

KEBIAN CHENGXU
KONGZHIQI YUANLI
JI ZAI
JIANZHU ZHONGDE
YINGYONG

● 黄民德 杨国庆 编

可编程序控制器原理
及在建筑中的应用

(修订版)



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

可编程序控制器原理 及在建筑中的应用

(修订版)

黄民德 杨国庆 编



天津大学出版社

Tianjin University Press

内 容 简 介

本书以日本 OMRON 公司 C 系列 P 型机和 C200H 系列机为背景机,系统介绍了中小型可编程序控制器的基础知识、工作原理、指令系统、通信和编程方法以及对应开发软件 CX-P,并介绍 PLC 的系统设计、施工及在建筑领域中的应用和相关控制实例。为提高读者对可编程序控制器的综合应用能力,本书还附有对指令系统进行学习和系统开发的实验内容。

本书可作为大专院校电气工程及其自动化专业、建筑电气技术专业及其他有关专业的教材,也可作为成人教育和技术培训用教材和可编程序控制器设计、开发、维护人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器原理及在建筑中的应用/黄民德,杨
国庆编著. —天津:天津大学出版社,2004.8

ISBN 7-5618-2013-5

I. 可… II. ①黄… ②杨… III. ①可编程序控制
器②可编程序控制器—应用—建筑 IV. ①TP332.3②
TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 082899 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨风和
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
网 址 www.tjup.com
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 11.75
字 数 293 千
版 次 2004 年 8 月第 1 版
印 次 2004 年 8 月第 1 次
印 数 1—4 000
定 价 19.80 元

再版前言

可编程序控制器是专门为工业控制和现代楼宇设备控制设计的通用自动控制装置。它将计算机技术、自动控制技术和通信技术融为一体,成为实现各行业自动控制系统核心设备。

近年来 PLC 发展很快,应用也越来越广泛。虽然本书在 1998 年出版后受到好评,但随着楼宇自动化技术的发展,还需增补一些新的内容,所以我们决定重写此书。在修订版中,增加了 C200H 机型及对应的通信和开发软件及相关的控制实例和实验内容。希望本书能更好地满足读者的需要,也欢迎同行批评、指正。

前 言

可编程序控制器(PLC)是专门为工业控制设计的通用自动控制装置。它将计算机技术、自动控制技术和通信技术融为一体,成为现代工业自动化的支柱之一,是实现 FA(工厂自动化)、BA(楼宇自动化)和现代大型建筑施工机械自动控制的核心设备。

近年来,可编程序控制器已广泛应用于工业生产的自动化控制领域,所以各工科院校有关专业开设了这门课程。此课程不仅成为电专业的技术基础课,而且还成为广大非电专业学生要了解的基础知识。但公开发行的可编程序控制器适用教材较少,给广大师生和技术人员的学习带来许多不便。为此,我们编写了本书。

目前国际上可编程序控制器的品种很多,虽然它们的结构、性能和指令系统有所不同,但就可编程序控制器技术而言都是大同小异,读者只要比较深入地掌握了其中的一两种,其他的也就迎刃而解了。本书选用了目前国内应用比较有代表性的 C 系列 P 型机和 C200H 系列的 PLC,重点介绍 PLC 的基础知识、工作原理、指令系统和编程方法等,并介绍 PLC 的系统设计、施工及在建筑领域中的应用。为增强学生的实际应用能力,还介绍了 PLC 应用实验。本书最后给出了几种典型 PLC 产品的基本性能,供读者在设计和构成 PLC 控制系统时参考。

由于书中内容多为作者从实际工作中总结出来的,所以更侧重于教学应用。本书适合从事 PLC 应用的科研、设计和生产建设部门工程技术人员使用,也可作为高等院校相关专业师生教学使用。

本书绪论、第一章、第二章、第七章由黄民德编写;第三章、第四章由杨国庆编写;第五章、第六章由黄民德和杨国庆共同编写。全书由吴爱国教授主审。在编写过程中,得到了张瑞清、孙键、李萍教授的指教,并得到了季中和徐广两位同志的大力协助,在此表示感谢。

由于作者水平有限,错漏之处恳请广大读者提出宝贵意见。

作者

2004 年 4 月

目 录

绪论	(1)
第一章 可编程序控制器的基本概念	(5)
第一节 基本结构	(5)
第二节 常用术语及编程语言	(7)
第三节 基本工作原理	(9)
习题	(11)
第二章 C 系列 P 型机	(12)
第一节 基本结构	(12)
第二节 继电器及继电器编号	(14)
第三节 基本指令	(18)
第四节 主要专用指令	(32)
习题	(44)
第三章 C200H 系列 PLC	(45)
第一节 概述	(45)
第二节 C200H 系列 PLC 存储器分配	(52)
第三节 C200H 系列 PLC 指令介绍	(60)
第四节 C200H 系列 PLC 定时器和计数器	(72)
习题	(76)
第四章 PLC 通信及编程软件	(78)
第一节 串行通信	(78)
第二节 PLC 编程软件介绍	(87)
第三节 CX-P 软件基本开发过程	(100)
习题	(102)
第五章 可编程序控制器系统的设计、施工及在建筑中的应用	(103)
第一节 建筑设备中常用基本电路的编程	(103)
第二节 可编程序控制器的应用设计与安装	(108)
第三节 应用实例	(114)
习题	(132)
第六章 可编程序控制器应用实验	(136)
第一节 学习机概述	(136)
第二节 PLC 的编程器与 C 系列 P 型机基本指令训练	(139)
第三节 C 系列 P 型机 PLC 应用实验	(150)
第四节 C200H PLC 实验	(157)
第七章 国内外主要 PLC 产品性能简介	(168)

第一节 日本三菱公司的 PLC	(168)
第二节 德国西门子公司 PLC	(175)
第三节 美国 A - B 公司 PLC	(176)
第四节 国产 KC - 1 型 PLC	(178)
附录 A 国内引进和经销的 PLC	(180)
附录 B 国产化 PLC	(181)
参考文献	(182)

绪 论

一、可编程序控制器的历史与发展趋势

可编程序控制器简称 PC,是近年来迅速发展并得到广泛应用的新一代工业自动化控制装置。早期的可编程序控制器在功能上只能实现逻辑控制,因此被称为可编程序逻辑控制器,简称 PLC。随着科学技术的进步,微处理器获得广泛应用,一些 PLC 生产厂家开始采用微处理器作为 PLC 的中央处理单元,大大加强了 PLC 的功能。它不仅具有逻辑控制功能,而且具有算术运算功能和对模拟量的控制功能。因此,美国电气制造协会(NEMA)于 1980 年将它正式命名为可编程序控制器(PC)。该名称已在工业界使用多年,但近年来个人计算机也简称 PC,为了区别,目前可编程序控制器常称为 PLC。

世界上第一台 PLC 是 1969 年美国数字设备公司(DEC)研制成功的。最初,美国通用汽车公司(GM)根据生产需要提出如下设想:能否把计算机的完善、灵活、通用等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来,做成一种通用控制装置,并把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化,用面向控制过程、面向问题的“自然语言”编程,使不熟悉计算机的人也能方便使用。这样使用人员不必在编程上花费太大精力,而集中力量去考虑如何发展该装置的功能和作用。这一设想提出后,美国 DEC 公司首先响应,于 1969 年首先研制成功第一台 PLC,型号为 PDP-14。用它代替传统的继电器控制系统,在美国 GM 公司的汽车自动化配置上试用并获得成功。以后,这项新技术就迅速发展起来。

国际电工委员会(IEC)于 1985 年在颁布的可编程序控制器标准草案第二稿中,给 PLC 做了如下定义:“可编程序控制器是一种数字运算器,是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境应用而设计。它采用可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种机械或生产过程。”

近年来,可编程序控制器技术发展很快,每年都推出不少新产品,其功能已超出上述定义范围。如近几年,计算机集成制造系统(CIMS)中的综合化控制系统(EIC)是一种先进的工业过程自动化系统。它由三方面内容组成:

- ①电气控制,以电机控制为主,包括各种逻辑连锁和顺序控制;
- ②仪表控制,实现以 PID 为代表的各种回路控制功能,包括各种工业过程参数的检测和处理;
- ③计算机系统,实现各种模型计算、参数设定、过程显示和各种操作运行管理。而可编程序控制器就是实现 EIC 综合控制系统的整机设备。

由于工业生产对自动控制系统需求的多样性,可编程序控制器的发展方向有两个。一是朝小型、简易、价格低廉方向发展。单片机技术的引入,促进了可编程序控制器向紧凑型发展,使控制器体积减小、价格降低、可靠性提高。这种可编程序控制器可广泛取代继电器控制系统,应用于单机控制和规模较小的自动线控制,如 SIEMENS 公司的 90U、95U,日本立石公司的

C20P、C40P、C60P、C20H、C40H 等。在这方面,台湾的公司更有特殊的优势。不久前,他们已将可编程序控制器与 CNC 系统做在一起,不仅体积小,而且价格优势更加明显。其二,朝大型、高速、多功能方向发展。大型可编程序控制器一般为多处理器系统,由字处理器、位处理器和浮点处理器等组成,有较大的存储能力和功能很强的输入、输出接口。通过丰富的智能外围接口,可以独立完成位置控制、闭环调节等特殊功能;通过网络接口,可以连接不同类型的可编程序控制器和计算机,从而组成控制范围很大的局部网络,适用于大型自动化控制系统,如霍尼韦尔的 9000 系列等。

从可编程序控制器的发展趋势看,它的控制技术将成为今后工业自动化的主要手段。在未来的工业生产中,可编程序控制器技术、机器人和 CAD/CAM 技术将成为实现工业生产自动化的三大支柱。

二、可编程序控制器的基本功能与特点

可编程序控制器的基本功能如下。

1. 逻辑控制功能

逻辑控制功能实际上就是位处理功能,是可编程序控制器的最基本功能之一。PLC 设置有“与”、“或”、“非”等逻辑指令。利用这些指令,根据外部现场(开关、按钮或其他传感器)的状态,按照指定的逻辑进行运算处理后,将结果输出到现场的被控对象(电磁阀、电机等)。因此,PLC 可代替继电器进行开关控制,完成接点的串联、并联、串并联等各种连接。另外,在 PLC 中一个逻辑位的状态可以无限次地使用,逻辑关系的修改和变更也十分方便。

2. 定时控制功能

PLC 中有许多可供用户使用的定时器,功能类似于继电器线路中的时间继电器。定时器的设定值(定时时间)可以在编程时设定,也可以在运行过程中根据需要进行修改,使用方便灵活。程序执行时,PLC 将根据用户指定的定时器指令对某个操作进行限时或延时控制,以满足生产工艺的要求。

3. 计数控制功能

PLC 为用户提供了许多计数器。计数器计数到某一数值时,产生一个状态信号(计数值),利用该状态信号实现对某个操作的计数控制。计数器的设定值可以在编程时设定,也可以在运行过程中根据需要进行修改。程序执行时,PLC 将根据用户用计数器指令指定的计数器对某个控制信号的状态改变次数(如某个开关的闭合次数)进行计数,以完成对某个工作过程的计数控制。

4. 步进控制功能

PLC 为用户提供了若干个移位寄存器,可以实现由时间、计数或其他指定逻辑信号为转步条件的步进控制。即在一道工序完成以后,在转步条件控制下,自动进行下一道工序。有些 PLC 还专门设置了用于步进控制的步进指令和鼓形控制器操作指令,编程和使用都十分方便。

5. 数据处理功能

PLC 大部分都具有数据处理功能,可实现算术运算、数据比较、数据传送、数据移位、数制转换、译码编码等操作。中、大型 PLC 数据处理功能更加齐全,可完成开方、PID 运算、浮点运算等操作,还可以和 CRT、打印机连接,实现程序、数据的显示和打印。

6. 控制功能

有些 PLC 具有 A/D、D/A 转换功能,可以方便地完成对模拟量的控制和调节。

7. 通信联网功能

有些 PLC 采用通信技术,可实现远程 I/O 控制、多台 PLC 之间的同位链接、PLC 与计算机之间的通信等。如日本立石的 C 系列 PLC,利用双绞线或光纤,可以连接多个远程从站,每个从站可达数百个 I/O 点。利用 PLC 同位链接,可把数十台 PLC 用同级或分级的方式联成网络,使各台 PLC 的 I/O 状态相互透明。采用 PLC 与计算机之间的通信连接,可用计算机作为上位机,下面连接数十台 PLC 作为现场控制机,构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统,以完成较大规模的复杂控制。目前 PLC 的联网和通信技术正趋于完善并迅速发展。

8. 监控功能

PLC 设置了较强的监控功能。操作人员利用编程器或监视器可对 PLC 的运行状态进行监视。利用编程器,可调整定时器、计数器的设定值和当前值,并根据需要改变 PLC 内部逻辑信号的状态及数据区的数据内容,为调试和维护提供了极大的方便。

9. 停电记忆功能

PLC 内部的部分存储器使用的 RAM 设置了停电保持器件(如备用电池等),以保证断电后这部分存储器中的信息不会丢失。利用某些记忆指令,可以对工作状态进行记忆,以保持 PLC 断电后数据内容不变。电源恢复后,可以在原工作基础上继续工作。

10. 故障诊断功能

PLC 可对系统组成、某些硬件状态及指令的合法性等进行自诊断,发现异常情况,发出报警并显示错误类型,如属于严重错误则自动中止运行。它的故障自诊断功能大大提高了 PLC 控制系统的安全性和可维护性。

可见,PLC 具有灵活通用、安全可靠、适应环境性强、使用方便、维护简单等特点。但是,与单片机、计算机相比,PLC 速度较低,而且价格也是单片机系统的 2~3 倍。

三、可编程序控制器的分类及应用范围

PLC 的种类很多,功能、内存容量、控制规模、外形等方面均存在较大差异。因此,它的分类没有严格统一的标准,而是按结构形式、控制规模、实现功能大致分类。

1. 按结构形式分类

PLC 按照硬件的结构形式可分为整体式和组合式。从外观上看,整体式是一个长方形箱体,它将 PLC 的 CPU、存储器、输入输出安装在同一个机体内。这种结构的特点是结构简单、体积小、价格低,但它输入输出路数固定,实现的功能和控制规模固定,灵活性较低。组合式 PLC 在硬件构成上具有较高的灵活性,不同的功能做成不同的模块,模块可以像拼积木一样进行组合,以构成具有不同控制规模和功能的 PLC。因此,这种 PLC 又称为积木式的,但价格比整体式要高。

2. 按控制规模分类

输入输出的总数,又称为 I/O 点数,是表征 PLC 控制规模的重要参数。因此,按控制规模对 PLC 分类时,可根据 I/O 点数的不同大致分为小型、中型和大型 PLC。

1) 小型 PLC I/O 点数在 256 点以下。

2) 中型 PLC I/O 点数在 256 点以上 2 048 点以下。

3)大型 PLC I/O 点数在 2 048 点以上。

3. 按实现的功能分类

按照 PLC 所能实现功能的不同,可把 PLC 大致分为低档机、中档机和高档机三类。

1)低档机 具有逻辑运算、计时、计数、移位、自诊、监控等基本功能,还具有一定的算术运算、数据传送和比较、通信、远程和模拟量处理功能。

2)中档机 除具有低档机的功能外,还具有较强的算术运算、数据传送和比较、数据转换、远程通信、中断处理和回路控制功能。

3)高档机 除具中档机的功能外,还具有带符号数的算术运算、矩阵运算、CRT 显示、打印机打印等功能。

一般低档机多为小型 PLC,采用整体式结构;中档机可为大、中、小型 PLC,其中小型 PLC 多采用整体式结构,中、大型 PLC 采用组合式结构;高档机多为大型 PLC,采用组合式结构。现在国内工业控制中应用最广泛的是中、低档机。

目前,在冶金、化工、机械、电子、电力、轻工、建筑、交通等领域工业控制过程均可用 PLC 实现。但不同档次的 PLC 又有不同的应用范围。低档小型 PLC 可广泛代替继电器控制线路,进行逻辑控制,适用于开关量较多以及没有或只有很少几路模拟量的场合,如起重机等建筑施工机械的控制。中档 PLC 可广泛用于具有较多开关量、少量模拟量的场合,如高层建筑中的电梯控制。高档 PLC 适用于具有大量开关量和模拟量的场合,如化工生产过程控制。

第一章 可编程序控制器的基本概念

第一节 基本结构

传统的继电器控制系统和电子器件控制系统中,要完成一个控制任务,是由用导线连接起来的分立元件(继电器、接触器、电子元件等)实现的,这样的控制系统称为接线程序控制系统。这种系统的程序就在接线之中,所以又称为接线程序。若被控对象对控制系统的要求比较复杂,那么控制线路也比较复杂,因而电器控制装置的制造周期长,造价较高,维修也不方便。控制系统完成后,若控制任务发生变化,则必须改变接线。另外,由于接线程序控制系统中器件、接线较多,所以平均无故障时间较短。总之,接线程序控制系统的灵活性和通用性较低、故障率较高。

可编程序控制器是一种存储程序控制器,支配控制系统工作的程序存放在存储器中,利用程序实现逻辑控制,完成控制任务。在 PLC 构成的控制系统中,要实现一个控制任务,首先要针对具体被控对象编出相应的控制程序,然后利用编程器将该程序写入 PLC 的程序存储器中。系统运行时,PLC 依次读取程序存储器中的程序语句,解释内容并执行。PLC 是利用软件来实现控制逻辑的,能够适用不同控制任务的需要,并且能够通用,灵活,可靠性高。

PLC 的基本结构如图 1-1 所示。

一、中央处理机

中央处理机是 PLC 的大脑,它由中央处理器(CPU)和存储器等组成。

1. 中央处理器(CPU)

中央处理器一般由控制电路、运算器和寄存器组成,这些电路一般都集成在一个芯片上。CPU 通过地址

总线、数据总线和控制总线与存储单元,输入、输出接口电路连接。CPU 的主要功能如下。

1)从存储器中读取指令 CPU 从地址总线上给出存储地址,从控制总线上给出读取命令,从数据总线上得到读出的指令,并存入 CPU 的指令寄存器中。

2)执行指令 先对存放在指令寄存器中的指令操作码进行翻译,译成可以识别的代码,然后执行代码(指令)规定的操作,如读取输入信号、取操作数、进行逻辑运算或算术运算,将结果输出给有关部分。

3)准备取下一条指令 CPU 运行完一条指令后,能根据条件产生下一条指令的地址,以便取出和执行下一条指令。在 CPU 控制下,程序指令既可以顺序执行,也可以转到其他分支。

4)处理中断 CPU 除顺序执行程序外,还能接收输入、输出接口发来的中断请求,并进行中断处理。处理完中断后,再返回原址,继续顺序执行。

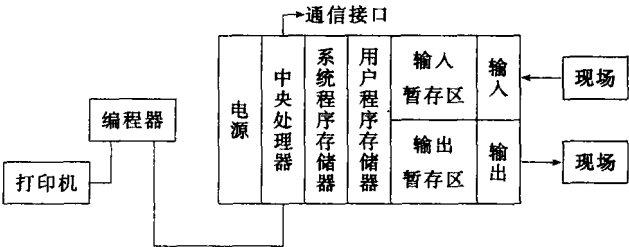


图 1-1 PLC 结构框图

2. 存储器

存储器是具有记忆功能的半导体电路,用来存放系统程序、用户程序、逻辑变量和其他信息。

系统程序是用来控制和完成 PLC 各种功能的程序。这些程序是由 PLC 制造厂家用相应 CPU 指令系统编写的,并固化到 ROM 中。

用户程序存储器是用来存放由编程器或磁带输入的用户程序。用户程序是指使用者根据工程现场的生产过程和工艺要求编写的控制程序,可通过编程器修改或增删。

(1) 只读存储器

只读存储器(ROM)中的内容是由制造厂家写入的系统程序,并且永远驻留。系统程序一般包括下列几部分。

1)检查程序 PLC 加电后,首先由检查程序检查 PLC 各部件操作是否正常,并将检查结果显示给操作人员。

2)翻译程序 将用户键入的控制程序变换成由微电脑指令组成的程序,然后再执行,还可对用户程序进行语法检查。

3)监控程序 相当于总控程序。根据用户的需要调用相应的内部程序,例如用编程器选择 Run 程序运行工作方式,则总控程序将启动程序。

(2) 随机存储器

随机存储器(RAM)是可读可写存储器。读出时, RAM 中的内容不被破坏;写入时,刚写入的信息就会替代原来的信息。为防止掉电后 RAM 中的内容丢失, PLC 使用专用电池对 RAM 供电。RAM 中一般存放以下内容。

1)用户程序 选择 PROGRAM 编程工作方式时,用编程器键盘键入的程序经过预处理后,存放在 RAM 的低地址区。

2)逻辑变量 RAM 中若干个存储单元用来存放逻辑变量。PLC 的逻辑变量分别代表输入、输出继电器,内部辅助继电器,保持继电器,定时/计数器,移位继电器等。

3)供内部程序使用的工作单元 不同型号的 PLC 存储器的容量不同。这些由厂家在技术说明书中给出。

二、电源部件

电源部件是将交流电源转换成直流电,给 CPU、存储器等电子电路供电。它的好坏直接影响 PLC 的功能和可靠性。因此目前大部分 PLC 采用开关式稳压电源供电,用锂电池作为断电时的后备电源。

三、输入、输出部分

这是 PLC 与被控设备相连接的接口电路。用户设备需要输入 PLC 的各种控制信号,如限位开关、组合开关、行程开关、按钮等信号及其他一些传感器输出开关量或模拟量(要通过模数变换后进入机内)等,通过输入接口电路将这些信号转换成 CPU 能够接收和处理的信号。输出接口电路是将 CPU 送出的弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出,以驱动电磁阀、接触器、电机等被控设备的执行元件。

四、编程器

编程器由键盘、显示器和工作方式选择开关等组成。它是开发、维护 PLC 自动控制系统不可缺少的外部设备。PLC 需要用编程器输入、检查、修改、调试用户程序,也需要用它监视 PLC 本身的工作情况。

第二节 常用术语及编程语言

一、常用术语

PLC 是在继电器控制系统和计算机的基础上发展起来的,因此 PLC 控制系统中使用了一些继电器控制系统术语和计算机术语,但含义又与它们不完全相同。为了便于叙述和理解,对 PLC 中的一些常用术语简述如下。

1. 位(bit)

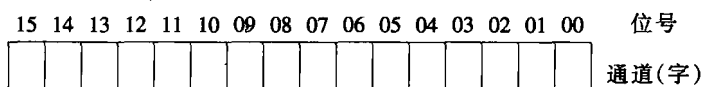
位是 PLC 中逻辑运算的基本元素,通常也称为内部继电器。位实际上是 PLC 存储器中的一个触发器。它有两个状态,即“1”和“0”,有时也称为 ON 和 OFF。位可以作为条件参与逻辑运算,相当于继电器的触点,但可以无限次使用。位也可以存放输出结果,相当于继电器的线圈。在一个工作周期内,程序中一个位只能进行一次输出操作。

2. I/O 点(I/O Point)

可以直接和输入设备相连接的触点(位)称为输入点,可以直接和输出设备相连接的触点(位)称为输出点。输入点和输出点通称为 I/O 点。I/O 点数越多,控制规模越大。有时也常用 I/O 点表征 PLC 的规模。

3. 通道(Channel)

通道是 PLC 中数据运算和存储的基本单位,又称为字(Word)。一个通道由 16 个位组成,位号如下:



4. 区(Area)

区是相同类型通道的集合。PLC 中一般有数据区、定时/计数器区、内部继电器区等。不同类型的 PLC 具有的区的种类、容量差别较大。

二、可编程序控制器的编程语言

1. 梯形图

梯形图在形式上类似于继电器控制电路,如图 1-2 所示。它是用常开接点“”、常闭接点“”、继电器线圈“”、并联“”、串联“”等图形符号连接而成的,每一接点和线圈均对应一个编号。不同机型的 PLC 编号方法不同。

梯形图直观易懂,为电气人员所熟悉,因此是应用最多的一种编程语言。

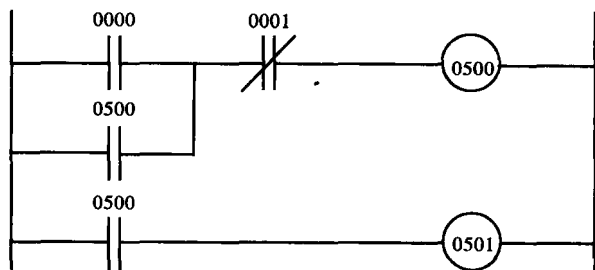


图 1-2 梯形图

梯形图与继电器控制电路的结构形式、元件符号以及逻辑控制功能相同,但它们又有不同之处,并具有以下特点:

①梯形图按自上而下、从左到右的顺序排列,每个继电器线圈为一个逻辑行(即一层阶梯),每一逻辑行始于左母线,然后是各种接点,最后终于继电器线圈(有的还加上一条右母线),整个图形呈梯形;

②梯形图中的继电器不是继电器控制电路中的物理继电器,而是组成存储器的各个触发器,称为“软继电器”(相应位的触发器为“1”态,表示继电器线圈通电,常开接点闭合,常闭接点断开);

③梯形图中除有跳转指令和步进指令等程序段外,某个编号的继电器在线圈只能出现一次,而继电器接点则可无限引用,既可是常开接点,又可是常闭接点;

④梯形图是 PLC 形象化的编程手段,梯形图两端的母线是没有任何电源可接的,梯形图中并没有真实的物理电流流动,而只有“概念”电流。“概念”电流只能从左向右流动,层次改变只能先上后下;

⑤输入继电器供 PLC 接受外部输入信号,而不能由内部其他继电器的接点驱动,因此,梯形图中只出现输入继电器的接点,而不出现输入继电器的线圈,输入继电器的接点表示相应的输入信号(如图 1-2 中的 0000 和 0001 就是输入继电器的接点);

⑥输出继电器供 PLC 作输出控制用,它通过开关量输出模块对应的输出开关(晶体管、双向可控硅或继电器触点)去驱动外部负荷,因此,当梯形图中输出继电器线圈满足接通条件时,就表示在对应的输出点有输出信号(如图 1-2 中的 0500 和 0501 所示);

⑦PLC 的内部继电器不能作输出控制用,其接点只能供 PLC 内部使用;

⑧当 PLC 处于运行状态时,它就开始按照梯形图符号排列的先后顺序(从上到下、从左到右)逐一处理,也就是说,PLC 对梯形图是按扫描方式顺序执行程序,因此,不存在几条并列支路同时动作的因素。

设计梯形图时,这可减少许多有约束关系的联锁电路,从而使电路设计大大简化。

2. 语句表

语句表类似于计算机汇编语言,是由若干条语句组成的程序,是用指令助记符号编程的。但 PLC 的语句表却比汇编语句表通俗易懂,因此也是应用很多的一种编程语言。

不同 PLC 语句表使用的助记符不同,以 C 系列 P 型机为例,对应图 1-2 的语句表为:

操作码(指令)	操作数(数据)
LD	0000(表示逻辑操作开始,常开接点与母线连接)
OR	0500(表示常开接点并联)
ANDNOT	0001(表示常闭接点串联)
OUT	0500(表示输出)
LD	0500

PLC 的语句是程序的最小单元。它与微机的语句表达形式类似,由操作码和操作数两部分组成。每个操作功能由一条或几条语句执行,每条语句表示给 CPU 一条指令,规定如何操作。

操作码用助记符表示,它表明 CPU 要完成的操作功能(又称编程指令),例如,逻辑运算的“与”、“或”、“非”,算术运算的 $+$ 、 $-$ 、 $\times$ 、 $\div$,时间或条件控制中的计时、计数、移位等。PLC 全部编程指令的集合称为指令系统。

操作数包括为执行某种操作所必需的信息,告诉 CPU 用什么东西执行此种操作。操作数一般由标识符和参数组成,但也可能空着。标识符表示操作数的类别,例如表明是输入继电器、输出继电器、辅助继电器、定时/计数器、数据寄存器等。参数用来指明操作数的地址或表示某一个常数(例如计数器、定时器的设定值)。

需要说明的是,由于各种 PLC 功能不同,因此编程指令的数目、操作码的助记符和操作数的表示方法不同,甚至同种功能指令的含义也不相同。

3. 控制系统流程图

控制系统流程图类似于“与”、“或”、“非”等逻辑图,对应图 1-2 的控制系统流程图如图 1-3 所示。控制系统流程图也比较直观易懂,有一定数字电路知识的人很容易掌握。

4. 逻辑方程式或布尔代数式

对应图 1-3 的逻辑方程式为:

$$Y_{0500} = (X_{0000} + Y_{0500}) \cdot \overline{X}_{0001}$$

$$Y_{0501} = Y_{0500}$$

式中, Y 表示输出量; X 表示输入量;下标表示对应的继电器地址编号。

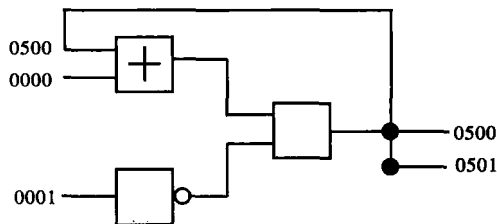


图 1-3 控制系统流程图

第三节 基本工作原理

1. PLC 的等效电路

PLC 可看作一个执行逻辑功能的工业控制装置。它的等效电路可分为输入部分、内部控制电路、输出部分,如图 1-4 所示。

1) 输入部分 输入部分的作用是收集被控设备的信息或操作命令。如图 1-4 中 0000、0001、0002 为输入继电器。它们由接到输入端的外部信号驱动,驱动电源可由 PLC 的电源组件提供(如直流 24V),也有的用独立的交流电源(如 220V)供给。等效电路中的一个输入继电器实际上对应于 PLC 输入端的一个输入点及其输入电路。例如,一个 PLC 有 16 点输入,那么它相当于有 16 个微型输入继电器。它在 PLC 内部与输入端子相连,并作为 PLC 编程时的常开与常闭接点。

2) 内部控制电路 这部分控制电路是由用户根据控制要求编制的程序组成,作用是按用户程序的控制要求对输入信息进行运算处理,判断哪些信号需要输出,并将得到的结果输出给负载。

3) 输出部分 这部分的作用是驱动外部负载。输出端子是 PLC 向外部负载输出信号的

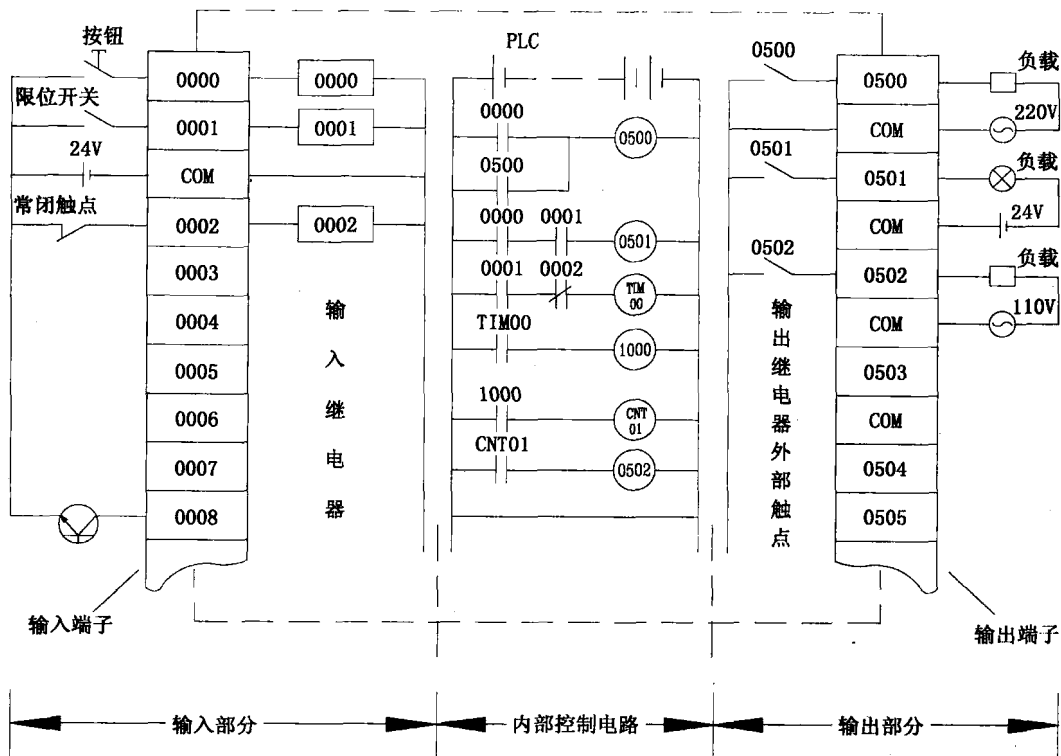


图 1-4 PLC 的等效电路

端子。如果一个 PLC 的输出点为 12 点,那么它就有 12 个输出继电器(如图 1-4 中 0500、0501、0502 等)。

2. PLC 的工作方式

PLC 采用循环扫描工作方式。这种工作方式是在系统软件控制下顺次扫描各输入点的状态,按用户程序进行运算处理,然后顺序向各输出点发出相应的控制信号。整个工作过程可分为输入采样、执行用户程序、输出刷新三个阶段。工作过程框图如图 1-5 所示。

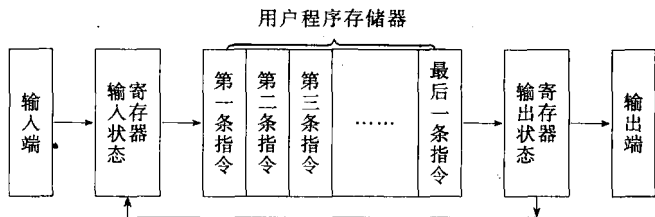


图 1-5 PLC 的工作过程框图

在开始时,CPU 首先对各个输入端进行扫描,将输入端的状态送到输入状态寄存器中,这是输入采样阶段。然后 CPU 将指令逐条调出并执行,以对输入和原输出状态(这些状态统称为数据)进行“处理”,即按程序对数据进行逻辑、算术运算,再将正确的结果送到输出状态寄存器,这就是程序执行阶段。当所有的指令执行完毕时,集中把输出状态寄存器的状态通过输出部件转换成被控设备所能接收的电压或电流信号,以驱动被控设备,这就是输出刷新阶段。

这三个阶段的工作过程称为一个扫描周期。完成一个周期后又重新执行上述过程,扫描周而复始地进行。扫描周期是 PLC 的重要指标之一。扫描时间主要取决于程序的长短,一般