

—— 国家中等职业教育改革发展示范学校建设成果系列教材 ——

可编程控制器(三菱)

KEBIANCHENG KONGZHIQI (SANLING)

刘文杰 主 编
付占宇 副主编



国家中等职业教育改革发展示范学校建设成果系列教材

可编程控制器（三菱）

副主任：刘文杰 主 编

付占宇 副主编

编 委：（排名不分先后）

刘建国 徐国和



孙 强 王 东 隋鸿刚

孙 强 王 东 隋鸿刚

第 1 版 2015 年 4 月

印 张：6.25 字 数：130 千

本 书：787 mm × 1092 mm 1/16

号：1289 978-7-113-19180-1

价：17.00 元

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

“可编程控制器 (PLC)” 是一门专业性、实践性很强的课程。此课程要求学习者有较强的编程及操作能力。本书根据教学大纲的要求以及学校实训的实际情况编写而成, 主要内容包括 PLC 概述、PLC 控制实训和变频器控制实训。PLC 概述介绍了 PLC 的理论知识; PLC 控制实训介绍了 PLC 的安装接线及三菱 PLC 综合项目等; 变频器控制实训介绍了三菱变频器的使用。

本书适合作为中等职业学校电气技术应用、电气运行与控制、机电技术等专业的教材, 也可供工程技术人员自学使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器: 三菱/刘文杰主编. —北京: 中国铁道出版社, 2015. 4
国家中等职业教育改革发展示范学校建设成果系列教材
ISBN 978-7-113-19180-1

I. ①可… II. ①刘… III. ①可编程序控制器—中等专业学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 026744 号

书 名: 可编程控制器 (三菱)

作 者: 刘文杰 主编

策 划: 陈 文 尹 娜

读者热线: 400-668-0820

责任编辑: 李中宝

编辑助理: 绳 超

封面设计: 刘 颖

责任校对: 汤淑梅

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

版 次: 2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16 印张: 6.25 字数: 139 千

书 号: ISBN 978-7-113-19180-1

定 价: 17.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社计算机图书批销部联系调换。电话: (010) 63550836

打击盗版举报电话: (010) 51873659

国家中等职业教育改革发展示范学校建设成果系列教材

主 任：张国祥

副主任：（排名不分先后）

王 江 宋占峰 马金华

编 委：（排名不分先后）

孙 强 王 东 隋鸿阳 张志刚

刘建国 徐国和 杜花清 李贵军

李晓峰 王春梅 王景春 李景富

刘淑玲 杜 鹃 张小娟 宇文飞飞

刘志芳 樊秀萍 李松珍 刘月莲

冀亚男

可编程控制器 (PLC) 是以微处理器为基础, 综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种通用的工业自动控制装置, 具有体积小、功能强、灵活通用与维护方便等优点。特别是 PLC 的高可靠性和较强的适应恶劣环境的能力, 使其在冶金、化工、交通、电力等工业领域获得了广泛的应用, 成为现代工业控制的三大支柱之一。

“可编程控制器”是一门专业性、实践性很强的课程。此课程要求学习者有较强的编程及操作能力。本书根据教学大纲的要求以及学校实训的实际情况编写而成。学生经过实训, 应能熟练使用所选 PLC 机型相关的编程软件; 应掌握 PLC 输入/输出端子与控制对象的连接方式, 以及 PLC 与外接电源的连接方式; 应学会 PLC 控制程序的调试、监控方法; 通过实训, 掌握 PLC 的基本编程技能和操作方法, 为今后从事自动控制领域的相关工作打下坚实的基础。

为了培养学生独立分析问题、解决问题的能力, 以及动手操作能力; 为了更有效地完成每项实训, 要求学生在实训前必须对本书中的相应内容进行充分预习, 了解实训目的、内容, 弄清实训原理、实训接线、操作方法和步骤, 以及实训过程中要注意的问题。总而言之, 要求学生做到实训前心中有数。

本书主要以三菱系列 PLC 为主, 包含三十一个实训, 实训指导教师可根据实际情况选做。

本书由刘文杰任主编, 付占宇任副主编。其中, 第 0 章、第一章、附录 A 由刘文杰编写, 第二章由付占宇编写。

本书在编写过程中, 得到了学校领导及各有关方面人员的关心与帮助, 在此谨致衷心的感谢。

由于编者水平有限, 不足与疏漏之处在所难免, 希望得到广大专家、读者的宝贵意见和建议, 以便再版时修订。

编者

2014 年 10 月

实训一 液体混合装置控制	43
实训二 自动售货机控制	46
实训三 自控成形机控制	48
实训四 零件分拣机控制	50
实训五 自控轧钢机控制	54
实训六 机械手控制	56
实训七 加工中心控制	59
实训八 三层电梯控制	64
实训九 步进电动机运动控制 (实物)	67
实训二十 直线位移位置检测、定位控制	68
实训二十一 三相笼形异步电动机点动和自锁控制	70
实训二十二 三相笼形异步电动机联锁正反转控制	72
实训二十三 三相笼形异步电动机带延时正反转控制	74
实训二十四 三相笼形异步电动机星形-三角形换接启动控制	75

目录

CONTENTS

第〇章 可编程控制器 (PLC) 概述	1
第一节 PLC 基本应用介绍	1
第二节 PLC 的结构	5
第三节 PLC 的程序编制	9
第四节 PLC 基本指令简介	12
第五节 PLC 的编程规则	17
第一章 PLC 控制实训	19
实训一 与、或、非逻辑功能实训	19
实训二 定时器/计数器功能实训	20
实训三 抢答器控制	23
实训四 音乐喷泉控制	25
实训五 装配流水线控制	27
实训六 四节传送带控制	30
实训七 自动配料装车系统控制	33
实训八 水塔水位控制	36
实训九 天塔之光 (东方明珠灯光) 控制	38
实训十 十字路口交通灯控制	40
实训十一 多种液体混合装置控制	43
实训十二 自动售货机控制	46
实训十三 自控成形机控制	48
实训十四 邮件分拣机控制	50
实训十五 自控轧钢机控制	54
实训十六 机械手控制	56
实训十七 加工中心控制	59
实训十八 三层电梯控制	64
实训十九 步进电动机运动控制 (实物)	67
实训二十 直线运动位置检测、定位控制	68
实训二十一 三相笼形异步电动机点动和自锁控制	70
实训二十二 三相笼形异步电动机联锁正反转控制	72
实训二十三 三相笼形异步电动机带延时正反转控制	74
实训二十四 三相笼形异步电动机星形-三角形换接启动控制	75

第二章 变频器控制实训	77
实训一 变频器功能参数设置与操作	77
实训二 变频器控制电动机正反转	79
实训三 变频器的报警与保护	81
实训四 三相异步电动机的变频开环调速	82
实训五 多段速选择变频调速	83
实训六 PLC 控制变频器进行电动机正反转	85
实训七 PLC 控制变频器多级调速	86
附录 A THPFSL-1 型可编程控制器实训装置使用说明	89
参考文献	92

第 0 章

可编程控制器 (PLC) 概述

第一节 PLC 基本应用介绍

可编程控制器 (PLC) 是采用微机技术的通用工业自动化装置, 近年来, 在国内已得到迅速推广普及。PLC 正改变着工厂自动控制的面貌, 对传统的技术改造、发展新型工业具有重大的实际意义。

1. PLC 的发展史

世界上公认的第一台 PLC 是 1969 年美国设备公司 (DEC) 研制的。限于当时的组件条件及计算机发展水平, 早期的 PLC 主要由分组件和中小规模集成电路组成, 可以完成简单的逻辑控制及定时、计数功能。20 世纪 70 年代初出现了微处理器, 人们很快将其引入 PLC, 使 PLC 增加了运算、数据传送及处理等功能, 成为真正具有计算机特征的工业控制装置。为了方便熟悉继电器、接触器系统的工程技术人员使用, PLC 采用和继电器图类似的梯形图作为主要编程语言, 并将参加运算及处理的计算机存储组件都以继电器命名。因而, 人们称 PLC 为微机技术和继电器常规控制概念相结合的产物。

20 世纪 70 年代中期, PLC 进入了实用发展阶段, 计算机技术革新已全面引入 PLC 中, 使其功能发生飞跃。更高的运算速度、超小型的体积、更可靠的工业抗干扰设计、模拟量运算、PID 功能及极高的性价比奠定了它在现代工业中的地位。20 世纪 80 年代初, PLC 在工业国家中已获得了广泛的应用。例如, 在世界第一台 PLC 的诞生地美国, 权威情报机构 1982 年的统计数字显示, 大量应用 PLC 的工业厂家占美国重点工业行业厂家总数的 82%, PLC 的应用数量已位于众多的工业自控设备之首。这个时期 PLC 发展的特点是大规模、高速度、高性能、系列化。这标志着 PLC 已步入飞速发展的阶段。

这个阶段的另一个特点是世界上生产 PLC 的国家日益增多, 产量日益上升。许多 PLC 的

生产厂家已闻名于全世界。例如,美国 Rockwell 自动化公司所属的 A-B (Allen-Bradley) 公司、GE Fanuc 公司、日本的三菱公司和立石公司、德国的西门子 (Siemens) 公司、法国的 TE (Telemecanique) 公司等。它们的产品已风行全世界,成为各国工业控制领域中的著名品牌。

20 世纪末期 PLC 的发展特点是更加适应于现代工业控制的需要。从控制规模上来说,这个时期发展了大型机及超小型机;从控制能力上来说,诞生了各种各样的特殊功能单元,用于压力、温度、转速、位移等各式各样的控制场合;从产品的配套能力来说,生产了各种人机接口单元、通信单元,使应用 PLC 的工业控制设备的配套更加容易。目前,PLC 在机械制造、石油化工、冶金钢铁、汽车、轻工业等领域的应用都得到了长足的发展。

我国 PLC 的引进、应用、研制、生产是伴随着改革开放开始的。最初是在引进设备中大量使用了 PLC,接下来在各种企业的生产设备及产品中不断扩大了 PLC 的应用。目前,我国自己已可以生产中小型 PLC。上海东屋电气有限公司生产的 CF 系列、杭州机床电器厂生产的 DKK 及 D 系列、大连组合机床研究所生产的 S 系列、苏州电子计算机厂生产的 YZ 系列等多种产品已具备了一定的规模并在工业产品中获得了应用。此外,无锡华光公司、上海香岛公司等中外合资企业也是我国比较著名的 PLC 生产厂家。可以预期,随着我国现代化进程的深入,PLC 在我国将有更广阔的应用天地。

2. PLC 的定义

可编程控制器 (Programmable Controller) 简称 PC, 个人计算 (Personal Computer) 也简称 PC, 为了避免混淆, 人们将最初用于逻辑控制的可编程控制器称为 PLC (Programmable Logic Controller)。本书也用 PLC 作为可编程控制器的简称。

PLC 的历史只有近 40 年, 但发展极为迅速。为了确定它的性质, 国际电工委员会 (International Electrical Committee, IEC) 多次发布及修订有关 PLC 的文件。在 1987 年颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 作了如下定义:

“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内存, 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按照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。”

定义中有以下几点值得注意:

(1) PLC 是“数字运算操作的电子装置”, 其中带有“可以编制程序的内存”, 可以进行“逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算”工作, 具有计算机的基本特征。事实上, PLC 无论从内部构造、功能及工作原理上看都很类似于计算机。

(2) PLC 是“为在工业环境下应用”而设计的。工业环境和一般办公环境有较大的区别, PLC 具有特殊的构造, 使它能在高粉尘、高噪声、强电磁干扰和温度变化剧烈的环境下正常工作。为了能控制“机械或生产过程”, 它又要能“易于与工业控制系统形成一个整体”这些都是前文中提到的个人计算机不可能做到的。PLC 不是普通的计算机, 它是一种工业现场用计算机。

(3) PLC 能控制“各种类型”的工业设备及生产过程。它“易于扩展其功能”, 程序并不

是不变的,而是能根据控制对象的不同要求,让使用者“可以编制程序”,也就是说,PLC较其以前的工业控制计算机,如单片机工业控制系统,具有更大的灵活性,它可以方便地应用在各种场合,它是一种通用的工业控制计算机。

通过以上定义还可以了解到,相对意义上的计算机,可编程控制的器件实质上是经过一次开发的工业控制用计算机的内核,它及其有关的外围设备都按照易于与工业控制系统工程形成一个整体,易于扩展其功能的原则而设计,还配置了许多使用其适用于工业控制的器件。它实质上是经过一次开发的工业控制用计算机。但是,从另一方面来说它是一种通用机,不经过二次开发,不能在任何具体的工业设备上使用。不过,自其诞生以来,电气工程技术人员感受最强的也正是 PLC 的二次开发十分容易。它在很大程度上使得工业自动化设计从专业设计院走进了工厂和矿山,变成了普通工程技术人员甚至普通电气工人力所能及的工作。再加上体积小、工作可靠性高、抗干扰能力强、控制功能完善、适应性强、安装接线简单等众多优点,PLC 在短短的 30 年中获得了突飞猛进的发展,在工业控制中获得了非常广泛的应用。

3. PLC 的特点

(1) 可靠性高,抗干扰能力强。可靠性是电气控制设备的关键性能。PLC 由于采用现代大规模集成电路技术,采用严格的生产工艺制造,内部电路采取了先进的抗干扰技术,因而具有很高的可靠性。例如,三菱公司生产的 F 系列 PLC 平均无故障时间高达 30 万小时。一些使用冗余 CPU 的 PLC 的平均无故障工作时间则更长。从 PLC 的机外电路来说,使用 PLC 构成控制系统和同等规模的继电接触器系统相比,电气接线及开关接点已减少到数百甚至数千分之一,故障也就大大降低。此外,PLC 带有硬件故障的自我检测功能,出现故障时可及时发出报警信息。在应用软件中,使用者还可经编入外围器件的故障自诊断程序,使系统中除 PLC 外的电路及设备也获得故障自诊断保护。因此,整个系统具有极高的可靠性。

(2) 配套齐全、功能完善、适用性强。PLC 发展到今天,已经形成了大、中、小各种规模的系列产品,可以用于各种规模的工业控制场合。除了逻辑处理功能外,现代 PLC 大多具有完善的数据运算能力,可用于各种数字控制领域。近年来,PLC 的功能单元大量涌现,使 PLC 渗透到了位置控制、温度控制、数控机床等各种工业控制中,加上 PLC 通信能力的增强及人机接口技术的发展,使用 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

(3) 易学易用,深受工程技术人员欢迎。PLC 作为工业现场用计算机,是面向工矿企业的工控设备。它接口容易、编程语言易于为工程技术人员所接受。梯形图语言的图形符号与表达方式和继电器电路图相当接近,只用 PLC 的少量开关量逻辑控制指令就可以方便地实现继电器的功能。这为不熟悉电子电路、不懂计算机原理和汇编语言的工程技术人员使用计算机从事工业控制打开了方便之门。

(4) 系统设计简单、维护方便、改造容易。PLC 是一种新型的工业自动化控制装置,主要的使用对象是广大的电气技术人员。PLC 生产厂家考虑到这种实际情况,一般不采用微机常用的编程语言,而采用与继电器控制原理图非常相似的梯形图语言。学习起来比较简单,易于接受,所以 PLC 又称蓝领计算机。

(5) 体积小、质量小、能耗低。以超小型 PLC 为例,新近出产的品种底部尺寸小于 100 mm,质量小于 150 g,功率仅数瓦。由于体积小,故很容易装入设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

4. PLC 的应用领域

目前, 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如下:

(1) 开关量的逻辑控制。这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域, 它取代了传统的继电器, 实现逻辑控制、顺序控制, 既可用于单台设备的控制, 又可用于多机群控及自动化流水线, 如注塑机、印刷机、订书机、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

(2) 模拟量控制。在工业生产过程中, 有许多连续变化的量, 如温度、压力、流量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 转换和 D/A 转换。PLC 厂家都生产了配套的 A/D 转换模块和 D/A 转换模块, 使 PLC 用于模拟控制。

(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。例如, 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 厂家的产品大部分都有运动控制功能, 广泛地用于各种机械、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。目前许多小型 PLC 也具有 PID 功能。PID 调节一般是运用专用的 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 (含矩阵运算、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, 可以完成资料的采集、分析及处理。这些资料可以与存储在内存中的参考值比较、完成一定的控制操作, 也可以利用数据处理功能传送到其他智能装置中, 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; 也可用于程控系统, 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 通信含 PLC 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。

5. PLC 的主要性能指标

PLC 的性能指标较多, 现介绍与构建 PLC 控制系统有直接关系的几个性能指标:

(1) 输入/输出点数。如前所述, 输入/输出点数是 PLC 组成控制系统时所能接入的输入/输出信号的最大数量, 表示 PLC 组成系统时可能的最大规模。这时有个问题要注意, 在总的点数中, 输入点与输出点总是按一定的比例设置的, 往往是输入点数大于输出点数, 且输入点数与输出点数不能相互替代。

(2) 应用程序的存储容量。应用程序的存储容量是存放用户程序的存储器的容量。通常用千字、千字节 (KB) 或千位来表示, $1\text{ KB}=1\,024\text{ B}$ 。也有的 PLC 直接用所能存储的程序量表示。在一些文献中称 PLC 中存放程序的地址单位为“步”, 每步占用两个字, 一条基本指令一般为一步。功能复杂的指令, 特别是功能指令, 往往有若干步。

(3) 扫描速度。扫描速度一般以执行 1 000 条基本指令 (1 000 步) 所需的时间来衡量,

单位为 ms/千步；也有以执行一步指令时间计的，单位为 $\mu\text{s}/\text{步}$ 。一般逻辑指令与运算指令的平均执行时间有较大的差别，因而大多场合，扫描速度往往需要标明是执行哪类程序。

以下是扫描速度的参考值：由目前 PLC 采用的 CPU 的主频考虑，扫描速度比较慢的为 2.2 ms/千步逻辑运算程序、60 ms/千步数字运算程序；较快的为 1 ms/千步逻辑运算程序、10 ms/千步数字运算程序；更快的能达到 0.75 ms/千步逻辑运算程序。

(4) 编程语言及指令功能。不同厂家的 PLC，编程语言不同，相互不兼容。梯形图语言指令表语言较为常见，近年来功能图语言的使用量有上升趋势。一台机器能同时使用的编程方法多，则容易为更多的工程技术人员使用。编程能力中还有一个内容是指令功能。衡量指令功能强弱可以考虑两个方面：一是指令条数多少；二是指令中有多少综合性指令。一条综合性指令一般就能完成一项专门操作；如查表、排序及 PID 功能等，相当于一个子程序。指令的功能越强，使用这些指令完成一定的控制目的就越容易。另外，PLC 的可扩展性、可靠性及经济性等性能指标也较受用户的关注。

第二节 PLC 的结构

1. 基本结构

PLC 控制系统主要由 CPU 模块、输入模块、输出模块和编程器等组成（见图 0-2-1）。

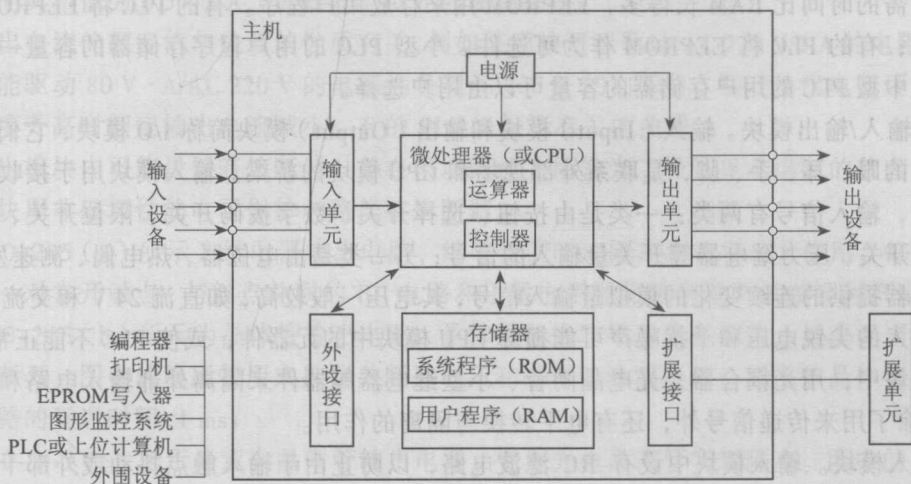


图 0-2-1 PLC 控制系统示意图

(1) 微处理器和存储器。微处理器主要由运算器、控制器组成。在 PLC 控制系统中，微处理器相当于人的大脑和心脏，它不断地采集输入信号、执行用户程序、刷新系统输入；存储器用来存储程序和数据。

① CPU 或微处理器。PLC 常用的几类微处理器如下：

- 通用微处理器，如 Intel 公司的 8086、80186 系列 Pentium 系统芯片；
- 单片微处理器（单片机），如 Intel 公司的 MCS-51/96 系列单片机；
- 位片式微处理器，如 AMD2900 系列位片式微处理器。

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,系统程序相当于个人计算机的操作系统,它由 PLC 生产厂家设计,固化在存储器的 ROM 内,用户不能直接读取,PLC 的用户程序由用户设计,它决定了 PLC 的输入信号与输出信号之间的具体关系。用户程序存储器的容量一般以字(每个字由 16 位二进制数组成)为单位,三菱 FX 系列 PLC 的用户程序存储器以步为单位。小型 PLC 的用户程序存储器容量在 1 千字,大型 PLC 的用户程序存储器容量可达数百千字,甚至数兆字。

PLC 常用的几种存储器如下:

a. 随机存储器(RAM)。用户可以用编程器读出 RAM 中的内容,也可以将用户程序写入 RAM,因此 RAM 又称读/写存储器。它是易失性的存储器,电源断开后,RAM 中存储的信息将会丢失。

RAM 的工作速度高、价格低、改写方便。为了在 PLC 外部电源断开后,保存 RAM 中的用户程序和某些数据(如计数器的计数值),为 RAM 配备了一个锂电池,一般选用耗电极少的 CMOS 型 RAM,锂电池可用 2~5 年,需要更换锂电池时由 PLC 发出信号,通知用户,现在大多数 PLC 仍用 RAM 来存储用户程序。

b. 只读存储器(ROM)。ROM 的内容只能读出,不能写入。它是非易失的,电源断开后,仍能保存存储的内容。

c. 可擦除可编程的只读存储器(EEPROM)。它是非易失性的,可以用编程器编程,它兼有 ROM 的非易失性和 RAM 的随机存取的优点,但是它比 RAM 和 ROM 的价格高一些,写入信息所需的时间比 RAM 长得多,EEPROM 用来存放用户程序。有的 PLC 将 EEPROM 作为基本配置;有的 PLC 将 EEPROM 作为可选件。小型 PLC 的用户程序存储器的容量一般是固定的;大中型 PLC 的用户存储器的容量可以由用户选择。

(2) 输入/输出模块。输入(Input)模块和输出(Output)模块简称 I/O 模块,它们是 PLC 控制系统的眼、耳、手、脚,是联系外部现场和 CPU 模块的桥梁。输入模块用于接收和采集输入信号,输入信号有两类:一类是由按钮、选择开关、数字拨码开关、限位开关、接近开关、光电开关、压力继电器等开关量输入的信号;另一类是由电位器、热电偶、测速发电机、各种变送器提供的连续变化的模拟量输入信号,其电压一般较高,如直流 24 V 和交流 220 V。从外部引入的尖锐电压和干扰噪声可能损坏 CPU 模块中的元器件,或使 PLC 不能正常工作。在 I/O 模块中,用光耦合器,光电晶闸管、小型继电器等器件来隔离外部输入电路和负载, I/O 模块除了用来传递信号外,还有电平转换与隔离的作用。

①输入模块。输入模块中设有 RC 滤波电路,以防止由于输入触点抖动或外部干扰脉冲引起错误的输入信号。滤波电路延迟时间的典型值为 10~20 ms(信号上升沿)和 20~50 ms(信号下降沿),输入电流为 5~10 mA。

图 0-2-2 是某直流输入模块的内部电路和外部接线图。在本节输入电路和输出电路中一般只画出了一路,COM 是各路的公共点。图中的输入触点直接在公共点和输入端之间,不需要外接输入回路的电源,有的 PLC 还可以为接近开关、光电开关之类的传感器提供 24 V 电源。

当图 0-2-2 中的外接触点接通时,光耦合器中的发光

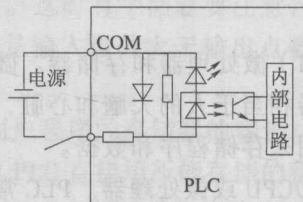


图 0-2-2 直流输入模块的内部电路和外部接线图

二极管点亮, 光敏晶体管饱和导通; 外接触点断开时, 光耦合器中的发光二极管熄灭, 光敏晶体管截止, 信号经内部电路传送给 CPU 模块。

开关量输入模块外接电子传感器的输出信号时, 应注意传感器的输出电路与 PLC 输入电路的配合, 对于图 0-2-2 中输入模块的内部电路, 传感器的输出电路应为 NPN 管集电极开路的共发射极电路。

图 0-2-3 所示是另一种交流输入电路, 光耦合器中有两个反并联的发光二极管, 显示用的两个发光二极管也是反并联的, 所以这个电路可以接收外部的交流输入电压。

图 0-2-4 所示的交流/直流输入电路的输入触点接通后, 输入信号被整流和滤波, 交流电压或直流电压被转换为直流电流, 送给显示用的发光二极管和光耦合器。

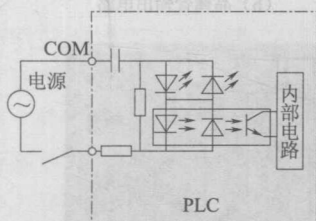


图 0-2-3 另一种交流输入电路

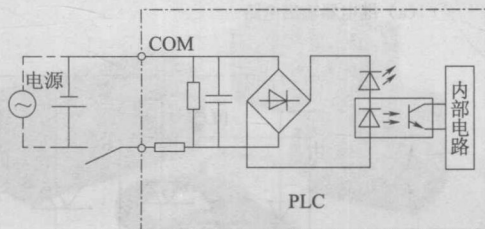


图 0-2-4 交流/直流输入电路

②输出模块。输出模块的功率放大元件有驱动直流负载的大功率晶体管和场效应管、驱动交流负载的双向晶闸管, 以及既可以驱动交流负载又可以驱动直流负载的小型继电器。输出电流的典型值为 $0.5 \sim 2 \text{ A}$, 负载电源由外部现场提供。

输出电流的额定值与负载的性质有关, 例如某模块可以驱动 $\text{AC } 220 \text{ V}/2 \text{ A}$ 的电阻性负载, 但是只能驱动 $80 \text{ V} \cdot \text{A}/\text{AC } 220 \text{ V}$ 的电感性负载和 100 W 的白炽灯。额定输出电流还与温度有关, 温度升高时额定输出电流减小, 有的 PLC 提供了有关的曲线。

输出模块内可能设置有熔断器, 并在模块面板上用发光二极管显示熔断的状态。某些新式的模块用非破坏性的电子保护电路代替熔断器。

图 0-2-5 (a) 所示为继电器输出电路, 继电器同时起隔离和功率放大作用, 每路只给用户提供一个常开触点。与触点并联的 RC 电路和压敏电阻器用来消除开关断开时产生的电弧。

图 0-2-5 (b) 所示为晶体管输出电路, 晶体管的饱和导通状态和截止状态相当于触点的接通和断开。图中的稳压管用来抑制关断过电压和外部的浪涌电压, 以保护晶体管, 晶体管输出电路的延迟时间 $< 1 \text{ ms}$ 。

图 0-2-5 (c) 所示为双向晶闸管输出电路, 它用光电晶闸管实现隔离。图中的 RC 电路和压敏电阻器, 用来抑制晶闸管的关断过电压和外部的浪涌电压。

双向晶闸管由关断变为导通的延时时间小于 1 ms , 由导通变为关断的延时时间小于 10 ms 。晶闸管在负载电流过小不能导通时, 可以在负载两端并联电阻器。

除了输入模块和输出模块, 还有一种既有输入电路又有输出电路的模块, 输入/输出的点数一般相同, 这种模块使用户确定 PLC 的硬件配置更为方便。

(3) 编程器。编程器除了用来输入和编辑用户程序外, 还可以用来监视 PLC 运行中各种编程元件的工作状态。

编程器可以永久地连接在 PLC 上, 将编程器取下后系统也可以运行。一般只在程序逻辑输入、调试和检修时使用编程器, 一台编程器可供多台 PLC 公用。

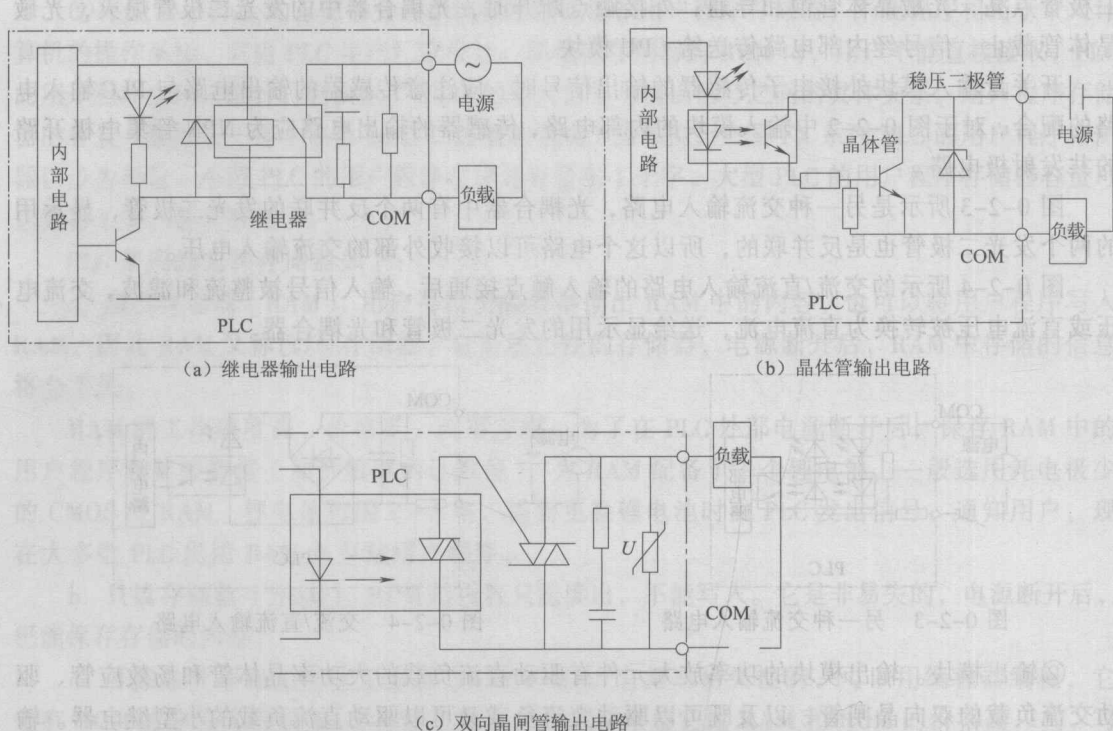


图 0-2-5 PLC 的输出电路

(4) 电源。PLC 使用交流 220 V 电源或直流 24 V 电源。PLC 内部的直流稳压电源为各模块内的电路供电, 某些 PLC 可以为输入电路和外部电子检测装置(如接近开关)提供 24 V 直流电源, 驱动现场执行机构的直流电源一般由用户提供。

2. 物理结构

根据硬件结构的不同, PLC 可分为整体式、模块式和叠装式。

(1) 整体式 PLC。整体式又称单元式或箱体式。CPU 模块、I/O 模块和电源装在一个箱状机壳内, 它结构紧凑、体积小、价格低, 小型 PLC 一般采用整体式结构。图 0-2-6 所示为三菱公司的 F1 系列整体式 PLC, 上面是编程器, 后面的小开头是模拟调试用户程序用的。整体式 PLC 提供多种不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元供用户选用, 基本单元内有 CPU 模块、I/O 模块和电源, 扩展单元内只有 I/O 模块和电源, 基本单元之间用扁平电缆连接。各单元的输入点与输出点的比例一般是固定的, 有的 PLC 有全输入型和全输出型的扩展单元。选择不同的基本单元和扩展单元, 可以满足用户的不同要求。

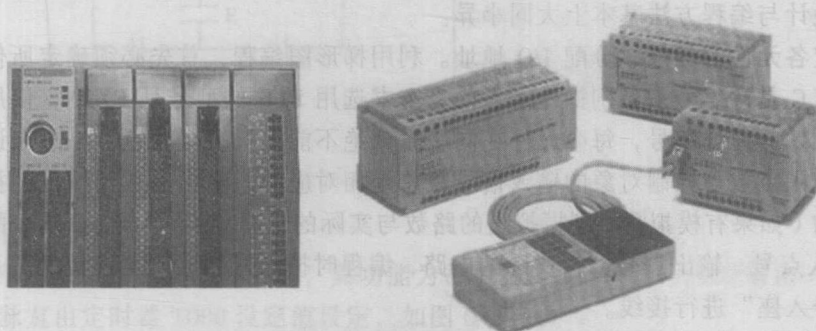
整体式 PLC 一般配备有许多专用的特殊功能单元, 如模拟量 I/O 单元、位置控制单元、数据输入/输出单元等, 使 PLC 的功能得到扩展。

(2) 模块式 PLC (见图 0-2-7)。大、中型 PLC 和部分小型 PLC 采用模块式结构。模块式 PLC 用搭积木的方式组成系统, 它由框架和模块组成。模块插在模块插座上并焊在框架中的总线连接板上, PLC 厂家备有不同槽数的框架供用户选用, 如果一个框架容纳不下所选用的模块, 可以增设一个或数个扩展框架, 各框架之间用 I/O 扩展电缆相连。有的 PLC 没有框架, 各种模块安装在基板上。用户可以选用不同档次的 CPU 模块, 品种繁多的 I/O 模块和特

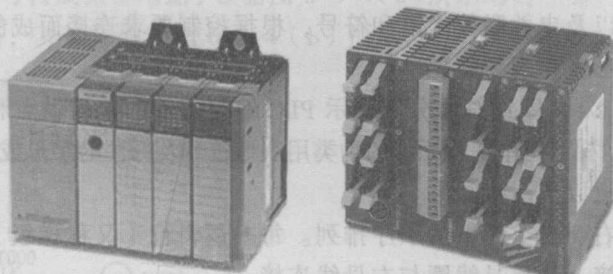
殊功能模块，对硬件配置的选择余地较大，维修时更换模块也很方便。



图 0-2-6 整体式 PLC



(a) 三菱系列



(b) AB 系列

(c) 松下系列

图 0-2-7 模块式 PLC

(3) 叠装式 PLC。三菱公司 FX 系列 PLC 吸取了整体式和模块式 PLC 的优点，它的基本单元、扩展单元和扩展模块的高度和深度相同，但是宽度不同，它不用基板，仅用扁平电缆连接，紧密拼装后组成一个整齐的长方体，输入/输出点数的配置也相当灵活，有人将这种结构称为叠装式。

第三节 PLC 的程序编制

1. 编程元件

PLC 是采用软件编制程序来实现控制要求的。编程时要用到各种编程元件，它们可提供无数个常开（动合）和常闭（动断）触点。编程元件是指输入继电器、输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器、通用寄存器、数据寄存器及特殊功能继电器等。

PLC 内部这些继电器的作用和继电接触控制系统中使用的继电器十分相似，也有“线圈”

与“触点”，但它们不是“硬”继电器，而是 PLC 存储器的存储单元。当写入该单元的逻辑状态为“1”时，则表示相应继电器线圈得电，其常开触点闭合、常闭触点断开。所以，内部的这些继电器称为“软”继电器。

2. 编程语言

所谓程序编制，就是用户根据控制对象的要求，利用 PLC 厂家提供的程序编制语言，将一个控制要求描述出来的过程。PLC 最常用的编程语言是梯形图语言和指令语句表语言，且两者常常联合使用。

梯形图是各种 PLC 通用的编程语言，尽管各厂家的 PLC 所使用的指令符号等不太一致，但梯形图的设计与编程方法基本上大同小异。

(1) 确定各元件的编号，分配 I/O 地址。利用梯形图编程，首先必须确定所使用的编程元件编号，PLC 是按编号来区别操作元件的。本书选用 PLC 的型号是 FX2N，使用时一定要明确其内部元件的地址编号，每个元件在同一时刻绝不能担任多个角色。一般来讲，配置好的 PLC，其输入点数与控制对象的输入信号数总是相对应的，输出点数与输出的控制回路数也是相对应的（如果有模拟量，则模拟量的路数与实际的也要相当），故 I/O 的分配实际上是把 PLC 的输入点号、输出点号分给实际的电路，编程时按点号建立逻辑或控制关系，接线时按点号“对号入座”进行接线。

梯形图是一种从继电器控制电路图演变而来的图形语言。它是借助类似于继电器的常开触点、常闭触点、线圈以及串并联等术语和符号，根据控制要求连接而成的表示 PLC 输入/输出之间逻辑关系的图形，直观易懂。

梯形图中常用 、 图形符号分别表示 PLC 编程元件的常闭触点和常开触点；一般用  表示它们的线圈。梯形图中编程元件的种类用图形符号及标注的字母或数字加以区别。

梯形图的设计应注意以下三点：

① 梯形图按从左到右、自上而下的顺序排列。每一逻辑行（又称梯级）起始于左母线，然后是触点的串并联连接，最后是线圈与右母线连接。

② 梯形图中每个梯级流过的不是物理电流，而是“概念电流”，从左流向右，其两端没有电源。这个“概念电流”只是用来形象地描述用户程序执行中应满足线圈接通的条件。

③ 输入继电器用于接收外部输入信号，而不能由 PLC 内部其他继电器的触点来驱动。因此，梯形图中只出现输入继电器的触点，而不出现其线圈。输出继电器输出程序执行结果给外部输出设备，当梯形图中的输出继电器线圈得电时，就有信号输出，但不是直接驱动输出设备，而要通过输出接口的继电器、晶体管或晶闸管才能实现。输出继电器的触点也可供内部编程使用。

(2) 梯形图的编程规则：

① 每个继电器的线圈和它的触点均用同一编号，每个元件的触点使用时没有数量限制。

② 梯形图每一行都是从左边开始，线圈接在最右边（线圈右边不允许再接触点），图 0-3-1(a) 是错误的，图 0-3-1(b) 是正确的。

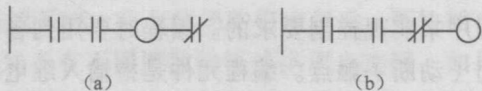


图 0-3-1 PLC 梯形图