

自动控制系列

PLC 应用开发实用子程序

贾德胜 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 应用开发实用子程序/贾德胜编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.1

ISBN 7-115-13745-5

I. P... II. 贾... III. 可编程序控制器—程序设计 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 143382 号

内 容 提 要

本书从工程应用的角度出发, 针对可编程控制器在实际应用中的一些常见控制需求, 通过分析介绍 PLC 控制系统的硬件设计及软件开发方法和思路, 给出了大量的功能子程序。

全书主要介绍了 PLC 实用子程序设计, 包括 PLC 的基本逻辑控制、系统控制、电机与阀的控制、数据处理、机床控制以及小型系统控制等各类常见的控制程序代码。

本书以实用为宗旨, 系统性强, 层次清楚, 实例丰富, 有较强的实用性和参考价值。可供从事 PLC 控制系统设计、开发的广大科技人员借鉴和使用, 也可作为大专院校工业自动化、电气技术及其他相关专业的学习参考资料。

自动控制系列

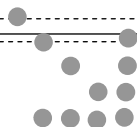
PLC 应用开发实用子程序

-
- ◆ 编 著 贾德胜 等
责任编辑 屈艳莲
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17.5
字数: 420 千字 2006 年 1 月第 1 版
印数: 1 - 6 000 册 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13745-5/TP · 4865

定价: 32.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223



前 言

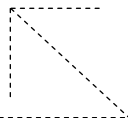
随着我国工业控制水平的不断提升，可编程控制器（Programmable Logic Controller, PLC）技术已经在各行各业得到了广泛的应用，受到越来越多的关注。学习使用这一技术来实现对设备的稳定可靠控制，提升产品的竞争力，成为目前这一技术发展的一个主要驱动力量。

一个规模较大的可编程控制器控制系统，其程序完成的控制功能在很多情况下会有重复类似的情况。如果针对某类被控设备开发一些通用的子程序来实现较为全面的控制功能，在需要的时候，只需对其中关键的参数进行赋值和调用就可以实现对特定设备的控制，这样既可以避免对类似程序的反复编写，还能有效地减少程序代码的数量，提高系统的工作效率，同时也使得程序在可读性和可移植性上有很大的提高，特别是对于多人共同完成的大型系统的编程，更是有利于相互之间的合作。

近年来，已出版的可编程控制器书籍大部分是侧重于介绍 PLC 的工作原理，同时结合少量的编程练习和实验。本书则是从实际工程应用的角度出发，给出大量的常见控制需求的应用实例，力求案例丰富，可读性、可用性和实践性强，读者可以通过学习借鉴本书的程序，进行系统的设计和改造。

全书内容的编写，在保证完整性和系统性的基础上，力求简明扼要，以常见的控制实例为主，尽量给出全面的控制思路和设计。本书针对 PLC 的典型应用领域给出的应用实例，多是作者在以往的工程设计中遇到或自行开发的一些程序，也有部分程序是在参阅相关资料的基础上编写的。本书的子程序以梯形图的形式给出。

全书共分为 8 章，其中，第 1 章介绍的是 PLC 的一些基本知识以及设计中常见的问题，这是很多 PLC 初学者经常会遇到的疑惑，希望能给



出一些帮助；第 2 章专门介绍 PLC 在一些简单逻辑控制场合的应用，这也是 PLC 最基本的控制功能；第 3 章到第 6 章专门针对大型系统中常见的一些控制需求，给出了有关的一些考虑较全面的功能子程序。第 7 章是针对机床控制的，这也是 PLC 的一个重要应用领域。第 8 章为一些常见的小型系统的控制程序，这些系统可以是独立的也可以是一个大型系统中的一部分；第 9 章介绍一个比较完善的系统控制程序。通过这些实际应用的系统程序设计实例，将 PLC 的程序设计开发思路和实际需求有机地融合在一起，使读者可以更好地理解 PLC 的控制，同时也提高自己的编程水平。

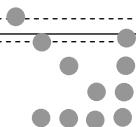
编写本书的目的就是为从事可编程控制器系统设计开发人员提供一个使用的子程序库，以避免对一些常用的功能程序的重复开发工作。另外，也可以为刚进入这一领域不久的工控同行提供一个学习的案例资料。

本书由贾德胜完成，感谢以下人员为本书提供资料和技术帮助：王志强、王树生、刘秀翀、邢雷、张春有、杨春帆、杨东生、康烁、孙秋野、蒋越、刑正、王宇龙。本书的编写得益于许多同行的指导和协助，参考了许多其他网上和期刊中发表的文章和帖子，在此一并致以衷心的感谢。由于作者水平有限，对 PLC 技术的掌握还有许多不深入、不完善的地方，因此书中难免有一些缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

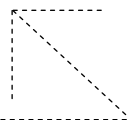
2006 年 1 月

本书所涉及的梯形图下载地址为 <http://www.farsight.com.cn/download>，如果不能正常下载请与本书责任编辑联系。



目 录

| | |
|-----------------------------|----|
| 第 1 章 可编程控制器综述 | 1 |
| 1.1 国内主流 PLC 的应用比较..... | 2 |
| 1.2 PLC 编程常用的语言..... | 3 |
| 1.3 PLC 程序开发中常见的一些问题..... | 6 |
| 第 2 章 基本逻辑控制 | 9 |
| 2.1 交通信号灯控制的实现..... | 10 |
| 2.1.1 实例详述..... | 10 |
| 2.1.2 控制需求分析与硬件设计..... | 11 |
| 2.1.3 逻辑分析与程序设计..... | 11 |
| 2.1.4 总结与评价..... | 15 |
| 2.2 电梯控制的实现..... | 15 |
| 2.2.1 实例详述..... | 15 |
| 2.2.2 控制需求分析与硬件设计..... | 16 |
| 2.2.3 逻辑分析与程序设计..... | 17 |
| 2.2.4 总结与评价..... | 23 |
| 2.3 电机常见控制的实现..... | 23 |
| 2.3.1 实例详述..... | 23 |
| 2.3.2 控制需求分析与硬件设计..... | 24 |
| 2.3.3 逻辑分析与程序设计..... | 25 |
| 2.3.4 总结与评价..... | 27 |
| 2.4 八段数码显示控制的实现..... | 27 |
| 2.4.1 实例详述..... | 28 |
| 2.4.2 控制需求分析与硬件设计..... | 28 |
| 2.4.3 逻辑分析与程序设计..... | 29 |
| 2.4.4 总结与评价..... | 32 |

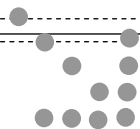


| | | |
|--------------|------------------------|-----------|
| 2.5 | 本章小结 | 33 |
| 第 3 章 | 系统综合控制 | 35 |
| 3.1 | 区域工作方式控制的实现 | 36 |
| 3.1.1 | 实例详述 | 36 |
| 3.1.2 | 控制需求分析与设计 | 37 |
| 3.1.3 | 逻辑分析与程序设计 | 38 |
| 3.1.4 | 总结与评价 | 41 |
| 3.2 | 故障信息控制的实现 | 41 |
| 3.2.1 | 实例详述 | 41 |
| 3.2.2 | 控制需求分析与设计 | 42 |
| 3.2.3 | 逻辑分析与程序设计 | 43 |
| 3.2.4 | 总结与评价 | 47 |
| 3.3 | 脉冲发生器的实现 | 47 |
| 3.3.1 | 实例详述 | 48 |
| 3.3.2 | 控制需求分析与设计 | 48 |
| 3.3.3 | 逻辑分析与程序设计 | 49 |
| 3.3.4 | 总结与评价 | 52 |
| 3.5 | 本章小结 | 52 |
| 第 4 章 | 电磁阀和电动机控制 | 53 |
| 4.1 | 电磁阀控制的实现 | 54 |
| 4.1.1 | 实例详述 | 54 |
| 4.1.2 | 控制需求分析与设计 | 55 |
| 4.1.3 | 逻辑分析与程序设计 | 60 |
| 4.1.4 | 总结与评价 | 71 |
| 4.2 | 双向双速电机控制的实现 | 72 |
| 4.2.1 | 实例详述 | 72 |
| 4.2.2 | 控制需求分析与设计 | 73 |
| 4.2.3 | 逻辑分析与程序设计 | 79 |
| 4.2.4 | 总结与评价 | 91 |
| 4.3 | 交流变频器控制的实现 | 92 |
| 4.3.1 | 实例详述 | 92 |
| 4.3.2 | 控制需求分析与设计 | 93 |
| 4.3.3 | 逻辑分析与程序设计 | 95 |
| 4.3.4 | 总结与评价 | 111 |
| 4.4 | 直流调速装置控制的实现 | 112 |
| 4.4.1 | 实例详述 | 112 |

| | | |
|--------------|--------------------------|------------|
| 4.4.2 | 控制需求分析与设计 | 113 |
| 4.4.3 | 逻辑分析与程序设计 | 114 |
| 4.4.4 | 总结与评价 | 124 |
| 4.5 | 本章小结 | 124 |
| 第 5 章 | 常用数据处理控制 | 125 |
| 5.1 | 数据格式转换的实现 | 126 |
| 5.1.1 | 实例详述 | 126 |
| 5.1.2 | 控制需求分析与设计 | 127 |
| 5.1.3 | 逻辑分析与程序设计 | 127 |
| 5.1.4 | 总结与评价 | 133 |
| 5.2 | 转速计算与控制程序的实现 | 133 |
| 5.2.1 | 实例详述 | 133 |
| 5.2.2 | 控制需求分析与设计 | 134 |
| 5.2.3 | 逻辑分析与程序设计 | 134 |
| 5.2.4 | 总结与评价 | 136 |
| 5.3 | 极限判断程序的实现 | 136 |
| 5.3.1 | 实例详述 | 136 |
| 5.3.2 | 控制需求分析与设计 | 137 |
| 5.3.3 | 逻辑分析与程序设计 | 137 |
| 5.3.4 | 总结与评价 | 140 |
| 5.4 | 数据块拷贝功能程序的实现 | 141 |
| 5.4.1 | 实例详述 | 141 |
| 5.4.2 | 控制需求分析与设计 | 141 |
| 5.4.3 | 逻辑分析与程序设计 | 141 |
| 5.4.4 | 总结与评价 | 143 |
| 5.5 | 模拟量处理程序的实现 | 143 |
| 5.5.1 | 实例详述 | 143 |
| 5.5.2 | 控制需求分析与设计 | 143 |
| 5.5.3 | 逻辑分析与程序设计 | 144 |
| 5.5.4 | 总结与评价 | 149 |
| 5.6 | 本章小结 | 150 |
| 第 6 章 | PID 控制 | 151 |
| 6.1 | PID 介绍 | 152 |
| 6.2 | PID 的实现 | 153 |
| 6.2.1 | PID 控制器数字化 | 153 |
| 6.2.2 | 可编程控制器实现 PID 控制的方法 | 154 |
| 6.2.3 | PID 控制程序设计 | 154 |

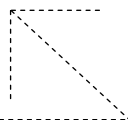
| | | |
|--------------|---------------|------------|
| 6.2.4 | PID 控制程序使用介绍 | 161 |
| 6.2.5 | PID 控制程序使用实例 | 163 |
| 6.3 | 本章小结 | 164 |
| 第 7 章 | 机床控制程序 | 165 |
| 7.1 | 剪板机控制 | 166 |
| 7.1.1 | 实例详述 | 166 |
| 7.1.2 | 控制需求分析与硬件设计 | 167 |
| 7.1.3 | 逻辑分析与程序设计 | 167 |
| 7.1.4 | 总结与评价 | 169 |
| 7.2 | 模压机控制 | 169 |
| 7.2.1 | 实例详述 | 169 |
| 7.2.2 | 控制需求分析与硬件设计 | 170 |
| 7.2.3 | 逻辑分析与程序设计 | 170 |
| 7.2.4 | 总结与评价 | 174 |
| 7.3 | 数控机床刀库控制 | 174 |
| 7.3.1 | 实例详述 | 174 |
| 7.3.2 | 控制需求分析与硬件设计 | 175 |
| 7.3.3 | 逻辑分析与程序设计 | 175 |
| 7.3.4 | 总结与评价 | 178 |
| 7.4 | 机械手控制的实现 | 178 |
| 7.4.1 | 实例详述 | 178 |
| 7.4.2 | 控制需求分析与硬件设计 | 179 |
| 7.4.3 | 逻辑分析与程序设计 | 179 |
| 7.4.4 | 总结与评价 | 182 |
| 7.5 | 双头钻床控制的实现 | 182 |
| 7.5.1 | 实例详述 | 182 |
| 7.5.2 | 控制需求分析与硬件设计 | 183 |
| 7.5.3 | 逻辑分析与程序设计 | 183 |
| 7.5.4 | 总结与评价 | 185 |
| 7.6 | 多工步机床控制的实现 | 185 |
| 7.6.1 | 实例详述 | 185 |
| 7.6.2 | 控制需求分析与硬件设计 | 186 |
| 7.6.3 | 逻辑分析与程序设计 | 186 |
| 7.6.4 | 总结与评价 | 190 |
| 7.7 | 本章小结 | 190 |
| 第 8 章 | 小型系统控制 | 191 |
| 8.1 | 液体混合装置控制 | 192 |
| 8.1.1 | 实例详述 | 192 |

| | | |
|--------------|---------------------|------------|
| 8.1.2 | 控制需求分析与硬件设计 | 192 |
| 8.1.3 | 逻辑分析与程序设计 | 193 |
| 8.1.4 | 总结与评价 | 195 |
| 8.2 | 恒压供水系统控制 | 195 |
| 8.2.1 | 实例详述 | 195 |
| 8.2.2 | 控制需求分析与硬件设计 | 196 |
| 8.2.3 | 逻辑分析与程序设计 | 196 |
| 8.2.4 | 总结与评价 | 199 |
| 8.3 | 桥式起重机控制 | 199 |
| 8.3.1 | 实例详述 | 199 |
| 8.3.2 | 控制需求分析与硬件设计 | 200 |
| 8.3.3 | 逻辑分析与程序设计 | 200 |
| 8.3.4 | 总结与评价 | 202 |
| 8.4 | 供料系统控制的实现 | 203 |
| 8.4.1 | 实例详述 | 203 |
| 8.4.2 | 控制需求分析与硬件设计 | 204 |
| 8.4.3 | 逻辑分析与程序设计 | 205 |
| 8.4.4 | 总结与评价 | 209 |
| 8.5 | 液压站控制系统的实现 | 209 |
| 8.5.1 | 实例详述 | 209 |
| 8.5.2 | 控制需求分析与硬件设计 | 210 |
| 8.5.3 | 逻辑分析与程序设计 | 211 |
| 8.5.4 | 总结与评价 | 214 |
| 8.6 | 本章小结 | 214 |
| 第 9 章 | 系统控制实例 | 217 |
| 9.1 | 控制系统介绍 | 218 |
| 9.1.1 | 实例详述 | 218 |
| 9.1.2 | 控制需求分析与设计 | 221 |
| 9.1.3 | 逻辑分析与程序设计 | 229 |
| 9.2 | 总结与评价 | 266 |
| 参考文献 | | 267 |



第 1 章 可编程控制器综述

- 1.1 国内主流 PLC 的应用比较
- 1.2 PLC 编程常用的语言
- 1.3 PLC 程序开发中常见的一些问题



可编程控制器 (Programmable Controller) 是为工业控制应用而设计制造的专用计算机控制装置, 是 20 世纪 60 年代发展起来的一种控制设备。最早的可编程控制器可追溯到 1969 年。早期的可编程控制器称作可编程逻辑控制器 Programmable Logic Controller, 简称 PLC, 主要作用就是替代继电器实现逻辑控制。工业控制领域的快速发展和不断增长的新需求, 使得目前这类装置的功能已经大大超出了逻辑控制的范围, 因此原来的说法也就不能贴切的表示其功用了。今天我们称之为可编程控制器, 简称 PC。但为避免与个人计算机 Personal Computer 的简称混淆, 还是简称 PLC。

PLC 运用于工业控制的近 40 年中, 对提高设备的运转率起到了重要作用。随着时间的推移, PLC 已经不再局限于最初设计的逻辑和顺序控制领域, 越来越多的 PLC 产品向着满足更多更复杂的控制需求迈进。随着现场总线和工业以太网技术出现和推广, 更加有力地促进了 PLC 产品在工业领域的广泛应用。

1.1 国内主流 PLC 的应用比较

随着 PLC 在控制领域的不断推广普及, PLC 产品的种类和数量也越来越多, 而且功能日趋完善。但是各种 PLC 的结构形式、性能、容量、指令系统、编程方法、价格等也各不相同, 适用场合也各有侧重。在设计控制系统时, 如果对其技术性能、使用环境条件了解不清, 或对 PLC 系统的要求掌握不够, 就会产生一些不必要问题, 造成或大或小的损失或隐患, 更有甚者会影响生产。

现在世界上 PLC 的生产厂家有 200 多家, 提供 400 多个品种的 PLC 供用户选择。其中美国的厂家超过 100 家, 生产大约 200 个品种; 日本有 60~70 家, 也生产 200 多个品种; 在欧洲也有几十家, 生产几十个品种的 PLC 产品, 目前国内也有几家厂家在做 PLC 的研发生产。可以说 PLC 市场的稳定、需求的旺盛, 促使供应商不断提升产品的性能和竞争力, 使得这一领域的产品日趋完善。但也不能不看到, 面对市场上如此多品种的 PLC 产品, 广大的 PLC 用户在选择、使用及学习时无疑会产生很多困难。

对 PLC 产品可以根据不同的视点进行分类, 最常见的分类方法是按其控制点数和功能分为大型、中型和小型 PLC。还有一种将 PLC 按地域划分的理念很有特色, 是将当前的 PLC 产品按地域分为三个流派: 美国产品, 欧洲产品, 日本产品。

按地域划分的方式主要是考虑同一地区的产品相互影响比较大而且面临的主要用户要求接近, 这就必然使得同一地域的 PLC 产品具有很多的相似性。就像美国与欧洲的 PLC 技术的形成是在相互隔离的情况下, 独自研究开发获得的, 因此这两个流派的产品具有比较明显的差异性。日本的 PLC 产品最早是由美国引进的, 和美国的产品有一定的相似性。但日本主推的产品主要定位于小型 PLC, 因此技术上有继承, 但更多的是发展。日本产品在世界小型 PLC 市场上占有 70% 的份额。

据不完全统计, 我国每年引进的 PLC 产品价值在 5500 万美元左右, 而且有逐年上升的趋势。这其中, 欧美产品以大中型 PLC 为主, 市场做得最好的当首推德国西门子公司, 另外施耐德和美国 GE 公司的产品也占据着一定的市场份额。小型 PLC 市场主要以 OMRON 公司占首位, 而三菱和松下电工公司是后起之秀, 大有后来居上之势。

目前，我国市场上主要有如下几家 PLC 产品：

- 西门子公司的产品，目前有 SIMATIC S5-155/135 系列、SIMATIC S7-400/300/200 系列产品；
- 施耐德公司，包括早期引进莫迪康公司的产品，目前有 Micro、Quantum、Premium、Momentum 等产品；
- 罗克韦尔公司（包括 AB 公司）PLC 产品，目前有 SLC、Micro Logix、Control Logix 等产品；
- GE 公司的 SERIES、GE9070、GE9030 系列产品；
- 日本的欧姆龙、三菱、富士、松下公司产品。

这些产品在各个行业都有广泛应用，但由于最初在各行业的使用基本都是作为成套设备的电器配套产品被引入，所以在每个行业都有一些主流的应用。比如在冶金工业上基本是由西门子公司的产品覆盖，另外 GE 公司的产品也有一定的市场，还有 AB 公司把持的水利、水处理，施耐德公司把持的电力领域等。但是随着各个公司产品的本地化和多样化，使得在各行业的竞争也不断加剧，我们在对 PLC 产品的使用上也有了越来越多的选择。

笔者认为，在选择使用 PLC 时，首要注意的是售后服务是否有保障，同时还要兼顾日后维修和升级上的便利，备件和编程方面也要考虑。每种 PLC 都有它的优势，但同时也有相对的局限性，在选择时都需要设计人员仔细阅读相关的技术文档，确保选用的产品可以完成所设计系统要求的功能并具有一定的可扩展性。在满足功能要求的前提下，选择的机型最好是与现有的机型是同一公司的产品，这样更有利于维护。

1.2 PLC 编程常用的语言

在使用可编程控制器时，使用哪种编程语言才是最好的呢？由于可编程控制器各个生产厂家的硬件和软件体系结构互不通用，各厂家的编程语言和指令系统也各不相同。为解决这一问题，IEC（国际电工委员会）制定了可编程控制器标准 IEC 60031，在 IEC 60031-3 中定义了 5 种可编程控制器编程语言，包括梯形图语言、指令集语言（语句表）、功能表图语言、功能模块图语言及结构化语句描述语言等。这一标准的制定，为今后各 PLC 生产厂家产品的编程标准化奠定了基础。

这 5 种开发语言中，梯形图和语句表是最基本的程序设计语言。使用它们编写的程序，通常由一系列指令组成，用这些指令可以完成大多数简单的控制功能，例如，代替继电器、计数器、计时器完成顺序控制和逻辑控制等。通过扩展或增强指令集，它们也能执行其他的基本操作。功能表图语言和语句描述语言是高级的程序设计语言，它可根据需要去执行更有效地操作，例如，模拟量的控制、数据的操纵、报表的报印和其他基本程序设计语言无法完成的功能。功能模块图语言采用功能模块图的形式，通过软连接的方式完成所要求的控制功能，它不仅在可编程序控制器中得到了广泛的应用，在集散控制系统的编程和组态时也常常被采用，由于它具有连接方便、操作简单、易于掌握等特点，为广大工程设计和应用人员所喜爱。目前，也有很多 PLC 的开发可以使用结构化语句描述语言来进行，这主要是为了一些计算机专业的开发工程师可以很快地进行系统程序的编写，但对于大部分的控制功能，使用

C 语言来开发显得繁琐且没有意义，所以并没有得到很大的普及。

下面对常用的几种编程语言进行简单的介绍。

1. 梯形图 (Ladder Diagram, LD) 程序设计语言

梯形图程序设计语言是用梯形图的图形符号来描述程序，是最常用的一种程序设计语言。在北美广泛应用，它以图形化的方式表达了多层的连接和特殊指令模块，起源于继电梯形逻辑 (Relay-ladder Logic)。这种程序设计语言采用因果关系来描述事件发生的条件和结果，每个梯级是一个因果关系。在梯级中，描述事件发生的条件表示在左面，事件发生的结果表示在右面。

在工业过程控制领域，电气技术人员对继电器逻辑控制技术较为熟悉，因此，由这种逻辑控制技术发展而来的梯形图受到了欢迎，并得到了广泛的应用。

梯形图程序设计语言的特点是：

(1) 编写的程序与电气操作原理图紧密对应，具有形象、直观和实用的特点，特别适用于开关量逻辑控制；

(2) 编写思路与继电器逻辑控制技术相一致，易于掌握和学习；

(3) 不同于继电器逻辑控制技术的是梯形图中的能流 (Power FLOW) 不是实际意义的电流，内部的中间继电器也不是实际存在的继电器，但是它们具有与实际部件相应的功能，因此，应用时不能与原有继电器逻辑控制技术的有关概念混淆；

(4) 编写的程序与语句表程序设计语言有一一对应关系，可以方便地相互转换，便于程序的检查；

(5) 实际电气控制电路中各支路并行工作，在 PLC 的梯形图设计各分支是采用顺序扫描的方式循环执行的串行处理。

2. 指令集 (Instruction List, IL) 程序设计语言

指令集程序设计语言，也称语句表程序设计语言，是一种基于文本的语言，用布尔助记符表达式来描述程序的一种程序设计语言，与计算机中的汇编语言非常相似。它采用布尔助记符来表示操作功能，在欧洲应用较多。

指令集程序设计语言具有下列特点：

(1) 采用便于记忆的助记符来表示操作功能，更有利于工程技术人员掌握；

(2) 在编程器的键盘上采用助记符表示，可在无计算机的场合方便地使用手持编程器进行编程设计，便于对程序的修改和维护；

(3) 因为与梯形图有一一对应关系，其特点与梯形图编程语言基本相同。

3. 功能表图 (Sequential Function Charts, SFC) 程序设计语言

功能表图程序设计语言是用功能表图来描述程序的一种程序设计语言，是近年来发展起来的一种程序设计语言。不仅仅是种语言，SFC 更是一种图形化的方法，它采用功能表图的描述，将控制系统分为若干个子系统，从功能入手，使系统的操作具有明确的含义，便于设计人员和操作人员设计思想的沟通，有利于程序的分工设计和检查调试。

功能表图程序设计语言的特点是：

(1) 编程以功能为主线, 条理更加清楚, 可以将 SFC 这种编程方法认为是使用一种图形化的方法来描述编程人员对程序操作的理解和沟通;

(2) 对大型的程序开发, 可以方便地进行分工设计, 采用较为灵活的程序结构, 节省程序设计和调试时间;

(3) 这种编程方法常用于系统的规模较大、程序关系较复杂的场合;

(4) 程序执行时, 只有在活动步的命令和操作被执行, 对活动步后的转换进行扫描, 因此, 整个程序的扫描时间较其他程序编制的程序扫描时间要大大缩短。

功能表图编程由于具有图形表达方式, 能简单和清楚地描述并发系统和复杂系统的所有现象, 并能对系统中存在的死锁、不安全等问题进行分析和建模, 在模型的基础上能直接编程, 所以得到了广泛的应用。近年来推出的可编程控制器和小型集散控制系统中大部分都提供了采用功能表图描述语言进行编程的软件。

4. 功能模块图 (Function Block Diagram, FBD) 程序设计语言

功能模块图程序设计语言是采用功能模块来表示模块所具有的功能, 不同的功能模块有不同的功能。它作为一种图形语言, 广泛应用在过程工业中。每个功能模块有若干个输入端和输出端, 可以通过软连接的方式分别连接到所需的其他端子, 完成特定的运算或控制功能。功能模块可以分为不同的类型, 在同一种类型中, 也可能因为功能参数的不同使得其实现的功能或应用范围有所差别。由于采用软连接的方式进行功能模块之间及功能模块与外部端子之间的连接, 因此对控制方案的更改以及信号连接的更换等操作可以很方便实现。

功能模块图程序设计语言的特点是:

(1) 以功能模块为单位, 从控制功能入手, 使程序段的功能划分更加明了, 便于理解控制方案;

(2) 功能模块是用图形化的方法描述其功能, 极大地方便了对工程的编程和组态, 有较好地直观性和易操作性;

(3) 各个控制功能的关系可以清楚地表达出来, 对于控制规模较大、控制关系较复杂的系统, 编程、组态时间以及调试时间都能有效地减少;

(4) 惟一需要注意的是, 由于每个功能模块都需要占用一定的程序内存空间, 同时对功能模块的执行也需要一定的执行时间, 因此这种设计语言通常只是在大中型可编程控制器和集散控制系统的编程和组态中才被采用。

5. 结构化语句 (Structured Text, ST) 描述程序设计语言

结构化语句描述程序设计语言是使用结构化的描述语句来编写程序的一种程序设计语言。它是一种类似于高级语言的程序设计语言。通常用于大中型的可编程序控制器系统和集散控制系统中, 实际使用中, 常采用这种编程语言来描述控制系统中各个变量之间的关系。

结构化语句描述程序设计语言采用计算机的描述语句来描述系统中各种变量之间的各种运算关系, 完成所需的功能或操作。大多数制造厂商采用的语句描述程序设计语言与 BASIC 语言、PASCAL 语言或 C 语言等高级语言相类似, 但为了应用方便, 在语句的表达方法及语句的种类等方面都进行了简化。

结构化程序设计语言具有下列特点:

- (1) 采用高级语言进行编程，可以完成比较复杂的控制运算；
- (2) 需要技术人员有一定的计算机高级程序设计语言的知识 and 编程技巧，对编程人员的技能要求较高，普通电气人员无法完成。
- (3) 直观性和易操作性等性能较差；
- (4) 常被用于采用功能模块等其他语言较难实现的一些控制功能的实施。

部分可编程序控制器的制造厂商为用户提供了简单的结构化程序设计语言，它与助记符程序设计语言相似，对程序的步数有一定的限制，同时，提供了与可编程序控制器间的接口或通信连接程序的编制方式，为用户的应用程序提供了扩展余地。

总的来看，梯形图 (Ladder Diagram) 或梯形逻辑 (Ladder Logic) 是北美应用最为广泛的编程语言。其他的语言也有其实际的应用范围，当然也不能被忽略。要做出最为恰当的选择，因素有很多，如程序员的技术、程序的任务、问题或控制的难易程度和结构，再有就是程序改动的需求，这些决定了选用那种语言进行程序开发。

1.3 PLC 程序开发中常见的一些问题

在学习使用可编程控制器进行系统设计和开发的过程中，初学者往往遇到这样那样的疑问。对于如何学会可编程控制器这个设备，如何用好它的各项功能等诸如此类的问题，笔者认为除了需要认真领会有关的技术资料和多锻炼以外，最好的方法就是多交流，这样最有利于技术水平的提高。下面针对一些常见的问题，作出简要的回答。

问题 1: 面对如此之多的 PLC 产品，是否可以学通一种 PLC，然后举一反三、一通百通？

很多工控技术人员都对触类旁通的问题很感兴趣，但是对于 PLC 编程而言，由于各种机型对编程语言的支持，以及面向的用户不同，其开发语言也各有各的特点，即使是同一公司的不同产品也往往有不同的编程开发环境，目前还没有听说有什么编程软件可以完成对多种 PLC 编程的任务。从这一角度上说，对于 PLC 技术人员，很难说通过对一种型号 PLC 的掌握就可以熟练的对其他的不同型号 PLC 进行开发。

是否就真的需要去把每种可编程控制器都了解清楚呢？当然要是有这个能力最好，可是对于一般的技术人员，面对如此多的产品，是很难做到这一点的。哪又如何解决这个问题呢？对于可编程控制器编程技术，我们从另一方面来看，随着技术的不断发展，市场竞争的不断促进，PLC 领域也正逐渐走上一条标准化的道路，目前不同型号 PLC 在工业网络上的兼容性就是最好的例子。同时，对于一些常规的逻辑、顺序控制等功能的实现，虽然实现方法不尽相同，但有很多是可以相互借鉴的。也就是说，一个成熟的 PLC 技术人员，最关键的是养成一种良好的编程风格，有很好的设计思路，那么，针对不熟悉的 PLC 时，通过短时间熟悉就能很快地上手开发一些不是很复杂的程序。

问题 2: 作为一个初学者，怎样才能快速的掌握 PLC 技术，完成对系统的改造或设计？

随着 PLC 功能的发展，要想一通百通几乎是不可能的，但通过多学习和实践，掌握了一到两种主流的 PLC，就可以完成多数的设计编程任务。这就涉及到了如何快速掌握 PLC 编程

技术, PLC 设计编程有什么技巧和诀窍的问题。

我们知道, PLC 的程序设计是根据电气控制系统的硬件结构和控制对象的工艺要求进行编写的。学习使用 PLC 开发程序,首先要有一个好的专业理论基础,这是完成一个严谨的功能程序的必备条件,再就是要养成一个良好的工作习惯。

对于专业基础方面,最基本的知识就是电力拖动、电机学和控制原理这些基本理论。另外,随着可编程控制器功能的不断增强,要想用好这一类设备,还要对汇编语言等一些程序设计语言以及数字电路等专业知识有一定的了解,这样才能开发出可以满足更多需求的 PLC 程序。

培养良好的工作习惯说起来是很正常、很容易做的事,但真正在工作过程中,往往被忽视的也正是这个问题。很多控制系统或程序,在投入运行后问题的出现,往往是前期设计准备工作中一些问题没有得到注意引起的。如果保持有一个良好的工作习惯,可以说对于很多问题可以在设计过程中发现并消除。这样就无形中可以避免系统投入使用后产生问题所带来的很多不必要的影响。

除了养成良好的编程习惯、对电气控制一些原理的熟练掌握,同时还要注意经验的积累,通过分析了解业界已有的一些成熟实用的程序代码,可以对个人编程水平的提高起到极大地促进作用。

问题 3: 可编程控制器系统的设计原则是什么?

可编程控制器系统设计的目的是为了依照工艺要求实现对被控设备的可靠控制,提高设备的运行效率和正常运转周期。所以在可编程控制器系统设计时,就要以此为主线,同时也要依照一定的设计原则来进行。

可编程控制器系统的设计原则主要包括以下几方面的内容。

① 合理选择可编程控制器。

面对市场上如此之多的可编程控制器产品,在设计系统时不但要考虑性价比,同时对于产品的技术支持以及备品、备件等方面都要全面考虑,以防后顾之忧。另外,在条件允许的情况下,最好选用与目前已在本部门适用的 PLC 型号厂家相同的产品,这样做最大的好处就是降低了维护成本。

② 在满足被控设备控制要求的前提下,适当考虑为今后系统改进留有余量。

通过实际的系统设计需求分析,确定初步的系统配置方案,使系统可以满足工艺控制的要求。在这一前提下,针对系统今后可能要进行的控制升级、多机通信以及一些相关的考虑,适当的使设计的系统具备一定的升级能力。这样就可以在保证满足需求的情况下,为今后的应用留下空间,避免了不必要的升级浪费。

③ 对设计的控制系统的安全保护要考虑周全。

对于可编程控制器系统,由于大部分的中间继电器是使用 PLC 内部的中间变量来实现,这样外部的设备得到了很大程度的减少,但同时也对一些应用设计提出了安全上的更高要求。在设计时,对于一些必需的故障点的检测信号要特别重视,尤其是一些对运转稳定性要求较高的场合,宁可多使用一些输入点,也要保证系统的安全稳定运行。

④ 设计的程序要逻辑合理、条理清楚。

一个编写良好的可编程控制器程序所最基本具备的就是合理的逻辑处理以及清晰的处理

思路。这样才能便于设计者和今后的维护人员能够方便地对系统进行修改和维护。

逻辑合理需要编程人员对被控设备的控制机理十分清楚，从而在编写控制程序时，才不至于顾此失彼，得到合理的控制代码。而要做到条理清楚，就需要编程人员细心掌握被控设备的工艺控制思路以及所控制设备的详细工作情况，这样才能有一个明确的编程思路，才有可能使写出的程序具有较好地条理性。

问题 4：可编程控制器程序开发一般要考虑哪些内容？

一般 PLC 程序的开发过程中包括以下的步骤：

- ① 熟悉被控设备的工艺；
- ② 电气设备的选用，控制思路的建立；
- ③ 熟悉使用的 PLC 系统，确定程序的基本框架；
- ④ 定义参数表，包括 I/O 地址和输入输出变量等；
- ⑤ 选择能完成需要功能的编程语言，进行程序编写；
- ⑥ 断开负载，对开发的程序分段模拟正常运转测试，也称为空载测试；
- ⑦ 带载测试，进行有关参数和控制节奏的优化；
- ⑧ 备份程序，完成程序说明的编写。

这只是一个通用的程序设计流程，对于一些特殊的应用场合，还要考虑一些其他的因素。总的说来，在可编程控制器编程学习初期，必须确定的一个观点就是，PLC 程序是服务于被控设备的，最好的程序就是可以确保被控设备正常稳定运行的程序。

问题 5：可编程控制器程序编写过程中应该遵循哪些原则？

对于常见的可编程控制器程序的编写原则如下。

① 除步进程序外，任何线圈、定时器、计数器、高级指令等不能直接与左母线相连。如需要任何时候都被执行的程序段，可以通过特殊内部常闭继电器或一个没有使用的内部继电器的常闭触点来连接。

② 程序中，不允许统一编号的线圈两次输出。

③ 不允许出现桥式电路。

④ 编程顺序应按自上而下、自左至右的原则。为减少执行的步数，应左大右小、上天下小。

⑤ 应使程序的逻辑关系尽量清楚，便于阅读检查和输入程序。

⑥ 程序的整体功能完善性。

上面知识就一些一般性的问题给出了解答，对于广大的可编程控制器技术学习爱好者来说，最有效地技术提升手段就是多看多用。通过对一些成熟应用程序的了解掌握，学习一些好的编程手法，在通过实际的使用和改进，必然会使自己的程序开发水平不断提高。

本书就是本着向读者提供一些成熟的程序代码的目的，总结归纳了一些笔者从事 PLC 开发多年来使用过的一些常用子程序，希望读者通过熟悉或使用这些子程序，给开发、学习 PLC 带来一些便利条件。另外，考虑到目前国内 PLC 市场的使用情况，书中的程序基本都是在西门子 S5 或 S7 环境下开发的，当用于其他型号的 PLC 时，需要读者灵活使用。