

# 项目 2 PLC 的编程元件和基本逻辑指令

## 任务 2.1 连接驱动指令及其应用

### 2.1.1 任务引入与分析

可编程控制器内部有许多具有一定功能的器件，这些器件一般是由不同的电子电路构成的，它们具有继电器的功能，习惯上也称为继电器，但它们是无实际触点的继电器，称为“元件”。这些元件都有无数的动合触点和动断触点。PLC 的指令一般都是针对其内部的某一个元件状态而言的，这些元件的功能是相互独立的，按每种元件的功能给出一个名称并用一个字母来表示。

FX 系列 PLC 中的主要元件表示如下：X 表示输入继电器，Y 表示输出继电器，T 表示定时器，C 表示计数器，M 表示辅助继电器，S 表示状态元件，D、V、Z 表示数据寄存器。为了编程方便，还必须给每个元件进行一定的编号，只有输入继电器、输出继电器采用八进制数编码，其他的继电器均采用十进制数编码。在编制用户程序时，必须按规定元件的功能及编号进行编制。

### 2.1.2 基础知识

#### 1. 输入继电器

FX 系列 PLC 的输入继电器用 X 表示，采用八进制数编号，平排的尾数只有 0~7，在其编号中没有“8”“9”这样的数字。输入继电器是 PLC 接收外部输入开关量信号的窗口，PLC 通过光电耦合器，将外部信号的状态读入并存储在输入映像寄存器内，外部输入电路接通时对应的映像寄存器为 ON (1 状态)。每个输入继电器为内部控制电路提供编程用的无数对动合、动断触点，输入继电器只能由外部信号驱动。表 2.1.1 给出了 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 输入继电器元件号。

表 2.1.1 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 输入继电器元件号

型号	FX <sub>2N</sub> -16M	FX <sub>2N</sub> -32M	FX <sub>2N</sub> -48M	FX <sub>2N</sub> -64M	FX <sub>2N</sub> -80M	FX <sub>2N</sub> -128M	扩展时
输入	X0~X7 8 点	X0~X17 16 点	X0~X27 24 点	X0~X37 32 点	X0~X47 40 点	X0~X77 64 点	X0~X267 184 点

#### 2. 输出继电器

FX 系列 PLC 的输出继电器是 PLC 向外部负载发送信号的窗口（采用八进制数编号）。输出继电器的线圈只能由程序驱动，每个输出继电器为内部控制电路提供编程用的无数对

动合、动断触点，还为输出电路提供一个动合触点与输出接线端连接，以驱动外部负载。表 2.1.2 给出了 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 输出继电器元件号。

表 2.1.2 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 输出继电器元件号

型号	FX <sub>2N</sub> -16M	FX <sub>2N</sub> -32M	FX <sub>2N</sub> -48M	FX <sub>2N</sub> -64M	FX <sub>2N</sub> -80M	FX <sub>2N</sub> -128M	扩展时
输出	Y0~Y7 8 点	Y0~Y17 16 点	Y0~Y27 24 点	Y0~Y37 32 点	Y0~Y47 40 点	Y0~Y77 64 点	Y0~Y267 184 点

### 3. 连接驱动指令

#### 1) 取指令 LD

**功能：**用于动合触点逻辑运算的开始，将触点接到左母线上。此外，还可用于分支电路的起点。

**操作元件：**输入继电器 X，输出继电器 Y，辅助继电器 M，定时器 T，计数器 C，状态器 S 等软元件的触点。

#### 2) 取反指令 LDI

**功能：**用于动断触点逻辑运算的开始，将触点接到左母线上。此外，还可用于分支电路的起点。

**操作元件：**输入继电器 X，输出继电器 Y，辅助继电器 M，定时器 T，计数器 C，状态器 S 等软元件的触点。

#### 3) 输出指令 OUT

**功能：**线圈驱动指令，通常作为一个逻辑行的结束。

**操作元件：**输出继电器 Y，辅助继电器 M，定时器 T，计数器 C，状态器 S 等软元件的线圈。由于输入继电器 X 的通断只能由外部信号驱动，不能用程序指令驱动，所以，OUT 指令不能驱动输入继电器 X 线圈。

**注意：**OUT 指令可以连续使用多次，相当于线圈的并联。

LD、LDI、OUT 指令的应用如图 2.1.1 所示。

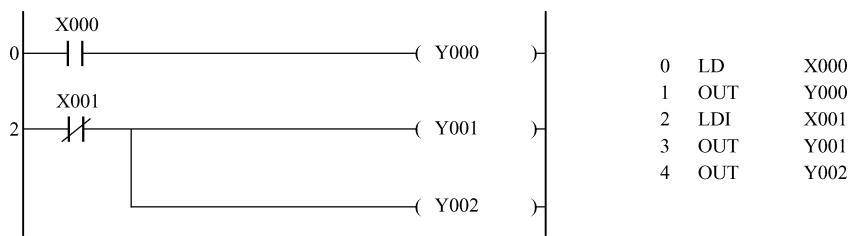


图 2.1.1 连接驱动指令的使用

### 2.1.3 任务实施

#### 1. 门铃控制

如图 2.1.2 所示为一个门铃控制系统，只有当门铃按钮按下时，门铃才响。

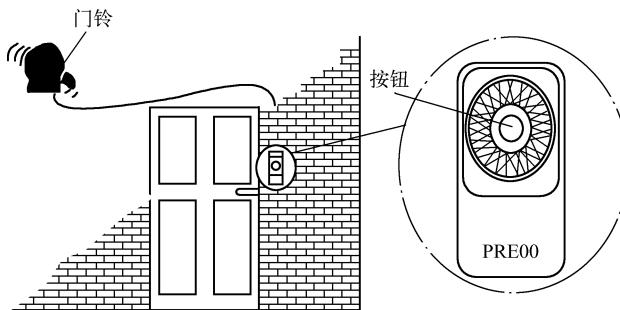


图 2.1.2 门铃控制系统

### 1) I/O 地址分配

采用端口 (I/O) 地址分配表来确定输入、输出与实际元件的控制关系，如表 2.1.3 所列。按钮对应输入继电器 X0，门铃对应输出继电器 Y0。

表 2.1.3 门铃控制电路的 I/O 地址分配表

输入 (I)			输出 (O)		
元件	功能	地址编号	元件	功能	地址编号
按钮	启动	X0	门铃	提醒	Y0

### 2) 系统接线图

根据 I/O 地址分配表得到门铃控制系统接线图，如图 2.1.3 所示。

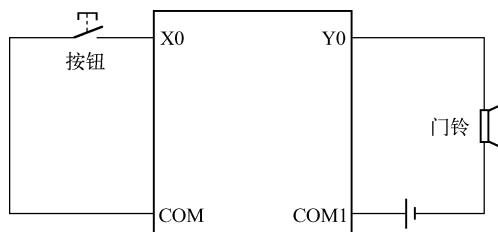


图 2.1.3 门铃控制系统接线图

### 3) 控制程序

图 2.1.4 所示的控制程序可实现门铃控制系统功能。按下按钮，X0 输入信号，X0 动合触点闭合，Y0 线圈得电，送出电信号，接通电源，门铃发出响声。松开按钮，X0 断开，Y0 线圈失电，切断电源，门铃响声停止。

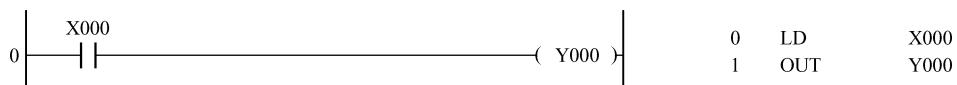


图 2.1.4 门铃控制梯形图及指令语句表

### 4) 安装接线

根据接线图，在实物控制配线板上进行元件的安装及线路的连接。

(1) 检查元件。根据任务要求配齐元件，检查元件的规格是否符合要求，并用万用表检测元件是否完好。

(2) 固定元件。

(3) 配线安装。根据接线图及配线原则和工艺要求，进行配线安装。

(4) 自检。检查电路的正确性，确保无误。

5) 运行调试

(1) 程序下载。将 PLC 与计算机连接，将仿真成功的程序写入 PLC 中。

(2) 通电调试。接通电源，监视程序的运行情况，确保功能正常实现。

## 2. 水池水位控制

如图 2.1.5 所示，一个注水水池的自然状态是浮阀“悬空”。只要进水阀打开，水就流入注满容器，当容器逐渐地注满水时，浮阀的浮标抬起，浮阀发出信号，进水阀关闭，停止注水。要求完成该水池水位控制系统的设计与安装调试。

### 1) I/O 地址分配

采用端口 (I/O) 地址分配表来确定输入、输出与实际元件的控制关系，如表 2.1.4 所列。浮阀对应输入继电器 X0，进水阀对应输出继电器 Y0。

表 2.1.4 水池水位控制的 I/O 地址分配表

输入 (I)			输出 (O)		
元件	功能	地址编号	元件	功能	地址编号
浮阀	检测水位	X0	进水阀	注水通道控制	Y0

### 2) 系统接线图

根据 I/O 地址分配表得到水池水位控制系统接线图，如图 2.1.6 所示。



图 2.1.5 注水水池

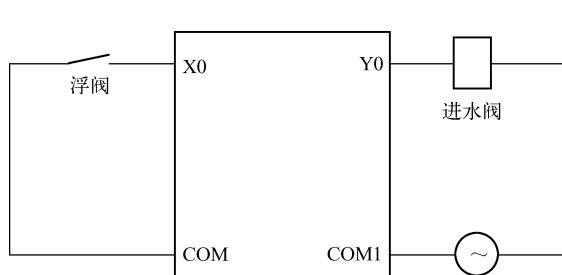


图 2.1.6 水池水位控制系统接线图

### 3) 控制程序

图 2.1.7 所示控制程序可实现水池水位控制系统功能。当浮阀“悬”空无信号时，X0 动断触点闭合，则 Y0 线圈得电，送出电信号，进水阀打开，水注满容器。当容器注满水，浮阀的浮标抬起，浮阀动作输入信号，X0 动断触点断开，Y0 线圈失电，进水阀关闭，停止注水。当水位降低时，浮标下降，浮阀复位，进水阀重新打开。



图 2.1.7 水池水位控制梯形图及指令语句表

#### 4) 安装接线

根据接线图，在实物控制配线板上进行元件的安装及线路的连接。

(1) 检查元件。根据任务要求配齐元件，检查元件的规格是否符合要求，并用万用表检测元件是否完好。

(2) 固定元件。

(3) 配线安装。根据接线图及配线原则和工艺要求，进行配线安装。

(4) 自检。检查电路的正确性，确保无误。

#### 5) 运行调试

(1) 程序下载。将 PLC 与计算机连接，将仿真成功的程序写入 PLC 中。

(2) 通电调试。接通电源，监视程序的运行情况，确保功能正常实现。

### 2.1.4 考核标准

针对上述门铃控制系统设计与安装调试，制定相应的考核评分细则，如表 2.1.5 所列。

表 2.1.5 考核评分细则

序号	考核内容	配分	评分标准	得分
1	职业素养与操作规范	10	(1) 未按要求着装，扣 2 分 (2) 未清点工具、仪表等，扣 2 分 (3) 操作过程中，工具、仪表随意摆放，乱丢杂物等，扣 2 分 (4) 完成任务后不清理台位，扣 2 分 (5) 出现人员受伤设备损坏事故，任务成绩为 0 分	
2	系统设计	20	(1) 列出 I/O 元件分配表，画出系统接线图，每处错误扣 2 分 (2) 写出控制程序，每处错误扣 2 分 (3) 运行调试步骤，每处错误扣 2 分	
3	安装与接线	20	(1) 安装时未关闭电源开关，用手触摸电器线路或带电进行电路连接或改接，本项成绩为 0 分 (2) 线路布置不整齐、不合理，每处扣 2 分 (3) 损坏元件扣 5 分 (4) 接线不规范造成导线损坏，每根扣 2 分 (5) 不按 I/O 接线图接线，每处扣 2 分	
4	系统调试	30	(1) 不会熟练操作软件输入程序，扣 5 分 (2) 不会进行程序删除、插入、修改等操作，每项扣 2 分 (3) 不会联机下载调试程序，扣 10 分 (4) 调试时造成元件损坏或熔断器熔断，每次扣 5 分	
5	功能实现	20	(1) 不能按控制要求调试系统，扣 5 分 (2) 不能达到系统功能要求，每处扣 5 分	
合计				

#### 注意：

每项内容的扣分不得超过该项的配分。

任务结束前，填写、核实制作和维修记录单并存档。

### 2.1.5 拓展与提高

#### 1. 梯形图特点

梯形图是一种以图形符号及其在图中的相互关系来表示控制关系的编程语言，是从继

电器电路图演变过来的，是使用得最多的 PLC 图形编程语言。梯形图由触点、线圈和功能指令等组成，触点代表逻辑输入条件，如外部的开关、按钮和内部条件等；线圈和功能指令通常代表逻辑输出结果，用来控制外部的负载（如指示灯、交流接触器、电磁阀等）或内部的输出条件。梯形图中的继电器并非物理实体，而是“软继电器”，每个软继电器仅对应 PLC 存储单元中的一位。该位状态为“1”时，对应的继电器线圈接通，其动合触点闭合、动断触点断开；状态为“0”时，对应的继电器线圈不通，其动合、动断触点保持原态。

(1) 梯形图是按从上到下的顺序绘制的，两侧的竖线类似于继电器电路图的电源线，通常称为母线（有的时候只画左母线），两母线之间是内部继电器常开、常闭触点以及继电器线圈或功能指令组成的一条条平行的逻辑行（或称梯级），每个逻辑行必须以触点与左母线连接开始，以线圈或功能指令与右母线连接结束。

(2) 继电器电路中的左、右母线为电源线，中间各支路都加有电压，当支路接通时，有电流流过支路上的触点与线圈，而梯形图的左、右母线并未加电压，梯形图中的支路接通时，并没有真正的电流流动，只是为了分析方便而假想了一种“电流”，且只能从左向右流动。

(3) 梯形图中使用的各种器件（即软元件），如输入继电器、输出继电器、定时器、计数器等，是按照继电器电路图中相应的名称称呼的，并不是真实的器件（即硬件继电器）。梯形图中的每个触点和线圈均与 PLC 存储器中元件映象寄存器的一个存储单元相对应，若该存储单元为“1”则表示动合触点闭合，动断触点断开，线圈得电；若为“0”，则表示动合触点断开，动断触点闭合，线圈失电。

(4) 梯形图中输入继电器的状态唯一取决于对应输入电路中输入信号的通断状态，与程序的执行无关，因此，在梯形图中输入继电器不能被程序驱动。

(5) 梯形图中辅助继电器相当于继电器电路图中的中间继电器，是用来保存运算的中间结果的，不对外驱动外部负载，外部负载只能由输出继电器来驱动。

(6) 梯形图中各软元件的触点既可以是动合触点，又可以是动断触点，并且数量是无限的，也不会损坏，但 PLC 输入、输出继电器的硬触点是有限的，需要合理分配使用。

(7) 根据梯形图中各触点的状态和逻辑关系，求出图中各线圈对应的软元件的逻辑状态，称为梯形图的逻辑运算。逻辑运算是按梯形图中从上到下、从左到右的顺序进行的，运算的结果可以马上被后面的逻辑运算所利用。逻辑运算是根据元件映像寄存器中的状态，而不是根据运算瞬时外部输入信号的状态来进行的。

## 2. 梯形图的编程规则

梯形图作为 PLC 程序设计的一种最常用的编程语言，被广泛应用于工程现场的系统设计。梯形图按行从上至下编写，每一行从左往右顺序编写，PLC 程序执行顺序与梯形图的编写顺序一致。梯形图左、右垂直线称为起始母线、终止母线，每一逻辑行必须从起始母线画起，终止于继电器线圈或终止母线（有些 PLC 终止母线可以省略）。为更好地使用梯形图语言，下面介绍梯形图的一些基本规则。

(1) 线圈不能重复使用。在同一个梯形图中，如果同一元件的线圈使用两次或多次，

这时前面的输出线圈对外输出无效，只有最后一次的输出线圈有效。所以，程序中一般不出现双线圈输出，所以图 2.1.8 (a) 所示的梯形图必须改为图 2.1.8 (b) 所示的梯形图。

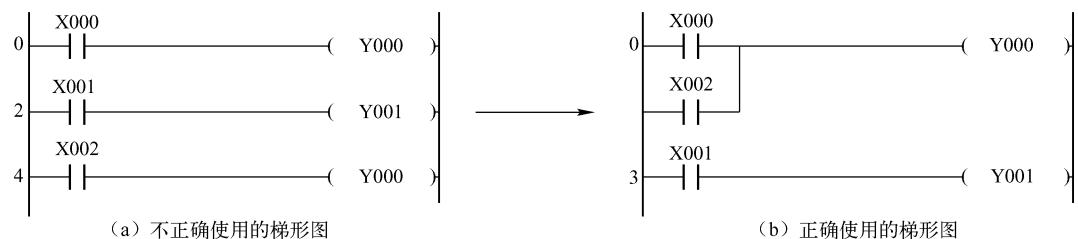


图 2.1.8 线圈不能重复使用的梯形图

(2) 线圈右边无触点。梯形图中每一逻辑行从左至右排列，以触点与左母线的连接开始，以线圈、功能指令与右母线（可允许省略右母线）连接结束，触点不能接在线圈的右边，线圈也不能直接与左母线连接，必须通过触点连接，如图 2.1.9 所示。

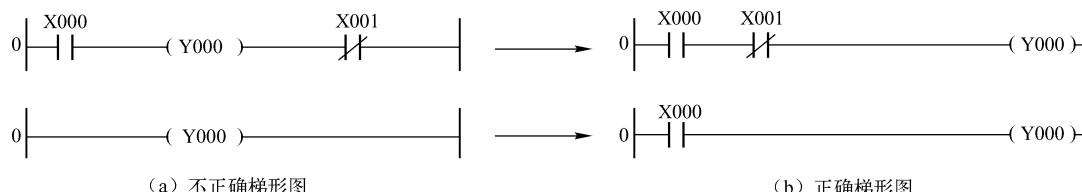


图 2.1.9 线圈右边无触点的梯形图

(3) 触点水平不垂直。触点应画在水平线上，不能画在垂直线上。图 2.1.10 (a) 所示梯形图中的 X002 触点被画在垂直线上，因此很难正确识别它与其他触点的逻辑关系，应根据其逻辑关系改为如图 2.1.10 (b) 所示的梯形图。

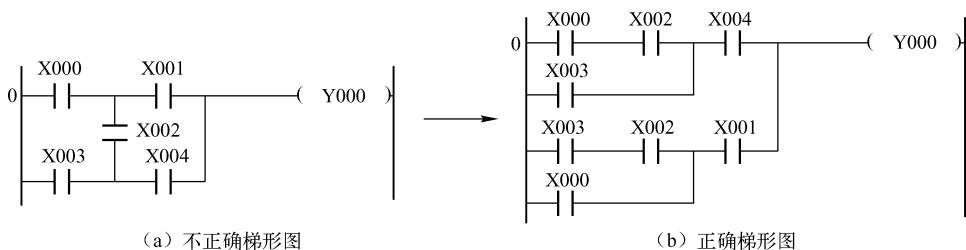


图 2.1.10 触点水平不垂直的梯形图

(4) 左多右少，上多下少。几条支路并联时，串联触点多的应安排在上，如图 2.1.11 (a) 所示；几条支路串联时，并联触点多的应安排在左边，如图 2.1.11 (b) 所示，这样可以减少编程指令。

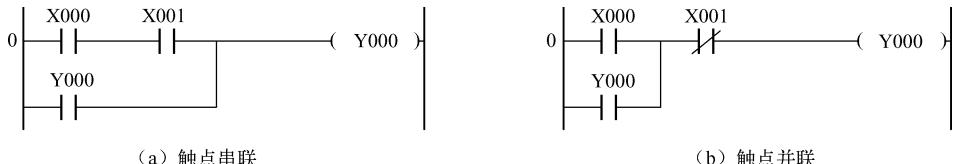


图 2.1.11 触点串联、并联的梯形图

(5) 多个线圈可并联输出，两个或两个以上的线圈可以并联输出，但不能串联输出，如图 2.1.12 所示。

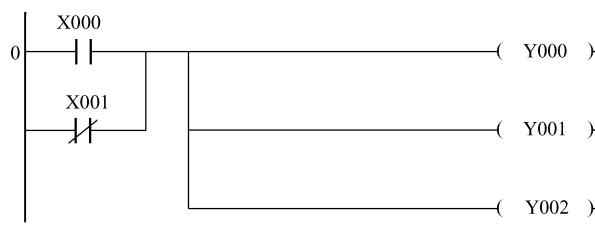


图 2.1.12 多个线圈并联输出的梯形图

## 2.1.6 思考与练习

### 1. 填空题

- (1) 在 FX 系列 PLC 中主要元件表示如下：X 表示\_\_\_\_\_，Y 表示\_\_\_\_\_，T 表示\_\_\_\_\_，C 表示\_\_\_\_\_，M 表示\_\_\_\_\_，S 表示\_\_\_\_\_、D、V、Z 表示\_\_\_\_\_。
- (2) PLC 通过\_\_\_\_\_，将外部信号的状态读入并存储在输入映像寄存器内。
- (3) PLC 的输入/输出继电器采用\_\_\_\_\_进制进行编号，其他所有软元件均采用\_\_\_\_\_进制进行编号。
- (4) PLC 的输出指令 OUT 是对继电器的\_\_\_\_\_进行驱动的指令，但它不能用于\_\_\_\_\_。
- (5) PLC 编程元件的使用主要体现在\_\_\_\_\_程序中。一般可以认为编程元件与继电接触器元件类似，具有线圈和常开常闭触点。而且触点的状态随着线圈的状态而变化，即当线圈被选中（得电）时，\_\_\_\_\_触点闭合，\_\_\_\_\_触点断开，当线圈失去选中条件（断电）时，\_\_\_\_\_触点闭合，\_\_\_\_\_触点断开。和继电接触器器件不同的是，作为计算机的存储单元，从实质上说，某个元件被选中，只是代表这个元件的存储单元置\_\_\_\_\_，失去选中条件只是代表这个元件的存储单元置\_\_\_\_\_。由于元件只不过是存储单元，可以无限次地访问，PLC 的编程元件可以有\_\_\_\_\_个触点。
- (6) PLC 输入方式有两种类型：一种是\_\_\_\_\_，另一种是\_\_\_\_\_。

### 2. 判断题

- (1) OUT 指令是驱动线圈指令，用于驱动各种继电器。（ ）
- (2) PLC 的内部继电器线圈不能作为输出控制，它们只是一些逻辑控制用的中间存储状态寄存器。（ ）
- (3) PLC 的所有继电器全部采用十进制数编号。（ ）
- (4) 编程时，程序应按自上而下，从左到右的方式编制。（ ）
- (5) 无论外部输入信号如何变化，输入映像寄存器的内容保持不变，直到下一个扫描周期的采样阶段，才重新写入输入端的新内容。（ ）

### 3. 选择题

- (1) 在编程时，PLC 的内部触点（ ）。  
A. 可作常开使用，但只能使用一次      B. 可作常闭使用，但只能使用一次  
C. 可作常开和常闭反复使用，无限制      D. 只能使用一次
- (2) 在梯形图中同一编号的（ ）在一个程序段中不能重复使用。  
A. 输入继电器      B. 定时器  
C. 输出线圈      D. 计时器
- (3) 在输出扫描阶段，将（ ）寄存器中的内容复制到输出接线端子上。  
A. 输入映像      B. 输出映像  
C. 变量存储器      D. 内部存储器
- (4) 梯形图程序执行的顺序是（ ）。  
A. 从左到右，从上到下      B. 从右到左，从上到下  
C. 从右到左，从下到上      D. 不分顺序同时执行
- (5) PLC 一般采用（ ）与现场输入信号相连。  
A. 光电耦合器      B. 可控硅电路  
C. 晶体管电路      D. 继电器

## 任务 2.2 串/并联指令及其应用

### 2.2.1 任务引入与分析

工业电气控制系统，如果采用传统的实际配线法将多个按钮和接触器用电线连接起来，需先在图上将所有串、并联点编号，统计出两地之间需用哪几号线，再将已做好记号的引线穿入电线管，然后根据原理图再接线。这种方法虽然不难理解，但对大多数的工人，因他们实际上很少亲自配线，若电路图的复杂度增加，要使连线完全正确，必须非常仔细。

如果使用可编程控制器，不管多复杂的控制系统，不管按钮的连接方式是串联还是并联，不管按钮的连接位置在哪，其接线方法完全一样，那些复杂的控制过程，全部交给可编程控制器的内部程序进行处理。

### 2.2.2 基础知识

#### 1. 辅助继电器

PLC 内部有很多的辅助继电器，其作用相当于继电-接触器控制电路中的中间继电器，其线圈与输出继电器一样，由 PLC 内各软元件的触点驱动。每个辅助继电器有无线对动合、动断触点，但辅助继电器的触点仅供内部编程使用，不能直接驱动外部负载。辅助继电器按照功能可分为以下三类。

- (1) 通用型辅助继电器 (M0~M499)：相当于中间继电器，用于存储运算中间的临时

数据，它与外部没有任何联系，只供内部编程使用，内部动断触点、动合触点的使用次数不受限制。采用十进制数编号。

(2) 保持型辅助继电器 (M500~M1023)：PLC 运行过程中若突然停电，通用型辅助继电器和输出继电器全部变为断开状态，而保持型辅助继电器在 PLC 停电时，依靠 PLC 后备锂电池供电，保持停电前的状态。

(3) 特殊辅助继电器 (M8000~M8255)：PLC 厂家提供给用户的具有特定功能的辅助继电器，通常又分为两大类。

① 只能利用触点的特殊辅助继电器：用户只能使用此类特殊辅助继电器触点，其线圈由 PLC 自行驱动。

M8000 为运行监控特殊辅助继电器，当 PLC 运行时 M8000 始终接通。

M8001 为运行监控特殊辅助继电器，当 PLC 运行时 M8000 始终断开。

M8002 为初始脉冲特殊辅助继电器，当 PLC 运行开始瞬间接通一个扫描周期。

M8003 为初始脉冲特殊辅助继电器，当 PLC 运行开始瞬间断开一个扫描周期。

M8011 为产生 10ms 时钟脉冲的特殊辅助继电器。

M8012 为产生 100ms 时钟脉冲的特殊辅助继电器。

M8013 为产生 1s 时钟脉冲的特殊辅助继电器。

M8014 为产生 1min 脉冲的特殊辅助继电器。

② 可驱动线圈的特殊辅助继电器：用户驱动此类特殊辅助继电器的线圈后，由 PLC 做特定动作。

M8033 为 PLC 停止时输出保持特殊辅助继电器。

M8034 为禁止输出特殊辅助继电器。

M8039 为定时扫描特殊辅助继电器。

**注意：**未定的特殊辅助继电器不可在用户程序中使用，辅助继电器的动合触点与动断触点在 PLC 内部可无限次自由使用。

## 2. 串联指令

### 1) 与指令 AND

**功能：**用于一个动合触点的串联连接。

**操作元件：**输入继电器 X，输出继电器 Y，辅助继电器 M，定时器 T，计数器 C，状态器 S 等软元件的触点。

### 2) 与非指令 ANI

**功能：**用于一个动断触点的串联连接。

**操作元件：**输入继电器 X，输出继电器 Y，辅助继电器 M，定时器 T，计数器 C，状态器 S 等软元件的触点。

AND、ANI 指令用于一个触点的串联，但串联触点的数量不限，这两个指令可以多次重复使用。若 OUT 指令之后，再通过触点对其他线圈使用 OUT 指令，称为纵向输出。这种输出情况下，若触点常开应使用 AND 指令，触点常闭使用 ANI 指令，如图 2.2.1 所示。

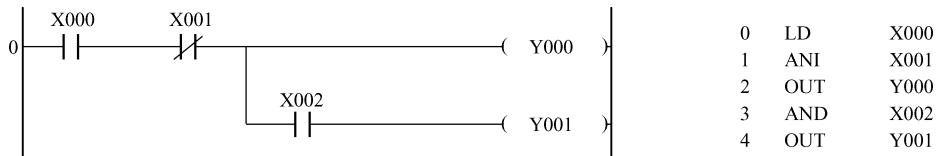


图 2.2.1 串联纵向输出

### 3. 并联指令

#### 1) 或指令 AND

**功能：**用于一个动合触点的并联连接。

**操作元件：**输入继电器 X，输出继电器 Y，辅助继电器 M，定时器 T，计数器 C，状态器 S 等软元件的触点。

#### 2) 或非指令 ANI

**功能：**用于一个动断触点的并联连接。

**操作元件：**输入继电器 X，输出继电器 Y，辅助继电器 M，定时器 T，计数器 C，状态器 S 等软元件的触点。

OR、ORI 指令用于一个触点的并联，但并联触点的数量不限，这两个指令可以多次重复使用。OR、ORI 指令是从该指令的当前步开始，对前面的 LD 或 LDI 指令进行并联的，如图 2.2.2 所示。

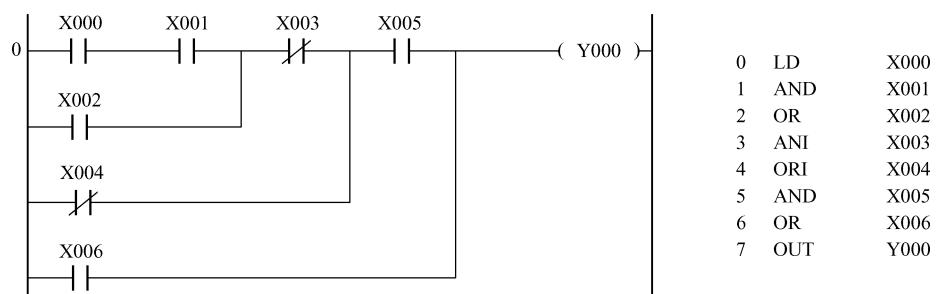


图 2.2.2 并联指令的使用

### 4. 串、并联块指令

#### 1) 与块指令 ANB

**功能：**用于并联回路块的串联连接。

**操作元件：**无操作元件。

ANB 指令用于两个或两个以上触点并联的回路块同两个或两个以上触点并联的回路块的串联连接，各回路块的起点使用 LD、LDI 指令，回路块结束后用 ANB 指令连接起来。

ANB 指令可以对每个回路块单独使用，也可以集中使用。多个回路块串联时，如果对每个回路块单独使用 ANB 指令，则串联回路块的个数没有限制。但是，如果将所有要串联的回路块依次写出，然后在这些回路块的末尾集中使用 ANB 指令，那么 ANB 指令的使用次数不得超过 8 次（因为 LD、LDI 指令的重复使用次数限制在 8 次以下）。图 2.2.3 所示的是 ANB 指令的一般使用，图 2.2.4 所示的是 ANB 指令的集中使用。

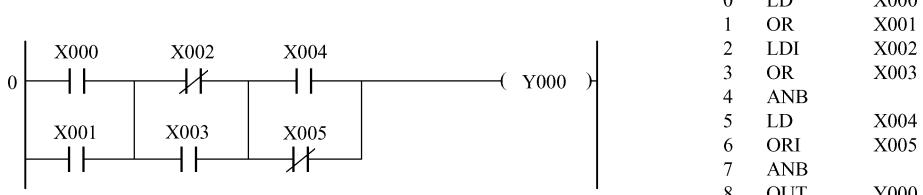


图 2.2.3 ANB 指令的一般使用

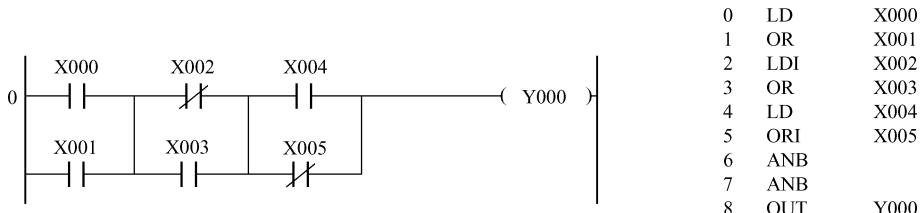


图 2.2.4 ANB 指令的集中使用

## 2) 或块指令 ORB

**功能：**用于串联回路块的并联连接。

**操作元件：**无操作元件。

ORB 指令用于两个或两个以上触点串联的回路块同两个或两个以上触点串联的回路块的并联连接，各回路块的起点使用 LD、LDI 指令，回路块结束后用 ORB 指令连接起来。

ORB 指令可以对每个回路块单独使用，也可以集中使用。多个回路块并联时，如果对每个回路块单独使用 ORB 指令，则并联回路块的个数没有限制。但是，如果将所有要并联的回路块依次写出，然后在这些回路块的末尾集中使用 ORB 指令，那么 ORB 指令的使用次数不得超过 8 次（因为 LD、LDI 指令的重复使用次数限制在 8 次以下）。图 2.2.5 所示的是 ORB 指令的一般使用，图 2.2.6 所示的是 ORB 指令的集中使用。

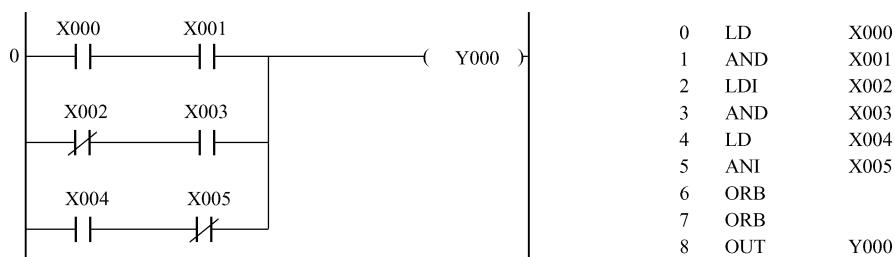


图 2.2.5 ORB 指令的一般使用

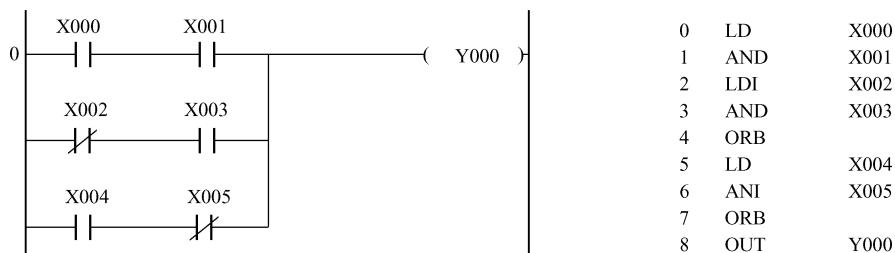


图 2.2.6 ORB 指令的集中使用

## 2.2.3 任务实施

### 1. 三相异步电动机启停控制

图 2.2.7 所示为单向运行的三相异步电动机继电—接触器控制电路图，请用 PLC 控制系统实现电动机的启停控制。

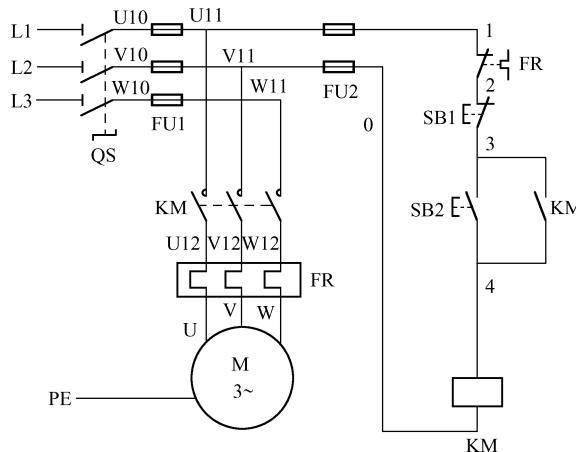


图 2.2.7 单向运行的异步电动机继电—接触器控制电路图

#### 1) I/O 元件地址分配

采用端口 (I/O) 地址分配表来确定输入、输出与实际元件的控制关系，如表 2.2.1 所列。FR、SB1、SB2 为外部输入元件，对应 PLC 中的输入继电器 X0、X1、X2，KM 为输出元件，对应 PLC 中的输出继电器 Y0。

表 2.2.1 电动机启停控制的 I/O 地址分配表

输入 (I)			输出 (O)		
元件	功能	地址编号	元件	功能	地址编号
热继电器 FR	过载保护	X0	接触器 KM	运行	Y0
按钮 SB1	停止	X1			
按钮 SB2	启动	X2			

#### 2) 系统接线图

根据 I/O 地址分配表得到三相异步电动机启停控制系统的 I/O 接线图，如图 2.2.8 所示。

#### 3) 控制程序

图 2.2.9 所示控制程序可实现电动机启停控制系统功能。按下启动按钮 SB2，X2 输入信号，X2 动合触点闭合，Y0 线圈得电，输出电信号，接触器 KM 线圈得电，电动机开始运行。同时，Y0 动合触点闭

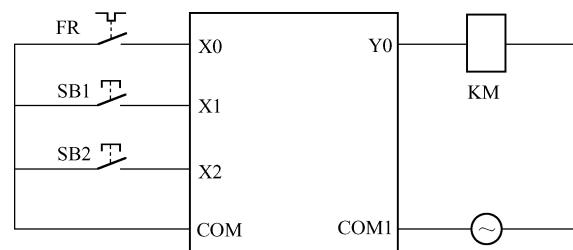


图 2.2.8 电动机启停控制系统的接线图

合，X2 动合触点自锁，即使松开 SB2，Y0 线圈始终得电，电动机保持运行。按下停止按钮 SB1，无输入信号，X1 动断触点断开，Y0 线圈失电，接触器 KM 线圈失电，电动机停止运行。

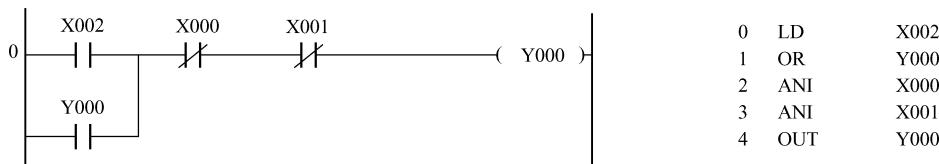


图 2.2.9 电动机启停控制梯形图及指令语句表

#### 4) 安装接线

根据接线图，在实物控制配线板上进行元件的安装及线路的连接。

(1) 检查元件。根据任务要求配齐元件，检查元件的规格是否符合要求，并用万用表检测元件是否完好。

(2) 固定元件。

(3) 配线安装。根据接线图及配线原则和工艺要求，进行配线安装。

(4) 自检。检查电路的正确性，确保无误。

#### 5) 运行调试

(1) 程序下载。将 PLC 与计算机连接，将仿真成功的程序写入 PLC 中。

(2) 通电调试。接通电源，监视程序运行情况，确保功能正常实现。

## 2. 楼梯照明控制

有一个三层楼，楼道里安装了一个照明灯，每层楼都安装了一个开关，要求任何一个开关都可以控制灯的亮灭，请用 PLC 控制系统实现该楼梯照明控制。

#### 1) I/O 元件地址分配

采用端口 (I/O) 地址分配表来确定输入、输出与实际元件的控制关系，如表 2.2.2 所列。S1、S2、S3 为外部输入元件，对应 PLC 中的输入继电器 X0、X1、X2，EL 为输出元件，对应 PLC 中的输出继电器 Y0。

表 2.2.2 楼梯照明控制的 I/O 地址分配表

输入 (I)			输出 (O)		
元件	功能	地址编号	元件	功能	地址编号
开关 S1	控制灯	X0	EL	照明	Y0
开关 S2	控制灯	X1			
开关 S3	控制灯	X2			

#### 2) 系统接线图

根据 I/O 地址分配表得到楼梯照明控制系统的 I/O 接线图，如图 2.2.10 所示。

#### 3) 控制程序

图 2.2.11 所示控制程序可实现楼梯照明控制系统功能，控制过程如下：

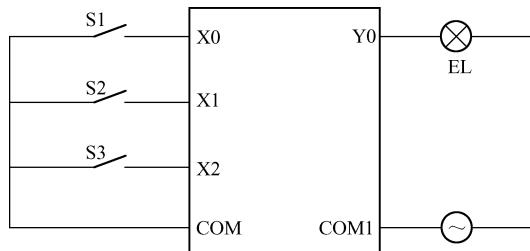


图 2.2.10 楼梯照明控制系统的接线图

(1) 任意按 3 个开关中的一个，因为梯形图前 3 行中的 3 个触点有 2 个处于闭合状态，所以不管按的是哪个开关，Y0 线圈得电，输出信号，灯泡亮。

(2) 再任意按 3 个开关中的一个，因为这时的梯形图第 1 行中的 3 个触点全闭合，另外 3 行中的 3 个触点有 2 个处于断开状态，所以不管按的是哪个开关，Y0 线圈失电，灯泡灭。

(3) 再任意按 3 个开关中的一个，因为这时梯形图中触点状态跟初始状态一致，所以重复上面的控制功能。

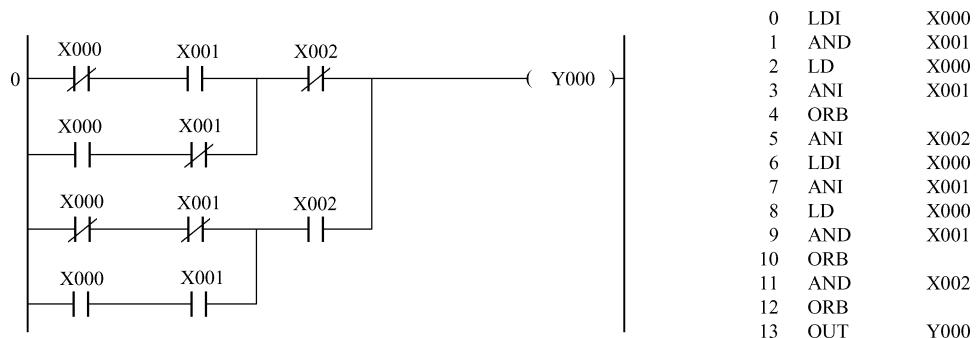


图 2.2.11 楼梯照明控制梯形图及指令语句表

#### 4) 安装接线

根据接线图，在实物控制配线板上进行元件的安装及线路的连接。

(1) 检查元件。根据任务要求配齐元件，检查元件的规格是否符合要求，并用万用表检测元件是否完好。

(2) 固定元件。

(3) 配线安装。根据接线图及配线原则和工艺要求，进行配线安装。

(4) 自检。检查电路的正确性，确保无误。

#### 5) 运行调试

(1) 程序下载。将 PLC 与计算机连接，将仿真成功的程序写入 PLC 中。

(2) 通电调试。接通电源，监视程序的运行情况，确保功能正常实现。

### 2.2.4 考核标准

针对上述任务，制定相应的考核评分细则，如表 2.2.3 所列。

表 2.2.3 考核评分细则

序号	考核内容	配分	评分标准	得分
1	职业素养与操作规范	10	(1) 未按要求着装, 扣 2 分 (2) 未清点工具、仪表等, 扣 2 分 (3) 操作过程中, 工具、仪表随意摆放, 乱丢杂物等, 扣 2 分 (4) 完成任务后不清理台位, 扣 2 分 (5) 出现人员受伤设备损坏事故, 任务成绩为 0 分	
2	系统设计	20	(1) 列出 I/O 元件分配表, 画出系统接线图, 每处错误扣 2 分 (2) 写出控制程序, 每处错误扣 2 分 (3) 运行调试步骤, 每处错误扣 2 分	
3	安装与接线	20	(1) 安装时未关闭电源开关, 用手触摸电器线路或带电进行电路连接或改接, 本项成绩为 0 分 (2) 线路布置不整齐、不合理, 每处扣 2 分 (3) 损坏元件扣 5 分 (4) 接线不规范造成导线损坏, 每根扣 2 分 (5) 不按 I/O 接线图接线, 每处扣 2 分	
4	系统调试	30	(1) 不会熟练操作软件输入程序, 扣 5 分 (2) 不会进行程序删除、插入、修改等操作, 每项扣 2 分 (3) 不会联机下载调试程序, 扣 10 分 (4) 调试时造成元件损坏或熔断器熔断, 每次扣 5 分	
5	功能实现	20	(1) 不能按控制要求调试系统, 扣 5 分 (2) 不能达到系统功能要求, 每处扣 5 分	
合计				

注意：每项内容的扣分不得超过该项的配分。

## 2.2.5 拓展与提高

### 1. 自锁电路

在 PLC 控制程序的设计中, 经常要对脉冲输入信号或者是点动按钮输入信号进行保持, 这是常采用自锁电路。自锁电路的基本形式如图 2.2.12 所示。将输入继电器 X1 动合触点与输出继电器 Y0 的动合触点并联, 这样一旦有输入信号 (超过一个扫描周期), 就能使 Y1 线圈始终保持得电输出。要注意的是, 自锁电路必须有解锁设计, 一般在并联之后采用某一动断触点作为解锁条件, 如图中的 X0 动断触点。



图 2.2.12 自锁电路的基本形式

### 2. 互锁电路

互锁电路是指两个输入信号中先得到信号取得优先权, 后者无效。图 2.2.13 所示为防止电机的正、反转按钮同时按下的互锁保护电路。图中输入继电器 X0 先接通, M10 线圈得

电，则 Y0 线圈得电，输出信号，同时由于 M10 的动断触点断开，使得 M11 线圈没电，Y1 无输出信号。若 X1 先接通，情况正好相反。

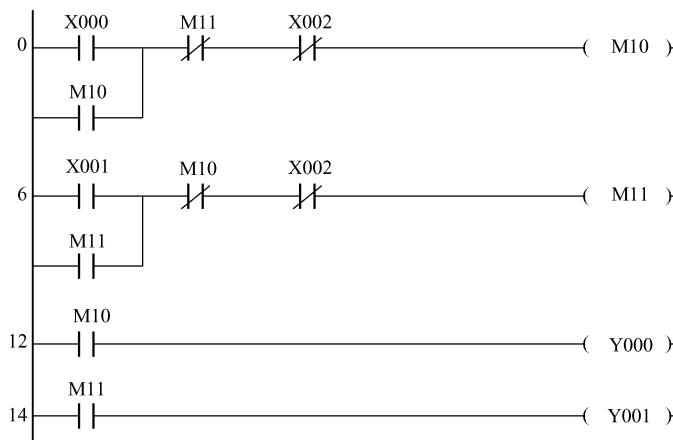


图 2.2.13 互锁电路图

但该电路存在一个问题：一旦 X0 或 X1 输入后，M10 或 M11 被自锁和互锁，使 M10 或 M11 永远接通，因此，该电路一般要在输出线圈前串联一个用于解锁的动断触点，如图中的动断触点 X2。

### 3. 双重互锁

某些电路设计过程中，虽然在梯形图中已经有了软继电器的互锁触点，但在外部硬件输出电路中还必须使用 KM1 和 KM2 的动断触点进行互锁，因为 PLC 内部软继电器只相差一个扫描周期，而外部硬件接触器触点的断开时间往往大于一个扫描周期，来不及响应，为了避免接触器线圈同时接通而引起主电路短路，必须采用软硬件双重互锁。

### 4. 常闭触点输入信号的处理

有些输入信号只能由动断触点提供，如电动机启停控制电路中的停止按钮 SB1，如果将它们的动合触点接到 PLC 的输入端，则梯形图中的触点类型与继电器电路中的触点类型完全一致，如图 2.2.9 所示。如果接入 PLC 的是 SB1 的动断触点，则 X0 的动断触点断开，X0 的动合触点接通，显然在梯形图中应将 X0 的动合触点与 Y0 的线圈串联，这就使得梯形图中所用的 X0 的触点类型与继电器电路图中的习惯是相反的，为了一致，建议尽可能采用动合触点作为 PLC 的输入信号。

## 2.2.6 思考与练习

### 1. 填空题

- (1) 在 FX 系列的 PLC 中，辅助继电器又分为三类，通用 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
- (2) 在成批使用时，连续使用 ANB 指令的次数不得超过 \_\_\_\_\_ 次。

(3) 串联触点多的电路应尽量放在\_\_\_\_\_，并联触点多的电路应尽量靠近\_\_\_\_\_。

(4) \_\_\_\_\_是初始化脉冲，在\_\_\_\_\_时，它\_\_\_\_\_ON一个扫描周期。当PLC处于RUN状态时，M8000一直为\_\_\_\_\_。

## 2. 判断题

(1) 利用PLC最基本的逻辑运算、定时、计数等功能实现逻辑控制，可以取代传统的继电器控制。( )

(2) PLC在运行中若发生突然断电，输出继电器和通用辅助继电器全部变为断开状态。( )

(3) 在PLC梯形图和继电器控制原理图中，热继电器的触点都可以加在线圈的右边。( )

(4) 在梯形图中串联接点使用的次数没有限制，可以无限次地使用。( )

(5) PLC内部的M点，停电保持和停电不保持，可以通过软件来重新设定范围。( )

## 3. 选择题

(1) 对于所有的FX CPU，表示1秒时钟脉冲的是( )。

A. M8011                    B. M8013                    C. M8014                    D. M8015

(2) FX系列PLC中表示Run监视常闭触点的是( )。

A. M8011                    B. M8000                    C. M8014                    D. M8015

(3) 串联电路块并联连接时，分支的结束用( )指令。

A. AND/ADI                B. OR/ORI                C. ORB                    D. ANB

(4)( )是PLC每执行一遍从输入到输出所需的时间。

A. 8                        B. 扫描周期                C. 设定时间                D. 32

## 4. 分析题

(1) 将图2.2.14所示梯形图转换为指令表程序。

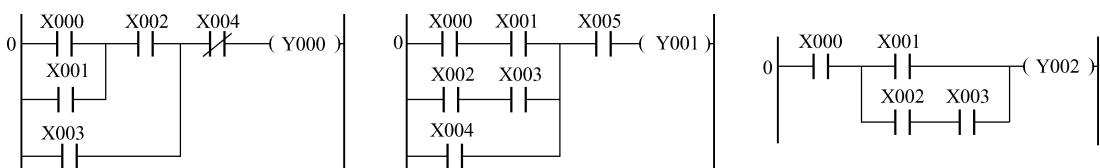


图 2.2.14 习题 4 (1) 梯形图

(2) 绘出下列指令程序的梯形图，并比较其功能，指出哪个更加合理？

① LD Y0

LD X0

ANI X1

ORB

LD X2

② LD X2

AND X3

AND X4

LD X0

ANI X1

```

AND X3
AND X4
ORB
OUT Y0
END

```

(3) 绘出下列指令表语句的梯形图。

```

LD X0
OR X1
LD X2
ANI X3
LD X4
AND X5
ORB
ANB
OR M0
AND X7
OUT Y2

```

(4) 图 2.2.15 所示为用继电器控制的三相异步电动机正反转控制下来，将其改造成 PLC 控制。

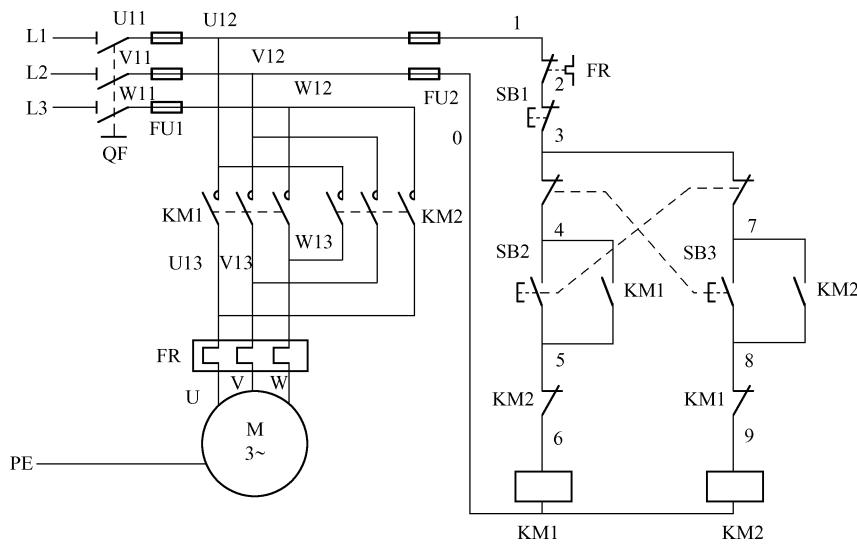


图 2.2.15 异步电动机正反转控制电路图

## 任务 2.3 多重输出与主控指令及其应用

### 2.3.1 任务引入与分析

在对复杂电路进行逻辑运算时，某些触点的逻辑运算结果需要重复使用，为了对这些

逻辑结果进行存取或读取操作，就需要用到多重输出指令。另外，如果多个线圈受一个或一组触点控制，则需要用到主控指令，以减少存储单元的占用，缩短程序的扫描周期。

### 2.3.2 基础知识

#### 1. 定时器

定时器是 PLC 所提供的一类软元件，相当于一个通电延时时间继电器。定时器可以对 PLC 内 1ms、10ms、100ms 的时钟脉冲进行加法计算，当达到其设定值时，定时器触点动作（即动合触点闭合，动断触点断开）。对定时器内数值的设定，可以采用用户程序存储器内的常数 K（十进制常数）直接设置，也可以用数据寄存器 D 的内容进行间接设置。FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 中共有 256 个定时器，分为以下两类。

##### 1) 非积算型定时器

T0~T199 为 100ms 非积算型定时器，定时范围为 0.1~3276.7s，T200~T245 为 10ms 非积算型定时器，定时范围为 0.01~327.67s。

非积算型定时器的特点是：当驱动定时器的条件满足时，定时器开始定时，时间达到设定值后，定时器触点动作；当驱动定时器的条件不满足时，定时器复位。若定时器定时时间未达到设定值，驱动定时器的条件由满足变为不满足时，定时器也复位，当条件再次满足时，定时器又重新从 0 开始定时，其工作情况如图 2.3.1 所示。

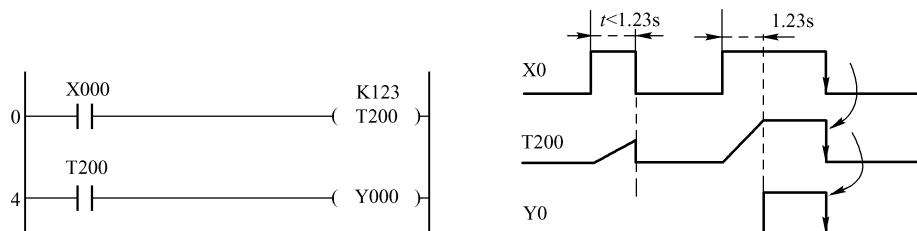


图 2.3.1 非积算型定时器的工作情况

##### 2) 积算型定时器

T246~T249 为 1ms 积算型定时器，定时范围为 0.001~32.767s，T250~T255 为 100ms 积算型定时器，定时范围为 0.1~3276.7s。

积算型定时器的特点为：当驱动定时器的条件满足时，定时器开始定时，时间达到设定值后，定时器触点动作；当驱动定时器的条件不满足时，定时器不复位，若要定时器复位，必须采用指令复位。若定时器定时时间未达到设定值，驱动定时器的条件由满足变为不满足时，定时器的定时值保持，当条件再次满足时，定时器在之前保持的定时值的基础上继续定时，其工作情况如图 2.3.2 所示。

#### 2. 多重输出指令

FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 提供了 11 个存储器给用户使用，用于存储中间运算结果，这些存储器称为堆栈存储器。多重输出指令就是对堆栈存储器进行操作的指令。

##### 1) 进栈指令 MPS

**功能：**将该时刻的运算结果压入堆栈存储器的最上层，堆栈存储器原来存储的数据依