



“十四五”职业教育国家规划教材

# PLC及其应用

第2版

PLC and Its Application

主 编 刘国云

副主编 邓浩然 任飞跃 周丽芳

主 审 谭立新

工学结合

新理念

考核评价

新模式

课程思政

新案例

技能竞赛

新指导



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

give as a present

赠送电子教案



“十四五”职业教育国家规划教材

# PLC 及其应用

## 第 2 版

主 编 刘国云

副主编 邓浩然 任飞跃 周丽芳

参 编 罗北衡 袁春艳 张玉希

主 审 谭立新

工学结合：新理念

考核评价：新模式

课程思政：新案例

技能竞赛：新指导



中南大学出版社

[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

·长沙·

图书在版编目(CIP)数据

PLC 及其应用 / 刘国云主编. —2 版. —长沙: 中南大学出版社, 2024. 5

ISBN 978-7-5487-4743-7

I. ①P… II. ①刘… III. ①PLC 技术—中等专业学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 249348 号

PLC 及其应用

PLC JIQI YINGYONG

主编 刘国云

□出版人 林绵优

□责任编辑 胡小锋

□责任印制 唐 曦

□出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731-88876770

传真: 0731-88710482

□印 装 湖南天闻新华印务有限公司

□开 本 880 mm×1230 mm 1/16 □印张 12 □字数 289 千字

□版 次 2024 年 5 月第 2 版 □印次 2024 年 5 月第 1 次印刷

□书 号 ISBN 978-7-5487-4743-7

□定 价 42.00 元

图书出现印装问题, 请与经销商调换

## 第二版前言

本教材采用继电器与 PLC 控制对比、递进式一体化编写的方式，打通了由继电器控制迁移到 PLC 控制的直通桥，遵循了“物理直观控制-编程抽象控制”教学规律，调动了学生独立思考和自主学习的积极性，提高了教学效率和培养质量。本教材发挥了大赛引领和转化作用，引入了很多各级学生技能竞赛和真实工作任务的经典案例，介绍了新技术、新工艺、新设备，紧跟产业发展需求，把培养新时代产业人才作为教材的编写目标。

自 2014 年出版以来，本教材被广泛用作就业班的专业课程教材、对口班技能实训教材和各级学生技能竞赛的培训教材，还被广大企业用作员工的培训教材，受到了广大读者的好评。

为适应新时代职业教育和产业发展需求，本次对教材做以下修订：

1. PLC 型号更新为主流的 FX3U，变频器型号更新为主流的 FX-E800，PLC 编程软件更新为 GX WORKS2。

2. 修订了教材在使用过程中发现的几个瑕疵和实物图不清楚的问题。

3. 增加了新标准、新规范的相关内容。

4. 增加了与新开发的教学资源对应的链接内容。

5. 增加了旨在弘扬劳动精神、奋斗精神、奉献精神、创新精神的课程思政元素，如大国工匠、全国劳模人物的介绍。

本书由刘国云主编，全面负责本次修订工作。刘国云、任飞跃、罗北衡负责绪论、项目 1、项目 2、项目 4 的修订；邓浩然、袁春艳负责项目 3 的修订；刘国云、任飞跃、周丽芳负

责项目 5、项目 6、项目 7 的修订。

本书在修订的过程中参考了最新出版的教材、著作及网络资源，特别是竞赛的案例，在此谨向有关专家、原作者及相关单位表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2022 年 10 月



仿真软件下载

## 第一版前言

本教材的编者均是中等职业学校的一线专业教师，有多年的教学经验，对各层面中等职业学校的教学条件、学生的知识现状、学习能力和特点、PLC 课程与相关课程知识的衔接关系，都有科学客观的认识。因此在一开始编写该教材时，就能针对 PLC 课程教学中存在的主要问题，进行有益的探索和研究。在相关高职院校和行业专家的大力支持和指导下，我们逐步确定了本教材编写的大纲，提出了教材的编写目标：“能有效地解决教学中的主要问题，科学地总结多年的教学实践经验，创新地编写融实用性、趣味性、操作性为一体的适合中职学生的独具特色的精品教材。”通过近一年的辛勤耕耘，该教材终于出版发行了，在此对所有给予支持和指导的专家、中南大学出版社各位编辑和参与编写的所有老师表示衷心的感谢！

为帮助使用该教材的老师和学生快速熟悉本教材，笔者在此简单地介绍下本教材的编写特点：

### 1. 采用以任务为驱动的项目构建教材

项目教学具有对接真实工作场景性强、教学目的性强、实用性强、“教学做合一”一体性强、学生主体性强等诸多优势，是技能性职业教学的科学手段和新方法。

本教材采用以工作任务为驱动的项目来组织编写，打破了以传统的知识课程体系的编写模式。本教材除了绪论部分，共安排了 7 个项目，科学系统地构建了继电器电气控制技术与 PLC 电气控制技术知识和技能体系，构建了一种“以行动为导向、做中学、学中做”的全新教学模式，弱化了对大量理论知识的抽象讲解，强化了理论知识与真实工作情境的融合对接，突出了理论知识在工作任务中的针对性、适应性、实用性和应用性。每个项目都安排了操作性强的工作任务，让学生在“教学做合一”的体验中，轻松地学习相关知识和技能，调动了学生自主学习的积极性，提高了教学效果。

### 2. 突破了传统 PLC 教材编写方法

传统 PLC 教材先讲继电器控制技术，再讲 PLC 控制技术，没有在《继电器控制技术》与《PLC 控制技术》两门课程之间架设很明显的连接通道。本教材采用继电器控制技术与 PLC 控制技术并行讲解的编写方法，在继电器控制技术与 PLC 控制技术的知识技能点之间架设了多座直通便桥，让《继电器电气控制技术》与《PLC 电气控制技术》真正融为一体。

### 3. 遵循现代中职学生的认知规律组织编写该教材

在确定本教材的编写大纲时,充分征求各学校专业教学老师、职业院校和行业专家的意见,按照循序渐进、由易到难、先感性再抽象的递进关系安排各章节,所选案例、任务、项目既贴近学生学情,又注重了知识的趣味性、实用性和可操作性,遵循了中职学生的认知规律。

### 4. 科学总结教学经验,创新地编写新颖教材

本教材融入了编者多年的教学案例,能有效突破重点、难点问题,并具有较强的创造性和新颖性。

### 5. 兼顾各层面职业学校的办学条件

考虑到有些中职学校实训条件不一定具备,采用了继电器控制实训教学与继电器控制仿真教学、PLC 实训教学与 PLC 仿真教学同时兼顾的教材编写方法,让具备实训条件的学校能够开展理实一体化教学,不具备实训条件的学校可以直接在仿真平台上进行继电器控制电路和 PLC 程序设计和运行仿真,验证电路和程序,并根据仿真结果修改电路或程序。

### 6. 本教材的适应面广

本书可用作电子技术应用、电气控制、机电一体化等中职专业的教材或主要参考书籍,也可用作企业相关人员的培训教材,还可用作对电气控制感兴趣的读者自学。

本教材精选了 7 个项目,建议总课时为 100 课时,各教学内容建议课时如下表所示。

教学内容和建议课时

内容	建议课时
绪论	2 课时
项目 1 常用照明电路的装配与检修	12 课时
项目 2 顺序启动照明电路的装配与检修	10 课时
项目 3 流水灯控制电路的装配与检修	12 课时
项目 4 三相异步电动机控制电路的装配与检修	36 课时
项目 5 仿真平台 F-7 分拣和分配线的编程与仿真	10 课时
项目 6 十字路口交通信号灯程序设计与调试	8 课时
项目 7 大小球分拣系统的设计与调试	10 课时
总课时	100 课时

本教材参考了很多相关教材,借鉴了它们的一些先进的教学思想和理念,在此对这些教材的作者一并致以感谢。

由于时间仓促和编者的知识技能水平有限,教材中肯定会存在各种不足,甚至错误,请不吝指正,以便我们将在后续的工作中做得更好,在此提前致以诚挚的谢意。

编者

2014 年 5 月 1 日

# 目 录

*Contents*

绪 论	1
项目 1 常用照明电路的装配与检修	9
任务 1 开关直接控制照明电路的装配与检修	9
1.1.1 知识准备	9
1.1.2 任务实现	14
1.1.3 考核评价	15
1.1.4 基础练习与拓展提高	16
任务 2 PLC 控制照明电路的装配与调试	16
1.2.1 知识准备	16
1.2.2 任务实现	23
1.2.3 考核评价	26
1.2.4 基础练习与拓展提高	27
项目 2 顺序启动照明电路的装配与检修	28
任务 1 交流接触器顺序启动照明电路的装配与检修	28
2.1.1 知识准备	28
2.1.2 任务实现	33
2.1.3 考核评价	36
2.1.4 基础练习与拓展提高	37
任务 2 PLC 控制顺序启动照明电路的装配与调试	37
2.2.1 知识准备	37
2.2.2 任务实现	40

2.2.3	考核评价	45
2.2.4	基础练习与拓展提高	46
<b>项目 3 流水灯控制电路的装配与检修</b>		<b>47</b>
任务 1	时间继电器控制流水灯电路的装配与检修	47
3.1.1	知识准备	47
3.1.2	任务实现	54
3.1.3	考核评价	56
3.1.4	基础练习与拓展提高	57
任务 2	PLC 控制照明电路的装配与调试	57
3.2.1	知识准备	57
3.2.2	任务实现	65
3.2.3	考核评价	68
3.2.4	基础练习与拓展提高	69
<b>项目 4 三相异步电动机控制电路的装配与检修</b>		<b>70</b>
任务 1	带点动的长动继电器控制电路的装配与检修	70
4.1.1	知识准备	70
4.1.2	任务实现	76
4.1.3	考核评价	77
4.1.4	基础练习与拓展提高	78
任务 2	带点动的长动 PLC 控制电路的装配与调试	79
4.2.1	知识准备	79
4.2.2	任务实现	84
4.2.3	考核评价	90
4.2.4	基础练习与拓展提高	90
任务 3	接触器按钮双重互锁双向运转控制电路的装配与检修	91
4.3.1	知识准备	91
4.3.2	任务实现	94
4.3.3	考核评价	97
4.3.4	基础练习与拓展提高	97
任务 4	小车双向运行 PLC 控制电路的装配与调试	98
4.4.1	知识准备	98
4.4.2	任务实现	112

4.4.3	考核评价	117
4.4.4	基础练习与拓展提高	117
*任务5	时间继电器控制的 Y- $\Delta$ 启动电路的装配与检修	118
4.5.1	知识准备	118
4.5.2	任务实现	121
4.5.3	考核评价	123
4.5.4	基础练习与拓展提高	123
<b>项目5 仿真平台 F-7 分拣和分配线的编程与仿真</b>		<b>125</b>
5.1.1	知识准备	125
5.1.2	任务实现	134
5.1.3	考核评价	137
5.1.4	基础练习与拓展提高	138
<b>项目6 十字路口交通信号灯程序设计与调试</b>		<b>141</b>
6.1.1	知识准备	141
6.1.2	任务实现	148
6.1.3	考核评价	154
6.1.4	基础练习与拓展提高	154
<b>项目7 大小球分拣系统的设计与调试</b>		<b>155</b>
7.1.1	GX WORKS2 的编程界面	155
7.1.2	使用 GX WORKS2 编写 LAD 和 SFC 程序的操作方法	156
7.1.2	任务实现	166
7.1.3	考核评价	172
7.1.4	基础练习与拓展提高	172
<b>附录</b>		<b>174</b>
附录A	FX3U 软元件介绍	174
附录B	FR-E800 部分参数设定表	176
<b>参考文献</b>		<b>181</b>



# 绪论

20 世纪 60 年代以前,人们主要利用继电器接触式控制系统控制工业生产过程。随着工业自动化程度的提高和计算机科学技术的飞速发展,对工业控制器的要求也越来越高。1968 年,美国通用汽车公司(GM)为了适应生产工艺不断更新的需要,提出了把计算机的完备功能以及灵活性好、通用性强等优点与继电器接触式控制系统的简单易懂、操作便捷及价格低廉等特性结合起来,做成一种能适应工业环境的通用控制装置,并简化编程方法及程序输入方法,使不熟悉计算机的人员也能很快掌握。

1969 年,美国数字设备公司(DEC 公司)根据 GM 要求研制出了第一台 PLC(PDP-14),在美国通用汽车公司的生产线上试用成功,并取得了令人满意的效果,PLC 自此诞生。

早期的可编程序控制器是为取代继电器控制电路、存储程序指令并完成顺序控制而设计的,主要用于逻辑运算、定时、计数和顺序控制,这些都属于开关量逻辑控制,所以通常称其为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)。

20 世纪 70 年代,随着微电子技术的发展,出现了微处理器和微型计算机。微型技术被应用到 PLC 中,计算机的功能得到了充分发挥,不仅用逻辑编程取代继电器和数字电路逻辑功能,还增加了运算、数据传送和处理等功能,使其真正成为一种工业控制计算机设备。1980 年,美国电器制造协会正式将其命名为可编程序控制器(Programmable Controller, PC),但由于容易与个人计算机 PC(Personal Computer)相混淆,人们还是习惯地用 PLC 作为可编程序控制器的缩写,以示区别。

进入 20 世纪 80 年代,随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的快速发展,以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PLC 得到了迅猛发展,使 PLC 在各个方面都有了新的突破,不仅功能增强,体积、功耗减小,成本下降,可靠性提高,而且在远程控制、网络通信以及数据图像处理等方面也得到了长足的发展。目前,世界各国的一些著名的电气工厂几乎都在生产 PLC 装置。PLC 已作为一个独立的工业设备被列入生产中,成为当代电气控制及自动化装置的主导。

PLC 在我国的研制、生产和应用也获得了迅猛发展。进入 20 世纪 80 年代以来,随着 PLC 装置的引进,PLC 的应用在我国得到长足的发展。在改造传统设备、设计新的控制设备产品及生产过程工控系统中,PLC 的应用逐年增多,并取得了显著的经济效益。

PLC 具有以下特点：可靠性高、抗干扰性强；体积小、重量轻；能耗低；使用和维护方便。PLC 品牌很多，常用的品牌有西门子、三菱、欧姆龙、松下等，本教材主要介绍应用广泛的三菱 FX 系列 PLC。图 1 为主要品牌 PLC 的面板。



西门子 (SIEMENS)



欧姆龙 (OMRON)



松下 (PANASONIC)



三菱 (MITSUBISHI)

图 1 主要品牌 PLC 的面板

为帮助读者适应本课程 PLC 控制任务的项目教学，先给读者简单介绍一些关于 PLC 结构、工作原理和 PLC 控制系统开发步骤的基本知识，让读者对 PLC 及其使用方法有一个初步的认识。

## 一、PLC 控制系统的组成

PLC 控制系统就是一个计算机控制系统，跟计算机一样，也是由硬件和软件两部分组成的。

### 1. PLC 的硬件系统

PLC 的硬件部分包括 CPU、存储器、I/O 接口、通信接口和电源。图 2 为 PLC 的硬件结构示意图，通过该图，可以直观地了解 PLC 硬件系统各部分的作用和各部分间的关系。

图 3 是三菱 FX3U 系列 PLC 的面板结构示意图，通过该图可以感性认识三菱 FX3U 系列 PLC 的面板结构。在电脑上编写好的 PLC 控制程序，就是通过图中的 RS232 下载口和下载线下载到 PLC 中的。面板上有多种 LED 指示灯：当输入开关闭合时，相应输入接口的 LED 会点亮；当输出继电器线圈得电时，相应输出接口的 LED 也会点亮；状态指示灯指示电源 ON、PLC 运行、程序错误的状态。

图 4 是一个使用三菱 FX3U 系列 PLC 控制的电动机长动控制电路的原理图，通过该图可以初步认识 PLC 控制系统是由输入回路和输出回路两大部分组成的。

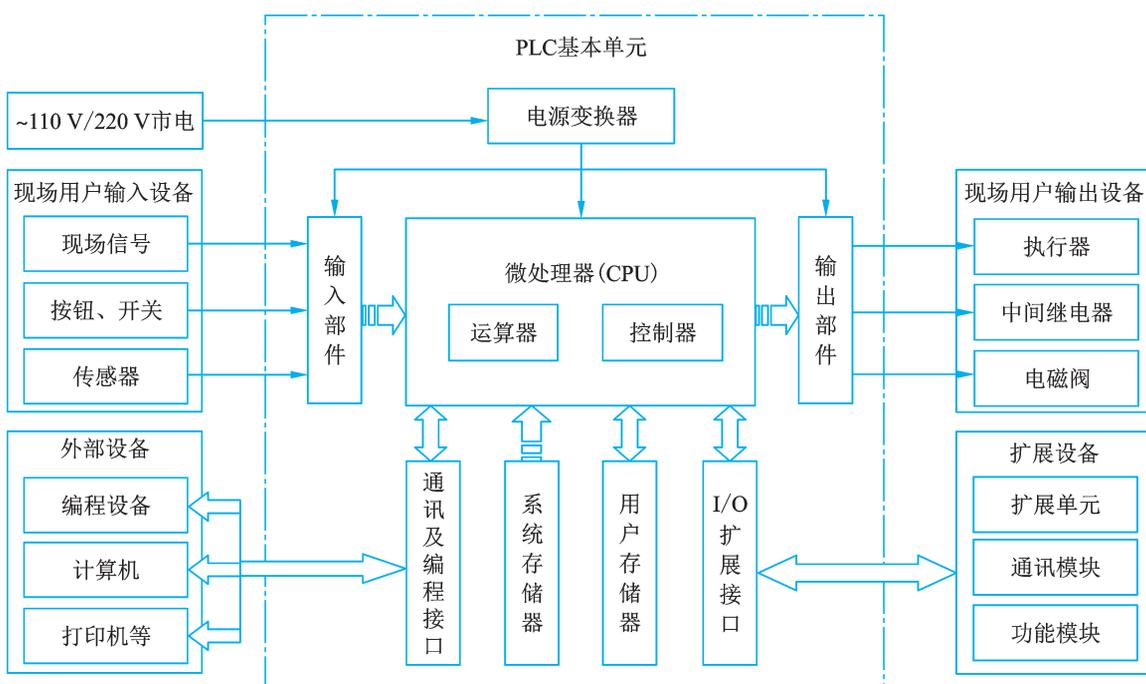


图2 PLC的硬件结构示意图

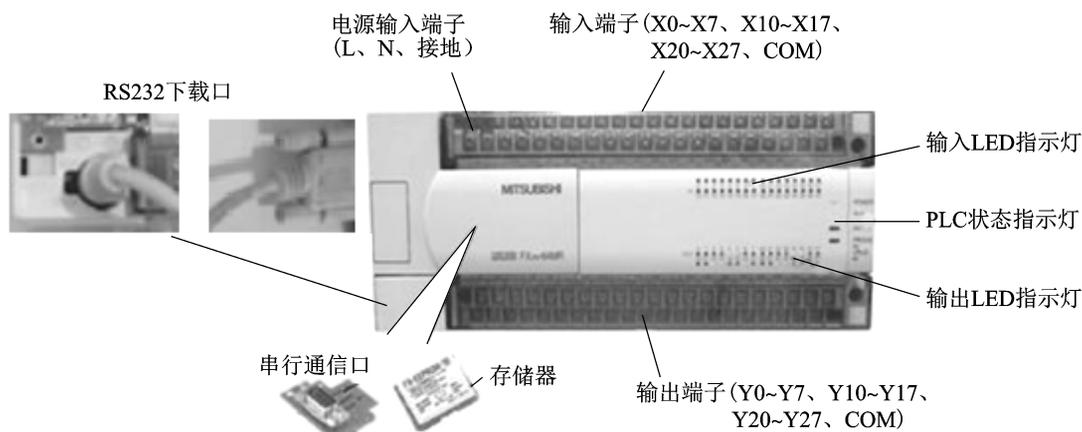


图3 三菱FX3U系列PLC的面板结构示意图

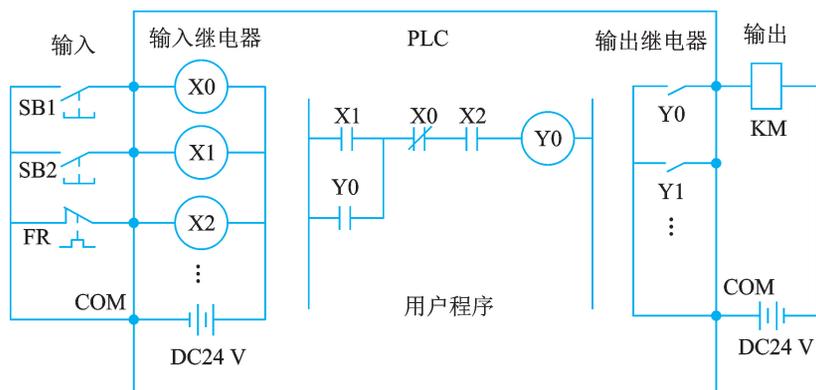


图4 三菱FX3U系列PLC接线图设计实例

PLC 各组成部分介绍如下：

### (1) 中央处理器(CPU)

中央处理器的作用如下：

- ① 诊断电源、PLC 工作状态及编程的语法错误；
- ② 接收输入信号，送入数据寄存器并保存；
- ③ 执行用户程序，完成各种运算和操作，并将执行结果送至输出端；
- ④ 响应外部设备的工作请求。

### (2) 存储器(ROM/RAM)

存储器包括系统存储器和用户存储器。

- ① 系统存储器(ROM)：存放系统管理程序、监控程序及系统内部数据。
- ② 用户存储器(RAM)：存放用户程序和工作数据。

### (3) 输入/输出端口(I/O)

I/O 端口是 PLC 连接外部控制开关和负载的接口，是衡量 PLC 性能的一项重要指标，在型号中都会标注出来，FX 系列 PLC 型号命名规则如图 5 所示。

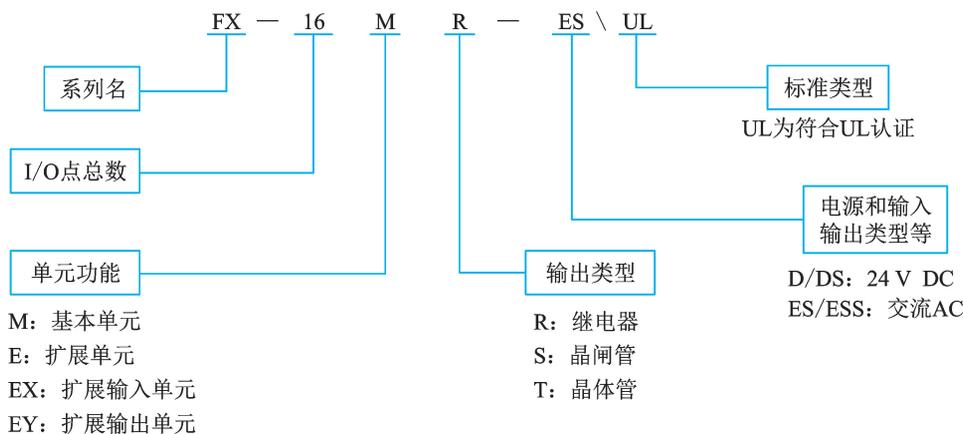


图 5 三菱 FX 系列 PLC 的型号命名规则

通过图 4，可以看出 PLC 控制相对于继电器控制的优点：原长动控制电路的继电器自锁等接线部分，都已经被 PLC 中软元件和编程替代，使 PLC 控制系统的电路大大简化。PLC 主要通过 I/O 端口与控制元件和被控制元件连接，因此，了解 PLC 的 I/O 端口，成为 PLC 开发应用的重要基础。

① 输入端口：外接各种控制开关，接收控制指令，并将所接收的控制信号转换成 PLC 能识别的开关信号。PLC 的输入端口没有线圈，有一对常闭常开触头，其状态直接受外接开关控制。当外接开关闭合通电时，所接端口的常开触头  $\text{---|/|}$  闭合、常闭触头  $\text{---|}$  断开，从而将控制开关的动作指令读入 PLC，触发 PLC 用户程序。

② 输出端口：外接负载设备，将程序执行结果输出给被控制设备，完成控制任务。输出端口由一个输出线圈  $\text{---( )}$  和一对常闭常开触头  $\text{---|/|}$  构成。输出端口的功能类似于继电器，PLC 执行程序后，如输出端口的线圈得电，其常开触头  $\text{---|/|}$  闭合、常闭触头  $\text{---|}$  断开，外接负载得电动

作,实现程序控制功能。

PLC 内部的各种寄存器(俗称软元件)都不能直接与外接负载连接,内部元件所储存的参数和控制信号不能直接传送给外部设备,只能通过输出端口间接转送,完成程序对外接设备的控制功能。

三菱 FX 系列 PLC 的输入端口用字母 X 表示,输出端口用字母 Y 表示,端口编号采用八进制,如: X0~X7、X10~X17; Y0~Y7、Y10~Y17。

#### (4)通信接口

通信接口用于连接编程器、计算机等设备,写入、读出用户程序,监控 PLC 运行状态,实现联网等功能。

#### (5)电源

PLC 有两种电源:一种是将市电转换为 PLC 和输入设备(如传感器)正常工作所需要的直流电源电路或电源模块,另一种是作为断电保持用的锂电池。

## 2. PLC 的软件系统

软件部分包括系统程序和用户编写的用户程序。

### (1)系统程序

系统程序是厂家固化的程序,是用来管理、监控、运行、保护 PLC 的程序以及用来编写用户程序的编程软件。系统程序的任务:一是更好地发挥 PLC 的效率;二是方便用户使用 PLC。通常包括以下几种程序。

①初始化程序:PLC 一般都要做一些初始化的操作,为启动作必要的准备,避免系统发生误动作。初始化程序的主要内容有:对某些数据区、计数器等进行清零,对某些数据区所需数据进行恢复,对某些继电器进行置位或复位,对某些初始状态进行显示等等。

②检测、故障诊断和显示等程序:这些程序相对独立,一般在程序设计基本完成时再添加。

③保护和连锁程序:保护和连锁程序是程序中不可缺少的部分,它可以避免由于非法操作而引起的控制逻辑混乱的情况。

④编程软件:用户应用编程软件编写用户程序,不同厂家、不同型号 PLC 采用不同的编程软件。

“GX DEVELOPER”是三菱 FX 系列 PLC 老版本编程软件,新开发了兼容“GX DEVELOPER”的“GX WORKS2”新编程软件,这两种编程软件都可以到网上免费下载,图 6 和图 7 是这两种编程软件的图标和编程界面。但请注意:本教材不直接介绍如何使用这两种编程软件编写 PLC 程序的操作方法,而是先介绍使用仿真软件 FX-TRN-BEG-C 编写程序。

GX DEVELOPER 和 GX WORKS2 在编写三菱 FX 系列 PLC 控制程序时,这两种编程软件都可以使用,它们的操作界面和使用方法也基本相似,但后者版本更高些,所以建议使用后一种编程软件。我们将在熟练使用仿真软件 FX-TRN-BEG-C 的基础上,通过项目 7 重点介绍如何使用 GX WORKS2 编程、下载、调试程序的操作方法。

PLC 有 5 种编程语言:顺序功能图编程语言(SFC)、梯形图编程语言(LAD)、功能块图编程语言(FBD)、指令语句表编程语言(STL)、结构文本编程语言。我们一般选择梯形图编程语言或顺序功能图编程语言。

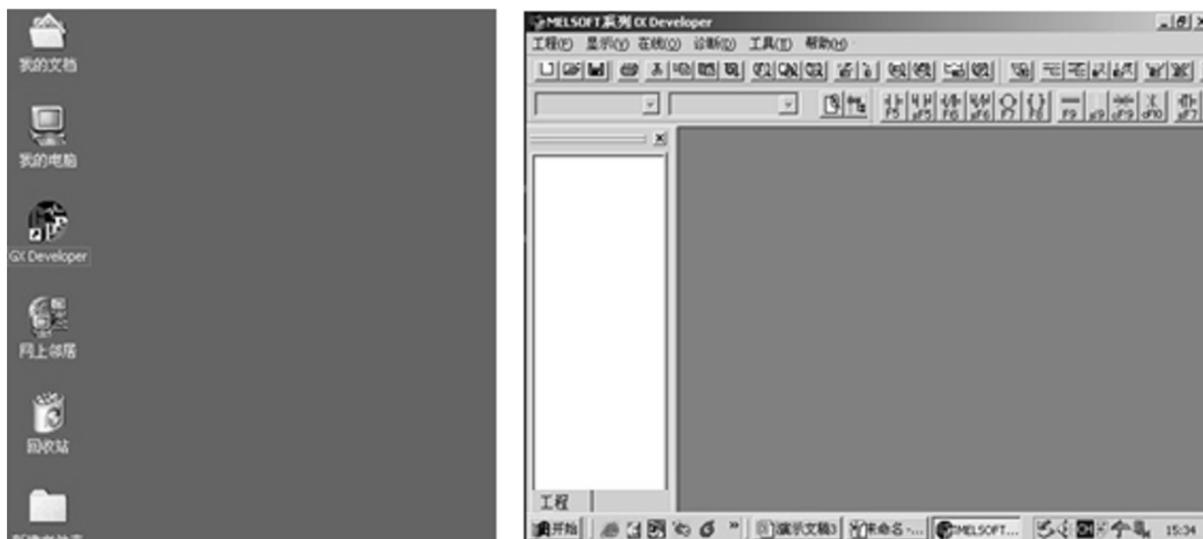


图 6 GX DEVELOPER 编程软件的图标和编程界面

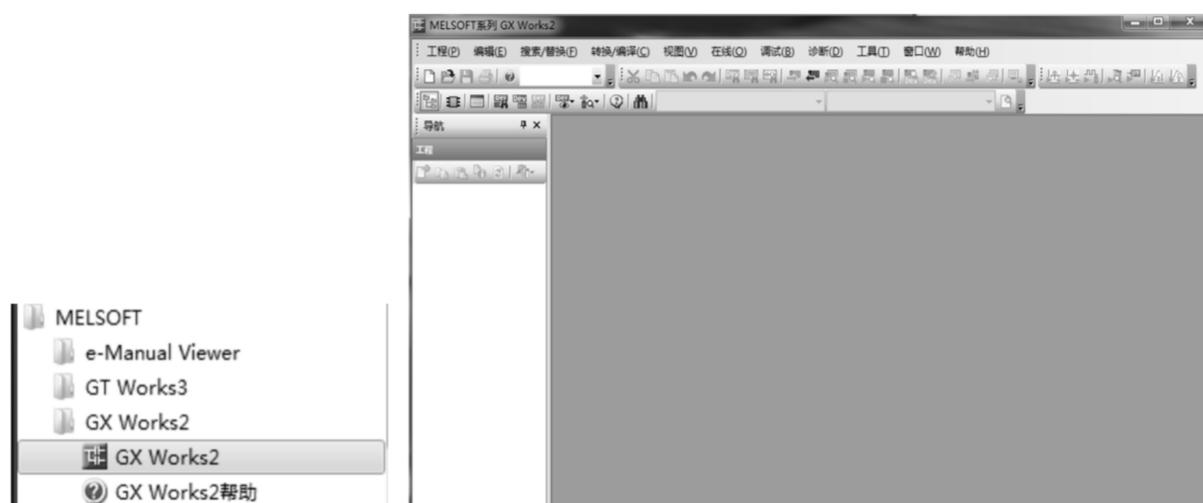


图 7 GX WORKS2 编程软件的图标和编程界面

## (2) 用户程序

用户根据被控制对象的工艺条件和控制要求，使用上述编程软件而编写的应用程序，以后在进行项目学习时，所编写的 PLC 程序都是用户程序。

## 二、PLC 控制的工作原理

了解 PLC 控制的工作原理，对正确理解、分析、编写 PLC 控制程序非常有帮助。PLC 采取周期循环扫描方式进行工作，一个工作周期主要包括如图 8 所示的三个工作过程。

现在以图 4 电动机长动 PLC 控制电路为例，说明 PLC 执行程序的循环扫描工作过程。

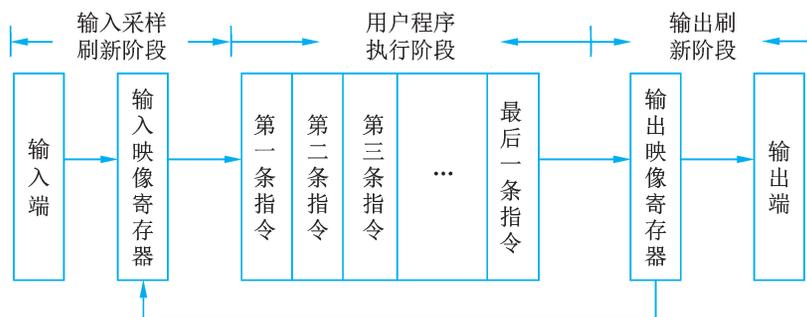


图8 PLC循环扫描工作过程

### 1. 输入采样阶段

在此阶段 PLC 扫描所有输入端口 X0、X1、X2 等，读入输入设备：停止按钮 SB1、启动按钮 SB2 和热继电器 FR 常闭触头的控制状态，并存放在输入映像寄存器中。完成输入端口的扫描后，关闭输入口，进入程序执行阶段。

### 2. 程序执行阶段

在程序执行阶段，PLC 将根据所读入的输入设备状态的变化、用户所编写的长动控制程序，按从上到下、从左到右的步序，逐条执行，并将运算结果存入内部辅助继电器或相应的输出状态寄存器中。图 9 就是电动机长动控制的 PLC 程序。

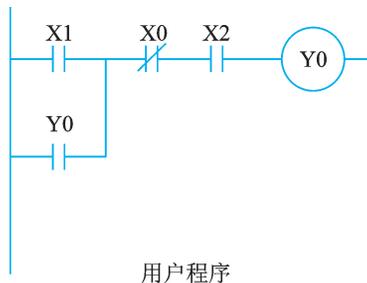


图9 电动机长动控制的 PLC 程序

程序执行过程中，如输入口状态发生了变化，PLC 不会马上采样，也不会马上改变输入映像寄存器中的内容，直到下一个扫描周期，才能重新开放输入端口，重新采样。当执行完用户程序中的最后一条指令后，马上转入输出处理阶段。

### 3. 输出处理阶段

输出处理阶段也称输出刷新阶段，当所有程序执行完毕后，将输出映像寄存器中的内容依次送到输出锁存器中，驱动外部负载工作。

PLC 完成输出处理任务后，又开始下一个循环扫描工作，为了提高程序执行速度，我们要求编写出流程清晰、指令简单的优化程序。

## 三、PLC 控制系统的开发过程

在以后的项目教学中，需要读者根据真实的工作任务，自己选择 PLC、设计 PLC 控制系统、编写控制程序，并完成系统的接线和调试，这是一个完整的 PLC 控制系统的开发过程。现在以图 4 的电动机长动控制为例，来说明一个完整 PLC 控制的开发过程。它主要包含以下 6 个步骤：

- (1) 分析被控制对象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 端口、设计控制系统接线图。

①按照表 1 的格式制作 I/O 地址分配表。PLC 主要通过输入/输出(I/O)端口与控制开关和被控制元件连接,明确各端口所接的元件及其功能,是正确连接电路、编写和阅读程序的基础,非常重要。现在以电动机长动 PLC 控制系统为例,说明 I/O 地址分配表的填写方法,如表 1 所示。

表 1 I/O 分配表的格式

输入端口			输出端口		
符号	地址	功能说明	符号	地址	功能说明
SB1	X0	停止按钮	KM	Y0	继电器线圈
SB2	X1	启动按钮			
FR	X2	热继电器的常闭触头			

②设计接线图。图 4 是电动机长动 PLC 控制系统的接线图,通过该实例,读者要重点掌握 PLC 控制电路是由输入回路和输出回路两大部分组成的基本知识。

三菱 FX3U 系列 PLC 的输入端口在正常情况下是接在内部 24V 电源的正极上,可以用万用表测到 24V 的电压。当控制开关接在某输入端口与 COM 端口之间,并闭合后,构成闭合的输入回路,该输入端口的指示灯会点亮,此时输入端口与公共端之间的电压为零。

三菱 FX3U 系列 PLC 的输出端口必须通过 COM 端外接 24V 电源的正极来提供电源,否则不能驱动外接负载。负载接在某输出端口与 24V 电源的负极之间,当该输出端口被程序驱动后,将点亮输出端口的指示灯,并使负载动作。

(4)根据接线图连接 PLC 控制电路。

电路连线的步骤:先接输入回路,再接输出回路;输入回路使用 PLC 内部电源,从输入回路的 COM 出发—控制开关—输入端口;输出回路需外接 24 V 电源,从 24 V 电源正极出发—输出 COM 端—输出端口—负载—24 V 电源负极。

(5)根据控制要求和所分配的 I/O 地址,编写控制程序。

(6)下载程序和调试系统。



PLC之父

### 思考与练习

- (1)列举 5 个以上 PLC 的常见品牌,说明 PLC 的硬件构成及各部分的作用。
- (2)PLC 采用什么工作方式?并说明 PLC 工作过程。
- (3)三菱 PLC 的输入/输出端口各用什么字母表示?编码采用什么数制?各接什么外部元件?
- (4)比较三菱 PLC 两种编程软件的特点,并说明 PLC 有哪几种编程语言。

# 项目 1

## 常用照明电路的装配与检修



### 项目描述

本项目通过任务 1——开关直接控制照明电路的装配与检修和任务 2——PLC 控制照明电路的装配与检修的对比学习，达到以下项目目标：

1. 了解各种开关的结构、通断控制的功能和特点、主要参数，学会检测和使用各种开关的方法。
2. 了解各种熔断器的结构、主要参数、短路和过载保护的原理，学会检测和使用熔断器的方法。
3. 认识三菱 FX 系列 PLC 仿真软件 FX-TRN-BEG-C 的界面、常用符号，学会编程和仿真的操作方法。
4. 熟悉 PLC 梯形图(LAD)编程的规则，学会编写合乎规则的梯形图程序。



### 项目任务

#### 任务 1 开关直接控制照明电路的装配与检修

##### 1.1.1 知识准备

###### 1.1.1.1 低压开关

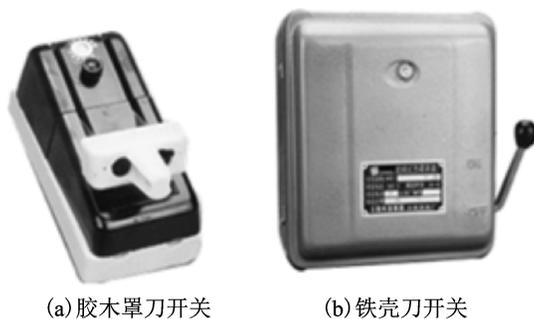
低压开关控制着电路的通断，开关主要由动、静触头构成，动触头接触静触头，开关闭合；动触头离开静触头，开关断开。常利用开关的这种特性，使用万用表测量其通断电阻，来判定开关的好坏。

###### 1. 刀开关

用于高于交流 1200 V、直流 1500 V 的控制电器称为高压控制电器；用于低于交流 1200 V、

直流 1500 V 的控制电器称为低压控制电器。低压电器可以分为配电电器和控制电器两大类，是成套电气设备的基本组成元件。现先介绍本项目将要用到的低压开关和低压熔断器。

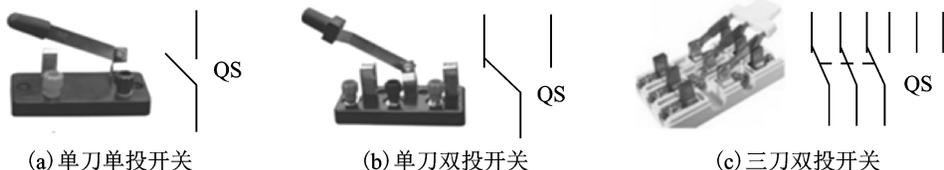
刀开关主要有胶木罩刀开关(HK)、铁壳刀开关(HH)，如图 1-1-1 所示。根据刀开关的极数可分为单刀开关、双刀开关、三刀开关，根据刀开关的投向分为单投开关(HD)和双投开关(HS)，单刀开关、双刀开关、三刀开关及单投开关和双投开关的实物图形和图形符号如图 1-1-2 所示；根据刀开关带负荷能力分为空气开关(低压断路器)和隔离刀开关，空气开关(低压断路器)和隔离刀开关的实物图形和图形符号如图 1-1-3 所示。



(a) 胶木罩刀开关

(b) 铁壳刀开关

图 1-1-1 刀开关

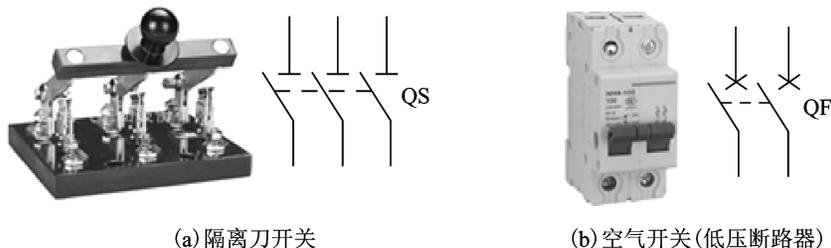


(a) 单刀单投开关

(b) 单刀双投开关

(c) 三刀双投开关

图 1-1-2 刀开关



(a) 隔离刀开关

(b) 空气开关(低压断路器)

图 1-1-3 刀开关

胶木罩刀开关广泛用在照明电路和较小容量(5.5 kW)、不频繁启动的动力控制电路中。安装胶木罩刀开关时应注意：

(1) 在安装时，刀开关在合闸状态下手柄应该向上，不能倒装和平装，以防闸刀松动落下时误合闸。

(2) 电源线应该在静触头一边的进线端，上方进线。用电设备应该接在动触头一边的出线端，这样当开关断开时，闸刀和熔丝均不带电，以保证更换熔丝时的安全。

铁壳开关也常用于照明电路和动力控制电路中，普通负载时，根据负载额定电流选择；电机负载时，按电机额定电流的 1.5 倍选择。操作铁壳开关时应注意：不要面对铁壳开关，应用左手操作手柄。

常用两个单刀双投开关实现异地控制一盏灯(见图 1-1-11)；常用三刀双投开关对小功率三相异步电动机正反转进行控制(见图 4-3-1)。

隔离刀开关一般可看到明显的断开点,起电气隔离作用,线路发生故障时不能动作,对线路和设备没保护作用;隔离刀开关由于没有灭弧装置,一般是不能带负荷操作的。

断路器一般被封装起来,看不到明显的断点;断路器又称自动开关,它既有手动开关作用,又能自动进行失压、欠压、过载和短路保护;具有灭弧装置,能带电通断负荷。自动开关因其结构不同,可分为装置式(DZ)和万能式(DW)两类。装置式自动开关又称塑料外壳式自动开关,一般用做配电线路的保护开关、电动机及照明电路的控制开关。图 1-1-4 是各种型号的塑料外壳式自动开关。



图 1-1-4 自动开关

自动开关实现各种保护功能的工作原理如图 1-1-5 所示。

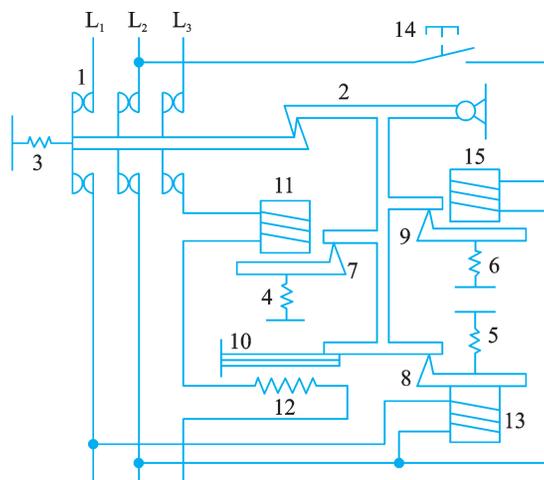
(1) 过流保护原理:当手动闭合刀开关后,搭钩 2 将动触头的杆干勾住,保持触头处于连接状态。11 为过流脱扣线圈,当电路发生过流现象时,11 的铁芯磁力增强,克服弹簧 4 对衔铁 7 的拉力,而被向上吸,衔铁 7 向上推动搭扣 2,在弹簧 3 的拉力作用下,开关自动断开,实现了过流保护功能。

(2) 过载保护原理:10 为双金属片,12 为电热丝,当电路中出现过载故障时,流过 12 的电流增大,12 发热量增大,双金属片 10 受热变形向上翘起,推动搭钩 2,断开触头 1,实现了过载保护功能。

(3) 失压和欠压保护原理:13 为欠压脱扣线圈、8 为衔铁、5 为弹簧,当线路断电后,线圈 13 失电,衔铁 8 在弹簧 5 的拉力下,向上推动搭钩 2,使触头 1 释放,实现了失压保护功能。

过流与过载保护在很多情况下是相似的:过流是指电路中的电流超过了它的额定电流,短路保护是过流保护的一种极端情况;过载是指接在电源两端的用电器的功率超过了电源的额定功率,如电动机的负载过重,超过电动机的额定功率时,电路会进行过载保护,过载保护也使电路中的电流增大。

**注意:**断路器和隔离刀开关的操作顺序是不同的,千万不能颠倒。送电时要先合隔离刀开关后合断路器,断电时要先断断路器后断隔离刀开关。一般按照线路额定电流 1.5~2.5 倍选择自动开关。



1—触头;2—搭钩;3,4,5,6—弹簧;7,8,9—衔铁;  
10—双金属片;11—过流脱扣线圈;12—加热电阻丝;  
13—失压脱扣线圈;14—按钮;15—分励线圈。

图 1-1-5 自动开关工作原理图

### 2. 转换开关

转换开关又称组合开关(HZ),与刀开关的操作不同,它是左右旋转的平面操作,如图 1-1-6 所示。转换开关同样也有单极、双极、三极和四极。组合开关多用于机床电气控制电路中,作为电源的引入开关,也可用做不频繁的接通和断开电路、换接电源和负载以及控制 5 kW 以下的小容量电动机的正反转和星-三角启动。



图 1-1-6 组合开关及三极组合开关的图形符号

如果组合开关用于控制电动机正反转控制时,在从正转切换到反转的过程中,必须经过停止位置,待电机停转后,再切换到反转位置。开关的额定电流为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

当转换开关具有更多操作位置和触头、能够对多个电路进行手动控制时,称为万能转换开关(LW),如机械式万用表中的转换开关,用文字符号 SA 表示,如图 1-1-7 所示。

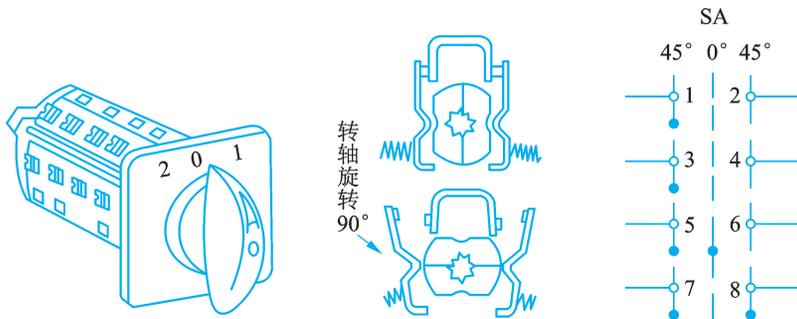


图 1-1-7 万能转换开关外形图、内部原理图及开关图形符号

### 3. 按钮开关

按钮开关(LA)属主令电器,按其触头的工作状况分为:常开按钮开关、常闭按钮开关和复合按钮开关(同时具有常开常闭触头),如图 1-1-8 所示。



图 1-1-8 按钮开关

按钮开关的主要特点是没有锁定功能,其工作原理如图 1-1-9 所示:1 为按钮、2 为弹簧、3 为动触头、4 和 5 为静触头,通过按钮 1 控制触头通断。

按钮开关的动作特征是:

常开按钮开关:不按按钮时,触头开关断开;按下按钮时,触头开关闭合。

常闭按钮开关:不按按钮时,触头开关闭合;按下按钮时,触头开关断开。

复合按钮开关:不按按钮时,常开触头开关断开,常闭触头开关闭合;按下按钮时,常开触头开关闭合,常闭触头开关断开。注意复合按钮开关常开和常闭触头在动作时“先断后合”,具有一定的时间差,常利用它们状态相反的特点,实现按钮互锁功能。

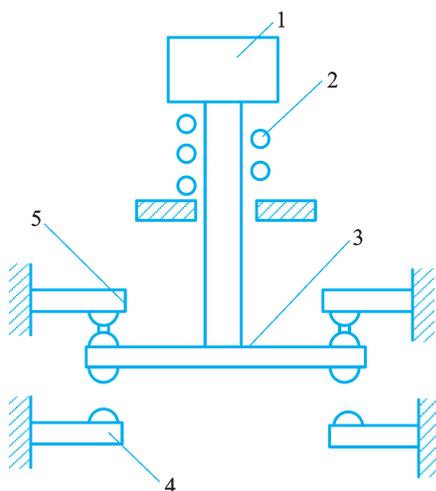


图 1-1-9 按钮开关原理图

#### 4. 低压开关的测量方法

利用万用表欧姆挡测量开关通断的电阻值,来判定开关的好坏。当闭合开关时,常开触头接通,常闭触头断开,所测量的常开触头电阻应该接近短路、常闭触头电阻应该接近开路;当断开开关时,常开触头断开,常闭触头接通,所测量的常开触头电阻应该接近开路、常闭触头电阻应该接近短路。

### 1.1.1.2 熔断器

熔断器是用来保护电网设备和用电器的保护器件,直接串联在电路中,利用电流的热效应原理,实现短路和过流保护。

#### 1. 熔断器的类型

熔断器的类型与图形符号如图 1-1-10 所示。

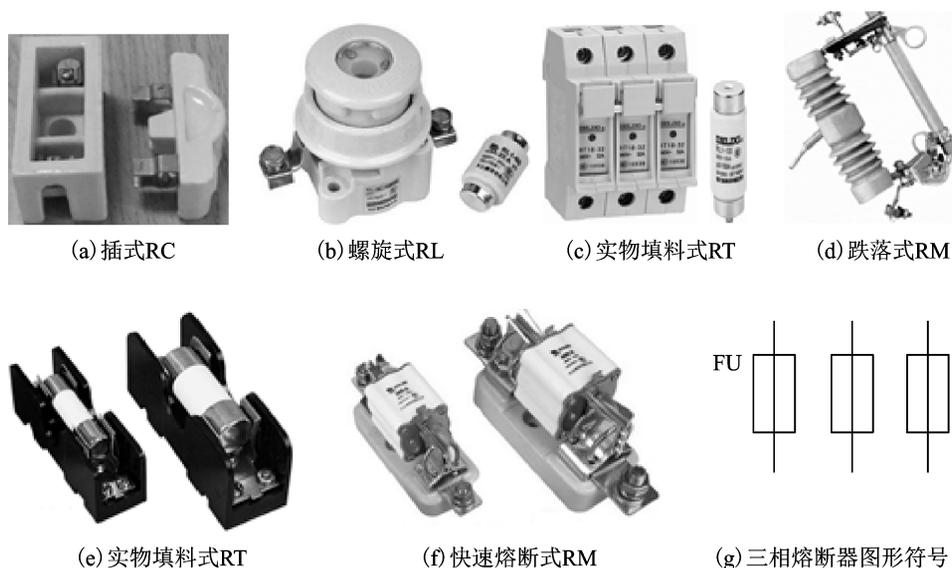


图 1-1-10 熔断器的类型与图形符号

## 2. 熔断器的参数选择

- 照明、电热：熔体额定电流等于或大于负载额定电流。
- 单台电动机：熔体额定电流可按电动机的 1.5~2.5 倍选择。
- 多台电动机：熔体额定电流可按最大一台电动机 1.2~2.5 倍加上其余电动机额定电流之和来选择。

## 3. 熔断器的测量方法

利用万用表欧姆挡测量，好的熔断器电阻接近零。

## 1.1.2 任务实现

### 1.1.2.1 任务书

#### 【实训任务】

- (1) 用双刀空气开关控制一盏灯，用复合按钮开关的常开常闭开关分别控制一盏灯。
- (2) 用单刀双投开关分别控制一盏灯，用两个单刀双投开关异地控制一盏灯。

**【实训目的】** 通过照明电路的装配与检修，感性认识单投刀开关、双投刀开关、按钮开关的结构和动作特点；元件检测和使用方法；各种照明电路控制原理及电路装配和检修方法。

**【实训场地】** 电力拖动实训室或电气控制实训室。

**【实训器材和工具】** 1 个双刀空气开关、1 个复合按钮开关、3 个单刀双投开关、1 组熔断器、6 个 220 V 白炽灯泡、导线若干、1 块电工装配板或电气控制实训台、1 套通用电工工具、1 块万用表。

### 1.1.2.2 电路图设计

开关直接控制照明电路的控制原理图如图 1-1-11 所示，现分析如下：

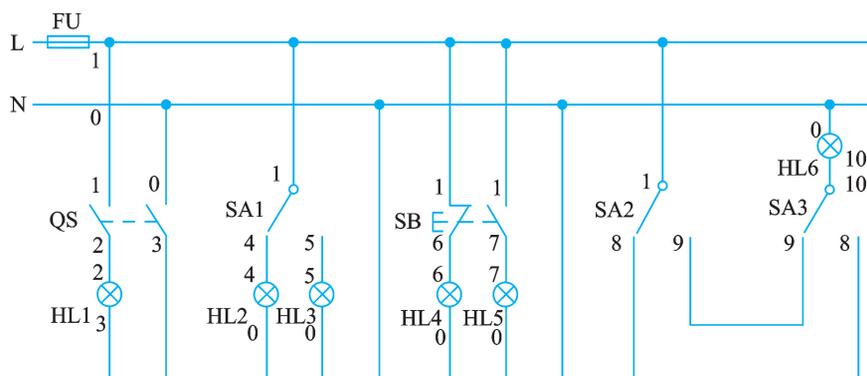


图 1-1-11 照明电路原理图

(1) 双刀空气开关照明电路：合上空气开关 QS，使灯泡 HL1 的进出端分别与火线、零线连接，构成回路，HL1 点亮。通过该电路的实训，感性认识空气开关的结构和接线方法。

(2)单刀双投开关分别控制一盏灯电路：SA1 的 1、4 位合上时，HL2 点亮、HL3 熄灭；1、5 位合上时，HL3 点亮、HL2 熄灭；在中间位时，HL2、HL3 同时熄灭。通过该电路的实训，感性认识单刀双投开关的结构、控制特点。

(3)复合按钮开关分别控制一盏灯电路：不按下 SB，常态下，按钮开关常闭触头 1、6 闭合，常开触头 1、7 断开，HL4 点亮、HL5 熄灭；按下 SB，开关动作，常闭触头 1、6 断开，常开触头 1、7 闭合，HL4 熄灭、HL5 点亮。通过该电路的实训，感性认识按钮开关常闭、常开触头的概念和动作特征，为学习 PLC 继电器触头打下感性认识的基础。

(4)双控照明电路：分析双控原理的关键是理解双投开关及 8-8、9-9 两条连线的意义，无论拨动 SA2 还是 SA3，SA2 和 SA3 之间的连接关系只有两种情况，要么通过导线 8-8 或 9-9 连接，HL6 点亮；要么断开，HL6 熄灭。

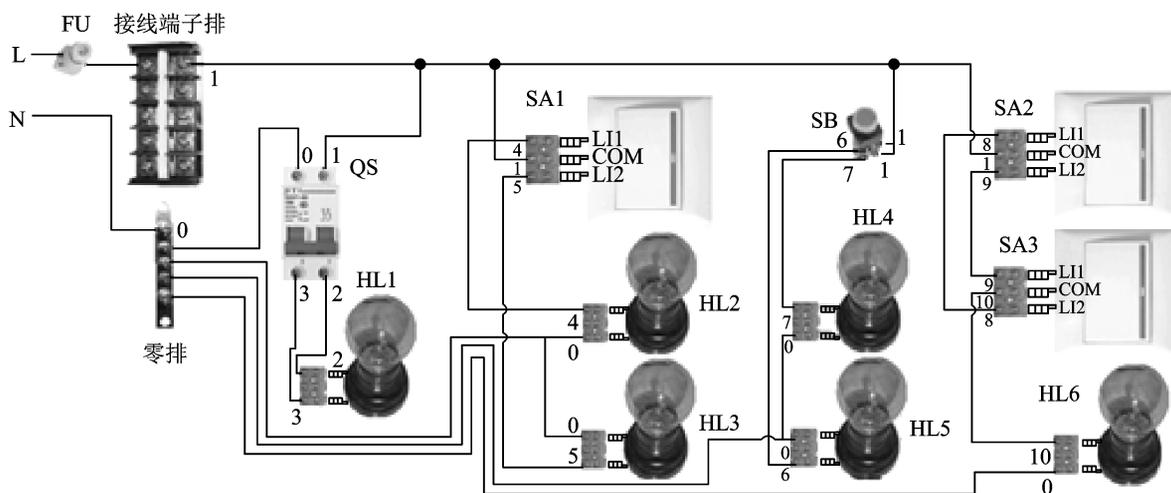


图 1-1-12 照明电路装配图

### 1.1.2.3 装配和检修实习

开关直接控制照明电路的装配和检修的实习步骤如下：

- (1)根据装配板，设计元件布局图和接线图。照明电路装配图如图 1-1-12 所示。
- (2)根据装配工艺要求装配电路：左进右出、上进下出；左零右火；横平竖直；刀开关竖装、上进下出。
- (3)不带电测试和检修电路：在通电测试电路前，一定要用万用表电阻挡测试电路，并排除所检测出来的故障，再通电测试电路。
- (4)通电测试和检修电路。

### 1.1.3 考核评价

开关直接控制照明电路的装配与调试考核评价表如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 考核评价表

考核项目	考核标准	分值	评分
元件知识	能正确选用、检测、使用各种开关	20	
电路功能	能实现各种灯的开关控制功能	30	
故障检修	能使用万用表检修故障, 并维修	20	
工艺美观	满足工艺要求、电路美观、电路流程清晰	20	
安全现场	不违规操作、遵守操作规范、现场整洁	10	
总评		100	

## 1.1.4 基础练习与拓展提高

### 课题一 基础练习

- (1) 什么是低压电器? 分为哪两类?
- (2) 列举出常见低压开关, 并列表说明各种开关的分类、型号、图形符号、控制特点、检测方法、应用场合和参数选择。
- (3) 熔断器与空气开关各能实现什么保护功能? 请说明其保护原理。
- (4) 列出常见熔断器型号, 说明熔断器的图形符号、参数的选择方法。
- (5) 分析单刀双投开关异地控制一盏灯的控制原理。

### 课题二 拓展提高

根据下列要求设计电路。

- (1) 用按钮开关和单刀开关直接控制小功率单相交流电动机。
- (2) 用三个单刀开关串联控制一盏灯、并联控制一盏灯、顺序控制三盏灯。
- (3) 用三刀双投开关直接控制三相异步电动机的正反转。
- (4) 用换向转换开关直接控制三相异步电动机的正反转。

## 任务 2 PLC 控制照明电路的装配与调试

### 1.2.1 知识准备

#### 1.2.1.1 FX-TRN-BEG-C 仿真软件

学习三菱 FX 系列 PLC 编程, 可采用中文仿真软件“FX-TRN-BEG-C”, 其编程方法与前面所介绍的两种编程软件“GX DEVELOPER”和“GX WORKS”大同小异, 熟练掌握了仿真软件的操作方法, 将来在工作中使用编程软件时, 同样会得心应手。本书将重点学习使用仿真软

件“FX-TRN-BEG-C”进行编程和仿真的方法。

“FX-TRN-BEG-C”仿真软件利用计算机进行仿真编程和仿真运行，可以在仿真平台上直接下载程序，并模拟仿真 PLC 控制现场机械设备运行。采用仿真教学，可以克服实训条件缺乏、实训课时不足等客观困难，更有效地开展 PLC 教学。

“FX-TRN-BEG-C”仿真软件不需要安装，只是将软件复制到计算机上，并将安装目录下的图标  发送为桌面快捷方式，然后在桌面上双击  图标，即可启动仿真软件，进入仿真软件程序的首页，如图 1-2-1 所示。

在首页中有 A、B、C、D、E、F 六个章节的学习项目，A-1、A-2 两个练习章节介绍了 PLC 的基础知识，从 A-3 开始的章节可以进行编程和仿真培训练习。现在点击首页中的“开始”，即可进行仿真学习。编程界面划分为现场仿真区、编程区两部分，如图 1-2-2 所示。



图 1-2-1 仿真软件首页

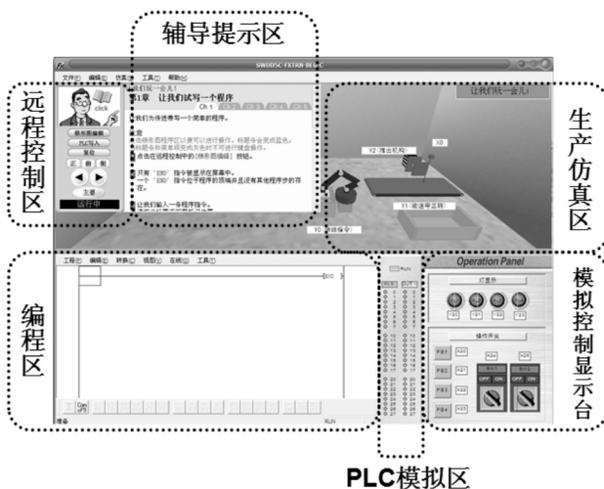


图 1-2-2 仿真编程界面

## 1. 现场仿真区

现场仿真区在编程仿真界面的上半部分，左起依次为远程控制区、辅导提示区和生产仿真区。单击远程控制画面的教师图像，可关闭或打开辅导提示区。

仿真区“编辑”菜单下的“I/O 清单”选项显示该练习项目控制仿真现场设备的 I/O 地址表。仿真区“工具”菜单下的“选项”，可选择仿真背景为“简易画面”，以节省计算机系统资源；还可调整仿真设备运行的速度。

远程控制区的功能按钮自上而下依次如下：

- “梯形图编辑”——将仿真运行状态转为编辑状态，当编程区背景由灰色变成白色，表明可以开始编程。
- “PLC 写入”——将转换完成的用户程序写入 PLC 主机。PLC 写入程序后，编程区的“RUN”灯点亮，进入仿真运行方式，此时不可编制程序。
- “复位”——将仿真运行的程序和仿真界面复位到初始状态。
- “正俯侧”——选择现场生产机械的视图方向。
- “◀ ▶”——选择基础知识的上一画面和下一画面。
- “主要”——返回程序首页。

- “编程/运行”显示窗口——显示编程界面当前状态。

仿真现场给出的 X 的位置，实际是该位置的传感器，连接到 PLC 的某个输入接口 X；给出的 Y 的位置，实际是该位置的执行部件被 PLC 的某个输出接口 Y 所驱动。本文亦以 X 或 Y 的位置替代说明传感器或执行部件的位置。

仿真现场的机器人、机械臂和分拣器等，为点动运行，自动复位。

仿真现场的光电传感器，遮光时，其常开触头接通、常闭触头分断，通光时相反。

## 2. 编程区

编程仿真界面的下半部分左侧为编程界面，编程界面上方为操作菜单，其中“工程”菜单相当于其他应用程序的“文件”菜单。只有在编程状态下，才能使用“工程”菜单进行打开、保存等操作。

编程界面两侧的垂直线是左右母线，之间为编程区。编程区中的光标，可用鼠标左键单击移动，也可用键盘的四个方向键移动。光标所在位置是放置、删除元件等操作的位置。

仿真运行时，梯形图上不论触头和线圈，蓝色表示该元件接通。

### (1) 模拟 PLC

编程区右侧为一台 48 个 I/O 点的模拟 PLC，其左侧一列发光二极管显示各个输入接口的状态；右侧一列发光二极管显示各个输出接口的状态。

### (2) 模拟控制显示台

编程仿真界面最右侧是模拟控制显示台，上方是信号灯显示屏，下方是操作台。各指示灯已按照标识 Y 连接到 PLC 的输出接口；各开关也按照标识 X 连接到 PLC 的输入接口。

操作台的 PB 为常开按钮开关，SW 为转换开关，其面板的“OFF ON”系指其常开触头断开或闭合。

## 1.2.1.2 编程和仿真操作

单击远程控制区的“梯形图编辑”按钮，进入编程状态，即可使用仿真软件编写 LAD(梯形图)程序。

### 1. 梯形图编程基本原则

(1) 在编辑区的左右母线间进行编程：左母线相当于电源的正极，右母线相当于电源的负极，只能在两条母线间编写程序。

(2) 每一行程序从左母线开始，用线圈指令或功能指令连接右母线结束，触头不能出现在线圈右边，如图 1-2-3 所示。



图 1-2-3 梯形图编程

(3) 输入/输出继电器、内部继电器、定时器、计数器等器件的触头可多次重复使用。

(4)除步进指令外,任何线圈(含输出继电器、定时器、计数器)和功能指令不能直接与左母线相连。

(5)在程序中,不允许同一编号的线圈多次输出,允许不同编号的线圈并联输出,如图 1-2-4 所示。



图 1-2-4 线圈重复输出错误

(6)程序的编写按从上到下、从左到右方式编写。为减少程序执行步数,程序应上大下小、左大右小,如图 1-2-5 所示。

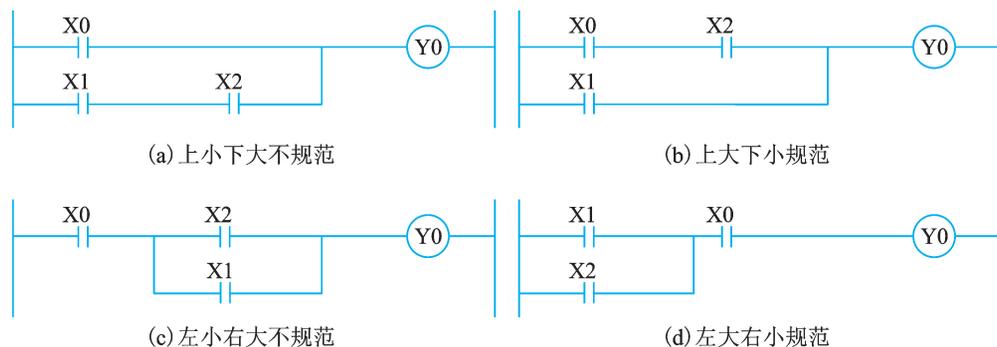


图 1-2-5 梯形图编程

(7)不允许出现桥式电路,如图 1-2-6 所示。

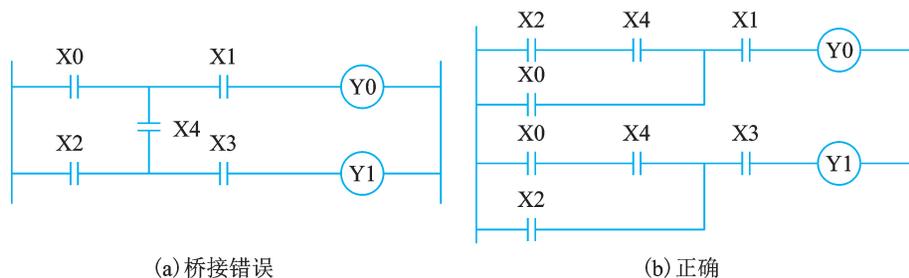


图 1-2-6 梯形图编程

(8)在梯形图中串联接点、并联接点的使用次数没有限制,可无限次地使用。

(9)输入开关尽可能用常开触头,假如使用常闭触头,要注意此时开关所接 PLC 输入端口的常开、常闭触头的动作状态与外接常开控制开关时正好相反。

## 2. 编程符号与指令输入

PLC 程序要应用指令来编写,一般 PLC 的编程指令都分为基本指令、步进指令和功能指令三大类,步进指令和功能指令功能强大,输入功能指令难度也比基本指令难度大,刚开始学习时,首先学习如何使用基本指令来编写梯形图程序,后面才逐步介绍如何使用步进指令和功能指令编程。

FX3U 系列 PLC 编程基本指令分为以下几类:

(1)触头加载指令(LD/LDI/LDP/LDF)。

- (2) 触头串联指令( AND/ANI/ANDP/ANDF)。
- (3) 触头并联指令( OR/ORI/ORP/ORF)。
- (4) 触头块操作指令( ORB/ANB)。
- (5) 线圈输出指令( OUT)。
- (6) 置位与复位指令( SET/RST)。
- (7) 微分指令( PLS/PLF)。
- (8) 主控指令( MC/MCR)。
- (9) 堆栈指令( MPS/MRD/MPP)。
- (10) 逻辑反、空操作与结束指令( INV/NOP/END)。

编程界面下方显示可用鼠标左键点击的元件符号, 直接点击如图 1-2-7 所示的元件符号, 即可输入(1)~(5)项中的 5 类基本指令, (6)~(10)项的基本指令不能通过编程符号直接输入, 而类似于功能指令输入方法, 需要点击热键 F8, 通过输入指令助记符输入, 放置元件的具体操作方法, 将在下个内容进行介绍。



图 1-2-7 编程热键

常用编程符号的意义及对应的基本指令说明如下:

: 将梯形图程序转换成语句表程序(F4 为其热键);

: 放置常开触头(LD 和 AND);

: 并联常开触头(OR);

: 放置常闭触头(LDI 或 ANI);

: 并联常闭触头(ORI 指令);

: 放置线圈(OUT);

: 放置指令, 直接输入指令;

: 放置水平线段;

: 删除水平线段;

: 放置垂直线段于光标的左下角;

: 删除光标左下角的垂直线段;

: 放置上升沿有效的常开触头(LDP 或 ANDP);

: 放置下降沿有效的常开触头(LDF 或 ANDF)。

元件符号下方的 F5~F9 等字母数字, 分别对应键盘上方的编程热键, 其中大写字母前的 s 表示 Shift+; c 表示 Ctrl+; a 表示 Alt+。

### 3. 梯形图编程操作方法

图 1-2-8 梯形图程序为本照明灯控制任务的部分程序, 现在我们以该部分程序为例, 介绍如何利用编程符号输入基本指令, 编写梯形图程序的操作方法。该图的左边为 LAD(梯形图)程序, 右边为 STL(指令语言语句表)程序, 编写 LAD 程序比较简单, 可以使用编程符号轻松地编出 LAD 程序。编写 STL 程序要熟练背记各种指令的助记符和格式, 相对 LAD 程序, 难度要大些, 建议使用 LAD 编程。

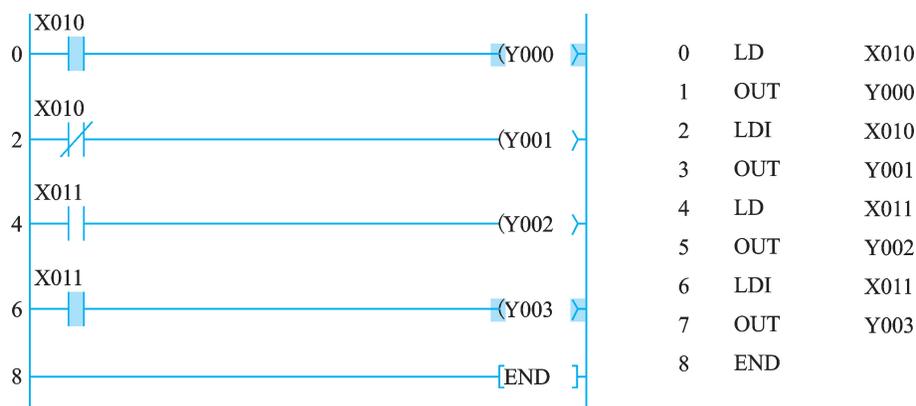


图 1-2-8 照明灯控制梯形图程序

### (1) 放置元件

梯形图编程采用鼠标法、功能键输入法、对话法和指令法均可调用、放置元件。前面三种指令输入方法都是图形符号输入法，可以轻松地编写出图 1-2-8 左边由基本指令构成的 LAD 程序，假如要输入功能指令，就必须使用指令法。下面以输入图 1-2-8 中的 0-1 步的 LAD 程序为例，说明四种指令输入法的使用方法。

①鼠标法：首先将光标定位在图 1-2-9 所示 0 步线框位置，根据图 1-2-8 中的 0-1 步的程序，分别用鼠标左键单击编程界面下方的常开触头、线圈，弹出元件标号对话框，输入元件标号 X10 和 Y0，即可在光标所在位置放置出如图 1-2-8 中的 0-1 步的元件。

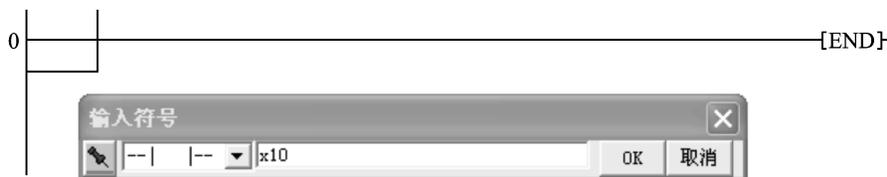


图 1-2-9 鼠标法元件符号和元件标号对话框

②功能键输入法：同鼠标法一样，首先移动光标到预定位置，分别点按编程功能键 F5 和 F7，也会弹出元件标号对话框，在弹出来的对话框中分别输入元件标号 X10 和 Y0。

③对话法：在预定放置元件的位置双击鼠标左键，弹出元件对话框，点击元件下拉箭头，显示元件列表，见图 1-2-10。选择元件、输入元件标号，即可放置元件和指令。



图 1-2-10 对话法元件符号和元件标号对话框

④指令法：现在以输入 MOV 指令为例，来说明指令法的操作步骤：a. 将光标定位到要输入指令的位置。b. 按下快捷键 F8，弹出指令输入对话框，如图 1-2-11 所示。c. 利用键盘直接输入指令和参数，放置指令。

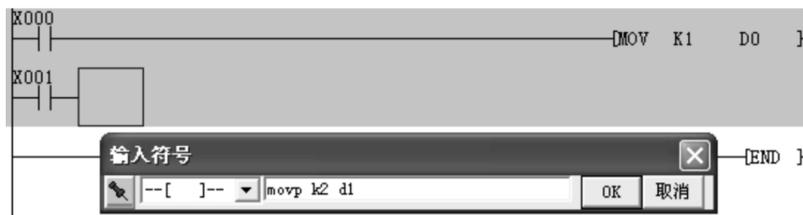


图 1-2-11 指令输入法的操作演示

**课堂练习：**在鼠标法、功能键输入法、对话法三种方法中任选一种方法，在仿真平台上编写如图 1-2-8 所示梯形图程序。

### (2) 编程其他操作

①删除元件：点按键盘 Del 键，删除光标处元件；点按回退键，删除光标前面的元件；垂直线段的放置和删除，请使用鼠标法。

②修改元件：鼠标左键双击某元件，弹出元件对话框，可对该元件进行修改编辑。

③右键菜单：单击鼠标右键，弹出右键菜单如图 1-2-12 所示，可对光标处进行撤销、剪切、复制、粘贴、行插入、行删除等操作。

### (3) 程序转换、保存与写入等操作

编写好的程序，在编译之前，编程区是灰色的，假如程序正确，通过鼠标左键点击“转换程序”按钮或按热键“F4”编译，编程区会变成白色。如果某部分显示为黄色，如图 1-2-13 所示中有灰色底影处，表示这部分编程有误，请查找原因予以解决。

撤销 (U)	Ctrl+Z
剪切 (T)	Ctrl+X
复制 (C)	Ctrl+C
粘贴 (P)	Ctrl+V
行插入 (I)	Shift+Ins
行删除 (D)	Shift+Del
自由连线输入 (L)	F10
自由连线删除 (R)	Alt+F9
转换 (N)	F4

图 1-2-12 右键菜单



图 1-2-13 编译效果演示

鼠标左键点击“工程/保存”，选择存盘路径和文件名，进行存盘操作。

鼠标左键点击“工程/打开工程”，选择路径和文件名，调入原有程序。

鼠标左键点击“PLC 写入”，将程序写入模拟的 PLC 主机，即可进行仿真试运行，并根据运行结果调试程序。

**课堂练习：**在仿真平台上，完成 A-3 和 B-1 项目任务，学习如何编写梯形图程序。

## 1.2.2 任务实现

### 1.2.2.1 任务书

#### 【实训任务】

(1) 编写用一个单刀空气开关和 PLC 控制一亮一灭的两盏灯、用一只常开按钮开关和 PLC 控制一亮一灭的两盏灯的梯形图程序，并安装调试 PLC 控制的照明电路。

(2) 编写用单刀双投开关和 PLC 分别控制一亮一灭两盏灯、用两个开关或两个按钮开关和 PLC 异地控制一盏灯的梯形图程序，并安装调试 PLC 控制的照明电路。

**【实训目的】** 通过编写 PLC 控制的各种照明电路的梯形图程序，并安装调试电路，感性认识 PLC 的面板，掌握 PLC 控制照明电路接线图设计和接线、仿真软件操作、编写梯形图程序的方法，对比认识继电器控制系统和 PLC 控制系统的内在联系和区别，及 PLC 控制系统的优越性。

**【实训场地】** 机电一体化实训室(不具备相关实训条件的学校，请在仿真平台上编写控制程序和运行仿真)。

**【实训器材和工具】** 1 个单刀空气开关、1 个常开按钮开关、1 个单刀双投开关、2 个推拉开关、1 组熔断器、7 个额定电压为 24 V 的灯泡、导线若干、1 块电工装配板或电气控制实训台、1 套通用电工工具、1 块万用表。

### 1.2.2.2 I/O 分配和接线图设计

PLC 控制照明电路的 I/O 分配地址表如表 1-2-1 所示，电路接线原理图如图 1-2-14 所示，实物接线图如图 1-2-15 所示。

表 1-2-1 PLC 控制照明电路的 I/O 地址表

输入端口			输出端口		
符号	地址	功能说明	符号	地址	功能说明
QS	X10	空气开关	HL1	Y0	24 V 直流灯泡
SB	X11	按钮开关	HL2	Y1	24 V 直流灯泡
SA1-1	X12	单刀双投 1	HL3	Y2	24 V 直流灯泡
SA1-2	X13	单刀双投 2	HL4	Y3	24 V 直流灯泡
SA2	X14	推拉开关	HL5	Y4	24 V 直流灯泡
SA3	X15	推拉开关	HL6	Y5	24 V 直流灯泡
			HL7	Y6	24 V 直流灯泡

说明：表中所列 I/O 地址表，为例题所用地址，不做强行规定。

PLC 输入输出的 COM 端都与电源相关，不同品牌、不同型号 PLC 的 COM 端的意义不同，本教材所介绍的 PLC 型号为 FX3U-48MR，其输入 COM 端相当于电源的负极，各输入 X 端口

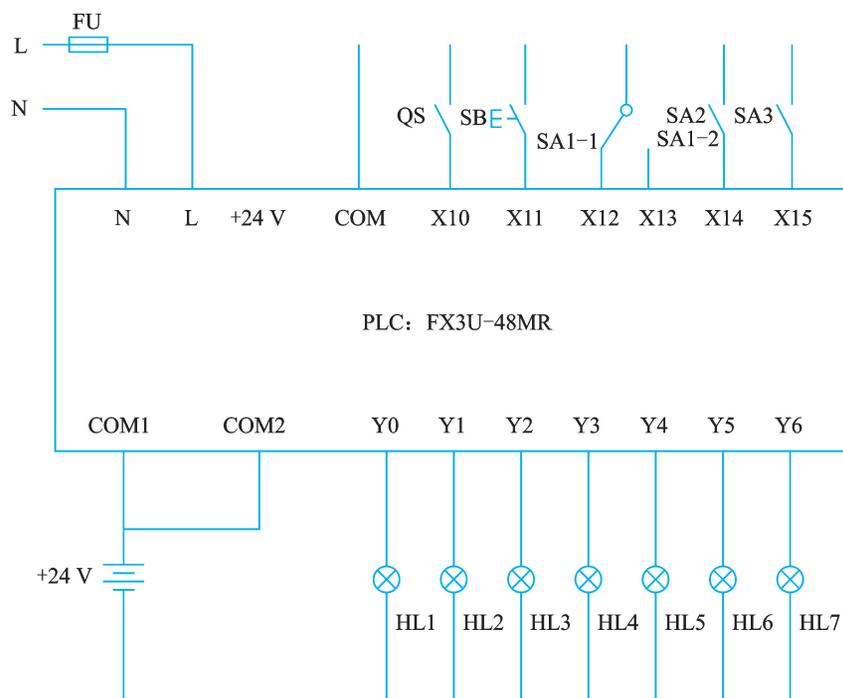


图 1-2-14 PLC 控制照明电路接线原理图

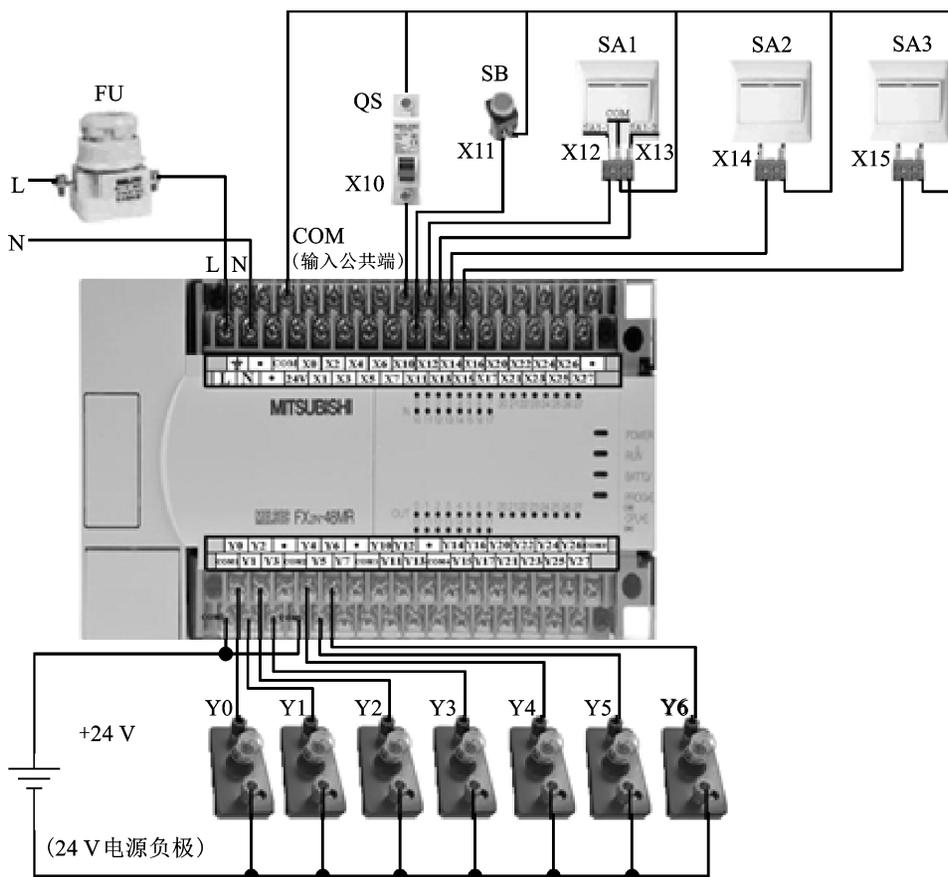


图 1-2-15 PLC 控制照明电路实物接线图

内接+24 V 电源, 通过外接开关构成输入回路; 其输出 COM 端外接 24 V 直流电源的正极, 一个 COM 端为几个 Y 端口提供电源, 所以有 COM1、COM2 等。输出 COM 端相当于给输出 Y 端口提供电源, Y 端口接负载的一端, 负载的另一端接电源负极, 构成输出回路。

### 1.2.2.3 编程和电路调试实习

PLC 控制照明电路的程序如图 1-2-16 所示, 现分析如下:

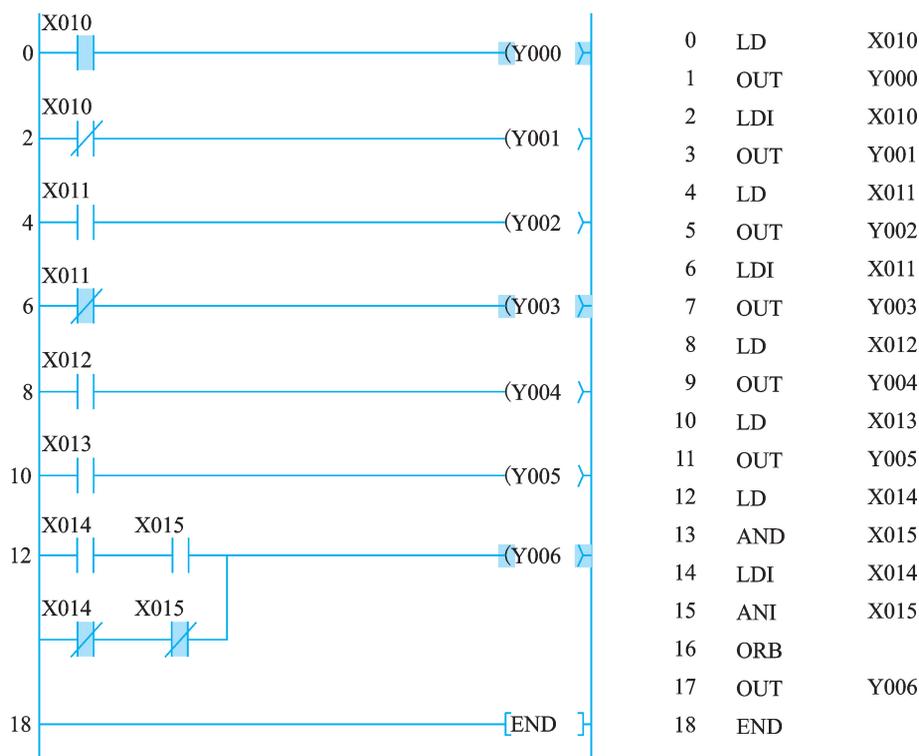


图 1-2-16 照明灯 PLC 控制梯形图程序

#### 1.0-10 步的程序分析

0-10 步分别使用 PLC 和三种不同的开关, 实现控制灯的亮灭的相同功能。其中 0-3 步是用一个单刀空气开关和 PLC 分别控制一亮一灭的两盏灯, 4-7 步是用一个常开按钮开关和 PLC 分别控制一亮一灭的两盏灯, 8-11 步是用一个单刀双投开关和 PLC 控制一亮一灭的两盏灯, 通过编写和运行这三个程序, 我们可以发现 PLC 梯形图程序及控制与继电器控制电路图及控制、PLC 梯形图编程和继电器控制线路图设计都有很多相通之处和不同之处。再就是这三个程序尽管都是实现一亮一灭两盏灯的同一种控制功能, 但由于使用了不同的控制开关, 其控制效果和实现手段还是有所不同的。

#### (1) PLC 梯形图编程及控制与继电器控制线路图设计及控制的相通之处和不同之处

①相通之处。设计继电器控制线路是利用各种控制元件在电源两极之间构成一个控制回路, 当回路上所有开关触头闭合时, 控制回路得电起控, 控制元件动作, 实现所预设的控制功能。编写 PLC 梯形图程序也是在两条母线之间构成一个回路, 程序的左边是各种触头, 右边是各种输出线圈或功能指令, 当一条程序中的所有触头满足条件闭合时, 就相当于将代表电源正负极的两条母线接通, 运行所设计的程序, 实现相应的控制功能; 或直接输出高电平, 使

外部负载动作；或使内部继电器线圈得电，相应触头动作；或完成某个功能指令的运算，产生新的运算数据。深入揣摩和领会继电器控制线路与 PLC 梯形图程序的相通之处，可以使初学者轻松地学会 PLC、掌握梯形图编程的技巧。

②不同之处。尽管 PLC 内部的元件也有类似于继电器的结构和动作特征，但这些元件毕竟是看不见摸不着的虚拟元件；尽管梯形图编程就相当于继电器元件之间的接线，可编程更侧重于顺序逻辑关系，继电器的硬件接线更侧重于元件与元件之间的连接关系。

#### (2) 上述三个程序的对比分析

0-3 步和 4-7 步程序相同，但由于外接开关不同，控制效果不同：0-3 步程序所用开关是具有自锁功能的空气开关，能保持开关动作后的控制状态；4-7 步程序采用不具有自锁功能的按钮开关，不能保持开关动作后的控制状态，既一松开按钮开关，控制状态又会恢复到常开状态。

8-11 步程序与 0-3 步和 4-7 步程序之所以不同，是因为 0-3 步和 4-7 步都是用一个开关，而 8-11 步所采用的单刀双投开关相当于两个开关，所以它必须要用到两个输入端口。

#### 2.12-17 步双控开关异地控制程序的分析

如何将双控开关异地控制电路转化为 PLC 控制程序，对于初学者来说有一定的难度。因为这个程序的编写不像前面三个程序，可以直接由电气电路直接转换成梯形图程序。仔细分析双控开关异地控制的过程，可以发现两个双投开关有 0、1 两个状态，通过真值表(表 1-2-2)可以清晰地分析出开关状态的变化与灯亮灭变化的关系，从而写出程序。这种编程方法称为逻辑分析编程法，请读者仔细体会应用。

表 1-2-2 真值表

SA2 状态	SA3 状态	HL7 状态
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

**课堂编程仿真练习：**请在仿真平台上使用模拟控制显示台上的按键开关、转换开关、指示灯模拟实物开关、灯泡，编写程序，并仿真演示。

**电路装配调试实训\*：**具备 PLC 实训条件的学校，安排编程、电路装配、程序下载调试一体化实训。

### 1.2.3 考核评价

PLC 控制照明电路考核评价如表 1-2-3 所示。

表 1-2-3 考核评价表

考核项目	考核标准	分值	评分
硬件接线	能正确分配 I/O 地址, 设计照明控制电路的接线图, 并正确接线	20	
编程功能	能根据不同开关的动作特征, 正确编写照明控制程序, 流程清晰, 能实现照明控制功能	30	
程序调试	能根据照明控制电路工作状况, 调试程序	20	
工艺美观	PLC 照明控制电路的输入输出回路布局合理, 线路流程清晰, 满足布线、扎线工艺要求, 电路美观	20	
安全现场	不违规操作、遵守操作规范、现场整洁	10	
总评		100	

## 1.2.4 基础练习与拓展提高

### 课题一 基础练习

- (1) 列举 5 个以上 PLC 的常见品牌, 说明 PLC 的硬件构成及各部分的作用。
- (2) 简述 PLC 采用的工作方式, 并说明 PLC 工作过程。
- (3) 三菱 PLC 的输入/输出端口各用什么字母表示、编码采用什么数制、各接什么外部元件?
- (4) PLC 有哪几种编程语言? 梯形图编程应遵循什么编程规则?
- (5) 比较 PLC 梯形图程序设计及控制与继电器控制线路图设计及控制的相通与不同之处, 并说明 PLC 控制的优越性。

### 课题二 拓展提高

- (1) 用 PLC 和三个单刀开关控制一盏灯, 三个开关接在不同端口上, 要求同时使用三个开关分别串联和并联控制一盏灯。
- (2) 在仿真平台上完成 D-1 呼叫单元的编程练习。



精益求精, 匠心筑梦  
——大国工匠李凯军