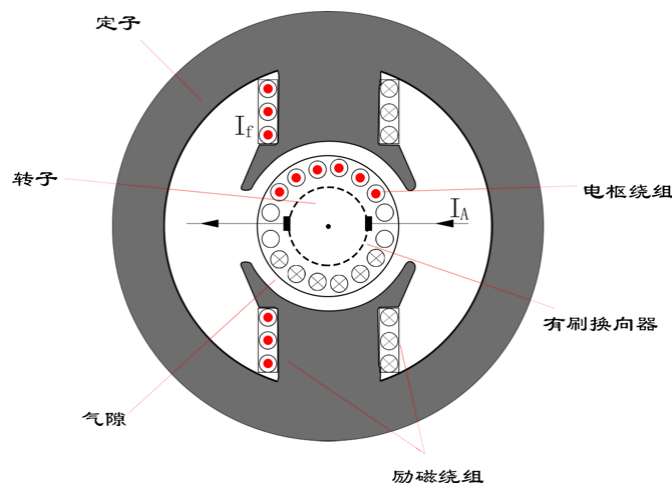


电机概述

吴必兴

直流电机结构



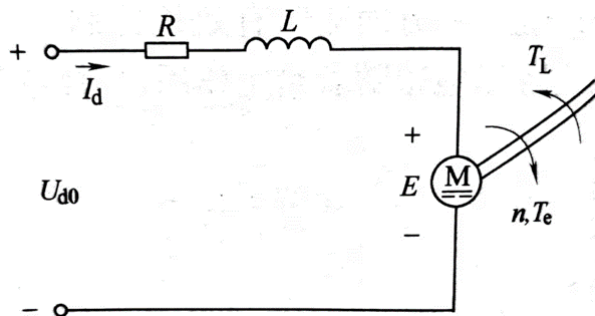
- 图示直流电机结构是电励磁直流电机
- 实际常用直流电机为永磁励磁

主要尺寸关系式

$$\frac{D^2 n l_{ef}}{P'} = \frac{6.1}{\alpha'_p A B_\delta}$$

- D 是电机直径, 对于直流电机来说, 这个尺寸是转子（电枢）的外径
- n 是电机设计的额定转速
- l_{ef} 是电机轴向长度的有效尺寸
- P' 为电机计算功率
- 6.1是一堆 π 啊, 2 啊, 60 啊什么的常数抵消之后得到的系数
- α'_p 是计算极弧系数
- A 是电机给定的线负荷
- B_δ 是电机给定的磁负荷

等效电路图



- U_{d0} 为电机绕组输入电压
- R (书上常用 R_a , a 是armature电枢的首字母)是电枢铜线的电阻和

- L (L_a)是电枢铜线线圈的电抗值之和
- E 是转子运行时产生的反电动势
- T_e 为电磁转矩
- T_L 为机械转矩

电动势公式

$$E_a = C_e \Phi n$$

- E_a 为感应电动势
- C_e 为电动势常数
- φ 是磁通
- n 是电机转速，单位是电机工业常用的转速 rpm

$$C_e = \frac{p * N}{60 * a}$$

- p 为极对数，工创常用的小电机是一对极，由于电机学中变量对于时间求导常使用所谓的海氏算子，符号也是 p ，故极对数也常用 n_p 代表
- N 为电枢绕组的总匝数
- a 为并联支路对数

转矩公式

$$T_e = C_T \Phi I_a$$

- T_e 为电磁转矩
- C_T 为电动势常数
- I_a 为输入的电枢电流

$$C_T = \frac{p * N}{2 * \pi * a}$$

- p 为极对数，工创常用的小电机是一对极，由于电机学中变量对于时间求导常使用所谓的海氏算子，符号也是 p ，故极对数也常用 n_p 代表
- N 为电枢绕组的总匝数
- a 为并联支路对数

减速器

常用的WHEELTEC减速电机减速齿轮组

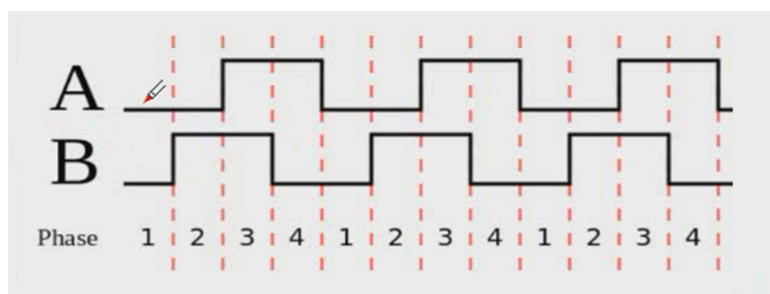
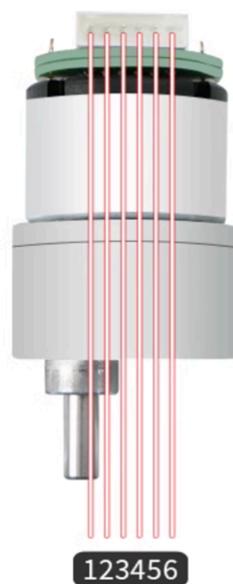


- 根据转矩公式可以知道，如果要产生足够大的转矩，可以增大电枢电流，增减线圈总匝数或是减少并联支路数，如果选择后两者，也就是改变电机的转矩常数，那么电机的反电动势常数也会增大，在相同转速、相同电路端电势的情况下反电势会增加，电枢绕组上的分压就会减小，电枢电流就会减小，从而导致转矩增加不如人意，甚至大部分情况下会导致转矩反向的降低。
- 所以大部分的大转矩电机是高速电机使用一个减速器增加转矩。同时，相同的电机结构通过接入不同的减速齿轮组能够实现不同的减速比和不同的转矩。

编码器

霍尔编码器款 接线说明

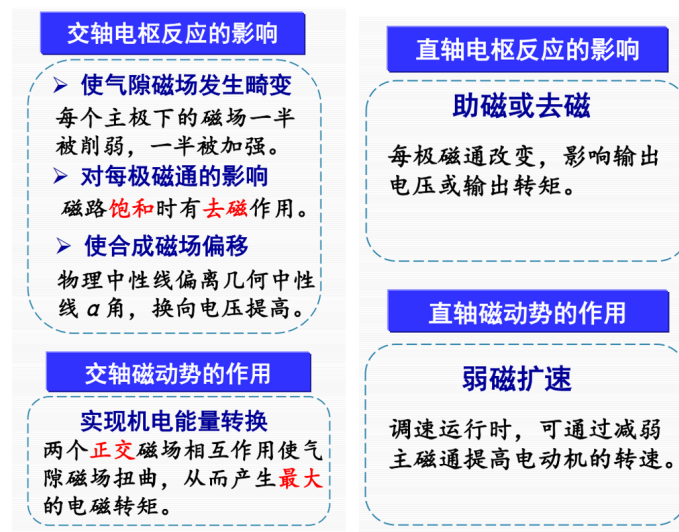
- 1: 电机线—
- 2: 编码器电源
- 3: 编码器输出A相
- 4: 编码器输出B相
- 5: 编码器地线
- 6: 电机线+



- 为了实时获取电机的转速、位置等信息，厂家常常会在电机上设置编码器
- 常用的编码器包括光电编码器、霍尔编码器
- 小喇叭基本用的霍尔编码器

- 每转过一定的角度就会给定一个输出脉冲，
- 常用来衡量的单位是 ppr , $pulse\ per\ round$

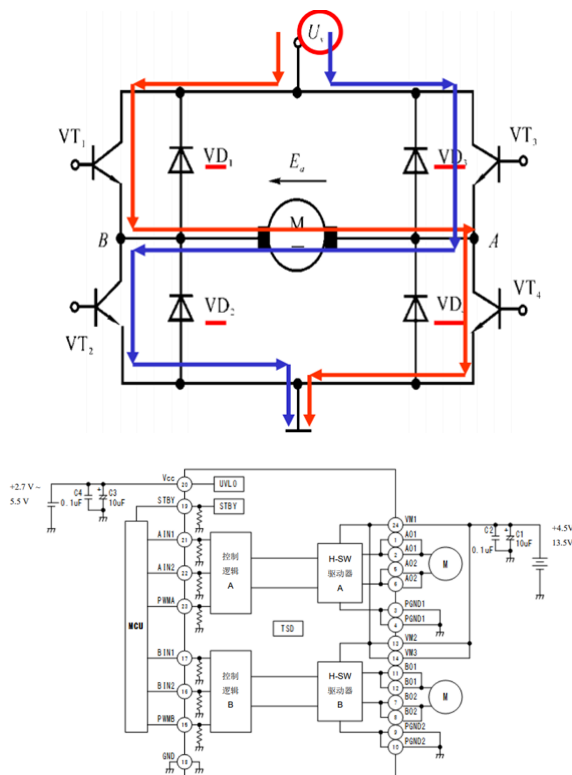
交轴与直轴



- 直轴， d 轴
 - 是主磁通发生的轴
- 交轴， q 轴
 - 是电枢电流合成的电枢磁场指向的轴
- 电枢反应
 - 指电枢中线圈电流合成的磁场反过来影响励磁

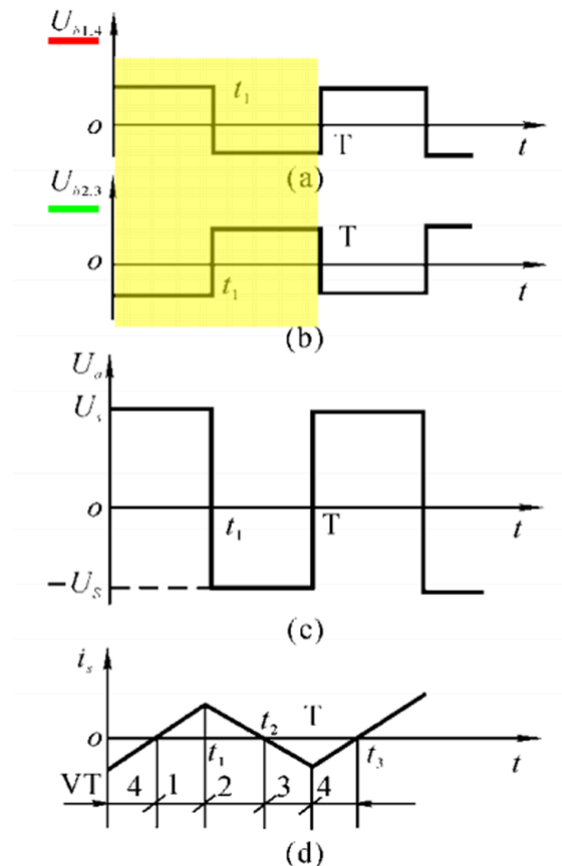
直流电机控制

H桥



- H桥因形状得名
- 全桥分两个半桥，同一颜色路径上的是同一个半桥的部分
- 同一端又分上下桥臂，上下桥臂不可直通，否则会造成短路
- 常用的H桥芯片 *TB6612FNG*

PWM控制



- PWM控制，全称Pulse Width Modules
- 通过控制电桥的通断实现斩波，改变能量传输的百分比，从而实现调速。
- 分为单极性PWM和双极性PWM。
 - 单极性PWM将同一侧的两个桥臂恒置为一高一低，由另一侧两个桥臂状态切换实现导通时的电压提供。
 - 双极性PWM则是四个桥臂同时通断，能够更好地利用电压，但是控制难度有所增加，需要保持同一侧的两个桥臂不可同时导通
- 由于MOSFET,IGBT,GTO等电力电子开关器件的上升、下降等需要一定的时间，且这些时间往往无法用控制器在足够的时间内计算得到，因此常常按照经验值给定所谓的死区。
- 半导体器件可以分为少子型、多子型器件，少子型器件导通后深度饱和会导致关断时需要耗费大量时间使载流子复位。

舵机—经典PWM舵机

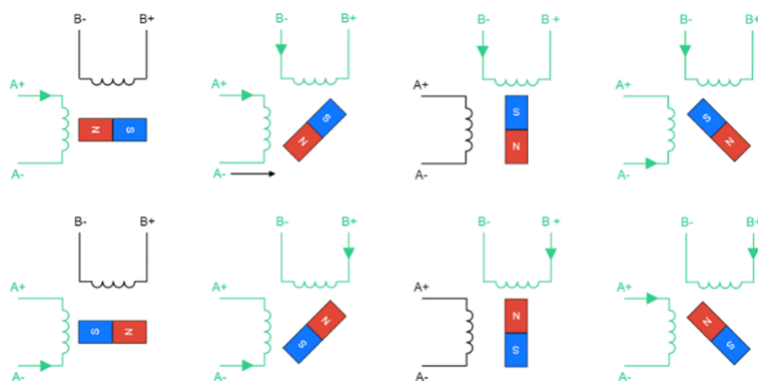
舵机的控制一般需要一个20MS左右的时基脉冲，该脉冲的高电平部分一般为0.5MS-2.5MS范围内的角度控制脉冲部分，总间隔为2MS。以180度角度为例，那么对应的控制关系是这样的：

0.5MS-----0度; 1.0MS-----45度;
1.5MS-----90度; 2.0MS-----135度;
2.5MS-----180度;

舵机—经典UART舵机

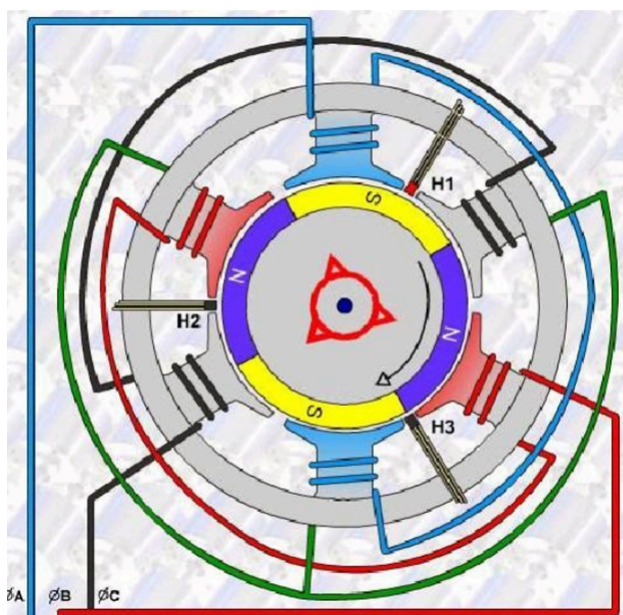
- UART/USART/SCI均指的是串行接口
- 编码方式为电磁编码器、电位编码器
- 内置有MPU处理输入信号、反馈内部信号
- 厂家会提供给库函数与例程，利用库函数能够实现高性能的控制。
- 小喇叭应用的非常多，许多动力关节都是使用的这种舵机。但是缺点也很明显。
 - 1、首先电位编码器可识别的转动角度只有270度，一旦超过这个范围电机就无法响应，所以调试的时候经常需要调整电机角度。只有电磁编码器才有可能达到360度，但是价格是电位编码器的3倍。
 - 2、舵盘螺丝尺寸过小不易装配，装配得到的机器人常常十分松散、容易摇晃。
 - 3、UART通讯速率慢，过渡过程控制几乎没有，完全由MPU执行，且舵盘结构有缺陷，难以实现精确控制。

步进电机



- 步进电机还常使用其丝杆形态，组合成滑台结构，提供平移动力。
- 常使用其闭环控制结构。
- 开环步进电机容易发生失步现象，即由于负载过大，或是设置转速过快，使得电机难以顺利响应，导致转子与电枢磁矢量失去耦合。
- 步进电机是一种两相电机，依靠控制器控制每相电流的大小，从而改变电枢磁场的给定方向，牵引转子到不同的位置。
- 用得不多，真不多，转矩不够大，控制器巨大，容易发烫，容易震荡。

三相同步电机结构



定子

- 三相交流电经电枢产生旋转磁场
- 旋转磁场与转子永磁激励产生的磁场发生锁定
- 如果转子在理想情况下运行，不牵引任何负载，那么在稳定时旋转磁场的矢量方向与转子激励的矢量方向是相互重合的。
- 如果转子牵引负载，会造成转子永磁激励矢量落后定子旋转磁场综合矢量一个角度，这个角度被称为功率角。

- 磁链矢量之间产生转矩的关系类似于向量的叉乘，当功率角因过大的负载被牵引超过 90° 时，会发生所谓的失步现象，定转子失去锁定。
- 定子电枢包含若干个齿，齿与齿之间的槽称之为齿槽，尽管齿槽中包含不止一条线圈，但是由于空气隙的磁导率相当之低，从电磁学角度来说位于同一个齿槽中的线圈可以看做具有相同的电角度。

转子

- 常用的电机转子是表贴式转子。
- 即在电机铸铁轴的外表表贴了弧形的磁极。
- 永磁体的磁导率几乎与空气无异，可以认为在电磁学上只有圆形的铸铁电机轴。