



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

机电设备安装与维修专业

PLC与变频器 应用技术

主编 赵雄

PLC与变频器应用技术

主编 赵雄

北京
山东科学技术出版社

北京出版社
山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

PLC 与变频器应用技术 / 赵雄主编. — 北京 : 北京出版社, 2015.3 (2021 重印)

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-200-11390-7

I. ①P… II. ①赵… III. ①PLC 技术—职业教育—教材②变频器—职业教育—教材 IV. ①TM571.6②TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 117837 号

PLC 与变频器应用技术

PLC YU BIANPINQI YINGYONG JISHU

主 编: 赵 雄

出 版: 北京出版集团公司

北 京 出 版 社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总 发 行: 北京出版集团公司

经 销: 新华书店

印 刷: 定州市新华印刷有限公司

版 次: 2015 年 3 月第 1 版 2021 年 1 月修订 2021 年 1 月第 3 次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张: 16.5

字 数: 274 千字

书 号: ISBN 978-7-200-11390-7

定 价: 39.00 元

质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

单元一 PLC 基础	1
学习任务 1 PLC 概述	2
学习任务 2 PLC 的硬件	13
学习任务 3 PLC 的软元件	22
学习任务 4 FX 系列编程软件	31
单元二 FX 系列指令应用	43
工作任务 1 三相异步电动机启动、停止控制	44
工作任务 2 三相异步电动机正、反转控制	56
工作任务 3 电动机星—三角降压启动运行控制	67
工作任务 4 运料小车两地往返运行控制	81
工作任务 5 液体混合系统控制	91
工作任务 6 抢答器的顺序控制	101
工作任务 7 城市公路交通信号灯控制	109
工作任务 8 循环彩灯控制	123
工作任务 9 运料小车多工位运行控制	134
单元三 变频器的基本控制	145
工作任务 1 变频器的面板操作	146
工作任务 2 变频器 PU 模式正、反转控制	156
工作任务 3 变频器外部模式控制	168
单元四 PLC 与变频器综合应用	178
工作任务 1 PLC 与变频器 7 段速运行控制	179
工作任务 2 恒压变频供水系统控制	189

附 录	208
附录一 FX2N 系列基本指令一览表	208
附录二 三菱 FX 系列 PLC 应用指令一览表	211
附录三 三菱 FR - A740 变频器参数	216
附录四 三菱 FR - A740 变频器保护功能表	228
附录五 CJX1 (3TB/3TF) 系列交流接触器	232
附录六 CJX2 (LC1 - D) 系列交流接触器	236
附录七 JRS1 (LR1 - D) 系列热过载继电器	240
附录八 JRS2 系列热过载继电器	242
参考答案	244
参考文献	253

单元一

PLC 基础

可编程控制器（简称 PLC）是以微处理器为基础，综合了计算机技术、电气控制技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种新型、通用的自动控制装置。本单元主要介绍 PLC 的基本知识、工作原理、硬件结构、软元件以及编程和仿真软件的使用。具体如下：

学习任务 1：介绍了 PLC 的定义、发展过程以及 PLC 的分类，同时详细说明了 PLC 的主要技术指标，另外以三菱 PLC 为例简单介绍了 FX 系列的规格和特点。

学习任务 2：主要介绍通用 PLC 的硬件结构和组成及其工作原理。

学习任务 3：主要学习 PLC 的编程方法，即梯形图编程、指令表编程和状态转移编程（SFC），以 FX2N 系列为例介绍了常用的软元件类型的功能和主要特点。

学习任务 4：介绍三菱 PLC 编程软件 GX Developer 安装、编辑和仿真过程及其使用。

学习任务 1

PLC 概述

任务描述 >>

本学习任务介绍什么是可编程控制器（简称 PLC），它是如何发展而来的，PLC 控制技术和传统继电器控制技术之间的区别与联系，PLC 控制技术的特点及主要应用领域，了解 PLC 按照结构、输入/输出点数和功能的三种分类方式，同时以通用型 PLC 为例，简单介绍其常用的技术指标，为后续内容的学习打下一定的理论基础。

任务目标 >>

- 掌握 PLC 的定义。
- 了解 PLC 的产生及其发展。
- 了解 PLC 的主要特点、应用场合、分类和技术指标。

知识链接 >>

一、PLC 的概念及发展

（一）什么是 PLC

下面两个图分别用继电—接触器控制元件和 PLC 系统实现电动机的单方向运转。通过对控制原理的分析，认识什么是 PLC。

图 1-1-1 是继电—接触器控制原理图，图 1-1-2 是 PLC 的控制系统图。两个图均能实现电动机的单方向运转的控制。但用继电—接触器控制电路是通过按钮、接触器的触点和它们之间的连线实现的，控制功能包含在固定的线路之中，功能专一，不能改变接线方式和控制功能。而在 PLC 控制系统中，我们仍采用图 1-1-1 中的元件，但元件之间的串、并联逻辑关系交给一个专用的装置来完成，同样可以实现对电动机相同的控制功能，这个装置就是 PLC。在 PLC 控制系统中所有按钮和触点输入以及接触器线圈均接到了 PLC 上，从接线方面来看要简单得多，其控制功能由 PLC 内部程序决定，通过更换程序可以更改相应的控制功能。

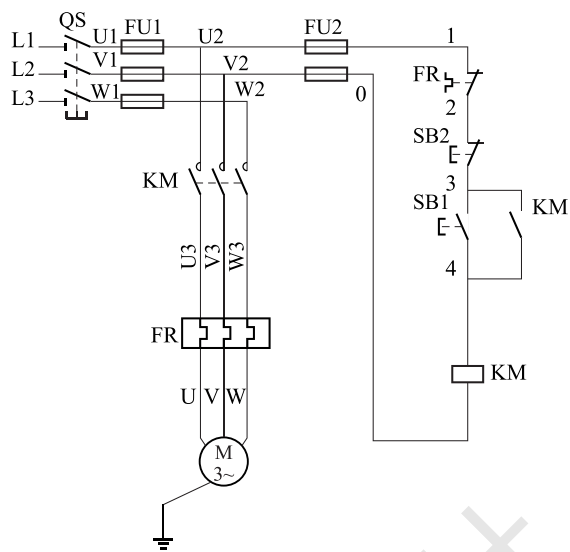


图 1-1-1 继电器—接触器控制原理图

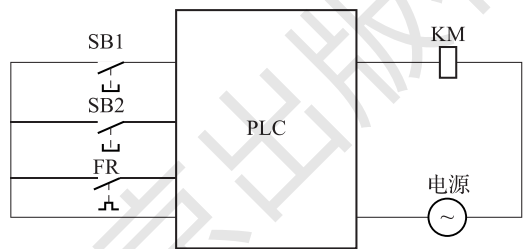


图 1-1-2 PLC 的控制系统图

总之，从上面两种控制过程可以看到，用 PLC 控制系统可以完全取代继电器—接触器控制电路，并且了解到 PLC 控制系统可以通过修改内部程序来实现新的逻辑控制关系。

PLC 是可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller）的缩写，是作为传统继电器—接触器控制系统的替代产品出现的。国际电工委员会（IEC）给 PLC 作了如下定义：“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为工业环境下应用而设计。它采用了可编程的存储器，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指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种机械或生产过程。可编程控制器及其相关外部设备，都应按易于与工业控制系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”由此可见，可编程控制器是一种专为工业环境应用而设计制造的计算机，它将传统的继电器控制技术和现代的计算机信息处理技术的优点有机地结合起来，成为工业自动化领域中最重要、应用最广泛的控制设备，成为现代工业生产自动化三大支柱（PLC、CAD/CAM、机器人）之一，并且具有较强的负载驱动能力。图 1-1-3 为常见 PLC 外形图。

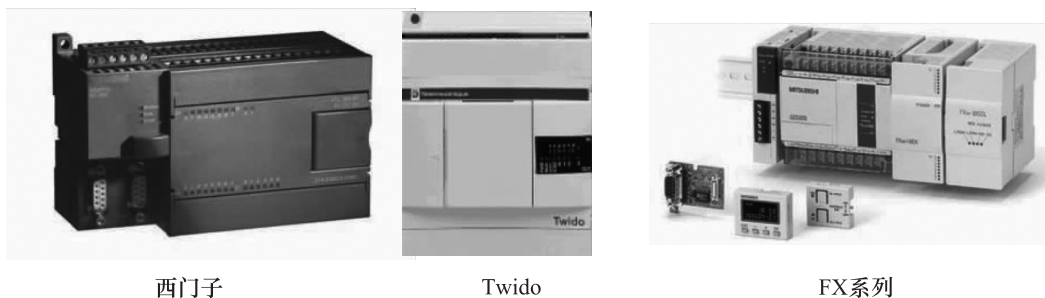


图 1-1-3 常见 PLC 外形图

(二) PLC 的产生及发展

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 按照招标要求, 研制出第一台可编程控制器, 并在美国通用汽车公司的自动生产线上试用成功, 从而诞生了世界上第一台可编程控制器。这一新技术的成功使用, 在工业界产生了巨大的影响。从此, 可编程控制器在世界各地迅速发展起来。1971 年, 日本从美国引进这项技术, 并很快研制成功了日本第一台可编程控制器 DCS-8。1973~1974 年德国和法国也研制出了他们的可编程控制器。我国从 1974 年开始研制, 1977 年研制成功了以微处理器 MC14500 为核心的可编程控制器, 并开始工业应用。

早期的 PLC 设计主要是替代继电器完成顺序控制、定时等逻辑控制功能, 故称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)。近年来, 随着电子技术和计算机技术的迅速发展, 可编程逻辑控制器不仅具有逻辑控制功能, 而且还具有数据处理和通信等模拟量处理功能。因此, 美国电气制造协会 NEMA (National Electrical Manufacturers Association) 于 1980 年开始将它正式命名为 PC (Programmable Controller), 即可编程控制器。但由于“PC”容易和个人计算机 (Personal Computer) 相混淆, 因此现在仍沿用 PLC 来表示可编程控制器。

虽然 PLC 问世时间不长, 但是随着微处理器的出现, 大规模、超大规模集成电路技术的迅速发展和数据通信技术的不断进步, PLC 也迅速发展, 其发展过程大致可分为三个阶段:

1. 早期的 PLC (20 世纪 60 年代末~70 年代中期)

早期的 PLC 一般称为可编程逻辑控制器。这时的 PLC 多少有点继电器控制装置的替代物的含义, 其主要功能只是执行原先由继电器完成的顺序控制、定时等。它在硬件上以准计算机的形式出现, 在 I/O 接口电路上作了改进以适应工业控制现场的要求。装置中的器件主要采用分立元件和中、小规模集成电路, 存储器采用磁芯存储器。另外还采取了一些措施, 以提高其抗干扰的能力。在软件编程上, 采用广大电气工程技术人員所熟悉的继电器控制线路的方式——梯形图。因此, 早期的 PLC 的性能要优于继电器控制装置, 其优点包括简单易懂、便于安装、体积小、能耗低、有故障指示、能重复使用等。其中 PLC 特有的编程语言 (梯形图) 一直沿用至今。

2. 中期的 PLC (20 世纪 70 年代中期~80 年代中后期)

20 世纪 70 年代微处理器的出现使 PLC 发生了巨大的变化。美国、日本、德国等一些厂家先后开始采用微处理器作为 PLC 的中央处理单元 (CPU)，这样就使 PLC 的功能大大增强。在软件方面，除了保持其原有的逻辑运算、计时、计数等功能以外，还增加了算术运算、数据处理和传送、通信、自诊断等功能。在硬件方面，除了保持其原有的开关模块以外，还增加了模拟量模块、远程 I/O 模块、各种特殊功能模块，并扩大了存储器的容量，增加了各种逻辑线圈的数量，还提供了一定数量的数据寄存器，使 PLC 的应用范围更加广泛。

3. 近期的 PLC (20 世纪 80 年代中后期~至今)

进入 20 世纪 80 年代中后期，由于超大规模集成电路技术的迅速发展，微处理器的市场价格大幅度下降，使得各种类型的 PLC 所采用的微处理器的档次普遍提高。而且，为了进一步提高 PLC 的处理速度，各制造厂商还纷纷研制并开发了专用逻辑处理芯片，这样使得 PLC 软、硬件功能发生了巨大变化。

随着可编程控制器的推广、应用，PLC 在现代工业中的地位已十分重要。为了占领市场，赢得尽可能大的市场份额，各大公司都在原有 PLC 产品的基础上，努力地开发新产品，推进了 PLC 的发展。这些发展主要侧重于两个方面：一个是向着网络化、高可靠性、多功能方向发展；另一个则是向着小型化、低成本、简单易用、控制与管理一体化及编程语言向高层次方向发展。

二、PLC 的主要特点

由 PLC 的产生和发展过程可知，PLC 的设计是站在用户立场上的，以用户需要为出发点，以直接应用于各种工业环境为目标，不断采用先进技术以求发展。可编程控制器经过几十年的发展，已日臻完善。其主要特点如下：

1. 可靠性高、抗干扰能力强

一方面，PLC 控制系统用软件代替传统的继电—接触器控制系统中复杂的硬件线路，使得用 PLC 的控制系统故障明显低于继电—接触器控制系统。另一方面，PLC 本身采用了抗干扰能力强的微处理器作为 CPU，电源采用多级滤波并采用集成稳压块电源。此外，PLC 还采用了屏蔽、光电隔离、故障诊断和自动恢复等措施，使可编程控制器具有很强的抗干扰能力，从而提高了整个系统的可靠性。

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. 编程简单易学

梯形图是使用得最多的可编程控制器的编程语言，其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似，梯形图语言形象直观、易学易懂，熟悉继电器电路图的电气技术人员只要花几天时间就可以熟悉梯形图语言，并用来编制用户程序。对使用者来说不需要具备计算机的专门知识，因此很容易被一般工程技术人员所理解和掌握。

4. 使用维护方便

可编程控制器产品已经标准化、系列化、模块化，配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用。用户能灵活方便地进行系统配置，组成不同功能、不同规模的系统，而且 PLC 不需要专门的机房就可以在各种工业环境下直接运行，使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接即可投入运行，各种模块上均有运行和故障指示装置，便于用户了解运行情况和查找故障。由于采用模块化结构，因此一旦某模块发生故障，用户可以通过更换模块的方法使系统迅速恢复运行。更重要的是使同一设备经过改变程序来改变生产过程成为可能。

5. 体积小、质量轻、功耗低

由于 PLC 是专门为工业控制而设计的，其结构紧凑、坚固，体积小，易于装入机械设备内部，是实现机电一体化的理想控制设备。

三、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、包装生产线等。

2. 模拟量控制

在工业生产过程中，有许多连续变化的量，如温度、压力、流量和速度等都是模拟量（Analog）。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 模块连接位置的传感器和执行机构，现在一般使用专用的运动控制模块，如可驱动步进电动机或伺服电动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、电梯等设备。

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、锅炉控制等领域有非常广泛的应用。

5. 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其他智能装置，或将它们打印出来制成表。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 通信包含 PLC 间的通信及 PLC 与其他智能设备间的通信。随着计算机控制系统的发展，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。

四、PLC 的分类

PLC 发展到今天，已经有了多种形式，而且功能也不尽相同。分类时，一般按以下原则来考虑。

1. 按结构形式分类

根据 PLC 结构形式的不同，PLC 主要可分为整体式（一体式）和模块式两类。

整体式结构的特点是将 PLC 的基本部件，如 CPU 板、输入板、输出板、电源板等紧凑地安装在一个标准的机壳内，构成一个整体，组成 PLC 的一个基本单元（主机）或扩展单元。整体式结构的 PLC 结构紧凑、体积小、重量轻、价格低、安装方便。微型和小型 PLC 一般为整体式结构。



图 1-1-4 Twido 一体式 PLC 外观图

模块式结构的 PLC 是由一些模块单元构成，这些标准模块如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块和各种功能模块等，将这些模块插在框架上和基板上即可。

各个模块功能是独立的，外形尺寸是统一的，可根据需要灵活配置。模块式结构的 PLC 的特点是组装灵活，便于拓展，维修方便，可根据要求配置不同模块以构成不同的控制系统。一般大、中型 PLC 采用模块式结构，有的小型 PLC 也采用这种结构。



图 1-1-5 Twido 模块式 PLC 外观图

2. 按输入/输出（I/O）点数和内存容量分类

一般而言，处理输入/输出点数越多，控制关系就越复杂，用户要求的程序存储器容量就越大，要求 PLC 指令及其他功能比较多，指令执行的过程也比较快。按 PLC 的输入、输出点数和内存容量的大小，可将 PLC 分为小型机、中型机、大型机等类型。

I/O 点数在 256 点以下为小型 PLC。

I/O 点数在 256 ~ 2048 点之间为中型 PLC。

I/O 点数大于 2048 为大型 PLC。

需要注意的是，划分 PLC 分界不是固定不变的，不同的厂家也有自己的分类方法。

3. 按实现的功能分类

按照 PLC 所能实现的功能不同，可以把 PLC 大致地分为低档 PLC、中档 PLC 和高档 PLC 三类。

低档 PLC 具有逻辑运算、计时、计数、移位、自诊断、监控等基本功能，还可有少量模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、通信等功能，主要用于逻辑控制、顺序控制或少量模拟量控制的单机控制系统。中档 PLC 除了具有低档 PLC 的功能外，还具有较强的模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、数制转换、远程 I/O、子程序、通信联网等功能，有些还可增设中断控制、PID 控制等功能，适用于复杂控制系统。高档 PLC 除具有中档机的功能外，还增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、平方根运算及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等。高档 PLC 机具有更强的通信联网功能，可用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统，实现工厂自动化。

五、PLC 的主要技术指标

尽管各 PLC 生产厂家生产产品的型号、规格和性能各不相同，但通常可以按照以下七种性能指标来进行综合描述。

1. 存储容量

存储容量是指 PLC 中用户程序存储器的容量。一般以 PLC 所能存放用户程序的多少来衡量内存容量。在 PLC 中程序指令是按“步”存放的。1“步”占一个地址单元，一个地址单元一般占两个字节，所以 1“步”就是一个字。例如，一个内存容量为 1000 步的 PLC，其内存容量为 2K 字节。

2. 输入/输出点数

输入/输出点数（I/O 点数）是指 PLC 输入信号和输出信号的数量，也就是输入、输出端子数的总和。这是一项很重要的技术指标，因为在选用 PLC 时，要根据控制对象的 I/O 点数来确定机型。I/O 点数越多，说明需要控制的器件和设备就越多。

3. 扫描时间

扫描时间是指 CPU 内部根据用户程序，按照逻辑顺序，从开始到结束一次扫描所需时间。PLC 用户手册一般给出执行指令所用的时间，所以可以通过比较各种 PLC 执行相同的操作所用的时间，来衡量扫描速度的快慢。

4. 编程语言与指令系统

PLC 的编程语言一般有梯形图、语句表以及高级语言等。PLC 的编程语言越多，用户的选择性就越大。PLC 中指令功能的强弱、数量的多少是衡量 PLC 软件性能强弱的重要指标。编程指令的功能越强、数量越多，PLC 的处理能力和控制能力也就越强，用户编程也就越简单，越容易完成复杂的控制任务。

5. 内部寄存器的种类和数量

内部寄存器主要包括定时器、计时器、中间继电器、数据寄存器和特殊寄存器等。它们主要用来完成计时、计数、中间数据存储和其他一些功能。内部寄存器的种类和数量越多，PLC 的功能就越强大。

6. 扩展能力

PLC 的可扩展能力主要包括 I/O 点数的扩展、存储容量的扩展、联网功能的扩展和各种功能模块的扩展等。在选择 PLC 时，要经常考虑到 PLC 的可扩展性。

7. 功能模块

PLC 除了主控模块外，还可以配接各种功能模块。主控模块可以实现基本控制功能，功能模块的配置则可实现一些特殊的专门功能。功能模块的配置反映了 PLC 的功能强弱，是衡量 PLC 产品档次高低的一个重要标志。常用的功能模块主要有：A/D 和 D/A 转换模块、高速计数模块、位置控制模块、速度控制模块和远程通信模块等。

六、三菱 FX 系列 PLC 简介

目前 PLC 的品牌较多，主要有三菱、西门子、ABB、GE、欧姆龙、施耐德、霍尼韦尔、罗克韦尔等。大型 PLC 属西门子和 ABB 整体性能全面、优越些；中、小型的三菱、欧姆龙、西门子的市场占有率高些，其中 ABB、西门子、霍尼韦尔、罗克韦尔价

格高些，基本每个品牌都有其大、中、小型的 PLC。本书主要介绍三菱 FX 系列 PLC，其他品牌用户可根据实际需要了解和选用。

FX 系列 PLC 包括 FX1S、FX1N、FX2N、FX2NC、FX3U、FX3UC 等。各型号的 PLC 在特点及功能上都有所区别，了解各型号 PLC 的特点和性能是正确选择 PLC 的前提。

1. FX1S 系列 PLC



图 1-1-6 FX1S 系列 PLC 外形图

- 控制规模：10 ~ 30 点（基本单元：10/14/20/30 点）。
- 适用于极小规模控制的基本机型。
- 虽然小型，但具有高性能及通信等的 +a 扩展性。

2. FX1N 系列 PLC



图 1-1-7 FX1N 系列 PLC 外形图

- 控制规模：24 ~ 128 点（基本单元：24/40/60 点）。
- 可以扩展输入、输出的端子排型标准机型。
- 可以提升系统的模拟量、通信等性能。

3. FX2N 系列 PLC



图 1-1-8 FX2N 系列 PLC 外形图

- 控制规模：16 ~ 256 点（基本单元：16/32/48/64/80/128 点）。
- 端子排型高性能标准规格机型。
- 因其高速、高功能等基本性能，适用于从普通顺控开始的广泛领域。

- 具有适用于各种领域的充实的扩展设备。

4. FX3U 系列 PLC



图 1-1-9 FX3U 系列 PLC 外形图

- 控制规模：16 ~ 384 点（基本单元：16/32/48/64/80/128 点）。
- 第三代微型可编程控制器。具有速度、容量、功能优势的新型高性能机。
- 业界的最高水平的高速处理及定位等内置功能得到了大幅强化。
- 包括远程 I/O 在内，可控制的最大输入、输出点数为 384，可以连接 FX2N 用的、丰富的特殊扩展设备。

5. FX3UC 系列 PLC



图 1-1-10 FX3UC 系列 PLC 外形图

- 控制规模：32 ~ 384 点（基本单元：32 点）。
- 连接器的输入、输出形式的紧凑型第三代微型可编程控制器。
- 业界的最高水平的高速处理及定位等内置功能得到了大幅强化。
- 紧凑型且输入、输出最大可扩展到 256 点。包括远程 I/O 在内，可控制的最大输入、输出点数为 384。

任务拓展 >>

通过查阅相关资料，了解国外的 PLC 品牌有哪些，国产 PLC 品牌有哪些，其功能和特点如何。

知识测评

1. 填空题

- (1) 世界上第一台 PLC 产生的国家是_____。
- (2) PLC 是_____的缩写。
- (3) PLC 的编程语言一般有_____、_____、_____等。
- (4) PLC 按结构形式划分主要有_____和_____两种。
- (5) PLC 中输入信号和输出信号的数量,也就是输入、输出端子数总和称为_____。

2. 选择题

- (1) 第一台 PLC 产生的时间是 ()。
A. 1967 年 B. 1968 年 C. 1969 年 D. 1970 年
- (2) PLC 控制系统能取代继电—接触器控制系统的部分是 ()。
A. 完全取代 B. 主电路 C. 接触器 D. 控制电路
- (3) 在 PLC 中程序指令是按“步”存放的,一个内存容量为 8000 步的 PLC,则其内存为 () K 字节。
A. 8 B. 16 C. 4 D. 2
- (4) 在对 PLC 进行分类时,I/O 点数为 () 时,可以看作是大型 PLC。
A. 256 B. 512 C. 1024 D. 2048
- (5) () 是使用得最多的可编程控制器的编程语言。
A. 语句表 B. 梯形图 C. 高级语言 D. 汇编语言

3. 简答题

- (1) 可编程控制器是如何定义的?
- (2) PLC 是如何分类的?
- (3) PLC 的主要特点有哪些?
- (4) PLC 的主要性能指标有哪些?
- (5) PLC 主要用于哪些方面?

任务要点归纳

本学习任务完成以下知识内容的学习:

1. PLC 的定义;
2. PLC 的起源和发展历程;

3. PLC 控制技术的特点和主要应用领域;
4. 通用型 PLC 的主要技术指标。

学习任务 2

PLC 的硬件

任务描述 > >

本学习任务以三菱 FX2N 系列为例, 重点介绍 PLC 硬件结构中 CPU、存储器、通信接口、输入/输出接口、电源、编程器等的功能和特点。在此基础上, 学习 PLC 循环扫描的工作方式和 PLC 执行程序输入采样阶段、程序处理阶段、输出刷新阶段的工作过程。

任务目标 > >

- 掌握 PLC 的基本结构。
- 掌握 PLC 的基本工作原理。
- 了解三菱 FX 系列 PLC 的硬件配置。

知识链接 > >

一、PLC 的基本结构

PLC 是一种适用于工业控制的专用电子计算机, 均采用典型的计算机结构, 其硬件系统结构如图 1-2-1 所示。

无论是哪种结构类型的 PLC, 都可以根据用户需要进行配置与组合。尽管整体式与模块式 PLC 的结构不太一样, 但各部分的功能作用基本上是相同的。下面对 PLC 主要组成部分进行简单介绍。

PLC 的硬件主要由中央处理器 (CPU)、存储器、输入/输出接口、通信接口、扩展接口、电源等部分组成。其中, CPU 是 PLC 的核心, 输入接口与输出接口是连接现场输入/输出设备与 CPU 之间的接口电路, 通信接口用于与编程器、上位计算机等外部设备连接。

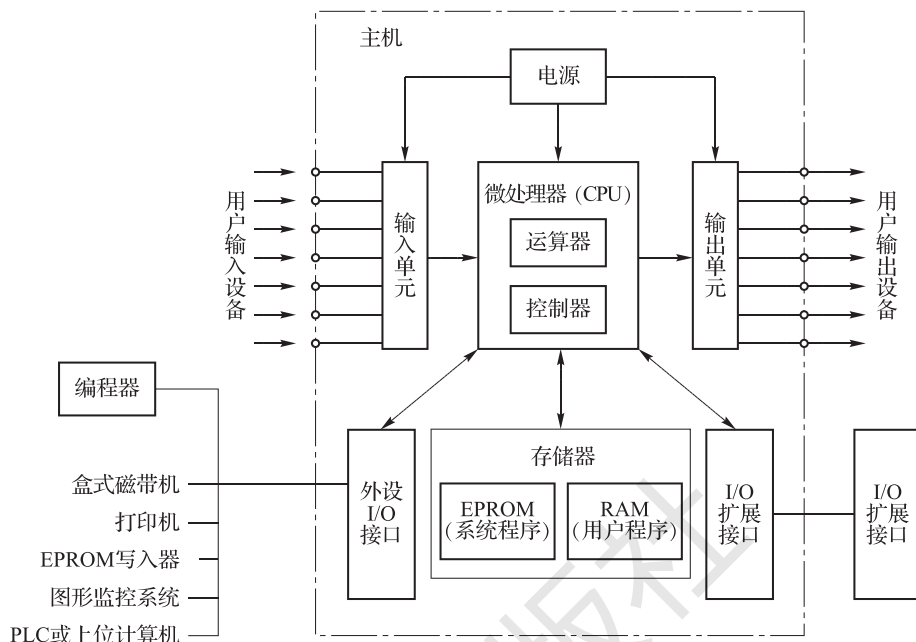


图 1-2-1 PLC 硬件系统结构图

1. 中央处理器 CPU (Central Processing Unit)

同一般的微机一样，CPU 是 PLC 的核心。PLC 中所配置的 CPU 随机型不同而不同，常用的有三类：通用微处理器（如 Z80、8086、80286 等）、单片微处理器（如 8031、8096 等）和位片式微处理器（如 AMD2900 等）。小型 PLC 大多采用 8 位通用微处理器和单片微处理器；中型 PLC 大多采用 16 位通用微处理器或单片微处理器；大型 PLC 大多采用高速位片式微处理器。

目前，小型 PLC 为单 CPU 系统，而中、大型 PLC 则大多为双 CPU 系统，甚至有些 PLC 中多达 8 个 CPU。对于双 CPU 系统，一般一个为字处理器，一般采用 8 位或 16 位处理器；另一个为位处理器，采用由各厂家设计制造的专用芯片。字处理器为主处理器，用于执行编程器接口功能，监视内部定时器，监视扫描时间，处理字节指令以及对系统总线和位处理器进行控制等。位处理器为从处理器，主要用于处理位操作指令和实现 PLC 编程语言向机器语言的转换。位处理器的采用，提高了 PLC 的速度，使 PLC 更好地满足实时控制要求。

在 PLC 中 CPU 按系统程序赋予的功能，指挥 PLC 有条不紊地进行工作，归纳起来主要有以下几个方面：

- (1) 接收从编程器输入的用户程序和数据。
- (2) 诊断电源、PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。

(3) 通过输入接口接收现场的状态或数据，并存入输入映象存储器或数据寄存器中。

(4) 从存储器逐条读取用户程序，经过解释后执行。

(5) 根据执行的结果，更新有关标志位的状态和输出映象寄存器的内容，通过输出单元实现输出控制。有些 PLC 还具有制表打印或数据通信等功能。

2. 存储器 (Memory)

PLC 的存储器用于存储程序和数据，可分为系统程序存储器和用户程序存储器。系统程序存储器用于存储系统程序，一般采用只读存储器 (ROM) 或可擦除可编程只读存储器 (EPROM)。PLC 出厂时，系统程序已经固化在存储器中，用户不能修改；用户程序存储器用于存储用户的应用程序，用户根据实际控制的需要，用 PLC 的编程语言编制应用程序，通过编程器输入到 PLC 的用户程序存储器。中小型 PLC 的用户程序存储器一般采用 EPROM、可擦除可编程只读存储器 (EEPROM) 或加后备电池的随机存储器 (RAM)，其容量一般不超过 8KB。用户程序是随 PLC 的控制对象而定的，由用户根据对象生产工艺的控制要求而编制的应用程序。为了便于读出、检查和修改，用户程序一般存于 CMOS 静态 RAM 中，用锂电池作为后备电源，以保证掉电时不会丢失信息。为了防止干扰对 RAM 中程序的破坏，当用户程序经过运行正常，不需要改变时，可将其固化在只读存储器 EPROM 中。现在有许多 PLC 直接采用 EPROM 作为用户存储器。

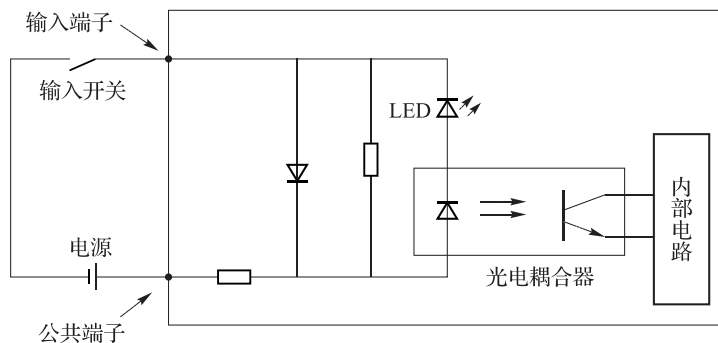
由于系统程序及工作数据与用户无直接联系，因此在 PLC 产品样本或使用手册中所列存储器的形式及容量是指用户程序存储器。当 PLC 提供的用户存储器容量不够用时，可以利用 PLC 提供的存储器扩展功能。

3. 输入/输出接口 (I/O)

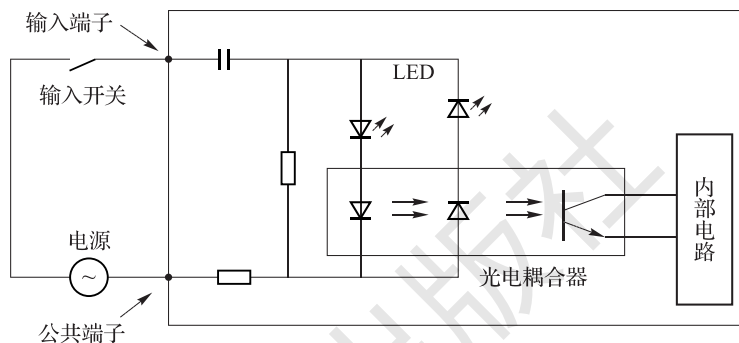
输入/输出接口通常也称 I/O 接口或 I/O 模块，是 PLC 与工业生产现场之间的连接部件。PLC 通过输入接口把外部设备（如开关、按钮、传感器）的状态或信息读入 CPU，用户程序运算与操作后，把结果经输出接口传送给执行机构（如电磁阀、继电器、接触器等）。输入接口对输入信号进行滤波、隔离、电平转换等，把输入信号的逻辑安全可靠地输入到 PLC 的内部。输出接口把程序执行的结果输出到 PLC 的外部，输出接口具有隔离 PLC 内部电路和外部执行元件的作用，还具有功率放大的作用，以驱动各种负载。因此，PLC 采用专门设计的输入、输出电路。图 1-2-2 和图 1-2-3 为常用的输入、输出接口电路。

(1) 输入接口电路

输入接口电路一般由光电耦合电路和微电脑输入接口电路组成。采用光电耦合电路实现了现场输入信号与 CPU 电路的电气隔离，增强了 PLC 内部电路与外部不同电压之间的电气安全，同时通过电阻分压及 RC 滤波电路，可滤掉输入信号的抖动和降低干扰噪声，提高了 PLC 输入信号的抗干扰能力。



(a) 直流输入接口电路



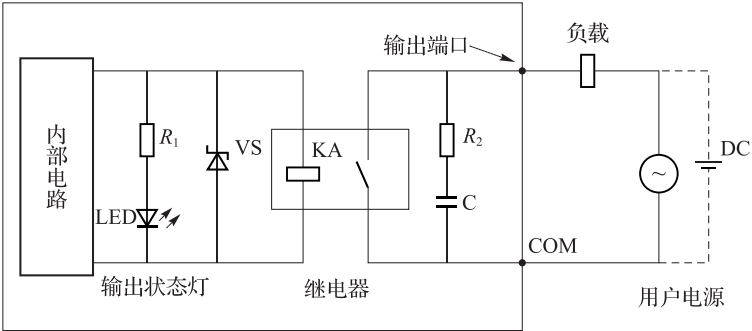
(b) 交流输入接口电路

图 1-2-2

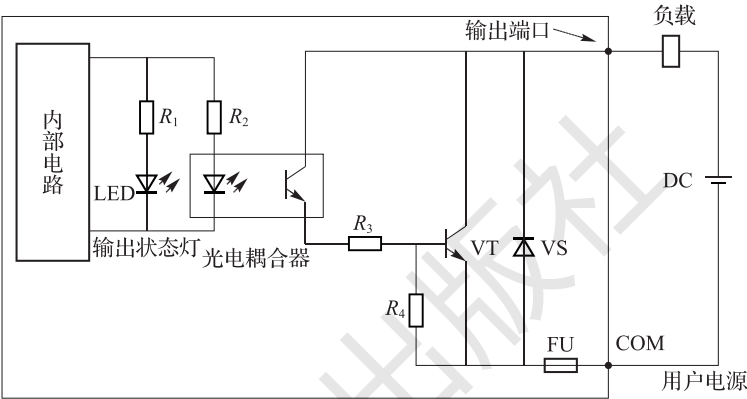
常用输入接口按其使用的电源不同有三种类型：直流（12~24V）输入接口、交流（100~120V、200~240V）输入接口和交/直流（12~24V）输入接口。直流输入电路的延迟时间比较短，可以直接与接近开关、光电开关等电子输入装置连接；交流输入电路适用于在有油雾、粉尘的恶劣环境下使用。

(2) 输出接口电路

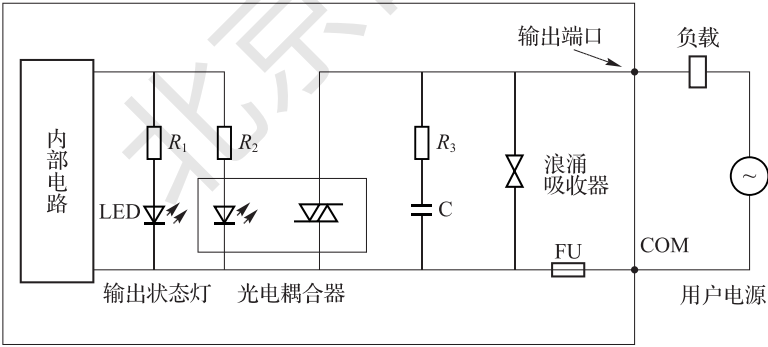
输出接口电路一般由 CPU 输出电路和功率放大器组成。CPU 输出接口电路同样采用了光电耦合电路，使 PLC 内部电路在电气上完全与外部控制设备隔离，有效地防止了现场的强电干扰，以保证 PLC 能在恶劣的环境下可靠地工作。PLC 的输出电路一般有 3 种类型：继电器输出型、晶体管输出型和晶闸管输出型，如图 1-2-3 所示。继电器输出型为有触点输出方式，可用于接通和断开频率较低的大功率直流负载或交流负载回路，负载电流可达 2A。在继电器输出接口电路中，对继电器触点的使用寿命也有限制，而且继电器输出的响应时间也比较慢（10ms 左右），因此，在要求快速响应的场合不适合使用此种类型的电路输出形式。晶体管输出型和晶闸管输出型为无触点输出方式，开关动作快，寿命长，可用于接通和断开频率较高的负载回路。其中晶闸管输出接口电路常用于带交流电源的大功率负载，晶体管输出型则用于带直流电源的小功率负载。



(a) 继电器输出接口电路



(b) 晶体管输出接口电路



(c) 晶闸管输出接口电路

图 1-2-3

4. 电源

PLC 配有开关电源，以供内部电路使用。与普通电源相比，PLC 电源的稳定性好、抗干扰能力强，对电网提供的电源稳定度要求不高，一般允许电源电压在其额定值 $\pm 15\%$ 的范围内波动。许多 PLC 还向外提供直流 24V 稳压电源，用于对外部传感器供电。

5. 编程器

编程器是 PLC 开发应用、检测运行、检查维护不可缺少的器件。它是 PLC 的外部

设备,是人机交互的窗口。可用于编程、对系统做一些设定、监控 PLC 及 PLC 所控制的系统的工作状况,但它不直接参与现场控制运行。编程器可以是专用编程器,也可以是配有编程软件包的通用计算机系统。专用编程器是由 PLC 生产厂家专供该厂家生产的某些 PLC 产品使用,使用范围有限,价格较高。目前,大多是使用个人计算机为基础的编程器,用户只要购买 PLC 厂家提供的编程软件和相应的硬件接口装置,就可以得到高性能的 PLC 程序开发系统。

6. 其他接口电路

PLC 配有各种通信接口,这些通信接口一般都带有通信处理器。PLC 通过这些通信接口可与监视器、打印机、其他 PLC、计算机等设备实现通信。PLC 与打印机连接,可将过程信息、系统参数等输出打印;与监视器连接,可将控制过程图像显示出来;与其他 PLC 连接,可组成多机系统或联成网络,实现更大规模控制;与计算机连接,可组成多级分布式控制系统,实现控制与管理相结合。

智能接口模块是一个独立的计算机系统,它有自己的 CPU、系统程序、存储器以及与 PLC 系统总线相连的接口。它作为 PLC 系统的一个模块,通过总线与 PLC 相连,进行数据交换,并在 PLC 的协调管理下独立地进行工作。PLC 的智能接口模块种类很多,如高速计数模块、闭环控制模块、运动控制模块、中断控制模块等。

二、PLC 的基本工作原理

(一) PLC 的工作方式

在分析 PLC 的工作方式与扫描周期之前,有必要了解 PLC 与计算机工作方式的相同点与不同点。两者之间的相同点:都是在硬件的支持下,通过执行反映控制要求的用户程序来实现的。不同点:计算机一般采用等待命令工作方式,如常见的键盘扫描或 I/O 扫描方式,当键盘按下时或 I/O 口有信号时产生中断,转入相应子程序。而 PLC 采用“循环扫描”的工作方式,系统工作任务管理及用户程序的执行都通过循环扫描的方式来完成;PLC 加电后,在系统程序的监控下,一直在周而复始地进行巡回扫描,执行由系统软件规定的任务,即用户程序的执行不是从头到尾只执行一次,而是执行一次以后,又返回去执行第二次、第三次……一直到停机。因此,PLC 可以简单地看成一种在系统程序监控下的扫描设备。其扫描工作过程除了执行用户程序外,在每次扫描工作过程中还要完成内部处理、通信服务工作。

整个扫描工作过程包括内部处理、通信服务、输入采样、程序执行、输出刷新五个阶段,如图1-2-4所示。整个过程扫描执行一遍所需的时间称为扫描周期。扫描周期的长短主要取决于以下几个因素:一是 CPU 执行指令的速度;二是执行每条指令占用的时间;三是程序中指令条数的多少。

在内部处理阶段,进行 PLC 自检,检查内部硬件是否正常,对监视定时器

(WDT) 复位以及完成其他一些内部处理工作。在通信服务阶段，PLC 与其他的带微处理器的智能装置通信，响应编程器键入的命令，更新编程器的显示内容等。

PLC 基本工作模式有运行模式和停止模式。当 PLC 处于停止 (STOP) 模式时，只完成内部处理和通信服务工作；当 PLC 处于运行 (RUN) 模式时，除完成内部处理和通信服务工作外，还要完成输入采样、程序执行、输出刷新工作。PLC 的扫描工作方式简单直观，便于程序的设计，并为可靠运行提供了保障。当 PLC 扫描到的指令被执行后，其结果马上就被后面将要扫描到的指令所利用，而且还可以通过 CPU 内部设置的监视定时器来监视每次扫描是否超过规定时间，避免由于 CPU 内部故障使程序执行进入死循环。

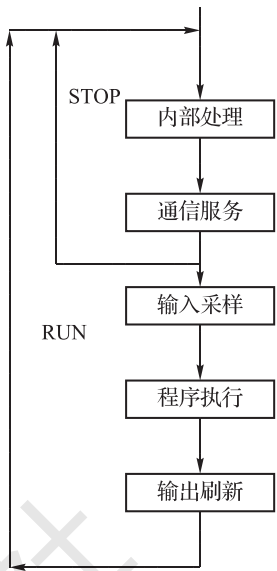


图 1-2-4 PLC 循环扫描过程示意图

(二) PLC 的程序执行过程

PLC 执行程序的过程分为三个阶段，即输入采样阶段、程序执行阶段、输出刷新阶段，如图 1-2-5 所示。

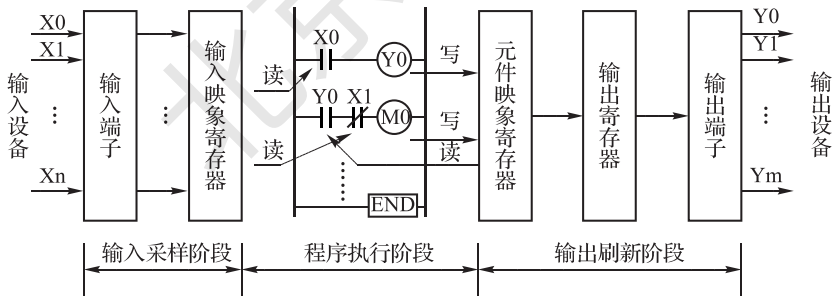


图 1-2-5 PLC 执行程序过程示意图

1. 输入采样阶段

输入采样也叫输入处理，在输入采样阶段，PLC 以扫描工作方式按顺序对所有输入端的输入状态进行采样，并存入输入映象寄存器中，此时输入映象寄存器被刷新。接着进入程序执行阶段。在程序执行阶段或其他阶段，即使输入状态发生变化，输入映象寄存器的内容也不会改变，输入状态的变化只有在下一个扫描周期的输入处理阶段才能被采样到。

2. 程序执行阶段

在程序执行阶段，PLC 程序按先上后下、先左后右的顺序，对梯形图程序进行逐

句扫描。当遇到程序跳转指令时,则根据跳转条件是否满足来决定程序是否跳转。当指令中涉及输入、输出状态时,PLC 从输入映象寄存器和元件映象寄存器中读出,并根据采样到输入映象寄存器中的结果进行逻辑运算,运算结果再存入有关映象寄存器中。对于元件映象寄存器来说,其内容会随程序执行的过程而变化。

3. 输出刷新阶段

当所有程序执行完毕后,进入输出处理阶段。在这一阶段里,PLC 将输出映象寄存器中与输出有关的状态(输出继电器状态)转存到输出锁存器中,并通过一定方式输出,驱动外部负载。

因此,PLC 在一个扫描周期内,对输入状态的采样只在输入采样阶段进行。当 PLC 进入程序执行阶段后输入端将被封锁,直到下一个扫描周期的输入采样阶段才对输入状态进行重新采样。这种方式称为集中采样,即在一个扫描周期内,集中一段时间对输入状态进行采样。在用户程序中如果对输出结果多次赋值,则最后一次有效。在一个扫描周期内,只在输出刷新阶段才将输出状态从输出映象寄存器中输出,对输出接口进行刷新,在其他阶段里输出状态一直保存在输出映象寄存器中,这种方式称为集中输出。

对于小型 PLC,其 I/O 点数较少,用户程序较短,一般采用集中采样、集中输出的工作方式。虽然在一定程度上降低了系统的响应速度,但使 PLC 工作时大多数时间与外部输入/输出设备隔离,从根本上提高了系统的抗干扰能力,增强了系统的可靠性。而对于大、中型 PLC,其 I/O 点数较多,控制功能强,用户程序较长,为提高系统响应速度,可以采用定期采样、定期输出方式,或中断输入、输出方式以及采用智能 I/O 接口等多种方式。

从上述分析可知,从 PLC 的输入端输入信号发生变化到 PLC 输出端对该输入变化作出反应,需要一段时间,这种现象称为 PLC 输入/输出响应滞后。对一般的工业控制,这种滞后是完全允许的。应该注意的是,这种响应滞后不仅是由于 PLC 扫描工作方式造成的,更主要的是 PLC 输入接口的滤波环节带来的输入延迟以及输出接口中驱动器件的动作时间带来的输出延迟,同时还与程序设计有关。滞后时间是设计 PLC 应用系统时应注意把握的一个参数。

任务拓展 >>

在认识 PLC 的组成结构和工作原理的基础上,为了使读者对 PLC 有一个更深入的了解,请同学们查阅资料详细了解三菱 FX2N 的性能和产品规格。

知识测评

1. 填空题

(1) PLC 的基本结构由_____、_____、_____、_____、_____等组成。

(2) PLC 的存储器包括_____和_____。

(3) PLC 采用_____工作方式是 PLC 区别于微型计算机的最大特点。一个扫描周期可分为_____、_____、_____、_____和_____五个阶段。

(4) PLC 是专为工业控制设计的, 为了提高其抗干扰能力, 输入、输出接口电路均采用_____电路。输出接口电路有_____、_____、_____三种输出方式, 以适用于不同负载的控制要求。其中高速、大功率的交流负载, 应选用_____输出接口电路。

(5) 在 PLC 控制中, 完成一次扫描所需时间称为_____。

2. 选择题

(1) PLC 的核心是 ()。

A. CPU

B. 存储器

C. 输入/输出接口

D. 通信接口电路

(2) 用户设备需输入 PLC 的各种控制信号, 通过 () 将这些信号转换成中央处理器能够接收和处理的信号。

A. CPU

B. 输出接口电路

C. 输入接口电路

D. 存储器

(3) PLC 每次扫描用户程序之前都可执行 ()。

A. 自诊断

B. 与编程器等通信

C. 输入取样

D. 输出刷新

(4) () 是将 PLC 与现场输入、输出设备连接起来的部件。

A. CPU

B. 输入/输出接口电路

C. 编程器

D. 存储器

(5) 在 PLC 中, 可以通过编程器修改或增删的是 ()。

A. 用户程序

B. 系统程序

C. 工作程序

D. 任何程序

3. 简答题

(1) PLC 由哪几部分组成? 各部分的作用是什么?

(2) PLC 的输入方式有哪几种? 各种输入方式的作用和特点是什么?

(3) PLC 有几种输出类型? 各有什么特点? 各适用于什么场合?

(4) 在 I/O 电路中, 光电耦合器的主要功能是什么?

(5) 查阅资料, 试说明 FX2N-128MT-001 型号表示的含义。

任务要点归纳

本学习任务完成以下知识内容的学习:

1. 三菱 FX2N 系列 PLC 的硬件组成及其功能特点;

2. PLC 循环扫描的工作方式；
3. PLC 程序执行过程。

学习任务 3

PLC 的软元件

任务描述 >>

本学习任务介绍 PLC 的软件系统，将重点学习软件系统中的用户程序，详细介绍梯形图编程、指令表编程和顺序功能图编程的方法和要求，在此基础上，学习什么是软元件以及各种软元件组成的继电器的功能和用途。

任务目标 >>

- 掌握三菱系列 PLC 的编程语言。
- 学会使用三菱系列 PLC 内部各种软元件资源。

知识链接 >>

一、PLC 的编程语言

PLC 是一种工业控制计算机，不仅有硬件，软件也是必不可少的。在 PLC 中软件分为两大部分，即系统程序和用户程序。

系统程序是由 PLC 制造厂商设计编写，并存入 PLC 的系统存储器中，用户不能直接读写与更改。系统程序一般包括系统诊断程序、输入处理程序、编译程序、信息传送程序、监控程序等。用户程序是用户利用 PLC 的编程语言，根据控制要求编制的程序。在 PLC 的应用中，最重要的是用 PLC 的编程语言来编写用户程序，以实现控制目的。由于 PLC 是专门为工业控制而开发的装置，其主要使用者是广大电气技术人员，为了满足他们的传统习惯和掌握能力，PLC 的主要编程语言采用比计算机语言相对简单、易懂、形象的专用语言。PLC 编程语言是多种多样的，对于不同生产厂家、不同系列的 PLC 产品采用的编程语言的表达方式也不相同。目前，PLC 为用户提供了多种编程语言，以适应编制用户程序的需要。PLC 提供的编程语言通常有：梯形图、指令表、顺序功能图和功能块图。

FX2N 系列 PLC 的编程方式主要有三种：梯形图编程、指令表编程和顺序功能图编程。以下简要介绍几种常见的 PLC 编程语言。

1. 梯形图编程

梯形图语言是在传统电气控制系统中常用的接触器、继电器等图形表达符号的基

础上演变而来的。它与电气控制线路图相似，继承了传统电气控制逻辑中使用的框架结构、逻辑运算方式和输入、输出形式，具有形象、直观、简单明了、易于理解的特点，特别适合开关量逻辑控制，是 PLC 最基本、最普遍的编程语言。因此，这种编程语言为广大电气技术人员所熟知，是应用最广泛的 PLC 编程语言，是 PLC 的第一编程语言。如图 1-3-1 所示是传统的电气控制线路图和 PLC 梯形图。

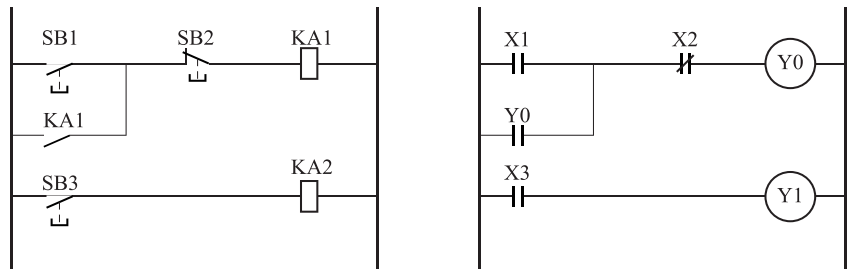


图 1-3-1 传统的电气控制线路图和 PLC 梯形图

从图中可以看出，两种图基本表示思路是一致的，具体表达方式有一定的区别。PLC 的梯形图由触点符号、继电器线圈符号组成，在这些符号上标注操作数。每条梯形图以母线开始，以继电器线圈作为一条的结尾，右边以地线终止。采用梯形图编程时，在编程软件的界面上有常开、常闭触点和继电器线圈符号，用鼠标直接单击这些符号，然后填写操作数就能进行编程。PLC 对梯形图语言的用户程序进行循环扫描，从第一条至最后一条，周而复始。

2. 语句表（指令表）编程

语句表是用助记符来表达 PLC 的各种功能。它类似于计算机的汇编语言，但比汇编语言通俗易懂，也是较为广泛应用的一种编程语言。使用语句表编程时，编程设备简单，逻辑紧凑、系统化，连接范围不受限制，但比较抽象。一般可以与梯形图互相转化，互为补充。目前，大多数 PLC 都有语句表编程功能。虽然各个 PLC 生产厂家的语句表形式不尽相同，但基本功能相差无几。下面是与图 1-3-1 中梯形图对应的语句表编写的程序。

步号	指令	数据
0	LD	X1
1	OR	Y0
2	ANI	X2
3	OUT	Y0
4	LD	X3
5	OUT	Y1

可以看出，语句是语句表程序的基本单元，每个语句由步号、操作码（指令）和操作数（数据）三部分组成。步号是用户程序中的序号，一般由编程器自动依次给出。操作码就是 PLC 指令系统中的指令代码、指令助记符，它表示需要进行的工作。操作数则是操作对象，主要是继电器的类型和编号，每一个继电器都用一个字母开头，后

级数字，表示属于哪类继电器的第几号继电器。一个语句就是给 CPU 的一条指令，规定其对谁（操作数）做什么工作（操作码）。一个控制动作由一个或多个语句组成的应用程序来实现。PLC 对语句表编写的用户程序同样进行循环扫描，从第一条至最后一条，周而复始。

3. 顺序功能图编程

顺序功能图编程（SFC 编程）是一种较新的编程方法，又称状态转移图编程。它的编程方式是采用画工艺流程图的方法编程，如图 1-3-2 所示。只要在每个工艺方框的输入和输出端，标上特定的符号即可。它将一个完整的控制过程分为若干阶段，各阶段具有不同的动作，阶段间有一定的转换条件，转换条件满足就实现阶段转移，上一阶段动作结束，下一阶段动作开始，是用功能图的方式来表达一个控制过程，对于顺序控制系统特别适用。许多 PLC 都提供了用于 SFC 编程的指令，它是一种效果显著、深受欢迎的编程语言。目前国际电工委员会（IEC）也正在实施并发展这种语言的编程标准。

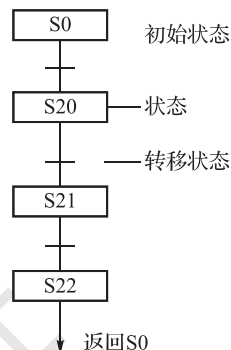


图 1-3-2 SFC 编程示意图

从上面的介绍中可以看出，用梯形图或语句表编写的程序可进行转换，用 SFC 编写的顺序控制程序也能转换成梯形图或语句表，十分方便，用户可根据实际情况合理选用相应的编程方式。

二、PLC 的软元件

在常用的电气控制电路中，采用电气开关、继电器、接触器等组成电路。PLC 内部有许多具有不同功能的器件，实际上这些器件是由电子电路和存储器组成的。为了把它们与通常的硬器件区分开，通常把这些器件称为软元件，是等效概念抽象模拟的器件，并非实际的物理器件。在 PLC 控制系统中，采用内部存储单元（软元件）模拟各种常规电气控制元件。PLC 内部有大量由软元件组成的内部继电器，这些软元件要按一定的规则进行编号。三菱 FX2N 系列的 PLC 软元件的名称由字母和数字组成，它们分别表示软元件的类型和软元件号，如 X0、Y1、S0、D100 等。其中 X、Y、S、D 表示软元件的类型，0、1、0、100 表示软元件号。但是根据使用 PLC 的 CPU 不同，所使用的软元件也不同。下面以 FX2N 为代表，介绍 PLC 内部的软元件。在 FX2N 系列中用 X 表示输入继电器、Y 表示输出继电器、M 表示辅助继电器、S 表示状态继电器、T 表示定时器、C 表示计数器、D 表示数据寄存器。

1. 输入继电器 X

输入继电器是 PLC 用来接收用户输入设备发出的输入信号。输入继电器只能由外部信号所驱动，不能用程序内部的指令来驱动。因此，在程序中输入继电器只有触点

(常开、常闭触点可以重复多次使用)。由前文所述，输入模块可等效输入继电器的输入线圈，其等效电路如图 1-3-3 所示。

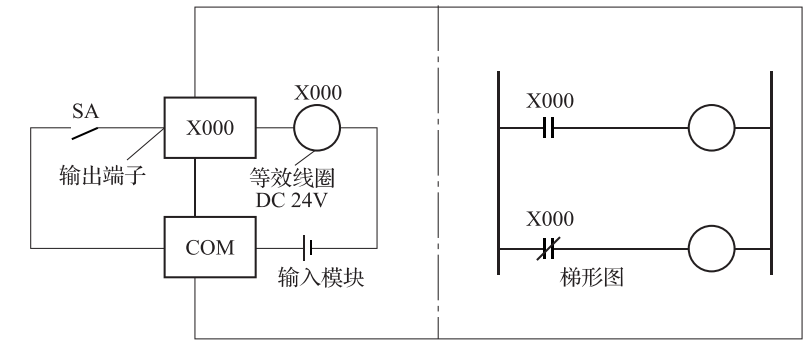


图 1-3-3 输入继电器等效电路图

2. 输出继电器 Y

输出继电器是 PLC 用来将输出信号传送给负载的元件。输出继电器由内部程序驱动，其触点有两类：一类是由软件构成的内部触点（软触点，程序里可以多次重复使用）；另一类则是由输出模块构成的外部触点（硬触点），它具有一定的带负载能力，其等效电路如图 1-3-4 所示。

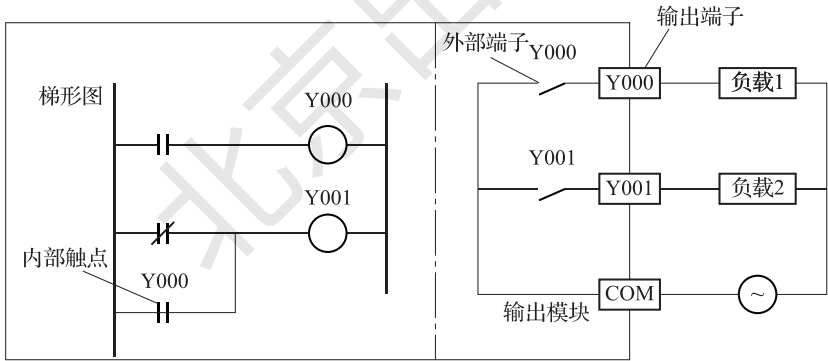


图 1-3-4 输出继电器等效电路图

从图 1-3-3 和图 1-3-4 中可以看出，输入继电器或输出继电器都是由硬件（I/O 单元）和软件构成的。因此，由软件构成的内部触点可任意取用，不限数量，而由硬件构成的外部触点只能单一使用。硬件输入/输出继电器的地址编号采用八进制，地址分配表见表 1-3-1。

表 1-3-1 输入/输出继电器的地址分配表

型号	FX2N-16M	FX2N-32M	FX2N-48M	FX2N-64M	FX2N-80M	FX2N-128M	带扩展	
输入继电器 X	X000 ~ X007 8 点	X000 ~ X017 16 点	X000 ~ X027 24 点	X000 ~ X037 32 点	X000 ~ X047 40 点	X000 ~ X077 64 点	X000 ~ X267 (X177) 184 点 (128 点)	输入、输出合计 256 点
输出继电器 Y	Y000 ~ Y007 8 点	Y000 ~ Y017 16 点	Y000 ~ Y027 24 点	Y000 ~ Y037 32 点	Y000 ~ Y047 40 点	Y000 ~ Y077 64 点	Y000 ~ Y267 (Y177) 184 点 (128 点)	

3. 辅助继电器 M

辅助继电器相当于电气控制中的中间继电器，是 PLC 中数量最多的一种继电器，它存储中间状态或其他信息。辅助继电器不能直接驱动外部负载，只能在程序中驱动输出继电器的线圈，负载只能由输出继电器的外部触点驱动。辅助继电器的常开与常闭触点在 PLC 内部编程时可无限次使用。辅助继电器的地址编号是采用十进制的，共分为三类：通用辅助继电器、断电保持辅助继电器和特殊用途辅助继电器。辅助继电器的地址编号和功能见表 1-3-2。

表 1-3-2 辅助继电器地址分配表

辅助继电器 M	M0 ~ M499 500 点	M500 ~ M3071 2048 点	M8000 ~ M8255 256 点
	通用	保存用	特殊用

(1) 通用辅助继电器

通用辅助继电器 M0 ~ M499，共有 500 点。通用辅助继电器在 PLC 运行时，如果电源突然断电，则全部线圈均 OFF。当电源再次接通时，除了因外部输入信号而变为 ON 的以外，其余的仍将保持 OFF 状态，它们没有断电保护功能。通用辅助继电器常在逻辑运算中作为辅助运算、状态暂存、移位等。根据需要可通过程序设定，将 M0 ~ M499 变为断电保持辅助继电器。

(2) 断电保持辅助继电器

断电保持辅助继电器 M500 ~ M3071，共 2572 点。它与普通辅助继电器不同的是具有断电保护功能，即能记忆电源中断瞬时的状态，并在重新通电后再现其状态。它之所以能在电源断电时保持其原有的状态，是因为电源中断时用 PLC 中的锂电池保持它们在映象寄存器中的内容。其中 M500 ~ M1023 可由软件将其设定为通用辅助继电器。

(3) 特殊辅助继电器

PLC 内有大量的特殊辅助继电器，它们都有各自的特殊功能。FX2N 系列中 M8000 ~ M8255，有 256 个特殊辅助继电器，可分成触点型和线圈型两大类。

①触点型。

其线圈由 PLC 自动驱动，用户只可使用其触点。例如：

M8000：运行监视器（在 PLC 运行中接通），M8001 与 M8000 为相反逻辑。
M8002：初始脉冲（仅在运行开始时瞬间接通），M8003 与 M8002 为相反逻辑。
M8011、M8012、M8013 和 M8014 分别是产生 10ms、100ms、1s 和 1min 时钟脉冲的特殊辅助继电器。

②线圈型。

由用户程序驱动线圈后 PLC 执行特定的动作。例如：
M8033：若使其线圈得电，则 PLC 停止时保持输出映像存储器和数据寄存器内容。
M8034：若使其线圈得电，则将 PLC 的输出全部禁止。
M8039：若使其线圈得电，则 PLC 按 D8039 中指定的扫描时间工作。

4. 状态继电器 S

状态继电器用来记录系统运行中的状态，是编制顺序控制程序的重要编程元件，它与后述的步进指令 STL 配合使用，也可作为通用继电器使用。状态继电器有五种类型：初始状态器 S0 ~ S9 共 10 点；回零状态器 S10 ~ S19 共 10 点；通用状态器 S20 ~ S499 共 480 点；具有断电保持的状态器 S500 ~ S899 共 400 点；供报警用的状态器（可用作外部故障诊断输出）S900 ~ S999 共 100 点。状态继电器的地址分配见表1-3-3。

表 1-3-3 状态继电器地址分配表

状态继电器 S	S0 ~ S9 10 点 初始用	S500 ~ S899 400 点	S900 ~ S999 100 点
	S10 ~ S19 10 点 返回原点用	断电保持用	报警用
	S20 ~ S499 480 点 通用		

在使用状态器时应注意：

- (1) 状态器与辅助继电器一样有无数的常开和常闭触点；
- (2) 状态器不与步进顺控指令 STL 配合使用时，可作为辅助继电器 M 使用；
- (3) FX2N 系列 PLC 可通过程序设定将 S0 ~ S499 设置为具有断电保持功能的状态器。

5. 定时器 T

PLC 中的定时器 T 相当于继电器控制系统中的通电延时型时间继电器，它可以提供无限对常开、常闭延时触点。FX2N 系列中定时器可分为通用定时器、积算定时器两种。它们是通过在一定周期的时钟脉冲进行累计而实现定时的，时钟脉冲的周期为 1ms、10ms、100ms 三种，当所计数达到设定值时触点动作。设定值可用常数 K 或数据寄存器 D 中的内容来设置。定时器的地址分配见表 1-3-4。

表 1-3-4 定时器地址分配表

定 时 器 T	T0 ~ T199 200 点	T200 ~ T245 46 点	T246 ~ T249 4 点	T250 ~ T255 6 点
	100ms	10ms	1ms 积算 执行中断用	100ms 积算
	T192 ~ T199 子程序用		断电保持型	断电保持型

6. 计数器 C

计数器是靠输入脉冲由低电平到高电平变化累计进行计数的，结构类似于定时器。FX2N 型计数器根据其目的和用途可以分为以下两种。

(1) 内部计数器

内部计数器对内部信号计数，有 16 位和 32 位计数器，该计数器的应答速度通常在 10Hz 以下。

(2) 高速计数器

高速计数器响应频率较高，最高响应频率为 60kHz，因此在频率较高时要采用高速计数器。FX2N 编程控制器的内置高速计数器编号分配在输入 X000 ~ X007，X000 ~ X007 不可重复使用。而不作为高速计数器使用的输入编号可在顺控程序中作为普通的输入继电器使用。此外，不作为高速计数器使用的高速计数器编号也可以作为数值存储器中的 32 位数据寄存器使用。计数器的地址分配见表 1-3-5。

表 1-3-5 计数器地址分配表

计 数 器 C	16 位加法计数器		32 位可逆计数器		32 位高速可逆计数器 最大 6 点		
	C0 ~ C99	C100 ~ C199	C200 ~ C219	C220 ~ C234	C235 ~ C245	C246 ~ C250	C251 ~ C255
	100 点	100 点	20 点	15 点	1 相单向	1 相双向	2 相计数输入
	通用	保持用	通用	断电保持用	计数输入	计数输入	

7. 数据寄存器 D

数据寄存器是专门用来存放数据的软元件，供数据传送、数据运算等操作。可编程控制器中的寄存器用于存储模拟量控制、位置量控制、数据 I/O 所需的数据及工作参数。每一个数据寄存器都是 16 位，可以用两个数据寄存器合并起来存放 32 位数据。数据寄存器通常有以下几种，其地址分配见表 1-3-6。

表 1-3-6 数据寄存器地址分配表

数据寄存器		D0 ~ D199	D200 ~ D511	D512 ~ D7999	D8000 ~ D8195	V0 ~ V7, Z0 ~ Z7
D、V、Z		200 点	312 点	7488 点	196 点	16 点
		通用	保持用	保持用	特殊用	变址用
嵌套指针		Z0 ~ Z7	P0 ~ P63 64 点	100 * ~ 150 * 6 点	16 * ~ 18 * 3 点	I010 ~ I060 6 点
		8 点	跳转子程序用	输入中断指针	定时中断指针	计数中断指针
		主控用	分支指针			
常数	K	16 位 - 32768 ~ 32767		32 位 - 2147483648 ~ 2147483647		
	H	16 位 0 ~ FFFH		32 位 0 ~ FFFFFFFFH		

(1) 通用数据寄存器

通用数据寄存器 D0 ~ D199, 200 点, 数据掉电消失, 通过参数设定可以变更为停电保持型。

(2) 停电保持数据寄存器

停电保持数据寄存器 D200 ~ D511, 312 点, 除非改写, 否则原有数据不会丢失。无论电源接通与否, PLC 运行与否, 其内容也不会变化, 但通过参数设定可以变为非停电保持型。

(3) 特殊数据寄存器

特殊数据寄存器 D8000 ~ D8195, 196 点, 这些数据寄存器供监控 PLC 中各种元件运行方式之用, 其内容在电源接通 (ON) 时, 写入初始化值 (全部先清零, 然后由系统 ROM 安排写入初始值)。

(4) 文件寄存器

文件寄存器 D512 ~ D7999, 7488 点, 用于存储大量的数据, 例如采集数据、统计计算数据、多组控制参数等。其数量由 CPU 的监控软件决定, 但可以通过扩充存储卡的方法加以扩充。

(5) 变址寄存器

FX2N 系列 PLC 的变址寄存器 V0 ~ V7, Z0 ~ Z7, 16 点, 与普通的数据寄存器一样, 是进行数值数据读、写的 16 位数据寄存器。

8. 指针 P、I

分支用指针 P, 中断用指针 I。其中分支指针的编号为 P0 ~ P63, 64 点, 用作跳转子程序用; 输入中断指针用 100 * ~ 150 *, 6 点; 定时中断指针用 16 * ~ 18 *, 3 点; 计数中断指针用 I010 ~ I060, 6 点。

9. 嵌套层数 N

嵌套层数是专门指定嵌套的层数的编程软件, 和 MC、MCR 一起使用。在 PLC 中有 N0 ~ N7, 8 点。

10. 常数 K、H、E

常数是程序中必不可少的编程元件, 分别用字母 K、H、E 来表示。十进制数 K 主要用于: (1) 定时器和计数器的设定值。(2) 辅助继电器、定时器、计数器、状态器等软元件编号。(3) 指定应用指令操作数中的数值与指令动作; 十六进制数 H 同十进制数一样, 用于指定应用指令操作数中的数值与指令动作; 浮点数 E 主要用于指定操作数的数值。

应该说明的是, 以上所讲的内容都是以 FX2N 系列为例, 不同类型的 PLC, 其元件地址编号分配都不相同, 其功能也各有特点, 读者在使用时应仔细阅读相应的用户手册。

任务拓展 > >

在认识 FX 系列 PLC 内部资源分配的基础上,请读者查阅相关资料了解施耐德 Twido 系列 PLC 内部资源的分配情况。

知识测评

1. 填空题

- (1) FX2N 系列 PLC 的编程方式主要有三种: _____、_____和_____。
- (2) 指令表编写的用户程序中,语句是最小的程序组成部分,它由语句_____, _____、_____组成。
- (3) 在 PLC 控制系统中,采用内部_____模拟各种常规电气控制元件。
- (4) FX2N 中辅助继电器很多,但是根据其功能的不同,可以分为_____, _____和_____三类。
- (5) PLC 中的定时器相当于继电器控制系统中的_____。

2. 选择题

- (1) PLC 中梯形图与语句表的关系是 ()。
 - A. 梯形图可以转成语句表,但是语句表不能转成梯形图
 - B. 一一对应
 - C. 语句表可以转成梯形图,但是梯形图不能转成语句表
 - D. 相互独立
- (2) 在 FX2N 系列 PLC 内部的软元件中,用 M 表示 ()。
 - A. 辅助继电器
 - B. 数据寄存器
 - C. 计数器
 - D. 状态继电器
- (3) FX2N 系列辅助继电器中, () 具有断电保护功能,即能记忆电源中断瞬时的状态,并在重新通电后再现其状态。
 - A. 通用辅助继电器
 - B. 状态继电器
 - C. 断电保持辅助继电器
 - D. 特殊用途辅助继电器
- (4) () 是专门用来存放数据的软元件,供数据传送、数据运算等操作。
 - A. 输入继电器
 - B. 辅助继电器
 - C. 数据寄存器
 - D. 输出继电器
- (5) () 相当于电气控制中的中间继电器,是 PLC 中数量最多的一种继电器,它存储中间状态或其他信息。
 - A. 输入继电器
 - B. 辅助继电器
 - C. 数据寄存器
 - D. 输出继电器

3. 简答题

- (1) FX2N 系列 PLC 常用的编程语言有哪几种？各有什么特点？
- (2) 说明输入继电器和输出继电器的特点及应用。
- (3) 简述辅助继电器三种类型的特点及应用。
- (4) 状态继电器有哪几种？其地址如何分配？
- (5) 简述数据寄存器的种类及特点。

任务要点归纳

本学习任务完成以下知识内容的学习：

1. PLC 用户程序的三种编程方式：梯形图编程、指令表编程和顺序功能图编程；
2. 三菱 FX2N 内部继电器 X、Y、M、D、T、C、S 等的功能和用途。

学习任务 4

FX 系列编程软件

任务描述 >>

本学习任务将练习三菱编程软件 GX Developer 的安装和配置以及如何新建一个工程项目进行练习软件的使用、编辑和仿真等功能，通过练习，为后续实训任务的操作奠定基础。

任务目标 >>

- 学会 GX Developer 软件的安装及相关使用。
- 能利用 GX Developer 软件针对具体任务进行仿真。

知识链接 >>

一、软件的安装

1. 打开三菱 PLC 编程软件 GX Developer 文件夹。



2. 先安装“通用环境”。单击文件夹“EnvMEL”，再单击“SETUP”进行安装。



3. 再安装“编程软件”。单击“后退”按钮，返回到原来的文件夹“GX Developer”，单击“SETUP”进行安装。



4. 单击“开始”，在“程序”里可以找到安装好的文件。



二、软件使用及仿真

1. 双击 GX Developer 图标，进入如图 1-4-1 所示界面。



图 1-4-1 应用软件界面

2. 单击“工程”，选择“创建新工程”，弹出如图 1-4-2 所示对话框，在“PLC 系列”下拉选项中选择“FXCPU”，“PLC 类型”选择“FX1S”，“程序类型”选择“梯形图逻辑”。在“设置工程名”一项前打勾，可以输入工程要保存到的路径和名称。



图 1-4-2 创建新工程对话框

3. 单击“确定”后，进入梯形图编辑界面，如图 1-4-3 所示。

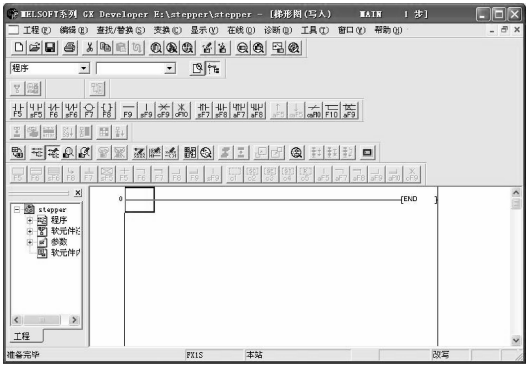


图 1-4-3 梯形图编辑界面

当梯形图内的光标为蓝边空心框时为写入模式，可以进行梯形图的编辑；当光标为蓝边实心框时为读出模式，只能进行读取、查找等操作，可以通过选择“编辑”中的“读出模式”或“写入模式”进行切换。

梯形图的编辑可以选择工具栏中的元件快捷图标，也可以单击“编辑”，选择“梯形图标记”中的元件项，也可以使用快捷键 F5 ~ F10，Shift + F5 ~ F10，或者在想要输入元件的位置双击鼠标左键，弹出图 1-4-4 所示对话框，在下拉列表中选择元件符号，编辑栏中输入元件名，按确定将元件添加到光标位置。



图 1-4-4 元件添加编辑栏

编辑过的梯形图背景为灰色，如图 1-4-5 所示，在调试用下载程序之前，需要对程序进行变换，单击“变换”，选择“变换”，或者直接按 F4，对已编辑的梯形图进行变换，如果梯形图语法正确，变换完成后背景变回白色；如果有语法错误，则不能完成变换，系统会弹出消息框提示。

单击快捷键“梯形图/列表显示切换”（图 1-4-5）可以在梯形图程序与相应的语句表之前进行切换。此外 GX Developer 具备返回、复制、粘贴、行插入、行删除等常用操作，具体可参考 GX Developer 用户操作手册。

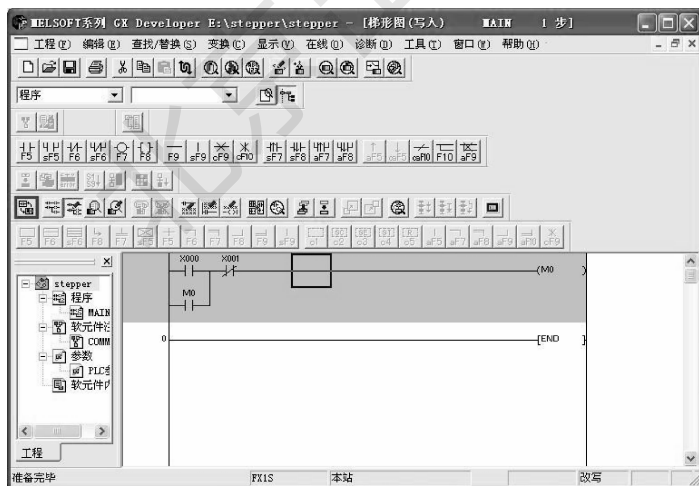


图 1-4-5 梯形图与语句表切换界面

4. 按照图 1-4-6 进行编辑，输入梯形图，按 F4 进行变换。图 1-4-6 中为单 3 拍步进电动机的模拟程序，X0 与 X1 分别为开、关输入，Y0、Y1、Y2 为三相输出，连接步进电动机的三对绕组。第 0 行，当按下 X0 后，中间继电器 M0 接通，从而常开触点 M0 闭合，此后除非按下 X1，否则 M0 一直保持接通状态。第 4 行，M0 接通后，定时器 T0 开始计时，与常闭触点相连的 Y0 接通为 ON，T0 的设定时

间为 0.5s，当 T0 计时满 0.5s 时，常闭触点 T0 断开，因此，Y0 变为 OFF，至此 Y0 导通了 0.5s。同时，第 11 行，常开触点 T0 接通，T1 开始计时，Y1 接通为 ON，与上面一样，在导通 0.5s 后，Y1 变为 OFF。第 17 行常开触点 T1 接通，从而 Y2 接通为 ON，0.5s 后，Y2 又变为 OFF，此时第 4 行常闭触点 T2 断开，线圈 T0 失电使触点 T0、线圈 T1、触点 T1、线圈 T2 依次断开，最后常闭触点 T2 恢复到闭合状态，T0 开始导通计时，从而整个线路开始进行下一周期的动作，这样从 Y0、Y1、Y2 三点上不断循环输出如图 1-4-7 所示的脉冲波，驱动步进电动机以 2/3Hz 的频率转动。当按下 X1 时，M0 失电断开，使 T0、T1、T2 失电，从而停止动作，步进电动机停转。

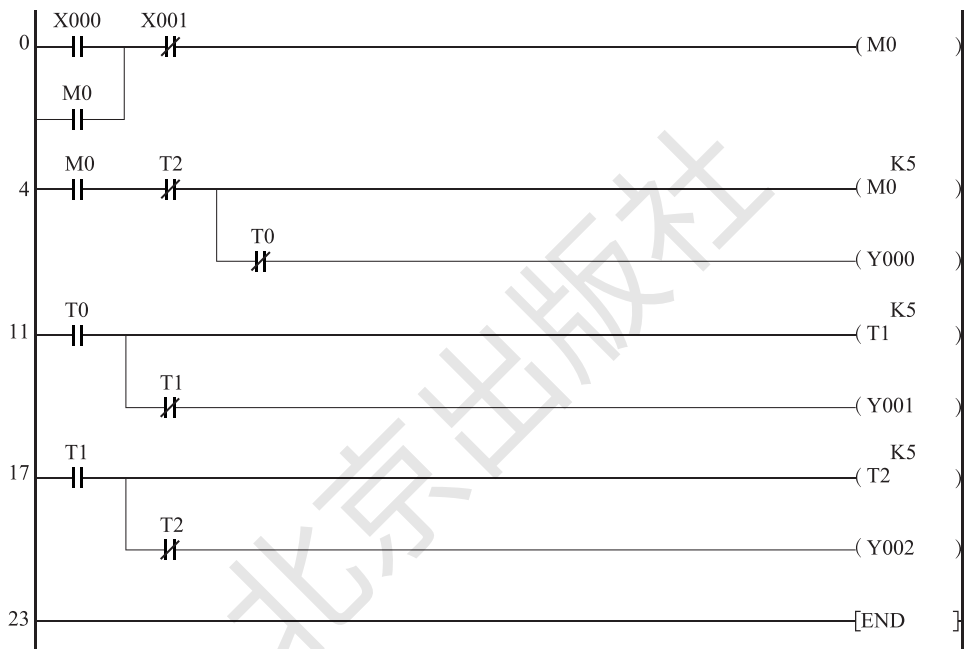


图 1-4-6 梯形图实例

5. 编辑完成后，单击“工具”，选择“梯形图逻辑测试启动”，等待模拟写入 PLC 完成后，弹出一个标题为“LADDER LOGIC TEST TOOL”的对话框，如图 1-4-8 所示，该对话框用来模拟 PLC 实物的运行界面。此外在 GX Developer（图 1-4-9）的右上角还会弹出一个标题为“监视状态”的消息框，如图 1-4-10 所示，它显示的是仿真的时间单位和模拟 PLC 的运行状态。

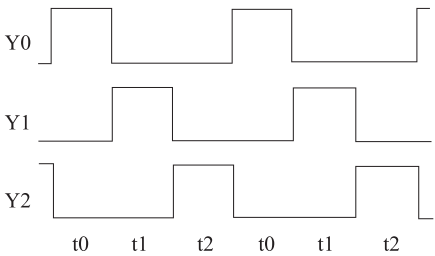


图 1-4-7 扫描时序图



图 1-4-8 模拟运行界面

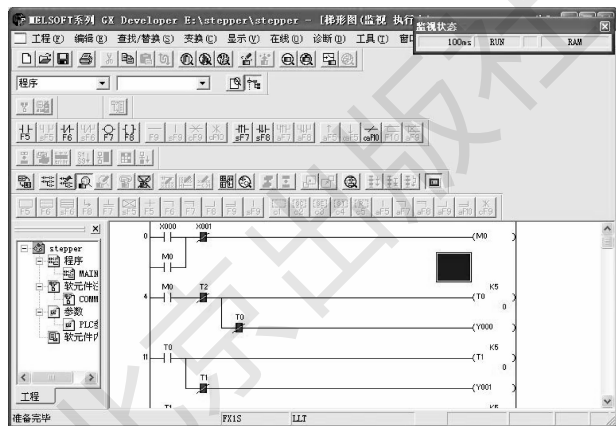


图 1-4-9 仿真界面



图 1-4-10 仿真监视界面

在原来的梯形图程序中，常闭触点都变成了蓝色，这是因为梯形图逻辑测试启动后，系统默认状态是 RUN，因此开始扫描和执行程序，同时输出程序运行的结果，在仿真中，导通的元件都会变成蓝色。这里由于 X0 处于断开状态，所有线圈都没有通电，因此只有常闭触点为蓝色。如果选择 X0 并右击，在弹出选项中选择“软元件测试”，弹出对话框如图 1-4-11 所示，单击“强制 ON”，并将模拟 PLC 界面上的状态设置为 RUN，则程序开始运行，M0 变为 ON，定时器开始计时，在定时器的下方还有已计的时间显示，如图 1-4-12 所示，观察仿真的整个运行过程，可以大致判断程序运行的流程。如果仿真中元件状态变化太快，可以通过选择模拟 PLC 界面上的 STEP RUN，并依次单击主窗口中的“在线”“调试”下的“步执行”来仿真。



图 1-4-11 软元件测试框

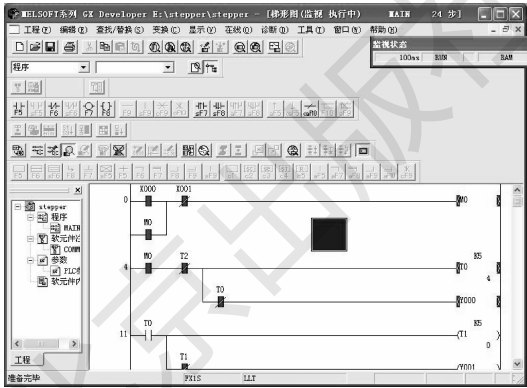


图 1-4-12 软元件测试

6. 对于较复杂的程序，如果需要对时序进行分析，可以先将模拟 PLC 界面的状态设为 STOP，单击“LADDER LOGIC TEST TOOL”对话框上的“菜单启动”（图 1-4-8），选择“L/O 系统设定”，弹出图 1-4-13 所示窗口，在左边输入方式一列中双击“时序图输入”下方展开的“No. 1 - No. 10”，单击编辑窗口中的 No. 1 一栏“条件”列下方的下拉箭头（图 1-4-14），弹出图 1-4-15 所示的对话框，选择“通常 ON”，按“OK”键确定。同样方法将右方与其串联的下拉框设为“通常 ON”，再单击“时序图形式”一列下的“以时序图形式进行编辑”按钮，弹出图 1-4-16 所示的时序图编辑窗口。单击“软元件”，选择“软元件登录”，弹出图 1-4-17 所示窗口，这里需要设置的输入是 X0 和 X1，因此软元件名选择“X”，软件号输入 0，初值设为 OFF，单击登录，用同样方法登录 X1，初值也设为 OFF，单击关闭。回到时序图输入编辑窗口中，可以看到窗口中增加了 X0 和 X1 两条波形，通过工具栏中的快捷图标可以对波形进行编辑，或者直接双击波形进行编辑，双击的作用是使红色光标位置以后的波形取反。波形编辑的时间轴上有刻度标志，从 0 ~ 99，其单位是 100ms，也就是进入仿真时“监视状态”框（图

1-4-9) 所显示的时间值, 其含义是仿真所能达到的时间最小精度。

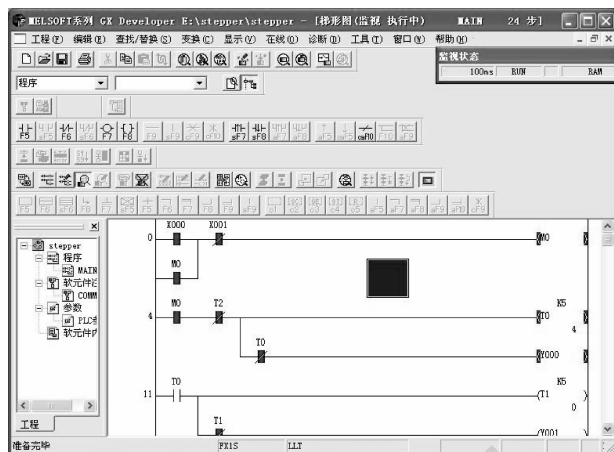


图 1-4-13 I/O 系统设定

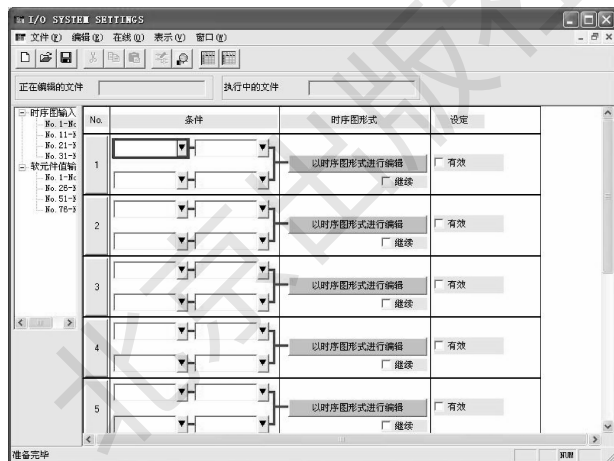


图 1-4-14 条件编辑



图 1-4-15 软元件制框

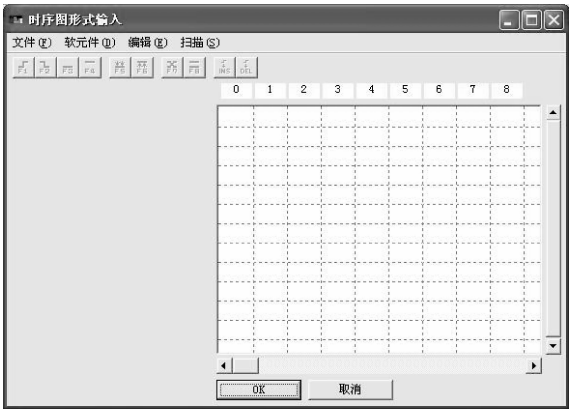


图 1-4-16 时序图编辑界面



图 1-4-17 软件件登录

这里需要设置的是步进电动机的一开、一关两个输入状态，即在开始时接通 X0，过一段时间后接通 X1，因此将波形编辑成如图 1-4-18 与图 1-4-19 所示。X0 在 0.1s 左右时接通一小段时间，X1 在 4.0s 左右时接通一小段时间。单击“OK”键，I/O 输入波形编辑完成，回到 I/O 系统设定窗口，将 No. 1 一行中的“继续”和“有效”两项打勾，如图 1-4-20 所示。

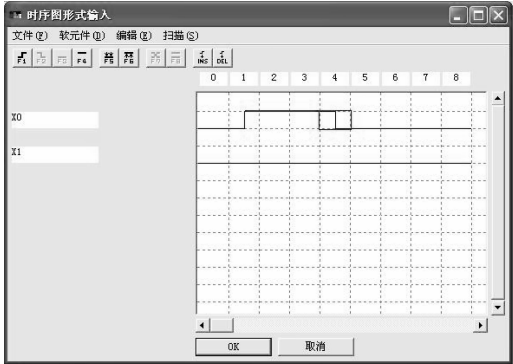


图 1-4-18 X0 时序图

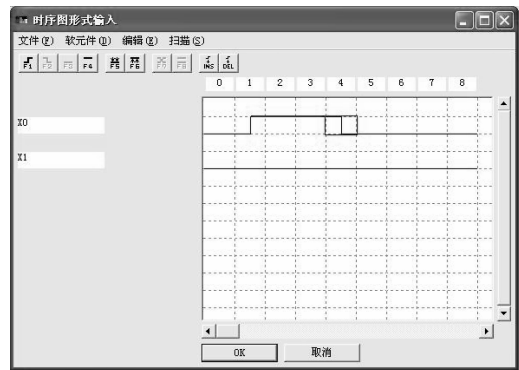


图 1-4-19 X1 时序图



图 1-4-20 设定后的界面

单击“文件”，选择“I/O 系统设定执行”，此时要求保存 I/O 系统设定文件，输入路径与文件名，保存完毕后，I/O 系统设定开始执行，X0 与 X1 按照先前编辑的波形动作。此时模拟 PLC 界面状态自动转为 RUN，如果单击进入梯形图程序编辑界面，会发现元件已经开始动作，此时通过反复切换模拟 PLC 界面的 STOP/RUN 状态可以观察程序的运行效果。如果要对元件动作的时序图进行分析，可以先将模拟 PLC 界面状态设定为 STOP，此时 I/O 系统设定窗口也可关闭，再单击“LADDER LOGIC TEST TOOL”对话框（图 1-4-8）上的“菜单启动”，选择“继电器内存监视”，在弹出窗口中单击“时序图”，选择“启动”，弹出图 1-4-21 所示的时序图窗口，此时单击一下“监控状态”下的红色按钮，左边空白处就展开要监视的元件，将“软元件登录”设为“手动”，单击“软元件”，通过选择“软元件登录”与“软元件删除”，将需要观察的元件添加到左边一栏中，将不需要观察的元件删除。这里主要观察 X0、X1、Y0、Y1、Y2 五个元件，将模拟 PLC 界面的状态设为 RUN，则时序图监视窗口开始采样波形，通过选择“图表表示范围”下的五个选项可以选择时序图时间轴的刻度。再次单击监控状态下的按钮，监控停止，得到需要的时序图如图 1-4-22 所示。



图 1-4-21 时序图

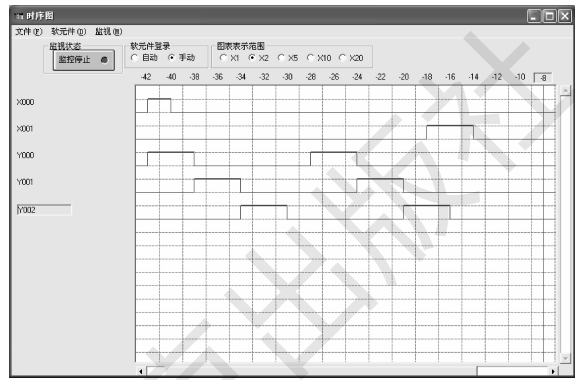


图 1-4-22 监控停止后的时序图

在监控时，最好将时间轴选为 X1，否则仿真出来的时序图会有一些偏差。由于仿真的最小时间单位是 100ms，因此时序图上也出现了一些偏差，例如从 Y2 输出 ON 到下一周期 Y0 输出 ON 之间，间隔的时间应该是 PLC 完全扫描一次程序的时间，应为微秒量级，而由于仿真时采样周期为 100ms，因此这中间就间隔了 100ms。从整体上看，时序图表明该梯形图程序达到了预期的效果。

单击主菜单中的“工具”，选择“梯形图逻辑测试结束”，退出仿真。

任务拓展 > >

按下按钮 SB1，3s 后小灯亮，按下按钮 SB2 三次，过 2s 后小灯灭。利用 GX Developer 软件，完成此任务程序的输入、调试，并进行仿真。

知识测评

1. 填空题

(1) 当梯形图内的光标为蓝边空心框时为_____。

- (2) 在调试用下载程序之前, 需要对程序进行_____。
- (3) 点击“工具”, 选择_____, 等待模拟写入 PLC 进行仿真。
- (4) 点击快捷键_____可以在梯形图程序与相应的语句表之前进行切换。
- (5) 在仿真中, 导通的元件都会变成_____。

2. 选择题

- (1) 当光标为蓝边实心框时为读出模式, 只能进行 () 等操作。
 - A. 读取、查找
 - B. 替换
 - C. 编辑
 - D. 运行
- (2) 如果需要对时序进行分析, 可以先将模拟 PLC 界面的状态设为 STOP, 单击“LADDER LOGIC TEST TOOL”对话框上的 (), 选择“I/O 系统设定”。
 - A. 编辑
 - B. 在线
 - C. 菜单启动
 - D. 表示
- (3) “变换”的快捷键为 ()。
 - A. F3
 - B. F4
 - C. Shift + F1
 - D. Shift + F3
- (4) 单击主菜单中的 (), 选择“梯形图逻辑测试结束”, 退出仿真。
 - A. 变换
 - B. 编辑
 - C. 查找/替换
 - D. 工具
- (5) 梯形图的编辑可以选择工具栏中的元件快捷图标, 也可以单击“编辑”, 选择“梯形图标记”中的元件项, 也可以使用快捷键 ()。
 - A. F1 ~ F4
 - B. F5 ~ F10
 - C. Ctrl1 ~ Ctrl4
 - D. Ctrl5 ~ Ctrl10

3. 简答题

- (1) 简述 GX Developer 软件的使用步骤。
- (2) 如何用 GX Developer 软件进行仿真?

任务要点归纳

通过本任务实际操作和练习, 我们学会以下内容:

- 1. 三菱 GX Developer 编程软件的安装;
- 2. 在软件中如何建立一个新的工程项目, 完成程序的编辑与调试;
- 3. 练习简单 PLC 程序仿真功能。