

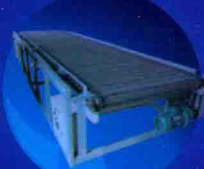
高职高专“十三五”规划教材

PLC YINGYONG JISHU
(FX3U XILIE) XIANGMUHUA JIAOCHENG

PLC应用技术

(FX3U系列)

项目化教程



罗庚兴 主编
田亚娟 易 铭 副主编



化学工业出版社

高职高专“十三五”规划教材

PLC 应用技术 (FX3U 系列)

项目化教程

罗庚兴 主 编
田亚娟 易 铭 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书遵循“以职业为基础,以生产为标准,以能力为导向,以学生为中心”的职业教育理念,重构了 PLC 技术的知识点,实现了教学过程与生产过程的对接,设计了 18 个学习型工作任务。这些任务按难易程度和知识范畴归集为四个项目:项目 1 实现单电机系统的 PLC 控制,项目 2 实现多电机系统的 PLC 控制,项目 3 实现信号灯系统的 PLC 控制,项目 4 送料自动线的 PLC 控制。

本书以 FX3U 系列 PLC 为主体,介绍了 PLC 的工作原理、硬件结构、编程元件与指令系统,以及 PLC 与气动技术、PLC 与变频器、PLC 与步进驱动器、PLC 与触摸屏的应用等,通过 18 个任务的一体化教学,训练学生对以 PLC 为核心的工控对象进行工艺分析、硬件设计、硬件安装、软件设计和运行调试。

本书突出了工程实用性,操作方法简明,内容翔实,图文并茂,可作为高职高专院校电气自动化、机电一体化、工业机器人等专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 应用技术(FX3U 系列)项目化教程/罗庚兴主编.
北京:化学工业出版社,2016.12
高职高专“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-28456-3

I. ①P… II. ①罗… III. ①PLC 技术-高等职业教育-
教材 IV. ①TM571.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 264729 号

责任编辑:王听讲
责任校对:王素芹

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市瞰发装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 393 千字 2017 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:34.00 元

版权所有 违者必究

前言

三菱的 FX 系列 PLC 是国内应用面广、市场占有率很高的小型 PLC 之一, FX3U 是三菱电机公司新近推出的新型第三代三菱 PLC, 其基本性能大幅提升, 晶体管输出型的基本单元内置了 3 轴独立最高 100kHz 的定位功能, 并且增加了新的定位指令, 从而使得定位控制功能更加强大, 使用更为方便。

三菱的 FR-E700 系列变频器是 FR-E500 系列变频器的升级产品, 是一种小型、高性能通用变频器。其功率范围: 0.4~7.5kW, 先进磁通矢量控制, 能实现 1Hz 运行 150% 转矩输出。

本书遵照高职人才的培养要求, 遵循“以职业为基础, 以生产为标准, 以能力为导向, 以学生为中心”的高职高专教育理念, 从企业岗位职业能力中提炼出课程目标要求, 以三菱 FX3U 系列 PLC 为主体, 介绍了 PLC 的工作原理、硬件结构、编程元件与指令系统, 以及 PLC 与气动技术、PLC 与变频器、PLC 与步进驱动器、PLC 与触摸屏的应用。

本书设计了 18 个学习型工作任务, 重构了 PLC 技术的知识点, 实现了教学过程与生产过程的对接; 每个任务都是一个完整的工作过程, 这些任务按难易程度和知识范畴归集为四个项目, 分别为: 项目 1 实现单电机系统的 PLC 控制, 项目 2 实现多电机系统的 PLC 控制, 项目 3 实现信号灯系统的 PLC 控制, 项目 4 送料自动线的 PLC 控制。前三个项目按难度和知识技能逐步递进, 最后一个项目是前三个项目的综合应用。

本书通过工学结合、理实一体化的教学方式, 训练学生对以 PLC 为核心的工控对象进行工艺分析、硬件设计、硬件安装、软件设计和运行调试, 不仅向学生传授 PLC 专业知识, 而且系统地培养学生工控技能和方法, 养成学生的团队协作、信息收集、协同创新等良好习惯。

我们建议本课程采用一体化方式进行教学, 总学时 84 学时。其中, 项目 1 用 24 学时, 项目 2 用 20 学时, 项目 3 用 12 学时, 项目 4 用 24 学时, 考核 4 学时。考核采用形成性评价与综合性评价相结合的方式, 工作过程考核占 50%, 理论考试占 40%, 素质考核占 10%。

我们将为使用本书的教师免费提供电子教案等教学资源, 需要者可以到化学工业出版社教学资源网站 <http://www.cipedu.com.cn> 免费下载使用。

本书由佛山职业技术学院罗庚兴主编, 田亚娟、易铭担任副主编, 黄卫庭、杨大春、钟造胜、邓建胜、李秀忠、杨元凯、李本红、邱明海、彭一航参加了编写工作。

由于编者水平有限, 书中不妥之处在所难免, 敬请兄弟院校的师生给予批评指正。

罗庚兴

目 录

项目 1 实现单电机系统的 PLC 控制	1
任务 1.1 让 PLC 运动起来	1
任务 1.2 传送带全压启停控制	24
任务 1.3 传送带正反转控制	35
任务 1.4 送料小车自动往返控制	42
任务 1.5 电动机 Y- Δ 启动控制	51
任务 1.6 电动机能耗制动控制	59
任务 1.7 电动机单按钮启停控制	65
习题一	70
项目 2 实现多电机系统的 PLC 控制	71
任务 2.1 传送带顺序启停控制	71
任务 2.2 水泵系统 PLC 控制	80
任务 2.3 料斗升降 PLC 控制	89
任务 2.4 包装生产线自动装箱 PLC 控制	98
习题二	109
项目 3 实现信号灯系统的 PLC 控制	111
任务 3.1 循环彩灯 PLC 控制	111
任务 3.2 数码管的控制	119
任务 3.3 十字路口交通灯 PLC 控制	127
习题三	135
项目 4 送料自动线的 PLC 控制	137
任务 4.1 上料系统的 PLC 控制	137
任务 4.2 变频电机驱动皮带运输系统的控制	167
任务 4.3 步进电机驱动机械手运动控制	185
任务 4.4 送料自动线的 PLC 控制	209
习题四	223

附录 224

 附录 A FX 系列应用指令简表 224

 附录 B 实训装置简介 230

参考文献 234

项目 1

实现单电机系统的 PLC 控制

任务 1.1 让 PLC 运动起来



知识目标

- ① 了解 PLC 的基本概念、基本构成和发展应用情况；
- ② 掌握 PLC 的基本特点与分类；
- ③ 了解 FX3U 系列 PLC 的型号与端子功能；
- ④ 熟悉 GX Developer V8.86 编程软件的基本操作方法。



能力目标

- ① 能使用 GX Developer V8.86 编程软件创建 PLC 工程项目；
- ② 会进行 PLC 通信编程电缆的连接与通信测试；
- ③ 会进行 PLC 程序的编写、下载与运行监视。

1.1.1 知识准备

1.1.1.1 PLC 的基础知识

1. PLC 的产生与定义

1) PLC 的产生

1968 年,美国通用汽车公司 (GM),为了满足生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量产品的要求,适应汽车改型或改变工艺流程的生产要求,希望新的逻辑顺序控制装置具有以下功能特点:

- (1) 用计算机代替继电器控制盘；
- (2) 用程序代替硬件接线；
- (3) 输入/输出电平可与外部装置直接连接；
- (4) 结构易于扩展。

其具体思路如图 1-1-1 所示。

根据以上要求和设计思路,美国的数字设备公司 (DEC) 在 1969 年研制出了世界上第一台可编程序控制器,并在 GM 公司的汽车自动装配线上首次使用,获得成功。此后这项技术迅速发展,并推动世界各国对可编程序控制器的研制和应用。1971 年日本从美国引进

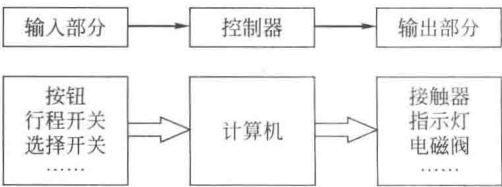


图 1-1-1 PLC 的设计构成

技术，很快就研制出了日本的第一台可编程序控制器；1973 年西欧各国的各种可编程序控制器也相继研制成功；我国于 1974 年开始研制，1977 年开始工业应用。

2) PLC 的定义

早期的可编程序控制器在功能上只能进行逻辑控制，因此被称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。随着计算机技术的飞速发展，微处理器被迅速用作可编程序控制器的中央处理单元，使可编程序控制器不仅可以进行逻辑控制，也可以完成模拟量的控制，其功能和处理速度大大增强，而且具有通信功能和远程 I/O 能力。因此，在上世纪 80 年代到 90 年代，成功研制了可编程序控制器 (Programmable Controller, PC)。为了与个人计算机 (Personal Computer, PC) 相区别，可编程序逻辑控制器仍然简称为 PLC。

国际电工委员会 (IEC) 在 1987 年对 PLC 的定义如下：可编程序控制器是一种数字逻辑运算操作的电子系统，专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，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、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备，都应按易于使工业控制系统形成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。

随着计算机技术、网络技术、自动控制技术的飞速发展，PLC 的内涵变得更加丰富。

2. PLC 的发展

图 1-1-2 为国内外著名 PLC 生产厂家研制的各种 PLC。

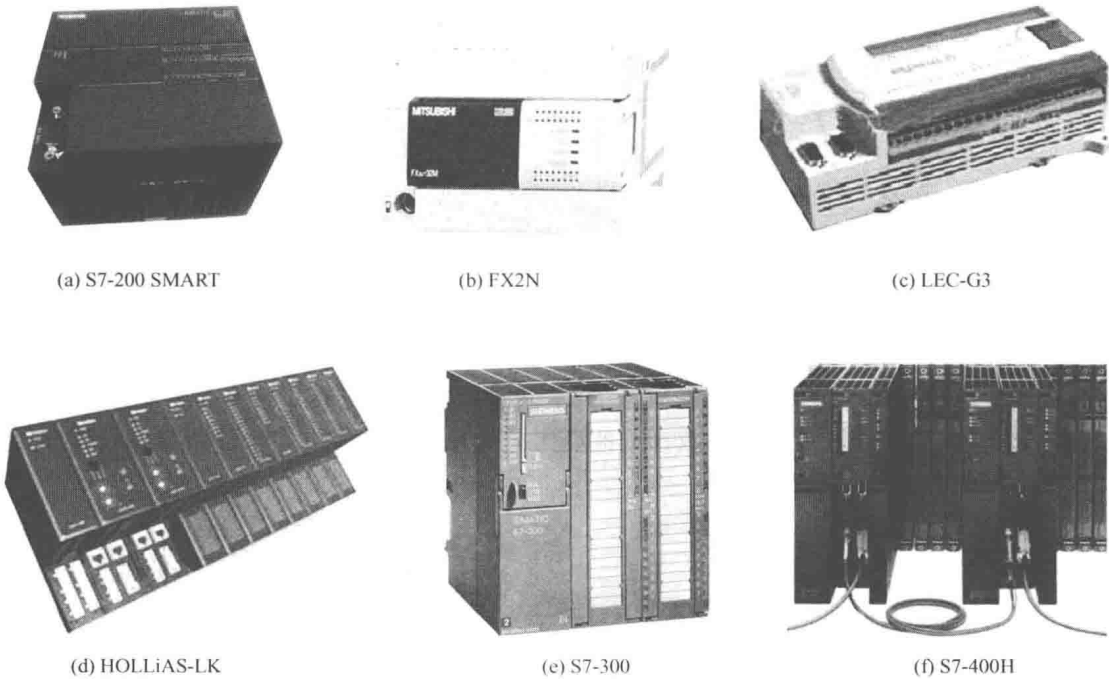


图 1-1-2 常见 PLC 外观

1) 国际著名 PLC 生产厂家

经过三十多年的发展，目前世界上著名的 PLC 厂家及其 PLC 产品主要有：

- ① 美国 A-B 公司 (Allen-Bradley) 的 PLC 系列, 美国 GE-Fanuc 公司的 GE 系列;
- ② 德国西门子公司 (SIEMENS) 的 LOGO、S7-200、S7-300/400 系列;
- ③ 法国施耐德公司 (Schneider) 的 Modicon TSX Micro 型 PLC;
- ④ 日本三菱公司 (MITSUBISHI) 的 FX 系列, 欧姆龙公司 (OMRON) 的 C 系列和 CQM1 等, 东芝公司 (Toshiba) 的 EX20/40 系列和 V 系列等。

1994 年, 美国 Automation Research Co. (ARC) 的商情调查表明, 世界最大的 5 家 PLC 制造商依次是: 德国西门子公司、美国 A-B 公司、法国施耐德公司、日本三菱电机和欧姆龙公司。

2) 国产 PLC 厂商

- ① 北京和利时公司: LK 大型 PLC、LM 系列小型 PLC。
- ② 北京安控公司: PLCcore 系列、DemoEC11 系列。
- ③ 深圳德维森公司: ATCS PPC11、PPC22、PPC31 系列。
- ④ 上海正航公司: A 系列、M 系列、R 系列、U 系列。
- ⑤ 台安 (无锡) 公司: TP03。
- ⑥ 北京凯迪恩公司: KDN-K3 系列小型一体化 PLC。
- ⑦ 南京冠德公司: JH200 系列、CA2 系列。
- ⑧ 无锡信捷公司: XC 系列 PLC、FC 系列 PLC。

3) 中国 PLC 应用现状

- (1) 机械行业 80% 以上的设备仍采用传统的继电器和接触器进行控制。
- (2) 大中型企业普遍采用了先进的自动化系统对生产过程进行控制; 中国制造 2025 规划出台后, 越来越多的企业采用 PLC、传感器去采集和控制生产过程, 建立 “工艺数据库”, 以提高企业的经济效益和竞争实力。
- (3) 中国正在努力成为世界新的智能制造业基地, 智能制造业主要以离散控制、数字控制为控制核心, PLC+Robot 是该领域控制系统的首选。
- (4) 欧美公司在大中型 PLC 领域占有绝对优势, 日本公司在小型 PLC 领域占据十分重要的位置, 中国 PLC 市场 95% 以上被国外产品占领。

3. PLC 的结构特点

1) PLC 的基本结构

PLC 主要由 CPU 模块、输入/输出模块、存储器和电源模块等五部分组成, 其结构如图 1-1-3 所示。

2) 各组成部分的作用

(1) CPU。CPU 是 PLC 的核心, 起神经中枢的作用, 相当于人的大脑。它接收并存储用户程序和数据, 不断地用扫描的方式采集输入信号, 执行用户程序, 刷新系统输出, 以及诊断 PLC 内部电路的工作状态和编程过程中的语法错误。

(2) 存储器。用于存放系统程序、用户程序和运行数据。它包括只读存储器 (ROM) 和随机存取存储器 (RAM)。

只读存储器 (ROM) 用来存放监视程序、管理程序、命令解释程序、功能子程序、系统诊断程序等系统程序, 不能被用户随意改变。系统程序也常用 PROM 或 EPROM 来存放。

随机存取存储器 (RAM) 用来存放用户编制的应用程序和各種系统参数 (如 I/O 映像、定时、累加数据等)。

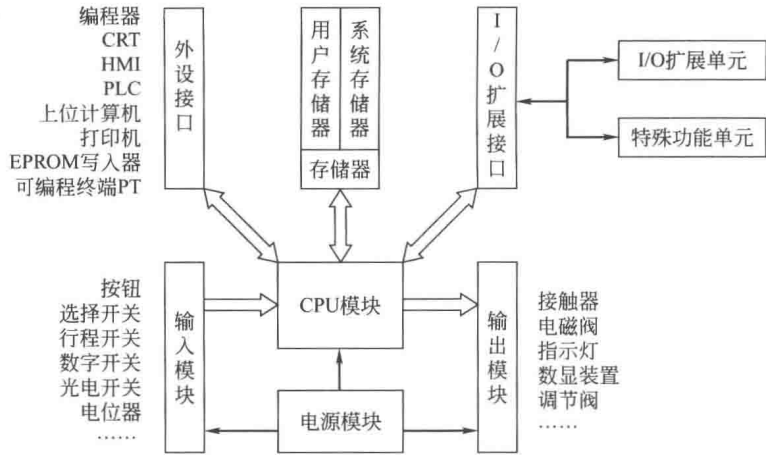


图 1-1-3 PLC 的基本结构图

(3) 输入/输出模块。也称为 I/O 模块、I/O 接口，是 CPU 与现场 I/O 装置通信的桥梁。PLC 与电气回路的接口，是通过输入输出部分 (I/O) 完成的。I/O 分为开关量输入 (DI)、开关量输出 (DO)、模拟量输入 (AI) 和模拟量输出 (AO) 等模块。常用的 I/O 分类如下。

① 开关量模块。按电压水平分，有 AC220V、AC110V 和 DC24V；按隔离方式分，有继电器隔离和晶体管隔离。

② 模拟量模块。按信号类型分，有电流型 (4~20mA，0~20mA)、电压型 (0~10V，0~5V，-10~10V) 等；按精度分，有 12bit、14bit、16bit 等。

③ 特殊 IO 模块。如热电阻、热电偶、脉冲等模块。

(4) 电源模块。PLC 一般使用 AC220V 或 DC24V 电源。内部的开关型电源模块，将其转换成 DC5V、DC±12V、DC24V 的电压供 CPU、存储器和接口电路使用。开关型电源具有输入电压范围宽、体积小、重量轻、效率高、抗干扰性能好等优点。

(5) I/O 扩展接口。是 PLC 为了扩展输入/输出点数和类型的部件，有并行接口、串行接口等多种形式。

(6) 外设接口。是 PLC 实现人机对话、机机对话的通道，一般采用 RS232C 或 RS422A 串行通信接口。PLC 通过它们可以和编程器、彩色图形显示器 (CRT)、打印机、人机界面 (如 OP3、OP27、TP27、TP37 等)、其他 PLC 或上位机 PC 连接。

(7) 外围设备。PLC 的外围设备有编程器、彩色图形显示器 (CRT)、人机界面、打印机、存储卡等。

编程器是 PLC 最重要的外围设备。利用编程器将用户程序写入 PLC 的存储器，还可以用编程器检查和修改程序、监视 PLC 的工作状态。编程器一般分为简易型和智能型两类。简易型只能联机编程，且往往需要将梯形图转化为助记符号 (语句表) 后才能送入。如 FX-30P，用于三菱 FX 全系列 PLC 编程；C200H-PR027，用于 OMRON 的 C200H/C200HS/CPM1/CQM1 系列 PLC 编程。智能型编程器 (又称图形编程器) 不但可以联机编程，而且还可以脱机编程，操作方便且功能强大。目前一般用计算机 (运行编程软件) 充当编程器。

最简单的人机界面是指示灯和按钮。目前液晶屏 (或触摸屏) 式的一体化操作终端应用越来越广泛，由计算机 (运行组态软件) 充当人机界面非常普及。

3) PLC 的特点

(1) 硬件配套齐全，功能完善，适应性强。PLC 已经形成了大、中、小各种规模的系

列化产品,用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件方面的设计工作只是确定 PLC 的硬件配置和 I/O 的外部接线。控制对象的硬件配置确定后,可以通过修改用户程序,方便快速地适应工艺条件的变化。一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件,有很强的功能,可以用于各种规模的工业控制场合。PLC 不仅可以实现逻辑运算、定时、计数、顺序控制,而且还可以对模拟量实现 PID 控制、数值运算和数据处理等功能。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,以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。

(2) 可靠性高,抗干扰能力强。PLC 采用一系列的硬件和软件抗干扰措施,具有很强的抗干扰能力,平均无故障时间达到数万小时以上,可直接用于有强烈干扰的工业生产现场。

① 工作原理方面。PLC 采用循环扫描工作方式,集中采样和集中输出,避免了触点竞争;执行用户程序过程中与外界隔绝,大大减少了外界干扰。

② 硬件方面。PLC 的 I/O 电路与 CPU 之间采用光电隔离措施,有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响,同时可防止外部高电压窜入 CPU 模块;在 PLC 电源和 I/O 模块中,设置了多种滤波电路,有效地抑制了高频干扰信号;采用开关电源,具有自动调整与保护性能;CPU 模块用良好的导电、导磁材料进行屏蔽,消除了空间电磁干扰的影响;此外,I/O 电路还设置了输出联锁、故障诊断与显示电路。

③ 软件方面。设置了故障检测与诊断程序,信息保护与恢复程序等功能。PLC 在扫描时,检测系统硬件是否正常,检测锂电池电压是否过低,外部环境是否正常(如交流电源是否掉电、输入电压是否超过允许值等);此外,PLC 还要检查用户程序的语法错误。发现问题后,立即自动做出相应的处理,如报警、保护数据、封锁输出等。

(3) 编程方法简单易学。PLC 作为通用工业控制计算机,是面向工矿企业的工控设备,编程语言易于为工程技术人员接受。梯形图语言是 PLC 使用最多的编程语言,其图形符号与表达方式和继电器电路图相当接近,只用 PLC 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 PLC 从事工业控制打开了方便之门。

(4) 系统的设计、安装、调试和维修工作量少,维修方便。PLC 用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

PLC 的梯形图采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律,容易掌握。对于复杂的控制系统,梯形图的设计时间比继电器系统电路图的设计时间要少得多。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试,输入信号用小开关来模拟,通过 PLC 模块上的发光二极管可观察输出信号的状态。完成了系统的安装和接线后,在现场的统调过程中发现的问题,一般可以通过修改程序来解决,系统的调试时间比继电器系统要少得多。

PLC 的故障率很低,且有完善的自诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置或执行机构发生故障时,可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器上提供的信息迅速地查明产生故障的原因,用更换模块的方法迅速地排除故障。

(5) 体积小,能耗低。PLC 是集成了微电子技术、计算机技术和自动控制技术等的新颖工业控制装置,其结构紧凑、坚固,体积小,重量轻,工耗低。如 FX3U-16M,外形尺寸($L \times H \times W$)为 $130\text{mm} \times 86\text{mm} \times 90\text{mm}$,重量 600g,功耗 30W;FX3U-48M,外形尺寸为 $182\text{mm} \times 86\text{mm} \times 90\text{mm}$,重量 850g,功耗 40W;S7200 CPU224,外形尺寸为

120.5mm×80mm×62mm; S7300 CPU314/315, 外形尺寸为 130mm×125mm×80mm, 重量 530g, 功耗仅为 8W; 其扩展模块, 如 SM321 外形尺寸为 117mm×125mm×40mm, 重量 200g, 功耗仅为 3.5W, SM322 的功耗为 5W。

此外, PLC 的配线比继电器控制系统的配线少得多, 故可以省下大量的配线和附件, 减少大量的安装接线工时, 加上开关柜体积的缩小, 可以节省大量的费用。

4. PLC 的分类

1) 按结构形式分

(1) 整体式 PLC。把 CPU、存储器、I/O 接口、电源等部件都装配在一起的整体装置。一个箱体就是一台完整的 PLC。早期产品和小型低档机多采用这种结构。其结构紧凑、体积小、成本低、安装方便。这类产品有 OMRON 公司的 CPM1A、CPM2A、CPM2C、CQM1 等, 三菱公司的 FX2N、FX3S、FX3G、FX3U、FX3UC 系列等, SIEMENS 公司的 S7-200、S7-200 Smart、S7-1200 系列等, 和利时自动化公司的 HOLLIAS-LEC G3 系列等。

(2) 模块式 PLC。把 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块, 通过带有插槽的母板或机架, 把这些模块按控制系统需要选取后, 都插到母板或机架上, 构成一台完整的 PLC。这种结构的 PLC 系统构成非常灵活, 安装、扩展、维修很方便。常见的产品有 OMRON 公司的 C200H、CS1、C2000H 等, 三菱公司的 A、Q、L 系列, SIEMENS 公司的 S7-300/400 系列, GE-Fanuc 公司的 GE 90-30 等。

2) 按 I/O 点数及内存容量分

一般将一路信号叫做一个点, 将输入点数和输出点数的总和称为机器的点。按照点数和存储容量来分, PLC 大致可分为大、中、小型三种。

(1) 小型 PLC。I/O 点数小于 256 点, 单 CPU, 8 或 16 位处理器, 用户存储器容量在 2K 字节以下, 如: GE-I 型、FX3U/FX3G、CPM1A/CAM1、LOGO/S7-200、LEC-G3 等。小型 PLC 在结构上一般是整体式的, 主要用于中等以下容量的开关量控制, 具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制、通信等功能。

(2) 中型 PLC。I/O 点数在 256~1024 点之间, 单 (双) CPU, 用户存储器容量在 2K~8K 字节。如: S7-300、GE-III、C200H、基本型 QCPU、HOLLIAS-LK、台达 Ah500 等。中型 PLC 属于模块式结构, 除具有小型 PLC 的功能外, 还增加了数据处理能力, 适用于小规模的综合控制系统。

(3) 大型 PLC。I/O 点数在 1024 点以上, 多 CPU, 16 或 32 位处理器, 用户存储器容量达 8K 字节以上。属于模块式结构, 主要用于多级自动控制和大型分布式控制系统。如: S7-400、GE-IV、C-2000、高性能型 QCPU、施耐德 140ACI04000。

5. PLC 的应用领域

微电子技术的进展运用到 PLC 中, 元器件的集成度越来越高, 使得 PLC 的性能价格比不断提高, 应用范围也不断扩大。PLC 在工业自动化中起着举足轻重的作用, 在国内外已广泛应用于机械、冶金、石油、化工、轻工、纺织、电力、电子、食品、交通等行业。经验表明, 80% 以上的工业控制可以使用 PLC 来完成。在日本, 凡 8 个以上中间继电器组成的控制系统都已采用 PLC 来取代。以微处理器为核心的 PLC, 不仅适用于开关量、模拟量和数字量的控制, 而且已进入过程控制和位置控制等领域, 成为一种多功能、高可靠性、应用场合最多的工业控制微型计算机。

1) 开关量逻辑和顺序控制

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) 运动控制

PLC 使用专用的运动控制模块,对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制,可实现单轴、双轴、3 轴和多轴位置控制,使运动控制与顺序控制功能有机地结合在一起。PLC 的运动控制功能广泛地用于各种机械,如金属切削机床、装配机械、机器人、电梯等场合。

3) 闭环过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。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。

4) 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。

5) 通信联网

PLC 的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台 PLC 之间的通信、PLC 和其他智能控制设备(如计算机、变频器、数控装置)之间的通信。PLC 与现场总线结合,可以组成一种开放的、具有互操作性的、彻底分散的分布式控制系统——现场总线控制系统(FCS)。

1.1.1.2 FX3U 系列 PLC 简介

FX3U 系列 PLC 是三菱公司生产的第三代微型可编程控制器。内置了 64K 大容量的 RAM 存储器。运算速度达 $0.065\mu\text{s}/\text{基本指令}$ 。有 16 点、32 点、48 点、80 点和 128 点基本单元,最多可以扩展到 384 个 I/O 点(包括 CC-Link 扩展的远程 I/O)。有继电器输出、晶体管输出(内置独立 3 轴 100kHz 定位功能,集电极开路输出:Y0、Y1、Y2),可以连接 FX2N 系列的输入输出扩展单元,FX0N/FX2N/FX3U 系列特殊模块最多可以连接 8 台。基本单元左侧可以连接功能强大的适配器,连接高速输入用、高速输出用的特殊适配器不需要功能扩展板;但是与通信及模拟量用的特殊适配器合用时,需要功能扩展板。除了浮点数、字符串处理指令外,还具备了定坐标指令等。可以通过内置开关进行 RUN/STOP 的操作。支持在 RUN 中写入。内置时钟功能,可以执行时间的控制。

1. FX3U 系列型号的含义

FX3U 系列 PLC 型号的含义如图 1-1-4 所示。

FX3U 系列 PLC 的电源规格有 AC100V-240V 50/60Hz 和 DC24V 两种。输入输出扩展单元是 FX2N 系列用的扩展设备,扩展单元有 4DI/4DO、8DI、16DI、8DO、16DO 几种规格。支持 RS-232C、RS-485、RS-422、N:N 网络、并联连接和计算机连接等数据通信,支持 CC-Link 总线通信。

三菱 FX3U 系列 PLC 基本单元选型,见表 1-1-1。

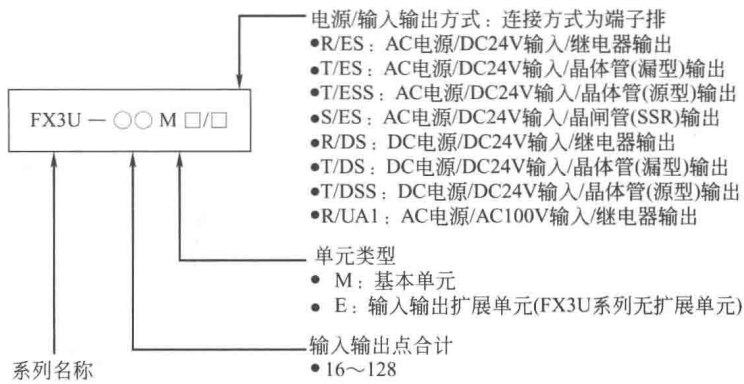


图 1-1-4 FX3U 系列 PLC 产品型号

表 1-1-1 FX3U 系列 PLC 基本单元选型表

型号	I/O 点数	输出方式	供电电压/V	耗电量/W	其他参数
FX3U-16MR/ES-A	8/8	继电器	AC 220	30	64K 步 RAM 基本指令 27 条 步进指令 2 条 应用指令 209 种 辅助继电器 7680 点 状态寄存器 4096 点 定时器 512 点 16 位增计数器 200 点 32 位计数器 35 点 高速计数器 100kHz/6 点 10kHz/2 点,50kHz/2 点 数据寄存器 8000 点
FX3U-32MR/ES-A	16/16	继电器	AC 220	35	
FX3U-48MR/ES-A	24/24	继电器	AC 220	40	
FX3U-64MR/ES-A	32/32	继电器	AC 220	45	
FX3U-80MR/ES-A	40/40	继电器	AC 220	50	
FX3U-128MR/ES-A	64/64	继电器	AC 220	65	
FX3U-16MT/ES-A	8/8	晶体管漏型	AC 220	30	
FX3U-32MT/ES-A	16/16	晶体管漏型	AC 220	35	
FX3U-48MT/ES-A	24/24	晶体管漏型	AC 220	40	
FX3U-64MT/ES-A	32/32	晶体管漏型	AC 220	45	
FX3U-80MT/ES-A	40/40	晶体管漏型	AC 220	50	
FX3U-128MT/ES-A	64/64	晶体管漏型	AC 220	65	
FX3U-16MR/DS	8/8	继电器	DC 24	25	
FX3U-32MR/DS	16/16	继电器	DC 24	30	
FX3U-48MR/DS	24/24	继电器	DC 24	35	
FX3U-64MR/DS	32/32	继电器	DC 24	40	
FX3U-80MR/DS	40/40	继电器	DC 24	45	
FX3U-16MT/DS	8/8	晶体管漏型	DC 24	25	
FX3U-32MT/DS	16/16	晶体管漏型	DC 24	30	
FX3U-48MT/DS	24/24	晶体管漏型	DC 24	35	
FX3U-64MT/DS	32/32	晶体管漏型	DC 24	40	
FX3U-80MT/DS	40/40	晶体管漏型	DC 24	45	
FX3U-16MT/DSS	8/8	晶体管源型	DC 24	25	
FX3U-32MT/DSS	16/16	晶体管源型	DC 24	30	
FX3U-48MT/DSS	24/24	晶体管源型	DC 24	35	
FX3U-64MT/DSS	32/32	晶体管源型	DC 24	40	

续表

型号	I/O 点数	输出方式	供电电压/V	耗电量/W	其他参数
FX3U-80MT/DSS	40/40	晶体管源型	DC 24	45	64K 步 RAM 基本指令 27 条 步进指令 2 条 应用指令 209 种 辅助继电器 7680 点 状态寄存器 4096 点 定时器 512 点 16 位增计数器 200 点 32 位计数器 35 点 高速计数器 100kHz/6 点 10kHz/2 点, 50kHz/2 点 数据寄存器 8000 点
FX3U-16MT/ESS	8/8	晶体管源型	AC 220	30	
FX3U-32MT/ESS	16/16	晶体管源型	AC 220	35	
FX3U-48MT/ESS	24/24	晶体管源型	AC 220	40	
FX3U-64MT/ESS	32/32	晶体管源型	AC 220	45	
FX3U-80MT/ESS	40/40	晶体管源型	AC 220	50	
FX3U-128MT/ESS	64/64	晶体管源型	AC 220	65	

2. FX3U 系列 PLC 各部位名称及功能

FX3U 系列 PLC 的面板各部分名称与功能如图 1-1-5 所示。PLC 有 DIN 导轨安装卡扣，可以将基本单元安装在标准 DIN（宽度 35mm）导轨上。

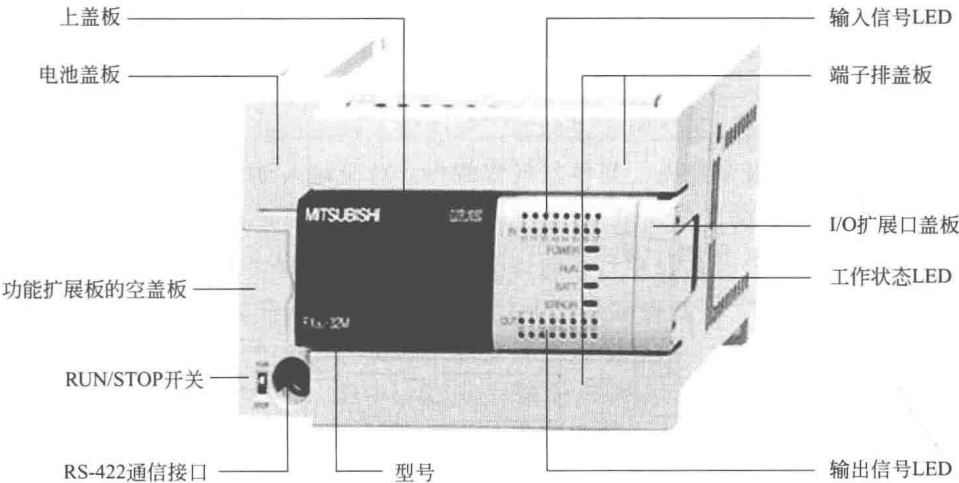


图 1-1-5 FX3U 系列 PLC 面板各部分名称与功能

1) 通信接口

PLC 有三个通信接口。一个在功能扩展板空盖板下面，用于安装高速输入输出特殊适配器或功能扩展板；另一个在扩展口盖板下面，用于通过扩展电缆安装扩展单元以及特殊功能单元；还有一个是 RS-422 通信接口，通过不同的数据转换器可连接上位计算机、手持式编程器或触摸屏等外围设备。

2) 工作方式开关

写入（成批）顺控程序以及停止运行时，工作方式开关置为 STOP（开关拨动到下方）；执行程序时，工作方式开关置为 RUN（开关拨动到上方）。

3) 状态指示

输入信号 LED，外部电路使某输入点接通时，对应的 LED 指示灯亮（红色）。
输出信号 LED，程序使某输出点接通时，对应的 LED 指示灯亮（红色）。
工作状态 LED，通过 LED 的显示情况可确认 PLC 的运行状态，见表 1-1-2。

表 1-1-2 工作状态指示说明

LED 名称	显示颜色	说明
POWER	绿色	通电状态下灯亮,供电正常
	绿色	通电时闪烁,电压或电流不符合规定,接线不正确,PLC 内部异常
RUN	绿色	运行中灯亮
BATT	红色	电池电压降低时灯亮,需尽快更换电池
ERROR	红色	程序错误时闪烁,参数错误或者语法错误
	红色	CPU 故障时灯亮,定时器出错或者硬件损坏

3. 数字量输入模块

数字量输入模块用于连接按钮、开关和接近开关。基本单元输入点数有 8 点、16 点、24 点、32 点、40 点和 64 点六种。输入类型有直流输入方式和交流输入方式两种。输入电流一般为数毫安。根据输入电流的流向，可以将输入电路分为源输入电路、漏输入电路和混合型输入电路。FX3U 系列的输入模块全部为混合型输入形式，在大型项目中使用，要注意接线方式，否则容易造成电源的混乱。

图 1-1-6 是直流漏型输入方式的内部电路和外部电路接线图。S/S 端接 24V 正极，电流从输入端子流出，经外部设备，从 0V 端流入，0V 端是各输入信号的公共端。三菱公司把这种方式定义为漏型输入。在图 1-1-6 中，当外部电路的触点接通时，光耦中的二极管点亮，光敏三极管饱和导通，通过输入缓冲器，对应输入地址位的状态为 1；当外部电路的触点断开时，光耦中的二极管熄灭，光敏三极管截止，对应输入地址位的状态为 0；信号经内部总线送给 PLC 的输入寄存器。图 1-1-6 中的漏型输入接线方式一般与 NPN 集电极开路型接近开关进行连接。当采用 PNP 集电极开路型接近开关时，FX3U 要采用源型输入接线方式，即 S/S 端接电源负极 0V。

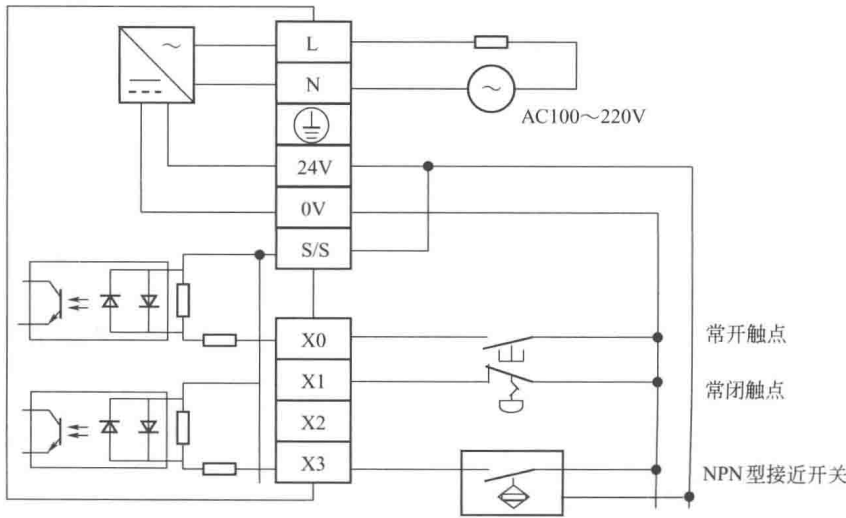


图 1-1-6 直流漏型输入电路

直流输入电路的额定电压为 DC24V，延迟时间较短，可以直接与接近开关、光电开关等电子输入装置连接。如果信号线不长，PLC 所处的物理环境较好，电磁干扰较轻，对响应性要求高的场合，应优先选用 DC24V 的输入模块。FX3U 系列 PLC 的输入技术指标见表 1-1-3。

表 1-1-3 FX3U 系列 PLC 的输入技术指标

技术指标		参数		
		FX3U-16M□/□S(S)	其余型号	FX3U-32MR/UA1 FX3U-64MR/UA1
输入连接方式		固定式端子排(M3 螺钉)	拆卸式端子排(M3 螺钉)	
输入电压		AC 电源型;DC24V±10% DC 电源型;DC16.8~28.8V		AC100~120V 50/60Hz
输入信号电流	X000~X005	6mA/DC24V		4.7mA/AC100V 50Hz 6.2mA/AC100V 60Hz
	X006、X007	7mA/DC24V		
	X010 以上	—	5mA/DC24V	
ON 输入感应电流	X000~X005	3.5mA 以上		3.8mA 以上
	X006、X007	4.5mA 以上		
	X010 以上	—	3.5mA 以上	
OFF 输入感应电流		1.5mA 以下		1.7mA 以下
输入响应时间		约 10ms		25~30ms
输入信号形式		无电压触点输入 漏型输入时:NPN 集电极开路晶体管, 源型输入时:PNP 集电极开路晶体管		触点输入
输入状态显示		输入 ON 时,面板上相应的 LED 灯亮		

4. 数字量输出模块

数字量输出模块用于连接电磁阀、中间继电器、接触器、小型电机、灯和电机启动器等，具有电平转换、隔离和功率放大的作用。按电源分，有直流输出电路和交流输出电路两种类型；按电路的内部结构分，有继电器输出方式、晶闸管输出方式和晶体管输出方式三种。输出电流的典型值为 0.5~2A，负载电源由外部现场提供。

图 1-1-7 是继电器输出电路。图中，当某一输出点为 1 状态时，梯形图中的线圈“通电”，通过输出锁存器，使输出模块中对应的微型硬件继电器线圈通电，其常开触点闭合，

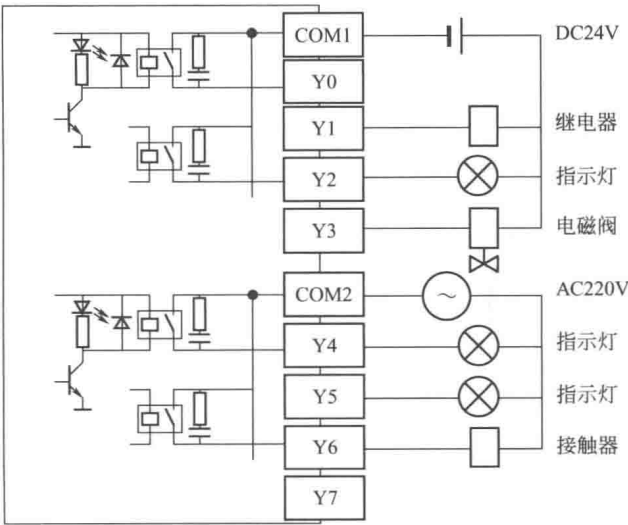


图 1-1-7 继电器输出电路