

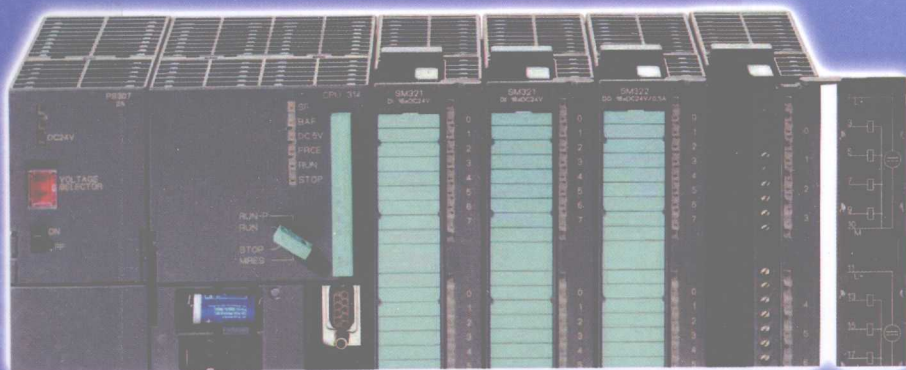
PLC

编程理论 · 算法及技巧

宋伯生 编著

第2版

PLC BIANCHENG LILUN
SUANFA JI JIQIAO



PLC 编程理论、算法及技巧

第2版

宋伯生 编著

机械工业出版社

本书较详细地介绍了 PLC 用于顺序控制、过程控制、运动控制、数据处理、联网通信的程序设计理论、方法及技巧,还介绍了 PLC 软件可靠性设计、程序组织及调试等有关问题,既是作者多年从事 PLC 编程经验的全面总结、又是作者深入研究 PLC 编程理论的系统概括。本书列举大量有关编程实例,可直接移植或引用。本书还对 PLC 发展历程、当今面临的挑战与对策也作了深入探讨。

本书第 2 版,针对 PLC 技术的进步,又增加了新内容,并调整了部分结构。在文字上,作者也做了精心修改,更具有可读性。本版还附有光盘。光盘上不仅有本书实例程序、若干上下位机参考程序,还有 OMRON PLC 大量资料及小型机用编程软件。

本书是 PLC 程序设计工程师实用的编程参考用书,也可作高等学校有关专业教师、研究生及本、专科高年级学生的教学参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 编程理论、算法及技巧/宋伯生编著. —2 版—北京:机械工业出版社, 2009. 3

ISBN 978-7-111-26319-7

I. P… II. 宋… III. 可编程序控制器—程序设计 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 021620 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:罗莉 责任编辑:罗莉 吕潇

版式设计:霍永明 责任校对:李婷

封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2009 年 5 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 43.25 印张 · 1076 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-26319-7

ISBN 978-7-89482-999-3(光盘)

定价 88.00 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) 88379762

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

本书发行后，广被学者引用，深受读者厚爱。在中国科技金书网上，本书经该网图书鉴定委员会鉴定，先评定为“经典图书”，后又评定为“优秀教材”。同时也获得网友的广泛赞许。如2006年6月24日，一位网友热评说：“半月前我订购了这本书，它的确是本好书，内容深入浅出，作者实践经验丰富，读者对其内容能较快领会。较一些写得深奥晦涩的实用性书真是好得太多了，我已经看了大半本，受益很多，而且能很容易用在工作中。需要多些这样的科技书。”再如2007年2月9日，有位网友深情地说“这本书我买了。的确很不错，从基础到深入，从理论到实践，从开关量到模拟量，再到脉冲量等等，样样都有，并且讲得也很详细。建议学习工控技术的朋友多看看这本书，对大家PLC技术的提高会有很大的帮助。”对此我深表感谢！

也许是由于本书比较实用，所以正式发行不到几个月，就有读了本书的“热心人”将其“扫描”，制成电子文档，上传到互联网上。很快就有几百人点击下载。后来，本书编辑知道了，通过互联网上聊天工具——“QQ”，与该网站的“斑竹”“友好”协商，该站总算发了“公告”，不再允许下载了。然而，这样“热心人”的后来者还是不断。断断续续，还是不停地出现有不同的“电子版本”，以至于这样的“协商”也难有什么效果。对好心读者、“热心人”这样执着、热情，我也深为感动！

但至今本书出版毕竟已经时过4年。对PLC这样高科技产品，4年的变化是很大的。它的性能又有新提升，功能又有新增强，应用又有新发展，新一代产品又陆续问世！不仅有更多的国外产品进入中国市场，而且我们国产PLC也争得了一席之地。无论是技术层面，还是应用层面，都又有了新进步。显然，作为读者所欢迎的PLC专著，对此应该有所新回应！

这4年，我有幸做了一些PLC应用的理论研究，相继出版了《PLC编程实用指南》、《PLC应用及实验教程》（与陈东旭先生合作）及《PLC系统配置及软件编程》等专著。还在《电气时代》上发表《PLC用于5大控制》、《顺序控制工程方法编程》、《顺序控制同步逻辑法编程》等3篇PLC应用理论文章。同时，也有幸参加一些PLC工程应用的实践，实际编写一些PLC及计算机应用程序。有这样的理论与实践相结合，使我对PLC编程的认知有了不少新的长进。确实，作为一个负责任的作者应该设法也让读者分享这些新收获！

这4年，我还反复阅读本书第1版，并倾听许多读者的关爱意见。有一位著名的电影演员说过，电影艺术是遗憾艺术。影片的不足，只能留下遗憾。不能像话剧那样，上一场的不足，下一场就可补救过来。我感到写书也是如此。在本书第1版中，留下的遗憾，虽在几次重印时有所补救，但最好的补救还是对其修订。

去年秋天，出版社电工电子分社牛新国社长、罗莉编辑考虑到科技书籍的特点，建议我能对本书第1版做些修订。当时，我还没有迫切感，而后再想想，他们是经验之谈，说得真对！既然出版社给了我机会，让我去做一件既能弥补第1版缺憾，又能追踪PLC新进步，也能让读者分享我的新收获的好事，何乐而不为呢！

正是出于上述考虑，今年年初，我开始收集资料，动手修订本书。如今，终于脱稿。主

要在 3 个方面下功夫修改：

(1) 增加新内容，适应 PLC 新进步。增加 PLC 新知识。增加 ST 编程语言及功能块编程知识。增加一些控制新算法及编程实例。增加 C#、VB. Net、Delphi 等可视化语言计算机通信程序。增加电气控制的硬件及 PLC 编程硬件平台知识等。

(2) 调整部分结构，突出算法研究。使全书的系统性有所增强，更便于读者掌握各种编程算法。而编程核心就是设计算法。弄懂了算法，也就有了解决问题的思路、方法及步骤，就不难把实际程序编好。

(3) 精简文字，力争精益求精。同时，还对第 1 版的个别文字及例图错误做了改正，弥补了当时的遗憾。因而，第 2 版内容增加不少，但文字量并不比原来的多。

具体讲，第 1 章增加了继电控制知识。第 2 章增加了 ST 语言及功能块编程介绍，并突出算法概念的叙述。第 3 章更名为顺序控制，增加了组合逻辑编程，结构调整也较大，系统性也得以增强。第 4 章更名为过程控制，增加了 ST 语言及功能块编程。第 5 章更名为运动控制，增加了较多的新算法及新实例。第 7 章通信编程是此次修改内容最多的一章。新内容增加较多，篇幅有较大增加，结构调整也较大。其它各章文字上也都有所修改，文字表达更准确一些。

当然，由于本书只是第 1 版的修订，原有的风格、各章节的原有特点，得到读者肯定的优点是保留的。

一本专著，与其它事物成长一样也要有个过程。“众人拾柴火焰高”，有那么多热心读者的热情呵护和具体帮助，加上我自己的努力，相信会缩短这个过程，会让读者更加满意的！然而，尽管我的决心再大，但个人能力、水平、精力有限，所以也还可能留下遗憾，恳望读者一如既往，不吝赐教！

宋伯生

2008 年 10 月 于沈阳

第1版前言

实践经验一再证明, 有效地使用 PLC, 关键是要处理好两个问题: 一是做好系统配置; 二是设计好应用程序。系统配置主要是处理好硬件问题; 而设计程序则主要是解决好软件问题。

有关系统配置, PLC 的产品说明书多有详细介绍, 也可从供应商那里得到相应咨询。所以好办些。但对于设计程序, PLC 的产品说明书至多也只是讲述指令的含义及其使用小例, 用它可设计一些简单的程序, 而要设计较为复杂的程序就难了。

所以, 在用 PLC 建立控制系统时, 设计程序, 不仅工作量大, 而且难度也较大。我在多年的实践中, 常遇见这样情况, PLC 硬件系统很快组成了, 而它的程序设计没有做好, 准备不足, 调试时“卡了壳”。这时, 如又处于“当事者迷”的状态, 一“卡”, 可能是好几个星期, 甚至不能“自拔”。其不良后果是可想而知的。

事实上, 程序设计, 或者说编程是一项很细致的工作, 对系统的工艺要熟悉, 对 PLC 的指令要理解, 对 PLC 的资源要清楚。同时, 还要弄通有关理论及程序算法。否则无法编好程序, 也容易出现“卡壳”这样被动的局面。

本书就是针对这个情况, 继作者的《可编程控制器》、《可编程控制器配置·编程·联网》等书之后, 为解决这个困惑而编写的又一 PLC 专著。本书以研究程序算法设计为中心, 既有设计理论分析、编程方法说明, 又有编程技巧推介、实例程序介绍。本书篇幅较大, 内容丰富, 既是说明 PLC 编程原理的理论书, 又是介绍编程技巧的方法书, 还是提供众多程序实例的资料书。

本书共分 10 章。

第 1 章讲 PLC 的过去与现在。

第 2 章讲编程基础知识, 较详细说明了 PLC 编程指令、操作数、语言、工具、软件及可使用的编程方法, 并介绍了 10 种最常用的典型 PLC 梯形图程序。

第 3 章介绍 PLC 开关量控制设计的理论、算法及编程技巧。开关量控制涉及到逻辑设计问题。可使用的处理方法较多, 本书几乎都讲到了, 并列举了几十个设计实例。相信读者读了这一章后, 对弄通逻辑量控制程序设计理论、掌握有关程序设计方法是有所帮助的。

第 4 章介绍 PLC 模拟量控制程序设计的理论及其程序设计方法, 并列举大量的设计实例。模拟量控制是自动控制的主题, 理论问题很多, 实践情况错综复杂, 是 PLC 控制程序设计的一个难点。但如果弄通本章介绍的概念和方法, 正确地选定控制参数, 则有可能设计好相应的控制程序, 实现预期的控制要求。

第 5 章介绍 PLC 脉冲量控制程序设计的理论及程序设计方法。脉冲量多在运动系统中使用, 所以对它的控制, 多与运动控制有关。本章列举大量的这方面设计实例。另外, 脉冲量也可用于其它模拟量系统的控制, 本章对此也有相应介绍。

第 6 章介绍 PLC 数据处理程序设计的理论、算法及其程序设计方法, 列举的设计实例也较多。PLC 用作数据终端是 PLC 的又一应用领域。特别在它实现控制的同时, 也兼有数

对终端功能的情况是很多的。所以,设计这个数据处理程序也是 PLC 程序设计的基本功。本章的方方面面论述,将有助于掌握这个基本功。

第 7 章介绍 PLC 与 PLC、计算机、人机界面及智能装置通信的程序设计。联网是当今使用 PLC 的一个趋势,所以通信程序设计也是不可缺少的。为此,本章较详细地列举这些程序的设计要点及通信双方的程序设计实例。

第 8 章介绍 PLC 控制的可靠性设计,篇幅不大,但内容新颖。在当今要求进一步增强 PLC 控制可靠性的新情况下,需要弄通怎样通过编程提高 PLC 控制的可靠性。运用好它,对 PLC 控制的故障避免及其快速排除将有很大帮助。

第 9 章讲 PLC 程序组织与调试。随着 PLC 功能的增强、工作要求的提高,PLC 程序日趋复杂,程序量也不断加大,再加上模块化编程方法的出现,合理组织 PLC 程序是必要的。进一步讲,还有柔性化编程、面向对象编程问题,本章对这些都有所介绍。另外,程序调试、评价也是很重要的,本章对它也有相应说明。

第 10 章讲 PLC 的发展、面对的挑战及应对的策略。

怎么样?从上面列出的内容看,本书确实是涵盖了 PLC 编程的各个方面,可以说在 PLC 运用中所涉及到的编程问题,几乎都讨论到了。

弄通编程理论与编程算法对于 PLC 编程,与学好棋谱对于下棋一样,也是非常重要的。会下棋的人,都有这样的体会,仅了解下棋的规则,而不去研究棋谱,全凭经验去下,是很难有所长进的,甚至往往被讥为“臭棋篓”。同样,如果能多研究一些 PLC 编程,并在理论指导下去实践,那编程的水平将定有长足的进步。

本书对处理各个问题编程的讨论,可以说是编程的“棋谱”,因为它首先都是分析有关理论,然后探讨编程算法,最后才研究代码实现。实践说明,按这个分析理论、设计算法及编写代码的顺序编程,思路清晰,步骤分明,可提高编程水平,并确保编程质量。

本书介绍的编程技巧既是作者理论研究的结果,也是作者多年经验的总结,是很宝贵的。在书中,它的着重点用一段黑体字予以提示。肯定有助于您在编程中少走弯路。

本书在介绍编程理论及算法时,还都列举有程序实例。在本书定稿时,对这些实例多都作了测试。这些实例程序,只要合乎您的情况,可以直接移植,或稍做改动便可引用。

本书篇幅较大,涉及面较广,例子程序又较多,阅读时,请注意弄清概念、抓住要点,多从掌握方法上下功夫。本书每节的开头都标明了该节的关键词,弄清概念请注意弄清这些关键词的含义。

本书所用的实例中产品主要为 OMRON PLC。其实,从编程理论与算法设计的角度讲,什么 PLC 都是一样的。所以,本书提供设计的理论、算法,也可用于其它厂家,如西门子、施耐德、三菱、AB、GE 等公司的 PLC 编程,只要选用好对应的指令、对应的操作数,这些算法的功能也都能实现。

在本书中提到面向对象编程问题。但本书所介绍的编程方法,却都不是面向对象。强调的都是功能、算法,而不是数据、对象,也没有对象的概念。这也是 PLC 当前的编程水平反映。但情况会变化的,PLC 也会用到面向对象编程的,若果真如此,本书只能当作历史资料了,对此我不感懊丧,我还希望这一天早点到来。

这样的事我是体验过的。在1990年,我出版《机床控制电路及电控制器》专著后,就遇到过这种情况。该书提出的继电电路设计理论与方法,曾获得较高的评价,但由于继电器-接触器电路逐渐被PLC取代,这个设计理论与方法也就逐渐失去实际使用的必要。显然,这个“失去”正是技术进步的表现,不是很好吗?

由于作者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

宋伯生 谨

2004年8月于沈阳

目 录

第2版前言

第1版前言

第1章 可编程程序控制器基本知识 1

1.1 可编程序控制器的产生 1

1.1.1 继电控制电路 1

1.1.2 可接插逻辑控制器与顺序控制器 5

1.1.3 GM10条 7

1.1.4 PLC的诞生 7

1.2 可编程序控制器原理 8

1.2.1 可编程序控制器实现控制的要点 8

1.2.2 可编程序控制器实现控制的过程 9

1.2.3 可编程序控制器响应时间计算 13

1.2.4 可编程序控制器实现控制的方式 14

1.3 可编程序控制器类型 14

1.3.1 按控制规模分 15

1.3.2 按结构特点分 15

1.3.3 按生产厂商分 16

1.3.4 按其它特点分 17

1.4 可编程序控制器组成 17

1.4.1 CPU单元 18

1.4.2 内存单元 18

1.4.3 I/O单元 19

1.4.4 其它单元 20

1.4.5 外部设备 21

1.5 可编程序控制器特点 21

1.5.1 功能丰富 22

1.5.2 使用方便 22

1.5.3 工作可靠 23

1.5.4 经济合算 24

1.6 可编程序控制器使用 25

1.6.1 系统配置 25

1.6.2 程序编制 34

结语 37

请想想 37

第2章 PLC编程技术基础 38

2.1 PLC编程语言 38

2.1.1 指令表 39

2.1.2 梯形图 39

2.1.3 功能块图 40

2.1.4 连续功能图 41

2.1.5 结构化文本语言 41

2.1.6 顺序功能图 42

2.1.7 系统流程语言 43

2.1.8 其它编程语言 45

2.2 PLC软器件 46

2.2.1 概述 46

2.2.2 入出器件 52

2.2.3 内部器件 57

2.3 PLC指令系统 62

2.3.1 基本逻辑操作指令 67

2.3.2 定时、计数指令 74

2.3.3 数据处理指令 77

2.3.4 流程控制指令 84

2.3.5 功能块 92

2.3.6 ST语言简介 93

2.4 PLC典型程序 101

2.4.1 起、保、停程序 101

2.4.2 状态转换程序 104

2.4.3 定时控制程序 105

2.4.4 动作控制程序 105

2.4.5 步进程序 107

2.4.6 转换程序 109

2.4.7 联锁、互锁程序 110

2.5 PLC编程工具 111

2.5.1 简易编程器 111

2.5.2 图形编程器 117

2.6 PLC编程软件 117

2.6.1 概述 117

2.6.2 组成 118

2.6.3 操作 124

2.6.4 使用 125

2.6.5 帮助及其它 137

2.7 PLC算法编程 137

2.7.1 算法概念	138	3.7.2 实现方法	220
2.7.2 算法设计	139	3.7.3 实际应用	220
2.7.3 算法表达	139	3.8 工程设计法编程	223
2.7.4 算法实现	140	3.8.1 分散控制及其应用	224
2.8 PLC 经验编程	142	3.8.2 集中控制及其应用	226
2.8.1 经验学习	142	3.8.3 混合控制及其应用	230
2.8.2 经验积累	143	结语	235
2.8.3 经验升华	144	请想想	236
2.8.4 经验应用	145	请试试	236
结语	145	第4章 PLC 过程控制编程	237
请想想	146	4.1 过程控制概述	237
请试试	146	4.1.1 PLC 模拟量控制过程	237
第3章 PLC 顺序控制程序设计	147	4.1.2 PLC 过程控制目的	239
3.1 顺序控制类型及编程方法	147	4.1.3 PLC 过程控制类型	239
3.1.1 顺序控制类型	147	4.1.4 PLC 过程控制特点	243
3.1.2 顺序控制编程方法	151	4.1.5 PLC 过程控制要求	244
3.1.3 顺序控制输入器件	154	4.2 PLC 模拟量输入及输出	246
3.1.4 顺序控制执行器	155	4.2.1 模拟量传感器	246
3.2 组合逻辑设计法编程	158	4.2.2 模拟量输入	249
3.2.1 组合逻辑表达式与真值表	158	4.2.3 模拟量输出	252
3.2.2 组合逻辑分析	163	4.2.4 模拟量执行器	255
3.2.3 组合逻辑综合	164	4.3 开环控制	255
3.2.4 组合逻辑综合实例	165	4.3.1 开环特性	255
3.3 异步时序逻辑编程	169	4.3.2 开环控制	257
3.3.1 异步时序逻辑表达式与通电表	170	4.4 闭环控制	260
3.3.2 异步时序逻辑分析	173	4.4.1 ON/OFF 输出控制	261
3.3.3 异步时序逻辑综合	175	4.4.2 负反馈控制	262
3.3.4 异步时序逻辑设计实例	180	4.4.3 偏差控制	264
3.4 同步时序逻辑编程	190	4.4.4 无静差控制	264
3.4.1 同步时序逻辑表达式与状态图	190	4.5 PID 控制	266
3.4.2 同步时序逻辑分析	191	4.5.1 PID 控制基本公式	266
3.4.3 同步时序逻辑综合	193	4.5.2 PID 控制参数含义	267
3.4.4 同步时序逻辑状态图法设计	194	4.5.3 PID 控制算法设计	268
实例	194	4.5.4 PID 控制程序实现	268
3.5 图解法编程	203	4.5.5 PID 控制参数选定	270
3.5.1 时序图法编程	203	4.6 PID 指令及其应用	271
3.5.2 流程图法编程	207	4.6.1 PID 指令说明	272
3.6 高级逻辑设计法编程	213	4.6.2 两个自由度 PID 控制	274
3.6.1 用字逻辑指令处理	213	4.6.3 PID 参数选定	274
3.6.2 用子程序处理	216	4.6.4 PID 指令执行	276
3.6.3 用功能块处理	219	4.6.5 PIDAT 指令及其应用	278
3.7 标志逻辑设计法编程	219	4.6.6 使用 PID 指令有关细节	282
3.7.1 基本思路	220	4.7 模拟量 PID 硬件单元	285

4.7.1	PID 单元	286	控制	382
4.7.2	温度控制单元	290	5.4 开环控制	383
4.7.3	回路控制单元	298	5.4.1 单轴运动控制	384
4.8 PID 控制高级应用		303	5.4.2 多轴协调运动控制	387
4.8.1 串级 PID 控制		303	5.4.3 其它协调运动控制	398
4.8.2 串级比例双辅助回路 PID 控制		304	5.4.4 运动控制细节处理	403
4.8.3 串级比例并交叉限幅双辅回路 PID 控制		305	5.5 同步控制	404
4.8.4 前馈与 PID 混合控制		305	5.5.1 开环同步控制	404
4.9 模糊控制		306	5.5.2 闭环同步控制	406
4.9.1 模糊控制原理		306	5.6 特殊单元控制	407
4.9.2 模糊控制算法		309	5.6.1 位置控制单元	407
4.9.3 模糊算法实现		312	5.6.2 运动控制单元	423
4.9.4 模糊控制模块		315	5.6.3 运动控制器	431
4.10 智能控制		322	结语	434
4.10.1 最优控制		322	请想想	434
4.10.2 自适应控制		324	请试试	434
4.10.3 预测控制		326	第 6 章 PLC 数据处理程序设计	435
4.10.4 学习控制		327	6.1 数据终端是 PLC 的新角色	435
4.10.5 专家控制		330	6.1.1 专职数据终端实例	435
结语		333	6.1.2 兼职数据终端实例	438
请想想		334	6.2 数据终端条件及其使用	440
请试试		334	6.2.1 DM 区及对其访问	441
第 5 章 PLC 运动控制编程		335	6.2.2 EM 区及对其访问	445
5.1 概述		335	6.2.3 内存卡及对其访问	445
5.1.1 运动控制的目的		336	6.2.4 时钟程序	448
5.1.2 运动控制的类型		337	6.2.5 时钟设定	449
5.1.3 运动控制的特点		338	6.3 数据采集程序设计	451
5.2 脉冲量控制硬件基础		340	6.3.1 开关量采集	451
5.2.1 脉冲信号生成		340	6.3.2 模拟量采集	451
5.2.2 脉冲信号接收		342	6.3.3 脉冲量采集	453
5.2.3 脉冲信号输出		355	6.3.4 脉冲选通采集	454
5.2.4 脉冲信号执行		369	6.3.5 采集数据暂存	456
5.3 闭环控制		374	6.4 数据录入程序设计	457
5.3.1 脉冲量输入开关量输出闭环 控制		374	6.4.1 录入数据设备	457
5.3.2 脉冲量输入模拟量输出闭环 控制		378	6.4.2 用通用指令录入	457
5.3.3 模拟量输入脉冲量输出闭环 控制		380	6.4.3 用特殊指令录入	458
5.3.4 脉冲量输入脉冲量输出闭环 控制		381	6.4.4 用编码盘录入	459
5.3.5 开关量输入其它量输出闭环			6.4.5 用模拟方法录入	460
			6.5 数据存储程序设计	461
			6.5.1 记录存储	461
			6.5.2 压缩存储	464
			6.5.3 安全存储	465
			6.6 数据显示程序设计	466

6.6.1 数码管数据显示格式	466	7.6 PLC 与智能装置通信编程	587
6.6.2 数据动态显示	467	7.6.1 用通信指令通信	588
6.6.3 简易编程器信息显示	469	7.6.2 用协议宏通信	589
6.6.4 数据脉冲选通显示	470	7.6.3 用从站地址通信	592
6.6.5 高档数据显示设施	470	结语	592
6.7 PLC 数据传送	472	请想想	592
6.8 数表处理程序设计	473	请试试	592
6.8.1 求最大、最小数	473	第 8 章 PLC 控制可靠性程序设计	593
6.8.2 排序	475	8.1 概述	593
6.8.3 求总数	476	8.1.1 PLC 控制可靠性概念	593
6.8.4 求平均数	478	8.1.2 PLC 控制可靠性类型	594
6.8.5 数据查询	478	8.1.3 PLC 控制可靠性意义	595
结语	480	8.2 PLC 自身工作可靠性	596
请想想	480	8.2.1 PLC 错误类型	596
请试试	481	8.2.2 PLC 系统错误记录	601
第 7 章 PLC 通信编程	482	8.2.3 PLC 监控指令及其应用	602
7.1 概述	482	8.3 PLC 输入程序可靠性	606
7.1.1 PLC 通信的目的	482	8.4 PLC 输出程序可靠性	610
7.1.2 PLC 通信平台	484	8.5 PLC 通信程序可靠性	611
7.1.3 PLC 联网通信方法	495	8.6 PLC 异常处理程序	612
7.1.4 PLC 通信程序特点	499	结语	615
7.2 PLC 与 PLC 联网通信编程	500	请想想	615
7.2.1 PLC 与 PLC 数据链接通信编程	500	请试试	615
7.2.2 PLC 与 PLC 地址映射通信编程	503	第 9 章 PLC 程序组织	616
7.2.3 PLC 与 PLC 自由协议通信编程	504	9.1 PLC 程序组织的重要性及方法	616
7.2.4 PLC 与 PLC 串行接口协议通信编程	511	9.1.1 PLC 程序组织概念	616
7.2.5 PLC 与 PLC 网络协议通信编程	513	9.1.2 PLC 程序组织任务	617
7.3 PLC 与计算机通信编程 (一)	517	9.2 模块化程序组织	622
7.3.1 串行接口平台通信编程	518	9.2.1 程序模块化组织概念	622
7.3.2 网络平台通信编程	540	9.2.2 使用段、子程序或功能块模块化	622
7.3.3 互联网通信编程	553	9.2.3 使用跳转指令模块化	623
7.3.4 公网平台通信编程	555	9.2.4 使用步进指令模块化	623
7.3.5 工具软件通信编程	556	9.3 多任务程序组织	623
7.3.6 PLC 方编程	559	9.3.1 OMRON PLC 任务划分	623
7.4 PLC 与计算机通信编程 (二)	560	9.3.2 OMRON PLC 任务管理	624
7.4.1 组态软件概念	561	9.3.3 OMRON PLC 任务组织	626
7.4.2 组态软件简介	562	9.4 PLC 程序柔性化	627
7.4.3 组态软件编程	575	9.4.1 程序使用柔性	627
7.5 PLC 与人机界面通信编程	582	9.4.2 地址分配柔性	627
7.5.1 人机界面概述	582	9.4.3 参数设定柔性	628
7.5.2 人机界面方编程	585	9.4.4 动作选择柔性	629
7.5.3 PLC 方编程	587	9.4.5 信号反馈柔性	629

9.5 PLC 面向对象编程	629	10.2.2 PLC 用于系统控制远程化	652
9.5.1 面向对象编程概念	630	10.2.3 PLC 用于系统控制信息化	652
9.5.2 PLC 面向对象编程设想	631	10.2.4 PLC 用于系统控制智能化	653
9.6 PLC 程序调试	634	10.3 PLC 的概念在更新	653
9.6.1 PLC 程序调试概述	634	10.3.1 工作模式	654
9.6.2 PLC 程序仿真调试	635	10.3.2 系统结构	654
9.6.3 PLC 程序联机调试	636	10.3.3 设定手段	655
9.6.4 PLC 程序现场调试	637	10.3.4 编程方法	656
9.6.5 PLC 程序文档	638	10.3.5 可靠性设计	657
9.6.6 PLC 程序保护	638	10.3.6 追求目标	657
9.6.7 PLC 程序解密	639	10.4 PLC 的类型在增加	659
9.6.8 PLC 程序评价	639	10.4.1 环境条件扩展型 PLC	659
结语	642	10.4.2 微型 PLC	660
请想想	642	10.4.3 分布式 PLC	661
请试试	643	10.4.4 内装式 PLC	663
第 10 章 PLC 在前进	644	10.4.5 安全型 PLC	664
10.1 PLC 的性能在提高	644	10.4.6 运动控制用 PLC	665
10.1.1 工作速度在提升	645	10.4.7 过程控制用 PLC	666
10.1.2 控制规模在扩大	646	10.4.8 软件 PLC	666
10.1.3 组成模块在增多	647	10.5 PLC 面临的挑战	667
10.1.4 内存容量在增大	647	10.5.1 集散控制系统	667
10.1.5 指令系统在增强	648	10.5.2 现场总线控制	669
10.1.6 工作可靠性在提高	648	10.5.3 工业计算机控制	671
10.1.7 联网能力在增强	649	10.5.4 其它控制	672
10.1.8 外部设备在丰富	650	10.6 PLC 去向何处	675
10.1.9 支持软件在完善	650	第 1 版后记	679
10.1.10 经济效益在增加	651	参考文献	680
10.2 PLC 的应用在扩展	651		
10.2.1 PLC 用于系统控制自动化	652		

第1章 可编程序控制器基本知识

可编程序控制器, 英文名为 Programmable Controller, 简称为 PC, 常简称为 PLC, 以与个人计算机的英文名 PC (Personal Computer) 相区别。本书用 PLC 作为它的简称。本章将对 PLC 的产生、原理、类型、组成、特点、性能、应用及使用进行讨论。

1.1 可编程序控制器的产生

关键词: 触点控制电路、继电器控制电路、继电器、接触器、常开触点、常闭触点、可接插逻辑控制器、顺序控制器、GM 八条、可编程序控制器 (PLC)

1.1.1 继电控制电路

继电控制电路是指用一些控制电器的触点 (如按钮、开关或继电器触点) 控制用电器工作的电路。这些控制电器触点及其与用电器的不同连接, 可反映它们之间的不同逻辑关系, 以实现不同的控制。

继电器控制电路历史悠久, 有了电的应用就有它的存在。几经发展, 它已越来越便于人们的使用, 已在电控领域独领风骚 100 多年的历史了。尽管 PLC 的出现与进步已极大地压缩了它的使用空间。但正如飞机、火车、汽车、自行车的相继出现, 前者不能取代后者一样, PLC 的出现, 也不可能完全取代继电控制电路。所以, 在了解 PLC 的产生的同时, 简单地回顾一下继电控制电路是必要的。

控制电器有手动的, 它的触点的接通、分断用人工控制, 如按钮、手动开关。还有自动的, 它的触点的通断能自动实现, 如行程开关、继电器。

继电控制电路有触点控制电路及继电器控制电路。以下分别对其进行介绍:

1. 触点控制电路

触点控制电路是指, 用手动控制电器触点的接通与分断, 去控制用电器的电路。图 1-1 所示的是触点控制电路之一。

图 1-1a 所示为串联电路。它用两个触点串联控制一个电灯 L。如图所示, 只有两个按钮同时接通, 此灯才能亮。从逻辑的关系讲, 灯亮的条件是两个按钮“接通的与”。反之, 灯不亮的条件是任意一个按钮分断, 即两个按钮“分断的或”。

图 1-1b 所示为并联电路。它用两个触点并联控制一个电灯 L。如图所示, 两个按钮任意一个接通, 此灯就亮。从逻辑的关系讲, 灯亮的条件是两个按钮“接通的或”。反之, 灯不亮的条件是两个按钮要同时分断, 即“分断的与”。

图 1-1c 所示为混合电路。用触点串联后再并联, 去控制一个电灯 L。如图所示, 只有 X1、X2 两个按钮同时接通, 或按钮 X3、X4 同时接通, 此灯可亮。从逻辑的关系讲, 灯点亮的条件是“X1、X2 两个按钮接通的与”和“X3、X4 两个按钮接通的与”的“或”。

图 1-1f 所示电路也为混合电路。但它是触点并联后再串联, 然后去控制一个电灯 L。如

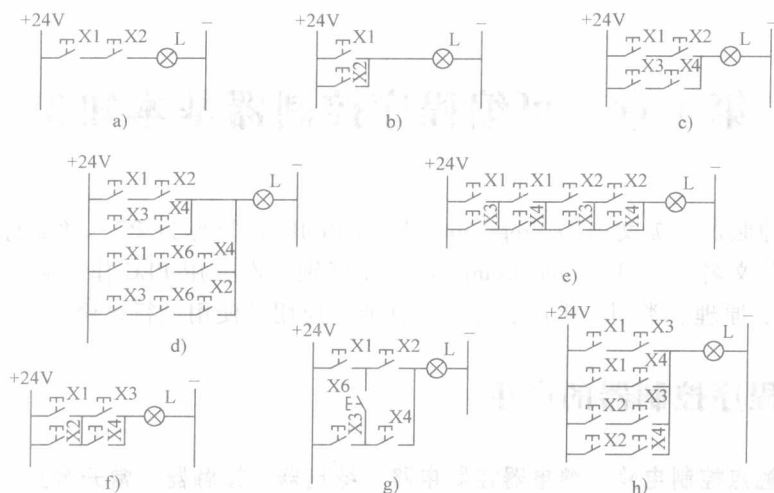


图 1-1 触点控制电路之一

- a) 串联电路 b) 并联电路 c) 先串后并电路 d) 与 g) 桥接等价的先串后并电路 e) 与 c) 等价的先并后串电路
f) 先并后串电路 g) 桥接电路 h) 与 f) 等价的先串后并电路

图所示，只要按钮 X1、按钮 X2 任意一个接通，同时按钮 X3、X4 任意一个接通，则此灯亮。从逻辑的关系讲，灯点亮的条件是“X1、X2 两个按钮接通的或”和“X3、X4 两个按钮接通的或”的“与”。

提示：先串后并到先并后串的转换，可从原电路断的条件确定并的每一个并的小段，然后再把所有小段串联；先并后串到先串后并转换可从原电路的可能通路确定每一个串的支路，然后再把每一支路并联。

图 1-1g 所示为桥接电路。如图所示，除了触点串联、并联还有像按钮 X6 那样的桥接。它不能用简单的“与”、“或”去反映它的逻辑关系，故也称复杂电路。相对于复杂电路，仅用触点串并联的控制电路称为简单电路。

要表达复杂电路的逻辑关系，可根据可能产生的通路情况，先求出在控制功能上，与其等价的简单电路，然后用等价电路的逻辑关系来代表它。图 1-1d 即为图 1-1g 的等价电路。从图知，它除了按钮 X1 与按钮 X2 串联，按钮 X3 与按钮 X4 串联，然后并联之外，还有因按钮 X6 接通，又增加了的两路串联后的并联。

当然也可连接成先并后串的桥接等价电路。这点还是留给读者自己思考吧！

提示：在 PLC 梯形图程序中不允许出现桥接的逻辑关系。

图 1-2 所示为触点控制电路之二。

图 1-2a 所示为先串后并表决电路。这里用了 3 个按钮 X1、X2、X3，当 3 个中任意 2 个，或 3 个全部按下，都将使灯 L 亮。这里只有 3 个按钮参与表决，如果增多，也可实现。只是电路要复杂些。

图 1-2b 所示为先并后串再串比较电路。这里用了两组 4 个按钮 X1、X2 及 Y1、Y2，当这两组接通及分断情况相同时，灯 L 亮。否则，灯 L 不亮。当然，用 3 组，以至于多组比较也是可实现的。只是电路再多串入一组或多组按钮。

图 1-2c 所示为先并后串表决电路，与图 1-2a 的功能相同。

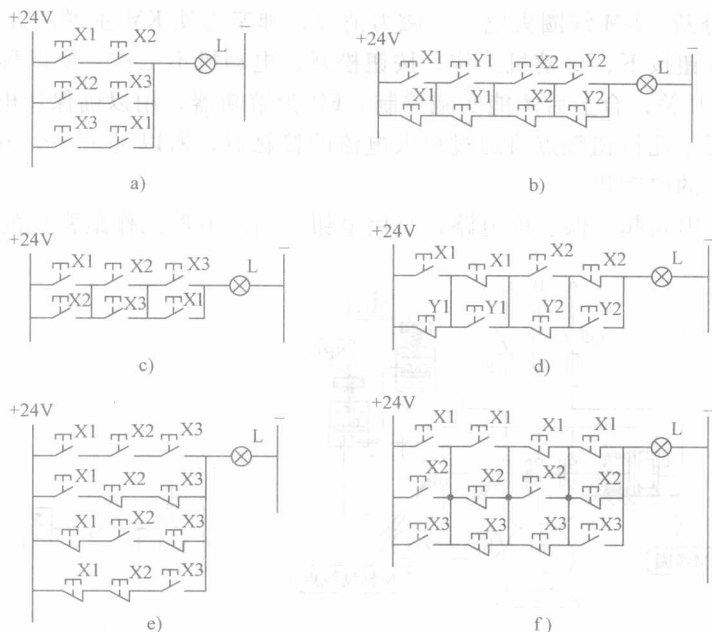


图 1-2 触点控制电路之二

- a) 先串后并表决电路 b) 先并后串再串比较电路 c) 先并后串表决电路 d) 先并后串比较电路
e) 先串后并等权控制电路 f) 先并后串等权控制电路

图 1-2d 所示为先并后串比较电路，与图 1-2b 的功能相同。

图 1-2e 所示为先串后并等权控制电路。这里用了 3 个按钮 X1、X2、X3，当 3 个中任意一个改变状态，都将改变灯 L 的状态。把这 3 个开关安装不同位置，可用以实现三地开关对一个灯的等权控制。这里只有 3 个按钮参与等权控制，如果增多，也可实现。只是电路要复杂些。

图 1-2f 所示为先并后串等权控制电路，与图 1-2e 的功能相同。

从以上分析可知，对一些常见的逻辑关系，用触点控制电路是可以实现的。但要实现更复杂的逻辑关系或要用小开关去控制大动力的电路就得求助继电器控制电路了。

2. 继电器控制电路

继电器控制电路除了使用手动控制器触点，还使用继电器触点，其控制对象既有用电器，又有电磁继电器自身线圈。

图 1-3 所示为感应电动机点动控制电路。图 1-3a 为它的工作示意图，图 1-3b 为它的电气原理图。

从图知，按下按钮 SB，其触点使控制回路接通，接触器 KM 线圈得电。线圈得电，电磁力克服弹簧力，使 KM 主触点接通，电动机 M 得电工作。松开按钮

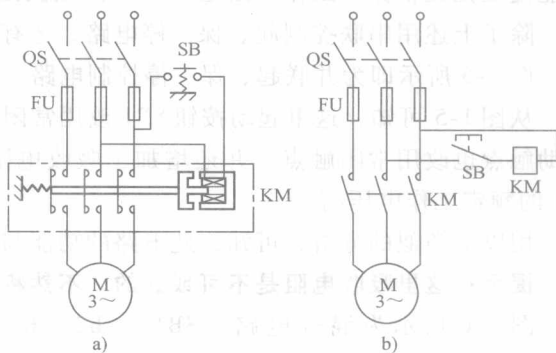


图 1-3 感应电动机点动控制电路

- a) 示意图 b) 电气原理图

SB, 则控制回路分断, KM 线圈失电, 电磁力消失, 弹簧力使 KM 主触点分断, 电动机 M 失电、停止工作。按钮按下, 电动机工作, 按钮松开, 电动机不工作, 所以称之为点动控制。

图中 QS 为刀开关, 合上后才能实施控制。FU 为熔断器, 用以确保用电安全。

由于这里使用了比按钮触点可通过更大电流的接触器, 所以可用一个小小的按钮灵活地控制一个较大功率的电动机。

图 1-4 所示为串联起、保、停电路, 是用电钮控制用电器工作最常见的控制电路。

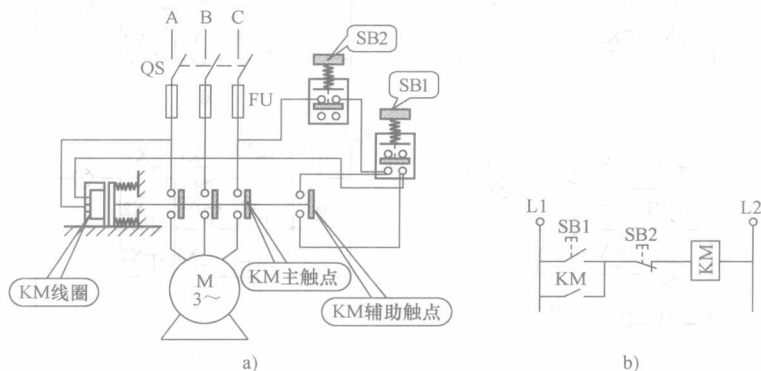


图 1-4 串联起、保、停电路

a) 起、保、停电气原理图 b) 起、保、停控制电路

从图 1-4a 知, 按下按钮 SB1, 则控制回路接通, 接触器 KM 线圈得电, 其常开主触点 KM 接通, 电动机 M 得电工作。KM 的常开辅助触点与 SB1 是并联的。因而之后即使松开 SB1, 而触点分断, 仍可使 KM 线圈得电, 继续工作。工作后, 按下按钮 SB2, 其触点分断, 使接触器 KM 线圈失电, 进而也使电动机 M 失电而停止工作。由于 KM 的常开辅助触点已分断, 之后即使松开 SB2、常闭触点再合上, KM 也仍失电, 电动机仍保持停止。可知, 此控制电路可控制电动机的起、保、停。

图中, QS 为刀开关, 合上才能实现控制。FU 为熔断器, 用以确保用电安全。

图 1-4b 所示为图 1-4a 的控制电路。这个电路的要点是, 把接触器的常开辅助触点与起动按钮并联, 之后再与常闭的停车按钮串联。因此, 按钮 SB1 可起动被控设备工作; 起动后能使被控设备保持工作; 按钮 SB2 可停止被控设备工作。故称之为起、保、停控制电路。

除了上述用串联控制起、保、停电路, 还有并联控制及混合控制的类似电路。

图 1-5 所示即为并联起、保、停控制电路。

从图 1-5 可知, 这里起动按钮 SB1 改用常闭触点, 停车按钮 SB2 改用常开触点。接触器辅助触点也改用常闭触点。并还增加了吸收电阻 R。为了 KM 能正常工作, 电源电压要比 KM 的额定工作电压高。

用以上类似的分析, 可知, 此电路的功能与图 1-4b 完全是相同的。

提示: 这里吸收电阻是不可或缺的。不然将出现电源短路, 那是绝对不允许的。

图 1-6 所示为混合电路。SB1、SB2、KM 全用其常开触点。它也是用以实现起、保、停逻辑控制。与图 1-5 不同的是, 在 KM 停止工作时, 吸收电阻不工作, 不消耗能量。