

第 15 章

步进电机测试

15.1 步进电机的特点

步进电机也称为步进马达,与其他电机相比有以下特点:

① 步进电机旋转角度和输入脉冲成正比,通常市面所售步进电机说明书会说明其步进角(也就是一个脉冲所产生的旋转角度),比如常见的小体积永磁式电机的步进角是 7.5° ,则送给它 48 个脉冲使步进电机正好转动一圈。

② 步进电机误差很小,没有累积误差,因此控制步进电机正反转还是会回到原来的位置,不会因为误差累积而使初始位置越来越远。

③ 具有自保持特性,任何一相线圈加上电源后,电机本身具有自保持力矩,不送脉冲的情况下会停止在一定位置,不会改变。

④ 步进电机空载最高启动频率一般能达到 450 Hz,使用频率不能超过允许最高频率,否则电机只能振动,无法运转。

⑤ 常见步进电机供电电压是 5 V、12 V 和 24 V,供电电压允许误差 $\pm 10\%$,电机外壳上一般都会对供电电压规格作相应标识。

常见步进电机外形与内部电路如图 15-1 所示。

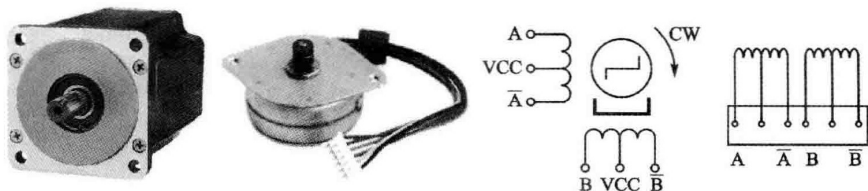


图 15-1 步进电机外形与内部电路

15.2 步进电机的 3 种励磁方式

依次改变电流所流过的线圈,就可以让步进电机转动,如果顺序相反,则电机就会反方向转动。比如图 15-1 电机有 A、 \bar{A} 、B 和 \bar{B} 共 4 组线圈,最简单的方式就是依次将电流按 A、B、 \bar{A} 和 \bar{B} 顺序导入 4 组线圈,不同的导入方式会产生不同的结果,电流的导入称为励磁,励磁有 3 种方式。

1. 1 相励磁(也称为单 4 拍)

这种励磁方式是将电流一次只导入一组线圈中,每次可移动一个步进角,这种励磁方式产生的力矩小,噪声振动最大。励磁顺序如表 15-1 所列,其中 H 表示励磁, L 表示未励磁,励磁波形如图 15-2 所示。

表 15-1 1 相励磁顺序表

励磁顺序 相	1	2	3	4
A	H	L	L	L
B	L	H	L	L
\bar{A}	L	L	H	L
\bar{B}	L	L	L	H

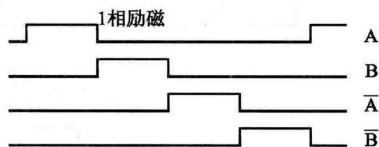


图 15-2 1 相励磁波形图

2. 2 相励磁(也称为双 4 拍)

这种励磁方式是将电流一次导入两组线圈中,每次可移动一个步进角,由于同时有 2 个线圈被励磁,因此产生的力矩较大,噪声振动比 1 相励磁小。励磁顺序如表 15-2 所列,励磁波形如图 15-3 所示。按照表 15-2 的方式依 1、2、3、4 的顺序分别将 4 组线圈中的 2 组线圈励磁,步进电机转动 4 个步进角。如果反方向励磁(也就是以 4、3、2、1 的顺序),则步进电机就按反方向转动 4 个步进角。

表 15-2 2 相励磁顺序表

励磁顺序 相	1	2	3	4
A	H	L	L	H
B	H	H	L	L
\bar{A}	L	H	H	L
\bar{B}	L	L	H	H



图 15-3 2 相励磁波形图

3. 1-2 相励磁(也称为 8 拍)

这种励磁方式是上述两种励磁方式的综合,将 A、B 两相采用交互励磁的方式进行,电流第一次导入一组线圈,第二次导入两组线圈,每次可移动半个步进角,是噪声振动最小的一种励磁方式,励磁顺序如表 15-3 所列,励磁波形如图 15-4 所示。按照表 15-3 的方式依 1、2、3、4、5、6、7、8 的顺序分别将 4 组线圈励磁,步进电机转动 4 个步进角(虽然励磁 8 次,但因每次都只前进半个步进角,总和还是 4 个步进角)。

表 15-3 1-2 相励磁顺序表

励磁顺序 相	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	H	H	L	L	L	L	L	H	H	H
B	L	H	H	H	L	L	L	L	L	H
\bar{A}	L	L	L	H	H	H	L	L	L	L
\bar{B}	L	L	L	L	L	H	H	H	L	L

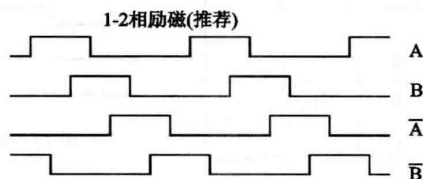


图 15-4 1-2 相励磁波形图

如何测试步进电机的接线呢?首先假设步进电机某一条线为公共端,把公共端接到电源正极,电源负极分别接触其余 4 线,这时电机转动,若接触 4 次电机向同一方向走 4 步,则所接触的顺序即为正确的顺序,分别为 A、B、 \bar{A} 、 \bar{B} ,若其中有一步反相,则要重新组合接触的顺序,直到出现正确转动方向为止。

15.3 步进电机驱动电路

步进电机典型驱动电路如图 15-5 所示,有时为了增加电机输出力矩,在不增加电源电压和驱动脉冲宽度的前提下,可将图 15-5 中的 4 只尖峰电压保护二极管 1N4007 去掉,只要电机绕组断电瞬间产生的电压峰值不超过 TIP122 的极限电压 100 V 即可,这样就成了图 15-6 的电路。TIP122 内部 CE 间已集成反向二极管,为了减轻内部反向二极管负担,所以外部并接了 1N4007 给电机绕组提供反向电流通路,图 15-7 与图 15-8 是实测的 TIP122 集电极电压波形与 TIP122 发射极电流波形(即电机绕组电流波形)。

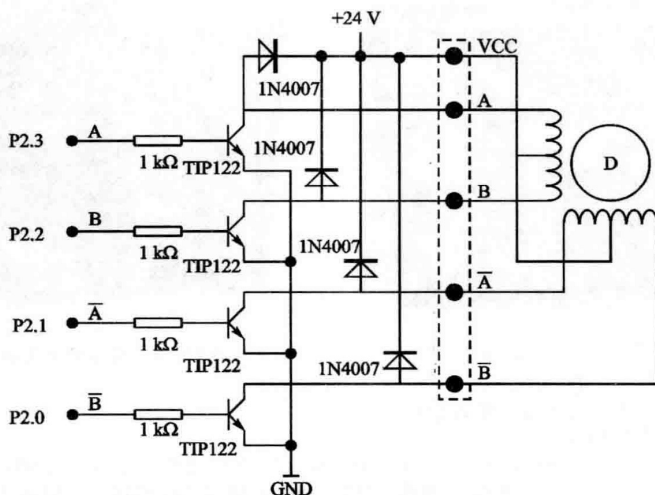


图 15-5 步进电机典型驱动电路

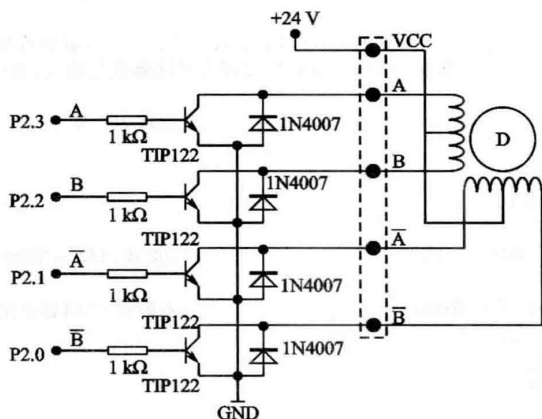


图 15-6 增加驱动力矩的电路

15.4 步进电机驱动实例

例 15.1 步进电机正反转测试,使用图 15-7 或图 15-8 的电路,采用 1-2 相励磁,要求上电后顺转 200 步,然后反转 200 步,如此循环,完整实验代码如下:

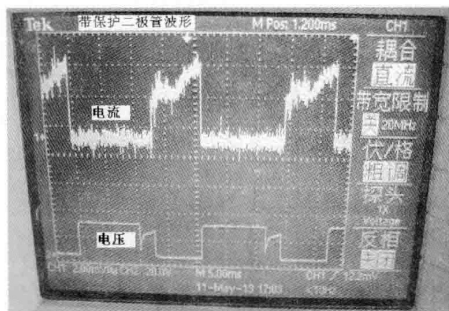


图 15-7 典型电路波形

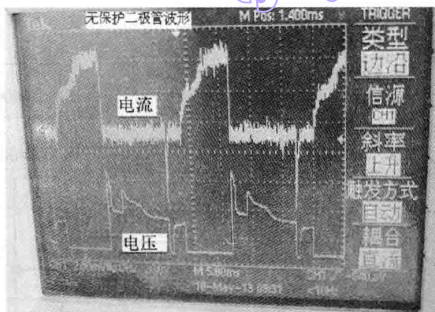


图 15-8 增加力矩的电路波形

```
//使用 P20、P21、P22、P23 口驱动电机
#include "STC15W4K.H"
unsigned char code BiaoGe[8] = {0x08,0x0C,0x04,0x06,0x02,0x03,0x01,0x09};
//表格,换算成二进制 1000,1100,0100, 0110 ,0010,0011, 0001 1001
//P2 口输出低 4 位驱动电机 A B  $\bar{A}$   $\bar{B}$ 
//1-2 相励磁,发 8 次脉冲(顺序输出上面表格)转动 4 步

void PROT_Init(void)
{
    P2M1 = 0x80; //1000 0000, P2.0、P2.1、P2.2、P2.3,接驱动功率管,推挽输出
    P2M0 = 0x0f; //0000 1111, P2.7 接霍尔传感器信号输入,高阻输入
}

void shun200() //顺转 200 步
{
    unsigned int i;
    unsigned char n;
    n = 0;
    for(i = 0; i < 400; i++) //200 步, i/2 为实际步数
    {
        P2 = BiaoGe[n] | 0xf0; //不影响 P2 口高 4 位
        delay3ms();
        n = n + 1;
        if (n > 7)
        {
            n = 0;
        }
    }
    P2 &= 0xf0; //保证电机绕组断电
}

void fan200() //反转 200 步
{
    unsigned int i;
    unsigned char n;
    n = 8;
    for(i = 0; i < 400; i++) //200 步, i/2 为实际步数
    {
        n = n - 1;
```



```

P2 = BiaoGe[n]|0xF0;           //不影响 P2 口高 4 位
delay3ms();
if (n == 0)
{
    n = 8;
}
}
P2&= 0xf0;                     //保证电机绕组断电
}

void main(void)
{
    PROT_Init();               //初始化端口
    while(1)
    {
        shun200();
        delay1s();
        fan200();
        delay1s();
    }
}

```

15.5 步进电机专用驱动器介绍

一般的步进电机步进角都较大(比如 7.5°)，这种步进角通过前面的程序控制最小一次也得走半个步进角，即 3.75° 。对于实际的精密控制一般是不能满足要求的，有两种解决办法，一种是采用减速齿轮组并将齿轮组与电机封装成一体，比如 60:1 的减速齿轮组，减速后 7.5° 的步进角就变成了 $7.5^\circ/60 = 0.125^\circ$ ；另一种办法是使用步进电机专用驱动器，外形如图 15-9 所示，通过外置的选择开关可以将步进角设置得很小，前面介绍的驱动电路与程序都不需要了，驱动器使用非常简单，电路连接如图 15-10 所示，PULS+ 与 PULS- 用于输入脉冲信号，脉冲信号频率越高，电机转速越快，DIR+ 与 DIR- 用于电机运转方向控制，ENBL+ 与 ENBL- 为使能信号，悬空时正常工作，如果提供输入信号，则使电机处于静止状态时绕组完全断电，使能信号一般可以不用。

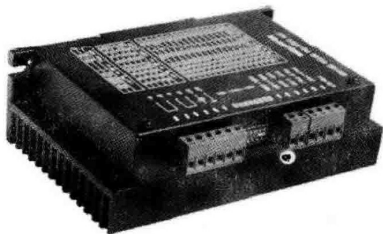


图 15-9 步进电机专用驱动器

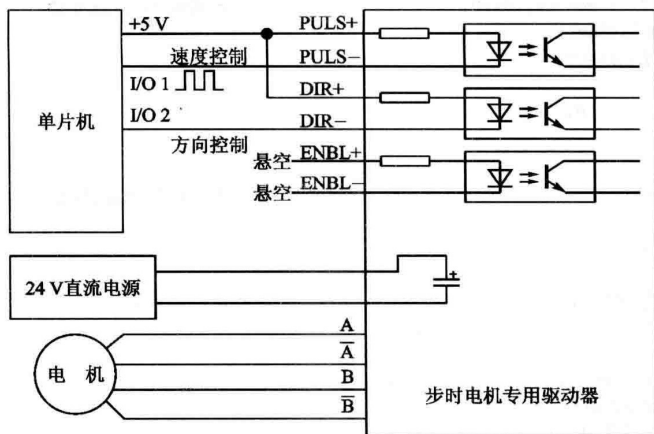


图 15-10 驱动器电路连接图