

开放式控制系统 编程技术

马立新 陆国君 编著

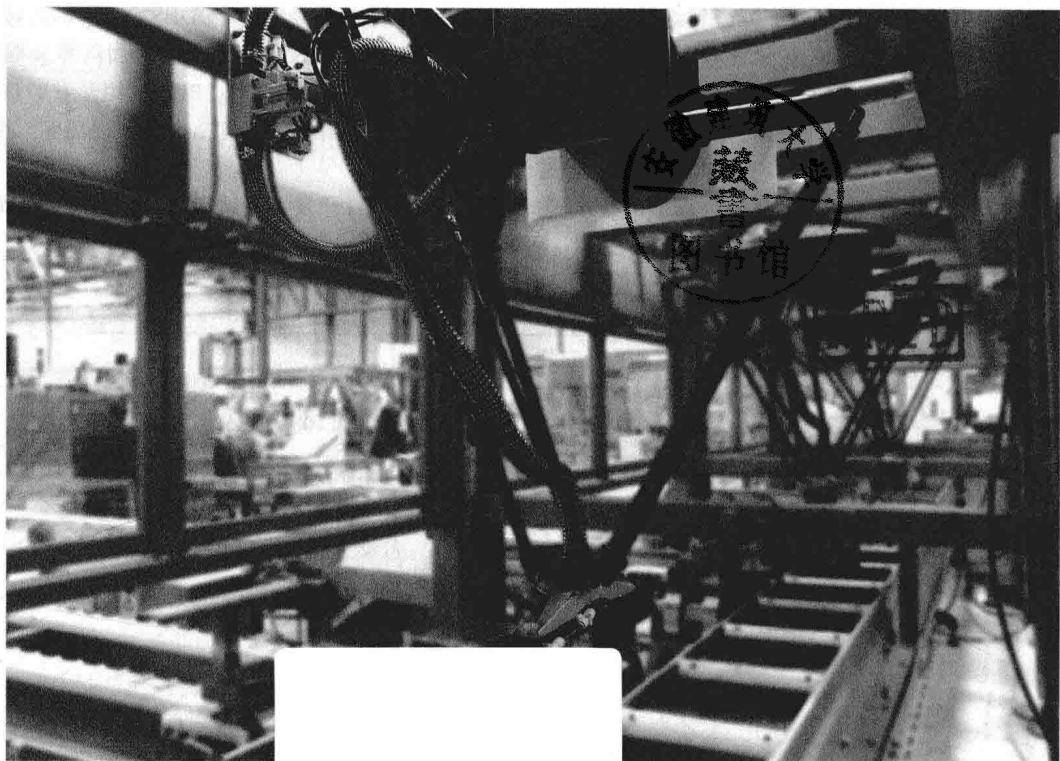
——基于IEC 61131-3国际标准



开放式控制系统 编程技术

马立新 陆国君 编著

——基于IEC 61131-3国际标准



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

开放式控制系统编程技术：基于IEC 61131-3国际标准 / 马立新, 陆国君著. — 北京：人民邮电出版社, 2018.8

(CODESYS智能制造技术丛书)

ISBN 978-7-115-47173-4

I. ①开… II. ①马… ②陆… III. ①开放系统(电子计算机)—程序设计 IV. ①TP338

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第111462号

内 容 提 要

CODESYS 作为遵循 IEC 61131-3 国际编程标准、面向工业 4.0 应用的软件开发平台, 提供了一整套功能强大的工业自动化解决方案。

本书是由 3S 软件有限公司组织编写的一本使用指南, 涵盖了最新的 CODESYS V3 的功能与特性。全书包括 9 章和若干附录, 分别介绍了 IEC 61131-3 标准、CODESYS 软件开发平台的整体框架、IEC 编程基础、IEC 61131-3 的 5 种标准编程语言、与逻辑控制相关的指令系统、PLC 应用开发的整个流程、可视化设计、实际工程项目案例、工业现场总线简介等内容。附录部分包括指令、标准库、快捷方式等相关资料, 还简要介绍了 CODESYS V3 的一些新特性。

本书适合工业自动化设计领域的技术支持人员和工程项目开发、调试、现场设备维护人员参考, 同时也可作为大专院校本科生和研究生项目开发时的参考资料。

-
- ◆ 著 马立新 陆国君
责任编辑 胡俊英
责任印制 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
固安县铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 38.75
字数: 745 千字 2018 年 8 月第 1 版
印数: 1—2 000 册 2018 年 8 月河北第 1 次印刷
-

定价: 108.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

前言

工业 4.0，从最初让人感到新鲜和新奇，到如今人人都感到熟悉与亲切，也不过 4 年的时间，但迈向工业 4.0 的道路，才刚刚铺开。工业 4.0 计划的提出者 Henning Kagermann 教授，为我们构建了一个基于 CPS (Cyber-Physical System) 的未来工业发展的设想，并希望借此实现第四次工业革命。

智慧工厂就是工业 4.0 时代典型的产物之一。智慧工厂的本质，是通过信息技术将客户与产品连接起来，提升机器与机器之间的互联性，从而降低人在生产中的参与度，在降低成本的同时大幅度地提高生产效率和精度。在工业 4.0 时代，从迈进工厂的那一刻起，你将进入一个由信息化技术构建的、基于云和大数据的智能生产平台：所有的设备与人员都通过网络有机联系在一起，数据全部传送到云端，只需要借助一台移动终端设备，就能了解整个工厂实时的运行状态。同时，大数据与云计算技术帮助管理者进行分析与决策，帮助企业优化生产过程，提高生产效率与产品质量。

整个工业 4.0 过程，就是自动化和信息化不断融合的过程，也是用软件重新定义世界的过程。现在，翻开本书，用你的双手，构建属于自己的工业 4.0 智慧工厂。

CODESYS——功能强大的工业自动化软件开发平台

国际电工委员会 (IEC) 颁布的 IEC 61131-3 语言，是全球控制领域第一次制定的有关数字控制软件技术的编程语言标准，为可编程逻辑控制器软件技术的发展，乃至整个工业控制软件技术的发展，发挥了举足轻重的推动作用。IEC 61131-3 语言打破了不同厂商的 PLC 产品语言的差异界限，提高了编程的可移植性和可重用性。此外，IEC 61131-3 允许在同一个 PLC 中使用多种编程语言，极大地提高了 PLC 编程的灵活性。IEC 61131-3 正式公布后，凭借其兼容并包的特点，获得了国际工控界的广泛认可和支持。

作为遵循 IEC 61131-3 国际编程标准的、面向工业 4.0 应用的软件开发平台，CODESYS 提供了一整套功能强大的工业自动化解方案。在 CODESYS 软件平台中不仅可以实现 PLC 逻辑控制，还能实现基于 PLCopen 的运动控制（电子凸轮、CNC 控制、机器人控制等）、人机界面 (HMI)、可视化编程和基于云的应用开发等多种功能。

全球有超过 400 家知名的自动化企业和方案供应商是 3S 公司的合作伙伴，其中不乏 ABB、施耐德电气、博世力士乐等工业巨头。国内也已有上百家企业加入其中，较著名的有和利时、固高、汇川、中控集团等。可以说，只要学会使用 CODESYS，就能掌握国际

标准的 IEC 61131-3 编程语言，对全球 400 多家控制器厂商生产的几千种控制器进行编程开发，甚至开发出拥有自主知识产权的专属控制器产品。

阅读本书需要掌握的背景知识

本书适合技术支持人员，工程项目开发、调试、现场设备维护人员阅读，同时也可作为大专院校项目研发时的参考资料。本书结合初学者的特点，全面细致地介绍了编程环境及软件的主要功能及技术难点，是 IEC 61131-3 零基础学习者的必备书籍。

CODESYS V3 新特性

相比于 CODESYS V2 系列，V3 版本不仅将所有功能都整合成为一体化的软件开发平台，而且添加了许多新的功能与特性：

- CODESYS Soft Motion Basic (支持 PLCopen Part1&Part2)；
- Soft Motion CNC + Robotics (支持 DIN66025 标准 G 代码与 PLCopen Part4)；
- CODESYS Depictor (在线三维仿真工具)；
- C-Integration (C 语言集成)；
- UML (统一建模语言)；
- CODESYS SVN (SVN 版本管理)；
- CODESYS Static Analysis (静态代码分析工具)；
- CODESYS Profiler (性能分析工具)；
- CODESYS Test Manager (测试管理工具)。

此外，CODESYS Store 还提供了丰富的 Add-on 资源，不断推出和发布使用的插件和工具，为用户提供实用、便利的开发环境。

本书内容

第 1 章首先介绍 IEC 61131-3 标准的概念，以及 IEC 61131-3 语言的组成和特点；随后引入软 PLC 的概念，在技术优势、控制方案框架和未来发展方向等方面指明了 PLC 的发展趋势；接着针对支持 IEC 61131-3 标准的 CODESYS 开发软件，在解决方案与实时内核两个方面进行概述，并且给出 CODESYS 开发准备工作的指导；最后，给出获取资料、插件

的途径，以及技术交流的论坛。

第2章给出 CODESYS 软件开发平台的整体框架，介绍 CODESYS 的软件模型，指明各个软件元素之间的相互关系。设备在模型的最上层，可以等效于一个 PLC 所需所有软件的集合。在每一个设备中，有一个或多个应用，应用位于软件模型的第二层。访问路径应与程序中的所有变量联系起来，实现信息的存储。通信功能提供与其他系统，如其他可编程控制器系统、机器人控制器、计算机等设备的数据通信。

第3章介绍编写 IEC 代码需要用到的公共元素和变量。公共元素包括字符集、分界符、关键字、常数和注释等元素。数据类型包括标准数据类型、扩展数据类型和用户自定义的数据类型。此外，对变量的声明与初始化进行讲解，结合实际工程样例程序，让读者能更快、更好地掌握此部分的内容。

第4章对 IEC 61131-3 的 5 种标准编程语言（梯形图/功能块图、结构化文本、顺序功能图、连续功能图和指令表）进行具体讲解，配合实例程序，帮助读者全面掌握所有 IEC 61131-3 编程语言。

第5章介绍与逻辑控制相关的指令系统，包括位逻辑指令、定时器指令、计数器指令、数据处理指令、运算指令和数据转换指令等。这些指令广泛应用于各种工程领域，熟练运用指令系统可以显著提高编程效率，大大加快项目开发进度。

第6章介绍 PLC 应用开发的整个流程，涵盖 PLC 程序的创建、下载、调试、仿真等内容，帮助读者在学习 IEC 61131-3 编程语言的语法之后，使用 CODESYS 软件开发 PLC 应用程序。

第7章以可视化设计为主。首先简单介绍 CODESYS 可视化编程的基本操作，然后分类讲解可以使用的可视化控件，最后通过创建视图的实例，将控件与 IEC 程序中的变量进行映射与关联，实现在可视化界面对 PLC 进行控制的功能。

第8章对实际工程项目程序进行讲解。结合 IEC 61131-3 各种编程语言与可视化功能，以大量的工程实例，帮助读者熟悉工程场景，增加应用开发的实战经验，迅速将学到的知识应用到真正的工程项目，实现理论学习与实际应用的结合。

第9章集中介绍目前市场占有率较高的几种工业现场总线，如 PROFINET、EtherCAT 和 CANopen 等。本章从原理、配置、使用等方面对各种现场总线进行详细讲解。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者
2018年5月

资源与支持

本书由异步社区出品，社区（<https://www.epubit.com/>）为您提供相关资源和后续服务。

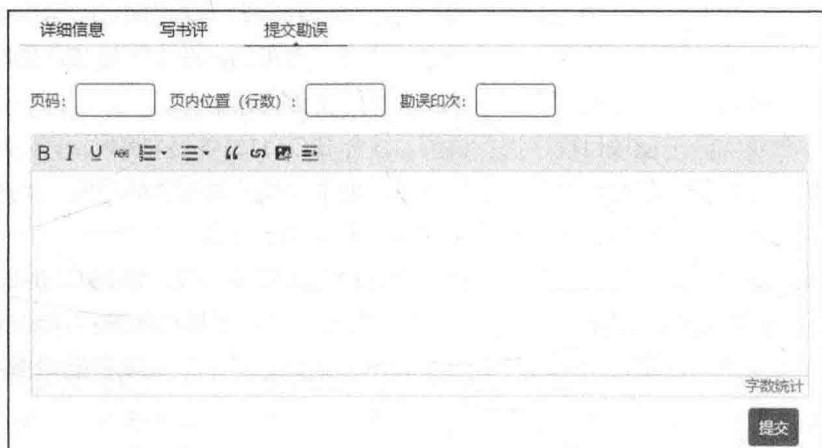
配套资源

本书提供源代码，要获得该配套资源，请在异步社区本书页面中点击 **配套资源**，跳转到下载界面，按提示进行操作即可。注意：为保证购书读者的权益，该操作会给出相关提示，要求输入提取码进行验证。

提交勘误

作者和编辑尽最大努力来确保书中内容的准确性，但难免会存在疏漏。欢迎您将发现的问题反馈给我们，帮助我们提升图书的质量。

当您发现错误时，请登录异步社区，按书名搜索，进入本书页面，点击“提交勘误”，输入勘误信息，单击“提交”按钮即可。本书的作者和编辑会对您提交的勘误进行审核，确认并接受后，您将获赠异步社区的 100 积分。积分可用于在异步社区兑换优惠券、样书或奖品。



The screenshot shows a web form for submitting勘误 (勘误). At the top, there are three tabs: '详细信息' (Detailed Information), '写书评' (Write a Review), and '提交勘误' (Submit勘误), with the latter being the active tab. Below the tabs, there are three input fields: '页码:' (Page Number), '页内位置 (行数):' (Page Position (Line Number)), and '勘误印次:' (勘误次数). Below these fields is a rich text editor with a toolbar containing icons for bold (B), italic (I), underline (U), bulleted list, numbered list, link, and unlink. The editor area is currently empty. In the bottom right corner of the form, there is a '字数统计' (Character Count) label and a '提交' (Submit) button.

扫码关注本书

扫描下方二维码，您将会在异步社区微信服务号中看到本书信息及相关的服务提示。



与我们联系

我们的联系邮箱是 contact@epubit.com.cn。

如果您对本书有任何疑问或建议，请您发邮件给我们，并请在邮件标题中注明本书书名，以便我们更高效地做出反馈。

如果您有兴趣出版图书、录制教学视频，或者参与图书翻译、技术审校等工作，可以发邮件给我们；有意出版图书的作者也可以到异步社区在线提交投稿（直接访问 www.epubit.com/selfpublish/submission 即可）。

如果您是学校、培训机构或企业，想批量购买本书或异步社区出版的其他图书，也可以发邮件给我们。

如果您在网上发现有针对异步社区出品图书的各种形式的盗版行为，包括对图书全部或部分内容的非授权传播，请您将怀疑有侵权行为的链接发邮件给我们。您的这一举动是对作者权益的保护，也是我们持续为您提供有价值的内容的动力之源。

关于异步社区和异步图书

“异步社区”是人民邮电出版社旗下 IT 专业图书社区，致力于出版精品 IT 技术图书和相关学习产品，为译者提供优质服务。异步社区创办于 2015 年 8 月，提供大量精品 IT 技术图书和电子书，以及高品质技术文章和视频课程。更多详情请访问异步社区官网 <https://www.epubit.com>。

“异步图书”是由异步社区编辑团队策划出版的精品 IT 专业图书的品牌，依托于人民邮电出版社近 30 年的计算机图书出版积累和专业编辑团队，相关图书在封面上印有异步图书的 LOGO。异步图书的出版领域包括软件开发、大数据、AI、测试、前端、网络技术等。



异步社区



微信服务号

目录

| | |
|----------------------------------|--|
| 第 1 章 概述 1 | |
| 1.1 IEC 61131-3 标准..... 1 | |
| 1.1.1 IEC 61131 简介..... 1 | |
| 1.1.2 PLCopen 组织概况..... 2 | |
| 1.1.3 IEC 61131-3 编程语言..... 3 | |
| 1.1.4 IEC 61131-3 的特点..... 4 | |
| 1.2 软 PLC..... 5 | |
| 1.2.1 软 PLC 控制方案..... 6 | |
| 1.2.2 软 PLC 的发展方向..... 8 | |
| 1.3 CODESYS 概述..... 9 | |
| 1.3.1 CODESYS 自动化解决 方案..... 9 | |
| 1.3.2 CODESYS 实时核..... 12 | |
| 1.4 软件的安装..... 14 | |
| 1.4.1 安装所需的软硬件 要求..... 15 | |
| 1.4.2 安装及版本管理..... 15 | |
| 1.4.3 启动编程软件..... 16 | |
| 1.4.4 帮助..... 17 | |
| 1.4.5 CODESYS 开发系统..... 17 | |
| 1.5 获取资料、插件和技术论坛..... 20 | |
| 第 2 章 CODESYS 结构 22 | |
| 2.1 软件模型..... 22 | |
| 2.1.1 软件模型简介..... 22 | |
| 2.1.2 软件模型的特点..... 24 | |
| 2.2 设备..... 24 | |
| 2.2.1 设备管理..... 24 | |
| 2.2.2 设备编辑器..... 27 | |
| 2.3 应用..... 28 | |
| 2.3.1 任务..... 29 | |
| 2.3.2 库文件..... 40 | |
| 2.3.3 全局变量和局部变量..... 50 | |
| 2.3.4 访问路径..... 52 | |
| 2.4 程序组织单元..... 53 | |
| 2.4.1 程序组织单元结构..... 54 | |
| 2.4.2 函数..... 56 | |
| 2.4.3 功能块..... 60 | |
| 2.4.4 程序..... 66 | |
| 2.5 应用对象..... 69 | |
| 2.5.1 采样跟踪..... 69 | |
| 2.5.2 持续变量..... 75 | |
| 2.5.3 数据单元类型..... 77 | |
| 2.5.4 全局网络变量..... 78 | |
| 2.5.5 配方管理器..... 79 | |
| 第 3 章 公共元素及变量 81 | |
| 3.1 公共元素..... 81 | |
| 3.1.1 字符集..... 81 | |
| 3.1.2 分界符..... 82 | |
| 3.1.3 关键字..... 84 | |
| 3.1.4 常数..... 85 | |
| 3.1.5 句法颜色..... 89 | |
| 3.1.6 空格和注释..... 89 | |

| | | | |
|------------------------------|-----|--------------------------|-----|
| 3.2 变量的表示和声明 | 93 | 4.3.2 指令语句 | 171 |
| 3.2.1 变量 | 93 | 4.3.3 应用举例 | 186 |
| 3.2.2 标识符 | 93 | 4.4 顺序功能图 (SFC) | 191 |
| 3.2.3 变量声明 | 94 | 4.4.1 顺序功能图编程语言 简介 | 192 |
| 3.3 数据类型 | 96 | 4.4.2 SFC 的结构 | 194 |
| 3.3.1 标准数据类型 | 96 | 4.4.3 应用举例 | 206 |
| 3.3.2 标准的扩展数据类型 | 104 | 4.5 连续功能图 (CFC) | 208 |
| 3.3.3 自定义数据类型 | 113 | 4.5.1 连续功能图编程语言 结构 | 208 |
| 3.4 变量的类型和初始化 | 126 | 4.5.2 连接元素 | 211 |
| 3.4.1 变量的类型 | 126 | 4.5.3 CFC 的组态 | 219 |
| 3.4.2 变量的初始化 | 128 | 4.5.4 应用举例 | 220 |
| 3.5 变量声明及字段指令 | 129 | 第 5 章 指令系统 | 222 |
| 3.5.1 变量匈牙利命名法 | 129 | 5.1 位逻辑指令 | 222 |
| 3.5.2 PRAGMA 指令 | 131 | 5.1.1 基本位逻辑指令 | 223 |
| 第 4 章 编程语言 | 134 | 5.1.2 置位优先与复位优先 触发器指令 | 229 |
| 4.1 指令表 (IL) | 135 | 5.1.3 边沿检测指令 | 233 |
| 4.1.1 指令表编程语言简介 | 135 | 5.2 定时器指令 | 235 |
| 4.1.2 连接元素 | 137 | 5.3 计数器指令 | 240 |
| 4.1.3 操作指令 | 140 | 5.4 数据处理指令 | 245 |
| 4.1.4 函数及功能块 | 148 | 5.4.1 选择操作指令 | 245 |
| 4.1.5 应用举例 | 150 | 5.4.2 比较指令 | 250 |
| 4.2 梯形图 (LD) / 功能块图 (FBD) | 152 | 5.4.3 移位指令 | 254 |
| 4.2.1 梯形图/功能块图编程语 言简介 | 152 | 5.5 运算指令 | 261 |
| 4.2.2 连接元素 | 155 | 5.5.1 赋值指令 | 261 |
| 4.2.3 应用举例 | 166 | 5.5.2 算术运算指令 | 261 |
| 4.3 结构化文本 (ST) | 169 | 5.5.3 数学运算指令 | 266 |
| 4.3.1 结构化文本编程语言 简介 | 169 | 5.5.4 地址运算指令 | 272 |
| | | 5.6 数据转换指令 | 275 |

| | | | |
|-----------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 第 6 章 基础编程 | 284 | 第 8 章 控制系统工程实例 | 356 |
| 6.1 基本编程操作 | 284 | 8.1 实用工程实例 | 356 |
| 6.1.1 启动 CODESYS | 284 | 8.1.1 电机正、反转运行 | 356 |
| 6.1.2 PLC 程序文件的 建立 | 286 | 8.1.2 电机 Y- Δ 起动控制 | 363 |
| 6.2 通信参数设置 | 290 | 8.1.3 旋转分度台正、反转 控制 | 370 |
| 6.3 程序下载/读取 | 292 | 8.1.4 交通灯信号控制程序 | 378 |
| 6.3.1 编译 | 292 | 8.1.5 停车场管理 | 382 |
| 6.3.2 登录及下载 | 293 | 8.2 模拟量闭环控制 | 385 |
| 6.3.3 在线监视 | 296 | 8.2.1 模拟量闭环控制系统 | 385 |
| 6.4 程序调试 | 299 | 8.2.2 闭环控制的主要性能 指标 | 387 |
| 6.4.1 复位功能 | 299 | 8.2.3 CODESYS 的闭环控制 功能 | 387 |
| 6.4.2 调试工具 | 301 | 8.2.4 使用 CODESYS 实现闭环 控制 | 388 |
| 6.5 仿真 | 304 | 8.2.5 模拟量输入数据整定 | 390 |
| 6.6 PLC 脚本功能 | 306 | 8.2.6 模拟量输出数据整定 | 393 |
| 6.7 程序隐含检查功能 | 308 | 8.2.7 输入数据滤波 | 394 |
| 第 7 章 可视化界面创建及应用 | 312 | 8.3 数字 PID 控制器 | 401 |
| 7.1 可视化界面 | 313 | 8.3.1 PID 控制原理 | 402 |
| 7.2 基本操作 | 314 | 8.3.2 标准 PID 控制器 | 404 |
| 7.2.1 创建可视化界面 | 314 | 8.3.3 固定采样频率的 PID 控制器 | 406 |
| 7.2.2 添加工具 | 315 | 8.3.4 PD 控制器 | 407 |
| 7.2.3 对齐工具 | 315 | 8.3.5 积分分离控制器 | 409 |
| 7.2.4 删除工具 | 315 | 8.3.6 带死区的 PID 控制器 | 410 |
| 7.3 工具 | 316 | 8.3.7 PID 参数整定 | 412 |
| 7.3.1 基本工具 | 316 | 8.3.8 简易压紧机的控制 实例 | 413 |
| 7.3.2 通用控制工具 | 320 | | |
| 7.3.3 测量控制 | 331 | | |
| 7.3.4 灯/开关/位图 | 336 | | |
| 7.3.5 特殊控制 | 338 | | |
| 7.3.6 报警管理 | 344 | | |
| 7.4 完整视图的建立及编辑 | 349 | | |

| | | | |
|------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 第9章 工业现场总线技术 | 422 | 9.6.2 EtherCAT 硬件组成 | 505 |
| 9.1 通信技术基础 | 423 | 9.6.3 EtherCAT 运行原理 | 506 |
| 9.1.1 通信系统的结构 | 423 | 9.6.4 EtherCAT 通信模式 | 516 |
| 9.1.2 数据传输方式 | 424 | 9.6.5 EtherCAT 状态机 | 521 |
| 9.1.3 数据传送介质 | 429 | 9.6.6 EtherCAT 伺服驱动器 控制应用协议 | 523 |
| 9.2 串行通信基础及协议标准 | 436 | 9.6.7 EtherCAT 主从站通信 配置示例 | 534 |
| 9.2.1 基本概述 | 436 | 9.7 PROFINET 网络基础 | 540 |
| 9.2.2 串口通信接口标准 | 439 | 9.7.1 PROFINET 物理层 | 541 |
| 9.3 工业现场总线 | 442 | 9.7.2 PROFINET | 546 |
| 9.3.1 现场总线技术 | 443 | 9.7.3 PROFINET 协议 架构 | 549 |
| 9.3.2 现场总线的特点 | 444 | 9.7.4 同步实时通信 | 554 |
| 9.3.3 IEC 61158 标准 | 448 | 9.7.5 PROFINET 主从站通信 配置 | 559 |
| 9.3.4 FCS 与 DCS 的基本要点和 区别 | 452 | 9.8 EtherNet/IP 网络基础 | 566 |
| 9.3.5 现场总线的发展历程和发 展现状 | 454 | 9.8.1 EtherNet/IP 物理层 | 567 |
| 9.4 工业以太网 | 457 | 9.8.2 EtherNet/IP 运行 原理 | 573 |
| 9.4.1 TCP/IP | 458 | 9.8.3 EtherNet/IP 网络性能 指标 | 580 |
| 9.4.2 TCP/IP 的工作方式 | 460 | 9.8.4 EtherNet/IP 通信 配置 | 581 |
| 9.4.3 IEEE 802 通信标准 | 463 | 附录 A 指令与快捷键 | 588 |
| 9.4.4 工业控制网络的拓扑 结构 | 466 | 附录 B CODESYS V3 新特性 | 596 |
| 9.5 CANopen 通信 | 472 | 参考文献 | 607 |
| 9.5.1 运行原理 | 472 | | |
| 9.5.2 CANopen 物理层 | 485 | | |
| 9.5.3 PDO 通信示例 | 488 | | |
| 9.5.4 SDO 通信示例 | 496 | | |
| 9.6 EtherCAT 网络基础 | 500 | | |
| 9.6.1 EtherCAT 物理层 | 500 | | |

第 1 章

概述

本章主要知识点

- 了解 IEC 61131-3 标准
- 软 PLC 介绍
- CODESYS 简介
- 了解软件的安装及卸载

1.1 IEC 61131-3 标准

因为 CODESYS 是完全基于 IEC 61131-3 标准所开发, 所以在此需要引入 IEC 61131-3 的概念。IEC 61131-3 编程语言标准是第一个为工业控制系统提供标准化编程语言的国际标准。该标准针对工业控制系统所阐述的软件设计概念、模型等, 适应当今世界软件、工业控制系统的发展方向, 是一种非常先进的设计技术。它极大地推动了工业控制系统软件设计的发展, 对现场总线设备的软件也产生了很大的影响。

1.1.1 IEC 61131 简介

1993 年 3 月由国际电工委员会 (International Electro-technical Commission, IEC) 正式颁布可编程控制器的国际标准 IEC 1131 (在 1131 前面添加 6 后作为国际标准的编号, 即 IEC 61131)。IEC 61131 标准将信息技术领域的先进思想和技术 (如软件工程、结构化编程、模块化编程、面向对象的思想及网络通信技术等) 引入工业控制领域, 弥补了传统 PLC、DCS 等控制系统的不足 (如开放性差、兼容性差、应用软件可维护性差及可再用性差等)。目前 IEC 61131 标准已经在欧美发达国家得到广泛应用, 但在我国尚处于起步阶段。

近几年我国的工业水平也在飞速发展,在此过程中也会引入大量欧美国家的先进技术,相信不久的将来,IEC 61131 标准在国内也会得到广泛应用。

IEC 61131 标准共有 8 个部分组成,各部分最新内容简介如下。

- IEC 61131-1 通用信息 (2003-V2.0): 定义可编程控制器及外围设备,如编程和调试工具 (PADA)、人机界面 (HMI) 等相关术语。
- IEC 61131-2 设备特性 (2007-V3.0): 规定适用于可编程控制器及相关外围设备的工作环境及条件,结构特性、安全性及试验的一般要求、试验方法和步骤等。
- IEC 61131-3 编程语言 (2013-V3.0): 规定可编程控制器编程语言的语法和语义,规定了 5 种编程语言,并通过形式定义、语法和 (部分的) 语义描述,以及示例,定义了基本的软件模型。
- IEC 61131-4 用户导则 (2004-V2.0): 规定了如系统分析、装置选择、系统维护等系统应用中其他方面的参考。
- IEC 61131-5 通信服务规范 (2000-V1.0): 规定了可编程控制器的通信范围,包括关于不同制造商的 PLC 之间,以及 PLC 和其他设备之间的通信。
- IEC 61131-6 功能安全 (2012-V1.0): 规定了用于 E/E/PE 安全相关系统的可编程控制器和相关外围部件的要求。
- IEC 61131-7 模糊控制编程 (2000-V1.0): 将编程语言与模糊控制的应用相结合。
- IEC 61131-8 编程语言应用和实现导则 (2003-V2.0): 为了实现可编程控制器系统机器程序支持的环境下编程语言的应用提供导则,为可编程控制器系统应用提供编程、组态、安装和维护指南。

在我国,从 1995 年开始,也陆续颁布了 GB/T 15969.1~GB/T 15969.5、GB/T 15969.7 和 GB/T 15969.8 等 7 个可编程控制器的国家标准 (功能安全部分还没有发布),这些国家标准等同于 IEC 61131-1~IEC 61131-8 所对应的标准。

1.1.2 PLCopen 组织概况

PLCopen 国际组织是独立于生产商和产品的全球性机构,成立于 1992 年,总部设在荷兰。其宗旨是致力于提供和提高控制软件编程方法、效率和规范等,从而支持使用该领域国际标准。PLCopen 国际组织为此下设技术和促进委员会以开展技术指导、推介等工作。

PLCopen 的作用是促进 PLC 兼容软件的开发和使用,PLCopen 并不是另一个标准化委员会,而是一个致力于编程标准推广的国际组织,希望使用国际化的标准去解决编程的

问题。该组织的组织框架图如图 1.1 所示。

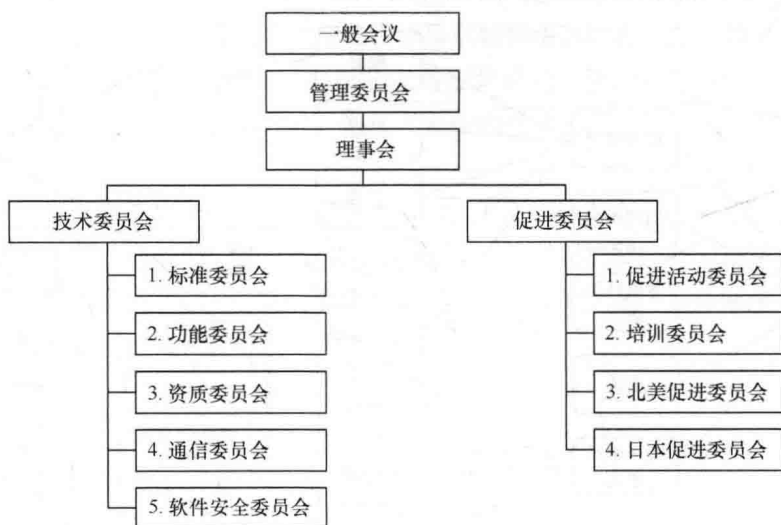


图 1.1 PLCopen 组织框架图

1.1.3 IEC 61131-3 编程语言

IEC 61131 是第一个关于 PLC 编程技术的国际标准,其中的 IEC 61131-3 是建立统一的 PLC 编程语言的基础,是实现软 PLC 技术的重要条件。

该标准共分 4 章。第 1 章为概述,包括标准范围、参照标准、定义、标准概览、要求,以及如何声明 PLC 系统,使 PLC 程序符合该标准。

第 2 章规定了 PLC 文本和图形编程语言的公共元素。公共元素包括字符的使用(含字符集、标识符与关键字的规定、空格的使用,以及如何使用注释等)、数据(数、字符串、时间)的外部表示类型、数据类型、变量、程序组织单元(函数、功能块、程序)及软件模型(配置、资源、任务、存取路径、全局变量等概念),图 1.2 描述了它们之间的关系。

第 3 章和第 4 章分别定义了两大类共 5 种编程语言。两大类分别为文本化编程语言和图形化编程语言。

文本化编程语言包括指令表编程语言(Instruction List, IL)和结构化文本编程语言(Structured Text, ST),图形化编程语言包括梯形图编程语言(Ladder Diagram, LD)和功能块图编程语言(Function Block Diagram, FBD)。在标准中定义的顺序功能图(Sequence

Function Chart, SFC), 既没有归入文本化编程语言, 又没有归入图形化编程语言, 本书中, 暂时先将其定义为图形化编程语言。图 1.3 分别将这 5 种语言进行了分类。

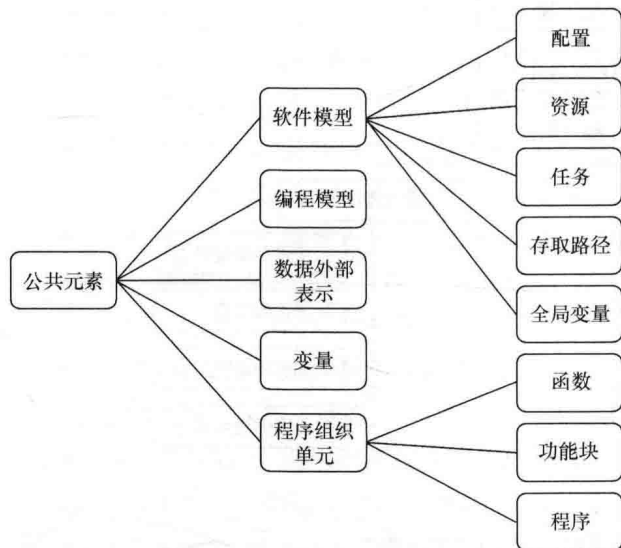


图 1.2 公共元素结构

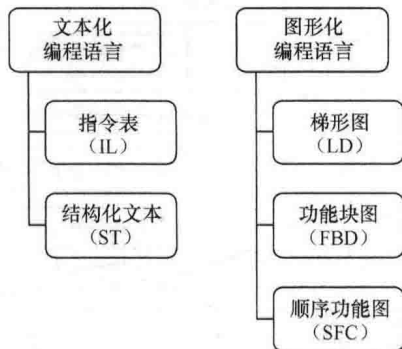


图 1.3 编程语言

1.1.4 IEC 61131-3 的特点

(1) 多样性

拥有 5 种不同的编程语言, 分为图形化编程语言及文本化编程语言两大类。尤其是在应对大型项目时, 用户可以根据实际需求, 在一个项目中结合多种编程语言并使其融合, 实现程序设计的优化, 也为可编程控制器的应用提供了良好的操作环境。

(2) 兼容性

由于采用了国际标准的编程语言规范, 因此它适用于可编程控制器、分散控制系统、现场总线控制系统、数据采集和视觉系统、运动控制系统等。而且该软件模型适用于不同行业、不同结构的工业应用。因此, 该标准编程语言更体现了与所使用的硬件无关这一重要特点, 对用户而言, 对指定的硬件供应商的依赖也越来越少。

(3) 开放性

编程语言的标准化同时也会带来另一个好处, 即系统成为了开放系统。任何一个供应商生产的产品, 如果符合标准编程语言, 则能使用标准编程语言进行编程, 从根本上切断了软件和特定硬件的依赖关系。但是目前, 要做到软件完全不修改还有困难, 如不同的可编程控

制器的外部端子对应的 I/O 地址可能会不同, 移植时需要重新输入对应的地址定义。

(4) 可读性

编程语言中大量语言的表达方式与常用计算机编程语言的表达方式类似。例如, IF 和 CASE 等选择语句, FOR、WHILE 和 REPEAT 等循环语句, 与计算机编程语言类似, 这大大方便了用户对标准语言用法的理解, 提高了程序的可读性。

(5) 易操作性和安全性

通常而言, 易操作性和安全性两者是矛盾的, 但在该标准中, 这两者已被有机地结合起来。标准编程语言是常用计算机编程语言的沿用、改进和扩展, 因此它保留了这些编程语言的优点, 并克服了缺点, 使其操作更为简便; 同时因为这些语言是标准的, 所以出错的概率已被控制到了最低, 使编程语言变得更为安全。

1.2 软 PLC

PLC 从硬件的结构上来区分, 可分为硬 PLC 和软 PLC。所谓硬 PLC, 从严格意义上来说, 是由硬件或者一块专用的 ASIC 芯片来实现 PLC 指令的执行。而软 PLC, 即 SoftPLC, 也称为软逻辑 (SoftLogic), 是使用个人计算机 (PC) 或嵌入式控制器作为硬件支撑平台, 利用软件实现硬 PLC 的基本功能。或者说, 将 PLC 的控制功能封装在软件内, 运行于 PC 或嵌入式控制器的环境中。

随着计算机技术的快速发展, 硬 PLC 的通用性及兼容性差等弊端愈来愈明显。而计算机标准化的通信协议和成熟的局域网技术使组网十分简便, 还可以通过 Internet 与外界相连。一个具有开放性的系统可以和任何遵守相同标准的其他设备或系统相连。那么能不能将 PC 开放性和 PLC 的可靠性等优点结合在一起呢? 国际电工委员会在 IEC 61131-3 的标准中提到, 充分利用工业控制计算机 (IPC, 简称为工控机) 或嵌入式控制器 (EPC) 的硬件和软件资源, 全部用软件来实现硬 PLC 能实现的功能, 这就是国际上出现的高新技术——软 PLC 技术。

软 PLC 综合了计算机和 PLC 的开关量控制、模拟量控制、数学运算、数值处理、网络通信、PID 调节等功能, 通过一个多任务控制内核, 提供强大的指令集、快速而准确的扫描周期、可靠的操作和可连接各种 I/O 系统及网络的开放式结构。因此, 软 PLC 在提供与硬 PLC 同样的功能的基础上, 同时又提供了 PC 环境。软 PLC 与硬 PLC 相比, 还具有如下优点。