

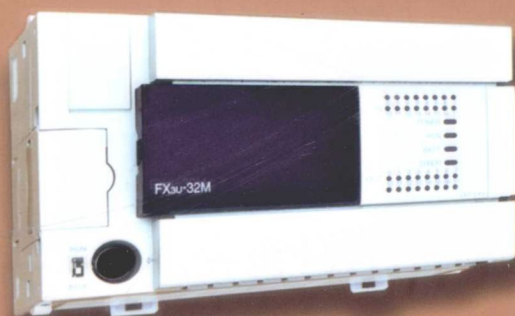
可编程控制器

原理及应用

Programmable Logic Controller
Principles and Application

(第二版)

钟肇燊 冯太合 潘国平 范建东 编著



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

可编程控制器 原理及应用

(第二版)

钟肇燊 冯太合 潘国平 范建东 编著



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

内 容 简 介

本书介绍了可编程控制器的来源、现状及发展,并以当前极具代表性的小型可编程控制器——三菱FX_{3U}系列产品为例,全面、系统地论述了可编程控制器的构成原理、硬件和软件结构、编程软元件和指令系统、扩展设备和外围设备,以及系统设计、编程环境,自动生产线的送料、加工、装配、输送、分拣和全线联机控制的工艺过程、控制要求和编程要点,涵盖开关量控制、模拟量控制、运动控制、数字处理及通信网络、三菱最新系列FX_{5U}特点等方面的内容,配有大量实例,并附有习题和附录。

本书主要作为高等学校自动化、机械电子工程专业及相关专业的教材,对于机电行业的广大技术人员、技术工人来说也是一本更新知识结构及新技术应用的入门教材。本书取材于国外最新技术资料,对于有关方面的研究生和国产化可编程控制器的设计人员也极具参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用/钟肇桑等编著. —2版. —广州:华南理工大学出版社,2016.10
ISBN 978-7-5623-5004-0

I. ①可… II. ①钟… III. ①可编程序控制器-高等学校-教材
IV. ①TM571.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第231105号

可编程控制器原理及应用(第二版)

钟肇桑 等编著

出 版 人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学17号楼,邮编510640)

http://www.scutpress.com.cn E-mail: scute13@scut.edu.cn

营销部电话: 020-22236386 22236378 87113487 87111048

责任编辑: 詹志青

印 刷 者: 广州市穗彩印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 24.25 字数: 605千

版 次: 2016年10月第2版 2016年10月第2次印刷

印 数: 6001~12000册

定 价: 45.00元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

再版前言

本书在2015年1月出版的《可编程控制器原理及应用》的基础上修订而成,介绍了在中国应用比较广泛、代表性较强的三菱FX_{3U}可编程控制器原理及其应用技术。

本次修订主要做了两个方面的工作。一是精简了原书第4章、第5章的内容,在第4章中重点介绍目前应用最多的顺序功能图编程方法,在第5章中删除了一些不常用的功能指令。二是增加了可编程控制技术工程应用方面的内容,包括可编程控制系统设计和自动生产线的应用、编程环境和最新推出的三菱FX_{5U}系列产品。

修订后,全书主要内容可分为可编程控制技术基础篇和应用篇。

可编程控制技术基础篇由第1章至第5章组成,主要包括可编程控制技术的特点、发展和应用,可编程控制器的组成结构和工作原理、分类和技术性能,详细介绍三菱FX_{3U}可编程控制器基本指令和梯形图编程方法,重点介绍功能指令和顺序功能图编程方法。

可编程控制技术应用篇由第6章至第9章组成,主要包括可编程控制器的扩展设备、外围设备和可编程控制系统设计,自动生产线单机和联机控制实例,三菱可编程控制器编程软件GX Works2和最新推出的三菱FX_{5U}系列产品。

本书附有习题;附录中简明汇总了FX_{3U}可编程控制器的编程方面的重要资料;书中采用了大量实例介绍单流程、选择流程及并行流程控制的顺序功能图编程方法和创建过程,特别是详细地分析了自动生产线的送料、加工、装配、输送、分拣和全线联机控制的工艺过程、控制要求和编程要点,可供高等学校自动化、机械电子工程专业及相关专业学生以及机电行业的广大技术人员学习和使用时参考。

由于我们水平有限,书中难免有错漏之处,敬请广大读者批评指正。

编著者

2016年9月28日于广州

前 言

微机技术已经并继续在改变世界。以微机技术为基础的可编程控制器也正改变着工厂自动控制的面貌。经过 30 多年的迅猛发展,可编程控制器已成为现代微电子和软件技术在控制领域应用的一个非常成功的产品。由于其极高的可靠性、较低的采购成本和开发成本、很强的扩展性能,在国内外都已经迅速普及应用,并仍在高速地发展。它早已突破纯粹开关量控制的局限而进入过程控制、位置控制、运动控制、通信网络、总线控制、人机界面等领域,成为机电控制及过程控制不可缺少的核心控制部件。可编程控制器与机器人、CAD/CAM 并称为工业生产自动化的三大支柱。

20 世纪 90 年代初,国外进口设备上的可编程控制器型号多样,技术资料不全,国内销售单位提供的资料甚少且往往是外文的,这就造成可编程控制器推广应用的困难。许多单位在办培训班时遇到的最大困难往往是缺乏教材,教学单位更是为实验装置的配置而烦恼。有感于此,我们查阅了大量国内外可编程控制器的资料,于 1990 年编写出版了《可编程控制器原理及应用》(第一版),以当时最新、极具特色、有代表性的日本三菱 FX₂ 系列超小型可编程控制器作为目标机型,全面叙述可编程控制器的原理、应用及编程方法。

随着可编程控制器技术的不断发展,我们适时修订,2003 年第三版以 FX_{2N} 为目标机型;2007 年,三菱公司又向中国市场推出新的机型 FX_{3U},为了及时让读者了解最新的产品动态,2008 年修订出版第四版,以一章的篇幅介绍 FX_{3U} 系列,该版列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,并于 2009 年获“中国大学出版社图书奖第九届优秀畅销书奖二等奖”。本书被全国几十所高等院校选作教材,亦得到相关研究人员和工程技术人员的广泛好评。

电子科技在当今信息时代是以加速度的状态快速发展的。近年来,随着软、硬件技术的进步,市场竞争的加剧,PLC 厂商推出各种新产品的周期也不断缩短,以期用更强的性能、更可靠的质量、更低的价格保住或扩大市场份额。作为小型 PLC 市场的领导者,三菱公司也不断加快新产品上市的速度。目前,FX_{3U}/FX_{3UC} 系列已被越来越多的用户所采用,而 FX_{3G} 系列作为性能稍低的一个

系列,也已在市场上有相当大的销量。相比于前一代的产品,这两个系列增强了扩展性能,大幅提高了软硬件指标,指令更为丰富。因此,本书以 FX_{3U} 为目标机型,内容全面更新,不作为修订版本。

当然,由于产品的指令系统有良好的向下兼容性,原来的 FX_{2N}/FX_{2NC}/FX_{1N}/FX_{1S} 的用户完全可以在本书中找到其所有指令的使用说明。因时间关系,本书将不特别指出哪些指令是 FX_{3U} 才可以使用而其它系列不能使用。使用 FX_{3U} 以外机型的读者如以本书为编程参考书,请在互联网或随机手册上先了解对应机型可使用的指令,以免浪费宝贵的时间。

因水平有限,书中难免有错漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 1 月于广州

目 录

1 概述	1
2 可编程控制器的工作原理及结构特点	6
2.1 可编程控制器的工作原理	6
2.2 可编程控制器的构成	8
2.3 可编程控制器的结构特点	17
2.4 可编程控制器的一般技术指标	19
2.5 可编程控制器编程语言	24
2.6 可编程控制器编程软元件	27
3 基本逻辑指令	52
3.1 逻辑取及输出线圈(LD/LDI/OUT)	54
3.2 触点串联(AND/ANI)	56
3.3 触点并联(OR/ORI)	57
3.4 脉冲式触点指令(LDP/LDF/ANP/ANF/ORP/ORF)	57
3.5 串联电路块的并联(ORB)	59
3.6 并联电路块的串联(ANB)	60
3.7 多重输出指令(MPS/MRD/MPP)	60
3.8 主控触点(MC/MCR)	63
3.9 自保持与解除(SET/RST)	66
3.10 空操作(NOP)	67
3.11 脉冲输出指令(PLS、PLF)	68
3.12 逻辑运算结果取反(INV)	68
3.13 逻辑运算结果脉冲化指令(MEP、MEF)	69
3.14 计数器、定时器(OUT/RST)	70
3.15 程序结束(END)	71
3.16 编程注意事项	71
3.17 编程实例	73
4 顺序功能图编程	85
4.1 顺序功能图	85
4.2 SFC 程序的创建	86
4.3 SFC 编程基础	90
4.4 SFC 流程基本形式	96
4.5 编程实例	102
5 功能指令	112
5.1 功能指令通则	112
5.2 程序流控制	117

5.3	传送和比较	130
5.4	四则运算及逻辑运算	136
5.5	循环移位与移位	141
5.6	数据处理	146
5.7	高速处理	149
5.8	方便指令	161
5.9	外部 I/O 设备	166
5.10	外部设备	179
5.11	实数处理	190
5.12	其它指令	194
6	可编程控制系统设计	202
6.1	基本单元和扩展	202
6.2	模拟量输入输出	204
6.3	高速输入输出	218
6.4	通信和网络	221
6.5	外围设备	230
6.6	系统设计	240
7	可编程控制技术应用	247
7.1	实训实验台	247
7.2	供料单元控制	250
7.3	冲压加工单元控制	255
7.4	装配单元控制	259
7.5	分拣单元控制	265
7.6	输送单元控制	272
7.7	系统全线运行控制	277
8	三菱 GXWorks2 编程软件	290
8.1	概述	290
8.2	创建梯形图程序	292
8.3	创建 SFC 程序	306
8.4	编程学习软件	312
9	FX _{5U} 可编程控制器系列产品简介	320
9.1	基本单元	320
9.2	系统构成	326
9.3	程序结构与标签	330
9.4	编程语言	332
附 录		340
附录 A	应用指令一览(按功能号/按指令种类/按字母顺序)	340
附录 B	FX 系列的特殊软元件	358
参考文献		380

1 概述

可编程控制器(programmable controller)缩写为 PC,为了与个人计算机的 PC(personal computer)相区别,有时在 PC 中人为地增加了 L(logical)而写成 PLC。

自 1969 年第一台可编程控制器面世以来,经历了 40 多年的发展,可编程控制器已经成为一种最重要、最普及、应用场合最多的工业控制器。

1969 年美国的 DEC 公司制成了第一台可编程控制器,投入通用汽车公司的生产线控制中,取得了极满意的效果,从此开创了可编程控制器的新纪元。

1971 年日本开始生产可编程控制器;1973 年欧洲开始生产可编程控制器;1974 年我国也开始研制可编程控制器。随着微电子技术、计算技术、通信技术、容错控制技术、数字控制技术的飞速发展,可编程控制器的数量、型号、品种以异乎寻常的速度发展。

目前,可编程控制器的生产厂家众多,产品型号、规格不可胜数,但主要分为欧、日、美三大块。在中国市场上,欧洲的代表是西门子、施耐德,日本的代表是三菱和欧姆龙、松下,美国的代表是 AB 与 GE。各大公司在中国均推出自己的从微型到大型的系列化产品。国产 PLC 在最近几年有了突破性的发展,有的企业已经开发出大中小型的系列产品,并应用到一些重要的大型工程及各种设备上。可以期待,随着经验的积累,基础元件的自主开发能力增强,以及成本上的优势,国产 PLC 在将来必有上佳的表现。

目前,在中国大陆市场上影响较大的西门子、三菱等公司,所推出的 PLC 均为从大到小全系列的产品,可以满足各种各样的要求。

三菱公司的产品有:

Q 系列 } 为模块式大型 PLC,单机最大 I/O 容量为 8K 点;
L 系列 }
FX 系列 为小型 PLC,单元式,单机最大容量为 512 点。

西门子公司产品有:

S7-1200 微型 PLC,单机最大容量为 256 点;
S7-300 小到中型 PLC,单机最大容量为 1K 点;
S7-400 大到超大型 PLC,单机可组态点数过万点。

可编程控制器 40 多年来发展迅速,因而国际电工委员会(IEC)专门为其制定了一个标准——IEC 1131 标准。该标准分五个部分。我国参照 IEC 1131 于 1995 年也为可编程控制器制定了国家标准——GB/T 15969。目前,IEC 的 PLC 标准已经更新为 IEC 61131,内容也增加到 8 个部分。我国相应的标准也随之相应做出更新,陆续在 2003 至 2009 年间发布。

GB/T 15969 基本上采用了 IEC 1131 标准的 8 个部分,其主题内容与适用范围为:

(1) 第 1 部分:通用信息(Programmable controllers Part 1: General information)(GB/T 15969.1—2007)

本标准适用于可编程控制器及其有关的外围设备,如编程和调试工具(PADTs)、人机界面等类控制和操控机器或工业过程的设备。

这个部分给出了本标准中涉及的术语的定义。它也定义了可编程控制系统的基本功能特性。

(2)第2部分:设备要求与测试(Programmable controllers Part 2:Requirements and tests)(GB/T 15969.2—2007)

本标准选择和应 PLC 及相关外设给出了定义和确定基本的特性。本标准详述了适用于 PLC 及其外设的功能指标、电气指标、机械指标、结构指标、服务(服务、存储和运输)条款、安全性能、EMC 特性、用户编程、测试方法的最低要求。

(3)第3部分:编程语言(Programmable controllers Part 3: Programming languages)(GB/T 15969.3—2005)

本部分规定了可编程控制器(PLC)编程语言的语法和语义。

程序输入、测试、监视、操作系统等功能在 GB/T 15969.1 中规定。本部分等同于 IEC 61131.3:2002(ED2.0)的翻译版本。(注:IEC 61131.3 现有版本为 2013(ED3.0))

(4)第4部分:用户导则(Programmable controllers Part 4:User guidelines)(GB/T 15969.4—2007)

这部分是一份技术报告(Technical Report),目的在于帮助 PLC 的最终用户了解 GB/T 15969 系列标准,并使他们充分有效地使用符合相关标准的 PLC 产品,且从中受益。

(5)第5部分:通信(Programmable controllers Part 5:Communication)(GB/T 15969.5—2002)

这部分详述了可编程控制器的通信特征。这部分是从可编程控制器的角度,规定了其它设备如何同作为服务器的可编程控制器通信以及可编程控制器如何同其它设备通信。它主要是规定了可编程控制器在为其它设备提供通信服务时的运行特性以及可编程控制器的应用程序可从其它设备处请求得到的服务。但它并不规定可编程控制器作为路由器或网关时其它设备之间如何通信。作为客户机或服务器时,可编程控制器的运行特性的规定是独立于某特定的通信子系统的,但是通信功能可受限于该通信子系统。

(6)第6部分:功能性安全

国标中这部分的内容还是空白(保留),但 IEC 已经在 2012 年 10 月发布了最新的标准,在此,对这部分内容作一简单介绍。

这部分规定了 IEC 61131 第 1 部分所定义的可编程控制器及其外围设备要作为一个电气/电子/可编程电子(E/E/PE)安全相关系统的逻辑子系统时的要求。一台可编程控制器及其外围设备符合这部分标准的要求则可被认为适用于一个 E/E/PE 安全相关系统,并可被称为功能安全可编程控制器(FS-PLC)。一台 FS-PLC 通常是一个硬件/软件子系统,它也可以包括软件元素,例如预定义功能块。

(7)第7部分:模糊控制编程(Programmable controllers Part 7:Fuzzy logic programming)(GB/T 15969.7—2008)

这部分定义了可在可编程控制器中应用模糊控制的编程语言。本标准的这部分的目的是,是提供给生产者和用户按本标准的第三部分,将模糊控制应用集成于可编程控制器的编程语言中的基本方法,以及在各种编程系统之间互换模糊控制程序编码的可能性。

(8)第8部分:编程语言的应用和实现导则(Programmable controllers Part 8:Guidelines for application and implementation of programming languages)(GB/T 15969.8—2003)

这部分标准用于使用 GB/T 15969.3 定义的编程语言的可编程控制器系统的编程。它提供了这些语言在可编程控制器系统和它们的编程支持环境(PSEs)中实现的导则。

可编程控制器(PLC)——一种用于工业环境的数字式电子系统。这种系统用可编程的存储器作为面向用户指令的内部寄存器,完成规定的功能,如逻辑、顺序、定时、计数、运算等,通过数字或模拟的输入、输出,控制各种类型的机械或过程。可编程控制器及其外围设备的设计,使它能够非常方便地集成到工业控制系统中,并能很容易地达到人们所期望的目标,可简称为 PLC。

可编程控制器的应用之广,可用一句话概括,即“可编程控制器,无所不在”。

可编程控制器作为一种通用的工业控制器,它可用于所有的工业控制领域。当前,国内外已广泛地将可编程控制器成功地应用到机械、汽车、冶金、石油、化工、轻工、纺织、交通、电力、电信、采矿、建材、食品、造纸、军工、家电等领域,并且取得了相当可观的技术经济效益。

可编程控制器的主要应用是实现工业自动化,主要包括顺序控制、过程控制和运动控制等。

1. 顺序控制

顺序控制是开关量的控制,根据系统的开关量输入,产生开关量输出,以使系统能够按照特定的顺序工作。这也是可编程控制器最初出现、替代继电器控制系统的初衷。顺序控制包括:根据事件出现的条件实施的控制、根据动作完成的情况实施的控制、根据时间推进的过程实施的控制、根据累计计数的结果实施的控制,以及这些控制方法的组合。

2. 过程控制

过程控制是有模拟量参与的控制。模拟量一般是指随时间连续变化的量,如电流、电压、温度和压力等。过程控制是根据系统有关模拟量的输入,产生所需要的开关量输出及模拟量输出,以使系统能够按照控制要求和参数稳定地工作。过程控制按照控制类型可分为开关控制、比例(P)控制、积分(I)控制、微分(D)控制及它们的组合。

3. 运动控制

运动控制主要指对工作机械的位置、速度和加速度实施的控制,其特点是采用了高速脉冲处理的运动控制技术,带有脉冲输入和输出功能扩展单元或模块。运动控制可以是单坐标控制,即单轴系统,控制对象做直线运动;也可以是多坐标、多轴系统,控制对象做平面运动、立体运动等;还可以控制多个对象,并使它们的相互运动关系协调一致。

此外,可编程控制器还可以用于数据采集、存储、检索、变换和传输等的信息控制,是工业信息化的基础。可编程控制器还具有多种通信接口,可以与智能传感器、智能执行机构、可编程终端等设备连成网络,进行通信、交换数据,实现远程控制。

顺序控制、过程控制和运动控制,以及信息控制和远程控制这五大控制是工业控制自动化、信息化、远程化的基础,进一步才有可能实现工业控制智能化。要实现这么多的控制手段,仅仅依靠可编程控制器是远远不够的,但是,可编程控制器已经成为其中的主角是公认的事实。

伴随着微电子技术、控制技术与信息技术的不断发展,可编程控制器也在不断地发展。可编程控制器的发展趋势主要体现在以下几个方面:

1. 高性能、低能耗

PLC 的发展,性能指标的提升是非常显著的。随着软硬件技术的进步,PLC 产品的性能

不断升级。以一个衡量 PLC 性能的重要指标——指令执行周期为例,目前,即使是微型 PLC 产品,每个逻辑指令的执行周期已经从几百纳秒缩短到几十纳秒,大型的高端产品更是缩短到几纳秒。再如模/数转换单元,转换位数从早期的 8 位到后来的 12 位,再到现今的 16 位,不但转换精度大大提高,转换速度也成倍提高了。

新一代 PLC 的内部软件应用环境也大为改善。程序容量、软元件数量、指令数量、高速计数的数量及计数频率、脉冲输出的频率等等,都有明显的增加,使用更为方便。这些都为 PLC 应用在规模更大、控制精度和速度更高、逻辑关系更复杂的场合打下了基础。

与此同时,PLC 的体积却在缩小。现在所说的大型 PLC 系统,往往只是指其可以达到的控制规模(如 I/O 点数),而不一定与其实尺寸有关了。可以说,PLC 的体积已经小到一定的极限,考虑到接线、信号显示等实际操作的需求,几乎没有再缩小的空间了。

这些进步并没有带来 PLC 价格的大幅上涨,而 PLC 的生产与使用所消耗的能源反而相应减少了。这些因素,使得 PLC 性价比越来越高,也非常符合当前绿色环保的社会发展环境要求。

2. 人性化、专家化

开发软件越来越强大,但又越来越人性化,简单易用。PLC 除了硬件的快速发展,相关的软件也有了长足的进步。不论是用户软件开发环境,还是编程语言的通用性、多样性,都有很大的发展。

PLC 的应用,离不开用户自行开发的在控制现场使用的软件。用户软件的优劣,对实际系统的性能有很大的影响。Windows 环境基本上是现在 PLC 用户软件开发的标准配置。开发者可以很方便地使用这一环境下通用的操作方式编写程序,保存、拷贝、剪贴、翻页等与其它应用软件都是一致的,界面也是类似的风格,开发者只要对 PLC 有所了解,通过短时间的学习,就能很自如地在个人计算机上开发出所需的用户程序。

IEC 关于 PLC 的标准近十年有版本及内容上的更新;针对软件部分,也有新的标准。这促使 PLC 厂商改进自己的产品,使之能符合相关的要求。在编程语言方面,除了传统的基本的指令表、梯形图,厂家都增加了高端产品对高级语言、结构化语言的支持。编程人员以此为工具,能很方便地处理大量的数据,进行复杂的计算,从而满足更多样的控制需求。

目前,各 PLC 厂商的用户程序虽然在诸如指令代码、地址编码、符号等方面自成一体,但都符合 IEC 的标准或正升级到与之相一致。以此为基础,各厂商之间的用户程序的自动转换成为可能,用户则可以减少在转换或融合不同系统时所需耗费的开发时间。实际上,一些不同品牌的低端产品间的用户程序的转换软件已经面世。

软件的专家化也是一个发展方面。随着控制系统的日益复杂化,控制程序也日益繁杂,对编程人员的要求也越高。但随着 PLC 的普及,编程人员的专业教育程度并不一定很高,在解决一些复杂的控制问题时,会遇到很大的困难。随着标准的执行,使得生产厂商可依据标准,提供针对某一类型控制对象的软件包,以软件功能块的形式免费提供或销售给用户,以帮助用户解决问题,构成专家级的控制系统。

3. 网络化

总线标准的制定,技术的提升,选择日渐集中,成本下降,产品多样化,这些因素使得总线网络产品的应用在近几年有着快速的增加。

基于总线标准建立的控制系统,向上,可以与信息管理系统连接,将生产数据直接反馈

到上级网络中,实现管理与生产的双向沟通。编程维护人员也可能通过网络实现对系统的远程调试、维护等。向下,采用总线方式连接的元件、I/O 模块、驱动单元、控制单元等,可以实现就地安装,节省配线,减少干扰,降低维护成本。

4. 集成化

PLC 已经成为很多典型的控制方案的唯一选择,如恒压供水的水泵切换控制。在这些方案中,往往又涉及如变频器、伺服驱动器等必需的控制器件。于是,有厂商就推出了将 PLC 集成在这些器件中的产品,针对典型的应用,用户可以直接设置相关的参数,连编程的过程都可以省略。目前,在市场上可以看到将 PLC 集成在变频器、伺服驱动器、人机界面的产品。可以预见,将来会出现更多这类集成了 PLC 的控制器件。

5. 多样化与专用化

PLC 的高可靠性与易用性,使之在各种特定控制场合都很受欢迎。专用的 PLC 系统也越来越多。例如,嵌入 Windows XP 的 CPU 模块,可以运行基于 Windows 开发的各类软件,支持强大的数据运算或数据医疗库管理等。对于以轴或空间转移为对象的运动控制,如印刷机等,也有专门的产品。不少厂商还推出了适用于某类设备、过程的 PLC,如用于注塑机、电梯及用于过程控制的专用产品。

2 可编程控制器的工作原理及结构特点

2.1 可编程控制器的工作原理

可编程控制器是一种工业控制计算机,其核心就是一台计算机。但由于有接口器件及监控软件的包围,因此,其外形不像计算机,操作使用方法、编程语言甚至工作原理都与计算机有所不同。另一方面,作为继电控制盘的替代物,由于其核心为计算机芯片,因此与继电器控制逻辑的工作原理也有很大区别。

下面通过一个电路实例来说明这个问题。

例 2-1 有 2 个开关 X1、X2,其中任何一个接通都将立即点亮红灯,2s 后点亮绿灯。

解 为解决以上问题,我们选用 2 个按钮开关、2 个常开继电器及 1 个具有延时 2s 后闭合触点的时间继电器,构成图 2-1 所示的电路。

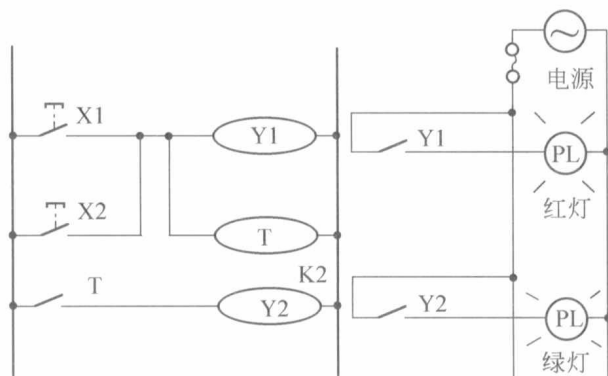


图 2-1 例 2-1 电路

继电器电路工作过程:如图 2-1 电路所示,当 X1 或 X2 任一按钮按下后,线圈 Y1 接通,Y1 触点同时接通,时间继电器线圈 T 开始计时。此时,T 触点因时间未到,因此未接通。一旦时间到,T 触点接通,则 Y2 线圈接通,同时 Y2 触点接通,整个过程完成。

可编程控制器的工作过程:先读入 X1、X2 触点信息,然后对 X1、X2 状态进行逻辑运算,若逻辑条件满足,Y1 线圈接通,此时外触点 Y1 接通,外电路形成回路,红灯亮;在定时时间未到时,T 触点接通的条件不满足,因此 Y2 线圈不通电,绿灯不亮;在到 T 时间后,Y2 线圈才接通,Y2 触点接通,绿灯亮。

由例 2-1 可见,整个工作过程需要读入开关状态、逻辑运算、输出运算结果共三步。输入的是给定量或反馈量,输出的是被控量。因为计算机每一瞬间只能做一件事,因此工作的次序是:输入→第一步运算→第二步运算……最后一步运算→输出。这种工作方式就称为扫描工作方式。从输入到输出的整个执行时间称为扫描周期。

可编程控制器的工作过程如图 2-2 所示。

1. 输入处理

程序执行前,可编程控制器的全部输入端子的通/断状态读入输入映像寄存器。

在程序执行中,即使输入状态变化,输入映像寄存器的内容也不变,直到下一扫描周期的输入处理阶段才读入这变化。另外,输入触点从通(ON)→断(OFF)[或从断(OFF)→通(ON)]变化到处于确定状态止,输入滤波器还有一响应延迟时间(约 10 ms)。

2. 程序处理

对应用户程序存储器所存的指令,从输入映像寄存器和其它软元件的映像寄存器中将有关软元件的通/断状态读出,从 0 步开始顺序运算,每次结果都写入有关的映像寄存器,因此,各软元件(X 除外)的映像寄存器的内容随着程序的执行在不断变化。

输出继电器的内部触点的动作由输出映像寄存器的内容决定。

3. 输出处理

全部指令执行完毕,将输出 Y 的映像寄存器的通/断状态向输出锁存寄存器传送,成为可编程控制器的实际输出。

可编程控制器内的外部输出触点对输出软元件的动作有一个响应时间,即有一个延迟才动作。

以上的方式称为成批输入/输出方式(或刷新方式)。当我们需要减小这种工作方式导致的输入输出响应延迟时,可以使用 5.7 节介绍的“输入输出刷新”指令。一般情况下,输入信号的频率不应高于 25Hz。如需处理高速的信号,就需要用到高速计数器功能、输入中断功能、脉冲捕捉功能、输入滤波功能。

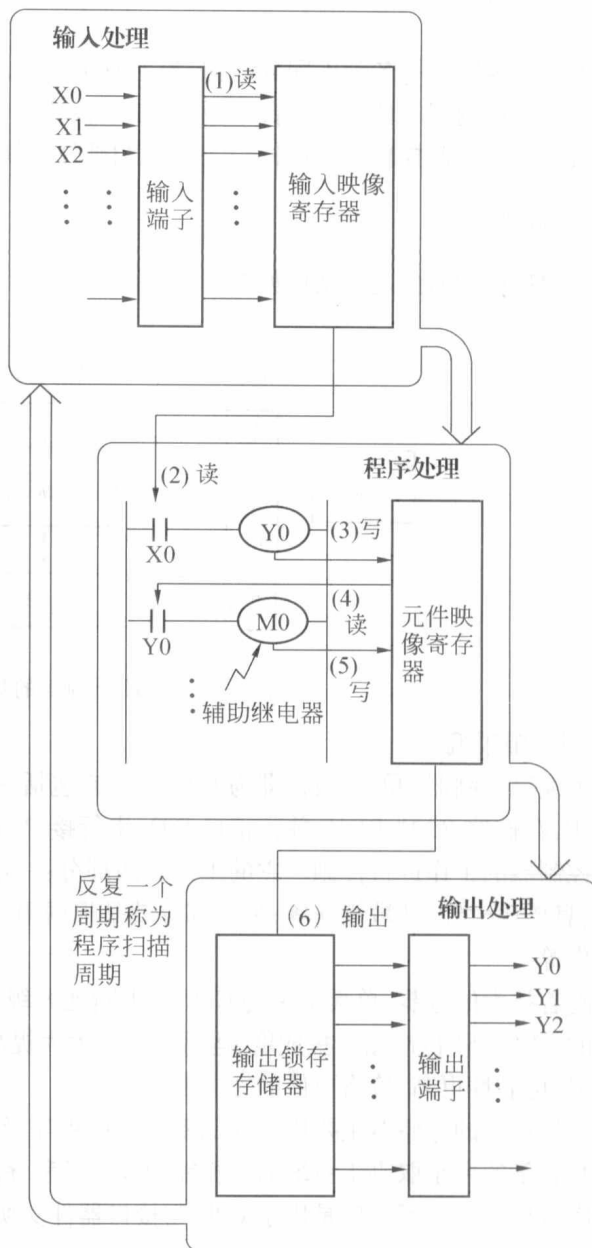


图 2-2 可编程控制器的工作过程

2.2 可编程控制器的构成

可编程控制器有各种不同的结构,为了简化问题,下面以小型可编程控制器为例。

可编程控制器的核心是一台单板机,在单板机外围配置了相应的接口电路(硬件),在单板机中配置了监控程序(软件)。下面介绍硬件及软件的构成及作用。

2.2.1 硬件

可编程控制器的基本结构如图 2-3 所示。

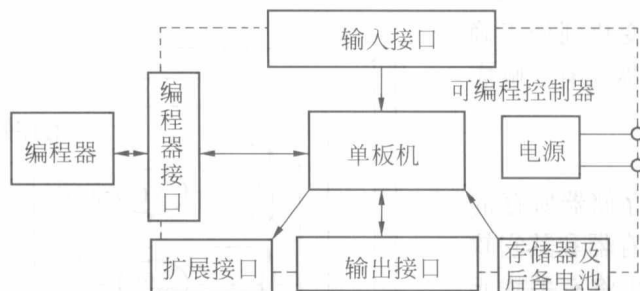


图 2-3 可编程控制器的基本结构

2.2.1.1 单板机

可编程控制器中的单板机即为 CPU 板。它包括一台基本计算机必需的部件:中央处理器 CPU,存储器 RAM、ROM,并行接口 PIO,串行接口 SIO,时钟 CTC。它的作用是对整个可编程控制器的工作进行控制。它的工作分两部分:一部分是对系统进行管理,如自诊断、查错、信息传送时钟、计数刷新等;另一部分就是根据用户程序执行输入输出操作、程序解释执行操作等。

随着技术的进步,单板机中的 CPU 也不断地升级。从初期采用的 4 位、8 位机,发展到现今的 32 位、64 位产品。集成度、运行速度也大大提高,使可编程控制器朝着体积更小、功能更强、可靠性更高、价格更低的方向发展。

单板机中的存储器主要用于存储系统监控程序及系统工作区间,并且用于生成用户环境。其容量的大小取决于系统的工作能力及系统程序的质量。

串行接口和并行接口是用于 CPU 与接口器件交换信息的,它的数量取决于系统规模的大小。

单板机中的定时器/计数器是用于产生系统时钟及用户时钟信息的。这里需要注意,在一台单板机中,CTC 的数量是很有限的,但经过系统监控程序的处理,可以产生几十个甚至数百个相对独立的计数器和定时器。

可编程控制器的用户程序及参数的存储器有两种类型。一种是 RAM,通常都是 CMOS 型的,耗电极微。在可编程控制器中通常都用锂电池作后备,这样在失电时不会损坏程序,在调试时就很方便。另一种是 EEPROM,无需电池后备,但写入次数有一定限制,通常在 10 000 次左右。在一些小型的 PLC 里,考虑到程序调试的次数有限,已经将这

种存储器作为标准配置;在一些大型系统中则作为选件,以便在程序调试完成后固化程序或作为备份。

2.2.1.2 输入接口电路

输入输出信号分为开关量、模拟量及数字量。为简单起见,这里仅阐述开关量信号,模拟量信号和数字量信号留待有关章节叙述。

可编程控制器的一个重要特点就是所有的输入输出信号全部都经过了隔离,任何形式的输入输出最终都是经过光电耦合口或继电器将信号传入/送出 PLC。

输入通常有两种形式。一种是直流输入,其输入器件可以是无源触点或传感器的集电极开路晶体管。它又进一步分为源型(共[+]端)和漏型(共[-]端)。另一种是交流输入,这实际上是将交流信号经整流、限流后再通过光耦传入 CPU。

图 2-4 所示是 FX 系列 PLC 的输入电路(包括 RUN 输入)的例子。此例为直流源型,它包括如下几个部分的内容。

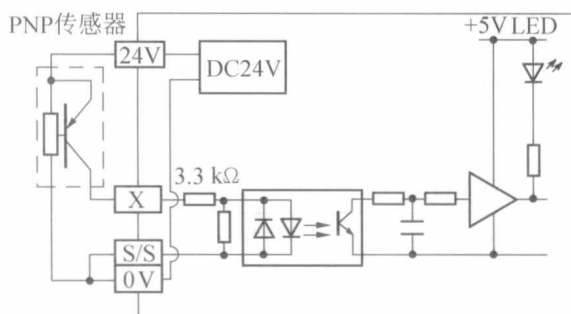


图 2-4 FX 系列 PLC 输入电路

1. 输入端子

当电流通过输入端子时,输入信号接通。公共端为[+]的是源型;公共端为[-]的是漏型。对于源型机,将[S/S]端与[0V]相连;对于漏型机,将[S/S]端与[24V]连接。输入信号为 ON 时输入指示灯亮。所有输入的公共端是[S/S]端子(而不是接地端)。

2. 输入电路

输入电路的 1 次电路与 2 次电路用光电耦合器隔离。2 次电路中设有 RC 滤波器,这是为防止由于输入触点的颤振、输入线混入的噪声引起误动作而设计的。因此,外部输入从 ON→OFF 或 OFF→ON 变化时,PLC 内部有约 10 ms 的响应滞后。其中 X0~X17 配置了数字滤波器,可通过程序或软件设置滤波时间。

3. 输入灵敏度

PLC 的输入电流为 DC 24 V 7 mA 或以下。不同输入点的动作最小电流请参阅表 2-1 中 ON 输入感应电流一栏。为了确实切断,必须取 1.5 mA 以下。

4. 传感器用外部电路

PLC 的输入电流是由 PLC 内部的 DC 24 V 电源供给的,因此,光电开关等传感器用外部电源驱动时,该外部电源须为 DC 24 V ± 4 V,传感器的输出晶体管须为 PNP 集电极开路型(对于源型)或 NPN 集电极开路型(对于漏型)。