



全国高等职业教育规划教材

PLC应用技术

杨育彪 林顺宝 等编著



- 根据职业岗位技能需求,以生产实践中典型的工作任务为项目
- 针对三菱FX_{2N}系列PLC进行讲解
- 采用“典型项目+相关知识+项目实施”的模式



电子教案下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

PLC 应用技术

杨育彪 林顺宝 等编著



YZLI0890168410



机械工业出版社

本书根据职业岗位技能需求,结合最新的高职院校职业教育课程改革经验,以生产实践中典型的工作任务为项目,以比较有代表性的三菱FX_{2N}系列PLC为对象,通过“典型项目+相关知识+项目实施”的模式对PLC技术及应用进行讲述。本书主要内容包括PLC基础知识,PLC编程基础,基本指令应用,步进顺控指令的应用,功能指令的应用,FX_{2N}系列PLC在工程中的应用实例,PLC、变频器、触摸屏的通信及应用和工业通用组态技术简介等。

本书可作为高职高专院校电气自动化、机电一体化、机械制造及其自动化、计算机控制技术等自动化类专业教材,也可作为职业培训学校PLC课程的教材,同时还可以供从事自动化技术工作的工程技术人员使用。

为配合教学,本书配有电子课件,读者可以登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 免费注册后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369,电话:(010) 88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

PLC应用技术/杨育彪,林顺宝等编著. —北京:机械工业出版社,2012.12
全国高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-111-40703-4

I. ①P… II. ①杨… ②林… III. ①plc技术-高等职业教育-教材
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第293322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:吴鸣飞 刘闻雨

责任印制:张楠

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2013年3月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·17.5印张·432千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40703-4

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材机电类专业

委员会成员名单

主 任 吴家礼

副 主 任 任建伟 张 华 陈剑鹤 韩全立 盛靖琪 谭胜富

委 员 (按姓氏笔画排序)

王启洋	王国玉	王晓东	代礼前	史新民	田林红
龙光涛	任艳君	刘靖华	刘 震	吕 汀	纪静波
何 伟	吴元凯	张 伟	李长胜	李 宏	李柏青
李晓宏	李益民	杨士伟	杨华明	杨 欣	杨显宏
陈文杰	陈志刚	陈黎敏	苑喜军	金卫国	奚小网
徐 宁	陶亦亦	曹 凤	盛定高	程时甘	韩满林

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 郝秀凯

出版说明

根据“教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见”中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课程的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

随着计算机技术的迅速发展,以 PLC 控制、变频器调速、触摸屏人机对话为主体的新型控制系统广泛应用于各行各业,为适应现代企业对新型人才既要有较新知识,又要有较强动手能力的要求,高职高专的课程整合乃大势所趋。因此,我们在总结了有关 PLC 技术、变频器技术、触摸屏等课程的基础上,编写了适合高职高专机电类及相关专业使用的理论与实训一体化的项目教程。在编写过程中,贯彻了以下原则。

(1) 在编写思想上,遵循“以能力培养为核心,以技能训练为主线,以理论知识为支撑”,较好地处理了理论与实训的关系。PLC 控制、变频器调速、触摸屏都是应用性很强的实用技术,其理论与实训的结合显得尤为重要,因此,本书按照“典型项目 + 相关知识 + 项目实施”的模式编写,由实际问题入手,通过分析引入相关知识和技能。项目实施部分以理论为依托,相关知识部分以项目实施为目的,实现理论与实践融为一体,互为依托。

(2) 在选择内容上注重精选、结合实际、突出应用。在编排上循序渐进,在内容阐述力求扼要、图文并茂、通俗易懂,便于教学和自学,在方法上适合“教学做”一体化的教学模式改革。全书共分 8 章:第 1 章 PLC 基础知识(9 个知识点);第 2 章 PLC 编程基础(3 个知识点和 2 个项目案例);第 3 章 基本指令的应用(4 个知识点和 12 个项目案例);第 4 章 步进顺控指令的应用(4 个知识点和 4 个项目案例);第 5 章 功能指令的应用(7 个知识点和 14 个项目案例);第 6 章 FX_{2N} 系列 PLC 在工程中的应用实例(7 个知识点和 6 个项目案例);第 7 章 PLC、变频器、触摸屏的通信及应用(6 个知识点和 3 个项目案例);第 8 章 工业通用组态技术简介(9 个知识点)。其中,项目由学习目标、技能目标、项目描述、相关知识、项目实施和技能检验 6 个环节组成,每个项目和工程实例均由教材编写组从企业生产实践中选择,再设计成教学项目,试做后编入教材,强调职业技能的训练,注重职业能力的培养。附录中提供了 FX 系列 PLC 指令集速查表、FX_{2N} 特殊元件一览表和 PLC 程序设计师岗位培训试题。

本书主要由杨育彪、林顺宝、毛卫秀编写。毛卫秀编写第 2 章及附录部分,林顺宝编写第 1 章、第 3 章和第 4 章,杨育彪编写第 5 章、第 6 章、第 7 章和第 8 章。深圳市鹏创兴技术有限公司高级工程师龙锋担任主审。在编写过程中,得到了高职教师自动化技术项目培训班(2010 暑假)成员、亚龙公司驻贵阳办事处的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第1章 PLC 基础知识 1

1.1 PLC 概述 1

1.1.1 PLC 的定义 1

1.1.2 PLC 控制与继电器控制的比较 1

1.1.3 PLC 的应用领域 1

1.2 PLC 的组成与工作原理 2

1.2.1 PLC 的组成 2

1.2.2 PLC 的等效电路 5

1.2.3 PLC 的工作原理 7

1.3 FX_{2N} 系列 PLC 的型号、安装与接线 9

1.3.1 FX_{2N} 系列 PLC 的型号 9

1.3.2 FX 系列 PLC 的特殊功能模块 12

1.3.3 FX_{2N} 系列 PLC 的安装与接线 16

1.4 本章技能检验 18

第2章 PLC 编程基础 19

2.1 PLC 的编程语言与编程方法 19

2.1.1 PLC 的编程元件 19

2.1.2 PLC 的编程语言 28

2.1.3 PLC 的编程方法 29

2.2 程序的输入与调试 30

2.2.1 项目案例——FX-20P-E 手持编程器的使用 30

2.2.2 项目案例——SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的使用 43

2.3 本章技能检验 51

第3章 基本指令的应用 53

3.1 单接点指令的应用 53

3.1.1 项目案例——三相异步电动机的

点动、连续运行 53

3.1.2 项目案例——自动热水器控制 61

3.1.3 项目案例——6 个彩灯依次点亮控制 65

3.2 连接导线指令的应用 70

3.2.1 项目案例——三相异步电动机的正反转控制 70

3.2.2 项目案例——十字路口交通灯控制 77

3.2.3 项目案例——通风机监控系统控制 81

3.2.4 项目案例——两台水泵交替抽水控制电路 85

3.3 逻辑线圈指令的应用 88

3.3.1 项目案例——水箱水位控制 88

3.3.2 项目案例——8 组智力抢答器控制 91

3.3.3 项目案例——液体自动混合装置 97

3.4 定时器与计数器的应用 101

3.4.1 项目案例——大型机械生产运行报警信号控制 101

3.4.2 项目案例——单按钮控制电动机的启动停止 107

3.5 本章技能检验 111

第4章 步进顺控指令的应用 112

4.1 步进顺控指令基本知识 112

4.1.1 步进指令 112

4.1.2 状态转移图和步进梯形图 112

4.2 步进顺控指令的应用 118

4.2.1 项目案例——剪板机工作控制 118

4.2.2 项目案例——抢答显示系统

控制	121	指令的项目案例——植物园	
4.2.3 项目案例——十字路口交通灯		定时灌溉控制	156
控制	125	5.7 PLC 温度模块的项目案例——	
4.2.4 项目案例——三相异步电动机		FX _{2N} - 4AD - PT 温度测量 ...	160
正反转、Y - Δ 起动	131	5.8 本章技能检验	165
4.3 本章技能检验	134	第 6 章 FX_{2N} 系列 PLC 在工程中的	
第 5 章 功能指令的应用	136	应用实例	167
5.1 功能指令的基本知识	136	6.1 PLC 控制系统设计概述	167
5.1.1 功能指令的图形符号		6.1.1 PLC 控制系统设计的	
及指令	136	原则	167
5.1.2 功能指令的格式及说明 ...	136	6.1.2 PLC 控制系统设计的	
5.2 程序流控制指令的应用	138	内容	167
5.2.1 项目案例——3 台电动机多种		6.1.3 PLC 控制系统设计的	
工作方式控制	138	步骤	168
5.2.2 项目案例——信号灯的开关		6.2 PLC 控制系统的硬件配置	168
控制	139	6.2.1 PLC 机型的选择	168
5.2.3 项目案例——3 人智力		6.2.2 开关量 I/O 的选择	170
抢答	141	6.2.3 模拟量 I/O 的选择	170
5.3 比较传送指令的应用	142	6.2.4 智能 I/O 模块的选择	170
5.3.1 项目案例——密码锁		6.3 FX _{2N} 系列 PLC 在学校自动	
控制	142	打铃的应用	171
5.3.2 项目案例——8 人智力抢答		6.3.1 系统工作要求	171
控制	144	6.3.2 PLC 选型	172
5.4 四则运算指令的应用	145	6.3.3 I/O 地址分配及硬件	
5.4.1 项目案例——停车场停车位		接线图	172
控制	145	6.3.4 PLC 梯形图程序设计	
5.4.2 项目案例——投币洗车机自动		及调试	172
控制	147	6.4 FX _{2N} 系列 PLC 在搬运机械手	
5.4.3 项目案例——倒计时显示		控制系统中的应用	174
定时器指令	148	6.4.1 系统工艺要求	174
5.4.4 项目案例——六十秒		6.4.2 PLC 的 I/O 分配	175
钟倒计时钟	150	6.4.3 PLC 程序设计	176
5.5 循环移位指令的应用	152	6.4.4 程序综合与模拟调试	179
5.5.1 项目案例——4 台水泵轮流		6.5 FX _{2N} 系列 PLC 在洗衣机	
运行控制	152	控制系统中的应用	179
5.5.2 项目案例——按钮控制 5 条		6.5.1 工艺控制要求	179
带式传送机的顺序控制 ...	153	6.5.2 PLC 选型	180
5.5.3 项目案例——霓虹灯		6.5.3 I/O 地址分配及控制	
控制	155	接线图	180
5.6 时钟区间比较指令与触点比较			

6.5.4	PLC 梯形图程序设计	182	7.2.2	变频器面板认识	207
6.6	FX _{2N} 系列 PLC 在电梯控制 系统中的应用	184	7.2.3	项目案例——PLC 和变频器 控制电梯轿厢开关门的控制 系统	211
6.6.1	系统工艺要求	184	7.3	PLC 与触摸屏通信及应用	216
6.6.2	系统控制分析	185	7.3.1	触摸屏概述	216
6.6.3	PLC 选型	185	7.3.2	项目案例——触摸屏与 PLC 控制电动机正反转	218
6.6.4	I/O 地址分配及控制 接线图	185	7.4	本章技能检验	225
6.6.5	PLC 梯形图程序设计	187	第 8 章	工业通用组态技术简介	226
6.7	FX _{2N} 系列 PLC 在金属切削机床 控制中的应用	190	8.1	组态王概述	226
6.7.1	CA6140 车床传统继电器— 接触器电气控制电路 分析	190	8.2	建立一个新工程	227
6.7.2	PLC 选型	190	8.2.1	建立新工程	227
6.7.3	I/O 地址分配	190	8.2.2	设计画面	229
6.7.4	PLC 梯形图程序设计 及调试	192	8.3	定义设备和变量	234
6.8	FX _{2N} 系列 PLC 在水泵自动 控制的应用	193	8.3.1	设备的建立	234
6.8.1	系统工艺要求	193	8.3.2	组态王提供的模拟设备—— 仿真 PLC	235
6.8.2	控制流程	193	8.3.3	变量词典的定义	238
6.8.3	PLC 选型	194	8.3.4	上下位机通信设置	241
6.8.4	I/O 地址分配	194	8.4	让画面动起来	241
6.8.5	PLC 梯形图程序设计 及调试	195	8.4.1	变量的类型和属性	241
6.9	本章技能检验	196	8.4.2	动画连接	242
第 7 章	PLC、变频器、触摸屏的通信 及应用	198	8.5	报警和事件	244
7.1	PLC 与 PLC 通信及应用	198	8.6	趋势曲线	245
7.1.1	FX _{2N} -485-BD 通信板	198	8.7	配方系统	245
7.1.2	PLC 的并行通信	199	8.8	报表系统	246
7.1.3	PLC 的 N:N 通信	201	8.9	控件	246
7.1.4	项目案例——PLC 的 1:1 网络通信	203	8.10	本章技能检验	247
7.2	PLC 与变频器的应用	206	附录		249
7.2.1	变频器概述	206	附录 A	FX 系列 PLC 指令集速 查表	249
			附录 B	FX _{2N} 特殊软元件	254
			附录 C	可编程控制器程序设计师 岗位培训试题	260
			参考文献		271

第1章 PLC 基础知识

1.1 PLC 概述

1.1.1 PLC 的定义

PLC 即可编程序控制器 (Programmable Logic Controller), 是指以计算机技术为基础的新型工业控制装置。在 1987 年国际电工委员会 (International Electrical Committee, IEC) 颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 做了如下定义: PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令, 并能通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应该按易于与工业控制系统形成一个整体, 易于扩展其功能的原则而设计。

1.1.2 PLC 控制与继电器控制的比较

1) 控制方式。继电器控制是采用硬件接线实现的, 是利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合形成控制逻辑, 只能完成既定的逻辑控制; PLC 采用存储逻辑, 其控制逻辑是以程序方式存储在内存中, 要改变控制逻辑, 只需改变程序即可, 称为软接线。

2) 控制速度。继电器控制逻辑是依靠触点的机械动作实现控制, 工作频率低、毫秒级, 机械触点有抖动现象; PLC 是由程序指令控制半导体电路来实现控制, 速度快、微秒级、严格同步、无抖动。

3) 延时控制。继电器控制系统是靠时间继电器的滞后动作实现延时控制, 而时间继电器定时精度不高、受环境影响大、调整时间困难; PLC 用半导体集成电路作定时器, 时钟脉冲由晶体振荡器产生, 精度高、调整时间方便、不受环境影响。

1.1.3 PLC 的应用领域

PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业, 使用情况大致可归纳为如下几类。

1. 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域之一, 它取代传统的继电器电路, 实现逻辑控制、顺序控制, 既可用于单台设备的控制, 也可用于多机群控及自动化流水线, 如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

2. 模拟量控制

在工业生产过程当中, 有许多连续变化的量, 如温度、压力、流量、液位和速度等都是

模拟量。为了使 PLC 处理模拟量，必须实现模拟量（Analog）和数字量（Digital）之间的 A/D 转换及 D/A 转换。PLC 厂家都生产配套的 A/D 和 D/A 转换模块，使 PLC 用于模拟量控制。

3. 运动控制

PLC 可以用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说，早期直接用于开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构，现在一般使用专用的运动控制模块，如可驱动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能，广泛用于各种机械、机床、机器人、电梯等场合。

4. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制。作为工业控制计算机，PLC 能编制各种各样的控制算法程序，完成闭环控制。PID 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。大中型 PLC 都有 PID 模块，目前许多小型 PLC 也具有此功能模块。PID 处理一般是运行专用的 PID 子程序。过程控制在冶金、化工、热处理、锅炉控制等场合有非常广泛的应用。

5. 数据处理

现代 PLC 具有数学运算（包括矩阵运算、函数运算、逻辑运算）、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能，可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与存储在存储器中的参考值比较，完成一定的控制操作，也可以利用通信功能传送到其他的智能装置，或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统，如无人控制的柔性制造系统；也可用于过程控制系统，如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

6. 通信及联网

PLC 通信包含 PLC 之间的通信及 PLC 与其他智能设备间的通信。随着计算机控制的发展，工厂自动化网络发展得很快，各 PLC 厂商都十分重视 PLC 的通信功能，纷纷推出各自的网络系统。新近生产的 PLC 都具有通信接口，通信非常方便。

1.2 PLC 的组成与工作原理

1.2.1 PLC 的组成

PLC 基本组成包括中央处理器（CPU）、存储器、输入/输出接口（缩写为 I/O，包括输入接口、输出接口、外设接口、扩展接口等）、外部设备编程器及电源模块，如图 1-1 所示。PLC 内部各组成单元之间通过电源总线、控制总线、地址总线和数据总线连接，外部则根据实际控制对象配置相应设备与控制装置构成 PLC 控制系统。

1. 中央处理器

中央处理器（CPU）由控制器、运算器和寄存器组成并集成在一个芯片内。CPU 通过数据总线、地址总线、控制总线和电源总线与存储器、输入/输出接口、编程器和电源相连接。

小型 PLC 的 CPU 采用 8 位或 16 位微处理器或单片机，如 8031、M68000 等，这类芯片价格很低；中型 PLC 的 CPU 采用 16 位或 32 位微处理器或单片机，如 8086、96 系列单片机

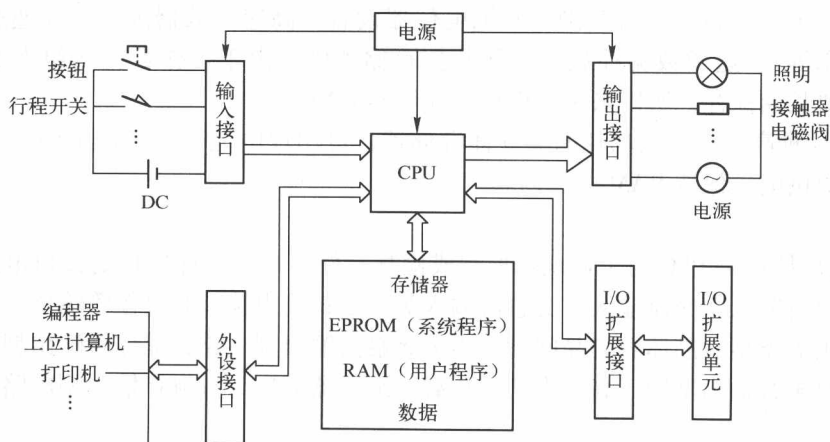


图 1-1 PLC 的组成

等，这类芯片主要特点是集成度高、运算速度快且可靠性高；而大型 PLC 则需采用高速位片式微处理器。

CPU 按照 PLC 内系统程序赋予的功能指挥 PLC 控制系统完成各项工作任务。

2. 存储器

PLC 内的存储器主要用于存放系统程序、用户程序和数据等。

(1) 系统程序存储器

PLC 系统程序决定了 PLC 的基本功能，该部分程序由 PLC 制造厂家编写并固化在系统程序存储器中，主要有系统管理程序、用户指令解释程序和功能程序与系统程序调用等部分。

系统管理程序主要控制 PLC 的运行，使 PLC 按正确的次序工作；用户指令解释程序将 PLC 的用户指令转换为机器语言指令，传输到 CPU 内执行；功能程序与系统程序调用则负责调用不同的功能子程序及其管理程序。

系统程序属于需长期保存的重要数据，所以其存储器采用 ROM 或 EPROM。ROM 是只读存储器，该存储器只能读出内容，不能写入内容，ROM 具有非易失性，即电源断开后仍能保存已存储的内容。

EPROM 为可电擦除只读存储器，需用紫外线照射芯片上的透镜窗口才能擦除已写入内容，可电擦除可编程只读存储器还有 E²PROM、FLASH 等。

(2) 用户程序存储器

用户程序存储器用于存放用户载入的 PLC 应用程序。载入初期的用户程序因需修改与调试，所以称为用户调试程序，存放在可以进行随机读写操作的随机存取存储器 RAM 内以方便用户修改与调试。

通过修改与调试后的程序称为用户执行程序，由于不需要再做修改与调试，所以用户执行程序就被固化到 EPROM 内长期使用。

(3) 数据存储器

PLC 运行过程中需生成或调用中间结果数据（如输入/输出元件的状态数据、定时器、计数器的预置值和当前值等）和组态数据（如输入/输出组态、设置输入滤波、脉冲捕捉、

输出表配置、定义存储区保持范围、模拟电位器设置、高速计数器配置、高速脉冲输出配置、通信组态等)，这类数据存放在工作数据存储区中，由于工作数据与组态数据不断变化，且不需要长期保存，所以采用随机存取存储器 RAM。

RAM 是一种高密度、低功耗的半导体存储器，可用锂电池作为备用电源，一旦断电就可通过锂电池供电，保持 RAM 中的内容。

3. 接口

输入/输出接口是 PLC 与工业现场控制或检测元件和执行元件连接的接口电路。PLC 的输入接口有直流输入、交流输入、交直流输入等类型；输出接口有晶体管输出、晶闸管输出和继电器输出等类型。晶体管和晶闸管输出为无触头输出型电路，晶体管输出型用于高频小功率负载，晶闸管输出型用于高频大功率负载；继电器输出为有触点输出型电路，用于低频负载。

现场控制或检测元件输入给 PLC 各种控制信号，如限位开关、操作按钮、选择开关以及其他一些传感器输出的开关量或模拟量等，通过输入接口电路将这些信号转换成 CPU 能够接收和处理的信号。输出接口电路将 CPU 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、接触器等被控设备的执行元件。

(1) 输入接口

输入接口用于接收和采集两种类型的输入信号：一类是由按钮、转换开关、行程开关、继电器触点等开关量输入信号；另一类是由电位器、测速发电机和各种变换器提供的连续变化的模拟量输入信号。

如图 1-2 所示的直流输入接口电路为例。R1 是限流与分压电阻，R2 与 C 构成滤波电路，滤波后的输入信号经光耦合器 VLC 与内部电路耦合。当输入端的按钮 SB 接通时，光耦合器 VLC 导通，直流输入信号被转换成 PLC 能处理的 5V 标准信号电平（简称 TTL），同时 LED 输入指示灯亮，表示信号接通。微型计算机输入接口电路一般由寄存器、选通电路和中断请求逻辑电路组成，这些电路集成在一个芯片上。交流输入和交直流输入接口电路与直流输入接口电路类似。

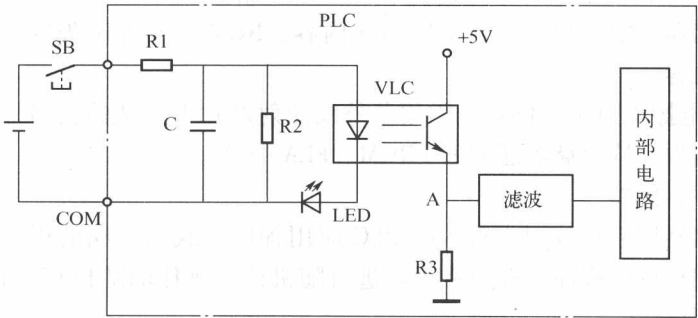


图 1-2 直流输入接口电路

滤波电路用以消除输入触点的抖动，光耦合电路可防止现场的强电干扰进入 PLC。由于输入电信号与 PLC 内部电路之间采用光信号耦合，所以两者在电气上完全隔离，使输入接口具有抗干扰能力。现场的输入信号通过光耦合后转换为 5V 的 TTL 送入输入数据寄存器，

再经数据总线传送给 CPU。

(2) 输出接口

输出接口电路向被控对象的各种执行元件输出控制信号。常用执行元件有接触器、电磁阀、调节阀（模拟量）、调速装置（模拟量）、指示灯、数字显示装置和报警装置等。输出接口电路一般由微型计算机输出接口电路和功率放大电路组成，与输入接口电路类似，内部电路与输出接口电路之间采用光耦合器进行抗干扰电隔离。

微型计算机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逻辑电路集成在芯片上，CPU 通过数据总线将输出信号送到输出数据寄存器中，功率放大电路是为了适应工业控制要求，将微型计算机的输出信号放大。

(3) 其他接口

若主机单元的 I/O 数量不够用，可通过 I/O 扩展接口电缆与 I/O 扩展单元（不带 CPU）相连接进行扩充。PLC 还常配置连接各种外围设备的接口，可通过电缆实现串行通信、EPROM 写入等功能。

4. 编程器

编程器作用是将用户编写的程序下载至 PLC 的用户程序存储器，并利用编程器检查、修改和调试用户程序，监视用户程序的执行过程，显示 PLC 状态、内部器件及系统的参数等。

编程器有简易编程器和图形编程器两种。简易编程器体积小，携带方便，但只能用语句形式进行联机编程，适合小型 PLC 的编程及现场调试。图形编程器既可用语句形式编程，又可用梯形图编程，同时还能进行脱机编程。

目前 PLC 制造厂家大都开发了计算机辅助 PLC 编程支持软件，当个人计算机安装了 PLC 编程支持软件后，可用作图形编程器，进行用户程序的编辑、修改，并通过个人计算机和 PLC 之间的通信接口实现用户程序的双向传送、监控 PLC 运行状态等。

5. 电源

PLC 的电源将外部供给的交流电转换成 CPU、存储器等所需的直流电，是整个 PLC 的能源供给中心。PLC 大都采用高质量的、工作稳定性好、抗干扰能力强的开关稳压电源，许多 PLC 电源还可向外部提供直流 24V 稳压电源，用于向输入接口上的接入电气元件供电，从而简化外围配置。

1.2.2 PLC 的等效电路

在介绍 PLC 等效电路之前，通过一个实例来认识一下 PLC 的控制原理。图 1-3 是一个简单继电器控制电路。KT 是时间继电器；KM1、KM2 是两个接触器，分别控制电动机 M1、M2 的运转；SB1 为起动按钮，SB2 为停止按钮。控制功能如下：按下 SB1，电动机 M1 开始运转，过 10s 后，电动机 M2 开始运转；按停止按钮 SB2，电动机 M1、M2 同时停止。

图 1-3 的继电器控制原理如下：在控制电路中，当按下 SB1 时，KM1、KT 的线圈同时通电，KM1 的一个常开触点闭合并自锁，M1 开始运转；KT 的线圈通电后开始延时，10s 后 KT 的延时常开触点闭合，KM2 的线圈通电，M2 开始运转。当按下 SB2 时，KM1、KT 的线圈同时断电，KM2 的线圈也断电，M1、M2 随之停转。

现在用 PLC 实现上述控制功能，如图 1-4 为 PLC 控制的接线图。PLC 控制系统的主电

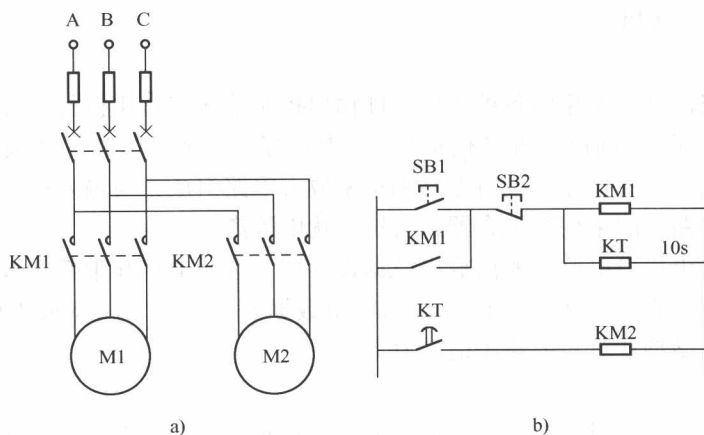


图 1-3 继电器控制电路

a) 主电路 b) 控制电路

路和继电器控制系统完全相同。在小型 PLC 的面板上，有一排输入和输出端子，输入端子和输出端子各有自己的公共接线端子 COM，输入端子的编号为 00000，00001……输出端子的编号为 01000，01001……将起动按钮 SB1、停止按钮 SB2 连接到输入端子上，输入公共端子 COM 上接 DC 24V 的输入电源；接触器 KM1、KM2 的线圈接到输出端子上，输出公共端子 COM 上接 AC 220V 的负载驱动电源。

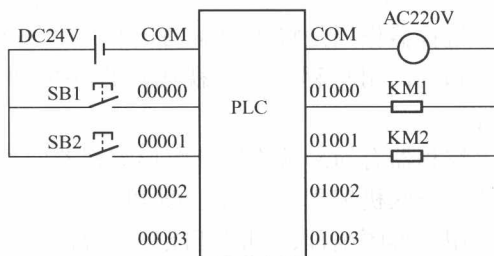


图 1-4 PLC 控制的接线图

PLC 是如何工作的呢？图 1-5 为 PLC 控制的等效电路图。PLC 控制的等效电路由三部分组成。

(1) 输入部分

该部分接收操作指令（如起动按钮、停止按钮等）和被控对象的各种状态信息（如行程开关、接近开关等）。PLC 的每一个输入点对应一个内部输入继电器，当输入点与输入 COM 端接通时，输入继电器线圈通电，它的常开触点闭合、常闭触点断开；当输入点与输入 COM 端断开时，输入继电器线圈断电，它的常开触点断开、常闭触点闭合。

(2) 控制部分

这一部分是用户编制的控制程序，通常用梯形图表示，如图 1-5 所示。控制程序放在 PLC 的用户程序存储器中。系统运行时，PLC 依次读取用户存储器中的程序语句，对它的内容进行解释并执行，又将输出的结果送到 PLC 的输出端子，以控制外部负载的工作。

(3) 输出部分

该部分根据程序执行的结果直接驱动负载。在 PLC 内部有多个输出继电器，每个输出继电器对应一个硬触点，当程序执行的结果使输出继电器线圈通电时，对应的硬输出触点闭合，控制外部负载的工作。例如图 1-5 的输出触点 01000 和 01001，分别连接接触器 KM1、KM2 的线圈，控制两个线圈通电或断电。

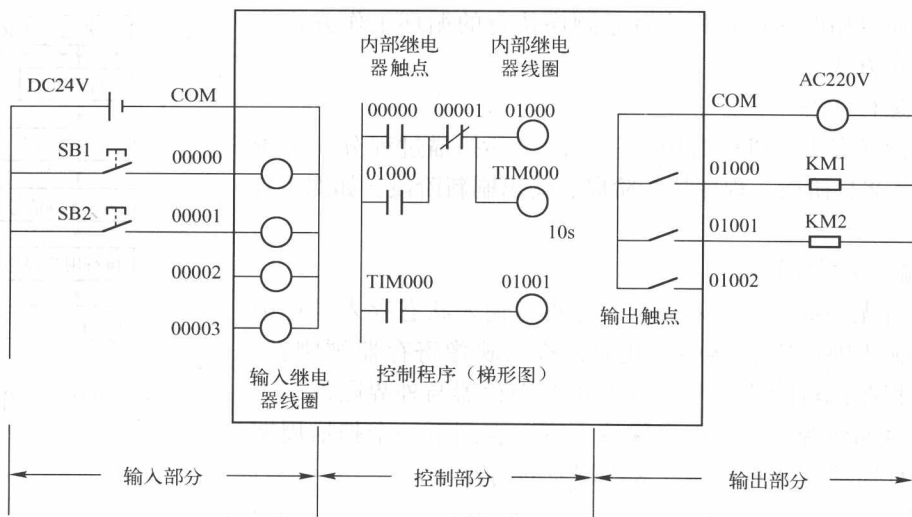


图 1-5 PLC 控制的等效电路图

梯形图是从继电器控制电路原理图演变而来的。PLC 内部的继电器并不是实际的硬继电器，每个内部继电器都是 PLC 内部存储单元，因此，称为“软继电器”。梯形图是由这些“软继电器”组成的控制电路，它们并不是真正的物理连接，而是逻辑关系的连接，称为“软连接”。PLC 内部继电器线圈用○表示，常开触点用—|—表示，常闭触点用—|/—表示。当存储单元某位状态为 1 时，相当于某个继电器线圈得电；当该位状态为 0 时，相当于该继电器线圈断电。软继电器的常开触点、常闭触点在程序中使用次数不受限制。

PLC 为用户提供的继电器一般有输入继电器、输出继电器、辅助继电器、特殊功能继电器、移位继电器、定时器/计数器等。其中，输入、输出继电器一般与外部输入、输出继电器相连接，而其他继电器与外部设备没有直接联系。现在看一下图 1-5 的控制原理：当按下 SB1 时，输入继电器 00000 的线圈通电，00000 常闭触点闭合，使输出继电器 01000 线圈得电，01000 对应的硬输出触点闭合，KM1 得电，M1 开始运转。同时，01000 的一个常开触点闭合并自锁，时间继电器 TIM 000 的线圈通电开始延时，10s 后 TIM 000 的常开触点闭合，输出继电器 01001 的线圈得电，01001 对应的硬输出触点闭合，KM2 得电，M2 开始运转。当按下 SB2 时，输入继电器 00001 的线圈通电，00001 的常闭触点断开，01000、TIM 000 的线圈均断电，01001 的线圈也断电，01000 和 01001 的两个硬输出触点随之断开，KM1、KM2 断电，M1、M2 停转。

1.2.3 PLC 的工作原理

1. 循环扫描工作方式

PLC 有两种工作状态，即运行（RUN）状态和停止（STOP）状态。

在运行状态，PLC 通过执行反映控制要求的用户程序来实现控制功能。为了使 PLC 的输出及时地响应随时可能变化的输入信号，用户程序并非只执行一次，而是反复不断地重复执行，直到 PLC 停机或切换到 STOP 工作状态。除了执行用户程序外，每次循环过程中，PLC 还要完成内部处理、通信处理等工作，一次循环可分为 5 个阶段，如图 1-6 所示。PLC

的这种周而复始的对用户程序逐条顺序执行的循环工作方式称为扫描工作方式。

(1) 运行状态

在运行状态下，PLC 对用户程序的循环扫描过程分 3 个阶段，即输入采样阶段、程序执行阶段、输出刷新阶段，如图 1-7 所示。

1) 输入采样阶段。

PLC 首先扫描所有输入端子，并将各输入状态存入内存中各对应的输入映像寄存器中。此时，输入映像寄存器被刷新。接着进入程序执行阶段，此时输入映像寄存器与外界隔离，无论输入信号如何变化，其内容保持不变，直到下一个扫描周期的输入采样阶段，才重新写入输入端新的内容。

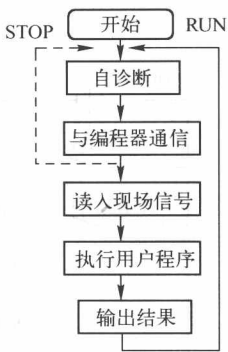


图 1-6 PLC 的工作状态

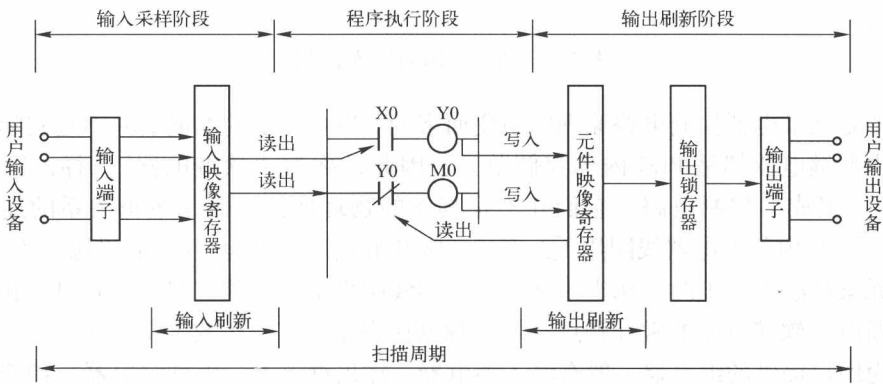


图 1-7 PLC 的工作过程

2) 程序执行阶段。

根据 PLC 梯形图程序“先左后右，先上后下”扫描原则进行逐句扫描。但遇到程序跳转指令，则根据跳转条件是否满足来决定程序的跳转地址。当指令中涉及输入、输出状态时，PLC 就从输入映像寄存器中“读入”上一阶段采入的对应输入端子状态，从元件映像寄存器“读入”对应元件（“软继电器”）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。对元件映像寄存器来说，每一个元件（“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。

在工作状态下，执行一次上图所示的扫描操作所需的时间称为扫描周期，其典型值为 1 ms ~ 100 ms。

(2) 停止状态

在停止状态下，PLC 只进行自诊断和通信服务工作。在自诊断阶段，PLC 检查 CPU 模块内部的硬件是否正常，进行监控定时器复位等工作。在通信服务阶段，PLC 与编程器及其他带 CPU 的智能装置通信。