



全国高等职业教育规划教材

可编程控制器 基础与应用

主 编 吴 丽

副主编 刘晓玲



电子课件下载网址 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

可编程控制器基础与应用

主 编 吴 丽

副主编 刘晓玲



机械工业出版社

本书主要内容有可编程控制器(PLC)的基本组成、工作原理,FX系列 PLC 的逻辑元件、指令系统、编程方法、应用设计技术、编程器和编程软件的使用、特殊模块和网络的有关知识,还介绍了西门子 S7-200 PLC 和欧姆龙 C 系列 PLC 的有关内容。

本书语言简洁、通俗易懂、内容丰富、实用性强、理论联系实际,详细叙述了 PLC 的应用技术,并通过一些实例介绍 PLC 的设计方法和技巧,每个项目后面有相关技能训练项目,以突出实践技能和应用能力的培养。

本书适合作为高职高专电气自动化、楼宇智能化、机电一体化等相关专业的教学用书,也可作为电气技术人员的参考书和培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器基础与应用 / 吴丽主编. —北京:机械工业出版社, 2009.9
(全国高等职业教育规划教材)

ISBN 978-7-111-27914-3

I. 可… II. 吴… III. 可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材
IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 131726 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:祝 伟

责任印制:李 妍

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2009 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·14.75 印张·360 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-27914-3

定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294 68993821

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379753 88379739

封面无防伪标均为盗版

前 言

“可编程控制器(PLC)基础与应用”课程是电气自动化技术、机电一体化专业的一门主干课程,是职业技能训练的核心课程。根据高等职业教育的特点及“掌握必需够用的专业知识,面向生产第一线”的培养目标,为了加强学生技术应用能力的培养,本书主要采用淡化理论、突出应用的手法,在编写中融入工学结合的教学理念,力求内容全面、语言简洁、通俗易懂、实例丰富、图文并茂,并且在教学过程中引入了可编程控制器国际编程语言,即 IEC 61131—3 国际标准编程语言。在每个章节后面都有作业和技能训练项目,供自学、实习、实训和职业技能培训使用。

全书共有 11 章,主要以日本三菱电机公司的 FX_{2N} 系列可编程控制器为蓝本,介绍小型可编程控制器的特点、结构组成、工作原理、内部逻辑元件、指令系统、编程规则与技巧、应用技术、编程器使用、编程软件使用、模块应用与网络技术等。另外,为了拓宽学生的视野,本书还简要介绍了西门子 S7-200 系列 PLC 和欧姆龙 C 系列 PLC。

此书配套有多媒体电子课件,为教师教学和学生自学带来方便。

本书由黄河水利职业技术学院吴丽主编,并编写第 4 章和附录,刘晓玲担任副主编并编写第 10 章和第 11 章,何瑞编写第 1 章和第 5 章,葛芸萍编写第 2 章和第 9 章,张天鹏编写第 3 章,朱海英编写第 6 章,刘金浦编写第 7 章,赵鹏编写第 8 章。

特别对为本书出版提供帮助的老师和参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免出现不妥之处,恳请读者批评指正。编者的电子邮箱地址为 wuli0917@126.com。

编 者

目 录

前言

第1章 可编程控制器的基本原理 1

1.1 可编程控制器概述 1

1.1.1 可编程控制器的产生和定义 1

1.1.2 可编程控制器的结构与特点 1

1.1.3 可编程控制器的应用和发展 3

1.2 可编程控制器的工作原理 4

1.3 可编程控制器的组成 6

1.3.1 型号及意义 6

1.3.2 硬件组成 7

1.3.3 软件组成 10

1.4 可编程控制器的性能指标 19

小结 21

思考题 21

第2章 基本逻辑指令 22

2.1 基本逻辑指令 22

2.1.1 触点起始/输出线圈指令 22

2.1.2 触点串联/并联指令 23

2.1.3 电路块指令 24

2.1.4 多重输出电路/主控触点指令 25

2.1.5 置位、复位指令 28

2.1.6 脉冲上升沿、下降沿检出的

触点指令 29

2.1.7 脉冲输出指令 30

2.1.8 取反/空操作/程序结束指令 31

2.2 编程的基本规则和技巧 32

2.2.1 编程的基本规则 33

2.2.2 编程技巧 33

2.3 基本逻辑指令应用实例 35

2.3.1 电动机控制实例 35

2.3.2 定时器的应用 37

2.3.3 振荡电路与分频电路 38

2.4 技能训练 39

2.4.1 训练项目一：电动机正反转

控制 39

2.4.2 训练项目二：电动机星形-三角形

降压起动控制 40

2.4.3 其他训练项目 42

小结 42

习题 42

第3章 步进指令 46

3.1 状态转移图 46

3.2 步进指令和步进梯形图 46

3.3 状态转移图的主要类型 47

3.4 步进指令的应用 51

3.5 技能训练 56

3.5.1 训练项目一：电动机顺序起动

控制 56

3.5.2 训练项目二：十字路口交通灯

控制 57

3.5.3 其他训练项目 58

小结 59

习题 59

第4章 功能指令 60

4.1 功能指令概述 60

4.2 程序流控制（FNC00~

FNC09） 63

4.3 传送和比较指令（FNC10~

FNC19） 66

4.4 算术运算和逻辑运算指令

（FNC20~FNC29） 70

4.5 循环与移位指令（FNC30~

FNC39） 72

4.6 数据处理功能指令（FNC40~

FNC49） 77

4.7 高速处理指令（FNC50~

FNC59） 80

4.8 方便功能指令	84	7.1 系统配置	140
4.9 技能训练	91	7.2 编程软件	140
4.9.1 训练项目一: 小车运行方向 控制	91	7.2.1 软件的功能	140
4.9.2 训练项目二: 节日彩灯控制	93	7.2.2 软件的安装	141
小结	95	7.2.3 编程操作	141
习题	95	7.2.4 程序写入与在线监控	144
第5章 可编程控制器的应用	97	7.2.5 状态转移图的绘制	145
5.1 PLC 控制系统设计	97	7.2.6 主控指令及主控复位指令的 编程输入方法	150
5.1.1 PLC 控制系统设计的基本原则	97	7.2.7 GX Simulator 仿真软件的 使用	151
5.1.2 PLC 控制系统设计步骤	97	5.3 技能训练	153
5.2 PLC 的硬件设计	98	7.3.1 训练项目一: 编程软件的 使用(一)	153
5.3 PLC 的软件设计	99	7.3.2 训练项目二: 编程软件的 使用(二)	155
5.4 PLC 在机床控制中的应用	101	习题	155
5.5 PLC 在工业机械手控制中的 应用	105	第8章 PLC 的特殊功能模块	156
5.6 PLC 在电梯控制中的应用	113	8.1 模拟量控制模块	156
5.7 技能训练	116	8.1.1 模拟量输入/输出模块	156
5.7.1 训练项目一: PLC 在三面铣组合 机床控制系统中的应用	116	8.1.2 应用举例	159
5.7.2 训练项目二: PLC 控制变频调速 系统设计与调试	118	8.2 其他模块	163
5.7.3 训练项目三: 自动门控制	119	8.2.1 脉冲输出模块	163
5.7.4 训练项目四: 汽车自动清洗 装置 PLC 控制	119	8.2.2 运动控制模块	165
小结	120	习题	167
习题	120	第9章 PLC 网络与通信	168
第6章 FX-20P-E 编程器的使用	122	9.1 PLC 与计算机通信	168
6.1 FX-20P-E 编程器的组成与 操作面板	122	9.1.1 数据通信的基本概念	168
6.2 编程器的使用	124	9.1.2 PLC 与计算机数据通信方式	170
6.3 技能训练	138	9.1.3 PLC 与上位机的通信	172
6.3.1 训练项目一: 编程器的 使用(一)	138	9.2 PLC 网络	174
6.3.2 训练项目二: 编程器的 使用(二)	139	9.2.1 MELSEC NET 网络	175
习题	139	9.2.2 MELSEC NET/MINI 网络	176
第7章 PLC 编程软件及仿真 软件的使用	140	习题	177
		第10章 S7-200PLC 简介	178
		10.1 S7-200 的系统组成	178
		10.1.1 硬件组成	178
		10.1.2 存储器的数据类型和地址 分配	180

10.2 S7-200 的指令系统	184	11.1.3 内部继电器	206
10.2.1 编程语言和程序结构	184	11.1.4 专用内部辅助继电器	208
10.2.2 基本逻辑指令	185	11.1.5 定时器、计数器	209
10.2.3 功能指令	196	11.2 欧姆龙 C 系列 P 型 PLC 的 指令系统	209
10.3 技能训练	199	11.2.1 基本指令	209
10.3.1 训练项目一: 定时器和计数器 指令的编程练习	199	11.2.2 功能指令	214
10.3.2 训练项目二: 自动往返小车 控制系统的编程练习	202	11.3 技能训练项目	219
小结	203	小结	219
习题	203	习题	219
第 11 章 欧姆龙 C 系列 P 型 PLC 简介	205	附录	221
11.1 欧姆龙 C 系列 P 型 PLC 内部 资源分配	205	附录 A FX 系列 PLC 功能指令 一览表	221
11.1.1 内部资源(存储区)的分配	205	附录 B 常用特殊辅助继电器功能 编号一览表	223
11.1.2 输入/输出继电器	205	参考文献	227

第 1 章 可编程控制器的基本原理

1.1 可编程控制器概述

1.1.1 可编程控制器的产生和定义

早期的可编程控制器是为取代继电器控制线路,采用存储程序指令完成顺序控制而设计的,它仅有逻辑运算、计时、计数等顺序控制功能,用于开关量控制。所以通常将可编程控制器简称为 PLC (Programmable Logic Controller),即可编程逻辑控制器。

进入 20 世纪 70 年代以来,随着微电子技术的发展,PLC 采用通用微处理器之后,就不限于当初的逻辑运算了。因此,目前它被称为 PC (Programmable Controller),即可编程控制器^①。但是为了与个人计算机(PC)区别,仍然沿用以前的简称 PLC。

进入 20 世纪 80 年代以来,随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的迅猛发展,以 16 位和少数 32 位微处理器构成的微机化 PLC 得到了惊人的发展,在概念、设计、性能价格比以及应用方面有了新的突破。它不仅控制功能增强,功耗、体积减小,成本下降,可靠性提高,编程和故障检测更为灵活方便,而且增加了远程 I/O 和通信网络、数据处理以及图像显示,用于连续生产过程控制,成为实现工厂自动化的一大支柱。

国际电工委员会(IEC)于 1987 年颁布可编程控制器的定义:“可编程控制器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。它采用了可程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等面向用户的指令,并通过数字式和模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备,都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

定义强调了可编程控制器应直接应用于工业环境,因此它须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围。这也是可编程控制器区别于一般微机控制系统的一个重要特征。

1.1.2 可编程控制器的结构与特点

1. 结构

可编程控制器不但工作原理与通用计算机不同,其结构也有很大的不同。通常可编程控制器的结构分为单元式和模块式。但近来有将这两种形式结合起来的趋势,即叠装式结构。

(1) 单元式

单元式将所有的电路都装入一个模块内,构成一个整体,这样体积小、成本低、安装方便。由于在一个单体内集中了 CPU 板、输入板、电源板等,对于某一个单体的输入/输出就有

① 根据最新国家标准,应写作“可程序控制器”,但考虑到工业应用的习惯,本书中仍写作“可编程控制器”。

一定的比例关系。FX 系列主单元的输入/输出比为 1:1。为了达到输入/输出点数灵活配置及易于扩展的目的,某一系列产品通常都由不同点数的基本单元和扩展单元构成。其中的某些单元为全输入或输出型。单元的品种越丰富,其配置就越灵活。

值得注意的是,小型可编程控制器结构的最新发展也开始吸收模块结构的特点。各种不同点数的可编程控制器都做成同宽同高不同长度的模块,这样几个模块拼装起来后就成了一个整齐的长方体结构。

单元式的可编程控制器可直接装入机床或电控柜中。目前,点数较少的系统都是采用这种形式。FX_{2N} 系列的最大输入输出点数为 256 点。

(2) 模块式

模块式可编程控制器采用搭积木的方式组成系统,在一块基板上分别插上 CPU、电源、I/O 模块及特殊功能模块,构成一个总 I/O 点数很多的大规模综合控制系统。其结构形式的特点是 CPU 为独立的模块,输入/输出也是独立模块。因此配置很灵活,可以根据不同的系统规模选用不同档次的 CPU 及各种 I/O 模块、功能模块。其模块尺寸统一、安装整齐,对于 I/O 点数很多的系统选型,安装调试、扩展、维修等都非常方便。目前大型系统多采用这种形式。这种结构形式的可编程控制器除了各种模块以外,还需要用基板(主基板、扩展板)将各模块联成整体;有多块基板时,还要用电缆将各基板联在一起。

(3) 叠装式

以上两种结构各有特色。单元式结构紧凑,安装方便,体积小,易于与机床、电控箱联成一体,但由于其点数有搭配关系,加之各单元尺寸大小不一致,因此不易安装整齐。模块式点数配置灵活,又易于构成较多点数的大系统,但尺寸较大,难于与小型设备相联。为此,三菱公司开发出叠装式结构。它的结构也是各种单元、CPU 自成独立的模块,但安装不用基板,仅用电缆进行单元间联接,且各单元可以一层层地叠装。这样,既达到了配置灵活的目的,又可以做得体积小。

2. 特点

(1) 可靠性高,抗干扰能力强

工业生产一般对控制设备的可靠性提出很高的要求,应具有很强的抗干扰能力。PLC 能在恶劣的环境中可靠地工作,平均故障间隔时间长,故障修复时间短。这是 PLC 控制优于微机控制的一大特点。

PLC 本身具有较强的自诊断功能,保证在“硬核”(如 CPU、RAM、I/O 总线等)都正常的情况下执行用户的控制程序。一旦出现 CPU 故障、RAM 或 I/O 总线故障则立即给出 CPU 出错信号,并停止用户程序的执行,切断所有输出信号,等待修复。有些高档的 PLC 具有 CPU 并行操作(如 C2000 型 PLC),一旦某个 CPU 出现故障,系统仍能正常工作,并给出“带病工作信号”,要求修复出现故障的 CPU(两个 CPU 同时发生故障的概率极低),这就增加了 PLC 的可靠性。另外它在硬件、软件上也采取了提高可靠性的措施。

(2) 控制程序可变,具有很好的柔性

在生产工艺流程改变或生产线设备更新的情况下,不必改变 PLC 的硬设备,只需改编程序就可以满足要求。PLC 不仅可以取代传统的继电器控制,而且具有继电器控制无可比拟的优点。因此,PLC 除应用于单机控制外,在柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)以至工厂自动化(FA)中也被大量采用。

(3) 编程简单, 使用方便

这是 PLC 优于微机的另一个特点。目前大多数 PLC 均采用继电控制形式的“梯形图编程方式”, 既继承了传统控制线路清晰直观的优点, 又考虑到大多数工矿企业电气技术人员的读图习惯和微机应用水平, 因此受到普遍欢迎。这种面向生产的编程方式与目前微机控制生产对象中常用的汇编语言相比, 更容易被操作人员所接受。为了进一步简化编程, PLC 还设计了步进梯形指令、顺序功能图及功能指令等。

(4) 功能完善

现代 PLC 具有数字和模拟量输入/输出、逻辑和算术运算、定时、计数、顺序控制、功率驱动、通信、人机对话、自检、记录和显示等功能, 使设备控制水平大大提高。

(5) 扩充方便, 组合灵活

PLC 产品具备有各种扩展单元, 可以方便地适应不同工业控制需要的不同输入输出点数及不同输入/输出方式的系统。

(6) 减少了控制系统设计及施工的工作量

由于 PLC 是采用软件编程来达到控制功能, 而不同于继电器控制采用硬接线来达到控制功能, 因此, 减少了设计及施工工作量。同时, 又能事先进行模拟调试, 更减少了现场的工作量。并且, PLC 监视功能很强, 功能模块化大大减少了维修量。

(7) 体积小、重量轻, 是“机电一体化”特有的产品

由于 PLC 是专为工业控制而设计的专用计算机, 其结构紧密、坚固、体积小巧, 并具备很强的抗干扰能力, 使之易于装入机械设备内部, 成为实现“机电一体化”较理想的控制设备。它把微机技术与继电器控制技术很好地融合在一起。最新发展的 PLC 产品, 还把 DDC (直接数字控制) 技术加进去, 并具有与监控计算机联网的功能, 因而它的应用几乎覆盖了所有工业企业。PLC 既能改造传统机械产品成为机电一体化的新一代产品, 又适用于生产过程控制, 实现工业生产的优质、高产、节能与降低成本。总之, PLC 技术代表了当前电气程序控制的世界先进水平, 与数控技术和工业机器人一起成为机械工业自动化的三大支柱。

1.1.3 可编程控制器的应用和发展

1. 应用

(1) 顺序控制

这是今日 PLC 应用最广泛的领域, 它取代传统的继电器顺序控制。PLC 应用于单机控制、多机群控制、生产自动线控制。例如注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机械、组合机床、磨床、装配生产线、包装生产线、电镀流水线及电梯控制等。

(2) 运动控制

PLC 制造商目前已提供了拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。在多数情况下, PLC 把描述目标位置的数据送给模块, 模块移动一轴或数轴到目标位置。当每个轴移动时, 位置控制模块保持适当的速度和加速度, 确保运动平滑。

(3) 过程控制

PLC 能控制大量的物理参数, 例如温度、压力、速度和流量。PID (Proportional Integral Derivative) 模块的提供使 PLC 具有了闭环控制的功能, 即一个具有 PID 控制能力的 PLC 可用于过程控制。

(4) 数据处理

在机械加工中,出现了把支持顺序控制的 PLC 和计算机数值控制 (CNC) 设备紧密结合的趋向。著名的日本 FANUC 公司推出的 System 10、11、12 系列,已将 CNC 控制功能作为 PLC 的一部分。

(5) 通信

为了适应工厂自动化 (FA) 系统发展的需要,必须发展 PLC 之间、PLC 和上级计算机之间的通信功能。作为实时控制系统,PLC 数据通信速率要求高,而且要考虑出现停电、故障时的对策等。日本富士电机公司开发的 MICREX-F 系列就是一例。I/O 模块按功能各自放置在生产现场分散控制,然后采用网络联结构成集中管理信息的分布式网络系统。

2. 发展

(1) 产品规模向大、小两个方向发展

出现了 I/O 点数达 14 336 点的超大型 PLC,使用 32 位微处理器,多 CPU 并行工作和大容量存储器,使 PLC 的扫描速度高速化。小型 PLC 由整体结构向小型模块结构发展,增加了配置的灵活性。最小配置的 I/O 点数为 8~16 点,可以用来代替最小的继电器控制系统。

(2) 向过程控制渗透与发展

微电子技术迅速发展,大大加强了 PLC 的数学运算、数据处理、图形显示、联网通信等功能,使 PLC 得以向过程控制渗透和发展。

(3) 加强了通信功能

为了满足柔性制造单元、柔性制造系统和工厂自动化的要求,近年来开发的 PLC 都加强了通信功能。

(4) 新器件和模块不断推出

新的功能模块如高速计数模块、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信和人机接口模块等,其开发和应用,不仅扩展了功能,减少了体积,而且大大地扩大了 PLC 应用范围。

(5) 编程语言趋向标准化

梯形图、顺序功能图、语句表等编程语言编程,因其简单易懂,仍然在广泛地使用,并日趋标准化。

(6) 发展容错技术

一些公司为了推出高度或绝对可靠的系统,发展了容错技术,采用冗余结构和采用热备用或并行工作、多数表决的工作方式。

1.2 可编程控制器的工作原理

可编程控制器是一种工业控制计算机,其核心就是一台计算机。但由于有接口器件及监控软件的包围,因此其外型不像计算机,操作使用方法、编程语言甚至工作原理都与计算机有所不同。另外,作为继电控制盘的替代物,由于其核心为计算机芯片,因此与继电器控制逻辑的工作原理也有很大区别。下面通过一个电路实例说明这个问题。

图 1-1 是一个很简单的继电器控制系统,它控制指示灯的接通和断开。图中,X1、X2 是两个按钮开关,Y1、Y2 是两个继电器,T1 是时间继电器。它的工作过程是:当 X1 或 X2 任何一个按钮按下后,继电器 Y1 线圈接通,Y1 的常开触点闭合,指示灯红灯点亮。此时,

时间继电器线圈 T1 同时接通，继电器开始计时，时间继电器的整定值是 20s。当时间继电器线圈接通 20s 后，继电器线圈 Y2 接通，继电器 Y2 的常开触点接通指示灯绿灯。

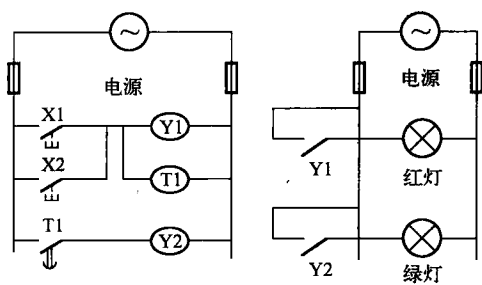


图 1-1 指示灯控制线路

可编程控制器的工作过程：先读入 X1、X2 触点信息，然后对 X1、X2 状态进行逻辑运算，若逻辑条件满足，Y1 和 T1 线圈接通，触点 Y1 接通，外电路形成回路，红灯亮；在定时时间未到时，T1 触点接通的条件不满足，因此 Y2 线圈不通电，绿灯不亮。当 T1 延时时间到后，Y2 线圈才接通，使 Y2 触点接通，绿灯亮。

由此可见，整个工作过程需要读入开关状态、逻辑运算、输出运算结果三步。输入的是给定量或反馈量，输出的是被控量。因为计算机每一瞬间只能做一件事，因此工作的次序是输入→第一步运算→第二步运算→……→最后一步运算→输出。这种工作方式称为周期循环扫描工作方式。从输入到输出的整个执行时间称为扫描周期。

可编程控制器的工作过程如图 1-2 所示，分以下三个阶段：

(1) 输入处理

程序执行前，将可编程控制器的全部输入端子的通/断状态读入输入映像寄存器。在程序执行中，即使输入状态变化，输入映像寄存器的内容也不变。直到下一扫描周期的输入处理阶段才读入变化。另外，输入触点从通（ON）→断（OFF）或从断（OFF）→通（ON）变化到处于确定状态为止，输入滤波器还有一响应延迟时间（约 10ms）。

(2) 程序处理

对应用户程序存储器所存的指令，从输入映像寄存器和其他软元件的映像寄存器中将有关软元件的通/断状态读出，从 0 步开始顺序运算，每次结果都写入有关的映像寄存器，因此，各软元件（X 除外）的映像寄存器的内容随着程序的执行在不断变化。

输出继电器的内部触点的动作由输出映像寄存器的内容决定。

(3) 输出处理

全部指令执行完毕，将输出映像寄存器的通/断状态向输出锁存寄存器传送，成为可编程

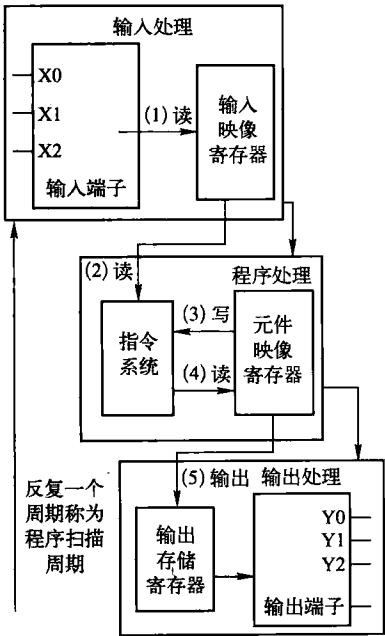


图 1-2 PLC 的工作过程

控制器的实际输出。可编程控制器的外部输出触点对输出软元件的动作有一个响应时间，即要有一个延迟才动作。

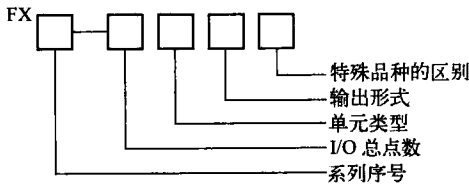
以上的方式称为成批输入/输出方式（或刷新方式）。

1.3 可编程控制器的组成

可编程控制器种类繁多，型号各异，下面以三菱电机公司的 FX 系列 PLC 为例说明其型号格式及其各项意义。

1.3.1 型号及意义

FX 系列可编程控制器型号的意义：



系列序号：0、2、ON、2C、1S、1N、1NC、2N、2NC、3U

I/O 总点数：14~256 点

单元类型：M——基本单元

E——输入/输出混合扩展单元及扩展模块

EX——输入专用扩展模块

EY——输出专用扩展模块

输出形式：R——继电器输出

T——晶体管输出

S——晶闸管输出

特殊品种区别：D——DC 电源，DC 输入

A——AC 电源，AC 输入

H——大电流输出扩展模块

V——立式端子排的扩展模块

C——接插口输入/输出方式

F——输入滤波器 1ms 的扩展模块

L——TTL 输入型扩展模块

S——独立端子（无公共端）扩展模块

若特殊品种一项无符号，说明通指 AC 电源，DC 输入，横式端子排；继电器输出 2A/1 点；晶体管输出 0.5A/1 点；晶闸管输出 0.3A/1 点。

FX 系列 PLC 由基本单元、扩展单元及特殊功能单元构成。基本单元是 PLC 的主要部分，由 CPU、存储器、I/O 和电源组成；扩展单元用于扩展 I/O 点数，内部没有 CPU 和电源，必须与基本单元一起使用。特殊功能单元是一些特殊用途的装置。

FX_{2N} 系列常用的基本单元和扩展单元见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 交流电源，DC24V 输入

单 元	输入/输出点数	输出形式	
		继电器输出	晶体管输出
基本单元	8/8	FX _{2N} -16MR	FX _{2N} -16MT
	12/12	FX _{2N} -24MR	FX _{2N} -24MT
	16/16	FX _{2N} -32MR	FX _{2N} -32MT
	24/24	FX _{2N} -48MR	FX _{2N} -48MT
	32/32	FX _{2N} -64MR	FX _{2N} -64MT
	40/40	FX _{2N} -80MR	FX _{2N} -80MT
	64/64	FX _{2N} -128MR	FX _{2N} -128MT
扩展单元	16/16	FX _{2N} -32ER	FX _{2N} -32ET
	24/24	FX _{2N} -48ER	FX _{2N} -48ET

表 1-2 直流电原 DC24V 输入

单 元	输入/输出点数	输 出 形 式	
		继电器输出	晶体管输出
基本单元	16/16	FX _{2N} -32MR-D	FX _{2N} -32MT-D
	24/24	FX _{2N} -48MR-D	FX _{2N} -48MT-D
	32/32	FX _{2N} -64MR-D	FX _{2N} -64MT-D
	40/40	FX _{2N} -80MR-D	FX _{2N} -80MT-D
扩展单元	24/24	FX _{2N} -48ER-D	FX _{2N} -48ET-D

1.3.2 硬件组成

三菱电机公司的 PLC 产品有 F 系列、FX 系列、A 系列和 Q 系列。其中 F 系列（目前已经停止生产）和 FX 系列为小型机，A 系列和 Q 系列为中大型机。FX_{2N} 系列 PLC 是目前运行速度最快的小型 PLC 之一，体积只有 FX₂ 的 50%，运行速度却比 FX₂ 快 6 倍，达到 0.08μs/步，是三菱具有代表性的小型 PLC。下面我们以小型 FX_{2N} 系列 PLC 为例介绍 PLC 的硬件及软件组成。图 1-3 为 PLC 的原理框图。

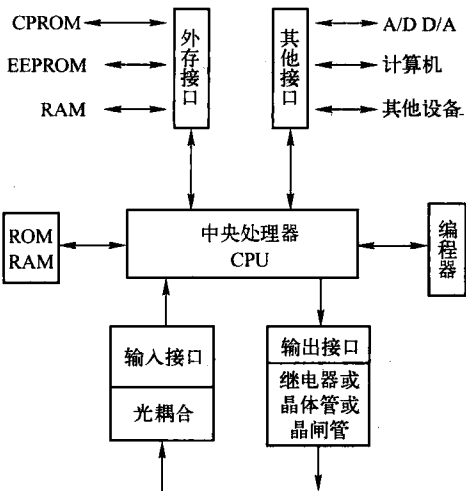


图 1-3 PLC 原理框图

(1) CPU (Central Processing Unit)

它是 PLC 的核心组成部分,与通用微机的 CPU 一样,它在 PLC 系统中的作用类似于人体的神经中枢,故称为“电脑”。其功能如下。

1) PLC 中系统程序赋予的功能,接收并存储从编程器输入的用户程序和数据。

2) 用扫描方式接收现场输入装置的状态,并存入输入映像寄存器。

3) 诊断电源、PLC 内部电路工作状态和编程过程中的语法错误。

4) 在 PLC 进入运行状态后,从存储器中逐条读取用户程序,按指令规定的任务产生相应的控制信号,去启闭有关控制电路。分时分渠道地去执行数据的存取、传送、组合、比较和变换等动作,完成用户程序中规定的逻辑或算术运算等任务。根据运算结果,更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容,再由输出映像寄存器的位状态或数据寄存器的有关内容,实现输出控制、制表、打印或数据通信等。

(2) 系统程序存储器

用以存放系统工作程序(监控程序)、模块化应用功能子程序、命令解释、功能子程序的调用管理程序以及按对应定义(I/O、内部继电器、计时/计数器、移位寄存器等)存储各种系统参数等功能。

(3) 用户存储器

用以存放用户程序。PLC 的用户存储器通常以字(16 位/字)为单位来表示存储容量。同时,由于系统程序直接关系到 PLC 的性能,不能由用户直接存取。因而,通常 PLC 产品资料中所指的存储器型式或存储方式及容量,是指用户程序存储器而言的。

常用的存储器或存储方式有 CMOS RAM、EPROM 和 EEPROM。信息外存常用盒式磁带和磁盘。

CMOS RAM 存储器是一种中高密度、低功耗、价格便宜的半导体存储器,可用锂电池作备用电源。一旦交流电源停电,用锂电池来维持供电,可保存 RAM 内停电前的数据。锂电池寿命一般为 1~5 年左右。

EPROM 存储器是一种常用的只读存储器,写入时加高电平,擦除时用紫外线照射。

EEPROM 存储器是一种可用电改写的只读存储器。

(4) 输入/输出元件(I/O 模块)

I/O 模块是 CPU 与现场 I/O 装置或其他外部设备之间的连接部件。PLC 提供了各种操作电平与驱动能力的 I/O 模块和各种用途的 I/O 元件供用户选用。如输入/输出电平转换、电气隔离、串/并行转换、数据传送、误码校验、A/D 或 D/A 变换以及其他功能模块等等。I/O 模块将外部输入信号变换成 CPU 能接受的信号,或将 CPU 的输出信号变换成需要的控制信号去驱动控制对象,以确保整个系统正常工作。

图 1-4 是一个输入/输出线路实例。图中,输入的开关量信号接在 IN 端和 0V 端之间,PLC 内部提供 24V 电源,输入信号通过光隔离,通过 RC 滤波进入 CPU 控制板,CPU 发出输出信号至输出端。输出有三种型式:继电器方式、晶体管方式和晶闸管方式。

(5) 编程器

编程器适用于用户程序的编制、编辑、调试检查和监视,还可以通过其键盘去调用和显示 PLC 的一些内部状态和系统参数。它通过通信端口与 CPU 联系,完成人机对话连接。编程器上有供编程用的各种功能键和显示灯,以及编程/监控转换开关。编程器的键盘采用梯形

图语言键符或命令语言助记键符，也可以采用软件指定的功能键符，通过屏幕对话方式进行编程。编程器分为简易型和智能型两类。前者只能联机编程，而后者既可联机编程，又可脱机编程。同时，前者只能输入梯形图，而后者既可输入命令语言，又可直接输入梯形图。根据不同档次的 PLC 产品，选配相应的编程器。

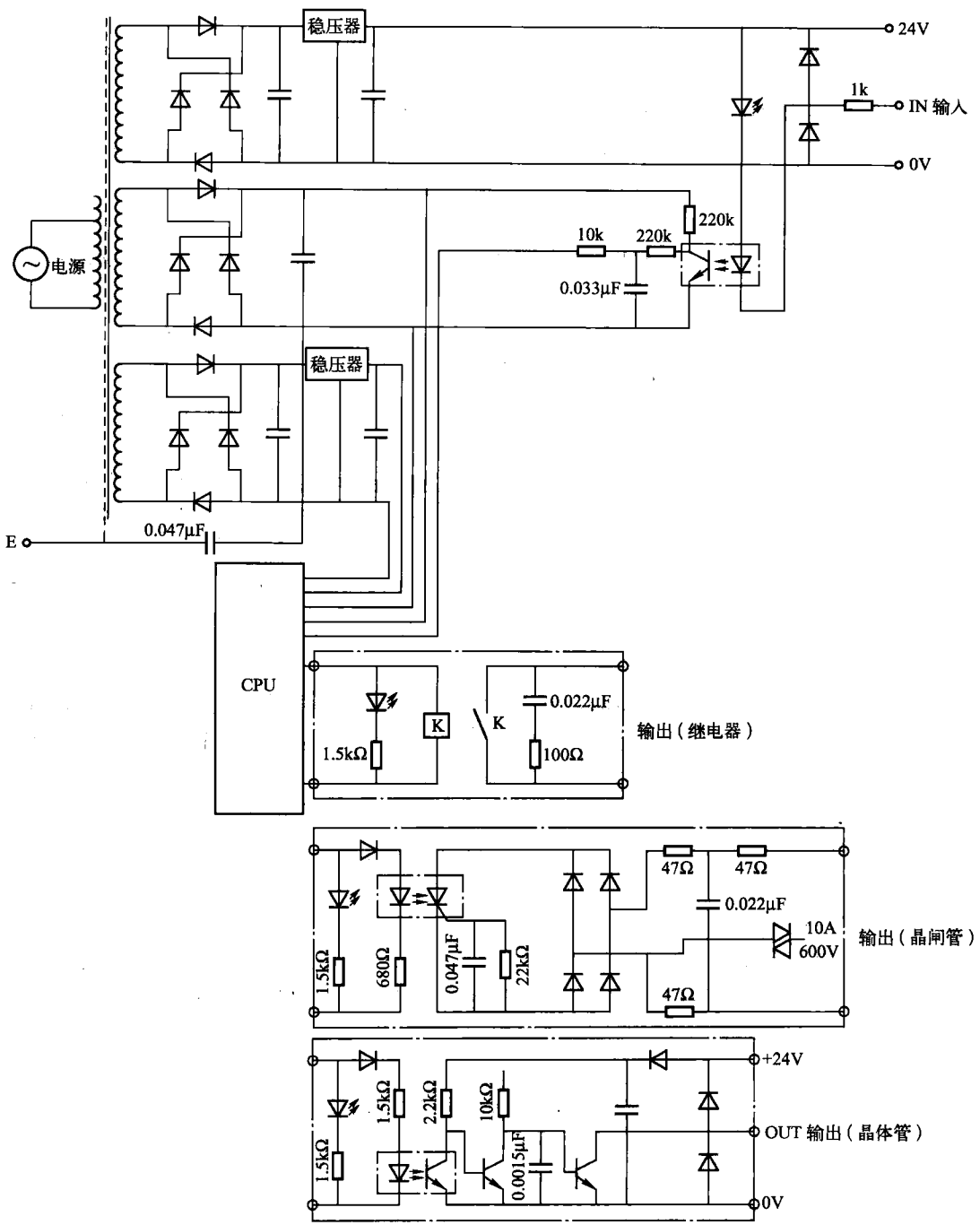


图 1-4 输入输出线路图

(6) 外部设备

一般 PLC 都配有盒式录音机、打印机、EPROM 写入器、高分辨率屏幕彩色图形监控系统等外部设备。

(7) 电源

根据 PLC 的设计特点，它对电源并无特殊需求，可使用一般工业电源。

1.3.3 软件组成

在可编程控制器中，软件分为两大部分：一部分为系统监控程序，它是每一个可编程控制器成品必须包括的部分，是由可编程控制器的制造者编制的，用于控制可编程控制器本身的运行；另一部分为用户程序，由用户编制，用于控制被控装置的运行。

1. 系统监控程序

系统监控程序包括系统管理程序、用户指令解释程序、标准程序模块和系统调用几个部分。

(1) 系统管理程序

这是监控程序中最重要的一部分，分为如下三块：

一是运行管理，控制可编程控制器何时输入、何时输出、何时运算、何时自检、何时通信等等，进行时间上的分配管理。

二进行存储空间的管理，即生成用户环境，由它规定各种参数、程序的存放地址，将用户使用的数据参数存储地址转化为实际的数据格式及物理存放地址。它将有限的资源变为用户可直接使用的很方便的元件。

三是系统自检程序，包括各种系统出错检验、用户程序语法检验、句法检验、警戒时钟运行等。

(2) 用户指令解释程序和编辑程序

任何计算机最终都是根据机器语言来执行的，在可编程控制器中采用梯形图编程，而将人们易懂的梯形图程序变为机器能懂的机器语言程序，这就是解释程序的任务。它将梯形图程序逐条翻译成相应的一串机器语言，然后通过 CPU 完成这一步的功能。

事实上，为了节省内存，提高解释速度，用户程序是以内码的形式存储在可编程控制器中的。用户程序变为内码形式的这一步是编辑程序实现的，它可以插入、删除、检查、查错用户程序，方便程序的调试。

(3) 标准程序模块和系统调用

这部分是由许多独立的程序块组成的，各自能完成不同的功能，有些完成输入、输出，有些完成特殊运算等。可编程控制器的各种具体工作都是由这部分程序来完成的，这部分程序的多少，就决定了可编程控制器性能的强弱。

整个系统监控程序是一个整体，其质量的好坏很大程度上影响了可编程控制器的性能。因为通过改进系统监控程序就可在不增加任何硬设备的条件下大大改善可编程控制器的性能。

2. 用户程序

用户程序是可控编程控制器的使用者编制的针对控制问题的程序。它是用梯形图或某种可编程控制器指令的助记符编制而成的，可以是梯形图、指令表、高级语言、汇编语言等，其