

28BYJ-48 步进电机：



步进电机是一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。通俗一点讲：当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度（及步进角）。您可以通过控制脉冲个数来控制角位移量，从而达到准确定位的目的；同时您可以通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度，从而达到调速的目的。

步进电机 28BYJ48 型四相八拍电机，电压为 DC5V—DC12V。当对步进电机施加一系列连续不断的控制脉冲时，它可以连续不断地转动。每一个脉冲信号对应步进电机的某一相或两相绕组的通电状态改变一次，也就对应转子转过一定的角度（一个步距角）。当通电状态的改变完成一个循环时，转子转过一个齿距。四相步进电机可以在不同的通电方式下运行，常见的通电方式有单（单相绕组通电）四拍（A-B-C-D-A。。。），双（双相绕组通电）四拍（AB-BC-CD-DA-AB-。。。），八拍（A-AB-B-BC-C-CD-D-DA-A。。。）

四相步进电机有两种运行方式，一、四相四拍；二、四相八拍。

要想搞清楚四相八拍运行方式下步进电机的转速如果计算，需要先清楚两个基本概念。

1、拍数：完成一个磁场周期性变化所需脉冲数或导电状态用 n 表示，或指电机转过一个齿距角所需脉冲数，以四相电机为例，有四相四拍运行方式即 AB-BC-CD-DA-AB，四相八拍运行方式即 A-AB-B-BC-C-CD-D-DA-A。

2、步距角：对应一个脉冲信号，电机转子转过的角位移用 θ 表示。 $\theta=360$ 度（转子齿数 J *运行拍数），以常规二、四相，转子齿为 50 齿电机为例。四拍运行时步距角为 $\theta=360$ 度 / $(50*4) = 1.8$ 度（俗称整步），八拍运行时步距角为 $\theta=360$ 度 / $(50*8) = 0.9$ 度（俗称半步）。

这两个概念清楚后，我们再来计算转速，以基本步距角 1.8° 的步进电机为例（现在市场上常规的二、四相混合式步进电机基本步距角都是 1.8° ），四相八拍运行方式下，每接收一个脉冲信号，转过 0.9° ，如果每秒钟接收 400 个脉冲，那么转速为每秒 $400*0.9=360^\circ$ ，相当与每秒钟转一圈，每分钟 60 转。

其他情况同理可以计算得出。

至于针对某一电机的最大转速，这跟电机的内部参数和驱动器的电压有关系。在这不做详解。

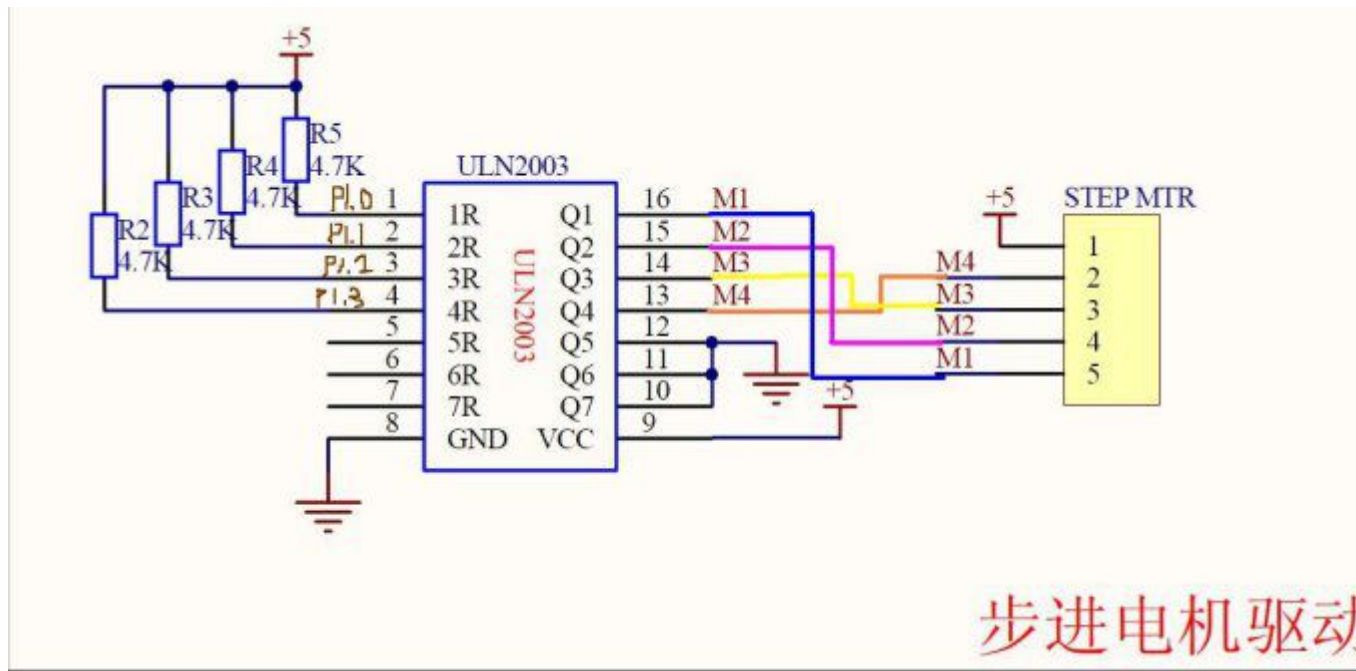
驱动方式：〈4-1-2相驱动〉

导线颜色	1	2	3	4	5	6	7	8
5红	+	+	+	+	+	+	+	+
4橙	-	-						-
3黄		-	-	-				
2粉				-	-	-		
1蓝						-	-	-

→ CCW 方向旋转（轴伸端视）
逆时针方向

红线接电源 5V，橙色电线接 P1.3 口，黄色电线接 P1.2 口，粉色电线接 P1.1 口，蓝色接 P1.0 口。

由于单片机接口信号不够大需要通过 ULN2003 放大再连接到相应的电机接口，如下：



橙	黄	粉	蓝	十六制 (P1 口)
1	0	0	0	0x08
1	1	0	0	0x0c
0	1	0	0	0x04
0	1	1	0	0x06
0	0	1	0	0x02
0	0	1	1	0x03
0	0	0	1	0x01
1	0	0	1	0x09

顺序刚好相反

所以可以定义旋转相序

```
uchar code CCW[8]={0x08, 0x0c, 0x04, 0x06, 0x02, 0x03, 0x01, 0x09}; //逆
```

时钟旋转相序表

```
uchar code CW[8]={0x09, 0x01, 0x03, 0x02, 0x06, 0x04, 0x0c, 0x08}; //
```

正时钟旋转相序表

主要技术参数

$N=64$

电机型号	电压 V	相数	相电阻 Ω $\pm 10\%$	步距角度	减速比	起动转矩 100P. P. S g. cm	起动频率 P. P. S	定位转矩 g. cm	摩擦转矩 g. cm	嘈声 dB	绝缘介 电强度
28BYJ48	5	4	300	5.625/64	1:64	≥ 300	≥ 550	≥ 300	—	≤ 35	600VAC 1S

C 语言代码:

```

#include<AT89X52.h>
#include<intrins.h>
#define uchar unsigned char
#define uint unsigned int

uchar code CCW[8]={0x08, 0x0c, 0x04, 0x06, 0x02, 0x03, 0x01, 0x09}; //逆时针旋
转相序表
uchar code CW[8]={0x09, 0x01, 0x03, 0x02, 0x06, 0x04, 0x0c, 0x08}; //
正时钟旋转相序表

sbit K1=P3^2; //反转按键
sbit K2=P3^3; //正转按键
sbit K3=P3^4; //停止按键
sbit FMQ=P3^6; // 蜂鸣器

void delaynms(uint aa)
{
    uchar bb;
    while(aa--)
    {
        for(bb=0;bb<115;bb++) //1ms 基准延时程序
        {
            ;
        }
    }
}

void delay500us(void)
{
    int j;

```

```

    for(j=0;j<57;j++)
    {
        ;
    }
}

void beep(void)
{
    uchar t;
    for(t=0;t<100;t++)
    {
        delay500us();
        FMQ=!FMQ;    //产生脉冲
    }
    FMQ=1;    //关闭蜂鸣器
}

void motor_ccw(void)
{
    uchar i, j;
    for(j=0;j<8;j++)    //电机旋转一周, 不
    是外面所看到的一周, 是里面的传动轮转了一周
    {
        if(K3==0)
        {
            break;    //如果 K3 按下, 退出此循环
        }
        for(i=0;i<8;i++)    //旋转 45 度
        {
            P1=CCW[i];
            delaynms(10);    //调节转速
        }
    }
}

void motor_cw(void)
{
    uchar i, j;
    for(j=0;j<8;j++)
    {
        if(K3==0)
        {

```

```

        break;    //如果 K3 按下，退出此循环
    }
    for(i=0;i<8;i++)    //旋转 45 度
    {
        P1=CW[i];
        delaynms(2);    //调节转速
    }
}
}

```

```

void main(void)
{
    uchar r;
    uchar N=64;    //因为步进电机是减速步进电机，减速比的
1/64 ，
                //所以 N=64 时，步进电机主轴转一圈
    while(1)
    {
        if(K1==0)
        {
            beep();
            for(r=0;r<N;r++)
            {
                motor_ccw();    //电机逆转
                if(K3==0)
                {
                    beep();
                    break;
                }
            }
        }
        else if(K2==0)
        {
            beep();
            for(r=0;r<N;r++)
            {
                motor_cw();    //电机反转
                if(K3==0)
                {
                    beep();
                    break;
                }
            }
        }
    }
}

```

```
    }  
  }  
  else  
    P1=0xf0;      //电机停止  
  }  
  
}
```

步进电机小知识

1. 什么是步进电机？

步进电机是一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。通俗一点讲：当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度（及步进角）。您可以通过控制脉冲个数来控制角位移量，从而达到准确定位的目的；同时您可以通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度，从而达到调速的目的。

2. 步进电机分哪几种？

步进电机分三种：永磁式（PM），反应式（VR）和混合式（HB）

永磁式步进一般为两相，转矩和体积较小，步进角一般为 7.5 度 或 15 度；

反应式步进一般为三相，可实现大转矩输出，步进角一般为 1.5 度，但噪声和振动都很大。在欧美等发达国家 80 年代已被淘汰；

混合式步进是指混合了永磁式和反应式的优点。它又分为两相和五相：两相步进角一般为 1.8 度而五相步进角一般为 0.72 度。这种步进电机的应用最为广泛。

3. 什么是保持转矩（HOLDING TORQUE）？

保持转矩（HOLDING TORQUE）是指步进电机通电但没有转动时，定子锁住转子的力矩。它是步进电机最重要的参数之一，通常步进电机在低速时的力矩接近保持转矩。由于步进电机的输出力矩随速度的增大而不断衰减，输出功率也随速度的增大而变化，所以保持转矩就成为了衡量步进电机最重要的参数之一。比如，当人们说 2N.m 的步进电机，在没有特殊说明的情况下是指保持转矩为 2N.m 的步进电机。

4. 什么是 DETENT TORQUE？

DETENT TORQUE 是指步进电机没有通电的情况下，定子锁住转子的力矩。DETENT TORQUE 在国内没有统一的翻译方式，容易使大家产生误解；由于反应式步进电机的转子不是永磁材料，所以它没有 DETENT TORQUE。

5. 步进电机精度为多少？是否累积？

一般步进电机的精度为步进角的 3-5%，且不累积。

6. 步进电机的外表温度允许达到多少？

步进电机温度过高首先会使电机的磁性材料退磁，从而导致力矩下降乃至于失步，因此电机外表允许的最高温度应取决于不同电机磁性材料的退磁点；一般来讲，磁性材料的退磁点都在摄氏 130 度以上，有的甚至高达摄氏 200 度以上，所以步进电机外表温度在摄氏 80-90 度完全正常。

7. 为什么步进电机的力矩会随转速的升高而下降？

当步进电机转动时，电机各相绕组的电感将形成一个反向电动势；频率越高，反向电动势越大。在它的作用下，电机随频率（或速度）的增大而相电流减小，从而导致力矩下降。

8. 为什么步进电机低速时可以正常运转,但若高于一定速度就无法启动,并伴有啸叫声？

步进电机有一个技术参数：空载启动频率，即步进电机在空载情况下能够正常启动的脉冲频率，如果脉冲频率高于该值，电机不能正常启动，可能发生丢步或堵转。在有负载的情况下，启动频率应更低。如果要使电机达到高速转动，脉冲频率应该有加速过程，即启动频率较低，然后按一定加速度升到所希望的高频（电机转速从低速升到高速）。

9. 如何克服两相混合式步进电机在低速运转时的振动和噪声？

步进电机低速转动时振动和噪声大是其固有的缺点，一般可采用以下方案来克服：

- A. 如步进电机正好工作在共振区，可通过改变减速比等机械传动避开共振区；
- B. 采用带有细分功能的驱动器，这是最常用的、最简便的方法；
- C. 换成步距角更小的步进电机，如三相或五相步进电机；
- D. 换成交流伺服电机，几乎可以完全克服震动和噪声，但成本较高；
- E. 在电机轴上加磁性阻尼器，市场上已有这种产品，但机械结构改变较大。

10. 细分驱动器的细分数是否能代表精度？

步进电机的细分技术实质上是一种电子阻尼技术（请参考有关文献），其主要目的是减弱或消除步进电机的低频振动，提高电机的运转精度只是细分技术的一个附带功能。比如对于步进角为 1.8° 的两相混合式步进电机，如果细分驱动器的细分数设置为 4，那么电机的运转分辨率为每个脉冲 0.45° ，电机的精度能否达

到或接近 0.45° ，还取决于细分驱动器的细分电流控制精度等其它因素。不同厂家的细分驱动器精度可能差别很大；细分数越大精度越难控制。

11. 四相混合式步进电机与驱动器的串联接法和并联接法有什么区别？

四相混合式步进电机一般由两相驱动器来驱动，因此，连接时可以采用串联接法或并联接法将四相电机接成两相使用。串联接法一般在电机转速较的场合使用，此时需要的驱动器输出电流为电机相电流的 0.7 倍，因而电机发热小；并联接法一般在电机转速较高的场合使用（又称高速接法），所需要的驱动器输出电流为电机相电流的 1.4 倍，因而电机发热较大。

12. 如何确定步进电机驱动器的直流供电电源？

A. 电压的确定

混合式步进电机驱动器的供电电源电压一般是一个较宽的范围（比如 IM483 的供电电压为 12~48VDC），电源电压通常根据电机的工作转速和响应要求来选择。如果电机工作转速较高或响应要求较快，那么电压取值也高，但注意电源电压的纹波不能超过驱动器的最大输入电压，否则可能损坏驱动器。

B. 电流的确定

供电电源电流一般根据驱动器的输出相电流 I 来确定。如果采用线性电源，电源电流一般可取 I 的 1.1~1.3 倍；如果采用开关电源，电源电流一般可取 I 的 1.5~2.0 倍。

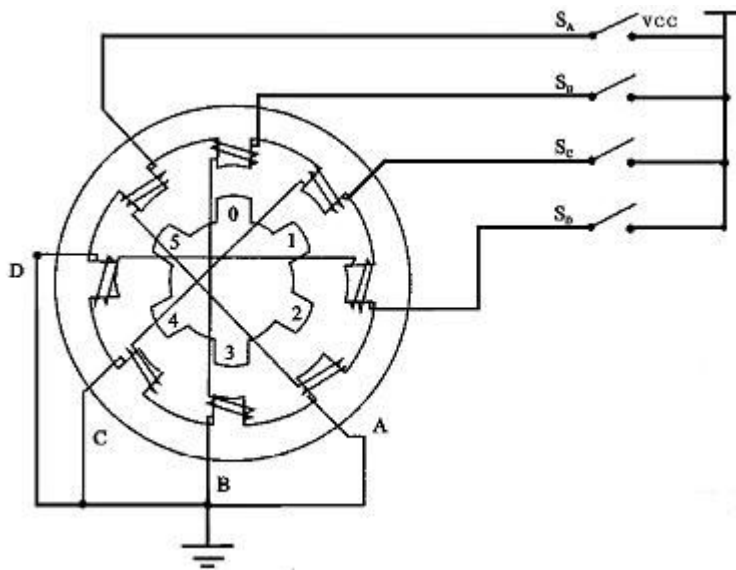
13. 混合式步进电机驱动器的脱机信号 FREE 一般在什么情况下使用？

当脱机信号 FREE 为低电平时，驱动器输出到电机的电流被切断，电机转子处于自由状态（脱机状态）。在有些自动化设备中，如果在驱动器不断电的情况下要求直接转动电机轴（手动方式），就可以将 FREE 信号置低，使电机脱机，进行手动操作或调节。手动完成后，再将 FREE 信号置高，以继续自动控制。

14. 如果用简单的方法调整两相步进电机通电后的转动方向？

只需将电机与驱动器接线的 A+和 A-（或者 B+和 B-）对调即可。

四相五线减速步进电机 28BYJ-48 原理、仿真及演示程序(使用 ULN2003A 驱动)
减速步进电机 28BYJ-48 的原理如下图：



中间部分是转子，由一个永磁体组成，边上的是定子绕组。当定子的一个绕组通电时，将产生一个方向的电磁场，如果这个磁场的方向和转子磁场方向不在同一条直线上，那么定子和转子的磁场将产生一个扭力将定子扭转。

依次改变绕组的磁场，就可以使步进电机正转或反转(比如通电次序为A->B->C->D 正转，反之则反转)。而改变磁场切换的时间间隔，就可以控制步进电机的速度了，这就是步进电机的驱动原理。

由于步进电机的驱动电流较大，单片机不能直接驱动，一般都是使用 ULN2003 达林顿阵列驱动，当然，使用下拉电阻或三极管也是可以驱动的，只不过效果不是那么好，产生的扭力比较小。

下面是一个步进电机的演示程序：

```
#include <reg52.h>

sbit key=P2^0; //按键控制步进电机的方向
unsigned char speed=5; //步进电机的转速

//八拍方式驱动，顺序为 A AB B BC C CD D DA
unsigned char code
clockWise[]={0x01,0x03,0x02,0x06,0x04,0x0c,0x08,0x0d};

void delay(unsigned char z)
{
    unsigned char x,y;
    for(x=0;x<z;x++)
    for(y=0;y<110;y++);
}
```

```

void main()
{
unsigned char i;
while(1)
{
for(i=0;i<8;i++)
{
if(key)          //按键未按下，正转
{
P0=clockWise[i];
delay(speed);
}
else            //按键按下，反转
{
P0=clockWise[8-i];
delay(speed);
}
}
}
}
}

```

Proteus 仿真图及 Keil 源文件下载:

<http://www.brsbox.com/filebox/down/fc/79bf41133cc59eaf2ca9531a5382557b>

