

第一章 可编程控制器基础知识

一、PLC 概述

1. 什么是 PLC?

PLC 是可编程控制器 (Programmable Controller) 的简称, 是一种在继电器控制技术和计算机控制技术的基础上发展起来的一种新型工业自动控制装置。早期的可编程控制器仅有逻辑运算、定时、计数等基本功能, 主要用来取代传统的继电器控制, 因此, 通常将其称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)。随着微电子技术和计算机技术的发展, 微处理器技术应用到 PLC 中, 使 PLC 不仅具有逻辑控制功能, 还增加了算术运算、通信联网等功能。但是, 为了不与个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC 相混淆, 常常还将可编程控制器简称为 PLC。

2. PLC 产生的背景

①继电器控制系统的特点

优点: 简单易懂, 操作方便, 价格便宜, 掌握容易。

缺点: 设备体积大, 开关动作慢, 功能较少, 接线复杂, 触点易损坏, 改接麻烦, 灵活性差。

②计算机控制系统的特点

优点: 功能完善, 灵活性强, 通用性好。

缺点: 计算机技术复杂, 编程很不方便, 价格十分昂贵, 抗干扰能力差。

3. 1968 年美国通用汽车公司 (GM) 公开招标研制一种将继电器和计算机控制系统的优点结合起来的新型控制器。

4. 1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出世界上第一台可编程控制器, 型号为 PDP-14, 并在 GM 公司汽车生产线上首次应用成功。

5. PLC 的发展速度非常快, 功能越来越强, 现已发展到第四代。

二、PLC 的基本组成

PLC 实际上是一种工业控制微机, 因而它的硬件结构与一般微机控制系统相似, 其主体由输入与输出部件、中央处理单元、电源部件及等组件构成。

1. 输入与输出部件 (I/O 接口)

这是 PLC 与输入控制信号和被控制设备连接起来的部件, 输入部件接收从开关、按钮、继电器触点和传感器等输入的现场控制信号, 并将这些信号转换成中央处理器能接收和处理的数字信号。输出部件接收经过中央处理器处理过的输出数字信号, 并把它转换成被控制设备或显示装

置所能接收的电压或电流信号，以驱动接触器、电磁阀和指示器件等。

2. 中央处理单元

中央处理单元包括微处理器（CPU）、系统程序存储器和用户程序存储器。

①CPU 是 PLC 的核心部件，整个 PLC 的工作过程都是在 CPU 的统一指挥和协调下进行的，它的主要任务是按一定的规律和要求读入被控对象的各种工作状态，然后根据用户所编制的应用程序的要求去处理有关数据，最后再向被控对象送出相应的控制信号。还可以诊断电源、PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。

②系统程序存储器主要用于存放系统正常工作所必须的程序，如系统诊断程序、键盘输入处理程序、指令解释程序、监控程序等。这些程序与用户无直接关系，已由厂家直接固化进 EPROM 中，不能由用户直接存取、修改。

③用户程序存储器主要存放用户程序（拥护利用 PLC 的编程语言按不同控制要求所编制的控制程序或数据，这相当于设计继电器控制系统硬接线的控制电路图），可通过编程器进行修改。

3. 电源部件

电源部件是把交流电转换成直流电的装置，它向 PLC 提供所需要的直流电源。电源组件具有很高的抗干扰能力，适合工业现场使用，供电稳定、安全可靠。电源组件内还装有备用锂电池，以保证在断电时保存必要的信息。

4. 通信接口

PLC 还有各种通信接口，PLC 通过这些通信接口可与监视器、打印机、其它的 PLC 或计算机相连。PLC 与打印机相连可将过程信息，系统参数等输出打印。当与监视器相连时可将控制过程图象显示出来。当 PLC 与 PLC 相连时，可组成多机系统或连成网络，实现更大规模控制。当 PLC 与计算机相连时，可组成多级控制系统，实现控制与管理相结合的综合系统。

5. I/O 扩展机

每种 PLC 都有与主机相配的扩展模块，用来扩展输入、输出点数，以便根据控制要求灵活组合系统。PLC 扩展模块内不设 CPU，仅对 I/O 通道进行扩展，不能脱离主机独立实现系统的控制要求。

6. 编程器

编程器是 PLC 必不可少的重要外围设备，由键盘、显示器、工作方式选择开关和外存储器接口等部件组成，主要用于对用户程序进行输入、检查、调试和修改，并用来监视 PLC 的工作状态。编程器有简易型和智能型两类。简易型编程器只能联机编程，且往往需将梯形图转化为助记

符后才能送入。智能型编程器又称图形编程器，它既可联机编程，又可脱机编程，具有图形显示功能，可直接输入梯形图和通过屏幕对话，但价格较贵。现在也可在个人计算机上填加适当的硬件接口，利用生产厂家提供的编程软件包就可将计算机作为编程器使用，而且还可以在计算机上实现模拟调试。

三、PLC 的工作原理

1. PLC 的等效电路

PLC 的工作酷似一个继电器系统，其等效电路可分为三部分：输入部分、内部控制电路和输出部分。

①输入部分——这部分的作用是收集被控设备的信息或操作命令。输入端子外接行程开关、按钮等的触头，内连输入继电器线圈。输入继电器由外部信号通过输入端子驱动，可提供无限多对常开、常闭的软触点供内部使用。

②内部控制电路——由用户根据控制要求编制的程序所组成，其作用是按用户程序的控制要求对输入信号进行运算处理，判断哪些信号需要输出，并将得到的结果输出给负载。

PLC 内部有许多类型的器件，如定时器（T）、计数器（C）、辅助继电器（M）等，它们都有许多对用软件实现的常开、常闭触点。编写的梯形图是将这些软器件进行内部接线，完成被控设备的控制要求。

③输出部分——这部分的作用是驱动外部负载，所以输出端子是 PLC 向外部负载输出信号的端子，其内连输出继电器（Y）的一对常开触点。输出继电器除提供一对常开触点驱动负载以外，还可以提供无数对常开、常闭触点供内部使用。

2. PLC 的周期工作方式

PLC 是通过一种周期工作方式来完成控制的，每个周期包括输入采样、程序执行和输出刷新三个阶段。

①输入采样阶段——PLC 以扫描方式按顺序将所有输入端的状态读入到输入状态寄存器中存储，这一过程称为采样。在本工作周期内这个采样结果的内容不会改变，而且将在 PLC 执行程序时被使用。

②程序执行阶段——PLC 按顺序对程序进行扫描，即从上到下、从左到右地扫描每条指令，

并分别从输入状态寄存器和输出状态寄存器中获得所需的数据进行运算、处理，再将程序执行的结果写入输出状态寄存器中保存。但这个结果在全部程序未执行完毕之前不会送到输出端口上。

③输出刷新阶段——在所有用户程序执行完毕后，PLC 将输出映像寄存器中的内容送入输出锁存器中，通过一定的方式输出，驱动外部负载。

PLC 重复执行输入采样、程序执行、输出刷新三个阶段，每重复一次的时间称为一个扫描周期。PLC 的一个扫描周期一般为 40~100ms 之间。

四、PLC 的特点及分类

1. PLC 的功能

- ①开关量逻辑控制：有“与”、“或”、“非”等逻辑指令，能描述继电器触点的串并联等连接。
- ②定时控制：有定时器和定时功能，使用灵活，操作方便。
- ③顺序控制（步进控制）：有若干个移位寄存器和步进指令。
- ④计数控制：有计数器和计数功能。
- ⑤A/D、D/A 转换
- ⑥数据处理
- ⑦通信与联网
- ⑧对控制系统监控。

2. PLC 的特点

- ①通用性强。PLC 品种多，可适用于不同控制对象或不同控制要求。
- ②硬件设计和接线简单，设计、施工和调试周期短。
- ③编程简单，易于掌握。PLC 的基本指令不多，梯形图与传统继电器控制图很相似。
- ④可靠性高，抗干扰能力强。
- ⑤使用方便。PLC 体积小、重量轻，便于安装。编程器使用简便。自诊断能力强、维护方便。
- ⑥功能完善，扩展方便。

3. PLC 的分类

- 1). 按结构形式分
- 整体式：将电源、CPU、I/O 部件都集中在一个机箱内。
 - 模块式：将 PLC 各部分分成若干个单独的模块。

- 2). 按 I/O 点数分
- 小型 PLC: I/O 点数在 256 点以下, 其中小于 64 为超小型或微型 PLC。
 - 中型 PLC: I/O 点数在 256~2048 点之间。
 - 大型 PLC: I/O 点数在 2048 点以上, 其中超过 8192 点为超大型 PLC。
- 3). 按功能分
- 低档机: 具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能。
 - 中档机: 比低档机多了模拟量输入/输出、算术运算、数据传送比较等功能。
 - 高档机: 比中档机多了矩阵运算等特殊功能函数运算、通信联网等功能。

五、PLC 的发展趋势

1. PLC 向更高处理速度、更大存储容量方向发展

为了提高 PLC 的处理能力, 要求 PLC 具有更好的响应速度和更大的存储容量。

在 PLC 中, 用户程序的存储容量有的是用编程的步数来表示, 每编一条语句为一步; 有的是以字为单位来计算, 约定 16 位二进制数为一个字节, 每 1024 个字节为 1K 字节。目前大型 PLC 的存储容量是几百 K 甚至几兆字节。为了扩大存储容量, 有的公司已使用了硬盘。

PLC 的处理速度是用扫描速度表示的, 目前大型 PLC 的扫描速度可达 0.2ms/kb 左右。

2. PLC 产品规模向大、小两个方向发展

PLC 主要有超大型和超小型两个发展趋势。超小型 PLC 向体积更小、速度更快、功能更强、价格更低方向发展, 以真正完全取代最小的继电器系统。超大型 PLC 向大容量、高速度、多功能方向发展, 能与计算机组成分布式控制系统, 实现对工厂生产全过程的集中管理。

3. PLC 的编程语言和编程工具向标准化和多样化发展

PLC 的编程语言主要有梯形图、语句表等, 其中最常用的是梯形图。目前, 美国、日本、法国等生产的 PLC 产品在控制方面的编程语言基本采用的是梯形图, 且已标准化。但随着现代 PLC 产品应用的急速扩展, 尤其是 PLC 在一些复杂的大规模的控制系统以及通信联网方面的应用, 仅靠梯形图是不够的, 因此, 近年来 PLC 编程语言出现了向高级语言发展的趋势, 出现了多种 PLC 的高级编程语言。目前许多公司的产品都可连接 BASIC、PASCAL、C、FORTRN 编程语言模块, 采用这些高级语言编程。

PLC 的编程工具以前主要有简易编程器和图形编程器两种。现在的编程工具主要分三重类型：1) 手持式或简易式编程器，供工程技术人员使用；2) 便携式图形编程器，具有一定的功能；3) 阴极射线管（CRT）图形编程器，具有良好的功能。目前个人微机开始用于 PLC 编程，配有适当软件包，即可代替 CRT 图形编程器，并能用多种编程语言编制用户程序，使用简单方便，应用日益广泛。

4. 不断开发智能模块，加强联网和通信能力

为满足各种自动化控制系统的要求，近年来不断开发出许多功能模块，如高速计数模块、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信和人机接口模块等。这些带处理器、EPROM 或 RAM 的智能 I/O 模块，既扩展了 PLC 功能，又使用灵活方便，扩大了 PLC 应用范围。

加强 PLC 联网与通信的能力，是 PLC 技术进步的潮流。PLC 的联网与通信可分为两类：一类是 PLC 之间联网通信，各 PLC 制造厂家都有自己的专有联网手段；另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信，一般 PLC 都有通信模块用于与计算机通信。

第二章 常用可编程控制器及基本指令系统

一、PLC 的常用编程语言

1. 梯形图编程语言

梯形图是一种图形语言，是目前 PLC 应用最广、最受电气技术人员欢迎的一种编程语言。在梯形图中仍沿用了继电器、线圈、常闭触点、常开触点、串并联等术语和图形符号，并增加了一些继电器控制中没有的符号，因此梯形图与继电器控制原理图相似，具有形象、直观、易懂等特点。梯形图的主要特点如下：

①梯形图按自上而下，从左到右的顺序排列，形似梯子。两侧的垂直公共线称为母线，每一个继电器线圈为一个逻辑行，即一层阶梯。每一逻辑行起始于左母线，然后是各接点按一定的控制要求和规则串并联，最后以继电器线圈接到右母线上结束。

②梯形图中虽采用了“继电器”这一名称，但它们不是真实的物理继电器，而是 PLC 内部的编程元件，因此称之为“软继电器”。

③在梯形图中有一个假想的电流，假想电流只能从左流向右。

2. 助记符编程语言（又称语句表）

助记符语言，就是用表示 PLC 各种功能的助记功能缩写符号和相应的器件编号组成的程序表达方式。例如 LD X400。像这样的每句助记符编程语言就是一条指令或程序。助记符语言比微机中使用的汇编语言直观易懂，编程简单。但不同厂家制造的 PLC 所使用的助记符和器件编号不尽相同，所以对于同一个梯形图来说，写成对应的语句表也不尽相同。

3. 逻辑功能图

这种编程方法基本上沿用了半导体逻辑电路的逻辑图来表达，常用“与”门、“或”门、“非”门等符号，图的左边画输入，右边画输出。

4. 功能流程图（又称状态转换图）

它将一个完整的控制过程分成若干步，各步具有不同动作，各步之间的转换有一定的条件，条件满足则上一步结束而下一步开始。它的作用是表达一个完整的顺序控制过程。

5. 高级语言

随着软件技术的发展，近年来为了增加 PLC 的运算功能和数据处理能力，完成比较复杂的控制，在许多大型 PLC 中已采用高级语言来编程，如 BASIC 语言、C 语言等。

二、PLC 的软继电器

PLC 等效电路图中的继电器并不是实际的继电器，而是用软件实现的“软继电器”。不同厂家、不同系列的 PLC，其软继电器的功能和编号也不相同，用户在编制程序时，必须首先熟悉所选用 PLC 的软继电器的功能和编号。我们以日本三菱公司生产的 F1—40M 为例来进行介绍。

在 F 系列 PLC 中，对每种软继电器都用不同的字母表示，并对这些软继电器给予规定的编号，以便区别。编号采用八进制数表示。

1. 输入继电器

编号：X400~X407，X410~X413，X500~X507，X510~X513 共 24 点。

功能：专门用来接收从外部开关或敏感元件发来的信号。

说明：①只能由外部信号所驱动，不能在内部由程序指令来驱动。因此，在用户编制的梯形图中只能出现输入继电器的触点，而不能出现输入继电器的线圈。

②可提供无数对常开、常闭触点供内部使用。

2. 输出继电器

编号：Y430~Y437，Y530~Y537 共 16 点输出。

功能：专门用来将输出信号传送给外部负载。

说明：①一个输出继电器仅有一对常开触点供外部使用。

②可提供无数对常开、常闭触点供内部使用。

③输出继电器线圈的通断状态只能在程序内部用指令驱动。

以上介绍的两种软继电器都是和用户有联系的，因而又称为 PLC 与外部联系的窗口。下面介绍的则是与外围设备没有联系的内部软继电器，他们既不能用来接收外部的用户信号，也不能用来驱动外部负载，只能用于编制程序，即线圈和接点都只能出现在梯形图中。

3. 辅助继电器

PLC 中备有许多辅助继电器，其作用相当于继电器控制电路中的中间继电器。辅助继电器可分为普通型、断电保持型和特殊辅助继电器。

(1) 普通型辅助继电器

编号：M100~M277 共 128 点

(2) 断电保持型辅助继电器

编号：M300~M377 共 64 点

说明：断电保持型辅助继电器具有记忆功能，在掉电时，其储存的数据和状态由锂电池保护，不会丢失，当电源恢复供电时即可再现掉电前的状态。

(3) 特殊辅助继电器

①M70: 运行监视继电器

当 PLC 运行时, M70 自动处于接通状态, 当 PLC 停止运行时, M70 处于断开状态。

②M71: 初始化脉冲继电器

当 PLC 一开始投入运行时, M71 就接通, 自动发出宽度为一个扫描周期的单窄脉冲。

③M72: 100ms 时钟脉冲发生器

④M76: 电池电压下降指示

锂电池电压下降到规定值时, M76 接通, 并用它的触点通过输出继电器接通指示灯, 提醒操作者更换电池。

⑤M77: 禁止输出继电器

一旦 M77 继电器接通, 则所有输出继电器 Y 的输出自动断开。但这不会影响 PLC 内部程序的执行, 常用于控制系统发生故障时切断输出, 而保留 PLC 内部程序的正常执行, 这有利于系统故障的检查和排除。

4. 移位寄存器

说明: ①用辅助继电器可以组成移位寄存器, 每 8 个或 16 个辅助继电器为一组, 构成一个移位寄存器, 移位寄存器的编号就是第一个辅助继电器的编号。

②当某组辅助继电器已用作移位寄存器时, 则这一组辅助继电器不能再作其他用途。

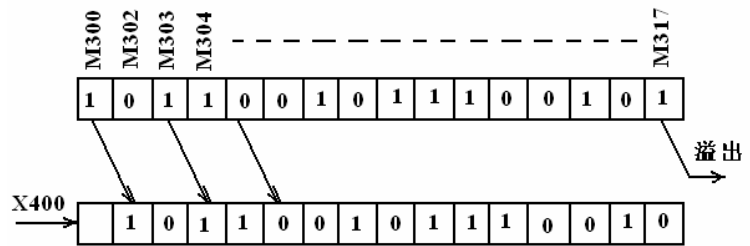
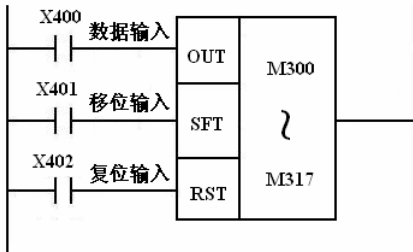
③移位寄存器三个输入端的功能:

(1) 数据输入端 (OUT 端) —— 确定首位状态。当连接数据输入端的 X400 的常开触点闭合时, 移位寄存器的第一个辅助继电器 M300 线圈为 “1” 态; 当 X400 的常开触点断开时, M300 线圈为 “0” 态。即第一个辅助继电器 M300 线圈的得电与否完全由数据输入端 X400 触点的通断状态所决定。

(2) 移位输入端 (SFT 端) —— 上升沿使内部状态移动一位, 如下图所示。当连接移位输入端的 X401 的常开触点由断变通 (上升沿触发), 每个辅助继电器的通断状态依次移动一位。移位后首位 M300 线圈的状态仍取决于数据输入端的状态, 移位前末位 M317 线圈的状态溢出无效。

(3) 复位输入端 (RST) —— 接通时除首位外全部复位。当复位输入端的 X402 的常开触点接通时, 移位寄存器中除首位外的各辅助继电器复位, 即各线圈为失电状态。

编号：M100、M120、M140、M160、M200、M220、M240、M260；
M300、M320、M340、M360。（具有断电保持功能）



5. 定时器

编号：T450~T457，T550~T557 共 16 点。

定时时间 K： 0. 1~999s

功能：定时器线圈所在的驱动电路一旦接通，定时器即开始计时，到达延时时间时，该定时器的触点转换。

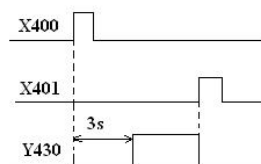
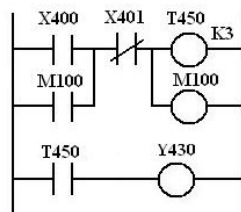
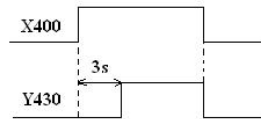
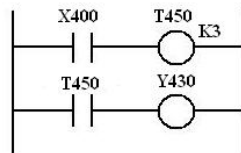
说明：①定时器的定时时间在编程时由设定值 K 决定，开始计时后，每隔 0.1s 对 K 减 0.1，直到减到 0，定时器输出。

②定时器线圈驱动电路的接通时间必须大于定时器的设定值。

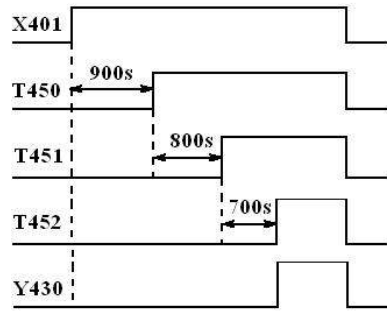
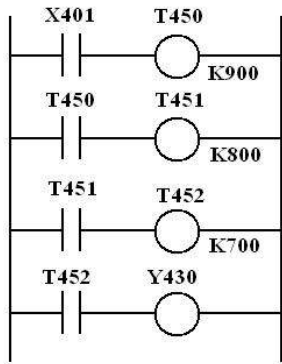
③所有定时器均不具备断电保持功能，当定时器线圈断电时，其定时值 K 恢复到设定值，其触点恢复为原始状态。

④若需要在需要延时动作触点的同时还需要瞬动触点，可将辅助继电器线圈与定时器线圈并联，该辅助继电器的触点即为瞬时动作触点。

例 1：定时器基本电路



例 2：定时器的扩展



6. 计数器

编号：C460~C467，C560~C567 共 16 点。

计数范围：1~999

说明：①F-40M 的计数器为减 1 计数器，其计数值在编程时由设定值 K 决定。

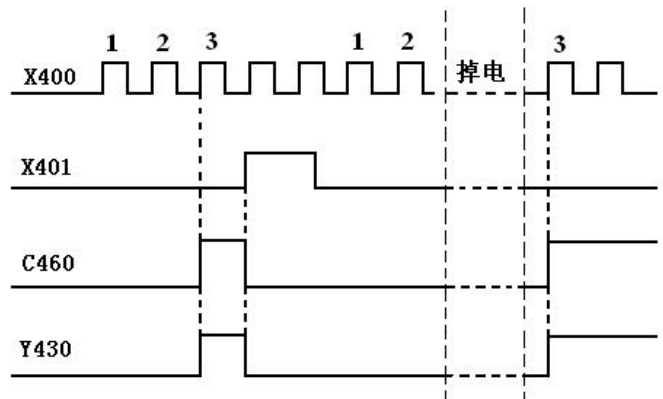
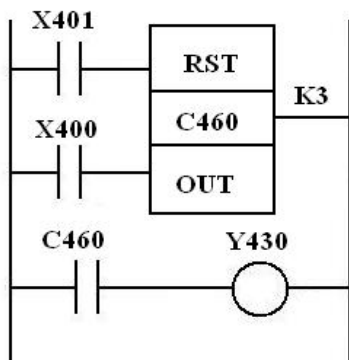
②计数器有两个输入端：计数输入端和复位输入端。复位输入端比计数输入端优先权高。当复位输入端接通时，计数值恢复为设定值 K。当复位输入端断开，计数输入端每次由断开到接通时，计数器的当前值减 1，直到计数器的值减到 0 时，该计数器的触点转换。

③每个计数器均有电池后备，因此当电源中断时，当前计数值被保存下来。

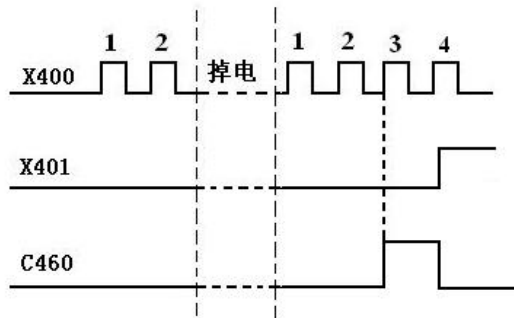
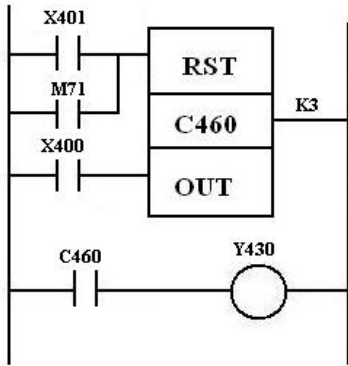
④计数器也可作长延时定时器用。

应用举例：

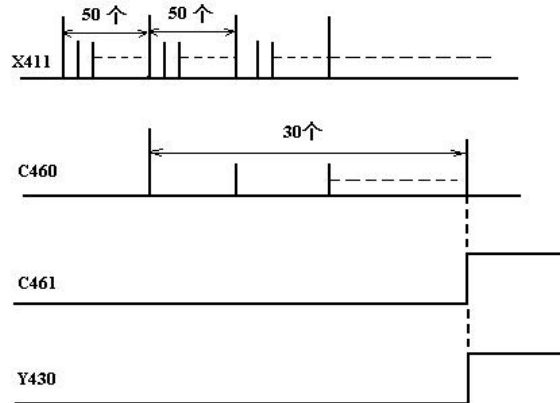
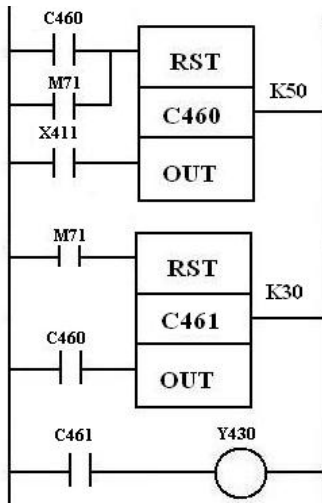
例 1：计数器基本电路（断电保持型）



例 2：非断电保持型计数器



例 3：计数器的扩展



7. 状态寄存器

编号：S600~S607、S610~S617、S620~S627、S630~S637、S640~S647 共 40 点。

功能：专门用来接收从外部开关或敏感元件发来的信号。

说明：①状态寄存器 S 是编制步进控制程序中所使用的基本元件，它与步进指令 STL 结合使用。

②不使用步进指令时，状态寄存器也可作为掉电保护型的普通辅助继电器使用。

三、PLC 的基本逻辑指令及编程方法

F1 系列 PLC 共有 20 条基本逻辑指令，现分别说明如下：

1. 输入、输出指令

LD (Load): 取指令。取与起始母线连接的动合（常开）触点。

LDI (Load inverse): 取反指令。取与起始母线连接的动断（常闭）触点。

OUT(Out): 输出指令。用于驱动除输入继电器外所有器件的线圈。

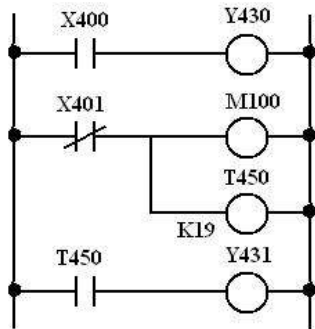
说明: ①LD 与 LDI 指令用于与起始母线相接的触点，也可与 ANB、ORB 指令配合，用于分支回路的起点。

②OUT 指令是驱动线圈的指令。用于驱动除输入继电器外的所有继电器线圈（梯形图中不允许出现输入继电器的线圈）。

③并行的 OUT 指令可以使用任意次，但不能串联使用。

④OUT 指令用于计数器和定时器线圈时必须设定合适的常数，常数 K 的设定需用一步程序。

例：LD、LDI、OUT 指令的使用



LD	X400	取动合触点 X400 的状态
OUT	Y430	驱动输出继电器 Y430
LDI	X401	取动断触点 X401 的状态
OUT	M100	驱动辅助继电器 M100
OUT	T450	驱动定时器 T450
K	19	设定时常数
LD	T450	取定时器动合触点状态
OUT	Y431	驱动输出继电器 Y431

2. “与”指令

AND(And): 常开触点串联连接指令。

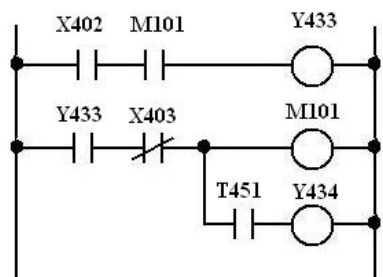
ANI(And inverse): 常闭触点串联连接指令。

说明: ①AND 和 ANI 指令用于单个触点与前面的触点（或电路块）的串联（此时不能用 LD、LDI 指令），串联触点的次数不限，即该指令可多次重复使用。

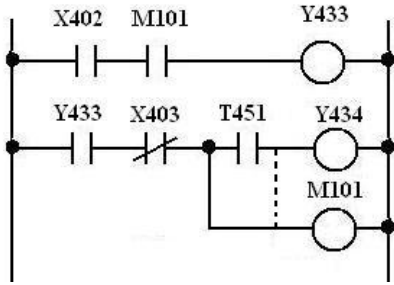
②“连续输出”是指在执行 OUT 指令后，通过触点对其它线圈执行 OUT 指令。只要电路设计顺序正确，OUT 指令可重复使用。

例：AND、ANI 指令的使用

```
LD X402; AND M101; OUT Y433;
LD Y433; ANI X403; OUT M101;
AND T451 常开触点串联
OUT Y434 连续输出
```



例：AND、ANI 指令使用的错误语句



```
LD X402
AND M101
OUT Y433
LD Y433
ANI X403
AND T451
OUT Y434
OUT M101      出错语句
```

按上图将电路转换为程序语句后，如图中虚线所示，T451 的动合触点也变成了 M101 线圈的驱动条件，Y434 与 M101 两个线圈变成了并联连接的关系，使电路改变前后二者的逻辑关系有了变化，因而是错误语句，这一现象在编制程序时应引起注意。

3. “或”指令

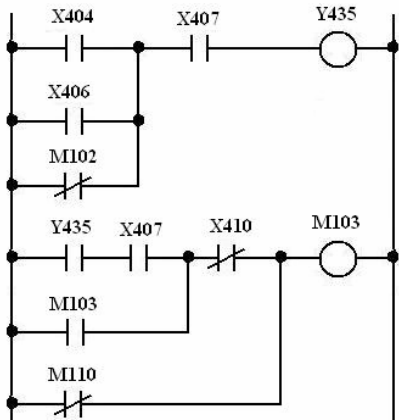
OR (Or): 常开触点并联指令。

ORI (Or inverse): 常闭触点并联指令。

说明: ①OR、ORI 只能用于将单个触点与上面的触点（或电路块）并联连接的指令。

②OR 和 ORI 指令引起的并联是从 OR 和 ORI 一直并联到前面最近的 LD 和 LDI 上，并联的数量不受限制。

例：OR、ORI 指令的使用



```
LD X404
OR X406
ORI M102
AND X407
OUT Y435
LD Y435
AND X407
OR M103
ANI X410
ORI M110
OUT M103
```

4. 块电路“或”指令

ORB (Or block): 用于“串联电路块”的并联连接指令。

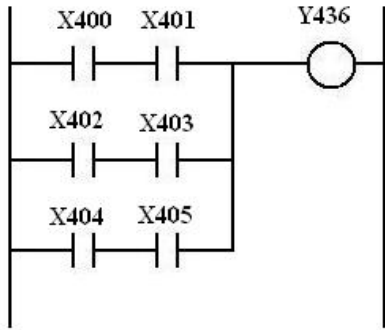
说明: ①两个或两个以上触点串联的电路称作“串联电路块”。

②并联连接“串联电路块”时，起点用 LD 或 LDI 指令，终点用 ORB 指令。

③多个支路组成的并联电路，每写一条并联支路后紧跟一条 ORB 指令，则并联支路的条数没有限制。

④ORB 指令是一条独立的指令，它不带任何器件编号。

例：ORB 指令的使用



```

LD    X400
AND   X401
LD    X402
AND   X403
ORB
LD    X404
AND   X405
ORB
OUT   Y436
    
```

5. 块电路“与”指令

ANB (And block): 用于“并联电路块”的串联连接指令。

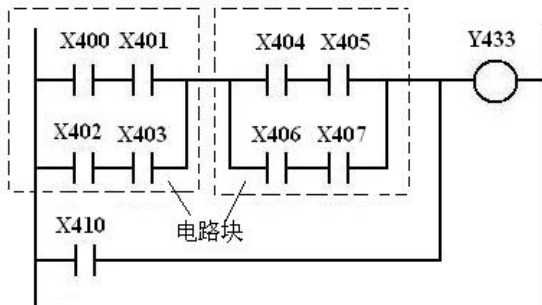
说明: ①两个或两个以上触点并联的电路称作“并联电路块”。

②使用该指令时，应先组块后串联；在每一电路块开始时，须使用 LD、LDI 指令。

③许多电路块组成的串联电路，在组成一个电路块后，紧跟一条 ANB 指令，则串联电路块的个数没有限制。

④ANB 指令是一条独立的指令，它不带任何器件编号。

例：ANB 指令的使用



```

0 LD    X400
1 AND   X401
2 LD    X402
3 AND   X403
4 ORB
5 LD    X404
6 AND   X405
7 LD    X406
8 AND   X407
9 ORB
10 ANB
11 OR   X410
12 OUT  Y433
    
```


能力训练

1. 改正图 1 梯形图中的错误。
2. 写出图 2 梯形图的程序语句。

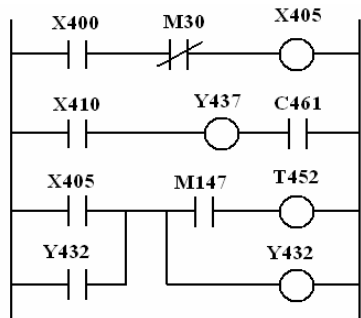


图 1

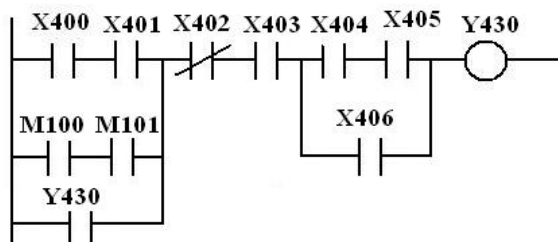


图 2

3. 写出图 3 梯形图的程序语句。

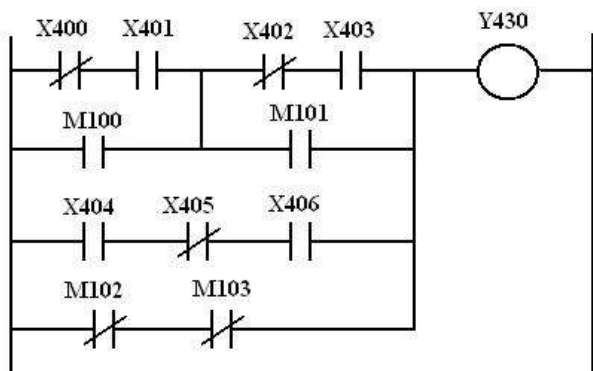


图 3

4. 画出下列指令的梯形图。

- | | | |
|---|-----|------|
| 0 | LDI | X401 |
| 1 | OR | X402 |
| 2 | ANI | M100 |
| 3 | AND | M101 |
| 4 | OUT | Y431 |
| 5 | AND | M102 |
| 6 | OUT | T450 |
| 7 | K | 10 |

四、功能指令及编程方法

复习：1—5 指令

1. 输入输出指令 LD、LDI、OUT
2. 与指令 AND、ANI
3. 或指令 OR、ORI
4. 块或指令 ORB
5. 块与指令 ANB
6. 复位指令

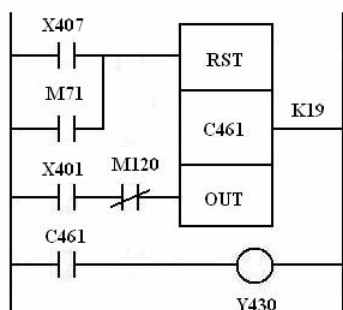
RST (Reset): 用于计数器、移位寄存器的复位。

说明：①将计数器的当前值回复到设定值或清除移位寄存器的内容使用 RST 指令。

②RST 指令在任何情况下都是优先执行的，所以在 RST 保持输入时，不再接受计数输入或移位输入信号。

③计数器的复位回路与计数回路的程序是相互独立的，程序的编写顺序可以任意编排，也可以分开编程。

例：RST 指令的使用



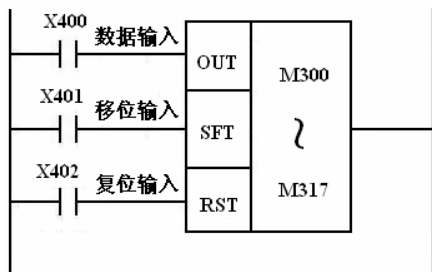
```

LD    X407
OR    M71      } 复位
RST   C461
LD    X401
ANI   M120    } 计数
OUT   C461
K     19
LD    C461
OUT   Y430    } 输出
    
```

7. 移位指令

SFT (Shift): 移位寄存器移位输入指令。

例：SFT 指令的使用



```

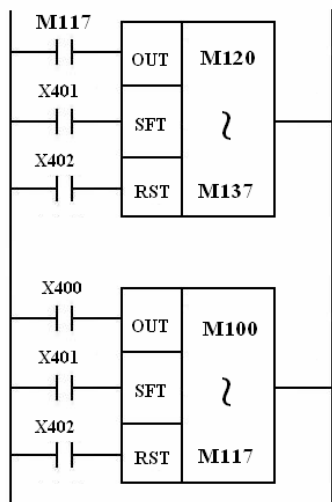
LD    X400
OUT   M300
LD    X401
SFT   M300
LD    X402
RST   M300
    
```

说明：①移位寄存器是由 8 个或 16 个辅助继电器组合进行工作的，第一个辅助继电器的编号为

此移位寄存器的编号。当该辅助继电器已用于构成移位寄存器时，不可再用作它用。其中，由断电保持型辅助继电器组成的移位寄存器仍具有断电保持功能。

②如果需要用两个 16 位的移位寄存器构成一个 32 位的移位寄存器，则这两组移位寄存器应“串联”使用，后一级寄存器的程序应放在前面，用前级移位寄存器的末位输出作为后级移位寄存器的数据输入信号，而且两组移位寄存器的移位输入端外接的触点、复位输入端外接的触点之器件号应相同。移位寄存器的串联使用如下图所示，移位顺序为 M100→M101→M102→…→M107→M110→M112→…M117→M120→M121→…→M137。

例：移位寄存器的串联使用



```
LD M117
OUT M120
LD X401
SFT M120
LD X402
RST M120
LD X400
OUT M100
LD X401
SFT M100
LD X402
RST M100
```

8. 脉冲指令

PLS (Pulse): 用于产生脉冲信号。

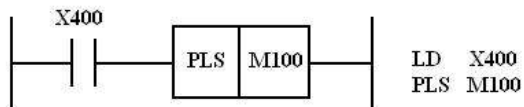
说明: ①PLS 指令只能用于 M100~M377。

②PLS 指令仅在输入信号发生变化时有效，为边沿触发指令，其输出信号的脉冲宽度为一个扫描周期。

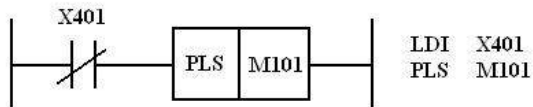
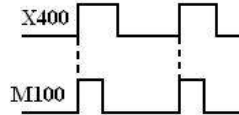
③用常开触点驱动 PLS 指令，产生的是驱动信号线圈状态的上升沿脉冲信号；
用常闭触点驱动 PLS 指令，产生的是驱动信号线圈状态的下降沿脉冲信号。

④PLS 指令还可用于计数器和移位寄存器的复位。

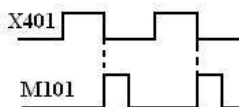
例：PLS 指令的使用



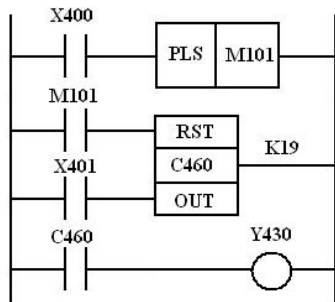
LD X400
PLS M100



LDI X401
PLS M101



例：PLS 指令用于计数器复位



0	LD	X400	6	K	19
1	PLS	M101	7	LD	C460
2	LD	M101	8	OUT	Y430
3	RST	C460			
4	LD	X401			
5	OUT	C460			

9. 空操作指令

NOP (Nop): 使该步序作空操作。

说明: ①NOP 指令在程序中占一个步序，并不做任何操作。

②若在程序中写入 NOP 指令，可使变更和增加程序时，步序号变更最少。

③NOP 指令是无器件编号的独立指令。

10. 结束指令

END(End): 编程结束时写入 END 指令。

说明: ①加入 END 指令可以缩短循环周期。

②在程序调试时，可把程序分为若干段，将 END 指令插入各段程序之后逐段调试程序，在该段程序调试完毕后，删去 END。再进行下段程序的调试，直到程序调完为止。

③END 指令是无器件编号的独立指令。

11. 保持指令

S (Set): 操作保持置位指令。

R (Reset): 操作保持复位指令。

说明: ①只能对 M200~M377 使用 R、S 指令。

②S、R 指令具有“记忆”功能。当使用 S 指令时，其线圈具有自保持功能；当使用 R 指令时，自保持功能消失。

③S、R 指令的编写顺序可任意安排，但当一对 S、R 指令被同时接通时，编写顺序在后的指令执行有效。

例：S、R 指令的使用（见幻灯片）

12. 跳转指令

CJP (Condition Jump): 条件跳转指令，用于跳转开始。

EJP (End of Jump): 跳转结束指令，用于指示跳转目的地。

说明：①跳转指令规定的目标元件号为 700~777 共 64 点。

②跳转条件成立时，则 CJP 和 EJP 之间的程序被跳过去，不予执行；
跳转条件不成立时，则执行 CJP 和 EJP 之间的程序。

③CJP 与 EJP 必须成对使用，一对 CJP、EJP 指令的器件编号必须一致。

④只有 CJP 指令而没有 EJP 指令，则 CJP 指令也不起作用。

⑤EJP 指令不能在 CJP 指令之前，否则 EJP 指令将不起作用。

⑥如果多次使用相同的 EJP 指令，则只有最后一个 EJP 指令有效。

例：CJP、EJP 指令的应用——操作方式的选择（见幻灯片）

13. 主控指令

MC (Master Control): 主控开始指令，用于公共串联触点与多路输出电路的串联连接。

MCR (Master Control Reset): 主控返回指令，用于 MC 指令的复位，即主控结束时返回原母线。

说明：①使用 MC 指令相当于在原母线上分支出一个新母线。在 MC 指令后的任何指令都需以 LD 或 LDI 开头。

②用 MCR 指令可使随后的各支路起点回到原来的母线上。

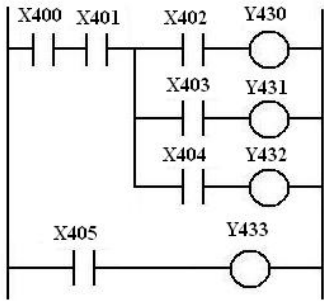
③当 MC 的条件状态为断开，即主控触点 M100 断开时，主控段内除具有断电保持的继电器保持原状态外，其他继电器均为失电状态。当 MC 的条件状态为接通，即主控触点 M100 闭合时，主控段内各继电器的状态与没有 MC、MCR 指令一样被执行。

④MC 和 MCR 必须成对使用，指令对象器件为 M100~M177。

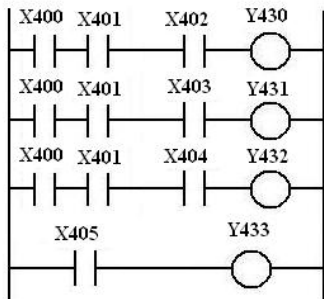
例：MC 和 MCR 指令的使用

在编程时，经常遇到多个分支电路同时受一个或一组触点控制（见图 a），这种情况如果使用前

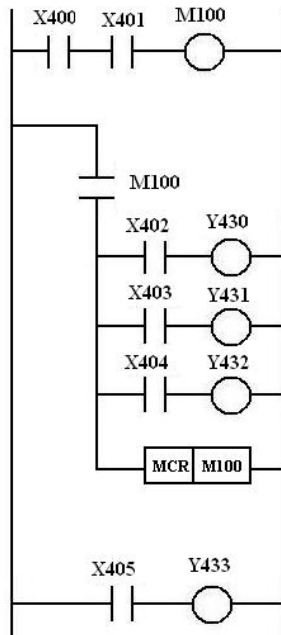
面介绍过的连续输出的方法转换为程序语句，会改变原电路的逻辑关系，显然是行不通的。若在每个线圈的控制电路都串联同样触点（见图 b），则多占存储单元，程序较长。如果用主控指令来解决图 a)的编程问题，则简单明了，如图 c)所示。



a)



b)



c)

- 0 LD X400
- 1 AND X401
- 2 OUT M100
- 3 MC M100
- 4 LD X402
- 5 OUT Y430
- 6 LD X403
- 7 OUT Y431
- 8 LD X404
- 9 OUT Y432
- 10 MCR M100
- 11 LD X405
- 12 OUT Y433

第三章 可编程控制器程序设计

梯形图直观易懂，与继电器控制电路图相近，很容易为电气技术人员所掌握，是应用最多的一种编程语言。尽管梯形图与继电器控制电路图在结构形式、元件符号及逻辑控制功能等方面是相类似的，但它们又有很多不同之处。梯形图具有自己的特点及设计规则。

一、梯形图的特点及设计规则

1. 梯形图的特点

1). 梯形图按自上而下、从左到右的顺序排列。每个继电器线圈为一个逻辑行，即一层阶梯。每一逻辑行起于左母线，然后是触点的连接，最后终止于继电器线圈或右母线(有些 PLC 右母线可省略)。

注意：左母线与线圈之间一定要有触点，而线圈与右母线之间则不能有任何触点。

2). 梯形图中的继电器不是物理继电器，每个继电器均为存储器中的一位，因此称为“软继电器”。当存储器相应位的状态为“1”，表示该继电器线圈得电，其动合触点闭合或动断触点断开。

梯形图中的线圈是广义的，除了输出继电器、辅助继电器线圈外，还包括定时器、计数器、移位寄存器以及各种运算的结果等。

3). 梯形图是 PLC 形象化的编程手段，梯形图两端的母线并非实际电源的两端。因此，梯形图中流过的电流也不是实际的物理电流，而是“概念”电流，是用户程序执行过程中满足输出条件的形象表示方式。

梯形图中，“概念”电流只能从左到右流动，层次改变只能先上后下。

4). 一般情况下，在梯形图中某个编号继电器线圈只能出现一次，而继电器触点(动合或动断)可无限次引用。

如果在同一程序中，同一继电器的线圈使用了两次或多次，称为“双线圈输出”。对于“双线圈输出”，有些 PLC 将其视为语法错误，绝对不允许；有些 PLC 则将前面的输出视为无效，只有最后一次输出有效；而有些 PLC，在含有跳转指令或步进指令的梯形图中允许。

5). 梯形图中，前面所有逻辑行的逻辑执行结果，将立即被后面逻辑行的逻辑操作所利用。

6). 梯形图中，除了输入继电器没有线圈只有触点外，其它继电器既有线圈又有触点。

7). PLC 总是按照梯形图排列的先后顺序（从上到下、从左到右）逐一处理。也就是说，PLC 是按循环扫描工作方式执行梯形图程序。因此，梯形图中不存在不同逻辑行同时开始执行

的情况，使得设计时可减少许多联锁环节，从而使梯形图大大简化。

2、梯形图编程规则

1). 在每一逻辑行中，串联触点多的支路应放在上方。如果将串联触点多的支路放在下方，则语句增多、程序变长，如图 1 所示。

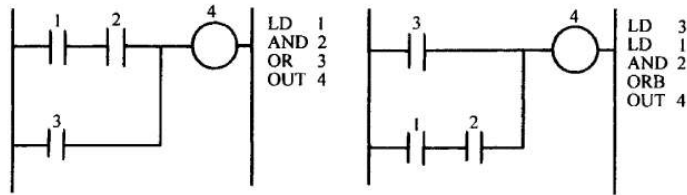


图 1

2). 在每个逻辑行中，并联触点多的电路应放在左方。如果将并联触点多的电路放在右方，则语句增多、程序变长，如图 2 所示。

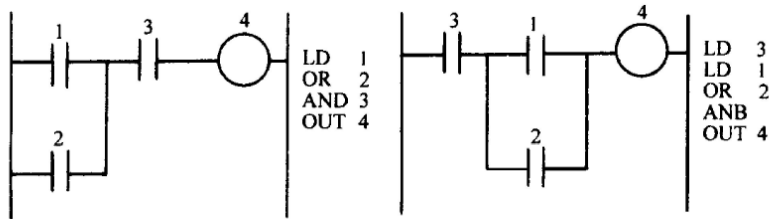


图 2

3). 梯形图中，不允许一个触点上双向“电流”通过。如图 3a)所示，触点 5 上有双向“电流”通过，该梯形图不可编程，这是不允许的。对于这样的梯形图，应根据其逻辑功能作适当的等效变换，如图 3b)所示。再将其简化成为如图 3c)所示的梯形图。

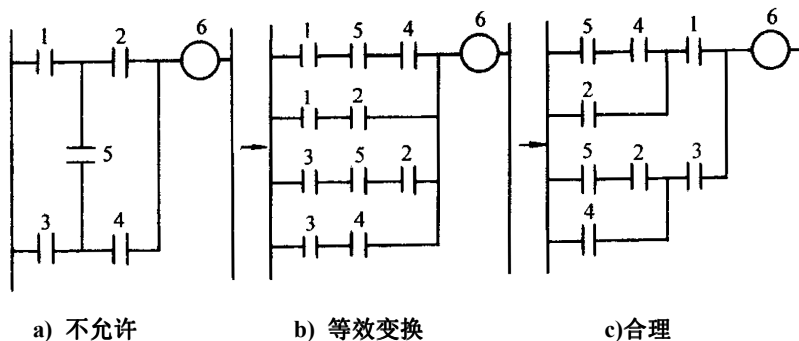


图 3

4). 梯形图中，当多个逻辑行都具有相同条件时，为了节省语句数量，常将这些逻辑行合并。

如图 4a)所示，并联触点 1、2 是各个逻辑行所共有的相同条件，可合并成如图 4b)所示的梯形图，利用主控指令或分支指令来编程。当相同条件复杂时，可节约许多存储空间，这对存储容量小的 PLC 很有意义。

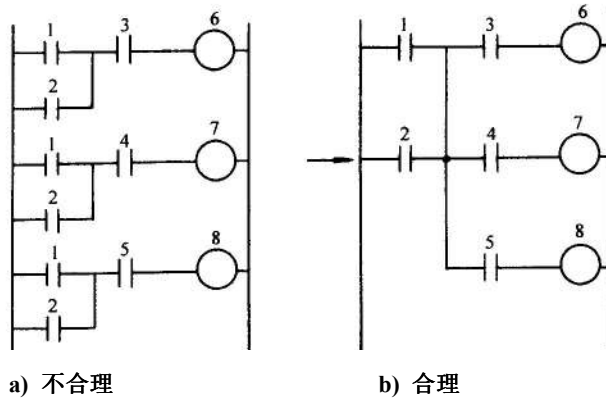
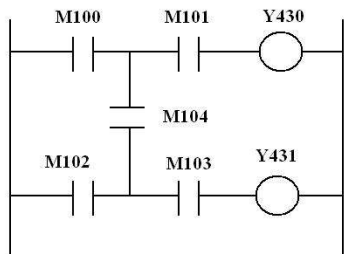


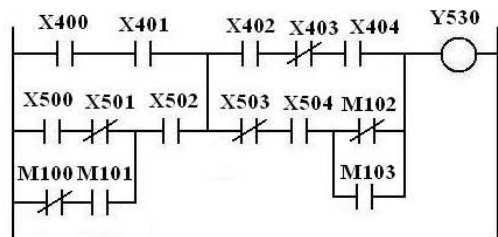
图 3

5). 遇到不可编程的电路必须作重新安排，以便于正确应用 PLC 基本指令来进行编程。

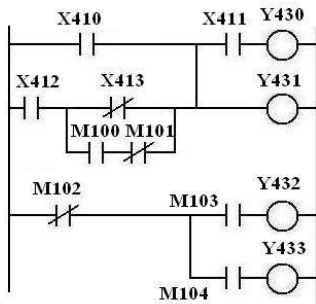
能力训练：将图 4 所示梯形图重新编排后写出语句表。



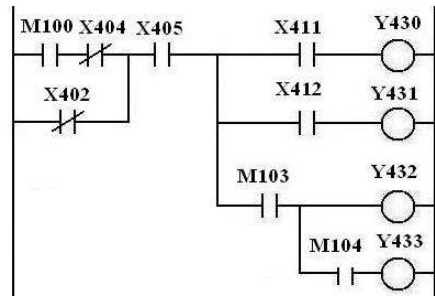
a)



b)



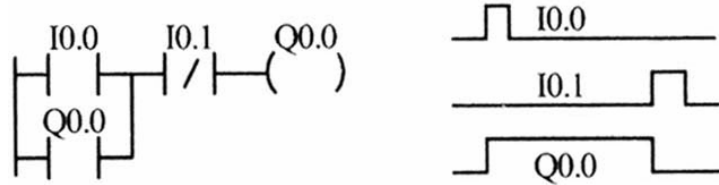
c)



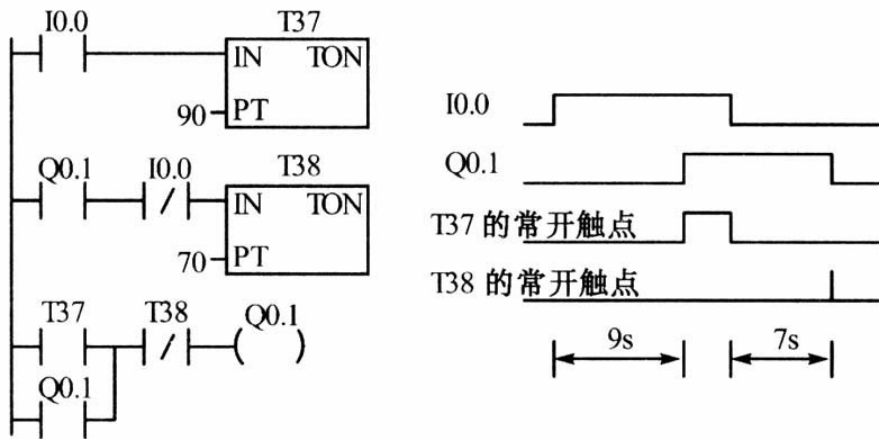
d)

二、典型单元梯形图程序分析

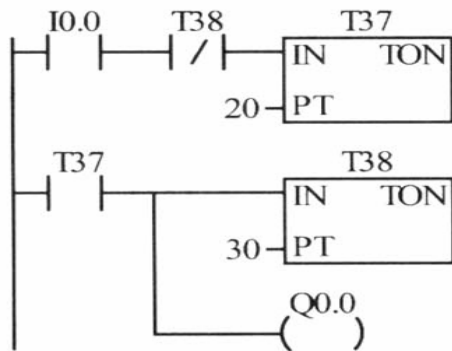
1. 起动保持和停止电路



2. 延时接通/短开电路



3. 闪烁电路



第四章 继电器控制系统的 PLC 改造

最初, PLC 技术的引进大都运用于继电器控制电路的工程改造项目, 即用 PLC 取代继电器控制柜。继电器控制系统经过长期使用和考验, 已被证明能完成控制要求, 而梯形图又与继电器电路图有很多相似之处, 所以可根据继电器电路图来设计梯形图程序, 即用 PLC 的外部硬件接线和梯形图软件来实现继电器控制系统的功能。

一、一般步骤

1. 认真研究继电器控制电路及有关资料, 深入理解控制要求。
2. 对继电器控制电路中用到的低压电器进行分析、归纳。

继电器电路图中的交流接触器、电磁阀、电磁铁、信号灯等执行机构一般用 PLC 的输出继电器来控制, 它们的线圈接在 PLC 的输出端。按钮、限位开关、转换开关、速度继电器等用来提供控制命令和反馈信号, 它们的触点接在 PLC 的输入端, 一般使用常开触点(原因见后面)。继电器电路中的中间继电器和时间继电器的功能用 PLC 内部的辅助继电器和定时器来完成, 它们与 PLC 的外部接线无关。热继电器的常闭触点接在 PLC 的输出端直接通断电源更为可靠, 梯形图中不再考虑。

3. 分配 I/O 地址, 作出 PLC 的外部接线图。要特别注意对原继电器控制电路中作为输入设备的常闭触点的处理。

4. 用 PLC 的软继电器符号和 I/O 编号取代原继电器控制电路中的电气符号。
5. 整理梯形图(注意避免因 PLC 的周期扫描工作方式可能引起的错误)。
6. 写出对应的语句表。

二、应用实例——限位控制的 PLC 改造

限位控制的继电器控制电路如图 1a) 所示。

1. 认真研究电路, 并由此理解到此电路实现的是电动机正反转双向限位的控制要求。
2. 对电路中用到的输入设备和输出负载进行分析、归纳。

5 个输入设备: SB1、SB2、SB3、正向限位开关 SQ1 和反向限位开关 SQ2;

2 个输出负载: 正向接触器 KM1 和反向接触器 KM2。

3. 分配 I/O 地址, 作出 PLC 的外部接线图。

将归纳出的输入输出设备进行 PLC 控制的 I/O 编号设置, 并做出输入输出的接线, 如图 1b) 所示。这里特别要说明的是接线图中需将原停止按钮 SB3、限位开关 SQ1、SQ2 等输入设备的动断形式改为动合形式。为确保在任何情况(例如某一接触器的主触头熔焊)下两个接触器都

不会同时接通，在 PLC 的外部设置了由 KM1 和 KM2 常闭触点实现的硬件互锁。

4. 用 PLC 的软继电器符号和输入输出编号取代原来的电气符号，画出梯形图。
5. 整理梯形图，如图 1c) 所示。
6. 根据梯形图写出程序语句。

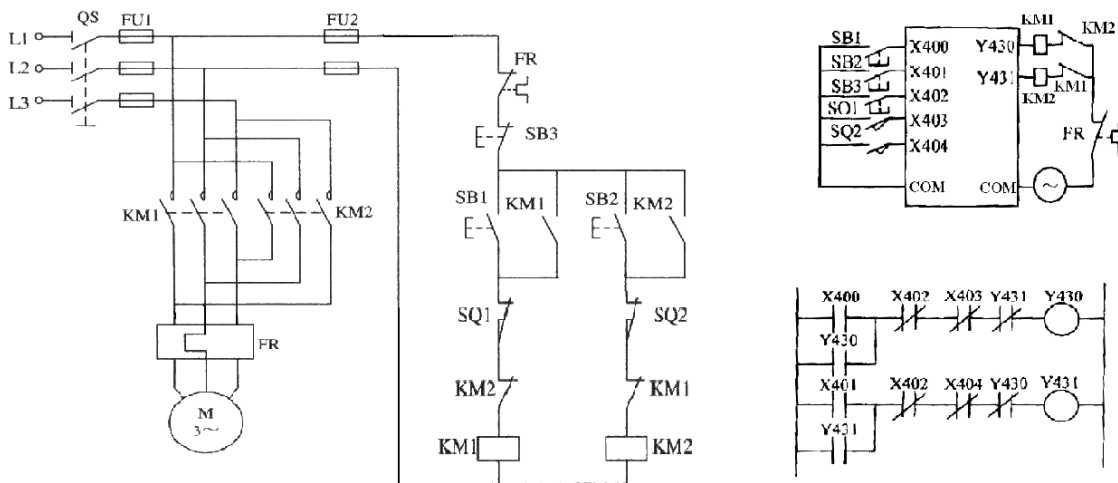


图 1

双向限位 PLC 控制的工作过程如下：

图中 SQ1、SQ2 为安装在预定位置的限位开关。按下正向起动按钮 SB1，输入继电器 X400 得电，其常开触点闭合，输出继电器 Y430 线圈得电并自锁，接触器 KM1 得电吸合，电动机正向运转使运动部件向前运行。与此同时 Y430 的常闭触点断开输出继电器 Y431 的线圈，实现互锁。当运动部件运行到终端位置时，装在其上的挡铁碰撞限位开关 SQ1，SQ1 常开触点闭合，输入继电器 X403 得电，其常闭触点断开，Y430 线圈失电使 KM1 释放，电动机断电停转，运动部件停止运行；按下反向起动按钮 SB2 时，输入继电器 X401 得电，其常开触点闭合，输出继电器 Y431 线圈得电并自锁，接触器 KM2 得电吸合，电动机反向运转。此时 Y431 的常闭触点断开输出继电器 Y430 的线圈，实现互锁。当运动部件向后运行至挡铁碰撞限位开关 SQ2 时，X404 的常闭触点断开 Y431 线圈，KM2 失电释放，电动机停转使运动部件停止运行。停机时按下停机按钮 SB3，X402 的两对常闭触点分别断开，过载时热继电器 FR 动作，使 KM1、KM2 线圈失电，电动机停止运行。

三、常闭触点输入的处理

PLC 是继电器控制柜(盘)的理想替代物，但在改造过程中必须注意对作为 PLC 输入信号的常闭触点的处理。以三相异步电动机起停的控制电路为例，改造后的 PLC 输入输出接线如图 2a) 所示，从图中可见，这里仍沿用继电器控制的习惯，起动按钮 SB1 选用常开形式，停止按钮 SB2 选用常闭形式。此时如果直接将图 2b)所示的原继电器控制电路图转换为图 2c)所示的 PLC 梯形图，运行程序时会发现输出继电器 Y431 无法接通，电动机不能起动。这是由于图 2a)中停止按钮 SB2 的输入为常闭形式，在没有按下 SB2 时此触点始终保持闭合状态，即输入继电器 X402 始终得电，图 2c)梯形图中的 X402 常闭触点一直处于断开状态，所以输出继电器 Y431 无法得电，必须将图 2c)梯形图中的 X402 触点形式改变为常开形式，如图 2d)所示才能满足控制要求。此类梯形图形式与我们的通常习惯并不符合。

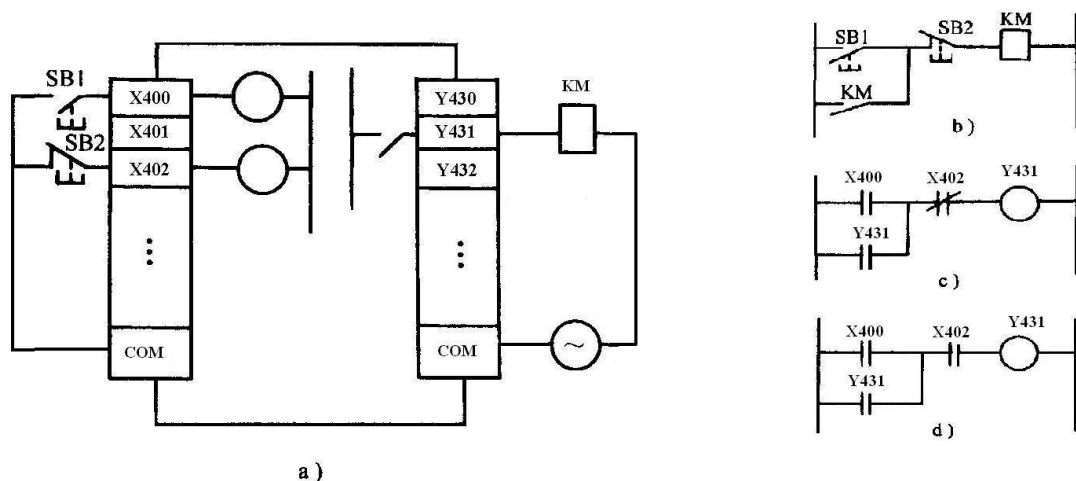


图 2

实际上设计梯形图时，输入继电器的触点状态全部按相应的输入设备为常开形式进行设计更为合适。因此，建议尽可能用输入设备的常开触点与 PLC 输入端连接，尤其在改造项目中，要尽量将作为 PLC 输入的原常闭触点的接线形式作改动(某些只能用常闭触点输入的除外)。这是因为，采用常开触点输入时，可使 PLC 上的输入口在大多数时间内处于断开状态，这样做既可以节电，又可以延长 PLC 输入口的使用寿命，同时在转换为梯形图时也能保持与继电器控制电路图的习惯相一致，不会给编程带来麻烦。

第五章 PLC 在逻辑控制系统中的应用实例

一、8 位彩灯控制

1. 控制要求

- ①8 位彩灯能实现不同花样的“追灯”。
- ②可控制彩灯的移位速度。
- ③可控制彩灯的移位方向。

2. PLC 外部接线及 I/O 分配

PLC 外部接线及 I/O 分配如图 1 所示。图中 K1 为移位方向选择开关，当 K1 闭合时彩灯从左向右“追灯”；当 K1 断开时彩灯从右向左“追灯”。K2~K8 为花样设定开关，若要一个灯依次闪亮，只需合上一个开关；若要两个灯依次闪亮，则合上两个开关；…；通过这七个开关不同通断组合实现不同花样的“追灯”。

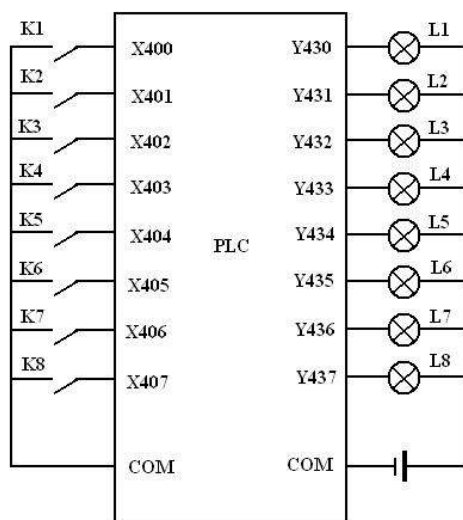


图 1 PLC 外部接线图

3. 梯形图及工作原理

梯形图如图 3 所示，各部分原理分述如下：

①环形移位原理

从图 3 中可以看出，移位寄存器的数据输入端所接的是 M210 的常开触点，而 M210 正是移位寄存器中的第 9 位。移位寄存器工作时，移位输入端每接通一次，移位寄存器中的数据就向后移一位。当 M207 中的数据移到 M210 时，M210 在下一个扫描周期就把该数据送到 M200 中，在外观上相当于 M207 直接把数据送到 M200，如图 2 所示。这样，数据就在 M200~M207 八个继电器中循环移位了。

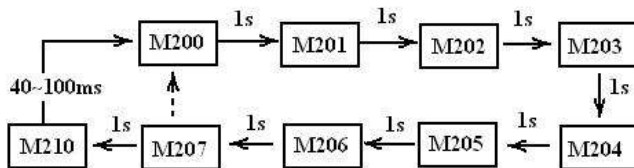


图 2 环形移位原理

②初始值设定

在 PLC 投入运行的第一个扫描周期，M71 接通并将移位寄存器清零，同时利用主控指令和置位指令在 M201~M207 中设定初始值，此时只要 X401~X407 中有开关闭合，相对应的存储单元中就放置了数据“1”，否则放置了数据“0”。必须注意的是，必须要在 PLC 运行前将 X401~X407

按要求闭合或断开，PLC 运行后再动 X401~X407 对运行结果就没有影响了。

③脉冲产生

PLC 投入运行后，T450 线圈接通并开始计时，1 秒钟后 T450 常闭触点断开，使 T450 线圈失电，一个扫描周期后，T450 常闭触点又复位使 T450 线圈接通开始新一轮的计时；而 T450 常开触点每隔 1 秒钟接通一个扫描周期，即每隔 1 秒钟向移位寄存器送出一个移位脉冲。

④输出后移

设定初始值后，移位寄存器中的数据至少有一个“1”。这样，每隔 1 秒“1”就会向后移一位，移到哪一位，哪个辅助继电器的常开触点就会闭合，与其相对应的输出继电器线圈就会得电，对应的彩灯就会亮。利用 M200~M207 的常开触点分别控制 Y430~Y437，当移位寄存器中的数据在 M200 和 M207 之间循环移动时，Y430~Y437 循环接通，与其对应的 8 位彩灯就实现了从左到右的“追灯”花样。

⑤输出前移

移位寄存器中的数据只会后移，而不会前移。但通过编程可实现输出前移。利用 M200~M207 的常开触点分别控制 Y437~Y430，当移位寄存器中的数据在 M200 和 M207 之间循环移动时，Y437~Y430 循环接通，与其对应的 8 位彩灯就实现了从右到左的“追灯”花样。

二、12 位彩灯控制

1. 控制要求

①12 位彩灯既可以顺时针“追灯”，也可以逆时针“追灯”。②最多只要 4 个灯亮。

2. I/O 分配

12 为彩灯 L1~L12 分别对应 PLC 的 Y431~Y436、Y531~Y536；

X400 为移位方向选择开关，X401~X404 为初始值设定开关。

3. 梯形图

与 8 位彩灯控制类似，只要对图 3 略作修改，就可得出 12 位彩灯控制的梯形图，如图 4 所示。

*三、天塔之光

1. 控制要求：放射式发光 L1 亮 → L2、L3、L4、L5 亮

全灭 ← L6、L7、L8、L9 亮

收缩式发光 L6、L7、L8、L9 亮 → L2、L3、L4、L5 亮

全灭 L1 亮

2. I/O 分配: L1—Y431、L2—Y432、...、L7—Y437、L8—Y530、L9—Y531。

3. 梯形图: 如图 5 所示。

*四、旋转风车

1. 控制要求: 顺时针旋转时 L1、L2、L7 亮 → L1、L3、L8 亮

L1、L5、L6 亮 ← L1、L4、L9 亮

逆时针旋转时 L1、L2、L6 亮 → L1、L5、L9 亮

L1、L3、L7 亮 ← L1、L4、L8 亮

2. I/O 分配: L1—Y431、L2—Y432、...、L7—Y437、L8—Y530、L9—Y531。

3. 梯形图: 如图 6 所示。

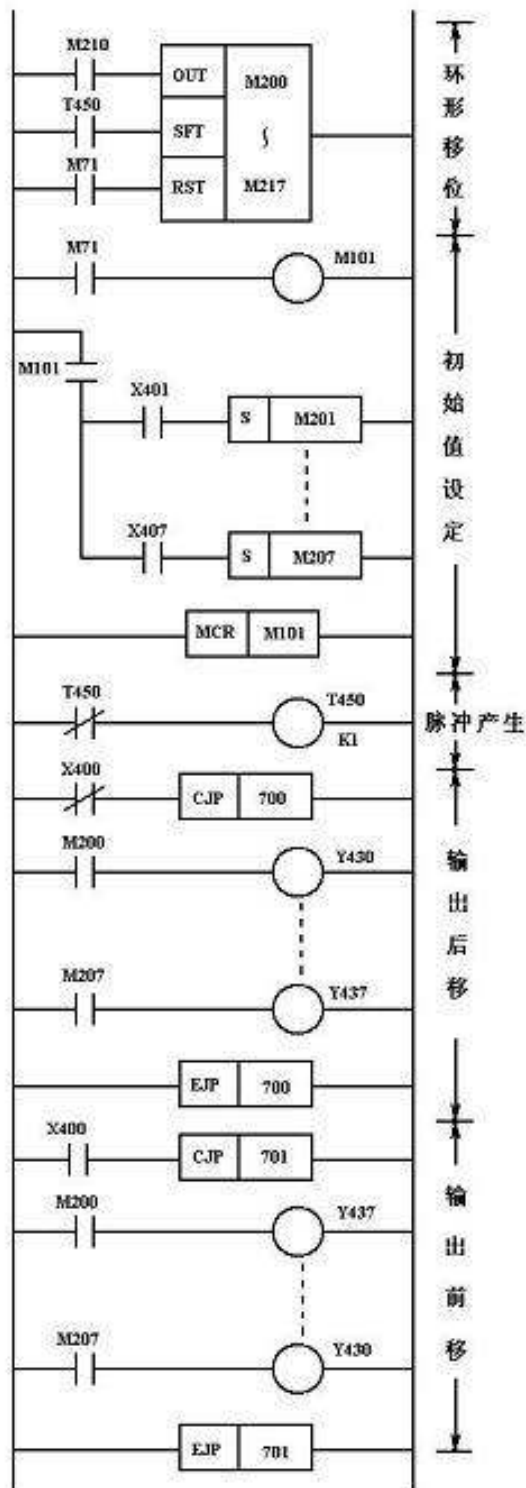


图3 8位彩灯控制梯形图

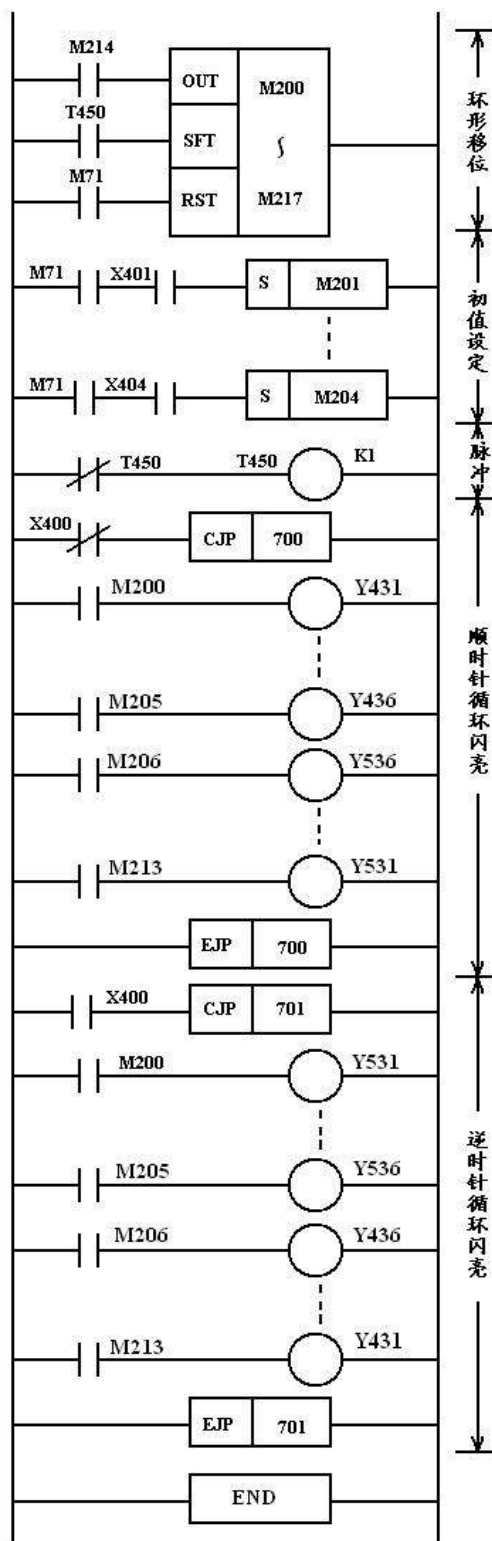


图4 12位彩灯控制梯形图

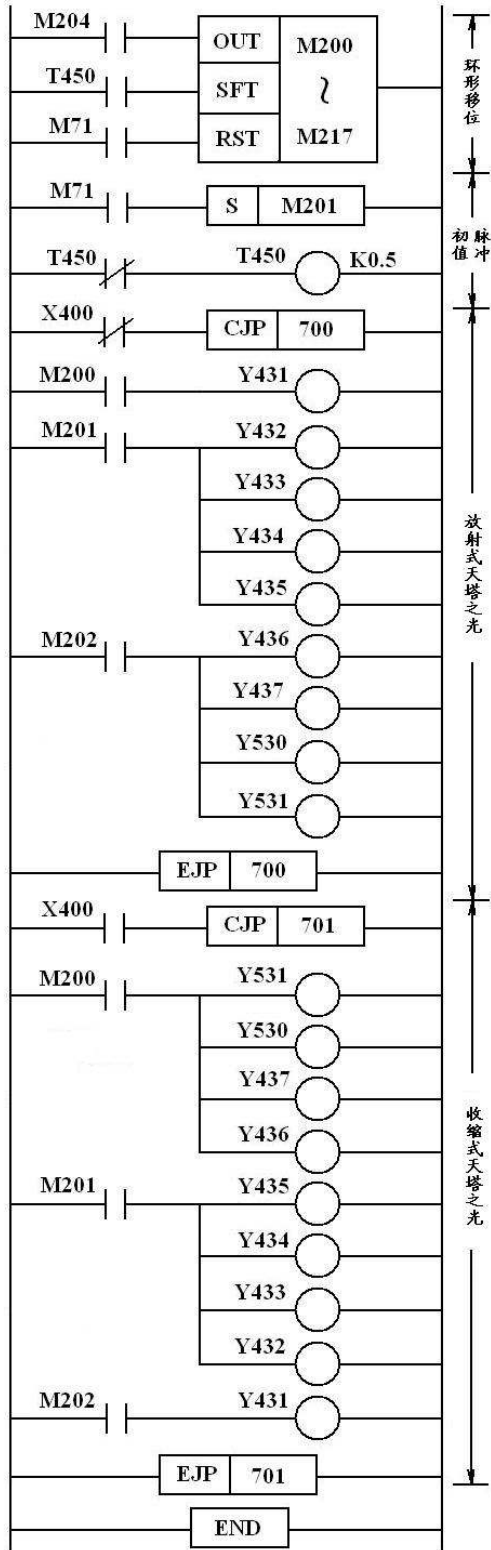


图5 天塔之光梯形图

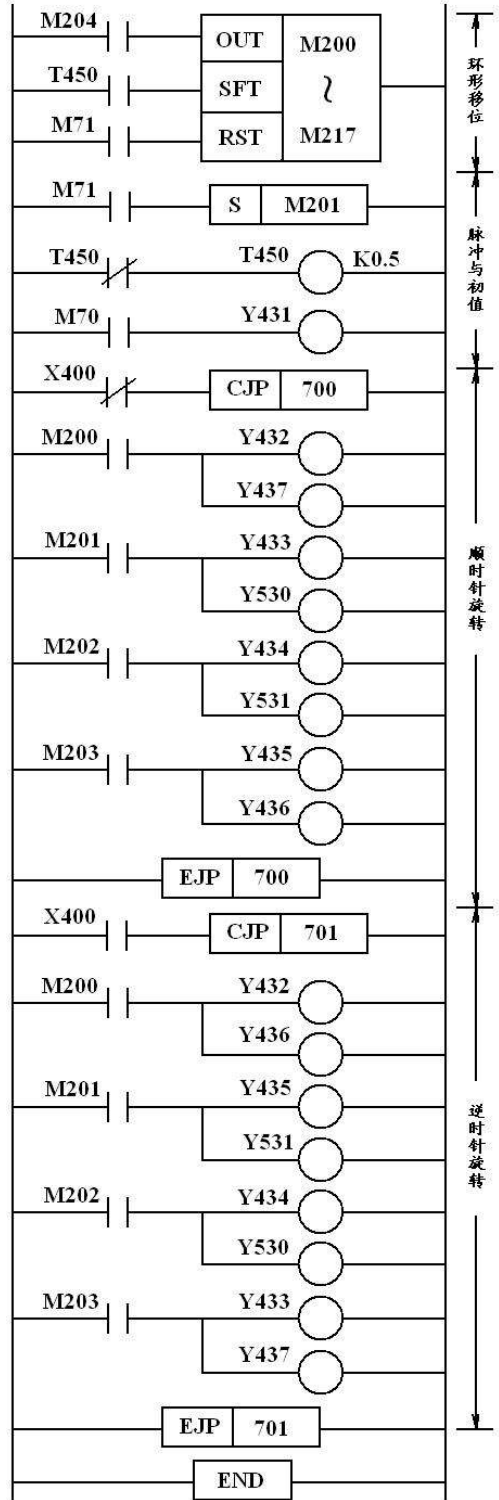
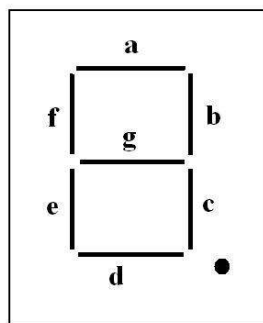


图6 旋转风车梯形图

第六章 PLC 在逻辑控制系统中的应用实例

一、七段 LED 数码管的数字 0~9 自动循环显示

LED 数码管是分段式数码显示器件，它将十进制数码分成七个字段，每段为一个发光二极管，如图 1 所示。当发光二极管导通时就会发光，选择不同字段发光，可显示出不同的数码。



七段 LED 数码管外形图

七段 LED 数码管的 0~9 数字显示

数字	字形	LED 数码管各段情况	数字	字形	LED 数码管各段情况
0		只有 g 不亮	5		只有 b、e 不亮
1		只有 b、c 亮	6		只有 b 不亮
2		只有 c、f 不亮	7		只有 a、b、c 亮
3		只有 e、f 不亮	8		全亮
4		只有 a、d、e 不亮	9		只有 e 不亮

图 1 LED 外形图与数字显示字形

二、数字 0~9 自动递增循环显示

1. 控制要求

LED 数码管从 0 开始，每隔 1 秒自动增 1，增到 9 后又回到 0，开始新一轮循环。如此实现数字 0~9 自动循环显示。

2. 设计思路

利用十位环形移位寄存器来控制 LED 数码管的 a、b、c、d、e、f 和 g 七个字段的亮暗。十位环形移位寄存器中只设一个 1，当 M200 为 1 时，LED 显示数字 0；当 M201 为 1 时，LED 显示数字 1；依次类推，当 M211 为 1 时，LED 显示数字 9。

3. 输出分配

输出段位	输出点编号	输出段位	输出点编号
a	Y430	e	Y434
b	Y431	f	Y435
c	Y432	g	Y436
d	Y433		

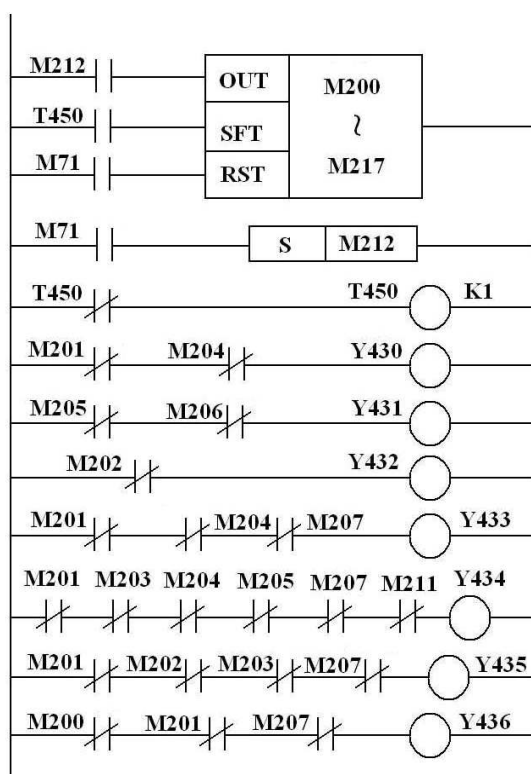
4. 梯形图程序设计

根据设计思路分析 LED 数码管显示数字 0~9 时 a、b、c、d、e、f 和 g 七个字段的亮暗情况，可以得出以下结论。

① a 段显示数字 1 和 4 时不亮，显示其余数字时全亮；

- ②b 段显示数字 5 和 6 时不亮，显示其余数字时全亮；
- ③c 段显示数字 2 时不亮，显示其余数字时全亮；
- ④d 段显示数字 1、4 和 7 时不亮，显示其余数字时全亮；
- ⑤e 段显示数字 1、3、4、5、7 和 9 时不亮，显示其余数字时全亮；
- ⑥f 段显示数字 1、2、3 和 7 时不亮，显示其余数字时全亮；
- ⑦g 段显示数字 0、1、和 7 时不亮，显示其余数字时全亮。

根据以上分析可设计出七段 LED 数码管的数字 0~9 自动递增循环显示梯形图，并写出对应的语句表。



0	LD	M212	20	ANI	M204
1	OUT	M200	21	ANI	M207
2	LD	T450	22	OUT	Y433
3	SFT	M200	23	LDI	M201
4	LD	M71	24	ANI	M203
5	RST	M200	25	ANI	M204
6	LD	M71	26	ANI	M205
7	S	M212	27	ANI	M207
8	LDI	T450	28	ANI	M211
9	OUT	T450	29	OUT	Y434
10	K	1	30	LDI	M201
11	LDI	M201	31	ANI	M202
12	ANI	M204	32	ANI	M203
13	OUT	Y430	33	ANI	M207
14	LDI	M205	34	OUT	Y435
15	ANI	M206	35	LDI	M200
16	OUT	Y431	36	ANI	M201
17	LDI	M202	37	ANI	M207
18	OUT	Y432	38	OUT	Y436
19	LDI	M201			

图 2 数字 0~9 自动递增循环显示

三、数字 0~9 自动递减循环显示

1. 控制要求

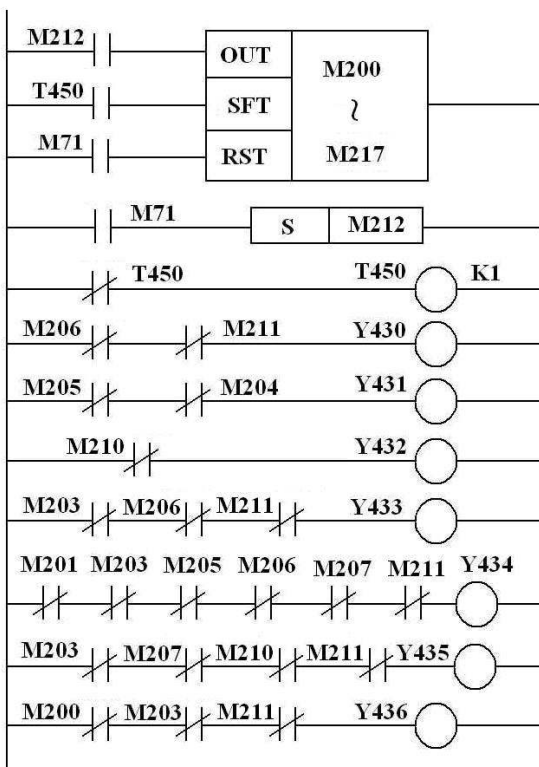
LED 数码管按 0—9—8—7—6—5—4—3—2—1—0 次序每隔 1 秒自动减 1，如此实现数字 0~9 自动递减循环显示。

2. 设计思路

同递增显示一样，还是利用十位环形移位寄存器来控制 LED 数码管的 a、b、c、d、e、f 和

g 七个字段的亮暗，十位环形移位寄存器中只设一个 1。不同的是当 M200 为 1 时，LED 显示数字 0；当 M201 为 1 时，LED 显示数字 9；当 M202 为 1 时，LED 显示数字 8；依次类推，当 M211 为 1 时，LED 显示数字 1。

3. 输出分配（同上）
4. 梯形图程序设计



```

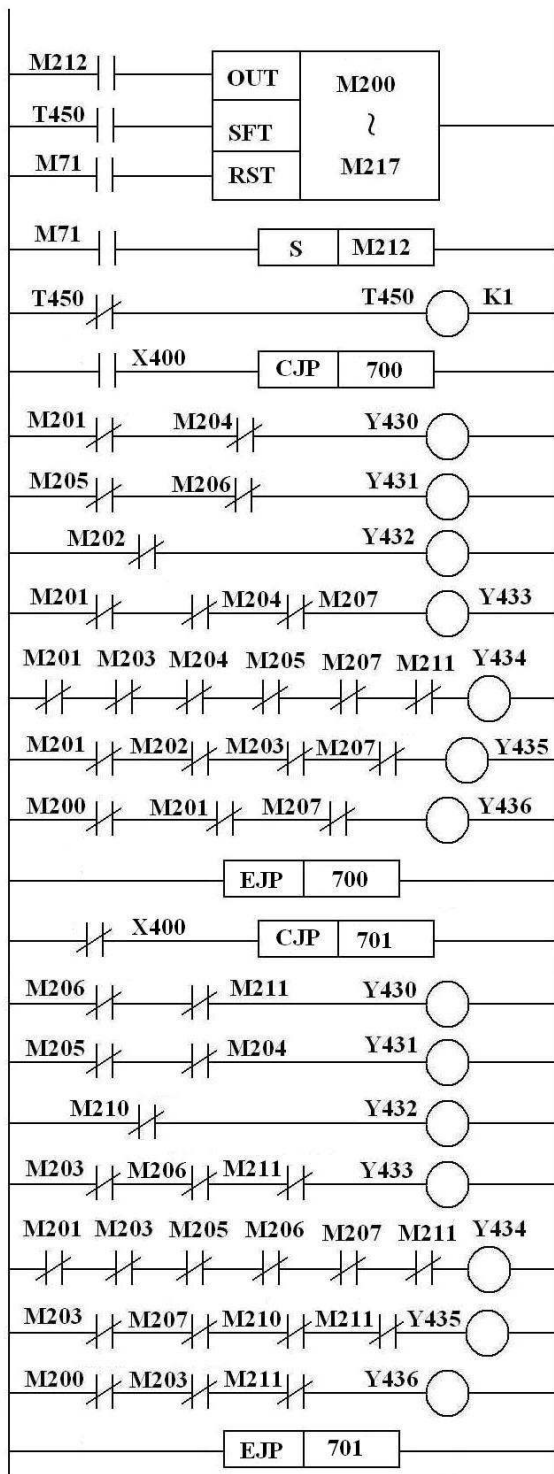
0  LD  M212
1  OUT M200
2  LD  T450
3  SFT M200
4  LD  M71
5  RST M200
6  LD  M71
7  S   M212
8  LDI T450
9  OUT T450
10 K   1
11 LDI M206
12 ANI M211
13 OUT Y430
14 LDI M205
15 ANI M204
16 OUT Y431
17 LDI M210
18 OUT Y432
19 LDI M203
20 ANI M206
21 ANI M211
22 OUT Y433
23 LDI M201
24 ANI M203
25 ANI M205
26 ANI M206
27 ANI M207
28 ANI M211
29 OUT Y434
30 LDI M203
31 ANI M207
32 ANI M210
33 ANI M211
34 OUT Y435
35 LDI M200
36 ANI M203
37 ANI M211
38 OUT Y436

```

图 3 数字 0~9 自动递增减循环显示

四、数字 0~9 既能自动递增又能自动递减的循环显示

1. 控制要求：LED 数码管既能实现数字 0~9 自动递增又能实现自动递减的循环显示。
2. 设计思路：将图 2 和图 3 两个梯形图合二为一，利用两个跳转和外部开关来实现递增和递减的选择。
3. 梯形图如下。



```

0 LD M212
1 OUT M200
2 LD T450
3 SFT M200
4 LD M71
5 RST M200
6 LD M71
7 S M212
8 LDI T450
9 OUT T450
10 K 1
11 LD X400
12 CJP 700
13 LDI M201
14 ANI M204
15 OUT Y430
16 LDI M205
17 ANI M206
18 OUT Y431
19 LD M202
20 OUT Y432
21 LDI M201
22 ANI M204
23 ANI M207
24 OUT Y433
25 LDI M201
26 ANI M203
27 ANI M204
28 ANI M205
29 ANI M206
30 ANI M207
31 ANI M211
32 OUT Y434
33 LDI M201
34 ANI M202
35 ANI M203
36 OUT Y435
37 LDI M200
38 ANI M201
39 ANI M207
40 OUT Y436
41 EJP 700
42 LDI X400
43 CJP 701
44 LDI M206
45 ANI M211
46 OUT Y430
47 LDI M205
48 ANI M204
49 OUT Y431
50 LDI M210
51 OUT Y432
52 LDI M203
53 ANI M206
54 ANI M211
55 OUT Y433
56 LDI M201
57 ANI M203
58 ANI M204
59 ANI M205
60 ANI M206
61 ANI M207
62 OUT Y434
63 LDI M203
64 ANI M207
65 ANI M210
66 ANI M211
67 OUT Y435
68 LDI M200
69 ANI M203
70 ANI M211
71 OUT Y436
72 EJP 701
73 END

```

数字 0~9 既能自动递增又能自动递减的循环显示

十字路口交通灯控制系统

图 1 是十字路口交通信号灯示意图。在十字路口的东、南、西、北各方向装设红、绿、黄灯。红、绿、黄灯按照一定时序轮流发亮。

一、控制要求

本系统要求实现正常时序控制即可，其控制要求如下：

信号灯受一个起动开关控制。当起动开关接通时，信号灯系统开始工作。先南北红灯亮，东西绿灯亮。南北红灯亮维持 25s，在南北红灯亮亮的同时东西绿灯亮也亮，并维持 20s。到 20s 时，东西绿灯闪亮，绿灯闪亮周期为 1s（亮 0.5s，灭 0.5s）。绿灯闪亮 3 次后熄灭，东西黄灯亮，并维持 2s。到 2s 时，东西黄灯熄，东西红灯亮，同时南北红灯熄，南北绿灯亮。东西红灯亮维持 30s，南北绿灯亮维持 25s。到 25s 时，南北绿灯闪亮 3 次后熄灭，南北黄灯亮并维持 2s。到 2s 时，南北黄灯熄，南北红灯亮，同时东西红灯熄，东西绿灯亮，开始第二周期的动作。以后周而复始地循环。

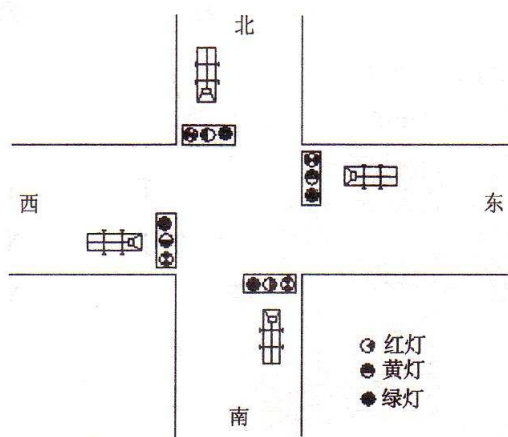


图 1

当起动开关断开时，所有信号灯熄灭。

二、I/O 设备及 I/O 编号的分配

如表 1 所示。这里用一个输出点驱动两盏信号灯。

表 1

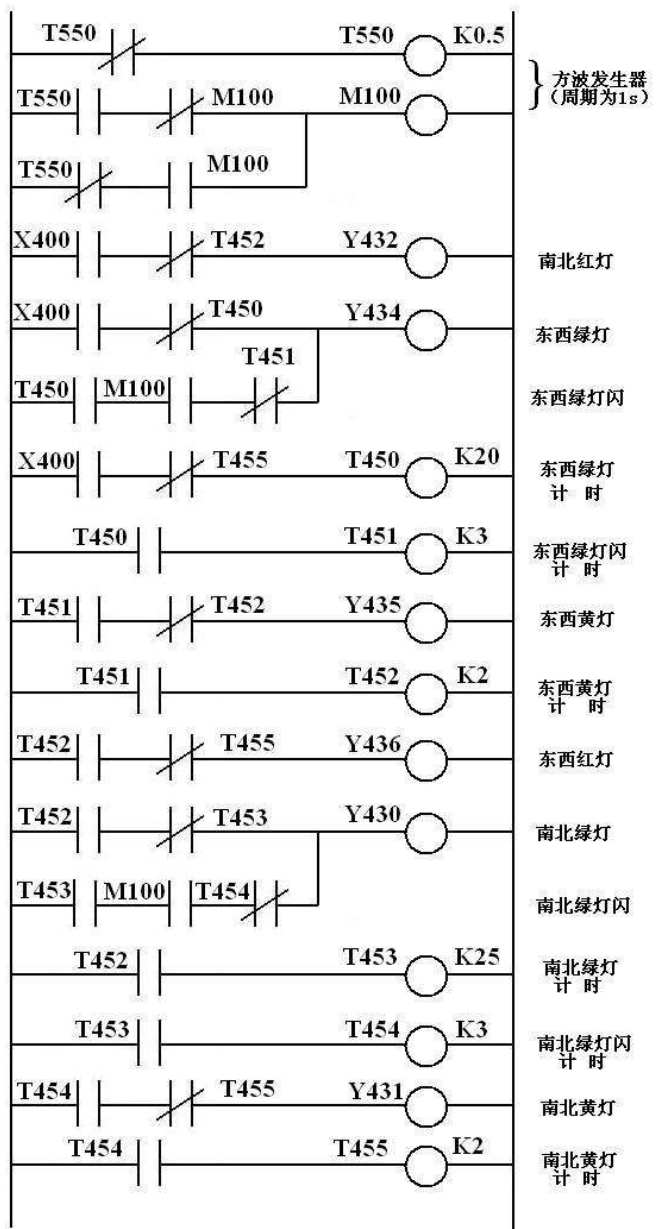
输出设备及编号	南北绿灯	Y430
	南北黄灯	Y431
	南北红灯	Y432
	东西绿灯	Y434
	东西黄灯	Y435
	东西红灯	Y436
输入设备及编号	起动开关	X400

三、程序与原理

根据控制要求用基本逻辑指令编制的正常时序控制的梯形图如图 2 所示。程序运行过程如下：

PLC 投入运行后，由方波发生器的辅助继电器 M100 产生周期为 1s（接通 0.5s、断开 0.5s）的方波脉冲，供信号灯闪亮控制用。

当起动开关合上时，X400 接通，使 Y432、Y434 接通，南北红灯亮、东西绿灯亮，同时 T450 开始计时，20s 计时时间到，T450 常闭触点断开、常开触点闭合，通过 M100 常开触点、T451 常闭触点使 Y434 按照 M100 的通断周期通断，东西绿灯闪亮；T451 开始计时。当东西绿灯闪 3 次（时间为 3s）时，T451 计时到，T451 常闭触点断开使 Y434 断开，东西绿灯停止闪亮；同时 T451 常开触点闭合使 Y435 接通，东西黄灯亮；T452 开始计时，2s 计时时间到，T452 常闭触点断开使 Y432、Y435 断开，南北红灯熄、东西黄灯熄；同时 T452 常开触点闭合使 Y436、Y430 接通，东西红灯亮、南北绿灯亮；T453 开始计时。25s 计时时间到，T453 常闭触点断开、常开触点闭合，通过 M100 常开触点、T454 常闭触点使 Y430 按照 M100 的通断周期通断，南北绿灯闪亮；T454 开始计时。3s 计时时间到，T454 常闭触点断开使 Y430 断开，南北绿灯停止闪亮；同时 T454 常开触点闭合使 Y431 接通，南北黄灯亮；T455 开始计时，2s 计时时间到，T455 常闭触点断开使 Y436、Y431 断开，东西红灯熄、南北黄灯熄；同时使 T450、T451、T452、T453、T454、T455 全部定时器断开，T452、T450 的常闭触点复位，分别使南北红灯亮和东西绿灯亮，



十字路口交通灯正常时序控制梯形图

开始第二周期的动作，以后周而复始地进行。

当起动开关断开时，X400 断开，使 Y432、Y434 及全部定时器断开，从而使全部输出继电器断开，全部信号灯熄灭。