

PLC 技术及应用

高等学校教材

齐从谦 王士兰 编

PLC 技术 及应用

PLC JISHU JIYINGYONG

TM571.6

机械工业出版社



机械工业出版社
China Machine Press

本书从实际应用出发,介绍 PLC 的结构、原理及功能等基础知识,重点介绍美国 GE 公司生产的 GE-I 系列 PLC 和我国上海香岛机电制造有限公司生产的 ACMY 系列 PLC 的硬件构成、控制指令和编程方法;书中结合机电控制的大量实例,介绍 PLC 在逻辑控制、开关量和数字量控制中的应用及其程序设计方法;还讨论了包括输入输出接口在内的 PLC 控制系统方案设计、硬件配置、软件编程及系统调试方法和技巧等 PLC 应用技术。

本书简明易懂,重点突出,实用性强,配有习题和实验,可以作为高等工院校、电大、业余大学及高等职业院校机械、电气类专业、机电一体化专业学生的教学用书,也可以供从事机电一体化和生产过程控制的工程技术人员应用 PLC 技术时参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 技术及应用 / 齐从谦、王士兰编-北京:机械工业出版社,2000.8

高等学校教材

ISBN 7-111-08187-0

I. P… II. ①齐…②王… III. 可程序控制器-高等学校-教材
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 66089 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:余茂祚 封面设计:艾 藤

责任印制:路 琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 8 月第 1 版 第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/16}·11.75 印张·284 千字

0 001—4 000 册

定价:20.00 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、68326677-2527

前 言

随着微电子技术和计算机技术的迅速发展, PLC (即可编程序控制器) 在工业控制领域内得到十分广泛地应用。PLC 是一种基于数字计算机技术、专为在工业环境下应用而设计的电子控制装置, 它采用可编程序的存储器, 用来存储用户指令, 通过数字或模拟的输入/输出, 完成一系列逻辑、顺序、定时、计数、运算等确定的功能, 来控制各种类型的机电一体化设备和生产过程。

如果说 20 世纪 60 年代初期发展起来的 PLC 主要是以它的高可靠性、灵活性和小型化来代替和补充传统的继电-接触控制, 那么当今的 PLC 则吸取了微电子技术和计算机技术的最新成果, 得到了更新的发展。从单机自动化到整条生产线的自动化, 乃至整个工厂的生产自动化; 从柔性制造系统、工业机器人到分散式网络化控制系统, PLC 都承担着极其重要的角色, 从而被称之为“先进国家工业三大支柱”之一。

鉴于上述原因, 目前国内外大专院校机械、电气、机电一体化专业及其它有关专业都普遍开设了 PLC 这门课程。工矿企业的技术改造, 机电一体化新产品的设计、制造也迫切需要有关 PLC 基础和应用技术方面的知识。为此, 作者根据多年来在教学、科研中应用 PLC 技术改造老产品、设计新系统的体会和收获, 编写了这本教材, 并经过 1997~1999 年三届教学实践环节的使用, 逐步得到补充和提高。全书共分七章。第一、二章重点介绍 PLC 的基本结构、主要模块、工作原理等基础知识; 第三、四章分别以美国通用电气公司的 GE-I 系列和上海香岛机电制造有限公司 ACMY 系列 PLC 产品为例, 介绍了 PLC 的硬件结构和编程指令; 第五章介绍了 PLC 控制系统的设计方法、硬件配置、基本功能模块的程序编制及 PLC 使用中的注意事项; 第六章通过具体实例介绍了 PLC 在工业控制领域中的应用; 第七章 PLC 实验技术指南, 则是根据近几年教学实践的需求而添加的。从应用的角度来说, 学习 PLC 技术不仅要掌握系统配置和编制程序的方法, 更需要通过具体的编程操作实践训练, 系统集成 (PLC 外部接线、输入信号处理、输出控制对象、功能模块组装) 实训, 系统的调试、纠错和运行等实践环节, 才能不断加深对 PLC 各种指令功能及特点的理解和认识, 掌握编程方法, 提高编程技巧, 真正具备 PLC 技术的综合应用和设计能力。这也正是本书所强调、突出的重点和特色。该章中所附的实验内容, 各校可根据各自的条件进行取舍和增添。

本书第一、二、五、六、七章由同济大学齐从谦教授撰写, 第三、四章由王士兰副教授撰写, 研究生甘屹、崔琼瑶同学绘制了书中的部分插图, 全书由齐从谦统稿。在本书编写、出版过程中, 始终得到机械工业出版社余茂祚教授、第三编辑室主任李超群教授的热情帮助和大力支持, 在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 书中难免有错漏之处, 敬请各校师生及广大读者给予批评指正, 不胜感谢!

编者

目 录

前 言

第一章 PLC 概述	1
第一节 PLC 的由来.....	1
第二节 PLC 的分类.....	2
第三节 PLC 的特点和应用领域.....	2
第四节 PLC 的发展概况和发展趋势.....	4
习题一.....	8
第二章 PLC 的结构和工作原理	9
第一节 PLC 的组成.....	9
第二节 PLC 程序的表达方式.....	12
第三节 PLC 的工作方式.....	14
习题二.....	18
第三章 GE-I 系列 PLC	19
第一节 GE 系列 PLC 简介.....	19
第二节 各类继电器的编号及功能.....	23
第三节 基本逻辑指令及编程方法.....	30
第四节 定时器/计数器的编程.....	38
第五节 移位寄存器的编程.....	45
第六节 其它特殊功能的应用及编程方法.....	48
习题三.....	52
第四章 ACME 系列 PLC	55
第一节 ACME 系列 PLC 简介.....	55
第二节 各类继电器的编号及功能.....	58
第三节 基本逻辑指令及其编程方法.....	65
第四节 数据运算指令及其编程方法.....	80
习题四.....	87
第五章 PLC 应用系统设计方法	89
第一节 PLC 应用系统的设计步骤.....	89
第二节 PLC 的选型与硬件配置.....	90
第三节 编程规则.....	91
第四节 PLC 控制系统基本功能模块编程.....	97

第五节 PLC 设备故障的检测和显示.....	108
第六节 节省输入、输出点的方法.....	111
第七节 根据继电器电路图设计 PLC 梯形图.....	117
第八节 使用 PLC 时应注意的问题.....	122
习题五.....	124
第六章 PLC 在工业控制中的应用.....	125
第一节 PLC 控制电动机的应用程序.....	125
第二节 一个简易物料搬运机械手的 PLC 控制系统.....	136
第三节 PLC 在生产线上的应用.....	144
第四节 卷幅式可变画面广告机的 PLC 控制.....	151
第五节 PLC 在电梯控制中的应用.....	155
习题六.....	161
第七章 PLC 实验技术指南	162
第一节 ACME-S 80 主机的外部结构.....	162
第二节 编程器的功能及使用方法.....	163
第三节 故障排除方法.....	168
第四节 实验报告的格式和内容.....	170
第五节 PLC 控制步进电动机实验.....	171
第六节 卷幅式广告机的 PLC 控制实验.....	172
第七节 十字街口交通信号灯 PLC 的控制.....	175
参考文献.....	179

第一章 PLC 概述

第一节 PLC 的由来

PLC（可编程逻辑控制器）是 20 世纪 60 年代末期逐步发展起来的一种以计算机技术为基础的新型工业控制装置。近几年来，PLC 技术在各种工业过程控制、生产自动线控制及各类机电一体化设备控制中得到极为广泛的应用，成为工业自动化领域中的一项十分重要的应用技术。

在 PLC 出现以前，继电器控制曾得到广泛应用，在机电设备和工业过程控制领域中占有主导地位。但是继电器控制系统有明显的缺点：体积大，可靠性低，故障查找困难，特别是因为它是由硬接线逻辑构成的系统，造成了接线复杂，容易出故障，对生产工艺变化的适应性较差。

20 世纪 60 年代末，美国最大的汽车制造商通用汽车公司（GM）为了适应汽车型号不断更新的需要，试图寻找一种新的生产线控制方法，使之尽可能地减少重新设计继电器控制系统的工作量以及尽量地减少控制系统硬连接线的数量，以降低生产成本，缩短制造周期，减少生产线的故障率，从而有效地提高生产效率。当时，电子计算机的硬件已经基本完备，其主要功能是通过软件来实现的，因此具有灵活性、通用性等优点，但价格相对来说比较昂贵，于是他们想到了把继电器控制系统简单易懂、操作方便、价格便宜的长处与计算机灵活、通用的优点结合起来，用来制造出一种新型的工业控制装置，并进而采用招标的方式，首先由美国数字设备公司（DEC）研制出符合上述想法的工业控制装置，命名为可编程逻辑控制器，即 PLC（Programmable Logic Controller）。1969 年，第一台 PLC 在 GM 公司汽车生产线上首次运行，成功地取代了沿用多年的继电器控制系统，尽管当时的 PLC 功能仅具有逻辑控制、定时、计数等功能，但却标志着一种新型的工业控制装置问世。

随着微电子技术和计算机技术的飞速发展，20 世纪 70 年代中期又出现了微处理器和微型计算机，这些新技术很快也被用到 PLC 之中，使得 PLC 不仅具有逻辑控制功能，而且还增加了运算、数据处理和传送等功能，从而成为具有计算机功能的新型工业控制装置。1980 年美国电器制造商协会（NEMA）正式将其命名为可编程控制器（Programmable Controller）简称 PC。

国际电工委员会（IEC）于 1982 年 11 月和 1985 年 1 月颁布了可编程控制器标准的第一稿和第二稿，对可编程控制器作了如下的定义：“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。它可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的命令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械和生产过程。可编程控制器及其有关设备，都应按易于与工业控制系统联成一个整体，易于扩充功能的原则而设计”。

综上所述, 可编程控制器是在硬接线逻辑控制技术和计算机技术的基础上发展起来的一种新型工业控制装置。

之所以把可编程控制器简称为 PC, 因为它已经不再是仅具有逻辑控制功能的装置了。只是由于 20 世纪 80 年代崛起的个人计算机 (Personal Computer) 也简称为 PC。为了加以区别, 人们又把可编程控制器简称为 PLC。本书均称其为 PLC。

第二节 PLC 的分类

PLC 一般可按 I/O 点数和结构形式分类。

一、按 I/O 点数分类

按 I/O 点数可分为小型、中型和大型几类。一般小于 512 点为小型 PLC (其中小于 64 点为超小型或微型 PLC)。512 ~ 2048 点为中型 PLC, 2048 点以上为大型 PLC (超过 8192 点为超大型 PLC)。当然, 这一分类界限不是固定不变的, 它将会随 PLC 的发展而变更。

二、按结构形式分类

按结构形式可分为整体式和模块式两类。

1. 整体式 PLC

整体式 PLC 又称为单元式或箱体式。整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 部件都集中在一个机箱内。其结构紧凑、体积小、价格低。一般小型 PLC 采用这种结构。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 和电源。扩展单元内只有 I/O 和电源。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。整体式 PLC 一般配备有特殊功能单元, 如模拟量单元、位置控制单元等, 使 PLC 的功能得以扩展。

2. 模块式 PLC

模块式结构是将 PLC 各部分分成若干个单独的模块, 如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块 (有的包含在 CPU 模块中) 和各种功能模块。模块式 PLC 由框架和各种模块组成。模块插在插座上。有的 PLC 没有框架, 各种模块安装在底版上。模块式结构 PLC 配置灵活, 装配方便, 便于扩展和维修。一般大、中型 PLC 宜采用模块式结构, 有的小型 PLC 也采用这种结构。

有时可根据需要将整体式和模块式结合起来, 称为叠装式 PLC。它除基本单元和扩展单元外, 还有扩展模块和特殊功能模块, 配置比较合理。

第三节 PLC 的特点和应用领域

一、PLC 的特点

1. 可靠性高

由于采取了一系列的保证 PLC 高可靠性的措施, PLC 的平均无故障时间 (MTBF) 一般可达 3 ~ 5 万 h。而且 PLC 的环境适应性也很强, 它能在工业环境下可靠地工作。PLC 的高可靠性已受到用户的普遍认可。这是 PLC 得到广泛应用的重要原因之一。

保证 PLC 高可靠性的主要措施有：良好的综合设计（综合考虑整体的可靠性）；选用优质元器件；采用隔离、滤波、屏蔽等抗干扰技术；采用先进的电源技术；采用实时监控技术和故障诊断技术；采用冗余技术及良好的制造工艺。

2. 编程简单

PLC 最常用的编程语言是梯形图语言。梯形图与继电器原理图相类似，这种编程语言形象直观，容易掌握，不需要专门的计算机知识，便于广大现场工程技术人员掌握。当生产流程需要改变时，可以现场改变程序，使用方便、灵活。在大型 PLC 中还有 BASIC 等高级编程语言以满足各种不同控制对象和不同使用人员的需要。

应当指出：为了更灵活地使用 PLC，充分发挥它的功能（尤其是大、中型 PLC），PLC 的应用软件设计人员需要较深入地掌握计算机硬件和软件方面的知识。

3. 通用性强

各个 PLC 的生产厂家都有其各种系列化产品、各种模块供用户选择。用户可根据控制对象的规模和控制要求，选择合适的 PLC 产品，组成所需要的控制系统。在进行应用设计时，一般不再需要用户制作其它任何附加装置，从而使设计工作简化。

4. 体积小、结构紧凑，安装、维修方便

PLC 体积小，重量轻，便于安装。一般 PLC 都具有自诊断、故障报警、故障种类显示等功能，便于操作和维修人员检查，可以较容易通过更换模块插件来迅速排除故障。PLC 的结构紧凑，它与被控制对象的硬件连接方式简单、接线少，便于维护。

二、PLC 的应用领域

PLC 已广泛应用于国内外的机械、冶金、化工、汽车、轻工等行业中。若按应用类型来划分，PLC 的应用领域大致可分为如下几个领域。

1. 开关量逻辑控制

PLC 最基本的功能是逻辑运算、计时(定时)、计数等，可实现逻辑控制，常常用来取代传统的继电器控制系统。PLC 对一些机床、机械手（简易机器人）的控制、生产自动线的控制都属于这一类应用。这是 PLC 最基本的应用。例如在中、高档数控机床的数控系统中，大多采用 PLC+NC 的控制方式，前者实现对开关量（如 M 功能、T 功能等）的控制，后者完成插补运算等功能。

2. 闭环过程控制

大中型 PLC 都有多路的模拟量输入输出和 PID 控制，甚至有的小型 PLC 也带有模拟量输入输出。这样，PLC 可以用作模拟量控制，用于过程控制。

③ 位置控制

较高档次的 PLC 都有位置控制模块，用于控制步进电动机或伺服电动机，实现对各种机械的运动控制及位置控制。

4. 监控系统

用 PLC 可以构成监控系统，进行数据采集和处理，监控生产过程。

5. 分布式控制系统

近几年，随着计算机控制技术的发展，国外正兴起工厂自动化（FA）网络系统。较高档次的 PLC 都有联网功能，通过联网可以将 PLC 与 PLC，PLC 与上位机（Host Computer）连接起来，构成多级分布式控制系统。

第四节 PLC 的发展概况和发展趋势

一、PLC 的发展概况

自 1969 年美国研制出世界上第一台 PLC 以后, 日本、德国、法国等先进工业国家相继研制了各自的 PLC 系列产品, 并逐步在工业控制中推广应用, 越来越受到工业界的重视。20 世纪 70 年代中期, PLC 进入了实用化发展阶段, 在 PLC 中全面引入了 CPU 技术和微计算机技术, 使 PLC 的结构和功能产生了新的飞跃, 功能日趋完善。在原先的逻辑运算基础上, 增加了数值运算、PID 调节等功能, 还提高了运算速度。PLC 的小型化、价格低、高可靠性, 奠定了它在工业界的基础和位置。20 世纪 70 年代末期和 80 年代初, PLC 进入了成熟阶段, 向大规模、高速度、高性能方向发展, 形成多种系列化产品, 编程语言也发展成熟。这时 PLC 已在工业控制领域中占主导地位。1982 年美国 Frost & Sullzian 商业情报公司对美国石油化工、冶金、机械等行业 400 多家企业调查了各种工业自动控制设备的使用情况, 结果如表 1-1 所示。从此表可以看出, PLC 在工业企业中的应用已相当普及, 在各种自动化设备中占首位。

表 1-1 各种工业自控设备使用情况

工厂自动化设备	名 次	所占比例 (%)
PLC	1	82
过程控制 (自动化仪表)	2	79
计算机控制	3	43
专用控制器	4	36
数据采集系统	5	27
能源管理系统	6	24
材料自动处理系统	7	23
分散控制系统	8	22
自动检查、自动测试	9	18
数控 (DNC 和 CNC)	10	15

美国的 PLC 技术发展得最快, 1984 年有 48 家 PLC 制造厂, 生产各类 PLC 产品 150 多种, 年销售额 6 亿美元。1987 年就发展到 63 家, 生产 243 个品种, 销售量 38.3 万台, 销售额超过 10 亿美元。美国生产 PLC 的著名厂家有 A-B(Allen-Bradly)公司、GE(General Electric)公司等。

日本自 1971 年开始研制 PLC, 十几年来发展十分迅速。1984 年 PLC 的生产厂家有 30 多个, 产品 60 多种。日本主要发展中小型 PLC, 所生产的小型 PLC 产品性能先进、结构紧

凑、价格便宜，因而在世界市场上占有重要地位。其中著名的厂家有三菱电机（Mitsubishi Electric）、欧姆龙（OMRON）等公司。

西欧德、英、法等国 PLC 发展也很快，著名的公司有德国的 AEG、西门子（Siemens）和法国的 TE（Telemecanique）公司。

我国在 20 世纪 70 年代末和 80 年代初开始引进 PLC 技术，当时曾随成套设备、专用设备引进不少国外 PLC。如在宝钢工程中，引进了十几种机型近 200 台 PLC。此后，在传统设备改造和新设备设计中应用 PLC 逐渐增多。到 20 世纪 80 年代中期，PLC 已广泛应用于冶金、化工、机械等工业部门。在汽车行业中，用 PLC 改造传统设备也取得了良好的效果。

在应用国外 PLC 的同时，我国一些科研单位和工厂也在自行研制开发和生产自己的 PLC 产品。如辽宁无线电二厂引进德国西门子技术，生产 S5-101U、S5-115U 系列 PLC；由无锡电器厂和日本光洋合资的华光电子公司生产的 SR-20、SU-516、SG-8 等型号 PLC；中美合资的厦门 A-B 公司生产的 PLC-2、PLC-5 等系列 PLC 产品；以及上海香岛机电公司引进国外技术，自行设计、生产的 ACMY-S80，S256 PLC 等。

目前 PLC 已成为工业控制的标准设备，是自动化领域内的三大技术支柱（PLC 技术、机器人、CAD/CAM）之一。它将在我国获得广泛应用，并将成为老设备改造和生产新一代机电一体化产品的重要手段。

二、PLC 的发展趋势

1. 向高速度、大存储容量方向发展

为提高处理能力，要求 PLC 具有更好的响应速度和更大的存储容量。目前大中型 PLC 的速度可达 0.2ms/K 步左右。例如，A-B 公司的 PLC5/40 为 0.5ms/K 步，GE 公司的 90 系列 331、771 等产品为 0.4ms/K 步，TE 公司的 TSX87-40、TSX107-40 为 0.32ms/K 步，欧姆龙公司的 C1000H、C2000H 为 0.4ms/K 步，A3N、A3H 为 0.2ms/K 步，A3A 则高达 0.15ms/K 步，该公司的小型 PLC FX2 为 0.74ms/K 步，与大型 PLC 的速度已很接近。各大公司都把 PLC 的扫描速度作为一个很重要的竞争指标。

2. 向多品种方向发展

目前中小型 PLC 比较普遍。为适应市场的多种需要，今后 PLC 发展要向多品种方向，特别是向超大型和超小型两个方向发展。目前开关量输入输出点数达到 8192 的大型 PLC 已比较多。为适应大规模控制系统的需要，输入输出点数还在增加。例如，Modicon 公司的 984-780、984-785 的最大开关量输入输出点数为 16384，西门子公司 S5-55U 为 10K 点，Reliance Electric 公司的 DCS-5000 为 12K 点。考虑到分散控制的要求，这种扩大将受到一定的限制。为提高系统的可靠性，在大型 PLC 中，有的采用多微处理器和冗余技术。

目前小型 PLC 应用很普遍，超小型 PLC 的需求日趋增多。据报道，美国机床行业采用超小型 PLC 几乎占 PLC 市场的 1/4。国外许多 PLC 制造商开发各种超小型 PLC，以适应市场的需要。例如，西门子公司 S5-90U（输入输出为 14 点），欧姆龙公司 MINISP10，三菱公司的 FX0-14（14 点），美国 Keyence 公司的 KX-10（10 点，尺寸为 70mm×90mm×43mm），Applied Tech. System 公司 AP41（仅有 9 点）。这些 PLC 可以称为微型 PLC。超小型、微型 PLC 在机电一体化产品中将有大有用武之地。

3. 编程语言多样化

PLC 系统结构不断发展的同时，编程软件也在不断发展。编程语言朝着多种编程语言

的方向发展。尽管大多数 PLC 是采用继电器梯形图语言 (RLL)，但是新的编程语言还是不断出现。现在有部分 PLC 已采用高级语言 (如 BASIC 语言等)，例如，Teletrol 系统公司的 286 集成系统就是用 C 语言，使个人计算机技术得以溶入 PLC 之中。该公司称 286 集成系统是不用 RLL 的 PLC。

功能表图 (Function Chart) 是一种便于描述顺序控制系统过程的语言。法国 TE 公司的 Grafect 和德国西门子公司 Graph5 都属于这样的产品。这种编程语言也逐渐被其它公司采用。在实际应用中如下三种语言占主导地位：一种是标准的继电器梯形图语言；另一种是顺序功能图语言；再一种是模仿过程流程的功能块语言。每种语言都是适合一定的应用范围。从编程语言的发展来看，不必硬性的取消那一种语言，而是要增加更多的面向过程的编程语言。

4. 发展智能模块

智能模块是以微处理器为基础的功能部件。它可以与 PLC 的主 CPU 并行工作，占用主 CPU 的时间很少，有利于提高 PLC 的扫描速度。发展智能模块可进一步提高 PLC 处理信息的能力和控

5. 加强联网和通信功能

加强 PLC 的联网功能和通信能力，是 PLC 技术进步的潮流。PLC 的联网和通信可分为两类：一类是 PLC 之间的联网通信，各 PLC 制造厂都有自己的专有联网手段；另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信，一般 PLC 都有通信模块用于与计算机通信。在网络中要有通用的通信标准，否则在一个网络中不能连接多家厂商的产品。美国通用汽车公司在 1983 年提出的 MAP (Manufacturing Automation Protocol) 是众多通信标准中发展最快的一个。MAP 的主要特点是提供以开放性为基础的局部网络 (LAN)，使来自许多厂商的设备可以通过相同的通信协议而互相连接。由于 MAP 的出现推动了通信标准化工作的进程。当前一些 PLC 制造厂家已采取措施使其产品与 MAP 兼容。事实上标准通信网络也存在开发费用高，一时很难完善等问题。此外，标准网络响应速度慢，很难满足实时控制的要求。除了标准网络以外，许多 PLC 制造厂都有专用网络。专用网络使用方便，但通用性差。标准网络和专用网络在一段较长的时间内会并存，过渡时期的办法是采取兼容措施。PLC 的联网与通信是许多 PLC 制造商十分关注的问题，许多问题尚有待开发。

三、PLC 的新进展

近几年来，计算机软、硬件技术的迅速发展，推动了自动控制技术又取得了一系列新的进展。目前有许多工业用自动控制产品、机电一体化产品，开始转向以计算机为平台的控制方式。德国工业界最新推出的以计算机为平台的 SOFT PLC (即软 PLC) 可以说是这方面的优秀代表。

SOFT PLC 基于工业计算机的柔性可编程逻辑控制技术，充分利用最新计算机的高速、大容量、丰富功能及各种软件资源。SOFT PLC 是开放的可编程控制器，在实时控制、网络控制和分级控制领域可获得广泛的应用。SOFT PLC 是实时多任务操作系统，能提供强有力的指令，更加快速的扫描和安全的操作。开放式的结构容易连接各种 I/O 模块、PID 模块、运动控制模块和装置、网络。它采用独特的 TOPDOC 软件进行编程调试，编程语言为梯形图、C/C++ 和 JAVA 等高级语言。

SOFT PLC 的主要功能与构成如下：

- 1) 运行在工控机 (IPC Intel 486 或奔腾级) 平台上, 可以连接各种总线 (ISA, PCI, VME, PC104, STD 等)。
- 2) 最大 8192 个 I/O 模块 (开关量、模拟量、运动控制)。
- 3) 1000K 的用户逻辑/数据。
- 4) 32 个用户可配置通信通道, 可以连接其它 PLC 或计算机。
- 5) 支持在线编程与调试, 高级语言编程, 动态、智能、用户指令支持, 用户可任意添加指令。
- 6) TOPDOC 编程调试软件。

SOFT PLC 的最大优势是具备柔性扩展能力, 用户可以选择不同厂家生产的各种硬件产品, 充分利用每一软件的最佳特性, 组成最佳的控制系统。利用 TOPDOC 可以生成特殊的功能指令。中等规模以上的系统, 可以获得最优性能价格比, 达到工控机和 PLC 性能的完美结合。利用 C/C++ 语言的强大功能, 可轻易地实现各种复杂的控制。

SOFT PLC 与硬件的连接也十分方便。有很多 I/O 卡可以直接连接到 SOFT PLC 计算机总线上。有些远程模块和 FILEDBUS I/O 模块通过接口卡连接到工业 PC 基板。各种功能模块通过 CAN、VME 等总线接口卡连接到工业计算机上。SOFT PLC 通过存储器卡来读取输入状态, 同时刷新输出状态。功能模块通过总线与 SOFT PLC 进行数据交换。MMI 采用 CRT 或 LCD 显示, 使用 VIEW POINT 监控软件进行人机交流。

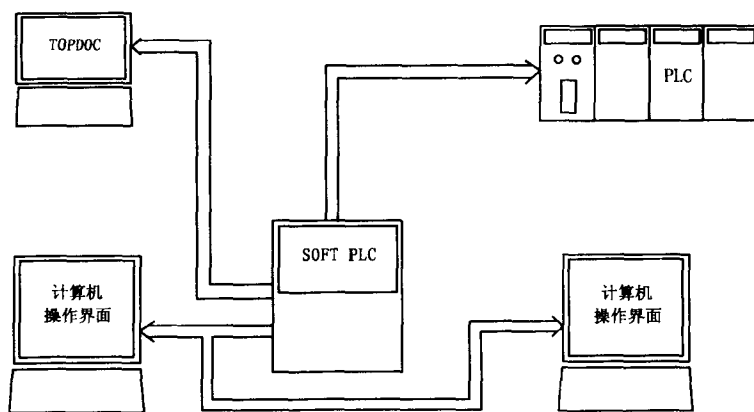


图 1-1 SOFT PLC 的功能与构成

SOFT PLC 的工作方式是采用同步扫描技术, 同时读取输入状态、执行梯形图逻辑控制、刷新输出。与功能模块数据信息交换速度快。可以模拟程序运行, 方便调试程序、修改程序。

SOFT PLC 系统还配备一些工具软件, 其中有:

- 1) TOPDOC —— 梯形图编程, 文本说明, 编辑及监控设计软件。

- 2) SOFT WIRES —— 提供梯形图模拟、过程模拟及完整的程序测试、调试。
- 3) VIEW POINT —— 用以处理监控、数据输入/输出，使用梯形图语言作为它的控制语言，可以用于各种复杂的监控。
- 4) PORT FOLIO —— PLC 程序库，用户可以使用和管理库内的 PLC 程序。

习题一

- 1-1 PLC 如何分类？模块式和整体式 PLC 各有哪些特点？
- 1-2 PLC 有哪些主要特点？
- 1-3 PLC 可以应用在哪些领域？
- 1-4 PLC 的发展趋势如何？

第二章 PLC 的结构和工作原理

PLC 是以微处理器为核心的数字式电子、电气自动控制装置，也可以说是一种专用微型计算机。各种 PLC 的具体结构虽然多种多样，但其组成的一般原理基本相同，即都是以微处理器为核心，并辅以外围电路和 I/O 单元等硬件所构成的。正像通用的微机一样，PLC 的各种功能的实现，不仅基于其硬件的作用，而且要靠其软件的支持。实际上，PLC 就是一种工业控制计算机，其系统组成、工作原理、操作使用原理都与计算机相同；它的编程语言，在其发展初期是采用工程技术人员所习惯和易于接受的那种继电器逻辑形式，随着时间的推移和技术的不断进步，又发展为类似于计算机高级编程语言的形式。PLC 作为继电器控制系统替代物出现，但它又与继电器控制逻辑的工作原理有很大区别。

第一节 PLC 的组成

PLC 主要由中央处理单元（CPU）、存储器（RAM、ROM）、输入/输出部件（I/O）、电源和编程器几大部分组成。其结构框图如图 2-1 所示。

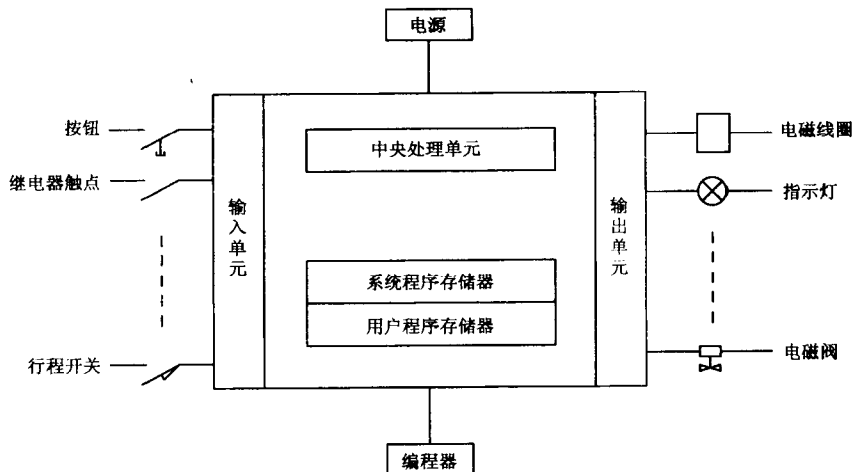


图 2-1 PLC 的结构

一、中央处理单元（CPU）

PLC 中所采用的 CPU 随机型不同而有所不同，通常有三种：

- 1) 通用微处理器（如 8086、80286、80386 等）。

2) 单片机芯片 (如 8031、8096 等)。

3) 位片式微处理器 (如 AMD-2900 等)。

PLC 的档次越高, CPU 的位数也越多, 运算速度也越快, 其指令功能也越强。

二、存储器

PLC 的内部存储器 (简称内存) 用来存储系统管理程序和用户程序。内存有两种:

1) 随机存储器 RAM, 可进行读写操作。主要用来存储用户程序, 生成诸如用户数据存储区、计时器、计数器、输入/输出继电器以及各种辅助继电器的用户环境。存于 RAM 中的用户程序可随意进行更改。RAM 通常是 CMOS 型的, 耗电极微。常用锂电池后备, 或用大电容后备, 掉电时, 存储的各种信息均不会丢失。

2) 只读存储器 ROM, PROM, EPROM, E²PROM。这几类只读存储器用来固化系统管理程序和用户程序。用户程序经调试正确无误且固定下来之后, 即可固化, 这样, 系统程序和用户程序就不致因偶尔操作失误而受到破坏。

三、输入 / 输出 (I/O) 单元

输入、输出信号分为开关量、模拟量、数字量。这里以开关量为例进行说明。

I/O 单元是 PLC 与被控制对象之间传递输入输出信息的接口部件。为了防止各种干扰和高电压窜入 PLC 内部而影响其工作的可靠性, I/O 单元首先应具有电隔离作用和滤波作用。PLC 的各种输入器件 (如各种开关、按钮和热电偶等) 和各种输出控制器件 (如电磁阀、接触器和继电器等) 有交流型和直流型, 有高电压型和低电压型, 有电压型和电流型。为保证 PLC 能正常工作, I/O 单元必须把外部的电压和电流信号变换成 PLC 能接受和识别的低电压信号, 以及把 PLC 输出的低电压信号变换成被控制器件能接受或所要求的电压、电流信号, 因此 I/O 单元还应具有电压、电流的变换作用。

1. 输入接口电路 (输入单元)

图 2-2 为一类 PLC 的输入电路的示意图。

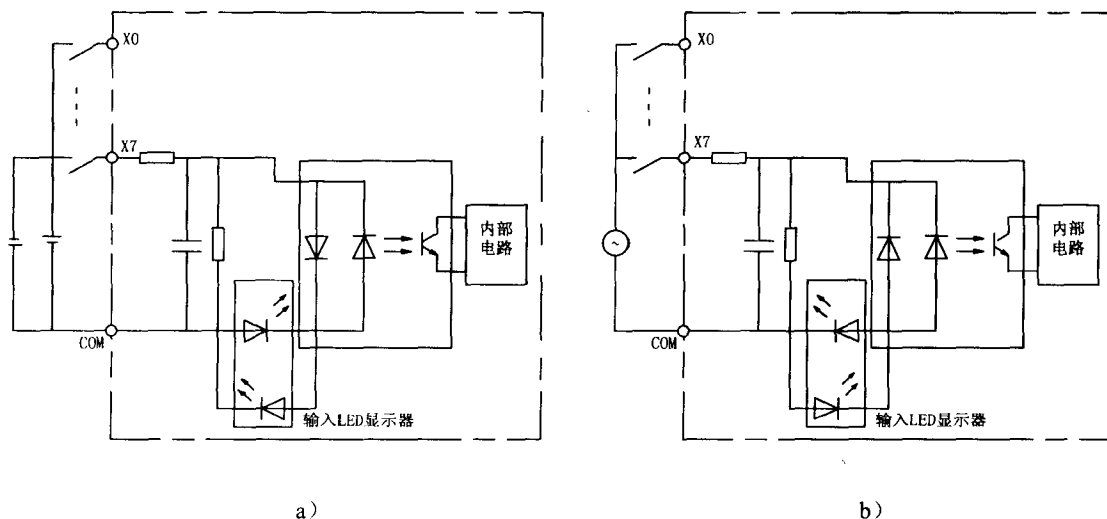


图 2-2 输入电路

a) 直流输入电路 b) 交流输入电路

通常 PLC 的输入有三种类型：一种是直流（DC）12 ~ 24V 输入，另一种是交流（AC）100 ~ 120V 或 200 ~ 240V 输入，第三种是交直流（AC/DC）12 ~ 24V 输入。输入开关可以是无源触点或传感器的集电极开路晶体管。各种 PLC 的输入电路大致相同。在图 2-2 所示的输入电路中，外部输入开关通过输入端子（如 X0、X1、…）与 PLC 相连。

输入电路的一次电路与二次电路间用光耦合器隔离。在电路设有 RC 滤波器，以消除输入触点的抖动和沿输入线引入的外部噪声的干扰。因此，外部输入从 ON → OFF 或从 OFF → ON 变化时，PLC 内部有约 10ms 的响应滞后。当输入开关闭合时，一次电路中流过电流，输入指示灯亮，光耦合器的发光二极管发光，而三极管从截止状态变为饱和导通状态，PLC 的输入数据产生了 0 和 1 的改变。

2. 输出接口电路（输出单元）

通常，PLC 的输出也有三种形式：一种是继电器输出型，CPU 输出时接通或断开继电器的线圈，继电器的触点闭合或断开，通过继电器触点控制外电路的通断；另一种是晶体管输出型，通过光耦合使开关晶体管截止或饱和导通以控制外电路；第三种是双向晶闸管输出型，采用的是光触发型双向晶闸管。在这三种输出中，以继电器输出型响应最慢。

各种型号 PLC 的输出电路，也大致相同，图 2-3 给出一种 PLC 的输出电路。外部负载（如接触器、电磁阀等）通过输出端子（如 Y0、Y1、……）与 PLC 相连。

每种输出电路都有隔离措施。继电器输出型是利用继电器的触点和线圈将 PLC 的内部电路与外部负载电路进行电气隔离。晶体管输出型是在 PLC 的内部电路与输出晶体管之间用光耦合器进行隔离。双向晶闸管输出型是在 PLC 内部电路与双向晶闸管之间采用光触发晶闸管进行隔离。

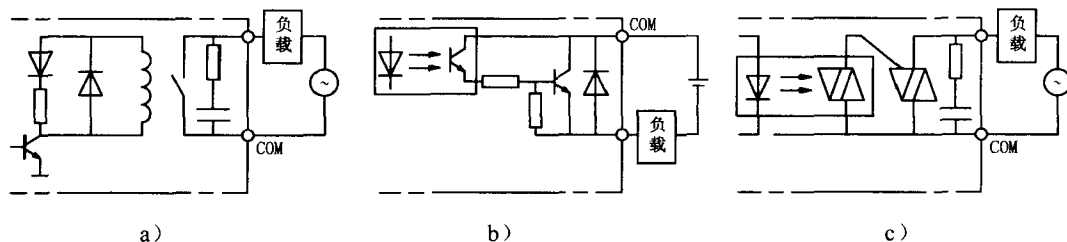


图 2-3 输出电路

a) 继电器输出 b) 晶体管输出 c) 晶闸管输出

输出电路的负载电源由外部提供。输出电流一般为 0.5 ~ 2A。输出电流的额定值与负载性质有关。

PLC 的生产厂家提供有多种电压等级、多种用途的 I/O 单元。从数据类型上分有开关量、模拟量和数字量；从速度上分有低速型和高速型；从距离上分有本地 I/O 和远程 I/O。远程 I/O 单元通过光缆和电缆与 CPU 连接，可以放在距 CPU 数百米的地点。用户可以根据不同的使用场合选用不同的 I/O 单元。

四、电源

PLC 的工作电源一般为单相交流电源，电源电压必须与额定电压相符（通常为 110V 或

220V), 也有用直流 24V 供电的。PLC 对电源的稳定要求不高, 一般允许电源电压额定值在 $\pm 15\%$ 的范围内波动。PLC 都包括一个稳压电源, 用于对 CPU 和 I/O 单元供电。有些 PLC 的电源与 CPU 合为一体。有的 PLC 特别是大中型 PLC, 备有专用电源模块。有些 PLC 电源部分还提供有 DC 24V 稳压输出, 用于对外部传感器供电。

五、编程器

编程器是 PLC 很重要的附件, 它主要由键盘、显示器、工作方式选择开关和外存储器接插口等部件组成。编程器分简易型和智能型两类。小型 PLC 常用简易编程器, 大中型 PLC 多用智能 CRT 编程器。编程器的作用是编制用户程序, 将程序送入存储器。利用编程器检查、修改用户程序和在线监视 PLC 的工作状况。除上述简易型和智能型这两种编程器之外, 还可采用通用计算机作为编程器。现在有些公司在个人计算机上添加适当的硬件接口和软件包, 即可使这些微机作为编程器用。用微机作为编程器, 可以直接编制梯形图, 监控功能也比较强, 并且对于已经拥有微机的用户, 可省去一台编程器, 节省开支。编程器的功能随着 PLC 功能的不断增强也在不断强化, 它已不是一个单一的程序输入装置, 而兼有许多功能。编程器通常有两种编程方式。

1. 在线(联机)编程方式

编程器与 PLC 上的专用插座直接相连, 程序可直接写入到 PLC 的用户程序存储器中去, 也可先将程序存放在编程器内, 然后再转入 PLC 的存储器中。这种编程方法不但调试程序方便, 而且还能监视 PLC 内部工作状态。

2. 离线(脱机)编程方式

编程器与 PLC 脱开, 待程序编写完后才与 PLC 相连。离线编程方式不影响 PLC 的现行工作。

第二节 PLC 程序的表达方式

与计算机的工作原理一样, PLC 的操作是按其程序要求进行的, 而程序是用程序语言表达的。表达方式有多种多样, 不同的 PLC 生产厂家, 不同的机种, 采用的表达方式也不相同。但基本上可归纳为字符表达方式(即用文字符号来表达程序, 如语句表程序表达方式)和图形符号表达方式(即用图形符号来表达程序, 如梯形图程序表达方式)这两大类。也有将这两种方式结合起来表示 PLC 的程序。

PLC 的主要使用者是工厂里广大电气技术人员, 为了满足他们的传统习惯和适应能力, 通常采用具有自身特色的编程语言或方式。下面分别介绍几种常见的 PLC 编程语言。

一、梯形图

PLC 的梯形图编程语言与传统的“继电、接触”控制原理图十分相似, 它形象、直观、实用, 为广大电气技术人员所熟知。这种编程语言继承了传统的继电器控制逻辑中使用的框架结构、逻辑运算方式和输入输出形式, 使得程序直观易读。当今世界各国的 PLC 制造厂家所生产的 PLC 大都采用梯形图语言编程。这种梯形图语言编程方式如图 2-4 所示。

二、语句表

用语句表所描述的编程方式是一种与计算机汇编语言相类似的助记符编程方式。由于