



教育部高职高专规划教材

陈琳 主编
李文森 副主编
何明瑞 主审

可编程控制器 应用技术

 化学工业出版社
教材出版中心

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器应用技术/陈琳主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 4

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-5443-2

I. 可… II. 陈… III. 可编程序控制器-高等学校: 技术学院-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 038080 号

教育部高职高专规划教材
可编程控制器应用技术

陈琳 主编

李文森 副主编

何明瑞 主审

责任编辑: 高钰

文字编辑: 廉静

责任校对: 王素芹

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京云浩印刷有限责任公司印刷
三河市海波装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 10½ 字数 254 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5443-2/G · 1421

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来，在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下，各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看，具有高职高专教育特色的教材极其匮乏，不少院校尚在借用本科或中专教材，教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此，1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》（以下简称《基本要求》）和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》（以下简称《培养规格》），通过推荐、招标及遴选，组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师，成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍，并在有关出版社的积极配合下，推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种，用5年左右时间完成。这500种教材中，专门课（专业基础课、专业理论与专业能力课）教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求，在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上，充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特性和能力本位，调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础，突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下，专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间，在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上，充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验，解决新形势下高职高专教育教材的有无问题；然后再用2~3年的时间，在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，通过研究、改革和建设，推出一大批教育部高职高专规划教材，从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材，并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作，不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

可编程控制器（简称 PLC 或 PC）是一种专为工业环境下应用而设计的，以微处理芯片为核心的新型工业控制装置。它功能强、可靠性高、体积小、使用方便，近年来，在机床、自动生产线、轧钢机、压力机等工业生产设备中得到了广泛应用。

本书介绍了 PLC 的基本结构、工作原理和控制特点，以三菱 FX1N 系列小型 PLC 为典型机，详细介绍了 PLC 的编程元件、指令系统、编程原则，以部分典型控制电路为例，介绍了 PLC 的编程、控制方法。同时，简单介绍了 OMRON C 系列小型 PLC 的指令系统和典型应用。

本书注重 PLC 的实际应用，适合用作高职、高专院校自动化、电气技术、机电一体化等专业的 PLC 教材，也可供有关工程技术人员参考。

学习本课程应具备一定的工厂电气设备专业知识，在教学中可适当补充相关知识。

PLC 是一门实践性较强的专业课，教学中必须安排一定课时的实验，本书中没有专门的实验内容，但第三章、第四章中的 PLC 程序、接线图可以供实验时参考。

FX1N 系列 PLC 的应用指令共 89 种，本书只选取了常用的部分予以简介。而对工业控制中常用的基本指令、步进指令、定时器和计数器的编程予以详细论述。

本书以讲解 FX1N 系列 PLC 为主，第五章简单介绍了 OMRON 公司的 C 系列 P 型 PLC，教学中可以根据需要选用。

本书由陈琳主编，李文森任副主编，参加本书编写的还有王英永、张蕾两位老师。具体分工如下：第一章、第三章及第四章的第一节由陈琳编写；第二章由李文森编写；第四章的第二至九节由王英永编写；第五章由张蕾编写。

本书由何明瑞副教授主审。

在本书的编写过程中，何明瑞副教授、李士军副教授给了我们无私的帮助和指导，同时得到了有关领导的大力支持和同仁们的热情帮助，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错漏之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2004 年 1 月

目 录

第一章 概述	1	第五节 FX1N 的应用指令	37
第一节 可编程控制器的产生	1	第六节 FX1N 的选用设备	57
第二节 可编程控制器的分类	1	思考题	59
第三节 可编程控制器的特点及应用	2	第四章 三菱 FX1N 系列可编程控制器	
第四节 可编程控制器的发展	3	应用举例	62
第五节 可编程控制器与微机及继电器		第一节 FX-20P-E 编程器的使用	62
控制的区别	4	第二节 PLC 控制系统的基本设计方法	71
思考题	5	第三节 基本指令的编程	73
第二章 可编程控制器的工作原理	6	第四节 三相异步电动机的 PLC 控制	77
第一节 可编程控制器的硬件配置	6	第五节 两种液体混合装置的 PLC 控制	80
第二节 可编程控制器应用软件的编制	9	第六节 十字路口交通灯的 PLC 控制	83
第三节 可编程控制器的工作特点	11	第七节 机械手动作的 PLC 控制	85
思考题	13	第八节 邮件分拣系统的 PLC 控制	88
第三章 三菱 FX1N 系列可编程控制器		第九节 FX1N 系列 PLC 的安装与维护	91
指令系统	14	思考题	94
第一节 FX1N 系列可编程控制器		第五章 C 系列可编程控制器	95
内部元件	14	第一节 C 系列 P 型机的系统配置	95
第二节 FX1N 系列 PLC 的基本指令	18	第二节 C 系列 PLC 的指令系统	100
第三节 FX1N 的步进指令	27	第三节 编程器的操作	147
第四节 FX1N 的定时器和计数器的编程	31	参考文献	159

第一章 概 述

第一节 可编程控制器的产生

可编程控制器 (Programmable Controller) 简称 PLC, 它是一种专为工业环境下应用而设计的, 以微处理芯片为核心的新型工业控制装置。

在可编程控制器出现以前, 继电器控制得到广泛应用, 在工业控制中占主导地位。但是, 继电器控制系统是靠硬连线逻辑构成系统, 接线复杂, 对生产工艺变化的适应性差, 体积大, 可靠性低, 查找故障困难。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, 想寻找一种方法, 尽可能减少重新设计系统和接线的工作量, 降低成本。于是, 设想把计算机的功能完备、灵活性和通用性强等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来, 制造一种新型的工业控制装置。为此, 1968 年, 美国通用汽车公司公开招标。1969 年美国数字公司 (DEC) 根据招标的要求研制出了世界上第一台可编程控制器, 并在通用公司汽车生产线上首次应用成功。当时人们把它称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller), 简称 PLC。

初期的 PLC 仅具备逻辑控制、定时、计数等功能, 只是用它来取代继电器控制。随着微电子技术和计算机技术的发展, 20 世纪 70 年代中期出现了微处理器和微型计算机, 微机技术被应用到 PLC 中, 使其不仅具有逻辑控制功能, 而且还增加了运算数据、传送和处理等功能, 成为具有计算机功能的工业控制装置。1980 年美国电气制造商协会 (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第一稿和第二稿, 对可编程控制器作了如下定义: 可编程控制器是一种数字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, 控制各种类型的生产机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备都应易于与工业控制系统联成一体, 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, 简称 PC, 但有时为了与个人计算机 (Personal Computer) 区别, 将其简称为 PLC (早期的名称)。PLC 和 PC 这两个简称现在都在使用, 本书使用 PLC。

第二节 可编程控制器的分类

PLC 一般可按 I/O (输入/输出) 点数和结构形式来分类。

一、按 I/O 点数分类

按 I/O 点数可分为小型、中型和大型。小于 512 点为小型 PLC (其中小于 64 点的为超

小型或微型 PLC)，512~2048 点为中型 PLC，2048 点以上的为大型 PLC（超过 8192 点的为超大型 PLC）。当然，这个分类界线不是固定不变的，它会随整体式的发展而改变。

二、按结构形式分类

按其结构形式可分为整体式和模块式。

1. 整体式 PLC

整体式又称单元式或箱体式，是将电源、CPU、I/O 部件都集中装在一个机箱内。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 各部分分成单独的模块，如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块和各种功能模块。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，各种模块安装在底板上。模块式结构配置灵活，装配方便，便于扩展与维修。一般大中型 PLC 采用模块式结构，有的小型机也采用这种结构。

有的 PLC 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，配置比较灵活。

第三节 可编程控制器的特点及应用

一、PLC 的特点

1. 可靠性高

由于采用了一系列的保证 PLC 高可靠性的措施，PLC 的平均无故障工作时间一般可达 3~5 万小时。PLC 的环境适应性强，它能在工业环境下可靠地工作。其高可靠性已得到用户的普遍认可，这是 PLC 得以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，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，采用良好的制造工艺。

2. 编程简单

PLC 常用的编程语言是梯形图语言。梯形图与继电器原理图类似，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，可以现场修改程序，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。

3. 通用性强

各个 PLC 生产厂家都有各种系列化产品、各种模块供用户选择。用户可以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。在设计时，一般不需要用户制作任何附加装置，从而使设计、施工工作简化。

4. 体积小、结构紧凑、安装维护方便

PLC 体积小、重量轻、便于安装。PLC 具有自诊断、故障报警、故障类型显示功能,便于操作和维修人员检查,可以通过更换模块插件,迅速排除故障。PLC 的结构紧凑,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

PLC 已广泛应用于国内外的冶金、化工、机械、汽车、轻工等行业。按应用类型来分,PLC 的应用大致分为如下几个领域。

1. 开关量逻辑控制

PLC 最基本的功能是逻辑运算、定时、计数等,用来进行逻辑控制,可以取代传统的继电器控制。很多机床控制、自动生产线控制都属于这一类。这是 PLC 最基本的应用。

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,也可用作过程控制。

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. 分布控制系统

近几年,随着计算机控制技术的发展,兴起了工厂自动化 (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 可编程控制器的发展

由于 PLC 所具有的独特功能和和生产现场的广泛适应性,从 PLC 产生开始,就引起各工业发达国家的极大关注。各电气控制制造商纷纷研制开发,新型 PLC 不断涌现。随着超大规模集成电路、微处理器等计算机技术的发展,PLC 的功能大大增强,有利地推动着 PLC 技术的发展。

PLC 技术的发展过程大约可分为三个阶段。

1. 早期阶段 (20 世纪 60 年代末~70 年代中期)

这时的 PLC 采用一位计算机,装置中器件主要是分离元件和中小规模集成电路,存储器采用磁芯体。在软件编程上,吸取了继电器控制线路的特点,形成了梯形图编程语言。此阶段的 PLC,其主要功能是执行顺序控制、定时、计数等。

2. 中期阶段 (20 世纪 70 年代中期~80 年代后期)

在 20 世纪 70 年代,微处理器的出现使 PLC 发生了巨大的变化。PLC 制造商采用微处理器作为 PLC 的中央处理部件,使其处理能力大大增强。

在软件方面,除了保持早期的逻辑运算、计时、计数等功能外,还增加了算术运算、数据处理、通信、自诊断等功能。

在硬件方面,增加了模拟量 I/O、远程 I/O 及各种特殊功能模块,如高速计数模块、过

程控制的 PID 模块、通信模块、定位控制模块等，使 PLC 的应用范围得以扩大。

为了适应不同的控制场合，PLC 逐步形成了小、中、大的系列产品，以满足不同的用户需要。

3. 近期的 PLC (20 世纪 80 年代后期至今)

由于超大规模集成电路的迅速发展，PLC 使用的微处理器档次不断提高，使得 PLC 的软、硬件功能发生了巨大的变化。新一代小型 PLC，由于采用了强大的 16 位微处理器和专用的逻辑处理芯片，使其功能大大增强，能执行包括逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理、高速计数、中断、通信联网等各种指令。

新一代的大、中型 PLC 采用了更先进的微处理器，其速度更快、功能更强。I/O 的处理方式除了能进行通用的扫描处理方式以外，还可以采用直接处理方式，即在执行用户程序的过程当中，直接读输入、刷新输出。新一代 PLC 指令的执行速度极快，处理一条功能指令仅需 $0.5\mu\text{s}$ 左右。同时，通信功能得到了极大地加强，各种通信联网模块，可以构成三级通信网，实现工厂生产、管理的自动化。

20 世纪 70 年代初，受世界性电子革命的影响，我国一些高校、科研单位开始研制并少量生产晶体管式顺序控制器。从 1979 年开始，我国进行带微处理器的 PLC 的研制和生产。但是，到目前为止，独立开发的产品很少，主要依靠引进技术，或者与国外厂家进行技术合作，散件组装。

中国目前应用较多的 PLC 是从日本、美国、德国等国家进口的产品。典型机型有：日本三菱电气公司的 F 系列、FX 系列；日本立石公司的 OMRON C 系列；美国 AB 公司的 PLC-5 系列；德国西门子公司的 S5、S7 系列等。

第五节 可编程控制器与微机及继电器控制的区别

一、PLC 与微机的区别

这里所说的微机是指通用的计算机，它最大的特点是运算速度快、功能强、应用范围广。目前，科学计算、办公自动化、工业控制自动化等各行各业均广泛地使用微机 (MC)。从应用范围看，微机是通用机。而 PLC 是专为适应工业自动化生产控制而设计的，适用于工业控制领域的特定生产环境。所以，从工业控制领域来看，PLC 是通用机。PLC 只需选配对应模块便可适用于各种控制系统。用户只需改变控制程序即可满足某个工业控制系统的具体控制要求。如果采用微机作为某个控制系统的控制器，就必须根据生产环境考虑抗干扰问题和硬件、软件的设计，以适应某系统的控制需要。这样，一台通用的微机就成为该系统的专用计算机。

所以，从大的应用范围看，微机是通用机，PLC 是专用机。从工业控制的应用范围看，PLC 是通用机，而微机是专用机。

1. PLC 与微机的相同点

- ① 控制核心部件均采用微处理器及计算机技术。
- ② 硬件基本结构、工作的基本原理也大体相同。
- ③ 控制程序可编，都不必修改硬接线即可改变控制内容。但 PLC 在这方面更灵活、更方便。

2. PLC 与微机的不同点

① PLC 的可靠性高。这是由于 PLC 在设计制造时已充分考虑到工业现场环境的恶劣因素,采取了一系列抗干扰措施,用户应用 PLC 时不必另外考虑抗干扰问题。在选用微机设计控制系统时,除了系统的软、硬件要满足控制要求外,还需要另外采取措施解决生产环境的抗干扰问题。

② PLC 编程简单。PLC 为了适应工业现场,考虑现场维修人员熟悉继电器线路图,采用简单易懂的梯形图等符号式语言,避免了计算机的汇编语言以及高级编程语言,这给 PLC 的普及应用创造了条件。

③ PLC 易于维护,而微机控制系统维护工作量大。

④ PLC 的输入/输出响应速度慢,有较大的滞后现象(一般为 ms 级),而微机系统的输入/输出响应速度快,一般为 μs 级。

微机控制系统为了适应用户需要,也向高可靠性、耐用性以及便于维修的方向发展,两者相互渗透,使 PLC 与 MC 的差别越来越小。

今后 PLC 与 MC 将继续共存。在一个控制系统中,使 PLC 集中在功能控制上,使 MC 集中在信息处理上,PLC 处于生产前沿,MC 处于后级,两者相辅相成,共同发展。

二、PLC 与继电器控制装置的区别

1. PLC 与继电器控制装置的相同点

均能大量地应用于顺序控制领域;均能在恶劣的环境下,对生产机械、生产过程进行控制;PLC 的梯形图与继电器控制线路图基本相同,易懂。

2. PLC 与继电器控制装置的不同点

① 组成器件不同。继电器控制线路是由许多真正的“硬”继电器组成,而 PLC 大量使用“软”继电器。这些“软”继电器实质是 PLC 内部存储器中的某一位触发器,它可以被置“0”或置“1”。“硬”继电器易磨损,而“软”继电器则无磨损现象。

② 触点数目不同。“硬”继电器触点数目有限,用于控制的触点一般只有几个;而“软”继电器供编程使用的触点数有无限多个。因为“软”继电器的触点是指存储器中的某一位,它可以被控制程序无限次地读取。

③ 实施控制的方法不同。在继电器控制线路中,实现某种控制功能是通过各继电器间的硬接线来解决,其功能固定。而 PLC 控制是通过软件编程来实现,外部接线简单,且灵活多变。特别是当要改变生产过程、修改控制内容时,PLC 就极为方便,只要修改一下程序就可以了,硬接线基本不需改动。

另外,PLC 采用积木式结构,易扩充、易维护,同时占地面积小、工期短。但 PLC 使用了计算机,一方面价格高,另一方面要求维护人员进行知识更新,需经短期培训。

综上所述,PLC 是介于计算机、继电器控制装置的中间产物,是对它们取其所长,弃其所短而形成的新型控制器。



思考题

- 1-1 PLC 是如何分类的?整体式和模块式各有什么特点?什么是叠装式 PLC?
- 1-2 PLC 的主要特点有哪些?
- 1-3 PLC 和微机有哪些异同点?
- 1-4 PLC 控制和继电器控制有哪些异同点?

第二章 可编程序控制器的工作原理

第一节 可编程序控制器的硬件配置

PLC 是一种以微处理器为核心的专用于工业控制的特殊计算机，其硬件配置与一般的微型计算机装置类似，如图 2-1 所示。PLC 的具体结构多种多样，但其基本结构相同，主要由中央处理单元（CPU）、存储单元、编程器、输入单元、输出单元、电源等构成。

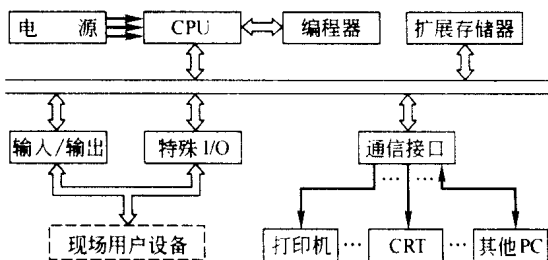


图 2-1 PLC 的配置结构

一、中央处理单元

中央处理单元（CPU）是 PLC 的主要部分，是系统的控制中枢。其主要功能是接收并储存从编程器输入的用户程序和数据；检查电源、存储器、输入输出以及警戒定时器的状态，诊断用户程序的语法错误。

PLC 常用的 CPU 主要采用通用微处理器、单片机或双极型位片式微处理器。通用微处理器常用的是 8 位机和 16 位机，如 Z80A、8085、8086、M6800、M6809 等。单片机常用的有 8039、8049、8031、8051 等。双极型位片式微处理器常用的有 AM2900、AM2901、AM2903 等。

在小型 PLC 中，大多采用 8 位微处理器和单片机；在中型 PLC 中，大多采用 16 位微处理器和单片机；在大型 PLC 中，大多采用高速位片机。

一般在 CPU 单元模块上还包括系统程序存储器、用户程序存储器、参数存储器、系统控制单元、输入输出控制接口、编程器接口以及通信接口等。

二、存储器

PLC 的存储器是一些具有记忆功能的电子线路，主要用于存放系统程序、用户程序、工作数据等信息。存放系统软件的存储器称为系统程序存储器，存放应用软件的存储器称为用户程序存储器，存放工作数据的存储器称为数据存储器。

1. PLC 常用的存储器类型

(1) RAM (Random Access Memory) RAM 是一种读/写存储器，又称为随机存储器。它读写方便，存储速度快，由锂电池支持的 RAM 可以满足各种需要。PLC 中的 RAM 一般用作用户存储器和数据存储器。

(2) ROM (Read Only Memory) ROM 称为只读存储器。其内容一般不能修改，掉电后其内容不变。在 PLC 中一般用于存储系统程序。

(3) EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) EPROM 是一种可擦除的只读存储器。在紫外线连续照射约 20min 后，即能将存储器内的所有内容清除。若加高电

平 (12.5V 或 24V) 可以写入程序。在断电的情况下, 存储器的内容保持不变。这类存储器可以用来存储系统程序和用户程序。

(4) EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) EEPROM 是一种电可擦除的只读存储器。使用编程器就可以对其所存储的内容进行修改, 它兼有 RAM 和 EPROM 的优点。但要对其某单元写入时, 必须首先擦除该存储单元的内容, 且执行读/写操作的次数有限, 约 1 万次。

2. PLC 存储空间的分配

PLC 的存储空间一般可分为三个区域: 系统程序存储区、系统 RAM 存储区 (包括输入/输出映像区和系统软设备)、用户程序存储区。

(1) 系统程序存储区 一般采用 ROM 或 EPROM 存储器。该存储区用于存放系统程序。包括监控程序、功能子程序、管理程序、命令解释程序、系统诊断程序等。这些程序和硬件决定了 PLC 的各项性能。

(2) 系统 RAM 存储区 包括 I/O 映像区以及逻辑线圈、数据寄存器、计数器、定时器等各类软设备的存储区。

(3) 用户程序存储区 可用于存放用户自行编制的用户程序。该区一般采用 EPROM 或 EEPROM 存储器, 或者采用加备用电池的 RAM。不同类型的 PLC, 其存储容量各不相同。中小容量 PLC 一般不超过 8K 字节, 大型 PLC 的存储容量高达几百 K 字节。

三、输入/输出 (I/O) 单元

输入/输出信号分为数字量 (包括开关量) 和模拟量。相应的输入/输出模块包括: 数字量输入模块、数字量输出模块、模拟量输入模块、模拟量输出模块。下面以开关量为例介绍 I/O 单元。

I/O 单元是 PLC 与现场的 I/O 设备或其他外设之间的连接部件。PLC 通过输入单元把工业设备或生产过程的状况、信息读入主机, 通过用户程序的运算与操作, 把结果通过输出单元输出给执行机构。输入单元对输入信号进行滤波、隔离、电平转换等, 把输入信号安全可靠地传送到 PLC 内部。输出单元把用户程序的运算结果输出到 PLC 外部。输出单元具有隔离 PLC 内部电路和外部执行元件的作用, 还具有功率放大作用。

1. 输入单元

PLC 的输入通常有三种类型: 直流 12~24V 输入, 交流 100~120V 或 200~240V 输入, 交直流 12~24V 输入。图 2-2 所示为一种 PLC 的输入电路。外部输入开关通过输入端子与 PLC 相连接。

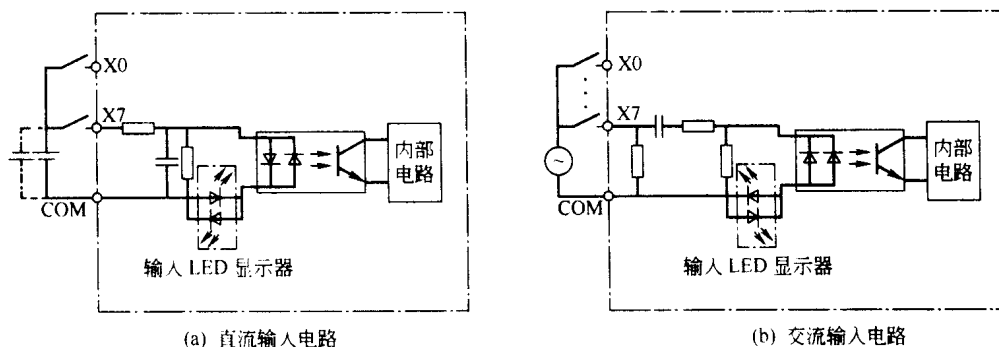


图 2-2 PLC 的输入电路

输入电路的一次电路和二次电路间用光电隔离器件，将现场与 PLC 内部实现电气上的隔离。在电路上设有 RC 滤波器，用于消除输入触点的抖动和沿输入线引入的外部噪声的干扰。当输入开关闭合时，一次电路中流过电流，输入指示灯亮，光电隔离器中的发光二极管发光，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 的状态改变。

2. 输出单元

PLC 的输出通常有以下三种形式。

① 继电器输出型，PLC 输出时，通过内部驱动电路接通或断开输出继电器的线圈，使继电器的触点闭合或断开，用继电器触点控制外电路的通断。

② 晶体管输出型，通过光电隔离器件使开关晶体管饱和导通或截止，以控制外电路的接通或断开。

③ 双向晶闸管输出型，采用的是光触发型双向晶闸管。

各种型号 PLC 的输出电路大致相同，图 2-3 所示为一种 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 Y1、Y2、…）与 PLC 相连。

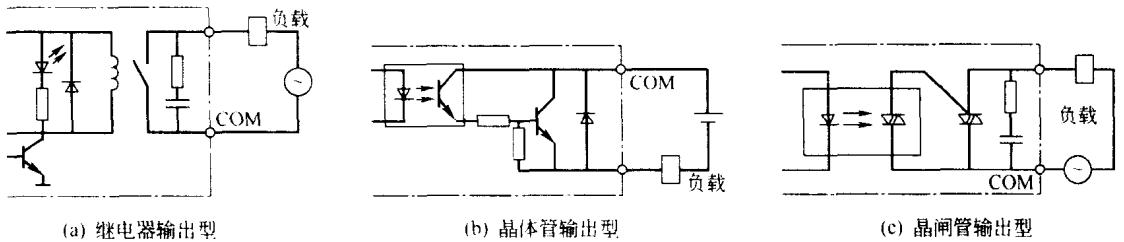


图 2-3 PLC 的输出电路

每种输出电路都有隔离措施。继电器输出型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（机械绝缘）；晶体管输出型是在 PLC 的内部电路与输出晶体管之间用光电隔离器进行隔离；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。

输出电路的负载电源由外部提供。允许流过的输出电流一般为 0.5~2A。允许输出电流的额定值与负载性质有关。例如，FX1N 继电器输出的 PLC 的最大负载能力，在外部电源电压为 AC250V、DC30V 以下时，电阻性负载为 2A/点、8A/COM 端，电感性负载为 80VA，灯负载为 100W。

四、电源

PLC 的工作电源一般为单相交流电源或直流电源。要求额定电压为 AC100~240V，额定频率为 50Hz/60Hz，电压允许范围为 AC85~264V，允许瞬间停电时间为 10ms 以下；用直流供电的 PLC 机种，要求输入信号电压为 DC24V，输入信号电流为 7mA/DC24V。PLC 都包括一个稳压电源用于对 CPU 和 I/O 单元供电，有的 PLC 的电源和 CPU 合为一体，有的 PLC 特别是大中型 PLC，则备有专用的电源模块。另外，有的 PLC 电源部分还提供 DC24V 稳压输出，用于对外部传感器供电。

五、编程器

PLC 是靠执行其内部存储的程序来顺序地完成某一工作的，程序的输入装置称之为编

程器。编程器主要由键盘、显示器和通信接口等部件组成，其主要任务是输入程序、调试程序和监控程序的执行。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。

编程器的工作方式主要有两种：一种是编程工作方式；另一种是监控工作方式。其中编程工作方式又分为在线编程和离线编程两种。

1. 编程工作方式

编程工作方式包括程序输入、程序修改、程序调试等几方面。

PLC 的程序是根据厂家提供的指令集，由用户根据系统的工作要求而编写的。PLC 的指令和计算机的指令类似，但比一般的计算机语言要简单一些。它的格式类似于汇编语言，包括助记符和操作数两部分。不同厂家的助记符一般是不一样的；操作数主要表示外部触点号和元件地址以及对应的操作值等。PLC 的程序是根据系统的工作先后顺序的梯形图编写的，程序输入也是按照这个顺序逐条输入的。

由于控制系统比较复杂，输入的程序要经过反复调试才能使之准确可靠地工作。在调试过程中，可能要插入新的或删除没用的指令，也可能对某些指令的操作数进行修改。可以通过 PLC 的屏幕搜索到要修改的指令，按对应的功能键和辅助键，完成相应的修改工作。不同厂家的产品，编程操作方法一般是不一样的，用户在编程之前应仔细阅读用户手册，以便准确操作。

2. 监控工作方式

这种工作方式可以对运行中的 PLC 的工作状态进行监视和跟踪。一般可以对某一线圈、触点的工作状态进行监视，也可以对成组器件的工作状态进行监视。还可以跟踪这些器件在不同时间的工作状态。因此，编程器的监控工作状态对程序的调试和运行是非常方便的。

六、智能接口模块

随着 PLC 应用范围的扩大，各 PLC 生产厂家在提高主机性能的同时，还开发了各种专门用途的智能接口模块，以满足各种工业控制的要求。这些模块包括：高速计数模块、定位控制模块、PID 模块、网络模块、中断控制模块、温度传感器输入模块、语言输出模块等。

智能接口模块是一个独立的计算机系统。从模块组成结构上看，它有自己的 CPU、系统程序、存储器以及接口电路等。它与 PLC 的 CPU 通过系统总线相连接，进行数据交换，并在 CPU 模块的协调管理下独立地进行工作。

第二节 可编程控制器应用软件的编制

PLC 的显著特点之一是它的编程语言简单易学，是专为工业控制而开发的装置。PLC 的编程语言吸取了广大电气工程技术人员最为熟悉的继电器线路图的特点，形成了其特有的编程语言——梯形图。自从 PLC 问世以来，使用最普遍的编程语言是梯形图和语句表。尽管生产厂家不同，使用的编程语言也不完全相同，但梯形图的形式与编程方法大同小异。

一、梯形图编程

梯形图是在原电器控制系统中常用的继电器、接触器梯形图的基础上演变而来的，它与电气操作原理图相呼应。具有形象、直观、实用的特点，是 PLC 的主要编程语言。图 2-4

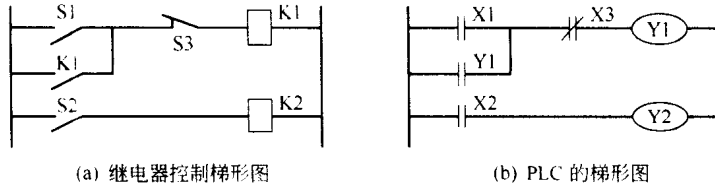


图 2-4 两种梯形图

所示为继电器控制梯形图和 PLC 的梯形图。

从图中可以看出，两种梯形图的基本表示思想是一致的，但具体表达方法有所区别。继电器线路采用硬件逻辑并行运行方式。而 PLC 的梯形图使用的是“软”继电器，是由软件实现的，使用方便、修改灵活。采用梯形图的编程语言要有一定的格式。每个梯形图网络由多个梯级组成，每个输出元素构成一个梯级，每个梯级可由多个支路组成，每个支路可容纳多个编程元素，最右边的必须是输出元素。简单的编程元素只占一条支路，有些编程元素要占多条支路。梯形图两侧的竖线类似电气控制图的电源线，称为母线，每一行从左到右，左侧安排输入接点，尽量把输入多的并联接点支路靠近左母线。输入接点不论是按钮、行程开关还是继电器触点，在图形符号上只用常开和常闭，而不计其物理属性。输出线圈用圆形或椭圆形表示。

梯形图格式中的继电器不是物理继电器，每个继电器和输入接点均为存储器中的一位，当继电器线圈通电或常开接点闭合、常闭接点断开时，相应位为“1”。图中流过的电流不是物理电流，而是“概念”电流，或称为能流，是用户程序运算中满足输出执行条件的形象表示方式。能流只能从左向右流动。梯形图中的继电器接点可在编程时无限次使用，图中的用户逻辑运算结果，立即就可以应用于后面的用户程序的运算。用户程序的运算是根据 PLC 内 I/O 映像区中每位的状态，而不是现场开关的实际状态。输出线圈只对应输出映像区中的相应位，不能用该输出线圈直接驱动现场机构，该位的状态必须通过 I/O 模块上对应的输出单元才能驱动现场执行机构。

二、语句表达式编程

语句表达式又称语句表，是一种与汇编语言类似的助记符编程方式，实质上是梯形图编程的语句表达方式。一般由操作码和操作数构成，操作码指定要执行的动作，进行何种操作；操作数内包含操作对象，用哪里的信息来执行这个操作。

不同形式的 PLC 采用的助记符不完全相同，对同一个梯形图编写的语句表达形式也不尽相同，但总体格式是类似的。下面是三菱 FX 系列小型 PLC 对应图 2-4 所示的梯形图的语句表。

步序	操作码	操作数	步序	操作码	操作数
0	LD	X1	3	OUT	Y1
1	OR	Y1	4	LD	X2
2	ANI	X3	5	OUT	Y2

三、步进功能图编程

步进功能图编程是按控制系统的流程来表达的一种编程语言。把一个生产过程按控制动

作的先后顺序分成若干功能块，把这些功能块用箭头串联起来，并给出顺序步的步进条件，就可以得到控制系统的步进功能图。这种编程语言多用于顺序控制系统。

梯形图、语句表达式、功能图是常见的编程方法，一般可以根据需要选用一种、两种或三种。这几种编程方法仅在表示形式上不同，实际上它们是可以相互转换的。

随着软件技术的发展，普通的办公用计算机与 PLC 的结合越来越密切，近年来推出的 PLC 特别是大中型 PLC 已开始用高级语言来编程。特别是在编制数据运算多、传输量大、子程序调用频繁、有程序循环以及要求具有判断功能的程序时，高级编程语言具有明显优势。

第三节 可编程控制器的工作特点

一、PLC 的工作过程

PLC 的工作过程是一个周期循环扫描的过程。用户程序通过编程器或其他输入设备输入，存放在 PLC 的用户存储器中。当 PLC 开始运行时，CPU 根据系统监控程序的规定顺序，通过扫描方式，完成各输入点的状态或输入数据的采集、用户程序的执行、各输出点状态的更新、编程器键入的响应、显示更新及 CPU 自检等工作。

PLC 的工作过程分为三个阶段，即输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段，如图 2-5 所示。

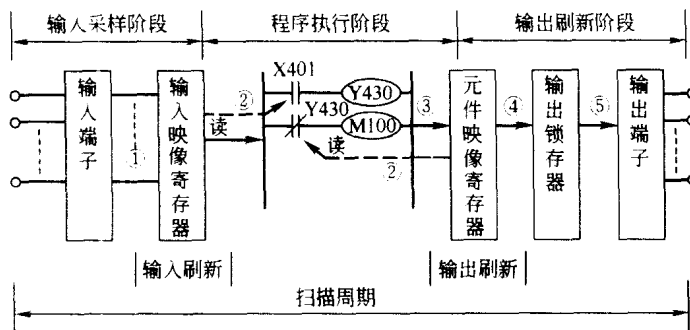


图 2-5 PLC 的工作过程

1. 输入采样阶段

PLC 在输入采样阶段，首先扫描所有输入端子，并将各输入状态存入内存中各自对应的输入映像寄存器。此时，输入映像寄存器被刷新。接着进入程序执行阶段，在程序执行阶段以及随后的输出阶段，输入映像寄存器与外界隔离，无论输入信号如何变化，输入映像寄存器中的内容保持不变，直到下一个扫描周期的输入采样阶段才重新写入输入端的新内容。

2. 程序执行阶段

根据 PLC 梯形图程序扫描原则，PLC 按先左后右、先上后下的步序逐句扫描。但遇到程序跳转指令，则根据跳转条件来决定程序的跳转地址。当指令中涉及到输入输出状态时，PLC 从输入映像寄存器中“读入”上一阶段采入的对应输入端子的状态。从元件映像寄存器“读入”对应元件映像寄存器的当前状态。然后进行相应的运算，运算结果再存入元件映像寄存器中。对于元件映像寄存器来说，每一个元件（输出软继电器的状态）会随着程序执

行过程而变化。

3. 输出刷新阶段

在所有指令执行完毕后，元件映像寄存器中所有输出继电器的状态（接通/断开）在输出刷新阶段转存到输出锁存器中，通过一定方式输出，驱动外部负载。

对于小型 PLC，输入/输出点数较少，用户程序较短。采用集中采样、集中输出的工作方式虽然在一定程度上降低了系统的响应速度，但从根本上提高了系统的抗干扰能力，使系统的可靠性大大增强。而大中型 PLC 为提高系统的响应速度，可以采用定周期输入采样、输出刷新，直接输入采样、直接输出刷新，中断输入/输出和智能化输入/输出接口等。

二、PLC 对输入/输出的处理原则

PLC 的输入/输出一般应遵守以下几个原则。

- ① 输入寄存器的数据取决于输入端子上各输入点在上一次刷新期间的接通/断开状态。
- ② 程序如何执行取决于用户程序和输入/输出映像寄存器的内容及其他各元件映像寄存器的内容。
- ③ 元件映像寄存器的数据取决于输出指令的执行结果。
- ④ 输出锁存器中的数据由上一次输出刷新期间输出映像寄存器中的数据决定。
- ⑤ 输出端子的接通/断开状态由输出锁存器决定。

三、PLC 的工作方式

在继电器控制电路中，当电源接通时，线路中各继电器都处于被制约状态，应吸合的继电器同时吸合，应释放的继电器同时释放。这种工作方式称为并行工作方式。而在 PLC 程序中，梯形图中的各软继电器处于周期循环扫描中，它们的动作顺序取决于程序的扫描顺序，这种工作方式称为串行工作方式。

一个继电器控制电路可以转化成 PLC 的梯形图，但由于工作方式不同，使 PLC 的控制结果有一定的特殊性，主要表现在以下两个方面。

1. 输入/输出滞后现象

图 2-6 所示为输入/输出响应延迟的示例。

第一次循环：由于 X1 输入映像寄存器是 OFF，所有输出 Y30、Y31、Y32 均处于 OFF 状态。

第二次循环：在输入采样阶段，由于 X1 输入映像寄存器转为 ON，Y31 输出映像寄存器在执行程序后也为 ON，同时，Y32 输出映像寄存器也变为 ON。输出刷新后的输出端子状态分别为 Y30=OFF，Y31=ON，Y32=ON。

第三次循环：由于 Y31 输出映像寄存器是 ON 状态，所以 Y30 也变成了 ON 状态。可见，在输入接通后，输出将出现延迟响应。

最大延迟时间有可能占 2~3 个扫描周期，所以延迟时间与程序长度、指令执行速度有关。

实际上，输入/输出滞后现象除与 PLC 的集中输入、集中刷新、程序循环执行有关外，还与输入滤波器的时间常数、输出继电器的机械滞后有关。但是，这些延迟一般在数十毫秒至 100ms 左右，基本上同继电器的固有动作时间相当，对于一般工业控制设备来说，这些