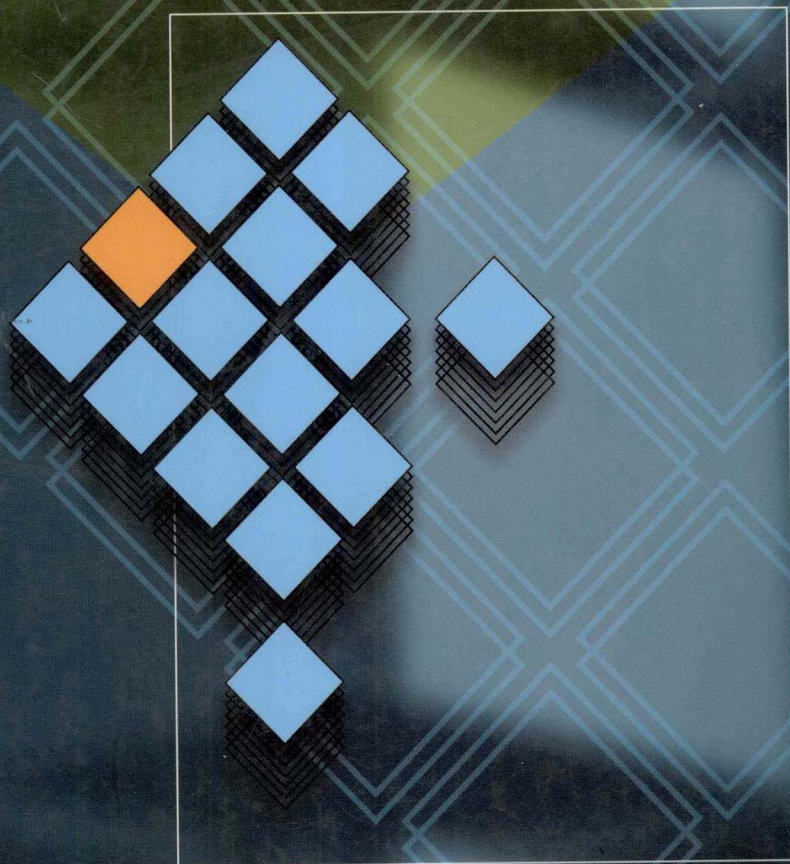


●● 高等学校教材

可编程序控制器

原理◎应用◎实验

主 编 常斗南
副主编 李全利 张学武



机械工业出版社
China Machine Press

第 2 版

高等学校教材

可编程序控制器 原理·应用·实验

第 2 版

主 编 常斗南

副主编 李全利 张学武



机械工业出版社

可编程序控制器 (PLC) 是 20 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, 现已广泛应用于自动化的各个领域。本书以日本松下电工 FPI 系列 PLC 为例, 系统地介绍了 PLC 的结构、工作原理、指令系统、编程方法、应用实例及系统实验, 并编有 FPSOFT for Windows 中文版编程软件的使用方法, 是一本与 TVT-90 系列学习机配套的 PLC 教材。

该书可作为各类学校电气专业、机电一体化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书。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器原理·应用·实验 - 2 版/常斗南主编. - 北京: 机械工业出版社, 1998.7

ISBN 7 - 111 - 06497 - 6

I. 可… II. 常… III. 可编程序控制器-基本知识 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 18313 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: 贡克勤 版式设计: 霍永明 责任校对: 张 佳

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 郭景龙

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm¹/₁₆ · 26.75 印张 · 699 千字

19 301—24 300 册

定价: 32.00 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

可编程序控制器简称 PLC, 是 20 世纪 60 年代以来发展极为迅速、应用面极为广泛的工业控制装置, 是现代工业自动化的三大支柱之首。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, 来控制各种类型的机械设备或生产过程。

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 均承担着重要角色。日本松下电工的 FP 系列 PLC 是其 20 世纪 90 年代开发的第三代产品, 代表了当今世界 PLC 的发展水平。FP1 系列虽然是小型机, 但它集 CPU、I/O、通信等诸多功能模块为一体, 具有体积小、功能强、性能价格比高等特点, 适合我国国情, 特别适合在中小企业推广应用。为方便各类学校使用 TVT-90 系列 PLC 学习机进行教学, 我们编写了这本教材, 以 FP1 系列 PLC 为例, 阐述其结构、工作原理、指令系统、编程方法、应用实例及系统实验, 编有 40 种以上的编程操作和 PLC 基本指令训练的实验内容, 并配备了各种编程训练的程序清单。对于书中所介绍的实验内容, 各学校可根据需要进行取舍。如果需要层次较高的培训, 可将一些实验板组合使用, 加强编程难度, 达到强化训练的目的。

目前, 全国各类学校都已将 PLC 技术纳入教学, 并且随着教学改革的发展, PLC 教学正向着更深层次发展。天津职业技术学院自动化系在研制的 TVT-90 系列 PLC 学习机的基础上, 又研制开发了 TVT-99 系列和 TVT-2000 系列 PLC 教学实物模型, 为各类学校的 PLC 实验和实训教学、课程设计、毕业设计提供了现代教学手段。根据广大院校师生的要求, 在本书第 2 版的第四章中增加了电梯和材料分拣等 PLC 控制的应用型实例, 以及高速计数器应用、中断控制等 12 种基本电路的编程。

为了使广大院校师生更方便地编程, 更容易地调试程序, 更多地发挥 PLC 的功能, 松下电工在其功能强大的 FP 系列 PLC 编程软件 NPST for Dos 的基础上, 又推出了 FPSOFT for Windows 中文版, 为此本书在第六章中又增加了第五节和第六节编程软件的使用举例。

本书由常斗南、李全利、张学武、李辉、方强、闫虎民、刘春英编写。主编常斗南、副主编李全利、张学武。前言及第三章第六节~第十节由常斗南编写, 第三章第十一节~第十六节由李全利编写, 第一章、第三章第三节~第五节、第四章、第五章由张学武编写, 第三章第一、二节、第六章第一节~第四节、第七章由李辉编写, 第六章第五节、第六节由方强编写, 第八章第四节~第六节由闫虎民编写, 第二章、第八章第一节~第三节及附录由刘春英编写。

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批评指正。

编 者

目 录

前 言	
第一章 可程序控制器的一般结构及 基本工作原理	1
第一节 PLC 的产生和特点及其发展动向	1
第二节 PLC 的一般结构和基本工作原理	3
第三节 PLC 的技术性能指标	6
第四节 PLC 的分类及应用场合	9
第五节 PLC 的应用设计步骤	10
第二章 FPI 系列 PLC 的规格及 系统构成	11
第一节 概述	11
第二节 FPI 系列 PLC 的构成及特性	17
第三节 FPI 的内部寄存器及 I/O 配置	22
第三章 指令系统	25
第一节 基本指令的类型	25
第二节 基本顺序指令	29
第三节 基本功能指令	38
第四节 控制指令	49
第五节 比较指令	67
第六节 高级指令的类型及其构成	75
第七节 数据传输指令	83
第八节 BIN 和 BCD 算术运算指令	95
第九节 数据比较指令	123
第十节 逻辑运算指令	130
第十一节 数据转换指令	133
第十二节 数据移位指令	163
第十三节 数据循环指令	171
第十四节 位操作指令	175
第十五节 特殊指令	180
第十六节 高速计数器特殊指令	192
第四章 编程指导	217
第一节 PLC 的编程方法	217
第二节 PLC 中的数据及 BCD 码应用 举例	236
第三节 索引寄存器功能及应用举例	238
第四节 如何使用高速计数器	241
第五节 系统寄存器功能及其设置	245
第五章 安装接线与维修	248
第一节 安装接线	248
第二节 维修	250
第六章 编程软件	253
第一节 NPST-GR 简介与安装	253
第二节 NPST-GR 编程软件使用	254
第三节 NPST-GR 功能总览	258
第四节 编程和监控运行	261
第五节 NPST for Dos 的使用方法	275
第六节 FPSOFT for Windows 的使用方法	278
第七章 通信功能的实现	329
第一节 通信的基本概念及接口	329
第二节 FPI 的通信功能	330
第三节 通信协议	332
第四节 FPI 与计算机通信的实现	334
第八章 PLC 应用实验	341
第一节 TVT-90A 箱式 PLC 学习机	341
第二节 编程器操作训练	348
第三节 指令系统训练	357
第四节 程序设计训练	363
第五节 TVT-90C 台式 PLC 学习机	379
第六节 FPI 型 PLC 特殊功能的应用	392
附录	400
附录 A 存储区表	400
表 A-1 FP-M 存储区域表	400
表 A-2 FPI 存储区域表	401
附录 B 内部寄存器和继电器一览表	403
表 B-1 系统寄存器表	403
表 B-2 特殊内部继电器表	410
表 B-3 特殊数据寄存器表	412
附录 C 错误代码及 OP 功能表	420
表 C-1 总体检查错误代码表	420
表 C-2 自诊断错误代码表	421
表 C-3 OP 功能表	421
附录 D 数据数码表	422
表 D-1 二进制/BCD 说明表	422
表 D-2 ASC II 码表	423
参考文献	424

第一章 可编程序控制器的一般结构及基本工作原理

第一节 PLC 的产生和特点及其发展动向

一、PLC 的产生和特点

20 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, 代替传统的继电器接触器控制。传统的继电器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。

20 世纪 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 年美国通用汽车公司 (GM) 首先公开招标, 对控制系统提出的具体要求基本为①它的继电器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器控制系统结合起来。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, 故称为可编程逻辑控制器, 简称 PLC (Programmable logic Controller)。

20 世纪 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, 真正成为一种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。

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:

(一) 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。

(二) 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。接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，并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，而且接线少，维修时只需更换插入式模块，维护方便。

(三) 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，内部处理不依赖于接点，元件的寿命几乎不用考虑。目前 PLC 的整机平均无故障工作时间一般可达 2~5 万 h，甚至更高。

(四) 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、PLC 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。20 世纪 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 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 PREDICASC 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、计算机辅助设计和制造）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、西安的彩电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，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 PLC 的一般结构和基本工作原理

一、PLC 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, 普通微机大多只考虑信息本身, 别的不多考虑, 而 PLC 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, 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。

(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。

1. 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) 接口电路相连接。

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。

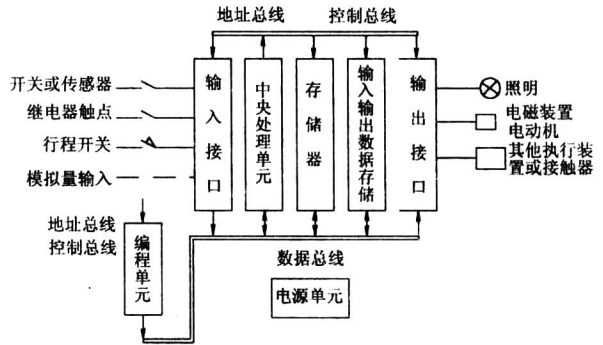


图 1-1 PLC 机结构示意图

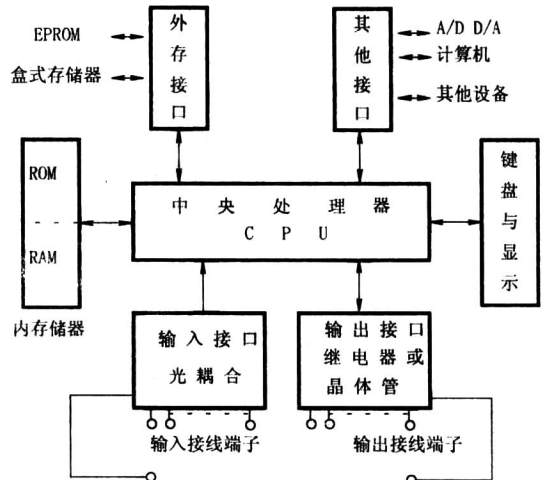


图 1-2 PLC 机逻辑结构示意图

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。

2. 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计算机输入的用户程序。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, 可通过编程器或计算机修改或增删。

在 PLC 中使用的两种类型存储器为 ROM 和 RAM, 现说明如下:

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, 用编程器或计算机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、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; 内辅继电器数量; 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体的能源供给中心, 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、电动机等被控设备的执行元件。

1. 输入接口电路

现场输入接口电路一般由光电耦合电路和微电脑输入接口电路组成。

1) 光电耦合电路。采用光电耦合电路与现场输入信号相连是为了防止现场的强电干扰进入 PLC。光电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三极管组成。

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。光电三极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。

光耦合器的抗干扰性能：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电耦合，因而增强了抗干扰能力。

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电耦合送到输入数据寄存器，然后通过数据总线送给 CPU。

2. 输出接口电路

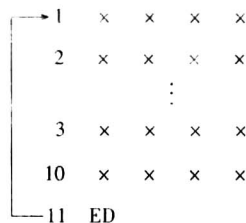
一般由微电脑输出接口电路和功率放大电路组成。

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。

二、PLC 的基本工作原理

PLC 虽具有微机的许多特点，但它的工作方式却与微机有很大不同。微机一般采用等待命令的工作方式。如常见的键盘扫描方式或 I/O 扫描方式，有键按下或 I/O 动作则转入相应的子程序，无键按下则继续扫描。PLC 则采用循环扫描工作方式，在 PLC 中，用户程序按先后顺序存放，如：



CPU 从第一条指令开始执行程序，直至遇到结束符后又返回第一条。如此周而复始不断循环。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 1-3 所示。

1) 每次扫描用户程序之前，都先执行故障自诊断程序。自诊断内容为 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。

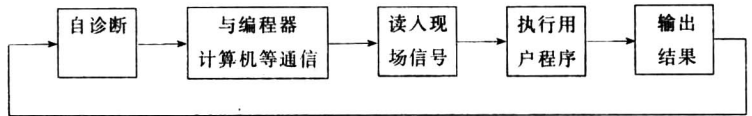


图 1-3 PLC 工作过程框图

2) PLC 检查是否有与编程器和计算机的通信请求，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。如果有与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中，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：

$$T = (\text{读入一点时间} \times \text{输入点数}) + (\text{运算速度} \times \text{程序步数}) + (\text{输出一段时间} \times \text{输出点数}) + \text{故障诊断时间}$$

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，就应该精确的计算响应时间，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 与继电器控制的重要区别之一就是工作方式不同。继电器控制是按“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，就可能有几个继电器同时动作。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。

第三节 PLC 的技术性能指标

各厂家的 PLC 产品技术性能各不相同，且各有特色，这里不可能一一介绍，只能介绍一些基本的、常见的技术性能指标。

一、常见技术性能指标

(一) 输入/输出点数 (即 I/O 点数)

即指 PLC 外部输入、输出端子数。这是最重要的一项技术指标。

(二) 扫描速度

一般以执行 1000 步指令所需时间来衡量, 故单位为 ms/千步。也有时以执行一步指令的时间计, 如 $\mu\text{s}/\text{步}$ 。

(三) 内存容量

一般以 PLC 所能存放用户程序多少衡量。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用两个字节。如一个内存容量为 1000 步的 PLC 可推知其内存为 2K 字节。

(四) 指令条数

这是衡量 PLC 软件功能强弱的主要指标。PLC 具有的指令种类越多, 说明其软件功能越强。

(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、数据等。还有许多辅助寄存器可供用户使用, 这些辅助寄存器常可以给用户提供许多特殊功能或简化整体系统设计。因此寄存器的配置情况常是衡量 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以配接各种高功能模块。主控模块实现基本控制功能, 高功能模块则可实现某一种特殊的专门功能。高功能模块的多少, 功能强弱常是衡量 PLC 产品水平高低的一个重要标志。故各厂家都在开发高功能模块上狠下功夫, 近年来高功能模块发展很快, 种类日益增多, 功能也越来越强。目前已开发出的常用高功能模块如下:

A/D 模块、D/A 模块、高速计数模块、速度控制模块、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, 可进行精确的定位和速度控制, 可以和计算机进行通信, 还可以直接用高级语言进行编程, 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

前面介绍了 PLC 中的 RAM 除存放调试中的用户程序外, 还可存放各种数据及逻辑变量等。PLC 内部寄存器分配如下:

I/O 区
内部辅助寄存器区
特殊寄存器区
数据区

每个区分配一定数量的寄存器单元, 并按不同的区进行编号。

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, 如输入寄存器编号为 X_n , 输出寄存器编号为 Y_n , n 可以是任意十进制数。 n 的范围主

要受 CPU 的 I/O 寻址能力限制。I/O 寄存器一般是一个 16 位的寄存器，它的每一位对应 PLC 的一个外部端子。I/O 寄存器的个数乘 16 即 PLC 的最大可扩展的 I/O 点数。如 I/O 寄存器有 10 个，则 $10 \times 16 = 160$ ，即该 PLC 最大可扩展到 160 个 I/O 点。不同机型的 PLC 配备不同的 I/O 点，一般小型 PLC 其主机有几十个 I/O 点。

为了适应不同用户的需要，有少到 8 点多到 60 点的各种不同 I/O 点的系列 PLC。其外形及面板示意图如图 1-4 和图 1-5 所示。

图 1-4 是松下电工 FPI-C16 (16 点 I/O) 型 PLC 的实物面板图。图 1-5 是其外部端子接线示意图。

一台 PLC 在 I/O 点数不够还可以接扩展 I/O 模块，扩展 I/O 模块也有不同点数的产品可供选用。一般扩展模块内只有 I/O 接口电路、驱动电路而没有 CPU，它只能经总线电缆与主体相连，由主机内 CPU 进行寻址，故最大扩展能力受主机最大扩展点数限制。如一个 120 点的 PLC 小型机系统，可以由一个 40 点的主机加两个 40 点的 I/O 扩展模块构成。其连接示意图如图 1-6 所示。

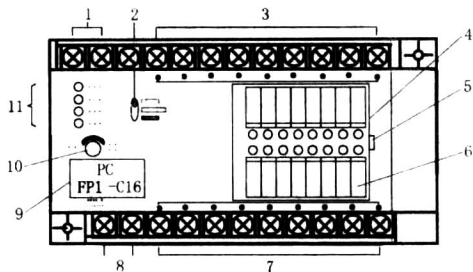


图 1-4 FPI-C16 型 PLC 实物面板图

- 1—交流或直流电源输入端子 2—工作方式选择开关
3—输出接线端子 4—I/O 扩展接口插槽 5—输入、输出状态指示灯 6—标签 7—输入接线端子
8—直流电源输出端子 9—编程器接口插槽
10—可调输入端子 11—PLC 工作状态指示灯

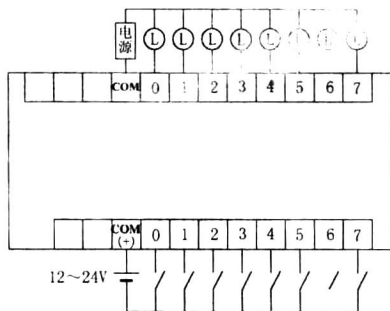


图 1-5 FPI-C16 外部端子接线示意图

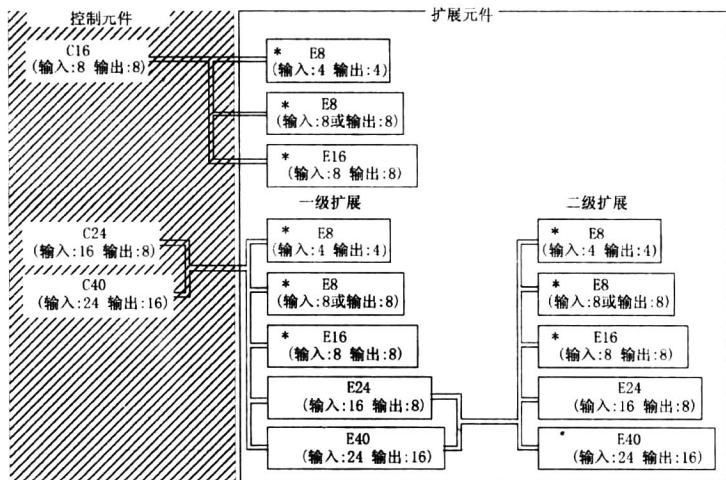


图 1-6 FPI 扩展单元连接示意图

第四节 PLC 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 (即质量) 轻和价格低, 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

机架模块式 PLC, 是将各部分单独的模块分开, 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—“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及定时、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 ~ 8K 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 所具有的功能, 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 取代传统继电接触器控制, 如机床电气、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 和计算机控制 (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 现已广泛应用于钢铁、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。

第五节 PLC 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渐探索法，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，其接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，故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、输出口与之对应进行分配。

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，在建立一个 PLC 控制系统时，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，使用编程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 FP1 系列 PLC 的规格及系统构成

第一节 概 述

日本松下电工株式会社从 1982 年开始生产第一代可编程序控制器以来,至今已有 19 年历史,目前我国销售的 FP 系列可编程序控制器是 20 世纪 90 年代开发的第三代产品,可以说它代表了当今世界 PLC 的发展水平。

一、FP 系列 PLC 产品分类

FP 系列可编程序控制器可分为三大类七种型号的产品。

(一) 整体式机型 FP1 及其特点

FP1 是日本松下电工生产的小型 PLC 产品,该产品有 C14 ~ C72 多种规格,形成系列化。它集 CPU、I/O、通信等诸多功能模块为一体,具有体积小、功能强、性能价格比高等特点。它适用于单机、小规模控制,在机床、纺机、电梯控制等领域得到了广泛的应用,适合我国国情,特别适合在中小企业中推广应用。

FP1 分为主机、扩展、智能单元三种。其中主机包括 14 点、16 点、24 点、40 点、56 点、72 点,扩展单元包括 8 点、16 点、24 点、40 点,智能单元包括远程 I/O 单元、C-NET 网络单元、A/D 单元、D/A 单元。最多可扩展到 152 点,同时还可以控制 4 路 A/D、4 路 D/A。

采用 FP1 实现 PLC 控制的主要特点为:

1) 程序容量最大可达 5000 步,并为用户提供充足的数据区(最大 6144 字)、内部继电器(最大 1008 点)、定时器/计数器(最大 144 个)。

2) 具有基本指令 81 条,高级指令 111 条。除能进行基本逻辑运算外,还可进行 +、-、 $\times$ 、 $\div$ 等四则运算。除能处理 8 位、16 位数字外,还可处理 32 位数字,并能进行多种码制变换。除一般小型 PLC 中常用的指令外,还有中断和子程序调用、凸轮控制、高速计数、字符打印以及步进指令等特殊功能指令。由于具有丰富的基本指令和高级指令,使编程更为简捷、容易,故给用户提供了极大的方便。

3) 具有完善的高级功能。机内高速计数器可输入频率高达 10kHz 的脉冲,并可同时输入两路脉冲。晶体管输出型的 FP1 可以输出频率可调的脉冲信号。该小型机具有 8 个中断源的中断优先权管理;输入脉冲捕捉功能可捕捉最小脉冲宽度 0.5ms 的输入脉冲;可调输入延时滤波功能可以使输入响应时间根据外围设备的情况进行调节,调节范围为 1 ~ 128ms;手动拨盘式寄存器控制功能,可通过调节面板上的电位器使特殊数据寄存器 DT9040 ~ DT9043 中的数值在 0 ~ 255 之间改变,实现从外部进行输入设定。还有强制置位/复位控制功能、口令保护功能、固定扫描时间设定功能、时钟/日历控制功能等。实现了对各种对象的控制。

4) 具备网络功能。使用松下电工的 C-NET 网,用 RS485 双绞线,可将 1200m 范围内多达 32 台 PLC 联网,实现上位机监控。FP1 的监控功能很强,可实现梯形图监控,列表继电器监控,动态时序图监控(用户可同时监控 16 个 I/O 点时序)。具有几十条监控命令,多种监控方式,如单点、多点、字、双字等等。

表 2-1 ~ 表 2-4 是 FP1 产品规格一览表，表 2-5 是 FP1 性能一览表。

表 2-1 FP1 控制单元规格表

系 列		说 明					
		内藏式 存储器	I/O 点数	工作电压	COIM 端极性 (输入)	类 型	型 号
C14	标准型	EEPROM	14 输入：8 输出：6	24 V DC	±	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路) 晶体管 (PNP 集电极开路)	AEPI2313B AFPI2343B AFPI2353B
				100 ~ 240V AC	±	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路) 晶体管 (PNP 集电极开路)	AFPI2317B AFPI2347B AFPI2357B
				24V DC	±	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路) 晶体管 (PNP 集电极开路)	AFPI2113B AFPI2143B AFPI2153B
					+	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路)	AFPI2112B AFPI2142B
C16	标准型	EEPROM	16 输入：8 输出：8	100 ~ 240V AC	±	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路) 晶体管 (PNP 集电极开路)	AFPI2117B AFPI2147B AFPI2157B
				24V DC	+	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路)	AFPI2116B AFPI2146B
					±	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路) 晶体管 (PNP 集电极开路)	AFPI2213B AFPI2243B AFPI2253B
					+	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路)	AFPI2212B AFPI2242B
C24	标准型	RAM	24 输入：16 输出：8	100 ~ 240V AC	±	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路) 晶体管 (PNP 集电极开路)	AFPI2217B AFPI2247B AFPI2257B
				24V DC	+	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路)	AFPI2216B AFPI2246B
					±	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路) 晶体管 (PNP 集电极开路)	AFPI2213CB AFPI2243CB AFPI2253CB
					+	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路)	AFPI2212CB AFPI2242CB
	C24C 型 (带 RS232C 口及日历/ 时钟功能)	RAM	24 输入：16 输出：8	100 ~ 240V AC	±	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路) 晶体管 (PNP 集电极开路)	AFPI2217CB AFPI2247CB AFPI2257CB
				24V DC	+	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路)	AFPI2216CB AFPI2246CB
					±	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路) 晶体管 (PNP 集电极开路)	AFPI2213CB AFPI2243CB AFPI2253CB
					+	继电器 晶体管 (NPN 集电极开路)	AFPI2212CB AFPI2242CB