

信息物理系统—技术与系统 Cyber Physical System – Technique and System

第12章 控制和执行技术

刘松波



第12章 控制和执行技术

12.1、执行机构的作用

12.2、执行机构的构成

12.3、执行机构的分类

12.4、电动执行机构

12.5、执行机构的驱动技术

12.6、其它执行机构



12.1 执行机构的作用

- CPS系统中，执行器执行得到的命令。
- 处于控制环路的最终位置，因此也称为最终元件 (final element)。执行器用于接收控制器的输出信号，并控制操纵变量变化。例如控制阀、电动机(泵)、机械手等设备。



第12章 控制和执行技术

12.1、执行机构的作用

12.2、执行机构的构成

12.3、执行机构的分类

12.4、电动执行机构

12.5、执行机构的驱动技术

12.6、其它执行机构



12.2 执行机构的构成

- a) 电动机;
- b) 减速传动机构;
- c) 转矩控制(机械式或电子式);
- d) 行程控制(机械式或电子式);
- e) 位置指示(机械式或电子式);
- f) 位置信号反馈;
- g) 手动操作机构;
- h) 手/电动切换;



第12章 控制和执行技术

12.1、执行机构的作用

12.2、执行机构的构成

12.3、执行机构的分类

12.4、电动执行机构

12.5、执行机构的驱动技术

12.6、其它执行机构



12.3 执行机构的分类

- 电动执行器
- 气动执行器
- 电液动执行器（液动执行器）



12.3 执行机构的分类

- 电动执行器

- 电动执行器是以电能为动力的，它的特点是获取能源方便，动作快，信号传递速度快，且可远距离传输信号，便于和数字装置配合使用等。一般来说电动执行器不适合防火防爆的场合。但如果采用防爆结构，也可以达到防火防爆的要求。

- 气动执行器

- 以压缩空气为动力的执行机构称为气动执行机构。气动执行机构主要分为薄膜式与活塞式两大类。薄膜式执行机构应用最广。
- 由于气动执行机构结构简单、价格低，输出推力大，防火防爆，动作可靠，维修方便，适用于防火、防爆场合，因此被广泛应用于化工、炼油生产中，在冶金、电力、纺织等工业部门也得到大量使用。
- 气动执行机构与计算机的连接极为方便，只要将电量信号经电气转换器转换成标准的气压信号之后，即可与气动执行机构配套使用。



12.3 执行机构的分类

- 电液式执行机构
 - 电动泵驱动液压缸，可靠性高，定位精度高，使用寿命长，运行速度快，体积大、价格贵



第12章 控制和执行技术

12.1、执行机构的作用

12.2、执行机构的构成

12.3、执行机构的分类

12.4、电动执行机构

12.5、执行机构的驱动技术

12.6、其它执行机构



12.4 电动执行机构

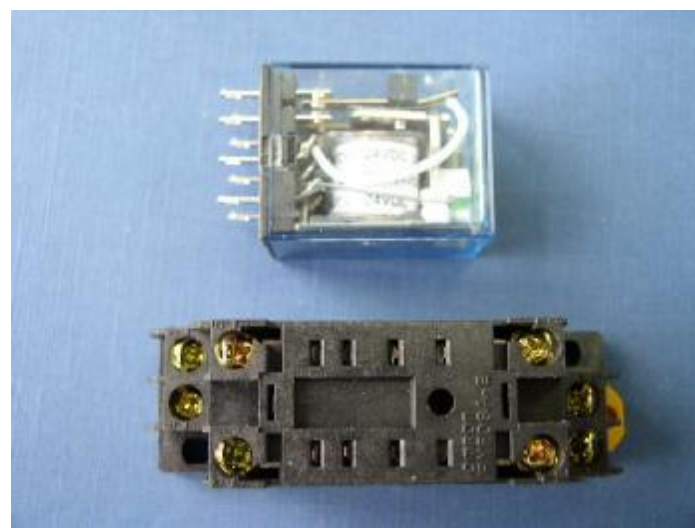
- 伺服电机、马达、阀门、继电器、接触器等输出部件，统称为执行机构，也称为执行装置或执行器。
- 执行机构的作用是接收计算机发出的控制信号，并把它转换成调整机构的动作，使生产过程按照预先规定的要求正常进行



12.4 电动执行机构

• 12.4.1 电磁式继电器

- 它是一种由小电流的通断控制大电流通断的常用开关控制器件，主要由线圈、铁芯、衔铁和触点等部件组成。继电器的触点是与线圈分开的，通过控制继电器线圈上的电流可以使继电器上的触点开关闭合或断开，从而使外部高电压或大电流与微型机隔开。





- 电磁式继电器线圈的驱动电源可以是直流的，也可以是交流的，电压规格也有多种。输出触点的电流、电压也有多种规格。
- 电磁式继电器的线圈、触点可以使用各自独立的电源，两者之间相互绝缘，耐压可达千伏以上。它还有很大的电流放大作用，因此，电磁式继电器是一种很好的开关量输出隔离及驱动器件。
- 它的不足是机械式触点动作时间较慢，在开关瞬间触电容易产生火花，引起干扰，减低使用寿命



12.4 电动执行机构

• 12.4.2 固态继电器

- 在继电器控制中，由于采用电磁吸合方式，在开关瞬间，触点容易产生火花，从而引起干扰；对于交流高压等场合，触点还容易氧化，因而影响系统的可靠性。所以随着微型机控制技术的发展，人们又研究出一种新型的输出控制器件——固态继电器。





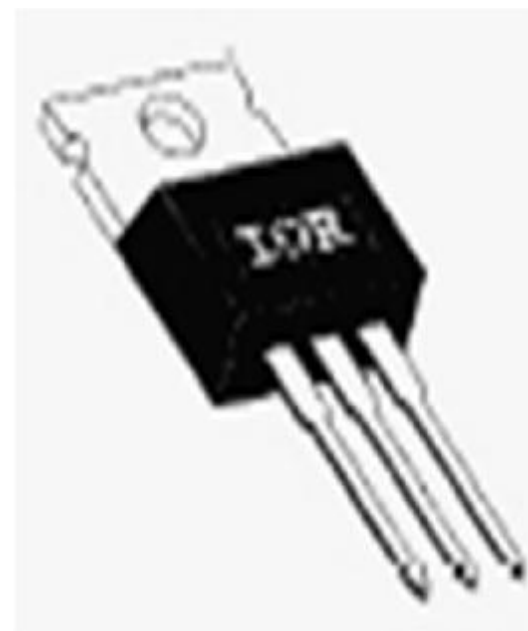
- 固态继电器简称SSR (Solid State Relay)，它利用电子技术实现了控制回路与负载回路之间的电隔离和信号耦合，而且没有任何可动部件或触点，却能实现电磁继电器的功能，故称为固态继电器。它实际上是一种带光电耦合器的无触点开关。
- 由于固态继电器输入控制电流小，输出无触点，所以与电磁式继电器相比，具有体积小、重量轻、无机械噪声、无抖动和回跳、开关速度快、工作可靠、寿命长等优点，因此，在微机控制系统中得到了广泛的应用，大有取代电磁继电器之势。



12.4 电动执行机构

• 14.4.3 大功率场效应管

- 由于场效应管输入阻抗高，关断漏电流小，响应速度快，而且与同功率继电器相比，体积较小，价格便宜，所以在开关量输出控制中也常作为开关元件使用。
- 大功率场效应管包括控制栅极G、漏极D、源极S。对于NPN型场效应管来讲，当G为高电平时，源极与漏极导通，允许电流通过，否则场效应管关断。





12.4 电动执行机构

• 12.4.4 晶闸管

- 又称可控硅（**Silicon Controlled Rectifier**，简称**SCR**），是一种大功率的半导体器件，具有体积小、效率高、寿命长，用小功率控制大功率、开关无触点等特点，在交直流电机调速系统、调功系统、随动系统中应用广泛。





- 单向晶闸管具有单向导电功能，在控制系统中多用于直流大电流场合，也可在交流系统中用于大功率整流回路。
- 双向晶闸管也叫三端双向可控硅，在结构上相当于两个单向晶闸管的反向并联，但共享一个控制极，具有双向导通功能，因此特别适用于交流大电流场合



12.4 电动执行机构



- 12.4.5 电磁阀

- 电磁阀是在气体或液体流动的管路中受电磁力控制开闭的阀体。广泛应用于液压机械、空调系统、热水器、自动机床等系统中。它由线圈、固定铁芯、可动铁芯和阀体等组成。当线圈不通电时，可动铁芯受弹簧作用与固定铁芯脱离，阀门处于关闭状态；当线圈通电时，可动铁芯克服弹簧力的作用而与固定铁芯吸合，阀门处于打开状态。这样，就控制了液体和气体的流动。再通过流动的液体或气体推动油缸或汽缸来实现物体的机械运动。



- 电磁阀通常是处于关闭状态的，通电时才开启，以避免电磁铁长时间通电而发热烧毁。但也有例外，当电磁铁用于紧急切断时，则必须使其平常开启，通电时关闭。这种紧急切断用的电磁阀，在结构上与普通电磁阀有所不同，必须采取一些特殊措施。
- 电磁阀有交流和直流之分。交流电磁阀使用方便，但容易产生颤动，启动电流大，并会引起发热。直流电磁阀工作可靠，但需专门的直流电源，电压分12 V、24 V和48V。



12.4 电动执行机构

• 12.4.6 调节阀

- 它是用电动机带动执行机构连续动作以控制开度大小的阀门，又称为电动阀。调节阀由于电动机行程可完成直线行程也可完成旋转的角度行程，所以可以带动直线移动的调节阀如直通单座阀、直通双座阀、三通阀、隔膜阀、角形阀等，也可以带动叶片旋转阀芯的蝶形阀。
- 根据流体力学的观点，调节阀是一个局部阻力可变的节流元件。通过改变阀心的行程可改变调节阀的阻力系数，从而达到控制流量的目的。





12.4 电动执行机构

• 12.4.7 伺服电机

- 伺服电机也称为执行电动机，是控制系统中应用十分广泛的一类执行元件。它可以将输入的电压信号变换为轴上的角位移和角速度输出。在信号来到之前，转子静止不动；信号来到之后，转子立即转动；信号消失之后，转子又能即时自行停转。由于这种“伺服”性能，因而将这种控制性能较好的电动机称做伺服电动机。





12.4 电动执行机构

• 12.4.8 步进电机

- 步进电机是工业过程控制和仪器仪表中重要的控制元件之一，它是一种将电脉冲信号转换为直线位移或角位移的执行器。步进电机按其运动方式可分为旋转式步进电机和直线式步进电机，前者每输入一个电脉冲转换成一定的角位移，后者每输入一个电脉冲转换成一定的直线位移。





- 步进电机的工作速度与电脉冲频率成正比，基本上不受电压、负载及环境条件变化的影响，与一般电机相比能够提供较高精度的位移和速度控制。此外，步进电机还有快速启停的显著特点，并能直接接收来自计算机的数字信号，而不需经过D/A转换，使用十分方便，所以在定位场合中得到了广泛的应用。如在数控线切割机床上用于带动丝杠，控制工作台运动；在绘图仪、打印机、光学仪器中用于定位绘图笔、打印头、光学镜头等。





第12章 控制和执行技术

12.1、执行机构的作用

12.2、执行机构的构成

12.3、执行机构的分类

12.4、电动执行机构

12.5、执行机构的驱动技术

12.6、其它执行机构



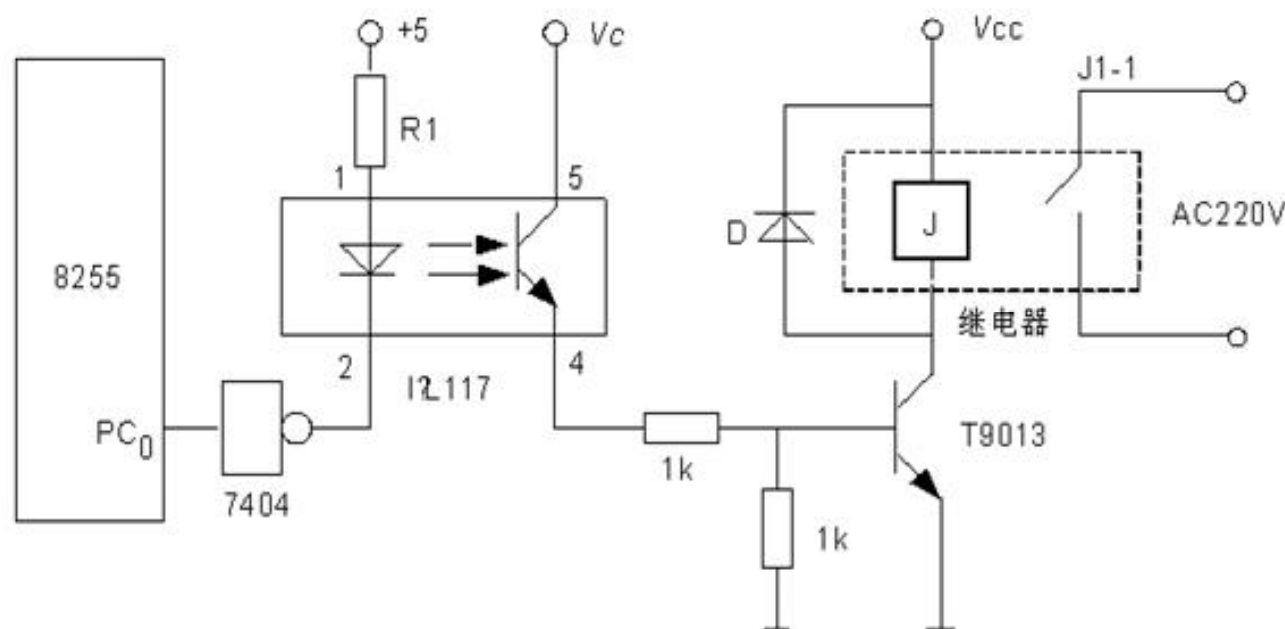
12.5 执行机构的驱动技术

• 12.5.1 继电器的驱动控制方法

- 电磁继电器方式的开关量输出是一种最常用的输出方式，通过弱电控制外界交流或直流的高电压、大电流设备。
- 继电器驱动电路的设计要根据所用继电器线圈的吸合电压和电流而定，控制电流一定要大于继电器的吸合电流才能使继电器可靠地工作。
- 虽然继电器本身带有一定的隔离作用，但在与微型机接口时通常还是采用光电隔离器进行隔离。



- 常用的接口驱动电路如下图所示。当开关量PC0输出为高电平时，经反向驱动器7404变为低电平，使光耦隔离器的发光二极管发光，从而使光敏三极管导通，同时使三极管9013导通，因而使继电器J的线圈通电，继电器常开触点J1-1闭合，使交流220V电源接通，从而驱动大型负荷设备；反之，当PC0输出低电压时，使J1-1断开。

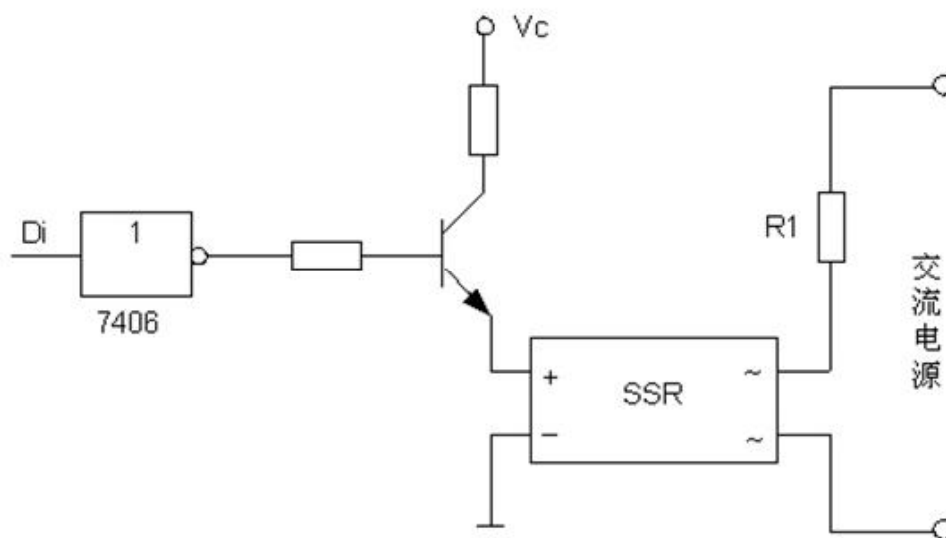


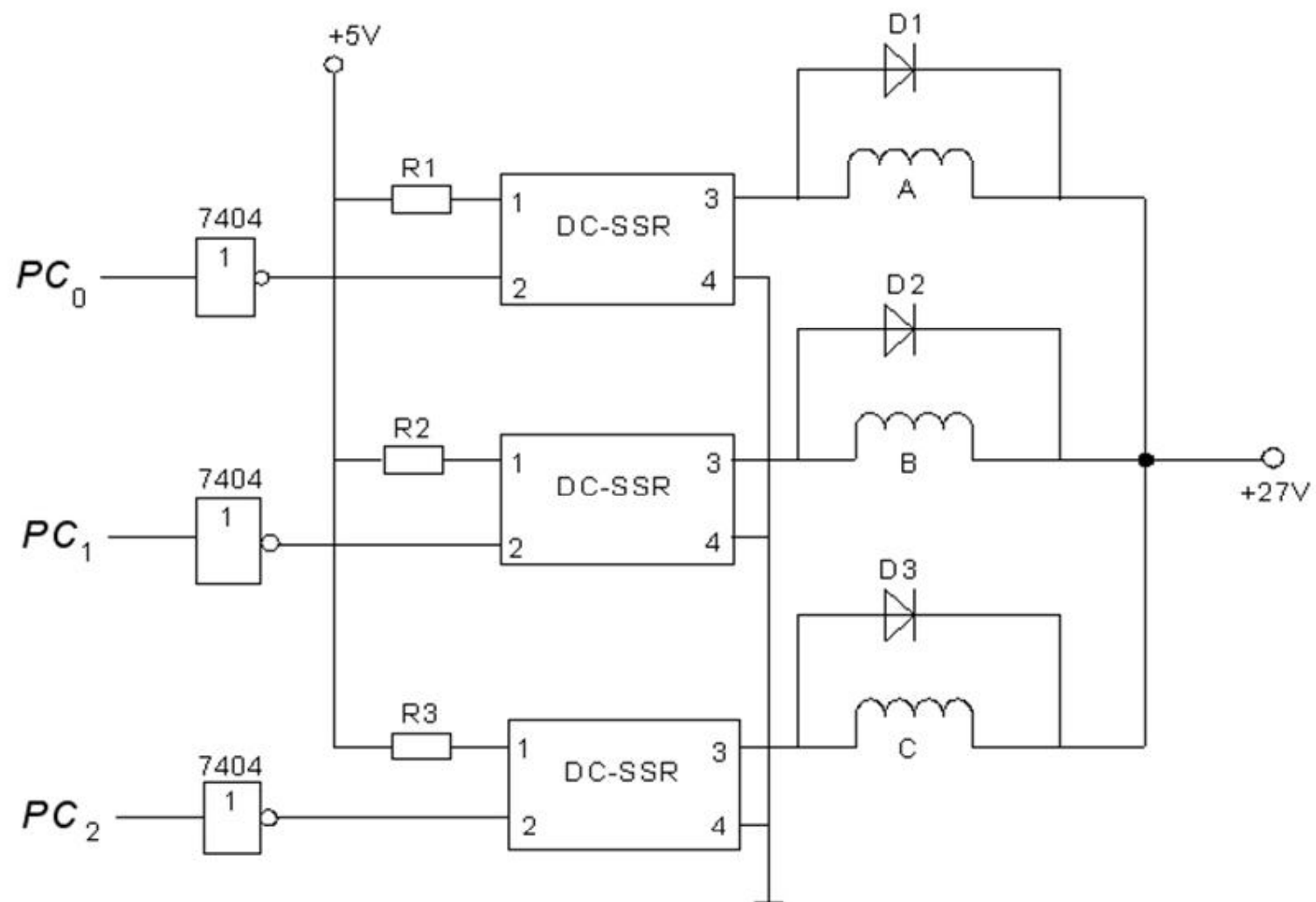


12.5 执行机构的驱动技术

• 12.5.2 固态继电器的驱动控制方法

- 直流SSR主要用于带动直流负载的场合，如直流电动机控制，直流步进电机控制和电磁口等。交流型SSR采用双相可控硅作为开关器件，用于交流大功率驱动场合，如交流电动机控制、交流电磁阀控制等。
- 如图为一种常用的直流固态继电器驱动电路，当数据线Di输出数字“0”即低电平时，经7406反相变为高电平，使NPN型三极管导通，SSR输入端得电则输出端接通大型交流负荷设备RL。







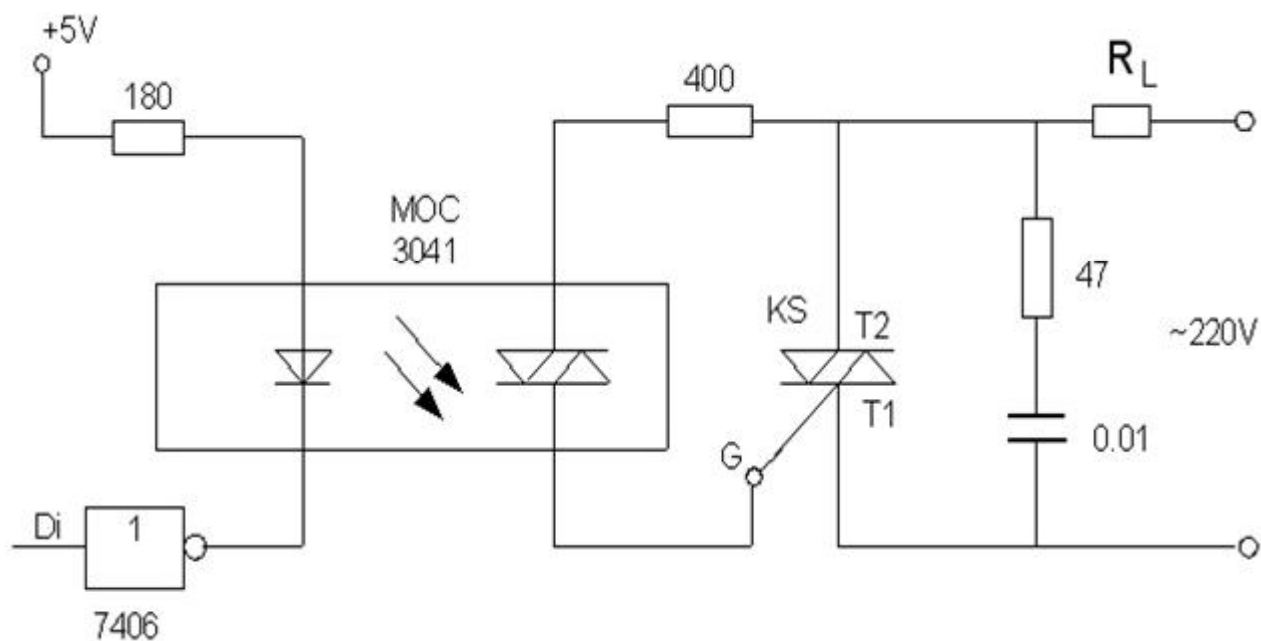
12.5 执行机构的驱动技术

- 12.5.3 晶闸管驱动控制方法

- 晶闸管常用于高电压大电流的负载，在实际使用时要采用光电隔离措施，触发脉冲电压应大于4V，脉冲宽度应大于20 μ s。在微型机控制系统中，常用I/O接口的某一位产生触发脉冲。为了提高效率，要求触发脉冲与交流同步。通常采用检测交流电过零点来实现。



- 经光耦隔离的双向晶闸管输出驱动电路，当CPU数据线Di输出高电平“1”时，经7406反相变为低电平，光耦二极管导通，使光敏晶闸管导通，导通电流再触发双向晶闸管导通，从而驱动大型交流负荷设备 R_L 。





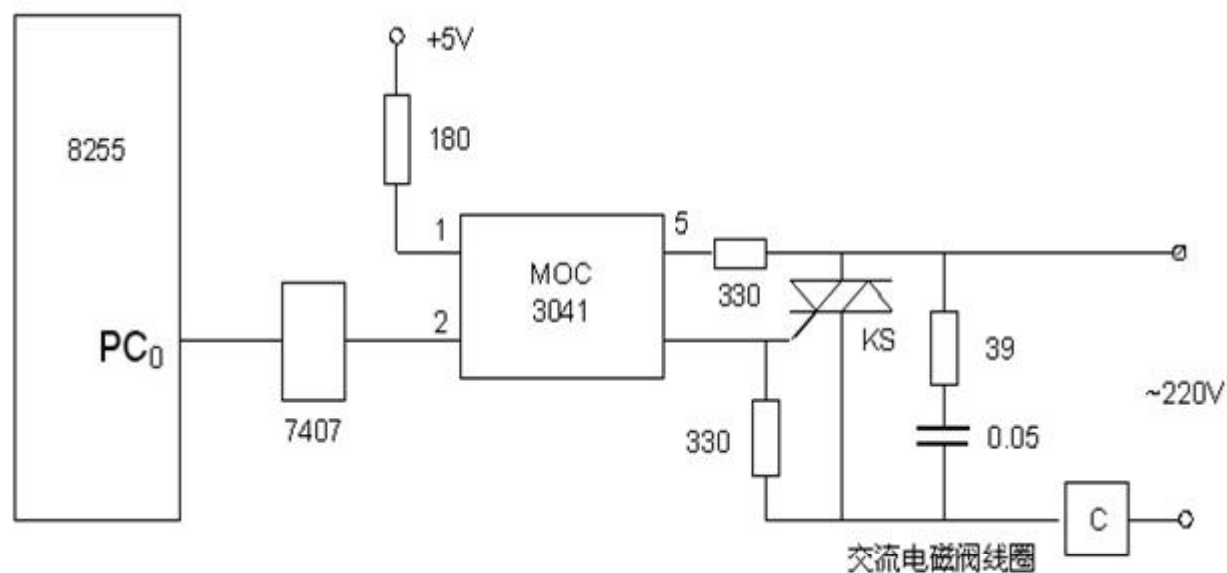
12.5 执行机构的驱动技术

• 12.5.4 电磁阀驱动控制方法

- 由于电磁阀也是由线圈的通断电来控制的，其工作原理与继电器基本相同，都是带动活动芯运动，故其与微型机的接口与继电器相同，也是由光电隔离及开关电路等来控制的。
- 对于交流电磁阀，由于线圈要求是交流电，所以通常使用双向可控硅驱动或使用一个直流继电器作为中间继电器控制。



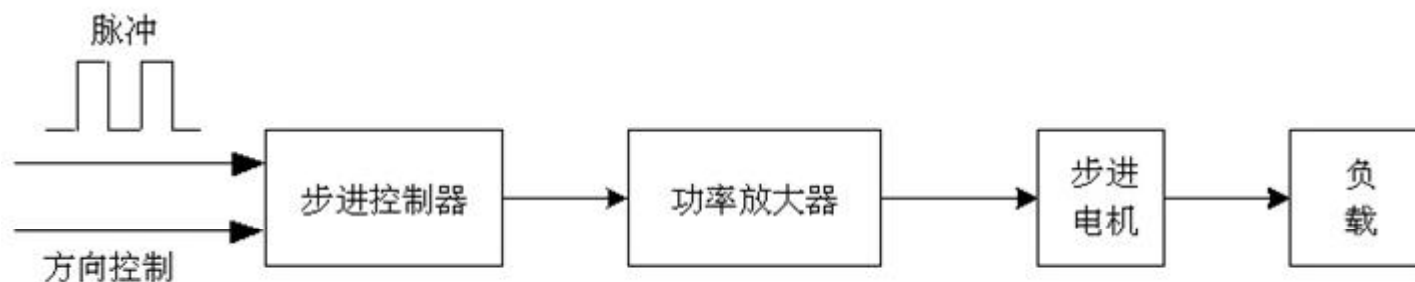
- 如图为交流电磁阀接口电路图。交流电磁阀线圈由双向可控硅KS驱动。光电隔离器MOC3041的作用是触发双向晶闸管KS以及隔离微型机和电磁阀系统。光电隔离器的输入端接7407，由8255的PC0控制。当PC0输出为低电平时，双向晶闸管KS导通，电磁阀吸合；PC0输出高电平时，双向晶闸管KS关断，电磁阀释放。MOC3041内部带有过零电路，因此双向晶闸管KS工作在过零触发方式。





12.5 执行机构的驱动技术

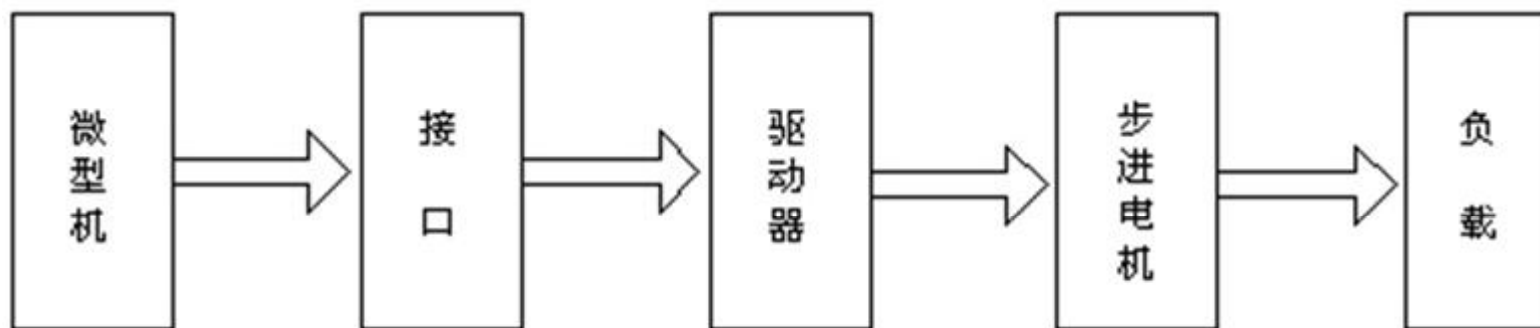
- 12.5.5 步进电机驱动控制方法
 - 典型的步进电机控制系统



- 步进电机控制系统主要是由步进控制器、功率放大器及步进电机组成。步进控制器是由缓冲寄存器、环形分配器、控制逻辑及正、反转控制门等组成。它的作用就是能把输入的脉冲转换成环型脉冲，以便控制步进电机，并能进行正、反向控制。功率放大器的作用是把控制器输出的环型脉冲加以放大，以驱动步进电机转动。在这种控制方式中，由于步进控制器线路复杂、成本高，因而限制了它的应用。



- 如果采用计算机控制系统，由软件代替上述步进控制器，则问题将大大简化。这不仅简化了线路，降低了成本，而且可靠性也大为提高。特别是采用微型机控制，更可以根据系统的需要灵活改变步进电机的控制方案，使用起来很方便。典型的微型机控制步进电机系统原理图如下图所示。





第12章 控制和执行技术

12.1、执行机构的作用

12.2、执行机构的构成

12.3、执行机构的分类

12.4、电动执行机构

12.5、执行机构的驱动技术

12.6、其它执行机构



12.6 其他执行机构

- 机械手、机器人等
- 其它先进执行机构参阅相关书籍



- 谢谢！