

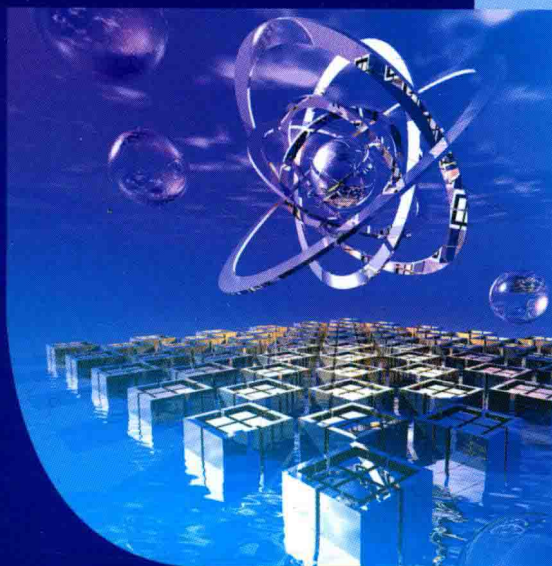


普通高等教育“十三五”规划教材

可编程序控制器 技术与应用

◎ 刘守操 主编

第3版



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

可编程序控制器技术与应用

第 3 版

主 编 刘守操
副主编 朱新峰 刘彦鹏
参 编 李金文 张雷刚

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书以三菱 FX 系列的 FX1N、FX2N、FX3U 等可编程序控制器为例,系统介绍 PLC 的组成、工作原理、内部软元件、基本逻辑指令、步进阶
梯指令、应用指令, PLC 网络的基本概念和 CC-Link 开放式现场网络,三
菱 PLC 编程软件 FXGP WIN-C 和 GX Developer 的用法。本书注重实际应
用,以大量例题、习题阐明应用 PLC 技术的编程方法和技巧。书中程序
使用三菱 PLC 编程软件 FXGP WIN-C 和 GX Developer 编写,并在
FX2NPLC 上模拟运行通过,而且根据各类 PLC 的功能和指令稍加修改就
能应用于其他类型的 PLC。

本书配有电子课件,欢迎选用本书作教材的教师索取,索取邮箱:
xufan666@163.com。

本书可作为高等院校 PLC 技术课程的教材,也可作为高职高专、中
等职业技术学校 PLC 技术课程的教材和 PLC 技术培训教材,还可供广大
电气从业人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器技术与应用/刘守操主编.—3 版.—北京:机械工业出版
社,2016.12

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-58605-0

I. ①可… II. ①刘… III. ①可编程序控制器-高等学校-教材
IV. ①TM571.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 295462 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:徐 凡 责任编辑:徐 凡

责任校对:佟瑞鑫 郑 婕 封面设计:张 静

责任印制:常天培

唐山三艺印务有限公司印刷

2018 年 1 月第 3 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 19 印张 · 465 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-58605-0

定价:45.00 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

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金 书 网:www.golden-book.com

前言

从本书第1版出版至今,已经过了整整10年。这10年间,随着现代电子技术、计算机技术、工业控制技术和网络技术的快速发展,PLC技术也得到长足的进步,各PLC生产厂家都在更新换代,使PLC的控制速度更快,控制容量更大,功能更齐全,不仅完善了开关量的控制,还增强了模拟量的控制、定位的控制和过程控制,具有强大的网络功能。

以日本三菱电机公司的PLC产品为例,它也经历了上述的发展过程。三菱公司的PLC主要有Q系列和FX系列。Q系列PLC是大型PLC,经过几年的发展,它的CPU类型有基本型、高性能型、过程控制型、运动控制型、冗余型等,可以满足各种复杂的控制需求。FX系列PLC是小型PLC,多用于小规模工业控制和学校教学。10多年来,它停产了F1、FX1、FX2、FX2C、FX0S、FX0N等机型,完善了FX1S、FX1N、FX2N、FX2NC等机型,开发了FX3U、FX3UC、FX3G等机型。FX3U可称为第三代小型机,它具有CPU处理速度快、内存容量大、软元件数量多、浮点运算完善、高速计数和网络功能强大等特点。

用于小规模工业控制和学校教学,FX2N系列PLC是一种可选的机型。它的指令逻辑清晰,程序编写简易,软件操作界面友好,功能强大。为此,本书系统介绍了FX2N PLC内部软元件的意义和地址编号方式,并介绍了基本逻辑指令和步进顺控(SFC)的编程方法。本书特别注意介绍应用指令,对FX2N大多数的应用指令,都能给出恰当的解释,说明它的意义,写出应用实例。对于一些应用较多、又较为模糊的应用指令,例如调用子程序、中断程序、数据比较、数据传送、逻辑字运算、循环及移位、数据处理、高速处理、浮点运算、时钟运算、触点比较等,都做了详细的介绍,并给出了应用实例。特别是为了讲清模拟量的输入/输出控制,本书还特意介绍了FX2N-4AD、FX2N-4DA等特殊功能模块,介绍BFM的读出/写入指令(FROM/TO)的意义和用法,结合实例说明如何将此指令应用于PID回路运算。

FX系列PLC可以使用FXGP WIN-C软件或GX Developer软件(在GX Developer路径上再安装GX Simulator,可以进行模拟调试)进行编程。前者只适用于FX1S、FX1N、FX2N、FX2NC等PLC,后者适用于三菱全系列PLC,但是在GX Developer 8.24A以上的版本才能运行FX3U、FX3UC、FX3G系列PLC。三菱

PLC 还有一种 MELSOFT 系列 GX Work2 软件可以运行 Q 系列、L 系列和 FX 系列 PLC,能以简单工程、结构化工程形式对三菱全系列 PLC 进行编程、修改、监控和模拟调试。

在本次修订中,我们主要做了如下几项工作:

1. 全书使用 GX Developer 编程。与第 2 版相比,第 4 章步进顺序控制的程序编写改变较大。为了适应对 GX Developer 编程不大了解的读者的需求,保留了第 7 章对 SWOPC-FXGP/WIN-C 软件使用的描述。

2. 下载并在同一路径安装 GX Developer 和 Simulator 软件,可以对本书程序以及读者自己编写的程序进行模拟调试。有条件的读者可以使用 GX Work2 软件。GX Work2 软件可以对三菱全系列 PLC 进行编程、监控和模拟调试,调试不必安装 Simulator 软件。使用 GX Work2 软件的编程方法与 GX Developer 软件的编程方法相同或相似。

3. 本书的主要机型是三菱的 FX2N、FX3U 和 FX3G。为此,基本逻辑指令讲了 29 个,应用指令涵盖 FX2N 和 FX3U 大部分应用指令,增加了不少关于浮点数运算和数据处理的内容。但对于定位控制和变频器通信等问题,需要一些特定的附件,本书没有涉及,留待读者对具体问题再去进行具体研究。

4. 学习 PLC,要注意掌握 PLC 的软元件的意义、寻址方式和寻址范围;掌握基本指令的意义和使用;掌握应用指令的内涵、编程格式和控制方式。本书在指令的描述、编程例题的讲解和习题的设计上,尽量由浅入深,使读者能掌握基本概念,融会贯通。有些习题的难度较大,相信通过思考,读者一定可以完成并有所收获。

本书的编写和再版修订过程得到了广东工业大学有关老师的帮助和广州旺达自动化工程有限公司高级工程师丘嵩峰的技术支持,在此一并表示衷心感谢。

本书第 1~4 章由刘彦鹏编写,第 5 章的 5.1~5.9 节由朱新峰编写,第 5 章的 5.10~5.15 节由李金文编写,第 7、8 章由张雷刚编写,第 6 章由刘守操编写,全书由刘守操统稿。

由于时间仓促,书中难免有疏漏错误之处,敬请读者指正。

编 者

目 录

前言		
绪论	1	第3章 应用基本指令编程 43
第1章 可编程序控制器的基本组成 与内部软元件	3	3.1 编写 PLC 程序的方法和 技巧 43
1.1 PLC 的基本概念与组成	3	3.2 按空间原则编程 47
1.2 PLC 的工作方式	8	3.3 按时间原则编程 50
1.3 PLC 的内部软元件	10	3.4 编程实例 54
习题1	23	习题3 60
第2章 基本逻辑指令	24	第4章 步进顺序控制 65
2.1 运算开始和线圈驱动 指令 (LD、LDI、OUT)	24	4.1 步进阶梯指令和步进 顺控状态转移图 65
2.2 触点串联和并联指令 (AND、ANI、OR、ORI)	25	4.2 单流程的步进顺控 68
2.3 电路块并联和串联指 令 (ORB、ANB)	26	4.3 分支流程的步进顺控 71
2.4 多重输出指令 (MPS、 MRD、MPP)	27	4.4 编程实例 78
2.5 主控移位和复位指令 (MC、MCR)	30	习题4 90
2.6 自保持置位与复位指 令 (SET、RST)	32	第5章 应用指令 93
2.7 脉冲输出指令 (PLS、 PLF)	33	5.1 应用指令概述 93
2.8 脉冲检测指令 (LDP、 LDF、ANDP、ANDF、 ORP、ORF)	35	5.2 程序流程控制指令 (FNC00 ~ FNC09) 94
2.9 运算结果反转指令 (INV)	36	5.3 传递及比较指令 (FNC10 ~ FNC19) 103
2.10 空操作和程序结束指 令 (NOP、END)	37	5.4 算术及逻辑运算指令 (FNC20 ~ FNC29) 111
2.11 运算结果脉冲化指 令 (MEP、MEF)	38	5.5 循环及移位指令 (FNC30 ~ FNC39) 116
习题2	39	5.6 数据处理指令 (FNC40 ~ FNC49) 125

5.7 高速处理指令 (FNC50 ~ FNC59)	132	7.1 软件的使用环境与安装	254
5.8 方便指令 (FNC60 ~ FNC69)	140	7.2 编程软件的启动和退出	255
5.9 外部 I/O 设备指令 (FNC70 ~ FNC79)	156	7.3 创建梯形图	256
5.10 外部串联接口设备控制指令 (FNC80 ~ FNC88)	174	7.4 梯形图的转换和元件的删除与修改	259
5.11 浮点运算指令 (FNC110 ~ FNC147)	188	7.5 创建指令表	261
5.12 时钟运算指令 (FNC160 ~ FNC169)	201	7.6 步进顺控 (SFC) 程序的输入	263
5.13 格雷码转换指令 (FNC170 ~ FNC171)	209	7.7 文件的保存和打开	264
5.14 触点比较指令 (FNC224 ~ FNC246)	211	7.8 文件打印	265
5.15 编程实例	214	7.9 梯形图注释	267
习题 5	223	7.10 连接 PLC 运行与监控	269
第 6 章 三菱 PLC 网络及其通信	225	习题 7	272
6.1 数据通信网络的基本概念	225	第 8 章 编程软件 GX Developer 的使用	273
6.2 三菱 PLC 的通信网络	228	8.1 软件的启动和关闭	273
6.3 CC-Link 开放式现场总线网	230	8.2 PLC 程序的编写	274
6.4 Q 主站 CC-Link 网络实例	242	8.3 程序的运行与监控	279
6.5 远程电话线路网络通信	250	8.4 程序的逻辑测试	281
习题 6	253	8.5 FXGP (WIN) 程序与 GPPW 程序的相互切换	284
第 7 章 编程软件 SWOPC-FXGP/WIN-C 的使用	254	习题 8	287
		附录	288
		附录 A FX 系列 PLC 应用指令一览表	288
		附录 B FX2N PLC 特殊辅助继电器功能	292
		参考文献	298

绪 论

1. 可编程序控制器的发展情况

可编程序控制器 (Programmable Controller, PC) 是一种专为工业应用而设计的数字式电子控制装置。早期它主要应用于开关逻辑控制, 因此也称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。由于 PC 与个人计算机有相混淆之处, 故现通常简称可编程序控制器为 PLC。

PLC 的研制始于 1968 年。1969 年美国数字设备公司 (DEC 公司) 研制成功世界上第一台 PLC, 并在汽车生产线上获得应用。之后, 1971 年日本从美国引进 PLC 技术, 研制出日本的第一台 PLC。1973 年欧洲也独立研制出他们的第一台 PLC。我国从 1974 年开始研制 PLC, 1977 年开始工业应用。目前, PLC 的产品、产量、用量在所有的工业控制装置中居首位。PLC 及其网络被公认为现代工业自动化的三大支柱 (PLC、机器人、CAD/CAM) 之一。全世界有 200 多家 PLC 生产厂, 400 多个 PLC 品种。这些品种大致可分为三大流派: 美国流派、欧洲流派和日本流派。欧美流派以大中型为主, 如德国西门子公司和美国 AB 公司的产品, 而日本的 PLC 产品主要是以中小型机为主, 如三菱公司的 FX 系列产品, OMRON 的 CPM1 等型号的产品以及松下电工公司的产品。

PLC 通常是以输入/输出 (I/O) 总点数及内存容量作为分类的:

- 1) 超小型 PLC, 其 I/O 总点数一般少于 64 点, 内存容量少于 2KB。
- 2) 小型 PLC, 其 I/O 总点数一般为 64 ~ 128 点, 内存容量为 1 ~ 4KB。
- 3) 中型 PLC, 其 I/O 总点数为 128 ~ 512 点, 内存容量为 4 ~ 13KB。
- 4) 大型 PLC, 其 I/O 总点数为 512 点以上, 内存容量为 13KB 以上。

中小型 PLC 通常把电源、中央处理器 (CPU) 和 I/O 接口集成在一个机壳内, 而大型 PLC 通常把电源、CPU、I/O 接口 (I/O 模拟量开关接口)、扩展单元等都做成模块, 在结构上相互独立, 根据需求选择合适的模块, 安装在固定的机架上。

2. PLC 的特点

1987 年 2 月国际电工委员会 (IEC) 曾对可编程序控制器作了一个恰当的定义: “可编程序控制器是一种进行数字运算的电子系统, 是专为工业环境下的应用而设计的工业控制器。它采用了可编程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型的生产过程。可编程序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。”

按照这个定义, PLC 实质上是在工业环境下使用的计算机。随着计算机技术的发展, PLC 已发展为集计算机技术、自动控制技术、通信技术、过程控制于一体的电子装置。它可使用基本逻辑指令编程, 也可使用梯形图编程, 有些还可使用高级计算机语言编程, 具有可操作性强、可靠性高等特点。

目前, 传统的继电接触器控制系统已逐步为 PLC 所取代。这是一种发展趋势。继电接触器控制系统根据一定的生产机械、生产工艺, 采用硬接线方式, 完成一定的逻辑控制 (包括空间控制、时间控制、计数等) 功能, 而一旦生产机械不同或生产工艺变更, 则系统

必须重新设计改造。而 PLC 由于采用了微电子技术和计算机技术,其逻辑控制功能可通过软件编程来实现。编程工作可在计算机上完成。因此,当生产机械或生产工艺变更时,只需改变程序或变更一下线端子及外围器件即可。

相比于早期发展的工业控制计算机(单板机),因其硬件结构、通用性差,软件通用性也差,PLC 更具有无可比拟的优势。

随着计算机技术的发展,PLC 的优点也是显而易见的,主要优点是:

(1) 可靠性高 在设计 PLC 的过程中厂家对其硬件和软件都采用了一系列的隔离和抗干扰技术,一些公司还应用了自诊断技术、冗余技术和纠错技术,使其在恶劣环境下,仍能稳定工作。

(2) 功能性强 PLC 除具有操作方便、编程易懂、维修方便、有很强的在线修改能力等特点外,其功能性强也是一个重要特点。它不仅能进行开关量控制,也能进行模拟量控制,而且通过定位单元和模块,还可进行定位控制和 PID 回路控制。它还具有很强的数据传输和通信能力,通过使用适当的适配器和功能扩充板,建立 PLC 网络,对整个生产线甚至整个工厂进行控制监视。

(3) 编程简单,人机对话界面好 大多数 PLC 的编程简单,都具有梯形图编程、指令表编程和 SFC 编程方式,而且在此基础上不断丰富,开发出了利用计算机编程的高性能软件。计算机编程软件可以运行在 DOS 方式和 Windows 方式。PLC 的设计者在计算机屏幕上就可进行程序的编制、修改,监视 PLC 的运行及检查故障。PLC 都可以与人机界面连接,因此可以通过设备测试窗口对 PLC 进行监控或更改控制参数。人机界面具有很强的检查、故障判断和程序修改功能。

正是由于以上特点,PLC 的应用越来越普及。目前,许多工业控制都使用 PLC 或 PLC 网络。

3. 如何学习 PLC 技术

在 PLC 的发展过程中形成了几个流派,几百个品种。各种系列的 PLC 尽管在整体结构、原理上相差不是太大,但其编程的方式、方法,指令的意义、用法都有很大的不同。虽然所有的 PLC 都可以用梯形图、指令表编程,但有些用梯形图编程方便,而有些用指令表编程方便。因此,认为了解了某系列的 PLC 就可以去应用另一种系列的 PLC,是不大现实的。例如,我们不能说熟悉了欧姆龙的 C200H 系列 PLC,就可以去应用西门子的 S7 系列 PLC。但是有些同一流派的 PLC 却是十分接近的。例如,日本三菱公司的 FX 系列与 OMRON 系列尽管存在着某些指令形式和内部软元件的表示方式不同,但其编程方法都比较接近,而且 FX 系列和 S7-200 系列的很多指令其意义也是相通的。

因此,学习 PLC 首先要了解 PLC 的结构、工作原理,在这个基础上取一种逻辑概念清晰的作为学习的主要机型,弄清楚其指令意义、编程方法。之后,有机会再旁及其他系列的 PLC。为此,本书选择日本三菱公司的 FX 系列 PLC,作为介绍 PLC 技术的主要机型。FX 系列 PLC 按容量和输入输出点数、指令的多少可分为 FX1S、FX1N、FX2N 等系列,这些都是最近几年推出市场的。本书将着重讲述其内部软元件功能、基本逻辑指令、应用指令、编程和应用。在此基础上介绍 PLC 网络的基本概念和 CC-Link 开放式现场网络的组成和创建。最后还介绍 FX 系列 PLC 的编程软件 FXGP WIN-C 和三菱全系列 PLC 编程软件 GPPW-LLT 的用法。希望通过这样的介绍使读者理解 PLC 的原理,熟悉 PLC 的功能,了解 PLC 的应用,以便再去改造、开发并发扬光大。

第1章

可编程序控制器的基本组成与内部软元件

1.1 PLC 的基本概念与组成

PLC 是一种将计算机技术与继电器控制概念结合起来、装有程序、以中央微处理器 (CPU) 为核心并与输入/输出 (I/O) 设备相连接而作为工业控制特殊用途的计算机。因此,它的基本组成部分与通用的微型计算机类似,主要由中央微处理器 (CPU)、存储器、输入/输出接口电路、电源等组成,如图 1-1 所示。

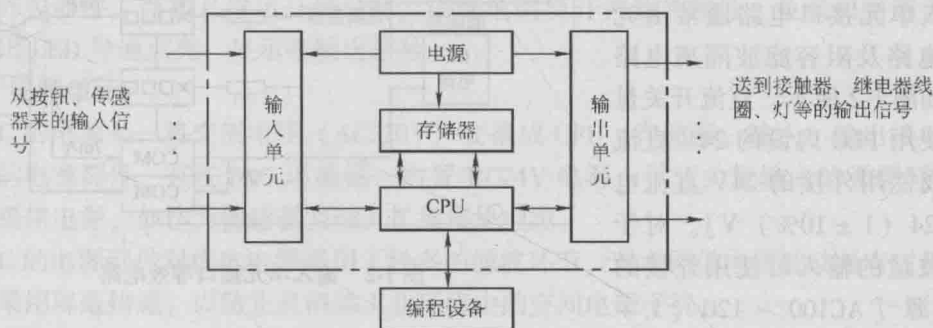


图 1-1 PLC 组成的示意图

1.1.1 中央微处理器

中央微处理器,又称中央处理器 (Central Processing Unit, CPU),是 PLC 的核心部分。它从输入设备读入输入信号,并按用户程序进行逻辑运算、数学运算,并把运算处理的结果通过输出接口电路送到输出设备,控制其运行。

一般 PLC 用的 CPU 多为 16 位或 32 位微处理器。它可以是单微处理器系统或双微处理器系统。

1.1.2 存储器

存储器 (Memory) 是存放系统程序、用户程序和数据的器件,包括只读存储器 (Read Only Memory, ROM) 和随机读写存储器 (Random Access Memory, RAM) 两类。

只读存储器可分为 ROM、EPROM、E²PROM 等几种。ROM 中的内容是制造商编写的系统程序,具有开机自检、工作方法选择、信息传递和对用户程序解释功能。它是永远留驻的,不能更改。EPROM 是可编程只读存储器,存放用户的固定程序,可以在紫外线灯照射下擦去,可多次擦写。E²PROM 是电擦的可编程只读存储器,可存放用户程序、注释和参数,当重新写入时,原存储器内容自动清除,可反复写入。除内置的 E²PROM 外,

还可以使用 E²PROM 存储器卡盒。

RAM 中一般存放用户程序和数据。用户程序和数据在程序设计和调试中会不断变更, 读出时 RAM 的存储器内容不变; 写入时, 新写入的信息覆盖原信息, “以新换旧”。通用的 RAM 存放的内容, 若 PLC 失电, 内容会丢失。如果有些内容失电后不允许丢失, 则要把它放在断电保持型的 RAM 存储单元中去。当断电时这些存储单元会自动接上备用的锂电池供电, 具有断电信息保持的能力。

1.1.3 输入单元

输入单元 (Input Unit) 是 PLC 与外部输入设备之间的连接部件。通过输入单元, 将从输入设备来的输入信号送到 PLC。输入信号进入 PLC 的地点称为输入点。输入点通过接线端子接收输入信号。PLC 的 CPU 处理的是标准电平, 因此输入单元为了把不同电压电流的输入信号转换为 CPU 所能接收的电平, 需要有各类接口模块。例如, 对模拟量的输入, 需要有模拟量输入模块等。

输入单元接口电路通常由光电耦合电路及阻容滤波隔离电路组成, 如图 1-2 所示。直流开关量输入常使用 PLC 内设的 24V 直流电源, 或使用外接的 24V 直流电源 [DC24 ($1 \pm 10\%$) V]。对于交流开关量的输入可使用外接的交流电源 [AC100 ~ 120 ($1 + 10\%$) V]。

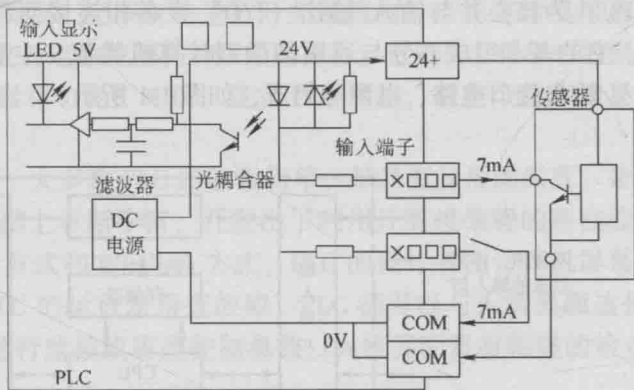


图 1-2 输入单元接口等效电路

图中, 开关接于输入端与公共端 COM 之间。当按下开关时, 则与内部 +24V 电源接通。当输入信号 ON (有输入信号) 时, 此输入信号通过光电耦合电路和阻容耦合电路耦合到 PLC 内部电路去, 并使发光二极管 (LED) 亮, 指示有输入信号。因此, 输入回路等效于输入点与等效输入线圈、电源、开关等组成。当开关接通时, 等效输入线圈得电, 对应的输入触点动作。但是, 此等效的输入线圈在编程时并不出现。

FX 系列 PLC 的输入端输入电流为 DC24V、7mA (X10 以后为 DC24V、5mA), 但通常使其为 ON 时需要 4.5mA 以上的电流, 使其为 OFF 时需要 1.5mA 以下的电流。

1.1.4 输出单元

输出单元 (Output Unit) 是 PLC 与驱动控制对象 (如接触器线圈、电磁阀线圈、指示灯等) 的连接部分。它把 PLC 的输出电平变换为控制对象所需的电流、电压信号, 通过输出接线端子送到驱动器件中去。由于控制对象不同, 输出单元可分为继电器输出、晶体管输出和晶闸管输出三种形式, 其示意图如图 1-3 所示。

继电器输出可接交流负载和直流负载。当接交流负载时, 用外接交流电源 (AC250V 以下); 当接直流负载时, 外接直流电源 (DC30V 以下)。晶体管输出可接直流负载, 使用外接直流电源 (DC5 ~ 30V)。晶闸管输出时, 其等效输出开关器件为固态继电器 (双向晶闸管 AC SSR), 因此可接交流负载, 使用外接交流电源 (AC85 ~ 240V)。

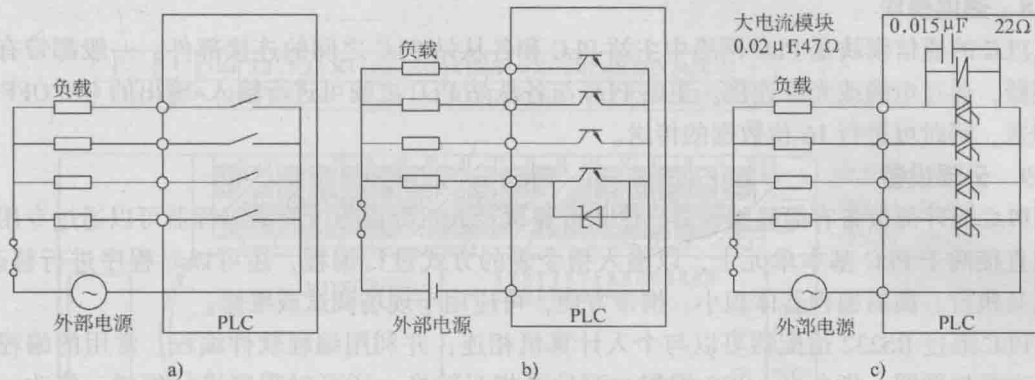


图 1-3 输出单元等效电路

a) 继电器输出 b) 晶体管输出 c) 晶闸管输出

继电器输出方式中,继电器是开关器件。晶体管或晶闸管输出方式中,晶体管或双向晶闸管是开关器件。当 PLC 输出一信号时,内部电路使开关器件接通,负载回路闭合,同时驱使输出 LED 导通点亮,显示有输出信号。

1.1.5 电源单元

PLC 的电源是一将交流电压 (AC220V) 变换成 CPU、存储器、输入、输出接口电路所需电压的电源部件。有些 PLC 还提供一内置 DC24V 电源,供开关量输入的无源开关使用;或向外提供电源,如作为传感器及输入扩展模块电源。

PLC 的电源部件对供电电源采用了较多的滤波环节,对电网的电压波动具有过压和欠压保护并采用屏蔽措施,以防止及消除工业环境中的空间电磁干扰。

1.1.6 模拟量输入、输出模块

模拟量输入、输出一般要通过模拟量输入、输出模块与 PLC 基本单元连接。模拟量输入、输出模块分为通用型 (电流、电压量输入) 及温度传感器 (通过铂热电阻电耦器检测温度信号) 等。电压输入输出量为 DC -10 ~ +10V, 电流输入量为 DC -20 ~ +20mA, 输出量为 DC +4 ~ +20mA。温度传感器输入模块的输入输出温度范围为 100 ~ 600℃ 等。

模拟量输入是把连续变化的模拟量通过信号变换变为标准的电流或电压信号,然后经过模/数 (A/D) 转换模块,再经光电耦合电路传到 PLC 内部电路中。它可以提供 12 ~ 16 位二进制数字供 PLC 处理。

模拟量的输出模块一般也由光电耦合、数/模 (D/A) 转换器组成,通过 D/A 转换,将 12 ~ 16 位的二进制数字量变成直流电压或直流电流或温度量的输出。

1.1.7 输入输出扩展单元和扩展模块

当用户所需的输入输出点数超过基本单元的输入输出点数时,就要使用扩展单元或扩展模块。将它们通过连接电缆与基本单元相连接,以扩充其输入输出点数。

通常,扩展单元要外接电源 (AC100 ~ 240V),并同时扩充输入输出点数,而扩展模块不用外接电源,通过连接电缆与基本单元连接,使用基本单元提供的电源。扩展模块分为输入扩展模块和输出扩展模块。输入扩展模块只扩充输入点数,而输出扩展模块只扩充输出点数,当两者共同使用时,同时扩展输入输出点数。

1.1.8 通信模块

PLC 的通信模块是 PLC 网络中主站 PLC 和各从站 PLC 之间的连接部件，一般都带有微处理器，通过电缆或光纤连接。主站 PLC 与各从站 PLC 之间可进行输入/输出的 ON/OFF 信号传送，同时可进行 16 位数据的传送。

1.1.9 外部设备

PLC 的外部设备有简易编程器、个人计算机及人机界面等。简易编程器可以通过专用的电缆直接插于 PLC 基本单元上，以输入指令表的方式进行编程，还可以对程序进行修改，监视其执行。简易编程器体积小、携带方便，可应用于现场调试或维修。

PLC 通过 RS232 适配器可以与个人计算机相连，并利用编程软件编程。常用的编程软件可进行梯形图、指令表、SFC 编程，而且可相互转换，还可对程序进行编辑、修改、注释，并可对程序进行验查，监察其运行并在运行中修改其数据。很多编程软件都已汉化，并可进行中英文输入和注释。

通过适当的连接电缆和连接插件，PLC 还可以与人机界面连接。人机界面已发展为具有很强的网络监控功能、系统监控功能、回路监控功能，以及特殊单元监控功能。可通过设备测试窗口检测程序、接点和线圈，以确定设备或程序的故障。其画面可进行多窗口监视。各窗口可对不同的设备或不同的部分单独进行显示、监控、测试、修改，并可以连接打印机，把数据资料打印出来。

1.1.10 FX 系列基本单元面板

FX 系列 PLC 属小型 PLC，它把 CPU、存储器和 I/O 接口都集成在一个机壳内。机壳表面有外接工作电源，输入端子 (X)，输出端子 (Y)，外部设备接口及输入、输出、运行状态指示等，使用方便。FX 系列 PLC 有 FX1S、FX1N、FX2N、FX2NC、FX3U、FX3UC、FX3G 等型号，其中型号为 FX2N-48MR 的 PLC 的外形如图 1-4 所示。

FX 系列 PLC 的型号规格如下所示：

FX $\frac{\text{○○}}{\text{①}} - \frac{\text{○○}}{\text{②}} \frac{\text{□}}{\text{③}} \frac{\text{□}}{\text{④}} \frac{\text{□}}{\text{⑤}}$

① 为系列名称：如 FX1S、FX1N、FX2N、FX3U、FX3G 等。

② 为输入总点数：8~256 点。

③ 为单元区别：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。

④ 为输出形式：R——继电器输出；T——晶体管输出；S——晶闸管输出。

⑤ 为特殊品种区别：D——DC 电源，DC 输入；A1——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；无记号——AC 电源，DC 输入，横式端子排。

FX 系列 PLC 基本单元面板视机型和 I/O 点数不同而不同。图 1-5 所示为 FX2N-48MR 型 PLC 的基本单元面板图。

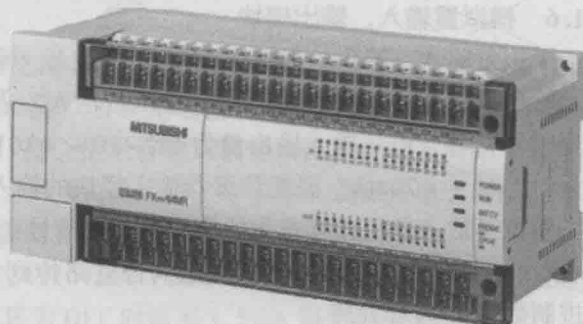


图 1-4 FX2N-48MR 型 PLC 的外形图

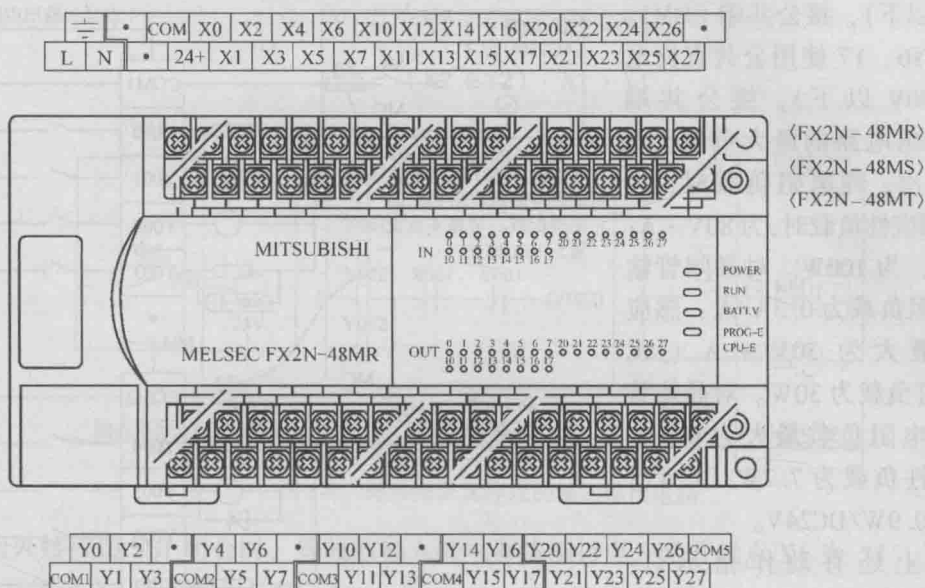


图 1-5 FX2N-48MR 型 PLC 的基本单元面板图

图 1-5 中有输入端子 (X) 和输出端子 (Y) 接线柱。在输入端子方, L 和 N 是外接 AC 220V 电源的接线柱, L 为相线, N 为中性线, 作为 PLC 的工作电源。+24V 端子一般用于连接传感器。严禁在 +24V 端供电。无源开关量接在 X0、X1、…等接线柱与公共端 COM 之间。图中·为空接线端子, 千万不要在空接线端子接线。在输出端子方, 分成若干个区, 每个区有一公共端。例如: Y0、Y1、Y2、Y3 组成一接线区, COM1 为它们的公共端。当不同区的接线端子使用同一外接负载电源时, 其公共端 COM 应连接在一起。

输入端的接线例子如图 1-6 所示。图中开关接于 X0 (或 X1) 及 COM 端, 三线式的接近开关由 +24V 供电, 接于 +24V、COM 及 X2 端。当输入端开关为 ON 时, 对应的 LED 灯亮。

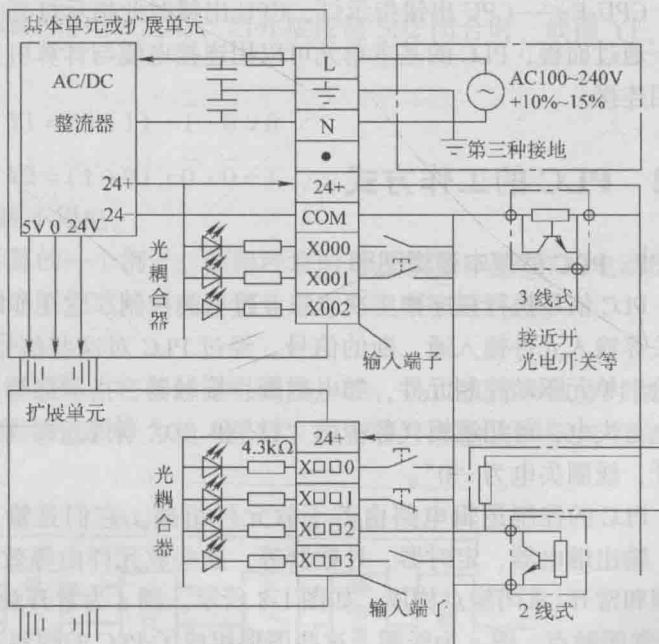


图 1-6 输入端接线例子

继电器输出的输出端接线例子如图 1-7 所示。图中 Y0、Y1、Y2、Y3 使用交流电源 (AC250V以下), 接公共端 COM1。Y4、Y5、Y6、Y7 使用公共直流电源 (DC 30V 以下), 接公共端 COM2。输出电路的最大负载, 对继电器输出, 纯电阻负载时, 为 2A/点; 感性负载时, 为 $80V \cdot A$; 灯负载时, 为 100W。对晶闸管输出, 纯电阻负载为 0.3A/点; 感性负载最大为 $30V \cdot A$ (AC 200V); 灯负载为 30W。对晶体管输出, 纯电阻负载最大为 0.5A/点; 感性负载为 7.2W/DC24V; 灯负载为 0.9W/DC24V。

面板上还有动作指示灯: POWER——电源指示灯; RUN——运行指示灯; BATT. V——电池电压下降指示灯; PROG-E——程序出错指示灯, 程序出错时此指示灯闪烁; CPU-E——CPU 出错指示灯, CPU 出错时此指示灯亮。

通过面板, PLC 的基本单元可以用连接电缆与计算机、扩展模块、扩展单元以及特殊模块相连接。

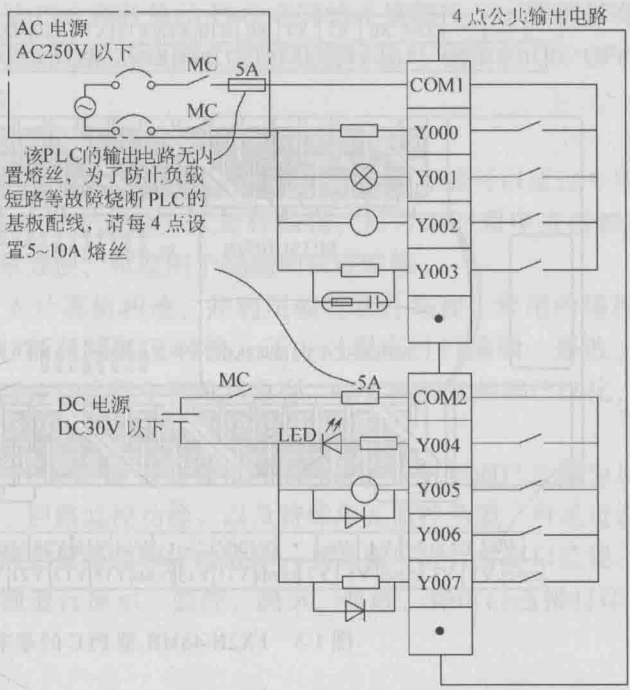


图 1-7 继电器输出接线例子

1.2 PLC 的工作方式

1.2.1 PLC 的基本逻辑图形

PLC 依靠执行程序来实现对工业过程的控制。它工作时由连接于输入单元的按钮、限位开关等输入元件输入通、断的信号。经过 PLC 对这些信号按程序顺序进行逻辑运算。再通过输出单元驱动控制元件, 如电磁阀、接触器、指示灯等。这些触点的通、断, 线圈或灯的得电与失电, 可用逻辑代数中的“1”和“0”来表示。触点接通, 线圈得电为“1”; 触点断开, 线圈失电为“0”。

PLC 的控制逻辑电路由若干软元件组成。它们是输入继电器、输出继电器、定时器、计数器等。这些软元件由等效的逻辑线圈和常开/常闭触点构成, 如图 1-8 所示。图 a 为常开触点, 图 b 为常闭触点, 图 c 为线圈。这些图形组成了 PLC 的控制逻辑。

图 1-9 表示了其中的一个简单的图形, 其中间部分称为梯形图, 左右两侧为等效的输入输出电路。梯形图中 X1、X2 是输入继电器 X1、X2 的常开触点。Y1、Y2 为输出继电器, 它由线圈、常开触点和常闭触点组成。PLC 是按梯形图或指令表进行逻辑运

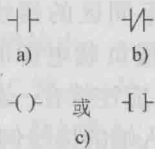


图 1-8 PLC 的基本逻辑图形

a) 常开触点 b) 常闭触点 c) 线圈

算的。例如，图 1-9 中线圈 Y1、Y2 的电路逻辑为：

$$Y1 = (X1 + Y1) \cdot \overline{X2} \cdot \overline{Y2}$$

$$Y2 = (X2 + Y2) \cdot \overline{X1} \cdot \overline{Y1}$$

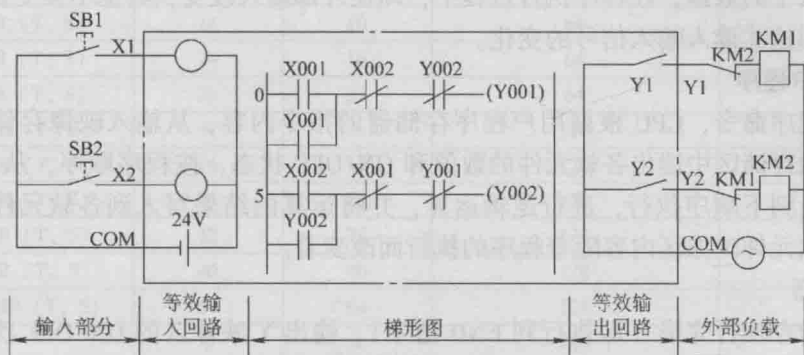


图 1-9 梯形图及其等效的输入输出电路

当外接按钮 SB1 闭合时，等效的输入继电器线圈得电，常开触点 X1 为“1”，则此时线圈 Y1 和线圈 Y2 的逻辑为：

$$Y1 = (1 + 0) \cdot \overline{0} \cdot \overline{0} = 1$$

$$Y2 = (0 + 0) \cdot \overline{1} \cdot \overline{1} = 0$$

因此，Y1 线圈得电，Y2 线圈不得电，输出单元的等效常开触点 Y1 闭合，使外接控制电路的 KM1 线圈得电，而 KM2 线圈不得电。之后，当外接按钮 SB2 闭合时，线圈 Y1、Y2 的逻辑为：

$$Y1 = (0 + 1) \cdot \overline{1} \cdot \overline{0} = 0$$

$$Y2 = (1 + 0) \cdot \overline{0} \cdot \overline{0} = 1$$

则此时 KM2 线圈得电，而 KM1 线圈不得电。

以上为 PLC 运行时执行逻辑运算的一个例子。值得注意的是，像图 1-9 这样的电动机正反转控制电路，除了在 PLC 内部程序联锁之外，在外部负载电路也要实施联锁。

1.2.2 PLC 的工作方式

PLC 的工作方式并不如上述那么直接。它与计算机系统一样，是以执行一种分时操作、循环扫描的工作方式工作的。每一扫描过程分为输入采样、执行程序、输出刷新三个阶段，如图 1-10 所示。

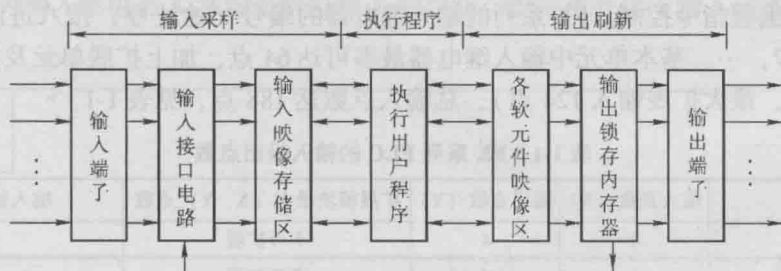


图 1-10 PLC 的工作方式

1. 输入采样阶段

输入端子是 PLC 从外部接收信号的窗口。PLC 接通电源之后，首先进行自检，然后访问输入接口电路，将从输入端子来的 ON/OFF 信号读入到输入映像存储区中。这些存放到输入映像存储区中的数据，在程序执行过程中，即使外部输入改变，其也不会变化，一直到下一扫描周期到达才读入输入信号的变化。

2. 执行用户程序

接到执行程序命令，CPU 根据用户程序存储器的指令内容，从输入映像存储区与其他的软元件的映像存储区中读出各软元件的数值和 ON/OFF 状态，按程序顺序，从 0 步开始，由左到右，由上到下顺序执行，进行逻辑运算，并将运算的结果写入到各软元件的映像区中。因此，各软元件映像区内容随着程序的执行而改变着。

3. 输出刷新

当所有的指令执行完毕（即执行到 END 指令），输出 Y 映像区的 ON/OFF 状态会传到输出锁存内存器，作为 PLC 的实际输出，再经输出端子驱动外部控制器件动作，然后返回输入接口电路，再根据从输入端子传来的 ON/OFF 状态，刷新输入映像区的内容，再执行程序，再输出，再刷新。

PLC 就是以这种循环扫描的方式工作的。扫描动作一周所需的时间称为一个扫描周期。扫描周期的长短视每执行一个指令所需的时间以及用户程序所含指令步数而定。

但是，PLC 在执行信号逻辑关系响应时，存在着滞后现象。例如，当输入端子状态从 ON 变到 OFF，或从 OFF 变到 ON 时，由于输入接口电路的阻容滤波器的原因，造成响应滞后。由于对输入信号响应的滞后，会影响其他软元件的响应滞后。一般来说，PLC 的总响应滞后时间只有几十毫秒。这对于一般系统来说影响不大。但为了减少这种响应滞后，可设计更优化的程序系统以及采用扫描速度较快的 PLC。

1.3 PLC 的内部软元件

PLC 的内部软元件包括输入继电器、输出继电器、辅助继电器、状态继电器、定时器、计数器和数据存储器等。本节以日本三菱公司 FX 系列 PLC 为例，介绍 PLC 内部软元件的作用与功能。这些软元件是 PLC 内部的逻辑器件，不是物理硬元件。

1.3.1 输入继电器（X）和输出继电器（Y）

外部开关或传感器送来的输入信号经输入端子与输入继电器（X）连接。各点输入继电器都有任意对常开触点和常闭触点供 PLC 内部编程用。这些触点只能由外部输入信号驱动而不能由内部编程指令控制。FX 系列的输入继电器的编号（地址号）按八进制编号：X0 ~ X7, X10 ~ X17, …，基本单元中输入继电器最多可达 64 点，加上扩展单元及扩展模块（小于或等于 3 块，最大扩展输入 124 点），总输入点数达 188 点，见表 1-1。

表 1-1 FX 系列 PLC 的输入输出点数

型号	输入点数（X）	输出点数（Y）	扩展模块最大（X、Y）点数	输入输出总点数
FX1S-10MR（T）	6	4	不可扩展	10
FX1S-14MR（T）	8	6	不可扩展	14