

案例分析 〇〇〇〇〇  
PLC应用程序设计丛书

# 案例分析

# 西门子

# S7-200

系列

# PLC应用程序设计

◎ 郑凤翼 主编



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

014010128

TM571.61

17

案例分析 PLC 应用程序设计丛书

# 案例分析西门子 S7-200 系列 PLC 应用程序设计

郑凤翼 主编



北航

C1696403

电子工业出版社

TM571.61

Publishing House of Electronics Industry

17

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书采用模块式结构的编写形式，讲述西门子 S7-200 系列 PLC 的应用程序设计，包括 S7-200 系列 PLC 概述、三相异步电动机控制系统的应用程序设计、工业控制系统的应用程序设计、物料传送系统的应用程序设计等；在写法上，采用图文并茂的形式，将梯形图的每个梯级和语句表的每个语句都添加注解说明，解释和说明该梯级和语句的作用，用电气元件和编程元件动作顺序说明 PLC 的控制过程，使仅学过电工及有一定电子技术基础的读者能够看懂并加以应用。

本书适用于广大初、中级电工自修者，也可供技术培训人员及在职人员使用，还可供高职院校师生参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

案例分析西门子 S7-200 系列 PLC 应用程序设计/郑凤翼主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.10  
(案例分析 PLC 应用程序设计丛书)  
ISBN 978-7-121-21476-9

I. ①案… II. ①郑… III. ①plc 技术—程序设计 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 215916 号

策划编辑: 富 军

责任编辑: 侯丽平

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 14 字数: 358.4 千字

印 次: 2013 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

可编程控制器通常简称为 PLC, 是近年发展迅速的工业控制装置, 已广泛应用于工业企业的各个领域。PLC 是以微处理器为基础, 综合了现代计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种新型的通用工业自动控制装置。它具有控制功能强、可靠性高、环境适应性好、配置灵活、编程简单、使用方便、易于扩展等优点。因此, 近年来在工业自动化控制、机电一体化、改造传统产业等方面得到广泛的应用。学习、掌握和应用 PLC 技术对提高我国工业自动化水平和生产效率具有十分重要的意义。因此, PLC 技术是广大电气技术人员、电工人员必须掌握的一门专业技术。

本书以西门子 S7-200 系列 PLC 为对象进行介绍, 但只需略加变动, 就可以移植到其他机型上, 因此具有一定的通用性。本书在整体上, 按模块式结构编写, 在每个模块中按控制项目组织编写。本书共有六个模块, 即 S7-200 系列 PLC 概述, 三相异步电动机控制系统的应用程序设计, 工业控制系统的应用程序设计, 物料传送系统的应用程序设计, 灯光和交通信号灯控制系统的应用程序设计, 喷泉、密码锁、抢答器和报时器控制系统的应用程序设计。

本书在写法上, 采用图文并茂形式, 对梯形图的每个梯级和语句表的每个语句都添加注解说明, 解释和说明该梯级和语句的作用; 并且用电气元件和编程元件动作顺序来说明 PLC 的控制过程, 使仅学过电工及有一定电子技术基础的读者能够看懂并加以应用。

本书采用电气元件与编程元件动作顺序来描述电路的工作过程, 为了叙述方便, 采用了 3 个前缀符“○”、“#”、“[ ]”。在文字符号前不加前缀符表示线圈, 加“○”前缀表示动合触点, 加“#”前缀表示动断触点; 在文字符号后加“[ ]”表示电气元件所在的图区或编程元件所在的梯级或段。例如, “○KM1(1-3)[8]”表示动合触点在图区 8, “#KM2(7-9)[10]”表示动断触点在图区 10, “X0[2]”表示输入存储器线圈在梯级 2, “○X0[2]”表示输入存储器 X0 的动合触点在梯级 2, “#X0[3]”表示输入存储器 X0 的动断触点在梯级 3。

本书适用于广大初、中级电工自修者, 也可供技术培训人员及在职人员使用, 还可供高职院校师生参考。

本书由郑凤翼主编, 参加编写的还有徐建国、郑丹丹、孟庆涛、齐宝霞、郑晞晖、韩松、耿立文、苏明政、温永库、王晓琳、苏阿莹、冯建辉、杨洪升、李红霞。

本书在写作过程中, 参考了一些书刊杂志, 并引用其中的一些资料, 难以一一列举, 在此一并向有关书刊的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 加之时间仓促, 书中不妥之处在所难免, 敬请广大读者批评指正。

## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为，歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

模块一 S7-200 系列 PLC 概述 .....	(1)
项目一 PLC 的特点、分类、性能指标和应用 .....	(1)
项目二 PLC 的基本组成及工作原理 .....	(4)
项目三 S7-200 系列 PLC .....	(9)
模块二 三相异步电动机控制系统的应用程序设计 .....	(23)
项目一 三相异步电动机启停的 PLC 控制 (启—保—停电路) .....	(23)
项目二 3 台电动机顺序启停控制 .....	(29)
项目三 三相异步电动机的正、反转控制 .....	(35)
项目四 工作台自动往返运行的 PLC 控制系统 .....	(39)
项目五 三相电动机的 Y- $\Delta$ 减压启动的 PLC 控制系统 .....	(42)
项目六 小车自动往返循环控制 .....	(53)
项目七 三相绕线转子异步电动机转子电路串电阻启动的 PLC 控制 .....	(61)
项目八 具有手动/自动控制功能的三台电动机 $M_1 \sim M_3$ 的启动/停止控制 .....	(63)
模块三 工业控制系统的应用程序设计 .....	(68)
项目一 液体自动混合装置的 PLC 控制 .....	(68)
项目二 通风机工作情况显示控制 .....	(79)
项目三 饮料自动售货机的 PLC 控制 .....	(84)
项目四 剪板机控制系统 .....	(97)
项目五 用子程序和移位寄存器指令编程的机械手的 PLC 控制 .....	(107)
模块四 物料传送系统的应用程序设计 .....	(126)
项目一 单处卸料运料小车自动往返控制 .....	(126)
项目二 多种工作方式的单处卸料运料小车自动往返控制 .....	(129)
项目三 两处卸料的选料小车的 PLC 控制 .....	(136)
项目四 用功能指令编程的台车的呼车控制 .....	(140)
项目五 三级皮带运输机的 PLC 控制 .....	(147)
项目六 带式输送机循环延时顺序启动、延时逆序停止控制 .....	(150)
模块五 灯光和交通信号灯控制系统的应用程序设计 .....	(156)
项目一 彩灯控制电路 .....	(156)

项目二	3 组彩灯循环控制	(161)
项目三	用顺序控制指令 SCR 编写的舞台灯光的 PLC 控制	(165)
项目四	采用时基脉冲结合计数器编程的彩灯控制	(168)
项目五	彩灯闪烁与循环的 PLC 控制	(172)
项目六	霓虹灯的 PLC 控制	(179)
项目七	天塔之光的 PLC 控制	(183)
项目八	交通信号灯的 PLC 控制	(189)
<b>模块六</b>	<b>喷泉、密码锁、抢答器和报时器控制系统的应用程序设计</b>	<b>(194)</b>
项目一	喷泉的 PLC 控制 (一)	(194)
项目二	喷泉的 PLC 控制 (二)	(200)
项目三	密码锁的 PLC 控制	(204)
项目四	抢答器的 PLC 控制	(206)
项目五	带数码显示的抢答器的 PLC 控制	(209)
项目六	昼夜报时器的 PLC 控制	(212)

# 模块一

## S7-200 系列 PLC 概述

PLC 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、计数和运算等功能，用于控制机器或生产过程的自动化控制装置。

### 项目一 PLC 的特点、分类、性能指标和应用

#### 1. PLC 的特点

由于 PLC 在设计、研制的初期，就已经提出了一系列的指标和要求，经过若干年的使用、实践、改进和提高，使得 PLC 更出类拔萃，具备了许多独到的特点和突出的优点。

##### 1) 抗干扰能力强、可靠性高

PLC 在其输入电路、输出电路和电源电路中，采取了多重屏蔽、隔离、滤波、稳压等措施，有效地控制了外部干扰源对 PLC 的影响，从硬件方面提高了 PLC 的抗干扰能力。

PLC 中专门设置了故障检测和诊断程序，能迅速地检查出故障情况并准确指示出故障所在位置，同时采取保存信息、停止运行等保护性措施，从软件方面提高了 PLC 的可靠性；另外，PLC 用大规模集成电路替代分立元器件，用电子存储器的状态替代机械触点，用软件替代金属导线的连接，进一步提高了 PLC 的可靠性。

##### 2) 功能强、适应面广

现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制等功能，还具有 A/D 转换、D/A 转换、数值运算、数据处理和通信等功能，因此，PLC 既可对开关量进行控制，也可对模拟量进行控制；既可以控制一台生产机械、一条生产线，也可以控制一个生产过程，同时还可以与上位计算机构成分布式控制系统。

##### 3) 系统组合灵活方便

PLC 品种多，档次也多，已形成系列化和模块化，用户可以根据实际需要选用不同的模块来自行灵活地组成不同的控制系统，从而满足不同的控制要求。





4) 通用性强, 使用方便; 体积小, 重量轻, 易于实现机电一体化

对于同一台 PLC 来说, 只需改变一下软件程序, 就能够实现不同的控制功能, 就能够适应不同的生产工艺, 因此通用性极强, 使用十分方便。

PLC 采用大规模集成电路组装, 重量轻, 功耗低, 体积也很小, 可安装到机械设备的内部, 非常容易实现机电一体化。

5) 编程语言简单易学

PLC 的编程语言中, 有一种梯形图语言, 它所使用的图形符号和表达形式与传统的继电器接触器控制电路的原理图非常接近, 稍有电气控制基础的技术人员通过短期学习, 很快就能掌握这种梯形图语言, 从而可以编制出满足控制要求的程序来。

6) 设计、安装和调试的周期短

PLC 的设计和调试工作, 都可在实验室内完成。硬件方面的设计工作只有确定 PLC 的硬件设置和绘制硬件接线图。安装工作也仅仅是主控电器与输入接口之间、被控电器与输出接口之间的接线工作, 简单、方便、迅速。

## 2. PLC 的分类

PLC 产品种类繁多, 其规格和性能各不相同。通常根据其 I/O 点数的多少、结构形式的不同和功能的差异等对 PLC 进行大致分类。

1) 按 I/O 点数分类

(1) 小型 PLC。I/O 点数为 256 点以下的为小型 PLC。其中, I/O 点数小于 64 点的为超小型或微型 PLC。

(2) 中型 PLC。I/O 点数为 256 点以上、2048 点以下的为中型 PLC。

(3) 大型 PLC。I/O 点数为 2048 以上的为大型 PLC。其中, I/O 点数超过 8192 点的为超大型 PLC。

2) 按结构形式分类

(1) 整体式 PLC。整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 接口、电源等部件集中装在一个机箱内, 具有结构紧凑、体积小、价格低等特点。小型 PLC 及超小型 PLC 一般多为整体式结构。

(2) 模块式 PLC。模块式 PLC 是将 PLC 各组成部分分别作为若干个单独的模块, 如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块以及各种功能模块。模块式 PLC 由框架或基板和各种模块组成, 模块安装在框架或基板的插座上。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。

(3) 叠装式 PLC。这是一种新的结构形式, 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 的 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连接的, 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, 还可做得体积小巧。

3) 按功能分类

(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, 还可能有少量模拟量输入/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、子程序、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、矩阵运算、位逻辑运算、平方根运算及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等。高档 PLC 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. PLC 的性能指标

#### 1) 存储器容量

存储器容量是指用户程序存储器容量, 通常以 B、KB 为单位来表示, 1KB=1024。内存大, 可以存储的程序量大, 也就可以完成更为复杂的控制。

#### 2) I/O 点数

PLC 的 I/O 点数是指外部输入、输出端子的总和, 又称主机的开关量 I/O 点数。它是衡量 PLC 性能的一个重要参数。

#### 3) 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行用户程序的快慢, 它是一个重要的性能指标, 决定了系统的实时性和稳定性。通常是指 PLC 扫描 1KB 用户程序所需的时间, 一般以 ms/KB 为单位。其中 CPU 的类型、机器字长等因素直接影响 PLC 的运算精度和运行速度。

#### 4) 指令的种类和数量

某种程度上用户程序所完成的控制功能受限于 PLC 指令的种类和功能。PLC 指令的种类和功能越多, PLC 的处理能力和控制能力也越强, 用户编程就越方便简单, 越容易完成复杂的控制任务。

#### 5) 内部寄存器的种类和数量

用户编制 PLC 程序时, 需要大量使用 PLC 内部的寄存器存放变量、中间结果、定时计数、模块设置及各种标志位等数据信息, 因此内部寄存器的数量直接关系到用户程序的编制。

内部寄存器的种类和数量越多, 表明 PLC 的储存和处理各种信息的能力越强。

#### 6) PLC 的扩展能力

一般来说, 可扩展性包括存储容量的扩展、输入/输出点数的扩展、模块的扩展、通信联网功能的扩展等。

另外, PLC 的电源、编程语言和编程器、通信接口类型等也是不容忽视的技术指标。

### 4. 可编程序控制器的应用

PLC 由于具有许多独到的特点和突出的优点, 因而不仅在工业的各个部门得到了广泛的应用, 而且在文化娱乐业的有关部门也得到了应用, 随着 PLC 性价比的提高, 过去使用专业计算机的场合, 也纷纷转向使用 PLC, 从而使 PLC 的应用范围不断扩大。概括起来, PLC 大致有如下方面的应用。

#### 1) 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本最广泛的应用。工业生产中, 许多部门的单机控制、多机群控, 甚至生产线控制, 需要处理的都是一些开关量, 控制过程也都具有很强的逻辑性, 因此, 使用 PLC 可以非常完美地实现这些逻辑控制。

#### 2) 模拟量的过程控制

在工业生产过程中, 许多场合需对诸如温度、压力、流量、位置、速度等各种连续变化的



模拟量进行控制，由于现代 PLC 配备了 A/D 转换单元和 D/A 转换单元，因此可以实现对模拟量的开环过程控制；如果再配备了 PID 单元，则当控制过程中某一个变量出现偏差时，PID 单元还可按照 PID（比例、积分、微分）算法计算出正确的数值，把变量保持在整定值上，这样又可以实现对模拟量的闭环过程控制。

### 3) 数据处理

由于现代的 PLC 都具有数值运算、数据传递、转换、排序、查表、位操作等功能，因此 PLC 也广泛应用于数据的采集、分析和处理。

### 4) 计数计时

对产品进行计数和对某些机械进行延时（定时）控制，在工业生产中是必不可少的，所以 PLC 设置了大量的计数器和定时器，充分满足了工业生产中计数、计时方面的需求。

### 5) 联网通信

现代 PLC 都与计算机网络进行了联网，构成“集中管理、分散控制”的分布控制系统，因此 PLC 也被应用于 PLC 与 PLC 之间，PLC 与上位计算机之间、PLC 与其他智能设备之间的通信工作。

## 项目二 PLC 的基本组成及工作原理

### 1. PLC 的基本组成

PLC 控制系统的硬件主要由中央处理（CPU）、存储器（RAM、ROM）、输入/输出（I/O）接口、电源单元等几部分组成，如图 1-2-1 所示。

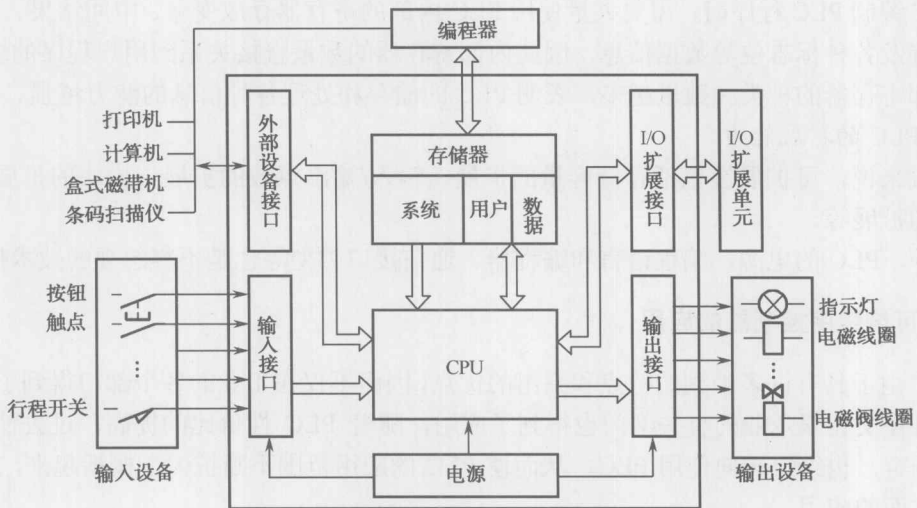


图 1-2-1 PLC 控制系统的硬件组成

#### 1) 中央处理器（CPU）

中央处理器（CPU）一般都是由集成在一块芯片上的控制电路、运算器和寄存器组成的。CPU 通过地址总线、数据总线和控制总线与存储器、输入/输出（I/O）接口电路连接。

由于 CPU 是计算机的核心，因此 CPU 也是 PLC 的核心，每台 PLC 至少有一个 CPU。CPU 按照系统程序赋予的功能指挥 PLC 进行工作。其主要任务为：



- (1) 接收与存储用户由编程器输入的用户程序与数据。
- (2) 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。
- (3) 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寄存器中。
- (4) 在进入运行方式后，从存储器中逐条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。
- (5) 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、打印制表或数据通信等功能。

### 2) 存储器

PLC 中的存储器主要用于存放系统程序、用户程序和工作状态数据。

(1) 系统程序存储区。该存储区存放着相当于计算机操作系统的系统程序，包括监控程序、管理程序、命令解释程序、功能子程序、系统诊断程序等。这些程序由制造厂商固化在 EPROM 中，用户不能直接读取，它决定了 PLC 的各项性能。

(2) 用户程序存储器。用户程序存储器分为用户程序存储区和数据存储区。程序存储区用来存放由编程设备输入的用户针对具体控制任务自行编制的用户程序，用编程器写入 EEPROM 中。数据存储区存放程序执行过程中所需或产生的中间数据，包括输入/输出过程映像，定时器、计数器的预置值和当前值。

### 3) 输入/输出接口

输入/输出接口是 PLC 联系外部现场和 CPU 模块的桥梁。

(1) 输入接口。输入接口接收和采集输入信号（如限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及其他一些传感器输出的开关量），并将这些信号转换成 CPU 能够接收和处理的数字信号。

输入接口电路通常有两种类型：直流输入型（见图 1-2-2）和交流输入型（见图 1-2-3）。从图中可以看出，两种类型都设有 RC 滤波电路和光电耦合器，光电耦合器一般由发光二极管和光敏晶体管组成，在电气上使 CPU 内部和外界隔离，增强了抗干扰能力。

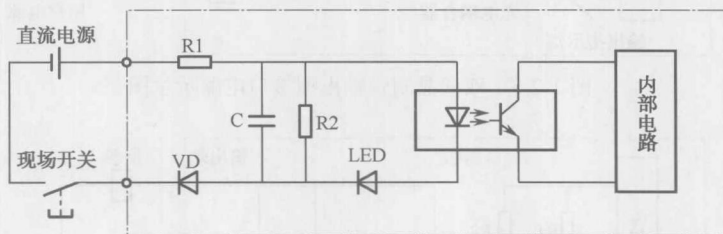


图 1-2-2 直流输入接口电路示意图

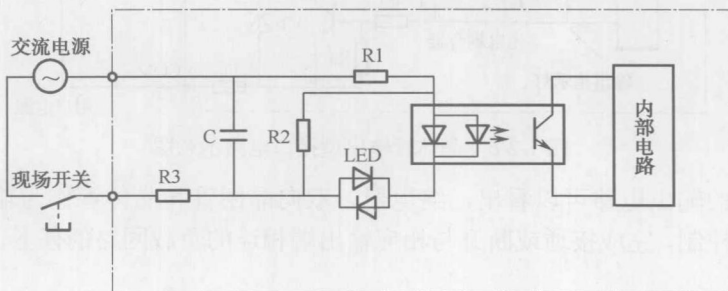


图 1-2-3 交流输入接口电路示意图



(2) 输出接口。输出接口将经中央处理器 (CPU) 处理过的输出数字信号 (1 或 0) 传送给输出端的电路元件, 以控制其接通或断开, 从而驱动接触器、电磁阀、指示灯、数字显示装置和报警装置等。

为适应不同类型的输出设备负载, PLC 的输出接口类型有继电器输出型、双向晶闸管输出型和晶体管输出型三种, 分别如图 1-2-4~图 1-2-6 所示。其中继电器输出型为有触点输出方式, 可用于接通或断开开关频率较低的直流负载或交流负载回路, 这种方式存在继电器触点的电气寿命和机械寿命问题; 双向晶闸管和晶体管输出型皆为无触点输出方式, 开关动作快, 寿命长, 可用于接通或断开开关频率较高的负载回路, 其中双向晶闸管输出型只用于带交流电源负载、晶闸管输出型则只用于带直流电源负载。

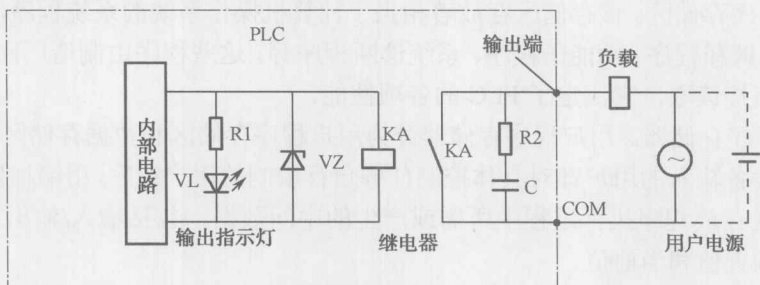


图 1-2-4 继电器输出型接口电路示意图

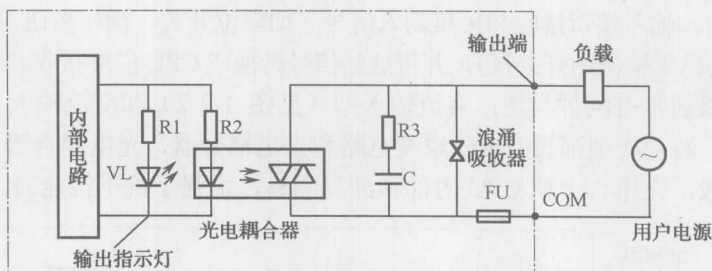


图 1-2-5 双向晶闸管输出型接口电路示意图

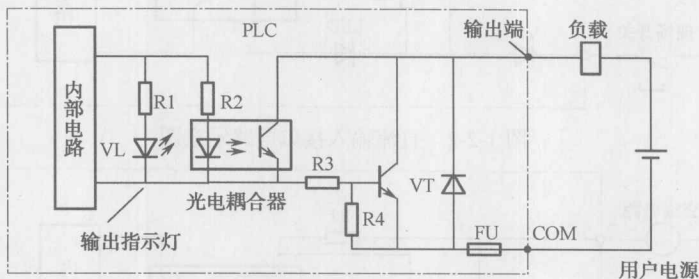


图 1-2-6 晶体管输出型接口电路示意图

从三种类型的输出电路可以看出, 继电器、双向晶闸管和晶体管作为输出的开关元件受 PLC 的输出指令控制, 完成接通或断开与相应输出端相连的负载回路的任务, 它们并不向负载提供电源。

负载工作电源的类型、电压等级和极性应该根据负载要求以及 PLC 输出接口电路的技术



性能指标确定。

#### 4) 电源

PLC 配有开关电源, 以供内部电路使用。与普通电源相比, PLC 电源的稳定性好、抗干扰能力强。对电网提供的电源稳定度要求不高, 一般允许电源电压在其额定值 15% 范围内波动。许多 PLC 还向外提供直流 24V 稳压电源, 用于对外部传感器供电。

#### 5) 编程器

编程器的作用是将用户编写的程序下载至 PLC 的用户程序存储器, 并利用编程器检查、修改和调试用户程序, 监视用户程序的执行过程, 显示 PLC 状态、内部器件及系统的参数等。

编程器有简易编程器和图形编程器两种。简易编程器体积小, 携带方便, 但只能用语句形式进行联机编程, 适合小型 PLC 的编程及现场调试。图形编程器既可用语句形式编程, 又可用梯形图编程, 同时还能进行脱机编程。

目前 PLC 制造厂家大都开发了计算机辅助 PLC 编程支持软件, 当个人计算机安装了 PLC 编程支持软件后, 可用作图形编程器, 进行用户程序的编辑、修改, 并通过个人计算机和 PLC 之间的通信接口实现用户程序的双向传送、监控 PLC 运行状态等。

#### 6) 其他接口

其他接口有 I/O 扩展接口、通信接口、编程器接口、存储器接口等。

(1) I/O 扩展接口。小型的 PLC 输入/输出接口都是与中央处理单元 CPU 制造在一起的, 为了满足被控设备输入/输出点数较多的要求, 常需要扩展数字量输入/输出模块; 为了满足模拟量控制的要求, 常需要扩展模拟量输入/输出模块, 如 A/D、D/A 转换模块; I/O 扩展接口就是为连接各种扩展模块而设计的。

(2) 通信接口。通信接口用于 PLC 与计算机、PLC、变频器和文本显示器(触摸屏)等智能设备之间的连接, 以实现 PLC 与智能设备之间的数据传送。

## 2. PLC 工作原理

### 1) PLC 的工作过程

PLC 是采用“顺序扫描、不断循环”的工作方式。这个工作过程一般包括五个阶段: 内部处理、通信处理、输入扫描、执行用户程序和输出刷新。整个过程扫描并执行一次所需时间称为扫描周期。PLC 的扫描工作过程如图 1-2-7 所示。

当 PLC 方式开关置于 RUN 方式时, 执行所有阶段; 当 PLC 方式开关置于 STOP 方式时, 不执行后 3 个阶段, 此时可进行通信处理, 例如对 PLC 联机或离线编程。

(1) 内部处理。PLC 在内部处理阶段, CPU 会检测主机硬件, 同时也会检测所有 I/O 模块; 在 RUN 模式下, 还会检测用户程序存储器。如果发现异常, 则停机并显示出错误信息。如果自诊断正常, 则继续向下扫描。

(2) 通信处理。CPU 在处理周期的通信处理阶段, 会自动监测并处理各通信端口接收到的信息, 即检查是否有编程器、计算机等的通信要求, 若有则进行相应处理, 在这一阶段完成数据通信任务。



图 1-2-7 PLC 的扫描工作过程



(3) 输入扫描。PLC 在输入扫描阶段，以扫描方式顺序读入所有输入端的通/断状态和输入数据，并将此状态或数据存入输入映像寄存器，即输入刷新；接着转入程序执行阶段。在程序执行期间，即使输入状态发生变化，输入映像寄存器的内容也不会改变，只有在下一个扫描周期的输入处理阶段才能读入发生变化的输入状态。

(4) 执行用户程序。PLC 在执行用户程序阶段，按先上后下、先左后右的顺序，执行程序指令。其过程为：从输入状态寄存器和其他编程元件的状态寄存器中读出有关编程元件的通/断状态，并根据用户程序进行算术或逻辑运算，运算结果存入有关的寄存器中。

(5) 输出刷新。在所有指令执行完毕后，PLC 将各物理继电器对应的输出状态寄存器的通/断状态，在输出刷新阶段转存到输出寄存器，去控制各物理继电器的通/断状态，这才是 PLC 的实际输出。

## 2) 可编程序控制器的等效电路

为了便于说明 PLC 的工作原理，对于开关量顺序控制（逻辑运算）的 PLC，可以利用图 1-2-8 所示的等效工作电路进行描述。

在等效工作电路图中，PLC 可以分为输入电路、内部控制电路与输出电路三部分。其中输入电路代表实际 PLC 的输入接口电路、输入采样、输入缓冲等部分；内部控制电路代表实际 PLC 的控制程序执行过程；输出电路代表实际 PLC 的输出接口电路、输出刷新、输出缓冲等部分。

值得注意的是，图 1-2-8 所示的电路仅是为了说明 PLC 工作原理而“虚拟”的等效工作电路，实际 PLC 的内部组成电路、输入/输出连接方式、输入/输出接口等硬件均与此不同，如实际 PLC 中并不存在图中的 I0.0~I0.7 等“输入继电器”。

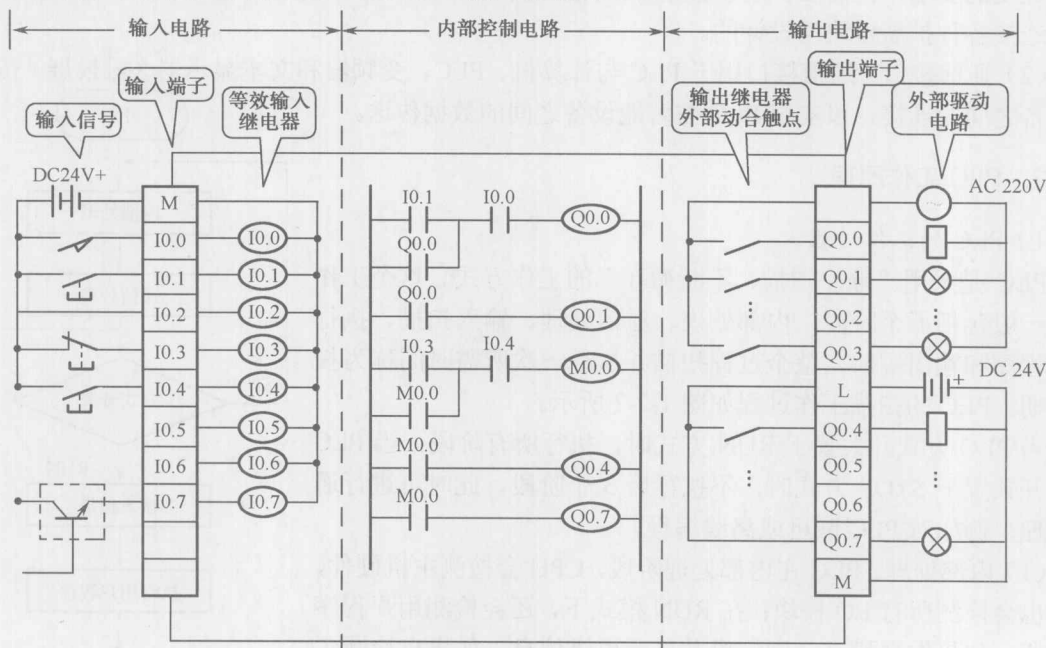


图 1-2-8 PLC 顺序控制等效工作电路

### (1) 输入电路

输入电路由外部输入信号、PLC 输入接线端子、等效输入继电器三部分组成。外部输入信号包括各类按钮、转换开关、行程开关、接近开关、光电开关等。外部输入信号经 PLC 的输



入接线端与输入继电器连接（事实上 PLC 内部无这些输入继电器，它们相当于实际 PLC 中的“输入映像”）。每个输入继电器与输入信号一一对应，当外部输入为“1”时，输入继电器“线圈”得电，内部控制电路中对应的输入触点“吸合”。

任何一个等效线圈所对应的触点有无数多个可供使用。此外，等效电路中的输入继电器只受外部输入信号的控制，在内部控制电路中只能使用它们的“触点”。

### （2）输出电路

输出电路由内部输出触点、PLC 输出接线端子、输出执行元件三部分组成。输出执行元件包括各种电磁阀线圈、接触器、信号指示灯等。内部输出触点经 PLC 的输出接线端子与输出执行元件连接，每个输出触点与内部控制电路中的输出线圈一一对应，当输出线圈为“1”时，输出触点接通（即相当于继电器控制线路中的“常开”触点闭合），且每一输出线圈只能有一个用于驱动外部执行元件的触点。

在实际 PLC 中，输出触点的输出形式与连接方式取决于 PLC 输出的类型，它们可以是继电器的触点，也可以是晶体管、双向晶闸管等。同时，输出继电器不仅可以作为输出线圈驱动实际输出，而且在程序中可以作为“触点”无限次使用。因此，应假设等效输出电路中的输出触点，对于外部只能连接一个执行元件，但在内部控制电路中却可无限次使用。

### （3）内部控制电路

内部控制电路并不是硬件连接，也就是说并没有实际的导线、触点与线圈连接，而是由用户根据控制要求编写的程序所组成，在这些程序控制下，PLC 对输入端输入的信息进行运算处理，判断哪些信息需要输出，将其经过输出端输送给负载。

此外，在 PLC 程序中还大量使用了 PLC 标志寄存器，在等效电路里，它们除不可以用来驱动外部执行元件外，其余与输出继电器完全相同。

### 3) PLC 执行程序的过程的特点

（1）PLC 在一个扫描周期内，对输入状态的采样只在输入采样阶段进行。当进入到程序执行阶段后输入端将被封锁，直到下一个扫描周期的输入采样阶段才对输入状态进行重新采样。上述过程称为集中采样，即在一个扫描周期内，集中一段时间对输入状态进行采样。

（2）在用户程序中，如果对输出结果多次赋值，则只有最后一次有效。在一个扫描周期内，只在输出刷新阶段才将输出状态从输出映像寄存器中输出，对输出接口刷新。在其他阶段输出状态一直保存在输出映像寄存器中。上述过程称为集中输出。

（3）输出锁存器中的数据，取决于上一个扫描周期输出刷新阶段存入的内容，而在输入采样和程序执行阶段，输出锁存器内容不会发生变化。

（4）直接与外部负载连接的输出端子的状态，取决于输出锁存器中的数据。

（5）从 PLC 输入端的输入信号发生变化到其输出端对该输入变化做出反应，需要一定时间，这种现象称为 I/O 响应滞后。对一般工业控制，这种滞后是完全允许的。

## 项目三 S7-200 系列 PLC

### 1. S7-200 系列 PLC 的基本组成、外部结构、接线及性能

#### 1) 基本组成

S7-200 系列 PLC 采用整体式结构，其基本结构包括主机单元（又称基本单元或 CPU 模块，



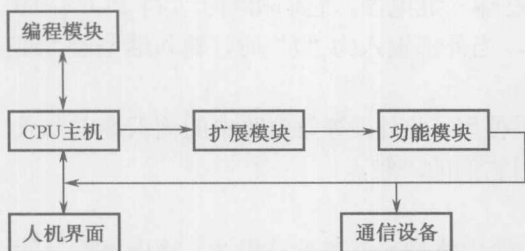


图 1-3-1 S7-200 系列 PLC 的硬件组成

简称 CPU) 和编程器。在需要时, 除 CPU221 型以外的主机单元都可以扩展以下设备: 数字量 I/O 扩展单元、模拟量 I/O 扩展单元、通信模板、网络设备和人机界面。一个完整的 S7-200 系列 PLC 的硬件组成如图 1-3-1 所示。

(1) 主机单元。主机单元又称为 CPU 模块。它包括 CPU、存储器、基本输入/输出点、通信接口和电源等, 这些组件都被集成在一个紧凑、独立的外壳中。CPU 负责执行程序, 输入部分从现场设备中采集信号, 输出部分则输出控制结果, 驱动外部负载。实际上, 主机单元就是一个完整的控制系统, 可以独立完成一定的控制任务。

(2) I/O 扩展单元。I/O 扩展单元是指主机单元的 I/O 点数不能满足控制要求时, 通过 I/O 扩展接口增加 I/O 点数。S7-200 CPU22X 系列 PLC 具有 2~7 个扩展模块, 用户可根据需要扩展各种 I/O 模块。

(3) 特殊功能模块。当需要完成某些特殊功能的控制任务时, 需要扩展模块和功能模块。它是完成某些特殊控制任务的一些装置。

(4) 相关设备。为了充分利用系统硬件和软件资源而开发的相关设备, 主要包括编程设备、网络设备和人机操作界面等。

(5) 工业软件。工业软件是为了能够更好地管理和使用以上设备开发的配套程序。它主要由标准工具、工程工具、运行软件和人机接口软件等几大类构成。

## 2) 外部结构

S7-200 系列 PLC 的外部结构实物图如图 1-3-2 所示。

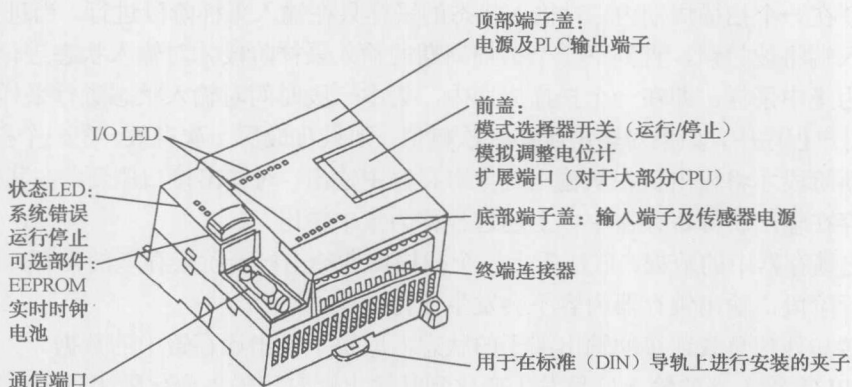


图 1-3-2 外部结构实物图

(1) 输入接线端子。用于连接外部控制设备, 如按钮、开关、传感器等提供的信号。在底部端子盖下是输入接线端子、传感器和为传感器及输入信号提供的 24V 直流电源。

(2) 输出接线端子。用于连接被控设备 (如接触器、继电器、电磁铁和指示灯等)。在顶部端子盖下是输出接线端子和 PLC 的工作电源。

(3) CPU 状态指示。RUN: 运行状态, 执行用户程序。STOP: 停止状态, 不执行用户程