

模块一 PLC 基本指令及经验编程法

工作任务 1 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 编程环境认识

能力目标

能够对编程软件 GX 与仿真软件进行正确安装。

知识目标

了解 PLC 的基本原理；认识 FX_{2N}-48MR 的外部结构的。

相关知识

一、PLC 简介

1. PLC 的定义

可编程控制器（PLC）是以自动控制技术、微计算机技术和通信技术为基础发展起来的新一代工业控制装置，是一种专为工业环境应用设计的数字运算操作的电子系统。它采用一类可编程的存储器，用于其内部存储程序、执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令，并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械生产过程。PLC 是工业控制的核心部分。早期的可编程控制器主要用来替代继电器实现逻辑控制；随着技术的发展，这种采用微型计算机技术的工业控制装置的功能已经大大超过了逻辑控制的范围。现在这种装置已称作可编程控制器，简称 PC。但为了避免与个人计算机（Personal Computer）的简称混淆，故将可编程控制器简称为 PLC。

2. 可编程控制器（PLC）的基本功能

（1）逻辑控制功能。逻辑控制是 PLC 最基本的应用。它可以取代传统继电器控制装置，也可取代顺序控制和程序控制。逻辑控制功能实际上就是位处理功能，在 PLC 中一个逻辑位的状态可以无限次地使用，逻辑关系的变更和修改也十分方便。

（2）闭环校制功能。PLC 具有 D/A 转换、A/D 转换、算术运算以及 PID 运算等功能。可以方便地完成对模拟量的处理。

（3）定时控制功能。PLC 中有许多可供用户使用的定时器，定时器的设定值可以在编程时设定，也可在运行过程中根据需要进行修改，使用方便灵活。

（4）计数控制功能。这是 PLC 最基本的功能之一。PLC 为用户提供了许多计数器。计数器的设定值可以在编程时设定，也可在运行过程中根据需要进行修改，PLC 据此可完成对某个工作过程的计数控制。

（5）数据处理功能。PLC 可以实现算术运算、数据比较、数据传送、移位、数据转换、译码、编码等操作。有的还可实现开方、PID 运算、浮点运算等操作。

(6) 步进控制功能。PLC 为用户提供了若干个状态器, 可以实现由时间、计数或其他逻辑信号为转移条件的步进控制, 即在一道工序完成以后, 在转移条件满足时, 自动进行下一道工序。大部分 PLC 都有专用的步进控制指令, 应用步进指令编程十分方便。

(7) 通信联网功能。有些 PLC 采用通信技术, 可以进行多台 PLC 之间的同位链接、PLC 与计算机之间的通信等。利用 PLC 之间的同位连接, 可以把数十台 PLC 用同级或分级的方式连成网络, 采用 PLC 和计算机之间的通信连接, 可以用计算机作上位机, 下面连接数十台 PLC 作为现场控制。

(8) 监控功能。PLC 设置了较强的监控功能, 操作人员利用编程器或监视器可对 PLC 的运行状态进行监视。

(9) 停电记忆功能。PLC 内部的部分存储器所使用的 RAM 设置了停电保持器件 (如备用电池等) 以保证断电后这部分存储器中的信息不会丢失。

(10) 故障诊断功能。PLC 对系统组成、某些硬件状态及指令的合法性进行自诊断, 发现异常情况发出报警并显示错误类型。

3. PLC 的特点

(1) 可靠性高、抗干扰能力强。可靠性高、抗干扰能力强是 PLC 最重要的特点之一。PLC 的平均无故障时间可达几十万个小时, 之所以有这么高的可靠性, 是由于它采用了一系列的硬件和软件的抗干扰措施。

1) 硬件方面 I/O 通道采用光电隔离, 有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响, 对供电电源及线路采用多种形式的滤波, 从而消除或抑制了高频干扰; PLC 作为专为工业控制而设计的电子装置, 选用的电子器件一般是工业级的, 有的甚至是军用级的。

2) 软件方面 PLC 采用扫描工作方式, 减少了外界环境干扰引起的故障。在 PLC 系统程序中设有故障检测和自诊断程序, 能对系统硬件电路等故障实现检测和判断。

(2) 编程简单、使用方便。目前, 大多数 PLC 采用的编程语言是梯形图语言, 它是一种面向生产、面向用户的编程语言。梯形图与电器控制线路图相似, 形象、直观、不需要掌握计算机知识、很容易让广大工程技术人员掌握。当生产流程需要改变时, 可以现场改变程序, 使用方便、灵活; 同时, PLC 编程器的操作和使用也很简单。这也是 PLC 获得普及和推广的主要原因之一。

(3) 功能完善、通用性强。现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制等功能, 而且还具有 A/D 和 D/A 转换、数值运算、数据处理、PID 控制、通信联网等许多功能。

(4) 设计安装简单、维护方便。由于 PLC 用软件代替了传统电气控制系统的硬件控制柜的设计, 安装接线工作量大为减少。PLC 的用户程序大部分可在实验室进行模拟调试, 缩短了应用设计和调试周期。在维修方面, 由于 PLC 的故障率极低, 而且 PLC 具有很强的自诊断功能, 如出现故障, 可根据 PLC 上的指示或编程器上提供的故障信息迅速查明原因, 维修极为方便。

(5) 体积小、重量轻、能耗低。由于 PLC 采用了集成电路, 其结构紧凑、体积小、能耗低, 因而是实现机电一体化的理想控制设备。

(6) 速度较慢, 价格较高。PLC 的速度与单片机等计算机相比相对较慢, 单片机两次执行程序的时间间隔可以是 ms 级甚至 μs 级, 一般 PLC 两次执行程序的时间间隔是 10ms 级。PLC 的一般输入点在输入信号频率超过十几赫兹后就很难正常工作, 为此, PLC 设有高速输入点, 可以输入数千赫的开关信号。

4. PLC 的分类

(1) 按 I/O 点数分类。

所谓 I/O 点数就是输入输出位数的俗称。I/O 点数是选择 PLC 的重要依据。一般分为三类：

1) 小型 PLC。小型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 点以下，其特点是体积小、结构紧凑，整个硬件融为一体，除了开关量 I/O 以外，还可以连接模拟量 I/O 以及其他各种特殊功能模块。它能执行包括逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理和传送、通信联网以及各种应用指令。

2) 中型 PLC。中型 PLC 采用模块化结构，其 I/O 点数一般在 256~1024 点之间。I/O 的处理方式除了采用一般 PLC 通用的扫描处理方式外，还能采用直接处理方式，即在扫描用户程序的过程中，直接读输入，刷新输出。它能联接各种特殊功能模块，通信联网功能更强，指令系统更丰富，内存容量更大，扫描速度更快。

3) 大型 PLC。一般 I/O 点数在 1024 点以上的称为大型 PLC。大型 PLC 的软、硬件功能极强。具有极强的自诊断功能。通信联网功能强，有各种通信联网的模块，可以构成三级通信网，实现工厂生产管理自动化。大型 PLC 还可以采用三 CPU 构成的表决式系统，使机器的可靠性更高。

(2) 按结构形式分类。

可编程逻辑控制器按结构分为整体型和模块型两类。

1) 整体式 PLC。是将电源、CPU、I/O 接口等部件都集中装在一个机箱内，具有结构紧凑、体积小、价格低的特点。小型 PLC 一般采用这种整体式结构。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元（又称主机）和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口，以及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口等。扩展单元内只有 I/O 和电源等，没有 CPU。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。整体式 PLC 一般还可配备特殊功能单元，如模拟量单元、位置控制单元等，使其功能得以扩展。

2) 模块式 PLC。将 PLC 各组成部分分别作成若干个单独的模块，如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块（有的含在 CPU 模块中）以及各种功能模块。模块式 PLC 由框架或基板和各种模块组成。模块装在框架或基板的插座上。这种模块式 PLC 的特点是配置灵活，可根据需要选配不同规模的系统，而且装配方便，便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

5. 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。

(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 都具有顺序控制,通信非常方便。

二、PLC 的组成

PLC 的组成为硬件组成和软件组成两部分。

1. PLC 的硬件组成

PLC 主要由中央处理器(CPU)、存储器(RAM、EPROM)、I/O、电源、扩展接口和编程器接口等几部分组成,其结构框图如图 1-1 所示。

(1) 中央处理器(CPU)。

CPU 是 PLC 的核心部件之一,它的主要功能有:①采集输入信号;②执行用户程序;③刷新系统输出;④执行管理和诊断程序;⑤与外界通信。

(2) 存储器。

存储器是保存系统程序、用户程序、中间运算结果的器件,据其在系统中的作用,可将它们分为下列 4 种:系统程序存储器、用户程序存储器、数据表存储器、高速暂存存储器。

1) 系统程序存储器。系统程序存储器用来存放 PLC 的监控程序,可分为:系统管理程序、命令解释程序、故障检测、诊断程序、通信程序。系统程序由 PLC 厂家设计,并固化在 ROM / PROM / EPROM 存储器中,用户不必对它作细致的了解,更不能改变它。

2) 用户程序存储器。用户程序存储器用来存放用户编制的控制程序。PLC 术语中讲的存储器容量及型式就指的是用户程序存储器。常用的用户存储器型式有:EPROM、E²PROM、带掉电保护的 RAM 等。

3) 数据表存储器(I/O 映像存储器)。数据表存储器用来存放开关量 I/O 状态表,定时器、计算器的预置值表,模拟量 I/O 数值等。

4) 高速暂存存储器。高速暂存存储器主要存放运算的中间结果,统计数据、故障诊断的标志位等。

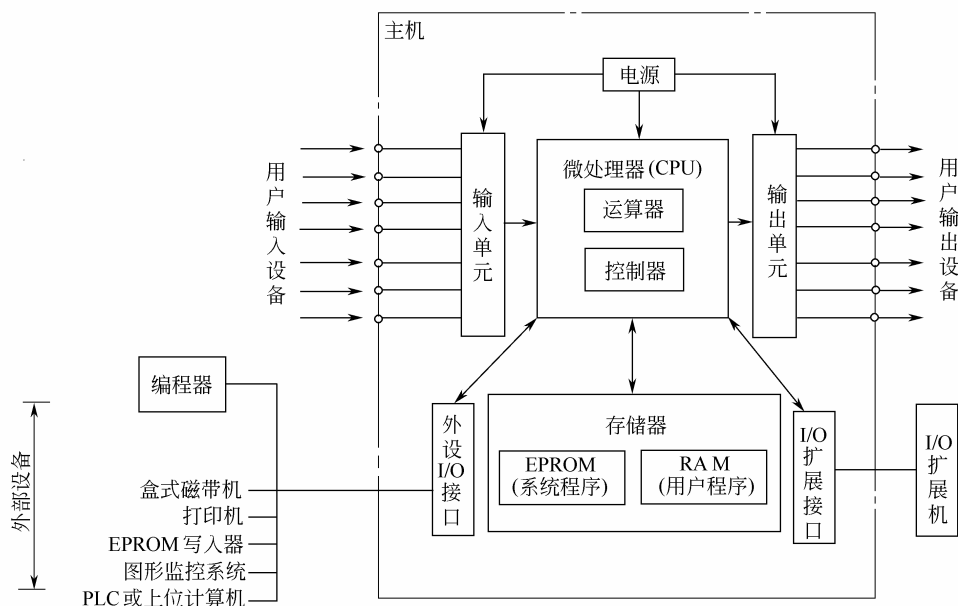


图 1-1 单元式 PLC 结构框图

(3) I/O 部分。

PLC 的 I/O 部分，因用户的需求不同有各种不同的组合方式，通常以模块的形式供应，一般可分为：

①开关量 I/O 模块；②模拟量 I/O 模块；③数字量 I/O 模块（包括 TTL 电平 I/O 模块、拨码开关输入模块、LED/LCD/CRT 显示控制模块、打印机控制模块）④高速计数模块；⑤精确定时模块；⑥快速响应模块；⑦中断控制模块；⑧PID 调节模块；⑨位置控制模块；⑩轴向定位模块；⑪通信模块。

1) 开关量 I/O 模块（部分）。

开关量输入模块（部分）的作用是接收现场设备的状态信号、控制命令等，如限位开关、操作按钮等，并且将此开关量信号转换成 CPU 能接收和处理的数字量信号。

开关量输出模块（部分）的作用是将经过 CPU 处理过的结果转换成开关量信号送到被控设备的控制回路去，以驱动阀门执行器、电动机的启动器和灯光显示等设备。

开关量 I/O 模块（部分）的信号仅有通、断两种状态，各 I/O 点的通/断状态用发光二极管在面板上显示。输入电压等级通常有 DC（5V、12V、24V、48V）或 AC（24V、120V、220V）等。

每个模块可能有 4、8、12、16、24、32、64 点，外部引线连接在模块面板的接线端子上，有些模块使用插座型端子板，在不拆去外部连线的情况下，可迅速地更换模块，便于安装、检修。

①开关量输入模块。

按与外部接线对电源的要求不同，开关量输入模块可分为 AC 输入，DC 输入，无压接点输入，AC/DC 输入等几种形式，参见图 1-2。每个输入点均有滤波网络、LED 显示器、光电隔离管。

从图 1-2 (c) 中可以看出无压接点输入是开关触点直接接在公共点和输入端，不另外接电源，电源由内部电路提供。

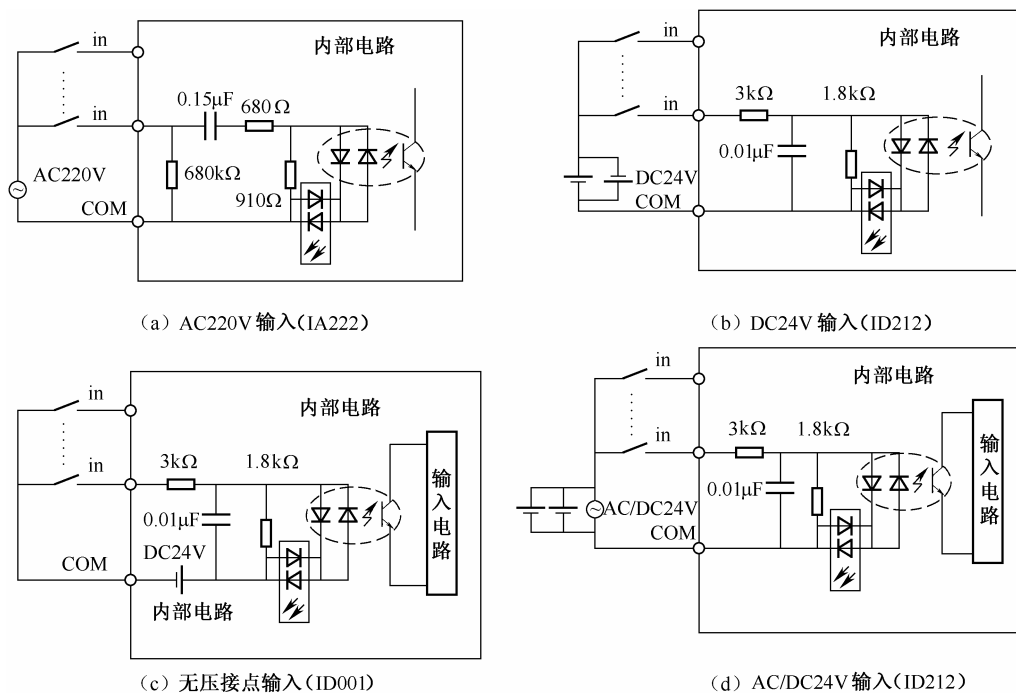


图 1-2 开关量的几种输入形式

②开关量输出模块。

开关量输出通常有 3 种形式：继电器输出、晶体管输出、可控硅输出。

每个输出点均有 LED 发光管、隔离元件（光电管/继电器）、功率驱动元件和输出保护电路，见图 1-3。

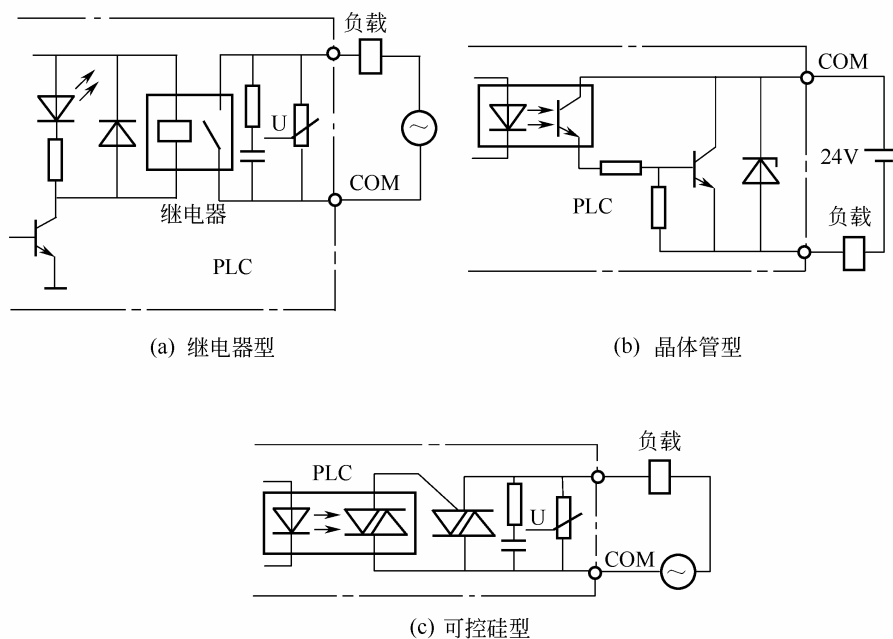


图 1-3 开关量输出电路

如图 1-3 (a) 所示为继电器输出电路, 继电器同时起隔离和功放的作用; 与触点并联的 R、C 和压敏电阻在触点断开时起消弧作用。

如图 1-3 (b) 所示为晶体管输出电路, 大功率晶体管的饱和导通/截止相当于触点的通/断; 稳压管用来抑制过电压, 起保护晶体管作用。

如图 1-3 (c) 所示为可控硅输出电路, 光电可控硅起隔离、功放作用; R、C 和压敏电阻用来抑制 SSR 关断时产生的过电压和外部浪涌电流。

输出模块最大通断电流的能力大小依次为继电器、可控硅、晶体管。而通断响应时间的快慢则刚好相反。使用时应据以上特性选择不同的输出型式。

2) 模拟量 I/O 模块。

模拟量 I/O 模块常用的有 A/D、D/A、热电偶/热电阻输入等几种模块。

3) 数字量 I/O 模块。

常用的有 TTL 电平 I/O 模块、拨码开关输入模块、LED/LCD/CRT 显示控制模块、打印机控制模块等。

4) 高速计数模块。

高速计数模块是工控中最常用的智能模块之一, 过程控制中有些脉冲变量 (如旋转编码器、数字码盘、电子开关等输出的信号) 的变化速度很高 (可达几十 kHz、几 MHz), 已小于 PLC 的扫描周期, 对这类脉冲信号若用程序中的计数器计数, 因受扫描周期的限制, 会丢失部分脉冲信号。因此使用智能的高速计数模块, 可使计数过程脱离 PLC 而独立工作, 这一过程与 PLC 的扫描过程无关, 可准确计数。

5) 精确定时模块。

精确定时模块是智能模块, 能脱离 PLC 进行精确的定时, 定时时间到后会给出信号让 PLC 检测。

6) 快速响应模块。

PLC 的输入/输出量之间存在着因扫描工作方式而引起的延迟, 最大延迟时间可达 2 个扫描周期, 这使 PLC 对很窄的输入脉冲难以监控。快速响应模块则可检测到窄脉冲, 它的输出与 PLC 的扫描工作无关, 而由输入信号直接控制, 同时它的输出还受用户程序的控制。

7) 中断控制模块。

它适用于要求快速响应的控制系统, 接收到中断信号后, 暂停正在运行的 PLC 用户程序, 运行相应的中断子程序, 执行完后再返回来继续运行用户程序。

8) PID 调节模块。

过程控制常采用 PID 控制方式, PID 调节模块是一种智能模块, 它可脱离 PLC 独立执行 PID 调节功能, 实际上可看成 1 台或多台 PID 调节器, PID 参数可调。

9) 位置控制模块。

位置控制模块是用来控制物体的位置、速度、加速度的智能模块, 可以控制直线运动 (单轴)、平面运动 (双轴), 甚至更复杂的运动 (多轴)。

位置控制一般采用闭环控制, 常用的驱动装置是伺服电机或步进电机、模块从参数传感器得到当前物体所处的位置、速度/加速度, 并与设定值进行比较, 比较的结果再用来控制驱动装置, 使物体快进、慢进、快退、慢退、加速、减速、停止等, 实现定位控制。

10) 轴向定位模块。

轴向定位模块是一种能准确地检测出高速旋转转轴的角度位置, 并根据不同的角度位置

控制开关 ON/OFF（可以多个开关）。

11) 通信模块。

通信模块大多是带 CPU 的智能模块，用来实现 PLC 与上位机、下位机或同级的其他智能控制设备通信，常用通信接口标准有 RS-232C、RS-422、RS-485、ProfiBus、以太网等几种。

(4) 电源。

电源是 PLC 最重要的部分之一，是正常工作的首要条件。当电网有强烈波动遭强干扰时，输出电压要保持平稳。因此在 PLC 的电源中要加入许多稳压抗扰措施，如浪涌吸收器、隔离变压器、开关电源技术等。

(5) 扩展接口。

扩展接口是用于连接扩展单元的接口，当 PLC 的基本单元的 I/O 点数不能满足要求的时候，可通过扩展接口连接扩展单元以增加系统的 I/O 点数。

(6) 编程工具。

编程工具是一种人机对话设备，用户用它来输入、检查、修改、调试 PLC 的用户程序，它还可用来监视 PLC 的运行情况。

PLC 投入正常运行后，通常不要编程工具一起投入运行，因此，编程器都是独立设计的，而且是专用的，PLC 生产厂家提供的专用编程器只能用在自己厂生产的某些型号的 PLC。专用编程器分为简易编程器和图形编程器。

1) 简易编程器。

它类似于计算器，上面有命令键、数字键、功能键及 LED 显示器/LCD 显示屏。使用时可直接插在 PLC 的编程器插座上，也可用电缆与 PLC 相连。调试完毕后，或取下或将它安在 PLC 上一起投入运行。用简易的编程器输入程序时，先将梯形图程序转换为指令表程序，再用键盘将指令程序写入 PLC。

2) 图形编程器。

常用的图形编程器是液晶显示图形编程器（手持式的），它有一个大型的点阵式液晶显示屏。除具有简易型的功能外，还具有可以直接打入和编辑梯形图程序，使用起来更方便，直观。但它的价格较高，操作也较复杂。也有用 CRT 作显示器的台式图形编程器，它实质是一台专用计算机，它的功能更强，使用更方便，但价格也十分昂贵。

3) 用专用编程软件在个人计算机（PC）上实现编程功能

随着 PC 的日益普及，最新发展趋势是使用专用的编程软件，在通用的 PC 上实现图形编程器的功能。一般的 PC 添置一套专用的“编程软件”后就可进行编制、修改 PLC 的梯形图程序，存贮、打印程序文件（清单），与 PLC 联机调试及系统仿真等。并且用户程序可在 PC、PLC 之间互传。具有以上功能后，PLC 的程序（特别是大型程序）编程、调试就显得十分方便和轻松。

2. PLC 的软件组成和编程语言

在 PLC 中软件分为两大部分，即系统程序和用户程序。

(1) 系统程序。

系统程序是 PLC 工作的基础，采用汇编语言编写，在 PLC 出厂时就已经固化于 ROM 型系统程序存储器中，不需要用户干预。系统程序分为系统监控程序和解释程序。

系统监控程序用于监视并控制 PLC 的工作，如诊断 PLC 系统工作是否正常，对 PLC 各模块的工作进行控制，与外设交换信息。根据用户的设定使 PLC 处在编制用户程序的状态或

者处在运行用户程序状态等，解释程序用于把用户程序解释成微处理器能够执行的程序。

当 PLC 处于运行方式时，系统监控程序启动解释程序，解释程序将用户利用梯形图或语句表编制的用户程序编译成处理器可以执行的指令组成的程序，处理器执行这些处理后的程序来完成用户的控制任务。与此同时，系统监控程序对这一过程进行并控制，如发现异常立即进行报警并做出相应的处理。

(2) 用户程序。

用户程序又称应用程序，是用户为完成某一特定任务而利用 PLC 的编程语言而编制的程序。用户程序通过编程器输入到 PLC 的用户存储器中，通过 PLC 的运行而完成这一特定的任务。

(3) 编程语言。

各种型号的 PLC 都有自己的编程语言，至今为止还没有一种能够适合所有可编程控制的通用编程语言。但由于各国可编程控制器的发展过程有类似之处，可编程控制器的编程语言及编程工具都大体差不多。一般常见的有如下几种编程语言。

1) 梯形图 (LD)。

梯形图是使用得最多的 PLC 图形编程语言。梯形图与继电器控制系统的电路图很相似，直观易懂，很容易被工厂熟悉继电器控制的电气人员掌握，特别适用于开关量逻辑控制。

如图 1-4 所示，梯形图由触点、线圈和应用指令等组成。在分析梯形图中的逻辑关系时，为了借用继电器电路图的分析方法，可以想像左右两侧垂直母线之间有一个左正右负的直流电源电压（有时省略了右侧的垂直母线），可编程控制器中参与逻辑组合的元件看成和继电器一样具有常开、常闭触点及线圈，且线圈的得电失电将导致触点的相应动作，再用母线代替电源线，用能量流概念来代替继电器电路中的电流概念，使用绘制继电器电路图类似的思路绘出梯形图。

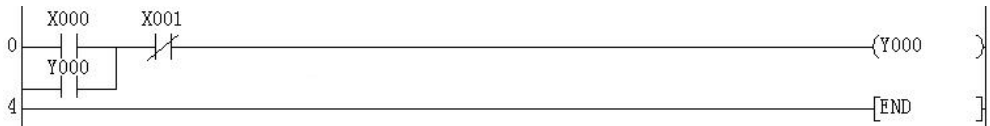


图 1-4 梯形图程序

当图 1-4 中 X0 触点接通，有一个假想的“能流”（Power flow）流过 Y0 的线圈。Y0 线圈得电后它相应的常开触点闭合自锁。利用能流这一概念，可以帮助我们更好地理解和分析梯形图，能流只能从左向右流动。需要说明的是，PLC 中的继电器编程元件不是实际物理元件，而是计算机存储器中一定的位，它的所谓接通不过是相应存储单元置 1 而已。

表 1-1 给出了继电器电路图中部分符号和三菱公司 PLC 梯形图符号的对照关系。除了图形符号外，梯形图中也有文字符号。图 1-4 梯形图中第一行第一个常开触点边标示的 X000 即是文字符号（即为编程元件的地址）。和继电器电路中一样，文字符号相同的图形符号即是属于同一元件的。

表 1-1 继电器电路图符号与梯形图符号对照表

符号名称	继电器电路符号	梯形图符号
常开触点		
常闭触点		
线圈		

2) 指令表 (IL)。

PLC 的指令是一种与微机的汇编语言中的指令相似的助记符表达式，由指令组成的程序叫作指令表 (Instruction List) 程序。指令表程序较难阅读，其中的逻辑关系很难一眼看出，所以在设计时一般使用梯形图语言。如果使用手持式编程器，必须将梯形图转换成指令表后再写入 PLC。在用户程序存储器中，指令按步序号顺序排列。编程语言如下图 1-5 所示。

```

0  LD      X000
1  OR      Y000
2  ANI     X001
3  OUT     Y000
4  END

```

图 1-5 指令表编程语言

3) 顺序功能图 (SFC)。

这是一种位于其他编程语言之上的图形语言，用来编制顺序控制程序，在后面的内容中将作详细介绍。顺序功能图提供了一种组织程序的图形方法，在顺序功能图中可以用别的语言嵌套编程。步、转换和动作是顺序功能图中的三种主要元件 (见图 1-6)。顺序功能图用来描述开关量控制系统的功能，根据它可以很容易地画出顺序控制梯形图程序。

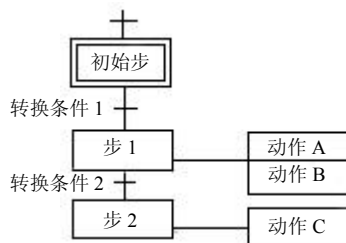


图 1-6 SFC 顺序功能图

4) 功能块图 (FBD)。

这是一种类似于数字逻辑门电路的编程语言，有数字电路基础的人很容易掌握。该编程语言用类似与门、或门的方框来表示逻辑运算关系，方框的左侧为逻辑运算的输入变量，右侧为输出变量，输入、输出端的小圆圈表示“非”运算，方框被“导线”连接在一起，信号自左向右流动。图 1-7 中的控制逻辑与图 1-4 中的相同。有的微型 PLC 模块 (如西门子公司的“LOGO!”逻辑模块) 使用功能块图语言，除此之外，国内很少有人使用功能块图语言。

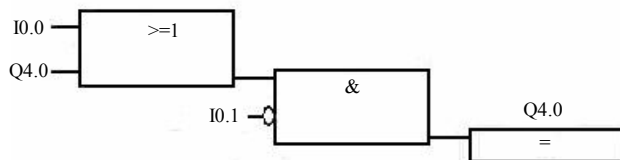


图 1-7 功能块图 (FBD) 编程语言

5) 结构文本 (ST)。

结构文本 (ST) 是为 IEC61131-3 标准创建的一种专用的高级编程语言。与梯形图相比，它能实现复杂的数学运算，编写的程序非常简洁和紧凑。结构化文本语言是用结构化的描述文

本来描述程序的一种编程语言。它是类似于高级语言的一种编程语言。

以上编程语言的几种表达方式是国际电工委员会（IEC）1994 年 5 月在 PLC 标准中推荐的。对于一款具体的 PLC，生产厂家可在这些表达方式中提供其中的几种供用户选择。也就是说并不是所有的 PLC 都支持全部编程语言。

三、PLC 的工作原理

PLC 与继电器控制系统区别在于：前者工作方式是“串行”，后者工作方式是“并行”；前者用“软件”，后者用“硬件”。

PLC 与计算机区别在于：前者工作方式是“循环扫描”，后者工作方式是“待命或中断”。所谓扫描是指 CPU 连续执行用户程序和任务的循环过程。PLC 的工作过程一般可以分为输入采样、程序执行和输出刷新三个阶段，如图 1-8 所示。

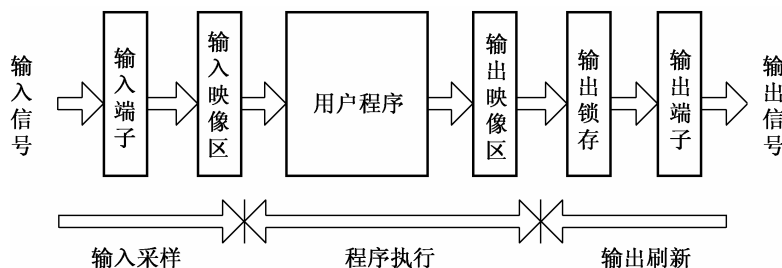


图 1-8 PLC 工作过程图

（1）输入采样阶段。PLC 以扫描工作方式，按顺序将所有信号读入到寄存输入状态的输入映像寄存器中存储，这一过程称为采样。在本工作周期内，此采样结果的内容不会改变，而且采样结果将在 PLC 执行程序时使用。

（2）程序执行阶段。PLC 按顺序对程序进行扫描，即从上到下和从左到右地扫描每条指令，并分别从输入映像寄存器和输出映像寄存器中获取所需的数据，进行运算和处理再将程序执行结果写入寄存执行结果的输出映像寄存器中保存。注意，在整个程序未执行完毕之前，程序执行结果不会送到输出端口上。

（3）输出刷新阶段。在执行完所有用户程序后，PLC 将映像寄存器中的内容送入到寄存输出状态的输出锁存器中，再去驱动用户设备，这就是输出刷新。

PLC 重复执行上述三个阶段。每重复一次的时间称为一个扫描周期。在一个扫描周期中，PLC 的输入扫描时间和输出刷新时间一般小于 1ms，而程序执行时间因程序的长度不同而不同。PLC 的一个扫描周期一般在几十毫秒之内。

四、FX_{2N} 的结构特点及产品构成

1. FX_{2N} 系列产品的结构特点

FX_{2N} 系列 PLC 采用一体化箱体结构，其基本单元（Basic Unit）将所有的电路含 CPU、存储器、输入输出接口及电源等都装在一个模块内，是一个完整的控制装置。FX_{2N} 系列 PLC 基本单元的输入输出比为 1:1。

为了实现输入输出点数的灵活配置及功能的灵活扩展，FX_{2N} 系列 PLC 还配有扩展单元（Extension Unit）、扩展模块（Extension Module）及特殊功能单元（Special Function Unit）。

扩展单元用于增加 I/O 点数的装置，内部设有电源，扩展模块用于增加 I/O 点数及改变 I/O 比例。内部无电源，用电由基本单元或扩展单元供给。因扩展单元及扩展模块无 CPU，所以必须与基本单元一起使用。特殊功能单元是一些专门用途的装置。如模拟量 I/O 单元、高速计数单元、位置控制单元、通信单元等。这些单元大多通过基本单元的扩展口连接基本单元，也可以通过编程器接口接入或通过主机上并接适配器接入，不影响原系统的扩展。FX_{2N} 系列 PLC 可以根据需要，仅以基本单元或由多种单元组合使用。图 1-9 为 FX_{2N} 系列 PLC 基本单元外观。

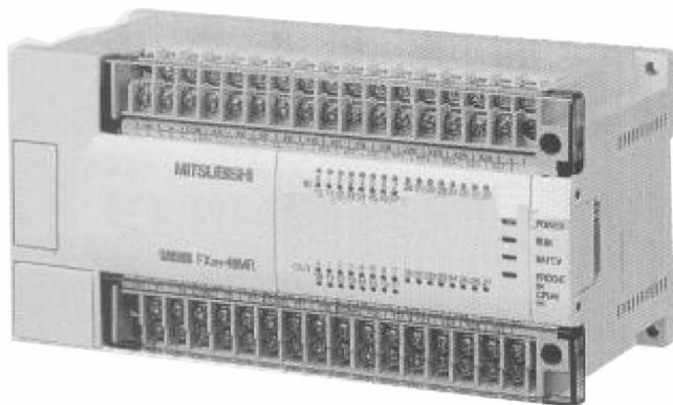


图 1-9 FX_{2N} 系列 PLC 基本单元外观

2. FX 系列 PLC 型号规格及含义

FX 系列 PLC 型号规格如图 1-10 所示。

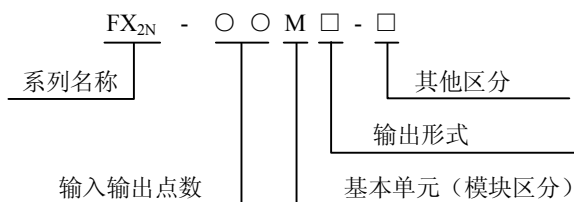


图 1-10 基本单元型号规格

- (1) 系列名称有：1S、1N、2N、2NC；即 FX_{1S}、FX_{1N}、FX_{2N}、FX_{2NC}。
- (2) 输入输出点数：指的是总点数，14~256。
- (3) 基本单元（模块分区）：
 - M——基本单元。
 - E——I/O 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) 输出形式：
 - R——继电器输出。
 - T——晶体管输出。
 - S——晶闸管输出。
- (5) 其他分区：
 - D——直流电源，直流输入。
 - A1——交流电源，交流输入。

H——大电流输出扩展模块（1A/点）。
V——立式端子排的扩展模块。
D——接插口 I/O 方式。
F——输入滤波器 1ms 的扩展模块。
L——TTL 输入型扩展模块。
S——独立端子（无公共端）扩展模块。

若其他分区一项无符号，说明通常指 AC 交流电源，DC 直流输入，横式端子排，继电器输出 2A/点，晶体管 0.5A/点，晶闸管输出 0.3A/点。

工作任务 2 三相异步电动机单向启动、保持、停止的 PLC 控制

能力目标

能够正确地进行 PLC 的 I/O 的分配；能够正确地将外部输入（包括 2 端和 3 端传感器）连接到 PLC；能够正确连接 PLC 的外部输出；能够对继电器接触控制电路进行 PLC 程序改造；会用万用表对 PLC 电路进行检测；会用 GX 软件打开其他格式的 FX 系列的程序。

知识目标

理解并熟悉各基本指令的应用；学会 GX 编程软件及仿真功能的基本操作；掌握用户程序的输入和编辑方法。

相关知识

一、FX_{2N} 系列 PLC 的外部配线

PLC 在工作前必须正确地接入控制系统。和 PLC 连接的主要有 PLC 电源接线、输入输出器件的接线、通信线、接地线等。

电源配线及端子排列

PLC 基本单元的供电通常有两种情况：一是直接使用工频交流电，通过交流输入端子连接，对电压的要求比较宽松，100~250V 均可使用。二是采用外部直流开关电源供电，一般配有直流 24V 输入端子。采用交流供电的 PLC 机内自带直流 24V 内部电源，为输入器件及模块供电。FX_{2N} 系列 PLC 大多为 AC 电，直流输入形式。图 1-11 所示为 FX_{2N}-48M 的接线端子排列图，上部端子排中标有 L 及 N 的接线位为交流电源相线及中性线的接入点。图 1-12 所示为基本单元接有扩展模块时交直流电源的配线情况。从图 1-12 可知，不带有内部电源的扩展模块所需的 24V 电源由基本单元或由带有内部电源的扩展单元提供。

（1）输入口器件的连接。

PLC 的输入口连接输入信号，器件主要有开关、按钮及各种传感器，这些都是触点类型的器件。在接入 PLC 时，每个触点的两个接头分别接一个输入点及输入公共端。PLC 内部电源能为每个输入点大约提供 7mA 工作电流。这就限制了线路长度。有源传感器在接入时必须注意与机内电源的配合。模拟量信号的输入须采用专用的模拟量工作单元。图 1-13 所示为输入器件的接线图。

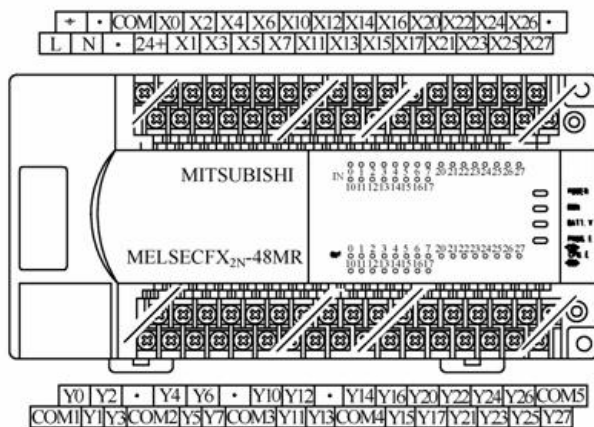
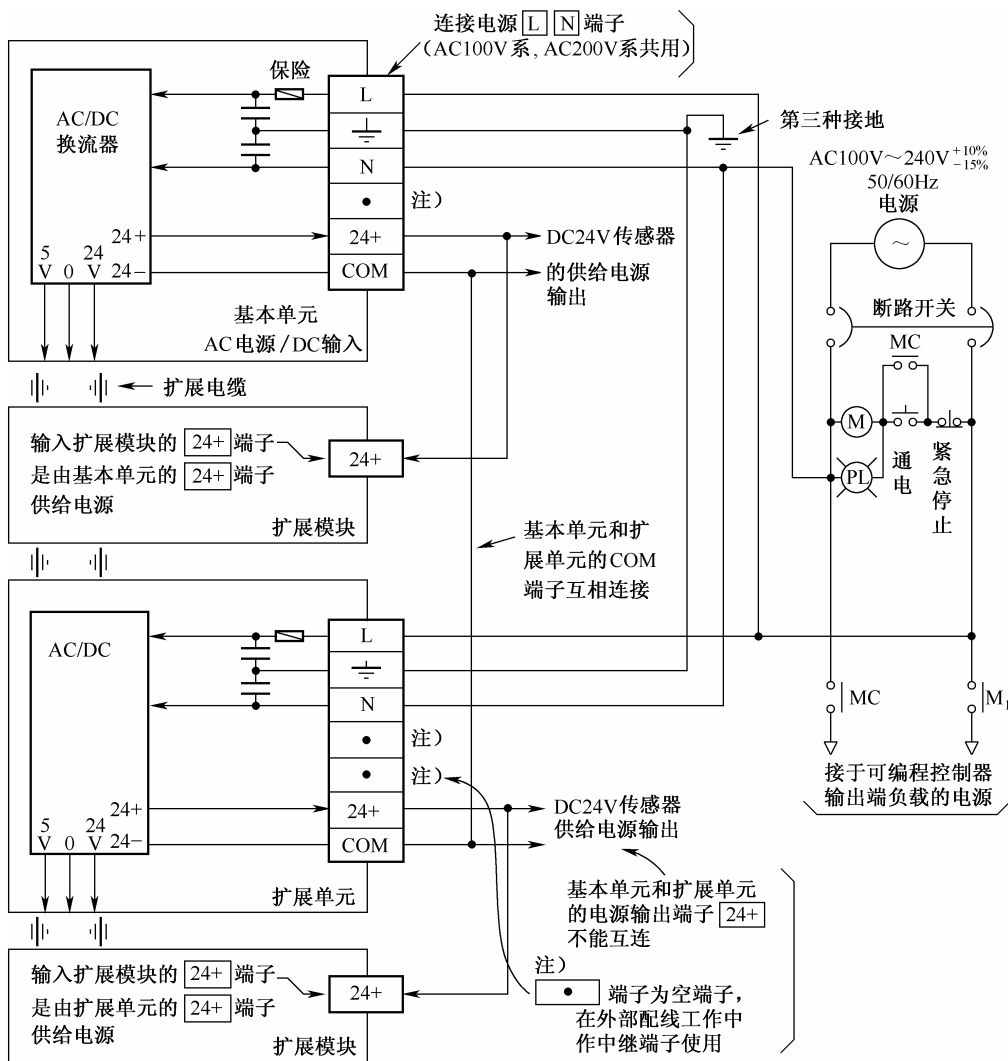
图 1-11 FX_{2N} 系列 PLC 接线端子排列示例 (FX_{2N}-48MR)

图 1-12 FX 系列 AC 电源、DC 输入型 PLC 电源配线

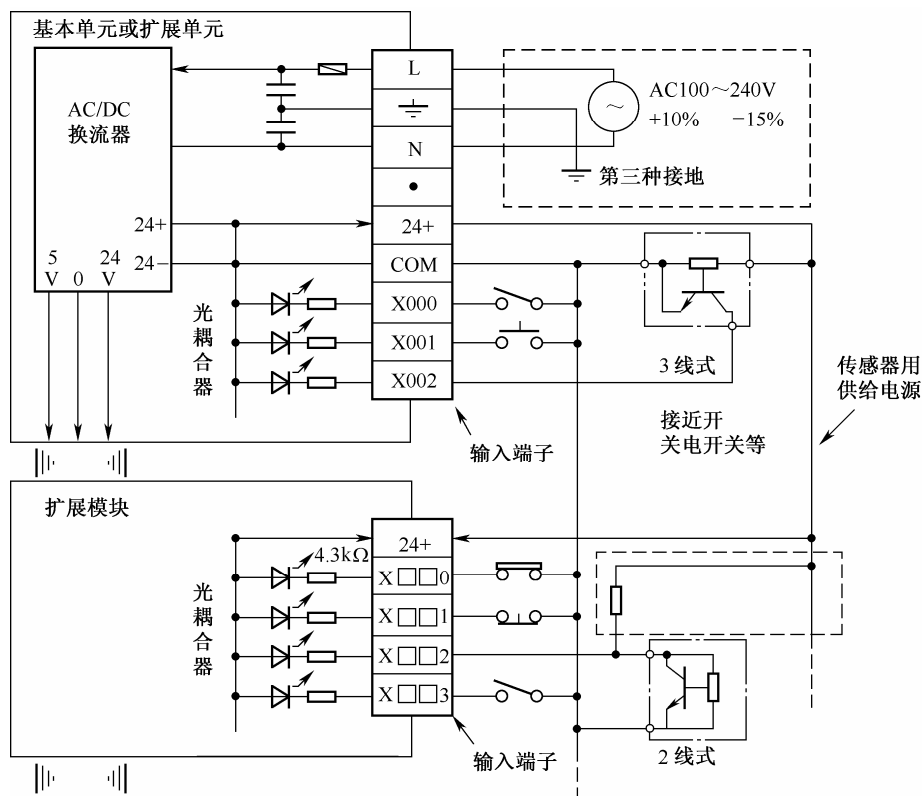


图 1-13 输入器件的接线

(2) 输出器件的连接。

PLC 的输出端口上连接的器件主要是继电器、接触器、电磁阀的线圈。这些器件均采用 PLC 机外的专用电源供电，PLC 内部不过是提供一组开关接点。接入时线圈的一端接输出端口，另一端经电源接输出公共端。由于输出端口连接线圈的种类较多。所需的电源种类及电压不同，输出公共端常分为许多组，而且组间是隔离的。PLC 的输出端口的额定电流通常为 2A，大电流的执行器件必须配合中间继电器使用。如图 1-14 所示为输出器件继电器的连接图。

(3) 通讯线的连接。

PLC 一般设有专用的通信口，通常为 RS-485 口或 RS-422 口，FX_{2N} 型 PLC 为 RS-422 口。与通信口接线常采用专用的接插件连接。

(4) 接地线的连接。

FX_{2N} 型 PLC 的接地采用第三种接地。如图 1-15 所示为 PLC 接地线的连接图。

二、FX_{2N} 系列 PLC 编程器件及功能

1. PLC 编程器件概述

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。例如，输入继电器 X 由输入电路和映像输入点的存储器组成；输出继电器 Y 由输出电路和映像输出点的存储器组成；定时器 T、计数器 C、辅助继电器 M、状态继电器 S、数据寄存器 D、变址寄存器 V/Z 等都由存储器组成。为了把它们与通常的硬器件分开，通常把上面的器件称为软器件，是等效概念抽象模拟的器件，并非实际的物理器件。从工作过程看，只注重器件的

功能和器件的名称,例如,输入继电器 X、输出继电器 Y 等,而且每个器件都有确定的地址编号,这对编程十分重要。

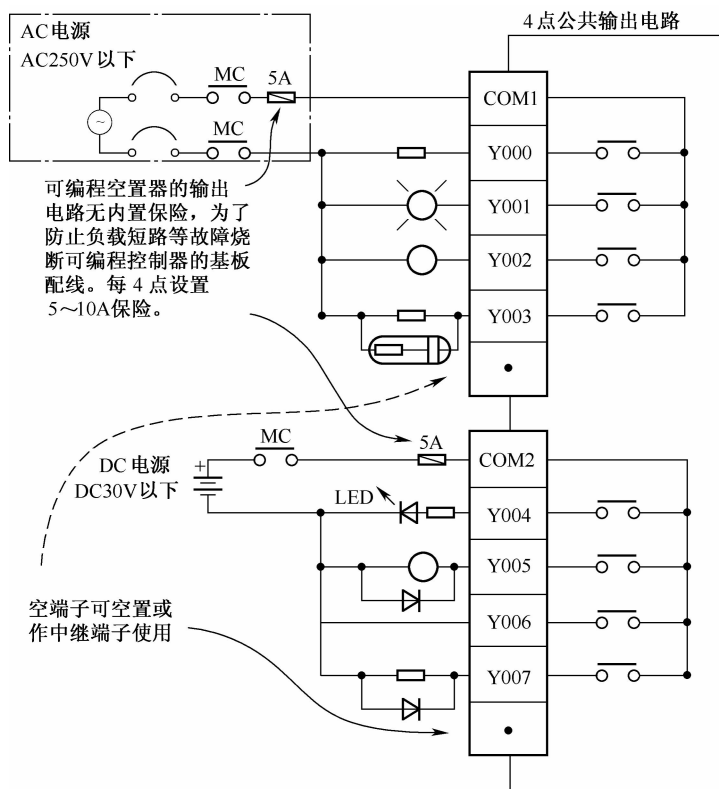


图 1-14 输出器件的接线

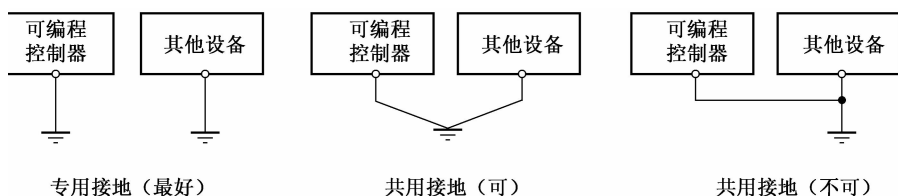


图 1-15 PLC 接地线连接图

2. FX_{2N} 系列 PLC 编程器件 (X/Y)

(1) 输入/输出继电器 (X/Y)。

1) 输入继电器 (X) 输入继电器是 PLC 中专门用来接收系统输入信号的内部虚拟继电器。它由 PLC 工作原理来完成继电器的功能。它在 PLC 内部与输入端子相连,它有无数的常开触点和常闭触点,这些动合、动断触点可在 PLC 编程时随意使用。这种输入继电器不能用程序驱动,只能由输入信号驱动。FX 系列 PLC 的输入继电器采用八进制编号。因此存在 8、9 这样的数值。FX_{2N} 系列 PLC 带扩展时最多可达 184 点输入继电器,其编号为 X0~X267。

2) 输出继电器 (Y) 输出继电器是 PLC 中专门用来将运算结果信号经输出接口电路及输出端子送达并控制外部负载的虚拟继电器。它在 PLC 内部直接与输出接口电路相连,它有无数的动合触点与动断触点,这些动合与动断触点可在 PLC 编程时随意使用。外部无法直接驱

动继电器，它只能用程序驱动。

三、三菱 PLC 基本指令（LD、LDI、OUT、AND、ANI、OR、ORI）

1. 逻辑取及输出指令（LD、LDI、OUT）

（1）指令作用。

LD（取正）为常开触头逻辑运算起始指令，LDI（取反）则为常闭触头逻辑运算起始指令，OUT（输出）用于线圈驱动，其驱动对象有输出继电器（Y）、辅助继电器（M）、状态继电器（S）、定时器（T）、计数器（C）等。OUT 指令不能用于输入继电器，OUT 指令驱动定时器（T）、计数器（C）时，必须设置常数 K 或数据寄存器值。

（2）指令应用举例。

图 1-16 是由 LD、LDI、OUT 指令组成的梯形图，其中 OUT M100 和 OUT T0 的线圈可并联使用。

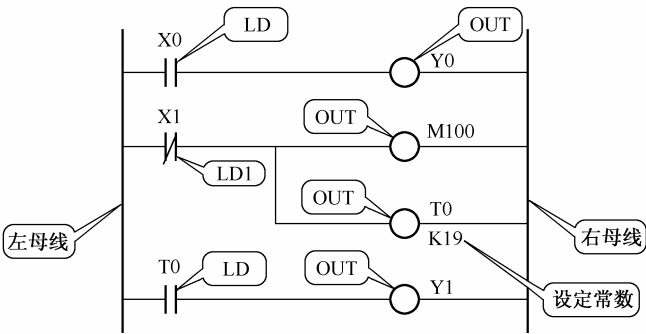


图 1-16 LD、LDI、OUT 图形符号

该梯形图对应的语句指令程序为：

程序步	语句	注释
1	LD X0	//与左母线相连
2	OUT Y0	//驱动线圈
3	LDI X1	
4	OUT M100	//驱动通用辅助继电器
5	OUT T0 K19	//驱动定时器 //设定常数
6	LD T0	
7	OUT Y1	

2. 触头串联指令（AND、ANI）

（1）指令作用。

AND（与）用于常开触头串联连接，ANI 则用于常闭触头串联连接。

（2）指令应用举例。

如图 1-17 所示是由 AND、ANI 指令组成的梯形图。OUT 指令之后可通过触头对其他线圈使用 OUT 指令，称为纵向输出或连续输出。例在 OUT M101 指令后，可通过触头 T1 对线圈 Y4 使用 OUT 进行连续输出，如果顺序不错，可多次重复使用连续输出。

该梯形图对应的语句指令程序为：

LD X2

```

ANI    X0      //串联常 UFT 触头
OUT    Y3
LD     Y3
ANI    X3      //串联常闭触头
OUT    M101
AND    T1      //串联触头
OUT    Y4      //连续输出

```

3. 触头并联指令（OR、ORI）

（1）指令作用。

OR（或）是常开触头并联连接指令，ORI（或反）是常闭触头并联连接指令。除第一行并联支路外，其余并联支路上若只有一个触头时就可使用 OR、ORI 指令。OR、ORI 指令一般跟随 LD、LDI 指令后，对 LD、LDI 指令规定的触头再并联一个触头。

（2）指令应用举例。

如图 1-18 所示是由 OR、ORI 指令组成的梯形图。由于 OR、ORI 指令只能将一个触头并联到一条支路的两端，即梯形图中 M103 或 M110 所在支路只有一个触头，梯形图对应的语句指令程序程序为：

```

LD     X4
OR     X6      //并联一个常开触头
ORI    M102    //并联一个常闭触头
OUT    Y5
LDI    Y5
AND    X7
OR     M103    //并联一个常开触头
ANI    X10
ORI    M110    //并联一个常闭触头
OUT    M103

```

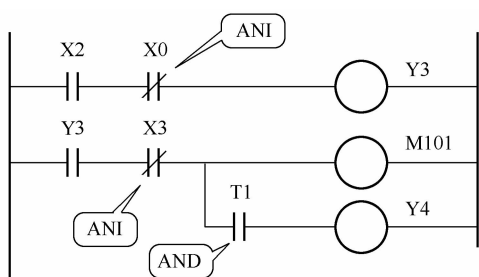


图 1-17 由 AND、ANI 指令组成的梯形图

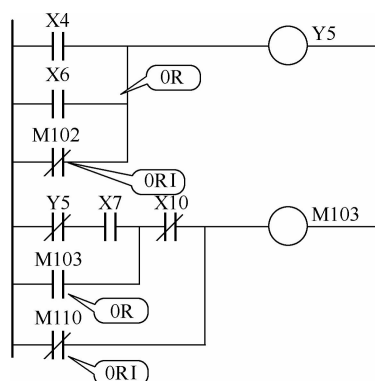


图 1-18 OR、ORI 指令组成的梯形图

四、GX Developer 编程软件的使用

1. 编程软件工作界面的打开

（1）双击桌面上的 GX Developer 图标，如果桌面上没有 GX Developer 图标，也可通过执行“开始”→“程序”→“MELSOFT 应用程序”→GX Developer 命令打开程序，如图 1-19 所示。

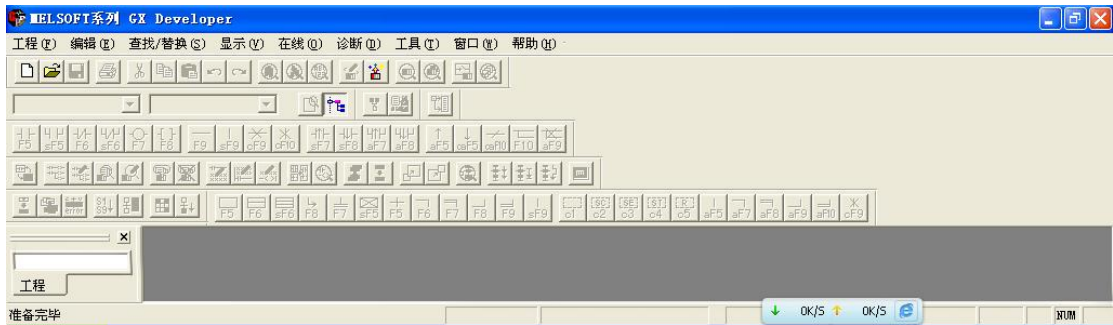


图 1-19 GX Developer 编程软件的工作界面

- (2) 单击工具栏上的“工程”选项，出现如图 1-20 所示的菜单。
- (3) 单击“创建新工程”，弹出如图 1-21 所示对话框。



图 1-20 “工程”菜单



图 1-21 “创建新工程”对话框

“创建新工程”对话框中的内容说明：

- 1) PLC 系列：选择使用的 PLC 类型，如 Q 系列、QnA 系列、A 系列、FXPLC 中的一种。如选择 FX 系列，就选中 FXCPU 这一项。
- 2) PLC 类型：根据已选定的 PLC 系列，确定 PLC 的型号。例如选中的是 FXCPU，则可以从 FX_{0N}、FX_{1N}、FX_{2N}、FX_{1S}、等型号中选择，选择时要与实际操作的 PLC 面板上的型号一致。如你用的是 FX_{2N}-48MR，则在此项中就选 FX2N。
- 3) 程序类型：用梯形图编程选“梯形图”；用 SFC（顺序功能图）编程选 SFC。
- 4) 标签设定：默认为“不使用标签”。
- 5) 生成和程序同名的软元件内存数据：选中后，新建工程时生产和程序同名的软元件内存数据。
- 6) 工程名设定：工程名可以在编程前设定，也可以在完成后设定。在编程时设定时，在

如图 1-21 所示的对话框中选中“设置工程名”复选框,如图 1-22 所示。单击“浏览”按钮,选择工程的保存路径后,点击“确认”按钮,弹出如图 1-23 所示对话框,索引栏可以不填。



图 1-22 填写工程名



图 1-23 确认信息

单击“是”按钮出现工程为“电机正反转控制”的编程界面,如图 1-24 所示。在编程界面顶栏出现该工程的存放路径,编程完成后程序就自动保存到该工程名下。



图 1-24 工程名为“电机正反转控制”的编程界面

如果编程完成后再设定工程名,则需要单击菜单栏上“工程”→“另存工程为”命令,如图 1-25 所示。其他操作方法与上述一致。

2. 关闭和保存工程

(1) 关闭工程。关闭一个没有事先设定工程名的程序或者一个正在编辑的程序时,会弹出一个对话框,如图 1-26 所示,如果希望保存工程就选“是”,否则选择“否”。如果弹出的是如图 1-27 所示的对话框,则说明程序中含有未变换过的梯形图,需要点“否”回到编程界面上再按工具栏上的“变换”选项或按 F4 进行转换再关闭。

(2) 保存工程。保存工程的操作和其他软件操作一样,单击“工程”→“另存工程为”命令,弹出“另存工程为”对话框,如图 1-28 所示。选择“驱动器/路径”名,输入“工程名”,单击“保存”按钮,完成工程的保存。