

PLC电气控制系统 设计及应用

庞科旺 袁文华 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

江苏高校优势学科建设工程

PLC电气控制系统 设计及应用

庞科旺 袁文华 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍了 PLC 的基础知识、常用低压电器和控制电路基础知识以及系统设计和实践等内容。全书共分 5 章, 主要内容包括可编程序控制器、西门子 S7-200 系列 PLC、PLC 电气控制系统常用低压电器、PLC 电气控制系统应用设计、PLC 电气控制系统设计实例等内容。书中给出的工程实例可帮助读者更好地了解 and 掌握 PLC 电气控制系统的设计。

本书内容理论联系实际, 既可供电气工程专业人员参考, 也可作为高等学校自动化、电气工程及其自动化等相关专业本、专科的教材或参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 电气控制系统设计及应用/庞科旺, 袁文华编著. —北京: 中国电力出版社, 2014. 9

ISBN 978-7-5123-5988-8

I. ①P… II. ①庞…②袁… III. ①plc 技术-电气控制系统 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 119017 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 9 月第一版 2014 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.75 印张 353 千字

印数 0001—3000 册 定价 36.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

PLC 电气控制系统是以生产机械的驱动装置——电动机或电磁机构为主要控制对象，以 PLC 为核心控制器件，以低压开关电器为执行机构的自动化控制系统，广泛应用于国防、能源、交通、船舶、冶金和化工等很多工业领域。本书作者结合多年的实际设计经验和长期的教学实践，将 PLC 电气控制系统的设计和实际应用有机地结合起来，力争使读者通过本书的学习，了解和掌握 PLC 的工作原理、常用基本电气控制电路以及 PLC 电气控制系统的设计方法，并通过一些完整的应用实例，使读者更好地理解 and 掌握实际 PLC 电气控制系统设计方面的相关知识和技能，达到举一反三的作用。本书的内容安排始终贯彻由基础知识到设计，再到实际应用的思想，通过本书的阅读，可使读者能清晰地了解和掌握设计 PLC 电气控制系统所需要的基础知识和设计方法。

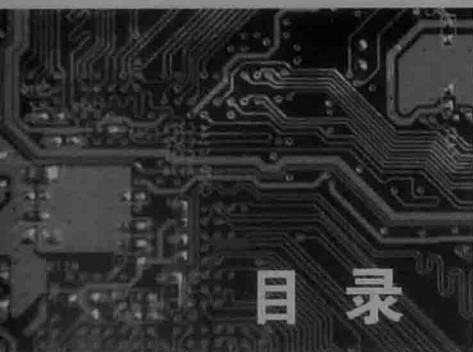
全书共分为 5 章。第 1 章主要介绍了 PLC 的分类、工作原理和编程语言等方面的基本知识；第 2 章详细介绍了常用的西门子 S7-200 系列 PLC 的 CPU 模块、扩展功能模块和基本指令及基本功能指令；第 3 章介绍了 PLC 电气控制系统中常用的低压电器；第 4 章详细阐述了 PLC 电气控制系统的设计内容、设计步骤和设计方法；第 5 章给出了几个工程实例，有利于读者更好地了解 PLC 电气控制系统的设计。

在本书的编写过程中，除参考作者多年教学所用的讲义和实际工程案例外，同时还参阅了西门子公司和其他同仁的资料，在此对相关的作者和编者表示衷心的感谢。江苏科技大学刘维亭教授对本书进行了审阅，并提出了很多宝贵的意见，在此深表谢意。

由于作者水平有限，书中难免有一些不足之处，敬请广大师生和读者批评指正。

编者

2014 年 7 月



目 录

PLC电气控制系统设计及应用

前言

第1章

可编程序控制器	1
1.1 PLC 的分类	1
1.1.1 按控制规模分类	1
1.1.2 按结构分类	2
1.1.3 按功能分类	3
1.1.4 按生产厂家分类	3
1.2 PLC 的特点	3
1.3 PLC 的主要功能	4
1.4 PLC 的结构	5
1.4.1 中央处理器 (CPU)	6
1.4.2 存储器	6
1.4.3 输入/输出模块	6
1.4.4 智能模块	8
1.4.5 外部设备	8
1.4.6 电源	9
1.5 PLC 的工作原理	9
1.5.1 PLC 的工作过程	9
1.5.2 PLC 的输入/输出过程	11
1.6 PLC 的软件	12
1.6.1 系统软件	12
1.6.2 应用软件	12

第2章

西门子 S7-200 系列 PLC	14
2.1 S7-200 系列 PLC 基本模块介绍	14
2.1.1 CPU 模块	15
2.1.2 数字量扩展模块	17
2.1.3 模拟量扩展模块	18
2.1.4 温度测量模块	21

2.1.5	智能接口模块	22
2.2	S7-200 系列 PLC 指令系统	26
2.2.1	指令的组成	26
2.2.2	操作数	31
2.2.3	状态字	33
2.3	基本逻辑指令	34
2.3.1	位逻辑指令	34
2.3.2	定时器指令	37
2.3.3	计数器指令	40
2.4	基本功能指令	43
2.4.1	基本功能指令的分类和表达形式	43
2.4.2	传送类指令	44
2.4.3	表功能指令	47
2.4.4	转换类指令	51
2.4.5	比较类指令	58
2.4.6	移位和循环类指令	59
2.4.7	算术运算类指令	63
2.4.8	逻辑运算类指令	69
2.4.9	程序控制类指令	72
2.4.10	特种功能类指令	82
2.5	编程软件 STEP7-Micro/WIN32 简介	94
2.5.1	主界面	95
2.5.2	编程软件具体功能	95

第 3 章

PLC 电气控制系统常用低压电器	96
3.1 概述	96
3.1.1 电器的分类	96
3.1.2 电器的作用	97
3.1.3 电气控制电路常用的电气图形和文字符号	98
3.1.4 电磁式电器结构及工作原理	101
3.2 电磁式接触器	102
3.2.1 接触器的分类及特点	102
3.2.2 接触器的结构及原理	103
3.2.3 接触器的主要技术参数	103
3.2.4 接触器的型号	104
3.2.5 接触器的选用原则	105
3.3 电磁式继电器	106
3.3.1 电磁式继电器的结构与特性	106

3.3.2	电压继电器	107
3.3.3	电流继电器	108
3.3.4	时间继电器	109
3.3.5	中间继电器	111
3.4	热继电器	111
3.4.1	热继电器的作用及工作原理	111
3.4.2	热继电器型号及选用	113
3.5	主令电器	114
3.5.1	控制按钮	114
3.5.2	行程开关	115
3.5.3	万能转换开关	117
3.5.4	主令控制器	118
3.6	熔断器	118
3.6.1	熔断器的结构与分类	118
3.6.2	熔断器的选用	119
3.7	低压开关和低压断路器	120
3.7.1	低压开关	120
3.7.2	低压断路器	121

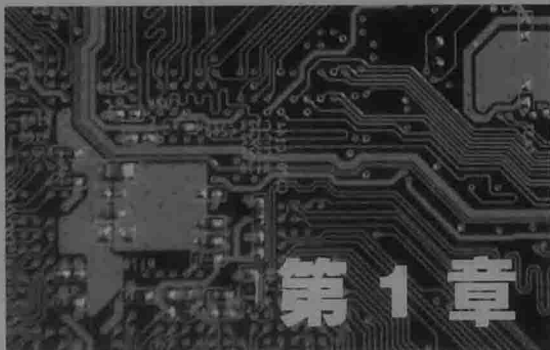
第4章	PLC 电气控制系统应用设计	124
4.1	PLC 控制电路设计的内容和步骤	124
4.1.1	设计内容	124
4.1.2	设计步骤	125
4.2	PLC 控制电路硬件设计	127
4.2.1	PLC 选型	127
4.2.2	PLC 容量估算	128
4.2.3	I/O 模块的选择	129
4.2.4	分配 I/O 点	131
4.2.5	安全回路设计	132
4.2.6	可靠性设计	133
4.3	PLC 控制系统的程序设计	138
4.3.1	PLC 应用程序的内容	138
4.3.2	PLC 应用系统的程序设计步骤	138
4.4	PLC 电气控制中的常见程序	140
4.4.1	自锁程序	140
4.4.2	优先程序	141
4.4.3	顺序循环执行程序	141
4.4.4	振荡程序	142

4.4.5	分频程序	143
4.5	电气控制电路的基本环节	144
4.5.1	点动控制环节	144
4.5.2	连续运转控制环节	144
4.5.3	启动、保护和停止控制环节	145
4.5.4	保护环节	145
4.5.5	自锁控制与互锁控制	147
4.5.6	多地联锁控制	147
4.5.7	多顺序控制	148
4.5.8	自动循环控制	148
4.6	三相异步电动机基本控制电路	149
4.6.1	三相异步电动机的启动控制	149
4.6.2	三相异步电动机的制动控制	153
4.6.3	三相异步电动机的变极双速控制	155

第5章

PLC 电气控制系统设计实例	157
5.1 变频恒压供水一拖四 PLC 电气控制系统	157
5.1.1 恒压供水系统工作原理	158
5.1.2 恒压供水对控制的要求	158
5.1.3 恒压供水 PLC 控制电路设计	158
5.1.4 PLC 控制程序设计	161
5.2 自动装箱 PLC 控制系统	177
5.2.1 自动装箱对控制系统的要求	177
5.2.2 自动装箱控制流程	177
5.2.3 自动装箱控制系统电路设计	178
5.2.4 自动装箱 PLC 控制程序设计	179
5.3 小型 SBR 废水处理 PLC 电气控制系统	182
5.3.1 SBR 废水处理工艺	183
5.3.2 SBR 废水处理电气控制系统要求	183
5.3.3 SBR 废水处理 PLC 控制电路设计	183
5.3.4 SBR 废水处理 PLC 控制程序设计	186
5.4 空压机循环冷却水 PLC 电气控制系统设计	190
5.4.1 系统工艺流程和控制要求	191
5.4.2 控制系统的组成及控制方案	191
5.4.3 控制系统电路设计	192
5.4.4 PLC 控制程序控制设计	192
5.5 船舶起货机电气控制系统	197
5.5.1 起货机工作原理	197

5.5.2	起货机的控制要求	197
5.5.3	起货机主电路以及控制电路设计	198
5.5.4	PLC 控制程序设计	201
5.6	机舱报警电气监测系统	203
5.6.1	机舱报警工作原理	203
5.6.2	机舱报警工艺要求	203
5.6.3	机舱报警 PLC 电路设计	204
5.6.4	报警控制原理	204
5.6.5	PLC 控制程序设计	205
5.7	船舶锅炉液位 PLC 电气控制系统	220
5.7.1	锅炉液位控制工作原理及控制要求	220
5.7.2	锅炉液位控制主电路以及 PLC 控制电路设计	220
5.7.3	PLC 控制程序设计	222
参考文献		225



可 编 程 序 控 制 器

可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是人们最初用于逻辑控制的可编程器件, 随着应用的不断扩展和新技术的不断发展, PLC 与 3C 技术 (Computer、Control、Communication) 的结合, 使其功能得到进一步的拓展和完善, 现已成为一种用途广泛的新型自动控制器件。国际电工委员会 (International Electrical Committee, IEC) 在 1987 年颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 所做的定义为: 可编程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, 并通过数字的、模拟的输入和输出, 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按照易于与工业控制系统形成一个整体, 易于扩展其功能的原则而设计。

20 世纪 80 年代至 90 年代中期, 是 PLC 发展最快的时期, 其年增长率一直保持在 30%~40%。这一时期, PLC 不但在处理模拟量能力、数字运算能力、人机接口能力和网络能力得到大幅度提高, 而且逐渐进入过程控制领域, 在某些应用上取代了在过程控制领域处于统治地位的分布式控制系统 (Distributed Control System, DCS)。

PLC 具有编程简单、使用方便、通用性强、可靠性高、体积小、抗干扰能力强、易于维护等优点, 在自动控制领域获得广泛应用, 目前已从小规模的单机顺序控制发展到大规模的过程控制和运动控制等诸多领域。

1.1 PLC 的 分 类

PLC 的种类很多, 其在功能、控制规模 and 外形等方面存在着较大的差异, 目前还没有一种权威的分类标准。通常可按控制规模 (即可控 I/O 点数的多少)、结构形式 (整体式、模块式) 和所能实现的功能进行大致分类。

1.1.1 按控制规模分类

I/O 点数表明 PLC 可以从外部接收多少个输入量和向外部输出多少个输出量, 即 PLC 的 I/O 端子数。一般来说, 点数越多的 PLC, 其控制规模越强。根据 I/O 点数的多少, 通常可将 PLC 划分为微 (超小) 型机、小型机、中型机、大型机和超大型机。

(1) 微型机。微型机的 I/O 点数通常小于 100 点, 内存容量小于 1KB, 如松下的 FP0 系列和三菱的 F1 系列等。微型机的突出特点是体积小、功能简单, 适用于小型机械自动化的控制。

(2) 小型机。I/O 点总数在 100~256 点的 PLC 通常称为小型 PLC, 用户存储容量在 4KB 以下, 如西门子的 S7-200 系列、松下的 FP 系列和三菱的 F1 系列等。小型 PLC 体积小, 结构紧凑, 整个硬件融为一体, 是实现机电一体化的理想控制器, 也是一种在实际控制中应用最为广泛的机型。小型 PLC 一般有逻辑运算、定时、计数、移位等功能, 适用于开关量的控制, 可用来实现条件控制、定时/计数控制、顺序控制等。新一代的小型 PLC 都具有算术运算、浮点数运算、函数运算、通信和模拟量处理的功能, 可满足更为广泛的需要。

(3) 中型机。I/O 点数在 256~1024 点之间的 PLC 为中型 PLC, 通常用户存储容量在 2~8KB, 如西门子的 S7-300 系列 PLC 最多 I/O 点数可达 512 点, 欧姆龙 C200H 最多 I/O 点数可达 1024 点。中型 PLC 在逻辑运算功能的基础上增加了模拟量处理、算术运算、数据传送、数据通信等功能, 可完成既有开关量又有模拟量的复杂控制。

(4) 大型机。I/O 点数在 1024 点以上的 PLC 为大型 PLC, 通常为多 CPU、16 位或 32 位处理器, 用户存储容量在 8~16KB。如西门子的 S7-400 系列、欧姆龙的 C2000H 和松下的 FP2 等, 其 I/O 点数可达 2048 点。大型 PLC 功能更加完善, 具有数据处理、模拟调节、联网通信、监视、存储、打印等功能, 可以进行中断控制、智能控制和远程控制。大型 PLC 的通信联网功能强, 通常可以构成三级通信网络, 能实现大规模的过程控制, 构成分布式控制系统或整个工厂的集散控制系统, 实现工厂管理的自动化。大型 PLC 的用户程序存储器容量更大, 扫描速度更快, 可靠性更高, 指令更丰富, 如功能指令包括浮点运算、三角函数等运算指令, PID 可处理多达 32 个回路的控制。大型 PLC 自诊断功能极强, 不仅能指示故障的原因, 还能将故障发生的时间存储起来, 以便于用户事后查询。此外还能采用高级语言(如 BASIC 语言等)编写用户程序, 能扩展成冗余系统, 进一步提高了系统的可靠性。

(5) 超大型机。超大型机的 I/O 点数可达几千甚至上万点, 内存容量通常在 13KB 以上, 如三菱的 A2A、A3A 具有 8000 路的模拟量处理能力。

1.1.2 按结构分类

从结构形式上分, PLC 可分为整体式和模块式两类。

(1) 整体式。一般小型和微型 PLC 多为整体式结构。整体式 PLC 是将 CPU、电源、存储器和 I/O 单元等都集中配置在一个箱体内, 作为主机。通常整体式 PLC 可进行 I/O 点数的扩展, 有 I/O 扩展单元可配合主机使用, 如欧姆龙的 CPM1 (2) A 系列、松下的 FP 系列、西门子的 S7-200 系列、三菱的 F1 系列和东芝的 EX20/40 系列等。有些整体式产品可全部装在一块电路板上, 结构紧凑, 体积小, 质量轻, 容易装配在设备的内部, 适合于设备的单机控制。

(2) 模块式。模块式 PLC 是把 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块, 如 CPU 模块、电源模块、输入模块、输出模块、通信模块及其他高性能智能模块等。模块式 PLC 为总线结构, 将总线制作成总线板(也叫机架), 上面有若干个总线插槽, 每个插槽可安装一个 PLC 模块(也有的 PLC 为串行连接, 没有底板)。一般大、中型 PLC 多为模块式结构。这种结构的 PLC 配置灵活, 装配方便, 易于扩展, 可根据控制要求灵活配置各种模块, 构成

各种功能不同的控制系统,如欧姆龙的 C200H、C1000H 和 C2000H 和西门子的 S7-300、S7-400 系列等。模块式 PLC 的缺点是结构较复杂,价格较高。

1.1.3 按功能分类

按 PLC 所能实现的功能来分,通常可分为低档机、中档机和高档机三种。

(1) 低档机。低档机通常具有逻辑运算、定时和计数等常用功能,有些机型还增加了模拟量处理、算术运算、数据传输等较复杂的功能。

(2) 中档机。中档机除有低档机的功能外,通常具有数制转换、PID 调节、整数和浮点运算、中断控制以及联网等功能,可用于较复杂的数值和逻辑运算以及闭环控制等场合。

(3) 高档机。高档机除具有中档机的功能外,还可进行矩阵运算和函数运算,通信能力更强,能进行智能控制、远程控制和大规模控制,可构建分布式生产过程综合控制管理系统,形成工厂级的自动化控制网络。

1.1.4 按生产厂家分类

PLC 的生产厂家很多,各个厂家生产的 PLC 在 I/O 点数、容量、功能等方面各有差异,但都自成系列,指令及外设向上兼容,因此在选择 PLC 时若选择同一系列的产品,则可以很容易构成系统,使用方便。比较有代表性的 PLC 有西门子公司的 S7 系列、罗克韦尔公司的 SLC500 系列和日本三菱公司的 FX 系列、立石公司的 C 系列、松下公司的 FP 系列等。

1.2 PLC 的特点

PLC 把微型计算机技术和继电器控制技术融合在一起,兼具计算机的功能完备、灵活性强、通用性好以及继电器—接触器控制系统的简单易懂、维修方便的特点,主要体现在以下几个方面:

(1) 可靠性高、抗干扰能力强。工业现场的环境一般比较十分恶劣,如高温、潮湿、振动、冲击、粉尘和强电磁干扰等,因此工业生产对控制系统的可靠性要求很高。PLC 是专为工业控制设计的,能够适应工业现场的恶劣环境。PLC 在设计和制造过程中采取了一系列的抗干扰措施,使 PLC 的平均无故障时间 (Mean Time Between Failures, MTBF) 通常在 200000h 以上。具体措施一般包括以下几个方面:

1) 所有的 I/O 接口电路均采用光电耦合器进行隔离,使工业现场的外部电路与 PLC 内部电路之间在电气上隔离。

2) 输入端采用 RC 滤波器,滤波时间常数一般为 5~20ms。高速输入端则采用数字滤波,滤波时间常数可以用指令设定。

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) 对器件进行严格的筛选和老化处理。

6) 具有软件自诊断功能,一旦电源或其他软件和硬件发生异常情况,CPU 立即采取有效措施进行处理,防止故障扩大。

7) 大型 PLC 采用双 CPU 构成冗余系统,进一步提高了可靠性。

(2) 编程简单易学。PLC 作为通用的工业控制计算机,是面向工矿企业的控制设备,

其编程语言易于为工程技术人员所接受,大多采用类似于继电器控制电路的梯形图语言。梯形图主要由人们熟悉的动合/动断触点、线圈、定时器、计数器等符号组成。对于使用者来说,只要具有电气控制方面的相关基础知识,而不需要具备计算机方面的专业知识,因此很容易为一般的工程技术人员甚至技术工人所理解和掌握。尽管后来的 PLC 在软件和硬件功能上不断增强,除了顺序控制以外,PLC 还能进行算术与逻辑运算、数据传送与处理以及通信等,但是梯形图仍被广泛使用。不过,在很多大中型 PLC 中增加了许多高级指令,以满足各种复杂控制功能的需求,要求技术人员必须掌握计算机方面的相关知识。

(3) 功能完善、适应性强。PLC 发展到今天,已形成了大、中、小各种规模的系列化产品,除了具有逻辑、定时、计数等顺序控制功能外,还具有进行各种算术运算、PID 调节、过程监视、网络通信、远程 I/O 和高速数据处理能力,使得 PLC 可应用到位置控制、温度控制、计算机数控(CNC)等各种工业控制中,再加上通信能力的增强和人机界面技术的发展,由 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

(4) 安装简单,维修方便。PLC 可以在各种工业环境下直接安装运行,使用时只需根据控制要求编写程序,将现场的各种 I/O 设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接,系统便可以投入运行。由于 PLC 的故障率很低,并且有完善的自诊断和显示功能。当 PLC 或外部的输入装置及执行机构发生故障时,如果是 PLC 本身的原因,在维修时只需要更换插入式模块及其他易损件即可,既方便,又减少影响生产的时间。有些 PLC 还允许带电插拔 I/O 模块,更方便了实际应用。

(5) 采用模块化结构。为了适应各种工业控制的需要,除了单元式的小型 PLC 以外,绝大多数 PLC 均采用模块化结构。PLC 中的 CPU、直流电源、I/O 模块(包括特殊功能模块)等各种功能单元均采用模块化设计,由机架、电缆或连接器将各个模块连接起来。系统的规模和功能可以根据实际控制要求方便地进行组合,以达到最高的性价比。

(6) 接口模块丰富。PLC 除了具有 CPU 和存储器以外,还有丰富的 I/O 接口模块。对于工业现场的不同信号(如交流或直流、开关量或模拟量、电压或电流、脉冲或电位、强电或弱电等),PLC 都有相应的 I/O 模块与工业现场的器件或设备(如按钮、行程开关、接近开关、传感器及变送器、电磁线圈、电动机启动器、控制阀等)直接连接。例如开关量输入模块有交流和直流两类,每类又按电压等级分成多种。此外,为了适应新的工业控制要求,I/O 模块也越来越丰富,如通信模块、位置控制模块、模拟量模块等,进一步提高了 PLC 的性能。

(7) 系统设计与调试周期短。采用 PLC 进行系统设计时,用程序代替继电器硬接线,控制柜的设计及安装接线工作量大为减少,设计和施工可同时进行,缩短了施工周期。同时,由于用户程序大都可以在实验室中进行模拟调试,调好后再将 PLC 控制系统在生产现场进行联机调试,调试方便、快速、安全,因此大大缩短了设计、施工、调试和投运周期。

1.3 PLC 的主要功能

由于 PLC 自身的特点 PLC 越来越为广大技术人员所认识和接受,已经广泛应用到石油、化工、机械、钢铁、交通、电力、轻工、采矿、水利、环保等各个领域,包括从单机自动化到工厂自动化,从机器人、柔性制造系统到工业控制网络。从功能来看,PLC 的应用范围

大致包括以下几个方面:

(1) 逻辑(开关)控制。这是 PLC 最基本的功能,也是最为广泛的应用。PLC 具有与、或、非、异或和触发器等逻辑运算功能。采用 PLC 可以很方便地实现对各种开关量的控制,用来取代继电器控制系统,实现逻辑控制和顺序控制,既可用于单台设备的控制,也可用于多机群控和自动化流水线的控制,如电梯控制、恒压供水、焦化机械、机床、磨床和包装生产线、电镀流水线等。

(2) 定时控制。PLC 具有定时控制功能,可为用户提供几十个甚至上千个定时器。时间设定值既可以由用户在编程时设定,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,实现具体的定时控制。

(3) 计数控制。PLC 具有计数控制功能,可为用户提供几十个甚至上千个计数器。计数设定值的设定方式同定时器一样。计数器分为普通计数器、可逆计数器、高速计数器等类型,以完成不同用途的计数控制。一般计数器的计数频率较低,如需对频率较高的信号进行计数,则需要选用高速计数器模块,其最高计数频率可达 50kHz。也可选用具有内部高速计数器的 PLC,目前的 PLC 一般可以提供计数频率达 10kHz 的内部高速计数器。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) 步进控制。PLC 具有步进(顺序)控制功能。在新一代的 PLC 中,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)编写用户程序,使 PLC 在实现按照事件或输入状态的顺序控制相应输出的时候更加简便。

(5) 模拟量处理与 PID 控制。PLC 具有 A/D (Analog/Digital, 模拟/数字) 和 D/A 转换模块,转换的位数和精度可以根据用户要求选择,因此能进行模拟量处理与 PID 控制。PLC 可以接模拟量输入和输出模拟量信号,模拟量一般为 4~20mA 的电流、1~5V 或 0~10V 的电压,如温度、压力、流量、液位和速度等连续变化的模拟量等。为了既能完成对模拟量的 PID 控制,又不加重 PLC 的 CPU 负担,一般选用专用的 PID 控制模块实现 PID 控制。此外很多 PLC 还具有温度测量接口,可以直接连接各种热电阻和热电偶。

(6) 数据处理。现代 PLC 具有较强的数据处理能力,可进行数学运算(包括矩阵运算、逻辑运算)、数据传送、数制转换、排序、查表和位操作等功能,如加、减、乘、除、乘方、开方、与、或、异或、求反等。新一代的 PLC 还能进行三角函数运算和浮点运算。

PLC 可对所采集的数据进行分析和处理,并与储存在存储器中的参考数值进行比较,完成相关的控制操作,也可以利用其通信功能将数据传输到其他的智能装置,或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统和过程控制系统,如造纸、冶金、选矿等。

(7) 通信和联网功能。PLC 一般都具有 RS-232、RS-422、RS-485 或现场总线等通信接口,可进行远程 I/O 控制,可实现多台 PLC 联网和通信。通信口按标准的硬件接口和相应的通信协议完成通信任务的处理。例如,西门子 S7-200 系列 PLC 配置有 Profibus 现场总线接口,其通信速率可以达到 12Mbit/s。在系统构成时,可由一台计算机与多台 PLC 构成集中管理、分散控制的分布式控制网络,以便完成较大规模的复杂的远程自动控制。

1.4 PLC 的 结 构

PLC 的产品型号很多,发展非常迅速,应用日益广泛,虽然不同厂家的产品在硬件结

构、资源配置和指令系统等方面各不相同。但从总体来看, PLC 在硬件结构和指令系统等方面大同小异, 只要熟悉一种 PLC 的组成和指令系统, 其他 PLC 时就可以做到触类旁通, 举一反三。

PLC 从组成形式上一般分为整体式和模块式两种, 但在逻辑结构上基本上相同。整体

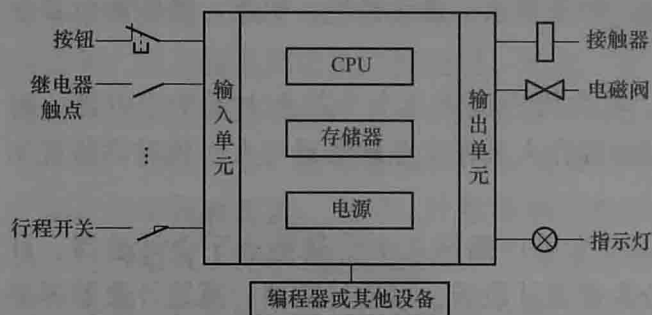


图 1-1 PLC 的组成

式 PLC 一般由 CPU (中央处理器) 板、I/O 板、显示面板、内存和电源等组成; 模块式 PLC 一般由 CPU 模块、I/O 模块、内存模块、电源模块、底板或机架等组成。无论哪种结构类型的 PLC, 都属于总线式的开放结构, 其 I/O 能力可根据用户需要进行扩展与组合。PLC 的组成如图 1-1 所示。

1.4.1 中央处理器 (CPU)

与通用计算机中的 CPU 一样, PLC 中 CPU 也是整个系统的核心部件, 主要由运算器、控制器、寄存器及实现它们之间联系的地址总线、数据总线和控制总线构成。此外还有外围芯片、总线接口及有关电路。CPU 在很大程度上决定了 PLC 的整体性能, 如整个系统的控制规模、工作速度和内存容量等。可编程逻辑控制器中所采用的 CPU 一般有三类: 一类为通用微处理器, 如 80286、80386 等; 一类为单片机芯片, 如 8051、8096 等; 另外一类是位处理器, 如 AMD2900、AMD2903 等。一般来说, 可编程逻辑控制器的档次越高, CPU 的位数也越多, 运算速度也越快, 指令功能也越强, 存储的容量也越大。为了提高 PLC 的控制性能, 有的 PLC 系统采用了多个 CPU, 其智能模块由单独的 CPU 进行控制。

中央处理器中的控制器控制 PLC 工作, 由它读取指令, 解释并执行指令。运算器用于完成算术或逻辑运算, 在控制器的指挥下工作; 寄存器参与运算, 并存储运算的中间结果, 它也是在控制器的指挥下工作。

1.4.2 存储器

存储器 (内存) 主要用于存储程序及数据, 是 PLC 不可缺少的组成单元。

PLC 中的存储器一般包括系统程序存储器和用户程序存储器两部分。系统程序存储器用于存储整个系统的监控程序, 一般采用只读存储器 (Read Only Memory, ROM), 具有掉电不丢失信息的特性; 用户程序存储器用于存储用户根据工艺要求或控制功能设计的控制程序, 早期一般采用随机读写存储器 (Random Access Memory, RAM), 需要后备电池在掉电后保存程序。目前则倾向于采用电可擦除的只读存储器 (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory, EEPROM 或 E²PROM) 或闪存 (Flash Memory), 免去了后备电池的麻烦。有些 PLC 的存储器容量固定, 不能扩展, 多数 PLC 可以扩展存储器。

1.4.3 输入/输出模块

输入模块和输出模块通常统称为 I/O 模块或 I/O 单元。PLC 提供了各种工作电平、连接形式和驱动能力的 I/O 模块, 有各种功能的 I/O 模块供用户选用, 如电平转换、电气隔离、串/并行变换、开关量输入/输出、模数 (A/D) 和数模 (D/A) 转换以及其他功能模块等。

按 I/O 点数确定模块的规格及数量, I/O 模块可多可少, 但其最大数受 PLC 所能管理

的配置能力,即底板或机架槽数的限制。PLC 的对外功能主要是通过各种 I/O 接口模块与外界联系来实现的。输入模块和输出模块是 PLC 与现场 I/O 装置或设备之间的连接部件,起着 PLC 与外部设备之间传递信息的作用。

I/O 模块分为开关量输入 (Digital Input, DI)、开关量输出 (Digital Output, DO)、模拟量输入 (Analog Input, AI) 和模拟量输出 (Analog Output, AO) 等模块。通常 I/O 模块上还有 I/O 接线端子排和状态显示,以便于连接和监视。I/O 模块既可通过底板总线与主控模块放在一起,构成一个系统,又可通过插座用电线引出远程放置,实现远程控制及联网。开关量模块按电压水平分有 220V AC、110V AC、24V DC 等规格;按隔离方式分有继电器输出、晶闸管输出和晶体管输出等类型。模拟量模块按信号类型分有电流型 (4~20mA、0~20mA)、电压型 (0~10V、0~5V、-10~10V) 等规格;按精度分有 12、14、16 位等规格。

(1) 开关量输入接口模块。开关量输入接口模块的作用是将外部工业现场的开关量信号变成 PLC 内部处理器所要求的标准信号。模块所接收的外部信号电源类型分为直流输入和交流输入两种,如图 1-2 所示。

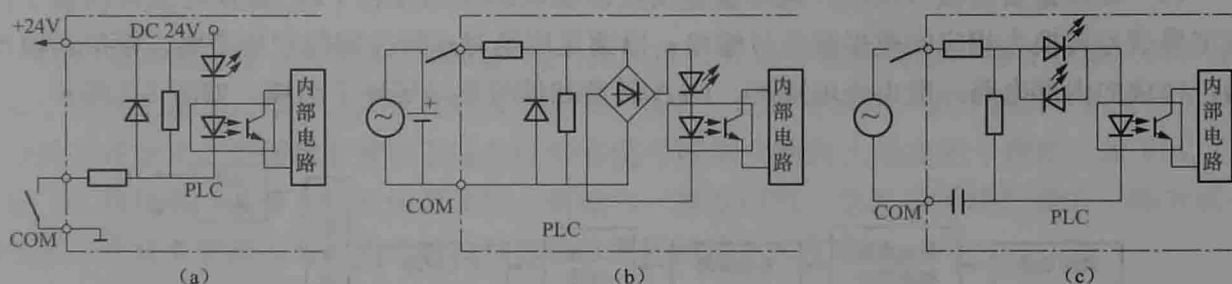


图 1-2 开关量输入电路

(a) 直流输入电路; (b) 交流/直流输入电路; (c) 交流输入电路

输入接口模块都设有滤波电路和隔离电路,主要起抗干扰的作用。

(2) 开关量输出接口模块。开关量输出接口模块的作用是将 PLC 内部的标准信号转换成现场执行机构所需要的开关量信号。开关量输出接口模块内部参考电路图如图 1-3 所示。

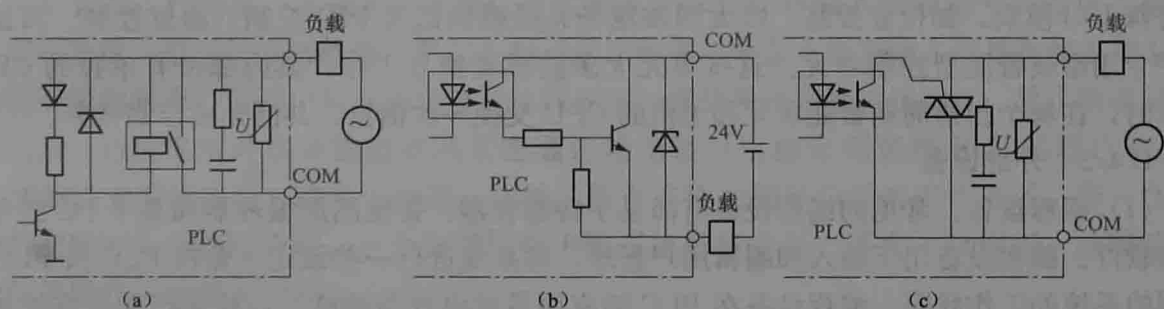


图 1-3 开关量输出接口模块内部参考电路

(a) 输出接口为继电器; (b) 输出接口为晶体管; (c) 输出接口为晶闸管

从图 1-3 可以看出,开关量输出接口模块具有光电隔离或继电器隔离电路,可防止外部电路故障对模块的影响。输出接口模块本身不带电源,在选择外部驱动电源时,必须考虑输出器件的类型。继电器输出接口可用于交流和直流两种电源,但其通断频率较低;

晶体管输出接口具有较高的通断频率，但只适用于直流驱动的场所；晶闸管输出接口交流驱动的场所。

(3) 模拟量输入接口模块。模拟量输入接口模块的作用是将现场采集来的连续变化的标准模拟量信号转换成 PLC 内部可处理的二进制数字信号。图 1-4 是模拟量输入接口模块内部电路框图。

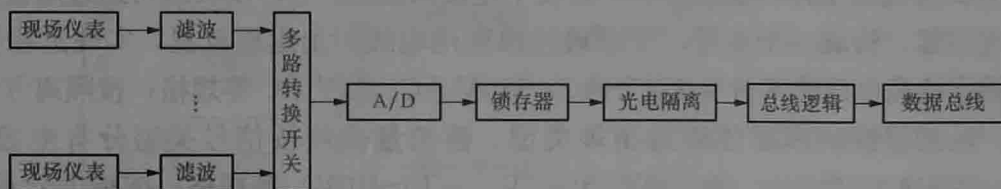


图 1-4 模拟量输入内部电路框图

模拟量输入信号通常先经过运算放大器对信号放大后，再进行 A/D 转换，然后经光电隔离进入 PLC 的数据总线。

(4) 模拟量输出接口模块。模拟量输出接口模块的作用是将 PLC 运算处理后的若干位数字量信号转换为相应的模拟量信号输出，以满足现场对连续控制信号的需要。模拟量输出接口模块的内部电路一般由光电隔离、D/A 转换和信号驱动等环节组成，如图 1-5 所示。

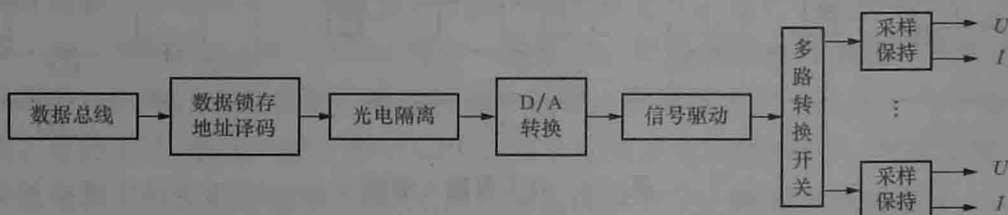


图 1-5 模拟量输出内部电路框图

1.4.4 智能模块

除了上述通用的 I/O 模块外，为了适应较为复杂的控制要求，PLC 还提供了各种各样的特殊 I/O 模块，如位置控制、以太网和现场总线模块以及 PID 控制、温度控制、高速计数等专用型或智能型控制单元。这些单元大多数都能独立工作，其内部带有单独的 CPU，工作时，在每个扫描周期智能单元和主机的 CPU 交换一次信息，共同完成控制任务。

1.4.5 外部设备

(1) 编程设备。常见的编程设备有简易手持编程器、智能图形编程器和基于 PC 的专用编程软件。编程设备用于输入和编辑用户程序，对系统进行一些设定，监控 PLC 及 PLC 所控制的系统的工作状况。编程设备在 PLC 的应用系统设计与调试、监控运行和检查维护中是不可缺少的部件，但不直接参与现场的控制。

(2) 其他外部设备。除编程设备外，PLC 还有以下外部设备：

- 1) 盒式磁带机：记录程序或信息。
- 2) 打印机：用以打印程序或报表。
- 3) EPROM 写入器：用以将程序写入到用户的 EPROM 中。