



21世纪高等教育系列教材



可编程控制器—— 原理、应用与实验

胡立涛 主编

南海出版公司

21 世纪高等教育系列教材

可编程控制器

——原理、应用与实验

主 编 胡立涛
副主编 谭海中 赵俊生
参 编 桂昌宁 孙丽萍

南海出版公司

海口·2005

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器——原理、应用与实验/胡立涛主编.
—海口:南海出版公司,2005.3
ISBN 7-5442-2759-6

I. 可… II. 胡… III. 可编程序控制器—教材
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 013207 号

KEBIANCHENG KONGZHIQI YUANLI YINGYONG YU SHIYAN

可编程控制器——原理、应用与实验

主 编 胡立涛
责任编辑 张 辉
责任校对 余 勇
封面设计 南海高教出版中心
出版发行 南海出版公司 电话 (0898)65350227
社 址 海口市蓝天路友利园大厦 B 座 3 楼 邮编 570203
电子信箱 nhcbgs@0898.net
经 销 新华书店
印 刷 安徽省蚌埠方达印刷厂
开 本 787×960 1/16
印 张 16.5
字 数 296 千
版 次 2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5442-2759-6
定 价 25.00 元

南海版图书 版权所有 盗版必究

编审说明

可编程控制器(PLC)是20世纪60年代诞生的一种工业控制器,它是微型计算机与继电—接触控制技术相结合的继承与演变的产物。在结构与原理上,它成功地运用了半导体与计算机技术的逻辑控制原理,在使用上又充分利用了传统的继电—接触控制技术的思维方式。这是一种以微处理器为核心,运用数字逻辑控制原理与继电—接触控制电路梯形图的形式相结合的新型控制器件。由于PLC比起传统的继电—接触控制技术来说具有结构简单、工作可靠、使用方便等一系列优点,20世纪60年代以来,PLC技术已得到飞速迅猛的发展,并成为现代工业自动化控制技术中最值得重视与关注的先进技术之一,且日益取代由大量继电器与接触器组成的传统的继电—接触控制系统。目前PLC在机械、化工、石油、冶金、电力、轻工、电子、纺织、食品、交通、仓储等行业都得到了广泛的应用。其应用的深度与广度已经成为一个国家工业化先进水平的重要标志之一。

我国的PLC技术起步较晚,在许多大中型企业中,陈旧落后的继电—接触控制设备充斥车间,严重影响了国民经济的快速发展。改革开放以来,随着电子技术与计算机技术发展,我国的PLC控制技术也已经得到快速发展。与此同时,对PLC技术人才的需求也非常迫切,目前,在工程技术人员中,他们中的大多数人对传统的继电—接触控制技术都非常熟练,而对新型的PLC技术还比较生疏,因此,急需培养大批能够熟练地掌握与运用新型PLC技术的人才。

本书编写目的在于使初学者通过对该书的学习与实验能够基本了解PLC的基本结构与原理,尽快掌握PLC的各种功能指令与梯形图的使用方法,尽快学会运用梯形图与PLC指令系统来编制各种应用程序。通过对一系列较为复杂的实际应用实例的程序分析与实验,初步掌握编制应用程序的思维方法与编程技巧。因此,本教材是从实践与应用的角度出发编写的PLC技术方面的教科书。主要内容是针对三菱FX0N与FX1N系列产品编写的。书中简要介绍了PLC的结构与工作原理,而将大量的篇幅放在PLC的使用功能与程序的编制方法上,着重讲述了PLC三菱FX0N与FX1N系列的功能指令系统的使用以及编制与解析程序的思维方法。书中介绍了FX—PLC编程软件(FXGPWIN)的使用方法,利用微型计算机进行编程(计算机必须安装

FXGPWIN 软件),再与 PLC 进行通讯联络。各章后面还配有大量复习思考题,供复习与练习之用。此外,书中还编写了大量基础实验项目指导及大型控制实例实验项目指导,在实验指导中,对具体的程序作了较为详细的分析与解释。

学习 PLC 需要具备一定的电工理论知识、继电—接触控制技术与脉冲数字逻辑电路的知识,但学习 PLC 并不难,对于电气行业的人来说,人们只要在学习 PLC 的同时,自学一些有关脉冲数字逻辑电路方面的知识就可以为学习 PLC 打下良好的基础。

本书由江西工业贸易学院高级讲师胡立涛主编。经审定,本书可作为高职高专、成人高校机电控制类与机电一体化类以及上述专业中专、技工学校的专业课教材与上机实训教材使用,也可以供广大工程技术人员、PLC 爱好者直接上机训练。本书可与江苏常熟市教学仪器厂生产的 PLC-2 型实验台配套使用。

由于作者水平有限,加之编写时间仓促,书中肯定会有错误与不当之处,诚恳希望广大读者与学界同仁给予帮助与指正。

21 世纪高等教育系列教材编审指导委员会

2005 年 3 月

目 录

第 1 章 PLC 概述	(1)
§ 1.1 PLC 的基本特点	(1)
§ 1.2 PLC 的控制功能	(1)
§ 1.3 PLC 的分类	(2)
§ 1.4 PLC 的发展方向	(3)
复习思考题之一	(5)
第 2 章 PLC 的基本控制原理	(6)
§ 2.1 PLC 控制系统的基本组成	(6)
§ 2.2 PLC 的基本工作原理	(10)
§ 2.3 PLC 内部软继电器的名称、点数及地址编号	(11)
§ 2.4 PLC 内部软继电器的基本功能及对应逻辑梯形图	(13)
复习思考题之二	(31)
第 3 章 PLC 虚拟逻辑梯形图的结构及绘制规则	(33)
§ 3.1 梯形图的基本结构与绘制规则	(11)
§ 3.2 梯形图程序设计举例	(35)
复习思考题之三	(40)
第 4 章 PLC 的基本指令系统及其编程方法	(42)
§ 4.1 输入、输出指令	(42)
§ 4.2 基本逻辑指令	(43)
§ 4.3 块连接指令	(47)
§ 4.4 置位、复位指令	(50)
§ 4.5 脉冲输出指令	(51)
§ 4.6 栈操作指令	(54)
§ 4.7 主控指令与主控复位指令	(57)
§ 4.8 步进顺控指令	(60)
§ 4.9 结束指令与空操作指令	(74)
复习思考题之四	(75)
第 5 章 PLC 的特殊功能指令及其编程方法	(78)
§ 5.1 功能指令的通用规则	(78)
§ 5.2 条件转移指令	(81)

§ 5.3	中断指令	(84)
§ 5.4	循环指令	(88)
§ 5.5	移位与移位循环指令	(91)
§ 5.6	数据比较指令	(96)
§ 5.7	数据传送指令	(99)
§ 5.8	二进制与 BCD 制转换指令	(104)
§ 5.9	算术运算指令	(107)
§ 5.10	逻辑运算指令	(117)
§ 5.11	数据处理指令	(120)
§ 5.12	高速处理与方便指令	(124)
	复习思考题之五	(130)
第 6 章	PLC 基础实验指导	(134)
§ 6.1	PLC 实验的基本要求	(134)
§ 6.2	FX-2 型实验台与编程软件(FXGPWIN)的应用	(136)
	实验一 认识实验	(136)
§ 6.3	PLC 基础实验	(140)
	实验二 “与”、“或”、“非”基本逻辑处理实验	(140)
	实验三 置位、复位与脉冲指令实验	(147)
	实验四 栈操作指令实验	(154)
	实验五 主控指令实验	(157)
	实验六 定时器、计数器实验	(160)
	实验七 步进顺控指令实验	(164)
	实验八 分支、汇合与条件跳转程序实验	(168)
	实验九 移位寄存器及其移位指令实验	(175)
	实验十 数据控制指令实验	(179)
第 7 章	PLC 开发应用与应用程序实验指导	(186)
§ 7.1	PLC 控制系统的开发与设计步骤	(186)
§ 7.2	应用程序的分析与实验	(191)
	实验十一 交通信号灯 PLC 控制程序解析与实验	(191)
	实验十二 搅拌器 PLC 控制程序解析与实验	(196)
	实验十三 LED 数码管显示 PLC 控制程序解析与实验	(200)
	实验十四 电动机 PLC 控制程序解析与实验	(214)
	实验十五 电梯 PLC 控制程序解析与实验	(218)
	实验十六 步进电动机 PLC 控制程序解析与实验	(227)

实验十七 加工中心刀具库选择 PLC 控制程序解析与实验 ...	(233)
实验十八 艺术彩灯造型 PLC 控制程序解析与实验	(239)
综合练习题	(245)
附录 1 FX1N 性能规格表	(248)
附录 2 FX0—系列可编程控制器专用软元件	(250)
附录 3 FX0—系列可编程控制器功能指令表	(252)
主要参考文献	(255)

第 1 章 PLC 概述

PLC 是由微处理器(CPU)和许多各种各样的数字逻辑元件组成的,如:逻辑门电路、触发器、计数器、寄存器、存储器等。为了与有触点的继电器相区别,这些数字元件统称为软继电器。

§ 1.1 PLC 的基本特点

在 PLC 内部,软继电器之间的连接是靠编程来实现的,人们可以根据不同的控制要求来编制相应的程序,以达到控制的目的。因此,PLC 控制比起传统的继电—接触控制方式来说,具有如下几个显著特点:

(1)PLC 只需要将输入接口、输出接口与外部组件之间用导线相连,因此接线非常简单方便,体积小,能耗低,可靠性高。

(2)PLC 的内部功能是靠程序编程来实现的,编程指令较少,且与数字逻辑相似,编程语言形象简单;利用梯形图进行编程时其工作过程与继电—接触控制原理比较相似,程序可以现场输入、调试、现场修改,因而易懂易学。

(3)PLC 可以与计算机接口相连,具有远程通信与联网功能,能对模拟量进行控制,可以组成高性能的模块化程序,具有高速计数与位控的优异性能。

§ 1.2 PLC 的控制功能

PLC 有丰富的功能指令与功能模块,主要功能有:

1.2.1 逻辑运算与定时、计数功能——开关量控制功能

PLC 设置有“与”、“或”、“非”等逻辑运算指令,运用这些指令可以模拟继电器触点的分、合状态以及串并联关系。同时还为用户提供了一定数量的可以任意改变时限与计数值的定时器与计数器,因而可以取代过去的硬继电器来进行逻辑组合与实现顺序控制。

1.2.2 数据处理功能与数/模转换功能——模拟量控制功能

PLC 设置有数据传送、比较、运算、移位、位操作、数制转换等数据处理指令与打印输出指令,同时 PLC 可配有模/数(A/D)转换和数/模(D/A)转换模

块,能实现对模拟量的测量与控制。

1.2.3 资料发送与接收功能——通信功能

PLC 设置有资料发送与接收指令,可与计算机、其他的 PLC 和外部设备进行链接,具有通信与联网的功能。

1.2.4 中断处理、监控与自诊断功能

PLC 设有中断指令,通过中断响应,可及时获取输入状态的变化信息,可进行程序监控、故障检测、自动报警、自动保护及现场恢复等功能。

1.2.5 扩展功能

PLC 主机通过专用的模块配置可供扩展的输入/输出(I/O)接口,可增加输入与输出的点数,扩大 PLC 的功能范围。

§ 1.3 PLC 的分类

目前世界各国生产 PLC 产品的厂家有 200 多家,品种有 300 多种,类型繁多,其中著名的厂商有美国的 AB、GM、DEC,日本的立石(欧姆龙)、三菱、松下,德国的西门子、BBC、AEG 等公司,各类产品的型式、规模以及指令系统都不尽相同,根据产品的外部特征,可将其分类如下:

1.3.1 按输入/输出(I/O)的总点数和功能范围分类

不同点数的 PLC 产品系统的复杂程度是不同的,处理信息的能力也不尽相同。根据输入/输出的总点数,可将其分成小型、中型、大型三类。

小型 PLC 产品:又称低档 PLC,I/O 点数小于 128 点,用户程序的内存容量小于 4K。

该类产品功能比较简单,以开关量控制为主,可实现条件控制、顺序控制。适用于单机或小规模的生产控制过程。

中型 PLC 产品:又称中档 PLC,I/O 点数在 128~512 点之间,用户程序的存储器容量为 4K~8K。该类产品功能比较丰富,兼有开关量与模拟量的控制功能,并具有浮点运算、数制转换、中断控制、通信联网等功能。适用于中、小规模连续性生产的控制过程。

大型 PLC 产品:又称高档 PLC,I/O 点数大于 512 点,用户程序的内存容量大于 8K 以上。该类产品功能完善,在中档机的基础上增加了函数运算、数

据库、中断控制、智能控制、远程控制等功能,适用于大型自动化网络循环系统以及大规模的生产控制过程。

1.3.2 按结构形式分类

根据 PLC 的各种组件的组合形式,可将 PLC 分为整体式和机架式两大类。整体式结构的 PLC 是中央处理器单元、内存单元、输入/输出单元、电源部分集中装置在一个机箱内,输入/输出接口接线端子及电源进线分装在两侧,并有发光二极管显示输入与输出的状态。这种 PLC 点数少,体积小,价格低,便于携带,小型 PLC 都采用这类结构。

机架式结构的 PLC 将各部分做成独立的模块,使用时将这些模块分别插入机架底板的插座上。用户可根据生产的实际控制要求配置各种不同的模块,构成不同的控制系统。这种 PLC 点数多、配置灵活方便、易于扩展,大、中型 PLC 多采用这种结构。

1.3.3 按使用方向分类

通常又可以根据具体应用的侧重面不同,分为通用型与专用型两大类。一般通用性 PLC 设计为标准工业控制装置,可作为各类工业控制系统使用。专用性 PLC 是专门为某些工业控制系统所专用,如:数控机床、锅炉控制、大型轧钢控制、大型仓储控制等。

§ 1.4 PLC 的发展方向

从 20 世纪 60 年代末美国诞生并使用可编程控制器以来,世界各国特别是日本与德国也都在相继开发各自的 PLC 产品。70 年代已将微处理器应用于可编程控制器中,此后 PLC 的功能日趋完善,特别是它的小型化、高可靠性与低价格的优势使它在现代工业控制中崭露头角。自此以后,PLC 的应用已在现代控制领域中占据主导地位。进入 90 年代后,PLC 几乎已占领工业控制的所有领域,有专家预言,PLC 技术将在工业自动化的三大支柱中,即可编程控制器(PLC)、工业机器人以及计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)跃居首位。PLC 技术将会朝着以下四个方向发展。

1.4.1 灵活、方便与小型化

在工、农业生产以及人们日常活动的许多控制中,独立,单机,小型的机械设备随处可见,这些机械的自动控制只需要完成有限的动作与监测有限的参

数,不需要使用大型高性能的 PLC。为了满足这一广阔市场的需要,目前世界上的许多生产厂商,都把目光投向灵活、方便、小型化的发展方向。小型 PLC 已经占据市场的 1/4。小型机的功能也在不断地增加与完善,例如,数值运算与处理、模拟量的处理、与计算机联网与通讯等。在结构上采用框架式,用户可任意选择 I/O 接口、内存容量以及一些专用的模块功能,从而使控制显得更加灵活与方便。

1.4.2 大容量与高性能化

为了满足大型工业企业自动化控制的需要,如钢铁生产企业、化工生产企业、大型电站、大型锅炉、大型数控机床等,这类控制大都采用大容量的 PLC 控制,它们的输入输出点数在 1024 点以上,甚至达到 5000~10000 点。在 PLC 内部采用具有高速运算能力的片位式微处理器或高功能的 16 位、32 位微处理器,有的还采用多 CPU 结构,用以完成不同的控制任务以提高整机的处理速度和扩展整机的功能。

1.4.3 机电一体化

机电一体化技术是将机械与电子信息技术融为一体的一门新型的技术,其产品通常由机械本体、微电子装置、传感器、执行机构等组成。可编程控制器在机械控制中的大量应用,必然能把 PLC 融入机电一体化产品之中,这将对 PLC 提出了更高的要求,如:PLC 更加小型化,内存增大,处理速度更快,坚固性与密封更好。

1.4.4 通讯与网络标准化

随着工业生产自动化水平的不断提高,单机的 PLC 控制必须能向整体的 PLC 控制过渡,这就要求 PLC 与 PLC 之间,PLC 与其他控制设备之间以及 PLC 与微型计算机系统之间能够进行迅速、准确、及时的互通信息,以便步调一致地进行控制与管理。

20 世纪 80 年代初期,美国通用汽车公司倡议采用制造自动化通讯的协议标准(MAP)。MAP 作为一种高效能、低价格的通讯标准,在生产自动化、管理自动化中已经确立了自己的地位。PLC 的通讯和网络标准化将会进一步迅速发展。

复习思考题之一

1. PLC 有哪些基本控制功能? 与传统的继电—接触控制系统相比较, PLC 有哪些突出的优点?
2. 按照输入/输出(I/O)的点数分类, PLC 可分成哪几种不同的类型?
3. PLC 的发展方向如何?
4. 目前世界各国生产的 PLC 产品主要有哪几种型式?

第 2 章 PLC 的基本控制原理

可编程控制器是建立在计算机技术和传统的继电—接触控制技术相衔接的基础上而设计制造的新型控制装置,它的组成与微机系统基本相似,但它具有比一般微型机更为简单的工业控制编程语言,采用不同于微型机的中断运行方式与扫描工作方式。它的控制工作过程又与传统的继电—接触控制方式非常相似,但在结构原理上又与传统的继电器与接触器有本质的区别。

§ 2.1 PLC 控制系统的基本组成

PLC 主要由中央处理单元 CPU、内存、输入、输出接口等部分组成,各部分之间均采用总线进行连接。其硬件系统如图 2-1 所示。

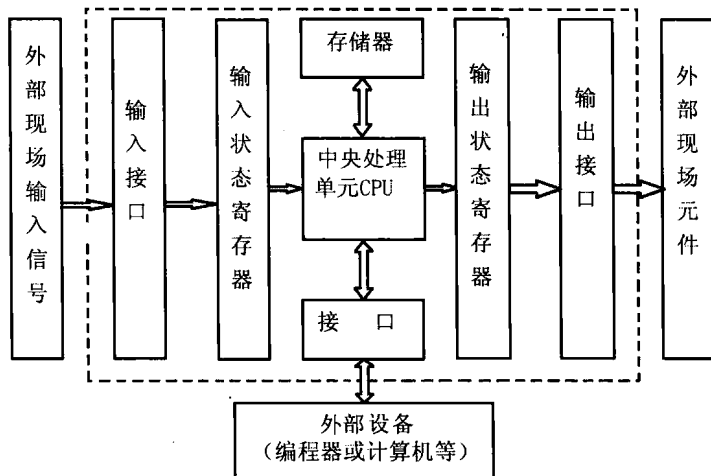


图 2-1 PLC 的硬件系统框图

2.1.1 中央处理单元(CPU)

CPU 是 PLC 的核心,其主要作用如下:

- (1)接收从编程器或计算机输入的用户程序,并存入程序内存中;
- (2)用扫描方式采集现场输入状态及资料,并存入相应的资料寄存器中;

(3) 执行用户程序,从程序内存中逐条取出用户程序,经过解释程序解释后逐条执行,完成程序规定的逻辑运算和算术运算,并产生相应的控制信号去控制相应的输出电路,实现程序规定的各种操作;

(4) 通过故障自诊断程序,诊断 PLC 的各种运行错误。由此可见,CPU 的性能对 PLC 的整机性能起作决定性的影响。

2.1.2 内存

内存是用来存放程序和资料的,通常分为系统程序内存、用户程序内存和变量(资料)内存三大类。

(1) 系统程序内存。用于存放系统程序(系统软件)。系统程序是 PLC 研制者所编制的程序,它决定了 PLC 如何工作。系统程序包括:解释程序、监控程序、故障自诊断程序、标准子程序库及其他各种管理程序等。系统程序由制造厂家提供,通常都固化在 ROM 或 EPROM 中。系统程序一是用来翻译、解释用户程序、管理、协调 PLC 各部分的工作,同时对 PLC 进行故障诊断。

(2) 用户程序内存。用于存放用户程序(用户软件)。用户程序是用户为解决实际问题根据 PLC 指令系统而编制的程序,用户程序可以用编程器直接输入,也可以用计算机输入,并经 PLC 存入用户程序内存中。为了便于程序的调试、修改、扩充、完善,该内存使用 RAM 存储器。

(3) 变量(资料)内存。用于存放 PLC 的内部逻辑变量,如内部软继电器、I/O 寄存器、定时器/计数器中逻辑变量的现行值等,这些现行值在 CPU 进行逻辑运算时需随时读出,更新内容,所以变量内存也采用 RAM 内存。

当今各厂商的用户内存与变量内存均采用低功耗的 CMOS-RAM 锂电池供电的掉电保持技术,以提高运行的可靠性,通常 PLC 的内存存储器容量就是指用户内存而言。

2.1.3 输入输出接口(简称 I/O)

输入输出接口是 PLC 与工业现场装置(现场输入信号及现场执行组件)之间的连接部件,PLC 的 I/O 接口是按强电要求设计的,因此其输入接口可以接受强电信号,输出接口也可以直接和强电设备相连接。对于小型的 PLC,I/O 接口部分就装在 PLC 的本体内。对于中、大型的 PLC 常将 I/O 接口做成可供选择、扩充的模块组件,用户可根据自己的需要选取不同功能的组件、不同点数的 I/O 接口来组成自己的控制系统。为了便于检测,每个 I/O 点都接有指示灯,某点接通时,相应指示灯亮,表示某接口处于工作状态。

(1) 输入接口。输入接口的功能是采集现场各种开关的状态信号并将其

转换成标准的逻辑电平,送给 CPU 处理。输入信号一般多为开关量信号,各种开关量的输入接口电路基本相同,常有直流与交流开关量输入接口两种类型。如图 2-2 所示为直流开关量输入接口电路。

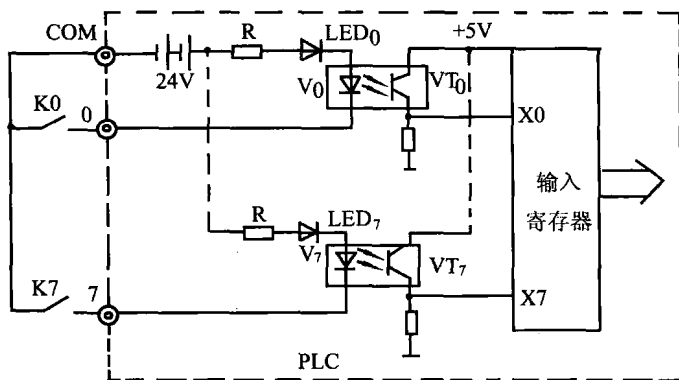


图 2-2 直流开关量输入接口电路

图中 0—7 为 8 个输入接口端子,COM 为输入公共端,24V 直流电源为 PLC 内部专供输入接口用的电源,K0—K7 为现场外接的开关,内部电路中有发光二极管 LED0—LED7 为输入状态指示灯,R 为二极管限流电阻,V—T0—V—T7 为 8 只光电耦合器件。

该电路的工作原理是:以 0 输入点为例,例如,当外部开关 K0 闭合时,24V 电源经 R—LED0—V0—K0 构成回路,LED0 亮,指示该电路接通,光电耦合器 V—T0 中的 V0 发光,照射 T0 管饱和导通,使 X0 端输出高电平,即 $X0=1$,CPU 获得信号;K0 断开时,LED0 不亮,指示电路不通,V0 不发光,T0 管未受光照射,T0 不能导通,X0 输出低电平,即 $X0=0$,无信号送给 CPU。电路中 V—T0 是一种光电耦合器件,采用这种器件有以下三点好处:

一是因为器件的发光二极管 V0 与光电三极管 T0 之间在电气上是彼此绝缘的,没有任何电的联系,是靠光线的耦合来传递信息的,这样就使现场的外部器件与 PLC 主机电气隔离,从而提高了 PLC 的抗干扰能力。

二是避免外部电路故障时,不会使外部的强电侵入 PLC 主机,而使主机损坏。

三是由于外部开关与 PLC 主机是电气隔离的,现场的各种开关电平值不会影响主机的标准逻辑电平值,当 K0 断开时, $X0=0$;当 K0 闭合时, $X0$ 近似 5V,而与外部输入电平无关。

交流开关量输入接口电路与直流开关量输入电路的主要区别在于输入的

交流信号经整流后得到直流,再去驱动光电耦合器。

对于模拟量,如温度、压力、位移、速度等,必须先经模/数(A/D)转换器(ACD)

将模拟量转换成数字量后,才能被 PLC 接受。

(2)输出接口。为了适应不同的负载需要,输出接口有多种方式。常用的有晶体管输出方式、可控硅输出方式、继电器输出方式。晶体管方式用于直流负载,双向可控硅方式用于交流负载,继电器方式用于交流、直流负载都可适用。

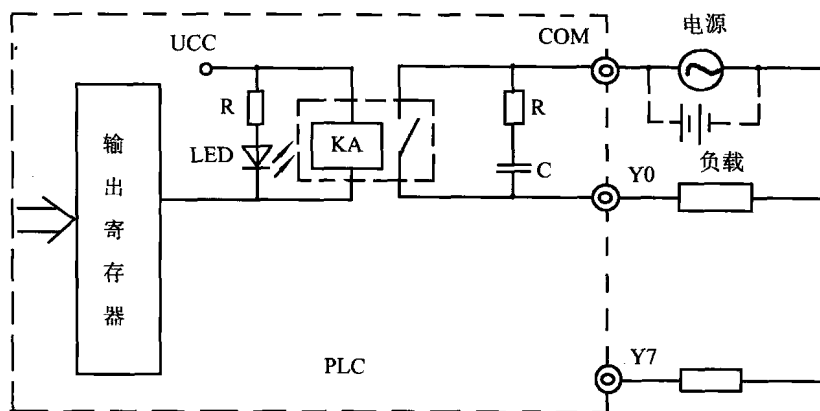


图 2-3 继电器输出方式接口电路。

图 2-3 为典型的继电器输出接口电路,当输出寄存器的输出点输出为 0 电平时,继电器 KA 的线圈得电,其常开触点闭合,从而使负载得电工作,一般 PLC 输出可带 2A 的负载。

2.1.4 编程器

编程器是 PLC 的主要外部专用设备,主要用于用户程序的编制、调试、检查与监视,还可以通过键盘去调用与显示 PLC 的内部状态与系统参数。它通过信号端口与 PLC 联系,完成人机对话连接。编程器上有供编程用的各种功能键与显示灯以及编程、监控转换开关。编程器的键盘采用梯形图语言键符或命令语言助记键符,也可以采用软件指定的功能键符,通过屏幕对话方式进行编程。编程器有便携式与微型机智能式编程两大类,前者只能联机编程,后者是采用计算机进行编程,可以联机,也可以脱机编程。通常编程器都是专用