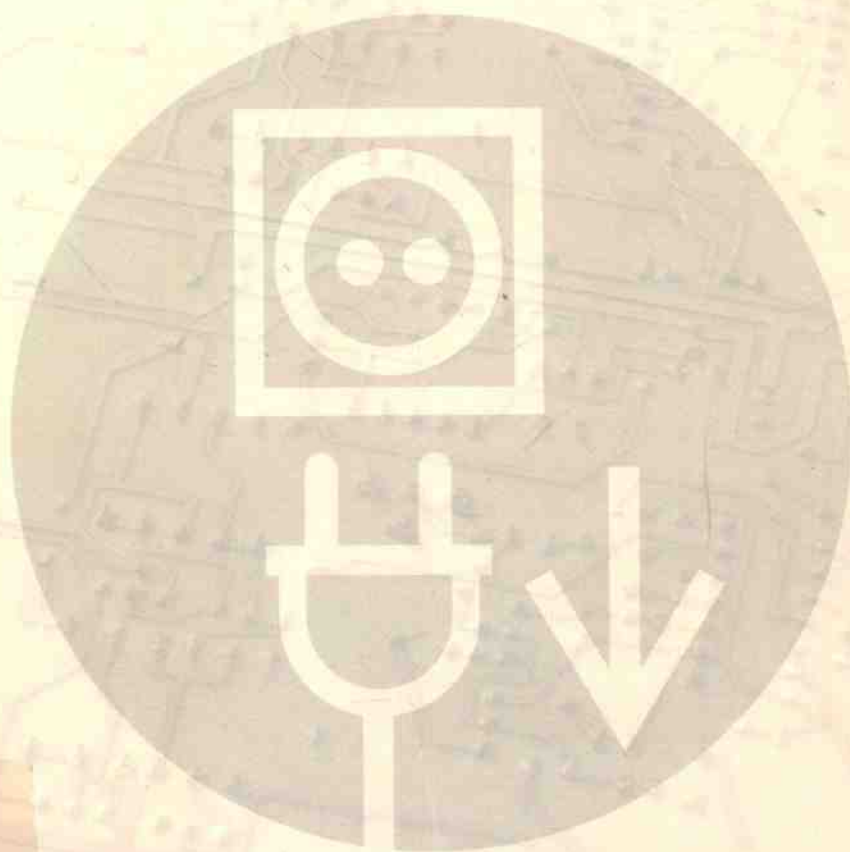


全国高等职业技术学院电工类专业教材

QUANGUO GAODENG ZHIYE JISHU YUANXIAO DIANGONGLEI ZHUANYE JIAOCAI

# 高级维修电工专业技能训练

GAOJI WEIXIU DIANGONG ZHUANYE JINENG XUNLIAN



中国劳动社会保障出版社

7107

18

全国高等职业技术院校电工类专业教材

# 高级维修电工专业技能训练

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

---

中国劳动社会保障出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

高级维修电工专业技能训练/肖建章主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2004  
全国高等职业技术院校电工类专业教材

ISBN 7-5045-4252-0

I. 高… II. 肖… III. 电工-维修-技术培训-习题 IV. TM07-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 010028 号

**中国劳动社会保障出版社出版发行**

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人 张梦欣

\*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 17.25印张 429千字

2004年6月第1版 2005年9月第3次印刷

印数: 5000册

定价: 29.00元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

# 前言

前言

为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，推进高等职业技术教育更好地适应经济结构调整、科技进步和劳动力市场的需要，推动高等职业技术学院实施职业资格证书制度，加快高技能人才的培养，劳动和社会保障部教材办公室在充分调研和论证的基础上，组织编写了高等职业技术学院系列教材。从2004年起，陆续推出数控类、电工类、模具设计与制造、电子商务、电子类、烹饪类专业教材，并将根据需要不断开发新的教材，逐步建立起覆盖高等职业技术学院主要专业的教材体系。

在高等职业技术学院系列教材的编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则：一是坚持高技能人才的培养方向，从职业（岗位）分析入手，强调教材的实用性；二是紧密结合高职院校、技师学院、高级技校的教学实际情况，同时，坚持以国家职业资格标准为依据，力求使教材内容覆盖职业技能鉴定的各项要求；三是突出教材的时代感，力求较多地引进新知识、新技术、新工艺、新方法等方面的内容，较全面地反映行业的技术发展趋势；四是打破传统的教材编写模式，树立以学生为主体的教学理念，力求教材编写有所创新，使教材易教易学，为师生所乐用。

电工类专业教材主要包括《电工基础》《电子技术》《工程制图》《电气测量》《电气管理知识》《数控技术》《单片机原理与接口技术》《可编程控制技术》《工厂电气控制技术》《自动控制技术》《工厂变配电技术》《电机原理与维修》《变频技术》《高级维修电工基本技能训练》《高级维修电工专业技能训练》《高级维修电工综合技能训练》《高级电工技能训练》《电气设备安装技术》《高电压技术（2005年出版）》等，可供高职院校、技师学院、高级技校电气维修、企业供电等专业使用。教材的编写参照了《维修电工》以及其他相关的国家职业标准，有些教材还配套出版了习题册。

在上述教材编写过程中，我们得到有关省市劳动和社会保障部门、教育部门，以及高等职业院校、技师学院、高级技校的大力支持，在此表示衷心的感谢。同时，我们恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2004年2月

## 简介

---

本书为全国高等职业技术学院电气维修专业教材，供各类高职院校、技师学院、高级技校相关专业使用。主要内容有：可编程序控制器的程序设计、安装与调试，单片机的安装调试与应用，变频器的应用和 Protel 99 SE 的应用等。

本书也可用于高级技术人才培养。

本书由肖建章主编，李永忠副主编，杨莉、谢文辉参加编写；王兆晶审稿。

---

# 目 录

|                                                    |         |
|----------------------------------------------------|---------|
| 课题一 可编程序控制器的程序设计、安装与调试 .....                       | ( 1 )   |
| § 1—1 FX <sub>2</sub> 系列 PLC 的结构及工作原理 .....        | ( 1 )   |
| § 1—2 FX <sub>2</sub> 系列 PLC 的软元件 (内部器件) 及研究 ..... | ( 8 )   |
| § 1—3 程序的写入、调试及监控 .....                            | ( 12 )  |
| § 1—4 编程软件及其使用 .....                               | ( 25 )  |
| § 1—5 基本逻辑指令的编程 .....                              | ( 33 )  |
| § 1—6 状态转移图的研究及单流程编程训练 .....                       | ( 39 )  |
| § 1—7 分支流程状态转移图的编程与调试训练 .....                      | ( 44 )  |
| § 1—8 Y—△降压启动控制设计 .....                            | ( 49 )  |
| § 1—9 全自动洗衣机控制系统设计 .....                           | ( 50 )  |
| § 1—10 交通信号灯控制 .....                               | ( 52 )  |
| § 1—11 音乐喷泉控制系统 .....                              | ( 53 )  |
| § 1—12 双面铣床控制系统 .....                              | ( 55 )  |
| § 1—13 选用 PLC 改造继电器接触器控制的三层货梯控制系统 .....            | ( 56 )  |
| § 1—14 自动焊锡机 PLC 控制系统设计 .....                      | ( 58 )  |
| 课题二 单片机的安装调试与应用 .....                              | ( 61 )  |
| § 2—1 单片机的基础知识 .....                               | ( 61 )  |
| § 2—2 单片机引脚的功能 .....                               | ( 67 )  |
| § 2—3 单片机指令的初步认识及简单流水灯的安装编程与调试 .....               | ( 71 )  |
| § 2—4 MedWin 集成开发环境 .....                          | ( 77 )  |
| § 2—5 AT51pro AT89C 系列单片机编程器 .....                 | ( 80 )  |
| § 2—6 指令的进一步认识及正反向流水灯的编程与调试 .....                  | ( 81 )  |
| § 2—7 指令的深入认识及简单发声编程 .....                         | ( 89 )  |
| § 2—8 指令的全面认识及编程 .....                             | ( 95 )  |
| § 2—9 中断结构、串口结构及定时器编程 .....                        | ( 100 ) |
| § 2—10 串行口应用编程 .....                               | ( 107 ) |
| § 2—11 LED 数码显示器编程 .....                           | ( 112 ) |

|                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| § 2—12 单片机唱歌编程 .....                  | (119)        |
| § 2—13 单片机应用系统设计 .....                | (127)        |
| <b>课题三 变频器的应用 .....</b>               | <b>(138)</b> |
| § 3—1 变频调速的基础知识 .....                 | (138)        |
| § 3—2 变频器的安装与接线 .....                 | (141)        |
| § 3—3 变频器的运行操作 .....                  | (146)        |
| § 3—4 变频器的基本参数设定 .....                | (149)        |
| § 3—5 变频器的基本控制线路安装及组合运行 .....         | (152)        |
| § 3—6 变频器的常用控制线路安装及程序运行 .....         | (154)        |
| § 3—7 变频器的 PID 控制、频率跳变操作和多段速度运行 ..... | (157)        |
| § 3—8 变频器与 PLC 控制器的联机运行 .....         | (160)        |
| § 3—9 变频器的出错报警及检查处理 .....             | (165)        |
| § 3—10 变频器的维护、检查及故障排除 .....           | (172)        |
| <b>课题四 Protel 99 SE 的应用 .....</b>     | <b>(181)</b> |
| § 4—1 Protel 99 SE 的特点 .....          | (181)        |
| § 4—2 Protel 99 SE 的启动和文档组织结构 .....   | (182)        |
| § 4—3 Protel 99 SE 的文件管理 .....        | (185)        |
| § 4—4 Protel 99 SE 工作界面的管理 .....      | (191)        |
| § 4—5 Protel 99 SE 原理图图样参数设置 .....    | (194)        |
| § 4—6 绘制电路原理图 .....                   | (199)        |
| § 4—7 元器件管理器的使用 .....                 | (210)        |
| § 4—8 制作元器件和建立元器件库 .....              | (213)        |
| § 4—9 电路规则检查及网络表 .....                | (222)        |
| § 4—10 PCB 设计流程和设计窗口 .....            | (228)        |
| § 4—11 PCB 组件的放置和编辑 .....             | (230)        |
| § 4—12 PCB 设计过程 .....                 | (237)        |
| § 4—13 创建新的元器件封装 .....                | (264)        |

## 课题一 可编程序控制器的程序设计、安装与调试

### § 1—1 FX<sub>2</sub> 系列 PLC 的结构及工作原理

#### 一、实训目的

1. 掌握 FX<sub>2</sub> 系列 PLC 外部端子的功能及连接方法；I/O 点的编号、分类、主要技术指标及使用注意事项。

2. 了解 FX<sub>2</sub> 系列 PLC 基本单元、扩展单元、特殊功能模块的型号、功能及技术指标。

3. 掌握 PLC 控制系统的组成及技术实现。

#### 二、实训内容及指导

1. FX<sub>2</sub> 系列 PLC 外部端子的功能及连接方法、I/O 点的类别及技术指标

(1) 机器的硬件认识与使用

1) 机器的外部特征 PLC 有单元式、模块式和叠装式（或平板式）三种结构形式，前两种为常用的结构形式。FX<sub>2</sub> 系列 PLC 为小型 PLC，采用单元式结构形式，其外形如图 1—1 所示。

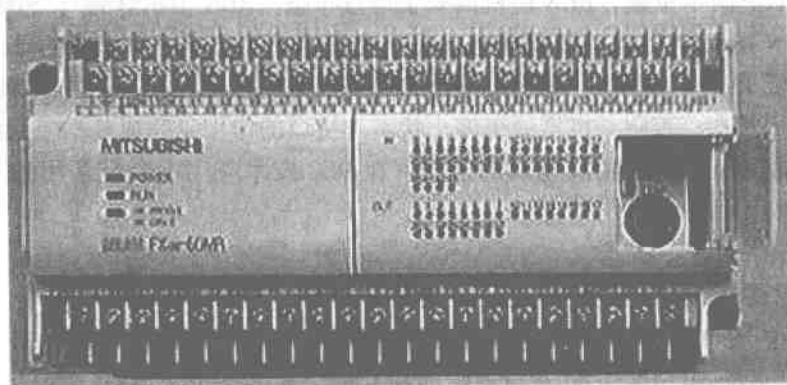


图 1—1 FX<sub>2</sub> 系列 PLC 外形图

FX<sub>2</sub>-32MR PLC 面板如图 1—2 所示，由三部分组成，即外部端子（输入/输出接线端子）部分、指示部分和接口部分，各部分的组成及功能如下。

①外部接线端子 外部接线端子包括 PLC 电源（L、N）端子、输入用直流电源（24+、COM）端子、输入端子（X）、输出端子（Y）、运行控制（RUN）端子和机器接地端子等。它们位于机器两侧可拆卸的端子板上，每个端子均有其对应的编号，主要完成电源、输入信号和输出信号的连接。



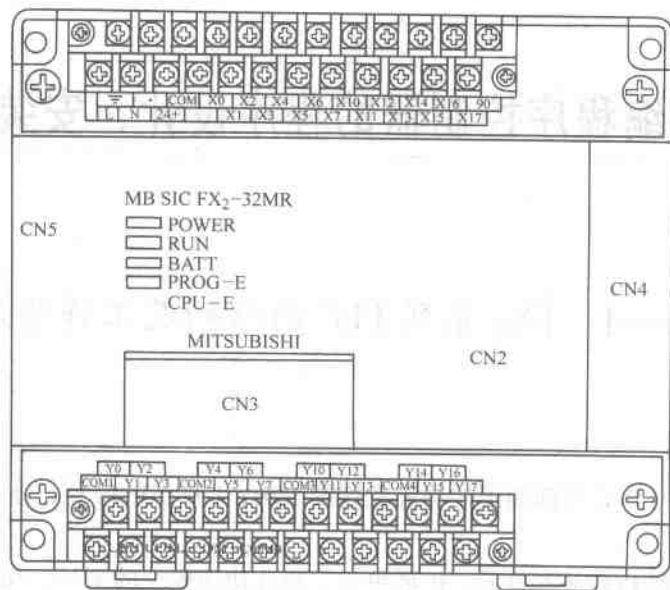


图 1—2 FX<sub>2</sub>-32MR PLC 面板图

②指示部分 指示部分包括各输入/输出点的状态指示、机器电源指示 (POWER)、机器运行状态指示 (RUN)、用户程序存储器后备电池指示 (BATT) 和程序错误/CPU 错误指示 (PROG-E/CPU-E) 等, 用于反映 I/O 点和机器的状态。

③接口部分 FX<sub>2</sub> 系列 PLC 有多个接口, 主要包括编程器接口、存储器接口、扩展接口和特殊功能模块接口等。在机器面板的左下角, 还设置了一个 PLC 运行模式转换开关 SW1, 它有 RUN 和 STOP 两个位置, RUN 使机器处于运行状态 (RUN 指示灯亮); STOP 使机器处于停止状态 (RUN 指示灯灭)。当机器处于 STOP 状态时, 可进行用户程序的录入、编辑和修改。接线端子板上设有一个 RUN 端子, 它的功能与 SW1 相同, 如果该端子有输入信号, 可使机器处于运行状态, 否则, 机器处于停止状态。接口的作用是完成基本单元同编程器、外部存储器、扩展单元和特殊功能模块的连接, 在 PLC 技术应用中会经常用到。各接口连接的器件如下:

CN2: 外部存储器。

CN3: 编程器等。

CN4: I/O 扩展单元、I/O 扩展模块、模拟量模块和温度控制模块等。

CN5: 通信适配器、FX<sub>2</sub> 并联运行适配器和变量设置单元等。

2) 机器的电源 FX<sub>2</sub> 系列 PLC 机器上有两组电源端子, 分别完成 PLC 电源的输入和输入回路直流电源的输出。L、N 为 PLC 电源端子, FX<sub>2</sub> 系列 PLC 要求用单相交流电源供电, 规格为 AC 85 ~ 264 V 50/60 Hz。24 +、COM 是机器为输入回路提供的直流 24 V 电源, 为减少接线, 其正极在机器内已与输入回路连接, 当某输入点需输入信号时, 只需将 COM 通过输入设备接至对应的输入点。一旦 COM 与对应点接通, 该点就为“ON”, 此时对应输入点指示灯亮。机器的输入电源还有一接地端子, 用于 PLC 的接地保护。

(2) I/O 点的编号及使用说明

I/O 点是 PLC 的重要外部部件，是 PLC 与外围设备连接的通道，其数量、类别也是 PLC 的主要技术指标之一。一般，FX<sub>2</sub> 系列 PLC 的输入点位于机器的一侧，输出点位于机器的另一侧。

FX<sub>2</sub> 系列 PLC 的 I/O 点数量、类别随机器型号的不同而不同，但 I/O 点的数量比例及编号规则完全相同。一般，输入点与输出点的数量之比为 1:1，即输入点数等于输出点数。FX<sub>2</sub> 系列 PLC 的 I/O 点编号采用八进制，即 00~07、10~17、20~27……输入点前面加“X”，输出点前面加“Y”。扩展单元和扩展模块的 I/O 点编号应紧接基本单元的 I/O 点之后依次编号。

I/O 点的作用是将设备与 PLC 进行连接，使 PLC 与现场构成系统，以便通过输入设备（元件）从现场获得信息（输入）或将经过处理后的控制命令通过输出设备（元件）送到现场（输出），从而实现自动控制的目的。

输入回路的连接如图 1—3 所示。输入回路的实现是 COM 端通过将具体的输入元件，如按钮、转换开关、行程开关、继电器的触点、传感器等，连接到对应的输入点上，将信息送到 PLC 内部。一旦某个输入元件的状态发生变化，对应输入点的状态也随之变化，这样 PLC 可随时检测到这些信息。

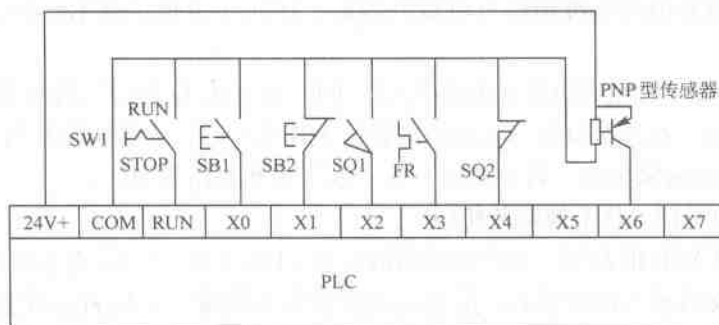


图 1—3 输入回路的连接

输出回路是 PLC 的负载驱动回路，输出回路的连接如图 1—4 所示。PLC 通过输出点将负载和负载电源连接成一个回路。这样负载的状态就由 PLC 的输出点进行控制，输出点动作，驱动负载。负载电源的规格应根据负载的情况和输出点的技术规格进行选择。

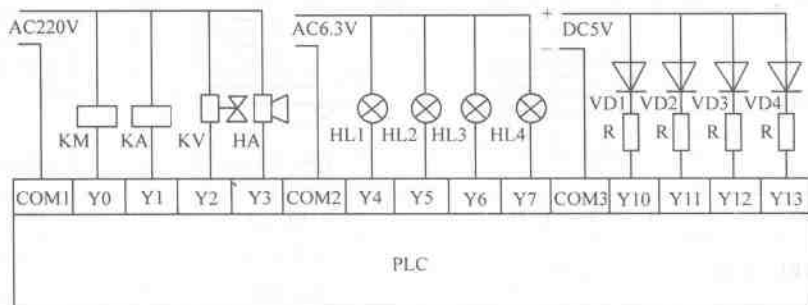


图 1—4 输出回路的连接

在实现输出回路时，应注意的事项如下：

1) 输出点的共 COM 问题 一般情况下, 每个输出点应有 2 个端子。为了减少输出端子的个数, 在 PLC 内部将几个输出点的一端连接到一起, 形成公共端 COM。FX<sub>2</sub> 系列 PLC 的输出点一般采用每 4 个点共 COM 连接, 如图 1—5 所示。在使用时要特别注意, 否则可能导致负载不能正确驱动。

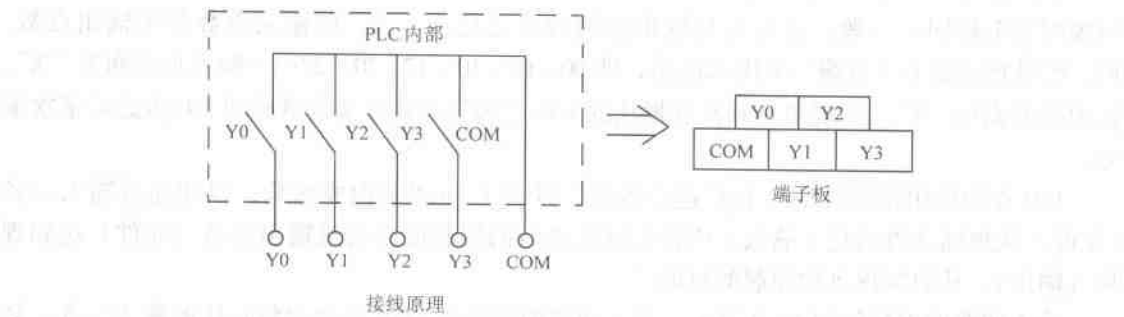


图 1—5 输出点的共 COM 连接

2) 输出点的技术规格 不同的输出类别, 有不同的技术规格。应根据负载的类别和大小、负载电源等级、响应时间等选择不同类别的输出形式。

要特别注意负载电源等级和最大负载的限制, 以防止出现负载不能驱动或 PLC 输出点损坏等情况。

3) 多种负载和多种负载电源共存的处理 同一台 PLC 控制的负载和负载电源的类别、电压等级可能不同。在连接负载(实际上即分配 I/O 点)时, 应尽量使所需负载电源不同的负载不使用共 COM 的输出点。若要使用, 应注意干扰和短路等问题。

(3) I/O 点的类别、技术规格及使用

现场信号的类别有很多种, 为适应控制的需要, PLC 的 I/O 点具有不同的类别。其输入分为直流输入和交流输入两种形式, 前者完成直流信号的输入, 后者完成交流信号的输入; 其输出分为继电器输出、可控硅输出和晶体管输出三种形式。继电器输出和可控硅输出适用于大电流输出的场合, 晶体管输出和可控硅输出适用于快速、频繁动作的场合。若具有相同的驱动能力, 继电器输出形式成本较低。三种输出形式的技术规格见表 1—1。

表 1—1 三种输出形式的技术规格

| 项目   |       | 继电器输出                | 可控硅输出                            | 晶体管输出                  |
|------|-------|----------------------|----------------------------------|------------------------|
| 回路构成 |       |                      |                                  |                        |
| 外部电源 |       | AC 250 V, DC 30 V 以下 | AC 85 ~ 242 V                    | DC 5 ~ 30 V            |
| 最大   | 电阻 负载 | 2 A/1 点              | 0.3 A/1 点<br>0.8 A/4 点           | 0.5 A/1 点<br>0.8 A/4 点 |
|      | 感性 负载 | 80 VA                | 15 VA/AC 100 V<br>30 VA/AC 240 V | 12 W/DC 24 V           |
|      | 灯负载   | 100 W                | 30 W                             | 1.5 W                  |

续表

| 项目    |          | 继电器输出         | 可控硅输出                              | 晶体管输出           |
|-------|----------|---------------|------------------------------------|-----------------|
| 开路漏电流 |          | —             | 1 mA/AC 100 V<br>2.4 mA/AC 240 V   | 0.1 mA/DC 30 V  |
| 最小负载  |          | (注 1)         | 0.4 VA/AC 100 V<br>2.3 VA/AC 240 V | —               |
| 响应时间  | OFF - ON | 约 10 ms       | 1 ms 以下                            | 0.2 ms 以下       |
|       | ON - OFF | 约 10 ms       | 最大 10 ms                           | 0.2 ms 以下 (注 2) |
| 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 |

注：1. 当外接电源电压小于等于 24 V 时，尽量保持 5 mA 以上的电流。

2. 响应时间 0.2 ms 是在条件为 24 V、200 mA 时所需时间，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。如果希望响应时间少于 0.5 ms，应保证电源为 24 V、60 mA。

## 2. FX<sub>2</sub> 系列 PLC 的型号

常用 FX<sub>2</sub> 系列 PLC 的基本单元、扩展单元、特殊功能模块的型号及功能见表 1—2。

表 1—2 常用 FX<sub>2</sub> 系列 PLC 的基本单元、扩展单元、特殊功能模块的型号及功能

| 分类              | 型号                    | I/O 点数 |    | 备 注                                                      |
|-----------------|-----------------------|--------|----|----------------------------------------------------------|
|                 |                       | I      | O  |                                                          |
| 基本单元<br>(BU)    | FX <sub>2</sub> -16M  | 8      | 8  | 后缀：R—继电器输出型<br>T—晶体管输出型<br>S—晶闸管输出型<br>有电源、CPU、I/O，能单独使用 |
|                 | FX <sub>2</sub> -24M  | 12     | 12 |                                                          |
|                 | FX <sub>2</sub> -32M  | 16     | 16 |                                                          |
|                 | FX <sub>2</sub> -48M  | 24     | 24 |                                                          |
|                 | FX <sub>2</sub> -64M  | 32     | 32 |                                                          |
|                 | FX <sub>2</sub> -80M  | 40     | 40 |                                                          |
| 扩展单元<br>(EU)    | FX-32E                | 16     | 16 | 有电源、I/O，无 CPU，不能单独使用，只能与 BU 联合使用                         |
|                 | FX-48E                | 24     | 24 |                                                          |
| 扩展模块<br>(EB)    | FX-8ER                | 4      | 4  | 无电源、CPU，仅提供 I/O，不能单独使用。电源从 BU 或 EU 获得                    |
|                 | FX-8EX                | 8      | 0  |                                                          |
|                 | FX-8EY                | 0      | 8  |                                                          |
|                 | FX-16EX               | 16     | 0  |                                                          |
|                 | FX-16EY               | 0      | 16 |                                                          |
| 特殊功能模块<br>(SEB) | FX <sub>2</sub> -24EI |        |    | FX <sub>2</sub> 与 F <sub>2</sub> 系列 SEB 连接接口单元           |
|                 | FX-2DA                |        |    | 模拟量输出模块 (2 路)                                            |
|                 | FX-4AD                |        |    | 模拟量输入模块 (4 路)                                            |
|                 | FX-2DA-PT             |        |    | 温度控制模块 (直接与 PT 连接)                                       |
|                 | FX-1HG                |        |    | 高速计数单元                                                   |
|                 | FX-1GM                |        |    | 定位控制单元                                                   |
|                 | FX-8AV                |        |    | 变量设置单元                                                   |

| 分类              | 型号                      | I/O 点数 |   | 备 注                                |
|-----------------|-------------------------|--------|---|------------------------------------|
|                 |                         | I      | O |                                    |
| 特殊功能模块<br>(SEB) | FX <sub>2</sub> - 40AP  |        |   | FX <sub>2</sub> 系列 PLC 并联适配器 (光纤)  |
|                 | FX <sub>2</sub> - 40AW  |        |   | FX <sub>2</sub> 系列 PLC 并联适配器 (双绞线) |
|                 | FX <sub>2</sub> - 232AW |        |   | 通信适配器                              |

### 3. PLC 技术应用的初步认识

#### (1) PLC 控制系统的组成

PLC 控制系统由硬件和软件两部分组成, 如图 1—6 所示。硬件部分通过输入点将输入元件与 PLC 连接, 通过输出点将输出元件与 PLC 连接。软件部分即控制程序, 通过 PLC 指令将控制思想转变为 PLC 可接受的程序。

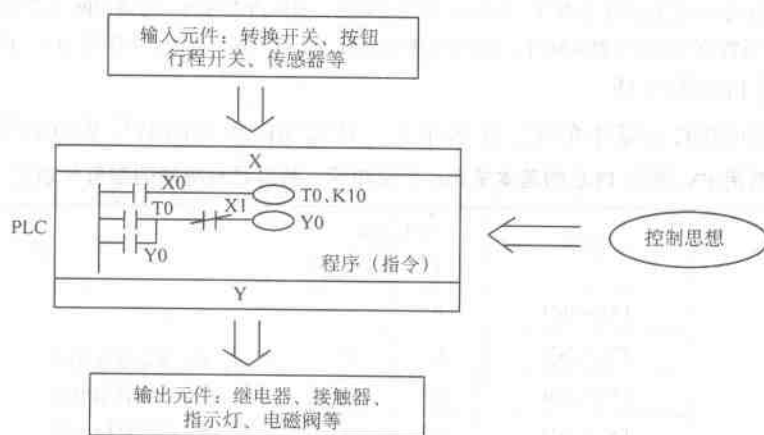


图 1—6 PLC 控制系统的组成

#### (2) 实操训练题

小车自动往返控制系统如图 1—7 所示。其控制要求如下:

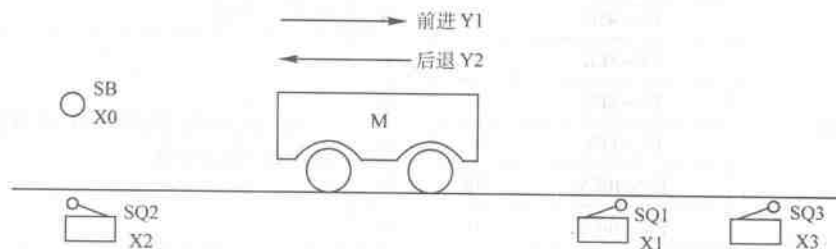


图 1—7 小车自动往返控制系统

1) 按下启动按钮 SB, 小车电动机 M 正转, 小车前进; 碰到限位开关 SQ1 后, 小车电动机 M 反转, 小车后退。

2) 小车后退碰到限位开关 SQ2 后, 小车电动机 M 停转, 小车停止。暂停 5 s 后, 小车再转向前进; 当碰到限位开关 SQ3 后开始后退。

3) 小车后退, 当再次碰到限位开关 SQ2 时, 小车停止。延时 5 s 后重复上述动作。

根据以上要求所建立的控制系统如图 1—8 和图 1—9 所示。

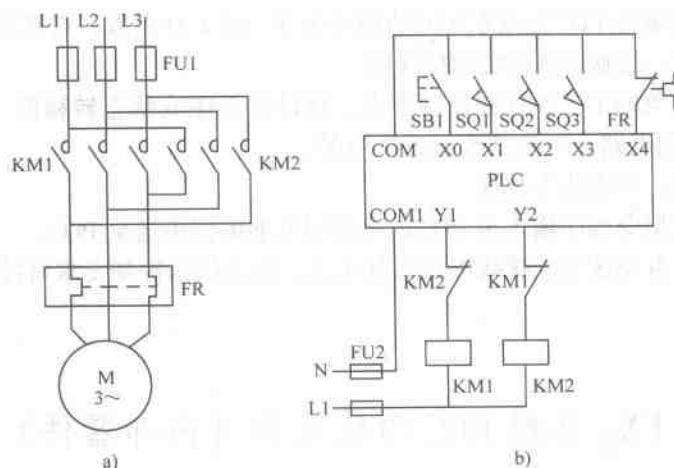


图 1—8 控制系统组成

a) 主回路原理图 b) 系统接线图

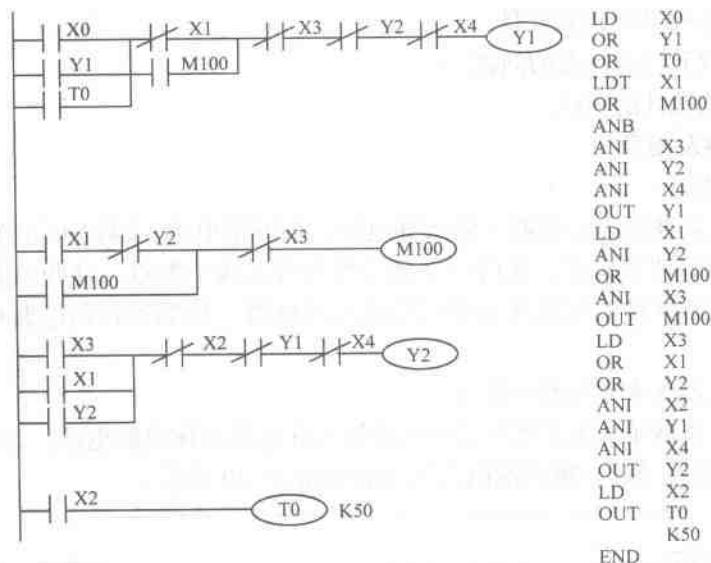


图 1—9 控制的梯形图及指令表

### (3) 实操要求

- 1) 先将指令程序写入 PLC。
- 2) 根据控制要求将系统连接起来。
- 3) 观察系统的运行，体会系统的组成和控制要求。

### (4) PLC 技术应用的一般步骤

将图 1—7 所示实例改造为电动机正反转控制系统 (KM1: 正转接触器; KM2: 反转接触器; SB1: 正转启动按钮; SB2: 反转启动按钮; SB3: 停止按钮; FR: 热保护继电器)。

### PLC 技术应用的一般步骤:

- 1) 分析被控对象的工艺条件和控制要求。

- 2) 根据被控对象对 PLC 控制系统的功能要求和所需 I/O 点数, 选择合适的 PLC。
- 3) 分配 I/O 点, 绘制控制系统的接线图。
- 4) 根据被控对象的工艺条件和控制要求, 设计梯形图或状态转移图。如果控制系统是继电器-接触器控制电路, 可将其改造为梯形图。
- 5) 根据梯形图, 写出指令程序。
- 6) 用编程器将指令程序输入至 PLC 或直接用电脑编程传送至 PLC。
- 7) 调试系统。首先按系统接线图连接好系统, 然后根据控制要求对控制系统进行调试, 直到符合要求。

## § 1—2 FX<sub>2</sub> 系列 PLC 的软元件 (内部器件) 及研究

### 一、实训目的

1. 了解 FX<sub>2</sub> 系列 PLC 的软元件。
2. 明确使用软元件应注意的问题。
3. 掌握主要软元件的功能。

### 二、实训内容及指导

#### 1. 软元件概述

PLC 内部有许多被称为继电器 (输入继电器、辅助继电器、输出继电器)、定时器、计数器和数据寄存器等的软元件。任何一个软元件均有无数个触点, 这些触点在 PLC 内部可随意使用。用这些软元件的线圈和触点可构成与继电器-接触器控制电路相似的控制电路 (梯形图)。

#### (1) 输入继电器 X 和输出继电器 Y

各基本单元、扩展单元和扩展模块中均有输入继电器和输出继电器, 这些继电器是 I/O 点在 PLC 内部的反映。输入/输出继电器的功能如图 1—10 所示。

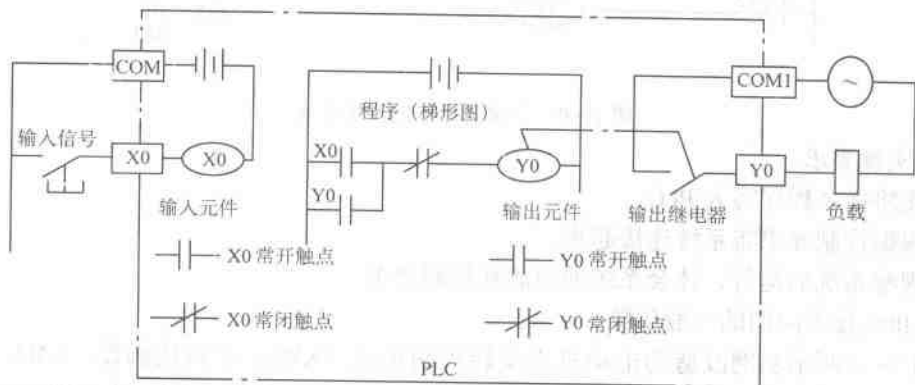


图 1—10 输入/输出继电器功能示意图

输入端子从外部接受信号, 与输入端子连接的输入继电器 (X) 是电子继电器。若外部输入开关闭合, 输入继电器动作, 对应输入点的指示发光二极管点亮。

输出端子向外部负载输出信号，输出继电器的输出触点接到 PLC 的输出端子上。若输出继电器动作，其输出触点闭合，对应输出点的指示发光二极管点亮。

若将图 1—10 的程序写入 PLC 运行，当输入点 X0、X1 变化时，可观察到输入继电器 X0 和 X1、输出继电器 Y0 状态的变化。

## (2) 辅助继电器 M

逻辑运算中经常需要一些中间继电器进行辅助运算。这些继电器不能直接对外输入/输出，一般用作状态暂存或移动运算等。辅助继电器的触点（包括常开触点和常闭触点）在 PLC 内部可自由使用，而且使用次数不限，但不能直接驱动外部负载。辅助继电器由 PLC 内各元件的触点驱动，因此在输出端子上就找不到它们，但可通过这些触点驱动输出继电器，再通过输出继电器驱动外部负载，如图 1—11 所示。

辅助继电器分为以下三种类型：

1) 普通用途的辅助继电器 M0 ~ M499，共 500 个点。

2) 具有停电保持功能的辅助继电器 M500 ~ M1023，共 524 个点。这些辅助继电器在 PLC 停电时也能保持动作状态，故称停电保持继电器。它们在某些需停电保持的场合很有用。停电保持辅助继电器的应用实例如图 1—12 所示。

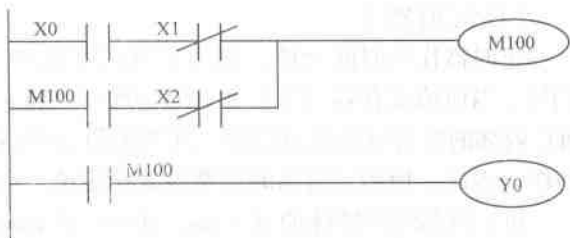


图 1—11 辅助继电器的使用

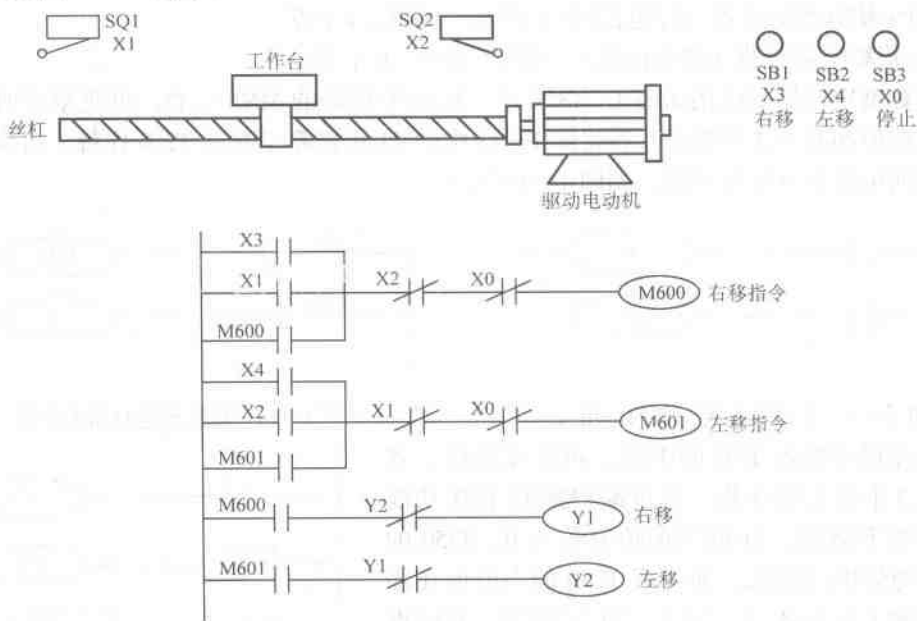


图 1—12 停电保持辅助继电器的应用实例

正常情况下，X3 为 ON，M600 动作，Y1 动作，工作台右移；X4 为 ON，M601 动作，Y2 动作，工作台左移。若在右移过程中 PLC 停电，工作台移动停止，但 M600 一直保持为 ON。当电源恢复后，由于 M600 为 ON，所以工作台继续右移。这样可以将停电时的状态保持，



当电源恢复后继续停电前的状态。

3) 特殊功能辅助继电器 M8000 ~ M8255, 共 256 个点。这些辅助继电器与 PLC 的状态、时钟、标志、运行方式、步进顺序控制、中断、出错检测、通信、扩展和高速计数等有密切关系, 在 PLC 应用中有非常重要的作用。

(3) 状态软元件 S

这是步进顺序控制指令用的软元件。在不采用步进顺序控制指令时, 也可当作普通用途的辅助继电器使用。

普通用状态软元件: S0 ~ S499, 共 500 个点。

停电保持用状态软元件: S500 ~ S899, 共 400 个点。

信号报警用软元件: S900 ~ S999, 共 100 个点。

(4) 定时器 T

定时器作为时间元件, 相当于时间继电器。它是字、位复合软元件, 由设定值寄存器 (字)、当前值寄存器 (字) 和定时器触点 (位) 组成。定时器内部有计数器, 通过计数器对 PLC 内部的时钟脉冲进行计数, 在当前值寄存器的值等于设定值寄存器的值时, 定时器触点动作。因此, 使用定时器时应掌握其设定值、当前值和定时器触点 3 个要素。

PLC 内部的时钟脉冲有 1 ms、10 ms 和 100 ms 3 种, 定时器有 0.1 s、0.01 s 和 0.001 s 3 种。

0.1 s 普通定时器: T0 ~ T199, 共 200 个点, 定时范围为 0.1 ~ 3 276.7 s。

0.01 s 普通定时器: T200 ~ T245, 共 46 个点, 定时范围为 0.1 ~ 327.67 s。

0.001 s 积算型定时器 (停电记忆): T246 ~ T249, 4 个点。

0.1 s 积算型定时器 (停电记忆): T250 ~ T255, 6 个点。

非积算型定时器的应用如图 1—13 所示, 通过编程器的 MNT 功能, 可观察定时器的设定值、当前值和触点 3 个要素。若将图 1—13 中的 T1 用积算定时器 T250 代替, 可实现停电记忆, 即通电后恢复定时功能, 如图 1—14 所示。

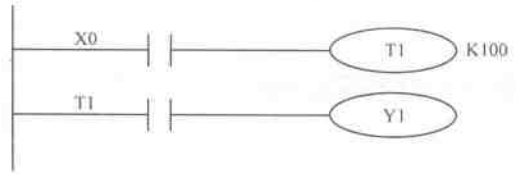


图 1—13 非积算型定时器的应用

定时过程中断掉 PLC 的电源, 再恢复供电, 观察定时器 3 个要素的变化。通过编程器的 MNT 功能可观察到如下情况。T1 的当前值复位为 0: T250 的当前值仍为停电时的值, 通电后 T250 的当前值在停电时的基础上进行累计。另外, T1 定时到, 其触点动作的同时, 当前值复位为 0; 而 T250 定时到, 其触点动作的同时, 当前值仍为设定值。因此, 使用积算型定时器时, 一般要用 RST 复位指令将定时器复位, 如图 1—15 所示。

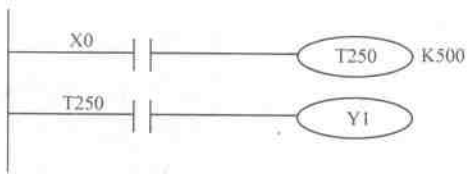


图 1—14 积算型定时器的应用

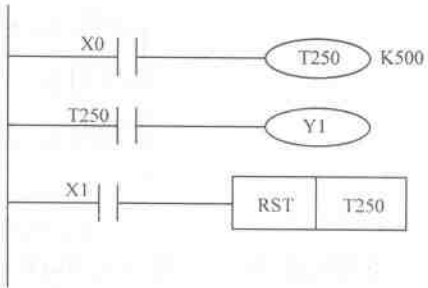


图 1—15 积算型定时器的复位