

WWW.PLCWORLD.CN

高等学校教材

# 现代工厂 电气控制

张凤池 曹荣敏 主编

北京)  
.2-43



机械工业出版社  
China Machine Press

高等学校教材

# 现代工厂电气控制

主编 张凤池 曹荣敏  
参编 周雅莉 魏秀琨 刘丽华 管 萍  
主审 赵 刚

WWW.PLCWORLD.CN

机械工业出版社

本书集理论与实践于一体,通过继电控制、可编程序控制器、变频调速器三大部分介绍了现代工业自动化实用技术。全书共分十章:第一、二章介绍了继电控制的基础知识;第三章对可编程序控制器进行了概述;第四、五章叙述了CPM1A规格、型号及包括格式、符号、应用在内的指令系列;第六、七章说明了编程器的基本使用及编程方法;第八章为可编程序控制器的通信网络技术;第九、十章阐述了变频调速器的基础知识及其具体应用。全书提供了大量的程序实例及实际应用实例,每章后均附有习题与思考题。

本书内容充实,通俗易懂,例题丰富,实用性强,是一本较好的提倡以实验为主导、培养学生工程实践能力、学习和掌握电气控制技术的教科书。本书可作为高等院校自动化、自动控制、机械类等有关专业学生的教材,也可供其它有关专业师生参考。

#### 图书在版编目(CIP)数据

现代工厂电气控制/张凤池、曹荣敏主编. —北京:机械工业出版社, 2000.5

高等学校教材

ISBN 7-111-07550-1

I. 现… II. 张… III. 工厂-电气控制:高等学校-教材  
IV. TM571.2

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第45934号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:贡克勤 版式设计:霍永明 责任校对:林去菲

封面设计:李雨桥 责任印制:路琳

成都新华印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000年5月第1版第1次印刷

787mm×1092mm  $1/16$ ·14印张·340千字

0 001—6 000册

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

## 前 言

随着科学技术的飞速发展, 控制技术在各领域中得到越来越广泛的应用, 小到单台自动化装置, 大到全自动化工厂, 都要靠控制系统的支持才能得以实现。

可编程序控制器具有很强的逻辑控制功能, 以其可靠性极高、耐恶劣环境能力强、使用极方便三大特点, 被广泛用于需要继电器控制的场合, 并迅速占领了工业生产自动化领域。

面对这一形势, 自动化专业的学生急需进行工程实践能力的培养, 尽快掌握自动化控制的实用技术, 以适合于现代化工厂的需要。为此, 我们根据目前高等院校教育改革的原则意见, 参照本科教学特点, 编写此书。本书将通过继电控制、可编程序控制器、变频调速器三大部分, 介绍现代工业自动化实用技术, 以实际应用为重点, 给出大量的应用实例。本书可作为自动化、自动控制、机械类专业本科生的教材, 并对相关专业的师生也有所帮助。

本书共分为十章, 教学时数为 60 学时, 使用时可根据学时数对内容作取舍。

考虑到继电控制目前在国内还在使用, 所以安排了第一、二两章的内容, 主要讲解继电控制的基础知识。

第三至七章讲述可编程序控制器的基本内容及实际应用, 其内容极为丰富。

考虑到可编程序控制器是综合了计算机技术、自动化技术和通信技术的一种新型工业控制装置, 所以第八章讲解了用可编程序控制器与计算机构成简单的集散控制系统的应用技术, 使可编程序控制器部分的内容更加完整、更加丰富。

目前变频调速器应用广泛, 在交流调速技术中, 变频调速传动是现代电力传动的一个主要发展方向, 是日常生活和工业生产等领域所依赖的基本技术之一。因此安排了第九、十两章的内容, 主要讲解变频调速器的基本知识及典型应用。

第六章编程器的使用, 内容较简单, 这是因为考虑到更详细的内容将在实验指导书中讲解。

本书由北京机械工业学院张凤池副教授、曹荣敏讲师主编, 赵刚副教授主审。编写分工为: 前言 (曹荣敏)、第一、二章 (周雅莉)、第三至七章 (张凤池)、第八章 (魏秀琨、刘丽华)、第九、十章 (曹荣敏)、习题 (管萍)。

本书在编写过程中得到自动化系许多教师及实验室人员的大力支持, 在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 错误与不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

1999 年 5 月于北京

# 目 录

## 前言

第一章 常用低压电器 .....	1
第一节 非自动切换电器 .....	1
第二节 自动切换电器 .....	3
习题与思考题 .....	10
第二章 电器控制线路 .....	12
第一节 电器控制线路的绘制原则、图形及文字符号 .....	12
第二节 电动机的基本控制环节 .....	12
第三节 电动机的基本控制方法 .....	15
第四节 电动机的保护 .....	17
第五节 电器控制线路的一般设计方法 .....	19
第六节 电器控制线路的逻辑设计方法 .....	23
习题与思考题 .....	25
第三章 可编程序控制器概述 .....	27
第一节 可编程序控制器的产生与特点 .....	27
第二节 可编程序控制器的组成与工作原理 .....	28
第三节 可编程序控制器的性能指标 .....	30
习题与思考题 .....	31
第四章 CPM1A 综述 .....	32
第一节 CPM1A 规格与型号 .....	32
第二节 CPM1A 的地址分配及系统配置 .....	39
习题与思考题 .....	50
第五章 CPM1A 指令系统 .....	51
第一节 顺序指令 .....	51
第二节 定时器/计数器指令 .....	64
第三节 数据比较和传送指令 .....	70
第四节 数据移位指令 .....	80
第五节 递增递减指令系统及特殊指令 .....	85
第六节 运算指令 .....	86

第七节 控制指令 .....	101
第八节 输入输出指令 .....	108
第九节 中断控制 .....	111
习题与思考题 .....	126
第六章 编程器的使用 .....	129
习题与思考题 .....	131
第七章 PLC 编程 .....	132
第一节 编程基本知识 .....	132
第二节 编程方法 .....	144
习题与思考题 .....	169
第八章 可编程序控制器的通信网络 .....	171
第一节 串行通信与 RS-232C 标准 .....	171
第二节 网络结构与访问控制技术 .....	176
第三节 PLC 通信网络 .....	178
第四节 SYSMAC 软件编程和监控基础 .....	185
习题与思考题 .....	190
第九章 变频调速器 .....	191
第一节 电动机的调速及变频器的分类 .....	191
第二节 变频器原理 .....	194
第三节 变频器对不同控制对象的系统设计 .....	197
第四节 MICRO MASTER 型变频器的使用 .....	200
习题与思考题 .....	208
第十章 变频器的应用 .....	209
第一节 电梯 .....	209
第二节 空调设备 .....	211
习题与思考题 .....	214
附录 电工系统图常用图形符号 .....	215
参考文献 .....	218



## 第一章 常用低压电器

电器就是电能的控制器具，它能对电能进行分配、控制、调节。其控制作用就是接通或断开电路中的电流，因此，“开”和“关”是其最基本和最典型的功能。低压电器指的是工作在交直流电压 1200V 以下的电路中的电气设备，即所谓“控制电器”。

电器的种类很多，分类的方法也很多。按照操作方式的不同，控制电器可以分为非自动切换电器和自动切换电器两类。非自动切换电器是用手或依靠机械力进行操作的，例如各种手动开关、控制按钮或行程开关等。自动切换电器则主要是借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的，例如接触器和各种类型的继电器等。

### 第一节 非自动切换电器

#### 一、控制按钮

控制按钮的作用主要是发布命令，控制其它电器的动作，短时接通或断开小电流。其结构原理图见图 1-1a。

在常态（未加外力）时，静触点 2、6 与桥式动触点 3 闭合，习惯上称为常闭触点；静触点 4、5 与桥式动触点 3 分断，称为常开触点。当按下按钮时，桥式动触点 3 先和静触点 2、6 分断，所以也称触点 2、6 为动断触点，桥式动触点 3 再和静触点 4、5 闭合，它也称为动合触点。

按下按钮时，常闭触点先断开，常开触点再闭合；按下再放开时，由于复位弹簧的作用，常开触点先恢复断开，常闭触点再恢复闭合。

控制按钮触点的电路符号见图 1-1b，用虚线将属于同一触点的常开和常闭触点连接起来，表示它们是相互关联的一对。

#### 二、行程开关

行程开关又称限位开关，是一种根据运动部件的行程位置而切换电路的电器，其作用主要是限定运动部件的行程。

行程开关的种类很多，以运动形式分为直动式和转动式；按其结构可以分为直动式、滚动式和微动式；按触点性质分为有触点式和无触点式。

下面着重介绍有触点的行程开关，它是利用机械运动部件的碰撞来控制触点动作。

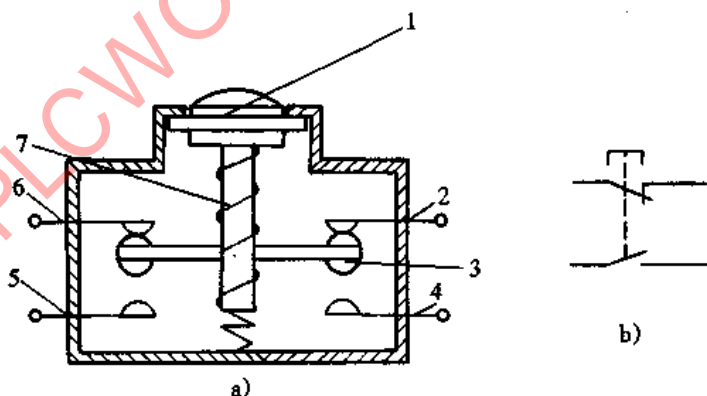


图 1-1 按钮

a) 结构原理图 b) 符号

1—按钮 2、4、5、6—静触点 3—动触点 7—弹簧

### 1. 直动式行程开关

直动式行程开关的结构原理图见图 1-2a。

由图 1-2 可以知道, 直动式行程开关的动作原理与控制按钮相似, 所不同的是它用运动部件的撞块来碰撞行程开关的推杆。使用时, 首先将行程开关安装在适当位置, 当预装在生产机械运动部件上的撞块压下推杆时, 行程开关的常闭触点 3 打开, 常开触点 4 闭合; 撞块离开推杆 1 时, 恢复弹簧 2 将推杆和触点恢复原状。

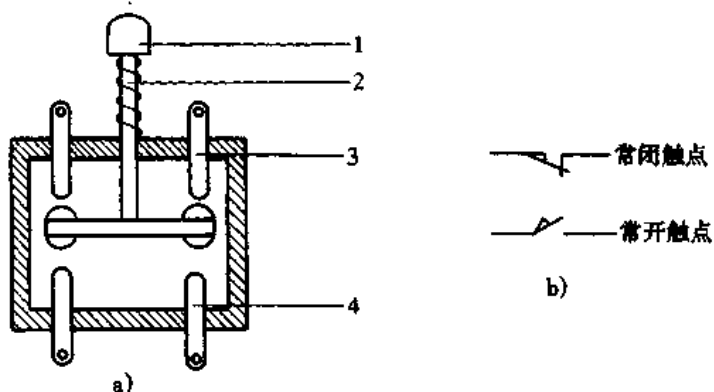


图 1-2 直动式行程开关

a) 结构原理图 b) 电路符号

1—推杆 2—恢复弹簧 3—常闭触点 4—常开触点

直动式行程开关的优点是结构简单、成本较低, 缺点是触点的分合速度取决于撞块移动速度, 若撞块移动速度太慢, 则触点不能瞬时切断电路, 使电弧在触点上停留的时间过长, 易于烧蚀触点。因此, 这种开关不宜用在撞块移动速度小于  $0.4\text{m/min}$  的场合。

### 2. 滚动式行程开关

为克服直动式行程开关的缺点, 还可以采用能瞬时动作的滚动式行程开关, 见图 1-3。

当撞块向左推动滚轮 1 时, 上转臂 2 以中心支点为中心向左移动, 由盘形弹簧 3 带动下转臂 4 向右转动, 于是滑轮 6 向右滚动, 此时弹簧 11 被压缩而储存能量, 当下转臂 4 转过中点推开压板 7 时, 横板 10 在压缩弹簧 11 的作用下迅速做顺时针转动, 从而使常闭触点 8 迅速断开。而常开触点 9 迅速闭合, 撞块离开滑轮后, 在恢复弹簧 5 的作用下恢复原状。

滚动式行程开关的优点是触点的通断速度不受运动部件速度的影响, 动作快; 缺点是结构复杂, 价格较贵。

### 3. 微动开关

为克服直动式结构的缺点, 还可以采用有弯片状弹簧的瞬动结构, 见图 1-4。

微动开关是由撞块压动推杆使片状弹簧变形, 从而使触点动作的。当撞块离开推杆后, 片状弹簧恢复原状, 触点复位。

微动开关的特点是:

1) 外形尺寸小, 质量轻。触点工作电压为

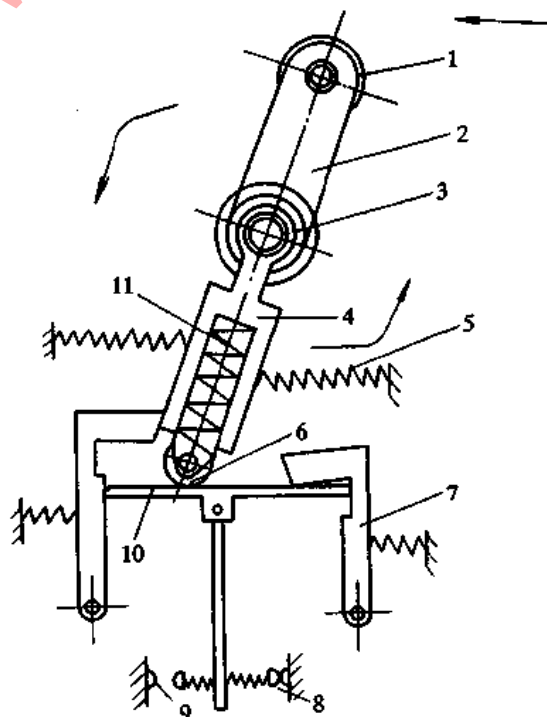


图 1-3 单滚轮式行程开关

1—滚轮 2—上转臂 3—盘形弹簧 4—下转臂  
5—恢复弹簧 6—滑轮 7—压板 8—常闭触点  
9—常开触点 10—横板 11—压缩弹簧

380V, 工作电流为 3A。

2) 推杆的动作行程小, 因而显得灵敏。

3) 推杆动作压力小, 只需 50~70N 就能使其动作。

微动开关的缺点是不耐用。

行程开关常闭触点和常开触点的电路符号见图 1-2b。

### 三、刀开关

刀开关是手动电器中构造最简单的一种。它由操作手柄、刀刃、静刀夹和绝缘底板组成。推动手柄, 使刀刃紧紧地插入静刀夹中, 电路就被接通。

刀开关的种类很多, 有几十种规格。通常根据刀片数量的数量分为三类: 单刀开关、双刀开关和三刀开关, 见图 1-5。

刀开关的体积较大, 操作费力, 每小时内所允许的接通次数很低。因此, 刀开关主要在车间的配电线路中作为电源的引入开关或隔离开关使用, 主要用来接通或切断长期工作设备的电源。

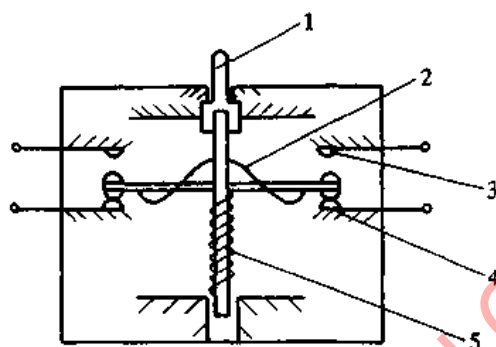


图 1-4 微动行程开关原理图

1—推杆 2—弯形片状弹簧 3—常开触点  
4—常闭触点 5—恢复弹簧

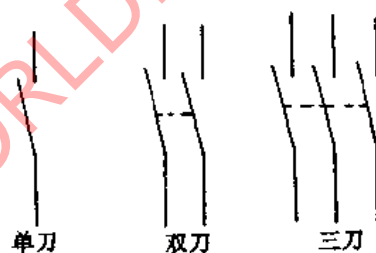


图 1-5 刀开关

## 第二节 自动切换电器

### 一、接触器

接触器是用来接通或切断电动机或其它负载主电路的一种控制电器。通常分为交流接触器和直流接触器。

#### (一) 接触器的结构

接触器由触点系统、电磁机构、弹簧、灭弧装置和支架底座等部分组成。其结构原理图见图 1-6a。

#### 1. 电磁机构

电磁机构的作用是将电磁能转化为机械能并带动触点断开与闭合。电磁机构通常采用电磁铁形式, 由吸引线圈、铁心及衔铁等组成。为减小涡流的影响, 铁心和衔铁大都用成形的硅钢片叠成。

#### 2. 触点系统



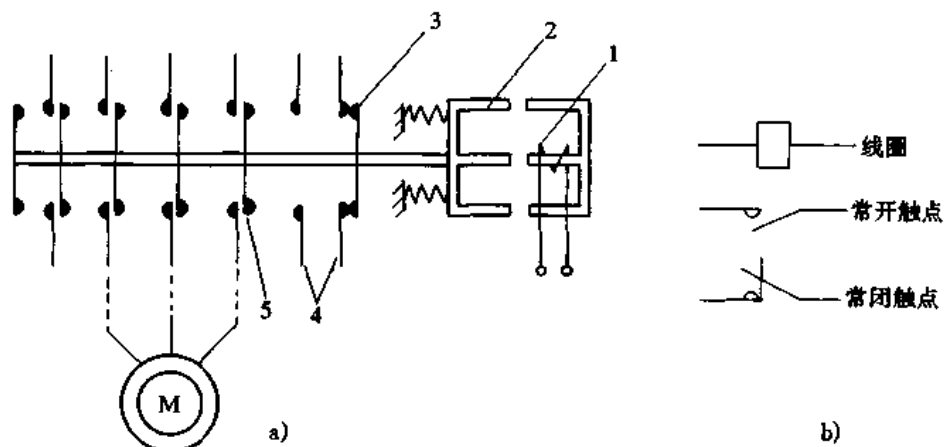


图 1-6 接触器

a) 结构原理图 b) 电路符号

1—铁心 2—衔铁 3、5—动触点 4—静触点

触点系统包括三对主触点和数对辅助触点，一般采用桥式触点结构。主触点体积较大，允许通过大电流，用以通断主电路，多为三对常开触点；辅助触点体积较小，允许通过较小电流，只能通断控制电路，通常有两对常开，两对常闭触点。触点是接触器的执行工作部分。

### 3. 灭弧装置

当触点分断通电的电路时，如果触点间电压在  $10 \sim 12\text{V}$  之间，电流在  $80 \sim 100\text{mA}$  之间，在拉开的两个触点间将出现强烈的火花。这是一种气体放电现象，通常称为电弧。为减轻电弧对触点的烧蚀作用，通常采用灭弧装置。常用的灭弧装置有磁吹式灭弧装置、灭弧栅、灭弧罩等。

### (二) 接触器的工作原理

当接触器的线圈加上交流电压时，就在线圈中产生交变电流。于是在衔铁和静铁心组成的磁路中产生磁通，从而产生电磁吸力。当电磁吸力大于弹簧的反作用力时，衔铁就被吸合。这时所有固定在绝缘支架上的动触点也被拉下，使两对辅助常闭触点打开，三对主常开触点、两对辅助常开触点闭合。当外加电压消失后，电磁力消失，衔铁在反力弹簧的作用下释放而恢复原位，使触点系统恢复原状。

接触器线圈及触点的电路符号见图 1-6b。

## 二、继电器

继电器是一种根据特定形式的输入信号（电压、电流、速度、时间等）而动作的自动控制电器，主要用来反映各种控制信号。其触点通常接在各种控制电路中。

继电器的种类繁多，分类方法也很多，常用的分类方法有：

按反映信号的不同分为电压继电器、电流继电器、功率继电器、时间继电器、温度继电器等。

按动作原理分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器、热继电器等。

按动作时间分为快速继电器、延时继电器、一般继电器。

按执行环节作用原理分为有触点继电器、无触点继电器。

按用途分为电器控制系统用继电器、电力系统用继电器。

这里主要介绍电器控制系统用的电磁式（电流、电压、中间）继电器，时间继电器、热继电器和速度继电器。

继电器的主要特性是输入-输出特性，见图 1-7。

当继电器输入量  $X$  由 0 增加到  $X_1$  以前，继电器输出量  $Y$  为零；当输入量增加到  $X_2$  时，继电器吸合，通过其触点的输出量为  $Y_1$ ；若  $X$  再增加， $Y$  值不变。当  $X$  减小到  $X_1$  时，继电器释放，输出量由  $Y_1$  降到零； $X$  再减小， $Y$  值永为零。

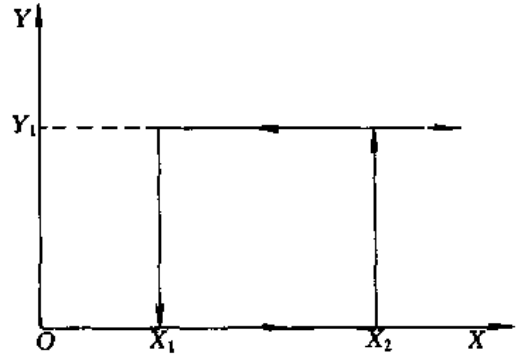


图 1-7 继电器特性曲线

在图 1-7 中， $X_2$  称为继电器吸合值，欲使继电器动作，输入量必须大于此值。

$X_1$  称为继电器释放值，欲使继电器释放，输入量必须小于此值。 $K = X_1/X_2$  称为继电器的返回系数，它是继电器的重要参数之一。

另一个重要参数是吸合时间和释放时间。吸合时间是从线圈接受电信号到衔铁完全吸合时所需的时间；释放时间是指从线圈失电到衔铁完全释放时所需要的时间。

#### （一）时间继电器

凡是在敏感元件获得信号后，执行元件要延迟一段时间才动作的电器叫时间继电器。这里指的延时区别于一般电磁继电器从线圈得到电信号到触点闭合的固有动作时间。时间继电器的种类很多，按动作原理可分为空气阻尼式、电磁式、电动机式、半导体式等。这里只介绍常用的空气阻尼式时间继电器。

图 1-8a 是通电后开始延时的空气阻尼式时间继电器的结构原理图。它是利用空气通过小孔节流原理来获得延时动作的。

当铁心线圈 1 通电后，将衔铁 2 吸合，使衔铁与活塞 4 之间有一段距离。在弹簧 3 的作用下，活塞 4 向下移动。由于与活塞杆相连的橡皮膜向下运动时造成气室上层空气稀薄，活塞受气室下层空气压力不能迅速下降，此时随着空气由进气孔 8 进入气室，活塞才逐渐下移。经过一段时间后，才能触动微动开关的杠杆 11，使微动开关 10 动作。

铁心线圈断电后，衔铁依靠弹簧的恢复作用向上运动，将气室中空气经排气孔迅速排出。

从铁心线圈通电吸引衔铁起，到微动开关动作时止这段时间，即为延时时间。用螺钉 9 调节进气孔的大小，可以调节延时时间的长短。空气阻尼式时间继电器的延时时间为 0.4~180s。

时间继电器有两个延时触点，一个是延时断开，一个是延时闭合。此外，还有两个瞬动的触点。显然，微动开关 13 在通电和断电的瞬间动作，瞬动触点也随之瞬动。

时间继电器的线圈、延时触点、瞬动触点的电路符号见图 1-8b。

空气阻尼式时间继电器的优点是延时调节平滑，通用性强。既可以用于交流，也可以用于直流（仅需改变线圈）。而且还可以做到通电延时或断电延时，结构简单，价格便宜。其

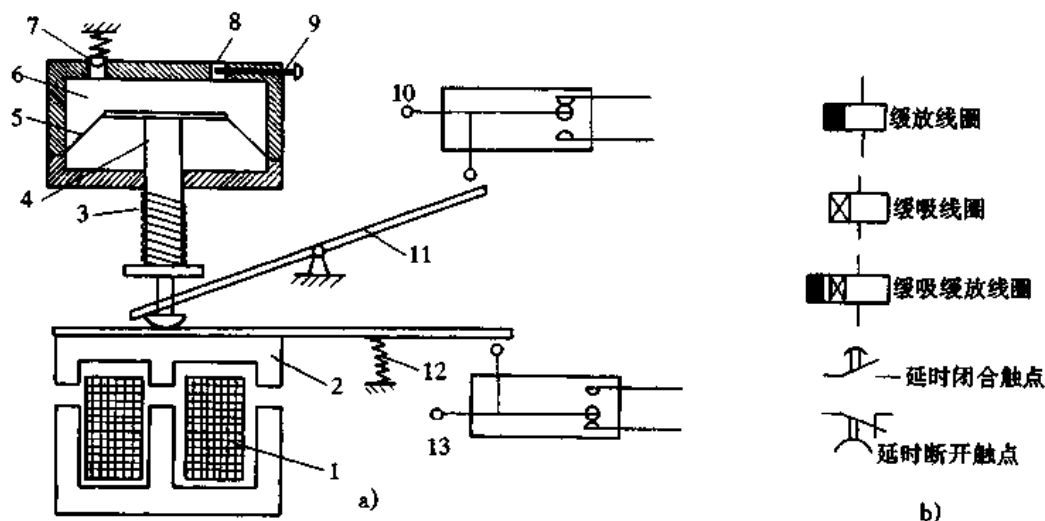


图 1-8 时间继电器

a) 结构原理图 b) 电路符号

1—铁心线圈 2—衔铁 3—弹簧 4—活塞 5—橡皮膜 6—气室 7—排气孔  
8—进气孔 9—螺钉 10—微动开关 11—杠杆 12—弹簧 13—微动开关

缺点是，延时误差大（可达 $\pm 10\%$ ），当环境温度、湿度变化时，延时时间要变化。另外，延时时间不能太长。

### （二）电流继电器、电压继电器、中间继电器

电流继电器、电压继电器、中间继电器均属于电磁式继电器。其结构和动作原理与接触器大致相同，由铁心、衔铁、线圈、释放弹簧和触点等部分组成。但是前者在结构上体积较小，动作灵敏，没有庞大的灭弧装置，触点的种类和数量也较多。

电流继电器是反映电流变化的控制电器，而电压继电器是反映电压变化的控制电器。当继电器线圈上的电流或电压达到动作值时，电磁机构就将衔铁吸合，使触点系统动作。当电流或电压减小到释放值时，触点系统就恢复常态。

电流继电器与电压继电器在结构上的区别主要是线圈不同。电流继电器的线圈与负载串联以反映负载电流，故它的线圈匝数少而导线粗。电压继电器的线圈与负载并联以反映负载电压，其线圈匝数多而导线细。

电流与电压继电器根据其用途又可分为过电流与过电压继电器、欠电流与欠电压继电器。前者是电流或电压超过规定值时衔铁吸合，后者是电流或电压低于规定值时衔铁释放。

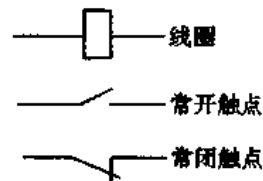
中间继电器实质上是一种电压继电器，但它的触点数量较多，容量较大。起到了中间放大（触点数量和容量）的作用。

电流、电压和中间继电器的线圈及触点电路符号见图 1-9。

### （三）速度继电器

速度继电器常用于反接制动电路中。

图 1-10a 为 JY1 型感应式速度继电器的结构原理图。其结构和工作原理与笼型电动机相似。它的转子是圆柱形铁镍合金制成的永久磁铁，转子的外面有一个圆环。圆环内装有如笼

图 1-9 电磁式继电器  
电路符号

型电动机转子的短路绕组。此圆环装在另一套轴承上，可以转动一定的角度。当被控制的电动机带动速度继电器的转子旋转时（速度继电器与电动机同轴连接），永久磁铁的磁通切割圆环内的短路绕组，在绕组内感应出电动势和电流。此电流和永久磁铁的磁场作用产生转矩，使继电器的定子柄向旋转方向转动，拨动簧片，使常闭触点打开，常开触点闭合。同时压缩反力弹簧，使定子柄不能继续转动。当速度继电器的转速接近零时（约  $100\text{r/min}$ ），转子磁场切割绕组的相对速度减小，因而产生的转矩也减小，于是定子柄在重力作用下，要恢复到中心稳定位置，而簧片在弹簧力作用下，使触点系统恢复原状。触点 8 是转子顺时针旋转时动作，而触点 7 是转子逆时针旋转时动作。

速度继电器的电路符号见图 1-10b。

#### （四）热继电器

热继电器是应用电流的热效应原理来工作的电器。主要用来防止电动机或其它负载过载以及作为三相电动机的断相保护。

热继电器的保护性能用安-秒特性表示。由图 1-11 可以看出，安-秒特性是反时限性的，即热继电器的动作时间是随电流的增加而减小。

电动机在不同的负载下工作时的电流与绕组达到允许温升所需要的时间之间的关系，称为电动机的过载特性（见图 1-11 中的区域 1）。热继电器的保护特性应当与电动机的过载特性接近重合。

下面来分析热继电器的结构与工作原理。图 1-12a 为热继电器的结构原理图。它主要由发热元件、双金属片等组成。

双金属片是由两种不同膨胀系数的金属制成，左侧层为低膨胀系数的金属，右侧层为高膨胀系数的金属。当发热元件中的电流大到一定值并经过一段时间后，发热元件发出的热量使金属片 2 向左弯曲，带动连动片 3 向左移动，同时温度补偿片 4 在连动片 3 的作用下，以 A 点为中心顺时针转动。温度补偿片 4 的弯曲部分离开了凸盘 9，凸盘在弹簧 5 的作用下顺时针转动，常闭触点 12 打开，常开触点 11 闭合，动作完毕。当发热元件中的电流小于额定电流时，发热元件发出的热量减少，双金属片恢复原位，温度补偿片 4 在弹簧的作用下要恢复原位，但此时被凸盘 9 的凸起部分挡住，恢复不了原位，故动触点不能恢复原状。即故障消除后，热继电器的触点不能自动复位。要复位必须按下复

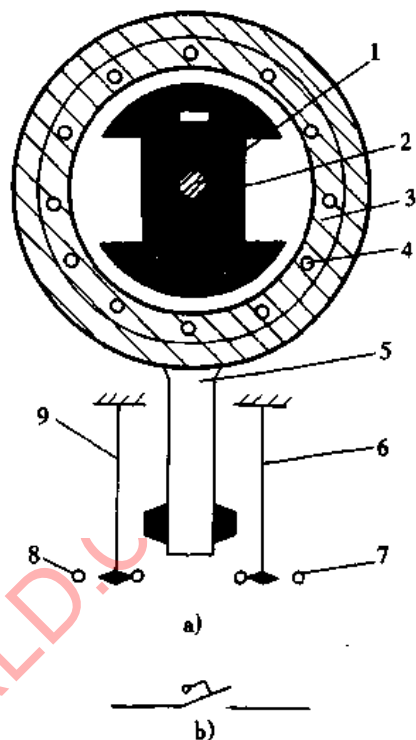


图 1-10 感应式速度继电器

1—电动机轴 2—转子 3—定子  
4—绕组 5—定子柄 6、9—簧片  
7、8—触点

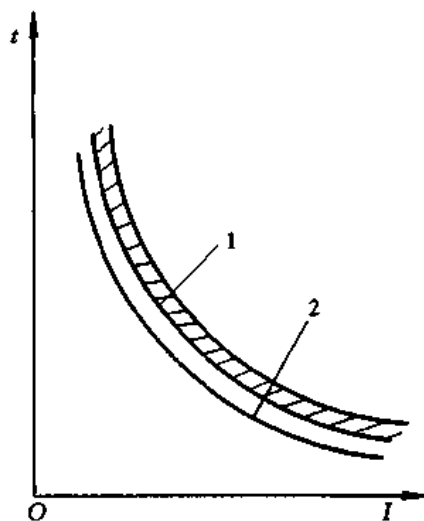


图 1-11 热继电器的保护特性

1—笼型电动机的过载特性  
2—热继电器的保护特性

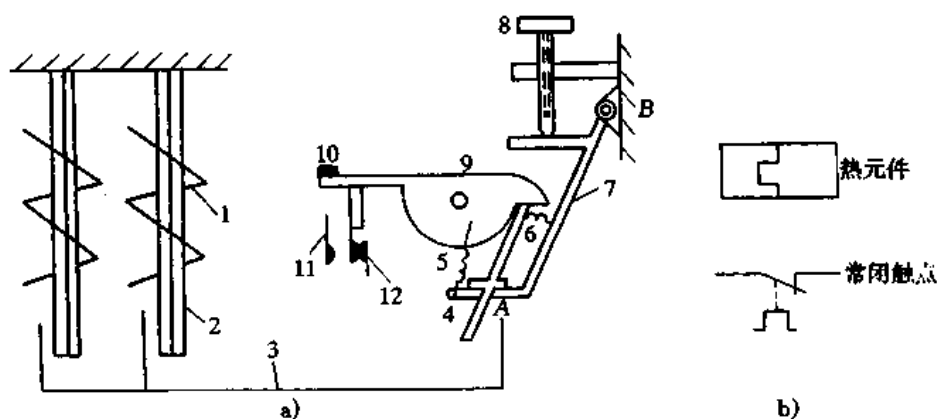


图 1-12 热继电器

a) 结构原理图 b) 电路符号

1—发热元件 2—双金属片 3—连动片 4—温度补偿片 5、6—弹簧 7—支架  
8—电流调节盘 9—凸盘 10—复位按钮 11—常开触点 12—常闭触点

位按钮 10, 使凸盘逆时针转动, 凸盘的凸起部分抬起, 温度补偿片 4 在弹簧 6 的作用下恢复原位, 触点恢复原状, 为下次工作做好准备。

电流调节盘 8 是用以调节热继电器的动作电流的。当电流调节盘逆时针转动时, 电流调节盘上移, 支架 7 在弹簧 5 的作用下, 以 B 为支点向左移动。则温度补偿片 4 在弹簧 6 的作用下也向左移动。这样, 温度补偿片 4 和连动片 3 凸起部分的距离就加大。此时, 只有在流过发热元件中的电流更大时, 连动片才能带动温度补偿片动作, 使触点动作。与此相反, 当电流调节盘顺时针转动时, 热继电器的动作电流就要减小。

温度补偿片 4 的另一个重要作用是用作温度补偿。当周围介质的温度升高时, 双金属片也要向左弯曲 (见图 1-13 中的虚线), 如果没有温度补偿片的补偿作用, 即假设温度补偿片和周围温度无关, 那么温度补偿片的位置不变 (见图 1-13 中温度补偿片的实线部分), 即双金属片和温度补偿片的相对位置发生变化, 这样, 实际的动作电流就要减小。由于温度补偿片的温度补偿作用, 它在周围介质温度升高时, 和双金属片一样, 产生相同的弯曲 (见图 1-13 中温度补偿片的虚线位置)。因此, 双金属片和温度补偿片的位置不变, 从而保证了热继电器的动作电流与周围介质的温度无关。

由于要使双金属片加热到一定温度, 热继电器才会动作, 所以脉冲电流不会使热继电器动作。甚至热元件流过短路电流时, 热继电器也不会立即动作。所以它不能用来执行短路保护。

电动机等用电设备若长期过载运行, 会超过额定电流值而使电动机过热, 降低使用寿命甚至损坏。热继电器是对电动机等用电

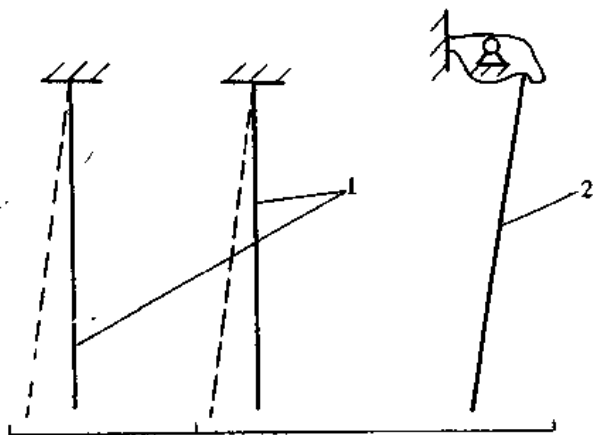


图 1-13 温度补偿片的作用

1—双金属片 2—温度补偿片



设备实行过载保护的电器。

上述热继电器是两相结构的，它可以用作感应电动机均衡过载时的保护，但不适用于定子为 $\Delta$ 联结的感应电动机的断相保护。如果三相电动机有一相断线或一相熔丝熔断，由于热继电器动作电流是按电动机额定电流整定的，在Y联结时相电流等于线电流，所以Y联结可以用两只热元件或不带断相保护的三只热元件的继电器保护。 $\Delta$ 联结时相电流只有线电流的 $1/\sqrt{3}$ ，因而流过电动机绕组的相电流小于线电流。而热元件串接在线路中，因此要按额定线电流整定，整定值较大。一相断线，其余两相热继电器可能达不到动作值而电动机绕组已过热。所以 $\Delta$ 联结必须采用带断相保护的热继电器。

热继电器的热元件和触点的电路符号见图1-12b。

### 三、熔断器

#### 1. 熔断器的分类

熔断器是一种利用熔化作用而切断电路的保护电器。熔断器主要由熔体和熔断管两部分组成。其中熔体是主要部分，它既是敏感元件又是执行元件，由易熔金属如铅、锌、锡等制成，熔断管一般用瓷、玻璃或硬制纤维制成。

熔断器的种类很多，按熔体热惯性的的大小可分为无热惯性、大热惯性、小热惯性三种，热惯性越小，熔化越快。

按熔体形状分为丝状、片状、笼状三种。

按支架结构分为插入式、螺旋式和管式三种。

熔断器的符号见图1-14。



图1-14 熔断器

#### 2. 熔断器的作用原理

熔断器的熔体与被保护的电路串联，当被保护的电路短路时，短路电流流过熔体，使之被加热，部分熔体溶解气化而被熔断，于是产生电弧，电弧使熔体继续熔化，直到间隙足够大时，电弧才熄灭，将被保护的电路与电源切断，达到保护的目的。

熔体在通过正常电流时要求不熔断，而在短路时应熔断。一般电工设备在通过电流时所产生的热量与电流的平方和电流通过的时间成正比。因此电流越大，要求熔断的时间越短，才能保证被保护的设备不超过允许的温升，即熔断器熔体的保护特性为安-秒特性，见图1-15，其数值见表1-1。

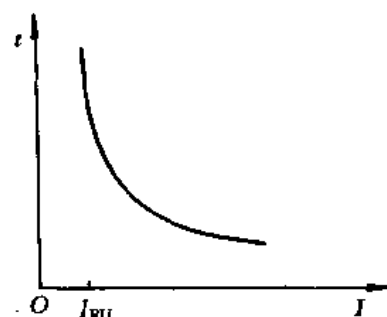


图1-15 熔断器的安-秒特性

表1-1 熔断器的熔化电流和熔化时间

熔化电流	$1.25I_{RU}$	$1.6I_{RU}$	$2I_{RU}$	$2.5I_{RU}$	$3I_{RU}$	$4I_{RU}$
熔化时间	$\infty$	1h	40s	8s	4.5s	2.5s

### 四、自动空气断路器

自动空气断路器相当于刀开关、熔断器、热继电器和欠电压继电器的组合，是一种既能手动开关操作又能自动进行欠电压、失电压、过载和短路保护的电器。

断路器的种类很多，根据其结构形式可分为框架式（万能式）和塑料外壳式（装置式）；根据操作机构的不同可分为手动操作、电动操作和液压传动操作；根据触点数目可分为单

极、双极和三极；根据动作速度可分为有延时动作、普通速度和快速动作等。尽管断路器种类很多，结构也非常复杂，但是不论哪一种断路器，它总是由触点系统、灭弧系统、保护装置和传动机构等组成。

断路器的结构原理图见图 1-16a。

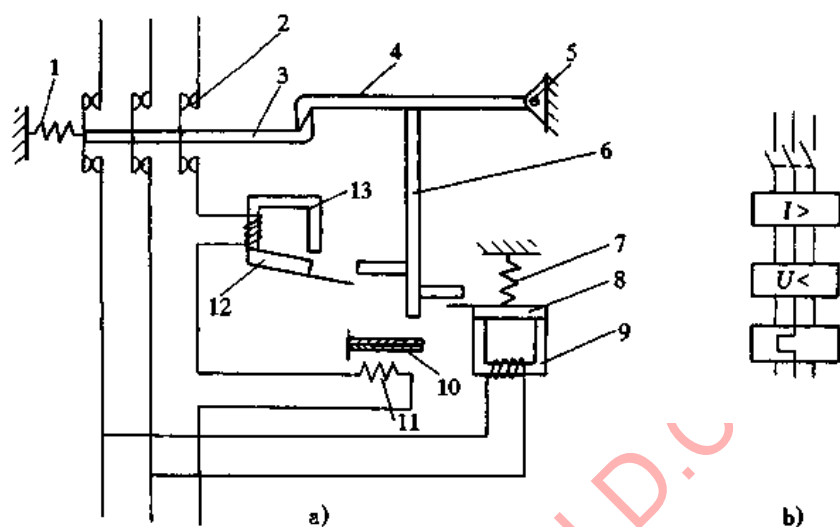


图 1-16 断路器

a) 结构原理图 b) 电路符号

1—弹簧 2—触点 3—锁键 4—搭钩 5—轴 6—杠杆 7—弹簧 8、12—衔铁  
9—欠电压脱扣器 10—热脱扣器双金属片 11—加热电阻丝 13—过电流脱扣器

可手动使触点 2 分断，触点 2 串接到需要接通和断开的电路中。要使断路器接通外电路，可通过手动操作机构使其闭合（图中未画出）。过电流脱扣器 13 的线圈与主电路串联，当线路工作正常时，所产生的电磁吸力不能将衔铁 12 吸合。只有当电路短路或产生很大过电流时，其电磁吸力加大，将衔铁 12 吸合，撞击杠杆 6，顶开搭钩 4，于是在弹簧 1 的作用下，触点 2 打开，切断线路。

欠电压脱扣器 9 的线圈并联在主电路中，当线路电压正常时，欠电压脱扣器 9 产生的电磁吸力能够克服弹簧 7 的拉力，而将衔铁 8 吸合。如果线路电压降到某一值时，电磁吸力小于弹簧 7 的拉力，衔铁 8 被弹簧 7 拉开，衔铁 8 撞击杠杆 6，使触点 2 分断。

当线路发生过载时，过载电流通过热脱扣器 11 而使双金属片 10 受热弯曲，撞击杠杆 6，使触点 2 断开。

自动空气断路器的电路符号见图 1-16b。

### 习题与思考题

- 1-1 什么是低压电器？它可以分为哪两类？常用低压电器有哪些？
- 1-2 何谓行程开关？按其结构可分为哪几种？各有哪些特点？
- 1-3 画出控制按钮、行程开关、刀开关的电路符号图。
- 1-4 为什么接触器要装有灭弧装置？常用的灭弧装置有哪些？
- 1-5 试述接触器的工作原理？

- 1-6 何谓继电器的返回系数、吸合时间、释放时间？
- 1-7 画出时间继电器的线圈及触点的电路符号图。
- 1-8 电流继电器与电压继电器有何区别？
- 1-9 为什么两相结构的热继电器不适用于定子为三角形接法的感应电动机的断相保护？
- 1-10 熔断器的用途是什么？何谓熔断器的安-秒特性？
- 1-11 自动空气开关的用途是什么？
- 1-12 画出热继电器、速度继电器、熔断器的电路符号图。

WWW.PLCWORLD.C

## 第二章 电器控制线路

由按钮、继电器、接触器等低压控制电器组成的电器控制线路，具有线路简单，维修方便，便于掌握，价格低廉等许多优点，多年来在各种生产机械的电气控制领域中，一直获得广泛的应用。

### 第一节 电器控制线路的绘制原则、图形及文字符号

电器控制线路的表示方法有两种：一种是安装图，一种是原理图。

安装图是按照电器实际位置和实际接线线路，用规定的图形符号画出来的，这种电路便于安装。原理图是根据工作原理而绘制的。

在绘制电器控制原理图时，一般应遵循以下原则（以图 2-1 为例）：

1) 所有电动机、电器等元件都应采用国家统一规定的图形符号和文字符号来表示。

2) 电器控制线路分主电路和控制电路。一般主电路画在左侧或上方，控制电路画在右侧或下方。

3) 同一电路的不同部分（如线圈、触点）分散在图中不同部位，为易于识别，规定使用同一文字符号标明，对于几个同类电器，则用不同数字同一文字符号表示。

4) 电器控制线路的全部触点均按“平常状态”绘出，“平常状态”对于接触器、继电器等是指线圈未通电时的触点状态，对按钮、行程开关等是指没有受到外力时的触点状态。

5) 电路或元件应按功能布置，并尽可能按其工作顺序排列。对因果次序清楚的简图，尤其是电路图和逻辑图，其布局顺序应是从左到右和从上到下。

电气设备常用基本图形符号及文字符号见附录中表 A-1~表 A-7。

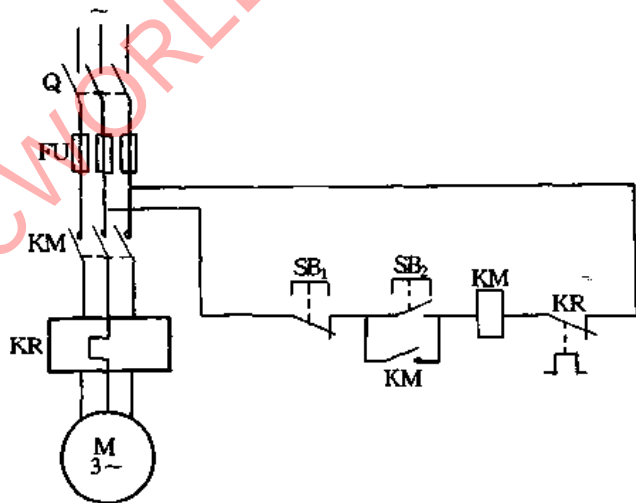


图 2-1 笼型电动机启动、停止控制线路

### 第二节 电动机的基本控制环节

任何一个复杂的电器控制线路，总是由一些基本的控制环节、基本控制方法和保护环节，根据生产工艺的要求，按照一定的规律组合起来的。因此，掌握这些基本内容是学习电器控制线路的基础。这一节介绍基本控制环节。

### 一、点动、启动和停车

生产机械常常需要试车或调整,此时就需要所谓的“点动”动作,即按下按钮,电动机转动,带动生产机械运动,放开按钮,电动机停转,生产机械就停止运动。图 2-2a 就是实现点动的环节。按下 SB, KM 线圈通电,其常开触点闭合,电动机通电转动;松开 SB, KM 线圈断电。常开触点打开,电动机停转。

如果要求连续工作,则见图 2-2b。按下启动按钮 SB<sub>2</sub>,接触器 KM 的线圈通电,其主触点 KM 吸合,电动机启动。此时辅助触点也吸合,若松开按钮 SB<sub>2</sub>,吸引圈 KM 通过其辅助触

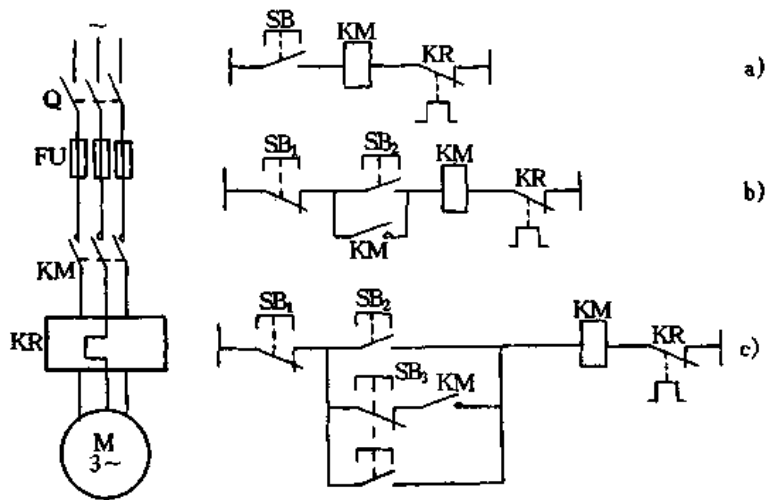


图 2-2 点动 启动 停止

点可以继续保持通电,维持其吸合状态,电动机继续转动。这里是用接触器的辅助触点 KM 来代替按钮 SB<sub>2</sub> 的闭合。这种由接触器本身的触点来使其线圈长期通电的环节,叫“自锁环节”。要停车时,按下停车按钮 SB<sub>1</sub>, KM 的线圈失电,主触点断开,电动机失电停转。

如果生产机械既要能点动又要能连续工作,则可以由图 2-2c 来实现。正常启动时,按下启动按钮 SB<sub>2</sub>,接触器 KM 带电并自保;需点动工作时,按下点动按钮 SB<sub>3</sub>,其常开触点闭合,接触器 KM 通电,但 SB<sub>3</sub> 的常闭触点将 KM 的自锁电路切断,手一离开按钮,接触器 KM 失电,从而实现了点动控制。

### 二、正反转控制电路

许多生产机械,如吊车、电梯和机床等,需要电动机既能正转也能反转,即需要电动机能够可逆运行。图 2-3a 就可实现这一功能。按下 SB<sub>1</sub>, KM<sub>1</sub> 线圈通电并自保,其主常开触

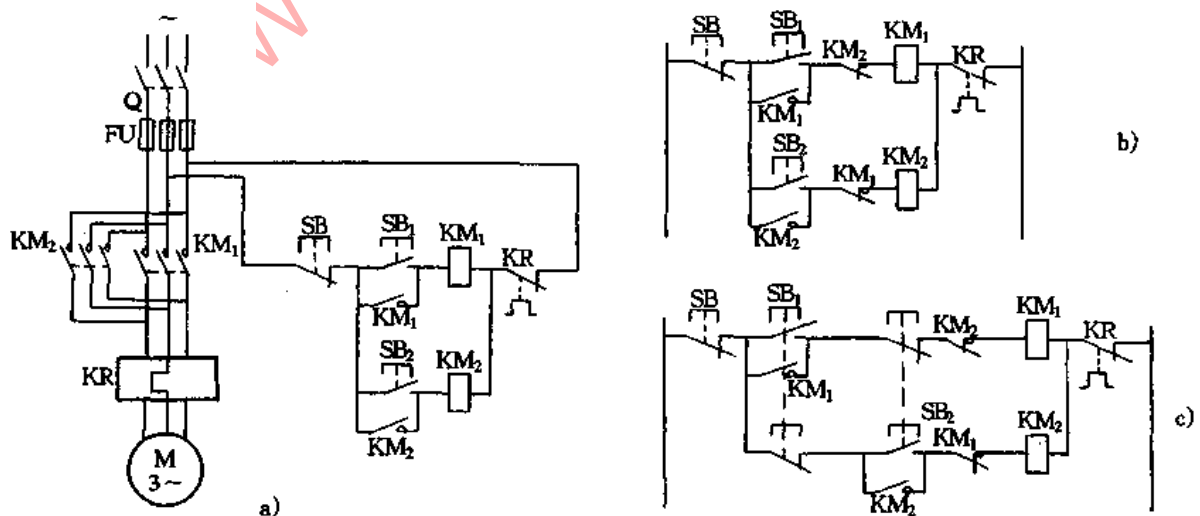


图 2-3 交流感应电动机正反向工作的电器控制线路



点  $KM_1$  吸合，电动机正转；按下停止按钮  $SB$ ， $KM_1$  断电，电动机停转，然后，按下  $SB_2$ ， $KM_2$  线圈通电并自保，其主常开触点  $KM_2$  吸合，电动机反转。

在图 2-3a 中，如果  $KM_1$  线圈通电，电动机正转时，没有经过停车却因失误而按下  $SB_2$ ，则  $KM_2$  通电，将造成电源短路。为此，需要采取互锁保护，即将一个接触器的常闭触点串接在另一个接触器的线圈电路中，见图 2-3b。这样，当电动机正转时，由于  $KM_1$  的常闭触点打开，此时即使按下  $SB_2$ ， $KM_2$  也不会得电吸合。同理，当电动机反转时，即使按下  $SB_1$ ， $KM_1$  也不会吸合，从而避免了电源短路。

在图 2-3b 中，电动机从正转到反转，必须经过停止按钮，很不方便。若用图 2-3c 的连接方式，则在正反转转换过程中，可省去停车操作，有利于提高生产效率。前者称为电气连锁，后者称为机械连锁。

### 三、顺序控制

在生产实践中，常要求各种运动部件之间能够实现按顺序工作。例如，车床主轴转动时要求油泵先给齿轮箱供油润滑。即要求保证润滑泵电动机启动后，主拖动电动机才允许启动。也就是控制对象对控制线路提出了按顺序工作的连锁要求。

图 2-4 就是一个顺序工作的例子。从图中可以看出，只有当  $KM_1$  得电后， $KM_2$  才能得电。即只有  $M_2$  启动后， $M_1$  才能启动，从而满足了顺序控制的要求。

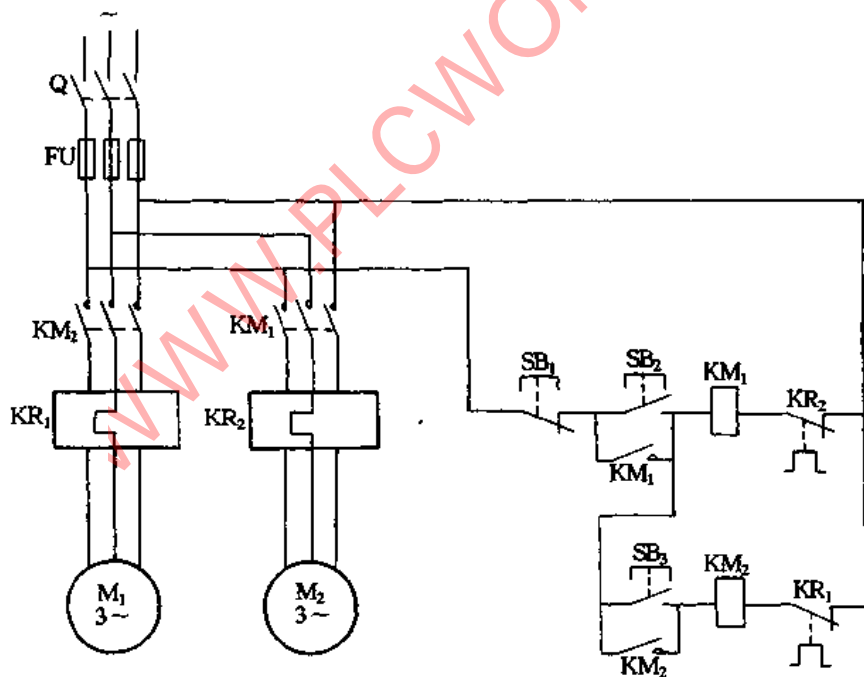


图 2-4 主拖动电动机与润滑泵电动机的连锁控制

通过上面的例子可以得出普遍规律：

- 1) 要求甲接触器动作时，乙接触器不能动作，则需要将甲接触器的常闭触点串在乙接触器的线圈电路中。
- 2) 要求甲接触器动作后，乙接触器才能动作，则需将甲接触器的常开触点串在乙接触器的线圈电路中。

可见，连锁控制的关键是正确地选择连锁触点。

### 第三节 电动机的基本控制方法

电器控制线路是为生产工艺所提出的各种各样的控制要求而服务的。生产工艺过程的变化必然伴随一些物理量的变化，这些参数有：行程、时间、速度、电流等。如何准确地测量和反映这些参数的变化以及根据这些参数的变化来实现自动控制是这一节要研究的内容。

#### 一、行程控制

行程控制是指被控制对象的有关运动部件到达某一位置时，能自动改变运动状态。行程控制需要通过行程开关来实现。

图 2-5 是工作台往复运动的示意图和控制线路。其主电路与电动机正反转线路相同。按下  $SB_1$ ， $KM_1$  线圈通电并自锁。其主常开触点闭合，电动机驱动工作台向左运动，直到撞块推动  $ST_1$  的推杆， $ST_1$  常闭触点打开， $KM_1$  断电。 $KM_1$  常闭触点闭合，接着  $ST_1$  常开触点闭合， $KM_2$  通电， $KM_2$  常闭触点打开，常开触点闭合，电动机反转，带动工作台向右运动。直到撞块推动  $ST_2$  的推杆。 $ST_2$  常闭触点先打开， $KM_2$  断电， $KM_2$  常闭触点闭合，接着  $ST_2$  常开触点闭合， $KM_1$  线圈通电，电动机又开始正转，如此循环下去，工作台则往复运动，随时按下  $SB$ ，使工作台在任意位置停下。 $SB_2$  用于电动机反转启动，调节行程开关或挡块的位置即可调节工作台的行程。

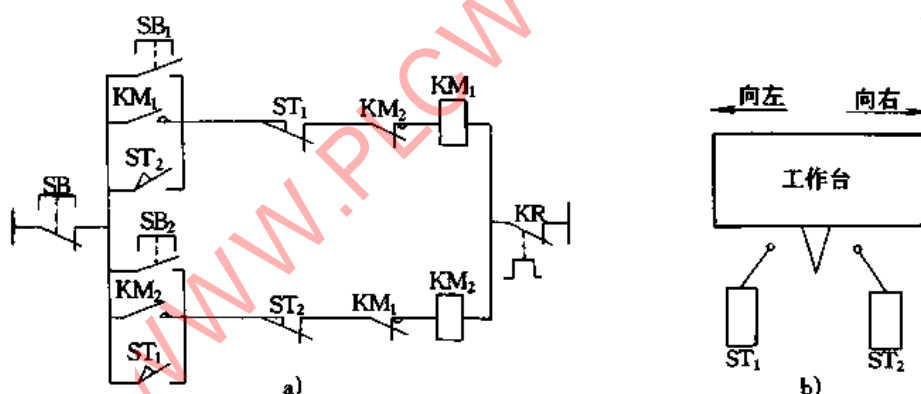


图 2-5 工作台往复运动  
a) 示意图 b) 控制线路

#### 二、时间控制

时间控制是指被控制对象按照特定的时间程序进行工作。它是利用时间继电器经延时后切断电路以满足生产工艺的要求。

图 2-6 为利用时间控制实现 Y- $\Delta$ 减压启动的线路。这种接法可以减小电动机的启动电流，按下启动按钮  $SB_2$ ，接触器  $KM_{\Delta}$ 、 $KM_Y$  与时间继电器  $KT$  的线圈同时得电。接触器  $KM_Y$  的主触点将电动机接成星形并将  $KM$  的主触点接至电源。电动机减压启动，到达  $KT$  的延时值， $KM_Y$  线圈失电， $KM_{\Delta}$  线圈得电，电动机主电路联成三角形，电动机投入正常运行。

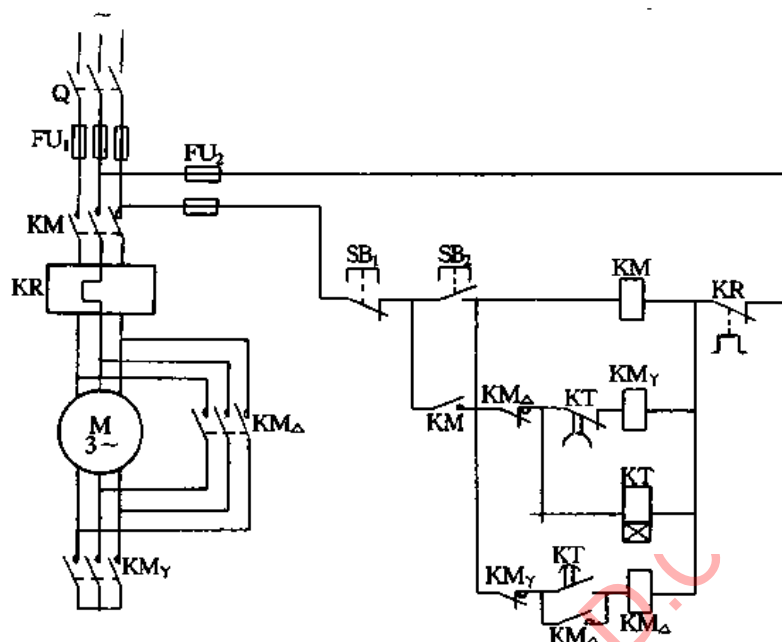


图 2-6 Y-Δ减压启动控制电路

### 三、速度控制

生产机械为了提高生产率就要缩短辅助运行时间。另外，为了提高刀架停车的准确度，需要缩短超行程，这就对控制系统提出了快速停车的要求。对于交流异步电动机来说，最简单的快速停车方法是采用反接制动。当转速接近零时，应自动切断电源，否则电动机会反向启动。

图 2-7 为一反接制动的电器控制线路。按下正向启动按钮  $SB_2$ ，接触器  $KM_1$  吸合并自保，电动机正转，当电动机正转时，速度继电器正向常闭触点  $K_F$  打开，正向常开触点  $K_F$  闭合，为制动做好准备。由于  $KM_1$  互锁触点作用， $KM_2$  不会通电。欲使电动机停转，按下停止按钮  $SB_1$ ， $KM_1$  停电释放，反向接触器  $KM_2$  立即吸合，电动机定子电源反相序，因而是反接制动，转速迅速下降，当转速接近零时，速度继电器的正向常开触点  $K_F$  断开， $KM_2$  断电释放，反接制动结束。 $K_R$  用于电动机一开始为反转时的情况。

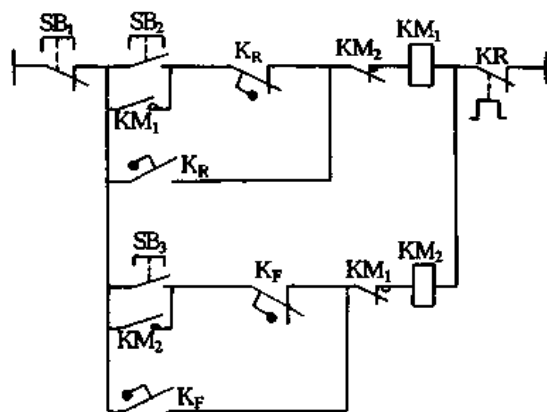


图 2-7 反接制动的电动机控制线路

### 四、电流控制

电流控制是借助于电流继电器来实现的。当电路中的电流到达一预定值时，电流继电器的触点动作，切换电路，达到电流控制的目的。

图 2-8 为龙门刨床中利用电流控制实现横梁自动夹紧的线路。

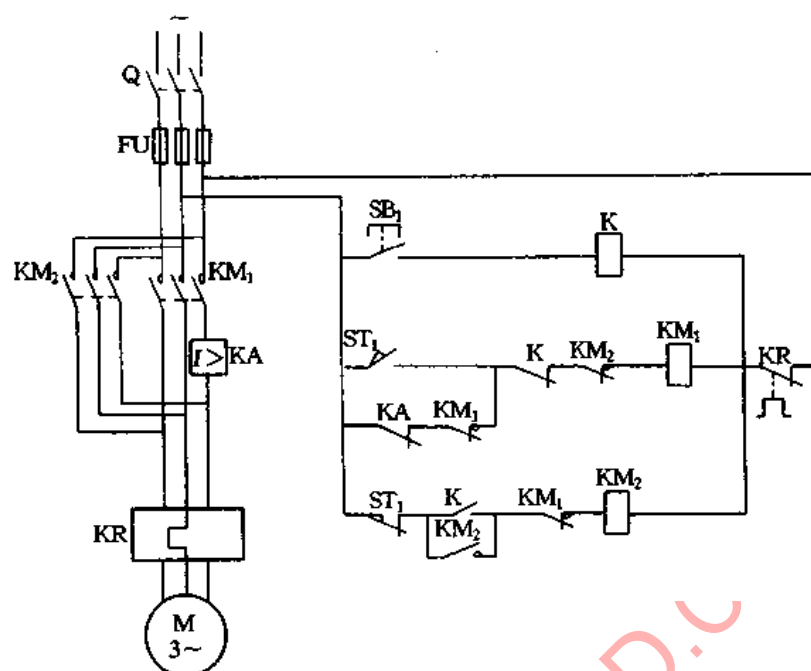


图 2-8 横梁自动夹紧的线路

横梁在静止时，是被机械杠杆机构夹紧在龙门刨床的立柱上的（见图 2-9），要求横梁运动时必须首先放松横梁。而在横梁运动结束后，应自动夹紧在立柱上。在按下横梁运动按钮  $SB_1$  后（横梁运行电动机和控制线路未画出），中间继电器  $K$  通电，其常闭触点打开，常开触点闭合， $KM_2$  吸合，电动机反转，带动机械杠杆机构使横梁放松，放松后行程开关  $ST$  被压合，常闭触点打开， $KM_2$  释放，横梁放松完毕。常开触点闭合，为横梁夹紧作准备。当不需要横梁运动时，可松开按钮  $SB_1$ ，继电器  $K$  释放，常闭触点闭合，接触器  $KM_1$  动作，电动机正转，开始夹紧。此时行程开关  $ST$  释放，但  $KM_1$  通过  $KA$  及自锁触点仍然通电。继续夹紧，随着夹紧电动机电流越来越大，大到一定值时，电流继电器  $KA$  动作，其常闭触点打开， $KM_1$  失电，夹紧停止。

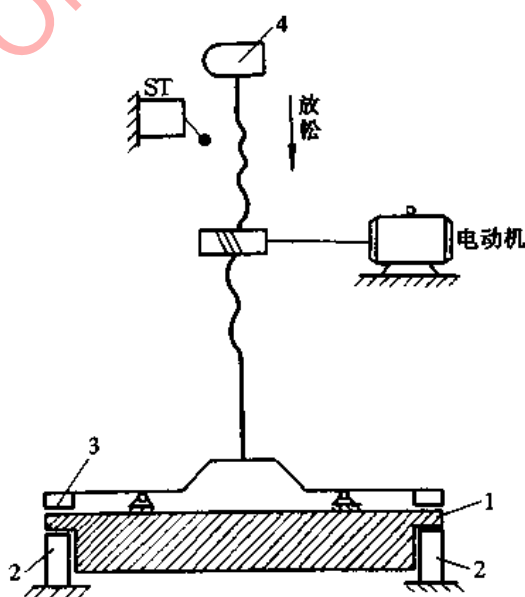


图 2-9 横梁夹紧装置示意图

1—横梁 2—立柱 3—压块 4—撞块

## 第四节 电动机的保护

电动机保护的任务是保证电动机正常运行，避免由于各种故障造成电气设备和机械设备的损坏，以保证人身的安全。保护环节是所有自动控制系统不可缺少的组成部分。这里讨论的是低压电动机的保护。一般来讲，有以下几种保护：短路保护、过电流保护、热保护及欠

电压保护等。

### 一、短路保护

当电动机绕组的绝缘、导线的绝缘损坏时，或电器控制线路发生故障时，如果正转接触器的主触点未打开而反转接触器的主触点闭合等都会产生短路现象。此时，电路中会产生很大的短路电流，它将导致产生过大的热量，使电动机、电器和导线的绝缘损坏。因此，必须在发生短路现象时立即将电源切断。常用的短路保护元件是熔断器和断路器。

短路保护电器见图 2-10。

### 二、过电流保护

为了限制电动机的启动或制动电流，常常在直流电动机的电枢回路中或交流绕线转子电动机的转子回路中串入附加的电阻。若在启动或制动时，此附加电阻已被短接，就会造成很大的启动或制动电流。另外，电动机的负载剧烈增加，也要引起电动机过大的电流。过电流的危害与短路电流的危害一样，只是程度上的不同。过电流保护常用断路器或电磁式过电流继电器。图 2-11 为用过电流继电器实现过电流保护的原理图。

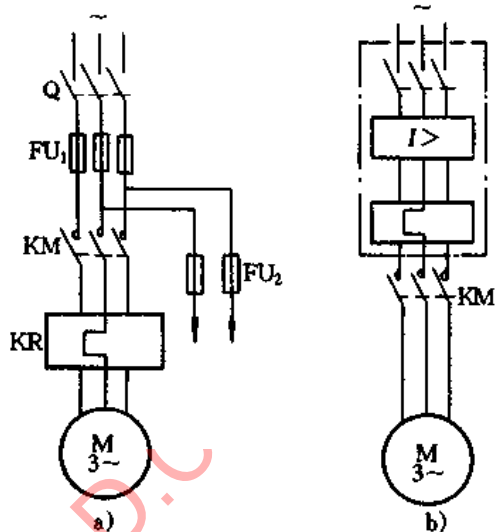


图 2-10 短路保护

a) 熔断器保护 b) 自动开关保护

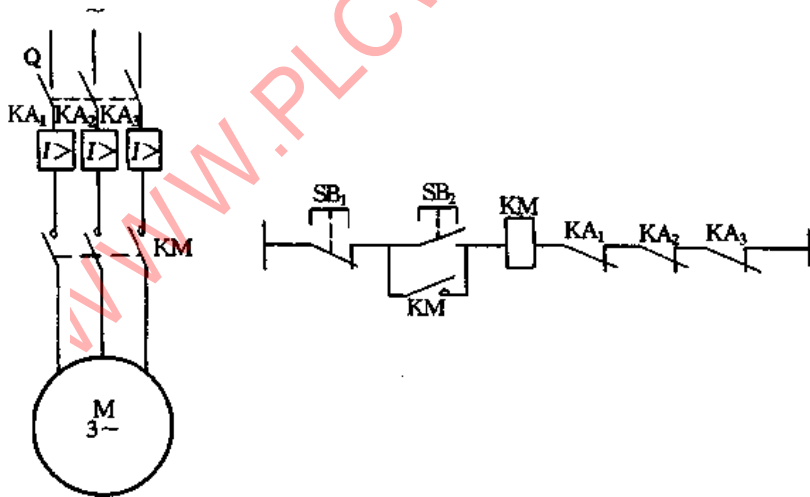


图 2-11 过电流保护线路

按下启动按钮  $SB_2$ ，就可使电动机进入正常工作。当发生过电流时，过电流继电器  $KA_1 \sim KA_3$  线圈中的电流达到其动作值，于是吸动衔铁，打开其常闭触点，使  $KM_1$  释放，从而切断电源。这里，过电流继电器只是一个检测电流大小的元件，切断过电流还是靠接触器  $KM$ 。如果用断路器实现过电流保护，则检测电流大小的元件就是断路器的电流释放线圈，而断路器的主触点用以切断过电流。

### 三、热保护

热保护又称长期过载保护。所谓过载是指电动机的电流大于其额定电流。造成过载的原



因很多,如负载过大、三相电动机单相运行、欠电压运行等。当长期过载时,电动机发热,使温度超过允许值,电动机的绝缘材料就要变脆,寿命降低。严重时使电动机损坏,因此必须予以保护。热保护常用热继电器来实现。

图 2-12 为用热继电器实现过载保护的原理图。

当电动机过载时,热继电器发热元件发出较大的热量,经一定时间后,打开其常闭触点 KR,使接触器释放,电动机被切断电源。在热继电器动作后,需等待 30s 以上,等双金属片冷却恢复原状,然后再按热继电器的再扣装置,使其常闭触点闭合,再投入工作。

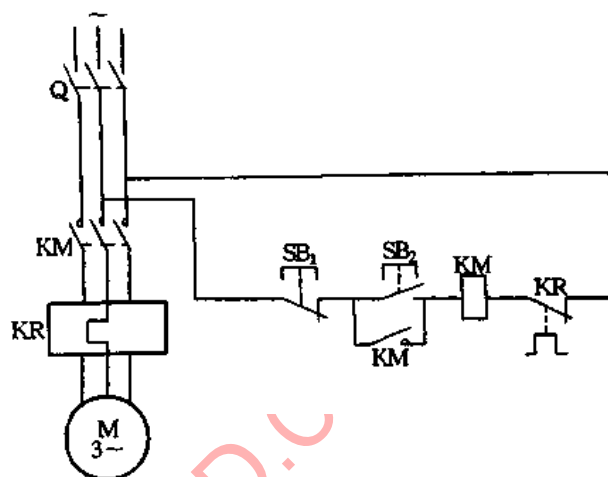


图 2-12 过热保护线路

#### 四、欠电压与零电压闭合

当电动机正在运行时,如果电源电压因某种原因消失,为了防止电源恢复时电动机自行启动的保护称为零电压保护。

当电动机正常运行时,电源电压过分地降低将引起一些电器释放,造成控制线路不正常工作,可能产生事故。因此,需要在电源电压降到一定允许值以下时,将电源切断,这就是欠电压保护。欠电压保护常用电磁式欠电压继电器来实现。图 2-13 即为欠电压保护线路图。

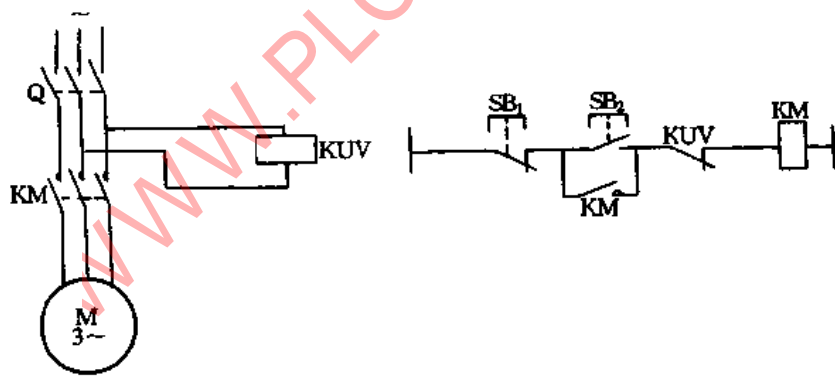


图 2-13 欠电压保护线路

按下 SB<sub>2</sub>,电动机进入正常运行,当线路中出现欠电压故障时,欠电压继电器的线圈 KUV 得电,其常闭触点打开,KM 释放,电动机被切断电源。

零电压保护见图 2-2,它是通过并联在启动按钮上接触器的辅助常开触点作为零电压保护的。

## 第五节 电器控制线路的一般设计方法

电器控制线路的设计方法一般有两种,即一般设计法和逻辑设计法。

一般设计法又称经验设计法,是根据生产工艺要求,利用各种典型的线路环节,直接设计控制线路。这种设计方法比较简单,但要求设计人员必须熟悉大量的控制线路,具有丰富的设计经验。

逻辑设计法是根据生产工艺的要求,利用逻辑代数来分析、设计线路的。用这种方法设计的线路比较合理,特别适合完成较复杂的生产工艺所要求的控制线路。但是逻辑设计法难度较大,不易掌握。本节介绍一般设计法。

用一般方法设计控制线路时,应注意以下几个原则。

#### (一) 应最大限度地实现生产机械和工艺对电器控制线路的要求

设计之前,首先要调查清楚生产要求,生产工艺要求一般是由机械设计人员提供的,但有时所提供的仅是一般性原则意见,这时电气设计人员就需要对同类或接近产品进行调查、分析、综合,然后提出具体、详细的要求,征求机械设计人员意见后,作为设计电器控制线路的依据。

#### (二) 在满足生产要求的前提下,控制线路应力求简单、经济

##### 1) 尽量选用标准、常用或经过实际考验过的线路和环节。

2) 尽量缩短连接导线的数量和长度。图 2-14a 的接线是不合理的。因为按钮在操作台上,而接触器在电气柜内,这样接线就需要由电气柜二次引出连接线到操作台的按钮上,所以一般都将启动按钮和停止按钮直接连接,这样就可以减少一次引出线,见图 2-14b。

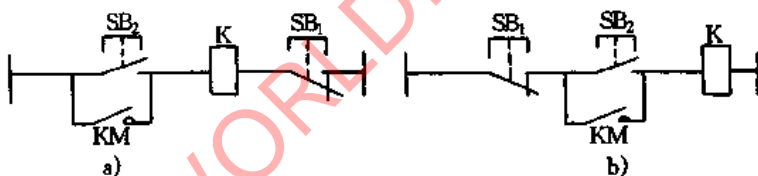


图 2-14 电器连接图

a) 不合理 b) 合理

##### 3) 尽量缩减电器的数量,采用标准件,并尽可能选用相同型号。

##### 4) 应减少不必要的触点以简化线路。

##### 5) 控制线路在工作时,除必要的电器必须通电外,其余的尽量不通电以节约能源。

#### (三) 保证控制线路工作的可靠和安全

为了保证控制线路工作可靠,应尽量选用机械和电器寿命长、结构坚实、动作可靠、抗干扰性能好的电器。同时,在具体线路设计中注意以下几点:

1) 正确连接电器的触点。同一电器的常开和常闭辅助触点靠得很近,如果分别接在电源的不同相上,见图 2-15a,限位开关 S 的常开触点和常闭触点,由于不是等电位,当触点断开产生电弧时,很可能在两触点间形成飞弧而造成电源短路。此外绝缘不好,也会引起电源短路。

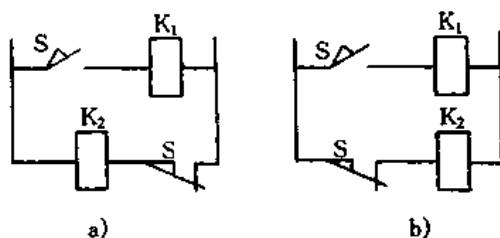


图 2-15 正确连接电器的触点

如果按图 2-15b 连接,由于两触点电位相同,就不会造成飞弧,即使引入线绝缘损坏也不会将电源短路,设计中应予以注意。

2) 正确连接电器的线圈。在交流控制电路中不能串联接入两个电器的线圈,见图 2-16。即使外加电压是两个线圈额定电压之和,也是不允许的。因为每个线圈上所分配到的电

压与线圈阻抗成正比,两个电器动作总是有先有后,不可能同时吸合。假如交流接触器  $KM_2$  先吸合,由于  $KM_2$  的磁路闭合,线圈的电感显著增加,因而在该线圈上的电压降也相应增大,从而使另一个接触器  $KM_1$  的线圈电压达不到动作电压。因此两个电器需要同时动作时其线圈应该并联连接。

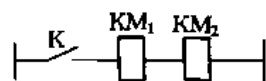


图 2-16 线圈不能  
串联连接

3) 在控制线路中应避免出现寄生电路。在控制线路的动作过程中,那种意外接通的电路叫寄生电路(或叫假回路)。图 2-17 是一个具有指示灯和热保护的的正反向电路。在正常工作时,能完成正反向启动、停止和信号显示。但当热继电器  $KR$  动作时,线路就出现了寄生电路,如图 2-17 中虚线所示,使正向接触器  $KM_1$  不能释放,起不了保护作用。

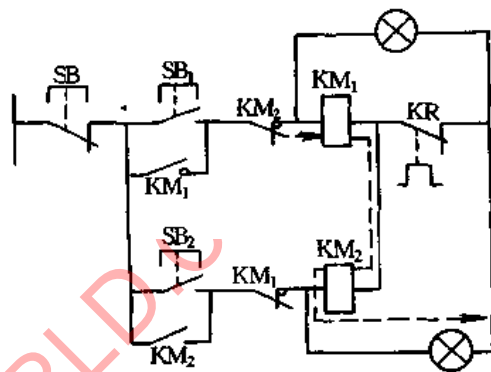


图 2-17 寄生电路

4) 在线路中尽量避免许多电器依次动作才能接通另一个电器的控制电路。

5) 在频繁操作的可逆线路中,正、反向接触器之间不仅要有电器连锁,而且要有机械连锁。

6) 设计的线路应能适应所在电网的情况。根据电网容量的大小、电压、频率的波动范围以及允许的冲击电流数值等决定电动机的启动方式是直接启动还是间接启动。

7) 在线路中采用小容量继电器的触点来控制大容量接触器的线圈时,要计算继电器触点断开和接通容量是否足够。如果不够,必须加小容量接触器或中间继电器,否则工作不可靠。

8) 应具有完善的保护环节,以避免因误操作而发生事故。

(四) 应尽量使操作和维修方便

下面通过一个实例介绍电器控制线路的一般设计方法。

在龙门刨床上装有横梁机构,刀架装在横梁上,随加工件大小不同横梁需要沿立柱上下移动,在加工过程中,横梁又需要保证夹紧在立柱上不允许松动。

横梁升降电动机安装在龙门顶上,通过涡轮传动,使立柱上的丝杠转动,通过螺母使横梁上下移动。

横梁夹紧电动机通过减速机构传动夹紧螺杆,通过杠杆作用使压块将横梁夹紧或放松,见图 2-18。

要求:

1) 保证横梁能上下移动,夹紧机构能实现横梁的夹紧或放松。

2) 横梁夹紧与横梁移动之间必须有一定的操作程序:

① 按向上向下移动按钮后,首先使夹紧机构自动放松。

② 横梁放松后,自动转换到向

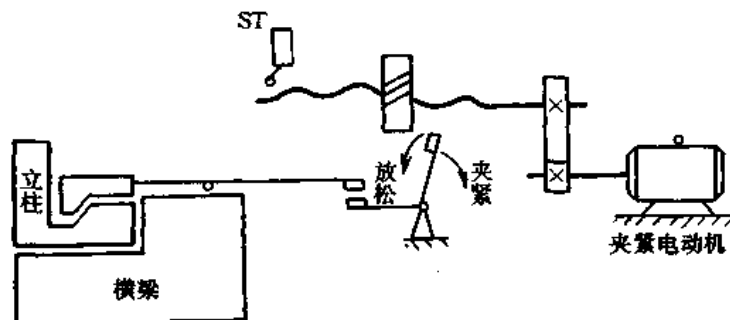


图 2-18 横梁夹紧放松示意图

上或向下移动。

③移动到需要位置后，松开按钮，横梁自动夹紧。

④夹紧后电动机自动停止运动。

3) 具有上下行程的限位保护。

4) 横梁夹紧与横梁移动之间及正反向运动之间具有必要的连锁。

在了解清楚生产要求之后则可进行控制线路的设计：

1. 设计主电路 横梁移动和横梁夹紧需用两台异步电动机拖动。为了保证实现上下移动和夹紧放松的要求，电动机必须能实现正反转，因此采用  $KM_1$ 、 $KM_2$  和  $KM_4$ 、 $KM_3$  四个接触器分别控制移动电动机  $M_1$  和夹紧电动机  $M_2$  的正反转。

2. 设计控制线路

(1) 按钮控制 只有向上向下移动的控制按钮，夹紧和放松都是自动进行的。控制线路的工作过程如下（见图 2-19）：

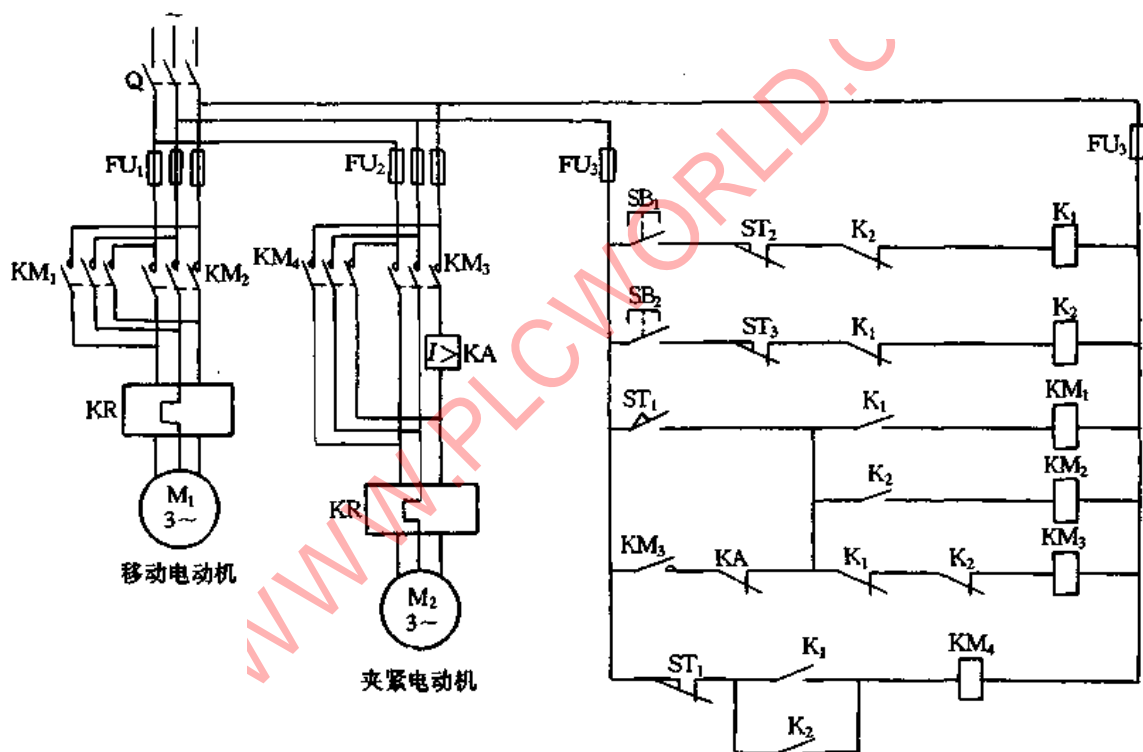


图 2-19 完整的控制线路

按  $SB_1$  ( $SB_2$ ) → 自动放松 → 自动转入上 (下) 移 → 自动夹紧 → 电动机自动停止

由以上可见，需由两个控制按钮控制四个接触器的线圈，因此需要通过两个中间继电器  $K_1$  和  $K_2$  进行控制。

(2) 选择控制参量，确定控制原则 反映横梁放松的参量，可以用行程参量来表示。采用行程开关  $ST_1$  进行控制。控制线路的工作过程如下：

按  $SB_1$  ( $SB_2$ ) →  $KM_4$  通电 (放松) → 放松到所需程度 → 压合  $ST_1$  →  $ST_1$  常闭触点打开，常开触点闭合 →  $KM_4$  断电 (放松完毕)，自动接通  $KM_1$  ( $KM_2$ )

反映夹紧程度的参量可以用反映夹紧力的电流参量来表示。在夹紧电动机夹紧方向的主电路中串联接入一个电流继电器  $K_3$ ，其动作电流可整定在两倍额定电流左右。控制线路的工作过程如下：

夹紧到所需程度后（电流达到限定值）→KA 动作→常闭触点打开，常开触点闭合→ $KM_3$  断电（电动机自动停止）

（3）设计连锁保护环节 这里采用  $K_1$  和  $K_2$  的常闭触点实现横梁移动电动机和夹紧电动机正反向工作的连锁保护，采用行程开关  $ST_2$  和  $ST_3$  分别实现向上和向下的限位保护，采用  $ST_1$  实现横梁移动和横梁夹紧间的连锁控制。

（4）值得注意的问题 夹紧电动机启动时，启动电流很大，使 KA 动作， $KM_3$  失电，由于刚夹紧时， $ST_1$  尚未释放，随着夹紧电动机的旋转， $ST_1$  才释放，故采用  $ST_1$  常开触点短接 KA 触点。 $KM_3$  接通动作后，则依靠其辅助触点自锁。一直到夹紧力增大到 KA 动作后， $KM_3$  才失电，自动停止夹紧电动机的工作。

（5）线路的完善和校验 控制线路初步设计完毕后，可能还有不合理的地方，应仔细校验。例如进一步简化以节省触点数，节省电器间的连接线等等。

## 第六节 电器控制线路的逻辑设计方法

继电器接触器组成的控制电路，分析其工作状态常以线圈通电或断电来判定。构成线圈通断条件是供电电源及与线圈相连的那些动合、动断触点所处的状态。若认为供电电源  $E$  不变，则触点的通断是决定因素。

这里规定，触点闭合状态为“1”状态，触点断开状态为“0”状态；线圈通电状态为“1”状态，失电状态为“0”状态。

作以上规定后，可以采用逻辑代数对继电器接触器系统进行分析设计。逻辑代数中存在着逻辑与（逻辑乘）、逻辑或（逻辑加）、逻辑非的三种基本运算，并由此而演变出一些运算规律。运用逻辑代数可以将继电器接触器系统设计得更合理，但难度较大，适于设计复杂的控制线路。

### 一、逻辑运算

用逻辑函数来表达控制元件的状态，实质是以触点的状态作为逻辑变量，通过逻辑与、逻辑或、逻辑非的基本运算，得出的运算结果就表明了继电器接触器控制线路的结构。

#### （一）逻辑与

图 2-20 所示的串联电路实现了逻辑与的运算，逻辑与运算用符号“ $\cdot$ ”表示。其逻辑关系可以表示为：

$$KM = K_1 \cdot K_2$$

逻辑与真值表见表 2-1。

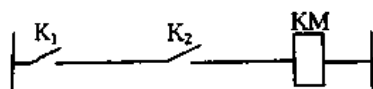


图 2-20 逻辑与电路

表 2-1 逻辑与真值表

$K_1$	$K_2$	KM
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1



## (二) 逻辑或

图 2-21 所示的并联电路就实现了逻辑或的运算，逻辑或运算用符号“+”表示。其逻辑关系可以表示为：

$$KM = K_1 + K_2$$

逻辑或真值表见表 2-2。

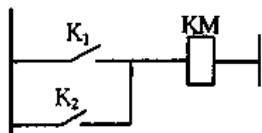


图 2-21 逻辑或电路

表 2-2 逻辑或真值表

$K_1$	$K_2$	$KM$
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

## (三) 逻辑非

图 2-22 表示元件 K 对元件 KM 的控制关系是逻辑非的关系。其逻辑关系表达式为：

$$KM = \bar{K}$$

逻辑非真值表见表 2-3。

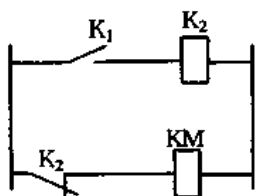


图 2-22 逻辑非电路

表 2-3 逻辑非真值表

$K$	$KM$
0	1
1	0

## 二、逻辑函数的化简

逻辑函数化简可以使继电器电路化简，因此有重要的实际意义。主要有代数法和图解法两种方法，这里介绍一个代数法化简的例子。

例  $F = AC + \bar{A}B + A\bar{C} = A(C + \bar{C}) + \bar{A}B = A + \bar{A}B = A + B$

采用逻辑代数式的化简，就是对继电器接触器线路的化简，但是在实际组成线路时，有些具体因素必须考虑。

1) 接点容量的限制，特别要检查负担关断任务的触点容量。触点的额定电流比触点电流分断能力约大 10 倍，所以在化简后要注意触点是否有此分断能力。

2) 在有多余接点，并且多用些接点能使线路的逻辑功能更加明确的情况下，不必强求化简来节省触点。

## 三、继电器开关的逻辑函数

前面已经阐明，继电器线路是开关线路，符合逻辑规律。它以执行元件作为逻辑函数的输出变量，而以检测信号、中间单元及输出逻辑变量的反馈触点作为逻辑变量，按一定规律列出逻辑函数表达式。下面通过两个简单线路说明列逻辑函数表达式的规律。图 2-23 a、b 为两个简单的启动、保持、停止电路环节。

对图 2-23a 可列出逻辑函数为：

$$f_K = SB_1 + \bar{SB}_2 K$$

对图 2-23b 可列出逻辑函数为：

$$f_K = SB_2(SB_1 + K)$$

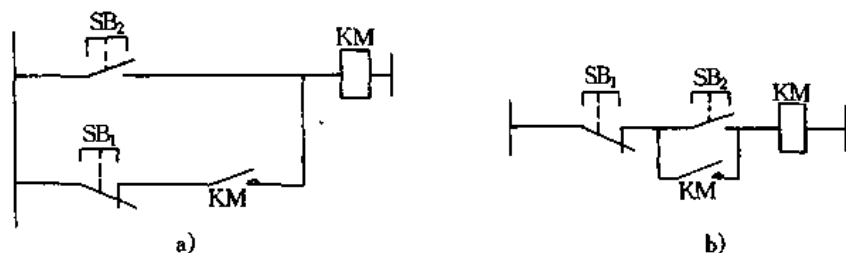


图 2-23 启动、保持、停止电路环节

式中,  $f_K$  为继电器  $K$  的逻辑函数。

继电器接触器控制线路采用逻辑设计方法, 可以使线路简单, 充分运用电器元件并得到较合理的线路。对复杂线路的设计, 特别是生产自动线、组合机床等的控制线路的设计, 采用逻辑设计法比经验设计法更为方便、合理。

#### 四、设计继电器接触器控制电路

**例** 某一电动机只有在继电器  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  中任何一个或任何两个继电器动作时才能运转, 而在其它任何情况下均不运转。试设计其控制电路。

**分析** 电动机的运行由接触器  $KM$  控制,  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  任意一个动作时,

$$f'_{KM} = K_1 \bar{K}_2 \bar{K}_3 + \bar{K}_1 K_2 \bar{K}_3 + \bar{K}_1 \bar{K}_2 K_3$$

$K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  任意两个动作时,

$$f''_{KM} = K_1 K_2 \bar{K}_3 + K_1 \bar{K}_2 K_3 + \bar{K}_1 K_2 K_3$$

因此, 接触器  $KM$  动作的条件, 即电动机运行的条件为:

$$\begin{aligned} f_{KM} &= f'_{KM} + f''_{KM} \\ &= K_1 \bar{K}_2 \bar{K}_3 + \bar{K}_1 K_2 \bar{K}_3 + \bar{K}_1 \bar{K}_2 K_3 + K_1 K_2 \bar{K}_3 + K_1 \bar{K}_2 K_3 + \bar{K}_1 K_2 K_3 \\ &= K_1 (\bar{K}_2 \bar{K}_3 + K_2 \bar{K}_3 + \bar{K}_2 K_3) + \bar{K}_1 (K_2 \bar{K}_3 + \bar{K}_2 K_3 + K_2 K_3) \\ &= K_1 [(\bar{K}_2 + K_2) K_3 + \bar{K}_2 K_3] + \bar{K}_1 [(K_2 + \bar{K}_2) K_3 + K_2 \bar{K}_3] \\ &= K_1 (\bar{K}_2 + \bar{K}_3) + \bar{K}_1 (K_2 + K_3) \end{aligned}$$

由以上关系式可得其对应的继电器接触器控制线路, 见图 2-24。

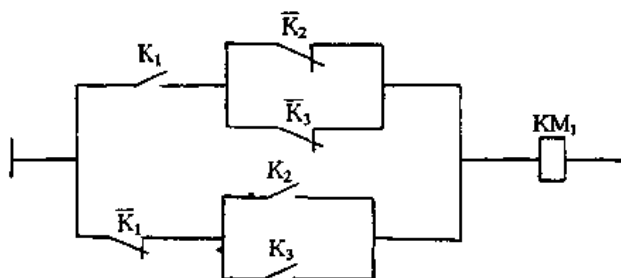


图 2-24 继电器接触器控制线路

#### 习题与思考题

- 2-1 试述“自锁”、“连锁”的含义。并举例说明各自的作用。
- 2-2 画出三相交流异步电动机既能点动又能启动后连续运转的控制线路。

2-3 画出用按钮和接触器双重连锁控制电动机正反转的控制线路及电动机主线路图。

2-4 设计顺序控制电路的基本原则是什么？

2-5 画出两台三相交流异步电动机的顺序控制线路，要求其中一台电动机  $M_1$  启动后另一台电动机  $M_2$  才能启动，停止时，两台电动机同时停止。

2-6 试以行程原则来设计某机床工作台每往复移动一次时，即发出一个控制信号，以改变主轴电动机的旋转方向。

2-7 试述在电动机的基本控制中速度控制与电流控制的原理。

2-8 短路保护和过电流保护有何区别？各自常用的保护元件是什么？

2-9 为什么电动机应具有零电压和欠电压保护？

2-10 画出两地控制同一台电动机的启、停控制线路，要求有短路保护和过载保护。

2-11 一般常用的两种电器控制线路的设计方法是什么？各有什么特点？

2-12 用经验设计法设计控制线路时，应遵循的原则是什么？

2-13 逻辑设计的一般步骤是什么？

2-14 试用继电器开关逻辑函数简化下面图 2-25 中线路。

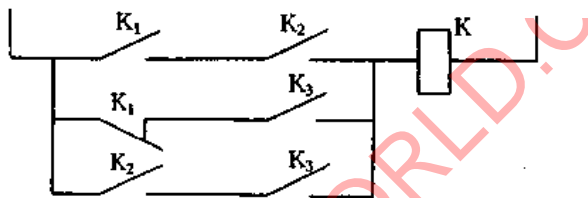


图 2-25 题 2-14 图

2-15 设计一台专用机床的电气控制线路图。本专用机床采用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→快退→停车。专用机床采用三台电动机，其中  $M_1$  为主运动电动机， $M_2$  为工进电动机， $M_3$  为快速移动电动机，设计要求：

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) 应用短路、过载保护。

其它要求可根据加工工艺需要自己考虑。

## 第三章 可编程序控制器概述

### 第一节 可编程序控制器的产生与特点

#### 一、可编程序控制器的产生

可编程序控制器 (Programmable Controller) 简称 PLC, 是以计算机技术为基础的新型的工业控制装置。

在可编程序控制器出现之前, 继电器控制得到广泛应用。它结构简单、价格低廉、易于掌握, 在工业控制领域中占主导地位, 但它体积大、动作慢、功能少、可靠性低、接线复杂, 对不同的对象或不同的生产工艺缺乏通用性与灵活性。60 年代末, 由于汽车制造业竞争激烈, 各生产厂家的汽车型号需不断更新, 加工生产线随之不断变化, 要求继电器控制不断改接或更换, 而这恰是继电器控制的缺点。于是厂家提出将继电器控制的简单易懂、使用方便与计算机的功能完善、灵活性通用性好的特点结合起来, 将继电器控制硬连线逻辑转变为计算机的软件逻辑, 生产新的控制装置。1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出第一台可编程序逻辑控制器, 当时称为 PLC。

随着微电子技术的发展, 70 年代出现了微处理器和微型计算机, 并将其应用于 PLC 中, 使计算机功能得到更大地发挥, 1980 年正式命名为 PC。为了防止与 PC 微型机相混, 本书仍称为 PLC。

#### 二、可编程序控制器的特点

可编程序控制器是专为工业控制设计的, 为适应工业环境有如下特点。

##### (一) 可靠性高, 抗干扰能力强

一般地说, 微机有很强的功能, 但抗干扰能力差, 工业现场的电源波动、电弧干扰、温度湿度变化、机械振动等均可能使通用微机不能正常工作。继电器控制虽然抗干扰能力强, 但由于使用大量机械触点, 易于磨损、寿命短、可靠性差, 而 PLC 是专为工业控制设计的, 采用多层次抗干扰措施, 可在恶劣环境下工作, 由于采用软件程序替代继电器的硬线连接逻辑, 没有磨损, 可靠性大大提高, 平均故障间隔时间为 2 万 h 以上。

##### (二) 编程简单, 使用方便, 程序更换容易, 具有很好的柔性

目前大多数可编程序控制器均采用继电器控制形式的梯形图编程方式, 易于被工矿企业电气技术人员接受, 稍加训练即可操作。当生产工艺流程改变时, 可以方便地更改程序即可达到控制要求。

##### (三) PLC 控制系统构成简单, 通用性强

可编程序控制器品种很多, 每个品种都有许多组件, 每个组件都有其特定的功能, 各种组件可灵活组成不同要求的控制系统。

在 PLC 组成的控制系统中, 只需在 PLC 端子上接入相应的输入输出信号线即可, 当控制要求改变时可用编程器在线或离线修改程序, PLC 输入输出可直接与交流 220V 直流 24V

相连，具有较强的带负载能力。

#### （四）设计施工周期短，维护方便

目前 PLC 为模块化积木式结构，硬软件齐全，其设计与施工可同时进行，安装简单，修改调试方便，PLC 的自检功能很强，能随时自检故障显示给操作人员，维修时只需更换模块即可。

## 第二节 可编程序控制器的组成与工作原理

### 一、可编程序控制器的组成

PLC 是以微处理器为核心的电子系统，与计算机所用电路相类似，其结构框图如图 3-1 所示。它由中央处理器 CPU、输入输出部分和电源部分组成。

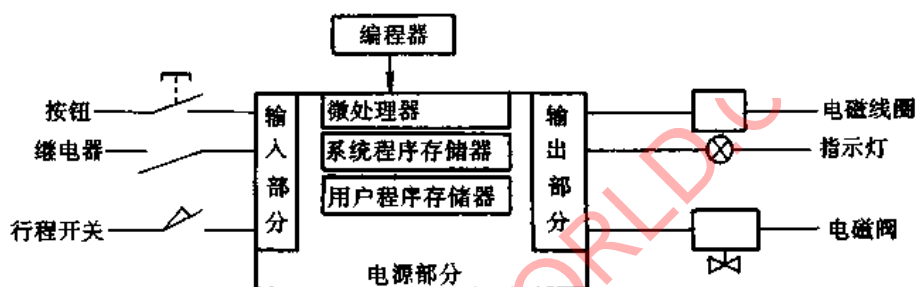


图 3-1 PLC 结构框图

中央处理器 CPU 是 PLC 的大脑，由微处理器、系统程序存储器和用户程序存储器构成。微处理器主要处理和运行用户程序，监控系统状态，作出逻辑判断及必要的处理。不同型号的 PLC 可能使用不同的微处理器，制造厂家根据其指令系统编写系统程序固化在只读存储器 ROM 中，用户不可改变，微处理器接收编程器键入的用户程序和数据，存入随机存储器 RAM 中，CPU 按扫描方式工作，从 0000 首地址存放的第一条用户程序开始，到用户程序最后一条存放的地址为止，不停地作周期性地扫描，每扫描一次，用户程序就执行一次。

电源部件将交流电源转换成供 PLC 的微处理器、存储器等电子电路工作的直流电源，使 PLC 正常工作。

编程器是 PLC 的重要外围设备，它由键盘、显示器和工作方式选择开关等组成。操作人员通过编程器输入、检查、修改、调试用户程序，也可通过编程器监视 PLC 本身的工作状态。

输入输出部分是 PLC 与被控设备或控制开关相连接的接口电路。控制中所用的限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及一些传感器输出的信号均要通过输入部分转换成 PLC 可接收的信号，而 CPU 处理后的信号需通过输出部分转换成控制现场需要的信号以驱动电磁阀、接触器、电机等被控设备的执行元件。

### 二、可编程序控制器的基本工作原理

早期的可编程序控制器是从继电器控制系统发展而来的，主要用于开关量的顺序控制，因此可编程序控制器工作方式带有浓厚的继电控制印迹，与一般计算机工作方式不同。图



3-2 为继电器控制系统图，当按钮 SBT 闭合时， $KC_1$  得电并自保。当 ST 压下时  $KC_1$  断电， $KC_2$  得电并自保，若将其逻辑关系写成程序采用一般计算机的工作方式从上到下一步步执行时，就会发现当 ST 压下时，不会使  $KC_1$  断电、 $KC_2$  得电。究其原因这是由于继电器控制系统是并行工作的，其逻辑关系中任何信号变化都能及时捕获。

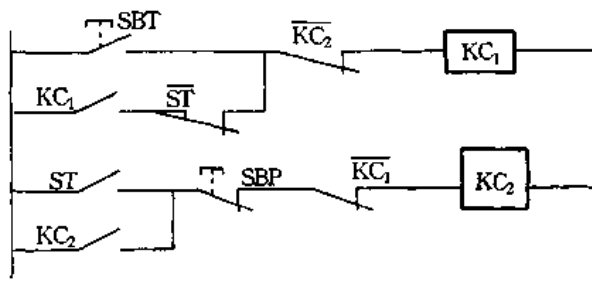


图 3-2 继电器控制系统图

当改变程序后，执行程序是从上向下一步步执行的，为时间上串行，信号变化若发生在执行该程序之后，就不会被捕获，因此

当  $KC_1$  逻辑关系指令执行之后才发生 ST 压下时，不会造成  $KC_1$  断电、 $KC_2$  得电。为了解决这个问题，需对整个程序不断反复地巡回扫描，使本次扫描未捕获的信号变化，在下次扫描中一定要捕获，仍以图 3-2 为例，在 SBT 按下时  $KC_1$  得电， $KC_1$  断开，此时即使 ST 压下， $KC_2$  也不会得电，但当下一次扫描时，由于 SBT 断开  $KC_1$  失电， $KC_1$  闭合使  $KC_2$  得电，这就圆满地解决了出现的矛盾。

巡回扫描不断进行直至停机这是 PLC 工作的特点，要求第一次扫描未捕获的信号在下次扫描时一定要捕获，这就要求信号持续时间大于扫描周期。扫描周期长短与所编程序长短有关，与程序中所用指令类型有关，也与所选机器的主频有关，一般周期为 100~200ms。

在 PLC 控制系统中，对于来自生产现场的各种信息，PLC 采取定时采集，即 PC 在每一次巡回扫描开始（或结束）时将现场全部信息采集到控制器中，存放在准备好的随机存储器的某一地址区内，这个区域称为输入映像区。执行用户程序中所需现场信息都从输入映像区获取，不直接与外围设备打交道。对被控对象的控制信息，也采取先存放在存储器的某一地址区内，这个区称为输出映像区，当用户程序扫描结束时，集中输出改变被控对象状态。上述输入映像区与输出映像区集中在一起就是所称的 I/O 映像区。映像区大小随系统输入输出信息多少，即 I/O 点数而定。

由于可编程序控制器是由继电器控制系统发展而来，因此处理开关量功能很强。但实际生产过程中不仅需要开关量处理也需要对模拟量进行处理，需要闭环控制功能，需要机器间通信等，为了加强和完善这些功能，目前有两种实现方法：一种是利用 PLC 本体的 CPU 再加上一定硬件支持环境通过开发软件来完成，如一般模拟量输入输出处理以及简单的控制；另一种是单独开发形成自带 CPU 的模板，通过模板系统软件利用程序完成其功能，这就是智能模板。智能模板 CPU 与 PLC 本体的 CPU 平行工作，两者通过总线接口进行联系，互相通信。各种专用与通用模板的开发，使 PLC 的大量工作是对各样模板的管理和信息处理，主机对各模板管理仍在巡回扫描下进行。

PLC 利用巡回扫描执行用户程序，在程序的末尾或开头与外设进行信息交换，输入信息存入输入映像区，输出信息从输出映像区传送给外设。这种周期性的与外设信息交换，对一般外设是满意的。但也有一些例外，例如执行中断子程序后的输出信息，希望尽快送到外设，不希望等到扫描周期的输入输出阶段去交换。又比如闭环控制系统按照香农定理确定的采样周期，不可能与扫描周期一致，因此要求在扫描周期中能进行部分输入输出信息交换，解决的办法是将有关输入输出信息分离出来使之与扫描周期分离，利用专用模板或通过软件

利用专门指令去执行某一 I/O 区的输入输出。

在 PLC 中,有关中断的概念和处理思路与一般微机系统一样,但也有其特殊之处,现说明如下:

1) 在 PLC 控制系统中,一个巡回扫描周期要对用户程序、输入输出、编程器、通信模板以及自诊断等实行扫描。因此对中断信号的响应是在巡回扫描周期的各个阶段,在相关程序块结束后查询中断申请,如有中断申请则转入中断服务程序,而一般微机是在程序的每个指令结束时查询有无中断申请。

2) 中断程序只是在中断申请被接受后执行一次而并非在每次巡回扫描中都执行。

3) 中断源的信息是通过输入点而进入系统的,而 PLC 扫描输入点是根据编号大小顺序扫描的,因此编号大小就是相应中断源的自然排序。

### 第三节 可编程序控制器的性能指标

#### 一、存储容量

在可编程序控制器中有两个存储器,一个是系统程序存储器,另一个是用户程序存储器。系统程序存储器为只读存储器 ROM,存放制造厂家写入的系统程序、模块化应用功能子程序等程序,这些程序用户是不可改动的,而用户程序存储器是用以存放用户程序的,通常以字(16 位/字)为单位来表示存储容量,它是 PLC 的一个性能指标。

常用用户存储器型式或存储方式有 CMOS RAM、EPROM 及 E<sup>2</sup>PROM,信息外存常用盒式磁带或磁盘。

生产厂家在生产 PLC 时,已设置一定容量存储器,用户应根据需要选择合适的机型。

#### 二、I/O 点数

所谓 I/O 点数是指 PLC 输入接点数和输出接点数,它是 PLC 的一个重要指标。I/O 点信息流向图如图 3-3 所示。

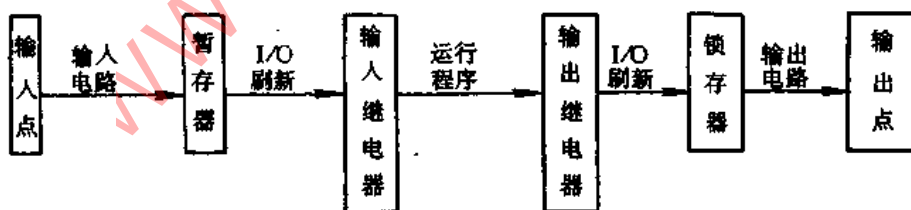


图 3-3 I/O 点信息流向图

PLC 有许多输入点和输出点,每个输入点对应一个输入暂存器和一个输入继电器,输入接点上的信号经输入电路的滤波和光电隔离后,暂存于暂存器中,只有在巡回扫描时才将暂存器中的信号送入输入继电器,称之为刷新。这里的输入继电器只是沿用继电器控制的名词,它不是真正的继电器,而是输入映像区中对应的该输入接点的存储单元而已。由于存储单元可以存取任意次,故在逻辑控制中使用该单元的次数不受限制。

PLC 的每个输出接点对应一个输出锁存器和一个输出继电器,输出接点的信号来自输出锁存器。两者之间由输出电路相联并进行光电隔离和功率放大,以使输出接点能直接或间接的带动负载。输出锁存器的信号来自于输出继电器,只有在巡回扫描时才将输出继电器信

号传送给锁存器，称之为刷新。这里所说的输出继电器就是输出映像区中对应的该输出接点的存储单元，并非真正的继电器。

### 习题与思考题

- 3-1 PLC 控制与继电器控制比较有哪些优点？能否用 PLC 取代继电器控制？
- 3-2 PLC 控制与计算机控制比较有哪些优点？能否用 PLC 控制取代计算机控制？
- 3-3 可编程序控制器的主要特点有哪些？
- 3-4 可编程序控制器的 I/O 映像区的作用是什么？
- 3-5 可编程序控制器的中断处理与微机系统的中断处理有何区别？
- 3-6 何谓可编程序控制器的扫描周期？

WWW.PLCWORLD.CN

## 第四章 CPMIA 综述

目前国内外生产的 PLC 产品品种繁多, 发展迅速, 不时推出新产品, 不可能一一介绍, 但因其工作原理基本相同, 故只要对其中一种产品熟悉掌握, 在使用其它产品时也是比较容易掌握的。本书以日本 OMRON 公司生产的 CPMIA 为例详细介绍其技术性能、指令系统及其应用等基本知识, 以期读者举一反三, 触类旁通。

### 第一节 CPMIA 规格与型号

CPMIA 可编程序控制器是日本 OMRON (立石) 公司最新推出的小型机, 是该公司原有 P 型机 (C20P、C28P、C40P、C60P) 的替代产品, 和 P 型机一样, 为整体式结构, 由 CPU 单元、扩展单元、编程器组成。其型号与规格如表 4-1 所示, 购买产品时可根据需要按表中型号提供清单。CPU 单元是基本单元, 称为本体, 可单独作为控制使用。从 I/O 点数上看有 10 点、20 点、30 点和 40 点四种, 每一种又有交流电源和直流电源之分。但无论哪一种都是以继电器方式输出。10 点输入输出型为 6 点输入 4 点输出, 20 点输入输出型为 12 点输入 8 点输出, 30 点输入输出型为 18 点输入 12 点输出, 40 点输入输出型为 24 点输入 16 点输出。扩展单元只是用于 CPU 单元的 I/O 扩展, 本身没有 CPU, 不可单独使用, 它为 20 点输入输出型, 12 点输入 8 点输出。

表 4-1 CPMIA 型号与规格

商品名称	型 号	规 格
CPU 单元	CPMIA-10CDR-A	10 点、AC 电源 DC 输入 继电器输出
	CPMIA-10CDR-D	10 点、DC 电源 DC 输入 继电器输出
	CPMIA-20CDR-A	20 点、AC 电源 DC 输入 继电器输出
	CPMIA-20CDR-D	20 点、DC 电源 DC 输入 继电器输出
	CPMIA-30CDR-A	30 点、AC 电源 DC 输入 继电器输出
	CPMIA-30CDR-D	30 点、DC 电源 DC 输入 继电器输出
	CPMIA-40CDR-A	40 点、AC 电源 DC 输入 继电器输出
	CPMIA-40CDR-D	40 点、DC 电源 DC 输入 继电器输出
扩展单元	CPMIA-20EDR	20 点、DC 输入 继电器输出
RS-232C 适配器	CPM1-CIF01	外设口↔RS232C 适配器
RS-232C 适配器	CPM1-CIF11	外设口↔RS232C 适配器
编程器	CQM1-PR001	电缆长 2m
SYSMAC 支持软件	C500-ZL3PC1	PC98 系列计算机
	C500-ZL3DV1	DOS/V 用
	C500-ZL3AT1-E	PC/AT 系列计算机 (英文版)
计算机连接电缆	CQM1-CIF01	PC98 系列计算机接线用 (3.3m)
	CQM1-CIF02	DOS/V 系列计算机接线用 (3.3m)

RS-232C 适配器、RS-422 适配器、计算机连接电缆等均为 PLC 与计算机或 PLC 与 PLC 之间相互通信而设置的。当采用上位计算机对 PLC 进行编程与监控时，需使用 SYSMAC 支持软件。一般情况下当不需要使用上位机时，必须采用编程器对 PLC 进行编程监控。

## 一、CPU 单元外观及规格

### (一) CPU 单元外观

图 4-1 为 10 点输入输出型 CPU 单元外观图。图中：

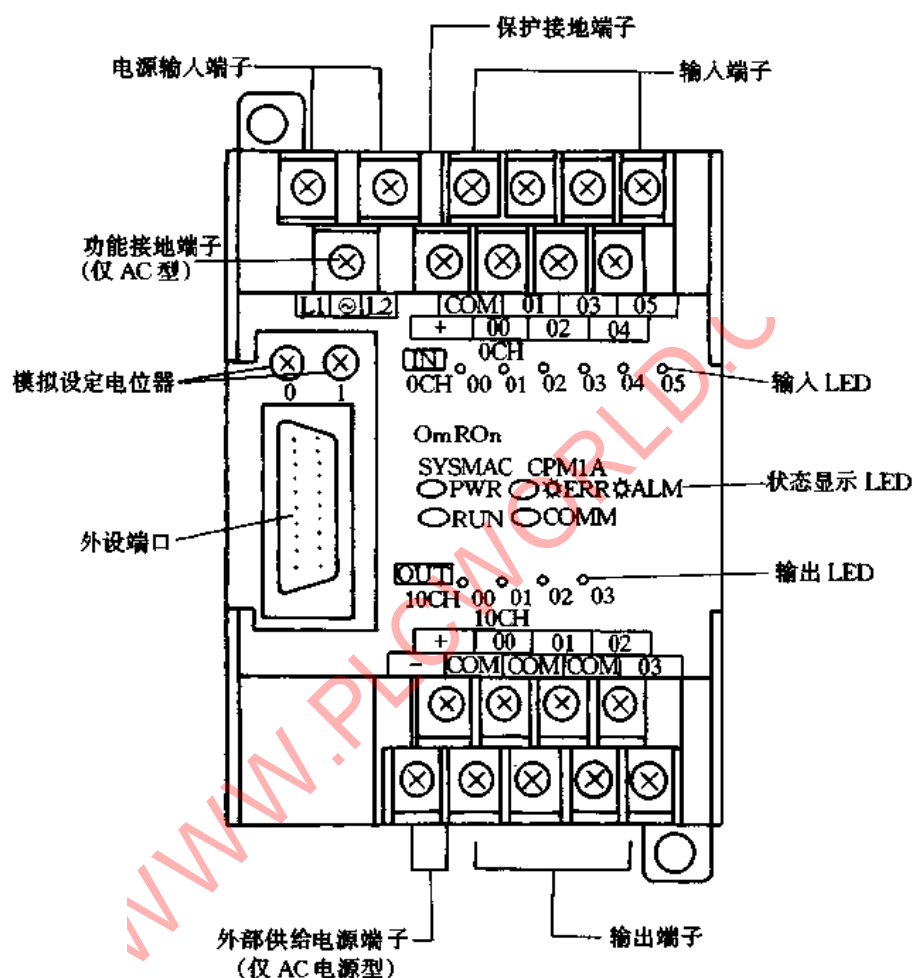


图 4-1 CPM1A-10CDR-A 外观图

(1) 电源输入端子 交流型时需输入 AC100~240V, 50/60Hz 电压，直流型时需输入 DC24V 电压，注意电源极性，不可接错。

(2) 功能接地端子 是在 AC 电源型中为抗噪声、防电击而设置的，使用时务必接地，DC 电源型无此端子。

(3) 保护接地端子 是为防止操作人员触电而设置的接地点。

(4) 外部供给电源端子 仅 AC 电源型才有此端子，因为 AC 电源型 PLC 可向外提供 DC24V 电源（容量 200mA），一般用作输出负载电源用。

(5) 输入端子 本处共有 6 个作为输入信号输出点，另一个为 COM 公共端。输入配线如图 4-2 所示。输入电源为 DC24V，可外接，对于 AC 电源型 PLC 可使用本身输出的



DC24V 供电。

(6) 输出端子 用于连接输出电路, 输出配线如图 4-3 所示。输入电压可为 AC220V 或 DC24V, 视负载而定。

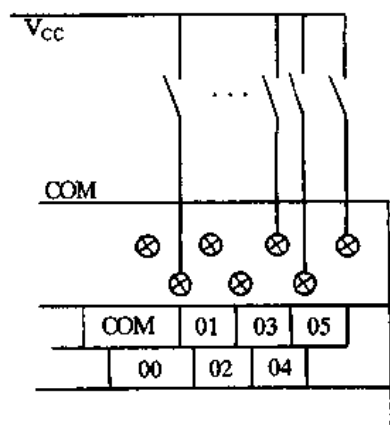


图 4-2 输入配线

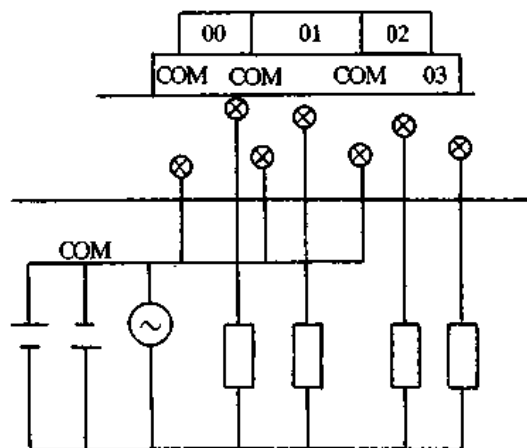


图 4-3 输出配线

(7) 状态显示灯 LED 灯亮、闪烁表示单元状态如下: POWER (绿) 指示灯, 电源接上则亮, 电源切断则灭。RUN (绿) 指示灯, 灯亮表示 PLC 处于运行/监视模式, 灯灭表示 PLC 处于编程模式或处于停止异常过程中。ERROR/ALARM (红) 指示灯, 灯亮表示发生故障, 灯闪烁表示发出警告, 灯灭说明工作正常。COMM (橙) 指示灯, 灯亮表示 PLC 与外设端口正在通信, 否则灯灭。

(8) 输入 LED 输入端子接点 ON 时, LED 灯亮, 输入端子接点 OFF 时, LED 灯灭。

(9) 输出 LED 输出端子接点 ON 时, LED 灯亮, 输出端子接点 OFF 时, LED 灯灭。

(10) 模拟设定电位器 共 2 个, 旋转电位器可将 0~200 (BCD 数据) 值送入 CH250 或 CH251, 用于定时器/计数器模拟设定。

(11) 外设端口 用于连接编程工具或 RS-232C 适配器, RS-422 适配器, 根据需要而定。

(12) 扩展连接器 (30 点 40 点输入输出型有此连接器) 用于连接扩展 I/O 单元, 最多能连接 3 台。

## (二) CPU 单元规格

CPU 电源的一般规格如表 4-2 所示, 性能规格如表 4-3 所示。

表 4-2 CPU 电源一般规格

项 目		10 点输入输出型	20 点输入输出型	30 点输入输出型	40 点输入输出型
电源电压	AC 型	AC100~240V 50/60Hz			
	DC 型	DC24V			
允许电压范围	AC 型	AC85~264V			
	DC 型	DC20.4~26.4V			
功率消耗	AC 型	30VA 以下		60VA 以下	
	DC 型	6W 以下		20W 以下	

(续)

项 目		10 点输入输出型	20 点输入输出型	30 点输入输出型	40 点输入输出型
冲击电流		30A 以下		60A 以下	
供给外部 电源限 AC	供应电压	DC24V			
	电源输出容量	290mA <sup>①</sup>		300mA <sup>②</sup>	
使用环境温度		0~55℃			
放置环境温度		-20~75℃			
使用环境湿度		10%~90% RH (不能凝结露水)			

① 外部供给电源过电流或短路情况下，外部供给电源电压降低，PLC 停止运行。

② 外部供给电源过电流或短路情况下，外部供给电源电压降低，PLC 继续运行。

表 4-3 CPU 单元的性能规格

项 目		10 点输入输出型	20 点输入输出型	30 点输入输出型	40 点输入输出型
控制方式		存储程序方式			
输入输出控制方式		循环扫描方式和及时刷新方式并用			
编程语言		梯形图方式			
指令长度		1 步/1 指令            1~5 字节/1 指令			
指令种类	基本指令	14 种			
	应用指令	77 种            135 条			
处理速度	基本指令	0.72~16.2μs			
	应用指令	MOV 指令=16.3μs			
程序容量		2048 字			
最大 I/O 点数 <sup>①</sup>	仅本体	10 点	20 点	30 点	40 点
	扩展时	—	—	50 点、70 点、90 点	60 点、80 点、100 点
输入继电器		00000~00915	不作为输出继电器使用的通道可作为内部辅助继电器		
输出继电器		01000~01915			
内部辅助继电器		512 点：20000~23115 (200~231CH)			
特殊辅助继电器		384 点：23200~25515 (232~255CH)			
暂存继电器		8 点 (TR0~TR7)			
保持继电器		320 点：HR0000~HR1915 (HR00~19CH)			
辅助记忆继电器		256 点：AR0000~HR1515 (LR00~15CH)			
链接继电器		256 点：LR0000~LR1515 (LR00~15CH)			

(续)

项 目		10 点输入输出型	20 点输入输出型	30 点输入输出型	40 点输入输出型
定时器/计数器	128 点: TIM/CNT000~CNT127				
	100ms 型 TIM000~TIM127				
	10ms 型 (高速定时器): TIM000~TIM127 (与 100ms 定时器号共用) <sup>②</sup>				
数据内存	可读/写	1024 字 (DM0000~DM1023)			
	只 读	512 字 (DM6144~DM6655)			
输入中断 <sup>③</sup>		2 点		4 点	
间隔定时器中断		1 点 (0.5~319968ms, 单触发模式或定时中断模式)			
内存后备		快闪内存: 用户程序、数据内存 (只读) (无电池保持) 超级电容: 数据内存 (读/写)、保持继电器、辅助记忆继电器、计数器 (保持 20 天/ 环境温度 25℃)			
自诊断功能		CPU 异常 (WDT)、内存检查、I/O 总线检查			
程序检查		无 END 指令、程序异常 (运行时连续检查)			
高速计数器		1 点: 单相 5kHz 或两相 2.5kHz (线性计数方式) 递增模式: 0~65535 (16 位)、增减模式: -32767~32767 (16 位)			
脉冲输出		1 点: 20Hz~2kHz (单相输出, 占空比 50%)			
快速响应输入		与外部中断输入共用 (最小输入脉冲宽度 0.2ms)			
输入时间常数		可设定 1ms/2ms/4ms/8ms/16ms/32ms/64ms/128ms 中任一个			
模拟电位器		2 点 (0~200)			

① 有关输入输出点数请参阅本章第二节。

② 使用中断处理的定时器为高速定时器时, 请指定 TIM000~TIM003。

③ 输入中断响应时间在 0.3ms 以下。

表 4-2 是 CPU 电源的一般规格, 多与电源和环境条件有关。表 4-3 是 PLC 的 CPU 单元输入规格, 表明 CPM1A 采用存储程序控制方式, 使用循环扫描和即时刷新两种方式控制输入输出及使用梯形图语言编程等一系列特点, 这些将在后续内容中详细介绍。

CPU 单元都设置了一定数量的输入输出点, 其输入规格如表 4-4 所示, 输出规格如表 4-5 所示。

IN00003~IN00006 作为中断输入时, 以输入 ON 开始到执行中断处理子程序止的时间为 0.3ms 以下。

CPM1A 为直流输入电路, 输入电压为 DC24V (正反向均可) 通过外部开关加在 IN 和 COM 端。当开关 ON 时, 使光耦元件工作, 工作电流约 7mA, 将信号记入暂存器中, 同时输入指示灯亮。当开关 OFF 时, 输入信号为 0, 暂存器为 0, 输入指示灯灭。其输入电压 DC24V 可利用外接电源或利用自身的 24V 输出电压。

为防止输入信号抖动及外部干扰而造成误动作, 输入电路内部要对输入信号进行滤波、放大, 因此输入信号传送有个延迟时间, 该延迟时间可根据需要在编程时设置, 若编辑时没有设置, 则对应表中缺省值 8ms。

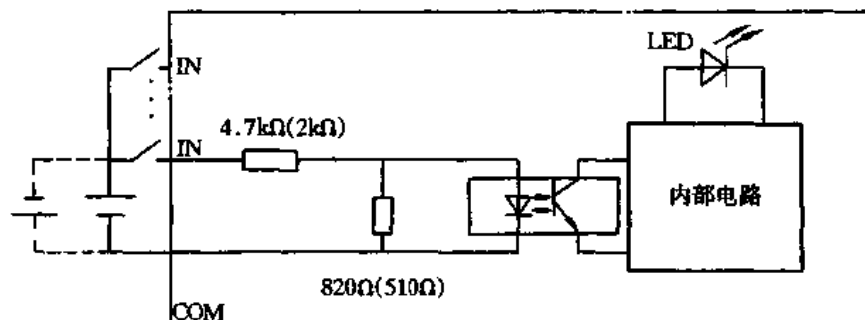
## 二、扩展 I/O 单元外观及规格

### (一) 扩展 I/O 单元外观

表 4-4 CPU 单元输入规格

项 目	输入电压	输入阻抗	输入电流	ON 电压	OFF 电压	ON 响应时间	OFF 响应时间
规格	DC24V +10% -15%	IN00000~IN00002: 2k $\Omega$ 其它: 4.7k $\Omega$	IN00000~IN00002: 12mA TYP 其它: 5mA TYP	最小 DC14.4V	最大 DC5.0V	1~128ms 以下 (缺省值 8ms) <sup>①</sup>	1~128ms 以下 (缺省值 8ms) <sup>①</sup>

电路构成图



( ) 内电阻值为 00000~00002 情况

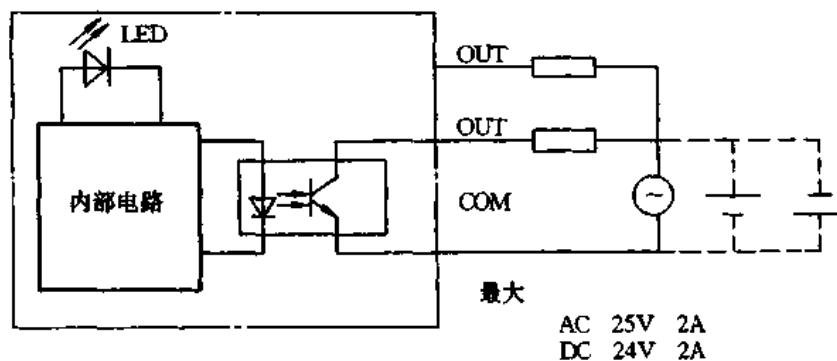
① 通过 PLC 系统设置可切换为 1ms/2ms/4ms/8ms/16ms/32ms/64ms/128ms, IN00000~IN00002 作为高速计数器使用时响应时间如下:

输 入	递增模式	增减模式
IN00000 (A 相)	5kHz	2.5kHz
IN00001 (B 相)	一般输入	
IN00002 (Z 相)	ON: 100 $\mu$ s 以上	OFF: 500 $\mu$ s 以上

表 4-5 CPU 单元输出规格

项 目	最大开关能力	最小开关能力	继电器寿命			ON 响应时间	OFF 响应时间
			电气性能		力学性能		
			阻性 负载	感性 负载			
规 格	AC250V/2A DC24V/2A (4A/公共端)	DC5V, 10mA	30 万次	10 万次	2000 万次	15ms 以下	15ms 以下

电路构成图



扩展 I/O 单元外观如图 4-4 所示,1 为输入端子,用于连接输入电路,2 为输出端子用于连接输出电路,3 为输入 LED,当输入端子接点 ON 时灯亮,断开时灯灭,4 为输出 LED,输出端子接点 ON 时灯亮,5 为扩展 I/O 连接电缆,用于连接 CPU 单元或扩展 I/O 单元的扩展连接器,6 为扩展连接器,用于增加扩展 I/O 单元。扩展 I/O 单元最多可连接 3 台。

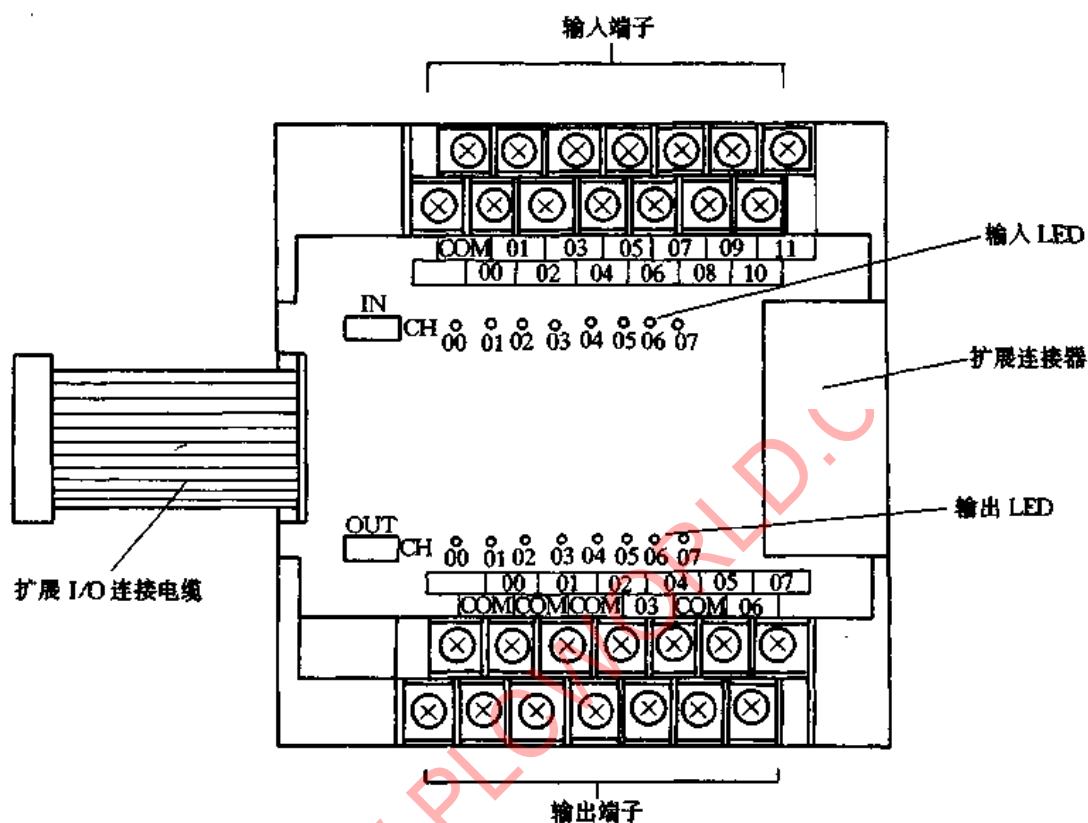


图 4-4 扩展 I/O 单元外观

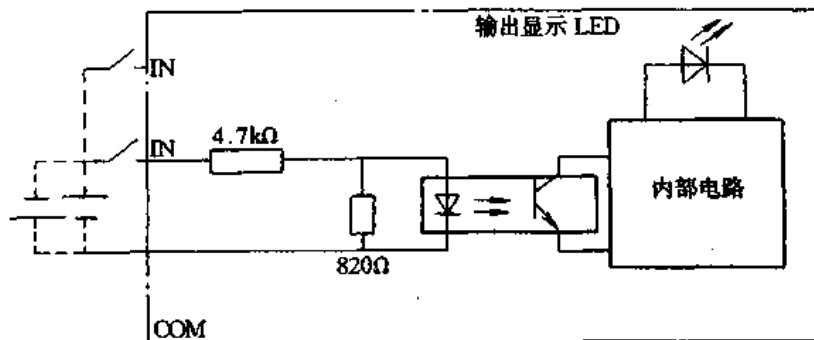
## (二) 扩展 I/O 单元规格

扩展 I/O 单元输出规格与表 4-5 相同,其输入规格如表 4-6 所示。

表 4-6 扩展 I/O 单元输入规格

项 目	输入电压	输入阻抗	输入电流	ON 电压	OFF 电压	ON 响应时间	OFF 响应时间
规 格	DC24V +10% -15%	4.7k $\Omega$	5mA TYP	最小 DC14.4V	最大 DC5.0V	1~128ms (缺省 8ms) <sup>①</sup>	1~128ms (缺省 8ms) <sup>①</sup>

电路构成图



① 通过 PLC 系统设置,可切换为 1ms/2ms/4ms/8ms/16ms/32ms/64ms/128ms。



## 第二节 CPMIA 的地址分配及系统配置

### 一、继电器地址分配

CPMIA 的地址分配如表 4-7 所示。

表 4-7 继电器地址分配表

名 称	点 数	通道号	继电器地址	功 能
输入继电器	160 点 (10 字)	000~009CH	00000~00915	继电器号与外部输入输出端子相对应 (没有使用的输出通道可用作内部继电器号使用)
输出继电器	160 点 (10 字)	010~019CH	01000~01915	
内部辅助继电器	512 点 (32 字)	200~231CH	20000~23115	在程序内可自由使用的继电器
特殊辅助继电器	384 点 (24 字)	232~255CH	23200~25507	分配有特定功能的继电器
暂存继电器	8 点	TR0~TR7		用于回路分支点上, 暂时记忆 ON/OFF 状态
保持继电器	320 点 (20 字)	HR00~19CH	HR0000~HR1915	在程序中可自由使用, 断电时能保持断电前的 ON/OFF 状态的继电器
辅助记忆继电器	256 点 (16 字)	AR00~15CH	AR0000~AR1515	分配有特点功能的辅助继电器
链接继电器	256 点 (16 字)	LR00~15CH	LR0000~LR1515	1:1 链接的数据输入输出用的继电器 (也可用作内部辅助继电器)
定时器/计数器	128 点	TIM/CNT000~CNT127		定时器, 计数器, 它们的编号合用
数据存储器 DM	可读/写	1002 字	DM0000~DM0999 DM1022~DM1023	以字 (16 位) 为单位使用, 断电能保持数据 DM1000~DM1021 不作故障记忆的情况下可作为常规 DM 使用, DM6144~DM6599, DM6600~DM6655 不能用于程序写入, 只能用外围设备设定
	故障履历存入区	22 字	DM1000~DM1021	
	只 读	456 字	DM6144~DM6599	
	PLC 系统设定值	56 字	DM6600~DM6655	

整个 C 系列可编程序控制器都利用“通道”的概念, 每个通道由 16 点组成。比如 000~009CH 为输入通道, 共 10 个通道, 在 000 通道中有 00000~00015 共 16 个点。CPMIA 通道分配是固定的, 现分别进行介绍。

#### (一) 输入与输出继电器

输入输出继电器是与输入输出接点对应的那部分存储单元, 它决定了 PLC 可能配置的最多 I/O 数。输入继电器与输入点对应, 当 PLC 扫描到输入刷新阶段时, 输入暂存器的状态映像到输入继电器中, 输入继电器多以位为单位读出, 也可以字 (通道) 为单位传递和译码。一般地说, 输入继电器为只读存储器, 不能用程序改变其内容, 只能被输入点映像, 用于输入, 没有输入也不能挪为它用。

输出继电器与输出点对应,当 PLC 扫描到输出刷新阶段时,输出继电器的状态被映像到输出回路的锁存器,锁存器将状态保持直到下一个扫描周期到来。锁存器经过输出回路传送至输出点输出。输出继电器在一次扫描的程序执行中,可能会不断改换状态,但只有最后一次的状态才是映像到锁存器的状态,输出继电器在程序执行中可被写也可被读,读出的信息用于程序中的反馈控制,所以无输出点与其对应的输出继电器可用作内部辅助继电器使用。

### (二) 内部辅助继电器 IR

它相当于继电器控制中的中间继电器,与输入点和输出点无对应的物理系,在程序中可自由使用,内部辅助继电器的多少也代表了 PLC 处理复杂控制的能力。

C 系列机中内部辅助继电器也分配有通道号,每个通道也是 16 个继电器,它可以通道为单位使用,也可以继电器为单位使用,通道号为 200~231CH 共 512 点。

### (三) 特殊辅助继电器 AS

它也是内部辅助继电器,只不过各有不同的特殊用途而已。用于存储 CPM1A 有关动作的标志,各种功能的设定值/现在值如表 4-8 所示。

表 4-8 特殊辅助继电器表

通道号	继电器号	功 能	
232~235		宏指令输入引数,不使用宏指令时,可作为内部辅助继电器使用	
236~239		宏指令输出引数,不使用宏指令时,可作为内部辅助继电器使用	
240	00~15	输入中断 0 设定值	输入中断使用计数模式时的设定值 (0000~FFFF) 输入中断不使用计数模式时可作为内部辅助继电器使用 输入中断使用计数模式时计数器现在值减 1 (0000~FFFF)
639582×241	00~15	输入中断 1 设定值	
242	00~15	输入中断 2 设定值	
243	00~15	输入中断 3 设定值	
244	00~15	输入中断 0 现在值减 1	
245	00~15	输入中断 1 现在值减 1	
246	00~15	输入中断 2 现在值减 1	
247	00~15	输入中断 3 现在值减 1	
248~2419		高速计数器的现在值区域,不使用高速计数器时,可作为内部辅助继电器使用	
250		模拟电位器 0	模拟设定值存入区域,存入值 (0000~0200) BCD 码
251		模拟电位器 1	
252	00	高速计数器复位标志 (软件设置复位)	
	01~07	不可使用	
	08	外设通信口复位时为 ON (使用总线时无效),而后自动回到 OFF 状态	
	09	不可使用	
	10	PLC 系统设定区域 (DM6600~DM6655) 初始化时 ON,而后自动回到 OFF 状态 (仅编程模式时有效)	

(续)

通道号	继电器号	功 能
252	11	强制复位/置位的编程标志
	12	OFF: 编程模式与监视模式切换时解除强制置位/复位的接点 ON: 编程模式与监视模式切换时保持强制置位/复位的接点
	13	不使用
	14	故障履历复位时为 ON (而后自动返回 OFF)
	15	不使用
253	00~07	故障发生时将故障码 2 段的值存储 故障诊断 (FAL/FALS) 指令执行时的 FAL 号被存储 FAL00 指令执行时, 用故障解除操作复位 (成为 00)
	08	不可使用
	09	扫描定时器到达时 (扫描周期超过 100ms) 成为 ON
	10~12	不可使用
	13	常 ON
	14	常 OFF
	15	运行开始时 1 个扫描周期 ON
254	00	1min 时钟脉冲 (30s ON, 30s OFF)
	01	0.02s 时钟脉冲 (0.01s ON, 0.01s OFF)
	02	负数标志 (N) 标志
	03~05	不可使用
	06	微分监视结束标志 (微分监视结束时 ON)
	07	STEP 指令中一个行程开始时, 仅一个扫描周期为 ON 的继电器
	08~15	不可使用
255	00	0.1s 时钟周期 (0.05s ON, 0.05s OFF)
	01	0.2s 时钟周期 (0.1s ON, 0.1s OFF)
	02	1.0s 时钟周期 (0.5s ON, 0.5s OFF)
	03	ER 标志 (执行指令时, 出错发生时 ON)
	04	CY 标志 (执行指令结果有进位发生时为 ON)
	05	> 标志 (比较结果大于时 ON)
	06	= 标志 (比较结果等于时 ON)
	07	< 标志 (比较结果小于时 ON)
	08~15	不可使用

PLC 功能愈强, 特殊辅助继电器愈多, CPM1A 有 384 个。

#### (四) 辅助记忆继电器 AR

辅助记忆继电器用于 CPM1A 动作异常的标志、高速计数、脉冲输出动作状态标志、扫描周期存入等。辅助记忆继电器具有保持功能, 即使电源 OFF 或映像开始 (或停止) 时均不改变, 其用途如表 4-9 所示。

表 4-9 辅助记忆继电器表

通道号	继电器号	功 能	
AR00~AR01		不可使用	
AR02	00~07	不可使用	
	08~11	扩展单元接线台数	
	12~15	不可使用	
AR03~AR07		不可使用	
AR08	00~07	不可使用	
	08~11	外围设备出错码 (BCD 码一段) 0: 正常结束 1: 奇偶出错 2: 格式错 3: 溢出错	
	12	外设通信异常时 ON	
	13~15	不可使用	
AR09	00~15	不可使用	
AR10	00~15	电源断发生次数 (BCD 4 段) 电源 OFF 次数 (复位时用外设写入 0000)	
AR11	00	有 1 号条件时 ON	当使用高速计数器, 采用带域比较型时使用此通道
	01	有 2 号条件时 ON	
	02	有 3 号条件时 ON	
	03	有 4 号条件时 ON	
	04	有 5 号条件时 ON	
	05	有 6 号条件时 ON	
	06	有 7 号条件时 ON	
	07	有 8 号条件时 ON	
	08~14	不可使用	
	15	脉冲输出状态 0: 停止中 1: 输出中	
AR12	00~15	不可使用	
AR13	00	DM6600~DM6614 (电源 ON 时读出的 PLC 系统设定区域) 中有异常时 ON	
	01	DM6615~DM6644 (运行开始时读出的 PC 系统设定区域) 中有异常时 ON	
	02	DM6645~DM6655 (经常读出的 PLC 系统设定区域) 中有异常时 ON	
	03~04	不可使用	
	05	与 DM6619 中设定的扫描时间比实际扫描时间大时 ON	
	06~07	不可使用	
	08	在用户存储器 (程序区域) 范围以外存在有继电器区域时 ON	
	09	高速存储器发生异常时 ON	

(续)

通道号	继电器号	功 能
AR13	10	固定 DM 区 (DM6144~DM6599) 发生累加和校验错时 ON
	11	PLC 系统设定区发生累加和校验错时 ON
	12	在用户存储器 (程序区) 发生累加和校验错、执行不正确指令时 ON
	13~15	不可使用
AR14	00~15	扫描周期最大值 (BCD 4 段) ( $\times 0.1\text{ms}$ ) 运行开始以后存入的最大扫描周期 运行停止时不复位, 但运行开始时被复位
AR15	00~15	扫描周期现在值 (BCD 4 段) ( $\times 0.1\text{ms}$ ) 运行中最高扫描周期被存入 运行停止时复位

#### (五) 暂存继电器 TR

在复杂的梯形图回路中, 不能用助记符描述的回路分支点的 ON/OFF 状态, 可用暂存继电器记忆, 但只在用助记符编程时使用, 若用梯形图编程, 因其内部能自动处理故不需暂存继电器。在同一程序内暂存继电器不能重复使用, 利用外设可监视它的 ON/OFF 状态。暂存继电器只有 8 个。

#### (六) 保持继电器 HR

它也是一种内部继电器, 但它可掉电保持, 使用保持继电器可使 PLC 少受掉电影响, 保证程序运行的连续性。保持继电器有 320 个。

#### (七) 链接继电器 LR

当 CPM1A 同族, CPM1A 和 COM1、CPM1、SRM1 或 C200H 的 1:1 链接通信时, 双方交换数据使用链接继电器 LR。链接继电器有 256 个。当不需通信时, 也可作内部辅助继电器使用。

#### (八) 定时器/计数器

CPM1A 定时器有三种: 一种为普通计时器冠以 TIM, 一种为高速计时器冠以 TIMH, 一种为间隔计时器冠以 STIM。这里只介绍前两种, 至于间隔计时器将在后面再详细说明。

普通计时器和高速计时器是经常使用的两种, 其设定值可为常数, 也可为地址 (通道号、存储器号) 的内容。定时器的线圈、继电器接点和定时器寄存器均为同一标号, 定时器寄存器的内容为定时器设定值或当前值, 当定时器线圈激活 (ON) 后, 定时器计时, 计时到设定值时, 其继电器接点闭合产生输出。定时器编号为 000~127 与计数器共用, 但两者编号不能相同。当使用高速定时器作中断处理时, 请指定编号 000~003, 所有 PLC 的定时器都是 ON 延时 OFF 即时的延时闭合定时器。若要求 OFF 延时, 只能靠编程解决。定时器的定时控制都是靠运行程序实现的, 由于 I/O 延时和扫描工作的影响, 定时控制有时不是很准确的, 可能与设定值相差一个扫描周期, 若扫描时间大于计时器单位设定值, 高速计时器将不能工作, 对此应作适当处理。

计数器是记录脉冲个数的内部器件, 有单向计数器和可逆计数器。单向计数器冠以 CNT 是减法计数器, 当计数器线圈 ON 时, 计数器的寄存器内容为设定值, 输入计数信号



从 OFF 到 ON 变化一次寄存器的内容减 1, 当减到零时计数继电器 ON 产生输出。再送入计数信号时, 计数继电器维持 ON 不变, 复位信号在任何时候 ON 时, 计数器均停止计数, 计数继电器接点 OFF, 寄存器恢复设定值。

可逆计数器可进行双向计数, 增计数信号 ON 时计数寄存器内容加 1, 减计数信号 ON 时则减 1。增计数到设定值后再送入增信号或减计数到零再送入减信号, 会产生进位或借位, 计数继电器接点 ON。

#### (九) 数据存储器 DM

数据存储器是以通道 CH 为单位使用的存储器, 具有断电保持功能。DM0000 ~ 0999CH、DM1022 ~ 1023CH 可在程序中自由使用; DM1000 ~ 1021CH 为故障履历存入区, DM6144 ~ DM6599 为只读区, DM6600 ~ DM6655 为 PLC 系统设定区。

PLC 系统设定区域 (6600 ~ 6655) 是控制 CPM1A 动作的各种设置区, 一旦 PLC 系统设定区域的内容被设定, 即使电源断开, 其内容也不会改变。PLC 系统设定区如表 4-10 所示。

表 4-10 PLC 系统设定区表

通道号	位	功 能		缺 省	读出定时
DM6600	00~07	电源 ON 时动作模式 00: 编程 01: 监视 02: 运行		根据编程器的模式设定开关	电源 ON 时
	08~15	电源 ON 时动作模式设定 00: 编程器模式设定开关 01: 电源断之前的模式 02: 用 00~07 位指定的模式			
DM6601	00~07	不可使用			
	08~11	电源 ON 时 IOM 保持标志保持/非保持设定	0: 非保持 1: 保持	非保持	
	12~15	电源 ON 时 S/R 保持标志保持/非保持设定			
DM6602	00~03	0: 用户程序存储器可写 1: 用户程序存储器不可写		可写	
	04~07	0: 编程器的信息显示英文 1: 编程器的信息显示日文		英文	
	08~15	不可使用			
DM6603~DM6616		不可使用			
DM6617	00~07	外设通信口服务时间设定, 对扫描周期而言服务时间比率可在 00%~99%, 用 BCD2 段指定		无效	运行开始时
	08~15	外设通信口服务时间设定的有效/无效 00: 无效 (固定为扫描周期的 5%) 01: 有效 (用 00~07 位指定)			

(续)

通道号	位	功 能	缺 省	读出定时
DM6618	00~07	扫描监视时间的设定 设定值 00~99 (BCD) 单位用 08~15 位设定, 08~15 位 (01) ~ (03) 时有效	120ms 固定	
	08~15	扫描周期监视有效/无效设定 00: 无效 (120ms 固定) 01: 单位时间 10ms 有效 02: 单位时间 100ms 有效 03: 单位时间 1s 有效 监视时间是设定值×单位时间 (最大 99s)		
DM6619		扫描周期可变/一定的设定 0000: 扫描周期可变设定 0001~9999: 扫描周期为固定时间 (单位为 ms)	扫描时间可 变	
DM6620	00~03	00000~00002 的输入 时常数	0: 初始值 (8ms)  1: 1ms 2: 2ms 3: 4ms 4: 8ms 5: 16ms 6: 32ms 7: 64ms 8: 128ms	运行开始时
	04~07	00003~00004 的输入 时常数		
	08~11	00005~00006 的输入 时常数		
	12~15	00007~00011 的输入 时常数		
DM6621	00~07	001CH 的输入时常数		
	08~15	002CH 的输入时常数		
DM6622	00~07	003CH 的输入时常数		
	08~15	004CH 的输入时常数		
DM6623	00~07	005CH 的输入时常数		
	08~15	006CH 的输入时常数		
DM6624	00~07	007CH 的输入时常数		
	08~15	008CH 的输入时常数		
DM6625	00~07	009CH 的输入时常数		
	08~15	不可使用		
DM6626~DM6627		不可使用		
DM6628	00~03	输入号 00003 的中断 输入设定	0 通常输入 1 中断输入 2 脉冲输入	通常输入
	04~07	输入号 00004 的中断 输入设定		
	08~11	输入号 00005 的中断 输入设定		
	12~15	输入号 00006 的中断 输入设定		

(续)

通道号	位	功 能		缺 省	读出定时																																																														
DM6629~DM6641		不可使用			运行开始时																																																														
DM6642	00~03	高速计数器计数模式设定 4 为加算模式, 0 为加减模式		不使用高速计数器																																																															
	04~07	高速计数器的复位模式设定 0: Z 相信号 + 软复位 1: 软复位																																																																	
	08~15	高速计数器的使用设定 00 不使用, 01 使用																																																																	
DM6643~DM6644		不可使用			电源 ON 时 经常读出																																																														
DM6645~DM6649	0~15	不可使用																																																																	
DM6650	00~07	上位 链接 总线	外设通信的通信条件标准格式设定 00: 标准设定 启动位: 1 位 字长: 7 位 奇偶位: 偶 停止位: 2 位 波特率: 9600bps 01: 个别设定 DM6651 的设定 其它: 系统设定异常 (AR1302 为 ON)	外围设备通信口设定为上位链接																																																															
	08~11	1: 1 链接	外设通信口 1: 1 链接区域设定 0: LR00~15CH																																																																
	12~15	全模式	外设通信口使用模式设定 0: 上位链接 2: 1: 1 链接从动局 3: 1: 1 链接主动局 4: NT 连接 其它: 系统设定异常 (AR1302 为 ON)																																																																
DM6651	00~07	上位 链接	外设通信口波特率设定 00: 1200bps 01: 2400bps 02: 4800bps 03: 9600bps 04: 19200bps																																																																
	08~15	上位链接	外设通信口的帧格式设定 <table><thead><tr><th></th><th>启动</th><th>字长</th><th>停止</th><th>奇偶</th></tr></thead><tbody><tr><td>00:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>偶</td></tr><tr><td>01:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>奇</td></tr><tr><td>02:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>无</td></tr><tr><td>03:</td><td>1</td><td>7</td><td>2</td><td>偶</td></tr><tr><td>04:</td><td>1</td><td>7</td><td>2</td><td>奇</td></tr><tr><td>05:</td><td>1</td><td>7</td><td>2</td><td>无</td></tr><tr><td>06:</td><td>1</td><td>8</td><td>1</td><td>偶</td></tr><tr><td>07:</td><td>1</td><td>8</td><td>1</td><td>奇</td></tr><tr><td>08:</td><td>1</td><td>8</td><td>1</td><td>无</td></tr><tr><td>09:</td><td>1</td><td>8</td><td>2</td><td>偶</td></tr><tr><td>10:</td><td>1</td><td>8</td><td>2</td><td>奇</td></tr><tr><td>11:</td><td>1</td><td>8</td><td>2</td><td>无</td></tr></tbody></table> 其它: 系统设定异常				启动	字长	停止	奇偶	00:	1	7	1	偶	01:	1	7	1	奇	02:	1	7	1	无	03:	1	7	2	偶	04:	1	7	2	奇	05:	1	7	2	无	06:	1	8	1	偶	07:	1	8	1	奇	08:	1	8	1	无	09:	1	8	2	偶	10:	1	8	2	奇	11:	1
	启动	字长	停止	奇偶																																																															
00:	1	7	1	偶																																																															
01:	1	7	1	奇																																																															
02:	1	7	1	无																																																															
03:	1	7	2	偶																																																															
04:	1	7	2	奇																																																															
05:	1	7	2	无																																																															
06:	1	8	1	偶																																																															
07:	1	8	1	奇																																																															
08:	1	8	1	无																																																															
09:	1	8	2	偶																																																															
10:	1	8	2	奇																																																															
11:	1	8	2	无																																																															

(续)

通道号	位	功 能	缺 省	读出定时
DM6652	00~15	上位 链接 外设通信的发送延时设定 设定值 0000~9999 (BCD) 单位为 10ms 其它: 系统设置异常 (AR1302 为 ON)		电源 ON 时 经常读出
DM6653	00~07	上位 链接 外设通信上位 LINK 模式机号 NO 设定, 设定值 00~31 (BCD) 其它: 系统设置异常		
	08~15	不可使用		
DM6654	00~15	不可使用		
DM6655	00~03	故障履历存入法设定 0: 超过 10 记录, 则移位存入 1: 存到 10 记录为止 (不移位) 其它: 不存入	移位 方式	
	04~07	不可使用		
	08~11	扫描周期超出检测 0: 检测 1: 不检测	检测	
	12~15	不可使用		

PLC 在出厂时 DM6600~DM6655 所有参数均为 0000, 各通道功能如表中缺省值栏所示, 所谓缺省值是指用户对 PLC 不进行任何设置的出厂参数值, 在缺省参数下, PLC 可以工作, 在任何时候, 都可以通过编程装置打开 SR25210 (令其 ON) 使 PLC 设定区初始化, 初始化后设置中参数被清 0, 回到缺省参数状态。

通过编程装置可改变 PLC 设置, DM6600~DM6644 仅在编程模式时设定, DM6645~DM6655 能在编程模式、监视模式时设定。表中读出定时是指读出该通道内容的时刻, DM6600~DM6614 是在 CPMIA 电源 ON 时仅一次读出, DM6615~DM6644 在运行开始时 (执行程序时) 仅一次读出, DM6645~DM6655 在电源 ON 时可经常读出。在 PLC 系统设定区域 (DM6600~DM6655) 设定内容有错误时, 则在 CPMIA 读出定时时产生运行出错 (故障码 9B), 若错误在 DM6600~DM6614 则 AR1300 为 ON, 若错在 DM6615~DM6644 则 AR1301 为 ON, 若错在 DM6645~DM6655 则 AR1302 为 ON, 对于有错误的设定只有用初始化来处理。PLC 设置大体上可分为三类: ①与 CPMIA 基本操作和 I/O 过程相关的设置; ②与中断相关的设置; ③与通道相关的设置。本节只能解释第一类, 后两类在后面有关章节中解释。

启动模式 (DM6600): PLC 有三种工作模式: 程序模式、监视模式和运行模式。程序模式也称编程模式, 操作者在此模式下利用编程器或其它外设对 PLC 编程, 可输入修改程序和系统设定。编程完成后应在监视模式下试运行, 修改参数, 正常后转为运行模式, PLC 投入正常的控制工作, PLC 在打开电源后处于哪个模式由 DM6600 的设置所决定。

当 8~15 位为 00 时, PLC 在打开电源后的模式取决于编程器的模式选择器, 该选择器

为旋转开关，可指向三个模式中的一种，若 PLC 上没连接编程器，则 PLC 为运行模式。DM6600 示意图如图 4-5 所示。

当 8~15 位为 01 时，PLC 开始的模式与 PLC 电源关断之前的上一次操作模式同。

当 8~15 位为 02 时，PLC 开始的模式由 0~7 位的设置所决定，0~7 位为 00 时为程序模式，01 时为监视模式，02 时为运行模式。

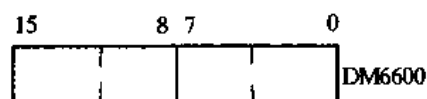


图 4-5 DM6600 示意图

保持位状态 (DM6601) 在调试程序中，经常需对某些接点强制置位与复位而且经常需要在编程模式与监视模式间转换，在编程模式与监视模式切换时，那些被强制置位与复位的接点是否保持原来状态由 25211 决定，25211 为 OFF 时能解除强制置位/复位状态，即不保持，当 25211 为 ON 时则保持强制置位/复位状态。

另一个问题是 I/O 保持，即运行开始或停止时，输入输出继电器内部辅助继电器、链接继电器的状态是保持原状态还是复位由 25212 决定，25212 为 OFF 时不保持，25212 为 ON 时则保持，但 25211 和 25212 是 OFF 还是 ON 是由 DM6601 设定的。DM6601 示意图如图 4-6 所示。



图 4-6 DM6601 示意图

DM6601 的 0~7 位总是 00，12~15 位为 SR25211 设置，0 为清除状态，1 为保持状态。8~11 位为 SR25212 设置，0 为清除状态，1 为保持状态，缺省时两者都清除。

外设通信口服务时间的设定 (DM6617)。外设通信口通信时，PLC 给予的通信服务时间，按 PLC 扫描时间的百分率给出，由 DM6617 决定。首先看 8~15 位，当其为 00 时，设定无效，和缺省值一样固定为扫描周期的 5%，当其为 01 时设置有效，具体数值看 0~7 位，比如 DM6617 设定为 0110，则服务时间为扫描时间的 10%，若设定为 0115 则服务时间为扫描时间的 15%，服务时间最小为 0.34ms。DM6617 示意图如图 4-7 所示。

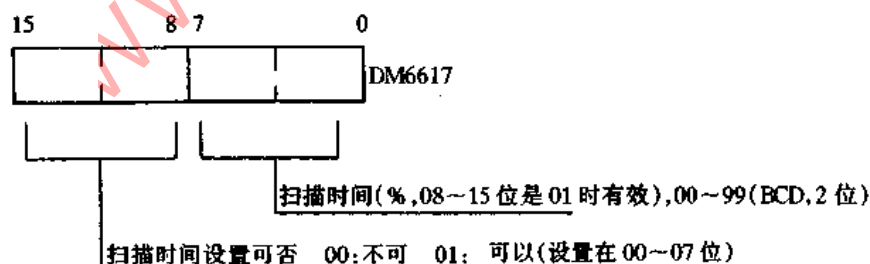


图 4-7 DM6617 示意图

扫描时间设定 (DM6619) 利用 DM6619 设定最小扫描时间可减少 I/O 响应时间，缺省时，没有最小扫描时间，否则以 ms 为单位的 DM6619 值为设定的最小扫描时间。若实际扫描时间比设定的最小扫描时间短，则按最小扫描时间执行，如果实际扫描时间比最小扫描时间长，操作将根据实际时间进行，但 AR1305 将 ON。输入时间常数的设定 (DM6620~DM6625)。DM6619 示意图如图 4-8 所示。

从 PLC 输入单元实际输入 ON 或 OFF, 直到相应输入位状态改变有个时间延迟, 称为输入时间常数, 这个时间常数通过设定是可改变的。比如 DM6621 的 00~07 位为 001CH 输入通道设定区, 当其值为 0~8 中任一整数时, 可按表 4-10 查出其设定时间常数。例如 DM6621 为 13 说明 002CH 输入时常数为 1ms 而 001CH 时常数为 4ms, 其余类似不再赘述。

**错误记录设置 (DM6618):** DM6618 用于检查错误和存储错误记录的扫描监视计时器的设定, 该计时器用于非常长的扫描时间的检查, 比如, 当程序进入死循环时其扫描时间将超过扫描监视计时器的设定值, 这时将产生致命错误 (FALS9F)。DM6618 的 8~15 位决定扫描监视计时器设定值能否设置和所用的计时单位, 当其为 00 时不可设置, 扫描监视计时器取固定时间 120ms, 当为 01、02 或 03 时可设置, 其数值单位分别为 10ms、100ms、1s, 具体数值由 DM6618 的 0~7 位设定, 设定值为 00~99 的 2 位 BCD 码。DM6618 示意图如图 4-9 所示。

当扫描时间超过 1s 后, 从程序装置读出的扫描时间将是 999.9ms, 而真正的最长扫描时间和实际扫描时间可从 AR14 和 AR15 中读出。AR14 存入运行开始后最大扫描周期, 运行停止时不复位, 但在运行开始时复位。AR15 存入运行中最新的扫描周期, 运行停止时不复位, 它们的单位为 0.1ms。

**错误检查和错误记录操作 (DM6655):** 当电池电压降低或扫描时间超过 100ms 时是否需要产生非致命错误由 DM6655 的 8~15 位决定。8~11 位决定扫描时间是否检测, 12~15 决定低压是否检测, 0 检测 1 不检测。

DM6655 的 0~3 位决定错误记录存入方法, 为 0 时只存储最近 10 个错误信息, 为 1 时仅存第一组 10 个错误信息, 后面再有也不再存入, 为 2~F 时不存储错误信息, 当错误信息需存放时, 一般存入故障履历存入区 DM1000~DM1021。DM6655 示意图如图 4-10 所示。

表 4-10 中尚未解释的通道将在后面的章节中叙述。

## 二、输入输出点数与输入输出地址

CPM1A 的 CPU 单元及扩展 I/O 单元的输入输出点数和输入输出地址分配如图 4-11 所示。

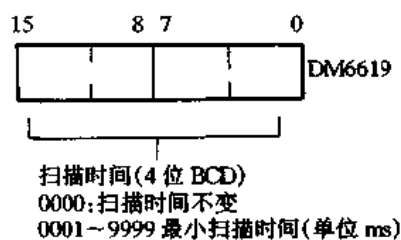


图 4-8 DM6619 示意图

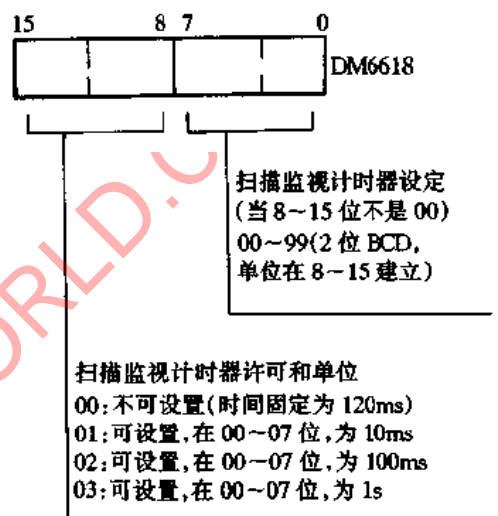


图 4-9 DM6618 示意图

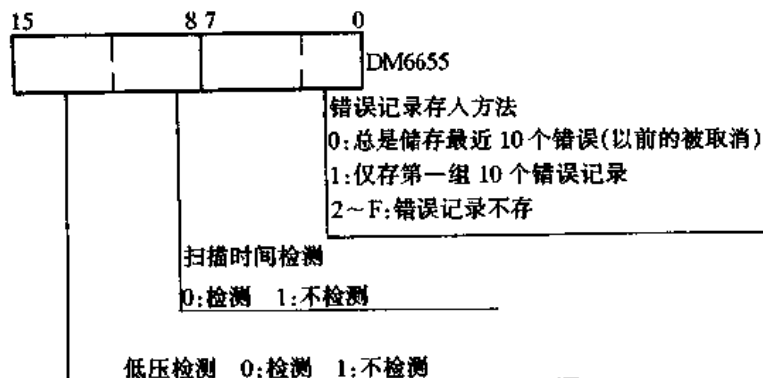


图 4-10 DM6655 示意图



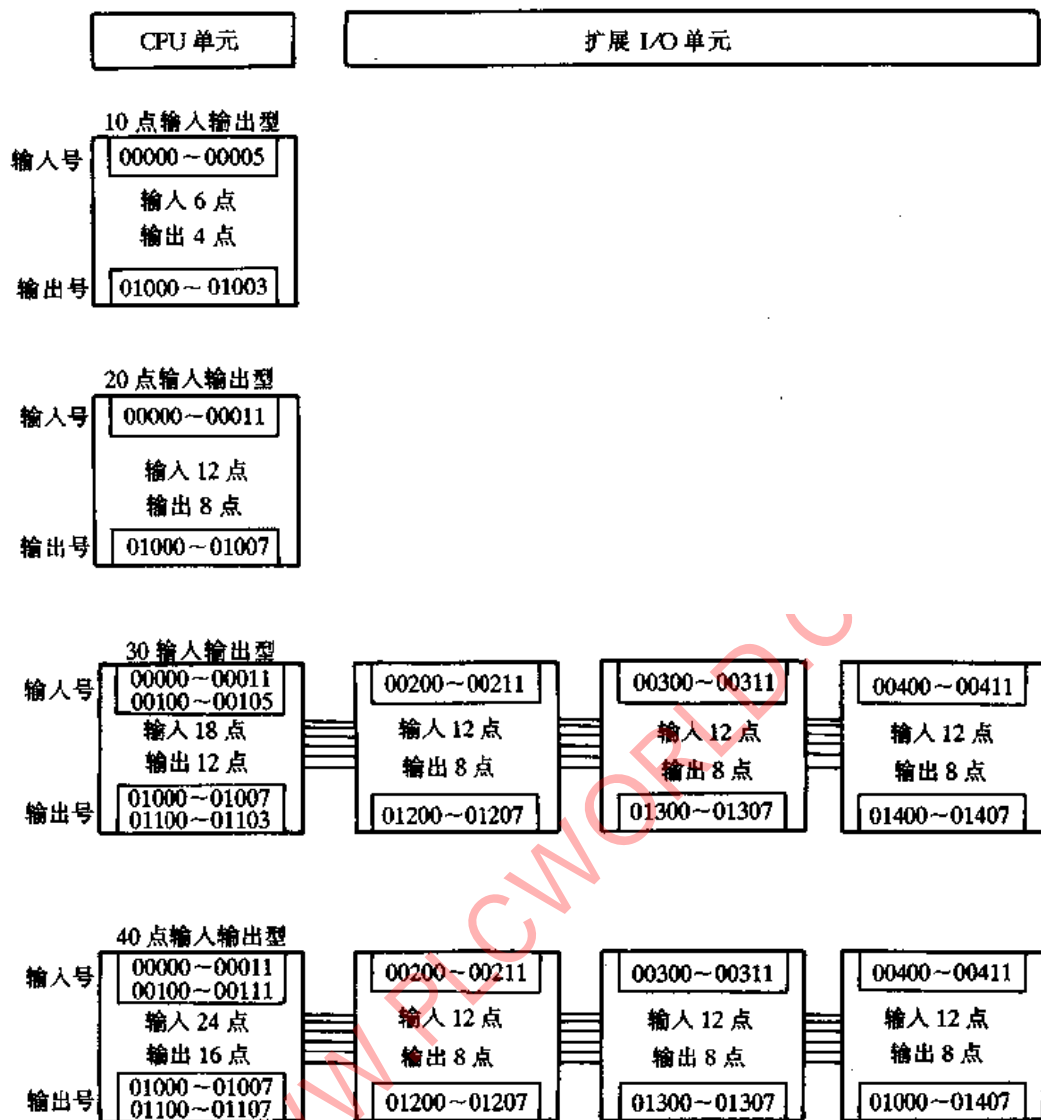


图 4-11 CPMIA I/O 地址分配

### 习题与思考题

- 4-1 CPMIA 可编程序控制器的主要部件有哪几个？各部分主要作用是什么？
- 4-2 可编程序控制器 CPMIA 的 CPU 单元外部结构由哪几部分组成？
- 4-3 I/O 扩展单元的用途是什么？它怎样与主机连接？
- 4-4 PLC 的输入、输出继电器是怎样工作的？
- 4-5 何谓 PLC 的内部辅助继电器（IR）、特殊辅助继电器（AS）、辅助记忆继电器 AR？
- 4-6 CPMIA 型的 PLC 机的定时器可分为几种？定时器是怎样工作的？
- 4-7 CPMIA 型的 PLC 机的计数器可分为几种？它们之间有什么区别？
- 4-8 CPMIA 的数据存储器（DM）的作用是什么？试举例说明常用的 2~3 个通道的数据存储器的功能。
- 4-9 PLC 的扫描周期是什么？是否可重新设定？

## 第五章 CPMIA 指令系统

PLC 是按照用户程序进行控制工作的，因此用户程序的编制是十分重要的。编制程序需要编程语言，目前 PC 基本采用梯形图指令表、逻辑功能图和高级语言编程。大部分 PC 采用梯形图和指令表，CPMIA 也采用这两种。

梯形图是一种图形语言，它沿用了继电器控制电路图的继电器线圈、触点、串并联等术语和图形符号，很容易被熟悉继电器控制系统的技术人员所接受，利用计算机编制也很方便，因此成为 PLC 的一种十分重要的编程语言。当采用编程器编程时通常采用助记符表示的指令来编制指令表，这种指令表程序也很受欢迎。因此本书以这两种语言向读者介绍 CPMIA 指令系统。

### 第一节 顺序指令

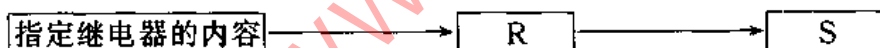
#### 一、顺序输入指令

##### (一) LD 指令

格式：LD B 符号：|—||—

B：目的元素，即该指令可以使用的继电器号为：00000～01915，20000～25507，HR0000～HR1915，AR0000～AR1515，LR0000～LR1515，TIM/CNT000～CNT127，TR0～TR7

功能：常开触点与母线连接指令，将指定继电器号的内容存入结果寄存器 R 中，而结果寄存器中的内容存入堆栈寄存器 S 中。其逻辑框图如下：

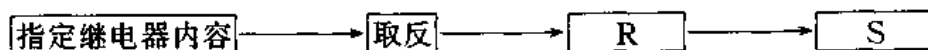


##### (二) LD NOT 指令

格式：LD NOT B 符号：|—|/|—

B：00000～01915，20000～25507，HR0000～HR1915，AR0000～AR1515，LR0000～LR1515，TIM/CNT000～CNT127

功能：常闭触点与母线连接指令，将指定继电器的内容取反存入结果寄存器 R 中，而结果寄存器的内容送入堆栈 S 中。其逻辑框图如下：

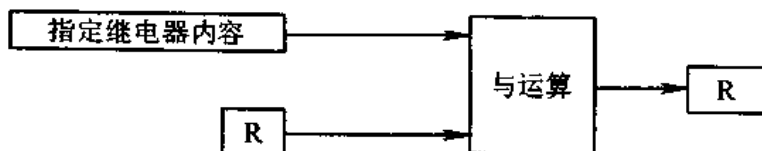


##### (三) AND 指令

格式：AND B 符号：——||——

B：00000～01915，20000～25507，HR0000～HR1915，AR0000～AR1915，LR0000～LR1515，TIM/CNT000～CNT127

功能：串联常开触点，把结果寄存器中的内容与指定继电器内容相“与”，将逻辑操作结果存入结果寄存器 R 中。逻辑框图如下：

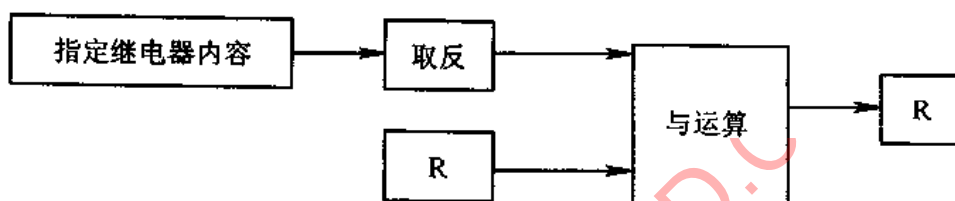


#### (四) AND NOT 指令

格式: AND NOT B 符号:

B: 00000~01915, 20000~25507, HR0000~HR1915, AR0000~AR1915, LR0000~LR1515, TIM/CNT000~CNT127

功能: 串联常闭触点, 把指定继电器的内容取反后, 与结果寄存器 R 的内容相“与”, 将逻辑结果存入指定寄存器。其逻辑框图如下:

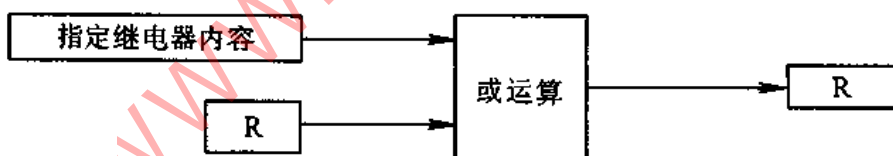


#### (五) OR 指令

格式: OR B 符号:

B: 00000~01915, 20000~25507, HR0000~HR1915, AR0000~AR1915, LR0000~LR1515, TIM/CNT000~CNT127

功能: 并联常开触点, 将指定继电器的内容与结果寄存器 R 中内容相“或”, 并将逻辑结果存入结果寄存器中。其逻辑框图如下:

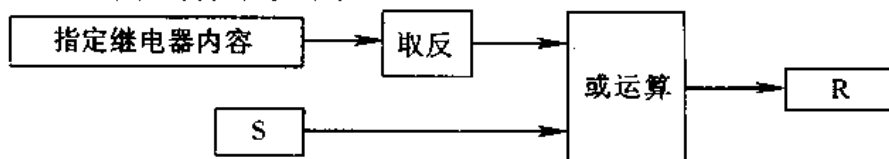


#### (六) OR NOT 指令

格式: OR NOT B 符号:

B: 00000~01915, 20000~25507, HR0000~HR1915, AR0000~AR1915, LR0000~LR1515, TIM/CNT000~CNT127

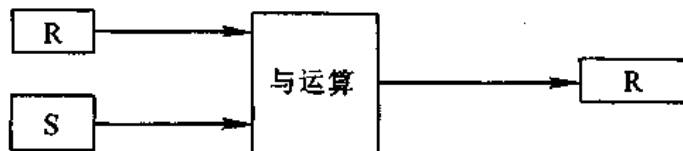
功能: 并联常闭触点, 将指定继电器的内容取反与结果寄存器 R 中内容“或”, 结果送入结果寄存器 R 中。其逻辑框图如下:



## (七) AND LD 指令

格式: AND LD B

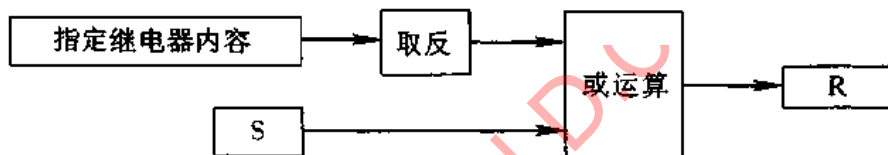
功能: 两个接点组串联, 将结果寄存器 R 的内容与堆栈寄存器 S 的内容相“与”, 结果存入结果寄存器。其逻辑框图如下:



## (八) OR LD 指令

格式: OR LD B

功能: 两个接点组并联, 将结果寄存器内容与堆栈寄存器内容相或, 结果存入结果寄存器。其逻辑框图如下:



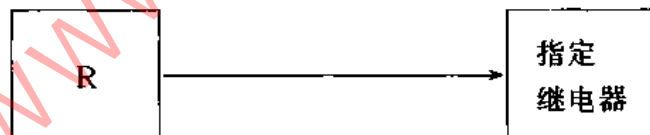
## 二、顺序输出指令

## (一) OUT 指令

格式: OUT B 符号: ————(B)

B: 00000~01915, 20000~25507, HR0000~HR1915, AR0000~AR1915, LR0000~LR1515, TR0~TR7

功能: 驱动继电器线圈, 将结果寄存器的内容输出到指定继电器。其逻辑框图如下:

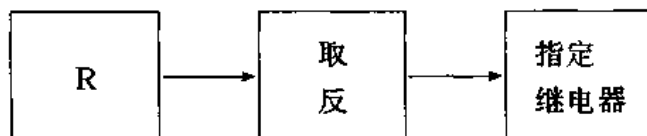


## (二) OUT NOT 指令

格式: OUT NOT B 符号: ————⊗

B: 与 OUT 同。

功能: 将结果寄存器的内容取反, 输出到指定继电器, 其逻辑框图如下:



## 例 5-1

LD	00000
OUT	01000
LD NOT	00001
OUT	20000
LD	01000
OUT	01101
LD NOT	01101
OUT	01105

如图 5-1 所示，左侧竖直线称为母线，开始由于输入继电器接点 00001 和输出接点 01101 闭合故内部辅助继电器 20000 和输出继电器 01105 线圈 ON，当输入接点 00000 闭合后输出继电器 01000 线圈得电，常开接点闭合使输出继电器 01101 线圈 ON，其常闭接点 OFF 使输出继电器 01105 断电。

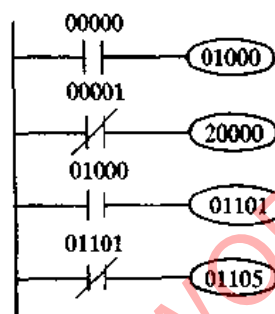


图 5-1 例 5-1 图

## 例 5-2

LD	00002
OR	01205
AND NOT	00003
OUT	01205

如图 5-2 所示，当输入接点 00002 闭合时，由于 00003 常闭接点闭合使输出继电器 01205 线圈得电，其常开接点 ON 使 01205 自保，即使 00002 断开 01205 也保持得电，当输入 00003 的常闭接点断开时（00003 得电 ON）输出 01205 断电。

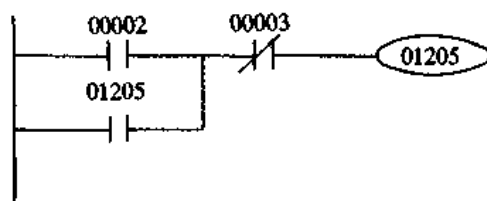


图 5-2 例 5-2 图

例 5-3 本例如图 5-3 所示。

LD	00001
AND	00002
OR	01000
AND NOT	00003
OUT	01000
AND	20000
OUT	01001

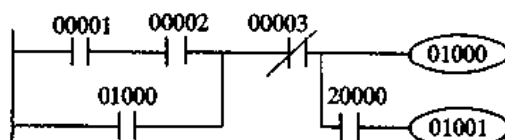


图 5-3 例 5-3 图

例 5-4 本例如图5-4 所示。

LD	01000
LD	00001
AND	00002
OR LD	
AND NOT	00003
OUT	01000
AND NOT	20000
OUT	01001

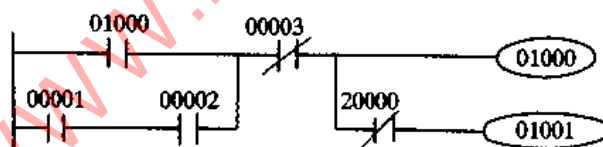


图 5-4 例 5-4 图

注意，尽管例 5-4 与例 5-3 实现的功能相同，但由于 00001 00002 与 01000 调换了个位置，此时并联的是接点组，故认为是两个接点组并联，需用 OR LD 指令。

例 5-5 本例如图5-5 所示。

LD	00000
AND NOT	00001
OR	00002
LD	00003
OR	00004
AND LD	
AND NOT	00005
OUT NOT	01001



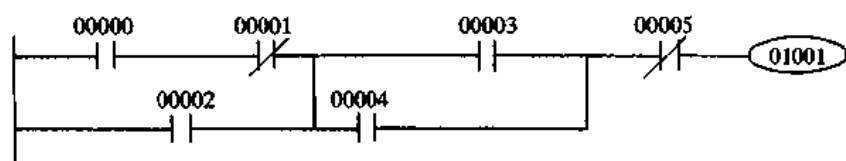


图 5-5 例 5-5 图

## 例 5-6

方法 1:

```

LD      00001
OR NOT  00002
LD NOT  00003
OR      00004
LD      00005
OR      00006
AND LD
AND LD
OUT     01101

```

方法 2:

```

LD      00001
OR NOT  00002
LD NOT  00003
OR      00004
AND LD
LD      00005
OR      00006
AND LD
OUT     01101

```

如图 5-6 所示, 本例给出了两种使用 AND LD 的方法, 在方法 1 中连续使用 AND LD 的数量应小于 8 个, 对方法 2 没有限制。

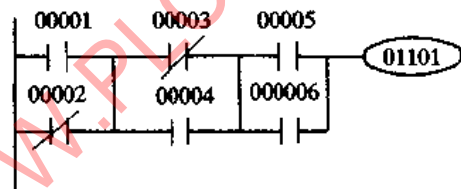


图 5-6 例 5-6 图

## 例 5-7

方法 1:

```

LD      00001
AND NOT 00002
LD NOT  00003
AND NOT 00004
LD      00005
AND     00006
OR LD
OR LD
OUT     01101

```

方法 2:

```

LD      00001
AND NOT 00002
LD NOT  00003
AND NOT 00004
OR LD
LD      00005
AND     00006
OR LD
OUT     01101

```

如图 5-7 所示, 方法 1 中 OR LD 连续使用的数量应小于等于 8 个, 对方法 2 没有限制。

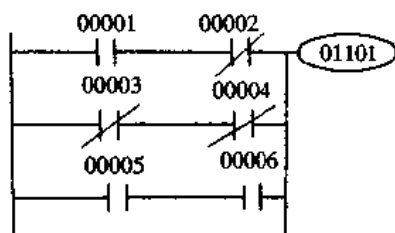
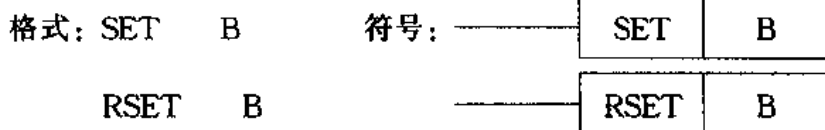


图 5-7 例 5-7 图

## (三) SET 和 RSET 指令



B: 00000~01915, 20000~25215, HR0000~HR1915, AR0000~AR1915, LR0000~LR1915。

功能: SET 对指定接点置位 (ON), RSET 对指定接点复位。

## 例 5-8

在图 5-8 中, 当 00000 为 ON 时, 对 01000 置位, 即使 00000 变为 OFF, 01000 仍保持置位状态, 只有当 00001 为 ON 对 01000 复位时 01000 才变为 OFF。

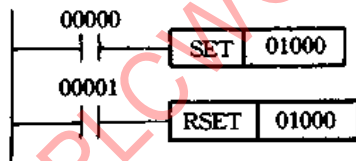
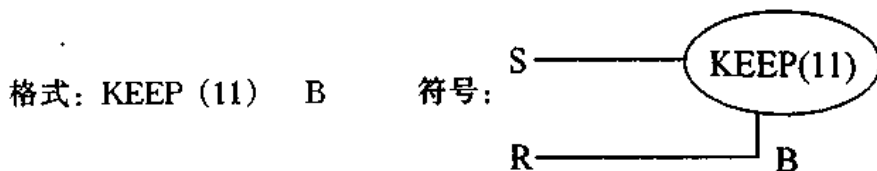


图 5-8 例 5-8 图

LD	00000
SET	01000
LD	00001
RSET	01000

## (四) KEEP (11) 指令



B: 同 SET 功能, 该指令为锁存指令, 其作用相当于 R-S 触发器, 它有两个输入端要用两个结果寄存器的状态, 用于置位和复位, 置位后指定继电器状态被保留, 直到有复位信号后才复位, 当指定继电器为保持继电器时, 可用作掉电的有关处理。

## 例 5-9

LD	00000
LD	00001
KEEP (11)	HR0000

如图 5-9 所示, 当 00000 接通时, 锁存继电器线圈接通 HR0000 为 ON, 若电源发生故障 HR0000 仍保持其状态, 当 00001 接通时 HR0000 为 OFF。

用 KEEP 指令编程时, 先编置 1 端, 再编置 0 端, 最后编线圈, 当用编程器输入程序时, 用 FUN11 替代 KEEP 输入, FUN11 是 KEEP 的功能码, 故写成 KEEP (11)。有些指令没有功能码, 如 LD、AND、OR、NOT, 这些在编程器上有相应名称的键大部分指令没有确定的功能码, 需在编程前设定, 在本章中用 FUN (—) 表示。

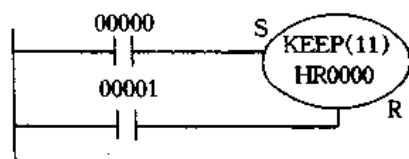


图 5-9 例 5-9 图

### 例 5-10

图 5-10a 是使用保护继电器的例子。00002~00004 为错误信号, 一旦出现可使 HR000 ON 并自保, 此时即使掉电, 复电后仍为 ON, 通过输出 01000 ON 可显示出错, 图 5-10b 的功能与图 5-10a 相同, 只不过利用 KEEP 指令而已。

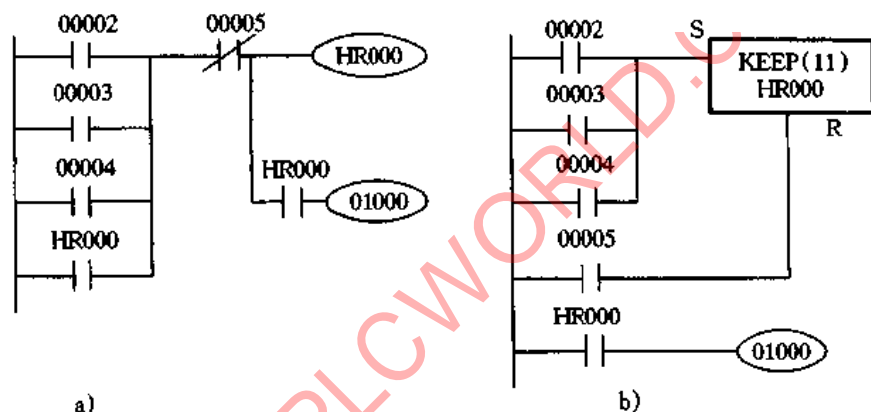


图 5-10 例 5-10 图

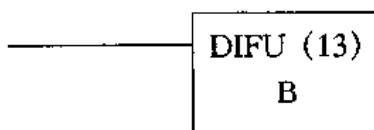
00000	LD	00002	00000	LD	00002
00001	OR	00003	00001	OR	00003
00002	OR	00004	00002	OR	00004
00003	OR	HR000	00003	LD	00005
00004	AND NOT	00005	00004	KEEP (11)	HR000
00005	OUT	HR000	00005	LD	HR000
00006	AND	HR000	00006	OUT	01000
00007	OUT	01000			

前面的标号为地址号, 一般从 00000、00001 逐个编下去, 中间不空号, 当然也可不从 00000 开始。

### (五) DIFU (13) 指令

格式: DIFU B

符号:



B: 与 SET 同。

功能: 前沿微分指令, 输入脉冲从 OFF 变为 ON 时, 指定继电器 ON 一个扫描周期,

然后复位，请见例 5-11。

例 5-11 如图 5-11 所示。

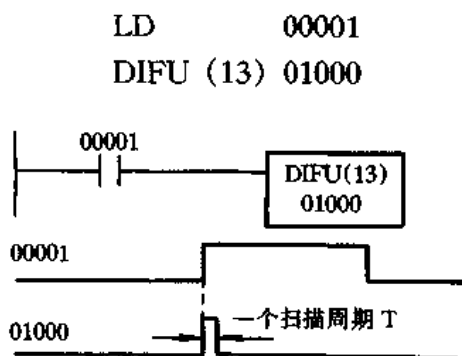


图 5-11 例 5-11 图

#### (六) DIFD (14) 指令

格式: DIFD (14)    B

符号:

DIFD (14)  
B

B: 同 DIFU。

功能: 后沿微分指令, 输入脉冲从 ON 变 OFF 时, 指定继电器 ON 一个扫描周期, 然后复位, 请见例 5-12。

例 5-12 如图 5-12 所示。

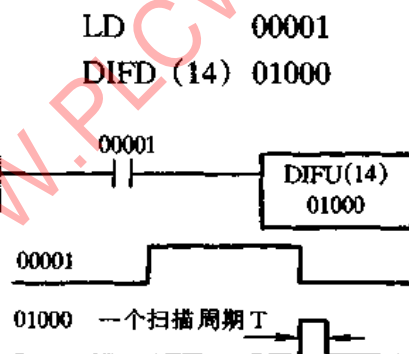


图 5-12 例 5-12 图

例 5-13 如图 5-13 所示。

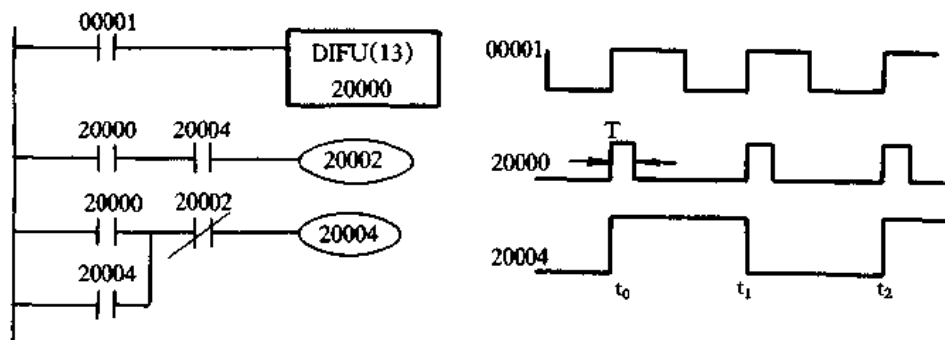


图 5-13 例 5-13 图

00000 LD	00001
00001 DIFU (13)	20000
00002 LD	20000
00003 AND	20004
00004 OUT	20002
00005 LD	20000
00006 OR	20004
00007 AND NOT	20002
00008 OUT	20004

当 00001 以某一频率通断时, 20004 将以二分频通断, 比如 00001 在  $t_0$  时接通 20000, 产生一个周期的脉冲, 当扫描到第二行时, 因 20004 OFF, 20002 OFF, 当扫描到第三行时, 因 20002 OFF, 所以其常闭接通, 在 20000 ON 下使 20004 ON 并自保, 再次扫描时 20000 OFF, 故 20004 靠自保维持 ON。

当 00001 OFF 不影响先前状态, 当 00001 在  $t_1$  时刻 ON 时, 20000 又产生一个周期脉冲使第二行 20002 ON (因为 20004 ON), 使第三行常闭 20002 断开, 20004 OFF, 如此推下去可得二分频图形。

#### 例 5-14

如图 5-14 所示, 它是利用后沿微分指令绘出的梯形, 作为练习, 请读者自己研究。

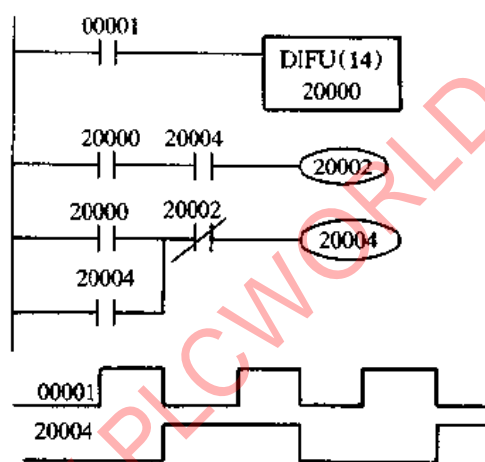


图 5-14 例 5-14 图

### 三、顺序控制指令

#### (一) NOP (00) 指令

格式: NOP      符号: 无

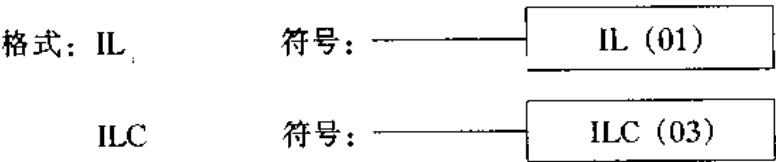
功能: 空操作指令, 在编程中不是必需的, 也没有图示符, 在程序中出现 NOP (00) 时, 什么也不做, 程序转到下一条指令, 在编程前清内存时, 所有地址都被写上 NOP (00), 若在编程中插入一些 NOP 指令, 当修改程序时可避免改变序号。

#### (二) END (01) 指令

格式: END      符号: END

功能: 结束程序指令, 任何程序的最后一条指令都必须是 END (01), 如果有子程序时, END 放在最后一个子程序之后, END 后面的任何指令都不会被执行, 在调试程序时可把 END 放在任何地方, 则 PC 执行它前面的程序, 但若执行其后的程序时必须将其删除。若程序中没有 END 指令则 PC 不执行任何程序并显示错误信息 “NO END INST”。

#### (三) IL (02) 和 ILC (03) 指令



功能: IL 是分支指令, ILC 是分支结束指令, 当一个电路分支到多个输出时需使用 IL 和 ILC 指令, IL 和 ILC 也称联锁指令。当 IL 的条件 ON 时, IL 和 ILC 之间的指令像没有 IL 一样执行, 当 IL 的条件 OFF 时, IL 和 ILC 之间的指令按表 5-1 处理。

表 5-1 联锁指令间信号处理

指 令	处 理
OUT 和 OUT NOT	指定继电器 OFF
TIM 和 TIMH	重设置
CNT 和 CNTR	PV 保持
REEP	位状态保持
DIFU 和 DIFD	不执行
其它指令	不执行

简单地说, IL 和 ILC 之间的联锁段中输出继电器、内部辅助继电器均复位, 计数器、移位寄存器、保持继电器保持当前值。

例 5-15 如图5-15所示。

```
LD      00002
IL (02)
LD      00006
OUT     01002
LD      00003
IL (02)
LD      00004
OUT     01000
LD      00005
OUT     01001
ILC (03)
```

从例 5-15 可看出, 联锁指令是 IL-IL-ILC 的组合, 可以有多个 IL 与 ILC 组合, 但不可没有 IL, 也不可没有 ILC, 不准 ILC-ILC 联用, 即不准嵌套使用 (如 IL-IL-ILC-ILC 不允许)。

当 00002 ON 时, 01002 取决于 00006, 00006 ON, 01002 ON, 00006 OFF, 01002 OFF。

当 00002 ON 时, 若 00003 ON 则 01000 取决 00004, 01001 取决 00004, 若 00003 OFF 则 01000、01001 均 OFF。

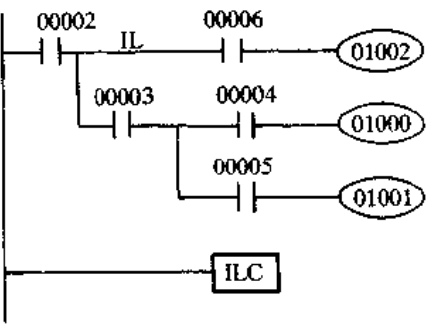


图 5-15 例 5-15 图

使用 IL-IL-ILC 多个 IL 和 ILC 配合的指令时, 在程序检查时会出现“IL-ILC 错误”信息, 但不影响机器工作。

例 5-16

在图 5-16 中, 当 00000 OFF 时, IL-ILC 中间的联锁程序段将做如下处理: 01000 OFF,



HR001 保持原值, TIM00 复位, CNT 停止计数但计数现时值不变。

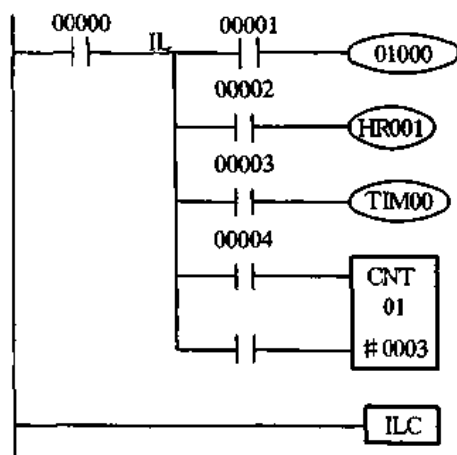


图 5-16 例 5-16 图

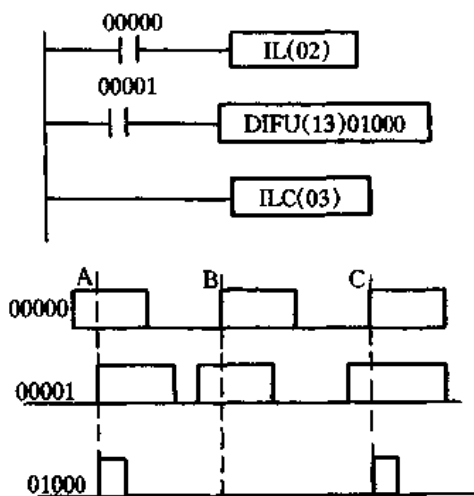


图 5-17 例 5-17 图

#### 例 5-17

在联锁段中使用微分指令需要仔细, 在例 5-17 中, 若联锁条件 00000 OFF 时, 将不考虑段内 DIFU 的微分, 在联锁条件 00000 ON 后若微分条件 00001 变为 ON, 01000 将有微分输出如图 5-17 中 A 所示。当微分条件 00001 已 ON 后, 联锁条件 00000 才变为 ON 则微分是否执行输出要与联锁条件生效前的执行状态作比较, 如图 5-17 中 B 和 C 所示。正因为如此, 所以不提倡在联锁段中使用微分指令。

#### (四) 暂存继电器 TR

TR 不是独立的编程指令, 它必须与 LD 及 OUT 配合使用, 多用于 IL 与 ILC 不能使用的有几个分支的输出, TR 有 8 个号 (0~7), 可多次使用, 但在同一段程序中不能重复使用同一号的 TR, 所以在一段程序中最多可使用 8 个用 TR 暂存的分支。在系统运行时, TR 位是不能用编程器或任何外设监控状态的。

例 5-18 如图 5-18 所示。

```
LD    00002
OUT   TR0
AND   00003
OUT   TR1
AND   00004
OUT   01000
LD    TR1
AND   00005
OUT   01001
LD    TR0
OUT   01002
```

```
LD    00010
OUT   TR0
AND   00011
OUT   TR1
AND   00012
OUT   01200
LD    TR1
AND   00013
OUT   01201
```

```
LD    TR0
AND   00014
OUT   01202
LD    TR0
AND   00015
OUT   TR2
AND   00016
OUT   01203
LD    TR2
AND   00017
OUT   01204
```

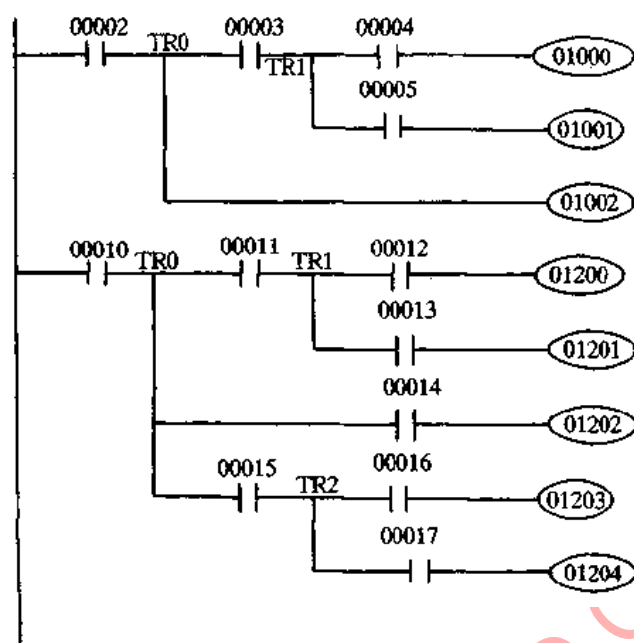


图 5-18 例 5-18 图

## (五) JMP (04) 和 JME (05) 指令

格式: JMP (04) N

符号: \_\_\_\_\_

JMP (04) N

JME (05) N

符号: \_\_\_\_\_

JME (05) N

N: 00~49

功能: JMP 为跳转指令, JME 为跳转结束指令, 两者要关联使用。从梯形图上的一点跳到另一点, JMP 为发生跳转点, JME 为跳转目标点。当 JMP 执行条件 ON 时, 不发生跳转。当执行条件 OFF 时发生跳转, 从 JMP 跳到与其有相同号的 JME 去, 然后执行后面的程序。当跳转号为 01~49 时, 为立即跳转, 不执行中间任何指令, 计时器、计数器、OUT 及 OUT NOT 使用位及其它控制位状态不发生变化维持原状, 每个跳转号只能用来定义一次跳转。

当跳转号为 00 时, CPU 将查找下一个具有 00 跳转号的 JME (05), 为此它要搜索程序, 花费扫描时间。但 00 号可使用多次, 可连续使用 JMP00-JMP00-JMP00, 即多个 JMP00 可以和一个 JME00 匹配, 它们中任一个 JMP00 跳转都会跳到同一个 JME00, 跳转时像其它号一样所有控制位状态不变。

## 例 5-19

00000	LD	00002
00001	AND	00003
00002	JMP (04)	01
00003	LD	00004
00004	OUT	01000
00005	LD	00005

00006	OUT	20000
00007	LD	00006
00008	OUT	01001
00009	JME (05)	01

如图 5-19 所示, 在例 5-19 中, 梯形图 5-19a 可用梯形图 b 替代, 从图 5-19b 可以清楚了解程序书写的各个语句。在跳转指令 JMP 和 JME 间若使用微分指令 DIFU 和 DIFD 时应注意以下情况。微分指令的逻辑条件满足时, 产生一个周期的脉冲, 即第一次扫描时为 ON, 第二次扫描时变为 OFF, 若第二次扫描发生跳转, 将不再执行微分指令, 它将继续维持 ON 状态, 直到某一时刻不发生跳转再扫描到微分指令时才变为 OFF, 这一点应充分注意。JMP 与 JME 指令应配对使用, 否则将产生错误信息, 即使 JMP00 和 JME00 也会产生错误信息, 但对后者程序将照常运行。

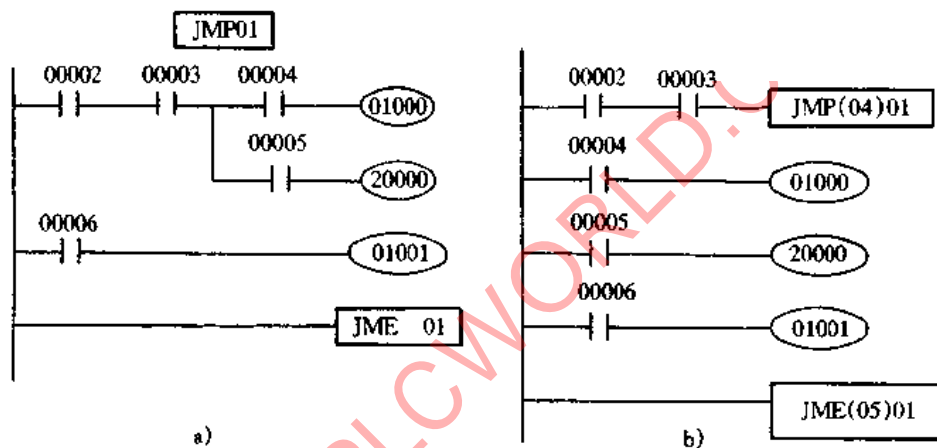



图 5-19 例 5-19 图

## 第二节 定时器/计数器指令

### 一、定时器/计数器指令系统

#### (一) TIM 指令

格式: TIM      N      符号: ————  SV

N: 定时器编号, 其数值为 000~127

SV: 计时设定值, 取值范围为 0~9999, (定时范围为 0~999.9s, 最小定时单位为 0.1s) 取值区域可为 IR、HR AR、IR DM \* DM 或立即数, 具体讲为 000~019、200~255、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、DM0000~DM1023、6144~6655、\* DM0000~\* DM1023、6144~6655 或立即数 #0000~9999 (BCD)。通过连接到 IR 通道的外设设置 SV 时, 必须用 0~9999 的 BCD 码, 否则出错。

功能: 减 1 延时定时器, 当定时器输入条件变为 ON 时, 定时器开始延时, 当前值从设

定值开始不断减小, 当前值变为 0 时, 定时器触点 ON, 并自保 ON 直至定时器输入条件变为 OFF, 当定时器输入条件变为 OFF 或电源断电时, 定时器复位, 当前值恢复设定值, 定时器触点 OFF。如图 5-20 所示。其编号作为计时器或计数器只能使用一次, 否则错误标志 ER ON。\* DM 字不是 BCD 码或 DM 区边界被超越, 错误标志 ER ON。

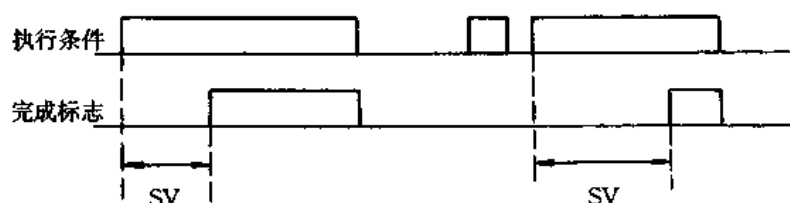


图 5-20 TIM 功能图

例 5-20 如图 5-21 所示。

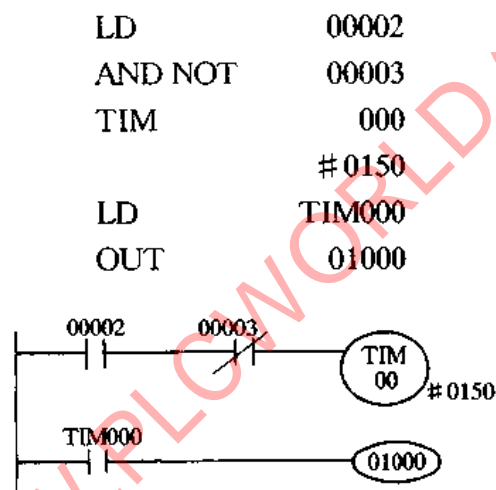
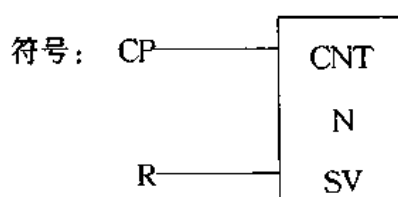


图 5-21 例 5-20 图

## (二) CNT 指令

格式: CNT    N    SV



N: 编号 000~127, 与计时器共用

SV: 计数器设定值, 设定范围为 0~9999 次, 设定值取值区域与计时器相同。

功能: 当计数脉冲 (CP) 执行条件从 OFF 变 ON 时, CNT 从设定值 SV 倒计数, 即执行条件从 OFF 变 ON 一次, 现时值 PV 将减 1, 从 ON 变 OFF 时不起作用, 当 PV 达到 0 时, 计数器触点 ON 并保持, 直到复位端 R 为 ON 时复位。

CNT 用一个复位端 R 重新设置, 当 R 从 OFF 变 ON 时 PV 被设置为 SV, R 为 ON 时不计数, R 为 OFF 时 CP 才起作用, 如图 5-22 所示。

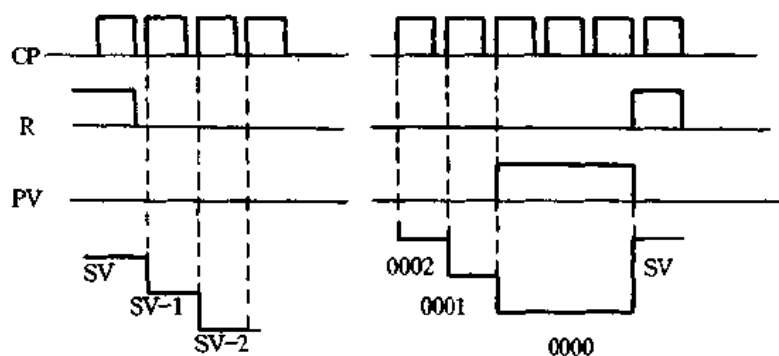


图 5-22 CNT 功能图

在计数器中，即使 SV 是非 BCD 格式，程序也继续进行，只是 SV 不正确，SV 不是 BCD 数或间接寻址 DM 字不存在（\*DM 字不是 BCD 码或 DM 区超越边界，错误标志 ER 为 ON）。

## 例 5-21

```

LD      00000
AND     25502
LD NOT  00001
CNT     001
        #0700
LD      CNT001
OUT     01001

```

如图 5-23 所示，在此例中，CNT001 的 SV 为 700，25502 为 1s 时钟脉冲，当 0000 ON 时，CNT001 每秒计一次数（SV 值减 1），当计到 700 次时即  $700 \times 1s = 700s$  时，CNT001 的触点 ON，使 01001 ON。一般说产生精确的计数，不一定要用较短的脉冲，因为较短的脉冲若遇到较长的扫描周期时，可能会漏掉脉冲，特别不应用 0.02s 和 0.1s 的时钟脉冲和 CNT 一起做计时器。

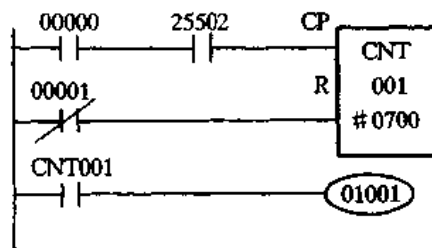
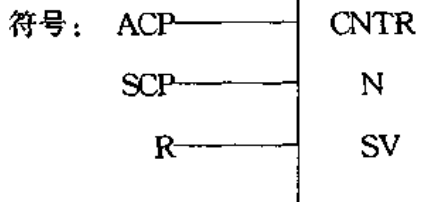


图 5-23 例 5-21 图

## (三) CNTR (12) 指令

格式：CNTR    N  
              SV



N: 编号 0~127

SV: 设定值, 0~9999 次, 设定值取值区域与计时器相同。

功能: CNTR (12) 是双向的上/下循环计数器, 即可逆计数器 ACP 为增量输入, 每给

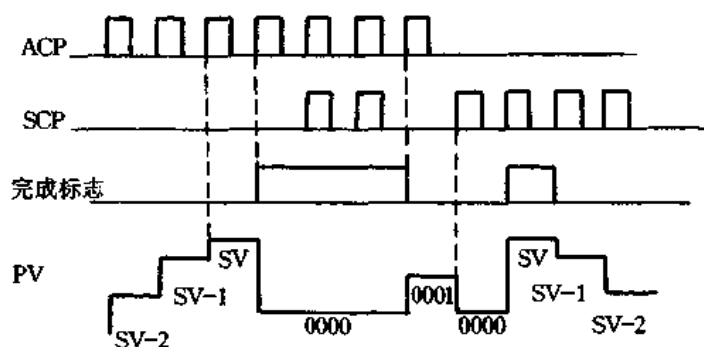


图 5-24 CNTR 功能图

一个脉冲 PV 值增 1, SCP 为减量输入, 每给一个脉冲 PV 值减 1, 当 ACP 和 SCP 同时给出时, PV 值不变, 当 ACP 和 SCP 不变时或从 ON 变 OFF 时 PV 值不变。

从图 5-24 可以看出当 PV 值从 0000 递减时, PV 被设置为 SV 值, 并完成标志置位, 当 PV 从 SV 再递增时, PV 设置为 0000, 并完成标志置位 ON。一句话, PV 值从 SV 到 0 或从 0 到 SV 均产生输出, 当使用非 BCD 码做 SV 时程序继续进行, 但 SV 值是错误的。

ER 标志: 在 SV 不是 BCD 数或 \* DM 内容不是 BCD 数或 DM 区域超越时均 ON。

关于计数器和定时器的设定值 SV, 一般采用立即数或 DM \* DM, (DM 为 16 位可存 4 位 BCD 码) 或采用输入通道 (一个通道 16 位) 从外部输入 4 位 BCD 码或用其它继电器通道, 在 CPM1A 中还有两个广泛用于定时器和计数器的模拟设定电位器, 如图 5-25 所示。旋转电位器 0 或 1 即可将 0~200(BCD) 值置入 250CH 或 251CH, 模拟电位器 0 的数据存入 250CH, 模拟电位器 1 的数据存入 251CH, 利用 250CH 和 251CH 即可改变定时器或计数器 SV。

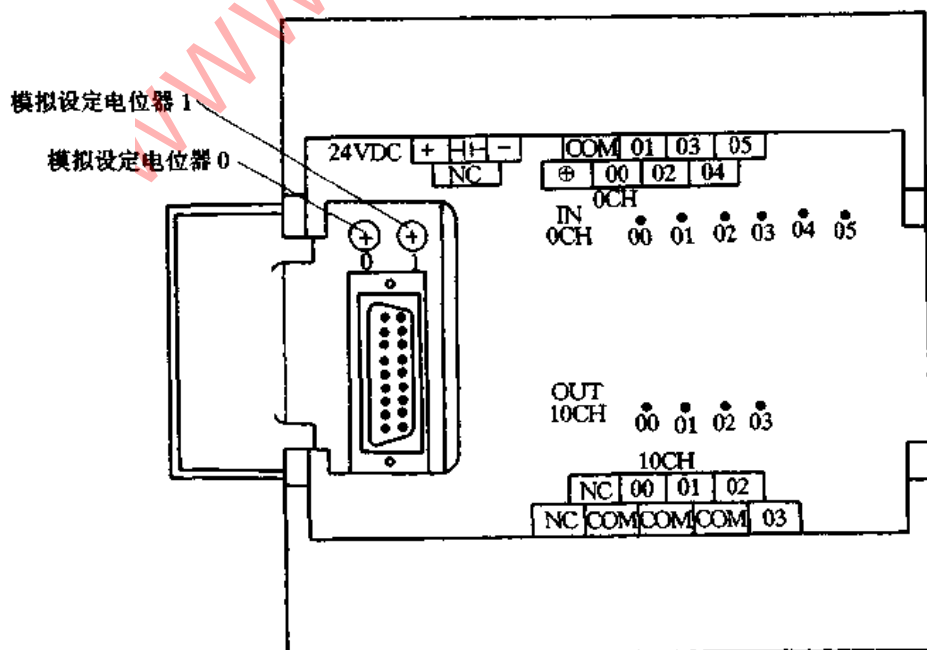


图 5-25 模拟设定电位器外观图



表 5-2 模拟设定电位器表

模拟设定电位器	存入区域	设定值 (BCD)
模拟设定电位器 0	250CH	0000~0200
模拟设定电位器 1	251CH	

**例 5-22**

如图 5-26 所示, 例 5-22 是以 250CH 作为 TIM00 的设定值, 改变模拟电位器 0 即可改变 TIM00 的 SV 这种方法方便灵活, 很受用户欢迎, 但它精度不高, 易受环境温度变化的影响, 故当精度要求高时请不要使用。

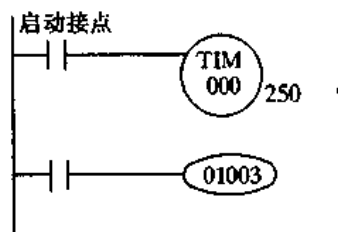
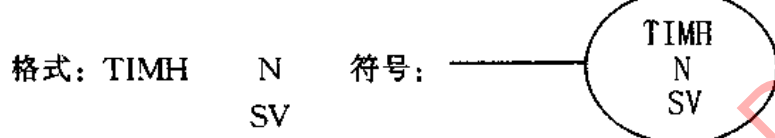


图 5-26 例 5-22 图

**(四) TIMH (15) 指令**

N: 编号 000~127

SV: 设定值, 设定范围 0000~9999, 单位 0.01s, 设定时间为 0~99.99s, 取值区域与 TIM 同。

功能: TIMH 为高速定时器, 和 TIM 一样都是减 1 延时定时器, 它们不同点是时间度量单位不同, 因而计时范围不同。若扫描周期大于 10ms 时 TIMH 不能执行。另外, 0000 和 0001 虽然可作为设定值, 但 0000 不动定时器只是立即将完成标志值为 ON, 而 0001 不可靠。因为 TIMH 度量单位为 0.01s, 因此扫描时间对其影响较大, 一般选用 N 在 000~015。

ER 标志: 与 TIM 同。

**二、定时器/计数器应用举例****例 5-23**

如图 5-27 所示, 将定时器 TIM001 和 TIM002 串联组成一个 30min 定时器, 即 01000 从 00000 ON 后 30min ON。

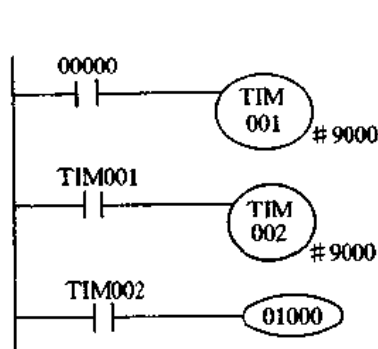


图 5-27 例 5-23 图

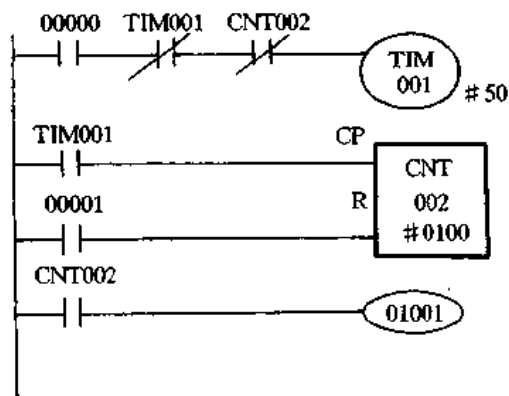


图 5-28 例 5-24 图

**例 5-24**

如图 5-28 所示, 利用 TIM001 与 CNT002 组成 500s 定时器 TIM001 每 5s 产生一个脉冲 CNT002 计一次数, 当 CNT002 计满 100 次时将 01001 置为 ON 共 500s。

**例 5-25**

如图 5-29 所示, 当 00000 ON 后, 利用特殊辅助继电器 25502 产生的一秒时钟脉冲使 CNT001 计数, 当计到 200 次 (700s) 时使 01002 ON。利用 25315 运行开始一个扫描周期 ON 使 CNT001 复位。

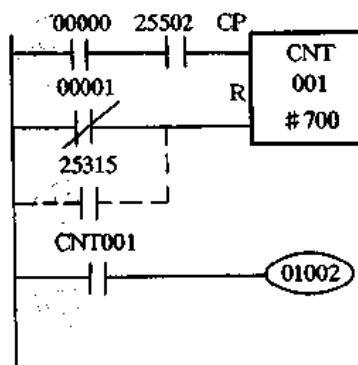


图 5-29 例 5-25 图

**例 5-26**

如图 5-30 所示, 利用 CNT001 和 CNT002 产生 20000 次计数器。开始由于 00002 常闭, 使 CNT001 和 CNT002 复位, 工作时将 00002 ON (常闭 OFF), 在 00000 与 00001 相与条件 ON 使 CNT001 计数, 计到 100 次时接点 ON 使 CNT001 复位。这样 CNT001 每计 100 次复位一次 CNT001 闭合一次 CNT002 计一次数, 当 CNT002 计 200 次 (即  $200 \times 100 = 20000$ ) 时 01003 ON, 共计数 20000 次。

**例 5-27**

如图 5-31 所示, 当 00000 ON 后, TIM001 计时 5s 使 01200 ON, 当 00000 为 OFF 时, 因 01200 保持 ON 使 TIM002 计时, 3s 使 01200 OFF 构造了一个延时接通、延时断开的 ON/OFF 延时电路。

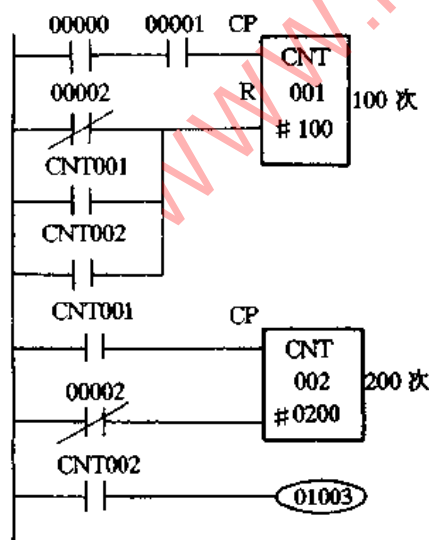


图 5-30 例 5-26 图

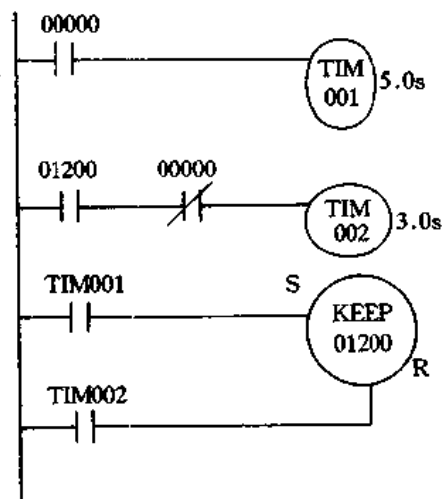


图 5-31 例 5-27 图

**例 5-28**

本例为点动定时器应用例。当 00000 ON 时 20000 ON 并自保, 同时接通 01010 使之 ON, 由于 20000 为 ON, TIM001 计时, 1.5s 后断开 01010 和 20000, TIM001 复位。当

00000 再 ON 时, 又重复上述过程, 可见无论 00000 信号长短, 总会使 01010 产生一个 1.5s 的信号。如图 5-32 所示。

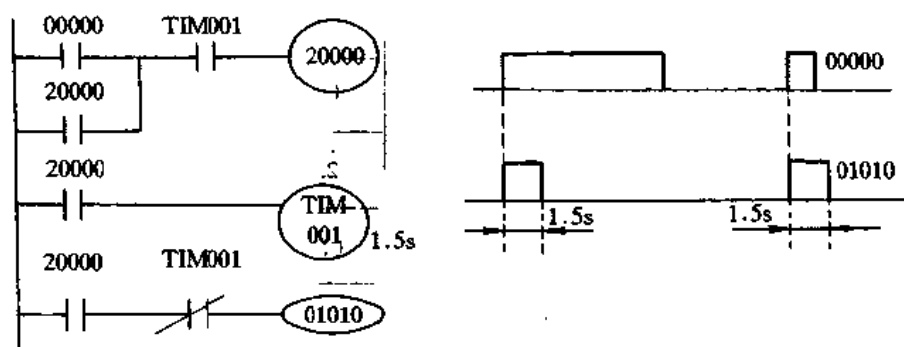


图 5-32 例 5-28 图

### 例 5-29

本例为振荡器应用例。01010 自动实现周期性振荡, 当 00000 ON 后, TIM001 计时 1s 后使 TIM002 计时, 并使 01010 ON, TIM002 计时 1.5s 后 ON 使 TIM001 复位, TIM002 复位, 01010 OFF, 又重复上述过程直到 00000 OFF 为止。如图 5-33 所示。

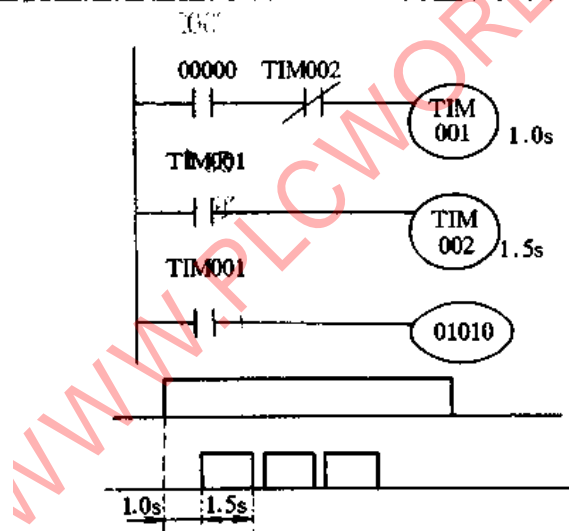


图 5-33 例 5-29 图

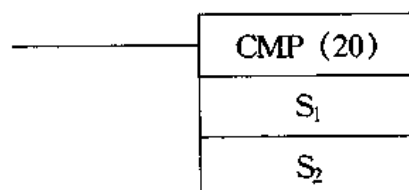
## 第三节 数据比较和传送指令

### 一、比较指令系统及举例

#### (一) CMP (20) 指令

格式: CMP (20) S<sub>1</sub>  
S<sub>2</sub>

符号:



$S_1$ 、 $S_2$  分别为第一操作数和第二操作数，或第一比较数和第二比较数，其范围为：000~019，200~255，HR00~HR19，AR00~AR15，LR00~LR15，TIM/CNT000~CNT127，DM0000~DM1023，6144~6655，\*DM0000~\*DM1023，6144~6655，#0000~FFFF。

功能：将  $S_1$  通道的内容或常数与  $S_2$  通道的内容或常数进行比较，当  $S_1 > S_2$  时 25505 置 ON，当  $S_1 = S_2$  时 25506 置 ON，当  $S_1 < S_2$  时 25507 置为 ON。

### 例 5-30

```

LD      00002
OUT     TR0
CMP (20) 20
        HR0

LD      TR0
AND     25505
OUT     01000

LD      TR0
AND     25506
OUT     01001

LD      TR0
AND     25507
OUT     01002

```

如图 5-34 所示，本例是内部辅助继电器 20CH 的通道内容与保持继电器通道 HR9 内容进行比较，它们的内容均为十六进制数，当比较结果第一数大于第二数时 01000 置为 ON，当两数相等时 01001 置 ON，当第一数小于第二数时 01002 置 ON。CPU 每扫描一次，CMP 就执行一次，若想只执行一次 CMP，应使用微分指令 DIFU 和 DIFD 指令。

例 5-31 就是采用 DIFU 使 20000 只 ON 一个周期，从而造成 010CH 与 #D9C5 比较一次，当相同时 25506 置 ON 使 01200 置 ON。如图 5-35 所示。

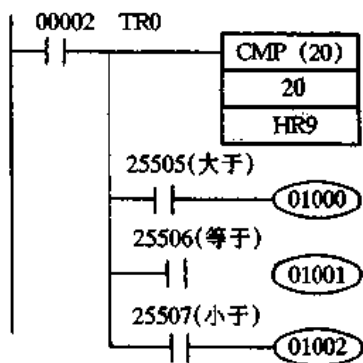


图 5-34 例 5-30 图

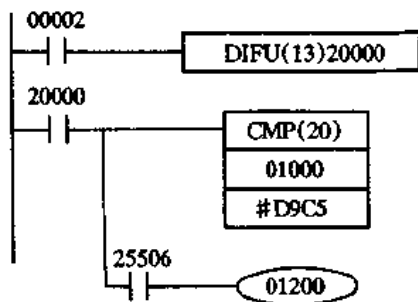


图 5-35 例 5-31 图

## 例 5-31

```

LD      00002
DIFU (13) 20000
LD      20000
CMP (20)   010
          #D9C5
AND      25506
OUT      01200

```

## (二) CMPL (60) 指令 (二字长比较指令)

格式: CMPL (60) S<sub>1</sub> 符号:  
                   S<sub>2</sub>  
                   000

CMPL
S <sub>1</sub>
S <sub>2</sub>
000

S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub> 分别为第一比较字第一字和第二比较字第一字, 取自 000~019, 200~254, HR00~HR18, AR00~AR14, TIM/CNT000~CNT126, DM0000~DM1022, 6144~6154, \*DM0000~\*DM1022, 6144~61540 要求 S<sub>1</sub>、S<sub>1</sub>+1 必须在同一数据区, S<sub>2</sub>、S<sub>2</sub>+1 必须在同一数据区。

功能: S<sub>1</sub>、S<sub>1</sub>+1 通道数据与 S<sub>2</sub>、S<sub>2</sub>+1 通道数据进行比较, 根据比较结果分别设置比较标志。第一比较字大于第二比较字时 25505 置 ON, 两者相等时 25506 置 ON, 第一比较字小于第二比较字时 25507 置 ON。

其中 S<sub>1</sub>+1、S<sub>1</sub> 连在一起为一个 8 位十六进制数, S<sub>1</sub>+1 为高位, S<sub>1</sub> 为低位; S<sub>2</sub>+1、S<sub>2</sub> 连在一起为一个 8 位十六进制数, S<sub>2</sub>+1 为高位, S<sub>2</sub> 为低位。

例 5-32 如图 5-36 所示。

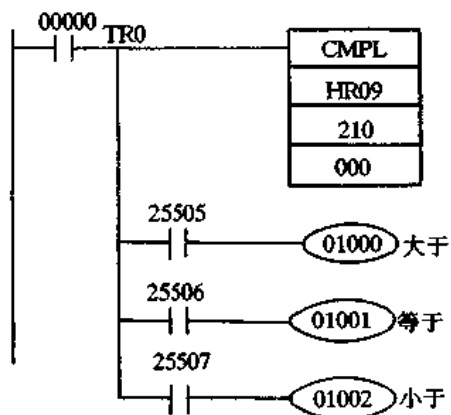


图 5-36 例 5-32 图

LD	0000
OUT	TR0
CMPL (60)	HR09
	210
	000
AND	25505
OUT	01000
LD	TR0
AND	25506
OUT	01001
LD	TR0
AND	25507
OUT	01002

将 HR10、HR09 的内容与 211CH、210CH 内容相比较，然后将比较结果输出。

ER 标志：\* DM 不是 BCD 格式、或 DM 区域超越边界，则 ER 为 ON。

(三) BCMP (68) 与 @BCMP (68) 指令 (块比较指令)

格式: BCMP

S  
T  
D

符号:

BCMP
S
T
D

S: 比较数, 取值于 000~019, 200~255, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, TIM/CNT000~CNT127, DM0000~DM1023, 6144~6655, \* DM0000~\* DM1023, 6144~6655, #0000~FFFF。

T: 数据块起始通道, 取值于 200~224, TIM/CNT000~CNT096, DM0000~DM0992, 6144~6623, \* DM0000~\* DM1023, 6144~6655。

D: 结果通道, 取值于 000~019, 200~252, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, DM0000~DM1023, \* DM0000~\* DM1023, 6144~6655。

功能: BCMP 首先指定一个用于比较数据的 S, 同时还指定一个以 T 为起始通道的数据块 (从 T~T+31) 共 32 个通道, 从 T 开始每两个相连的通道为一组, 共 16 组, 这 16 组中的 32 个数据由用户存放, 或随机存放。每组中第一个数为下限值, 第二数为上限值, 下限值必须小于或等于上限值, 用指定的比较数与各组比较, 若  $\text{下限} \leq S \leq \text{上限}$ , 则该组比较结果为 1, 否则为 0, 将结果 1 或 0 写入结果通道 D 中与该组对应的位上, 如图 5-37 所示。

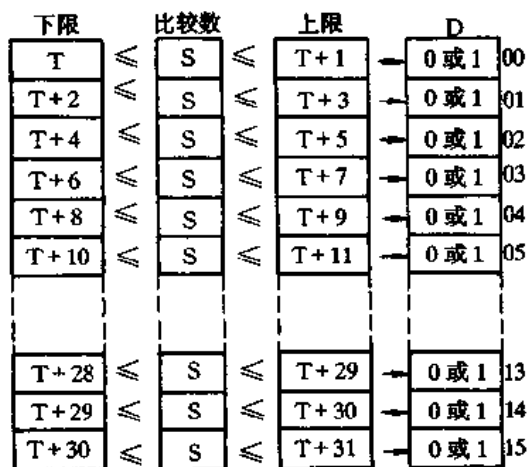
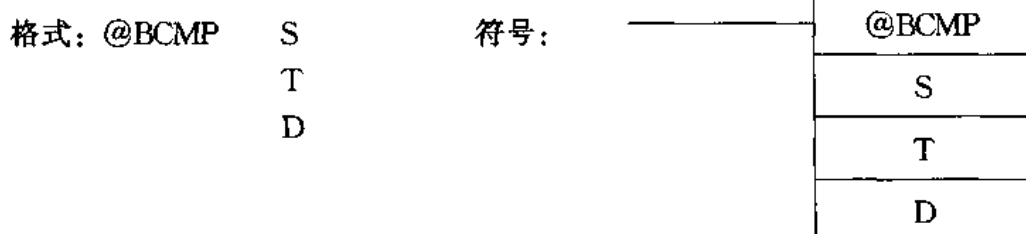


图 5-37 BCMP 功能说明



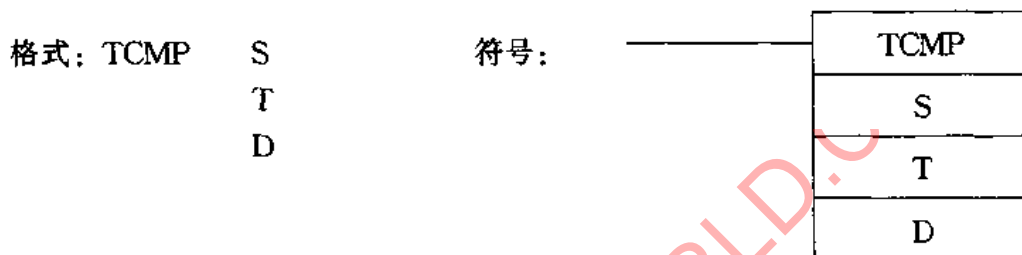
ER 标志：当  $T+31$  大于所在数据区号时，ER 置 1，当 \*DM 不存在时 ER 置 1。

在逻辑条件满足时 BCMP 指令每扫描一次执行一次，若想只执行一次可使用 @BCMP 指令，此指令除执行一次外，其余均与 BCMP 相同。



在 CPMIA 的指令系统中，带 @ 的指令很多，其作用与上述作用相同，不再赘述。

#### (四) TCMP (85) 与 @TCMP (85) (表比较指令)



S：比较数，数据来源于 000~019, 200~255 HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, TIM/CNT000~CNT127, DM0000~DM1023, 6144~6655, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655, #0000~FFFF。

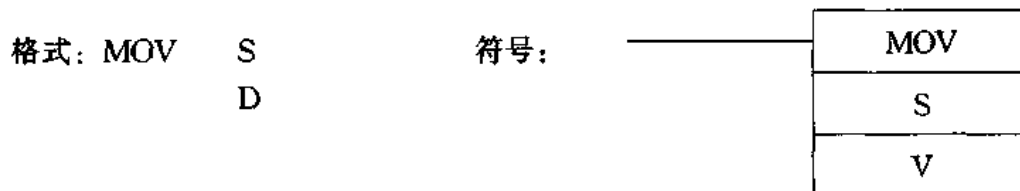
T：数据块起始通道号，数据来源于 000~004, 200~224 HR00~HR04 AR00, LR00, TIM/CNT000~CNT112, DM0000~DM1008, 6144~6640 \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

D：结果通道，数据来源于 000~019, 200~252, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, DM0000~DM1023, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

功能：TCMP 为表比较指令或表一致指令，首先给出一个比较数据 S，同时指出一个数据表，该表为 T~T+15 共 16 个连续通道，将比较数据 S 与数据表 T~T+15 中 16 个数据逐个比较，相等为 1，不相等为 0，将每个结果写入结果通道 D 中对应位上。

## 二、传送指令系统及举例

### (一) MOV (21) 与 @MOV (21) 指令



S：源数据，数据来源于 000~019、200~255、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、TIM/CNT000~CNT127、DM0000~DM1023、6144~6655、\*DM0000~\*DM1023、6144~6655、#0000~FFFF。

D：目的通道号，数据来源于 000~019、200~252、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、DM0000~DM1023、\*DM0000~\*DM1023、6144~6655。

功能：将源数据（指定通道的数据，或 4 位十六进制常数）传送到目的通道 D 中（某个指定通道），故称传送指令。

ER 标志：\*DM 的内容不是 BCD 格式，或 DM 区域超界。

EQ 标志：当传送到 D 的全为 0 时 ON。

MOV 指令每扫描一次，执行一次，  
@MOV 只执行一次。

例 5-33 如图 5-38 所示。

```
LD          0000
@MOV (21)   001
              HR05
```

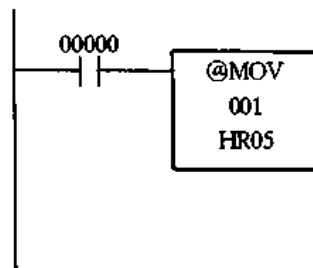


图 5-38 例 5-33 图

(二) MVN (22) 与 @MVN (22)

指令（求反传送指令）

格式：MVN     S                      符号：  
                  D

MVN (22)
S
D

S：源数据同 MOV 指令中的 S。

D：目的通道同 MOV 指令中的 D。

功能：与 MOV 指令相同，只是先将 S 内容求反，再传送到 D。

例 5-34

```
LD          0000
MOV (21)    001
              HR05
MVN (22)    HR05
              LR20
LD          0001
@MOV (21)   #F8C5
              DM0010
@MVN (22)   AR00
              HR10
```

当 00000 为 ON 时，MOV 将 001 通道内容拷贝到 HR05，MVN 将 HR05 逐位求反传到 LR20，此过程可在图 5-39b 中了解。

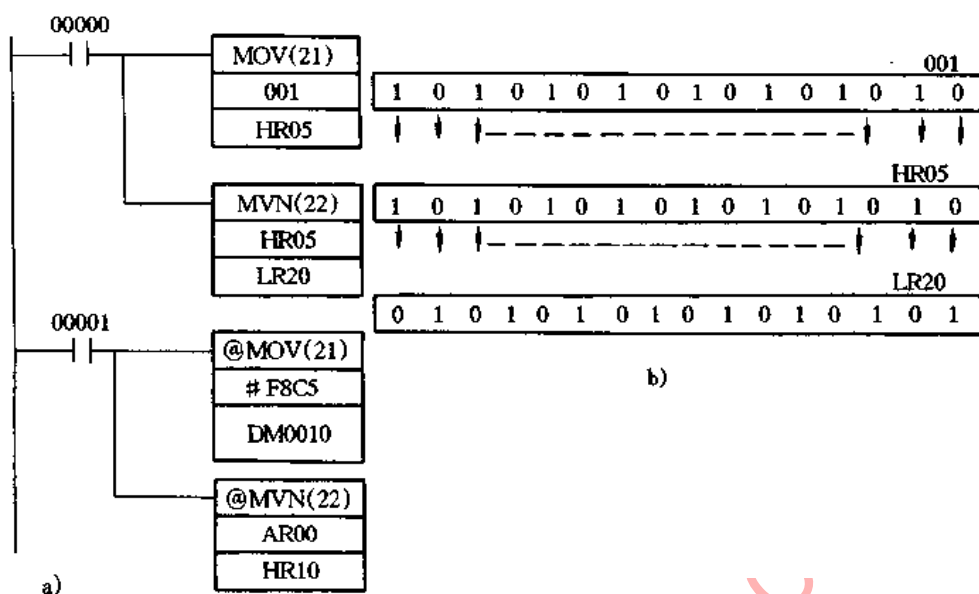


图 5-39 例 5-34 图

## (三) BSET (71) 与 @BSET (71) 指令 (程序段设定)

格式: BSET

S

符号:

 $D_1$  $D_2$ 

BSET
S
$D_1$
$D_2$

S: 源数据, 数据来源同 MOV 指令中 S。

 $D_1$ : 开始通道号, 数据来源同 MOV 指令中 D。 $D_2$ : 结束通道号, 数据来源同 MOV 指令中 D。

功能: BSET 为程序段设定指令, 又称多通道置数指令, 将一个通道的数据或一个常数传送到  $D_1 \sim D_2$  n 个连续通道中,  $D_1 \sim D_2$  必须在同一数据区且  $D_1 \leq D_2$ , BSET 可用来改变定时器/计数器的 SV 值, 而 MOV, MVN 则不能。

ER 标志:  $D_1, D_2$  不在同一数据区, 或  $D_1 > D_2$  则 ON。

## 例 5-35

LD 0000

BSET (71) #1234

DM0000

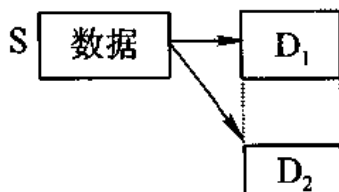
DM0511

LD 0001

@BSET (71) 211

TIM005

TIM005



当 00000 ON 时, 将数 1234 传送到 DM0000 ~ DM0511; 当 00001 ON 时, 将 211 通道的内容传送到 TIM005 作为其设定值 SV。

如图 5-40 所示。

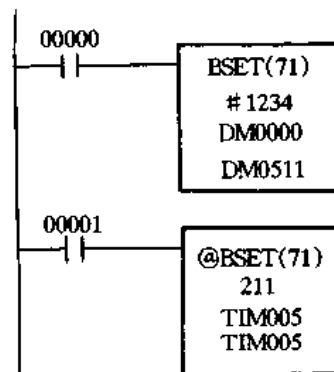


图 5-40 例 5-35 图

## (四) XFER (70) 与@XFER (70) (块传送)

格式: XFER	W	符号:	XFER
	S		W
	D		S
			D

W: 通道数量 (块长度), 数据来源为 000~019、200~255、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、TIM/CNT000~CNT127、DM0000~DM1023、6144~6655、\*DM0000~\*DM1023、6144~6655、#0000~9999 (BCD 字)。

S: 源数据块开始通道号, 数据来源同 W。

D: 目的数据块开始通道号, 数据来源于 000~019、200~255、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、DM0000~DM1023、\*DM0000~\*DM1023、6144~6655。

功能: XFER 称块传送指令或程序段传送指令, 将 W 个与 S 相邻通道的内容传送到 W 个与 D 通道相邻通道中去。S、D 可在同一数据区, 但两者不可重叠, W 为 BCD 数。

ER 标志: W 不是 BCD 数, W+S 大于 S 所在数据区, \*DM 内容不是 BCD 码, DM 超越界限均 ON。

## (五) XCHG (73) 与@XCHG (73) 指令 (数据变换)

格式: XCHG	D <sub>1</sub>	符号:	XCHG
	D <sub>2</sub>		D <sub>1</sub>
			D <sub>2</sub>

功能: 将 D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 数据交换。D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 数据来源于 000~019、200~252、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、TIM/CNT000~CNT127、DM0000~DM1023、\*DM0000~\*DM1023、6144~6655。

ER 标志: \*DM 内容不是 BCD 码或 DM 区超界。

## (六) DIST (80) 与@DIST (8) 指令

格式: DIST	S	符号:	DIST
	D		S
	C		D
			C

S: 源数据, 数据来源于 000~019、200~255、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、TIM/CNT000~CNT127、DM0000~DM1023、6144~6655、\*DM0000~\*DM1023、6144~6655、#0000~FFFF。

D: 目标基本字, 数据来源于 000~019、200~255、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、TIM/CNT000~CNT127、DM0000~DM1023、\*DM0000~\*DM1023、

6144~6655。

C: 控制字, 数据来源于 000~019、200~255、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、TIM/CNT000 ~ CNT127、DM0000 ~ DM1023、6144 ~ 6655、\* DM0000 ~ \* DM1023、6144~6655 控制字是 0000~9999 间的 BCD 码。

功能 1: 单字分配, 当控制字 C 的 12~15 位不是 9 时, C 的全部内容指定一个偏移量, DIST 将 S 内容送到 D+C 通道中, 这里 D 为通道号。要求 D 和 D+C 必须在同一数据区。

功能 2: 堆栈操作, 当控制字 C 的 12~15 位为 9 时, DIST 被用于堆栈操作, C 中除高位 9 外的其余字数 (000~999) 指定堆栈长度, D 的内容为堆栈指针, 通道 D~(D+堆栈长度数据), 构成堆栈区, DIST 指令将 S 通道内容存入 D+堆栈指针+1, 然后堆栈指针加 1。

#### (七) COLL (81) 与 @COLL (81) 指令

格式: COLL    S  
                 C  
                 D

符号:

COLL
S
C
D

S: 源基本字, 数据来源于 000~019、200~255、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、TIM/CNT000 ~ CNT127、DM0000 ~ DM1023、6144 ~ 6655、\* DM0000 ~ \* DM1023、6144~6655。

C: 控制字, 数据来源于 000~019、200~255、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、TIM/CNT000 ~ CNT127、DM0000 ~ DM1023、\* DM0000 ~ \* DM1023、6144 ~ 6655, 控制字内容是 0000~9999BCD 码数。

D: 目标字, 数据来源于 000~019、200~252、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、DM0000~DM1023、\* DM0000~\* DM1023、6144~6655。

功能: COLL 指令为数据取出指令, 依照控制字 C 的内容可用来进行数据收集, FIFO (先进先出) 堆栈操作, LIFO (后进先出) 堆栈操作。

数据收集: 当控制字 12~15 位为 0~7 时, COLL 用于数据收集, C 的全部内容为一个偏移量 0f。当执行条件 ON 时, COLL 拷贝 S+0f 通道的内容到 D, 其中 S+0f 指定源字, 要求 S 和 S+0f 必须是同一数据域。

FIFO 堆栈操作: 当 C 的 12~15 位为 9 时, COLL 用于 FIFO 堆栈操作, C 的其余 3 个数指定堆栈字个数 (000~999), S 的内容作堆栈指针。当执行条件 ON 时, COLL 把堆栈中的每一字向下 (标号较小的方向) 移动一个地址, 将 S+1 的数据 (堆栈中第一个值) 移到目标字 D 中, 然后堆栈指针 S 内容减 1。

除非使用差分 @COLL 或 COLL 与 DIFV 或 DIFD 一起使用, 否则每扫描一次 COLL 都执行一次。

LIFO 操作: 当 C 的 12~15 位为 8 时, COLL 执行 LIFO 操作, C 的其余 3 个数指定堆栈字个数 (000~999), S 内容作堆栈指针, 当执行条件 ON 后, COLL 拷贝 (S+堆栈指

针) 通道的内容存入 D 通道, S 通道的堆栈指针减 1, 堆栈指针是堆栈中唯一变化的字。

ER 标志: C 不是 BCD 码, \*DM 内容不是 BCD 码或 DM 超越边界, 堆栈操作时堆栈指针值超过堆栈长度, 试图在堆栈尾之后写入数据, 均使 ER 为 ON。

EQ 标志: 当 S 内容为 0 时 ON。

#### (八) MOVB 指令 FUN (82) (位传送)

格式:

MOVB    S  
         C  
         D

符号:

MOVB
S
C
D

S: 源字, 数据来源于 000~019、200~255、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、TIM/CNT000~CNT127、DM0000~DM1023、6144~6655、\*DM0000~\*DM1023、6144~6655、#0000~FFFF。

C: 位指定, 数据来源于 000~019、200~255、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、TIM/CNT000~CNT127、DM0000~DM1023、6144~6655、\*DM0000~\*DM1023、6144~6655、控制数据为 0000~9999BCD 码。

D: 目标字, 数据来源于 000~019、200~252、HR00~HR19、AR00~AR15、LR00~LR15、DM0000~DM1023、\*DM0000~\*DM1023、6144~6655。

功能: 当执行条件 ON 后, MOVB 拷贝 S 中指定位到 D 中指定位, 故称位传送, S 和 D 的位由 C 指定, C 的 0~7 指定源值位 (0~15), 8~15 指定目标位 (0~15)。

ER 标志: C 不是 BCD 格式或指出一个不存在位 (即位必须在 0~15) 之间, \*DM 内容不是 BCD 码, DM 区域边界被超越, 均使 ER ON。

#### (九) MOVD (83) 与 @MOVD (83) 指令 (数字传送或段传送)

格式:

MOVD    S  
         C  
         D

符号:

MOVD
S
C
D

S: 源字, 数据来源同 MOVB 中 S。

C: 数字位指定, 数据来源同 MOVB 中 C。

D: 目标字, 数据来源同 MOVB 中 D。

功能: MOVD 是数字传送指令, 一个数字是由 4 位二进制数描述的, 4 位二进制位称为段, 故又称为段传送指令。当执行条件 ON 时, 拷贝 S 中指定数字位到 D 中指定数字位, 一次最多可传 4 个数字, C 指定要拷贝的 S 中第一位数字位, 要拷贝的数字个数和接受拷贝的 D 中开始数字位 (目标位)。

无论 S 或 D, 从指定数字位开始按数字个数数位, 当数到最后一位时, 下一位回到 0 位接着数位。



ER 标志: C 每个数字不是 0~3, \* DM 内容不是 BCD 码或 DM 边界被超越则 ON。

### 例 5-36

在传送带上对工件进行正品检验, 将次品排除, 称为分检。工件在传送带上步进式前进, 工件在 0 号位接受 PH1 光电检测, 出现次品发出脉冲信号。在位置 4 安装有翻板由电磁阀 YV 控制, 正品通过时不动作, 次品通过时动作。将翻板打开, 次品掉入次品箱。当 PH2 检测次品掉下后重新将翻板闭合。在传送带传动轴上安装有一个凸轮。工件移动一步, 凸轮转动一周, 压下行程开关 ST 一次。图 5-41 为产品检验示意图。

将 PH1、PH2、ST 信号分别接入 PLC 的输入接点 00001、00002、00003, 并将输出接点 01000 分配给电磁阀 YV, 将输入接点 00005 分配给传送带停止信号。其梯形图如图 5-42 所示。

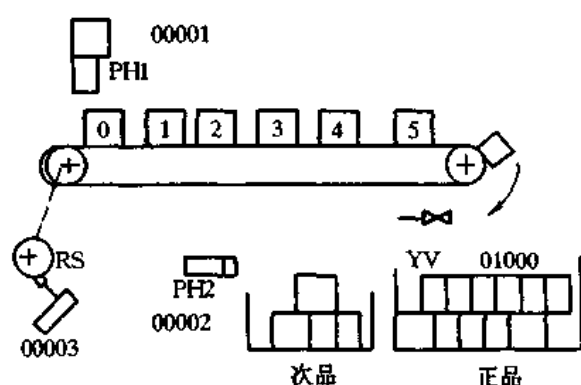


图 5-41 例 5-36 图 产品检验示意图

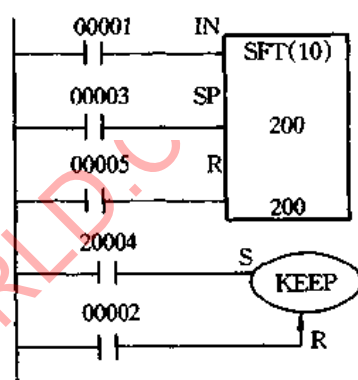


图 5-42 分检梯形图

LD	00001
LD	00003
LD	00005
SFT (10)	200
	200
LD	20004
LD	00002
KEEP (11)	01000

## 第四节 数据移位指令

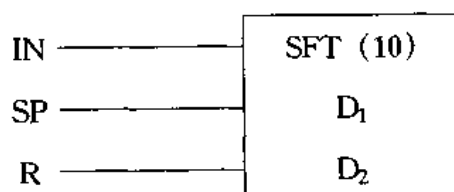
### 一、移位指令

#### (一) SFT 移位寄存器指令 FUN (10)

格式:

SFT (10)     D<sub>1</sub>  
                  D<sub>2</sub>

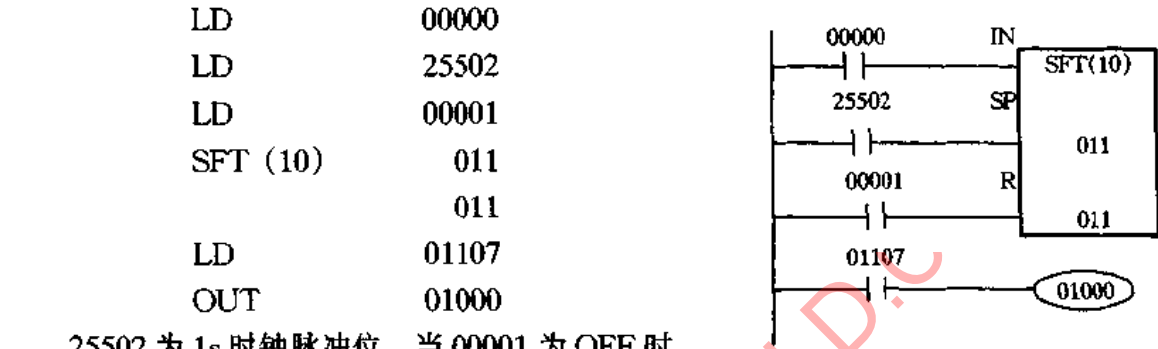
符号:



D<sub>1</sub>: 开始字, D<sub>2</sub>: 结束字, D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 的数据区域为 000 ~ 019, 200 ~ 252, HR000 ~ HR19, AR00 ~ AR15, LR00 ~ LR15, D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 必须是同类继电器

功能: SFT 由三个执行条件控制。IN 为输入 (0 或 1)。SP 为时钟。R 为复位。构成一个串行输入 1 位寄存器。在 SP 时钟上升沿 D<sub>1</sub> ~ D<sub>2</sub> 中所有数均向高位移动 1 位, 最高位溢出。最低位由 IN 补入。(当 IN 为 ON 时补 1。当 IN 为 OFF 时补 0)。当 R 为 ON 时, D<sub>1</sub> ~ D<sub>2</sub> 所有位均复位。当 D<sub>1</sub> 和 D<sub>2</sub> 相同时, 则为一个 16 位移位寄存器。SFT (10) 不影响标志位。

例 5-37



25502 为 1s 时钟脉冲位, 当 00001 为 OFF 时, SP 每个上升沿即将其 00000 的状态移入 011 通道。当 01107 为 1 时, 01000 ON。如图 5-43 所示。

图 5-43 例 5-37 图

(二) WSFT (16) 与 @WSFT (16) 指令 (字移位)



## (三) ASFT (17) 与@ASFT (17) 指令 (非周期移位或异步移位)

格式:

@ASFT    C  
          D<sub>1</sub>  
          D<sub>2</sub>

符号:

@ASFT
C
D <sub>1</sub>
D <sub>2</sub>

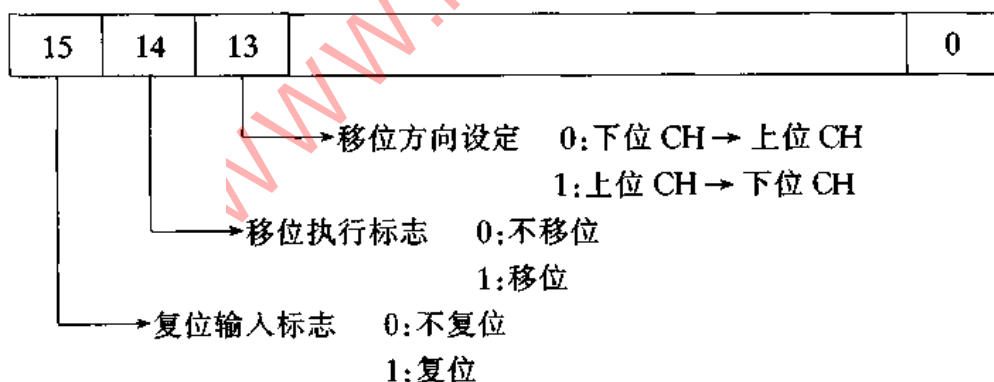
C: 控制字, 数据来源于 000~019, 200~252, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, DM0000~DM1023, 6144~6655, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

D<sub>1</sub>: 开始字, D<sub>2</sub>: 结束字, 数据来源于 000~019, 200~252, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, DM0000~DM1023, 6144~6655, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655

功能: ASFT 为非周期移位寄存器或异步移位寄存器, 要求 D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 在同一数据区, 且 D<sub>2</sub> ≥ D<sub>1</sub>, 在执行条件 ON 时, ASFT 用来产生一个 D<sub>1</sub>~D<sub>2</sub> 的可逆异步字移位寄存器。有两种移位方法: 一种是寄存器中凡非 0 字的下一字为 0 时, 该字就和下一字 0 互换 (若该非 0 字下面有几个连续为 0 的字时也只交换一个字), 若寄存器中没有 0 字, 则不移位, 另一种是凡非 0 字上一字为 0 时该字就和上一字 0 交换, 其它与前一种移位方法相同。移位方法 (即下一字是较高字还是较低字) 由 e 指定, C 也用来重设寄存器。

C 的 0~12 位不用, 位 13 为移位方向置位, 13 ON 时向下移位 (向低地址字), OFF 时向上移位 (向高地址字), 位 14 为允许移位位, 置位 14ON 时允许移位, 按位 13 操作, OFF 时则不允许移位。位 15 是复位位, 当 ON 时, D<sub>1</sub>~D<sub>2</sub> 被复位为 0, 当 OFF 时正常操作。

C:



如果使用非差分形式, ASFT 每次扫描都将进行数据移位, 若避免这样请使用差分形式 @ASFT。

ER 标志: D<sub>1</sub>D<sub>2</sub> 不在同一数据区, 或 D<sub>1</sub> > D<sub>2</sub> 或 DM 字不存在。

## (四) ASL (25) 与@ASL (25) 指令 (1 位左移)

格式:

@ASL    D

符号:

@ASL
D

D 移位字，数据域：000～019、200～252、HR00～HR19、AR00～AR15、LR00～LR15、DM0000～DM1023、\*DM0000～\*DM1023、6144～6655

功能：ASL 为 1 位左移指令，当执行条件 ON 时，ASL 把 D 各位左移 1 位，位 15 移入 CY，00 位补 0。

ER 标志：间接寻址 DM 字存在。

CY 标志：接收 15 位状态。

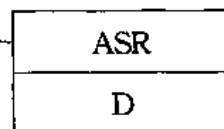
EQ 标志：当 D 全为 0 时 ON。

(五) ASR (26) 与 @ASR (26) 指令 (1 位右移)

格式：

ASR D

符号：



D 移位字，数据域同 ASL。

功能：ASR 为 1 位右移指令，当执行条件 ON 时，ASR 将 D 每 1 位右移一位，位 15 补 0，位 0 移出的存入 CY，若不使用差分，每扫描一次执行一次。

ER 标志：间接寻址 DM 字不存在。

CY 标志：接收 D 的 00 位状态。

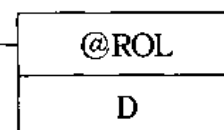
EQ 标志：当 D 全为 0 时 ON。

(六) ROL (27) 与 @ROL (27) 指令 (1 位左循环)

格式：

ROL D

符号：



D：移位字，数据域同 ASL

功能：1 位左循环移位指令。当执行条件 ON 时，ROL 将 D 所有位左移 1 位，CY 移入 00，位 15 移入 CY。在循环操作前利用 STC (41) 指令（设置进位指令）设置 CY 状态或用 CLC (41) 指令（差分进位位）清除 CY 状态以确保循环时 CY 为恰当状态。

ER 标志：间接寻址 DM 不存在。

CY 标志：接收 15 位数据。

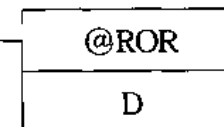
EQ 标志：当 D 全为 0 时 ON。

(七) ROR (28) 与 @ROR (28) 指令 (1 位右循环)

格式：

@ROR D

符号：



D 循环字，数据域同 ASL。

功能：1 位右循环指令，当执行条件 ON 时，ROR 将 D 所有位右移 1 位，CY 移入位 15，位 00 移入 CY。在循环不操作前利用 STC 或 CLC 设置或清除 CY 状态，以确保循环时 CY 为恰当状态。

ER 状态：间接寻址不存在。

CY 状态：接收 00 位数据。

EQ 状态：D 全为 0 时 ON。

## (八) SLD (74) 与@SLD (74) 指令 (段左移)

格式:

@SLD     $D_1$   
           $D_2$

符号: \_\_\_\_\_

@SLD
$D_1$
$D_2$

 $D_1$ : 开始字, 数据域同 ASL 中  $D$ 。 $D_2$ : 结束字, 数据域同 ASL 中  $D$ 。

功能: SLD 为桁左移指令或一段 (4 位) 左移指令。当执行条件 ON 时, SLD 指令将  $D_1 \sim D_2$  数据按一个数字 (4 比特) 为单位移向左侧,  $D_1$  最右数字写入 0,  $D_2$  最左数字丢失。要求  $D_1$ 、 $D_2$  在同一数据区且  $D_1 \leq D_2$ ,  $D_1 \sim D_2$  间不要超过 50 个字, 否则可能出现电源失败, 完不成移位。SLD 每扫描一次执行一次, 而@SLD 只执行一次。

ER 标志:  $D_1$ 、 $D_2$  不在同一数据区, 或  $D_1 > D_2$ , 或间接寻址 \* DM 不存在或 DM 超介, 均 ON。

## (九) SRD (75) 与@SRD (75) 指令 (段右移)

格式:

SRD     $D_1$   
           $D_2$

符号: \_\_\_\_\_

SRD
$D_1$
$D_2$

 $D_2$ : 开始字, 数据域同 ASL 中  $D$ 。 $D_1$ : 结束字, 数据域同 ASL 中  $D$ 。

功能: SRD 为桁右移指令或一段 (4 位) 右移指令, 当执行条件 ON 时 SRD 指令将  $D_1 \sim D_2$  数据按一个数字 (4 比特) 为单位移向右侧, 0 写入  $D_1$  左侧,  $D_2$  右侧数字丢失。要求  $D_1$ 、 $D_2$  必须在同一数据区且  $D_1 \leq D_2$ , 当执行超过 50 字长的数据移位时, 可能发生电源失败, 完不成移位操作。使用非差分形式时, 每次扫描都移一个 0 到  $D_1$  最左数字位, 若只想移入一次要使用@SRD 指令或组合使用 DIFU 或 DIFD。

ER 标志:  $D_1$ 、 $D_2$  不在同一数据区或  $D_1 > D_2$ , 间接寻址 DM 不存在。

## (十) SFTR (84) 与@SFTR (84) 指令 (可逆移位)

格式:

@SFTR    C  
           $D_1$   
           $D_2$

符号: \_\_\_\_\_

@SFTR
C
$D_1$
$D_2$

C 控制字: 数据域为 000 ~ 019、200 ~ 252、HR00 ~ HR19、AR00 ~ AR15、LR00 ~ LR15、DM0000 ~ DM1023、6144 ~ 6655、\* DM0000 ~ \* DM1023、6144 ~ 6655。

$D_1$ : 开始字,  $D_2$ : 结束字, 数据域为 000 ~ 019、200 ~ 252、HR00 ~ HR19、AR00 ~ AR15、LR00 ~ LR15、DM0000 ~ DM1023、6144 ~ 6655、\* DM0000 ~ \* DM1023、6144 ~

6655。D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 必须在同一数据区域且 D<sub>1</sub>≤D<sub>2</sub>。

功能：SFTR 为可逆移位寄存器指令，用来产生单一或多 0 字节的移位寄存器。该寄存器即可左移又可右移，当 D<sub>1</sub> = D<sub>2</sub> 时为单一寄存器。控制字 C 提供移位方向、移入位的状态、移位脉冲和重设置。

ER 标志：D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 不在同一数域或 D<sub>1</sub> > D<sub>2</sub> 或间接寻址 DM 不存在。

CY 标志：左移时接收 D<sub>2</sub> 位 15 状态。右移时接收 D<sub>1</sub> 位 00 状态。

二、移位指令举例

例 5-39 如图5-45所示。

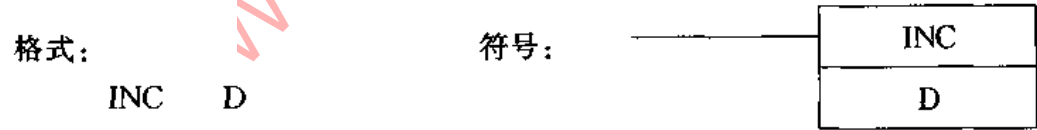


图 5-45 例 5-39 图

第五节 递增递减指令系统及特殊指令

一、递增递减指令系统

(一) INC (38) 与@INC (38) 指令（递增指令）



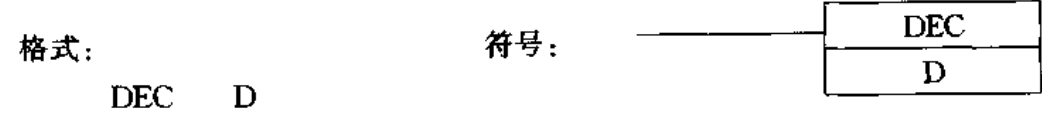
D：增量字，数据域为 000～019，200～252，HR00～HR19，AR00～AR15，LR00～LR15，DM0000～DM1023，\*DM0000～\*DM1023，6144～6655，D 内容为 BCD 码。

功能：当执行条件 ON 时，在不影响进位标志 CY 条件下，将 D 内容加 1，故称递增指令。

ER 标志：D 内容不是 BCD 码或间接寻址时 DM 不存在。

EQ 标志：当结果为 0 时 ON。

(二) DEC (39) 与@DEC (39) 指令（递减指令）





D: 减量字, 数据域同 INC。

功能: 当执行条件 ON 时, 在不影响进位标志下将 D 内容减 1, 故称递减指令。

ER 标志: 同 INC。

EQ 标志: 同 INC。

## 二、特殊指令系统

### (一) STC (40) 与 @STC (40) 指令 (设置进位位)

格式: STC (40)

符号:

STC (40)

功能: 当执行条件 ON 时, STC 将 CY 标志 (SR25504) 置为 ON, 故称设置进位位指令。

### (二) CLC (41) 与 @CLC (41) 指令 (复位进位位)

格式: CLC (41)

符号:

CLC (41)

功能: 复位进位位指令, 当执行条件 ON 时, CLC 将 CY 标志 (SR25504) 置为 OFF。

## 第六节 运算指令

### 一、算术运算指令

#### (一) ADD (30) 与 @ADD (30) 指令 (加法指令)

格式:

ADD     $S_1$   
          $S_2$   
         D

符号:

ADD (30)

$S_1$

$S_2$

D

$S_1$ : 被加数字 (BCD),  $S_2$ : 加数字 (BCD), 数据域为 000~019, 200~255, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, TIM/CNT000~CNT127, DM0000~DM1023, 6144~6655, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655, #0000~9999 (BCD)。

D: 结果字, 数据域为 000~019, 200~255, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, DM0000~DM1023, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

功能: ADD 为 BCD 加法指令, 当执行条件 ON 时, 将  $S_1$  通道数据或常数与  $S_2$  通道数据和常数进行相加,  $(S_1 + S_2 + CY \rightarrow D_1, CY)$  结果送 D, 若结果大于 9999 则 CY 为 ON。

ER 标志:  $S_1$  或  $S_2$  不是 BCD 数, 或间接寻址 DM 不存在。

CY 标志: 结果有进位时 ON。

EQ 标志: 结果为 0 时则 ON。

## (二) SUB (31) 与 @SUB (31) 指令 (减法指令)

格式:

@SUB (31)      S<sub>1</sub>  
                  S<sub>2</sub>  
                  D

符号:

@SUB (31)
S <sub>1</sub>
S <sub>2</sub>
D

S<sub>1</sub>: 被减数字, S<sub>2</sub>: 减数字, 数据域同 ADD 中 S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>。

D: 结果字, 数据域同 ADD 中 D。

功能: 当执行条件 ON 时, 将 S<sub>1</sub> 通道数据或常数与 S<sub>2</sub> 通道数据或常数相减, 再减去 CY 内容送入 D 中, 若结果为负, 则置 CY 为 ON 并将实际结果用 10 的补码放入 D, 为了转换成真实结果, 还要从 0 减去 D 中内容。

ER 标志: S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub> 不是 BCD 码, 间接寻址 DM 不存在均 ON。

CY 标志: 当结果为负时 ON。

EQ 标志: 结果为 0 时 ON。

例 5-40 如图 5-46 所示。

```

LD      00002
OUT     TR0
CLC (41)
@SUB (31) 010
          DM0100
          HR10
AND     25504
CLC (41)
@SUB (31) #0000
          HR10
          HR10
LD      TR0
AND     25504
OR      HR1100
OUT     HR1100

```

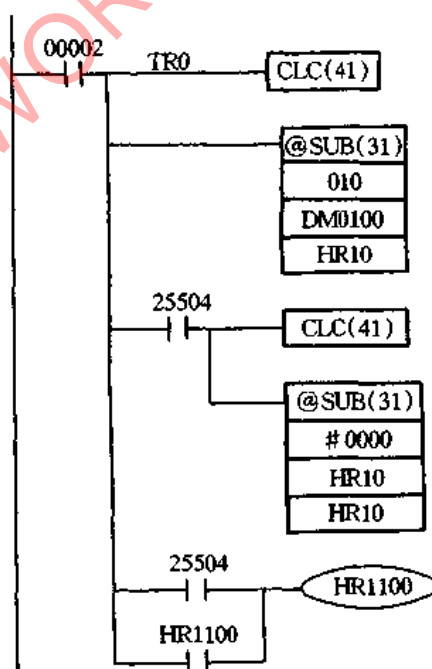


图 5-46 例 5-40 图

当 00002 为 ON 时, 首先清 CY 位。将 010-DM0100-CY 送入 HR10。若 CY 为 ON 则 25504 为 ON。显示为一个负数, 为了获得正确结果, 需用 0-HR10 存入 HR10 中, HR1100 为 ON 表示负数。

若 CY 为 OFF 则 25504 为 OFF 表示结果为正, HR10 为正常结果, HR1100 也不需 ON。

## (三) MUL (32) 与 @MUL (32) 指令 (乘法指令)

格式:		符号:	MUL (32)
	MUL (32)	$S_1$	$S_1$
		$S_2$	$S_2$
		D	D

$S_1$ : 被乘数,  $S_2$ : 乘数, 数据域为 000 ~ 019, 200 ~ 255, HR00 ~ HR18, AR00 ~ AR15, LR00 ~ LR15, TIM/CNT000 ~ CNT127, DM0000 ~ DM1023, 6144 ~ 6655, \*DM0000 ~ \*DM1023, 6144 ~ 6655, #0000 ~ 9999 (BCD)。

D: 第一结果字, 数据域为 000 ~ 018, 200 ~ 255, HR00 ~ HR18, AR00 ~ AR14, LR00 ~ LR14, DM0000 ~ DM1022, \*DM0000 ~ \*DM1023, 6144 ~ 6655

功能: BCD 乘法指令, 当执行条件 ON 时, 将  $S_1$  通道数据或常数与  $S_2$  通道数据或常数相乘, 结果送入 D+1 和 D 中, D+1 为上位, D 为下位, 当结果为 0 时 EQ 标志 ON。

ER 标志:  $S_1$ 、 $S_2$  不是 BCD 码, 或间接寻址 DM 不存在。

CY 标志: 当结果有进位时 ON。

EQ 标志: 当结果为 0 时 ON。

## (四) DIV (33) 与 @DIV (33) 指令 (除法指令)

格式:		符号:	@DIV (33)
	@DIV (33)	$S_1$	$S_1$
		$S_2$	$S_2$
		D	D

$S_1$ : 被除数字,  $S_2$ : 除数字, 数据域同乘法 MUL 中  $S_1$ 、 $S_2$ 。

D: 第一结果字, 数据域同 MUL 中 D。

功能: BCD 除法指令, 当执行条件 ON 时,  $S_1 \div S_2$  结果放入 D 和 D+1, D 放商, D+1 放余数。

ER 标志:  $S_1$ 、 $S_2$  不是 BCD 数, 间接寻址 DM 不存在时 ON。

EQ 标志: 当结果为 0 时 ON。

例 5-41 如图 5-47 所示。

```
LD      00000
DIV (33) 018
          HR09
          DM0017
```

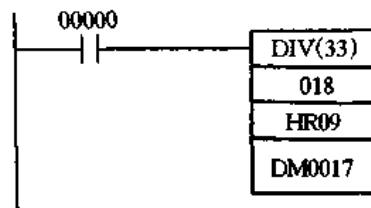


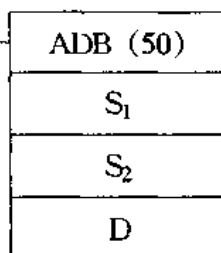
图 5-47 例 5-41 图

## (五) ADB (50) 与@ADB (50) 指令 (二进制加法指令)

格式:

ADB (50)      $S_1$   
                   $S_2$   
                  D

符号:



$S_1$ : 被除数,  $S_2$ : 加数, 数据域为 000 ~ 019, 200 ~ 255, HR00 ~ HR19, AR00 ~ AR15, LR00 ~ LR15, TIM/CNT000 ~ CNT127, DM0000 ~ DM1023, 6144 ~ 6655, \* DM0000 ~ \* DM1023, 6144 ~ 6655, #0000 ~ FFFF。

D: 结果字, 数据域为 000 ~ 019, 200 ~ 252, HR00 ~ HR19, AR00 ~ AR15, LR00 ~ LR15, DM0000 ~ DM1023, \* DM0000 ~ \* DM1023, 6144 ~ 6655

功能: ADB 为二进制加法指令, 当执行条件 ON 时, ADB 将  $S_1$  通道数据或常数与  $S_2$  通道数据或常数进行二进制加法运算  $S_1 + S_2 + CY \rightarrow D$ , CY。

当结果大于 FFFF 时置 CY 为 ON。计算结果超过 32767 (7FFF) 时, 下溢出标志 25504 (CY) 为 ON。计算结果超过 32768 (8000) 时, 上溢出标志 25505 为 ON。D 通道为 0000 时 25506 (=) 置 ON。

ER 标志: 间接寻址 DM 不存在时 ON。

CY 标志: 结果大于 FFFF 时 ON。

EQ 标志: 当结果为 0 时 ON。

例 5-42 如图 5-48 所示。

```

LD      0000
OUT     TR0
CLC (41)
ADB (50)  010
           010
           DM0100
           HR10
AND NOT 25504
MOV (21) #0000
           HR11

LD      TR0
AND     25504
MOV (21) #0001
           HR11
  
```

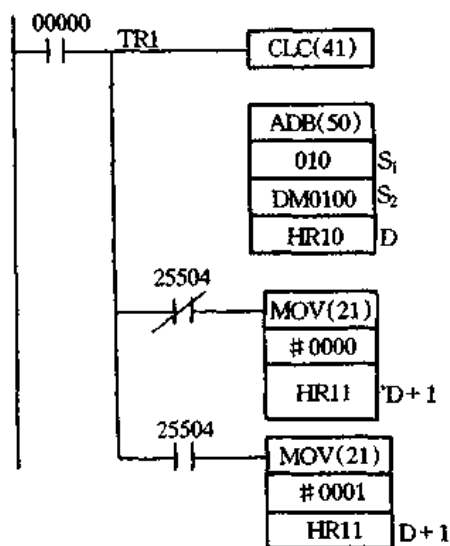


图 5-48 例 5-42 图

将 010 与 DM0100 相加存入 HR10, 若没进位, HR11 为 0, 有进位, HR11 为 1。HR11, HR10 构成 5 位十六进制数。

## (六) SBB (51) 与 @SBB (51) 指令 (二进制减法指令)

格式:

@SBB (51)       $S_1$   
                      $S_2$   
                     D

符号:

@SBB (51)
$S_1$
$S_2$
D

$S_1$  为被减数,  $S_2$  为减数, 数据来源同 ADB 中  $S_1$ 、 $S_2$ 。

D: 结果字, 同 ADB 中 D。

功能: 二进制减法指令, 当执行条件 ON 时,  $S_1$  通道数据或常数与  $S_2$  通道数据或常数进行二进制减法,  $(S_1 - S_2 - CY = D, CY)$ , 结果放入 D 中, 当结果为负时, CY 为 ON, D 中为二进制补码。减算结果超过 32768 (7FFF) 时, 下溢出标志 25504 为 ON, 减算结果超过 32768 (8000) 时, 上溢出标志 25505 为 ON。

ER 标志: 间接寻址不存在时 ON。

CY 标志: 结果为负时 ON。

EQ 标志: 结果为 0 时 ON。

例 5-43 如图 5-49 所示。

```

LD      0000
OUT     TR1
CLC (41)
SBB (51)  002
          LR10
          HR11
AND NOT 25504
MOV (21) #0000
          HR12
LD      TR1
AND     25504
MOV (21) #0001
          HR12
SBB (51) #0001
          HR11
          HR11
  
```

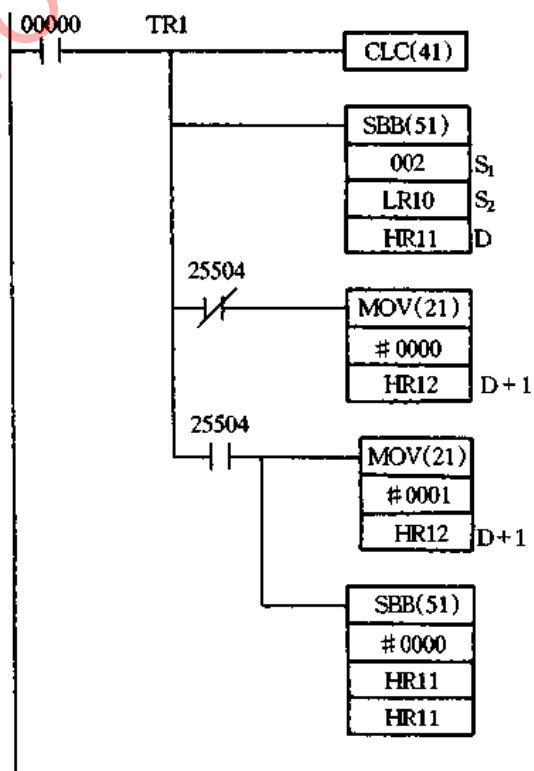


图 5-49 例 5-43 图

当 00000 为 ON 时, CY 清 0,  $[002] - [LR10] - [CY] \rightarrow [HR11]$ ,  $[CY]$ 。

CY 为 0 时, 25504 OFF, HR12 为 0。

CY 为 1 时, 25504 ON, HR12 为 1, 并将 HR 11 中补码转为实际值。

## (七) MLB (52) 与 MLB (52) 指令 (二进制乘法指令)

格式:	符号:	MLB (52)
MLB (52)	$S_1$	$S_1$
	$S_2$	$S_2$
	D	D

$S_1$ : 被乘数,  $S_2$ : 乘数, 数据域为 000 ~ 019, 200 ~ 255, HR00 ~ HR19, AR00 ~ AR15, LR00 ~ LR15, TIM/CNT000 ~ CNT127, DM000 ~ DM1023, 6144 ~ 6655, \* DM0000 ~ \* DM1023, 6144 ~ 6655, #0000 ~ FFFF

D: 第一结果字, 数据域为 000 ~ 019, 200 ~ 251, HR00 ~ HR18, AR00 ~ AR14, LR00 ~ LR14, DM0000 ~ DM1022, \* DM0000 ~ \* DM1023, 6144 ~ 6655。

功能: 二进制乘法指令, 当执行条件 ON 时, MLB 将  $S_1$ 、 $S_2$  相乘结果存入 D+1 和 D 中 ( $S_1 \times S_2 \rightarrow [D+1] [D]$ )。

$$\begin{array}{r} S_1 \\ \times S_2 \\ \hline [D+1] [D] \end{array}$$

ER 标志: 间接寻址 DM 不存在时 ON。

EQ 标志: 当结果为 0 时 ON。

## (八) DVB (53) 与 @DVB (53) 指令 (二进制除法指令)

格式:	符号:	@DVB (53)
@DVB (53)	$S_1$	$S_1$
	$S_2$	$S_2$
	D	D

$S_1$ : 被除数 (二进制),  $S_2$ : 除数 (二进制), 数据域同 MLB 中  $S_1$ 、 $S_2$ 。

D: 第一结果字, 数据域同 MLB 中 D。

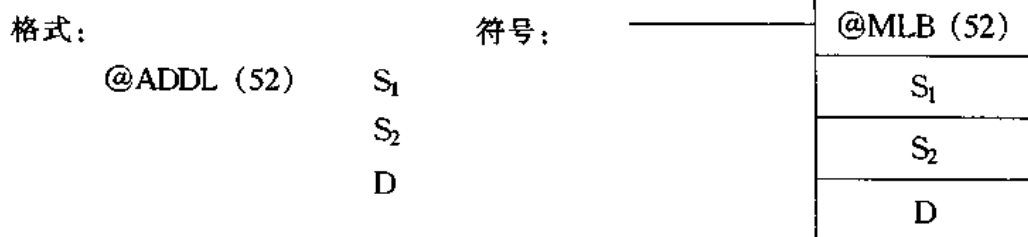
功能: 二进制除法指令, 当执行条件 ON 时 DVB 将  $S_1 \div S_2$  的结果放入 D 和 D+1 中, D 中为商, D+1 中为余数。

$$\begin{array}{r} [D] [D+1] \\ \overline{) S_1} \\ S_2 \end{array}$$

ER 标志:  $S_2$  为 0 时 ON, 间接寻址 DM 不存在时 ON。

EQ 标志: 结果为 0 时 ON。

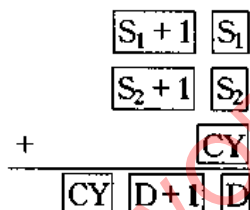
## (九) ADDL (54) 与 @ADDL (54) 指令 (双位 BCD 加法)



S<sub>1</sub>: 第一个被加数字, S<sub>2</sub>: 第一个加数字, 数据域为 000~018, 200~254, HR00~HR18, AR00~AR14, LR00~LR14, MTIM/CNT000~CNT126, DM0000~DM1022, 6144~6654, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

D: 第一结果字, 数据域为 000~018, 200~251, HR00~HR18, AR00~AR14, LR00~LR14, DM0000~1022, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

功能: 双位 BCD 加法指令, 当执行条件为 ON 时, ADDL 将 S<sub>1</sub>+1、S<sub>1</sub> 中 8 位数字与 S<sub>2</sub>+1、S<sub>2</sub> 中 8 位数字相加, 再加上 CY, 结果存入 D+1、D 中, 当结果大于 99999999 时, CY 被置为 ON。



ER 标志: S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> 中不是 BCD 格式间接寻址 DM 不存在。

CY 标志: 结果有进位时 ON。

EQ 标志: 结果为 0 时 ON。

#### 例 5-44

```

LD      00000
CLC (41)
@ADDL (54)
      LR 10
      DM 0010
      HR 10
@ADD (30)
      LR12
      DM0012
      HR12
@ADB (50)
      #0000
      #0000
      HR13
  
```

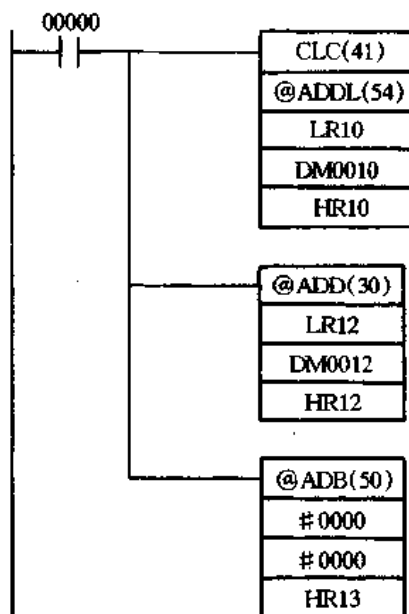


图 5-50 例 5-44 图



## (十) SUBL (55) 与@SUBL (55) 指令 (倍长减法指令)

格式:

SUBL (55)      S<sub>1</sub>  
                   S<sub>2</sub>  
                   D

符号:

SUBL (55)
S <sub>1</sub>
S <sub>2</sub>
D

S<sub>1</sub>: 第一被减数, S<sub>2</sub>: 第一减数, 数据域同 ADDL 中 S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>。

D: 第一结果字, 数据域同 ADDL 中 D。

功能: BCD 倍长减法指令, 当执行条件 ON 时, SUBL 将 S<sub>1</sub>、S<sub>1</sub> + 1 的 8 位数与 S<sub>2</sub>、S<sub>2</sub> + 1 的 8 位数相减, 再减 CY, 结果放入 D, D + 1 中, 若结果为负, CY 置位, 且结果为十进制补码, 若想转换为正常结果, 需用 0 减 D、D + 1 的内容。由于 8 位常数不能直接输入, 使用程序段设定 BSET (71) 指令产生 8 位常数。

ER 标志: S<sub>1</sub>, S<sub>1</sub> + 1, S<sub>2</sub>, S<sub>2</sub> + 1 不是 BCD 数, 或间接寻址 DM 不存在。

CY 标志: 结果为负时 ON。

EQ 标志: 结果为 0 时 ON。

例 5-45 如图 5-51 所示。

```

LD          00003
OUT         TR0
CLC (41)
@SUBL (55)  HR10
            220
            DM0100

AND         25504
@BSET (70)  #0000
            DM0000
            DM0001

CLC (41)
@SUBL (55)  DM0000
            DM0100
            DM0100

LD          TR0
AND         25504
OR          HR1100
OUT         HR1100
  
```

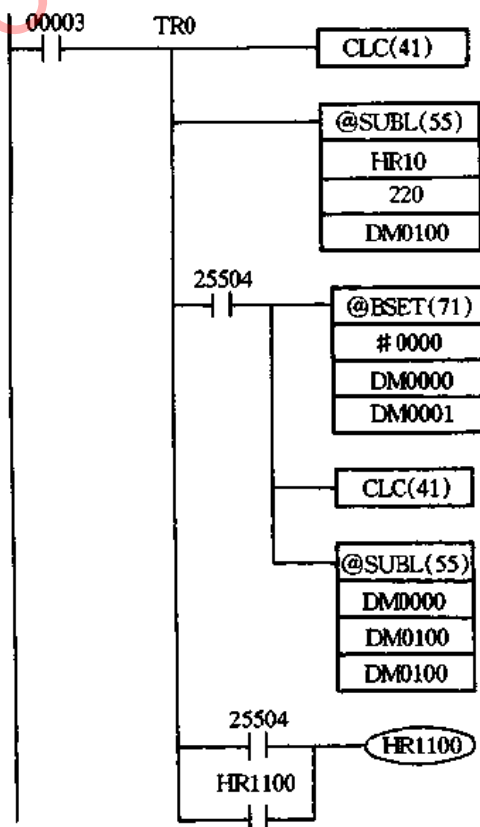


图 5-51 例 5-45 图

## (十一) MUL (56) 与@MULL (56) 指令 (倍长乘法指令)

格式:

MUL (56)      S<sub>1</sub>  
                  S<sub>2</sub>  
                  D

符号:

MULL (56)
S <sub>1</sub>
S <sub>2</sub>
D

S<sub>1</sub>: 第一被乘数字, S<sub>2</sub>: 第一乘数字, 数据域为 000~018, 200~254, HR00~HR18, AR00~AR14, LR00~LR14, TIM/CNT000~CNT126, DM0000~DM1022, 6144~6654, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

D: 第一结果字, 数据区域 000~016, 200~249, HR00~HR16, AR00~AR12, LR00~LR12, DM0000~DM1021, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

功能: BCD 倍长乘法指令, 当执行条件 ON 后, MULL 把 S<sub>1</sub>, S<sub>1</sub>+1 中 8 位数与 S<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>+1 中 8 位数相乘, 结果放入 D~D+3 中。

ER 标志: S<sub>1</sub>, S<sub>1</sub>+1, S<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>+1 不是 BCD 数, 或间接寻址 DM 不存在。

CY 标志: 当结果有进位时 ON。

EQ 标志: 结果为 0 时 ON。

(十二) DIVL (57) 与 @DIVL (57) 指令 (倍长除法指令)

格式:

DIVL (57)      S<sub>1</sub>  
                  S<sub>2</sub>  
                  D

符号:

DIVL (57)
S <sub>1</sub>
S <sub>2</sub>
D

S<sub>1</sub>: 第一被除数字, 数据域同 MUL 中 S<sub>1</sub>。

S<sub>2</sub>: 第一除数字, 数据域同 MUL 中 S<sub>2</sub>。

D: 第一结果字, 数据域同 MUL 中 D。

功能: BCD 倍长除法指令, 当执行条件 ON 时, DIVL 将 S<sub>1</sub>, S<sub>1</sub>+1 被除数除以 S<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>+1, 结果放入 D, D+1 中, 余数放入 D+2, D+3 中。

ER 标志: S<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>+1 为 0, 或 S<sub>1</sub>, S<sub>1</sub>+1, S<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>+1 不是 BCD 数, 或间接寻址不存在。

EQ 标志: 结果为 0 时 ON。

## 二、逻辑运算指令

(一) COM (29) 与 @COM (29) 指令 (求反指令)

格式: COM (29)      D

符号:

COM (29)
D

D: 求反字, 数据域为 000~019, 200~252, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, DM0000~DM1023, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

功能：位反相指令或求反指令，当执行条件 ON 时，COM 将 D 中数据逐位反相。

初始：

1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

反码：

0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ER 标志：间接寻址不存在 ON。

EQ 标志：结果为 0 时 ON。

(二) ANDW (34) 与 @ANDW (34) 指令 (字与指令)

格式：	ANDW (34)	S <sub>1</sub>	符号：	ANDW (34)
		S <sub>2</sub>		S <sub>1</sub>
		D		S <sub>2</sub>
				D

S<sub>1</sub>：输入 1，S<sub>2</sub>：输入 2，数据域为 000 ~ 019，200 ~ 255，HR00 ~ HR19，AR00 ~ AR15，LR00 ~ LR15，TIM/CNT000 ~ CNT127，DM0000 ~ DM1023，6144 ~ 6655，\* DM0000 ~ \* DM1023，6144 ~ 6655，# 0000 ~ FFFF。

D：结果字，数据域为 000 ~ 019，200 ~ 252，HR00 ~ HR19，AR00 ~ AR15，LR00 ~ LR15，DM0000 ~ DM1023，\* DM0000 ~ \* DM1023，6144 ~ 6655。

功能：当执行条件 ON 时，ANDW 以通道数据为单位将 S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub> 按位进行逻辑“与”，并把结果存入 D 中。

S<sub>1</sub>:

15

00

1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

S<sub>2</sub>:

15

00

0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

D:

15

00

0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ER 标志：间接寻址 DM 不存在。

EQ 标志：结果为 0 时 ON。

(三) ORW (35) 与 @ORW (35) 指令 (字或指令)



D

1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ER 标志: 间接寻址 DM 不存在。

EQ 标志: 结果为 0 时 ON。

(五) XNRW (37) 与 @XNRW (37) 指令 (字同或指令)

格式: XNRW (37)	S <sub>1</sub>	符号: _____	XNRW (37)
	S <sub>2</sub>		S <sub>1</sub>
	D		S <sub>2</sub>
			D

S<sub>1</sub>: 输入 1, S<sub>2</sub>: 输入 2, 数据域同 ANDW S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>。

D: 结果字, 数据域同 ANDW 中 D。

功能: 异或非指令或字同或指令, 当执行条件 ON 时, 将 S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub> 通道内容逐位逻辑同或 (异或非), 把结果存入 D 中。  $S_1 \cdot S_2 + \bar{S}_1 \cdot \bar{S}_2 \rightarrow D$ 。

S<sub>1</sub>:

1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

S<sub>2</sub>:

0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

D:

0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ER 标志: 间接寻址 DM 不存在。

EQ 标志: 结果为 0 时 ON。

## 三、特殊运算指令

BCNT (67) 与 @BCNT (67) 指令 (位计数指令)

格式: BCNT (67)	W	符号: _____	BCNT (67)
	S		W
	D		S
			D

W: 字数, 数据域为 000 ~ 019, 200 ~ 252, HR00 ~ HR19, AR00 ~ AR15, LR00 ~ LR15, TIM/CNT000 ~ CNT127, DM0000 ~ DM1023, 6144 ~ 6655, \* DM0000 ~ \* DM1023, 6144 ~ 6655, 常数 (BCD)

S: 源起始字, 数据域与 W 相同, 只是没有常数。

D: 目标字, 数据域为 000~019, 200~252, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, DM0000~DM1023, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

功能：位计数指令或位增量指令，当执行条件为 ON 时，BCNT 计数 S 和 S + (W - 1) 之间的所有字中为 ON 的位的总数，将结果存入 D 中。

ER 标志: W 不是 BCD 数或 W 为 0 或 S 和 S+ (W-1) 不在同一数据域或计数结果超过 9999 或间址 DM 不存在均 ON。

EQ 标志：结果为 0 时 ON。

#### 四、数据变换指令

(一) BIN (23) 与@BIN (23) 指令 (BCD→BIN 变换指令)

格式: BIN (23) S 符号:  
D

BIN (23)
S
D

S: 源字, 数据域为 000 ~ 019, 200 ~ 255, HR00 ~ HR19, AR00 ~ AR15, LR00 ~ LR15, TIM/CNT000 ~ CNT127, (仅 BCD → BIN), DM0000 ~ DM1023, 6144 ~ 6655, \*DM0000 ~ \*DM1023, 6144 ~ 6655。

D: 结果字, 数据域为 000~019, 200~252, HR00~HR19, AR00~AR15, DM0000~DM1023, 6144~6655。

功能：BCD→BIN 变换指令，当执行条件 ON 时，BIN (23) 将 S 中 BCD 码变为数值相等的二进制码存于 D 中 (S 中 BCD 码不变)。

ER 标志：S 中不是 BCD 码，间接寻址 DM 不存在。

EQ 标志：当结果为 0 时 ON。

## (二) BCD (24) 与@BCD (24) 指令 (BIN...BCD 变换指令)

格式: @BCD (24) S 符号:  
D

@BCD (24)
S
D

S: 源字, 数据域同 BIN 中 S。

D: 结果字, 数据域同 BIN 中 D。

功能：BIN→BCD 变换指令，当执行条件 ON 时，BCD 指令转换 S 中二进制数为数值相等 BCD 数，输出至 D 中（S 中二进制数不变）。若 S 中内容超过 207F，转换结果将超过 9999，将无法执行转换。

ER 标志：S 大于 207F，间接寻址 DM 不存在。

EQ 标志：当结果为 0 时 ON。

### (三) MLPX (76) 与 @MLPX (76) 指令 (4~16 译码指令)

格式：	符号：	MLPX (76)
MLPX (76)	S	S
	K	K
	D	D

S: 源字, 数据域为 000~019, 200~255, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, TIM/CNT000~CNT127, DM0000~DM1023, 6144~6655, \* DM0000~\* DM1023, 6144~6655。

K: 数位指定, 数据域为 000~019, 200~255, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, TIM/CNT000~CNT127, DM0000~DM1023, 6144~6655, \* DM0000~\* DM1023, 6144~6655。

D: 第一结果字, 数据域为 000~019, 200~255, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, DM0000~DM1023, 6144~6655, \* DM0000~\* DM1023, 6144~6655。

功能: 4~6 译码指令, 当执行条件 ON 时, MLPX 将 S 中的 4 位十六进制数的 n 位 (n=0~3) 分别译成十进制数, 并在 D, D+1, ...D+n 通道中分别将与十进制数相应的比特位置位。译码桁数 n 和变换开始桁号由 K 决定。具体细节就参阅手册。

ER 标志: K 的内容错或 D+n 后超过数据区或间接寻址不存在均 ON。

### (四) DMPX (77) 与 @DMPX (77) 指令 (16~4 编码器)

格式：	符号：	@DMPX (77)
@DMPX (77)	S	S
	D	D
	K	K

S: 第一源字, 数据域同 MPLX 中 S。

D: 结果字, 数据域同 MPLX 中 D。

K: 数位指定, 数据域为 000~019, 200~255, HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, TIM/CNT000~CNT127, DM0000~DM1023, 6144~6655, \* DM0000~\* DM1023, 6144~6655。

功能: DMPX 为 16~4 编码器, 当执行条件 ON 时, DMPX (77) 找出 S~S+n 通道中各自为 ON 的最高位, 把最高位的序号用 1 位十六进制数表示, 然后传送这个十六进制数到 D 中指定数字位。指定的数字位由 K 指定, 同时 K 还指定要编码的数字个数 n。具体细节请参阅手册。

### (五) ASC (86) 与 @ASC (86) 指令 (ASCII 变换指令)



格式:

@ASC (86) S

D

K

符号:

@ASC (86)

S

D

K

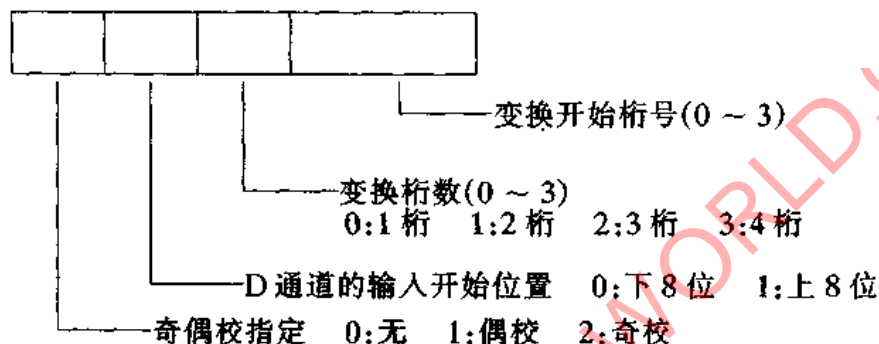
S: 源字, 数据域同 MLPX 中 S。

K: 数位指定, 数据域同 MLPX 中 K。

D: 第一目标字, 数据域同 MLPX 中 D。

功能: ASCII 码变换指令, 当执行条件 ON 时, 转换源字 S 中指定 n 个数字 (4 比特为一个数字) 分别变换成等价的 8 位 (8 比特) ASCII 代码并将其结果顺序放入从 D 开始的指定字中, 这些指定字均由 K 控制。

K:



下面给出由 K 控制的从 4 位二进制数到 8 位 ASCII 数转换的例子, 如图 5-52 所示。

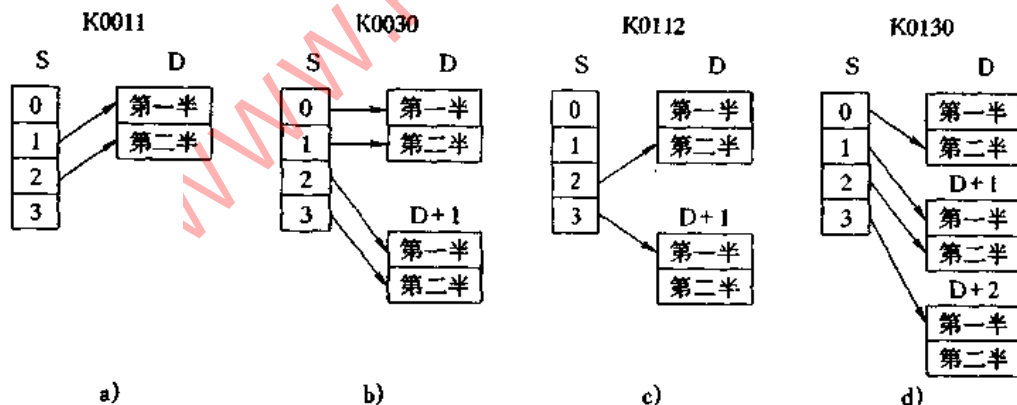


图 5-52 4 位二进制数到 8 位 ASCII 数转换举例示意图

图 a 中  $K=0011$ , 变换数为二行, 变换开始号为 1, 由输入 D 开始位置为下 8 位, (即 D 中 0~8 位) S 中 1 号数字转换成 8 位 ASCII 码后放在 D 中第一半中, S 中 2 号数字转换后放入 D 中第二半中。

图 b 中,  $K=0030$ , 变换数为 4 行, 即 S 中全部转换, 变换开始号为 0。输入 D 开始位

置为下 8 位 (即第一半), 故 S 中 0 号、1 号分别放入 D 中第一半、第二半, S 中 2 号、3 号转换后分别放入 D+1 中第一半、第二半中。

图 c 图 d, 读者自己分析。

奇偶校验: 每个 ASCII 码字符 (两个数字) 最左边的位可按奇或偶校验自动调整, 若不进行校验, 其位总是 0, 当指定偶检验时, 最左边位自动调整 0 或 1, 保证 ON 位总数为偶数, 例如 ASCII “31” (00110001) 将改为 (10110001) 校验准为 ON。例如, ASCII “36” (00110110) 将不变, 校验位为 OFF, 校验位状态不影响 ASCII 代码的意义。当指定奇校验时, 每个 ASCII 字符最左边位自动调整, 以便总数 ON 数为奇数。

ER 标志: K 不正确或目标数据区超界或间接寻址 DM 不存在。

## 第七节 控制指令

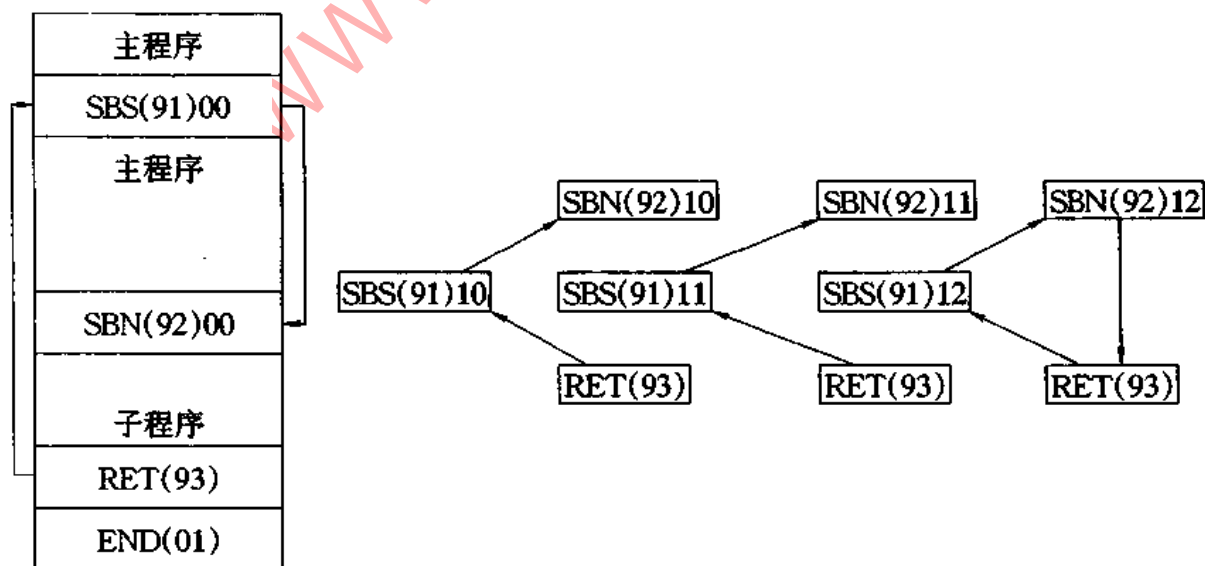
### 一、子程序控制指令

#### (一) SBS (91) 与 @SBS (91) 指令 (子程序调用)

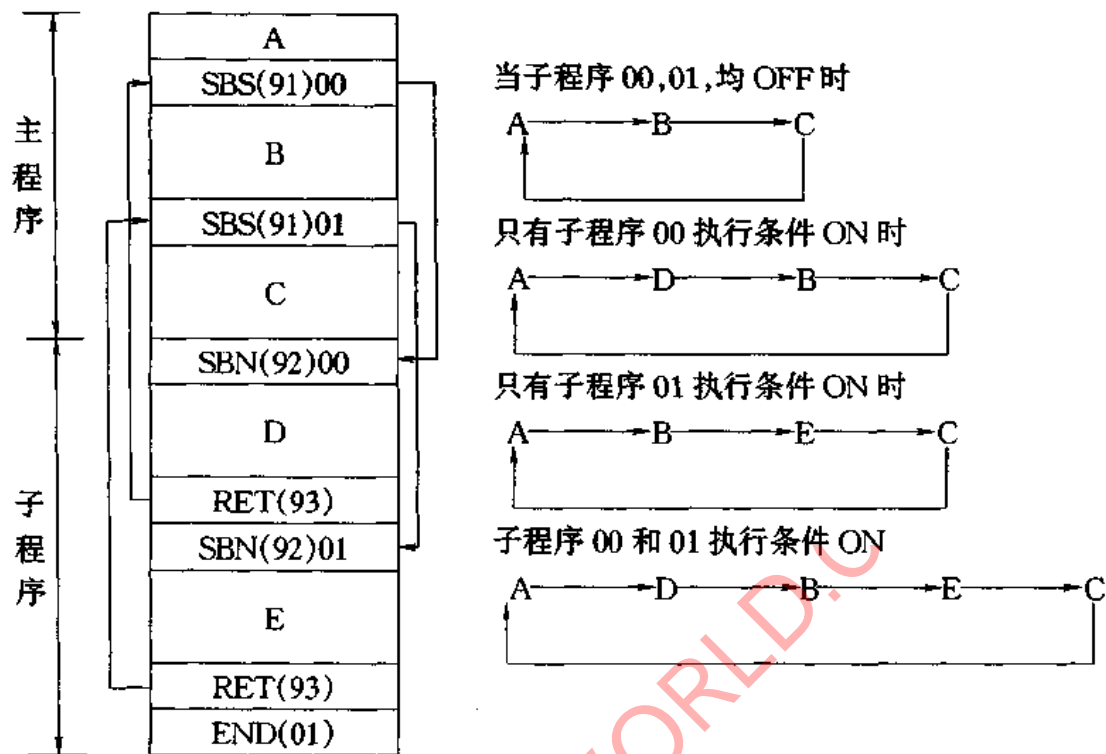
格式: @SBS (91) NO      符号: ——— @SBS (91) NO

NO: 子程序号, 000~049。

功能: 子程序调用指令, 在主程序需要子程序的点上放上 SBS (91) 就可执行子程序。SBS (91) 使用的子程序号指示需要的子程序。当执行条件 ON 时, 具有相同子程序号的 SBN (92) 和后面的第一 RET (93) 之间的指令被调入执行, 之后返回到产生调用的 SBS (91) 后的指令执行, 在主程序的不同地方可调用同一子程序。SBS (91) 也可放在子程序中, 以使程序执行从一个子程序转到另一个子程序即子程序可以嵌套, 当第二个子程序执行完 (即到了 RET (93)) 程序回到初始子程序。继续执行, 执行完后再回到主程序。但子程序不可调用自己。下面显示一个两级嵌套, 供读者参考, 这样的嵌套可达 16 层。



下面显示的为两 SBS (91) 在不同执行条件下的程序流图。



ER 标志：指定子程序号的一个子程序不存在或调用自己。

(二) SBN 指令 FUN (92), RET 指令 FUN (93)

格式：SBN (92) NO 符号：—— SBN (92) NO

RET (93)

NO：子程序号，000~049。

—— RET (93)

功能：SBN 为子程序开始指令，RET (93) 为子程序返回指令，每个子程序用 NO 标记，称为定义子。END 必须放在最后一个子程序末尾，即最后一个 RET (93) 之后。若 SBN (92) 被错误的放在主程序中，它将阻止执行过此点，即遇到 SBN (92) 程序将返回开头。当子程序使用 DIFD 或 DIFU 时，操作数不会被置成 OFF，要保持到下次执行子程序才置成 OFF。该指令不影响标志位。

(三) MCRO 指令 FUN (99)

格式：MCRO (99) NO 符号：——

S

D

MCRO (99)
NO
S
D

NO: 子程序号, 000~049

S: 第一输入字, 数据域为 000~016, 200~252, HR00~HR16, AR00~AR12, LR00~LR12, TINM/CNT000~CNT124, DM0000~DM1020, 6144~6652, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

D: 第一输出字, 数据域为 000~016, 200~249, HR00~HR16, AR00~AR12, LR00~LR12, TINM/CNT000~CNT124, DM0000~DM1020, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

功能: MCRO 为宏指令, 允许用一个子程序替换多个具有相同结构但不同操作数的子程序, PLC 中对 MCRO 分配了四个输入字 232~235, 和四个输出字 236~239, 当子程序被执行时, 这八个字被子程序使用, 并从  $S_1 \sim S_1 + 3$ ,  $D \sim D + 3$  中取得字的内容。当执行条件 ON 时, MCRO (99) 拷贝  $S_1 \sim S_1 + 3$  的内容到 232~235, 拷贝  $D \sim D + 3$  的内容到 236~239, 然后调用和执行标记为 NO 的子程序, 当执行完子程序时, 236~239 的内容再拷贝到  $D \sim D + 3$  中。

例 5-46 如图 5-53 所示。

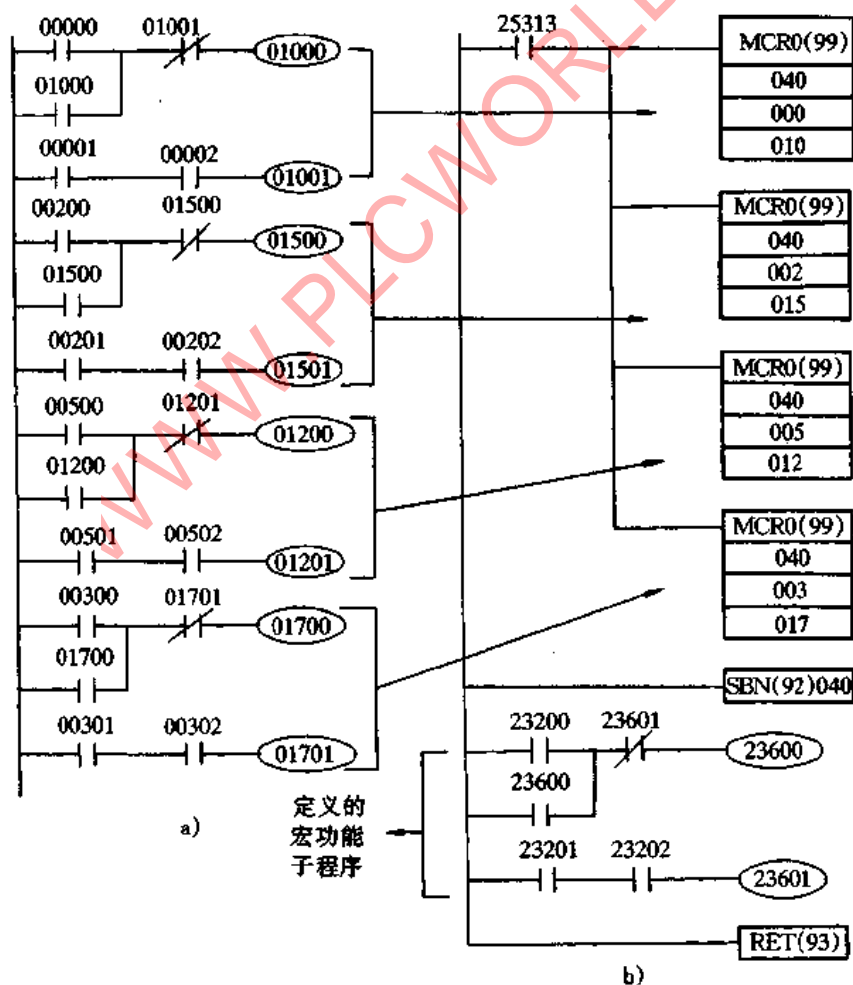


图 5-53 例 5-46 图

a) 没使用宏指令 b) 使用宏指令

注意：当 MCRO 没有使用时，230~235，236~239 可做它用。用于宏指令的每个执行字是四个连续的由第一输入字开始的字和四个由第一输出字开始的字，在上例中使用了一个输入字和一个输出字。规定的输入输出必须正确地相应于子程序中使用的字。

ER 标志：指定的子程序号不存在，操作数超越数据域边界，间接寻址 DM 不存在，子程序自己调用自己，均使之 ON。

## 二、工程步进控制指令

格式：STEP (08)

符号：

STEP (08)

STEP (08) S

STEP (08) S

SNXT (09) S

SNXT (09) S

S：控制位或程序编号，数据域为 00000~01915，20000~25215，HR0000~HR1915，AR0000~AR1515，LR0000~LR1515。

在实际控制系统中，相当数量的控制属于顺序控制。比如机械手的控制，它一个动作一个动作的执行，一个动作的结束是另一个动作的开始，直到结束。因此对应的程序也是一段一段的，每一段对应一些特定的动作，通常称为程序段。步进指令 STEP 和 SNXT 适于在大型程序中为各程序段建立连接点，使之按指定的顺序分别执行各段程序。

功能：STEP (08) S 和 SNXT (09) S 用来定义步进程序段，每个步进程序段必须由 SNXT (09) S 开头，其后用一条具有相同 S 的 STEP (08) S 指令，然后才是该程序段的指令集。各步进程序段可顺序排列，一系列步进程序段编好后最后要紧跟一条 SNXT (09) S 指令，其中 S 无意义，可用任何未被系统采用过的位号，在这条指令之后还要用不带编号 S 的 STEP (08) 指令来标志这一系列程序段的结束。CPU 执行到每个步进段开头的 SNXT (09) S 时，先为该程序段复位前面程序段使用过的定时器，并对前面使用过的数据区清零。STEP (08) S 则标志以 S 为使能信号的程序段开始。

若程序段编号 S 采用 HR 或 AR，可以掉电保护。在步进程序中，END，IL (02)，ILC (03)，JMP (04)，JME (05)，SBN (92) 不可使用。

例 5-47 如图 5-54 所示。

LD	00000
SNXT (09)	LR1000
STEP (08)	LR1000
LD	00001
SNXT (09)	LR1001
STEP (08)	LR1001
LD	00002
SNXT (09)	1003
STEP (08)	

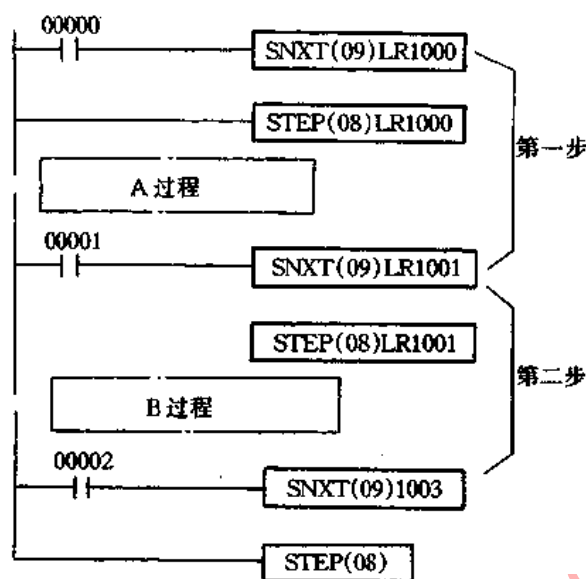


图 5-54 例 5-47 图

读者应注意步进指令的使用方法。STEP (08) S 定义该程序段开始，不要求执行条件，它的执行由控制位 S 决定，与该 S 相同编号的 SNXT (09) S 用来激活该 S，所以 SNXT 一定在 STEP 的前面，而且需要执行条件。在本例中，当 00000 变为 ON 时，SNXT LR1000 激活 S (LR1000)，使具有相同编号的以 STEP (08) S (LR1000) 开始的程序段被执行，在执行之前 SNXT 还将复位前一段程序段使用过的定时器和数据区。SNXT (09) S 不一定紧靠 STEP (08) S，中间可以有一些其它指令，只要在 STEP (08) S 之前即可。

本例最后 STEP (08) 没有控制位 S，说明步进程序结束，在它之前有一个 SNXT (09) 1003，这是个带虚拟控制位 (1003) 的 SNXT (09)，它不能用作 STEP (08) 的控制位。简单地说，在本例中，当 00000 为 ON 时，开始执行 LR1000 程序段，当 00001 为 ON 时，开始执行 LR1001 程序段，此时被 LR000 程序段用过的数据区状态如下：输入输出 HR，AR，LR 均 OFF，定时器复位，计数器、移位寄存器和 KEEP 指令所用位均保持原状态。当 00002 为 ON 时，LR1001 程序段执行结束，LR1001 程序段用过的数据区状态除计数的移位器和 KEEP 用过的位保持原状态外，其余均复位，这些都是 SNXT (09) 1003 的作用，但它不能再激活没有控制位的 STEP (08)。当下一个 SNXT (09) 被执行或该控制条件 OFF 时，该步执行就结束。控制位 S 必须在一个字中且必须相连，除用于控制位外，不可他用。标志 25407 是步开始标志。当 STEP (08) 被执行时，该位产生一个扫描周期的 ON，故可用它复位各步计数器，也可作为进入步进程序的初始化信号。

#### 例 5-48

分支控制：如图 5-55 所示，在该系统中，A 过程和 B 过程只能选择一个，选择哪一个取决于工件重量检测结果，而不论 A 过程还是 B 过程都要选择 C 过程。

分支控制的特点是 n 个并行通路只能选择一个通道执行。

#### 例 5-49 如图 5-56 所示。

并行控制：如图 5-57 所示，两个工件送入，一个经 A、B 过程进入 E，另一个经过 C、

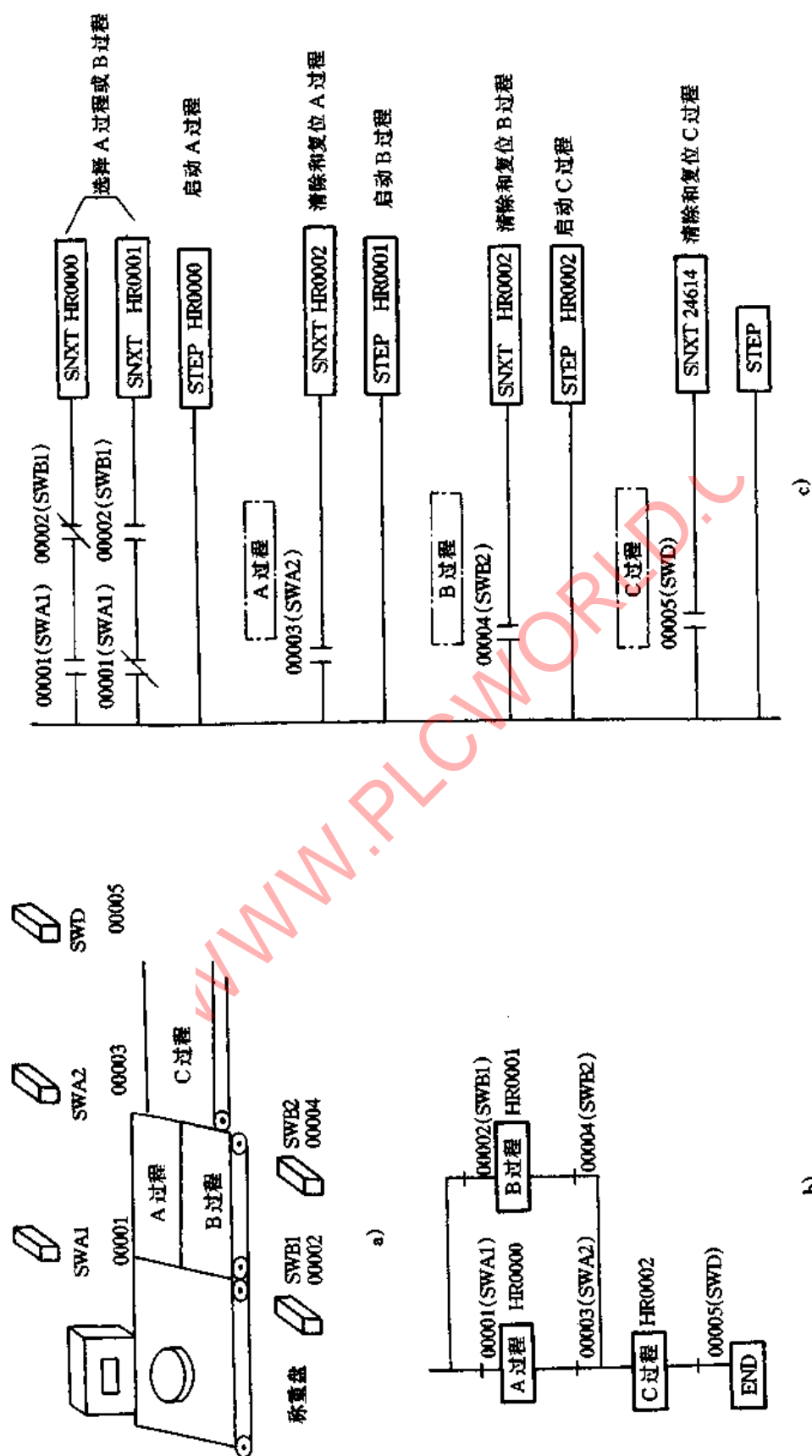


图 5-55 例 5-48 分支控制图、流程图及梯形图

a) 分支控制图 b) 流程图 c) 梯形图



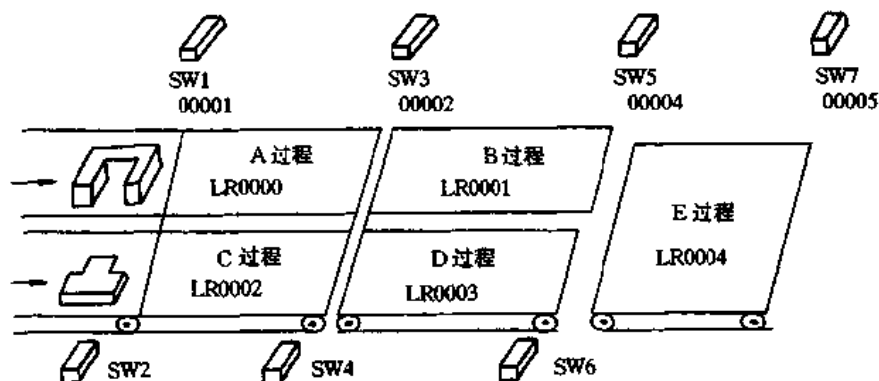


图 5-56 例 5-49 并行控制图

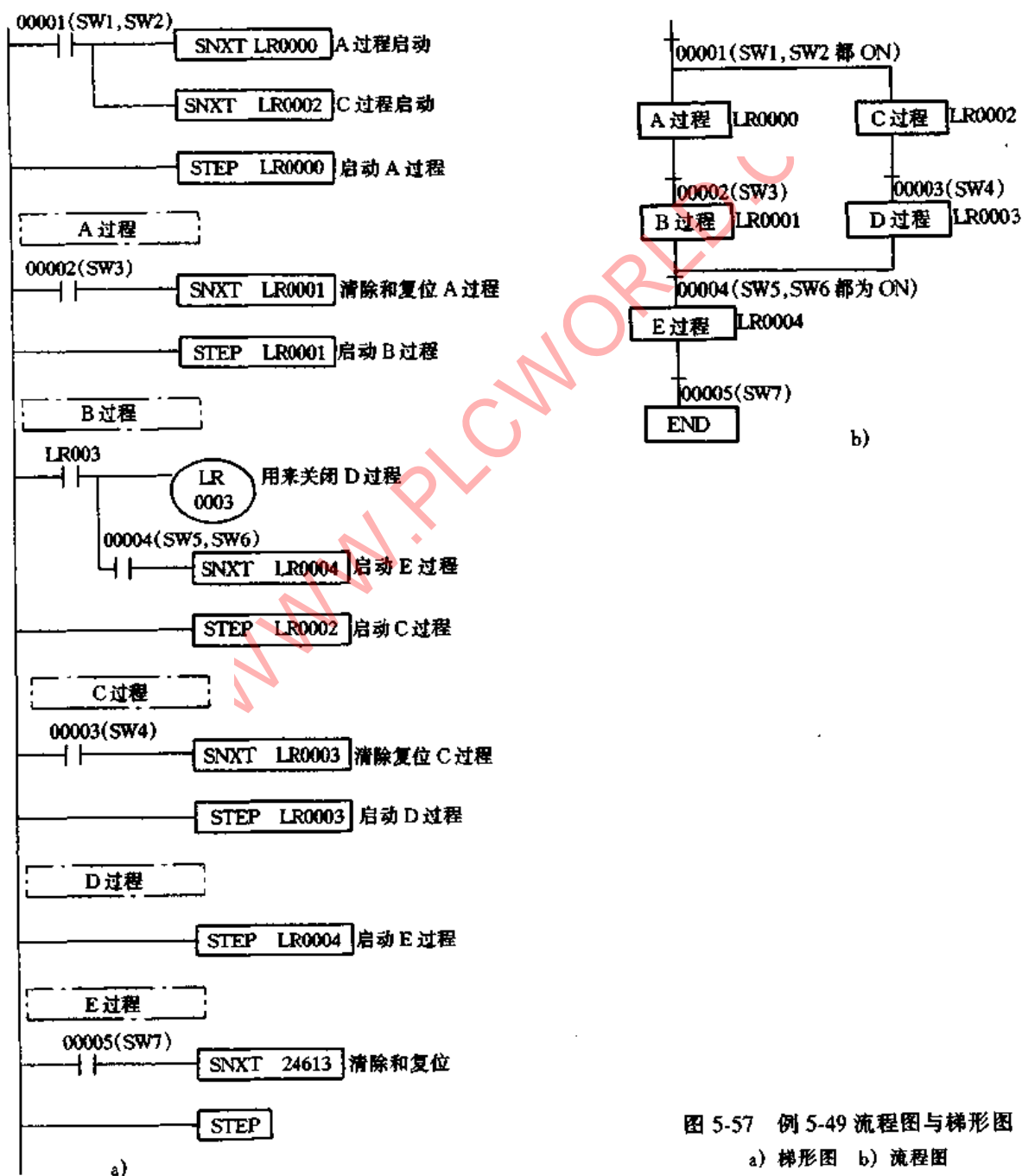


图 5-57 例 5-49 流程图与梯形图

a) 梯形图 b) 流程图

D 过程进入 E, 当两工件都进入 E 后才能装配, 缺一不可, 否则 E 过程不执行。

从流程图可知, 当 00001 为 ON 时, 应启动 A、C, 当 00004 为 ON 时, 应启动 E 关断 B 和 D, 每个程序段都从 STEP  $S_1$  开始到 SNXT  $S_2$  结束, 这是 SNXT  $S_2$  是关闭  $S_1$  启动  $S_2$  并对  $S_1$  过程清零复位, 此例中 D 过程后面没有 SNXT。而 B 块 SNXT LR0004 处有个 LR0003 置位的指令, 这样安排的目的是使 E 过程开始前关断 B 和 D, 即 B 块在 00004 为 ON 时执行 SNXT LR0004, B 本身复位并启动 E, 由于 B 复位, B 段中所有用过的位都应执行规定的复位过程, 故 LR0003 也复位, LR0003 是 D 的控制位, 它的复位就停止 D 的过程, 并使 D 复位。00004 是 B, D 同时完成工作信号。这样处理可达到平行工作都完成后转入 E 的要求。

## 第八节 输入输出指令

### 一、基本 I/O 单元指令

#### (一) SDEC (78) 与 @SDEC (78) 指令 (7 段译码指令)

格式: @SDEC (78)

S 符号: \_\_\_\_\_

K

D

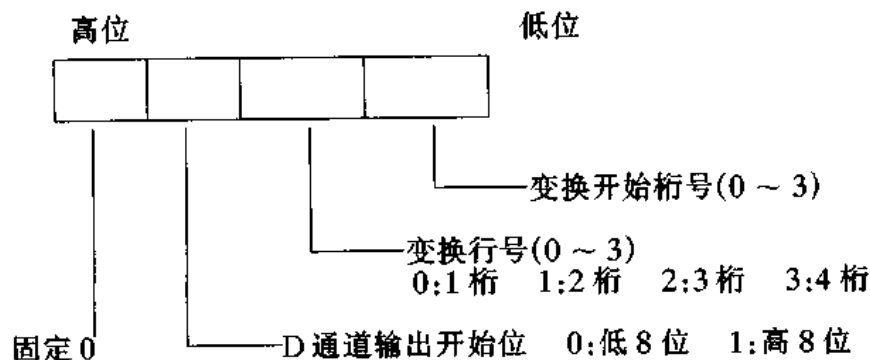
@SDEC (78)
S
K
D

S: 源字 (二进制), 数据域 000 ~ 019, 200 ~ 255, HR00 ~ HR19, AR00 ~ AR15, LR00 ~ LR15, TINM/CNT000 ~ CNT127, DM0000 ~ DM1023, 6144 ~ 6655, \* DM0000 ~ \* DM1023, 6144 ~ 6655。

K: 数位指定, 数据域为 000 ~ 019, 200 ~ 252, HR00 ~ HR19, AR00 ~ AR15, LR00 ~ LR15, TINM/CNT000 ~ CNT127, DM0000 ~ DM1023, 6144 ~ 6655, \* DM0000 ~ \* DM1023, 6144 ~ 6655。

D: 第一目标字, 数据域: 000 ~ 019, 200 ~ 252, HR00 ~ HR19, AR00 ~ AR15, LR00 ~ LR15, DM0000 ~ DM1023, \* DM0000 ~ \* DM1023, 6144 ~ 6655 所有目标字必须在同一数据区。

功能: SDEC 为 7 段译码指令, 当执行条件 ON 时, SDEC 转换 S 中指定数字为等价的 8 位比特段显示代码, 并把它放入 D 开始的目标字中, 数位指定由 K 控制。具体细节请参阅手册。



ER 标志: K 数字不对或目标区被超越或间址 DM 不存在均 ON。

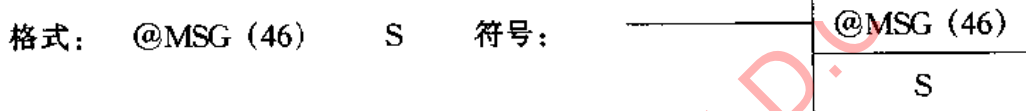
(二) IORF (97) 与 @IORF (97) (I/O 刷新指令)



$D_1$ : 开始字,  $D_2$ : 结束字, 数据域为 000~019,  $D_1$ 、 $D_2$  在相同区域时要求  $D_1 \leq D_2$ 。

功能: I/O 刷新指令, 当执行条件 ON 时,  $D_1 \sim D_2$  之间的全部字被刷新, 这个刷新就是在每次 CPU 扫描时正常刷新之外进行的, 对不是 I/O 字的其它字无影响, 且不影响标志位。

二、MSG (46) 与 @MSG (46) 指令 (显示指令)



S: 第一消息字, 数据域为 000~012, 200~248, HR00~HR12, AR00~AR08, LR00~LR08, TIM/CNT000~CNT120, DM0000~DM1016, 6144~6648, \* DM0000~\* DM1023, 6144~6655。

功能: 当执行条件 ON 时, MSG 指令将 S~S+7 八个通道中用 ASCII 码表示的 16 个字符 (一个字符用 8 比特) 送到编程器屏幕上显示, S 是第一消息字, 内容必须是 ASCII 码, 若某通道不是 ASCII 码则截止, 如果消息不需要 8 个字 (16 个字符), 则需以 “OD” 结尾, 当遇到 OD 时就不再往下读。

消息缓冲与优先权: 内存缓冲区里最多可放入三条信息, 一旦存入缓冲区中, 这些信息按先进先出顺序显示, 因为在一次扫描中可能不止三个 MSG 要执行, 所以根据信息存储区域不同有不同的优先级来选择缓冲区中的信息。信息显示的数据区优先级为 LR>IR>HR>AR>TC>DM, 同一数据区中地址最小, 优先级最高。间接寻址的信息 (\* DM), 那些具有较低最终地址的有较高的优先级。

清除信息, 清除一个显示信息, 要执行 FAL (06) 00 指令, 或用编程器进行故障清除操作, 若在显示时改变信息, 显示也随之而变。

ER 标志: 间接寻址 DM 不存在。

例 5-50 如图 5-58 所示。

```

LD          00000
MSG (46)    DM0010

LD          00001
FAL (06)    00
  
```

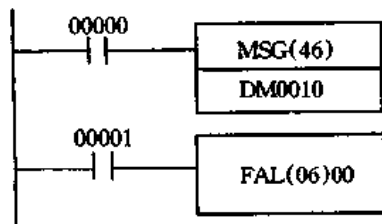


图 5-58 例 5-50 图

DM 内容					显示内容	
DM0010	4	1	4	2	A	B
DM0011	4	3	4	4	C	D
DM0012	4	5	4	6	E	F
DM0013	4	7	4	8	G	H
DM0014	4	9	4	A	I	J
DM0015	4	B	4	C	K	L
DM0016	4	D	4	E	M	N
DM0017	4	F	4	O	O	P

当 DM0010~0017 八个通道的内容如表中所示时, MSG 指令执行后屏幕上将显示 ABCDEFGHIJKLMNOP, 当 00001 闭合后, 将执行 FAL (06) 00 指令, 将屏幕的显示清除。

### 三、故障诊断指令

FAL (06) /@FAL (06) FALS (07) 指令

格式: FAL (06) NO

符号: ——— FAL (06) NO

@FAL (06) NO (01~99)

——— @FAL (06) NO

FAL (06) NO (00)

——— FAL (06)

@FAL (06) NO (00)

——— @FAL (06)

FAL (07) NO (01~99)

——— FALS (07) NO

功能: 故障报警指令或故障诊断指令向 FAL 输出区 (SR25300~25307) 输出一个 8 位 BCD 故障代码, 用户根据此代码对故障进行诊断。当执行条件 ON 时, FAL (06) NO (NO 为 01~99) 向 (25300~25307) 输出一个 FAL 号 (该号以二桁 BCD 码形式)。PLC 的 CPU 模块前面 ERR/ALM 灯闪光, 但 PLC 继续工作, 而 FALS (07) NO 在执行条件 ON 时, 该灯也闪光, 但 PLC 停止操作。FAL00/@FAL00 是 NO 取 00 时的指令, 该指令用于将 FAL (06) NO (01~99) 产生的故障代码清除, 但 FALS (07) NO 产生的故障代码只有在清除故障原因后, 利用编程器执行“故障/信息读”操作才能清除。PLC 内存最多可存放三个错误代码, 但只有一个在 FAL 区内有效。为了存取其它错误代码, 可用 FAL (00) 重新设置

FAL 区, 每执行一次 FAL (06) 00, 当前的 FAL 代码即被清除, 另一个代码随即被送入 FAL 区。FA (06) 00 还可和 MSG (46) 一起编程, 用以清除显示信息。

## 第九节 中 断 控 制

### 一、中断的种类

CPM1A 有三种形式的中断: 输入中断、间隔定时器中断、高速计时器中断。

#### (一) 输入中断

在 CPM1A 的 CPU 单元中, 10 点输入输出型有 2 点输入中断, 而 20、30、40 点输入输出型有 4 点输入中断, 输入中断有两种模式, 一为输入中断模式, 一为计数模式。如图 5-59 为中断输入地址外观图。

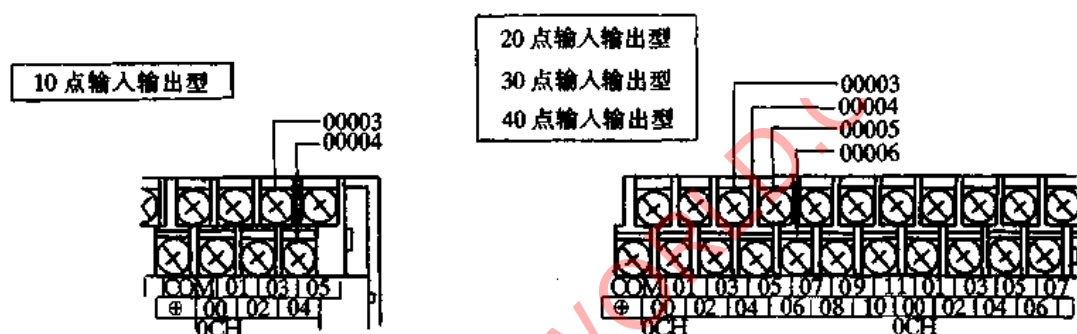


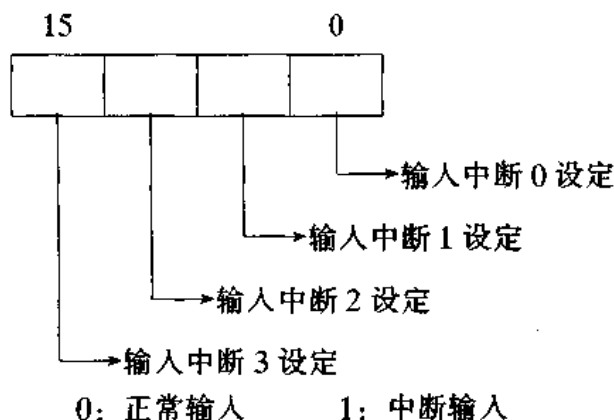
图 5-59 中断输入地址外观图

对于输入中断模式, 只要外部开关打开输入, 不管扫描周期, 立即中断一般程序, 转去执行中断处理程序。而计数模式是对外部信号进行高速计数, 每达到一定次数就中断一般程序, 立即去执行中断处理程序。计数次数在 0~65535 (0~FFFF) 范围内设定, 它们的输入地址、中断号和响应速度如表 5-3 所示。这些输入地址当不采用输入中断时仍作一般输入使用, 使用中断时要通过外设对系统设置区域 DM6628 进行设定后方可使用。在输入中断地址中, 输入地址、中断号、子程序号都是固定的。

表 5-3 输入中断表

	输入地址	中断号	子程序号	响应速度	
				输入中断模式	计数模式
10 点输入输出型 CPU 单元	00003	0	000	0.3ms 以下 (到开始启动中断程序为止的时间)	1kHz
	00004	1	001		
20 点输入输出型 CPU 单元 30 点输入输出型 CPU 单元 40 点输入输出型 CPU 单元	00003	0	000		
	00004	1	001		
	00005	2	002		
	00006	3	003		

DM6628:



CPMIA 的所有中断都遵循如下规则:

中断处理程序内部, 可定义新的中断。在中断处理程序中也可解除中断, 但中断处理程序内部不可调用别的中断处理程序, 也不可调用子程序。而在子程序中也不可调用中断处理程序, 即中断不嵌套, 不可调用子程序, 子程序也不可调用中断。中断处理程序与一般子程序相同, 在主程序后可用 SBN (92) 指令定义, 定义中断处理程序时, 程序检查会出现“无 SBS 错误”, 但运行正常。计数模式中断有个设定值 SV 和当前值 PV 的问题, 设定值在 240~243 通道设定, 而 244~247 存入的是当前值减 1, 其关系如表 5-4 所示。

表 5-4 计数模式中断设定值与当前值通道

中 断 号	设定值通道	(当前值-1) 通道
输入中断 0	240	244
输入中断 1	241	245
输入中断 2	242	246
输入中断 3	243	247

### (二) 间隔定时器中断

CPMIA 有一个间隔定时器, 间隔定时器一到规定时间就不再受扫描周期的影响, 而中断一般程序, 并立即执行中断处理程序。间隔定时器中断有两种模式: 一为单触发模式, 当规定时间到时, 只执行一次中断; 另一个是定时中断模式, 每隔一定时间反复执行中断, 间隔定时器的单位时间为 0.1ms, 设定时间为 0.5~319968ms。

### (三) 高速计数器中断

在自控系统中经常使用脉冲编码器, 脉冲编码器向 PLC 输出的信号有两种形式: 一种为上/下模式, 有 A 相 B 相和 Z 相三个信号, A 相前沿至 B 相前沿至 A 相后沿至 B 相后沿再至 A 相前沿 PLC 作增信号处理; B 相前沿至 A 相前沿至 B 相后沿至 A 相后沿, PLC 作减信号处理, 计数范围为 -32767~32767, 对编码器运行计数的数将是相位差输入的 4 倍; 另一种模式为增模式, 一个单相脉冲信号和一个计数复位信号作为 PLC 输入, 根据单相脉冲信号增加计数, 计数范围为 0~65535, 如图 5-60 所示。

PLC 接收这些信号是利用高速计数器, 它有两种复位方法: 一种是 Z 相信号 + 软件复位, 当 Z 相信号 (复位输入) ON、复位位 SR25200 为 ON 时, 高速计数器复位; 另一种为

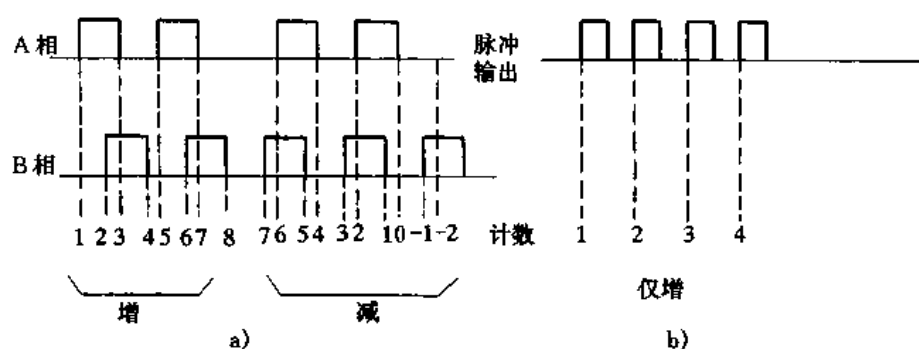


图 5-60 脉冲编码器输出计数

a) 上/下模式 b) 增模式

软件复位，即当复位位 SR25200 为 ON 时复位，但要注意的是 SR25200 每扫描一次复位一次，刷新一次。为了确保读出可靠，有必要使 SR25200 置 ON 一个扫描周期以上。图 5-61 为复位方式说明图，转一周时，发一个 Z 信号，即 Z 表明编码器完成一个循环。

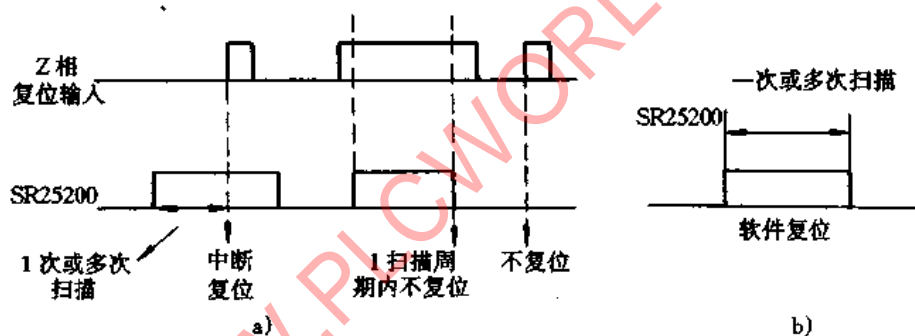


图 5-61 复位方式说明图

a) Z 相信号 + 软件复位 b) 软件复位

编码器利用 PLC 的高速计数器中断，其接线取决于计数模式，表 5-5 表明 PLC 端子号与编码器关系。

表 5-5 PLC 端子号与编码器关系

端子号	上下模式	增模式
00000	编码器 A 相	脉冲计数输入
00001	编码器 B 相	
00002	编码器 Z 相	输入复位

增模式时，端子号 1 可做一般输入用，软件复位时端子 2 也可做一般输入用。上/下模式时，复位方式在 PLC 系统设定区（DM6642）设定，设定在运行开始时有效，若不设定，则高速计数器不能使用。





## 二、中断指令

### (一) STIM (69) 与@STIM (69) 指令 (间隔定时器控制指令)

格式: @STIM (69)	C <sub>1</sub>	符号:	_____	@STIM (69)
	C <sub>2</sub>			C <sub>1</sub>
	C <sub>3</sub>			C <sub>2</sub>
				C <sub>3</sub>

C<sub>1</sub>: 控制数据#1, 数据域为 000, 003, 006, 010。

C<sub>2</sub>: 控制数据#2, 数据域为 000~018, 200~251 (C<sub>1</sub>=006), 000 (C<sub>1</sub>=010) 000~018, 200~254 (000~003), HR00~HR156, AR00~AR14, LR00~LR14, TIM/CNT000~CNT126, DM0000~DM1022 (C<sub>1</sub>=006), DM0000~DM1023, 6144~6654 (C<sub>1</sub>=000, 003), \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655, #0000~9999 (BCD)。

C<sub>3</sub>: 控制数据#3, 数据域为 000~019, 200~252 (C<sub>1</sub>=006), 000 (C<sub>1</sub>=010), 000019, 200~255 (C<sub>1</sub>=000, 003), HR00~HR19, AR00~AR15, LR00~LR15, DM/CNT000~CNT127, DM0000~DM1023 (C<sub>1</sub>=006), DM0000~DM1023, 6144~6655 (C<sub>1</sub>=000, 003), \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655, #0000~0049 (BCD) (C<sub>1</sub>=000, 003)。

功能: 间隔定时器控制指令的功能由 C<sub>1</sub> 控制, C<sub>1</sub> 功能如表 5-7 所示。C<sub>1</sub> 为 000 时, 启动定时器, 激活一个单触发模式中断, 计时到时只产生一次中断。C<sub>1</sub> 为 003 时, 启动定时器, 激活一个定时中断模式, 计时到调用子程序时, 定时器当前值再次回到初始设定值, 并开始递减, 每隔一定时间反复产生中断, 直到定时器停止。

表 5-7 C<sub>1</sub> 功能表

C <sub>1</sub>	功能
000	定时器启动 (激活单触发模式中断)
003	定时器中断启动 (激活定时中断)
006	读定时器现时值
010	定时器停止

C<sub>1</sub> 为 006 时, 读取定时器现实值 PV。C<sub>1</sub> 为 010 时, 停止定时器, C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub> 都设置为 000, C<sub>1</sub> 为 000 时, C<sub>2</sub> 用来指定定时器设定值, 可为常数或为字地址, C<sub>2</sub> 为字地址时, 指示计数初始值 (0000~9999BCD) 而 C<sub>2</sub>+1 表示减量时间间隔 (0005~0320BCD), 单位为 0.1ms, 因此减量时间间隔可在 0.5~32ms 内选择, C<sub>2</sub> 为常数时, C<sub>2</sub>+1 为固定数 10, 单位为 0.1ms 所以, 减量时间间隔为 1ms, C<sub>3</sub> 指定一个子程序号 (000~049)。

#### 例 5-51

例 5-51 中的 C<sub>1</sub> 为 000 表示启动一个单触发模式中断 (单步中断)。C<sub>2</sub> 为 #0010 为常数, 说明减量计数器初始值为 10, 单位为 0.1ms, 故 10ms 后执行中断。C<sub>3</sub> 为 001 表示子程序 1 号, 即调用 1# 中断子程序

@STIM (69)	
000	C <sub>1</sub>
#0010	C <sub>2</sub>
001	C <sub>3</sub>

C<sub>1</sub> 为 003 时, 启动定时中断, C<sub>2</sub> 和 C<sub>3</sub> 作用与 C<sub>1</sub> 为 000 时完全相同, 不同之处在于在定时中断模式中, 计时到调用子程序时, 定时器当前值再次回到初始设定值, 并开始递减, 每隔一定时间反复产生中断。

#### 例 5-52

定时中断模式程序举例。如图 5-62 所示, 在该例中, 第一个@STIM 指令中 C<sub>1</sub> 为 003 说明该指令是启动定时中断的。C<sub>2</sub> 为 DM0010 是字地址, 其内容为计数初始值, 利用 MOV 指令令其为 #0004, 既设定值 SV 为 4。C<sub>2</sub> + 1 为 DM0011, 其内容为减量时间间隔, 单位为 0.1ms。利用 MOV 指令令其为 #0006, 既时间间隔为 0.6ms。C<sub>3</sub> 为 0023, 说明间隔计时器到时, 应调用子程序 23。第二个@STIM 的 C<sub>1</sub> 为 010, C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub> 为 000 说明 00100 OFF 时, 停止定时器工作。

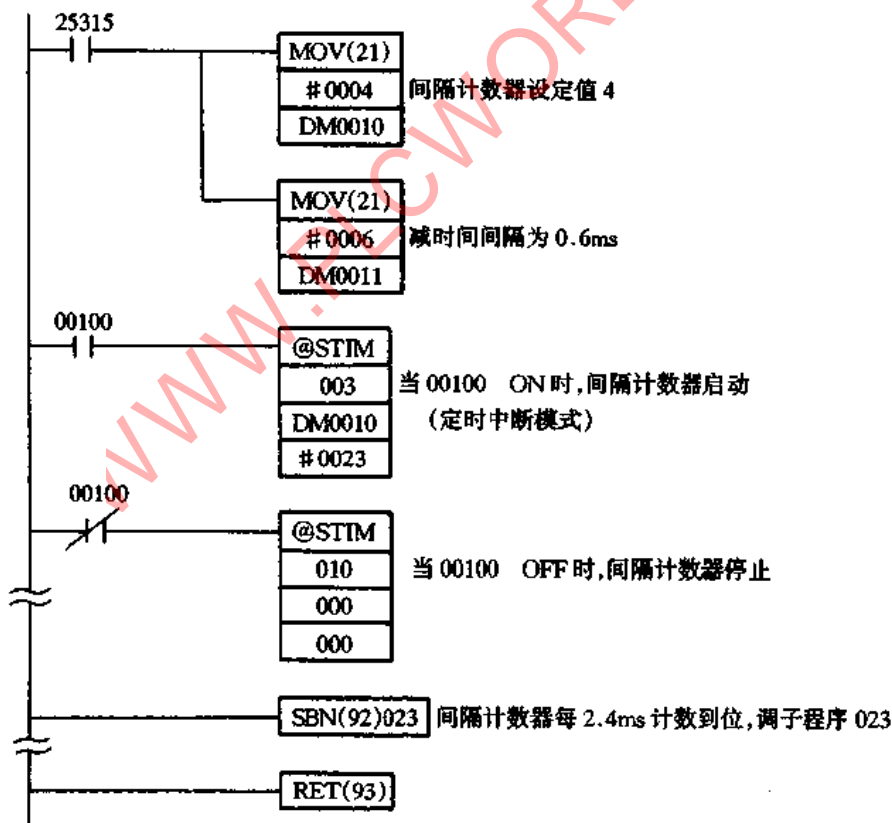


图 5-62 例 5-52 图

C<sub>1</sub> 为 006 时, 将读取定时器现时值 PV。C<sub>2</sub> 用于接收 PV 的两个目标字节的第一个, 接收计时器减量的次数 (0000~9999BCD)。C<sub>2</sub> + 1 接收减量时间间隔 (BCD 格式, 单位为

0.1ms)。C<sub>3</sub> 接收自上次减量开始时，过去的时间（BCD 格式，单位为 0.1ms）。间隔定时器从启动开始到执行本指令的时间为： $[C_2 \text{ 通道内容} \times (C_2 + 1) \text{ 通道内容} + C_3 \text{ 通道内容}] \times 0.1\text{ms}$ 。

## （二）INT (89) 与 @INT (89) 指令（中断控制指令）

格式： @INT (89)	C <sub>1</sub>	符号：	@INT (89)
	000		C <sub>1</sub>
	C <sub>2</sub>		000
			C <sub>2</sub>

C<sub>1</sub>：控制代码，数据域为 000~003，100，200。

C<sub>2</sub>：控制数据，数据域为 C<sub>1</sub> = 002 时，000~019，200~252，HR00~HR19，AR00~AR15，LR00~LR15，TIM/CNT000~CNT127，DM0000~DM1023，C<sub>1</sub> ≠ 002 时 DM0000~DM1023，6144~6655，\*DM0000~\*DM1023，6144~6655，#0000~000F。

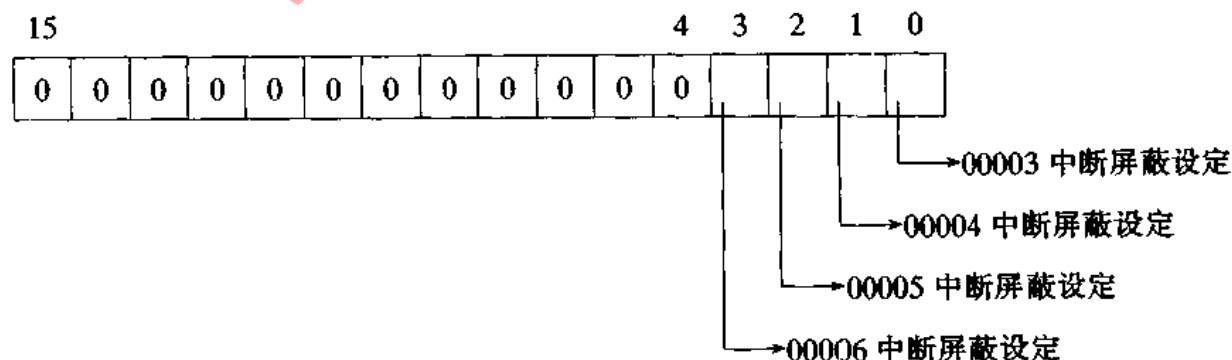
功能：当执行条件 ON 时，INT 依据 C<sub>1</sub> 值控制并执行下表中六项功能中的一个，故称为中断控制指令。

表 5-8 INT 中 C<sub>1</sub> 功能表

C <sub>1</sub>	控制内容	C <sub>1</sub>	控制内容
000	屏蔽/不屏蔽输入中断	003	更新计数器 SV
001	输入中断输入清除	100	屏蔽所有中断
002	读当前屏蔽状态	200	不屏蔽所有中断

C<sub>1</sub> = 000 时为屏蔽/不屏蔽输入中断，被屏蔽的输入中断被记录，不执行，但若取消屏蔽则立即执行，具体到是否屏蔽要看 C<sub>2</sub> 的 0~3 位状态，1 为屏蔽，0 为不屏蔽，中断输入有 0~3 共四个中断号，输入地址为 00003~00006，C<sub>2</sub> 的 0~3 位分别与其对应，见以下 C<sub>1</sub> = 000 时 C<sub>2</sub> 功能表。

C<sub>1</sub> = 000 时 C<sub>2</sub> 功能表

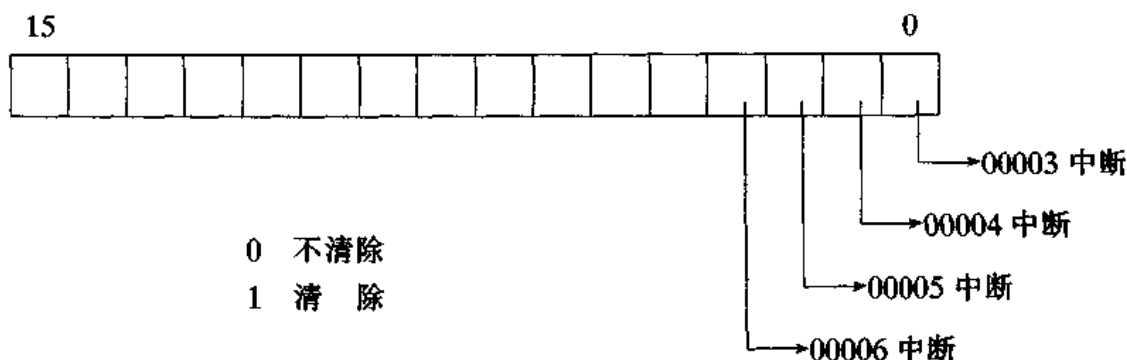


1：屏蔽      0：不屏蔽

C<sub>1</sub> = 001 时为输入中断输入清除，也就是清除其记录，前面说过被屏蔽的输入中断被记录而不执行，若取消屏蔽立即执行。但若清除其记录后，即使取消屏蔽也不会再执行。至于

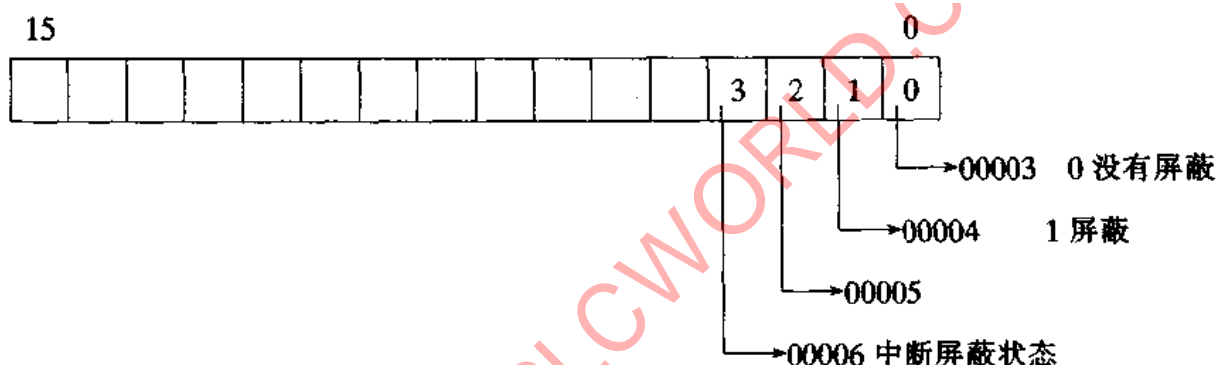
取消哪个中断的屏蔽, 则取决于  $C_2$ 。

$C_1 = 001$  时  $C_2$  功能表



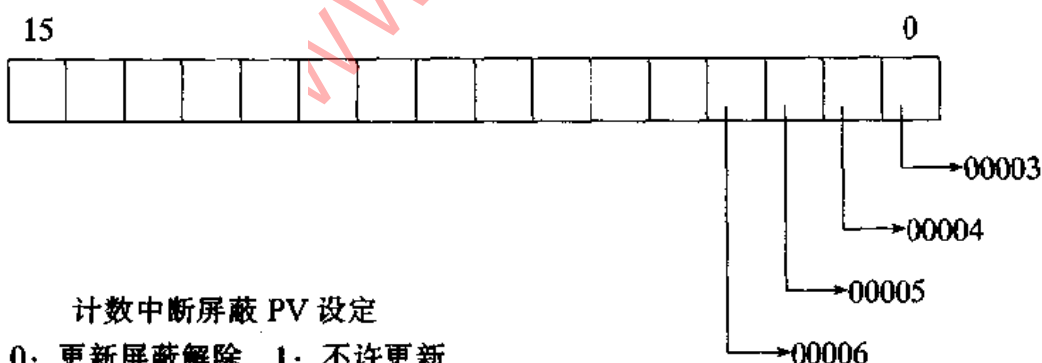
$C_1 = 002$  时, 读当前屏蔽状态, 这一功能是把当前输入中断屏蔽状态写入  $C_2$  中, 输入被屏蔽时对应位为 1, 见以下功能表。

$C_1 = 002$  时  $C_2$  功能表



$C_1 = 003$  时为更新计数器 SV 值, 这一功能用来容许或不容许更新输入中断计数器的 SV 值, 置  $C_2$  为 1 时说明可更新改变,  $C_2$  为 0 时不可更新改变, 见以下功能表。

$C_1 = 003$  时  $C_2$  功能表



$C_1 = 100$  时为全中断禁止

$C_1 = 200$  时为全中断容许

这一功能与前面所讲的针对每一个中断的屏蔽不同, 而是指所有中断 (包括输入中断、间隔计时器中断、高速计数器中断), 用 INT 指令对其进行屏蔽和非屏蔽, 这个屏蔽即使解除, 也不会清除各类中断自己的屏蔽字。一般的说, 除非必须暂时屏蔽所有中断, 否则不要

使用 INT 屏蔽中断。当使用时要成对使用，即第一个用 INT 屏蔽和第二个用 INT 进行非屏蔽。不能在中断程序内进行全中断屏蔽和非屏蔽。当中断被全屏蔽后，中断产生，将不执行程序，但中断可以记录，一旦解除屏蔽，中断立即执行。

### 三、高速计时器控制指令

#### (一) INI (61) 与 @INI (61) 指令 (高速计时器状态控制指令)

格式: @INI (61)	P	符号: _____	@INT (61)
	C <sub>1</sub>		P
	C <sub>2</sub>		C <sub>1</sub>
			C <sub>2</sub>

P: 无意义, 数据域为 000。

C<sub>1</sub>: 控制数据, 数据域为 000~003。

C<sub>2</sub>: 第一个 PV 字, 数据域为 000~018, 200~251, HR00~HR18, AR00~AR14, LR00~LR14, DM0000~DM1022, 6144~6654, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

功能: 状态控制指令, 当执行条件 ON 时, INI 控制高速计数器操作和停止脉冲输出, 其功能由 C<sub>1</sub> 决定, C<sub>1</sub> 为不同值时的功能如表 5-9 所示。

表 5-9 INI 功能表

P	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	INI 功能
000	000	000	启动 CTBL 表比较
000	001	000	停止 CTBL 表比较
000	002	新的高速计数 PV	改变高速计数器 PV
000	003	000	停止脉冲输出

C<sub>1</sub> 为 000, C<sub>2</sub> 为 000 时, INI 启动高速计数器的 PV 和比较表比较, 比较两者相等与否, 这个比较表是利用 CTBL 登记的。C<sub>1</sub> 为 001, C<sub>2</sub> 为 000 时, INI 停止高速计数器的 PV 和比较表的比较。C<sub>1</sub> 为 00 时, C<sub>2</sub> 和 C<sub>2</sub> + 1 中的值为赋予高速计数器的 8 位数字 PV 值, INI 作用是更换高速计数器 PV 值。

当高速计数器为上下模式时, PV 从下 0032767 取到 00032767, 当高速计数器为增量模式时, 可取 00000000 到 00065535。十六进制数 F 放在 PV 符号位, 表示 PV 为负值, 负数只有 7 位绝对值 (由于符号占 1 位) C<sub>1</sub> 为 003, C<sub>2</sub> 为 000 时, INI 停止脉冲输出, 这里的脉冲输出是指定输出位的直接脉冲输出。

ER 标志: 高速计数器设置错误, 间址 DM 不存在, C<sub>2</sub> + 1 超过数据边界, 均使 ER 置 ON。

#### (二) CTBL (63) 与 @CTBL (63) 指令 (比较表登记指令)

格式: @CTBL (63)	P	符号: _____	@CTBL (63)
	M		P
	S		M
			S

P: 没有功能, 数据域为 #000。

M: 控制数据, 数据域为 000~003。

S: 第一个比较表字, 数据域为 000~016, 200~249, HR00~HR16, AR00~AR12, LR00~LR12, DM0000~DM1020, 6144~6652, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655 带域比较 200~213, DM0000~DM0984, 6144~6616, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

功能: 比较表登记指令, 当执行条件 ON 时, CTBL 登记一个用来与高速计数器 PV 比较的表, 其功能与 M 有关, 如表 5-10 所示。

表 5-10 CTBL 功能表

M	功能
000	登记一个目标值比较表, 并立即比较
001	登记一个范围比较表, 并立即比较
002	登记一个目标值比较表, 用 INI 开始比较
003	登记一个范围比较表, 用 INI 开始比较

这里有两种比较表, 一个是目标值比较表, 一个是范围比较表, 目标值比较表中的 S 为比较的目标值数目, 最大可为 16 组。S+1 为 1# 目标值低 4 位数字, S+2 为 1# 目标值高 4 位数字, S+3 为子程序序号, S+1~S+3 为一组, 最多可达 16 组, 见下面的目标值比较表说明。

S	比较的目标值数目 (BCD)
S+1	1# 目标值低 4 位数字 (BCD)
S+2	1# 目标值高 4 位数字 (BCD)
S+3	子程序

范围比较表中, S 为 1# 下限值低 4 位数字 (BCD), S+1 为 1# 下限值高 4 位数字 (BCD); S+2 为 1# 上限值低 4 位数字 (BCD); S+3 为 1# 上限值高 4 位数字 (BCD); S+4 为子程序号, S~S+4 为一组最大可达 8 组, 见下面的范围比较表说明。

S	1# 下限值低 4 位数字 (BCD)
S+1	1# 下限值高 4 位数字 (BCD)
S+2	1# 上限值低 4 位数字 (BCD)
S+3	1# 上限值高 4 位数字 (BCD)
S+4	子程序

目标值比较表总是具体比较数的表格。当 M 为 000 时, 目标值比较表被登记, 并立即启动与高速计数器 PV 值比较, 当两者一致时, 调用相应子程序。当 M=002 时, 只是登记目标值比较表, 并不比较。何时比较, 取决 INI 指令的启动, INI 即可启动比较, 又可停止比较。范围比较表中给出的是比较范围, 当 M 为 001 时, 该表被登记并立即启动与高速计数器 PV 值比较, 当高速计数器 PV 值在某组范围之内 (包括上下限) 时, 则调用该组的子



程序,同时 AR1100~1107 中对应该组的位 ON。范围比较表必须有 8 个范围,每个范围占 5 个字共 40 个字。在设置范围表时应考虑其长度,以确保最后一个字 (S+39) 不超过数据域。

ER 标志:高速计数器设置出错或在被 CTBL 调用子程序中有 CTBL 指令或一个 CTBL 指令使用不同比较形式或间址 DM 不存在或比较表超界,均使 ER 置 ON。

AR11 标志:当 PV 在 1~8 范围之内时,AR1100~1107 被置 ON。

(三) PRV (62) 与 @PRV (62) 指令 (读高速计数器 P 值指令)

格式: @PRV (62) P 符号:

C

D

@PRV
P
C
D

P: 无意义,数据域为 000。

C: 无意义,数据域为 000。

D: 第一 PV 字,数据域为 000~018, 200~251, HR00~HR18, AR00~AR14, LR00~LR14, DM0000~DM1022, \*DM0000~\*DM1023, 6144~6655。

功能:读高速计数器 PV 值指令,当执行条件 ON 时,PRV 读取高速计数器的 8 位数字的 PV 并把它写入 D, D+1 中。D 中放低 4 位 BCD 码, D+1 放入高 4 位 BCD 码,要求 D, D+1 必须在同一数据区。上下模式时 PV 为 F0032767~00032767, F 表示负数。增量模式时, PV 为 00000000~00065535。若计数器发生上溢或下溢,读取将是 0FFFFFFF 或 FFFFFFFF。

ER 标志:高速计数器设置有错误,间址 DM 不存在, D+1 超界,均使 ER 中断。

#### 四、中断小结

CPM1A 有三种中断处理方法,分别是输入中断,间隔定时器中断和高速计数器中断。

##### (一) 输入中断

CPU 单元内接点 (00003~00006) 的输入 ON 时进行中断处理,它们分别对应输入中断 0~3 和子程序号 000~003。使用输入中断前在编程时应设 DM6628 设定,该设定在电源接通运行开始时有效。输入中断有两种模式:一种为输入中断模式,根据外部输入产生中断;另一种为计数模式,对外部信号高速计数,到一定次数时产生中断。

在运行开始时,所有输入中断被屏蔽,使用输入中断模式时,要用 INT 指令解除屏蔽,对应输入中断 0~3 用 C<sub>2</sub> 的位 0~3 设定。左图为屏蔽不屏蔽输入中断指令, C<sub>1</sub> 为 000。

@INT (89)
000
000
C <sub>2</sub>

0 屏蔽解除, 1 屏蔽设定 (禁止中断)。

对于处于屏蔽状态下的输入中断,输入接点 ON 时,输入中断被记忆但不执行,一旦屏蔽解除立即产生中断,若想屏蔽解除时不执行屏蔽中产生的中断,可用 INT 指令清除中断记忆,对应输入中断 0~3,用 C<sub>2</sub> 位 0~3 位设定。C<sub>1</sub> 为 001。

@INI (89)
001
000
C <sub>2</sub>

@INT (89)
002
000
C <sub>2</sub>

0 为输入中断记忆保持, 1 为输入中断记忆清除, 中断记忆只记忆一次。假如想读出中断屏蔽状态, 可用 INT 指令将当前对应输入中断 0~3 的屏蔽状态写入 C<sub>2</sub> 的 0~3 位中, 再读出查看, C<sub>1</sub> 为 002。

0 为屏蔽解除, 1 为屏蔽中。

对于计数模式中断, 使用时稍微复杂些, 要在程序里向对应输入中断 0~3 通道 (特殊辅助继电器) 写入计数器动作设定值 (初始值), 设定范围为 0000~FFFFH

(0~65535)。在程序中要将设定值写入 (240~243) 相应通道, 若设定值为 000 时, 计数器动作停止, 对应输入中断被屏蔽。要想使之再次动作需改写 (240~243) 的设定值, 并使用 INT 指令更改计数器模式的设定值并允许中断, 对应输入中断 0~3, 设定 C<sub>2</sub> 的 0~3 位, C<sub>1</sub> 为 003。

@INT (89)
003
000
C <sub>2</sub>

0: 计数模式设定值可更改, 屏蔽解除, 1: 不更改。具体设定值要用程序写入 240~243 相应通道中。

更改了设定值的输入中断, 允许在计数器模式下中

断, 计数达到设定值次数就返回设定值, 并产生中断, 反复执行直至计数器停止。INT 指令在计数过程中使用时, 当前值要回到设定值。如果每次扫描都执行该指令, 就不会产生中断。在中断允许条件下, 仅改变 240~243CH 的值, 并不会改变设定值, 只有再进行 INT 指令才允许更改设定值。

在输入中断模式下, 利用 INT 指令进行屏蔽的方法可禁止或开放中断, 而对于计数模式中断, 可用此办法禁止, 但不可用此操作解除屏蔽, 否则会改变中断模式, 使之从计数模式变为输入中断模式。对于清除输入中断记忆, 两者是相同的。计数模式下计数器当前值存于 244~247CH 中, 但它存放的是当前值减 1, 当前值在输入接点上升沿进行递减。

### 例 5-53

计数模式程序例。如图 5-63 所示, 此例当输入 00003 (NO.0) 10 次 ON 就产生中断转

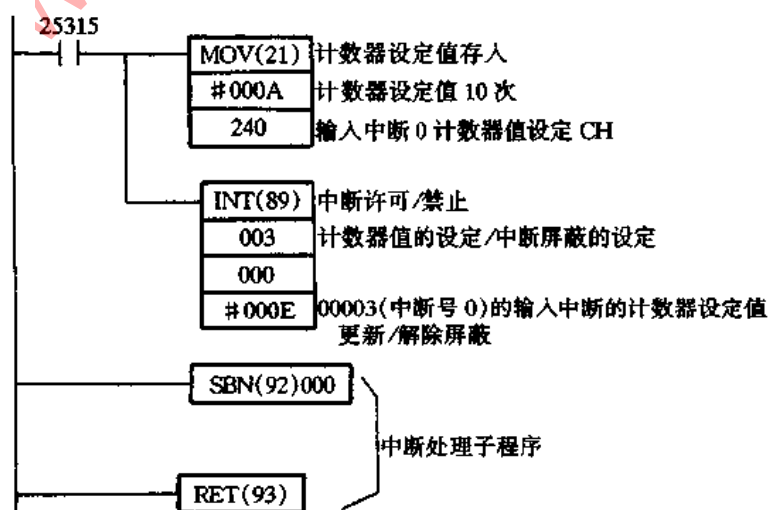


图 5-63 例 5-53 图

去执行中断子程序。运行此程序前，应预先对 DM6628 进行输入中断设定。

输入中断设定：DM6828 = 0001

## (二) 间隔定时中断

间隔定时器有两个模式：一种为单次模式，当计时到时只产生一次中断；另一种为定时中断模式，计时到再次回到设定值，每隔一定时间反复产生中断。该中断使用控制指令 STIM。

@STIM (69)
000
C <sub>2</sub>
C <sub>3</sub>

单次模式启动时用 STIM 单次模式启动间隔定时器指令，C<sub>1</sub> 为 000，C<sub>2</sub> 为递减计数器初始值（4 个 BCD）0000~9999，C<sub>3</sub> 为子程序号，C<sub>2</sub> + 1 为递减时间间隔 0.5~32ms，每经过一个递减时间间隔，递减计数器减 1，当从初始值减到 0 时，只调用指定子程序一次，计数器即停止。

@STIM (69)
003
C <sub>2</sub>
C <sub>3</sub>

定时中断模式启动时用 STIM 定时中断模式启动指令，C<sub>1</sub> 为 003，C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub> 的意义与单次相同，但计时到调用子程序时，定时器当前值再次回到设定值开始递减。

@STIM (69)
006
C <sub>2</sub>
C <sub>3</sub>

当需读出定时器的经过时间时，用 STIM 相应指令，C<sub>1</sub> 为 006，C<sub>2</sub> 为递减计数器减去的次数，C<sub>2</sub> + 1 为递减时间间隔，C<sub>3</sub> 为前面递减后经过的时间。

@STIM (69)
010
000
000

当需要停止定时器时，用相应 STIM 停止指令。

## (三) 高速计数器中断

高速计数器中断有两种模式：一种为增减模式（上下模式），另一种为递增模式。使用时需在编程时对设定区 DM6642 设定，该设定在电源接通及运行开始时有效。高速计时器在运行开始或停止时自动复位，但复位计数器当前值的主要方法有两种：一种为 Z 相信号 + 软件复位信号，即 Z 相信号和 25200 均 ON 时复位，另一种为软件复位，即 25200 为 ON 时复位。25200 为高速计时器复位标志，每次扫描刷新一次。为保证确实读出，有必要使之 ON 一个扫描周期以上，复位方法也应在编程时对 DM6642 设定。

高速计数器中断使用比较表，比较表有两种：一种为目标值符号型，另一种为区域比较型。比较表中登录与当前值的比较条件和中断调用的子程序号，目标符号型最大能登录 16 个。当计数器当前值与目标值一致时执行中断。区域符号型规定登录 8 个，当前值在上下限

之间时，执行一次指令的中断。

高速计数器本身在设定有效后开始计数动作，电源接通运行开始或停止时复位为 0，它只是计数，并不比较也不产生中断，其当前值能用 248、249 通道监视。248 放低位 4 个 BCD 数，249 放高位 BCD 数，该通道每次扫描刷新一次，与正确的当前值多少有些偏差。比较表用 CTBL 指令登记，S 为比较表首通道号，当 M 为 000 时，登录目标值符号表，并开始比较，当 M 为 001 时，登录区域比较表并开始比较，当 M 为 002 时，只登录目标值符号表，并不比较，M 为 003 时只登录区域符号比较表，并不比较。是否比较取决 INI 指令。执行区域性比较时，比较结果存入 AR1100~AR1107 中，停止比较时，也用 INI 指令。

@CTBL (63)
000
M
S

号表，并不比较，M 为 003 时只登录区域符号比较表，并不比较。是否比较取决 INI 指令。执行区域性比较时，比较结果存入 AR1100~AR1107 中，停止比较时，也用 INI 指令。

@PRV (62)
000
000
C <sub>2</sub>

读取高速计数器当前值有两种方法：一种为利用 PRV 指令读取，其中 C<sub>2</sub> 为存放当前值的首地址；另一种方法为直接读出 248、249CH 的内容。

@INI (61)
000
002
C <sub>2</sub>

改变高速计数器当前值有两个方法：一种是根据复位方式的复位方法（当前值置 0）；另一种为使用 INI 指令改变当前值，其中 C<sub>2</sub> 存放当前值新数据的首通道号，当前值存于 C<sub>2</sub>+1、C<sub>2</sub> 中。

#### 例 5-54

增减模式程序举例。如图 5-64 所示。

DM	存储值	
DM0000	1500	下限值 1# 计数值 1500
DM0001	0000	
DM0002	3000	上限值 1# 计数值 3000
DM0003	0000	
DM0004	0040	中断处理子程序号 0040
DM0005	7500	下限值 2# 计数值 7500
DM0006	0000	
DM0007	0000	上限值 2# 计数值 100000
DM0008	0001	
DM0009	0041	中断处理子程序号 041
DM0010	0000	
DM0011	0000	带域比较表必须设定 8 个，本例不足 8
DM0012	0000	个，应补足，子程序必须设定 FFFF，其
DM0013	0000	余为 0000
DM0014	FFFF	

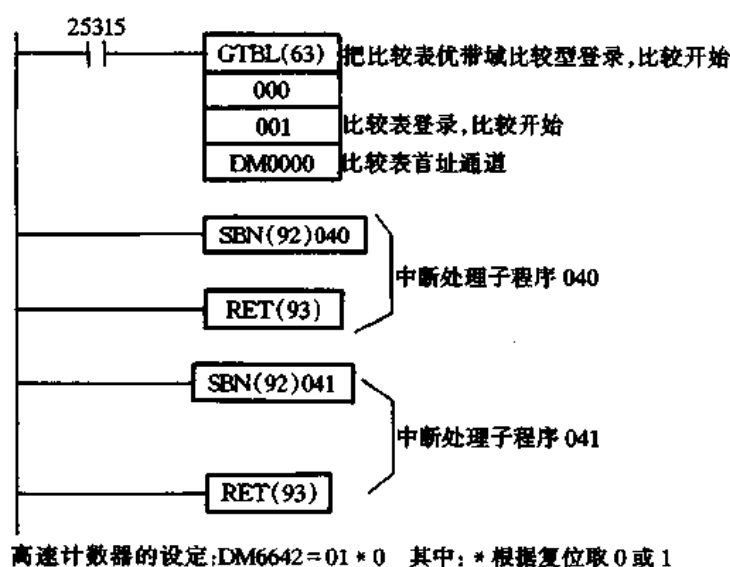


图 5-64 例 5-54 图

**例 5-55**

递增模式程序例。如图 5-65 所示。

比较表内容

DM	存储值	
DM0000	0002	比较条件 2 (比较目标值数目)
DM0001	1000	目标值 1#: 1000 (1# 目标值低 4 位)
DM0002	0000	(1# 目标值高 4 位)
DM0003	0030	比较 1 中断处理子程序号 030 (子程序号)
DM0004	2000	目标值 2#: 2000 (2# 目标值低 4 位)
DM0005	0000	(2# 目标值高 4 位)
DM0006	0031	比较 2 中断处理子程序号: 031 (子程序号) 计数到当前值与目标值一致时, 就转中断子程序。

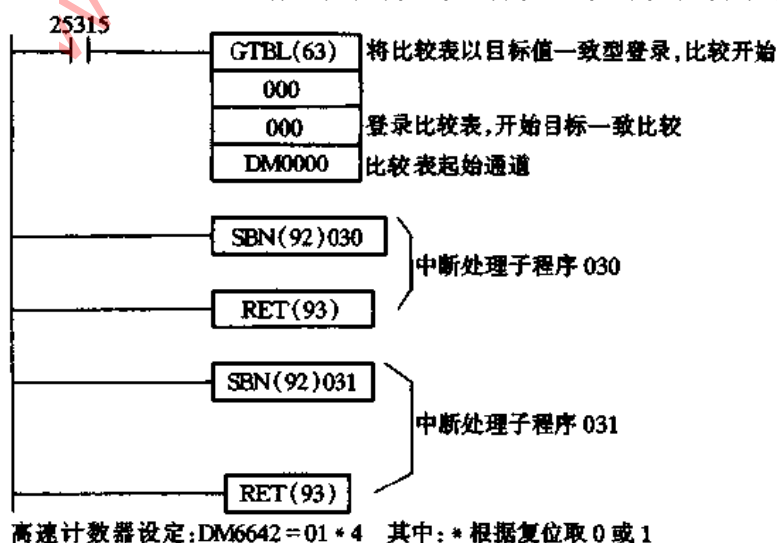


图 5-65 例 5-55 图

## 习题与思考题

5-1 给出下列语句表的梯形图：

0	LD	00001
1	AND	01001
2	OUT	01000
3	LD	01000
4	AND NOT	00002
5	OUT	01001
6	AND	00003
7	OUT	01002
8	END	

5-2 给出下列语句表的梯形图：

0	LD	00000
1	AND	00001
2	LD	00002
3	AND	00003
4	LD NOT	00004
5	AND	00005
6	OR LD	
7	OR LD	
8	OUT	01001
9	END	

5-3 写出梯形图 5-66 的语句表。

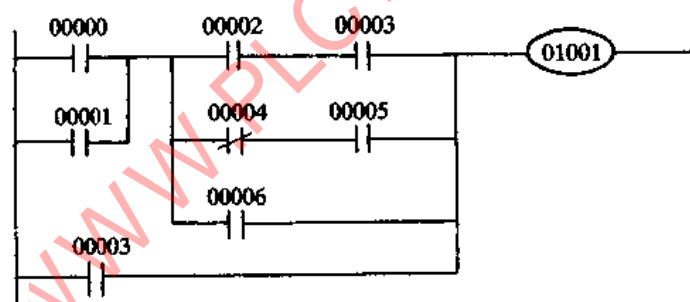


图 5-66 题 5-3 图

5-4 如图 5-67 所示，有 4 个答题人 (A、B、C、D)。出题人 E 提出问题，答题人按动按钮，仅仅是

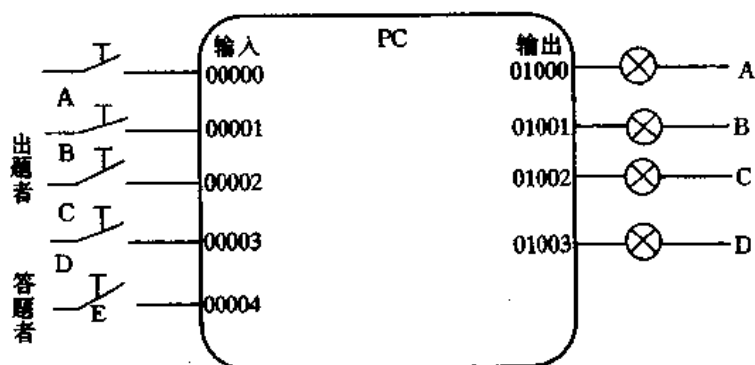


图 5-67 题 5-4 图

最早按的人输出。出题人按复位按钮，引出下一个问题。试画梯形图。

5-5 一台电动机运转 10s 后停止 5s，重复如此动作 3 次，试用 PLC 实现控制要求，并画出 PLC 的 I/O 连线图、梯形图，写出语句表。

5-6 如图 5-68 所示，使三台电动机按顺序启动（A1 → A2 → A3），顺序停止（A1 → A2 → A3），试画出梯形图。

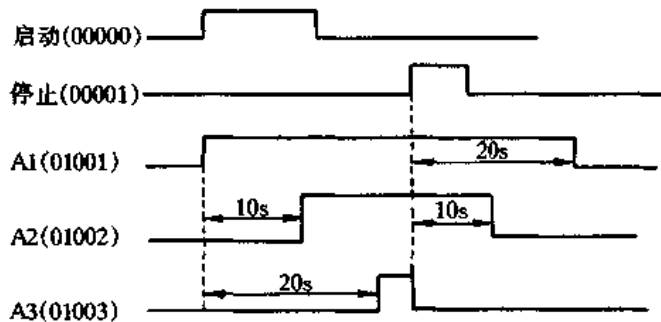


图 5-68 题 5-6 图

5-7 试设计一个 2 分频的梯形图及语句表，并画出输入信号及输出信号的状态时序图。

5-8 数据比较类指令有几条？CMPL 指令与 CMP 指令有什么区别？

5-9 数据传送类指令有几条？每条指令的功能是什么？

5-10 试用移位指令编写彩灯（红、黄、绿）轮流发光的程序。

5-11 算术运算类指令分几个大类？

5-12 试举例说明数据变换指令 BIN 和 BCD 的功能。

5-13 逻辑运算指令 XORW 与 XNRW 有什么区别？

5-14 试说明编写子程序的关键步骤。

5-15 叙述工程步进指令的使用方法。

5-16 分捡小球大球的机械装置其工作顺序是向下，抓住（球），向上，向右运行，向下，释放，向上和向左运行至左上点（原点）。抓球和释放球时间均为 1s，如图 5-69 所示。

当手臂向下，电磁铁吸住大球，极限开关 LS2 处于断开状态。当手臂向下，电磁铁吸住小球，极限开关 LS2 处于接通状态。请用步进指令画出梯形图。

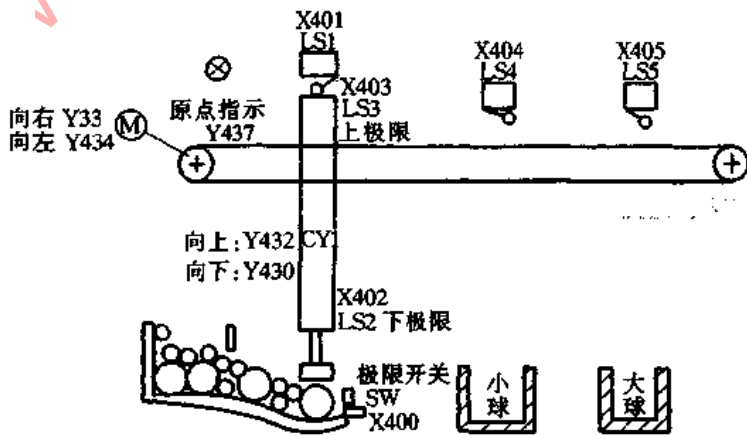


图 5-69 题 5-16 图

5-17 多个传送带起动和停止如图 5-70 所示。起动按钮按下后，电动机 M1 接通，X401 接通后 M2 接



通, 当 X402 接通后电动机 M1 停止, 以后几个传送带动作类推。试用步进指令画出梯形图。

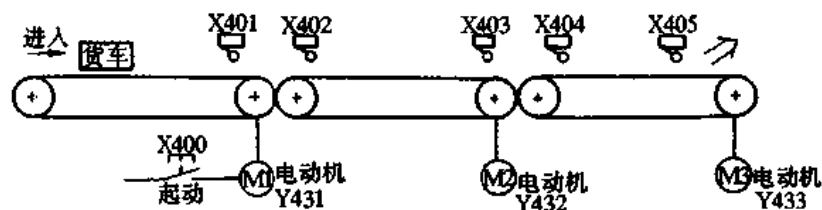


图 5-70 题 5-17 图

5-18 两台电动机动作的时序图如图 5-71 所示, M1 每一循环动作的周期为 28s, M1 动作 15s 后, M2 动作, 且在 M1 下一次动作后 5s, M2 停止。用 PLC 实现对其控制, 用步进指令编程。

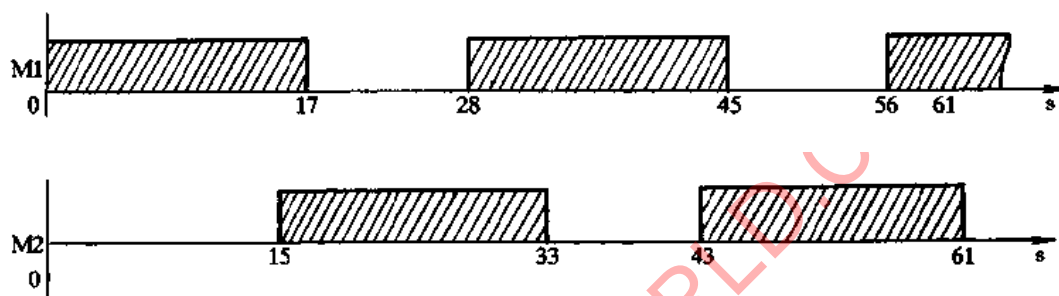


图 5-71 题 5-18 图

5-19 CPM1A 型的 PLC 机的中断共有几种形式? 各自有何特点?

5-20 中断控制指令 STIM 与 INT, 这两条指令的功能是什么? 各用于哪种形式的中断?

## 第六章 编程器的使用

CPMIA 可以使用的编程器为 CQMI-PR001 或 C200H-PRO27。将编程器的连接电缆接到 CPMIA 外设端口上, 编程器的面板上有模式切换开关, 旋转此开关可分别指向 RUN (运行)、MONITOR (监控) 和 PROGRAM (编程), 切换到任一位置都有画面提示。在提示画面时, 不接受键盘操作, 按 **[CLR]** 键, 返回初始画面才能进行键盘操作。

若按过 **[SHIFT]** 键后再进行模式切换, 则在保持原有画面下进行切换, 若 PLC 不接外设, 接上电源自动进入运行模式。

编程模式: CPMIA 处于停止状态, 此时可进行程序写入、修改清除内存以及程序检查等针对程序的操作。

监视模式: CPMIA 处于运行状态, 输入输出处理与运行模式一样可实现运行状态监视接点强制 ON/OFF、定时器计数器设定值/当前值修改、通道数据当前值的修改等等, 主要用于系统试运行调整。

运行模式: CPMIA 处于运行状态, 可进行监视但不可用外设修改。

编程器功能如表 6-1 所示。

表 6-1 编程器功能表

名 称	功 能
内存清除	用户程序、PLC 系统设定、各继电器、定时器/计数器、数据存储器的数据全部清除
读出/解除故障及提示信息	读出发生故障以及提示信息。解除故障提示信息
蜂鸣器声音的开/关切换	切换蜂鸣器声音。(键输入时鸣响) 的 ON/OFF
地址设定	在进行程序写入、读出、插入、删除等操作时, 设定操作对象地址
读出程序	读出用户存储器内容。“运行”“监视”模式下可读出接点的通断状态
指令检索	检索用户程序的指令
继电器接点检索	检索各继电器、定时器、计时器的接点
插入/删除指令	在用户程序中间, 插入/删除指令
写入程序	进行持续的写入指令的修改设定值修改指令
检查程序	确认用户程序的内容是否符合编程规则, 程序中有错误时, 出错的地址及内容将显示出来
I/O 监视	监视各继电器、定时器/计时器, 数据存储器的数据内容。在画面上会一点一点显示出来
I/O 多点监视	同时进行 3 点的 I/O 监视
微分监视	检测各点的闭合/断开时的沿边状态
通道监视	各继电器、数据存储器的以通道为单位的监视, 画面上以二进制的 16 位来显示
3 字监视	连续的 3 个通道同时监视
带符号的十进制监视	把通道内的以 2 的补码表示的十六进制数变换为带符号的十进制数显示出来

(续)

名 称	功 能
无符号的十进制监视	把通道内的十六进制数变换为不带符号的十进制数显示出来
3 字数据修改	汇总修改连续的 3 个通道数据
修改定时器/计时器设定值 1	修改定时器/计时器的设定值
修改定时器/计时器设定值 2	—微调节方式修改定时器/计时器的设定值
修改当前值 1	修改十六进制 4 行, 十进制位数据的当前值
修改当前值 2	把通道数据修改为二进制 16 位数据
修改当前值 3	将通道的数据改变为 $-32767 \sim +32767$ 之间的 1 十进制数输入, 自动变换为以 2 的补码表示的十六进制数的操作
修改当前值 4	将通道的数据改变为 $0 \sim 65535$ 之间的十进制数输入, 自动变换为以十六进制数的操作
强制置位/复位	将各继电器、定时器、计时器的接点强制为 (ON) 置位/ (OFF) 复位
强制置位/复位全解除	被强制置位/复位的所有区域接点, 一齐被解除
变换数据显示形式	对数据存储器进行“1/O 监视”或“1/O 多点监视”时 HEX (十六进制) 4 行的显示形式与字母的显示形式之间的切换
读出扫描周期	显示执行程序的平均扫描周期

初次编程时, 按下列顺序进行清除存储器操作:

- 1) 将模式切换开关设定为编程, 接上 CPMLA 电源然后出现要求输入口令的提示:

(PROGRAM)  
PASSWORD

- 2) 输入口令 **CLR** **MONTR** 显示 **(PROGRAM)**

- 3) 清除内存

**CLR** 提示内存异常时可多次按此键 显示 **00000**

**SET** **NOT** **RESET** 显示 **00000 MEM CLR?**  
**HR CNT DM**

**MONTR** 显示 **00000 MEM CLR**  
**END HR CNT DM**

- 4) 进行故障及提示信息的读出/解除。显示故障的时候, 先排除故障再按 **MONTR**, 使故障提示信息复位, 在有多个故障显示时, 请反复这一操作。

**CLR** 显示 **00000**

**FUN** 显示 **00000**  
**FUN (0??)**

**MONTR** 显示 **00000ERR CHK**  
**OK**

## 5) 显示初始画面

CLR

显示 00000

请按下面顺序操作

CLR

显示 00000

DM 6 6 0 2

显示 D6602  
0000

MOUTR

CHG

显示

PRES VAL?  
D6602 0000???

1 0 WRITE

显示

D6602  
0010

该操作使 DM6602 为 0010, 使编程器用英文显示, 用户程序存储器可写。关于程序输入中输入程序举例、监视模式下的运行及操作参考等, 本书不再列出, 这部分内容将编入实验指导书, 供同学们在实验时学习使用。

## 习题与思考题

- 6-1 编程器的方式切换开关可切换几种工作模式? 每种工作模式的特点是什么?
- 6-2 初次编程时, 如何消除存储器里原来的内容?
- 6-3 在编程器上怎样校验程序? 如何读出、解除故障?
- 6-4 在修改程序的过程中, 怎样插入或删除指令?
- 6-5 使用监视模式时, 如何将继电器、定时器/计数器的接点强制置位 (ON) 或复位 (OFF)?
- 6-6 怎样读出 PLC 的扫描周期时间?

## 第七章 PLC 编程

### 第一节 编程基本知识

#### 一、编程基本原则

1) 输入输出继电器、内部辅助继电器、定时器、计数器等器件可多次重复使用，无需

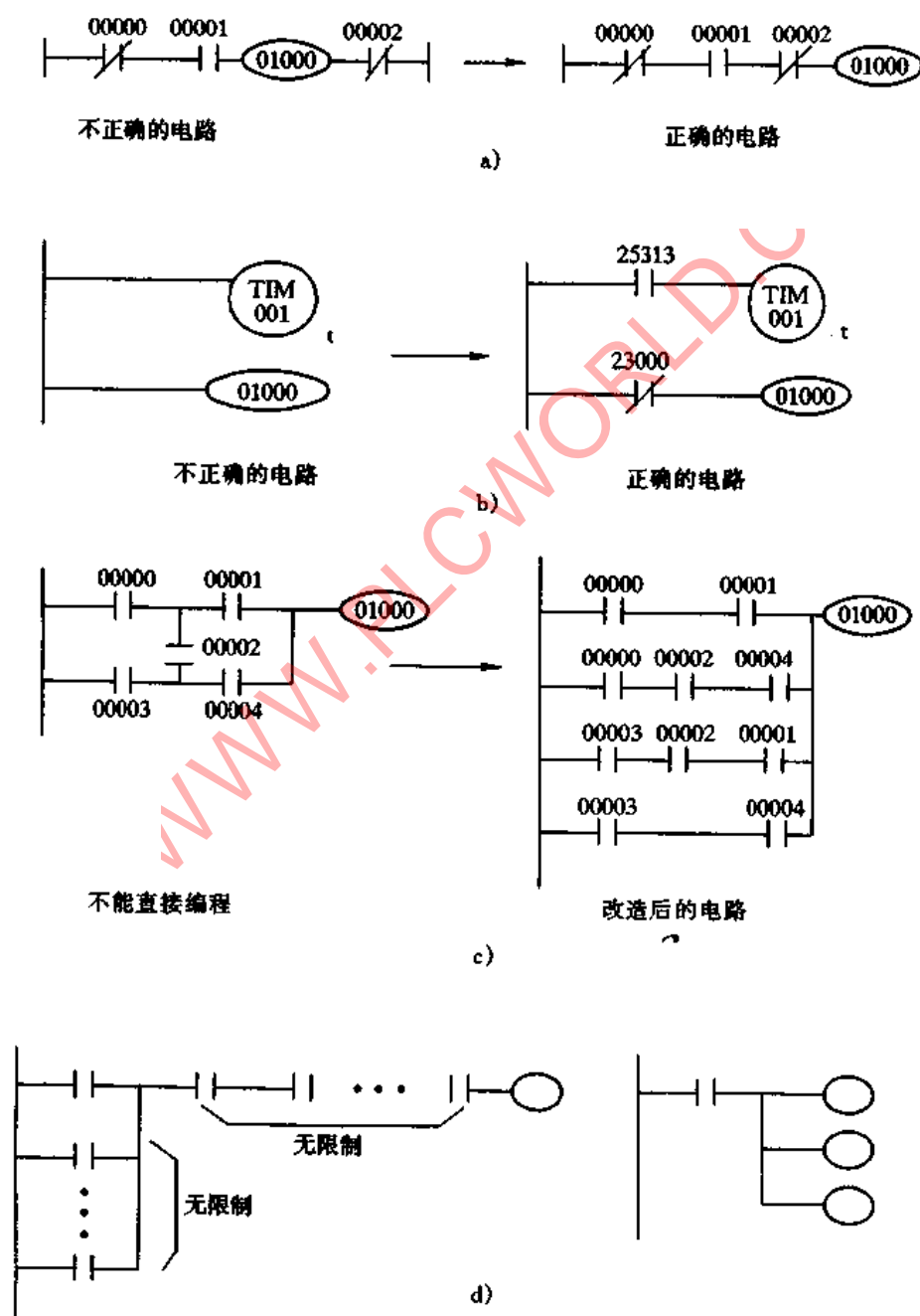


图 7-1 编程基本原则

用复杂的程序结构减少使用次数。

2) 梯形图每一行都是从左母线开始。继电器线圈在最右边，如图 7-1a 所示。

3) 线圈不能直接与左边母线相连，如需要，可通过没有使用的内部辅助继电器常闭触点或常 ON 的 25313 连接，如图 7-1b 所示。

4) 同一编号的线圈在一个程序中使用两次称为双线圈输出，双线圈输出容易引起误动

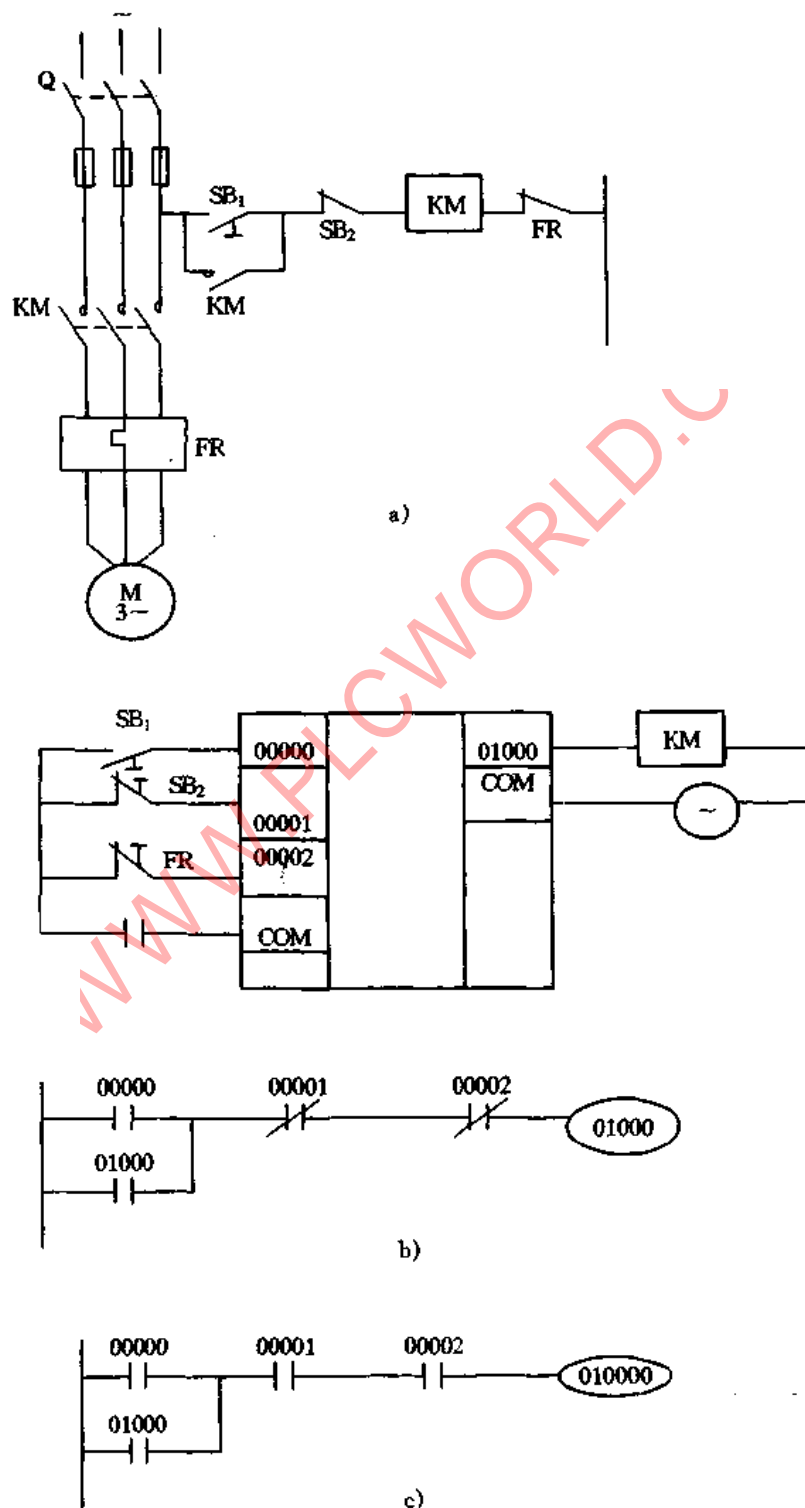


图 7-2 PLC 替代旧产品举例

作, 应尽量避免重复使用。

5) 梯形图必须符合顺序执行原则, 即从左至右, 从上到下地执行, 不符合顺序执行的电路不能直接编程, 需进行改造, 如图 7-1c 所示。

6) 梯形图中串联接点和并联接点可无限次使用, 两个或两个以上线圈可并联输出, 如图 7-1d 所示。

7) 在实际应用中, 常遇到老产品和旧设备改造, 用 PLC 替代原有控制柜, 由于继电器控制原理图与 PLC 梯形图相似, 故可直接将其转换为梯形图, 转换中必须注意常闭接点的处理。

图 7-2 电动机控制电路中 SB2、FR 均为常闭接点, 假如原样搬入 PLC, 则如图 7-2b 所示。当 00000 ON 时, 由于 00001 00002 均为断开状态故 010000 不能得电, 若将常闭换成常开如图 7-2c 则问题均可解决。可见输入为常闭, 梯形图中应为常开。为了和继电器控制图一致, 可将常闭输入改为常开输入。

## 二、编程技巧

1) 将串联接点较多的支路编在梯形图上方, 见图 7-3a。

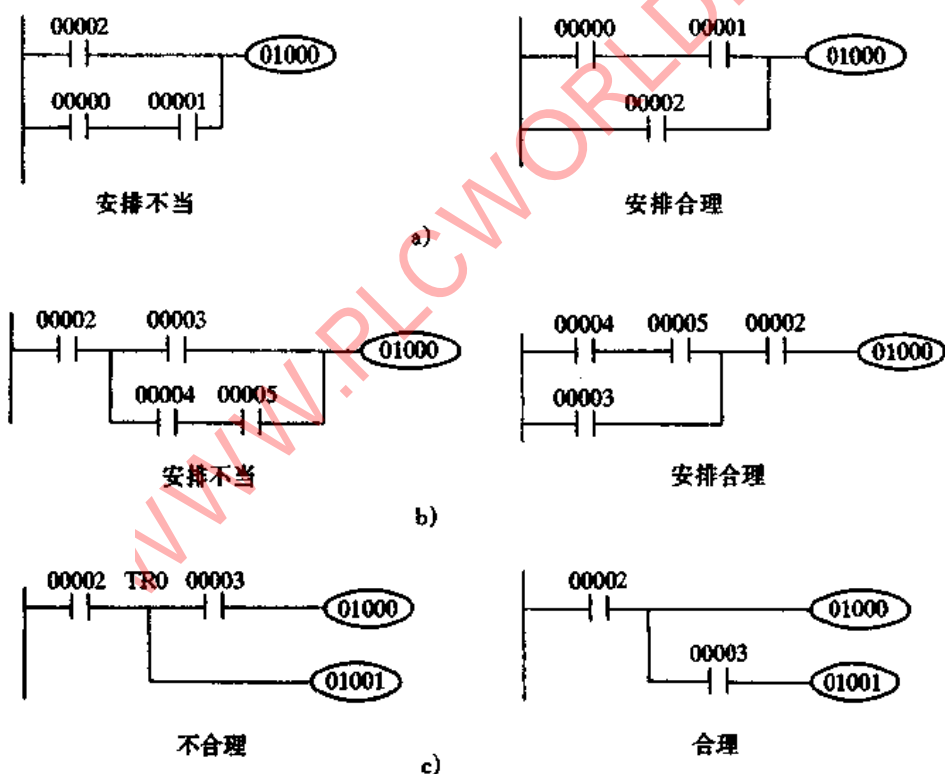


图 7-3 编程技巧示例

安排不当时编程:

```
LD    00002
LD    00000
AND   00001
OR-LD
OUT   01000
```

安排合理时编程:

```
LD    0000
AND   00001
OR    00002
OUT   01000
```



2) 并联接点多的支路应该放在左边, 见图 7-3b。

安排不当时编程:

```
LD 00002
LD 00003
LD 00004
AND 00005
OR-LD
AND-LD
OUT 01000
```

安排合理时编程:

```
LD 00004
AND 00005
OR 00003
AND 00002
OUT 01000
```

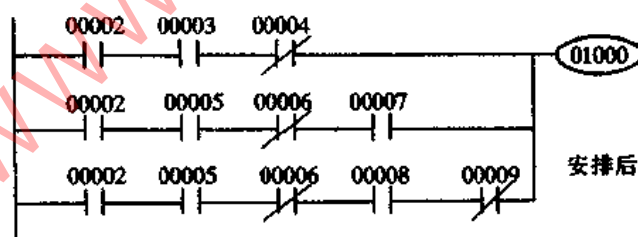
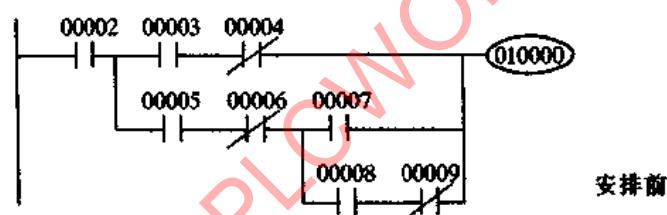
3) 并联线圈电路, 从分支到线圈无触点的应该放在上方, 见图 7-3c。

安排不当时编程:

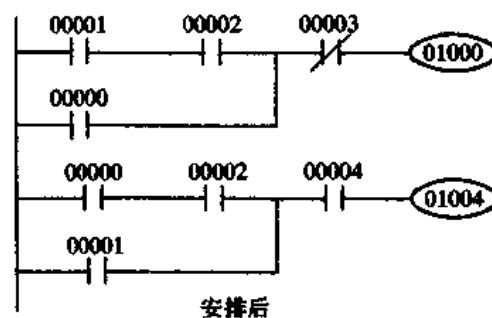
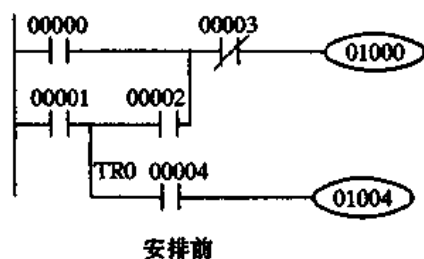
```
LD 00002
OUT TRO
AND 00003
OUT 01000
LD TR0
OUT 01001
```

安排合理时编程:

```
LD 00002
OUT 01000
AND 00003
OUT 01001
```



a)



b)

图 7-4 复杂电路处理

a) 举例一 b) 举例二

4) 复杂电路的处理。如果电路比较复杂, 用 AND-LD、OR-LD 等难于处理, 可重复使用一些接点, 画出等效电路, 然后再编程, 如图 7-4。

### 三、基本电路

#### (一) 启动和复位电路

在图 7-5a 中, 当 00000 ON 时, 启动 01000 置 ON 并自保。当 00001 ON 时, 01000 置 OFF 复位。在图 7-5b 中, 当 00000 ON 时, KEEP 指令使 01000 置 1 并锁存; 当 00001 置 ON 时, KEEP 指令使 01000 置 OFF 复位, 其波形如图 7-5c 所示。

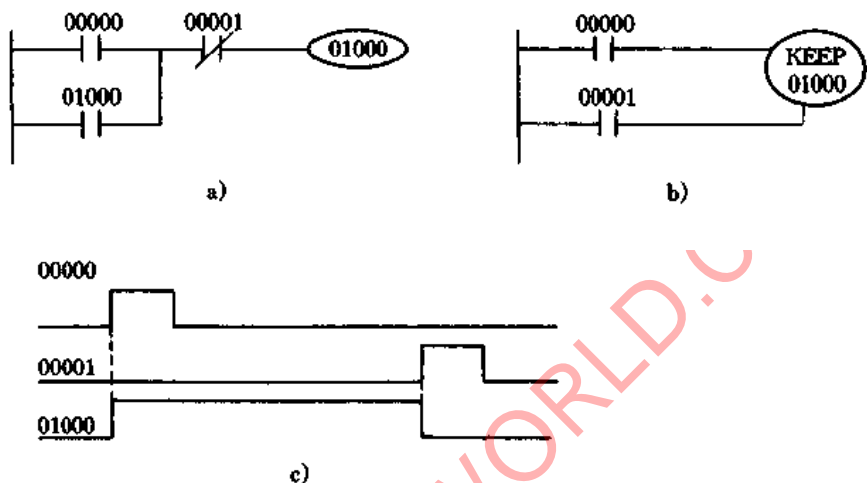


图 7-5 启动和复位电路

#### (二) 触发电路

触发电路主要解决单脉冲信号, 可作为计数器、移位寄存器的复位或启动、停止信号, 使一些指令只执行一次的功能。

在图 7-6a 中当 00000 ON 时, 利用前沿使 01000 ON 一个扫描周期。在图 7-6b 中当 00000 ON 时, 利用其后沿使 01000 ON 一个扫描周期。

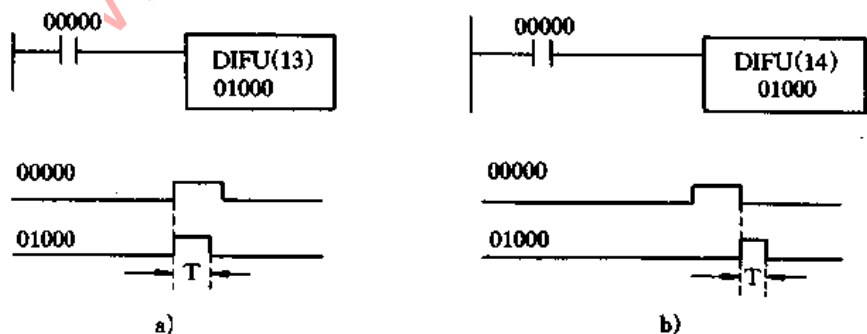


图 7-6 触发电路

#### (三) 2 分频电路

如图 7-7 所示。

当 00000 以脉冲输入时, 每个前沿均使 20000 ON 一个扫描周期。第一个脉冲使 01000

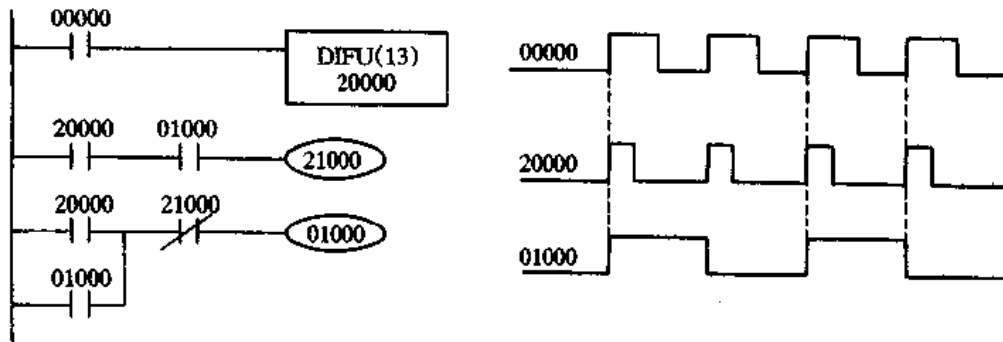


图 7-7 2 分频电路

置 ON 并自保，第二个脉冲使 21000 ON，其常闭使 01000 OFF，第三个脉冲又重复第一个脉冲动作，这样使用 01000 输出频率为 00000 的 2 分频。

#### (四) 延时接通电路

如图 7-8 所示。

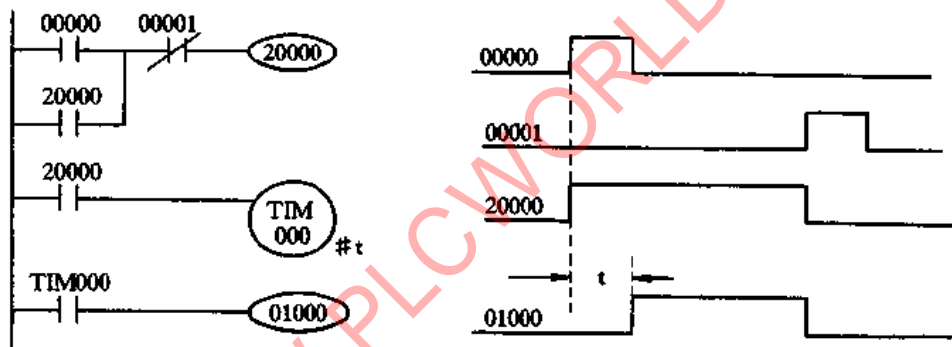


图 7-8 延时接通电路

当 00000 闭合时，20000 ON 并自保，TIM00 延时  $t$  (单位为 s) 后，01000 ON，故 01000 在 00000 置 ON 后延迟时间  $t$  再 ON。

#### (五) 延时断开

图 7-9a 为延时断开电路，当 00000 ON 时，20000 通电并自保，TIM000 计时，01000 ON 经时间  $t$  后，TIM000 ON、01000 OFF，波形见图 7-9b。

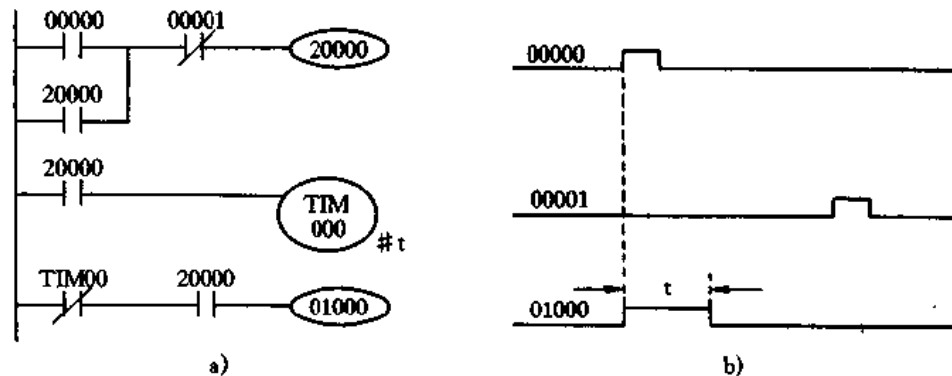


图 7-9 延时断开电路

## (六) 长延时电路

在图 7-10a 中, 当 00000 ON 时, TIM000 计时,  $t_1$  后 TIM001 计时,  $t_2$  后 01000 ON, 01000 延时  $t_1 + t_2$ 。

在图 7-10b 中, TIM000 每经时间  $t$  产生一个脉冲,  $m$  个脉冲后 CNT001 ON, 01000 得电 ON, 00000 OFF 时, 01000 OFF, 01000 延时  $mt$ 。

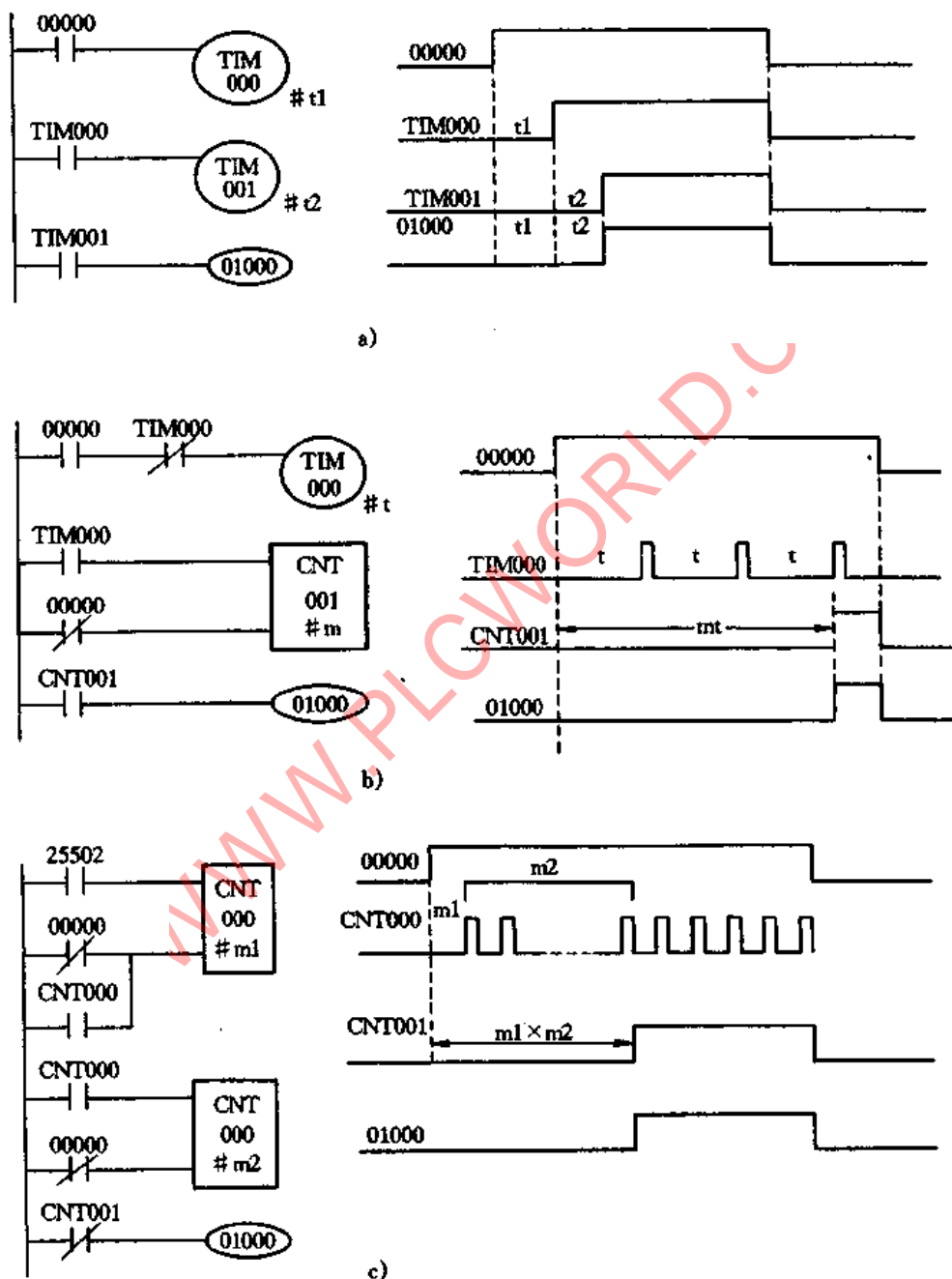


图 7-10 长延时电路

在图 7-10c 中 25502 每秒产生一个脉冲,  $m_1$  (单位为 s) 后, CNT000 ON, CNT001 计一个数, 当计  $m_2$  个数后, CNT001, ON, 01000 ON。总共延迟  $m_1 \times m_2$ 。

## (七) 顺序延时接通电路

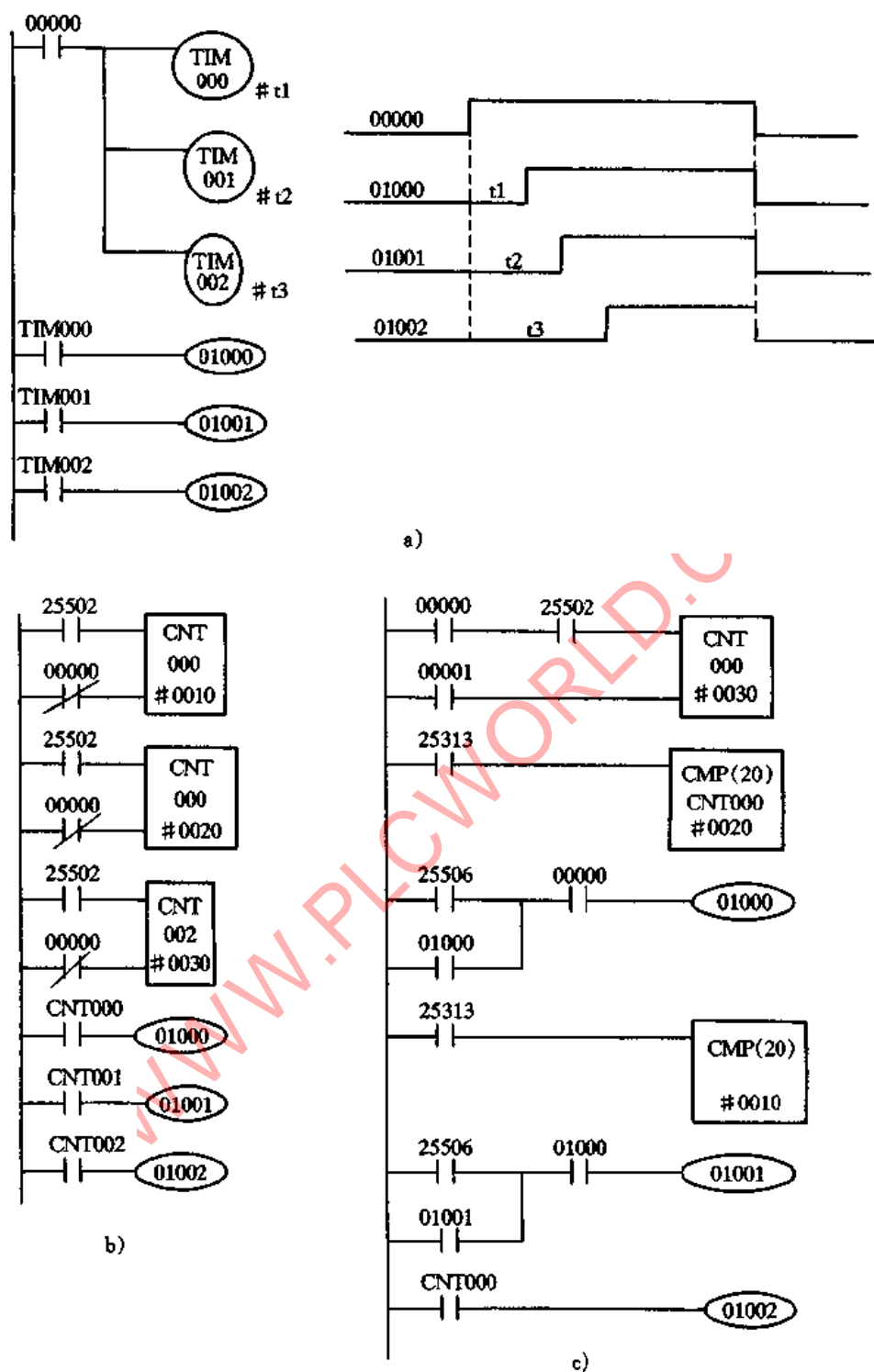


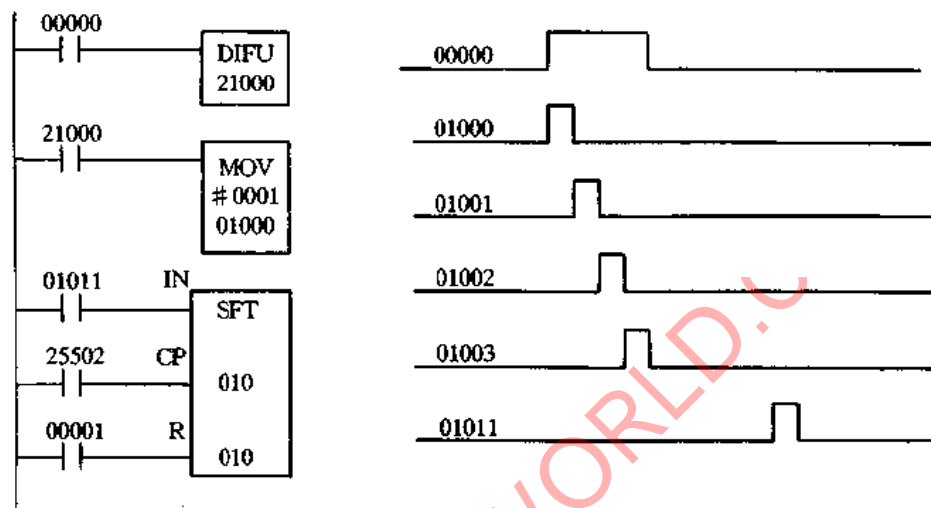
图 7-11 顺序延时接通电路

图 7-11a 是采用定时器的电路，当 00000 ON 时，TIM000、TIM001、TIM002 同时计时， $t_1$  后 TIM000 ON，01000 ON， $t_2$  后，TIM001 ON，01001 ON， $t_3$  后 TIM002 ON，01002 ON，形成顺序延时电路。图 7-11b 采用计数器电路，当输入 00000 ON 时，计数器 CNT000、CNT001、CNT002 分别计数，10s 后 CNT000 ON，01000 ON，20s 后 CNT001

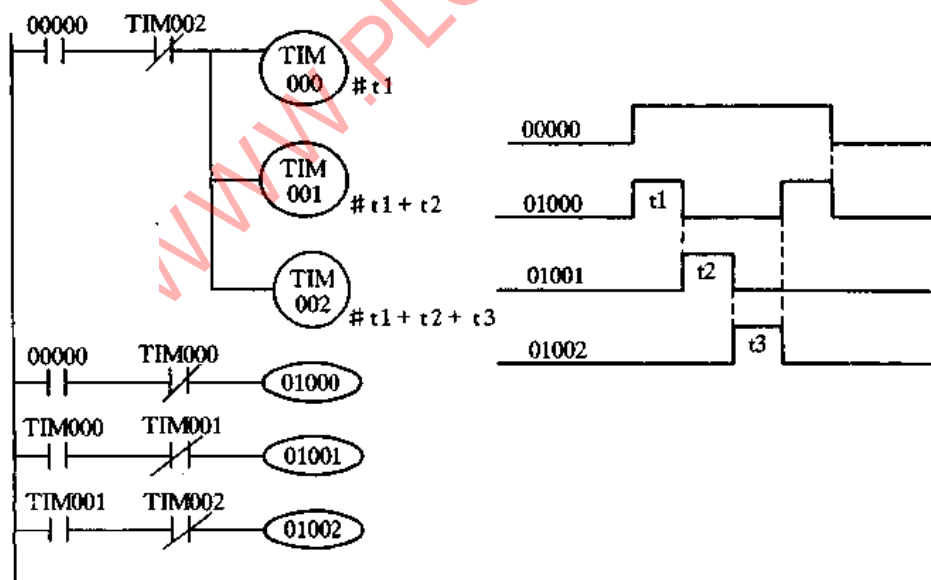
ON, 01001 ON, 30s 后 CNT002 ON。图 7-11c 采用计数器和比较指令编程 25502 产生 1s 脉冲, 25313 为常 ON, 25506 为两数比较相等时 ON。CNT000 设定 30s, 10s 时, 25506 ON 使 01000 ON 并自保, 20s 时又使 25506 ON, 01000 ON 并自保, 30s 时 01002 ON。

#### (八) 顺序循环执行电路

图 7-12a 采用移位寄存器 SFT 电路, 当 00000 ON, 21000 产生一个周期脉冲, 将 1 送入 01000, 在 25502 的 1s 脉冲时钟作用下, 01000~01015 中逐位置 1。当 01012 置 1 时, 再次使 01000 置 1, 形成 1 的移位循环。



a)



b)

图 7-12 顺序循环电路

图 7-12b 采用定时器电路, 00000 ON 时, TIM000、TIM001、TIM002 同时计时, 01000 ON,  $t_1$  后 TIM000 ON, 01000 OFF, 01001 ON,  $t_1 + t_2$  后 TIM001 ON, 01001 OFF, 01002 ON,  $t_1 + t_2 + t_3$  后, TIM002 ON, 01002 OFF, TIM000~TIM002 均 OFF,

01000 ON 又重复前面的过程。

#### (九) 报警电路

在控制系统发生故障时,可利用声音和灯光报警,图 7-13 即为报警电路。25502 为 1s 脉冲信号,00000 为报警信号,当其 ON 时,01000 为 1s 断续输出使灯闪烁,同时使 01001 ON。蜂鸣器发声。操作人员发现报警后接通 00002,使 21000 ON,使 01001 OFF,蜂鸣器停止发声,只有灯在闪烁。

当处理事故后,使 00000 OFF、01000 OFF 灯灭。00001 是为检查报警电路是否正常而设置的,当 00001 ON 时,01000 ON 报警灯亮,证明报警指示良好。

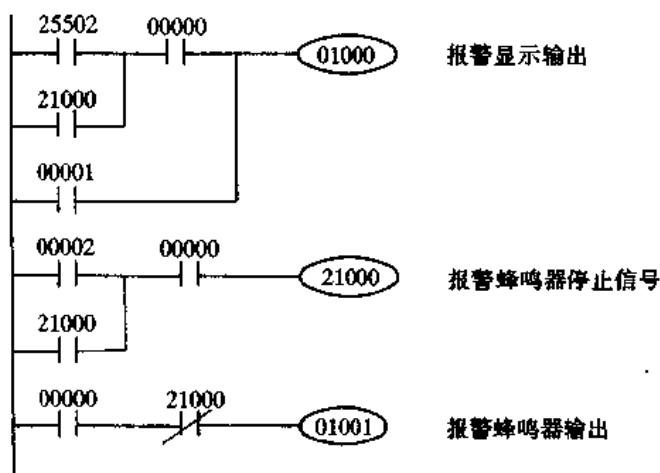


图 7-13 报警电路

#### (十) 实现掉电保护电路

PLC 运行中,若电源突然中断,则内部辅助继电器和输出继电器将断开,电源恢复后将失去原来的状态。在实际系统中,断电前的一些状态需要保留以便电源恢复后能继续运行。一般采用保持继电器作为锁存继电器线圈,以便实现掉电保护。具体电路见图 7-14。

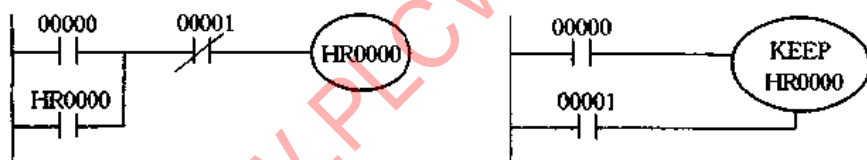


图 7-14 掉电保护电路

#### (十一) 优先电路

当有多个输入信号时,电路仅接收第一个输入信号,对以后输入不予接收,即先输入优先。

图 7-15a 为先输入优先电路,00000~00003 为输入信号,任何一个先输入则先执行,靠

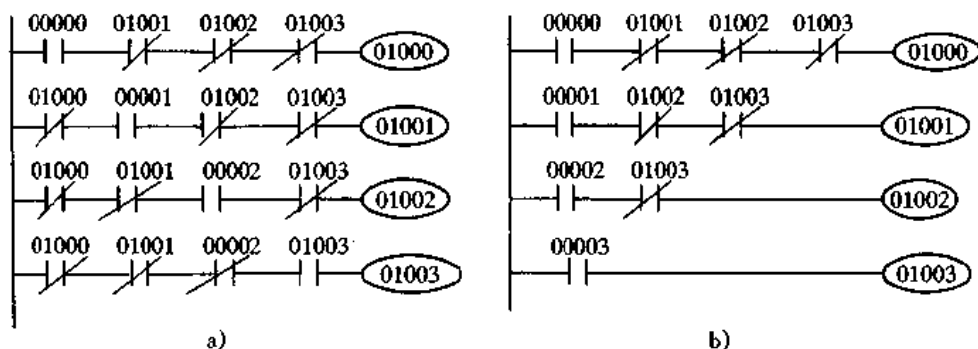


图 7-15 优先电路



其输出的常闭将其它输出断开。图 7-15b 为固定的优先电路, 00003 最优先, 当 00003 ON 时, 其它输出均应断电。

#### 四、应用设计的基本要求

##### (一) 所编程序应简短

简短的程序不仅节省内存, 还可缩短扫描周期, 提高对输入的响应速度, 这要求设计者不仅能巧用指令, 还要能优化结构, 优化结构是重要的。

##### (二) 所编程序应清晰易懂

清晰易懂的程序便于调试、修改或补充, 也便于别人了解。这里所说的清晰是指程序层次分明, 讲究模块化标准化。一般地说, 应按功能或工作方式将程序分成若干单元, 一个单元一个单元的设计, 单元间直接或间接建立联系, 一些应用较多的典型程序应采用子程序方法使之标准化。

##### (三) 所编程序应合乎 PLC 性能指标和工作要求

所编程序的条数应少于所选 PLC 内存容量, 所需输入输出信号应小于 PLC I/O 点数, PLC 的扫描时间应小于所选 PLC 的程序运行监测时间。

#### 五、应用设计的步骤

应用设计的首要工作是调查研究被控对象、控制过程和控制要求, 还要尽可能占有资料, 列出所有功能和指标要求, 确定 PLC 控制范围。一般地说, 操作复杂、易于出错或操作过于频繁或人工操作不能满足要求的控制应由 PLC 去控制, 而很少使用的操作可用手动控制。

PLC 控制系统设计流程图见图 7-16。从图中可知, 确定控制范围是为选择 PLC 机型和硬软件设计服务的。目前市场上 PLC 机型很多, 功能各异, 选择机型的原则是不浪费机器容量又满足功能要求。选择前应对设计需要进行估算, 估算出 I/O 点数, 电压大小, 以及所需内存容量等, 进而选择 PLC。

##### (一) I/O 点数估算

首先按表 7-1 进行 I/O 点数估算, 求出 I/O 点数后再加 10%~15% 余量后选择 PLC、I/O 点。

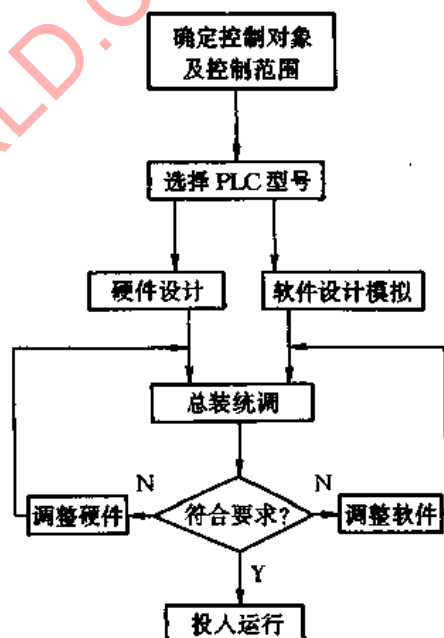


图 7-16 PLC 控制系统设计流程图

表 7-1 I/O 估算表

序 号	电 气 设 备 元 件	输入点数	输出点数	I/O 总数
1	Y-Δ 启动笼型电动机	4	3	7
2	单向运行笼型电动机	4	1	5
3	可逆运行笼型电动机	5	2	7
4	单向变极电动机	5	3	8
5	可逆变极电动机	6	4	10
6	单向运行直流电动机	9	6	15
7	可逆运行直流电动机	12	8	20

(续)

序 号	电 气 设 备 元 件	输入点数	输出点数	I/O 总数
8	单线圈电磁阀	2	1	3
9	双线圈电磁阀	3	2	5
10	比例阀	3	5	8
11	按钮	1	—	1
12	光电开关	2	—	2
13	信号灯	—	1	1
14	拨码开关	4	—	4
15	三档波段开关	3	—	3
16	行程开关	1	—	1
17	接近开关	1	—	1
18	抱闸	—	1	1
19	风机	—	1	1
20	位置开关	2	—	2

## (二) 内存估算

用户程序以机器语言形式存于内存中，我们将一段程序的接点数与所占内存数之比称为内存利用率。显然，内存利用率愈高则所需 PLC 内存量愈小，内存投资将有可能愈小，系统响应速度愈快。一般地说，系统中开关量输入与输出的比为 6:4，所需内存可用经验公式估算：

$$\text{所需内存字数} = (\text{开关量输入} + \text{开关量输出}) \text{总点数} \times 10$$

只需模拟量输入的系统中，一般要对模拟量进行读入滤波传送和比较等运算，所需内存经验公式为：

$$\text{所需内存字数} = \text{模拟量点数} \times 100$$

当模拟量输入输出均需要的系统所需内存经验公式为：

$$\text{所需内存字数} = \text{模拟量点数} \times 200$$

综上所述，总存储量为：

$$\text{总存储量字数} = [(\text{开关输入} + \text{开关输出}) \text{总点数} \times 10 + \text{模拟点数} \times 150] \times 1.25$$

式中的 1.25 为余量系数。

## (三) 响应时间

对于过程控制，扫描周期和响应时间需认真考虑，这里的响应时间是指输入信号产生时刻到输出状态发生变化的时间间隔，可用下列公式表述：

$$\text{系统响应时间} = \text{输入滤波时间} + \text{输出滤波时间} + \text{扫描时间}$$

选择 PLC 时，应使相应时间满足系统要求，至于扫描时间除影响响应时间外，还对输入信号提出要求，一般地说，小于扫描时间的输入信号，难于保证可靠的检测，对此应采取一些措施。

## (四) PLC 功能结构与电压

所选 PLC 从功能结构上应满足系统控制要求，比如当系统要求模拟量输入输出时，所

选 PLC 应具备该功能。一般地说不同 PLC 输入电压有直流 5、12、24、48、60V，交流 115、220V 等多种，电压大小选择与现场设备到 PLC 的距离有关，5、12、24V 属低电平，传输距离较近，例如 5V 最远不超过 10m，一般愈远所需电压愈高。

PLC 输出一般有继电器输出、晶体管输出和晶闸管输出，晶闸管输出适应于开关频繁电感性低功率因数的负载，它价格高过载较差，而继电器适应于电压范围大，导通压降小的场所，虽然价格便宜但寿命短，响应速度慢，在确定控制范围选择机型后可着手系统设计，画流程图，安排输出输入配置，指定地址编号。硬软件设计可并行进行，用户程序在总装机调试前可进行模拟调试，检查无误再进行总装调试。

## 第二节 编程方法

常用的编程方法有经验法、解析法、图解法及计算机辅助设计法。

(1) 经验法 运用自己或别人经验进行设计，设计前选择与设计要求类似的成功的例子，增删部分功能或运用其中部分程序。

(2) 解析法 利用组合逻辑或时序逻辑的理论并采用相应的解析方法进行逻辑求解，根据其解编程序。它可使程序优化或算法优化，是较有效的方法。

(3) 图解法 图解法是靠画图进行设计，常用的有梯形图法，波形图法和流程图法。梯形图法是基本方法，无论经验法还是解析法，在 PLC 中一般都要用梯形图法。波形图法很适合于时间控制电路，先将信号波形画出，再依时间用逻辑关系组合，很容易将程序设计出来。

(4) 计算机辅助设计 利用应用软件在微机上设计梯形图，然后输入 PLC 中，此种方法是发展方向。

### 一、解析法编程

#### (一) 基础知识

1. 梯形图代数 用解析法编程时要列写逻辑表达式，列写逻辑表达式要采用梯形图代数。梯形图代数与逻辑代数基本一致，它们的约定也基本相同，接点通（或 ON）用 1 表示，接点断（或 OFF）用 0 表示。常开接点用编号表示，常闭接点要在其编号上加一横线，常开与常闭的逻辑取值是非、或、求反关系，线圈本身通电作用 1 表示，断电不工作用 0 示，线圈在 OUT 指令中用编号表示，用于 OUT NOT 指令时用编号加一横线表示，梯形代数运算规则，及化简原则与逻辑代数相同，梯形图代数的特点是逻辑函数表达式中常含有自身因子，例如图 7-17 所示的启动保持停止梯形图的表达式为：

$$01000 = 00000 + 01000 \cdot 00001$$

该式两边均含有 01000，但含义不同，左边表示 01000 继电器的线圈，逻辑值为 1 时表示线圈通电，逻辑值为 0 表示线圈断电，而右侧的 01000 表示该继电器的接点，为 1 时表示接点闭合，为 0 时表示接点断开。一般地说，任一线圈 J，当仅用 LD，AND，OR，AND NOT，OR NOT，AND LD，OR LD 等基本指令并使用 OUT 指令时，其逻辑表达式总可用下式描述：

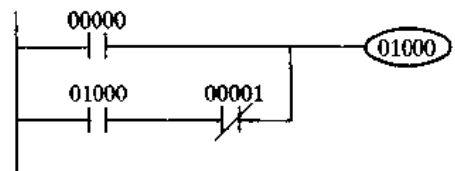


图 7-17 启动保持停止梯形图

$$J_i = Q_i + B_i J_i^*$$

式中  $Q_i$ 、 $B_i$  均为不含  $J_i$  因子。该式左边  $J_i$  表示线圈，右边  $J_i^*$  表示接点。梯形图如图 7-18a 所示，称  $Q_i$  为启动电路，只要  $Q_i = 1$  则  $J_i$  为 1，而  $B_i J_i$  为保持电路，它只在电路启动后发生作用。因为启动后只要  $B_i = 1$ ，则不论  $Q_i$  为何值均能保持  $J_i = 1$ ，而断电时必须  $B_i = 0$  方可。当然上述论点要求  $Q_i = 1$  的持续时间要小于  $J_i$  持续时间，即在  $J_i$  断电前必须  $Q_i = 0$ ，另外，还要求  $B_i = 1$  的持续时间不少于  $J_i$  持续时间，如图 7-18b 所示。

在上述条件下，讨论  $J_i$  启动只需讨论  $Q_i$ ，讨论  $J_i$  保持或停止，则只需讨论  $B_i$  即可，而  $Q_i$ 、 $B_i$  又不包含因子  $J_i$ ，这为我们用解析法设计创造了非常好的条件，提供了简便的方法。

当使用 OUT NOT 指令时，其逻辑表达式可用下式描述：

$$\bar{J}_i = Q'_i (B'_i + \bar{J}_i)$$

其中  $Q'$ 、 $B'$  均不含  $J_i$  因子， $Q'$  为启动条件， $B' + \bar{J}_i$  为保持条件，见图 7-19a。当  $Q' = 0$  时，不论  $B'_i + \bar{J}_i$  取值为何，均使  $\bar{J}_i = 0$ ， $J_i = 1$ ， $J_i$  启动。工作后  $\bar{J}_i = 0$  只要  $B'_i = 0$ ，即可保持  $J_i$  工作。

上式还可变换成下式  $\bar{J}_i = E_i + F_i \bar{J}_i$  如图 7-19b 所示， $E_i = 1$ ， $J_i = 0$ 。在不工作条件下， $F_i = 1$  可保持其不工作。总之，研究 OUT NOT 作用下线圈的启动与保持问题，只要讨论  $Q'_i$ 、 $B'_i$  或  $E_i$ 、 $F_i$ 。同样为解析方法设计提供了简便的方法。

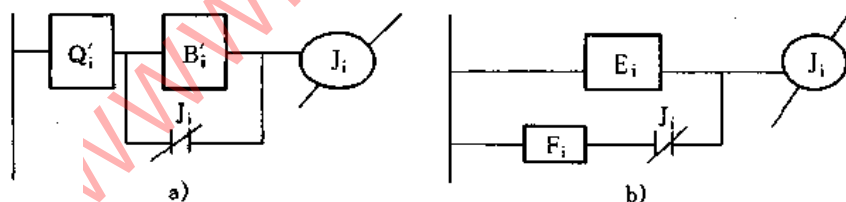


图 7-19 OUT NOT 作用下梯形图

2. 电路类型 若将 PLC 梯形图看成电路，可按输入输出关系分为组合电路和时序电路，也可按输入的确定性分为确定电路和不确定电路。同一电路采用不同设计方法其难易程度有时相差较大，因此对电路类型的认识是必要的。

(1) 组合电路 凡输出只与输入现状有关，而与输入的历史情况无关的梯形图称为组合电路。图 7-20a 为最简单的组合电路。00000 置 ON，01000 也置 ON，00000 变 OFF，01000 也变 OFF，与历史状态无关，不需要记忆过去。

图 7-20b 为三位置刀架示意图，它有互差  $120^\circ$  的 A、B、C 三个位置，分别对应 PLC 的三个输出 01001、01002、01003，用 00002、00003 对应行程开关 1ST、2ST。该图示位置为位置 A，1ST、2ST 压合。刀架顺转  $120^\circ$  后为位置 B，1ST 断开，2ST 压合，再转  $120^\circ$  后为位置 C，1ST 压合，2ST 断开，它们之间的关系列表 7-2 中。

从表中可知,输出与输入的状态组合是唯一的——对应关系,无论顺时针转还是逆时针转,均不会破坏其关系。确切地说,没有先后顺序。这种电路的设计十分简单,只要分别将其对应关系表示成逻辑关系或画成梯形图即可。本例梯形图如图 7-20c 所示。

表 7-2 刀架通断表

00002	00003	位置
1	1	A (01001)
0	1	B (01002)
1	0	C (01003)

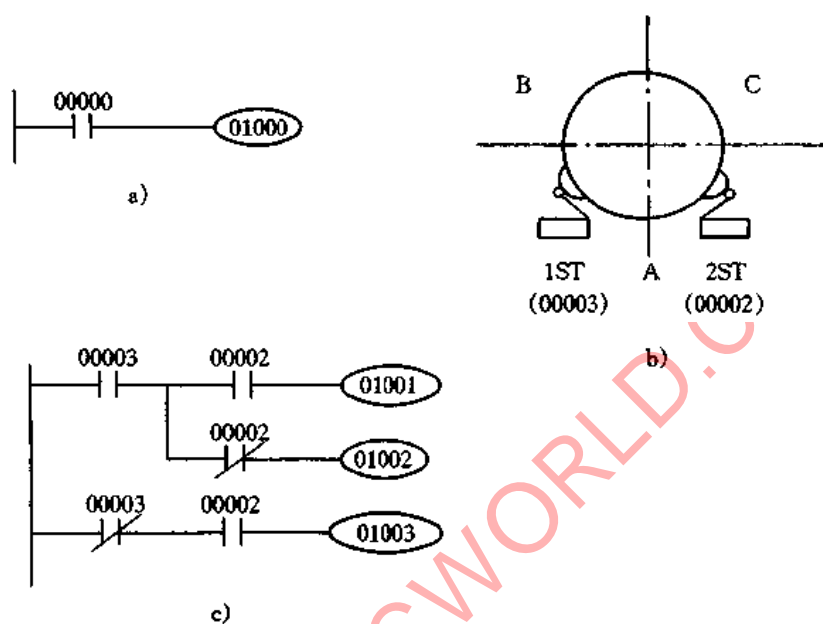


图 7-20 组合电路

(2) 时序电路 凡输出不仅与输入现状有关,还与输入历史状态有关的梯形图称为时序电路。因为与历史有关,因此需记忆其历史状态。图 7-21a 为简单的时序电路,当 00000 置

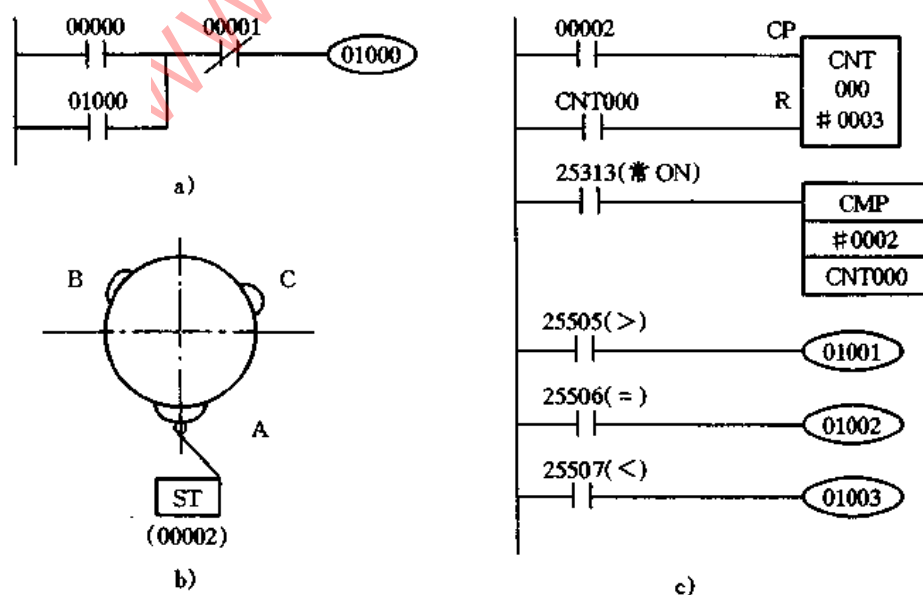


图 7-21 时序电路



ON 时, 01000 通电并自保, 这个自保接点 01000 是输出对输入组合条件的反馈, 它具有记忆功能。

图 7-21b 是图 7-20b 三位置刀架的改进, 它仅用一个行程开关 ST (同 PLC 的 00002 对应) 作输入。不论刀架处于 A、B、C 中任一位置均可使 ST 压合, 00002 置 ON, 因此仅靠 00002 置 ON 不能区别 A、B、C 的位置, 只有靠历史记忆。图 7-21c 为其梯形图, 图中使用了计数器 CNT000, 原位 A 时, CNT000 当前值为 3, 大于 2, 所以 25505 ( $>$ ) ON, 01001 置 ON, 表示处于 A。当刀架顺时针转  $120^\circ$  时, CNT000 当前值为 2, 等于 2, 25505 ( $=$ ) ON, 使 01002 置 ON, 表示处于 B。当刀架再顺转  $120^\circ$  度时, CNT000 当前值为 1, 小于 2, 故 15507 ( $<$ ) ON, 01003 置 ON 表示位于 C, 若再顺时针转  $120^\circ$  后, CNT000 当前值为 0, 将复位回到设定值 3, 又大于 2。故 25505 ( $>$ ) ON, 01001 再 ON 表明又回到 A。

这种时序电路在 PLC 系统设计中遇到很多, 是我们讨论的重点之一。采用计数、置位或锁存指令记忆历史状态, 在同样输入状态下, 解的唯一性是由历史状态所决定, 由时间的先后顺序决定。因此称为时序电路。时序电路的顺序是一个节拍一个节拍进行展开的, 这里所谓的节拍是指两次输入间的时间间隔, 当然每个节拍所需的时间长短取决于实际需要, 并不要求一样。完成一个节拍内所有指令, 再进入另一节拍, 完成另一节拍内的指令。因此 PLC 的时序电路不存在竞争。

(3) 确定电路 在生产过程中, 大部分控制对象的工作或顺序是确定的, 与其对应的控制电路为确定电路。确定电路有组合的也有时序的, 可用通断表反映其工作状态。

图 7-22 为一个按钮控制的启、保、停电路, 未按按钮 (00002) 时, 00002 为 OFF, 01001、010002 均为 OFF, 第一次按按钮时, 00002 为 ON, 01001 为 ON 并自保, 20002 为 OFF。松开按钮后, 20002 置 ON。再次按下按钮时, 01001 为 OFF, 但 20002 仍 ON, 松开按钮后, 20002 置 OFF, 此时又回到第一次按按钮前的原始状态, 显然该电路为时序电路, 其通断表见表 7-3。

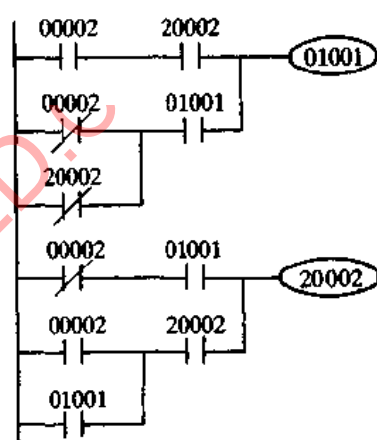


图 7-22 单按钮控制的启动、保持、停止梯形图

表 7-3 单按钮控制启动、保持、停止通断表

节拍序号	当前输入	输入元件情况	输出元件情况	
			01001	20002
0		A (00002)	0	0
1	A (00002)	1	1	0
2	$\overline{A}$ (00002)	0	1	1
3	A (00002)	1	0	1
4	$\overline{A}$ (00002)	0	0	0

由于时序电路是按节拍顺序展开, 所以通断表有节拍序号列, 填入节拍序号, 由于节拍是两个输入信号间的时间间隔, 所以每个节拍开始必有一个输入信号变化, 此信号就是通断表中当前输入列, 填入变化的信号。输入信号列是所有输入信号在该节拍中的状态, 输出信

号列为所有输出信号在该节拍中的状态。

通断表不仅能很好的反映各信号间变化状态，还是解析法设计的依据。

(4) 随机电路 客观世界中有许多工作过程或工作顺序不固定的系统，其对应的控制电路为随机电路，比如电梯向上层开，到几层停是随机的。这种电路也可用通断表列出，但随着随机可能的增多，程序将爆炸性增长。因此随机电路一般不采用通断表的方法，而寻求其它方法。

3. 解析法设计的唯一性原则 所有输入继电器、内部辅助继电器、输出继电器所处的工作状态简称为逻辑条件。当逻辑条件相同时，输出应该有唯一的确定工作状态，这是梯形图电路正常工作的唯一性原则。但在实际设计中经常会遇到逻辑条件相同而输出不同的情况，称为逻辑条件相混。相混造成输出不唯一，不能正常工作，这时应该设法适当增加内部辅助继电器，改造逻辑条件，使其有所区别以达到唯一性条件。下面仍以单按钮控制启、保、停电路做进一步说明。

在设计之初，表 7-3 中最后一列 20002 是没有的，后来所以加上它，是为了解决输出 01001 的逻辑条件相混而设置的，表中“节拍序号”表明时序电路节拍展开顺序。由于 PLC 巡回扫描，可认为节拍 4 的下一节拍是 1，即认为节拍 4 与节拍 0 重合。“当前输入”是对应节拍开始的输入信号，“输入元件情况”是随节拍而变化的客观存在，而输出 01001 随节拍的变化是电路的设计要求。表 7-3 各信号关系绘于图 7-23 中，可供读者参考。对于本例而言，就是要利用输入元件的逻辑条件，达到 01001 的确定输出。在 01001 列中，节拍 1、2 连续 ON，故称开始 ON 的节拍。1 为 01001 的启动节拍。开始 OFF 节拍 3 为 01001 的断电节拍，启动逻辑条件  $00002 = 1$  在启动节拍 1 是必须出现的。在 01000 持续节拍 2 中也可出现，但不准在 3、4 节拍中出现，否则就称为相混。

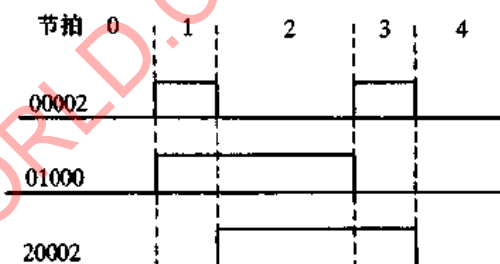


图 7-23 表 7-3 中信号说明

显然在未加 20002 之前节拍 1、3 相混，从断电节拍上看，断电条件是 00002 为 ON，它在断电节拍出现是必须的，但不可在 01000 为 ON 的节拍 1、2 中出现，否则称为相混，显然本例节拍 3、1 相混。

显然在未加 20002 之前节拍 1、3 相混，从断电节拍上看，断电条件是 00002 为 ON，它在断电节拍出现是必须的，但不可在 01000 为 ON 的节拍 1、2 中出现，否则称为相混，显然本例节拍 3、1 相混。

为了解决相混，引入内部辅助继电器 20002，使 01001 的逻辑条件从原来只有 00002 变成 00002 与 20002 的组合，若 20002 按图 7-23 安排波形，可使 01001 的启动逻辑条件为  $00002 \cdot \overline{20002}$ ，断电逻辑条件为  $00002 \cdot 20002$ ，两者逻辑条件不再相同，解决了相混问题。增加的 20002 是内部辅助继电器，除了不输出外，也和 01000 一样存在启动节拍与断电节拍，存在相混问题，在本例中 20002 的启动节拍为节拍 2，逻辑条件为  $\overline{00002} \cdot 01000$ ，断电节拍为节拍 4，逻辑条件为  $\overline{00002} \cdot \overline{20002}$  两者不存在相混，不需再增加内部辅助继电器进行区分，否则还要像前面引入 20002 一样再引入一个继电器，直至不相混为止。

4. 逻辑表达式 在编程之前应列逻辑表达式，在用 OUT 指令输出时采用  $J_i = Q_i + B \cdot J_i^*$  公式列写，上例中 01000 的启动逻辑条件为  $Q = 00002 \cdot \overline{20002}$ ，保持逻辑条件为

$$B = 00002 \cdot \overline{20002} + 00002 \cdot 20002$$

其逻辑表达式为



$$01000 = 00002 \cdot \overline{20002} + (\overline{00002} \cdot \overline{20002} + \overline{00002} \cdot 20002) 01000$$

一般地说, 这样直接写出的 B 是比较复杂的, 用卡诺图求解可得较精简的结果。填写卡诺图应该仔细分析出任意项 d, 通常断电节拍必须填 0, 而断后由于 01000 已为 OFF, 只要不出现启动逻辑条件, 01000 不会再 ON, B 可采用任意值, 所以断电节拍直至再启动节拍均为任意 d, 所填卡诺图见图 7-24。

从卡诺图得  $B = \overline{00002} + \overline{20002}$ , 上面 01000 的逻辑表达式为

$$01000 = 00002 \cdot \overline{20002} + (\overline{00002} + \overline{20002}) 01000$$

同理可得 20002 逻辑表达式为:

$$20002 = \overline{00002} \cdot 01000 + (00002 + 01000) 20002$$

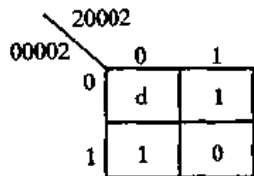


图 7-24 卡诺图

## (二) 解析法设计步骤

1. 初列通断表 根据 PLC 工作对象的情况划分工作节拍, 确定各节拍输入与输出对应关系, 初列通断表, 这个通断表称为原始通断表。比如设计一个按钮控制电路, 按钮反复动作到第 4 拍时产生输出, 第 6 拍时停止输出, 电路复原。其原始通断表见表 7-4。

### 2. 唯一性设计

(1) 唯一性检查, 建相混表 对原始通断表中每个输出继电器逐个进行唯一性检查。检查时除本身及同节拍改变状态的器件外其余所有输入输出继电器均可作为该输出继电器的逻辑条件, 检查的要点是把该输出继电器的所有启动节拍的逻辑条件与所有不工作 (OFF) 节拍的逻辑条件逐个比较看是否相混, 再将该输出继电器所有断电节拍的逻辑条件与所有 ON 状态的逻辑条件逐个进行比较看是否相混, 然后建相混表。

在本例中, 将启动节拍 4 与 OFF 节拍进行比较发现节拍 4 与节拍 2、6 节拍相混, 然后将断电节拍 6 与 ON 节拍比较发现节拍 6 与节拍 4 相混。建相混表时, 可附在原始通电表右侧, 将逻辑条件相同者分为一组, 占一列。用英文字母命名, 启动节拍 (或断电) 处标大写字母, 其它相混节拍标小写字母, 然后在同名大小写字母间画竖实线。画线时将第一节拍看成最后节拍的次拍。本例相混表见表 7-5。

表 7-4 原始通断表

节拍序号	当前输入	00002	01000
0		0	0
1	00002	1	0
2	$\overline{00002}$	0	0
3	00002	1	0
4	$\overline{00002}$	0	1
5	00002	1	1
6	$\overline{00002}$	0	0

表 7-5 相混表

节拍序号	当前输入	00002	01000	相混表			20001	20002
0		0	0	d	E	g	0	0
1	00002	1	0		f		1	0
2	$\overline{00002}$	0	0	D		G	1	1
3	00002	1	0			F	0	1
4	$\overline{00002}$	0	1	D	e		0	1
5	00002	1	1				0	0
6	$\overline{00002}$	0	0	D	E		0	0

解决相混的办法是增设中间继电器, 改变相混节拍的逻辑条件使之有所区别, 在相混表中就是在竖实线所通过的任一节拍处设置分界线, 使增设的中间继电器在分界线改变状态, 解决相混。建立分界线应一线多用, 即用一个分界线解决尽可能多的相混组。从图可知, 应在节拍 3、5 建立分界线, 所建的分界线实际是所增添的中间继电器的启动节拍或断电节拍。增添的中间继电器也存在相混问题, 因此要对分界线检查相混。在本例中第 3 节拍分界线与

第1节拍相混,第2节拍应建分界线,第2节拍分界线又与0节拍(即6节拍)相混,应在第1节拍建分界线,再查节拍1分界线不再相混,相混检查结束。检查分界线相混有其规律,即只检查分界线节拍之前的节拍即可。

(2) 确定增加的内部辅助继电器及其工作状态 确定分界线后,应确定增加的内部辅助继电器及其工作状态。设分界线数为P,则通常采用的辅助继电器数N(应为整数)为

$$N \geq P/2$$

即用一个辅助继电器的通到断和断到通建立两个分界线,这N个继电器通常采用“依次通,全通后依次断”的原则进行工作设定,在本例中共有四个分界线,故  $N=4/2=2$  需两个辅助继电器,表中采用20001,20002。并采用“依次通,全通后依次断”的原则设定。

仅工作一个节拍的信号称为短信号,比如按钮A,在i节拍输入A,  $i+1$  节拍输入 $\bar{A}$ 则称为短信号,若中间有其它信号则称长信号。一般的规律是当通电表中出现短信号时,其它的输入节拍必须建分界线,若用同一信号连续发出正反信号作为计数信号,则它的每个输入节拍都必须建立分界线。

(3) 建立逻辑表达式 建立逻辑表达式时要将启动电路和保持电路分开处理,当运用锁存指令时,启动电路就是置位(S)电路,保持电路取反即为复位(R)电路。

1) 启动电路逻辑表达式。启动电路的逻辑要求是:启动节拍逻辑条件应为1,所有无电节拍应为0,其它节拍可任意,表达式分特解和一般解,特解仅用启动节拍逻辑为1的约束,其表达式为

$$J_{QT} = \sum_1^N A_{Qi} M_{Qi} \quad (7-1)$$

式中,  $N$  为启动次数;  $A_{Qi}$  为启动节拍当前输入;  $M_{Qi}$  为启动节拍的其它元件状态组合。

一般解为

$$J_{QY} = \sum_1^N A_{wQi} M_{wQi} \quad (7-2)$$

式中,  $Q$  为所有 OFF 节拍总数;  $A_{wQi} M_{wQi}$  为 OFF 节拍逻辑条件。

这里面包含有多余项,正确方法是从中挑选,使一般解中除启动节拍为1的特解外还选择一些无关项(任意取值项)使启动电路简化。

2) 保持电路逻辑表达式。其逻辑要求是:断电节拍逻辑条件为0(对锁存指令R电路应为1),ON节拍为1(R电路为0)其它可任意取值,也分一般解和特解,特解仅考虑ON节拍逻辑条件,其逻辑表达式为:

$$J_{BT} = \left( \sum_1^P A_{rj} M_{rj} \right) J \quad (7-3)$$

式中,  $P$  为所有为 ON 的节拍数;  $A_{rj} M_{rj}$  为 ON 节拍的逻辑条件;  $J$  为求解元件自身接点。

一般解为:

$$J_{BY} = \left( \sum_1^N A_{Di} M_{Di} \right) J \quad (7-4)$$

式中,  $N$  为断电次数;  $A_{Di}$  为断电节拍当前输入;  $M_{Di}$  为断电节拍其它元件状态组合;  $J$  为求解元件自身接点。

该一般解公式中含有多余项,正确方法应从中选择一些包含特解项和一些无关项,使公

式最简。一般情况下,采用卡诺图求解是非常方便的。在本例中 01000 卡诺图见图 7-25。

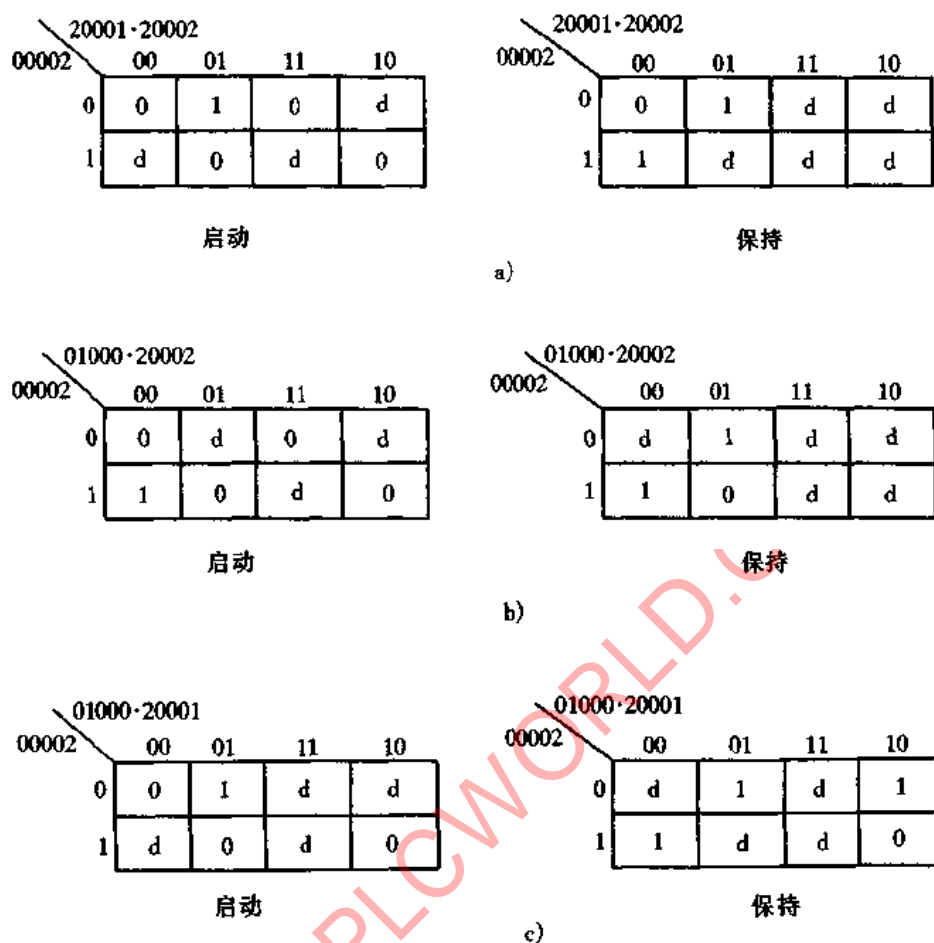


图 7-25 卡诺图

01000 卡诺图见图 7-25a, 其逻辑表达式为:

$$01000 = \overline{00002} \cdot \overline{20001} \cdot 20002 + (00002 + 20002) 01000$$

20001 的卡诺图见图 7-25b, 其逻辑表达式为:

$$20001 = 00002 \cdot \overline{01000} \cdot \overline{20002} + (\overline{00002} + \overline{20002}) 20001$$

20002 卡诺图见图 7-25c, 其逻辑表达式为:

$$20002 = \overline{00002} \cdot 20001 + (\overline{00002} + \overline{01000}) 20002$$

当使用锁存指令时,其 S 电路特解与一般解与启动电路公式 (7-1)、式 (7-2) 完全相同,其 R 电路为式 (7-3)、式 (7-4) 中除去 J 后的非。再将特解与一般解互换,即特解为:

$$R_T = \sum_{i=1}^N A_{Di} M_{Di} \quad (7-5)$$

式中, N 为断电次数;  $A_{Di}$  为断电节拍当前输入;  $M_{Di}$  为断电节拍其它元件状态组合。

一般解为:

$$R_Y = \overline{\sum_{j=1}^P A_{rj} M_{rj}}$$

式中, P 为所有为 ON 的节拍数;  $A_{rj} M_{rj}$  为 ON 节拍的逻辑条件。

(4) 列写指令画梯形图 有了逻辑表达式可直接列写指令或画出梯形图。本例梯形图如图 7-26 所示。在实际设计中,并非全是逻辑表达式列写指令的问题,除此之外还有电路联锁、互锁、状态设置、显示掉电保护以及安全等一系列问题。

1) 电路联锁。所谓联锁是指从安全的需要出发对某元件工作所设置的条件约束。如自动循环的机床开车时要求所有部件处于原位,否则易于碰撞。车床刀架的进刀要在压紧状态下工作,否则要出事故。当设置出现故障,有了误操作等应使控制对象停止工作,等等都属于联锁。

2) 电路互锁。互锁是器件的相互约束,比如控制电机正反转用两个接触器,一个控制正转,一个控制反转,不允许两个接触器同时接通,否则将出现短路。这就要求以对方 OFF 作为自己 ON 的约束条件,这就是互锁。

3) 电路状态设置。一般自动化较高的机床都有手动、调整和自动三种工作状态。通常靠切换开关实现状态的切换称为状态设置。

4) 显示与安全。用 PLC 控制系统时,从 PLC 输出指示灯就可以看出输出状态,但通常在操纵台上设置指示灯便于工人操作。为了安全 PLC 输出还要接熔丝,PLC 要接地线、控制对象有时要有过载保护、短路保护等等。

5) 掉电保护 控制对象通常是按预先规定的顺序一个工步一个工步的工作,在工作过程中出现断电时控制对象将停止工作,当电源恢复后,要求在原状态下继续工作,这就要求掉电时记录掉电前状态,在设计电路时就要注意掉电保护。

### (三) 设计举例

**例 7-1** 两种液体混合装置如图 7-27 所示,控制要求是,启动前容器是空的,三个阀门 X1、X2、X3 均关闭,电动机 M 不工作,按下 Q, 阀门 X1 打开,液体 A 流入容器,当液体达到 I 时, I 立即 ON 使阀门 X1 关闭, X2 打开,液体 B 流入容器,当液体达到 H 时, H 立即 ON, 阀门 X2 关闭,启动电动机 M 进行搅拌,搅拌 6s 后,电动机停止工作,并打开阀门 X3,将液体放出。当液面降至 L 时, L 则 OFF, 再过 2s, 关闭阀门 X3, 开始新的周期,当需停止工作时,按下 T, 但不立即停止,而是等该周期完成后停止。

1) 根据上述控制要求列出原始通断表。

其中 H、I、L、Q、T 为输入信号, X1、X2、X3、M 为输出信号,  $T_M$ 、 $T_L$  为时间继电器线圈,  $T_M^*$ 、 $T_L^*$  为接点。

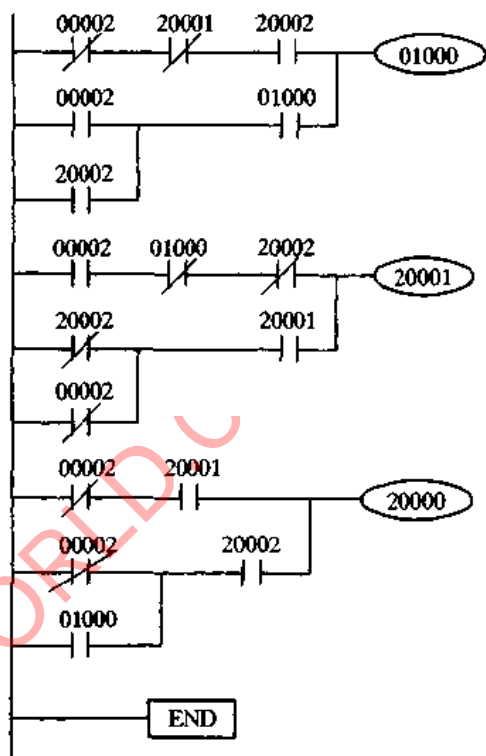


图 7-26 梯形图

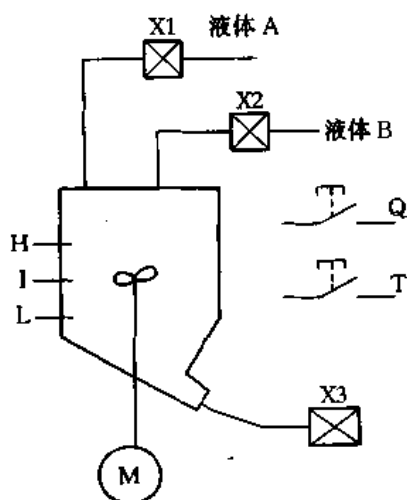


图 7-27 例 7-1 装置图

2) 唯一性检查。X1 靠 Q 启动, 在 X1 OFF 节拍中无此信号, 不存在相混。但因下次循环不再有 Q 信号, 可用节拍 10 中  $T_L^*$  信号启动, 这相当于将节拍 1、10 合并, 不存在相混。X1 断电信号为  $\bar{I}$  (节拍 4) 在 X1 ON 节拍中无此信号, 不存在相混。X2 启动为  $\bar{I}$  (节拍 4) 此时输入为  $\bar{H}$ 、 $\bar{I}$ 、 $\bar{L}$ , 与此相同的是节拍 7, 但节拍 7 中 X3 为 1, 节拍 4 中 X3 为 0, 不存在相混。X3 启动为时间继电器  $T_M^*$  的 ON 信号, 而  $T_M^*$  信号在 X3 OFF 节拍中没有, 不存在相混。X3 断电信号为时间继电器  $T_L^*$  的 ON 信号 (节拍 10), 在 X3 ON 节拍中无此信号, 故不存在相混。

表 7-6 例 7-1 通断表

节拍	当前输入	H	I	L	Q	T	X1	X2	X3	M	$T_M T_M^*$	$T_L T_L^*$
0												
1	Q				1		1					
2	$\bar{Q}$						1					
3	L			1			1					
4	I		1	1				1				
5	H	1	1	1						1	1	
6	$T_M^*$	1	1	1					1		1	
7	$\bar{H}$		1	1					1			
8	$\bar{I}$			1					1			
9	L								1			1
10	$T_L^*$											1

M 启动为 H (节拍 5), 断电为  $T_M^*$  ON 信号, 靠  $T_M^*$  可区分开, 其它节拍没有 H 信号, 故不存在相混。

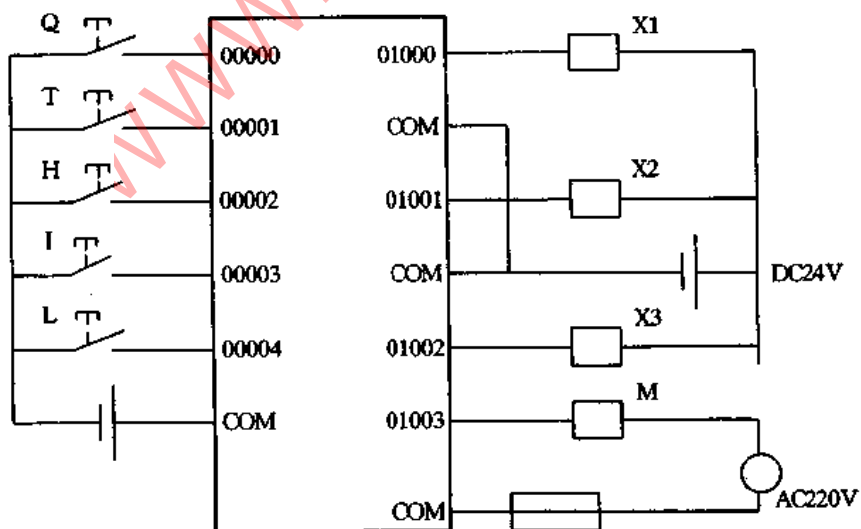


图 7-28 例 7-1 PLC I/O 分配图

$T_M$  靠 H 置 ON 得电, 并靠 H 置 OFF 断电, 不存在相混。

$T_L$  靠  $\bar{L}X3$  启动, 不存在相混, 靠 LX3 断电, 不存在相混。

停车按钮是随机的信号, 因为停车需等循环周期结束, 故对停车信号要进行记忆 (用 Z 表示), 用其切断  $T_L$  对  $X_1$  的启动, 而当  $T_L$  OFF 时本身也应 OFF (取 Z 为 20000 辅助继电器)。

3) 列写逻辑表达式绘梯形图

$$X1 = Q + \bar{Z}T_L + \bar{I}X1$$

$$01000 = 00000 + \overline{20000} \cdot \overline{TIM001} + \overline{00003} \cdot 01000$$

$$X2 = \bar{H}I \cdot X3$$

$$01001 = \overline{00002} \cdot \overline{00003} \cdot \overline{01002}$$

$$X3 = T_M + \bar{T}_L X3$$

$$01002 = TIM000 + \overline{TIM001} \cdot 01002$$

$$M = H \bar{T}_M$$

$$01003 = 00002 \cdot \overline{TIM001}$$

$$T_M = H$$

$$TIM000 = 00002$$

$$T_L = X3 \bar{L}$$

$$TIM001 = 01002 \cdot \overline{00004}$$

$$Z = T + \bar{T}_L Z$$

$$20000 = 00001 + \overline{TIM001} \cdot 20000$$

图 7-29 是按 OUT 指令绘制的梯形图。图 7-30 是按锁存指令绘制的梯形图。若想在 7-30 基础上考虑掉电保护, 可将图中  $X1$ ,  $X3$  改为保持继电器,  $T_M$ 、 $T_L$  改用计数器加发时钟脉冲的特殊继电器构成时间继电器, 其梯形图见图 7-31。

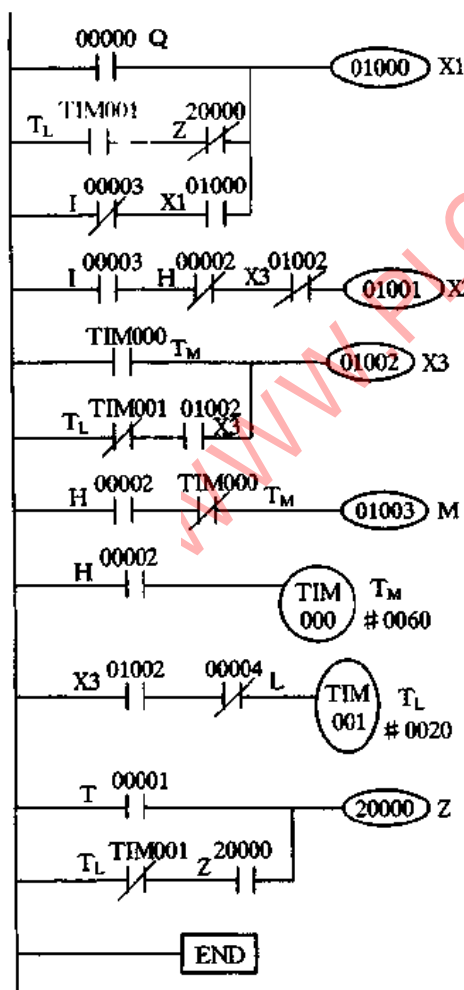


图 7-29 按 OUT 指令绘制的梯形图

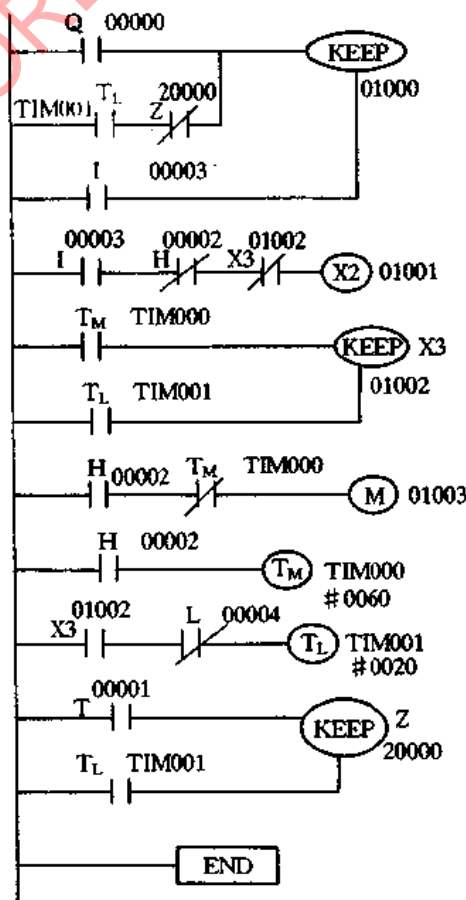


图 7-30 按锁存指令绘制的梯形图



25502 是 1s 时钟脉冲

00000	LD	CNT001
00001	AND NOT	20000
00002	OR	00000
00003		
00004	KEEP	HR0000
00005	LD	00003
00006	AND NOT	00002
00007	AND NOT	01002
00008	OUT	01001
00009	LD	CNT000
00010	LD	CNT001
00011	KEEP	HR0001
00012	LD	00002
00013	AND NOT	CNT000
00014	OUT	01003
00015	LD	00002
00016	AND	25502
00017	LD NOT	00002
00018	CNT	000
		# 60
00019	LD	01002
00020	AND NOT	00004
00021	AND	25502
00022	LD	01000
00023	CNT	001
		# 20
00024	LD	00001
00025	LD	CNT001
00026	KEEP	20000
00027	LD	HR0000
00028	OUT	01000
00029	LD	HR0001
00030	OUT	01002
00031	END	

图 7-32 是另一种思路设计的梯形图，该图利用 20000~20004 模拟 Q T H L 的信号进行调试，只要将其并在相应接点上即可。

1) 21000~21003 为 Q、T、H、L 的上升沿信号，21004 为 L 下降沿信号，从通断表可知，Q、H 利用从 OFF 到 ON 启动，X1、M、T<sub>M</sub>、X2、T 利用 OFF 到 ON 切断 TIM001 对





- 4) 01001 (X2) 在 21003 (I') ON 下启动 21002 (H') ON 时断电。
- 5) 01003 (M) 在 21002 (H') ON 下启动, 在 TIM000 ON 时断电。
- 6) TIM000 在 01003 (M) ON 时 (电动机工作) 开始计时。
- 7) 01002 (X3) 在 21005 (M') ON (电动机停止) 时启动, 在 TIM001 ON 下断电。
- 8) TIM001 在 L 由 ON 变为 OFF 时计时, 计时到后自动断电。

### 例 7-2

设计钻深孔机床控制电路, 该机床进给由液压驱动, 电磁阀 YV1 得电主轴前进, 失电主轴后退, 并由电磁阀 YV2 控制前进后退速度, 得电快速失电慢速。原位时 1ST 压合 (ON)。

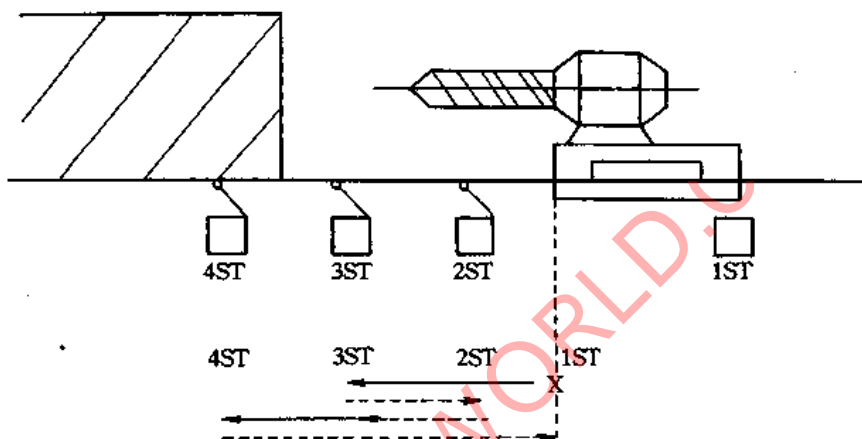


图 7-33 深孔钻床示意图

机床工作过程是：从原位开始，按启动按钮 Q，先快进，到压下行程开关 2ST 后转工进（慢速前进）加工工件，加工到一定深度时 3ST ON，快退，退至 2ST OFF（目的是为了排屑）又快进，当 3ST 压合时转工进，加工到尺寸时，4ST 压合，快退直至原位 1ST 压合，完成一个工作循环，原始通断表见表 7-7。

表 7-7 例 7-2 原始通断表

节 拍	当前输入	Q	1ST	2ST	3ST	4ST	YV1	YV2	相混表	21001	21002
0			1								
1	Q	1	1				1	1			
2	$\bar{Q}$		1				1	1			
3	$\bar{1ST}$						1	1		1	
4	2ST			1			1		C	1	
5	3ST			1	1			1	A	1	
6	$\bar{3ST}$			1				1		1	1
7	$\bar{2ST}$						1	1	B	1	1
8	2ST			1			1	1	C	1	1
9	3ST			1	1		1		a	1	1
10	4ST			1	1	1		1			

(续)

节 拍	当前输入	Q	1ST	2ST	3ST	4ST	YV1	YV2	相混表			21001	21002
11	$\overline{4ST}$			1	1			1					
12	$\overline{3ST}$			1				1					
13	$\overline{2ST}$							1		b			
14	1ST												

## 1) I/O 分配

输入	Q	1ST	2ST	3ST	4ST
	00000	00001	00002	00003	00004
输出	YV1	YV2			
	01001	01002			

## 2) 程序设计

①唯一性检查。对 YV1 检查, 节拍 1 和节拍 7 为启动节拍, 节拍 5 和节拍 10 为断电节拍, 节拍 1 有启动信号 Q, 其它节拍均没有, 故不存在相混, 节拍 7 和 YV1 OFF 节拍中的节拍 13 相混, 故节拍 7 用 B 表示, 节拍 13 用 b 表示, 节拍 5 与 YV1 ON 节拍中节拍 9 相混, 故节拍 5 用 A 表示, 节拍 9 用 a 表示, 节拍 10 由于 4ST 存在, 不存在相混。

对 YV2 检查, 节拍 1、节拍 5、节拍 10 为启动节拍, 节拍 4、节拍 9、节拍 14 为断电节拍, 节拍 1、节拍 10 不存在相混, 节拍 5 与节拍 9 相混, 在 YV1 检查中已用 A、a 表示, 节拍 4 为断电节拍, 与 YV2 ON 的节拍 8 相混, 故节拍 4 用 C 表示, 节拍 8 用 c 表示, 节拍 14 不存在相混。到此可建分界线于节拍 3 (或 1、2) 节拍 6 及节拍 10 (或 11、12), 三条分界线不存在相混。

②设置辅助继电器。三条分界线可用两个辅助继电器, 设为 21001、2100 采用逐个 ON, 全 ON 后, 再逐个 OFF 办法设置, 见表 7-7。

## ③列逻辑表达式。

YV1 启动电路特解为:

$$Q_{T1} = Q \cdot 1ST \cdot \overline{2ST} \cdot \overline{3ST} \cdot \overline{4ST} \cdot \overline{21001} \cdot \overline{21002} + Q \cdot 1ST \cdot 2ST \cdot \overline{3ST} \cdot \overline{4ST} \cdot YV2 \cdot 21001 \cdot 21002$$

YV1 启动电路通解经化简后为

$$Q_{y1} = Q + \overline{2ST} (21001) + \overline{2ST} (21002) + 4ST (21001) + \dots$$

从中选出含有特解的项, 可以是 1、2 项, 也可是 1、3 项, 这里用 1、2 项即

$$Q_1 = Q + \overline{2ST} (21001)$$

其实, 这个结果可直接从通断表中得到, 比如节拍 1 的 Q 在其它节拍中没有, 而且是启动信号, 应该入选, 假如选用 Q、1ST 则表明只有机床位于原点方可启动。再看节拍 7 中最有特点的项是 2ST, 它在此处 OFF, 所跨节拍最短, 而 21001 和 21002 ON 所跨的节拍恰好使 2ST 与其它 2ST 处区分开来。所以可取  $\overline{2ST} (21001)$  或  $\overline{2ST} (21002)$  为启动信号。YV1 保持电路特解应为节拍 1、节拍 2、节拍 3、节拍 4 及节拍 7、节拍 8、节拍 9。逻辑条件或表达式略, 其保持电路一般解为节拍 5、节拍 10 逻辑条件或的非经化简后得:

$$B_{Y1} = [Q + 1ST + 2ST + 3ST + 4ST \cdot 21001 + 4ST \cdot 21002] \cdot J$$

其中 $3ST$ 及 $4ST$  (21002) 或 $4ST \cdot 21001$ 可覆盖所有特解, 本处选 $4ST$  (21002), 这个解同样可以从通断图中直接获得, 选择时应选那些覆盖所有 YV1 ON 的信号并在断电节拍为 OFF 的信号, 所得结论与上述相同。

综上所述可得  $YV1 = Q + 2ST \cdot 21001 + [3ST + 4ST \cdot 21002] \cdot YV1$

同理可求得:

$$\begin{aligned} DT_2 &= Q + 3ST \cdot 21001 + 4ST + \\ & (2ST + 21002 + 21001) (3ST + 21002) \\ & (1ST + 21001 + YV1) YV2 \\ 21001 &= 1ST \cdot YV1 \cdot 2ST + 4ST \cdot 21001 \\ 21002 &= 3ST \cdot YV1 \cdot 21001 + 4ST \cdot 21002 \end{aligned}$$

其梯形图绘于图 7-34 中。

### 例 7-3

图 7-35 所示小车有三个状态, 向左 (反转)、向右 (正转)、停车。ST 为反映小车位置的行程开关, SB 为选择小车位置的按钮, 各有 5 个。

控制的要求是: 当选择按钮号与小车位置压下的行程开关号相同时, 按启动按钮 SB6, 小车不动, 当前者大于后者时, 按下启动按钮 SB6, 小车向右直至两者相等时停止, 当前者小于后者时, 按启动按钮 SB6 时小车向左, 直至两者相等时停车。

#### 1) I/O 分配。

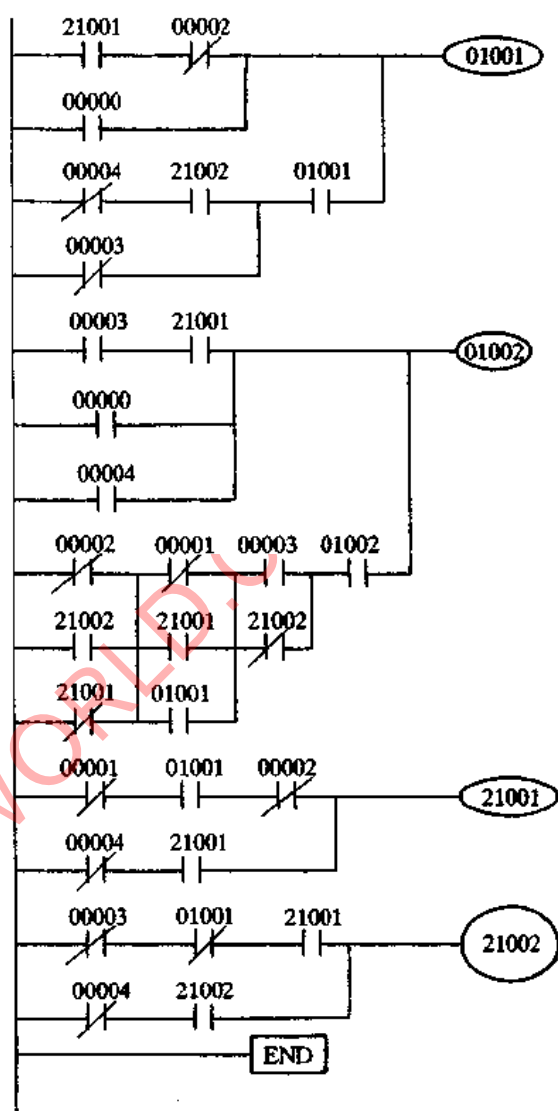


图 7-34 例 7-2 梯形图

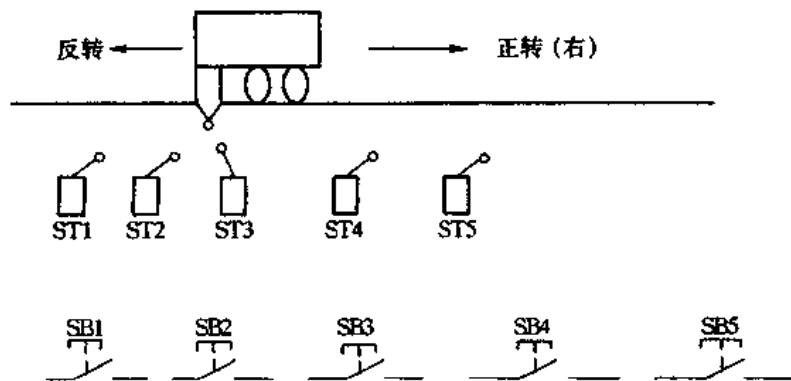


图 7-35 例 7-3 小车运动原理图

ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	
00001	00002	00003	00004	00005	
SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6
00006	00007	00008	00009	00010	00000
输出	向右 (正转)	向左 (反转)			
	01002	01001			

2) 原始通断表。本例为随机电路, 若从输入入手, 按所有可能列表会相当复杂, 但若从输出考虑, 由于它只有向左向右两种情况, 比较易于解决, 为此先不考虑启动按钮 SB6, 仅考虑行程开关 ST 和选择按钮 SB 与向左向右输出的逻辑关系, 可列出通断表见表 7-8。

表 7-8 例 7-3 通断表

输 出		输 入										
01001	01002	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	
S					1						1	
				1								
			1									
		1										
				1								
			1									
		1										
			1									
		1										
R						1					1	
R		R			1				1			
					1							
	R	1					1					
	S	1					1					
			1									
				1								
					1							
						1						
					1			1				
						1						
						1				1		
							1				1	
		0	0	0	0	0					1	
										1		
								1				
							1					
		任意组合										

从表中 7-8 可知, 对 01001、01002, 其 S、R 逻辑电路均不相混, 满足唯一性原则。

3) 列写逻辑表达式如下。

01001 的 S 电路  $S1 = SB5 (ST4 + ST3 + ST2 + ST1) + SB4 (ST3 + ST2 + ST1) + SB3 (ST2 + ST1) + SB2 \cdot ST1$

01001 的 R 电路  $R1 = SB5 \cdot ST5 + SB4 \cdot ST4 + SB3 \cdot ST3 + SB2 \cdot ST2$

01002 的 S 电路  $S2 = SB1 (ST2 + ST3 + ST4 + ST5) + SB2 (ST3 + ST4 + ST5) + SB3 (ST4 + ST5) + SB4 \cdot ST5$

01002 的 R 电路  $R2 = SB1 \cdot ST1 + SB2 \cdot ST2 + SB3 \cdot ST3 + SB4 \cdot ST4$

4) 实际问题的处理。

①选择按钮是短信号, 需对其记忆。设用内部辅助继电器 21001~21005 分别对 SB1~SB5 作记忆, 其逻辑表达式为:

$21001 = SB1 + \overline{ST1} (21001)$

$21005 = SB5 + \overline{ST5} (21005)$

故该用 21001~21005 替代 01001、01002 逻辑公式中的 SB1~SB5。

②01001、01002 应互锁。

③应注意指令先后顺序, 比如将 KEEP 01001 写在前, OUT21001 在后以保证到位后 01001 先复位, 然后 21001 再复位, 否则 01001 不能复位。

④图 7-36 中因图较长, 故没绘 01002。

## 二、用其它法编程

用解析法编程有确定的算法, 对初学者易于使用, 但它只能利用逻辑指令如 LD, AND, OR, NOT, OUT, KEEP 等, 不能充分利用 PLC 的所有指令如数据操作、数据运算等。下面仍以小车控制为例进行讨论。

### 例 7-4

小车控制的第二方案。在前面例子中小车控制的 I/O 分配如下:

ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	
00001	00002	00003	00004	00005	
# 0001	# 0002	# 0003	# 0004	# 0005	
SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6
00006	00007	00008	00009	00010	0000
# 0001	# 0002	# 0003	# 0004	# 0005	
输出:	向右 (正转)	向左 (反转)			
	01002	01001			

假若对 ST1~ST5, SB1~SB5 分别编码 #0001~#0005 并进行比较, 当 ST 的编码与 SB 的编码相等时, 小车不动, 01002、01001 均 OFF, 当 ST 编码大于 SB 的编码时, 小车应向左, 当 ST 的编码小于 SB 的编码时, 小车应向右。因为只比较 ST 和 SB ON 的编码, 故应将其 ON 的编码分别送入 DM 0000 和 DM 0001 进行比较。图 7-37 是按上述思想设计的梯形图。

1) 此梯形图前 10 条电路为传送指令。将当前小车位置编号送入 DM 0000 和 DM 0001。 $\overline{01001}$ 、 $\overline{01002}$ 串入表明, 一旦小车行走则不再接收选择按钮 SB 的信号。

2) 21001 为启、动、保停电路, 启动为启动按钮 SB6 停止为 25506, 即当两数相等时, 25506 ON, 断开 21001。

3) 25506 ON 有两种情况, 一个为 SB 均 OFF, DM0001 为 0, 一个为 SB 的编码与 ST 编码相同, 这两种情况均应使小车停止。

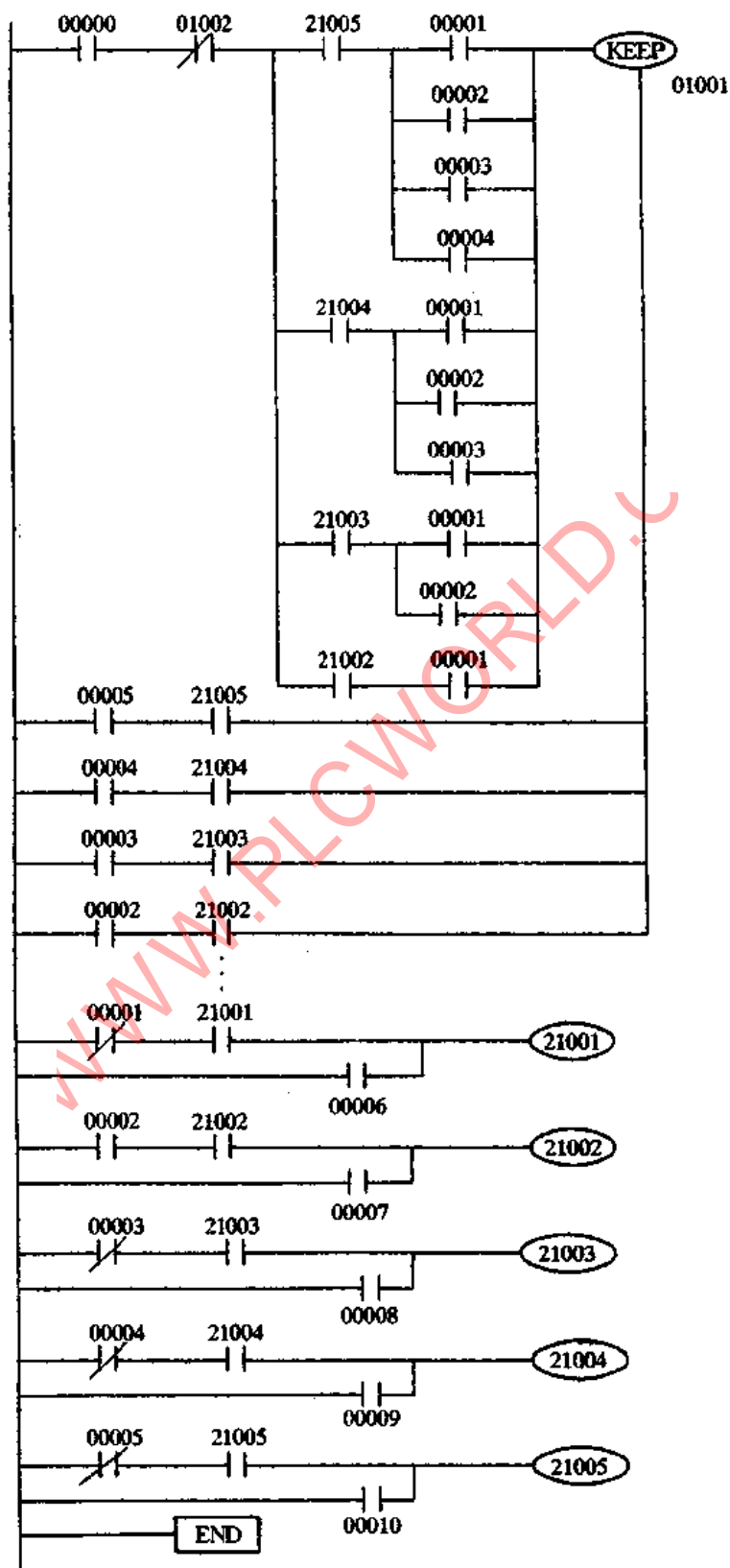


图 7-36 例 7-3 梯形图



4) 当小车到达目标位置时, 应将 DM0001 内容清 0。

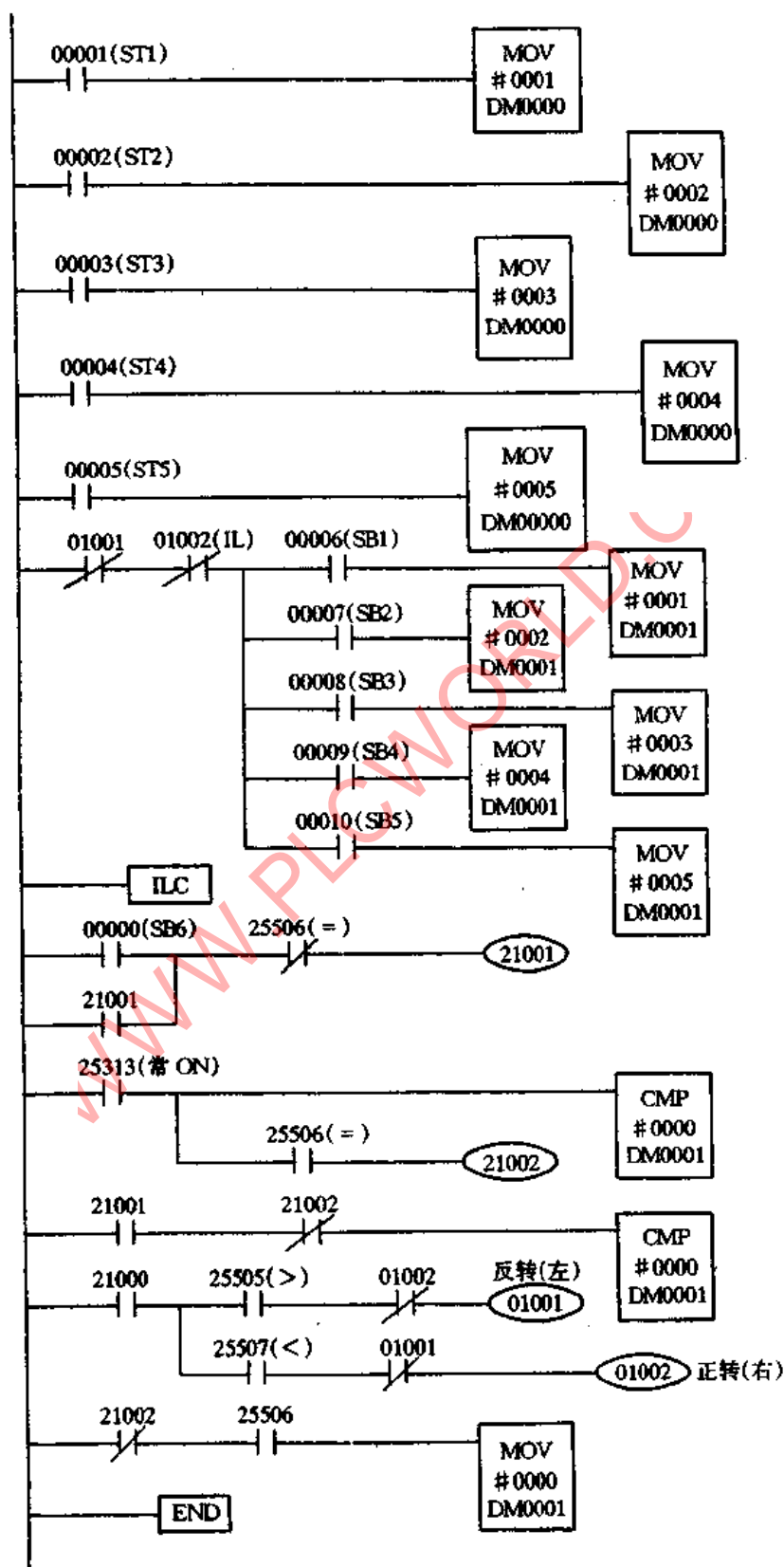


图 7-37 例 7-4 梯形图

5) 工作过程如下: 按下 SB6 后, 21001 ON, 当 SB 均为 OFF 时 DM0001 为 0, 经与 0 比较相等, 25506 (相等) ON, 21002 ON, 不进行 DM0000 与 DM0001 比较, 21001 OFF 小车停止。此时若要按选择按钮 SB, 则 DM0001 不为 0, 将使 25506 OFF, 按下 SB6 时将使 21001 ON, 进行 DM0000 与 DM0001 比较, 小车向左或向右行走。当 DM0000 与 DM0001 内容相等时, 将使 25506 ON, 将 DM0001 置 0, 并使 21001 OFF, 小车停止。

### 例 7-5

小车送料示意图如图 7-38 所示, 送料车由电动机拖动, 电机正转, 车子前进, 电机反转, 车子后退。料斗翻斗门和小车底门均由电磁阀控制, 得电打开, 断电闭合。小车前后终端位置均由限位开关控制。小车控制方式有手动控制、连续自动控制、单周期控制和单步控制共四种。小车处于后端压合后限位开关时, 为原始位置。当小车处于原始位置时, 按下启动按钮, 小车向前运行, 当达到前端压下前限位开关是时, 停止前进, 翻斗门打开, 小车装料, 7s 后小车向后运行, 到达原点时, 压合后限位开关, 小车停止向后, 打开小车底门卸料, 5s 后关闭底门完成一个工作周期。

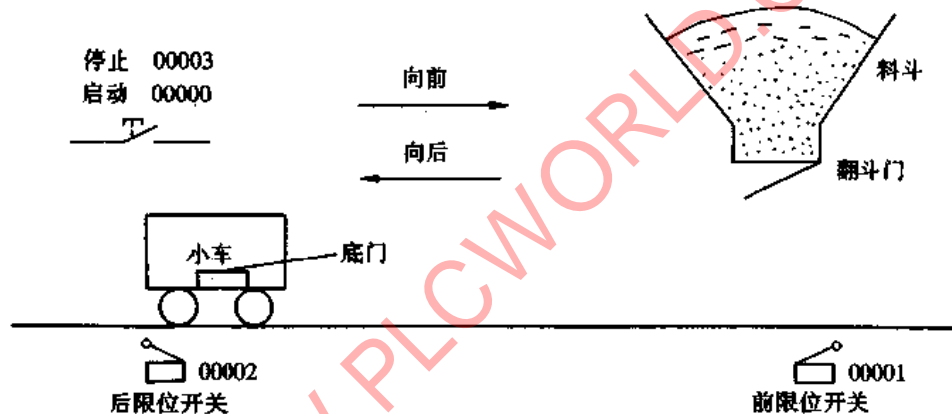


图 7-38 例 7-5 小车送料示意图

连续自动控制方式为: 小车按下启动按钮后, 自动重复不断循环。

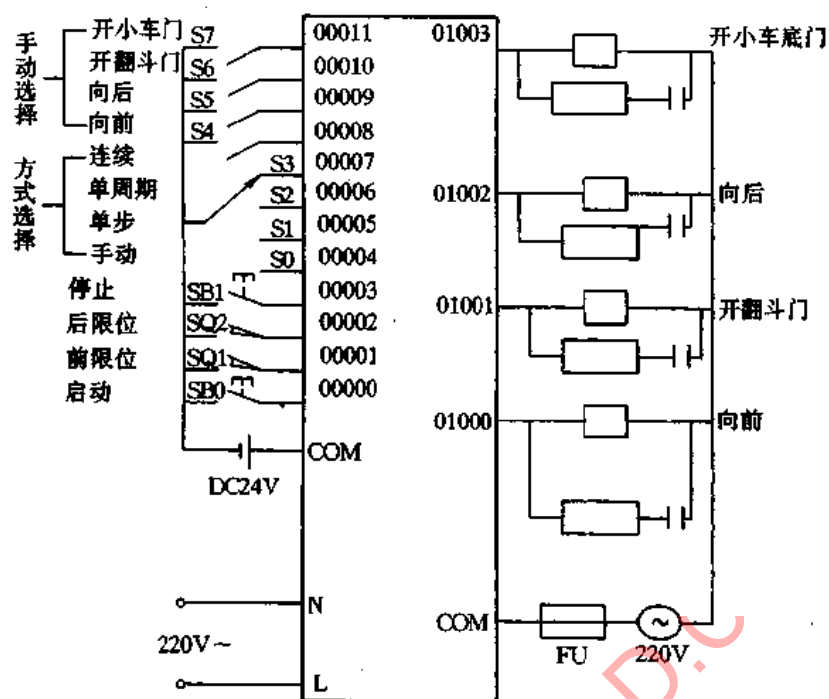
单周期控制方式为: 小车按下按钮后, 只进行一个循环, 最后停在原点, 等待下一次启动。

单步控制方式为: 小车每启动一次, 只完成一步动作。

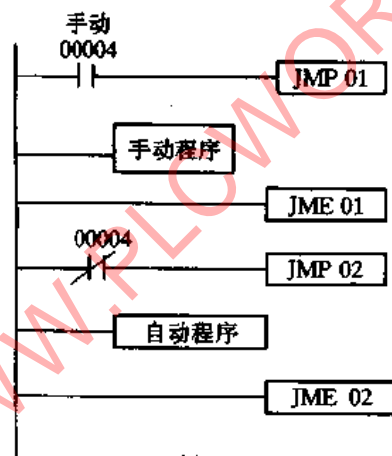
手动控制方式为: 小车每个动作均由按钮操作。

小车多方式运行控制的 PLC I/O 连接图如图 7-39a 所示。考虑手动操作均由按钮操作的特殊性, 将其独立编程, 其余操作方式使用自动程序。故总程序结构图如图 7-39b 所示。手动程序如图 7-39c 所示。任一手动选择按钮按下, PLC 执行相应动作, 松开按钮立即停止, 至限位开关, 则停止不动。其中互锁是必不可少的。

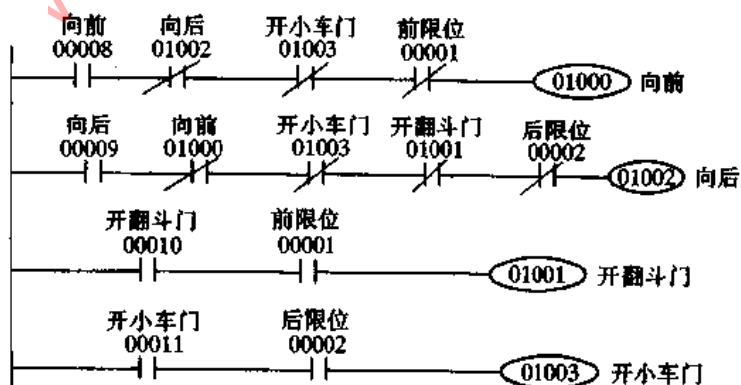
自动循环程序采用两种不同的设计方案: 一种为利用移位寄存器; 另一种是利用步进指令。图 7-39d 是利用移位寄存器的自动程序梯形图。设计时先设计连续自动和单周期控制, 最后修改增补梯形图解决单步控制。图 7-39d 为连续自动与单周期控制梯形图, 这里关键问题是解决移位寄存器 IN 信号和 SP 信号, 一般说在 SP 信号到来时, IN 信号应是稳定的、预先准备好的信号, 否则会引起混乱, 故在 17 行使用了 TIM002, 当 HR0004 ON 后, 使



a)



b)



c)

图 7-39 例 7-5 送料小车用图 a)、b)、c)

a) PLC 系统控制连接图 b) 总程序结构图 c) 手动程序结构图

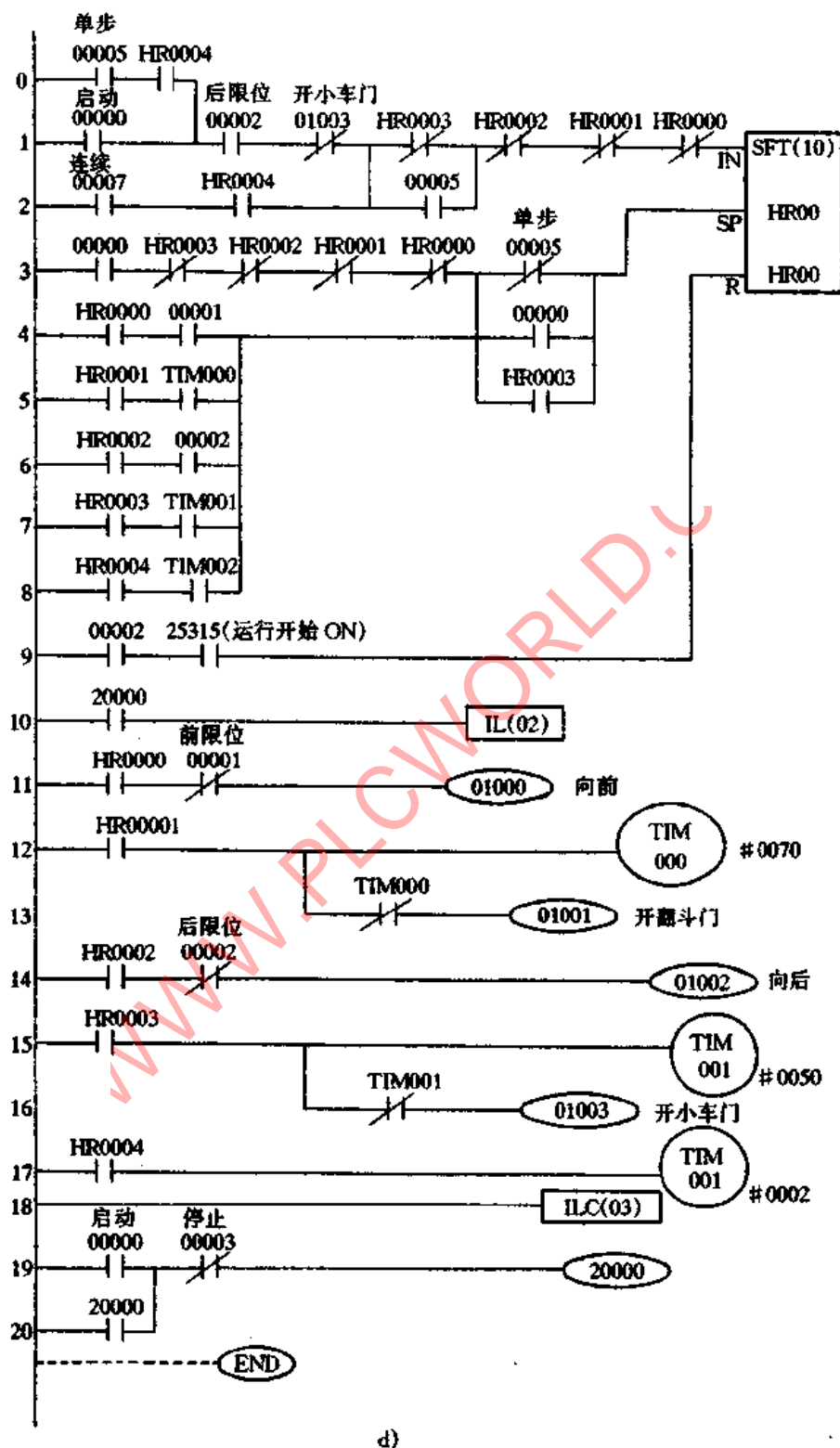


图 7.39 例 7-5 送料小车用图 d) (续)

d) 移位寄存器的自动程序梯形图



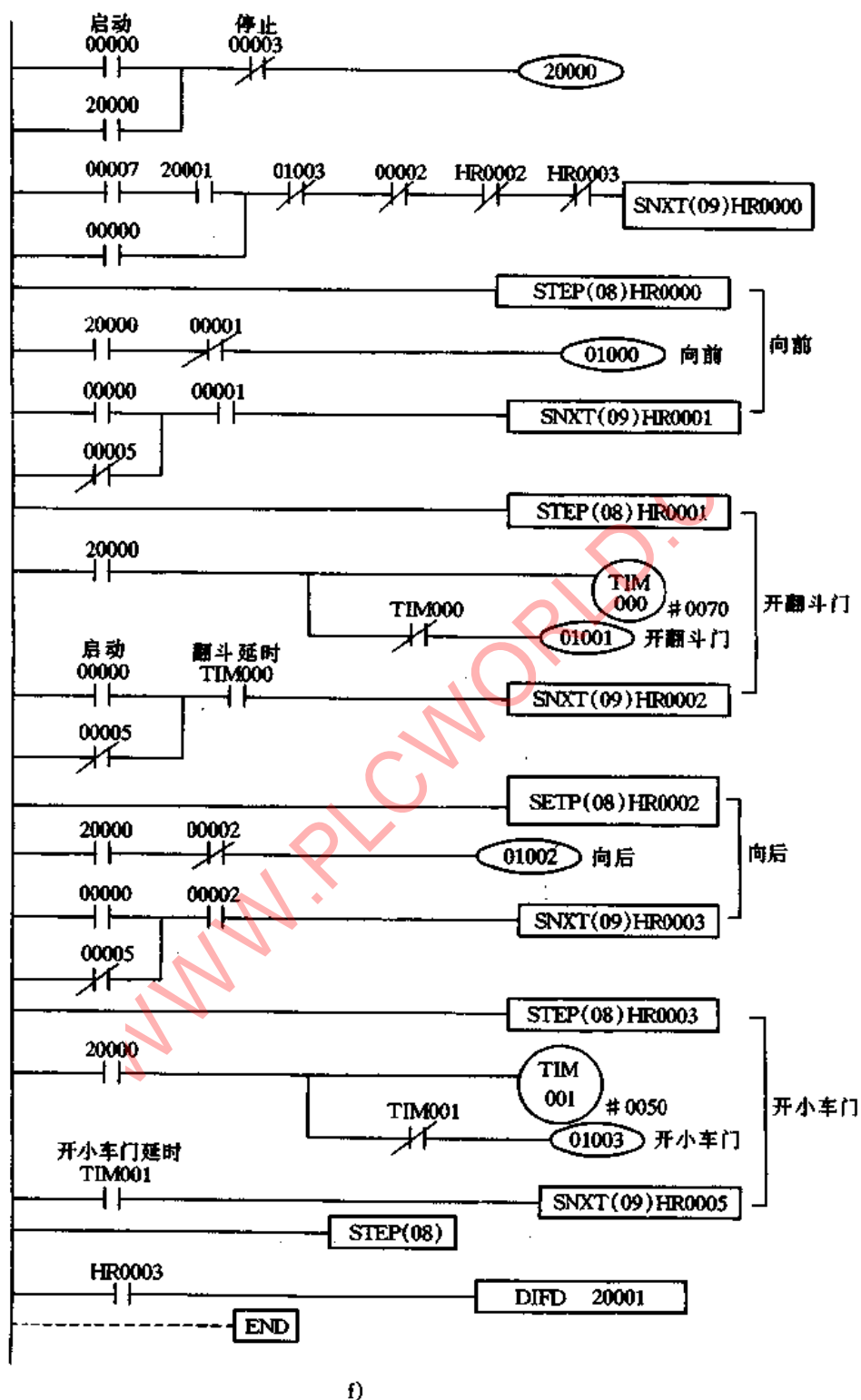


图 7-39 例 7-5 送料小车用图 f) (续)

f) 采用步进指令设计的梯形图

IN 准备好延时 0.2s 移位。这里不用 HR003 作为周期结束, 因为采用 HR003 后的梯形图在电源突然失电后, 再复电时, 程序出现混乱。

在图 7-39d 中, 10 行至 18 行采用联锁指令, 其目的是当停车后保留 SFT 中的状态和它的控制状态, 以便重新启动时保证工序不混乱。0 行和 5 行中 HR0004 和 HR0003 的使用是解决单步操作时, 需按两次启动按钮才前进的弊端。

图 7-39e 是采用单步指令设计的状态转移图, 它是设计图 7-39f 梯形图的基础, 因此图比较简单, 请读者自己分析。

由于篇幅所限, 许多很好的例题不能一一举出, 望读者谅解。希望通过阅读大量有关方面的书籍, 举一反三, 掌握这部分内容。

### 习题与思考题

7-1 编写 PLC 程序的基本原则是什么?

7-2 用 PLC 代替原有继电器控制柜时, 应注意处理哪些问题?

7-3 估算可编程控制器内存应考虑哪些因素?

7-4 PLC 编程方法一般可分为几种? 各自有什么特点?

7-5 电动葫芦起重机的动负荷试验, 控制要求如下:

(1) 可手动上升、下降。

(2) 自动运行时, 上升 6s—停 9s—下降 6s—停 9s, 反复运行 1h, 然后发出声光信号, 并停止运行。试用可编程控制器实现控制要求, 并编出梯形图程序。

7-6 用可编程控制器实现下述控制要求, 并分别编出梯形图程序。

(1) 启动时, 电动机 M1 启动后, M2 才启动, 停止时, M2 停止后 M1 才停止。

(2) 电动机 M1 启动后, M2 才启动, M2 能单独停车。

(3) 电动机 M1 启动后, M2 才能启动。M2 能点动。

(4) 电动机 M1 启动后, 经过 1min 延时后 M2 能自动启动, 当 M2 启动后, M1 立即停车。

(5) 电动机 M1 启动后, 经过 30min 延时后, M2 能自动启动, 当 M2 启动后, M1 立即停车。

7-7 在图 7-40 中, 要求按下启动按钮后能顺序完成下列动作:

(1) 运动部件 A 从位置 1 到 2。

(2) B 从位置 3 到 4。

(3) A 从位置 2 回到 1。

(4) B 从位置 4 回到 3。

试用 PLC 实现上述要求, 编出其梯形图。

7-8 某生产自动线, 有一小车用电动机拖动。电动机正转, 小车前进, 电动机反转, 小车后退, 如图 7-41 所示。要求在第一次信号到来后小车前进, 碰到限位开关 A 后退, 退到原位 0 就停止; 当第二次信号到来后再前进; 碰到限位开关 B 后退, 退到原位 0 才停止; 当第三次信号到来后又前进; 碰到限位开关 C 后退, 退到原位 0 才停止; 当第四次信号到来后又前进; 碰到限位开关 D 后退, 直退到原位 0 才停止。第五次信号到来后又和第一次信号到来时情况一样, 碰到限位开关 A 后退, 如此循环反复。试用 PLC 实现上述要求, 编写其程序。

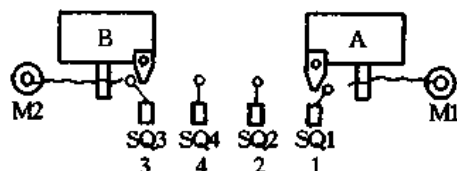


图 7-40 题 7-7 图

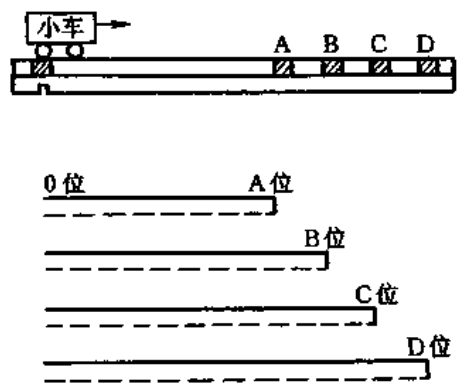
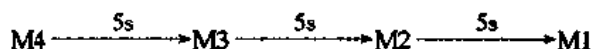


图 7-41 题 7-8 图



7-9 有一个用4台皮带运输机的传输系统,分别用4台电动机(M1~M4)带动,如图7-42所示。控制要求如下:

(1) 启动时先启动最末一台皮带机,经过5s延时,再依次启动其它皮带机。



(2) 停止时应先停止最前一台皮带机(M1),待料运送完毕后再依次停止其它皮带机。

(3) 当某台皮带机发生故障时,该皮带机及其前面的皮带机立即停止,而该皮带机以后的皮带机待料运完后才停止。例如M2故障,M1、M2立即停止,经过5s延时后,M3停,再经过5s,M4停。用PLC构成此控制系统,并编写出满足上述要求的程序。

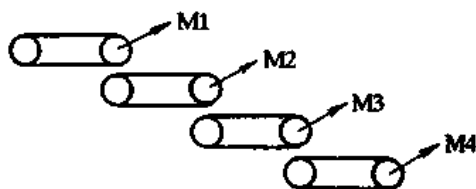


图7-42 题7-9图

7-10 送料车如图7-43所示,该车由电动机拖动,电动机正转,车子前进,电动机反转,车子后退。对送料车的控制要求为:

(1) 单车工作方式 每按动送料按钮,预先装满料的车子便自动前进,到达卸料处(ST2)自动停下来卸料,经过延时 $t_1$ 时间后,卸料完毕,车子自动返回到装料处(ST1)装满料待命。再按动送料按钮,重复上述过程。

(2) 自动循环方式 要求车子在装料处装满料后就自动前进送料,即延时 $t_2$ 装满料后,车子不需要按动送料按钮,车子再次前进,重复上述过程,实现送料车自动送料。试用PLC对车子进行控制,编出满足要求的程序。

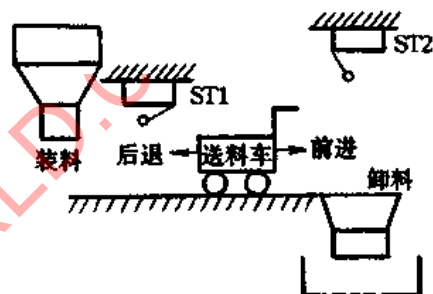


图7-43 题7-10图

## 第八章 可编程序控制器的通信网络

### 第一节 串行通信与 RS-232C 标准

#### 一、数据通信中的一些基本概念

“数据通信”实质上是代表“1”和“0”的数字信号从源点通过媒介向目标点的传输。主机与外围设备之间的数据传送通常是通过并行或串行接口进行的。并行通信是指放在并行接口中的一个数据的各位在数据总线上同时发送，并用信号地线提供参考点，以便确定并行数据各位的逻辑状态。通常需要一根“准备好”的控制线通知接收设备可以采样或接收数据。串行通信则只用一根线来传输数据，另外几根线作为信号地和控制信号使用。

并行通信由于数据是同时向总线发送的，数据传输的速度可以达到很高（每秒几百万位）。但由于信号电平比较低（通常为 TTL），通信的距离受到限制（通常小于 30.48m）。在长距离、低速度通信中，经常采用串行通信。

设备进行串行通信，必须解决两个主要问题。首先是将并行数据串行化，这通常是由移位寄存器完成的。输入时，移位寄存器从接收线路上一位一位地接收数据，并将接受的数据横向前移，直到接收完全部数据后再将数据推出，并开始接收下一个数据。发送数据时的串-并行变换的过程正好相反。图 8-1 中解释了数据发送和接收过程中发生的串行-并行和并行-串行转换的方式。

同步问题是串行通信中要解决的第二个问题。同步的目的是协调发送器与接收器的工作。为了使接收端能准确无误地采样并读出发送端发出的数据，收发双方不仅要有约定的位传送速率，还必须有时钟来测量每一位持续的时间。但由于收发双方使用的时钟不完全一致，因此会产生传输误差。这种传输误差可以通过再同步进行补偿。

再同步方法是串行通信中异步传输协议的重要特征。在异步传输中，用起始位与停止位来表示一个字符的开始，而不必使用特定的时钟信号。下面即是异步串行传输中常用的一些重要参数。

(1) 起始位 发送器发送字符前先发送一个起始位，使线路从逻辑 1 变成逻辑 0，这样接收器就会测到信息从空闲到工作状态的变化。起始位从逻辑 1 变成逻辑 0 的变化除了对字符的起始进行同步外，还表示一位的开始。

(2) 数据位 接收器在收到起始位以后，使设置它的移位寄存器开始从线路接收数据位。数据位可以是 5、6、7 或 8 位。常用的有 7 位或 8 位数据位。被广泛采用的 ASCII 字符集使用 7 位数据位。在一些可编程序控制器中还采用远程终端（RTU）方式，它需要用 8 位数据位。

(3) 奇偶校验位 校验位用来检测因传输误差而产生的字符丢失或多余的问题。奇偶校验位用数据的奇偶性来表示数据的特征，它加在最后一个数据位（ASCII=7，RTU=8）之后，并使数据中最终逻辑“1”的个数为偶数（偶校验）或奇数（奇校验）。例如 ASCII 字符“C”的代码 1000011 中逻辑“1”的个数为 3，如约定用偶校验则校验位置“1”。当接收

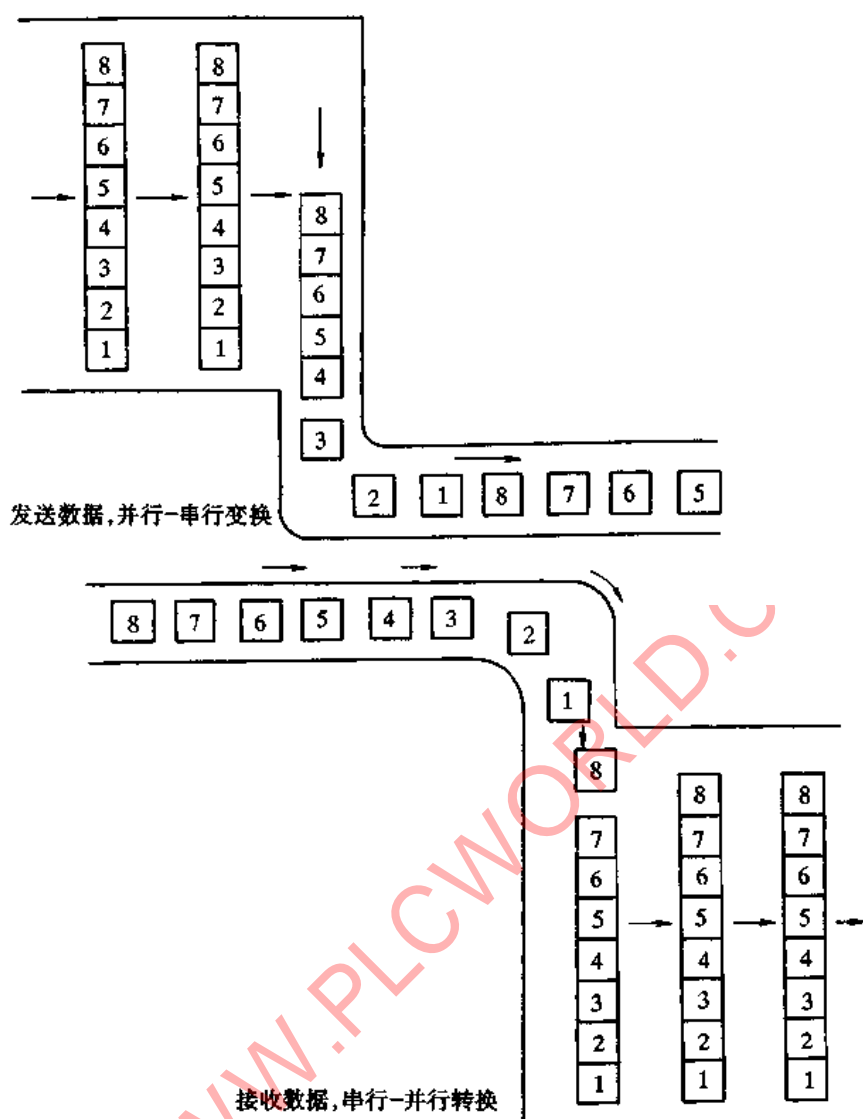


图 8-1 数据发送和接收过程中的串-并行转换

端收到数据位中有一个（或奇数个）差错时，奇偶校验位即可测出差错。但奇偶校验不能测出偶数个差错。

(4) 停止位 在数据位之后，发送器发送 1 个，1.5 个或 2 个停止位。停止位（逻辑“1”）使线路进入传号状态，在下一个字符到来之前至少持续一位的时间。

(5) 波特率 数字数据传送的速率称为波特率，它等于每秒中传送的位数。数字通信中发送与接收设备必须使用一致的波特率。常用的波特率为 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 和 19200。

串行通信中发送端和接收端必须对上述参数有一致的约定。

## 二、RS-232C 串行接口

RS-232C 是 1969 年 EIA（美国电气工业协会）公布的串行二进制数据交换的终端设备和通信设备之间的接口标准。它规定了连接的机械特征（如连接器的尺寸，插针的数目及信号分配，导线的长度，根数等等）和电气信号特征（如最大传输速率，代表信号状态条件的

电压或电流的电平等)。

### (一) 接口的机械特性

RS-232C 的标准接插件是 25 针的 D 型连接器 (见图 8-2)。凸型连接器与数据终端设备 (DTE) 连接, 凹型连接器与数据通信设备 (DCE) 连接。表 8-1 列出了连接器上各插针的定义。

表 8-1 RS-232C D 型 25 针连接器插针分配

插 针	信号名称	说 明	信号类型			
			地	数 据	控 制	定 时
1	TXD RXD RTS CTS	保护地	X			
2		发送数据		→DCE		
3		接收数据		DCE→		
4		请求发送			→DCE	
5		结束发送			DCE→	
6	DSR SGND CD	数据装置准备好	X		DCE→	
7		信号地				
8		载波检测			DCE→	
9		(留作数据装置测试)				
10		(留作数据装置测试)				
11		未分配				
12		第二接收线路载波检测			DCE→	
13		第二信道结束发送			DCE→	
14		第二信道发送数据		→DCE		
15		来自 DCE 的时钟信号				DCE→
16		第二信道接收数据		DCE→		
17		接收信号定时				DCE→
18	DTR	未分配				
19		第二信道请求发送			DCE→	
20		数据终端准备好			DCE→	
21		信号质量检测				
22		振铃			DCE→	
23		数据信号速率选择			DCE→	DCE→
24		来自 DTE 的时钟信号				DCE→
25		未分配				

### (二) 接口的电气信号特征

1) 连接器任何插针上的信号都为相关的可能状态之一:

SPACE/MARK (空号/传号)

ON/OFF

逻辑 0/逻辑 1

表 8-2 是上述各种状态与信号电压的关系。RS-232C 使用负逻辑, 因而 ON 状态对应逻辑 0。

辑 0, OFF 状态对应逻辑 1, 电压  $V_1$  是对信号地而言。

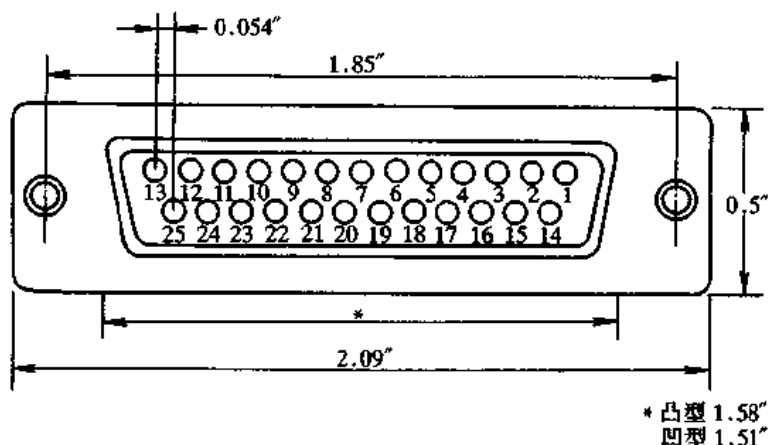


图 8-2 25 针 D 型连接器

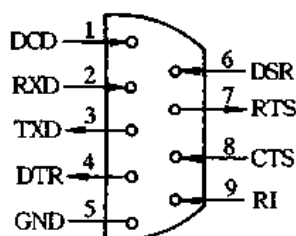


图 8-3 AT 机 9 针 D 型连接器

表 8-2 各种状态与信号电压的关系

状 态	信 号 电 压	
	$-25V < V_1 < -3V$	$3V < V_1 < 25V$
二进制逻辑	1	0
信号状态	MARK	SPACE
功能	OFF	ON

2) 驱动器输出  $-5 \sim -15V$  的电压, 表示逻辑 1 或 MARK 状态,  $+5 \sim +15V$  表示逻辑 0 或 SPACE 状态。信号的噪声容差为 2V。

3) 信号线与信号地之间的分布电容不超过 2500pF。

4) 开路或无负载电压不超过 25V。

5) 驱动电路必须经受电缆中任何导线的短路而不损坏它本身或其它相关设备。

6) 数据通信的速率为  $0 \sim 20000\text{bps}$ 。DTE 与 DCE 之间的电缆最大长度为 15m。

(三) 接口的信号功能

可将接口信号分成五类

(1) 地或公共母线 插针 1 (保护地) 和 7 (信号地)。

(2) 数据 插针 2 (TXD) 和 3 (RXD)。

(3) 控制 插针 4 (RTS)、5 (CTS)、6 (DSR)、20 (DTR)、8 (CD)、22 (RING)、21、23、29 等。

(4) 定时 插针 15、17、24 等。

(5) 第二信道电路 插针 12、13、19 等。

(四) RS-232C 的使用注意事项

1. 电平变换

支持 RS-232C 总线标准的串行接口芯片的信号电平为 TTL 级, 而 RS-232C 要求的电平范围比 TTL 级高得多, RS-232C 电平范围较高是为了防止噪声淹没, 减少地电位差造成的

影响, 扩大传送距离, 因此当计算机与外设或两台计算机之间距离稍远一些时, 对其串行接口芯片的信号电平应当进行变换, 使其符合 RS-232C 电气规范要求。电平变换芯片较多, 常用的有 MC1488 和 MC1489。MC1488 作为数据发送器, 它将串行接口的 TTL 电平转换成 RS-232C 电平。MC1489 作为数据接收器, 它将 RS-232C 来的数据电平转换成串行接口能接收的 TTL 电平。MC1488 和 MC1489 的电路连接见图 8-4。

## 2. DTE 与 DCE 及 DTE 与 DTE 之间的连接

按 RS-232C 规定, 两个设备之间的连接应使用 25 条引线 (扁平电缆), 但在简单的应用中只用三线连接即可, 另外常用的还有 9 线连接, 如图 8-5 所示。由图可见串行通信通常是在数据终端设备 (DTE) 和数据通信设备 (DCE) 间或 DTE 和 DTE 之间进行。计算机和其它外围设备 (如 CRT) 属于 DTE, 而调制解调器 (MODEM) 等属于 DCE。

### (五) RS-232C 的缺陷

#### 1. 传送距离过近

RS-232C 总线标准受负载电容允许值的限制, 其传送距离一般不得超过 15m。这个 15m 的限制常常无法满足实际应用的需要, 这也是为什么后来要把 RS-422 标准引入计算机系统的原因。

#### 2. 电平偏移

RS-232C 总线标准要求信号地共用并把双方的信号地连接在一起。当想把 RS-232C 的通信距离扩大时, 由于双方的地电位差别较大 (特别是通信双方由不同的供电系统供电时情况更为严重), 在信号地线上将有比较大的地电流形成, 造成额外压降。这样, 一方输出的逻辑电平, 到达对方时, 其逻辑电平将发生偏移, 若电平偏移严重, 将发生逻辑错误。

#### 3. 抗干扰能力差

RS-232C 标准在电平转换时采用的是单端输出与单端输入。在传输过程中当干扰和噪声混在正常的信号中时, 它们不会相互抵消。为了提高 “信噪比”, RS-232C 只得使用比较大的电压摆幅。在远距离通信时, 引入的干扰可能更多, 这个问题将更严重, 用提高电压摆幅不是一条出路。

#### 4. 传送速率偏低

RS-232C 总线标准的最高传送速率为 20kbps, 这个速率对同步传输而言显得太低。因此 RS-232C 只支持异步通信, 不适于扩展到同步通信中去。

#### 5. 潜在的接地问题

RS-232C 总线有两个地, 一个是信号地, 一个是屏蔽保护地。信号地共用且双方的信号

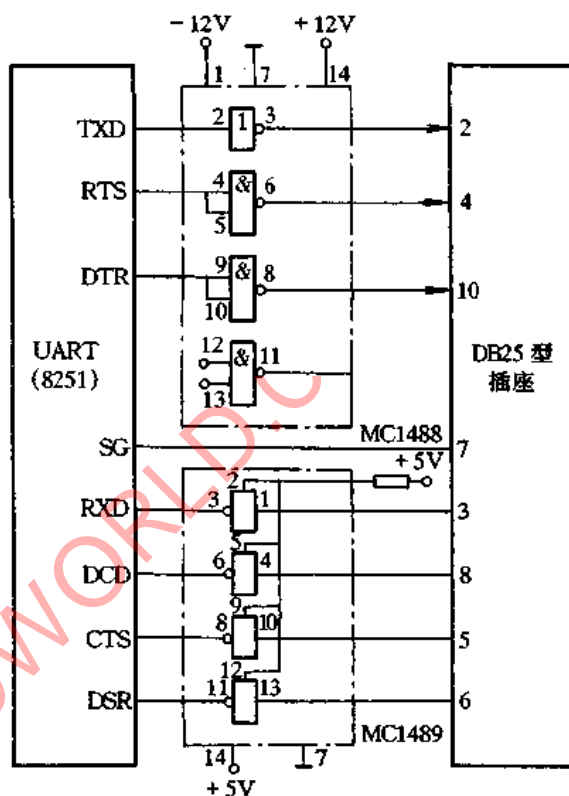


图 8-4 MC1488 和 MC1489 的电路连接



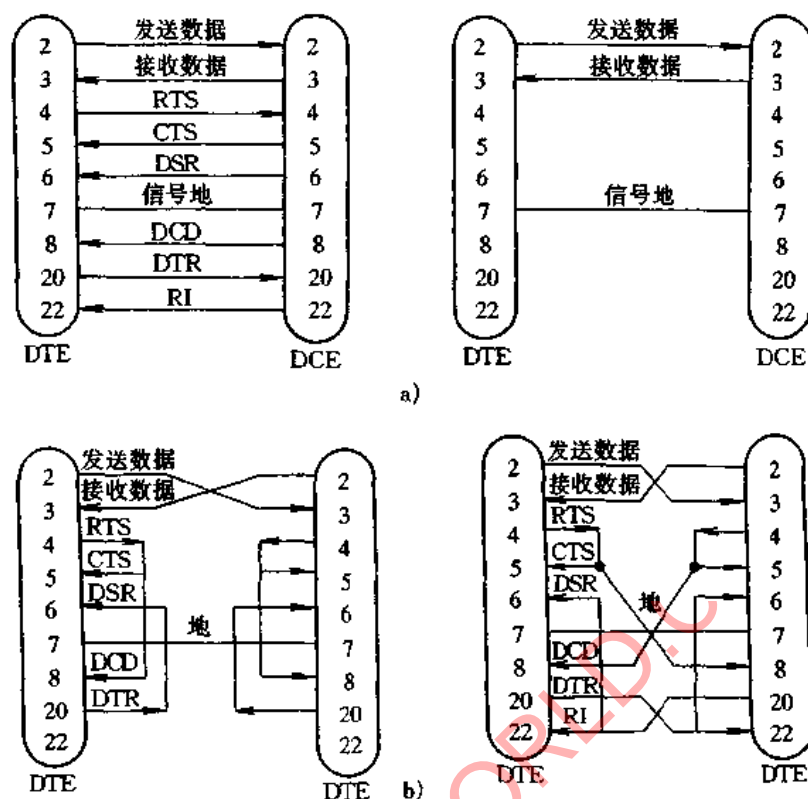


图 8-5 RS-232-C 总线在 DTE 与 DCE 及 DTE 与 DTE 之间的连接

a) DTE 和 DCE 的连接 b) DTE 和 DTE 的连接

地要连在一起，而双方的屏蔽保护地却不一定允许连在一起，且一台 DTE 的信号地与屏蔽地之间又不一定绝缘，有时还可能连接在一起，这就存在一个潜在的接地问题。

### 三、RS-422 总线标准

为了扩大传输距离，提高通信速率，增强抗干扰能力，针对上述 RS-232C 总线标准存在的问题，电子工业协会制定了新的串行总线标准 RS-422。

RS-422 总线标准称为双端接口电气标准，又称平衡传输电气标准。RS-422 不同于 RS-232C 标准的地方在于传输数据的是两条平衡导线。所谓“平衡”是指输出端为双端平衡驱动器，输入端为双端差分放大器。这一改变使得 RS-422 具有以下优点：

- 1) 如果传输过程中混入了干扰和噪声，由于双端输入差分放大作用，使干扰噪声互相抵消，从而增强了总线的抗干扰能力。
- 2) 这种接法由两条信号线形成信号回路，与信号地无关，双方的信号地也不必连在一起，这样就避免了“电平偏移”，同时也解决了潜在的接地问题。
- 3) RS-422 总线传输距离可达到 1500 多米，传送速率可高达 10Mbps。

## 第二节 网络结构与访问控制技术

### 一、网络的拓扑结构

#### (一) 总线结构



总线结构为线状连接。在用双绞线或同轴电缆作为传输媒介的系统中,各工作站通过连接器或收发器连接到主干(开环、无源的双绞线或同轴电缆)上,形成一条公共的多路访问总线。总线结构连接简单,在总线上添加工作站十分方便。当总线上某节点发生故障时,可以将其从总线上断开而不会干扰或停止总线的工作。图 8-6 是一个总线型网络结构。

在同一主干上可以连接两个以上的从站,从站可以按菊花链方式(见图 8-6a)或接出站方式(见图 8-6b)直接接到主干上。接出站距离主干的最大距离为 152.4m。菊花链相对比较简单,这种方式也可以解释为接出电缆长度为“零”的接出站。网络的主设备可位于主干的任意一端,也可以在主干电缆的任何一点上。

## (二) 环形结构

环形结构是一种闭合的总线结构。每个工作站通过重发器连接到公共的同轴电缆上形成一个封闭的环,节点和节点之间的通信通过重发器进行,信息在环上沿一个方向传送,由被导地的节点获得信息,送到目的节点。由于重发器是有源器件,所以易于实现高速传送和远距离传送,也易于控制。环形结构的缺点是当节点发生故障时会影响到整个网络不能正常工作。

## 二、主-从关系与同级通信链

### (一) 主-从关系

主-从结构的通信网络中可以有多从站,但只能有一个主设备。主-从设备间的信息交换方式有两种:询问-响应式或广播式(见图 8-7)。

1) 询问-响应式 主设备向一个指定的从设备(可编程序控制器 PLC)发一个询问信息,从设备执行规定的工作后,向主设备发回一个响应信息。主设备处理从设备的响应。

(2) 广播式 主设备向网络中所有从设备发一个广播信息,从设备完成规定的工作。从设备不向主设备发回响应信息。

两种信息交换方式的区别在于信息中是否包括有从设备的地址,如果指定了从设备的地址,则为询问-响应式的,如果地址为零,则为广播式。网络中采用何种交

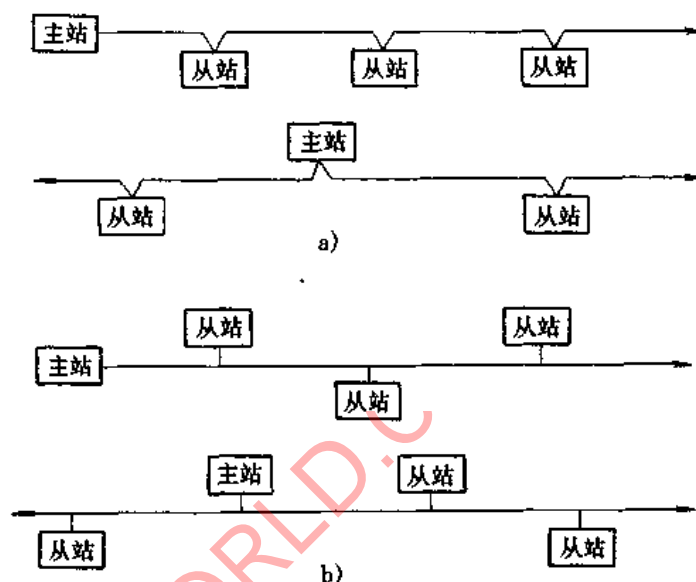


图 8-6 总线型网络结构

a) 菊花链式 b) 接出站式

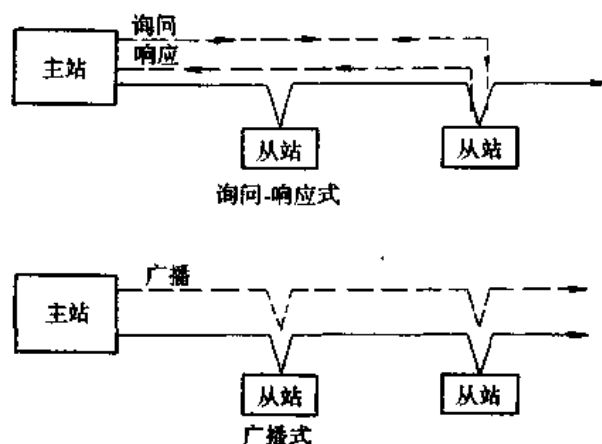


图 8-7 主-从结构网络信息交换

换信息的方式是与主设备或从设备的类型无关的。

## (二) 同级通信链

同级通信链与主-从结构的主要区别在于通信网络上所连接的通信设备(可编程序控制器(PLC)或计算机等)没有主-从关系,各设备都有自己特定的设备号,通信权是平等的,各通信设备之间可以互相通信,每个设备都有发送权和接收权。

## 二、访问控制技术

在非主-从结构的局域网中,由于总线访问操作是由各节点处理机自行控制的,故如果连接在网络上的几个节点在同一时间都企图访问总线时,必然会发生冲突。访问控制技术要解决的就是访问冲突的问题。大部分局域网采用的访问控制方法有以下两种:

### (一) CSMA/CD (线路监听多次访问/碰撞检测法)

当发送点把信息包发送到总线上时,网上的其余节点同时收到信息并分析收到信息中的目标节点地址。如果与本节点的地址一致时,信息便被接受。如果未发现信息传输过程中的错误,则向发送节点送去确认 ACK 信息包,如果接收时发现传输错误,便舍去接收到的信息。发送节点在一定的时间内收不到接收节点发回的 ACK 信息包,就重发信息。如果始终收不到 ACK 包,则作为传输失败处理。

采取该方法时不仅要求“先听后讲”而且要求“边讲边听”。即发送节点只有在总线空闲时才发送,而且一边发送一边监听,一旦冲突,立即会发现,并马上停止发送,丢弃该帧,并发一简短有力的阻塞信号通知各站。然后按一定的算法等待一个随机时间后重发该帧信息。

### (二) 令牌传递方式

在环型结构总线上,每一瞬间只能允许一个节点发送信息,因此有一个称为令牌(Token)的发送权数据在环路上不断传递。只有拥有此令牌的节点才有权向环路上发送信息,而其它节点只允许接收信息。节点在发送完毕之后,便把令牌交给网络上的下一个节点,如果该节点没有信息需要发送,便将令牌再顺次交给下一个节点。因此,表示发送权的令牌在环形总线上不断循环,环上每个节点都可获得发送权,而任何时刻只有一个节点利用环路传送信息,这就保证了在总线环路上不会发生存取信息包的访问冲突。

采用令牌传递方式的网络上的每一个节点都知道信息的来去动向,保证了较高的信息传输确定性。由于能计算信息传输时间,故比较适合实时系统的应用。

## 第三节 PLC 通信网络

一个控制系统由许多控制任务组成,这些任务既有相对的独立性,又需要与其它任务联系,众多相对独立的任务又需要在总的方面构成一个整体。这种控制过程如果仅靠扩大机型来解决,会给系统带来许多困难。因此几乎所有提供可编程序控制器的厂家都为自己的产品打开销路而开发了网络系统。三菱电机较早的开发了 MELSEC NET 网络;西门子公司先后推出了 SINEC L<sub>1</sub> 局域网和 SINEC H<sub>1</sub> 局域网;AEG 公司也推出了组合式自动化系统,GE 公司则推出了其专用可编程序控制器网络 GENet。

可编程序控制器与计算机连接构成的综合系统,可使可编程序控制器与计算机互补功能的不足。可编程序控制器对于现场设备的控制来讲是十分方便的,但对于打印报表、图形显

示、中文输出等功能的实现却相当麻烦，而这些功能用计算机实现却很方便。可编程序控制器与计算机连接时，计算机通常仅用于编程，修改参数，数据显示，系统管理等方面，而不直接参与控制过程。可编程序控制器在线脱机运行，即使计算机发生故障，也不会影响生产过程的正常进行。

可编程序控制器与计算机之间的通信一般是通过 RS-232C 口或 RS-422 口进行的。

可编程序控制器发展到今天，不少产品都在 CPU 本身加上了具有网络功能的硬件及软件，因而组成可编程序控制器网络相当方便，组成网络之后，对网络上任何一个站的操作，都和使用同一台可编程序控制器一样方便，并且在网络中任何一个站都可以对其它的元件及数据乃至程序进行操作。各站主机之间元件状态信息的交换是由可编程序控制器系统自己完成的，不需要用户编程。

### 一、OMRON CPM1A 系列可编程序控制器的上位链接通信

上位链接通信是以上位计算机发出命令信息给 PLC，并由 PLC 返回响应信息的过程。以这样的方式就可以读出或写入 PLC 的继电器领域、数据存储器及各种设定状态的信息。上位机与可编程序控制器可以构成两种通信方式，即 1:1 上位链接通信和 1:n 上位链接通信。在 1:1 模式中，

采用 RS-232C 适配器与计算机串行口相连，见图 8-8。在 1:n 上位链接通信中，采用 B500-AL004 链接适配器及 RS-422 适配器，共同组成通信链接。其中 B500-AL004 适配器用于链接计算机串行口 RS-422 适配器，而每个 RS-422 适配器则用来链接可编程序控制器，见图 8-9。

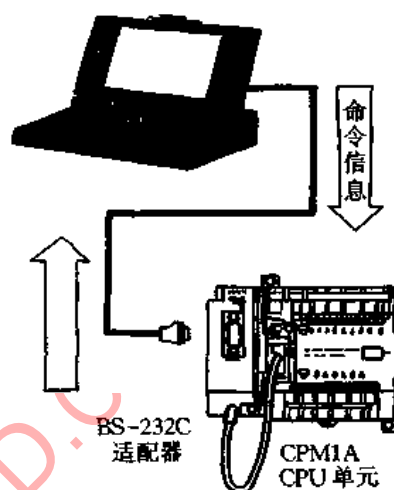


图 8-8 1:1 上位链接通信

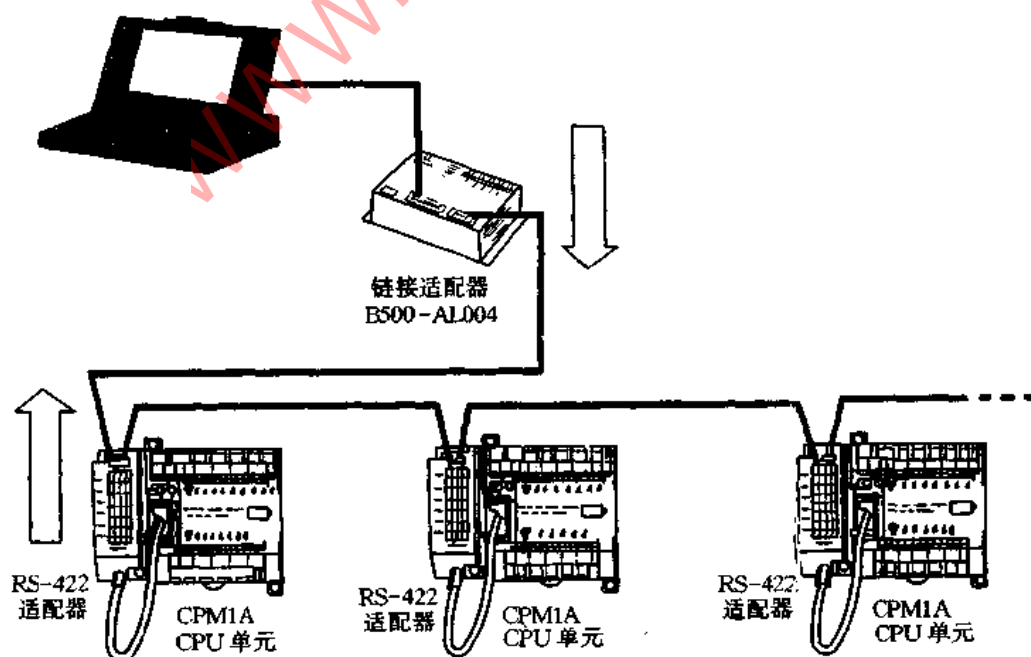


图 8-9 1:n 上位链接通信

## 二、上位链接通信功能的设定方法

在 CPM1A 中使用上位链接通信功能时, 可用外围设备在系统设定区域 (DM 区域) 的 DM6650~DM6653 中进行设定。具体情况见表 8-3。

表 8-3 上位链接通信功能的设定方法

通道地址	位	功 能		设 定																																																		
DM6650	00~07	上位链接通信条件标准形式	00: 标准设定 →起始位: 1 位 数据长度: 7 位 奇偶数: 偶 停止位: 2 位 波特率: 9600bps 01: 个别设定→DM6651 其它: 系统设定异常 (AR1302 ON)	00																																																		
	08~11	1:1 链接区域大小的设定	0: LR00CH~15CH 其它: 无效	0 任意																																																		
	12~15	用于模式设定	0: 上位链接 2: 1:1 链接子局 3: 1:1 链接亲局 4: NT 链接 其它: 系统设定异常 (AR1302 ON)																																																			
	00~07	上位链接波特率设定	00: 1200bps    01: 2400bps 02: 4800bps    03: 9600bps 04: 19200bps	00 任意																																																		
DM6651	08~15	上位链接通信帧形式	<table><thead><tr><th></th><th>起始位</th><th>数据位</th><th>终止位</th><th>奇偶数</th></tr></thead><tbody><tr><td>00:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>偶</td></tr><tr><td>01:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>奇</td></tr><tr><td>02:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>无</td></tr><tr><td>03:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>偶</td></tr><tr><td>04:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>奇</td></tr><tr><td>05:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>无</td></tr><tr><td>06:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>偶</td></tr><tr><td>07:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>奇</td></tr><tr><td>08:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>无</td></tr></tbody></table>		起始位	数据位	终止位	奇偶数	00:	1	7	1	偶	01:	1	7	1	奇	02:	1	7	1	无	03:	1	7	1	偶	04:	1	7	1	奇	05:	1	7	1	无	06:	1	7	1	偶	07:	1	7	1	奇	08:	1	7	1	无	00 任意
		起始位	数据位	终止位	奇偶数																																																	
00:	1	7	1	偶																																																		
01:	1	7	1	奇																																																		
02:	1	7	1	无																																																		
03:	1	7	1	偶																																																		
04:	1	7	1	奇																																																		
05:	1	7	1	无																																																		
06:	1	7	1	偶																																																		
07:	1	7	1	奇																																																		
08:	1	7	1	无																																																		
	08~15	上位链接通信帧形式	<table><thead><tr><th></th><th>起始位</th><th>数据位</th><th>终止位</th><th>奇偶数</th></tr></thead><tbody><tr><td>09:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>偶</td></tr><tr><td>10:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>奇</td></tr><tr><td>11:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>无</td></tr></tbody></table> 其它: 系统设定异常 (AR1302 ON)		起始位	数据位	终止位	奇偶数	09:	1	7	1	偶	10:	1	7	1	奇	11:	1	7	1	无																															
	起始位	数据位	终止位	奇偶数																																																		
09:	1	7	1	偶																																																		
10:	1	7	1	奇																																																		
11:	1	7	1	无																																																		

(续)

通道地址	位	功 能		设 定
DM6652	00~15	上位链接通信延时设定	0000~9999 (BCD): 设定值 (单位 10ms) 其它系统设定异常 (AR1302 ON)	0000
DM6653	00~07	上位链接机号 NO	00~31 (BCD): 机号 NO. 其它系统设定异常 (AR1302 ON)	00~31
	08~15	不可使用		00 任意

### 三、上位链接通信的电缆接线

用于 1:1 上位链接的 RS-232C 电缆是交叉接线电缆。电缆连接如图 8-10 所示。

在与计算机上位连接使用时, 要将 RS-232C 适配器的模式设定开关设定为“HOST”。



图 8-10 1:1 上位链接通信的电缆接线

图 8-11 是 1:n 上位链接通信的电缆接线。对于计算机, 可连接至 B500-AL004 连接适配器的 RS-232C 插座上。RS-422 电缆最长不应超过 500m。在连接时, 应将位于上位链接网络的两端链接适配器上的终端电阻切换开关设置为 ON, 以防止终端反射效应。

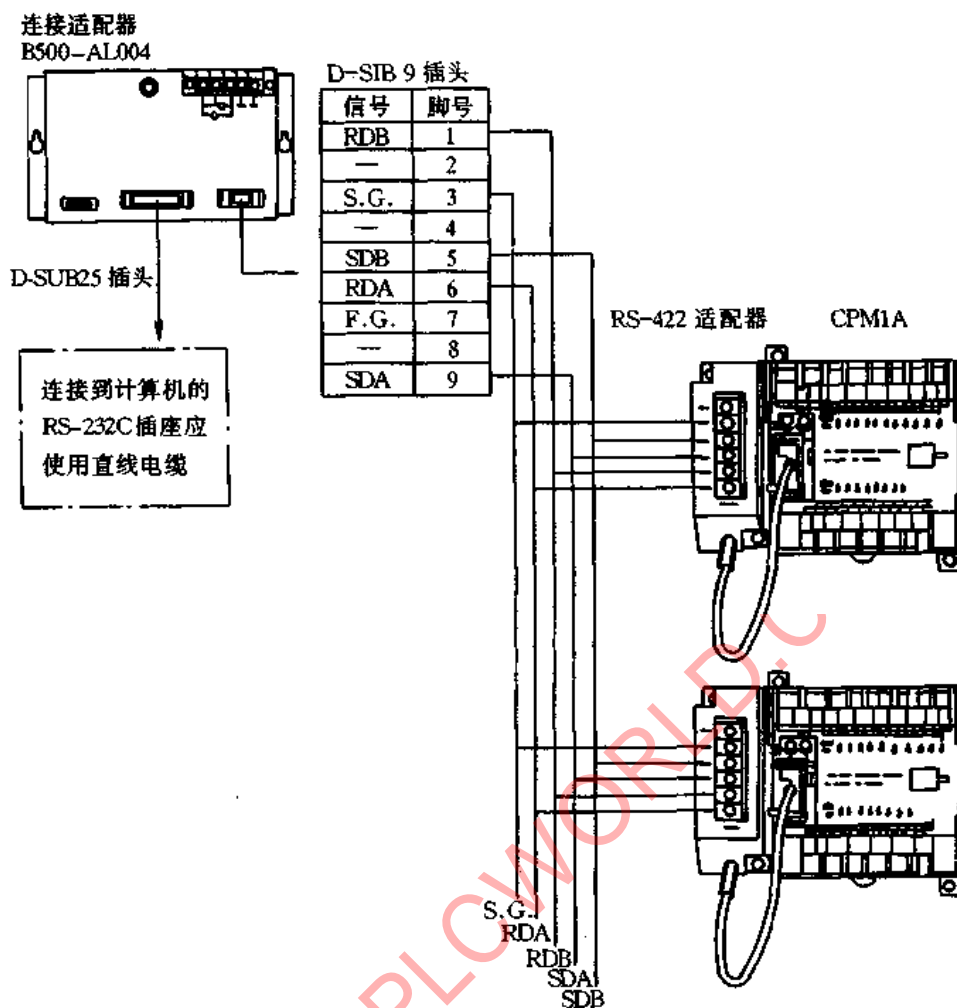


图 8-11 1:n 上位链接通信的电缆接线

#### 四、OMRON CPM1A 系列可编程控制器的 1:1 链接

CPM1A 族、CPM1A 同 CQM1、CPM1、SRM1 或者 C200HS、C200HX/HE/HG 之间可实现 1:1 链接，其中一方作主动方，另一方作从动方。链接继电器最多可达 256 点（即 LR0000~LR1515）。

##### （一）CPM1A 与 CPM1A 的 1:1 链接举例

图 8-12 是 CPM1A 与 CPM1A 的 1:1 链接的一个例子，其中 RS-232C 适配器（CPM1A-GIF01）的跳线开关设定为（NT）下侧。

##### （二）CPM1A 1:1 链接的限制

CPM1A 的链接继电器只有 LR00~15CH 的 16 个通道，因此在与 CQM1 或者 C200HS、C200HX/HE/HG 作 1:1 链接使用的场合，即使在 CQM1 或者 C200HS、C200HX/HE/HG 侧，都要使用 LR00~15CH 的 16 个通道。

在与 CPM1A 作 1:1 链接时 LR16~63CH 通道不能使用。

##### （三）1:1 链接功能的设定方法

表 8-4 给出了 1:1 链接功能的设定方法。

##### （四）1:1 链接通信电缆连接



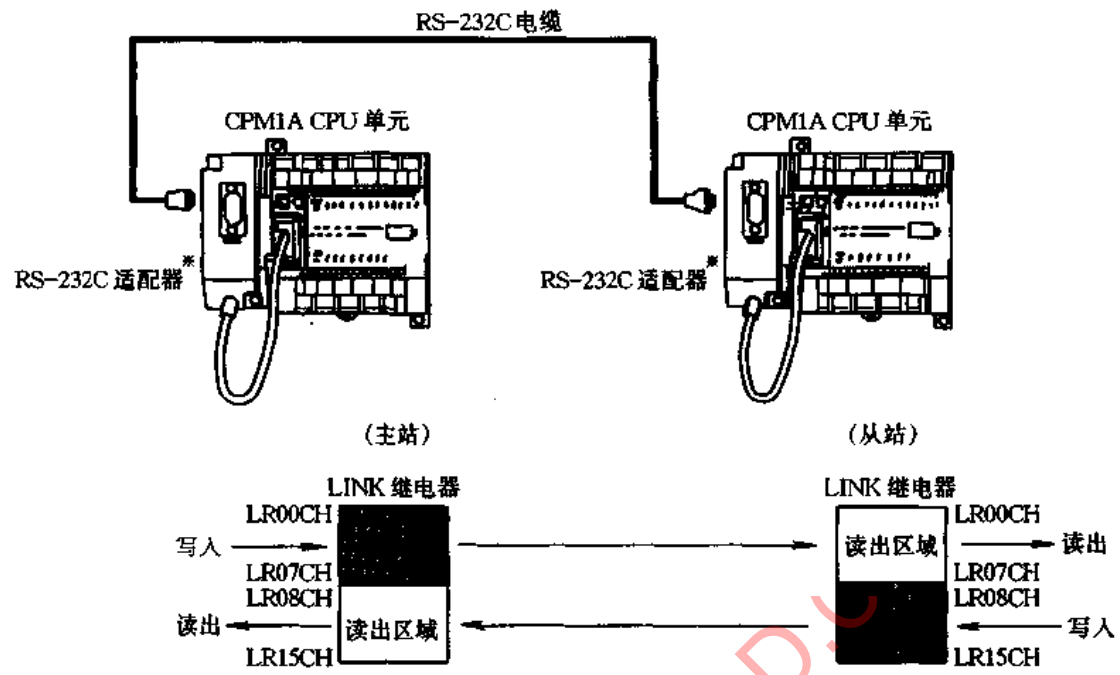


图 8-12 CPM1A 与 CPM1A 的 1:1 链接

表 8-4 1:1 链接功能的设定方法

通道地址	位	功 能	主局设定值	从局设定值
DM6650	00-07	上位链接通信条件标准形式 00: 标准设定 一起始位: 1 位 数据长度: 7 位 奇偶: 偶 停止位: 2 位 波特率: 9600bps 01: 个别设定→DM6651 设定 其它: 系统设定异常 (AR1302 ON)	0 (任意)	0 (任意)
	08-11	1:1 链接区域大小设定 0: LR00CH-15CH 其它: 无效	0	0 (无效)
	12-15	外圈通道使用模式设定 0: 上位链接 2: 1:1 链接从动单元 3: 1:1 链接主动单元 4: NT 链接	3	2

用于 1:1 链接的 RS-232C 电缆为交叉线。电缆连接见下图。

(五) 1:1 链接的程序举例

图 8-14 中介绍了在主站 CPM1A 与从站 CPM1A 之间，相互地将输入 000CH 的状态反应对方的内部辅助寄存器 200CH 内的方法。



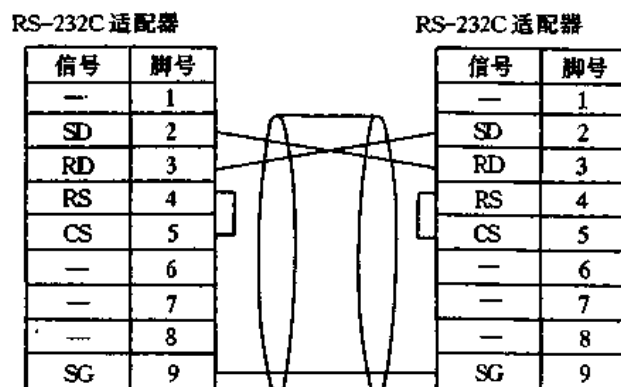


图 8-13 1:1 链接通信电缆连接图

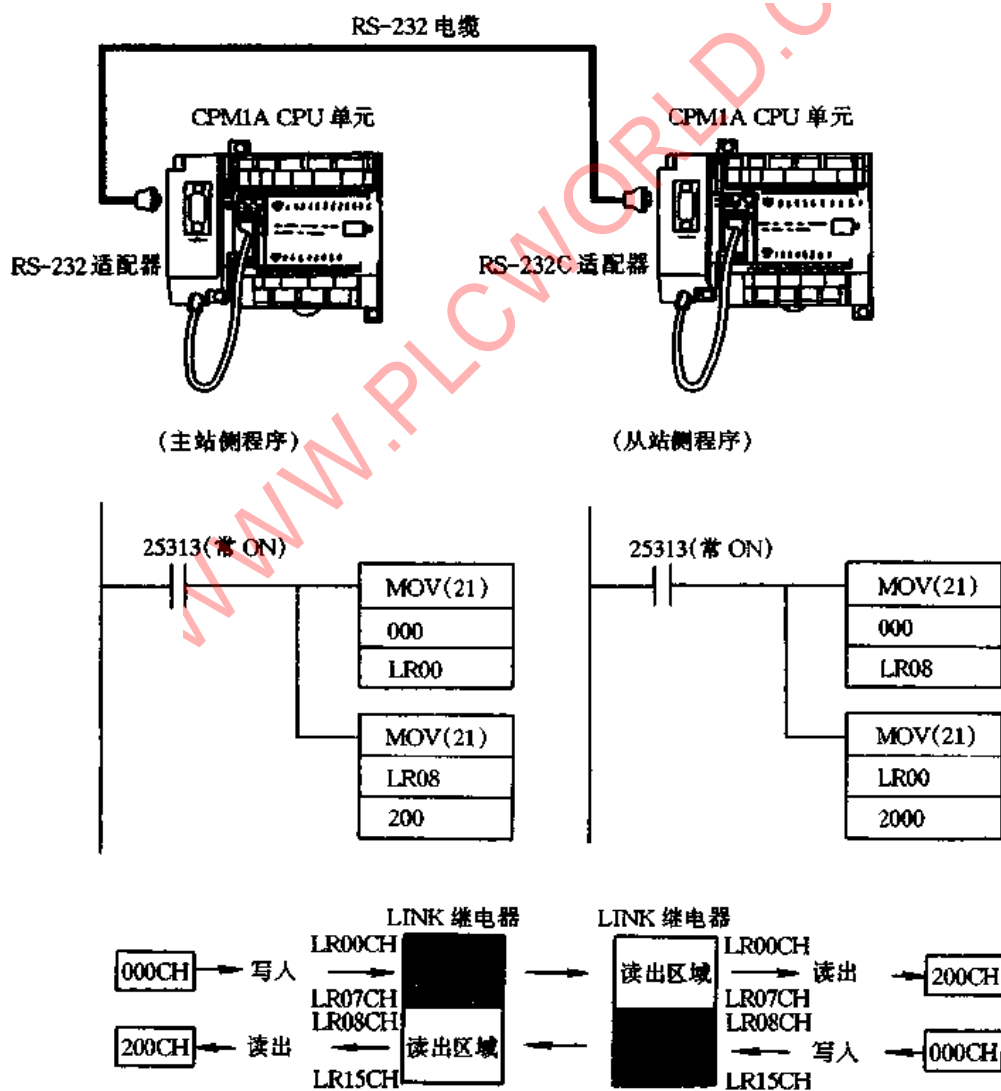


图 8-14 1:1 链接的程序举例

## 第四节 SYSMAC 软件编程和监控基础

SYSMAC 软件 (SSS) 是在 IBM PC/AT 计算机上运行的应用软件, 用于 SYSMACC 系列 PLC 和 CQM1 PLC 的编程、监视和控制。本章简要介绍如何在 SSS 中生成一个应用程序以及在一台可编程序控制器上运行程序所需要的主要步骤。

### 一、编程流程和输入程序

#### (一) 编程/监控流程

编程/监控的步骤如下所述:

启动 SSS 软件

输入程序

将程序存入磁盘

切换到在线操作

生成输入输出表

传送程序

执行程序

监视程序的执行

在线编辑程序

切换回离线操作

#### (二) 输入程序

输入程序的步骤如下:

1. 在 DOS 提示符下启动 SSS

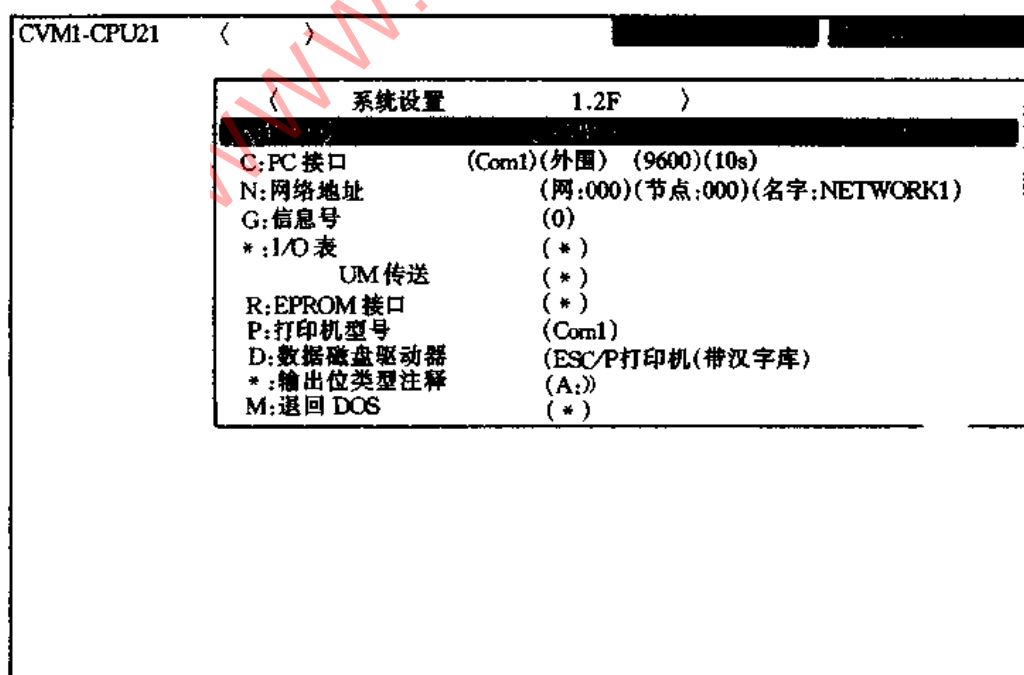


图 8-15 系统设置画面



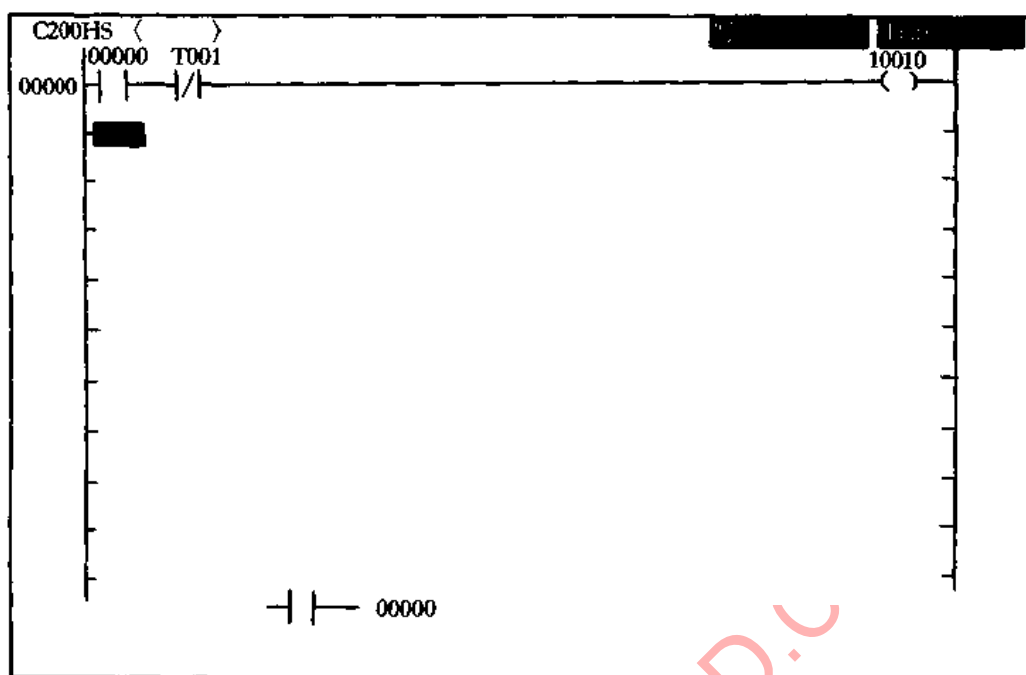


图 8-17 OUT 指令输入后的屏幕显示情况

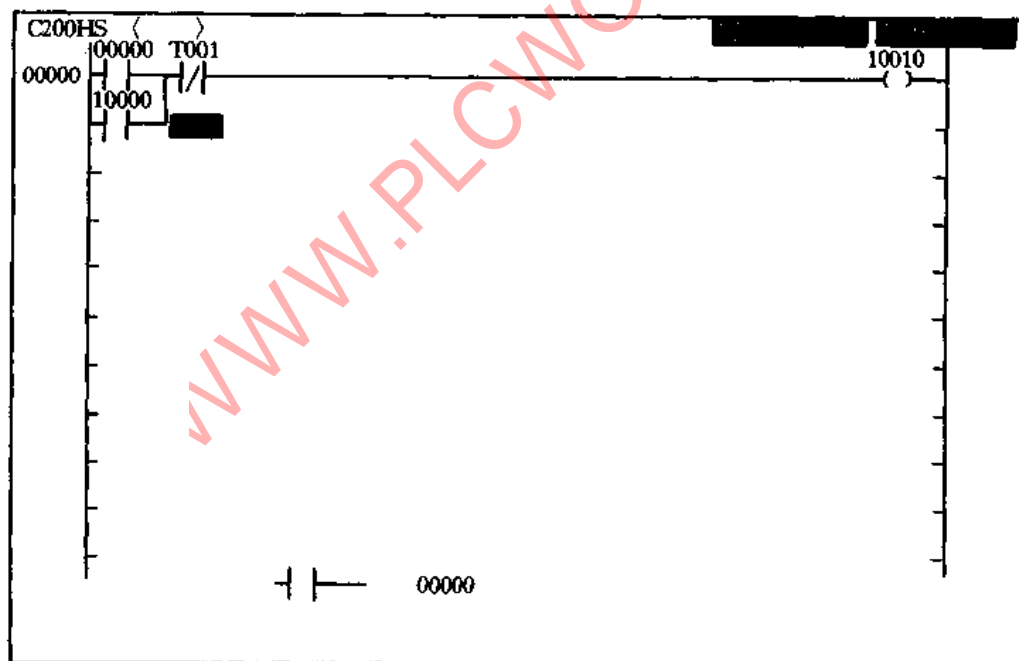


图 8-18 或条件指令输入后的屏幕显示情况

9) 将光标移至下一行第一列，用功能代码 (01) 输入指令。

#### 5. 存储程序

按 F3 键和 Enter 键存储程序，在屏幕上的程序存入系统工作区时，屏幕右上方会显示“存储”信息。当程序完整存好时，又会回到写模式。

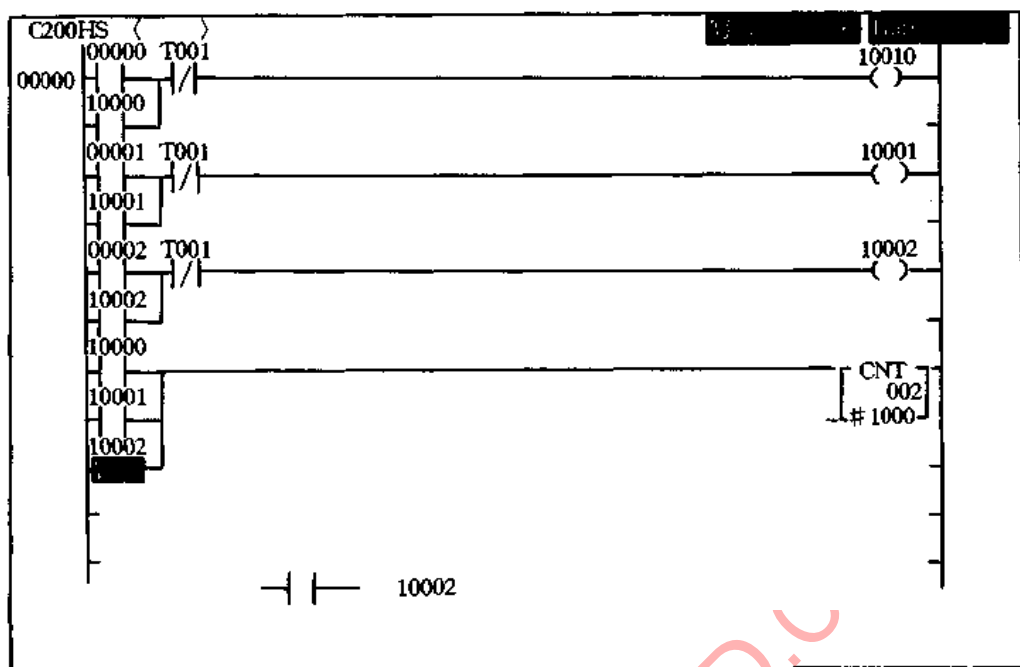


图 8-19 CNT 指令输入后的屏幕显示情况

## 6. 检查程序

显示主菜单并选择“P: 检查程序”，此时会出现选择检查级别的显示。当运行程序检查项时，屏幕上会显示闪烁的“检查程序”字样。如果检查结果确认程序是正确的，将在屏幕上的表格中显示 END 指令和它的地址。如果发现了错误，将在表格中显示出错误指令。此时应反复检查修改，直至程序完全正确为止。

## 二、可编程序控制器 (PLC) 的在线工作

按照第三节介绍将 PLC 和计算机连接起来，键入 Ctrl+O 接着按 F1 键，使 PLC 处于在线工作状态。PLC 的运行方式可以通过按 Ctrl+O 接着按 F2 键（运行）、F3 键（监控）、及 F4 键（编程）来控制。

### (一) 生成 I/O 表

I/O 表用来显示哪些单元装在 PLC 上，装在什么位置，PLC 使用 I/O 表决定哪些单元可以投入工作。为了执行或监视一个程序，必须先生成一个 I/O 表，而且必须是在在线状态下生成 I/O 表。通过在线生成 I/O 表，可以自动将与 PLC 相连接的实际单元登录进入 I/O 表。具体步骤如下：

1) 如果 PLC 尚未处于编程方式，按 Ctrl+O 和 F4 键将其切换到编程方式。

2) 显示 I/O 菜单。

3) 选择“C: 生成 I/O 表”。当 I/O 表登录时，会显示记录的 I/O 表，以表明 I/O 单元的安装情况。

4) 检查 I/O 表，一个 I 表示 8 个输入点，一个 O 表示 8 个输出点。

### (二) 向 PLC 传送程序

编制好的程序，要送到 PLC 中，PLC 才可以工作。在编辑菜单中，按 END 键显示在线菜单，选择“P: 传送程序”，在弹出菜单中选择“W: 计算机→PLC”表明由计算机传送到

PLC, 再在弹出菜单中选择“E: 传送到 END”, 即指出传送程序的地址范围 (即到第一个 END 指令)。接下来的显示表明数据传送的过程。传送结束后又会回到在线菜单, 按 ESCAPE 键退出在线菜单。

注意: 只有当 PLC 处于编程模式时, 才能从计算机向 PLC 传送程序。而当 PLC 处于运行或监控模式时, 如果试图从计算机向 PLC 传送程序, 将会显示出错信息。

### (三) 启动和停止操作

在线运行时, 按 CTRL+O 接着按 F2 键 (运行模式下) 或按 F3 键 (监控模式下) 可以启动 PC 中程序的执行。

在线运行时, 按 CTRL+O 接着按 F4 键可使 PLC 中的程序停止执行, PLC 进入编程模式。

### (四) 监控操作

编制的程序运行时, 可以用上位机监控 PLC 程序的执行, 以便在计算机上显示执行的状态。如果监控的程序没有显示所预想的结果, 就需要对梯形图进行调整, 如果是较大的修改, 建议在离线方式下进行, 然后再传送到 PLC。

在监控模式下运行时, PLC 中的程序和计算机中的程序必须是相同的, 否则不能正常工作, 如果连接的一个 PLC 的程序与计算机中的不同, 那么在开始监控运行前应先做一次从 PLC 向计算机的程序传送, 具体操作步骤参考“向 PLC 传送程序”一节。

#### 1. 监视 I/O 状态

1) 使用 PAGE UP 键和 PAGE DOWN 键显示所要监视的程序部分:

2) 按 END 键显示在线菜单并选择“N: 监控数据”, 使 PC 进入监控模式;

3) 在屏幕的“数据监视”区, 输入所需要监视的位地址。当输入第一个位地址时, 按 CTRL+F9 键然后输入位地址, 接着按 ENTER 键, 就能显示其 ON/OFF 状态, 接着可以再输入其它要监控位的地址, 并按 ENTER 键就可以监视其 ON/OFF 状态; 如需对一个计数器进行监视, 按 CTRL+F5 键, 接着输入计数器编号, 然后就能显示计数器的现行值和表示计数过程是否结束的标志的 ON/OFF 状态。

#### 2. 位或定时/计数器的强制置位/复位

将光标移到要强制置位/复位的一个位的位置上, 按 F6 键则将此位强制置位 (对定时/计数器的操作与此相同); 按 F7 键则将此位强制复位 (对定时/计数器的操作与此相同); 按 F3 键将释放强制状态; 按 ESCAPE 键则结束 I/O 监控。

### (五) 在线编辑程序

与 PLC 相连接的计算机可以对 PLC 中的程序进行编辑, 这种编辑称为在线编辑, 但并不是所有的 PLC 都支持这种操作。在线编辑的具体操作步骤如下:

1) 用 Page Up、Page Down 键显示所需要修改的程序部分。

2) 按 END 键, 并且从在线菜单中选择“O: 在线编辑”。

3) 将光标移至要修改的指令块处, 按 ENTER 键。

4) 输入新的操作 (包括修改, 添加指令)。

5) 按 F3 键和 ENTER 键将屏幕上完成的修改存入内存。

### (六) 进入离线模式

完成在线操作后按 Ctrl+O 键, 接着按 F1 键中断计算机与 PLC 的连接, 结束通信。

### 习题与思考题

- 8-1 串行通信时必须解决的两个问题是什么？
- 8-2 MC1488、MC1489 的作用是什么？
- 8-3 在网络拓扑结构中，什么是总线结构？什么是环行结构？它们各自的特点是什么？
- 8-4 可编程控制器是如何进行在线工作的？

WWW.PLCWORLD.CC



## 第九章 变频调速器

电动机的调速运转与控制,是日常生活、工业生产等所依赖的基本技术之一。这种调速技术的中心就是变频器。在交流调速技术中,变频调速传动是现代电力传动的一个主要发展方向,它在节电、减少维修、提高产品产量和质量、实现自动化方面起着重要的作用。

变频器运用高度的电动机控制理论,采用微处理机进行控制。为了更好的了解变频器的工作性能,本章首先讲解电动机调速的基本概念,以便使读者有一个连贯的学习过程。

### 第一节 电动机的调速及变频器的分类

#### 一、电动机调速的发展

交流异步电动机,特别是笼型异步电动机,与直流电动机相比具有结构简单、价格低廉、坚固耐用、单机容量大、对环境要求不苛刻、维护方便等优点。以往,交流电动机的调速性能比直流电动机的调速性能差很多,因此在高性能的电气传动中均以直流传动为主。随着高电压、大电流的晶闸管、可关断晶闸管(GTO)、功率晶体管(GTR)、功率MOS场效应晶体管(MOSFET)和绝缘栅双极晶体管(IGBT)的不断发展,使功率变换器的容量提高、体积缩小,并能适应高速度和高频工作,为各种高性能交流调速方案提供了必要的条件。另一方面,由于微机的迅猛发展,使得建筑在现代控制理论或其它一些复杂控制算法基础上的控制原理得以快速在线计算及进行优化处理,从而使过去认为只能在理论上成立而实际无法实现的控制原理实用化。因此使过去许多不可能实现的交流调速方案得以实现,而且性能不断提高,价格不断下降。

鉴于以上理由,目前交流调速传动已进入与直流调速传动相媲美、相竞争的年代。据日本早期统计,1975年销售的交流调速装置与直流调速装置之比为1:3,而到1985年,两者的比例则成为3:1。此趋势近十几年来发展更快,交流调速将可能取代直流调速,占据主导地位。

因为交流异步电动机的转速为:

$$n = \frac{60f_1}{p}(1-s)$$

式中,  $s$  为转差率;  $p$  为极对数;  $f_1$  为定子频率。

所以异步电动机的调速方法可以有改变  $s$ 、改变  $p$ 、改变  $f_1$  三种方法。改变转差率可以通过调节定子电压、转子电阻等方法实现。调压调速是依靠改变加于异步机定子的端电压以改变转差率进行调速的,因方法简单所以易于实现。但是靠改变转差率对异步电动机进行调速时,由于低速时转差率大,转差损耗大,电动机发热严重且效率低。

采用变频器的笼型异步电动机调速传动,由于使用方便,且受惠于继续迅猛发展的电力电子技术、微电子技术和控制理论,因此期待在性能、操作性、维修性和经济性等方面会有进一步的提高,并将逐步推广起来。

## 二、交流异步电动机变频调速

由式 (9-1) 可知, 改变异步电动机定子频率  $f_1$ , 可以调节转速。变频调速时, 频率的增加往往要与电动机实际转速相适应, 见图 9-1。

当频率突然由  $f_{11}$  增加到  $f_{13}$  时, 因机械惯性电动机转速不会突变, 故电动机将由原工作点 1 突跳到点 4 运行, 这时电动机的转矩将小于负载转矩  $T_L$ , 电动机将减速直至停转, 达不到往上调速的目的。

在启动时, 应从低频开始启动, 因为在低频下启动, 电流小而启动转矩大, 有利于缩短启动时间。

异步电动机变频调速很容易实现反转。为了使电动机在反转过程中产生再生发电制动把动能回馈给电网, 应当均匀降低频率和电压, 到电动机停止后, 再反向启动电动机。如果不降低电压和频率, 立即将定子绕组相序反接, 则电动机进入反接制动状态, 此时动能将消耗在转子上, 造成损耗和过热。

异步电动机的变频调速具有良好的调速性能, 是一种理想的调速方法。实现变频调速的关键是要一个工作可靠、控制较为简单的变频器。下面将介绍常用变频器的有关知识。

### 三、变频器的发展

变频器的发展史实际上是电力电子技术、微电子技术、控制技术的发展史。晶闸管供电的直流电动机系统被采用之后, 1970 年晶闸管被用作变频器主回路中的高速开关元件。1972 年电压型变频器被纺织行业采用, 其后电流型变频器等晶闸管变频器开始实用化。1975 年电力晶体管、1980 年电力晶体管模块及真正的 GTO (可关断晶闸管) 的开始生产, 1981 年取得了急速的发展, 使实际通用型变频器得以完成。有了变频器主回路用开关元件的系列, 使选择最适合容量的元件以及不用辅助电路而使主回路高速通断成为可能。因此, 变频器在经济性、控制性、效率等方面有了较大的提高。特别是在通用变频器应用领域, 由于晶体管模块的采用和控制回路、控制技术的进展, 使特性优良的正弦波 PWM 型变频器占领主要地位。

微电子技术开始于晶体管放大器的实用化, 它经过模拟控制时代, 进入数字控制时代, 使复杂的控制容易实现, 使可靠性、操作性、维修性等功能得以充实。因此, 它在变频器的通用化中起到了很大的作用。

变频器的控制开始于电压与频率成比例的异步电动机调速传动。这种控制在电动机的解析技术、仿真技术及控制理论等控制技术方面也取得较大的进步。此进步与电力电子与微电子技术的发展相结合, 实现了矢量控制等的快速响应和高性能。

### 四、变频器的分类

变频调速是以变频器向交流电动机供电, 并构成开环或闭环系统。变频器是把固定电压、固定频率的交流电变换为可调电压、可调频率的交流电的变换器。变换过程中没有中间直流环节的, 称为交-交变频器, 有中间直流环节的称为交-直-交变频器。直流可以认为是频率为零的交流, 由直流变为定频定压或调频调压交流电的变换器, 称为逆变器。因此, 交-直-交变频器通常由整流器 (AC-DC 变换)、中间直流储能电路和逆变器三部分构成。变频器种类多样, 常用的变频器分类见表 9-1。

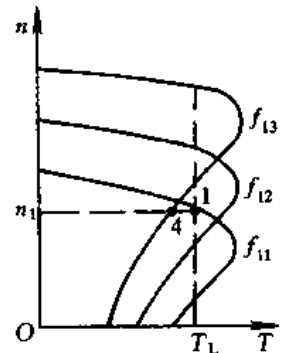
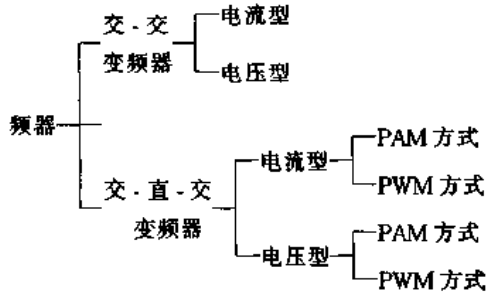


图 9-1 异步电动机变频调速特性

表 9-1 变频器的分类



电压型 PWM 方式交-直-交变频器发展最快，其原因为，一是变频器所用的半导体开关器件不断发展，二是 PWM 控制技术的不断完善。

日本国内通用变频器的主流是正弦波 PWM 型晶体管变频器。欧洲、美国的主流是晶闸管变频器。从控制方法的难易和特性方面看，其倾向是数百 kVA 以下适用晶体管变频器，以上则适用 GTO 变频器或晶闸管变频器。在控制方式上，一般为通用的 V/F 控制。对于需要快速响应的场合，采用电流型变频器的矢量控制或者采用正弦波 PWM 型晶体管变频器等进行电流控制的矢量控制已被实用化。对于中小容量，后者成为主流。

(一) 交-交变频器

交-交变频器是将普通恒压恒频的三相交流电（通常为电压 380V、频率 50Hz）通过电力变流器直接转换为可调压调频的三相交流电源，故又称为直接交流变频器。

供异步电动机调速用的三相交-交变频器由三个单相变频器构成，见图 9-2。

图中各相变频器之间相位差  $120^\circ$ ，图中为三相零式反并联三相变频线路，每相由两组反并联三相零式整流电路组成，共需 18 只晶闸管。图中整流器 I、III、V 为正组，IV、VI、II 为反组，各组导通顺序为  $I \rightarrow II \rightarrow III \rightarrow IV \rightarrow V \rightarrow VI$ ，导通时间间隔为  $120^\circ$ ，相互间隔为  $60^\circ$ 。同一时刻有一个正组的整流器和一个反组整流器同时导通，但不允许同一桥臂的两组整流器同时导通，否则将造成电源短路。

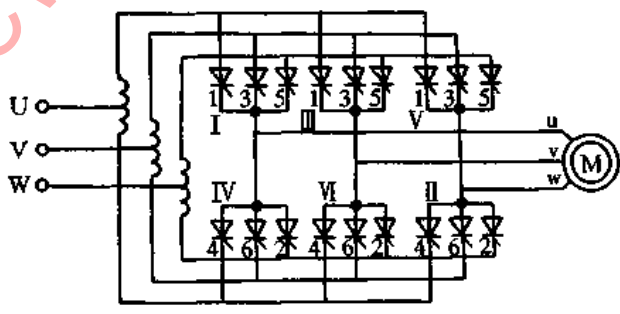


图 9-2 三相交-交变频器主电路

图 9-2 电路中每相接有滤波电抗器，如果滤波电感足够大，则三相电流可以认为都是方波，这样构成的变频器称为电流型变频器。

三相交-交变频器所需晶闸管数目多，调速范围一般在  $1/2 \sim 1/3$  工频以下，因而适用于低速大容量变频调速系统中。

(二) 交-直-交变频器

图 9-3 所示为典型的三相交-直-交变频器的电路，桥 I 是三相可控整流器；桥 II 是三相逆变器，其上反并联的二极管桥是回馈二极管桥；中间直流回路的电感  $L$  为滤波电感， $L$  常常很小，电容  $C$  是滤波电容，其容量很大。整流、滤波和逆变这三部分是组成

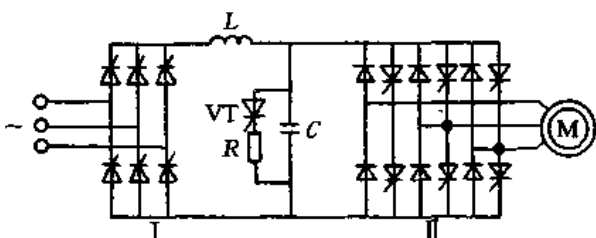


图 9-3 交-直-交变频器的电路

交-直-交变频器的主要环节。

通过改变可控整流器晶闸管控制角可调节电动机供电电压的幅值；改变三相逆变器开关元件的切换频率可调节电动机供电频率。当开关元件采用晶闸管，则切换时需解决晶闸管的换流问题。然而先进的开关元件（例如 GTR、GTO、MOSFET、IGBT 等，前已叙述）的使用使三相逆变器开关元件的切换控制得到大大的简化，且切换频率可以提高，切换开关损耗减小，从而提高了变频调速的性能指标。

当电动机制动时，出现再生电能时，这部分能量只能经回馈二极管桥回馈到直流侧，存储在电容  $C$  中。由于桥 I 的晶闸管不能流过反向电流，所以再生能量无法直接回馈到交流电网。为防止电容  $C$  因储能而电压过高，可以在其两端并联一能耗电阻（如图中  $R$ ），当电容电压高到一定程度时，触发晶闸管 VT 将再生电能消耗于电阻  $R$  上。

### （三）脉宽调制（PWM）型变频器

采用可控整流器调压时存在调压靠整流器，调频靠逆变器，在低压时电网功率因数很低，电网供电波形畸变较大，调速时动态响应慢，噪声大且低速时稳定性差等缺点，所以调压、调频都由逆变器依靠脉冲宽度调制（PWM）技术控制来实现。

脉冲宽度调制变频控制是 70 年代后期发展起来的，目前已获得广泛的应用。可通过图 9-4a 来说明。

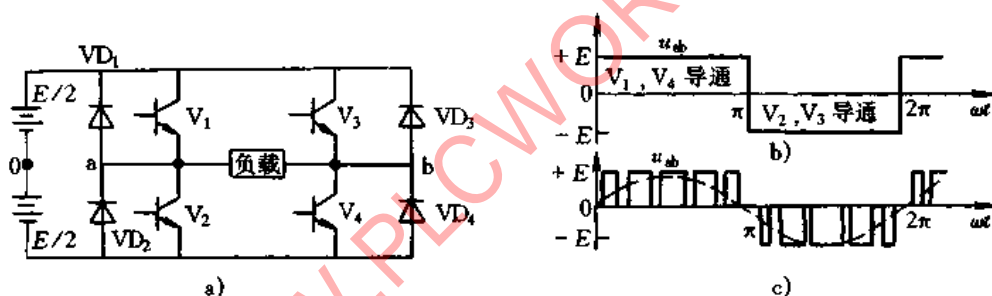


图 9-4 脉冲宽度调制变频原理图

图中  $V_1$ 、 $V_4$  与  $V_2$ 、 $V_3$  轮流切换导通，则在负载上得到交流输出电压  $u_{ab}$ ，见图 9-4b。

如果在  $0 \sim \pi$  期间使  $V_1$ 、 $V_4$  按一定规律接通和断开，而在  $\pi \sim 2\pi$  期间使  $V_2$ 、 $V_3$  按同样的规律接通和断开，则负载上得到如图 9-4c 所示的电压  $u_{ab}$  波形。如果在  $0 \sim \pi$  期间使  $V_1$ 、 $V_4$  的接通时间减少，则断开时间增加，即减少大功率晶体管  $V_1$ 、 $V_4$  基极所加脉冲宽度， $\pi \sim 2\pi$  期间对  $V_2$ 、 $V_3$  作同样处理，则  $u_{ab}$  基波电压的幅值将减小。所以，通过改变  $V_1$ 、 $V_4$  和  $V_2$ 、 $V_3$  的切换频率，可以改变  $u_{ab}$  的频率，通过改变半周内开关元件的通断时间比，即改变脉冲宽度，可以改变  $u_{ab}$  的幅值，这就是 PWM 变频器调压调频的工作原理。所以，PWM 型变频器就是用脉宽调制技术控制逆变器工作的交-直-交变频器。由于调压调频均可由逆变器完成，因此整流器可以采用不可控整流。

## 第二节 变频器原理

本节将介绍变频器的主要特点、构成（主回路、控制回路、保护回路）及功能。



### 一、变频器的基本原理及特点

异步电动机用变频器传动见图 9-5。变流器部分将交流变为直流，平滑回路部分将此直流平滑后，由逆变器部分将它变换为频率可调的交流。下面将分别介绍变频器的主回路方式和控制方式。

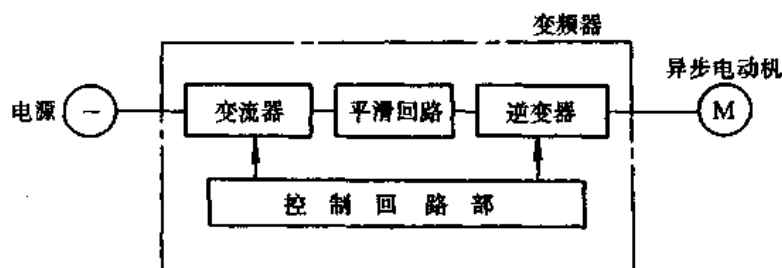


图 9-5 变频器的基本构成

#### （一）电压型与电流型

作为主回路方式有电压型变频器和电流型变频器。电压型是将电压源的直流变换为交流的方式，电流型是指将电流源的直流变换为交流的方式。

#### （二）电压控制与电流控制

主回路方式分为电压型和电流型两类。控制方式分为电压控制及电流控制两种。这两种控制方式可适用于主回路的任意一种方式（电压型和电流型），通用变频器均采用电压控制方式。电压型晶体管变频器和电压型 GTO 变频器是在逆变器部控制输出的电压和频率。输出电压的大小，可以利用半导体开关的导通率将输出电压控制成为正弦波形。而电压型或电流型晶闸管变频器是在变流器部控制输出电压，在逆变器部控制频率。

对于需要快速响应的用途则必须控制输出电流，可采用电流控制方式。电流型晶闸管变频器，在逆变器部控制频率，在变流器部控制电流。电压型晶体管变频器和电压型 GTO 变频器都适用电流控制方式，利用逆变器部的导通率将输出电流控制成为正弦波形。

#### （三）PAM 和 PWM

输出电压或输出电流的控制，可以在变流器部或在逆变器部完成。作为这种输出的控制方法有 PAM 和 PWM 两种方式。

PAM 是通过改变电压源的电压或电流源的电流的幅值，进行输出控制的方式。因此，可在逆变器部只控制频率，在变流器部控制输出的电压或电流。采用 PAM 调节电压时，高电压及低电压时的输出电压波形见图 9-6。在晶闸管变频器中，因在高频时开关困难，难以实现 PWM 控制，故需采用在逆变器部只控制频率的 PAM 方式。

PWM 方式是在输出波形的半个周期内产生多个脉冲，使各脉冲的等值电压为正弦波形，所获得的输出平滑且低次高次谐波少。图 9-7 所示为 SPWM（正弦波 PWM）变频器的电压调节原理。在图 9-7a 中，调制正弦波与一系列等幅的三

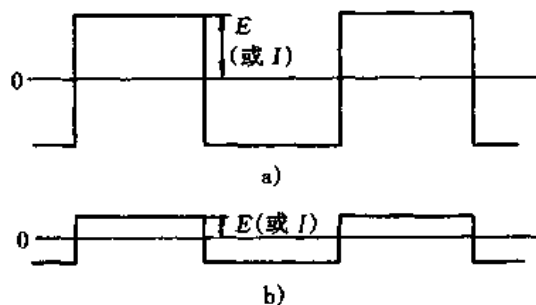


图 9-6 采用 PAM 的电压调节  
a) 高电压时 b) 低电压时

角波相交，由它们的交点确定逆变器的开关模式，当正弦波高于三角波时，使相应的开关器件导通；当正弦波低于三角波时，使相应的开关器件截止。由此可使变频器的输出电压波为图 9-7b 所示的脉冲列，其特点是，在半个周期中等距、等幅、不等宽（可调），总是中间的脉冲宽，两边的脉冲窄，各脉冲面积与该区间正弦波下的面积成比例，这样，输出电压中低次的谐波分量便可以大大减少。

PWM 法克服了 PAM 方式中逆变器部分只能输出频率可调的方波电压而不能调压的缺点。

## 二、变频器的构成及各部分功能

异步电动机调速运转时的结构见图 9-8。由变频器主回路（使用晶体管、晶闸管或 GTO）给异步电动机提供调压调频电源。此电

源的输出电压或输出电流及频率，由控制回路的控制指令进行控制。而控制指令则根据外部的运转指令进行运算获得。保护回路的构成，除应防止因为变频器主回路的过电压、过电流引起的损坏外，还应能够保护异步电动机及传动系统等。

各部件的组成及功能如下：

### 1. 主回路

主回路是给异步电动机提供调压调频电源的电力变换的部分。它由三部分组成。将工频电源变换为直流功率的“变流器”部分；吸收在变流器部分和变频器部分产生的电压脉动的“平滑回路”部分；异步电动机需要制动时，有时需要附加“制动回路”部分。

### 2. 控制回路

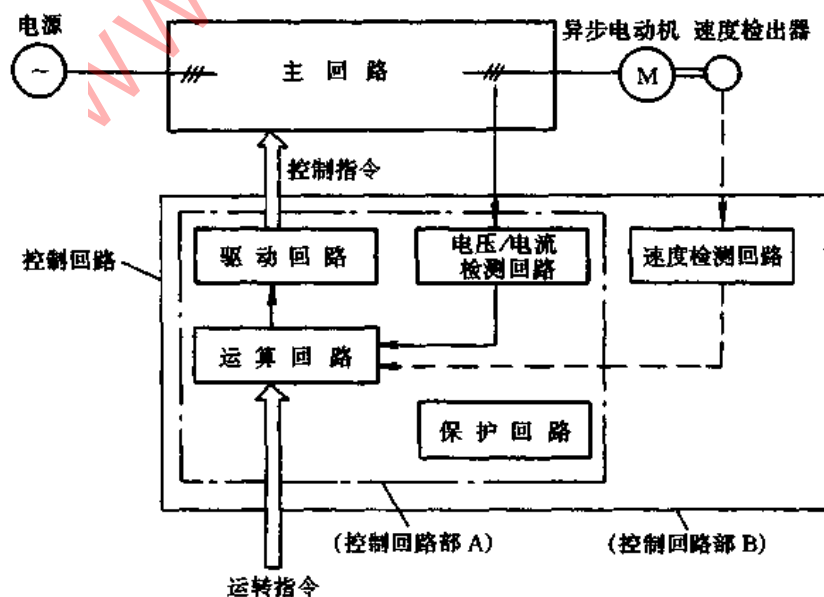


图 9-8 异步电动机调速运转原理图

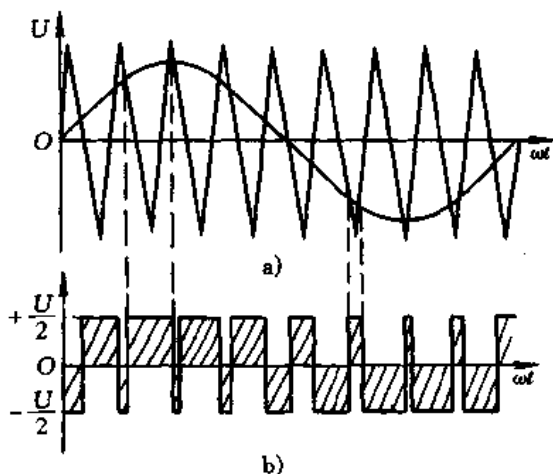


图 9-7 采用 SPWM 的电压调节原理

a) 正弦波与三角波 b) 变频器输出电压波

控制回路是向主回路提供控制信号的回路。见图 9-8。控制回路由“运算回路”、“电压/电流检测回路”、“速度检测回路”、“驱动回路”、“保护回路”等组成。控制回路 A 构成控制回路时，无速度检测回路，为开环控制。在控制回路 B 部分增加了速度检测回路。因此，使用速度指令时，可以选择使异步电动机的速度控制更精确的闭环控制。

(1) 运算回路 该回路将外部的速度、转矩等指令同检测回路的电流、电压信号进行比较运算，决定变频器的输出电压、频率。

(2) 电压/电流检测回路 该回路与主回路电位隔离检测电压、电流等。

(3) 驱动回路 是驱动主回路元件的回路。它与控制回路隔离使主回路元件导通、关断。

(4) 速度检测回路 该回路以装在异步电动机轴上的速度检测器的信号为速度信号，送入运算回路，根据指令和运算可使电动机按指令速度运转。

(5) 保护回路 检测主回路的电压、电流等，当发生过载或过电压等异常时，为了防止变频器和异步电动机损坏，使变频器停止工作或抑制电压、电流值。

### 第三节 变频器对不同控制对象的系统设计

通过变频器对电动机进行调速以达到对控制对象进行控制的目的。生产机械的控制对象中有速度、位置、张力、流量、温度、压力等。对于每个控制对象，生产机械的特性和要求性能是不同的，下面依据控制对象的不同叙述其控制方法和设计要点。

#### 一、速度控制系统

##### (一) 开环控制

如果电动机的电压、频率一定，则因负载变化引起的速度变动就非常小。额定转矩下的转差率决定于电动机的转矩特性。在负载不要求快速响应的场合（例如风机、泵等），常采用开环控制。此时，变频器给定频率为输入信号（见图 9-9），输入某一给定频率信号，就以在加减速时间给定等回路中所确定的时间特性控制 V/F 模式，变频器向电动机输出给定的电压  $V$ 、频率  $f$ 。电动机的转矩特性根据电压  $V$ 、频率  $f$  产生转矩  $T$ ，与负载转矩相一致，在转速  $n$  下稳定运转。此时控制速度精度的因素有：负载转矩变化、输出频率的精度、电源电压变动等。

由于负载转矩变化电动机

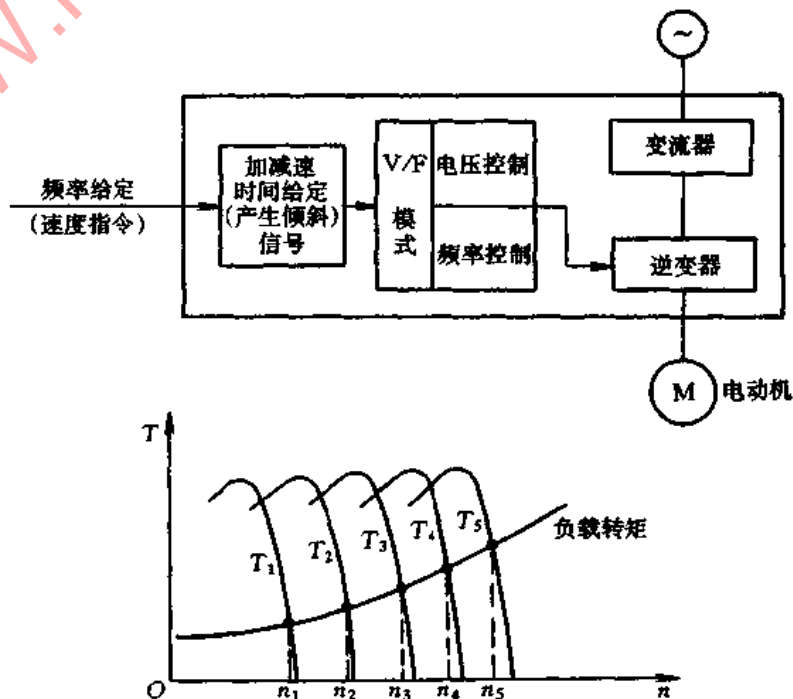


图 9-9 开环速度控制原理图



速度改变, 电动机的转差率也发生变化。为了对此补偿, 可以检测出电流并在频率、电压控制回路进行修正。因为变频器是将交流电源变为直流, 然后再变换为任意频率的交流的装置, 故电源侧频率的变动对输出频率将无任何影响。

## (二) 闭环控制

为补偿电动机速度的变化, 可以将检测出的物理量作为电气信号负反馈到变频器的控制回路, 这种控制方式为闭环控制。速度反馈控制方式是以速度为控制对象的闭环控制, 被应用于造纸机、机床等速度精度要求高的场合, 但需装设检出器 (速度传感器), 以使用电气量检出电动机速度。图 9-10 的闭环控制是采用 PLG (由脉冲频率测知速度的传感器) 的例子。

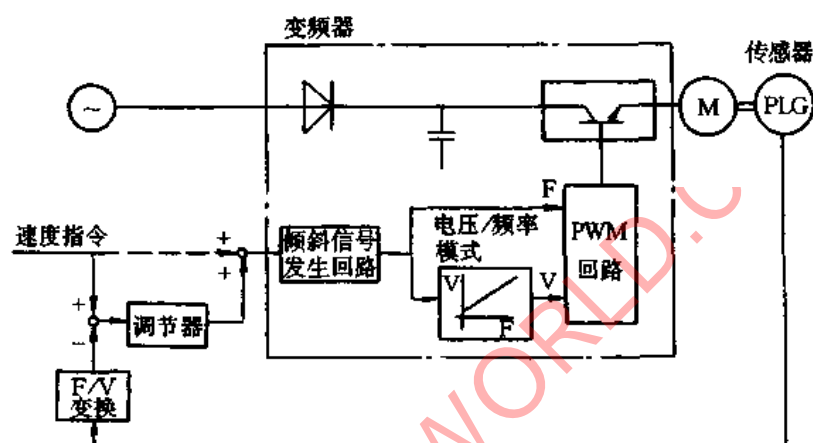


图 9-10 闭环速度控制原理图

## (三) 系统设计的注意点

电动机采用变频器调速的注意事项如下:

### 1. 速度控制范围

根据系统要求, 必须选择能覆盖所需速度控制范围的变频器。

### 2. 回避特定速度下的运转

在速度控制范围内, 必须避免在危险速度下连续运转。此时应使用具有频率跳变回路的变频器。跳变速度和其幅度可自由选用。

### 3. 电动机在低速区的冷却能力

对恒转矩负载, 由于低速区冷却能力的降低需要限制速度的下限, 则电动机在选用通风方式时要作考虑。

### 4. 速度传感器和调节器的使用

为充分发挥闭环的性能, 速度传感器和调节器及其接线要考虑温度漂移和干扰的影响。此外, 为得到快速响应而过分地提高 PID 调节器的灵敏度, 有时会引起振荡。所以速度传感器和调节器增益的选用必须与所用变频器的响应性和频率分辨率相适应。为了尽可能提高变频器本身的响应性, 加减速时间的给定不易过长。

## 二、温度控制系统

从室内空调、建筑物空调到工业中的热交换器、加热炉, 有各种形式的温度控制。表 9-2 示出了温度控制所需设备。

表 9-2 温度控制设备

空调设备	冷冻冷却设备	加热设备	空调设备	冷冻冷却设备	加热设备
室内空调	热交换器	加热炉风扇	列车冷房	冷却塔	发动机设备
换气扇	机械冷却风扇	干燥设备	地下室空调	冷冻库风扇	化学反应槽等
建筑空调	产品冷却风扇	点火炉风扇	冷水泵等	冷冻机等	

### (一) 温度控制的特点

温度控制系统具有下列特点：

- 1) 控制系统热容量大，响应慢。
- 2) 易受室外气温、湿度、日照、天然风的影响。
- 3) 控制系统（室内空调等）是用人的舒适度、感觉来评价的，因此定值控制不能满足要求，需要程度控制和多变量控制。
- 4) 控制对象为气体、液体时，为了测到高温部分，温度检测器（传感器）的安装位置要作周密的考虑。

5) 改善设备可以获得大的节能效果。

空调设备是追求舒适生活环境的产物，冷冻冷却设备和加热设备等是生产过程中提高效率、稳定质量不可缺少的。而对于温度控制，为了达到相同的控制目的，如何减少能量消耗是实现温度控制的关键。图 9-11 是采用变频器实现温度调节的流量控制系统，这样的控制系统应用很广泛。

### (二) 温度控制系统的设计要点

变频器温度控制系统的设计要点是，研究整个系统的热量、电量的流向和损耗，使电动机的耗电量与电动机采用转速控制所调节的热量之和最为经济。以下举例说明。

#### 1. 冷却塔用冷却风扇的速度控制

例如，在钢铁、食品等生产厂，作为生产设备的冷却或处理需要用大量的水。为了使被生产设备加热了的水冷却，然后再利用，常常使用冷却塔。水由冷却塔滴下时，用冷却风扇使它与大气接触，降下水温。冷却塔的设备容量，应能满足在夏季最大热负载时所需要的散热。当外面气温低或热负载小时，散热就会过量。因此，在这样的轻负载下，降低冷却扇的转速，可以节约它的耗电量。即检测冷却塔出口水温并输入温度指示调节器，根据与温度给定信号的偏差来改变输入变频器的频率信号，从而控制转速。采用这样的控制，在气温低的季节和夜间，冷却扇的转速会自动地降低。

#### 2. 工厂的换气扇控制

在处理高温加工物的工厂，为防止工厂内温度升高，采用风扇换气。此风扇虽然多为小

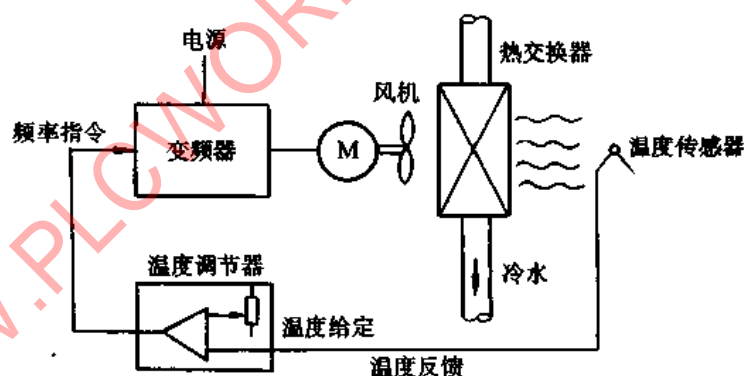


图 9-11 采用变频器的温度调节举例

容量,但在大工厂,风扇的数量很多,其容量总和也是相当大的。作为风扇的控制,可考虑台数控制和转速控制,或者采用二者的结合。例如图 9-12 为风扇控制系统构成图,它采用可编程序调节器、一个星期的程序定时器和变频器。用程序定时器模拟工厂的运转模式,用温度传感器检测出实际的温度,将程序定时器的输出信号和温度信号送入可编程序调节器,根据这些信号条件改变变频器的输出频率,控制风扇的转速。设计时应注意如下事项:

1) 温度传感器安装位置不适合则不能进行最佳控制。

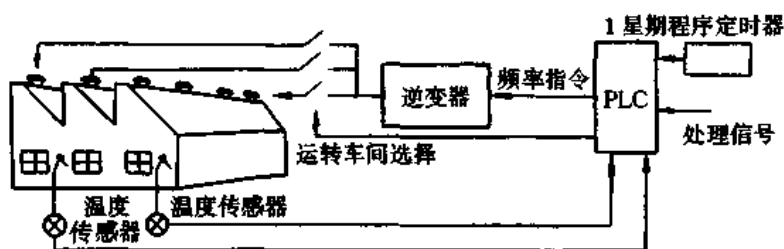


图 9-12 采用 PLC 和变频器的工厂换气控制

2) 对于用一台变频器控制多台风扇的系统,如果并用台数控制,则追加启动时将流过较大的启动电流,所以选择变频器时要注意确认运转时间和各风扇的启动电流等。

## 第四节 MICRO MASTER 型变频器的使用

### 一、MICRO MASTER 型变频器的性能

交流变速传动系统由变频器和交流电动机组成。通过频率改变而实现改变电动机转速的目的。MICRO MASTER 用于交流变速传动电压源型变频器,见图 9-13,图中包括了各种选件。它能驱动交流电机的功率从 250W~37kW。此种变频器为微机控制。采用特殊的脉宽调制方法和可选择的脉冲频率,使电动机静噪声运行。各种不同的保护功能使变频器和电动机得到全面的保护。

MICRO MASTER 的性能特点如下:

- 1) 因为由微处理器控制,所以使变频器能可靠和灵活的工作。
- 2) 通过 USS 协议网可控制 31 台变频器。
- 3) 参数范围广,变频器几乎适合于所有应用场合。
- 4) 输出频率和电动机转速可由多种方式来控制(数字式频率给定、模拟量给定、电动电位计、固定频率等)。
- 5) 内装用于外接电阻的制动斩波器。
- 6) 内装斜坡积分发生器,可产生各种积分时间。
- 7) 具有模拟量输出口。

下面以 MICRO MASTER 系列中 MM150/3 型为例来讲解变频器的安装及使用。

### 二、MICRO MASTER 系列的电气安装

MM150/3 型变频器输入电压为 400~500V,3 相 AC,适配电动机功率为 1.5kW,它的定货型号为 6SE114-0DC40,此种型号为书本型装置,使用方便。它的内部结构图见图 9-14。MICRO MASTER 的上盖通过一个螺钉和散热器相连。松开此螺钉,打开上盖,电气端

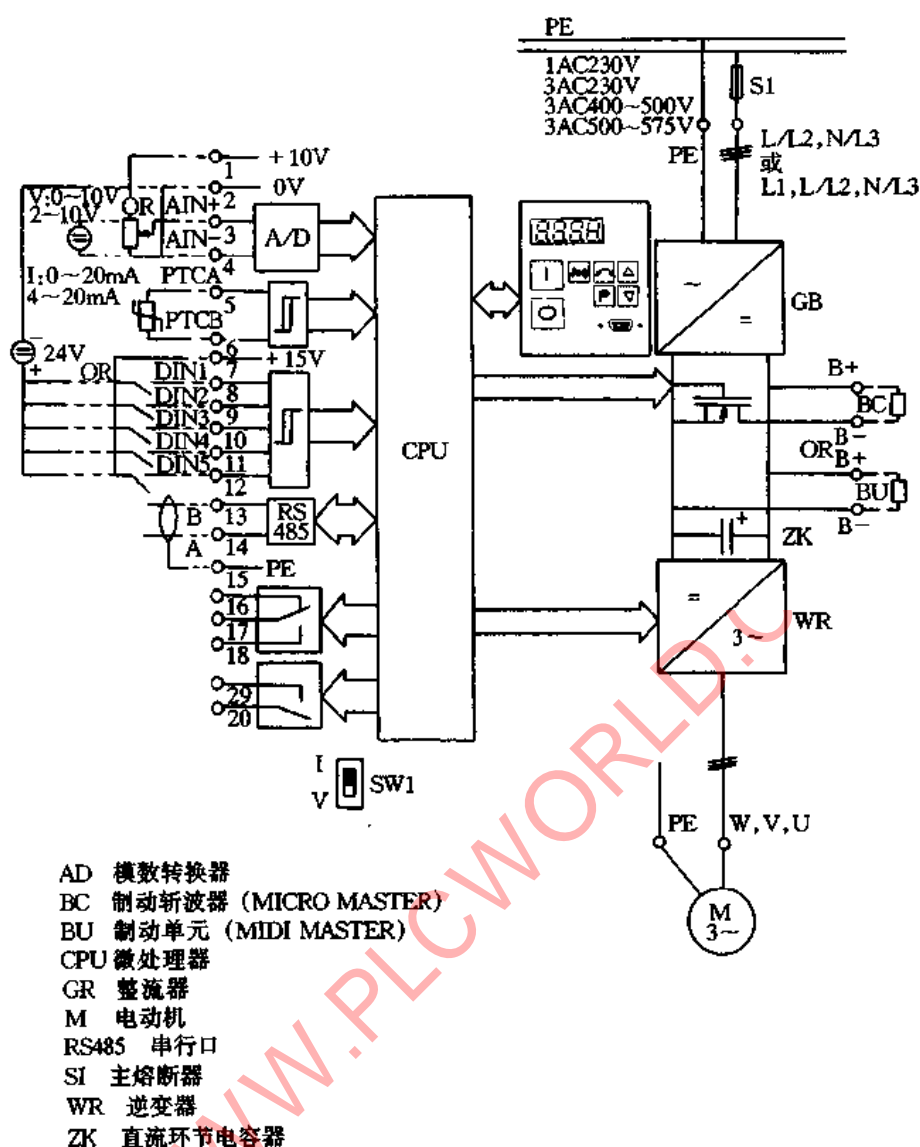


图 9-13 MICRO MASTER/MIDI MASTER 结构图

子便可表露出来，此时可以连接导线。开关 SW1 选择模拟量电压 (V) 和电流 (I) 输入。

#### (一) 电源和电动机的连接

将电源连接到电源端子 L/L2-N/L3 (单相) 或 L1, L/L2, N/L3 (三相) 和地端，单相变频器用 3 芯电缆，三相变频器用 4 芯电缆。使用 4 芯电缆连接电动机，见图 9-15。电动机电缆连接到 W/V/U 和地端。

在进行电源和电动机的连接时应注意如下事项：

- 1) 避免用手或金属物体接触电路板或元件。
- 2) 控制线、电源线和电动机导线必须分开，不可使它们通过一个电缆管引入变频器。
- 3) 连接到电动机的电缆长度不能超过 50m。如使用屏蔽导线，最长不能超过 25m。

#### (二) 控制信号的连接

MICRO MASTER 控制信号的连接见图 9-16。

控制端子的作用见表 9-3。

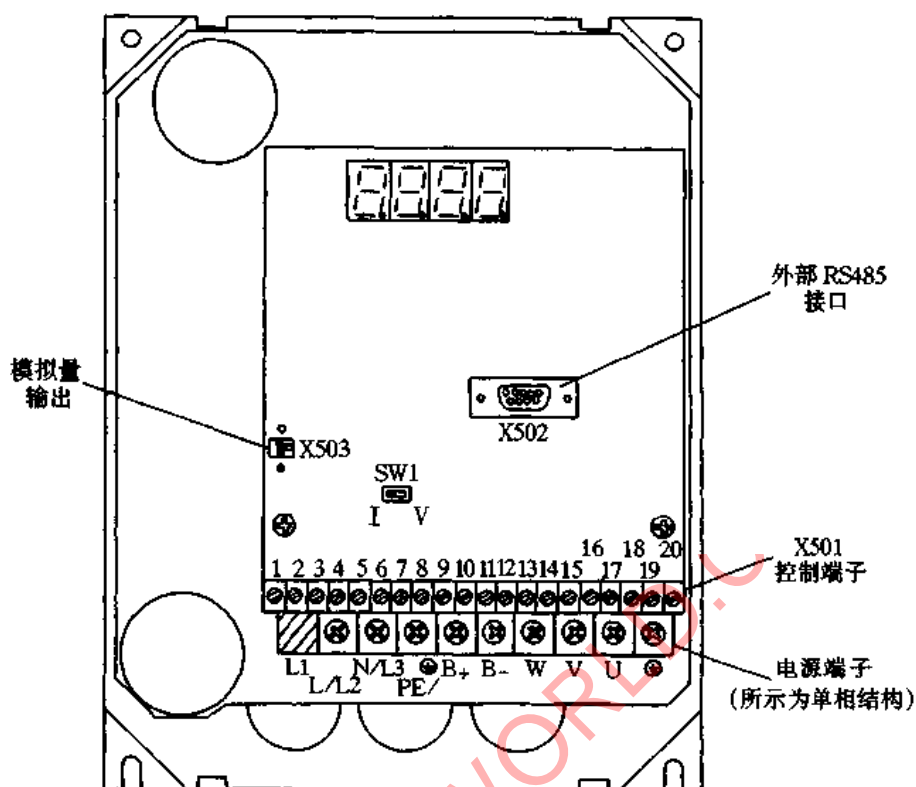


图 9-14 MICRO MASTER 内部结构图

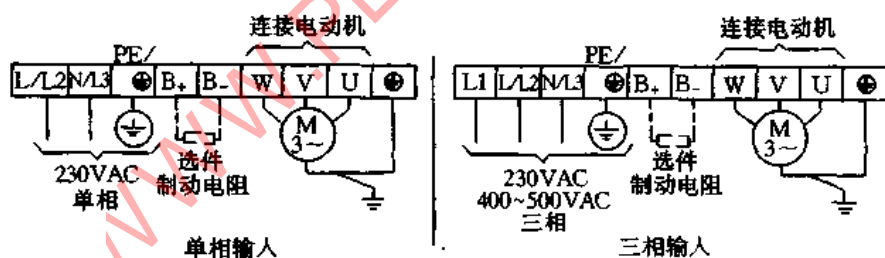


图 9-15 MICRO MASTER 电源输入/电动机端子的连接

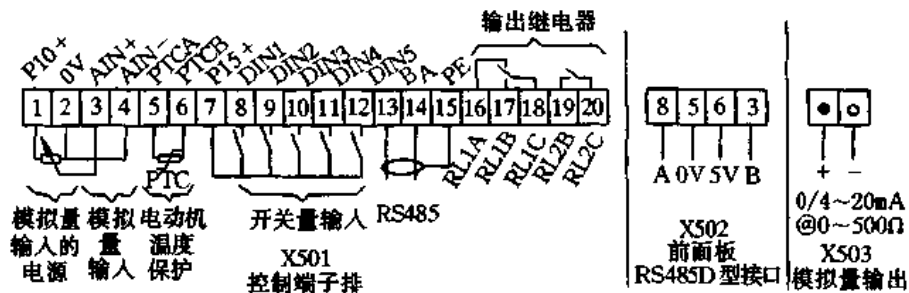


图 9-16 MICRO MASTER 控制信号的连接

表 9-3 控制端子的作用

控制端子 X501	标 志	值	功 能	注 解
1	P10+	+10V	电源	最大 3mA
2	0V	0V	电源	接地
3	AIN+	0~10V/0~20mA 2~10V/4~20mA	模拟量输入	接至正端
4	AIN-		模拟量输入	接至负端
5	PTCA		电动机 PTC 输入	
6	PTCB		电动机 PTC 输入	
7	P15+	+15V	开关量输入 1~5 的电源	最大 20mA
8	DIN1		开关量输入 1	13~33V
9	DIN2		开关量输入 2	13~33V
10	DIN3		开关量输入 3	13~33V
11	DIN4		开关量输入 4	13~33V
12	DIN5		开关量输入 5	13~33V
13	B		RS485' B' 线	用于 USS 协议网
14	A		RS485' A' 线	用于 USS 协议网
15	PE		保护接地	用于 USS 协议网
16	RL1A		继电器 1	常闭
17	RL1B		继电器 1	常开
18	RL1C		继电器 1	公共点
19	RL2B		继电器 2	常开
20	RL2C		继电器 2	公共点

如果使用前面板上的外部 RS485 接口, 则不使用内部的 RS485 口端子 13 和 14。

### 三、前控制面板

MICRO MASTER 前面板见图 9-17。三个编程键 (P $\triangle$ 和 $\nabla$ ) 完成所需参数的设置, 4 位 LED 数码管用于参数号和值的显示。

各键的名称及功能为:

- I 运行键 用于启动变频器, 此键可通过 P121=0 来封锁
- Q 停止键 用于停止变频器
- P 编程键 用于参数和参数值之间转换
- $\triangle$  上升键 用于使参数号、参数索引号和参数值向较高值变化。此键可以改变频率的功能, 可通过参数 P124=0 来封锁
- $\nabla$  下降键 用于使参数号、参数索引号和参数值向较低值变化
- JOG 点动键 在变频器停止时按下此键使变频器启动, 并且在预设的频率值下运



转。一旦此键释放,变频器即停止。当变频器运转时,此键无效



正转/反转键

本键可通过参数 P123=0 来封锁。用于改变电机旋转方向。如选择了反向,LED 将显示出来,如果显示值在 99.9 以下,则在显示值前加一个负号 (-);如果显示值为 100.00 或更大值时,则在左端数字后显示一个闪动的小数点

如: 60.0Hz 在反向时 =  $\boxed{-60.0}$

120.0Hz 在反向时 =  $\boxed{-1.20.0}$

此键可通过参数 P122=0 来封锁

4 位 LED 显示的参数号 (P000~P944), 参数值 (000.0~999.9) 或故障码 (F000~F154)。此外,要想改变 P009 以上的参数,必须首先设置 P0009 到 P002 或 P003。

#### 四、操作过程

##### (一) 概述

##### 1. 启动

接上变频器主电源即上电。  
当启动按钮按下或通过端子 8 (右转) (P051=1)、端子 9 (左转) (P052=2) 的运转信号,使变频器开始启动。

##### 2. LED 显示功能选择

当 P001=0 选择输出频率显示。变频器不工作时,相应的设定频率每隔 1.5s 显示一次。

##### 3. 电动机参数的设定

将所使用的电动机铭牌上的数据输入到参数 P081~P085,在设置此参数时,首先将设定参数保护 P009 置为 002 或 P003。

##### 4. 变频器参数的设定

出厂时,变频器均设定为 0.00Hz,要使变频器启动,必须通过  $\Delta$  键或 P006=0,并且向 P005 中输入某一频率值,对变频器进行设定,当以上参数设定后,该参数会被自动存储在变频器内部的存储器中。

##### (二) MICRO MASTER 变频器基本操作

变频器投入基本运行的方法如下。此方法使用数字频率设定。

1) 使变频器上电,设置 P009 为 002 或 003 状态,以保证所有参数可被读取和设置。

2) 将所需的频率设定输入到 P005。

3) 检查参数 P081 到 P085,确认与电动机铭牌数据相符。

4) 按下启动键 (I),变频器将按照 P005 中所设频率驱动电动机运转。电动机速度还可通过使用  $\Delta$   $\nabla$  键直接调整。设置 P011 为 001 状态,以保证新的设定频率保存在存储器内。

##### (三) 电动机运行控制方式

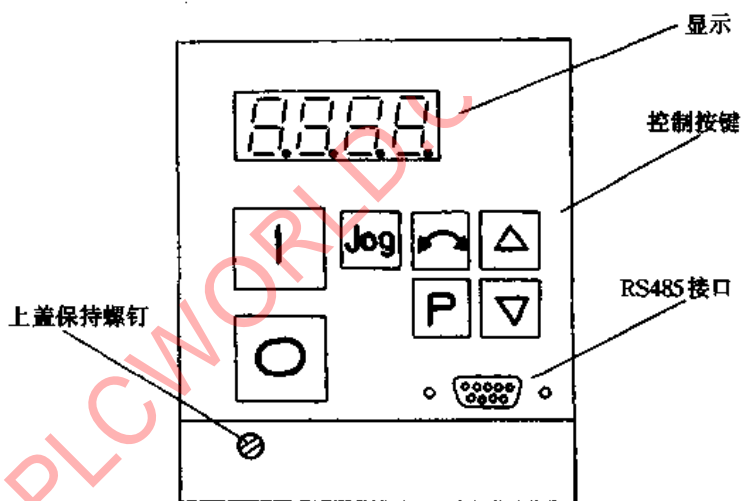


图 9-17 变频器前面板



### 1. 数字控制方式

采用数字控制方式的基本启动步骤如下：

1) 用通断开关将端子 7 和端子 8 连接起来，保证变频器按顺时针旋转（变频器的工厂设置）。

2) 盖好上盖，通电，置 P009 为 002 或 003 状态。

3) 设置 P006 为 000，为数字给定式，保证变频器按照 P005 设置的速度运行。

4) 将所需频率设定值输入到 P005。

5) 设置 P007 为 000 以封锁前面板，保证数字输入（即 DIN1（端子 8））。

6) 根据电动机铭牌设置 P081~P085。

7) 接通外部通断开关，变频器将按参数 P005 设定的频率驱动电动机，电动机速度可通过△▽键直接改变，并可通过 P011 置为 001 存储设定频率。

### 2. 模拟控制方式

采用模拟控制方式的基本启动步骤如下：

1) 用通断开关将端子 7 和端子 8 连接。

2) 按图 9-16 连接一个 4.7kΩ 的电位计到控制端，或从端子 2 (0V) 和端子 3 之间连接一个 0~10V 信号。

3) 设置 SW1 开关为电压输入。

4) 盖好上盖，通电，P009 设为 002 或 P003 状态。

5) P006 为 001，即为模拟给定，通过模拟量输入信号控制。

6) 设置 P021 和 P022，确定最小和最大模拟量输出频率。

7) 根据电动机铭牌设置 P081~P085。

8) 接通外部通断开关，旋转电位计直到显示出所需要的频率。

### (四) 电动机停止方式

使正在运行的电动机停止有多种方式。

1) 将频率通过▽键降到 0.0Hz，使电动机缓慢、可靠的停止。

2) 按下停止键 (○)，使变频器按设定的速降 (P003) 而停止。

3) P051~P055 设为 4 (OFF2)，则关断端子 8~端子 12 中任一通断开关时，均能使电动机自由停止。

4) P051~P055 设置为 5 (OFF3)，则关断端子 8~端子 12 中任一通断开关时，均可使电动机快速制动。

5) 通过使用外部制动电阻可将电动机产生的制动功率“倾出”，大大提高了制动能力。设置 P075 为 200Ω (专用电阻)。

### (五) 电动机不动时的检查及处理

1) 如果给运行和命令后电动机不启动，检查 P005 设定参数是否正确，且 P081~P085 参数与电动机数据相符。

2) 如 P007 为 001，允许前面板控制，但按下 I 键后电动机不动，则检查 P121 是否设置为 001 (运行按钮允许)。

3) 如果参数突然改变，电动机不运行，将 P944 设置为 1，且按下 P 键，使所有参数恢复到出厂设置。

## （六）变频器系统参数功能

该变频器功能较多，可以通过薄膜按键改变和设置参数以调节所需要的变频器功能，下面介绍几种重要的功能。

### 1. 平滑曲线

在许多自动化控制系统中，如传送系统、纺织机等，需要避免电动机加速度过高而导致冲击过大现象，为此可通过设定变频器参数来平滑电动机的加速度。

设电动机从静止加速到电动机最高频率（由 P013 设定）所需时间（由 P002 设定）为 10s，如果设定 P004 平滑区域为 5s，则总加速度时间由原来的 10s 变为 15s，但曲线平滑上升，见图 9-18。

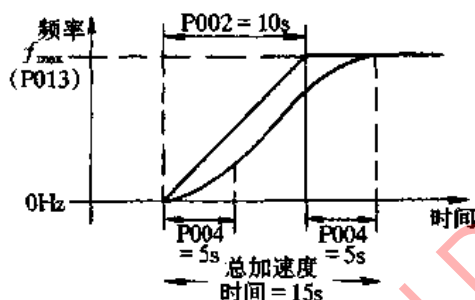


图 9-18 平滑曲线

### 2. 多速曲线

通过固定频率的设定（8 个固定频率的设定）来控制输出频率（电动机转速），当需要电动机运行过程中改变转速，或改变运行方向，形成多速曲线时，均可通过变频器参数的设定来完成。

1) 将端子 8~12 按照图 9-16 所示通过通断开关与端子 7 连接。

2) 通过 P041~P044 设置固定频率 1~4，通过 P045 设置固定频率 1~4 的旋转方向，P045 给不同值时，它们的组合见表 9-4。

表 9-4 固定频率 1~4 的设置及旋转方向的组合

序 号	FF1	FF2	FF3	FF4
P045=0	⇒	⇒	⇒	⇒
P045=1	⇐	⇒	⇒	⇒
P045=2	⇒	⇐	⇒	⇒
P045=3	⇒	⇒	⇐	⇒
P045=4	⇒	⇒	⇒	⇐
P045=5	⇐	⇐	⇒	⇒
P045=6	⇐	⇐	⇐	⇒
P045=7	⇐	⇐	⇐	⇐

注：⇒代表固定设定不取反，⇐代表固定设定取反。

表 9-5 固定频率 5~8 的设置及旋转方向的组合

序 号	FF5	FF6	FF7	FF8
P050=0	⇒	⇒	⇒	⇒
P050=1	⇐	⇒	⇒	⇒
P050=2	⇒	⇐	⇒	⇒
P050=3	⇒	⇒	⇐	⇒
P050=4	⇒	⇒	⇒	⇐
P050=5	⇐	⇐	⇒	⇒
P050=6	⇐	⇐	⇐	⇒
P050=7	⇐	⇐	⇐	⇐

注：⇒代表固定设定不取反，⇐代表固定设定取反。

通过 P046~P049 设置固定频率 5~8，且通过 P050 设置固定频率 5~8 的旋转方向，P050 给不同值时，它们的组合见表 9-5。

如果  $P055=6$ ，当端子 12 接通时，电动机以第一固定频率运行； $P054=6$  端子 11 接通时，电动机以第二固定频率运行； $P056=6$ ，接通端子 10 时，电动机以第三固定频率运行； $P052=6$ ，接通端子 9 时，电动机以第四固定频率运行。

当  $P053$  或  $P054$  或  $P055=17$ ，且  $P051$  或  $P052=6$  时，则实现给定频率的矢量叠加〔大小和方向〕。

当  $P053=17$ ， $P054=17$ ， $P055=17$  时，8 个固定频率均能单独实现。组合见表 9-6。

表 9-6 开关量码固定频率图

序 号	DIN3 (P053)	DIN4 (P054)	DIN5 (P055)	序 号	DIN3 (P053)	DIN4 (P054)	DIN5 (P055)
FF5 (P046)	0	0	0	FF1 (P041)	1	0	0
FF6 (P047)	0	0	1	FF2 (P042)	1	0	1
FF7 (P048)	0	1	0	FF3 (P043)	1	1	0
FF8 (P049)	0	1	1	FF4 (P044)	1	1	1

注：如果  $P051$  或  $P052$  等于 6， $P053$  或  $P054$  或  $P055$  等于 17，则给定叠加。

当 DIN3（端子 10）、DIN4（端子 11）、DIN5（端子 12）通断时，形成 8 种组合，因此产生 8 个固定频率。例如， $DIN3=1$ 、 $DIN4=1$ 、 $DIN5=0$  出现单个频率 F3。

$P053<17$ ， $P054=17$ ， $P055=17$ ，DIN3 固定为 0，此时只有固定频率 5~8 有效。例如， $DIN4=1$ ， $DIN5=0$ ，出现单独频率 F7。同理当  $P053$ ， $P054$ ， $P055$  取值不同时，会有许多种不同的组合。变频器的此种功能可使电动机在运行过程中改变转速和旋转方向，这在自动控制系统中非常有用。

在以上修改参数及运行的过程中需要注意的问题有：①  $P007=0$ （封锁面板控制），而  $P051\neq 0$ ，允许开关量输入（通断端子 8~12）；如果  $P007=1$ ， $P051$  为任意值时，则不允许开关量输入，而是面板控制。② 如  $P051\sim P055$  选择 11 或 12 来增加频率或降低频率，则  $P007$  需等于 0 以封锁面板控制。

### 3. 继电器输出功能

此变频器内有两个输出继电器 RL1，RL2，通过  $P061$  和  $P062$  值的设定，可以使继电器 RL1 和 RL2 动作，以实现继电器的各种功能。 $P061$  和  $P062$  的取值与继电器功能对照见表 9-7 所示。

表 9-7 参数选择与继电器功能对照表

参数值	继 电 器 功 能	有效电平	参数值	继 电 器 功 能	有效电平
0	无功能（不使用继电器）	低	6	错误指示	低
1	变频器正在运行	高	7	变频器频率 $\geq$ 设定值	高
2	变频器频率为 0.0Hz	低	8	报警	低
3	电动机向右旋转	高	9	输出电流 $\geq P065$	高
4	制动打开	低	10	电动机电流相限（报警）	低
5	变频器频率 $\leq$ 最低频率	低	11	电动机过热（报警）	低

要进行 P061 和 P062 的设定,必须先使  $P009=3$  或 2。通过不同参数的设定,变频器还可以完成许多不同的功能,如跳变频率(设置 P014)、自动再启动(设置 P015)、瞬间再启动(设置 P016)等,这里不再一一介绍,使用者可查阅操作手册。

### 习题与思考题

- 9-1 什么是变频器?
- 9-2 PWM 与正弦波 PWM、PAM 的不同点是什么?
- 9-3 电压型变频器与电流型变频器有何不同?
- 9-4 试述变频器的基本结构及工作原理。
- 9-5 变频器在温度控制系统中的作用如何?
- 9-6 了解 MICRO MASTER 型变频器的基本性能及基本操作。

WWW.PLCWORLD.CN

## 第十章 变频器的应用

目前,作为交流电动机变频调速用的新技术产品——通用变频器在国民经济的各个领域已得到广泛的应用。通用变频器大都是以快速全控型开关器件(GTO等)为功率开关器件的电压型变频器,其控制方式为各种PWM控制。下面将通过几个方面来介绍变频器的实际应用及效果。

### 第一节 电 梯

电梯是现代高层建筑不可缺少的交通工具。多微机控制变频变压交流调速中/高速电梯主回路采用交-直-交电压型变频电路。该种电梯的速度已达到6m/s。这种电梯的电气传动见图10-1。

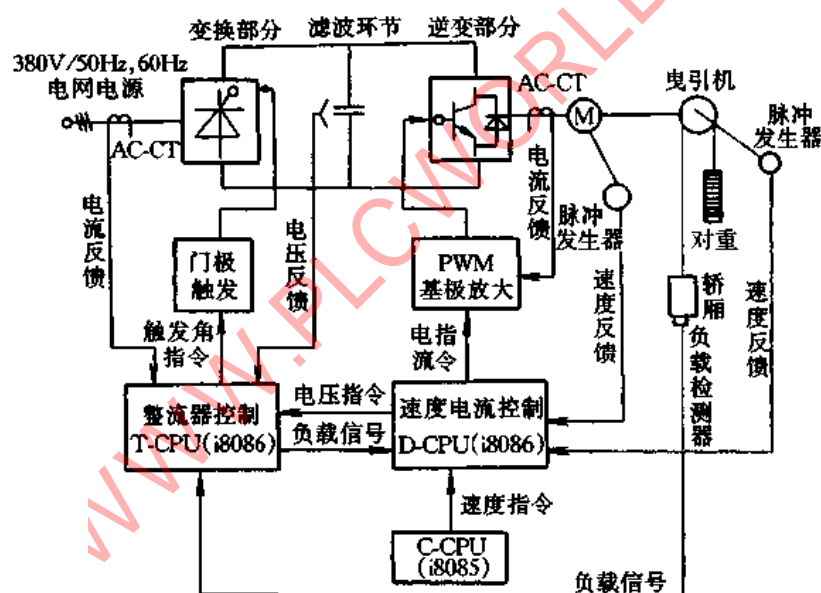


图 10-1 多微机控制变频变压交流调速中/高速电梯电气传动简图

#### 一、设备组成及功能

中/高速变频变压(VVVF)电梯的电力拖动系统采用多微机矢量控制调速方案,其主回路由变换器、中间滤波环节和逆变器组成。

变换器由两组晶闸管(SCR)组成,一组用于整流。电动状态运行时向逆变电路提供可变直流电源,采用脉冲幅度调制(PAM)方式控制;另一组用于再生运行时向电网回馈电能。逆变器由大功率管(GTR)模块组成;采用脉冲宽度调制(PWM)方式控制。以上设置还能解决由于高速、超高速电梯的电动机输出功率大,从而产生电动机噪声的问题。

系统由双16位微机(8086)和专用集成电路(HIC)组成,进行矢量控制。此外,为了保证给定速度曲线平滑和精确,由8位微机进行给定速度曲线的处理。电梯运行时,位

置、方向和载客量是变化的,因此电梯的运行负载是变化的,配置负载检测装置是为了精确控制转矩。

D-CPU 主要处理反馈和速度指令运算、电压指令运算、电流指令运算和矢量变换运算,它主要控制变频器的逆变部分。D-CPU 和 T-CPU 之间采用 8 位输入/输出接口 8212 连接,各自的 ROM、RAM 和 I/O 地址均相互独立,基本软件也相互独立,共用数据存在指定的区域,运行时可以相互调用。

T-CPU 主要处理电压反馈和负载反馈信号、电压指令运算、电流反馈信号运算和 SCR 触发角大小运算,主要控制变频器变换部分。

C-CPU 主要进行速度图运算,运行时向 D-CPU 发出给定速度指令。由于 C-CPU、D-CPU 和 T-CPU 的工作频率和位数不同,故采用 8 位输入/输出接口 8212 连接,用中断方式进行通信。

## 二、变频器工作状态

变频器的变换部分和逆变部分均采用全控型功率器件,在系统控制下可进行电动和再生运行。电梯运行的过程就是变频器从电动状态向再生状态转换的过程。

### (一) 电动状态

VVVF 电梯在启动、加速和轻载向下、重载向上满速运行时,变频器将定压、定频(380V/50Hz)的电网电源变为可变电压可变频率的电源,向电动机输入电流,电动机电动运行。

### (二) 过渡状态

VVVF 电梯从电动状态转为再生状态,电动机向逆变器直流侧电容充电,直流侧电压开始上升。此时,变频器的变换部分仍为电动状态,整个变频器处于电动向再生过渡的状态。

### (三) 再生状态

由于电动机产生的再生电动势不断向直流侧电容充电,故使直流侧电压不断上升。当直流侧电压上升到一定值后,控制电路进行状态切换,逆变器由过渡状态转换为再生状态。此时,变频器在系统控制下。

## 三、速度图形

为提高乘客乘电梯的舒适度,改善加减速时曲线的平滑性是极为重要的。为使电梯运行平稳,必须对电梯电动机进行精确的调节控制,因而应有一个理想的运行速度图形。高速 VVVF 电梯的速度图形是根据人体生理要求设计,且通过实验确定的,它能很好地与矢量变换控制的拖动系统进行配合,使高速 VVVF 电梯更平稳,增加了乘客的舒适感。图 10-2 示出高速 VVVF 电梯的速度图形。

高速 VVVF 电梯的速度由控制部分的微机进行运算,然后向拖动系统微机进行传送。由于用于速度反馈、电流反馈的脉

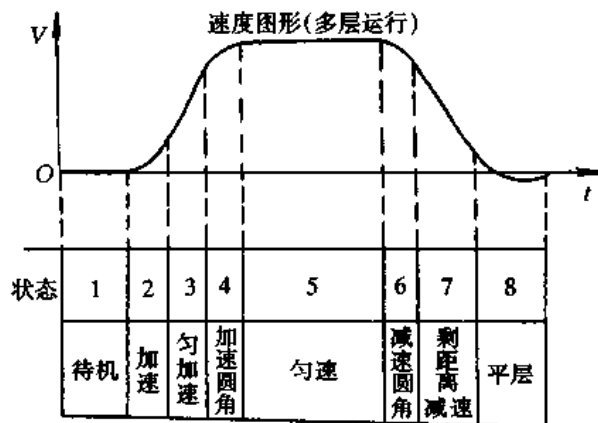


图 10-2 电梯运行速度图形



冲编码器的精度很高，所以在运算的精度和速度上都高于中低速电梯。

#### 四、VVVF 中/高速电梯变频器特点

1) 它是附加了电流控制的电压型逆变器。

2) 调幅 (PAM) 和脉宽调制 (PWM) 两种方式的联合使用。

3) 具有再生换流器和换流器使用可逆晶闸管换流线路。电动状态时，按照逆变器的输出频率控制换流器一组晶闸管的门极，进行 PAM 调制，再生制动时，按照输出 50Hz 的正弦波电压控制换流器另一组晶闸管的门极，进行 PWM 调制，使再生电流回馈入电网。

## 第二节 空 调 设 备

随着人民生活水平的提高，空调器在国内已成为消费热点，本节我们首先介绍空调器的基本知识，然后再讲解变频器在空调器方面的应用。

### 一、空调器的作用

#### (一) 调节温度

夏季，人感觉最舒适的温度为 20~27℃；冬季，人感觉最舒适的温度为 16~22℃。空调器有制冷，制热及温度控制功能，能将室内温度控制在理想温度值范围。因此提出了夏季空调室内温度控制的经验公式：

$$t = 22^{\circ}\text{C} + 1/3(t_y - 21^{\circ}\text{C})$$

式中， $t$  为空调室内的温度 (℃)； $t_y$  为室外环境温度 (℃)。

#### (二) 调节湿度

空气过于潮湿或过于干燥都会使人感到不舒适，如果相对湿度在 30% 以下时，会使人感到口干舌燥。同样，相对湿度太高，汗不易蒸发，也会使人感到烦闷。冬季的相对湿度在 40%~50% 之间，夏季的相对湿度在 50%~60% 之间才会使人感到舒适。空调器在制冷时，有低温去湿功能，能将空气湿度控制在理想的范围内。不会因湿度过低而使人感到干燥，或因湿度过高而使人感到烦闷。

#### (三) 调节空气洁净度

空气中含有悬浮状态的固体或液体微尘，容易随着人的呼吸进入体内，危害人体健康。因此在空气调节过程中对空气过滤是非常必要的。空调器中的空气过滤网和空气清净滤网可吸附空气中的微尘，起到除尘、净化空气的作用。

#### (四) 调节空气流速

处在适当低速流动的空气中比处在静止的空气中感觉要凉爽。处在变速的气流中，则比处在恒速的气流中更觉凉爽。空调器的风速电动机有高、中、低三速，可以改变室内空气的流动速度，给人更加舒适的感觉。

总之，它能人为地创造一个舒适的生活和工作环境。因此性能良好的空调器将是人们追求的目标产品。

### 二、空调器的制冷原理

液体变为气态时，会吸收大量热量，称为“液体汽化吸热”。空调器、电冰箱、冷库等制冷器具就是利用了液体汽化吸热来制冷的。即利用氟里昂汽化时吸收大量热量的特性来达到制冷的目的，此过程称为蒸汽压缩式制冷。



制冷就是利用物质的状态变化进行热交换,从而获得低温;空调器则是把室内的热量移到室外,从而达到室内降温的目的。

热量是不能由低温物体向高温物体转移的。夏季室外温度高于室内,要想将室内热量移到室外,必须采用人为的方法,压缩机就是完成此功能的一种进行热量传递的装置。

温度越高或压力越低,液体越容易汽化为气体并吸收热量;反之,压力越高,温度越低,气体就容易液化为液体并释放热量。制冷过程实际就是基于压力和温度变化的考虑。液态制冷剂在低温低压下吸收热量而汽化,经压缩机压缩成为高压、高温气体;在冷凝器内散热冷凝后成为高压液态制冷剂,又经过毛细管(或膨胀阀)降低节流后成为低压、低温状态。如此反复循环,就可持续进行制冷。

蒸汽压缩式单级压缩制冷循环见图 10-3。在压缩机的吸入管及蒸发器的末端、压缩机排气管及冷凝器入口处,制冷剂为过热蒸汽状态。在冷凝器的末端出口处、毛细管内和蒸发器入口处,制冷剂为液态。

### 三、变频式空调器的性能

电动机的转速与电源频率成正比,与磁极对数成反比,如改变电动机的转速,只需改变电源频率或电动机磁极对数便可以。变频式空调器的工作原理是通过改变压缩机电动机的电源频率来达到调节压缩机电动机的速度,从而控制空调器制冷量(或制热量)。非变频调速空调器由于压缩机速度恒定,室外温度变化会引起冷暖空调能力的变化(特别是在暖气运行时,室外气温下降会导致暖气效果下降,这是非常大的弊端),同时压缩机电动机启动时有很大的冲击电流,因此需要比连续运行时更大的电流容量。采用变频式空调器可以克服以上弊端。变频式空调器的构成见图 10-4。

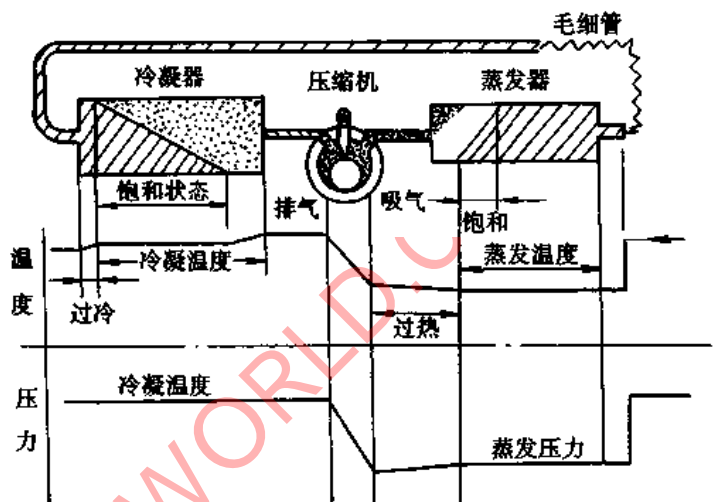


图 10-3 单级压缩式制冷循环结构

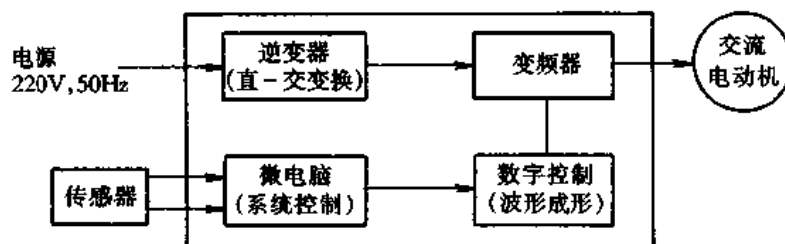


图 10-4 变频式空调器构成示意图

当室内空调负荷加大时,压缩机转速在微电脑控制下加快,制冷量(制热量)相应增加;当室内空调负荷减小时,压缩机转速在微电脑控制下则按比例减小。变频式空调器具有高效、节能、启动运转灵活、故障判断自主等特点。这种空调器可以节省电能 20%~30%,电源输出频率范围为 30~125Hz 时,压缩机的转速在 1800~7500r/min 范围内变化。

#### 四、变频式空调器的控制系统工作原理

变频式空调器由微电脑芯片进行控制，系统框图见图 10-5。室内机组以室内控制为中心，由遥控、传感器、显示、风扇和电机驱动回路组成。温度和湿度数据及运行模式等设定条件以序列信号的形式送往室外部分。室外机组以室外控制为中心，由变频器、电流传感器、室外风扇及阀门控制组成。系统中心控制由室外控制部分实现。

房间空调的室内部分备有空调传感器，并将设定温度和运行情况等信息传送给室外部分。室外部分则分析这些信息，了解温差与室温变化的时间等，然后计算并确定压缩机电机的频率。开始运行时，如果室温与设定温差很大，采用高频率运行，随着温度差的减小采用低频率运行。另外，在室温急剧变化时，使频率大幅度变化；室温变化缓慢时使频率小范围变化，并在平衡冷暖气负载与压缩机输出的同时，以最短时间使室温达到希望值。

#### 五、效果

##### 1. 利用变频控制达到节能目的

因为热交换器容量的相对比率增加，所以使房间空调一年的运行模式是在轻负载下运行。采用变频器的容量控制，在负载下降时，压缩机能力也下降，以此来保持与负载的平衡。在利用变频器变频控制使压缩机转速下降的场合，由于相对于压缩机容量，热交换器容量的相对比率增加，所以是高效率运行。

##### 2. 能够改善舒适度

在室外气温下降、负载增加时，压缩机转速上升，能提高暖气效果。

##### 3. 启动电流减小

变频器空调在启动压缩机时，选择较低电压及频率来抑制启动电流，并获得所需启动转矩，所以可以防止导通电流的增加。

变频式空调器由于自动化控制程度较高，所以温度传感器较多。室内机组大多装有空气温度传感器和蒸发器温度传感器。前者用来测定室内温度，后者用来测定室内机蒸发器温度。室外机组装有 3 个温度传感器；空气温度传感器，用来测定室外温度；高压管路温度传感器，主要用于防止压缩机过负荷；低压管路传感器，用来测定回液管温度，以确定电子节流阀的开启大小。

随着变频器控制技术的不断发展和变频器成本的下降，采用变频器控制的空调设备正在不断的增加，必将占领市场。

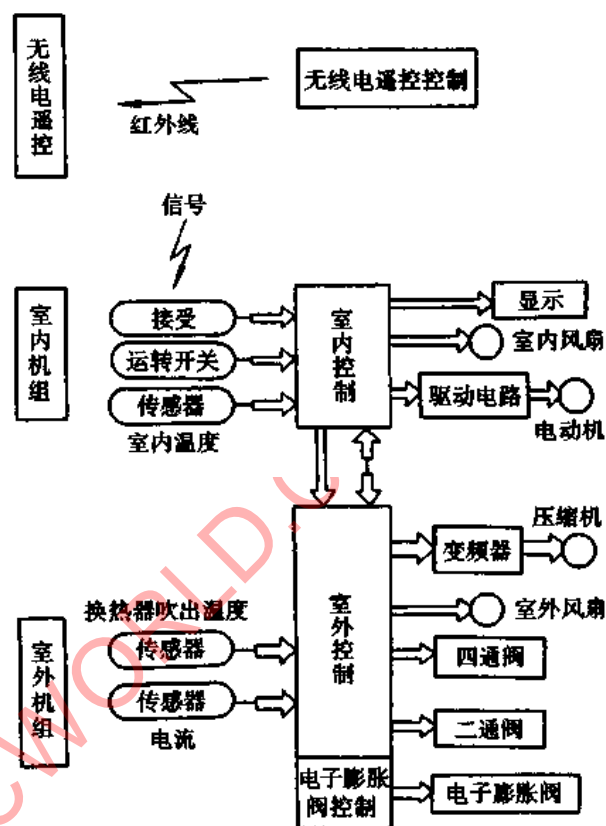


图 10-5 变频式空调器控制系统框图

### 习题与思考题

- 10-1 变频器在电梯及空调器控制系统中的作用是什么？
- 10-2 空调器的制冷原理是什么？
- 10-3 试述变频式空调器控制系统的工作原理。

WWW.PLCWORLD.CC

## 附录 电工系统图常用图形符号

表 A-1 电工系统图常用图形符号 (摘自 GB4728.2—84)










符 号 名 称	图 形 符 号	符 号 名 称	图 形 符 号
直流		负极	
直流 若上面符号可能引起混乱,用本符号		接地一般符号	
交流		接机壳或接底板	形式1 
交直流		形式2 	
正极			

表 A-2 电工系统图常用图形符号 (摘自 GB4728.3—84)



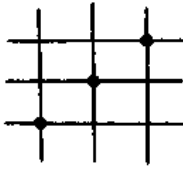


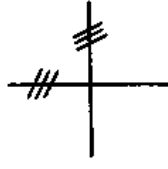
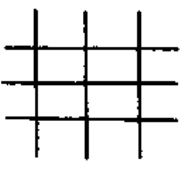


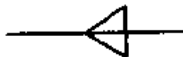
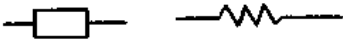


符号名称	图 形 符 号	符号名称	图 形 符 号
导线		导线的交叉连接 (1) 单线表示法 (2) 多线表示法	(1)  (2) 
柔软导线			
导线的连接		导线的不连接 (1) 单线表示法 (2) 多线表示法	(1)  (2) 
端子 注:必要时圆圈可画成圆黑点			
可拆卸的端子		不需要示出电缆芯数的电缆终端头	

表 A-3 电工系统图常用图形符号 (摘自 GB4728.4—85)

符 号 名 称	图 形 符 号
电阻器	
可变电阻器 可调电阻器	
滑线式变阻器	

(续)

符 号 名 称	图 形 符 号	符 号 名 称	图 形 符 号
中间断开的双向触点		操作器件一般符号	
当操作器件被吸合时 延时闭合的动合触点	形式1  形式2	熔断器一般符号	
当操作器件被释放时 延时断开的动合触点	形式1  形式2	熔断器式开关	
当操作器件被释放时 延时闭合的动断触点	形式1  形式2	熔断器式隔离开关	
当操作器件被吸合时 延时断开的动断触点	形式1  形式2	火花间隙	
吸合时延时闭合和释 放时延时断开的动合触 点		避雷器	
多极开关一般符号单 线表示		缓慢吸合继电器的线 圈	
多线表示		位置开关的动合触点	
接触器 (在非动作位 置触点闭合)		位置开关的动断触点	
断路器		带复位的手动开关 (按钮)	形式1  形式2
隔离开关		热继电器的触点	
接触器 (在非动作位 置触点断开)			

表 A-4 电工系统图常用图形符号 (摘自 GB4728.6—84)

符号名称	图形符号	符号名称	图形符号
旋转电机的绕组 (1) 换向绕组或补偿绕组 (2) 串励绕组 (3) 并励或他励绕组	(1) (2) (3)	电抗器、扼流圈	
集电环或换向器上的电刷 注: 仅在必要时标出电刷		双绕组变压器	
旋转电机一般符号: 符号内的星号必须用下述字母代替: C 同步交流机 G 发电机 GS 同步发电机 M 电动机 MS 同步电动机 SM 伺服电机 TG 测速发电机 例如: (1) 直流发电机 (2) 交流电动机	(1) (2)	电流互感器 脉冲变压器	
三相鼠笼式感应电动机		三相变压器 星形-三角形联结	
串励直流电动机		原电池或蓄电池	
他励直流电动机		电机扩大机	

表 A-5 电工系统图常用图形符号 (摘自 GB4728.7—84)

符号名称	图形符号	符号名称	图形符号
动合 (常开) 触点 关一般符号	 形式 1	动断 (常闭) 触点	
	 形式 2	先断后合的转换触点	

表 A-6 电工系统图常用图形符号 (摘自 GB4728.8—84)









符 号 名 称	电 压 表	转 速 表	力矩式自整角 发 送 机	灯 信 号 灯	电 喇 叭
图 形 符 号					

表 A-7 电工系统图常用图形符号 (摘自 GB4728.10—85)

符 号 名 称	信 号 发 生 器 波 形 发 生 器	脉 冲 宽 度 调 制	放 大 器
图 形 符 号			

## 参 考 文 献

- 1 李仁主编. 电器控制. 北京: 机械工业出版社, 1990
- 2 齐占庆主编. 机床电气控制技术. 北京: 机械工业出版社, 1994
- 3 齐占庆主编. 电气控制技术. 北京: 北京工业学院出版社, 1985
- 4 李礼贤著. 电力拖动与控制. 北京: 机械工业出版社, 1986
- 5 宋伯生主编. 可编程序控制器. 北京: 中国劳动出版社, 1993
- 6 常斗南等编. 小型可编程序控制器原理与实践. 沈阳: 辽宁科技出版社, 1993
- 7 朱善君等编著. 可编程序控制器原理. 应用. 维护. 北京: 清华大学出版社, 1992
- 8 陈金华编. 可编程序控制器 (PLC) 应用技术. 北京: 电子工业出版社, 1995
- 9 田瑞庭主编. 可编程序控制器应用技术. 北京: 机械工业出版社, 1994
- 10 易传禄等编. 可编程序控制器应用指南. 上海: 上海科学普及出版社, 1993
- 11 日本欧姆龙公司 (OMRON). SYSMAC CPM1A 可编程序控制器操作手册, 1997
- 12 日本欧姆龙公司 (OMRON). SYSMAC 支持软件编程入门操作手册, 1997
- 13 日本欧姆龙公司 (OMRON). 可编程序控制器 CQM1 编程手册, 1997
- 14 吴守箴等著. 电气传动的脉宽调制控制技术. 北京: 机械工业出版社, 1995
- 15 (日本) 三菱电机株式会社编. 变频调速器使用手册. 许振茂等译. 北京: 兵器工业出版社, 1993
- 16 毛宗源等编著. 微机控制电梯. 北京: 国防工业出版社, 1996
- 17 刘守江编. 空调器及其微电脑控制器的原理与维修. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1997
- 18 耿文学编. 可编程序控制器应用技术手册. 北京: 科学技术出版社, 1996
- 19 林长峰. 可编程序控制器原理及应用. 北京: 高等教育出版社, 1991



[ G e n e r a l   I n f o r m a t i o n ]

书名 = 现代工厂电气控制

作者 = B E X P

页数 = 2 1 8

下载位置 = <http://202.118.180.121/ebook/sjy01/diskfq/fq93/05/!00001.pdg>

WWW.PLCWORLD.C

封面  
书名  
版权  
前言  
目录  
正文

WWW.PLCWORLD.C