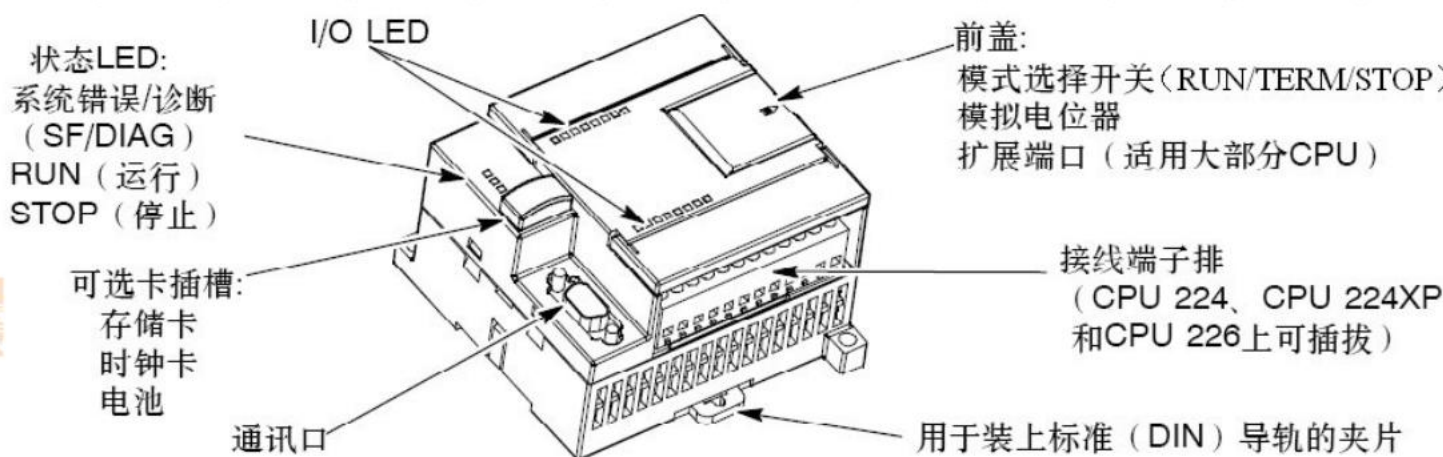


可编程控制器原理及应用







吉祥如意

松下



三菱



欧姆龙



三菱



•本课程的学习安排:理论与实操并重

可编程控制器简称为 PLC（PROGRAMMABLE LOGICAL CONTROLLER的缩写），因为在可编程控制器诞生之初，它是用来取代继电器控制系统的，主要的功能是逻辑控制，因此为PLC。

但是随着PLC的发展，它的功能越来越强大，不仅仅是逻辑控制了，发展很快，能进行顺序控制，计时和计数控制，还增加了算术运算，数据处理，通信等功能。所以又简称为逻辑控制器PC，但是为了区别于个人计算机PC，通常还是称之为PLC。

PLC与CAD/CAM、机器人为工业三大支柱。

本章的主要内容：

- PLC的产生，定义，分类及应用现状
- PLC的一般特点
- PLC与继电器控制系统的比较
- PLC与其它控制器的比较
- PLC的主要功能
- PLC的编程语言
- PLC的性能指标
- PLC的发展趋势

PLC 的产生、定义、分类

可编程控制器的起源可以追溯到**20世纪60年代**，**60年代末**，由于市场的需要，工业生产开始从大批量，少品种的生产方式转变为小批量多品种的生产方式，这种生产方式在汽车生产中得到充分的体现，而当时汽车组装生产线的控制是采用继电器控制系统的。这种控制系统体积大，耗电多，特别是改变生产程序很困难。为了改变这种现状，**1968年**，美国通用汽车公司对外公开招标，要求用新的电气控制装置取代继电器控制系统，以便适应迅速改变生产程序的要求。该公司提出了十项招标指标：

十项招标指标

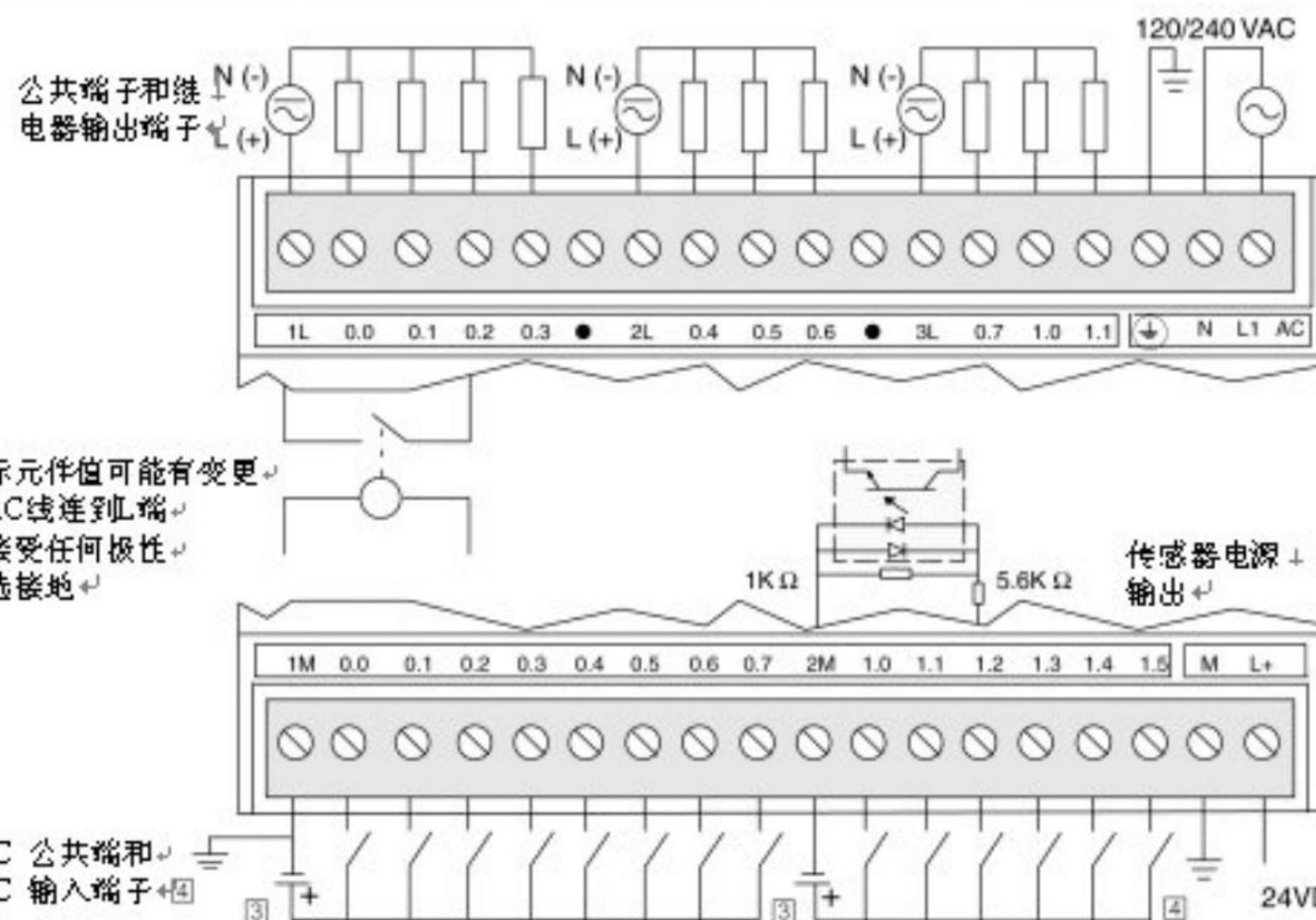


- 编程方便，可现场修改程序
- 维修方便，采用插件式结构
- 可靠性高于继电器控制系统
- 体积小于继电器控制系统
- 数据可直接送入管理计算机
- 成本可与继电器控制系统竞争
- 输入可为市电
- 输出可为市电，容量要求在**2A**以上，可直接驱动接触器等
- 扩展时原系统改变最小
- 用户存储器大于**4KB**



核心：

- 用计算机代替继电器控制系统
- 用软件代替硬件
- 输入/输出电平可与外部装置直接相联
- 结构易于扩展



各国研发情况

- 1969年，美国数字设备公司DEC根据上述指标生产出第一台PLC，型号PDP-14，并在GM的汽车生产线上首次应用，大获成功。
- 1971年，日本从美国引进这项新技术.
- 1973-1974年，德国和法国开始研制.
- 1974年，我国开始研制.
- 据不完全统计，现在世界上生产PLC的厂家有200多家，品种大约为400多个，其中

美国注册的厂家超过100家，品种200

日本 60-70， 200

欧洲 几十，几十

当前较流行的几种品牌：

- 美国的AB公司，
- 通用电气公司GE，
- 德州仪器公司
- 日本的立石（OMRON），
- 三菱，
- 松下
- 德国西门子



PLC的几种流派:

- 从PLC的发展历史来看，可以将众多品种的PLC按地域分成三个流派，即美国，欧洲，日本三个派别的产品
- 同一地域的产品相互借鉴较多，相互影响较大，技术渗透较深，面临的主要市场也相同，用户要求接近，因此，使得同一地域的PLC产品表现出了较多的相似性。

主讲西门子

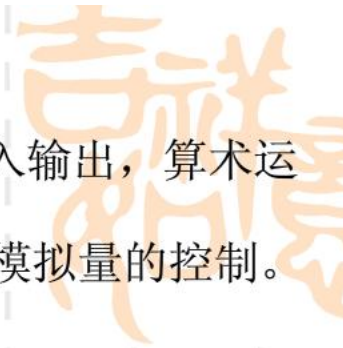
PLC的定义

- 1980年，NEMA（NATIONAL ELECTRONIC MANUFACTURE ASSOCIATION）：可编程控制器是一种带有指令存储器，数字的或模拟的输入/输出接口，以位运算为主，能完成逻辑，顺序，定时，计数和算术运算等功能，用于控制机器或生产过程的自动控制装置。
- 1985年，IEC：可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为工业环境下应用而设计，它采用可编程序的存储器，用来在其内部存入和输出接口，控制各种类型的机器设备或生产过程，可编程控制器及期有关设备的设计原则是它应按易于与工业控制系统连成一个整体和具有扩充功能。

PLC的分类

按控制规模分类:即按输入输出的点数来分,可分为小型机,中型机,大型机

- 小型机: **256**点以下,一般只具有逻辑运算,定时,计数和移位等功能,适用于小规模开关量的控制,立石的**C**系列,三菱的**F1**,西门子的**S5-100U**, **S7-200**。
- 特点:体积小,价格低,适用于控制自动化单机设备,开发机电一体化产品。



- 中型机：点数在256—1024之间，增加的模拟量的输入输出，算术运算，数据传送，通信等功能。可完成既有开关量又有模拟量的控制。中型机的软件比小型机丰富。

- 特点：功能强，配置灵活，适用于具有诸如温度，压力，流量，速度等模拟量的控制和大量开关量控制的复杂机械。

- 大型机：1024点以上，具有数据运算，模拟调节，联网通信，监视记录，打印等功能，内存容量超过640KB。

- 特点：点数多，控制规模大，组网能力强，可用于大规模的过程控制，构成公布式控制系统，或者整个工厂集散控制系统DCS。



根据结构形式分类



- 整体式，模板式，分散式
- 整体式：一般小型机多为整体式。例S7-200
- 模板式：大中型机，这种形式的机子，各部分以单独的模板公开，使用时，各种模板直接插入机架底板即可。
- 分散式：将PLC的CPU，电源，存储器集中放在控制室，而将各I/O板分散分置在各个工作站，由通信接口进行通信连接，由CPU集中指挥。



根据用途分

- 用于顺序逻辑控制：最基本的控制功能，也是**PLC**用得最多的场合，例如电梯控制，自动化仓库的自动存取，各种管道上的电磁阀的自动开启和关闭。点数不必太多，低档产品即可。
- 用于闭环过程控制：处理开关量和模拟量。实现对物理量的连续调节，需要处理连续变化的物理量。
- 用于多级分布式和集散控制系统：要求有较强的通信功能。
- 用于机械加工的数控控制和机器人控制：除了足够多的开关量和模拟量的处理以外，还要有一些特殊功能的模板，如速度控制，运动控制，位置控制，步进电机控制，伺服电机控制，单轴控制，多轴控制等特殊功能模板

可编程控制器的应用现状



■ 1. PLC的市场现状

■ 国际市场

■ 全球:1993年,39亿美元

■ 2000年,76亿

■ 日本:1300亿日元,并以每年20-30%的年增长率增长.

■ 国内市场

■ 我国每年引进的PLC产品价值在5500万美元左右。其中美国产品约2000万，欧洲产品2500万，日本100万

可编程控制器的应用范围

- 电力工业
- 机械工业
- 汽车工业
- 钢铁工业
- 化学工业
- 食品工业
- 造纸工业
- 轻工业
- 纺织工业
- 建材工业
- 公用事业
- 交通运输业
- 木材加工



可编程控制器的特点及主要功能

PLC的一般特点

- 抗干扰能力强,可靠性极高

- MTBF 10万小时以上,F1,F2系列的MTBF可达到30万小时,可以说没有任何一种工业控制设备能够达到可编程控制器的可靠性.

- 从硬件和软件两方面着手

- 元件选择 设计 工艺 光电隔离

- 自诊断 WDT

- 编程方便

- 梯形图

- 指令表

- 功能状态图

- 使用方便

- 维护方便

- 设计施工调式周期短

- 易于实现机电一体化

可编程控制器和继电器控制系统的比较

	继电器	PLC
控制逻辑	硬件	软件
控制速度	慢	快
限时控制	有 硬件 精度不高	软件定时器多 精度高
触点数量	有限	可用无限多次
工作方式	并行	串行
设计与施工	周期长	周期短
可靠性与维护性	低	高
价格		长期来看低

可编程控制器与其他工业控制器的比较

■ 与集散系统比较：

- 发展基础不同：**DCS**是由仪表过程控制系统发展而来，所以它在模拟量处理，回路调节方面具有一定的优势。
- 扩展方向不同：随着微机的发展，**PLC**在初期逻辑运算功能的基础上，接连加的数值运算等等功能，速度不断提高，控制规模越来越大，构成了以**PLC**为核心的分布式控制系统。集散系统也把顺序控制，数据采集装置等结合在一起，构成了能满足各种不同控制要求的集散控制系统。



- 由小型计算机构成的中小型DCS将PLC构成的DCS所替代：PLC与DCS从各自的基础出发，在发展过程中互相渗透，两者功能越来越近。所以很多工业生产过程既可以用PLC实现控制，也可以用DCS实现。但是由于PLC是工业环境下的应用而设计的，可靠性比一般的小型计算机高得多，所以，用PLC为控制器的DCS将慢慢占领以小型机为控制器的中小型DCS的市场。



与工业控制计算机的比较



- 硬件方面：工业计算机是由微型计算机生产厂家开发生产的。**PLC**则是针对工业控制，由电气控制厂家研制出来的。信号采集和控制输出功能强

- 软件方面：工业计算机软件资源丰富，对算法复杂，实时性强的控制任务能较好的适应。**PLC**易于被熟悉电气控制线路而不太熟悉微机软件的工厂技术人员所掌握。



可编程控制器的主要功能

- 顺序逻辑控制
- 运动控制
- 定时控制
- 计数控制
- 步进控制
- 数据处理
- 模数和数模转换
- 通信及联网



PLC的软件



- 系统软件：系统管理程序、用户指令解释程序、标准程序块和系统调用

➤ 系统管理程序：

- 负责系统的运行管理，对输入输出，运算，自检，通信进行时间上的分配管理
- 负责存储空间的管理，将用户使用的数据参数存储地址转化为实际的数据格式，及物理地址
- 系统自检：





用户指令解释程序：将应用程序翻译成机器可直接执行的机器语言程序

标准程序块和系统调用

应用软件：用户程序





■ 一 梯形图

- 名称沿用 但有分别，软元件、硬元件，有本质的不同，使用次数问题
- 继电器中的串并联，在梯图中为与或运算关系
- 继电器图中的左右母线，梯图中类似，但无电流通过，有一个类似的概念：能流
- 继电器触点合上断开需要时间，可能发生触点竞争现象，梯图为顺序扫描，无此现象



梯形图编程注意事项：

- 能流只能从左边的母线流向右边母线。
- 继电器触点和线圈只能作为水平元件使用。
- 网络中，最右一列只能放置线圈。
- 线圈如放在其他列，其右边不能放置任何指令。
- 线圈在梯形图程序中只能使用一次，但作为该线圈的触点，可以在梯形图中多次使用。
- 若梯形图中串联或并联的指令数超过网络规定的数值时，必须使用内部继电器经分段组合来完成



梯形图编程步骤:

- 确定控制系统所需要的I/O点数，列出I/O地址分配表
- 画出PLC外部I/O端子的电气接线图
- 编写梯形图控制程序
- 调试梯形图控制程序
- 以文件形式保存梯形图控制程序



指令表

操作码 操作数

LD I0.0

O Q0.0

AN I0.1

= Q0.0

可编程控制器的性能指标

- 处理器技术指标：**CPU**的类型，用户程序存储器容量，可连接的I/O点数，指令长度，指令条数，扫描速度
- I/O模板技术指标：开关量输入输出点数，电源类型，工作电压，以及COM端子，输出电路等情况。**PLC**的输出形式有三种：继电器输出，晶体管输出，双向晶闸管输出，根据不同的负载性质选择**PLC**输出电路的形式。



- 模拟量模板：有输入输出路数，信号范围，分辨率，精度等
- 编程器及编程软件：
- 通信功能：通信接口，通信模块，通信协议，通信指令
- 扩展性：I/O点数的扩展，CPU模板的扩展，各种智能模板。



可编程控制器的发展趋势

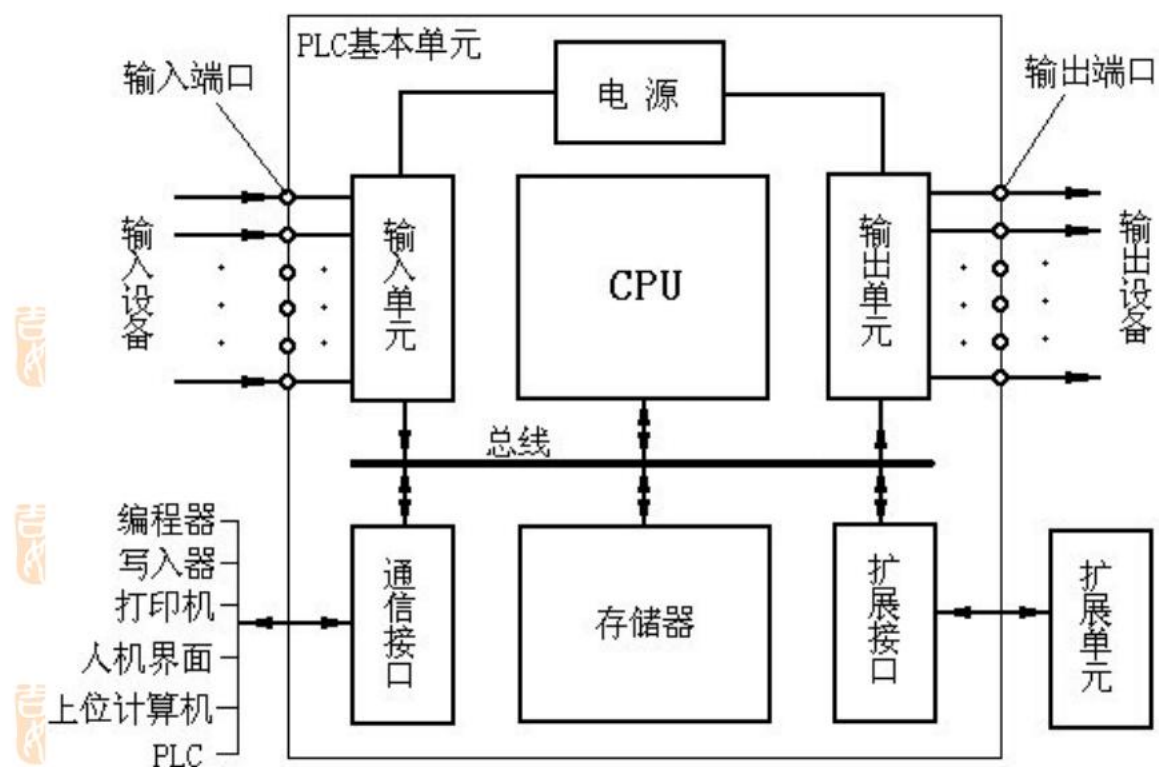


- 系列化，模板化 主控单元，扩展模板，I/O模板以及各种智能模板，形成产品系列。
- 小型机功能强化
- 中大型机高速度，高功能，大容量
- 功能高度集成
- 分散型I/O子系统
- 低成本
- 多功能



第二章 PLC的内部结构及工作原理

PLC的基本构成



PLC的各个组成部分

中央处理器

➤ 功能:

- 接收与存储用户由编程器键入的用户程序和数据
- 检查编程过程中的语法错误，诊断电源及PLC内部的工作故障
- 用扫描方式工作，接收来自现场的输入信号，并输入到输入映像寄存器和数据存储器中。
- 从存储器中读取并执行用户程序，完成用户程序所规定的逻辑运算，算术运算及数据处理等操作。
- 根据运算结果，更新有关标志位的状态，刷新输出映像寄存器的内容，再经输出部件实现输出控制。

存储器



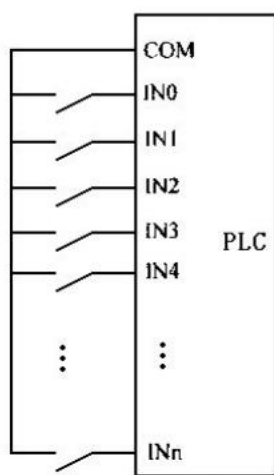
- 系统程序存储器和用户程序存储器
- 系统程序存储器用**PROM**，**EPROM**，系统程序包括：系统管理程序，解释指令，标准程序及系统调用等。
- 用户程序存储容量不大，主要存储**PLC**内部的输入 输出信息，以及内部继电器，移位寄存器，累加器，数据寄存器，定时器和计数器的动作状态。



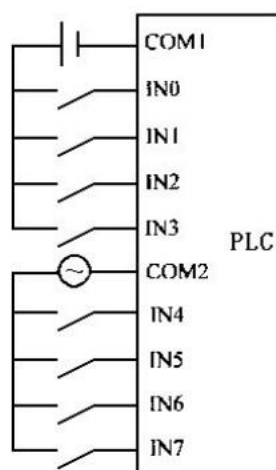
数字量输入接口

吉祥如意

- 外部接线方式
 - 汇点式输入接线



a)



b)

吉祥如意

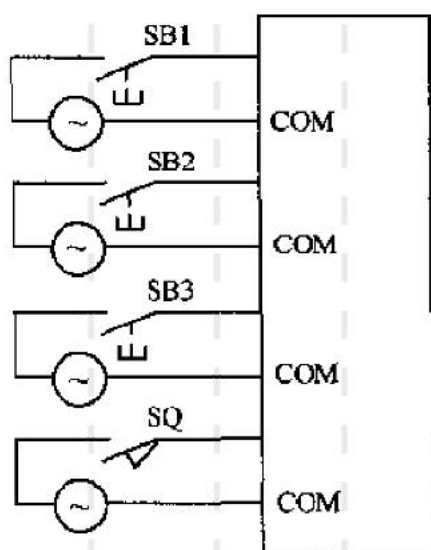
吉祥如意

吉祥如意

吉祥如意

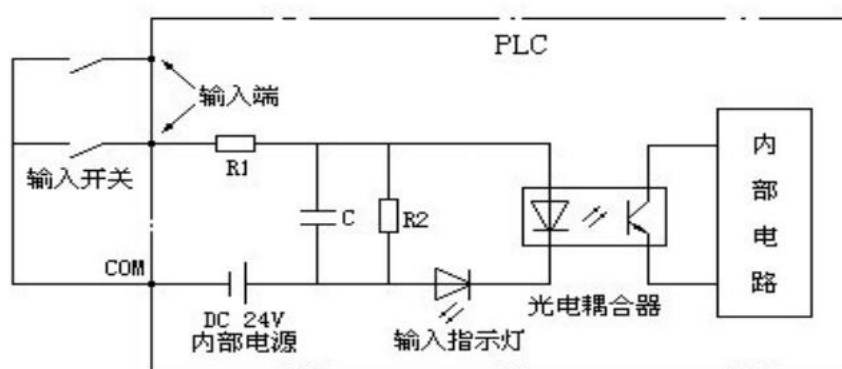
吉祥如意

吉祥如意

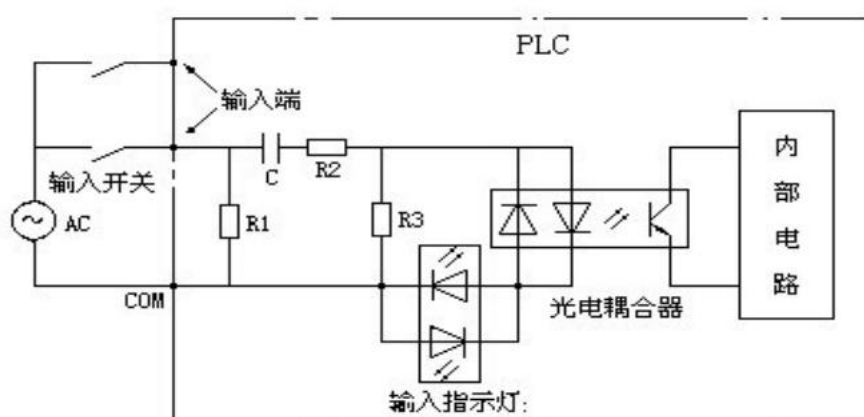


分隔式接线

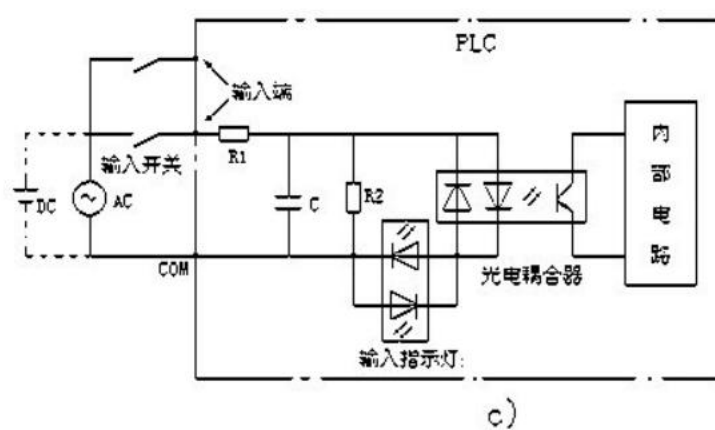
输入接口电路



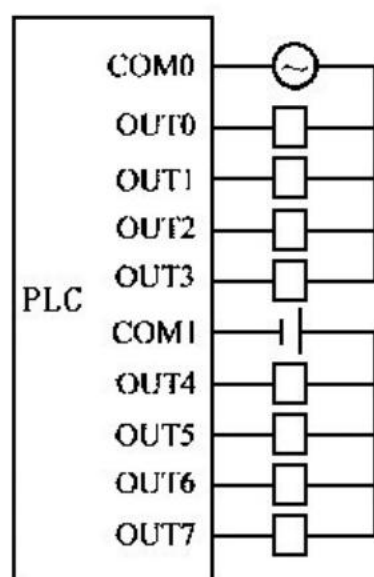
a)



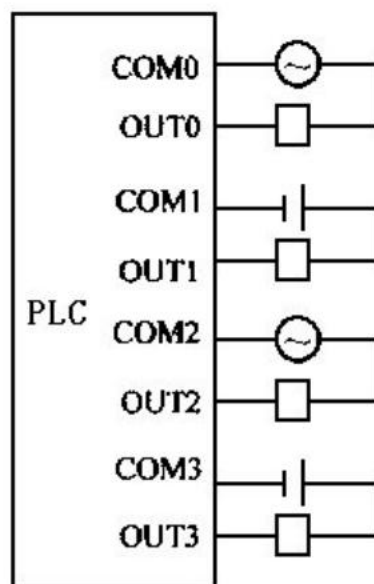
b)



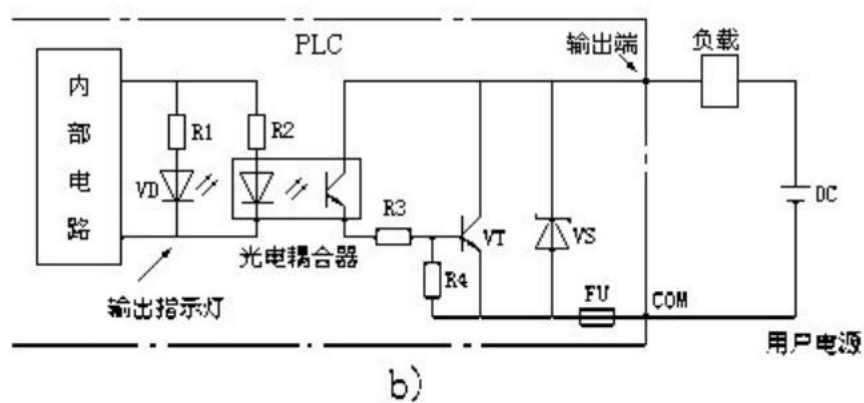
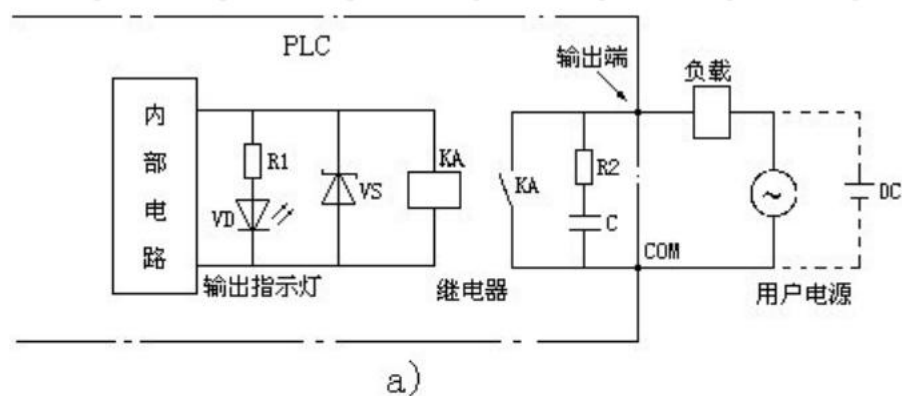
数字量输出外部接线及接口电路

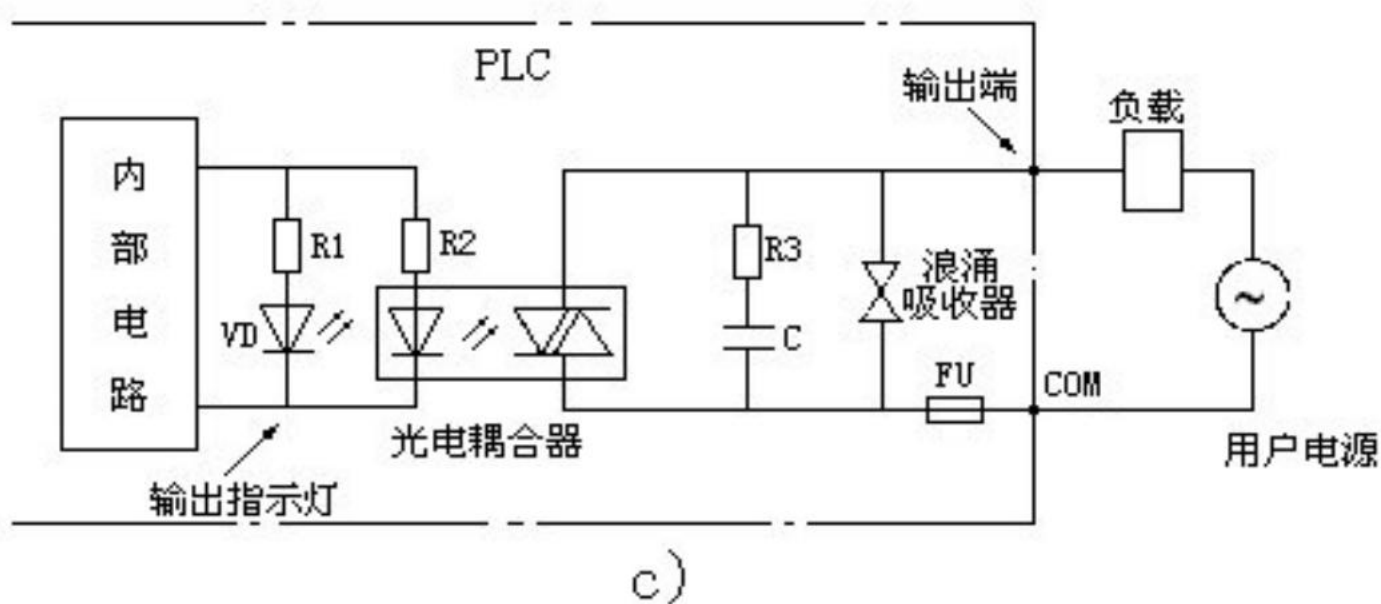


a)



b)





模拟量模板

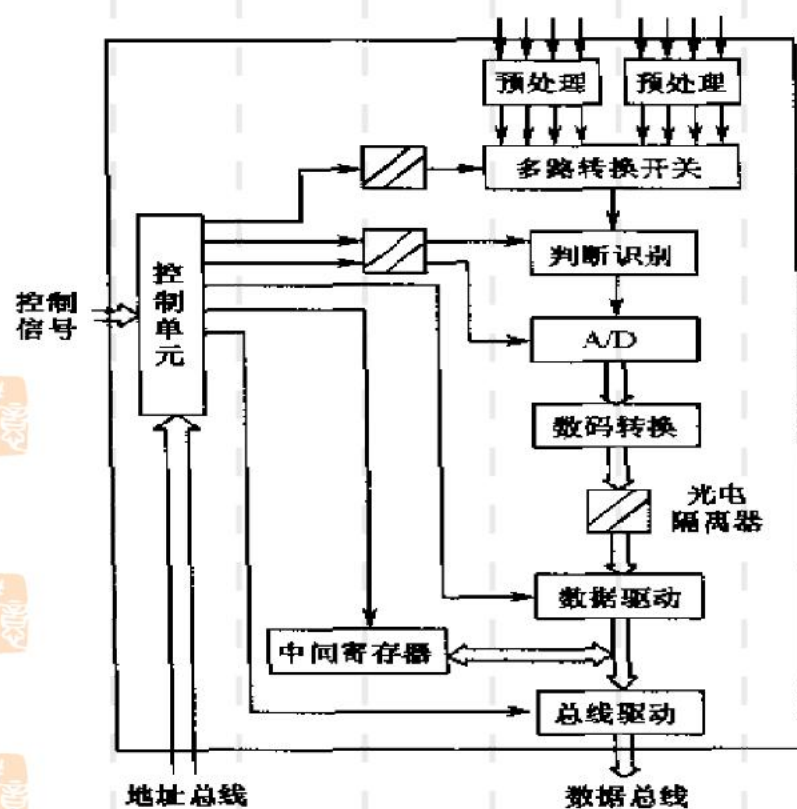


图 2-12 模拟量输入模板的结构图

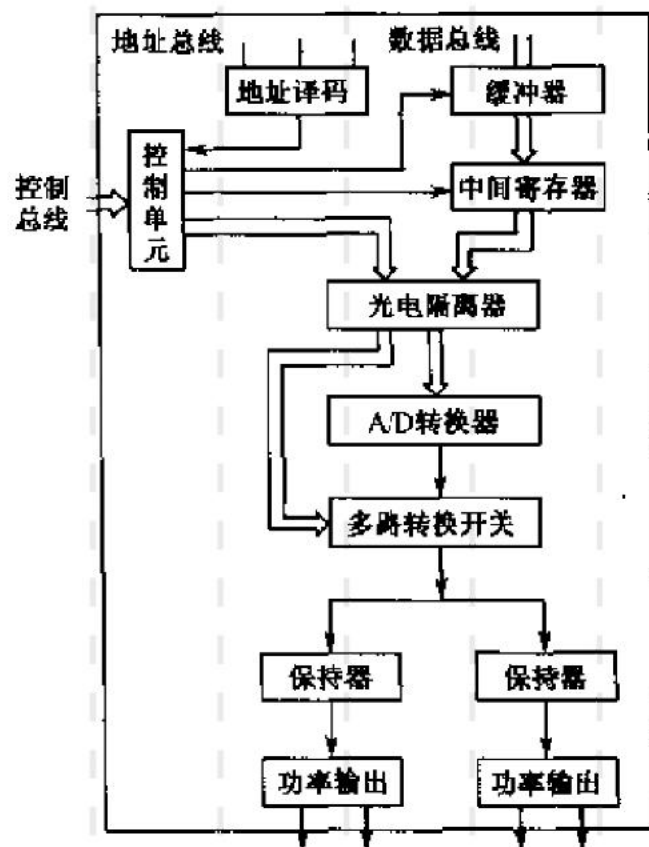
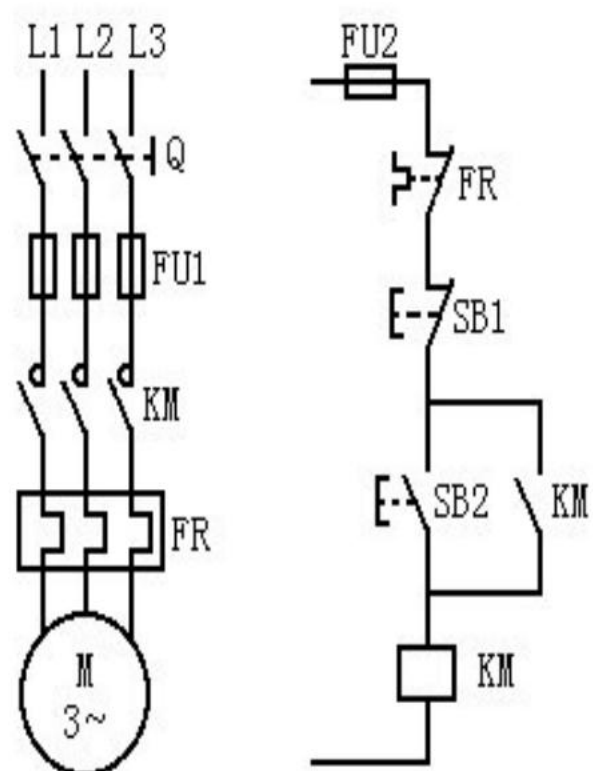
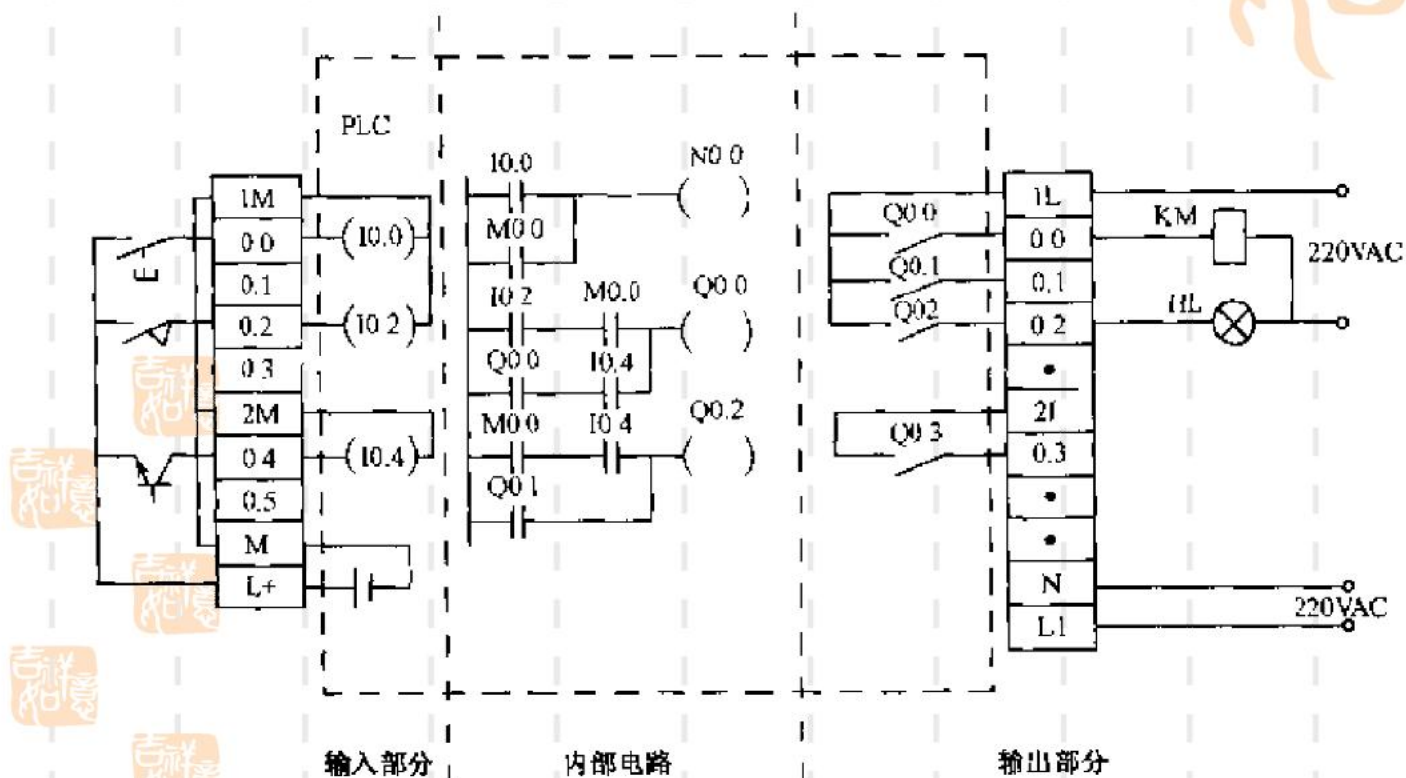


图 2-13 模拟量输出模板的结构框图







PLC控制系统的等效工作电路可分为3部分，即输入部分、内部控制电路和输出部分。输入部分就是采集输入信号，输出部分就是系统的执行部件。这两部分与继电器控制电路相同。内部控制电路是通过编程方法实现的控制逻辑，用软件编程代替继电器电路的功能。



■ 输入部分

➤ 由外部输入电路，PLC输入接线端子和输入继电器组成。外部输入信号经PLC输入接线端子继电器的线圈。

➤ 输入继电器的线圈职能由来自现场的输入元件驱动，而不能用编程的方式去控制。

■ 内部控制电路

- 是由用户程序形成的用软继电器来代替硬继电器的控制逻辑，它的作用是按照用户程序的逻辑关系，对输入信号和输出信号的状态进行检测，判断，运算和处理，然后得出相应的输出。

■ 输出部分

- 是由PLC内部且与内部控制电路隔离的输入继电器的外部动合触点，输入接线端子和外部驱动电路组成，用来驱动外部负载。

可编程控制器的工作过程

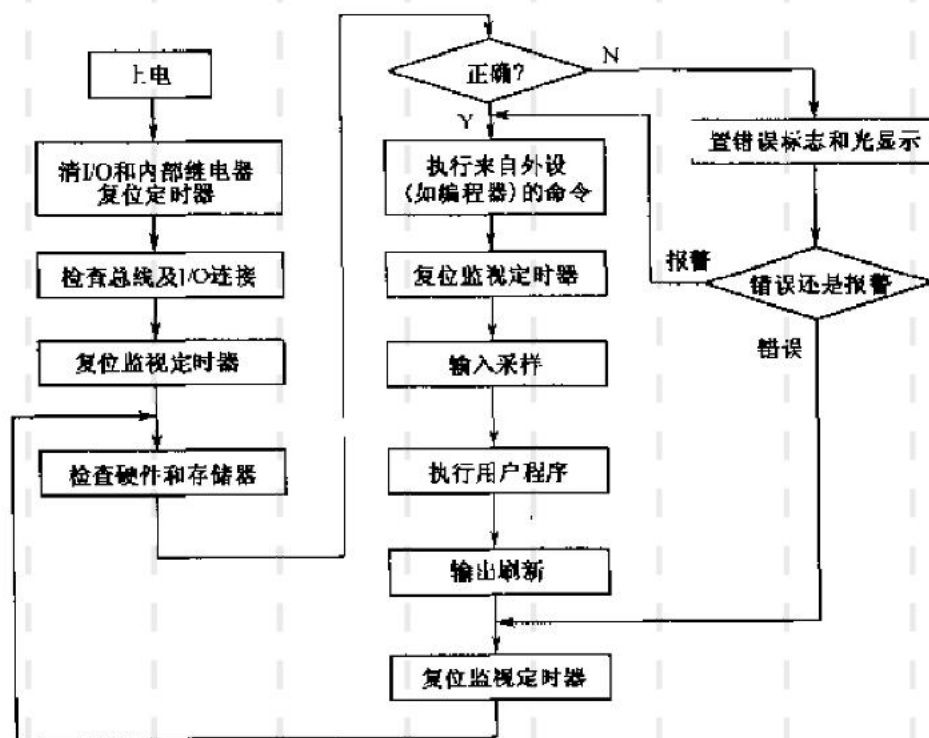


图 2-15 小型 PLC 的工作过程流程图



- 小型PLC的工作过程有两个显著特点：一是周期性顺序扫描，一个是集中批处理。
- 周期性顺序扫描是可编程控制器特有的工作方式，PLC在运行过程中，总是处在不断循环的顺序扫描过程中，每次扫描所用的时间称为扫描时间，又称为扫描周期或工作周期。



- 公共处理扫描阶段

- 包括PLC自检，执行来自外设命令，对警戒时钟的清零。

- 输入采样扫描阶段

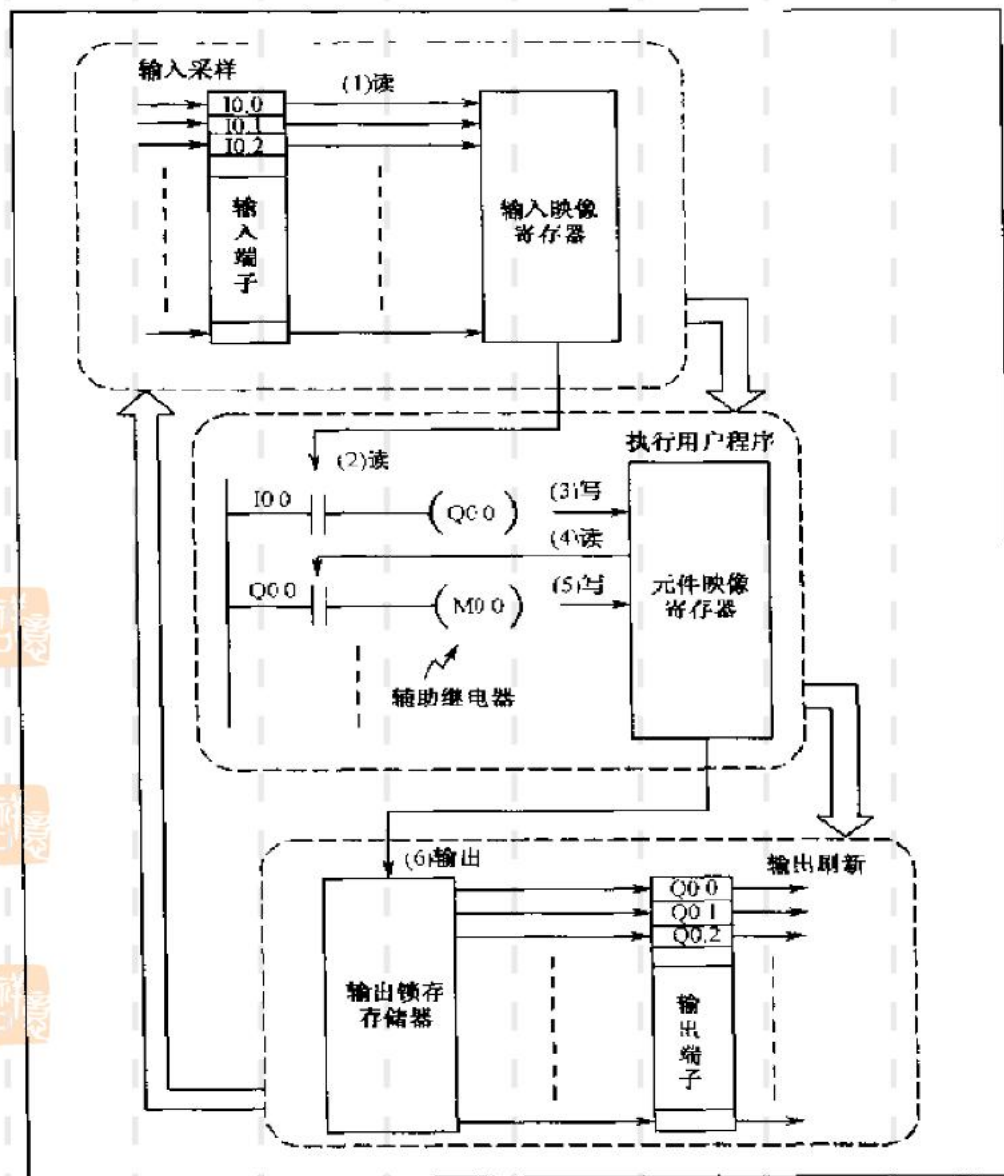
- 这是一个集中批处理阶段。PLC按顺序采集所有的输入端子上的信号。不论是否接线。

■ 执行用户程序扫描阶段

- 这是第二个集中批处理阶段。**CPU**对用户程序按顺序进行扫描，如果程序用校对形图表示，则总是按先上而后，从左到右的顺序进行，每扫描到一条指令，所需要的输入信息的状态均从输入映象寄存器中去读取，而不管此时外部输入信号的状态是否变化。

■ 输出刷新扫描阶段

- 这是第三个批处理过程。当**CPU**对全部用户程序扫描结束后，将元件映象寄存器中各输出继电器的状态同时送到输出锁存器中，再由输出锁存器经输出端子去驱动各输出继电器所带的负载。



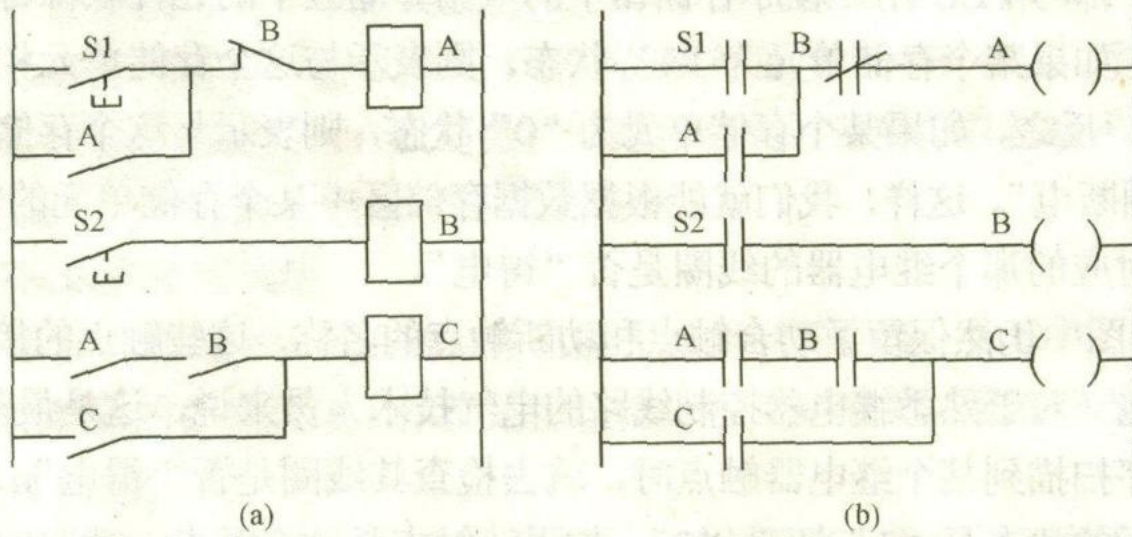


图 1-4 继电器控制线路图不可能实现但梯形图能实现的情况

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

PLC的扫描周期及滞后响应



- 输入滤波的时间常数

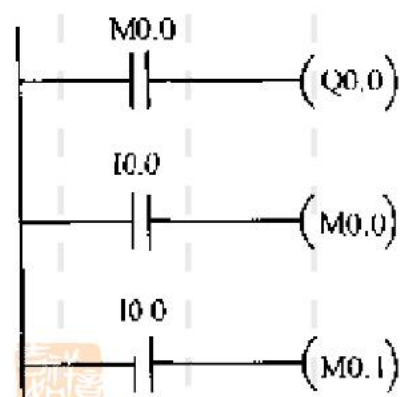
- 输出继电器的机械滞后

- PLC的循环工作的方式

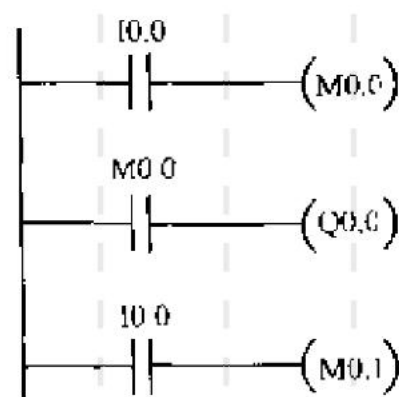
- PLC对输入采样输出刷新的集中批处理方式

- 用户程序的语句安排不当





(a)



(b)

图 2-19 语句顺序安排不当导致响应滞后的示例