

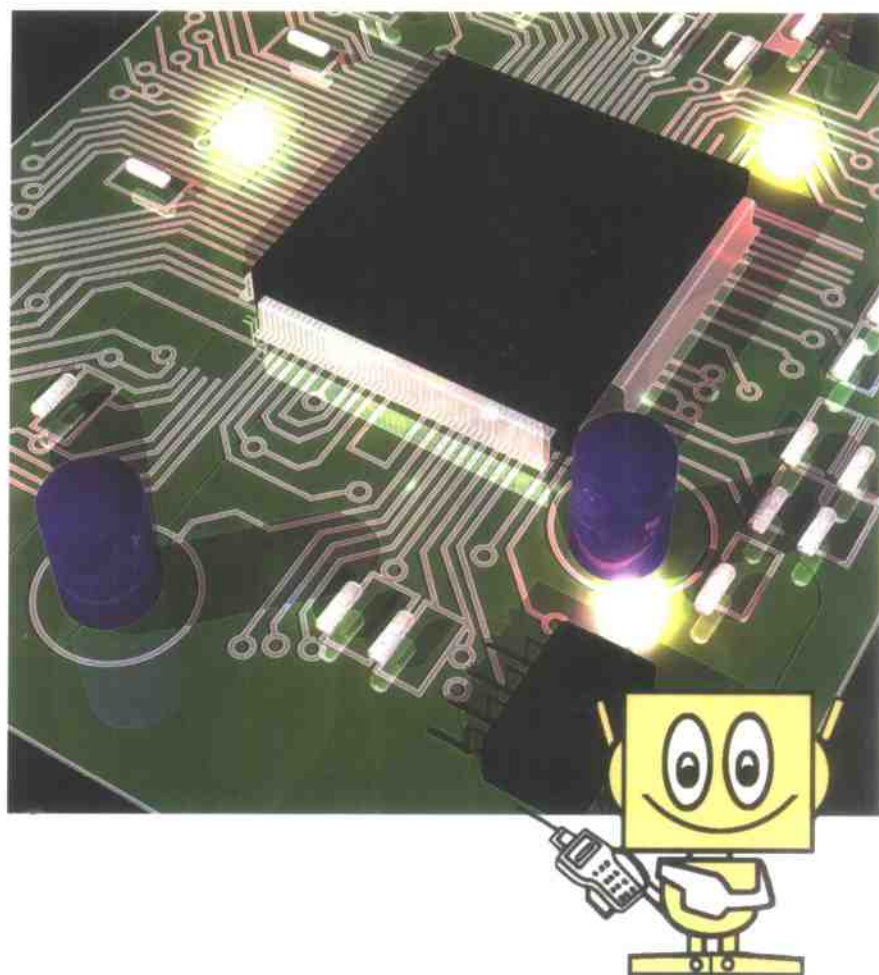
职业技术教育教材

可编程控制器原理、应用、实验

(第二版)

李乃夫 主编

KEBIANCHENG KONGZHIQI YUANLI YINGYONG SHIYAN



 中国轻工业出版社

职业技术教育教材

可编程控制器原理、 应用、实验

(第二版)

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. —2
版. —北京: 中国轻工业出版社, 2003.2

职业技术教育教材

ISBN 7-5019-3836-9

I. 可… II. 李… III. 可编程序控制器-专业学
校-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 093407 号

责任编辑: 王 淳 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 赵小云
版式设计: 丁 夕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 吴京一

*

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: 三河市艺苑印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2003 年 2 月第 2 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.5

字 数: 372 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-3836-9/TP·069

定 价: 27.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

中国轻工业出版社读者俱乐部电话: 010—85111729 传真: 85111730

第 二 版 前 言

本书自 1998 年出版以来, 主要被许多中等职业学校作为教材使用。在填补中职学校 PLC (使用松下电工的 FP1 机型) 教材的空白方面发挥了一定作用。根据四年多来的教学情况, 以及随着我国科技进步和产业结构的优化升级, 目前高技能、复合型人才的就岗位比重不断增加, 高技能人才供不应求, 供需出现巨大缺口, 特别是在通信、电子、汽车等高科技产业中, 由于缺少高级技术工人, 企业产品质量的提高已受影响, 面对这一形势, 我们认为有必要对该书进行再版, 并提高原版书的读者适应面, 即高等职业技术教育, 其依据是:

1. 近年来 PLC 应用技术迅猛发展的状况和趋势。

2. 教学工作的需要, 这包括: (1) 第一版教材在使用中发现的问题, 如内容的编排和取舍等; (2) 近年中高级职业教育教学改革的需要, 如人才培养目标和培养规格的变化等。

再版后的变化主要体现在以下几个方面:

1. 编程软件由在 DOS 环境下使用的 NPST-GR 改为在 Windows 环境下使用的 FP-WIN-GR。

2. 增加了一章专门介绍松下电工的 FP0 系列 PLC。

3. 在“FP1 的特殊功能和功能模块”一章中, 增加了对 FP 系列 PLC 通信网络的简介。

4. 此外, 按照“宽、浅、新、用”的编写思路, 对原内容进行了重新设计、编排和精选。在保证对 PLC 基本应用知识、应用技术阐述的前提下, 适当插入一些对新知识、新技术的介绍; 对应用举例也进行了重新精选; 实验的内容也根据教学经验进行重新编排, 使之更能体现对基本应用技能的培养和训练, 而且更具有操作性。

再版仍由李乃夫任主编, 张同苏任主审, 编写分工如下: 钟玉珍负责编写第八章的前三个实例和第十二章, 陆远蓉负责编写第五、十一章和第十章第三节, 其余由李乃夫编写。

再版虽然纠正了原版存在的一些问题和错漏之处, 但可能又会产生一些新的问题甚至错误, 所以仍然恳请使用者给予批评指正。

编者 2002 年 8 月

第一版前言

近年来，为适用可编程控制器（PLC）应用日益广泛普及的形势，许多中专学校及时地将 PLC 的有关内容放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 可编程控制器的基础知识	7
第一节 PLC 的基本结构	7
第二节 PLC 的工作原理和工作方式	11
第三节 PLC 技术性能、分类、特点和应用	13
第四节 PLC 的编程语言和编程规则	18
本章小结	21
习题	21
第二章 FP1 系列 PLC 介绍	24
第一节 FP1 系列的产品类型和技术性能	24
第二节 FP1 系列主控单元面板示例	26
第三节 FP1 的内部寄存器及 I/O 配置	27
本章小结	33
习题	33
第三章 FP1 的指令系统	36
第一节 基本指令	36
第二节 高级指令	60
第三节 编程方法及实用程序分析	64
本章小结	70
习题	71
第四章 FP1 的特殊功能及功能模块	76
第一节 FP1 的特殊功能及指令	76
第二节 FP1 的功能模块	84
第三节 FP1 的通信与联网	88
本章小结	96
习题	96
第五章 FPWIN-GR 编程软件的使用	99
第一节 初识 FPWIN-GR	99
第二节 程序的输入与编辑	106
第三节 注释的输入	110
第四节 FPWIN-GR 与 NPST-GR 的文件兼容性	112

本章小结.....	112
习题.....	112

第二篇 应 用

第六章 PLC 控制系统的设计	113
第一节 PLC 控制系统设计的一般原则	113
第二节 PLC 控制系统的设计步骤	114
第三节 PLC 控制系统的设计实例	116
本章小结.....	124
习题.....	124
第七章 FP1 系列 PLC 的装配、检测与维护	126
第一节 PLC 的安装与配线	126
第二节 PLC 的自检功能及故障诊断	131
第三节 PLC 的维护与检修	133
本章小结.....	134
习题.....	134
第八章 PLC 应用实例	136
第一节 实例一, 汽车自动检测线.....	136
第二节 实例二, 自动验瓶机.....	138
第三节 实例三, 自动售货机控制.....	140
第四节 实例四, 机械手控制.....	142
第五节 实例五, 电筒杆预剪切控制.....	144
第六节 实例六, 日历钟设置及其应用.....	147
第九章 FP0 系列 PLC 简介	150
第一节 FP0 的产品类型和主要技术性能.....	150
第二节 FP0 的硬件配置及安装配线.....	153
第三节 FP0 的指令系统和特殊功能简介.....	157
本章小结.....	163
习题.....	164

第三篇 实验及课程设计

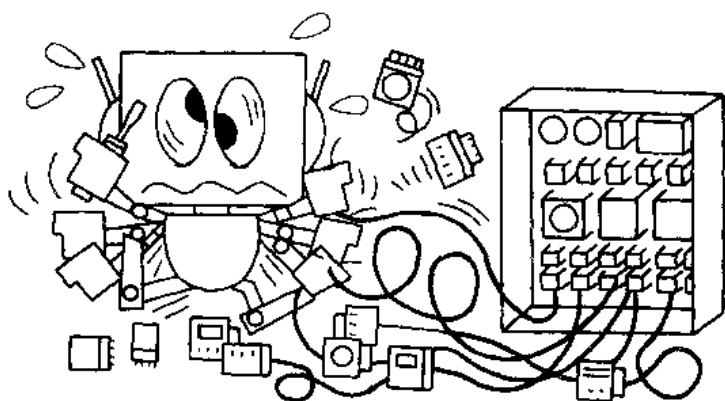
第十章 PLC 的实验设备和实验基本知识	166
第一节 PLC 实验的基本知识	166
第二节 PLC 实验设备的配置	168
第三节 FP 编程器 II 的使用	169
本章小结.....	179
习题.....	179
第十一章 基本操作和指令系统实验	181
第一节 实验一, PLC 的接线和 FP 编程器 II 的使用	181

第二节	实验二, 基本指令练习	184
第三节	实验三, 定时器指令和计数器指令的应用	186
第四节	实验四, 数据移位指令的应用	187
第五节	实验五, 数据传输指令的应用	188
第六节	实验六, FPWIN-GR 编程软件使用练习	189
第七节	实验七, 中断控制	192
第八节	实验八, 子程序的应用	193
第九节	实验九, A/D、D/A 功能模块的应用	194
第十节	实验十, 可调输入功能的应用	196
第十二章	程序设计实验	198
第一节	实验十一, 抢答装置控制实验	198
第二节	实验十二, 交通灯控制实验	199
第三节	实验十三, 液体混合控制实验	201
第四节	实验十四, 压力机控制实验	203
第五节	实验十五, 自动售饮料机控制实验	204
第六节	实验十六, 霓虹灯控制实验	205
第十三章	课程设计	207
第一节	课程设计的目的、要求、步骤和方法	207
第二节	课程设计选题	208
附录		214
附录一、松下电工 FP1 系列 PLC 系统寄存器表		214
附录二、松下电工 FP1 系列 PLC 特殊继电器表		217
附录三、松下电工 FP1 系列 PLC 特殊数据寄存器表		219
附录四、松下电工 FP1 系列 PLC 基本指令表		221
附录五、松下电工 FP1 系列 PLC 高级指令表		225
附录六、松下电工 FP1 系列 PLC 键盘指令表		230
附录七、松下电工 FP1 系列 PLC 非键盘指令表		230
附录八、松下电工 FP1 系列 PLCOP 功能表		232
附录九、松下电工 FP1 系列 PLC 输入、输出规格表		233
附录十、FPWIN-GR 编程软件菜单功能一览表		235
参考文献		238

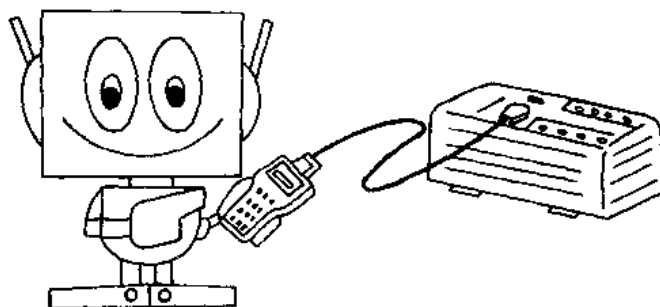
绪 论

一、PLC 的产生和发展

通过学习《电机与电气控制》等课程，已基本掌握了继电器-接触器控制系统，这种控制系统能够实现对电动机等控制对象的手动和自动控制，能够在一定范围内适应单机和生产自动线的控制需要，因而目前仍在广泛使用。继电器-接触器控制系统的主要缺点是由于其固定接线造成使用的单一性，即一台控制装置只适用于某一固定控制程序的设备，一旦控制程序有所变动，就需要重新配线，因此不能满足比较复杂或者控制要求经常改变的系统的需要 [图 0-1(a)]。



(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，需要重新配线

(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

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，但当时的计算机不仅成本高、抗干扰能力差，而且编程技术较复杂，不易掌握，因而没有能够推广应用。工业自动化的发展迫切需

要一种能够融合传统的继电器-接触器控制系统和先进的计算机控制系统各自的优点，主要用于开关量控制的自动控制装置。因此，在 20 世纪 60 年代末，在电子技术和计算机技术发展的基础上，可编程控制器应运而生了。

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。在 1969 年，由美国数据设备公司（DEC）研制出世界上第一台可编程控制器，并且成功地应用在 GM 公司的生产线上。其后，日本、联邦德国等国家相继引入或研制生产，使其迅速发展起来。但是这一时期的可编程控制器主要用于顺序控制，虽然也采用了计算机的设计思想，但在当时也只能进行逻辑运算，故称为“可编程逻辑控制器”（Programmable Logic Controller），简称 PLC。

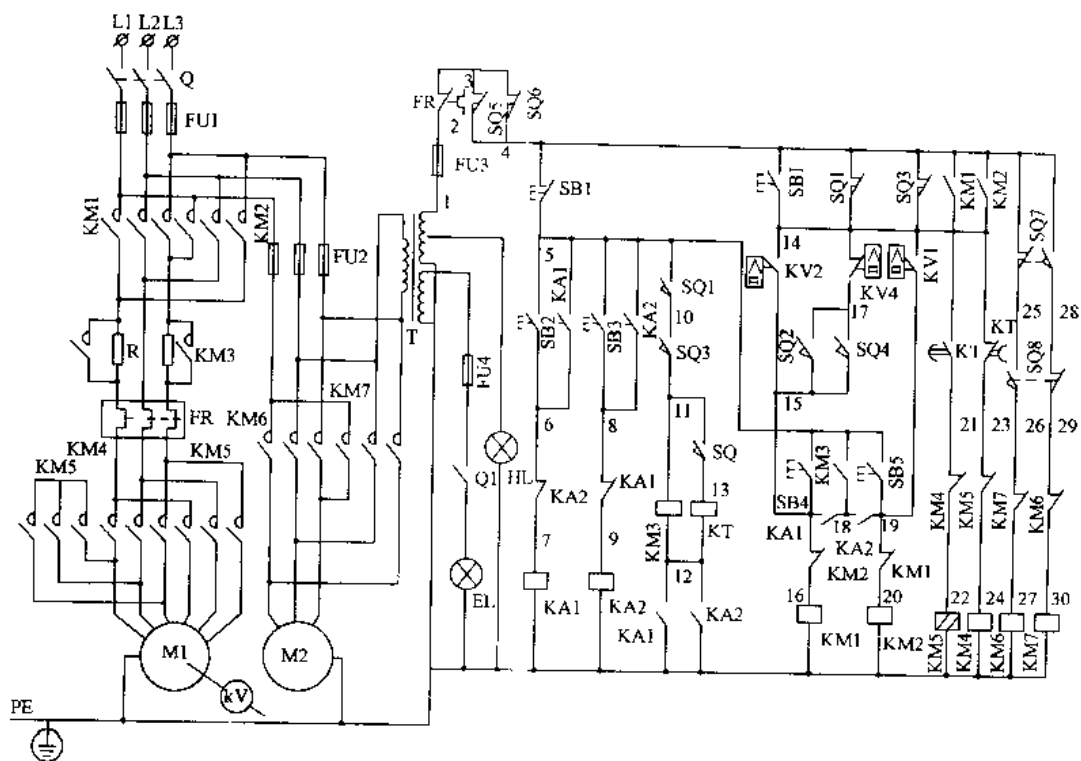
到了 20 世纪 70 年代后期，随着微电子技术和计算机技术的发展，使 PLC 从开关量的逻辑控制扩展到数字控制及生产过程控制领域，真正成为一种计算机工业控制装置，因此于 1980 年被命名为“可编程控制器”（Programmable Controller），简称 PC。但由于 PC 容易和个人计算机（Personal Computer）相混淆，所以现在仍习惯地称可编程控制器为 PLC。为统一起见，在本书中就以 PLC 作为可编程控制器的简称。

用 PLC 取代继电器-接触器系统实现工业自动控制，不仅由于用软件编程取代了硬接线，在改变机械动作时只需要改变程序而无需重新配线 [图 0-1(b)]，而且由于用 PLC 内部的“软继电器”取代了许多电器，从而大大减少了电器的数量、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，充分体现出设计、施工周期短，通用性强，可靠性高，成本低的优点。特别是 PLC 采用的梯形图编程语言是以继电器梯形图为基础的形象编程语言，一般电气技术人员和技术工人经过简单的培训就可以掌握，所以又有人把 PLC 称为“蓝领计算机”。甚至有人这样描绘现代化工厂里工人的形象：“工人左腰别着螺丝刀，右腰别着编程器”。

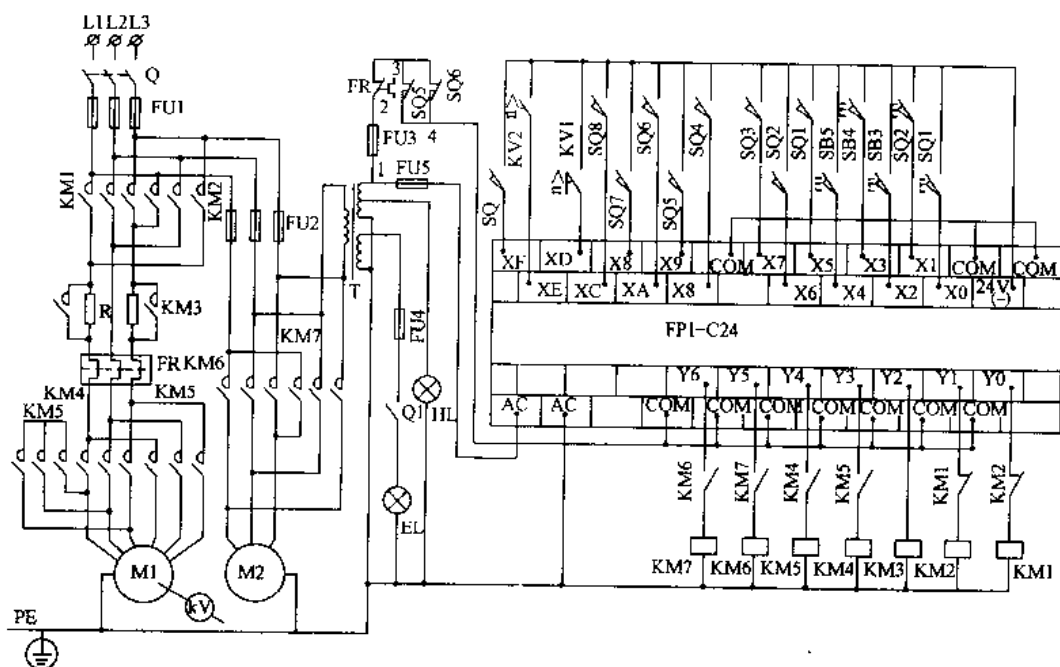
通过一个典型的例子可以看到 PLC 与继电器控制系统的主要区别：图 0-2（a）是 T68 型卧式镗床的继电器-接触器控制电路图，如果采用一台 C-24 小型 PLC 进行控制，其电气线路图如图 0-2(b) 所示。对比两图可见，PLC 控制线路中仅保留了一些连锁保护的触点，其逻辑控制线路已转换成输入在 PLC 之中的控制程序，继电器 KA1、KA2、KT 也由 PLC 内部的“软继电器”取代了，因而外部的接线大为简化。

近年来，PLC 在处理速度、控制功能、通信能力以及控制领域等方面都不断有新的突破，正朝着电气控制、仪表控制、计算机控制一体化和网络化的方向发展。PLC 技术、CAD/CAM/CAE（计算机辅助设计/计算机辅助制造/计算机辅助工程）技术和工业机器人已成为现代工业自动化的三大支柱。因为当今的可编程控制系统已经是集计算机技术、通信技术和自动控制技术为一体的新型的工业控制装置，所以已被称为“可编程计算机控制器”（Programmable Computer Controller），简称 PCC。可编程控制器的发展过程表明，它事实上已改变了当初单纯作为继电器-接触器控制系统替代品的初衷，而发展成为在工业自动控制领域推广速度最快、应用最广的一种标准控制设备（图 0-3）。

随着 PLC 应用的日益推广普及，PLC 应用技术已成为中等职业学校机电类专业学生必须掌握的专业技术之一。正是为了适应教学的需要，我们着手编写了这本供全国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

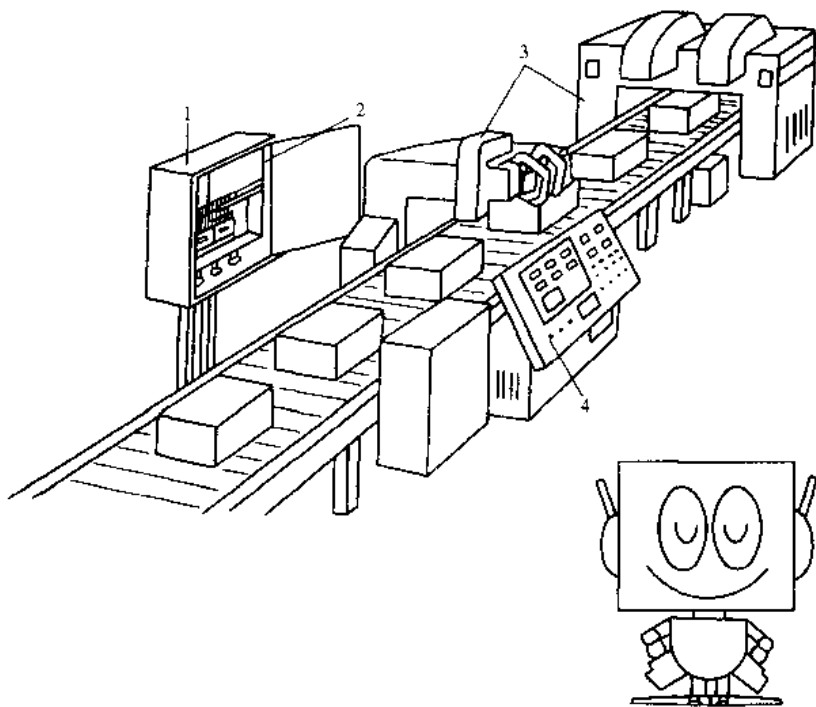


图 0-3 PLC 应用于自动生产线控制

1—控制盘 2—PLC 3—机械设备 4—操作盘

二、本教材的特点及其教学方法建议

本书作为全国职业技术学校机电类专业课程教材，按照当前经济和社会发展对全国职业技术人才培养规格提出的要求，以掌握基础理论和培养基本应用技能为主线，力求体现“宽、浅、新、用”的特色，并力求突出对学生实践能力、创新精神和适应职业变化能力的培养。本教材的特点是：①尽可能通俗地介绍 PLC 的基本原理和使用方法；②介绍一些关于 PLC 应用方面的知识，包括各种类型的应用实例，供学习者阅读和参考；③为便于组织实践教学，配有实验、实训和课程设计指导书。全书共分原理、应用、实验三大部分（第一、二、三篇），各占 30、10、20 学时（未包括第十三章课程设计，下同）。为适合不同专业、不同培养层次的教学需要，推荐 30、45、60 学时三种教学方案（见表 0-1），可以根据实际情况灵活选用。第一、二篇的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。本教材采用松下电工的 FP1 系列 PLC 作为教学用机型，并在第九章对松下电工的 FP0 系列 PLC 作了简单介绍，书后的附录还提供了松下电工 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，还可以作为在职人员培训、继续教育的教材，也可供在职人员作自学读本或作技术参考资料使用。

在表 0-1 中所推荐的三个教学方案中，方案一（30 学时）为最低要求，仅要求学习者掌握 PLC 的基本工作原理、基本指令，能够（用编程软件或手编程器）编制简单的程序并模拟运行，对 PLC 的应用也有初步了解，可作为工科非机电类专业教学或在职人员

培训使用。方案二（45学时）增加了对 PLC 的高级指令和特殊功能的介绍，因此对 FP1 系列 PLC 的功能和指令系统已有较全面的了解。方案三（60 学时）在此基础上进一步介绍了 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。方案二、三可根据需要作机电类专业的教学或者要求较高的在职人员培训使用。根据教学安排，还可以选用第十三章的两个课题组织课程设计，使学习者对应用 PLC 进行工业自动控制得到一次较为全面系统的训练。

表 0-1 课时分配建议表

章 号	标 题	学时分配建议方案		
		方案一	方案二	方案三
	绪论	1	1	2
第一章	可编程控制器的基础知识	2	3	3
第二章	FP1 系列 PLC 介绍	2	2	2
第三章	FP1 的指令系统	6	10	12
第四章	FP1 的特殊功能及功能模块	0	4	8
第五章	FPWIN - GR 编程软件的使用	4	4	4
第六章	PLC 控制系统的设计	2	3	4
第七章	FP1 系列 PLC 的装配、检测与维护	2	2	2
第八章	PLC 应用实例	1	1	2
第九章	FP0 系列 PLC 简介	2	3	4
第十章	PLC 的实验设备和实验基本知识	1	2	2
第十一章	基本操作和指令系统实验	5	7	10
第十二章	程序设计实验	0	1	3
机动		2	2	2
总 学 时		30	45	60

注：第十三章“课程设计”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。

对使用本教材的教学方法提出几点建议，供参考：

(1) 注意掌握 PLC 的基本原理和特点 如上所述，PLC 是计算机控制技术和传统的继电器-接触器控制技术相结合的产物，因此在学习上要注意掌握 PLC 控制与继电器控制、计算机控制的相同之处与不同之处，即要处理好共性与个性、普遍性与特殊性之间的关系，特别要注意掌握知识间的内在联系及其规律。

(2) 注意掌握 PLC 应用的知识 在本书的各章中，都尽可能多地介绍一些应用实例，并在第八章中对较典型的五个应用实例做了专门介绍。在教学时数有限的情况下，学生应自己阅读，以加深对 PLC 控制基本原理的理解，并努力做到举一反三、触类旁通。

(3) 注意提高操作技能 学习 PLC 应用技术，需要多上机练习，才能熟练掌握其指令系统、编程方法和输入、删改、调试程序的操作方法。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，尽量保证实践教学的

学时，有条件的应组织课程设计。有的内容（如第五、第七章）也可在实验、实训现场讲授。

易学、易操作正是 PLC 的一个显著特点，也是 PLC 能在短短三十多年内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，能够尽快地掌握 PLC 应用技术，在工业自动化的领域中，用它更好地为祖国的现代化建设事业服务。

第一篇 原 理

第一章 可编程控制器的基础知识

本章从 PLC 的硬件和软件两个方面, 介绍关于 PLC 的基本知识。通过学习这一章将会了解到 PLC 的基本结构、基本工作原理及其特点, 以及 PLC 特有的编程语言和编程方法。这样, 对 PLC 就会有一个虽然尚未十分清晰, 但却较为完整的初步的整体印象了。

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、输出电路和逻辑控制电路组成, 其中逻辑控制电路一般是由若干个继电器及有关电器的触点组成的, 其逻辑关系已经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, 所不同的是由微处理器和存储器组成的控制组件取代了继电器的逻辑控制电路, 从而实现了“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和输入/输出 (I/O) 接口电路以及编程器所组成。

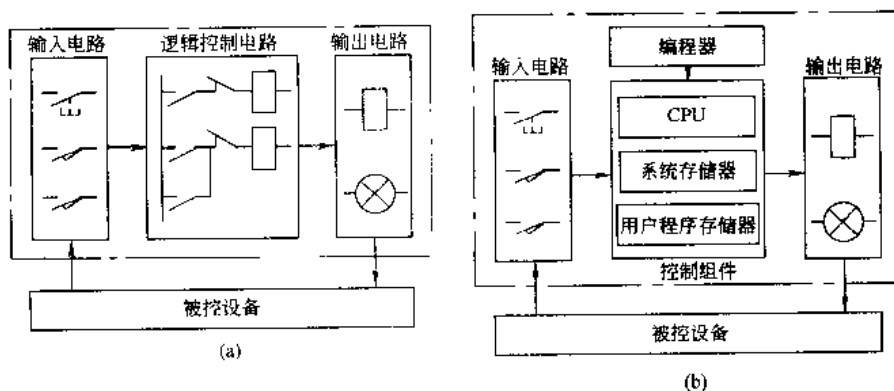


图 1-1 PLC 的基本结构

(a) 继电器-接触器控制系统 (b) PLC 控制系统

一、控制组件

PLC 作为工业控制的专用电子计算机, 其硬件结构与微机相似, 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)。由图 1-1 (b) 可见，外部的各种输入信号经 PLC 的输入电路输入，经过 PLC 根据控制程序进行运算处理后，送到输出电路输出，以实现各种控制功能。由此可见，PLC 作为一个自动控制装置，其核心就是取代了继电器-接触器系统中逻辑控制电路的“控制组件”部分。

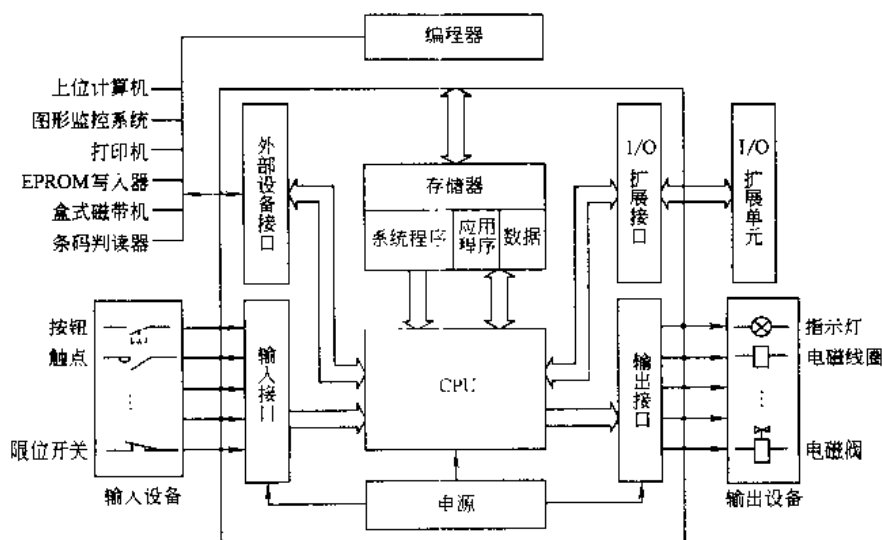


图 1-2 PLC 逻辑结构示意图

PLC 的控制组件主要由 CPU 和存储器组成。

1. CPU

CPU 是中央处理器 (Centre Processing Unit) 的英文缩写，它好像人的大脑一样，是一个控制指挥中心，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 将操作结果送到输出端。
- ⑤ 响应各种外围设备（如编程器、打印机等）的请求。

目前 PLC 的 CPU 多为单片机，采用 16 位或 32 位 CPU 处理器。小型的 PLC 为单 CPU 系统，而中型及大型 PLC 则采用双 CPU 甚至多 CPU 系统来简化系统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 的存储器分为系统程序存储器和用户程序存储器两大部分。

(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。系统程序已由厂家固定，用户不能更改。

(2) 用户程序存储器 通常采用低功耗的 CMOS-RAM，由备用电池供电，在断开电源后仍能够保存。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，用户可输入或者修改程序，PLC 的产品说明书中给出的“内存容量”或“程序容量”就是指这一部分的存储容量；第二部分是数据存储器，按输入、输出和内部寄存器、定时

器、计数器、数据寄存器等单元的定义序号存储数据或状态，不同厂家出品的 PLC 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。外围设备输入 PLC 的各种控制信号，如各种主令电器、检测元件输出的开关量或模拟量（需要经过 A/D 转换），通过输入接口电路转换成 PLC 的控制组件能够接受和处理的数字信号。而控制组件输出的控制信号，又通过输出接口电路转换成现场设备所需要的控制信号，一般可直接驱动执行元件（如继电器、接触器、电磁阀、微电机、指示灯等）。由此可见，I/O 接口电路在 PLC 控制系统中起着十分重要的作用。常用的接口电路如图 1-3 所示。

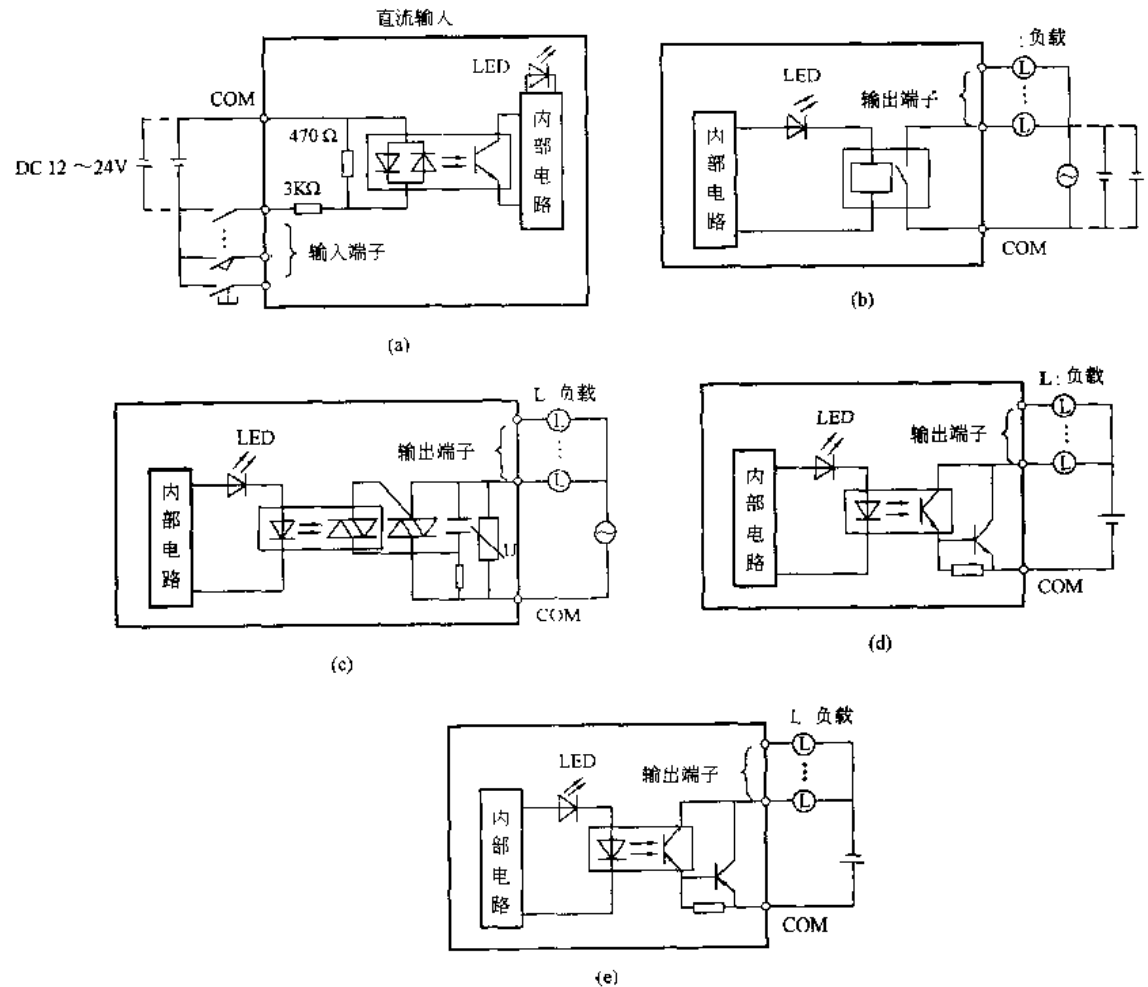


图 1-3 PLC 的常用接口电路

(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 (NPN 集电极开路) (e) 晶体管输出接口电路 (PNP 集电极开路)

PLC 的接口电路具有以下特点：

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电磁干扰，保证 PLC 能在恶劣的工作环境下可靠地工作。