

高职高专电气自动化技术专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN DIANQI ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



PLC应用技术

金沙 耿惊涛 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



内 容 提 要

本书为高职高专电气自动化技术专业规划教材。

全书共分为十章，以西门子公司 S7-200 可编程控制器为对象，介绍了可编程控制器工作原理、安装接线、编程指令、编程软件 STEP7-Micro/WIN 的操作、程序设计方法、模拟量模块的使用、网络通信的安装与编程和人机界面组态软件 WinCC flexible 的操作等。

本书从工程应用角度出发，列举了大量典型工程应用案例，符合职业教育面向岗位突出技能培养的要求，满足工学结合课程改革的需求。通过本书的学习，使学生能够使用可编程控制器解决生产实际问题。

本书可作为高职高专电气自动化技术、应用电子技术、机电一体化技术、生产过程自动化技术和计算机应用技术等专业 PLC 课程教材、实训指导书和岗位实习辅助教材，也可作为成人教育教材和电气工程技术人员参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 应用技术 / 金沙, 耿惊涛主编. —北京: 中国电力出版社, 2010.2

高职高专电气自动化技术专业规划教材
ISBN 978-7-5083-9914-0

I. ①P… II. ①金…②耿… III. ①可编程序控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 236698 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jce.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 2 月第一版 2010 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12 印张 288 千字

定价 19.20 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

高职高专电气自动化技术专业规划教材

编 委 会

主 任 吕景泉

副主任 狄建雄 凌艺春 谭有广 周乐挺 郁汉琪

秘书长 李兆春

委 员 （按姓氏笔画排序）

丁学恭 马伯华 王 燕 王 薇 王永红

刘玉娟 刘玉梅 刘保录 刘成普 孙忠献

何 颖 何首贤 张 池 张永飞 张学亮

张跃东 李方园 陆锦军 陈 赵 姚永刚

姚庆文 郭 健 钱金法 常文平 韩 莉

前言

随着电子技术和计算机技术的发展，PLC（可编程控制器）控制已经成为自动化生产的主要控制方式，在工业生产中得到广泛应用。熟悉和掌握 PLC 应用技术，是当今电气工程技术人员的必备技能。

西门子公司的 S7-200 小型 PLC 具有完善的功能和良好的技术性能指标，在我国电气控制领域中占有很大份额。随着产品性能的提高和 PLC 应用技术的推广，S7-200 小型 PLC 逐渐被更多的电气设计人员所接受并使用，越来越多的人希望学会并掌握这项控制技术。本书正是为了满足这一需求，以适应高职教学需要而编写。

本书以 S7-200 小型 PLC 为对象，根据企业对人才的技能要求，从工程应用角度出发，按照认知的规律对教学内容进行筛选和组织，体现高职高专工学结合教学改革特点。通过对本书的学习，可以熟悉 PLC 控制系统的运行和维护，掌握 PLC 的基本安装和调试方法，能够采用 PLC 完成常规控制装置的电气设计。

本书第一章、第二章、第五章、第六章、第九章、第十章由金沙编写，第三章、第七章、第八章由耿惊涛编写，第四章由陈冬编写，杨辉静参与了第四章的编写工作，全书由金沙统稿。本书由辽宁工业大学李宝国教授主审，在此表示衷心的感谢。在本书编写过程中，编者参考了一些书刊杂志，并引用了部分资料，在此一并向书刊杂志的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不当及错误之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2009年11月

目 录

前 言

第一章 可编程控制器概述	1
第一节 可编程控制器的认识	1
第二节 PLC 应用领域	2
第三节 PLC 工作过程	5
第二章 S7-200 安装	12
第一节 S7-200 概述	12
第二节 S7-200 编址与连接	17
第三节 S7-200 安装	22
第三章 S7-200 基本指令	26
第一节 位逻辑指令	26
第二节 定时器和计数器指令	30
第三节 数据处理指令	37
第四章 编程软件 STEP7-Micro/WIN	46
第一节 编程软件的安装	46
第二节 编程操作	51
第三节 调试及运行监控	53
第五章 典型控制环节	57
第一节 梯形图的绘制	57
第二节 优先权电路的设计	59
第三节 电动机运行控制	63
第六章 顺序功能图设计法	72
第一节 顺序功能图概述	72
第二节 顺序功能图典型结构	75
第三节 顺序功能图应用实例	89
第七章 S7-200 中断及高速计数指令的应用	110
第一节 中断指令	110
第二节 子程序	113
第三节 高速计数器指令	114
第四节 高速脉冲输出	117
第五节 高速计数器应用实例	119
第八章 模拟量模块的应用	124
第一节 S7-200 模拟量模块	124
第二节 PID 控制功能的应用	128

第三节	S7-200 模拟量模块应用实例	131
第九章	S7-200 通信	136
第一节	网络通信基础	136
第二节	S7-200 通信	140
第三节	S7-200 通信应用实例	145
第十章	人机界面组态软件 WinCC flexible	157
第一节	WinCC flexible 安装	157
第二节	WinCC flexible 组态操作	160
第三节	WinCC flexible 应用实例	164
附录 A	操作数寻址范围	180
附录 B	S7-200 错误代码	180
参考文献		183

第一章

可编程控制器概述

随着计算机和微电子技术的飞速发展，作为自动化控制装置的可编程控制器，已经成为工业控制领域的主流控制设备，在现代工业控制中有着越来越广泛的应用。

本章主要介绍可编程控制器的产生、组成、工作原理和应用领域，使读者初步了解可编程控制器的外部结构和工作过程。

第一节 可编程控制器的认识

可编程控制器的产生与发展不是一个独立的过程。它是伴随着生产技术的发展，在继电器—接触器控制基础上产生和发展的。

一、继电器—接触器控制装置的特点

在可编程控制器诞生之前，工业设备的电气控制主要采用以继电器—接触器为主体的控制装置。各种类型的继电器和接触器将其触点和线圈按一定的逻辑关系用导线连接起来组成控制电路，控制生产机械的运动。接触器结构如图 1-1 所示，它由线圈、铁芯、衔铁和触点等部件组成。当线圈通电后，产生磁场，衔铁在磁力作用下被铁芯吸合，衔铁在吸合的同时带动接触器的触点动作，使动合触点接通，动断触点断开，实现电路连接的切换。

图 1-2 是采用接触器控制的三相异步电动机单向运转电路。图 1-2 (a) 为主电路，电路中通过接触器 KM 主动合触点的闭合和断开，直接通、断三相异步电动机的电源，实现对电动机的启动和停止控制。图 1-2 (b) 为控制电路，通过对启动按钮 SB2 和停止按钮 SB1 的操作，使接触器 KM 的线圈得电或失电，实现对接触器 KM 的控制。此外，该控制电路还具有对三相异步电动机进行短路、过载和失欠压保护的功能。

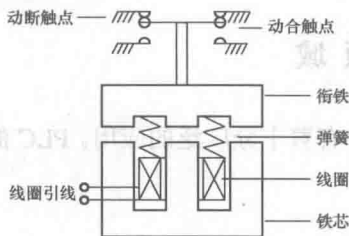


图 1-1 接触器结构

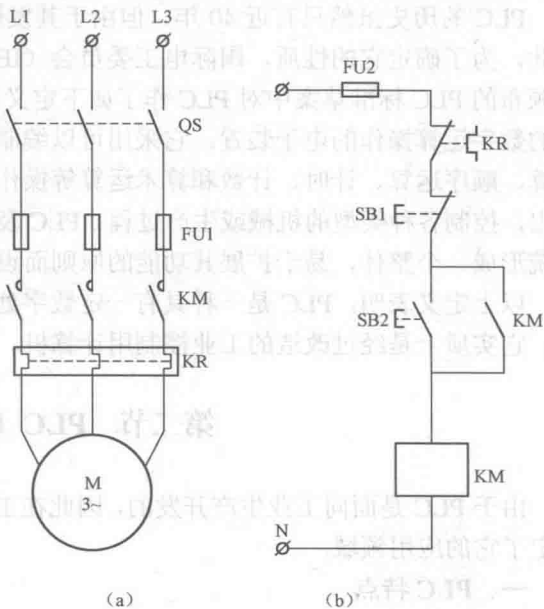


图 1-2 采用接触器控制的三相异步电动机单向运转电路

(a) 主电路；(b) 控制电路

二、可编程控制器的产生和定义

随着工业自动化程度的不断提高,继电器—接触器控制系统的缺陷不断地暴露出来:首先是复杂的继电器—接触器控制系统,由于线路连接繁琐,使系统的可靠性大大降低;二是元器件多,体积庞大,给设备维修带来困难;三是控制电路单一,不能适时地改动,很难适应不断发展和变化的工业生产要求。

直到 20 世纪 60 年代末,随着社会需求的不断提高,工业产品的不断改造和创新,以及电子技术的飞速发展,人们开始寻求一种能够以数字逻辑代替继电器—接触器控制线路的新型工业控制设备,这就是后来的可编程控制器。

世界上第一台可编程控制器是 1969 年美国数字设备公司(DEC)研制,并在美国通用汽车公司(GM)汽车生产线上首次成功应用。该台可编程控制器利用计算机编程软件进行逻辑程序的编辑和控制,具备了基本逻辑运算和编程能力,实现生产的自动控制。限于当时的元件条件及计算机发展水平,早期的可编程控制器只能完成简单的逻辑控制功能。20 世纪 70 年代初,随着微处理器的出现,可编程控制器不仅具有了逻辑功能,还增加了运算、数据传送和处理等功能,成为真正具有计算机特征的工业控制装置。20 世纪 70 年代中末期,可编程控制器进入广泛应用阶段,由于计算机技术的引入,使可编程控制器在运算速度、控制功能、适应能力、可靠性、体积和价格等方面有了明显的优势,在工业控制中逐步占据主导地位。

可编程控制器产生的初期只具有逻辑运算功能,用来代替继电器—接触器控制。因此,可编程控制器被人们习惯叫做可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller),简称 PLC。随着 PLC 功能的不断增加,简单的逻辑控制并不能反映出可编程控制器的全部功能,为此,国际上给了它统一的名称,即可编程控制器(Programmable Controller)。由于个人计算机(Personal Computer)的简称为 PC,为了避免混淆,可编程控制器的简称仍然为 PLC。

PLC 的历史虽然只有近 40 年,但由于其发展迅速,功能不断增加,控制领域不断扩大,因此,为了确定它的性质,国际电工委员会(IEC)多次发布及修订有关 PLC 的文件。1987 年颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 作了如下定义:“PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令,并能通过数字式或模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应按照易于与工业控制系统形成一个整体,易于扩展其功能的原则而设计。”

以上定义表明,PLC 是一种具有一定数字处理能力,直接应用于工业环境的数字电子装置。它实质上是经过改造的工业控制用计算机。

第二节 PLC 应用领域

由于 PLC 是面向工业生产开发的,因此在工业控制中有着十分广泛的应用。PLC 的特点决定了它的应用领域。

一、PLC 特点

1. 易学易用,编程方便

PLC 是经过改造的工业控制计算机,是面向企业电气工程技术人员控制电器的控制电器。它主要采用易于理解和掌握的梯形图语言编程,编程语言的电路符号和表达方式与继电器—接触器

控制电路相近,对于熟悉继电器—接触器控制电路的电气工程技术人员,易于接受,容易掌握。特别是小型 PLC,几乎不需要专门的计算机知识,只要经过简单的学习和训练,就能掌握基本的编程方法和应用技能。

2. 可靠性高,抗干扰能力强

可靠性是电气控制设备的重要技术指标,是生产机械能否安全、可靠工作的必要保证。PLC 内部电路采用了先进的抗干扰技术,输入/输出电路采用光电耦合和滤波,输入信号采用周期分时采样以及防止程序执行时间过长或死机的看门狗定时器 WDT (Watch Dog Timer)。这些措施大大提高了 PLC 的抗干扰能力,使 PLC 能够在比较恶劣的工业生产环境下长期连续可靠地工作。此外,PLC 带有硬件故障的自检测功能,出现故障时可及时发出报警信息。外围器件的故障自诊断可通过在 PLC 应用软件中编入故障诊断程序实现。与继电器—接触器控制电路比较,采用 PLC 控制的电气接线大大减少,平均无故障时间延长,故障修复时间缩短。例如西门子公司 S7-200 在环境温度 40℃ 时的平均无故障时间 (MTBF): CPU 224 AC/DC/继电器为 57 年, CPU 224 AC/DC/继电器为 48 年。一些使用冗余 CPU 的 PLC 的平均无故障工作时间更长。

3. 适用性强,使用方便

PLC 已经形成了大、中、小各种规模的系列化产品。用户可根据不同控制要求,将一个或多个 PLC 及其功能模块进行灵活组合,组成具有各种规模和控制功能的 PLC 控制系统。当生产工艺更新、控制要求改变或生产设备增加需要变更控制系统的功能时,通常只需要改变用户程序和对输入/输出接点进行少量地增减或调整,就能够满足控制要求,不需要做大的改动。这些是继电器—接触器控制很难实现的。

4. 系统的设计和施工周期缩短

PLC 的程序设计和调试可与电气施工同时进行。程序的设计可在实验室进行,通过模拟和仿真对控制程序进行调试。待电气安装完成后,再进行现场的联机调试。此外 PLC 的体积和接线数量与继电器—接触器控制电路相比大大减少。因此整个设计和施工周期明显缩短。

5. 维护方便

PLC 除了能够按照程序执行工作任务外,还可以通过编程器或计算机上安装的编程软件对 PLC 进行实时监控,随时了解 PLC 内部变量的变化过程。这使 PLC 的操作和维护变得方便快捷。此外,PLC 还具有自诊断功能,能随时检查自身的故障,发现问题及时报警。如输入/输出接点的状态、RAM 后备电池的电能是否充足、数据通信是否异常。PLC 这些报警功能的设置,在提高系统可靠性的同时,也使设备维护变得更加容易。

二、PLC 应用领域

PLC 的应用领域十分广泛,在钢铁、石油、化工、电力、机械制造、汽车、轻纺和交通运输等各个行业,都有广泛的应用。根据 PLC 的使用情况大致可归纳为以下几类:

1. 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本的应用领域,它取代传统的继电器—接触器控制,实现对开关量信号的逻辑控制和顺序控制,如注塑机、包装机、组合机床、包装生产线、电镀流水线等。

2. 步进控制

PLC 可以用于伺服系统的控制。通过 PLC 外接的专用控制模块,实现对伺服系统运动信号的准确采集和精确控制。各 PLC 厂家的产品几乎都设有运动控制模块,广泛地用于机床、

机器人和自动化生产线等场合。

3. 模拟量控制

对温度、压力、流量等信号的控制，可通过传感器将上述非电量信号转换为电信号并传递给 PLC 的模拟量输入模块。PLC 通过模拟量输入模块，可以实现对模拟信号的采集，通过 PID 指令对采样信号进行处理，并通过模拟量输出模块实现对控制对象的闭环控制。PLC 的模拟量控制功能在冶金、化工、热处理、锅炉等控制场合有着广泛的应用。

4. 数据处理

现代 PLC 都具有不同程度的数据分析和处理功能，如数学运算（算术运算、函数运算、逻辑运算等）、数据传送、数据转换、排序、查表等。

5. 网络通信

PLC 的通信主要包括 PLC 与计算机之间、多个 PLC 之间、PLC 与其他智能设备间的通信。随着网络技术的发展，PLC 的网络和通信在标准化、速度、操作等方面都有了很大提高。PLC 的通信功能在工厂自动化生产、运行监控、数据记录等方面都有广泛应用。

三、国内外小型 PLC 产品

由于 PLC 在工业控制中的重要性，国内外众多自动化设备生产厂家都在开发和生产 PLC。一些 PLC 生产厂家已经形成规模化生产，自成系列，其产品在工业控制系统中占有很大的份额。

1. 西门子 S7-200 小型 PLC

德国西门子公司 (SIEMENS) 是世界上生产 PLC 的主要厂家之一，生产多种系列的 PLC。其 S7 系列 PLC 包括大型 S7-400、中型 S7-300 和小型 S7-200 三个子系列。

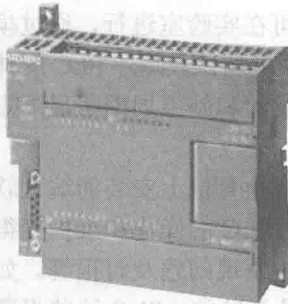


图 1-3 S7-200 的基本模块
CPU224 DC/DC/DC

S7-200 小型 PLC 主要有 CPU221、CPU222、CPU224、CPU226 等基本模块和 EM221、EM231、EMEM277 等扩展模块。S7-200 运算处理速度为 $0.37\mu\text{s}$ /布尔量运算指令。它的指令功能很强大，表功能指令、PID 功能指令为构造多功能系统提供了方便。S7-200 还具有联网通信功能，本机自带的通信口和通信指令使 PLC 组网变得简单。图 1-3 所示为 S7-200 的基本模块 CPU224 DC/DC/DC。本书将以 S7-200 为对象，讲述 PLC 的应用。

2. GE Fanuc90-30 PLC

GE Fanuc 隶属美国通用电气公司，GE Fanuc90 PLC 家族包括大规模的 90-70 和 VersaMax 系统以及中小规模的 90-30。

90-30 采用模块化结构。用户可根据需要选择 CPU、电源、I/O 和通信等模块，将它们安装到机架上构成 PLC 系统。90-30 有超过 100 个离散量和模拟量 I/O 模块以及高速计数器、I/O 处理器、温度控制、伺服运动控制器和 PC 协处理器等模块，能够实现包括以太网、Genius、Series 90 协议 (SNP) 和 ModbusRTU 等多种方式的通信。图 1-4 为 90-30 PLC。

3. 三菱 FX2N 小型 PLC

日本三菱公司的小型 PLC 有 FX2、FX1、FX2C、FX0、FX0N、FX0S、FX2N、FX2NC

等。FX2N 是 FX 系列小型 PLC 的标准型。

FX2N 由基本模块、扩展模块和特殊适配器组成, CPU 运算处理速度为 $0.55\sim 0.7\mu\text{s}$ /基本指令, 最大 I/O 点数为 256 点。扩展模块包括数字量输入/输出扩展、模拟量输入/输出扩展、温度控制、脉冲定位控制、高速计数控制、通信控制、现场总线控制、以太网网络系统等。它适用于从普通顺控开始的广泛领域。FX2N 在我国应用很广泛。图 1-5 为三菱 FX2N-64MR 型 PLC。

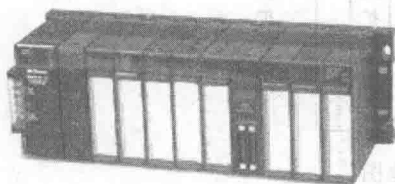


图 1-4 90-30 PLC

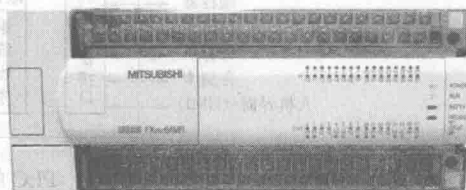


图 1-5 三菱 FX2N-64MR 型 PLC

4. HOLLiAS LM

HOLLiAS LM 是北京和利时公司生产的小型一体化 PLC。它采用模块化结构设计, CPU 运算处理速度为 $0.37\mu\text{s}$ /布尔量运算指令。CPU 模块最多可扩展 7 个模块, 最大 I/O 点数为 264 点, 最大模拟量点数为 56 点。它可以接收电流、电压、热电偶、热电阻和热敏电阻等信号。专用通信模块有 Profibus-DP 从站模块、以太网模块, 能够实现与上位机和 PLC 之间的连接通信。图 1-6 为 HOLLiAS LM3104 型 PLC。

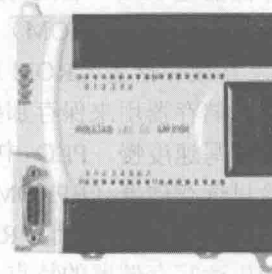


图 1-6 HOLLiAS LM3104 型 PLC

第三节 PLC 工作过程

为了更好地适应工业现场环境, 提高系统工作的稳定性, PLC 在硬件结构和工作过程等方面, 与其他控制方式比较都做了大量的改进。

一、PLC 硬件组成

从 PLC 的功能特点和应用领域, 可以看到 PLC 是一种工业控制计算机。PLC 作为计算机, 其硬件结构与通用计算机大体相同, 主要由中央处理单元 (CPU)、存储器 (RAM、ROM)、输入/输出器件 (I/O 接口)、电源和编程设备几部分构成。PLC 的硬件结构框图如图 1-7 所示。

(一) 中央处理单元 (CPU)

中央处理单元是 PLC 的核心, 它在系统程序的控制下, 完成逻辑运算、数学运算、协调系统内部各部分工作。PLC 中采用的 CPU 一般有三类, 一类为通用微处理器, 如 80286、80386 等; 一类为单片机芯片, 如 8031、8096 等; 另外还有位处理器, 如 AMD2900、AMD2903 等。常见的 PLC 机型一般多为 8 位或者 16 位机。为了提高 PLC 的性能, 也有一台 PLC 采用多个 CPU。

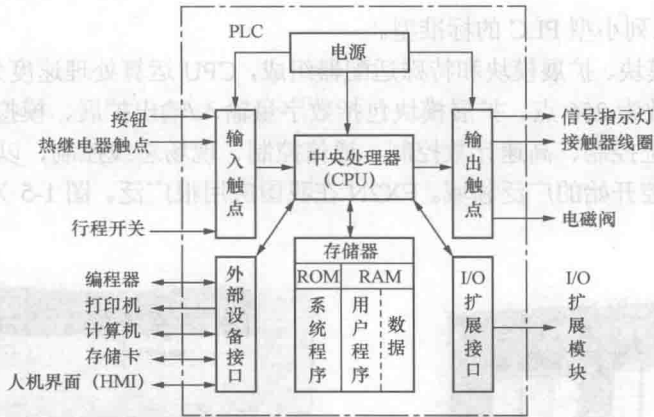


图 1-7 PLC 的硬件结构框图

(二) 存储器

存储器是 PLC 存放系统程序、用户程序和运算数据的部件。与计算机一样, PLC 的存储器分为只读存储器 (ROM) 和随机读写存储器 (RAM) 两大类。

1. 只读存储器 (ROM)

只读存储器用来保存那些需永久保存的系统程序和数据, 它具有掉电后数据不丢失的特点, 但读写速度慢。PLC 中常用的只读存储器有一次性写入只读存储器 (OTPROM)、紫外线擦除只读存储器 (EPROM)、电擦除只读存储器 (EEPROM)。

2. 随机读写存储器 (RAM)

随机读写存储器的特点是读写速度快, 但在掉电情况下存储的数据会丢失, 一般用来存放用户程序及系统运行中产生的临时数据。为了使用户程序及某些运算数据在 PLC 断电后也能保持, 在实际使用中为这些重要的随机读写存储器配备了电池和电容等掉电维持装置。PLC 中常用的随机读写存储器为静态读写存储器 (CMOS-SRAM)。

PLC 的用户程序存储器按用途分为程序区和数据区。程序区用来存放用户程序的区域, 依机器的规模一般有数千个字节, 用来存放用户数据的区域一般要小一些。在数据区中, 又被划分为若干区段, 各类数据存放的大小和位置都有严格的规定, 如输入数据区、输出数据区、定时器和计数器数据区等。不同用途的数据区在存储区中占有不同的区域, 每个区域又划分成若干个存储单元, 每个存储单元有不同的地址编号。

(三) 输入/输出电路

输入/输出电路是 PLC 和现场信号连接的接口。输入电路用来接受来自生产设备的控制信号和检测信号; 输出电路用来驱动与 PLC 连接的外部电器设备, 使它们按照 PLC 的控制命令完成对生产设备的控制。

由于 PLC 主要应用在工业现场, 这就要求输入/输出电路具有很高的抗干扰能力, 并与现场信号在参数和技术指标要相匹配。因而 PLC 为适应不同类型的外部输入/输出设备及信号设计了不同的电路, 其主要的开关量输入/输出电路有以下几种:

1. 开关量输入电路

开关量输入电路的作用是把现场的开关量信号变成 PLC 内部识别的标准信号。开关量输入电路按可接纳的外信号电源的类型分为直流输入电路和交流输入电路。图 1-8 为开关量直

流输入电路,图 1-9 为开关量交流输入电路。

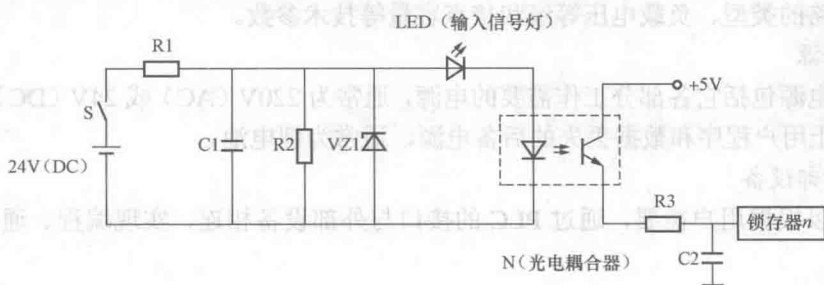


图 1-8 开关量直流输入电路

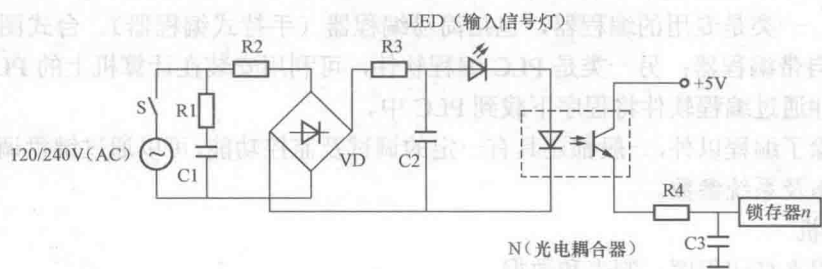


图 1-9 开关量交流输入电路

从图 1-8 和图 1-9 中可以看出,输入单元中都有滤波电路及光电耦合隔离电路。滤波有抗干扰的作用,光电耦合使内部和外部电路隔离。输入电路的电源部分,可采用 PLC 内部直流电源供电,也可采用外部电源供电。

2. 开关量输出电路

开关量输出电路的作用是把 PLC 内部的标准信号转换成 PLC 驱动负载所需要的开关量信号。开关量输出电路按 PLC 使用的输出器件分为继电器型、晶体管型及双向晶闸管型输出电路。其中继电器型输出电路适用交流或直流负载,但响应速度慢;晶体管型输出电路适用直流负载,响应速度快;双向晶闸管型输出电路适用交流负载,响应速度快。继电器型输出电路如图 1-10 所示。

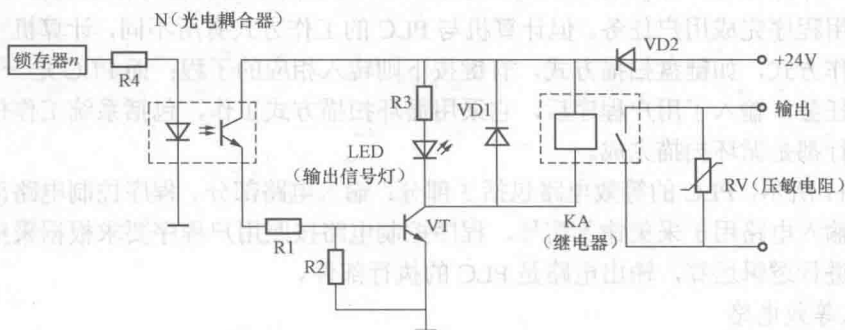


图 1-10 继电器型输出电路

从图 1-10 中可以看出,继电器型输出电路中也具有光电耦合隔离电路。这里需要指出的

是，外部驱动负载电路的电源不是由 PLC 提供，需要外接电源。在选择驱动电源时要考虑 PLC 输出电路的类型、负载电压等级和接点容量等技术参数。

(四) 电源

PLC 的电源包括它各部分工作需要的电源，通常为 220V (AC) 或 24V (DC)；以及 PLC 断电后，防止用户程序和数据丢失的后备电源，通常为锂电池。

(五) 外部设备

PLC 可以根据用户需要，通过 PLC 的接口与外部设备相连，实现编程、通信和监控等功能。

1. 编程器

编程器能够对 PLC 方便地编写和加载程序，成为 PLC 不可缺少的设备。PLC 的编程器一般有两类，一类是专用的编程器，包括简易编程器（手持式编程器）、台式图形编程器、PLC 机身上自带编程器；另一类是 PLC 编程软件，可利用安装在计算机上的 PLC 编程软件进行编程，并通过编程软件将程序下载到 PLC 中。

编程器除了编程以外，一般都还具有一定的调试及监控功能，可以通过键盘调用显示 PLC 内部元件状态及系统参数。

2. 打印机

打印机用来打印程序、制表和数据。

3. EPROM 写入器

EPROM 写入器用来将程序写入 EPROM 芯片，使用户程序在锂电池失效后不会丢失。

4. 人—机接口装置 (HMI)

HMI 又称为人机界面，是现场操作人员对 PLC 控制系统进行操作、信息采集和观测的窗口。

5. 外存储器

外存储器含有存储用户程序的存储卡和磁盘等外部存储设备。它作为用户程序的备份，当 PLC 内部的程序被破坏或丢失时，可将存储在外存储器中的用户程序重新装入 PLC 中，使程序快速修复。

二、PLC 工作原理

PLC 的工作原理与计算机的工作原理基本一致，可以简单地表述为在系统程序的管理下，通过运行应用程序完成用户任务。但计算机与 PLC 的工作方式有所不同，计算机一般采用等待命令的工作方式，如键盘扫描方式，有键按下则转入相应的子程；而 PLC 是一种专用机，在确定工作任务，输入了用户程序后，它采用循环扫描方式工作，包括系统工作任务管理及用户程序执行都是循环扫描完成。

如图 1-11 所示，PLC 的等效电路包括 3 部分：输入电路部分、程序控制电路部分和输出电路部分。输入电路用于采集输入信号，程序控制电路按照用户程序要求根据采集的数据和已知的结果进行逻辑运算，输出电路是 PLC 的执行部件。

1. 输入等效电路

输入等效电路由外部输入电路、PLC 输入接线端子和输入继电器组成。外部输入信号到来后，通过连接的接线端子使相应的输入继电器线圈得电；当外部信号失去后，相应的输入继电器线圈失电。通过输入继电器线圈的得电和失电，使相应的输入影像寄存器位元件状态

变成“1”或“0”。

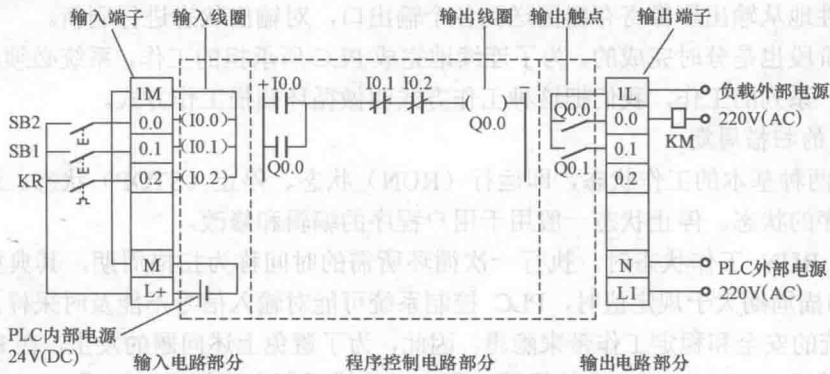


图 1-11 PLC 等效电路

通过等效电路可知，输入继电器的线圈只能通过外部信号驱动，而不能通过程序控制。

2. 程序控制等效电路

它是由用户程序形成的用“软继电器”表示的控制电路。该电路的作用是按照用户程序的逻辑关系，利用本次采样的输入信号值和已有的各继电器线圈状态值进行逻辑运算，并将运算结果写入到各个继电器线圈对应的影像寄存器位元件中，即对各相关的状态元件值进行刷新。

3. 输出等效电路

输出电路由内部驱动电路、输出触点、输出接线端子和外部驱动电路组成。该电路的作用是根据本次运算得到的各个输出继电器结果，驱动相应输出电路，即对输出状态进行刷新。

三、PLC 工作流程

1. PLC 工作过程

PLC 工作过程示意图见图 1-12。PLC 所要完成的任务如下：

- (1) PLC 内部各单元的调度、监控。
- (2) PLC 与外部设备间的通信。
- (3) PLC 控制任务的执行。

这些工作都是分时完成的，每项工作又都包含着许多更具体的任务。其中控制任务的执行是 PLC 工作过程十分重要的环节，它可分为以下三个阶段。

(1) 输入采样阶段。在这个阶段中，PLC 读取输入接点的状态，并将它们存放在输入影像寄存器中。

(2) 程序执行阶段。在这个阶段中，PLC 根据本次采样的输入数据和前面得到的运算结果，按照用户程序的顺序逐行逐句执行用户程序。执行的结果存储在相应元件的影像寄存器中。

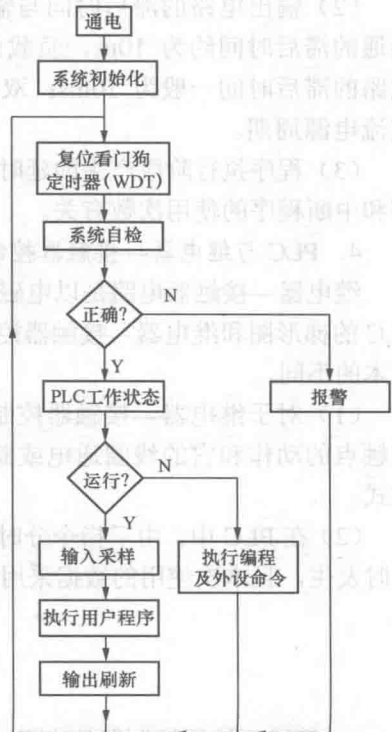


图 1-12 PLC 工作过程示意图

(3) 输出刷新阶段。这是一个工作周期的最后阶段。PLC 将本次执行用户程序得到的输出结果一次性地从输出影像寄存器区送到各个输出口,对输出状态进行刷新。

这三个阶段也是分时完成的。为了连续地完成 PLC 所承担的工作,系统必须周而复始地重复执行这一系列的工作,我们把这种工作方式叫做循环扫描工作方式。

2. PLC 的扫描周期

PLC 有两种基本的工作状态,即运行 (RUN) 状态、停止 (STOP) 状态。运行状态是执行用户程序的状态。停止状态一般用于用户程序的编辑和修改。

PLC 在 RUN 工作状态时,执行一次循环所需的时间称为扫描周期,其典型值为 1~100ms。当扫描周期大于规定值时,PLC 控制系统可能对输入信号不能及时采样,造成信号丢失,给系统的安全和稳定工作带来隐患。因此,为了避免上述问题的发生,在 PLC 中设置了看门狗定时器 (WDT)。WDT 的报警过程:当扫描周期大于规定时间后,WDT 没有及时复位,就会发出报警信号,使系统停止工作。

3. 输入/输出滞后时间

输入/输出滞后时间又称为系统响应时间,是指 PLC 外部输入信号发生变化的时刻至 PLC 控制有关外部输出信号发生变化的时刻之间的时间间隔。它由输入电路的滤波延时时间、输出电路的滞后时间和程序执行阶段产生的延时时间三部分组成。

(1) 输入电路的 RC 滤波电路用来滤除由输入端引入的干扰噪声,消除因外接输入触点动作时产生抖动引起的不良影响。滤波时间常数决定了输入滤波时间的长短,其典型值为 10ms 左右。

(2) 输出电路的滞后时间与输出元件的类型有关。晶体管型输出电路在负载从关断到接通的滞后时间约为 $10\mu\text{s}$,负载由导通到断开时的最大滞后时间为 $100\mu\text{s}$;继电器型输出电路的滞后时间一般为 10ms;双向晶闸管型输出电路的滞后时间一般为 $0.2\text{ms}+T/2$, T 为交流电源周期。

(3) 程序执行阶段产生的延时,主要与程序的长短、程序的结构、指令的类型以及子程序和中断程序的使用次数有关。

4. PLC 与继电器—接触器控制电路工作原理的差别

继电器—接触器电路是以电磁机构为主体的低压控制电器,而 PLC 是计算机控制系统。PLC 的梯形图和继电器—接触器控制电路图虽然相似,但是这两者之间在工作过程上,有着根本的不同。

(1) 对于继电器—接触器控制电路来说,忽略电磁滞后及机械滞后,同一个继电器所有触点的动作和它的线圈通电或断电同时发生,即继电器—接触器控制电路采用并行工作方式。

(2) 在 PLC 中,由于指令分时扫描执行,同一个器件的线圈和它的各个触点的动作并不同时发生,且本次使用的数据采用前面的计算结果,即 PLC 程序的执行采用串行工作方式。

思考与训练

1. 简述可编程控制器的定义。
2. 可编程控制器的主要特点有哪些?