



手把手 教你做项目

双色版

一步一步学 PLC编程 (西门子 Micro/WIN)

张越 陶飞 编著

本书由一线工程师团队倾力打造，从入门和工程实际角度出发，内容通俗易懂，重点突出，手把手教读者怎样用PLC进行工业控制和项目设计。书中穿插了大量的实例，并将知识点贯穿其中，让读者一学就会，拿来就用。



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



教你做项目

一步一步学 PLC编程 (西门子 Micro/WIN)

张越 陶飞 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书从入门和工程实际角度出发,以目前工业自动化控制系统中应用较多的西门子 S7-200 系列 PLC 为例,手把手教读者怎样用 PLC 进行工业控制和编程。本书第一、二章介绍了西门子 S7-200 系列 PLC 的硬件系统,第三、四章用大量的篇幅介绍了 Micro/WIN 的编程环境和编程技巧,第五~八章为读者展示了几个常用的例程,手把手教读者创建项目、用 Micro/WIN 编程和做通信。在这些例程的讲述过程中把必要的知识点贯穿其中,让读者一学就会,拿来就用。

本书由一线工程师团队倾力打造,内容通俗易懂、注重实际、强调应用、重点突出,可供电气自动化及相关工程技术人员自学使用,也可作为大中专院校相关专业师生的参考资料及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

一步一步学 PLC 编程. 西门子 Micro/WIN/张越, 陶飞编
著. —北京: 中国电力出版社, 2013. 9

(手把手教你做项目)

ISBN 978 - 7 - 5123 - 4420 - 4

I. ①一… II. ①张… ②陶… 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 092708 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http: //www. cepp. sgcc. com. cn)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 9 月第一版 2013 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.5 印张 404 千字

印数 0001—3000 册 定价 45.00 元

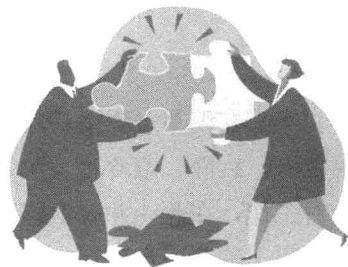


敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

Micro/WIN 是西门子 (SIEMENS) 公司的一款 PLC 编程软件。本书以西门子 S7-200 系列 PLC 作为硬件基础来为读者说明 S7-200 系列 PLC 组建的自动控制系统是如何实现自动化的。在逐步了解了 Micro/WIN 的编程环境以后,使读者一步一步地掌握和精通西门子 S7-200 系列 PLC 项目的开发和程序的编制。

本书第一章详细描述了 PLC 的内部结构、原理和选型方法,并在读者的脑中构建出一个全自动化的西门子 PLC 控制系统,使读者对西门子 PLC 控制系统前期的项目设计和电气接线、中期的程序编制以及后期的项目调试和仿真都有一个比较清晰的思路 and 认识。

第一章的最后还分类介绍了自动控制系统在生产过程中所遇到的温度、流量、压力等各种物理量在工程中的处理方法,包括产生这些物理量的特定元件的接线和信号转换。只有掌握了这些特定的功能元件的基础知识,才能更好地完成自动化的生产任务。

第二章从工程实际应用的角度出发,对西门子 S7-200 系列 PLC 的基本组成、基本功能、安装、配置、I/O 说明、通信以及选型等进行了全面、通俗易懂的讲解,更重要的是让读者理解 S7-200 系列 PLC 编程的架构和扩展系统的方法。

第三章和第四章叙述了 Micro/WIN 编程软件的安装和卸载的方法,并精讲了 Micro/WIN 中输入/输出接口的含义、标签的概念、模块的寻址及编程基础与编程技巧。

第五章围绕西门子 S7-200 系列 PLC 控制电动机运行和控制变频器使电动机按照工艺的要求运行这两个核心内容展开,手把手教读者做项目,一步一步教读者学编程,省略了大段的原理和结构的叙述,以项目中需要用到的知识点为重点,介绍了西门子 S7-200 PLC 在这两个项目中是如何处理数字量和模拟量这两种信号的,同时演示了如何创建 Micro/WIN 控制的项目、电气接线、PLC 端口的配线、程序的编制和仿真等,让读者能够尽快熟练地掌握 Micro/WIN 的程序编制方法和变量强制的技巧。本章第三节实用的工程项目控制程序集锦,从不同角度出发说明了不同工艺项目中的程序编制技巧。

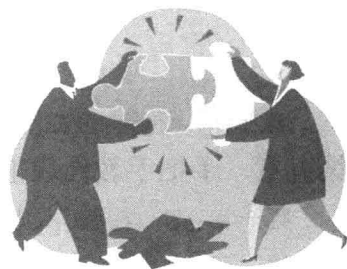
第六章首先介绍了网络通信的通用知识,并在讲解了西门子 S7-200 系列 PLC 的通信硬件和通信形式之后,通过西门子 S7-200 系列 PLC 常用的 PPI、以太网和 USS 协议的通信案例的分析,帮助读者熟悉和掌握西门子 S7-200 系列 PLC 的数据通信。

编著者在第七章介绍了 Micro/WIN 编程软件中的常用指令,并在第八章运用这些指令编制了一些典型的控制程序,这些程序具有最大程度的可移植性,在以后的工程实践中,读者可以选择这些已经编写好的典型应用程序,只做相应的简单修改后便可直接应用于工程,这样可以减少项目设计和开发的工作量。

本书在编写过程中，陶敏、蔡博洋、王峰峰、戚业兰、陈友、王伟、张振英、于桂芝、葛晓海、袁静、董玲玲、何俊龙提供了许多资料，张振英和于桂芝参加了本书文稿的整理和校对工作，在此一并表示感谢。

限于编著者水平和时间，书中难免有疏漏之处，希望广大读者多提宝贵意见。

编 著 者

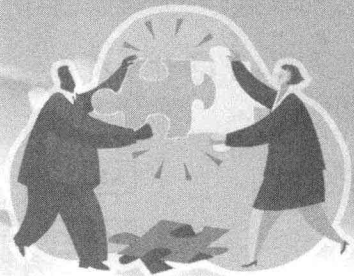


目 录

前言

第一章 PLC 原理与相关知识	1
第一节 你了解 PLC 的内部结构吗	1
第二节 PLC 的功能与特点	5
第三节 在你脑中构建西门子过程自动化系统	6
第四节 不得不会的与 PLC 相关的知识点	7
第五节 PLC 的选型与系统配置是这样的	15
第二章 西门子 S7-200 系列 PLC 的硬件	18
第一节 西门子 S7-200 系列 PLC 的特点	18
第二节 硬件组件与功能介绍	19
第三节 硬件详述	20
第四节 硬件安装	36
第五节 硬件接线	39
第六节 硬件拆卸更换的简便方法	47
第七节 S7-200 PLC 系统的扩展方法	48
第三章 认识 STEP7-Micro/WIN 编程软件	50
第一节 安装 STEP7-Micro/WIN 的软硬件要求	50
第二节 STEP7-Micro/WIN 安装有技巧	50
第三节 Micro/WIN 工具纵横谈	54
第四章 Micro/WIN 软件的编程基础	61
第一节 Micro/WIN 软件中的项目组成	61
第二节 Micro/WIN 软件的程序解析	61
第三节 CPU 中的指令解析	64
第四节 必须掌握的 Micro/WIN 数据类型	65
第五节 符号表很重要	66
第六节 局部变量表	67
第七节 Micro/WIN 软件的系统存储区和寻址方式	68
第八节 S7-200 的内部软元件的内容有点多	74

第九节 模拟量的软硬件处理是有技巧的	84
第五章 手把手教你做工程	92
第一节 PLC 控制电动机启动运行的项目集锦（数字量）	92
第二节 变频器控制项目（模拟量）	114
第三节 实用的工程项目控制集锦	132
第六章 手把手教你做通信	148
第一节 网络通信的基本知识	148
第二节 手把手教你做通信——PPI	158
第三节 手把手教你做通信——以太网	172
第四节 手把手教你做通信——USS	186
第七章 STEP7 指令在程序中的应用	206
第一节 位操作类指令	206
第二节 比较指令	216
第三节 运算指令	217
第四节 逻辑运算指令	223
第五节 程序控制指令	225
第六节 数据处理指令	226
第七节 表操作指令	230
第八节 数据转换指令	231
第八章 典型控制程序	234
第一节 自保持程序	234
第二节 互锁程序	235
第三节 连锁程序	235
第四节 时间电路程序	236
第五节 分频电路程序	240
第六节 振荡电路程序	243
第七节 顺序控制	247
第八节 循环控制	250
第九节 两地控制照明灯的开和关的程序	256
参考文献	257



第一章

PLC 原理与相关知识

可编程控制器 (Programmable Logic Controller), 简称 PLC, 是一种数字运算操作的电子系统, 是为工业环境应用而专门设计制造的计算机, 主要用于代替继电器实现逻辑控制, 是当今机械电气控制中技术水平较高和应用较为广泛的电器之一。它具有 PID、A/D 转换、D/A 转换、算术运算、数字量智能控制、监控及通信联网等多方面的功能, 还具有丰富的输入/输出接口和较强的驱动能力等。另外, PLC 已经逐渐变成了一种实际意义上的工业控制计算机, 广泛应用于机电控制、电气控制、数据采集等多个领域。PLC 并不是针对某一具体的行业应用而设计的, 其灵活标准的配置能够适应工业上的各种控制。随着计算机技术的发展, PLC 的功能不断扩展和完善, 现在已经远远超出了逻辑控制的范围。

目前, PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石油、交通、化工、纺织、电力、机械制造和娱乐等各行各业。

国内比较常用的 PLC 品牌有西门子、施耐德、AB、欧姆龙、三菱和台达等。本书将在以后的章节中重点介绍西门子 Micro/WIN 编程软件支持的硬件、编程思想、工业系统设计思路以及编程经验与技巧, 并将结合 PLC 的硬件结构、工作原理及编程语言, 帮助读者解决各种工业设计和应用上的问题。

PLC 的设计理念是将计算机系统的功能完备、灵活、通用与继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来, 制造出的一种新型的工业控制设备。

由于 PLC 属于程序控制方式, 其控制功能是通过存放在存储器内的程序来实现的。也就是说, 如果要对控制功能加以修改, 读者只需要改变软件指令就可以实现, 不需要过多地改变硬件, 这样就能够实现硬件的软件化管理。

第一节 你了解 PLC 的内部结构吗

PLC 由 CPU、电源、输入电路、输出电路、存储器和 I/O 接口电路几大部分组成, 其结构示意图如图 1-1 所示。

一、CPU

PLC 的 CPU 实际上就是中央处理器, 能够进行各种数据的运算和处理, 将各种输入信号输入存储器, 然后进行逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理和传送、通信联网以及各种操作, 对编制的程序进行编译、执行指令, 把结果送到输出端, 去响应各种外部设备的请求。

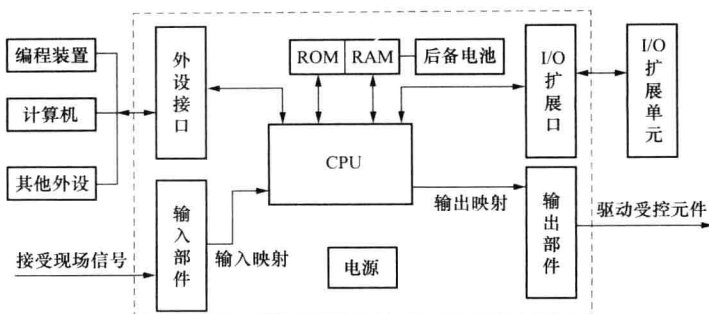


图 1-1 PLC 的内部结构示意图

二、存储器

PLC 系统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。PLC 的存储器包括系统程序存储器和用户存储器。

1. 系统程序存储器 (ROM)

ROM 用以存放系统管理程序、监控程序及系统内部数据，PLC 出厂前已将其固化在只读存储器 ROM 或 PROM 中，用户不能更改。

2. 用户存储器 (RAM)

RAM 包括用户程序存储器（程序区）和数据存储器（数据区）两部分。

RAM 存储各种暂存数据、中间结果和用户程序，这类存储器一般由低功耗的 CMOS-RAM 构成，其中的存储内容可读并更改。掉电会丢失存储的内容，一般用锂电池来保持。

也就是说，用户程序存储器用来存放用户针对具体控制任务，采用 PLC 编程语言编写的各种用户程序。用户程序存储器根据所选用的存储器单元类型的不同（可以是 RAM、EPROM 或 EEPROM 存储器），其内容可以由用户修改或增删。用户数据存储器可以用来存放（记忆）用户程序中所使用器件的 ON/OFF 状态和数据等。用户存储器的大小关系到用户程序容量的大小，是反映 PLC 性能的重要指标之一。

PLC 为了便于读出、检查和修改，用户程序一般存于 CMOS 静态 RAM 中，用锂电池作为后备电源，以保证掉电时不会丢失信息。

存放在 RAM 中的工作数据是 PLC 运行过程中经常变化和经常存取的一些数据，用来适应随机存取的要求。在 PLC 的工作数据存储器中，设有存放输入/输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器等逻辑器件的存储区，这些器件的状态都是由用户程序的初始设置和运行情况而确定的。根据需要，部分数据在掉电时用后备电池维持其现有的状态，这部分在掉电时可保存数据的存储区域称为保持数据区。

三、开关量输入/输出接口 (I/O 口)

开关量输入/输出接口 (I/O 口) 是与工业生产现场控制电器相连接的接口，接口采用光电隔离和 RC 滤波，能够实现 PLC 的内部电路与外部电路的电气隔离，并减小电磁干扰，同时能够满足工业现场各类信号的匹配要求。

1. 输入接口

输入接口是用来接收、采集外部输入的信号，并将这些信号转换成 CPU 可接受的数字

信息。

输入接口电路可采集的信号有三大类，包括无源开关、有源开关和模拟量信号。按钮、接触器触点、行程开关等属于无源开关，而接近开关、晶体管开关电路等属于有源开关。而模拟量信号则是由电位器、测速发电机和各类变送器所产生的信号。

根据采集信号可接纳的电源种类的不同，输入接口电路可分为直流输入接口、交流输入接口和交直流输入接口三类。

交流输入接口的等效电路，如图 1-2 所示。直流输入接口的等效电路，如图 1-3 所示。

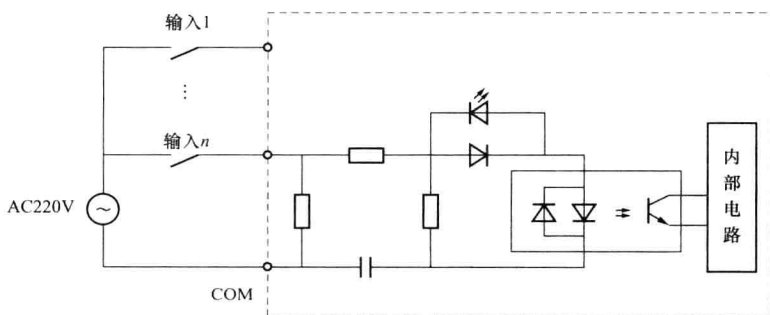


图 1-2 交流输入接口等效电路图

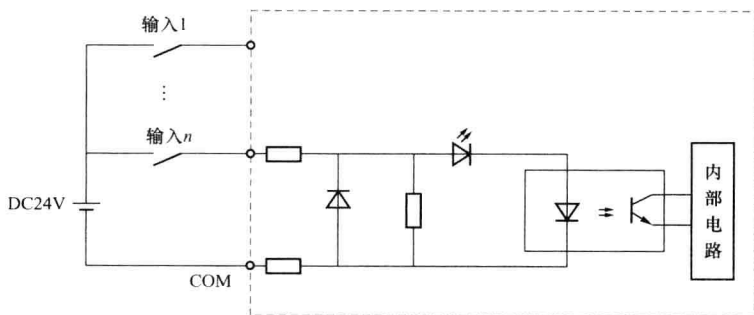


图 1-3 直流输入接口等效电路图

其中，输入 1~输入 n 是输入端子，COM 是公共端。

2. 输出接口

输出接口电路是 PLC 与外部负载之间的桥梁，能够将 PLC 向外输出的信号转换成可以驱动外部执行电路的控制信号，以便控制如接触器线圈等电器的通断电。

开关量输出接口电路有继电器输出、晶闸管输出和晶体管输出三种输出形式。

继电器输出：响应速度慢、带负载能力大、每个口输出的最大电流为 2A，可以连接交流或直流负载。

晶闸管输出：比较适中，可以连接交流负载。

晶体管输出：响应速度快、带负载能力小，每个口输出的最大电流为几十毫安，可以连接直流负载。

输出接口的等效电路如图 1-4 所示。

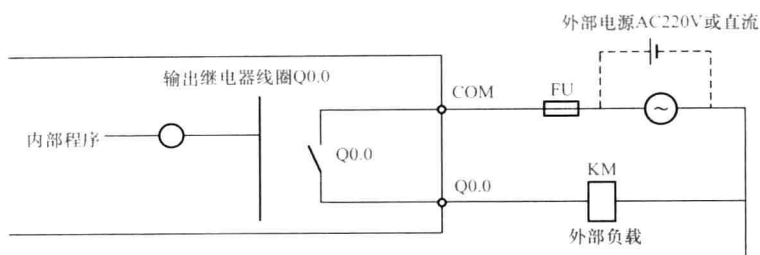


图 1-4 输出接口的等效电路

四、输入/输出映像

PLC 的输入映像寄存器和输出映像寄存器的作用，就是连接外部物理输入点和物理输出点的桥梁，每个扫描周期输入/输出映像寄存器都刷新一次。

1. 输入映像

开关量的输入接口属于物理输入，指的是外部输入给 PLC 的信号，例如传感器、按钮、位置开关等。在每一个扫描周期结束后，外部物理输入点的实际状态将映射到输入映像寄存器中。通俗点说，PLC 不知道这些物理输入元件究竟是些什么东西，那么就需要引入输入映像来解决这个问题。

这个输入映像就好像是外部输入端子的影像。当外部有信号输入时，它相对应的输入映像寄存区域就为 1；当外部信号没有信号输入时，它对应的输入映像寄存区域就为 0。这样，PLC 就可以直接通过扫描映像寄存区来了解外部端子的通断状态。

2. 输出映像

开关量的输出接口和输入接口一样，也是属于物理输出，指的是 PLC 输出给外部连接元件的信号，例如电磁阀、指示灯等。在每一个扫描周期结束后，将输出映像寄存器的状态映射到外部物理输出点。

和输入映像的情况一样，PLC 中引入的输出映像和物理输出也是对应的关系，当相对应的输出映像是 1 时，这个输出映像所对应的输出端子就接通，而当相对应的输出映像是 0 时，这个输出映像所对应的输出端子就断开。

五、电源模块

西门子 S7-200 系列 PLC 的电源是集成在其 CPU 本体当中的，能够将外部输入的电源经过处理后，转换成满足 PLC 的 CPU、存储器、输入/输出接口等内部电路工作所需要的直流电源。

许多 PLC 的直流电源采用直流开关稳压电源，不仅可以提供多路独立的电压供内部电路使用，而且还可以为输入设备（传感器）提供标准电源。

PLC 配有开关式稳压电源，以提供内部电路使用。与普通电源相比，PLC 电源的稳定性好、抗干扰能力强。因此，对于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 $\pm 15\%$ 的范围内波动。

PLC 根据型号的不同，有的采用交流供电，有的采用直流供电。交流一般为单相 220V，有的型号采用交流 100V，直流电源一般为 24V。

对于整体机结构的 PLC，电源通常封装在机箱内部，对于组合式 PLC，有的采用单独电源模块，有的将电源与 CPU 封装到一个模块中。许多 PLC 还向外提供直流 24V 稳压电源，用于对外部传感器的供电需求。

六、编程装置

编程装置是 PLC 专用的程序编辑器，有手持式和台式两种，属于电脑+编程软件集成的一种专用设备。编程器的作用是对 PLC 进行编程、调试和监控。

七、PLC 的扫描机制和扫描过程

PLC 上电一运行，就由左往右、自上向下循环执行程序，并不停地刷新输入/输出映像区，如此循环运行不止，这就是 PLC 的扫描概念。扫描执行一次所需要的周期时间称为扫描周期，扫描过程如图 1-5 所示。

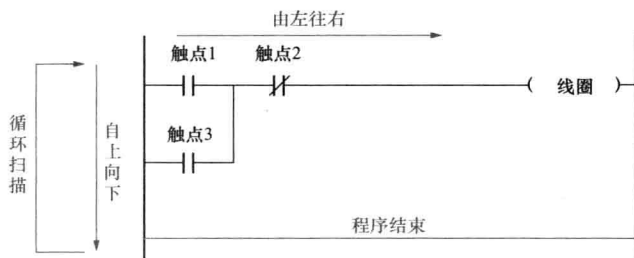


图 1-5 扫描过程示意图

读者通过扫描过程示意图可以看到，扫描到触点 1，访问触点 1 的映像寄存区，访问触点 3 的映像寄存区。如果触点 1 和触点 3 的映像寄存器其中一个或两个为 1，则触点动作。然后接着扫描触点 2，访问触点 2 的映像寄存区，如果触点 2 的映像寄存区为 0，则线圈的线路就导通，那么 PLC 将线圈的映像寄存器置为 1，线圈的输出端子就有输出了。但如果扫描触点 2 的映像寄存区为 1 时，触点 2 动作，断开触点 2，则线圈的映像寄存器置为 0，线圈的输出端子就没有输出了。如此反复地往复循环就是 PLC 的扫描了。

第二节 PLC 的功能与特点

西门子公司生产的 PLC 产品包括 LOGO、S7-200、S7-300 系列和 S7-400 系列 PLC，分别用于微小、中和大型项目。

一、PLC 的功能

- (1) 条件控制：可代替继电器进行开关控制。
- (2) 定时控制：精确定时，其定时值可任意修改。
- (3) 计数功能：各种计数方法的计数器上百个。
- (4) 步进控制：可以把复杂控制简单化。
- (5) 闭环过程控制。
- (6) 数据处理：加减乘除、开方、译码、字操作等。
- (7) 通信和联网：便于实现分散式测控系统。
- (8) 对控制系统的监控。

二、PLC 与接触器控制系统相比的特点

- (1) 使用和维护方便、可靠性高、使用寿命为半永久性。

- (2) 运行稳定、抗干扰性强、对环境要求低。
- (3) 设计施工周期短。
- (4) 编程软件和语言简单易学，编程方法针对普通操作人员，便于普及。
- (5) 控制功能强，适应范围广，与其他设备兼容性好。

第三节 在你脑中构建西门子过程自动化系统

全集成的自动化系统用一个人或者动物来比喻的话，其硬件组成的机器的各个零部件就相当于人的躯体，用来执行 PLC 的各种动作。PLC 就相当于机器的大脑，我们编的程序就相当于人所掌握的知识，编程软件相当于各种规则，生产的过程相当于大脑中要做一件事而制定好的规划。

电、气、液等就相当于人的肌肉与神经，是执行机构，PLC 发出指令，通过电、气、液等将能量传给机器的执行机构去执行。

而系统中配备的各种传感器将外界情况反馈给 PLC，就相当于人的眼、鼻和皮肤等，将外界事物反馈给大脑一样，全集成的 PLC 自动化控制系统中编程软件与程序和硬件、生产过程的关系，如图 1-6 所示。

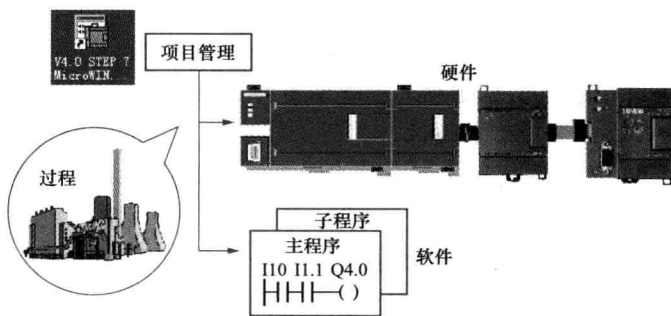


图 1-6 西门子过程自动化系统图示

西门子工业自动化研发设计的开放式的全集成自动化系统架构，实现了优化配置，并提供了一套独具特色的产品与理念，西门子工业自动化系统和西门子 PCS7 过程控制系统就是其中的核心部分，这两个系统根据工艺的要求可连接并处理各种外设发送的信息，在改善信息流的同时，大大提高了各种类型工业过程的能源效率，读者可以使用 Micro/WIN 编程软件对 S7-200 组建的项目进行管理，然后通过运行西门子 S7-200 的软件编制的程序驱动各种执行元件，来实现用户需要的工艺要求。

西门子 S7-200 系统由硬件和工业软件两大部分构成，如图 1-7 所示。

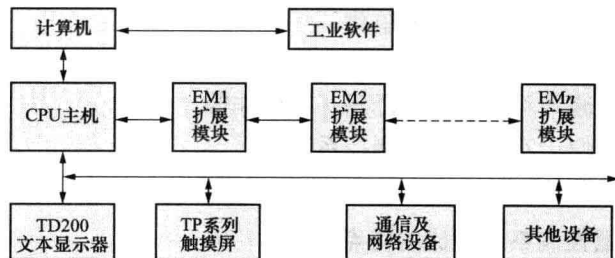


图 1-7 西门子 S7-200 系统图示

其中,硬件包括基本单元、扩展单元、特殊功能模块和相关设备。

工业软件 Micro/WIN 是为更好地管理和使用这些设备而开发的与之相配套的程序、文档及其规则的总和,它主要由标准工具、工程工具、运行软件和人机接口等几大类构成。

第四节 不会的与 PLC 相关的知识点

一、国际通用标准信号

在电力电子技术和计算机技术快速发展的今天,常常需要将工程中检测的传感器信号进行远距离传送,但是纷繁复杂的物理量信号直接传送会大大降低仪表的适用性,而且大多传感器属于弱信号型,远距离传送很容易出现衰减、干扰的问题,这就是二次变送器和标准的电传送信号产生的推动力。

二次变送器的作用就是将传感器的信号放大成为符合工业传输标准的电信号,如 $0\sim 5\text{V}$ 、 $0\sim 10\text{V}$ 或 $4\sim 20\text{mA}$,其中用得最多的是 $4\sim 20\text{mA}$ 。而变送器通过对放大器电路的零点迁移以及增益调整,可以将标准信号准确地对应于物理量的被检测范围,如 $0\sim 100^\circ\text{C}$ 或 $-10\sim 100^\circ\text{C}$ 等,也就是用硬件电路对物理量进行数学变换。中央控制室的仪表将这些电信号驱动机械式的电压表、电流表,就能显示出被测的物理量。

在实际的工程项目中,对于不同的量程范围,只要更换指针后面的刻度盘就可以了。更换刻度盘不会影响仪表的根本性质,这就实现了仪表的标准化、通用性和规模化生产。

所谓标准信号,是指物理量的形式和数值范围都符合国际标准的信号值,信号是信息的载体,它表现了物理量的变化。国际通用标准信号是连接仪表、变送设备、控制设备、计算机采样设备的一种标准信号。

这些标准信号包括:电流信号 $4\sim 20\text{mA}$ 、 $0\sim 10\text{mA}$ 和电压信号 $0\sim 5\text{V}$ 、 $0\sim 10\text{V}$ 等。

1. 变送器

在实际的工程应用中,需要测量各类电量与非电物理量,例如电流、电压、功率、频率、位置、压力、温度、质量、转速、角度和开度等,都需要转换成可接收的直流模拟量电信号才能传输到几百米外的控制室或显示设备上。这种将被测物理量转换成可传输直流电信号的设备称为变送器。根据测量的物理量的不同,变送器有温度变送器、压力变送器、差压变送器等。

变送器的传统输出直流电信号有 $0\sim 5\text{V}$ 、 $0\sim 10\text{V}$ 、 $1\sim 5\text{V}$ 、 $0\sim 20\text{mA}$ 、 $4\sim 20\text{mA}$ 等。

变送器一般分为两线制、三线制和四线制。

(1) 四线制。四线制变送器是变送器需要两根电源线,加上两根电流输出线,总共要接四根线。

(2) 三线制。三线制变送器在设计时电流输出可以与电源公用一根线,即节省了一根线,这种变送器称为三线制变送器。

(3) 两线制。采用 $4\sim 20\text{mA}$ 电流本身为变送器供电时,变送器在电路中相当于一个特殊的负载,变送器的耗电电流在 $4\sim 20\text{mA}$ 之间根据传感器输出而发生变化,这种变送器只需外接两根线,因而被称为两线制变送器。

当电流型变送器将物理量转换成 $4\sim 20\text{mA}$ 电流输出时,要有外电源为其供电。

2. 标准信号 4~20mA 变送器和 PLC/DCS 接口连接的应用方法

模拟传感器检测信号输入 PLC 和 PLC 输出的模拟控制信号都要进行电气屏蔽和隔离。电缆一定要采用屏蔽电缆，并且传感器侧、PLC 侧要实现远端一点接地。标准信号 4~20mA 变送器的接线如图 1-8 所示。

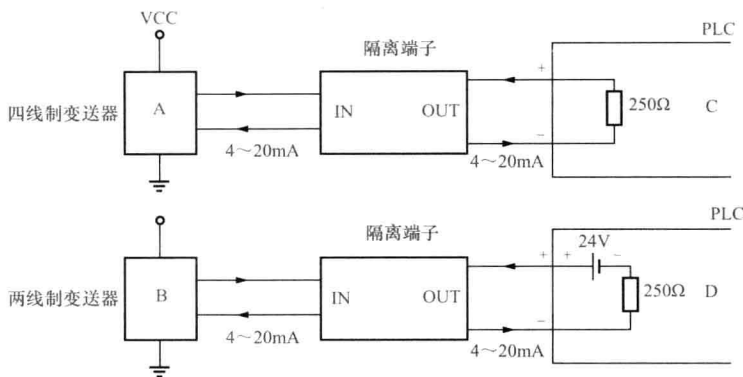


图 1-8 标准信号 4~20mA 变送器的接线

A—输出 4~20mA 标准电流信号的仪表（仪表有外接电源）；B—两线制变送器，它需要隔离端子供电；
C—接口方式为电阻负载，其典型值为 250Ω；D—24V 电源和取样电阻构成的两线制回路供电接线方式

3. 国际通用标准电流信号与电压信号的转换

标准电流信号 4~20mA 是变送器的输出信号，相当于一个受输入信号控制的电流源，如在实际应用中需要的是电压信号而不是电流信号，则转化一下即可。电流信号 4~20mA 转换为电压信号的方法是加带 250Ω 精密电阻，即可转为 1~5V 电压。

另外，变送器输出的 4~20mA 电流对应的电压与所连接的负载电阻息息相关。如果连接的负载是 250Ω，则转换的电压是 1~5V；如果负载是 500Ω，转换的电压则是 2~10V。

4. 远距离传输模拟信号

在工业应用中，测量点一般在现场，而显示设备或者控制设备一般都在控制室或控制柜上，两者之间距离可能达数十至数百米，这就需要远距离的传输模拟信号。

在传输中因为有线路消耗的影响存在压降，所以在远距离传输模拟信号时一般不采用电压传输的方式。当只能采用电压方式传输时，就必须以高传输阻抗的方式来减少传输电流用以降低压降的影响，方法是采用将电缆加粗的方法，但这样做成本太高，因此电压模拟量信号在工程应用中基本没有采用长距离传输的。

将敏感器件的信号转换成电流信号来进行传输是可以消除传输线带来的压降误差的。线路阻值很小，没有强电磁干扰，所以远距离传输模拟信号一般使用电流信号来实现模拟量的远程传输。但是现场如有强电干扰，最好将现场采集信号后转换为光信号，通过光来传输。国内现在已经可以购买到这样的模块，缺点是成本较高。

5. 标准信号与工程量的对应转换

在实际工程应用中，我们往往应用的是标准信号所对应的工程量，这就需要进行标准信号与工程量的转换。

输入时，如果工程量是温度传感器，则按照传感器定义的对范围去转换即可。例如：4~20mA 对应的温度范围是 0~200℃，当温度传感器反馈到 PLC 的标准信号是 4mA 时，

所对应的是 0°C ，而 20mA 时对应的就是 200°C ，同理， 12mA 对应的就是 100°C 。

相反，在输出时，如果标准信号 $4\sim 20\text{mA}$ 对应的工程量是变频电动机的转速，而此时变频电动机的额定转速是 1480r/min ，那么对应的变频器的频率是 50Hz ，控制转速大小的 PLC 输出 20mA ，变频电动机按额定转速运行。如按照工艺的要求需降速在额定转速一半运行时，PLC 就编程设置输出 12mA ，此时，变频电动机将会按照工艺要求的 740r/min 的转速运行了。

也就是说，我们可以按照设备提供的标准信号与工程量的对应关系换算出工程量，用于实际的工程设计和应用当中，灵活而且方便。

二、有源与无源的概念

有源是指工作时设备或器件需要外部的能量源，通俗地说有源就是设备或器件需要连接合适的电源，有源的设备或器件配备了输出端口，这个输出端口的输出信号是输入信号的一个函数。四线制有源热电偶连接到 PLC 的模拟量输入模块的接线图如图 1-9 所示。

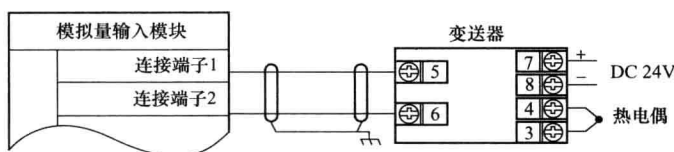


图 1-9 四线制有源热电偶的接线

反之，无源就是指在不需要外加电源的条件下，就可以显示其特性的电子器件或设备，两线制无源热电偶连接到模拟量输入模块的接线图如图 1-10 所示。图中的热电偶是不需要外接电源的。

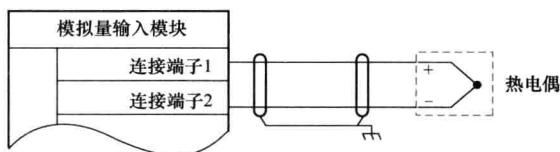


图 1-10 两线制无源热电偶的接线

三、常用的测量传感器

工业生产中常用的测量传感器有电流测量传感器、电压测量传感器、热电偶、热电阻、电阻和隔离/非隔离型测量传感器。

其中，电流测量传感器，分四线制有源和两线制无源两种。

四线制测量传感器具有一个独立的供电电源和两根分别连接模拟量模块的 $M+$ 和 $M-$ 端的测量电缆，也称为有源测量传感器。

两线制测量传感器也称为无源测量传感器，因为它们一般通过模拟量模块对其供电。

四、数字量输出的负载

数字量输出的负载有恒定值的阻性负载、灯负载和感性负载。

恒定值的阻性负载一般是以最大输出电流（当信号为 1 时）来表示的。

白炽灯负载的灯在接通时，电流是额定工作电流的 n 倍，并且灯丝升温会导致阻抗迅速增大。高的接通电流导致了灯负载的最大开关频率要比恒定的阻性负载大约低 10 倍。因此，数字量输出只能连接总的额定功率低于标定的灯负载的灯。但 LED 指示灯不受影响，等同于阻性负载。

感性负载的阻抗（继电器线圈、接触器）大小与数字量输出的开关频率有关。它允许的开关频率要比恒定的阻性负载的低很多，这样可以确保继电器开关的可靠性。这是因为感性负载电路要通过其保护电路将关断时产生的感应能量释放。如果开关频率过快，关断电流能量不能被充分释放，结果导致输出继电器不能被关断。例如，在没有保护电路时，数字输出电子晶体管上就可能产生浪涌电压而损坏模块。

另外，继电器线圈和接触器这样的感性负载在电感释放时将出现过电压。

五、直流线圈和交流线圈抑制过电压的方法

1. 直流线圈的保护电路

设计有直流线圈的电气回路时，可以在电气回路中并联二极管或稳压二极管来抑制过电压的出现，如图 1-11 所示。

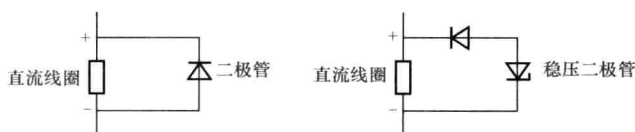


图 1-11 直流线圈的保护电路

在电气回路中的直流线圈旁并联上二极管和稳压二极管的保护电路，截止延迟将会比没有保护电路时高 6~9 倍，是可以避免截止电流的。其中，相比二极管电路，稳压二极管的截止速度更快。

2. 交流线圈的保护电路

设计有交流线圈的电气回路时，可以在电气回路中并联变阻器或 RC 元件来抑制过电压的出现，如图 1-12 所示。



图 1-12 交流线圈的保护电路

回路中在交流线圈旁并联变阻器时，截止电流的振幅将受到限制，但不会衰减。过电压的陡度保持不变，低截止将会延迟。

另外，回路中在交流线圈旁并联 RC 元件时，截止电流的振幅和陡度都会减小，并且低截止也将会延迟。

六、数字 I/O 模块的原型与漏型

源型（source），电流是从端子流出来的，具有 PNP 晶体管的输出特性。