



职业教育教学改革规划教材（项目式教学）

PLC与变频器

韩亚军 主编



- ★ 按典型任务进行项目化设计
- ★ 按做学教一体化进行教学配置



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

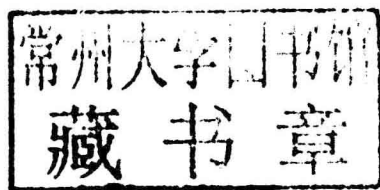


赠电子教案、课件

职业教育教学改革规划教材（项目式教学）

PLC 与变频器

主 编 韩亚军
副主编 陈 洪 陈宝帆
参 编 段 莉 陶洪春 梁雪峰
周 洋 张 郭 朱亚红
主 审 廖 勇



机械工业出版社

本书采用基于典型工作任务的项目式教学法来组织内容。主要内容包
括：PLC 的基本操作方法、PLC 控制三相异步电动机点动与连续运行、
PLC 控制三相异步电动机正反转、PLC 控制通风机监控系统、PLC 控制运
料小车的运行、自动门控制系统、按钮式人行道交通灯控制系统、PLC 控
制搬运机械手、PLC 控制停车场停车位、变频器的使用、变频器控制的恒
压供水系统、变频器控制的电梯系统等与工程应用密切相关的技能操作项
目，把应知知识和应会技能分解到各个能力模块中，强化学生动手实践能
力的培养，充分调动学生学习的主动性和积极性，提高学生的学习兴趣。

本书可作为职业院校机电类专业教学用书，也可供相关专业工程技术
人员参考。为了方便教学，本书配有免费电子教案，选本书作为教材的单
位，可以登录机械工业出版社教材服务网（www.cmpedu.com）注册、
下载。

图书在版编目（CIP）数据

PLC 与变频器/韩亚军主编. —北京：机械工业出版社，2011. 10

职业教育教学改革规划教材：项目式教学

ISBN 978-7-111-34420-9

I. ①P… II. ①韩… III. ①可编程序控制器-高等职业教育-教材②变
频器-高等职业教育-教材 IV. ①TM571.6②TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 176895 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：张值胜 责任编辑：王 娟 版式设计：霍永明

责任校对：刘秀芝 封面设计：王伟光 责任印制：乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2011 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13 印张 · 320 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-34420-9

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

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010) 88379649

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

在本书编写的过程中，编者对多个工业现场进行了调研，并聘请相关技术专家，共同对“PLC与变频器”这门课程的能力层次和知识层次进行了全面的分析和探讨。经过反复探讨、改进，将该课程的内容分成了十二个项目，并将这些项目分成多个单项能力单元及与之对应的专项技能和相关知识。本书可作为职业院校电气、机电类专业教材，也可供电气技术从业人员参考。

本书采用基于典型工作任务的项目式教学法，把课程内容分解到各个能力模块中，以工作任务驱动，把专业理论知识贯穿到实践任务中，强化学生动手能力的培养，充分调动学生学习的主动性和积极性，把以学生为中心的主线贯穿到课程教学的全过程。具体体现在以下几个方面：

1) 内容设计从简单到复杂，从单一到综合，符合职业成长的规律要求，注重基本概念的阐述，降低理论分析难度，删去繁琐的公式推导，重点强调基本理论的实际应用。

2) 注重反映最新的PLC与变频器技术在生产、生活中的应用。

3) 内容叙述上力求简明扼要，通俗易懂，富于启发性。

4) 每个任务具有较强的可操作性，任务完成后有相应的考核和评价标准，这个标准的制订参考了“维修电工”的职业资格标准。

本书由韩亚军任主编并统稿，陈洪、陈宝帆、段莉、陶洪春、梁雪峰、周洋、张郭、朱亚红参加编写。本书在编写的过程中，得到了重庆科创职业学院机电工程学院领导和老师的大力支持和指导，在此一并表示感谢。重庆机电职业技术学院廖勇教授担任本书的主审，他详细地审阅了书稿，并提出了许多宝贵的意见和建议，在此谨向他表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免出现不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
项目一 PLC 的基本操作方法	1
项目二 PLC 控制三相异步电动机点动与连续运行	25
项目三 PLC 控制三相异步电动机正反转	44
项目四 PLC 控制通风机监控系统	60
项目五 PLC 控制运料小车的运行	74
项目六 自动门控制系统	86
项目七 按钮式人行道交通灯控制系统	99
项目八 PLC 控制搬运机械手	111
项目九 PLC 控制停车场停车位	132
项目十 变频器的使用	149
项目十一 变频器控制的恒压供水系统	164
项目十二 变频器控制的电梯系统	188
附录	199
附录 A FX _{2N} 系列 PLC 的主要技术指标	199
附录 B FX _{2N} 系列 PLC 基本指令一览表	202
参考文献	203

项目一 PLC 的基本操作方法

学习目标

1. 了解 PLC 的特点、应用领域及发展趋势。
2. 掌握 PLC 的基本结构和工作原理。
3. 掌握 PLC 的编程语言和编程方法。
4. 掌握 FX_{2N} 系列 PLC 的型号、安装与接线。
5. 掌握 SWO_{PC}-FXGP/WIN - C 编程软件的使用。
6. GX-Developer 编程软件的使用。

学习任务

1. 本项目的基本任务

- 1) 了解 PLC 的特点，掌握其基本结构及工作原理。
- 2) 掌握 PLC 的编程语言和编程方法，能熟练使用编程软件。
- 3) 掌握 FX_{2N} 系列 PLC 的型号、安装与接线。

2. 任务流程图

本项目的任务流程图如图 1-1 所示。

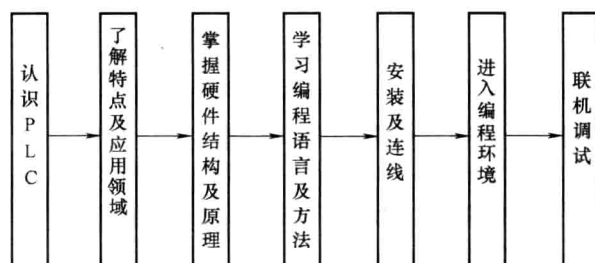


图 1-1 任务流程图

环境设备

本项目所需工具、设备清单见表 1-1。

表 1-1 工具、设备清单

序号	分类	名称	型号规格	数量	单位	备注
1	工具	常用电工工具		1	套	
2		万用表	MF47	1	只	
3	设备	PLC	FX _{2N} -48MR	1	只	
4		LED		4	只	

背景知识

一、PLC 基础

1. PLC 的定义

PLC 是可编程序控制器 (Programmable Logic Controller) 的简称, 由于现代 PLC 的功能已经很强大, 不仅仅局限于逻辑控制, 故也称为 PC, 但为了避免与个人计算机的缩写 PC 混淆, 仍习惯称为 PLC。三菱 FX_{2N} 系列 PLC 外形如图 1-2 所示。

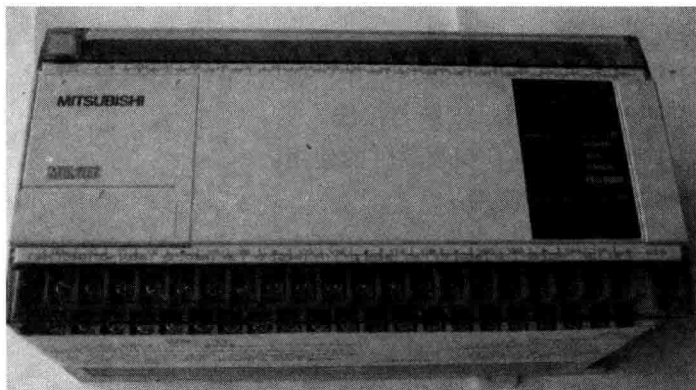


图 1-2 三菱 FX_{2N} 系列 PLC

PLC 的历史只有 30 多年, 但其发展极为迅速, 国际电工委员会 IEC (International Electrical Committee) 于 1987 年对 PLC 做了如下定义:

PLC 是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下的应用而设计。它采用可编程序存储器, 用来存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令, 并通过数字式或模拟式的输入/输出, 控制各种类型的机械或生产过程。

PLC 及其相关设备, 都应按照易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩展功能的原则设计。

2. PLC 控制系统与继电—接触器控制系统的比较

(1) 组成方式不同 传统的继电—接触器控制系统大量地采用硬件机械触点, 易受到外界因素影响而使系统的可靠性降低, 而 PLC 控制系统采用无机触点的“软继电器”, 复杂的控制规则由内部的运算器完成, 可靠性高、寿命长。

(2) 控制方式不同 继电—接触器控制系统是通过硬接线完成元件之间的连接, 功能固定; PLC 的控制功能是通过软件编程来实现的, 程序改变, 功能相应发生改变。

(3) 触点数量 继电—接触器系统的触点数量很少, 一般只有 4~8 对, 而 PLC 的“软继电器”可供编程的触点数有无穷对。

3. PLC 的产生及发展

1968 年, 美国通用汽车公司为了适应汽车型号的不断翻新, 提出设想: 把计算机的功能完善、通用灵活等优点与继电—接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来, 制成一种通用的控制装置, 取代原有的继电—接触器控制系统, 并要求把计算机的编程方法和程序输入形式简化, 用语言进行编程。美国数字设备公司根据以上设想, 在 1969 年研制出世界上第一台 PLC, 在通用汽车公司的汽车生产线上使用并获得了成功。当时的 PLC 仅具有执行继电器逻辑控制、计时、计数等较少的功能, 是第一代 PLC。

20 世纪 70 年代中期出现了微处理器和微型计算机,人们把微型计算机技术应用到 PLC 中,使得它兼有一些计算机的功能,这样一来,不但用逻辑编程取代了硬连线,还增加了数据运算、数据传输与处理以及对模拟量进行控制等功能,使之真正成为一种电子计算机工业控制设备。目前,PLC 已经发展到第五代。

4. PLC 产品介绍

随着 PLC 市场的不断扩大,PLC 的研发与生产已经发展成为一个庞大的产业,其主要厂家集中在欧美国家及日本。美国和欧洲一些国家的 PLC 是在相互独立的情况下研究开发的,产品有较大的差异;日本的 PLC 则是由美国引进,对美国的 PLC 有一定的继承性。欧美的产品主要定位在中、大型 PLC,而日本主推的产品定位在小型 PLC 上。

(1) 美国的 PLC 产品 美国有 100 多家 PLC 制造商,主要有 ABB 公司、通用电气公司 (GE)、莫迪康公司 (Modicon)、德州仪器公司 (TI)、西屋公司等。ABB 公司的产品规格齐全,其主推的产品为中、大型的 PLC-5 系列。中型的 PLC 有 PLC-5/10、PLC-5/12、PLC-5/14、PLC-5/25;大型的 PLC 有 PLC-5/11、PLC-5/20、PLC-5/30、PLC-5/40、PLC-5/60。ABB 公司的小型产品有 SLC-500 系列等。

(2) 欧洲的 PLC 产品 德国的西门子 (SIEMENS) 是欧洲著名的 PLC 制造商。西门子公司 PLC 主要产品有 S5 系列和 S7 系列,其中 S7 系列是近年来开发的产品,包括 S7-200、S7-300 和 S7-400 系列。其中 S7-200 是微型机,S7-300 是中、小型机,S7-400 是大型机。S7 系列性价比较高,近年来在我国市场上的占有份额不断上升。

(3) 日本的 PLC 产品 日本有许多 PLC 制造商,如三菱、欧姆龙、松下、富士、东芝等,在世界小型机市场上,日本的 PLC 产品占到近七成的份额。

三菱公司的 PLC 主要产品有 FX 系列,近年来三菱公司还推出了 FX_{0S}、FX_{1S}、FX_{0N}、FX_{1N}、FX_{2N} 等系列的产品。本书主要以三菱 FX_{2N} 系列机型介绍 PLC 的应用技术。

欧姆龙 (OMRON) 公司的产品有 SP 系列的微型机;P 型、H 型、CMP 系列的小型机;C200H、C200HS、C200HX、C200HG、C200HE 系列的中型机。

松下公司产品主要有 FP 系列。

(4) 我国的 PLC 我国研制与应用 PLC 起步较晚,1973 年开始研制,1977 年开始应用,20 世纪 80 年代初期以前发展较慢,后来随着成套设备或专用设备的引进,也引进了不少 PLC,例如宝钢一期工程整个生产线上就使用了数百台 PLC,二期工程使用得更多。近几年来,随着国外 PLC 产品大量进入我国市场,我国已有许多单位在消化和吸收引进 PLC 的技术,在此基础上,仿制和研制 PLC 产品。例如北京机械自动化研究所、上海起重电器厂、上海电力电子设备厂、无锡电器厂等都研制了自己的产品。

目前 PLC 的发展方向主要是朝着小型化、廉价化、系列化、标准化、智能化、高速化和网络化方向发展,这将使 PLC 功能更强、可靠性更高、使用更方便、适应面更广。

5. PLC 的分类

按结构分类,PLC 可分为整体式和机架模块式两种。

(1) 整体式 整体式结构的 PLC 是将中央处理器、存储器、电源部件、输入和输出部件集中配置在一起,体积小、重量轻、价格低、小型 PLC 常采用这种结构,适用于工业生产中的单机控制,如 FX_{2N}-32MR、S7-200 等。

(2) 机架模块式 机架模块式 PLC 是将各部分单独的模块分开,如 CPU 模块、电源模

块、输入模块、输出模块等。使用时可将这些模块分别插入机架底板的插座上，配置灵活、方便，易于扩展。机架模块式 PLC 可根据生产实际的控制要求配置各种不同的模块，构成不同的控制系统，一般大、中型 PLC 采用这种结构，如西门子 S7—300、S7—400 等。

按 PLC 的 I/O 点数、存储容量和功能分类，大体可以分为：小、中、大三个等级。

小型 PLC 的 I/O 点数在 120 点以下，用户程序存储器容量为 2K 字（1K = 1024，存储一个“0”或“1”的二进制码称为一“位”，一个字为 16 位）以下，具有逻辑运算、定时、计数等功能，也有些小型 PLC 增加了模拟量处理、算术运算功能，其应用面更广，主要用于对开关量的控制，可以实现条件控制，定时、计数控制、顺序控制等。

中型 PLC 的 I/O 点数在 120 ~ 512 点之间，用户程序存储器容量达 2 ~ 8K 字，具有逻辑运算、算术运算、数据传送、数据通信、模拟量输入/输出等功能，可实现既有开关量又有模拟量的较为复杂的控制。

大型 PLC 的 I/O 点数在 512 点以上，用户程序存储器容量达到 8K 字以上，具有数据运算、模拟调节、联网通信、监视、记录、打印等功能，能进行中断控制、智能控制和远程控制。用在大规模的过程控制中，可构成分布式控制系统或整个工厂的自动化网络。

PLC 还可根据功能分为低档机、中档机和高档机。

6. PLC 应用领域

随着微电子技术的快速发展，PLC 的制造成本不断下降，而功能却大大增加。应用领域已经覆盖了所有的工业企业，其应用范围大致可以归纳为以下几种。

(1) 开关量逻辑控制 这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。PLC 的输入/输出信号都是通/断的开关信号，且输入/输出的点数可以不受限制。在开关量逻辑控制中，它取代了传统的继电器—接触器控制系统，实现了逻辑控制和顺序控制。目前，用 PLC 进行开关量控制遍及许多行业，如机床电气控制、电梯运行控制、汽车装配线、啤酒灌装生产线等。

(2) 运动控制 PLC 可用于直线运动或圆周运动的控制。目前，制造商已经提供了拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块，即把描述目标位置的数据送给模块，模块移动一轴或多轴到目标位置。当每个轴运动时，位置控制模块保持适当的速度和加速度，确保运动平衡。

(3) 闭环控制 PLC 通过模块实现 A/D、D/A 转换，能够实现对模拟量的控制，包括对温度、压力、流量、液位等连续变化模拟量的 PID 控制。如锅炉、冷冻、反应堆、水处理、酿酒等的闭环控制。

(4) 数据处理 现代的 PLC 具有数学运算（包括函数运算、逻辑运算、矩阵运算）、数据处理、排序和查表、位操作等功能；可以完成数据的采集、分析和处理，也可以和存储器中的参考数据相比较，还可以传送给其他职能装置或传送给打印机来打印制表。有的 PLC 还具有支持顺序控制与数字控制设备紧密结合，即实现 CNC 功能。数据处理一般用在大中型控制系统中。

(5) 联网通信 PLC 的通信包括 PLC 和 PLC 之间、PLC 与上位计算机及其他智能设备之间的通信。PLC 与计算机之间具有串行通信接口，利用双绞线、同轴电缆将它们连成网络，实现信息交换。PLC 还可以构成“集中管理，分散控制”的分布控制系统。联网增加了系统的控制规模，甚至可以使整个工厂实现工厂自动化。

目前全世界有 200 多厂家生产 300 多种 PLC 产品，主要应用在汽车（23%）、粮食加工

(16.4%)、化学/制药 (14.6%)、金属/矿山 (11.5%)、纸浆/造纸 (11.3%) 等行业。

7. PLC 的组成

PLC 系统的组成与计算机基本相同，也是包括硬件系统和软件系统两大部分。其中 PLC 的硬件系统是构成它的各个结构部件。小型 PLC 主要由中央处理器 (CPU)、存储器 (RAM、ROM)、输入/输出 (I/O) 单元、电源和编程设备等部分组成，如图 1-3 所示。

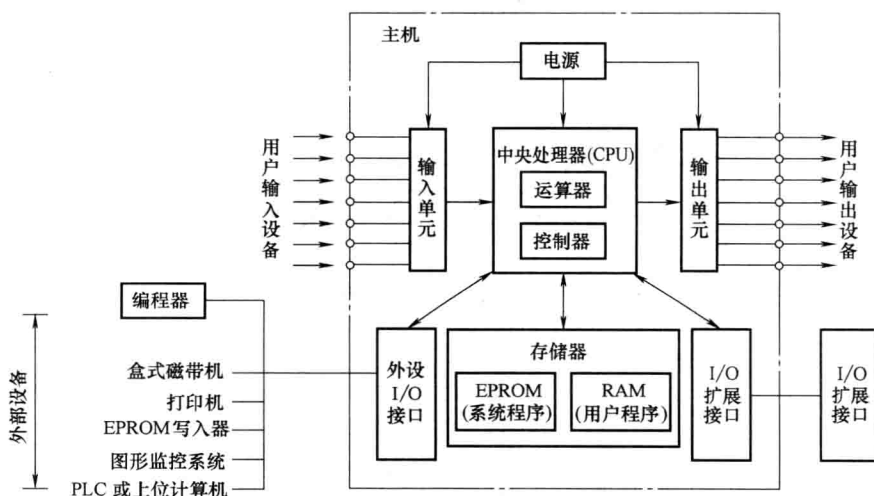


图 1-3 PLC 的硬件组成

1) 输入单元。输入单元是连接 PLC 与其他外部设备 (外设) 之间的桥梁。生产设备的控制信号通过输入单元传送给 CPU。

开关量输入接口用于接收按钮、选择开关、行程开关、接近开关和各类传感器传来的信号，PLC 输入电路中有光耦合器隔离，并设有 RC 滤波器，用以消除输入触点的抖动和外部噪声干扰。当输入单元开关闭合时，一次电路中流过电流，输入指示灯亮，光耦合器被激励，晶体管从截止状态变为饱和导通状态，这是一个数据输入过程。图 1-4 给出了直流及交流两类

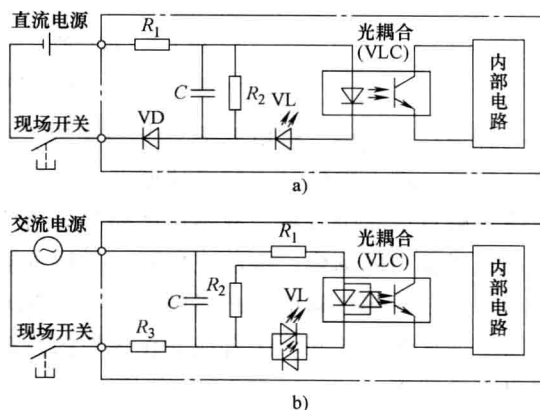


图 1-4 开关量输入单元

a) 直流输入单元 b) 交流输入单元

开关量输入单元的电路图，图中点画线框内的部分为 PLC 内部电路，框外为用户接线。在一般整体式 PLC 中，直流输入都使用 PLC 本机的直流电源供电，不再需要外接电源。

2) 开关量输出单元。开关量输出单元用于连接继电器、接触器、电磁阀线圈，是 PLC 的主要输出口，是连接 PLC 与控制设备的桥梁，CPU 运算的结果通过输出单元输出。输出单元通过将 CPU 运算的结果进行隔离和功率放大后，再驱动外部执行元件。输出单元类型

很多，但是它们的基本原理是相似的。PLC 有三种输出方式：继电器输出、晶体管输出、晶闸管输出。图 1-5 所示为 PLC 的三种输出方式电路图。

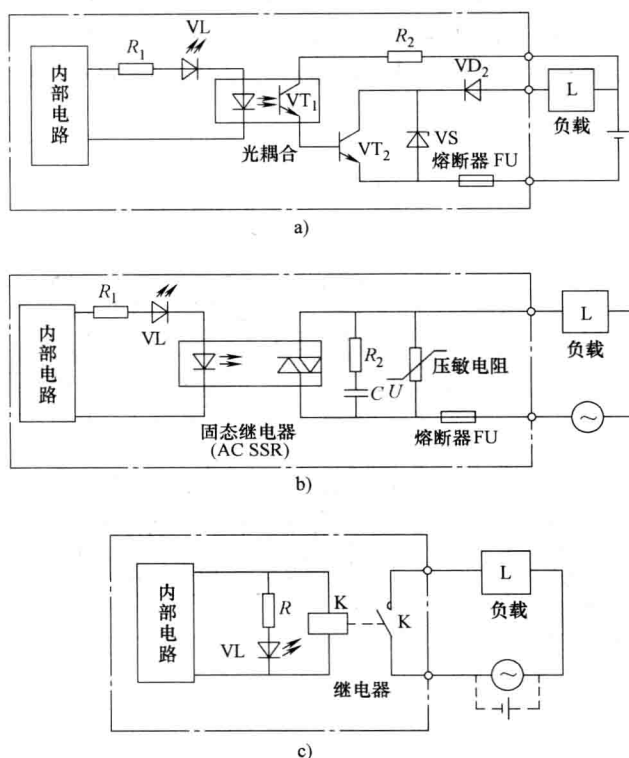


图 1-5 PLC 的三种输出方式电路图

a) 晶体管输出 b) 晶闸管输出 c) 继电器输出

三种输出方式中，继电器输出型最常用。当 CPU 有输出时，接通或断开输出电路中继电器的线圈，继电器的触点闭合或断开，通过该触点控制外部负载电路的通断。因继电器输出线圈与触点已完全分离，故不再需要隔离措施，主要用于开关速度要求不高且又需要大电流输出负载能力的场合，但响应较慢。晶体管输出型是通过光耦合器驱动开关使晶体管截止或饱和来控制外部负载电路的通断，需要对 PLC 内部电路和输出晶体管电路进行电气隔离，主要用于要求快速断开、闭合或动作频繁的场合。第三种是双向晶闸管输出型，采用了光发型双向晶闸管。

输出电路的负载电源由外部提供，负载电流一般不超过 2A。实际应用中，输出电流额定值与负载性质有关。

3) 中央处理器 (CPU，又称微处理器)。CPU 又称为中央处理器单元或控制器，它主要由运算器和控制器组成。

CPU 的作用类似于人的大脑。它采用扫描工作方式，每一次扫描完成以下工作：输入处理，将现场的开关量输入信号读入输入映像寄存器；程序执行，逐条执行用户程序，完成数据的存取、传送和处理工作，并根据运算结果更新各有关映像寄存器的内容；输出处理，将输出映像寄存器的内容传送给输出单元，控制外部负载。

CPU 是 PLC 的核心器件, 是 PLC 的控制运算中心, 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。PLC 中常用的 CPU 主要为微处理器、单片机和双极片式微处理器三种类型, 包括: 8080、8086、80286、80386、单片机 8031、8096 以及位片式微处理器 AM2900、AM2901、AM2903 等。PLC 的档次越高, CPU 的位数也越多, 运算速度也越快, 功能指令也就越强, FX_{2N} 系列 PLC 使用的微处理器是 16 位的 8096 单片机。

4) 存储器。存储器是 PLC 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, PLC 的存储器有只读存储器 (ROM) 和随机读写存储器 (RAM) 两大类: ROM 用来保存那些需永久保存, 即使机器掉电后也需保存的内容, 一般用来存放系统程序等; RAM 的特点是写入与擦除都很容易, 且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 PLC 脱离外界电源后也能保持, 在实际使用中都为一些重要的 RAM 配备电池或电容等掉电保持装置。

5) 外部设备。外部设备包括编程器和其他外部设备。

编程器是 PLC 必不可少的重要外部设备, 它主要用来输入、检查、修改、调试用户程序, 也可用来监视 PLC 的工作状态。编程器分简易编程器和智能型编程器: 简易编程器价格低廉, 一般用于小型 PLC; 智能型编程器价格高昂, 一般用于要求比较高的场合。另一类智能型编程器是个人计算机, 在个人计算机上添加适当的硬件和相关的编程软件, 即可用计算机对 PLC 编程。利用计算机作编程器, 可以直接编制、显示、运行梯形图, 并能进行 PC—PLC 的通信。

根据需要, PLC 还可配备其他一些外部设备, 如盒式磁带机、打印机、EPROM 写入器以及高分辨率大屏幕彩色图形监控系统, 用以显示或监视有关部分的运行状态。

6) 电源部分。PLC 的供电电源是一般市电, 电源部分是将交流 220V 转换成 PLC 内部 CPU 存储器等电子电路工作所需的直流电源。PLC 内部有一个设计优良的独立电源。常用的是开关式稳压电源, 用锂电池作停电后的后备电源, 有些型号的 PLC 如 F1、FX 系列电源部分还有 24V 直流电源输出, 用于对外部传感器供电。

8. 常见 PLC 的外形

常见 PLC 的外形如图 1-6 所示。

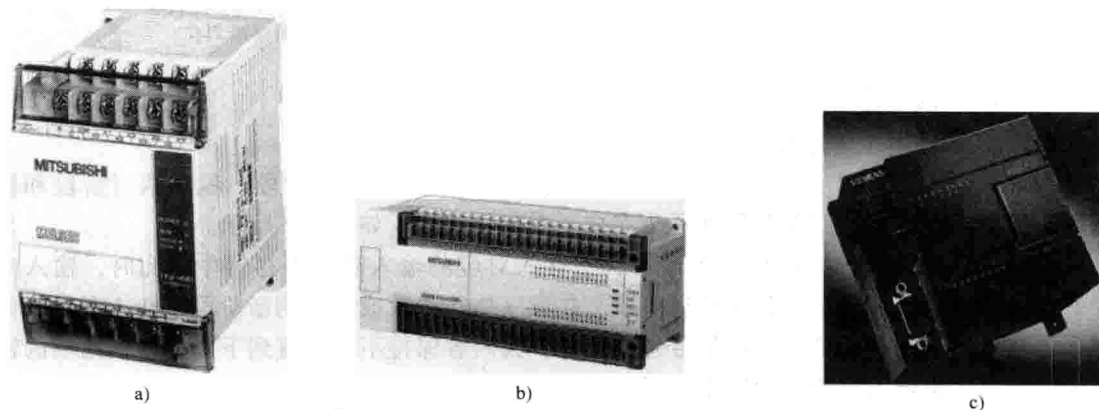


图 1-6 常见 PLC 的外形

a) 三菱 FX_{1S}/FX_{1N} 系列 PLC b) 三菱 FX_{2N} 系列 PLC c) 西门子 S7—200 系列 PLC

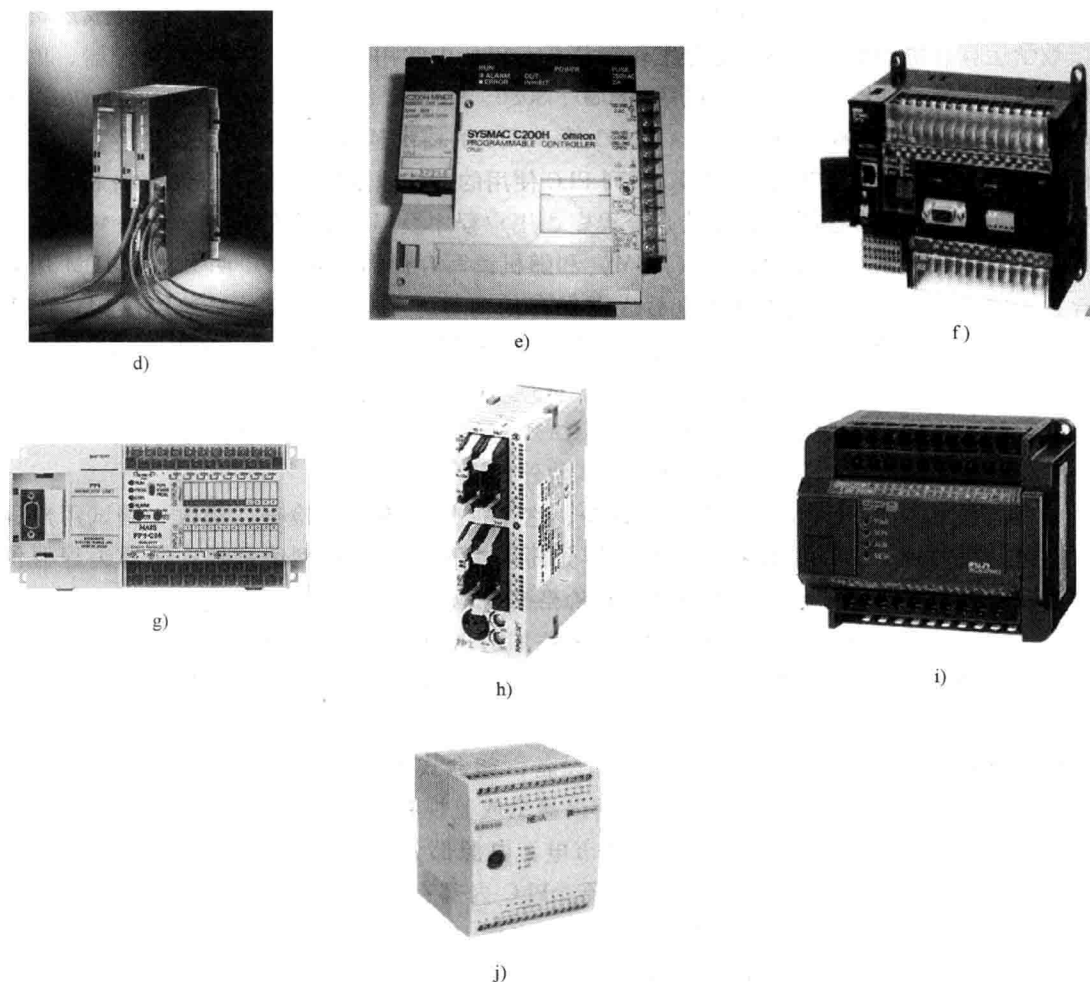


图 1-6 常见 PLC 的外形 (续)

- d) 西门子新一代 S7—400 系列 PLC e) 欧姆龙 C200H 型机系列 PLC f) 欧姆龙 CP1H 系列 PLC
g) 松下 FR1 系列 PLC h) 松下 FPΣ 系列 PLC i) 富士 PLC j) 施耐德 PLC

二、PLC 的工作原理

1. PLC 的基本工作原理

一般来说,当 PLC 开始运行后,其工作过程可分为输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段。完成上述三个阶段即称为完成一个扫描周期,如图 1-7 所示。

(1) 输入采样阶段 PLC 将各输入状态存入对应的输入映像寄存器中,此时,输入映像寄存器被刷新,接着进入程序执行阶段。在程序执行阶段或输出刷新阶段,输入元件映像寄存器与外界隔绝,无论输入端信号怎么变化,其内容保持不变,直到下一个扫描周期的输入采样阶段才将输入端的新内容重新写入。

(2) 程序执行阶段 PLC 根据最新读入的输入信号,以先左后右、先上后下的顺序逐行扫描,执行一次程序。结果存入元件映像寄存器中。对于元件映像寄存器,每个元件(除输入映像寄存器之外)的状态会随着程序的执行而变化。

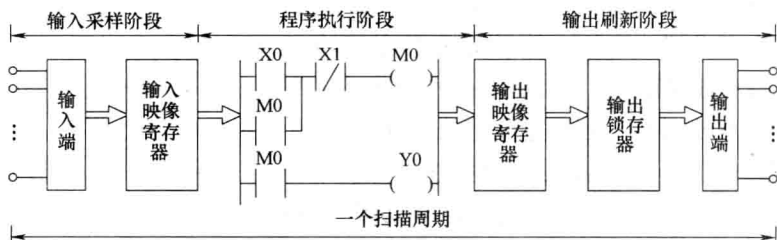


图 1-7 PLC 的扫描工作过程

(3) 输出刷新阶段 在所有指令执行完毕后，输出映像寄存器中所有输出继电器的状态（“1”或“0”）在输出刷新阶段转存到输出锁存器中，通过一定的方式输出驱动外部负载。

2. 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的编程元件

(1) 输入继电器 (X) 输入继电器一般都有一个 PLC 的输入端子与之对应，它是 PLC 用来接收用户设备输入信号的接口。当接在输入端子的开关元件闭合时，输入继电器的线圈得电，在程序中的常开触点闭合、常闭触点断开，这些触点可以在编程时任意使用，使用次数不受限制。编程时应注意的是，输入继电器的线圈只能由外部信号来驱动，不能在程序内用指令来驱动，因此在梯形图中只能出现输入继电器的触点，而不应出现输入继电器线圈，其触点也不能直接输出带动负载。

(2) 输出继电器 (Y) 输出继电器一般也都有一个 PLC 的输出端子与之对应，它用来将输出信号传送到带负载的输出端口以驱动负载。当输出继电器的线圈得电时，对应的输出端子接通，驱动负载电路开始工作。每一个输出继电器线圈有无数对常开触点和常闭触点可供编程时使用。编程时需要注意的是外部信号无法直接驱动输出继电器，它只能在程序内部驱动。

(3) 辅助继电器 (M) FX_{2N} 系列 PLC 内部有很多辅助继电器，和输出继电器一样，只能由程序驱动，每个辅助继电器也有无数对常开、常闭触点供编程使用。辅助继电器的触点在 PLC 内部编程时可以任意使用，但它不能直接驱动负载，外部负载必须由输出继电器的输出触点来驱动。

在逻辑运算中经常需要一些辅助继电器来实现辅助运算，这些器件往往用来进行状态暂存、移位等。还有一些辅助继电器有一些特殊功能，以下是几种常用的辅助继电器。

一般辅助继电器的作用与继电器—接触器控制系统中的中间继电器相同，都是用来保存控制继电器的中间操作状态，一般辅助继电器的存取地址范围是 M0 ~ M499，共 500 个点。电池后备/锁存辅助继电器具有断电保护功能，断电后辅助继电器所存储的信息锁存并保持不变，其存取地址范围是 M500 ~ M3071，共 2572 个点。

特殊辅助继电器是用来存储系统状态变量、有关控制参数和信息等的具有特殊功能的辅助继电器。特殊辅助继电器的存取地址范围是 M8000 ~ M8255，共 256 个点。

(4) 状态继电器 (S) 状态继电器也称顺序控制继电器，它常用于顺序控制或步进控制中，并与其指令一起使用实现顺序或步进控制功能流程图的编程。通常状态继电器可以分为下面 5 个类型。

1) 初始状态继电器地址范围是从 S0 ~ S9，共 10 个点。

- 2) 回零状态继电器。地址范围是从 S10 ~ S19, 共 10 个点。
- 3) 通用状态继电器: 地址范围是从 S20 ~ S499, 共 480 个点。
- 4) 断电保持状态继电器: 地址范围是从 S500 ~ S899, 共 400 个点。
- 5) 报警用状态继电器。地址范围是从 S900 ~ S999, 共 100 个点。

(5) 定时器 (T) 定时器的定时精度分别为 1ms、10ms 和 100ms 三种, 定时器的地址范围是 T0 ~ T255, 它们的定时精度和定时范围并不相同, 用户可以根据所要定时的时间来选择定时器。

(6) 计数器 (C) 计数器用于累计计数输入端接收到的、由断开到接通的脉冲个数, 其计数值由程序设定。计数器的地址范围是 C0 ~ C234。

(7) 高速计数器 (HSC) 高速计数器的工作原理和普通计数器基本相同。不同的是普通计数器的计数频率受扫描周期的影响, 因此计数的频率不能太高; 而高速计数器用来累计比 CPU 扫描速率更快的高速脉冲。高速计数器的地址范围是 C235 ~ C255。

(8) 数据寄存器 (D) 数据寄存器包括以下几种:

- 1) 通用数据寄存器: 地址范围是 D0 ~ D199, 共 200 点。
- 2) 电池后备/锁存数据寄存器: 地址范围是 D200 ~ D7999, 共 7800 个点。
- 3) 特殊寄存器: 地址范围是 D8000 ~ D8255, 它用来控制和监视 PLC 内部的各种工作方式和元件。

4) 文件寄存器: 地址范围是 D1000 ~ D7999, 共 7000 个点。

5) 变址寄存器: FX_{2N} 系列 PLC 有 16 个变址寄存器, 地址范围分别是 V0 ~ V7, Z0 ~ Z7。变址寄存器除了和通用的数据寄存器具有相同的使用方法外, 还可以用来改变编程元件的元件号。

(9) 指针 (P/I) 指针 (P/I) 包括分支和子程序用指针 (P) 及中断用指针 (I)。分支和子程序用的指针从 P0 ~ P127, 共 128 点; 中断用指针从 I0 ~ I8, 共 9 点。

(10) 常数 (K/H) 常数也作为编程元件对待, 它在存储器中占有一定的空间, 十进制数用 K 表示, 十六进制常数用 H 表示。

3. 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的寻址方式

FX_{2N} 系列 PLC 将数据存于不同的存储单元 (软继电器), 每个存储单元都有自己唯一的地址, 找到这个地址的方式就称为寻址方式。PLC 有两种寻址方式, 分别是直接寻址方式和间接寻址方式。直接寻址方式是指直接找到元件的名称进行操作, 而间接寻址则不直接通过元件名称来操作。取代继电器—接触器控制系统的数字控制系统, 一般只用直接寻址。

直接寻址包括位寻址、字寻址和双字寻址、位组合寻址, FX_{2N} 系列 PLC 利用变址寄存器 V0 ~ V7 和 Z0 ~ Z7 来进行间接寻址。

4. 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的数据格式

(1) 十六进制数 PLC 中, 只有二进制数是可以被直接处理的, 但是二进制数表达过于繁杂, 所以可以用十六进制数来表示二进制数。十六进制数有 16 个数字符号, 即 0 ~ 9 和 A ~ F, 其中 A ~ F 分别对应十进制数 10 ~ 15, 采用逢 16 进 1 的运算规则。4 位二进制数转换成 1 位 16 进制数, 例如二进制数 0001 1100 0001 0101 可以转换成十六进制数 1C15。

(2) BCD 码 BCD 码是按二进制编码的十进制数。每位十进制数用 4 位二进制数来表示, 0 ~ 9 对应的二进制数为 0000 ~ 1001, 例如十进制数 1234 对应的 BCD 码为 0001 0010

0011 0100。16 位 BCD 码对应 4 位二进制数，范围是 0000 ~ 9999。从 PLC 外部的数字拨码开关输入的数据一般都是 BCD 码，PLC 送给外部 7 段显示器的数据一般也是 BCD 码，因此 PLC 在处理时必须将 BCD 码转换成二进制数。

(3) 科学计数法 科学计数法可以用来表示整数和小数，在科学计数法中，数据占用相邻的两个数据寄存器（例如 D10 和 D11），D11 为高 16 位，D10 为低 16 位，数据格式为尾数 $\times 10^{\text{指数}}$ ，D10 中存放的是尾数，D11 中存放的是指数，其尾数是 4 位 BCD 整数范围是 0、1000 ~ 9999 和 -9999 ~ -1000，指数的范围为 -41 ~ 35。

(4) 浮点数格式 浮点数也可以用来表示整数和小数，浮点数占用相邻两个数据寄存器（例如 D11 和 D10），D11 为高 16 位，D10 为低 16 位，数据格式为尾数 $\times 2^{\text{指数}}$ ，在 32 位中，尾数占低 23 位（即 b0 ~ b22，b0 为最低位），指数占 8 位（b23 ~ b30），最高位（b31）为符号位。

5. PLC 输入设备接线方式

FX 系列 PLC 型号名称可按如下格式定义：

$$\text{FX} \begin{array}{c} \square\square-\square\square \square \square -\square \\ (1) (2) (3) (4) (5) \end{array}$$

- 1) 子系列名称，如 1S、1N、1NC、2N、2NC 等。
- 2) 输入/输出的总点数。
- 3) 单元类型：M 为基本单元，E 为输入/输出混合扩展单元与扩展模块，EX 为输入专用扩展模块，EY 为输出专用扩展模块。
- 4) 输出形式：R 为继电器输出，T 为晶体管输出，S 为双向晶闸管输出（旧称为可控硅输出）。
- 5) 其他定义：D 表示直流（DC）电源，直流（DC）输入；UA1/UL 表示交流（AC）电源，交流（AC）输入；001 表示专为中国推出的产品。如果其他定义这一项无符号，则表示为交流（AC）电源、直流（DC）输入。

例如型号为 FX_{2N}-48MR-D 型 PLC 表示该 PLC 属于 FX_{2N} 系列，是具有 48 个 I/O 点的基本单元，继电器输出型，使用直流 24V 电源。

6. 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的硬件结构

(1) 基本单元 基本单元即主机或本机。它包括 CPU、存储器、基本输入/输出点和电源等，是 PLC 的主要部分。它实际上是一个完整的控制系统，可以独立完成一定的控制任务，表 1-2 给出的是 FX_{2N} 系列 PLC 的基本单元。

表 1-2 FX_{2N} 系列 PLC 的基本单元

型 号			输入点数	输出点数	输入/输出(I/O)总点数
继电器输出	晶闸管输出	晶体管输出			
FX _{2N} -16MR-001	FX _{2N} -16MS-001	FX _{2N} -16MT-001	8	8	16
FX _{2N} -32MR-001	FX _{2N} -32MS-001	FX _{2N} -32MT-001	16	16	32
FX _{2N} -48MR-001	FX _{2N} -48MS-001	FX _{2N} -48MT-001	24	24	48
FX _{2N} -64MR-001	FX _{2N} -64MS-001	FX _{2N} -64MT-001	32	32	64
FX _{2N} -80MR-001	FX _{2N} -80MS-001	FX _{2N} -80MT-001	40	40	80
FX _{2N} -128MR-001	—	FX _{2N} -128MT-001	64	64	128

(2) 扩展单元 扩展单元由内部电源、内部输入/输出电路组成，需要和基本单元一起

使用。在基本单元的输入/输出 (I/O) 点数不够时, 可采用扩展单元来扩展 I/O 点数。

(3) 扩展模块 扩展模块由内部输入/输出电路组成, 自身不带电源, 由基本单元、扩展单元供电, 需要和基本单元一起使用。在基本单元的 I/O 点数不够时, 可采用扩展模块来扩展 I/O 点数。

(4) 特殊功能模块 FX_{2N} 系列 PLC 提供了各种特殊功能模块, 当需要完成某些特殊功能的控制任务时, 就需要用到特殊功能模块, 包括模拟量输入/输出模块、数据通信模块、高速计数器模块、运动控制模块等。

(5) 相关设备

1) 专用编程器。FX_{2N} 系列 PLC 有自己专用的带液晶显示手持式编程器 FX-10P-E 和 FX-20P-E, 它们不能直接输入和编辑梯形图程序, 只能输入和编辑指令表程序, 还可以监视用户程序的运行情况。

2) 编程软件。在开发和调试过程中, 专用编程器编程不方便, 使用范围和寿命也有限, 因此目前的发展趋势是在计算机上使用编程软件。目前常用的 FX_{2N} 系列 PLC 的编程软件是 FX-FCS/WIN-E/-C 和 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件, 它们是汉化软件, 可以编辑梯形图和指令表, 并可以在线监控用户程序的执行情况。

3) 显示模块。显示模块 FX-10DM-E 可以安装在控制屏的面板上, 用电缆与 PLC 相连, 有 5 个键和带背光的 LED 显示器, 显示两行数据, 每行 16 个字符, 可用于各种型号的 FX 系列 PLC。利用它可以监视和修改定时器 T、计数器 C 的当前值和设定值, 监视和修改数据寄存器 D 的当前值。

4) 图形操作终端。GOT-900 系列图形操作终端是 FX_{2N} 系列 PLC 人机操作界面中较常用的一种。它的电源电压为 DC 24V, 用 RS-232C 或 RS-485 接口与 PLC 通信, 有 50 个触摸键, 可以设置 500 个画面, 主要用于程序监控或现场调试。

(6) FX_{2N} 系列 PLC 性能指标 在使用 PLC 的过程中, 除了需要熟悉 PLC 的硬件结构, 还应了解 PLC 的一些性能指标, 包括一般技术指标、电源指标、输入技术指标、输出技术指标等。

7. 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的外部接线

(1) 端子排 FX_{2N}-48MR PLC 的端子排列如图 1-8 所示。L、N 端是电源的输入端, 一般直接使用工频交流电 (交流 100 ~ 250V), L 端接交流电源相线, N 接交流电源的中性



图 1-8 FX_{2N}-48MR 的端子排列