

模块二

可编程控制器的基本指令及其应用

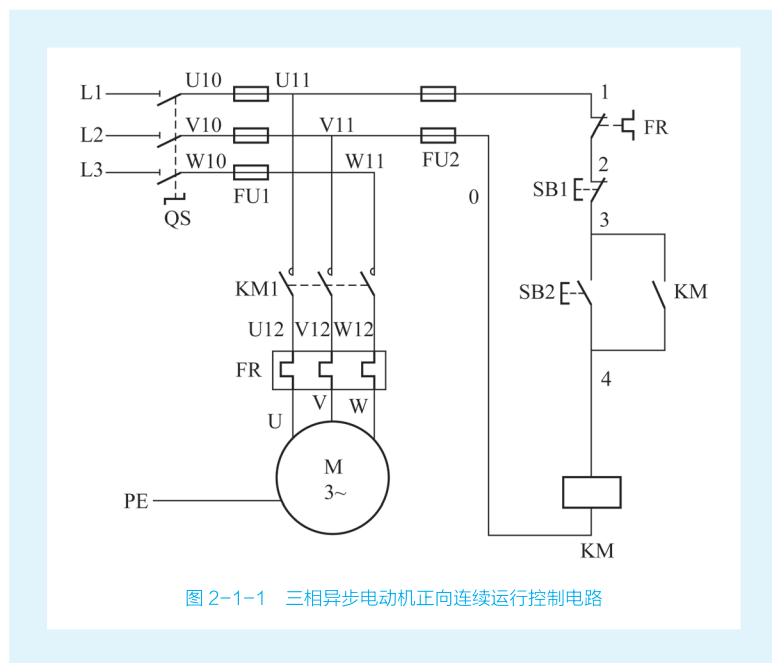
任务一 用PLC实现三相异步电动机单方向连续运行控制

学习目标

- (1) 学会制订、实施工作计划。
- (2) 熟悉 PLC 的基本编程思路。
- (3) 掌握 PLC 基本指令的功能及应用。
- (4) 能利用串并联基本指令和置位复位指令分别实现电动机连续运行。
- (5) 客观评价自己的学习能力。

任务描述

在电气控制的实际应用中，往往要求生产设备单方向连续运行，如输送带的物料运送等。三相异步电动机正向连续运行控制电路如图 2-1-1 所示。



用 PLC 控制电动机实现“起—保—停”控制的具体控制要求如下：设计一个三相异步电动机的控制程序，要求按下起动按钮 SB2，输送带起动并连续运转，按下停止按钮 SB1，输送带停止转动。

知识链接

一、编程元件

1. 输入继电器

输入继电器 (X) 与输入端相连，它是专门用来接收 PLC 外部开关信号的元件。PLC 通过输入接口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。

输入继电器的特点如下。

- (1) 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。
- (2) FX 系列 PLC 的输入继电器采用 X 和八进制数共同组成编号，如 X000 ~ X007，X010 ~ X017 等。FX3G 型 PLC 的输入继电器编号范围为 X000 ~ X267 (184 点)。

2. 输出继电器

输出继电器 (Y) 用来将 PLC 内部信号输出传送给外部负载 (用户输出设备)。输出继电器线圈由 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。

输出继电器的特点如下。

- (1) 每个输出继电器在输出单元中都对应唯一一个常开硬触点，但在程序中供编程用的输出继电器，都有一个线圈和任意对常开及常闭触点供编程使用。
- (2) FX 系列 PLC 的输出继电器采用 Y 和八进制数共同组成编号，如 Y000 ~ Y007，Y010 ~ Y017 等。FX3G 型 PLC 的输出继电器编号范围为 Y000 ~ Y267 (184 点)。

二、编程指令

1. 基本指令

FX3G 型 PLC 具有基本指令 27 条，用来编制基本逻辑控制、顺序控制等中等规模的用户程序，同时是编制复杂综合系统程序的基本指令。基本逻辑指令的操作元件包括 X、Y、M、S、T、C 继电器。常用基本指令如表 2-1-1 所示。

表2-1-1 常用基本指令

指令代码	名称	目标元件	指令的功能
LD	取指令	X、Y、M、S、T、C	表示一个与输入母线相连的常开触点指令，即常开接点逻辑运算起始
LDI	取反指令	X、Y、M、S、T、C	表示一个与输入母线相连的常闭触点指令，即常闭接点逻辑运算起始
AND	与指令	X、Y、M、S、T、C	用于单个常开触点的串联
ANI	与非指令	X、Y、M、S、T、C	用于单个常闭触点的串联

续表

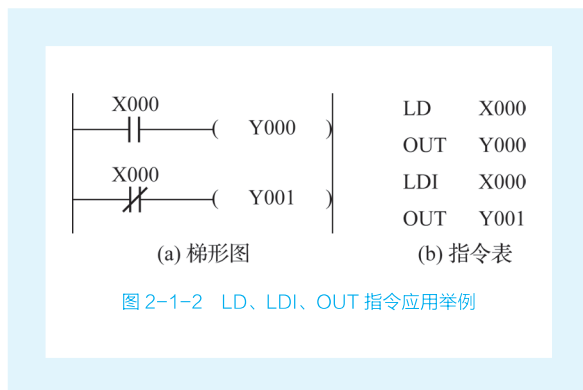
指令代码	名称	目标元件	指令的功能
OR	或指令	X、Y、M、S、T、C	用于单个常开触点的并联
ORI	或反指令	X、Y、M、S、T、C	用于单个常闭触点的并联
OUT	输出指令	Y、M、S、T、C	用于驱动线圈输出
END	结束指令		表示程序结束
SET	置位指令	Y、M、S	线圈接通保持指令
RST	复位指令	Y、M、S、D、T、C	清除动作保持；当前值与寄存器清零

2. 指令说明及举例

1) 输入输出指令 (LD、LDI、OUT)

LD 指令用于常开触点与母线直接连接或分支点的起始，后跟表示继电器触点的编号；LDI 指令用于常闭触点与母线直接连接或分支点的起始；OUT 指令是对输出继电器、辅助继电器、状态继电器、定时器、计数器的线圈驱动指令，将运算结果输出到指定的继电器。

【例 2-1-1】 一个按键开关的一组常开触点接 PLC 的 X0 输入端子，两指示灯分别接 Y0、Y1 两个输出端子。要求当按下按键开关时 Y0 灯亮，没按按键开关时 Y1 灯亮。控制梯形图与指令表如图 2-1-2 所示。



2) 与、与非指令 (AND、ANI)

AND 指令表示串联常开触点，该指令表示前面的逻辑结果与该触点进行“与”运算；ANI 指令表示串联常闭触点，该指令表示前面的逻辑结果与该触点的“非”进行“与”运算。

【例 2-1-2】 两个按键开关的常开触点接 PLC 的 X0、X1 输入端子，指示灯分别接 Y0、Y1 两个输出端子。要求当同时按下按键开关 X0、X1 后只有 Y0 灯亮，只按下按键开关 X0 时只有 Y1 灯亮。控制梯形图与指令表如图 2-1-3 所示。

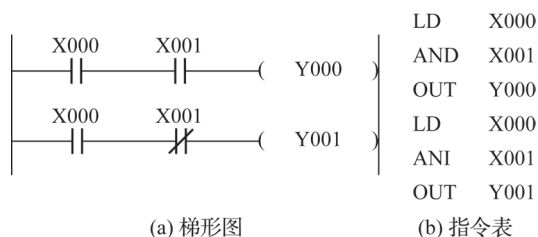


图 2-1-3 AND、ANI 指令应用举例

3) 或、或非 (OR、ORI)

OR 指令表示并联常开触点, 该指令表示前面的逻辑结果与该触点进行“或”运算; ORI 指令表示并联常闭触点, 该指令表示前面的逻辑结果与该触点的“非”进行“或”运算。

【例 2-1-3】三个按键开关的常开触点分别接 PLC 的 X0、X1、X2 输入端子, 一个指示灯接 Y0 输出端子。要求当按下按键开关 X0 或 X1 或不按开关 X2 时 Y0 灯亮。控制梯形图与指令表如图 2-1-4 所示。

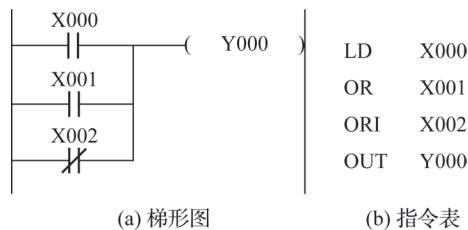


图 2-1-4 OR、ORI 指令应用举例

4) 结束指令 (END)

END 为结束指令。程序执行到 END 指令, END 指令以后的程序将不再执行, 直接进行输出处理。在程序调试过程中, 按段插入 END 指令, 可顺序检查程序各段的动作情况, 在确认无误后, 再删除多余的 END 指令。END 指令应用举例如图 2-1-5 所示, END 指令无操作元件。

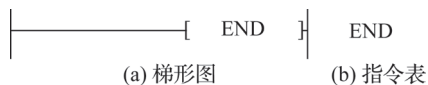


图 2-1-5 END 指令应用举例

5) 置位与复位指令 (SET/RST)

生产实际中, 许多情况需要自锁控制。在 PLC 控制系统中, 自锁控制可以用置位指令实现。

SET 指令称为置位指令。其功能是驱动线圈, 使其具有自锁功能, 维持接通状态。在图 2-1-6 中,

当常开触点 X0 闭合时, 执行 SET 指令, 使 Y0 线圈接通。在 X0 断开后, Y0 线圈继续保持接通状态, 要使 Y0 线圈失电, 则必须使用复位指令 RST。

复位指令 RST 的功能是使线圈复位。在图 2-1-6 中, 当常开触点 X1 闭合时, 执行 RST 指令, 使 Y0 线圈复位。在 X1 断开后, Y0 线圈继续保持断开状态。

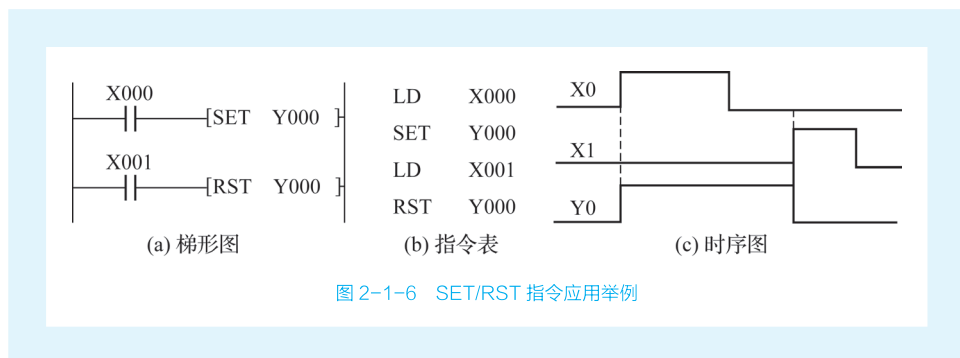


图 2-1-6 SET/RST 指令应用举例

任务实施

一、制订程序的开发计划

计划的制订需要考虑如下问题:

- (1) 小组讨论三相异步电动机连续运行工作原理, 程序要达到的功能要求。
- (2) 输入点和输出点分配。
- (3) 完成 PLC 外部接线。
- (4) 程序的编写分工: 确定谁负责哪个程序模块的编写。
- (5) 将编写好的程序写入 PLC。
- (6) 当程序不能实现原定功能时, 如何判断问题出在哪里?
- (7) 如何调试修改程序?

二、计划实施

1. 输入点和输出点分配

I/O 分配表如表 2-1-2 所示。

表 2-1-2 I/O 分配表

输入信号			输出信号		
名称	代号	输入点编号	名称	代号	输出点编号
停止按钮	SB1	X000	正转控制	KM	Y000
起动按钮	SB2	X001			

2. 绘制 PLC 外部接线图

三相异步电动机正向连续起行 PLC 外部接线图如图 2-1-7 所示。

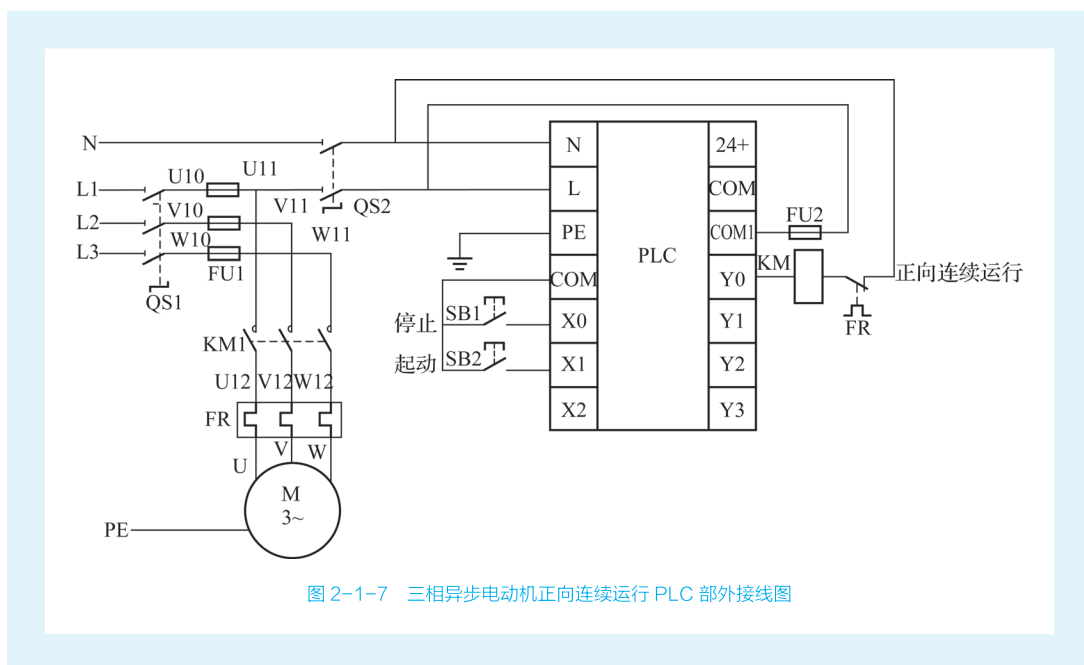


图 2-1-7 三相异步电动机正向连续运行 PLC 部外接线图

3. 程序设计

由图 2-1-7 可以看出，按下按钮 SB2，输入继电器 X1 线圈得电，X1 常开触点闭合，则在梯形图中通过 X1 常开触点驱动 Y0 线圈得电，Y0 常开触点闭合，PLC 的 Y0 输出端子有信号输出，PLC 驱动接触器 KM 的线圈得电，KM 主触点闭合，电动机接通电源起动运行，其梯形图如图 2-1-8 (a) 所示。

松开按钮 SB2，电动机会停止运行。这是因为：松开按钮 SB2，输入继电器 X1 线圈失电，X1 常开触点断开，Y0 线圈失电，Y0 输出端子没有信号输出，KM 的线圈失电，KM 主触点断开，电动机断开电源停止运行。为解决该问题，程序中要加自锁环节，其梯形图如图 2-1-8 (b) 所示。

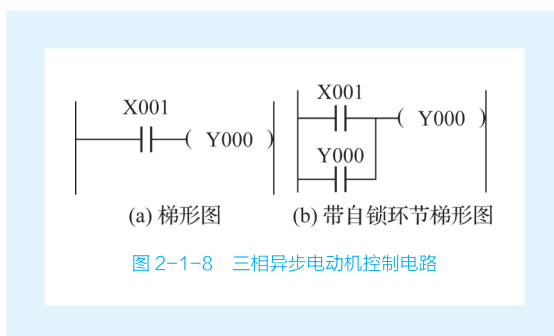


图 2-1-8 三相异步电动机控制电路

闭合电源刀开关通电后，停止按钮接通，PLC 内部输入继电器 X0 的常开触点闭合。按下正转按钮，输出继电器 Y0 导通，交流接触器 KM1 线圈带电，其连接在主控回路的主触点闭合，电动机通电转动，同时 Y0 的常开触点闭合，实现自锁。这样即使松开正转按钮，仍保持 Y0 导通。按下停止按钮，X0 断开，Y0 断开，KM1 线圈失电，主控回路的主触点断开，电动机失电而停转。其梯形图和指令表如图 2-1-9 所示。

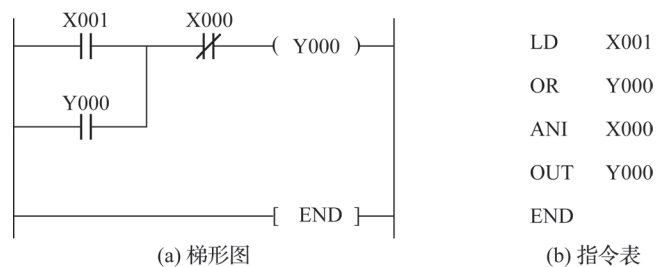


图 2-1-9 三相异步电动机连续运行控制电路

4. 程序调试

- (1) 启动编程软件。
- (2) 建立工程。

新建工程，如图 2-1-10 所示。

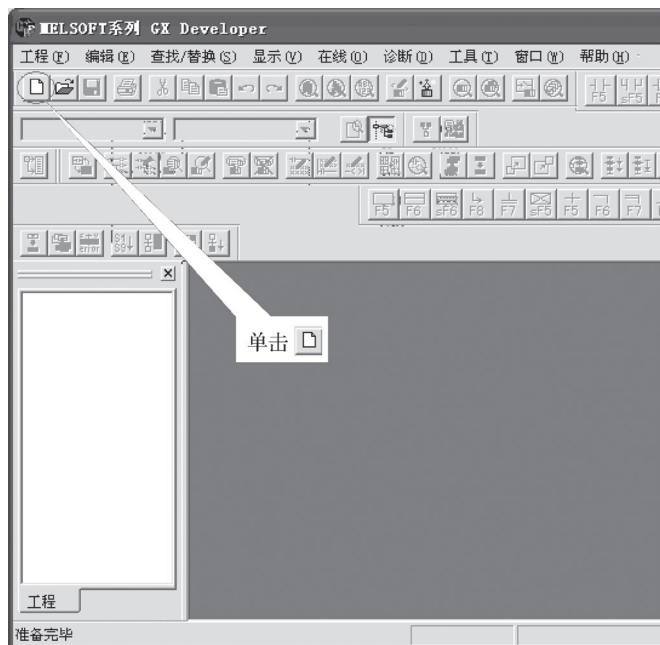


图 2-1-10 新建工程

PLC 选型及工程名设置，如图 2-1-11 所示。

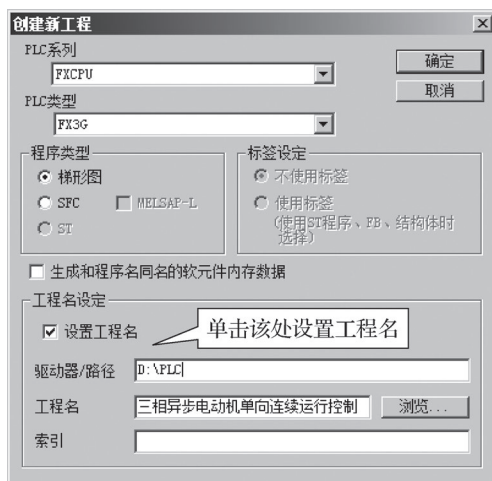


图 2-1-11 PLC 选型及工程名设置

确定工程名，如图 2-1-12 所示。

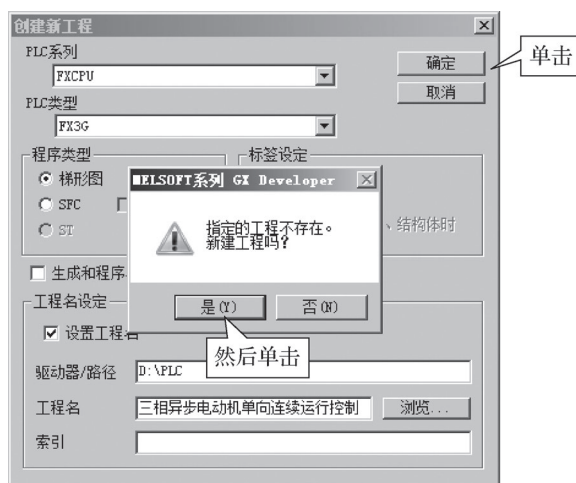


图 2-1-12 确定工程名

(3) 程序输入。

启动按钮 X001 的输入，如图 2-1-13 所示。

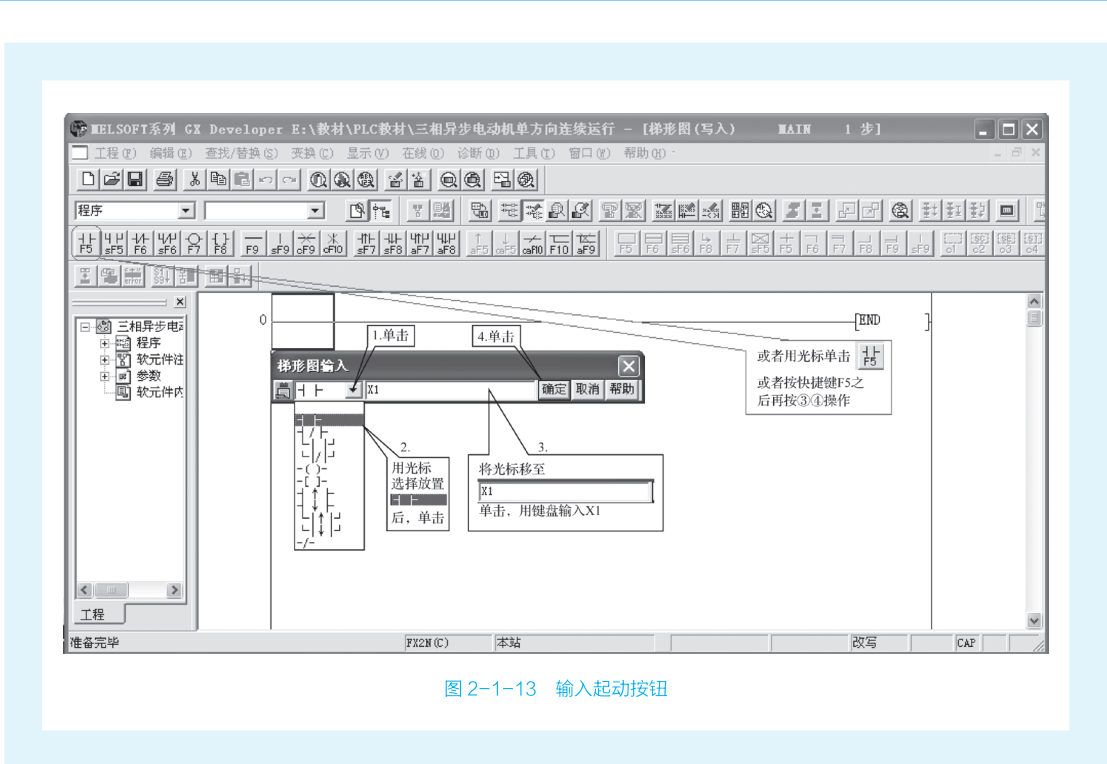


图 2-1-13 输入启动按钮

停止按钮 X000 的输入，如图 2-1-14 所示。

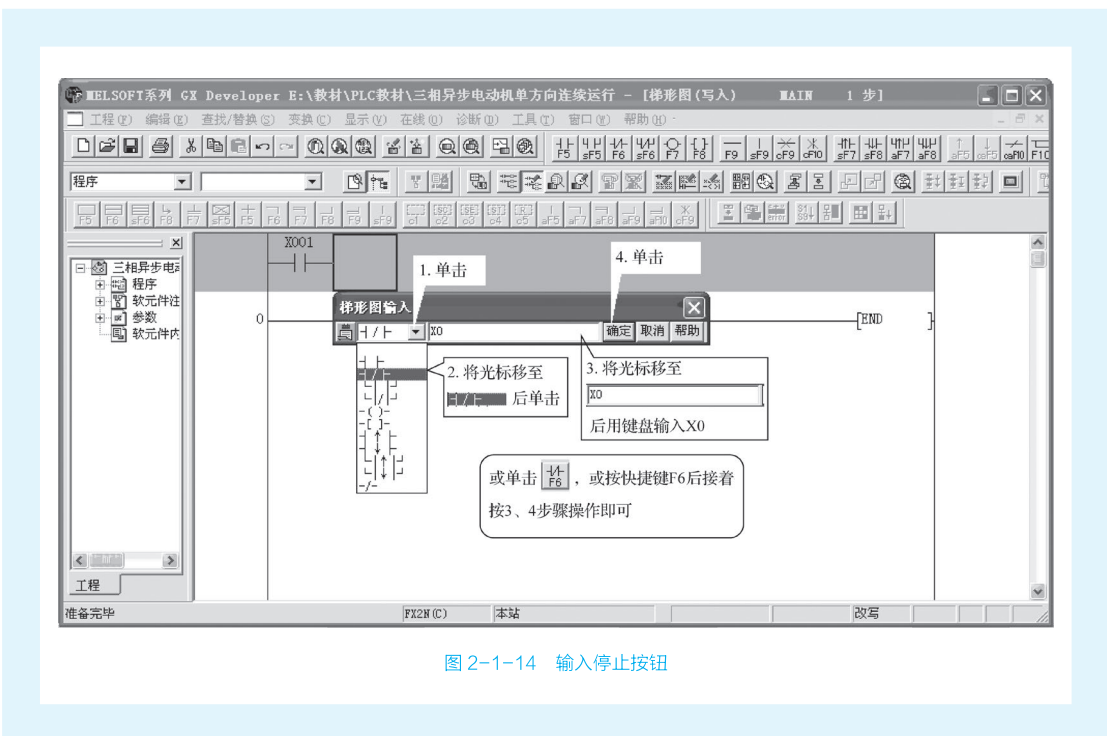


图 2-1-14 输入停止按钮

输出继电器 Y000 线圈的输入, 如图 2-1-15 所示。

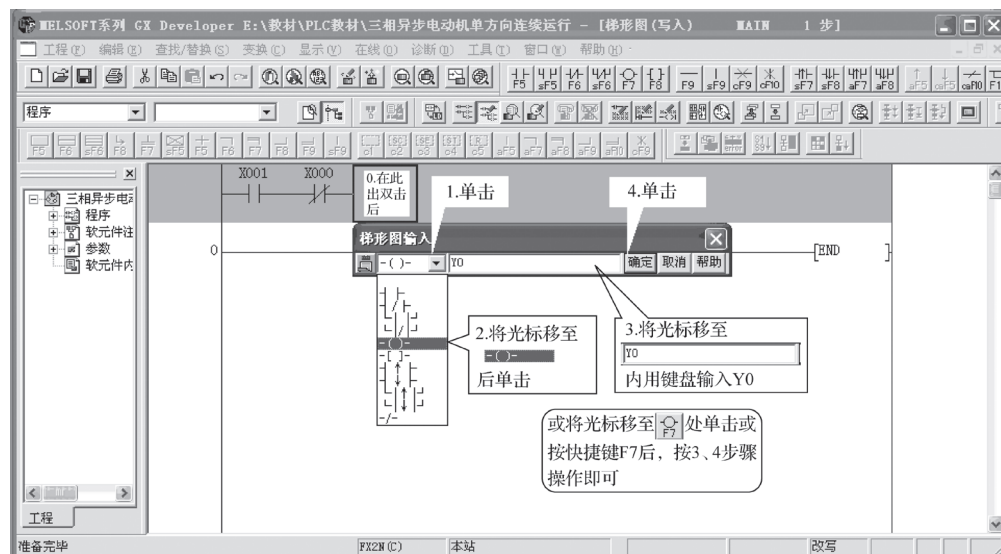


图 2-1-15 输入输出继电器线圈

输出继电器 Y000 自锁触点的输入, 如图 2-1-16 所示。

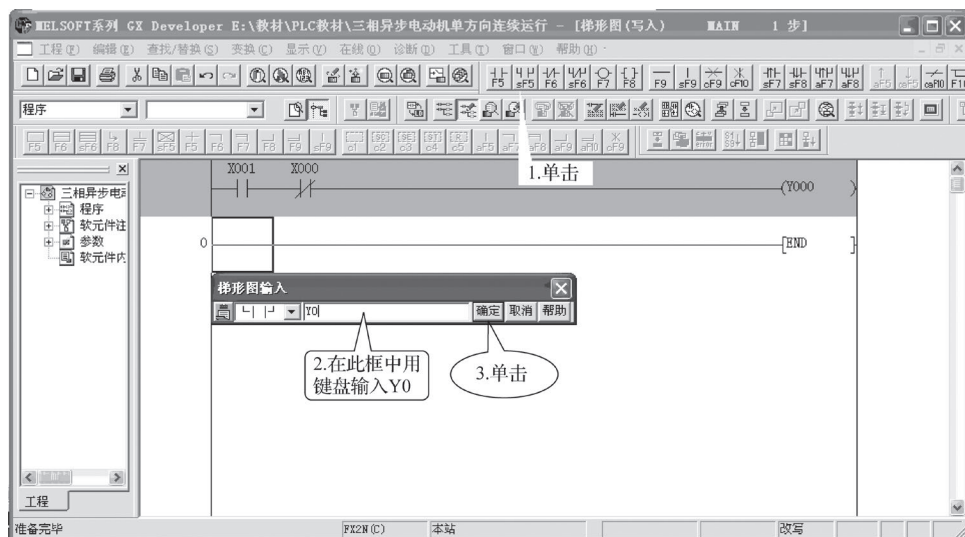


图 2-1-16 输入输出继电器自锁触点

(4) 程序的保存。

首先对梯形图进行变换, 如图 2-1-17 所示。

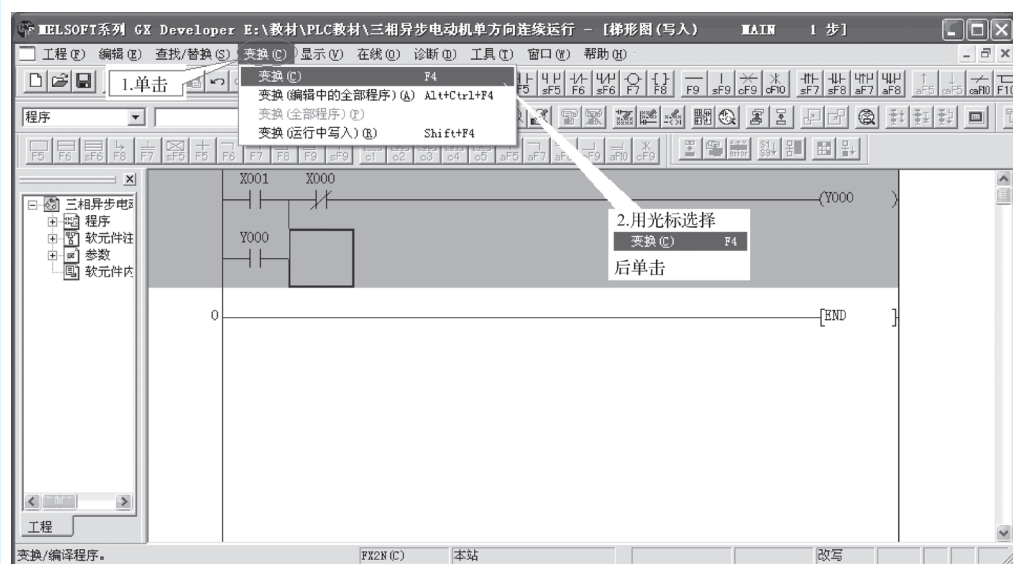


图 2-1-17 程序变换

然后进行程序保存，如图 2-1-18 所示。

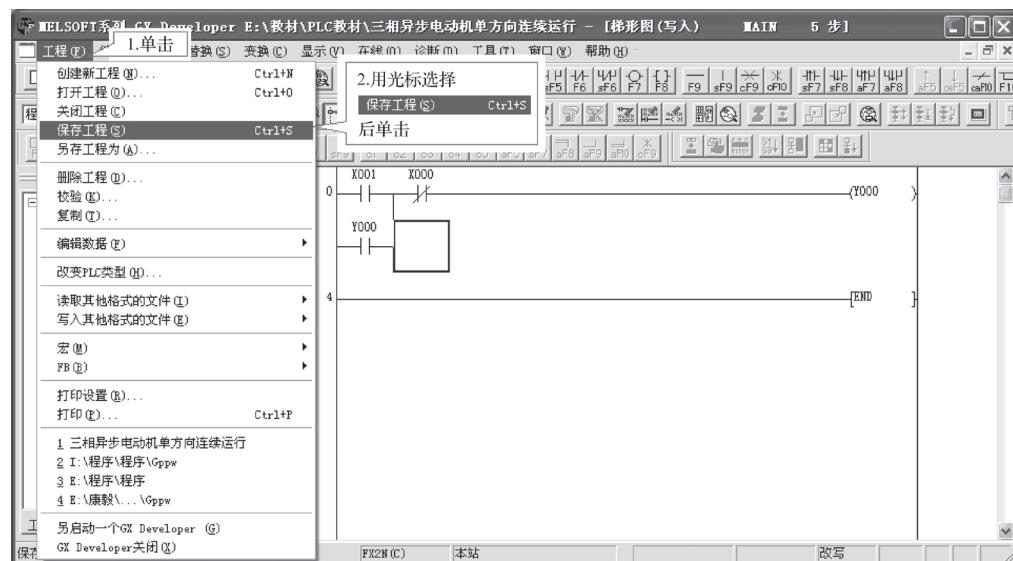


图 2-1-18 程序保存

(5) 程序下载。

① PLC 与计算机连接。用专用通信电缆 RS-232/RS-422 转换器将 PLC 的编程接口与计算机的 COM1 串口连接。

②程序写入。先接通系统电源，将 PLC 的 RUN/STOP 开关拨到“STOP”位置，然后在 GX Developer 软件中执行“在线”→“PLC 写入”菜单命令，把仿真成功的程序写入 PLC 中。

③按任务要求对程序进行调试，观察能否实现电动机连续单方向运行。

课后作业

在任务实施完成后，你能回答出以下问题吗？

1. 什么是自锁控制？

2. 在绘制外部接线图时，将停止按钮 SB1 采用常闭（或常开）触点，而在梯形图设计时仍然继续采用 X000 的常闭（或常开）触点，将出现什么结果？

3. 在进行编程时，忘记对“PLC 系列”和“PLC 类型”进行选择，将出现什么后果？

知识拓展

利用置位 / 复位指令实现本任务控制的梯形图及语句表，如图 2-1-19 所示。

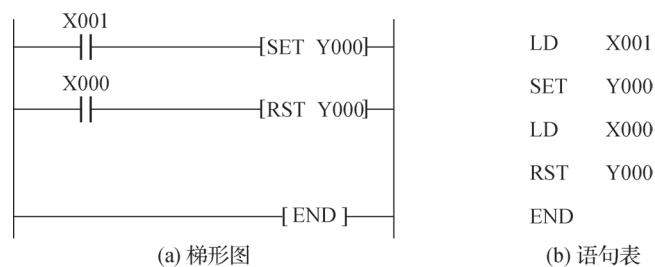


图 2-1-19 利用置位 / 复位指令控制电动机连续运行

任务二 用PLC实现三相异步电动机正反转控制

学习目标

- (1) 学会制订、实施工作计划。
- (2) 熟悉 PLC 的基本编程思路。
- (3) 掌握 PLC 基本指令的功能及应用。
- (4) 能利用基本指令和置位复位指令分别实现电动机正反转运行。
- (5) 客观评价自己的学习能力。

任务描述

在电气控制的实际应用中，往往要求生产机械改变运动方向，如工作台前进、后退，电梯的上升、下降，Z3050 型摇臂钻床的立柱松紧、X62W 型万能铣床的主轴反接制动控制和部分车床主轴反向切削加工等都需要实现电动机的正反转控制。三相异步电动机正反转控制电路如图 2-2-1 所示。

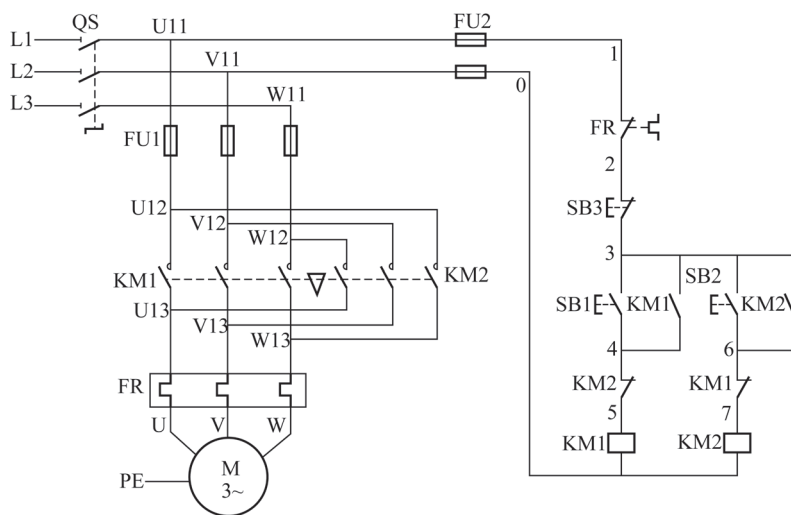


图 2-2-1 三相异步电动机正反转控制电路

用 PLC 控制电动机的起动及正反转的具体控制要求如下：

设计一个电动机正反转控制程序，要求按下正转按钮 SB1，输送带正转；按下反转按钮 SB2，输送带反转；按下停止按钮 SB3，输送带停止转动。

知识链接

一、编程指令

1. 基本指令

常用基本指令如表 2-2-1 所示。

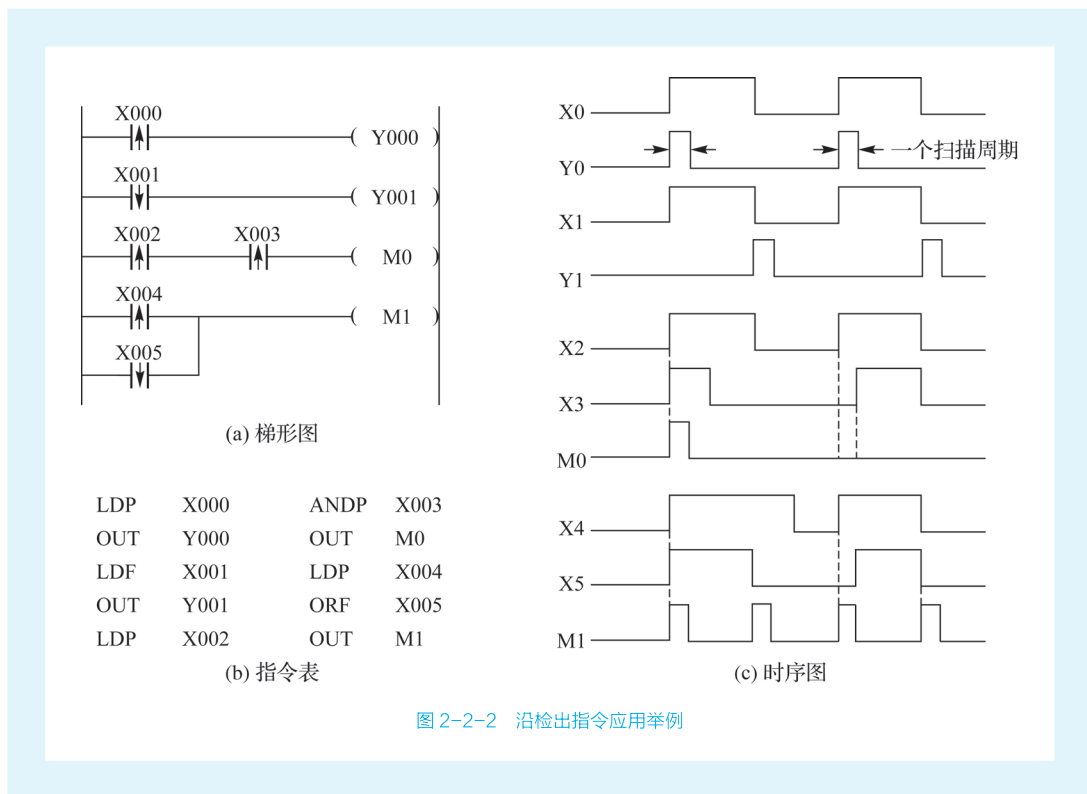
表2-2-1 常用基本指令

指令代码	名称	目标元件	指令的功能
LDP/LDF/ANP/ ANF/ORP/ORF	常开触点闭合 或断开瞬间	X、Y、M、S、T、 C	用于常开触点闭合或断开瞬间扫描一个 周期
ANB	电路块与指令		用于电路块与电路块串联
ORB	电路块或指令		用于电路块与电路块并联
PLS	上升沿脉冲 微分指令	Y、M（不包含特 殊继电器）	检测到输入脉冲的上升沿时，产生一个 扫描周期的脉冲信号输出
PLF	下降沿脉冲 微分指令	Y、M（不包含特 殊继电器）	检测到输入脉冲的下降沿时，产生一个 扫描周期的脉冲信号输出
MC	主控指令	主控指令次数 (N0~N7)、Y、M	使操作元件的常开触点产生一个临时的 左母线
MCR	主控复位指令	主控指令次数	取消临时左母线
MPS	进栈指令		在栈存储器内记忆到 MPS 指令为止的 状态
MRD	读栈指令		读出到 MPS 指令为止的状态
MPP	出栈指令		读出到 MPS 指令为止的状态并清除该 状态

2. 指令说明及举例

1) 沿检出指令（LDP/LDF、ANDP/ANDF、ORP/ORF）

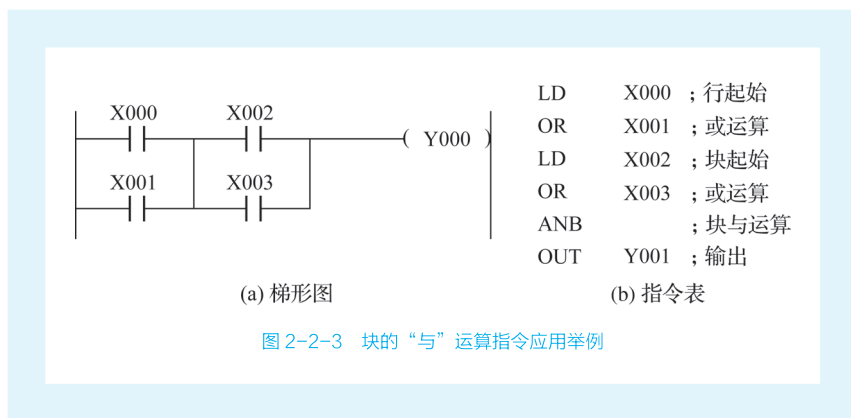
指令后缀为 P 表示上升沿有效，后缀为 F 表示下降沿有效。上升沿和下降沿在梯形图中分别用 ↑ 和 ↓ 表示。根据触点在控制程序中的位置和以上指令特点，选择采用 LD（取脉冲）、AND（与脉冲）或 OR（或脉冲）。图 2-2-2 所示为沿检出指令应用举例，包括梯形图、指令表和时序图。该指令与后面学习的脉冲指令有许多相似之处。



2) 电路块的串、并联指令 (ANB、ORB)

ANB 指令实现多个指令块的“与”运算，ORB 指令实现多个指令块的“或”运算。

【例 2-2-1】按下开关 X0 或 X1，同时再按下开关 X2 或 X3 时，指示灯 Y1 亮。按此控制要求设计的控制梯形图与指令表如图 2-2-3 所示。



【例 2-2-2】按下开关 X0 和 X1，或按下开关 X2 和 X3 时，指示灯 Y1 亮。按此控制要求设计的控制梯形图与指令表如图 2-2-4 所示。

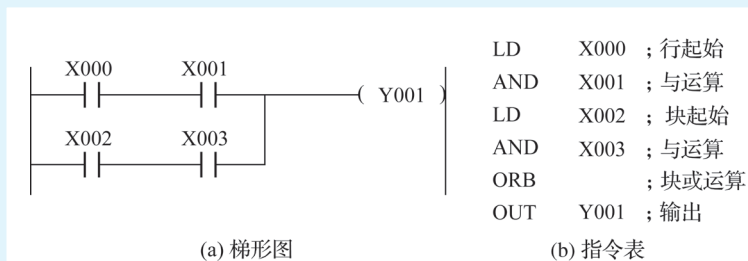


图 2-2-4 块的“或”运算指令应用举例

3) 脉冲微分指令 (PLS/PLF)

脉冲微分指令主要用于检测输入脉冲的上升沿与下降沿, 当条件满足时, 产生一个很窄的脉冲信号输出。有 PLS、PLF 两条指令。

(1) PLS 指令 (上升沿脉冲微分指令)。PLS 指令的功能是: 当检测到输入脉冲信号的上升沿时, 使操作元件 Y 或 M 的线圈产生一个宽度为一个扫描周期的脉冲信号输出。

PLS 指令的操作元件为输出继电器 Y 和辅助继电器 M, 但不含特殊继电器。

PLS 指令的使用如图 2-2-5 所示。当 X0 闭合时, M0 闭合一个扫描周期。

(2) PLF 指令 (下降沿脉冲微分指令)。PLF 指令的功能是: 当检测到输入脉冲信号的下降沿时, 使操作元件 Y 或 M 的线圈产生一个宽度为一个扫描周期的脉冲信号输出。

PLF 指令的操作元件为输出继电器 Y 和辅助继电器 M, 但不含特殊继电器。

PLF 指令的使用如图 2-2-6 所示。当 X1 断开时, Y0 闭合一个扫描周期。

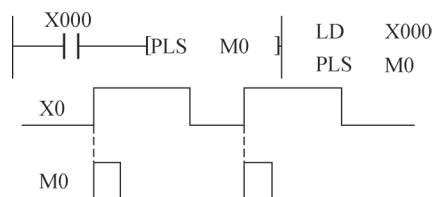


图 2-2-5 PLS 指令的使用

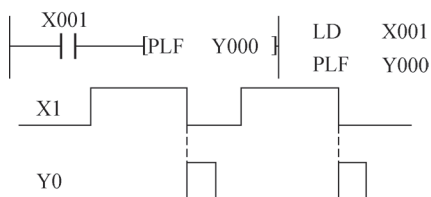


图 2-2-6 PLF 指令的使用

4) 主控指令 (MC/MCR)

在编程时常会出现这样的情况: 多个线圈同时受一个或一组触点控制, 如果在每个线圈的控制电路中都串入同样的触点, 将占用很多存储单元。使用主控指令可以解决这一问题。

(1) 主控指令 MC。MC 指令用于公共串联触点的连接, 执行 MC 指令后, 左母线移到 MC 触点的后面。

(2) 主控复位指令 MCR。MCR 指令是 MC 指令的复位指令, 即恢复原左母线的正常位置。

主控指令的使用如图 2-2-7 所示, 利用“MC N0 M100”指令语句实现左母线右移, 使 Y0、Y1 都在 X0 的控制之下, 其中 N0 表示嵌套等级, 在无嵌套结构中 N0 的使用次数无限制; 利用 MCR N0 恢复到原左母线状态。如果 X0 断开则会跳过 MC、MCR 之间的指令向下执行。

主控指令的使用说明如下:

(1) MC、MCR 指令的目标组件为 Y 和 M,但不能用特殊辅助继电器。MC 占 3 个程序步, MCR 占 2 个程序步。

(2) 主控触点在梯形图中与一般触点垂直(如图 2-2-7 中的 M100)。主控触点是与左母线相连的常开触点,是控制一组电路的总开关。与主控触点相连的触点必须用“取”指令。

(3) MC 指令的输入触点断开时,在 MC 和 MCR 之内的积算定时器、计数器、用复位/置位指令驱动的组件保持其之前的状态不变。非积算定时器和计数器,用 OUT 指令驱动的组件将复位。

(4) 在一个 MC 指令区内若再使用 MC 指令,称为嵌套。嵌套级数最多为 8 级,编号按 N0~N7 的顺序增大,每级的返回用对应的 MCR 指令,按 N7~N0 的顺序复位,如图 2-2-8 所示。

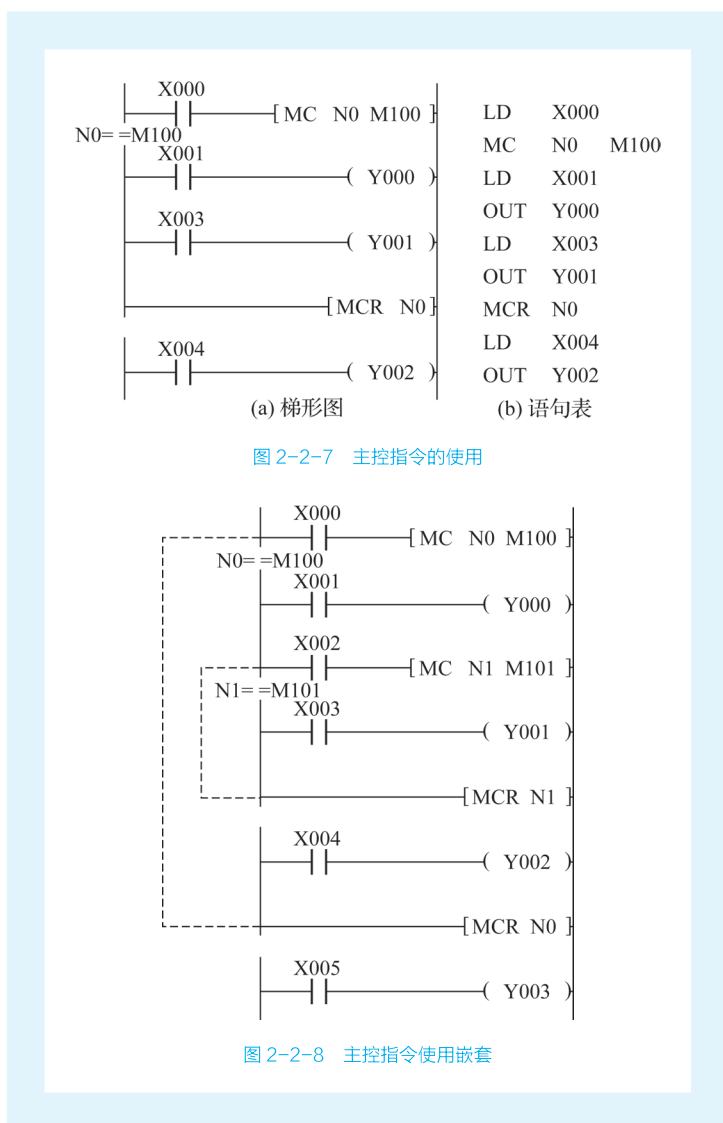


图 2-2-7 主控指令的使用

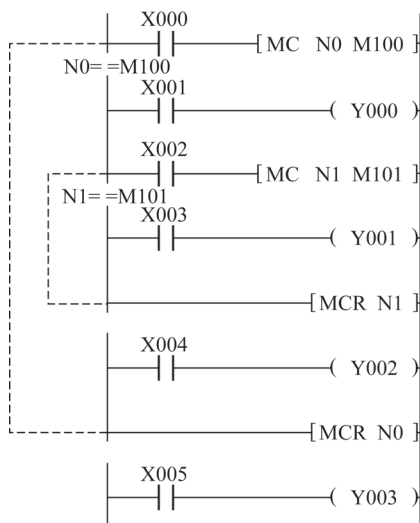


图 2-2-8 主控指令使用嵌套

5) 多重输出指令 (MPS、MRD、MPP)

多重输出指令又称堆栈指令。MPS、MRD、MPP 为一组指令,主要用在当多重输出且逻辑条件不同的情况下,将连接点的结果存储起来,以便连接点后面的电路编程。图 2-2-9 所示为多重输出指令应用示例。

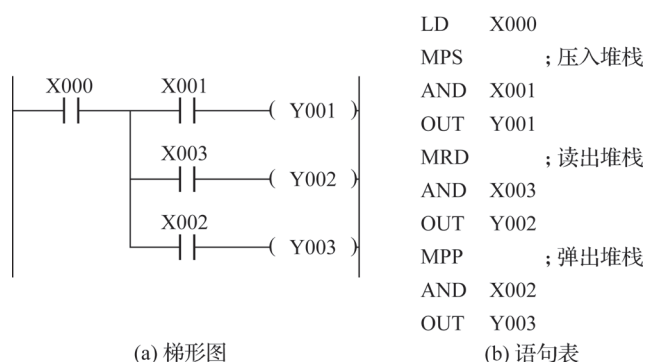


图 2-2-9 多重输出指令应用示例

三菱的 FX3G 系列 PLC 中有 11 个存储运算结果的存储器，称为栈存储器，如图 2-2-10 所示。

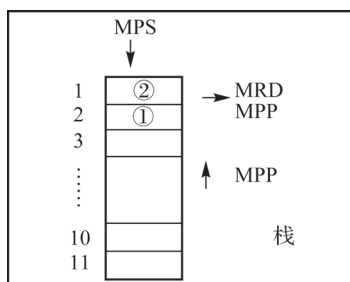


图 2-2-10 栈存储器

(1) MPS。存储该指令处的运算结果（压入堆栈），使用一次 MPS 指令，该时刻的运算结果就推入栈的第一单元。在没有使用 MPP 指令之前，若再次使用 MPS 指令，当时的逻辑运算结果推入栈的第一单元，先推入的数据依次向栈的下一单元推移。图 2-2-10 中栈存储器中的①是第一次压栈的数据，②是第二次压栈的数据。

(2) MRD。读出堆栈，读出由 MPS 指令最新存储的运算结果（栈存储器第一单元数据），栈内数据不发生变化。

(3) MPP。弹出堆栈，读出并清除栈存储器第一单元数据，同时以下各存储单元数据向上单元推移。

多重输出指令的使用说明如下：

多重输出指令的入栈出栈工作方式是后进先出、先进后出。MPS 和 MPP 的使用不得多于 11 次，且必须成对出现，而 MPS、MPP 之间的 MRD 指令在只有两层输出时不用。输出的层数多，使用的次数就多。在利用梯形图编程的情况下，多重输出指令可以不用过分关注，而且也可以用其他指令取代多重输出指令。如图 2-2-11 所示的梯形图与图 2-2-9 的功能相同，也可将压入堆栈的运算结果用中间继电器记忆，将该继电器的常闭触点与 MPP、MRD 指令后的其他条件相“与”。

(3) 多重输出电路, 最好将串联触点多的电路放在下边, 如图 2-2-14 所示, 可不使用 MPS、MPP 指令等。

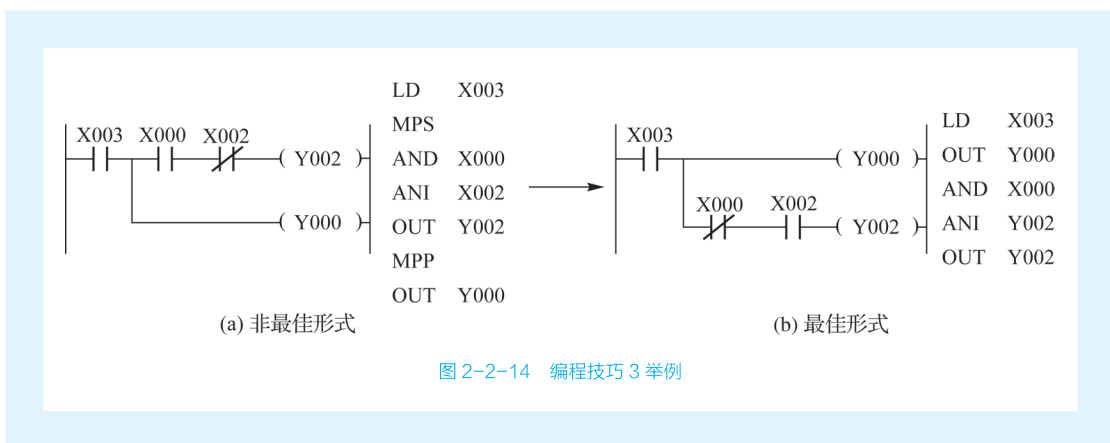


图 2-2-14 编程技巧 3 举例

(4) 如果电路复杂, 采用 ANB、ORB 等指令实现比较困难时, 可以重复使用一些触点, 改成等效电路后再进行编程, 如图 2-2-15 所示。

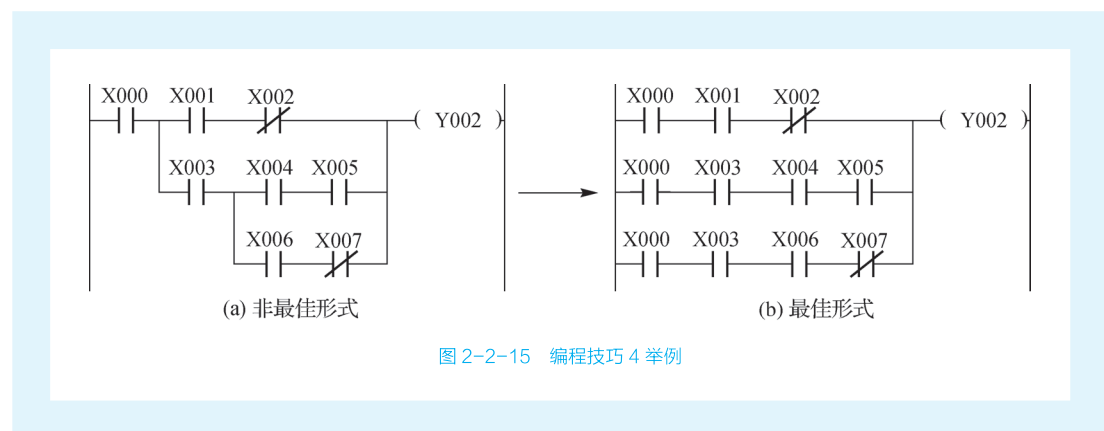


图 2-2-15 编程技巧 4 举例

三、经验设计法

经验设计法又称试凑法, 是指设计者在掌握大量的典型电路的基础上, 充分理解实际控制问题, 将实际控制问题分解成若干典型控制电路, 再在典型控制电路的基础上不断修改而拼凑成梯形图。这种方法可能需要增加大量的中间元件来实现记忆、联锁等功能, 需要反复调试和修改梯形图, 没有普遍的规律可循, 具有试探性和拼凑性, 设计出来的结果不是唯一的, 设计所需时间可能较长, 这与设计者的经验有很大关系, 一般用于较简单的梯形图的设计。

任务实施

一、制订程序的开发计划

计划的制订需要考虑如下问题:

- (1) 小组讨论三相异步电动机正、反转工作原理, 程序要达到的功能要求。
- (2) 输入点和输出点分配。

- (3) 完成 PLC 外部接线。
- (4) 程序的编写分工：确定谁负责哪个程序模块的编写。
- (5) 将编写好的程序写入 PLC。
- (6) 当程序不能实现原定功能时，如何判断问题出在哪里？
- (7) 如何调试修改程序？

二、计划实施

1. 输入点和输出点分配

I/O 分配表如表 2-2-2 所示。

表2-2-2 I/O分配表

输入信号			输出信号		
名称	代号	输入点编号	名称	代号	输出点编号
停止按钮	SB1	X000	正转控制	KM1	Y000
正转按钮	SB2	X001	反转控制	KM2	Y001
反转按钮	SB3	X002			

2. 绘制 PLC 外部接线图

三相异步电动机正反转控制 PLC 外部接线图，如图 2-2-16 所示。

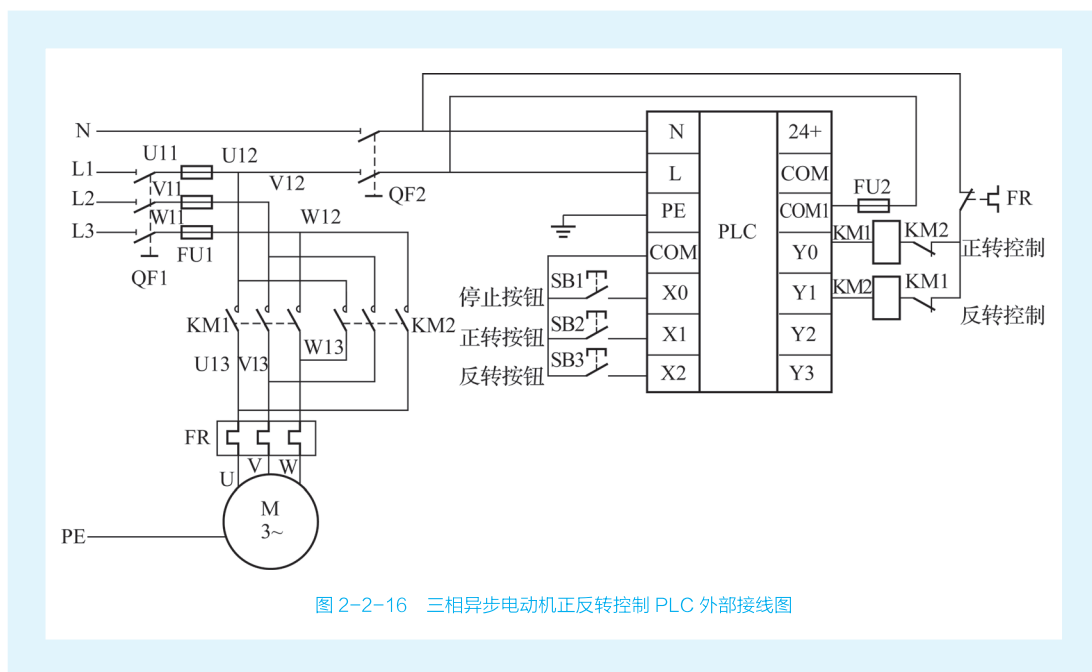


图 2-2-16 三相异步电动机正反转控制 PLC 外部接线图

3. 程序设计

图 2-2-17 所示为三相异步电动机正转、反转控制程序，采用自锁和互锁控制。在图 2-2-16 所示的接线图中，将两个交流接触器的常闭触点 KM1、KM2 分别连接在 KM2、KM1 的线圈回路中，

转换成反转；同时按下正转、反转按钮会出现什么情况等。

(3) 调试运行。

课后作业

在任务实施完成后，你能回答出以下问题吗？

1. 什么是互锁？请说明在什么场合下使用互锁。

2. 在设计正反转控制外部接线图时，若遗漏了接触器 KM1 和 KM2 的外部互锁，将产生什么后果？

3. 请用置位 / 复位指令编写电动机正反转控制程序。

任务三 用PLC实现三相异步电动机Y-Δ降压起动控制

学习目标

- (1) 学会制订、实施工作计划。
- (2) 掌握 PLC 基本指令的功能及应用。
- (3) 掌握 PLC 梯形图程序的经验设计法。
- (4) 能利用基本指令和定时器指令实现形 Y-Δ 降压起动。
- (5) 客观评价自己的学习能力。

任务描述

大功率电动机正常运行时一般采用三角形接法，但是由于大功率电动机三角形直接起动时起动电流较大（额定电流的 4 ~ 7 倍），对电动机、电气开关甚至是电网都有冲击。因此，为了避免大功率电动机三角形“硬”起动的起动电流的冲击，大功率电动机一般采用“软”起动方式，如 Y-Δ 降压起动、软起动器起动、变频器起动等。

Y- Δ 降压起动是指利用电动机的控制电路中接触器的切换,改变电动机的接线方式,首先使电动机以Y形接法从静止起动,电动机起动并旋转一定时间后,再将控制电路切换至 Δ 形接线方式,相对平稳地进入正常运行的起动方法。三相异步电动机Y- Δ 降压起动控制电路如图2-3-1所示。

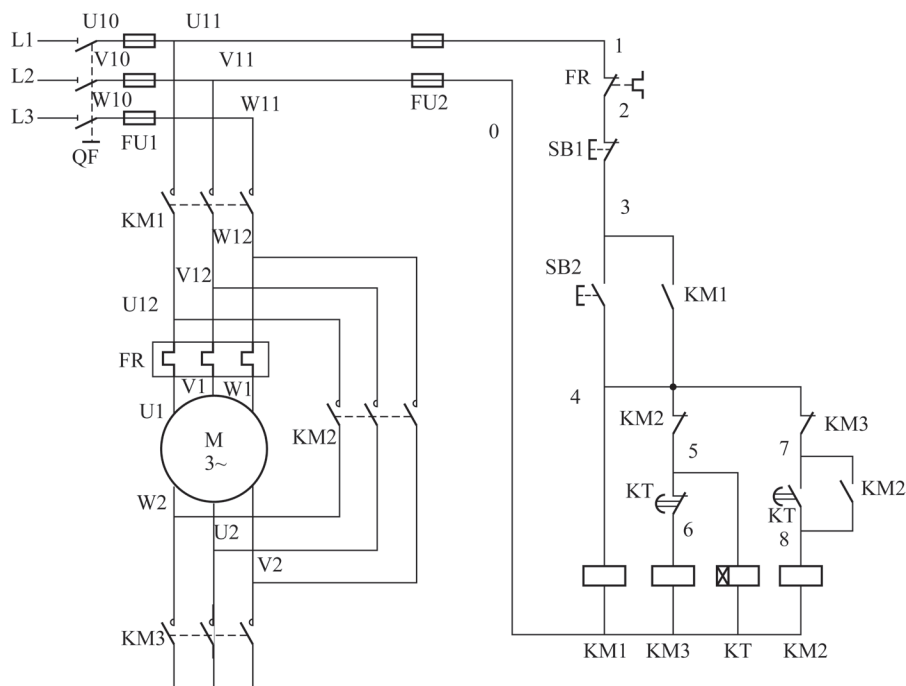


图 2-3-1 三相异步电动机 Y- Δ 降压起动控制电路

用 PLC 控制电动机的 Y- Δ 降压起动的具体控制要求如下:

设计一个电动机 Y- Δ 降压起动控制程序,要求按下起动按钮 SB2,电动机以星形方式起动;起动运行 5 s 后,自动切换至三角形方式运行;按下停止按钮 SB1,电动机停止转动。

知识链接

一、编程元件

1. 辅助继电器

辅助继电器的功能相当于继电器控制系统中的中间继电器。辅助继电器线圈与输出继电器线圈一样,由 PLC 内部各软元件的触点驱动,用文字符号 M 表示。辅助继电器有无数对常开和常闭触点供用户编程使用,使用次数不受限制。但是,这些触点不能直接驱动外部负载,外部负载只能由输出继电器驱动。

按功能来分,辅助继电器一般分为普通(通用型)辅助继电器、断电(失电)保持型辅助继电器和特殊辅助继电器。

1) 普通（通用型）辅助继电器（M0 ~ M499）

普通辅助继电器按十进制地址编号，M0 ~ M499 共 500 点（在 FX 系列 PLC 中除了输入输出继电器是八进制以外，其他所有器件都是十进制编码的）。图 2-3-2 所示为普通辅助继电器应用举例，其特点为：线圈得电触点动作，线圈失电触点复位。

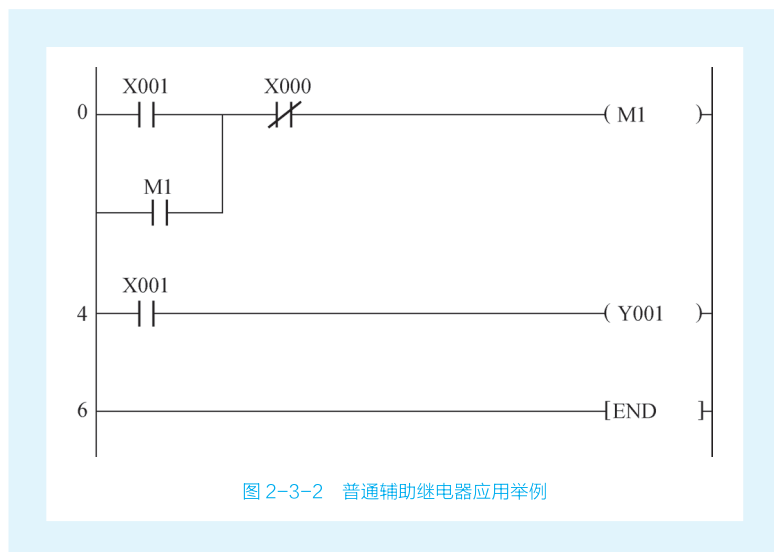


图 2-3-2 普通辅助继电器应用举例

2) 断电（失电）保持型辅助继电器（M500 ~ M3071）

PLC 在运行中如发生停电，输出继电器和通用辅助继电器将全变为断开状态。上电后，除了 PLC 运行时被外部输入信号接通的以外，其他仍断开。不少控制系统要求保持断电瞬间的状态。断电保持型辅助继电器就是用于此种场合，断电保持是由 PLC 内装锂电池支持的。FX2N 系列 PLC 有 M500 ~ M1023 共 524 个断电保持用辅助继电器；此外还有 M1024 ~ M3071 共 2 048 个断电保持专用辅助继电器，它与断电保持用辅助继电器的区别在于，断电保持用辅助继电器可用参数设定，是可变更非断电保持区域，而断电保持专用辅助继电器关于断电保持的特性无法用参数来改变。图 2-3-3 所示为断电保持型辅助继电器应用举例，其特点为：断电时线圈后备锂电池供电，当再恢复供电时能记忆断电前的状态（对于这类继电器，要用 RST 命令清除其记忆内容）。

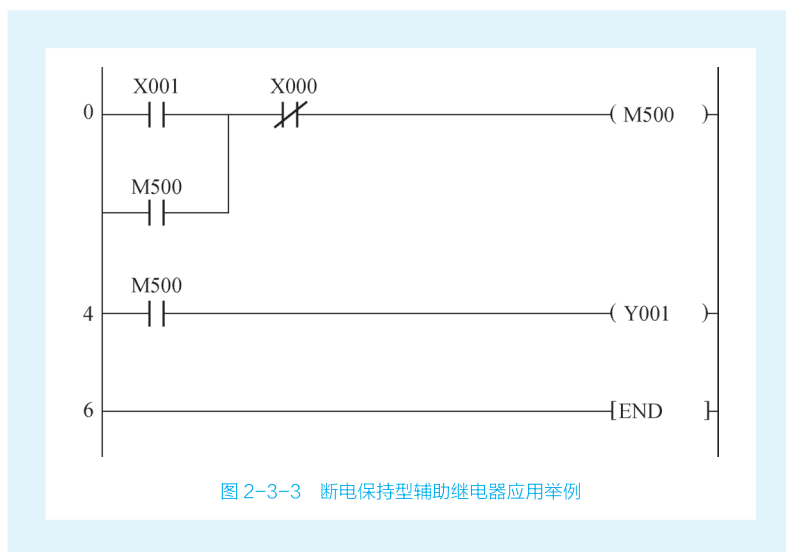


图 2-3-3 断电保持型辅助继电器应用举例

3) 特殊辅助继电器

FX3G 系列 PLC 有 M8000 ~ M8255 共 256 个特殊辅助继电器, 这些特殊辅助继电器各自具有特定的功能。通常分为下列两大类。

(1) 只能利用其接点的特殊辅助继电器。线圈由 PLC 自动驱动, 用户只可以利用其接点。例如: M8000 为运行监控用, PLC 运行时 M8000 接通。

M8002 为仅在运行开始瞬间接通的初始脉冲特殊辅助继电器。

M8012 为产生 100 ms 时钟脉冲的辅助继电器。

(2) 可驱动线圈特殊辅助继电器。用户激励线圈后, PLC 做特定动作。例如:

M8030 为锂电池电压指示灯特殊辅助继电器, 当锂电池电压跌落时, M8030 动作指示灯亮, 提醒 PLC 维修人员需要更换锂电池了。

M8033 为 PLC 停止时输出保持特殊辅助继电器。

M8034 为禁止全部输出特殊辅助继电器。

M8039 为定时扫描特殊辅助继电器。

需要说明的是, 未定义的特殊辅助继电器不可在用户程序使用。

辅助继电器的常开和常闭触点在 PLC 内部可无限次地自由使用。

2. 定时器

PLC 中的定时器是 PLC 内部的软元件, 其作用相当于继电器系统中的时间继电器。PLC 内部有几百个定时器, 定时器是根据时钟脉冲的累积计时的。时钟脉冲有 1 ms、10 ms、100 ms 三种, 当所计时间达到设定值时, 其输出触点动作。

如图 2-3-4 所示, 梯形图中, K100 是定时器 T0 的常数设定值, 定时器 T0 的延时时间为

$$t=100 \times 0.1 \text{ s}=10 \text{ s}$$

式中, 100 由常数设定值决定; 0.1 s 是定时器 T0 的时钟脉冲周期 ($T=100 \text{ ms}=0.1 \text{ s}$)。

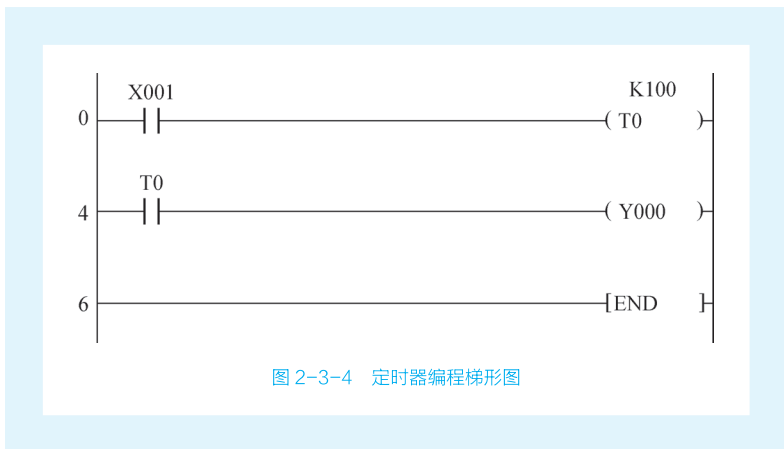


图 2-3-4 定时器编程梯形图

当 X000 闭合时, 定时器 T0 线圈得电, 定时器开始延时, 10 s 延时时间一到, 定时器 T0 的常开触点闭合, 常闭触点断开, 驱动 Y000 得电; 当 X000 断开时, 定时器 T0 的线圈失电, 定时器 T0 的常开触点瞬间恢复断开, 常闭触点瞬间恢复闭合, Y000 失电。

常数 K 可以作为定时器的设定值, 也可以用数据寄存器 (D) 的内容来设置定时器。当用数据寄存器的内容做设定值时, 通常使用失电保持的数据寄存器, 这样在断电时不会丢失数据。但应注意, 如果锂电池电压降低, 定时器及计算器均可能发生误动作。FX 系列 PLC 的定时器分为非积算定时器和积算定时器。其定时器的种类和编号如表 2-3-1 所示。

表2-3-1 FX系列PLC定时器的种类和编号

种类	100 ms 型 0.1~3 276.7 s	10 ms 型 0.01~327.67 s	1 ms 累积型 0.001~32.767 s	100 ms 累积型 0.1~3 276.7 s	电位器型 0~255 的数值
编号	T0~T199 200 点	T200~T245 46 点	T246~T249 共 4 点, 执行中断的保持用	T250~T255 6 点, 保持用	功能扩展板 8 点

1) 非积算定时器

FX3G 系列 PLC 内部有 100 ms 定时器 200 点 (T0 ~ T199), 时间设定值为 0.1 ~ 3 276.7 s ; 10 ms 定时器 46 点 (T200 ~ T245), 时间设定值为 0.01 ~ 327.67 s。

如图 2-3-5 所示, 如果定时器线圈 T200 的驱动输入 X000 为 ON, T200 用当前值计数器累计 10 ms 的时钟脉冲。如果该值等于设定值 K123, 定时器的输出触点在其线圈驱动后 1.23 s 动作。若驱动输入 X000 断开或停电, 则定时器复位, 输出触点复位。

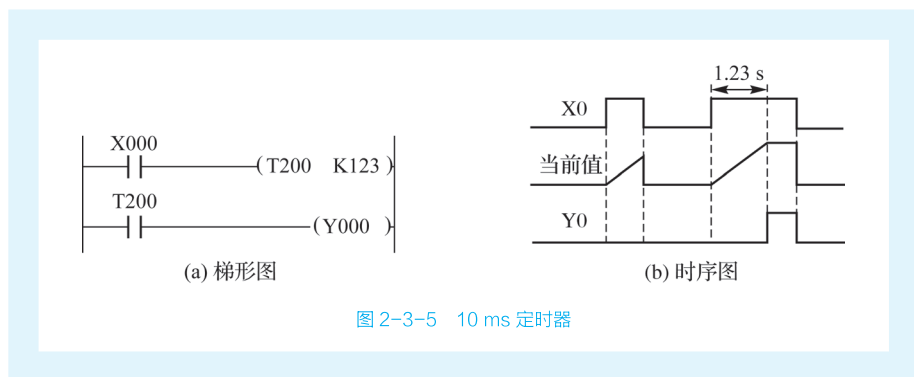


图 2-3-5 10 ms 定时器

2) 积算定时器

FX3G 系列 PLC 内部有 1 ms 积算定时器 4 点 (T246 ~ T249), 时间设定值为 0.001 ~ 32.767 s ; 100 ms 定时器 6 点 (T250 ~ T255), 时间设定值为 0.1 ~ 3 276.7 s。

如图 2-3-6 所示, X001 的常开触点接通时, 则 T250 用当前值计数器将累积 100 ms 的时钟脉冲。如果该值达到设定值 K345, 定时器的输出触点动作。在计算过程中, 即使输入 X001 断开或停电, 当前值保持不变, 再起动机, 继续计算, 其累积计算动作时间为 34.5 s。如果复位输入触点 X002 接通, 定时器复位, 输出触点复位。

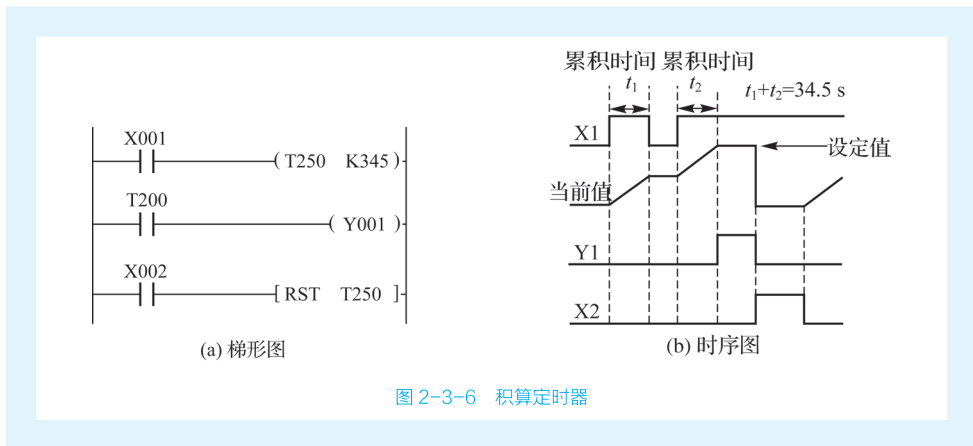


图 2-3-6 积算定时器

3) 使用定时器注意事项

在子程序与中断程序内应采用 T192 ~ T199 定时器。这种定时器既可在执行线圈指令计时,也可在执行 END 指令计时,当定时器的当前值达到设定值时,其输出触点在执行线圈指令或 END 指令时动作。

普通的定时器只是在执行线圈指令计时,因此当它被用于执行中的子程序与中断程序时不计时,不能正常工作。

如果在子程序或中断程序内采用 1 ms 累积定时器,在它的当前值达到设定值后,其触点在执行该定时器的第一条线圈指令时动作。

二、断电延时问题

FX3G 系列 PLC 的定时器是通电延时继电器,如果要实现断电延时,可采用图 2-3-7 所示电路。当 X001 接通时, X001 的常开触点闭合,常闭触点断开, Y000 动作并保持, T5 不动作;而当 X001 断开后, X001 的常开触点断开,常闭触点闭合。由于 Y000 的自锁, Y000 仍接通, T5 由于 X001 的常闭触点闭合而接通,开始定时,定时 20 s 后, T5 的常闭触点断开, Y000 和 T5 同时断开,实现了输入信号断开后输出延时断开的目的。

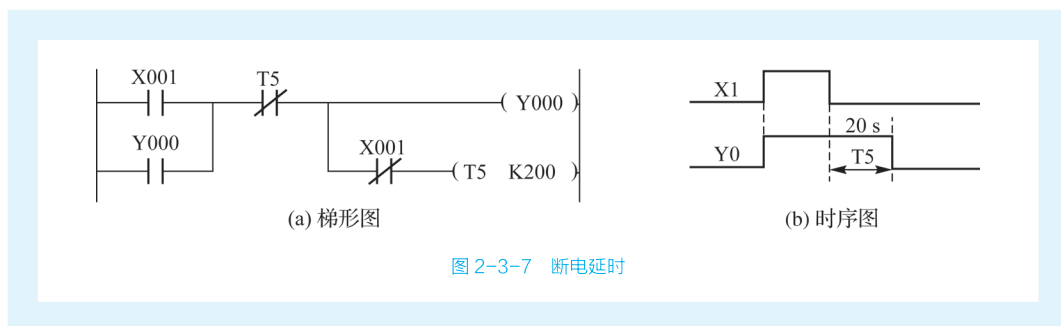


图 2-3-7 断电延时

任务实施

一、制订程序的开发计划

计划的制订需要考虑如下问题:

- (1) 小组讨论三相异步电动机 Y- Δ 降压起动工作原理,程序要达到的功能要求。
- (2) 小组讨论辅助继电器和定时器的功能。
- (3) 输入点和输出点分配。
- (4) 完成 PLC 及其外部接线。
- (5) 将编写好的程序写入 PLC。
- (6) 当程序不能实现原定功能时,如何判断问题出在哪里?
- (7) 如何调试修改程序?

二、计划实施

1. 输入点和输出点分配

I/O 分配表如表 2-3-2 所示。

表2-3-2 I/O分配表

输入信号			输出信号		
名称	代号	输入点编号	名称	代号	输出点编号
停止按钮	SB1	X000	正转控制	KM1	Y000
起动按钮	SB2	X001	三角形控制	KM2	Y001
			星形控制	KM3	Y002

2. 绘制 PLC 外部接线图

三相异步电动机Y- Δ 降压起动控制 PLC 外部接线图,如图 2-3-8 所示。

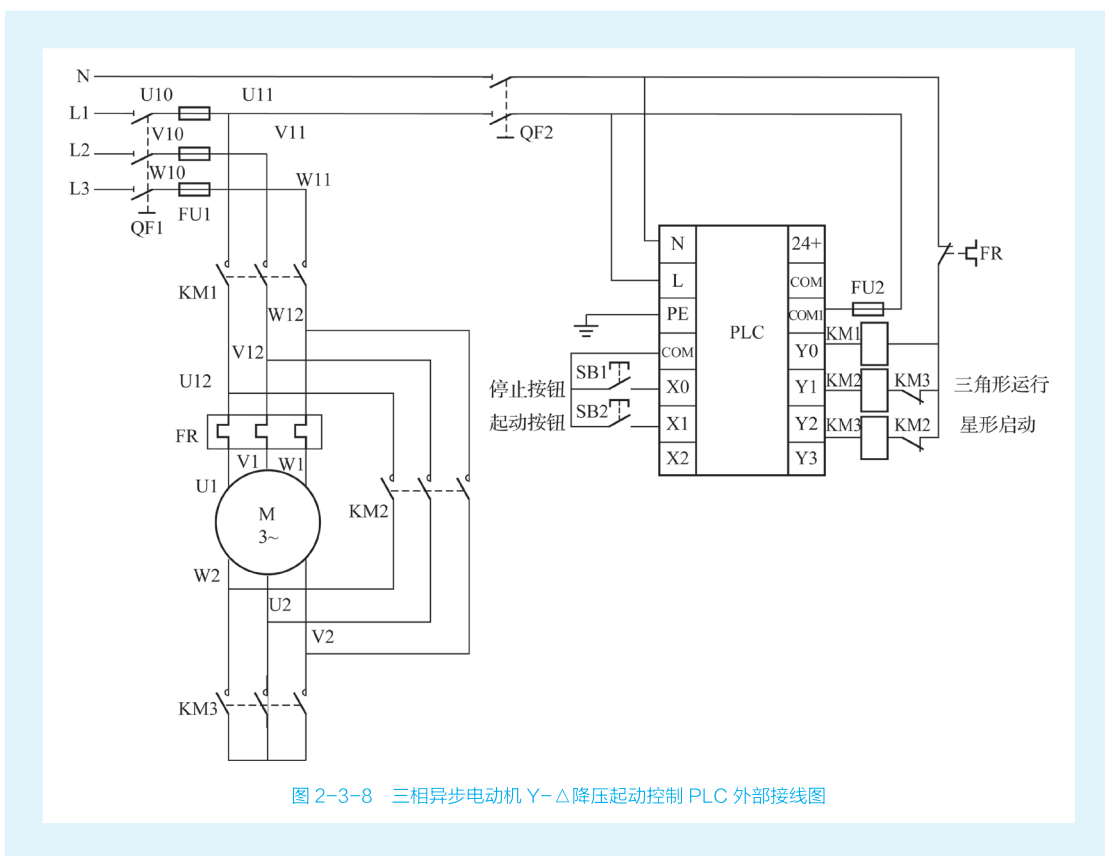


图 2-3-8 三相异步电动机 Y- Δ 降压起动控制 PLC 外部接线图

3. 程序设计

根据任务要求、I/O 分配表及图 2-3-1 所示的原理图可知,当按下起动按钮 SB2 时,输入继电器 X1 接通,输出继电器 Y0 接通,交流接触器 KM1 线圈得电,输出继电器 Y2 接通,交流接触器 KM3 线圈得电,电动机星形接法起动;同时,定时器线圈接通开始定时,定时时间达到 5 s 时,输出继电器 Y1 接通,交流接触器 KM2 线圈得电,输出继电器 Y2 断开,交流接触器 KM3 线圈失电,电动机实现三角形接法起动运行,其中交流接触器 KM1 线圈始终保持得电。当按下停止按钮 SB1 时,输入继电器 X0 接通,输出继电器 Y0、Y1、Y2 断电,电动机停止运行。从以上分析可知,可通过以下几种方案来满足电动机 Y- Δ 降压起动的控制要求。

(1) 采用串、并联及输出指令进行设计, 梯形图及指令表如图 2-3-9 所示。

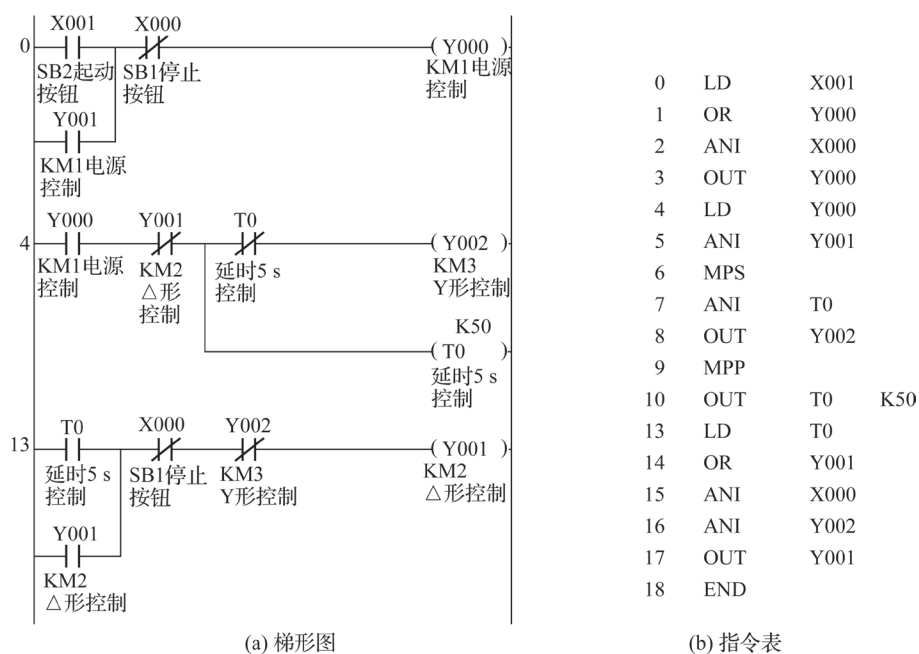


图 2-3-9 三相异步电动机 Y-Δ 降压启动控制方案一

(2) 采用块与指令及多重输出指令进行设计, 梯形图及指令表如图 2-3-10 所示。

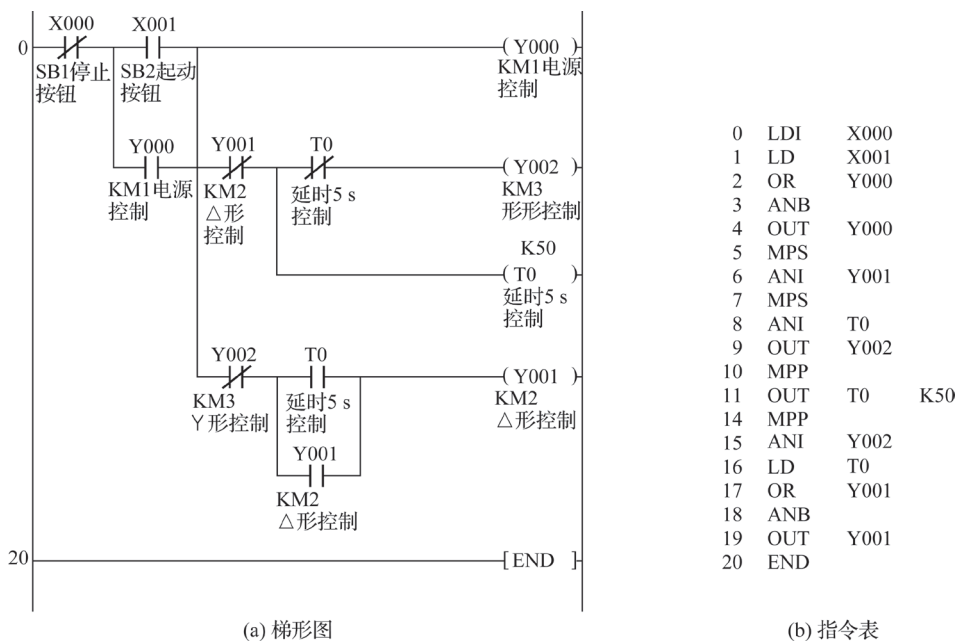


图 2-3-10 三相异步电动机 Y-Δ 降压启动控制方案二

(3) 采用主控指令进行设计, 梯形图及指令表如图 2-3-11 所示。

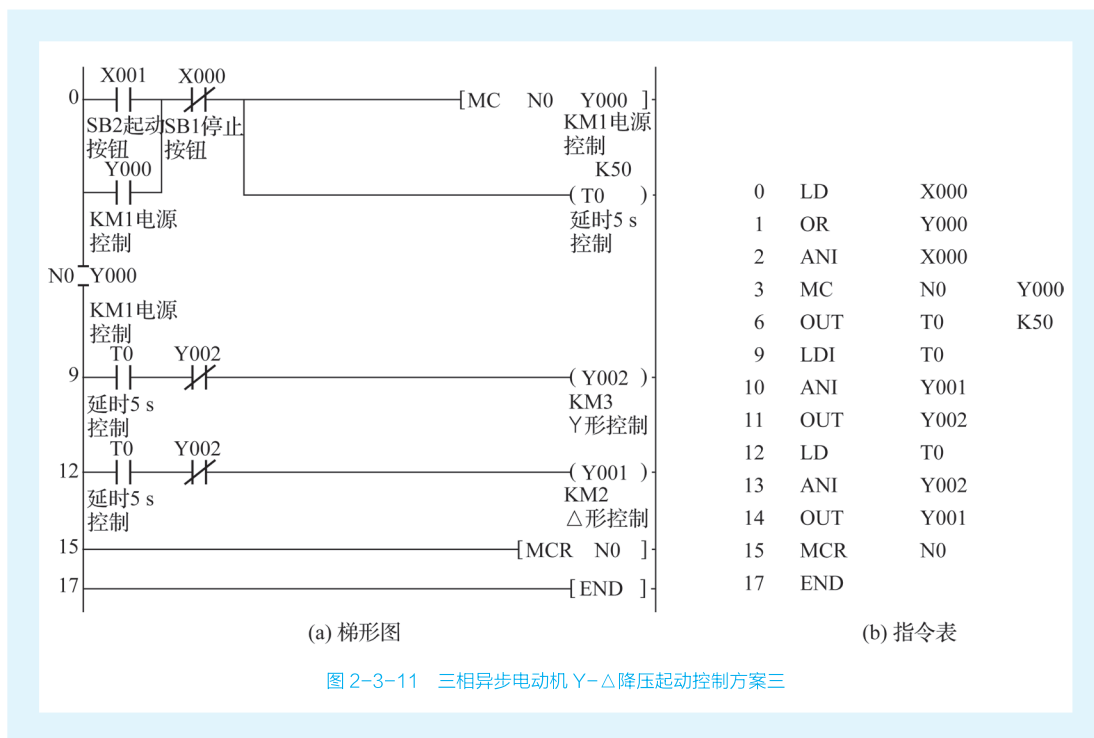


图 2-3-11 三相异步电动机 Y-Δ 降压起动控制方案三

4. 运行并调试程序

- (1) 将梯形图程序输入计算机。
- (2) 下载程序到 PLC, 并对程序进行调试运行。观察能否实现按下起动按钮 SB2, KM1、KM3 得电, 电动机星形接法运行; 经过大约 5 s, KM3 失电, 同时 KM2 得电, 电动机三角形接法运行。按下停止按钮 SB1, 电动机停止运行。

课后作业

在任务实施完成后, 你能回答出以下问题吗?

1. 辅助继电器的分类有哪些?

2. 请简述定时器的功能。

3. 定时器分为哪几种? 定时器时钟脉冲分为哪几种?

扩展训练

1. 某控制系统有一盏指示灯, 其控制要求为: 按下起动按钮后, 指示灯亮 3 s 灭 4 s, 累计闪烁 1 min 后自行关闭, 试设计 I/O 分配表、PLC 外部接线图, 编写控制程序并上机调试。

2. 某控制系统中有 3 台电动机, 其控制要求为: 按下起动按钮后, 润滑电动机起动, 运行 5 s 后, 主电动机起动, 运行 8 s 后, 冷却泵电动机起动。

当按下停止按钮后, 主电动机立即停止, 主电动机停止 5 s 后, 冷却泵电动机停止, 冷却泵电动机停止 3 s 后, 润滑电动机停止。试设计 I/O 分配表、PLC 外部接线图, 编写控制程序并上机调试。

任务四 用 PLC 实现音乐喷泉控制

学习目标

- (1) 学会制订、实施工作计划。
- (2) 掌握 PLC 基本指令的功能及应用。
- (3) 掌握三菱 PLC 定时器和计数器的应用。
- (4) 掌握三菱 PLC 时钟脉冲指令与计数器的长延时控制的综合应用。
- (5) 客观评价自己的学习能力。

任务描述

某广场为了美观, 对喷泉的造型及花样进行设计改造, 要求用 PLC 进行喷泉控制, 现由我公司技术部 PLC 工程师进行设计调试。音乐喷泉如图 2-4-1 所示。

用 PLC 控制音乐喷泉的具体控制要求如下:

- (1) 将控制喷泉分成三组: A 组由 1、2、3 构成, B 组由 4、5、6 构成, C 组由 7、8 构成。
- (2) 当按下起动按钮后, A、B、C 三组喷泉的喷头按时序图循环工作, 音乐喷泉各组喷头工作时序图如图 2-4-2 所示。
- (3) 音乐喷泉的工作时间是: 在晚上 11 时按下起动按钮, 音乐喷泉延时 9 小时(第二天早上 8 时)自动开始工作, 工作 15 小时(到晚上 11 时)后自动停止, 并按上述时间不断循环工作。

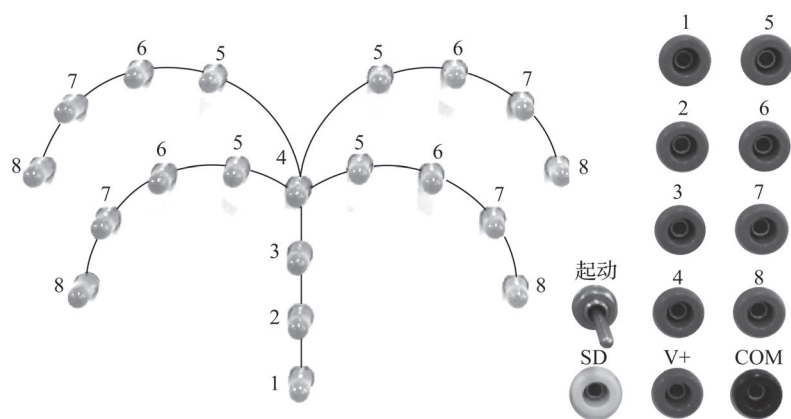


图 2-4-1 音乐喷泉

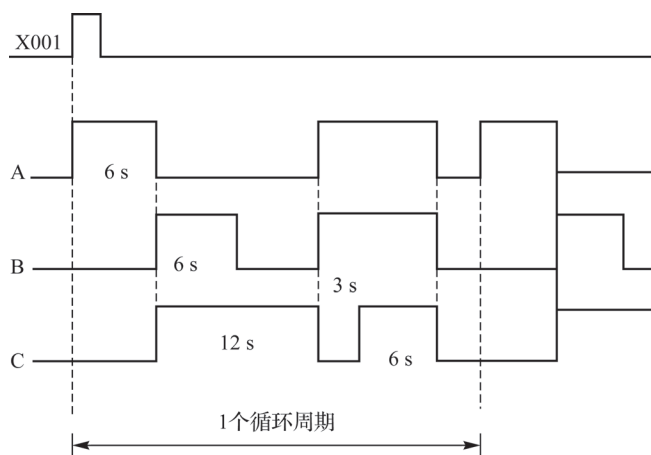


图 2-4-2 音乐喷泉各组喷头工作时序图

知识链接

一、编程元件——计数器

计数器与定时器、输出继电器的驱动一样，也是通过 OUT 输出指令来实现的。计数器用于对软元件触点动作次数或输入脉冲个数进行计数。

FX3G 系列 PLC 提供了两类计数器：一类为内部计数器，它是 PLC 在执行扫描操作时对内部信号等进行计数的计数器，要求输入信号的接通或断开时间应大于 PLC 的扫描周期；另一类是高速计数器，其响应速度快，对于频率较高的计数必须采用高速计数器。

1. 内部计数器

内部计数器是在执行扫描操作时对内部信号（如 X、Y、M、S、T 等）进行计数。内部计数器的计数方式与机器的扫描周期有关，故不能对高频率的输入信号进行计数。内部计数器分为 16 位加法计数器和 32 位加 / 减法计数器两类，计数器采用 C 和十进制数共同组成编号。

(1) 16 位加法计数器 (C0 ~ C199)。共 200 点, 其中 C0 ~ C99 为通用型, C100 ~ C199 为断电保持型。16 位加法计数器的设定值范围为 1 ~ 32 767。

下面举例说明通用型 16 位加法计数器的工作原理。如图 2-4-3 所示, X10 为复位信号, 当 X10 为 ON 时 C0 复位。X11 是计数输入, 每当 X11 接通一次, 计数器当前值增加 1 (注意 X10 断开, 计数器不会复位)。当计数器计数当前值为设定值 10 时, 计数器 C0 的输出触点动作, Y0 被接通。此后即使 X11 再接通, 计数器的当前值也保持不变。当复位输入 X10 接通时, 执行 RST 复位指令, 计数器复位, 输出触点也复位, Y0 被断开。

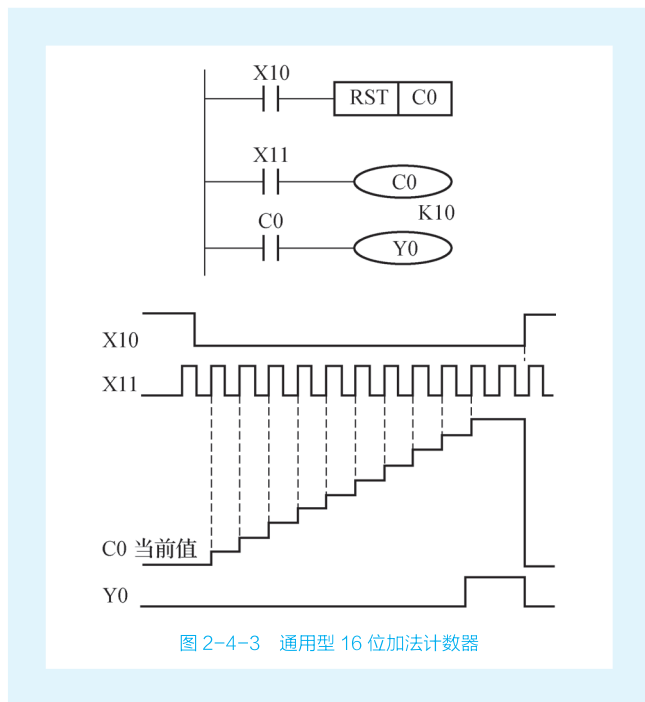


图 2-4-3 通用型 16 位加法计数器

(2) 32 位加 / 减法计数器 (C200 ~ C234)。共 35 点 32 位加 / 减法计数器, 其中, C200 ~ C219 (共 20 点) 为通用型, C220 ~ C234 (共 15 点) 为断电保持型。这类计数器与 16 位加法计数器除位数不同外, 区别还在于它能够通过控制实现加 / 减双向计数, 设定值范围均为 $-2\ 147\ 483\ 648 \sim +2\ 147\ 483\ 647$ (32 位)。

C200 ~ C234 是加计数还是减计数, 可直接用常数 K 或间接用数据寄存器 D 的内容作为设定值。

如图 2-4-4 所示, X10 用来控制 M8200, X10 闭合时为减计数方式。X12 为计数输入, C200 的设定值为 5 (可正、可负)。设置 C200 为加计数方式 (M8200 为 OFF), 当 X12 计数输入累加由 4 \rightarrow 5 时, 计数器的输出触点动作。当前值大于 5 时计数器仍为 ON 状态。只有当前值由 5 \rightarrow 4 时, 计数器才变为 OFF。只要当前值小于 4, 则输出保持为 OFF 状态。复位输入 X11 接通时, 计数器的当前值为 0, 输出触点也随之复位。

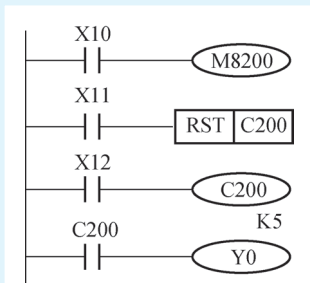


图 2-4-4 32 位加 / 减法计数器

2. 高速计数器

高速计数器与内部计数器相比除允许输入高频率之外，应用也更为灵活。高速计数器均有断电保持功能，通过参数设定也可变为非断电保持。FX2N 系列 PLC 有 C235 ~ C255 共 21 点高速计数器，用来作为高速计数器输入的 PLC 输入端口有 X0 ~ X7。X0 ~ X7 不能重复使用，即某个输入端已被某个高速计数器占用，它就不能再用于其他高速计数器，也不能用作他用。各高速计数器对应的输入端如表 2-4-1 所示。

表2-4-1 各高速计数器对应的输入端

输入	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
1 相 1 计数输入	C235	U/D						
	C236		U/D					
	C237			U/D				
	C238				U/D			
	C239					U/D		
	C240						U/D	
	C241	U/D	R					
	C242		U/D	R				
	C243				U/D	R		
	C244	U/D	R					S
1 相 2 计数输入	C245			U/D	R			S
	C246	U	D					
	C247	U	D	R				
	C248				U	D	R	
	C249	U	D	R				S
2 相 2 计数输入	C250				U	D	R	S
	C251	A	B					
	C252	A	B	R				
	C253				A	B	R	
	C254	A	B	R				S
C255				A	B	R		S

表 2-4-1 中，U 表示加法计数输入，D 为减法计数输入，B 表示 B 相输入，A 为 A 相输入，R 为复位输入，S 为起动输入，X6、X7 只能用作起动信号，而不能用作计数信号。

二、计数器编程实例

例如，某设备区域设有安全声光报警系统，当人或物体触碰该区域的安全门时，蜂鸣器鸣叫，同时报警灯以每次亮 2 s 灭 3 s 的规律连续闪烁 10 次后自动停止声光报警。该控制系统的程序如图 2-4-5 所示。

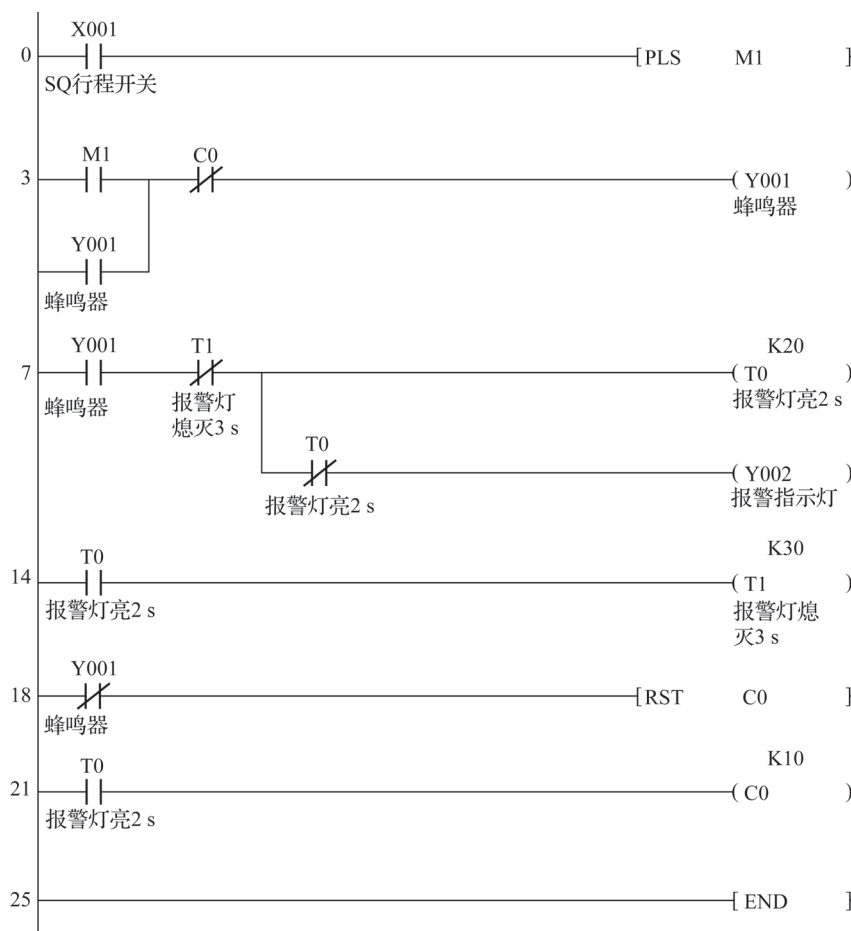


图 2-4-5 计数器编程实例

三、典型的计数器长延时控制电路

1. 单独计数器实现的长延时控制

1) 用计数器实现 1 h 定时控制程序

用计数器实现 1 h 定时，其控制程序梯形图如图 2-4-6 所示，其中，X1 为起动按钮，X3 为停止按钮。

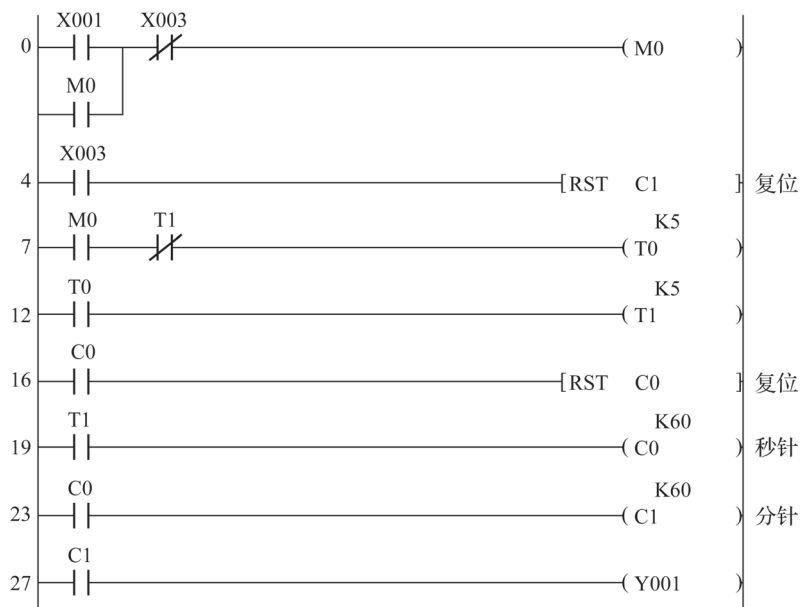


图 2-4-6 用计数器实现 1 h 定时控制程序梯形图

2) 用 M8014 和计数器配合实现 1 h 定时

用 M8014 和计数器配合实现 1 h 定时，其控制程序梯形图如图 2-4-7 所示，其中，X1 为起动按钮，X3 为停止按钮，以特殊辅助继电器 M8014（1 min 时钟）作为计数器 C0 的输入脉冲信号。

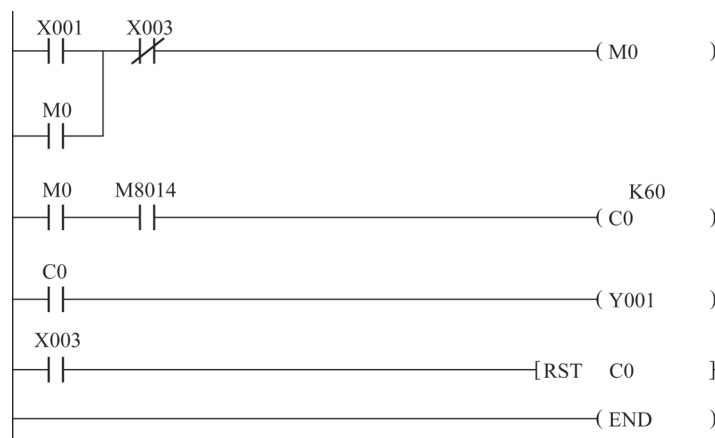


图 2-4-7 用 M8014 和计数器配合实现 1 h 定时控制程序梯形图

3) 用计数器实现 24 h 时钟程序

用计数器实现 24 h 时钟程序如图 2-4-8 所示，一定要注意，计数器的复位程序应该放在计数程序的上面。

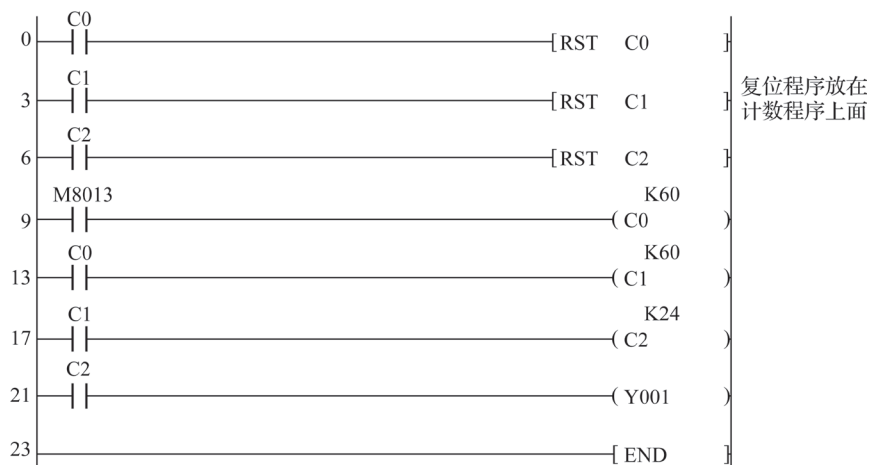


图 2-4-8 用计数器实现 24 h 时钟程序

2. 多个定时器串级实现的长延时控制

多个定时器串级实现的长延时控制程序如图 2-4-9 所示，X001 接通，T1 线圈得电并开始延时（2 400 s），延时到 T1 常开触点闭合，T2 线圈得电并开始延时（2 400 s），延时到 T2 常开触点闭合，再使 T3 线圈得电并开始延时（2 400 s），延时到 T3 常开触点闭合，才使 Y001 接通。

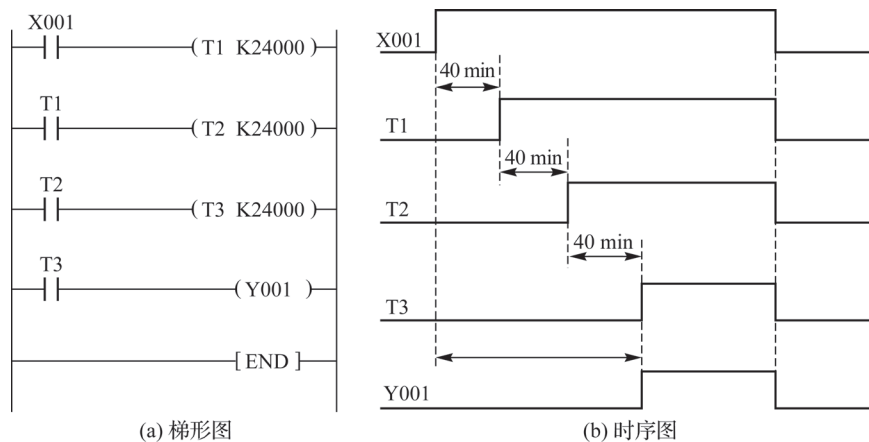
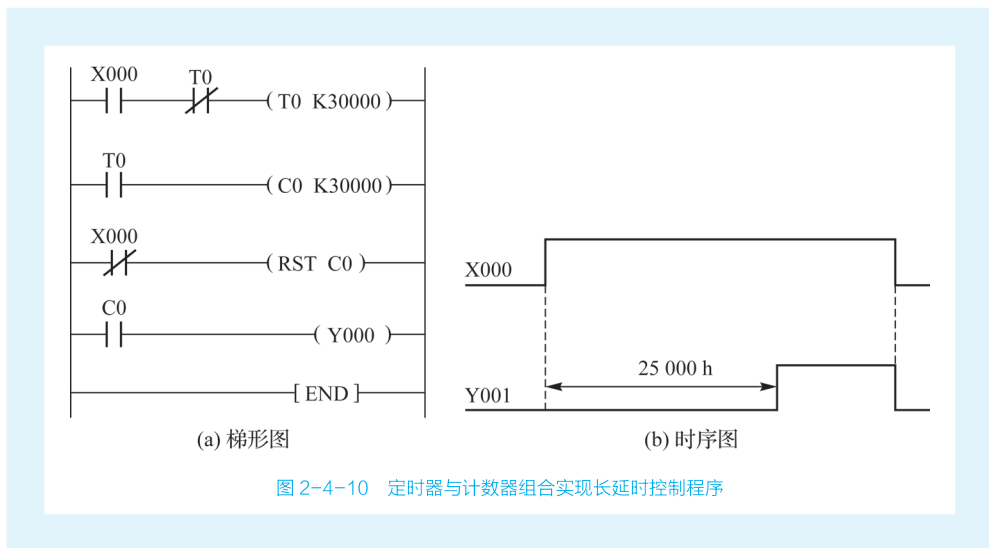


图 2-4-9 多个定时器串级实现的长延时控制程序

3. 定时器与计数器组合实现长延时控制

定时器与计数器组合实现长延时控制程序如图 2-4-10 所示，当 X000 常闭触点闭合时，T0 和 C0 复位不工作。当 X000 常开触点闭合时，T0 开始定时，3 000 s 后 T0 定时时间到，其常闭触点断开复位，复位后 T0 的当前值变为 0，同时其常开触点接通，使其线圈重新通电，又开始定时。T0 将这样周而复始地工作，直至 X000 变为 OFF。最上面一行电路是一个脉冲信号发生器，脉冲周期等于 T0 的设定值。产生的脉冲列送给 C0 计数，计满 30 000 个数（25 000 h）后，C0 的当前值等于

设定值，它的常开触点闭合，Y000 开始输出。



任务实施

一、制订程序的开发计划

计划的制订需要考虑如下问题：

- (1) 小组讨论计数器的功能，以及程序要达到的功能要求。
- (2) 小组讨论计数器长延时控制功能。
- (3) 输入点和输出点分配。
- (4) 完成 PLC 及其外部接线。
- (5) 将编写好的程序写入 PLC。
- (6) 当程序不能实现原定功能时，如何判断问题出在哪里？
- (7) 如何调试修改程序？

二、计划实施

1. 输入点和输出点分配

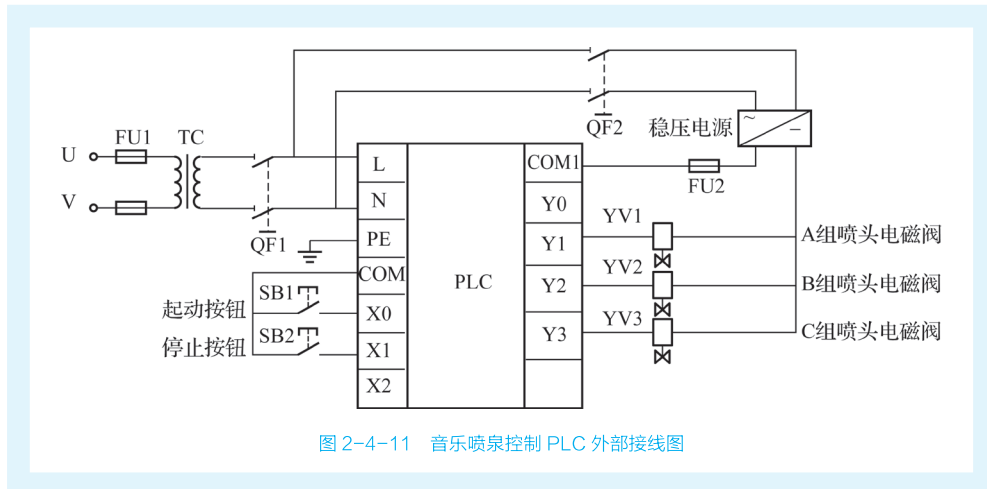
I/O 分配表如表 2-4-2 所示。

表2-4-2 I/O分配表

输入信号			输出信号		
名称	代号	输入点编号	名称	代号	输出点编号
起动按钮	SB1	X000	A 组喷头电磁阀	YV1	Y001
停止按钮	SB2	X001	B 组喷头电磁阀	YV2	Y002
			C 组喷头电磁阀	YV3	Y003

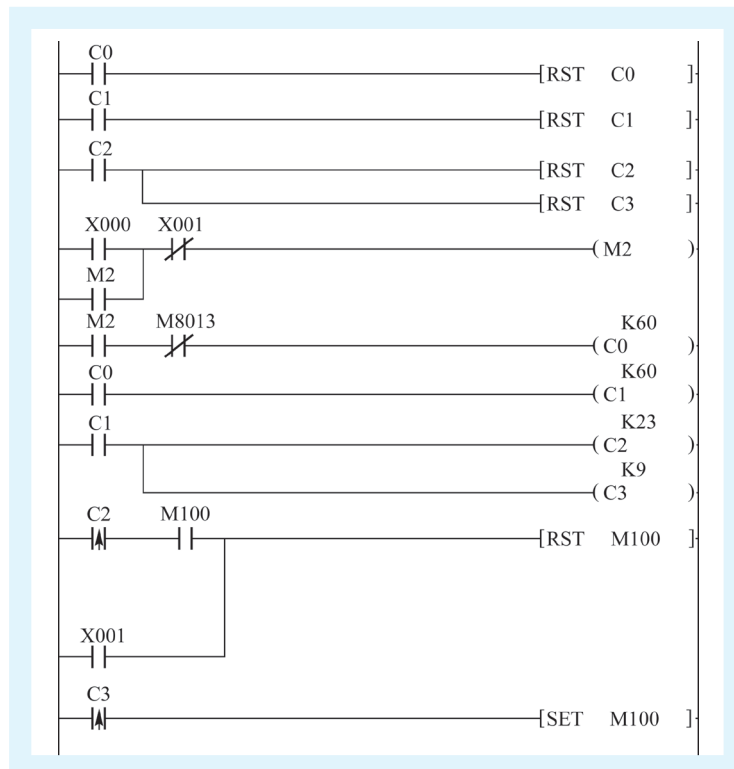
2. 绘制 PLC 外部接线图

音乐喷泉控制 PLC 外部接线图, 如图 2-4-11 所示。



3. 程序设计

根据任务要求、I/O 分配表可知, 当按下起停按钮 SB1 时, 输入继电器 X000 接通, 辅助继电器 M2 接通, 开始计时, 当延时 9 小时后, C3 线圈得电, 其常开触点闭合, 置位辅助继电器 M100 接通, 音乐喷泉三组喷头按时序图循环工作。当工作时间到达晚上 11 时 (23 时) 时, C2 线圈得电, 其常开触点闭合, 复位辅助继电器 M100, 使其断开, 音乐喷泉三组喷头停止工作, 待延时 9 小时后, 继续重复工作, 当按下停止按钮 SB2 时, 音乐喷泉三组喷头立即停止工作。待下次晚上 11 时按下起停按钮后, 继续重复上述工作。音乐喷泉控制梯形图如图 2-4-12 所示。



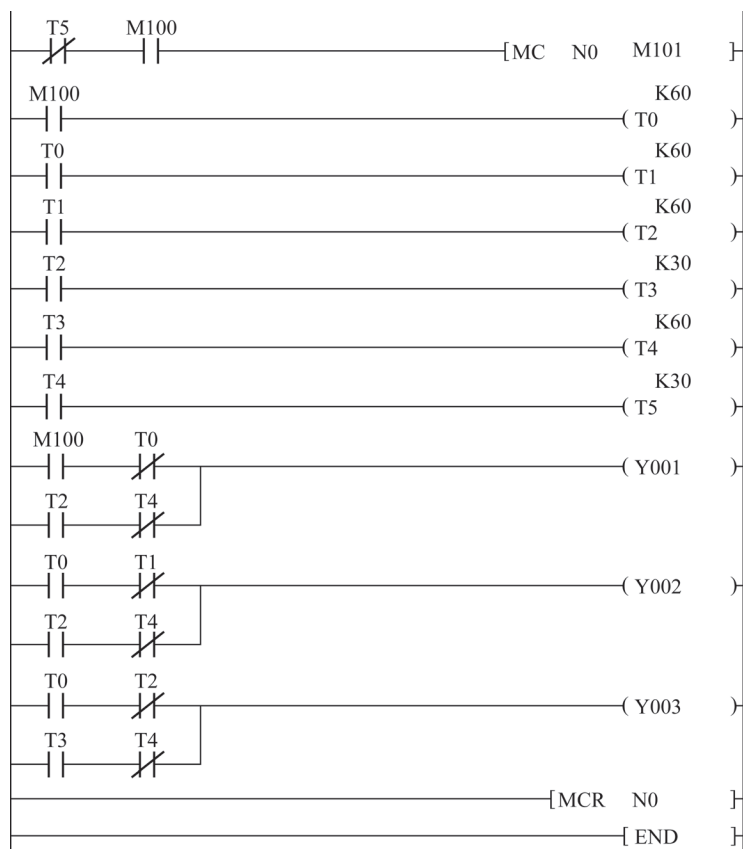


图 2-4-12 音乐喷泉控制梯形图

4. 运行并调试程序

(1) 将梯形图程序输入计算机。

(2) 下载程序到 PLC，并对程序进行调试运行，观察能否实现控制要求。其中，本任务的延时控制是由早上 8 点至晚上 11 点，音乐喷泉处于工作状态；从晚上 11 点至早上 8 点，音乐喷泉处于停止状态。由于延时时间太长，模拟实验运行时，可将时钟的秒时钟 C0 和分时钟 C1 的 K 值相应减少，如将 C1 和 C2 的 K 值设置为 5，进行仿真，大大缩短了仿真的延时时间，便于观察实验结果。

课后作业

在任务实施完成后，你能回答出以下问题吗？

1. 简述计数器的功能。

模块一

2. FX3G 系列 PLC 计数器分为哪两大类?

3. 16 位加法计数器包含哪些点? 分别为什么类型的?

模块二

4. 设计梯形图, 用计数器和定时器实现 4 h 的长时间延时。

模块三

扩展训练

1. 某控制系统有一盏指示灯, 其控制要求为: 按下起动按钮后, 指示灯亮 4 s 灭 3 s, 重复 5 次后停止工作, 试设计 I/O 分配表、PLC 外部接线图, 编写控制程序并上机调试。

2. 请对音乐喷泉控制系统进行改造, 设计一个定时控制程序, 当按下起动按钮后, 音乐喷泉的喷头按照 1 → 2 → 3 → … → 8 → 1、2 → 3、4 → 5、6 → 7、8 → 1、2、3 → 4、5、6 → 7、8 → 1 → 2 → … 的循环顺序工作, 每组动作时间间隔 2 s; 工作时长为: 按下起动按钮开始, 工作 2 h, 时间到后自动停止工作; 按下停止按钮, 可随时停止。

模块四

模块五

模块六