

电气与可编程控制器 综合应用实训

DIANQI YU KEBIANCHENG KONGZHIQI
ZONGHE YINGYONG SHIXUN

郭丙君 © 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电气与可编程控制器 综合应用实训

DIANQI YU KEBIANCHENG KONGZHIQI
ZONGHE YINGYONG SHIXUN

郭丙君 © 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是《电气与可编程控制器原理及应用》的配套用书。全书按照主教材的章节顺序进行编写,由三部分组成:第一部分为习题及解答,内容为教材《电气与可编程控制器原理及应用》的课后习题与思考题的解答;第二部分为实验指导,其中包含了13个精选的实验,内容覆盖电气控制、西门子S7-200 PLC的应用;第三部分为课程设计与应用实例,详细介绍了PLC设计的内容、方法、过程,同时说明了实际工程的应用,最后给出了课程设计的案例以及课程设计的参考选题。

本书可以作为本科电气工程类、机电一体化类和应用电子类等相关专业的“现代电气控制”或类似课程的教学配套用书,也可以作为各类成人高校相关专业类似课程的配套用书。对于从事PLC应用的工程技术人员,本书也是一本实用的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气与可编程控制器综合应用实训/郭丙君编著. —北京:中国电力出版社, 2016.6

ISBN 978-7-5123-8963-2

I. ①电… II. ①郭… III. ①电气控制器-教材②可编程序控制器-教材 IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第037252号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2016年6月第一版 2016年6月北京第一次印刷

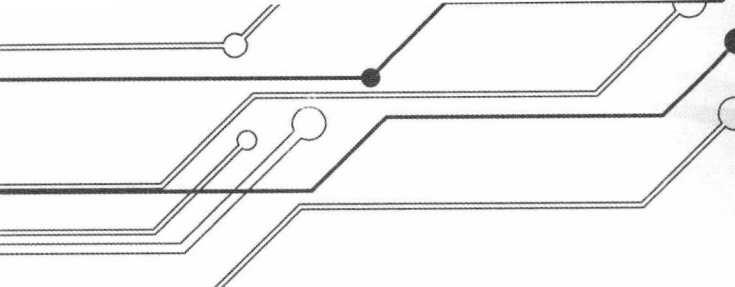
787毫米×1092毫米 16开本 9.75印张 220千字

印数0001—3000册 定价28.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

《电气与可编程控制器综合应用实训》是与《电气与可编程控制器原理及应用》一书相配套的教学用书。

《电气与可编程控制器原理及应用》作为高等院校本科电气工程类、机电一体化类和应用电子类等相关专业的“现代电气控制”或类似课程的教材，于 2012 年出版后，被全国很多本科院校或专科层次学校选作教材，并受到广大读者的好评。但是，在使用过程中，由于没有与之相配套的实训教材及教学辅助用书，因此给组织实训教学和学生课外学习带来不便，尤其是在各个学校培养卓越工程师的过程中，需要不断提高学生的实践能力，十分需要相应的实训教材。希望通过本书，可以巩固读者所学过的知识，提高读者分析问题和解决问题的能力，进一步提高读者的实践能力。

本书依据主教材的章节顺序进行编写，由三部分组成：第一部分编写了相应的全部习题的参考答案；第二部分为实验指导，包含了 13 个精选的实验，内容包含电气控制、西门子 S7-200 PLC 的应用；第三部分为 PLC 控制系统设计方法、设计步骤、应用案例，最后给出了设计案例和设计参考选题。

本书可以作为本科电气工程类、机电一体化类和应用电子类等相关专业的“现代电气控制”或类似课程的教学配套用书，也可以作为各类成人高校相关专业类似课程的配套用书。对于从事 PLC 应用的工程技术人员，本书也是一本实用的参考书。

在编写本书的过程中，编著者参考了国内外许多专家、同行的教材、著作和论文。在此一并致以诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第①章 习题与思考题	1
1.1 常用低压电器	1
1.2 电气控制基本线路与设计	2
1.3 PLC 的组成与工作原理	7
1.4 PLC 基本指令	9
1.5 PLC 功能指令	14
1.6 PLC 控制系统设计	20
1.7 PLC 通信与网络技术	24
1.8 组态软件及其在 SCADA 系统开发中的应用	26
第②章 实验指导	29
实验 1 三相异步电动机正、反转控制（电气控制）	29
实验 2 三相异步电动机Y— Δ 自动降压启动控制（电气控制）	31
实验 3 熟悉 S7-200 CPU 及编程软件	33
实验 4 三相异步电动机正、反转控制	36
实验 5 三相异步电动机Y— Δ 降压自动启动控制	38
实验 6 喷泉的模拟控制	40
实验 7 数码显示的模拟控制	42
实验 8 舞台灯光的模拟控制	45
实验 9 交通灯的模拟控制	47
实验 10 四节传送带的模拟控制	49
实验 11 液体混合的模拟控制	52
实验 12 机械手的模拟控制	54
实验 13 温度的检测和控制	58
第③章 可编程控制系统设计与应用实例	62
3.1 PLC 应用系统软件设计与开发的过程	62
3.2 应用软件设计的内容	62

3.2.1	功能的分析与设计	63
3.2.2	I/O 信号及数据结构分析与设计	64
3.2.3	程序结构分析和设计	65
3.2.4	软件设计规格说明书编制	65
3.2.5	用编程语言、PLC 指令进行程序设计	65
3.2.6	软件测试	66
3.2.7	程序使用说明书的编制	66
3.3	PLC 程序设计的常用方法	66
3.3.1	经验设计法	67
3.3.2	逻辑设计法	67
3.3.3	状态分析法	68
3.3.4	利用状态转移图设计法	69
3.4	PLC 程序设计步骤	72
3.4.1	程序设计步骤	72
3.4.2	程序设计流程图	73
3.5	PLC 应用系统设计的内容和步骤	74
3.5.1	系统设计的原则与内容	74
3.5.2	系统设计和调试的主要步骤	75
3.6	PLC 应用系统的硬件设计	76
3.6.1	PLC 的型号	76
3.6.2	PLC 容量估算	79
3.6.3	I/O 模块的选择	80
3.6.4	分配输入/输出点	81
3.7	PLC 在全自动洗衣机控制系统中的应用	81
3.7.1	全自动洗衣机控制系统的控制要求	81
3.7.2	全自动洗衣机控制系统的 PLC 选型和资源配置	82
3.7.3	全自动洗衣机控制系统的程序设计和调试	82
3.7.4	全自动洗衣机控制系统 PLC 程序	83
3.8	PLC 自动生产线控制系统中的应用	87
3.8.1	自动生产线穿销钉单元	87
3.8.2	自动生产线检测单元	90
3.8.3	自动生产线加盖单元	93
3.9	PLC 在自动焊接线中的应用	95
3.9.1	自动焊接线控制系统的控制要求	95
3.9.2	自动焊接线控制系统的 PLC 选型和资源配置	97
3.9.3	自动焊接线灯控制系统程序设计	99
3.9.4	触摸屏 GOT 程序设计	102

3.9.5 开机调试	104
第4章 课程设计要求、设计方法及参考题选	105
4.1 概述	105
4.2 课程设计的目的和要求	105
4.3 课程设计任务、工作量与设计方法	106
4.3.1 设计任务书	106
4.3.2 设计方法及步骤	106
4.4 课程设计举例	108
4.4.1 设计任务	108
4.4.2 设计过程	109
4.5 课程设计参考题选	122
4.5.1 课题一：专用镗孔机床的可编程序控制系统设计	122
4.5.2 课题二：气流除尘机可编程序控制系统设计	123
4.5.3 课题三：千斤顶油缸加工专用机床可编程序控制系统设计	125
4.5.4 课题四：机械手可编程序控制系统设计	126
4.5.5 课题五：深孔钻可编程序控制系统设计	128
4.5.6 课题六：全自动双面钻可编程序控制系统设计	130
4.5.7 课题七：成型磨床可编程序控制系统设计	131
4.5.8 课题八：专用棒齿铣可编程序控制系统设计	132
4.5.9 课题九：拣球装置的可编程序控制系统设计	132
4.5.10 课题十：喷水池装置的可编程序控制系统设计	133
附录A 特殊寄存器 (SM) 标志位	135
附录B S7-200 错误代码	140
B1 严重错误代码和信息	140
B2 运行系统程序问题	141
B3 编译规则违反	141
附录C S7-200 中断事件说明	143
附录D S7-200 仿真软件的使用	144
D1 硬件设置	144
D2 生成 ASCII 文本文件	145
D3 下载程序	145
D4 模拟调试程序	145
D5 监视变量	146
参考文献	147

第1章 习题与思考题

1.1 常用低压电器

1-1 单相交流电磁铁的短路环断裂或脱落后，在工作中会出现什么现象？为什么？

答：铁心抖动，交流线圈的电流会变大，甚至烧坏交流线圈。原因是：没有短路环时，其磁通是正弦的，是过零点的，其吸力也过零点，从而导致了铁心的抖动。

1-2 三相交流电磁铁要不要短路环？为什么？

答：不需要。三相交流电磁铁的三个吸力是在一个恒定部分加三相对称的吸力，相互差 120° ，合成以后可以消除三相对称的吸力的，恒定部分就是三倍了。

1-3 两个端面接触的触点，在电路分断时有无电动力灭弧作用？为什么把触点设计成双断口桥式结构？

答：两个端面接触的触点，在电路分断时无电动力灭弧作用，设计成双断口桥式结构后就有了电动力灭弧作用，示意图如图 1-1 所示。

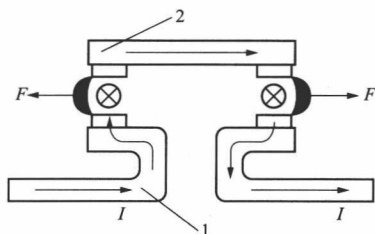


图 1-1 题 1-3 图

1-4 交流接触器在衔铁吸合前的瞬间，为什么在线圈中产生很大的冲击电流？而直流接触器会不会出现这种现象？为什么？

答：根据磁路欧姆定律：磁通等于磁势除以磁阻，交流接触器在衔铁吸合前的瞬间气隙很大的，磁阻就很大，在交流接触器线圈电压不变的情况下，交流接触器线圈的磁通是不变的，这样导致了在线圈中产生很大的冲击电流，而直流接触器只有直流电阻，其电流只和线圈电压及直流电阻有关，不会产生冲击电流。

1-5 交流电磁线圈误接入直流电源，直流电磁线圈误接入交流电源，会发生什么问题？为什么？

答：交流电磁线圈误接入直流电源以后，由于只有直流电阻，因此会有很大的电流，烧坏电磁线圈，而直流电磁线圈误接入交流电源，由于没有短路环，因此会有很大的震动，从而引起电磁线圈的电流增加，也会烧坏电磁线圈。

1-6 线圈电压为 220V 的交流接触器，误接入到 380V 交流电源上会发生什么问题？为什么？

答：线圈电压太大，会有很大的磁通，其励磁电流很大，会烧坏电磁线圈。

1-7 试从结构、控制功能及使用场合等方面比较主令控制器与凸轮控制器的异同。

答：当电动机容量较大、工作繁重、操作频繁、调速性能要求较高时，往往采用主令控制器进行操作。由主令控制器的触点来控制接触器，再由接触器来控制电动机。这样，

触点的容量可以大大减小,操作更为轻便。

主令控制器是按照预定程序转换控制电路的主令电器,其结构与凸轮控制器相似,只是触头的额定电流较小。

1-8 从接触器的结构上,如何区分是交流还是直流接触器?

答:主要是通过有无短路环来区分的。

1-9 中间继电器和接触器有何异同?在什么条件下可以用中间继电器来代替接触器启动电动机?

答:中间继电器的基本结构及工作原理与接触器完全相同,中间继电器实际上是小容量的接触器。但中间继电器的触点对数多,并且没有主辅之分,各对触点允许通过的电流大小相同,多数为允许通过的电流5A。因此,对工作电流小于5A的电气控制电路,可以用中间继电器代替接触器实施控制。

1-10 交流接触器在运行中有时在线圈断电后,衔铁仍掉不下来,电动机不能停止,这时应如何处理?故障原因在哪里?应如何排除?

答:原因可能是衔铁被卡住了,应该排除异物。

1-11 熔断器的额定电流、熔体的额定电流和熔体的极限分断电流三者有何区别?

答:熔断器的额定电流大于或者等于熔体的额定电流,熔体的极限分断电流大于熔断器的额定电流。

1-12 JS7-A型时间继电器的触点有哪几种?画出它们的图形符号。

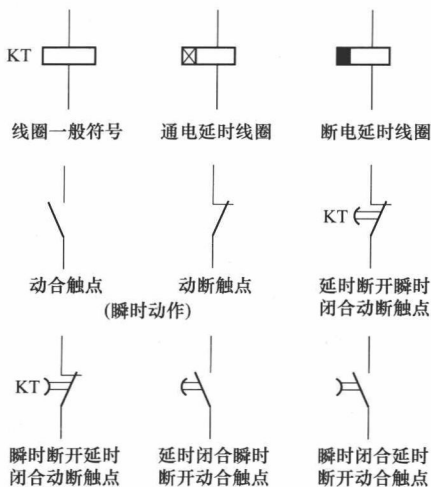


图 1-2 题 1-12 图

答:有瞬动触点、延时闭合动合触点、延时断开动断触点、延时断开动合触点和延时闭合动断触点,如图 1-2 所示。

1-13 电动机的启动电流很大,当电动机启动时,热继电器会不会动作?为什么?

答:电动机的启动电流很大,当电动机启动时,热继电器不会动作,其原因是启动时时间很短,热继电器由于热惯性不会动作。

1-14 既然在电动机的主电路中装有熔断器,为什么还要装热继电器?装有热继电器是否就可以不装熔断器?为什么?

答:主电路中装有熔断器可以实现短路保护,热继电器可以实现过载保护,作用是不同的,因此不可不装熔断器。

1.2 电气控制基本线路与设计

2-1 自锁环节怎样组成?它起什么作用?并具有什么功能?

答:由接触器(继电器)自身的动合触点来使其线圈长期保持通电的环节叫“自锁”环节。

2-2 什么是互锁环节?它起到什么作用?

答:在控制电路中利用辅助触点互相制约工作状态的控制环节,称为“互锁”环节。

设置互锁环节是可逆控制电路中防止电源线间短路的保证。

2-3 电器控制线路常用的保护环节有哪些？各采用什么电器元件？

答：电器控制线路常用的保护环节有：短路保护（熔断器），过电流保护（过电流继电器），过载保护（热继电器），欠电流保护（欠电流继电器），过电压保护（过电压继电器），欠电压保护（欠电压继电器），超行程保护（行程开关或者接近开关）以及相应的物理量保护（如压力、流量、速度、温度等保护，分别采用相应的压力、流量、速度及温度继电器进行保护）。

2-4 在有自动控制的机床上，电动机由于过载而自动停车后，有人立即按启动按钮，但不能开车，试说明可能是什么原因。

答：原因可能是由于热惯性，温度还没有冷却，热继电器还没有复位。

2-5 试设计电气控制线路。要求：第一台电动机启动 10s 后，第二台电动机自动启动，运行 5s 后，第一台电动机停止，同时第三台电动机自动启动，运行 15s 后，全部电动机停止。

答：设计出的电气控制线路如图 1-3 所示。

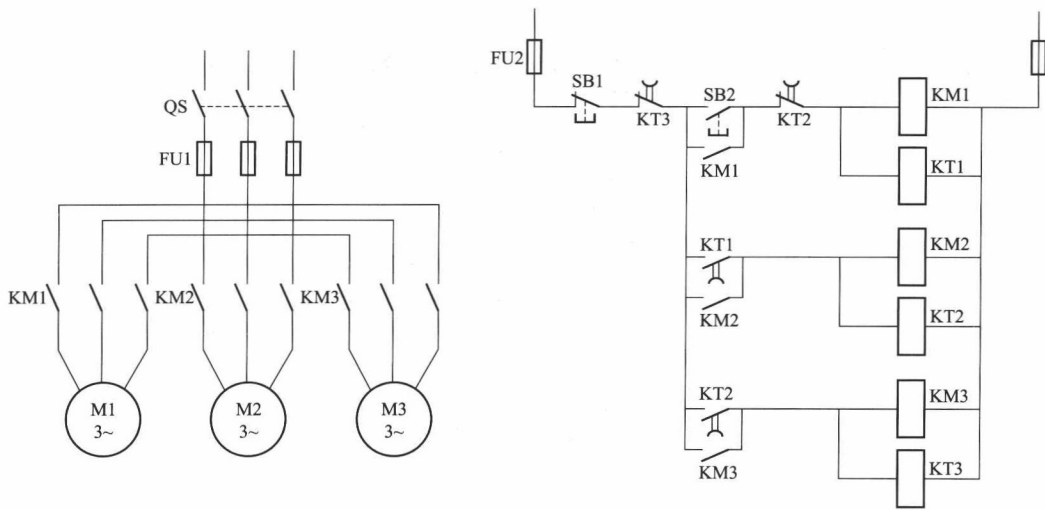


图 1-3 题 2-5 图

2-6 设计一台专用机床的电气自动控制线路，画出电气控制线路图。

答：本专用机床是采用的钻孔倒角组合刀具加工零件的孔和倒角，其加工工艺是：快进→工进→停留光刀（2s）→快退→停车。专用机床采用三台电动机，其中 M1 为主运动电动机，M2 为工进电动机，M3 为快速移动电动机。设计要求如下。

(1) 工作台工进至终点或返回原位，均有限位开关使其自动停止，并有限位保护。为保证工进定位准确，要求采用制动措施。

(2) 快速电动机要求有点动调整，但在加工时不起作用。

(3) 设置紧急停止按钮。

(4) 应有短路、过负荷保护。

设计出的电气控制线路如图 1-4 所示。

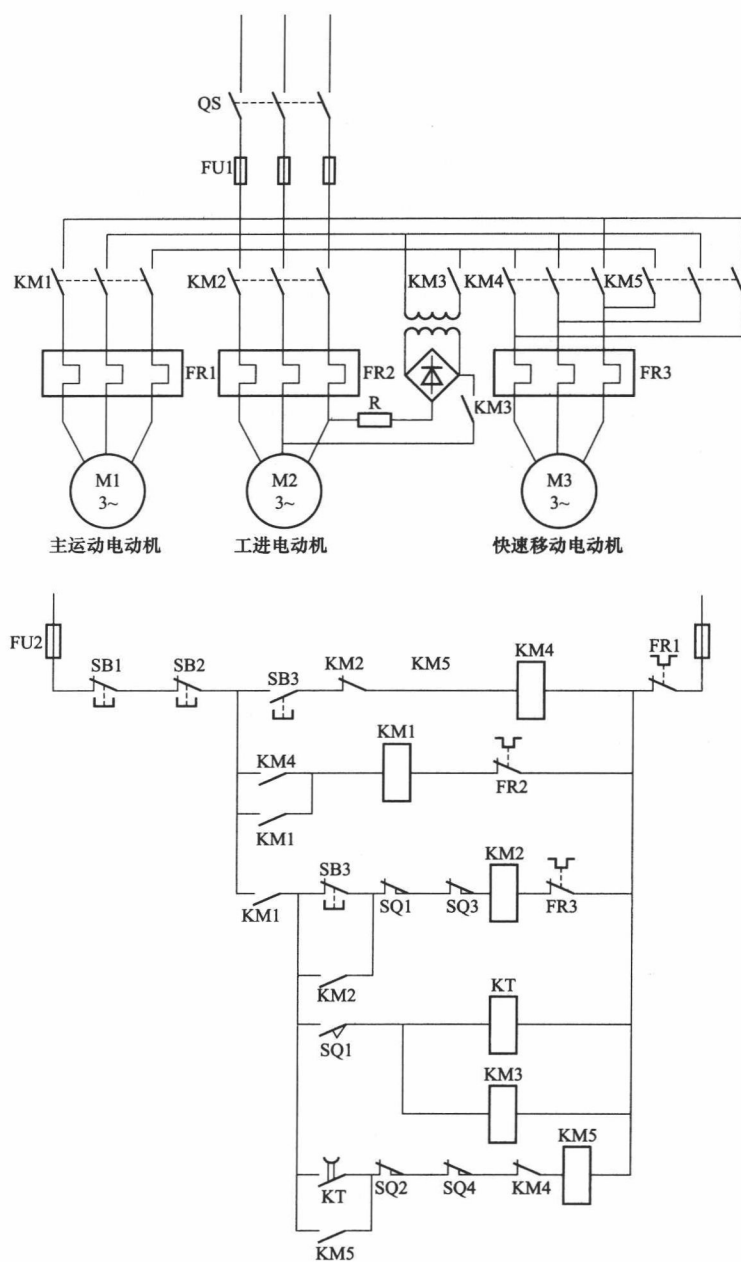


图 1-4 题 2-6 图

2-7 采用经验设计法，设计一个以行程原则控制的机床控制线路。要求工作台每往复一次（自动循环），即发出一个控制信号，以改变主轴电动机的转向一次。

答：设计出的电气控制线路如图 1-5 所示。

2-8 设计一个符合下列条件的室内照明控制线路。房间入口处装有开关 A，室内两张床头分别有开关 B、C。晚上进入房间时，拉动 A，灯亮，上床后拉动 B 或 C，灯灭。以后再拉动 A、B、C 中的任何一个灯亮。

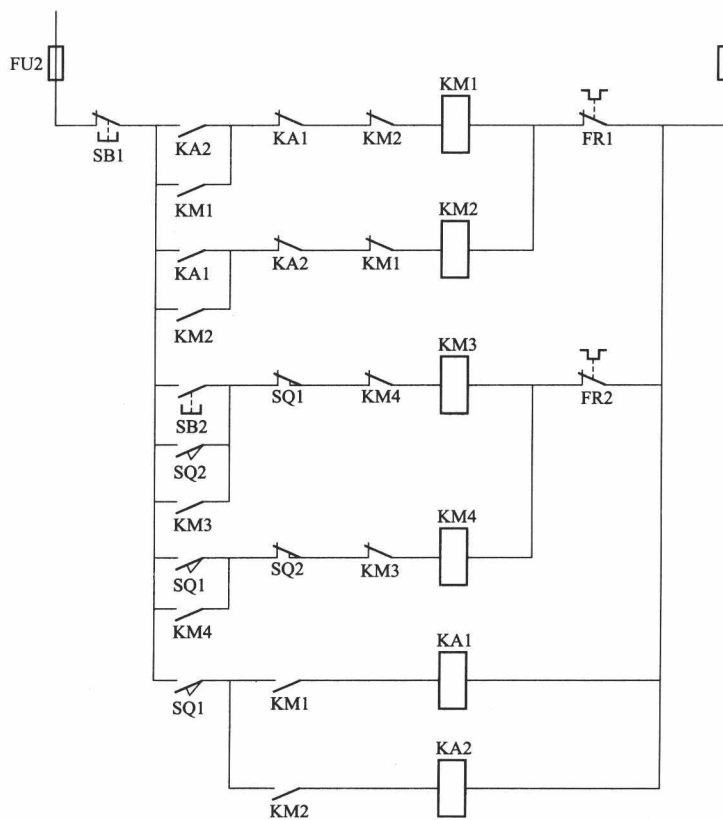
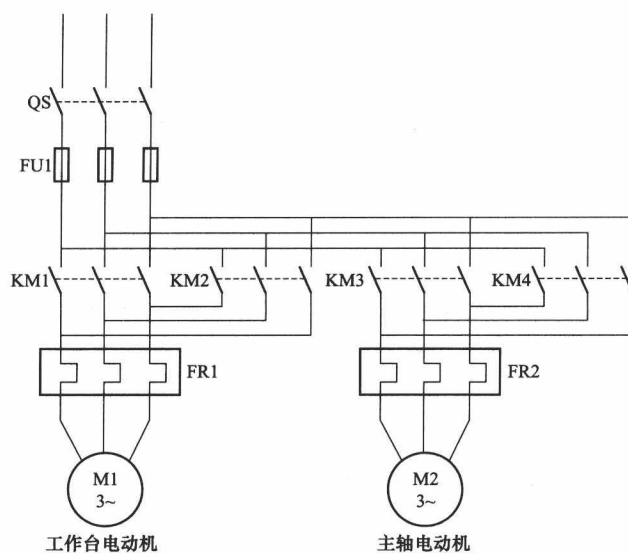


图 1-5 题 2-7 图

设计出的控制线路如图 1-7 所示。

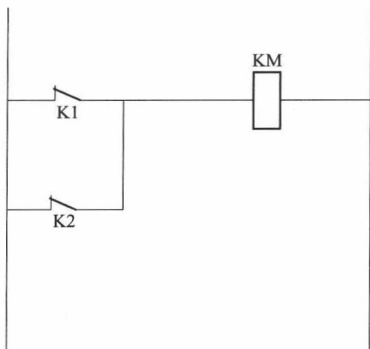


图 1-7 题 2-9 图

1.3 PLC 的组成与工作原理

3-1 可编程控制器的特点有哪些？

答：主要特点如下。

- (1) 可靠性高、抗干扰能力强。
- (2) 编程简单、易于掌握。
- (3) 设计、安装容易，维护工作量少。
- (4) 功能强、通用性好。
- (5) 开发周期短，成功率高。
- (6) 体积小、重量轻、功耗低。

3-2 可编程控制器在结构上有哪两种形式？说明它们的区别。

答：(1) 整体式可编程控制器。所谓整体式可编程控制器，是指把实现可编程控制器所有功能所需要的硬件模块，包括电源、CPU、存储器、I/O 及通信口等组合在一起，在物理上形成一个整体。

(2) 模块式可编程控制器。所谓模块式可编程控制器，顾名思义，就是指把可编程控制器的各个功能组件单独封装成具有总线接口的模块，如 CPU 模块、电源模块、输入模块、输出模块、输入和输出模块、通信模块、特殊功能模块等，然后通过底板把模块组合在一起构成一个完整的可编程控制器系统。这类系统的典型特点就是系统构件灵活，扩展性好，功能较强。

3-3 试从软、硬件以及工作方式角度说明 PLC 的高抗干扰性能。

答：PLC 的工作方式是采用周期循环扫描，集中输入与集中输出。这种工作方式的显著特点是可靠性高、抗干扰能力强，但响应滞后、速度慢。也就是说 PLC 是以降低速度为代价换取高可靠性的。

(1) 硬件方面。隔离是抗干扰的主要手段之一。在微处理器与 I/O 电路之间，采用光电隔离措施，有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响，同时还可以防止外部高电压进入模板。滤波是抗干扰的又一主要措施。对供电系统及输入线路进行多种形式的滤波，可以消除或抑制高频干扰。用良好的导电、导磁材料屏蔽 CPU 等主要部件可以减弱空间电磁

干扰。此外,对有些模板还设置了连锁保护、自诊断电路等。

(2) 软件方面。设置故障检测与诊断程序。PLC 在每一次循环扫描过程的内部处理期间,检测系统硬件是否正常,锂电池电压是否过低,外部环境是否正常,如是否断电、欠电压等。设置状态信息保存功能。当软故障条件出现时,立即把现状态重要信息存入指定存储器,软、硬件配合封闭存储器,禁止对存储器进行任何不稳定的读/写操作,以防存储信息被冲掉;这样,一旦外界环境正常后,便可以恢复到故障发生前的状态,继续原来的程序工作。

由于采取了以上抗干扰措施,因此 PLC 的可靠件、抗干扰能力大大提高,可以承受幅值为 1000V,时间为 1ns、脉冲宽度为 1 μ s 的干扰脉冲。

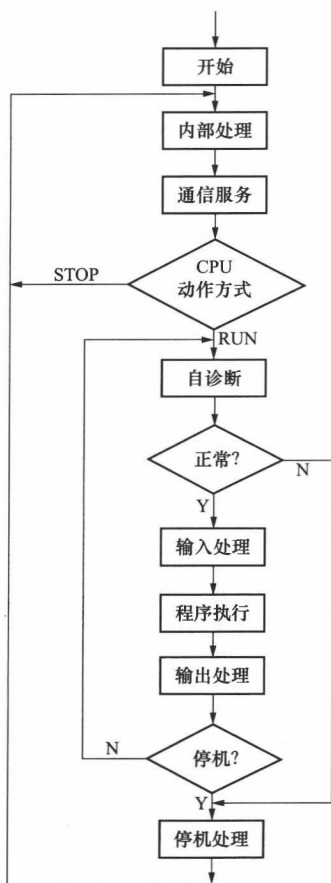


图 1-8 题 3-4 图

3-4 PLC 怎样执行用户程序? 说明 PLC 在正常运行时的工作过程。

答: PLC 的工作方式是采用周期循环扫描的方式执行用户程序。工作流程如图 1-8 所示。

3-5 如果数字量输入的脉冲宽度小于 PLC 的循环周期,是否能够保证 PLC 检测到该脉冲? 为什么?

答: 不能保证,有一些脉冲会检测不到。

3-6 影响 PLC 输出响应滞后的因素有哪些? 你认为最重要的原因是哪一个?

答: 影响响应滞后的主要因素有: 输入电路、输出电路的响应时间, PLC 的运算速度, 程序设计结构等。其中用户程序执行时间是影响扫描周期 T 长短的主要因素。

3-7 S7-200 的接口模块有多少种? 各有什么用途?

答: S7-200 PLC 的接口模块有数字量模块、模拟量模块和智能模块等。数字量模块是输入或者输出数字信号, 模拟量模块是输入或者输出模拟量信号, 常见的智能模块有: PID 调节模块、高速计数器模块、温度传感器模块、高速脉冲输出模块、位置控制模块、阀门控制模块、通信模块等。智能模块用来完成特定的功能。

3-8 简述 S7-200 PLC 系统的基本构成。

答: S7-200 PLC 系统的基本构成有: ① CPU 模块; ② 存储器; ③ 通信口; ④ 电池; ⑤ LED 指示灯; ⑥ I/O 端子。

3-9 简述 S7-200 CPU22X 系列有哪些产品?

答: S7-200 CPU22X 系列产品有 CPU221、CPU222、CPU224、CPU 226 和 CPU 226XM。

3-10 常用的 S7-200 的扩展模块有哪些? 各适用于什么场合?

答: 常用的 S7-200 的扩展模块有: 数字量输入扩展模块 EM221 (接收数字信号), 数字量输出扩展模块 EM222 (输出数字信号), 模拟量输入扩展模块 EM231 (接收连续变化的物理量), 模拟量输出扩展模块 EM232 (输出模拟量信号), 模拟量输入/输出扩展模块 EM235 (输入或者输出模拟量信号), 热电偶、热电阻扩展模块 EM231 (输入温度信

号), PROFIBUS-DP 扩展从站模块 EM277 (将 S7-200 连接到 PROFIBUS-DP 网络), CP243-2 通信处理器 (是 S7-200 的 AS-i 主站), 各种智能模块 (PID 调节模块、高速计数器模块、温度传感器模块、高速脉冲输出模块、位置控制模块、阀门控制模块、通信模块等, 用来完成特定的功能)。

3-11 某 PLC 控制系统, 经估算需要数字量输入点 20 个; 数字量输出点 10 个; 模拟量输入通道 5 个; 模拟量输出通道 3 个。请选择 S7-200 PLC 的机型及其扩展模块, 要求按空间分布位置对主机及各模块的输入/输出点进行编址。

答: 编址见表 1-3。

表 1-3

题 3-11 编址表

主机	模块 0 (EM231)	模块 1 (EM231)	模块 2 (EM232)	模块 3 (EM232)
CPU226	4AI	4AI	2AQ	2AQ
I0.0~I2.3/ Q0.0~1.1	AIW0 AIW2 AIW4 AIW6	AIW8 AIW10 AIW12 AIW14	AQW0 AQW2	AQW4 AQW6

1.4 PLC 基本指令

4-1 写出图 1-9 所示梯形图的语句表程序。

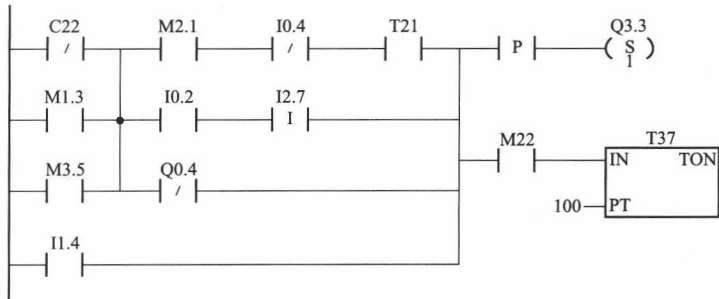


图 1-9 题 4-1 图

答: 程序如下:

```

LDI C22
O M1.3
O M3.5
LD M2.1
AN I0.4
A T21
LD I0.2
AN I2.7
OLD
ON Q0.4

```

ALD
O I1.4
LPS
EU
S Q3.3 1
LPP
A M2.2
TON T37, 100

4-2 写出图 1-10 所示梯形图的语句表程序。

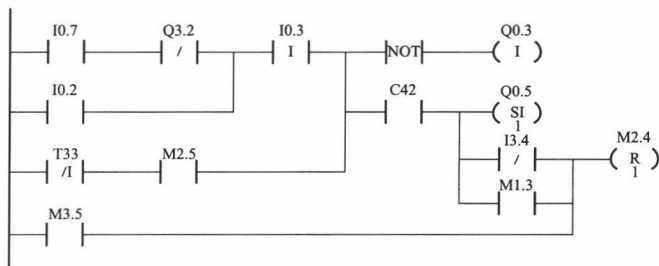


图 1-10 题 4-2 图

答：程序如下：

LD I0.7
AN Q3.2
O I0.2
A I0.3 I
LDN T33 I
A M2.5
OLD
LPS
NOT
=Q0.3 I
LPP
A C42
S Q0.5 1
LDN I3.4
O M1.3
ALD
O M3.5
R M2.4 1

4-3 写出图 1-11 所示梯形图的语句表程序。

答：程序如下：

LD I0.0
O M1.2
LPS