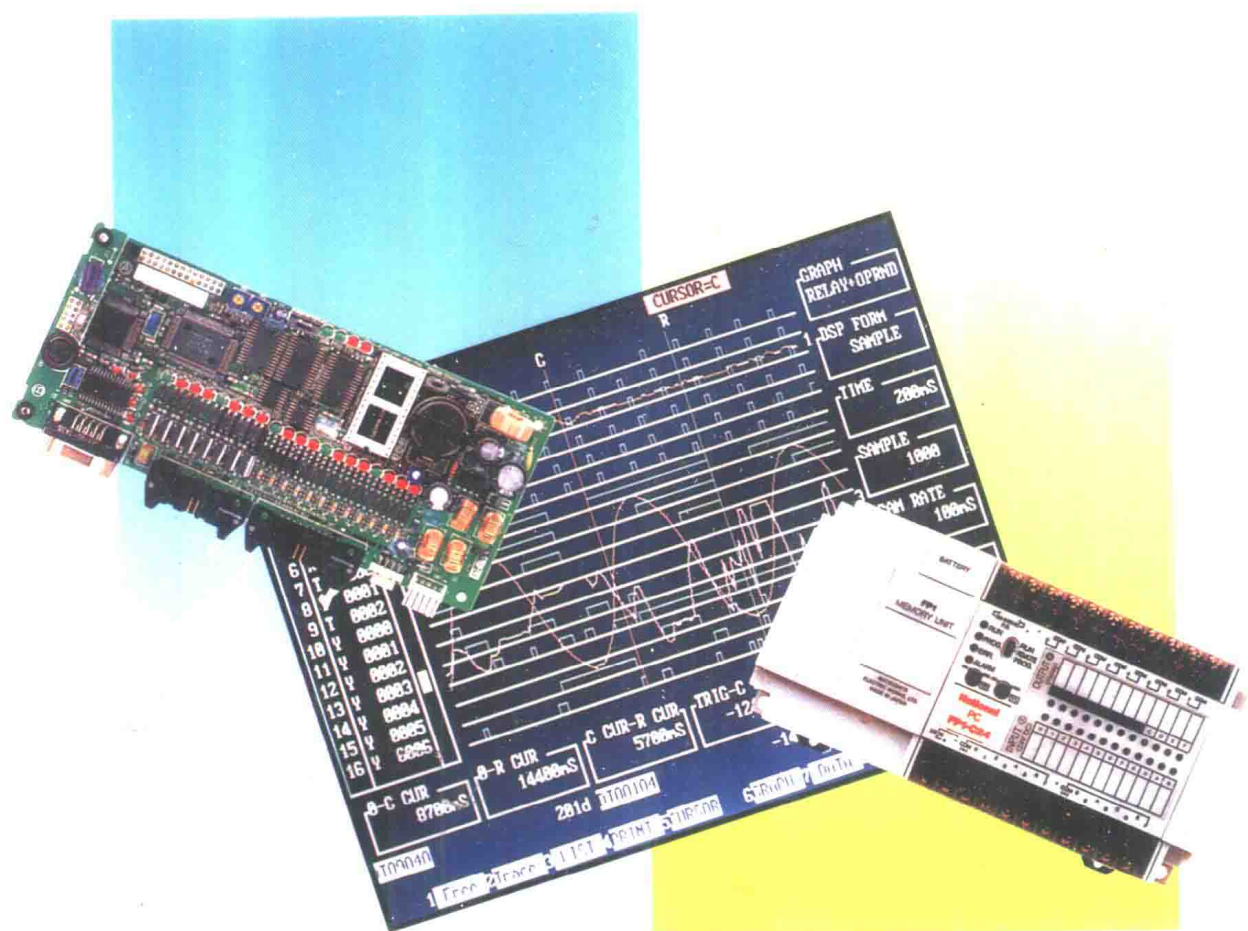


可编程控制器

原理·应用·实验

李乃夫 主编



中国轻工业出版社

可编程控制器原理·应用·实验

李乃夫 主编

 中国轻工业出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器原理·应用·实验/李乃夫主编. —北京:
中国轻工业出版社, 1998.1 (2001.5 重印)
ISBN 7-5019-2168-7

I. 可… II. 李… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 24045 号

责任编辑: 孟寿萱

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010-65241695

印 刷: 三河市宏达印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 1998 年 1 月第 1 版 2001 年 5 月第 4 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15

字 数: 347 千字 印数: 10001—13000

书 号: ISBN 7-5019-2168-7/TP·036 定 价: 22.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

近年来,为适应可编程控制器(PLC)应用日益广泛普及的形势,许多中专学校及时地将可编程控制器的有关内容引入到工科专业的相关课程教学中,有的还作为一门独立课程开设,本书正是根据教学的需要而编写的。

本书包括原理、应用、实验三大部分,既方便组织教学,又有一定的实用性和技术参考价值,主要用作中等专业学校或其他中等职业技术学校的教材,也可作在职人员培训教材或工程技术人员作自学读本及技术参考资料使用。本书以松下电工FP1系列PLC作教学用机,在掌握基本原理和使用方法之后,很容易进一步掌握其他PLC产品的使用。

本书由广州市二轻中专学校李乃夫、周伟贤、陆远蓉、秦文胜老师和广州市轻工中专学校钟玉珍老师编写,其中李乃夫任主编并编写第一、二、六、十二章,周伟贤任副主编并编写第三、四、七章,陆远蓉编写第五、九、十章,秦文胜编写第八章,钟玉珍编写第十一章。

广州市冶金自动化研究所张同苏高级工程师为本书主审,提出了不少宝贵意见。在本书编写过程中,还得到了松下电工广州事务所和广州市二轻中专学校、广州市轻工中专学校、广州市理工中专学校、广州市建材中专学校许多老师的帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限,本书难免存在缺点错误,恳请读者批评指正。

编者

1997年7月

目 录

绪论	(1)
----	-----

第一篇 原 理

第一章 可编程控制器的基本知识	(7)
第一节 PLC 的基本结构	(7)
第二节 PLC 的基本工作原理及主要技术指标	(11)
第三节 PLC 的分类、特点、应用及其发展趋势	(13)
第四节 PLC 的几种编程语言	(17)
小结	(20)
习题	(20)
第二章 松下电工 FP1 系列 PLC 介绍	(22)
第一节 FP1 系列产品类型和技术性能	(22)
第二节 FP1 的内部寄存器及 I/O 配置	(27)
小结	(32)
习题	(32)
第三章 FP1 的指令系统	(34)
第一节 概述	(34)
第二节 基本指令	(35)
第三节 高级指令	(55)
第四节 编程举例及编程技巧介绍	(60)
小结	(64)
习题	(65)
第四章 FP1 的特殊功能及指令	(70)
第一节 FP1 的特殊功能	(70)
第二节 FP1 的功能模块	(79)
第三节 FP1 的特殊指令	(84)
第四节 FP1 的通讯功能	(89)
小结	(95)
习题	(97)
第五章 NPST-GR 软件的使用	(99)
第一节 NPST-GR 软件 (汉化 3.1 版本)	(99)

第二节 常用功能的基本操作及应用举例·····	(110)
第三节 NPST-GR 功能总览 ·····	(120)
小结·····	(125)
习题·····	(126)

第二篇 应 用

第六章 PLC 控制系统的设计 ·····	(128)
第一节 PLC 控制系统的设计原则 ·····	(128)
第二节 PLC 控制系统的设计步骤 ·····	(129)
第三节 PLC 控制系统的设计实例 ·····	(132)
小结·····	(140)
习题·····	(140)
第七章 PLC 应用实例 ·····	(142)
第一节 霓虹灯广告控制·····	(142)
第二节 专用铣床控制·····	(143)
第三节 机械手控制·····	(145)
第四节 电筒杆预剪切控制·····	(147)
第五节 日历钟设置及应用·····	(150)
第八章 FP1 系列 PLC 的装配、检测和维护 ·····	(154)
第一节 PLC 的安装和配线 ·····	(154)
第二节 PLC 的自检功能及故障诊断 ·····	(159)
第三节 PLC 的维护和检修 ·····	(161)
小结·····	(162)
习题·····	(162)

第三篇 实 验

第九章 FP 编程器Ⅱ的使用 ·····	(164)
第一节 FP 编程器Ⅱ简介 ·····	(164)
第二节 FP 编程器Ⅱ的常用操作及应用举例 ·····	(167)
小结·····	(174)
习题·····	(174)
第十章 指令系统实验 ·····	(175)
实验一 键盘及编辑命令练习·····	(175)
实验二 基本指令练习·····	(177)
实验三 NPST-GR 软件使用练习 ·····	(179)
实验四 数据传输指令的应用·····	(182)
实验五 定时指令和计数指令的应用·····	(183)
实验六 几种数据移位指令的应用·····	(184)

实验七	算术运算指令的应用	(185)
实验八	中断控制的应用	(185)
实验九	子程序的应用	(187)
实验十	A/D、D/A 转换的应用	(187)
实验十一	可调输入的应用	(189)
第十一章	程序设计实验	(192)
实验一	抢答装置控制实验	(192)
实验二	运料小车控制实验	(194)
实验三	液体混合控制实验	(196)
实验四	交通灯控制实验	(197)
实验五	自动售货机实验	(200)
实验六	一维位置控制实验	(202)
第十二章	课程设计任务书	(204)
第一节	课程设计的目的、要求、步骤和方法	(204)
第二节	设计课题	(205)
	课题一：三层电梯自动控制	(205)
	课题二：压铸机的自动控制	(207)
附录		(211)
附录一	系统寄存器表	(211)
附录二	特殊继电器表	(214)
附录三	特殊数据寄存器表	(216)
附录四	基本指令表	(218)
附录五	高级指令表	(222)
附录六	键盘指令表	(226)
附录七	非键盘指令表	(227)
附录八	OP 功能表	(228)
附录九	输入、输出规格表	(229)
附录十	输入、输出接口方式图	(231)
参考文献		(232)

绪 论

一、可编程控制器 (PLC) 的发展

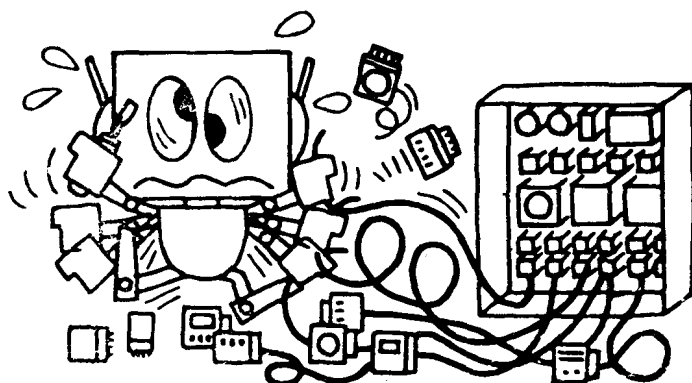
在学习了《工厂电气控制设备》或《电机与常规电气控制》等课程之后,对继电器-接触器控制系统已有了初步了解。这种控制系统是由操作者通过主令电器接通继电器-接触器电路,进而对电机等控制对象实现自动控制。它比较简单、工作稳定、成本低,能在一定范围内适应单机和生产自动线的控制需要,因而在目前仍广泛地使用。但是这种控制系统不仅接线复杂、触点易磨损、故障率较高,而且由于它的固定接线造成使用的单一性,即一台控制装置只能针对某一种固定程序的设备,一旦控制程序有所变动,就得重新配线,因而满足不了控制要求比较复杂或者控制程序经常改变的系统的需要(见图 0-1a)。

为适应生产工艺和流程经常变化的控制需要,在 20 世纪 60 年代,人们曾试图用小型计算机取代继电器、接触器来实现工业控制,但初期的计算机控制系统不仅成本高、抗干扰能力差,而且编程技术较复杂,不易掌握,因而没能得到推广和应用。现代工业需要一种能揉合传统的继电器-接触器控制系统和先进的计算机控制系统各自的优点,用于开关量控制的自控装置,由此,在半导体集成电路和计算机技术发展的基础上,可编程控制器应运而生了。

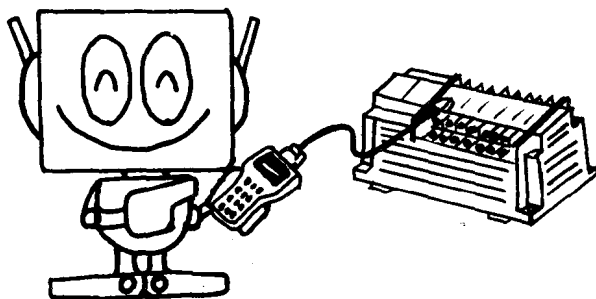
可编程控制器诞生于 60 年代末。1968 年,为了适应市场从少品种大批量生产向多品种小批量生产的转变,美国通用汽车 (GM) 公司首先公开招标。1969 年,美国数据设备公司 (DEC) 研制出世界上第一台可编程控制器,并成功地应用在 GM 公司的生产线上。其后日本、西德等相继引入,使其迅速发展起来。但这一时期它主要用于顺序控制,虽然也采用了计算机的设计思想,但当时只能进行逻辑运算,故称为可编程逻辑控制器,简称 PLC (Programmable Logic Controller)。

70 年代后期,随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展,使 PLC 从开关量的逻辑控制扩展到数字控制及生产过程控制领域,真正成为一种电子计算机工业控制装置,故称为可编程控制器,简称 PC (Programmable Controller)。但由于 PC 容易和个人计算机 (Personal Computer) 相混淆,故人们仍习惯地用 PLC 作为可编程控制器的缩写。在本教材中,我们就用 PLC 代表可编程控制器。

由 PLC 取代继电器-接触器系统实现自动控制,不仅用软件编程取代了硬连线逻辑,在改变机械动作时只需改变程序而无需重新配线(图 0-1b),而且大大简化了电气控制系统的接线,减小了电气控制柜的安装尺寸,充分体现了设计、施工周期短,通用性强,可靠性高,成本低等优点。通过一个典型的例子可以看到 PLC 与继电器控制系统的主要区



(a)



(b)

图 0-1 两种控制系统的比较

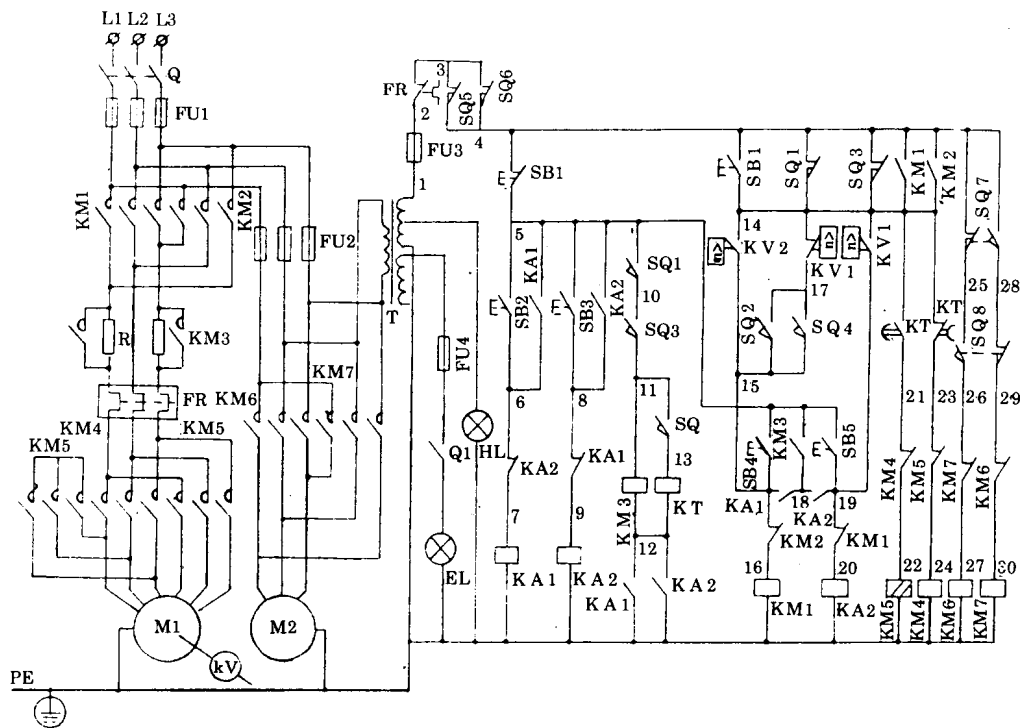
(a)继电器-接触器控制系统一旦改变机械动作,需重新配线

(b)可编程控制器控制系统即使改变机械动作,也只需改变程序

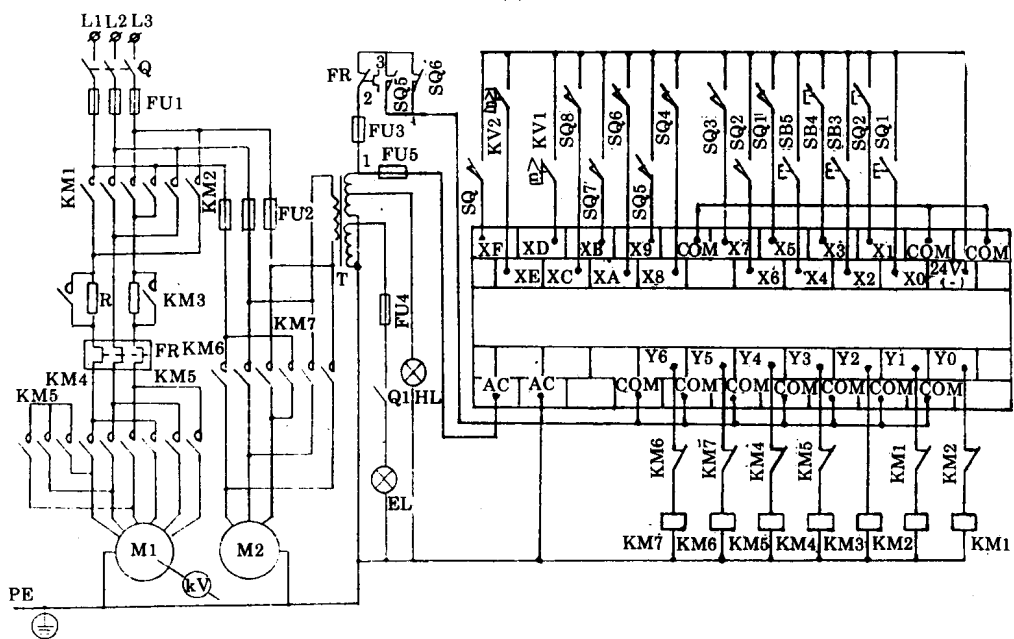
别:图 0-2 (a) 是 T68 型卧式镗床的继电器-接触器控制电路图。如采用一台 24 点的小型 PLC 进行控制,其电气线路图如图 0-2 (b) 所示。两图对比可见,PLC 控制线路中仅保留了一些联锁保护触头,其逻辑控制线路均转换成输入 PLC 中的控制程序,继电器 KA1、KA2、KT 也由 PLC 的内部“软继电器”取代,因而外部接线大为简化。

近年来,PLC 在处理速度、控制功能、通信能力及控制领域等方面都不断有新的突破,正向着电气控制、仪表控制、计算机控制一体化(EIC)的方向发展,性能价格比不断提高。目前 PLC 技术、CAD/CAM(计算机辅助设计/计算机辅助制造)技术和工业机器人已成为现代工业自动化的三大支柱。PLC 技术代表着当前程序控制的世界先进水平,PLC 装置已成为自动化系统的基本装置(图 0-3)。

随着 PLC 在工业生产各个领域里的应用日益推广普及,PLC 应用技术已成为工科中专机电类专业学生必须掌握的专业技术之一。正是为了适应中专教学的这一需要,我们着手编写这本供中专学校(或技工学校、职业高中等其他中等职业技术学校)教学使用的 PLC 教材。



(a)



(b)

图 0-2 T68 型卧式镗床的控制电路

(a) 继电器-接触器控制电路图 (b) 采用 PLC 控制的电气线路图

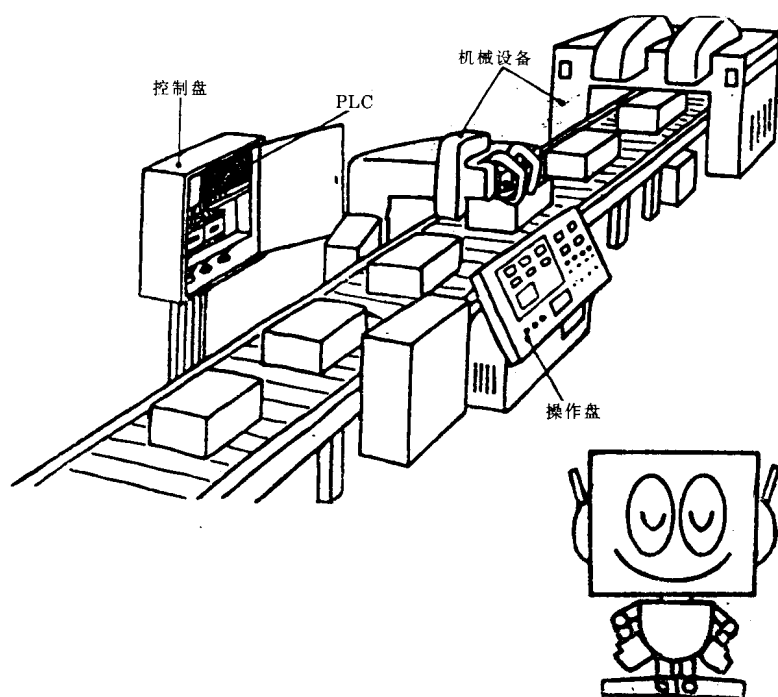


图 0-3 PLC 应用于自动生产线控制

二、本教材特点及教学方法建议

本教材主要是面向以中专学校为主的中等职业技术学校作专业课教学使用，按照经济和社会发展对中等职业技术人才培养规格提出的要求，突出应用性理论功底和加强职业技能的培养，本教材力求：①通俗地介绍 PLC 的基本原理和使用方法；②介绍一些 PLC 应用方面的知识，包括各类型的应用实例，供学习者阅读、参考；③便于组织实践教学，附有实验和课程设计指导书。全书分原理、应用、实验三大部分（第一、二、三篇），各占 30、10、20 学时，共 60 学时（未包括第十二章课程设计）。为适合于不同培养层次、不同专业的教学需要，提供 30、45、60 学时三种推荐教学方案（见表 0-1），各校可根据实际情况灵活选用。第一、第二篇各章均有内容提要和小结，每章后均附有习题，便于教师组织教学和学生进行预习和复习，也便于自学者进行自学。书后的附录提供松下电工 FP1 系列 PLC 的有关技术资料。因此本书除用作中等职业学校的教材外，还可作为在职人员培训、继续工程教育的教材，也可供工程技术人员作自学读本或技术参考资料使用。

表 0-1 所推荐的三个教学方案，方案一（30 学时）为最低要求，学习者仅要求掌握 PLC 的基本工作原理、基本指令，能够（采用 NPST—GR 软件和手编程器）编制简单的程序并模拟运行，对 PLC 的应用有初步了解，因此可作为工科非电专业教学或在职电工、电气技术员培训使用。方案二（45 学时）介绍了 PLC 的高级指令和特殊功能及指令，对

FP1 系列 PLC 的指令系统、功能已有较全面的了解。方案三 (60 学时) 则在此基础上进一步介绍 PLC 的应用实例, 并模拟实用课题进行编程训练, 以提高学习者的应用能力, 可根据需要作电气、机电一体化专业教学或要求较高的在职人员培训使用。根据教学安排, 还可选用第十二章的两个课题组织课程设计, 使学习者对应用 PLC 进行工业控制得到一次较全面的训练。

表 0-1 课时分配建议表

章 号	标 题	课时分配建议方案		
		方案一	方案二	方案三
	绪 论	1	2	2
第一章	可编程控制器的基本知识	3	3	3
第二章	松下电工 FP1 系列 PLC 介绍	2	2	2
第三章	FP1 的指令系统	6	10	11
第四章	FP1 的特殊功能及指令	0	4	8
第五章	NPST-GR 软件的使用	4	4	4
第六章	PLC 控制系统的设计	3	4	4
第七章	PLC 应用实例	0	0	4
第八章	FP1 系列 PLC 的装配、检测和维护	2	2	2
第九章	FP 编程器 I 的使用	1	1	1
第十章	指令系统实验	5	9	11
第十一章	程序设计实验	1	2	6
	机 动	2	2	2
总 课 时		30	45	60

注: 第十二章“课程设计任务书”课题一建议学时为 10 学时, 课题二建议学时为 20 学时, 均未包括在总学时内。

本教材采用松下电工的 PLC 产品——FP1 系列作为教学用机, 该机型品种规格齐全, 功能较完善, 性能价格比较高, 而且使用 NPST—GR 软件 (汉化版本), 可直接在计算机上采用梯形图编程, 在教学上具有直观易学的特点。

本课程是中专工业企业电气化、机电技术应用、自动控制技术等专业的专业主要课, 应设置在学习《工厂电气控制设备》、《微机原理及应用》(或与微机合为一门课程:《微机与可编程控制器》, 作为 PLC 部分的教材) 之后。在学习本课程时, 在学习方法上提出几点建议:

1. 注意掌握 PLC 的基本原理和特点。如前所述, PLC 是微机技术和继电器常规控制概念相结合的产物, 因此在学习上要注意掌握 PLC 控制与继电器控制、微机控制的类同之处与不同之处, 也就是哲学观点上讲的共性与个性的关系, 要注意掌握知识间的内在联系及其规律。

2. 注意掌握 PLC 应用的一些典型实例。在本教材的各章中, 编者有意识地介绍一些应用实例, 并在第七章对较典型的五个应用实例作了专门介绍。在教学时数有限的情况下, 学生应自己阅读, 加深对 PLC 控制基本原理的理解, 并作到举一反三, 触类旁通。

3. 注意提高操作技能。与《微机原理与应用》的学习相类似, PLC 的学习需要多上机练习, 才能熟练掌握其指令系统, 掌握编程方法和编程工具的使用。从表 0-1 可见, 无论哪一种教学方案, 实践教学都占总学时相当的比例, 建议教师在可能的条件下, 尽量

保证实验学时，有条件的应组织课程设计。有的内容（如第五章）可在实验现场讲授。

易学、易操作正是 PLC 的一个显著特点，也是 PLC 在近年得以迅速推广普及的主要原因之一。祝您通过本课程的学习，能很快地掌握 PLC 应用技术，在工业自动化领域中，用它更好地为祖国的四个现代化建设事业服务。

第一篇 原 理

第一章 可编程控制器的基本知识

本章从 PLC 的硬件、软件两个方面,介绍 PLC 最基本的知识和概念。学完这一章后,将会知道:PLC 是如何构成的,它的基本原理和特点,以及它特有的编程语言和编程方法。这样,对 PLC 就会有一个虽尚未十分清晰,但却较为完整的整体印象了。

第一节 PLC 的基本结构

由图 1-1 (a) 可见,继电器-接触器控制系统由输入输出电路、逻辑控制电路所组成,其中逻辑控制电路是由若干个继电器及其触点组成的,其逻辑关系已固化在硬接线的线路中,不能灵活变更。相应地,PLC 控制系统也是由这几部分所组成,但实现控制功能的是由微处理器 (CPU) 和存储器组成的控制组件,它取代了继电器逻辑电路,从而实现“软接线”(因其控制程序可通过编程而灵活变更,相当于改变了继电器控制电路的接线)。由图 1-1 (b) 可见,PLC 的基本结构由控制组件、输入输出组件所组成。

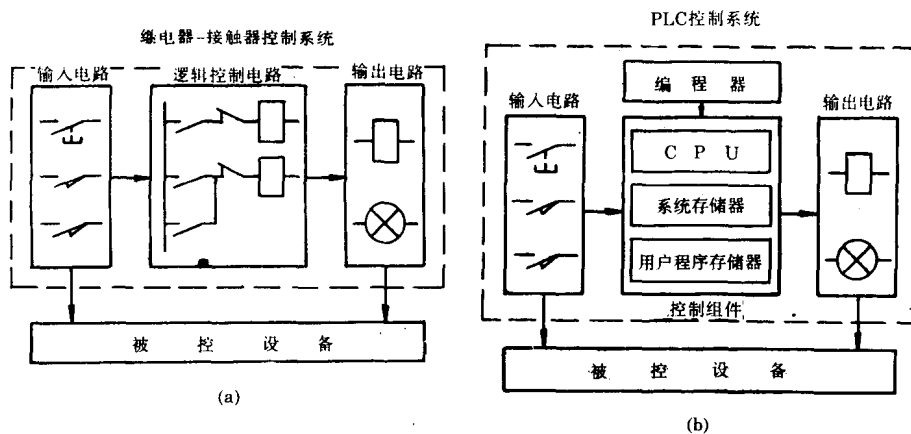


图 1-1 控制系统的组成

(a) 继电器-接触器控制系统 (b) PLC 控制系统

一、控制组件

PLC 是用作工业控制的专用电子计算机,因此它的硬件结构与微机类似,主要包括 CPU、RAM、ROM 和 I/O 接口电路等。其内部也是采用总线结构,进行数据和指令的传输(图 1-2)。从图 1-1 (b) 可见,PLC 控制系统由输入量-PLC-输出量组成,外部的各种开关信号、模拟信号、传感器检测的各种信号均作为 PLC 的输入量,它们经 PLC 外部输入端子输入到内部寄存器中,经 PLC 内部逻辑运算或其他各种运算,处理后送到输出端子,作为 PLC 的输出量对外围设备进行各种控制。由此可见,PLC 作为一个中间处理器或变换器,其核心就是取代继电器-接触器控制系统中逻辑控制电路的“控制组件”部分。

控制组件主要由 CPU 和存储器组成。

1. CPU (Centre Processing Unit 中央处理器)

它是整个 PLC 的核心。与微机一样,CPU 在整个 PLC 控制系统中的作用就好像人的大脑一样,是一个控制指挥中心,它主要完成以下功能:

(1) 将输入信号送入存储器中存储起来。

(2) 按存放的先后顺序取出用户指令,进行编译。

(3) 完成用户指令规定的各种操作。

(4) 将结果送到输出端。

(5) 响应各种外围设备(如编程器、打印机等)的请求。

目前 PLC 中的 CPU 多为一完整的单板或单片机系统,可用 8031、8096、8086、80286 或其他专用芯片组成,其发展趋势是芯片的工作速度越来越快,位数越来越多(由 8 位、16 位、32 位至 48 位),RAM 的容量越来越大,集成度越来越高,并采用多 CPU 系统来简化软件的设计和进一步提高其工作速度。CPU 的结构形式决定了该 PLC 的基本性能。

2. 存储器

PLC 的存储器分为两大部分:

(1) 系统程序存储器 由 ROM 或 EPROM 组成,用以固化系统管理和监控程序,对用户程序作编译处理。

(2) 用户程序存储器 用户程序存储器又可分为两部分。一是用以存放用户编制的控制程序,通常采用低功耗的 CMOS-RAM,由备用电池供电,断开电源后仍能保存。用户可使用编程器等编程工具输入程序或修改程序。PLC 的产品说明书中给出的“内存容量”或“程序容量”即指这一部分的存储容量。第二部分是变量存储器,按输入、输出、计数器、计时器、寄存器等单元或元件的定义序号存储数据或状态,不同厂家出品的 PLC

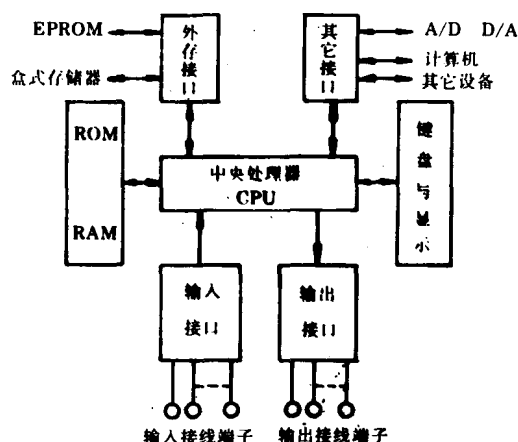


图 1-2 PLC 逻辑结构示意图

有不同的定义序号。

二、输入、输出接口电路

PLC 通过 I/O 接口电路,实现与外围设备的连接。用户设备需输入 PLC 的各种控制信号,如各种主令电器,传感器输出的开关量或模拟量(要通过 A/D 转换),通过输入接口电路将这些信号转换成控制组件能够接收和处理的数字信号;而控制组件送出的弱电控制信号又通过输出接口电路转换成现场需要的强电信号输出,以驱动接触器、电磁阀、电机等被控设备的执行元件。因此输入、输出接口电路在整个 PLC 控制系统中也起着十分重要的作用,常用的接口电路如图 1-3 所示。为提高 PLC 的工作可靠性,增强抗干扰能力,PLC 的接口电路有以下特点:

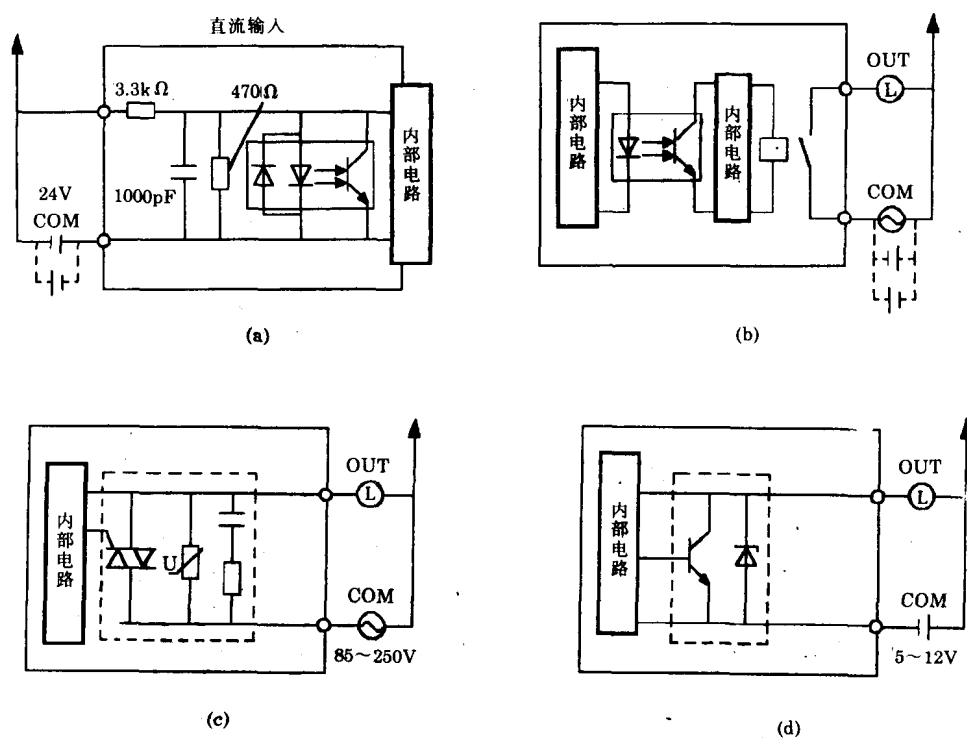


图 1-3 PLC 的接口电路

(a) 输入接口电路 (b) 继电器输出接口电路

(c) 晶闸管输出接口电路 (d) 晶体管输出接口电路

(1) 输入、输出接口电路均采用光电耦合电路,这可以有效地防止现场的强电干扰,保证 PLC 能在恶劣的工作环境下可靠地工作。

(2) 输出接口电路有继电器、晶体管、晶闸管输出三种方式,以适应不同负载的控制要求。一般来说,继电器输出适用于低速、大功率负载(交、直流负载均可);晶闸管输出适用于高速、大功率负载(交流负载);而晶体管输出适用于高速、小功率负载(直流负载)。

除上述一般的 I/O 接口之外,PLC 上还备有和各种外围设备配接的接口,均用插座

引出到外壳上,可配接编程器、PC机、打印机、录音机及各种智能单元、链接单元等,可以十分方便地用电缆进行连接。这将在后面有关章节中具体介绍。

三、编 程 器

编程器是编制、调试、监控用户程序的主要设备。它通过通信接口与CPU联系,实现人机对话。通常使用的是手编程器(图1-4a),它采用助记符语言编程,具有编辑、检索、修改程序、进行系统设置、内存监控等功能。它必须联机编程,可一机多用,对一台PLC编程完毕后,就可供另一台PLC使用,具有使用方便、价格低廉的特点,缺点是不够直观。

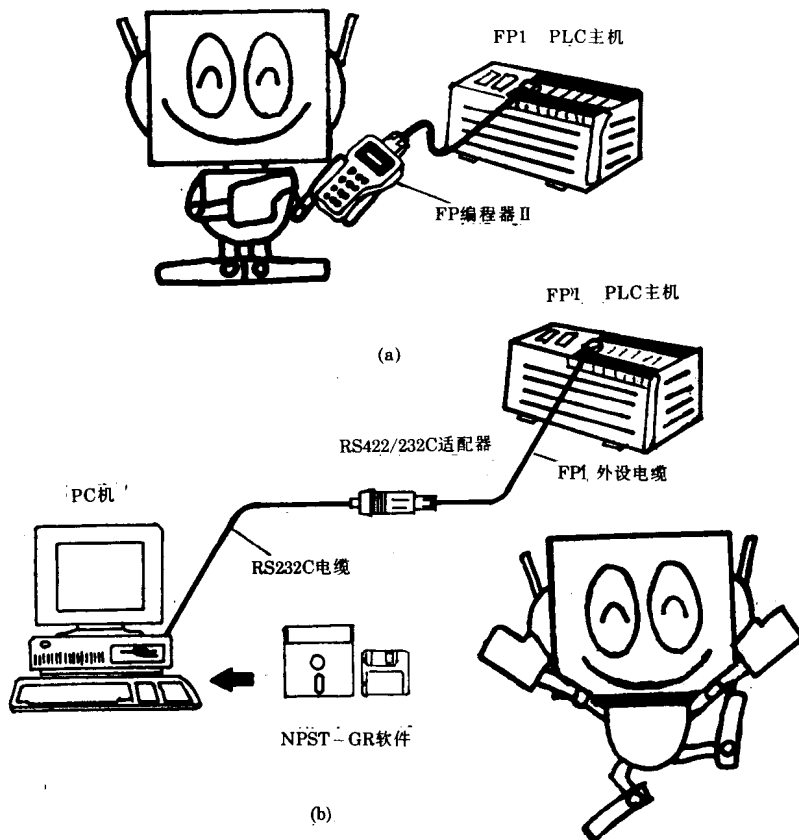


图 1-4 PLC 的编程器

(a) 使用手编程器编程 (b) 使用计算机编程

高一层次的编程器为通用大型液晶显示屏编程器或专用图形编程器,它们都是一台独立的专用计算机系统,有多种功能和接口且可脱机直接用梯形图编程,并能监视整个程序的运行,可对挂在PLC网络上的各分站进行监控、管理、调试等。由于此类编程器价格昂贵,只适用于大型复杂的PLC控制系统。

随着计算机的日益普及,许多PLC生产厂家已开发了专用的编程软件,在个人计算机上实现图形编程器的功能。如松下电工的FP1系列PLC,就可用NPST-GR软件在PC