

PLC

编程设计与实例

主编 颜全生
参编 杜江 易国民
主审 吴锋



- 【以三菱公司的FX2N系列为对象】
- 【以理论够用为支撑，以培养应用能力为目标】
- 【模块化、渐进式的学习方式，助您快速上岗！】



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



PLC 编程设计与实例

主编 颜全生
参编 杜江 易国民
主审 吴锋



机械工业出版社

可程序控制器技术是电气和自动控制领域中应用最广泛的技术。本书以三菱公司的 FX2N 系列为对象,以培养学生应用能力为目标,尽可能将理论与实践相结合。

理论是基础,应用是关键。本书共 7 章,31 个实训题目,对可程序控制器的特点、结构、系统组成、工作原理进行阐述。在编程应用中,对基本指令、步进指令、常用的功能指令分别叙述,并有实训项目的练习,以提高应用能力。对功能模块和模拟量与数字量进行相互转换等进行专门的介绍,以适应控制应用的需要。

本书为了适应工科专业的需要,以应用训练能力为主,理论够用为支撑。按照学习的规律进行章节编排,将理论应用到实践中,便于教学又利于自学。

本书可作为高等职业院校和高等专科学校电气类、自动化控制、机电类的教材,也可作为专业技术人员的参考资料和技能鉴定的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 编程设计与实例/颜全生主编. —北京:机械工业出版社,2009.7

ISBN 978-7-111-27567-1

I. P… II. 颜… III. 可程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 114470 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:付承桂 版式设计:张世琴 责任校对:樊钟英

封面设计:陈沛 责任印制:李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2009 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14.75 印张 · 359 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-27567-1

定价:33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379764

封面防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器在现代工业自动化领域的应用越来越广泛。本书在编写中，总结了几年可编程序控制器的教学经验，以培养能力为中心，将理论与实践教学相结合，以培养学生将来进入企业后能快速上岗。

在本书的编写中，理论由浅到深，既有特点，又上下连贯。在实践教学中以模块化、渐进式为主，每个项目都有训练的目的和要求。其中，有的项目是实际工程应用中的典型，具有应用的价值。实训项目中包含几个相近的实训习题，通过实训项目的训练使应用能力有一定的提高。

本书在内容上力求简明扼要，层次分明，图文并茂，通俗易懂；在实训项目上接近实际，有选择性地适应不同的学习者。

本书由颜全生任主编，并负责1~4章的编写；颜全生和杜江共同完成了第5章的编写；易国民负责第6和7章的编写。最后由颜全生统稿，吴锋对本书进行了审定。

由于编者的能力有限，书中疏漏和错误之处在所难免，请读者批评指正。

编 者
2009年5月

目 录

前言

第1章 PLC的概述 1

1.1 PLC的由来 1

1.2 PLC的特点 1

1.3 PLC的分类 3

第2章 PLC的基本组成和工作原理 ... 5

2.1 PLC的基本组成 5

2.1.1 PLC硬件部分 5

2.1.2 PLC软件部分 9

2.2 PLC的工作原理 11

第3章 三菱FX2N系列PLC的应用 13

3.1 FX2N系列PLC的基本结构 13

3.2 FX2N系列PLC的软元件 15

3.2.1 数据结构 15

3.2.2 PLC的软元件 16

3.3 FX2N系列基本逻辑指令 28

3.3.1 LD、LDI和OUT指令 29

3.3.2 AND和ANI指令 30

3.3.3 OR和ORI指令 30

3.3.4 ANB和ORB指令 31

3.3.5 LDP、LDF、ANDP、ANDF、 ORP和ORF指令 32

3.3.6 MPS、MRD、MPP指令 32

3.3.7 MC和MCR指令 33

3.3.8 SET和RST指令 35

3.3.9 PLS和PLF指令 35

3.3.10 INV指令 36

3.3.11 NOP和END指令 36

3.4 基本逻辑指令编程应用 36

3.5 按时间编程的原则 39

3.6 常用的PLC编程方法 43

3.7 基本指令应用设计实例 46

3.7.1 实训项目1 46

3.7.1.1 实练习1 电动机Y- Δ 转换 46

3.7.1.2 实练习2 电动机正反转 及能耗制动 49

3.7.1.3 实练习3 三速电动机 控制 51

3.7.1.4 实训项目1 小结 53

3.7.2 实训项目2 53

3.7.2.1 实练习1 送料小车的 往返运行控制 53

3.7.2.2 实练习2 电动机正反 转循环控制 54

3.7.2.3 实练习3 三台电动机 循环起停控制 55

3.7.2.4 实练习4 三组抢答器 的PLC控制 56

3.7.2.5 实训项目2 小结 57

3.7.3 实训项目3 58

3.7.3.1 实练习1 数码管显示 58

3.7.3.2 实练习2 彩灯循环 控制 59

3.7.3.3 实练习3 三层电梯 控制 60

3.7.3.4 实练习4 液体搅拌机的 控制 62

3.7.3.5 实训项目3 小结 64

第4章 顺控指令编程的应用 66

4.1 顺控编程 66

4.1.1 状态转移图 66

4.1.2 步进顺控指令介绍 67

4.1.3 状态转移图中的状态元件 67

4.2 步进指令编程方法 68

4.2.1 单流程的编写 68

4.2.2 选择性分支编程 73

4.2.3 选择性分支、汇合的编程技巧	75	操作数	101
4.2.4 并行分支编程	75	5.1.1.3 变址寄存器(V、Z)	102
4.3 步进指令编程应用	77	5.1.2 程序流程控制指令	102
4.3.1 大小球分类选择传送编程	77	5.1.2.1 跳转功能指令 FNC00(CJ)	102
4.3.2 按钮式人行横道指示灯	78	5.1.2.2 子程序调用指令 FNC01(CALL) 和子程序返回指令 FNC02(SRET)	104
4.4 跳转结构的编程	79	5.1.2.3 中断指令 FNC03(IRET)、 FNC04(EI)、FNC05(DI)	105
4.4.1 跳转结构	79	5.1.2.4 主程序结束指令 FNC06 (FEND)	107
4.4.2 跳转的编程	80	5.1.3 传送和比较指令	107
4.5 顺控指令应用实训	82	5.1.3.1 比较指令 FNC10(CMP)和区间 比较指令 FNC11(ZCP)	107
4.5.1 实训项目 1	82	5.1.3.2 数据传送指令 FNC12 (MOV)	109
4.5.1.1 实练习题 1 PLC 控制电 动机正反转及能耗制动	82	5.1.3.3 位数据传送指令 FNC13 (SMOV)	109
4.5.1.2 实练习题 2 交通灯控制	84	5.1.4 四则逻辑运算指令	110
4.5.1.3 实练习题 3 四相步进 电动机控制	85	5.1.4.1 二进制加法指令 FNC20(ADD) 和二进制减法指令 FNC21(SUB)	110
4.5.1.4 实练习题 4 带式输送机 控制	86	5.1.4.2 二进制乘法指令 FNC22(MUL) 和二进制除法指令 FNC23(DIV)	111
4.5.1.5 实训项目 1 小结	89	5.1.4.3 加 1 指令 FNC24(INC)和减 1 指令 FNC25(DEC)	112
4.5.2 实训项目 2	89	5.1.4.4 字逻辑与指令 FNC26(WAND)、 字逻辑或指令 FNC27(WOR)、 字逻辑异或指令 FNC28(WXOR)	113
4.5.2.1 实练习题 1 简易机械手 控制	89	5.1.5 循环移位和移位指令	113
4.5.2.2 实练习题 2 电镀槽生产 线控制	91	5.1.5.1 循环右移指令 FNC30(ROR) 和循环左移指令 FNC31(ROL)	113
4.5.2.3 实练习题 3 全自动洗衣机 控制	93	5.1.5.2 带进位循环右移指令 FNC32 (RCR)和带进位循环左移 指令 FNC33(RCL)	114
4.5.2.4 实训项目 2 小结	94	5.1.5.3 位右移指令 FNC34(SFTR) 和位左移指令 FNC35 (SFTL)	115
4.5.3 实训项目 3	94		
4.5.3.1 实练习题 1 音乐喷泉 控制	94		
4.5.3.2 实练习题 2 自动焊锡机 控制	95		
4.5.3.3 实练习题 3 四台电动机 顺序起停控制	98		
4.5.3.4 实训项目 3 小结	98		
第 5 章 PLC 功能模块及功能指令的 应用	100		
5.1 功能指令的介绍	100		
5.1.1 功能指令基本格式	100		
5.1.1.1 功能指令的构成	100		
5.1.1.2 功能指令的分类及			

5.1.6 数据处理指令	117	5.1.10.2 十六进制转换为 ASCII 码指令 FNC82(ASCII)	132
5.1.6.1 区间复位指令 FNC40 (ZRST)	117	5.1.10.3 ASCII 码转换为十六进制 指令 FNC83(HEX)	133
5.1.6.2 译码指令 FNC41(DECO)和 编码指令 FNC42(ENCO)	118	5.1.10.4 校验码指令 FNC84 (CCD)	134
5.1.6.3 平均值指令 FNC45 (MEAN)	119	5.1.10.5 PID 运算指令 FNC88 (PID)	135
5.1.7 高速处理指令	119	5.1.11 触点比较指令	137
5.1.7.1 高速计数器置位指令 FNC53 (HSCS)和高速计数器复位 指令 FNC54(HSCR)	120	5.1.11.1 触点比较开始指令 LD	138
5.1.7.2 高速计数器区间比较指令 FNC55(HSZ)	120	5.1.11.2 串联连接触点比较 指令 AND	138
5.1.7.3 速度检测指令 FNC56 (SPD)	120	5.1.11.3 并联连接触点比较 指令 OR	139
5.1.7.4 脉冲输出指令 FNC57(PLSY) 和带加减功能的脉冲输出 指令 FNC59(PLSR)	121	5.2 PLC 特殊功能模块	139
5.1.7.5 脉宽调制指令 FNC58 (PWM)	123	5.2.1 模拟量输入模块 FX2N-4AD	139
5.1.8 方便指令	123	5.2.2 模拟量温度输入模块 FX2N-4AD-PT	144
5.1.8.1 绝对值式凸轮顺控指令 FNC62(ABSD)	123	5.2.3 模拟量输出模块 FX2N-2DA	148
5.1.8.2 增量式凸轮顺控指令 FNC63(INCD)	124	5.2.4 高速计数器模块 FX2N-1HC	150
5.1.8.3 交替输出指令 FNC66 (ALT)	125	5.2.5 可程序凸轮控制器 FX2N-1RM-SET	154
5.1.8.4 旋转工作台控制指令 FNC68 (ROTC)	126	5.2.6 PLC 通信接口	157
5.1.9 外部 I/O 指令	127	5.3 功能指令应用实训	160
5.1.9.1 七段码译码指令 FNC73 (SEGD)	127	5.3.1 实训项目 1	160
5.1.9.2 方向开关指令 FNC75 (ARWS)	128	5.3.1.1 实训习题 1 电动机星-三角 起动控制	160
5.1.9.3 特殊功能模块数据读取指令 FNC78(FROM)	129	5.3.1.2 实训习题 2 恒压供水 控制	161
5.1.9.4 特殊功能模块数据写入指令 FNC79(TO)	130	5.3.1.3 实训习题 3 PLC 在恒温 控制中的应用	162
5.1.10 外部设备指令	130	5.3.1.4 实训项目 1 小结	168
5.1.10.1 串行数据传送指令 FNC80 (RS)	130	5.3.2 实训项目 2	169
		5.3.2.1 实训习题 1 七段数码管的 数字循环显示控制	169
		5.3.2.2 实训习题 2 霓虹灯闪烁 控制	170
		5.3.2.3 实训习题 3 PLC 在自动售 饮料机上的应用	171
		5.3.2.4 实训项目 2 小结	174

5.3.3 实训项目3	174	6.3 现场总线与 CC-Link	203
5.3.3.1 实练习题1 中央空调冷冻泵 节能控制	174	6.3.1 现场总线	203
5.3.3.2 实练习题2 带编码器的三层 电梯的控制	177	6.3.2 CC-Link	203
5.3.3.3 实练习题3 用 DECO 指令实现 步进电动机的控制	178	第7章 GX Developer 编程软件使用	
5.3.3.4 实练习题4 广告牌饰灯 控制	181	方法	207
5.3.3.5 实训项目3 小结	182	7.1 软件的基本操作	207
第6章 三菱 PLC 通信及网络	184	7.1.1 软件的打开	207
6.1 数据通信基础	184	7.1.2 创建一个新工程	207
6.1.1 字符编码	184	7.1.3 保存工程	209
6.1.2 信号传输方式	185	7.1.4 软元件注释	210
6.1.3 数据通信接口	186	7.1.5 替换	211
6.2 FX2N 系列 PLC 的常用通信 模式	188	7.1.6 编辑工程	211
6.2.1 专用协议	188	7.1.7 校验工程	212
6.2.2 无协议通信	193	7.2 软件在线操作	214
6.2.3 并行通信	195	7.2.1 计算机中的程序写入 PLC	214
6.2.4 N: N 网络通信	196	7.2.2 PLC 内的程序读出到 计算机中	216
		7.2.3 PLC 运行的在线监视	216
		附录 FX-20P-E 手持编程器及其 使用	218
		参考文献	225

第 1 章 PLC 的概述

1.1 PLC 的由来

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 的概念是在 1968 年由美国通用汽车 (GM) 公司提出的。当时由于汽车生产线生产的汽车型号不断更新、生产工艺不断变化, 为了实现小批量多品种的生产, 希望能有一种新型的工业控制器。这种控制器能做到尽可能减少因生产变化带来的电气控制系统重新设计和更换电气元器件, 以降低成本、缩短周期, 将计算机的功能与电气控制系统的简单易懂结合起来制成一种面向自动控制过程的通用控制器, 用“易懂语言”进行编程, 使人们能较快地掌握使用。GM 提出要用一种新型的控制装置取代继电器-接触器, 实现控制功能, 并对未来的新型控制装置提出 10 项技术要求并公开招标:

- 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-接触器控制装置。
- 4) 体积小于继电器-接触器控制装置。
- 5) 可将数据直接送入计算机。
- 6) 用户程序存储器容量至少可以扩展到 4KB。
- 7) 输入可以是交流 110V。
- 8) 输出为交流 110V/2A 以上, 能直接驱动电磁阀、交流接触器等。
- 9) 通用性强, 扩展方便。
- 10) 成本上可与继电器-接触器控制装置竞争。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 根据美国通用汽车 (GM) 公司招标的技术要求, 研制出世界上第一台可编程序控制器, 并在 GM 公司的汽车生产线上试用成功。1971 年, 日本引进该技术并开始生产 PLC。1973 年, 德国和法国也研制出自己的 PLC。1975 年, 我国开始研制 PLC, 1977 年开始应用。由于 PLC 具有功能强、可靠性高、配置灵活、使用方便等优点, 已成为国内外自动控制领域应用最广泛的控制器。

1.2 PLC 的特点

1987 年 2 月国际电工委员会 (IEC) 对 PLC 给出了标准的定义 (第三稿): “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指令, 并通过数字式和模拟式的输入输出, 控制各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连成一个整体、易于扩充其功能的原則而设计”。

按照这个定义, PLC 实质上是在工业环境下使用的计算机。随着计算机技术的发展,

PLC 已成为集计算机技术、自动控制技术、通信技术、过程控制于一体的电子装置。它可以使用基本逻辑指令、梯形图、顺控状态转移图、功能指令编程，可操作性强，易于学习和掌握。

PLC 在工业控制中用可编程软件取代传统的继电器-接触器来控制，具有极大的优势。其主要优点是：

1. 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 是专为工业控制而设计的，对器件进行严格筛选和试验，在软件上有自诊断技术、纠错技术和冗余技术，在输入/输出方面用屏蔽、滤波、隔离等技术，使 PLC 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，可以在工业环境和恶劣的生产条件下使用，具有体积小、安装方便、比较坚固、抗干扰、抗冲击、抗振动、可靠性高等优点。

2. 功能性强、易于扩展

PLC 具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制、人机对话、通信、联网、自检、记录和显示等功能，还具有 PID 调节、数据通信、中断处理功能。在控制输出接口有多种电源的开关量控制选择，可以直接驱动各种开关量的设备，如电磁阀、继电器等。还有多种功能模块供用户选择进行扩展，使 PLC 性能大大提高。小型三菱 PLC 外形如图 1-1 所示。

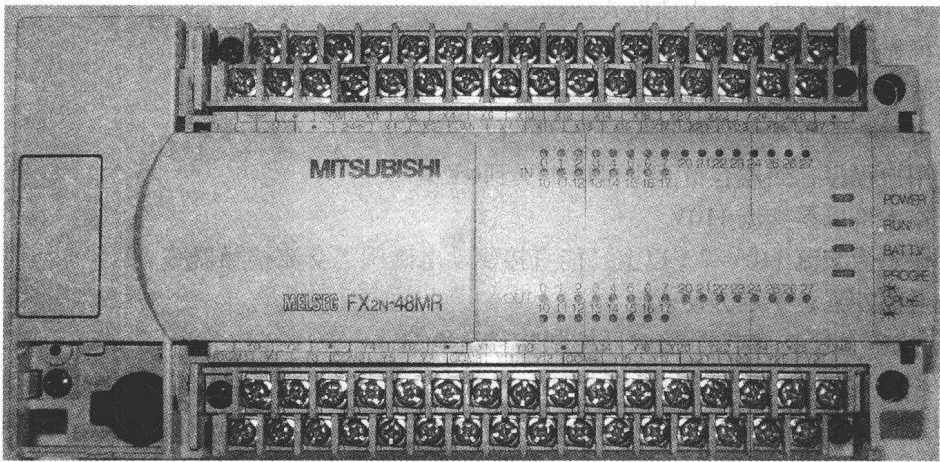


图 1-1 小型三菱 PLC 外形图

3. 编程方便、适应性强

PLC 目前主要采用的编程语言是梯形图，梯形图语言与继电器原理图相类似，形象直观，易学易懂，电气工程师和熟悉电气电路的电工都可以在短时间内学会，在现场可以编写用户程序，也可以调试现场应用程序。

PLC 通过程序实现控制，当控制对象的要求发生改变时，只要修改程序就可以实现。由于 PLC 的产品已标准化、系列化、模块化，可以非常灵活、方便地进行系统配置，组成不同的控制系统以适应各种用户，从单机控制到群控系统、从现场控制到远程控制都可以实现。

4. 设计简单、体积小

用 PLC 设计控制系统减少了大量的继电器，使控制系统大大减少了电器元件，同时使

整体结构大大缩小。提高了可靠性，减少了电能的消耗，易于实现机电一体化。

5. 安装简单、维护方便

在现场只需要将 PLC 控制系统的输入/输出端口与控制设备正确连接就能完成硬件的配置，缩短了安装时间。软件调试时，可以在脱机状态下用模拟现场的信号代替现场实际信号。观察 PLC 输入/输出端的指示灯，就可知道输入/输出的状态。在完成脱机调试后，就可以进行现场联机调试。

PLC 有完善的自诊断、监控功能。对内部工作状态、通信状态、异常状态和输入/输出点的状态均有显示，设计人员通过显示可以查出故障的原因，便于快速处理和及时进行维护。

1.3 PLC 的分类

PLC 生产厂家在全世界发达国家都有，品种有数百种。具有影响力的有美国流派、欧洲流派、日本流派。我国虽然是使用 PLC 的大国，但是没有具有影响力的自主品牌。对 PLC 的分类有三种方式：

1. 按功能分类

根据 PLC 所具有的功能不同，可将 PLC 分为低档、中档、高档三类。

(1) 低档 PLC

具有逻辑运算、定时、计数、移位和自诊断等基本功能，还有少量的开关量、模拟量、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。主要用于逻辑控制、顺序控制或少量的模拟量控制的单机控制系统。

(2) 中档 PLC

除了具有低档 PLC 的功能外，还具有较强的模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、数/模转换、远程输入/输出、子程序、通信联网等功能。有的还增设了中断控制、PID 控制功能，以适用于复杂的控制系统。

(3) 高档 PLC

除了具有中档 PLC 的功能外，还增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、平方根运算，以及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送等功能。高档 PLC 具有更强的通信联网功能，可用于大规模的过程控制或构成分布式网络控制系统，实现工厂自动化。

2. 按输入/输出点数分类

根据输入/输出点数的多少，可将 PLC 分为小型、中型、大型三种类型。

(1) 小型 PLC

输入/输出点数在 256 点以下的为小型 PLC。其中，输入/输出点数小于 64 点的为微型 PLC。这类 PLC 用户程序存储器容量在 4KB，其特点是体积小、价格低廉，适用于控制单台设备和学习使用。小型 PLC 典型的产品有三菱公司的 FX 系列、西门子公司 S7-200 系列、AB 公司的 SLC500 系列和欧姆龙公司的 CPM2A 系列。

(2) 中型 PLC

输入/输出点数在 256 ~ 2048 点之间。PLC 用户程序存储器容量在 8KB 以上，其特点是模拟量和开关量控制功能更强，具有数字运算能力，通信网络能力更大，适用于复杂的控制

系统。中型 PLC 典型的产品有西门子公司的 S7-300 系列、欧姆龙公司的 CJ1H 系列、CPM2A 系列和三菱公司的 Q 系列。

(3) 大型 PLC

输入/输出点数在 2048 点以上，最多可达上万点，如美国 GE 公司的 90-70 机，其点数可达 24000 点，另外还有 8000 路的模拟量；西门子公司的 S7-417-4 机有 256K 点，以及 8K 模拟量的输入/输出点。

PLC 用户程序存储器容量在 16KB 以上，具有工业控制计算机的功能，其特点是具有强大的网络结构和通信联网功能，有些 PLC 还有冗余功能，能监视过程的动态流程，记录各种曲线、PID 调节参数等。大型 PLC 典型的产品有施耐德公司的 Quantum，罗克韦尔公司的 ControlLogix、PLC5，西门子公司的 S7-400 系列，美国 GE Fanuc 公司的 90-70 机，欧姆龙公司的 CS1H 机。

应该说，以上这种划分并不严格，随着时间的推移、科技的进步，PLC 技术会有更大的发展，这里只是帮助读者建立控制规模的概念，为以后进行系统的配置及选型使用。

3. 按结构特点分类

根据各公司生产的 PLC 结构，可分为整体式和模块式。最近还出现有内插板式。

(1) 整体式 PLC

把 PLC 的基本部件组成一体，把电源、CPU 板、I/O 板、内存都装在一个标准的机箱内，就成为一个标准的 PLC。

为了系统配置方便，有的主体箱还可以增加各种扩展模块，如 I/O 模块、功能模块等为用户提供方便。如系统扩大，还可增加扩展箱以保证用户的需要。一般小型 PLC 系统都采用整体式结构。

(2) 模块式 PLC

它由不同功能的模块组成。根据用户的需要，可以将需要的模块组合在一起，主要有 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块、通信模块、机架等。在大、中型 PLC 系统中都用模块式结构。

(3) 内插板式 PLC

为了适应机电一体化要求，需要 PLC 制成内插板式，嵌入到其他系统的装置中。起到控制板的作用，增加 I/O 接口。

第 2 章 PLC 的基本组成和工作原理

2.1 PLC 的基本组成

PLC 是计算机与电气控制设备相结合的产物，是以微处理器为核心用于控制的特殊计算机，因此 PLC 的基本组成与普通个人计算机类似。PLC 基本组成有硬件部分和软件部分。

2.1.1 PLC 硬件部分

PLC 硬件部分主要由中央处理器(CPU)、存储器(RAM、EPROM)、输入单元、输出单元、通信接口、扩展接口、电源等组成。CPU 是 PLC 的核心，输入单元和输出单元是连接现场 I/O 接口设备，PLC 的通信接口用于与编程器、上位计算机和外部设备连接。

整体式 PLC 所有的部件都装在同一个机壳内，如图 2-1 所示。其内部结构如图 2-2 所示。模块式 PLC 的各部件都独立封装成模块，各模块通过总线连接，安装在机架或导轨上，组成的框图如图 2-3 所示。无论是哪种结构和哪种类型的 PLC，都可以根据用户的需要进行配置与组合。

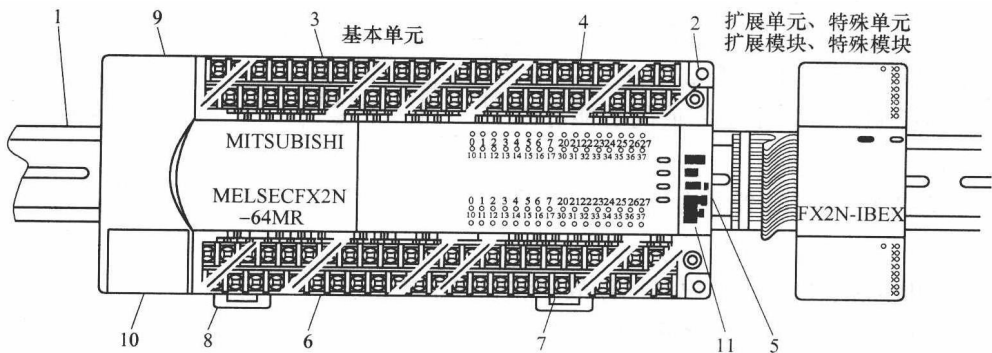


图 2-1 具有扩展模块的小型 PLC 示意图

- 1—导轨 2—安装孔 3—输入端子 4—输入指示灯
- 5—扩展模块端子盖板 6—输出端子 7—输出指示灯
- 8—导轨装卸卡子 9—面板盖 10—外接端子盖板 11—指示灯

尽管整体式 PLC 与模块式 PLC 在结构上不一样，但是其各部分的功能与作用是相同的，下面对 PLC 的主要组成部分进行简单介绍。

1. 中央处理单元(CPU)

PLC 与计算机一样，其核心是 CPU。PLC 中配置的 CPU 因机型不同而不同，常用的有三类：通用型微处理器(如 8086、80286、80386 等)、单片机微处理器(如 8031、8096、68000 等)和位片式微处理器(如 AMD29W 等)。小型 PLC 大多采用 8 位、16 位通用微处理器作为 CPU，这些芯片具有通用性好、价格低廉等优点；中型 PLC 大多采用 16 位、32 位通用微处

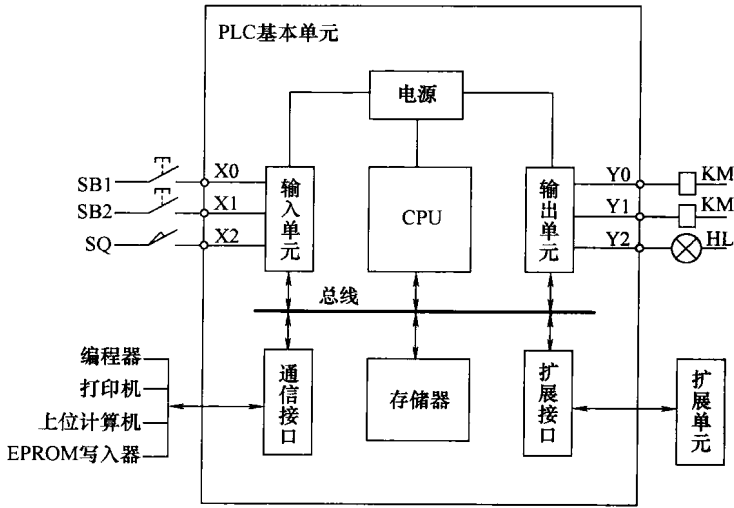


图 2-2 整体式 PLC 内部结构框图

理器作为 CPU，这些芯片具有运算速度快、可靠性高、功能强等优点；大型 PLC 大多采用高速位片式微处理器作为 CPU，具有运算速度快、效率高等优点。

目前，小型 PLC 为单 CPU 系统，中、大型 PLC 大多为双 CPU 系统，有些 PLC 系统中有 8 个 CPU 进行运算，提高了运行效率，实现了实时控制。CPU 主要完成的功能有以下几个方面：

1) 接收输入端的各种信号，送入存储器。

2) 诊断电源、PLC 内部电路工作故障和编程中的错误。

3) 完成用户指令程序的各种操作。

4) 对输出端进行控制，打印各种数据报表与数据通信等。

5) 按存放先后的顺序取出用户指令，进行编译。

2. 存储器 (Memory)

存储器是具有记忆功能的半导体电路，用来存放系统程序、用户程序、逻辑变量和其他信息。

PLC 内部存储器有两类：一类是随机存取存储器 (RAM)，可以随时由 CPU 对它进行读出或写入；另一类是只读存储器 (有 ROM、EPROM、E²PROM)，CPU 只能从中读取而不能写入。RAM 主要用来存储系统程序，包括各种暂存的数据、中间结果及用户程序。ROM 主要用来存储系统程序，包括监控程序、系统诊断程序、命令解释程序、功能子程序调用管理、逻辑运算、通信，以及各种参数设定及固化的用户程序。

系统程序是由 PLC 的制造厂家编写的，和 PLC 硬件组成有关，提供 PLC 的运行平台。

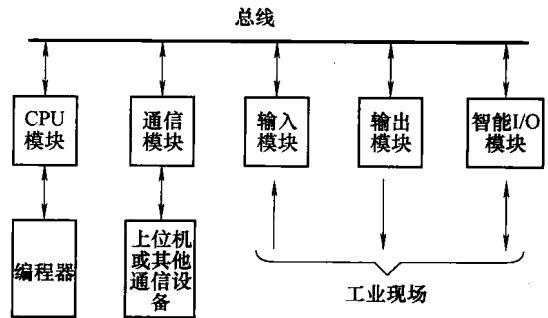


图 2-3 模块式 PLC 组成框图

系统程序关系到 PLC 的性能，在 PLC 使用过程中不会变动，因此固化在只读存储器中，用户不能访问和修改。

用户程序是由 PLC 面对控制对象而定的，用户根据对生产过程和工艺控制的要求编写应用程序。用户程序存在 CMOS 静态 RAM 中，用锂电池作为后备电源，保证停电时不会丢失信息；当用户程序正常运行，不需要改变时，也可将用户程序固化在只读存储器 (EPROM) 中，保证安全可靠。

3. 输入/输出单元(I/O 接口)

PLC 的 I/O 接口单元起着与外围设备之间传递信息的作用。PLC 通过输入单元电路将开关量的信号、按钮信号、传感器信号等转换成 CPU 能接收和处理的信号；同时输出单元电路将 CPU 输出信号转换成能驱动被控设备的信号，实现控制目的。为了使 PLC 可靠工作，I/O 接口电路采取了多种措施。常用接口电路的结构如图 2-4、图 2-5 所示。图 2-4 是带有光电隔离的输入电路，图 2-5 是输出电路。

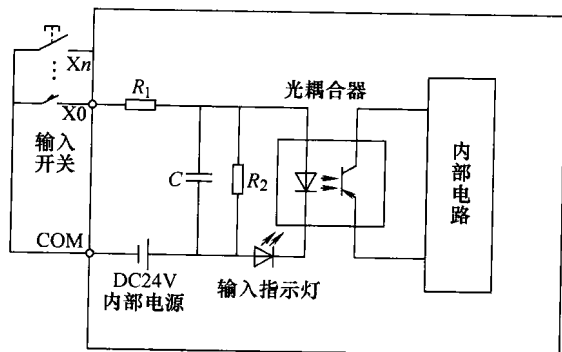


图 2-4 带有光电隔离的输入电路

(1) 输入单元(Input)

常用的输入单元具有电平转换功能，在工业现场进行控制会有各种不同的信号，其电压

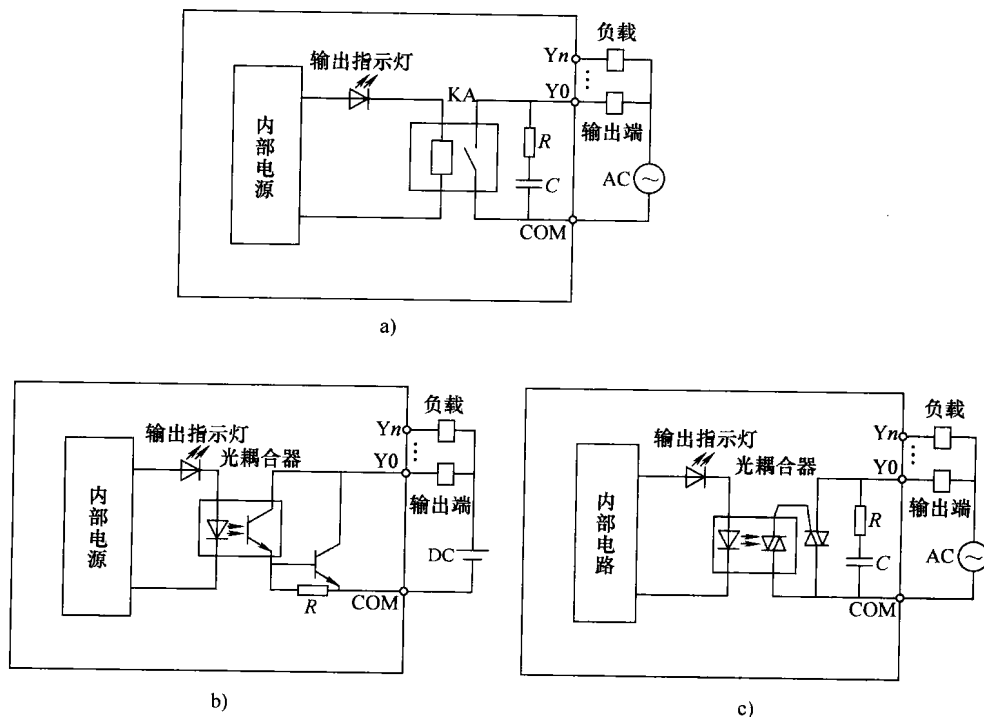


图 2-5 输出电路

a) 继电器输出型电路 b) 晶体管输出型电路 c) 晶闸管输出型电路

等级不同。而 PLC 内部 CPU 的工作电压一般是 5V，输入单元可把现场信号转换成标准的电平信号送到 CPU 进行处理。输入单元为了可靠工作，具有光耦合电路，如图 2-4 所示，该电路能实现光电隔离作用，从而避免电信号的直接相连，可大大减少现场控制电磁干扰信号，提高可靠性。

(2) 输出单元(Output)

常用的输出单元采用光电隔离电路，输出单元可分为三种类型：继电器输出型、晶体管输出型和晶闸管输出型，如图 2-5 所示，这使 PLC 可以适合各种用户的不同要求。其中，继电器输出型最常用，可以驱动交流或直流的负载回路，其特点是带负载能力强，但响应时间长，动作频率低；晶体管输出型只能用于驱动直流的负载回路，其特点是响应速度快，动作频率高，带负载能力弱；晶闸管输出型只能用于驱动交流的负载，响应速度快，动作频率高，带负载能力不强。

PLC 的 I/O 接口所能接收信号的个数和输出信号的个数称为 PLC 的 I/O 点数，I/O 点数是选择 PLC 的重要指标之一。当系统的 I/O 点数不够时，可以通过 PLC 的 I/O 扩展接口对系统进行扩展。

(3) 模拟量输入单元

PLC 的模拟量输入单元可将连续变化的模拟量转换成数字量，使得 CPU 可对其进行处理，如图 2-6 所示。模拟量输入单元的核心是 A/D 转换器。对于多路输入的模块，由多路开关进行切换。转换的精度有 8 位、10 位、12 位、16 位等，模拟量输入信号的范围有 DC $\pm 10V$ 、0 ~ 10V、 $\pm 20mA$ 、4 ~ 20mA 等。

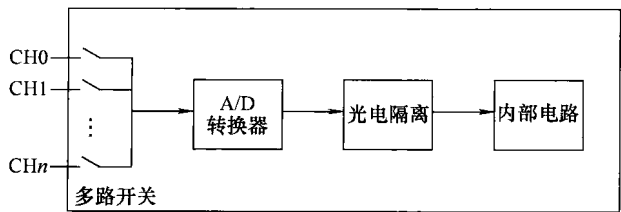


图 2-6 模拟量输入单元原理图

(4) 模拟量输出单元

PLC 的模拟量输出单元与模拟量输入单元过程相反，可将 CPU 运算后的数字量转换成模拟量（如 0 ~ 10V，4 ~ 20mA 等），输出至执行机构和显示，如图 2-7 所示。

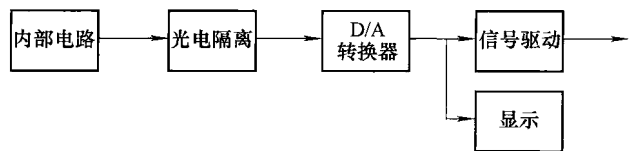


图 2-7 模拟量输出单元原理图

(5) PID 过程控制模块

过程控制是指对连续变化的模拟量的控制，一般采用 PID 控制方法。PID 过程控制原理图如图 2-8 所示。图中 SP 是设定值， PV 是过程变量的反馈值，两者的差值是误差值 e ， Q 是 PID 调节器的输出量。闭环控制运算由 PID 过程控制模块中的 CPU 完成，一般可以控制多个闭环，如三菱公司 A 系列的 PID 可以控制 64 个闭环，还可以调节状态。

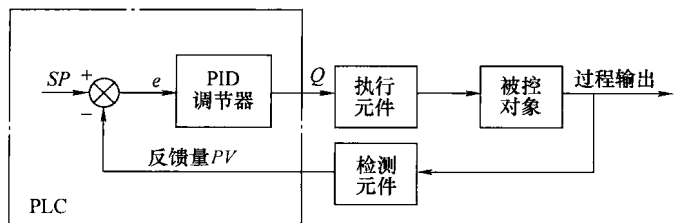


图 2-8 PID 过程控制原理图

4. 通信接口模块

当 PLC 需要与上位计算机或其他一些智能控制设备(如打印机、监视器等)联网通信时,都需要用到通信接口模块进行连接。通信接口模块一般都带有 CPU,提供 1~4 个串行通信接口。其中,RS-232C 串行接口最远的通信距离是 15m;RS-422 串行接口可以实现点对点和主从方式的通信,最远的通信距离是 500m,数据的传输速率可达 19.2kbit/s。

近年来,高性能模块的发展非常快,功能越来越强,如速度控制模块、运动控制模块、位置控制模块、温度控制模块、串行通信模块、数据处理与控制模块。各模块的具体使用可参考生产厂家的产品目录。

5. 电源

PLC 电源是指将外部交流电经整流、滤波、稳压处理后转换成 PLC 内部电路工作需要的直流电源或电源模块。小型整体式 PLC 内部有一个直流开关稳压电源,此电源稳压性能好,抗干扰能力强。DC 5V 电源可供 CPU、存储器、输入输出接口等内部电路工作。另外,有些 PLC 的电源部分还有 DC 24V 输出,用于向外部输入元件(包括传感器)提供工作电源。PLC 输入、输出接口电路的电源回路彼此相互独立。

6. 编程工具

编程工具是 PLC 最重要的外围设备,它实现了人与 PLC 的人机对话,用户利用编程工具不但可以输入、检查、修改和调试用户程序,还可以监视 PLC 的工作状态、修改内部寄存器的设置、参数以及显示错误代码等。编程工具分为两种:一种是手持编程器,只需通过编程电缆与 PLC 相接即可使用,如三菱公司的 FX-10P-E、FX-20P-E 等;另一种是带有 PLC 专用工具软件的计算机,它通过 RS-232C 通信接口与 PLC 连接(若是 RS-422 通信口,则需加适配器),如三菱公司的 GPP、GX Developer 等。

2.1.2 PLC 软件部分

PLC 的软件程序是按一定规则和顺序组织起来的 PLC 指令序列。PLC 运行程序就是按一定顺序执行序列中每一条指令。

指令的本质是二进制机器代码。PLC 指令由文字代码或图形符号组成,经 PLC 编译程序把 PLC 指令的文字代码或图形符号编译成二进制机器代码,由 CPU 进行处理。由于各个厂家使用的语言不同,这些代码或图形符号有所不同。

国际电工委员会为了推广和规范 PLC 的应用,推出了 PLC 程序设计语言的国际标准,即 IEC61131-3 标准。它规定了 5 种编程语言,这些语言有:指令表(Instruction List, IL)、梯形图(Ladder Logic, LD)、顺序功能图(Sequence Function Chart, SFC)、功能块图(Function Block Diagram, FBD)和结构化文本(Structure Text, ST)。由于它具有许多优点,在自动控制中应用非常广泛,已成为 PLC 生产厂家的标准。

有的 PLC 也可用高级语言 C 语言进行编程。

在同一程序中,多种语言之间都有对应的关系,使用编程软件都可以很方便地从一种语言转换成另一种语言。下面就简单介绍一下这 5 种编程语言。

1. 指令表(IL)

这种编程语言是与单片机的汇编语言相类似的助记符编程语言,用一系列操作指令组成的指令表将控制流程描述出来,指令表与梯形图有对应关系。指令表的程序比较难懂,特别是它们的逻辑关系很难一眼看出,所以初学者一般用梯形图语言,梯形图语言转换成指令表