程序执行后再用输出映像寄存器的值，更新所有的输出点，使得系统运行稳定。

(3) 用户程序读写 I/O 映像寄存器比直接读写 I/O 点要快得多，这样可以提高用户程序的运行速度。

(4) 扫描工作方式具有较好的抗干扰能力，在一个扫描周期内，输入处理仅占用极少部分时间。在大部分时间内，干扰信号不会被采集到 PLC 系统。

3. 过程映像

在每个扫描周期, CPU 检查输入和输出的状态。有特定的存储器区保存模块的二进制数据: PII 和 PIO。处理程序访问这些寄存器, 而不直接查询数字信号模块的信号状态。这一特定的存储器区就是过程映像。

PII (Process Image Input) 过程映像输入表建立在 CPU 存储器区, 所有输入模块的信号状态存放在这里。PII 以字节队列的格式分配存储区, 每个字节对应一个 8 位的输入信号。

PIO (Process Image Output) 过程映像输出表包含程序执行的结果输出值, 这些输出值在扫描结束传送到实际输出模块上。

在用户程序检查输入 (如 AI 2.0) 时, 使用 PII 的最后状态。这样就保证在一个扫描周期内使用相同的信号状态, 如图 1-4 所示。

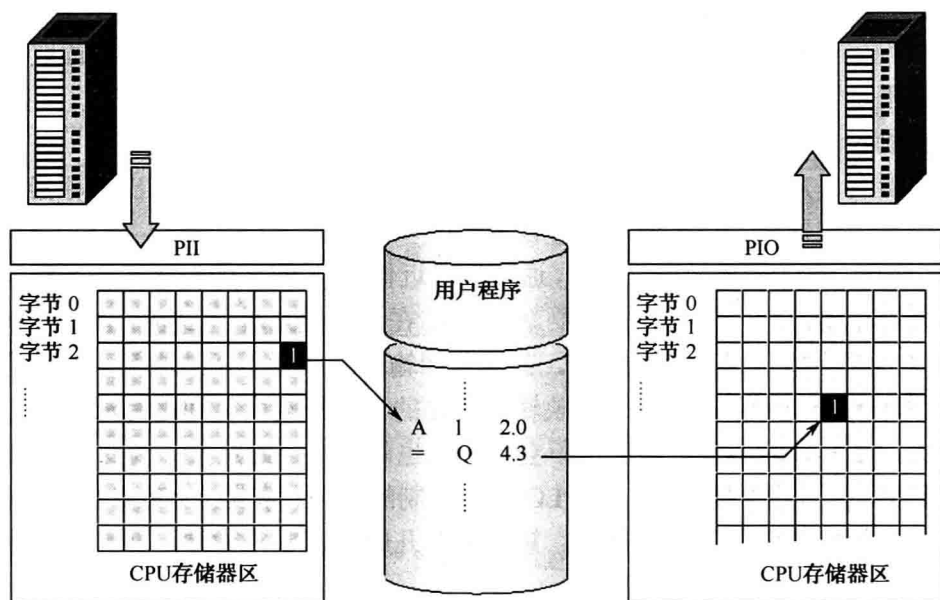


图 1-4 过程映像

输出在程序中可以被赋值, 也可以被检查, 即使一个输出在程序中的多个地方被赋值, 仅最后被赋值的状态传送到相应的输出模块上。与直接 I/O 访问相比, 过程映像访问可以为循环程序处理过程中的 CPU 提供相同的过程信号映像。而且, 过程映像被保存在 CPU 的系统存储器中, 所以访问的速度比直接访问信号模块速度快。

4. PLC 中断处理

PLC 采用中断工作方式来应对紧急任务。一般的计算机系统中, CPU 在每一条指令执行结束时都要询问有无中断申请。而 PLC 对中断的响应则是在相关程序块结束后查询有无中断申请, 如果有中断申请, 则转入执行相应的中断服务程序。待处理完中断, 又返回运行原来程序。

在 PLC 中, 中断源是通过输入点进入系统的, PLC 扫描输入点是按照输入点编号的先后顺序进行的。系统接到中断申请后, 顺序扫描中断源, 可能只有一个中断源申请中断, 也可能同时有多个中断源申请中断。系统在扫描中断源的过程中, 在存储器的特定区建立“中断