



教育部高职高专规划教材

可编程控制器应用技术 实训指导

● 李俊秀 赵黎明 主编
胡彦奎 主审



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

可编程控制器应用技术 实训指导

李俊秀 赵黎明 主编
胡彦奎 主审

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器应用技术实训指导/李俊秀, 赵黎明主编.
—北京: 化学工业出版社, 2002.1
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-3416-4

I. 可… II. ①李…②赵… III. 可编程序控制器-
高等学校: 技术学校-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 088165 号

教育部高职高专规划教材
可编程控制器应用技术实训指导

李俊秀 赵黎明 主编

胡彦奎 主审

责任编辑: 王丽娜 张建茹

责任校对: 凌亚男

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市燕山印刷厂印刷
三河市延风装订厂装订
开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 15 字数 364 千字
2002 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月北京第 2 次印刷
ISBN 7-5025-3416-4/G·921
定 价: 23.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神,为满足高职高专电类相关专业教学基本建设的需要,在教育部高教司和教育部高职教育教学指导委员会的关心和指导下,全国石油和化工高职教育教学指导委员会广泛开展调研,召开多次高职高专电类教材研讨会,组织编写了20本面向21世纪的高职高专电类专业系列教材,供工业电气化技术、工业企业电气化、工业电气自动化、应用电子技术、机电应用技术及工业仪表自动化、计算机应用技术等相关专业使用。

本套教材立足高职高专教育人才培养目标,遵循主动适应社会发展需要、突出应用性和针对性、加强实践能力培养的原则,组织编写了专业基础课程的理论教材和与之配套的实训教材。实训教材集实验、设计与实习、技能训练与应用能力培养为一体,体系新颖,内容可选择性强。同时提出实训硬件的标准配置和最低配置,以方便各校选用。

由于本套教材的整体策划,从而保证了专业基础课与专业课内容的衔接,理论教材与实训教材的配套,体现了专业的系统性和完整性。力求每本教材的讲述深入浅出,将知识点与能力点紧密结合,注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力。

可编程控制器(PLC)是以微机技术为核心的通用工业自动控制装置。它以其功能强大、可靠性高、编程简单、使用方便以及体积小、功耗低等突出的优越性,迅速普及并成为当代工业自动化的支柱设备之一。为帮助读者更好地掌握PLC应用技术,作者在总结多年PLC实训教学及科研的基础上,按照基础实验、技术应用、工程实践三个层次编著了这本《可编程控制器应用技术实训指导》。

目前,PLC的机型很多,但其基本结构、原理相同,基本功能、指令系统及编程方法类似。因此,本书从教学需要及实际应用出发,选择了当今最具特色和极有代表性的日本三菱FX₂系列高性能、超小型可编程控制器作为背景机型,全面介绍了可编程控制器的硬件系统、工作方式、编程器使用及编程方法和技巧,并以工程应用为实训目标,加强了技术应用、工程实践、功能指令和特殊功能模块应用的实训环节。本书具有以下特点。

- 集实验、设计、技能训练与技术应用能力培养为一体,体系新颖,体现了新世纪高职高专教育人才的培养模式和基本要求。

- 将知识点与能力点紧密结合,注重培养学生实际动手能力和解决工程实际问题能力,突出了高等职业教育的应用特色和能力本位。

- 实训课题相对独立,互为体系,内容覆盖面宽,选择性强,可满足不同层次、不同专业的需求。

本书可与《可编程控制器应用技术》配套使用,也可独立使用。书中所列举的实训课题,旨在训练PLC技术应用的思想和方法,若加以修改和转换,就可应用于其他机型。

全书共有二十九个实训课题和一个附录。其中实训课题三、五、六、十六~二十一、二十八、二十九由李俊秀编写,实训课题一、二、七~十、二十二~二十七由赵黎明编写,实训课题十一~十五及附录由郑德明编写,实训课题四由金沙编写。李俊秀、赵黎明任主编,并由李俊秀负责全书的统稿工作。本书由胡彦奎副教授主审,胡教授认真地审阅了全书的初

稿，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢！

本书在编写过程中，得到了许多部门和个人的支持和帮助，在此表示诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中错漏在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2001 年 8 月

内 容 简 介

本书立足于实训教学，从技术和工程应用的角度出发，以三菱公司 FX₂ 机型为背景，系统地介绍了可编程控制器及其应用技术实训的内容。为适应不同层次不同专业的需要，全书分基础、技术应用和工程实践三个部分，涵盖了可编程控制器的认识与使用、系统的组成、程序的设计与调试、功能指令与特殊功能模块的使用及 PLC 技术的工程应用等。书中列举了大量的实训课题和习题，突出了工程实践能力的培养，可用于指导学生进行实验、课程设计和毕业设计。

本书理论联系实际，以实训教学为主线，充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位，突出了人才应用能力和创新素质的培养，内容丰富，实用性强。可作为高职高专、成人教育和中等职业学校工业电气自动化、电气技术、工业仪表及自动化、机电一体化及相关专业的教材，也可供工程技术人员参考和作为培训教材使用。

目 录

基础部分	1
实训课题一 FX ₂ 系列 PLC 机器硬件认识及使用	1
实训课题二 FX ₂ 系列 PLC 软元件及研究	8
实训课题三 程序的写入、调试及监控	12
实训课题四 编程软件及其使用	25
实训课题五 PLC 程序执行过程和扫描工作方式的研究	33
技术应用部分	39
实训课题六 基本逻辑指令的编程	39
实训课题七 状态转移图的研究及单流程编程训练	47
实训课题八 分支流程状态转移图的编程与调试训练	54
实训课题九 步进顺控指令的应用	64
实训课题十 状态转移程序到状态转移图的反变换	69
实训课题十一 数据传送处理类指令的应用	74
实训课题十二 程序流控制类指令的应用	84
实训课题十三 高速处理类指令的应用	90
实训课题十四 交替输出指令的应用	95
实训课题十五 外部 I/O 指令的应用	100
实训课题十六 电动机控制	106
实训课题十七 交通信号灯控制	111
实训课题十八 物料自动混合控制	118
实训课题十九 自动送料装车控制	123
实训课题二十 三相步进电动机控制	129
实训课题二十一 送料车控制	135
工程实践部分	141
实训课题二十二 PLC 技术应用中的若干问题	141
实训课题二十三 PLC 用于制氧机热交换控制	148
实训课题二十四 PLC 在组合机床控制中的应用	152
实训课题二十五 PLC 在试验电炉控制中的应用	160
实训课题二十六 PLC 在三层轿外按钮控制电梯中的应用	171
实训课题二十七 PLC 在集选控制电梯中的应用	175
实训课题二十八 PLC 在冷媒自动充填机控制中的应用	189
实训课题二十九 PLC 用于车库管理控制系统的设计	202
附录	209
附录 A FX ₂ 系列 PLC 基本性能	209
附录 B FX ₂ 系列 PLC 基本机能	210
附录 C FX ₂ 系列 PLC 一般规格	210
附录 D FX ₂ 系列 PLC 电源规格	210
附录 E FX ₂ 系列 PLC 输入规格	211

附录 F	FX ₂ 系列 PLC 输出规格	212
附录 G	FX ₂ 系列 PLC 模拟量输入/输出单元规格	212
附录 H	FX ₂ 系列 PLC 扩展单元模块规格	214
附录 I	FX ₂ 系列 PLC 特殊功能单元规格	214
附录 J	FX ₂ 系列 PLC 特殊功能元件功能表	215
附录 K	FX ₂ 系列 PLC 错码一览表	225

基础部分

实训课题一 FX₂ 系列 PLC 机器硬件认识及使用

一、实训目的

- (1) 认识 FX₂ 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 FX₂ 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) 认识 PLC 控制系统的组成及技术实现。

二、实训内容及指导

(一) FX₂ 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、模块式和叠装式三种结构形式，常用结构形式为前两种。FX₂ 系列为小型 PLC，采用单元式结构形式，其外形如图 1-1 所示。

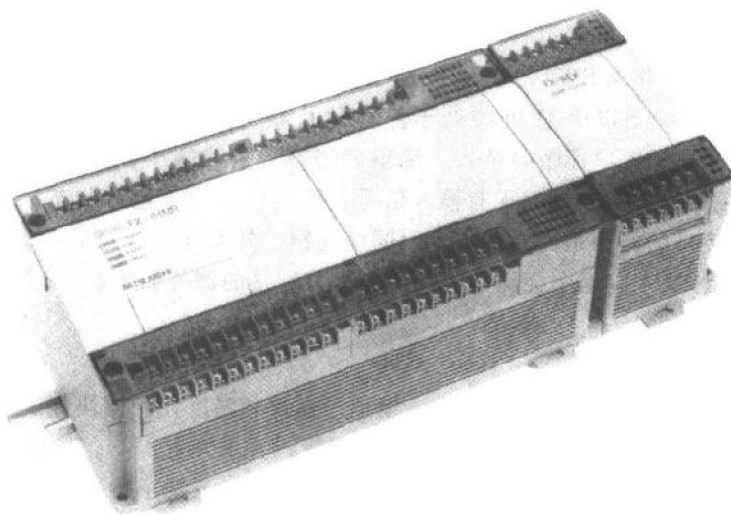


图 1-1 FX₂ 系列 PLC 外形图

FX₂-32MR 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）、输入用直流电源（24 +、COM）、输入端子（X）、输出端子（Y）、运行控制（RUN）和机器接地等。它们位于机器

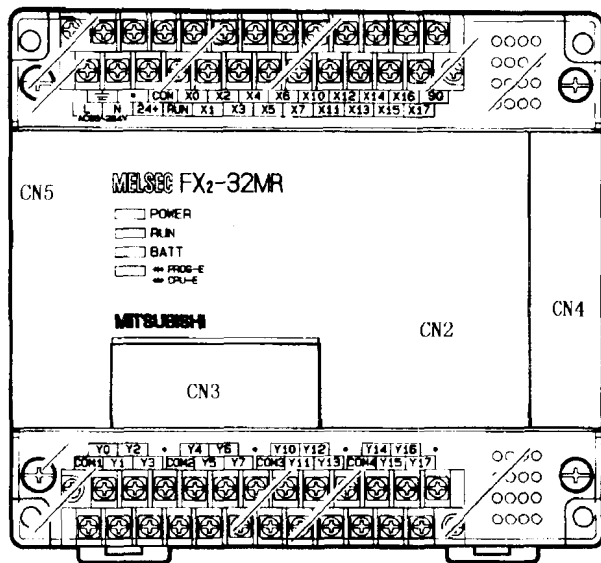


图 1-2 FX₂-32MR 面板图

两侧可拆卸的端子板上；每个端子均有对应的编号，主要完成电源、输入信号和输出信号的连接。

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) 和程序错误或 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 FX₂ 系列 PLC 有多个接口，打开接口盖或面板可观察到。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 使机器处于停止运行状态 (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。接线端子板上也有一个 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，机器处于停止运行状态。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：通讯适配器、FX 并联运行适配器和变量设置单元等

(2) FX₂ 机器的电源 FX₂ 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所用直流电源的供出。L、N 为 PLC 电源端子，FX₂ 系列 PLC 要求输入单相交流电源，规格为 AC85 ~ 264V 50/60Hz。24 +、COM 是机器为输入回路提供的直流 24V 电源，为减少接线，其正极在机器内已与输入回路连接，当某输入点需加入输入信号时，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”，此时对应输入指示就点亮。机器输入电源还有一接地端子，该端子用于 PLC 的接地保护。

2. I/O 点的类别、编号及使用说明

I/O 端子（输入/输出）是 PLC 的重要外部部件，是 PLC 与外部设备（输入设备、输出设备）连接的通道，其数量、类别也是 PLC 的主要技术指标之一。一般 FX₂ 系列 PLC 的输入端子（X）位于机器的一侧，输出端子（Y）位于机器的另一侧。

FX₂ 系列 PLC 的 I/O 点数量、类别随机器的型号不同而不同，但 I/O 点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，也就是说输入点数等于输出点数。FX₂ 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 I/O 扩展模块其 I/O 点编号应紧接基本单元的 I/O 编号之后，依次分配编号。

I/O 点的作用是将 I/O 设备与 PLC 进行连接，使 PLC 与现场构成系统，以便从现场通过输入设备（元件）得到信息（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。

输入回路连接的示意图如图 1-3 所示。输入回路的实现是 COM 通过具体的输入元件（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，通过输入点 X 将信息送到 PLC 内部，一旦某个输入元件状态发生变化，对应输入点 X 的状态也就随之变化，这样 PLC 可随时检测到这些信息。

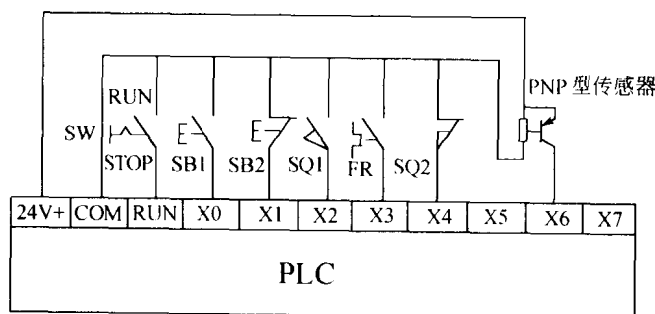


图 1-3 输入回路的连接

输出回路就是 PLC 的负载驱动回路，输出回路连接的示意图如图 1-4 所示。PLC 仅提供输出点，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，输出点动作负载得到驱动。负载电源的规格应根据负载的需要和输出点的技术规格进行选择。

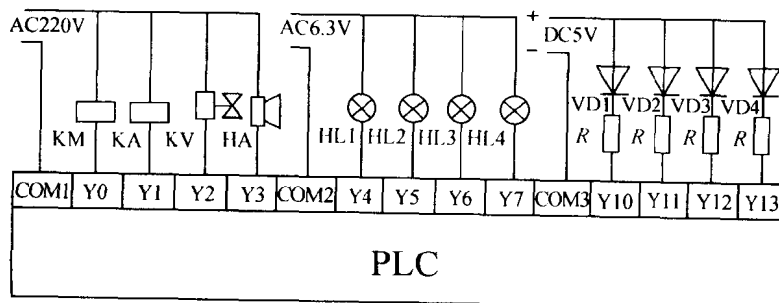


图 1-4 输出回路的连接

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，每个输出点应有两个端子，为了减少输出端子的个数，PLC 在内部将其中的一个输出点采用公共端连接，即将几个输出点的一端连接到一起，形成公共端 COM。FX₂ 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。

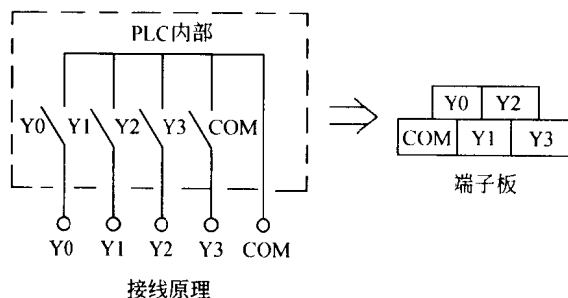


图 1-5 输出点的共 COM 连接

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

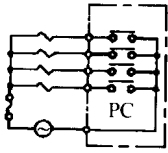
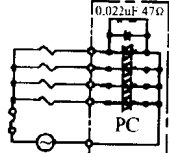
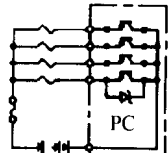
要特别注意负载电源的等级和最大负载的限制，以防止出现负载不能驱动或 PLC 输出点损坏等情况的发生。

(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，负载电源的类别、电压等级可能不同，在连接负载时（实际上在分配 I/O 点时），应尽量让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. PLC I/O 点的类别、技术规格及使用

现场信号的类别不同。为适应控制的需要，PLC I/O 具有不同的类别。其输入分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；输出分继电器输出、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场合，晶体管输出、可控硅输出适用于快速、频繁动作的场合。相同驱动能力，继电器输出形式价格较低。三种输出形式的技术规格如表 1-1 所示。

表 1-1 三种输出形式的技术规格

项 目		继电器输出	SSR 输出	晶体管输出
回路构成				
外部电源		AC250V, DC30V 以下	AC85~242V	DC5~30V
最大负载	电阻负载	2A/1 点	0.3A/1 点 0.8A/4 点	0.5A/1 点 0.8A/4 点
	感性负载	80VA	15VA/AC100V 30VA/AC240V	12W/DC 24V
	灯负载	100W	30W	1.5W/DC 24V

续表

项 目		继电器输出	SSR 输出	晶体管输出
开路漏电流		—	1mA/AC 100V 2.4mA/AC 240V	0.1mA/30V DC
最小负载		(注 1)	0.4VA/AC 100V 2.3VA/AC 240V	—
响应时间	OFF→ON	约 10ms	1ms 以下	0.2ms 以下
	ON→OFF	约 10ms	最大 10ms	0.2ms 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 24V 时，尽量保持 5mA 以上的电流。

2. 响应时间 0.2ms 是在条件为 24V200mA 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。

(二) FX₂ 系列 PLC 型号

常用 FX₂ 系列 PLC 基本单元、扩展单元、特殊功能模块的型号及功能如表 1-2 所示。

表 1-2 常用 FX₂ 系列 PLC 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(BU)	FX ₂ -16M	8	8	后缀:R 继电器输出型 T 晶体管输出型 S 可控硅输出型 有电源、CPU、I/O,能单独使用
	FX ₂ -24M	12	12	
	FX ₂ -32M	16	16	
	FX ₂ -48M	24	24	
	FX ₂ -64M	32	32	
	FX ₂ -80M	40	40	
扩展单元(EU)	FX-32E	16	16	有电源、I/O,无 CPU,不能单独使用,只能与 BU 合并使用
	FX-48E	24	24	
扩展模块(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 (SEB)	FX ₂ -24EI			FX ₂ 与 F ₂ 系列 SEB 连接的接口单元
	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
	FX ₂ -40AP			FX ₂ PLC 并联适配器(光纤)
	FX ₂ -40AW			FX ₂ PLC 并联适配器(双交线)
	FX-232AW			通讯适配器

(三) 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个部分组成，如图 1-6 所示。硬件部分：将输入元件通过输入点与 PLC 连接，将输出元件通过输出点与 PLC 连接，构成 PLC 控制系统的硬件系统。

软件部分即控制思想，用 PLC 指令将控制思想转变为 PLC 可接受的程序。

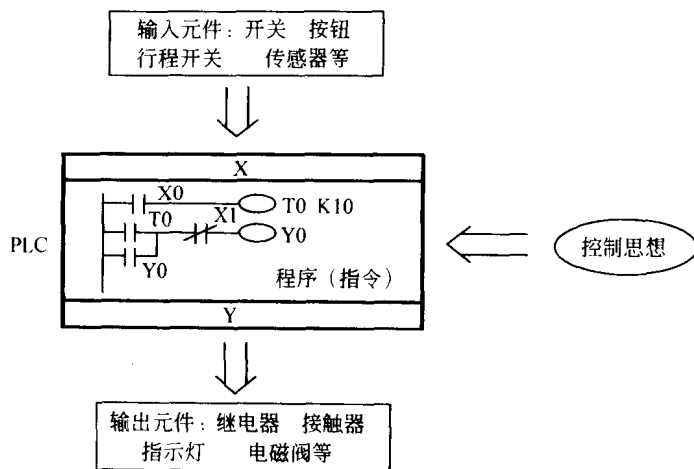


图 1-6 PLC 控制系统的组成

2. 实训训练题

一小车自动往返控制系统如图 1-7 所示，其控制要求如下。

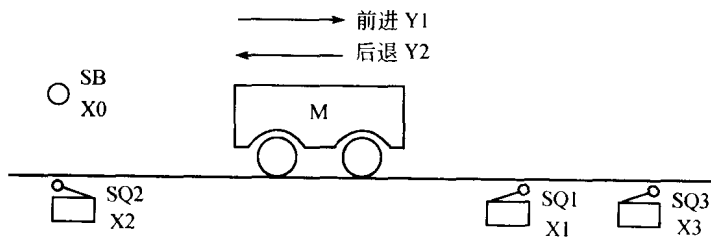


图 1-7 小车自动往返控制系统

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

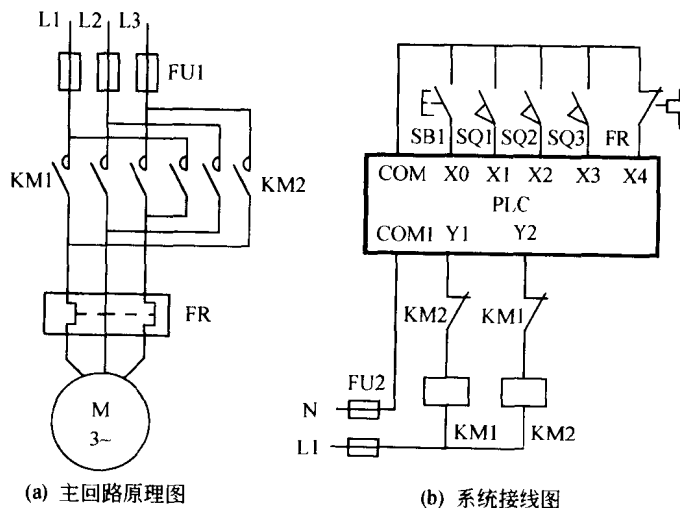


图 1-8 系统组成

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

(3) 台车后退，当再次碰到限位开关 SQ2 时，台车停止。延时 5s 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、图 1-9 所示。

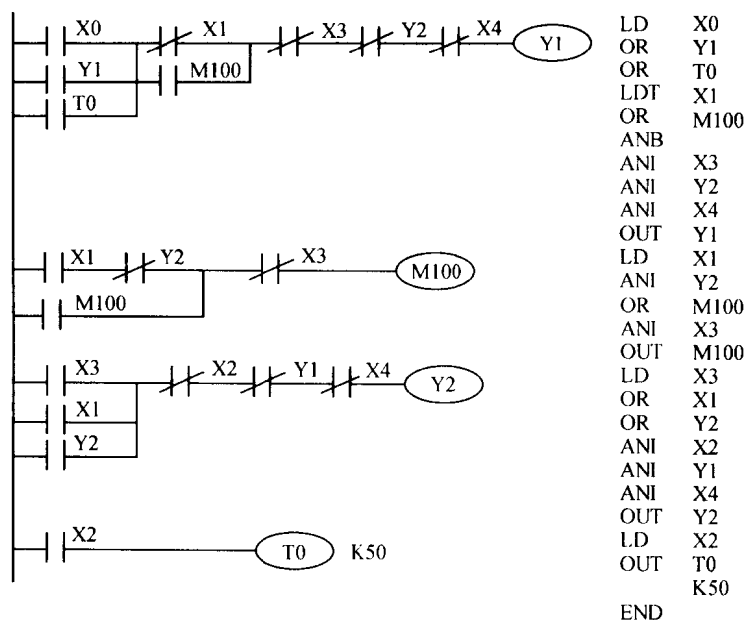


图 1-9 控制的梯形图及指令表

3. 实训要求

(1) 指导教师事先将指令程序写入 PLC。

(2) 按要求由学生独立将系统连接起来。

系统连接图：

(3) 让学生亲自操作，观察系统的运行，体会系统组成和控制要求。

4. PLC 技术应用的一般步骤

在教师的指导和帮助下，将图 1-7 所示实例改造为一台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。)

通过以上训练，使学生认识 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输入/输出的点数, 选择适当类型的 PLC。
- (3) 分配输入/输出点, 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控制线路, 可将其改造为梯形图。
- (5) 根据梯形图, 用选用机型的指令编制程序。
- (6) 用编程器将指令程序写入 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。

实训课题二 FX₂ 系列 PLC 软元件及研究

一、实训目的

- (1) 了解 FX₂ 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

(一) FX₂ 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

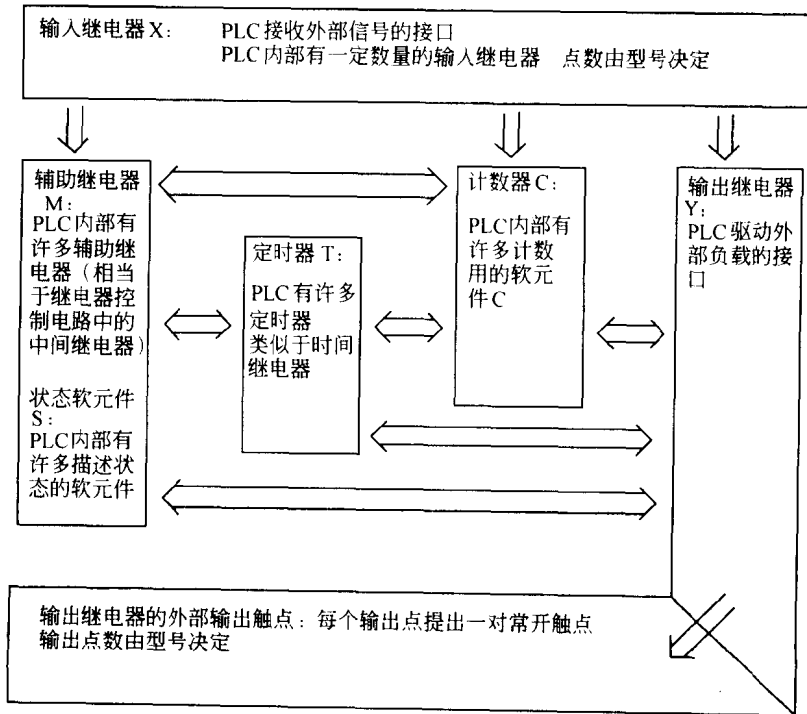


图 2-1 软元件及其关系图