

日本的主推产品定位在小型 PLC 上，而欧美则以大、中型 PLC 为主。

世界 PLC 生产制造行业发展到今天，已经是相当成熟和出色了。其中，美国的 A-B 公司、罗克韦尔（Rockwell）公司，德国的西门子（Siemens）公司，法国的施耐德（Schneider）公司以及日本的三菱（Mitsubishi）公司和欧姆龙（Omron）公司更是整个行业中的佼佼者。

国内 PLC 应用市场仍然以国外产品为主，如西门子的 S7-200 系列（小型）、S7-300 系列（中型）及 S7-400（大型）系列；三菱的 FX 系列（小型）、Q 系列（中大型）；欧姆龙的 CPM 系列（小型）、C200H 系列（中大型）等。

随着 PLC 技术的发展，我国也有不少 PLC 厂家的产品在国内市场上享有一定的声誉，如台湾的台达、永宏、丰炜，北京的和利时，洛阳的易达，无锡的信捷，厦门的海为，深圳的德维森和艾默生等。

思考与练习

简答题

- (1) PLC 主要应用在哪些场合？
- (2) PLC 的基本结构如何？试阐述其基本工作原理。
- (3) PLC 硬件由哪几部分组成，各有什么作用？
- (4) PLC 输出接口按输出开关器件的种类不同分为哪几种形式，分别可以驱动什么样的负载？
- (5) PLC 控制系统与传统的继电接触控制系统有何区别？
- (6) 请说出 FX_{2N}-128MR 的型号含义。

任务二 电动机自锁控制程序设计

任务导入

三相异步电动机直接启动的继电接触控制系统如图 3-1 所示，现要改用 PLC 来控制电动机的启停。具体控制要求：当按下启动按钮 SB2 时，电动机启动并连续运行；当按下停止按钮 SB1 或热继电器 FR 动作时，电动机停止。

当采用 PLC 控制电动机起停时，必须将按钮的控制指令送到 PLC 的输入端，经过程序运算，再将 PLC 的输出驱动接触器 KM 线圈得电，电动机才能运行。那么，如何将输入、输出器件与 PLC 连接，PLC 又是如何编写控制程序的呢？这需要用到 PLC 内部的编程元件输入继电器 X 和输出继电器 Y。

相关知识

一、输入继电器 X 和输出继电器 Y

PLC 内部有许多具有不同功能的编程元件，如输入继电器、输出继电器、定时器、计数

器等,它们不是物理意义上的实物继电器,而是由电子电路和存储器组成的虚拟器件,又称“软继电器”。“软继电器”实际上是 PLC 内部存储器某一位的状态,该位状态为“1”,相当于继电器得电;该位状态为“0”,相当于继电器失电。在 PLC 程序中出现的线圈与触点均属于“软继电器”,“软继电器”与真实继电器最大的区别在于“软继电器”的触点可以无限地使用。不同厂家、不同型号的 PLC,编程元件的数量和种类有所不同。三菱 FX 系列 PLC 的“软继电器”的线圈和触点的符号如图 3-11 所示,其中手写时常用“圆圈”表示线圈,而在用编程软件表示时常用“括号”表示线圈。



图 3-11 软继电器的线圈和触点

1. 输入继电器 X

PLC 输入端子上连接的输入继电器 X 为光耦隔离的电子式继电器,它是专门用来接受 PLC 外部开关信号的元件。PLC 通过输入端子将外部输入信号状态(接通时为“1”,断开时为“0”)读入并存储在输入映像寄存器中,假如此时读入的输入信号状态为“1”,则与输入端子连接的输入继电器线圈得电,其常开触点闭合,常闭触点断开。

输入继电器必须由外部信号驱动,不能用程序驱动,所以在程序中不可能出现其线圈。由于输入继电器反映输入映像寄存器中的状态,所以其触点的使用次数不限。

FX 系列 PLC 的输入继电器采用 X 和八进制数共同组成编号,地址范围是 X000~X007, X010~X017, X020~X027……最多 128 点。



注意

基本单元输入继电器的编号是固定的,扩展单元和扩展模块是按与基本单元最靠近开始,顺序进行编号。例如,基本单元 FX_{2N}-64MR 的输入继电器编号为 X000~X037(32 点),如果接有扩展单元或扩展模块,则扩展的输入继电器从 X040 开始编号。

2. 输出继电器 Y

输出继电器 Y 是用来将 PLC 内部信号输出传送给外部负载(用户输出设备)的元件。输出继电器线圈是由 PLC 内部程序的指令驱动,其线圈状态传送给输出单元,再由输出单元对应的硬触点来驱动外部负载。

每个输出继电器在输出单元中都对应有一个常开硬触点,但在程序中供编程的输出继电器,不管是常开还是常闭触点,都是软触点,所以可以使用无数次。

FX 系列 PLC 的输出继电器采用 Y 和八进制数共同组成编号,地址范围是 Y000~Y007, Y010~Y017, Y020~Y027……最多 128 点。与输入继电器一样,基本单元的输出继电器编号是固定的,扩展单元和扩展模块的编号也是按与基本单元最靠近开始,顺序进行编号。

在实际使用中,输入、输出继电器的数量,要视具体系统的配置情况而定。

二、PLC 的编程语言

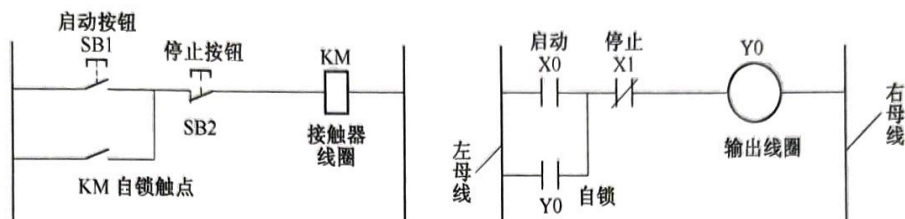
1994 年 5 月,国际电工委员会公布了 PLC 常用的 5 种编程语言:顺序功能图、梯形图、指令表、功能块图及高级语言。其中,用得最多的是顺序功能图、梯形图和指令表 3 种编程语言。

1. 顺序功能图

顺序功能图是一种位于其他编程语言之上的图形语言，它主要用来编制顺序控制程序，主要由步、有向连线、转换条件和动作组成。

2. 梯形图

梯形图基本上沿用电气控制图的形式，采用的符号也大致相同。如图 3-12 所示，梯形图两侧的平行竖线为母线，其间由许多触点和编程线圈组成的逻辑行。应用梯形图进行编程时，只要按梯形图逻辑行的顺序输入到计算机中去，计算机就可自动将梯形图转换成 PLC 能接受的机器语言，存入并执行。



继电器接触控制电路图

PLC 梯形图语言

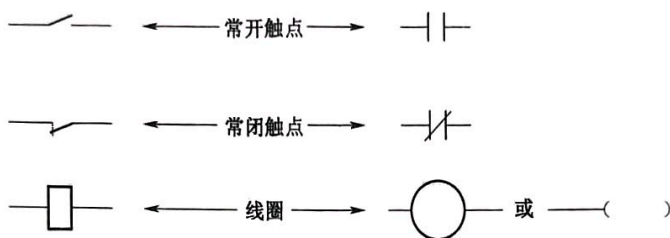


图 3-12 梯形图程序



注意

- (1) 梯形图每一个梯级中并没有真正的电流流过。
- (2) PLC 在执行程序时，是自上而下一个梯级一个梯级扫描执行，位于梯形图上一级的线圈要比下一级的线圈先通电，执行完一个扫描周期后再重新从第一个梯级开始执行，即 PLC 是串行周期扫描工作方式。而继电器接触控制电路中，只要满足逻辑关系，可以同时执行满足条件的分支电路，即继电器接触控制电路是并行工作方式。

3. 指令表

PLC 的指令是一种与微机汇编语言中的指令极其相似的助记符表达式，由指令组成的程序叫做指令表 (Instruction List, IL) 程序。不同厂家 PLC 指令的助记符有所不同，但基本的逻辑与运算的指令功能可以相通。在 GX 编程软件中，梯形图和指令表可以自动转换。

三、LD、LDI、OUT、END 指令

基本逻辑指令是 PLC 中最基础的编程语言，掌握了基本逻辑指令也就初步掌握了 PLC 的编程语言。FX_{2N} 系列 PLC 的基本逻辑指令有 27 条，FX_{3U} 系列 PLC 比 FX_{2N} 系列 PLC 多 2 条基本指令，一共有 29 条。

1. 程序举例

在图 3-13 中，当 X0 按下时，输入继电器 X0 的线圈通电，其常开触点闭合，输出继电

器 Y0 通电, Y0 对应的指示灯点亮; 当 X1 按下时, 输入继电器 X1 的线圈通电, 其常闭触点断开, 输出继电器 Y1 失电, Y1 对应的指示灯熄灭。

2. 指令用法

LD: 取指令, 用于常开触点与左母线连接。

LDI: 取反指令, 用于常闭触点与左母线连接。

OUT: 线圈驱动指令, 用于将逻辑运算的结果驱动一个指定线圈。

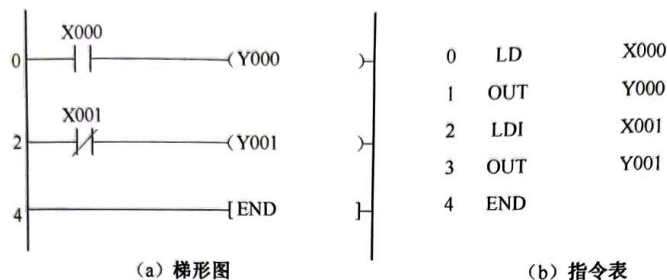


图 3-13 LD、LDI、OUT 指令举例

END: 程序结束指令, 即 PLC 扫描周期中程序执行阶段结束, 进入输出刷新阶段。

3. 指令说明

(1) LD、LDI 指令用于将触点接到左母线上, 操作目标元件为 X、Y、M、T、C、S。

LD、LDI 指令还可与 ANB、ORB 指令配合, 用于分支回路的起点。

(2) OUT 指令是对输出继电器 Y、辅助继电器 M、状态继电器 S、定时器 T、计数器 C 的线圈进行驱动的指令, 不能用于驱动输入继电器。OUT 指令可以连续使用多次, 相当于电路中多个线圈的并联形式。

四、AND、ANI、OR、ORI 指令

1. AND、ANI 指令

(1) 程序举例。从图 3-14 中可得以下 3 点。

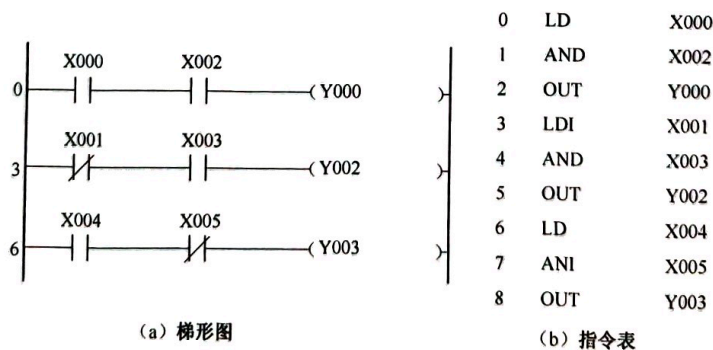


图 3-14 AND、ANI 指令举例

- ① 当 X0 按下, 同时 X2 也按下时, Y0 通电。
- ② 不按 X1, 按下 X3 时, Y2 通电。
- ③ 按下 X4, 不按 X5 时, Y3 通电。

(2) 指令用法。

AND：与指令，用于单个常开触点的串联，完成逻辑“与”运算。

ANI：与反指令，用于单个常闭触点的串联，完成逻辑“与非”运算。

(3) 指令说明。

① AND、ANI 指令均用于单个触点的串联，串联触点数目没有限制。这两个指令可以重复多次使用。指令的目标元件为 X、Y、M、T、C、S。

② OUT 指令后，通过触点对其他线圈使用 OUT 指令称为纵接输出。这种纵接输出如果顺序不错，可多次重复使用 OUT 指令，如图 3-15 所示。如果 Y0 与 Y1 所在分支的顺序颠倒，就必须要用后面提到的 MPS/MRD/MPP 指令。

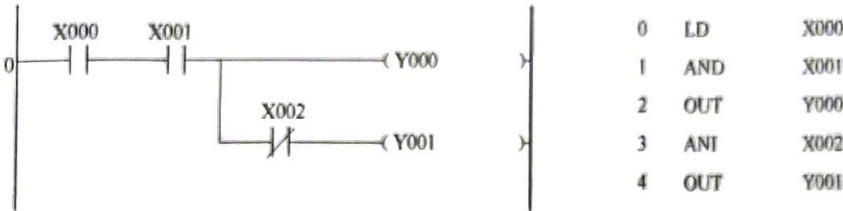
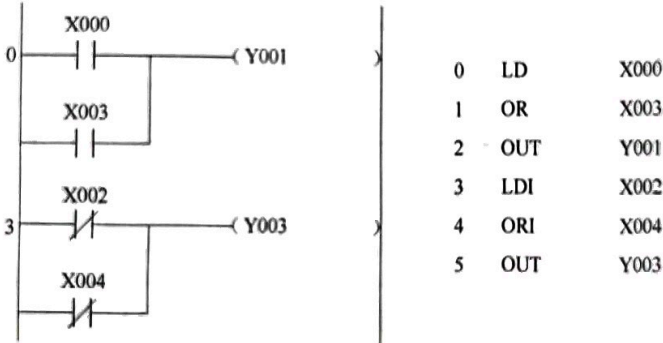


图 3-15 连续使用 OUT 指令

③ 串联指令是用来描述单个触点与其他触点或触点组成的电路连接关系的。

2. OR、ORI 指令

(1) 程序举例。从图 3-16 中可得以下两点。



(a) 梯形图

(b) 指令表

图 3-16 OR、ORI 指令举例

① 当 X0 或 X3 按下时，Y1 通电。

② 当 X2 或 X4 都不被按下时，Y3 通电；一旦两者中有一个被按下，Y3 仍通电；两者都按下，Y3 失电。

(2) 指令用法。

OR：或指令，用于单个常开触点的并联。

ORI：或非指令，用于单个常闭触点的并联。

(3) 指令说明。

① OR、ORI 指令用于一个触点的并联连接指令。它们可以对 X、Y、M、S、T、C 进行操作。若将两个以上的触点串联连接的电路块并联连接，要用后面提到的 ORB 指令。

② OR、ORI 指令可以连续使用，并且不受使用次数的限制。



五、三菱编程和仿真软件

三菱编程和仿真软件主要有 GX Developer 和 GX Work2 (或 GX Work3) 两种软件, 其中 GX Developer 编程软件适合于 FX、Q 和 A 系列 PLC 使用, GX Work2 (或 GX Work3) 编程软件适合于 FX、Q 和 L 系列 PLC 使用。这两款编程软件和使用手册都可以到三菱自动化官网 <http://cn.mitsubishielectric.com/fa/zh/> 下载。本教材主要介绍 GX Developer 编程软件的使用方法。

GX Developer 是三菱公司 PLC 的编程软件, 其界面和编程文件均已汉化, 可在 Windows 操作系统中运行。

GX-Developer 编程软件允许以梯形图、列表、SFC (顺序功能图) 和 ST (结构化文本) 等语言进行编程, 它支持在线和离线编程功能, 不仅具有软元件注释、声明、注解及程序监视、测试、检查、仿真等功能, 而且还能方便地实现监控、故障诊断、程序的传送及复制、删除和打印等。此外, 它还具有运行写入功能, 这样可以避免频繁操作 STOP/RUN 开关, 方便程序的调试。

GX Simulator 内嵌在 GX Developer 中, 可以实现离线编程、模拟测试和仿真, 仿真的整个过程与 PLC 的在线连接完全一致, 通过强制 ON/OFF 位软元件或给字软元件赋值来实现真实动作情况。

1. 软件安装

(1) 先安装通用环境, 进入文件夹 “EnvMEL”, 单击 “SETUP.EXE” 安装。三菱大部分软件都要先安装 “环境”, 当然, 有的环境是通用的。

(2) 完成 “EnvMEL (环境)” 安装后, 返回到 “GX Developer” 文件夹, 单击 “SETUP.EXE” 安装。



29. GX 编程软件的安装



注意

在安装的时候, 最好把其他应用程序关掉, 包括杀毒软件、防火墙、IE、办公软件。因为这些软件可能会调用系统的其他文件, 影响安装的正常进行。

(3) 输入各种注册信息后, 输入序列号 (在 txt 文本文件中)。注意, 千万不能在图 3-17 中的 “监视专用 GX Developer” 前面打勾。

(4) 完成后单击 “完成” 按钮。

(5) GX Simulator 是三菱 PLC 的仿真软件, 在安装有 GX Developer 的计算机内追加安装 GX Simulator 软件就能实现离线时的程序调试。通过把 GX Developer 软件编写的程序写入 GX Simulator 内, 能够实现通过 GX Simulator 软件调试程序。该软件必须在事先安装好的 GX Developer 软件上才能使用, 其安装方法与 GX Developer 相同。

2. GX Developer 软件的基本界面

启动 GX Developer 以后, 出现该软件的窗口界面。执行 “工程” 菜单中的 “创建新工程” 命令, 弹出如图 3-18 所示的 “创建新工程” 对话框。

在图 3-18 中, 选择用户使用的 PLC 所属系列和类型, 即选中两个下拉菜单中的 “FXCPU” 和 “FX_{2N} (C)”。此外, 还需要设置程序的类型, 即梯形图或 SFC (顺序功能图), 设置文件的保存路径和工程名称等。注意, PLC 系列和类型是必须设置的, 并且与所连接的 PLC 要一致,

否则程序无法写入 PLC 中。工程名可以暂不设置。设置好上述各项后出现如图 3-19 所示的窗口，即可进行程序的编写。

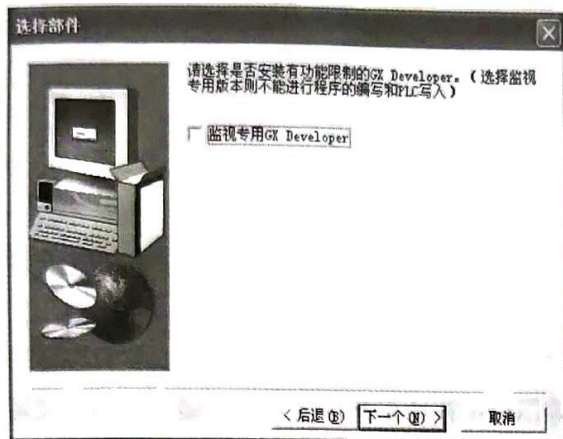


图 3-17 GX Developer 软件的安装界面

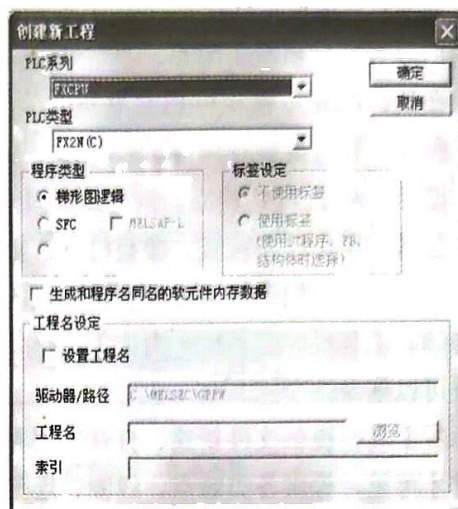


图 3-18 “创建新工程”窗口

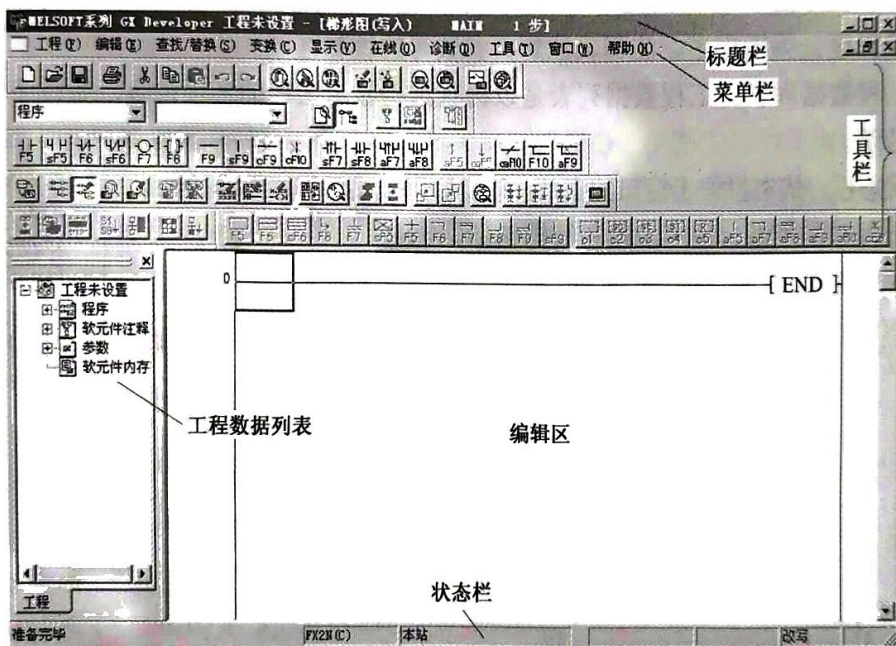


图 3-19 GX Developer 主窗口

(1) 标题栏。标题栏显示打开的编程软件的名称和其他信息。

(2) 菜单栏。菜单栏是将 GX Developer 的全部功能，按各种不同的用途组合起来，并以菜单的形式显示。通过主菜单各选项及下拉子菜单中的命令，可执行相应的操作。它有 10 个主菜单项，各主菜单的功能如下。

工程：工程操作，如创建新工程、打开工程、关闭工程、保存工程、改变 PLC 的类型、读取其他格式的文件以及文件的打印操作等。

编辑：程序编辑的工具，如复制、粘贴、插入行（列）、删除行（列）、画连线、删除连线等功能，并能给程序命名元件名和元件注释。

查找/替换：快速查找/替换设备、指令等。



变换: 只在梯形图编程方式中可见, 程序编好后只有经过变换的梯形图才能够被保存、传送等。

显示: 可以设置软件开发环境的风格, 如决定工具条和状态条窗口的打开与关闭, 注释、声明的设置和显示或关闭等。

在线: PLC 可建立与 PLC 联机时的相关操作, 如用户程序上传和下载、监视程序运行、清除程序、设置时钟操作等。

诊断: 用于 PLC 诊断、网络诊断及 CC-link 诊断。

工具: 用于程序检查、参数检查、数据合并、清除注释或参数等。

帮助: 主要用于查阅各种出错的代码等。

(3) 工具栏。工具栏分为主工具栏、图形编辑工具栏、视图工具栏等, 它们在工具栏的位置可以拖动改变。

主工具栏提供文件新建、打开、保存、复制、粘贴等功能。图形编辑工具栏只在图形编程时才可见, 提供各类触点、线圈、连接线等图形; 视图工具可实现屏幕显示切换, 如可在主程序、注释、参数等内容之间实现切换, 也可实现屏幕放大/缩小和打印预览等功能。此外, 工具栏还提供程序的读/写、监视、查找和程序检查等快捷按钮。

(4) 编辑区。编辑程序、注释、注解、参数等的编辑区域。

(5) 工程数据列表。工程数据列表是以树状结构显示工程的各项内容, 如程序、软元件注释、参数等。

(6) 状态栏。状态栏位于窗口的底部, 该窗口用来显示程序编译的结果信息、所选 PLC 的类型、程序步数和编辑状态。

3. 梯形图程序的生成和编辑

图 3-20 所示是一个梯形图, 下面以此为例说明如何用 GX 软件编写程序。

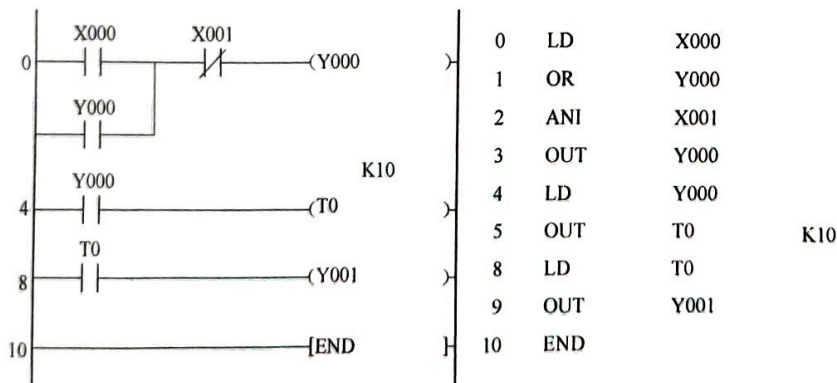


图 3-20 梯形图

(1) 单击图 3-21 所示程序编辑窗口中①位置的按钮, 使其为写模式 (查看状态栏的显示)。

(2) 单击如图 3-21 所示程序编辑窗口中②位置的按钮, 选择梯形图显示, 即程序在编辑区中以梯形图的形式显示。

(3) 在当前编辑区的蓝色方框③中绘制梯形图。

(4) 梯形图的绘制有以下两种方法。

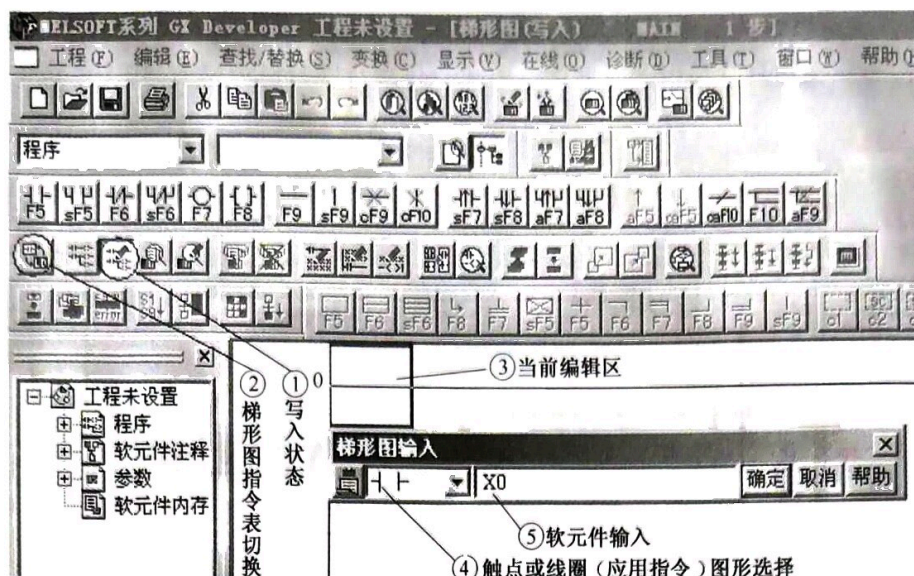


图 3-21 梯形图编辑窗口

一种方法是用鼠标和键盘操作，用鼠标选择工具栏中的图形符号或按“F5”键，打开图 3-21 所示的梯形图输入窗口，再在④和⑤的位置输入其软元件和软元件编号，输入完毕后单击“确定”按钮或按“Enter”键即可。

另一种方法是用键盘操作，即通过键盘输入完整的指令，在图 3-21 所示的当前编辑区的位置直接从键盘输入 L→D→空格→X→0→按“Enter”键，则 X0 的常开触点就在编辑区显示出来，然后再输入 ANI→空格→X1、OUT→空格→Y0、OR→空格→Y0，即绘制出图 3-22 所示的图形。

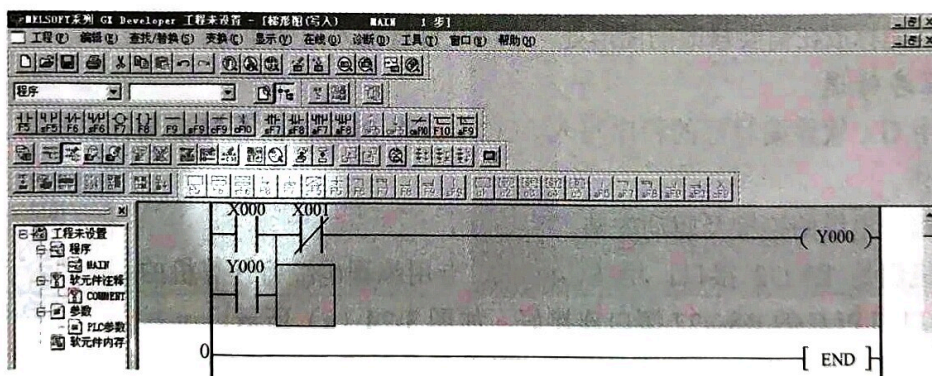


图 3-22 变换前的梯形图

梯形图编辑完后，在写入 PLC 之前，必须进行变换，单击图 3-22 中的“”图标或在“变换”菜单下执行“变换”命令，此时编辑区不再是灰色状态，如图 3-23 所示，此时可以存盘或传送。

注意，在图 3-23 中有定时器线圈（对于其他梯形图也可能有计数器线圈和应用指令），如用键盘操作，则输入 OUT→空格→T0→空格→K10→按“Enter”键。

4. 程序的插入和删除

梯形图编程时，经常用到插入和删除一行、一列、一逻辑行等命令。

(1) 插入。将光标定位在要插入的位置，然后选择“编辑”菜单，执行此菜单中的“行



插入”命令, 就可以输入编程元件, 从而实现逻辑行的插入。

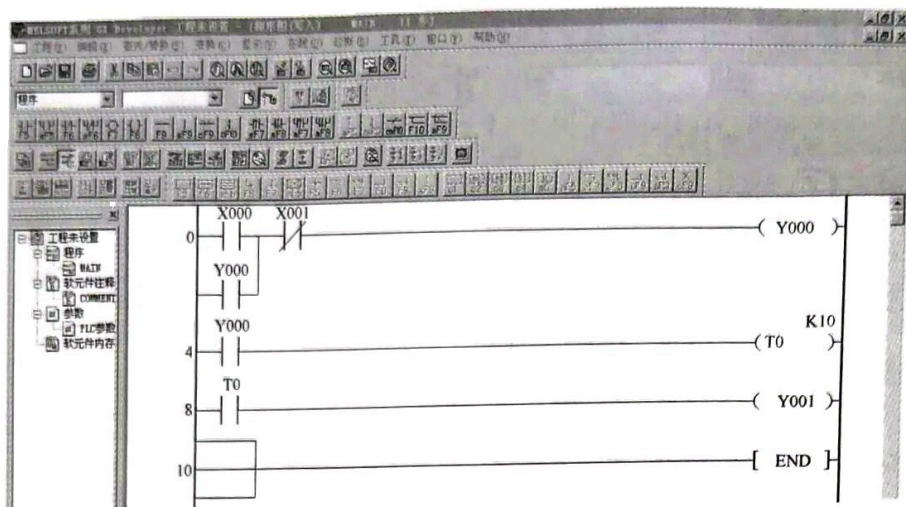


图 3-23 变换后的梯形图

(2) 删除。首先通过鼠标选择要删除的逻辑行, 然后利用“编辑”菜单中的“行删除”命令就可以实现逻辑行的删除。

元件的剪切、复制和粘贴等命令的操作方法与 Word 应用软件的使用相同, 这里不再赘述。

5. 绘制、删除连线

需在梯形图中放置横线时, 单击图 3-22 中的“”图标; 需在梯形图中放置垂直线时, 单击图 3-22 中的“”图标; 删除横线或垂直线时单击图 3-22 中的“”或“”图标。

6. 修改

若发现梯形图有错误, 可进行修改操作, 如将图 3-23 中的 X0 改为常闭触点。首先在写状态下, 将光标放在需要修改的图形处, 直接从键盘输入指令即可。

7. 程序传送

要将用 GX 软件编写好的程序写入 PLC 中或将 PLC 中的程序读到计算机中, 需要进行以下操作。

(1) 编程电缆的连接及驱动安装。

计算机侧是 RS232 接口: 用 SC-09-FX 专用编程电缆将计算机的 RS-232 接口和 PLC 的 RS-422 接口连接好, 如图 3-24 (a) 所示。

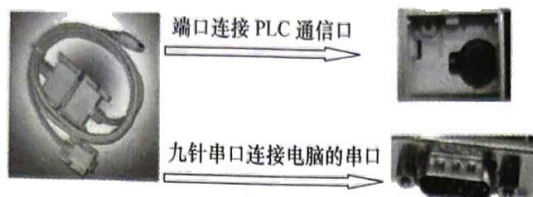
计算机侧是 USB 接口: 现在的便携式计算机几乎没有 RS232 接口, 带 RS232 接口的台式计算机也越来越少, 如果计算机侧是 USB 接口, 就用 USB-SC09-FX 或 FX-USB-AW 专用编程电缆将计算机的 USB 接口和 PLC 的 RS-422 接口连接好, 如图 3-24 (b) 所示。转换盒上的发光二极管用来指示数据的接收和发送状态。

如果采用图 3-24 (b) 所示的编程电缆, 先将编程电缆按图 3-24 (b) 接好, 接着安装 USB 驱动 (驱动程序在随货配的光盘里) 后才能使用, 驱动安装后在计算机的设备管理器里会出现一个相对应的 COM 口 (此处为 COM6, 也有可能是 COM3、COM4、COM5 等), 如图 3-24 (c) 所示。

(2) 单击“在线”→“传输设置”菜单, 在弹出的画面中双击“串行 USB ”图标, 弹出串口详细设置对话框, 如图 3-24 (d) 所示, 选择计算机串口 COM6 (注意保持与设备管



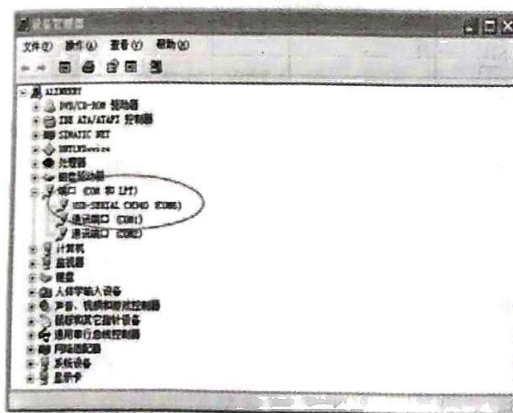
理器里 COM6 口一致) 及通信速率 9.6kbit/s, 其他项保持默认。单击“通信测试”, 会弹出“与 FX2N (C) CPU 连接成功”的小窗口, 单击“确定”按钮, 完成通信设置。



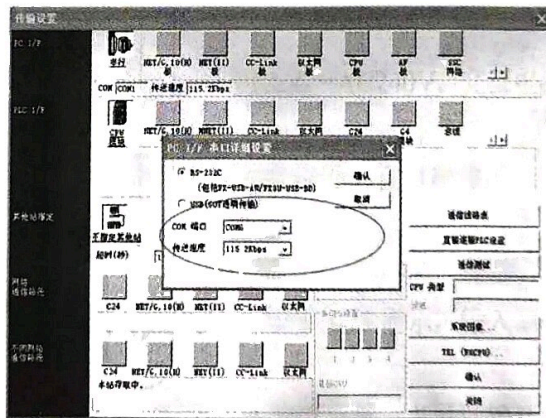
(a) 计算机侧为 RS232 口的连接方式



(b) 计算机侧为 USB 口的连接方式



(c) 设备管理器窗口



(d) 传输设置窗口

图 3-24 通信连接、设置画面

(3) 程序传送。执行“在线”→“PLC 读取”命令, 可将 PLC 中的程序传送到计算机中。注意, PLC 的实际型号应与编程软件中设置的型号一致。

执行“在线”→“PLC 写入”命令, 可将计算机中的程序下载到 PLC 中。

8. 保存、打开工程

当程序编制完后, 必须先进行变换, 然后单击“保存”按钮, 此时系统会提示 (如果新建工程时未设置) 保存的路径和工程的名称, 设置好路径和输入工程名称后单击“保存”按钮即可。

当需要打开保存在计算机中的程序时, 单击“打开”按钮, 在打开的窗口中选择保存的驱动器和工程的名称, 再单击“打开”按钮即可。



32. 程序的上传和下载

任务实施

一、分配 I/O 地址

根据电动机直接启动的控制要求可知: 输入信号有启动按钮 SB2、停止按钮 SB1 和热继电器的触点 FR; 输出信号有接触器的线圈 KM。确定它们与 PLC 中的输入继电器和输出继电器的对应关系, 可得 PLC 控制系统的 I/O 端口地址分配如下。

输入信号: 启动按钮 SB1——X0;

停止按钮 SB2——X1;

热继电器 FR——X2。

输出信号: 接触器线圈 KM——Y0。

根据 PLC 的 I/O 分配, 可以设计出电动机自锁控制的 I/O 接线图如图 3-25 所示。



33. 电动机自锁控制程序的设计与实现

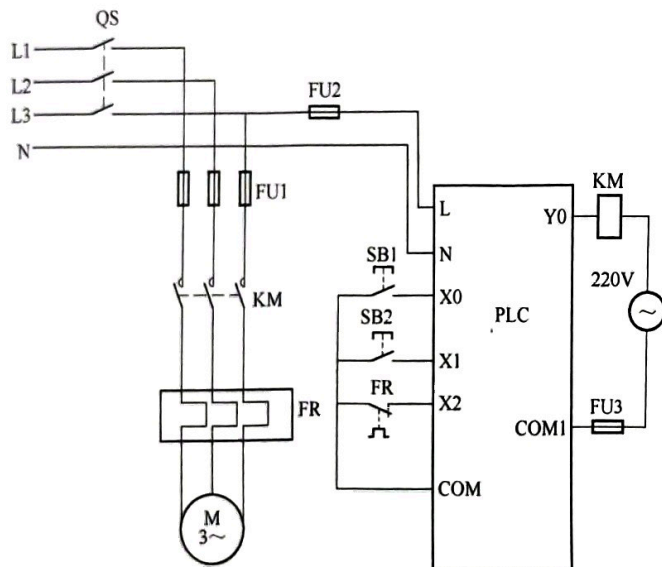


图 3-25 电动机自锁控制电路的 I/O 接线图

二、程序设计

在编制 PLC 控制的梯形图时, 要特别注意输入常闭触点的处理问题。有一些输入设备只能接常闭触点 (如热继电器触点), 在梯形图中应该怎样处理这些触点呢? 下面就以电动机的启停控制电路来分析。

图 3-26 所示为停止按钮分别接常开触点和常闭触点时, PLC 的 I/O 接线图和梯形图。图 3-26 (a) 中, PLC 输入端的停止按钮 X1 接常开触点, 输入继电器 X1 的线圈不“通电”, 其在梯形图中 X1 采用常闭触点, 其状态为 ON; 热继电器的常闭触点接 X2, 这时 X2 的输入继电器线圈“通电”, 其在梯形图中的常开触点为 ON。此时按下启动按钮 X0, 则 X0 的常开触点闭合, Y0 “通电”, 电动机旋转, 这和继电器控制原理图是相同的。图 3-26 (b) 中, PLC 输入端的停止按钮 X1 接常闭触点, 输入继电器 X1 得电, 其在梯形图中的 X1 采用常开触点,

其状态为 ON，这与原理图是相反的，此时按下启动按钮 X0，Y0 通电，电动机旋转。由此可见，用 PLC 取代继电接触控制时，其常闭触点应该按以下原则处理。

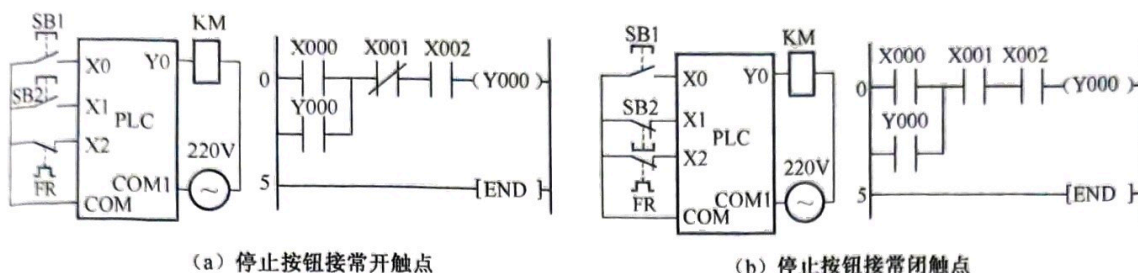


图 3-26 电动机自锁控制电路的接线图和程序

(1) PLC 外部的输入触点既可以接常开触点，也可以接常闭触点。若输入为常闭触点，则梯形图中触点的状态与继电接触原理图采用的触点相反。若输入为常开触点，则梯形图中触点的状态与继电接触原理图中采用的触点相同。

(2) 教学中 PLC 的输入触点经常使用常开触点，便于进行原理分析。但在实际控制中，停止按钮、限位开关及热继电器等要使用常闭触点，以提高安全保障。

(3) 为了节省成本，应尽量少占用 PLC 的 I/O 点数，因此有时也将热继电器的常闭触点 FR 串接在其他常闭输入或负载输出回路中，如可以将 FR 的常闭触点与图 3-26 (b) 中的停止按钮 SB1 串联在一起，再接到 PLC 的输入端子 X1 上。

三、接线时的注意事项

(1) 要认真核对 PLC 的电源规格。三菱 PLC 的工作电源是 AC100~AC240V。交流电源要接于专用端子上，否则会烧坏 PLC。

(2) PLC 的直流电源输出端 24+，为外部传感器供电，该端不能接外部直流电源。

(3) PLC 的空端子“●”上不能接线，以防损坏 PLC。

(4) PLC 不要与电动机公共接地。

(5) 三菱 PLC 输入端子与 COM 端子之间使用无源触点输入，如图 3-25 所示，输入端子不用外接电源。

(6) 输出端子接线时需注意对于继电器输出型 PLC，既可以接交流负载，也可以接直流负载。在此例中，PLC 只有一个输出连接到接触器的线圈 KM 上，如图 3-25 所示，所以采用 AC220V 电源，并在输出回路中串联熔断器。

四、操作步骤

(1) 按照图 3-25 所示将主电路和 PLC 的 I/O 接线图连接起来。

(2) 用专用编程电缆将装有 GX 编程软件的上位机的 RS-232 口(或 USB 口)与 PLC 的 RS-422 口连接起来。

(3) 接通电源，PLC 电源指示灯(POWER)亮，说明 PLC 已通电。将 PLC 的工作方式开关扳到 STOP 位置，使 PLC 处于编程状态。

(4) 用编程软件将图 3-26 (a) 中的程序下载到 PLC 中。

(5) PLC 上热继电器触点接入的输入指示灯 X2 应点亮，表示输入继电器 X2 被热继电器

器 FR 的常闭触点接通。若指示灯 X2 不亮,说明热继电器 FR 的常闭触点断开,热继电器已过载保护。

(6) 调试运行。程序输入完毕后,对照图 3-25,按下启动按钮 SB2,输入继电器 X0 通电,PLC 的输出指示灯 Y0 亮,接触器 KM 吸合,电动机旋转。按下停止按钮 SB1,输入继电器 X1 得电,X1 的常闭触点断开,Y0 失电,接触器 KM 释放,电动机停止转动。

在调试中,常见的故障现象如下。

① 检查 PLC 的输出指示灯是否动作,若输出指示灯不亮,说明程序错误;若输出指示灯亮,说明故障在 PLC 的外围电路中。

② 检查 PLC 的输出回路,先确认输出回路有无电压,若有电压,查看熔断器是否熔断;若没有熔断,查看接触器的线圈是否断线。

③ 若接触器吸合而电动机不转,查看主电路中熔断器是否熔断;若没有熔断,查看三相电压是否正常;若电压正常,查看热继电器动作后是否复位,3 个热元件是否断路;若热继电器完好,查看电动机是否断路。

(7) 监控运行。在 GX 软件中单击下拉菜单“在线”→“监视”→“监视开始”就可以监控 PLC 的程序运行过程,如图 3-27 所示。其中,“蓝色”表明该触点闭合或该线圈通电;没有“蓝色”表明该触点断开或线圈失电。

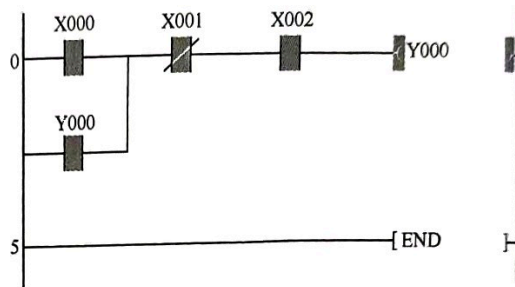


图 3-27 电动机自锁控制程序的监控运行画面

知识拓展

一、SET、RST 指令

1. 程序举例

在图 3-28 (a) 中,当 X0 按下时,Y0 得电并自保持;只有当 X1 按下时,Y0 才清除保持。其指令表和时序图如图 3-28 (b) 和图 3-28 (c) 所示。

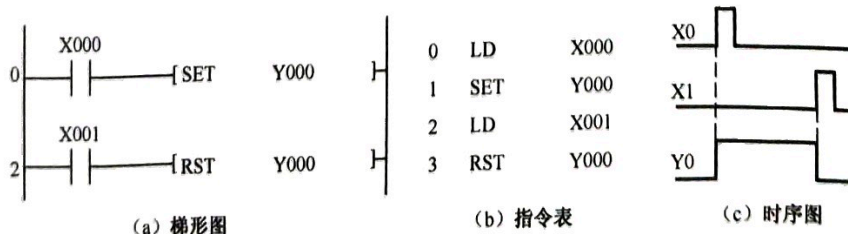


图 3-28 SET、RST 指令举例

2. 指令用法

SET: 置位指令,用于对辅助继电器 M、输出继电器 Y、状态器 S 的置位,也就是使操作对象置“1”,并维持接通状态。

(4) OUT 指令不能用于_____继电器。

(5) 将编程器内编写好的程序写入 PLC 时, PLC 必须处在_____模式。

2. 分析题

(1) 将图 3-29 所示的梯形图转换成指令表。

(2) 在 PLC 控制电路中, 停止按钮和热继电器在外部使用常闭触点或使用常开触点时, PLC 程序相同吗? 实际使用时采用哪一种, 为什么?

(3) 在 PLC 控制电路中, 为了节约 PLC 的 I/O 点数, 常将热继电器的常闭触点接在接触器的线圈电路中, 试画出该电路。

(4) 设计电动机的两地控制程序并调试。要求: 按下 A 地或 B 地的启动按钮, 电动机均可启动, 按下 A 地或 B 地的停止按钮, 电动机均可停止。

(5) 某一点餐系统的控制要求如下。

① 当按下桌上的按钮 1 (X0) 后墙上指示灯 1 (Y0) 点亮。如果按钮 (X0) 被松开, 灯 1 (Y0) 还是点亮。

② 当按钮 2 (X1) 被按下, 墙上的灯 2 (Y1) 点亮。如果按钮 2 (X1) 被按下, 灯 2 (Y1) 保持点亮。

③ 当操作面板上的 PB1 (X20) 被按下, 墙上的灯 1 (Y0) 和灯 2 (Y1) 熄灭。

试画出 I/O 接线图并编写程序。

任务三 楼梯照明控制程序设计

任务导入

图 3-30 (a) 所示为一个楼梯照明结构示意图, 楼上和楼下分别有两个开关 LS1 和 LS2, 它们共同控制灯 LP1 和 LP2 的点亮和熄灭。在楼下, 按 LS2 开关, 可以把灯点亮, 当上到楼上时, 按 LS1 开关可以将灯熄灭, 反之亦然。通常可以采用图 3-30 (b) 所示的双控开关进行控制。

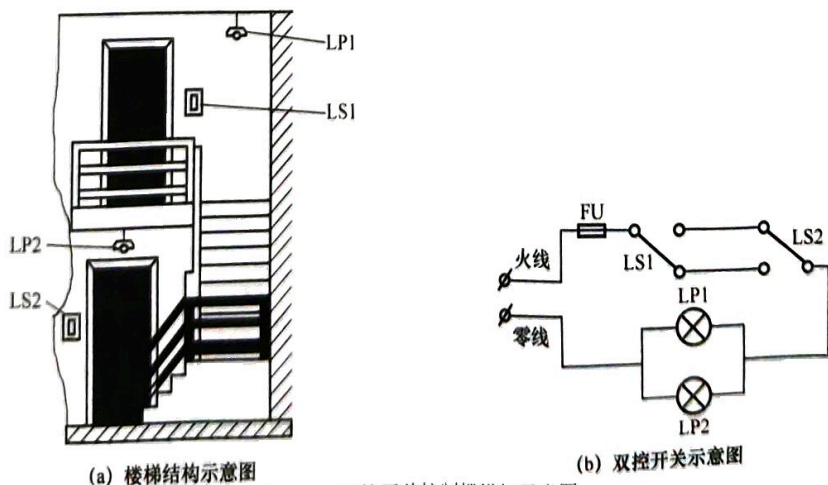


图 3-30 双控开关控制楼梯灯示意图

相关知识

一、ORB 指令

1. 程序举例

在图 3-31 中, X0 与 X1、X2 与 X3 两条分支电路中任一电路块接通, Y1 都通电。

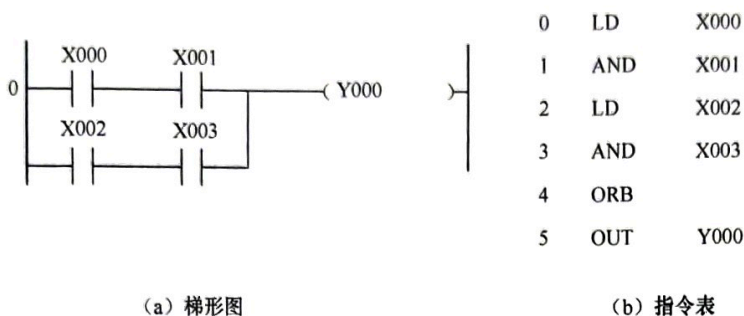


图 3-31 ORB 指令举例

2. 指令说明

(1) 两个或两个以上接点串联连接的电路称为串联电路块。当串联电路块与前面的电路并联连接时, 使用 ORB 指令。

(2) ORB 指令无操作元件。

(3) 串联电路块的分支开始用 LD、LDI 指令, 分支结束用 ORB 指令, 以表示与前面电路的并联。

(4) 多个电路块并联时, 可以分别使用 ORB 指令, 如图 3-32 所示。

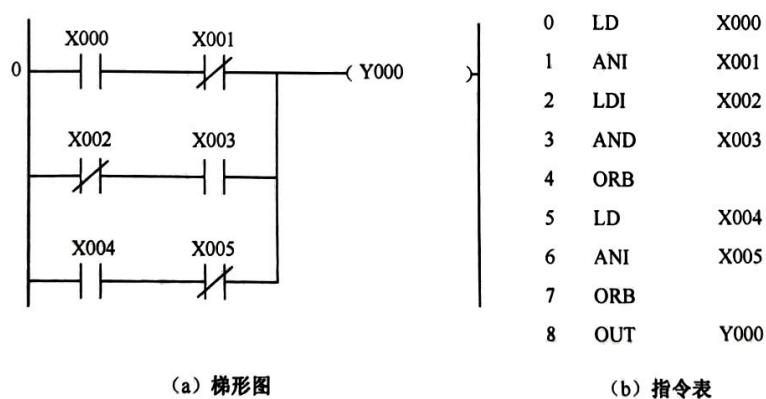


图 3-32 ORB 指令的使用

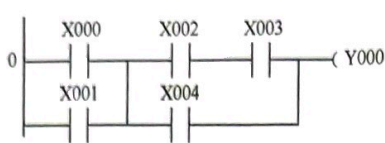
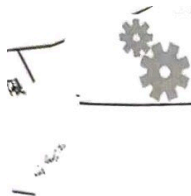
二、ANB 指令

1. 程序举例

在图 3-33 中, X0 或 X1 接通, X2 与 X3 或 X4 接通, Y0 都可以通电。

2. 指令说明

(1) 两个或两个以上接点并联连接的电路称为并联电路块。当并联电路块与前面的电路串联连接时, 使用 ANB 指令。



(a) 梯形图

0	LD	X000
1	OR	X001
2	LD	X002
3	AND	X003
4	OR	X004
5	ANB	
6	OUT	Y000

(b) 指令表

图 3-33 ANB 指令举例

(2) ANB 指令无操作元件。

(3) 并联电路块的分支开始用 LD、LDI 指令，分支结束后需使用 ANB 指令，以表示与前面电路的串联。

(4) 多个电路块串联时，可以分别使用 ANB 指令。

任务实施

一、分配 I/O 地址

图 3-30 中各种器件和 PLC 输入输出的对应关系如图 3-34 所示，两盏灯由同一输出 Y1 驱动。

二、程序设计

程序如图 3-35 所示，楼上和楼下的两个开关状态一致时，即都为“ON”或都为“OFF”时，灯亮；状态不一致时，即一个为“ON”，另一个为“OFF”时，灯不亮。灯在熄灭状态时，不管人是在楼下还是楼上，只要拨动该处的开关到另外一个状态，即可将灯点亮。同样，灯在点亮状态时，不管人是在楼下还是楼上，只要拨动该处的开关到另外一个状态，都可将灯熄灭。



35. 楼梯照明控制
程序设计

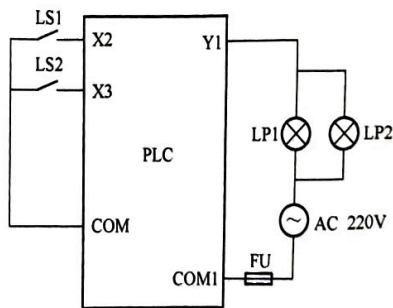
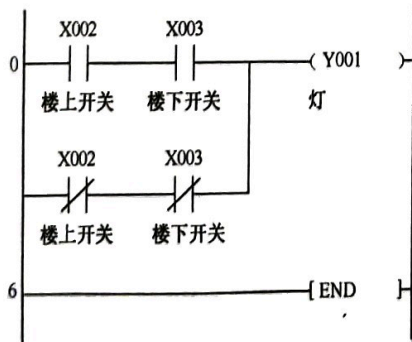


图 3-34 楼梯灯控制的 I/O 接线图



(a) 梯形图

0	LD	X002
1	AND	X003
2	LDI	X002
3	ANI	X003
4	ORB	
5	OUT	Y001
6	END	

(b) 指令表

图 3-35 楼梯灯控制程序



三、调试运行

(1) 按照图 3-34 所示将 PLC 的 I/O 接线图连接起来。注意两盏灯是并联关系。

(2) 将图 3-35 中的程序输入到 PLC 中。

(3) 按下开关 X3 (准备上楼), 观察灯是否点亮, 若点亮, 按下开关 X2 (人已经在楼上), 观察灯是否熄灭, 若熄灭, 说明可以达到上楼的控制要求; 接着再按下开关 X2 (准备下楼), 观察灯是否点亮, 若点亮, 按下开关 X3 (人已经在楼下), 观察灯是否熄灭, 若熄灭, 说明满足下楼的 control 要求。

知识拓展

一、梯形图的特点

(1) 梯形图按自上而下、从左到右的顺序排列。程序按从上到下、从左到右的顺序执行。每个继电器线圈为一个逻辑行, 即一层阶梯。每一逻辑行开始于左母线, 然后是触点的连接, 最后终止于继电器线圈。

(2) 梯形图中, 每个继电器均为存储器中的一位, 称为“软继电器”。当存储器状态为“1”时, 表示该继电器线圈得电, 其常开触点闭合或常闭触点断开。

(3) 梯形图两端的母线并非实际电源的两端, 而是“概念”电流。“概念”电流只能从左到右流动。

(4) 在梯形图中, 同一编号继电器线圈只能出现一次 (除跳转指令和步进指令的程序段外), 而继电器触点可无限次引用。如果同一继电器的线圈使用两次, PLC 将其视为语法错误, 绝对不允许。

(5) 梯形图中, 前面所有继电器线圈为一个逻辑执行结果, 被后面逻辑操作利用。

(6) 梯形图中, 除了输入继电器没有线圈、只有触点外, 其他继电器既有线圈, 又有触点。

二、梯形图的编程规则

(1) 触点不能接在线圈的右边; 线圈也不能直接与左母线相连, 必须要通过触点连接。

(2) 梯形图中触点可以任意地串联或并联, 而输出继电器线圈可以并联但不可以串联。

(3) 触点应画在水平线上, 不能画在垂直分支线上, 如图 3-36 所示。触点垂直跨接在分支路上的梯形图称为桥式电路, 如图 3-36 (a) 所示, PLC 对此无法进行编程。遇到不可编程的梯形图时, 可根据信号单向自左至右、自上而下流动的原则对原梯形图重新编排, 以便于正确应用 PLC 基本指令来编程, 如图 3-36 (b) 所示。

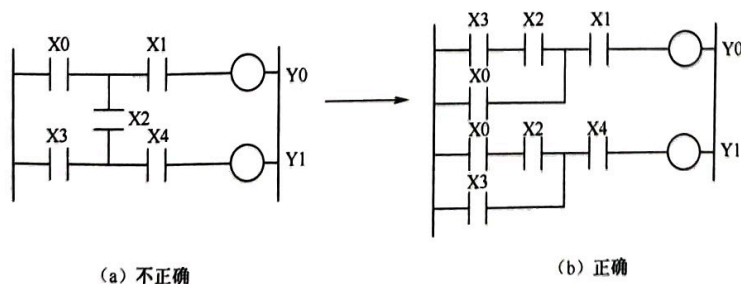


图 3-36 桥式电路的转换

(4) 梯形图应体现“左重右轻”“上重下轻”的原则。几个串联支路相并联，应将触点较多的支路放在梯形图的上方；几个并联支路相串联，应将并联较多的支路放在梯形图的左边。按这样的规则编制的梯形图可减少用户程序步数，缩短程序扫描时间，如图 3-37 (b) 就比图 3-37 (a) 所用的步数少。

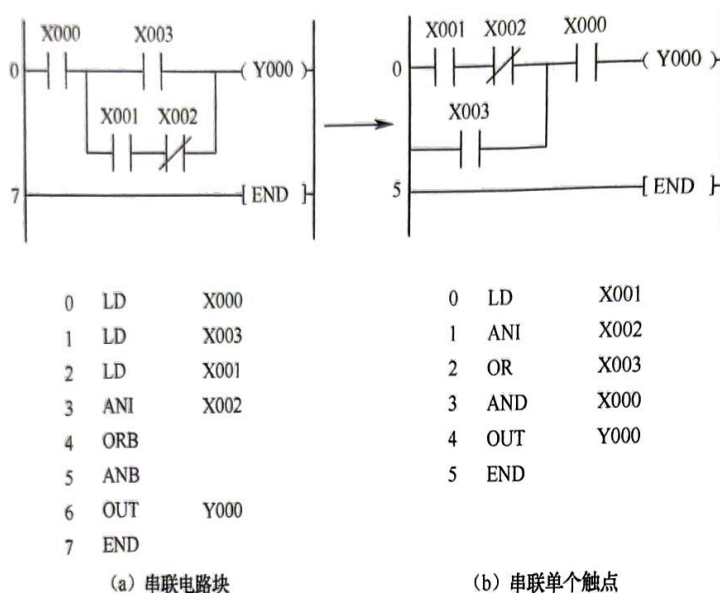


图 3-37 梯形图“左重右轻”“上重下轻”原则变换

(5) 尽量避免出现分支点梯形图，如图 3-38 所示，将两个输出继电器并联时的上下位置互换，可减少指令条数。

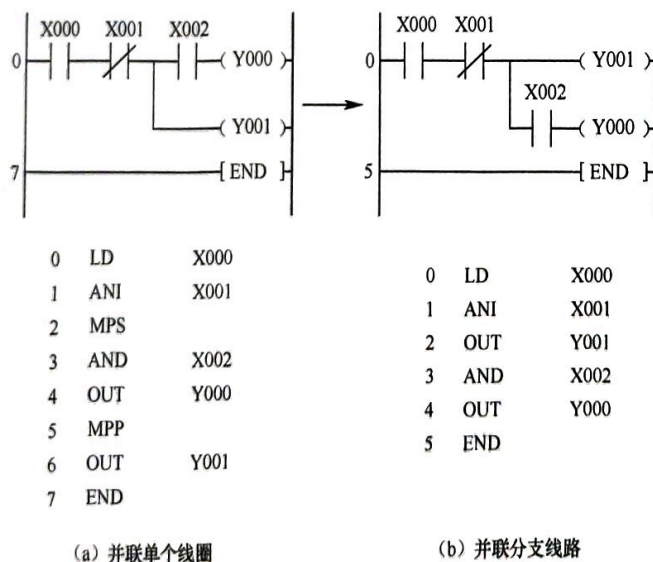


图 3-38 避免出现分支点

(6) 双线圈输出不可用。如果在同一程序中，同一元件的线圈使用两次或多次，则称为双线圈输出。这时前面的输出无效，只有最后一次有效。一般不应出现双线圈输出。

(7) 程序结束后应有结束符。

思考与练习

1. 简答题

说明下列指令的意义。

LD _____ OUT _____
 ANI _____ OR _____
 ANB _____ SET _____

2. 分析题

(1) 请将图 3-39 所示的梯形图转换成指令表。

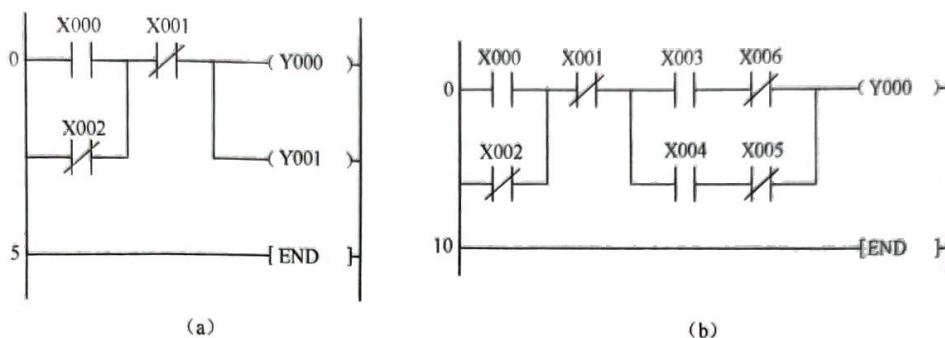


图 3-39 梯形图

(2) 试编写电动机正反转控制的程序，并画出 PLC 的 I/O 接线图。

(3) 将 3 个指示灯接在输出端上，要求 SB0、SB1、SB2 这 3 个按钮中的任意一个按下时，灯 HL0 亮；任意两个按下时，灯 HL1 亮；3 个同时按下时，灯 HL2 亮；没有按钮按下时，所有灯不亮。试用 PLC 来实现上述控制要求。

| 任务四 3 台电动机顺序启动控制程序设计 |

任务导入

某设备有 3 台电动机，控制要求：按下启动按钮，第一台电动机 M1 启动，运行 5s 后，第二台电动机 M2 启动，M2 运行 10s 后，第三台电动机 M3 启动；按下停止按钮，3 台电动机全部停止。

这是一个典型的时间控制程序，必须用 PLC 内部的定时器才能完成定时任务。

相关知识

一、辅助继电器 M

PLC 内部有很多辅助继电器，其作用相当于继电接触控制系统中的中间继电器，它没有向外的任何联系，且其常开/常闭触点使用次数不受限制。辅助继电器不能直接驱动外部负载，只供内部编程使用，外部负载的驱动



必须通过输出继电器来实现。辅助继电器采用 M 和十进制共同组成编号。在 FX2N 系列 PLC 中,除了输入继电器 X 和输出继电器 Y 采用八进制外,其他编程元件均采用十进制。辅助继电器主要包含以下 3 类。

1. 通用辅助继电器

通用辅助继电器的线圈由用户程序驱动,若 PLC 在运行过程中突然断电,通用辅助继电器将全部变为 OFF。若电源再次接通,除了因外部输入信号而变为 ON 的以外,其余的仍将保持为 OFF。

FX_{2N} 的 PLC 内部共有通用辅助继电器 500 点,从 M0~M499。

2. 锁存辅助继电器

FX_{2N} 的 PLC 内部的锁存(又称停电保持)继电器从 M500~M3071 共 2 572 点。其中 M500~M1023 可以使用参数设定来变更停电保持领域;而 M1024~M3071 不能用参数设定来改变其停电保持领域。

锁存辅助继电器用于保存停电前的状态,在电源中断时,PLC 用锂电池保持 RAM 中寄存器的内容。为了利用它们的停电记忆功能,可以采用有记忆功能的电路。

设如图 3-40 所示是一个路灯控制程序。每晚 7 点由工作人员按下按钮 X0,点亮路灯 Y0,次日凌晨按下 X1,路灯熄灭。需特别注意的是,若夜间出现意外停电,则 Y0 熄灭。由于 M600 是停电保持型辅助继电器,它可以保持停电前的状态,因此,在恢复来电时,M600 将保持 ON 状态,从而使 Y0 继续为 ON,灯继续点亮。

3. 特殊辅助继电器

辅助继电器中 M8000~M8255 共 256 点为特殊辅助继电器,它们用来表示 PLC 的某些状态,提供时钟脉冲和标志(如进位、借位标志)、设定 PLC 的运行方式,或用于步进顺控、禁止中断、设定计数器是加计数器或是减计数器等。特殊辅助继电器可分为以下两类。

(1) 触点利用型。由 PLC 的系统程序来驱动特殊辅助继电器的线圈,在用户程序中直接使用其触点,但是不能出现它们的线圈。

M8000(运行监视):当 PLC 执行用户程序时 M8000 为 ON,停止执行时 M8000 为 OFF,如图 3-41 所示。

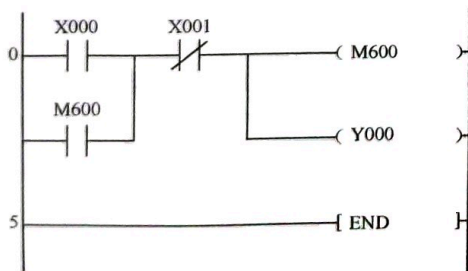


图 3-40 锁存辅助继电器的保持功能

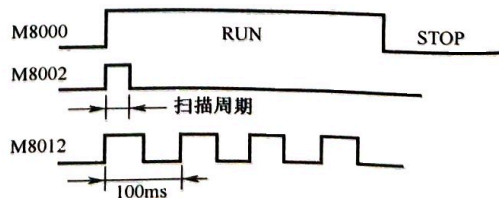


图 3-41 时序图

M8002(初始化脉冲):M8002 仅在 M8000 由 OFF 变为 ON 状态时的一个扫描周期内为 ON,如图 3-41 所示,可以用 M8002 的常开触点来使有停电保护功能的元件复位或给它们置初始值。

M8011~M8014 分别是 10ms、100ms、1s 和 1min 时钟脉冲,如图 3-41 所示。



M8005（锂电池电压降低时用）：电池电压下降至规定值时变为 ON，可以用它的触点驱动输出继电器和外部指示灯，从而提醒工作人员更换锂电池。

（2）线圈驱动型。由用户程序驱动特殊辅助继电器的线圈，从而使 PLC 执行特定的操作，因此用户并不使用它们的触点，举例如下。

M8030 的线圈“通电”后，“电池电压降低”发光二极管熄灭。

M8033 的线圈“通电”后，PLC 进入 STOP 状态后，所有输出继电器的状态保持不变。

M8034 的线圈“通电”后，禁止所有的输出。

二、定时器 T

PLC 中的定时器 T 是以控制的延迟为目的，当线圈通电之后经过“一段时间”使触点动作（OFF→ON）的软元件。线圈断电时，此前的计测时间（称为当前值）被清除归“0”。定时器采用 T 与十进制数共同组成编号，如 T0、T98、T199 等。



37. 定时器 T

FX_{2N} 系列 PLC 中定时器可分为通用定时器和积算定时器两种。它们是通过一定周期的时钟脉冲计数实现定时的，时钟脉冲的周期有 1ms、10ms、100ms 3 种。

FX_{2N} 系列 PLC 内部可提供 256 个定时器，其编号为 T000~T255。其中通用定时器 246 个，积算（又叫累计）定时器 10 个。

1. 定时器的元件号及其设定值

- （1）100ms 定时器 T0~T199，共 200 点，计时范围：0.1~3 276.7s。
- （2）10ms 定时器 T200~T245，共 46 点，计时范围：0.01~327.67s。
- （3）1ms 积算定时器 T246~T249，共 4 点，计时范围：0.001~32.767s。
- （4）100ms 积算定时器 T250~T255，共 6 点，计时范围：0.1~3 276.7s。

2. 定时器的使用说明

（1）PLC 内的定时器是根据时钟脉冲的累积形式，将 PLC 内的 1ms、10ms、100ms 等时钟脉冲进行加法计数，当所计时间达到规定的设定值时，其常开触点闭合，常闭触点断开。

（2）每个定时器只有一个输入，通用定时器线圈通电时，开始计时，断电时，自动复位，不保存中间数值。定时器有两个数据寄存器，一个为设定值寄存器（字元件），另一个是当前值寄存器（字元件），一个线圈以及无数个常开/常闭触点（位元件），这 3 个量使用同一地址编号。这些寄存器都是 16 位，定时器的定时值=设定值×时钟。定时器的设定值既可以用十进制常数 K 直接设定，也可以用以后讲到的数据寄存器 D 间接设定。定时器的指令形式和时序图如图 3-42 所示。

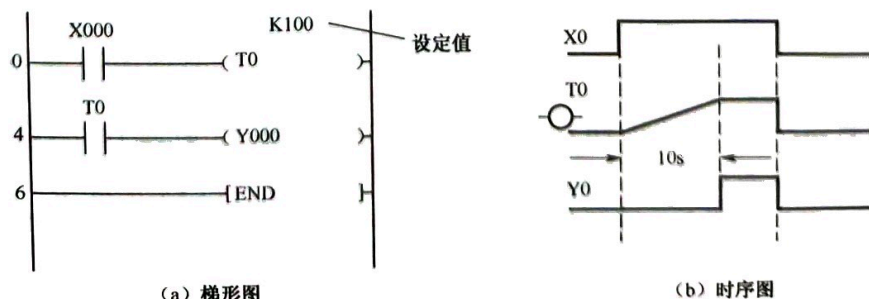


图 3-42 定时器的指令形式和时序图

在图 3-42 中, 当定时器线圈 T0 的驱动输入 X0 接通时, T0 开始计时, 10s 后, 定时器 T0 的常开触点闭合, Y0 就有输出。当驱动输入 X0 断开或发生停电时, 定时器就复位, 输出触点也复位。

(3) 积算定时器一共有 10 点, 从 T246~T249 是 1ms 积算定时器; 从 T250~T255 是 100ms 积算定时器。

积算定时器的指令形式和时序图如图 3-43 所示。该图中, 定时器线圈 T250 的驱动输入 X0 接通时, T250 开始对 100ms 的时钟脉冲进行累积计数, 当当前值与设定值 K100 相等时, 定时器的输出触点动作。在计时过程中, 即使输入 X0 断开或 PLC 停电, 它也会把当前值[图 3-43 (b) 中的 6s]保持下来, 当 X0 接通或 PLC 重新通电时, 再继续累积 4s, 当累积时间为 10s (100×100ms=10s) 时触点动作, Y0 得电。因为积算定时器的线圈停电时不会复位, 所以需要复位指令 RST 使其强制复位。

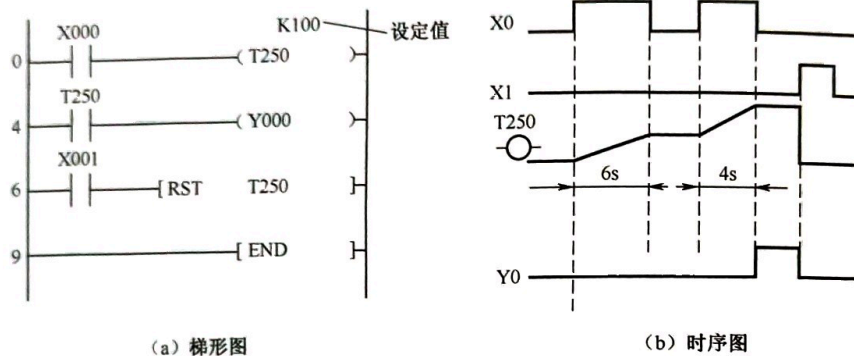


图 3-43 积算定时器的指令形式和时序图

任务实施

一、分配 I/O 地址

通过分析控制要求知, 该控制系统有 3 个输入: 启动按钮 SB1——X0、停止按钮 SB2——X1, 过载保护 FR1、FR2、FR3——X2。为了节约 PLC 的输入点数, 将第一台电动机的过载保护 FR1、第二台电动机的过载保护 FR2、第三台电动机的过载保护 FR3 串联在一起, 如图 3-44 所示, 然后接到 PLC 的输入端子 X2 上; 输出有 3 个: 第一台电动机 KM1——Y0、第二台电动机 KM2——Y1、第三台电动机 KM3——Y2。

二、程序设计

该控制系统是典型的顺序启动控制。其程序如图 3-45 所示, 按下启动按钮 X0, 第一台电动机 Y0 启动, 同时定时器 T0 的线圈为 ON, 开始定时。定时器 T0 的线圈接通 5s 后, 延时时间到, 其常开触点闭合, 第二台电动机 Y1 启动; 定时器 T1 的线圈接通 10s 后, 延时时间到, 其常开触点闭合, 第三台电动机 Y2 启动。停止时, 按下停止按钮 X1, 所有的线圈都失电, 3 台电动机全部停止。

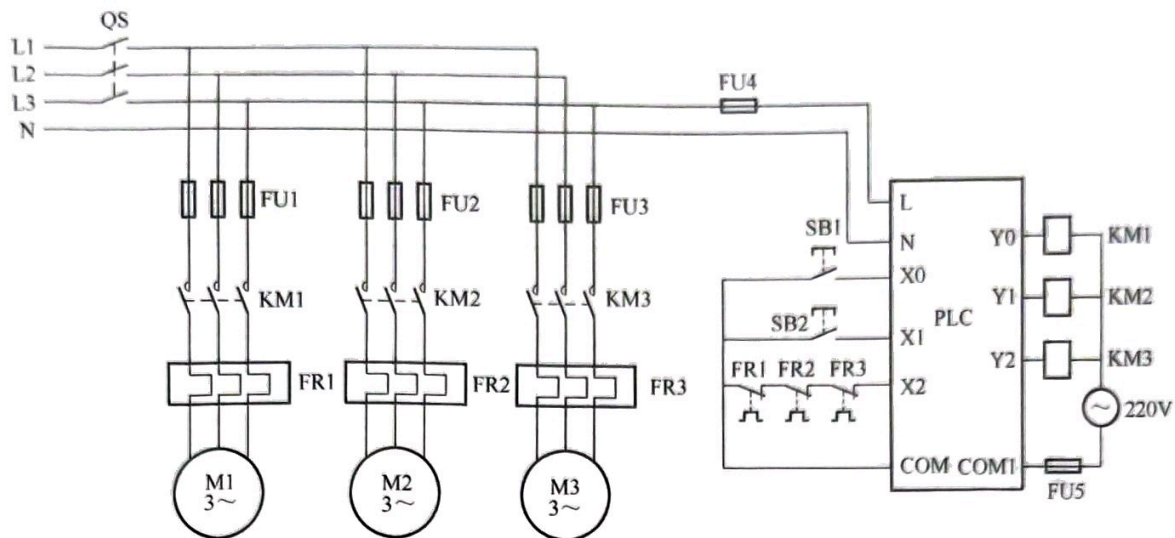


图 3-44 电动机顺序控制接线图

三、调试运行

(1) 按照图 3-44 所示将电路正确连接，连接时注意 3 个热继电器的常闭触点要串联在一起，然后接入 PLC 的输入端子 X2 上。

(2) 将图 3-45 所示的程序用 GX 软件编程并下载到 PLC 中。

(3) 根据图 3-44，按下启动按钮 X0，首先看到第一台电动机启动，接着第二台电动机启动，再接着第三台电动机启动，按下停止按钮，3 台电动机停止。

启动 GX 软件的监视功能，注意观察两个定时器当前值的变化和电动机线圈的通电情况，对照控制要求，验证该程序能否达到控制要求。

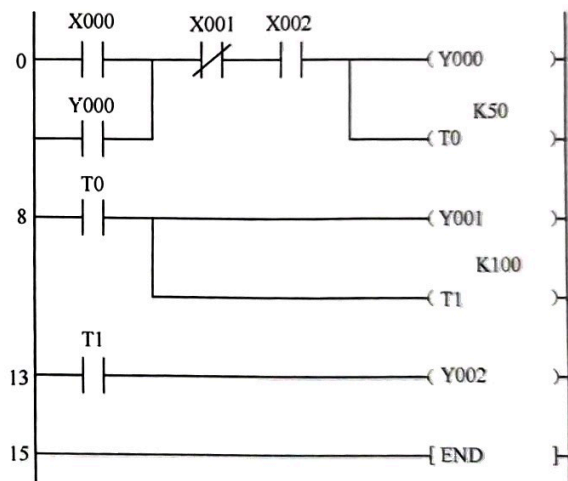


图 3-45 电动机顺序启动程序

知识拓展

一、定时器接力电路

定时器接力程序如图 3-46 所示。

如图 3-46 (a) 所示，使用了两个定时器，并利用 T0 的常开触点控制 T1 定时器的启动，输出线圈 Y0 的启动时间由两个定时器的设定值决定，从而实现长延时，即开关 X0 闭合后，延时 $(3+5)s=8s$ ，输出线圈 Y0 才得电，其时序波形图如图 3-46 (b) 所示。

3. 分析题

(1) 试设计一个控制电路, 该电路中有 3 台电动机, 并且它们用一个按钮控制。第 1 次按下按钮时, M1 启动; 第 2 次按下按钮时, M2 启动; 第 3 次按下按钮时, M3 启动; 再按 1 次按钮, 3 台电动机都停止。

(2) 按下按钮 X0 后 Y0 变为 ON 并自锁, T0 计时 7s 后, 用 C0 对 X1 输入的脉冲计数, 计满 4 个脉冲后 Y0 变为 OFF, 同时 C0 和 T0 被复位, 在 PLC 刚开始执行用户程序时, C0 也被复位, 设计出梯形图。

| 任务六 电动机单按钮启停控制程序设计 |

任务导入

在任务二中, 采用两个按钮控制电动机启动和停止, 现在要求设计一个只用一个按钮控制电动机启停的电路, 即第一次按下该按钮, 电动机启动, 第二次按下该按钮, 电动机停止, 其外围电路如图 3-57 所示, 为了节约 PLC 的 I/O 点数, 将电动机的过载保护接在 PLC 输出电路中。

通过分析控制要求可知, 要完成这个控制要求, 必须使用 PLC 的上升沿微分指令, 即 PLS 指令。



40. 电动机单按钮启停控制程序设计

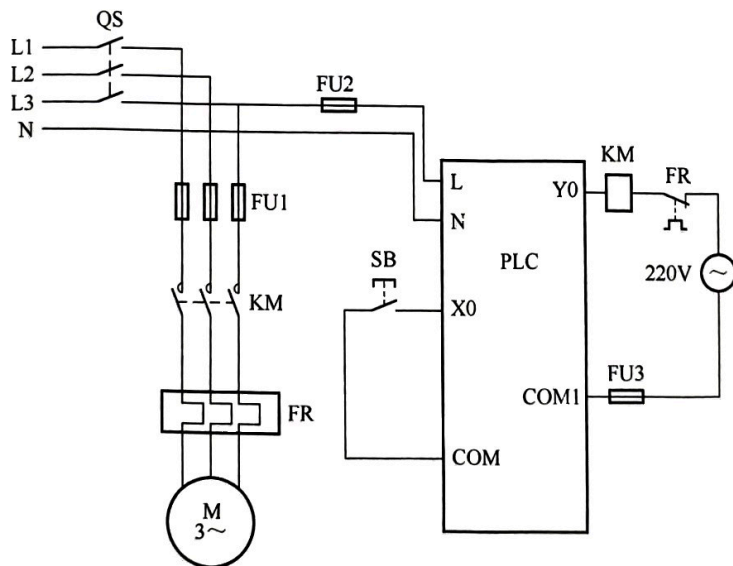


图 3-57 单按钮起停电路接线图

相关知识——PLS、PLF 指令

1. 程序举例

如图 3-58 (a) 所示, 按下按钮 X0, 灯 Y0 点亮; 当按下按钮 X1 时, 灯 Y0 仍点亮, 只有当松开按钮 X1 时, 灯 Y0 才会熄灭。图 3-58 (a) 对应的指令表如图 3-58 (b) 所示。

在图 3-58 (c) 中, PLS (上升沿微分指令) 在输入信号 X0 的上升沿产生一个扫描周期的脉冲输出; PLF (下降沿微分指令) 在输入信号 X1 的下降沿产生一个扫描周期的脉冲输出。当按下按钮 X0 时, M0 闭合一个扫描周期, 通过 SET 指令让 Y0 通电, Y0 灯亮, 即使手松开 X0, 由于 SET 的置位作用, Y0 仍然亮; 当按下按钮 X1 时, 辅助继电器 M1 并不通电, 只有松开按钮 X1, 此时 PLF 指令使 M1 闭合一个扫描周期, M1 的常开触点闭合, 通过 RST 指令对 Y0 复位, Y0 灯熄灭。

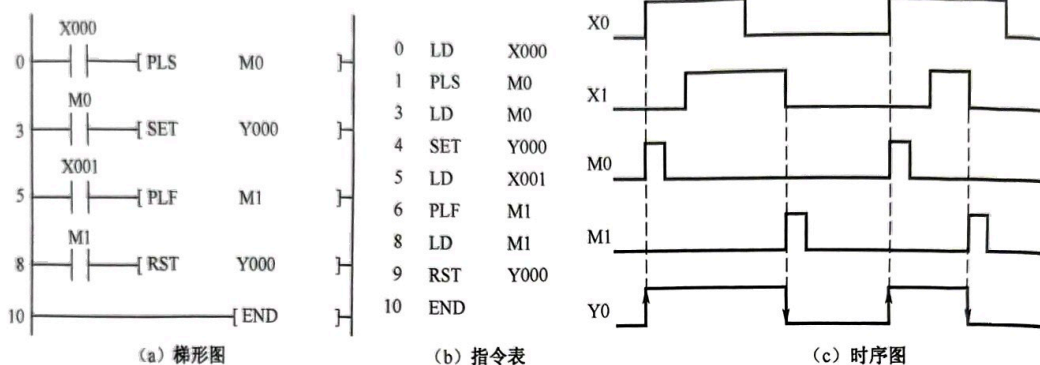


图 3-58 PLS、PLF 指令举例

2. 指令用法

PLS: 上升沿微分指令, 在输入信号上升沿产生一个扫描周期的脉冲输出, 专用于操作元件的短时间脉冲输出。

PLF: 下降沿微分指令, 在输入信号下降沿产生一个扫描周期的脉冲输出。

PLS、PLF 指令的操作元件是 Y 和 M。

3. 指令说明

(1) 使用 PLS 时, 仅在驱动输入接通后的一个扫描周期内目标元件 M0 为 ON, 如图 3-58 (c) 所示, M0 仅在 X0 的常开触点由断到通时的一个扫描周期内为 ON; 使用 PLF 指令时只是利用输入信号的下降沿驱动, 其他与 PLS 相同。

(2) PLS、PLF 指令的目标操作元件为 Y 和 M。但特殊辅助继电器不能用来作为 PLS 或 PLF 的操作元件。

(3) 在驱动输入接通时, PLC 由运行 (RUN) → 停机 (STOP) → 运行 (RUN), 此时 PLS M0 动作, 但 PLS M600 (断电时有电池后备的辅助继电器) 不动作, 这是因为 M600 是保持继电器, 即使在断电停机时其动作也能保持。

任务实施

采用 PLS 指令可以实现单按钮起停控制, 如图 3-59 (a) 所示。第一次按下按钮 X0, M0 闭合一个扫描周期, Y0 通电并自锁, 电动机启动; 第二次按下按钮 X0, M0 再闭合一个扫描周期, 此时 M1 线圈通电, M1 的常闭触点断开, Y0 失电, 电动机停止。从如图 3-59 (b) 所示的时序图可知, 对于外部输入信号 X0 来说, Y0 的输出脉冲信号是其二分频, 所以又将这样的电路称为二分频电路。

将如图
接起来, 合
停止。

一、A

如图 3-
令 ALT, 它
指令 ALT 自
第一次
失电。由于
输出状态都
即加上指令
后的第一个

二、L

1. 指
LDP:
LDF:
ANDP
ANDF
ORP:
ORF:
2. 指
1.

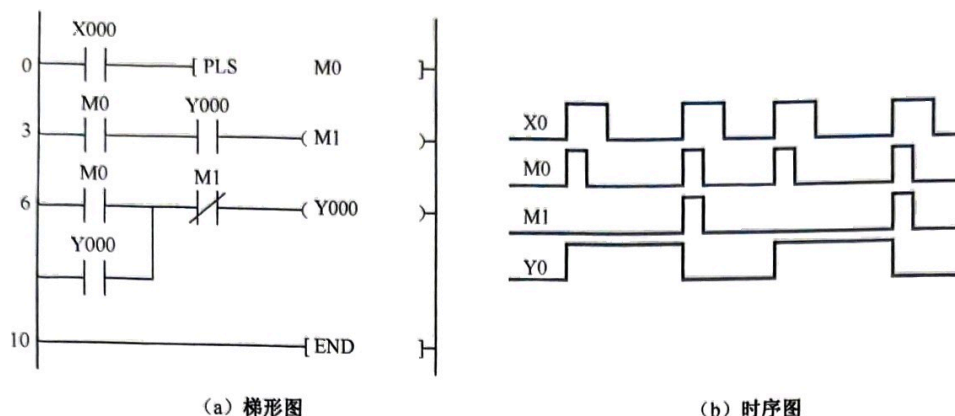


图 3-59 单按钮启停程序

将如图 3-59 所示的程序用 GX 软件下载到 PLC 中, 并按照图 3-57 所示将外围电路连接起来, 合上开关 QS, 第一次按下按钮 SB, 电动机启动, 第二次按下按钮 SB, 电动机停止。

知识拓展

一、ALT 指令

如图 3-59 所示, 实现单按钮起停的程序比较复杂, 实际上在三菱 PLC 中有一个应用指令 ALT, 它可以很方便地实现这个功能。交替输出指令 ALT 的应用如图 3-60 所示。

第一次按下 X0, Y0 得电, 第二次按下 X0, Y0 失电。由于交替输出指令在执行中每个扫描周期其输出状态都要翻转一次, 因此, 采用脉冲执行方式, 即加上指令后缀 P。这样, 只在指令执行条件满足后的第一个扫描周期执行一次指令。

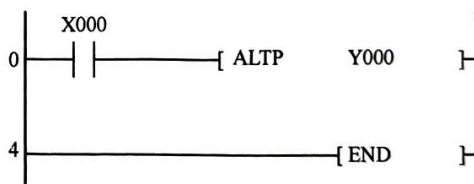


图 3-60 交替输出指令实现单按钮起停

二、LDP、LDF、ANDP、ANDF、ORP、ORF 指令

1. 指令用法

LDP: 从母线直接取用上升沿脉冲触点指令。

LDF: 从母线直接取用下降沿脉冲触点指令。

ANDP: 串联上升沿触点指令。

ANDF: 串联下降沿触点指令。

ORP: 并联上升沿触点指令。

ORF: 并联下降沿触点指令。

2. 指令说明

LDP、ANDP、ORP 指令: 用来检测触点状态变化的上升沿 (由 OFF→ON 变化时) 的指令, 当上升沿到来时, 使其操作对象接通一个扫描周期, 又称上升沿微分指令。

LDF、ANDF、ORF 指令：用来检测触点状态变化的下降沿（由 ON→OFF 变化时）的指令，当下降沿到来时，使其操作对象接通一个扫描周期，又称下降沿微分指令。

上述 6 个指令的操作元件都为 X、Y、M、S、T、C。

如图 3-61 所示，某台设备有两台电动机 M1 和 M2，接触器分别接 PLC 的输出端口 Y0 和 Y1，启动/停止按钮分别接 PLC 的输入端口 X0 和 X1。为了减小两台电动机同时启动对供电电路的影响，让 M2 延时启动。控制要求是：按下启动按钮，M1 启动，延缓几秒钟后，松开启动按钮，M2 才启动；按下停止按钮，M1、M2 同时停止。

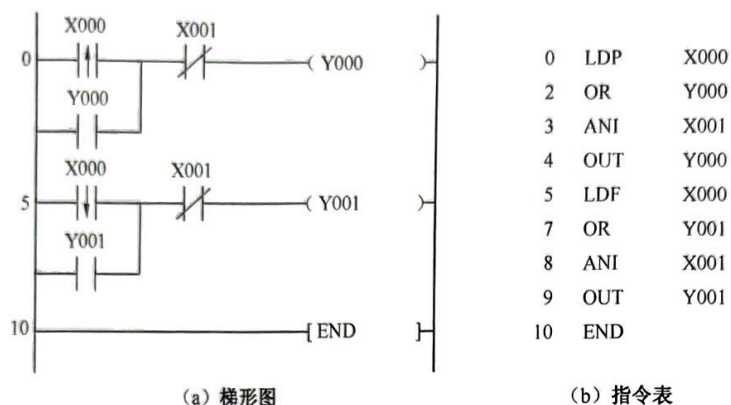


图 3-61 上升沿检测指令举例

根据控制要求，启动第一台电动机用 LDP 指令，启动第二台电动机用 LDF 指令，梯形图程序和指令表如图 3-61 所示。

程序工作原理：按下启动按钮 X0 时，输入继电器 X0 的常开触点闭合一个扫描周期，使输出继电器 Y0 得电并自锁，M1 启动；松开启动按钮 X0 的瞬间，输入继电器 X0 由 ON 变 OFF 时，它闭合一个扫描周期使 Y1 得电并自锁，M2 启动。按下停止按钮，两台电动机均停止。

思考与练习

分析题

- (1) 试用计数器实现单按钮启停控制程序。
- (2) 试用 LDP 或 LDF 指令编写任务五中的产品出入库数量监控程序。
- (3) 试用 PLS 指令及自锁电路来实现两台电动机顺序启动、同时停止的控制电路。上机编程并调试。
- (4) 自动冲水设备在有人使用时光电开关使 X0 为 ON，冲水控制系统在使用者使用 3s 后令冲水阀 Y0 为 ON 并冲水 2s，使用者离开后，冲水 5s 后停止。

| 任务七 电动机 Y-Δ 降压启动控制程序设计 |

任务导入

试设计一个 Y-Δ 启动控制系统，当按下启动按钮 SB1 时，接触器 KM1 和 KM3 得电，

电动机接成 Y 启动, 6s 后 KM1 和 KM2 得电, 电动机接成 Δ 运行。当按下停止按钮 SB2 时, 电动机停止。

相关知识——MPS、MRD、MPP 指令

1. 程序举例

在图 3-62 中, 当公共按钮 X0 按下时, X1 按下则 Y0 通电; X2 不按下, 则定时器 T0 开始定时, 定时时间到, T0 的常开触点闭合, 则 Y2 通电。

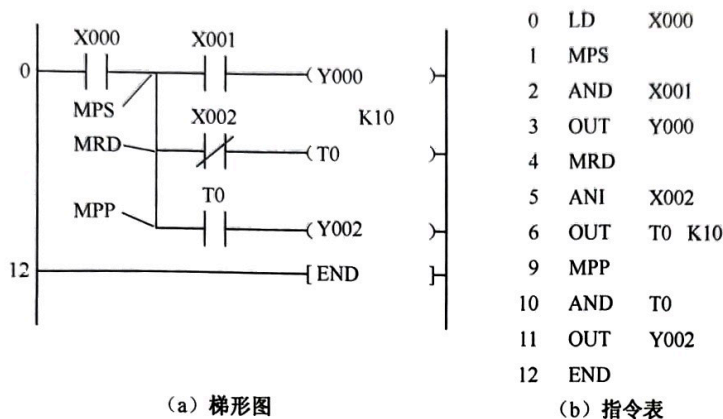


图 3-62 栈指令举例

2. 指令用法

MPS、MRD、MPP 这组指令的功能是将连接点的结果存储起来, 以方便连接点后面电路的编程。如图 3-63 所示, FX 系列的 PLC 中有 11 个存储运算中间结果的存储器, 称为堆栈存储器。堆栈采用先进后出的数据存储方式。

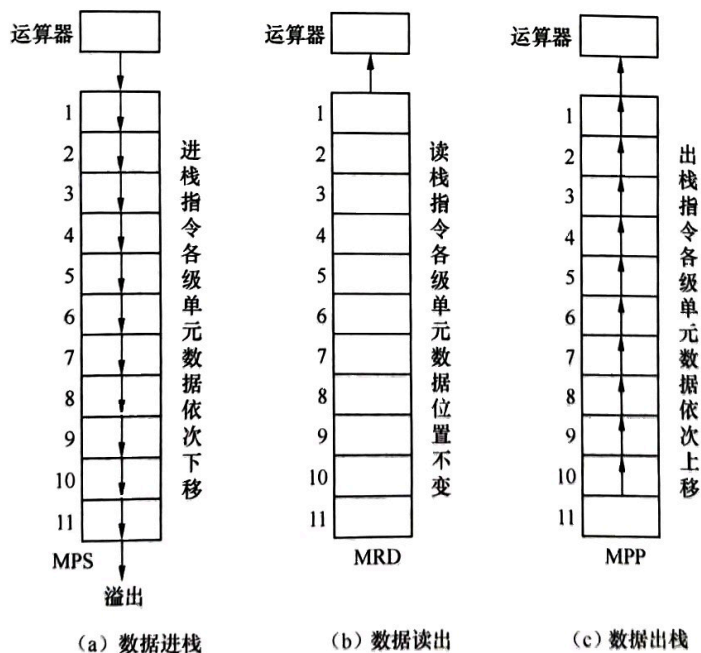


图 3-63 堆栈指令执行过程

MPS 指令：进栈指令，把中间运算结果送入堆栈的第一个堆栈单元（栈顶），同时让堆栈中原有的数据顺序下移一个堆栈单元。

MRD 指令：读栈指令，将堆栈存储器的第一层数据（最后进栈的数据）读出且该数据继续保存在堆栈存储器的第一层，栈内的数据维持原状。

MPP 指令：将堆栈存储器的第一层数据（最后进栈的数据）读出且该数据从栈中消失，同时将栈中其他数据依次上移。

3. 指令说明

(1) MPS、MRD、MPP 指令无操作软元件。

(2) MPS、MPP 指令可以重复使用，但是连续使用不能超过 11 次，且两者必须成对使用，缺一不可，MRD 指令有时可以不用。

(3) MRD 指令可多次连续重复使用，但不能超过 24 次。

(4) MPS、MRD、MPP 指令之后若有单个常开或常闭触点串联，则应该使用 AND 或 ANI 指令。

(5) MPS、MRD、MPP 指令之后若有触点组成的电路块串联，则应该使用 ANB 指令。

任务实施

一、分配 I/O 地址

通过分析控制要求知，该控制系统有 3 个输入：

启动按钮 SB1——X0；

停止按钮 SB2——X1；

过载保护 FR——X2。

有 3 个输出：

电源接触器 KM1 线圈——Y0；

Y 接触器 KM3 线圈——Y1；

△接触器 KM2 线圈——Y2。

其控制电路接线图如图 3-64 所示，Y 和 △接触器的常闭触点在线圈电路中进行机械互锁。



二、程序设计

根据控制要求设计的程序如图 3-65 所示。由于热继电器的过载保护接的是常闭触点，所以输入继电器 X2 得电，其常开触点闭合，按下启动按钮 X0，辅助继电器 M0 得电，其常开触点闭合，Y1 和 Y0 得电，接触器 KM3 和 KM1 吸合，其主触点闭合，电动机接成 Y 启动；同时定时器 T0 开始定时，定时时间到，其常闭触点断开，Y1 失电，解除 Y 连接，Y1 的常闭触点恢复闭合，为 Y2 通电做准备，T0 的常开触点闭合，接通 T1 延时 0.5s 后，Y2 得电，电动机接成 △ 运行。在 Y1 和 Y2 线圈中互串对方的常闭触点，实现软件上的互锁。用 T1 定时器实现 Y 和 △ 绕组换接时的 0.5s 延时，以防 KM2、KM3 同时通电，造成主电路短路。

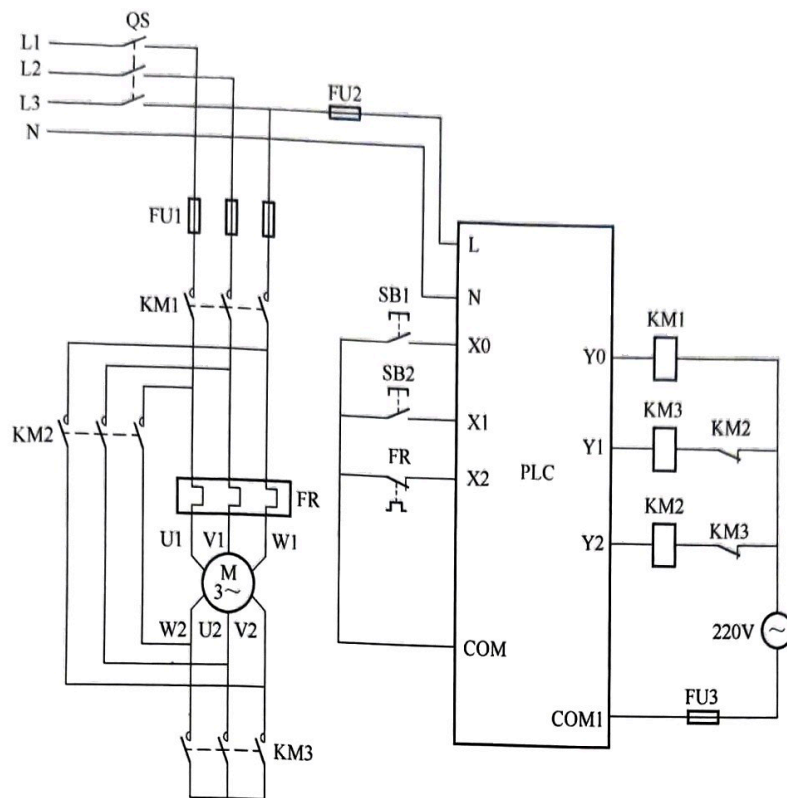


图 3-64 Y-Δ启动控制接线图

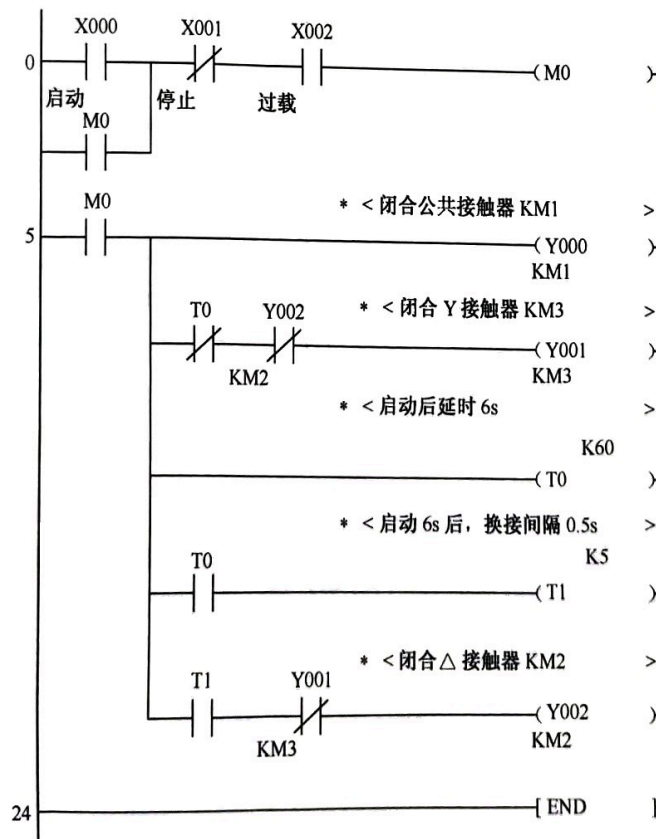


图 3-65 Y-Δ启动控制程序



三、输入并仿真程序

将图 3-65 所示的程序用 GX 软件输入到 PLC 中, 并启动梯形图逻辑工具进行仿真, 在仿真过程中, 注意观察 Y0、Y1、Y2 的通电顺序, 对照控制要求, 验证该程序是否正确。

四、连接电路

按照图 3-64 所示将电路正确连接, 连接时注意用接触器 KM2 接成 Δ 时, 其上面的 3 个接线端子接电动机的 U1、V1、W1 相, 对应下面的 3 个端子接电动机的 W2、U2、V2 相。在 PLC 的输出端, 将 KM2 和 KM3 互锁。

五、调试运行

根据图 3-64 所示, 按下启动按钮 SB1, 首先看到 KM3 和 KM1 得电, 电动机 Y 启动, 经过大约 5s, KM3 失电, 同时 KM2 通电, 电动机 Δ 运行。按下停止按钮 SB2, 电动机停止。

知识拓展——MC、MCR 指令

1. 程序举例

在图 3-66 中, 当 X0 闭合时, 执行主控指令 MC 到 MCR 的程序。

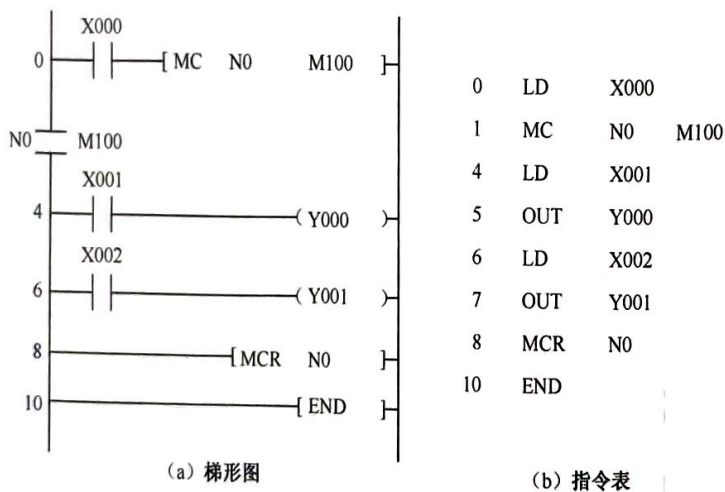


图 3-66 主控指令举例

2. 指令用法

MC: 主控触点指令, 在主控电路块起点使用, 又名公共触点串联的连接指令, 用于表示主控区的开始, 该指令操作元件为 Y、M (不包括特殊辅助继电器)。

MCR: 主控复位指令, 在主控电路块终点使用, 又名公共触点串联的清除指令, 用于表示主控区的结束, 该指令的操作元件为主控指令的使用次数 N (N0~N7)。

3. 指令说明

(1) 在图 3-66 所示的程序中, 输入 X0 闭合时, 执行 MC 与 MCR 之间的指令。如果 X0 输入为断开状态, 则根据不同的情况形成不同的形式。

保持当前状态: 积算定时器、计数器、SET/RST 指令驱动的软元件。

断开状态：非积算定时器、用 OUT 指令驱动的软元件。

(2) 与主控触点相连的触点必须用 LD 或 LDI 指令，MC、MCR 指令必须成对使用。

(3) 使用不同的 Y、M 元件号，可多次使用 MC 指令。

(4) 在 MC 指令内再使用 MC 指令时，嵌套级 N 的编号就顺次增大（按程序顺序由小到大），同时用 MCR 指令，从大的嵌套级开始解除（按程序顺序由大到小）。

思考与练习

1. 填空题

与主控触点下端相连的常闭触点应使用_____指令。

2. 分析题

将图 3-67 所示的指令表转换成梯形图。

0	LD	X002
1	ANI	M2
2	LDP	X003
4	AND	M3
5	ORB	
6	ORI	X020
7	OUT	Y000
8	END	

(a) 指令表

0	LD	X002
1	ORP	X003
3	LDI	M2
4	OR	M3
5	ANB	
6	OUT	Y000
7	MPS	
8	AND	X004
9	OUT	C0
12	MPP	
13	ANI	X006
14	OUT	T0
17	END	

(b) 指令表

图 3-67 指令表

任务八 自动运料小车控制程序设计

任务导入

送料小车开始时停在右侧限位开关 X1 处，如图 3-68 所示。按下启动按钮 X3，Y2 为 ON，打开料斗的闸门，开始装料，同时定时器 T0 定时，8s 后关闭料斗的闸门，Y2 变为 OFF，Y1 变为 ON，开始左行。碰到限位开关 X2 后停下来卸料，Y1 变为 OFF，Y3 变为 ON，同时定时器 T1 开始定时。10s 后 Y3 变为 OFF，Y0 变为 ON，开始右行，碰到限位开关 X1 后返回初始状态，此时 Y0 变为 OFF，小车停止运行。

前面 7 个任务的程序设计方法一般称为经验设计法，使用经验设计法编制的程序存在以下一些问题。

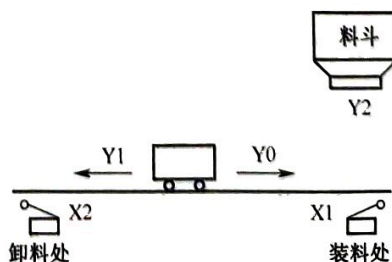


图 3-68 运料小车工作示意图