

可编程序控制器 原理、应用及 通信基础

主 编 常斗南
副主编 王建琪 李全利



机械工业出版社

可编程序控制器

原理、应用及通信基础

主 编 常斗南
副主编 王建琪 李全利



机械工业出版社

可编程序控制器(PLC)是一种采用微机技术用于工业控制的专用计算机。本书以韩国三星 SPC 系列 PLC 为例,系统地介绍了 PLC 的产生、工作原理、指令系统、编程方法、通信基础,以及众多的工程应用实例、实验,是一本与 TVT-90B、C 型学习机配套的 PLC 教材。

该书可作为大中专院校电气工程类、机电一体化类专业学生的教学用书,也可作为从事 PLC 应用开发的工程技术人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器原理、应用及通信基础/常斗南主编.
北京:机械工业出版社,1997.8
ISBN 7-111-05820-8

I. 可… II. 常… III. ①可编程序控制器-基本知识②
可编程序控制器-计算机通信 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 13351 号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)
责任编辑:贡克勤 贾玉兰 版式设计:李松山 责任校对:肖新民
封面设计:姚毅
机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
1997 年 12 月第 1 版第 1 次印刷
787mm×1092mm/16·15.25 印张·378 千字
0 001—5 000 册
定价:24.00 元

前 言

可编程序控制器(Programmable Controller)简称 PLC[⊖],是本世纪 60 年代发展起来的被国外称为“先进国家三大支柱”之首的工业自动化理想控制装置。它是一种专为工业环境应用而设计的、数字运行的电子系统,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,完成确定的逻辑、顺序、定时、计数、运算和一些确定的功能,控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器具有程序设计简单、运用性强、可靠性高、组合灵活、维修方便及适应工业环境强等特点,已经由取代继电器以离散控制为主的领域迅速扩展到连续控制的范围,已进入了批量控制和过程控制两种工业领域。

当今 PLC 吸取了微电子技术和计算机技术的最新成果,以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,工业机器人到大型分散控制系统,PLC 均承担了重要作用。为适应这种形势,全国各大中专院校已经或正在逐步将 PLC 技术纳入教学内容。

韩国三星 SPC 系列 PLC 是 90 年代的新产品,硬件配置齐全,软件功能强,有极高的可靠性和性能价格比,使其在我国的多方面应用前景非常广阔。因此,我们以三星 SPC 系列 PLC 为例,编写了《可编程序控制器原理、应用及通信基础》,阐述其结构、工作原理、指令系统、编程方法、通信基础及应用实例。本书可供从事 PLC 应用开发的工程技术人员参考,也可作为大中专院校的教科书使用。配合本书的出版发行,我们还开发有教学软盘,其内容有指令介绍、指令查询、编程辅导及程序设计实例,供学习时使用。

本书由常斗南、王建琪、李全利、韩玉刚、张学武、朱力明编写。主编常斗南、副主编王建琪、李全利。第一章、第二章、第三章第一节~第三节及第四章第一节、第二节、第四节由常斗南编写,第六章和第十章由王建琪编写,第八章和第九章的第二节实验一由李全利编写,第四章第三节、第十一章和第十二章由韩玉刚编写,第五章、第七章、第九章第一节、第二节实验二、第三节及附录由张学武编写,第三章第四节及习题由朱力明编写。

由于编写时间仓促,加之作者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请各院校师生及广大读者指评指正。

编 者

1997 年 2 月

⊖ 可编程序控制器简称为 PC,其早期称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller,简称 PLC),为避免与个人计算机的简称 PC 混淆,所以往往用 PLC。

目 录

前言	
第一章 可编程序控制器的一般结构及基本原理	1
第一节 概述	1
第二节 可编程序控制器的一般结构	3
第三节 可编程序控制器的基本原理	5
第四节 PLC 的技术性能指标	8
第五节 可编程序控制器的分类及应用场合	10
第六节 可编程序控制器的应用设计步骤	11
第二章 SPC-100 PLC 的规格及系统构成	12
第一节 概述	12
第二节 技术性能	12
第三节 器件和器件编号	18
第三章 指令系统	26
第一节 基本指令	26
第二节 比较指令	29
第三节 算术指令	31
第四节 应用指令	36
第四章 编程	51
第一节 编程指导	51
第二节 基本电路的编程	55
第三节 特殊模块电路的编程	63
第四节 可编程序控制器应用举例	78
第五章 安装接线和维护检查	85
第一节 安装和接线	85
第二节 维护检查	86
第六章 通信功能的实现	88
第一节 基本概念	88
第二节 通信协议	91
第三节 通信指令	95
第四节 通信程序和通信实验	98
第七章 SPC-10 PLC 的规格及特殊功能	115
第一节 SPC-10 的型号及参数	117
第二节 SPC-10 的特殊功能	117
第三节 SPC-10 的安装接线	122
第八章 SPC-10 型 PLC 的应用	124
第一节 TVT-90B 型 PLC 学习机概述	124
第二节 程序设计实例	129
第三节 TVT-90B PLC 学习机的检验	156
第九章 SPC-100 PLC 应用实验	159
第一节 TVT-90C 型 PLC 学习机概述	159
第二节 程序设计实例	161
第三节 TVT-90C 学习机检验	179
第十章 GPC 编程软件	182
第一节 计算机基本知识	182
第二节 GPC 编程软件	182
第三节 通信参数设定	205
第十一章 SPC300 的规格及系统构成	207
第一节 技术参数	207
第二节 器件及器件编号	213
第三节 安装接线	217
第十二章 编程器的使用	219
第一节 概述	219
第二节 编程简介	221
第三节 手持编程器操作举例	223
第四节 应用指令表(FUN 键)	226
习题	227
附录	231
附录 A 指令表	231
表 A-1 基本指令	231
表 A-2 算术指令	232
表 A-3 应用指令	233
附录 B 可编程序控制器常用术语解释	235
参考文献	238

第一章 可编程序控制器的一般结构及基本原理

第一节 概 述

一、可编程序控制器的产生和特点

(一) 可编程序控制器的产生

本世纪 60 年代,由于小型计算机的出现和大规模生产及多机群控的发展,人们曾试图用小型计算机来实现工业控制,以代替传统的继电接触器控制。传统的继电接触器控制采用的是固定接线方式,一旦生产过程有所变动,就得重新设计线路,并连线安装,不利于产品的更新换代。但采用小型计算机实现工业控制价格昂贵,输入、输出电路不匹配,编程技术复杂,因而没能得到推广和应用。

60 年代末期,美国汽车制造工业竞争激烈,为了适应生产工艺不断更新的需要,在 1968 年美国通用汽车(GM)公司首先公开招标,对控制系统提出的具体要求基本为:①它的继电控制系统设计周期短,更改容易,接线简单,成本低;②它能把计算机的功能和继电控制系统结合起来,但编程又比计算机简单易学、操作方便;③系统通用性强。1969 年美国数字设备公司(DEC)根据上述要求,研制出世界上第一台可编程序控制器,并在 GM 公司汽车生产线上首次应用成功,实现了生产的自动控制。其后日本、德国等相继引入,可编程序控制器迅速发展起来。但这一时期它主要用于顺序控制,虽然也采用了计算机的设计思想,但当时只能进行逻辑运算,故称为可编程序逻辑控制器,简称 PLC(Programmable Logic Controller)。

70 年代后期,随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展,可编程序逻辑控制器更多地具有计算机功能,不仅用逻辑编程取代硬接线逻辑,还增加了运算、数据传送和处理等功能,真正成为电子计算机工业控制装置,而且做到了小型化和超小型化。这种采用微电脑技术的工业控制装置的功能远远超出逻辑控制、顺序控制的范围,故称为可编程序控制器简称 PC(Programmable Controller)。但由于 PC 容易和个人计算机(Personal Computer)混淆,故人们仍习惯地用 PLC 作为可编程序控制器的缩写。

(二) 可编程序控制器的特点

属于存储程序控制的可编程序控制器,其控制功能是通过存放在存储器内的程序来实现的,若要对控制功能作必要的修改,只需改变软件指令即可,使硬件软件化。可编程序控制器的优点与这个“可”字有关,从软件来讲,它的程序可编、也不难编,从硬件上讲,它的配置可变、也易变。其主要特点为:

1. PLC 的软件简单易学

PLC 的最大特点之一,就是采用易学易懂的梯形图语言,它是以计算机软件技术构成人们惯用的继电器模型,形成一套独具风格的、以继电器梯形图为基础的形象编程语言。梯形图符号和定义与常规继电器展开图完全一致,电气操作人员使用起来得心应手,不存在计算机技术和传统电气控制技术之间的专业“鸿沟”。在了解 PLC 简要工作原理和它的编程技术之后,就可结合实际需要进行应用设计,进而将 PLC 用于实际控制系统中。

2. 使用和维护方便

(1) 硬件配置方便 PLC 的硬件都是专门生产厂家按一定标准和规格生产的, 硬件可按实际需要来配置, 到市场上可方便地买到。

(2) 安装方便 内部不需要接线和焊接, 只要编写程序就可以了。

(3) 使用方便 触点的使用不受次数限制, 内部器件可多到使用户不感到有什么限制。只需考虑输入、输出点的个数, 这可由各种类型的 PLC 来提供。

(4) 维护方便 PLC 配备有很多监控提示信号, 能检查出自身的故障, 随时显示给操作人员, 并能动态地监视控制程序的执行情况, 为现场的调试和维护提供了方便, 接线少, 维修时只需更换插入式模块, 维护方便。

3. 抗干扰能力强, 运行稳定可靠

PLC 是专为工业控制设计的, 在设计和制造过程中采取了多层次抗干扰和精选元器件措施, 可在恶劣的工业环境下与强电设备一起工作, 运行的稳定性和可靠性较高。PLC 是以集成电路为基本元件的电子设备, 内部处理不依赖于触点, 元器件的寿命几乎不受限制。目前 PLC 的整机平均无故障工作时间一般可达 2 万~5 万 h, 甚至更高。

4. 设计施工周期短

使用 PLC 完成一项控制工程, 在系统设计完成以后, 现场施工和 PLC 程序设计可以同时进行, 周期短, 而且程序的调试和修改都很方便。

综上所述, 可编程序控制器在性能上均优越于继电器逻辑控制, 与微型计算机、单板机相比, 它也是一种用于工业自动化控制的理想工具。

二、可编程序控制器的国内外现状及发展动向

PLC 诞生后, 日本、德国、法国等国家相继开发了各自的 PLC, 受到工业界的欢迎。70 年代末和 80 年代初, PLC 已成为工业控制领域中占主导地位的基础自动化设备。据有关资料报导, 全世界目前约有 PLC 生产厂 180 多家, 1988 年全世界 PLC 总销售额达 370 亿美元(其中小型机约占 40%), 年产量约为 150 万台。PLC 销售额的增长速度也是惊人的, 据美国商业调查机关 PREDI-CASC 公司统计, 美国市场: 1972 年为 2 千万美元, 1982 年增长到 6.2 亿美元, 10 年期间增长 30 多倍。按日本 NECA 调查, 1985 年日本 PLC 总销售量为 1981 年的 22 倍, 销售额达 827 亿日元。目前在世界先进工业国家, PLC 已成为工业控制的标准设备, 它的应用几乎覆盖了所有工业企业。显然, 应用 PLC 技术已成为当今世界潮流, 作为工业自动化的三大支柱(PLC 技术、机器人、计算机辅助设计和分析)之一的 PLC 技术, 将会跃居主导地位。

近 10 年来, 我国的 PLC 研制、生产、应用也发展很快。特别是在应用方面, 在引进一些成套设备的同时, 也配套引进不少 PLC。如上海宝钢第一期工程, 就采用了 250 台, 第二期也采用了 108 台。又如天津化纤厂、秦川电站、北京吉普车生产线、西安的彩色电视机和冰箱生产线等等都采用了 PLC 控制。总之, 我国 PLC 的应用已获得令人瞩目的经济效益和社会效益。

我国在研制、生产自己 PLC 产品的同时, 也引进国外的 PLC, 不少公司, 或替国外的公司推销质量与档次较高的 PLC 产品, 并负责售后服务; 或与国外公司合资, 生产各种档次较高的 PLC 产品, 并负责售后服务; 或与国外公司合资, 生产各种档次的 PLC, 既返销国外, 也向国内销售。可以预见, PLC 的应用将会越来越广泛, 我国的工业自动化程度必将提高到一个新水平。

近年来, 国外 PLC 发展的明显特征是产品的集成度越来越高, 工作速度越来越快, 功能越来越强, 使用越来越方便, 工作越来越可靠。PLC 可进行模拟量控制及位置控制。特别是远程通信功能的实现, 易于实现柔性加工和制造系统(FMS), 使得 PLC 如虎添翼。PLC 现已广泛用于冶金、

矿业、机械、轻工等领域，为工业自动化提供了有力的工具，加速了机电一体化的进程。国外一些著名大公司每两年即可推出一种新产品。如各种紧凑型、微型 PLC，不仅体积小，功能大有提高，将原来大、中型 PLC 才有的功能移植到小型 PLC 上，如模拟量处理、数据通信等，而且价格不断下降，真正成为继电器的替代物。大中型 PLC 更是向大容量、增加新的功能、提高运算速度发展，以适应不同控制系统的要求，并采用多种多功能的编程语言和先进指令系统（如 BASIC 等高级语言）能实现 PLC 之间和 PLC 与管理计算机之间的通信网络，形成多层分布控制系统或整个工厂的自动化网络。

第二节 可编程序控制器的一般结构

用可编程序控制器实施控制，其实质是按一定算法进行输入输出变换，并将这个变换予以物理实现。入出变换、物理实现可以说是 PLC 实施控制的两个基本点。而入出变换实际上就是信息处理，信息处理当今最常用的是微处理机技术，PLC 也是用它，并使其专用化，应用于工业现场。至于物理实现，正是它与普通微机相区别之点，普通微机一般只考虑信息本身，别的不多考虑，而 PLC 则要考虑实际的控制需要。物理实现要求 PLC 的输入应当排除干扰信号适应于工业现场，输出应放大到工业控制的水平，并能为实际控制系统方便使用。这就要求 I/O 电路专门设计。根据 PLC 实施控制的两个基本点的分析，PLC 采用了典型的计算机结构，主要是由 CPU、RAM、ROM 和专门设计的输入输出接口电路等组成，如图 1-1 和图 1-2 所示。

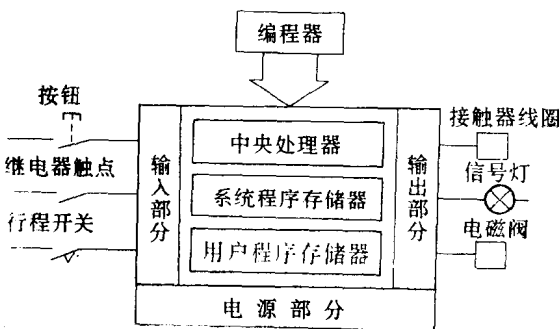


图 1-1 PLC 结构框图

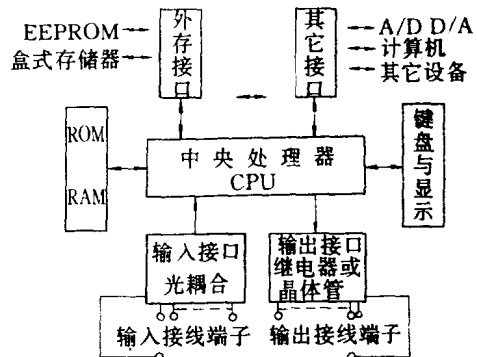


图 1-2 PLC 原理框图

一、中央处理机

中央处理机是 PLC 的大脑，它由中央处理器（CPU）和存储器等组成。

（一）中央处理器（CPU）

中央处理器（CPU）一般由控制电路、运算器和寄存器组成，这些电路一般都集成在一个芯片上。CPU 通过地址总线、数据总线和控制总线与存储单元、输入输出（I/O）接口电路连接。

不同型号的 PLC 可能使用不同的 CPU 部件，制造厂家使用 CPU 部件的指令系统编写系统程序，并固化到只读存储器（ROM）中。CPU 按系统程序赋予的功能，接收编程器键入的用户程序和数据，存入随机存储器（RAM）中，CPU 按扫描方式工作，从 0000 首址存放的第一条用户程序开始，到用户程序的最后一个地址，不停地周期性扫描，每扫描一次，用户程序就执行一次。

CPU 的主要功能为：

1. 从存储器中读取指令

CPU 从地址总线上给出存储地址，从控制总线上给出读命令，从数据总线上得到读出的指令，

并存入 CPU 内的指令寄存器中。

2. 执行指令

对存放在指令寄存器中的指令操作码进行译码, 执行指令规定的操作, 如读取输入信号、取操作数、进行逻辑运算或算术运算、将结果输出给有关部分。

3. 准备取下一条指令

CPU 执行完一条指令后, 能根据条件产生下一条指令的地址, 以便取出和执行下一条指令, 在 CPU 的控制下, 程序的指令既可以顺序执行, 也可以分支或跳转。

4. 处理中断

CPU 除顺序执行程序外, 还能接收输入输出接口发来的中断请求, 并进行中断处理, 中断处理完后, 再返回原址, 继续顺序执行。

(二) 存储器

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、逻辑变量和其它一些信息。

系统程序是用来控制和完成 PLC 各种功能的程序, 这些程序是由 PLC 制造厂家用相应 CPU 的指令系统编写的, 并固化到 ROM 中。

用户程序存储器用来存放由编程器或磁带输入的用户程序。用户程序是指使用者根据工程现场的生产过程和工艺要求编写的控制程序, 可通过编程器修改或增删。

在 PLC 中使用的两种类型存储器为 ROM 和 RAM。

1. 只读存储器(ROM)

ROM 中的内容是由 PLC 的制造厂家写入的系统程序, 并且永远驻留(PLC 去电后再加电, ROM 内容不变)。系统程序一般包括下列几部分:

(1) 检查程序 PLC 加电后, 首先由程序检查 PLC 各部件操作是否正常, 并将检查的结果显示给操作人员。

(2) 翻译程序 将用户键入的控制程序变换成由微电脑指令组成的程序, 然后再执行, 还可以对用户程序进行语法检查。

(3) 监控程序 相当于总控程序。根据用户的需要调用相应的内部程序, 例如用编程器选择 PROGRAM 程序工作方式, 则总控程序就调用“键盘输入处理程序”, 将用户键入的程序送到 RAM 中。若用编程器选择 RUN 运行工作方式, 则总控程序将启动程序。

2. 随机存储器(RAM)

RAM 是可读可写存储器, 读出时, RAM 中的内容不被破坏; 写入时, 刚写入的信息就会消除原来的信息。RAM 中一般存放以下内容:

(1) 用户程序 选择 PROGRAM 编程工作方式时, 用编程器键盘键入的程序经过预处理后, 存放在 RAM 的低地址区。

(2) 逻辑变量 在 RAM 中若干个存储单元用来存放逻辑变量, 用 PLC 的术语来说, 这些逻辑变量就是指输入、输出继电器、内部辅助继电器、保持继电器、定时器、计数器、移位继电器等。

(3) 供内部程序使用的工作单元 不同型号的 PLC 存储器的容量是不相同的, 在技术说明书中, 一般都给出与用户编程和使用有关的指标, 如输入、输出继电器的数量, 保持继电器数量, 内部辅助继电器数量, 定时器和计数器的数量, 允许用户程序的最大长度(一般给出允许的最多指令字)等。这些指标都间接地反映了 RAM 的容量, 而 ROM 的容量与 PLC 的复杂程度有关。

二、电源部件

电源部件将交流电源转换成供 PLC 的中央处理器、存储器等电子电路工作所需要的直流电源,使 PLC 能正常工作,PLC 内部电路使用的电源是整机的能源供给中心,它的好坏直接影响 PLC 的功能和可靠性,因此目前大部分 PLC 采用开关式稳压电源供电。

三、输入、输出部分

这是 PLC 与被控设备相连接的接口电路。用户设备需输入 PLC 的各种控制信号,如限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及其它一些传感器输出的开关量或模拟量(要通过模数变换进入机内)等,通过输入接口电路将这些信号转换成中央处理器能够接收和处理的信号。输出接口电路将中央处理器送出的弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出,以驱动电磁阀、接触器、电机等被控设备的执行元件。

(一) 输入接口电路

现场输入接口电路一般由光耦合电路和微电脑输入接口电路组成。

1. 光耦合电路

采用光耦合电路与现场输入信号相连的是为防止现场的强电干扰进入 PLC。光耦合电路的关键器件是光耦合器,一般由发光二极管和光电晶体管组成。

光耦合器的信号传感原理:在光耦合器的输入端加上变化的电信号,发光二极管就产生与输入信号变化规律相同的光信号。光电晶体管在光信号的照射下导通,导通程度与光信号的强弱有关。在光耦合器的线性工作区,输出信号与输入信号有线性关系。

光耦合器由于输入和输出端是靠光信号耦合的,在电气上是完全隔离的,因此输出端的信号不会反馈到输入端,也不会产生地线干扰或其它串扰。

由于发光二极管的正向阻抗值较低,而外界干扰源的内阻一般较高,根据分压原理可知,干扰源能馈送到输入端的干扰噪声很小。正是由于 PLC 在现场信号的输入环节采用了光耦合,才增强了抗干扰能力。

2. 微电脑的输入接口电路

它一般由数据输入寄存器、选通电路和中断请求逻辑电路构成,这些电路集成在一个芯片上。现场的输入信号通过光耦合送到输入数据寄存器,然后通过数据总线送给 CPU。

(二) 输出接口电路

一般由微电脑输出接口电路和功率放大电路组成。

微电脑输出接口电路一般由输出数据寄存器、选通电路和中断请求电路集成而成。CPU 通过数据总线将要输出的信号放到输出数据寄存器中。功率放大电路是为了适应工业控制的要求,将微电脑输出的信号加以放大。PLC 一般采用继电器输出,也有的采用晶闸管或晶体管输出。

除了上面介绍的这几个主要部分外,PLC 上还配有和各种外围设备的接口,均用插座引出到外壳上,可配接编程器、计算机、打印机、录音机以及 A/D、D/A 串行通信模块等,可以十分方便地用电缆进行连接。

第三节 可编程序控制器的基本原理

一、PLC 的等效电路

PLC 可看做一个执行逻辑功能的工业控制装置。其中,中央处理器完成逻辑运算功能,存储器用来保持逻辑功能。因此可把图 1-1 转变成类似于继电器接触器控制的等效电路图,如图 1-3 所示。

PLC 的等效电路可分为三部分：输入部分、内部控制电路和输出部分。

(一) 输入部分

这部分的作用是收集被控设备的信息或操作命令。输入端子是 PLC 与外部开关(行程开关、转换开关、按钮等)、敏感元件等交换信号的端口。输入继电器(如图中 R00000、R00001、R00002 等)由接到输入端的外部信号来驱动,其驱动电源可由 PLC 的电源组件提供(如直流 24V),也有的用独立的交流电源(如交流 220V)供给。等效电路中的一个输入继电器,实际对应于 PLC 输入端的一个输入点及其对应的输入电路。例如一个 PLC 有 8 点输入,那么它相当于有 8 个微型输入继电器,它在 PLC 内部与输入端子相连,并作为 PLC 内部与输入端子相连,也作为 PLC 编程时使用的常开触点和常闭触点。

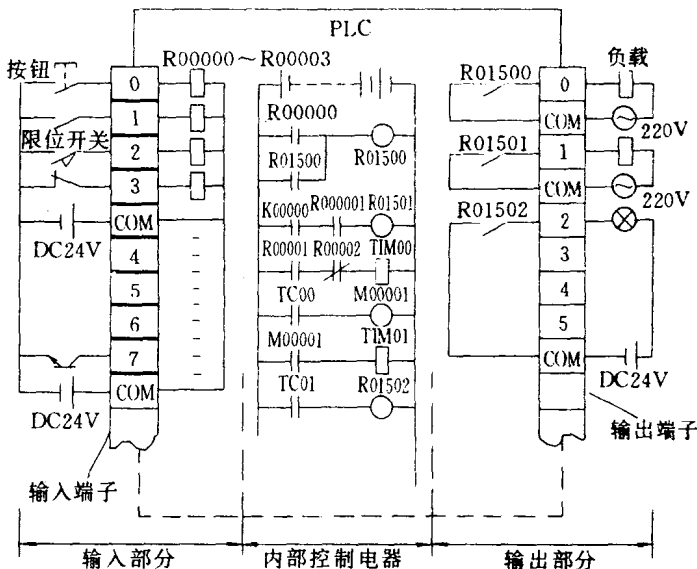


图 1-3 PLC 的等效电路

(二) 内部控制电路

这部分控制电路由用户根据控制要求编制的程序所组成,其作用是按用户程序的控制要求对输入信号进行运算处理,判断哪些信号需要输出,并将得到的结果输出给负载。

PLC 内部有许多类型的器件,如定时器(用 TIM 表示),计数器(用 CNT 表示),辅助继电器(如图中的 M00001)。这些器件都是软器件,它们都有成对用软件实现的常开触点(高电平状态)和常闭触点(低电平状态),均在 PLC 内部。编写的梯形图是将这些软器件进行内部连线,完成被控设备的控制要求。

(三) 输出部分

这部分的作用是驱动外部负载。输出端子是 PLC 向外部负载输出信号的端子。如果一个 PLC 的输出点为 8 点,那么 PLC 就有 8 个输出继电器。PLC 输出继电器(如图 1-3 中的 R01500、R01501、R01502 等)的触点,与输出端子相连,通过输出端子驱动外接负载,如接触器的驱动线圈、信号灯、电磁阀等。输出继电器除提供一副供实际使用的常开触点外,还提供 PLC 内部使用的许多对常开和常闭触点。根据用户的负载要求可选用不同类型的负载电源。此外,PLC 还有晶体管输出和晶闸管输出,前者只能用于直流输出,后者只用于交流输出。但两者采用的都是无触点输出,运行速度快。

下面以简单的三相笼型异步电动机起动、停止控制电路为例,来看用 PLC 构成控制系统的基本过程,以加深对上述等效电路的理解。图 1-4 给出了电动机的继电器接触器控制电路,当按下起动按钮 SB1 时,交流接触器 KM 的线圈接通,其主触头闭合,电动机起动,同时 KM 的另一个辅助触头也闭合,SB1 断开后

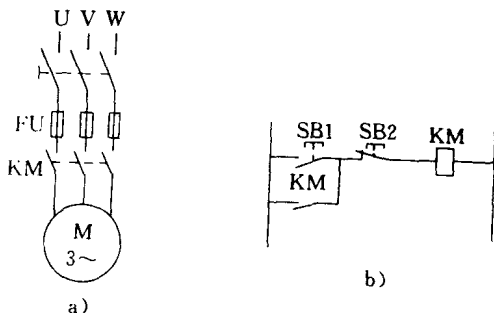


图 1-4 异步电动机的继电器接触器控制

a) 主电路 b) 控制电路

接触器仍保持接通状态。当按下停止按钮 SB2 时, KM 线圈断开, 电动机停转。

采用 PLC 组成的电动机起动, 停止控制电路如图 1-5 所示。其电器线路的主电路如图 1-5a 所示。在 PLC 的输入 0 端子, 接起动按钮 SB1, 端子 1 接停止按钮 SB2, 在 PLC 的输出端子 0 接接触器线圈 KM, 输入输出公共端(COM)分别接电源。用编程器将图 1-5b 的梯形图程序键入 PLC 内, PLC 即可按照这一控制程序工作。当按下 SB1 时输入继电器 R00000 线圈接通, 内部控制电路中的常开触点 R00000 闭合, 输出继电器线圈 R01500 接通, 内部控制电路中的常开触点 R01500 闭合, 产生

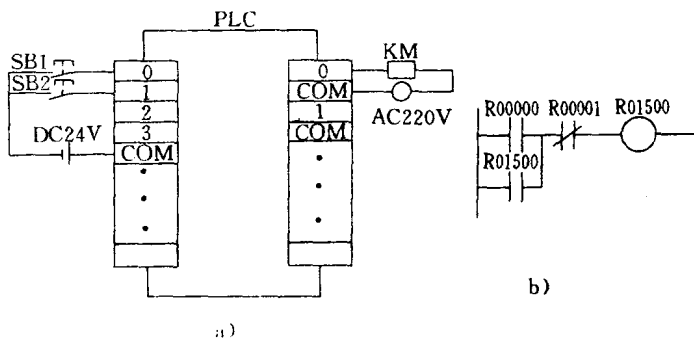


图 1-5 异步电动机的 PLC 控制

a) PLC I/O 连线 b) PLC 梯形图

自保, 同时输出端的输出继电器外部硬件常开触点接通, 使接触器 KM 线圈通电, 电动机运转。当按下按钮 SB2 时输入继电器 R00001 线圈接通, 在内部控制电路的常闭触点 R00001 断开, 输出继电器线圈 R01500 断开, 常开触点 R01500 断开, 电动机停转。当负载(电动机)电流较小时, 可将 PLC 输出点直接与负载相连。

从此例可以看出, 继电器接触器控制是将各自独立的器件及触点以固定接线方式来实现控制要求的, 而 PLC 是将控制要求以程序方式(软件编程)存储在其内部, 送入的这些程序就相当于继电器接触器控制的各种线圈、触点和接线。这种存储程序的控制, 当需要改变控制要求时, 只需修改程序, 而不用改变接线, 因而增加了控制的灵活性和通用性。

可编程序控制器的最大特点就是“可编程”, 所以首先必须建立程序的概念。PLC 的编程语言通常采用梯形图和指令表两种方式来表示, 梯形图是一种图形语言, 指令即为执行程序运算、输入输出控制的助记符号, 两者相互对应。实现一定功能的若干条指令组成一个程序。关于 PLC 的指令和编程详见第三章和第四章。

二、PLC 的工作方式

PLC 采用循环扫描工作方式, 这种工作方式是在系统软件控制下, 顺次扫描各输入点的状态, 按用户程序进行运算处理, 然后顺序向输出点发出相应的控制信号。整个工作过程可分为五个阶段: 自诊断、与编程器等的通信、输入采样、用户程序执行、输出刷新, 其工作过程框图如图 1-6 所示。

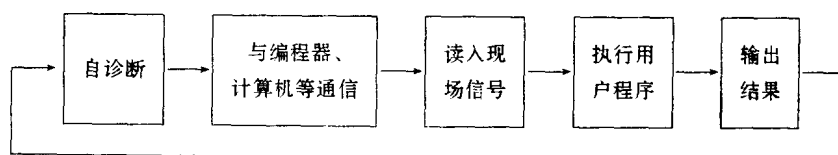


图 1-6 PLC 工作过程框图

① 每次扫描用户程序之前, 都先执行故障自诊断程序。自诊断内容: I/O 部分、存储器、CPU 等, 发现异常, 停机, 显示出错。若自诊断正常, 继续向下扫描。

② PLC 检查是否有编程器、计算机等的通信请求, 若有则进行相应处理, 如接收由编程器送来的程序、命令和各种数据, 并把要显示的状态、数据、出错信息等发送给编程器进行显示。如果有计算机等的通信请求, 也在这段时间完成数据的接受和发送任务。

③ PLC 的中央处理器对各个输入端进行扫描,将输入端的状态送到输入状态寄存器,这就是输入采样阶段。

④ 中央处理器(CPU)将指令逐条调出并执行,以对输入和原输出状态(这些状态统称为数据)进行“处理”,即按程序对数据进行逻辑、算术运算,再将正确的结果送到输出状态寄存器中,这就是程序执行阶段。

⑤ 当所有的指令执行完毕时,集中把输出状态寄存器的状态通过输出部件转换成被控设备所能接受的电压或电流信号,以驱动被控设备,这就是输出刷新阶段。

PLC 经过这五个阶段的工作过程,称为一个扫描周期,完成一个周期后,又重新执行上述过程,扫描周而复始地进行。扫描周期是 PLC 的重要指标之一,在不考虑第二个因素(与编程器等通信)时,扫描周期 T 为

$$T = (\text{读入一点时间} \times \text{输入点数}) + (\text{运算速度} \times \text{程序步数}) \\ + (\text{输出一一点时间} \times \text{输出点数}) + \text{故障诊断时间}$$

显然,扫描时间主要取决于程序的长短,一般每秒钟可扫描数十次以上,这对于工业设备通常没有什么影响。但对控制时间要求较严格、响应速度要求快的系统,就应该精确地计算响应时间,细心编排程序,合理安排指令的顺序,以尽可能减少扫描周期造成的响应延时等不良影响。

PLC 与继电器接触器控制的重要区别之一就是工作方式不同。继电器接触器是按“并行”方式工作的,也就是说按同时执行的方式工作的,只要形成电流通路,就可能有几个电器同时动作;而 PLC 是以反复扫描的方式工作的,它是循环地连续逐条执行程序,任一时刻它只能执行一条指令,这就是说 PLC 是以“串行”方式工作的。这种串行工作方式可以避免继电器接触器控制的触点竞争和时序失配问题。

总之,采用循环扫描的工作方式,也是 PLC 区别于微机的最大特点,使用者应特别注意。

第四节 PLC 的技术性能指标

PLC 的技术性能指标有一般指标和技术指标两种,一般指标主要指 PLC 的结构和功能情况,是用户选用 PLC 时必须首先了解的,而技术指标可分为一般的技术规格和具体的性能规格。

一般规格指使用 PLC 时应注意的问题。其主要内容为 PLC 使用的电源电压、允许电压波动范围、耗电情况、直流输出电压、绝缘电阻、耐压情况、抗噪声性能、耐机械振动及冲击情况、使用环境温度、湿度、接地要求,外形尺寸,重量等等。

具体性能规格是指 PLC 所具有的技术能力,如果只是一般地了解 PLC 性能,了解 PLC 的基本技术性能指标即可。

一、基本技术性能指标

(一) 输入/输出点数(I/O 点数)

即指 PLC 外部输入、输出端子数,这是非常重要的一项技术指标。

(二) 扫描速度

一般指执行一步指令的时间,其单位为 $\mu\text{s}/\text{步}$,有时也以执行 1000 步指令时间计,单位为 $\text{ms}/\text{k 步}$ 。

(三) 内存容量

一般是以 PLC 所能存放用户程序的多少来衡量。在 PLC 中程序指令是按“步”存放的(一条

指令往往不止一步)，一“步”占用一个地址单元，一个地址单元一般占两个字节。如一个内存容量为 1000 步的 PLC 可推出其内存为 2K 字节。

(四) 指令条数

PLC 具有的指令种类越多，说明它的软件功能越强。所以指令条数的多少，是衡量 PLC 软件功能强弱的主要指标。

(五) 内部寄存器

PLC 内部有许多寄存器用以存放变量状态、中间结果和数据等。还有许多辅助寄存器给用户提供特殊功能，以简化整个系统设计。因此寄存器的配置情况是衡量 PLC 硬件功能的一个指标。

(六) 高功能模块

PLC 除了主控模块外还可配接各种高功能模块。主控模块可以实现基本控制功能，高功能模块的配置可以实现一些特殊的专门功能，因此高功能模块的配置反映了 PLC 的功能强弱，它是衡量 PLC 产品水平高低的一个重要标志。目前各生产厂家都在开发高功能模块上狠下功夫，其发展很快，种类日益增多，功能也越来越强。常用的高功能模块有：A/D 模块、D/A 模块、高速计数模块、位置控制模块、轴定位模块、温度控制模块、远程通信模块、高级语言编辑以及各种物理量转换模块等等。

这些高功能模块使 PLC 不但能进行开关量顺序控制，而且能进行模拟量控制、定位控制和速度控制，还可以和计算机进行通信，直接用高级语言编程，这给用户提供了强有力的工具。

二、关于 PLC 的内存分配及 I/O 点数

前面已经介绍了随机存取存储器 RAM 的功能，它除了可以存放用户的控制程序外，还可以存放各种数据和逻辑变量等。除用户程序的存放区域外，其它 RAM 区可以按其功能划分，PLC 内部寄存器的分配如下：

I/O 区
内部辅助寄存器区
特殊寄存器区
数据区

(一) I/O 区

I/O 区的寄存器可直接和外部输入、输出端子传递信息。在 PLC 中，这个区的寄存器有特殊编号，以三星公司 SPC 10 型 PLC 为例，其输入寄存器(即输入继电器)编号为 R00000~R00007，输出寄存器(即输出继电器)编号为 R01500~R01505。I/O 寄存器的每一位对应 PLC 的一个外部端子，其主控单元为 14 点。SPC10 型 PLC 基本单元示意图如图 1-7 所示。

一台 PLC 若 I/O 点数不够，还可以接扩展 I/O 单元模块，扩展单元也有不同点数的产品，可供选用。一般扩展单元内只有 I/O 接口电路、驱动电路，而没有 CPU，它只能经总线电缆与主控单元相连，由主控单元内 CPU 进行寻址，故最大扩展能力受主控单元最大扩展点数限制。SPC 10 型 PLC 经扩展后可分别获得 28 个 I/O 点、42 个 I/O 点、56 个 I/O 点。

(二) 内部辅助寄存器区

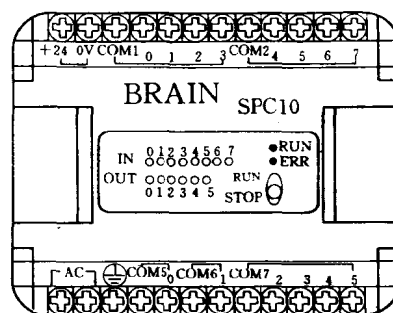


图 1-7 SPC10 型 PLC 基本单元

这个区的寄存器可供用户存放中间变量使用。它们的作用和传统的继电接触器控制系统中的中间继电器非常相似,所以人们习惯称它们为“辅助继电器”或“软继电器”,尽管它们是一些逻辑单元电路,但我们仍把它作为继电器看待,用“软继电器”代替“硬继电器”,可以说自动控制领域中的一次飞跃,即继电控制系统设计上的一个革命,是 PLC 成为继电器控制的替代物的重要原因之一。一个软继电器可以提供无数个常开和常闭触点供编程使用,而且调试和更改“电路”容易,只要修改程序即可,大大增加了系统的灵活性,便于实现柔性加工,成为实现工业自动化的理想工具。

(三) 特殊寄存器区

该区是有特殊用途的,不能由用户任意占用。如有的存放特殊标志,有的产生不同周期的时钟脉冲,有的存放系统内部各种命令等等。

(四) 数据区

存放由外围设备采集进来的各种数据,或运算、处理的中间结果。

以上介绍了 I/O 点和内部寄存器的概念,有关寄存器及 I/O 编号和分配使用等情况将在第二章结合 SPC 100 型 PLC 进行介绍,这里不再详述。

第五节 可编程序控制器的分类及应用场合

一、PLC 产品的分类

(一) 根据结构形状分类

按结构形状分类,PLC 可分为整体式和机架模块式两种。

1. 整体式

整体式结构的 PLC 是将中央处理机、电源部件、输入和输出部件集中配置在一起,结构紧凑、体积小、重量轻、价格低,小型 PLC 常采用这种结构,适用于工业生产中的单机控制。

2. 机架模块式

机架模块的 PLC,是将各部分以单独的模块分开,如中央处理机模块、电源模块、输入模块、输出模块等。使用时可将这些模块分别插入机架底板的插座上,配置灵活、方便,便于扩展。可根据生产实际的控制要求配置各种不同的模块,构成不同的控制系统,一般大、中型 PLC 采用这种结构。

(二) 根据 I/O 点数、容量和功能分类

按 PLC 的 I/O 点数、存储容量和功能来分,大体可以分为大、中、小三个等级。

小型 PLC 的 I/O 点数在 120 点以下,用户程序存储器容量为 2K 字(1K=1024,存储一个“0”或“1”的二进制码称为一位,一个字为 16 位)以下,具有逻辑运算、定时、计数等功能,它适合开关量的场合,可用它实现条件控制、定时、计数控制、顺序控制等。也有些小型 PLC 增加了模拟量处理、算术运算功能,其应用面更广。

中型 PLC 的 I/O 点数在 120~512 点之间,用户程序存储器容量达(2~8)K 字,具有逻辑运算、算术运算、数据传送、数据通信、模拟量输入输出等功能,可完成既有开关量又有模拟量较为复杂的控制。

大型 PLC 的 I/O 点数在 512 点以上,用户程序存储器容量达到 8K 字或 8K 字以上。具有数据运算、模拟调节、联网通信、监视、记录、打印等功能,能进行中断控制、智能控制、远程控制,在用于大规模的过程控制中,可构成分布式控制系统,或整个工厂的自动化网络。

二、PLC 的应用场合

在 PLC 产品的分类中已分别介绍了大、中、小型 PLC 所具有功能,根据它们能完成的控制功能现将其应用场合说明如下:

① 用于开关逻辑控制。这是 PLC 最基本的应用范围。可用 PLC 取代传统继电控制,如机床电气控制、电机控制中心等,也可取代顺序控制,如高炉上料、电梯控制、货物存取、运输、检测等。总之,PLC 可用于单机、多机群以及生产线的自动化控制。

② 用于机械加工的数控控制。PLC 和计算机数控(CNC)装置组合成一体,可以实现数值控制,组成数控机床。

③ 用于机器人控制,可用一台 PLC 实现 3~6 轴的机器人控制。

④ 用于闭环过程控制。现代大型 PLC 都配有 PID 子程序或 PID 模块,可实现单回路、多回路的调节控制。

⑤ 用于组成多级控制系统,实现工厂自动化网络。

目前 PLC 已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、石油、化工、电力、机械制造、汽车装卸、造纸、纺织、环保以及娱乐等,为各行各业工业自动化提供了有力的工具,促进了机电一体化的实现。

第六节 可编程序控制器的应用设计步骤

PLC 控制系统是以程序形式来体现其控制功能的,大量的工作时间将用在软件设计,也就是程序设计上。程序设计对于初学者通常采用继电器系统设计方法中的逐步探索法,以步为核心,一步一步设计下去,一步一步修改调试,直到完成整个程序的设计。由于 PLC 内部继电器数量大,其触点在内存允许的情况下可重复使用,具有存储数量大、执行快等特点,对于初学者采用此法设计可缩短设计周期。PLC 程序设计可遵循以下六步进行:

① 确定被控系统必须完成的动作及完成这些动作的顺序。

② 分配输入输出设备,即确定哪些外围设备是送信号到 PLC,哪些外围设备是接收来自 PLC 信号的,并将 PLC 的输入、输出与之对应进行分配。

③ 设计 PLC 程序,画出梯形图。梯形图体现了按照正确的顺序所要求的全部功能及其相互关系。

④ 实现用计算机对 PLC 的梯形图直接编程。

⑤ 对程序进行调试(模拟和现场)。

⑥ 保存已完成的程序。

显然,要建立一个 PLC 控制系统,必须首先把系统需要的输入、输出数量确定下来。然后按需要确定各种控制动作的顺序和各个控制装置彼此之间的相互关系。确定控制上的相互关系之后,就可进行编程的第二步——分配输入输出设备。在分配了 PLC 的输入输出点,内部辅助继电器、定时器、计数器之后,就可以设计 PLC 程序画出梯形图。在画梯形图时,要注意每个从左边母线开始的逻辑行必须终止于一个继电器线圈或定时器、计数器,与实际的电路图不一样。梯形图画好后,使用 GPC 软件直接把梯形图输入计算机,并下装到 PLC 进行模拟调试,修改↔下装直至符合控制要求。这便是程序设计的整个过程。

第二章 SPC-100 PLC 的规格及系统构成

第一节 概 述

前一章中已经介绍了可编程序控制器(PLC)是一种固态电路,早期的 PLC 可直接代替继电器和硬连线的逻辑电路,可以迅速改变适应新的工艺场合,实现控制功能,有很强的通用性(如 MOD-ICON 早期的 M84,现在国内市场上的如日本立石 P 型机,东芝公司的 EX40 及华光的 SR20. SR21 系列 PLC)。随着近几年微电子技术的发展及控制现场的要求,可编程序控制器在功能上更接近计算机。现在的 PLC 不仅有运算、数据传送和处理的功能,体积也更小。现在的 PLC 不仅仅是执行简单的控制功能而是逐渐向实现群控、联网(与上位机通信图形监控)等功能上发展,即能形成 PLC $\leftrightarrow$ PLC, PLC $\leftrightarrow$ 计算机的多层分布控制系统,可构成整个工厂的自动化网络。

三星公司 BRAIN SPC 系列 PLC 所具有的高技术水准、独特的控制功能和通信能力,正是体现了 PLC 通信的发展趋势。BRAIN SPC 系列 PLC 分三种机型:紧凑型的 SPC 10,模块化的 SPC 100 和 SPC 300。三种机型指令系统是兼容的。本书主要以 SPC 100 为例介绍其编程和通信等功能。

SPC-100 的特点如下:

- ① 典型的模块化结构,每一个功能模块均有独立的壳体结构。
- ② 系统 I/O 容量为开关量 120 点,输入、输出可以任混,模拟量 15 路,并具有数显控制单元及其多种功能配件。
- ③ CPU 处理速度为每步(2~7) μ s,用户内存 2K。三星 PLC 的用户程序存储器是用 EEPROM,而不是 RAM。使用最新工艺的 EEPROM 可对用户程序进行无数次电改写,程序保存不需后备电池,程序可保持 100 年。
- ④ 具有丰富的编程指令和内部寄存器系统,可使用手持编程器编程或使用微机运行编程软件进行梯形图编程。
- ⑤ 系统设有保持寄存器,在系统失电时保持关键数据不被丢失。
- ⑥ 系统具有 RS-232 和 RS-485 通信口,通讯功能强,公开的通信协议可使用户运用计算机语言对系统进行深度开发利用。
- ⑦ 系统可与 ONSPEC, FIX 等工业软件接口构成图形监控系统。
- ⑧ 32 台 SPC-100 可同时与同一台计算机联网通信。
- ⑨ 系统抗干扰能力强,适应供电电源波动(AC 85V~264V)。
- ⑩ 系统结构精巧,安装、接线方便,可靠。

第二节 技 术 性 能

SPC 系列 PLC 的各种模块型号、一般性能、CPU 特性、电源特性及输入输出特性等见表 2-1~表 2-8。