

责任编辑：刘 洵 助理编辑：孟海江
封面设计：唐瀚设计

智能制造基础技术系列教材

PLC应用技术

液压与气动技术
人工智能与Python编程
数控加工工艺
制造执行系统（MES）
数控设备维护与装调

数控加工编程
可编程控制技术
变频器原理与应用技术
数控编程及零件加工
电机与电气控制

智能制造基础技术系列教材

PLC应用技术

主编◎蒋 玲 于慧佳 余德均

北京交通大学出版社

智能制造基础技术系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

PLC应用技术

主编◎蒋 玲 于慧佳 余德均

定价：49.80元



北京交通大学出版社
<http://www.bjtup.com.cn>



智能制造基础技术系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

PLC应用技术

主编◎蒋 玲 于慧佳 余德均

北京交通大学出版社
· 北京 ·



内 容 简 介

本书以西门子 S7-1200 PLC 的应用为核心,内容分为五大模块:PLC 的基本知识、PLC 基本指令的应用、PLC 功能指令的应用、PLC 顺序控制的编程与应用、PLC 模拟量与函数块的编程与应用。模块一为基础篇,全面介绍了西门子 S7-1200 的基本知识。其余四个模块为应用篇,采用任务驱动的方式编写。任务实施中,先学习指令的用法,再引入任务并实际操作,包括 I/O 地址分配、安装接线、程序设计与调试等,最后进行评价并拓展训练。本书将理论知识和技能操作融为一体,便于课程教学和自学。本书可作为高职高专院校机电类专业教材,也可作为相关专业和工程技术人员学习 PLC 技术的参考书。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

PLC应用技术 / 蒋玲, 于慧佳, 余德均主编.

-- 北京 : 北京交通大学出版社, 2025. 7. -- ISBN 978-7-5121-5521-3

I. TM571.61

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025DA2031 号

PLC 应用技术

PLC YINGYONG JISHU

责任编辑:刘 洵 助理编辑:孟海江

出版发行:北京交通大学出版社 电话:010-51686414 <http://www.bjtup.com.cn>

地 址:北京市海淀区高粱桥斜街 44 号 邮编:100044

印 刷 者:三河市华骏印务包装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185 mm×260 mm 印张:16.5 字数:381 千字

版 印 次:2025 年 7 月第 1 版 2025 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1—3 000 册 定价:49.80 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。
投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

编委会名单

主 编 蒋 玲 于慧佳 余德均

副主编 孔维佳 宋 涛 张逢春 孙振勇

参编者 龚驰宇 刘 前 杨 举 王俊财

前言

S7-1200 是 SIMATIC S7-1200 的简称，是西门子公司推出的一款紧凑型、模块化的 PLC，可完成简单逻辑控制、高级逻辑控制、人机交互（human-machine interaction, HMI）和网络通信等任务。TIA 博途软件包括 STEP7、S7-PLCSIM、WinCC 和 Startdrive，可以用于对西门子全集成自动化所涉及的自动化和驱动产品进行组态、编程和调试，具有直观、高效、可靠的特点，深受用户的欢迎，在企业中的应用越来越广泛。

本书以任务为载体，突出任务的实用性、可行性和科学性，让学生在学中做，在做中学。本书包括两篇五大模块，共二十二个任务。模块一为基础篇，主要介绍西门子 S7-1200 PLC 硬件接线、博途 STEP7 软件安装与组态等基本知识，其余四个模块为应用篇，各任务主要包括任务目标、知识链接、任务引入、任务实施、任务考评、总结思考、拓展训练，内容编排由浅入深、循序渐进，便于学生自主学习，注重学生职业素养的培养。

本书贯彻党的二十大精神和《高等学校课程思政建设指导纲要》，落实立德树人根本任务，结合机电一体化、电气自动化等专业特点，将工匠精神、守正创新、安全规范、问题导向的思想融入内容编写中，培养学生胸怀祖国、敢为人先的创新精神，引导学生努力把自我发展融入推动全面建成社会主义现代化强国、实现第二个百年奋斗目标、以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴的实践中。

本书层次分明、通俗易懂、理论联系实际，具有以下特点。

（1）本书以任务为载体，在知识链接中尽可能简练地介绍与本次任务相关的知识，然后通过任务实施，检验知识学习效果，将实际应用与理论知识相结合，体现学以致用的理念，提高学生完成任务的能力。

（2）本书是校企合作教材，由学院和重庆集成自动化系统有限责任公司、重庆建设工业集团共同开发而成。

（3）本书任务实施按照硬件组态、添加变量、编写程序、调试运行等环节完成。整个过程以学生为中心，由学生独立在实训设备上完成，可视化较强。

（4）本书配有 PPT 课件、模拟试卷、习题答案及微课视频等资料，供教师和学生使用。此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可发邮件至教学助手 2393867076@qq.com 领取。

由于编者水平有限，书中存在的不妥之处，敬请读者批评指正。

目 录

基础篇

模块一 PLC 的基本知识

2

任务一 认识 PLC	3
一、产生背景.....	3
二、定义.....	4
三、特点和分类.....	5
四、应用及发展趋势.....	7
五、硬件组成.....	8
六、软件组成.....	11
七、工作原理.....	13
八、工作特点	14
任务二 西门子 S7-1200 PLC 硬件接线	16
一、S7-1200 PLC 简介	16
二、S7-1200 PLC 的外观	17
三、CPU 技术性能指标	18
四、S7-1200 PLC CPU 模块接线	19
任务三 博途 STEP7 软件安装与组态	20
一、TIA 博途软件简介	20
二、TIA 博途 STEP7 软件的安装与使用	20
任务四 存储器与数据类型认知.....	36
一、认识存储器.....	36
二、基本数据类型.....	36
三、S7-1200 PLC 的数据寻址	37
四、S7-1200 PLC 的存储器分类与寻址方式	39
任务五 仿真运行与调试.....	41
一、仿真运行.....	41

二、监控调试·····	41
课后习题·····	46

应用篇

模块二 PLC 基本指令的应用 48

任务一 水泵的连续运转控制·····	49
一、PLC 控制过程 ·····	49
二、PLC 编程元件 ·····	50
三、输入继电器·····	50
四、输出继电器·····	51
五、位逻辑指令·····	51
六、PLC 程序设计方法 ·····	53
七、常闭触点的输入信号处理·····	54
任务二 机床加工控制·····	61
一、位存储器 M 的定义 ·····	61
二、位存储器的使用场景·····	61
三、特殊的位存储器·····	61
任务三 自动化装配线单按钮启停控制·····	69
一、触点线圈指令·····	69
二、边沿指令·····	71
任务四 卷扬机正反转控制·····	77
任务五 中央空调系统顺启逆停控制·····	85
一、脉冲定时器·····	87
二、接通延时定时器·····	89
三、关断延时定时器·····	90
四、时间累加定时器·····	91
五、定时器自复位电路·····	92
任务六 进库物品统计控制·····	100
一、加计数器·····	100
二、减计数器·····	101
三、加减计数器·····	102
四、边沿检测触点指令·····	102
五、边沿检测线圈指令·····	103
六、上升沿触发指令和下降沿触发指令·····	104

任务七 抢答器的显示控制·····	112
一、多点置位指令、多点复位指令·····	112
二、置位优先锁存器与复位优先锁存器·····	112
三、七段数码管的结构及工作原理·····	113
课后习题·····	124

模块三 PLC 功能指令的应用 125

任务一 搅拌机星-三角降压启动控制·····	126
任务二 天塔之光控制·····	132
一、移位指令·····	132
二、循环移位指令·····	135
任务三 音乐喷泉控制·····	143
任务四 饮料自动出售机控制·····	153
一、加法(ADD)指令·····	153
二、减法(SUB)指令·····	154
三、乘法(MUL)指令·····	155
四、除法(DIV)指令和返回除法余数(MOD)指令·····	156
课后习题·····	166

模块四 PLC 顺序控制的编程与应用 167

任务一 四级皮带运输控制·····	168
一、PLC 梯形图程序设计的方法·····	168
二、顺序功能图语言的基本元素·····	169
三、画顺序功能图时的注意事项·····	170
四、顺序功能图的基本结构·····	171
五、使用置位复位指令的顺序控制梯形图设计方法·····	172
任务二 十字路口交通信号灯控制·····	183
一、并行序列分支与汇合的特点·····	183
二、并行分支与汇合的编程·····	183
任务三 小车物料选择自动运送控制·····	196
一、选择分支与选择汇合的特点·····	196
二、选择序列顺序功能图编程方法·····	196
课后习题·····	209

模块五 PLC 模拟量与函数块的编程与应用	211
任务一 灌装传送带电机的变频调速控制·····	212
一、模拟量简介 ·····	212
二、模拟值的表示 ·····	212
三、缩放指令 ·····	213
四、标准化指令 ·····	214
任务二 自动装配流水线控制·····	224
一、数据块·····	224
二、函数·····	226
任务三 水泵油泵压力控制·····	239
一、函数块·····	239
二、组织块·····	241
课后习题 ·····	251
附录 A 西门子 S7-1200 TIA 博途软件编程常用快捷键 ·····	252
参考文献·····	254

模块三

PLC 功能指令的应用

模块概述

功能指令是 PLC 中更高级的指令集合，它们提供了比基本指令更为复杂的计算和数据处理能力。功能指令通常用于实现更复杂的算法和控制逻辑，例如移动值、比较、数学运算、数据转换等。通过对本模块的学习，应达到以下目标并掌握重难点知识。

学习目标

☆ 知识目标

- (1) 掌握移动值指令、循环移位指令的编程及应用。
- (2) 掌握比较指令的编程及应用。
- (3) 掌握递增、递减、加减乘除等指令的编程及应用。

☆ 能力目标

- (1) 能合理分配 I/O 地址，绘制 PLC 安装接线图，并完成 I/O 的接线。
- (2) 会使用 TIA 博途编程软件组态硬件设备，应用功能指令编制梯形图并下载到 CPU。
- (3) 能进行程序的仿真和在线调试。

☆ 素质目标

- (1) 通过功能指令的学习及编程应用，培养爱国主义精神、民族自豪感。
- (2) 在任务实施过程中，逐步培养工程意识和创新意识，遵守操作规范，夯实安全第一意识。

学习重点

移动值指令、循环移位指令、比较指令、递增指令、递减指令、加减乘除指令的编程。

学习难点

移动值指令、循环移位指令的编程。

参考学时

20 学时。

任务一

搅拌机星 – 三角降压启动控制

任务目标

- (1) 掌握移动值指令的功能及使用方法。
- (2) 掌握绘制 PLC 控制安装接线图的方法。
- (3) 掌握搅拌机降压启动控制程序的设计与编译、下载、运行和调试方法。

知识链接

下面介绍移动值指令。

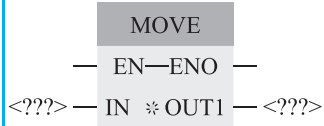
S7-1200 PLC 的移动值 (MOVE) 指令用于对存储器进行赋值, 或者把一个存储器的数据赋值到另外一个存储器中, 还可以用于清零。应用 MOVE 指令进行移动赋值之后, 源操作数的数据是不变的。MOVE 指令的操作数可以是基本的数据类型、复杂的数据类型, 也可以是数组类型。

注意: 在执行 MOVE 指令时, 需要保证源操作数和目标操作数具有相同的数据类型。

TIA 博途组态软件提供的移动指令包括移动值 (MOVE) 指令、块移动 (MOVE_BLK) 指令、不可中断的存储区移动 (UMOVE_BLK) 指令、填充块 (FILL_BLK) 指令和交换 (SWAP) 指令等。

MOVE 指令说明: 当使能输入端 EN 的状态为 “1” 时, 启动指令, 将 IN 端的源地址数值传送至 OUT 端的目的地址中。MOVE 指令及参数说明如表 3.1.1 所示。

表 3.1.1 MOVE 指令及参数说明

指令	参数	数据类型	存储区	说明
	EN	Bool	I、Q、M、D、L	使能输入
	ENO	Bool	I、Q、M、D、L	使能输出
	IN	SInt、Int、DInt、USInt、UInt、UDInt、Real、LReal、Byte、Word、DWord、Char、WChar、Array、Struct、DTL、Time、Date、TOD	I、Q、M、D、L、常数	源地址
	OUT1		I、Q、M、D、L	目的地址

在初始状态, 指令框中包含 1 个目的地址端 (OUT1), 可以单击图标正在扩展输出目的地址数目, 并按升序排列所添加的输出端, 在执行 MOVE 指令时, 可将源地址中的数值传送至所有目的地址中。

在 MOVE 指令中, 若 IN 端的源地址数值数据类型的位长度超出 OUT 端的目的地

址数值数据类型的位长度，则在传送过程中，源值中多出来的有效位丢失。若 IN 端的源地址数值数据类型的位长度小于 OUT 端的目的地址数值数据类型的位长度，则用零填充传送过程中多出来的有效位。

MOVE 指令只有在使能输入端 EN 的信号状态为“1”时才能执行。在这种情况下，使能输出端 ENO 的信号状态也为“1”。若 EN 的信号状态为“0”，则将 ENO 的信号状态复位为“0”。

在梯形图中输入 MOVE 指令有两种方法，分别是在指令树中选取和利用快捷键选取。

在为多个地址赋予相同数值时，在 MOVE 指令插入多个 OUT 端和应用多个 MOVE 指令的效果相同。

任务热身

按下 SB1 (I0.0)，为 MW0 和 QB10 赋值常数“0”，按下 SB2 (I0.1)，为 MW0 和 QB10 赋值常数“10”。参考程序如图 3.1.1 所示。

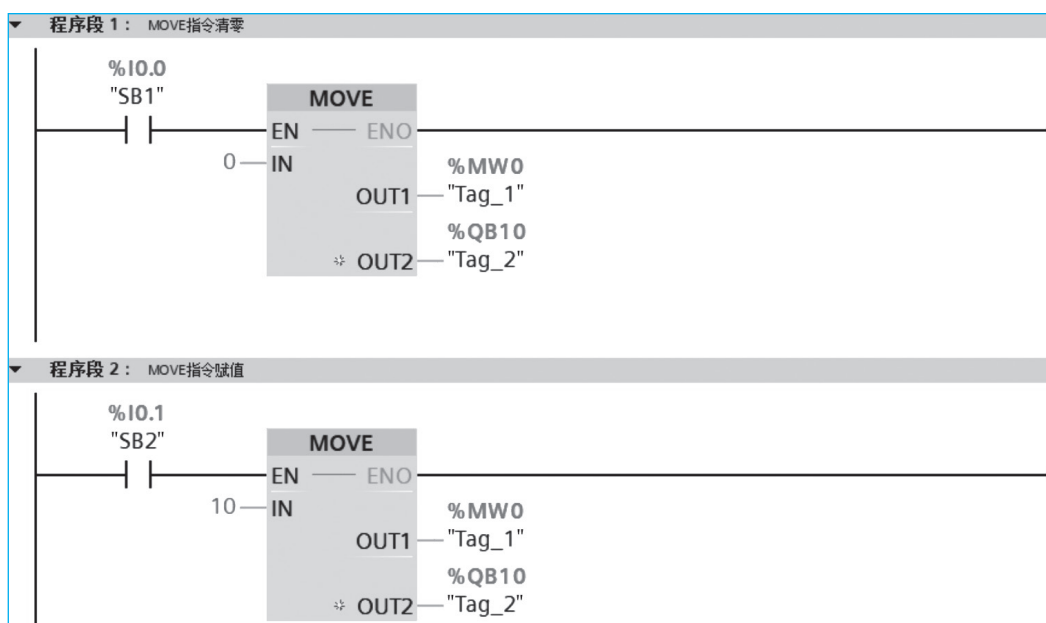


图 3.1.1 MOVE 指令应用

任务引入

星-三角降压启动控制广泛应用于各种大小型机械的控制电路中，例如机床、加工中心、起重机、输送机械、风机、水泵等。通过手动控制调节电路，可以实现对电动机的启动、停止、正反转、速度控制等。尤其对于那些刚性负载的机械设备，星-三角降压启动控制可以大大提高电动机的启动效率，减少对电网的冲击和损害。

本任务要求实现单按钮控制三相异步电动机星-三角降压启动，即第一次按下按

钮，电动机实现星形启动，10 s 后切换为三角形运行，第二次按下按钮，电动机停止运行，若运行中出现过载，电机立即停止运行。

任务实施

一、I/O 地址分配

根据控制要求，星 - 三角降压启动控制系统 I/O 地址分配如表 3.1.2 所示。

表 3.1.2 星 - 三角降压启动控制系统 I/O 地址分配表

输入信号			输出信号		
硬件	软元件	功能	硬件	软元件	功能
SB1	I0.0	启停按钮	KM1	Q0.0	电源接触器
FR	I0.1	热继电器	KM2	Q0.1	星形接触器
—	—	—	KM3	Q0.2	三角形接触器

二、PLC 安装接线图设计

根据表 3.1.2 和控制要求，设计星 - 三角降压启动控制系统 PLC 接线图，如图 3.1.2 所示。

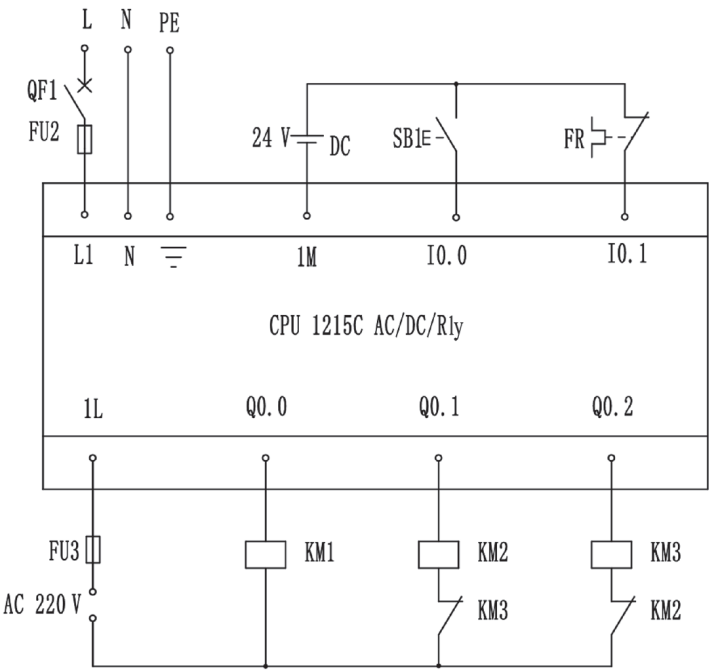


图 3.1.2 星 - 三角降压启动控制系统 PLC 接线图

三、PLC 程序设计

程序设计过程中，非正常停止运行时，注意复位计数器，参考程序如图 3.1.3 所示。

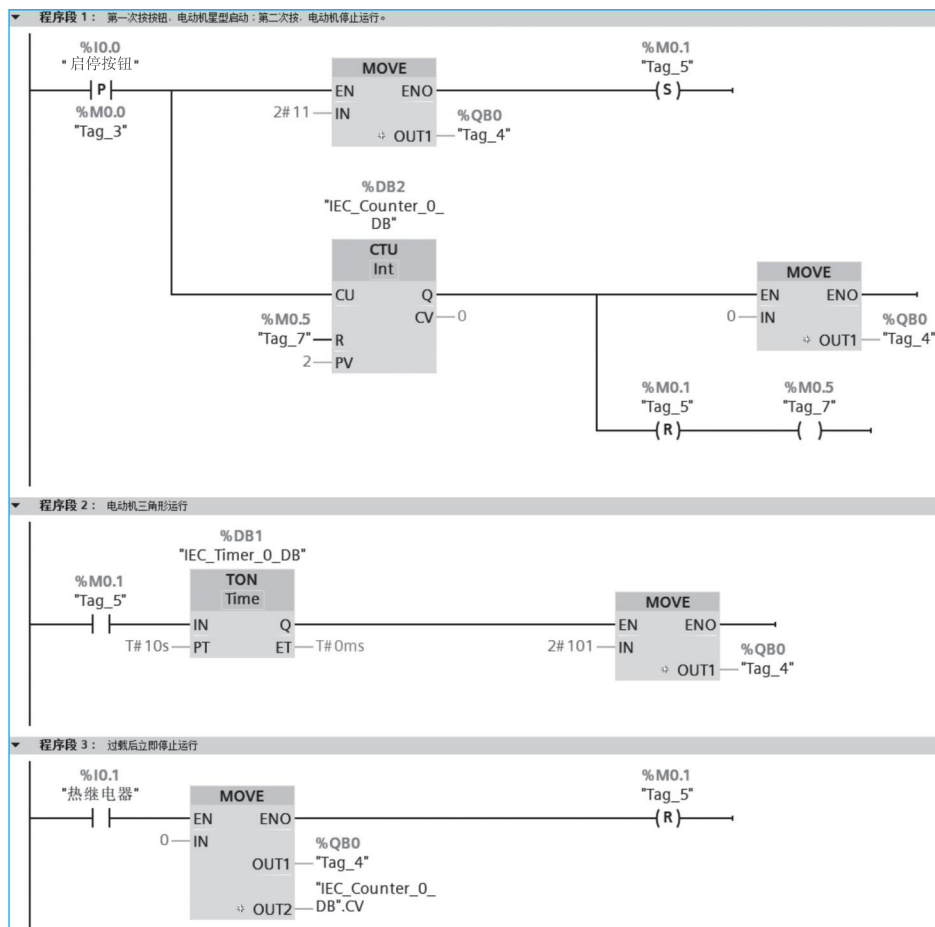


图 3.1.3 单按钮控制星 - 三角降压启动程序

任务考评

请根据任务要求完成任务，并对任务实施过程及结果进行评价和总结，如表 3.1.3 所示。

表 3.1.3 星 - 三角降压启动控制实施评价表

序号	考核内容	考核要求	评分标准	配分	得分
1	程序设计	(1) 能正确分配 I/O 地址； (2) 设备组态； (3) 根据控制要求，正确编制梯形图	(1) I/O 地址分配错误或缺少，每个扣 5 分； (2) CPU 组态与现场设备型号不匹配，扣 10 分； (3) 梯形图表达不正确或画法不规范，每处扣 5 分	40 分	

续表

序号	考核内容	考核要求	评分标准	配分	得分
2	安装接线	(1) 绘制 PLC 安装接线图; (2) 照图接线	(1) PLC 安装接线图设计不全或有错, 每处扣 5 分; (2) 连线错一处, 扣 5 分; (3) 损坏元器件, 每个扣 5~10 分; (4) 损坏连接线, 每根扣 5~10 分	20 分	
3	调试运行	能熟练使用编程软件编制程序, 能将程序下载至 CPU, 并按要求调试运行	(1) 不能熟练使用编程软件进行梯形图的编辑、修改、转换、写入及监视, 每项扣 2 分; (2) 不能按照控制要求完成相应的功能, 每缺一项扣 5 分	20 分	
4	安全操作	确保人身和设备安全	违反安全文明操作规程, 扣 1~20 分	20 分	
总计					
总结反思					

总结思考

计数器的加计数输入 (CU) 既可以采用脉冲信号, 也可以采用常开触点信号。

拓展训练

彩灯交替循环控制: 为了实现彩灯闪烁效果, 共有 8 盏彩灯, 按下启动按钮, 第 1、3、5、7 盏灯亮 2 s, 切换为第 2、4、6、8 盏灯亮 2 s, 然后一直循环, 实现闪烁效果, 按下停止按钮, 彩灯熄灭。请使用移动指令编写程序实现控制。

由于实训条件有限, 所有 PLC 都选择西门子 S7-1200 1215C DC/DC/DC 型号, 交流负载采用指示灯模拟。

彩灯交替循环控制 I/O 分配如图 3.1.4 所示, 参考程序如图 3.1.5 所示。

	名称	数据类型	地址
1	启动按钮 SB1	Bool	%I0.0
2	停止按钮 SB2	Bool	%I0.1
3	HL1	Bool	%Q0.0
4	HL2	Bool	%Q0.1
5	HL3	Bool	%Q0.2
6	HL4	Bool	%Q0.3
7	HL5	Bool	%Q0.4
8	HL6	Bool	%Q0.5
9	HL7	Bool	%Q0.6
10	HL8	Bool	%Q0.7

图 3.1.4 彩灯交替循环控制 I/O 分配

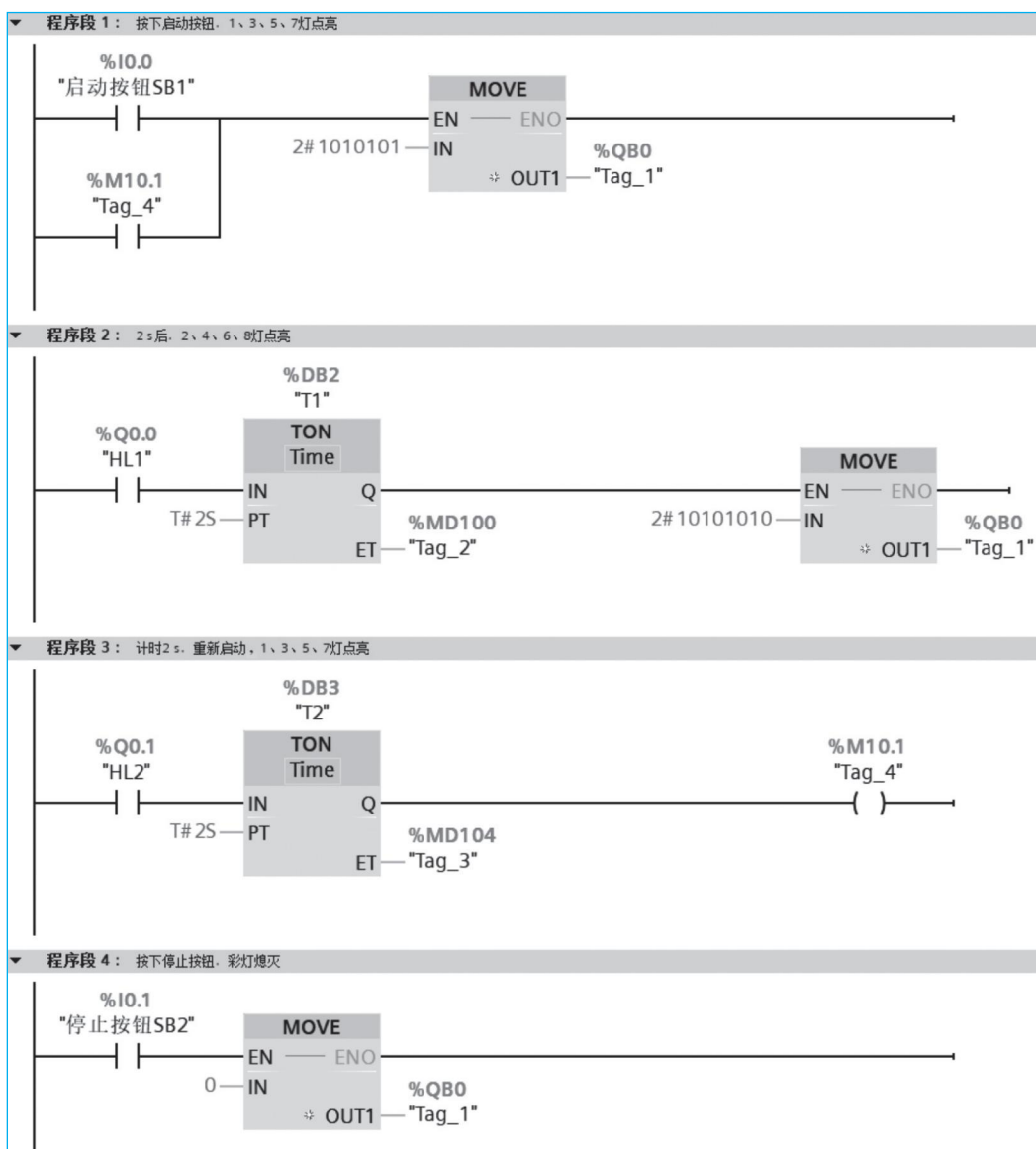


图 3.1.5 彩灯交替循环控制参考程序

任务二 天塔之光控制

任务目标

- (1) 掌握移位指令和循环移位指令的功能及使用方法。
- (2) 掌握绘制天塔之光控制系统的 PLC 安装接线图的方法。
- (3) 掌握天塔之光控制系统程序的设计与编译、下载、运行和调试方法。

知识链接

一、移位指令

S7-1200 PLC 的移位指令包括右移指令 SHR 和左移指令 SHL，它们执行的过程是一致的，只是移动的方向不同而已，左移指令是由低位往高位移动，右移指令是由高位往低位移动，移位指令在 TIA 博途软件中的位置如图 3.2.1 所示。

右移指令 SHR 和左移指令 SHL 的引脚说明如表 3.2.1 所示，输入参数 IN 将指定的存储单元的整个内容逐位右移或左移若干位，移位的位数用输入参数 N 来定义，移位的结果保存在输出参数 OUT 指定的地址中。

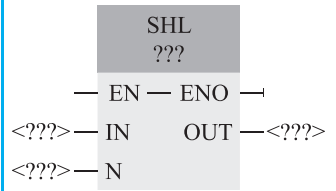
基本指令	
名称	描述
字逻辑运算	
移位和循环	
SHR	右移
SHL	左移
ROR	循环右移
ROL	循环左移

图 3.2.1 移位指令在 TIA 博途软件中的位置

表 3.2.1 右移指令 SHR 和左移指令 SHL 的引脚说明

图示	参数	功能	数据类型	备注
	输入引脚			
	EN	输入位	Bool	执行条件
	IN	要移位的位序列	整数	—
	N	要移位的位数	USInt UDInt	若 N=0，则不移位，将 IN 值分配给 OUT

续表

图示	参数	功能	数据类型	备注
	输出引脚			
	ENO	输出位	Bool	使能输出，对于移位操作，ENO总是为 TRUE
	OUT	移位操作后的位序列	整数	—

无符号数（如 UInt、Word）移位后空出来的位用 0 填充；有符号数（如 Int）左移后空出来的位用 0 填充，右移后空出来的位用符号位（原来的最高位）填充。正数的符号位为 0，负数的符号位为 1。将指令列表中的移位指令拖拽到梯形图后，单击方框内指令名称下面的问号，从下拉式列表中选择该指令的数据类型。

移位位数 N 为 0 时不会移位，IN 指定的输入值被赋值给 OUT 指定地址。对于移位操作，ENO 总是为 TRUE。

左移 n 位相当于乘 2^n ，右移 n 位相当于除以 2^n ，当然需要在数据存在的范围内，如图 3.2.2 所示。整数 -100 左移 4 位，相当于乘 16，等于 -1600；整数 800 右移 3 位，相当于除以 8，等于 100。

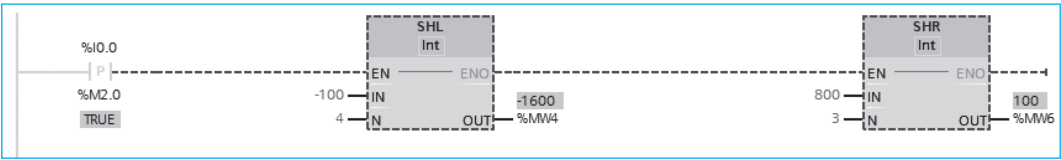


图 3.2.2 移位指令应用示例

如图 3.2.3 所示，将二进制数 2#1110110101111001 右移三位，右移后，最右侧三位丢失，最左侧三位空出来，用符号位填充，即用最高位 1 填充，代表负数，所以右移后的二进制数为 2#1111110110101111。I5.0 为“1”状态的每个扫描周期都要移位一次。

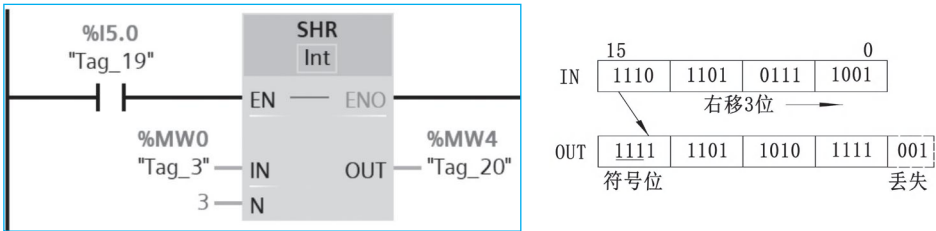


图 3.2.3 移位指令数据的右移

任务热身

移位指令应用：按下启动按钮 SB1，第一个灯点亮，第一次按下移位按钮 SB3，第二个灯点亮，第一个灯熄灭；第二次按下移位按钮 SB3，第三个灯点亮，第二个灯熄灭；三个彩灯循环点亮，按下停止按钮 SB2，三个彩灯都熄灭。参考程序如图 3.2.4 所示。

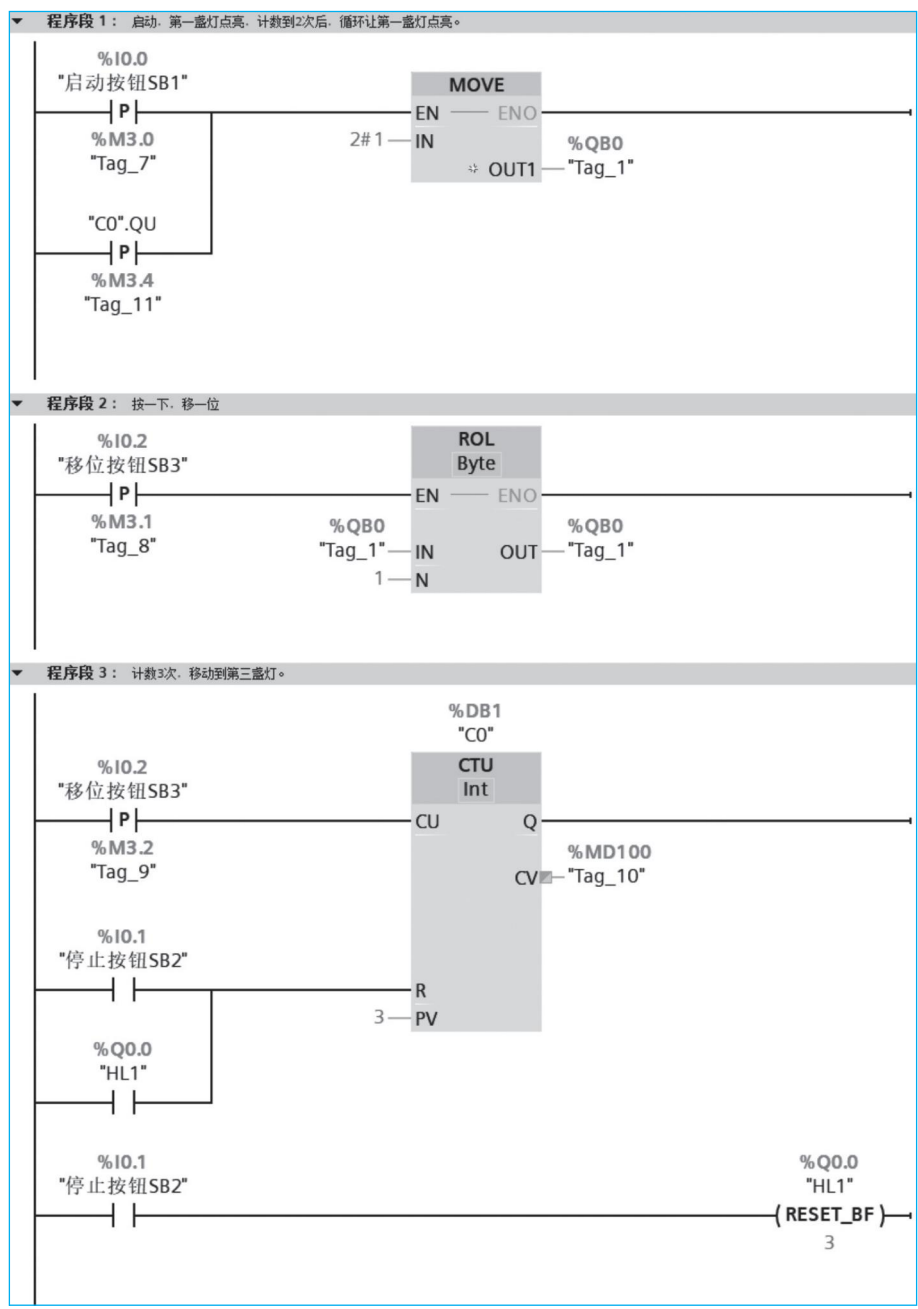


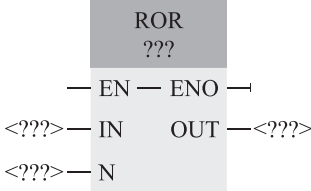
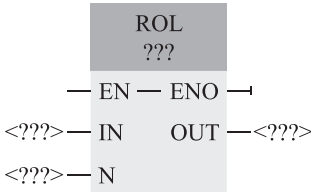
图 3.2.4 移位指令应用

二、循环移位指令

S7-1200 PLC 的循环移位指令包括循环右移（rotate right，ROR）指令和循环左移（rotate left，ROL）指令，它们执行的过程是一致的，只是移动的方向不同，循环左移指令是由低位往高位移动，循环右移指令是由高位往低位移动。

循环右移指令和循环左移指令中，将输入参数 IN 指定的存储单元的整个内容逐位循环右移或循环左移若干位，移出来的位又送回存储单元另一端空出来的位，原始的位不会丢失。N 为移位的位数，移位的结果保存在输出参数 OUT 指定的地址。N 为“0”时不会移位，将 IN 指定的输入值赋值给 OUT 指定的地址。移位位数 N 可以大于被移位存储单元的位数。其指令的引脚说明如表 3.2.2 所示。

表 3.2.2 循环移位指令的引脚说明

图示	参数	说明	数据类型	备注
	输入引脚			
	EN	输入位	Bool	执行条件
	IN	要循环移位的位序列	整数	—
	N	要循环移位的位数	USInt, UDInt	若 N=0，则不循环移位，将 IN 值分配给 OUT
	输出引脚			
	ENO	输出位	Bool	使能输出，执行循环指令之后，ENO 始终为 TRUE
	OUT	循环移位操作后的位序列	整数	—

以循环左移指令为例，指令执行过程如图 3.2.5 所示，循环左移指令的 IN 端是 MW8，OUT 端是 MW12，N 为 4，即把存储单元 MW8 的整个内容逐位循环左移 4 位，移出来的位“1110”又送回存储单元右端空出来的位，4 个移出的位值按照先出先入的顺序依次插入空出的位中，原始的位不会丢失，移位的结果保存在 MW12。

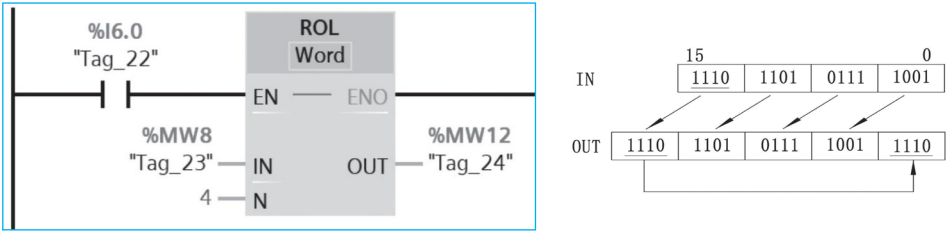


图 3.2.5 循环左移示意图

任务引入

发射型灯光控制要求如下：打开 SD 开关，L1 亮 1 s 后熄灭，接着 L2～L4 亮，1 s 后熄灭，接着 L5～L8 亮 1 s 后熄灭，接着 L1 又亮 1 s 后熄灭，如此循环下去。拨下 SD 开关，所有灯熄灭。天塔之光装置如图 3.2.6 所示。

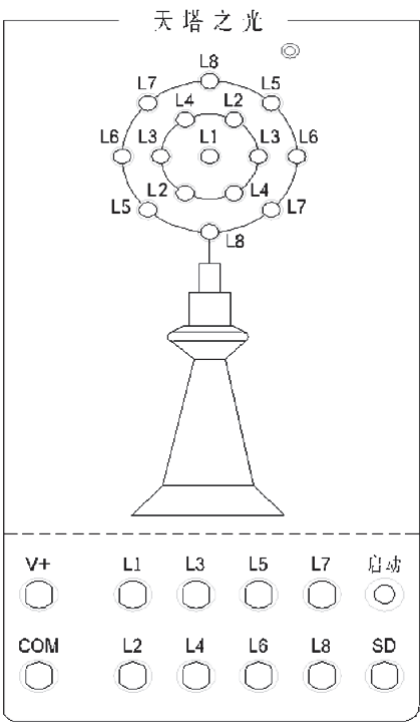


图 3.2.6 天塔之光装置

任务实施

一、I/O 地址分配

根据控制要求，天塔之光装置的 I/O 地址分配如表 3.2.3 所示。

表 3.2.3 天塔之光装置 I/O 地址分配表

输入信号			输出信号		
硬件	软元件	功能	硬件	软元件	功能
SD	I0.0	启停开关	L1	Q0.0	第一盏灯
—	—	—	L2	Q0.1	第二盏灯
—	—	—	L3	Q0.2	第三盏灯

续表

输入信号			输出信号		
硬件	软元件	功能	硬件	软元件	功能
—	—	—	L4	Q0.3	第四盏灯
—	—	—	L5	Q0.4	第五盏灯
—	—	—	L6	Q0.5	第六盏灯
—	—	—	L7	Q0.6	第七盏灯
—	—	—	L8	Q0.7	第八盏灯

二、PLC 安装接线图设计

将输入 / 输出地址分配与西门子硬件的 I/O 点进行一一对应，PLC 控制接线图如图 3.2.7 所示。主电路不变。设计完成后，根据接线图完成硬件接线。

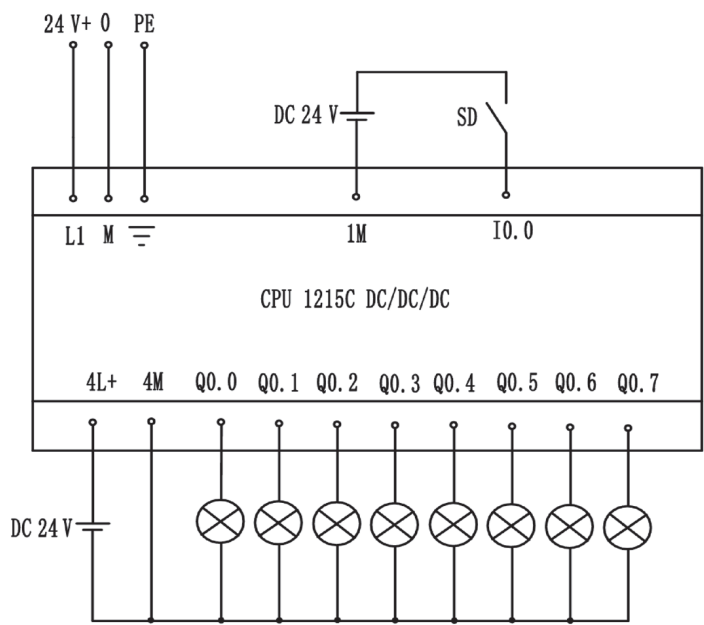


图 3.2.7 天塔之光装置 PLC 控制接线图

三、PLC 程序设计

规律与节拍直接影响到灯光闪烁的速度、方式和风格，也影响到灯光的观赏性，在系统设计中需要关注如下内容。

(1) 准确组态时钟存储器。

- (2) 依据控制要求实现逻辑功能。
- (3) 在有节律的基础上显示观赏性。

在组态 CPU 的属性时，设置时钟存储器字节的地址为 MB10，如图 3.2.8 所示。M10.5 的频率为 1 Hz，时钟存储器位 M10.5 每个上升沿到来时，MB0 左移一位，实现点亮 1 s 后熄灭的控制要求。参考梯形图程序如图 3.2.9 所示。



图 3.2.8 天塔之光装置时钟存储器设置

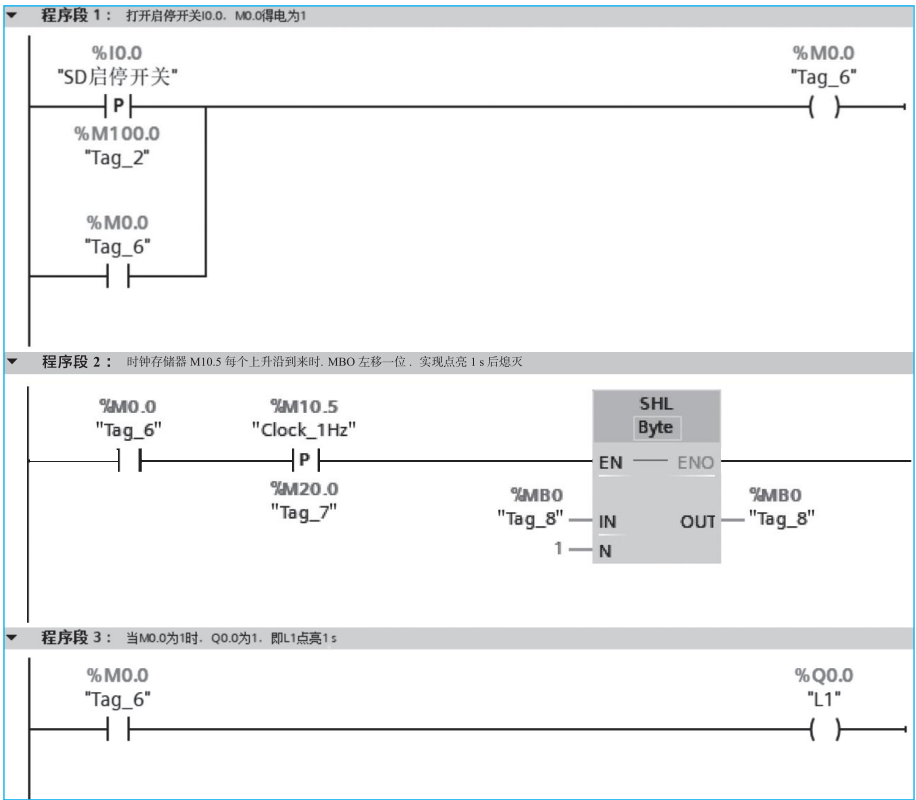


图 3.2.9 天塔之光梯形图

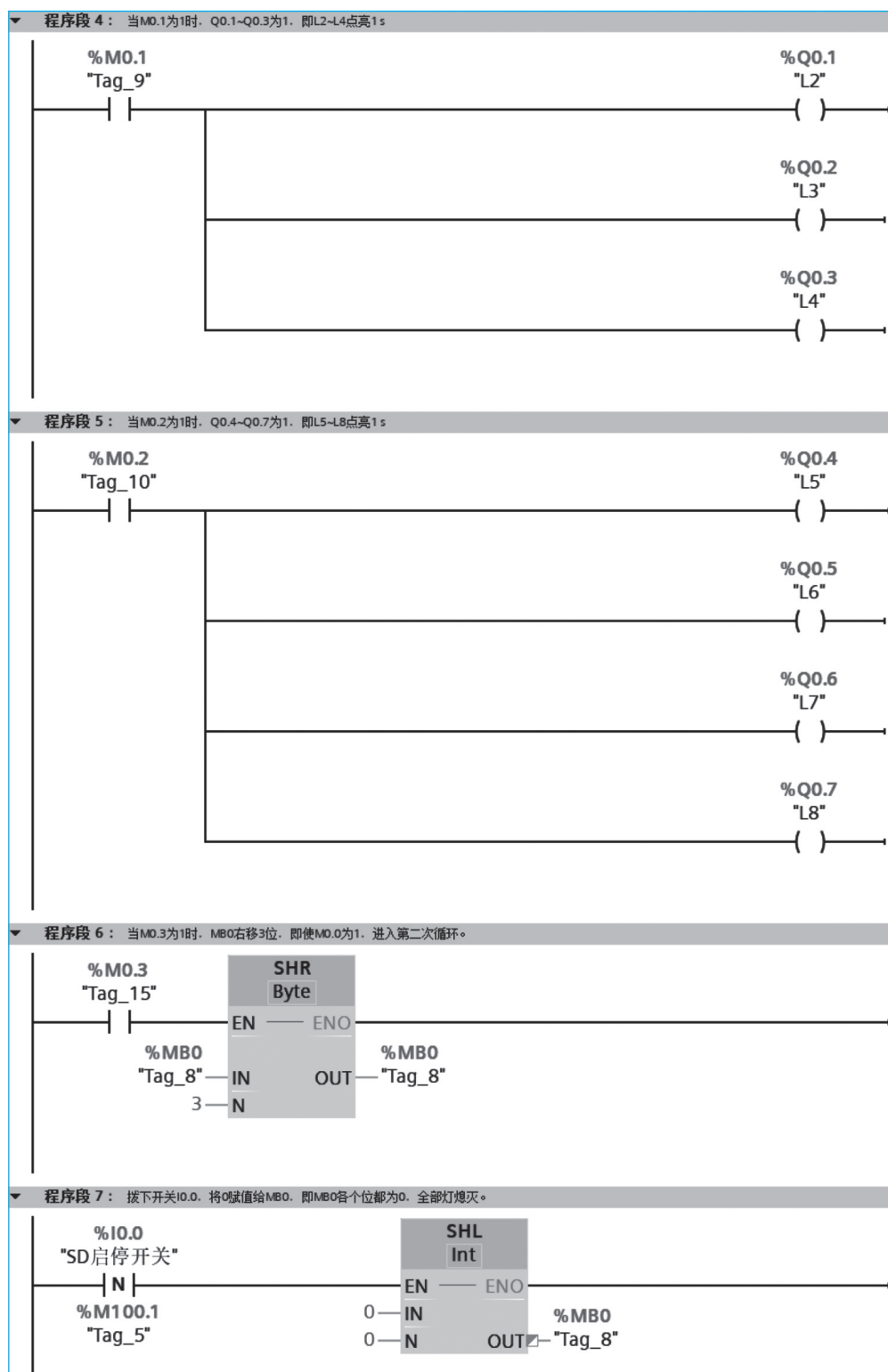


图 3.2.9 天塔之光梯形图（续）

任务考评

请根据任务要求完成任务，并对任务实施过程及结果进行评价和总结，如表 3.2.4 所示。

表 3.2.4 天塔之光装置控制实施评价表

序号	考核内容	考核要求	评分标准	配分	得分
1	程序设计	(1) 能正确分配 I/O 地址; (2) 设备组态; (3) 根据控制要求, 正确编制梯形图	(1) I/O 地址分配错误或缺少, 每个扣 5 分; (2) CPU 组态与现场设备型号不匹配, 扣 10 分; (3) 梯形图表达不正确或画法不规范, 每处扣 5 分	40 分	
2	安装接线	(1) 绘制 PLC 安装接线图; (2) 照图接线	(1) PLC 安装接线图设计不全或有错, 每处扣 5 分; (2) 连线错一处, 扣 5 分; (3) 损坏元器件, 每个扣 5~10 分; (4) 损坏连接线, 每根扣 5~10 分	20 分	
3	调试运行	能熟练使用编程软件编制程序, 能将程序下载至 CPU, 并按要求调试运行	(1) 不能熟练使用编程软件进行梯形图的编辑、修改、转换、写入及监视, 每项扣 2 分; (2) 不能按照控制要求完成相应的功能, 每缺一项扣 5 分	20 分	
4	安全操作	确保人身和设备安全	违反安全文明操作规程, 扣 1~20 分	20 分	
总计					
总结反思					

总结思考

在设置时钟脉冲时, 先启用时钟储存字节, 指定地址, 不要和已用的 M 区重合。时钟脉冲主要用于指示灯的闪烁及实现定时的功能。

拓展训练

彩灯正反向点亮控制: 有 8 盏彩灯 L1~L8, 按下启动按钮, L1~L8 依次点亮 1 s, 后一盏灯点亮的同时前一盏灯熄灭; 按下方向切换按钮, 彩灯从 L8~L1 依次点亮 1 s, 后一盏灯点亮的同时前一盏灯熄灭; 按下停止按钮, 所有灯熄灭。彩灯正反向点亮控制 I/O 分配如图 3.2.10 所示, 参考程序如图 3.2.11 所示。

	名称	数据类型	地址	保持	从 H...	从 H...	在 H...
1	1正方向	Bool	%I0.0	☐	☒	☒	☒
2	2停止	Bool	%I0.1	☐	☒	☒	☒
3	3反方向	Bool	%I0.2	☐	☒	☒	☒
4	Clock_Byte	Byte	%MB10	☐	☒	☒	☒
5	Clock_10Hz	Bool	%M10.0	☐	☒	☒	☒
6	Clock_5Hz	Bool	%M10.1	☐	☒	☒	☒
7	Clock_2.5Hz	Bool	%M10.2	☐	☒	☒	☒
8	Clock_2Hz	Bool	%M10.3	☐	☒	☒	☒
9	Clock_1.25Hz	Bool	%M10.4	☐	☒	☒	☒
10	Clock_1Hz	Bool	%M10.5	☐	☒	☒	☒
11	Clock_0.625Hz	Bool	%M10.6	☐	☒	☒	☒
12	Clock_0.5Hz	Bool	%M10.7	☐	☒	☒	☒
13	Tag_1	Bool	%M2.0	☐	☒	☒	☒
14	Tag_2	Bool	%M2.1	☐	☒	☒	☒
15	Tag_3	Byte	%QB0	☐	☒	☒	☒
16	Tag_4	Bool	%M3.0	☐	☒	☒	☒
17	Tag_5	Bool	%M3.1	☐	☒	☒	☒
18	Tag_6	Bool	%M3.2	☐	☒	☒	☒
19	Tag_7	Bool	%M3.3	☐	☒	☒	☒

图 3.2.10 彩灯正反向点亮控制 I/O 分配

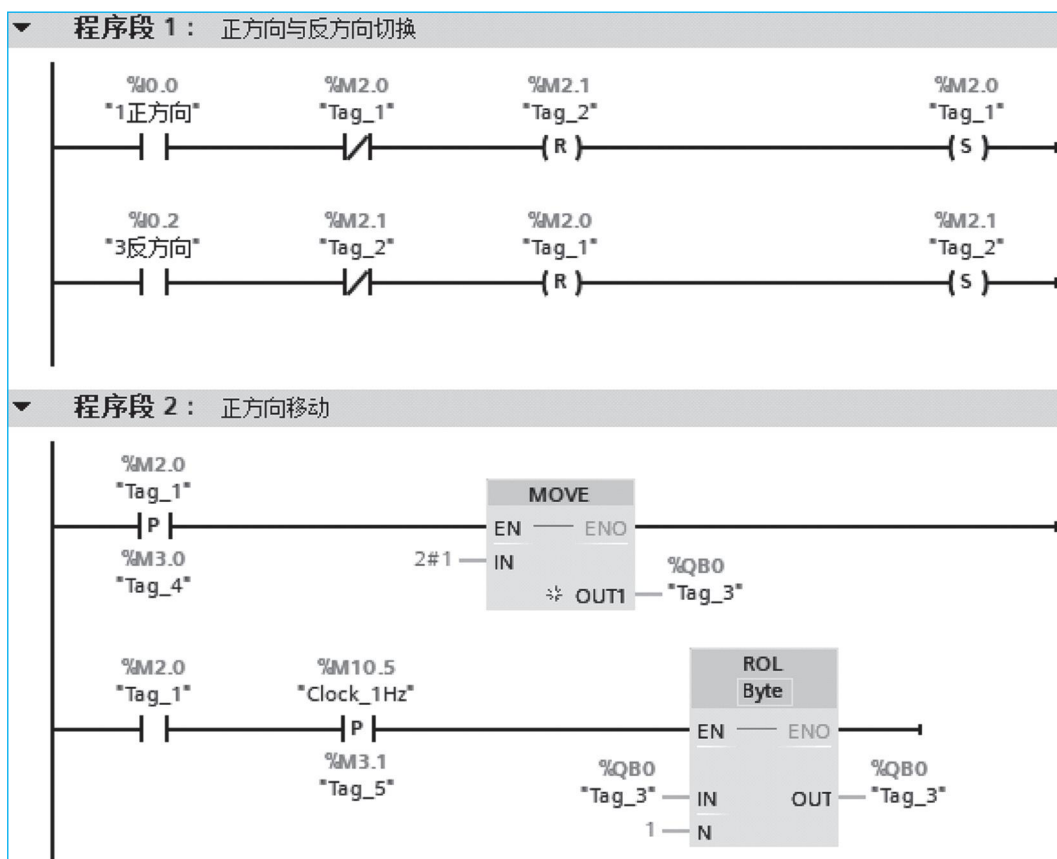
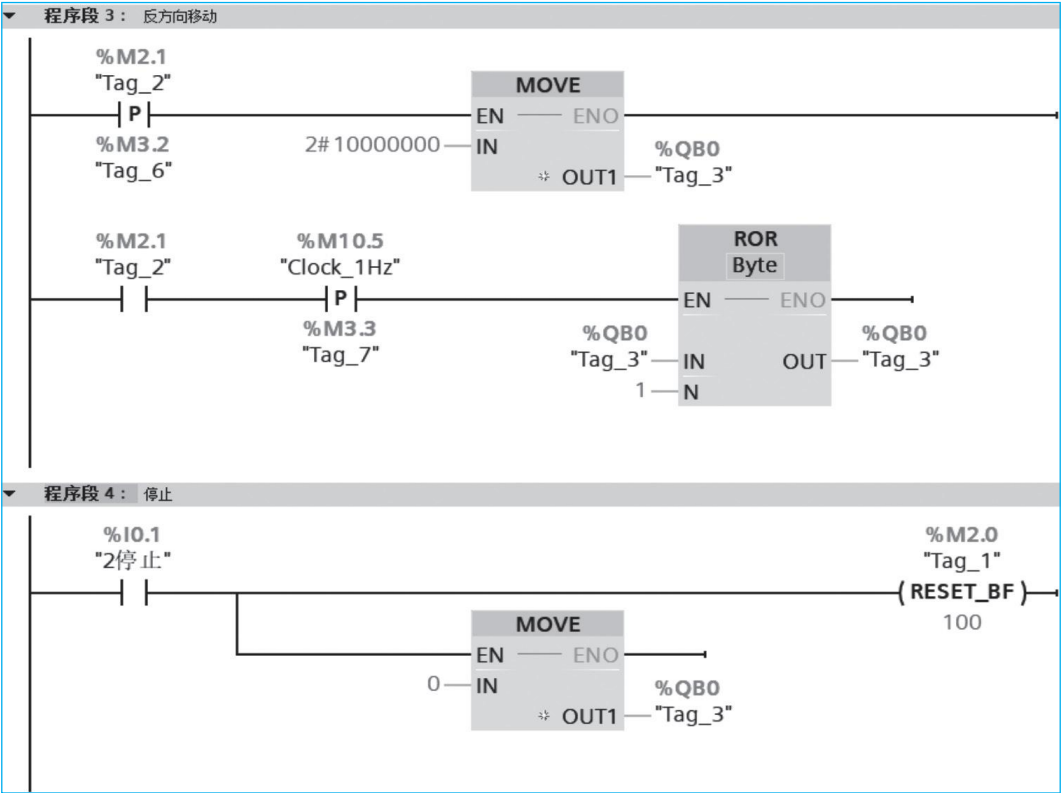


图 3.2.11 彩灯正反向点亮控制参考程序



任务三 音乐喷泉控制

任务目标

- (1) 掌握比较指令的功能及使用方法。
- (2) 掌握绘制 PLC 安装接线图的方法。
- (3) 掌握音乐喷泉控制系统程序的设计与编译、下载、运行和调试方法。

知识链接

下面介绍比较指令。

如图 3.3.1 所示，西门子 S7-1200 PLC 有 10 个比较操作，用来比较数据类型相同的两个数据 IN1 与 IN2 的大小。其操作数可以是 I/Q/M/L/D 存储区中的变量或常量。当满足比较关系式给出的条件时，等效触点就会接通。

比较操作		
	CMP ==	等于
	CMP <>	不等于
	CMP >=	大于或等于
	CMP <=	小于或等于
	CMP >	大于
	CMP <	小于
	IN_Range	值在范围内
	OUT_Range	值超出范围
	-[OK]-	检查有效性
	-[NOT_OK]-	检查无效性

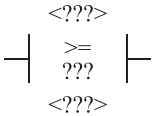
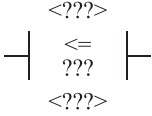
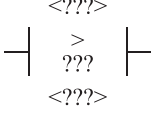
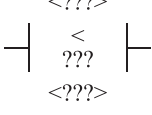
图 3.3.1 比较指令列表

表 3.3.1 为等于、不等于、大于等于、小于等于、大于、小于 6 种比较指令触点的满足条件。

表 3.3.1 比较指令触点的满足条件

指令	关系类型	满足以下条件时比较结果为真
	== (等于)	IN1 等于 IN2
	<> (不等于)	IN1 不等于 IN2

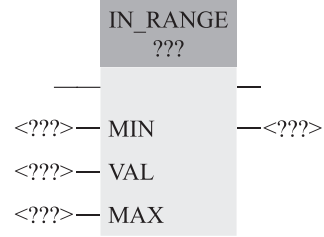
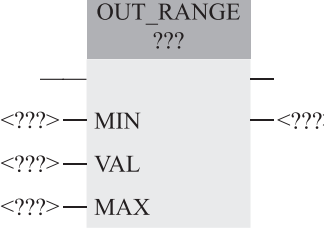
续表

指令	关系类型	满足以下条件时比较结果为真
	$\geq$ (大于等于)	IN1 大于等于 IN2
	$\leq$ (小于等于)	IN1 小于等于 IN2
	$>$ (大于)	IN1 大于 IN2
	$<$ (小于)	IN1 小于 IN2

这里以“等于”比较指令为例进行说明。可以使用“等于”指令确定第一个比较值(<操作数 1>)是否等于第二个比较值(<操作数 2>)。比较器运算指令可以通过指令右上角黄色三角的第一个选项来选择等于、大于等于等的比较器类型，也可以通过右下角黄色三角的第二个选项来选择数据类型，如整数、实数等。

表 3.3.2 为值在范围内、值在范围外、检查有效性、检查无效性 4 种比较指令的满足条件。

表 3.3.2 比较指令的满足条件

指令	关系类型	满足以下条件时比较结果为真
	IN_RANGE (值在范围内)	$\text{MIN} \leq \text{VAL} \leq \text{MAX}$
	OUT_RANGE (值在范围外)	$\text{VAL} < \text{MIN} \text{ 或 } \text{VAL} > \text{MAX}$

续表

指令	关系类型	满足以下条件时比较结果为真
<??> └─ OK ─┘	OK (检查有效性)	输入值为有效 Real 数
<??> └─ NOT_OK ─┘	NOT_OK (检查无效性)	输入值不是有效 Real 数

如果满足比较条件，则指令返回逻辑运算结果（RLO）为“1”。如果不满足比较条件，则指令返回 RLO 为“0”。该指令的 RLO 通过以下方式与当前整个路径的 RLO 进行逻辑运算。

- （1）串联比较指令时，采用“与”运算。
- （2）并联比较指令时，采用“或”运算。

任务引入

图 3.3.2 为音乐喷泉示意图，置位启动开关 SD 为 ON 时，LED 指示灯依次循环显示 1→2→3→……→8→1、2→3、4→5、6→7、8→1、2、3→4、5、6→7、8→1→2……，模拟当前喷泉“水流”状态。置位启动开关 SD 为 OFF 时，LED 指示灯停止显示，系统停止工作。

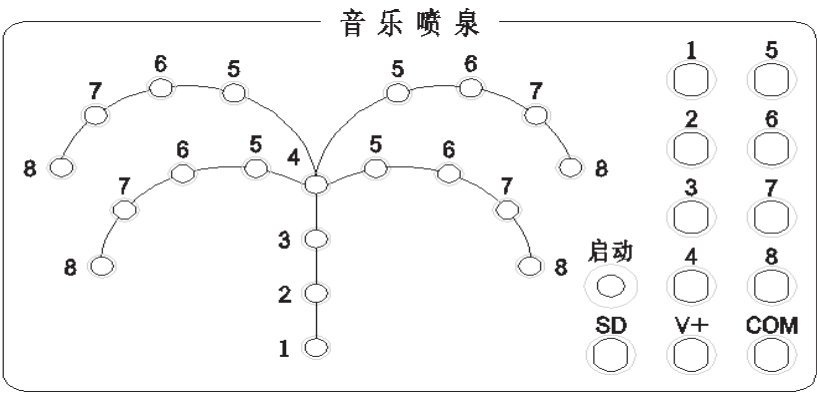


图 3.3.2 音乐喷泉示意图

任务实施

一、I/O 地址分配

根据控制要求，音乐喷泉控制系统 I/O 地址分配如表 3.3.3 所示。

表 3.3.3 音乐喷泉控制系统 I/O 地址分配表

输入信号			输出信号		
硬件	软元件	功能	硬件	软元件	功能
SD	I0.0	启动开关	1	Q0.1	喷泉 1 模拟指示灯
—	—	—	2	Q0.2	喷泉 2 模拟指示灯
—	—	—	3	Q0.3	喷泉 3 模拟指示灯
—	—	—	4	Q0.4	喷泉 4 模拟指示灯
—	—	—	5	Q0.5	喷泉 5 模拟指示灯
—	—	—	6	Q0.6	喷泉 6 模拟指示灯
—	—	—	7	Q0.7	喷泉 7 模拟指示灯
—	—	—	8	Q0.0	喷泉 8 模拟指示灯

二、PLC 安装接线图设计

根据表 3.3.3 和控制要求，设计音乐喷泉控制系统 PLC 安装接线图如图 3.3.3 所示。

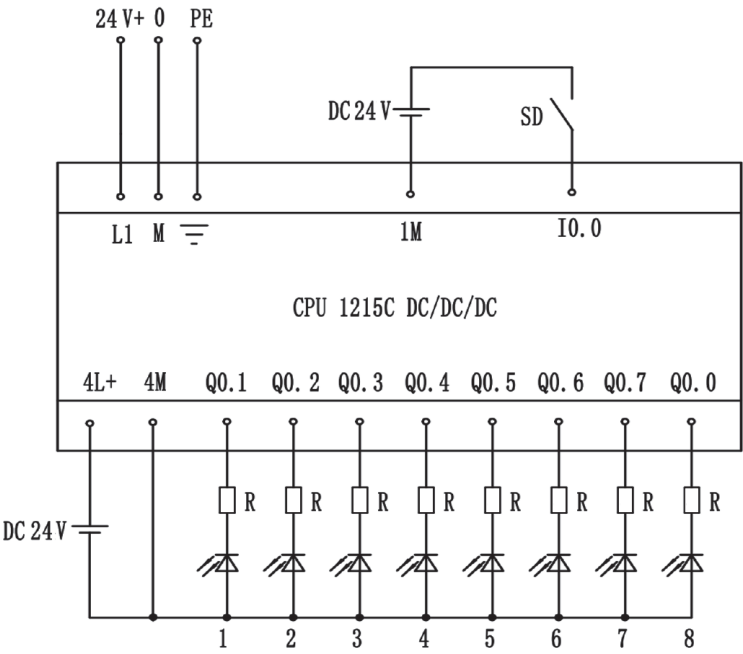


图 3.3.3 音乐喷泉控制系统 PLC 安装接线图

三、PLC 程序设计

采用比较指令编写音乐喷泉控制程序，先确定循环周期 15 s，再使用比较指令，确定每一个指示灯输出的时间段，一个周期结束后，用 M20.0 断开定时器，开启循环。参考程序如图 3.3.4 所示。

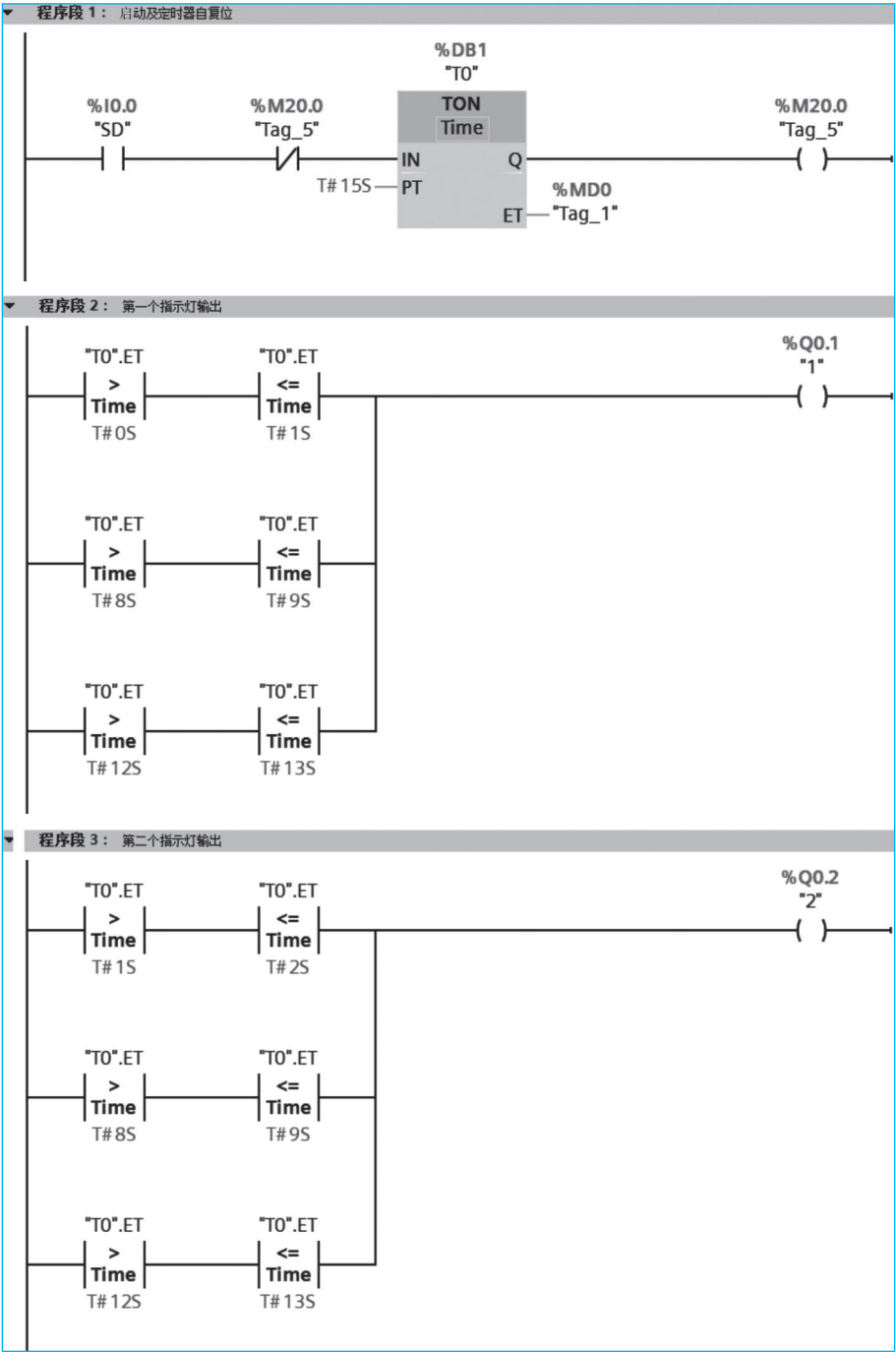


图 3.3.4 音乐喷泉控制系统控制程序

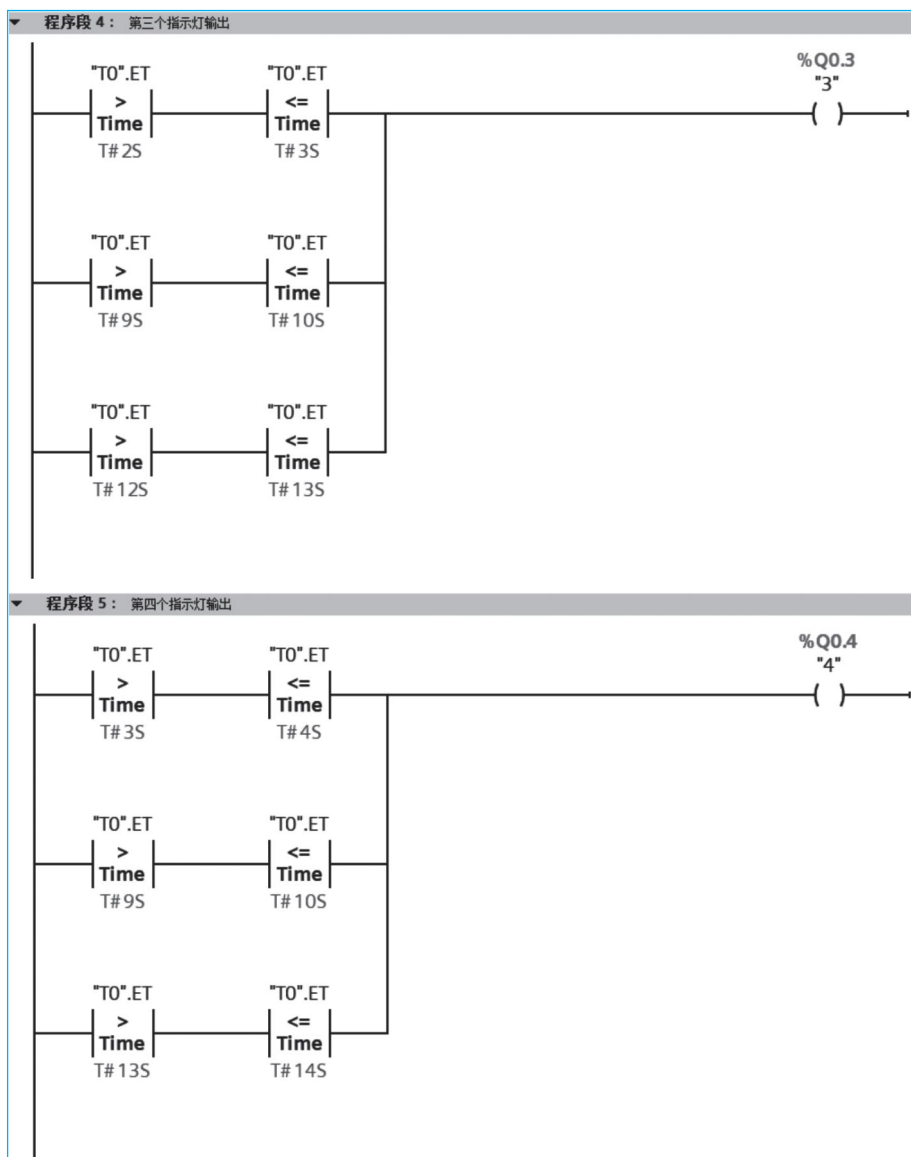


图 3.3.4 音乐喷泉控制系统控制程序（续）

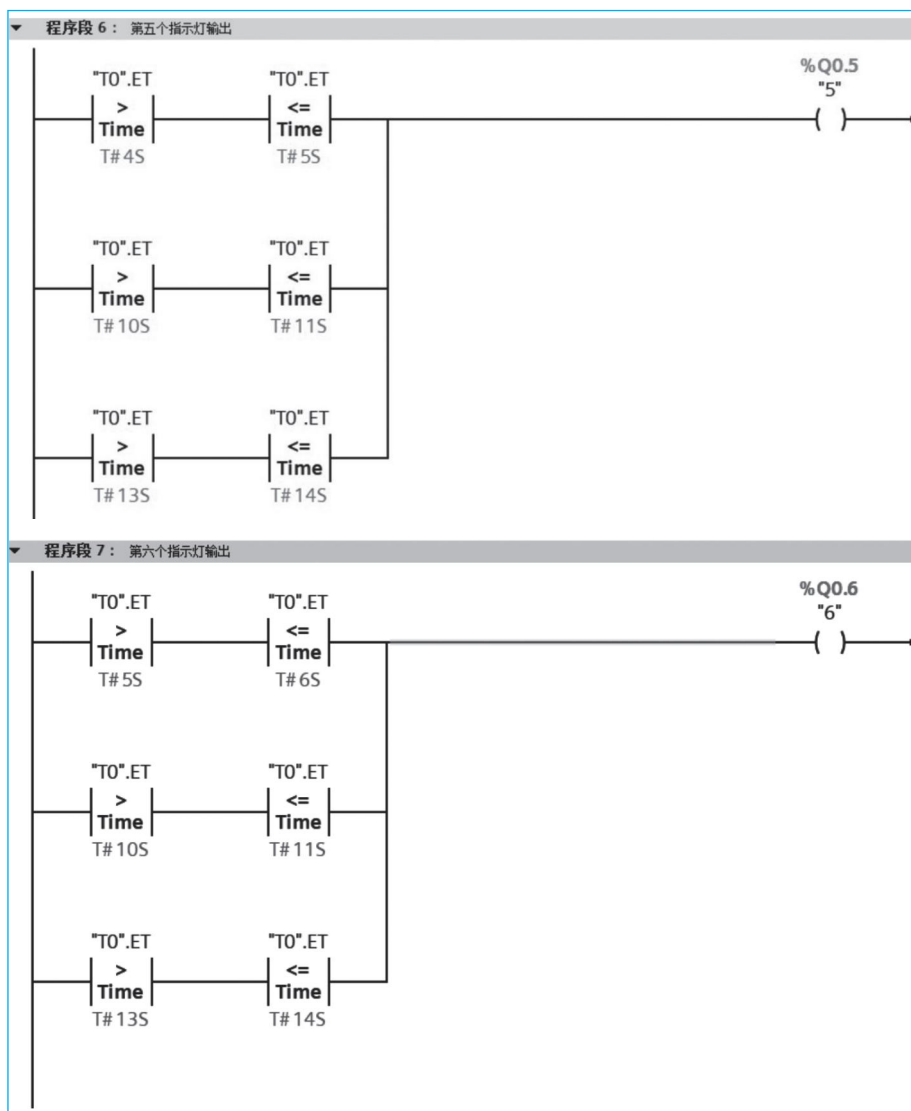


图 3.3.4 音乐喷泉控制系统控制程序（续）

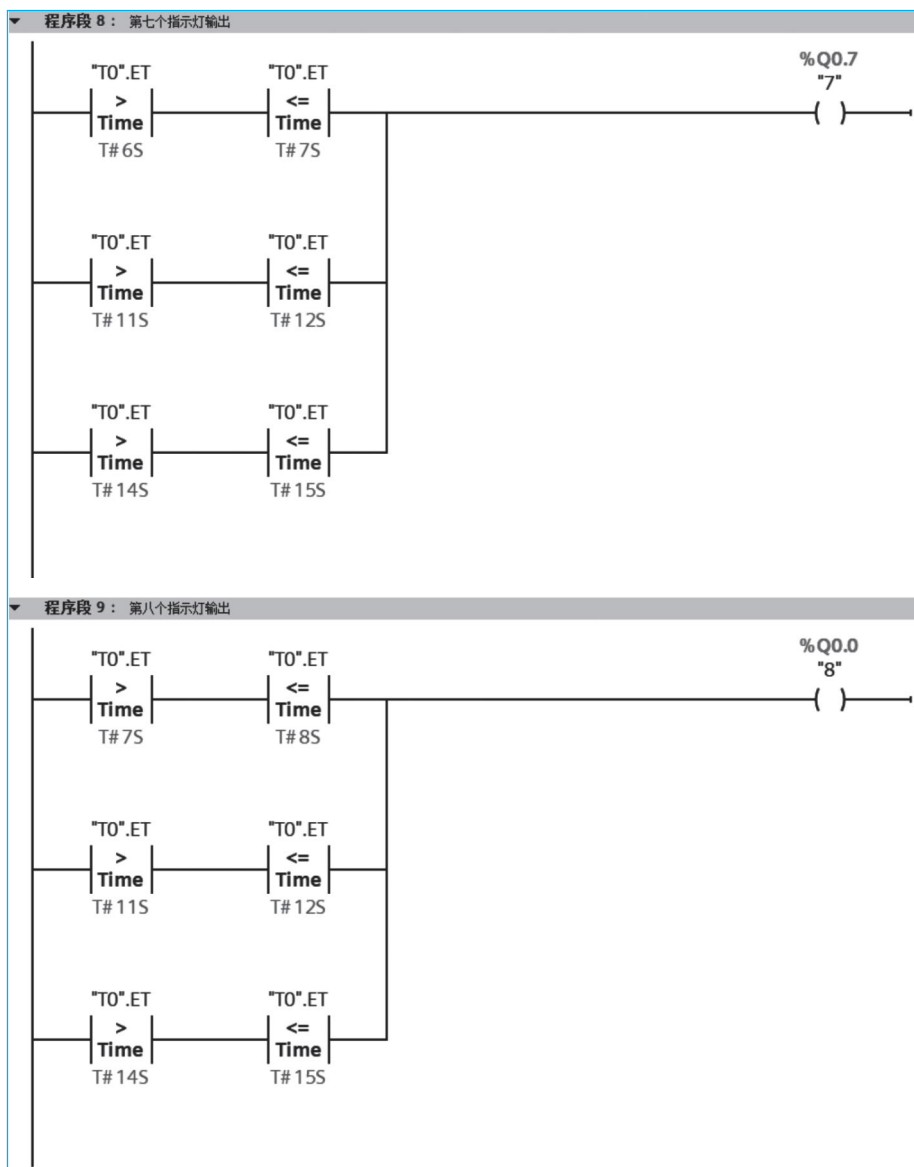


图 3.3.4 音乐喷泉控制系统控制程序（续）

任务考评

请根据任务要求完成任务，并对任务实施过程及结果进行评价和总结，如表 3.3.4 所示。

表 3.3.4 音乐喷泉控制系统实施评价表

序号	考核内容	考核要求	评分标准	配分	得分
1	程序设计	(1) 能正确分配 I/O 地址; (2) 设备组态;	(1) I/O 地址分配错误或缺少, 每个扣 5 分; (2) CPU 组态与现场设备型号不匹配, 扣 10 分;	40 分	
1	程序设计	(3) 根据控制要求, 正确编制梯形图	(3) 梯形图表达不正确或画法不规范, 每处扣 5 分		
2	安装接线	(1) 绘制 PLC 安装接线图; (2) 照图接线	(1) PLC 安装接线图设计不全或有错, 每处扣 5 分; (2) 连线错一处, 扣 5 分; (3) 损坏元器件, 每个扣 5~10 分; (4) 损坏连接线, 每根扣 5~10 分	20 分	
3	调试运行	能熟练使用编程软件编制程序, 能将程序下载至 CPU, 并按要求调试运行	(1) 不能熟练使用编程软件进行梯形图的编辑、修改、转换、写入及监视, 每项扣 2 分; (2) 不能按照控制要求完成相应的功能, 每缺一项扣 5 分	20 分	
4	安全操作	确保人身和设备安全	违反安全文明操作规程, 扣 1~20 分	20 分	
总计					
总结反思					

总结思考

周期循环控制问题, 都可以采用定时器的复位电路加比较指令完成。先计算出完成一个周期的动作需要的时间, 然后将这段时间划分成小段, 并分配每一小段完成的动作。

拓展训练

空余车位控制: 要求用 3 盏灯 (红、绿、黄), 表示地下车库的车位数。系统工作时, 若空余车位大于 10 个, 则绿灯亮; 空余车位为 1~10 个, 则黄灯亮; 无空余车位, 则红灯亮。请根据控制要求完成编程。空余车位控制 I/O 分配如图 3.3.5 所示, 参考程序如图 3.3.6 所示。

	名称	数据类型	地址	保持	从 H...	从 H...	在 H...
1	进车	Bool	%I0.0	☐	☒	☒	☒
2	Tag_2	Bool	%M80.0	☐	☒	☒	☒
3	车位	Word	%MW20	☐	☒	☒	☒
4	出车	Bool	%I0.1	☐	☒	☒	☒
5	Tag_3	Bool	%M80.1	☐	☒	☒	☒
6	绿灯	Bool	%Q0.0	☐	☒	☒	☒
7	黄灯	Bool	%Q0.1	☐	☒	☒	☒
8	红灯	Bool	%Q0.2	☐	☒	☒	☒

图 3.3.5 空余车位控制 I/O 分配

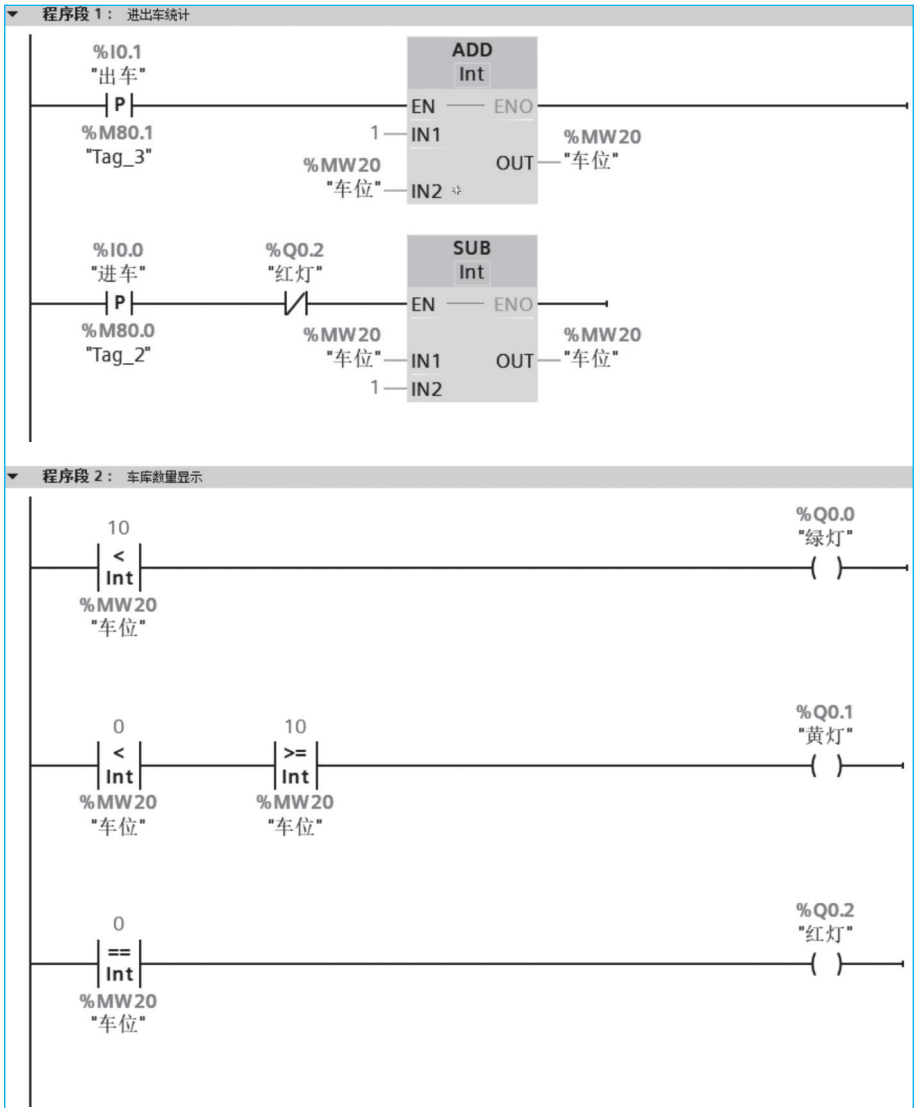


图 3.3.6 空余车位控制参考程序

任务四 饮料自动出售机控制

任务目标

- (1) 掌握四则运算指令的功能及使用方法。
- (2) 掌握绘制 PLC 安装接线图的方法。
- (3) 掌握饮料自动出售机控制系统程序的设计与编译、下载、运行和调试方法。

知识链接

在数学运算指令中，ADD、SUB、MUL、DIV 分别是加、减、乘、除指令。其操作数的数据类型可选 SInt、Int、DInt、USInt、UInt、UDInt 及 Real。在运算过程中，操作数的数据类型应该相同。

一、加法 (ADD) 指令

西门子 S7-1200 PLC 的加法 (ADD) 指令可以从 TIA 博途软件右边指令窗口“基本指令”下的“数学函数”中直接添加，如图 3.4.1 所示，使用加法 (ADD) 指令，选择合适的数据类型，将输入的 IN1 值与输入的 IN2 值相加，并在 OUT (OUT=IN1+IN2) 处查询总和。

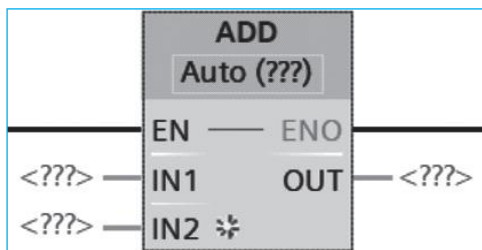


图 3.4.1 加法 (ADD) 指令

在初始状态下，指令框中至少包含两个输入 (IN1 和 IN2)，可以用鼠标单击图符“*”，扩展输入数目，在功能框中按升序对插入的输入进行编号，执行 ADD 指令时，将所有可用输入参数的值相加，并将求得的和存储在 OUT 中。

表 3.4.1 列出了 ADD 指令的参数。根据参数说明，只有 EN 的信号状态为“1”时才执行 ADD 指令。如果成功执行 ADD 指令，则 ENO 的信号状态也为“1”。如果满足下列条件之一，则 ENO 的信号状态为“0”。

- (1) EN 的信号状态为“0”。
- (2) 指令结果超出 OUT 指定数据类型的允许范围。
- (3) 浮点数具有无效值。

表 3.4.1 ADD 指令的参数

参数	输入 / 输出类型	数据类型	存储区	说明
EN	输入	Bool	I、Q、M、D、L	使能输入
ENO	输出	Bool	I、Q、M、D、L	使能输出
IN1	输入	整数、浮点数	I、Q、M、D、L 或常数	要相加的第一个数
IN2	输入	整数、浮点数	I、Q、M、D、L 或常数	要相加的第二个数
IN _n	输入	整数、浮点数	I、Q、M、D、L 或常数	要相加的可选输入值
OUT	输出	整数、浮点数	I、Q、M、D、L	总和

图 3.4.2 举例说明了 ADD 指令的工作原理：如果 I0.0 的信号状态为“1”，则将执行“加”指令，将 MW0 的值与 MW2 的值相加，并将相加的结果存储在操作数 MW4 中。如果该指令执行成功，则 ENO 的信号状态为“1”，同时置位输出 Q1.0。

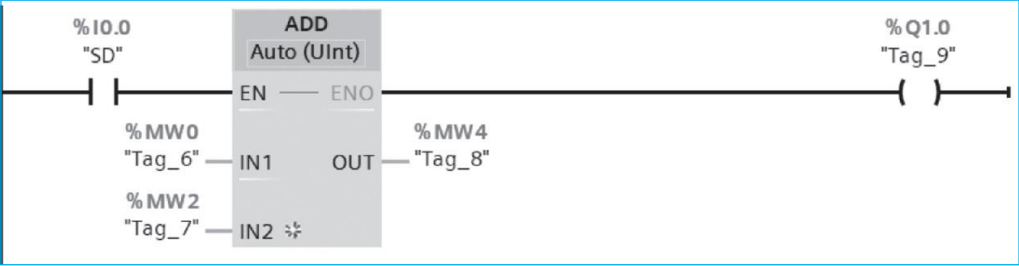


图 3.4.2 ADD 指令应用

二、减法 (SUB) 指令

如图 3.4.3 所示，可以使用减法 (SUB) 指令从输入 IN1 的值中减去输入 IN2 的值，并在 OUT (OUT=IN1-IN2) 处查询差值。SUB 指令的参数与 ADD 指令相同。

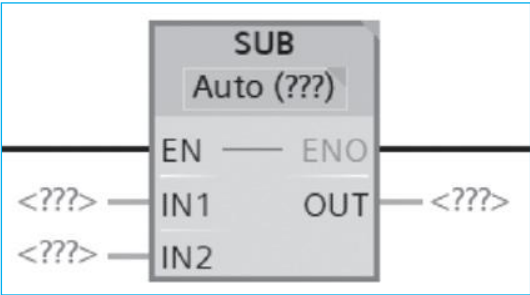


图 3.4.3 减法 (SUB) 指令

图 3.4.4 举例说明了 SUB 指令的工作原理：如果 I0.1 的信号状态为“1”，则将执行“减”指令，将操作数 MW4 的值减去 MW6 的值，并将结果存储在操作数 MW8 中。如果该指令执行成功，则 ENO 的信号状态为“1”，同时置位输出 Q1.1。

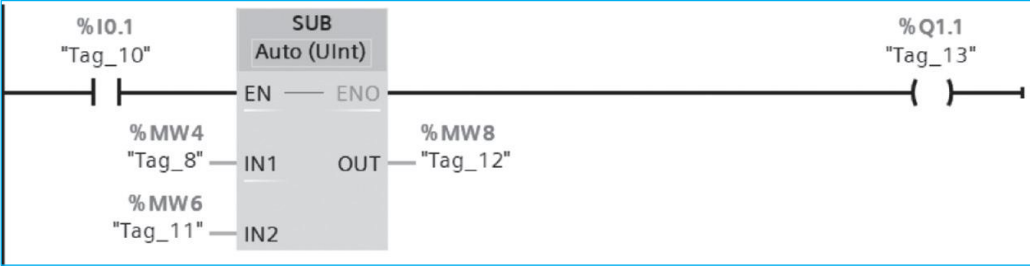


图 3.4.4 SUB 指令的应用

三、乘法 (MUL) 指令

如图 3.4.5 所示，可以使用乘法（MUL）指令将输入 IN1 的值乘输入 IN2 的值，并在 OUT（ $OUT = IN1 * IN2$ ）处查询乘积。与 ADD 指令一样，可以在指令功能框中展开输入的数字，并在功能框中以升序对相乘的输入进行编号。表 3.4.2 为乘法（MUL）指令的参数。

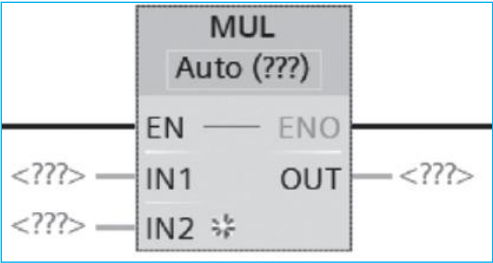


图 3.4.5 乘法 (MUL) 指令

表 3.4.2 乘法 (MUL) 指令的参数

参数	输入 / 输出类型	数据类型	存储区	说明
EN	输入	Bool	I、Q、M、D、L	使能输入
ENO	输出	Bool	I、Q、M、D、L	使能输出
IN1	输入	整数、浮点数	I、Q、M、D、L 或常数	要相乘的第一个数
IN2	输入	整数、浮点数	I、Q、M、D、L 或常数	要相乘的第二个数
INn	输入	整数、浮点数	I、Q、M、D、L 或常数	要相乘的可选输入值
OUT	输出	整数、浮点数	I、Q、M、D、L	总和

图 3.4.6 举例说明了 MUL 指令的工作原理：如果操作数 I0.2 的信号状态为“1”，则将执行“乘”指令，将操作数 MW0 的值乘操作数 MW2 的值，相乘的结果存储在操作数 MW4 中。如果成功执行该指令，则 ENO 的信号状态为“1”，并将置位输出 Q1.5。

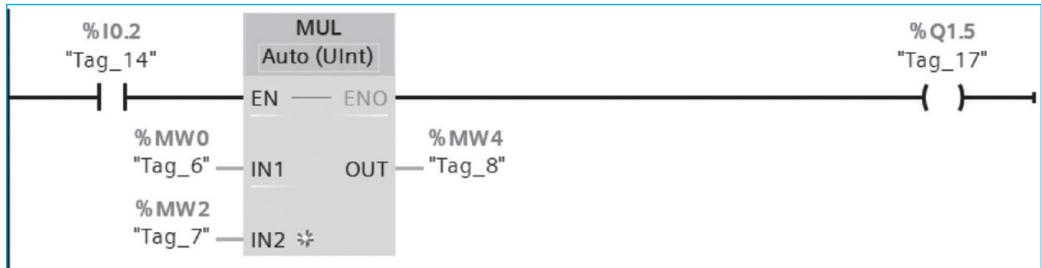


图 3.4.6 MUL 指令的应用

四、除法 (DIV) 指令和返回除法余数 (MOD) 指令

除法 (DIV) 指令和返回除法余数 (MOD) 指令如图 3.4.7 所示。前者输出的是除法的商，后者输出的是除法的余数。需要注意的是，MOD 指令只有在整数相除时才能应用。

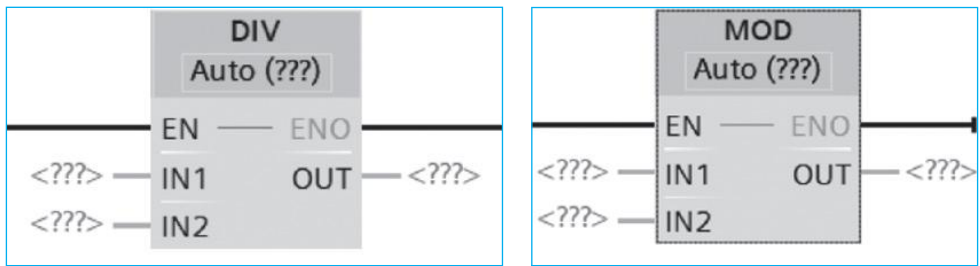


图 3.4.7 除法 (DIV) 指令和返回除法余数 (MOD) 指令

图 3.4.8 举例说明了 DIV 指令和 MOD 指令的工作原理：如果 I0.1 的信号状态为“1”，则将执行 DIV 指令，将 MW0 的值除以操作数 IN2 的常数值“2”，商存储在操作数 MW2 中，余数存储在 MW4 中。

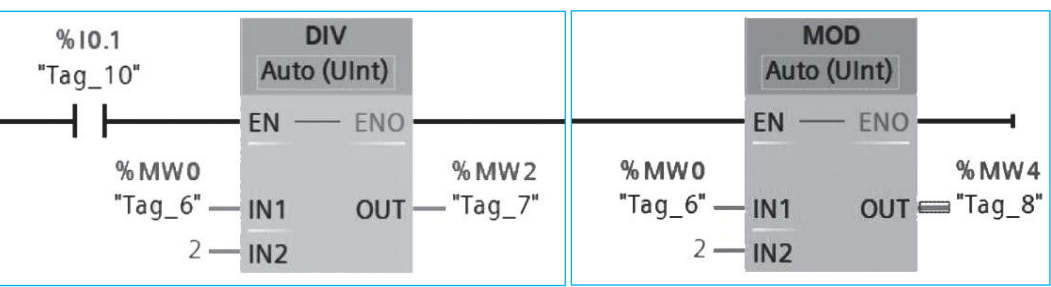


图 3.4.8 DIV 指令和 MOD 指令的应用

除了上述运算指令之外，西门子 S7-1200 PLC 还有 NEG、INC、DEC 及 ABS 等数学运算指令，具体说明如下。

- (1) NEG 指令：将输入 IN 的值取反，保存在 OUT 中。
- (2) INC 指令和 DEC 指令：参数 IN/OUT 的值分别加 1 和减 1。

(3) ABS 指令：求输入 IN 中有符号整数或实数的绝对值。

浮点数函数运算的梯形图及对应的描述如表 3.4.3 所示。需要注意的是，三角函数和反三角函数指令的角度均为以弧度为单位的浮点数。

表 3.4.3 浮点数函数运算的梯形图及对应的描述

梯形图	描述	梯形图	描述
SQR	平方	TAN	正切函数
SQRT	平方根	ASIN	反正弦函数
LN	自然对数	ACOS	反余弦函数
EXP	自然指数	ATAN	反正切函数
SIN	正弦函数	FRAC	求浮点数的小数部分
COS	余弦函数	EXPT	求浮点数的普通对数

任务引入

饮料自动售货机是根据投入的钱币自动付货的机器。自动售货机是商业自动化的常用设备，它不受时间、地点的限制，能节省人力、方便交易，是一种全新的商业零售形式，又被称为 24 小时营业的微型超市。图 3.4.9 为自动售货机控制系统示意图，这台机器如果用 PLC 控制，该如何设计程序呢？

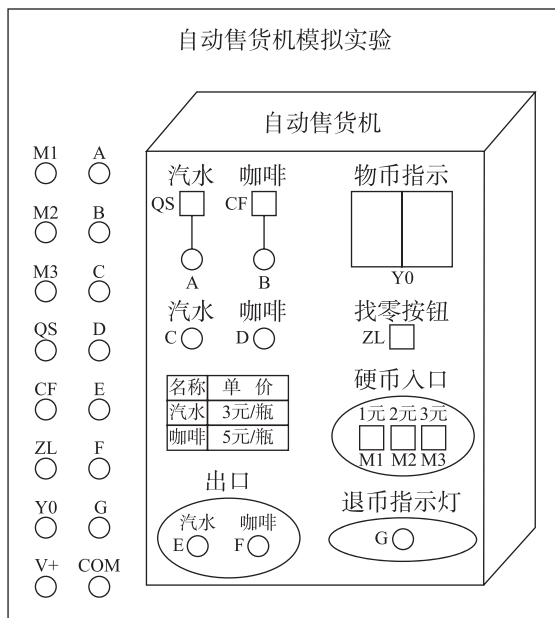


图 3.4.9 自动售货机控制系统示意图

自动售货机的总体控制要求如下：

(1) 按下“M1”“M2”“M3”三个按键，分别模拟投入 1 元、2 元、3 元的货币，

投入的货币可以累加起来；

(2) 售货机内的两种饮料有相对应价格(汽水 3 元,咖啡 5 元),当投入的货币大于等于其售价时,对应的汽水指示灯 A、咖啡指示灯 B 点亮,表示可以购买;

(3) 当可以购买时,按下相应的汽水选择按键“QS”或咖啡选择按键“CF”,货物排出,5 s 后,出口处的“E”和“F”指示灯闪烁,表示“汽水”和“咖啡”已经取出;

(4) 购买完毕后,如果投入的硬币总值超过按钮所需钱数(汽水 3 元,咖啡 5 元),按下找零按键,退币指示灯点亮 3 s,模拟退币。

任务实施

该任务整体控制要求比较复杂,建议用经验设计法编写程序。

完成核心任务可以应用本节课学习的数学函数类指令,用加法指令对投入的钱币进行计量,并且用加法指令将 1 元、2 元和 3 元钱币的总额相加得到投币总金额;用减法指令计算剩余零钱。

一、I/O 地址分配

根据控制要求,自动售货机控制系统 I/O 地址分配如表 3.4.4 所示。

表 3.4.4 自动售货机控制系统 I/O 地址分配表

输入信号			输出信号		
硬件	软元件	功能	硬件	软元件	功能
S0	I0.0	1 元投币按键 M1	L0	Q0.0	汽水指示灯 A
S1	I0.1	2 元投币按键 M2	L1	Q0.1	咖啡指示灯 B
S2	I0.2	3 元投币按键 M3	L2	Q0.2	模拟汽水出货指示灯 E
S3	I0.3	汽水选择按键 QS	L3	Q0.3	模拟咖啡出货指示灯 F
S4	I0.4	咖啡选择按键 CF	L4	Q0.4	退币指示灯 G
S5	I0.5	找回零钱按键 ZL	—	—	—
S6	I0.6	复位按钮 FW	—	—	—

二、PLC 安装接线图设计

根据表 3.4.4 和控制要求,设计自动售货机 PLC 控制接线图如图 3.4.10 所示。

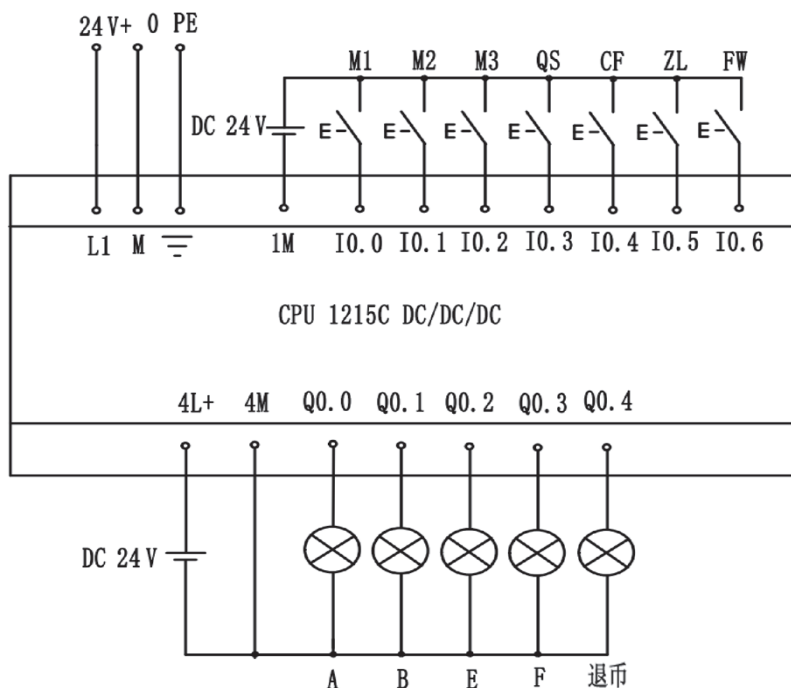


图 3.4.10 自动售货机 PLC 控制接线图

三、PLC 程序设计

自动售货机控制程序包括投币、可购买指示、购买、找零和复位五个程序段，参考程序如图 3.4.11 所示。

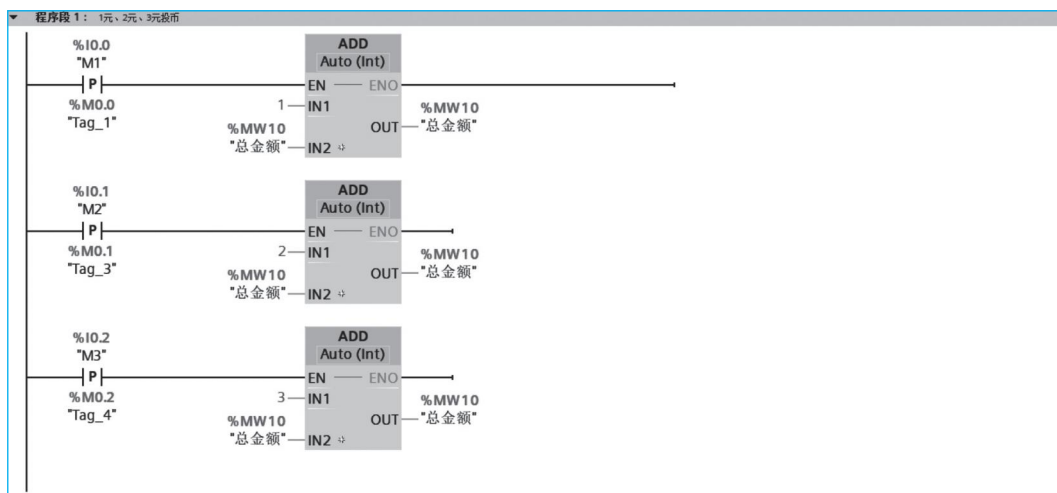


图 3.4.11 自动售货机控制程序

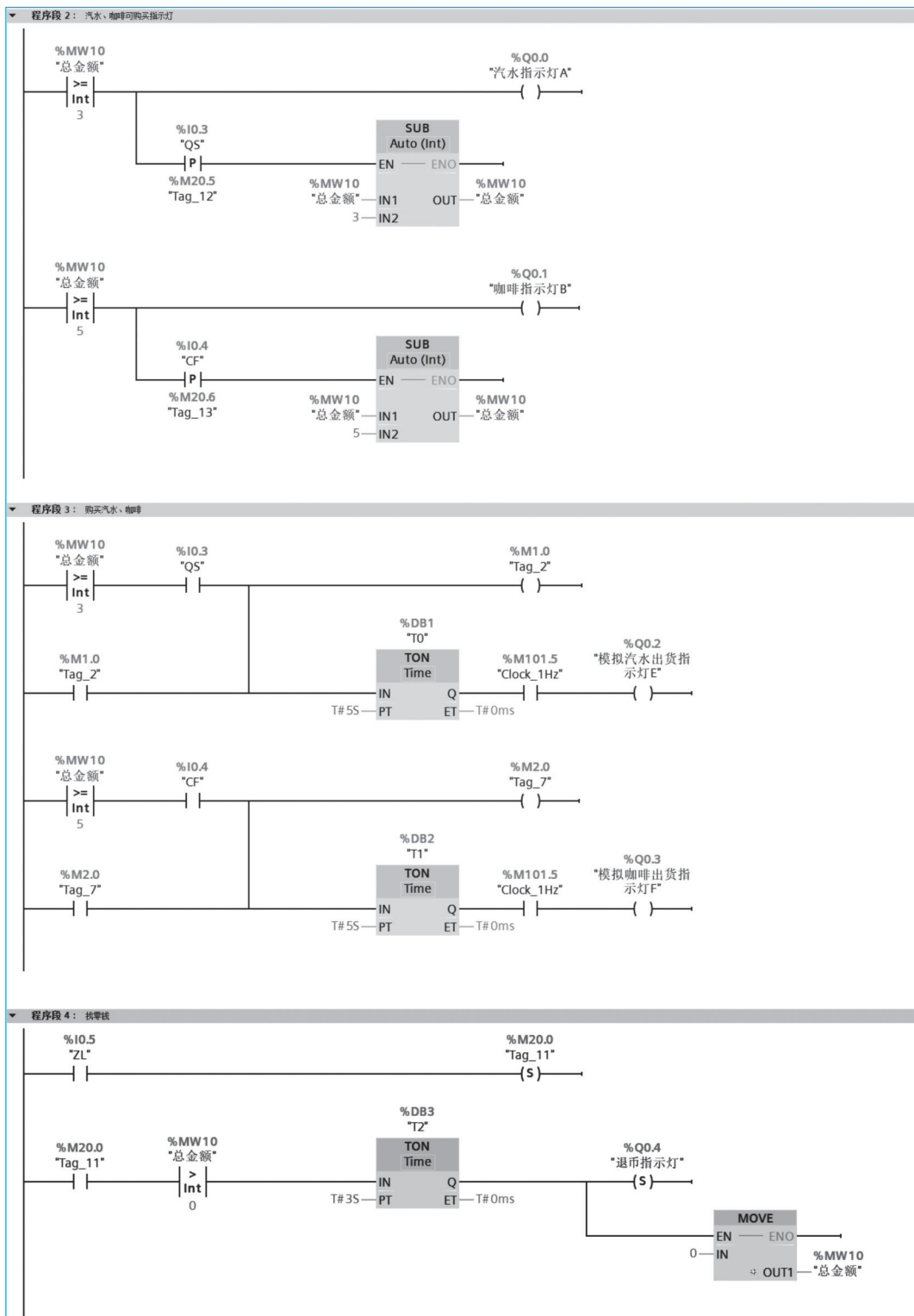


图 3.4.11 自动售货机控制程序（续）

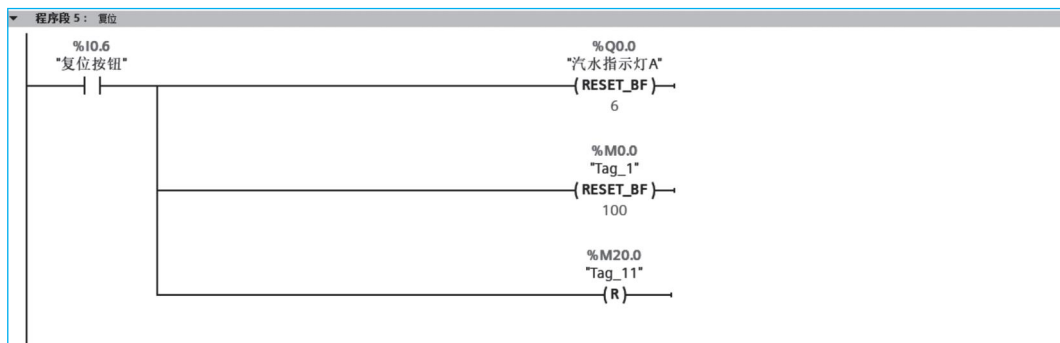


图 3.4.11 自动售货机控制程序 (续)

任务考评

请根据任务要求完成任务, 并对任务实施过程及结果进行评价及总结, 如表 3.4.5 所示。

表 3.4.5 自动售货机控制实施评价表

序号	考核内容	考核要求	评分标准	配分	得分
1	程序设计	(1) 能正确分配 I/O 地址; (2) 设备组态; (3) 根据控制要求, 正确编制梯形图	(1) I/O 地址分配错误或缺少, 每个扣 5 分; (2) CPU 组态与现场设备型号不匹配, 扣 10 分; (3) 梯形图表达不正确或画法不规范, 每处扣 5 分	40 分	
2	安装接线	(1) 绘制 PLC 安装接线图; (2) 照图接线	(1) PLC 安装接线图设计不全或有错, 每处扣 5 分; (2) 连线错一处, 扣 5 分; (3) 损坏元器件, 每个扣 5~10 分; (4) 损坏连接线, 每根扣 5~10 分	20 分	
3	调试运行	能熟练使用编程软件编制程序, 能将程序下载至 CPU, 并按要求调试运行	(1) 不能熟练使用编程软件进行梯形图的编辑、修改、转换、写入及监视, 每项扣 2 分; (2) 不能按照控制要求完成相应的功能, 每缺一项扣 5 分	20 分	
4	安全操作	确保人身和设备安全	违反安全文明操作规程, 扣 1~20 分	20 分	
总计					
总结反思					

拓展训练

数码管 9 s 倒计时控制: 用 PLC 实现数码管 9 s 倒计时控制, 要求按下启动按钮后, 数码管显示 9, 然后数字每秒递减 1, 减到 0 时停止。无论何时按下停止按钮, 数码管均显示当前数值。再次按下启动按钮, 数码管依然从数字 9 开始每秒递减 1。

数码管 9 s 倒计时控制 I/O 分配如图 3.4.12 所示, 参考程序如图 3.4.13 所示。

	名称	数据类型	地址	保持	从 H...	从 H...	在 H...	注释
1	启动按钮 SB1	Bool	%I0.0	☐	☒	☒	☒	
2	停止按钮 SB2	Bool	%I0.1	☐	☒	☒	☒	
3	数码管 a	Bool	%Q0.0	☐	☒	☒	☒	
4	数码管 b	Bool	%Q0.1	☐	☒	☒	☒	
5	数码管 c	Bool	%Q0.2	☐	☒	☒	☒	
6	数码管 d	Bool	%Q0.3	☐	☒	☒	☒	
7	数码管 e	Bool	%Q0.4	☐	☒	☒	☒	
8	数码管 f	Bool	%Q0.5	☐	☒	☒	☒	
9	数码管 g	Bool	%Q0.6	☐	☒	☒	☒	

图 3.4.12 数码管 9 s 倒计时控制 I/O 分配

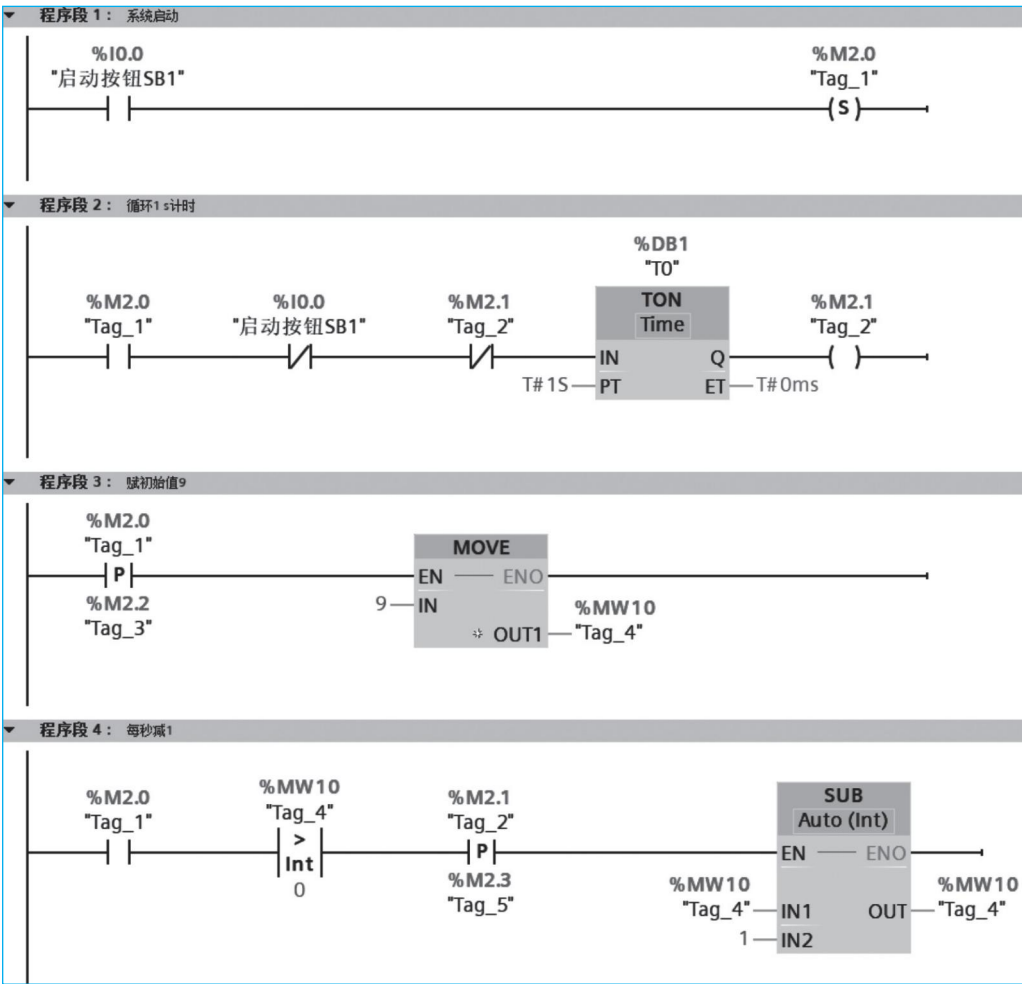


图 3.4.13 数码管 9 s 倒计时控制参考程序

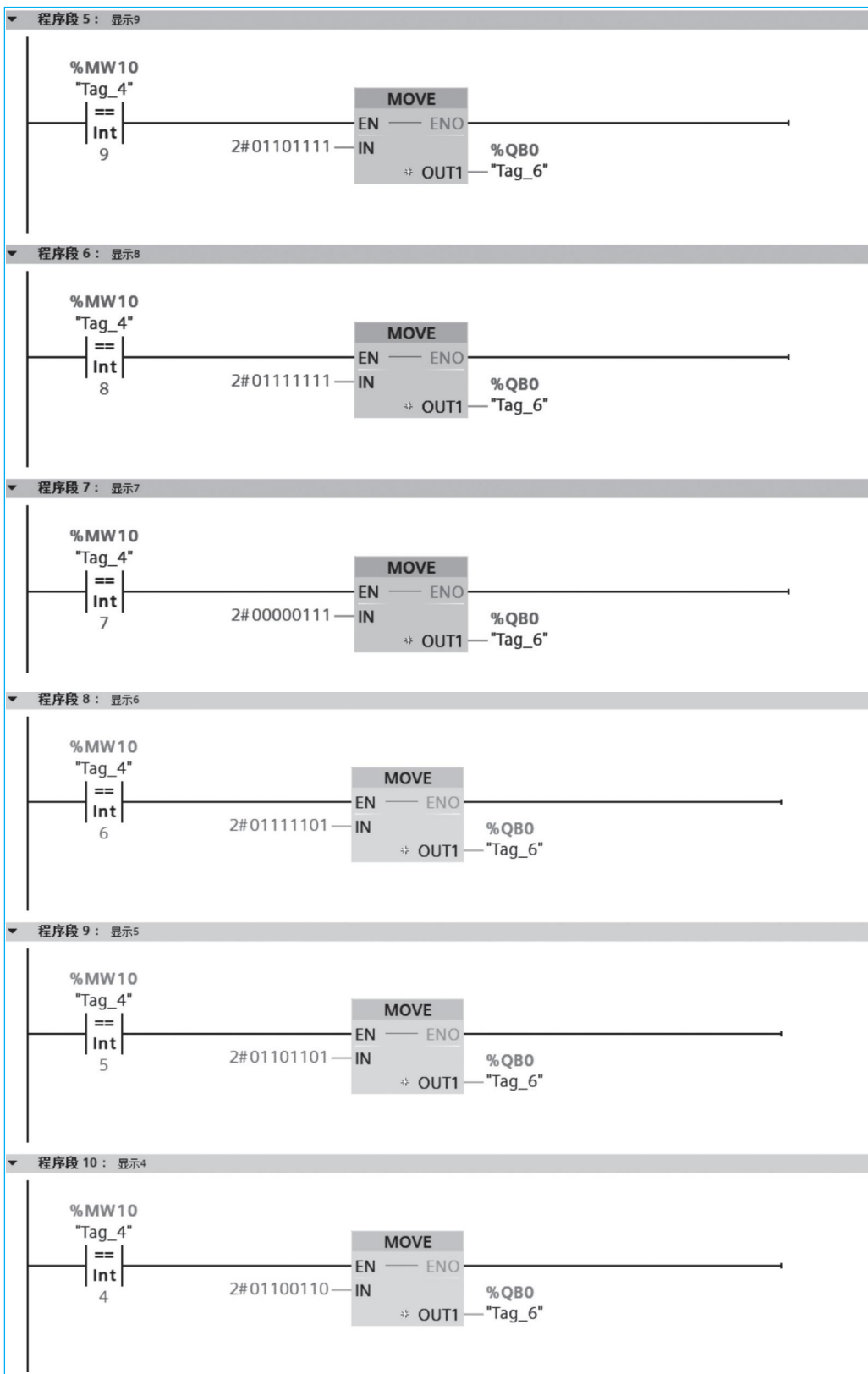


图 3.4.13 数码管 9 s 倒计时控制参考程序 (续)

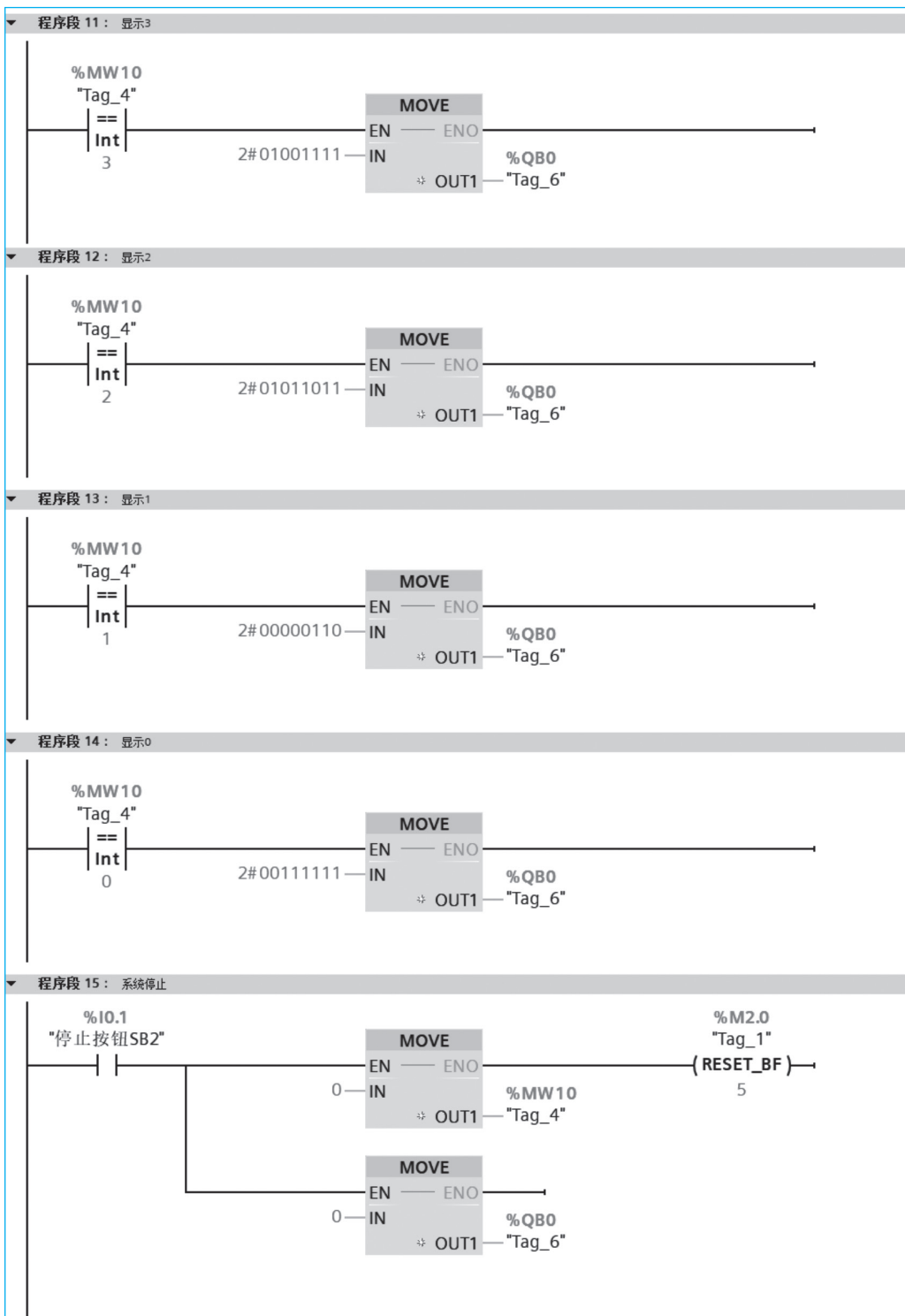


图 3.4.13 数码管 9 s 倒计时控制参考程序（续）



你可能见过七彩彩虹，但你是否也见过九色的广州塔

广州塔（Canton Tower）又称广州电视塔，昵称小蛮腰，位于广州城市新中轴线与珠江景观轴交汇处，与举办第十六届亚运会开闭幕式的海心沙岛和广州市 21 世纪 CBD 区珠江新城隔江相望。广州塔总高度 600 m，其主体高 454 m，天线桅杆高 146 m，是中国最高的广播电视观光塔。

夜幕降临时，摩天轮在空中旋转，珠江在塔底流淌，夜幕下灯光璀璨。广州塔的灯光五彩缤纷，可以呈现出多种颜色。

广州塔亮起来的奥秘在于广州塔上的 6700 余盏 LED 灯。广州塔的灯光五彩缤纷，其实是由于 RGB（红、绿、蓝）三种原色可以混合成多种颜色。事实上，每一个发光的圆圈都是一个 LED 灯珠。一个红色的灯珠，一个绿色的灯珠，一个蓝色的灯珠为一组灯珠。

广州塔的塔体可以不断改变颜色，不同的光效是通过计算机控制每个灯珠的开关和亮度来实现的。除了 LED，广州塔上还安装了激光灯。其中，塔顶三个激光灯最显眼，最远射程超过 1000 m，可以射向广州中轴线上的东塔、西塔和中信广场。

LED（light emitting diode）即发光二极管，是一种能将电能转化为可见光的固体半导体器件。LED 可直接发出红、黄、蓝、绿、青、橙、紫、白光。

LED 被称为第四代光源，具有节能、环保、安全、使用寿命长、热量低、亮度高、防水、微型、防震、易调光、光束集中、维护简单等特点。除室内照明外，还可用于汽车灯、交通信号灯、室外大型显示屏、液晶屏背光源等领域。

广州塔上 6700 多盏 LED 灯通过新月板固定在钢管柱内侧。所有的灯都向上或向下照射主柱，并逐个接力。这种方法可以严格控制配光，既减少了漫射光和光污染，又避免了对周边居民区的影响。LED 具有指向性强的特点，将光聚集在柱、环梁等结构上，可营造出更清晰的灯光效果。

（资料来源：搜狐网，2018 年 3 月 10 日，有删改）

 课后习题

1. 用 PLC 实现 1 个按钮控制 3 盏灯的亮灭, 要求第 1 次按下按钮, 第 1 盏灯亮, 第 2 次按下按钮, 第 2 盏灯亮, 第 3 次按下按钮, 第 3 盏灯亮, 第 4 次按下按钮, 第 1 ~ 3 盏灯同时亮, 第 5 次按下按钮, 第 1 ~ 3 盏灯同时熄灭。试画出 PLC 接线图并编制梯形图。
2. 试用移动值指令编制三相异步电动机星 - 三角减压启动程序, 假定三相异步电动机星形联结启动的时间为 10 s, 并具有运行 / 报警指示功能。指示灯在启动过程中点亮, 启动结束后熄灭。如果发生电动机过载, 则停机并进行灯光闪烁报警。
3. 三台电动机相隔 10 s 启动, 各运行 15 s 后停止, 循环往复。试用比较指令完成程序设计。
4. 用移动值指令编写程序, 要求按下启动按钮 SB1, 8 盏灯连续亮起, 按下按钮 SB2, 8 盏灯连续熄灭。根据控制要求写出 I/O 分配表及梯形图。
5. 某设备有 3 台风机。当设备处于运行状态时, 如果有两台或两台以上风机工作, 则指示灯常亮, 指示“正常”; 如果仅有一台风机工作, 则该指示灯以 0.5 Hz 的频率闪烁, 指示“一级报警”; 如果没有风机工作, 则指示灯不亮。试画出 PLC 接线图并编制梯形图。
6. 加热器功率调节控制: 某加热器有 3 个功率档位, 分别是 0.5 kW、1 kW、1.5 kW, 调节控制电路使用了 0.5 kW 的加热器, 分别由 KM1 ~ KM3 进行控制。控制要求如下。
 - (1) 每按一次功率增加按钮 SB1, 功率上升 1 档。
 - (2) 每按一次功率减少按钮 SB2, 功率下降 1 档。
 - (3) 按停止按钮 SB3, 加热停止。