

The Application of Programmable Logic Controller

可编程控制器（PLC）应用实践

程 志 华 编

Shanghai University

上 海 大 学

2021年12月版

前 言

《可编程控制器（PLC）应用实践》是一门实践性很强的应用类课程，学以致用是其基本教学目标。学生在学好基本理论的基础上，还必须经过各实践环节的严格训练，才有可能牢固掌握本课程的基本知识和技能。实验是该课程中最重要的学习环节之一，各个实验环环相扣，层层递进，紧扣各教学内容专题。课程注重培养学生理论联系实际学风、严谨求实的科学态度、以及分析问题和解决问题的能力，努力激发学生的创新思维。

一、基本要求

为了充分发挥学生的主观能动性，促使其独立思考，独立完成实验并有所创新，对学生的实验提出如下要求。

1. 预习的要求：

为了提高实验的主动性，减少盲目性，认真做好实验预习非常重要。首先要明确实验目的和要求，掌握实验的有关原理，查阅相关资料，制定具体实验步骤，设计记录实验数据的表格，估计输出的结果。

2. 操作的要求：

- (1) 自觉遵守实验室一切规章制度。
- (2) 开始实验前应首先检查所要用的仪器设备是否完好无损损坏或不全，应及时报告指导教师处理。
- (3) 实验中必须严格遵守操作规程，正确使用各种仪器，仔细记录波形。出现故障要根据基本原理分析可能的故障原因，排除故障，确有困难再请指导老师帮助解决。不得随意取用其他未经许可或不是本次实验所用的仪器设备。
- (4) 实验中仪器设备如有损坏，应立即报告指导教师听候处理。
- (5) 实验结束前请指导老师检查实验结果和仪器设备，征得指导老师同意后，再拆解实验装置。并将实验器材整理清洁后，方可离开实验室。

3. 总结与讨论要求：

- (1) 实验报告内容应该尽量做到简明扼要。撰写实验报告首先要求做到字迹端正、图表清晰，并对实验数据进行必要的分析计算，得出相应的实验结论。认真的、实事求是地写出对本次实验的心得体会和意见，以及改进实验的建议等。
- (2) 课程设计报告应按要求完成课程设计实验并对学习本课程作全面总结，要求认真的、实事求是地写出对本学期实验的心得、体会和意见。

二、安全要求

实验安全包括人身安全和仪器设备安全。实验者必须遵守实验安全规则，避免发生人身伤害事故，防止损坏实验仪器设备。

目 录

（基本实践-自己学习验证）

实验一	FX 系列 PLC 硬件认识及使用-----	5 周	-----4
实验二	软件平台训练-----	5周	-----7
实验三	基本控制实验（验证）-----	5周	-----9

（设计实践-教师**核查**）

实验四	设计编程实验例1（变频器/侧重PLC编程）-----	（6周）	-----11
实验五	设计编程实验例2（喷水/侧重触屏编程）-----	（7周）	-----12

（综合实践-教师核查-内容可自己设计）

实验六	综合设计实验例（交通PLC+触屏）-----	8/9周	-----14
实验六A	综合设计实验(需报名)（PLC+多变频）-----	5-9周	---15
实验六B	综合设计实验(需报名)（PLC+多伺服）-----	5-9周	-----15

（六A/B实验在第一次进实验室报名）

实验一 FX系列PLC硬件认识及使用

一、任务目标：

- (1) 熟悉PLC对象（FX2/FX5）；认识FX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系列PLC基本、扩展、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、预备知识：

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, 常见结构形式为前两种。FX 系列为小型 PLC, 采用单元式结构形式, 其外形如图 A-1 所示。



图 A-1 FX_{3U}-48M/FX_{3U}-32M PLC 外形图

图 A-1 中为 FX_{3U}-48MR /FX_{3U}-32M PLC 外观图，通常 FX 系列 PLC 面板由三部分组成, 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。它们位于机器两侧可拆卸的端子上, 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(ERROR)等, 用于反映 I/O 点和机器的状态。
- 3) 接口部分 FX 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(RS232/RS422/网口)、扩展接口、特殊功能模块及适配器接口等(FX_{3U}还内置 2 路 AD 和一路 DA)。在机器的左下角, 设置有一个 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。

(2) FX 机器的电源 FX 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。FX 系列 PLC 要求输入单相交流电源（规格为 AC85~264V 50/60Hz），L、N 为 PLC 电源端子, 另有一接地端子用于 PLC 的接地保护。24+、COM 是机器为输入回路提供的直流 24V 电源, 为减小接线, 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。

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 与外围设备(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 FX 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。

FX 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。FX_{3U} 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 A-2 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。

输出回路就是 PLC 的负载驱动回路,继电器类型,输出回路连接的示意图如图 A-3 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。

在实现输出回路时,应注意事项如下：

（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。FX_{3U} 系列 PLC 的输出点一般采用每 4 个点共 COM 连接,如图 A-4 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。

（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

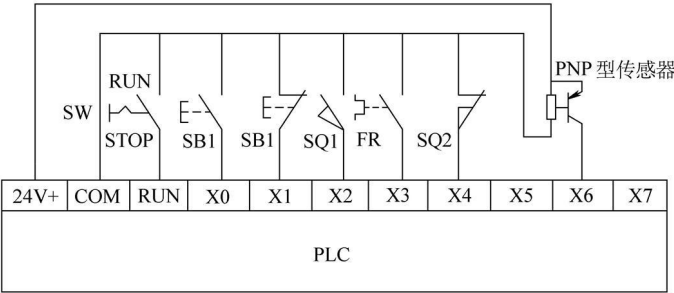


图 A-2 输入回路的连接

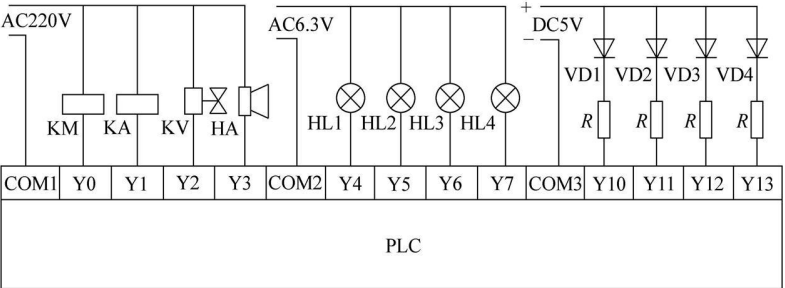


图 A-3 输出回路的连接

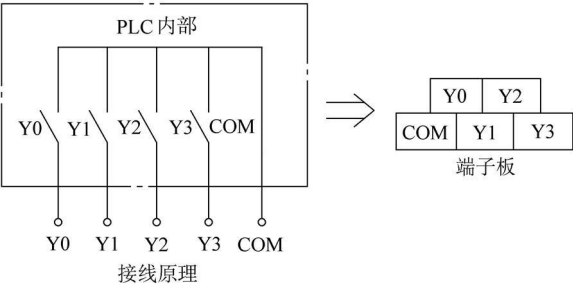


图 A-4 输出点的共 COM 连接

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:

由于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、晶闸管输出和晶体管输出三种形式。继电器输出和晶闸管输出适用于大电源输出场合,晶体管输出、晶闸管输出适用于快速、频繁动作的场合。相同驱动能力,继电器输出形式价格较低。

实验二 软件平台训练

熟悉软件开发环境及硬件对象

一、任务目标：

- (1) 熟悉GX Developer /GX works /GT works 编程软件的操作界面和主要功能；
- (2) 熟悉编程软件的使用(编程, 调试, 下载, 监控)方法；

二、预备知识：

- 平台的编程及调试(参见参考书)
- 编程实践(参见教材)

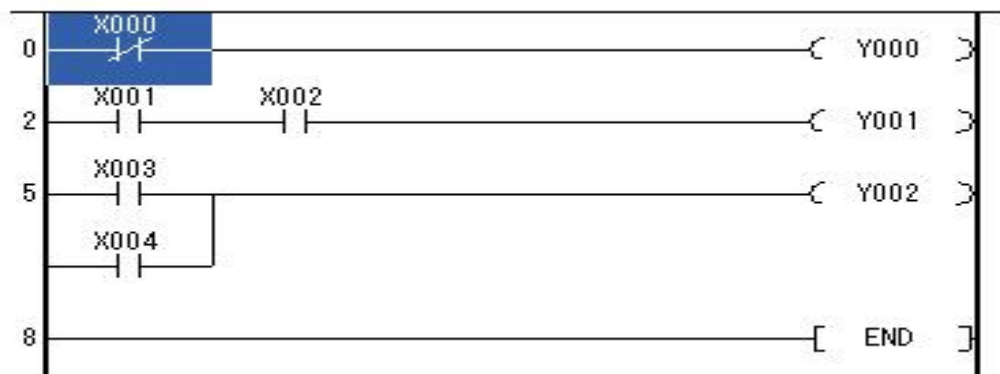
三、实验说明：

- (1) 在PC机上完成软件的安装；
- (2) 应用GX Developr (FX2) 或GT work (FX5)通过编程实现“与、或、非”逻辑功能(将X?用M? 替换, 调试验证时可强制改变输入), 掌握软件平台的使用(PC---网线---PLC 连接)。

$Y0 = ! X0$

$Y1 = X1 \& X2$

$Y2 = X3 || X4$



实验装置需要 FX 系列 PLC 1 台; 安装有 GX 编程软件的计算机一台, FX 系列的编程电缆一根。

- 1) 在断电的情况下用编程电缆连接 PLC 和计算机的接口(如 USB-SC-09-FX), PLC 的工作模式开关扳到 STOP 位置, 接通计算机和 PLC 的电源。
- 2) 打开编程软件, 执行菜单命令“文件”→“新文件”, 在弹出的对话框中设置 PLC 的型号。在“视图”菜单中可以选择梯形图或指令表编程语言。
- 3) 执行菜单命令“PLC”→“端口设置”, 选择计算机的通信端口与通信的速率。
- 4) 输入梯形图, 保存编辑好的程序。执行菜单命令“工具”→“转换”, 将创建的梯形图转换格式后存入计算机中。
- 5) 程序的检查。执行菜单命令“选项”→“程序检查”选择检查的项目, 对程序进行检

查。检查是否有双线圈时,一般只选择“输出”(OUT)指令。

- 6) 程序的下载。打开要下载的程序,将 PLC 置于 STOP 工作模式,用菜单命令“PLC”→“传送”→“写出”将计算机中的程序发送到 PLC 中。在弹出的窗口中选择“范围设置”,并输入起始步和终止步,可以减少写出的时间。
- 7) 程序的读入。在编程软件中新建一文件,在 STOP 工作模式用菜单命令“PLC”→“传送”→“读入”,将 PLC 中的程序传送到计算机中,原有的程序被读入的程序代替。
- 8) 程序的运行与元件监控。PLC 的方式开关在 RUN 位置时,执行菜单命令“PLC”→“遥控运行/停止”,可以切换 PLC 的 RUN 与 STOP 模式。
- 9) 在运行模式(PLC 上的“RUN”LED 亮),可强制继电器改变信号,观察各状态变化。

(3) 应用GT Works绘制2幅画面（也可参照下图），实现2幅画面的切换，掌握软件平台的使用（PC--USB--触屏连接）。



四、实验思考：

写出I/O分配表、梯形图和指令表

了解三菱/西门子各种PLC, 软件及特点。

总结PLC的I/O端口特点。

实验三 基本控制实验

一、任务目的：

- (1) 熟悉三菱PLC的基本指令；部分功能指令；
- (2) 熟悉梯形图的编程原则；
- (3) 掌握梯形图的编程；
- (4) 彩灯控制及霓虹灯控制系统等编程实践；

三、预备知识：

- 三菱PLC的基本指令；梯形图的编程原则；功能指令；编程实践

四、实验说明：

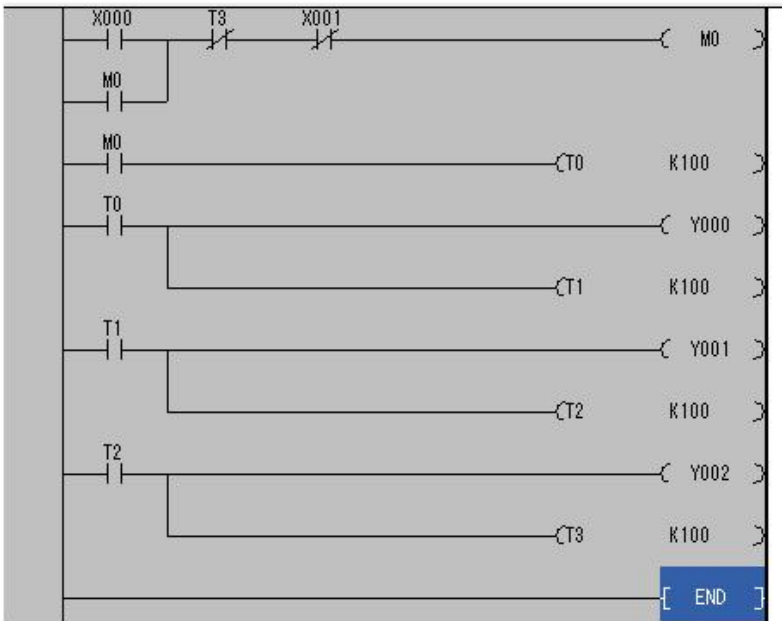
1. 彩灯控制（PLC验证）

要求：按下SB1（用M或S替代，可强制），2s后，小灯L1亮；L1亮2s后，小灯L2亮；L2亮2s后，小灯L3亮；L3亮2s后，小灯全部熄灭；
按下SB2（任何时刻），小灯全部熄灭；

I/O分配表

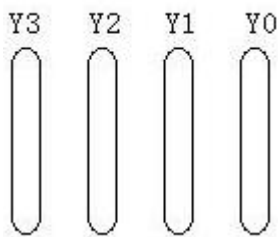
输入			输出		
元件	功能	I	元件	功能	O
SB1	START	X000	L1	LED	Y000
SB2	STOP	X001	L2	LED	Y001
			L3	LED	Y002

供参考梯形图见下, 运行调试，观察PLC输出灯的变化是否符合设计。



2. 霓虹灯控制（PLC程序+触屏程序）

要求：4个LED灯，信号依次为 Y0-Y3，按一定的规律动作。



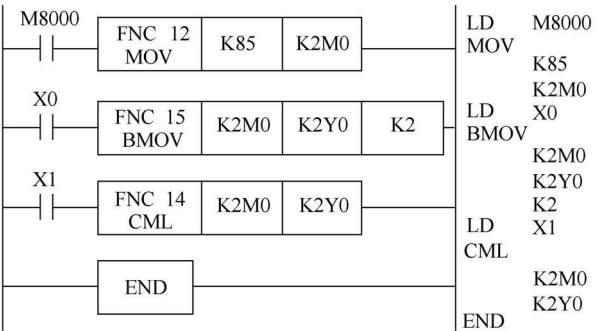
第 1 根亮→第 2 根亮→第...→第 4 根亮，时间间隔为 1s，全亮后，显示5s，再反过来从 4→3→...→1 顺序熄灭。全灭后，停亮 2s。再从第一根开始亮起，这样周而复始的循环动作。

- 1) 由GT design 建立输入，输出图形。
- 2) 梯形图写入FX5, 运行调试。

3. 传送指令的应用研究（选做）

1) 将图所示梯形图程序送入到 PLC 中去。运行程序, 观察 Y0、Y1、Y2 的变化。体会 MOV、BMOV、CML 指令的使用。

当 PLC 运行后, 传送数值 K85(二进制为 01010101)到位组合元件 K2M0, 作为输出源值。当 X0 为 ON 时, 用 BMOV 块传送指令, 将数值 K85 送到 K2Y0, 使输出隔位为 ON; 当 X1 为 ON 时, 用 CML 指令将数值取反后送到 K2Y0, 实现隔位轮换输出。



2) 若将 K85(即 01010101)由输入端输入, 则程序将如何改变?若不用 CML 取反指令改变输出, 还可用哪些其他传送指令实现, 试修改程序并验证。

- 3) 读者可根据上述例子的实验方法, 选择其他数据传送处理类指令进行认识和验证。
- 4) 用传送指令实现输入开关对输出指示灯亮多少的控制, 控制要求如下。
 - 输入开关 X0 至 X6 的通断, 决定 Y0~Y5 输出指示灯有几只亮, 如 X2 为 ON, Y0、Y1 两只灯亮……。
 - 开关 X7 为 ON 时, 被控灯均不亮。
- 5) 在上题中, 若输入采用 BCD 码数字开关, 数字开关为 “3”, 应有 3 只指示灯亮, 即输出指示灯亮多少由数字开关的数值控制, 程序如何设计?

五、实验思考：

- 实验报告(写出I/O分配表、梯形图和指令表)。
- 三菱FX系列PLC梯形图的编程原则有哪些？举例说明。
- 写出梯形图的指令语句表。

实验四 设计编程实验例1

一、任务目的：

- （1）熟悉部分功能指令；
- （2）控制变频器按三段速运行；
- （3）控制变频器按梯形加速、恒速、减速运行；

三、预备知识：

- FX系列PLC的功能指令
- 变频器设置
- 编程实践

四、实验说明：

梯形图写入FX5, 运行调试。

五、实验思考：

实验五 设计编程实验例2

一、任务目的：

- （1）熟悉三菱PLC的步进指令；
- （2）熟悉状态转移图/梯形图/指令表；
- （3）喷水池的PLC控制；

三、预备知识：

- 触屏设计
- 编程实践

四、实验说明：

根据喷水池模拟系统示意图，控制要求：

喷水池中央喷嘴为高水柱，周围为低水柱开花式喷嘴。按起动按钮，实现如下花式喷水：

高水柱 3s→停 1s→低水柱 2s→停 1s→双水柱 1s→停 1s→重复上述过程。
按停止按钮时，停止工作。

输入输出配置：
输入：SB1—X0；SB2—X1。
输出：中央喷嘴电磁阀 YV1—Y0；周围喷嘴电磁阀 YV2—Y1。

PLC 的外部接线见右图，喷水池梯形图控制程序详见下图。

按起动按钮 SB1，即 X0 为 ON,K1 送 K1Y0, Y0 为 ON, 中央喷嘴喷出高水柱；延时 3s(T1) 后,K0 送 K1Y0, Y0 为 OFF, 中央喷嘴停止喷水；再延时 1s(T4) 后,K2 送 K1Y0, Y1 为 ON, 周围喷嘴低水位喷水。再延时 2s(T2) 后,K0 送 K1Y0, Y0 为 OFF, 周围喷嘴低水位停止喷水；再延时 1s(T4), 且 C5 计数 2 次满后,M2 置位,K3 送 K1Y0, Y0、Y1 为 ON, 双喷嘴喷水；再延时 1s(T3) 后,K0 送 K1Y0, Y0、Y1 为 OFF, 双喷嘴停止喷水,C5、M2 复位；再延时 1s(T4) 后,K1 送 K1Y0, Y0 为 ON, 中央喷嘴喷出高水柱……重复上述过程。

按停止按钮(X1 为 ON),K0 送 K1Y0, Y0、Y1 为 OFF,C5、M2 复位。系统停止工作。
上述指令程序中,用 MOV 指令传送数据到输出,实现输出状态的改变,达到顺序控制的目的。这是 MOV 指令应用的主要方面,可大大地简化程序的输出。

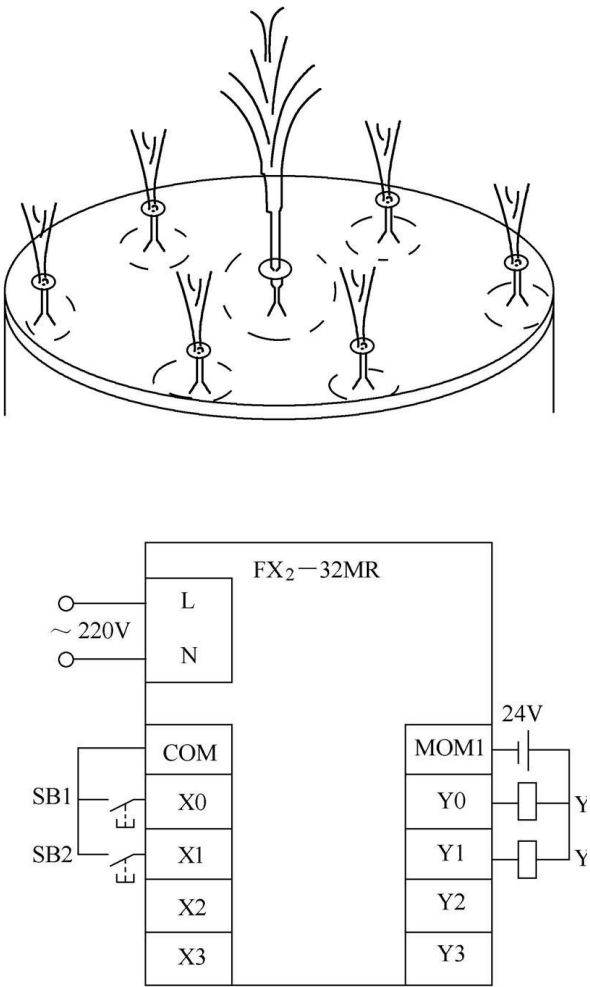
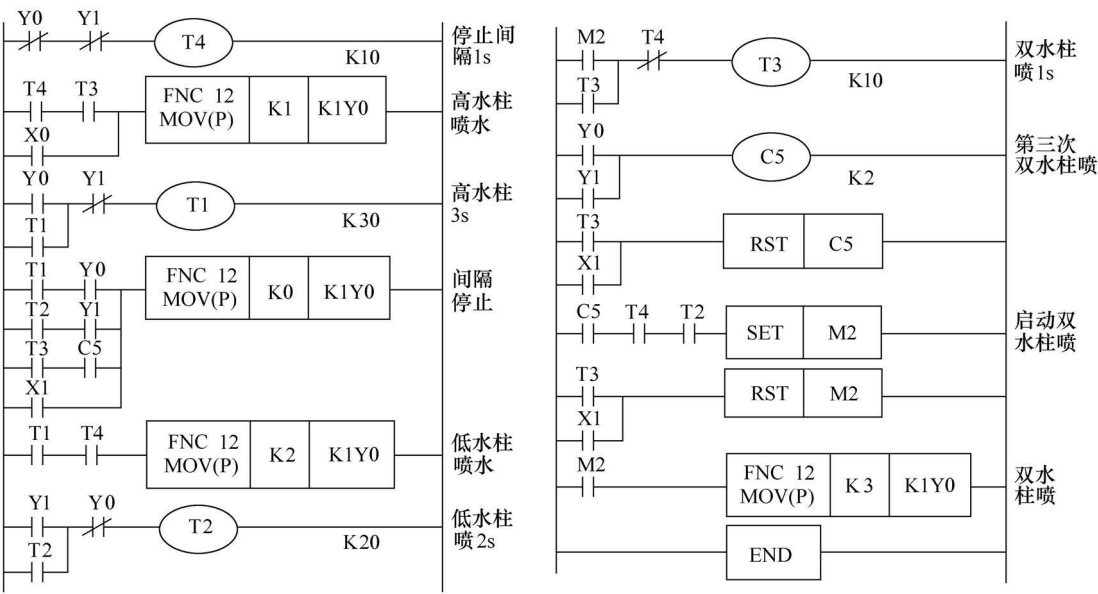


图 A-16 PLC 外部接线图



五、实验思考：

- 实验报告(写出I/O分配表、梯形图和指令表)

实验六 综合设计实验例

一、任务目的：

- （1）掌握三菱PLC的工程应用设计；
- （2）交通灯控制系统；

三、预备知识：

- 三菱PLC的工程应用实践；
- FX数据手册；
- 触屏设计；

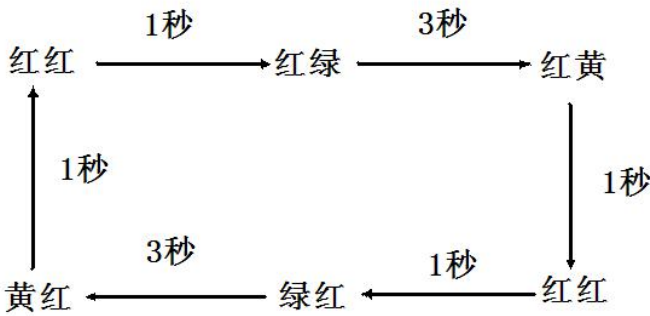
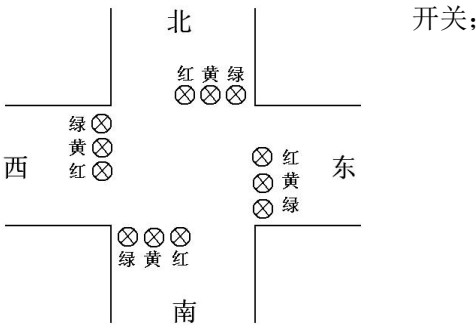
四、实验说明：

交通灯控制系统（PLC+触屏）；

要求：

X000（或M??;S??） 启动

- Y001, 绿灯;
- Y002, 黄灯;
- Y003, 红灯;
- Y004, 绿灯;
- Y005, 黄灯;
- Y006, 红灯;



- 1) 由GT design 建立输入，输出图形显示。
- 2) 梯形图写入FX5, 运行调试。

五、实验思考：

- 完成课程实验报告

附录：

说明

实验六A 综合设计实验

- 多伺服控制

实验六B 综合设计实验

- 多变频控制