

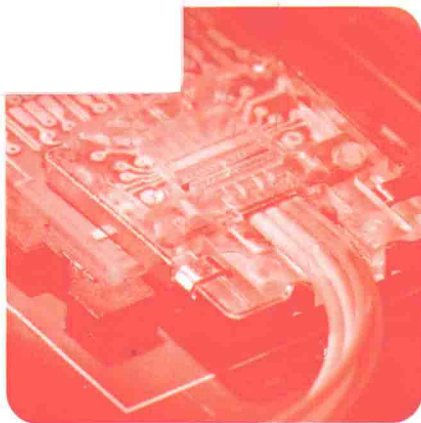


职业教育精品教材（电气运行与控制专业）

可编程控制器 原理与应用（第2版）

周惠文 施 永 主编

KEBIANCHENG KONGZHIQI
YUANLI YU YINGYONG



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

职业教育精品教材（电气运行与控制专业）

可编程控制器原理与应用 (第2版)

周惠文 施 永 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要有可编程控制器初步、基本指令的应用、步进指令的应用、功能指令的应用和 PLC 综合应用五大部分,共 16 个典型的控制任务,基本涵盖了 PLC 的基础知识,是学习 PLC 的一本入门教材。既可作为职业院校电类、机电类及其他相关专业的教材,也可作为工程技术人员的培训教材或自学参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理与应用/周惠文,施永主编. —2 版. —北京:电子工业出版社,2014.3
职业教育精品教材. 电气运行与控制专业
ISBN 978-7-121-22581-9

I. ①可… II. ①周…②施… III. ①可编程序控制器—中等专业学校—教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 039918 号

策划编辑:张帆

责任编辑:张帆 特约编辑:李云霞

印刷:北京市李史山胶印厂

装订:北京市李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:422.4 千字

印次:2014 年 3 月第 1 次印刷

定价:30.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

再版说明

本书第 1 版从 2007 年出版以来，不觉已接近六年了，在此期间各大 PLC 生产厂商的产品都在不断更新，有些老的机型现在已经停产，在市场上已无法购买。另外，PLC 编程软件也随着 PLC 功能的不断强大逐步升级，甚至研发并推出了新的编程软件。本书在实际应用中已很难满足读者的需要，基于上述原因对本书进行了再版修订。

三菱公司作为占有 PLC 市场相当份额的生产厂商，在 FX 系列小型 PLC 产品方面也给予了足够的重视，不断研发、改进、推出新的机型，加强了网络控制方面的功能，如新推出的 FX3U (C) 和 FX3G。与此同时，在软件方面，GX Developer 编程软件也不断升级，并推出了基于 Win 7 操作系统的 GX Works 中文编程软件，从而在硬件和软件方面都前进了一大步。

本次再版时所采用的硬件选用了新推出的 FX3U 型 PLC，软件采用目前仍广泛应用的 GX Developer 编程软件，对原书进行了修订，纠正了原书中的一些错漏之处，修改了几乎所有的图形和部分控制任务，并对部分章节进行了重新编写。

本书自发行以来，曾有许多专家和老师通过网络和编者进行了交流，提出了许多中肯的意见和建议，并指出了相关错漏之处，在此对他们的关心和支持表示最衷心的感谢！希望今后仍能对本书给予关注。

编 者

2014.2

前言

<<<< PREFACE

本书在 2007 年出版的职业教育精品教材《可编程控制器原理与应用》的基础上, 根据目前的教学发展形势和要求, 并采纳了一些专家和读者的意见和建议, 对原书进行了全面修订。

本书中的硬件选用了三菱公司新推出的 FX3U 型 PLC, 软件采用目前广泛应用的 GX Developer 编程软件, 修改了几乎所有的图形和部分控制任务, 纠正了原书的一些错漏之处, 并对部分章节进行了重新编写。

本书在修订时, 仍保持了原书的整个体系和主要风格, 坚持理论和实际紧密结合的原则, 继续采用任务驱动的教学形式, 强调在“学中做, 做中学”, 以努力提高学生的实际操作能力和动手创新能力为根本, 力求培养满足社会需要的一线技术工人。

本书主要有可编程控制器初步、基本指令的应用、步进指令的应用、功能指令的应用和 PLC 综合应用五大部分, 共 16 个典型的控制任务, 基本涵盖了 PLC 的基础知识, 是学习 PLC 的一本入门教材。既可作为职业院校电类、机电类及其他相关专业的教材, 也可作为工程技术人员的培训教材或自学参考用书。

本书由江苏省常州刘国钧高等职业技术学校周惠文和江苏省常州技师学院施永担任主编, 其中第 2 章、第 5 章和附录由施永编写, 其余均由周惠文编写。

由于时间仓促, 加上编者水平有限, 书中错漏之处在所难免, 恳请各位读者予以批评指正。

编 者
2014.2

目录

<<<< CONTENTS

第 1 章 可编程控制器初步	(1)
1.1 可编程控制器的起源与发展	(1)
1.2 可编程控制器的构成及工作原理	(2)
1.2.1 可编程控制器的构成	(2)
1.2.2 可编程控制器的工作原理	(6)
1.3 三菱 FX3U 系列可编程控制器	(7)
1.4 一个简单的开关量控制应用实例	(12)
1.4.1 继电器控制电路	(12)
1.4.2 输入/输出分配	(13)
1.4.3 程序设计	(14)
1.4.4 系统安装与调试	(17)
拓展与延伸	(25)
本章小结	(26)
本章习题与思考题	(26)
第 2 章 可编程控制器基本指令的应用	(28)
2.1 三相交流异步电动机正反转控制系统	(28)
2.1.1 控制任务分析	(28)
2.1.2 相关基础知识	(29)
2.1.3 输入/输出分配	(33)
2.1.4 程序设计	(34)
2.1.5 系统安装与调试	(35)
拓展与延伸	(46)
2.2 流水灯控制系统	(46)
2.2.1 控制任务要求及分析	(46)
2.2.2 相关基础知识	(47)
2.2.3 输入/输出分配	(52)
2.2.4 程序设计	(52)
2.2.5 系统安装与调试	(53)
拓展与延伸	(63)
2.3 电动机的单按钮启停控制系统	(63)
2.3.1 控制任务分析	(63)

2.3.2 相关基础知识	(64)
2.3.3 输入/输出分配	(66)
2.3.4 程序设计	(67)
2.3.5 系统安装与调试	(69)
拓展与延伸	(75)
2.4 小车自动往返控制系统	(75)
2.4.1 控制任务分析	(75)
2.4.2 相关基础知识	(76)
2.4.3 输入/输出分配	(80)
2.4.4 程序设计	(80)
2.4.5 系统安装与调试	(82)
拓展与延伸	(86)
本章小结	(86)
本章习题与思考题	(87)

第3章 可编程控制器步进指令的应用

3.1 全自动洗衣机控制系统	(91)
3.1.1 控制任务分析	(91)
3.1.2 相关基础知识	(92)
3.1.3 输入/输出分配	(96)
3.1.4 程序设计	(97)
3.1.5 系统安装与调试	(99)
拓展与延伸	(107)
3.2 大小铁球分类控制系统	(107)
3.2.1 控制任务分析	(107)
3.2.2 相关基础知识	(109)
3.2.3 输入/输出分配	(112)
3.2.4 程序设计	(113)
3.2.5 系统安装与调试	(114)
拓展与延伸	(120)
3.3 十字路口交通信号灯控制系统	(120)
3.3.1 控制任务分析	(120)
3.3.2 相关基础知识	(121)
3.3.3 输入/输出分配	(125)
3.3.4 程序设计	(126)
3.3.5 系统安装与调试	(129)
拓展与延伸	(133)
3.4 机械手控制系统	(133)
3.4.1 控制任务分析	(133)
3.4.2 相关基础知识	(134)

3.4.3 输入/输出分配	(138)
3.4.4 程序设计	(139)
3.4.5 系统安装与调试	(143)
拓展与延伸	(146)
本章小结	(146)
本章习题与思考题	(146)

第4章 可编程控制器功能指令的应用

(153)

4.1 花式喷泉控制系统	(153)
4.1.1 控制任务及分析	(153)
4.1.2 相关基础知识	(154)
4.1.3 输入/输出分配	(157)
4.1.4 程序设计	(158)
4.1.5 系统安装与调试	(159)
拓展与延伸	(162)
4.2 广告牌饰灯控制系统	(162)
4.2.1 控制任务及分析	(162)
4.2.2 相关基础知识	(163)
4.2.3 输入/输出分配	(171)
4.2.4 程序设计	(172)
4.2.5 系统安装与调试	(175)
拓展与延伸	(179)
4.3 小车多工位运料控制系统	(179)
4.3.1 控制任务及分析	(179)
4.3.2 相关基础知识	(180)
4.3.3 输入/输出分配	(185)
4.3.4 程序设计	(186)
4.3.5 系统安装与调试	(188)
拓展与延伸	(190)
4.4 自动售货机控制系统	(191)
4.4.1 控制任务及分析	(191)
4.4.2 相关基础知识	(191)
4.4.3 输入/输出分配	(198)
4.4.4 程序设计	(198)
4.4.5 系统安装与调试	(202)
拓展与延伸	(204)
4.5 三自由度工件搬运控制系统	(204)
4.5.1 控制任务及分析	(205)
4.5.2 相关基础知识	(206)
4.5.3 输入/输出分配	(208)



4.5.4 程序设计	(209)
4.5.5 系统安装与调试	(213)
拓展与延伸	(215)
本章小结	(215)
本章习题与思考题	(217)

第5章 可编程控制器的综合应用

5.1 PLC 在传统机床电路电气改造中的应用	(220)
5.1.1 控制任务分析	(220)
5.1.2 相关基础知识	(222)
5.1.3 输入/输出分配	(227)
5.1.4 程序设计	(228)
5.1.5 程序输入与模拟调试	(230)
5.1.6 系统安装与总调	(231)
拓展与延伸	(231)
5.2 PLC 在变频调速电梯中的应用	(233)
5.2.1 控制任务分析	(233)
5.2.2 相关基础知识	(234)
5.2.3 输入/输出分配	(242)
5.2.4 程序设计	(243)
5.2.5 程序输入与模拟调试	(254)
5.2.6 系统安装与总调	(255)
拓展与延伸	(255)
本章小结	(255)

第 1 章

可编程控制器初步

本章学习目标



本章主要介绍可编程控制器的基础知识，并通过一个简单的控制实例说明了可编程控制器控制系统的基本设计过程和实现方法。通过本章的学习，要求了解可编程控制器的起源和发展、PLC 的基本构成及工作原理；熟悉三菱 FX3U 系列可编程控制器与计算机的通信连接及输入/输出回路连接的方法；掌握 GX Developer 编程软件的基本使用方法和可编程控制器控制系统的基本设计方法。

1.1 可编程控制器的起源与发展

20 世纪 60 年代，美国汽车制造业竞争日趋激烈，汽车产品更新换代的周期越来越短，而继电器控制的汽车自动生产流水线设备体积大，触点使用寿命短，可靠性差，故障率高，维修和维护不便，同时这种控制系统智能化程度很低。当产品更新或生产工艺和流程变化时，整个系统都需要重新设计和安装，从而严重影响了企业的生产效率，延长了汽车产品的更新周期。因此人们迫切需要一种通用性强、灵活方便的新型控制系统来替代原来的继电器控制系统。

1968 年，美国通用汽车公司（GM）首先进行了公开招标，提出了以下 10 项指标：

- (1) 编程方便，可现场修改程序。
- (2) 维修方便，采用插件式结构。
- (3) 可靠性高于继电器控制系统。
- (4) 体积小于继电器控制柜。
- (5) 数据可直接送入管理计算机。
- (6) 成本可与继电器控制系统竞争。
- (7) 输入可为市电。
- (8) 输出可为市电，输出电流要求在 2A 以上，可直接驱动电磁阀、接触器等。
- (9) 系统扩展时，原系统变更最小。
- (10) 用户存储器容量大于 4KB。

美国数字电子公司（DEC）中标后于 1969 年研制出世界上第一台可编程控制器，在通用汽车公司生产线上应用后获得极大成功，从此开创了可编程控制器的时代。此后，世界各国也竞相开发研制可编程控制器。我国于 1974 年开始研制，并于 1977 年生产出第一台有实用价值的可编程控制器。由于当初它主要用于逻辑控制、顺序控制，故称为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）。作为一种运用计算机技术的工业控制装置，其功能并

不局限于逻辑控制和顺序控制,所以后来改称为可编程控制器(Programmable Controller)。为了避免和个人计算机(Personal Computer)的简称“PC”相混淆,现在人们仍习惯将可编程控制器简称为PLC。

经过近40年的发展,PLC的应用已渗透到各行各业,其功能也越来越完善。PLC在当初的逻辑运算、定时和计数等功能基础上,增加了算术运算、数据处理和传送、通信联网、故障自诊断等功能,各个生产厂家相继推出的位置控制模块、伺服定位模块、电子凸轮模块、温度传感器模块、远程输入/输出模块、PID控制模块、闭环控制模块、模糊控制模块、A/D转换模块、D/A转换模块等特殊功能模块,使PLC具备了数据采集、PID调节、远程控制、模糊控制等功能,奠定了用PLC实现过程控制的基础。

近年来,由于超大规模集成电路技术的迅猛发展,以及计算机新技术在可编程控制器设计和制造上的应用,可编程控制器的集成度越来越高,运行速度越来越快,功能越来越强,智能化程度也越来越高。目前PLC已在集散控制(DCS)和计算机数控(CNC)等系统中得到广泛应用,使系统的性价比不断提高;同时,随着网络技术的发展,PLC和工业计算机通过组网已能够构建大型控制系统,并成为PLC控制技术的发展方向。

据预测,在不远的将来,PLC、CAD/CAM和机器人将会成为工业自动化的三大支柱,由此可见可编程控制器在工业自动化中的重要地位。

1.2 可编程控制器的构成及工作原理

1.2.1 可编程控制器的构成

目前PLC生产厂家众多,比较著名的有三菱、松下、立石、西门子等,各公司产品的结构不尽相同,但其基本组成大致如图1-1所示。

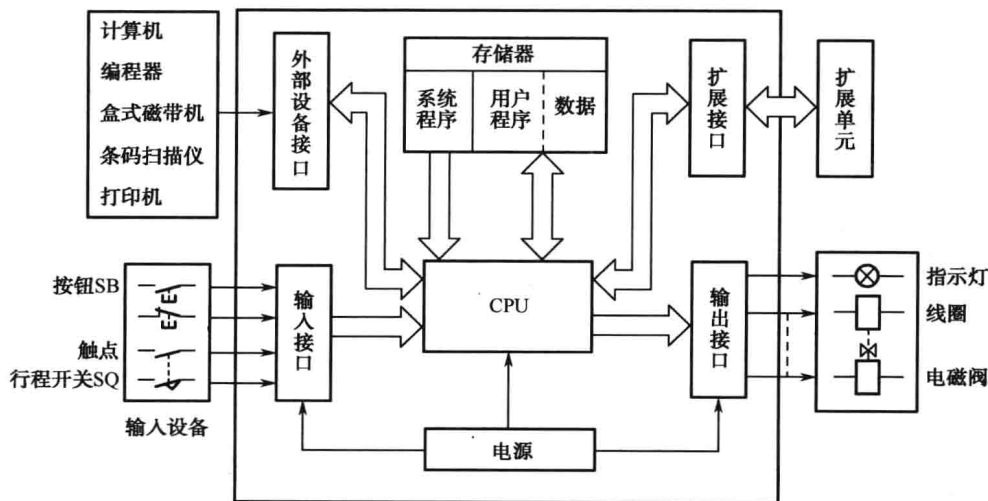


图 1-1 PLC 基本组成

由图1-1可知,PLC一般采用典型的计算机结构,主要由CPU、存储器、输入/输出(I/O)接口、电源、外部设备接口和扩展接口等几部分组成。下面简要介绍各部分的作用。

其中，PLC 电源电压为交流 220V，通过 24V 端与 S/S 端短接作为内部输入电路的直流电源，0V 端作为公共端。

(2) 交流电源型源型输入接口。

交流电源型源型输入接口电路的接线图如图 1-3 所示。

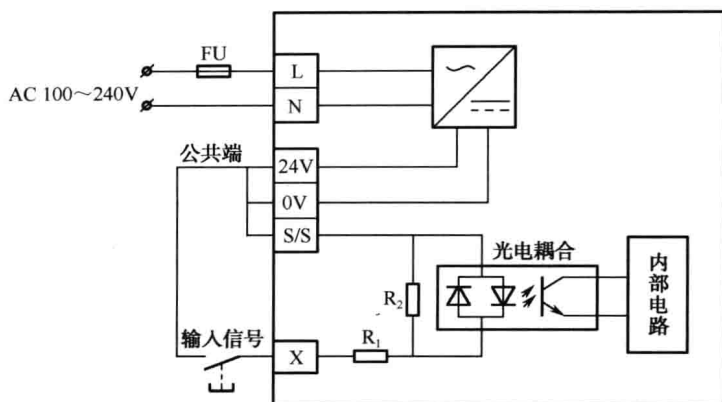


图 1-3 交流电源型源型输入接口电路的接线图

其中 PLC 0V 端与 S/S 端短接，当输入信号接通时，24V 电源通过输入元件向内部输入电路供电。

(3) 直流电源型漏型输入接口。

直流电源型漏型输入接口电路的接线图如图 1-4 所示。

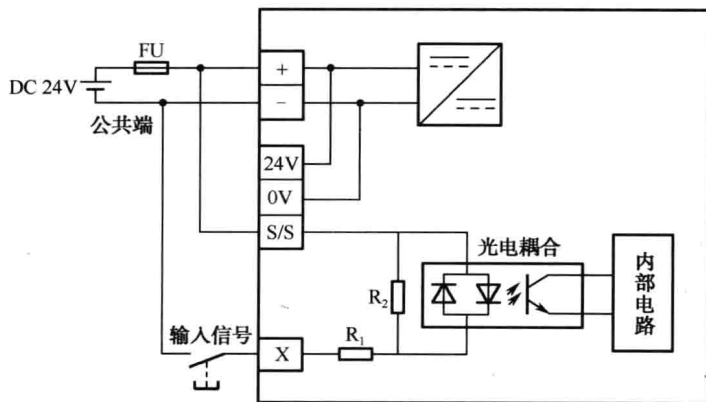


图 1-4 直流电源型漏型输入接口电路的接线图

其中，PLC 电源为直流 24V，输入回路直接将 24V 供给电源接入作为输入回路的电源，整机电源的正极端为输入回路公共端。

(4) 直流电源型源型输入接口。

直流电源型源型输入接口电路的接线图如图 1-5 所示。

该类型接口电路同样将外部 24V 电源接入输入回路作为电源，只是电源正极通过输入元件由 X 输入，S/S 和电源负极相连，因此，输入公共端为 24V 电源负极端，即 PLC 电源输入端子的负极。

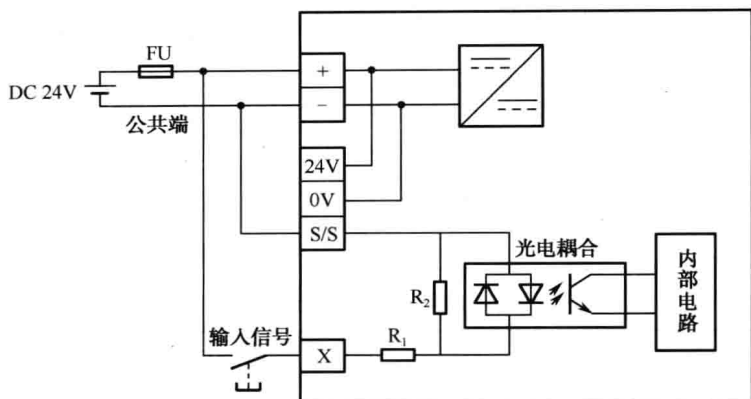


图 1-5 直流电源型源型输入接口电路的接线图

(5) AC 100V 交流输入接口。

FX3U 系列 DC 24V 漏型、源型输入 PLC 的整机电源既可以是交流电源也可以是直流电源，而交流输入型 PLC 的整机电源只能是交流电源。AC 100V 交流输入接口电路的接线图如图 1-6 所示。

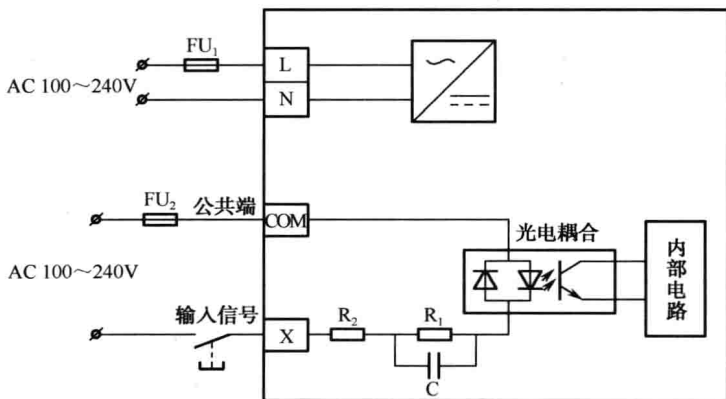


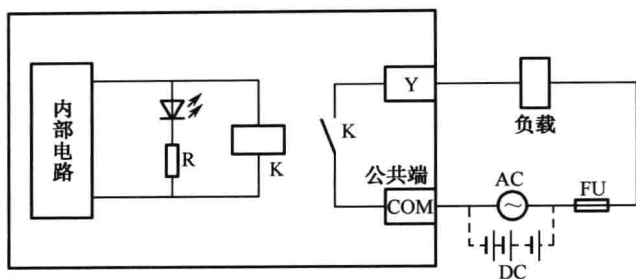
图 1-6 AC 100V 交流输入接口电路的接线图

其中，输入回路的电源为交流 110V，当输入信号接通时，X 端与 COM 端接通，将 AC 110V 电源接入输入回路，内部元件动作。

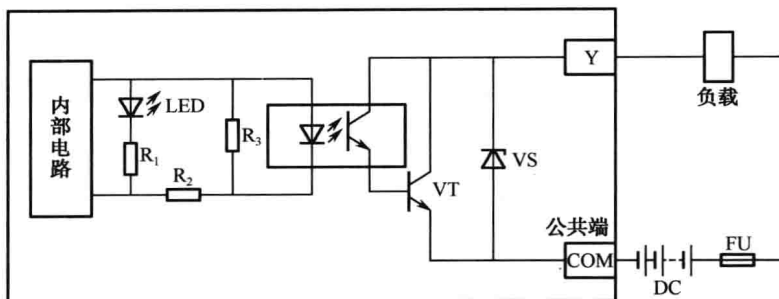
2) 输出接口

输出接口主要用于连接输出设备（如接触器、指示灯和电磁阀等）。PLC 将经主机处理过的结果通过输出接口输出以驱动输出设备，实现电气控制。PLC 在内部回路和外部负载回路之间、各公共端之间都采取了电气上的隔离。输出接口一般有继电器输出型接口、晶体管输出型接口和晶闸管输出型接口三种类型。常见输出接口电路如图 1-7 所示。

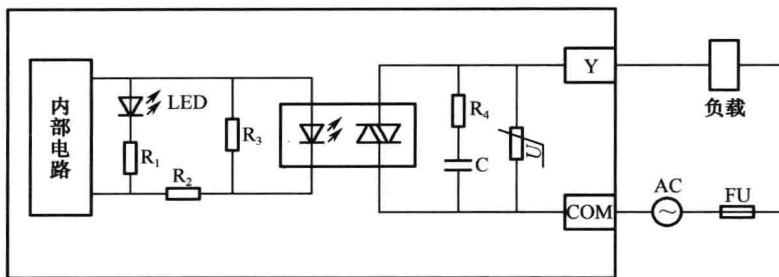
继电器输出型接口为有触点输出方式，可用于驱动直流或低频交流负载；晶体管输出型接口和晶闸管输出型接口采用光电耦合（提高抗干扰性能）无触点（提高响应速度和减少噪声）输出方式，前者用于驱动直流负载，后者用于驱动高频较大功率交流负载。



(a) 继电器输出型接口电路



(b) 晶体管输出型接口电路



(c) 晶闸管输出型接口电路

图 1-7 输出接口电路

4. 电源

PLC 内部为 CPU、存储器、I/O 接口等内部工作电路配备了直流开关稳压电源，同时一般也为输入传感器提供 24V 直流电源。输入/输出回路的电源一般应相互独立，以抑制来自外部的电磁干扰。

5. 扩展接口

扩展接口用于系统扩展，可连接 I/O 扩展单元、A/D 模块、D/A 模块和温度控制模块等。

1.2.2 可编程控制器的工作原理

PLC 是以循环扫描方式工作的，一般可分为上电处理、程序扫描和出错处理三个过程。PLC 接通电源后，首先对系统进行初始化，清除 I/O 映像寄存器的内容，检测 CPU、存储器及 I/O 等部件是否正常，并完成各种外设的通信连接。确认正常后，若 PLC 处于 RUN 状态，PLC 开始对存储器中的用户程序进行顺序扫描，并执行系统自诊断程序，若系统正常，则继

续扫描用户程序，周而复始，不断循环；若系统不正常，则进行出错处理。PLC 的工作流程如图 1-8 所示。

在图 1-8 所示程序扫描过程中，PLC 按程序指令步序号（或地址号）对用户程序进行周期性循环扫描。如果程序中无跳转指令，则从第一条指令开始逐条顺序扫描执行用户程序，直至程序结束；然后重新返回第一条指令，开始新一轮扫描，如此不断循环。每扫描一次称为一个扫描周期，主要分为三个阶段，如图 1-9 所示。

1. 输入采样阶段

在输入采样阶段，PLC 顺序扫描各输入端，并将各输入状态存入相应的输入映像寄存器中，输入映像寄存器被刷新，该状态将被保持到本扫描周期结束，也即在此期间，即使输入信号的状态发生变化，输入映像寄存器的内容也保持不变。

2. 程序执行阶段

在程序执行阶段，PLC 从第 0 步开始从左到右、自上而下顺序扫描执行用户程序，并将当前输入映像寄存器和输出映像寄存器的相关内容读入，参与程序的运算、处理；最后将结果存入输出映像寄存器。因此输出映像寄存器的内容随着程序的执行会发生变化。

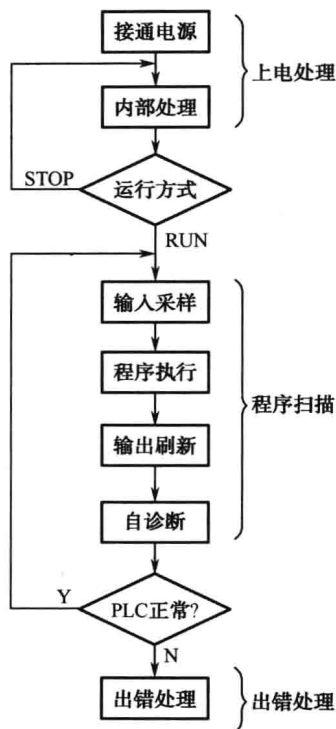


图 1-8 PLC 的工作流程

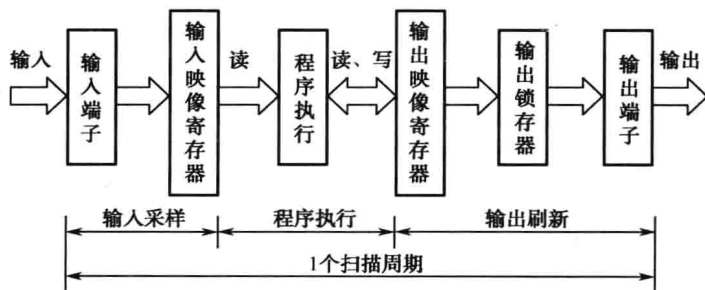


图 1-9 PLC 扫描周期

3. 输出刷新阶段

在输出刷新阶段，PLC 将输出映像寄存器中的内容转存到输出锁存器，刷新输出锁存器的内容，从而改变输出端子的状态，驱动负载，实现控制。

1.3 三菱 FX3U 系列可编程控制器

三菱 FX 系列可编程控制器是日本三菱公司推出的微型、小型 PLC 系列，主要有 FX0、

FX0N、FX1、FX1S、FX2、FX2N、FX3U 等系列，除基本单元外，还有扩展单元及功能模块供用户选用。FX3U 是三菱公司推出的较新的小型 PLC 机型，其基本单元按输入/输出总点数可分为 FX3U-16M、FX3U-32M、FX3U-48M、FX3U-64M、FX3U-80M、FX3U-128M 共 6 种，本书主要选用 FX3U-48MR/ES 型 PLC 作为载体进行阐述，其型号的含义如图 1-10 所示。

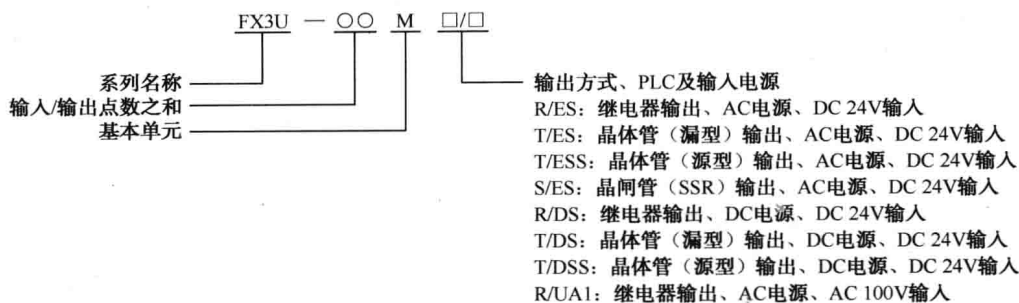


图 1-10 FX3U 系列 PLC 型号的含义

三菱 FX3U-48MR/ES 型可编程控制器的面板如图 1-11 所示。

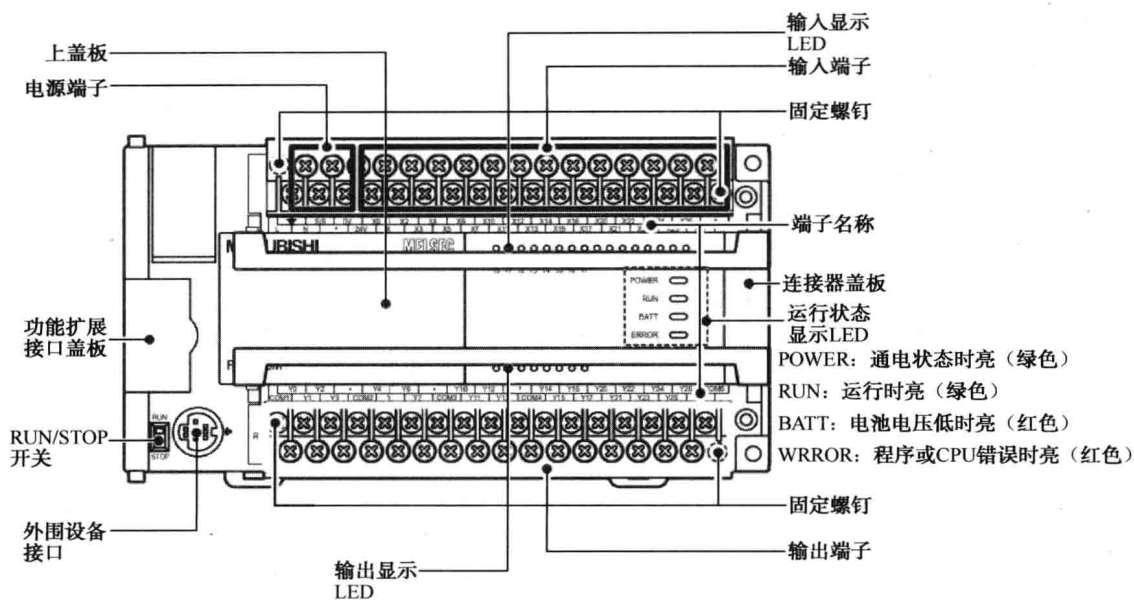


图 1-11 三菱 FX3U-48MR/ES 型可编程控制器的面板

图 1-11 中简要说明了面板上各部分的作用，其中输入/输出端子是 PLC 的重要部件，用于 PLC 进行外部连接，其数量、类型也是 PLC 的主要技术指标之一。FX3U 系列 PLC 输入点数和输出点数相等，均为 PLC 总点数的一半。

1. 输入端子

输入端子用于连接输入元件（如按钮、转换开关、行程开关、继电器触点和各种传感器等）。每一个输入端子都有一个输入继电器（X）与之对应，外部控制信号必须通过输入继电器