

深入浅出西门子 STEP 7

吴作明 杜明星 编著

北京航空航天大学出版社

前 言

SIMATIC S7-300/400 系列可编程控制器是西门子全集成自动化系统中的控制核心,是其集成与开放特性的重要体现。该系列 PLC 继承了西厂子上一代 PLC SIMATIC S5 系列稳定、可靠和故障率低的精髓,将先进控制思想、现代通信技术和 IT 技术的最新发展集于一身,在 CPU 运算速度、程序执行效率、故障自诊断、联网通信、面向工艺和运动控制的功能集成以及实现故障安全的容错与冗余技术等方面取得了业界公认的成就。不断创新的 PLC 编程组态工具 STEP 7 采用 SIMATIC 软件的集成统一架构,为实现 PLC 编程组态的易用性和友好性以及与上位机组态系统的集成统一性提供了一个功能强大、风格一贯的软件平台。符合 IEC-61131-3 的多种高级编程语言的补充,使 PLC 在实现复杂工艺编程、多重回路调节、甚至模糊控制(fuzzy control)和神经元控制(neuron control)等智能控制算法时具有类似高级编程语言的特点和优势。此外,SIMATIC S7-300/400 PLC 集成的强大通信功能,是其得以成功的另一个重要方面。如今 PROFIBUS 有超过 1 200 余家会员单位,全球的总安装节点已经突破 1000 万,是全球公认的工业现场总线标准的领跑者;新一代工业以太网标准 PROFINet 的提出,为以太网在工业领域更大范围的应用提供了技术保障。凭借集成统一的通信,SIMATIC S7-300/400 PLC 在实现车间级、工厂级、企业级乃至全球企业链的生产控制与协同管理中起到中坚作用。

SIMATIC S7-300/400 系列可编程控制器的控制程序设计借助于 STEP 7 进行,对于初次接触 STEP 7 的读者,普遍认为入门比较困难。为此编写了本书,以使读者能够快速掌握 STEP 7 软件的使用,并为读者进入西门子 PLC 技术大门起到带路的作用。

本书分为两篇:第一篇主要讲解 STEP 7 软件的安装、使用和程序设计示例;第二篇主要介绍 S7-300 的硬件结构、指令系统和通信。本书第一篇由杜明星编写,第二篇由吴作明编写。在编写过程中得到了西门子公司技术人员的热情帮助,在此谨向他们表示深切的谢意。

由于作者水平有限,对于书中存在的错漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

第一篇 STEP 7 功能及操作

第 1 章 STEP 7 软件介绍	3
1.1 STEP 7 概述	3
1.2 STEP 7 的硬件接口	5
1.3 STEP 7 的授权	5
1.4 STEP 7 的功能简介	5
第 2 章 STEP 7 硬件组态与参数设置方法	8
2.1 STEP 7 的硬件组态方法	8
2.1.1 项目的创建	8
2.1.2 项目的分层结构	10
2.1.3 硬件组态的任务与步骤	12
2.2 PLC 模块的参数设置方法	15
2.2.1 CPU 模块的参数设置方法	15
2.2.2 数字 I/O 的参数设置方法	22
2.2.3 模拟 I/O 的参数设置方法	24
第 3 章 STEP 7 编程	26
3.1 STEP 7 的程序结构	26
3.1.1 CPU 中的程序	26
3.1.2 STEP 7 中的块	26
3.1.3 线性化编程与结构化编程	29
3.2 数据类型	30
3.2.1 基本数据类型	30
3.2.2 复合数据类型	30
3.2.3 参数数据类型	32
3.3 编程语言	36
3.3.1 梯形图 LAD	36
3.3.2 语句表 STL	37
3.3.3 功能块图 FBD	37
3.3.4 结构化控制语言 S7 - SCL	37
3.3.5 顺序功能图 S7 - GRAPH	37
3.3.6 S7 HiGraph	37
3.3.7 CFC	37

3.4 STEP 7 编程操作	38
3.4.1 程序的下载与上载	38
3.4.2 符号表的使用及应用实例	40
3.4.3 变量表的使用及应用实例	41
3.4.4 交叉参考表的使用及应用实例	43
3.4.5 单步与断点功能的使用及应用实例	48
3.4.6 S7-PLCSIM 仿真软件的使用及应用实例	55
第4章 应用实例分析	60
4.1 简单的开关量控制系统的设计	60
4.1.1 交流电动机的正反转控制	60
4.1.2 三路抢答器控制	64
4.1.3 锅炉引风机和鼓风机的控制	65
4.1.4 交流电动机 Y— Δ 启动控制	67
4.2 复杂的开关量控制系统的设计	69
4.2.1 钢管印字工序的控制	69
4.2.2 运料小车的控制	72
4.2.3 液体自动混合的控制	74
4.2.4 人行道交通灯程序设计	79
4.3 具有子程序控制系统的设计	82
4.4 具有模拟量的控制系统设计	91

第二篇 STEP 7 相关的软硬件介绍

第5章 S7-300 的硬件简介	101
5.1 S7-300 的模块	101
5.1.1 S7-300 硬件的概况	101
5.1.2 CPU 模块	102
5.1.3 数字量 I/O 模块	103
5.1.4 模拟量 I/O 模块	110
5.1.5 电源模块	123
5.1.6 接口模块	123
5.1.7 通信模块	124
5.1.8 其他功能模块	125
5.2 S7-300 的扩展及 I/O 地址分配	132
5.2.1 S7-300 的扩展	132
5.2.2 S7-300 的 I/O 地址分配	132
第6章 S7-300 PLC 基本指令系统简介	134
6.1 指令及其结构	134
6.1.1 指令的组成	134

6.1.2 操作数	134
6.1.3 寻址方式	136
6.1.4 状态字	137
6.2 位逻辑指令	138
6.3 定时器与计数器指令	142
6.3.1 定时器指令	142
6.3.2 计数器指令	145
6.4 程序控制指令	146
6.5 传送和比较指令	149
6.5.1 装入和传送指令	149
6.5.2 比较指令	150
6.6 算术运算指令	151
6.6.1 整数算术运算指令	151
6.6.2 浮点数算术运算指令	152
6.7 数据转换指令	153
6.8 块操作指令	154
6.8.1 逻辑块指令	154
6.8.2 数据块指令	155
第 7 章 S7-300/400 通信功能简介	157
7.1 S7-300/400 通信功能	157
7.1.1 工厂自动化网络结构	157
7.1.2 S7-300/400 的通信网络	157
7.2 MPI 网络与全局数据通信	158
7.2.1 MPI 网络	158
7.2.2 全局数据包	159
7.2.3 MPI 网络的组态	159
7.2.4 全局数据表	159
7.2.5 事件驱动的全局数据通信	161
7.2.6 不用连接组态的 MPI 通信	161
7.3 PROFIBUS 的结构与硬件	162
7.3.1 PROFIBUS 的组成	162
7.3.2 PROFIBUS 的物理层	162
7.3.3 PROFIBUS-DP 设备的分类	164
7.3.4 PROFIBUS 通信处理器	164
7.4 PROFIBUS 的通信协议	165
7.4.1 PROFIBUS 的数据链路层	165
7.4.2 PROFIBUS-DP	166
7.4.3 PROFINet	167
7.5 基于组态的 PROFIBUS 通信	168

7.5.1	PROFIBUS-DP 从站的分类	168
7.5.2	PROFIBUS-DP 网络的组态	168
7.5.3	主站与智能从站主从通信方式的组态	169
7.5.4	直接数据交换通信方式的组态	171
7.6	系统功能与系统功能块在 PROFIBUS 通信中的应用	174
7.6.1	用于 PROFIBUS 通信的系统功能与系统功能块	174
7.6.2	用 SFC 14 和 SFC 15 传输连续的数据	175
7.6.3	分布式 I/O 触发主站的硬件中断	175
7.6.4	一组从站的输出同步与输入锁定	177
7.7	点对点通信	181
7.7.1	点对点通信处理器与集成的点对点通信接口	182
7.7.2	ASCII Driver 通信协议	182
7.7.3	3964(R)通信协议	183
7.7.4	用于 CPU 31xC-2PtP 点对点通信的系统功能块	184
参考文献		186

第一篇 STEP 7 功能 及操作

第 1 章 STEP 7 软件介绍

1.1 STEP 7 概述

STEP 7 编程软件用于 SIMATIC S7、M7、C7 和基于 PC 的 WinAC,是供它们编程、监控和参数设置的标准软件包,是 SIMATIC 工业软件的一部分。随着 SIMATIC 新型号产品的不断出现,STEP 7 编程软件的版本也不断更新。针对这一情况,本书对 STEP 7 软件操作的描述,都是基于 STEP 7 V5.3 版的。

STEP 7 标准软件包有两大部分构成:第一部分为 STEP 7 Micro/DOS 和 STEP 7 Micro/Win,用于 SIMATIC S7-200 的简化单机应用程序;第二部分为 STEP 7,用于 SIMATIC S7-300/400、SIMATIC M7-300/400 以及 SIMATIC C7 上。其中,STEP 7 是本文主要阐述的内容。

STEP 7 主要完成以下任务:工程管理、硬件配置与参数设置、网络配置、编程、测试、启动、维护、文件建档、运行和诊断等。STEP 7 的所有功能均有大量的在线帮助,用户可以通过阅读在线帮助实现书中未阐述内容的学习与掌握。

STEP 7 标准软件包中还有一系列应用程序,具体构成如图 1-1 所示。

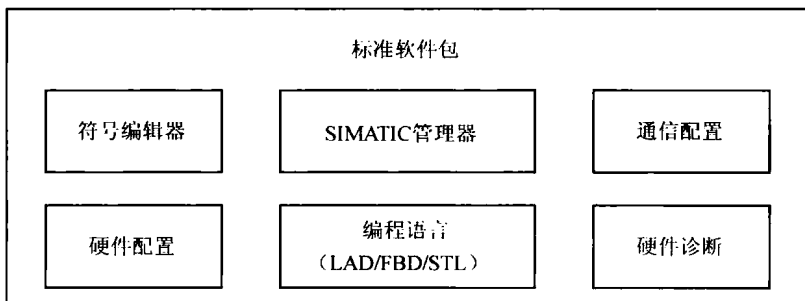


图 1-1 STEP 7 标准软件包的构成图

当标准软件包提供的功能不能完成工程中遇到的实际问题时,可以由软件选项包扩展标准软件包,软件选项包主要由工程工具(为高级编程语言以及技术含量较高的软件)、运行软件(包含现货供应软件,用于生产过程)和人机界面(即 HMI,专门用于操作员监控)三部分构成。这三部分的构成图分别示于图 1-2、图 1-3 和图 1-4 中。

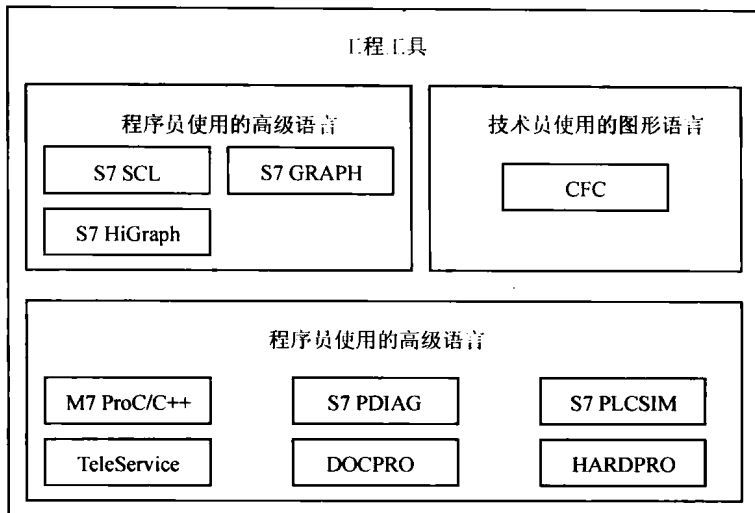


图 1-2 工程工具构成图

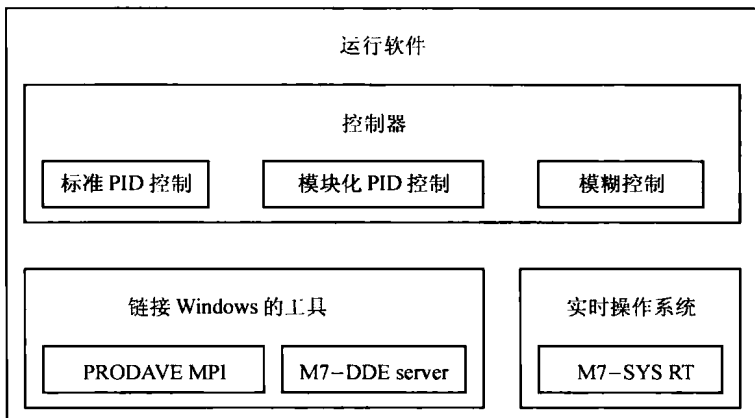


图 1-3 运行软件构成图

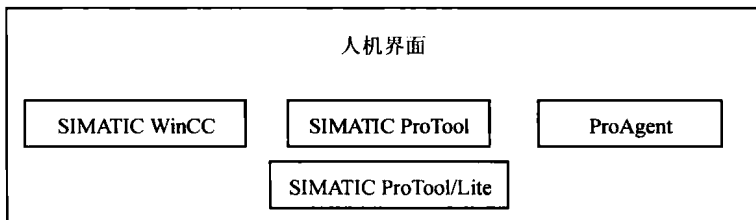


图 1-4 人机界面构成图

1.2 STEP 7 的硬件接口

常用的 PC 与 PLC 的硬件接口方式主要有以下三种。

第一种方式:采用 PC/MPI 适配器用于连接安装了 STEP 7 的计算机、RS232C 接口和 PLC 的 MPI 接口,在设置适配器通信速率时,应将计算机一侧的通信速率设为 19.2 kbit/s 或 38.4 kbit/s,PLC 一侧的通信速率为 19.2 kbit/s~1.5 Mbit/s。除了 PC 适配器外,还需要一根标准的 RS232C 通信电缆。

第二种方式:使用计算机的通信卡 CP5611(PCI 卡)、CP5511 或 CP5512(PCMCIA 卡),可以将计算机连接到 MPI/PROFIBUS 网络,通过网络实现计算机与 PLC 的通信。

第三种方式:使用计算机的工业以太网通信卡 CP1512(PCMCIA 卡)或 CP1612(PCI 卡),通过工业以太网实现计算机与 PLC 的通信。

编程人员可以根据实际情况选择所需的硬件接口方式,同时还需要在 STEP 7 中设置接口方式。具体操作方式为:在 STEP 7 的管理器中执行菜单命令 Option|Setting the PG/PC Interface,打开 Setting PG/PC Interface 对话框。在其中的选项框中选择实际使用的硬件接口。单击 Select 按钮,打开 Install/Remove Interface 对话框,可以安装上述选择框中没有列出的硬件接口的驱动程序。单击 Properties 按钮,可以设置计算机与 PLC 通信的参数。

1.3 STEP 7 的授权

要使用 STEP 7 编程软件,需要一个产品专用的许可证密钥(用户权限)。从 STEP 7 V5.3 版本起,该密钥通过自动化许可证管理器安装。自动化许可证管理器是 Siemens AG 的软件产品,用于管理所有系统的许可证密钥。合法使用受许可证保护的 STEP 7 程序软件包时必须要有许可证。许可证为用户提供使用产品的合法权限。值得注意的是,STEP 7 编程软件可以使用不带许可证密钥的标准软件来熟悉用户接口和功能,但是必须使用许可证才能根据许可证协议完全无限制地使用该软件。如果一直使用未安装许可证密钥的 STEP 7 软件,系统将会定期提示用户安装许可证密钥。一旦订购了许可证密钥,许可证密钥就可以在许可证密钥软盘、本地硬盘或者网络硬盘上存储和传送,使用较为方便。

自动化许可证管理器通过 MSI 设置过程安装。STEP 7 产品 CD 包含自动化许可证管理器的安装软件。既可以在安装 STEP 7 的同时安装自动化许可证管理器,又可以在安装 STEP 7 后安装自动化许可证管理器。

1.4 STEP 7 的功能简介

1. 编程语言

STEP 7 的标准版只配置了 3 种基本的编程语言:梯形图(LAD)、功能块图(FBD)和语句表(STL),还有鼠标拖放、复制和粘贴功能。梯形图表示法类似于继电器控制系统,它很容易被一般的电气设计人员接受。语句表是一种文本编程语言,能使用户节省输入时间和存储区域,并且语句表最接近于机器内部的控制程序。

STEP 7 标准软件包经过扩展后,可以提供多种编程语言。编程语言主要有 S7 GRAPH、S7 HiGraph、S7 SCL 和 CFC。

① S7 GRAPH 是用于对顺序控制(步和转移)进行编程的编程语言。在该语言中,过程顺序分成几步,步包含控制输出的动作,由转移条件控制从一个步到另一个步的转移。

② S7 HiGraph 是一种以状态图的形式描述异步、非顺序过程的编程语言。设备可分成几个独立功能单元,每个功能单元可处于不同状态,可通过在图形之间交换信息而使这些功能单元同步。

③ S7 SCL 是符合 EN 61131-3(IEC 1131-3)标准的基于文本的高级语言。它的语言结构与编程语言 C 和 Pascal 相似,因此,S7 SCL 尤其适用于熟悉高级编程语言的用户使用。例如,S7 SCL 可用于编制复杂或频繁发生的功能。

④ CFC 是以图形方式互联功能的编程语言。这些功能涉及范围非常大,从大量简单逻辑操作到复杂控制和控制电路均可使用。该语言通过将库中功能块复制到图表中,并用连接线将其连接来实现编程。

2. 硬件组态

硬件组态主要有两大部分工作,分别为“组态”和“分配参数”。

① “组态”指的是在站窗口中对机架、模块、分布式 I/O(DP)机架以及接口子模块等进行排列。使用组态表表示机架,就像实际的机架一样,可在其中插入特定数目的模块。在组态表中,STEP 7 自动给每个模块分配一个地址。如果站中的 CPU 可自由寻址,那么,可以人为改变站中模块地址。组态结果可以任意多次复制给其他 STEP 7 项目并进行必要修改,然后将其下载到一个或多个现有的设备中去。当 PLC 启动时,CPU 将比较 STEP 7 中创建的预置组态与设备的实际组态是否一致,并给出比较结果。

② “分配参数”指的是对本地组态中和网络中的可编程模块设置属性,对主站系统的总线参数、主站与从站参数进行设置。参数将下载给 CPU 并有 CPU 传送给各自的模块,可方便地对模块进行替换。因为在启动期间,自动将使用 STEP 7 所设置的参数下载给新的模块。

3. 软件编程与块的管理

用户程序由用户在 STEP 7 中生成,然后将它下载到 CPU。用户程序包含处理用户特定的自动化任务所需要的所有功能。STEP 7 将用户编写的程序和程序所需的数据放置在块中,使单个的程序部件标准化。通过在块内或块之间类似于程序的调用,使用户程序结构化,可以简化程序组织,使程序易于修改、查错和调试。块结构显著地增加了 PLC 程序的组织透明性、可理解性和易维护性。OB、FB、FC、SFB 和 SFC 都包含部分程序,统称为逻辑块。DI 和 DB 仅存储数据,称为数据块。

4. 上传与下载

程序下载与上传的前提是 PLC 已经建立了一个在线连接,以便上传与下载程序。下载的具体工作过程为:

① 接通电源。实用 ON/OFF 开关接通电源,CPU 上的二极管“DC 5V”将点亮;将操作模式开关转到 STOP 位置。

② 复位 CPU 并切换到 RUN。将操作模式开关转换到 MRES 位置并保持时间 3 s,直到红色的“STOP”发光二极管开始慢闪为止,然后释放开关,并且最多在 3 s 内将开关再次转到

MRES 位置;当“STOP”LED 快闪时,CPU 已被复位。存储器复位功能将删除 CPU 上的所有数据。

③ 将程序下载到 CPU。将操作模式开关重新切换到“STOP”位置,以便下载程序。

上传的具体工作过程比较简单,只要接通电源,且将操作模式开关切换到“STOP”模式即可。

需要说明的是,在下载过程中,硬件组态以及各程序块既可以单独下载也可以分别下载,如果在调试过程中仅仅改变了某一个程序块,则下载时就可以单独下载此程序块。

5. 程序调试

在 STEP 7 中调试程序的方法有多种,从整体来看可以大致分为以下几种:

1) 使用程序状态调试程序。使用程序状态功能时,需要 PLC 与编程器建立在线连接,程序已经下载,且 PLC CPU 处于 RUN 或 RUN-P 模式,另外需要激活软件的监视功能。

2) 使用变量表调试程序。编程人员可以通过监视和修改各个程序的变量来对它们进行测试。使用此种方法的前提依旧是需要编程器与 PLC 建立在线连接,PLC CPU 处于 RUN 或者 RUN-P 状态,并且程序已经下载。该方法的具体工作步骤是:

- ① 创建变量表。
- ② 将变量表切换到在线方式。
- ③ 监视变量。
- ④ 修改变量。

6. STEP 7 的帮助功能

1) 在线帮助功能。选定想得到在线帮助的菜单项目,或打开对话框,按 F1 键便可以得到与它们有关的在线帮助。

2) 从帮助菜单中获得帮助。利用菜单命令 HELP|Contents 进入帮助窗口,借助目录浏览器寻找需要的帮助主题,窗口中的检索部分提供了按字母顺序排列的主题关键词,可以查找与某一关键词有关的帮助。

单击工具栏上有问号和箭头的按钮,出现带问号的光标,用它单击画面上的对象时,会进入相应的帮助窗口。

第 2 章 STEP 7 硬件组态与参数设置方法

2.1 STEP 7 的硬件组态方法

2.1.1 项目的创建

具体操作步骤如下所述。

- ① 双击 SIMATIC Manager 窗口弹出图 2-1 所示对话框,然后单击 Next 按钮。
- ② 进入图 2-2 所示界面,选择 PLC CPU 的型号与 MPI 地址,然后单击 Next 按钮。
- ③ 进入图 2-3 所示界面,选择编程模块和编程语言,然后单击 Next 按钮。
- ④ 进入图 2-4 所示画面,填写项目名称,并列出已存在的项目,单击完成弹出图 2-5 所示画面。
- ⑤ 由于在步骤③时,仅仅选择了 OB1 模块,因此图 2-5 中右栏仅有 OB1 模块,双击 OB1 模块弹出编程画面,如图 2-6 所示。

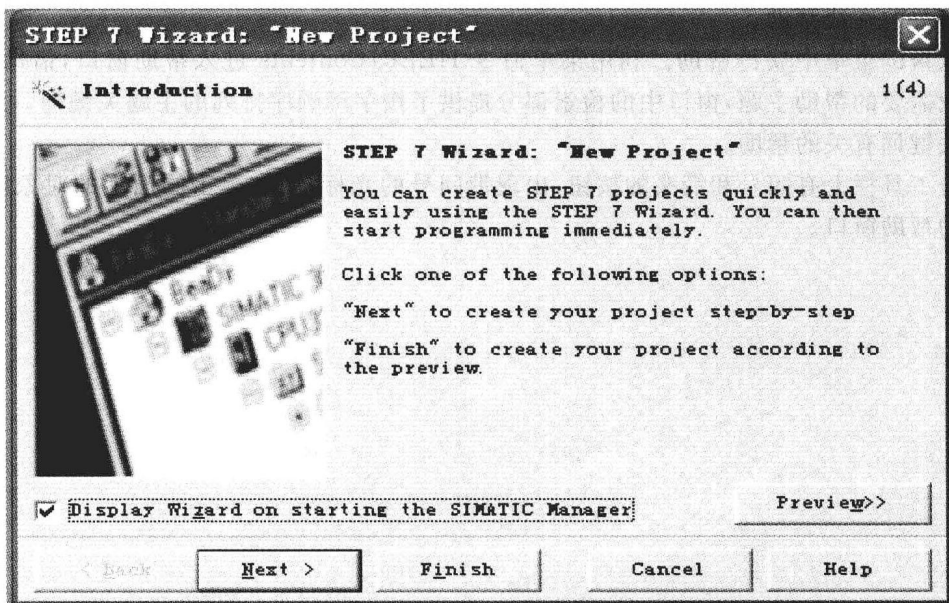


图 2-1 项目创建窗口

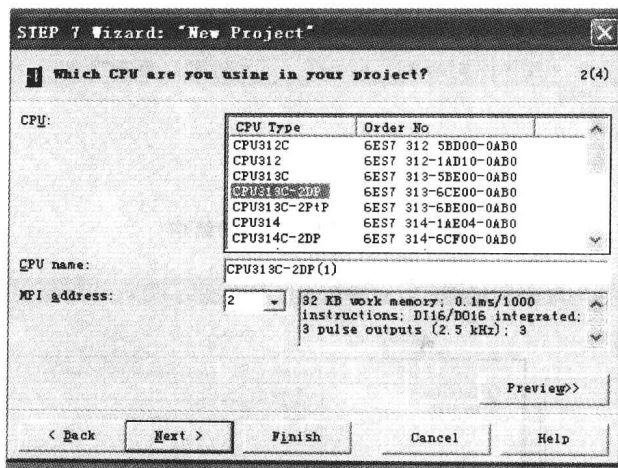


图 2-2 CPU 选型窗口

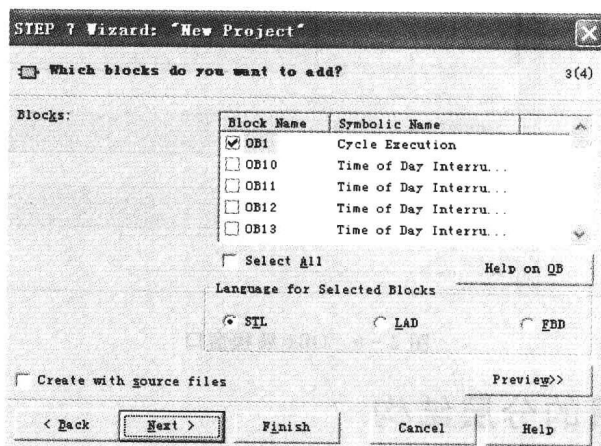


图 2-3 选择编程模块和编程语言窗口

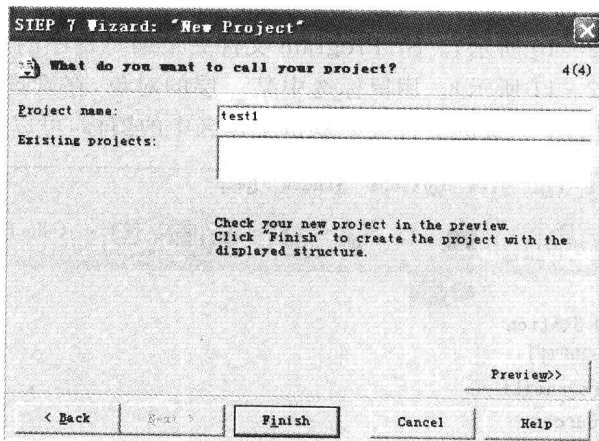


图 2-4 填写项目名称窗口



图 2-5 项目完成后的结构

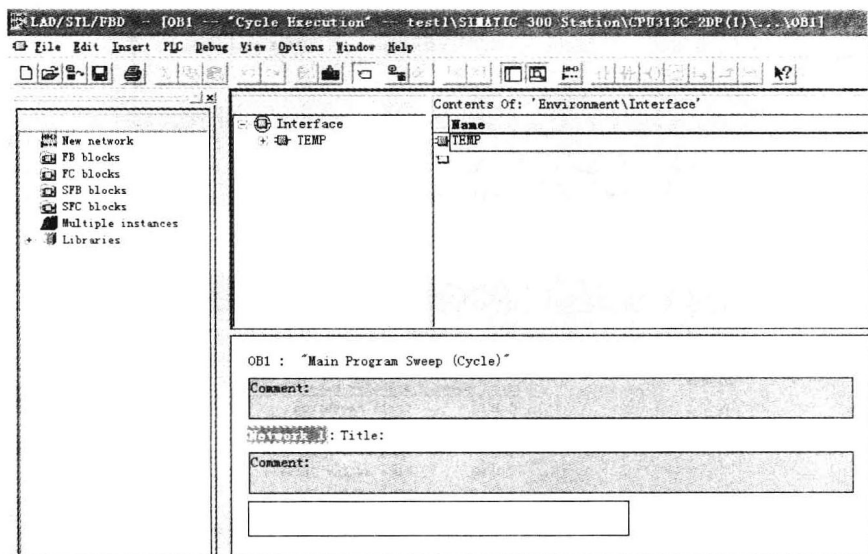


图 2-6 OBI 编程窗口

2.1.2 项目的分层结构

在项目中,数据在分层结构中以对象的形式保存,图 2-7 中左边窗口内的树显示项目的结构。第一层为项目(如图 2-8 所示),第二层为站(如图 2-9 所示),站是组态硬件的起点。站内的软件结构(如图 2-10 所示)。S7 Program 文件夹是编写程序的起点,所有的软件均存放在该文件夹中(如图 2-11 所示)。用鼠标选中某一层的对象,在管理器右边的工作区将显示所选文件夹内的对象和下一级的文件夹。双击工作区中的图标,可以打开并编辑对象。

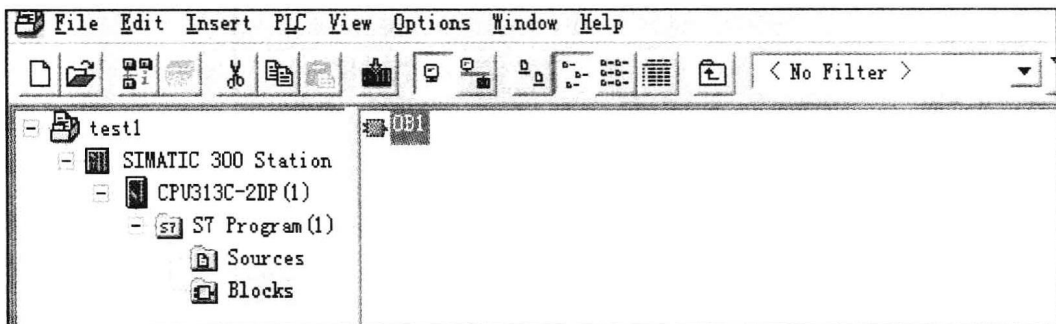


图 2-7 项目的树形结构

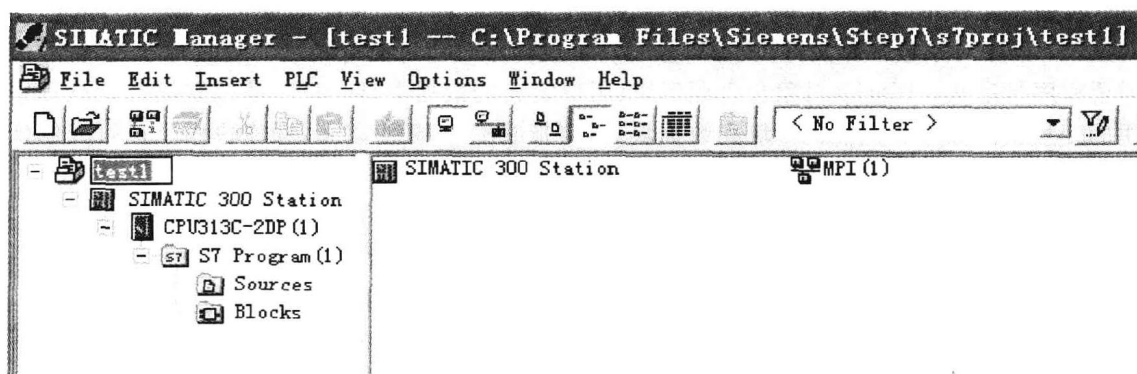


图 2-8 项目内容显示窗口



图 2-9 站内容显示窗口

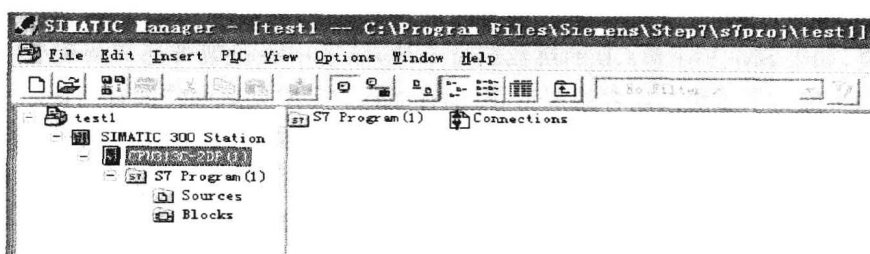


图 2-10 站内的软件

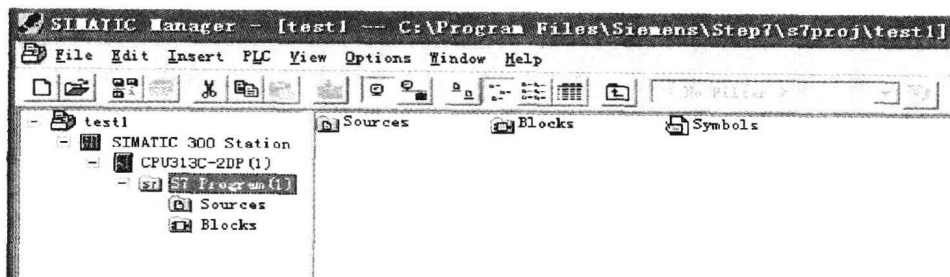


图 2-11 程序的结构