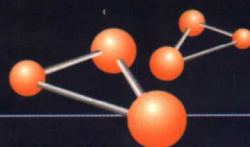


高等学校自动化专业教材



可编程控制器教程 (实训篇)

胡学林 主编

电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等学校自动化专业教材

可编程控制器教程

(实 训 篇)

胡学林 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是《可编程控制器教程(基础篇)》及《可编程控制器教程(提高篇)》的姊妹篇,有关 PLC 的工作原理、工作过程及指令系统均在上述两本书中做了充分详细的介绍。本书的目的是:帮助学生理解 PLC 的工作原理,熟悉 PLC 的结构组成及掌握 PLC 的指令系统,通过一定的教学实训,完成一个课程设计选题,进而提高 PLC 的编程水平和应用能力。

本书中所编写的教学实训及课程设计选题均以德国 SIEMENS 公司的 S7-200 及 S7-300 为实训样机,用 STEP 7 语言(包括梯形图及语句表)进行编程。

本书可作为大专院校电气自动化、电气工程、供用电技术、机电一体化等相关专业的实训教材,以及各级各类 PLC 培训班的实训教材,也可作为广大电气技术人员的技术参考书。

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

可编程控制器教程. 实训篇/胡学林主编. —北京:电子工业出版社, 2004.7
高等学校自动化专业教材
ISBN 7-120-00088-8

I. 可… II. 胡… III. 可编程序控制器—高等学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 051135 号

责任编辑:王 颖

印 刷:北京大中印刷厂

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:14.5 字数:324 千字

印 次:2004 年 7 月第 1 版

印 数:5 000 册 定价:20.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

可编程控制器（PLC）是以微处理器为核心的通用工业控制装置，它将传统的继电器-接触器控制系统与计算机控制技术紧密结合，集计算机、控制、通信于一体，为工业自动化提供了几乎完美的现代化自动控制装置。

近年来，可编程控制器由于其优良的控制性能，极高的可靠性，在各行各业中的应用日益广泛普及。为此，各高校的电气自动化、电气工程、供用电技术、机电一体化等相关专业相继开设了有关可编程控制器原理及应用的课程。

高等工科院校的培养目标的首要任务是培养具有创新精神和实践能力的各类技术人才，这种人才培养目标的实现必须有一定的实践教学环节。学生通过实践教学环节的训练与锻炼，才能在实践中不断巩固和加深理论知识，提高独立工作能力和创新能力。

实训是各种实践性环节的综合训练，是工程实用技能的训练。可编程控制器应用技术是先进的自动化控制技术，是亟待掌握的实用技术，对于这样一门应用性广、实践性强的专业课，必须通过各种形式的实训环节，构筑实践环境，强化工程意识，提高应用能力。

本书就是基于这样一个出发点，从工程实际出发，由易到难，循序渐进，在典型应用的基础上，逐步解决实际问题。

本书是《可编程控制器教程（基础篇）》及《可编程控制器教程（提高篇）》的姊妹篇，有关 PLC 的工作原理、工作过程及指令系统均在前两本书中做了充分详细的介绍。本书是为了帮助学生理解 PLC 的工作原理，熟悉 PLC 的结构组成及掌握 PLC 的指令系统，通过实训，即完成一定的实训后，完成一个课程设计选题，进而提高 PLC 的编程水平和应用能力。

本书所编写的实训及课程设计选题均是以德国 SIEMENS 公司的 S7 系列 PLC（S7-200 及 S7-300）为实训样机，用 STEP 7 语言（包括梯形图及语句表）进行编程。需要说明的是，为了帮助理解和掌握某些常用指令的应用，我们给出了一些参考程序，但是这些参考程序既不是惟一的，也不一定是最优的。建议读者用自己的编程思路和自己熟悉的指令去编程。这些实训和课程设计选题，在明确任务要求的前提下，用其他机型的 PLC 同样可以完成。

本实训教程将贯穿 PLC 教学的全过程，在内容安排上，兼顾教学内容的基本要求和控制要求的广度及深度，主要从教学实训和课程设计两方面进行实训。

对教学方面的实训，是在对 S7-200 及 S7-300 的结构组成及编程软件有了初步认识的基础上，安排了比较简单的应用性实训，包括最基本的逻辑控制、顺序控制、定时控制、计数控制及步进控制，使学生能够通过这些最基本的应用性实训，熟悉和掌握常用的基本指令的应用及 STEP 7 编程软件的使用方法。为进一步提高 PLC 的应用能力，又安排了大量的设计性实训，

如交通信号灯控制、交流电动机的 Y- Δ 启动控制、传送带控制、化学反应炉控制、水泵控制、液位控制、自动药片装瓶机控制、位置控制。这些设计性实训内容取材广泛,能够完成简单的单机设备或简单的生产流水线的控制,使学生认识到学生对 PLC 控制的实用性和趣味性,能够根据控制要求进行 PLC 控制程序的调试,从而初步掌握采用 PLC 控制的一些基本方法。

对 PLC 的课程设计方面的实训,是在学过 PLC 课程之后,毕业实践及毕业设计开始之前,面向全体即将毕业的学生进行的较为完整的综合性实践训练。本书安排了较多的课程设计选题,如智力抢答器控制、注塑机控制、花式喷泉控制、脉冲除尘器控制、病床呼叫器控制、水塔水位控制、包装生产线控制、装卸料小车行车方向控制、机械手控制、变频器恒压供水控制、污水处理控制、铣床控制、电梯控制等。这些选题源于工程实践,内容丰富,又具有一定的独立性和典型性。为帮助学生较好地完成课程设计方面的实训,本书编写了课程设计指导,包括控制系统设计的基本原则、控制系统设计的基本内容、控制系统设计的一般步骤,并给出了几个完整的 PLC 课程设计实例。学生可按照课程设计指导及课程设计实例,选择一个感兴趣的课题,完成课程设计实训。

要想取得良好的实训效果,完成本实训教程的基本要求有如下几点:

1. 认真做好每一次实训准备

实训准备是进行实训的第一步,是实训的预备阶段。在每次实训过程开始前,学生应做到对即将进行的实训基本过程心中有数,如本次实训的目的是什么?实训中要用到哪些设备和仪器?如何使用这些设备和仪器?在实训过程中应当解决什么问题?预期可以得到哪些收获?这些都是需要在实训准备阶段完成的。尤其在进行 PLC 的应用性实训和设计性实训时,应当在实训准备阶段对要进行的实训内容和实训要求有比较充分透彻的理解,并在此基础上,对输入/输出继电器等编程元件进行地址分配,画出 PLC 的 I/O 接线图,初步编制出梯形图程序。此时的梯形图程序一般会存在这样那样的问题,如编程元件的地址分配不对,对某条指令功能的理解不充分,某些程序结构不合理等。这些问题的存在对于学生来讲是不可避免的,这些问题的解决是在实训过程中完成的。

2. 认真对待每一次实训过程

实训过程是进行实训的第二步,是实训的实施阶段。每一次实训的任务都是非常具体和非常明确的,学生应当是带着任务、带着程序、带着问题、带着希望在有限的时间内,去完成每一次实训。从另一个意义上说,在实训的实施阶段是完成程序的调试和完善,而不是进行程序的编制(程序的编制必须在实训的准备阶段完成)。在调试程序时,要注意学习并逐步掌握程序的调试方法,善于分析调试结果,并与自己的预期收获相比较,从而完成实训过程。

3. 认真总结每一次实训结果

总结实训结果是进行实训的第三步,是实训的总结阶段。在这一阶段,学生应根据实训的项目和内容,完成实训总结(即完成实训报告或设计报告)。在实训总结中,要包括实训任务、实训目的、实训过程(如实训线路、实训程序、调试步骤、方法和调试结果等)、实训收

获、存在的问题及解决问题的方法等。只有经过认真总结,才会使每一次实训都取得实实在在的成果。

本书可作为高等学校电气自动化、电气工程、供用电技术、机电一体化等相关专业的实训教材,以及各级各类 PLC 培训班的实训教材,也可以作为广大电气技术人员的技术参考书。

由于编者的水平有限,难免存在错误和疏漏,恳请专家、同仁、读者批评指正。

编 者

2004 年 2 月

目 录

第一章 认识性实训	1
第一节 S7-200 系列 PLC 的结构、主要技术数据及接线	1
第二节 S7-200 的编程软件 STEP 7 Micro/WIN32 的使用	5
第三节 S7-300 系列 PLC 的结构组成及各种控制模板的作用	16
第四节 S7-300 的标准编程软件 STEP 7 的使用	23
第二章 应用性实训	47
第一节 简单的逻辑控制	47
第二节 顺序控制与定时控制	49
第三节 计数控制	53
第四节 步进控制	56
第三章 设计性实训	61
第一节 交通信号灯控制	61
第二节 交流电动机的 Y- Δ 启动控制	68
第三节 水泵控制	73
第四节 化学反应器控制	83
第五节 传送带控制	86
第六节 水箱水位控制	93
第七节 自动药片装瓶机控制	99
第八节 双门通道控制	108
第九节 模压机控制	117
第十节 自动锯床的位置控制	130
第四章 PLC 控制系统课程设计实训指导	136
第一节 PLC 控制系统的设计概述	136
第二节 课程设计举例	141
第五章 PLC 课程设计选题	197
第一节 智力抢答器的 PLC 控制	197
第二节 自动售货机的 PLC 控制	198
第三节 注塑机的 PLC 控制	200
第四节 污水净化处理系统的 PLC 控制	202

第五节 花式喷泉的 PLC 控制	205
第六节 脉冲除尘器的 PLC 控制	206
第七节 病床呼叫器的 PLC 控制	209
第八节 水塔水位的 PLC 控制	210
第九节 包装生产线的 PLC 控制	213
第十节 装卸料小车多方式运行的 PLC 控制	214
第十一节 五层电梯的 PLC 控制	215
第十二节 铣床的 PLC 控制	217
第十三节 显像管搬运机械手的 PLC 控制	218
第十四节 变频调速恒压供水系统中的 PLC 控制	221
参考文献	224

第一章 认识性实训

第一节 S7-200 系列 PLC 的结构、主要技术数据及接线

一、S7-200 系列 PLC 的结构组成

S7-200 系列的可编程控制器是整体式结构、具有很高性价比的小型可编程控制器。根据控制规模的大小（即输入/输出点数的多少），可以选择相应主机单元的 CPU。S7-200 主机单元的 CPU 共有两个系列：CPU21X 及 CPU22X。CPU21X 系列包括 CPU212、CPU214、CPU215、CPU216；CPU22X 系列包括 CPU221、CPU222、CPU224、CPU226、CPU226XM。由于 CPU21X 系列属于 S7-200 的第一代产品，是即将被淘汰的产品，目前的主流产品为 CPU22X 系列。除了 CPU221 主机以外，其他 CPU 主机均可进行系统扩展。

二、CPU22X 系列的主要技术数据

CPU22X 系列的主要技术数据见表 1-1。

表 1-1 CPU22X 系列的主要技术数据

CPU 特性	CPU221	CPU222	CPU224	CPU226
本机输入 (I)	6DI	8DI	14 DI	24 DI
本机输出 (O)	4 DO	6 DO	10 DO	16DO
高速计数器	4 个, 32 位 每个 30kHz	4 个, 32 位 每个 30kHz	6 个, 32 位 每个 30kHz	6 个, 32 位 每个 30kHz
高速脉冲输出	2 个, 20kHz 脉宽可调	2 个, 20kHz 脉宽可调	2 个, 20kHz 脉宽可调	2 个, 20kHz 脉宽可调
模拟电位器	1 个, 8 位精度	1 个, 8 位精度	2 个, 8 位精度	2 个, 8 位精度
定时中断	2 个	2 个	2 个	2 个
外部硬件输入中断	4 个	4 个	4 个	4 个
输入滤波时间	0.2~12.8ms	0.2~12.8ms	0.2~12.8ms	0.2~12.8ms
程序存储器	4KB, 典型值为 1.3K 条指令	4KB, 典型值为 1.3K 条指令	8KB, 典型值为 2.6K 条指令	8KB, 典型值为 2.6K 条指令
数据存储器	1024 字	1024 字	1024 字	1024 字
扩展 I/O 模板数量	无	2 个	7 个	7 个

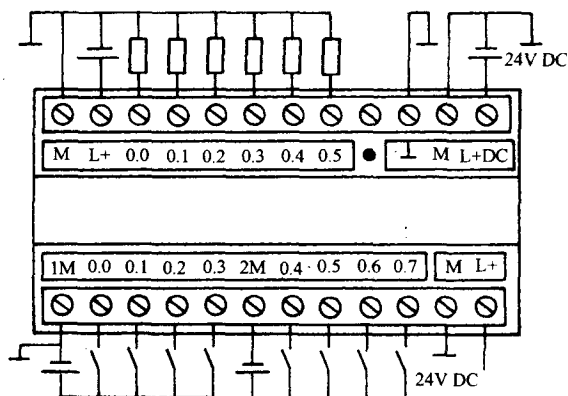


图 1-3 CPU222 DC/DC/DC 的端子连接图

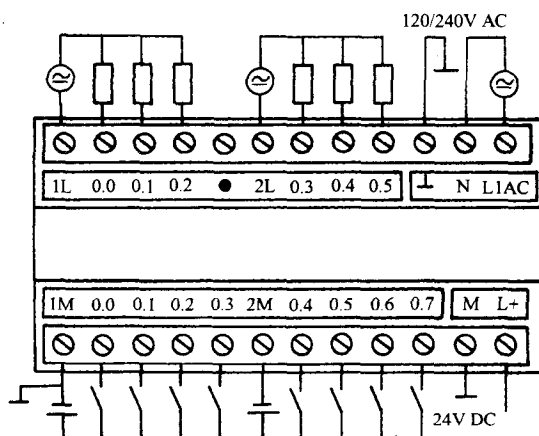


图 1-4 CPU222 AC/DC/继电器的端子连接图

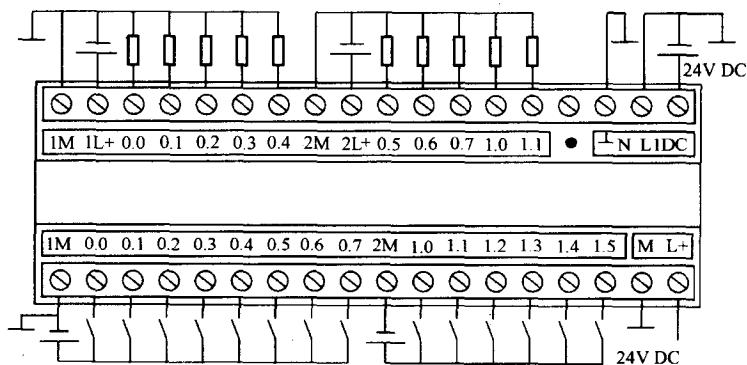


图 1-5 CPU224 DC/DC/DC 的端子连接图

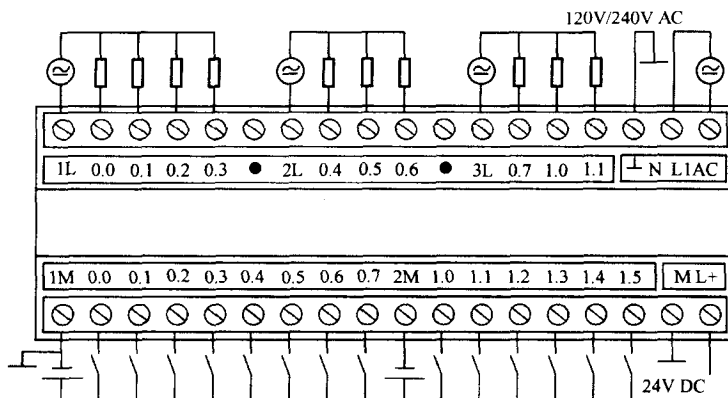


图 1-6 CPU224 AC/DC/继电器的端子连接图

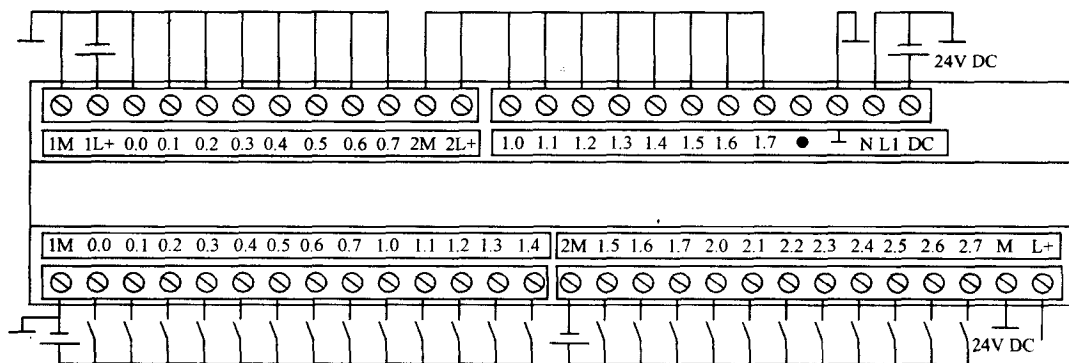


图 1-7 CPU226 DC/DC/DC 的端子连接图

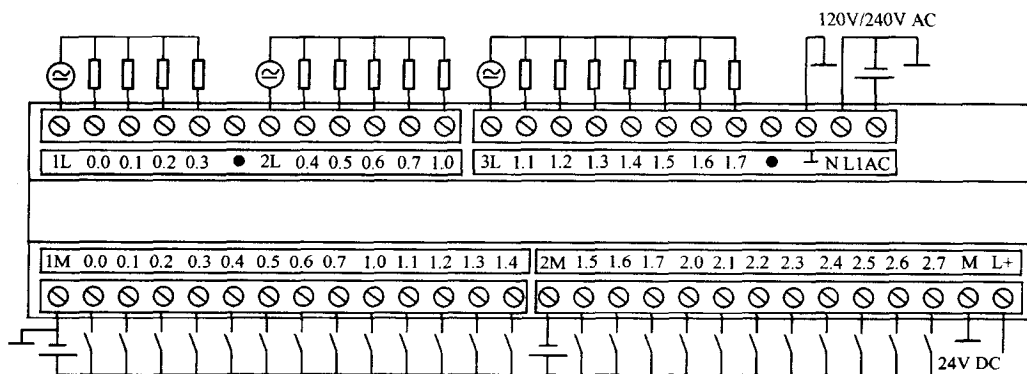


图 1-8 CPU226 AC/DC/继电器的端子连接图

第二节 S7-200 的编程软件 STEP 7 Micro/WIN32 的使用

一、STEP 7 Micro/WIN32 编程软件的主界面

STEP 7 Micro/WIN32 是 S7-200 的专用编程软件，它工作在 Windows 平台下，其主界面如图 1-9 所示。

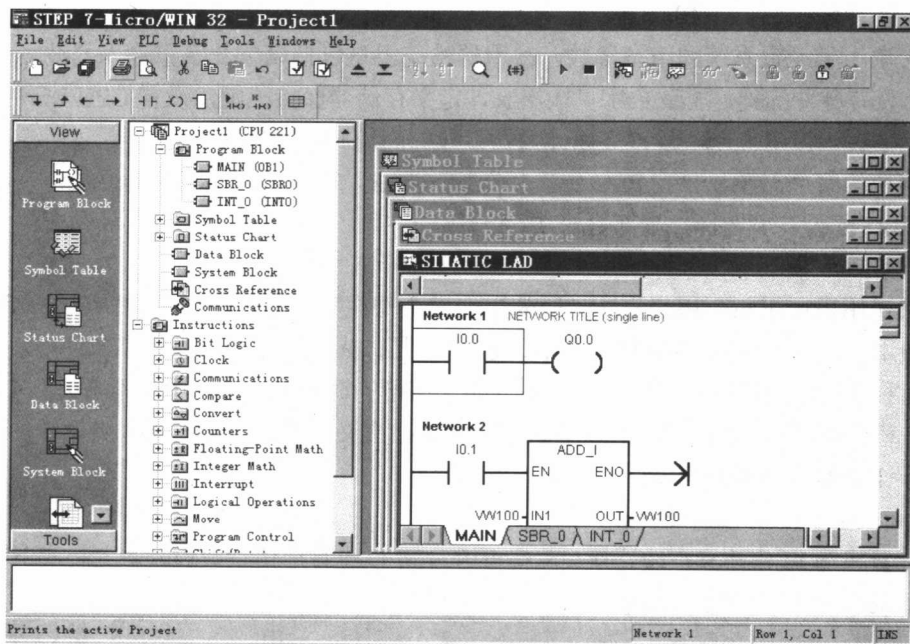


图 1-9 STEP 7 Micro/WIN32 的主界面

二、项目 (Project)

主界面的标题栏是 STEP 7 Micro/WIN32-Project1。

项目包含的基本组件为：

(1) 程序块 (Program Block)

程序块由可执行的代码和注释组成，可执行的代码由主程序 (OB1)、子程序 (可选)、中断服务程序 (可选) 组成。代码被编译并下装到 PLC，而程序注释则被忽略。

(2) 符号表 (Symbol Table)

为便于记忆和理解，编程人员可通过符号表编写符号地址。程序编译后下装到 PLC 时，

所有的符号地址被转换成绝对地址。

（3）状态表（Status Chart）

在程序执行时，可通过状态表监控指定的内部变量的状态。状态表并不下装到 PLC 中，它只是用于监控用户程序运行情况工具。

（4）数据块（Data Block）

数据块由数据（存储器的初始值和常数值）和注释组成，只有数据被编译并下装到 PLC 中。

（5）系统块（System Block）

系统块用于设置系统的组态参数，常用的系统组态包括设置数字量输入滤波、模拟量输入滤波，设置脉冲捕捉，配置数字量输出表，定义存储器保持范围，设置 CPU 密码，设置通信参数，设置模拟电位器，设置高速计数器，设置高速脉冲输出等。

系统块的信息需要下装到 PLC 中，如无特殊要求，可采用系统默认的参数值，如果不需要设置 CPU 密码，可选择“全部特权（1 级）”。

（6）交叉引用表（Cross Reference）

交叉引用表用于索引用户程序中所使用的各个操作数的位置和指令的助记符。还可以使用交叉引用表查看存储器的哪些区域已经被使用，是作为位使用还是作为字节使用。在运行模式下编辑程序时，可以查看当前正在使用的跳变信号的地址。交叉引用表不下装到 PLC 中，但只有在程序编译成功后，才能使用交叉引用表。在交叉引用表中双击某个操作数，可以显示包含该操作数的那一部分程序。

（7）通信（Communications）

当计算机与 PLC 建立在线连接后，就可以对 PLC 进行通信参数设置。上装或下装用户程序时，都是通过通信方式完成的。

三、使用 PC/PPI 电缆建立通信连接及设置通信参数

1. PC/PPI 电缆的安装与设置

用计算机作为编程器时，计算机与 PLC 之间的连接一般是通过 PC/PPI 电缆进行通信的。

PC/PPI 电缆带有 RS-232/RS-485 转换器，将标有“PC”的 RS-232 端连接到计算机的 RS-232 通信接口，将标有“PPI”的 RS-485 端连接到 PLC 的通信接口。

在 PC/PPI 电缆上有一个选择 DIP 开关，用于波特率的设置和通信模式的设置，如图 1-10 所示。

在用 PC/PPI 电缆上的 DIP 开关设置波特率时应与编程软件中设置的波特率相同，默认值为 9 600bps，DIP 开关的第 4 位用于选择 10 位或 11 位通信模式，第 5 位用于选择将 RS-232 口设置为数据终端设备（DTE）模式或数据通信设备（DCE）模式。

在编程软件 STEP 7 Micro/WIN32 中设置通信参数时, 可用鼠标单击“通信”图标“”, 或从菜单栏中选择“检视 (View)”, 在弹出的下拉菜单中选择“通信 (Communications)”, 出现“通信连接 (Communications Links)”对话框, 在对话框中双击 PC/PPI 电缆图标“”, 再单击对话框中“属性 (Properties)”按钮, 出现“PC/PPI 电缆属性”对话框后, 即可进行通信参数设置。

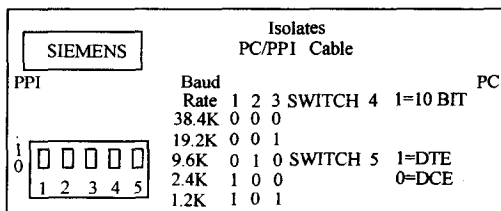


图 1-10 PC/PPI 电缆上的 DIP 开关

2. 建立计算机与 PLC 的在线连接

如果在“通信连接”对话框中, 显示为尚未建立通信连接, 双击对话框中的“刷新”图标“”, 编程软件将检查所有可能与计算机连接的 S7-200 CPU 站, 并在对话框中显示已建立起连接的每个站的 CPU 图标、CPU 型号和站地址。

3. 设置和修改通信参数

在“通信连接”对话框中, 双击 PC/PPI 电缆图标“”, 在对话框中单击“属性 (Properties)”按钮, 出现“PC/PPI 电缆属性”对话框后, 即可进行通信参数设置。

STEP 7 Micro/WIN32 的默认设置为多主站 PPI 协议, 此协议允许 STEP 7 Micro/WIN32 与其他主站 (TD200 等) 在网络中同为主站。在属性对话框中选中多主站网络 (Multiple Master Network), 即可启动多主站 PPI 协议。未选择时为单主站协议。

设置 PPI 参数的步骤如下:

- ① 在“PC/PPI 电缆属性”对话框中, 单击 PPI 按钮, 在站参数区 (Station Parameter) 的地址 (Address) 框中, 设置站地址。运行编程软件 STEP 7 Micro/WIN32 的计算机的默认地址为 0, 网络中第一台 PLC 的默认地址为 2。
- ② 在超时 (Time-out) 框中设置通信设备建立联系的最长时间, 默认值为 1s。
- ③ 如果使用多主站 PPI 协议, 选中“多主网络” (Multiple Master Network)。使用调制解调器或 Windows NT 4.0 时, 不支持多主站网络。
- ④ 设置网络通信的波特率。
- ⑤ 根据网络中的设备数据选择最高站地址, 这是 STEP 7 Micro/WIN32 停止寻找网络中其他主站的地址。
- ⑥ 单击“本机连接 (Local Connection)”按钮, 选择连接 PC/PPI 电缆的计算机的通信口, 以及是否使用调制解调器。
- ⑦ 单击“确定” (OK) 按钮, 完成通信参数设置。

4. 读取 PLC 的信息

如果想知道 PLC 的型号与版本、工作方式、扫描速度、I/O 模板设置以及 CPU 和 I/O 模板的错误,可选择菜单栏中的“PLC”,在下拉菜单中选择“信息 (Information···)”后,将显示出 PLC 的 RUN/STOP 状态、以 ms 为单位的扫描速度、CPU 的版本、错误的情况及各个模板的信息。

四、程序的编写与下装操作

1. 程序编写的操作步骤

① 创建项目:在为控制系统编写应用程序前,首先应当创建一个项目 (Project)。可用菜单命令“文件→新建”或按工具条中“新建项目”按钮,创建一个新的项目。使用菜单命令“文件→另存为”,可修改项目的名称和项目文件所在的目录。

② 打开一个已有的项目:使用菜单命令“文件→打开”,可打开一个已有的项目。如果最近在某个项目上工作过,它将在文件菜单的下部列出,可直接选择。项目存放在*.mwp 的文件中。

③ 设置与读取 PLC 的型号:在给 PLC 编程前,为防止创建程序时发生编程错误,应正确地设置 PLC 的型号。使用菜单命令“PLC→类型”,在出现的对话框中,选择 PLC 的型号。在建立了通信连接后,单击对话框中的“读 PLC”按钮,可读取 PLC 的型号与硬件版本。

④ 选择编程语言和指令集:使用菜单命令“工具 (Tools)→选项 (Options)”,就弹出选项对话框,单击“通用 (General)”按钮,可选择 SIMATIC 指令集或 IEC1131-3 指令集。还可以选择程序编辑器 (LAD、FBD 及 STL) 的类型。

⑤ 确定程序结构:数字量控制程序一般只有主程序,系统较大,功能复杂的程序,还可能有子程序、中断程序和数据块。

- 主程序 (在 S7-200 中为 OB1) 在每个扫描周期被顺序执行一次。
- 子程序的指令存放在独立的程序块中,仅在被别的程序调用时才执行。
- 中断程序也被存放在独立的程序块中,用于处理预先规定的中断事件。中断程序不由主程序调用,在中断事件发生时由操作系统调用。

⑥ 编写符号表:为便于记忆和理解,可采用符号地址编程,通过编写符号表,可以用符号地址代替编程元件的地址。

⑦ 编写数据块:数据块用于对变量寄存器 V 进行初始数据赋值,数字量控制程序一般不需要数据块。

⑧ 编写用户程序:用选择的程序编辑器 (编程语言) 编写用户程序。

使用梯形图语言编程时,单击工具栏中的触点图标 “”,可

在矩形光标的位置上放置一个触点,在与新触点同时出现的窗口中,可选择触点的类型。单击触点上面或下面的红色问号“?”,可设置该触点的地址或其他参数。用相同的方法可在梯形图中放置线圈和功能框。单击工具条中带箭头的线段,可在矩形光标处连接触点间的连线。双击梯形图中的网络编号,在弹出的窗口中可输入网络的标题和网络的注释。

⑨ 编译程序:用户程序编写完成后,要进行程序编译。使用菜单命令“PLC→编译(Compile)”或“PLC→全部编译(Compile All)”,或按工具条中的编译按钮、全部编译按钮,进行程序编译。编译后在屏幕下部的输出窗口显示语法错误的数量、各条语法错误的原因和产生错误的位置。双击输出窗口中的某一条错误,程序编辑器中的光标会自动移到程序中产生错误的位置。必须改正程序中所有的错误,且编译成功后,才可能下装到 PLC 中。

⑩ 程序的下装、上装及清除:当计算机与 PLC 建立起通信连接,且用户程序编译成功后,可以进行程序的下装操作。

下装操作需在 PLC 的运行模式选择开关处于 STOP 的位置时才能进行,如果运行模式选择开关不在 STOP 位置,可将 CPU 上的运行模式选择开关拨到 STOP 位置。或者单击工具条中的停止按钮,或者选择菜单命令“PLC→停止(STOP)”,也可以使 PLC 进入到 STOP 工作模式。

单击工具栏中的下装按钮,或者选择菜单命令“文件→下装(Download)”,将会出现下装对话框。在对话框中可以分别选择是否下装程序块、数据块和系统块。单击“确定”按钮后开始将计算机中的信息下装到 PLC 中。下装成功后,确认框显示“下装成功”。

如果在编程软件中设置的 PLC 型号与实际型号不符,将出现警告信息,应在修改 PLC 的型号后再进行下装操作。

也可以将 PLC 中的程序块、数据块、系统块上装到运行编程软件的计算机中。上装前应在 STEP 7 Micro/WIN32 中建立或打开一个项目,最好新建一个空的项目,用于保存从 PLC 中上装的块。单击工具栏的上装按钮,或者选择菜单命令“文件→上装”,在上装对话框中选择需要上装的块后,单击“确定”按钮。

2. 程序编写及下装举例

图 1-11 是一个简单的数字量控制系统——鼠笼型电动机串电阻进行降压启动的控制系统的应用实例。

按下启动按钮 SB1 后,电动机的定子接触器 KM1 串联启动电阻进行降压启动,设启动时间为 5s,启动结束后,短接接触器 KM2 将启动电阻短接,电动机全压运行。按下停止按钮 SB2 后,电动机停车。该系统具有热继电器 FR 做过载保护,过载后 FR 的动断触点断开,也会使电动机停止运行。

首先在断电的状态下,用 PC/PPI 电缆连接好计算机与 PLC,然后为计算机与 PLC 通电,