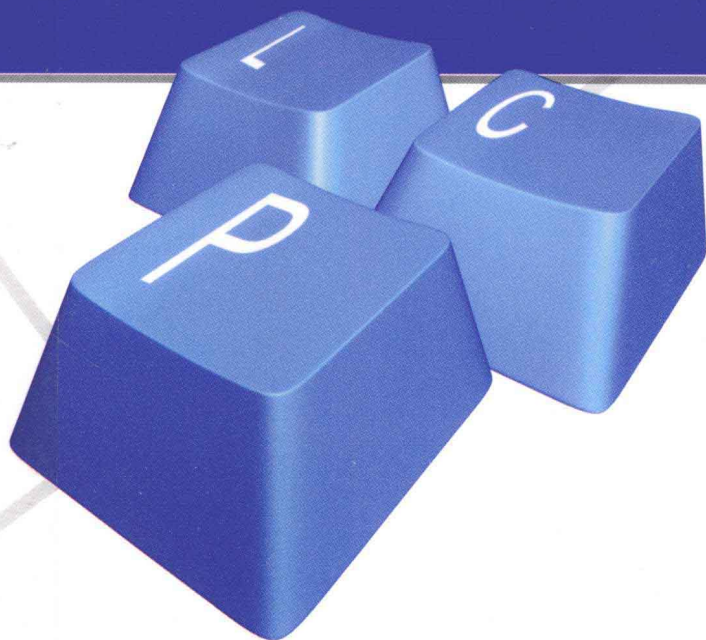


21 世纪面向工程应用型
计算机人才培养规划教材

周金富 周秀明 编著

PLC 应用技术



清华大学出版社

内 容 简 介

本书是一本学习 PLC 应用技术的实用书籍,遵循“先入门,再提高”的学习原则,主要讲解 PLC 应用过程中必须掌握的硬件设计技术、软件(用户程序)设计技术以及应用设计的实现技术,让读者在学完本书后,顺利地跨入 PLC 应用技术的大门,掌握 PLC 应用的基本技术。

本书摒弃了仅在 PLC 发展初期使用的当前已无实用价值的指令表编程语言,而重点介绍了最常用又十分实用的梯形图语言,同时浓墨重彩地介绍了作者在教学过程中总结出的实践证明确实是切实可行的一整套梯形图程序设计方法——替换设计法、真值表设计法、波形图设计法、流程图设计法和经验设计法。在这些设计方法中,作者推出了系列化的设计模板,帮助读者轻松设计出绝大多数 PLC 控制系统的控制程序。

本书既可作为高职高专机电一体化专业、工业自动化专业、电气专业及其他相关专业的教学用书,也可作为工程技术人员的自学用书,还可供高等院校相关专业师生作为参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

PLC 应用技术/周金富等编著. —北京:清华大学出版社,2012.1

(21 世纪面向工程应用型计算机人才培养规划教材)

ISBN 978-7-302-27310-3

I. ①P… II. ①周… III. ①PLC 技术—高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 236935 号

责任编辑:梁颖 薛阳

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, jsjtc@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:三河市君旺印装厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:8.5 字 数:211 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版 印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:19.00 元

产品编号:045015-01

PLC 即可编程序逻辑控制器,是当今工业生产中应用十分广泛的一种自动控制装置。PLC 技术、EDA 技术、数控技术及机器人技术,是当今工业自动化化的四大支柱技术。PLC 应用技术不仅是标志工程技术人员现代化技能的一门技术,而且还是高职高专院校学生奠基职业生涯的一门技术。

本书是一本学习 PLC 应用技术的实用书籍,遵循“先入门,再提高”的学习原则,主要讲解 PLC 应用过程中必须掌握的硬件设计技术、软件(用户程序)设计技术以及应用设计的实现技术,让读者在学完本书后,顺利地跨入 PLC 应用技术的大门。

第 1 章是基础知识部分,简单介绍了 PLC 的基本构成、工作原理以及应用设计所包括的内容和步骤。

第 2 章是硬件设计技术部分,主要介绍了 PLC 的选用方法、PLC 内部存储器的分配方法以及 PLC 硬件接线图的绘制方法。

第 3 章是软件设计技术部分,重点介绍了 PLC 用户程序(控制程序)的设计方法。本章中,作者摒弃了仅在 PLC 发展初期使用的当前已无实用价值的指令表编程语言,而重点介绍了最常用又十分实用的梯形图语言,同时浓墨重彩地介绍了作者在教学过程中总结出的实践证明确实是切实可行的一整套梯形图程序设计方法——替换设计法、真值表设计法、波形图设计法、流程图设计法和经验设计法。在这些设计方法中,作者推出了系列化的设计模板,只要以这些模板为“葫芦”、“照葫芦画瓢”,就能轻松设计出绝大多数 PLC 控制系统的控制程序。本章还介绍了梯形图的编制规则和梯形图的优化方法。

第 4 章是 PLC 应用设计的实现技术部分,主要介绍了梯形图程序编译下载到 PLC 的方法、PLC 硬件安装方法、PLC 的实验室模拟调试方法和现场调试方法。

第 5 章是梯形图程序选编部分,搜集了工业生产中经常使用到的一些典型实用梯形图程序段。

学会 PLC 的软件设计工作,也就是说学会用户控制程序的设计工作,是学习 PLC 应用技术的重中之重,因此本书把重点放在了第 3 章上。

本书的第 1~4 章都配备了适量的习题,以便大家温习重点知识,巩固学习成果。

本书由周金富主编,周秀明参与了编写工作。作者在编写本书的过程中,得到了许多专家学者的帮助,也参阅了许多专家学者的 PLC 书籍,在此特由衷地向他们表示深深的敬意和感谢。在本书的出版过程中,也得到了清华大学出版社刘向威博士和薛阳编辑给予的悉心指导和全力支持,在此特别致以衷心的感谢!

由于本书对 PLC 的认识提出了全新的概念,编写的侧重点和施教方法与其他 PLC 书籍又完全不同,因此在教学中如有需要帮助的地方,请通过电子邮箱 wxzhoujinfu@163.com 与编著者联系,同时书中错误在所难免,恳望专家学者及广大师生给予批评指正!

编著者

2011 年 6 月

第 1 章 PLC 基础知识	1
1.1 PLC 概述	1
1.1.1 PLC 的产生与发展	1
1.1.2 PLC 的定义	3
1.2 PLC 的基本构成	3
1.2.1 单片机	3
1.2.2 存储器	4
1.2.3 I/O 接口	4
1.2.4 电源	5
1.3 PLC 原理揭秘	5
1.3.1 PLC 的工作方式	5
1.3.2 PLC 的工作原理	5
1.3.3 PLC 的工作过程	7
1.4 PLC 的前景	10
1.4.1 PLC 与其他工业控制系统的比较	10
1.4.2 PLC 的特点和优点	11
1.4.3 PLC 的应用领域	12
1.5 PLC 应用设计的内容与步骤	12
1.5.1 PLC 应用设计的内容	12
1.5.2 PLC 应用设计的步骤	13
习题 1	13
第 2 章 PLC 的硬件设计技术	15
2.1 PLC 的选用	15
2.1.1 PLC 的性能参数	15
2.1.2 PLC 选型原则	16
2.2 PLC 内部存储器分配	17
2.2.1 PLC 内部常用存储器的编号方法	17
2.2.2 PLC 内部常用存储器的使用规则	19
2.2.3 PLC 内部常用存储器的分配方法	21
2.3 硬件接线图绘制	22

2.3.1 输入端口连接方式	22
2.3.2 输出端口连接方式	24
2.3.3 减少输入输出点数的方法	25
2.4 硬件设计示范	27
习题 2	29
第 3 章 PLC 的软件设计技术	31
3.1 梯形图语言概述	31
3.1.1 首选梯形图语言的原因	31
3.1.2 认识梯形图	32
3.2 常用梯形图语言	33
3.2.1 触点符号类语言	33
3.2.2 接线符号类语言	34
3.2.3 线圈符号类语言	35
3.2.4 指令符号类语言	39
3.3 梯形图程序的替换设计法	39
3.3.1 替换设计法的步骤和要点	39
3.3.2 替换设计法示范	42
3.4 梯形图程序的真值表设计法	46
3.4.1 真值表模板和梯形图模板	46
3.4.2 真值表设计法示范	47
3.5 梯形图程序的波形图设计法	50
3.5.1 波形图模板和梯形图模板	51
3.5.2 波形图设计法示范	53
3.5.3 波形图设计法中相关问题的处理办法	56
3.6 梯形图程序的流程图设计法	58
3.6.1 流程图模板和梯形图模板	58
3.6.2 流程图设计法示范	70
3.6.3 流程图设计法中相关问题的处理办法	77
3.7 梯形图程序的经验设计法	79
3.8 优化梯形图程序	86
3.8.1 梯形图编制规则	86
3.8.2 梯形图优化方法	88
习题 3	92
第 4 章 PLC 应用设计的实现技术	95
4.1 用户程序的编译和下载	95
4.1.1 三菱 FXGP/WIN-C 编译软件的使用	95
4.1.2 三菱 GX Developer 编译软件的使用	98

4.1.3 欧姆龙 CX_Programmer 编译软件的使用	100
4.2 实验室模拟调试	102
4.3 硬件安装	104
4.3.1 PLC 的安装	104
4.3.2 PLC 与控制设备的连接	105
4.4 现场调试	106
4.5 整理技术文件	106
习题 4	113
第 5 章 实用梯形图程序精选	114
5.1 常用的梯形图程序实例	114
5.1.1 自锁程序	114
5.1.2 互锁程序	115
5.1.3 顺序控制	115
5.1.4 互控程序	116
5.1.5 时间控制	117
5.1.6 特殊程序	118
5.2 流程图设计法的程序实例	122
参考文献	127

PLC基础知识

本章要点

- PLC 的定义;
- PLC 的基本构成;
- PLC 的工作方式;
- PLC 的工作原理;
- PLC 应用设计的主要内容和步骤。

本章关键知识点

- PLC 的等效功能;
- PLC 实现“万能软接线网络”功能的原理。

PLC 是英文 Programmable Logic Controller 的缩写,是可程序逻辑控制器的简称。1980 年,美国电气制造商协会(National Electrical Manufacturers Association, NEMA)鉴于可程序逻辑控制器的功能已经发展到不仅可以进行逻辑控制,而且还可以对模拟量进行控制这一情况,将可程序逻辑控制器 PLC 更名为可程序控制器 PC(Programmable Controller)。但是,人们考虑到:

(1) 可程序控制器的主体仍然是可程序逻辑控制器,它的主体功能依然是对开关量进行逻辑控制,这两个要素并未改变。虽然它现在已能对模拟量进行控制,但这仅仅是可程序逻辑控制器通过外接 A/D 单元和 D/A 单元扩展出来的一个附加功能。

(2) 可程序控制器进行工作时,CPU 是根据用户程序规定的逻辑关系对相关的开关量进行逻辑运算而不是进行模拟运算。

(3) PC 易与个人计算机 Personal Computer 的缩写 PC 相互混淆。

因此,人们认为把可程序控制器 PC 称做可程序逻辑控制器 PLC 比较恰当,这一想法,不仅通行于业界,而且得到了广大工程技术人员的普遍认可。

所以,本书直接用 PLC 来称呼可程序逻辑控制器。

1.1 PLC 概述

1.1.1 PLC 的产生与发展

20 世纪 20 年代,为了提高工业生产的自动化水平,出现了一种继电器接触器控制系统,当时在一定程度上确实满足了工业生产的控制要求。但由于这种继电器接触器控制系统的控

制功能,是通过金属导线将各种继电器、接触器以及其他电器的线圈和触点按一定的逻辑关系进行连接而实现的,所以,一旦生产工艺需要改变时,原有的接线就要全部拆除,然后按照新的生产工艺控制要求再进行重新连接,不但费时费力费钱,而且还远远跟不上工业生产飞速发展的步伐。

20世纪60年代末期,美国通用汽车公司(General Motors, GM)为了适应生产工艺不断更新形势,为了能在改变生产工艺时不再费时费力费钱的去重新连接继电器接触器控制系统,毅然对外公开招标,寻求一种具有如下功能的工业自动控制装置。

(1) 能继续使用生产线上的按钮开关、行程开关等主令电器和接触器、电磁阀等被控电器。

(2) 能替代硬件接线,且能随时随地地改变接线方式。

(3) 能像电子计算机那样用程序来描述接线方式,但程序的编写要简单易学。

(4) 能直接连接在主令电器与被控电器之间。

1969年,美国数字设备公司(Digital Equipment Corporation, DEC)针对美国通用汽车公司提出的招标要求,把电子计算机引入到了继电器接触器控制系统中,使电子计算机功能强大、程序可编、通用性强的优点与继电器接触器控制系统原理易懂、工程技术人员十分熟悉的优点有机地结合了起来,于是研制出了世界上第一台可编程序逻辑控制器。

自美国数字设备公司研制出第一台PLC以来,随着集成电路技术、微处理器技术、单片机技术和网络技术在PLC上的应用,PLC产品的功能在不断扩大,性能在不断完善,PLC技术更是日臻成熟,它与EDA技术、数控技术及机器人技术构成了当今工业生产自动化的四大支柱技术。纵观PLC的发展,其经历了如下几个阶段。

(1) 1969—1977年的初创期。在这一时期,随着集成电路技术的发展,PLC中的二极管阵列由数字集成电路取代,PLC的功能便在简单的顺序控制功能基础上增加了逻辑运算、计时和计数的功能。

(2) 1977—1982年的功能扩展期。在这一时期,微处理器技术日趋成熟,PLC中引入微处理器后,功能得到了迅速扩展,不仅具备了数据传送、比较等功能,还具备了模拟量运算功能。

(3) 1982—1990年的联机通信期。在这一时期,单片机技术发展迅猛,使得PLC具备了如浮点运算、平方运算、函数运算、查表、脉宽调制等特殊功能。

(4) 1990年以后的网络化期。在这一时期,计算机网络技术迅速普及,它不仅使PLC具备了高速计数、中断、PID(比例、积分、微分)控制功能,还使PLC的联网通信能力大大地加强。

PLC发展到今天,并未就此罢手,恰恰相反,PLC正蓬蓬勃勃地向着新的方向发展。

(1) 向高速度大容量方向发展。发展高速度大容量的PLC,是为了提高PLC的处理能力,目前已有速度达0.1ms/K步、容量达数十兆字节的PLC出现。

(2) 向超大型超小型两个方向发展。发展超大型PLC和超小型PLC,都是当今市场的需要,目前已有I/O总数达14336点的超大型PLC和最低仅8~16点的超小型PLC面市。

(3) 向开发智能模块,加强通信联网能力方向发展。发展智能模块是扩展PLC功能、扩大PLC应用范围的需要,提高通信联网能力,可更充分地利用计算机网络资源,弥补PLC在数据计算、复杂控制和系统管理这些方面的不足,进一步提升PLC的性能。

(4) 向编程语言多样化方向发展。编程语言多样化,有利于掌握不同编程语言的人员使用 PLC,使 PLC 的应用也更普及更方便。

(5) 向标准化方向发展。

1.1.2 PLC 的定义

PLC 自问世到现在,一直处在不断的发展和完善之中,业界至今也未对其作出最后的定义。1987 年 2 月,国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC)在发布的可编程序逻辑控制器标准草案第三稿中特别地强调了 PLC 应符合如下要求。

- (1) 数字运算操作的电子系统是一种工业计算机。
- (2) 专为在工业环境下应用而设计。
- (3) 存储的程序可修改且编程方便——指令系统面向用户。
- (4) 具备逻辑运算、顺序控制、定时、计数控制和算术操作等功能。
- (5) 具有数字量或模拟量输入/输出控制。
- (6) 易于与控制系统联成一体。

从上述要求中可看出,当前业界认可的 PLC 的定义是: PLC 是一种专门用于工业现场的以开关量逻辑控制为主的自动控制装置。它采用电可改写只读存储器来存放用户编写的控制程序,采用单片机或微处理器来对开关量进行控制程序规定的逻辑运算、算术运算、计时、计数等处理操作,并以开关量形式或者经数模转换后的模拟量形式去控制生产过程或者控制各种类型的机械。

1.2 PLC 的基本构成

从 PLC 内部电路的具体结构来看,PLC 主要由单片机、存储器、I/O 接口和电源四大部分构成,如图 1.1 所示。

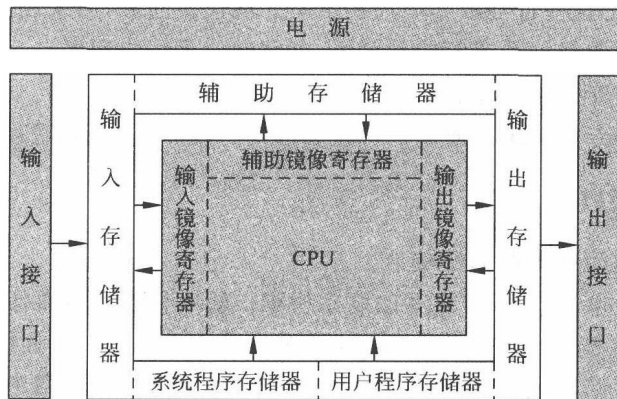


图 1.1 PLC 内部构成框图

1.2.1 单片机

目前的 PLC 中,普遍采用单片微型计算机作为 PLC 的控制中枢。

单片机主要由 CPU 和存储器构成,在图 1.1 中,单片机中的存储器被表示成了输入镜像寄存器、输出镜像寄存器和辅助镜像寄存器。

单片机中的存储器被表示成输入镜像寄存器、输出镜像寄存器和辅助镜像寄存器,是因为这些存储器被专门用来临时寄存一下 CPU 运算时所需要的数据,以及临时寄存一下 CPU 运算的结果,同时因为这些寄存器中的数据状态与 PLC 存储器中的数据状态始终保持着一种“镜像”关系。因此,单片机中的存储器就被人们俗称为“镜像寄存器”,并根据它们的不同用途又把镜像寄存器分称为输入镜像寄存器、输出镜像寄存器和辅助镜像寄存器。

输入镜像寄存器、输出镜像寄存器和辅助镜像寄存器在 PLC 中的作用有两个,一个是寄存信号状态(输入镜像寄存器专门寄存从输入存储器采集来的信号状态、输出镜像寄存器专门寄存从输出存储器采集来的信号状态以及经逻辑运算后需要送给输出存储器的运算结果、辅助镜像寄存器专门寄存从辅助存储器采集来的信号状态以及经逻辑运算后需要送给辅助存储器的运算结果);另一个是把它们的信号状态作为运算数据供 CPU 调用和运算。

CPU 主要功能有两个:执行系统程序(管理和控制 PLC 的运行、解释二进制代码所表示的操作功能、检查和显示 PLC 的运行状态)和执行用户程序(读取各个镜像寄存器的信号状态、对信号状态进行运算处理、输出数据的运算结果)。

1.2.2 存储器

PLC 中的存储器,包括输入存储器、输出存储器、辅助存储器、系统程序存储器、用户程序存储器五部分。

输入存储器、输出存储器和辅助存储器在 PLC 中具有双重作用——既是一种“执行元件”(输入存储器存储主令电器的信号状态、输出存储器存储被控电器的信号状态、辅助存储器存储运算结果的信号状态),同时又是一种“编程元件”(用一些专用符号来代表输入存储器的状态所表示的主令电器的触点、输出存储器及辅助存储器的状态所表示的被控电器的触点和线圈,然后把这些符号根据用户要求串并联连接起来,用来表达控制过程中主令电器与被控电器之间的逻辑关系或者控制关系,就编制成了用户程序)。

系统程序存储器专门用来存放厂家写进去的系统程序。

用户程序存储器专门用来存放用户写进去的用户程序(也称应用程序或控制程序)。

1.2.3 I/O 接口

输入输出接口的简称叫做 I/O 接口。

输入接口是主令电器与 PLC 之间的联系桥梁。输入接口的主要作用有两个,一是把主令电器的接通状态或断开状态转换成高电平信号或低电平信号;二是把高电平信号或低电平信号存储进输入存储器,达到用输入存储器的 1 状态代表主令电器的接通、用输入存储器的 0 状态代表主令电器的断开的目的。

输出接口是 PLC 与被控电器之间的联系桥梁。输出接口的主要作用是把输出存储器的 1 状态转换成被控电器回路的接通信号、把输出存储器的 0 状态转换成被控电器回路的断开信号,达到用输出存储器的状态控制被控电器运行状态的目的。

1.2.4 电源

电源是 PLC 的能源供给中心,它采用性能优良的开关稳压电源,将 220V 交流市电整流滤波稳压成 PLC 所需的各种直流电压。

1.3 PLC 原理揭秘

1.3.1 PLC 的工作方式

PLC 是采用“顺序进行、不断循环”的扫描方式进行工作的,即首先进行内部处理、然后进行通信处理、最后进行用户程序处理、再回过头来从内部处理开始、……,就这样周而复始地一直循环工作下去,如图 1.2 所示。

当 PLC 开始运行(RUN)后,CPU 首先对 PLC 内部的所有硬件进行自检,如果发现严重性故障,则强行停机并切断所有的输出;如果发现一般性故障,则进行报警但不停机;如果没有发现故障,则自动转入通信处理。

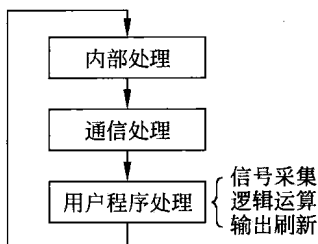


图 1.2 PLC 的扫描方式

PLC 进行通信处理时,CPU 将检测各通信接口的状态,如果有通信请求,则与编程器交换信息、与微机通信或者与网络交换数据;如果没有通信请求,则自动转入用户程序处理。

PLC 进行用户程序处理时,是分信号采集、逻辑运算、输出刷新三个阶段进行的。

在信号采集阶段,CPU 首先通过输入接口把各个主令电器的通断状态存储进对应的输入存储器,然后将输入存储器当前的信号状态寄存到对应的输入镜像寄存器中、将辅助存储器当前的信号状态寄存到对应的辅助镜像寄存器中、将输出存储器当前的信号状态寄存到对应的输出镜像寄存器中。

在逻辑运算阶段,CPU 从程序的第一条指令开始,首先对用户程序指定的输入镜像寄存器或者辅助镜像寄存器或者输出镜像寄存器的信号状态进行用户程序规定的逻辑运算,然后用所得的运算结果去改写相应的辅助镜像寄存器或者输出镜像寄存器的信号状态;接着进行第二条指令的运算,并再次用所得的运算结果去改写相应的辅助镜像寄存器或者输出镜像寄存器的信号状态;再进行第三条指令的运算;……,当运算到最后一条 END 时,逻辑运算停止。

在输出刷新阶段,CPU 对辅助存储器和输出存储器的信号状态进行刷新,即把辅助镜像寄存器中的信号状态写到对应的辅助存储器中,把输出镜像寄存器中的信号状态写到对应的输出存储器中,以便于下一循环进行信号采集,同时允许输出存储器把刷新后的信号状态通过输出接口去控制被控电器的运行。

1.3.2 PLC 的工作原理

关于 PLC 的工作原理,许多书籍上都认为:PLC 是在内部设置了若干的“软继电器”,并用这种“软继电器”替代实际的硬件继电器来构成控制系统的,同时还认为 PLC 完全取代

了传统的继电器接触器控制系统。其实这种说法不仅仅是一种“画蛇添足”的解释——它使读者在了解 PLC 的工作原理时无辜地坠入了“软继电器”这个云雾里,而且还是一种误导——它使读者在理解 PLC 的功能时产生了认识偏差,最后导致读者难以弄懂 PLC 的工作原理。

那么,该如何正确地认识 PLC 的工作原理呢?我们认为,可以从对传统继电器接触器构成的控制系统和 PLC 构成的控制系统进行分析比较入手。

图 1.3 示出的是用传统继电器接触器构成的电动机正反转点动控制系统。

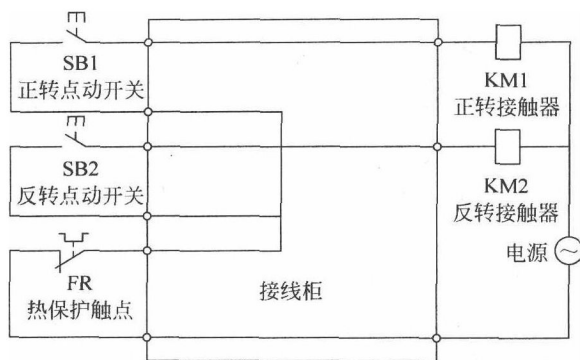


图 1.3 用传统继电器接触器构成的电动机正反转点动控制系统

图 1.4 示出的是用 PLC 构成的电动机正反转点动控制系统。

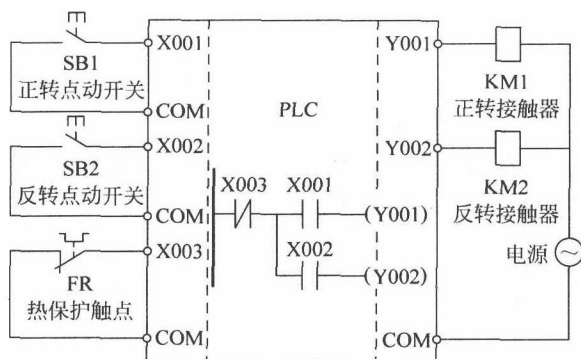


图 1.4 用 PLC 构成的电动机正反转点动控制系统

如果把图 1.3 的各组成部分和图 1.4 的各组成部分全部改成用方框图来表示,则会得出传统继电器接触器控制系统的构成方框图和 PLC 控制系统的构成方框图,分别如图 1.5 和图 1.6 所示。

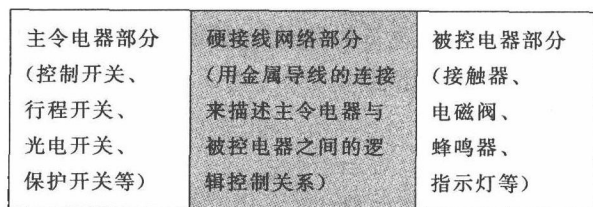


图 1.5 传统继电器接触器控制系统构成方框图

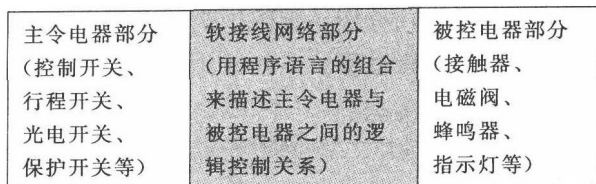


图 1.6 PLC 控制系统构成方框图

分析比较图 1.5 和图 1.6 后可以看出：

(1) 由于 PLC 控制系统是由工业计算机与传统继电器控制系统结合起来的，因此 PLC 控制系统还保留着传统继电器控制系统中的许多部分——PLC 控制系统的主令电器部分与传统继电器控制系统的主令电器部分是完全一样的，PLC 控制系统的被控电器部分与传统继电器控制系统的被控电器部分也是完全一样的。这就是说，PLC 控制系统并没有用所谓的“软继电器”替代实际的硬件继电器来构成控制系统，PLC 也没有完全取代传统的继电器控制系统。

(2) 由于研发 PLC 的初衷是要用 PLC 来代替难以更改的硬接线，因此 PLC 控制系统也有与传统继电器控制系统完全不同的地方——传统的继电器控制系统，是借助于“硬接线网络”把主令电器和被控电器直接地连接成控制系统，来实现用户规定的控制功能，而 PLC 控制系统，则是借助于“软接线网络”把主令电器和被控电器间接地连接成控制系统，来实现用户规定的控制功能。

分析比较的结果告诉我们，对 PLC 的准确认识应该是——PLC 在控制系统中实际上仅等效于(或者说只相当于)一个“软接线网络”！

那么，PLC 是如何实现这个“软接线网络”的呢？

首先，我们把主令电器和被控电器的通断状态通过输入/输出接口传送给 PLC 中的电子存储器，并规定用存储器的 1 状态来代表被控电器线圈的得电、同时代表主令电器及被控电器触点的动作(即常闭触点断开、常开触点闭合)，用存储器的 0 状态来代表被控电器线圈的失电、同时代表主令电器及被控电器触点的复位(即常开触点断开、常闭触点闭合)；然后，我们用某种程序语言描述出主令电器与被控电器之间的逻辑控制关系，再由 PLC 内部的单片机按照程序描述的逻辑控制关系对相关存储器的状态进行逻辑运算处理——即用“与逻辑”运算来代表继电器控制电路中的“串联连接”、用“或逻辑”运算来代表继电器控制电路中的“并联连接”、用复杂的“与或逻辑”运算来代表继电器控制电路中复杂的“串并联连接”(因为单片机中的“与逻辑”和“或逻辑”实际上与继电器控制电路中的“串联连接”和“并联连接”是完全等效的)；最后再把逻辑运算处理的结果通过输出接口去控制被控电器的运行或停止。由于主令电器与被控电器之间的逻辑控制关系是由程序来描述的，而程序又是可编可改的，因此 PLC 就等效地实现了一种“万能软接线网络”的功能。

当我们把 PLC 这个“万能软接线网络”连接在主令电器和被控电器之间时，我们就间接地把主令电器和被控电器连接成一个完整的控制系统了。

这就是准确的 PLC 的工作原理。

1.3.3 PLC 的工作过程

前面我们抽象地介绍了 PLC 的工作方式和工作原理，为了使大家对 PLC 的工作原理

能了解得更直观更清晰一些,这里专门介绍一下图 1.7 所示的机床电动机连续正转与点动正转控制系统 PLC 梯形图程序的执行过程。

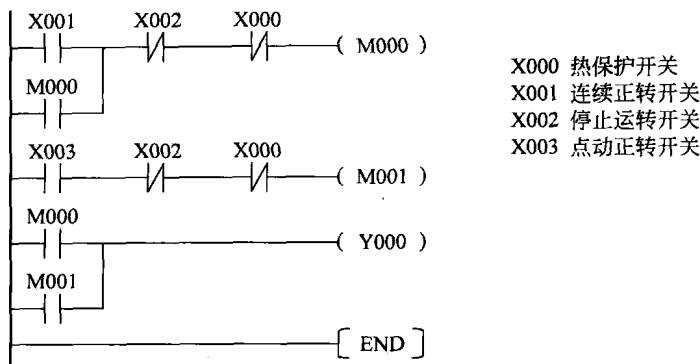


图 1.7 机床电动机连续正转与点动正转控制系统梯形图程序

1. 第一循环

- (1) 内部处理: 无故障。
- (2) 通信处理: 无请求。
- (3) 用户程序处理。

① 信号采集: 假设此时连续正转开关和点动正转开关均未压合, 则此时存储到输入镜像寄存器中的信号为——X000 为 1 电平, X001 为 0 电平, X002 为 1 电平, X003 为 0 电平; 存储到辅助镜像寄存器中的信号为——M000 为 0 电平, M001 为 0 电平; 存储到输出镜像寄存器中的信号为——Y000 为 0 电平。

② 逻辑运算: 本例中第一条程序的运算步骤是先取 X001 和 M000 进行或运算, 其结果和 X002 进行与非运算, 其结果再和 X000 进行与非运算, 然后把运算结果送至 M000 辅助镜像寄存器; 第二条程序的运算步骤是先取 X003 和 X002 进行与非运算, 其结果再和 X000 进行与非运算, 然后把运算结果送至 M001 辅助镜像寄存器; 第三条程序的运算步骤是取 M000 和 M001 进行或运算, 然后把运算结果送至 Y000 输出镜像寄存器; 第四条程序是逻辑运算结束指令。

由于或运算的公式是 $1+1=1, 0+0=0, 1+0=1, 0+1=1$, 与非运算的公式是 $0 \times 0=1, 1 \times 1=0, 0 \times 1=1, 1 \times 0=1$, 所以:

第一条程序 $0+0=0 \rightarrow 0 \times 1=1 \rightarrow 1 \times 1=0$, 把 0 电平送至 M000 辅助镜像寄存器;

第二条程序 $0 \times 1=1 \rightarrow 1 \times 1=0$, 把 0 电平送至 M001 辅助镜像寄存器;

第三条程序 $0+0=0$, 把 0 电平送至 Y000 输出镜像寄存器;

第四条程序结束运算。

③ 输出刷新: M000 辅助存储器仍写为 0 电平, M001 辅助存储器仍写为 0 电平, Y000 输出存储器仍写为 0 电平, 此时因输出存储器 Y000 为 0 电平, 故被控电器接触器 KM 无电, 电动机不运转。

2. 第二循环

- (1) 内部处理: 无故障。
- (2) 通信处理: 无请求。

(3) 用户程序处理。

① 信号采集：假设此时连续正转开关已压合，则此时存储到输入镜像寄存器中的信号为——X000 为 1 电平，X001 为 1 电平，X002 为 1 电平，X003 为 0 电平；存储到辅助镜像寄存器中的信号为——M000 为 0 电平，M001 为 0 电平；存储到输出镜像寄存器中的信号为——Y000 为 0 电平。

② 逻辑运算：

第一条程序 $1+0=1 \rightarrow 1 \times 1=0 \rightarrow 0 \times 1=1$ ，把 1 电平送至 M000 辅助镜像寄存器；

第二条程序 $0 \times 1=1 \rightarrow 1 \times 1=0$ ，把 0 电平送至 M001 辅助镜像寄存器；

第三条程序 $1+0=1$ ，把 1 电平送至 Y000 输出镜像寄存器；

第四条程序结束运算。

③ 输出刷新：M000 辅助存储器改写为 1 电平，M001 辅助存储器仍写为 0 电平，Y000 输出存储器改写为 1 电平，此时因输出存储器 Y000 为 1 电平，故 KM 得电，电动机开始正转。

3. 第三循环

(1) 内部处理：无故障。

(2) 通信处理：无请求。

(3) 用户程序处理。

① 信号采集：假设此时连续正转开关已松开，则此时存储到输入镜像寄存器中的信号为——X000 为 1 电平，X001 为 0 电平，X002 为 1 电平，X003 为 0 电平；存储到辅助镜像寄存器中的信号为——M000 为 1 电平，M001 为 0 电平；存储到输出镜像寄存器中的信号为——Y000 为 1 电平。

② 逻辑运算：

第一条程序 $0+1=1 \rightarrow 1 \times 1=0 \rightarrow 0 \times 1=1$ ，把 1 电平送至 M000 辅助镜像寄存器；

第二条程序 $0 \times 1=1 \rightarrow 1 \times 1=0$ ，把 0 电平送至 M001 辅助镜像寄存器；

第三条程序 $1+0=1$ ，把 1 电平送至 Y000 输出镜像寄存器；

第四条程序结束运算。

③ 输出刷新：M000 辅助存储器仍写为 1 电平，M001 辅助存储器仍写为 0 电平，Y000 输出存储器仍写为 1 电平，此时因输出存储器 Y000 仍为 1 电平，故 KM 仍得电，电动机继续正转。

4. 第四~第八循环

(1) 内部处理：无故障。

(2) 通信处理：无请求。

(3) 用户程序处理。

在这 5 个循环中，假设主令电器没有任何通断变化，所以用户程序处理结果与第三循环中的用户程序处理结果完全相同，即电动机一直保持连续正转。

5. 第九循环

(1) 内部处理：无故障。

(2) 通信处理：无请求。

(3) 用户程序处理。

① 信号采集：假设此时停止运转开关已压合，则此时存储到输入镜像寄存器中的信号为——X000 为 1 电平，X001 为 0 电平，X002 为 0 电平，X003 为 0 电平；存储到辅助镜像寄存器中的信号为——M000 为 1 电平，M001 为 0 电平；存储到输出镜像寄存器中的信号为——Y000 为 1 电平。

② 逻辑运算：

第一条程序 $0+1=1 \rightarrow 1 \times 0=1 \rightarrow 1 \times 1=0$ ，把 0 电平送至 M000 辅助镜像寄存器；

第二条程序 $0 \times 0=1 \rightarrow 1 \times 1=0$ ，把 0 电平送至 M001 辅助镜像寄存器；

第三条程序 $0+0=0$ ，把 0 电平送至 Y000 输出镜像寄存器；

第四条程序结束运算。

③ 输出刷新：M000 辅助存储器改写为 0 电平，M001 辅助存储器仍写为 0 电平，Y000 输出存储器改写为 0 电平，此时因输出存储器 Y000 为 0 电平，故 KM 失电，电动机停止运转。

点动控制过程从略，这里不再赘述。

1.4 PLC 的前景

1.4.1 PLC 与其他工业控制系统的比较

1. PLC 控制系统与继电器接触器控制系统的比较

PLC 控制系统与传统的继电器接触器控制系统的比较情况见表 1.1。

表 1.1 PLC 控制系统与传统的继电器接触器控制系统比较表

项 目	继电器接触器控制系统	PLC 控制系统
系统构成	硬件电器加硬件接线	硬件电器加存储器和用户程序
触点数量	较少	无限
体积	庞大	较小
控制功能的实现	用硬接线连接各电器	通过编制用户程序
变更工艺的方法	改变接线	修改用户程序
工艺扩展	较难	容易
控制速度	机械触点，响应速度慢	电子器件，响应速度快
可靠性	差	高
维护性	故障不易查找，工作量大	自诊断和故障指示，维护方便
寿命	短	长

从表 1.1 可看出，PLC 控制系统与传统的继电器接触器控制系统相比，PLC 控制系统显示出了强大的优越性，这正是目前继电器接触器控制系统迅速被 PLC 控制系统所取代的重要原因。

2. PLC 控制系统与工业计算机控制系统的比较

PLC 控制系统与工业计算机控制系统的比较情况见表 1.2。

表 1.2 PLC 控制系统与工业计算机控制系统比较表

项 目	工业计算机控制系统	PLC 控制系统
工作目的	数据计算和管理	工业控制
工作环境	不能适应较恶劣的环境	能适应恶劣的工业现场环境
工作方式	中断方式	扫描方式
系统软件	十分强大	比较简单
编程语言	汇编语言、高级语言	梯形图、顺序功能图
对内存要求	容量大	容量小
对使用者要求	具有一定的计算机基础	具有电气控制基础即可

从表 1.2 可看出：工业计算机控制系统具有强大的数据计算和管理能力，在要求速度快、实时性强、模型复杂的工业控制中占有相当的优势，PLC 控制系统则在适应工业现场环境、编程语言容易掌握方面又略胜一筹。当前，PLC 越来越多地采用计算机技术并加强了与计算机联网通信的能力，使得 PLC 注重于功能控制，工业计算机注重于信息处理，两者优势互补，促进了 PLC 应用飞速发展。

1.4.2 PLC 的特点和优点

由于 PLC 在设计、研制的初期，就已经提出了一系列的指标和要求，再经过若干年的使用、实践、改进和提高，故而使得 PLC 出类拔萃，具备了许多独到的特点和突出的优点。

1. 抗干扰能力强，可靠性高

PLC 在其输入电路、输出电路和电源电路中，采取了多重屏蔽、隔离、滤波、稳压等措施，有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响，从硬件方面提高了 PLC 的抗干扰能力。

PLC 中专门设置了故障检测和诊断程序，能迅速地检查出故障情况并准确指示出故障所在位置，同时采取保存信息、停止运行等保护性措施，从软件方面提高了 PLC 的可靠性；另外，PLC 用大规模集成电路替代分立元件，用电子存储器的状态替代机械触点的状态，用软件替代金属导线的连接，进一步提高了 PLC 的可靠性。因此，目前 PLC 的可靠性指标已远远超出了人们提出的可靠性要求。

2. 功能强，适应面广

现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制等功能，还具有 A/D 转换、D/A 转换、数值运算、数据处理和通信等功能，因此，PLC 既可对开关量控制，也可对模拟量控制；既可以控制一台生产机械、一条生产线，也可以控制一个生产过程，同时还可以与上位计算机机构成分布式控制系统。

3. 系统组合灵活方便

PLC 品种多，档次也多，已形成系列化和模块化，用户可以根据实际需要选用不同的模块来自行灵活地组成不同的控制系统，从而满足不同的控制要求。

4. 通用性强，使用方便

对于同一台 PLC 来说，只需改变一下软件程序，就能够实现不同的控制功能，就能够适应不同的生产工艺，因此通用性极强，使用十分方便。

5. 体积小，重量轻，易于实现机电一体化

PLC 采用大规模集成电路组装，重量轻，功耗低，体积也很小，可安装到机械设备的内部，非常容易实现机电一体化。