



武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# 第6章 PLC的控制系统设计





武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# 6.1 PLC控制系统设计原则和步骤

---



# 设计一般原则





### 1) 完整性原则：

最大限度地满足工业生产过程或机械设备的控制要求，包括**功能要求**、**性能要求**。

### 2) 可靠性原则：

确保 PLC 控制系统的**可靠性**。

### 3) 经济性原则：

力求控制系统**简单、实用、合理**。

### 4) 发展性原则：

适当考虑生产发展和工艺改进的需要，在 I/O 接口、通信能力等方面**留有余地**。

### 5) 便利性原则：

控制系统输入/输出设备的**标准化**原则和**多供应商**原则，以易于采购和替换，且易于操作，符合**人机工程学的要求和用户的操作习惯**。





# 设计步骤



# 1. 根据控制要求确定软硬件分工

- 首先应分析生产工艺流程，确定被**控制对象**。
  - ✓ 被控制对象包括机械传动系统、电气传动系统、液压传动系统、气动传动系统等。
- 在对生产工艺的特点和要求做深入分析的基础上，首先需要创建**设计任务书**。
  - ✓ 设计任务书创建实际上就是对技术要求的细化，把各部分必须具备的功能和实现方法以书面形式描述出来。
  - ✓ 设计任务书是设备选型、硬件配置、软件设计、系统调试的**重要技术依据**。
- 确定**软件与硬件分工**。
  - ✓ 控制系统的某些功能可以用硬件实现，也可以用软件实现，可以按照技术方案、经济性、可靠性等指标，选用硬件实现，或者选用软件实现，或者同时选用。



## 2. 确定用户的 I/O 设备

### ① 根据控制要求，确定**输入设备**。

输入设备包括拨码开关、编码器、传感器和主令开关（含按钮、转换开关、行程开关、限位开关等）。

### ② 根据控制要求，确定**输出设备**。

输出设备包括接触器、继电器、电磁阀、信号灯、LED 等，以及步进电动机、伺服电动机、变频电动机控制器等，并了解与输出设备相连的电动机的控制要求。

### ③ 根据用户的 I/O 设备数量，确定 PLC 的 **I/O 点数**。



### 3. 硬件设计



#### (1) 选择 PLC 的型号。

PLC 的容量，开关量输入输出点数，输出方式及其输出功率；模拟量输入输出点数；选择并确定电源模块、特殊功能模块的种类及数量。

#### (2) 建立 PLC 的 I/O 地址分配表。

分配 PLC 的 I/O 点，建立 I/O 地址分配表。

#### (3) 绘制 I/O 设备与 PLC 的连线图。

绘制出 PLC 的 I/O 端子与 I/O 设备的连线图。考虑必要的安全保护措施，如互锁和连锁保护、过电压保护、过电流保护、短路保护等。

#### (4) 电气系统设计

##### ✓ 电气控制柜设计：

电气布置图、电气安装图、操作面板布置图、接线端子图，设计控制台等。

##### ✓ 配线设计：

标注对应 PLC 模块编号、模块端子编号、PLC 输入/输出点的地址、输入/输出设备接线表、接线板的接线表、穿管电线表。线号排列清楚，便于现场配线施工。





## 4. 软件设计



- 根据生产**工艺流程**和**控制**要求,画出 PLC 控制系统**流程图**或者类似于 SFC 语言的**状态转移图**。表明被控制对象的动作顺序、状态转移条件。
- 根据 PLC 的输入/输出点的地址分配表, 将流程图或者状态转移图转化成**梯形图**。
- 选择合适编程工具将PLC程序送入PLC的**程序存储器**里。
- 一般选择 Windows 环境下的 PLC 编程软件, **输入、编辑**梯形图, 将其转化为 PLC 内部指令并**下载**到 PLC 的程序存储器, 进行**监控、调试和修改**。



# 5. 调试



## (1) 离线模拟调试。

- ✓ 编程环境下对程序运行进行**监控、调试**。
- ✓ 可用按钮或开关的输入，**模拟开关量的输入**进行反复调试，直到满足控制要求。
- ✓ 也可以使用**离线模拟软件**进行离线调试。

## (2) 现场联机调试。

- ✓ 在配线施工完成以后，结合现场设备进行**现场联机调试**。
- ✓ 运用**单步、监控跟踪**等方式调试。
- ✓ 在现场联机调试中发现与**时序相关的问题**，还可发现**配线错误**。
- ✓ **反复调试**，排除所发现的问题，直到**满足控制要求**。
- ✓ 现场调试完成后，将已调试通过的用户程序写入ROM将**程序固化**，并使 PLC 执行 ROM 中的用户程序。



## 6. 编制控制系统技术文件

### 控制系统技术文件

- ✓ 技术说明书
- ✓ 使用说明书（含操作规程和安全规程）
- ✓ 维护说明书
- ✓ 控制系统的电气原理图
- ✓ 电器元件明细表
- ✓ PLC 梯形图或者 PLC 指令清单
- ✓ 电气控制柜的电气布置图
- ✓ 电气安装图
- ✓ 操作面板布置图
- ✓ 接线端子图
- ✓ 穿管电线表等。



## 7. 控制系统交付使用及用户技术培训



**经过调试合格的 PLC 控制系统就可以交付用户使用了。在交付过程中，对用户进行技术培训，简单的系统可不安排技术培训。**

**步骤 1、2 是 PLC 控制系统设计的前期阶段。  
在前期阶段完成后，就进入 PLC 控制系统的实质性设计环节。**





武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## 6.2 PLC控制系统的硬件设计





武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

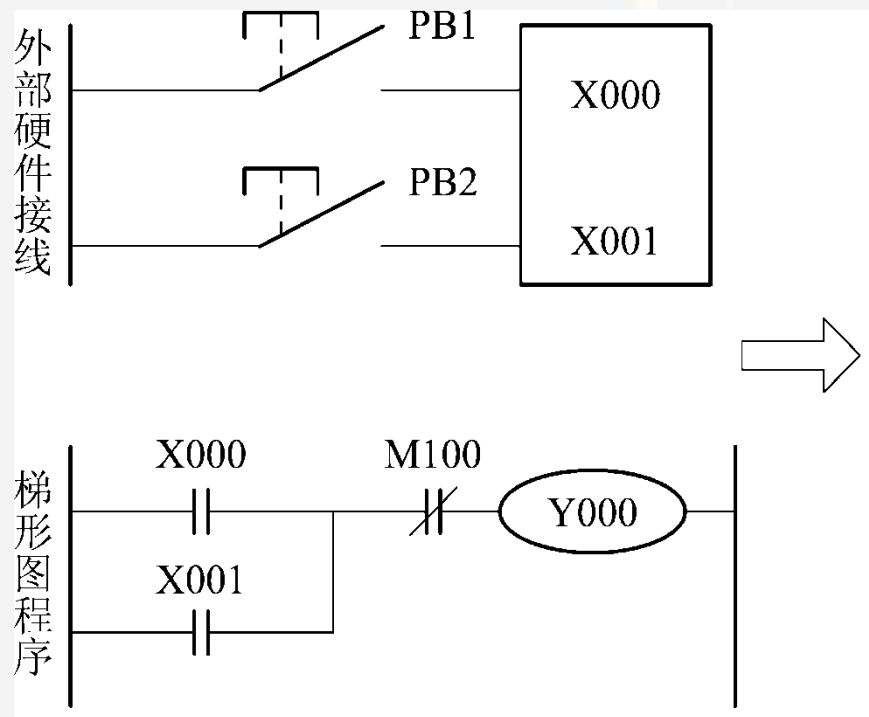
# I/O点数简化与扩展



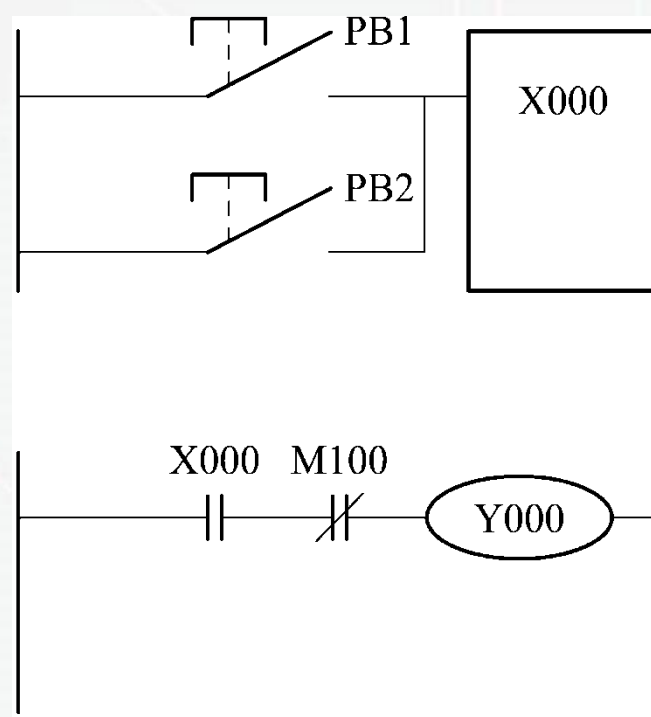
# 1. 输入点的简化

(1)具有机上控制功能的操作开关,在PLC处并联后再输入到PLC。

如：控制柜开关PB1和机上远程开关PB2，控制同一电机。



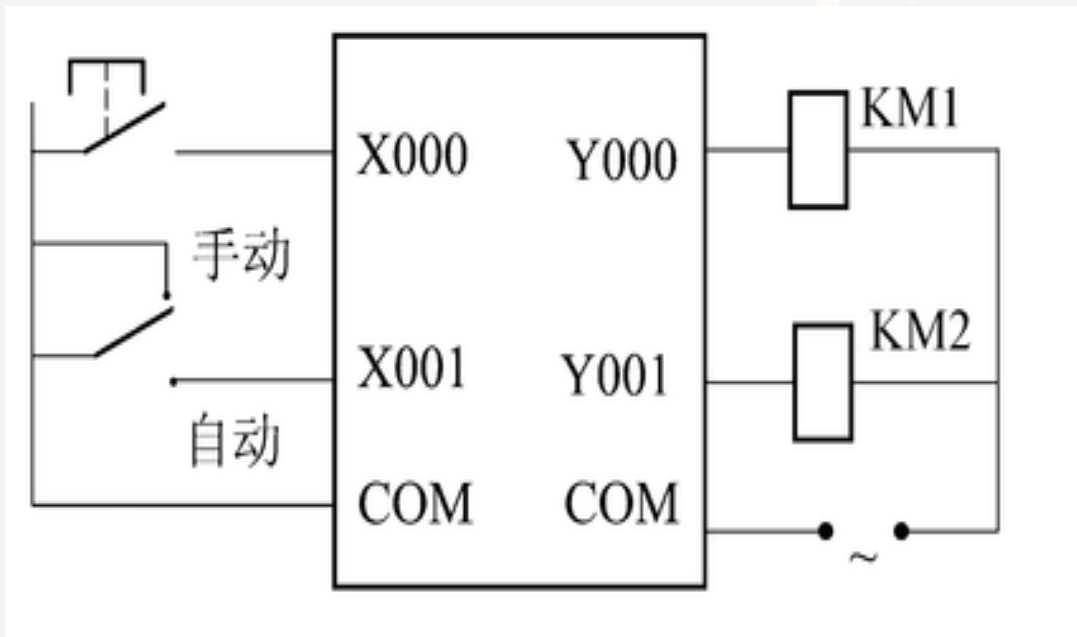
(a) 两开关分别接入法



(b) 两开关并为一点的接法

## (2)同一输入点分时使用

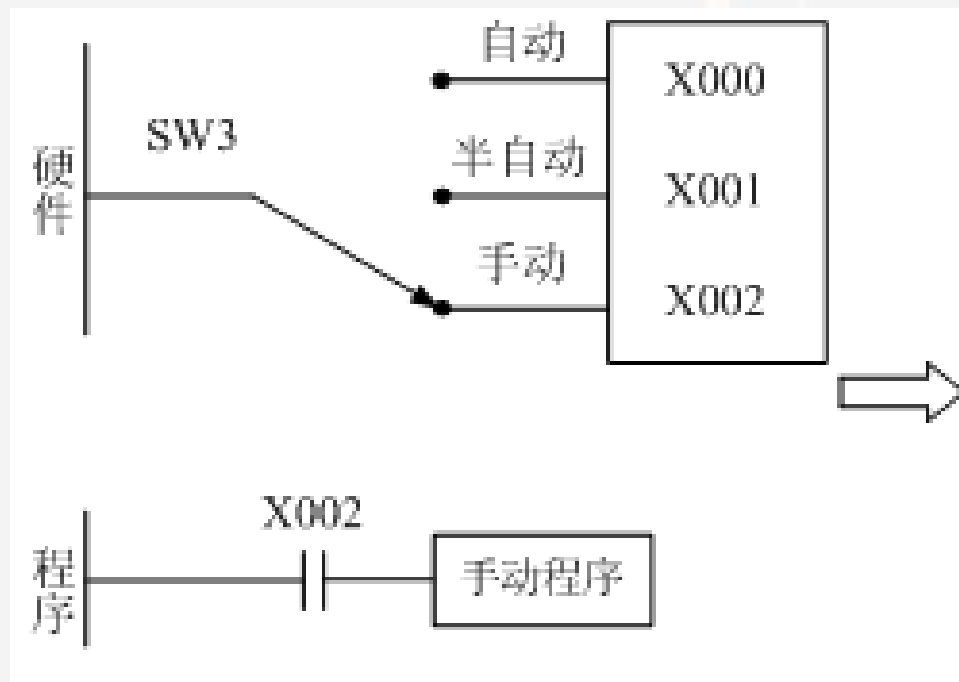
### 自动/手动输入切换



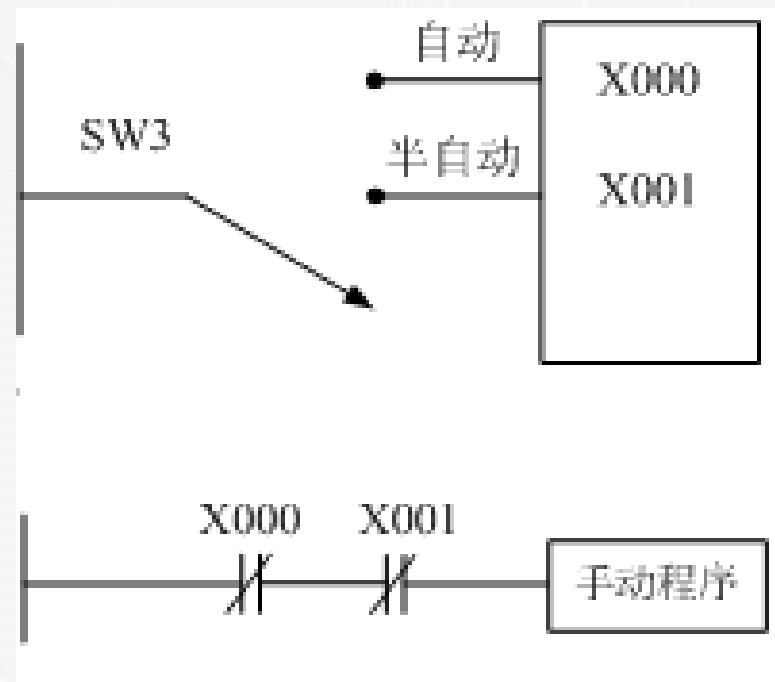
某系统有**自动/手动**两种工作方式，对应有自动和手动程序，两种工作方式**不会同时**进行，软件程序上也保证了两种程序**不会同时**执行。

这时可在同一PLC输入点上接入外部的自动/手动切换开关，从而**减少输入点**，也保证控制功能的实现，还实现**硬件互锁**。

### (3)利用PLC的程序减少输入点



(a) 三种控制方式的三点切换输入



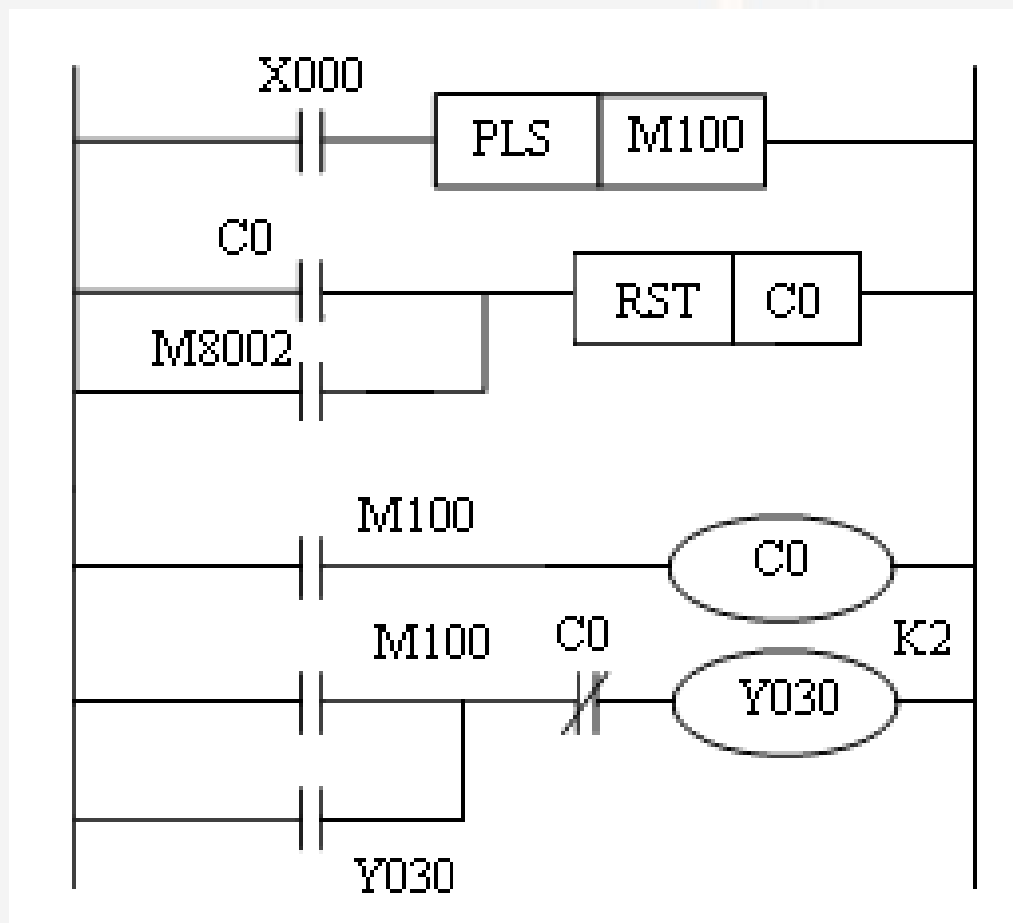
(b) 三种控制方式的两点切换输入



## (4) 利用PLC内部元件的功能减少输入点

只用一个输入按钮的启、保、停控制电路

用计数器实现一个按钮进行启、保、停控制。



✓PLC通电，M8002将C0复位。

✓按下X000按钮，M100脉冲使Y030接通并自保，C0值加1。

✓再按X000，M100脉冲使C0加至2而动作，其常闭触点断开，Y030失电；其常开触点使C0复位，恢复为0，导致常闭触点恢复接通。

✓再按一下X000，Y030又接通。

✓实现用一个按钮按一下就能启动、保持，再按一下就能停止的功能。

## 2.输出点数的简化



### (1) 通断状态完全相同的负载。

在 PLC的输出端点功率允许的情况下，可并联于同一输出端，即一个输出端点带多个负载，使用外部元件的触点，可以用一个输出点控制两个或多个不同要求的负载；

利用转换开关通过外部或由PLC控制的转换开关，PLC的每个输出点可以控制两个不同时工作负载。





## (2) 数字显示器代替指示灯

如果工作状态的指示灯或程序步比较多，可用数字显示代替指示灯。

例如：当有  $m$  个 BCD 码显示器显示 PLC 的数据时，可以使 BCD 显示器并联占用 4 个输出端点，而有另外  $m$  个输出端点进行轮番选通，大大节省输出点的占用。







### (3) 不通过PLC的控制

某些控制逻辑简单，而又不参与工作循环，或者工作循环开始之前必须预先起动的电器，可以不通过PLC控制。

例如：液压设备的油泵电动机起动，停止控制线路就可以不由PLC承担。





## (4) 利用接触器辅助触点减少输出点

许多控制系统尤其是中、大功率系统中，通常都含有接触器，必要时可考虑用**接触器的辅助触点**进行电气联锁或控制指示灯等，这样可少用 PLC 输出点。





## (5) 把多种故障显示或报警并联连接

有些系统可能有多种故障显示或报警，例如过压、过载、超速、越位、失磁，断相等显示或报警。

只要条件允许，可把部分或全部显示或报警电路并联连接，用一个或少用几个输出继电器驱动，也可少占用PLC输出点数。





武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# PLC的选型及模块选型



# 1. PLC类型的选择



根据控制系统的功能、性能、性价比等**技术性、经济性指标**要求，根据可靠性、可扩展性等指标要求，选择最合适的机型。

正确选择 PLC 的型号，适当**留有余量**。

**简单的控制系统：**选用普通的 PLC，或者同一系列中的低档型。

**控制系统要求高或可靠性要求高的控制系统：**选用中档或者高档系列。

**以模拟量控制为主的控制系统：**要考虑 I/O 响应时间。根据控制对象的实时性要求，确定 I/O响应时间或 PLC 扫描时间。

**I/O模块是 PLC 与被控对象之间的接口，模块选择是否合适直接影响控制系统的可靠性。**



## 2. 安装形式的选择

整体式（单元式）、模块式、结合型三种。

小型控制系统：

选择**单元式**，结构紧凑，可直接安装在控制柜内。

大型控制系统：

选择**模块式**，可组成**积木式**的大规模控制系统，并根据需要选择不同档次的 **CPU 独立模块** 及各种 I/O 模块、功能模块，使调试、扩展、维修均十分方便。



### 3. 输入/输出点数的确定



根据 I/O 设备的类型和数量，确定 PLC 的开关量输入的点数，开关量输出的点数。

**保留 15%左右的备用 I/O 点数。**

## 4. PLC存储容量的确定



### ➤ 1) 内存利用率

内存利用率：一个程序段中的接点数与存放该程序段所代表的机器语言所需的内存字数的比值。

### ➤ 2) 开关量输入输出点数

所需内存字数=开关量（输入+输出）总点数×10

### ➤ 3) 模拟量输入输出总点数

内存字数=模拟量点数×200

### ➤ 4) 程序编写水平

按计算存储器字数的 25%考虑余量。

### ➤ 5) 实时响应性

要求实时处理现场信号的场合，扫描速度成为选择的重要指标。  
对某些要求快速响应的控制系统，则必须考虑缩短系统响应时间的问题。



## 5. 输入接口电路形式的选择



**选择取决于输入设备的输入信号的种类，直流输入的电压等级一般为24V，交流输入的电压等级一般为220V，信号的种类可以分为直流、交流和交流/直流通用3种。**

**输入设备:**拨码开关、编码器、传感器和主令开关（含按钮、转换开关、行程开关、限位开关等）。

**开关类输入:**可选择共点式输入，可以共电源正极或者负极，也可以选择分组输入。

**传感器:**如编码器可能是4线制的。接近开关、光电开关，霍尔开关、磁性开关有2线或3线制的。

**✱应按照产品说明书推荐的电源种类和电压等级、接线方法进行接线。**





## 6. 输出接口电路形式的选择

**输出方式:**继电器输出、晶体管输出和双向晶闸管输出 3种。

继电器输出型可以接交流/直流负载。

晶体管输出型可以接直流负载。

双向晶闸管输出型可以接交流负载。

继电器输出型适合于通断频率较低的负载；

晶体管输出型和双向晶闸管输出型适合于通断频率较高的负载。

输出方式应与输出设备电气特性相一致，包括接触器、继电器、电磁阀、信号灯、LED 以及步进电动机、伺服电动机、变频电动机控制器等，并了解其与 PLC 输出端口相连时的电气特性。

PLC 所接负载的功率应当小于 PLC 的 I/O 点的输出功率。为提高可靠性，应当适当降额使用。

## 7. PLC扩展模块的选择



**模拟量输入模块:**用于连接传感器或者变送器并接受其电压信号或者电流信号。在控制系统中，传感器和变送器用于测量位移、角位移、力、压力、应变、速度、加速度、温度、湿度、流量等物理量。

**模拟量输出模块:**用于控制被控设备，例如，电动调节阀、比例电磁铁、比例压力阀、比例流量阀、液压伺服马达、伺服电动机等，这些设备的输出与模拟量输出模块给定的电压或电流成比例，以实现模拟量控制。

**特殊功能模块:**高速计数模块、PID 过程控制模块、运动控制模块、可编程凸轮开关模块、通信模块和网络通信模块等，用于实现特殊的控制功能。



## 8. PLC供电方式的选择



PLC供电方式有**直流和交流**两种。

**交流供电的 PLC** :如果遇到停电，则可自动切换到直流200V 左右供电。PLC 内部还带有变压器整流器，可将 220V 交流转换成 24V 直流输出，向需要24V直流的用户输入设备提供容量较小的直流供电。

**I/O设备直流供电**:应当分别采用独立的直流电源供电，以减少输出设备，主要是感性负载对输入的干扰。



## 9. PLC的外围电路设计



根据控制系统具体工艺流程做出**流程图**，具体安排输入、输出的配置并对I/O地址进行编号。

**注意点:**

- (1)**强、弱电信号**设备分别配置，不可混在一个回路中。
  - (2)将I/O设备中的开关、按钮、电磁阀等，**分别集中配置**，同类型的输入点可分在一个组内，并尽量分在同一回路中。
  - (3)按PLC上的配置顺序来给 I/O **地址编号**，方便编程及硬件设计。
- 
- ✓ 设计出PLC端子和现场信号之间的**连接电路图**。
  - ✓ 端子号与现场信号及编号之间的**对照表**。
  - ✓ 按照I/O设备和分配好的对应的 PLC上的I/O端子绘制PLC的**外围电路接线图**。





武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## 6.3 PLC控制系统的软件设计





武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# 经验设计法

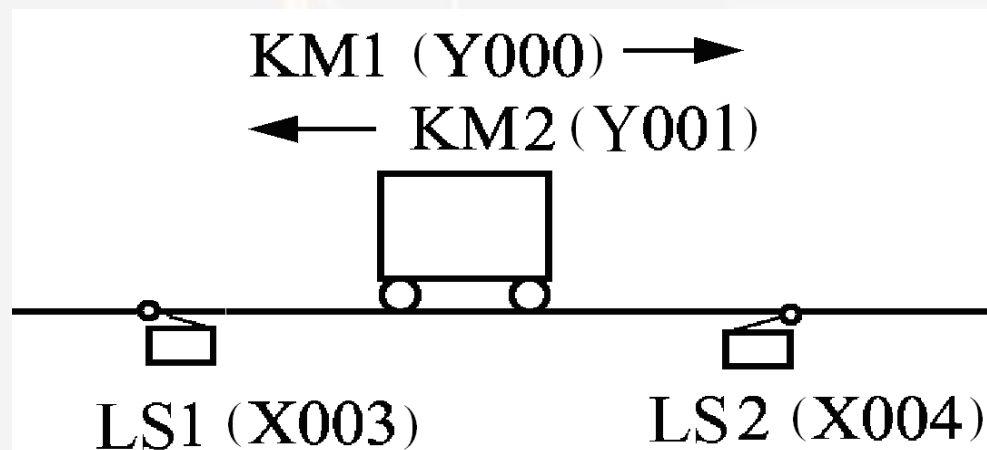
首先应注意收集**相同或类似**设备的控制方案和软件实现方法，并了解该方案是如何满足生产工艺和性能要求。

一些电工手册中给出了大量的常用的继电器控制电路，在用经验设计法设计梯形图时，可以参考这些电路。由于设计者掌握经验和资料的多样性、局限性和设计方法的不确定性，设计的控制方案不是唯一的。

经验设计法仅适用于控制方案简单、I/O 点数规模不大的系统。



# 【例】小车的左右行控制系统



小车左右行控制示意图

控制要求：

- ✓ 小车开始停在左限位开关LS1处。
- ✓ 按下启动按钮SB1，小车右行；行至限位开关LS2处时停止运动；10s后，小车左行返回起始位置。
- ✓ 按下停止按钮SB2，小车立即停止运行。
- 小车的左行和右行控制的实质是电动机的正反转控制。



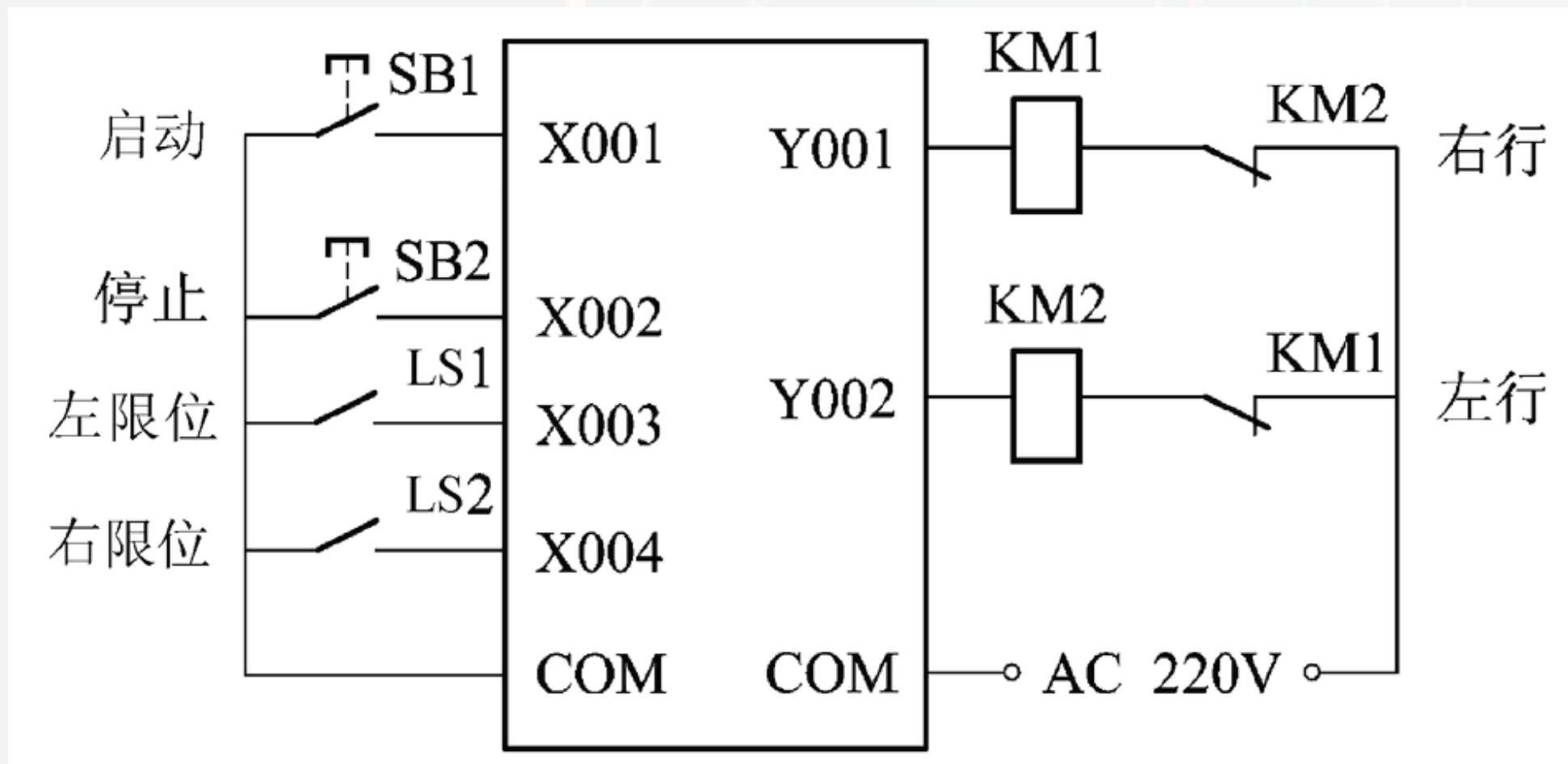
## ➤ 输入/输出点数并选择PLC型号

输入：按钮2个，行程开关2个，共4个输入点。

输出：控制电机正反转的接触器2个。可选FX<sub>2N</sub>系列PLC。

输入设备	输入点	输出设备	输出点
启动按钮SB1	X001	小车电机正转接触器KM1	Y001
停止按钮SB2	X002	小车电机反转接触器KM2	Y002
左行程开关LS1	X003		
右行程开关LS2	X004		

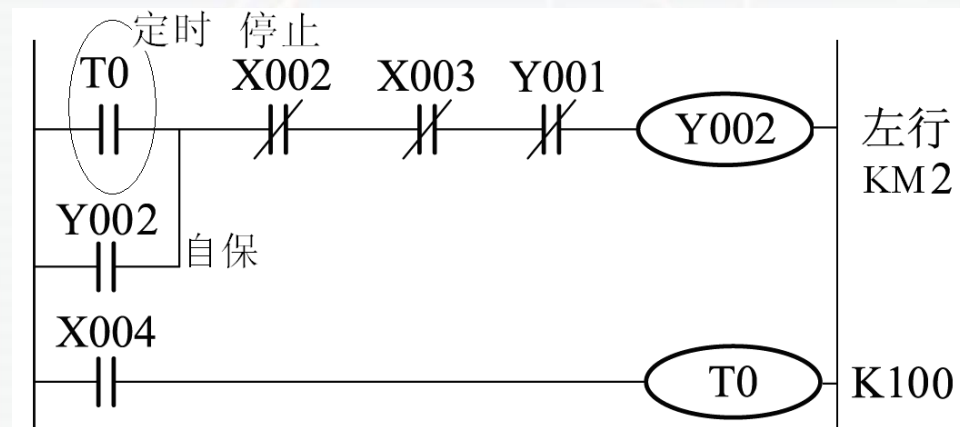
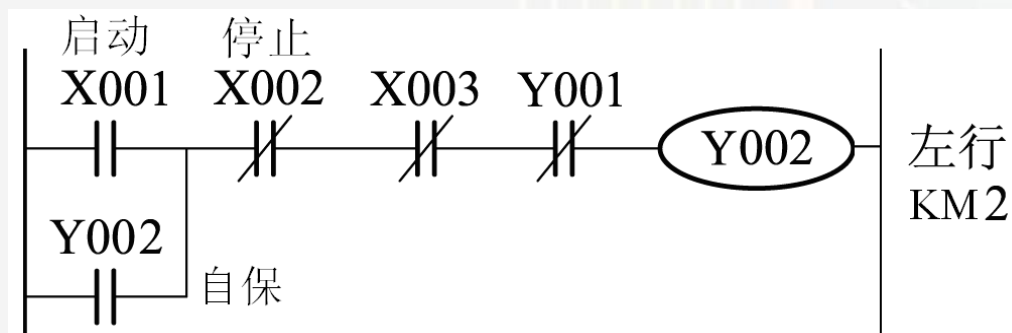
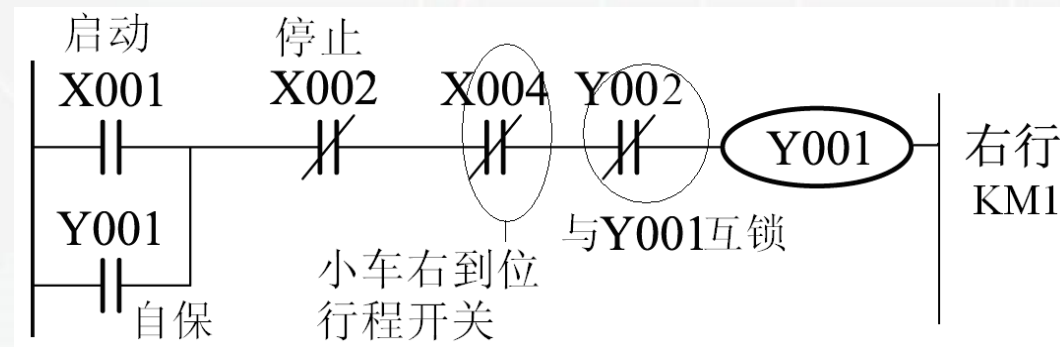
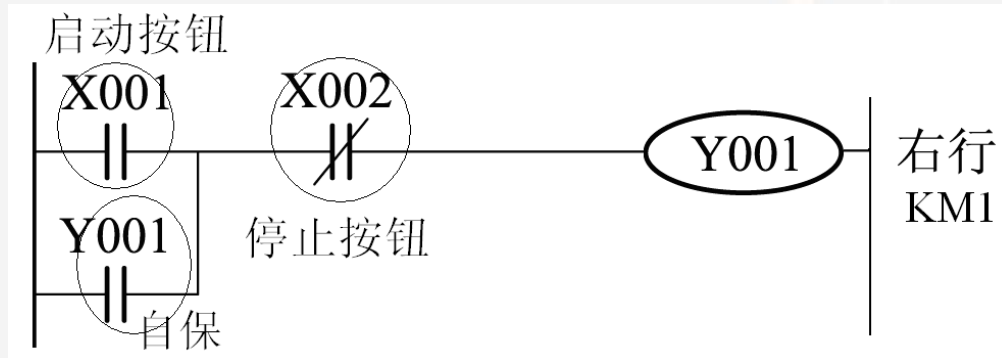
# 小车的左行和右行控制的PLC的外部接线图



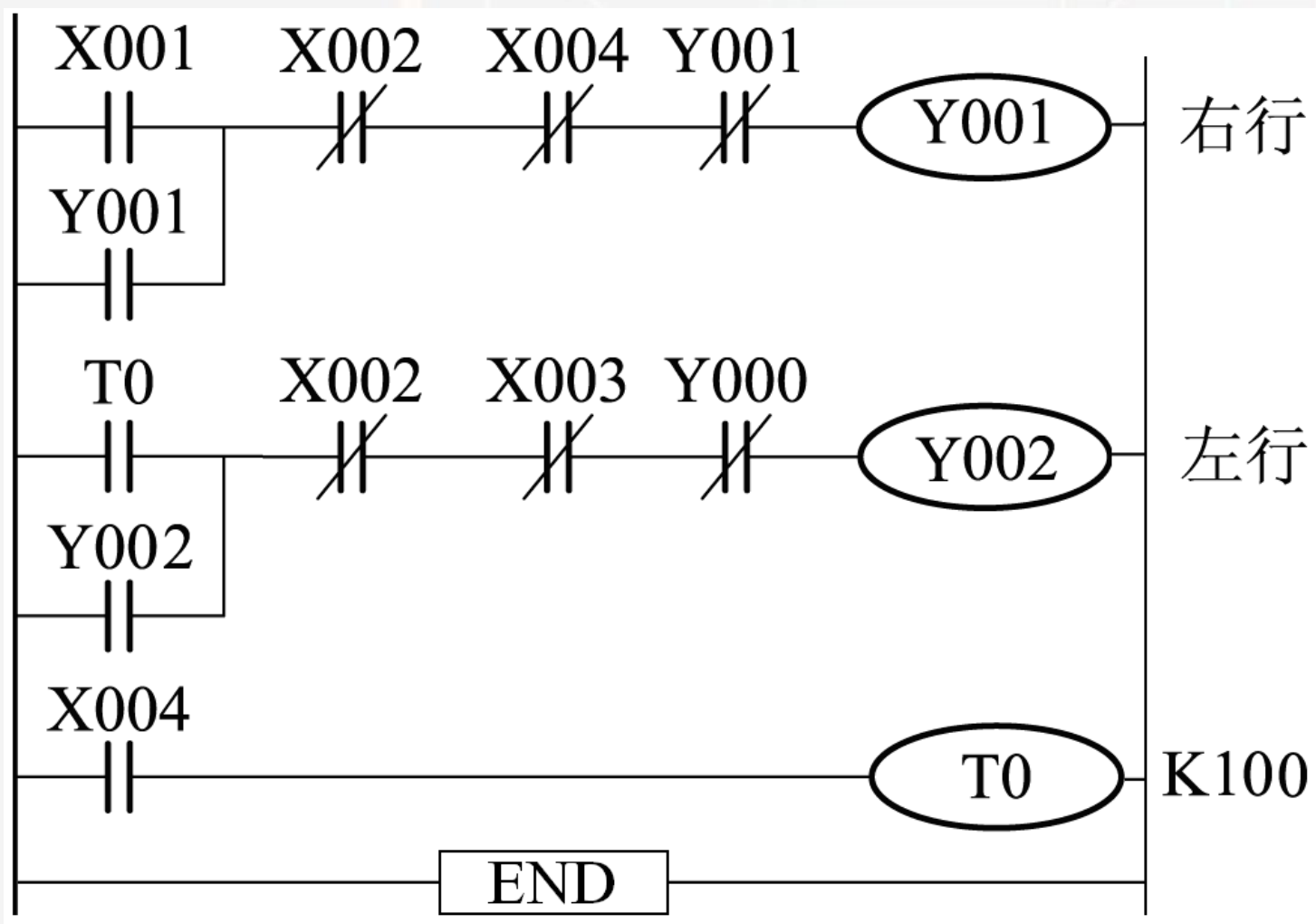
# 梯形图设计过程



武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



# 小车的左行和右行控制的PLC梯形图







武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# 继电器接触器控制线路转换设计法

## 1. 了解被控设备

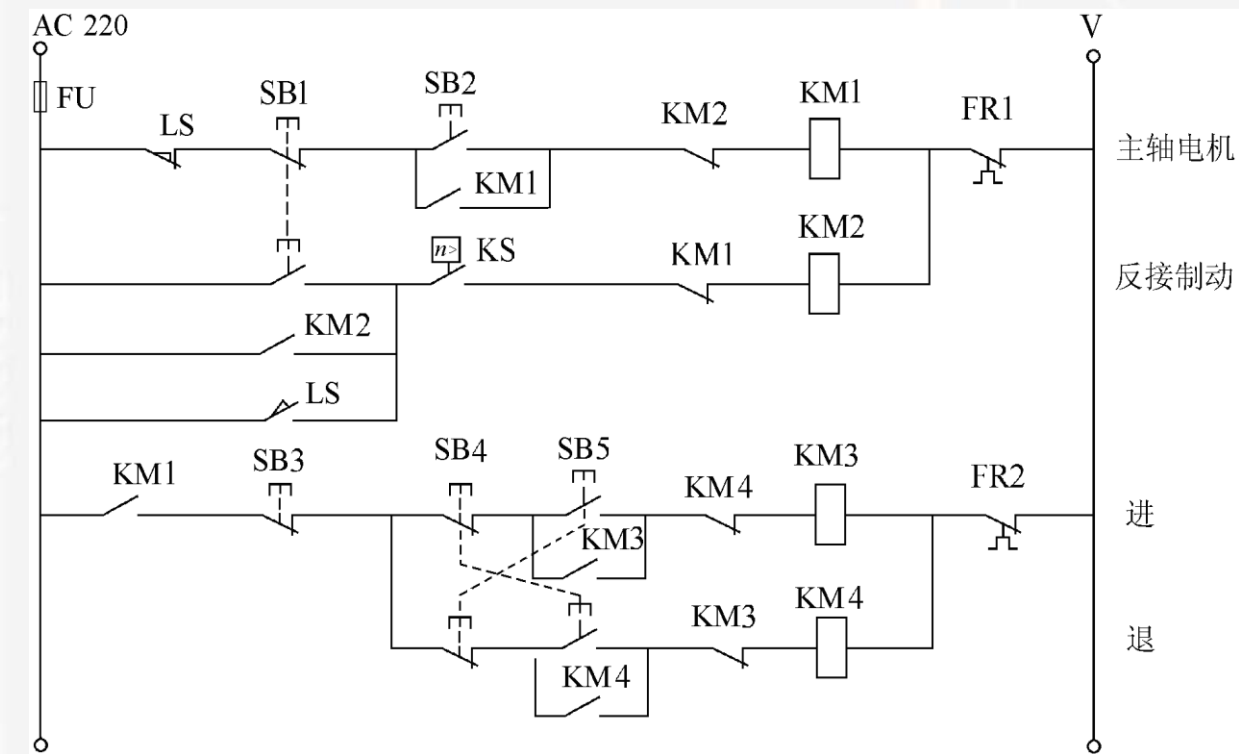
## 2. 两种电路的元件和电路的对应转换

- (1) 可以转换为PLC的外部接线图中的输入/输出设备的继电器电路中的元件。
- (2) 可以转换为PLC的内部梯形图中的继电器电路中的元件。

## 3. 画梯形图

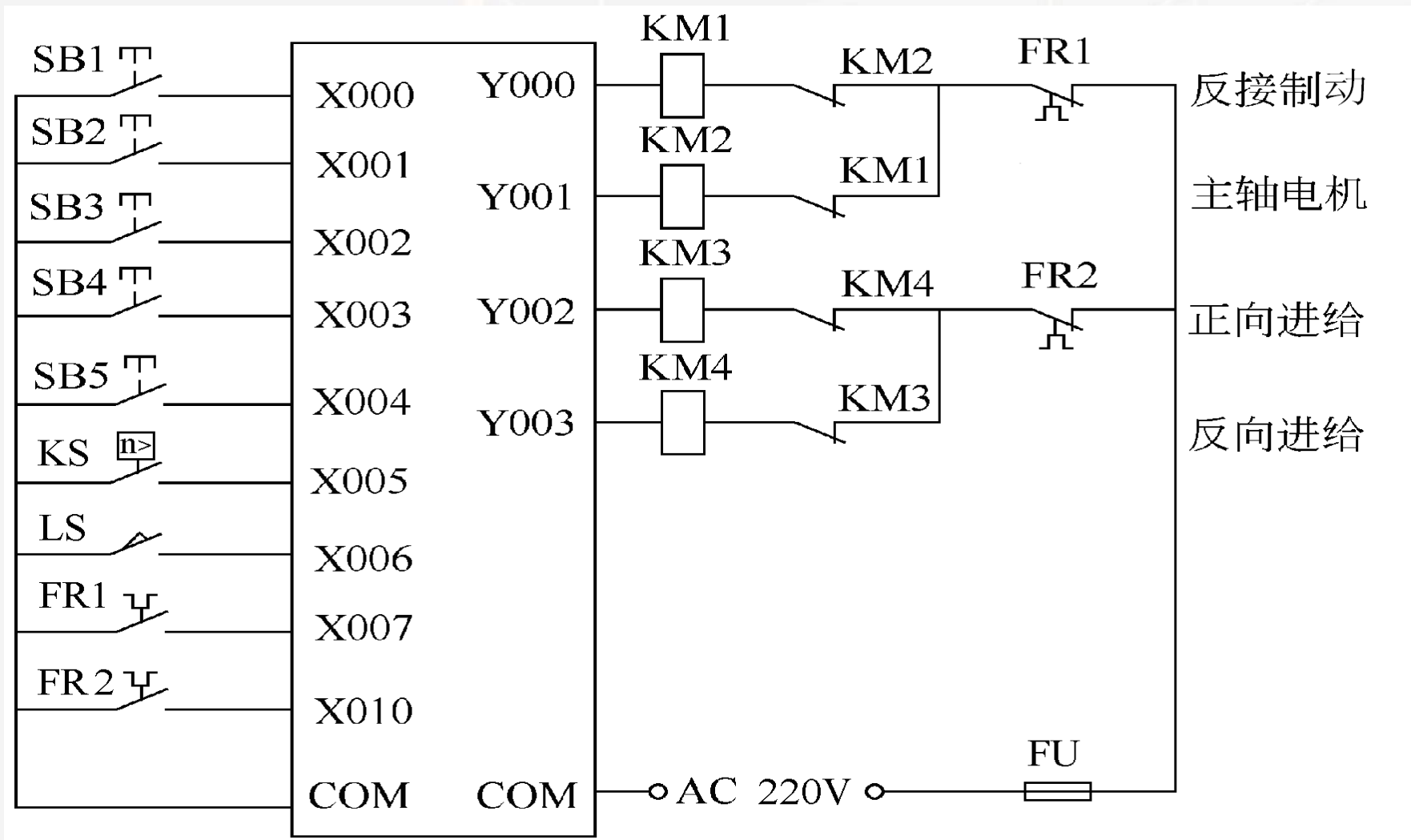


# 例：机床刀具主轴运动



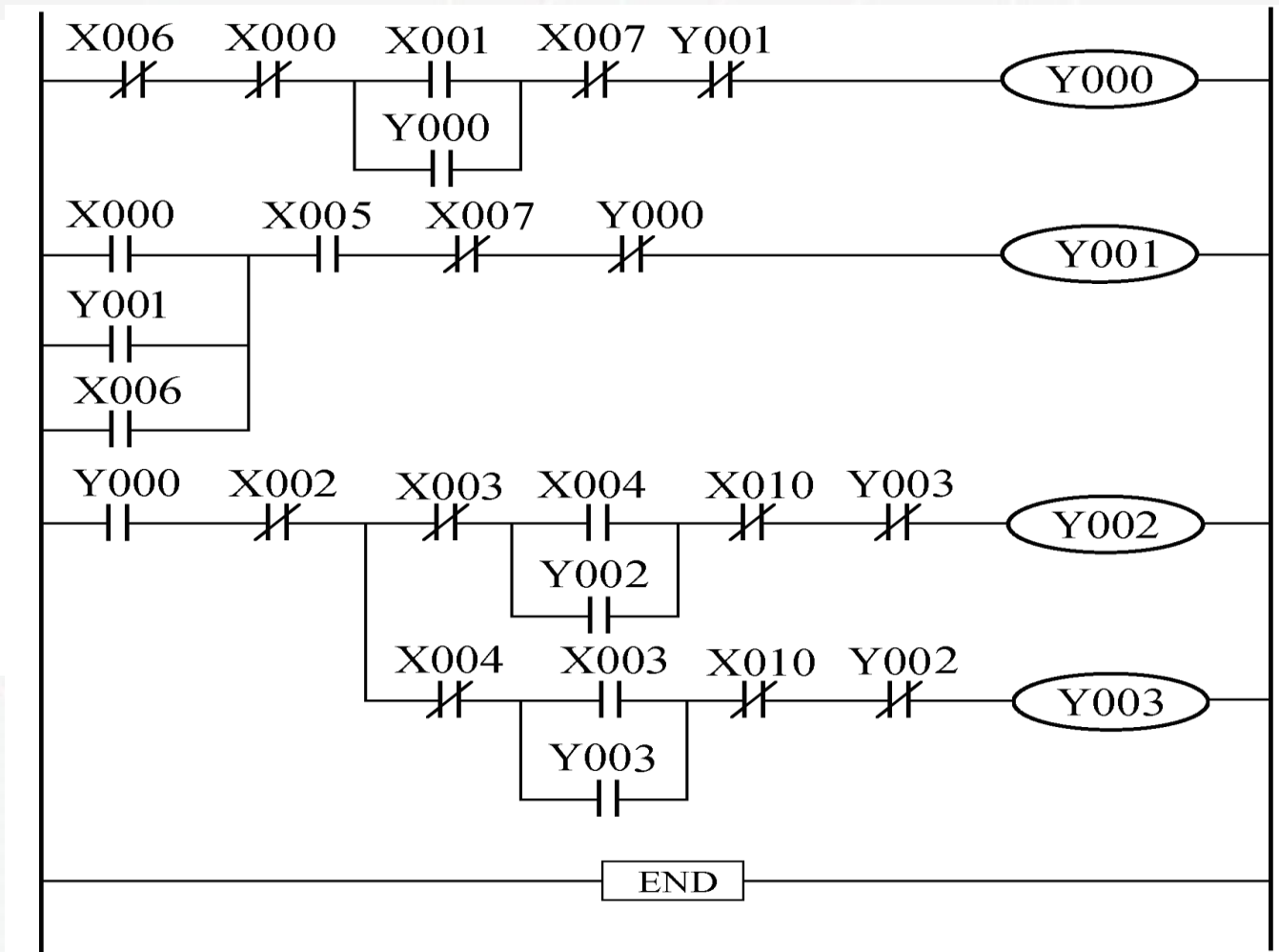
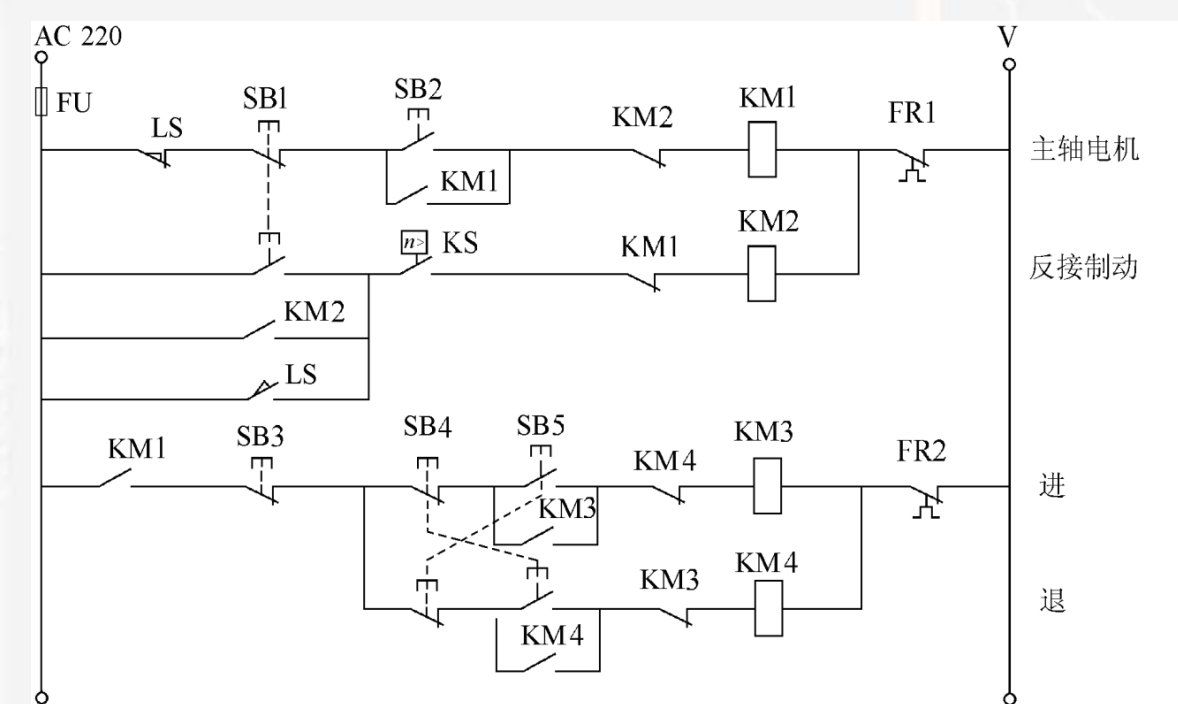
某型号机床刀具主轴运动的继电器控制电路图

- ✓ 接触器 KM1 控制主轴电动机，KM2 控制主轴电动机反接制动；
- ✓ KM3 和 KM4 控制进给电动机；
- ✓ KS 速度继电器，LS 行程开关，FR 过载保护继电器，SB 操作按钮。
- ✓ 只有当主轴电动机运转时才能操作进给电动机进退。
- ✓ 当运转到极限位置，则 LS 动作，切断其运行。



机床PLC控制系统的外部接线图





机床PLC控制系统的梯形图



武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# 逻辑设计方法

# 逻辑设计方法:



**以组合逻辑的方法和形式设计电气控制系统。理论基础是逻辑代数。**

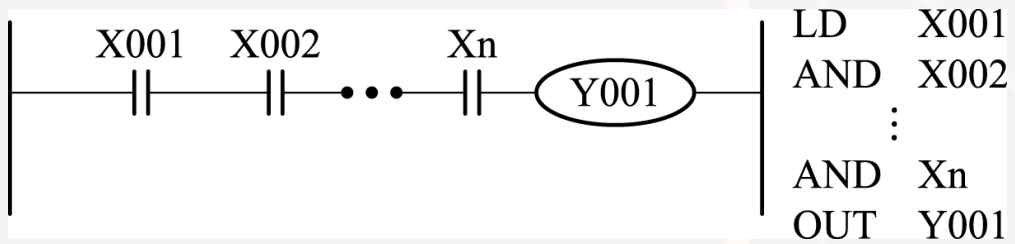
**电气控制线路的接通和断开，都是通过继电器等元件的触点来实现的，故控制线路的各种功能必定取决于这些触点的开、合两种状态。**

## 逻辑代数的 3 种基本运算

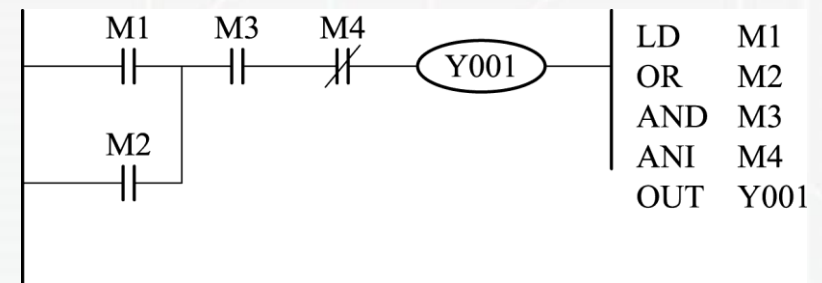
**“与”、“或”“非”都有着非常明确的物理意义，逻辑函数表达式的线路结构与 PLC 指令表程序完全一样，因此可以直接转化。**



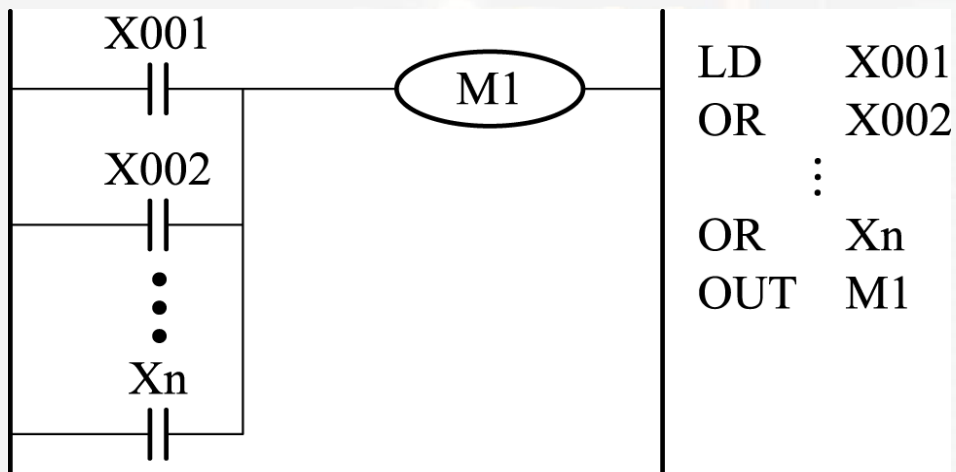




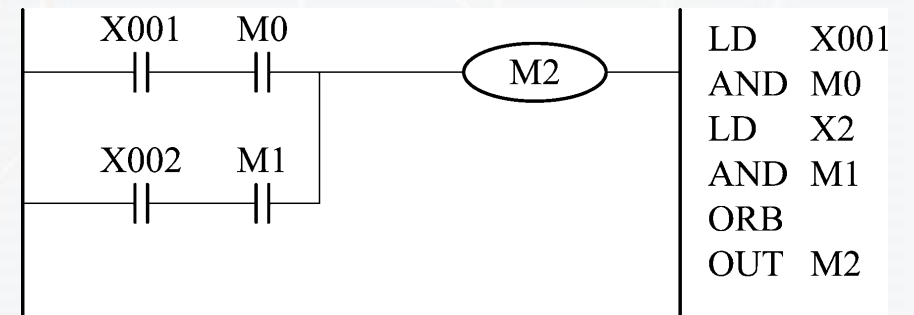
逻辑函数“与”运算



逻辑函数“或” / “与”运算



逻辑函数“或”运算



逻辑函数“与” / “或”运算





# 逻辑设计法一般步骤



# 1. 明确控制任务和控制要求

**分析工艺过程**

**控制任务和控制要求**

**工作循环和检测元件分布图**

**电气执行元件功能表**

## 2. 绘制电控系统状态转换表



**目的：展示电气控制系统各部分、各时刻的状态和状态之间的联系及转换**

**输出信号状态表**

**输入信号状态表**

**状态转换主令表**

**中间记忆装置状态表**

### 3. 电控系统的逻辑设计



武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**列写中间记忆元件的逻辑函数式**

**执行元件（输出端点）的逻辑函数式**

**对应关系：生产机械或生产过程内部逻辑关系和变化规律**

**电气控制系统实现控制目标的具体程序**





## 4. 编制PLC程序



武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**将逻辑设计的结果转化成PLC程序**

**指令语句形式编程**

**梯形图程序**

**程序的完善和补充：手动调整工作方式，手动与自动工作方式选择、自动循环、保护措施等**



## 5、程序的完善和补充

**程序的完善和补充是逻辑设计法的最后一步。**

**包括手动调整工作方式的设计；**

**手动与自动工作方式的选择；**

**自动工作循环、保护措施等。**



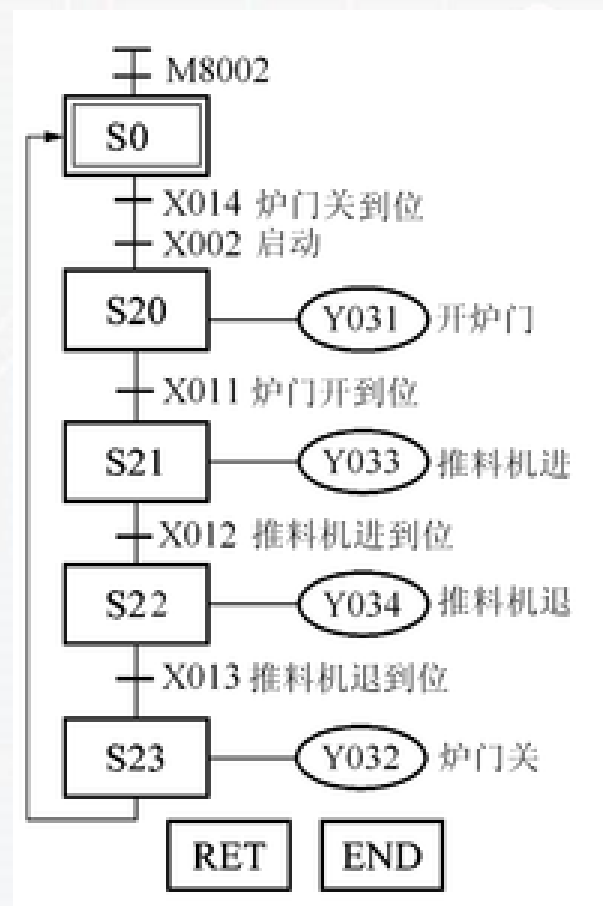
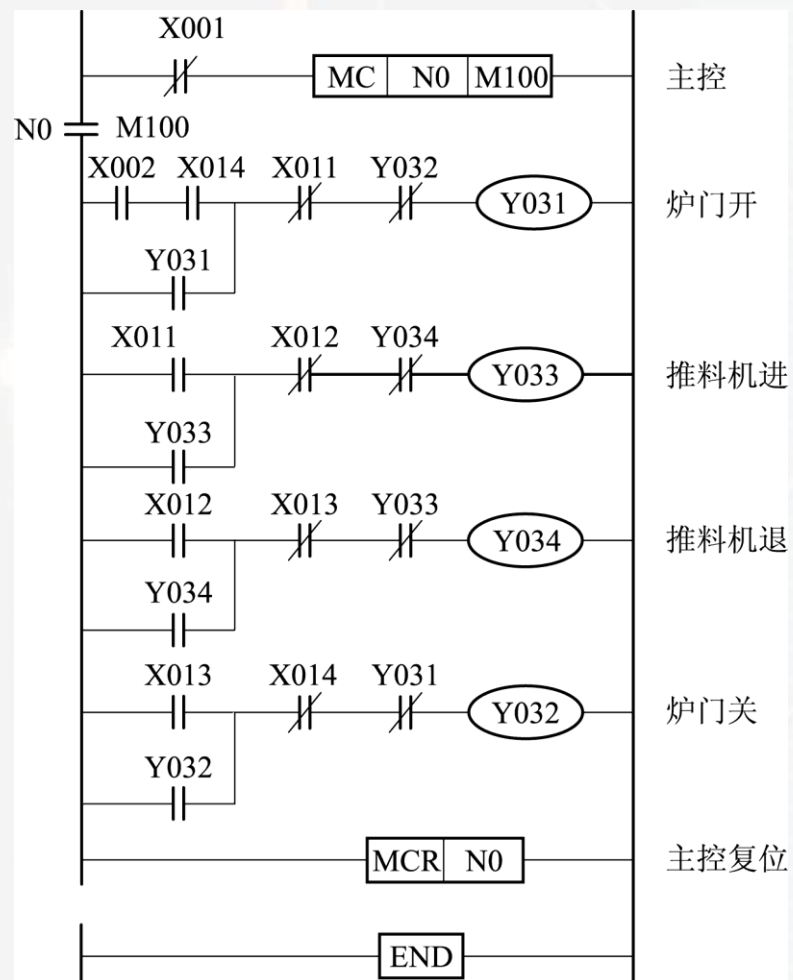
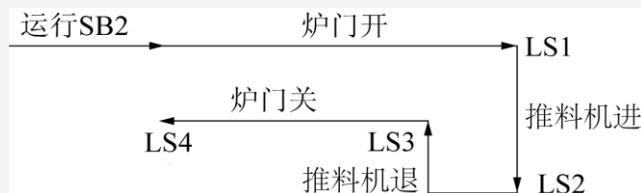
武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# 状态转移图设计法



- ✓ 状态转移图设计法就是根据**生产工艺和工序**所对应的**顺序和时序**将控制输出划分为若干个时段，一个段又称为**一步**。
- ✓ 每一个时段对应设备运作的一组动作（**动作顺序、动作条件和转移条件**），该动作完成后根据相应的条件转换到下一个时段完成后续动作，并按系统的功能流程依次完成状态转换。
- ✓ 状态转移图设计法清晰反映系统的**控制时序和逻辑关系**。







武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## 6.4 PLC的可靠性设计



PLC运行的稳定性和可靠性很高，整机平均无故障工作时间高达几万小时。

整机可靠性高只是保证系统可靠工作的前提。  
必须在设计和安装PLC系统过程中采取相应的措施，才能保证系统**可靠工作**。

**恶劣工作环境：**温度过高、湿度过大、振动和冲击过强，以及电磁干扰严重或安装使用不当等，都会直接影响 PLC 正常、安全、可靠地运行。

**抗干扰措施不力：**使整个控制系统的可靠性大大降低，甚至出现故障。





# 干扰源



## 内部干扰源：

由于元器件布局不合理造成内部信号**相互串扰**；线路中存在的电容性元件引起的**寄生振荡**；数字地、模拟地和系统地**处理不当**。

## 外部干扰源：

供电**电源电压波动**和高次**谐波干扰**；开关通断形成的高、**低频干扰**；动力强电信号在系统中产生**感应电势引起的干扰**；其他设备通过电容耦合**串入**控制系统而引起的**干扰**等。

## 典型干扰源：

按钮、继电器等工作时触点间产生的**电弧**，雷击和静电产生的**火花放电**，接触器线圈、继电器线圈、电磁铁线圈等感应负载断开时产生的**浪涌电压**，外界的高频加热器、高频淬火设备、杂乱的**无线电波信号**、**电源电压的波动**等，以上这些能够使PLC 出现误动作。



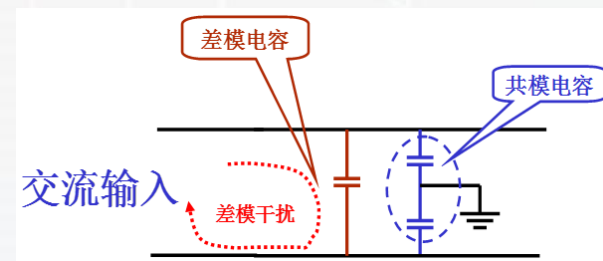
寄生振荡叠加在有用信号的部分波形上



## 1) 共模干扰:

电源线、输入输出信号线与接地线之间所产生的电位差会对PLC内部回路与各线路的外部信号之间的寄生电容  $C_s$  进行放电，引起 PLC 内部回路电压剧烈波动。共模干扰的强度取决于寄生电容  $C_s$ 。

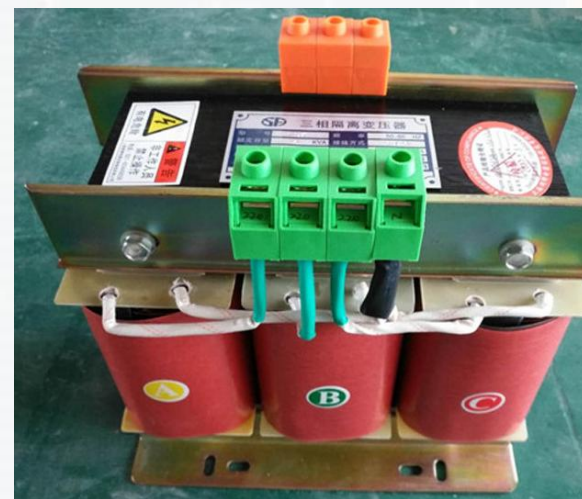
**接地**是降低这种噪声的主要途径。金属外壳接地的 PLC，共模噪声要弱一些。



## 2) 常模干扰:

线路上感性负载或感性电气设备产生的反电势。存在于电源线和输入/输出线上的线间干扰。电源侧看，噪声源来自接在电源设备中的感性电气设备；输出侧看，噪声源就是 PLC 控制的感性负载。比较而言，常模噪声比共模噪声对 PLC 的干扰要小些。

**抗噪的主要措施**加滤波器、隔离变压器、浪涌限制器等。





# 干扰途径



# PLC控制系统受到干扰的主要途径

## 电源被干扰

- PLC 控制系统的供电质量变差，引起 PLC 控制失灵。

## 输入/输出线被干扰

- 输入/输出控制紊乱。

## 空中干扰

- 主要以电磁感应、静电感应形式使 PLC 的 CPU 出现误操作。





# 电源干扰的抑制





## PLC电源与整个供电系统动力电源分开

- 屏蔽隔离变压器的次级侧至PLC系统间必须采用截面积不小于  $2\text{mm}^2$  的双绞线,屏蔽体一般位于一、二次侧两线圈之间并与大地连接,可消除线圈间的直接耦合。

## 加滤波器

- 在隔离稳压器前面加滤波器来消除电源的大部分谐波。可在供电的电源线路上接入低通滤波器,滤去高频干扰信号。滤波器应放在隔离变压器之前,即先滤波后隔离。

## 分离供电系统

- 将控制器、I/O 通道和其他设备的供电采用各自的隔离变压器分离开来,也有助于抗电网干扰。





# 线间干扰抑制—布线与接地



PLC 控制系统线路中有电源线、输入/输出线、动力线和接地线，布线不恰当则会造成**电磁感应**和**静电感应**等干扰。

## 接地线

(1) PLC控制系统单独接地。

(2) PLC系统接地端子是抗干扰的中性端子，应与接地端子连接，可有效消除电源系统的共模干扰。

(3) PLC系统的接地电阻应小于100欧，接地线至少用  $20\text{mm}^2$  的专用接地线，以防止感应电的产生。

(4) 输入/输出信号电缆的屏蔽线应与接地端子端连接，且接地良好。







## 电源线、I/O 线与动力线

动力电缆为高压大电流线路，PLC 系统的配线靠近时会产生干扰，因此布线时要将 PLC 的输入/输出线与其它控制线分开，**不要共用一条电缆**。

外部布线时应将控制电缆、动力电缆、输入/输出线分开且单独布线，它们之间一般应保持 **30cm 以上** 的一定间距。

当实际情况只能允许在同一线槽布线时，应用 **金属板** 把控制电缆、动力电缆、输入/输出线间隔开来并屏蔽，金属板还必须接地。

隔离变压器二次侧的电源线要采用  $2\text{mm}^2$  以上的铜芯聚氯乙烯**绝缘双绞软线**。处理的电源线、输入/输出线与动力线就可以减少外界磁场及它们之间的干扰。









# 冗余系统和热备用系统





**在石油、化工、冶金等行业的某些系统中，要求控制装置有极高的可靠性。**

## 1) 冗余控制系统

**冗余就是采用成倍增加元件的方式来参加系统控制，以期使得因控制设备的意外而导致的损失降到最低。**

### 处理器冗余

- 一用一备或一用多备，在主处理器（称热机）失效时，备用处理器（称备用机）自动投入运行，接管控制。分为：冷冗余（冷备用）和热冗余（热备用）。

### 通信冗余

- 最常见是双通道通信电缆。分单模块双电缆方式、两套单模块单电缆双工方式。

### I/O 冗余

- I/O 冗余常见的是 1: 1。







## 2) 热备用系统

冷备用  
(Cold  
standby)

备份所有正常运行组件放在一旁或者仓库里，等运行组件坏了，更换新的组件来完成系统的正常运行。**冗余时间与更换时间有关**。冷备用方式很少关注响应时间，需要运维人员干预操作。

热备用  
(Hot  
standby  
)

两套完全一样的组件，同时上电并运行的状态。两个组件同时进行数据采集、数据处理和计算。主组件担任输出控制任务，两个组件实时交互，当主从切换时，必须完成无扰动切换。热备组件系统是随时切换同时检测组件状态并报告。



# 双机热备份

实时同步 互相监测 自动切换



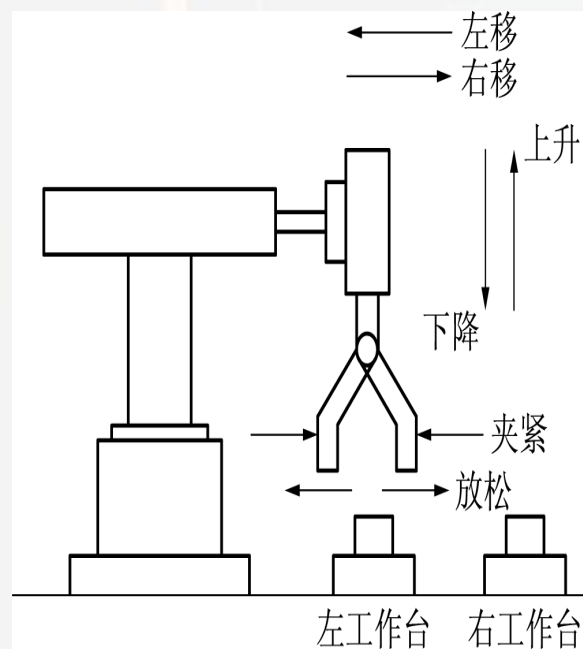


武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# 6.5 PLC的控制系统设计实例

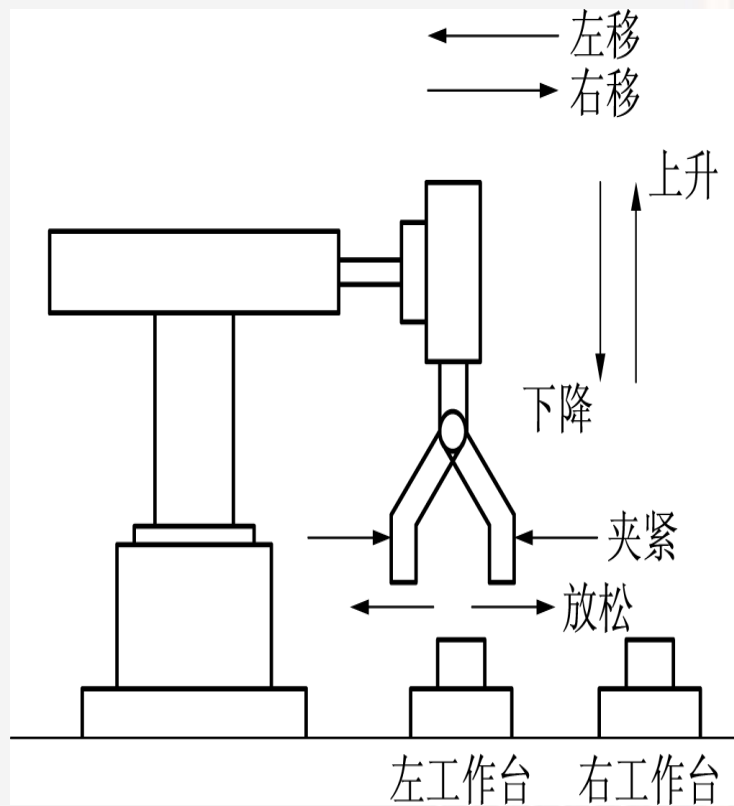


# 1. 分析工艺过程，明确控制要求





# (1) 了解设备概况



机械手结构和各部分动作示意图

机械手所有的动作均由液压驱动。  
上升与下降、左移与右移等动作均由  
**双线圈双位电磁阀**控制。

当**下降**电磁阀通电时，机械手下降；  
下降电磁阀断电时，机械手停止下降。

当**上升**电磁阀通电时，机械手才上升。

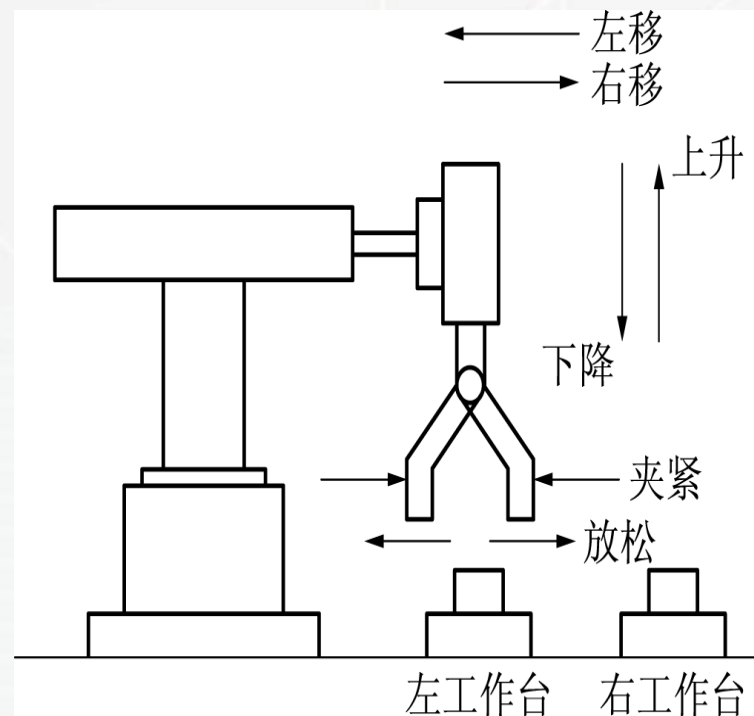
机械手的夹紧和放松用一个**单线圈双  
位电磁阀**来控制，线圈通电时夹紧，  
线圈断电时放松。

## (2) 分析机械手工作的工艺过程

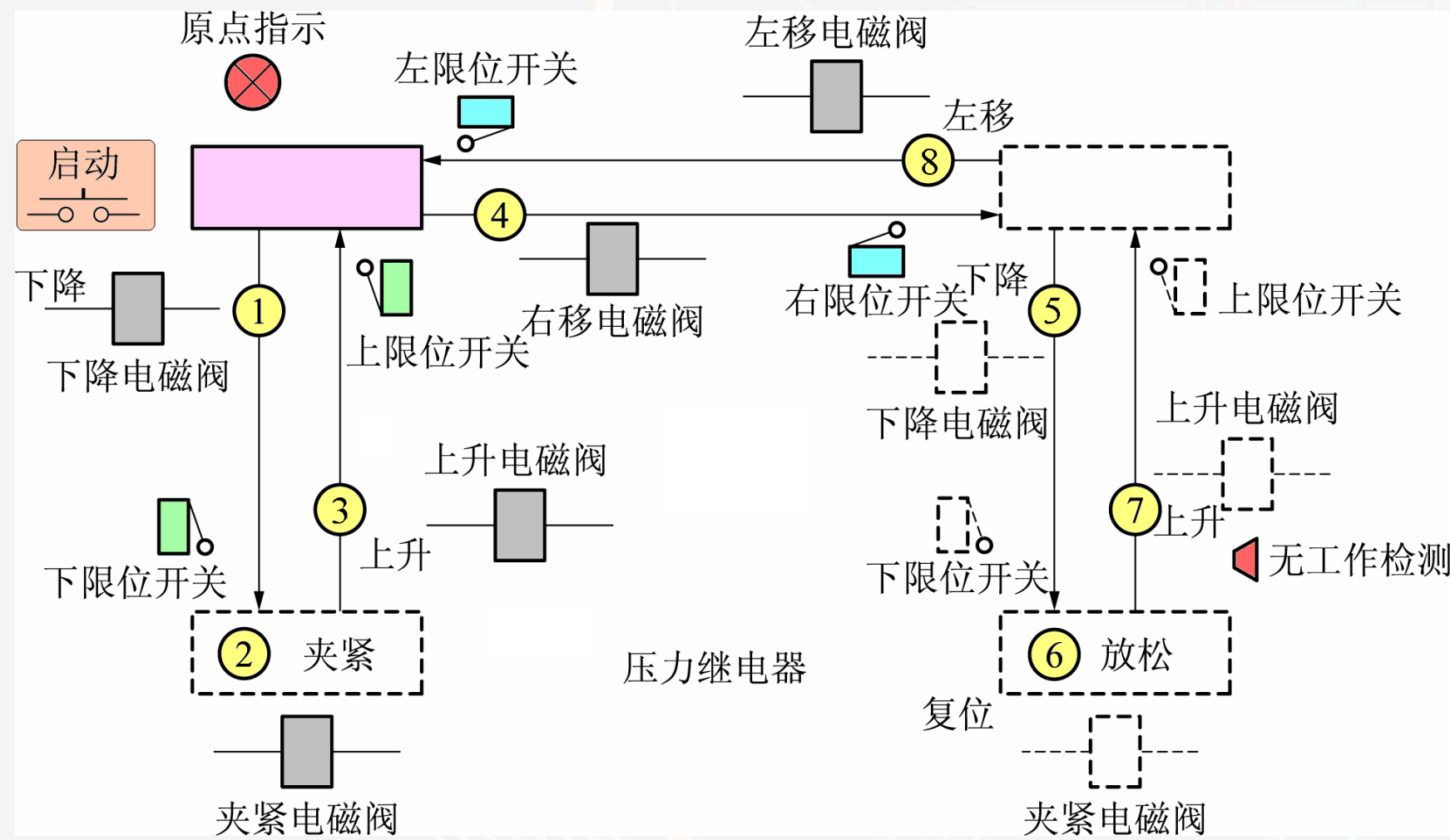
➤ 机械手初始位置停在原点，按下启动按钮后，机械手将依次完成**下降—夹紧—上升—右移—再下降—放松—再上升—左移**八个动作。

➤ 机械手的下降、上升、右移、左移等动作的转换，是由相应的**限位开关来控制**的，而夹紧、放松动作的转换是由**时间来控制**的。

➤ 为保证安全，机械手右移到位后，必须在右工作台上无工件时才能下降，若上一次搬到右工作台上工件尚未移走，机械手应自动暂时等待。设置**光电开关，检测工件有无信号**。



# 搬运机械手的动作顺序和检测元件、执行元件的布置示意图



### (3) 控制要求

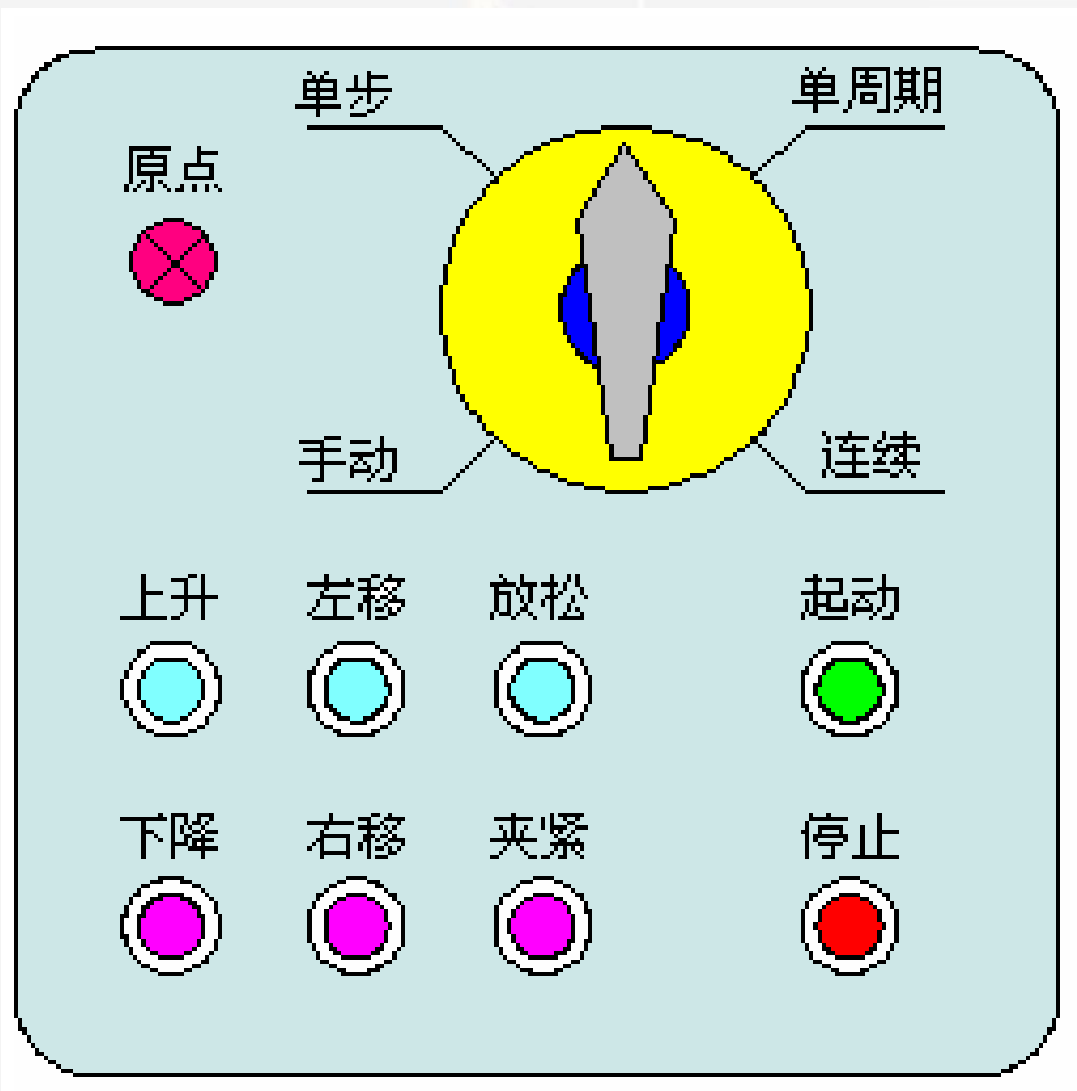


- **手动工作方式：**利用按钮对机械手每一动作单独进行控制。例如，按“下降”按钮，机械手下降，按“上升”按钮，机械手上升。手动操作可使机械手置于原位，也便于维修时机械手的调整
- **单步工作方式：**从原点开始，按照自动工作循环的步序，每按一下起动按钮，机械手完成一步的动作后自动停止。
- **单周期工作方式：**按下起动按钮，从原点开始，机械手按工序自动完成一个周期的动作，返回原点后停止。
- **连续工作方式：**按下起动按钮，机械手从原点开始按工序自动反复连续循环工作，直到按下停止按钮，机械手自动停机。
- 或者将工作方式选择开关转换到“单周期”工作方式，此时机械手在完成最后一个周期的工作后，返回原点自动停机。

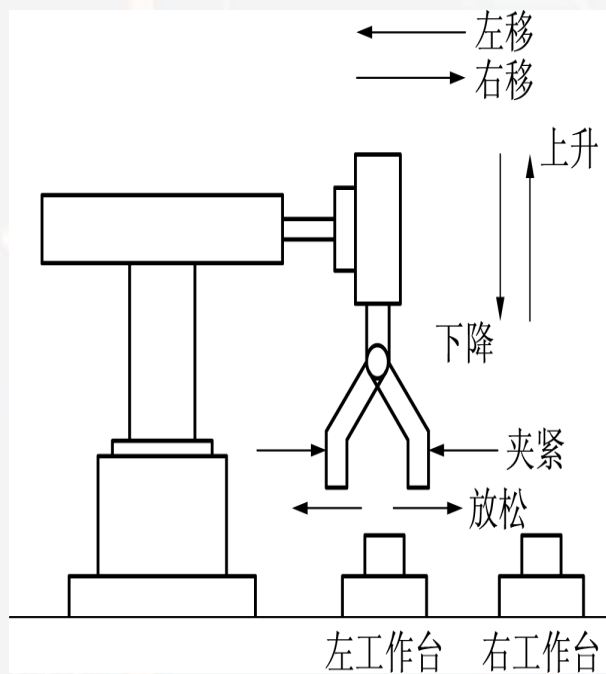




# 根据以上控制要求，操作台面板布置示意图

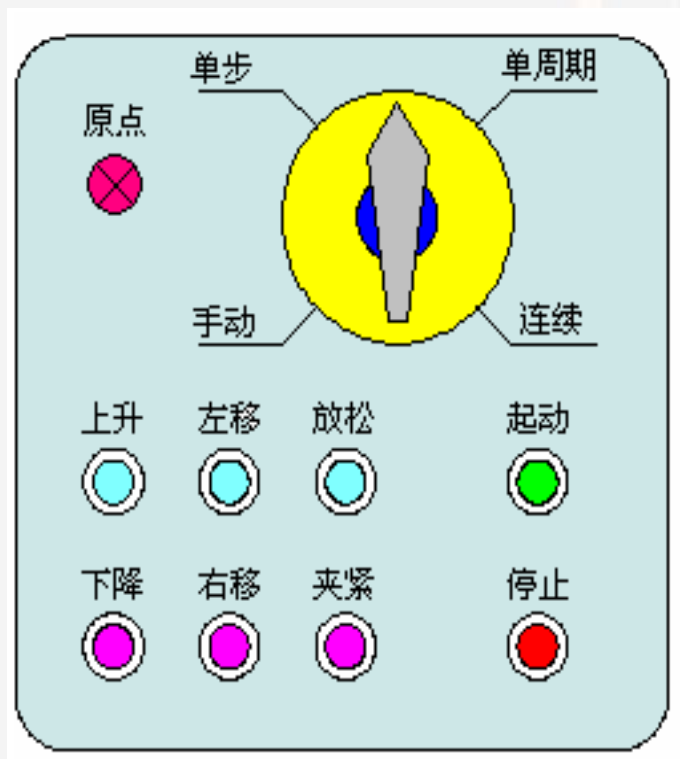


## 2. 确定PLC的输入输出点数并选择PLC

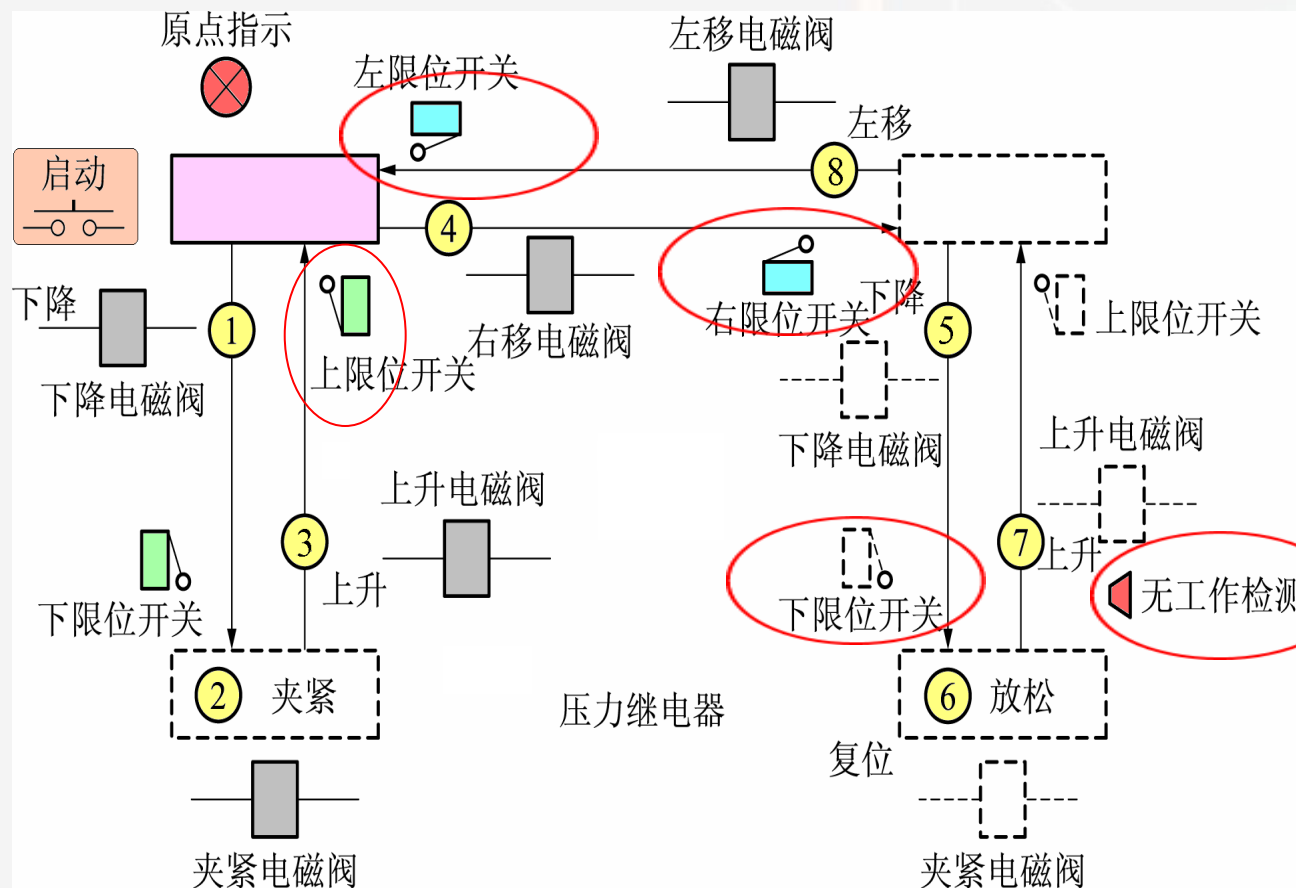


# (1) 输入信号

- 输入信号是将机械手的工作状态和操作的信息提供给PLC。  
PLC的输入信号共有17个输入信号点，需占用17个输入端子。



- ✓ “工作方式”选择开关有手动、单步、单周期、和连续4种工作方式，需要4个输入端子；
- ✓ 手动操作时，需要下降、上升、右移、左移、夹紧、放松6个按钮，也需要6个输入端子；
- ✓ 自动工作时，需起动按钮、停止按钮，需占2个输入端子。
- ✓ 以上共需12个输入信号点。



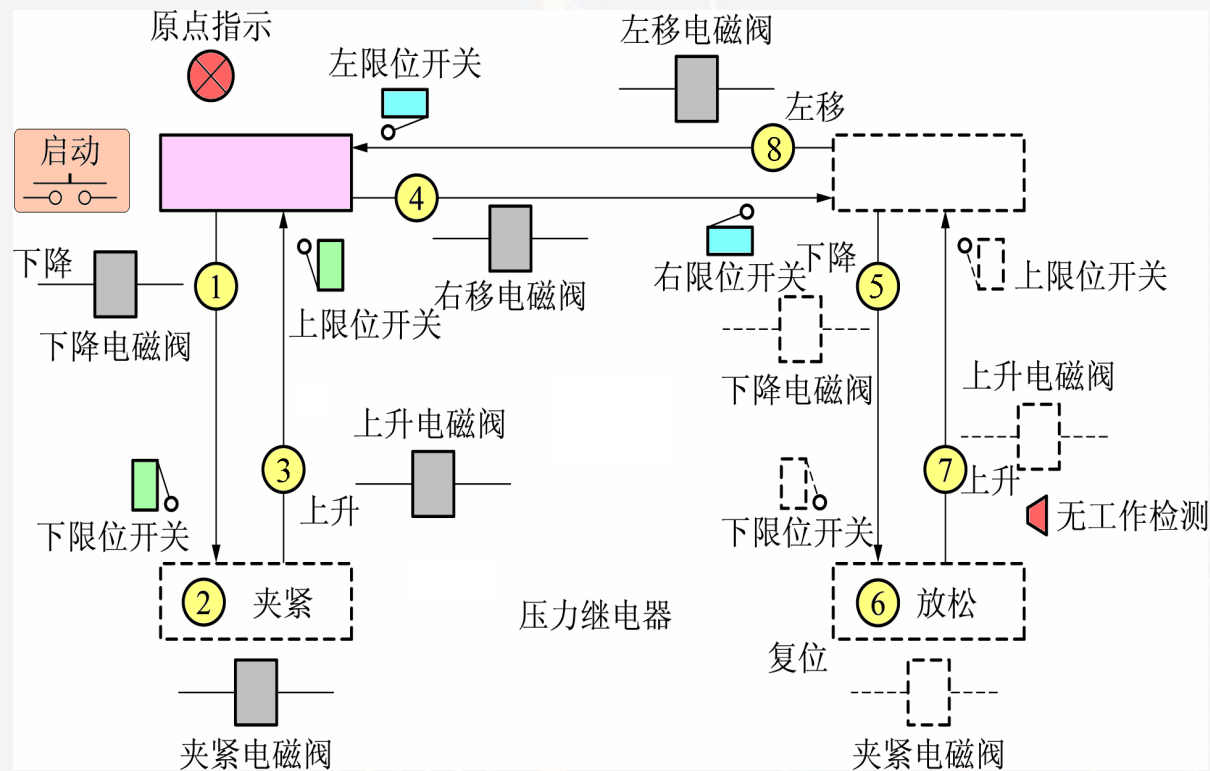
✓ 位置检测有**下限、上限、右限、左限**  
**共4个行程开关**，需要4个输入端子；

✓ “无工件”检测采用光电开关作检测  
元件，需要1个输入端子；

✓ 以上共需5个输入信号点。



## (2) 输出信号

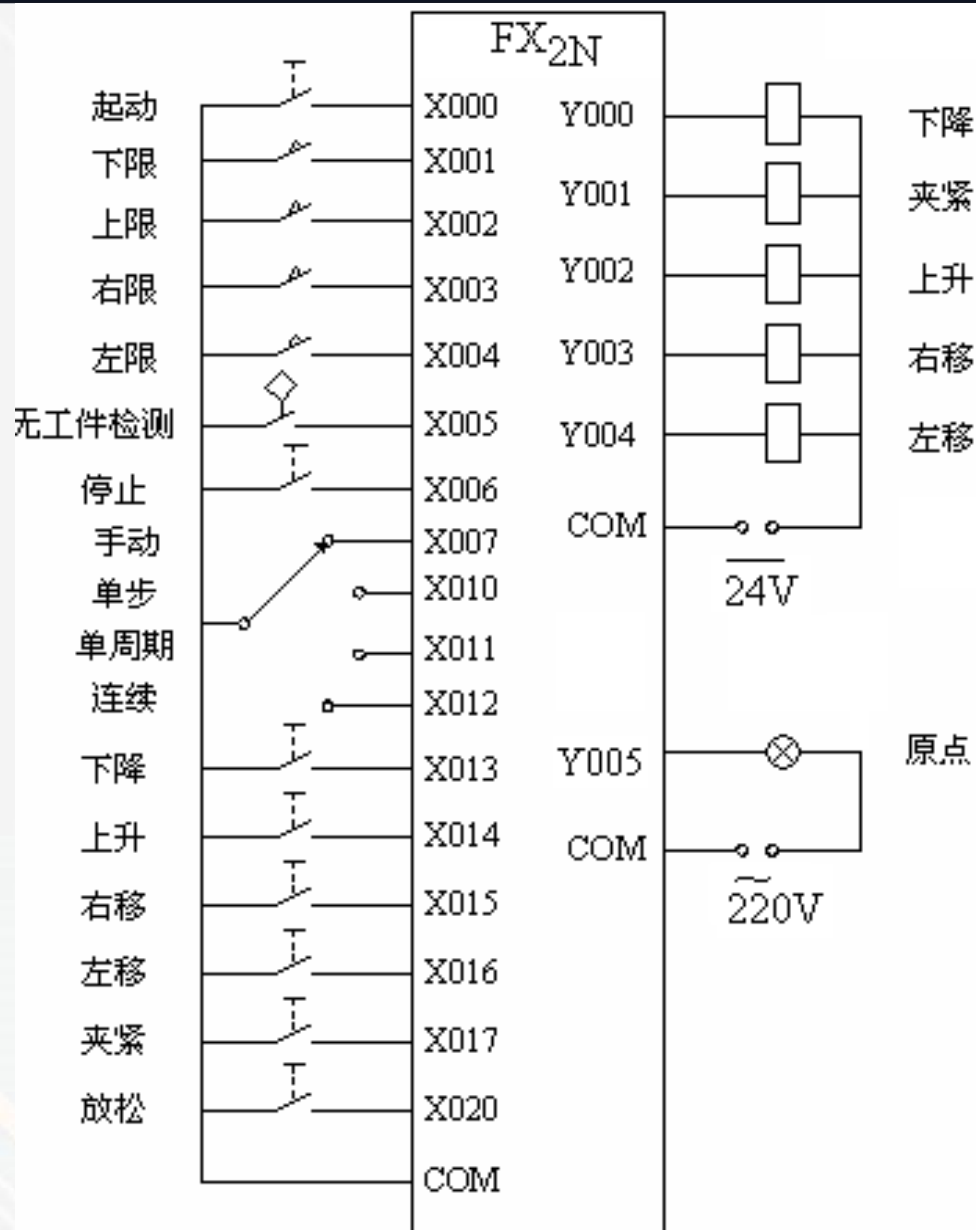


- ✓ PLC的输出信号用来控制机械手的**下降、上升、右移、左移和夹紧5个电磁阀线圈**，需**5个输出点**；
- ✓ 机械手从原点开始工作，要有**1个原点指示灯**，也要占用**1个输出点**。
- ✓ 至少需要**6个输出信号点**。

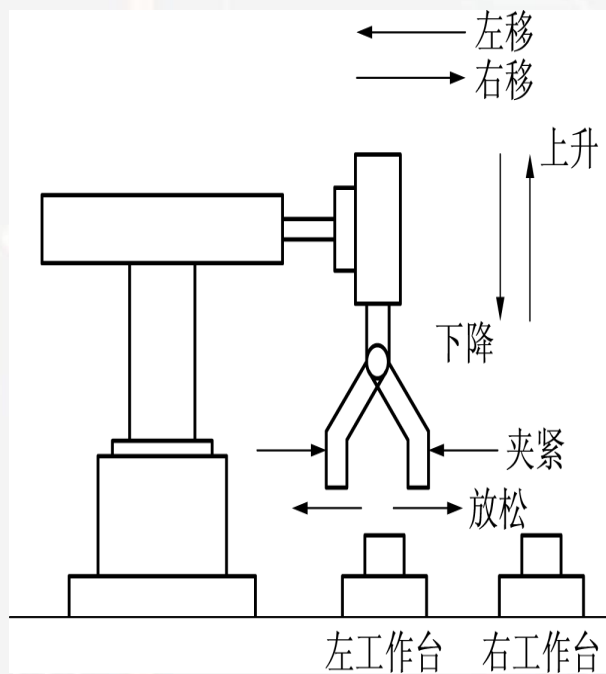
### (3) 分配PLC的输入/输出端子

➤ 有多种型号PLC可选用，此处选FX<sub>2N</sub>-48MR。其有输入24点，输出24点，继电器输出。

➤ 根据对机械手的输入输出信号的分析以及所选的外部输入设备的类型及PLC的机型，分配PLC的输入输出端子如图。



### 3. PLC控制系统程序设计

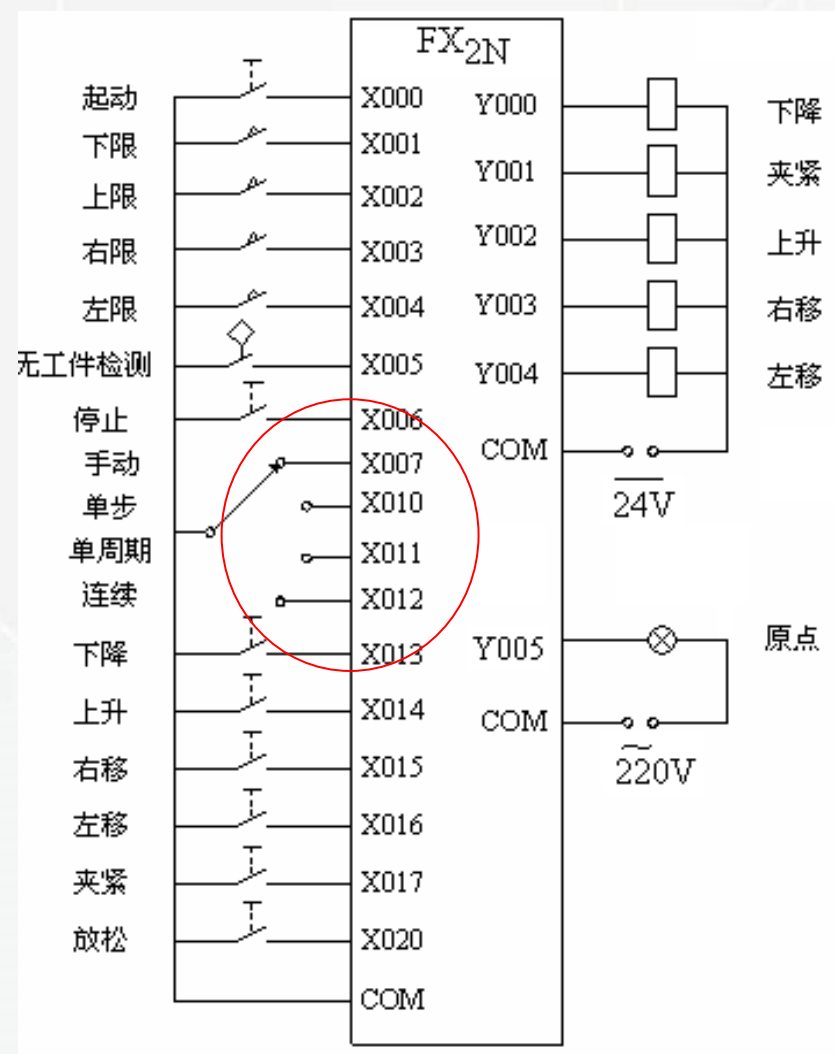
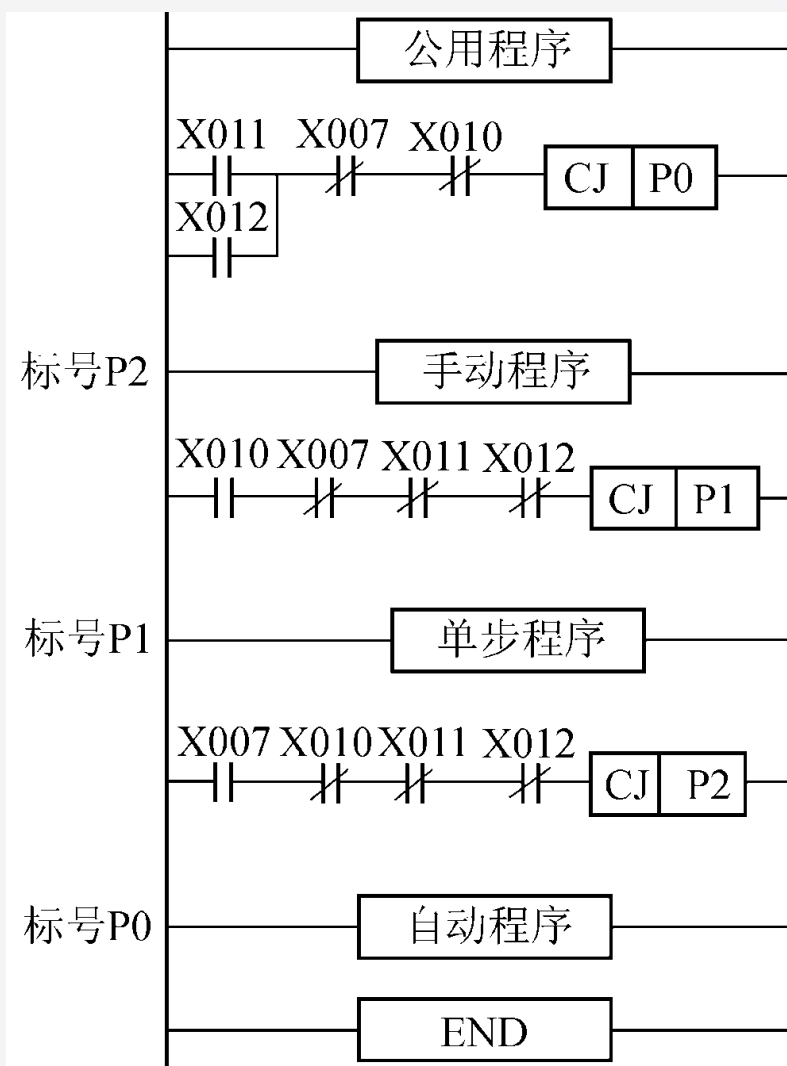


- 将手动程序和自动程序分别编出相对独立的程序段，再用条件跳转指令进行选择。
- 当选择**手动方式**（手动，单步）时，**X007或者X010接通**跳过自动程序而**执行手动程序**；当选择自动方式（单周期、连续）时，**X011或X012接通**则跳过手动程序而**执行自动程序**。
- 由于**工作方式选择转换开关**采取了**机械互锁**，因而此程序中手动程序和自动程序可采用互锁，也可以不互锁。





# 搬运机械手的控制系统程序结构框图



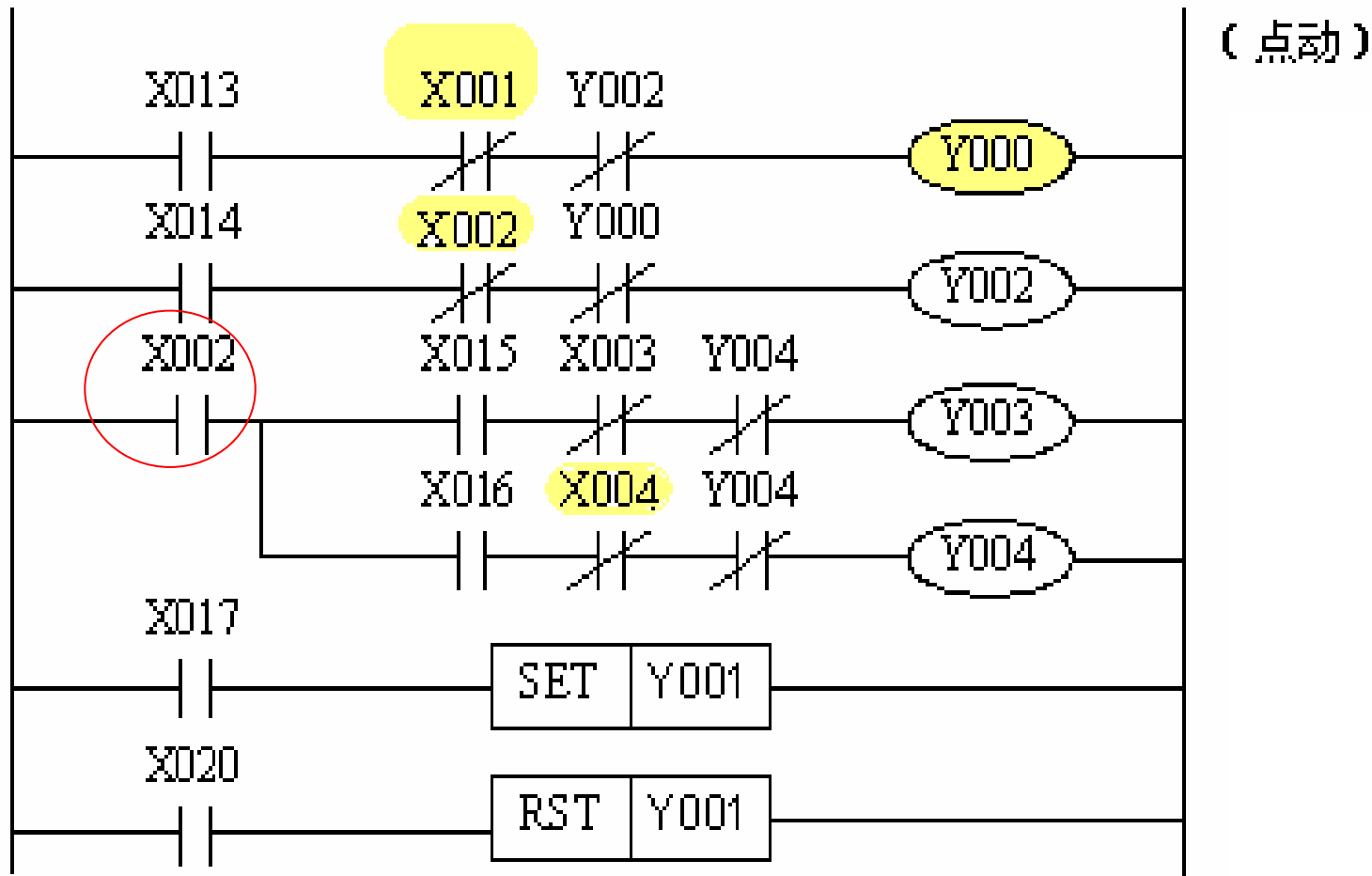
# (1) 手动程序



- 手动操作不需要按工序顺序动作，可按普通继电器程序来设计。
- 由于夹紧、放松动作是用单线圈双位电磁阀控制，在梯形图中用“置位”、“复位”指令，使之有**保持**功能。



# 手动操作的梯形图

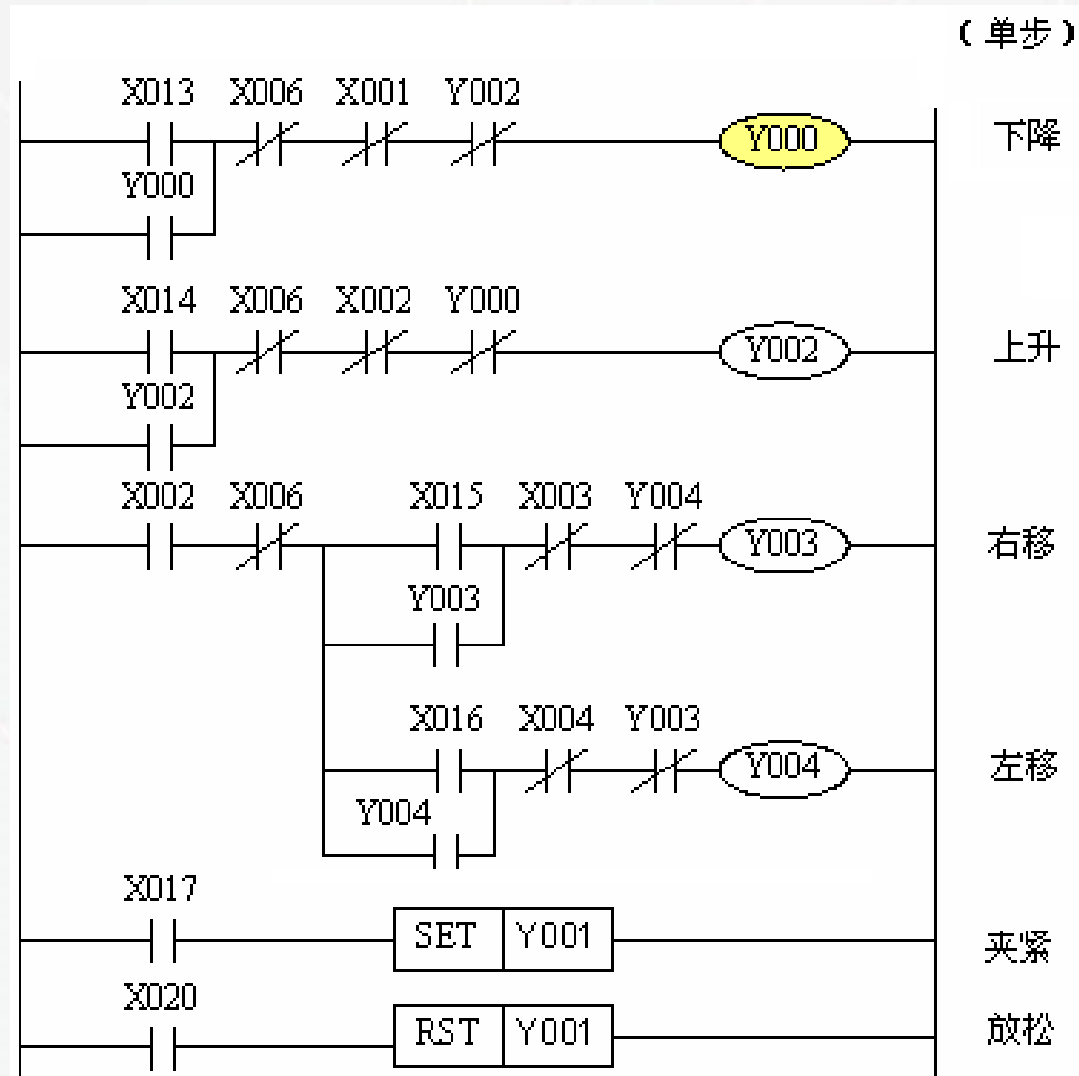
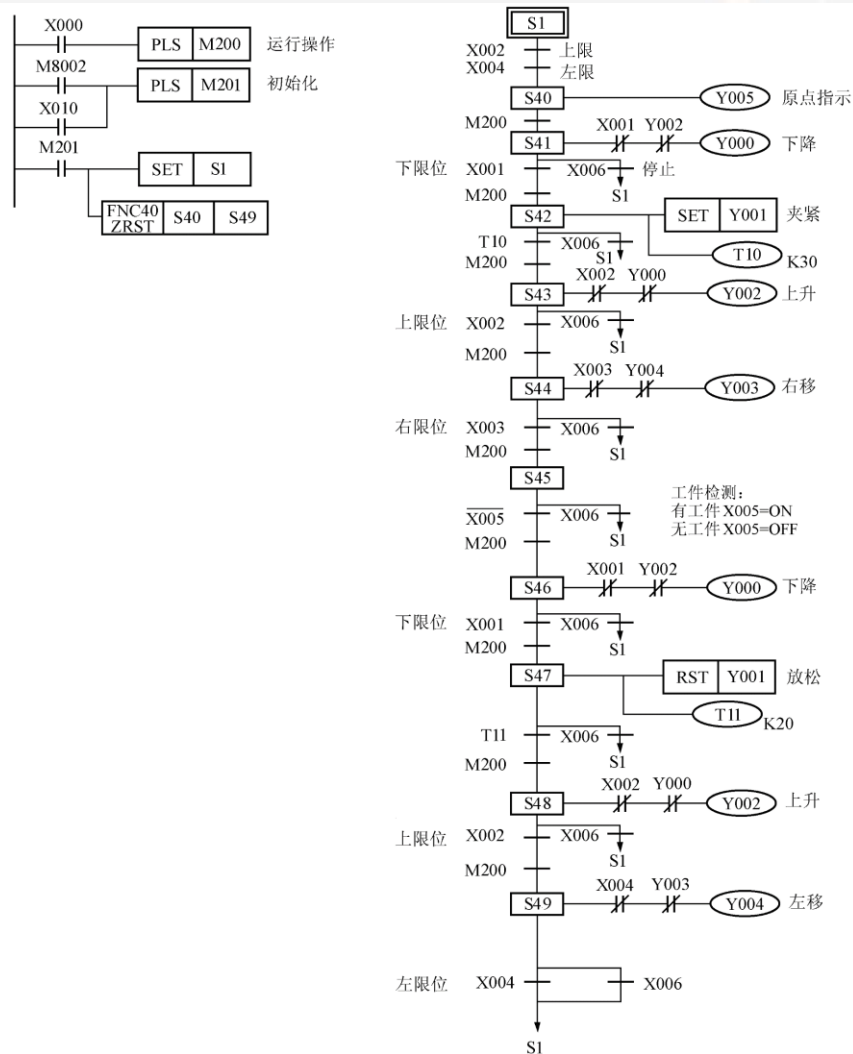


手动按钮X013~X020分别控制下降、上升、右移、左移、夹紧、放松各个动作。

为保证安全运行设置一些必要的联锁。其中在左、右移动的梯形图中加入了X002作为上限联锁，因为机械手只有处于上限位置时，才允许左右移动。

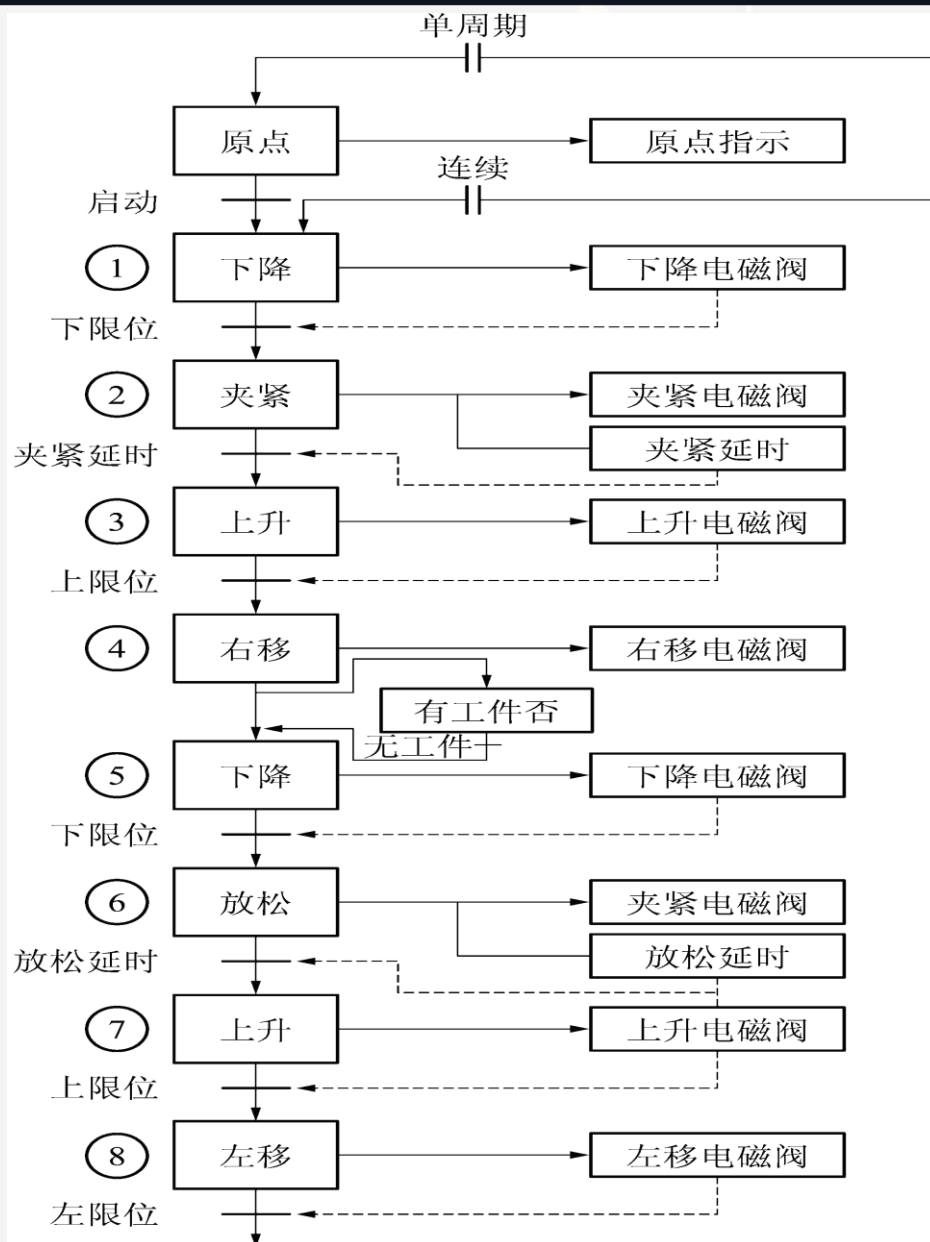
# 单步操作状态转移图

## 启动按钮X000(M200)控制下一步

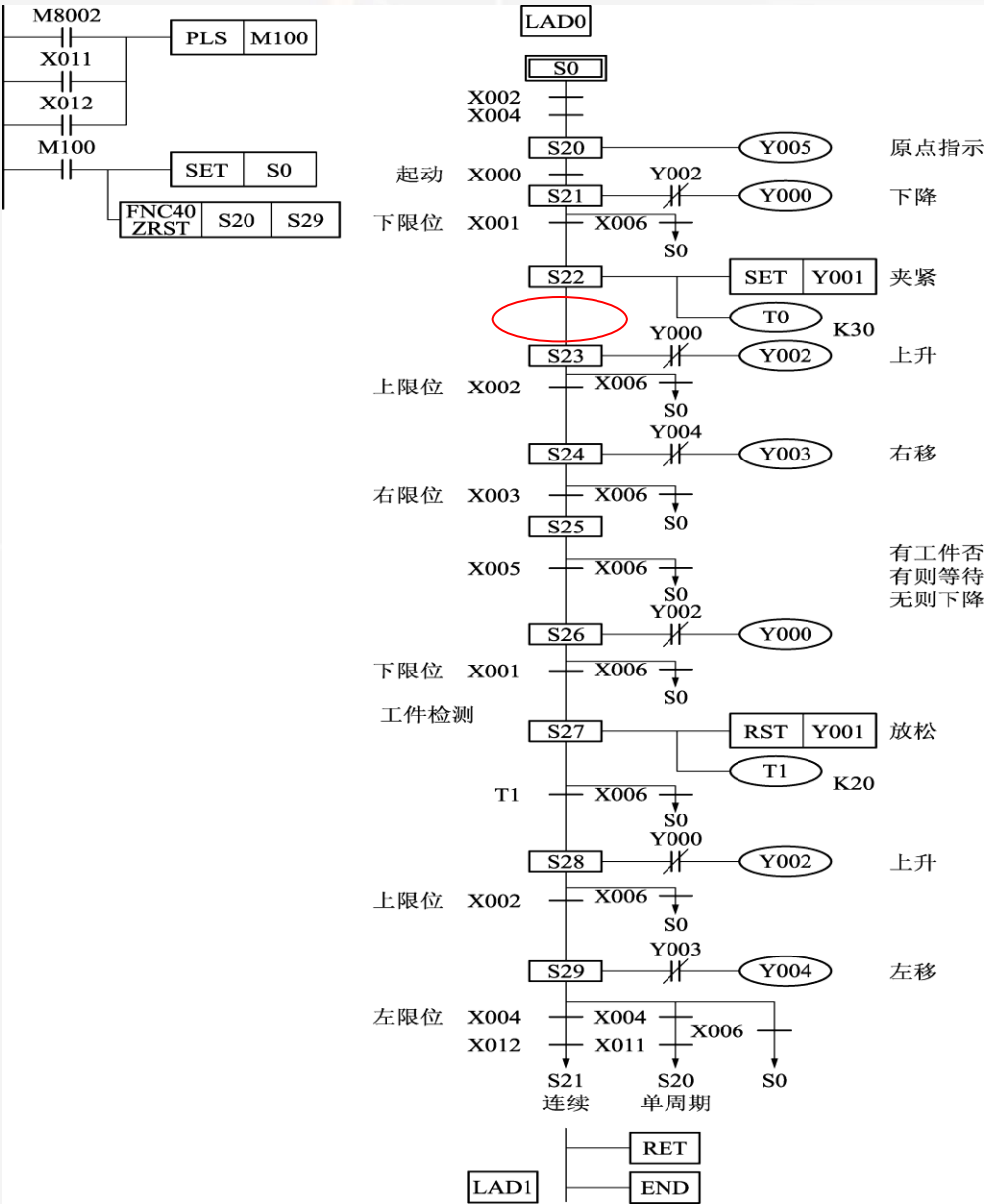




## (2) 自动操作流程图



# (3) 自动程序设计

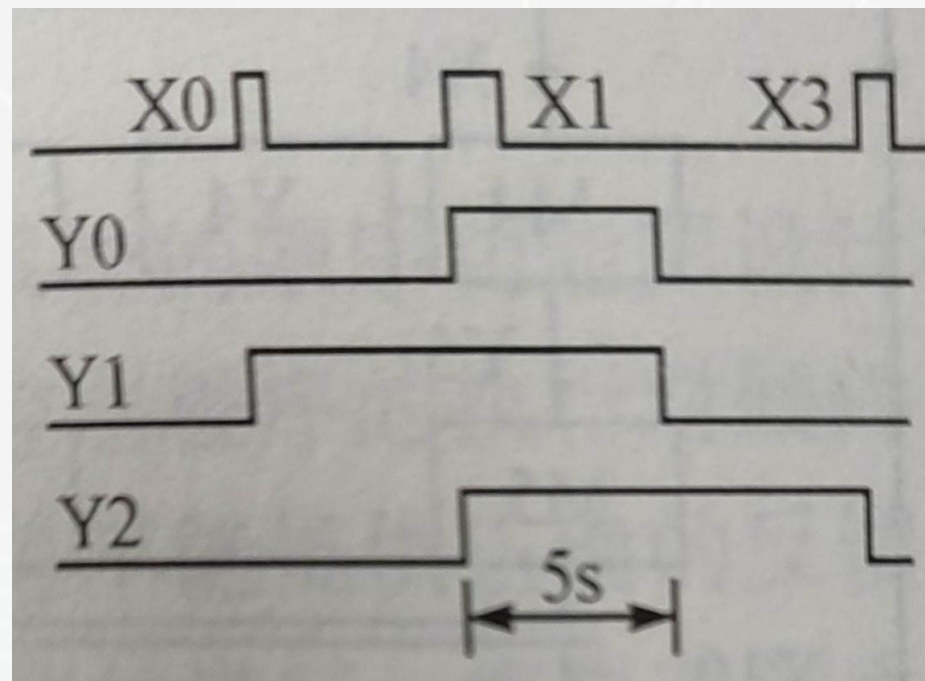
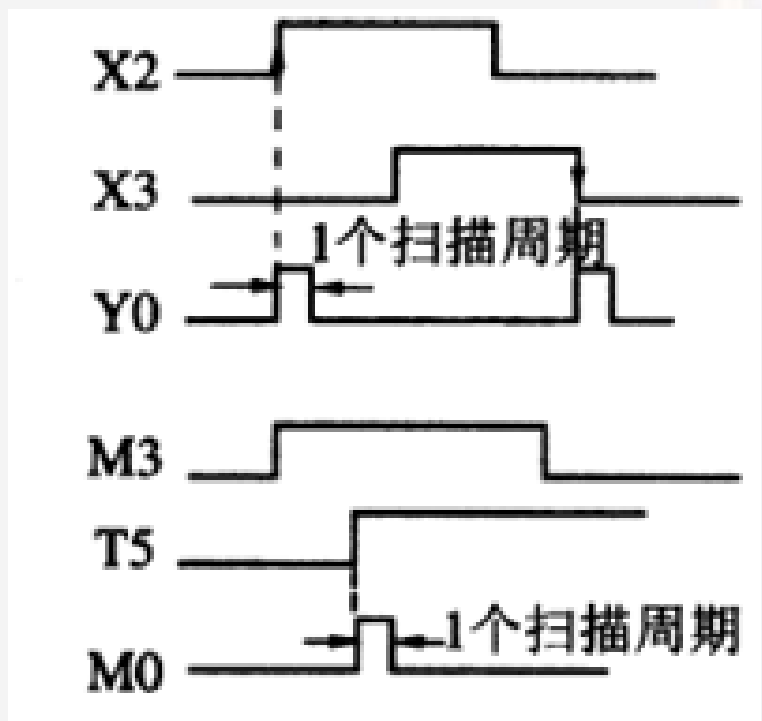




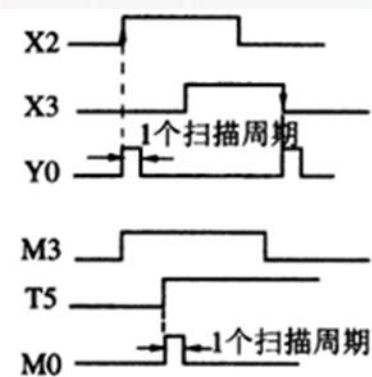
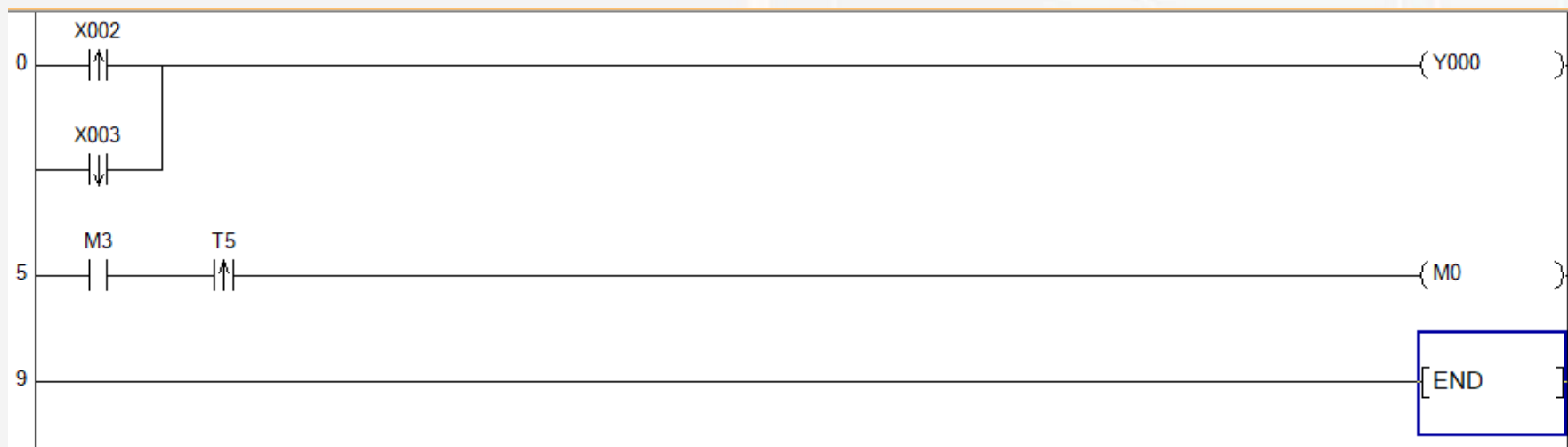
武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# 测试



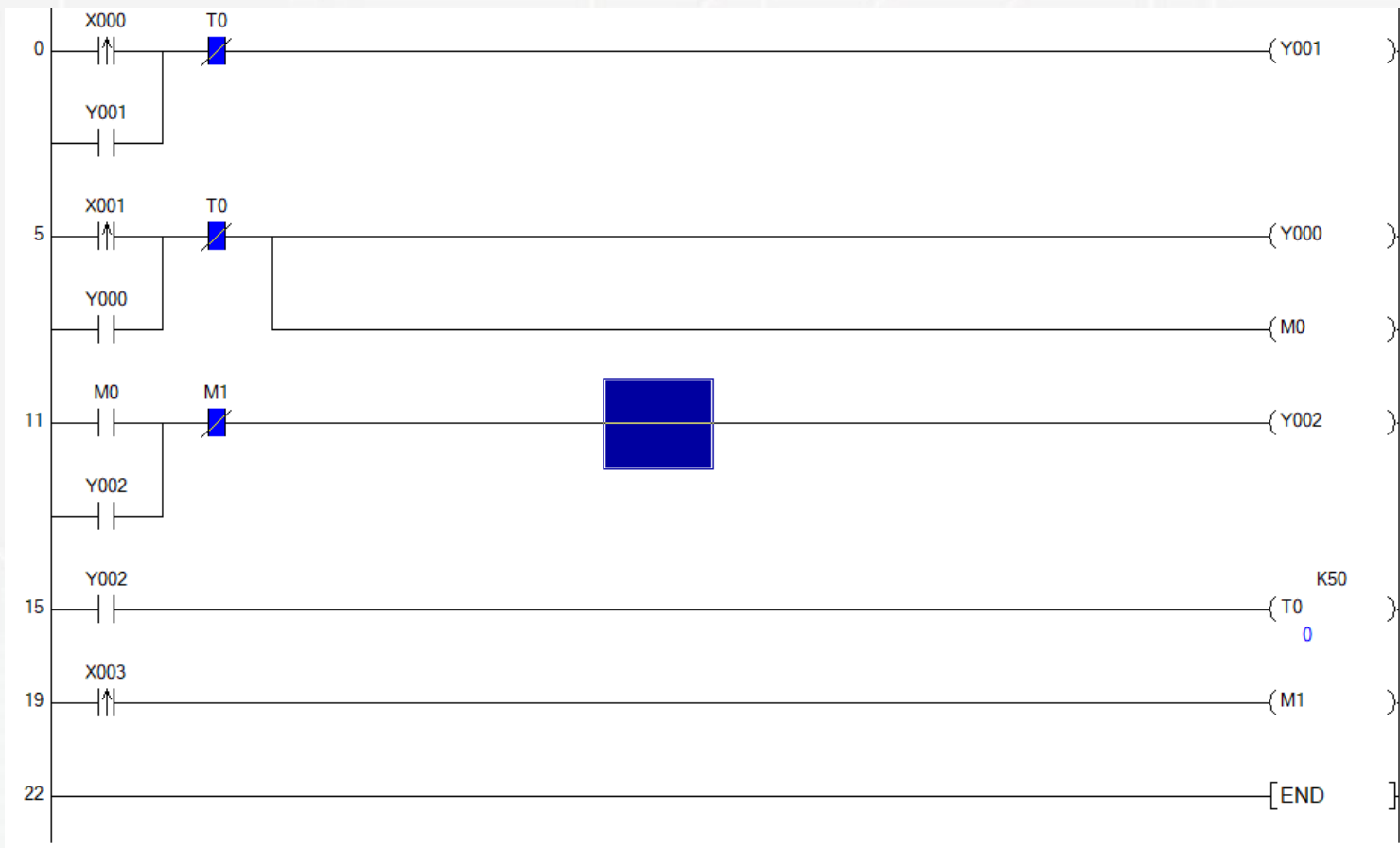
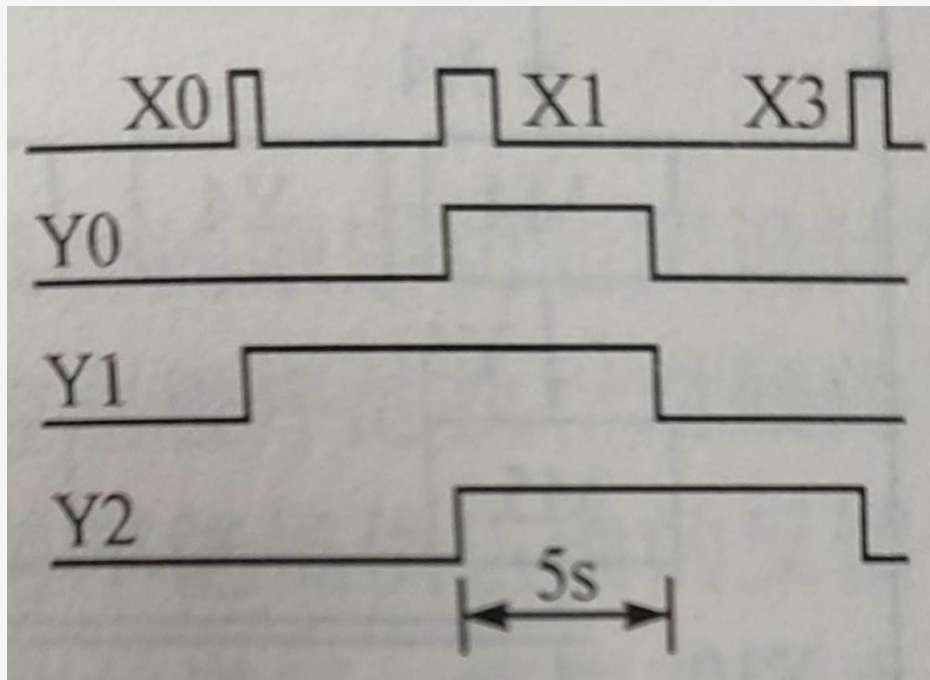


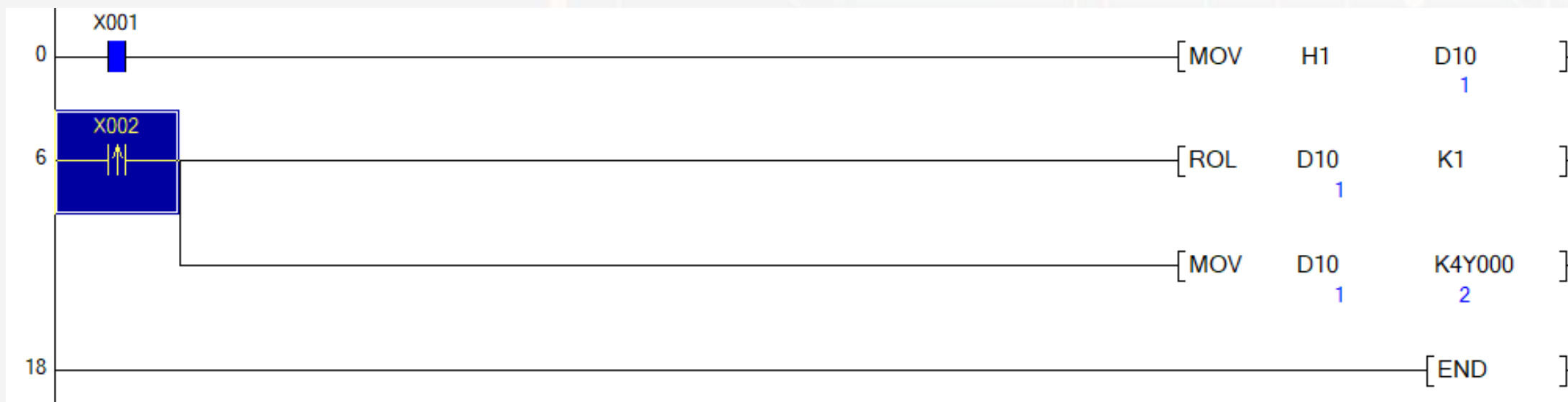
已知D10中的值为 (0000101011001001) 要求用移位功能指令实现乘2运算，并输出到Y0-Y17.



(c) 波形图









武汉理工大学  
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

谢谢观看