

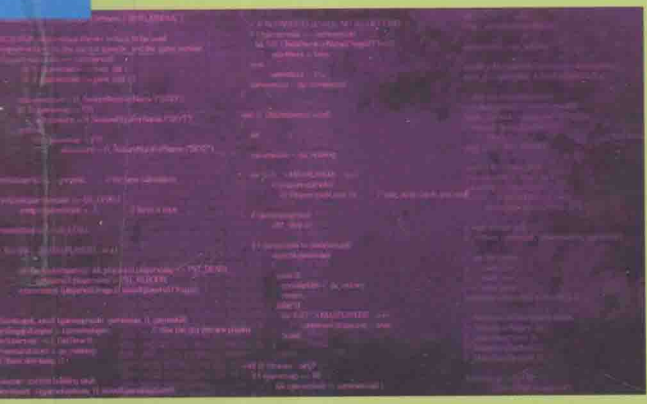
国家中等职业教育改革发展示范学校建设项目成果
国家中等职业教育改革发展示范学校建设系列教材

PLC 编程与应用技术

PLC BIANCHENG
YU YINGYONG JISHU
SHIXUN ZHIDAOSHU

实训指导书

主编 © 苏 超



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

国家中等职业教育改革发展示范学校建设项目成果
国家中等职业教育改革发展示范学校建设系列教材

PLC 编程与应用技术 实训指导书

苏 超 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

PLC 编程与应用技术实训指导书 / 苏超主编. 一成都: 西南交通大学出版社, 2014.6
国家中等职业教育改革发展示范学校建设系列教材
ISBN 978-7-5643-3112-2

I. ①P… II. ①苏… III. ①plc 技术 - 程序设计 - 中等专业学校 - 教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 123323 号

国家中等职业教育改革发展示范学校建设系列教材
PLC 编程与应用技术实训指导书

苏 超 主 编

责任编辑	李芳芳
助理编辑	宋彦博
特邀编辑	何 桥
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都勤德印务有限公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	11.75
字 数	292 千字
版 次	2014 年 6 月第 1 版
印 次	2014 年 6 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3112-2
定 价	26.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

“PLC 应用技术”是一门实践性很强的课程，它要求学生有较强的编程及操作能力。根据“理实一体化”教学要求和学生们的需求，本人总结长期以来的教学经验，编写了这本(三菱)PLC 编程与应用技术实训指导书，与该课程的理论教材配套使用。

学生经过实验训练，应能熟练使用所选 PLC 机型相关的编程软件；应掌握 PLC 输入/输出端子与控制对象的连接方式，以及 PLC 与外接电源的连接方式；应学会 PLC 控制程序的调试、监控方法，掌握 PLC 的基本编程技能和操作方法，为今后从事自动控制领域的相关工作打下扎实的基础。

本实训指导书共分为五个项目，分别为：一、PLC 基础知识；二、PLC 对电动机的控制；三、PLC 的综合应用；四、光机电一体化控制程序设计与调试；五、变频器的操作与应用。

在本书编写过程中，得到了庆阳理工中等专业学校领导及各有关方面的关心与帮助，在此谨致衷心的感谢。

由于时间仓促，加之水平有限，书中不足与失误之处在所难免，我将在使用过程中不断进行补充与修改，更渴望得到广大读者宝贵的意见和建议。

编 者

2014 年 4 月

目 录

项目一 PLC 基础知识	1
任务一 PLC 的基本认识	1
任务二 PLC 的构成、原理及应用	3
任务三 PLC 软件的使用及程序的设计过程	5
任务四 实验设备简介	8
项目二 PLC 对电动机的控制	10
任务一 单向运转电气控制图分析与改造	10
任务二 正反转电气控制图分析与改造	14
任务三 降压启动电气控制图分析与改造	17
项目三 PLC 的综合应用	21
任务一 数码显示控制	21
任务二 抢答器控制	23
任务三 音乐喷泉控制	26
任务四 装配流水线控制	30
任务五 十字路口交通信号灯控制	34
任务六 水塔水位控制	37
任务七 天塔之光控制	40
任务八 自动配料装车系统控制	47
任务九 四节传送带控制	51
任务十 多种液体混合装置控制	55
任务十一 自动售货机控制	59
任务十二 自控轧钢机控制	65
任务十三 邮件分拣机控制	70
任务十四 自控成型机控制	74
任务十五 机械手控制	78
任务十六 加工中心控制	81
任务十七 三层电梯控制	87
任务十八 四层电梯控制	97
任务十九 自动洗衣机控制	114
任务二十 电镀生产线控制	120

项目四 光机电一体化控制程序设计与调试	129
任务一 实训装置认知	129
任务二 机械装置认知	131
任务三 模块装置认知	134
任务四 控制系统调试	137
项目五 变频器的操作与应用	144
任务一 变频器功能参数设置与操作	144
任务二 外部端子点动控制	147
任务三 变频器控制电机正反转	149
任务四 多段速度选择变频器调速	150
任务五 变频器无级调速	153
任务六 外部模拟量（电压/电流）方式的变频调速控制	154
任务七 瞬时停电启动控制	156
任务八 PID 变频调速控制	157
任务九 基于 PLC 的变频器外部端子的电机正反转控制	159
任务十 基于 PLC 数字量方式多段速控制	161
任务十一 基于 PLC 模拟量方式 变频开环调速控制	165
任务十二 基于 PLC 模拟量方式变频恒压供水模拟控制	167
任务十三 基于 PLC 通信方式的变频开环调速	171
任务十四 基于 PLC 通信方式的速度闭环定位控制	176
任务十五 基于 PLC 模拟量方式的变频闭环调速	178
参考资料	181

项目一 PLC 基础知识

任务一 PLC 的基本认识

一、PLC 的由来

(1) 替代继电-接触器控制系统。

复习继电-接触器控制系统知识：组成、缺点。

(2) 研发标准：美国通用汽车公司（GM 公司）于 1968 年提出了研制新型控制装置的十项指标，其主要内容如下：

- ① 编程简单，可在现场修改和调试程序；
- ② 价格便宜，性价比高于继电器控制系统；
- ③ 可靠性高于继电器控制系统；
- ④ 体积小于继电器控制柜的体积，能耗少；
- ⑤ 能与计算机系统数据通信；
- ⑥ 输入量是交流 115 V 电压信号（美国电网电压是 110 V）；
- ⑦ 输出量是交流 115 V 电压信号，输出电流在 2 A 以上，能直接驱动电磁阀等；
- ⑧ 具有灵活的扩展能力；
- ⑨ 硬件维护方便，采用插入式模块结构；
- ⑩ 用户存储器容量至少在 4 KB 以上。

(3) 研发时间：1969 年，美国数字设备公司（DEC）根据上述要求研制出第一台可编程控制器，型号为 PDP-14。

二、PLC 的定义

1980 年，可编程控制器正式被命名为 PC（Programmable Controller）。通常将可编程控制器称为 PLC。

PLC 的定义：可编程控制器是一种带有指令存储器、数字的或模拟的输入/输出接口，以位运算为主，能完成逻辑、顺序、定时、计数和运算等功能，用于控制机器或生产过程的自动化控制装置。

1987 年，国际电工委员会（IEC）对 PLC 作了如下定义：PLC 是一种数字运算的电子系统，专为工业环境下的应用而设计。它采用可编制程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、定时、计数和算术运算等操作的指令，并能通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关的外围设备，都应按照易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩展其功能的原则而设计。

三、PLC 的功能

- (1) 控制功能：逻辑、定时、计数、顺序。
- (2) 数据处理。
- (3) A/D、D/A 转换功能。
- (4) 通信、联网。

四、PLC 的特点

- (1) 可靠性高，抗干扰能力强。
- (2) 编程方法简单，易于掌握。
- (3) 功能强大。
- (4) 通用性强，使用方便。
- (5) 模块化组合，灵活方便。
- (6) 体积小，能耗低。

五、PLC 的分类

1. 按点数和功能分类

- (1) 超小型机：I/O 点数为 64 点以内，内存容量为 256 ~ 1 000 Byte；
- (2) 小型机：I/O 点数为 64 ~ 256，内存容量为 1 ~ 3.6 KB；
- (3) 中型机：I/O 点数为 256 ~ 1024，内存容量为 3.6 ~ 13 KB；
- (4) 大型机：I/O 点数为 1024 以上，内存容量为 13 KB 以上；

2. 按结构形式分类

(1) 整体式结构。

一般的小型及超小型 PLC 多为整体式结构，是把 CPU、RAM、ROM、I/O 接口及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口、输入/输出端子、电源、指示灯等都装配在一起的整体装置。

(2) 模块式结构。

模块式结构又叫积木式结构。这种结构形式的特点是把 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块，如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块、通信模块等。

六、PLC 的发展及现状

1. PLC 的发展历程

- (1) 结构确定阶段：1970—1980 年。
- (2) 系列化、标准化、模块化阶段：1980—1990 年。
- (3) 高性能、小型化阶段：1990—2000 年。
- (4) 智能模块开发与网络化阶段：2000 年至今。

2. PLC 的现状

三大流派：① 日本欧姆龙 (OMRON) 公司的 C 系列可编程控制器，三菱 (MITSUBISHI) 公司的 F、F1、F2、FX2 系列可编程控制器，松下 (Panasonic) 电工公司的 FP1 系列可编程控制器；② 美国通用电气 (GE) 公司的 GE 系列可编程控制器，艾伦-布拉德利 (A-B) 公司的 PLC-5 系列可编程控制器；③ 德国西门子 (SIEMENS) 公司的 S5、S7 系列可编程控制器。

七、PLC 的发展趋势

- (1) 向小型、专业、价格低廉方向发展，应用于单机控制和小生产线的控制。
- (2) 向大型、高速、多功能和分布式全自动网络化方向发展。

八、PLC 的未来展望

21 世纪，PLC 会有更大的发展。从技术上看，计算机技术的新成果会更多地应用于可编程控制器的设计和制造上，会有运算速度更快、存储容量更大、智能化程度更高的产品出现。从产品规模上看，会进一步向超小型及超大型方向发展。从产品的配套性上看，产品的品种会更丰富、规格更齐全，完美的人机界面、完备的通信设备会更好地适应各种工业控制场合的需求。从市场上看，各国各自生产多品种产品的情况会随着国际竞争的加剧而打破，会出现少数几个品牌垄断国际市场的局面，会出现国际通用的编程语言。从网络的发展情况来看，可编程控制器和其他工业控制计算机组网构成大型的系统是可编程控制器技术的发展方向。目前的计算机集散控制系统 DCS (Distributed Control System) 中已有大量可编程控制器的应用。伴随着计算机网络的发展，可编程控制器作为自动化控制网络和国际通用网络的重要组成部分，将在工业及工业以外的众多领域发挥越来越大的作用。

任务二 PLC 的构成、原理及应用

一、PLC 的基本结构

- (1) 微处理器 (CPU): 运算器、控制器。
- (2) 存储器: 系统程序、用户程序、逻辑变量、其他信息。
- (3) 输入/输出模块 (I/O):
 - 输入: 隔离, 滤波, 电平转化;
 - 输出: 隔离。
- (4) 电源模块: 24 V 直流、220 V 交流。
- (5) 编程器: 键盘、显示器、工作方式选择开关和外存储器接口。
- (6) 其他接口和外部设备: EPROM 写入器、外存储器、人机接口装置等。

二、PLC 的软件系统

PLC 的软件系统由系统程序和用户程序组成。

1. 系统程序

系统程序为软件核心，用于控制和管理硬件系统，为用户程序执行提供支持。它包括：

- (1) 系统管理程序；
- (2) 用户程序编辑和指令解释程序；
- (3) 标准子程序与调用管理程序。

2. 用户程序

用户程序是用户利用 PLC 的一种编程语言，根据不同控制要求编制的控制程序。

3. 编程语言

- (1) 梯形图；
- (2) 指令语句；
- (3) 逻辑符号图。

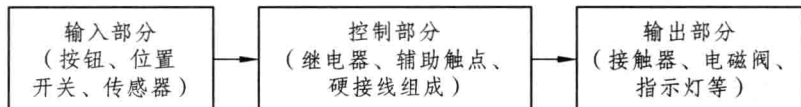
三、PLC 工作原理

PLC 采用循环扫描工作方式，包括以下三个阶段：

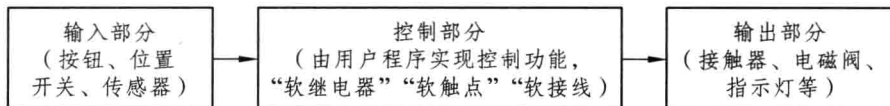
- (1) 输入采样；
- (2) 程序执行；
- (3) 输出刷新。

四、PLC 控制系统与继电-接触器控制系统的比较

1. 继电-接触器控制系统的组成



2. PLC 控制系统的组成



3. 两者的不同之处

- (1) 控制方法；
- (2) 工作方式；
- (3) 控制速度；

- (4) 定时和计算控制;
- (5) 可靠性;
- (6) 可维护性。

五、PLC 的等效电路

用 PLC 的用户程序替代继电-接触器控制电路,即将 PLC 等效成无数个“软继电器”和“软接线”,而用户程序就是用“软接线”将“软继电器”及其“触点”按一定要求连接起来的“控制电路”。

输入设备控制相应的“软继电器”状态。——输入继电器

“软继电器”的状态控制对应的输出设备的状态。——输出继电器

用户程序中,“()”表示线圈;“—||—”表示动合触点;“—|/|—”表示动断触点。

任务三 PLC 软件的使用及程序的设计过程

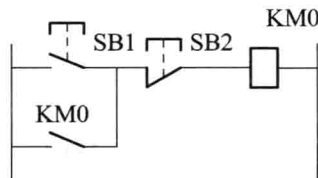
一、PLC 主要编程方式

(1) 指令表编程:“LD”、“AND”、“OUT”等顺序指令的输入方式。它是一种与汇编语言类似的助记符编程表达方式。

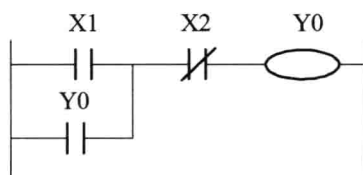
(2) 梯形图:顺控信号及软元件号,在图形画面上作出顺控电路图的方法。这种方法用触点符号与线圈符号表示顺控回路,具有形象、直观、实用的特点,因而便于理解程序的内容。还可用回路显示的状态来监控可编程控制器的动作。

二、梯形图

1. 继电器电路图与梯形图的比较



电气控制线路图



梯形图

梯形图基本符号

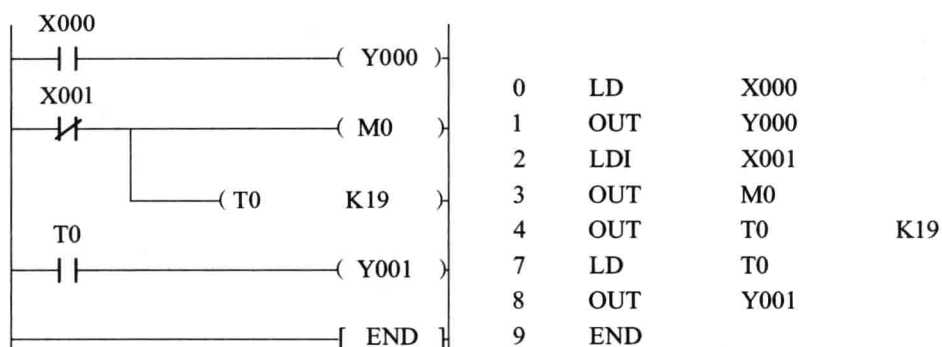
符号名称	继电器电路符号	梯形图符号
常开触点		
常闭触点		
线圈		

2. 梯形图编程基本规则

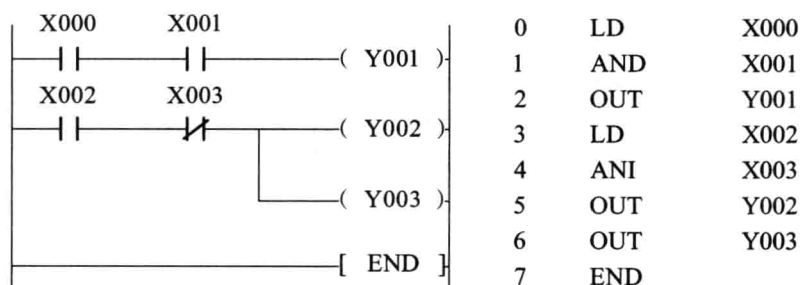
- (1) 动合触点、动断触点、输入的触点可反复使用。
- (2) 线圈用 Y000 ~ Y0064 表示 (FXIN40MER)，只能使用一次。
- (3) 由左到右，由上到下顺序画出，即“左重右轻，上重下轻”。

三、基本指令 (LD、LDI、OUT、AND、ANI、OR、ORI、ORB)

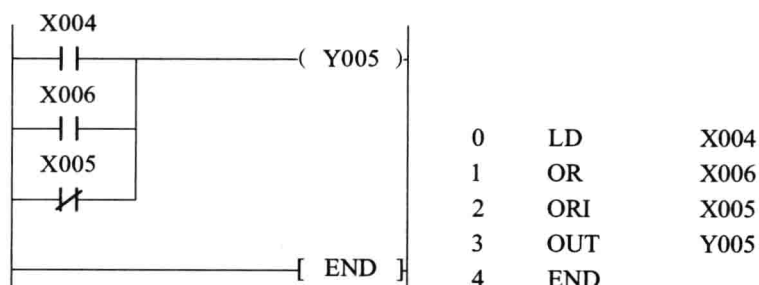
1. 运算开始



2. 触点串联连接

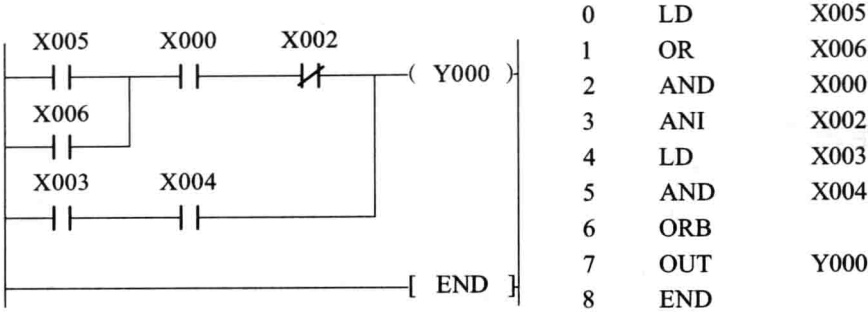


3. 触点并联连接

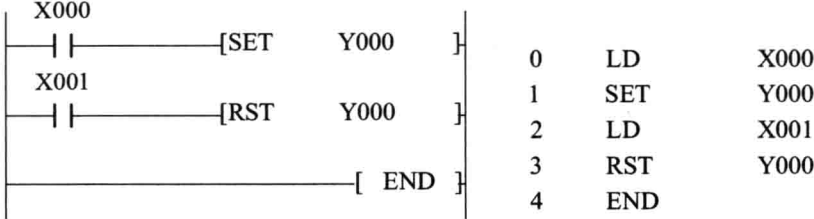


4. 组合电路的编程

$$Y0 = [X0 \cdot \bar{X}2 \cdot (X5 + X6)] + (X3 + X4)$$



5. 置位、复位指令

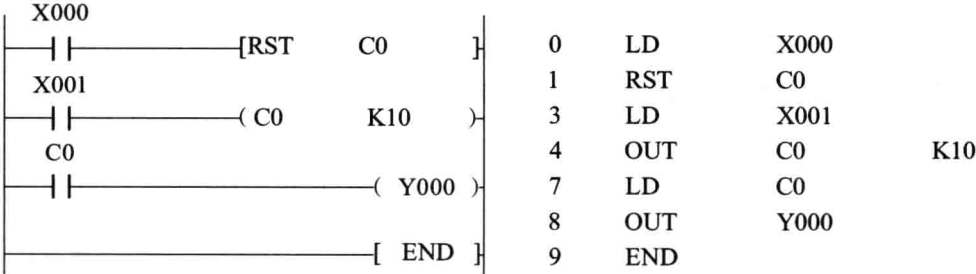


6. 计数器、定时器

(1) 计数器。

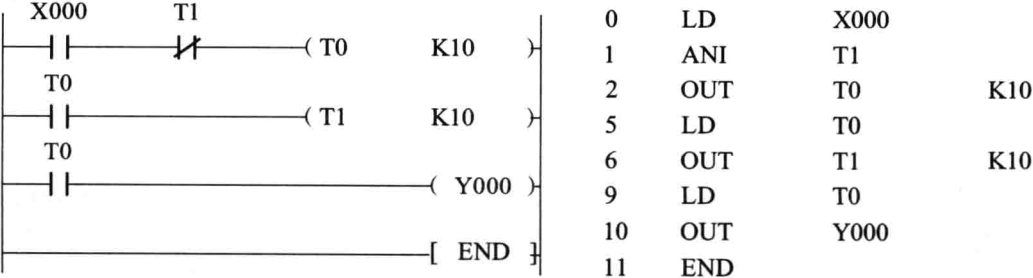
通用增加计数器共 16 个 (C0 ~ C15)，锁存用增量计数器共 16 个 (C16 ~ C31)。每个计数器为 16 位，指令步数为 3 步。

通用增减计数器共 20 个 (C200 ~ C219)，锁存用增减计数器共 15 个 (C220 ~ C234)。每个计数器为 32 位。



(2) 定时器指令。

100 ms 定时器共 200 个 (T0 ~ T199)，10 ms 定时器共 46 个 (T200 ~ T245)，1 ms 累计定时器共 4 个 (T246 ~ T249)。



任务四 实验设备简介

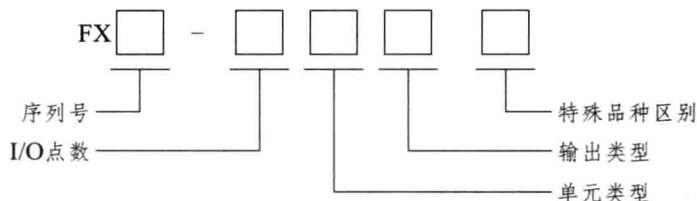
一、电源模块

(1) 交流输入插座：通过电流电缆与 220 V 单相电源连接，一方面给实验箱供电，另一方面通过实验箱内部连接向交流型 PLC 提供交流输入。

(2) 直流稳压电源：+5 V、1A 用于给执行机构的外围电路供电，+24 V、2A 用于给输出负载及演示装置供电。输出实验时，一般接于 PLC 的 CPM0 ~ COM5。

二、PLC 主机（以 FX1N40MR 为例）

FX 系列 PLC 的型号格式如下：



(1) 序列号：0、0S、0N、2、2C、1N、2N、2NC。

(2) I/O 点数：10 ~ 256。

(3) 单元类型：

M —— 基本单元；

E —— 输入、输出混合扩展单元及扩展模块；

EX —— 输入专用扩展模块；

EY —— 输出专用扩展模块。

(4) 输出形式：

R —— 继电器输出；

T —— 晶体管输出；

S —— 晶闸管输出。

(5) 特殊品种区别：若特殊品种一项无符号，通常指 AC 电源，DC 输出，横排端子排。继电器输出：2 A/点；晶体管输出：0.5 A/点；晶闸管输出：0.3 A/点。

例如，FX1N40MRD 的含义如下：FX1N 系列，输入、输出总点数为 48 点，继电器输出，DC 电源，DC 输入的基本单元。

三、开关量输出区

12 个钮子开关：K0、K1、…、K11。4 个按钮开关：P0、P1、P2、P3。开关量分别从带自锁功能的插座对应引出。其公共端 COM 已接地。当开关或按钮闭合，开关量作为 PLC 某个输入（X_n）时，用自锁线将 X_n 与 K_n 相连，闭合相应的 K_n 时，让 PLC 输入端接地，这

在 PLC 中的含义为输入继电器导通。

四、输出负载区

LED 指示灯：L1 ~ L16。

七段数码管：D1 (A1、B1、C1、D1、E1、F1、G1、DP1)，D2 (A2、B2、C2、D2、E2、F2、G2、DP2)。

继电器：T0、T1、T2、T3。

直流电机：M。

蜂鸣器：DEEP。

注意：FXIN40MR 是继电器输出型，必须由用户提供外电源继电器的线圈才能动作。

实验时，在 COM0 ~ COM5 用带锁紧插头电线接入+24 V 直流电源。

项目二 PLC 对电动机的控制

任务一 单向运转电气控制图分析与改造

子任务一：点动控制电路

【能力目标】

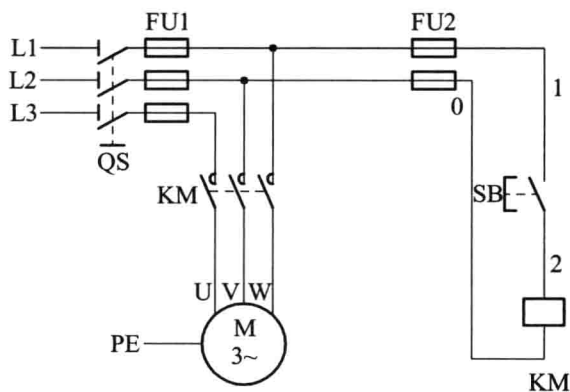
- (1) 正确进行 I/O 分配。
- (2) 正确进行硬件连接。
- (3) 运行一个简单控制电路程序。

【知识准备】

- (1) FX1N 基本指令 (LD、LDI、OUT) 的应用。
- (2) 看懂一个简单梯形图。

【任务引入】

下图为一点动控制线路，即用按钮和接触器等来控制电动机单方向运转的最简单的正转控制线路。现对该点动控制线路进行 PLC 改造。



点动控制线路

【任务分析】

所谓点动控制，是指按下按钮，电动机就得电运行；松开按钮，电动机就失电停转。这种控制方法常用于电动葫芦的起重机控制和车床拖板箱快速移动电动机控制。

在点动控制线路中，开关 QS、熔断器 FU1、接触器主触点及电动机组成主电路部分，而启动按钮 SB、接触器 KM 线圈组成控制电路部分。PLC 改造主要针对控制电路进行改造，而主电路部分保持不变。

在控制电路中，启动按钮属于控制信号，应作为 PLC 的输入量分配接线端子，而接触器线圈属于被控对象，应作为 PLC 的输出量分配接线端子。

【任务实施】

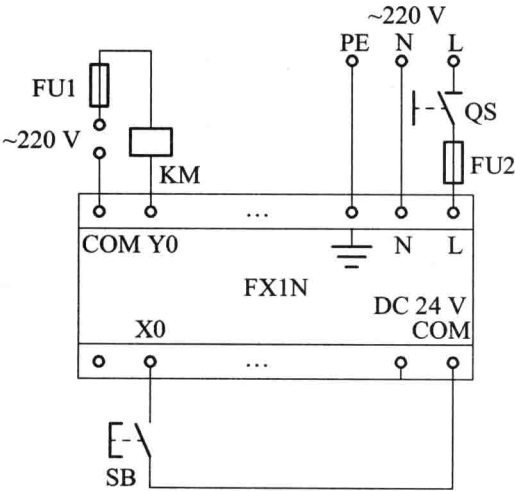
1. I/O 端口分配

根据任务分析，对输入量、输出量进行分配如下：

输入			输出		
代号	地址	功能	代号	地址	功能
SB	X0	启动/停止按钮	KM	Y0	接触器线圈

2. 绘制 PLC 硬件接线图

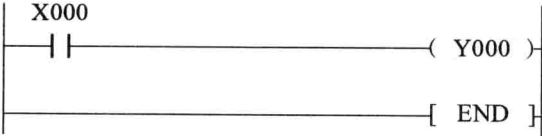
根据点动控制线路图及 I/O 分配，绘制 PLC 硬件接线图如下，以保证硬件接线操作正确。



PLC 硬件接线图

3. 设计梯形图程序

双击 FX 软件图标，启动该软件。然后创建一个工程项目，并命名为“点动控制线路”。



4. 运行并调试程序

- (1) 下载程序，在线监控程序运行。
- (2) 分析程序运行结果。

如下图所示，接通开关 QS→按下点动按钮 SB→线圈 Y0 得电→梯形图中 X0 常开触点接通→线圈 Y0 有信号流流过→其硬件常开触点接通→接触器线圈 KM 得电→接触器主触点接通→电动机启动运转。