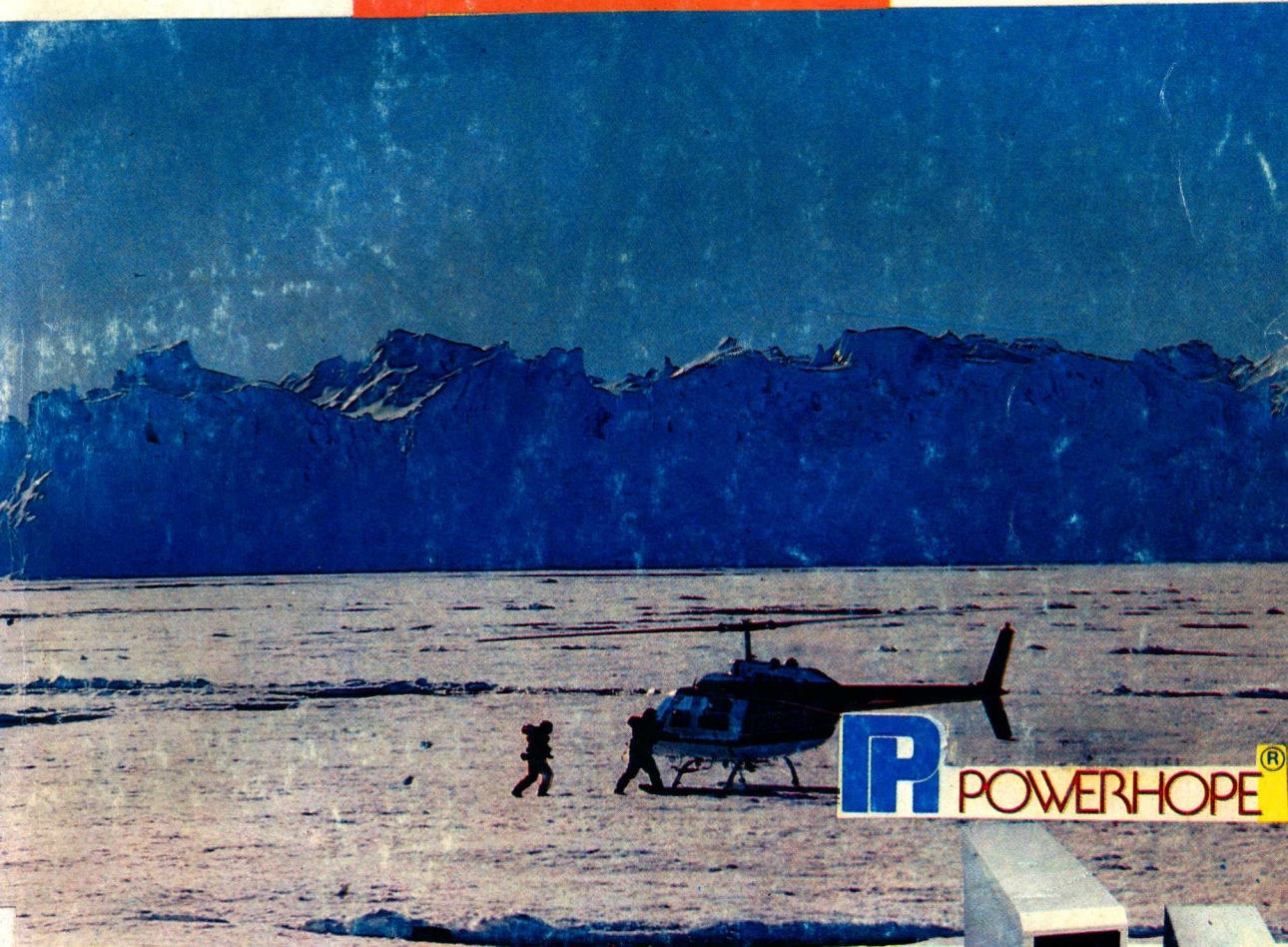
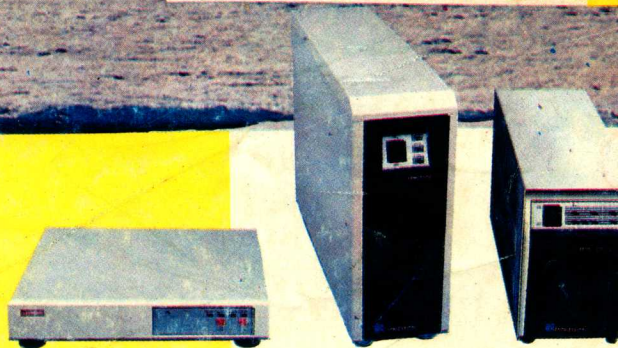


可编程逻辑控制器及其 在工程中的应用

宋阳 编
孙德和 审校



P POWERHOPE®



北京希望电脑公司

501145



90501145

可编程逻辑控制器及其 在工程中的应用

宋 阳 编
孙德和 审校



北京希望电脑公司

前言

现代的可程序逻辑控制器(PLC)是一种简单易懂、操作简便、功能完备的控制系统。大多数自动化工厂采用可程序逻辑控制器控制生产和装配过程。

最早成功地使 PLC 商品化的是 1969 年由 Modicon(现 GE 公司的一部分)为通用电机液压分割机开发的 PLC。从那以后,象 A.B 公司,通用电气, GEC 和西门子等公司开发了大量的中档成本、高性能的 PLC 系列。低成本的 PLC 市场由日本公司如 Mitsubishi, Omron 和东芝等公司垄断。

本书介绍 PLC 的设计,结构,操作及其应用。主要面向富有经验的工程师和研究自动控制的学生。它给出许多工作实例和问题分析,而这些对于他们都是很有价值的。

第一章介绍了 PLC 的基本原理和基本逻辑操作。它提出的许多问题在后续章节里都会涉及到。

第二至四章介绍硬件,如物理组成等。可程序系统内部的硬件操作在第二章里讨论,第三章给出了数字传感器和传动装置的接口,第四章处理模拟设备并包含了对数据转换的讨论。

第五、六章介绍了大多数 PLC 所用的编程技术——梯形图编程,并给出许多编程实例。

第七、八章讨论实际应用,第七章的例子可以在实验室里建立起来,而第八章的问题分析讨论了一些典型的工业应用,并给出了解决这些问题的梯形图程序。

最后一章处理工厂的通讯。讨论了在局部区域网里标准串行,并行数据互相转换的方法。

限于水平,书中错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

第四章 模拟设备接口

4.1 介绍

4.2 数字/模拟转换器

4.3 模拟/数字转换器

4.4 多路选择器

4.5 接口

4.6 模拟传感器

4.7 伺服驱动器

第五章 梯形图编程

5.1 介绍

内 容 提 要

本书不仅介绍了可编程逻辑控制器(PLC)的设计、结构和操作,而且还强调了他们在工业环境中的应用。全书共分九章。第一章介绍 PLC 的基本原理和基本逻辑操作,第二~四章介绍硬件,第五、六章介绍 PLC 使用的编程技术——梯形图编程,并给出许多编程实例。第七、八章讨论实际应用,第九章介绍有关的通讯问题。

本书文字简炼,通俗易懂,适用于研究自动控制的学生和工程人员,可供广大计算机用户阅读。

目 录

第一章 概论	1
1.1 可编程逻辑控制器基础	1
1.2 逻辑	3
1.3 PLC 组成	6
1.4 梯形逻辑	6
第二章 设计, 结构和操作	12
2.1 简介	12
2.2 PLC 的基本结构和操作	12
2.3 存贮器	13
2.4 程序输入装置	14
2.5 中央处理单元(CPU)	14
2.6 数字系统	17
2.7 PLC 的操作系统	18
2.8 多重任务	19
2.9 端口的类型	20
2.10 响应时间	23
2.11 供应电流	23
第三章 数字设备接口	25
3.1 介绍	25
3.2 数字输入设备	25
3.3 数字输出设备	31
3.4 噪声	36
第四章 模拟设备接口	38
4.1 介绍	38
4.2 数字 / 模拟转换器	38
4.3 模拟 / 数字转换器	39
4.4 多路调制器	40
4.5 接口	40
4.6 模拟传感器	42
4.7 伺服驱动器	46
第五章 梯形图编程	49
5.1 介绍	49

5.2 梯形结构	49
5.3 多重输出	50
5.4 锁存	50
5.5 计时器	51
5.6 计数器	53
5.7 鼓形走序器	54
5.8 移位寄存器	54
5.9 主控制继电器	56
5.10 跳过	56
5.11 子程序	56
5.12 算术功能	58
5.13 I/O 功能	59
5.14 其他的编程方法	59
第六章 梯形图编程举例	62
6.1 介绍	62
6.2 举例之一——触发输出	63
6.3 举例之二——多重“与”操作	63
6.4 举例之三——多重“或”操作	63
6.5 举例之四——子电路	64
6.6 举例之五——与非门梯形图	65
6.7 举例之六——或非门梯形图	67
6.8 举例之七——异或门梯形图	67
6.9 举例之八——带辅助继电器的锁存器复位	69
6.10 举例之九——带计数器的锁存器复位	69
6.11 举例之十——计时器复位	70
6.12 举例之十一——周期计时器	70
6.13 举例之十二——延迟关计时器	70
6.14 举例之十三——利用延迟计时器作为顺序输出	71
6.15 举例之十四——需要重叠的顺序输出	73
6.16 举例之十五——使用移位寄存器的顺序输出	73
第七章 应用举例	80
7.1 介绍	80
7.2 举例之一——气动活塞的运动	80
7.3 举例之二——使用计时器控制活塞周期性运动	83
7.4 举例之三——三个气动活塞的顺序自动控制	84
7.5 举例之四——启动/停止电机控制	86
7.6 举例之五——电机速度控制	89

7.7 举例之六—温度开 / 关控制	90
7.8 举例之七—比例温度控制	92

第八章 问题分析	96
8.1 介绍	96
8.2 计数和分组	96
8.3 取放单元	97
8.4 废料系统	100
8.5 生产线控制	102

第九章 通讯	106
9.1 介绍	106
9.2 并行通讯	106
9.3 串行通讯	106
9.4 局部区域网(LAN)	109

附录一 部分问题解答	111
附录二 术语汇编及缩写	114



图 1-1 PLC 的控制过程

由于PLC的程序是可以修改的,不需要对输入和输出设备重新接线就可增加新的,或修改旧的设备,因此,PLC非常适合用于控制对象变化频繁而且较复杂的场合。

PLC和微机之间的主要差别在于:

1. 输入输出与逻辑控制操作有关。
2. 输入输出设备的接口在控制单元内。

从控制对象来看,不以开停、速度、位置控制等恶劣的工作环境下工作。

图 1.2 所示的是一些典型的用PLC实现的温度控制。PLC的主体被称为基体,包括一个

第一章 概论

1.1 可编程序逻辑控制器基础

可编程序逻辑控制器(PLC)正式的定义是这样的:“可编程序逻辑控制器是一种数字运算操作的系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存贮器,用来在其内部存贮执行逻辑运算、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、模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械和生产的过

程。图 1-1 示意了控制过程是如何得到的。来自被控制机床或工业过程的输入设备(如机械触点,按钮开关)和输出设备(如电机,螺线管线圈)都与 PLC 相连。用户输入一串指令(即程序)到 PLC 的程序存贮器,然后控制器就连续地扫描输入状态并根据用户程序给出相应的输出。

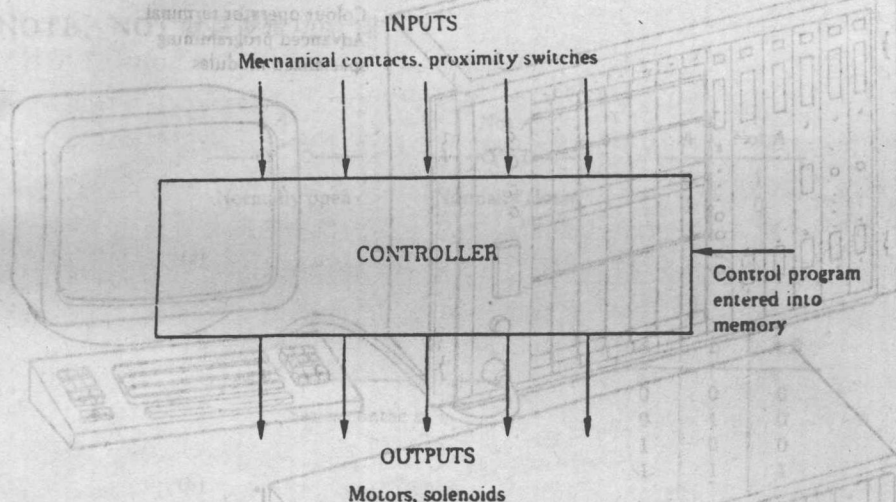


图 1-1 PLC 的控制过程

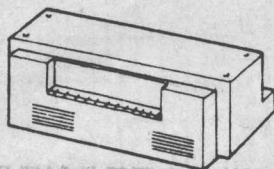
由于存贮的程序是可以修改的,不需要对输入和输出设备重新接线就可增加新的、或修改旧的控制过程,这样的柔性系统常用于被控对象变化频繁而且较复杂的场合。

PLC 和微机之间的主要差别在于:

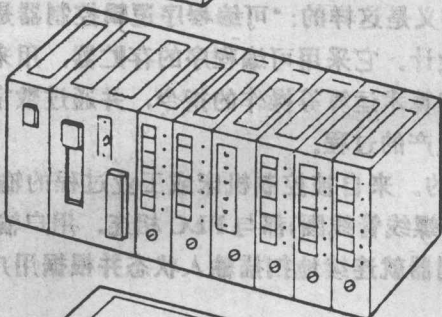
1. 编程主要与逻辑和开关操作有关。
2. 输入和输出设备的接口在控制器内。
3. 它被封装起来,可以在振荡、温度、湿度和噪声等恶劣的工作环境下工作。

图 1.2 所示的是一些典型的逻辑可编程控制器,PLC 的主体被称为基体,包括一个

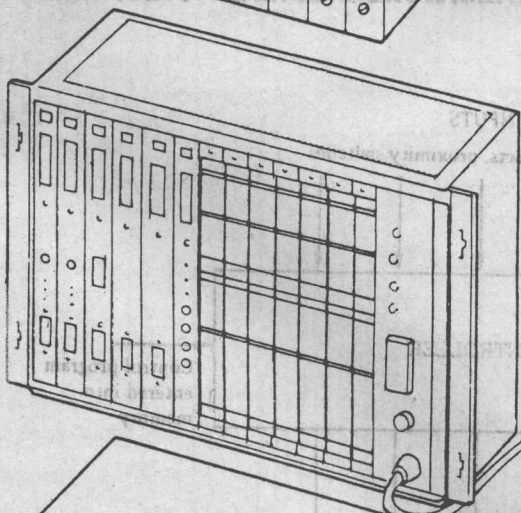
第一章



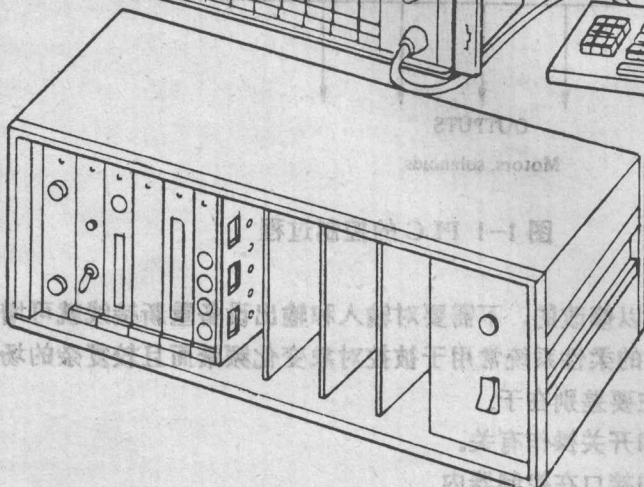
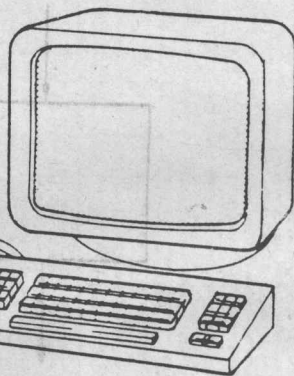
Small relay replacement
£130-£800
3-100 I/O
Simple programming



Medium sized unit
£400-£2000
32-500 I/O
Advanced programming functions



Large system
>£1000 >60 I/O
Colour operator terminal
Advanced programming
specialized modules



19 inch rack industrial
computer
>£1000
Powerful I/O
Full computer power
for programming and
operation

图 1.2 带估价的各种 PLC

中央处理单元(CPU)、程序存储器 and 必要的输入/输出接口。中央处理单元控制整个系统的操作, 这一点将在第二章进一步讨论。另一个分离的元件称为程序载入器或操作台, 用于将指令输入到程序存储器里。

可编程逻辑控制器中“逻辑”的定义是指编程基于输入设备的逻辑指令, 程序主要实现逻辑功能而不是连续运算的非连续形式。下一节里介绍“逻辑”。

1.2 逻辑

在逻辑领域里, 我们经常提到系统只工作在二值状态下。这两个状态就是开关的“接通”和“断开”, 或者一个气动阀门处于“打开”或“关闭”的位置。

我们用布尔代数处理逻辑系统。十九世纪数字家 Rev.George.Boole 产生提出逻辑代数的这个学科, 因此就用他的名字命名。在布尔代数里, 开关的两个状态表示成真值“真”和“假”或“0”和“1”。如果一个开关记为 A, 则当形状为“接通”时, $A=1$; 开关为“断开”时, $A=0$ 。A 称为布尔变量。

图 1.3(a)所示的是单刀单掷开关, 它只可能有两种情况: 一类是经常断开(缩写为 No), 一类是经常闭合(缩写为 Nc)。如果用布尔变量表示常开开关, 那么常闭开关表示成 NOTA 或 $\bar{A}$ 。因为常开开关的状态总是和常闭开关的状态相反, 经常用带上划线的 B 表示 NOTB。NOT 就是逻辑功能“非”。

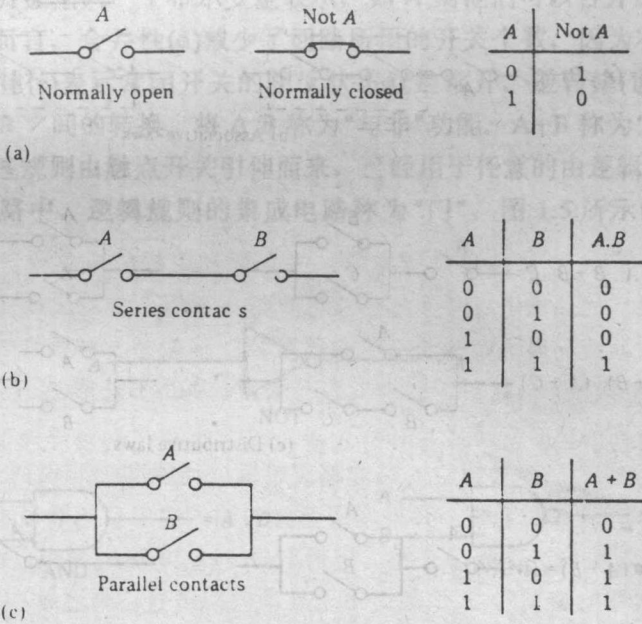


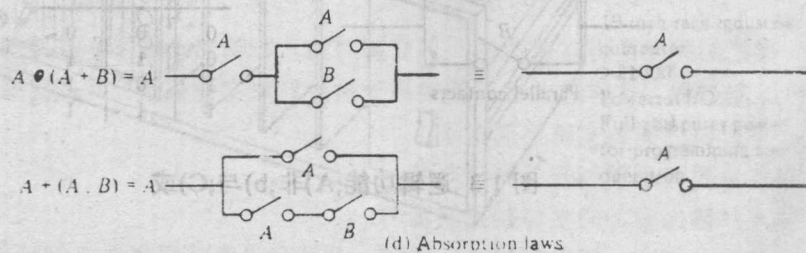
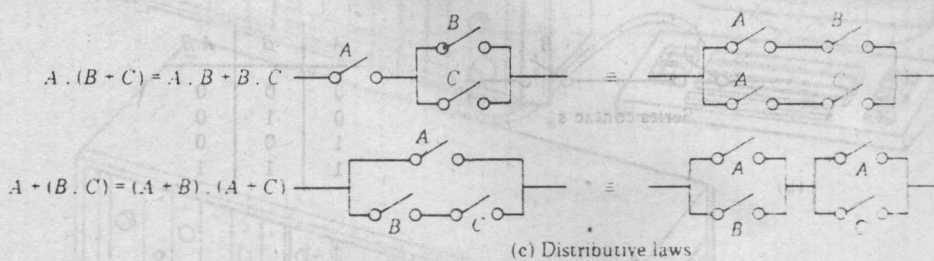
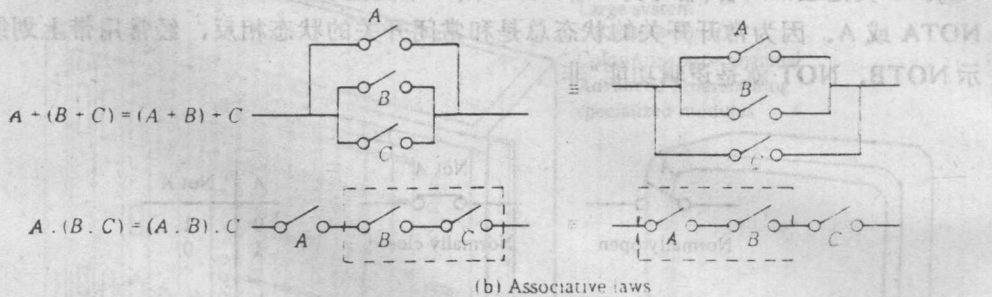
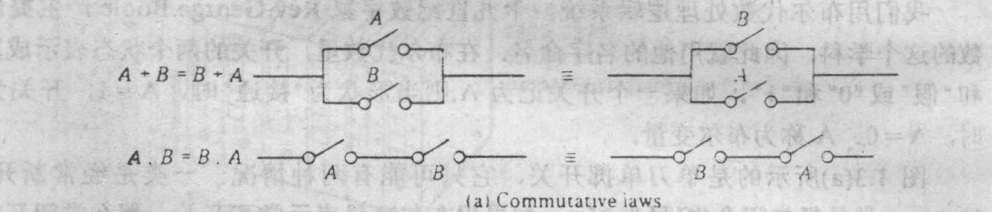
图 1.3 逻辑功能;A)非;b)与;c)或

NOTA 的真值(0 或 1)总是和 A 的相反, 故常用如图 1.3(a)所示的表用真值定义为 NOTA。这样的表称为真值表。

逻辑“与”功能描述将两个常开的单刀单掷开关串联的操作，如图 1.3(b)所示。只有 A 和 B 都是闭合时线路才是通的，即 $A=1$ 且 $B=1$ 时。在布尔代数里，用“.”表示“与”，故“ $A.B$ ”表示“A 与 B”。“与”功能的真值表示建立了 A、B 和结果 $A.B$ 之间的关系。

逻辑“或”功能描述将两个常开开关并联的操作，如图 1.3(c)所示。当 A 闭合，或 B 闭合或者两者都闭合时此线路都是通的。布尔代数把“A 或 B”表示成“ $A+B$ ”。“或”功能的真值表建立了 A、B 和结果 $A+B$ 之间的关系。

应用布尔代数的规则可以将每一个开关回路转化成一个相应的表达式。这些表达式既易于编程也可用于建立备用开关。图 1.4 所示的是逻辑恒等表达式，它们可以转化成左边的开关连接图。



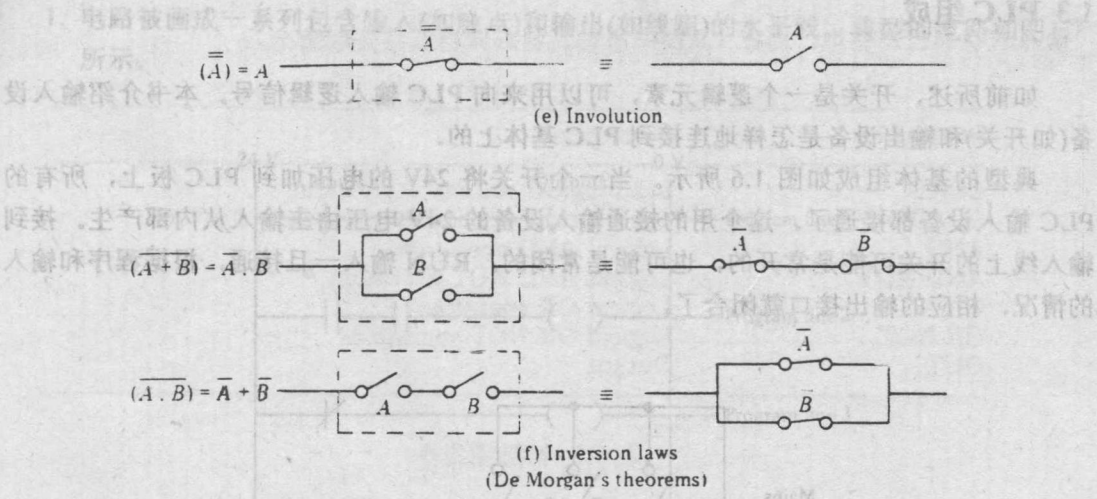


图 1.4 布尔代数规则 a)交换律;b)结合律;c)分配律;d)合并律;e)自取律;f)逆转律(狄摩根分律)

就触点开关而言,(a)所示的交换律强调两个常开开关并行(或半行)连接时,连接的顺序对最后的结果没有影响。结合律(b)表示包含三个常开开关的等价开关组。分配律(c)说明了增加冗余开关之后的等价表示。右边开关组的逻辑值与左边的完全相同,只是多了触点开关 A.如果两个开关用同一个布尔变量表示,如 A,则他们可以合并成一个变量。

就开关的布局而言,合并性(d)减少了回路所用的开关个数,因为有了开关 A,开关 B 就是冗余的了。自律(e)表示常闭开关的相反状态就是常开。逆转律(也称狄摩根律)记为 f,用于 $A+B$ 和 $A \cdot B$ 之间的转换。将 $A \cdot B$ 称为“与非”功能, $A+B$ 称为“或非”功能。

现在讨论的这些规则由触点开关引伸而来,已经用于任意的由逻辑元素构成的逻辑系统。例如在数字电路中,逻辑规则的集成电路称为“门”,图 1.5 所示的是逻辑功能的符号。

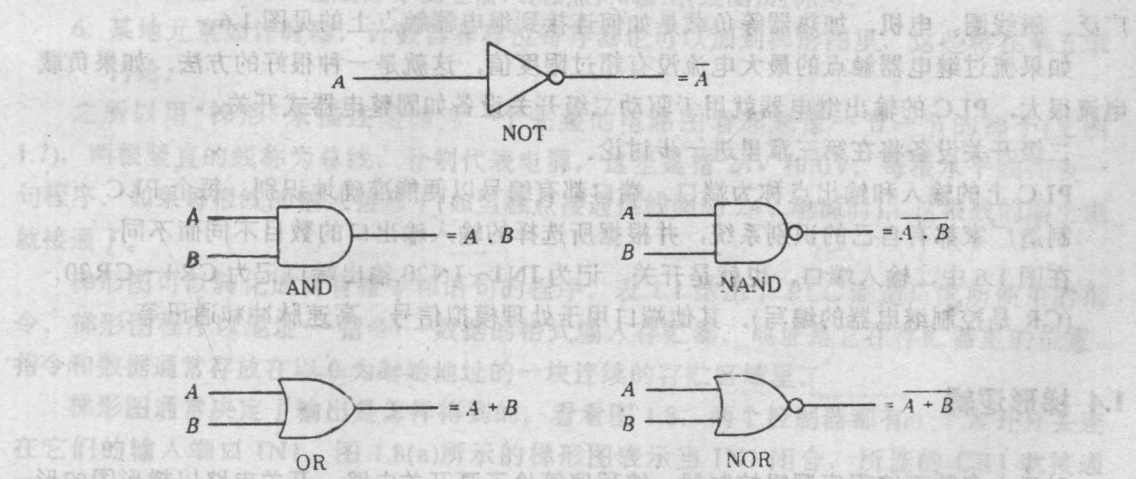


图 1.5 逻辑门符号

1.3 PLC 组成

如前所述, 开关是一个逻辑元素, 可以用来向 PLC 输入逻辑信号。本书介绍输入设备(如开关)和输出设备是怎样地连接到 PLC 基体上的。

典型的基体组成如图 1.6 所示。当一个开关将 24V 的电压加到 PLC 板上, 所有的 PLC 输入设备都接通了。这个用的接通输入设备的 24V 电压由主输入从内部产生。接到输入线上的开关可能是常开的, 也可能是常闭的。RUN 输入一旦接通, 根据程序和输入的情况, 相应的输出接口就闭合了。

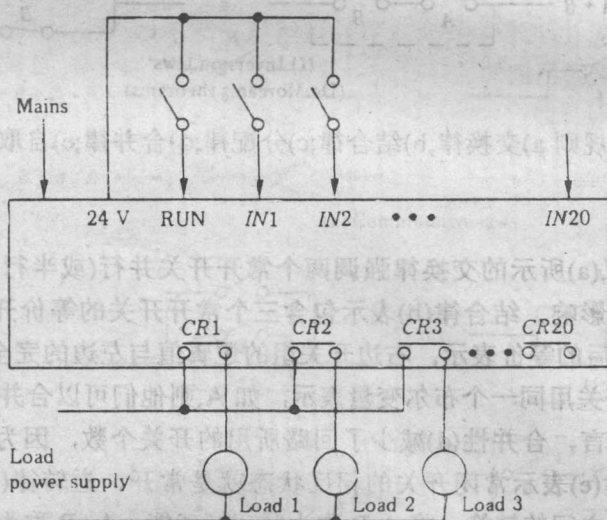


图 1.6 基体组成

输出(如负载)可以由 PLC 内部的继电器, 三极管和可控硅开关接通, 继电器用得最广泛。磁线圈, 电机, 加热器等负载是如何连接到继电器触点上的见图 1.6。

如果流过继电器触点的最大电流没有超过限度值, 这就是一种很好的方法。如果负载电流很大, PLC 的输出继电器就用于驱动二级开关设备如固整电式开关,

二级开关设备将在第三章里进一步讨论。

PLC 上的输入和输出点称为端口。端口都有编号以便能准确地识别。每个 PLC 制造厂家都有自己的识别系统, 并根据所选择的输入输出点的数目不同而不同。

在图 1.6 中, 输入端口, 也就是开关, 记为 IN1~IN20, 输出端口记为 CR1~CR20。(CR 是控制继电器的编写)。其他端口用于处理模拟信号, 高速脉冲和通讯等。

1.4 梯形逻辑

对于大多数可编程序逻辑控制器, 编程序等价于画开关电路。开关电路以梯形图的形式画出来。这种形式要求:

1. 电路被画成一系列包含输入(如触点)和输出(如线圈)的水平线。典型的电路如图1.7所示。

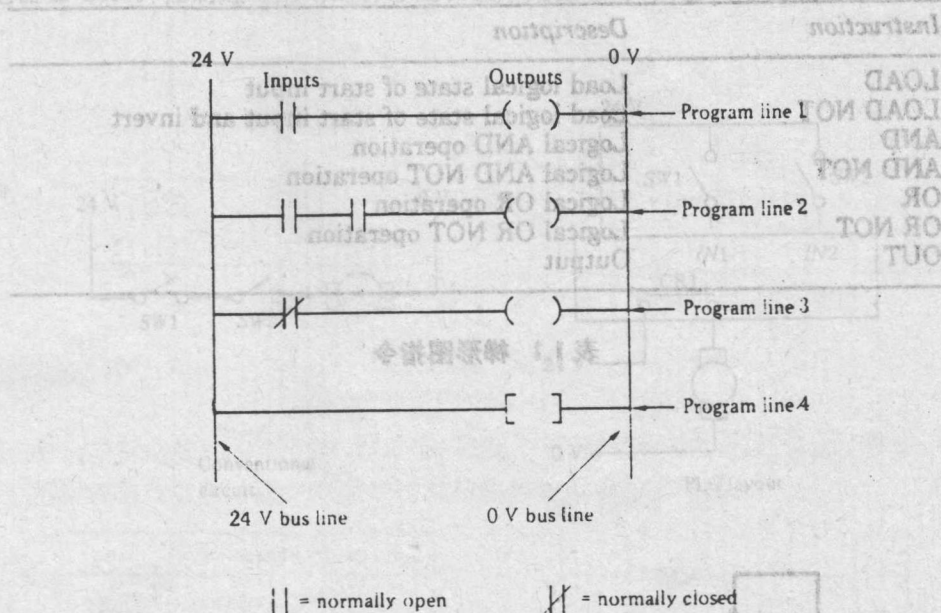


图 1.7 梯形图格式

2. 输入通常在输出的前面且总是常闭或常开的形式。梯形图里用“ $||$ ”表示常开，用“ $||$ ”表示常闭。
3. 每根线上必须至少有一个输出。PLC的输出继电器在梯形图里常用一对括号()或一个圆圈表示。
4. 回路中不用垂直线。
5. 梯形图里的另一组成部分就是输入(触点)和输出(线圈)的标号。
6. 某地元素如计时器，计数器和移位寄存器也可以加到梯形图里，这些将在第五章讨论。

之所以用“梯形”来描述是因为一个完整的电路图看起来像一节一节的梯子(见图1.7)，两根竖直的线称为总线，分别代表电源，这里是指24V和0V。每根水平线代表一句程序。如果每根线的输入接通了(如当触点接通供线圈的24V电源时)，这根线的输出也就接通了。

梯形图可以转化成含有指令和语句的程序。表1.1给出了PLC制造厂家所使用的指令。梯形图程序以地址—指令—数据的格式输入存储器。地址是它在存储器里的位置，指令和数据通常存放在以0为起始地址的一块连续的存储区域里。

梯形图通常决定了输出是怎样得到的。看看图1.8，两个控制器都有一个常开开关连在它们的输入端口IN1。图1.8(a)所示的梯形图表示当IN1闭合，所连的CR1就接通了。图1.8(b)所示的梯形图表示当IN1闭合，所连的输出CR1就断开了。图1.8(a)和1.8(b)所示的控制过程正好相反，因为在梯形图里使用了“非”功能。在图1.8(a)中直接用

输入的状态控制输出，而在 1.8(b)中用输入状态的相反值控制输出。

Instruction	Description
LOAD	Load logical state of start input
LOAD NOT	Load logical state of start input and invert
AND	Logical AND operation
AND NOT	Logical AND NOT operation
OR	Logical OR operation
OR NOT	Logical OR NOT operation
OUT	Output

表 1.1 梯形图指令

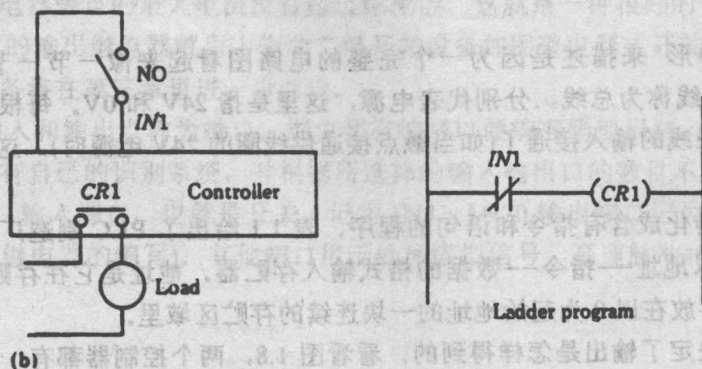
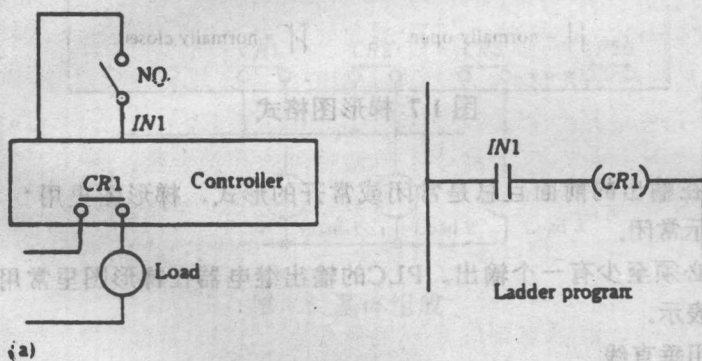


图 1.8 用梯形图控制

用 PLC 实现传统的控制电路的例子如图 1.9 所示。传统的电路用两个常开开关串行控制一个电机。如果这个非用 PLC 实现，开关接到输入端口 IN1 和 IN2，电机接到输出继电器如 CR1。控制过程所用的梯形图和程序见图 1.9。其基础是功能“与”。

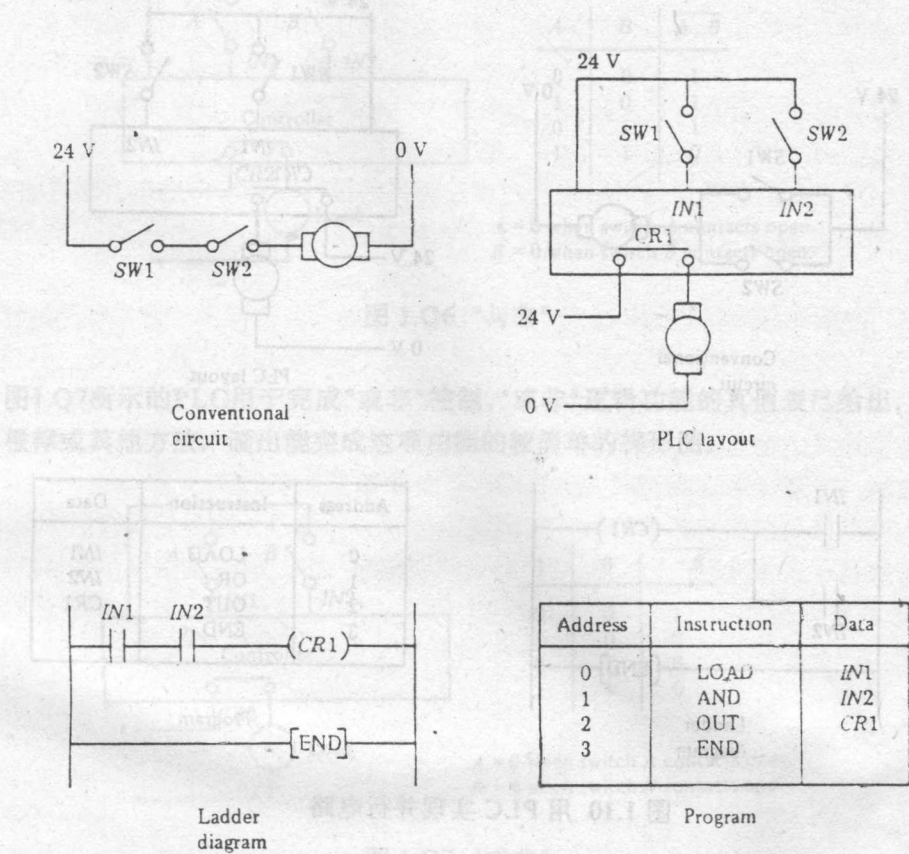


图 1.9 用 PLC 实现串行电路

用 1.10 所示为电机由两个常开开关并行控制。如果这个工作用 PLCQ 完成，开关接到输入端口 IN1 和 IN2，电机接到输出继电器 CR1，控制所用的梯形图和程序见图 1.10，其基础是功能“或”。

画梯形图时允许使用内部反馈，即用输出继电器的触点作为输入。输入和输出可以是计时器，计数器，内部线圈状态和标志，而不再输入 / 输出端口。梯形图编程将在第五章里进一步讨论。

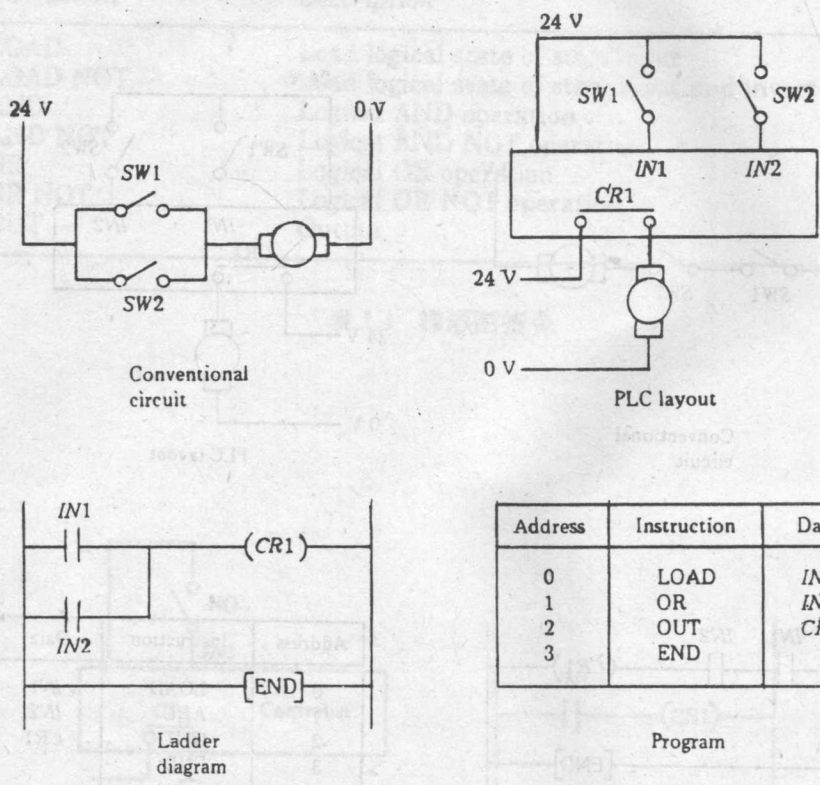


图 1.10 用 PLC 实现并行电路

问题

1. 哪种逻辑功能表示反相?
2. 哪种逻辑功能表示串行连接的开关?
3. 哪种逻辑功能表示并行连接的开关?
4. 画出代表常闭和常开开关的梯形图符号?
5. 将图1.Q5所示的开关回路用PLC实现, 并指出控制器的输入和输出, 并画出梯形图程序。

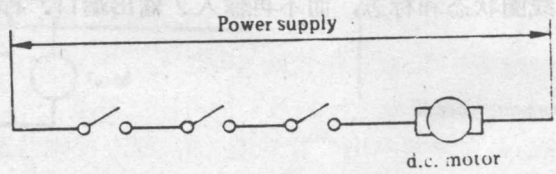


图 1.Q5 复合“与”操作