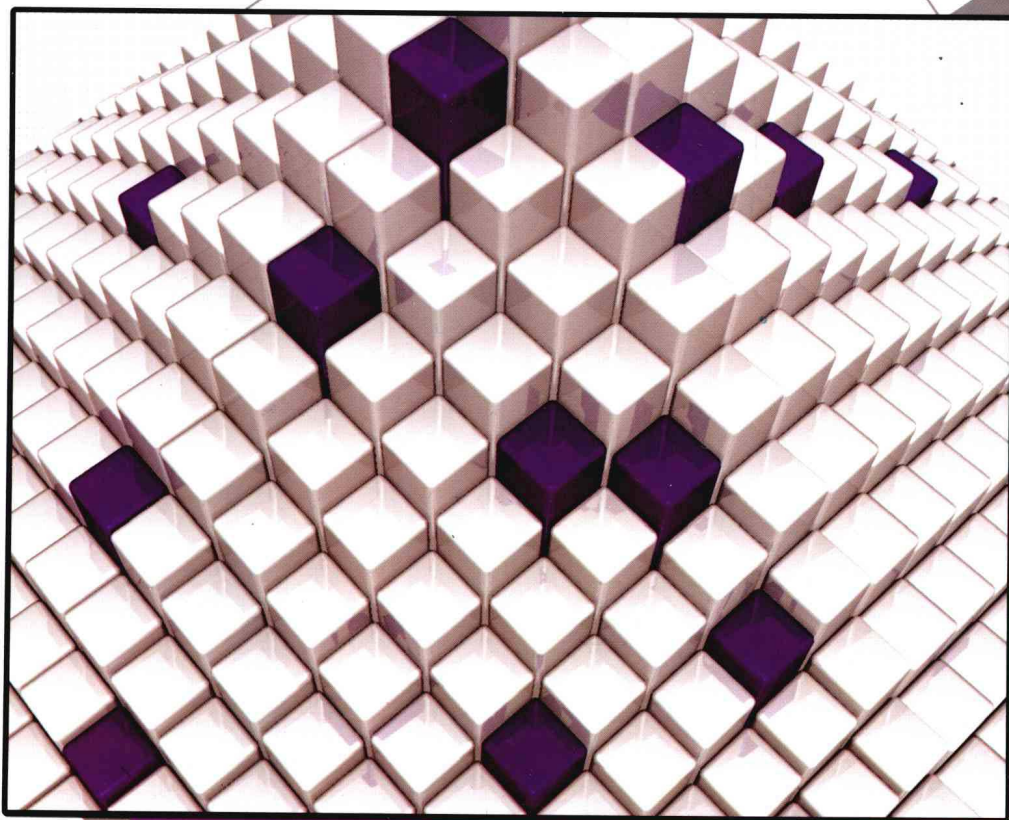




中等职业教育“十一五”规划教材
中职中专**机电类**教材系列

PLC技术基础与编程实训

许孟烈 主编



科学出版社
www.sciencep.com

中等职业教育“十一五”规划教材

中职中专机电类教材系列

PLC 技术基础与编程实训

许孟烈 主 编

卢 波 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书采用项目式结构编写,以任务驱动模式讲授 PLC 各相关知识点。主要内容包括六大项目:PLC 的基础知识、编程软件的认识与操作、PLC 指令系统与编程、用 PLC 对接触器控制电路的改造、PLC 程序设计实训、PLC 的维护与故障诊断,共含 23 个任务及多个实训小项目,各项目分别由知识、实训、拓展、分析与思考等部分组成,便于师生的教与学。

本书可作为中等职业学校电子类、机电类专业及相关专业学生 PLC 入门和编程训练的教学用书,也可作为相关技术人员学习 PLC 的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 技术基础与编程实训 / 许孟烈主编. —北京:科学出版社, 2008

(中等职业教育“十一五”规划教材·中职中专机电类教材系列)

ISBN 978-7-03-022264-0

I .P… II.许… 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 (2008) 第 082917 号

责任编辑:陈砺川 / 责任校对:刘彦妮

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

装 订 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 6 月第一次印刷 印张:12 1/4

印数:1—3 000 字数:274 000

定价:20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135763-8020

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

为了响应教育部提出的中等职业教育应“以就业为导向，以能力为本位”的办学方针，在本书的取材和编写过程中，作者精简整合理论知识的内容，注重和强化实际动手操作的环节，增设了技能训练和拓展编程的内容，强调“学以致用”。教材内容由浅入深，循序渐进，合理安排知识点、技能点以及拓展环节，并结合生活中的实例作为实训项目，符合中等职业学校学生的认知规律，能够很好地发挥中等职业学校学生动手能力强优势。亦鉴于此，本书采用以项目化的任务为驱动的教学法，把提高学生的动手操作技能放在首要位置，为学生适应工作岗位对知识和技能的需求打下良好的基础。

本书主要内容包括六大项目：PLC 的基础知识、编程软件的认识与操作、PLC 指令系统与编程、用 PLC 对接触器控制电路的改造、PLC 程序设计实训、PLC 的维护与故障诊断，共含 23 个任务及多个实训小项目，各实训项目由知识、实训、拓展和分析与思考等部分组成。书中 PLC 基础知识部分的内容着重从基本概念和使用入手；讲述编程软件及基本指令的使用时加入了基本单元电路的编程方法和技巧，使学生在学习和使用过程中，既能掌握基础知识又学习了编程方法，理论联系实际，即学即用；介绍程序设计和故障诊断部分内容时着重从实际操作和使用出发，结合实例进行实训与演示，明确该课程的“学以致用”的目的，同时培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力，有利于学生把握学习重点，掌握实际技能。

在学习本教材的过程中，应注意以下几点。

(1) 密切联系生活实际，学生应在指导教师的演示、指导、帮助下，刻苦钻研，积累生产实训经验，总结规律，循序渐进，培养独立分析问题、解决实际问题的能力。

(2) 正确处理理论知识学习和技能训练的关系，在懂得和掌握了理论知识的基础上，用理论指导实际，用实际验证理论，深刻理解理论联系实际的重要性，加强自身的动手操作技能。

(3) 在技能实训过程中，严格按照电工安全操作规程，努力做到安全文明生产与实训。

本书由许孟烈任主编，卢波任副主编。另外，袁江、付婕和余春辉参与了项目五的编写。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。通过读者所反馈的信息，我们将逐步调整、补充和完善本书，使其更适合中等职业学校教学的特点，更有实用性。

目 录

项目一 PLC 的基础知识	1
任务一 PLC 的基本概述	2
知识 1 PLC 基本概念	2
知识 2 PLC 的一般结构	2
知识 3 PLC 与继电器控制系统的比较	2
实训 比较继电器控制与 PLC 控制自锁电路的运行	3
拓展 1 IEC 对 PLC 的定义	7
拓展 2 PLC 发展史	7
拓展 3 PLC 的基本工作原理	7
拓展 4 PLC 的分类及应用场合	8
拓展 5 PLC 的主要性能指标	9
拓展 6 世界知名的 PLC 品牌	9
分析与思考	10
任务二 三菱 FX2N-48MR 型 PLC 的基本概述	10
知识 1 FX 系列 PLC 型号名称的含义	11
知识 2 PLC 三菱 FX2N-48MR 主机面板结构	11
实训 PLC 端口接线	12
分析与思考	14
项目二 编程软件的认识与操作	15
任务一 GX Developer 的使用	16
知识 1 GX Developer 的安装	16
知识 2 计算机与 PLC 通信的硬件连接	16
知识 3 GX Developer 启动	17
知识 4 GX Developer 的基本操作与使用	17
实训 输入指定程序并传真	30
拓展 SWOPC-FXGP / WIN-C 编程软件	31
分析与思考	32
任务二 编程软件使用实训	32
知识 编程软件操作步骤	32
实训 1 编程软件使用实例 1	33
实训 2 编程软件使用实例 2	34
分析与思考	35
项目三 PLC 指令系统与编程	36
任务一 认识编程语言	37

知识 1 梯形图编程语言	37
知识 2 指令表编程语言（助记符语言）	37
知识 3 继电器控制线路与梯形图的联系	38
实训 将梯形图与指令表编程语言互转	38
拓展 1 功能图编程语言	40
拓展 2 梯形图的主要特点	40
分析与思考	41
任务二 FX2N 系列 PLC 内部继电器的认识	41
知识 1 FX2N 系列 PLC 内部继电器编号的基本认识	41
知识 2 内部继电器使用说明	42
实训 1 输入/输出继电器的认识与使用	46
实训 2 辅助继电器的认识与使用	47
实训 3 定时器一般认识与使用	49
实训 4 计数器一般认识与使用	52
实训 5 状态寄存器、数据寄存器的简单认识与使用	54
分析与思考	56
任务三 常用基本顺控指令的认识与操作	56
知识 1 输入/输出指令（LD、LDI、OUT）	56
知识 2 触点串联指令（AND、ANI）	57
知识 3 触点并联指令（OR、ORI）	58
知识 4 电路块的并联、串联（ORB、ANB）	59
知识 5 LDP、LDF、ANDP、ANDF、ORP 和 ORF 指令	61
知识 6 置位、复位指令（SET、RST）	62
知识 7 上升沿、下降沿检测线圈指令（PLS、PLF）	63
知识 8 进栈、读栈、出栈指令	64
知识 9 主控（MC）、主控复位（MCR）指令	65
知识 10 取反（INV）、空操作（NOP）指令	65
知识 11 程序结束指令（END）	66
知识 12 步进指令（STL、RET）	66
实训 将梯形图程序转化成指令表程序	67
拓展 1 特殊辅助继电器元件编号的认识	68
拓展 2 PLC 应用指令的基本认识与操作	69
任务四 基本编程规则和编程方法	72
知识 1 梯形图的基本编程原则	72
知识 2 梯形图的基本编程技巧	74
知识 3 梯形图基本编程方法	75
实训 1 启动—保持—停止电路	75
实训 2 互锁（联锁）电路	76
实训 3 延时控制电路	76

实训 4	定时器和计数器配合的长延时电路	77
实训 5	多地控制电路	77
实训 6	振荡电路	78
拓展 1	逻辑设计法	79
拓展 2	顺序功能图设计方法	80
分析与思考		82
项目四	用 PLC 对接触器控制电路的改造	83
任务一	PLC 改造三相异步电动机点动与连续控制线路	84
知识 1	点动正转控制线路的 PLC 控制	84
知识 2	自锁正转控制线路的 PLC 控制	86
实训	PLC 控制点动与连续正转控制	87
拓展 1	继电器控制线路转换 PLC 程序技巧	90
拓展 2	点动与连续控制原理及工作原理	91
分析与思考		92
任务二	PLC 改造三相异步电动机正/反转控制	92
知识 1	接触器联锁正/反转的 PLC 控制	93
知识 2	按钮联锁正/反转的 PLC 控制	94
实训	PLC 控制按钮接触器双重联锁正/反转控制	96
拓展 1	按钮接触器双重联锁正/反转控制线路工作原理	99
拓展 2	正/反转控制中联锁的意义	100
分析与思考		100
任务三	PLC 改造三相异步电动机自动循环控制	101
知识	位置控制线路的 PLC 控制	101
实训	PLC 控制自动循环控制	103
拓展	自动循环工作原理	106
分析与思考		107
任务四	PLC 改造三相异步电动机顺序控制线路	107
知识 1	主电路实现顺序控制的 PLC 控制	108
知识 2	控制电路实现顺序控制的 PLC 控制	109
实训	PLC 控制顺序控制	111
拓展	顺序启动逆序停止控制线路工作原理	114
分析与思考		115
任务五	PLC 改造三相异步电动机星—三角降压启动控制	115
知识	按钮接触器控制星—三角降压启动的 PLC 控制	115
实训	PLC 控制用时间继电器实现星—三角降压启动	117
拓展 1	电动机直接启动与降压启动相关概述	120
拓展 2	星—三角降压启动工作原理	120
分析与思考		121

项目五 PLC 程序设计实训	122
任务一 设计按钮控制灯的程序	123
实训 1 用按钮 SB1 控制灯 HL1 设计	123
分析与思考	126
实训 2 用按钮 SB1、SB2 控制灯 HL1 设计	126
分析与思考	129
实训 3 楼梯灯程序设计	130
分析与思考	133
任务二 设计抢答器控制程序	133
实训 三路抢答器设计	133
分析与思考	137
任务三 设计电动机控制程序	137
实训 1 单台电动机的控制设计	137
分析与思考	140
实训 2 两台电动机的控制设计	141
分析与思考	144
实训 3 三台电动机的控制	144
分析与思考	148
任务四 设计小车控制程序	148
实训 1 小车运行的程序设计	148
分析与思考	151
实训 2 运货小车程序设计	152
分析与思考	155
任务五 车间传送控制程序设计	156
实训 传送带的控制程序设计	156
分析与思考	159
任务六 设计液体混料控制程序	160
实训 两种液体混合控制程序设计	160
分析与思考	164
任务七 设计交通灯控制程序	165
实训 交通灯控制程序设计	165
分析与思考	169
任务八 机械手控制程序	169
实训 机械手控制程序设计	169
分析与思考	173
项目六 PLC 的维护与故障诊断	174
任务一 PLC 控制系统常见故障及诊断	175
知识 1 PLC 控制系统常见的故障及诊断方法	175
知识 2 PLC 在生产现场中易出的故障	176

任务二 常见故障的诊断及排除训练	177
实训 1 PLC 电源故障	177
实训 2 锂电池电压低下故障	179
实训 3 输入端故障	179
拓展 PLC 的安装使用要求	181
分析与思考	184
参考文献	185

项目一

PLC 的基础知识

本项目主要讲述 PLC 的基本概念、结构及相关基础知识,并将 PLC 与传统继电器控制系统进行了比较。重点介绍了 FX2N 系列 48MR PLC 的基本内容,这些内容是学习 PLC 的入门。

知 识 目 标

- 了解 PLC 的基本概念与一般结构。
- 了解 PLC 的工作原理、分类及应用场合。

技 能

- 基本掌握 PLC 控制与继电器控制的联系。
- 掌握三菱 FX2N-48MR 型 PLC 的基本内容和外部接线。

■ 任务一 PLC 的基本概述 ■

知识目标:

- 1) 了解 PLC 的基本概念、分类及使用场合。
- 2) 熟知 PLC 的基本结构、工作原理。
- 3) 理解并掌握 PLC 与继电器控制系统的区别与联系。

技能目标:

掌握 PLC 与继电器控制在实际中的使用, 并且动手操作实训内容。

实训课时: 2 学时。



知识 1 PLC 基本概念

可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 的主要功能是取代传统继电器, 执行逻辑、计时和计数等顺序控制功能, 建立一种柔性的程序控制系统。作为通用工业控制计算机, PLC 从无到有, 功能从弱到强, 应用领域从小到大, 得到了长足的发展, 它已经占据了工业生产自动化三大支柱 (PLC、机器人、计算机辅助设计与制造) 的首位。

知识 2 PLC 的一般结构

PLC 采用了典型的计算机结构, 基本组成主要由 CPU、RAM 和 ROM、专门设计的输入/输出接口电路及电源单元、编程单元、I/O 扩展接口、外部设备接口等组成。PLC 的一般结构如图 1-1 所示。

PLC 控制系统由输入量—PLC—输出量组成, 外部各种开关信号、模拟信号、传感器检测的信号均可以作为 PLC 的输入量, 经外部输入端子送到内部寄存器中, 在内部进行逻辑运算或其他各种运算, 处理后将结果送到输出端子, 作为 PLC 的输出量对外围设备进行控制。由此可见, PLC 的基本结构由控制部分、输入和输出部分组成。

知识 3 PLC 与继电器控制系统的比较

传统的继电—接触式电路具有工作可靠、造价低廉等优点, 它被广泛应用在自动控制中。但它也有一些致命的缺点, 随着生产领域对自动控制的要求越来越高, 它已经不能适应生产的需要了。

PLC 控制技术是在继电—接触器控制技术的基础上, 结合计算机控制技术发展而来的, 所以 PLC 梯形图程序与继电—接触器控制线路十分相似, 并沿用了继电器控制电路的元件符号。传统的继电器控制只能进行开关量的控制, 而 PLC 可进行开关量和模拟量的控制, 能与计算机联机实现分级控制。

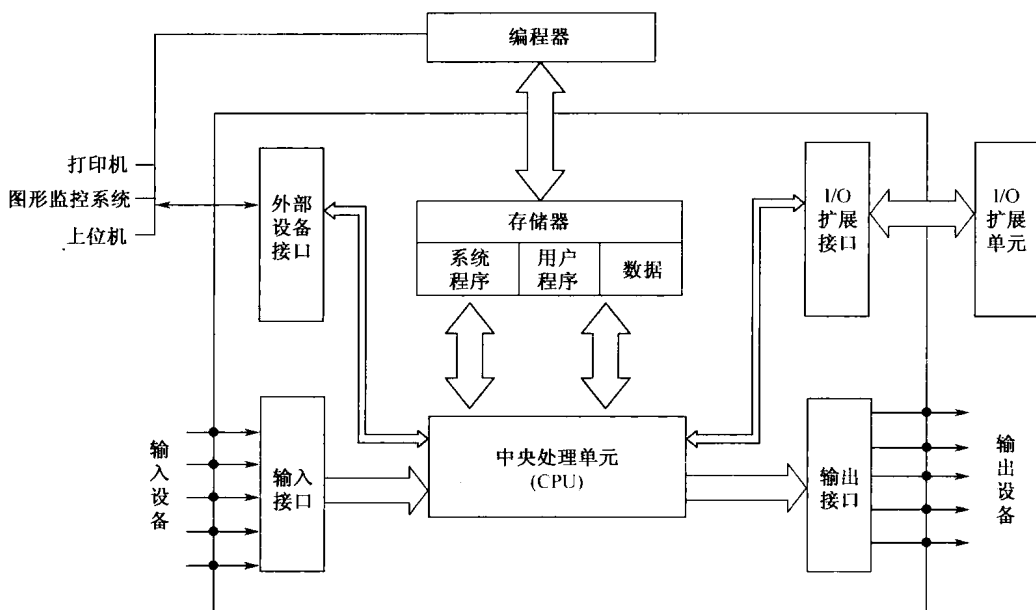
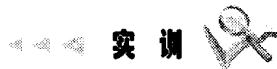


图 1-1 PLC 的一般结构示意图

PLC 控制与继电器控制的区别如下。

- 1) 组成的器件不同。继电器控制线路由许多真正的硬件继电器组成，容易磨损；而梯形图则由许多所谓的“软继电器”组成，没有磨损现象。
- 2) 触头的数量不同。继电器的硬件数量是有限的，一般情况下的接触器有 7 对触点（3 对主触头、2 对常开辅助触头、2 对常闭辅助触头）；而梯形图中每个“软继电器”可使用的触点是无数对，可无限使用。
- 3) 控制方法不同。继电器控制线路的控制方式是各种继电器之间是以硬接线实现的；而 PLC 控制是通过梯形图程序实现的，所以可以是灵活多变的。
- 4) 工作方式不同。继电器控制线路中，采用并行的工作方式，即当接通电源时，线路中各继电器处于受制约的状态，该动作就动作，不该动作就不动作；而在 PLC 控制采用的是循环扫描工作方式，周期性地循环扫描各软继电器的接通情况，来控制输出线圈的动作。



实训 比较继电器控制与 PLC 控制自锁电路的运行

比较继电器控制与 PLC 控制三相异步电动机的自锁电路运行情况。

第 1 步（接一接） 实际装接继电器控制线路。

根据三相异步电动机自锁正转控制线路原理，用软导线进行实际的快速接线。电动机自锁正转控制线路原理如图 1-2 所示。

第 2 步（试一试） 调试继电器控制线路。

等完成自锁正转控制线路装接后，便进行调试，观察实际运行的结果。装接完成后的效果如图 1-3 所示。

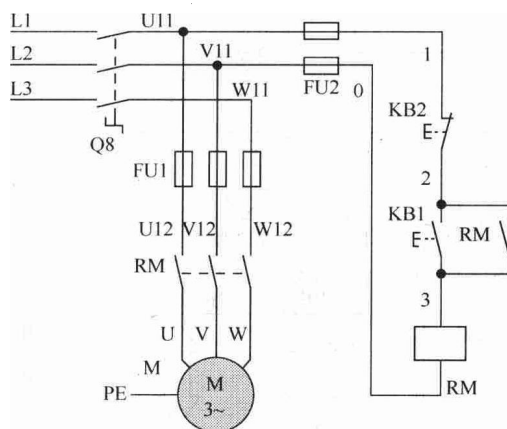


图 1-2 电动机自锁正转控制线路原理

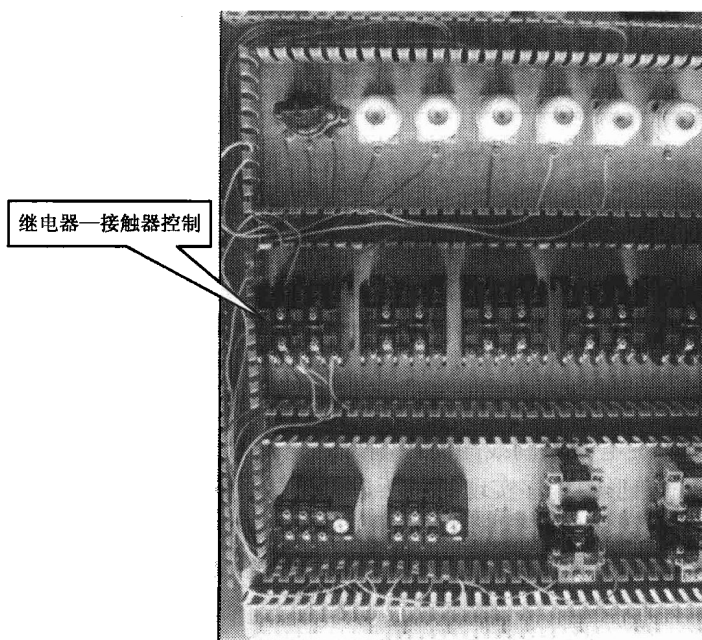


图 1-3 继电器控制线路效果

第 3 步（演一演） 演示 PLC 控制操作步骤（以教师为主）。

步骤 1：根据 PLC 外接线图，对照 PLC 实物，教师演示具体的接线过程。I/O 分配情况如表 1-1 所示。

表 1-1 PLC 自锁控制 I/O 分配

输入信号			输出信号		
名称	符号	输入点编号	名称	符号	输出点编号
启动按钮	SB1	X000	接触器	KM	Y000
停止按钮	SB2	X001			

PLC 外接线如图 1-4 所示。

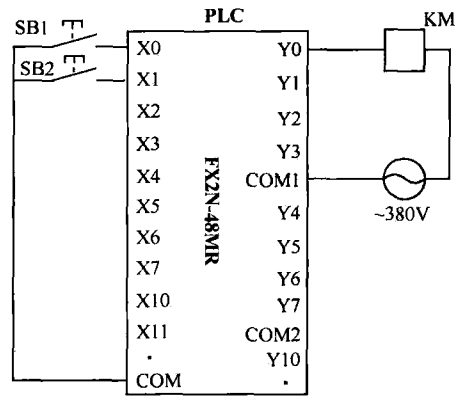


图 1-4 PLC 外接线

自锁正转 PLC 控制装接完成后的效果如图 1-5 所示。

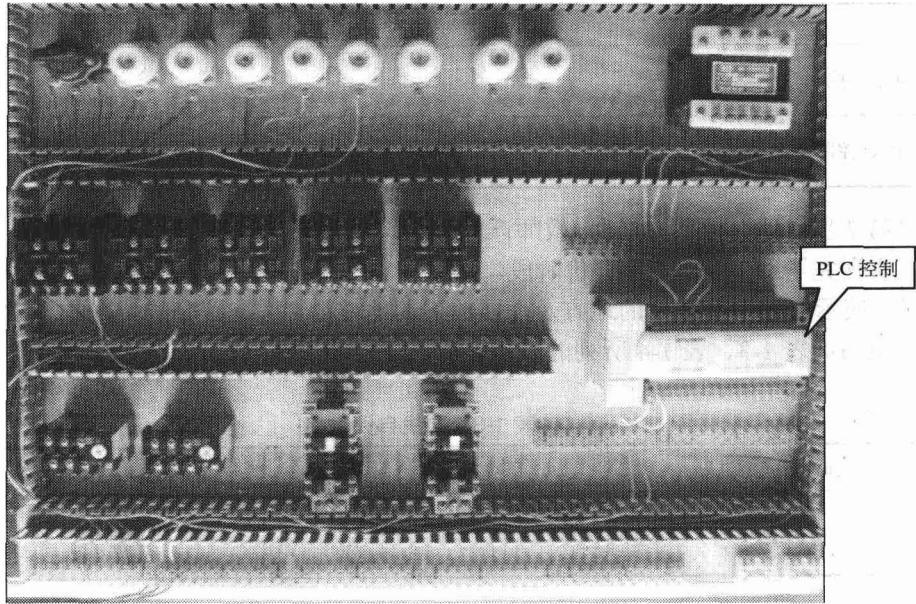


图 1-5 PLC 控制线路效果

步骤 2: 教师演示编写程序, 调试、下载、运行程序过程。
三相异步电动机自锁正转控制线路 PLC 梯形图程序如图 1-6 所示。

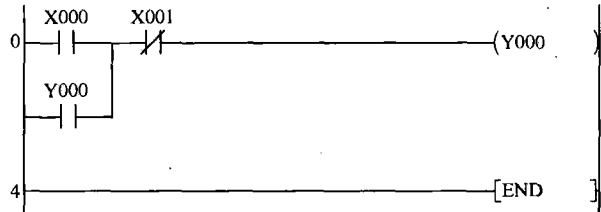


图 1-6 三相异步电动机自锁正转控制线路 PLC 梯形图程序

步骤 3：教师演示 PLC 控制运行结果。

当按下 SB1 按钮时，电动机得电长期运转；当按下 SB2 按钮时，电动机失电停转。从运行结果得到：PLC 实现的控制结果与继电器控制结果完全一致。

第 4 步（接一接） 实际装接 PLC 控制线路（学生动手）。

教师演示完毕后，学生动手操作。保留继电器控制线路安装时主电路的接线（教师提醒），拆去控制电路部分的接线，按照 PLC 外接线图 and 教师演示的过程，学生进行 PLC 控制线路的接线。

第 5 步（试一试） 尝试线路运行。

接线完毕后（教师先将正确的程序下载到 PLC），学生按照教师演示的操作步骤，尝试 PLC 控制电路的运行。

第 6 步（比一比） 观察两种控制运行情况、比较并记录。

观察继电器控制与 PLC 控制的运行情况，将比较结果写入表 1-2 中。

表 1-2 继电器控制与 PLC 控制比较结果表

	比较运行结果	优、缺点
继电器控制		
PLC 控制		

第 7 步（评一评） 自评、教师评。

实训完毕后，进入总结评价阶段。分自评、教师评两种，主要是总结评价本次安装、调试、演示过程中做得好的地方及需要改进的地方等。根据评分的情况和本次实训的结果，填写如表 1-3、表 1-4 所列的表格。

表 1-3 学生自评表格

实训任务完成进度	做得好的方面	不足、需要改进的方面

表 1-4 教师评价表格

实训表现	学生进步的方面	学生不足、需要改进的方面

第 8 步（写一写） 写实训报告。

完成实训任务后，写出实训报告，总结本次实训操作过程。报告可涉及内容为实训设计要求、PLC 的 I/O 分配、PLC 外接线图、设计的梯形图程序、实物演示的结果等，并可谈谈本次实训的心得体会。

拓展

拓展1 IEC 对 PLC 的定义

国际电工委员会 (IEC) 于 1987 年对 PLC 的定义如下: PLC 是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下应用而设计, 是带有存储器、可以编制程序的控制器。它能够存储和执行指令, 进行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术等操作, 并通过数字式和模拟式的输入/输出, 控制各种类型的机械和生产过程。PLC 及其有关的外围设备, 都应按易于与工业控制系统形成一体、易于扩展其功能的原则设计。

拓展2 PLC 发展史

早期工业生产控制中广泛使用的电气控制系统, 是由继电器—接触器组成的, 简称继电器控制系统。

1) 20 世纪 60 年代初, 出现了利用二极管、三极管和中小规模集成电路构成的逻辑式顺序控制器。

2) 1968 年, 美国通用公司 (GM), 为了满足汽车型号不断更新的要求, 向制造商招标, 寻求一种取代传统继电器控制系统的新设备, 并提出 10 条要求:

- ① 编程方便, 可实现现场修改程序。
- ② 维修方便, 最好为插件结构。
- ③ 可靠性高于继电器控制装置。
- ④ 体积小于继电器控制装置。
- ⑤ 数据可以直接输入管理计算机。
- ⑥ 可以直接用 115V 输入。
- ⑦ 输出交流 115V 负载电流要求 2A 以上, 可以直接驱动电磁阀、接触器负载元件。
- ⑧ 通用性强, 易扩展, 扩展时原系统只需很少变更。
- ⑨ 用户存储器容量大于 4KB。
- ⑩ 成本可与继电器控制装置竞争。

这就是著名的 GM 10 条。

3) 1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 根据上述要求, 研制出了世界上第一台 PLC, 型号为 PDP-14, 并成功应用于通用公司的汽车自动装配线上。

4) 1971 年, 日本引进该技术; 1973 年, 原联邦德国及法国开始研制; 1974 年, 我国开始研制, 1977 年应用于工业生产。目前, 世界上有上百家厂家生产 PLC, 竞争十分激烈, 平均每两年便有新一代产品问世。

拓展3 PLC 的基本工作原理

PLC 的工作原理与计算机的工作原理基本上是一致的, 可以简单地表述为在系统程

序的管理下,通过运行应用程序完成的用户任务。PLC 系统正常工作时所要完成的任务包括:内部各工作单元的调度、监控;与外设之间的通信;用户程序所要完成的工作等,这些工作都是分时完成的。

PLC 采用循环扫描工作方式,系统工作任务管理及应用程序执行都是以循环扫描工作方式完成的。用户程序的完成可分为以下 3 个阶段:输入处理阶段、程序执行阶段、输出处理阶段,如图 1-7 所示。

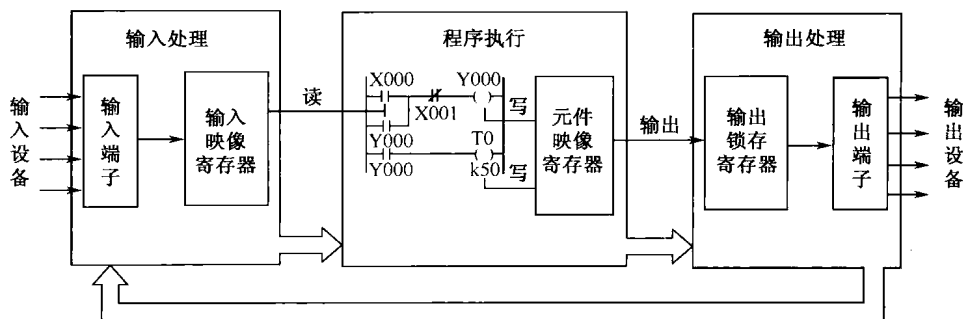


图 1-7 PLC 用户程序循环扫描工作过程

1) 输入处理阶段,又称为输入采样。在此阶段 PLC 扫描所有的输入口,读取输入口的状态并存放在输入映像寄存器中。完成输入口的扫描后,将关闭输入口,接着进入程序执行阶段。

2) 程序执行阶段。在程序执行阶段,根据用户所编写的控制程序,按先左后右、先上后下的步序,逐条执行,并将运算结果存放在内部辅助继电器和相应的输出状态寄存器中。如果输入口状态发生了变化,不会改变输入映像寄存器中的内容,直到下一个扫描周期再读取输入口的信息。当执行到最后的梯形图结束指令后,即转入输出处理阶段。

3) 输出处理阶段,也称输出刷新。当所有程序执行完毕后,将输出映像寄存器中的内容依次送到输出锁存电路,通过隔离电路,驱动外部负载工作。

由此可见,输入处理阶段、程序执行阶段和输出处理阶段构成了 PLC 的一个工作周期。扫描周期是 PLC 的一个重要指标,扫描时间取决于 CPU 扫描速度、用户程序长短及程序使用的指令类型。扫描速度的一般计量单位为 $\mu\text{s}/\text{步}$ 。

拓展 4 PLC 的分类及应用场合

1. PLC 产品的分类

1) 根据结构形状分类,可分为整机式和机架模块式两种。一般小型 PLC 都把 CPU、存储器(ROM、RAM)和 I/O 接口装配在一起,形成整机式结构。大、中型 PLC 把每个工作单元都制作成独立的模块,如 CPU 模块、输入/输出模块、电源模块等。使用时根据控制系统要求选择相应的模块,插到带有插槽的模板上,形成机架模块式结构。

2) 根据 I/O 点数和功能分类,可分为小型 PLC、中型 PLC、大型 PLC。小型 PLC 的输入/输出点数一般在 128 点以下,以开关量控制为主;中型 PLC 的输入/输出点数一般在 128~512 点,不仅具有开关量和模拟量控制功能,还具有数值运算能力;大型 PLC