

可编程控制器原理 及应用实例

张进秋 陈永利 张中民 编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



可编程控制器原理及应用实例

张进秋 陈永利 张中民编著



机械工业出版社

可编程控制器(PLC)是一种数字式运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存贮器,用来在其内部存贮执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入输出,控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关设备,都遵循易于与工业控制系统形成统一的整体、易于扩充其功能的原则进行设计,因此,可编程控制器以其简单易懂、操作方便、可靠性高、通用灵活、体积小、使用寿命长等一系列优点,在汽车、钢铁、航空航天、船舶、化工、纺织、食品、造纸、军工等工业领域获得了广泛的应用。

本书以我国目前应用最广泛的三种高性能小型机 SIMATIC S7(西门子公司)、CPM1A(欧姆龙公司)和 FPI(松下电工公司)为背景,系统阐述了可编程控制器(PLC)的结构、工作原理、硬件和软件系统以及 PLC 控制系统从设计到安装到维护的系统设计过程,并对 PLC 的组网技术进行了详细介绍。

本书内容新颖、深入浅出,语言通俗易懂,理论联系实际。通过实例,详细地介绍了 PLC 在不同行业中的具体应用。在编写形式上,注重理论与实践的结合,不但在各章节适时插入实例,使读者加深理解和掌握具体内容,而且以综合举例作为最后一章,以便于读者参考和提高综合应用可编程控制器的能力。

本书可作为高等学校机电一体化专业、自动化专业、电气技术专业及其他相关专业的教材,也可作为广大工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用实例/张进秋等编著. —北京:
机械工业出版社, 2003.11
ISBN 7-111- 13141-X

I. 可… II. 张… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 088528 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: 曲彩云 封面设计: 姚毅

责任印制: 闫 焱

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·21.75 印张·538 千字

0001—5000 册

定价: 36.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

1968 年,美国通用汽车公司为了适应生产工艺的不断更新需求,设想把计算机通用、灵活、功能完备等优点和继电器控制系统的简单易懂、价格便宜等优点结合起来,制成一种通用控制装置,并把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化,用面向控制过程、面向问题的“自然语言”进行编程,使得不熟悉计算机的人也能方便地使用。1969 年,美国数字设备公司(DEC 公司)研制出第一台可编程控制器(PLC),在 GM 公司的自动装配线上试用获得成功。自 20 世纪 70 年代以来,由于大规模集成电路和微处理器在 PLC 中的应用,使 PLC 的功能不断增强,使其不仅能进行顺序逻辑控制,而且还能进行数值运算、数据处理,具有分支、中断、通信及故障自诊断等功能。

PLC 是一种数字式运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可程序的存贮器,用来在其内部存贮执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入输出,控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关设备,都按易于与工业控制系统形成一个统一的整体、易于扩充其功能的原则设计。

PLC 具有可靠性高,抗干扰能力强等特点,PLC 的平均无故障运行时间(又称平均故障间隔时间 MTBF)已经高达几十万小时。其次,PLC 具有通用性强,使用方便的特点。由于 PLC 产品的系列化和模块化,PLC 配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用,可以组成能满足各种控制要求的控制系统,用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件方面的设计工作只是确定 PLC 的硬件配置和 I/O 的外部接线。一个控制对象的硬件配置确定以后,可以通过修改用户程序,方便快速地适应工艺条件的变化。

PLC 还具有功能强,适应面广的特点,现代 PLC 不仅具有逻辑运算、计时、计数、顺控等功能,而且还具有 A/D、D/A 转换,数值运算和数据处理等功能。因此,它既可对开关量进行控制,也可对模拟量进行控制;既可控制一台生产机械、一条生产线,也可控制一个生产过程。PLC 还具有通信联网的功能,可与上位计算机构成分布式控制系统。用户只需根据控制的规模和要求,适当选择 PLC 的型号和硬件配置,就可以组成所需的控制系统。

此外,PLC 还具有编程方法简单、容易掌握的特点。PLC 的编程大多采用类似于继电器控制线路的梯形图进行。在最初的梯形图中,主要由人们熟悉的常开触点、常闭触点和线圈、计时、计数等符号组成,对于使用者来说,不需要具备计算机的专门知识,因此很容易被一般工程技术人员甚至技术工人所理解和掌握。

在用户的维修方面,由于 PLC 的故障率很低,并且有完善的诊断和显示功能,可用更换模块的方法,迅速排除 PLC 的故障,因此维修极为方便。

本书由张进秋、陈永利、张中民主编,参加编写的还有陈国勇、李东、米思南、张京凡、王小军、刘伟、余晓峰、张杰、李芳、王志勇、郭涛、张海燕、刘建国等。姚晓冬、殷新文、赵晓东、王强参与了文字录入和图表制作工作,在此表示感谢。

限于作者水平,不当之处在所难免,请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 概 述.....	1
1.1 PLC的产生和发展.....	1
1.1.1 可编程控制器的产生.....	1
1.1.2 可编程控制器的发展.....	1
1.2 PLC的定义及特点.....	3
1.2.1 PLC的定义.....	3
1.2.2 PLC的特点.....	3
1.3 PLC的主要应用.....	4
1.4 PLC与微机及继电器控制系统的区别.....	5
1.4.1 与微型计算机相比较.....	5
1.4.2 与继电器控制逻辑相比较.....	6
第2章 可编程控制器的结构和工作原理.....	7
2.1 PLC的基本结构.....	7
2.1.1 中央处理单元(CPU).....	7
2.1.2 存储器.....	8
2.1.3 输入/输出单元.....	8
2.1.4 电源部分.....	11
2.1.5 编程器.....	11
2.2 PLC的工作原理.....	12
2.3 PLC的主要性能指标.....	13
2.4 PLC的编程语言.....	14
2.4.1 梯形图编程语言.....	15
2.4.2 指令语句编程语言.....	16
2.4.3 功能块图编程语言.....	17
第3章 可编程控制器的硬件系统.....	18
3.1 PLC的基本模块.....	18
3.1.1 主机模块.....	18
3.1.2 开关量输入/输出模块.....	26
3.1.3 模拟量输入/输出模块.....	29
3.1.4 智能模块.....	31
3.2 PLC硬件系统配置.....	35
3.2.1 S7-200 PLC硬件系统配置.....	35
3.2.2 CPM1A系列PLC硬件系统配置.....	37
3.2.3 FPI系列PLC硬件系统配置.....	37
3.3 PLC内部资源分配.....	38
3.3.1 S7-200 PLC内部资源分配.....	38

3.3.2	CPM1A 系列 PLC 内部资源分配	43
3.3.3	FP1 系列 PLC 内部资源分配	52
第 4 章	可编程控制器指令系统	59
4.1	S7-200 PLC 指令系统	59
4.1.1	基本概念和约定	59
4.1.2	S7-200 PLC 基本指令	63
4.1.3	S7-200 PLC 高级指令	79
4.2	CPM1A 系列 PLC 指令系统	96
4.2.1	CPM1A 系列 PLC 基本指令	96
4.2.2	CPM1A 系列 PLC 高级指令	110
4.3	FP1 系列 PLC 指令系统	153
4.3.1	FP1 系列 PLC 基本指令	153
4.3.2	FP1 系列 PLC 高级指令	176
第 5 章	可编程控制器外围装置、设备与接口	199
5.1	按钮与开关	199
5.1.1	控制按钮	200
5.1.2	开关	200
5.2	传感器	202
5.2.1	传感器的分类	202
5.2.2	传感器的性能参数	203
5.2.3	传感器选用的一般原则	206
5.3	执行装置	209
5.3.1	接触器	209
5.3.2	执行器	211
5.3.3	气动与液动执行装置用电磁阀	216
5.4	输入/输出接口	217
5.4.1	输入口的正确使用	217
5.4.2	输出口的正确使用	221
5.4.3	使用中注意的问题	222
5.5	编程器	223
5.5.1	概述	223
5.5.2	编程器的使用	225
第 6 章	可编程控制器的通信技术	231
6.1	通信网络的基础知识	231
6.1.1	数据通信基础	231
6.1.2	网络的拓扑结构	236
6.2	S7-200 PLC 的通信与网络	237
6.2.1	S7-200 PLC 网络协议	237

6.2.2	S7-200 PLC 的通信指令	238
6.3	CPM1A 系列 PLC 的通信与网络	248
6.3.1	通信的连接与设定	248
6.3.2	上位链接命令	257
6.4	FP1 系列 PLC 的通信与网络	282
6.4.1	通信协议	282
6.4.2	FP1 的通信连接	286
6.4.3	C-NET 工业局域网的应用	287
第 7 章	可编程控制器控制系统设计	289
7.1	PLC 控制系统设计的基本步骤	289
7.1.1	系统设计的主要内容	289
7.1.2	系统设计的基本步骤	289
7.2	PLC 硬件系统设计	291
7.2.1	PLC 型号的选择	291
7.2.2	分配输入/输出点	292
7.3	PLC 软件系统设计方法及步骤	294
7.3.1	PLC 软件系统设计的方法	294
7.3.2	PLC 软件系统设计的步骤	295
第 8 章	可编程控制器的编程软件	297
8.1	编程软件的安装	297
8.1.1	系统要求	297
8.1.2	软件安装	297
8.1.3	硬件连接	298
8.1.4	参数设置	298
8.1.5	在线联系	299
8.1.6	建立修改 PLC 通信参数	299
8.2	编程软件的功能	299
8.2.1	基本功能	299
8.2.2	界面	300
8.2.3	各部分功能	300
8.2.4	系统组态	302
8.3	软件的编程	302
8.3.1	程序文件操作	303
8.3.2	编辑程序	304
8.4	调试及运行	308
8.4.1	选择扫描次数	308
8.4.2	状态图表监控	308
8.4.3	运行模式下编辑	309

8.4.4 程序监视	310
第 9 章 可编程控制器的安装与维护	312
9.1 PLC 的安装和接线	312
9.1.1 安装的注意事项	312
9.1.2 安装与接线	312
9.2 PLC 的维护和检修	316
9.2.1 维护检查	316
9.2.2 故障排除	316
第 10 章 可编程控制器的应用举例	318
10.1 PLC 在带式输送机控制系统中的应用	318
10.1.1 控制要求	318
10.1.2 I/O 地址分配	318
10.1.3 软件系统设计	319
10.2 PLC 在全自动洗衣机控制系统中的应用	320
10.2.1 控制要求	320
10.2.2 I/O 地址分配	321
10.2.3 软件系统设计	321
10.3 PLC 在燃油锅炉控制系统中的应用	323
10.3.1 控制要求	323
10.3.2 I/O 地址分配	324
10.3.3 软件系统设计	325
10.4 PLC 在十字路口交通信号灯控制系统中的应用	326
10.4.1 控制要求	326
10.4.2 I/O 地址分配	328
10.4.3 软件系统设计	329
10.5 PLC 在高温高压染色机上的应用	332
10.5.1 控制要求	332
10.5.2 机型选择及地址分配	333
10.5.3 系统软件设计	333
10.6 PLC 在自动数粒机中的应用	335
10.6.1 概述	335
10.6.2 控制要求	336
10.6.3 机型选择及地址分配	337
10.6.4 系统软件设计	337
10.7 PLC 在电沉积生产过程中的应用	338
10.7.1 工艺流程	338
10.7.2 系统硬件设计	338
10.7.3 系统软件设计	339

第 1 章 概 述

1.1 PLC 的产生和发展

1.1.1 可编程控制器的产生

在 20 世纪 60 年代, 汽车生产流水线的自动控制系统基本上都是继电器控制装置构成的。当时, 汽车的每一次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装。随着生产的发展, 汽车型号更新的周期越来越短, 这样, 继电器控制装置就需要经常地重新设计和安装, 十分费时、费工、费料, 延长了更新周期的缩短。为了改变这一现状, 1968 年, 美国最大的汽车制造商通用汽车公司 (GM 公司) 为了适应生产工艺的不断更新需求, 期望找到一种新的方法, 尽可能减少重新设计继电器控制系统和重新接线的工作, 以降低成本、缩短周期, 设想把计算机通用、灵活、功能完备等优点和继电器控制系统的简单易懂、价格便宜等优点结合起来, 制成一种通用控制装置, 并把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化。

用面向控制过程、面向问题的“自然语言”进行编程, 使得不熟悉计算机的人也能方便地使用。为此进行招标, 1969 年, 美国数字设备公司 (DEC 公司) 研制出第一台可编程控制器, 在 GM 公司的自动装配线上试用获得成功。

自 20 世纪 70 年代以来, 由于大规模集成电路和微处理器在 PLC 中的应用, 使 PLC 的功能不断增强, 使其不仅能进行顺序逻辑控制, 而且还能进行数值运算、数据处理, 具有分支、中断、通信及故障自诊断等功能。

这一新型工业控制装置的出现, 也受到世界其他国家的高度重视。1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 很快研制出了日本第一台 PLC。1973 年, 西欧国家也研制出了它们第一台 PLC。我国从 1974 年开始研制, 于 1977 年开始应用于工业中。

1.1.2 可编程控制器的发展

PLC 的发展与微电子技术和计算机技术密切相关, 随着可编程控制器的应用领域不断扩大, 它本身也在不断发展。

1. 小型化方向发展

目前的小型 PLC 大都局限在开关量输入输出, 而且 CPU 和 I/O 部件组装在一个箱体内, 今后的小型 PLC 也将增加模拟量处理功能, 而且将有灵活的组态特性, 并能与其他机型连用。

小型 PLC 的基本特点是价格低廉、经济可靠, 适用于回路或设备的单机控制, 便于“机电仪”一体化, 但要牺牲用户使用的方便性。既要简单经济, 又要不断增强功能和使用的方便性是小型 PLC 的发展方向。

2. 大型化方向发展

主要有以下几个方面：

(1) 功能不断加强：不仅具有逻辑运算、计数、定时等基本功能，还具有数值运算、模拟调节、监控、记录、显示、与计算机接口、通信等功能。

网络功能是 PLC 发展的重要特征。各种微型计算机、图形工作站、小型机等都可以作为 PLC 的监控主机或工作站，这些装置的结合能够提供屏幕显示、数据采集、记录保持、回路面板显示等功能。大量的 PLC 联网及不同的厂家生产的 PLC 兼容性增加，使得分散控制或集中管理都能轻易实现。

(2) 应用范围不断扩大：不仅能进行一般的逻辑控制，还能进行中断控制、智能控制、过程控制、远程控制等。

用于过程控制的 PLC 往往对存储器容量及速度要求较高，为此，开发了高速模拟量输入模块，专用独立的 PID 控制器，多路转换器等，使得数字技术和模拟量技术在可编程控制器中得到统一。采用软件、硬件相结合的方法，使得编程和接线都比过去用常规仪器控制要方便的多。

(3) 性能不断提高：采用高性能微处理器，提高处理速度，加快响应时间；扩大了存储容量，有的公司已使用了磁泡存储器或硬盘；采用多处理器技术，以提高性能，甚至冗余热备份，以提高可靠性。

为了进一步简化在专用控制领域的系统设计及编程，专用智能输入输出模块越来越多，如专用智能 PID 控制器、智能模拟量 I/O 模块、智能位置控制模块、语言处理模块、专用数控模块、智能通信模块、计算模块等，这些模块的一个特点就是本身具有 CPU，能独立工作，它们与 PLC 主机并行操作，无论在速度、精度、适应性、可靠性各方面都对 PLC 进行了很好的补充。它们与 PLC 紧密结合，有助于克服 PLC 扫描工作方式的局限，完成 PLC 本身无法完成的许多功能。这些模块的编程、接线都与 PLC 一致，使用非常方便。

(4) 编程软件的多样化和高级化：采用多种编程语言，有面向顺序控制的步进顺序语言和面向过程控制系统的流程图语言，后者是一种面向功能块的语言，能够表示过程中动态变量与信号的相互联接；还有与计算机兼容的高级语言，如 BASIC、C 及汇编语言；另外还有专用的高级语言；也有采用布尔逻辑语言的，CPU 能直接执行 AND、OR、XOR、NOT 等操作，这种语言执行速度很快，但不直观。

PLC 也将具有数据库，并可实现整个网络的数据库共享。还将不断发展自适应控制和专家系统。

(5) 构成形式的分散化与集散化：PLC 与 I/O 分散，分散的每个 I/O 口输入输出点数可以少至十几个点，分散的单元可以是几十个或几百个。

PLC 本身也可分散，分散的 PLC 可以连用，这样可将集中控制中存在的“危险集中”化为“危险分散”。

分散的 PLC 与上位机结合构成集散系统，分散地进行控制，便于构成多层分布系统，以实现整个工厂或企业的自动化控制和管理。

1.2 PLC 的定义及特点

1.2.1 PLC 的定义

1985年1月,国际电工委员会(IEC)颁布了PLC标准草案第二稿,对PLC作了如下定义:“PLC是一种数字式运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存贮器,用来在其内部存贮执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入输出,控制各种类型的机械或生产过程。PLC及其有关设备,都应按易于与工业控制系统形成一个统一的整体、易于扩充其功能的原则设计。”

1.2.2 PLC 的特点

1. 可靠性高,抗干扰能力强

由于工业生产过程的连续性,同时工业现场的各种电磁干扰特别严重,因此针对这一情况,PLC采取了一系列措施,其中主要包括:

(1) 所有的输入/输出(I/O)接口电路均采用光电隔离,使工业现场的外电路与PLC内部电路之间电气上隔离。

(2) 各输入端均采用R-C滤波器。

(3) 各模块均采用屏蔽措施,以防止辐射干扰。

(4) 采用性能优良的开关电源。

(5) 对采用的器件进行严格的筛选。

(6) 良好的自诊断功能,一旦电源或其它软、硬件发生异常情况,CPU立即采取有效措施,以防止故障扩大。

(7) 大型PLC还可以采用由双CPU构成冗余系统或由三CPU构成表决式系统,使可靠性更进一步提高。

由于采用了上述一系列措施,使PLC的平均无故障运行时间(又称平均故障间隔时间MTBF)已经高达几十万小时。

2. 通用性强,使用方便

由于PLC产品的系列化和模块化,PLC配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用,可以组成能满足各种控制要求的控制系统,用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件方面的设计工作只是确定PLC的硬件配置和I/O的外部接线。一个控制对象的硬件配置确定以后,可以通过修改用户程序,方便快速地适应工艺条件的变化。

3. 功能强,适应面广

现代PLC不仅具有逻辑运算、计时、计数、顺控等功能,而且还具有A/D、D/A转换,数值运算和数据处理等功能。因此,它既可对开关量进行控制,也可对模拟量进行控制;既可控制一台生产机械、一条生产线,也可控制一个生产过程。PLC还具有通信联网的功能,可与上位计算机构成分布式控制系统。用户只需根据控制的规模和要求,适当选择PLC

的型号和硬件配置，就可以组成所需的控制系统。

4. 编程方法简单，容易掌握

PLC 的编程大多采用类似于继电器控制线路的梯形图进行。在最初的梯形图中，主要由人们熟悉的常开触点、常闭触点和线圈、计时、计数等符号组成，对于使用者来说，不需要具备计算机的专门知识，因此很容易被一般工程技术人员甚至技术工人所理解和掌握。现在，尽管 PLC 的软、硬件功能大大增强，除了顺序控制以外，PLC 还能进行算术运算、数据处理和传送、通信等，但是梯形图仍被广泛使用，只是在原来的基础上增加了许多特殊功能指令，以完成除了顺序控制以外的其它各种控制功能。

5. PLC 控制系统的设计、安装、调试、维护方便

由于 PLC 已实现了产品系列化、标准化和通用化，用 PLC 组成控制系统在设计、安装、调试和维修等方面，表现了明显的优越性。设计部门能在规格繁多、品种齐全的系列化 PLC 产品中，精选他们所需的类型，使选定的 PLC 具有较高的性能价格比。PLC 用软件功能取代了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，控制柜的设计、安装接线工作量大为减小。PLC 的用户程序大都可以在实验室模拟调试，用模拟试验开关代替输入信号，其输出状态可观察 PLC 上有关的发光二极管。模拟调试好以后再将 PLC 控制系统安装到现场，进行联机统调，既安全，又快速方便，这就大大缩短了应用设计和调试周期。

在用户的维修方面，由于 PLC 的故障率很低，并且有完善的诊断和显示功能，PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据 PLC 上发光二极管或编程器上提供的信息，迅速查明原因；如果是 PLC 本身，可用更换模块的方法，迅速排除 PLC 的故障，因此维修极为方便。

6. 体积小、重量轻、功耗低

由于 PLC 是将微电子技术应用于工业控制设备的新型产品，因而 PLC 的结构紧凑、坚固、体积小、重量轻、功耗低。

1.3 PLC 的主要应用

经过 20 多年的工业运行，PLC 迅速渗透到工业控制的各个领域，从 PLC 的功能来看，它的应用范围大致包括以下几个方面：

(1) 逻辑控制 PLC 具有逻辑运算功能，可以实现各种通断控制。

(2) 定时控制 PLC 具有定时功能。它为用户提供几十个甚至上千个计时器，其计时时间设定值既可以由用户程序设定，也可以由操作人员在工业现场通过人一机对话装置实时设定，计时器的实际计时值也可以通过人一机对话装置实时读出或修改。

(3) 计数控制 PLC 具有计数功能。它为用户提供几十个甚至上千个计数器，其计数设定值的设定方式同计时器计时时间设定值一样。计数器的实际计数值也可以通过人一机对话装置实时读出或修改。

(4) 步进（顺序）控制 PLC 具有步进（顺序）控制功能。在新一代的 PLC 中，还可以采用 IEC 规定的用于顺序控制的标准化语言——顺序功能图（SFC）编制用户程序，使得

PLC 在实现按照事件或输入状态的顺序控制相应输出的场合更简便。

(5) PID 控制 PLC 具有 PID 控制功能。PLC 可以接模拟量输入和输出模拟量信号。通常采用专门的 PID 控制模块来实现。

(6) 数据处理 PLC 具有数据处理能力。它能进行算术运算、数据比较、数据传送、数制转换、数据显示和打印、数据通信等功能。新一代的大、中型 PLC 还能进行函数运算、浮点运算等。

(7) 通信和联网 新一代的 PLC 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 和 PLC、PLC 和计算机之间的通信。因此, 可以方便地构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统。

(8) PLC 还具有许多特殊功能模块, 适用于各种特殊控制的要求, 例如: 定位控制模块, CRT 模块等。

1.4 PLC 与微机及继电器控制系统的区别

1.4.1 与微型计算机相比较

(1) 应用范围: 微机除了用在控制领域外, 还大量用于科学计算、数据处理、计算机通信等方面。而 PLC 主要用于工业控制。

(2) 使用环境: 微机对环境要求较高, 一般要在干扰小, 具有一定的温度和湿度要求的机房内使用。而 PLC 适用于工程现场的环境。

(3) 输入输出: 微机系统的 I/O 设备与主机之间采用微机联系, 一般不需要电气隔离。而 PLC 一般控制强电设备, 需要电气隔离, 输入输出均用“光—电”耦合, 输出还采用继电器, 晶闸管或大功率晶体管进行功率放大。

(4) 程序设计: 微机具有丰富的程序设计语言, 例如, 汇编语言、FORTRAN 语言、COBOL 语言、PASCAL 语言、C 语言等, 其语句多, 语法关系复杂, 要求使用者必须具备一定水平的计算机硬件和软件的知识。而 PLC 提供给用户的编程语句数量少, 逻辑简单, 易于学习和掌握。

(5) 系统功能: 微机系统一般配有较强的系统软件, 例如, 操作系统, 能进行设备管理、文件管理、存储器管理等。它还配有许多应用软件, 以方便用户。而 PLC 一般只有简单的监控程序, 能完成故障检查, 用户的程序输入和修改、用户程序的执行与监视等功能。

(6) 运算速度和存储容量: 微机运算速度快, 一般为微秒级。因有大量的系统软件和应用软件, 故存储容量大。而 PLC 因接口的响应速度慢而影响数据处理速度。一般接口响应速度为 2ms, PLC 的巡回检查速度为每千字 8ms。PLC 的软件少, 编程简短, 故内存量小。

(7) 价格: 微机是通用机, 功能完善, 故价格较高。而 PLC 是专用机, 功能较少, 其价格是微机的十分之一。

从以上几个方面的比较可知: PLC 是一种用于工业自动化控制的专用微机控制系统, 结构简单, 抗干扰能力强, 易于学习和掌握。价格也比一般的微机系统便宜。

1.4.2 与继电器控制逻辑相比较

(1) 控制逻辑：继电器控制逻辑采用硬接线逻辑，利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合成控制逻辑，其连线多而复杂，一旦系统构成后，想再改变或增加功能都很困难。另外继电器触点数目有限，每只只有 4—8 对触点，因此灵活性和扩展性很差。而 PLC 采用存储逻辑，其控制逻辑以程序方式存储在内存中，要改变控制逻辑，只需改变程序，故称为“软接线”，其连线少，体积小，加之 PLC 中每只软继电器的触点数理论上无限制，因此灵活性和扩展性很好。PLC 由中大规模集成电路组成，功耗小。

(2) 工作方式：当电流接通时，继电器控制线路中各继电器都处于受约状态，即该吸合的都应吸合，不该吸合的都因某种条件限制不能吸合。而 PLC 的控制逻辑中，各继电器都处于周期性循环扫描接通之中，从宏观上看，每个继电器受制约接通的时间是短暂的。

(3) 控制速度：继电器控制逻辑依靠触点的机械动作实现控制，工作频率低。触点的开闭动作一般在几十微秒数量级。另外机械触点还会出现抖动问题。而 PLC 是由程序指令控制半导体电路来实现控制的，速度快，一般一条用户指令的执行时间在微秒数量级。PLC 内部还有严格的同步，不会出现抖动问题。

(4) 限时控制：继电器控制逻辑利用时间继电器的滞后动作进行限时控制。时间继电器一般分为空气阻尼式、电磁式、半导体式等，其定时精度不高，且有定时时间易受环境湿度和温度变化的影响，调整时间困难等问题。有些特殊的时间继电器结构复杂，不便维护。PLC 使用半导体集成电路作定时器，时钟脉冲由晶体振荡器产生，精度相当高，定时范围一般从 0.1s 到若干分钟甚至更长，用户可根据需要在程序中设定定时值，然后由软件和硬件计数器来控制定时时间，定时精度小于 10ms。定时时间不受环境的影响。

(5) 计数控制：PLC 能实现计数功能，而继电器控制逻辑一般不具备计数功能。

(6) 设计与施工：使用继电器控制逻辑完成一项控制工程，其设计、施工、调试必须依次进行，周期长，而且修改困难。而用 PLC 完成一项控制工程，在系统设计完成以后，现场施工和控制逻辑的设计可以同时进行，周期短，且调试和修改都很方便。

(7) 可靠性和可维护性：继电器逻辑控制使用大量的机械触点，连线多。触点开闭时会受到电弧的损坏，并有机机械磨损，寿命短，因此可靠性和可维护性差。而 PLC 采用微电子技术，大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成，它体积小、寿命长、可靠性高。PLC 还配有自检和监督功能，能检查出自身的故障，并随时显示给操作人员，还能动态地监视控制程序的执行情况，为现场调试和维护提供了方便。

(8) 价格：继电器控制逻辑使用机械开关、继电器和接触器，价格比较便宜。而 PLC 使用中大规模集成电路，价格比较昂贵。

从以上几个方面的比较可知：PLC 在性能上比继电器控制逻辑优异，可靠性高、设计施工周期短、调试修改方便，而且体积小、功耗低、维护方便，但价格高于继电器控制。

第 2 章 可编程控制器的结构和工作原理

2.1 PLC 的基本结构

PLC 的类型繁多,但其结构和工作原理则大同小异,一般是由中央处理单元 (CPU)、存储器、输入/输出单元、编程器、电源等主要部分构成的,如图 2-1 所示。如果把 PLC 看作一个系统,外部的开关信号或模拟信号均为输入变量,它们经输入接口存到 PLC 内部的数据存储器中,而后经过逻辑运算或数据处理以输出变量的形式送到输出接口,从而控制输出设备。

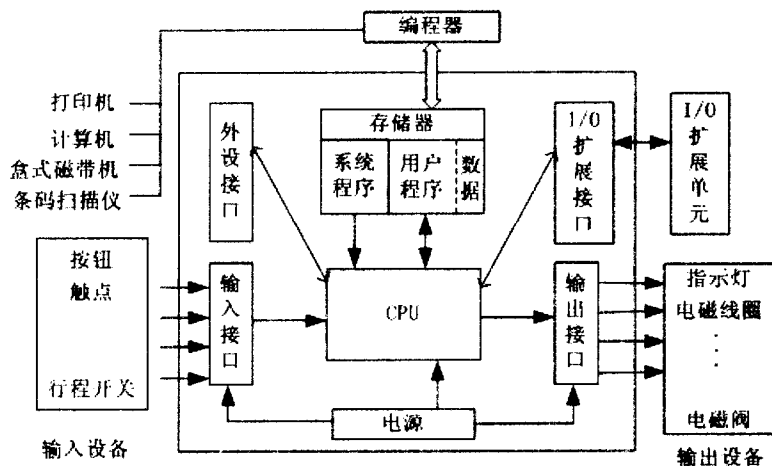


图 2-1 PLC 的基本结构

2.1.1 中央处理单元 (CPU)

CPU 是 PLC 的核心部件,它类似人的大脑,能指挥 PLC 按时预先编好的系统程序完成各种任务。其作用有以下几点:

(1) 接收、存储由编程工具输入的用户程序和数据,并可通过显示器显示出程序的内容和存储地址。

(2) 检查、校验用户程序。对正在输入的用户程序进行检查,发现语法错误立即报警,并停止输入;在程序运行过程中若发现错误,则立即报警或停止程序的执行。

(3) 接收、调用现场信息。将接收到现场输入的数据保存起来,在需要该数据的时候将其调出、并送到需要该数据的地方。

(4) 执行用户程序。当 PLC 进入运行状态后,CPU 根据用户程序存放的先后顺序,逐条读取、解释和执行程序,完成用户程序中规定的各种操作,并将程序执行的结果送至输

出端口，以驱动 PLC 外部的负载。

(5) 故障诊断。诊断电源、PLC 内部电路的故障，根据故障或错误的类型，通过显示器显示出相应的信息，以提示用户及时排除故障或纠正错误。

2.1.2 存储器

存储器可以分为以下 3 种。

(1) 系统程序存储器。系统程序是厂家根据其选用的 CPU 的指令系统编写的，它决定了 PLC 的功能。系统程序存储器是只读存储器，用户不能更改其内容。

(2) 用户程序存储器。根据控制要求而编制的应用程序称为用户程序。不同机型的 PLC，其用户程序存储器的容量可能差异较大。根据生产过程或工艺的要求，用户程序经常需要改动，所以用户程序存储器必须可读写。一般要用后备电池（锂电池）进行掉电保护，以防掉电时丢失程序。目前较先进的 PLC（如 CPM1A 等）采用可随时读写的快闪存储器作为用户程序存储器。快闪存储器不需后备电池，掉电时数据也不会丢失。

(3) 工作数据存储器。用来存储工作数据的区域叫工作数据区。工作数据是经常变化、经常存取的，所以这种存储器必须可读写。

在工作数据区中开辟有元件映像寄存器和数据表。其中元件映像寄存器用来存储开关量输入/输出状态以及定时器、计数器、辅助继电器等内部器件的 ON/OFF 状态。数据表用来存放各种数据，它存储用户程序执行时的某些可变参数值及 A/D 转换得到的数字量和数学运算的结果等。在 PLC 断电时能保持数据的存储器区称数据保持区。

2.1.3 输入/输出单元

输入/输出(I/O)单元是 PLC 与外部设备相互联系的窗口。输入单元接收现场设备向 PLC 提供的信号，例如由按钮、操作开关、限位开关、继电器触点、接近开关、拨码器等提供的开关量信号。这些信号经过输入电路的滤波、光电隔离、电平转换等处理，变成 CPU 能够接收和处理的信号。输出单元将经过 CPU 处理的微弱电信号通过光电隔离、功率放大等处理转换成外部设备所需要的强电信号，以驱动各种执行元件，如接触器、电磁阀、电磁铁、调节阀、调速装置等。

下面介绍几种常用的 I/O 单元的工作原理。

1. 开关量输入单元

按照输入端电源类型的不同，开关量输入单元可分为直流输入单元和交流输入单元。

(1) 直流输入单元 直流输入单元的电路如图 2-2 所示，外接的直流电源极性可任意。虚线框内是 PLC 内部的输入电路，框外左侧为外部用户接线。图中只画出对应于一个输入点的输入电路，各个输入点所对应的输入电路均相同。

图中 T 为一光耦合器，发光二极管与光敏晶体管封闭在一个管壳中。当二极管中有电流时其发光，此时光敏晶体管才导通。 R_1 为限流电阻， R_2 和 C 构成滤波电路，可滤除输入信号中的高频干扰。LED 显示该输入点的状态。

其工作原理是：当 S 闭合时光耦合器导通，LED 点亮，表示输入开关 S 处于接通状态。

此时A点为高电平,该电平经滤波器送到内部电路中。当CPU访问该路信号时,将该输入点对应的输入映像寄存器状态置1;当S断开时光耦合器不导通,LED不亮,表示输入开关S处于断开状态。此时A点为低电平,该电平经滤波器送到内部电路中。当CPU访问该路信号时,将该输入点对应的输入映像寄存器状态置0。

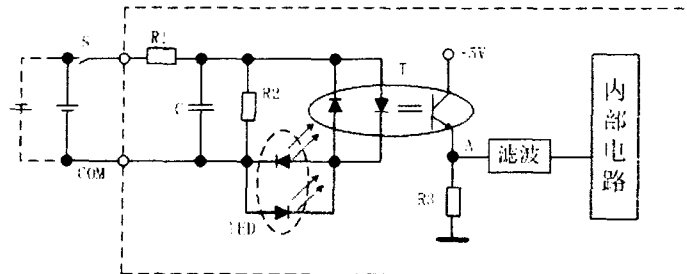


图 2-2 直流输入电路

有的PLC内部提供24V的直流电源,这时直流输入单元无需外接电源,用户只需将开关接在输入端子和公共端子之间即可,这就是所谓无源式直流输入单元。无源式直流输入单元简化了输入端的接线,方便了用户。

(2) 交流输入单元 交流输入单元的电路如图2-3所示。虚线框内是PLC内部的输入电路,框外左侧为外部用户接线。图中只画出对应于一个输入点的输入电路,各个输入点所对应的输入电路均相同。

图中,电容C为隔直电容,对交流相当于短路。 R_1 和 R_2 构成分压电路。这里光耦合器中是两个反向并联的发光二极管,任意一个二极管发光都可以使光敏晶体管导通。显示用的两个发光二极管LED也是反向并联的。所以这个电路可以接收外部的交流输入电压,其工作原理与直流输入电路基本相同。

PLC的输入电路有共点式、分组式、隔离式之别。输入单元只有一个公共端子(COM)的称为共点式,外部各输入元件都有一个端子与COM相接;分组式是将输入端子分为若干组,每组各共用一个公共端子;隔离式输入单元,是具有公共端子的各组输入点之间互相隔离,可各自使用独立的电源。

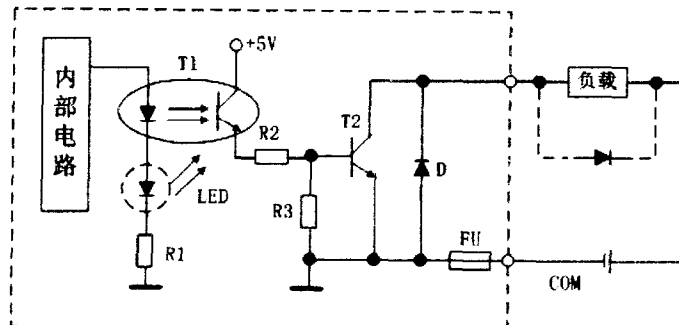


图 2-3 交流输入电路

2. 开关量输出单元

按输出电路所用开关器件的不同,PLC的开关量输出单元可分为晶体管输出单元、晶闸管输出单元和继电器输出单元。

(1) 晶体管输出单元 晶体管输出单元的电路如图2-4所示。虚线框内是PLC内部的