

基于 **SIMATIC S7** 的高级编程

刘华波 张赞宁 编著
汪道辉 审校



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

【 西门子全集成自动化系列教育丛书 】

基于 SIMATIC S7 的高级编程

刘华波 张赞宁 编著

汪道辉 审校

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以西门子 SIMATIC S7—300/400 可编程序控制器为例, 首先介绍了 STEP 7 的基本功能, 用户程序中的块和结构, 特别是组织块及其应用; 接着讲述了 SIMATIC 中的各种数据类型和程序库的相关内容, 并介绍基于状态位的指令、累加器指令、实数指令、间接寻址和地址寄存器指令等 SIMATIC 高级编程指令。重点讲述了顺序功能图语言 S7 Graph、图形编程语言 S7 HiGraph、结构化控制语言 S7 SCL 和连续功能图 S7 CFC 等四种编程语言的使用方法, 并提供一些实例供读者学习参考。本书技术针对性强, 注重应用, 强调实践, 通过对本书的学习使读者能够举一反三。

本书可作为大专院校工业自动化、电气工程及自动化、机电一体化及相关专业的教材, 也可供工程技术人员自学或作为培训教材使用, 对广大 SIMATIC 用户有较高的参考价值。

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

基于 SIMATIC S7 的高级编程/刘华波, 张赞宁编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.10
(西门子全集成自动化系列教育丛书)

ISBN 978-7-121-05021-3

I. 基… II. ①刘…②张… III. 可编程序控制器—程序设计 IV. TP333.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 141772 号

策划编辑: 高买花

责任编辑: 裴 杰

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

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: 787×980 1/16 印张: 22.25 字数: 570 千字

印 次: 2007 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 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, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

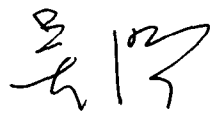
序

现代工业必须走一条技术含量高、经济效益好、资源能耗低、环境污染小、人员素质高和人力资源充分发挥的新型工业化路子。企业必须依靠技术进步和技术创新,才能增强自身竞争力和抗风险能力,才能发挥企业效益,才能保证企业安全、节能和环保等问题的解决。为实现新型工业化,必须从基础技术、信息化技术和环保技术等方面加大创新力度,必须加大新技术的研究与应用。

现代工业的基础是工业自动化。近年来工业自动化领域发展很快,其中自动化设备的发展最具代表性,例如可程序控制器(PLC)、集散控制系统(DCS)和现场总线控制系统(FCS)。PLC已从单体型发展成网络型,从逻辑控制发展成兼有连续控制功能。DCS已从单系统发展为集成系统,从常规控制发展成兼有先进控制和管理功能。FCS已实现彻底的分散控制,构成全数字化和全网络化系统。自动化设备的发展推动了现代工业的高速发展。

工业自动化需要有高技术人才,需要加快工程应用型人才的培养。工程应用型人才应该具有良好的工程素质、强烈的创新精神和创新思维,而自动化工程技术素质的培养必然需要学习先进的工业自动化设备及其技术,必须掌握自动化控制设备、系统设计、工程设计、应用开发和现场调试的原理及方法。

《西门子全集成自动化系列教育丛书》可以适应工业自动化工程应用型人才培养的需要。本套丛书以西门子的工业自动化设备为平台,讲述S7系列可程序控制器硬件和软件、PCS7集散控制系统硬件和软件、人机交互技术、现场总线PROFIBUS和PROFINET等内容,为读者提供了完整的工业自动化控制设备、控制技术、体系结构、系统设计、应用开发和调试运行的原理与方法,顺应了在经济全球化环境下,工业全球化和自动化的技术需求。我衷心地祝愿本套丛书能够为提高工业自动化工程师的控制技术和工程能力起到一定的推动作用,以促进我国工业自动化技术的发展和自动化水平的提高。



2007年9月于清华园

吴澄: 中国工程院院士, 清华大学教授、博士生导师, 教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会主任委员

前言



SIMATIC 已经被赋予了新的含义，即全集成自动化，代表了一种将生产制造和工艺过程技术领域统一起来的新思路，使所有的软、硬件都能合成为一个系统，这种集成在数据管理、组态编程和通信方面实现了真正的“无缝连接”。

本书第 1 章介绍 STEP 7 的基本功能、扩展应用，以及用于 SIMATIC 的七种编程语言；第 2 章介绍用户程序中的块和结构，重点阐述了组织块及其应用；第 3 章详细讲述 SIMATIC 中的各种数据类型，特别是复杂数据类型和参数类型，并给出了程序库的相关介绍；第 4 章重点介绍基于状态位的指令、累加器指令、实数指令、间接寻址和地址寄存器指令等 SIMATIC 高级编程指令；第 5~8 章讲述顺序功能图语言 S7 Graph、图形编程语言 S7 HiGraph、结构化控制语言 S7 SCL 和连续功能图 S7 CFC 等四种编程语言，详细讲解它们的用户界面和使用方法，并给出了一些实例供读者学习参考。通过本书对四种编程语言的介绍，读者可以基本掌握它们的使用方法，在工作实践中，深入思考，举一反三，体会这些高级编程语言的精妙之处。

本书没有对 SIMATIC 的相关软、硬件进行介绍，读者可以结合其他书籍或相关资料全面理解和掌握 SIMATIC 的软、硬件知识。

本书由刘华波编写第 1~5 章，张赟宁编写第 6~8 章，汪道辉教授审校全书，刘卫华参与部分编写工作，全书由刘华波进行统稿。

本书的编写得到了西门子公司的大力支持，作者也参照了西门子自动化与驱动

集团培训部相关课程的内容及编程手册，在此表示衷心感谢。另外，电子工业出版社的高买花编辑对本书也提出了很多有价值的建议，在此表示感谢。

因作者水平有限，加上时间仓促，书中难免有错漏之处，恳请读者批评指正。

编著者

2007年6月



目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 STEP 7 概述	(1)
1.1.1 STEP 7 标准软件包功能	(2)
1.1.2 基本工具	(2)
1.1.3 STEP 7 标准软件包安装要求	(7)
1.1.4 STEP 7 软件的授权管理	(7)
1.2 STEP 7 标准软件包的扩展应用	(8)
1.2.1 工程工具	(8)
1.2.2 运行版软件	(9)
1.2.3 人-机接口 (HMI)	(10)
1.3 编程语言	(10)
1.3.1 梯形逻辑编程语言 (LAD)	(11)
1.3.2 功能块图编程语言 (FBD)	(11)
1.3.3 语句表编程语言 (STL)	(12)
1.3.4 S7 Graph 编程语言 (顺序控制编程)	(12)
1.3.5 S7 HiGraph 编程语言 (状态图形编程)	(13)
1.3.6 S7 SCL 编程语言 (结构控制语言编程)	(14)
1.3.7 S7 CFC 编程语言 (连续功能图编程)	(14)
1.4 STEP 7 的高级编程应用	(16)
第 2 章 用户程序结构	(18)
2.1 操作系统和用户程序	(18)
2.1.1 操作系统和用户程序	(18)
2.1.2 操作模式	(20)
2.2 用户程序中的块	(22)
2.2.1 用户程序中的块类型	(22)
2.2.2 组织块 (OB)	(24)
2.2.3 功能 (FC)	(24)
2.2.4 功能块 (FB)	(25)
2.2.5 数据块 (DB)	(26)
2.2.6 系统功能块 (SFB)、系统功能 (SFC) 和系统数据块 (SDB)	(27)
2.3 程序结构	(28)
2.3.1 线性化编程	(28)

2.3.2	模块化编程	(29)
2.3.3	结构化编程	(29)
2.3.4	块的调用	(31)
2.4	组织块 (OB)	(32)
2.4.1	中断	(34)
2.4.2	启动组织块	(38)
2.4.3	定期执行组织块	(40)
2.4.4	事件驱动组织块	(46)
2.4.5	中断处理组织块	(51)
2.4.6	错误处理组织块	(53)
2.4.7	背景组织块	(59)
第 3 章	STEP 7 高级编程基础	(60)
3.1	数据类型及变量	(60)
3.1.1	数制	(60)
3.1.2	基本数据类型	(61)
3.1.3	复杂数据类型	(64)
3.1.4	参数类型	(71)
3.2	软件块	(72)
3.2.1	块文件夹	(72)
3.2.2	块属性	(73)
3.2.3	显示块长度	(75)
3.2.4	再接线 (Rewire)	(76)
3.3	多重背景模型	(77)
3.3.1	块的调用	(77)
3.3.2	多重背景	(84)
3.4	程序库	(88)
3.4.1	程序库的等级结构	(88)
3.4.2	标准程序库总览	(89)
3.4.3	系统功能块	(90)
3.4.4	TI-S7 转换块	(98)
3.4.5	通信块	(100)
3.4.6	PID 控制块	(101)
3.4.7	IEC 功能块	(102)
3.4.8	S5-S7 转换块	(104)

第 4 章 SIMATIC 高级编程指令	(105)
4.1 基于状态位的指令	(105)
4.1.1 S7 CPU 的存储区和寄存器	(105)
4.1.2 基于状态位的指令	(109)
4.2 累加器指令	(116)
4.2.1 影响多个累加器的指令	(117)
4.2.2 仅影响累加器 ACCU1 的指令	(121)
4.3 实数指令	(124)
4.3.1 SIMATIC S7 中实数的表示	(124)
4.3.2 实数指令	(125)
4.4 间接寻址和地址寄存器指令	(127)
4.4.1 直接寻址	(128)
4.4.2 存储器间接寻址	(130)
4.4.3 寄存器间接寻址	(134)
4.4.4 POINTER 数据类型和 ANY 数据类型	(139)
第 5 章 使用 S7 Graph 进行编程	(145)
5.1 顺序控制设计基础	(145)
5.2 S7 Graph 编程语言概述	(147)
5.2.1 顺序控制程序的结构	(148)
5.2.2 S7 Graph 编辑器	(148)
5.2.3 S7 Graph 的显示模式	(152)
5.3 顺序控制器	(152)
5.3.1 顺序控制器原理及组成	(152)
5.3.2 顺序控制器的结构	(154)
5.3.3 顺序控制器的结构设计原则	(155)
5.3.4 顺序控制器的运行模式与监控操作	(156)
5.4 步的动作和转换条件	(157)
5.4.1 步的动作	(157)
5.4.2 顺序控制器中的条件	(161)
5.5 S7 Graph FB 参数的配置和调用	(162)
5.6 诊断	(163)
5.7 使用 S7 Graph 编程举例	(166)
5.7.1 控制任务	(166)
5.7.2 选择顺序控制器的结构	(167)
5.7.3 定义系统信号	(168)

5.7.4	创建工程定义符号	(169)
5.7.5	顺序控制器编程	(170)
5.7.6	编程步动作和条件	(171)
5.7.7	编程监视功能	(173)
5.7.8	指定标准的功能块 FB	(173)
5.7.9	在 STEP 7 项目中加入顺序控制器	(174)
5.7.10	测试顺序控制器	(174)
5.7.11	设置模式	(176)
5.7.12	修改顺序控制器	(176)
第 6 章	使用 S7 HiGraph 编制程序	(178)
6.1	概述	(178)
6.2	S7 HiGraph 编辑器	(180)
6.3	使用 S7 HiGraph 编辑器	(182)
6.3.1	变量声明	(183)
6.3.2	对状态图的结构进行编程	(186)
6.3.3	编写指令	(190)
6.3.4	组态等待时间、监视时间和延迟时间	(193)
6.3.5	组态运行模式	(195)
6.3.6	组态图形组	(195)
6.3.7	组态状态图间的消息	(197)
6.3.8	显示参考数据	(199)
6.3.9	保存和编译	(201)
6.3.10	调用和下载 S7 HiGraph FC	(202)
6.3.11	监视与测试	(203)
6.4	用户程序在 PLC 中的运行	(206)
6.5	使用 S7 HiGraph 编程举例	(209)
第 7 章	使用 S7 SCL 编制程序	(223)
7.1	S7 SCL 编程语言概述	(223)
7.1.1	S7 SCL 的特点	(223)
7.1.2	SCL 应用场合	(224)
7.1.3	SCL 的安装	(224)
7.2	S7 SCL 程序编辑器	(225)
7.2.1	使用 S7 SCL	(225)
7.2.2	S7 SCL 源文件原则	(226)
7.2.3	编译 S7 SCL 程序	(226)

7.3	SCL 编程语言描述	(228)
7.3.1	基本 S7 SCL 术语	(228)
7.3.2	数据类型	(235)
7.3.3	变量和参数声明	(245)
7.3.4	声明常数	(253)
7.3.5	赋值	(257)
7.3.6	共享数据	(263)
7.3.7	表达式、运算符和寻址	(267)
7.3.8	控制语句	(271)
7.3.9	定时器和计数器	(278)
7.4	S7 SCL 中的块	(286)
7.4.1	块的顺序	(286)
7.4.2	块的一般结构	(287)
7.4.3	块的开始和结束	(287)
7.4.4	块属性	(288)
7.4.5	块注释	(289)
7.4.6	块系统属性	(289)
7.4.7	声明区	(290)
7.4.8	参数的系统属性	(291)
7.4.9	语句和语句区	(291)
7.4.10	FB 的结构	(292)
7.4.11	FC 的结构	(293)
7.4.12	OB 的结构	(295)
7.4.13	DB 的结构	(295)
7.4.14	UDT 的结构	(297)
7.5	调试功能	(299)
第 8 章	使用 CFC 编制程序	(301)
8.1	S7 CFC 编程语言概述	(301)
8.1.1	CFC 图表	(302)
8.1.2	CFC 中的块	(304)
8.1.3	目录	(306)
8.1.4	操作员监控	(308)
8.1.5	CFC 组态步骤	(308)
8.2	使用 S7 CFC 编辑器	(309)
8.2.1	操作图表	(309)

8.2.2	操作块	(314)
8.2.3	互联	(322)
8.2.4	块的运行时间属性	(325)
8.2.5	编译	(327)
8.2.6	下载和读回图表	(330)
8.3	调试	(331)
8.4	应用 CFC 设计举例	(334)
8.4.1	创建闭环控制过程	(334)
8.4.2	测试程序	(337)
8.4.3	修改图表	(337)
8.4.4	创建图表块和嵌套图表	(339)
8.4.5	创建块类型	(342)
8.4.6	测试块	(342)
参考文献		(344)

第 1 章

概 述



1.1 STEP 7 概述

STEP 7 是用于对 SIMATIC S7/C7 系列可编程序控制器进行组态和编程的工具，是西门子公司 SIMATIC 工业软件的组成部分。西门子公司提供两种 STEP 7 标准软件包：一种是用于小型可编程序控制器 S7-200 的 STEP-7 Micro/WIN 软件，如图 1-1 所示；另一种是用于中大型可编程序控制器 SIMATIC S7-300/S7-400 和 SIMATIC C 7 的 STEP 7 软件，本书所应用的是 STEP 7 软件。

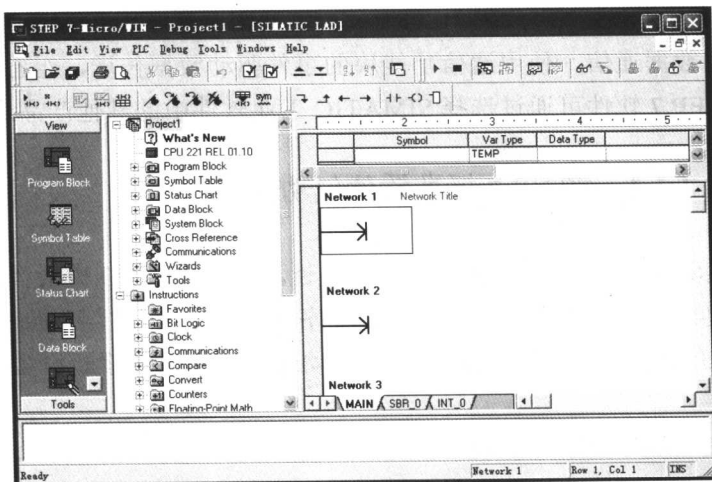


图 1-1 STEP 7-Micro/WIN 软件

STEP 7 Micro/WIN 是运行于 Windows 操作平台上的 SIMATIC S7-200 PLC 的编程软件, 该软件操作简便, 界面友好, 能够解决复杂的控制任务, 节省编程时间。STEP 7 Micro/WIN 软件提供 LAD、STL 和 FBD 三种编程语言, 用户可以根据需要选择合适的编程语言; 另外, 程序提供了友好、方便的在线帮助功能, 也有助于用户快速掌握。

该软件支持用户将编写的程序创建为自定义库, 并提供密码保护和程序隐藏功能。每个用户定义库都有相关的库符号表, 能够增强库与库之间的移植性; 支持三角函数、开方, 及对数运算等功能; 也可进行检测和故障诊断, 执行单次扫描, 以及强制输出等。

该软件的指令树结构列出了整个程序编辑所涉及的资源, 包括所有的程序块、符号表、状态图、数据块和通信块等, 还列出了所有可用指令。程序编辑窗口中包括三个页面: MAIN、SBR_0、INT_0, 分别表示主程序、子程序 0、中断程序 0, 而且子程序和中断程序页面可根据需要添加。模块化的编程体系使程序结构简单、层次清楚、组织方便, 十分有利于编写规模较大的程序。

该软件提供了易于使用的组态向导, 用户通过向导功能可以轻松配置, 而无需编制一些复杂的功能, 如配置 Modem 模块 EM241、定位模块 EM253、以太网模块 CP243、TD200 文本显示器、PID 控制器、CPU 间数据传输的通信功能及高速计数器等。

西门子公司还提供 STEP 7 Micro/WIN 工具软件包, 可以用来完成 TP070 触摸屏的组态和参数设置工作, 以及利用内置的 USS 协议子程序库来简化与变频器的通信等。

STEP 7 软件可以用来为 CPU、功能模板和通信处理器设置参数, 强制和多处理器模式, 全局数据通信, 使用通信功能块的事件驱动数据传送, 组态连接和编制程序等; 此外 STEP 7 软件可通过选择 SIMATIC 工业软件中的其他产品进行扩展应用。



1.1.1 STEP 7 标准软件包功能

STEP 7 标准软件包可用来建立和管理项目, 对 CPU、I/O 模板等硬件和通信进行组态和参数赋值, 管理符号, 以及创建程序。例如, 为 S7 可编程序控制器创建程序, 下载程序到可编程序控制器, 测试自动化系统, 以及诊断设备故障等。



1.1.2 基本工具

STEP 7 标准软件包集成了一系列的应用程序(基本工具), 包括 SIMATIC 管理器、NETPRO 通信网络组态编辑器、硬件组态编辑器、符号编辑器、硬件诊断, 以

及 LAD、FBD 和 STL 程序编辑器等。使用时，用户不必将这些工具分别打开，而只需选择相应功能或打开某一个对象，相应的工具就会自行启动。下面我们简单介绍这些基本工具。

1. SIMATIC 管理器

SIMATIC 管理器用于管理一个自动化项目的所有数据，同 WinCC 一样，都是以项目管理的方式来管理整个项目的数据，如图 1-2 所示为 SIMATIC 项目管理器的界面图。

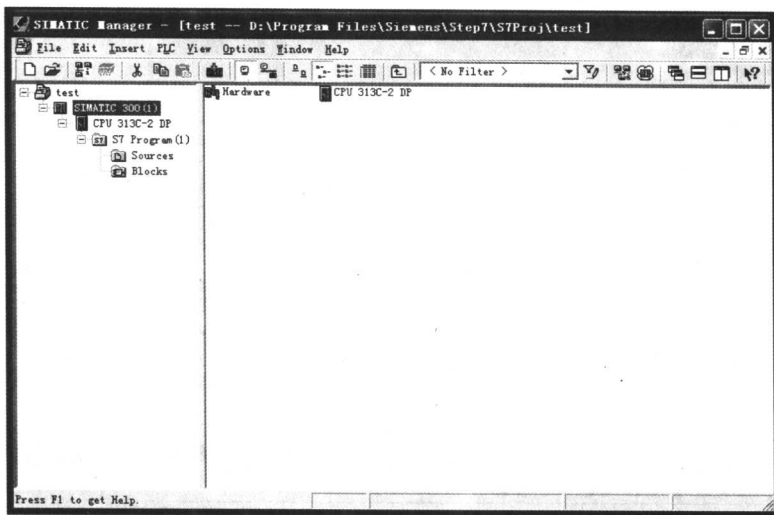


图 1-2 SIMATIC 项目管理器的界面图

在项目中，数据在分层结构中以对象的形式保存。第一层为项目，第二层为站，站是硬件组态的起点，S7 Program 文件夹是编写程序的起点。当选中某一层的对象时，管理器右边工作区将显示该文件夹内的对象和下级的文件夹。

2. NETPRO（通信网络组态工具）

NETPRO 用来组态整个项目中的网络，如图 1-3 所示。它包括以下功能：选择建立通信网络的类型、网络上连接的站点类型，设置通信连接、网络组态及通信连接的下载等。

3. 硬件组态工具

硬件组态工具对项目的硬件设备进行组态和参数设置，当组态的站为 PLC 时，

需选择一个机架，并在机架中将选中的模板安排在相应的槽上，如图 1-4 所示。CPU 参数及输入/输出模板、功能模板的参数设置都在此工具中进行。

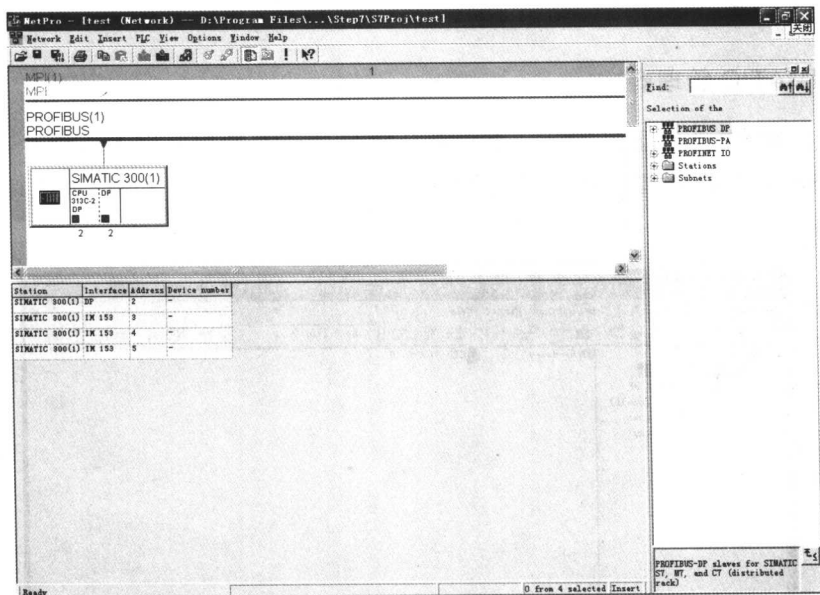


图 1-3 NETPRO 通信网络组态工具

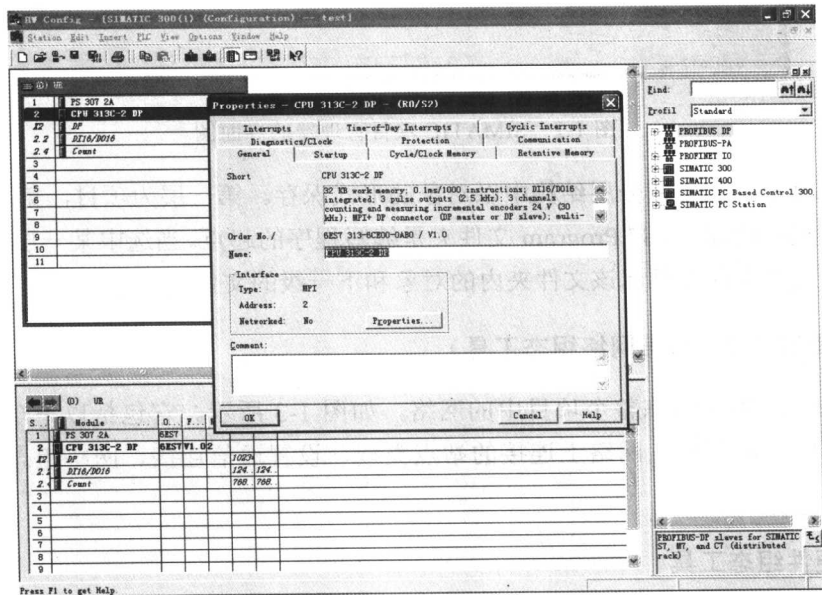


图 1-4 硬件组态工具

4. 符号编辑器

符号编辑器可以管理所有的共享符号，具有以下功能：为输入/输出信号、位存储器和各种块设定符号名和注释，分类功能，导入/导出符号等。符号编辑器生成的符号提供给其他工具使用。例如，可以将 STEP 7 中的变量导入到组态软件 WinCC 中来直接使用，因此一个符号属性的变化可以在整个项目中自动更新，如图 1-5 所示。

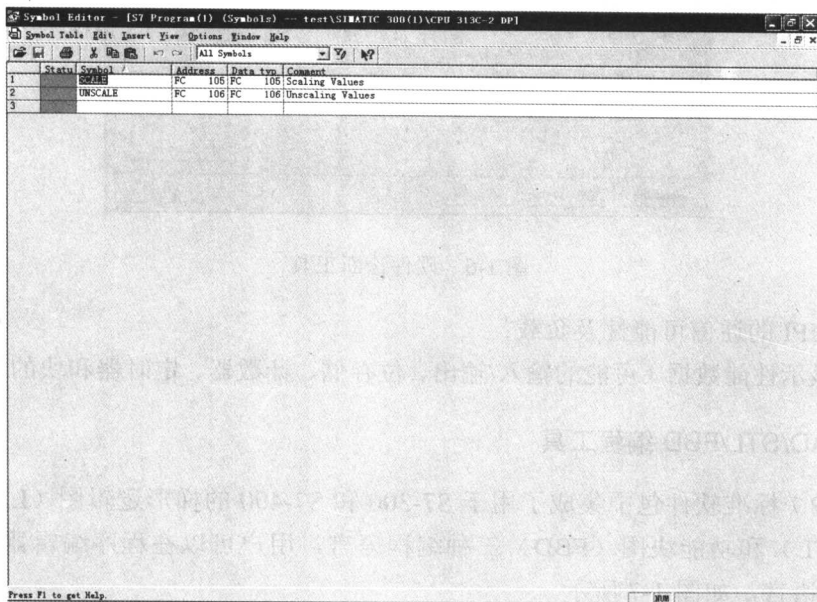


图 1-5 符号编辑器

5. 硬件诊断工具

硬件诊断工具存储了 PLC 的状态信息，如图 1-6 所示。该工具指示每个模板是否正常，双击该工具后可以显示有关故障的详细信息，主要包括以下信息：

- 1) 有关模板的一般信息（如订货号、版本、名称），以及模板状态（故障）；
- 2) 显示中央 I/O 和分布式（DP）从站的模板信息（通信故障）；
- 3) 显示来自诊断缓存区的消息报文。

对于 CPU，还可显示以下附加信息：

- 1) 用户程序处理过程中的故障原因；
- 2) 显示循环时间（最长的、最短的和最近一次的）；