



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

KEBIAN CHENGXU KONGZHIQI
YUANLI JI YINGYONG

可编程序控制器 原理及应用 (第二版)

郁汉琪 郭 健 主 编
沈亚斌 副主编
胡敏强 郑建勇 主



中国电力出版社

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



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

KEBIAN CHENGXU KONGZHIQI
YUANLI JI YINGYONG
可编程序控制器
原理及应用
(第二版)



中国电力出版社

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

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

全书共分十二章,主要介绍了 PLC 的产生、特点、基本组成、工作原理及基本性能。其中,重点介绍了 PLC 的基本指令系统、步进顺控指令系统、功能指令系统的功能和应用实例;此外,对 PLC 的特殊功能模块、通信技术、接口技术进行了简要阐述;最后介绍了 PLC 控制系统设计方法、应用案例以及实验技术。本书是以日本三菱公司 FX 系列 PLC 为例进行阐述的。

本书主要作为普通高等学校电气工程及其自动化、自动化等相关专业教材,也可作为高职高专与函授教材,同时还可作为相关专业工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器原理及应用/郁汉琪,郭健主编.—2
版.—北京:中国电力出版社,2010.2

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5083-9963-8

I. ①可… II. ①郁…②郭… III. ①可编程序控制
器-高等学校-教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 000424 号

中国电力出版社出版、发行

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

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 7 月第一版

2010 年 3 月第二版 2010 年 3 月北京第十次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.75 印张 552 千字

定价 36.50 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

前 言

可编程序控制器（PLC）是一种以微处理器为基础的新型工业控制装置，它集计算机技术、自动控制技术、通信技术于一体，具有结构简单，性能优越，可靠性高，使用、维护方便等优点。因此，PLC 已广泛应用于电力、机械制造、化工、汽车、钢铁、建筑、水泥、石油、采矿、纺织、造纸、环保、种植、广告及娱乐等各行各业。应用 PLC 已成为一个世界潮流，学好、用好 PLC 已显得越来越重要。

随着电子技术、计算机技术及自动化技术的迅猛发展，PLC 技术的发展也越来越快。世界各国生产 PLC 的厂家，几乎年年推出新的 PLC 产品，PLC 的功能也越来越强，除完成常规的开关量、模拟量控制功能外，又增加了许多特殊功能模块、通信及网络功能模块等。本书以日本三菱公司最新推出的 FX 系列小型 PLC 为例，阐述其结构、工作原理、指令系统、编程、特殊功能模块、通信及应用实例等内容，在编写本书时力求做到以点带面、力求创新，便于教学、体现应用，理论联系实际。

本书在教学使用过程中，可根据专业需要，适当进行删减，有些内容和应用实例适宜学生自学或在进行课程设计、毕业设计时参考。

本书由郁汉琪、郭健主编，沈亚斌为副主编，参加编写的还有李树元和赵茜。其中郁汉琪编写了第一、六、十、十二章及第十一章的第二、三、四节，郭健编写了第三、四、五章，沈亚斌编写了第七、八、九章，李树元编写了第二章及第十一章的第一节，赵茜编写了附录。全书由郁汉琪统稿、定稿。

本书由东南大学胡敏强教授和郑建勇教授审稿，并提出了许多有益的建议和意见，三菱电机自动化（上海）有限公司提供了不少应用资料，在此表示衷心的感谢。在编写本书的过程中，参阅和利用了部分兄弟院校老师编写出版教材的内容和材料，对原作者也一并致谢。

由于编者水平有限和时间仓促，不足和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2010.1



目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 PLC的发展简史及定义	1
第二节 PLC的特点及应用	2
习题及思考题.....	5
第二章 PLC的基本组成及工作原理	6
第一节 PLC的基本组成	6
第二节 PLC的工作原理	13
第三节 PLC的编程语言	15
习题及思考题	17
第三章 PLC的基本性能指标和内部编程软元件	18
第一节 FX系列可编程序控制器	18
第二节 FX系列PLC的编程软元件	23
习题及思考题	37
第四章 PLC的基本指令系统	38
第一节 指令系统概述	38
第二节 基本指令系统的功能及应用	39
第三节 梯形图编程规则及注意事项	54
第四节 编程实例	56
习题及思考题	62
第五章 PLC步进顺控指令系统	64
第一节 状态转移图	64
第二节 步进顺控指令及其编程	65
第三节 选择性分支与汇合及其编程	66
第四节 并行性分支与汇合及其编程	69
第五节 分支与汇合的组合及其编程	71
第六节 状态转移图流程的跳转、重复、复位及分支限数	74
习题及思考题	75
第六章 PLC功能指令系统	77
第一节 功能指令的表示形式及含义	77
第二节 功能指令的分类与操作数说明	80
第三节 功能指令说明	88
习题及思考题.....	179
第七章 PLC外围接口电路技术	181

第一节 概述	181
第二节 PLC 的输入接口电路	185
第三节 PLC 的输出接口电路	187
习题及思考题	188
第八章 PLC 特殊功能模块的编程及应用	189
第一节 模拟量输入输出模块	189
第二节 高速计数模块	196
第三节 其他控制模块	204
习题及思考题	208
第九章 PLC 编程通信及网络技术	209
第一节 PLC 编程技术	209
第二节 PLC 与计算机通信	224
第三节 PLC 网络技术	233
第四节 PLC 网络应用实例	235
习题及思考题	237
第十章 PLC 控制系统设计	238
第一节 PLC 控制系统设计内容及步骤	238
第二节 PLC 控制系统硬件设计	241
第三节 PLC 控制系统软件设计	246
第四节 PLC 控制系统可靠性技术	248
习题及思考题	250
第十一章 PLC 应用举例	251
第一节 PLC 在冷媒自动充填机中的应用	251
第二节 气动机械手的 PLC 控制	258
第三节 组合机床的 PLC 控制	261
第四节 PLC 在恒温控制过程中的应用	266
习题及思考题	273
第十二章 PLC 实验技术	275
第一节 PLC 基本实验	275
实验 1 PLC 认识及编程操作实验	275
实验 2 定时器、计数器指令实验	282
实验 3 移位寄存器指令的应用实验	285
实验 4 交通信号灯的自动控制实验	289
实验 5 舞台艺术灯饰的 PLC 控制实验	292
实验 6 驱动步进电动机的 PLC 控制实验	295
实验 7 PLC 控制多台电动机顺序运行实验	298
实验 8 交流电动机 Y/ Δ 启动的 PLC 控制实验	301
实验 9 机械手的 PLC 自动控制实验	305
实验 10 PLC 与变频器控制电动机实验	308

第二节 PLC 课程设计例题	312
例题 1 自动打铃控制器的设计	312
例题 2 霓虹灯广告屏控制器的设计	324
第三节 PLC 课程设计选题	332
课题 1 三路智力抢答器的 PLC 控制	332
课题 2 花式喷水池的 PLC 控制	334
课题 3 六层电梯的 PLC 控制	335
课题 4 全自动洗衣机的 PLC 控制	337
课题 5 工业机械手的 PLC 控制	338
课题 6 自动售货机的 PLC 控制	340
课题 7 注塑机的 PLC 控制	340
课题 8 输送带的 PLC 控制	342
课题 9 自动卸料爬斗的 PLC 控制	343
课题 10 箱体加工专用机床的 PLC 控制	344
课题 11 产品在流水线上的测试与分检控制	345
课题 12 小车行车方向的 PLC 控制	346
附录 三菱 FX 系列 PLC 指令	348
参考文献	353

第一章 概 述

第一节 PLC 的发展简史及定义

一、PLC 的诞生

在可编程序控制器 (PLC) 问世之前, 继电器、接触器控制在工业控制领域中占有主导地位。继电器、接触器控制系统是采用固定接线的硬件实现控制逻辑。如果生产任务或工艺发生变化, 就必须重新设计, 改变硬件结构, 这样造成时间和资金的浪费。另外, 大型控制系统用继电器、接触器控制, 使用的继电器数量多, 控制系统的体积大、耗电多, 且继电器触点为机械触点, 工作频率较低, 在频繁动作情况下寿命较短, 容易造成系统故障, 系统的可靠性差。为了解决这一问题, 早在 1968 年, 美国最大的汽车制造商通用汽车公司 (GM 公司), 为了适应汽车型号不断翻新, 以求在激烈竞争的汽车工业中占有优势, 提出要用一种新型的控制装置取代继电器、接触器控制装置, 并且对未来的新型控制装置作出了具体设想, 要把计算机的完备功能以及灵活性、通用性好等优点和继电器、接触器控制的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点融入新的控制装置中, 且要求新的控制装置编程简单, 使得不熟悉计算机的人员也能很快掌握它的使用技术。为此, 特拟定以下 10 项公开招标的技术要求:

- (1) 编程简单方便, 可在现场修改程序。
- (2) 硬件维护方便, 采用插件式结构。
- (3) 可靠性高于继电器、接触器控制装置。
- (4) 体积小于继电器、接触器控制装置。
- (5) 可将数据直接送入计算机。
- (6) 用户程序存储器容量至少可以扩展到 4KB。
- (7) 输入可以是交流 115V。
- (8) 输出为交流 115V, 能直接驱动电磁阀、交流接触器等。
- (9) 通用性强, 扩展方便。
- (10) 成本上可与继电器、接触器控制系统竞争。

美国数字设备公司 (DEC 公司) 根据 GM 公司招标的技术要求, 于 1969 年研制出世界上第一台可编程序控制器, 并在 GM 公司汽车自动装配线上试用, 获得成功。其后, 日本、德国等相继引入这项新技术, 可编程序控制器由此而迅速发展起来。

二、PLC 的定义

在 20 世纪 70 年代初期、中期, 可编程序控制器虽然引入了计算机的优点, 但实际上只能完成顺序控制, 仅有逻辑运算、定时及计数等控制功能, 所以当时人们称其为可编程序逻辑控制器, 简称为 PLC (Programmable Logical Controller)。

随着微处理器技术的发展, 20 世纪 70 年代末至 80 年代初, 可编程序控制器的处理速度大大提高, 增加了许多特殊功能, 使得可编程序控制器不仅可以进行逻辑控制, 而且可以对模拟量进行控制。因此, 美国电器制造协会 (NEMA) 将可编程序控制器命名为 PC

(Programmable Controller), 但人们为了和个人计算机 PC (Personal Computer) 相区别, 习惯上仍将可编程序控制器称为 PLC。

20 世纪 80 年代以来, 随着大规模和超大规模集成电路技术的迅猛发展, 以 16 位和 32 位微处理器为核心的可编程序控制器也得到迅速发展, 其功能越来越强。这时的 PLC 具有高速计数、中断技术、PID 调节、数据处理和数据通信等功能, 从而使 PLC 的应用范围和应用领域不断扩大。

PLC 的发展初期, 不同的开发制造商对 PLC 有不同的定义。为使这一新型的工业控制装置的生产和发展规范化, 国际电工委员会 (IEC) 于 1985 年 1 月制定了 PLC 的标准, 并给它作了如下定义:

“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命令, 并通过数字式、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的外部设备, 都应按易于与工业控制系统连成一个整体, 易于扩充其功能的原则而设计。”

第二节 PLC 的特点及应用

一、PLC 的特点

PLC 是综合继电器、接触器控制的优点及计算机灵活、方便的优点而设计、制造和发展的, 从而使 PLC 具有许多其他控制器所无法相比的特点。

(一) 可靠性高、抗干扰能力强

由 PLC 的定义可知, PLC 是专门为工业环境下应用而设计的, 因此人们在设计 PLC 时, 从硬件和软件上都采取了抗干扰的措施, 提高了其可靠性。

1. 硬件措施

(1) 屏蔽: 对 PLC 的电源变压器、内部 CPU、编程器等主要部件采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽, 以防外界的电磁干扰。

(2) 滤波: 对 PLC 的输入输出线路采用了多种形式的滤波, 以消除或抑制高频干扰。

(3) 隔离: 在 PLC 内部的微处理器和输入输出电路之间, 采用了光电隔离措施, 有效地隔离了输入输出间电的联系, 减少了故障和误动作。

(4) 采用模块式结构: 这种结构有助于在故障情况下短时修复。因为一旦查出某一模块出现故障, 就能迅速更换, 使系统恢复正常工作。

2. 软件措施

(1) 故障检测: 设计了故障检测软件, 定期地检测外界环境, 如掉电、欠电压、强干扰信号等, 以便及时进行处理。

(2) 信息保护和恢复: 信息保护和恢复软件使 PLC 在偶发性故障条件出现时, 将 PLC 内部信息进行保护, 不遭破坏。一旦故障条件消失, 恢复原来的信息, 使之正常工作。

(3) 设置了警戒时钟 WDT: 如果 PLC 程序每次循环执行时间超过了 WDT 规定的时间, 预示程序进入死循环, 立即报警。

(4) 对程序进行检查和检验: 一旦程序有错, 立即报警, 并停止执行。

由于采取了以上抗干扰的措施，一般 PLC 的平均无故障时间可达几万小时以上。

（二）通用性强、使用方便

PLC 产品已系列化和模块化，PLC 的开发制造商为用户提供了品种齐全的 I/O 模块和配套部件。用户在进行控制系统的设计时，不需要自己设计和制作硬件装置，只需根据控制要求进行模块的配置。用户所做的工作只是设计满足控制对象控制要求的应用程序。对于一个控制系统，当控制要求改变时，只需修改程序，就能变更控制功能。

（三）采用模块化结构，系统组合灵活方便

PLC 的各个部件，均采用模块化设计，各模块之间可由机架和电缆连接。系统的功能和规模可根据用户的实际需求自行组合，使系统的性能价格更容易趋于合理。

（四）编程语言简单、易学，便于掌握

PLC 是由继电器、接触器控制系统发展而来的一种新型的工业自动化控制装置，其主要的使用对象是广大的电气技术人员。PLC 的开发制造商为了便于工程技术人员方便学习和掌握 PLC 的编程，采取了与继电器、接触器控制原理相似的梯形图语言，从而使之易学、易懂。

（五）系统设计周期短

由于系统硬件的设计任务仅仅是根据对象的控制要求配置适当的模块，而不要去设计具体的接口电路，这样大大缩短了整个设计所花费的时间，加快了整个工程的进度。

（六）对生产工艺改变适应性强

PLC 的核心部件是微处理器，它实质上是一种工业控制计算机，其控制功能是通过软件编程来实现的。当生产工艺发生变化时，不必改变 PLC 硬件设备，只需改变 PLC 中的程序，这对现代化的小批量、多品种产品的生产尤其适合。

（七）安装简单、调试方便、维护工作量小

PLC 控制系统的安装接线工作量比继电器、接触器控制系统少得多，只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连。PLC 软件设计和调试大多可在实验室里进行，用模拟实验开关代替输入信号，其输出状态可以观察 PLC 上相应的发光二极管，也可以另接输出模拟实验板。模拟调试好后，再将 PLC 控制系统安装到现场，进行联机调试，这样既省时间又很方便。由于 PLC 本身的可靠性高，又有完善的自诊断能力，一旦发生故障，可以根据报警信息，迅速查明原因。如果是 PLC 本身发生故障，则可用更换模块的方法排除故障。这样提高了维护的工作效率，保证了生产的正常进行。

二、PLC 的应用

PLC 是以微处理器为核心，综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种通用的工业自动控制装置，它具有可靠性高、体积小、功能强、程序设计简单、通用灵活、维护方便等一系列的优点，因而在电力、机械、冶金、能源、化工、交通等领域中有着广泛的应用，已成为现代工业控制的三大支柱（PLC、机器人和 CAD/CAM）之一。根据 PLC 的特点，可以将其应用形式归纳为以下几种类型。

（一）开关量逻辑控制

PLC 具有强大的逻辑运算能力，可以实现各种简单和复杂的逻辑控制。这是 PLC 的最基本最广泛的应用领域，它取代了传统的继电器、接触器的控制。

(二) 模拟量控制

PLC 中配置有 A/D 和 D/A 转换模块。其中, A/D 模块能将现场的温度、压力、流量、速度等模拟量经过 A/D 转换变为数字量, 再经 PLC 中的微处理器进行处理(微处理器处理的是数字量)去进行控制或者经 D/A 模块转换后, 变成模拟量去控制被控对象, 这样就可实现 PLC 对模拟量的控制。

(三) 过程控制

现代大中型的 PLC 一般都配备了 PID 控制模块, 可进行闭环过程控制。当控制过程中某一个变量出现偏差时, PLC 能按照 PID 算法计算出正确的输出去控制生产过程, 把变量计算保持在整定值上。目前, 许多小型 PLC 也具有 PID 功能。

(四) 定时和计数控制

PLC 具有很强的定时和计数功能, 它可以为用户提供几十甚至上百个、上千个定时器和计数器。其计时的时间和计数值可以由用户在编写用户程序时任意设定, 也可以由操作人员在工业现场通过编程器进行设定, 实现定时和计数的控制。如果用户需要对频率较高的信号进行计数, 则可以选择高速计数模块。

(五) 顺序控制

在工业控制中, 可采用 PLC 步进指令编程或用移位寄存器编程来实现顺序控制。

(六) 数据处理

现代的 PLC 不仅能进行算术运算、数据传送、排序、查表等, 而且还能进行数据比较、数据转换、数据通信、数据显示和打印等, 它具有很强的数据处理能力。

(七) 通信和联网

现代 PLC 一般都有通信功能, 它可以对远程 I/O 进行控制, 又能实现 PLC 与 PLC, PLC 与计算机之间的通信, 因此使用 PLC 可以方便地进行分布式控制。

三、PLC 的发展趋势

为了适应市场的各方面的需求, 各生产厂对 PLC 不断进行改进, 推出功能更强、结构更完善的新产品。这些新产品总体发展趋势一方面是向超小型、专用化和低价格的方向发展, 以进行单机控制; 另一方面是向大型、高速、多功能和分布式全自动网络化方向发展, 以适应现代化的大型工厂、企业自动化的需要。

随着 PLC 技术的推广和应用, PLC 将进一步向以下几个方向发展。

(一) 系列化、模板化

每个生产 PLC 的厂家几乎都有自己的系列化产品, 同一系列的产品指令向上兼容, 扩展设备容量, 以满足新机型的推广和使用。要形成自己的系列化产品, 以便与其他 PLC 生产厂家竞争, 就必然要开发各种模块, 使系统的构成更加灵活、方便。一般的 PLC 可分为主模块、扩展模块、I/O 模块以及各种智能模块等, 每种模块的体积都较小, 相互连接方便, 使用更简单, 通用性更强。

(二) 小型机功能强化

从可编程序控制器出现以来, 小型机的发展速度大大高于中、大型 PLC。随着微电子技术的进一步发展, PLC 的结构必将更为紧凑, 体积更小, 而安装和使用更方便。有的小型机只有手掌大小, 很容易用其制成机电一体化产品。有的小型机的 I/O 可以以点为单位由用户配置、更换或维修。很多小型机不仅有开关量 I/O, 而且还有模拟量 I/O、高速计数

器、PWM 输出等。一般都有通信功能，可联网运行。

（三）中、大型机高速度、高功能、大容量

随着自动化水平的不断提高，对中、大型机处理数据的速度要求也越来越高，在三菱公司 Q、An、A 系列的 32 位微处理器中，在一块芯片上实现了 PLC 的全部功能，它将扫描时间缩短为每条基本指令 $0.15\mu\text{s}$ 。OMRON 公司的 CV 系列，每条基本指令的扫描时间为 $0.125\mu\text{s}$ ，而 SIEMENS 公司的 TI555 采用了多微处理器，每条基本指令的扫描时间为 $0.068\mu\text{s}$ 。

在存储器的容量上，OMRON 公司的 CV 系列 PLC 的用户存储器容量为 64KB，数据存储器容量为 24KB，文件存储器容量为 1MB。

所谓高功能是指具有函数运算和浮点运算，数据处理和文字处理，队列、矩阵运算，PID 运算及超前、滞后补偿，多段斜坡曲线生成，处方、配方、批处理，菜单组合的报警模板，故障搜索、自诊断等功能。

美国 A-B 公司的 Controlview 软件，支持 Windows NT，能以彩色图形动态模拟工厂的运行情况，允许用户用 C 语言开发程序。

（四）低成本

随着新型器件的不断涌现，主要部件成本的不断下降，在大幅度提高 PLC 功能的同时，也大幅度降低了 PLC 的成本。同时，价格的不断降低，也使 PLC 真正成为继电器的替代物。

（五）多功能

PLC 的功能进一步加强，以适应各种控制需要。同时，计算、处理功能的进一步完善，使 PLC 可以代替计算机进行管理、监控。智能 I/O 组件也将进一步发展，用来完成各种专门的任务，如位置控制、温度控制、中断控制、PID 调节、远程通信、音响输出等。

习 题 及 思 考 题

- 1-1 可编程序控制器是如何产生的？
- 1-2 可编程序控制器的定义是什么？
- 1-3 简述 PLC 的发展史。
- 1-4 PLC 有哪些特点？
- 1-5 PLC 今后的发展方向是什么？

第二章 PLC 的基本组成及工作原理

第一节 PLC 的基本组成

可编程序控制器(简称可编程控制器)的结构多种多样,但其组成的一般原理基本相同,都是以微处理器为核心的结构,其功能的实现不仅基于硬件的作用,更要靠软件的支持,实际上可编程控制器就是一种新型的工业控制计算机。

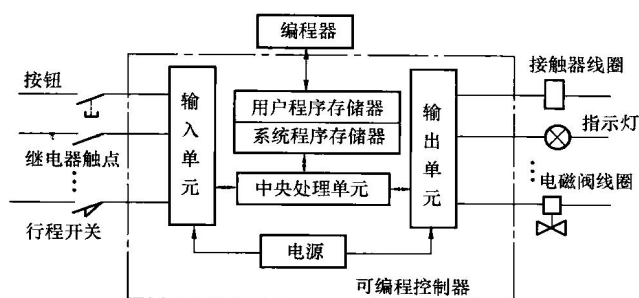


图 2-1 PLC 内部结构框图

用微处理器有 8080、8086、80286、80386 等,单片机有 8031、8096 等,位片式微处理器有 AM2900、AM2901、AM2903 等。可编程控制器的档次越高,CPU 的位数也越多,运算速度也越快,功能指令也越强,FX₂ 系列可编程控制器使用的微处理器是 16 位的 8096 单片机。

(二) 存储器

可编程控制器配有两种存储器:系统程序存储器和用户存储器。系统程序存储器存放系统管理程序。用户程序存储器存放用户编制的控制程序。小型可编程控制器的存储器容量一般在 8KB 以下。

常用的存储器有 CMOS RAM 和 EPROM、EEPROM。CMOS RAM 是一种可进行读写操作的随机存储器,存放用户程序,生成用户数据区,存放在 RAM 中的用户程序可方便地修改。CMOS RAM 存储器是一种高密度、低功耗、价格便宜的半导体存储器,可用锂电池作备用电源,停电时,可以有效地保持存储的信息。锂电池的寿命一般为 5~10 年,若经常带负载可维持 2~5 年。EPROM、EEPOM 都是只读存储器,通常用这些类型存储器固化系统管理程序和用户程序。EEPROM 存储器又可写成 E²PROM,它是一种电可擦除、可编程的只读存储器,既可按字节进行擦除,又有可整片擦除的功能。

(三) 输入接口电路

实际生产过程中的信号电平是多种多样的,外部执行机构所需的电平也是千差万别的,而可编程控制器的 CPU 所处理的信号只能是标准电平,正是通过输入输出单元实现了这些信号电平的转换。I/O 单元实际上是 PLC 与被控对象间传递输入输出信号的接口部件。I/O 单元有良好的电隔离和滤波作用。连接到 PLC 输入接口的输入器件是各种开关、按钮、传

一、PLC 的硬件结构

可编程控制器主要由中央处理单元(CPU)、存储器(RAM、ROM)、输入输出单元(I/O)、电源和编程器等几部分组成,其结构框图如图 2-1 所示。

(一) 中央处理单元(CPU)

可编程控制器中常用的 CPU 主要采用通用微处理器、单片机和双极型位片式微处理器三种类型。通

感器等。PLC 的各种输出控制器件通常是电磁阀、接触器、继电器，而继电器、接触器有交流型和直流型、高电压型和低电压型、电压型和电流型之分。

各种 PLC 的输入电路大都相同，通常有三种类型。一种是直流 12~24V 输入，另一种是交流 100~120、200~240V 输入，第三种是交直流输入。外界输入器件可以是无源触点或者有源传感器的集电极开路的晶体管，这些外部输入器件是通过 PLC 输入端子与 PLC 相连的。

PLC 输入电路中有光耦合器隔离，并设有 RC 滤波器，用以消除输入触点的抖动和外部噪声干扰。当输入开关闭合时，一次电路中流过电流，输入指示灯亮，光耦合器被激励，三极管由截止状态变成饱和导通状态，这是一个数据输入过程。

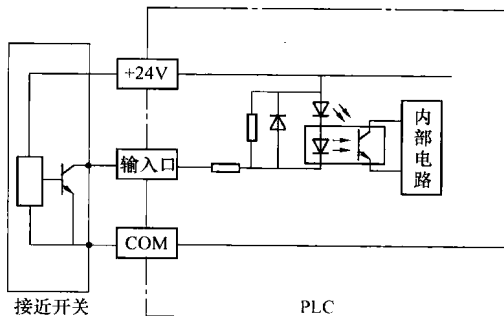


图 2-2 直流输入接口电路

图 2-2 所示为一直流输入接口电路图。表 2-1 为 FX 系列 PLC 输入接口电路技术指标。

表 2-1 FX 系列 PLC 输入接口电路技术指标

项 目	DC 输入		AC 输入
品 种	FX ₀ , FX _{0N} , FX ₂ , FX _{2C}	FX _{0N} , FX _{2C} (X10 以内)	FX ₂
输入信号电压	DC24V ± 10%		AC100~120V ± 10%、50/60Hz
输入信号电流	7mA/DC24V	5mA/DC24V	6.2mA/AC110V、60Hz
输入 ON 电流	4.5mA 以上	3.5mA 以上	3.8mA 以上
输入 OFF 电流	1.5mA 以下	1mA 以下	1.7mA 以下
输入响应时间	约 10ms, 但 FX ₀ 的 X0~X17 和 FX _{0N} 的 X0~X7, 0~15ms 可变		约 30ms 不可高速输入
输入信号形式	无电压接点或 NPN 集电极开路输出晶体管		AC 电压
电路隔离	电路隔离、光耦合隔离 (FX ₀ 、FX _{0N})		
输入动作显示	输入 ON 时, LED 灯亮		

(四) 输出接口电路

PLC 的输出有三种形式，即继电器输出、晶体管输出、晶闸管输出。图 2-3 给出了 PLC 的输出接口电路。

继电器输出型 [见图 2-3 (a)] 最常用。当 PLC 内部 CPU 有输出时，接通或断开输出

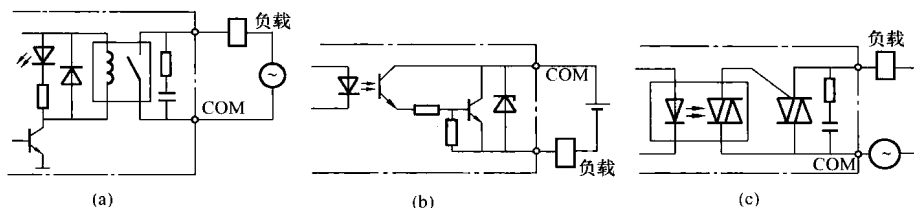


图 2-3 PLC 的输出接口电路

(a) 继电器输出；(b) 晶体管输出；(c) 晶闸管输出

电路中继电器的线圈,继电器的触点闭合或断开,通过该触点控制外部负载电路的通断,它既可以带直流负载,也可以带交流负载。很显然,继电器输出是利用了继电器的触点将 PLC 的内部电路与外部负载电路进行了电气隔离。

晶体管输出型 [见图 2-3 (b)] 是通过光耦合使晶体管截止或饱和以控制外部负载电路的通和断,并同时 PLC 内部电路和输出晶体管电路进行了电气隔离,它只能接直流负载。

双向晶闸管输出型 [见图 2-3 (c)],采用了光触发型双向晶闸管,使 PLC 内部电路和外部电路进行了电气隔离,这种晶闸管输出型电路只能接交流负载。

输出电路的负载电源由外部提供。负载电流一般不超过 2A。实际应用中,输出电流额定值与负载性质有关。具体性能指标见表 2-2 列出的 FX 系列 PLC 输出接口电路技术指标。

输出端有两种接法,一种输出是各自独立的(无公共点),即单独型;另一种为每 4~8 个输出端构成一组,共有一个公共点,即集合型,如图 2-4 所示。在共用一个公共端子范围时,必须用同一电压类型和同一电压等级,但不同的公共点组可使用不同电压类型和等级(例如 AC 220、110V,DC 24V 等)的负载,如图 2-5 所示。各输出公共点之间是相互隔离的。输出取何种形式是由制造者决定的,在 FX₂ 系列 PLC 中,FX₂-16M 型为全部输出端为单独型,其他机种的输出均为每 4~8 点共有一个公共点,各公共端的编号为 COM0、COM1、COM2、COM3...

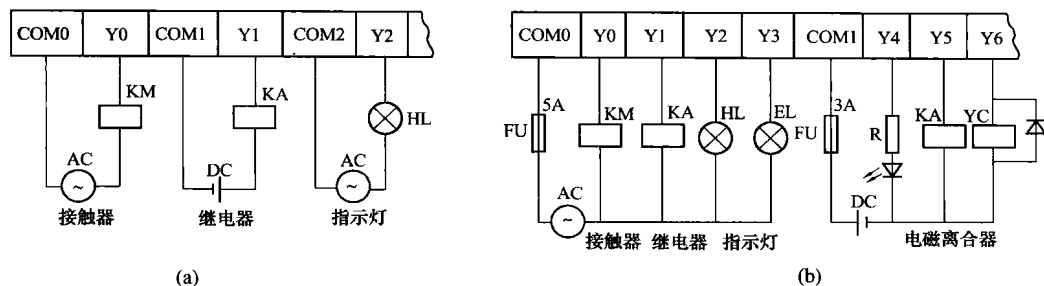


图 2-4 输出公共端布置示意图
(a) 输出端单独型; (b) 输出端集合型

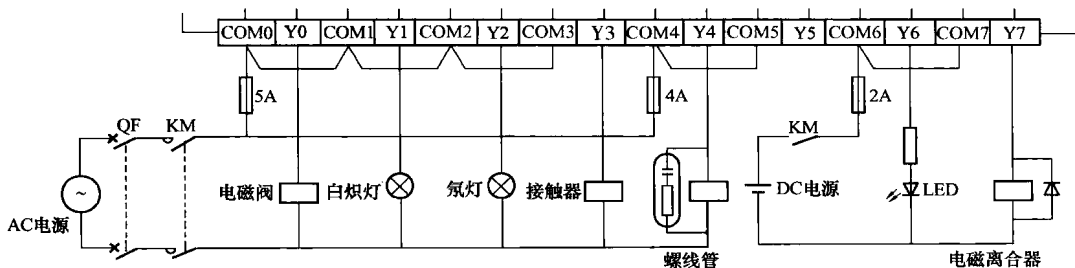
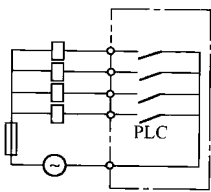
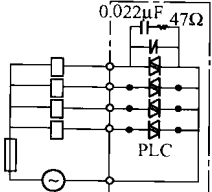
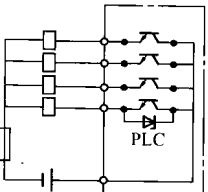


图 2-5 不同负载连接电路图

表 2-2

FX 系列 PLC 输出接口电路技术指标

项 目		继电器输出	SSR 输出	晶体管输出
回路构成				
外部电源		AC 250V, DC 30V 以下	AC85~242V	DC 5~30V
最大负载	电阻负载 (A/点)	2/1	0.3/1 0.8/4	0.5/1 0.8/4
	感生负载	80VA	15VA/AC 100V 30VA/AC 240V	12W/DC 24V
	灯负载	100W	30W	1.5W/DC 24V
开路漏电流		—	1mA/AC 100V 2.4mA/AC 240V	0.1mA/DC 30V
最小负载		*	0.4VA/AC 100V 2.3VA /AC 240V	—
响应时间 (ms)	OFF→ON	约 10	1 以下	0.2 以下
	ON→OFF	约 10	最大 10	0.2 以下**
回路隔离		继电器隔离	光电晶闸管隔离	光电耦合器隔离
动作显示		继电器通电时 LED 灯亮	光电晶闸管驱动时 LED 灯亮	光电耦合器驱动时 LED 灯亮

* 当外接电源电压不大于 24V 时, 尽量保持 5mA 以上的电流。

** 响应时间 0.2ms 是在条件为 24V、200mA 时, 实际所需时间为电路切断负载电流到电流为 0 的时间, 可用并接续流二极管的方法改善响应时间。如果希望响应时间短于 0.5ms, 应保证电源为 24V、60mA。

通常 PLC 开发商为用户提供多种用途的 I/O 单元。从输入信号上有开关量和模拟量; 从电压上有直流和交流; 从速度上有低速和高速; 从距离上有本地和远程等。而且 I/O 的点数极其灵活。

特别说明一点, 输出接口负载电路中的继电器为实物继电器, 它和后面章节中讲述的软继电器是有本质区别的。

(五) 电源

PLC 的供电电源是一般市电, 也有用直流 24V 供电的。PLC 对电源稳定度要求不高, 一般允许电源电压额定值在 $+10\% \sim -15\%$ 的范围内波动。PLC 内有一个稳定电源用于 PLC 的 CPU 单元和 I/O 单元供电, 小型 PLC 电源往往和 CPU 单元合为一体, 中大型 PLC 都有专门电源单元。有些 PLC 电源部分还有 24VDC 输出, 用于对外部传感器供电, 但电流往往是毫安级。表 2-3 为部分 FX 系列 PLC 电源技术指标。

表 2-3

部分 FX 系列 PLC 电源技术指标

品 种		项 目	电源电压	允许瞬时断电时间	电源熔断器	消耗功率 (VA)	传感器电源**
AC 电源 FX ₀ 基本	FX ₀ -14M	AC100~240V +10% -15% 50/60Hz	瞬时断电时间在 10ms 继续工作	250V、3A 5φ×20mm	20	DC24V 100mA 以下	
	FX ₀ -20M				25		
	FX ₀ -30M				30		
AC 电源 FX _{0N} 基本, 扩展	FX _{0N} -40M				250V、3A 5φ×20mm	50	DC24V 200mA 以下
	FX _{0N} -60M					60	
	FX _{0N} -40E					40	
AC 电源 FX ₂ 基本* FX ₂ 扩展*	FX ₂ -16M				250V、5A 5φ×20mm	30	DC24 250mA 以下
	FX ₂ -24M					35	
	FX ₂ -32M、FX-32E					40	
	FX ₂ -48M、FX-48E			50		DC24V 460mA 以下	
	FX ₂ -64M			60			
	FX ₂ -80M			70			
	FX ₂ -128M			100			
AC 电源 FX _{2C} 基本	FX _{2C} -64MT、96MT			80	DC24V 570mA 以下		
	FX _{2C} -128MT、160MT			120			
DC 电源 FX ₀ 基本	FX ₀ -14MR(T)-D	DC24V+10% -15%	瞬时断电时间在 5ms 继续工作	250V、3A 5φ×20mm	10W	—	
	FX ₀ -20MR(T)-D				15W		
	FX ₀ -30MR(T)-D				20W		
DC 电源 FX ₂ 基本 FX ₂ 扩展	FX ₂ -24MR-D	DC24V±8V		250V、5A 5φ×20mm	30W	—	
	FX ₂ -48MR(T)-D				50W		
	FX-48 ER-D				50W		
	FX ₂ -64MR-D				50W		
	FX ₂ -80MR-D、80MT-D				50W		

* AC 输入型, 内不附传感器电源;

** 为无扩展模块时的最大输出容量。

(六) 编程器

编程器是 PLC 的最重要外围设备。利用编程器将用户程序送入 PLC 的存储器, 还可以用编程器检查程序、修改程序; 利用编程器还可以监视 PLC 的工作状态。编程器一般分简易型和智能型。小型 PLC 常用简易型编程器, 大中型 PLC 多用智能型 CRT 编程器。

上面所述都是可编程控制器本体上的电路, 对于正常使用来说, 通常不需编程器。因此, 编程器设计为独立的部件。编程器的层次很多, 性能、价格都相差很悬殊, 最简单的编程器不足千元, 最贵的可以到 10 多万元。

最简单的编程器至少包括一个键盘, 一些数码字符显示器。这里的键盘不是单板机上的那种键盘, 而是直接表示可编程控制器指令系统的键盘, 因而使用很方便, 其显示部分包括三部分即序号、指令码和元件号 (在讲指令系统时详述)。它具有输入编辑、检索程序的功能, 同时还具有系统监控的功能, 有些还设有存储转接插口用于将可编程控制器中的程序转