

PLC技术与应用

李建兴 等编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

PLC 技术与应用

李建兴 陈炜 马莹 编著

机械工业出版社

本书以永宏电机 (FATEK) 的 FBs-PLC 为背景, 从工程应用的角度出发, 详细介绍了 PLC 的工作原理、性能特点、硬件结构、外部输入/输出特性、编程元件、指令系统及应用、梯形图程序设计方法、PLC 系统设计与调试方法, 以及 PLC 在实际应用中需注意的问题。

本书不仅介绍了 PLC 在开关量控制中的功能及应用, 还突出了 PLC 的模拟量控制、伺服控制和网络通信的功能及应用。

本书可作为高等学校自动化、电气工程、电子信息、机电一体化等相关专业的教材, 也可供工程技术人员自学或作为培训教材使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 技术与应用/李建兴等编著. —北京: 机械工业出版社, 2011. 1
ISBN 978-7-111-33176-6

I. ①P… II. ①李… III. ①可编程序控制器 IV. ①TP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 012756 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: 贡克勤 责任编辑: 贡克勤

版式设计: 霍永明 责任校对: 李秋荣

封面设计: 路恩中 责任印制: 乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18 印张 · 443 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-33176-6

定价: 36.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器（PLC）是以微处理器为核心的通用自动控制装置。它具有控制功能强、可靠性高、使用灵活方便、通用性好、易于扩展等一系列优点，广泛应用于各种生产机械和生产过程的控制，被誉为现代工业生产自动化的三大支柱之一。

本书的编写力求由浅入深，理论联系实际，注重应用，以永宏电机（FATEK）的FBs-PLC为背景，详细介绍了PLC的基础知识、FBs-PLC的性能、指令系统及应用、PLC程序设计方法、PLC控制系统设计等。同时为适应新的需求，本书还突出介绍了FBs-PLC的模拟量处理和控制在、伺服控制和网络通信等功能及应用。

本书可作为高等学校自动化、电气工程、电子信息、机电一体化等相关专业的教材，也可供工程技术人员自学或作为培训教材使用。

本书由福建工程学院李建兴、陈炜、马莹编著，全书由李建兴负责统稿。福州大学邱公伟教授对全书进行了审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此致以衷心的感谢。

本书的出版特别要感谢永宏电机范堤商贸（上海）公司邓重远总经理、机械工业出版社贡克勤先生和厦门海正自动化科技有限公司陈建玲总经理的大力支持！感谢我的同事黄家善老师和黄靖老师的支持与帮助！

本书的出版也得到福州市科技公共服务平台项目（2010-PT-124）的支持。

由于编著者水平有限、时间仓促等原因，书中可能有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

前言			
第一章 PLC 技术基础	1	第六章 FBs-PLC 模拟量处理与控制	
第一节 概述	1	功能及应用	141
第二节 PLC 控制系统与电器控制系统的		第一节 FBs-PLC 温度测量模块及应用	141
比较	4	第二节 FBs-PLC 的 A/D 和 D/A 转换模	
第三节 PLC 的基本组成	7	块及应用	149
第四节 PLC 的工作原理	14	第三节 FBs-PLC 的 PID 和数据处理指令	
第五节 PLC 的性能指标与分类	16	及应用	162
第六节 PLC 的发展趋势	18	第七章 FBs-PLC 伺服控制功能及应	
第二章 FBs-PLC 性能及编程元件	20	用	175
第一节 概述	20	第一节 数控伺服控制系统概况	175
第二节 FBs-PLC 的基本单元及性能	21	第二节 FBs-PLC 的高速计数器及应用	185
第三节 FBs-PLC 的扩展模块及性能	23	第三节 FBs-PLC 的定位控制功能及应	
第四节 FBs-PLC 的输入/输出特性	27	用	194
第五节 FBs-PLC 的编程元件	32	第八章 FBs-PLC 通信功能及应用	211
第三章 FBs-PLC 基本指令及应用	42	第一节 PLC 通信基础	211
第一节 概述	42	第二节 FBs-PLC 的通信接口及模块	219
第二节 FBs-PLC 的基本逻辑指令	45	第三节 FBs-PLC 的通信指令及应用	230
第三节 FBs-PLC 的步进指令	49	第九章 PLC 控制系统的设计与实	
第四节 FBs-PLC 的步进指令应用范例	51	施	239
第四章 FBs-PLC 应用指令及应用	56	第一节 PLC 控制系统设计的基本原则与	
第一节 概述	56	内容	239
第二节 FBs-PLC 的基本应用指令及应用	59	第二节 PLC 的选择	241
第三节 FBs-PLC 的高级应用指令及应用	67	第三节 PLC 与输入/输出设备的连接	245
第五章 PLC 程序设计方法与范例	102	第四节 减少 I/O 点数的措施	249
第一节 梯形图的编程规则	102	第五节 提高 PLC 控制系统可靠性的	
第二节 典型单元的梯形图程序	104	措施	253
第三节 PLC 程序的经验设计法	109	第六节 PLC 控制系统的施工设计	257
第四节 PLC 程序的顺序控制设计法	111	附录	261
第五节 PLC 程序的逻辑设计法	127	附录 A FBs-PLC 指令一览表	261
第六节 PLC 程序的移植设计法	131	附录 B FBs-PLC 特殊继电器一览表	268
第七节 PLC 程序及调试说明	133	附录 C 编程软件 WinProladder 的使用	273
第八节 PLC 程序设计范例	136	参考文献	282

第一章 PLC 技术基础

第一节 概 述

一、什么是 PLC

可编程序控制器 (Programmable Controller) 简称 PC, 为了避免与个人计算机 (PC) 相混淆, 习惯上仍采用早期的 PLC (Programmable Logic Controller) 的名称。PLC 是在电气控制技术和计算机技术的基础上开发出来的, 并逐渐发展成为以微处理器为核心, 把自动化技术、计算机技术、通信技术融为一体的新型工业控制装置。

随着大规模集成电路的发展, 使得 PLC 得到了迅速发展。由于 PLC 具有体积小、功能强、灵活通用和维护方便等一系列优点, 特别是其高可靠性和适应恶劣环境的能力, 广泛地应用于各种控制领域。目前, PLC 已经成为解决自动控制问题的最便捷、最有效的工具, 成为一种最重要、最普及、应用场合最多的工业控制装置, 被公认为现代工业自动化的三大支柱 (PLC、机器人、CAD/CAM) 之一。

国际电工委员会 (International Electrotechnical Commission, IEC) 于 1987 年颁布了可编程序控制器标准草案第三稿。在草案中对可编程序控制器定义如下: “可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下应用而设计。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, 并通过数字式和模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关外围设备, 都应按易于与工业系统连成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计”。

定义强调了 PLC 应直接应用于工业环境, 必须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和广阔的应用范围, 这是区别于一般微机控制系统的重要特征。同时, 也强调了 PLC 用软件方式实现的“可编程”与传统控制装置中通过硬件或硬接线的变更来改变控制要求的本质区别。

近年来, 可编程序控制器发展很快, 几乎每年都推出不少新系列产品, 其功能已远远超出了上述定义的范围。

二、PLC 的产生与发展

在 PLC 出现之前, 在许多工业自动化领域中, 继电器控制占据主导地位。但是继电器控制系统存在体积大、可靠性低、查找和排除故障困难等缺点, 特别是其接线复杂、不易更改, 对生产工艺变化的适应性差。

1968 年美国通用汽车公司 (GM) 为了适应汽车型号的不断更新、生产工艺不断变化的需要, 实现小批量、多品种生产, 希望能有一种新型工业控制器, 它能做到尽可能减少重新设计和更换电气控制系统及接线, 以降低成本, 缩短周期。于是就设想将计算机功能强大、灵活、通用性好等优点与电气控制系统简单易懂、价格便宜等优点结合起来, 制成一种通用

控制装置，而且这种装置采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”进行编程，使不熟悉计算机的人也能很快掌握使用。

1969年，美国数字设备公司（DEC）根据美国通用汽车公司的这种要求，研制成功了世界上第一台 PLC，并在通用汽车公司的自动装配线上试用，取得很好的效果。从此，PLC 技术按照成熟而有效的继电器控制概念与设计思想，利用不断发展的新技术、新器件，逐步形成了一门较为独立的新型技术和具有特色的系列产品。

早期的 PLC 仅有逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能，只是用来取代传统的继电器控制，通常称为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller）。随着微电子技术和计算机技术的发展，20世纪70年代中期微处理器技术应用到 PLC 中，使 PLC 不仅具有逻辑控制功能，还增加了算术运算、数据传送和数据处理等功能。

20世纪80年代以后，随着大规模、超大规模集成电路等微电子技术的迅速发展，16位和32位微处理器应用于 PLC 中，使 PLC 得到迅速发展。PLC 不仅控制功能增强，同时可靠性提高，功耗、体积减小，成本降低，编程和故障检测更加灵活方便，而且具有通信和联网、数据处理和图像显示等功能，使 PLC 真正成为具有逻辑控制、过程控制、运动控制、数据处理、联网通信等功能的名符其实的多功能控制器。

自从第一台 PLC 出现以后，日本、德国、法国等也相继开始研制 PLC，并得到了迅速的发展。目前，世界上有200多家 PLC 厂商，400多种的 PLC 产品，按地域可分成美国、欧洲和亚洲等三个流派产品，每个流派 PLC 产品都各具特色。美国和欧洲的 PLC 技术是在相互隔离情况下独立研究开发的，因此美国和欧洲的 PLC 产品有明显的差异性。而日本的 PLC 技术是由美国引进的，对美国的 PLC 产品有一定的继承性，但日本的主推产品定位在小型 PLC 上。美国和欧洲以大中型 PLC 而闻名，而日本则以小型 PLC 著称。亚洲 PLC 产品主要发展中小型 PLC，其小型 PLC 性能先进，结构紧凑，价格便宜，在世界市场上占有重要地位，如三菱电机（Mitsubishi Electric）公司、欧姆龙（OMRON）公司、永宏电机（FATEK）等。美国 PLC 生产厂家主要有 A-B（Allen-Bradly）公司、GE（General Electric）公司等；欧洲的 PLC 生产厂家主要有德国的西门子（Siemens）公司，法国的 TE（Telemecanique）公司等。

我国的 PLC 研制、生产和应用也发展很快，尤其在应用方面更为突出。在20世纪70年代末和80年代初，我国随国外成套设备、专用设备引进了不少国外的 PLC。从1982年开始先后有天津、厦门、无锡、大连、上海、北京等地的仪表厂、无线电厂和研究所等单位与美国、德国、日本等 PLC 的制造企业进行了合资或技术引进，并初步形成了自己的 PLC 产业，PLC 在大中型工程项目和设备改造中的应用逐年增多，并取得显著的经济效益。近年来，PLC 在我国的机电、冶金、轻工、纺织、化工、医药、交通等行业应用越来越广泛，它与监控和数据采集（Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA）和分布式控制系统（Distributed Control System, DCS）相互集成、互相补充、综合应用，在我国工业自动化领域产生了巨大的作用。

从近年的统计数据看，在世界范围内 PLC 产品的产量、销量、用量高居工业控制装置榜首，而且市场需求量一直以每年15%的比率上升。PLC 已成为工业自动化控制领域中占主导地位的通用工业控制装置。

三、PLC 的特点

PLC 技术之所以高速发展,除了工业自动化的客观需要外,主要是因为它具有许多独特的优点。它较好地解决了工业领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。主要有以下特点:

1. 可靠性高、抗干扰能力强

可靠性高、抗干扰能力强是 PLC 最重要的特点之一。PLC 的平均无故障时间可达几十万小时,之所以有这么高的可靠性,是由于它采用了一系列的硬件和软件的抗干扰措施:

(1) 硬件方面 I/O 通道采用光电隔离,有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响;对供电电源及线路采用多种形式的滤波,从而消除或抑制了高频干扰;对 CPU 等重要部件采用良好的导电、导磁材料进行屏蔽,以减少空间电磁干扰;对有些模块设置了联锁保护、自诊断电路等。

(2) 软件方面 PLC 采用扫描工作方式,减少了由于外界环境干扰引起故障;在 PLC 系统程序中设有故障检测和自诊断程序,能对系统硬件电路等故障实现检测和判断;当由外界干扰引起故障时,能立即将当前重要信息加以封存,禁止任何不稳定的读写操作,一旦外界环境正常后,便可恢复到故障发生前的状态,继续原来的工作。

2. 编程简单、使用方便

目前,大多数 PLC 采用的编程语言是梯形图语言,它是一种面向生产过程、面向用户的编程语言。梯形图与电气控制电路图相似,形象、直观,不需要掌握计算机知识,很容易让广大工程技术人员掌握。当生产流程需要改变时,可以现场改变程序,使用方便、灵活。同时,PLC 编程器的操作和使用也很简单。这也是 PLC 获得普及和推广的主要原因之一。

许多 PLC 还针对具体问题,设计了各种专用编程指令及编程方法,进一步简化了编程。

3. 功能完善、通用性强

现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制等功能,而且还具有 A/D 和 D/A 转换、数值运算、数据处理、PID 控制、通信联网等许多功能。同时,由于 PLC 产品的系列化、模块化,有品种齐全的各种硬件装置供用户选用,因此,它可以组成满足各种要求的控制系统。

4. 设计安装简单、维护方便

由于 PLC 用软件代替了传统电气控制系统的硬件,控制柜的设计、安装接线工作量大为减少。PLC 的用户程序大部分可在实验室进行模拟调试,缩短了应用设计和调试周期。在维修方面,由于 PLC 的故障率极低,维修工作量很小;而且 PLC 具有很强的自诊断功能,如果出现故障,可根据 PLC 上指示或编程器上提供的故障信息,迅速查明原因,维修极为方便。

5. 体积小、重量轻、能耗低

由于 PLC 采用了集成电路,其结构紧凑、体积小、能耗低,因而是实现机电一体化的理想控制设备。

四、PLC 的应用领域

目前,在国内外 PLC 已广泛应用于冶金、石油、化工、建材、机械制造、电力、汽车、

轻工、环保及文化娱乐等各行各业，随着 PLC 性能价格比的不断提高，其应用领域不断扩大。从应用类型看，PLC 的应用大致可归纳为以下几个方面：

1. 开关量逻辑控制

利用 PLC 最基本的逻辑运算、定时、计数等功能实现逻辑控制，可以取代传统的继电器控制，用于单机控制、多机群控制、生产线自动控制等，如机床、注塑机、印刷机械、装配生产线、电镀流水线和电梯的控制等。这是 PLC 最基本的应用，也是 PLC 最广泛的应用领域。

2. 运动控制

大多数 PLC 都有拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块。这一功能广泛用于各种机械设备，如对各种机床、机器人等进行运动控制。

3. 过程控制

大中型 PLC 都具有多路模拟量 I/O 模块和 PID 控制功能，有的小型 PLC 也具有模拟量输入/输出。所以 PLC 可实现模拟量控制，而且具有 PID 控制功能的 PLC 可构成闭环控制，用于过程控制。这一功能已广泛用于锅炉、反应堆、水处理、酿酒以及闭环位置控制和速度控制等方面。

4. 数据处理

现代的 PLC 都具有数学运算以及数据传送、转换、排序和查表等功能，可进行数据的采集、分析和处理，同时可通过通信接口将这些数据传送给其他智能装置，如计算机数字控制（CNC）设备，进行处理。

5. 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机、PLC 与其他智能设备之间的通信。PLC 系统与通用计算机可直接或通过通信处理单元、通信转换单元相连构成网络，以实现信息的交换，并可构成“集中管理、分散控制”的多级分布式控制系统，满足工厂自动化（FA）系统发展的需要。

第二节 PLC 控制系统与电器控制系统的比较

采用 PLC 作为控制装置的控制系统称为 PLC 控制系统。由于 PLC 的产生是源于继电器控制，因此下面通过对由继电器和 PLC 构成的两种控制系统进行分析比较，说明 PLC 的基本概念。

一、PLC 控制系统与电气控制系统的比较

电气控制系统以继电器为核心。一个电气控制系统可以分成输入、输出和控制三个组成部分，如图 1-1 所示。

图 1-1 中，输入部分是由各种输入设备，如按钮、位置开关及传感器等组成；控制部分是按照控制要求设计的，由若干继电器及触点构成的具有一定逻辑功能的控制电路；输出部分是由各种输出设备，如接触器、电磁阀、指示灯等执行元件组成。电气控制系统是根据操作指令及被控对象发出的信号，由控制部分按规定的动作要求决定执行什么动作或动作的顺序，然后驱动输出设备去实现各种操作。由于控制部分是采用硬接线将各种继电器及触点按

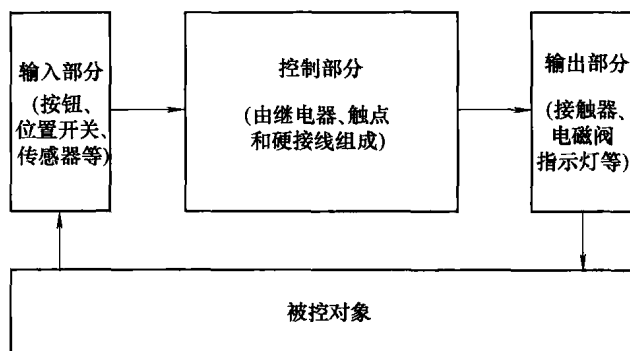


图 1-1 电气控制系统的组成

一定的要求连接而成的电路，所以接线复杂且故障点多，同时不易灵活改变。

PLC 控制系统以 PLC 为核心。一个 PLC 控制系统也是由输入、输出和控制三部分组成，如图 1-2 所示。

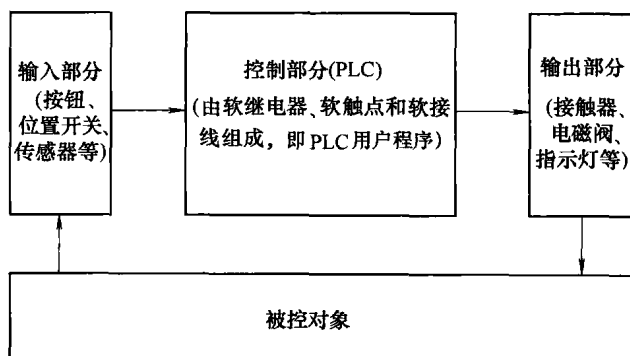


图 1-2 PLC 控制系统的组成

从图 1-2 中可以看出，PLC 控制系统的输入、输出部分和电器控制系统的输入、输出部分应该是相同的，只是控制部分是采用“可编程”的 PLC，而不是实际的继电器控制电路。因此，PLC 控制系统可以方便地通过改变用户程序，以实现各种控制功能，从根本上解决了电气控制系统控制电路难以改变的问题。同时，PLC 控制系统不仅能实现逻辑运算，还具有数值运算及过程控制等复杂的控制功能。

从上述分析比较可知，PLC 控制系统是采用 PLC 的程序（软件）去代替了电气控制系统的继电器电路（硬件）。因此，对于使用者来说，可以将 PLC 等效成是许许多多各种各样的“软继电器”和“软接线”的集合，而用户程序就是用“软接线”将“软继电器”及其“触点”按一定要求连接起来的“电路”。

二、PLC 的等效电路

为了更好的理解这种等效关系，下面通过一个例子来说明。图 1-3 所示为三相异步电动机单向运行的电气控制系统。其中，由输入设备 SB1、SB2、FR 的触点构成系统的输入部分，由输出设备 KM 构成系统的输出部分。

如果要设计一个 PLC 控制系统以控制这台三相异步电动机，根据上述分析可知，系统主电路不变，只要将输入设备 SB1、SB2、FR 的触点与 PLC 的输入端连接构成输入部分，将

输出设备 KM 线圈与 PLC 的输出端连接构成输出部分，而控制部分的功能则由 PLC 的用户程序来实现，其等效电路如图 1-4 所示。

图 1-4 中，输入设备 SB1、SB2、FR 与 PLC 内部的“软继电器” X0、X1、X2 的“线圈”对应，由输入设备控制相对应的“软继电器”的状态，即通过这些“软继电器”将外部输入设备状态变成 PLC 内部的状态，这类“软继电器”称为输入继电器；同理，输出设备 KM 与 PLC 内部的“软继电器” Y0 对应，由“软继电器” Y0 状态控制对应的输出设备 KM 的状态，即通过这些“软继电器”将 PLC 内部状态输出，以控制外部输出设备，这类“软继电器”称为输出继电器。

因此，PLC 用户程序要实现的是：如何用输入继电器 X0、X1、X2 来控制输出继电器 Y0。当控制要求复杂时，

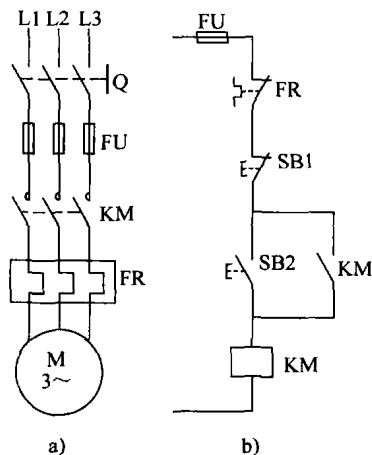


图 1-3 三相异步电动机单向起动运行的电气控制系统
a) 主电路 b) 控制电路

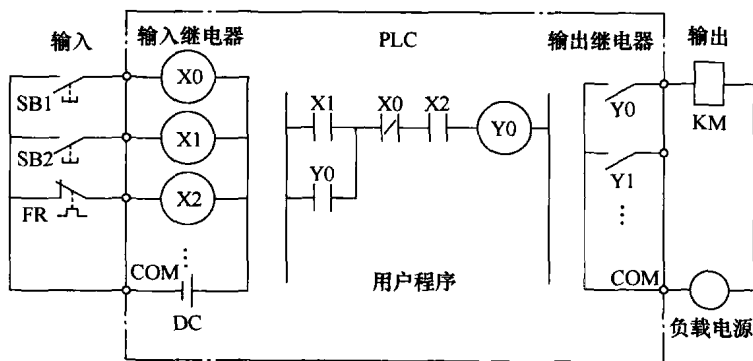


图 1-4 PLC 的等效电路

程序中还要采用 PLC 内部的其他类型的“软继电器”，如辅助继电器、定时器、计数器等，以达到控制要求。

要注意的是，PLC 等效电路中的继电器并不是实际的物理继电器，它实质上是存储器单元的状态。单元状态为“1”，相当于继电器接通；单元状态为“0”，则相当于继电器断开。因此，称这些继电器为“软继电器”。

三、PLC 控制系统与电气控制系统的区别

PLC 控制系统与电气控制系统相比，有许多相似之处，也有许多不同。不同之处主要在以下几个方面：

1) 从控制方法上看，电气控制系统的控制逻辑采用硬件接线，利用继电器机械触点的串联或并联等组合成控制逻辑，其连线多且复杂、体积大、功耗大，系统构成后，想再改变或增加功能较为困难。另外，继电器的触点数量有限，所以电气控制系统的灵活性和可扩展性受到很大限制。而 PLC 采用了计算机技术，其控制逻辑是以程序的方式存放在存储器中，要改变控制逻辑只需改变程序，因而很容易改变或增加系统功能。系统连线少、体积小、功耗小，而且 PLC 所谓的“软继电器”实质上是存储器单元的状态，所以“软继电器”的触

点数量是无限的，PLC 系统的灵活性和可扩展性好。

2) 从工作方式上看，在继电器控制电路中，当电源接通时，电路中所有继电器都处于受制约状态，即该吸合的继电器都同时吸合，不该吸合的继电器受某种条件限制而不能吸合，这种工作方式称为并行工作方式。而 PLC 的用户程序是按一定顺序循环执行，所以各软继电器都处于周期性循环扫描接通中，受同一条件制约的各个继电器的动作次序决定于程序扫描顺序，这种工作方式称为串行工作方式。

3) 从控制速度上看，继电器控制系统依靠机械触点的动作以实现控制，工作频率低，机械触点还会出现抖动问题。而 PLC 是通过程序指令控制半导体电路来实现控制的，速度快，程序指令执行时间在微秒级，且不会出现触点抖动问题。

4) 从可靠性上看，由于继电器控制系统使用了大量的机械触点，其存在机械磨损、电弧烧损等，寿命短，系统的连线多，所以可靠性和可维护性较差。而 PLC 大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成，其寿命长、可靠性高，PLC 还具有自诊断功能，能查出自身的故障，随时显示给操作人员，并能动态地监视控制程序的执行情况，为现场调试和维护提供了方便。

第三节 PLC 的基本组成

PLC 是微机技术和控制技术相结合的产物，是一种以微处理器为核心的用于控制的特殊计算机，因此 PLC 的基本组成与一般的微机系统类似。

一、PLC 的硬件组成

PLC 的硬件主要由中央处理单元 (CPU)、存储器、输入单元、输出单元、通信接口、扩展接口、电源等部分组成。其中，CPU 是 PLC 的核心，输入单元与输出单元是连接现场输入/输出设备与 CPU 之间的接口电路，通信接口用于与编程器、上位计算机等外设连接。

对于整体式 PLC，所有部件都装在同一机壳内，其组成框图如图 1-5 所示；对于模块式

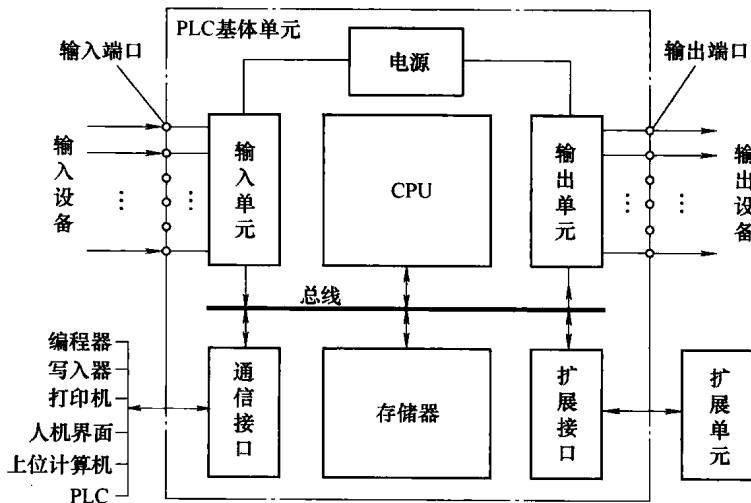


图 1-5 整体式 PLC 组成框图

PLC，各部件独立封装成模块，各模块通过总线连接，安装在机架或导轨上，其组成框图如图 1-6 所示。无论是哪种结构类型的 PLC，都可根据用户需要进行配置与组合。

尽管整体式与模块式 PLC 的结构不太一样，但各部分的功能作用是相同的，下面对 PLC 主要各组成部分进行简单介绍。

1. 中央处理单元 (CPU)

同一般的微机一样，CPU 是 PLC 的核心。PLC 中所配置的 CPU 随机型不同而不同，常用有三类：通用微处理器（如 8086、80286 等）、单片微处理器（如 8031、8096 等）和位片式微处理器（如 AMD29W 等）。小型 PLC 大多采用 8 位通用微处理器和单片微处理器；中型 PLC 大多采用 16 位通用微处理器或单片微处理器；大型 PLC 大多采用高速位片式微处理器。

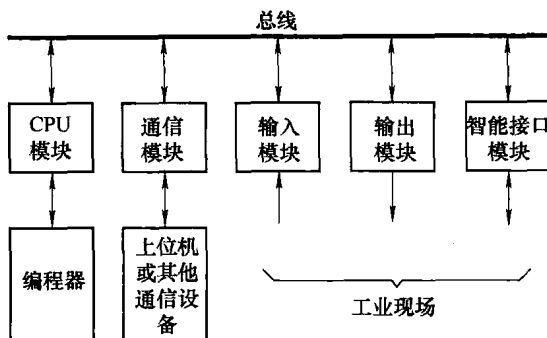


图 1-6 模块式 PLC 组成框图

目前，小型 PLC 为单 CPU 系统，而中、大型 PLC 则大多为双 CPU 或多 CPU 系统。对于双 CPU 系统，通常一个 CPU 为字处理器，一般采用 8 位或 16 位处理器；另一个 CPU 为位处理器，采用由各厂家设计制造的专用芯片。字处理器为主处理器，用于执行编程器接口功能、监视内部定时器、监视扫描时间、处理字节指令以及对系统总线和位处理器进行控制等。位处理器为从处理器，主要用于处理位操作指令和实现 PLC 编程语言向机器语言的转换。位处理器的采用，提高了 PLC 的速度，使 PLC 更好地满足实时控制要求。

在 PLC 中，CPU 按系统程序赋予的功能，指挥 PLC 有条不紊地进行工作。其工作归纳起来主要有以下几个方面：

- 1) 接收从编程器输入的用户程序和数据。
- 2) 诊断电源、PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。
- 3) 通过输入接口接收现场的状态或数据，并存入输入映像寄存器或数据寄存器中。
- 4) 从存储器逐条读取用户程序，经过解释后执行。
- 5) 根据执行的结果，更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容，通过输出单元实现输出控制。有些 PLC 还具有制表打印或数据通信等功能。

2. 存储器

存储器主要有两种：一种是可读/写操作的随机存储器 RAM，另一种是只读存储器 ROM、PROM、EPROM 和 EEPROM。在 PLC 中，存储器主要用于存放系统程序、用户程序及工作数据。

系统程序是由 PLC 的制造厂家编写的，和 PLC 的硬件组成有关，完成系统诊断、命令解释、功能子程序调用管理、逻辑运算、通信及各种参数设定等功能，提供 PLC 运行的平台。系统程序关系到 PLC 的性能，而且在 PLC 使用过程中不会变动，所以是由制造厂家直接固化在只读存储器 ROM、PROM 或 EPROM 中，用户不能访问和修改。

用户程序是随 PLC 的控制对象而定的，由用户根据对象生产工艺的控制要求而编制的应用程序。为了便于读出、检查和修改，用户程序一般存于 CMOS 静态 RAM 中，用锂电池作为后备电源，以保证掉电时不会丢失信息。为了防止干扰对 RAM 中程序的破坏，当用户

程序运行正常，不需要改变时，可将其固化在只读存储器 EPROM 中。现在有许多 PLC 直接采用 EEPROM 作为用户存储器。

工作数据是 PLC 运行过程中经常变化、经常存取的一些数据。其存放在 RAM 中，以适应随机存取的要求。在 PLC 的工作数据存储区中，设有存放输入/输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器等逻辑器件的存储区，这些器件的状态都是由用户程序的初始设置和运行情况而确定的。根据需要，部分数据在掉电时用后备电池维持其现有的状态。在掉电时可保存数据的存储区域称为保持数据区。

由于系统程序及工作数据与用户无直接联系，所以在 PLC 产品样本或使用手册中所列存储器的形式及容量是指用户程序存储器。当 PLC 提供的用户存储器容量不够用时，许多 PLC 还提供有存储器扩展功能。

3. 输入/输出单元

输入/输出单元通常也称 I/O 单元或 I/O 模块，是 PLC 与工业生产现场之间的连接部件。PLC 通过输入接口可以检测被控对象的各种数据，以这些数据作为 PLC 对被控制对象进行控制的依据；同时 PLC 又通过输出接口将处理结果送给被控制对象，以实现控制目的。

由于外部输入设备和输出设备所需的信号电平是多种多样的，而 PLC 内部 CPU 的处理的信息只能是标准电平，所以 I/O 接口要实现这种转换。I/O 接口一般都具有光电隔离和滤波功能，以提高 PLC 的抗干扰能力。另外，I/O 接口上通常还有状态指示，工作状态直观，便于维护。

PLC 提供了多种操作电平和驱动能力的 I/O 接口，有各种各样功能的 I/O 接口供用户选用。I/O 接口的主要类型有：数字量（开关量）输入、数字量（开关量）输出、模拟量输入、模拟量输出等。

常用的开关量输入接口按其使用的电源不同有三种类型：直流输入接口、交流输入接口和交/直流输入接口，其基本原理电路如图 1-7 所示。

常用的开关量输出接口按输出开关器件不同有三种类型：继电器输出、

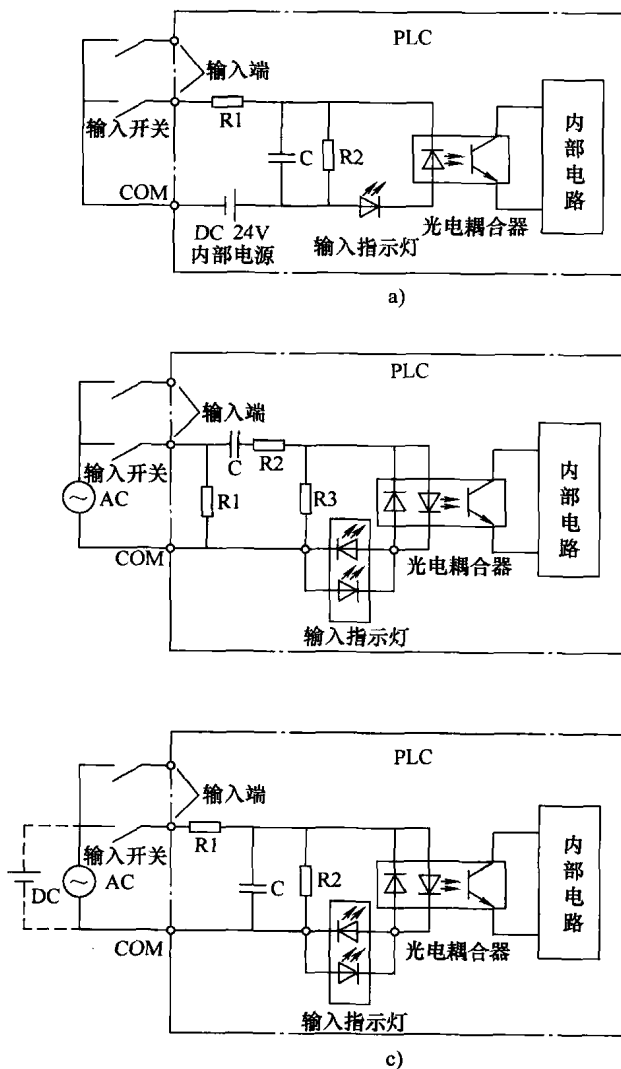


图 1-7 开关量输入接口基本原理电路

- a) 直流输入
- b) 交流输入
- c) 交/直流输入

晶体管输出和双向晶闸管输出。其基本原理电路如图 1-8 所示。继电器输出接口可驱动交流或直流负载，但其响应时间长，动作频率低；而晶体管输出和双向晶闸管输出接口的响应速度快，动作频率高，但前者只能用于驱动直流负载，后者只能用于交流负载。

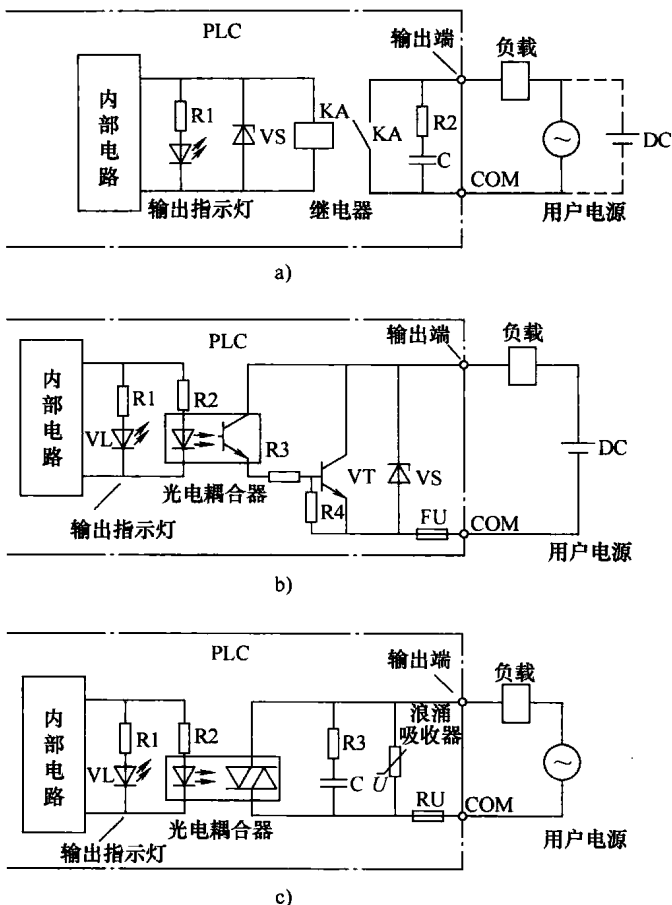


图 1-8 开关量输出接口基本原理电路

a) 继电器输出 b) 晶体管输出 c) 双向晶闸管输出

PLC 的 I/O 接口所能接收的输入信号个数和输出信号个数称为 PLC 输入/输出 (I/O) 点数。I/O 点数是选择 PLC 的重要依据之一。当系统的 I/O 点数不够时，可通过 PLC 的 I/O 扩展接口对系统进行扩展。

4. 通信接口

PLC 配有各种通信接口，这些通信接口一般都带有通信处理器。PLC 通过这些通信接口可与监视器、打印机、其他 PLC、计算机等设备实现通信。PLC 与打印机连接，可将过程信息、系统参数等输出打印；与监视器连接，可将控制过程图像显示出来；与其他 PLC 连接，可组成多机系统或连成网络，实现更大规模控制。与计算机连接，可组成多级分布式控制系统，实现控制与管理相结合。

远程 I/O 系统也必须配备相应的通信接口模块。

5. 智能接口模块

智能接口模块是一独立的计算机系统，它有自己的 CPU、系统程序、存储器以及与 PLC

系统总线相连的接口。它作为 PLC 系统的一个模块，通过总线与 PLC 相连，进行数据交换，并在 PLC 的协调管理下独立地进行工作。

PLC 的智能接口模块种类很多，如高速计数模块、闭环控制模块、运动控制模块、中断控制模块等。

6. 编程装置

编程装置的作用是编辑、调试、输入用户程序，也可在线监控 PLC 内部状态和参数，与 PLC 进行人机对话。它是开发、应用、维护 PLC 不可缺少的工具。编程装置可以是专用编程器，也可以是配有专用编程软件包的通用计算机系统。专用编程器是由 PLC 厂家生产，专供该厂家生产的某些 PLC 产品使用，它主要由键盘、显示器和外存储器接插口等部件组成。专用编程器有简易编程器和智能编程器两类。

简易编程器只能联机编程，而且不能直接输入和编辑梯形图程序，需将梯形图程序转化为指令表程序才能输入。简易编程器体积小、价格便宜，它可以直接插在 PLC 的编程插座上，或者用专用电缆与 PLC 相连，以方便编程和调试。有些简易编程器带有存储盒，可用来储存用户程序，如 FBs-PLC 专用的 FP-08 简易编程器。

智能编程器又称图形编程器，本质上它是一台专用便携式计算机，如三菱的 GP-80FX-E 智能型编程器。它既可联机编程，又可脱机编程。可直接输入和编辑梯形图程序，使用更加直观、方便，但价格较高，操作也比较复杂。大多数智能编程器带有磁盘驱动器，提供录音机接口和打印机接口。

专用编程器只能对指定厂家的几种 PLC 进行编程，使用范围有限，价格较高。同时，由于 PLC 产品不断更新换代，所以专用编程器的生命周期也十分有限。因此，现在的趋势是使用以个人计算机为基础的编程装置，用户只需购买 PLC 厂家提供的编程软件和相应的硬件接口装置。这样，用户只用较少的投资即可得到高性能的 PLC 程序开发系统。

基于个人计算机的程序开发系统功能强大。它既可以编制、修改 PLC 的梯形图程序，又可以监视系统运行、打印文件、系统仿真等。配上相应的软件还可实现数据采集和分析等许多功能。

7. 电源

PLC 配有开关电源，以供内部电路使用。与普通电源相比，PLC 电源的稳定性好、抗干扰能力强；对电网提供的电源稳定度要求不高，一般允许电源电压在其额定值 $\pm 15\%$ 的范围内波动。许多 PLC 还向外提供直流 24V 稳压电源，用于对外部传感器供电。

8. 其他外部设备

除了以上所述的部件和设备外，PLC 还有许多外部设备，如 EPROM 写入器、外存储器、人/机接口装置等。

EPROM 写入器是用来将用户程序固化到 EPROM 存储器中的一种 PLC 外部设备。为了使调试好的用户程序不易丢失，经常用 EPROM 写入器将 PLC 内 RAM 保存到 EPROM 中。

PLC 内部的半导体存储器称为内存储器。有时可用外部的磁带、磁盘和用半导体存储器做成的存储盒等来存储 PLC 的用户程序，这些存储器件称为外存储器。外存储器一般是通过编程器或其他智能模块提供的接口，实现与内存储器之间相互传送用户程序。

人/机接口装置是用来实现操作人员与 PLC 控制系统的对话。最简单、应用最普遍的人/机接口装置由安装在控制台上的按钮、转换开关、拨码开关、指示灯、LED 显示器、声光

报警器等产品构成。对于 PLC 系统，还可采用半智能型 CRT 人/机接口装置和智能型终端人/机接口装置。半智能型 CRT 人/机接口装置可长期安装在控制台上，通过通信接口接收来自 PLC 的信息并在 CRT 上显示出来；而智能型终端人/机接口装置有自己的微处理器和存储器，能够与操作人员快速交换信息，并通过通信接口与 PLC 相连，也可作为独立的节点接入 PLC 网络。

二、PLC 的软件组成

PLC 的软件由系统程序和用户程序组成。

系统程序是由 PLC 制造厂家设计编写的，并存入 PLC 的系统存储器中，用户不能直接读写与更改。系统程序一般包括系统诊断程序、输入处理程序、编译程序、信息传送程序、监控程序等。

PLC 的用户程序是用户利用 PLC 的编程语言，根据控制要求编制的程序。在 PLC 的应用中，最重要的是用 PLC 的编程语言来编写用户程序，以实现控制目的。由于 PLC 是专门为工业控制而开发的装置，其主要使用者是广大电气技术人员，为了适合他们的传统习惯和掌握能力，PLC 的主要编程语言采用比计算机语言相对简单、易懂、形象的专用语言。

三、PLC 的编程语言

1993 年，国际电工委员会（IEC）正式颁布了 PLC 的国际标准 IEC1131（后改为 IEC61131），其中的第三部分是关于编程语言的标准 IEC61131—3，规范了 PLC 的编程语言及基本要素。它规定的 5 种编程语言，在工业控制领域产生了重要的影响，并且成为了 PLC、DCS、IPC、CNC 和 SCADA 的编程系统事实上的标准。可以说有了编程语言的标准化，也才有了今天 PLC 走向开放式系统的坚实基础。

虽然不同生产厂家、不同系列的 PLC 产品采用的编程语言的表达方式略有所不同，但都支持多种编程语言，也都符合 IEC61131—3 标准要求。根据 IEC61131—3 标准规定，PLC 的编程语言可归纳为两种类型：一是文本化编程语言，包括指令表（Instruction List, IL）语言和结构化文本（Structured Text, ST）语言；二是图形化编程语言，包括梯形图（Ladder Diagram, LD）语言、功能块图（Function Block Diagram, FBD）语言、顺序功能图（Sequential Function Chart, SFC）语言。

以下将简要介绍 IEC61131—3 标准所规定的 5 种编程语言。

1. 梯形图语言

梯形图（LD）语言来源于美国，是在电器控制系统中常用的接触器、继电器等图形表达符号的基础上演变而来的。它与电气控制电路图相似，继承了传统电器控制逻辑中使用的框架结构、逻辑运算方式和输入/输出形式，具有形象、直观、实用的特点。因此，这种编程语言为广大电气技术人员所熟知，是应用最广泛的 PLC 的图形化编程语言，是 PLC 的第一编程语言。

图 1-9 所示为传统的电气控制电路图和 PLC 梯形图。

从图 1-9 中可看出，两种图基本表示思想是一致的，具体表达方式有一定区别。PLC 的梯形图使用的是内部继电器，定时/计数器等，都是由软件来实现的，使用方便，修改灵活，是原电气控制电路硬接线无法比拟的。