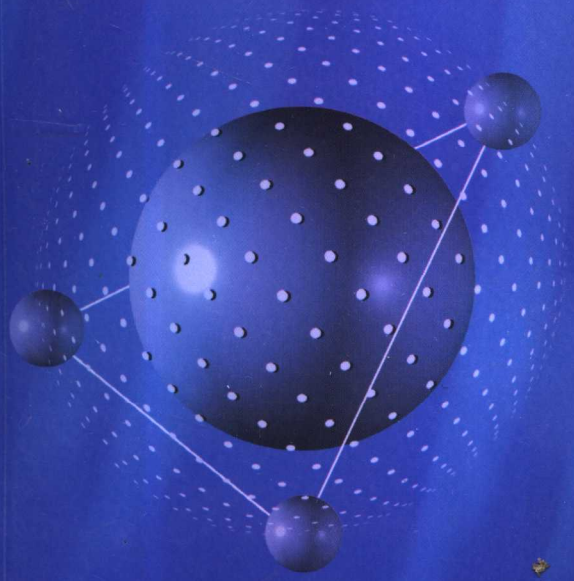
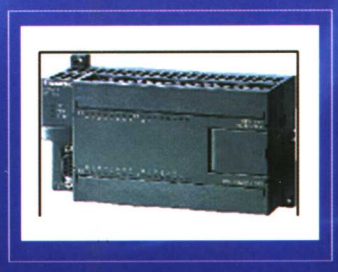
SIEMENS

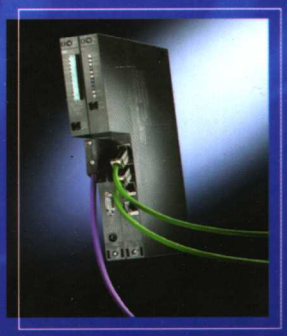
西门子S7

可编程序控制器——STEP7编程指南



◎ 崔坚 编著





SIEMENS S7 KEBIAN CHENGXU KONGZHIQI STEP7 BIANCHENG ZHINAN

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

STEP7 是西门子公司主流 S7-300、400 系列可编程序控制器的编程软件，使用 STEP7 可以对 C7、WINAC 以及 ET200 智能分布式 I/O 站进行编程。本书简单地介绍了西门子公司 S7-300、400 系列 PLC 硬件系统和 CPU 程序处理的方法，以大量的篇幅介绍了从项目的创建、编程、站点间通信到调试，以及如何完成一个完整的控制任务的实现过程，并以示例的方式介绍了每种基本编程指令的使用，便于读者对指令集的理解。复杂而又灵活的间接寻址一直是困扰着许多编程人员的难点，书中结合实际的应用程序，对间接寻址的各种指令以及使用方法逐一解析，使读者能够增强阅读程序的能力、扩展编程思路。书中还对常用的功能模块，如高速计数器、定位模块、高速布尔处理器的使用进行了详细介绍，言简意赅的示例可以使读者快速入门。

本书适合系统工程师、现场工程技术人员、大专院校相关专业师生以及工程设计人员借鉴和参考。

图书在版编目（CIP）数据

西门子 S7 可编程序控制器——STEP7 编程指南/崔坚编著. —北京：机械工业出版社，2007.4

ISBN 978-7-111-21207-2

Ⅰ. 西… Ⅱ. 崔… Ⅲ. 可编程序控制器，西门子 S7—程序设计 Ⅳ. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 039496 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：林春泉 版式设计：霍永明 责任校对：刘志文

封面设计：陈 沛 责任印制：洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷

2007 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 24.75 印张 · 615 千字

0001—4000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-21207-2

ISBN 978-7-89482-168-3（光盘）

定价：49.00 元（含 1CD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：（010）68326294

购书热线电话：（010）88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：（010）88379768

编委会名单

序

工业生产率的提高很大程度上取决于工业生产过程中的自动化装置的水平。作为全球自动化领域技术、标准及市场的领导者，西门子公司一直致力于将自动化和驱动产品及系统不断创新，并体现在从传感器、传动设备、可编程控制器到网络、人机界面、制造执行系统等自控系统的各个层面，着力为用户提供多种创新、可靠、高效和优质的产品、系统、解决方案和服务。在提高用户的行业竞争力的同时，保证用户最大程度的可持续发展，实现长期的投资保障。

西门子公司自动化与驱动集团在生产自动化、过程自动化、楼宇电气安装和电子装配系统领域，为中国用户提供全集成自动化（TIA）和全集成能源管理（TIP）解决方案。作为西门子全集成自动化和全集成能源管理的控制核心，西门子公司的S7系列PLC集先进的控制理论、完善的自动化功能与现代通信技术于一体。推出10年来，以其灵活的配置、卓越的性能、形式多样、易于扩展的网络通信方式为广大的工业用户所推崇，在中国及全球各个工业领域得到了广泛的成功应用。

《西门子S7可编程序控制器——STEP7编程指南》一书的出版，正是应了广大初学者的要求，由西门子公司中国的资深工程师遵循项目实现的顺序，结合多年技术支持热线的经验，依照入门指南的方式编写而成。在内容上，涵盖了从硬件安装、接线到软件安装、卸载、授权、指令以及网络配置、编程调试等完成项目要涉及的各个方面。能够帮助中国用户在使用产品时，对经常遇到的问题给出了解决方案。

希望本书能够成为西门子产品手册之外的一本学习使用S7-300/400 PLC的系统教材和实用工具书，帮助广大学习使用西门子公司PLC的用户快速理解系统结构，全面掌握SIMATIC PLC的应用技能，在项目中充分发挥该产品的功能和性能，从而帮助工业用户提高工业生产率，实现企业最优化运营。

（李永利）
西门子（中国）有限公司
自动化与驱动集团客户支持部总经理
2007年4月

前　言

有着160年历史的西门子公司，同时作为自动化领域技术、标准与市场的领先者，以最先进的技术和产品，向用户提供具有先进、可靠的解决方案。自从1996年提出崭新自动化理念——全集成自动化（TIA，Totally Integrated Automation）以来，如何帮助广大的自动化工程师广泛深入地理解和掌握全集成自动化（TIA）的三个要素，即共同的通信、共同的组态与编程、共同的数据库，一直是西门子公司自动化工程师努力的方向。本书的侧重点在“共同的组态与编程”这一要素——SIMATIC STEP7。STEP7作为一个平台可以集成各种控制设备的软件，使不同设备以及PLC站点具有相同的数据库，所有设备的编程、配置、调试、数据路由以及通信工作只需在STEP7中就可以完成，从而实现一个项目中所有控制任务的集成。掌握STEP7是学习西门子公司自动化的基础。

西门子公司的PLC系统功能强大，配置、编程方法灵活，但提供的手册过于繁琐，不少初学者感到入门困难，希望能有一本适合初学者学习西门子公司S7-300、400系列PLC的教材，本书就是为了适应这部分读者需要而编写的。除此之外，根据多年的技术支持热线经验，总结了一些常见问题的解决方法和编程示例，可以使入门者的技术水平快速提高。希望通过本书可以帮助初学者轻松愉快地学习并掌握SIMATIC技术，深入领会整体系统的结构，充分领略到SIMATIC PLC给我们带来的灵活易用的一面，享受使用SIMATIC PLC所带来的工作上的快乐。

本书具有以下几个特点：

1. 按照自动化项目实现的顺序进行编写，从硬件的选型、连线、STEP7的安装、硬件配置、编程、调试到项目的归档，使初学者循序渐进地、有针对性地理解和学习一个完整的自动化项目的流程。

2. 在实际应用中，模拟量输入模块灵活的接线方式一直是困扰使用者的难点，在本书中列举了不同的连接方式和方法，避免了由于连线错误而造成模块的损坏。

3. 进行程序设计时必须理解编程指令集，本书以大量的篇幅介绍了基本指令的使用，每一种指令都列举了使用的方法和环境，指令的示例程序可以使读者理解每一条指令的作用，达到举一反三的目的，编写出更加灵活的应用程序。

4. 以高级语言的方式介绍了PLC的程序结构，例如主程序（OB1）、函数（FC、FB）、子程序（无形参FC）及中断（除OB1以外的其他OB块）等概念，如果读者已经掌握一门高级语言，就会更容易地理解PLC程序块之间的关系。

5. 使用简单的示例程序介绍了复杂的间接寻址，示例程序来源于实际的应用，针对性强，在示例程序中以注解的方式介绍了间接寻址指令的使用方法，可以使读者特别是现场维护人员轻松地阅读复杂的程序。

6. 站点间的通信在PLC应用中比较常见，也非常重要，本书分别以MPI、PROFIBUS、ETHERNET网络为基础，介绍了不同的通信方式和方法，读者可以根据项目的成本和控制要求选择适合的通信方式。实时以太网（PROFINET）是未来的发展方向，本书简单地介绍

了 PROFINET 的两种方式，即 PROFINET IO 和 PROFINET CBA 的配置方法以及使用方法。

7. 功能模块（FM）集成处理器，可以独立完成特殊的控制功能而不影响 CPU 的扫描时间，功能模块的使用一直是 PLC 系统的难点，本书以 FM 模块使用的条件、可连接的传感器类型、配置以及程序控制为基本架构，分别介绍了高速计数器、定位模块以及高速布尔处理器的使用，使读者快速入门。

本书着重介绍了一些常用的知识点和基本的配置，希望能够起到抛砖引玉的作用，帮助读者更好地掌握西门子公司的自动化技术。

葛 蓬
西门子（中国）有限公司
自动化与驱动集团客户支持部高级工程师
2007 年 3 月

目　录

第1章　西门子S7系列PLC系统概述

1979年西门子公司推出了S5系列PLC（Programmable Logic Controller，可编程序逻辑控制器），经过不同行业多年的应用，系统的稳定性、可靠性及低故障率得到工控界的认可，进入20世纪90年代，随着现代通信技术和IT技术的迅猛发展，S5系列PLC的配置方法、CPU（Central Processing Unit，中央处理器）的处理能力、网络的通信能力越来越不能满足现代化控制的要求，即不能满足对实时性、快速性、大量的网络通信和数据管理、分布式控制、集成现场设备的快速诊断等要求。为了保持西门子公司在工控业的领先地位，1994年西门子公司推出了S7系列PLC，与S5系列PLC相比，除了保持原有的控制功能和系统的稳定性外，在CPU运算速度、程序执行效率、故障自诊断、网络通信、面向工艺和运动控制功能上有了质的飞跃，并为后续的系统整合打下了良好的基础。根据控制要求和驱动输入、输出点的能力，S7控制系统划分为3个子系列，即S7-200系列、S7-300系列及S7-400系列，此外，各种类型的分布式I/O系统也被大量地应用。

1.1　S7系列PLC介绍

1.1.1　S7-200系列PLC

S7-200系列是小型PLC系统，其CPU如图1-1所示，具有串行连接的模块化扩展功能，设计紧凑，CPU集成输入、输出信号接口功能，输入点集成高速计数器、报警和中断等功能，适合最大输入、输出100点左右的控制应用。S7-200系列PLC通过通信模块可以扩展不同的网络接口，如通过CP243-2模块扩展ASI（执行器与传感器接口）网络主站接口；通过EM277模块扩展现场总线PROFIBUS－DP从站接口；通过CP243-1模块扩展以太网接口。此外，S7-200系列PLC还具有远程编程、维护功能。S7-200系列PLC简单定位功能使控制功能更加完善。S7-200系列PLC使用STEP7 MICRO WIN软件进行编程，在本书中不作介绍。

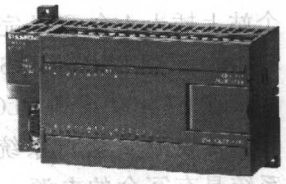


图1-1　S7-200系列PLC CPU

1.1.2　S7-300系列PLC

S7-300系列是中型PLC系统，具有模块化扩展功能，设计紧凑，适合最大输入、输出1000点左右的控制应用。如图1-2所示，S7-300系列PLC CPU中集成了各种中断处理能力，如时间中断、报警中断、循环中断等。S7-300系列PLC具有强大的网络通信能力，如通过CP343-2模块可以使S7-300系列PLC作为ASI（执行器与传感器接口）网络中的主站，在现场总线PROFIBUS的应用中完全支持各种通信方式和服务，在主—从通信方式中，S7-300系列PLC既可以作为PROFIBUS-DP的主站，也可以作为从站；

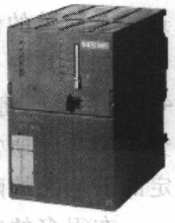


图1-2　S7-300系列PLC CPU

在主站间通信方式中，S7-300 系列 PLC 利用不同的通信协议和服务（PROFIBUS-FMS/S7/FDL）可以非常灵活地与通信方进行数据交换；通过工业以太网，S7-300 系列 PLC 之间或与 HMI（Human-Machine Interface，人机接口）可以进行大数据量的通信，利用基于以太网的 PROFINET 总线技术，可以实现数据的实时通信。通过扩展具有独立处理能力的特殊模块，例如功能模块（FM），S7-300 系列 PLC 可以实现高速计数、单轴定位、具有插补功能的 4 轴路径控制，而不会影响 CPU 的处理速度。S7-300 系列 PLC 使用 STEP7 进行编程，是 S7 系列 PLC 的主流产品。

1.1.3　S7-400 系列 PLC

S7-400 系列是大型 PLC 系统，如图 1-3 所示，具有模块化扩展功能，可以连接数万点输入、输出信号。与 S7-300 系列 PLC 相比，S7-400 系列 PLC CPU 中集成了强大的中断处理能力，如数量和种类更多的时间中断、报警中断和循环中断等，即使在同一中断类型中还可以选择不同触发事件的中断；完全覆盖 S7-300 系列 PLC 通信服务和通信协议，在现场总线 PROFIBUS-DP 上实现等时数据通信，保证各个从站的输入信号在 CPU 中同时处理，CPU 的输出命令在各个从站中同时响应；此外，S7-400 系列 PLC 还具有连接更多通信设备的能力和更多的通信资源。同样，S7-400 系列 PLC 通过扩展，具有独立处理能力的功能模块（FM），可以实现高速计数、单轴定位等工艺控制而不会影响 CPU 的处理速度。S7-400 系列 PLC 具有更强的实时处理能力，最多可以在一个站上插入 4 个 CPU 完成同一个控制任务，各 CPU 通过背板总线进行非常快的数据交换。S7-400 系列 PLC 使用 STEP7 进行编程，是 S7 系列 PLC 的主流产品。

图 1-3　S7-400 系列 PLC CPU

在 S7-400 系列 PLC 中还包括 H（冗余）系统和 F（故障安全）系统，如图 1-4 所示，S7-400H 系统具有冗余的电源、CPU、通信处理器、现场总线、通信接口、输入与输出信号通道等，单一设备故障不会造成整个控制系统的停机，提高了控制系统的可用性；与 S7-400H 冗余系统相比，S7-400F 故障安全系统通过对程序、现场总线、输入与输出信号的再次校验，保证了整个控制系统的可靠性，从而保证了人身的安全以及环境不会遭到破坏。通过一个简单的例子可以区别两个控制系统，例如同一个外部信号分别接入到两个输入模块中，如果其中一路信号连接的模块故障或断线，信号可能在 CPU 中产生差异，对于 S7-400H 系统，将选择预先设定的值继续运行；对于 S7-400F 系统，设备的控制将切换到故障安全模式，通常情况下为停车模式，为了达到设计的安全等级，整个 S7-400F 系统要满足规定的平均无故障时间的要求。

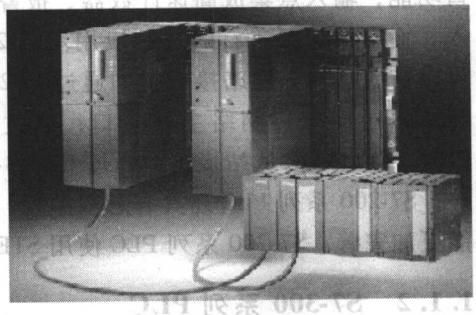


图 1-4　S7-400H CPU

在很多的应用中，将冗余系统和故障安全系统结合使用，如 S7-400H/F，虽然不能提高控制系统的可靠性（F 等级），却可以提高系统的可用性（冗余特点）。STEP7 V5.3 以上版

本已集成冗余系统的配置软件，不需要另外购买，而 F 系统软件需要额外购买。

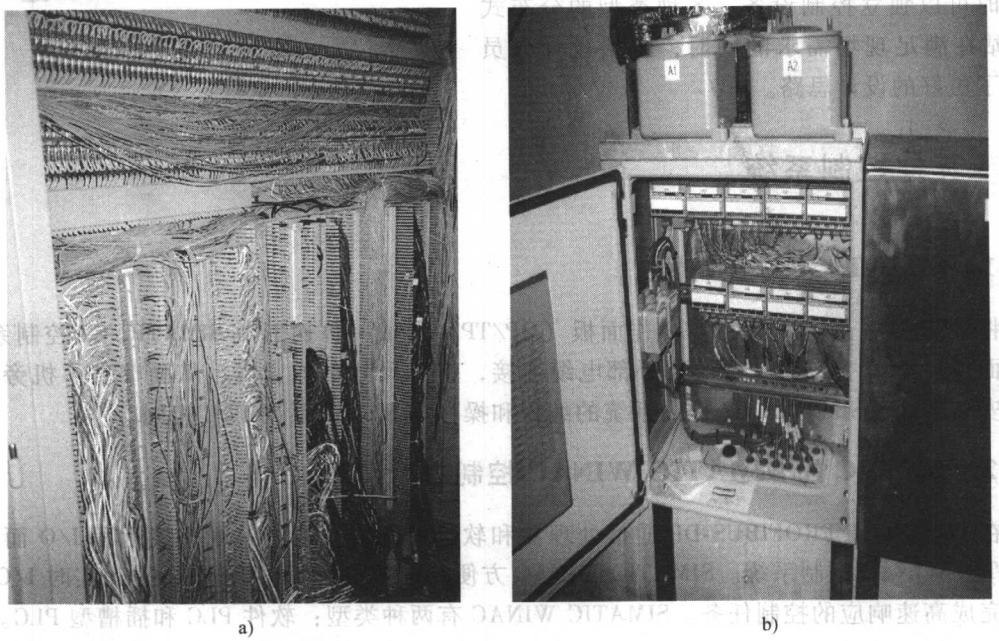
1.2　远程分布式 I/O

在早期的工厂设计中，选择中央扩展模式安装输入、输出模块，即 CPU 通过背板总线快速地访问 I/O 模块，I/O 模块与 CPU 保持非常近的距离（通常为几米，最远可以扩展到 100m），这样所有外围信号接线汇总到一起，造成 PLC 柜内接线复杂、凌乱，如图 1-5a 所示，对于安装、现场调试以及后期的维护都比较困难。如果现场信号比较远，为了减小信号的衰减而必须选择较粗截面的传输电缆，从而增加了工程的费用。现代工厂设计中，如卷烟厂、物流、钢铁厂，使用大量的远程分布式 I/O 替代原有中央扩展 I/O，这样可以将 I/O 模块放在靠近设备的现场，如图 1-5b 所示，每个远程分布式 I/O 站通过简单的一根现场总线（使用屏蔽双绞线的现场总线 PROFIBUS-DP 或实时工业以太网 PROFINET I/O）与 CPU 进行数据交换，使用远程分布式 I/O 有下列好处：

1）减少布线的时间和工程费用；

2）方便设备的调试；

3）简化后期维护。



a)　　b)

图 1-5　中央扩展 I/O 与远程分布式 I/O 接线对比
a）中央扩展 I/O 接线　b）远程分布式 I/O 接线

不同类型的远程分布式 I/O 站满足不同现场的需求，例如 ET200 远程分布式 I/O 系列中，有适合连接大量 I/O 点的 ET200M；有适合紧凑型的 ET200B；有适合小点数、灵活的 ET200S，如图 1-6 所示。在 ET200S 中，可以安装小功率的负载馈电器，从而节省从站电器柜的安装空间；有适合高防护等级 IP67 的 ET200PRO，如图 1-7 所示；有适合安装于防爆区

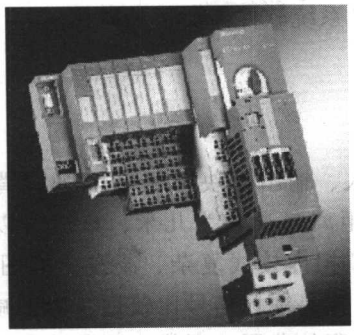


图 1-6　ET200S

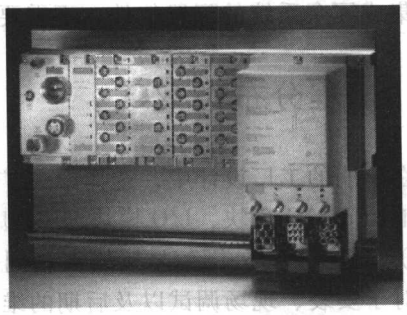


图 1-7　ET200PRO

的 ET200ISP，如图 1-8 所示。除了 ET200 系列外，一些驱动装置、仪表等设备也可以作为分布式 I/O 站与主站 CPU 进行通信。

远程分布式 I/O 站也可以带有 CPU，控制本站的I/O 信号，并与主站进行数据交换，这样的远程站称为智能 I/O 站，在网络或主 CPU 故障时可以独立控制设备。各种类型的分布式 I/O 站在满足现场需求的同时，也给设计人员提供了更好的设计思路。

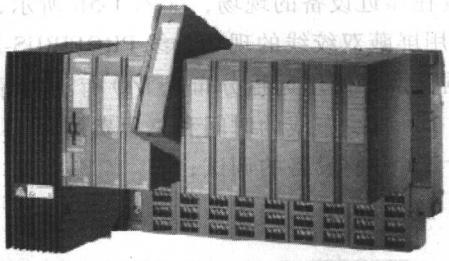


图 1-8　ET200ISP

1.3　其他控制系统

1.3.1　SIMATIC C7 控制器

将 S7-300 系列 PLC 系统与操作面板（OP/TP）集成一体而形成 SIMATIC C7 控制系统，操作面板与 PLC 合二为一不需要外部电缆连接，整体尺寸更加紧凑，从而节省了机旁操作箱的安装空间，SIMATIC C7 控制系统的编程和操作与 S7-300 系列 PLC 相同。

1.3.2　基于 PC 的 SIMATIC WINAC 控制器

在 PC 上安装 PROFIBUS-DP 通信处理器和软件控制器，通过总线连接远程 I/O 而形成 SIMATIC WINAC 控制系统。SIMATIC WINAC 方便集成用户 C/C ++ 程序，插入实时 I/O 卡，可以完成高速响应的控制任务。SIMATIC WINAC 有两种类型：软件 PLC 和插槽型 PLC。

1.4　STEP7 编程软件

1.4.1　编程功能

使用 STEP7 软件可对 S7-300/400 系列 PLC、SIMATIC C7、SIMATIC WINAC 及 ET200 系列智能从站进行编程。STEP7 包含了自动化项目中从启动、实施到测试及维护的每一阶段所

需的全部功能。

STEP 7 是用于 SIMATIC PLC 配置和编程的基本软件包。它包括功能强大、适用于各种自动化项目的工具。

STEP 7 主要包括以下组件：

- SIMATIC Manager：用于集中管理所有工具以及自动化项目数据。
- 程序编辑器：用于编辑 LAD（梯形图）、FBD（功能块图）和 ST（结构文本）语言生成用户程序。
- 符号编程器：用于编辑符号表和配置通信及消息。
- 硬件配置：用于配置和参数化硬件。
- 硬件诊断：用于诊断自动化系统的状态。

NetPro：

用于配置网络连接及通信。

STEP7 中集成了三种编程语言，通过安装可选软件 Engineer Tool（工程工具），可以扩展编程语言的种类，工程工具面向特定功能，简化和增强自动化控制任务。下列工具可供编程者选择：

（1）S7-SCL

S7-SCL（结构化控制语言）是基于 PASCAL 的高级语言，符合 DIN EN/IEC 61131-3 中定义的高级文本语言 ST（结构文本）。S7-SCL 尤其适用于复杂算法和算术功能的编程以及数据处理任务。

使用 S7-SCL 可以达到下列目的：

- 通过应用功能强大的编程语句（例如 IF... THEN... ELSE），简便、快速、正确地开发程序。
- 改进程序可读性和结构，更易于理解。
- 使用符号生成程序，保证程序的正确修改和重复使用性。
- 使用 Debugger（调试程序），简化在高级语言中的程序调试。

用户可在很短的时间内，经济地为所有自动化任务提供“公式化”的解决方案。

（2）S7-GRAPH

SIMATIC 软件包 S7-GRAPH 基于 STEP 7 编程软件。它适合顺控工艺编程，将控制工艺分成不同的“步”，在每一步中填写触发的事件，适合工艺人员使用配置的方式完成工艺编程要求，在标准化的用户界面中可以对实现工艺的“步”进行直观、快速的配置与编程（符合 IEC 61131-3、DIN EN 61131 标准）。

在每个“步”中定义具体的操作（Action）及其执行控制。跳转（Transition）指令控制下一步执行的条件。每一步的执行都根据定义好的互锁和监控条件进行。与 LAD、FBD、STL 相比，其优点如下：

- 直接按工艺流程图生成图形化的程序。
- LAD、FBD 和 STL 主要用于逻辑控制。对于 S7-GRAPH，控制顺序非常重要。
- 采用顺序链，直观图形化地显示控制过程；易于程序维护和调整。
- 在调试阶段可以选择单“步”、手动“步”传送、自动“步”传送方式进行调试，方便并节省调试时间。

- 采用集成诊断功能进行故障排查，减少停止时间。

(3) S7-HiGRAPH

S7-HiGRAPH 是一种适合于技术工艺人员、编程人员、调试工程师、操作人员以及维护和维修人员的通用工具。

在使用 S7-HiGRAPH 时，示教将代替编程，并通过在状态图中映射技术功能对象（例如阀门、电动机等）来实现。基本宗旨是将自动化任务分为具体的功能单元。技术功能对象或功能单元的特性以状态图的形式加以描述。

工艺人员应首先勾画出大致结构，并定义功能单元及其特性，然后由编程人员处理具体细节。

典型应用：汽车工业（例如发动机、轴和减速箱制造）、塑料机械、食品和饮料机械、包装机械、机床、卷取机以及专用机械。

S7-HiGRAPH 的优点：

- 配置、上线调试以及维护、保养和维修，所有人员均使用相同的工具。
- 点击按钮，即可以根据状态图生成执行程序。
- 通过易于集成的信号传送和监控功能，可以非常简便地检测故障，降低停机时间。
- 一旦生成状态图，即可反复使用。

在编辑状态图时，可以将自动化任务拆分为具体的机械功能单元，每个功能单元的特性都以状态图的形式加以描述。各种操作都以状态（State）的形式触发，例如初始化(Initialize)、拧紧（Tighten）、松开（Loosen）。

由于 S7-HiGRAPH 和 S7-GRAPH 工程工具可提供两种不同的生产过程视图，并能相互最佳实现，也可在一个项目当中组合使用。

(4) CFC

CFC（连续功能图）工程工具是专为那些需要为工厂进行配置和编程的工程师而备的。

使用 CFC，可在参数输入的同时，将工艺技术参数转换为可执行的自动化系统程序。它只需将预置模块链接在一起，然后设置其参数即可，无需高级编程知识。

与 LAD、FBD 和 STL 相比，其优点如下：

- 在工程制图阶段即可优化使用。
- 降低图形链接配置要求。
- 重复使用性。
- 上手快速、简单。
- 快速、直观链接预置功能。
- 使用 S7-SCL，简便生成定制模块。
- 生成整个技术工艺程序。
- 控制结构一目了然。
- 离线测试，缩短调试时间。
- 在线修改，高度透明，工厂可用性高。

CFC（连续功能图）工程工具还可用于生成 SIMATIC S7 和 SIMATIC WINAC 自动化解决方案。任何模块都可以根据工艺规范相互链接，例如开环和闭环控制数据，甚至是配置和归档整个信息流。