

# 机械制造与自动化专业

## 课程项目化教学工作页

晋城职业技术学院

二〇一九年九月

# 机械自动化控制系统驱动编程与调试

教学学期： 第二、第三学期

适用专业： 机械制造与自动化 机电一体化技术

制作人：郭翠锋 制作日期：2020年9月1日





知识准备

一、三菱系列 PLC 外形

日本三菱公司生产的 PLC 有多种型号，从点数上区分有大型机、中型机和小型机。

FX3U 系列 PLC 属于小型机，与 FX3U 系列 PLC 类似的机型还有：FX1N 系列 PLC、FX2N 系列 PLC 等；中型机有 Q 系列 PLC 等。其外观图如图 1-1 所示



图 1-1 三菱系列 PLC 外观图

二、FX 系列 PLC 的型号及含义

FX 系列 PLC 型号的含义如图 1-4 所示。

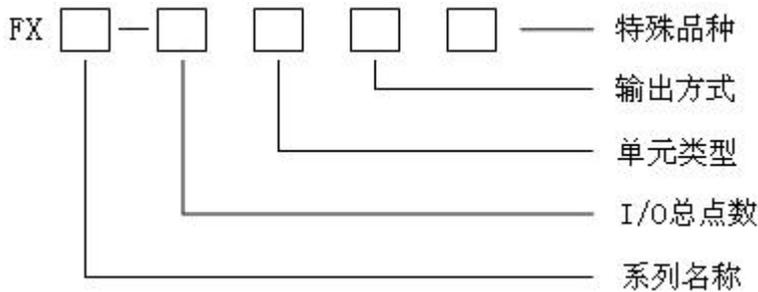


图 1-2 PLC 的型号

其中系列名称有 1S、ON、1N、2N、3U 等。

I/O 点数：10——256。

单元类型：

M ——基本单元

E ——输入/输出混合扩展单元与扩展模块

EX ——输入专用扩展模块

EY ——输出专用扩展模块

输出方式：

R ——继电器输出（有接点，交流、直流负载两用）

T ——晶体管输出（无接点，直流负载用）

S ——晶闸管输出（无接点，交流负载用）

特殊品种：

D——DC 电源，DC 输入

AI ——AC 电源，AC 输入（1A/1 点）

H ——大电流输出扩展模块

C ——接插口输入输出方式

V ——立式端子排的扩展模块

F ——输入滤波时间常数为 1ms 的扩展模块

如果特殊品种一项无符号，则为 AC 电源、DC 输入、横式端子排、标准输出。

例如 FX3u-32MR：表示 FX3u 系列，32 个 I/O 点，M 表示基本单元，R 表示 PLC 的输出类型为继电器输出，有接点，交流、直流负载两用。

### 三、FX3u-32MR 主机面板介绍

FX3u-32MRPLC 的外形如图 1-2 所示。图中各部分的名称如下：

①所示为 PLC 的安装孔，4 个（ $\Phi 4.5$ ）。

②所指示的是 PLC 的供电电源、辅助电源、输入信号用的装卸式端子排（带盖板）。其中，“L”“N”“ $\frac{1}{2}$ ”为 PLC 的供电电源端子，接交流 220V；“S/S”端口是公共端，接 24V 表示输入低电平，接 0V 表示输入高电平；“24V”“0V”端子为 PLC 对外提供的 DC24V 电源，可用于特殊模块的供电电源；“•”为空端子，不能使用；“0V”端子为输入继电器的公共端，相当于直流电源的负极；输入继电器 X 有两排端子，与上面的两排符号对应。

③所指示的为 PLC 的面盖板。

④所指示的为 PLC 的外围设备接线插座。

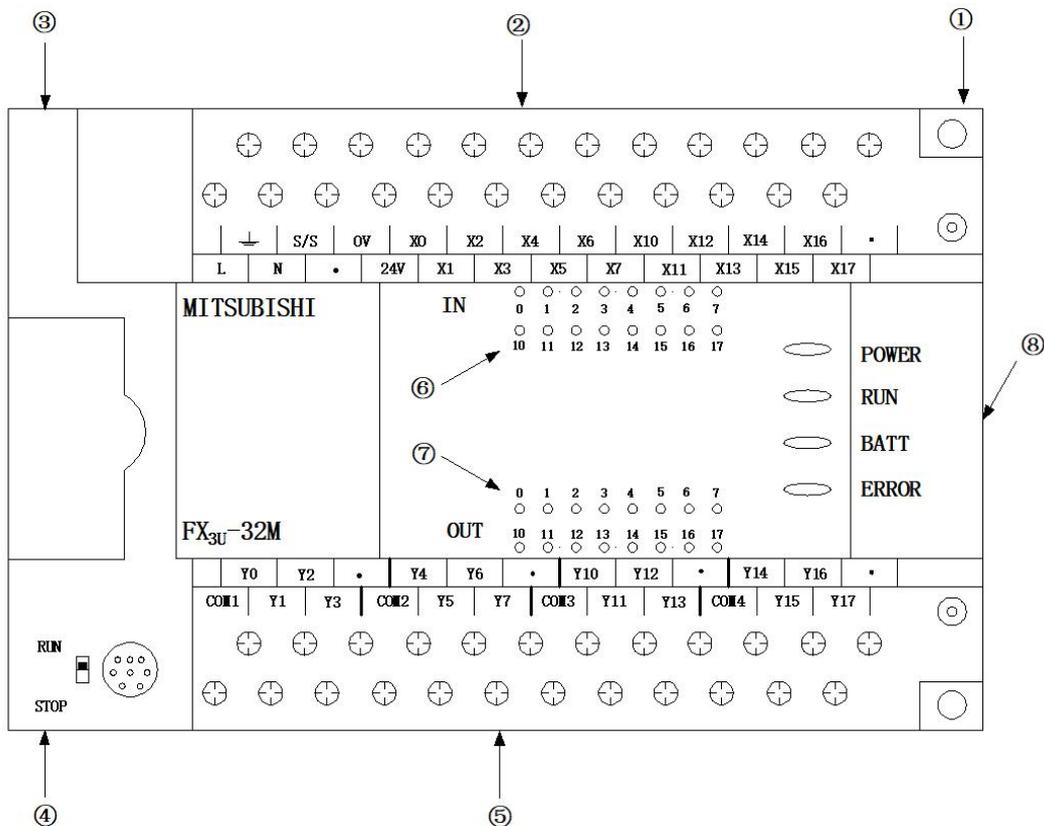


图 1-2 FX3U-32MRPLC 的外形

⑤所指示的为 PLC 的输出信号用的装卸式端子排（带盖板）。其中，“COM1”“COM2”“COM3”“COM4”为输出继电器 Y 的公共端子，COM1 是 Y0——Y3 的公共端；COM2 是 Y4——Y7 的公共端；COM3 是 Y10——Y13 的公共端；COM4 是 Y14——Y17 的公共端。“·”端子为空端子，不能使用；输出继电器 Y 有两排端子，与上面的两排符号对应。

⑥所示为 PLC 的输入动作指示灯。

⑦所示为 PLC 的输出动作指示灯。

⑧所示为 PLC 运行状态指示灯：POWER 为电源指示灯；RUN 为运行指示灯；BATT 为锂电池电压下降指示灯；ERROR 为出错指示灯。

#### 四、可编程控制器的基本结构

可编程控制器实质上是一种工业计算机，只不过它比一般的计算机具有更强的与工业过程相连接的接口和更直接的适应于控制要求的编程语言，故可编程控制器与计算机的组成十分相似。从硬件结构看，它由中央处理单元（CPU）、

存储器（ROM/RAM）、输入单元、输出单元、编程器、电源等主要部件组成。结构如图 1-1 所示。

### 1. 中央处理器（CPU）

中央处理器模块主要由 CPU 芯片组成。

CPU 是可编程控制器的核心，相当于人的大脑，起着指挥的作用，其主要功能有：

(1) 编程时接受并存储从编程器输入的用户程序和数据，并能对其进行修改或更新。

(2) 检查、校验用户程序。对正在输入的用户程序进行检查，发现语法错误时立即报警，并停止输入；在程序运行过程中如果发现错误，则立即报警或停止程序的执行。

(3) 以扫描方式接受现场输入的用户程序和数据，并存入输入状态表（即输入继电器）和数据寄存器（输入映像寄存器）中。

(4) 从存储器中逐条读出用户程序，对其进行解读，并完成用户程序中规定的各种任务，更新输出映像寄存器的内容。

(5) 故障诊断。诊断电源及可编程控制器内部电路的故障，根据故障或错误类型，通过显示器显示出相应的信息，以提示用户及时排除故障或纠正错误。

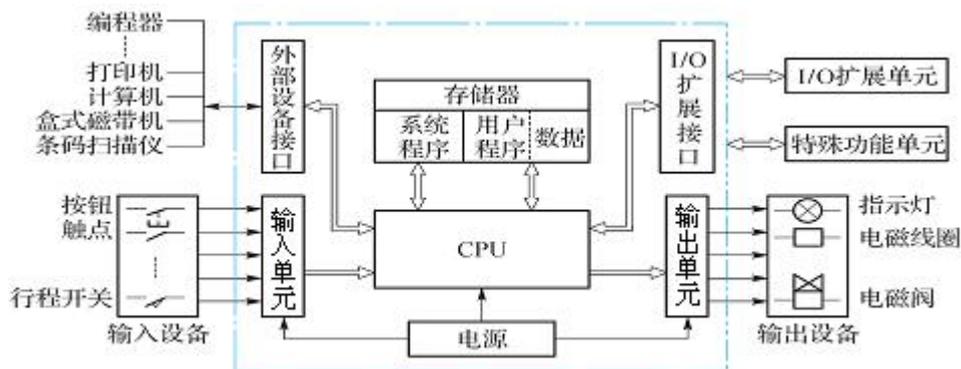


图 1-3 PLC 的内部结构图

不同型号的可编程控制器的 CPU 芯片不同，目前，PLC 中的 CPU 主要采用单片机，如 Z80A80518039AMD2900 等。

小型 PLC 大多数采用 8 位单片机。

中型 PLC 大多数采用 16 位甚至 32 位单片机，三菱 FX2N 型号 PLC 的微处理器是 16 位的 8096 单片机。

## 2. 存储器

可编程控制器的存储器可以分为系统程序存储器、用户程序存储器。

存储器分为只读存储器（ROM）和随机存储器（RAM）两大类。ROM 的内容使用时只能读出不能写入，它的写入需要使用特殊的方法和设备，一旦写入即使掉电也不会消失，称为固化。ROM 主要存放系统程序。

RAM 的内容可以随时由 CPU 对它进行读取，任意修改，但掉电后，信息会丢失。用户程序是使用者为 PLC 完成某一具体控制任务编写的应用程序，用户程序在设计和调试的过程中要经常进行读写操作，为了便于调试和修改，用户程序一般存储在随机存储器 RAM 中。

RAM 中的内容在掉电后要消失，所以 PLC 对 RAM 提供备用锂电池，一般锂电池使用期为 3~5 年。如果调试通过的用户程序要长期使用，可用专用 EPROM 写入器把程序固化在 EPROM 芯片中，再把芯片插入 PLC 的 EPROM 插座上。

## 3. 输入单元

实际生产中信号电平是多样的，外部执行机构所需的电平也不相同，而可编程控制器的 CPU 所处理的信号只能是其标准电平，因此，需要通过输入、输出单元实现这些信号电平的转换。可编程控制器的输入和输出单元实际上是 PLC 与控制对象之间传送信号的接口部件。输入、输出单元均有良好的电隔离和滤波作用。

输入模块通过输入端子接受现场设备的控制信号（包括开关量和模拟量信号），如：控制按钮、限位开关、传感器信号等，并把这些信号转换成被控设备能接收的电压或电流信号，以驱动被控装置（包括开关量和模拟量），如：电磁阀、接触器、信号灯等。

为了防止各种干扰信号和高电压信号进入 PLC，影响其可靠性，甚至造成设备的损坏，现场输入接口电路一般由光电耦合电路进行隔离。光电耦合电路的关键器件是光耦合器，一般由发光二极管和光电三极管组成。

通常 PLC 的输入类型有直流输入（DC24V）、交流输入和交直流输入。输入电路的电源可由外部提供，有的也可由 PLC 内部提供。

对于直流输入，根据现场输入接口电路形式的不同，分为源型输入和漏型输入两种形式。绝大部分的欧美品牌的 PLC 采用漏型输入，而绝大部分的亚洲品牌的 PLC 采用源型输入。

## 4. 输出单元

输出单元的作用是在 PLC 运行时 CPU 从输入映像寄存器读取输入信息并进行处理，将处理结果放到输出映像寄存器中。输出映像寄存器由输出点相对应的触发器组成，输出接口电路的任务是将弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出，以驱动电磁阀、接触器和指示灯等被控设备的执行元件动作。

输出接口电路通常有三种类型：继电器输出型、晶体管输出型和晶闸管输出型。每种输出电路都采用电气隔离技术，电源由外部提供，输出电流一般为 1.5A~2A，输出电流的额定值与负载的性质有关。

PLC 是通过输入/输出端子与控制 and 被控对象取得联系的，PLC 的输入/输出端子的组织形式通常有三种，即汇点式、分组式和分隔式。绝大部分的 PLC 输入端子采用汇点式，也有的 PLC 为了增加使用的灵活性而采用分组式。

#### 5. 电源

PLC 的供电电源一般是市电，也有用直流 24V 供电的，PLC 对电源稳定性要求不高，一般允许电源电压额定值在 -15%~+10% 的范围内波动。小型整体式可编程控制器内部有一个开关式稳压电源，它可将交流/直流供电电源转化为 PLC 内部电路需要的 5V 直流工作电源和 I/O 单元需要的 24V 直流电源。大中型 PLC 都有专门电源单元。

#### 6. 编程器

编程器是 PLC 最基本、最重要的外围设备，其作用是供用户进行程序的编制并送入 PLC 的存储器，并对程序进行检查和修改。编程器有简易型和智能型两类。简易型的编程器只能联机编程，且往往需要将梯形图转化为指令语句表后才能输入。智能型的编程器又称图形编程器，它可以联机编程，也可以脱机编程，具有 LCD 或 CRT 图形显示功能，可以直接输入梯形图和通过屏幕对话。

此外，还可以利用微机作为编程器，PLC 生产厂家配有相应的软件包，只要在个人计算机上安装相应的软件包，即可用个人计算机对 PLC 进行编程，这种编程方法特别简单、方便，使用微机编程已经成为 PLC 发展的必然趋势。

### 四、PLC 硬件接线图

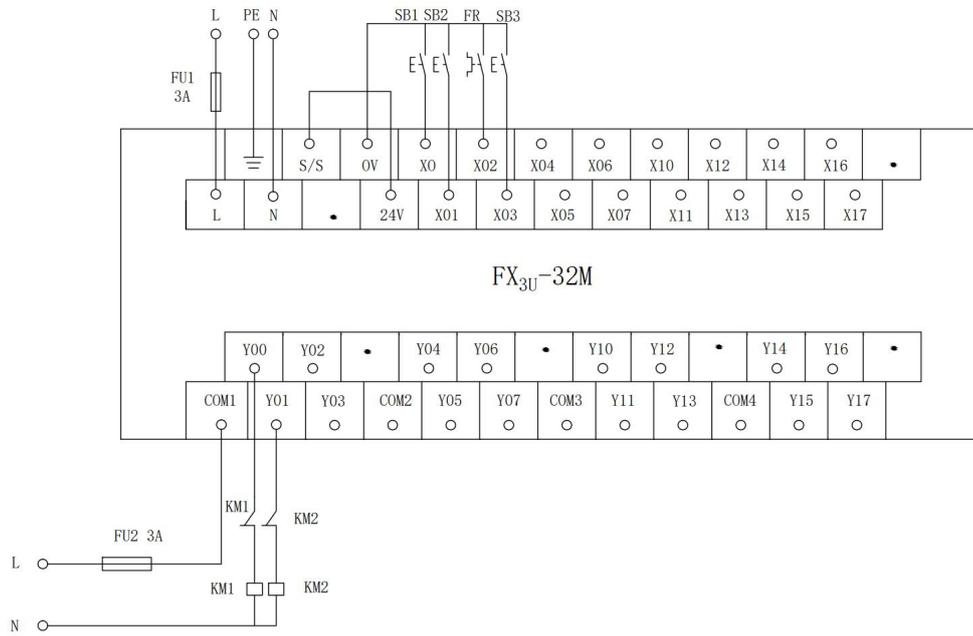
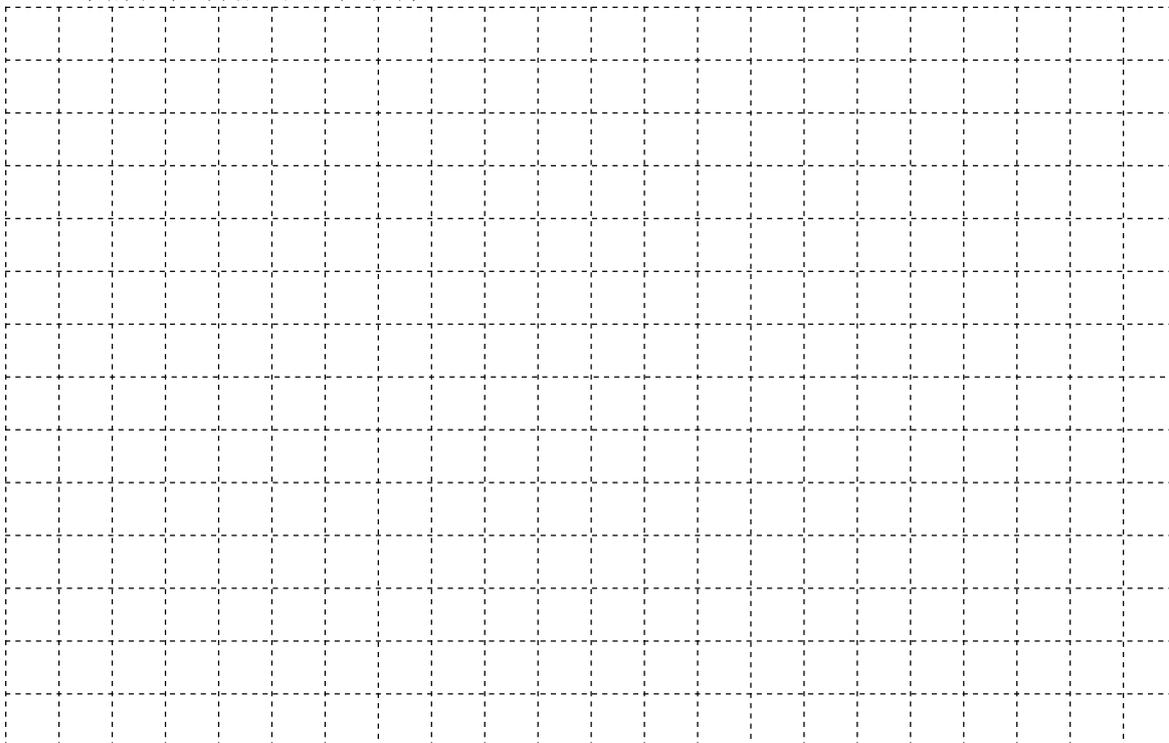


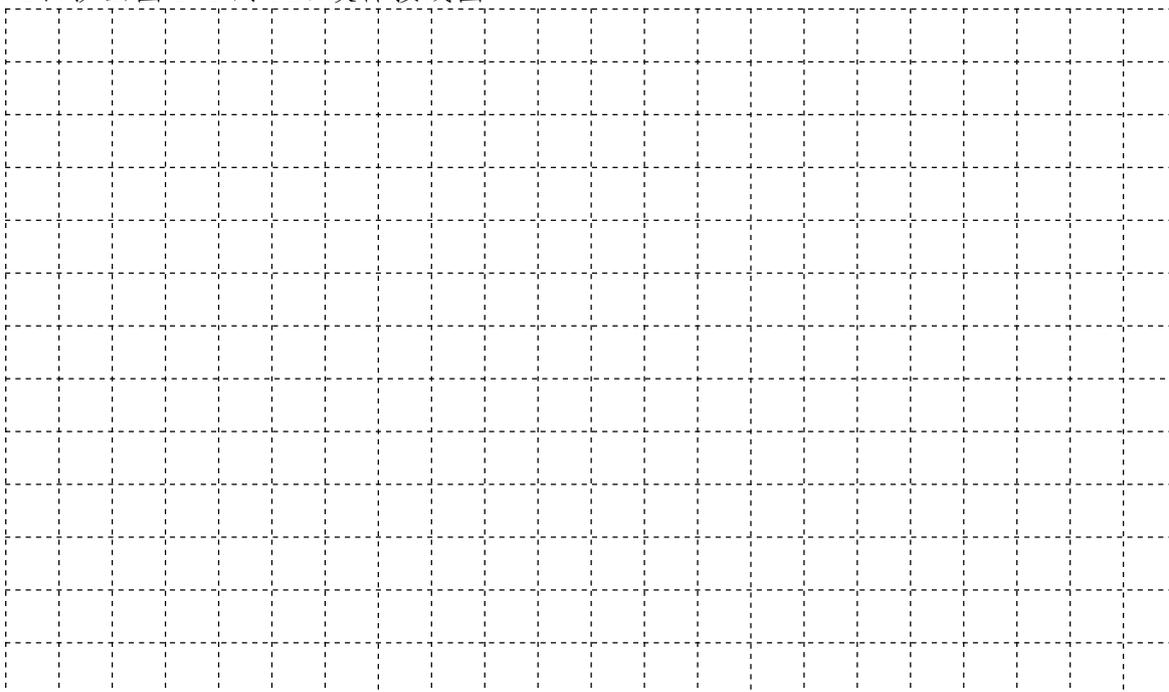
图 1-4 PLC 硬件接线图

学生展示

1、可编程控制器的基本结构



2、抄画图 1-4 的 PLC 硬件接线图





计划与决策

## 工作计划表

任务：

小组成员：

日期：

序号	工作阶段/步骤	附注	准备清单 设备/工具/附注工具	工作安全	工作质量 环境保护	工作时间	
						实际	计划
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

## 任务实施

请各组按照所制定的 PLC 硬件接线图配盘。

注意：

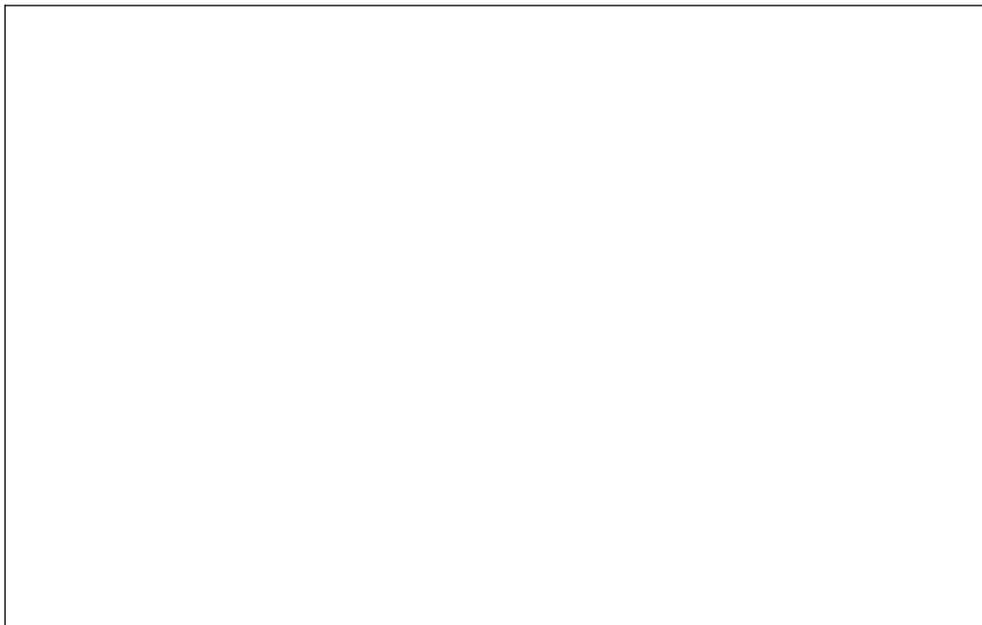
合理安排时间并记录实际使用时长；

小组成员应合理分工，责任到人，完成器件选型、器件安装、线路连接、测试线路等任务，并完成下述表格。

### 1、元件布局图



### 2、电气控制柜接线图



### 3、材料选择清单

姓名：		小组成员：			
任务：		领取日期：			
序号	名称（型号）	规格	数量	安全注意事项	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

### 3、工具清单

序号	名称	规格	数量	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

检查:

启动检查					
姓名:			日期:		
电路:			使用的 DIV-VDE		
1、目视检测					
序号	检查项目		存在缺陷		附注
1	工具器具装备		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2	导线连接(绝缘、剥线、连接等)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
3	导线选择和敷设(截面、芯线颜色)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
4	针对直接接触的保护(手指保护)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
5	过电流和保护装置(选择、调节、功能)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2、硬件接线电路不带电检测					
序号	测量 1	测量 2	测量 3	测量 4	测试值符合 DIV-VDE
1					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3、硬件接线电路带电检测					
序号	测量点 1	测量点 2	检查电压	测量值	按照 DIV-VDE 的最低值
1					
2					
3					
4					
5					

4、功能检查
所有观察点功能与功能说明和电路图相符合?
是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
附注:
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

评价：

任务：		日期：					
组别	小组成员	团队能力	信息与计划	安全性与功能检查	实施	结果演示	总分
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
备注：评分包含团队能力（20%）、信息与计划（20%）、安全性与功能检查（20%）、实施（20%）、结果演示（20%）							

## 知识进阶：

### 一、可编程控制器的定义

为了确定可编程控制器的性质，1987年2月，国际电工委员会（IEC）颁布了可编程控制器标准草案，在草案中对可编程控制器作了如下定义：“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式和模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备，都应按易于与工业系统联成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。”

### 二、可编程控制器的产生与发展

在可编程控制器问世以前，继电器控制装置在工业领域中占主导地位，继电器是一种弱电流、低电压控制强电流、高电压的电磁开关，这种控制装置可靠性差、体积大、运行速度慢，在复杂的继电器控制系统中，查找和排除故障都非常困难，会花去大量时间，从而大大影响生产效率；如果生产工艺发生变化，继电器控制装置就需要经常更改设计和安装，造成人力、物力和财力的严重浪费，不利于产品的更新换代。

PLC在20世纪60年代后期问世。开始主要用于汽车制造业，当时汽车生产流水线控制系统基本上都是由继电器控制装置构成的，继电器控制系统的局限性严重制约了汽车的更新换代，20世纪60年代末期，美国汽车制造工业竞争激烈，美国通用汽车公司（GM），为了适应汽车生产工艺不断更新的需求，寻求一种新的控制装置来取代继电器控制系统，为此，公开招标，对控制系统提出了10项基本要求：

- (1) 维护方便；
- (2) 编程简单方便，可现场修改程序；
- (3) 可靠性高于继电器控制系统；
- (4) 体积小于继电器控制装置；
- (5) 可以与管理中心计算机系统通信；
- (6) 成本可与继电器控制系统相竞争；
- (7) 输入可为市电；

- (8) 输出可为市电，电流在 2A 以上，可直接驱动电磁阀；
- (9) 便于扩展，扩展时原系统变更小；
- (10) 用户程序存储容量至少为 4KB。

1969 年，美国数字设备公司（DEC）研制出了世界上第一台可编程控制器，并在通用汽车公司生产线上首次试用成功，从此开创了可编程控制器的新局面。

此后，日本、德国等相继引入该技术，1974 年，我国也开始研制可编程控制器，在这个时期，可编程控制器虽然采用了计算机的设计思想，但实际上只有逻辑运算、定时、计数等基本功能。

20 世纪 70 年代后期，随着微电子技术和计算机技术的迅速发展，可编程控制器有了更多的计算机功能，它不仅用逻辑编程取代了硬件连线逻辑，还增加了函数运算、数据传送和处理等功能，使可编程控制器不仅可以进行逻辑控制，而且可以对模拟量进行控制，真正成为一种电子计算机工业控制装置。

### 三、可编程序控制器的应用

随着 PLC 的性能价格比的不断提高：①微处理器的芯片及有关的元件价格大大降低，PLC 的成本下降；②PLC 的功能大大增强，因而 PLC 的应用日益广泛。目前，PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、水泥、采矿、石油、化工、电力、汽车、装卸、造纸、纺织、环保、机械制造等各行各业。其应用范围大致可归纳为以下几种：

#### 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接触器控制系统，实现逻辑控制和顺序控制。开关量的逻辑控制可用于单机控制，也可用于多机群控，还可用于自动生产线的控制等等。

#### 2. 运动控制

PLC 可用于直线运动或圆周运动的控制。早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机械，现在一般使用专用的运动模块。目前，制造商已提供了拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。即：把描述目标位置的数据送给模块，模块移动一轴或多轴到目标位置。当每个轴运动时，位置控制模块保持适当的速度和加速度，确保运动平滑。运动的程序可用 PLC 的语言完成，通过编程器输入。

#### 3. 闭环过程控制

PLC 通过模拟量的 I/O 模块实现模拟量与数字量的 A/D、D/A 转换，可实现

对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的 PID 控制。目前，可编程控制器的这一功能已经广泛应用于热处理炉、锅炉等设备中。

#### 4. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算（包括矩阵运算、函数运算、逻辑运算）、数据传递、排序和查表、位操作等功能；可以完成数据的采集、分析和处理。数据处理一般用在大中型控制系统中；具有 CNC 功能：把支持顺序控制的 PLC 与数字控制设备紧密结合。

#### 5. 通讯联网

PLC 的通讯包括 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间和它的智能设备之间的通讯。

PLC 和计算机之间具有 RS-232 接口，用同轴电缆将它们连成网络，以实现信息的交换。可编程控制器与其他智能控制设备一起，可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统。I/O 模块按功能各自放置在生产现场分散控制，然后利用网络联结构成集中管理信息的分布式网络系统。

并不是所有的 PLC 都具有上述的全部功能，有的小型 PLC 只具上述部分功能，但价格比较便宜。

### 四、可编程控制器的发展趋势

目前 PLC 的市场竞争十分激烈，各大公司纷纷看中了中国这个巨大的市场。随着技术的发展和市场需求增加，PLC 的结构和功能也在不断发生变化，各生产厂家不断推出功能更强的 PLC 产品。PLC 的发展趋势主要体现为以下几个方面：

#### 1. 高速化

为了提高 PLC 的处理能力，要求 PLC 具有更好的响应速度和更大的存储容量。目前，有的 PLC 的扫描速度可达 0.1 ms/k 步左右。PLC 的扫描速度已成为很重要的一个性能指标。

#### 2. 小型化

随着应用范围的扩大和用户投资规模的不同，小型化、低成本的 PLC 将被广泛应用于各行各业，小型 PLC 由整体结构向小型模块化结构发展，使配置更加灵活。

#### 3. 网络化

加强 PLC 联网通信的能力，是 PLC 技术进步的潮流。PLC 的联网通信有两类：一类是 PLC 之间联网通信，各 PLC 生产厂家都有自己的专有联网手段；另一类是

PLC 与计算机之间的联网通信，一般 PLC 都有专用通信模块与计算机通信。为了加强联网通信能力，PLC 生产厂家之间也在协商制订通用的通信标准，以构成更大的网络系统，PLC 已成为集散控制系统（DCS）不可缺少的重要组成部分。

#### 4. 多功能化

为满足各种自动化控制系统的要求，近年来不断开发出许多功能模块，如高速计数模块、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信和人机接口模块等。这些带 CPU 和存储器的智能 I/O 模块，既扩展了 PLC 功能，又使用灵活方便，扩大了 PLC 应用范围。

#### 5. 高可靠性

根据统计资料表明：在 PLC 控制系统的故障中，内部故障占 20%，它可通过 PLC 本身的软、硬件实现检测、处理；而其余 80% 的故障属于 PLC 的外部故障。因此，PLC 生产厂家都致力于研制、发展用于检测外部故障的专用智能模块，进一步提高系统的可靠性。

#### 6. 编程语言多样化

PLC 的编程语言在原有的梯形图、指令语句表和顺序功能图语言基础上，正在向不断丰富和高层次发展。多种编程语言的并存、互补与发展是 PLC 进步的一种趋势。





FX 系列 PLC 具有数种编程元件，FX 系列 PLC 编程元件的编号分为两部分，第一部分是代表功能的字母，如输入继电器用“X”表示，输出继电器用“Y”表示；第二部分为数字，为该类器件的序号，如 X0。

表 1-1 FX 系列 PLC 的内部软继电器及编号

PLC型号		FX0N	FX1N	FX2N (FX2NC)	FX3U
编程 元件种类	输入继电器X 按8进制编号	X0~X43 可扩展	X0~X43 可扩展	X0~X77 可扩展	X0~X367 可扩展
	输出继电器Y 按8进制编号	Y0~Y27 可扩展	Y0~Y27 可扩展	Y0~Y77 可扩展	Y0~Y367 可扩展
辅助 继电器 M	普通	M0~M383	M0~M383	M0~M499	M0~M499
	保持	M384~M511	M384~M1535	M50~M3071	M50~M3071
	特殊	M8000~M8255 (具体见使用手册)			
状态 寄存器S	初始	S0~S9	S0~S9	S0~S9	S0~S9
	返回原点用	-	-	S10~S19	S10~S19
	普通	S10~S127	S10~S999	S20~S499	S20~S499
	保持	S0~S127	S0~S999	S500~S899	S500~S899
	信号报警用	-	-	S900~S999	S900~S999
定时 器T	100ms		T0~T199	T0~T199	T0~T199
	10ms	T32~T62	T200~T245	T200~T245	T200~T245
	1ms	T63	-	-	-
	1ms 累积	-	T246~T249	T246~T249	T246~T249
	100m 累积	-	T250~T255	T250~T255	T250~T255
计 数 器C	16位增计数普通	C0~C15	C0~C15	C0~C99	C0~C99
	16位增计数保持	C16~C31	C16~C199	C100~C199	C100~C199
	32位可逆计数普通	-	C200~C219	C200~C219	C200~C219
	32位可逆计数保持	-	C220~C234	C220~C234	C220~C234
	高速计数器	C235~C255 (具体见使用手册)			
数据 寄存 器D	16位普通用	D0~D127	D0~D127	D0~D199	D0~D199
	16位保持用	D12~D255	D12~D7999	D200~D7999	D200~D7999
	16位特殊用	D8000~D8255	D8000~D8255	D8000~D8255	D8000~D8511
	16位变址用	V Z	V0~V7 Z0~Z7	V0~V7 Z0~Z7	V0~V7 Z0~Z7
指 针	嵌套	N0~N7	N0~N7	N0~N7	N0~N7
	跳转	P0~P63	P0~P127	P0~P127	P0~P127
P、 N、I	输入中断	I00~I30*	I00~I50*	I0**~I5**	I0**~I5**
	定时器中断	-	-	I6**~I8**	I6**~I8**
	计数器中断	-	-	I010~I060	I010~I060
常数 K、H	16位	K:-32768~32767H:00004-FFFFH			
	32位	K:-2147483648~2147483647H:00000000~FFFFFFFH			

## 二、可编程控制器的编程语言

PLC使用的编程语言共有五种:梯形图、指令语句表,顺序功能图,逻辑符号图和高级编程语言。

### 1. 梯形图

梯形图是最直观、最简单的一种编程语言,是以图形符号及图形符号在图中的相互关系表示控制关系的编程语言,它是从继电器控制电路图演变过来的。在形式上类似于电器控制电路,由触点、线圈组成,电气技术人员容易接受。是目前使用较多的一种编程语言。

图1-5所示为一段最简单的梯形图。梯形图由左、右母线和逻辑行组成,逻辑行由各种等效继电器触点串并联后和线圈串联组成。

梯形图左右两端母线是不接任何电源的,梯形图中并不流过真实的电流,只是假想电流,假想电流是执行用户程序时满足输出执行条件而进行的假设。假想电流只能从左到右、从上到下流动。

同一个梯形图中的编程元件,不同的厂家会有所不同,但它们所表示的逻辑控制功能是相同的。

### 2. 指令语句表

梯形图编程语言的优点是直观、简便。如果采用经济便携式编程器将程序输入到可编程控制器中,只能使用另一种语言——指令语句表,指令语句表是一种与计算机汇编语言类似的助记符编程语言。它由若干条指令组成,语句是指令语句表编程语言的最小独立单元,每个控制功能由一个或多个语句组成的程序来执行。PLC的语句由指令操作码和操作数两部分组成。操作码由助记符表示,说明操作的功能,规定CPU如何动作,操作数是基本的操作对象,如X0。

图1-5所示梯形图对应的指令语句表如图1-6所示。

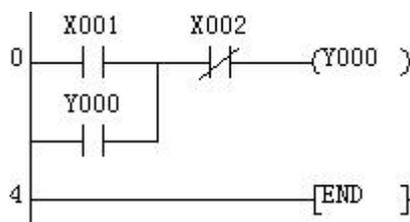


图 1-5 PLC 梯形图

步序	指令操作码	操作数
0	LD	X001
1	OR	Y000
2	ANI	X002
3	OUT	Y000
4	END	

图 1-6 图 1-5 对应的指令语句表

### 3. 顺序功能图

顺序功能图又叫做状态转移图或状态流程图,是使用状态来描述控制任务或过程的流程图,是一种专用于工业顺序控制程序设计语言。

它能完整地描述控制系统的工作过程、功能和特性,顺序功能图提供了一种组织程序的图形方法,步、转换和动作是顺序功能图中要的三种元件,如图1-7所示。顺序功能图是分析、设计电气控制系统控制程序的重要工具。

### 4. 逻辑符号图

逻辑符号图与数字电路的逻辑图极为相似,它用类似与门、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。信号从左向右流动。逻辑符号图编程语言直观易懂,容易掌握。

### 5. 高级编程语言

结构文本编程语言是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。在大型 PLC 中,为了完成具有数据处理、定位控制、图形操作终端等较为复杂的控制时,往往使用高级编程语言。高级编程语言编写的程序也非常简洁、紧凑。

## 三、可编程控制器基本工作原理

可编程控制器有两种基本工作状态,运行状态和停止状态。运行状态是指执行应用程序状态,停止状态一般用来对程序进行编制和修改。在运行状态时,可编程控制器通过执行反映控制要求的用户程序来实现控制功能。为了使可编程控制器的输出及时响应随时变化的输入信号,用户程序在反复不断地重复执行,直到可编程控制器切换到停止状态。

除了执行用户程序外,在每次循环过程中,可编程控制器还要完成内部处理和通信处理工作。一次完整的循环可概括为五个阶段,如图1-2所示。

### 1. 内部处理

检查CPU等内部硬件是否正常,使监视定时器复位,并进行其他内部处理。在每一次扫描开始之前,CPU都要进行复位监视定时器、硬件检查、用户内存检查等操作。如果有异常情况,除了故障显示灯亮以外,还判断并显示故障的性质。如果属于一般性故障则只报警不停机,等待处理。如果属于严重故

障，则停止PLC的运行。公共处理阶段所用的时间一般是固定的，不同机型的PLC有所差异。

### 2. 通讯服务

PLC自诊断处理完成以后进入通讯服务过程。首先检查有无通讯任务，如有则调用相应进程，完成与其他设备的通讯处理，并对通讯数据作相应处理；然后进行时钟、特殊寄存器更新处理等工作。可编程控制器处于停止状态时，只执行以上操作；当可编程控制器处于运行状态时，除了执行以上操作还要完成三个阶段的操作。

### 3. 输入采样阶段

在该阶段，可编程控制器把所有外部输入电路的接通和断开状态读入到输入映像寄存器中。外接的输入触点电路接通时，对应的输入映像寄存器为“1”状态，与

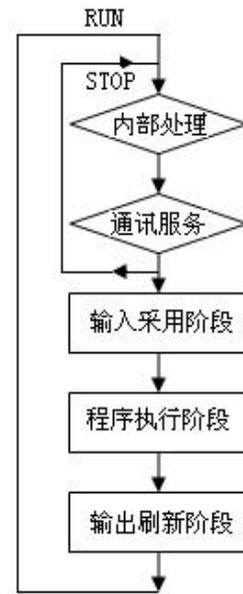


图 1-2 PLC 的扫描过程示意图

之对应的梯形图中输入继电器的常开触点接通，常闭触点断开；外部的输入电路断开时，对应的输入映像寄存器为“0”，与之对应的梯形图中输入继电器的常开触点断开，常闭触点接通。如图1-3所示。

### 4. 程序执行阶段

可编程控制器用户程序的编写形式主要有两种：梯形图和指令语句表。对梯形图程序，PLC按先上后下、先左后右的步序原则逐一扫描，执行程序。对指令语句表，按步序号顺序执行。在执行指令时，用户程序涉及输入、输出状态时，PLC从输入映像寄存器读出上一阶段采入的程序涉及的对应输入端子的“0/1”状态，并从输出映像寄存器读出对应映像寄存器的当前“0/1”状态，以及程序涉及的其他元件映像寄存器中的“0/1”状态，PLC根据用户程序进行逻辑运算，并把运算结果再写入对应的元件映像寄存器中。

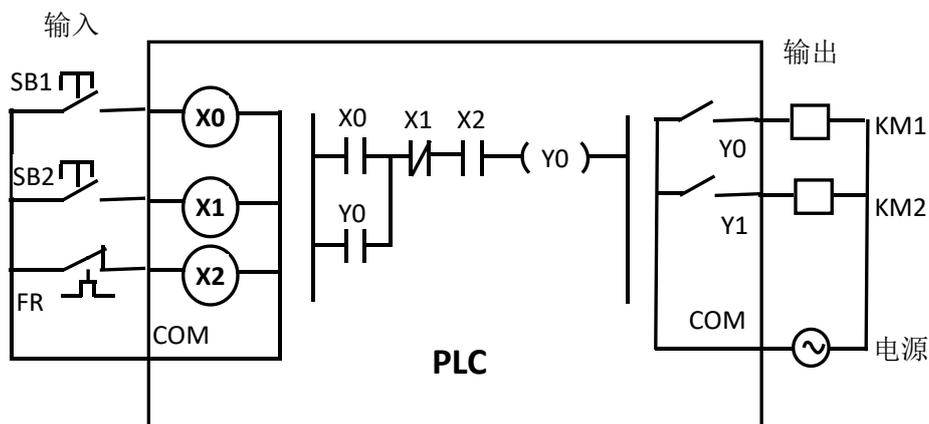


图 1-3 PLC 的程序执行过程示意图

### 5. 输出刷新阶段

在所有指令执行完毕后，元件映像寄存器中所有输出继电器的状态（接通 / 断开）在输出刷新阶段转存到输出锁存器中，通过输出端子和外部电源，驱动外部负载。

## 四、GX Delvelope编程软件

### （一）PLC编程软件的安装

#### 1. GX Delvelope编程软件的安装

FX系列可编程控制器GX Delvelope编程软件的安装过程如下。

打开三菱PLC编程软件GX Delvelope文件夹：如图1-7所示

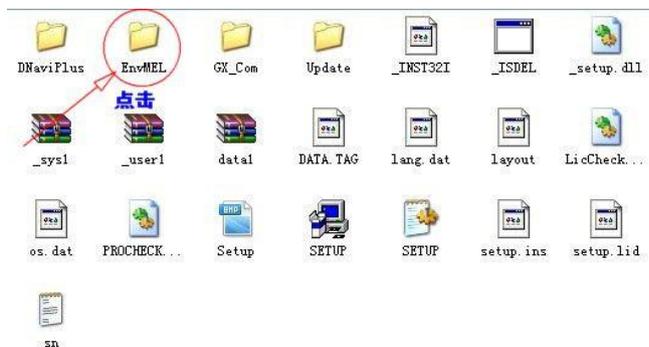


图 1-7 PLC 编程软件 GX

先安装《通用环境》。——点击文件夹“EnvMEL”，再点击“SETUP” 进行安装：



图 1-8 通用程序安装对话框



图 1-9 通用环境设置程序对话框

点击“下一个”出现《信息》对话框



图 1-10 通过环境“用户信号”对话框

点击下一个，设置程序已经在你的计算机上安装完成。



图 1-11 通过环境安装完成对话框

点击“结束”按钮。完成设置，通用环境安装完毕。

点击“后退”按钮，返回到原来的文件夹“GX Developer”，点击“SETUP”



图 1-12 “SETUP” 图标

同时出现三菱公司标志和软件系列号，并且开始安装“安装向导”



图 1-13 安装向导

注意下面的“安装”提示，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。

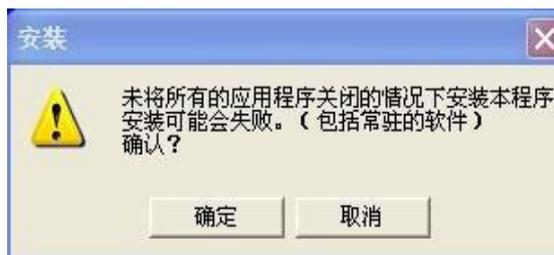


图 1-14 安装提示对话框



图 1-15 安装程序对话框

点击“确定”按钮，出现“欢迎”对话框，欢迎进入设置程序SwnD5-GPPW。本程序将把SwnD5-GPPW装入你的计算机。



图 1-16 设置程序对话框

点击“下一个”，出现“用户信息”



图 1-17 用户程序对话框

点“下一个”出现“注册确认”对话框，

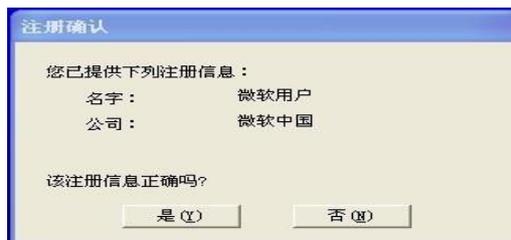


图 1-18 注册确认对话框

输入各种注册信息后，选择“是”，然后出现“输入序列号”对话框，（注意，不同软件的序列号可能会不相同，序列号可以在下载后的压缩包里得到）。



图 1-19 输入序列号对话框

点击：“下一个”，出现“ST语言程序功能”，前面：“打勾”



点击“下一个” 图 1-20 “ST 语言程序功能”对话框 个”千万注意  
“监视专用”这里不能打勾（安装选项中，每一个步骤要仔细看，有的选项打  
勾了反而不利）



图 1-21 “监视专用”对话框

点击“下一个”，出现三个选项，这两个地方可以打勾



图 1-22 “安装部件”对话框

然后点“下一个”，“选择安装目标位置”。



图 1-23 “选择安装目标位置”对话框

一直点击“下一个”，就开始安装了。

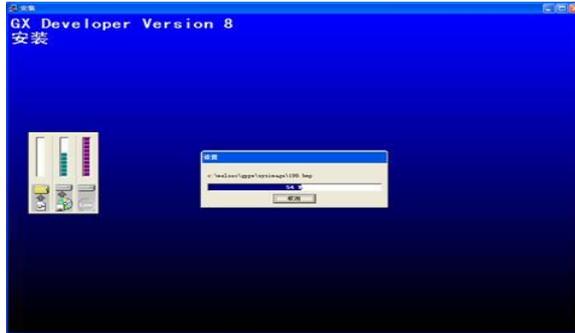


图 1-24 “等待安装过程”对话框

5-10分钟后，安装完成，系统弹出此窗口，点击“确定”



单击《开始》，在《程序》里可以找到安装好的文件，单击图标

即可进入GX Developer工作界面。

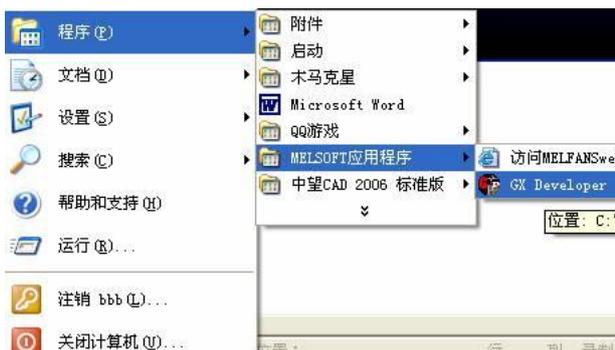


图 1-26 进入 GX GX Developer 工作界面菜单

## 2. PLC与计算机的连接及通信

在PLC与计算机连接构成的系统中，计算机主要完成数据处理、修改参数、图像显示、打印报表、编制PLC程序、工作状态监视等任务，而PLC则直接面向现场，面向设备进行实时控制。

在PLC基本单元上安装通讯模块FX2N-232-BD，并使用RS232C通讯线将PLC基本单元与计算机连接。

## (二) 编程软件及其使用

GX Developer是应用于FX系列PLC的编程软件，可在Windows下运行。使用GX Developer编程软件，可通过梯形图、指令表及顺序功能图来编写PLC程序，建立注释数据，设置寄存器数据等。创建的程序可在串行通信系统中与PLC进行通信、文件传送、操作监控以及完成各种测试功能。也可将其存储文件，用打印机打印出来。

### 1. 进入编程软件界面

双击桌面上的  图标或在《程序》里可以找到安装好的文件，单击图标 ，即可进入编程环境，出现初始启动界面。如图1-27所示：



图 1-27 初始启动界面

### 2. 新建一个新文件

点击初始启动界面菜单栏中在“工程”菜单并在下拉菜单条中选取“创建新工程”，即出现如图1-28所示PLC类型选择对话框。



图 1-28 PLC 类型选择界面

选择好机型，用鼠标点击“确定”按钮后，则出现程序编辑的主界面，如图 1-29 所示。

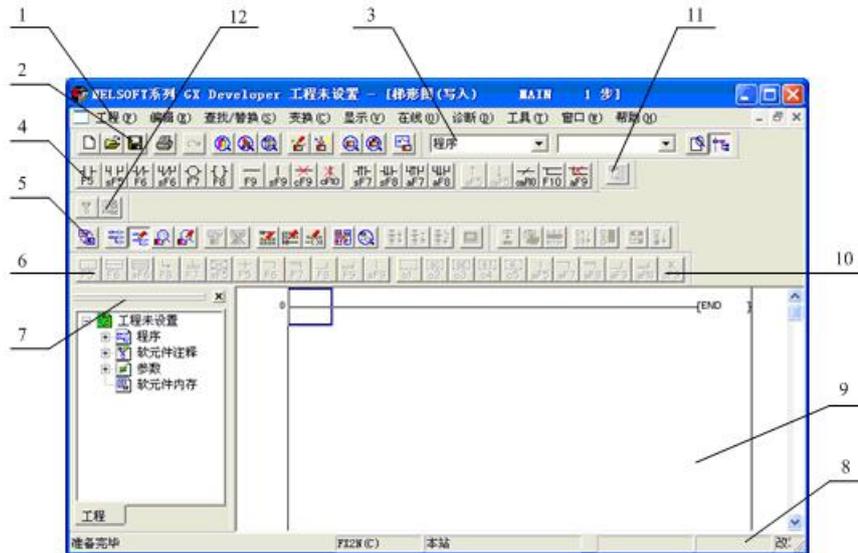


图 1-29 程序编辑主界面

### 3、主界面简介

GX Developer 编程软件的操作界面，该操作界面大致由下拉菜单、工具条、编程区、工程数据列表、状态条等部分组成。图 1-29 中引出线所示的名称、内容说明如表 1-1 所示。

序号	名称	内容
1	下拉菜单	包含工程、编辑、查找/替换、交换、显示、在线、诊断、工具、窗口、帮助，共 10 个菜单
2	标准工具条	由工程菜单、编辑菜单、查找/替换菜单、在线菜单、工具菜单中常用的功能组成。
3	数据切换工具条	可在程序菜单、参数、注释、编程元件内存这四个项目中切换
4	梯形图标记工具条	包含梯形图编辑所需要使用的常开触点、常闭触点、应用指令等内容
5	程序工具条	可进行梯形图模式，指令表模式的转换；进行读出模式，写入模式，监视模式，监视写入模式的转换
6	SFC 工具条	可对 SFC 程序进行块变换、块信息设置、排序、块监视操作

表 操作 介绍	7	工程参数列表	显示程序、编程元件注释、参数、编程元件内存等内容，可实现这些项目的数据的设定	1-1 界面
	8	状态栏	提示当前的操作：显示PLC类型以及当前操作状态等	
	9	操作编辑区	完成程序的编辑、修改、监控等的区域	
	10	SFC符号工具条	包含SFC程序编辑所需要使用的步、块启动步、选择合并、平行等功能键	
	11	编程元件内存工具条	进行编程元件的内存的设置	
	12	注释工具条	可进行注释范围设置或对公共/各程序的注释进行设置	

### (三) PLC程序录入及其调试

#### 1. PLC程序的录入

##### (1) 编辑梯形图

打开“工程”菜单项目的创建新文件，主窗口左边可以见到一条竖直的线，这就是梯形图中的左母线。蓝色的方框为光标，梯形图的绘制过程是取用图形符号库中的符号“拼绘”梯形图的过程。比如，要输入一个常开触点，可单击功能图栏中的常开触点，也可以在“编辑”菜单中选“梯形图标记”弹出菜单中的“常开触点”即可，这时出现如图1-30所示的对话框，在对话框中出入触点的地址及其他有关参数后点击“确定”按钮，要输入的常开触点及其地址就出现在蓝色光标所在的位置，如图1-31所示。





程序编制完成后可以利用菜单栏中的“工具”菜单项下“程序检查”功能，对程序做语法、双线圈及电路错误的检查。如有问题，软件会提示程序存在的错误，如图1-33所示。

### (3) 程序的下载和写入

程序编辑完成后需下载到PLC中运行，这时需点击菜单栏中“在线”菜单，在下拉菜单中再选“PLC写入”即可把编辑完成的程序下载到PLC中。传送菜单中的“PLC读取”命令则用于将PLC中的程序读入编程计算机中修改。PLC中一次只能存入一个程序。下载新程序后，旧的程序自动删除。程序下载界面如图1-34所示。

图 1-33 程序检查界面图

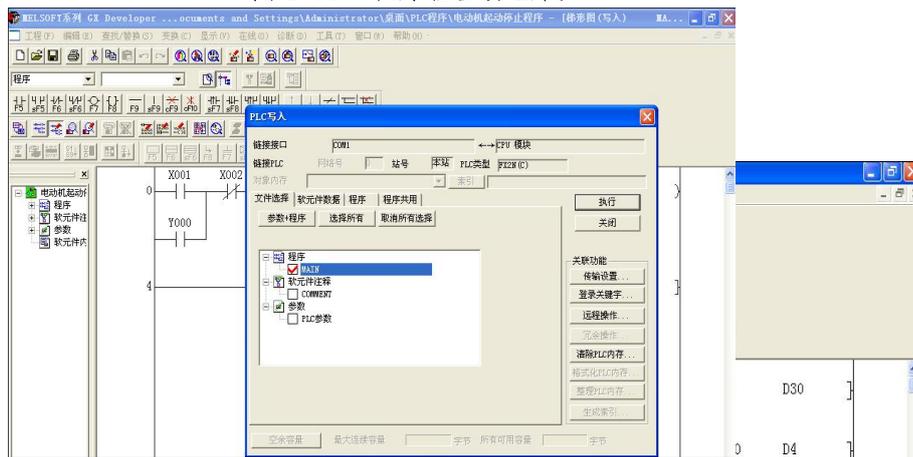


图 1-34 PLC 写入界面图

在如图  
入程序范围  
在程序

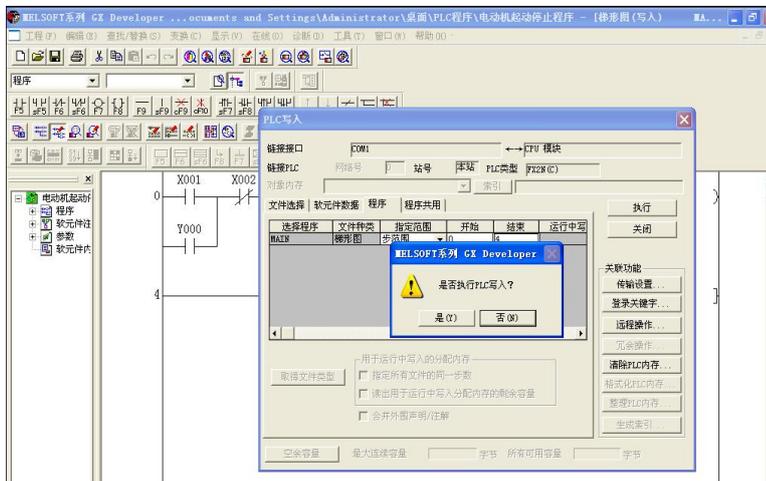
”进

11-36



所示的是否执行PLC写入界面。

图 1-35 设置程序范围界面图



单击“是”，进行PLC写入，进入如图 1-37 PLC写入完成界面，单击“完成”，完成PLC程序的写入。

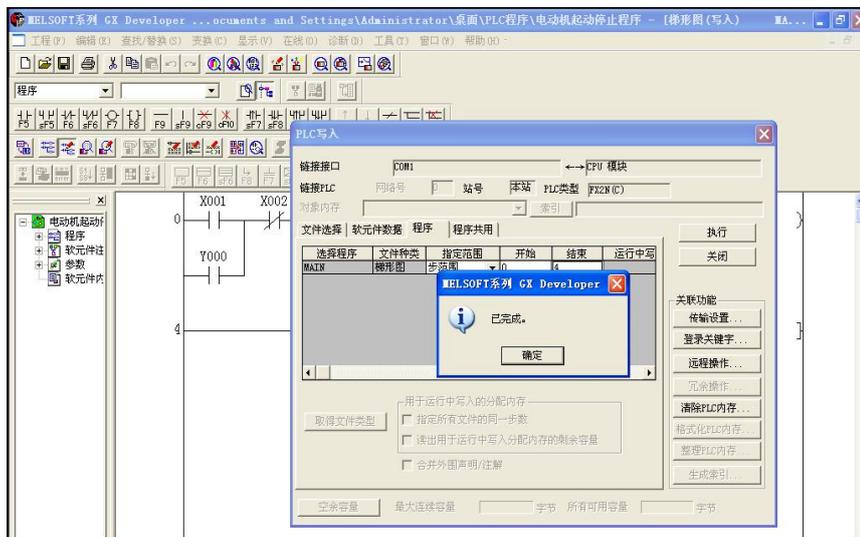


图 1-37 PLC 写入完成界面

#### (4) 程序的保存

点击“工程”菜单下的“保存工程”，即可进行文件保存。

#### (5) 重新编辑梯形图

将梯形图保存完后，如果认为不合适，需要重新编写梯形图时，点击“编辑”菜单下的“写入模式”，界面将进入编辑状态。

### 2. 程序的调试及运行监控

程序的调试及运行的监控是程序开发的重要环节，很少有程序一经编制就是完善的，只有经过试运行甚至现场运行才能发现程序中不合理的并且进行修改。GX Developer编程软件具有监控功能，可用于程序的调试及监控。

#### (1) 程序的运行及监控

程序下载后保持编程计算机与PLC的联机状态并启动程序运行，编辑区显示梯形图状态下，点击菜单栏中“在线”菜单项后，选择“监控”菜单项的子菜单“监视开始”，进入元件的监控状态。此时梯形图上将显示PLC中各触点的状态及各数据存储单元的数值变化，如图1-38所示，图中有长方形光标显示的位元件处于接通状态，数据元件中的数据则直接标出。在监视状态时点击菜单栏中“在线”菜单选项并选择“监视停止”则终止监控状态，回到编辑状态。

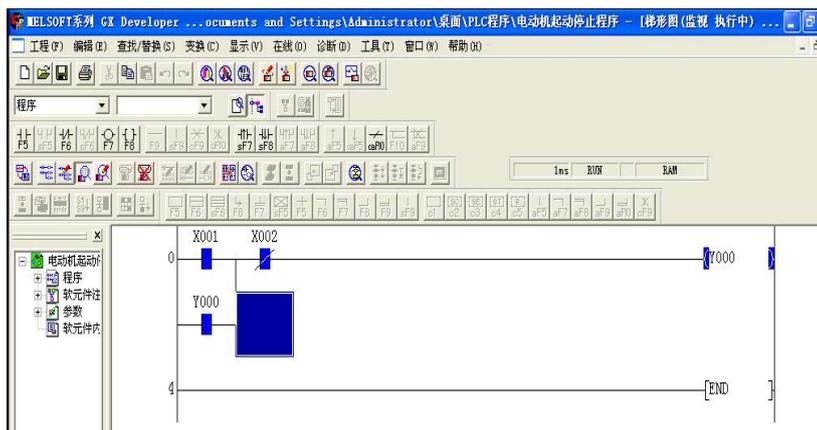


图 1-38 PLC 监视界面

#### (2) 位元件的强制状态

在调试中可能需要PLC的某些位元件处于ON或OFF状态，以便观察程序的反应。这可以通过“在线”菜单项中的“软件测试”命令实现。选择该命令时将弹





计划与决策:

## 工作计划表

任务:

小组成员:

日期:

序号	工作阶段/步骤	附注	准备清单 设备/工具/附注工具	工作安全	工作质量 环境保护	工作时间	
						实际	计划
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

**实施：**

请各组按照所制定的计划完成任务。

注意：

合理安排时间并记录实际使用时长；

小组成员应合理分工，责任到人，完成器件选型、器件安装、线路连接、程序编写、系统调试等任务，并完成下述表格。

- 1、文件的创建与保存
- 2、梯形图编辑
- 3、梯形图写入和监控
- 4、材料选择清单

姓名：		小组成员：			
任务：		领取日期：			
序号	名称（型号）	规格	数量	安全注意事项	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**5、工具清单**

序号	名称	规格	数量	备注
1				
2				
3				

4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

检查:

启动检查			
姓名:		日期:	
电路:		使用的 DIV-VDE	
1、目视检测			
序号	检查项目	存在缺陷	附注
1		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
2		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
3		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
4		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
5		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
附注:			
<div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"></div>			

评价：

任务：		日期：					
组别	小组成员	团队能力	信息与计划	安全性与功能检查	实施	结果演示	总分
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

备注：评分包含团队能力（20%）、信息与计划（20%）、安全性与功能检查（20%）、实施（20%）、结果演示（20%）

**知识进阶：****一、可编程控制器的特点**

可编程控制器出现后发展十分迅速，应用于许多工业领域，原因在于与继电器接触器控制系统相比，有许多明显特点：

**1. 可靠性高，抗干扰能力强**

高可靠性是PLC最突出的特点之一，它是专为工业控制设计的，采用了微电子技术，大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成，还在硬件上采取了光电隔离、滤波、屏蔽等措施。

**2. 编程简单，使用方便**

PLC作为通用的工业控制设备，它提供了多种面向用户的语言，常用的有梯形图、指令语句表和顺序流程图。梯形图是PLC最常用的编程语言，它与继电器控制原理图类似，具有直观、清晰等优点。不需要专门的计算机知识和语言，具有一定的电工和工艺知识的人员都可在短时间内掌握。利用专用的编程器，可方便地查看、编辑、修改用户程序。

**3. 使用灵活、通用性强**

PLC的硬件是标准化的，加之PLC的产品已系列化，功能模块品种多，可以灵活组成各种不同大小和不同功能的控制系统。在PLC构成的控制系统中，只需在PLC的输入输出端子上接入相应的输入输出信号线。当需要变更控制系统功能时，只要用编程器在线或离线修改程序即可，同一个PLC装置可用于不同的控制对象，只是输入输出组件和应用软件要发生改变而已。

**4. 设计、施工、调试周期短**

用继电器接触器控制完成一项控制工程，必须首先按工艺要求画出电气原理图，然后画出继电器柜的布置和接线图等，进行安装调试，后期修改起来十分不便。对于PLC控制系统，由于采用软件代替硬件实现控制，所以硬件线路非常简洁，并为模块化积木式结构，且已商品化，只需要按性能、容量（输入输出点数、内存大小）等选用组装即可，而大量具体的程序编制工作也可在PLC到货前进行，因而缩短了设计周期，使设计和施工可同时进行。由于用软件编程取代了硬接线实现控制功能，大大减轻了烦琐的安装接线工作，缩短了施工周期。PLC是通过程序完成控制任务的，采用了方便用户的工业编程语言，还具有强制和仿真的功

能，故程序的设计、修改和调试都很方便，这样可大大缩短设计和调试周期。

#### 5. 体积小、功耗小、性价比高

对于复杂的控制系统，使用可编程控制器后，由于PLC采用了半导体集成电路，可以减少大量的中间继电器和时间继电器，使控制系统的体积大大缩小，同时节省了大量费用。可编程控制器体积小、重量轻，结构紧凑，功能低，因而是实现机电一体化的理想控制设备。

#### 6. 运行快捷

传统继电器节点的响应时间一般需要几百毫秒，而可编程控制器里的节点反应快，内部是微秒级的，外部是毫秒级的。

PLC的缺点是价格比较高。

## 二、可编程控制器的分类

PLC产品种类繁多，其规格和性能也各不相同，通常根据其结构形式的不同、功能的差异和I/O点数的多少等进行大致分类。

### 1. 按结构形式分类

根据PLC的结构形式，可将PLC分为整体式和模块式两类。

#### (1) 整体式PLC

整体式又称为单元式货箱体式PLC，就是将电源、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、与编程器相连的接口等。扩展单元内只有I/O和电源，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、数据输入/输出单元等，这些特殊单元使PLC的功能得以扩展。

#### (2) 模块式PLC

模块式PLC又称为积木式PLC，它是将构成PLC的各个部分按功能分别做成若干个单独的模块，如CPU模块、I/O模块、电源模块等。模块式PLC由框架和各种模块组成。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。

还有一些PLC将整体式和模块式的特点结合起来，构成所谓叠装式PLC。叠装式PLC其CPU、电源、I/O接口等也是各自独立的模块，但它们之间是靠电缆进行

联接，并且各模块可以一层层地叠装。这样，不但系统可以灵活配置，还可做得体积小。

## 2. 按功能分类

根据PLC所具有的功能不同，可将PLC分为低档、中档、高档三类。

### (1) 低档PLC

具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能，还可有少量模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。主要用于逻辑控制、顺序控制或少量模拟量控制的单机控制系统。

### (2) 中档PLC

除了具有低档PLC的功能外，还具有较强的模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、数制转换、远程I/O、通信联网等功能。有些还可增设中断控制、PID控制等功能，适用于复杂控制系统。

### (3) 高档PLC

除具有中档机的功能外，还增加了带符号算术运算、位逻辑运算、平方根运算、矩阵运算、特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等。高档PLC机具有更强的通信联网功能，可用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统，实现工厂自动化。

## 3. 按I/O点数分类

根据PLC的I/O点数的多少，可将PLC分为小型、中型和大型三类。

(1) 小型PLC：I/O点数小于256点；单CPU、8位或16位处理器、用户存储器容量4K字以下。这类可编程控制器结构简单，大多数为整体式结构。

(2) 中型PLC：I/O点数256~2048点；双CPU，用户存储器容量2K~8K。这类可编程控制器由于I/O点数跨度大，所以采用模块式结构。

(3) 大型PLC：I/O点数大于2048点；多CPU，16位、32位处理器，用户存储器容量8K~16K。这类可编程控制器不仅能进行大量的逻辑控制，还能实现多种、多路的模拟量控制。结构形式也是模块式。

## 三、FX系列PLC的性能指标

各厂家的PLC产品或同一厂家不同系列的PLC产品，在性能指标上会有很大差别，PLC的性能指标较多，PLC的主要性能指标有以下几点。

### 1. 输入/输出点数

早期生产的PLC用于顺序控制和逻辑控制，其规模用开关量输入/输出点数来表示，通常所说的I/O点数是指开关量输入和输出点数之和，对于整体式PLC，开关量输入、输出点数通常各占总点数的百分之五十。例如32点的PLC，表示其开关量输入、输出点数各有16个，即有16个输入端子用来接受外部控制信号，16个输出端子可以直接或间接驱动外部负载。

输入输出点数是PLC组成控制系统时所能接入的输入输出信号的最大数量，表示PLC组成系统时可能的最大规模。这时有个问题要注意，在总的点数中，输入点与输出点总是按一定的比例设置的，往往是输入点数大于输出点数，且输入与输出点数不能相互替代。

## 2. 应用程序的存储容量

PLC的存储器包括系统程序存储器、用户程序存储器和数据存储器。系统程序由PLC生产厂家编写并写入只读存储器ROM中，系统程序存储器存放管理程序、标准子程序、调用程序、检查程序、监控程序和用户指令解释程序等，它们一般存储在只读存储器中。

厂家给出的资料中是用户存储容量和数据存储容量。用户程序是用户使用编程器输入的编程指令，如用户使用编程软件编制的梯形图程序，这部分程序存放在随机存储器和可电擦除只读存储器中。

应用程序的容量大小决定了PLC可以容纳用户程序的长短和控制水平，通常用K字（kw），K字节（kb）或K位来表示，1K=1024。也有的PLC直接用所能存放的程序量表示。在一些文献中称PLC中存放程序的地址单位为“步”，每一步占用两个字，一条基本指令一般为一步。功能复杂的指令，特别是功能指令，往往有若干步。因而用“步”来表示程序容量，往往以最简单指令为单位，称为多少K基本指令（步）。

## 3. 扫描速度

一般以执行1000条基本指令所需的时间来衡量。单位为毫秒/千步，也有以执行一步指令时间计的，如微秒/步。一般逻辑指令与运算指令的平均执行时间有较大的差别，因而大多场合，扫描速度往往需要标明是执行哪类程序。

以下是扫描速度的参考值：由目前PLC采用的CPU的主频考虑，扫描速度比较慢的为2.2ms/K逻辑运算程序，60ms/K数字运算程序；较快的为1ms/K逻辑运算程序，10ms/K数字运算程序；更快的能达到0.75/K逻辑运算程序。

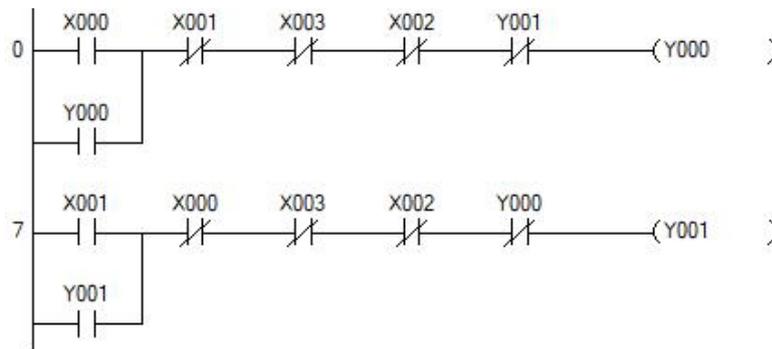
#### 4. 指令的种类及数量

不同厂家的PLC编程语言不同，相互不兼容。梯形图语言指令表语言较为常见，近年来功能图语言的使用量有上升趋势。能同时使用多种编程方法的机器，容易为更多的人使用。编程能力中还有一个内容是指令的功能。衡量指令功能强弱可看两个方面：一是指令条数的多少，二是指令中综合性指令的条数。一条综合性指令一般可以完成一项专门操作。比如查表、排序等功能，相当于一个子程序。指令的功能越强，使用指令完成一定的控制目的就越容易。另外，可编程序控制器的可扩展性、可靠性、易操作规程性及经济性等性能指标也较受用户的关注。

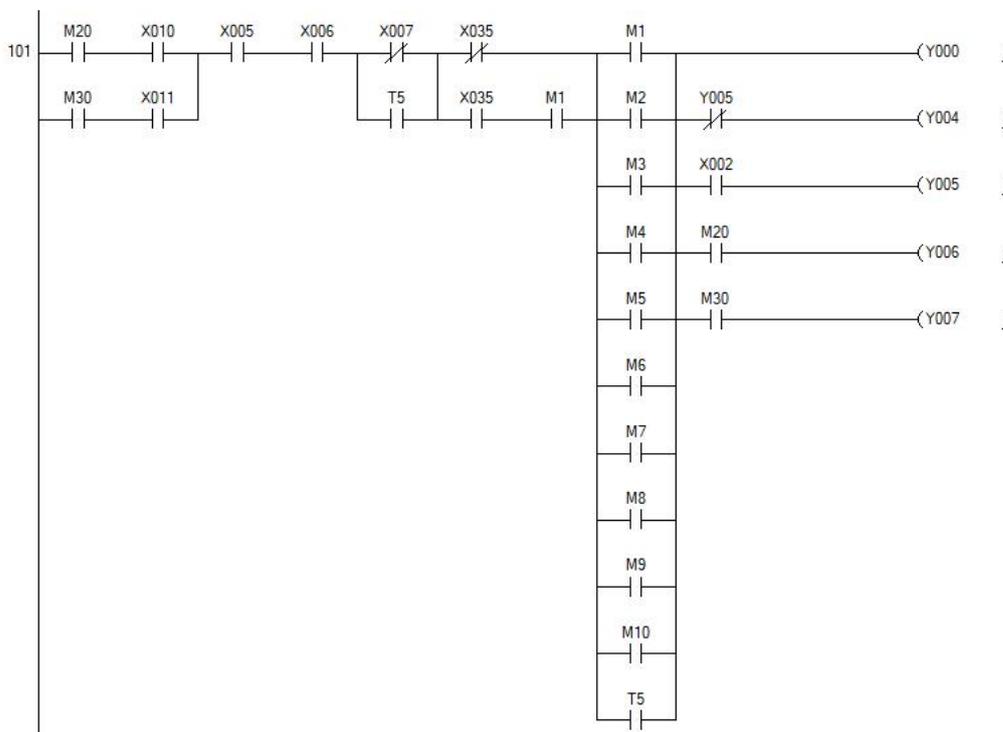
#### 5. 内部器件的种类和数量

PLC 有大量的内部元件，用来存放变量和中间结果，也用来保持数据、模块设置等。这些元件的种类与数量越多，表示 PLC 存储和处理各种信息的能力越强。

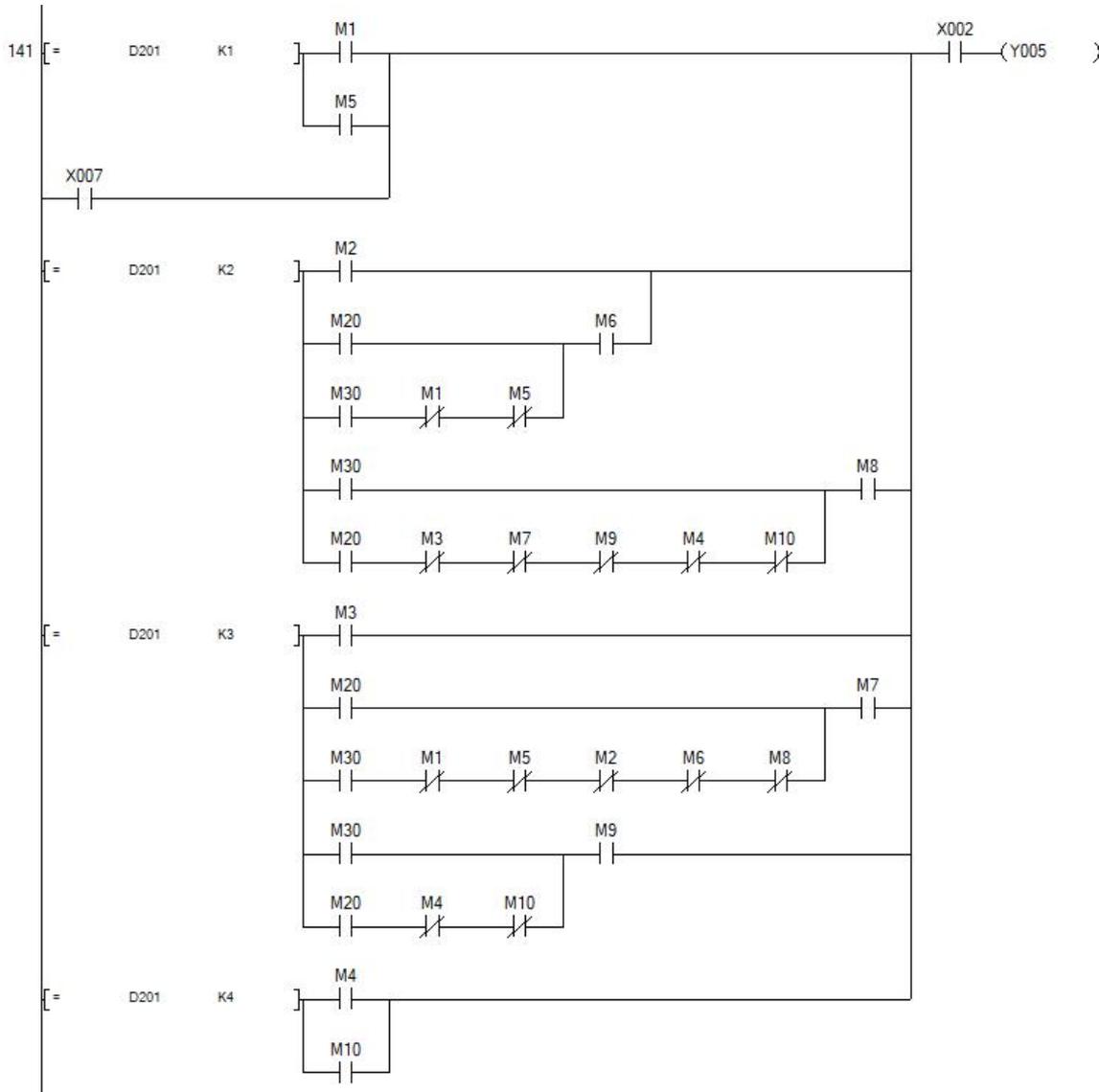
附图 1:



附图 2:



附图 3:







闭触点在编程中使用次数不限，在PLC内可以自由使用，FX3U系列PLC输入继电器采用八进制地址编号：X000~X007、X010~X017…X370~X377最多可达256点。

## 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。外部信号无法直接驱动输出继电器，它只能在程序内部由指令驱动。在扫描用户程序时，根据该输出线圈Y的控制线路的逻辑运算结果来确定输出映像寄存器Y的状态。输出继电器的常开常闭触点在编程中使用次数不限，在PLC内可以自由使用，FX3U系列PLC输出继电器采用八进制地址编号：Y000~Y007、Y010~Y017…Y370~Y377最多可达256点。

应用举例：

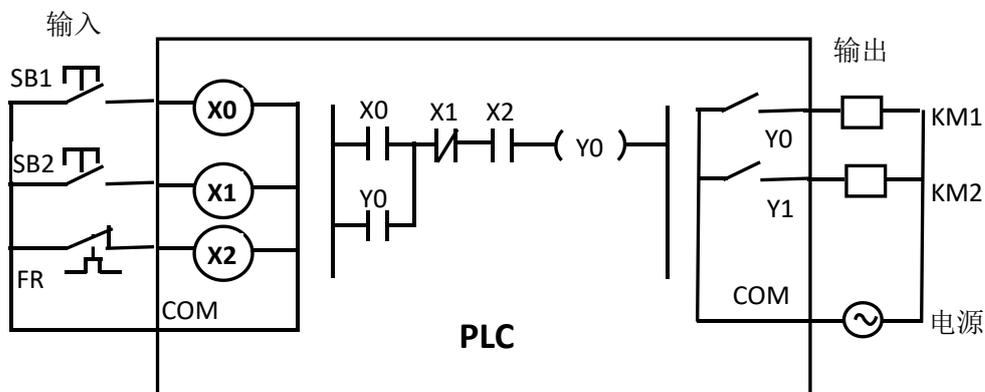


图 2-1 PLC 的工作原理图

图2-1中,按下启动按钮SB2时,PLC内部输入继电器X1线圈得电,常开触点接通,常闭X0和热继电器X2常开触点接通,输出继电器Y0的线圈得电,其常开触点闭合,输出端口的输出继电器常开触点闭合,使该输出端口控制的负载(接触器线圈KM得电),进而控制主电路电器的运行。

## 二、基本逻辑指令

LD (取指令): 用于单个常开触点与左母线连接时,每一个以常开触点开始的逻辑行都用此指令。

LDI (取反指令): 用于单个常闭触点与左母线连接时,每一个以常闭触点开始的逻辑行都用此指令。

LDP (取上升沿指令): 与左母线连接的常开触点上升沿检测指令,在指定位元件的上升沿(由OFF→ON)时接通且接通一个扫描周期。

LDF (取下降沿指令): 与左母线连接的常闭触点下降沿检测指令,在指定位

元件的下降沿（由ON→OFF）时接通且接通一个扫描周期。

OUT（输出指令）：对线圈进行驱动时使用。

END（结束指令）：表示程序结束，返回起始地址。

取指令与输出指令的使用说明如图2-2所示。

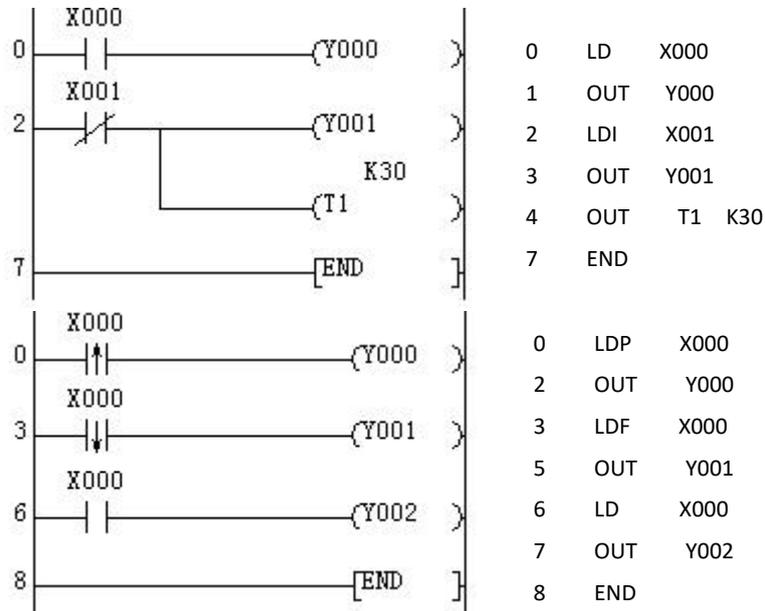


图 2-2 基本逻辑指令的使用

基本逻辑指令的使用说明：

(1) LD、LDI指令既可用于输入左母线相连的触点，也可与ANB、ORB指令配合实现块逻辑运算；

(2) LDP、LDF指令仅在对应元件上升沿或下降沿接通一个扫描周期。图4-1中，当X0有一个下降沿时，则Y1只有一个扫描周期为ON；

(3) LD、LDI、LDP、LDF指令的目标元件可以是X、Y、M、T、C、S；

(4) OUT指令目标元件可以为Y、M、T、C和S，但不能是X。

(5) OUT指令可以多次连续使用（相当于线圈并联），在使用OUT指令时，定时器和计数器应设置常数K或数据寄存器。

(6) 在程序中写入END指令，将强制结束当前的扫描执行过程，即END指令后的程序不再扫描，而是直接进行输出处理。调试时，可将程序分段后插入END指令，从而依次对各程序段的运算进行检查。

计划与决策:

### 工作计划表

任务:

小组成员:

日期:

序号	工作阶段/步骤	附注	准备清单 设备/工具/附注工具	工作安全	工作质量 环境保护	工作时间	
						实际	计划
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

## 实施:

请各组按照所制定的计划完成改装任务。

注意:

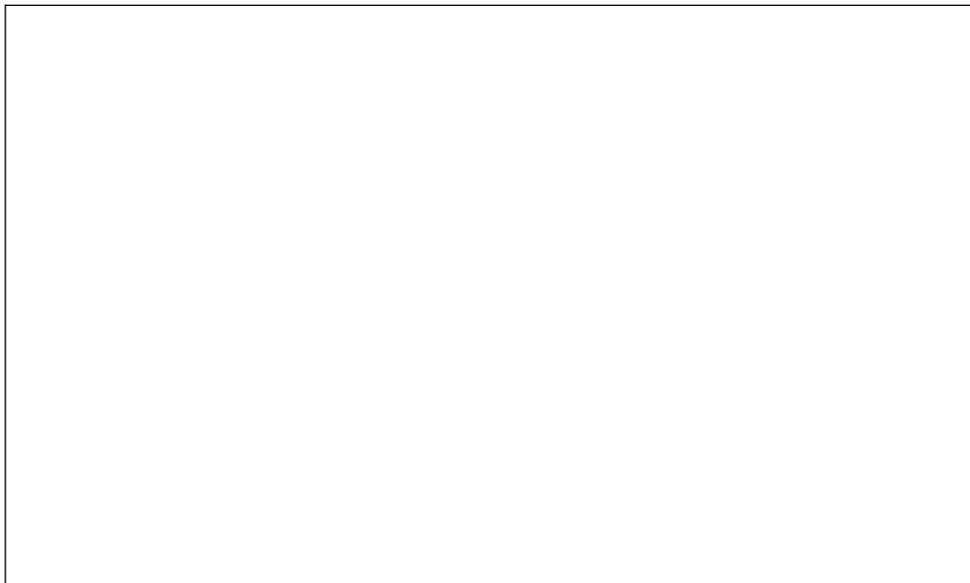
合理安排时间并记录实际使用时长;

小组成员应合理分工, 责任到人, 完成器件选型、器件安装、线路连接、程序编写、系统调试等任务。

### 1、控制要求分析

根据三相异步电动机点动的控制要求可知, 发出命令的元器件就是一个点动按钮, 作为 PLC 的输入量; 执行命令的元器件就是一个交流接触器, 通过它的主触点可将三相异步电动机与三相交流电源接通, 从而实现电动机的点动运行控制, 其线圈作为 PLC 的输出量。按下点动按钮, 交流接触器线圈就能得电; 松开点动按钮, 交流接触器线圈又会失电。那么, 在按钮与交流接触器线圈之间没有电气连接的情况下, 如何做到这样的控制呢? 通过本任务的学习, 大家就会知晓是通过 PLC 及其编写的控制程序实现的。

### 2、元件布置图

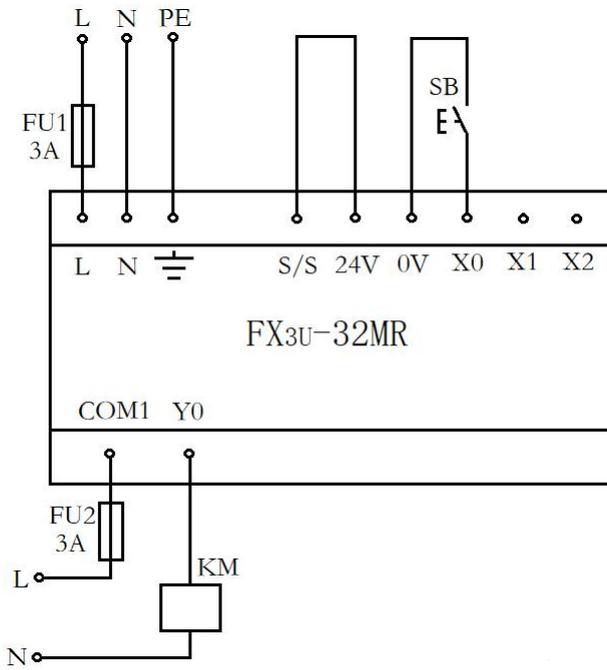


### 3、I/O 分配表

输入		输出	
元件及功能	地址分配	元件及功能	地址分配
点动按钮 SB	X0	接触器 KM	Y0

--	--	--	--

### 6、PLC 硬件接线图



### 5、材料选择清单

姓名:		小组成员:			
任务:		领取日期:			
序号	名称 (型号)	规格	数量	安全注意事项	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

### 6、工具清单

序号	名称	规格	数量	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

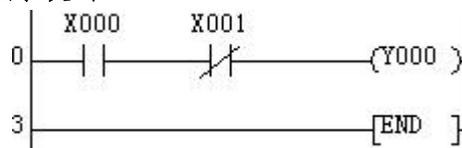
### 7、器件清单

序号	名称	规格	数量	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

### 8、控制柜配盘

请按配盘相关要求进行硬件接线。

### 9、梯形图程序设计



## 检查调试：

启动检查					
姓名：			日期：		
电路：			使用的 DIV-VDE		
1、目视检测					
序号	检查项目		存在缺陷		附注
1	工具器具装备		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2	导线连接（绝缘、剥线、连接等）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
3	导线选择和敷设（截面、芯线颜色）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
4	针对直接接触的保护（手指保护）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
5	过电流和保护装置（选择、调节、功能）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2、主电路的电源电压测量					
序号	测量值 1	测量值 2	设定值	测量值	测试值符合 DIV-VDE
1					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3、控制电路的电源电压测量					
序号	测量点 1	测量点 2	检查电压	测量值	按照 DIV-VDE 的最低值
1					
2					
3					
4					
5					

4、功能检查
所有观察点功能与功能说明和电路图相符合？
是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
附注：
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

评价：

任务：		日期：					
组别	小组成员	团队能力	信息与计划	安全性与功能检查	实施	结果演示	总分
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

备注：评分包含团队能力（20%）、信息与计划（20%）、安全性与功能检查（20%）、实施（20%）、结果演示（20%）







计划与决策:

## 工作计划表

任务:

小组成员:

日期:

序号	工作阶段/步骤	附注	准备清单 设备/工具/附注工具	工作安全	工作质量 环境保护	工作时间	
						实际	计划
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

### 任务实施:

请各组按照所制定的计划完成改装任务。

注意:

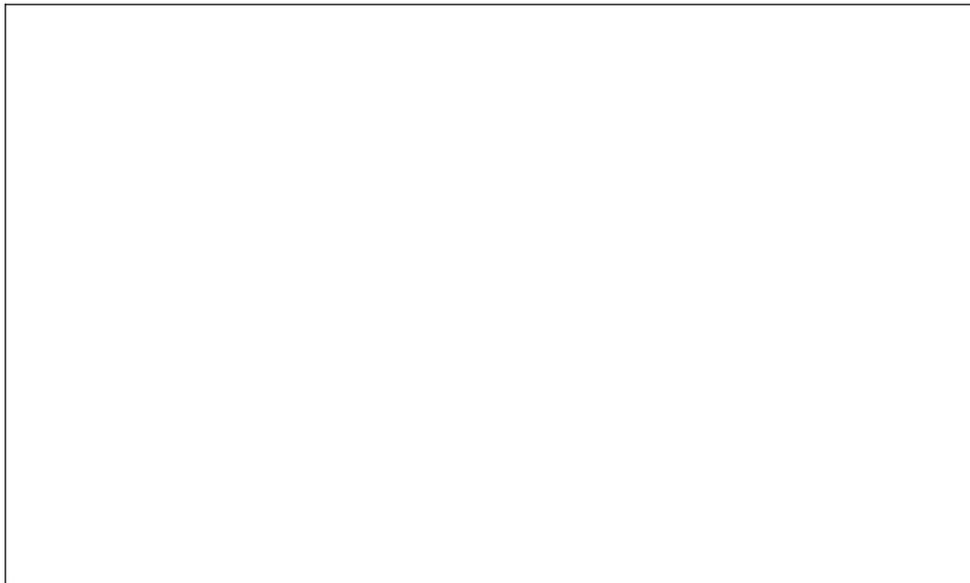
合理安排时间并记录实际使用时长;

小组成员应合理分工, 责任到人, 完成器件选型、器件安装、线路连接、程序编写、系统调试等任务。

## 2、控制要求分析

根据电动机的连续运行可知, 发出命令的元器件分别为启动按钮、停止按钮、热继电器的触点作为 PLC 的输入量, 执行命令的元器件是交流接触器, 通过它的主触点可将电动机与三相电源接通, 从而实现电动机的连续运行控制, 它的线圈作为 PLC 输出量。

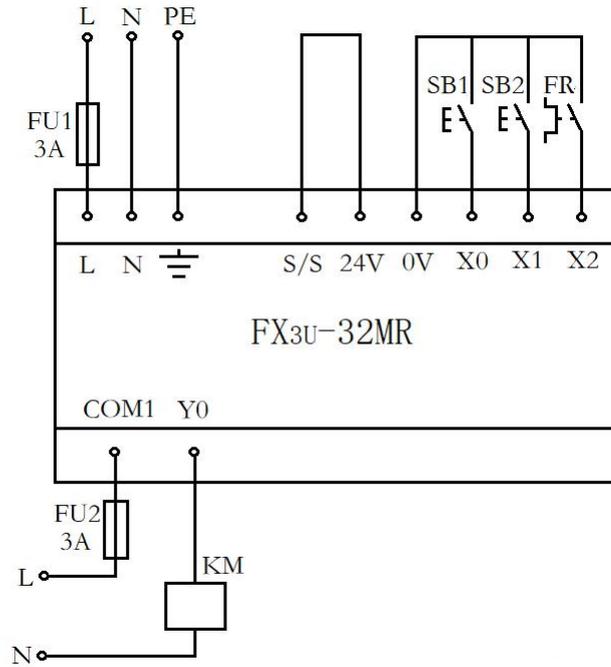
## 2、元件布置图



## 3、I/O 分配表

输入		输出	
元件及功能	地址分配	元件及功能	地址分配
启动按钮 SB1	X0	接触器 KM	Y0
停止按钮 SB2	X1		
热继电器 FR	X2		

## 4、PLC 接线图



### 5、材料选择清单

姓名:		小组成员:			
任务:		领取日期:			
序号	名称(型号)	规格	数量	安全注意事项	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

### 6、工具清单

序号	名称	规格	数量	备注
----	----	----	----	----





检查调试:

启动检查					
姓名:			日期:		
电路:			使用的 DIV-VDE		
1、目视检测					
序号	检查项目		存在缺陷		附注
1	工具器具装备		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2	导线连接(绝缘、剥线、连接等)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
3	导线选择和敷设(截面、芯线颜色)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
4	针对直接接触的保护(手指保护)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
5	过电流和保护装置(选择、调节、功能)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2、主电路的电源电压测量					
序号	测量值 1	测量值 2	设定值	测量值	测试值符合 DIV-VDE
1					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3、控制电路的电源电压测量					
序号	测量点 1	测量点 2	检查电压	测量值	按照 DIV-VDE 的最低值
1					
2					
3					
4					
5					

4、功能检查
所有观察点功能与功能说明和电路图相符合？
是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
附注：
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

评价：

任务：		日期：					
组别	小组成员	团队能力	信息与计划	安全性与功能检查	实施	结果演示	总分
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

备注：评分包含团队能力（20%）、信息与计划（20%）、安全性与功能检查（20%）、实施（20%）、结果演示（20%）

知识进阶：

### 一、PLC 控制系统与继电器控制系统

PLC 控制系统与继电器-接触器控制系统相比，既有许多相似之处，也有许多不同。传统的继电器-接触器控制系统被 PLC 控制系统取代已是必然趋势，从适应性、可靠性、方便性及设计、安装、调试、维护等各方面比较，PLC 都有显著的优势。

#### 1、适应性

继电器-接触器控制系统采用硬件接线方式，针对固定的生产工艺设计，系

统只能完成固定的功能。系统构成后，若想改变或增加功能较为困难，一旦工艺过程改变，系统则需要重新设计。PLC 采用计算机技术，其控制逻辑通过软件实现，要改变逻辑控制只需改变程序，因而很容易改变或增加系统功能。PLC 系统的灵活性和可扩展性交好。

### 2、可靠性和可维护性

继电器-接触器控制系统使用了大量的机械触点，连线较多。触点开闭会受到电弧的损坏，并有机机械磨损，寿命短，因此可靠性和可维护性差。而 PLC 控制系统采用微电子技术，大量的开关动作由无触点的半导体电路完成，它体积小，寿命长，可靠性高。PLC 还配有自检和监视功能，能检查出自身的故障，并随时显示给操作人员，还能动态地监视控制程序的执行情况，为现场调试和维护提供了方便。

### 3、设计和施工

使用继电器-接触器控制系统完成一项控制工程，其设计、施工、调试必须依次进行，周期长，而且维护困难。工程越大，这一问题就月突出。而 PLC 控制系统完成一项控制工程，在系统设计完成后，现场施工和控制逻辑的设计（包括梯形图设计）可以同时进行的，周期短，且调试和维护都比较方便。

## 二、置位、复位指令（SET/RST）

SET（置位指令）：作用是使被操作的目标元件置位并保持。

RST（复位指令）：作用是使被操作的目标元件复位并保持清零状态

SET、RST 指令的使用如图 2-28 所示。当 X0 常开触点接通时，Y0 和 Y1 均为 ON 状态，当 X0 常开触点断开时，Y1 变为 OFF 状态，而 Y0 一直保持原来的 ON 状态；只有当 X1 的常开触点接通时，Y0 才变为 OFF 状态。

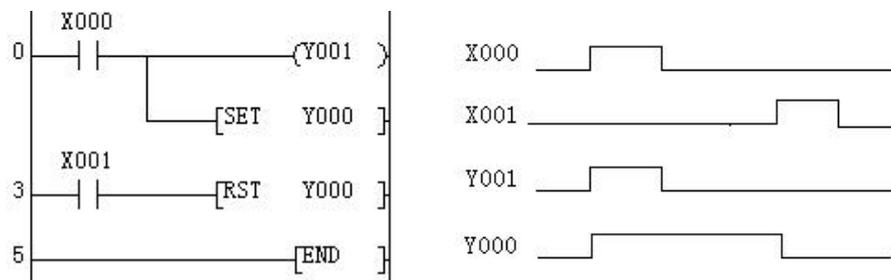


图 2-28 置位与复位指令的使用

SET、RST 指令的使用说明：

- 
- (1) SET 指令的操作数可以为 Y、M 和 S，RST 指令的操作数可以为 Y、M、S、T、C、D、V 和 Z；
  - (2) 对于同一目标元件，SET、RST 可多次使用，顺序也可随意，但最后执行者有效
  - (3) 使用 RST 指令可以对定时器、计数器、数据寄存器等内容清零。

## 学习领域 6 机电一体化系统驱动编程与调试

学习情境	学习情境二 典型电气控制线路的 PLC 改装	任务	任务三 双向传送带运行控制
授课班级	20 中德班	授课学时	4 学时

### 任务描述

现有一双向传送带运行控制系统，可以实现传送带的双向控制，相关电气图纸已给出。请按要求对此控制系统改装为 PLC 控制系统。

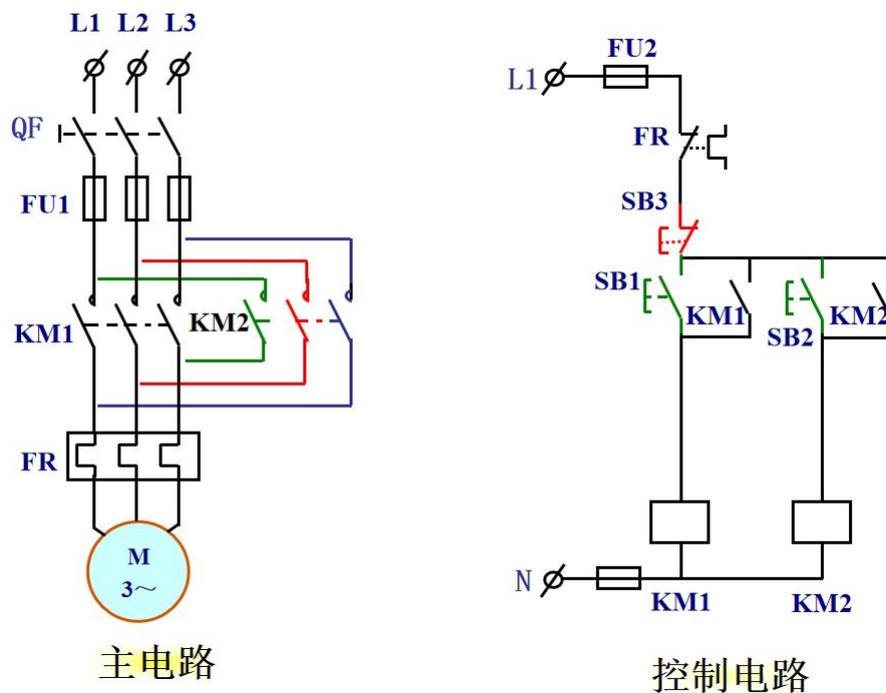


图 2-2-1 电动机正反转控制电气原理图

请按下述控制要求完成线路的改装与调试。

### 改装要求：

- 5、保持原有控制按钮数量及功能；
- 6、保留原有线路主电路部分，仅改装控制线路部分实现电机正反转控制；
- 7、该电路必须具有必要的短路保护、过载保护等。

### 知识回顾



## 二、辅助继电器

在PLC逻辑运算中，经常需要一些中间继电器来进行辅助运算，这些元件不直接对外输入、输出，经常用作暂存、移动运算等。这类继电器称作辅助继电器。辅助继电器是PLC中数量最多的一种继电器，一般的辅助继电器的作用与继电器控制系统中的中间继电器的作用相似。

辅助继电器不能直接驱动外部负载，负载只能由输出继电器的外部触点驱动，辅助继电器的常开与常闭触点在PLC内部编程时可无限次使用。

辅助继电器用字母M与十进制数共同组成编号。

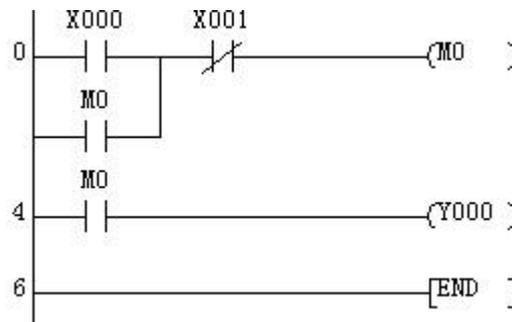


图 2-14 通用辅助继电器的使用

### 1. 通用辅助继电器（M0～M499）

FX系列通用辅助继电器没有断电保持功能。如果在PLC运行时电源突然中断，输出继电器和能用辅助继电器将全部变为OFF状态，若电源再次接通，除了因外部输入信号而变为ON状态的以外，其余的仍将保持为OFF状态。在FX系列PLC中，通用辅助继电器编号为M0～M499，共500个。

### 2. 断电保持辅助继电器（M500～M3071）

FX系统PLC有M500～M3071共2572个断电保持辅助继电器。它与通用辅助继电器不同的是具有断电保持功能，即能在记忆电源中断瞬时的状态，并在重新通电后再现其状态。

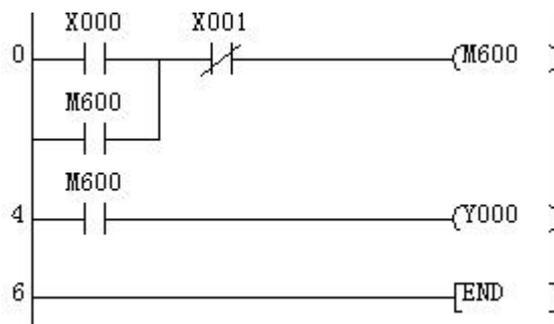


图 2-15 通用辅助继电器的使用

比较图2-14和图2-15，当X0接通时，M0和M600都接通并自锁，若此时突然停电后再来电，则M0处于断开状态，而M600仍然处于接通状态。

许多控制系统要求保持断电瞬间状态，断电保持辅助继电器可以用于此场合，它由PLC内部的锂电池供电。

### 3. 特殊辅助继电器

PLC内部有大量的特殊辅助继电器，它们都有各自的特殊功能。FX系统PLC内部有256个特殊辅助继电器。特殊辅助继电器通常分为两大类。

#### (1) 只能利用其触点的特殊辅助继电器

其线圈由PLC自动驱动，用户只能使用其触点。

M8000为运行监视继电器，在PLC运行时接通，M8001与M8000相反逻辑。

M8002为初始脉冲，仅在PLC运行开始时接通一个扫描周期，M8003与M8002相反逻辑。

以上辅助继电器的时序图如图2-16所示。

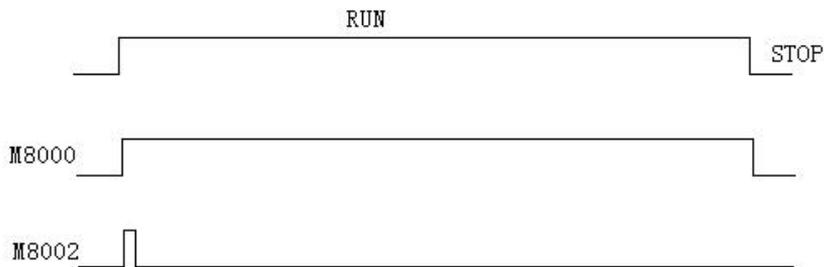


图 2-16 辅助继电器 M8000、M8002 时序图

M8011—产生10ms时钟脉冲用的特殊辅助继电器。

M8012—产生100ms时钟脉冲用的特殊辅助继电器。

M8013—产生1s时钟脉冲用的特殊辅助继电器。

M8014—产生1min时钟脉冲用的特殊辅助继电器。

其中M8011和M8012时钟脉冲时序图如图2-17所示。

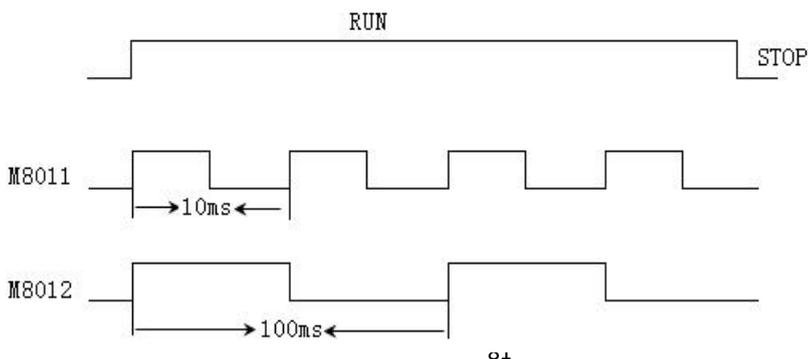


图 2-17 辅助继电器 M8011、M8012 时



Y1、Y2、Y3、Y4 和 Y5 分别外接五个指示灯 HL1、HL2、HL3、HL4 和 HL5。请同学们分析当按下启动按钮 SB1 时，各个灯的发光情况；当按下停止按钮 SB2 时，各个灯的发光情况；当按下 SB1 后一段时间后，再按下 SB3 时，各个灯的发光情况又如何？

### 三、辅助继电器应用实例——三相异步电动机的点动、连续运行控制

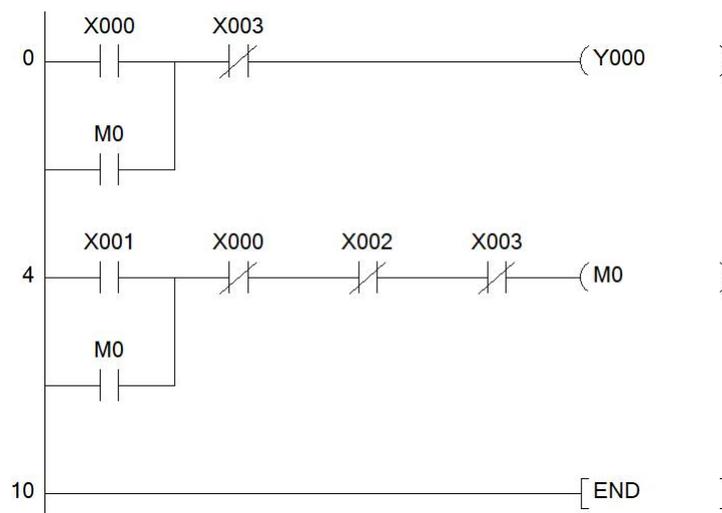
某生产设备有一台电动机，除连续运行控制外，按下 SB1 是，电动机实现点动，用于调整生产设备的运行；当按下按钮 SB2 时，电动机实现连续运行；按下停止按钮 SB3 时，电动机停止运行；电动机要有过载保护。

控制要求分析：点动和连续运行之间要能相互切换，停止按钮只控制连续运行；过载保护对点动和连续运行都起保护作用。

I/O 分配表：

输入		输出	
元件及功能	地址分配	元件及功能	地址分配
点动按钮 SB1	X1	接触器 KM 1	Y0
连续运行启动按钮 SB2	X2		
停止按钮 SB 3	X0		
热继电器 FR	X 3		

梯形图：



计划与决策:

## 工作计划表

任务:

小组成员:

日期:

序号	工作阶段/步骤	附注	准备清单 设备/工具/附注工具	工作安全	工作质量 环境保护	工作时间	
						实际	计划
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

### 任务实施:

请各组按照所制定的计划完成改装任务。

注意:

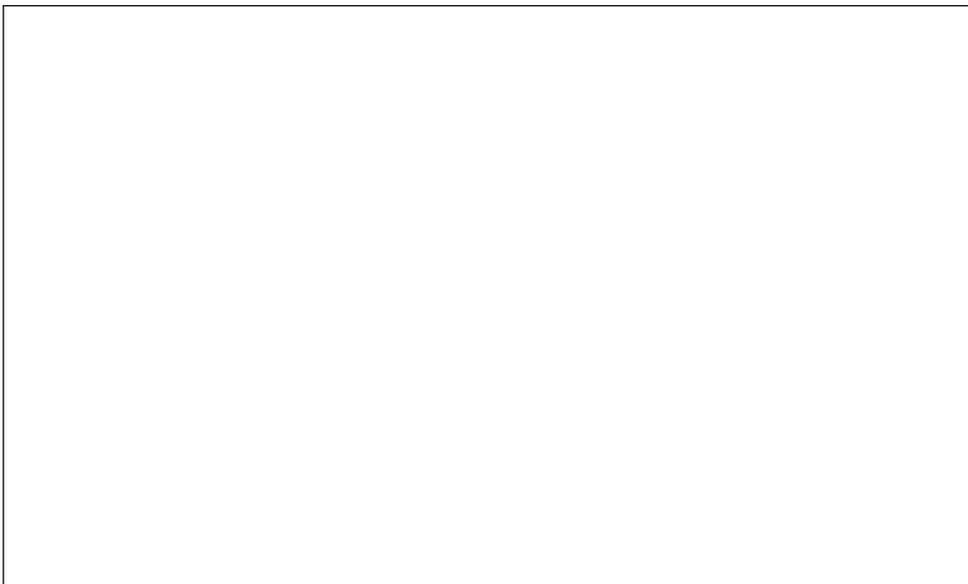
合理安排时间并记录实际使用时长;

小组成员应合理分工, 责任到人, 完成器件选型、器件安装、线路连接、程序编写、系统调试等任务。

### 3、控制要求分析

根据图 2-2-1 分析可知, 发出命令的元器件分别为正向启动按钮、反向启动按钮、停止按钮、热继电器的触点, 其作为 PLC 的输入量; 执行命令的元器件是正反向交流接触器, 通过它们的主触点可以接通三相异步电动机的正负序三相交流电源, 从而实现实现电动机的正向或反向运行控制, 它们的线圈作为 PLC 的输出量。

### 2、元件布置图

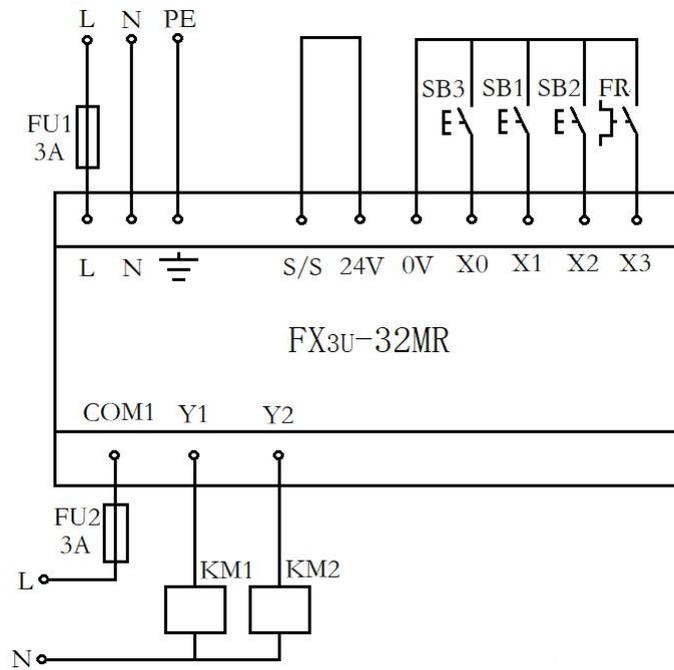


### 3、I/O 分配表

输入		输出	
元件及功能	地址分配	元件及功能	地址分配
正向启动按钮 SB1	X1	接触器 KM 1	Y0
反向启动按钮 SB2	X2	接触器 KM 2	Y 1
停止按钮 SB 3	X0		

热继电器 FR	X 3		
---------	-----	--	--

#### 4、PLC 接线图



#### 5、材料选择清单

姓名:		小组成员:			
任务:		领取日期:			
序号	名称 (型号)	规格	数量	安全注意事项	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

## 6、工具清单

序号	名称	规格	数量	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

## 7、器件清单

序号	名称	规格	数量	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

## 8、控制柜配盘

请按配盘相关要求进行硬件接线。

## 9、梯形图程序设计

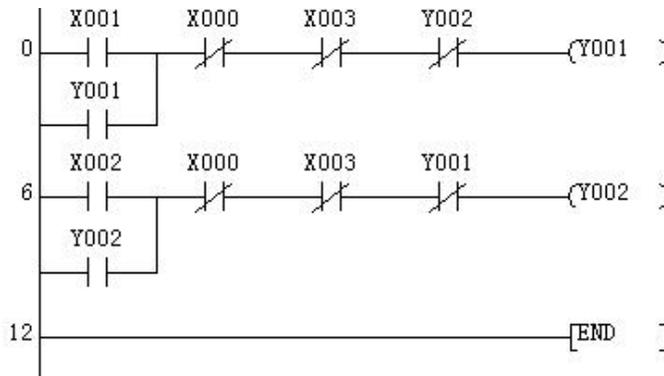


图 2-15 电动机正反转控制梯形图

检查调试：

启动检查					
姓名：			日期：		
电路：			使用的 DIV-VDE		
1、目视检测					
序号	检查项目		存在缺陷		附注
1	工具器具装备		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2	导线连接（绝缘、剥线、连接等）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
3	导线选择和敷设（截面、芯线颜色）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
4	针对直接接触的保护（手指保护）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
5	过电流和保护装置（选择、调节、功能）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2、主电路的电源电压测量					
序号	测量值 1	测量值 2	设定值	测量值	测试值符合 DIV-VDE
1					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

4					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3、控制电路的电源电压测量					
序号	测量点 1	测量点 2	检查电压	测量值	按照 DIV-VDE 的最低值
1					
2					
3					
4					
5					
4、功能检查					
所有观察点功能与功能说明和电路图相符合？					
是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>					
附注：					

评价：

任务：		日期：					
组别	小组成员	团队能力	信息与计划	安全性与功能检查	实施	结果演示	总分
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

备注：评分包含团队能力（20%）、信息与计划（20%）、安全性与功能检查（20%）、实施（20%）、结果演示（20%）

知识进阶：

### 一、停止信号、过载保护信号的处理

在继电器-接触器控制系统中，停止信号和过载保护都是使用常闭按钮实现，但在 PLC 控制系统中，停止信号和过载保护信号既可以使用常闭触点也可以使用常开触点。停止信号和过载保护信号如果使用常闭触点，在梯形图设计中对应的输入继电器需要使用常开触点，如图 2-3-1 所示；停止信号和过载保护信号如果使用常开触点，在梯形图设计中对应的输入继电器使用常闭触点，如图 2-3-2 所示。在本书中，为了便于读者理解梯形图程序，停止信号和过

载信号使用常开触点。

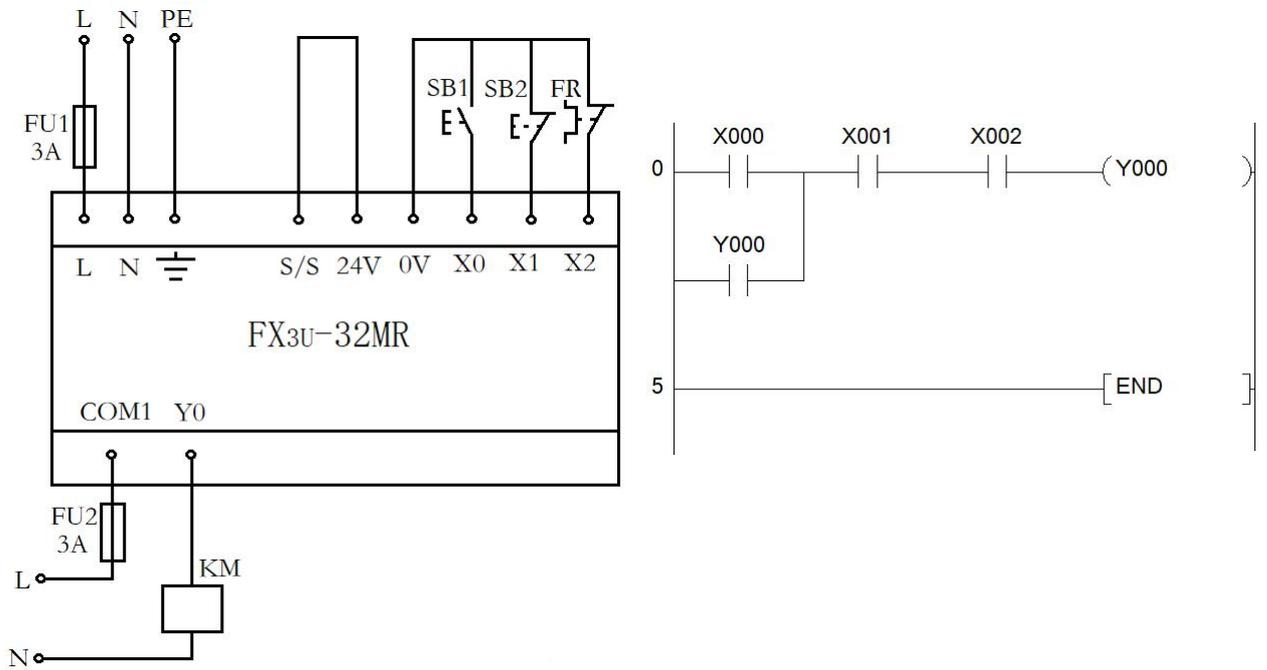


图 2-3-1 停止信号和过载保护信号使用常闭触点

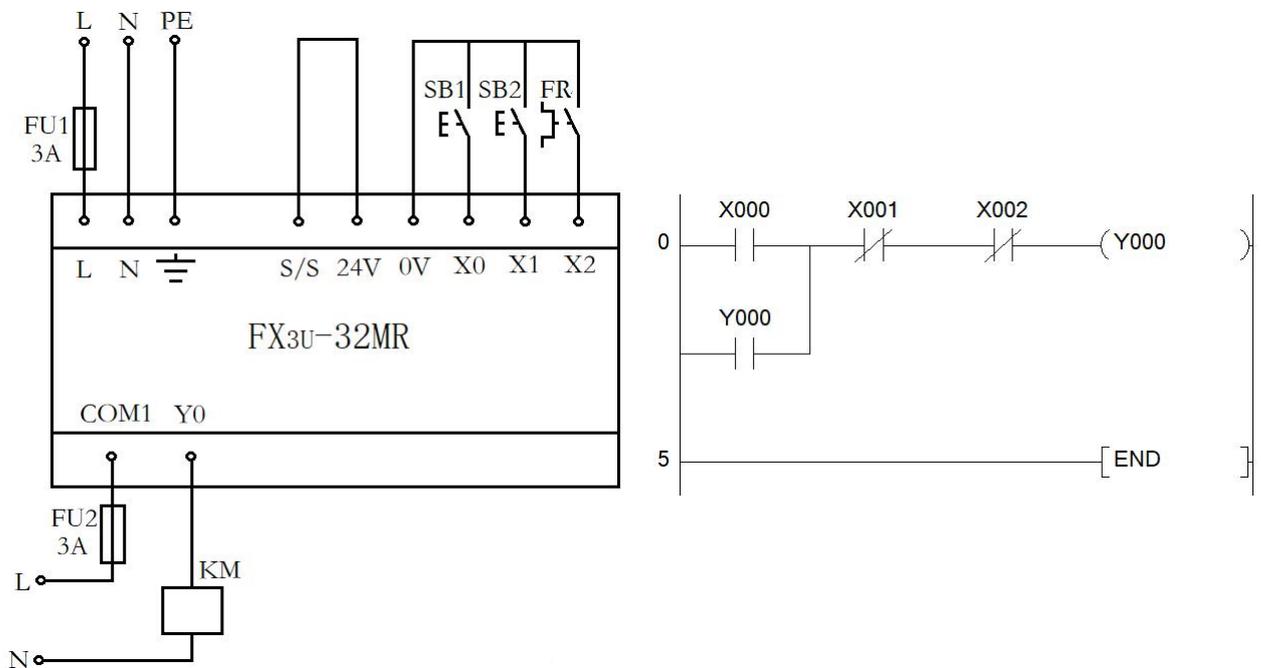


图 2-3-2 停止信号和过载保护信号使用常开触点

另外，在过载信号的处理中，也有把过载信号接到 PLC 输出端，如图 2-3-3 所示。这种接线方式的优点是可以节省一个 PLC 输入端口，缺点是在实际运行

过程中，会出现电动机二次启动现象。若电动机长期过载，FR 常闭触点会断开，

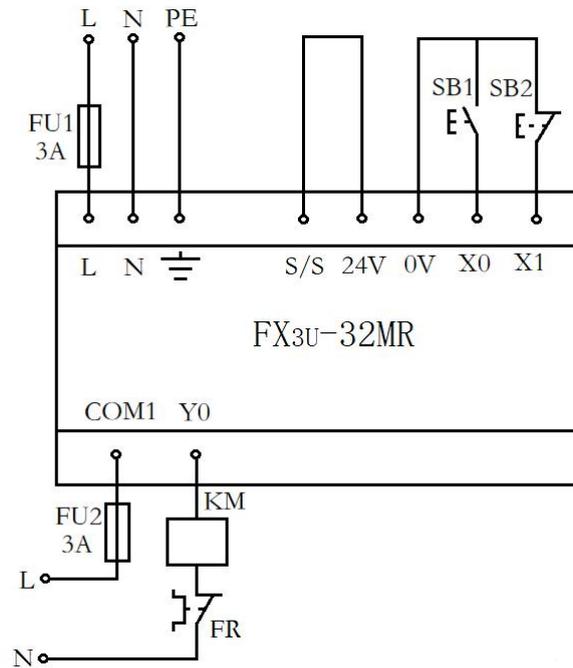


图 2-3-3 电动机连续运行控制接线图 3

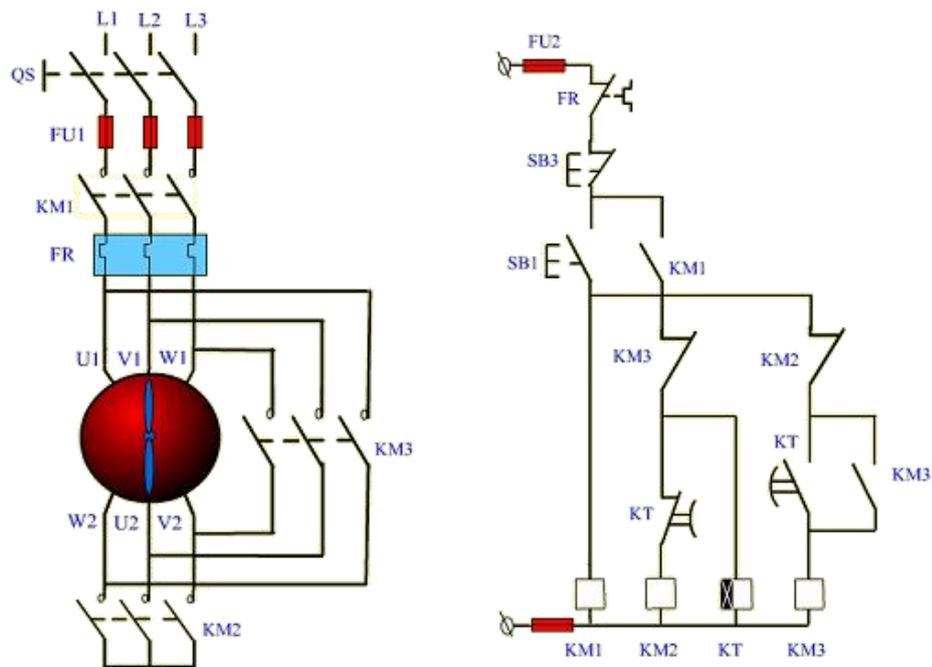
电动机则停止运行，保护了电动机。但随着 FR 热元件的热量散发而冷却后，常闭触点又会自动恢复，或人为手动复位，若 PLC 仍未断电，程序依然在执行，这样电动机将在无人操作的情况下再次启动，因而会给机床设备和操作人员带来危害和灾难。因而，在 PLC 输入点容量充足的情况下，不建议将热继电器的触点接到输出端。

## 学习领域 6 机电一体化系统驱动编程与调试

学习情境	学习情境二 典型电气控制线路的 PLC 改装	任务	任务四 Y-Δ 降压启动控制
授课班级	20 中德班	授课学时	4 学时

### 任务描述

现有一三相异步电动机启动控制线路，相关电气图纸已给出。请按要求对此控制系统改装为 PLC 控制。

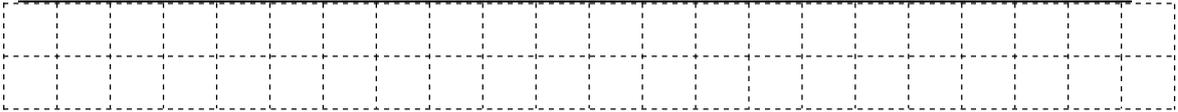


请按下述控制要求完成线路的改装与调试。

#### 改装要求：

- 8、保持原有控制按钮数量及功能；
- 2、维持原有控制过程：启动时采用星三角降压启动，停止时直接停止；
- 3、保留原有线路主电路部分，仅改装控制线路部分实现自动控制；
- 4、检修原有器件功能及线路可靠性





## 知识准备

### 一、定时器

PLC中的定时器(T)相当于继电器控制系统中的通电型时间继电器。它可以提供无限对常开常闭延时触点。定时器中有一个设定值寄存器(一个字长),一个当前值寄存器(一个字长)和一个用来存储其输出触点的映像寄存器(一个二进制位),这三个量使用同一地址编号。但使用场合不一样,意义也不同。

FX2N系列中定时器可分为通用定时器、积算定时器两种。它们是通过一定周期的时钟脉冲进行累计而实现定时的,时钟脉冲有周期为1ms、10ms、100ms三种,当所计数达到设定值时触点动作。设定值可用常数K或数据寄存器D的内容来设置。FX系列定时器分为通用定时器和积算定时器。

#### 1. 通用定时器

通用定时器的特点是不具备断电的保持功能,即当输入电路断开或停电时定时器复位。通用定时器有100ms和10ms通用定时器两种。

(1) 100ms通用定时器(T0~T199)共200点,其中T192~T199为子程序和中断服务程序专用定时器。这类定时器是对100ms时钟累积计数,设定值为1~32767,其定时范围为0.1s~3276.7s。

(2) 10ms通用定时器(T200~T245)共46点。这类定时器是对10ms时钟累积计数,设定值为1~32767,其定时范围为0.01s~327.67s。

如图2-19所示,当输入继电器X0接通时,定时器T200从0开始对10ms时钟脉冲进行累积计数,当计数值与设定值K123相等时,定时器的常开接通Y0,经过的时间为 $100 \times 0.01s = 1s$ 。当X0断开后定时器复位,计数值变为0,其常开触点断开,Y0也随之OFF。若外部电源断电,定时器也将复位。

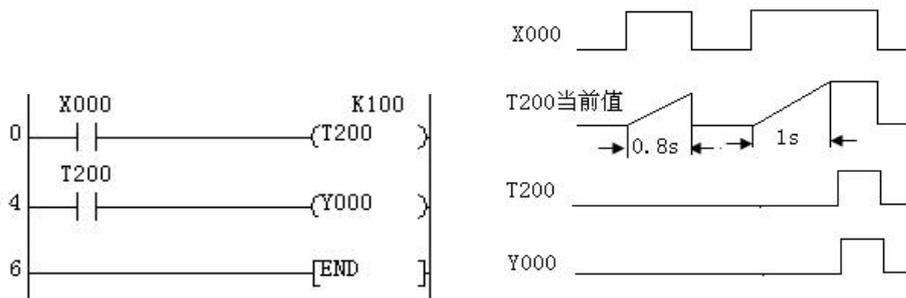


图 2-19 通用定时器梯形图及工作原理图

## 2. 积算定时器

积算定时器具有计数累积的功能。在定时过程中如果断电或定时器线圈OFF，积算定时器将保持当前的计数值（当前值），通电或定时器线圈ON后继续累积，即其当前值具有保持功能，只有将积算定时器复位，当前值才变为0。

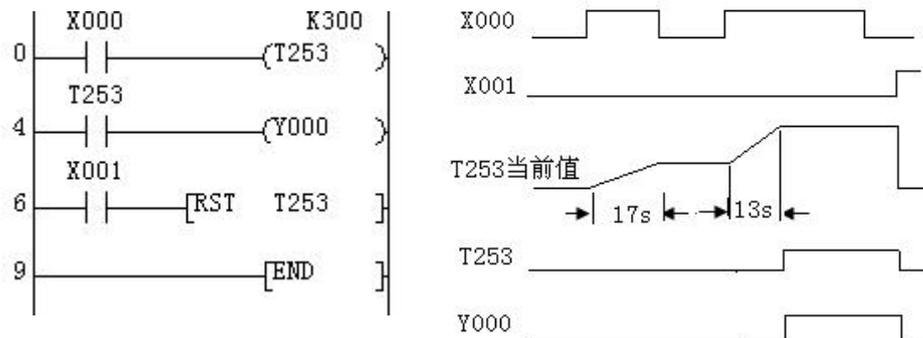


图 2-20 积算定时器梯形图及工作原理图

(1) 1ms积算定时器（T246~T249），共4点，是对1ms时钟脉冲进行累积计数的，定时时间范围为0.001s~32.767s。

(2) 100ms积算定时器（T250~T255），共6点，是对100ms时钟脉冲进行累积计数的，定时时间范围为0.1s~3276.7s。

如图2-20所示，当X0接通时，T253当前值计数器开始累积100ms的时钟脉冲的个数。当X0经 $t_0$ 后断开，而T253尚未计数到设定值K300，其计数的当前值保留。当X0再次接通，T253从保留的当前值开始继续累积，经过 $t_1$ 时间，当前值达到K300时，定时器的触点动作。累积的时间为 $t_0+t_1=0.1 \times 300=30s$ 。当复位输入X1接通时，定时器才复位，当前值变为0，触点也跟随复位。

## 二、定时器的应用

FX系列PLC的定时器为接通延时定时器。即定时器线圈通电后，开始延时，到达设定时间后，定时器的常开触点闭合，常闭触点断开。在定时器线圈断电时，定时器的触点瞬间复位。利用PLC中的定时器可以设计出各种各样的时间控制程序，其中有断开延时、时钟脉冲等控制程序。

### 1、断电延时控制程序

如果需要断电延时的定时器，可采用如图2-21所示电路，当X1接通时，Y0

动作并自锁，T0不动作。当X1断开后，T0由于X1的常闭触点闭合而接通，开始定时，定时10s后，T0的常闭触点断开，Y0和T0同时断开，实现了输入信号断开后输出延时断开的目的。

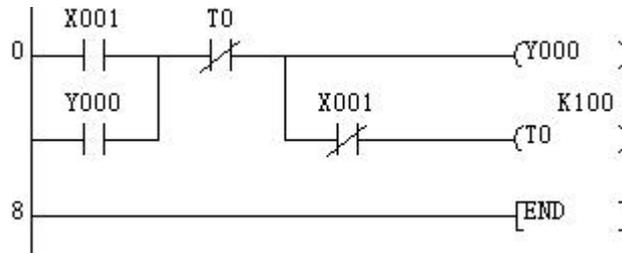


图 2-21 断电延时程序

## 2、连续脉冲程序

在PLC程序设计中，也经常需要一系列连续的脉冲信号作为计数器的计数脉冲或其他作用。如图2-22所示梯形图就是能产生连续脉冲的基本程序。

当X1常开触点闭合后，第一次扫描到T0常闭触点时，它是闭合的，于是，T0线圈得电，经过1s的延时，T0常闭触点断开。T0常闭触点断开后的下一个扫描周期中，当扫描到T0常闭触点时，因它已经断开，使T0线圈失电，T0常闭触点又随之恢复闭合，这样，在下一个扫描周期扫描到T0常闭触点时，又使T0线圈得电，重复以上动作，T0的常开触点连续闭合、断开，就产生了脉宽为一个扫描周期、脉冲周期为1s的连续脉冲，改变T0常数的设定值，就可以改变脉冲周期。

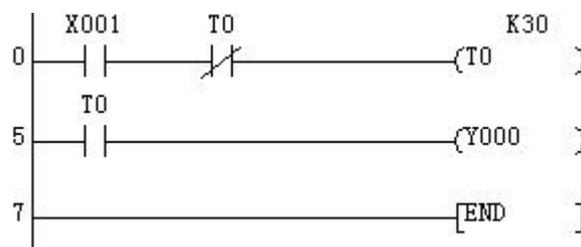


图 2-22 连续脉冲程序

## 3、振荡电路程序

PLC接线图、梯形图与时序图如图2-23所示。这里X0外接的SB是带自锁的按钮，如果Y0外接指示灯HL，HL就会产生亮3s灭2s的闪烁效果，所以该电路也称为闪烁电路。程序是这样实现这一功能的。当输入继电器X0的常开触点闭合后，第一次扫描到T1常闭触点时，它是闭合的，于是，定时器T0的线圈得电，经过2s的延时，T0的常开触点接通，输出继电器Y0的线圈得电，定时器T1开始定时，3s后，定时器T1的常闭触点断开，使定时器T0线圈失电，进而导致定时器T1的线圈和输出继电器Y0的线圈也同时失电。下一个扫描周期中，当扫描到T1常闭触点时，由于T1的线圈失电，T1常闭触点已经恢复闭合。这样，在下一个扫描周期扫描到



图 2-24 多个定时器串级使用程序

计划与决策:

## 工作计划表

任务:

小组成员:

日期:

序号	工作阶段/步骤	附注	准备清单 设备/工具/附注工具	工作安全	工作质量 环境保护	工作时间	
						实际	计划
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

**实施:**

请各组按照所制定的计划完成改装任务。

注意:

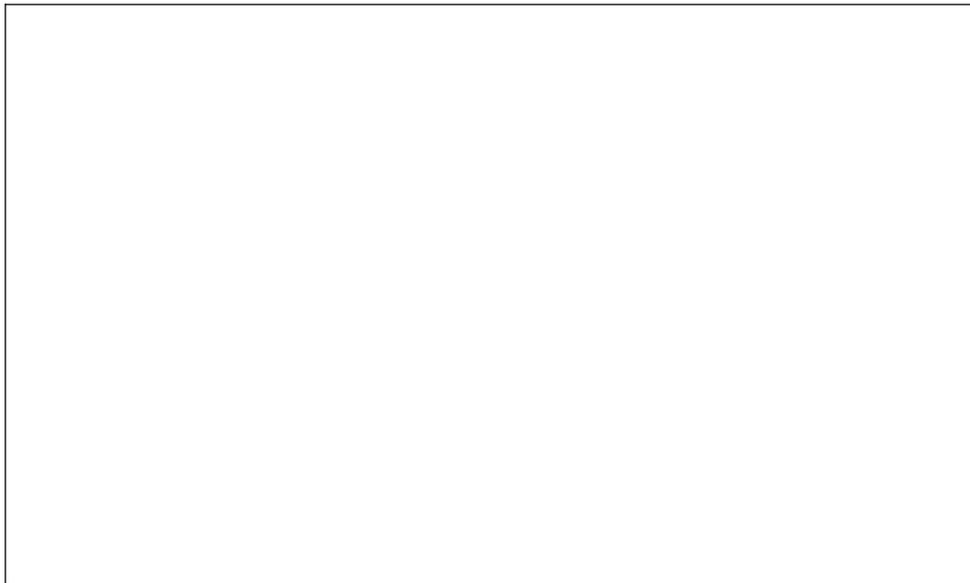
合理安排时间并记录实际使用时长;

小组成员应合理分工, 责任到人, 完成器件选型、器件安装、线路连接、程序编写、系统调试等任务。

**4、控制要求分析**

根据 Y-Δ 降压启动控制要求可知, 发出命令的元器件分别为启动按钮、停止按钮和热继电器的触点, 它们作为 PLC 的输入量; 执行命令的元器件是三个交流接触器, 通过电源接触器与星形连接接触器及三角形连接接触器的不同组合实现电动机的星形启动和三角形运行。

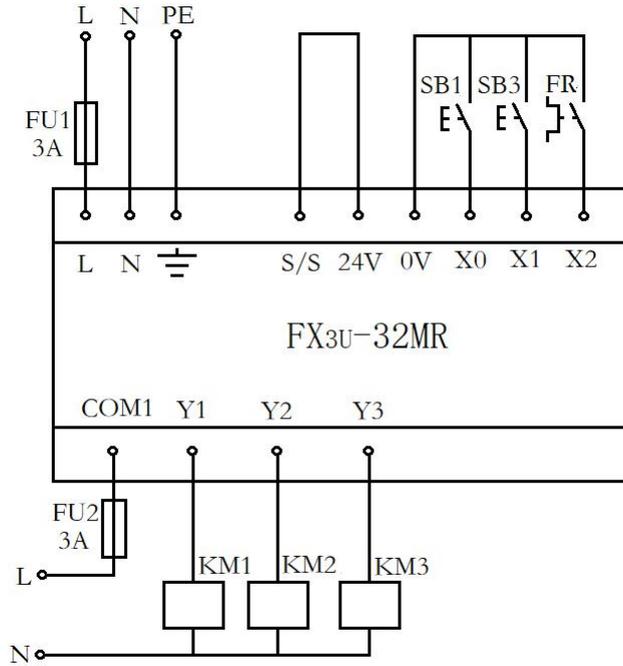
**2、元件布置图**



**3、I/O 分配表**

输入		输出	
元件及功能	地址分配	元件及功能	地址分配
启动按钮 SB1	X0	接触器 KM1	Y1
停止按钮 SB3	X1	接触器 KM2	Y2
热继电器 FR	X2	接触器 KM3	Y3

**14、PLC 硬件接线图**



### 5、材料选择清单

姓名：		小组成员：			
任务：		领取日期：			
序号	名称（型号）	规格	数量	安全注意事项	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

### 6、工具清单

序号	名称	规格	数量	备注
----	----	----	----	----

1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

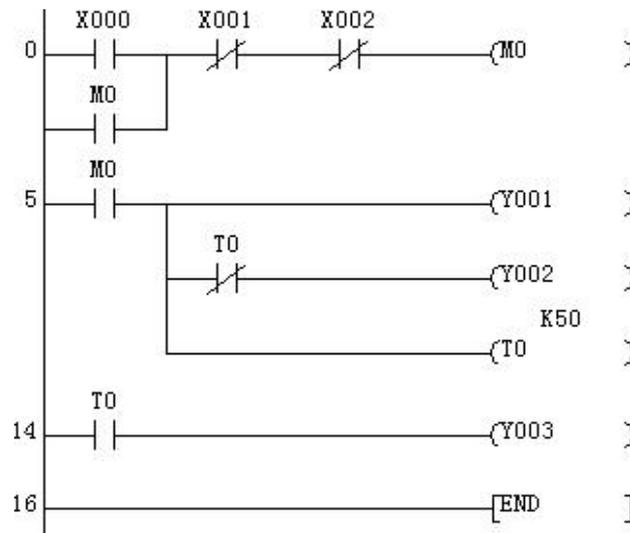
### 7、器件清单

序号	名称	规格	数量	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

### 8、控制柜配盘

请按配盘相关要求进行硬件接线。

### 9、梯形图程序设计



检查调试:

启动检查					
姓名:			日期:		
电路:			使用的 DIV-VDE		
1、目视检测					
序号	检查项目		存在缺陷		附注
1	工具器具装备		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2	导线连接(绝缘、剥线、连接等)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
3	导线选择和敷设(截面、芯线颜色)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
4	针对直接接触的保护(手指保护)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
5	过电流和保护装置(选择、调节、功能)		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2、主电路的电源电压测量					
序号	测量值 1	测量值 2	设定值	测量值	测试值符合 DIV-VDE
1					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3、控制电路的电源电压测量					
序号	测量点 1	测量点 2	检查电压	测量值	按照 DIV-VDE 的最低值
1					
2					
3					
4					
5					

4、功能检查
所有观察点功能与功能说明和电路图相符合？
是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
附注：

评价：

任务：		日期：					
组别	小组成员	团队能力	信息与计划	安全性与功能检查	实施	结果演示	总分
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

备注：评分包含团队能力（20%）、信息与计划（20%）、安全性与功能检查（20%）、实施（20%）、结果演示（20%）





元件用十进制编号。

#### 4. 计数器的分类

内部计数器用来对PLC内部信号X、Y、M、S等计数，属于低速计数器。内部计数器可分为以下两类。

(1) 16位加计数器 (C0~C199)，共200点，C0~C99为通用型，C100~C199为断电保持型（即断电后能保持当前值，待通电后继续计数）。

图2-29给出了加计数器的工作过程，图中X0的常开触点接通后，C0被复位，它的当前值被置0，它的常开触点断开，常闭触点接通。X1用来提供计数输入信号，当计数器的复位输入电路断开，计数输入电路由断开变为接通（即计数脉冲的上升沿）时，计数器的当前值加1，在计够4个脉冲后，C0的当前值等于设定值4，其常开触点接通，常闭触点断开。再来计数脉冲时当前值不变，直到复位输入电路接通，计数器的当前值被置0。

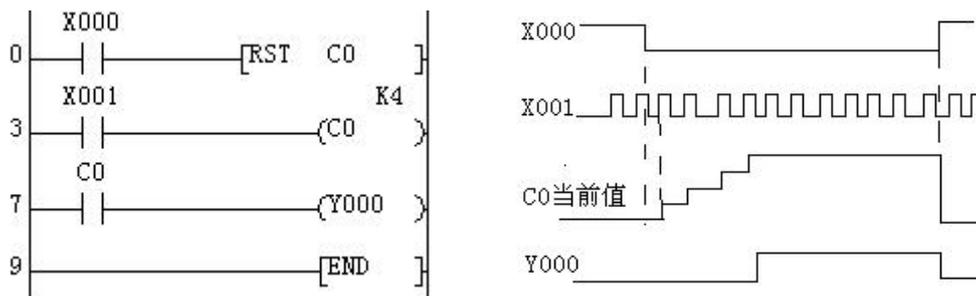


图 2-29 计数器的工作原理图

计数器的设定值为1~32767（16位二进制），设定值除了用常数K设定外，还可以间接通过指定数据寄存器进行设定，这时设定值等于指定的数据寄存器中的数。

(2) 32位加/减计数器 (C200~C234)，共有35点，C200~C219为通用型，C220~C234为断电保持型。这类计数器与16位加计数器除位数不同外，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-214783648~+214783647（32位）。

32位双向计数器是加计数还是减计数由特殊辅助继电器M8200~M8234设定。对应的特殊辅助继电器被置为ON时为减计数，反之为加计数。

计数器的设定值与16位计数器一样，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。在间接设定时，要用编号紧连在一起的两个数据计数器。

如图2-30所示，X0用来控制辅助继电器M8210，X0闭合时为减计数方式。X2

为计数输入，C210的设定值为4（可正、可负）。设C210置为加计数方式（M8210为OFF），当计数器的当前值由3变到4时，其常开触点接通，当前值大于4时计数器触点仍处于接通状态。只有当前值由4→3时，计数器才变为OFF。只要当前值小于3，则输出则保持为OFF状态。复位输入X1接通时，计数器的当前值为0，输出触点也随之复位。

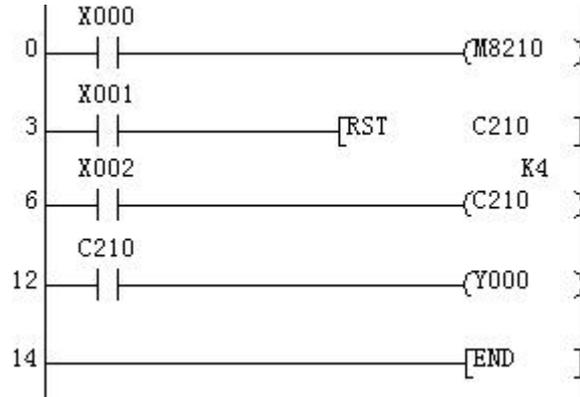


图 2-30 加减计数器应用程序

计划与决策:

### 工作计划表

任务:

小组成员:

日期:

序号	工作阶段/步骤	附注	准备清单 设备/工具/附注工具	工作安全	工作质量 环境保护	工作时间	
						实际	计划
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

**实施:**

请各组按照所制定的计划完成电动机循环启停控制任务。

**注意:**

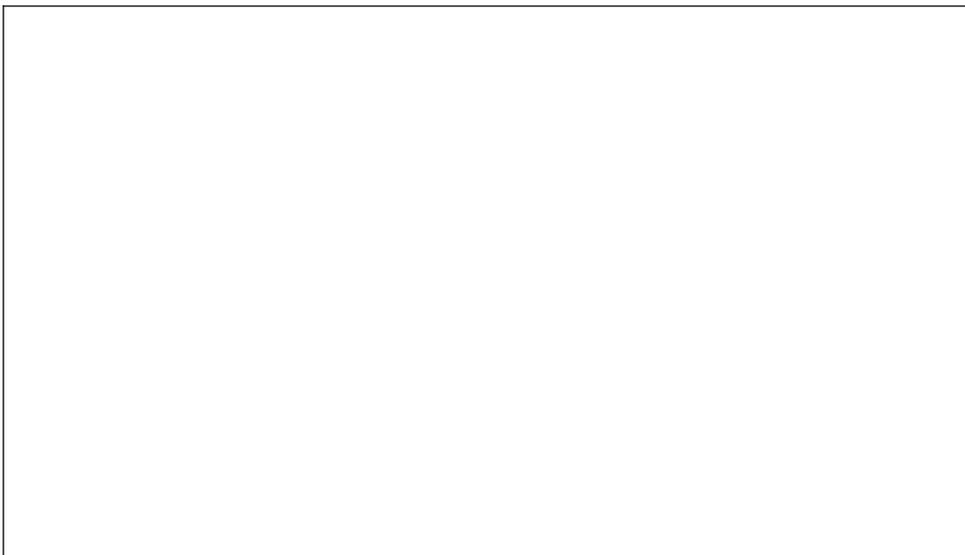
合理安排时间并记录实际使用时长;

小组成员应合理分工, 责任到人, 完成器件选型、器件布置及安装、线路连接、程序编写、系统调试等任务。

**5、控制要求分析**



**2、元件布置图**



**3、I/O 分配表**



18、PLC 硬件接线图

5、材料选择清单

姓名：		小组成员：			
任务：		领取日期：			
序号	名称（型号）	规格	数量	安全注意事项	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

6、工具清单

序号	名称	规格	数量	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

#### 7、器件清单

序号	名称	规格	数量	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

#### 8、控制柜配盘

请按配盘相关要求进行硬件接线。

#### 9、梯形图程序设计。

#### 10、设备调试。



检查调试：

启动检查					
姓名：			日期：		
电路：			使用的 DIV-VDE		
1、目视检测					
序号	检查项目		存在缺陷		附注
1	工具器具装备		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2	导线连接（绝缘、剥线、连接等）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
3	导线选择和敷设（截面、芯线颜色）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
4	针对直接接触的保护（手指保护）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
5	过电流和保护装置（选择、调节、功能）		是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
2、主电路的电源电压测量					
序号	测量值 1	测量值 2	设定值	测量值	测试值符合 DIV-VDE
1					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5					是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3、控制电路的电源电压测量					
序号	测量点 1	测量点 2	检查电压	测量值	按照 DIV-VDE 的最低值
1					
2					
3					
4					
5					

4、功能检查
所有观察点功能与功能说明和电路图相符合？
是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
附注：
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

**评价：**

任务：		日期：					
组别	小组成员	团队能力	信息与计划	安全性与功能检查	实施	结果演示	总分
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

备注：评分包含团队能力（20%）、信息与计划（20%）、安全性与功能检查（20%）、实施（20%）、结果演示（20%）

**知识进阶：**
**一、定时器和计数器的组合使用**

当我们要延长的时间很长时，虽然可以采用多个定时器的串级方法来实现，但是要用到很多个定时器，浪费编程资源。针对这种情况，我们可以采用定时器和计数器共同来实现长延时。

如图2-31所示：当X0的常开触点接通时，通过辅助继电器M0进行自锁，定时器T0线圈得电并开始计时，延时10s后，T0的常开触点接通，计数器C10的线圈得电，开始计数；同时T0常闭触点断开，使其复位，即当前值重新变为零；定时器T0

复位的同时它的常闭触点又重新接通，使T0开始第二次计时。T0将会这样周而复

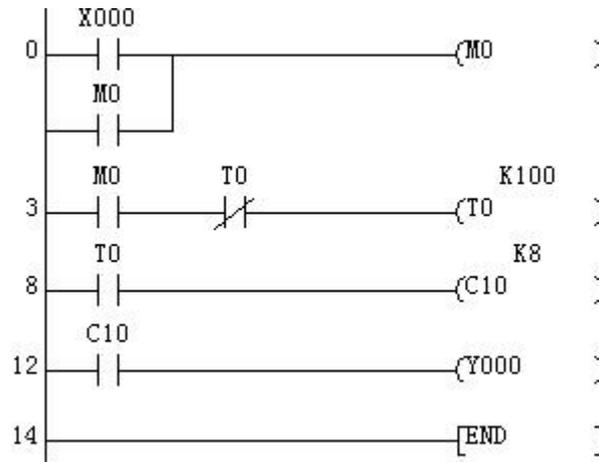


图 2-31 定时器和计数器组合长时延时程序

始地工作，直到输入信号 X0 的常开触点断开。从分析可看出：本程序是让 T0 产生一个周期性的脉冲信号，周期就是设定的时间 10s，即 T0 的常开触点每隔 10s 闭合一次，计数器 C0 计数一次，在图中当计数器 C0 计到 8 次时，对应的常开触点接通，输出继电器 Y0 得电。整个程序延时时间  $t=10s \times 8=80s$ ，从而实现了更长时间的延时。

## 二、梯形图设计基本规则

### 1. 从左到右

梯形图的各种继电器触点要以左母线为起点，各类继电器线圈以右母线为终点（可允许省略右母线）。从左至右分行画出，每一逻辑行构成一个梯级，每行开始的触点组构成输入组合逻辑，最右边的线圈表示输出函数（逻辑控制的结果）。

### 2. 从上到下

各梯级从上到下依次排列。

### 3. 线圈不能与左母线直接相连

可通过一个始终接通的特殊继电器来连接。

### 4. 线图右边无触点

不能将触点画在线圈右边，只能在触点的右边接线圈，否则将发生逻辑错误。

### 5. 两个或两个以上的继电器线圈不能串联使用，线圈可以并联使用。

### 6. 双线圈输出不可用

如果在同一程序中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，只有最后一次才有效，一般不应出现双线圈输出。双线圈输出在程序方面并不违反输入，但因输出动作复杂，因此应该谨慎使用。

#### 7. 合理布置

有串联电路相并联时，应将接点最多的那个串联回路放在梯形图最上面。有并联电路相串联时，应将接点最多的并联回路放在梯形图的最左边。这种安排程序简洁、语句也少，最主要的是节省存储空间。

另外，在设计梯形图时输入继电器的触点状态最好按输入设备全部为常开进行设计更为合适，不易出错。建议用户尽可能用输入设备的常开触点与 PLC 输入端连接，如果某些信号只能用常闭输入，可先按输入设备为常开来设计，然后将梯形图中对应的输入继电器触点取反（常开改成常闭、常闭改成常开）。