

自动化技术入门与应用实例系列书

三菱系列PLC

洪应 编著

入门与应用实例

- “淡化” 理论知识
- “强化” 实际技能
- 以实际案例为基础
- 重点介绍新技术、新产品的应用



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

自动化技术入门与应用实例系列书

三菱系列PLC 入门与应用实例



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

可编程控制器 (PLC) 是集成了自动化技术、微电子技术、计算机技术、通信技术, 以工业自动化为目标的控制装置。三菱的 FX_{2N} 系列 PLC 以其结构紧凑、可靠性高、功能强大、编程方便, 在自动控制领域占有重要地位。本书重点介绍了 FX_{2N} 系列 PLC 的组成、原理、指令和编程方法, 深入浅出的讨论了 PLC 控制系统的设计和維護方法。

本书从最简单的 1~2 行的梯形图入手, 循序渐进, 以大量的应用实例为基础, 使读者在没有任何 PLC 知识的前提下快速掌握梯形图程序设计的方法。本书选用的实例取材广泛, 有面向工业控制的, 也有贴近日常生活的, 应用性和趣味性很强, 使读者在学习时不再感到枯燥和乏味。通过学习本书, 读者可以很快入门并将 PLC 技术应用到工作中。

本书可供 PLC 工程应用技术人员使用; 可供广大 PLC 爱好者, 尤其是初学者阅读; 也可用于大专院校学生学习 PLC 课程的参考以及相关人员的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

三菱系列 PLC 入门与应用实例/洪应编著. —北京: 中国电力出版社, 2009

(自动化技术入门与应用实例系列书)

ISBN 978-7-5083-9363-6

I. 三… II. 洪… III. 可编程序控制器 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 152795 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8 印张 174 千字

印数 0001—3000 册 定价 16.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

自动化技术入门与应用实例系列书 三菱系列PLC入门与应用实例

《三菱系列 PLC 入门与应用实例》为“自动化技术入门与应用实例系列书”之一。本书基本特色是：对理论知识做“淡化”处理；对实际技能做“强化”处理；以具体的“案例”为基础，分析线路工作原理，解剖故障发生的原因。

可编程序控制器（Programmable Controller，简称 PLC）是伴随着计算机技术而迅速发展、广泛普及应用的新型工业自动控制装置。可编程控制器（PLC）以其控制能力强、可靠性高、编程简单等特性已经成为工业自动化设备的主导产品，广泛应用在机械制造、冶金、化工、交通、电子、纺织、印刷、食品加工、建筑等工业领域。作为这些行业的从业者，无论是产品的设计人员、维护人员，还是推销人员等都需要掌握这门技术。

许多初学者都希望能尽快掌握 PLC 技术，却不知从何学起。事实上，PLC 技术的核心就是梯形图的编程，而梯形图程序设计的核心是基于顺序控制的功能表（SFC）图的梯形图设计，抓住核心的核心，也就找到了学习 PLC 技术的“捷径”。

本书从最简单的 1~2 行的梯形图入手，循序渐进，以大量的应用实例为基础，使读者在没有任何 PLC 知识的前提下快速掌握梯形图程序设计的方法。通读本书，读者可以很快入门并将 PLC 技术应用到工作中。

本书以三菱系列 FX_{2N} 型 PLC 为平台，内容包括 FX_{2N} 的基本指令、应用指令基本环节和顺序控制技术的提高环节，编写的组织上以简单、实用、易懂的应用实例为框架，这些实例取材广泛，有面向工业控制的，比如电动机、机床等控制；有贴近日常生活的，比如农作物大棚种植控制、广场音乐喷泉等的控制，以及保险箱的密码控制等，由于贴近生活、生产，且实例的应用性和趣味性很强，读者在学习本书时将不再感到枯燥和乏味。

考虑到很多初学者可能手中没有 PLC 供调试程序，本书还介绍了由三菱提供的 GX Developer 开发平台供仿真。这样，读者即使没有 PLC 也可以学习 PLC 编程技术。本书的所有程序都在 GX Developer 平台上测试通过。

本书在编写中得到安徽职业技术学院的程周、孙忠献、杨林国、常辉、胡继胜、宋国富、李志国的大力支持，在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正，不胜感激。编者电子信箱：hongy8888@yeah.net。

编 者

目 录

自动化技术入门与应用实例系列书 三菱系列PLC入门与应用实例

前 言

第一篇 三菱PLC技术入门

第1章 PLC简介	1
1.1 PLC是什么	1
1.1.1 PLC的概念	1
1.1.2 PLC的特点	1
1.1.3 PLC的应用领域	2
1.2 PLC的国内外状况	3
1.2.1 PLC的发展	3
1.2.2 PLC的未来展望	4
1.3 三菱PLC的产品类别	4
1.4 三菱PLC的资源简介	5
1.4.1 微处理器(CPU)	6
1.4.2 存储器	6
1.4.3 输入单元	6
1.4.4 输出单元	7
1.5 三菱PLC是如何工作的	7
第2章 PLC的指令和软元件	8
2.1 PLC的编程语言概述	8
2.1.1 PLC编程语言的特点	8
2.1.2 常用的编程语言	8
2.2 三菱PLC的软元件	10
2.2.1 三菱PLC的X、Y元件	10
2.2.2 三菱PLC的M元件	16
2.2.3 三菱PLC的T元件	18
2.2.4 三菱PLC的C元件	21
2.2.5 三菱PLC的数据寄存器	24
2.3 三菱PLC的置位、复位和脉冲输出指令	25
第3章 三菱PLC的应用指令	27
3.1 应用指令概述	27

3.1.1	应用指令的格式	28
3.1.2	应用指令的操作数	28
3.1.3	应用指令的执行形态	30
3.2	比较与数据传送指令	31
3.2.1	比较指令	31
3.2.2	传送指令	33
3.3	数据运算指令	42
3.4	移位指令	47
3.5	程序流向控制指令	49
3.5.1	程序转移类指令	49
3.5.2	中断指令 (DI、EI、IRET)	50
3.6	数据处理应用指令	52
3.7	高速处理指令应用	55
第4章	PLC工程管理和调试技术	61
4.1	工程管理软件—GX Developer	61
4.1.1	安装和卸载	61
4.1.2	GX Developer 工程	62
4.1.3	梯形图制作	63
4.1.4	软元件	66
4.1.5	在线调试	69
4.2	GX Simulator	74
4.2.1	GX Simulator 概要	74
4.2.2	GX Simulator 构成	76
4.2.3	使用 GX Simulator 调试梯形图程序	76
4.2.4	模拟外部机器运行的 I/O 系统功能设定	77

第二篇 三菱 PLC 编程与应用实例

第5章	顺序控制与 SFC 编程	80
5.1	顺序控制的思路	80
5.2	状态元件和步进梯形图指令 (STL、RET)	82
5.3	SFC 图与步进梯形图	83
5.4	步进梯形图的编程	84
5.4.1	单流程的步进梯形图编程	84
5.4.2	选择流程的步进梯形图编程	86
5.4.3	并行分支与汇总的步进梯形图编程	87
第6章	PLC 开发过程	91
6.1	PLC 型号选择与配置	91
6.1.1	PLC 的选型	91
6.1.2	PLC 的配置	91

6.2	PLC 控制程序的模块化设计	92
6.3	PLC 控制系统的设计和调试	92
第 7 章	三菱 PLC 应用实例	94
7.1	PLC 控制的元件分拣系统	94
7.1.1	带机械手的大、中、小元件分拣系统	94
7.1.2	传送带大小球的分拣装置	97
7.2	PLC 在农作物种植大棚温度检测与恒温控制的应用	98
7.3	PLC 在 Z3040 摇臂钻床设备改造中的应用	99
7.4	PLC 在 X62W 万能铣床设备改造中的应用	106
7.5	PLC 在按钮人行横道红绿灯控制中的作用	112
7.6	PLC 在液体混合搅拌控制中的作用	115
7.7	PLC 在机械手控制中的作用	116



第一篇

三菱 PLC 技术入门

第 1 章 PLC 简介

1.1 PLC 是什么

1.1.1 PLC 的概念

可编程控制器 (Programmable Controller, 简称 PC), 为了与个人计算机的 PC 相区别, 用 PLC 表示。可编程控制器是在传统的顺序控制器的基础上引入了微电子技术、计算机技术、自动控制技术和通信技术而形成的一代新型工业控制装置, 目的是用来取代继电器, 执行逻辑、计时、计数等顺序控制功能, 建立柔性的程序控制系统。国际电工委员会 (IEC) 颁布了对 PLC 的规定: 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。它采用可程序的存贮器, 用来在其内部存贮执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字的、模拟的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备, 都应按易于与工业控制系统形成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计。图 1-1 为三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的外形。

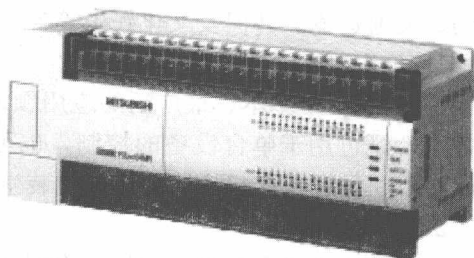


图 1-1 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的外形

1.1.2 PLC 的特点

1. 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, 电气接线及开关触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 带有硬件故障自我检测功能, 出现故障时可及时发出警报信息。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。

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。除了逻辑处理功能以外, 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 通信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。

3. 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。

4. 系统的设计、建造工作量小,维护方便,容易改造

PLC 用存储逻辑代替接线逻辑,大大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为缩短,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。

5. 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,质量小于 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。

1.1.3 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,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。

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

现在 PLC 具有数学运算（包含矩阵运算、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，也可以利用通信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。

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。

1.2 PLC 的国内外状况

1.2.1 PLC 的发展

工业生产过程中，大量的开关量顺序控制，它按照逻辑条件进行顺序动作，并按照逻辑关系进行连锁保护动作的控制，及大量离散量的数据采集。传统上，这些功能是通过气动或电气控制系统来实现的。1968 年美国 GM（通用汽车）公司提出取代继电器控制装置的要求，第二年，美国数字设备公司（DEC）研制出了基于集成电路和电子技术的控制装置，首次采用程序化的手段应用于电气控制，这就是第一代可编程序控制器，称 Programmable，是世界上公认的第一台 PLC。

限于当时的元器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，完成了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。此时的 PLC 为微机技术和继电器常规控制概念相结合的产物。个人计算机（简称 PC）发展起来后，为了方便，也为了反映可编程控制器的功能特点，可编程序控制器定名为 Programmable Logic Controller（即 PLC）。

20 世纪 70 年代中末期，可编程控制器进入实用化发展阶段，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广泛应用。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。这标志着可编程控制器已步入成熟阶段。

20 世纪 80 年代至 90 年代中期，是 PLC 发展最快的时期，年增长率一直保持为 30%~40%。在这个时期，PLC 在处理模拟量能力、数字运算能力、人机接口能力和网络能力得到大幅度提高，PLC 逐渐进入过程控制领域，在某些应用上取代了在过程控制领域处于统治地位的 DCS 系统。

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的需要。从控制规模上来说, 这个时期发展了大型机和超小型机; 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、通信单元, 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。

目前, 世界上有 200 多家 PLC 厂商, 400 多品种的 PLC 产品, 按地域可分成美国、欧洲和日本三个流派产品, 各流派 PLC 产品都各具特色。著名的 PLC 生产厂家主要有美国的 A-B (Allen-Bradly) 公司、GE (General Electric) 公司, 日本的三菱电机 (Mitsubishi Electric) 公司、欧姆龙 (OMRON) 公司, 德国的 AEG 公司、西门子 (Siemens) 公司, 法国的 TE (Telemecanique) 公司等。

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、上海乡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。

1.2.2 PLC 的未来展望

21 世纪, PLC 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和制造上, 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、规格更齐全, 完美的人机界面、完备的通信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; 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是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 DCS (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和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。

1.3 三菱 PLC 的产品类别

三菱的 PLC 有 Q 系列、A 系列以及 FX 系列等, 其中 FX 系列 PLC 由于类别丰富、性能价格比高、使用方便而受到用户的欢迎, 表 1-1 列出的主要为 FX 系列 PLC。

表 1-1

三菱 FX 系列 PLC 的比较

类别	控制规模	CPU	存储器	扩展功能	其他
FX ₁ NC	16~128 点	0.55 ~ 0.7μs/ 基本指令	8K EEPROM		

续表

类别	控制规模	CPU	存储器	扩展功能	其他
FX _{1N}	14~128 点	0.55 ~ 0.7 μ s/ 基本指令	8K EEPROM	在 FX _{1N} 系列右侧 可连接输入输出扩 展模块和特殊功能 模块	基本单元内置 2 轴 独立最高 100kHz 定 位功能 (晶体管输出 型)
FX _{1S}	10~30 点	0.55 ~ 0.7 μ s/ 基本指令	2K EEPROM		基本单元内置 2 轴 独立最高 100kHz 定 位功能 (晶体管输出 型)
FX _{2N}	16~256 点	0.55 ~ 0.7 μ s/ 基本指令	8K EEPROM, 可以扩展到 16K	在 FX _{2N} 系列右侧 可连接输入输出扩 展模块和特殊功能 模块	基本单元内置 2 轴 独立最高 100kHz 定 位功能 (晶体管输出 型)
FX _{2NC}	16~256 点	0.55 ~ 0.7 μ s/ 基本指令	8K EEPROM 可以扩展到 16K		
FX _{3U}	16 ~ 384 点 (包括 CC - LINK I/O)	0.065 μ s/基 本 指令	64K 大容量的 RAM 存储器	基本单元左侧均 可以连接功能强大、 简便易用的适配器	第三代微型可编程 控制器
FX _{3UC}	16 ~ 384 点 (包括 CC - LINK I/O)	0.065 μ s/基 本 指令	64K 大容量的 RAM 存储器	基本单元左侧均 可以连接功能强大、 简便易用的适配器	第三代微型可编程 控制器。 内置独立 3 轴 100kHz 定位功能 (晶体管输出型)

1.4 三菱 PLC 的资源简介

PLC 的种类繁多, 但是其内部资源基本相同, 图 1-2 给出了 PLC 的内部资源。

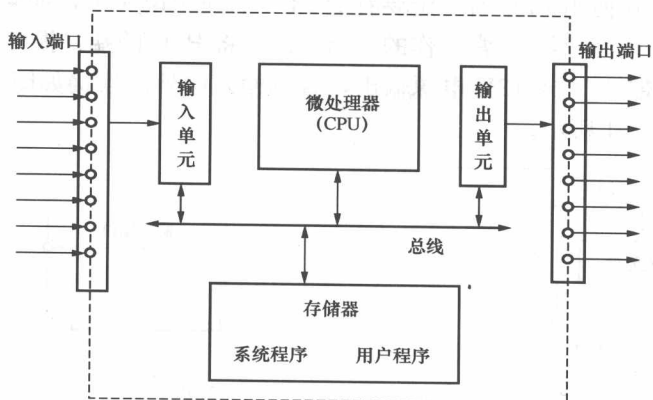


图 1-2 PLC 的内部资源图

由图 1-2 可以看出 PLC 的内部资源类似于计算机, 主要由 CPU、存储器和输入、输出设备组成。

1.4.1 微处理器 (CPU)

微处理器用于执行储存在 PLC 存储器中的程序, PLC 采用的微处理器有以下三种。

1. 通用微处理器

小型 PLC 一般采用 8 位的微处理器, 如 MC6800 等, 大中型 PLC 采用 32 位或 64 位 CPU, 如奔腾处理器。通用微处理器的优点是: 价格便宜、通用性强、技术成熟。

2. 单片微处理器

单片微处理器既是单片机, 在一块集成电路上集成有定时器、CPU、存储器、通信端口等多个功能单元, 单片微处理器有可靠性高、易于扩展等优点, 很适合于小型的 PLC, 如三菱的 FX_{2N} 系列用的就是 Intel8098 单片机。

3. 位片式微处理器

位片式微处理器 4 位为一片, 几个位片式微处理器相连可以组成任意字长的微处理器。

1.4.2 存储器

PLC 的存储器用于存储系统程序、用户编写的程序和数据, 包括系统存储器和用户存储器。

1. 系统存储器

系统存储器用于存储 PLC 生产厂家编写的控制 PLC 正常工作的系统程序, PLC 的使用者不能更改, 没有系统程序, PLC 将无法工作。

2. 用户存储器

用户存储器用于存储用户编写的程序以及程序执行过程中的数据。用户存储器的内容由用户根据需要修改。存放在用户存储器中的程序即使在 PLC 断电的情况下也可长期保存。

1.4.3 输入单元

外部设备的状态, 如按钮是否闭合、行程开关是否闭合、传感器的状态等通过输入端口进入输入单元, 由 PLC 进行处理。

各种 PLC 的输入单元大都相同, 其输入方式有两种: 直流输入 (12V 或 24V) 与交流输入 (220V), 用户在使用 PLC 时一定要看清 PLC 的使用说明书, 如果把直流输入端口接成交流方式, PLC 肯定是不能正常工作的, 而且还会将 PLC 的端口损坏。

一般的 PLC 都带 24V 或 12V 电源输出, 直流输入的外围连接如图 1-3 所示, 交流输入的外围连线如图 1-4 所示。

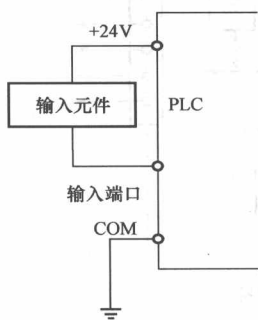


图 1-3 直流输入

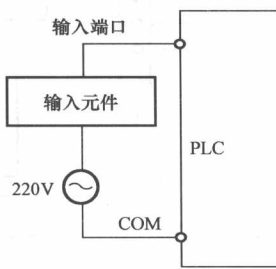


图 1-4 交流输入

1.4.4 输出单元

程序的执行结果通过输出单元控制执行机构，如接触器、电磁阀等，通过执行机构实现对设备的控制。

PLC 的输出类型有三种：继电器输出、晶体管输出和晶闸管输出。晶体管输出适用于直流负载，其特点是动作频率高、响应速度快，但带负载能力小；晶闸管输出适用于交流负载，其特点是响应速度快，但带负载能力小；继电器输出适用于交流和直流负载，其特点是带负载能力强，但相应速度低和动作频率慢。

1.5 三菱 PLC 是如何工作的

PLC 的工作状态有停止（STOP）和运行（RUN）两种，PLC 上有方式选择开关，PLC 处于停止（STOP）状态时只进行内部处理和通信等；PLC 处于运行（RUN）状态时执行用户编写的程序。

PLC 采用循环扫描的方式执行用户程序，每个扫描周期分三个阶段，即输入、执行和输出。如图 1-5 所示。

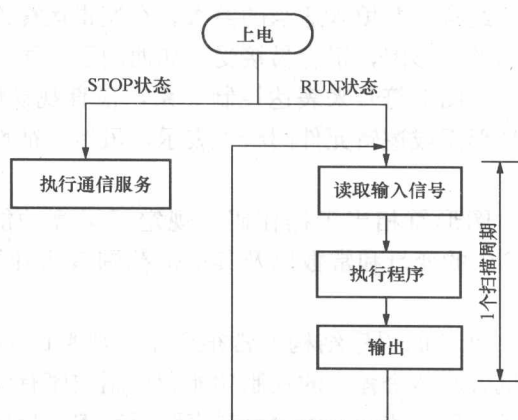


图 1-5 PLC 执行程序

1. 输入阶段

在输入阶段 PLC 扫描所有的输入端子，并将输入端子的状态（即 0 或 1）存入输入映像寄存器，输入映像寄存器的内容被刷新，然后转入关闭输入通道，转入程序执行阶段。在执行和输出阶段，无论外部信号如何变化，输入映像寄存器的内容保持不变，直到下一个扫描周期的输入阶段才能重新写入输入端的内容。

2. 程序执行阶段

PLC 对用户的梯形图程序按由左到右、由上到下的步序逐步执行程序指令。在执行的过程中 CPU 会根据需要读取输入映像寄存器、内部寄存器的值进行算术和逻辑运算并将每一步的结果写入相关的寄存器。因此，内部寄存器会随程序的执行不断的刷新。

3. 输出阶段

程序执行完成后将内部寄存器中的所有输出寄存器的状态一次送到输出锁存器中锁存，经过隔离、驱动功率放大电路送到输出端口输出。

第2章 PLC 的指令和软元件

2.1 PLC 的编程语言概述

2.1.1 PLC 编程语言的特点

PLC 的编程语言与一般计算机语言相比,具有明显的特点,它既不同于高级语言,也不同与一般的汇编语言,它既要满足易于编写,又要满足易于调试的要求。目前,还没有一种对各厂家产品都能兼容的编程语言。如三菱公司的产品有它自己的编程语言,OMRON 公司的产品也有它自己的编程语言。但不管什么型号的 PLC,其编程语言都具有以下特点:

(1) 图形式指令结构。程序由图形方式表达,指令由不同的图形符号组成,易于理解和记忆。系统的软件开发者已把工业控制中所需的独立运算功能编制成象征性图形,用户根据自己的需要把这些图形进行组合,并填入适当的参数。在逻辑运算部分,几乎所有的厂家都采用类似于继电器控制电路的梯形图,很容易接受。如西门子公司还采用控制系统流程图来表示,它沿用二进制逻辑元件图形符号来表达控制关系,很直观易懂。较复杂的算术运算、定时计数等,一般也参照梯形图或逻辑元件图给予表示,虽然象征性不如逻辑运算部分,也很受用户欢迎。

(2) 明确的变量常数。图形符相当于操作码,规定了运算功能,操作数由用户填入,如:K400、T120 等。PLC 中的变量和常数以及其取值范围有明确规定,由产品型号决定,可查阅产品目录手册。

(3) 简化的程序结构。PLC 的程序结构通常很简单,典型的为块式结构,不同块完成不同的功能,使程序的调试者对整个程序的控制功能和控制顺序有清晰的概念。

(4) 简化应用软件生成过程。使用汇编语言和高级语言编写程序,要完成编辑、编译和连接三个过程,而使用编程语言,只需要编辑一个过程,其余由系统软件自动完成,整个编辑过程都在人机对话下进行的,不要求用户有高深的软件设计能力。

(5) 强化调试手段。无论是汇编程序,还是高级语言程序调试,都是令编辑人员头疼的事,而 PLC 的程序调试提供了完备的条件,使用编程器,利用 PLC 和编程器上的按键、显示和内部编辑、调试、监控等,并在软件支持下,诊断和调试操作都很简单。

总之,PLC 的编程语言是面向用户的,对使用者不要求具备高深的知识、不需要长时间的专门训练。

2.1.2 常用的编程语言

PLC 最常用的两种编程语言一是梯形图,二是助记符语言表。采用梯形图编程,因为它直观易懂,但需要一台个人计算机及相应的编程软件;采用助记符形式,因其便于实验,它只需要一台简易编程器,而不必用昂贵的图形编程器或计算机来编程。

虽然一些高档的 PLC 还具有与计算机兼容的 C 语言、BASIC 语言、专用的高级语言(如西门子的 GRAPH5、三菱公司的 MELSAP),还有用布尔逻辑语言、通用计算机兼

容的汇编语言等。不管怎么样,各厂家的编程语言都只能适用于本厂的产品。

1. 编程指令

指令是 PLC 被告知要做什么,以及怎样去做的代码或符号。从本质上讲,指令只是一些二进制代码,这点 PLC 与普通的计算机是完全相同的。同时 PLC 也有编译系统,它可以把一些文字符号或图形符号编译成机器码,所以用户看到的 PLC 指令一般不是机器码,而是文字代码或图形符号。常用的助记符语句用英文文字(可用多国文字)的缩写及数字代表各相应指令。常用的图形符号即梯形图,它类似于电气原理图图形符号,易为电气工作人员所接受。

2. 指令系统

一个 PLC 所具有的指令的全体称为该 PLC 的指令系统。它包含着指令的多少,各指令都能干什么事,代表着 PLC 的功能和性能。一般讲,功能强、性能好的 PLC,其指令系统必然丰富,所能做的事也就多。我们在编程之前必须弄清 PLC 的指令系统。

3. 程序

PLC 指令的有序集合,PLC 运行它,便可进行相应的工作,当然,这里的程序是指 PLC 的用户程序。用户程序一般由用户设计,PLC 的厂家或经销商不提供。由于用语句表达的程序不大直观,可读性差,特别是较复杂的程序,更难读,所以多数程序用梯形图表达。

4. 梯形图

梯形图是通过连线把 PLC 指令的梯形图符号连接在一起的连通图,用以表达所使用的 PLC 指令及其前后顺序,它与电气原理图很相似。它的连线有两种:一为母线,另一为内部横竖线。内部横竖线把一个个梯形图符号指令连成一个指令组,这个指令组一般总是从装载(LD)指令开始,必要时再继以若干个输入指令(含 LD 指令),以建立逻辑条件。最后为输出类指令,实现输出控制,或为数据控制、流程控制、通信处理、监控工作等指令,以进行相应的工作。母线是用来连接指令组的。图 2-1 是三菱公司的 FX_{2N} 系列产品的最简单

的梯形图例。它有两组,第一组用以实现启动、停止控制。第二组仅一个 END 指令,用以结束程序。

梯形图与助记符的对应关系:助记符指令与梯形图指令有严格的对应关系,而梯形图的连线又可把指令的顺序予以体现。一般讲,其顺序为:先输入,后输出(含其他处理);先上,后下;先左,后右。有了梯形图就可将其翻译成助记符程序。图

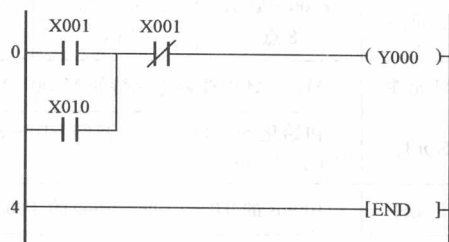


图 2-1 最简单的梯形图例

2-1 的助记符程序为:

地址	指令	变量
0000	LD	X000
0001	OR	X010
0002	AND NOT	X001
0003	OUT	Y000
0004	END	

反之,根据助记符,也可画出与其对应的梯形图。

梯形图与电气原理图的关系:如果仅考虑逻辑控制,梯形图与电气原理图也可建立起一定的对应关系。如梯形图的输出(OUT)指令,对应于继电器的线圈,而输入指令(如LD,AND,OR)对应于接点,互锁指令(IL、ILC)可看成总开关等。这样,原有的继电器控制逻辑,经转换即可变成梯形图,再进一步转换,即可变成语句表程序。

有了这个对应关系,用PLC程序表示继电逻辑是很容易的。这也是PLC技术对传统继电控制技术的继承。

2.2 三菱 PLC 的软元件

可编程控制器内部有输入继电器、输出继电器、定时器、计数器、辅助继电器、状态元件和数据寄存器等功能单元,这些功能单元统称为软元件。这些编程用的继电器,它的工作线圈没有工作电压等级、功耗大小和电磁惯性等问题;触点没有数量限制、没有机械磨损和电蚀等问题。它在不同的指令操作下,其工作状态可以无记忆,也可以有记忆,还可以作脉冲数字元件使用。

三菱FX系列PLC的软元件的类别表示下:X表示输入继电器,Y表示输出继电器,T表示定时器,C表示计数器,M表示辅助继电器,S表示状态元件,D、V、Z表示数据寄存器。同一类别的软元件还有不同的编号,如X0、Y1等。元件的编号只有输入继电器和输出继电器采用八进制数,其他的均采用十进制数。

FX_{2N}系列PLC的软元件如表2-1所示。

表 2-1

FX_{2N}系列 PLC 的软元件

类别	FX _{2N} -16M	FX _{2N} -32M	FX _{2N} -48M	FX _{2N} -64M	FX _{2N} -80M	FX _{2N} -128M
X 元件	X000 - X007 8 点	X000 - X017 16 点	X000 - X027 24 点	X000 - X037 32 点	X000 - X047 40 点	X000 - X077 64 点
Y 元件	Y000 - Y007 8 点	Y000 - Y017 16 点	Y000 - Y027 24 点	Y000 - Y037 32 点	Y000 - Y047 40 点	Y000 - Y077 64 点
M 元件	M0 - M499 带断电保持的 M500 - M1023、M1024 - M3071、特殊作用的 M8000 - M8255					
S 元件	初始化 S0 - S9、原点回归 S10 - S19、一般 S20 - S499、带断电保持的 S500 - S899、信号报警用 S900 - S999					
T 元件	100ms 的 T0 - T199、10ms 的 T200 - T245、1ms 累积的 T246 - T249、100ms 累积的 T250 - T255					
C 元件	16 位增量计数 C0 - C199、32 位可逆计数 C200 - C255					
D 元件	D0 - D199、带断电保持的 D200 - DD7999、特殊作用的 D8000 - D8195、变址用寄存器 V0 - V7、Z0 - Z7					

2.2.1 三菱 PLC 的 X、Y 元件

输入输出继电器的编号采用八进制数据,因此不存在 8 和 9 这样的数据。

1. 输入继电器 (X)

可编程控制器输入端子的功能是从外部开关接受输入信号,可编程控制器内部与输入端子连接的输入继电器 X 是用光电隔离的电子继电器,它们的编号与接线端子编号一致(按