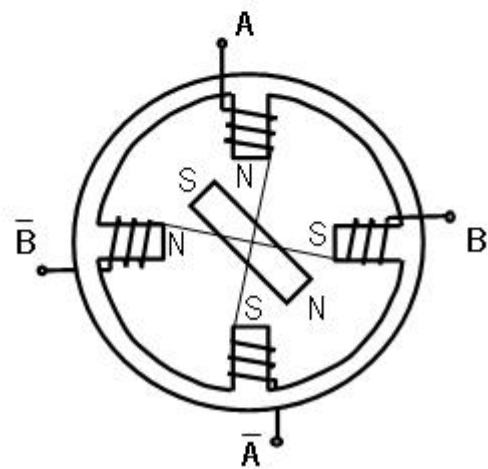
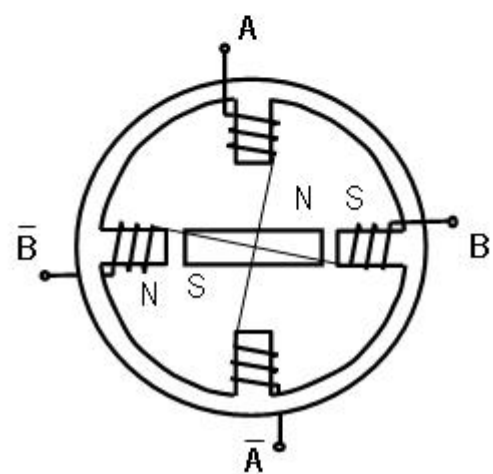
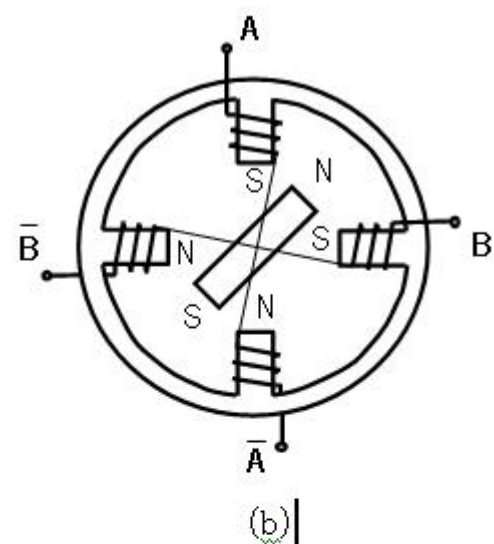
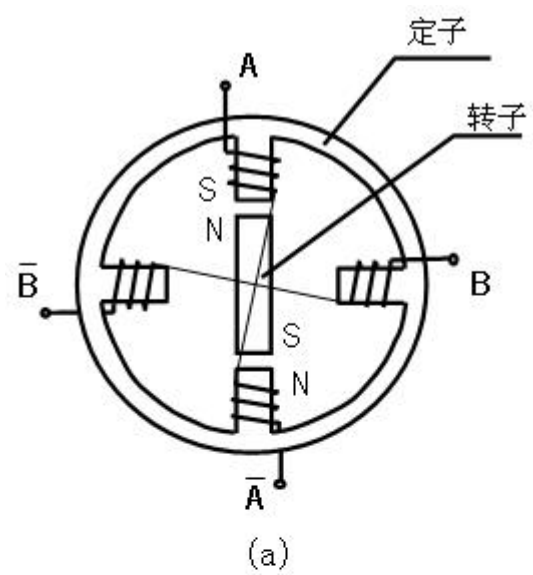


步进电机工作原理



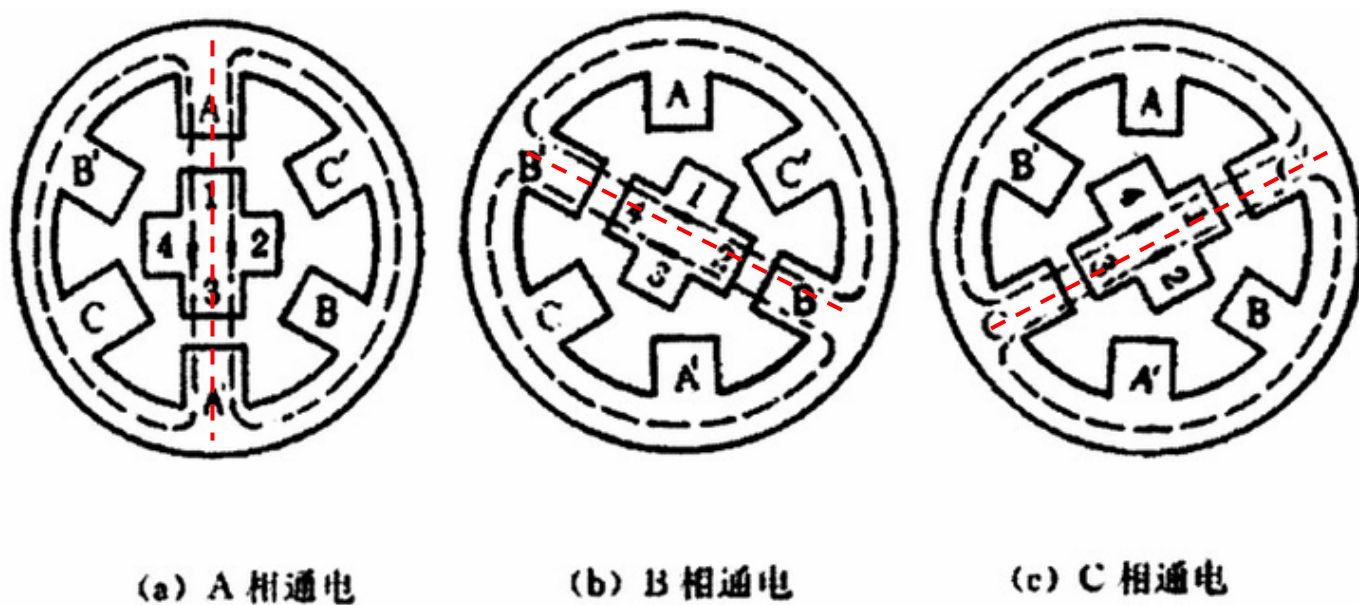


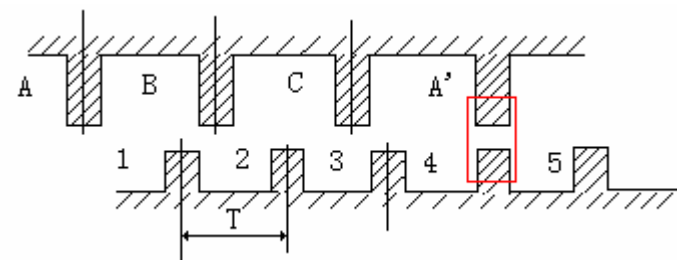
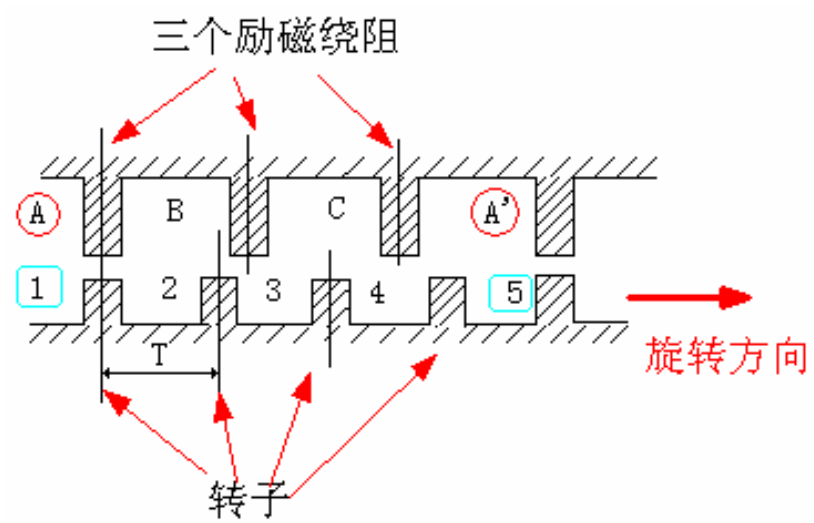
图 2.7 单三拍通电方式时转子的位置

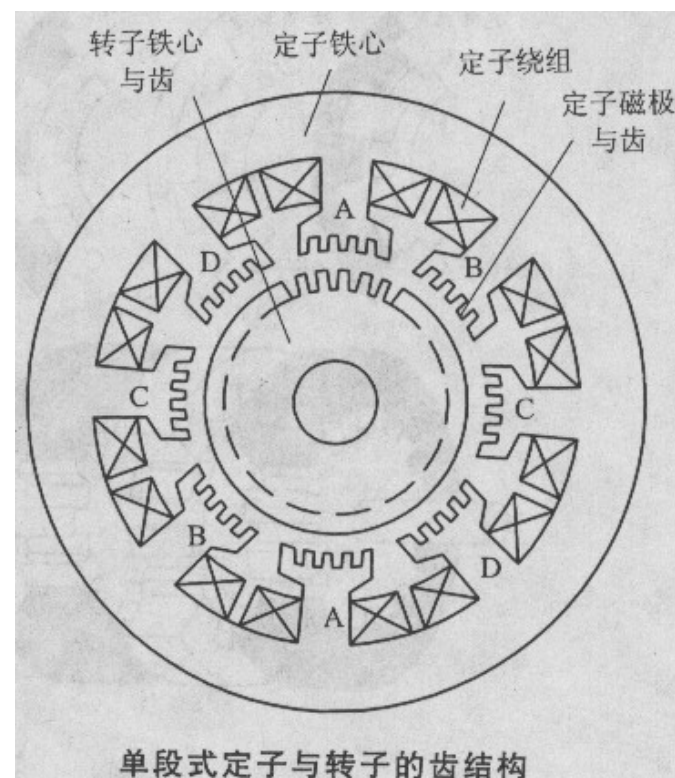
单三拍、六拍及双三拍通电方式

$A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \dots$

$A \rightarrow A、B \rightarrow B \rightarrow B、C \rightarrow C \rightarrow C、A \rightarrow A \dots$

$A、B \rightarrow B、C \rightarrow C、A \rightarrow A、B \rightarrow \dots$





左图步进电动机模型中每步步距角为 30° ，很难适应精细控制的要求。实际的电动机采用如图右的结构。

在这种结构中定子磁极的极弧上开有一些均匀分希的小齿，转子表面也均匀分布着小齿。转子小齿之间按角度度量的齿距和定子的齿距完全相等。

所谓齿距就是相邻两齿中心线的夹角，又称为齿距角 $D_T = 360^\circ / Z_r$
 式中 D_T -齿距； Z_r -转子的齿数。

由于开了这些小齿，转子在绕组切换时的转动在小于 D_T 的范围内就能找到一个磁阻最小的位置，这样就大大减小了步距角，提高了运动的分辨率。

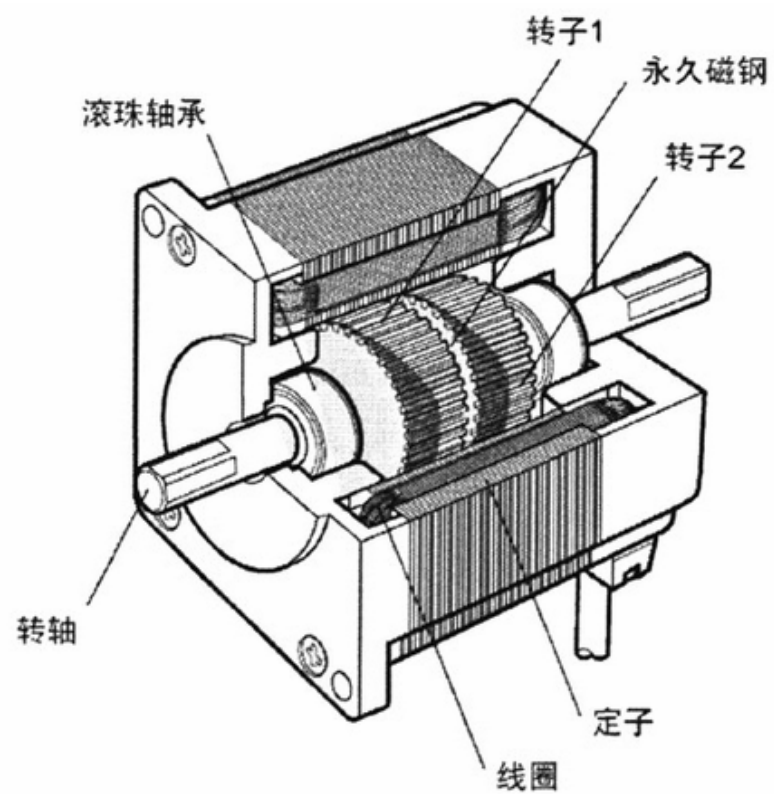


图 2.4 混合式步进电机结构示意图

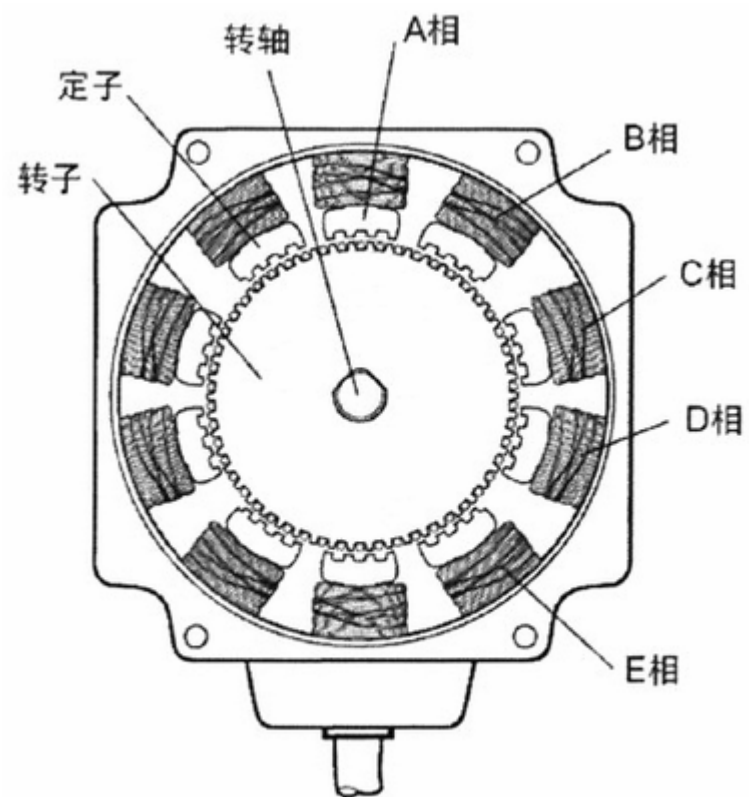
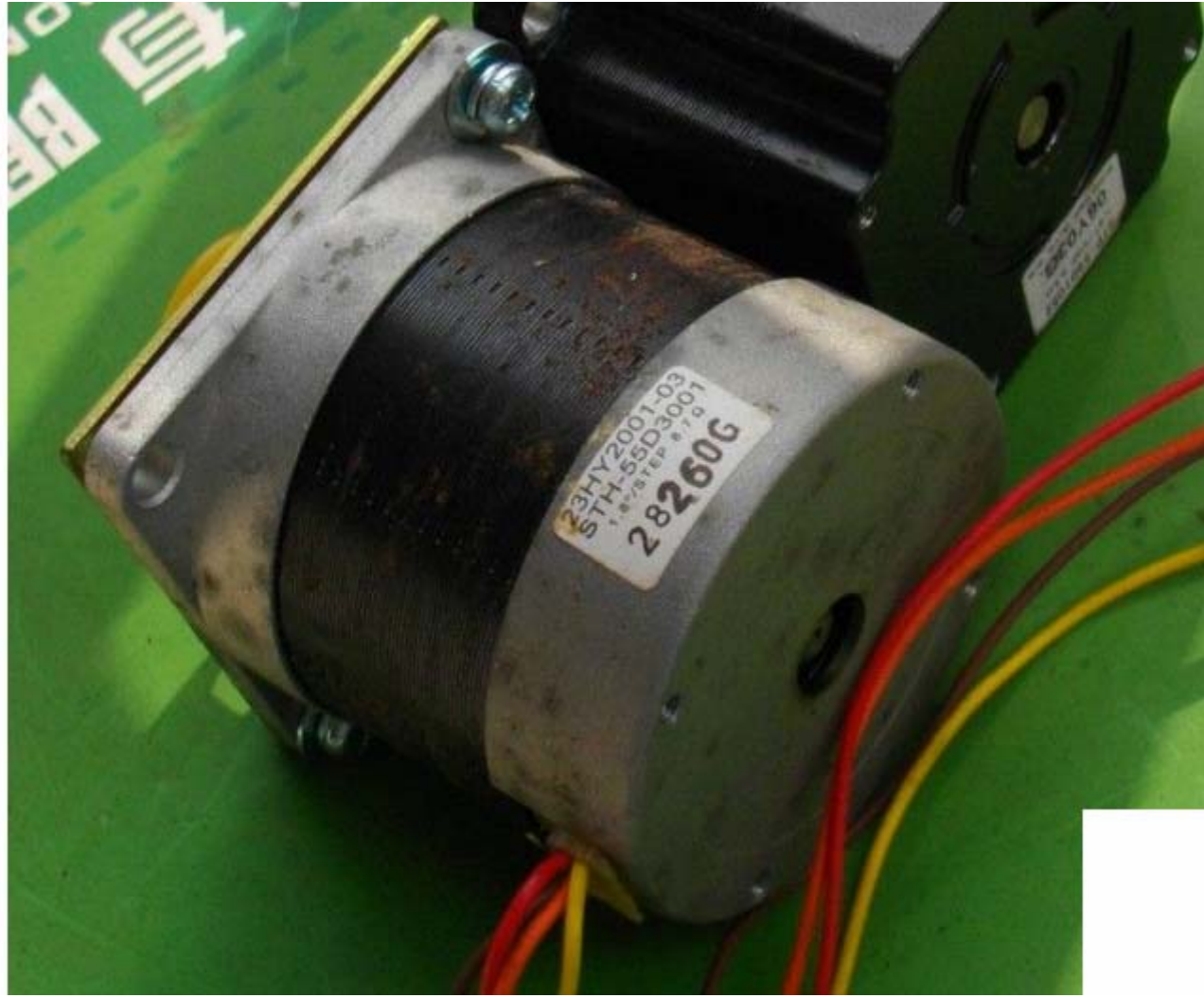
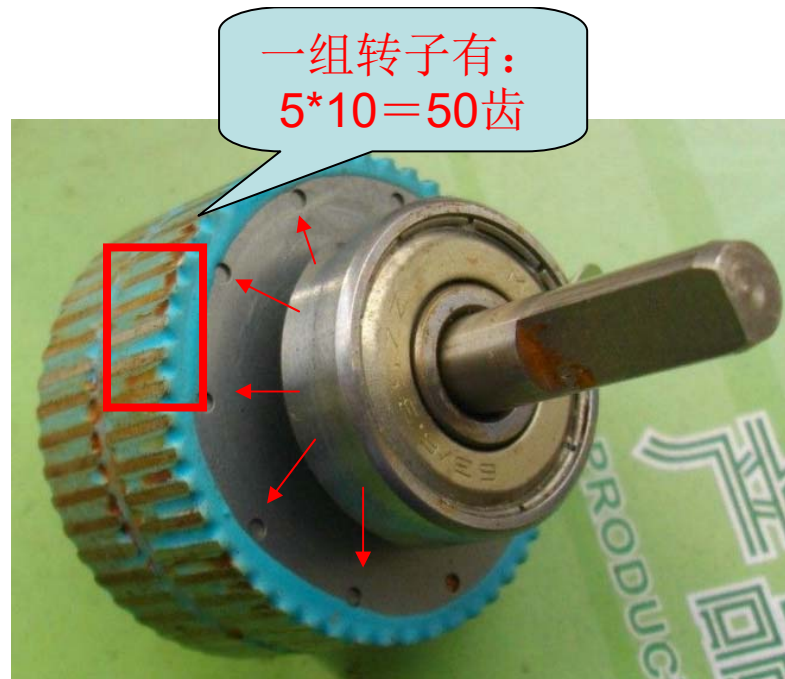


图 2.5 五相混合式步进电机横截面示意图





后盖

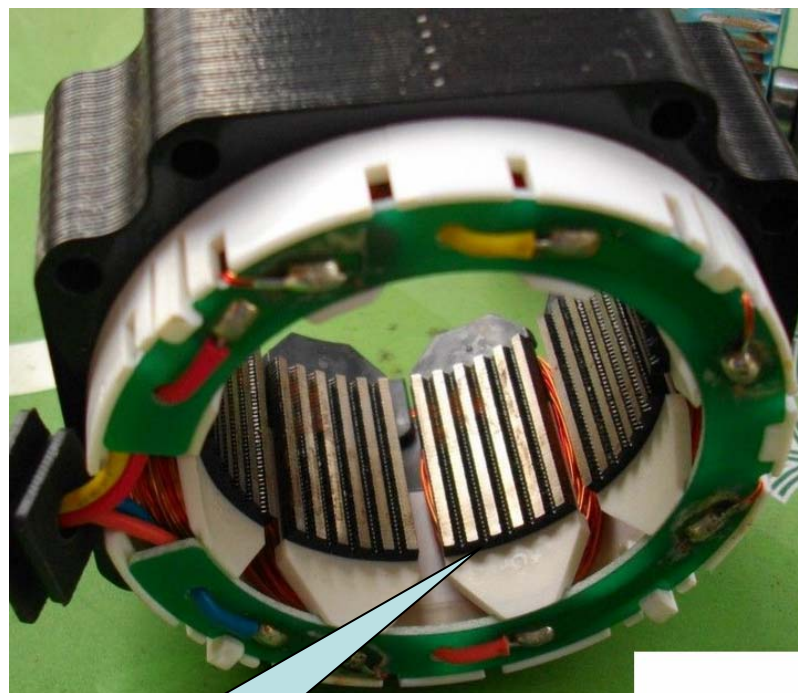


转子和轴承





定子线圈绕组

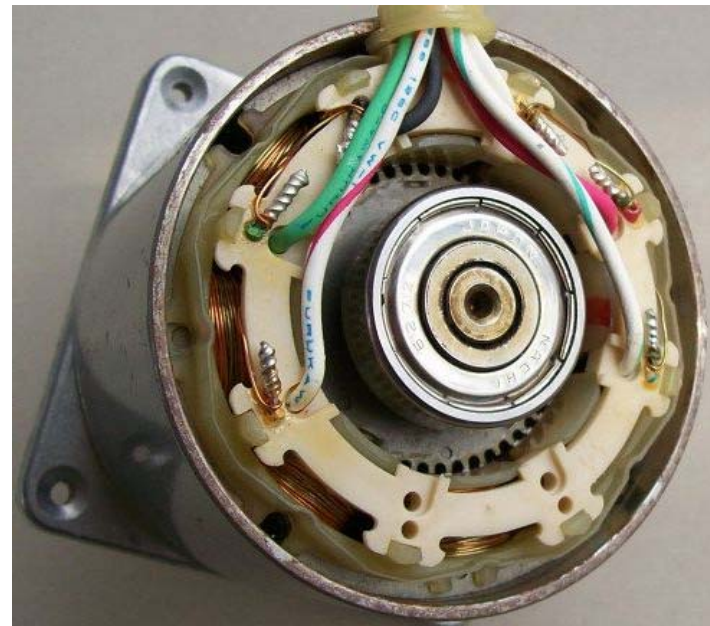


定子有：
 $6 \times 8 = 48$ 齿



前盖和轴承







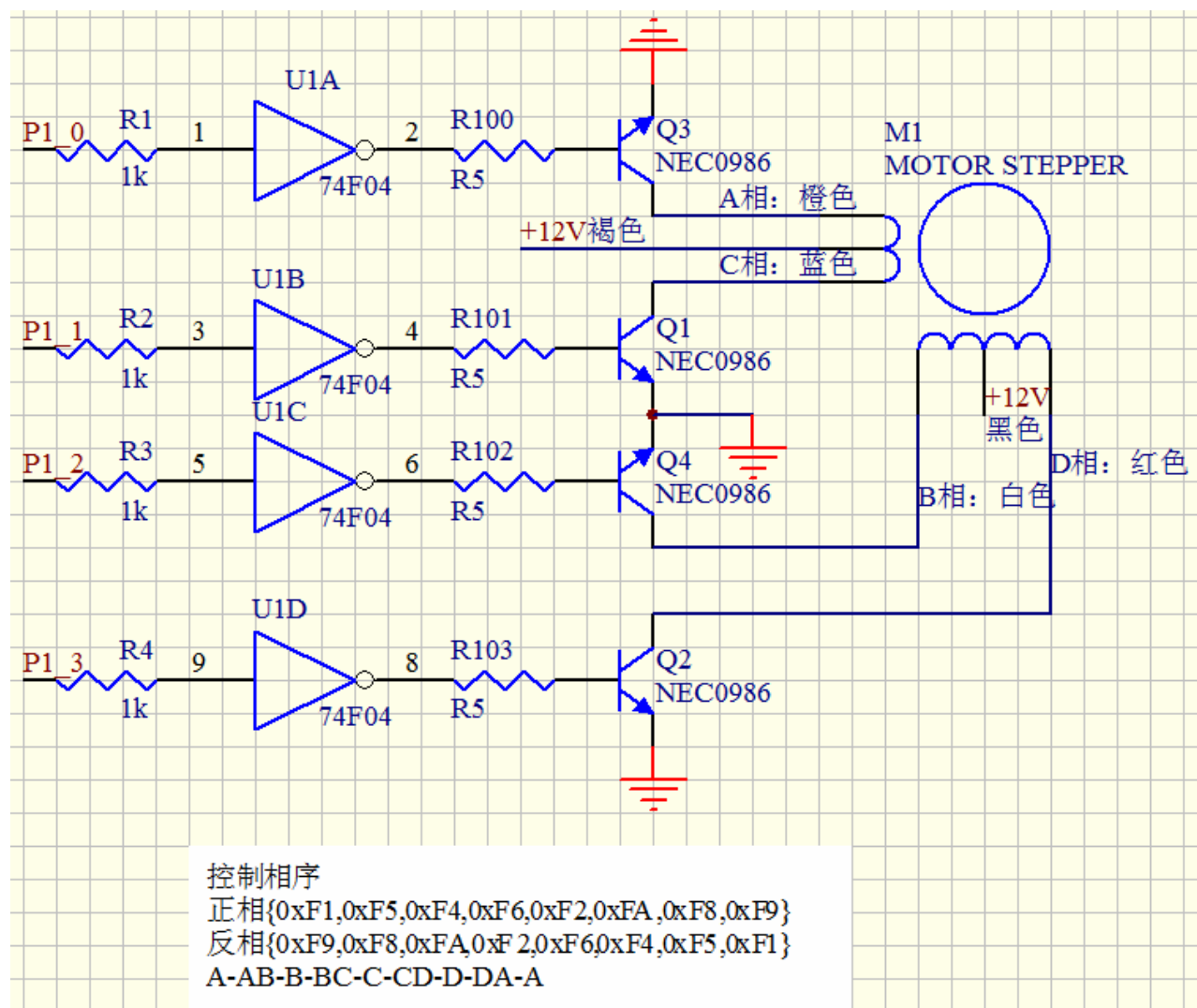
定子齿数: $6 \times 8 = 48$ 个

转子齿数: $5 \times 10 = 50$ 个

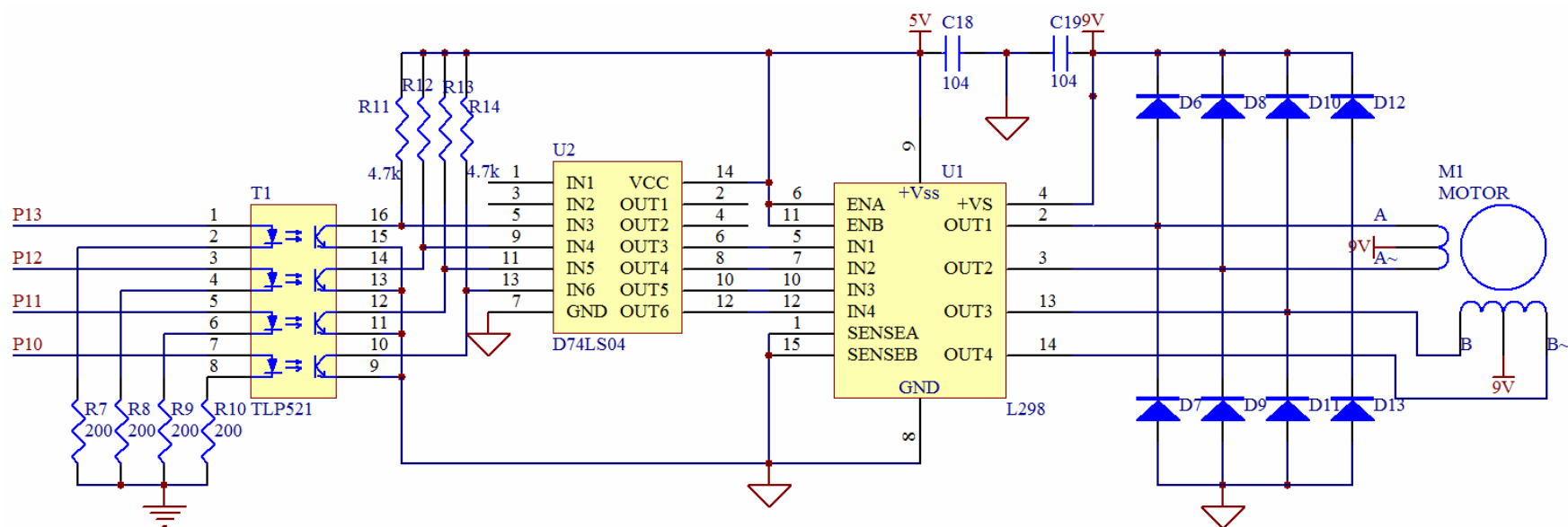
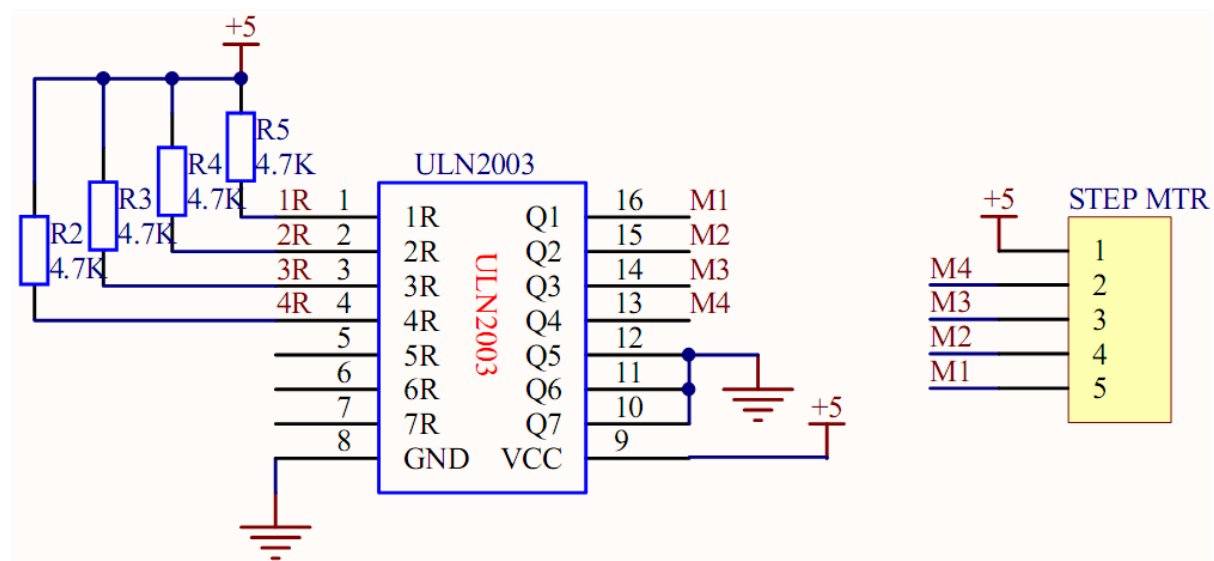
四拍运行时步距角为 $\theta = 360^\circ / (50 \times 4) = 1.8^\circ$
(俗称整步)

八拍运行时步距角为 $\theta = 360^\circ / (50 \times 8) = 0.9^\circ$
(俗称半步)

步进电机的几种常见驱动方法



灌电流可达**500mA**



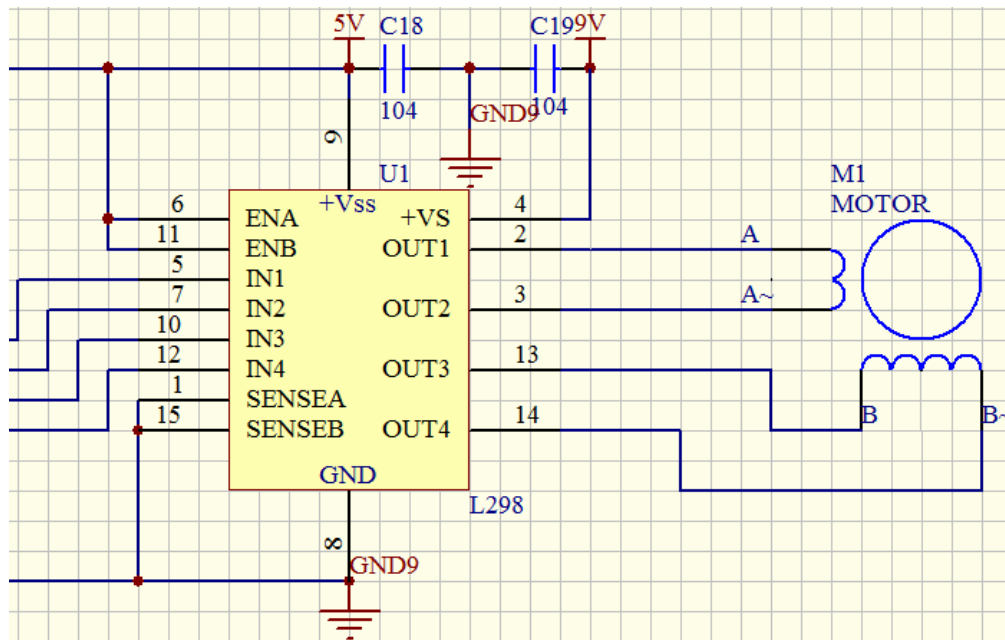
正向{0x01,0x05,0x04,0x06,0x02,0x0a,0x08,0x09}

反向{0x01,0x09,0x08,0x0a,0x02,0x06,0x04,0x05}

两相四线步进电机驱动方式

A	A~	B	B~
1	0	1	0
0	1	1	0
0	1	0	1
1	0	0	1

A	A~	B	B~
1	0	0	0
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	1	0
0	1	0	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	0	0	1



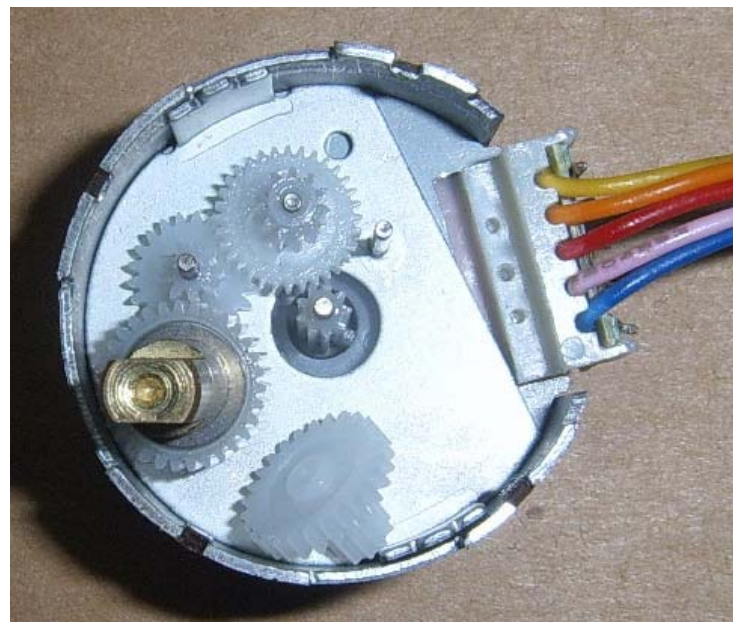
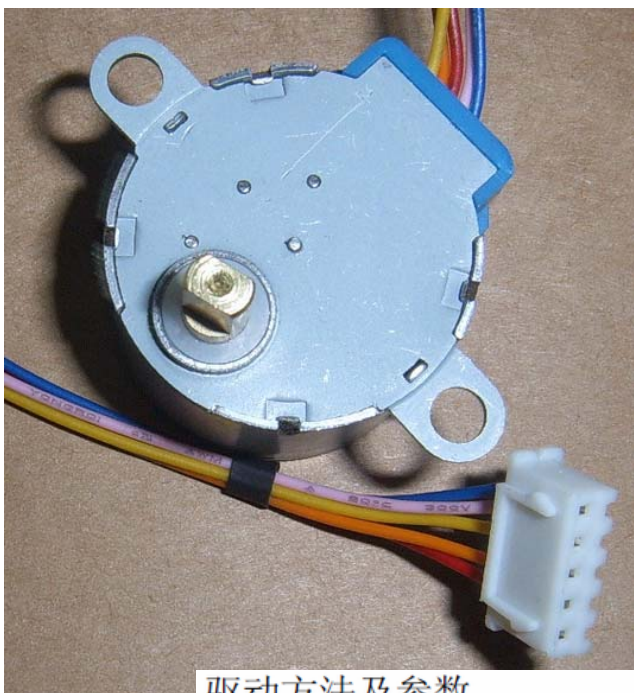
由此可得到如下的判断：

(1)步进电动机的旋转方向取决于绕组通电的顺序；

(2)电动机的转速取决于绕组通断的频率；

(3)绕组的每次通电切换，转角步进的角度为转子齿间夹角距的 D_T/m ，亦即步距角为齿距角的 D_T/m 。

（ D_T ：齿距角相数。 m ：相数）

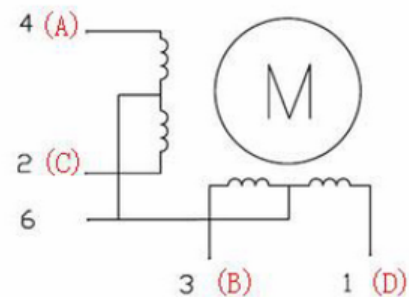


驱动方法及参数

驱动方式：(4-1-2相驱动)

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

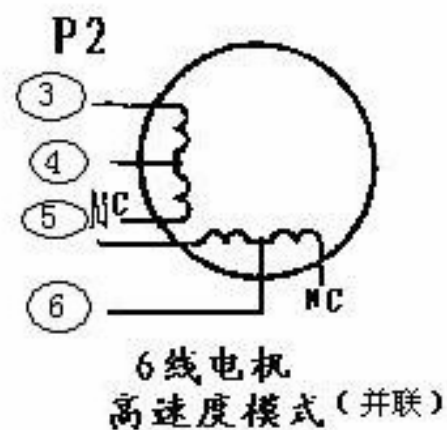
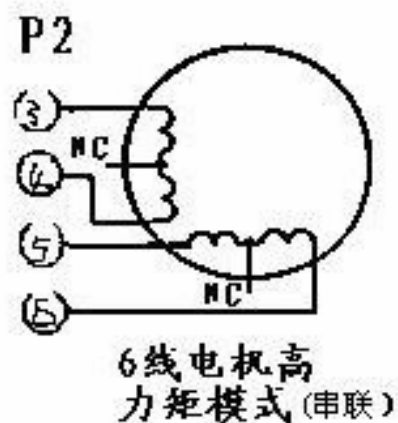
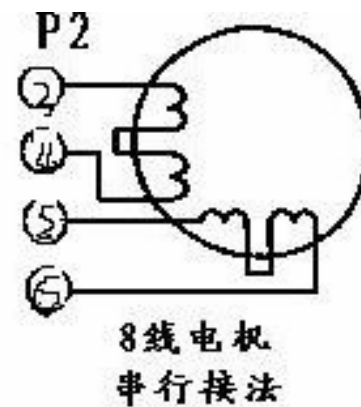
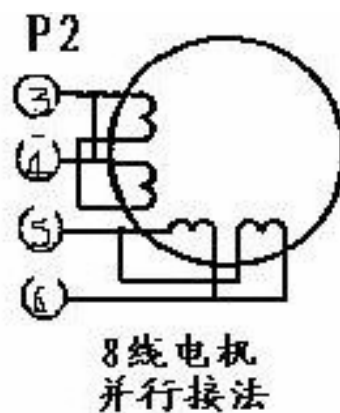
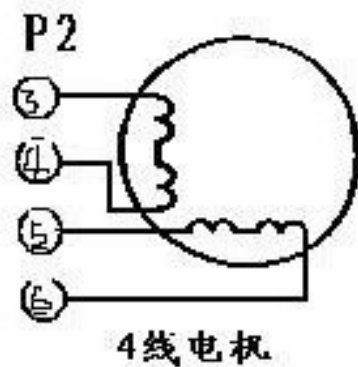
→ CCW 方向旋转 (轴伸端视)



主要技术参数

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
28BYJ-48	5	4	300	5.625/64	1:64	≥ 300	≥ 550	≥ 300	—	≤ 35	600VAC 1S

- 步进电机参数及含义.pdf



如何让步距角更小？

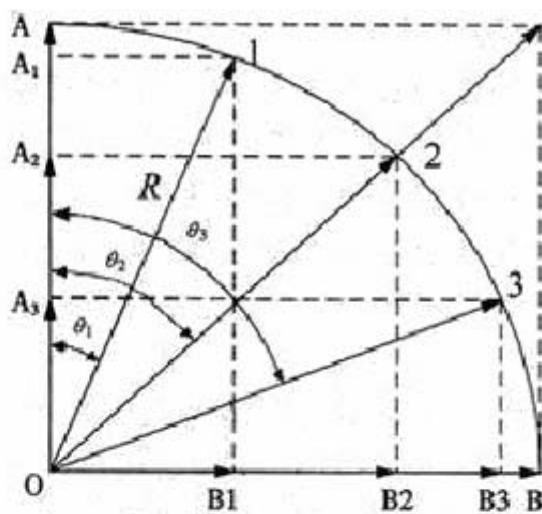
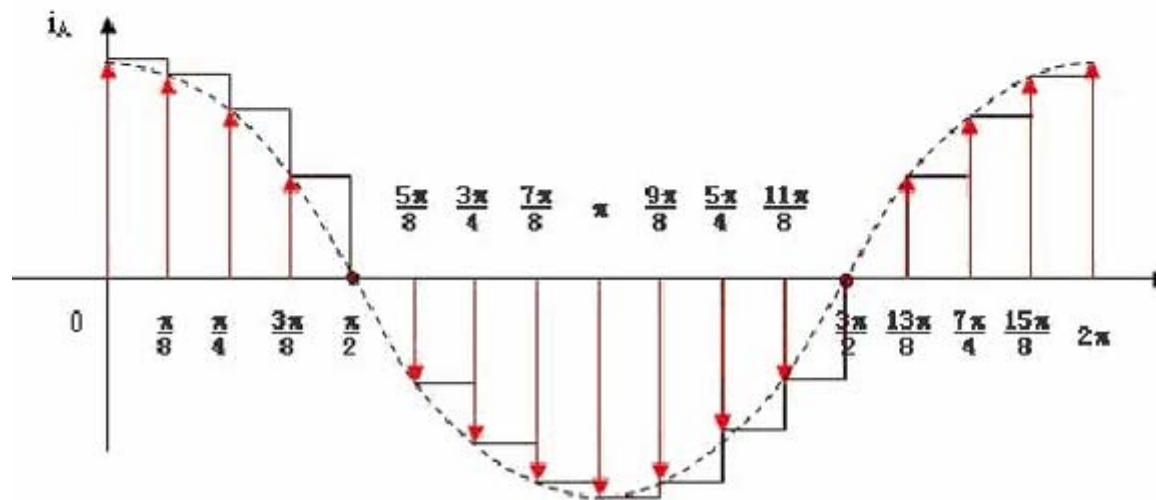


图 2 4 细分时电机 A、B 线圈电流在不同角度的分配比例

两相电机



细分：
斩波电流
PWM

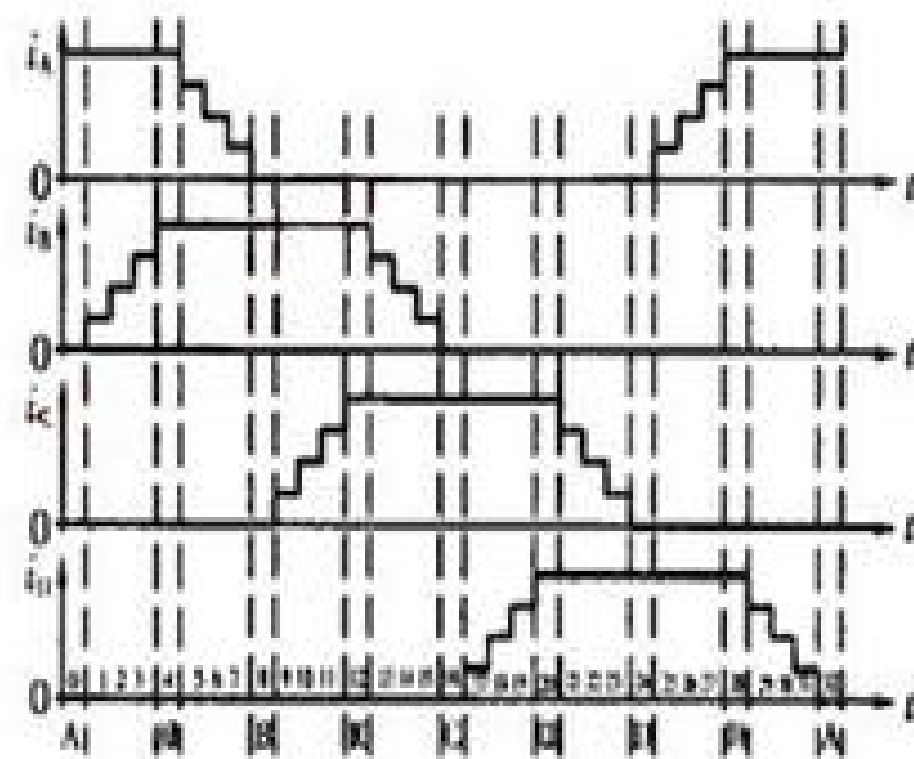


图 1 四相八拍 4 细分各相绕组电流波形

正弦波等效的 PWM 波形，也称 SPWM (Sinusoidal PWM) 波形

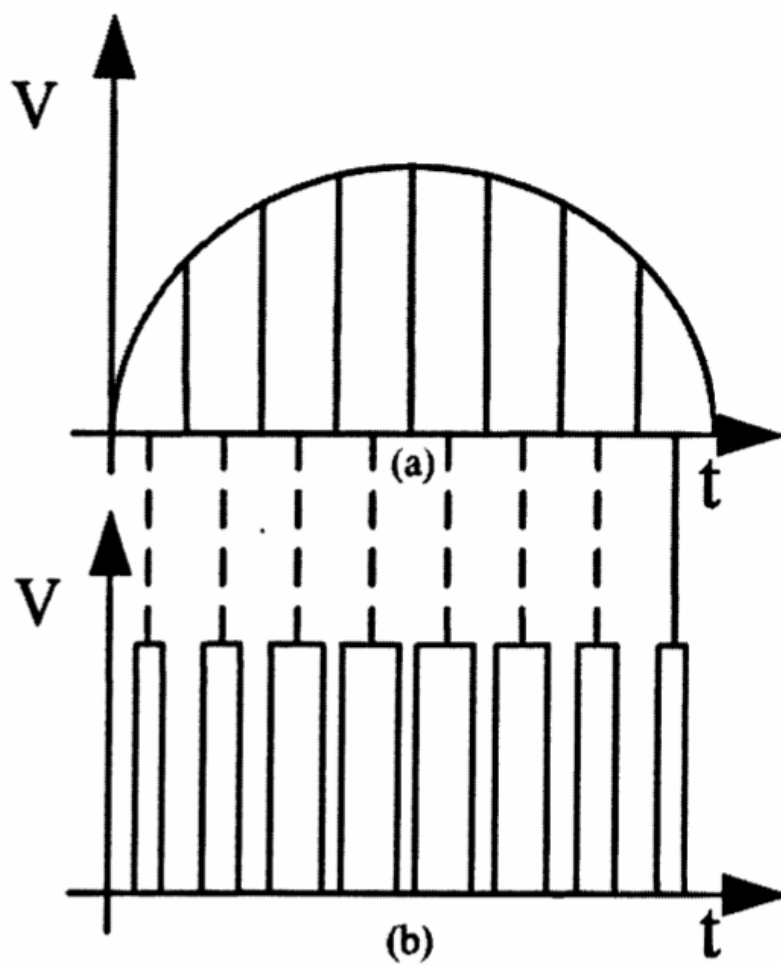
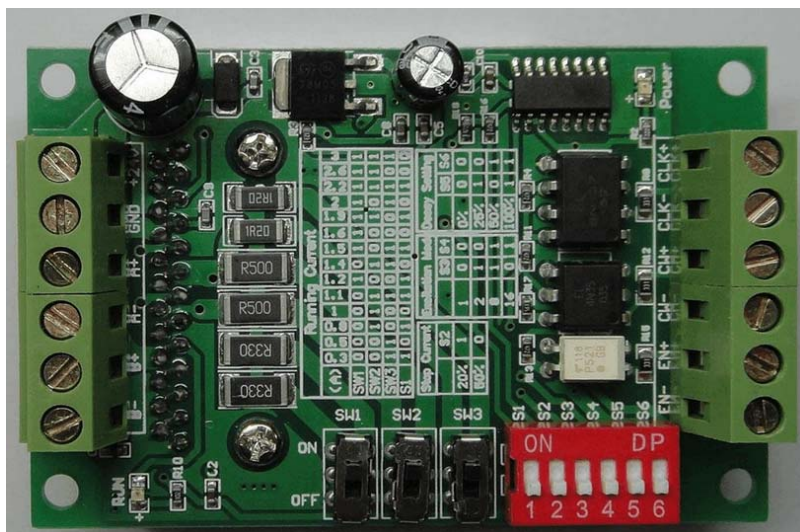
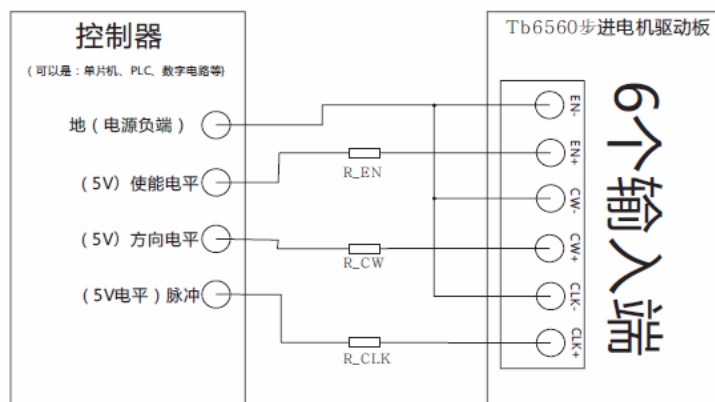


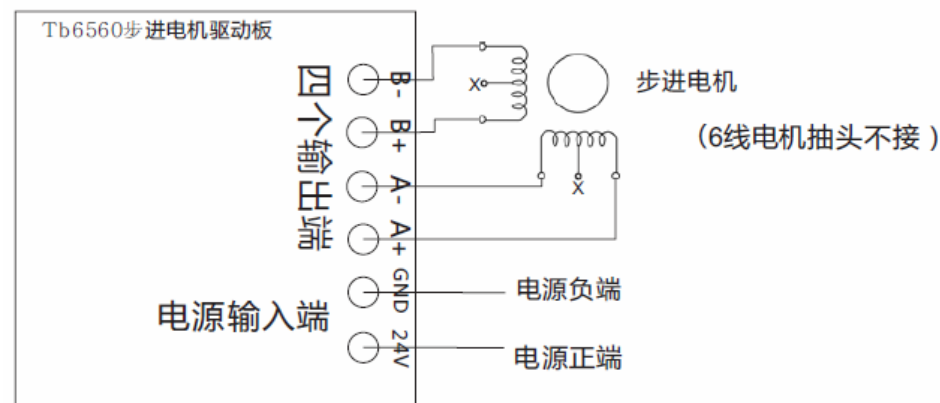
图 3.2 用 PWM 波形代替正弦半波



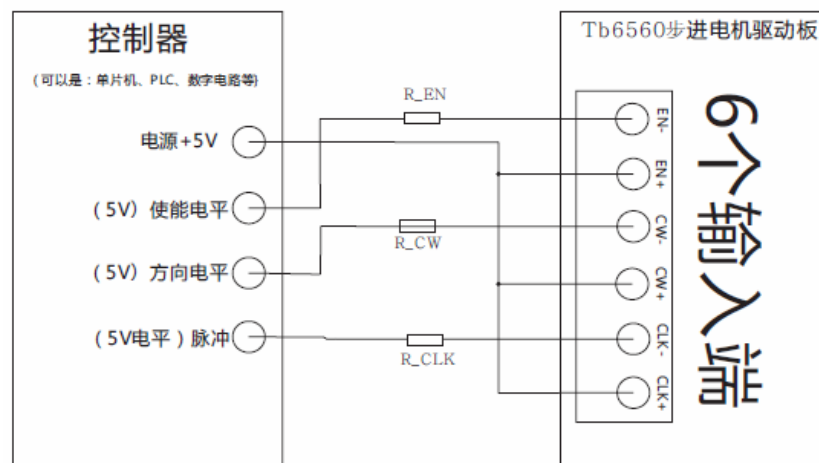
输入端：共阴接法（高电平有效）



注：输入电平为5V时，R_EN、R_CW、R_CLK为0；12V时R_EN、R_CW为1K，R_CLK为1.5K；24V时R_EN、R_CW为2K、R_CLK为3K

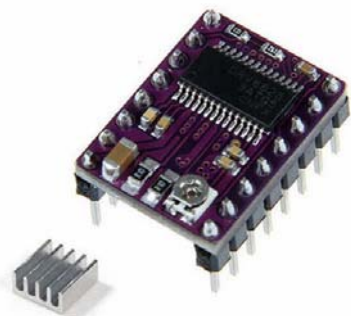


输入端：共阳接法（低电平有效）



注：输入电平为5V时，R_EN、R_CW、R_CLK为0；12V时R_EN、R_CW为1K，R_CLK为1.5K；24V时R_EN、R_CW为2K、R_CLK为3K

使用方法详见：Tb65603456789:V20.pdf

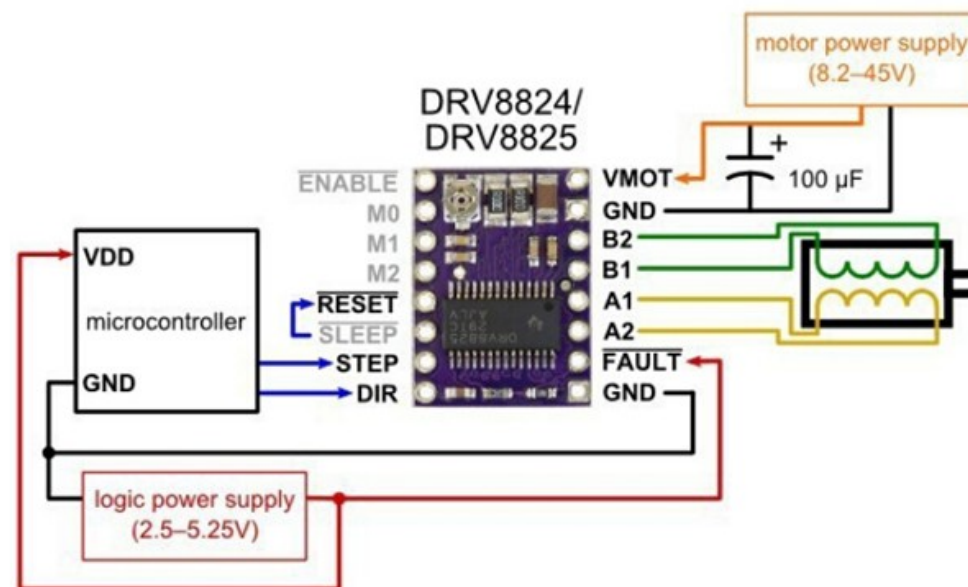


DRV8825步进电机驱动器

适合驱动8.2V~45V 2.5A以下的步进电机

细分：1， 1/2， 1/4， 1/8， 1/16， 1/32

DRV8825 驱动器



步进电机驱动器 A4988

输出驱动性能可达 35 V , 1A

3.3 及 5 V 兼容逻辑电源

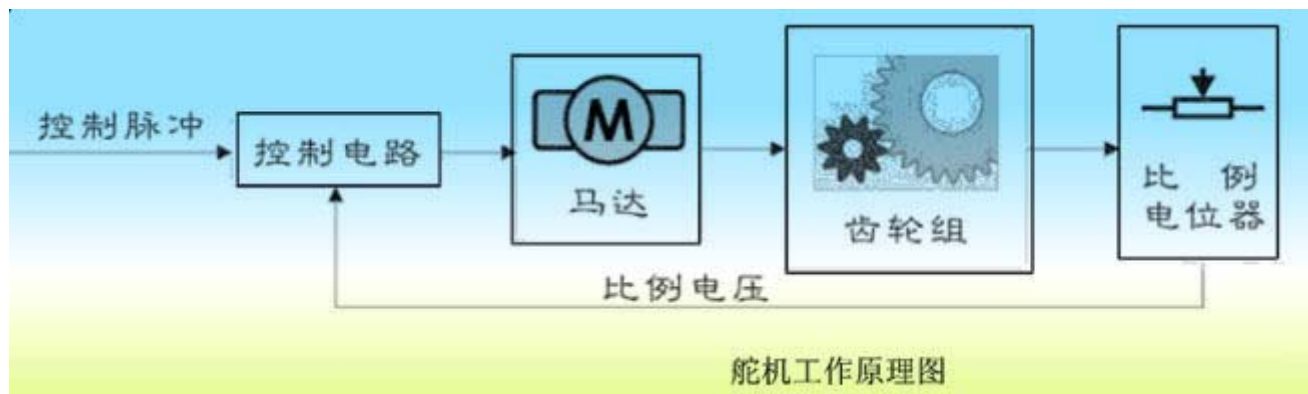
五个可选的步进模式：全、 1/2、 1/4、 1/8 及 1/16

舵机



控制信号由接收机的通道进入信号调制芯片，获得直流偏置电压。它内部有一个基准电路，产生周期为 20ms ，宽度为 1.5ms 的基准信号，将获得的直流偏置电压与电位器的电压比较，获得电压差输出。

最后，电压差的正负输出到电机驱动芯片决定电机的正反转。当电机转速一定时，通过级联减速齿轮带动电位器旋转，使得电压差为0，电机停止转动。



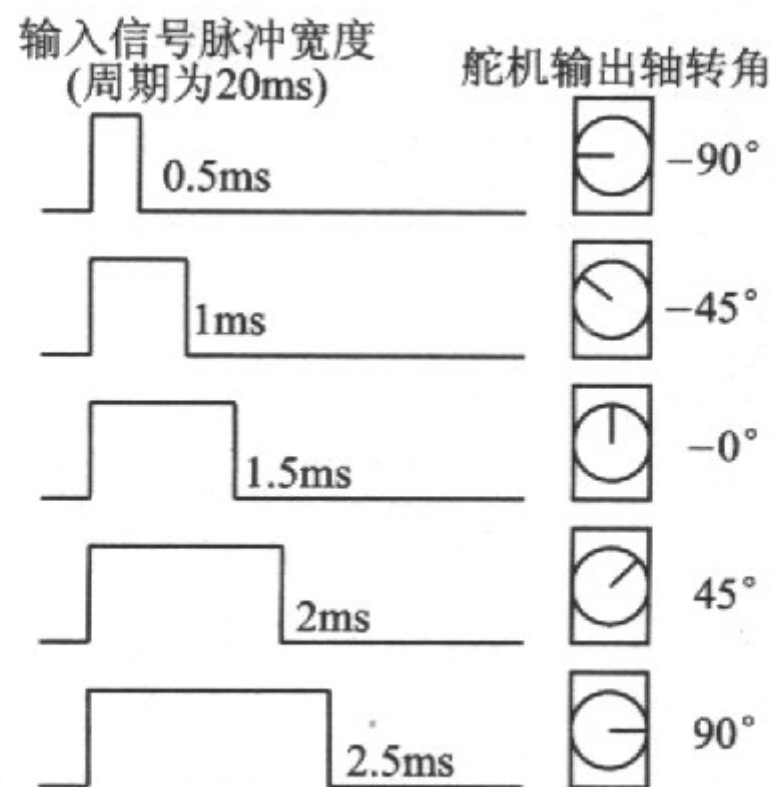
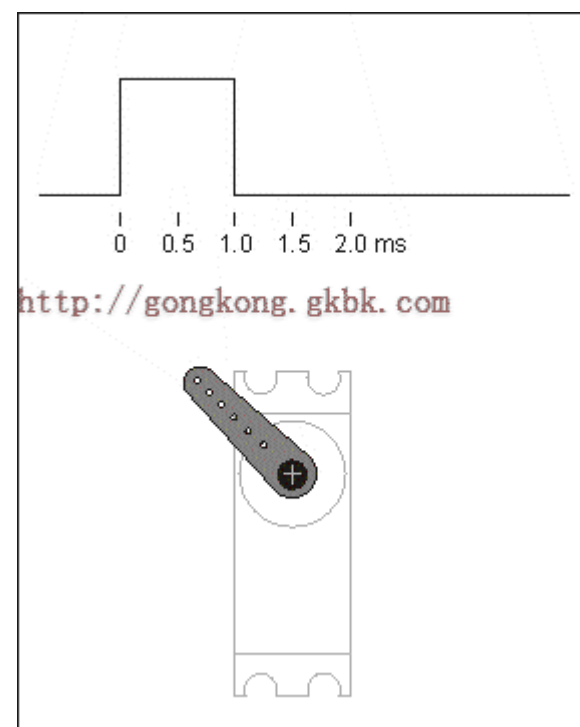


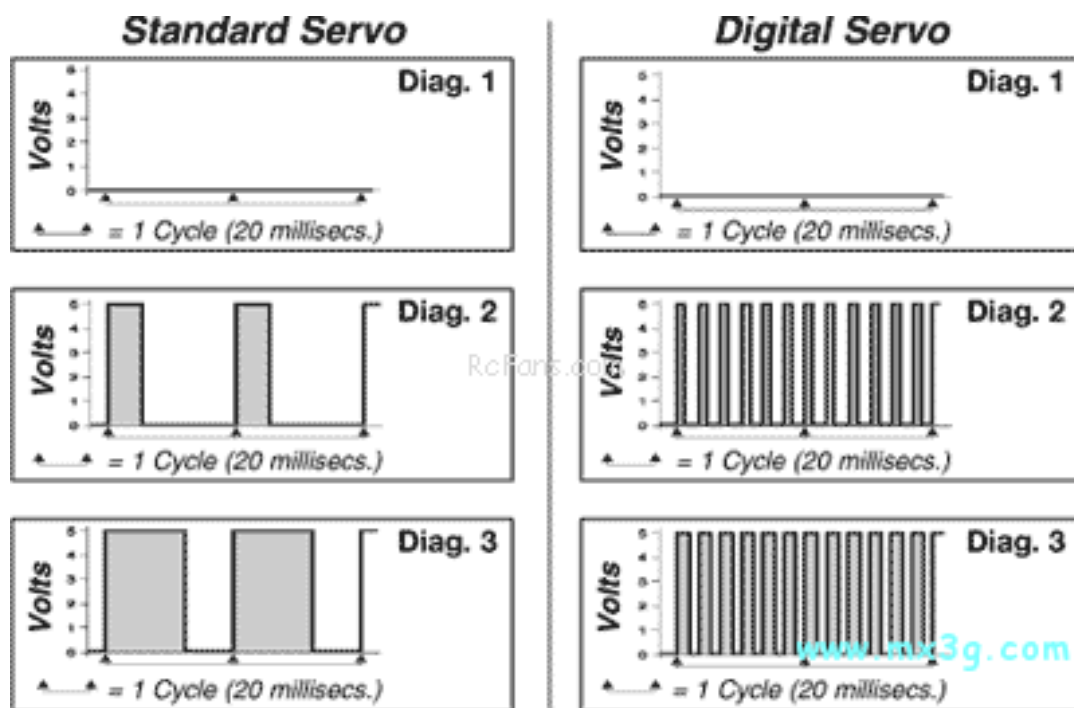
图 3 舵机输出转角与输入信号脉冲宽度的关系



舵机的参数

- 转速：由舵机无负载的情况下转过 60° 角所需时间来衡量，常见舵机的速度一般在 $0.11/60^\circ \sim 0.21\text{S}/60^\circ$ 之间。
- 扭矩：单位是 $\text{KG}\cdot\text{CM}$ ，这是一个扭矩单位。可以理解为在舵盘上距舵机轴中心水平距离 1CM 处，舵机能够带动的物体重量。
- 电压：小型舵机的工作电压一般为 4.8V 或 6V 。
- 重量：以克为单位，微型 9g 舵机，中型 45g ， 100g 舵机等。

数码舵机比传统的模拟舵机



传统的舵机在空载的时候，没有动力被传到舵机马达。当有信号输入使舵机移动，或者舵机的摇臂受到外力的时候，舵机会作出反应，向舵机马达输出驱动电压。

数码舵机最大的差别是在于它处理接收机的输入信号的方式。相对与传统的50脉冲/秒的PWM信号解调方式，数码舵机使用信号预处理方式，将频率提高到300脉冲/秒。因为频率高的关系，意味着舵机动作会更精确，“无反应区”变小。

一个短促的脉冲，紧接着很长的停顿，这意味着舵机控制精度是不够高的，这也是为什么模拟舵机有“无反应区”的存在。比如说，舵机对于发射机的细小动作，反应迟钝或者根本就没有反应。

而数码舵机提升了脉冲密度，轻微的信号改变都会变的可以读取，这样无论是遥控杆的轻微变动，或者舵机摇臂在外力作用下的极轻微变动，都会能够检测出来，从而进行更细微的修正。

数码舵机缺点：功耗大、寿命相对短。

舵机的单片机控制

- 舵机只有3根线，电压，地，脉宽控制信号线，与单片机接口只需要一条线,控制线单片机定时器输出脚，用单片机的定时器产生20ms的脉冲频率控制舵机，通过改变脉冲的占空比来控制输出角度。舵机转动时需要消耗比较大的电流，所以舵机的电源最好单独提供，不要和单片机使用同一路电源。

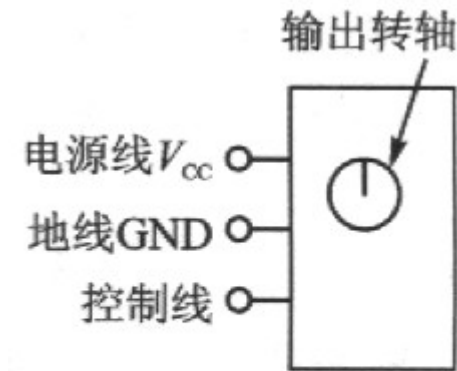


图 2 标准舵机