



教育部高职高专规划教材

可编程控制器应用技术

● 张万忠 主编
周渊深 主审



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

可编程控制器应用技术

张万忠 主编

周渊深 主审

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器应用技术/张万忠主编. —北京: 化学工业出版社, 2001.12

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-3330-3

I. 可… II. 张… III. 可编程序控制器-高等学校: 技术学校-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 087710 号

教育部高职高专规划教材

可编程控制器应用技术

张万忠 主 编

周渊深 主 审

责任编辑: 王丽娜 张建茹

责任校对: 顾淑云

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 15¼ 字数 376 千字

2002 年 1 月第 1 版 2003 年 7 月北京第 4 次印刷

ISBN 7-5025-3330-3/G·883

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神,为满足高职高专电类相关专业教学基本建设的需要,在教育部高教司和教育部高职教育教学指导委员会的关心和指导下,全国石油和化工高职教育教学指导委员会广泛开展调研,召开多次高职高专电类教材研讨会,组织编写了20本面向21世纪的高职高专电类专业系列教材,供工业电气化技术、工业企业电气化、工业电气自动化、应用电子技术、机电应用技术及工业仪表自动化、计算机应用技术等相关专业使用。

本套教材立足高职高专教育人才培养目标,遵循主动适应社会发展需要、突出应用性和针对性、加强实践能力培养的原则,组织编写了专业基础课及专业课程的理论教材和与之配套的实训教材。实训教材集实验、设计与实习、技能训练与应用能力培养为一体,体系新颖,内容可选择性强。同时提出实训硬件的标准配置和最低配置,以方便各校的选用。

由于本教材的整体策划,从而保证了专业基础课与专业课内容的衔接,理论教材与实训教材的配套,体现了专业的系统性和完整性。力求每本教材的讲述深入浅出,将能力点及知识点紧密结合,注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力。

遵循“从特殊到一般”的认知规律,本教材以FX₂系列可编程控制器为对象,介绍可编程控制器应用技术。力求把一个机型讲深讲透,并重点说明那些可编程控制器应用技术中带有普遍性的东西,以提高学生“举一反三”的能力。为了体现“从认识到实践,再认识,再实践”的认知过程,本书分成为三个层次。即入门篇、提高篇及应用篇。入门篇介绍可编程控制器的基本指令及逻辑控制类程序的编程思想。以建立可编程控制器的概貌认识及基本应用能力。提高篇则以功能指令及运算类程序的编制为主。应用篇重在综合型系统的构建、相关程序的编制及工程应用能力的培养。三篇一脉相承,又可独立成篇。以满足不同专业、不同层次读者的需要。

本教材内容简洁,选材合理,结构严谨。为了体现教学的直观、具体特性的要求,本教材安排了大量的教学实例。本书的特色为:突出认知规律,侧重工程应用能力培养,内容详实,实例丰富,易学易教,方便自学。

本书由张万忠任主编,并编写了第一、二、三、九、十、十一章及第四章的第二节、第四节、第五节、第六节,第八章的第四节。陈德仪编写了第四章第一、三节,赵黎明编写了第五章,郑德明编写了第六、七章,第八章的第一、二、三节,金沙编写了第十二、十三、十四、十五章,全书由张万忠统稿。

本书由周渊深副教授主审。在本书的编写过程中,还参考了其他教材和相关厂家的资料。王民权副教授对本书也提出了许多宝贵意见。在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限和编写时间仓促,书中疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2001年9月

内 容 提 要

本书以三菱公司 FX₂ 系列可编程控制器为对象,介绍了可编程控制器的原理及应用技术。全书共分入门篇、提高篇、应用篇三篇共十五章,主要内容为可编程控制器的基本工作原理,FX₂ 型机的编程软元件,FX₂ 型机的各种指令,经验法、状态法及数据处理类指令的编程方法,可编程控制器的输入输出接口技术,可编程控制器网络及通讯等。

本书主要章节都介绍有丰富的编程实例,第十五章还提供了可编程控制器的工程应用实例。本书内容合理,结构严谨,概念准确,易读易懂。本书可以作为高职、高专、成教、电大等电类专业可编程控制器应用类课程的教材,也可供相关工程技术人员参考。

目 录

入门篇 可编程控制器应用基础

第一章 可编程控制器概述	1	习题及思考题	31
第一节 可编程控制器的定义	1	第四章 FX ₂ 系列可编程控制器及其	
第二节 PLC 之前的工业控制装置	2	基本指令的应用	32
第三节 PLC 的历史及发展	3	第一节 FX ₂ 系列可编程控制器	32
第四节 可编程控制器的特点及应用	4	第二节 FX ₂ 系列可编程控制器主要编程	
第五节 未来的可编程控制器	6	元件	37
习题及思考题	6	第三节 FX ₂ 系列可编程控制器基本指令	43
第二章 可编程控制器的硬件、软件及		第四节 常用基本环节的编程	55
工作原理	7	第五节 基本指令编程实例	58
第一节 可编程控制器的硬件及其结构	7	第六节 “经验”编程方法	64
第二节 可编程控制器按硬件结构及应用		习题及思考题	65
规模分类	11	第五章 FX ₂ 系列可编程控制器步进	
第三节 可编程控制器的软件	14	指令及状态编程法	68
第四节 可编程控制器的工作原理	17	第一节 状态编程思想及状态元件	68
第五节 可编程控制器系统与继电器接触器系		第二节 FX ₂ 系列可编程控制器状态编程	
统工作原理的差别	19	方法	72
习题及思考题	19	第三节 FX ₂ 系列可编程控制器分支、汇合	
第三章 常用可编程控制器及其性能		状态转移图的程序编制	77
指标	20	第四节 状态编程思想在非状态元件编程中	
第一节 可编程控制器的主要性能指标	20	的应用	88
第二节 常用 PLC 简介	21	习题及思考题	89
第三节 可编程控制器的应用开发要素	30		

提高篇 可编程控制器应用技术

第六章 FX ₂ 系列可编程控制器功能		应用实例	113
指令概述	94	习题及思考题	117
第一节 FX ₂ 系列可编程控制器数据类软		第八章 FX ₂ 系列可编程控制器数据处	
元件及存储器组织	94	理指令及应用	118
第二节 FX ₂ 系列可编程控制器功能指令的		第一节 四则及逻辑运算指令	118
类型及使用要素	99	第二节 移位控制指令	124
习题及思考题	106	第三节 数据处理指令	130
第七章 FX ₂ 系列可编程控制器传送比		第四节 数据处理类指令的应用及编程	134
较指令及应用	108	习题及思考题	135
第一节 传送比较类指令说明	108	第九章 FX ₂ 系列可编程控制器程序控	
第二节 传送比较类指令的基本用途及		制类指令	137

第一节	跳转指令及其应用	137
第二节	子程序指令	140
第三节	中断指令及其应用	142
第四节	循环指令	145
第五节	程序控制指令与程序结构	146
	习题及思考题	147
第十章	高速计数器及高速计数器指令	
		148
第一节	高速计数器概述	148
第二节	FX ₂ 系列可编程控制器的高速计数器	149

第三节	FX ₂ 系列 PLC 高速计数器指令	152
第四节	高速计数器应用实例	155
	习题及思考题	156
第十一章	FX₂ 系列可编程控制器输入输出接口技术	158
第一节	输入输出接口的基本工程问题	158
第二节	FX ₂ 系列可编程控制器外部 I/O 设备指令说明	162
第三节	输入输出应用实例	167
	习题及思考题	168

应用篇 可编程控制器的工业应用

第十二章	FX₂ 系列可编程控制器的特殊功能模块	169
第一节	模拟量输入输出模块	169
第二节	点位控制单元模块	175
	习题及思考题	181
第十三章	FX₂ 系列可编程控制器通讯技术	183
第一节	可编程控制器与计算机通讯	183
第二节	可编程控制器网络	192
第三节	可编程控制器网络应用实例	194
	习题及思考题	196
第十四章	可编程控制器的工业应用规划技术	197
第一节	应用规划的内容及步骤	197
第二节	设备配置	198
第三节	软件设计	200
第四节	可靠性技术	201

	习题及思考题	203
第十五章	可编程控制器在工业控制中的应用	204
第一节	FX ₂ 系列可编程控制器在电镀生产线上的应用	204
第二节	FX ₂ 系列可编程控制器在化工过程控制中的应用	207
第三节	FX ₂ 系列可编程控制器在金属切削机床控制中的应用	211
第四节	FX ₂ 系列可编程控制器在随动控制系统中的应用	215
附录 A	FX₂ 系列可编程控制器的特殊软元件	219
附录 B	FX_{2N} 系列可编程控制器功能指令总表	228
	主要参考文献	235

入门篇

可编程控制器应用基础

第一章 可编程控制器概述

内容提要 作为通用工业控制计算机, 30 年来, 可编程控制器从无到有, 实现了工业控制领域接线逻辑到存储逻辑的飞跃; 其功能从弱到强, 实现了逻辑控制到数字控制的进步; 其应用领域从小到大, 实现了单体设备简单控制到胜任运动控制、过程控制及集散控制等各种任务的跨越。今天的可编程控制器正在成为工业控制领域的主流控制设备, 在世界各地发挥着越来越大的作用。

本章回顾了可编程控制器的发展过程, 概述了可编程控制器的特点及应用领域, 对未来可编程控制器的发展作了展望。

第一节 可编程控制器的定义

可编程控制器 (Programmable Controller) 简称 PC, 个人计算机 (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叫做 PLC (Programmable logic Controller)。本书也用 PLC 作为可编程控制器的简称。

可编程控制器的历史只有近 30 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) 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) 可编程控制器是“数字运算操作的电子装置”, 它其中带有“可以编制程序的存储器”, 可以进行“逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算”工作, 可以设想可编程控制器具有计算机的基本特征。事实上, 可编程控制器无论从内部构造、功能及工作原理上看都是不折不扣的计算机。

(2) 可编程控制器是“为工业环境下应用”而设计的计算机。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、高噪音、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。可编程控制器不是普通的计算机, 它是一种工业现场用计算机。

(3) 可编程控制器能控制“各种类型”的工业设备及生产过程。它“易于扩展其功能”, 它的程序并不是不变的, 而是能根据控制对象的不同要求, 让使用者“可以编制程序”的。也就是说, 可编程控制器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, 相对一般意义上的计算机, 可编程控制器并不仅仅具有计算机的内核, 它还配置了许多使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, 从另一个方面来说, 它是一种通用机, 不经过二次开发, 它不能在任何具体的工业设备上使用。不过, 自其诞生以来, 电气工程技术人员们感受最强的也正是可编程控制器二次开发十分容易。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, 可编程控制器在短短的 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。

第二节 PLC 之前的工业控制装置

在 PLC 诞生之前, 工业控制设备的主流品种是以继电器、接触器为主体的控制装置。继电器、接触器是一些电磁开关。其结构如图 1-1 所示, 由励磁线圈、铁心磁路、触点等部件组成。其中触点是接通或断开电路的部件, 依励磁线圈通电前的状态又可分为常开和常闭二种类型。线圈通电前呈断开状态的触点为常开触点, 如图中触点 3、4; 呈接通状态的为常闭触点, 如图中触点 1、2。同一只接触器或继电器常有多对常开、常闭触点。当励磁线圈通电, 衔铁在磁力作用下被铁心吸合时, 常开触点接通, 常闭触点断开, 以完成电路连接的切换。触点又分为主触点及辅助触点。用于主电路, 控制较大电流的触点是主触点。用于

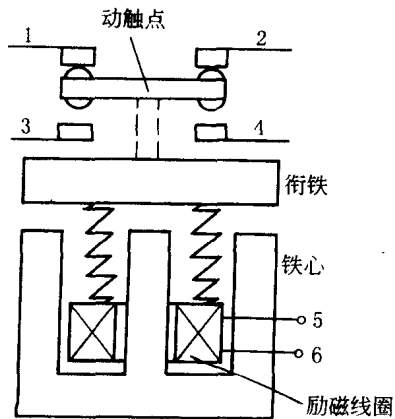


图 1-1 电磁继电器的结构

控制电路, 只能通过较小电流的触点称为辅助触点。图 1-2 是使用一只接触器构成三相异步电动机单向运转的电路图。图中 (a) 为主电路, 接触器 KM 的常开主触点控制电动机电源的通断。(b) 为控制电路, 由 KM 的线圈, 常开辅助触点及起动按钮 SB2、停车按钮 SB1 组成。控制电路的作用是实现对主电路中电器的控制及保护。其逻辑关系如下: 当 SB2 按下时, KM 得电, KM 并联在 SB2 触点上的常开辅助触点动作, 使 KM 保持接通状态, 电机运行。当 SB1 按下时, KM 失电, 电机停车。图 1-3 是交流异步电动机可逆运转的电路图。图中组成电路的元件仍旧是继电器、接触器及按钮, 只是数量及电路连接方法不一样, 控制装置的功能就发生了变化。

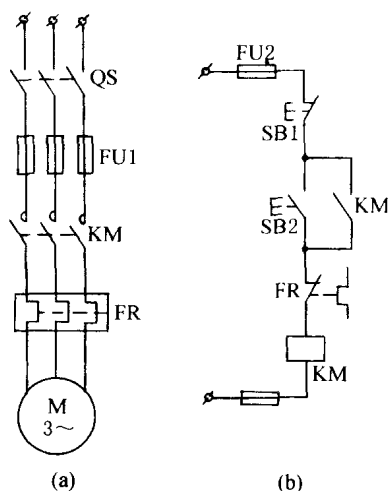


图 1-2 接触器控制异步电机单向运转电路

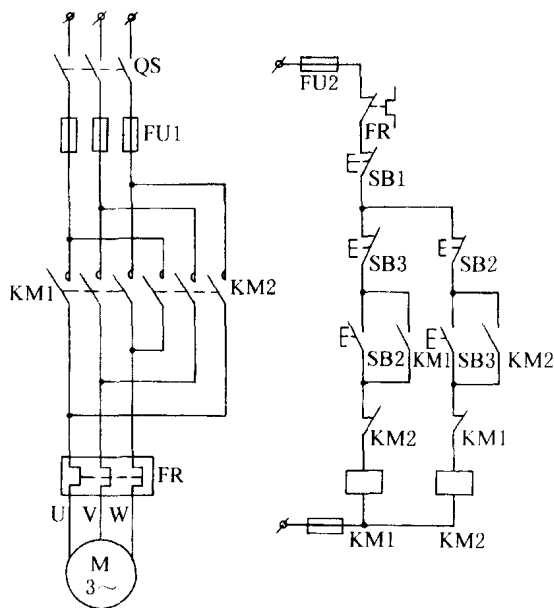


图 1-3 接触器控制异步电机可逆运转电路

这说明通过继电器接触器及其他控制元件的线路连接,可以实现一定的控制逻辑,从而实现生产设备的各种操作控制。人们将由导线连接决定器件间逻辑关系的控制方式称为接线逻辑。为了方便,本书下文中称继电器接触器控制装置为“继电器电路”。

随着工业自动化程度的不断提高,使用继电器电路构成工业控制系统的缺陷不断地暴露出来。首先是复杂的系统使用成百上千个各种各样的继电器,成千上万根导线连接得密如蛛网。只要有一个电器,一根导线出现故障,系统就不能正常工作,这就大大降低了这种接线逻辑系统的可靠性。其次是这样的系统维修及改造很不容易,特别是技术改造,当试图改变工作设备的工作过程以改善设备的功能时,人们宁愿重新生产一套控制设备都不愿意将继电器控制柜中的线路重接。而在 20 世纪 60~70 年代,社会的进步要求制造业生产出小批量、多品种、多规格、低成本、高质量的产品以满足市场的需要,不断地提出改善生产机械功能的要求。加上当时电子技术已经有了一定的发展,于是人们开始寻求一种以存储逻辑代替接线逻辑的新型工业控制设备。这就是后来的 PLC。

第三节 PLC 的历史及发展

世界上公认的第一台 PLC 是 1969 年美国数字设备公司 (DEC) 研制的。限于当时的元件条件及计算机发展水平,早期的 PLC 主要由分立元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。人们很快将其引入可编程控制器,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,可编程控制器采用和继电器电路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元件都以继电器命名。因而人们称可编程控制器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 年代中末期,可编程控制器进入了实用化发展阶段,计算机技术已全面引入

可编程控制器中,使其功能发生了飞跃。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,可编程控制器在先进工业国家中已获得了广泛的应用。例如,在世界第一台可编程控制器的诞生地美国,权威情报机构 1982 年的统计数字显示,大量应用可编程控制器的工业厂家占美国重点工业行业厂家总数的 82%,可编程控制器的应用数量已位于众多的工业自控设备之首。这个时期可编程控制器发展的特点是大规模、高速度、高性能、产品系列化。这标志着可编程控制器已步入成熟阶段。

这个阶段的另一个特点是世界上生产可编程控制器的国家日益增多,产量日益上升。许多可编程控制器的生产厂家已闻名于全世界。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。他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,可编程控制器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,生产了各种人机界面单元,通讯单元,使应用可编程控制器的工业控制设备的配套更加容易。目前,可编程控制器在机械制造、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。

我国可编程控制器的引进、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可编程控制器。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可编程控制器。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可编程控制器生产厂家。可以预期,随着我国四个现代化进程的深入,可编程控制器在我国将有更广阔的应用天地。

第四节 可编程控制器的特点及应用

一、PLC 的特点

(一) 可靠性高,抗干扰能力强

高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,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,和同等规模的继电器接触器系统相比,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,应用者还可以编入外围器件的故障自诊断程序,使系统中除 PLC 以外的电路及设备也获得故障自诊断保护。这样,整个系统具有极高的可靠性也就不奇怪了。

(二) 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、小各种规模的系列化产品。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、CNC 等各种工业控制中。加上 PLC 通讯能力的增强及人机界面技术的发展, 使用 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

(三) 易学易用, 深受工程技术人员欢迎

PLC 作为通用工业控制计算机, 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电路的功能。为不熟悉电子电路、不懂计算机原理和汇编语言的人使用计算机从事工业控制打开了方便之门。

(四) 系统的设计、建造工作量小, 维护方便, 改造容易

PLC 用存储逻辑代替接线逻辑, 大大地减少了控制设备外部的接线, 使控制系统设计及建造的周期大大缩短了。同时维护也变得容易起来。更重要的是使同一设备经过改变程序改变生产过程成为可能。这很适合多品种、小批量的生产场合。

(五) 体积小, 重量轻, 能耗低

以超小型 PLC 为例, 新近出产的品种底部尺寸小于 100mm 见方, 重量小于 150g, 功耗仅数瓦。由于体积小很容易装入机械内部, 是实现机电一体化的理想控制设备。

二、可编程控制器的应用领域

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为如下几类。

(一) 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, 又可用于多机群控及自动化流水线。如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

(二) 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、液位和速度等都是模拟量。为了使可编程控制器处理模拟量, 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, 使可编程控制器用于模拟量控制。

(三) 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。如可驱动步进电机或伺服电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。广泛地用于各种机械、机床、机器人、电梯等场合。

(四) 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 PID 功能。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。

(五) 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, 也可以利用通讯功能传送到别的智能装置, 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。

(六) 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 的通讯功能, 纷纷推出各自的网络系统。新近生产的 PLC 都具有通讯接口, 通讯非常方便。

第五节 未来的可编程控制器

权威人士预计, 21 世纪, 可编程控制器会有更大的发展, 从技术上看, 计算机技术的新成果会更多地应用于可编程控制器的设计及制造上, 会有运算速度更快、存储容量更大、智能更强的品种出现。从产品规模上看, 会进一步向超小型及超大型方向发展。从产品的配套性上看, 产品的品种会更丰富、规格更齐备。完美的人机界面、完备的通讯设备会更好地适应各种工业控制场合的需求。从市场上看, 各国各自生产多品种产品的情况会随着国际竞争的加剧而打破, 会出现少数几个品牌垄断国际市场的局面, 会出现国际通用的编程语言。这是有利于可编程技术的发展及可编程产品普及的。从网络的发展情况来看, 可编程控制器和其他工业控制计算机组网构成大型的控制系统的可编程控制器技术的发展方向。目前的计算机集散控制系统 (Distributed Control System) 中已有大量的可编程控制器应用。伴随着计算机网络的发展, 可编程控制器作为自动化控制网络或国际通用网络的重要组成部分, 将在工业及工业以外的众多领域发挥越来越大的作用。

习题及思考题

- 1-1 为什么说可编程控制器是通用的工业控制计算机? 和一般的计算机系统相比, PLC 有哪些特点?
- 1-2 什么是接线逻辑? 什么是存储逻辑? 它们的主要区别是什么?
- 1-3 继电接触器控制系统是如何构成及工作的? 可编程控制器系统和继电器控制系统有哪些异同点?
- 1-4 可编程控制器的发展经历了哪几个阶段, 各阶段的主要特征是什么?
- 1-5 作为通用工业控制计算机, 可编程控制器有哪些特点?
- 1-6 可编程控制器主要应用在哪些领域?
- 1-7 可编程控制器的发展方向是什么?

第二章 可编程控制器的硬件、软件及工作原理

内容提要 和普通计算机一样，可编程控制器由硬件及软件构成。硬件方面，可编程控制器和普通计算机的主要差别在于 PLC 的输入输出是为方便与工业控制系统接口专门设计的。软件方面和普通计算机的主要差别为 PLC 的应用软件是由使用者编制，用梯形图或指令表表达的专用软件。可编程控制器工作时采用应用软件的逐行扫描执行方式，这和普通计算机等待命令工作方式也有所不同。从时序上来说，可编程控制器指令的串行工作方式和继电器接触器系统逻辑判断的并行工作方式也是不同的。

第一节 可编程控制器的硬件及其结构

世界各国生产的可编程控制器外观各异，但作为工业控制计算机，其硬件结构都大体相同。主要由中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、输入输出器件（I/O 接口）、电源及编程设备几大部分构成。PLC 的硬件结构框图如图 2-1 所示。

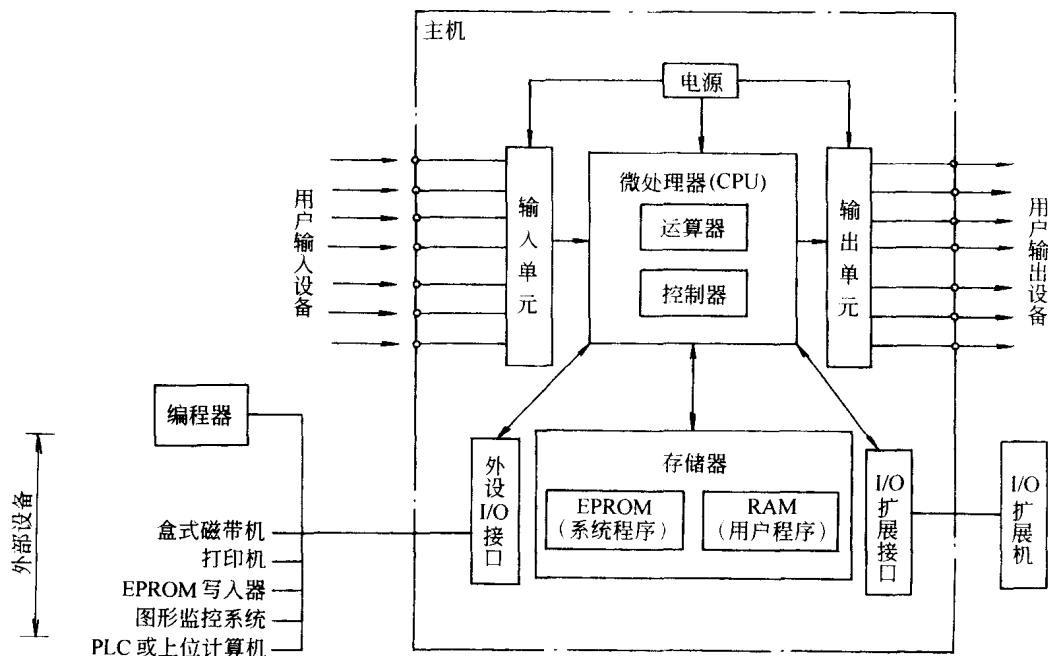


图 2-1 单元式 PLC 结构框图

（一）中央处理器（CPU）

中央处理器是可编程控制器的核心，它在系统程序的控制下，完成逻辑运算、数学运

算、协调系统内部各部分工作等任务。可编程控制器中采用的 CPU 一般有三类，一类为通用微处理器，如 80286、80386 等，一类为单片机芯片，如 8031、8096 等，另外还有位处理器，如 AMD2900、AMD2903 等。一般说来，可编程控制器的档次越高，CPU 的位数也越多，运算速度也越快，指令功能也越强。现在常见的可编程机型一般多为 8 位或者 16 位机。为了提高 PLC 的性能，也有一台 PLC 采用多个 CPU 的。

(二) 存储器

存储器是可编程控制器存放系统程序、用户程序及运算数据的单元。和一般计算机一样，可编程控制器的存储器有只读存储器（ROM）和随机读写存储器（RAM）两大类，只读存储器是用来保存那些需永久保存，即使机器掉电后也需保存的程序的存储器，一般为掩膜只读存储器和可编程电改写只读存储器。只读存储器用来存放系统程序。随机读写存储器的特点是写入与擦除都很容易，但在掉电情况下存储的数据就会丢失，一般用来存放用户程序及系统运行中产生的临时数据，为了能使用户程序及某些运算数据在可编程控制器脱离外界电源后也能保持，在实际使用中都为一些重要的随机读写存储器配备电池或电容等掉电保持装置。

可编程控制器的存储器区域按用途不同，又可分为程序区及数据区。程序区为用来存放用户程序的区域，一般有数千个字节。用来存放用户数据的区域一般要小一些。在数据区中，各类数据存放的位置都有严格的划分。由于可编程控制器是为熟悉继电器接触器系统的工程技术人员使用的，可编程控制器的数据单元都叫做继电器，如输入继电器、时间继电器、计数器等。不同用途的继电器在存储区中占有不同的区域。每个存储单元有不同的地址编号。

(三) 输入输出接口

输入输出接口是可编程控制器和工业控制现场各类信号连接的部分。输入口用来接受生产过程的各种参数。输出口用来送出可编程控制器运算后得出的控制信息，并通过机外的执行机构完成工业现场的各类控制。由于可编程控制器在工业生产现场工作，对输入输出接口有二个主要的要求，一是接口有良好的抗干扰能力，二是接口能满足工业现场各类信号的匹配要求。因而可编程控制器为不同的接口需求设计了不同的接口单元。主要有以下几种。

1. 开关量输入接口

它的作用是把现场的开关量信号变成可编程控制器内部处理的标准信号。开关量输入接口按可接纳的外信号电源的类型不同分为直流输入单元和交流输入单元。如图 2-2，图 2-3，图 2-4 所示。

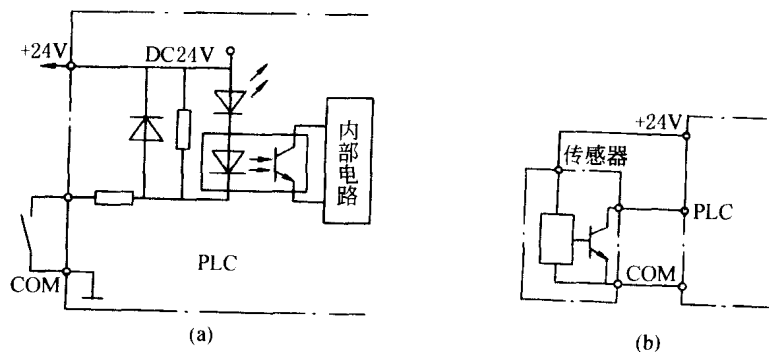


图 2-2 直流输入电路

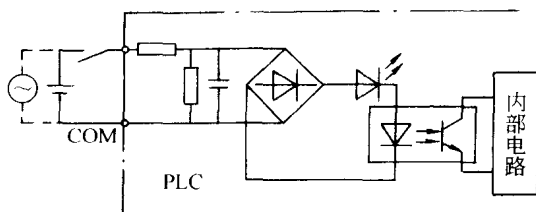


图 2-3 交流/直流输入电路

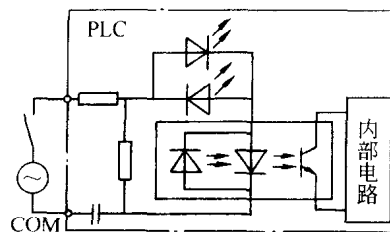


图 2-4 交流输入电路

从图中可以看出，输入接口中都有滤波电路及耦合隔离电路。滤波有抗干扰的作用，耦合有抗干扰及产生标准信号的作用。图中输入口的电源部分都画在了输入口外（虚线框外），这是分体式输入口的画法，在一般单元式可编程控制器中输入口都使用可编程本机的直流电源供电，不再需要外接电源。

2. 开关量输出接口

它的作用是把可编程内部的标准信号转换成现场执行机构所需的开关量信号。开关量输出接口按可编程机内使用的器件可分为继电器型、晶体管型及可控硅型。内部参考电路图见图 2-5 所示。

从图中可以看出，各类输出接口中也都具有隔离耦合电路。这里特别要指出的是，输出接口本身都不带电源，而且在考虑外驱动电源时，还需虑及输出器件的类型。继电器式的输出接口可用于交流及直流两种电源，但接通断开的频率低，晶体管式的输出接口有较高的接通断开频率，但只适用于直流驱动场合，可控硅型的输出接口仅适用于交流驱动场合。

3. 模拟量输入接口

它的作用是把现场连续变化的模拟量标准信号转换成适合可编程序控制器内部处理的由若干位二进制数字表示的信号。模拟量输入接口接受标准模拟信号，无论是电压信号或是电流信号均可。这里标准信号是指符合国际标准的通用交互用电压电流信号值，如 4~20mA 的直流电流信号，1~10V 的直流电压信号等。工业现场中模拟量信号的变化范围一般是不标准的，在送入模拟量接口时一般都需经变送处理才能使用。图 2-6 是模拟量输入接口的内部电路框图。

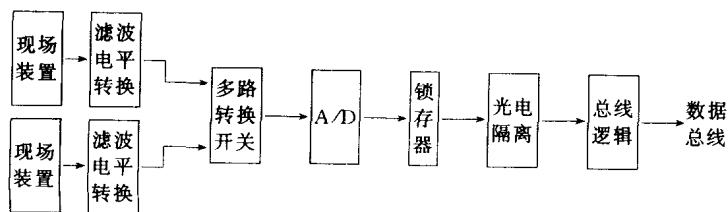


图 2-6 模拟量输入电路框图

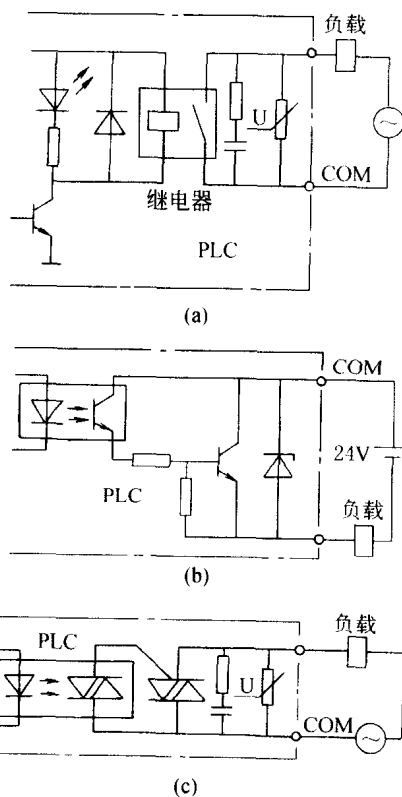


图 2-5 开关量输出电路