

电子设计大赛培训...

—— 传感器应用



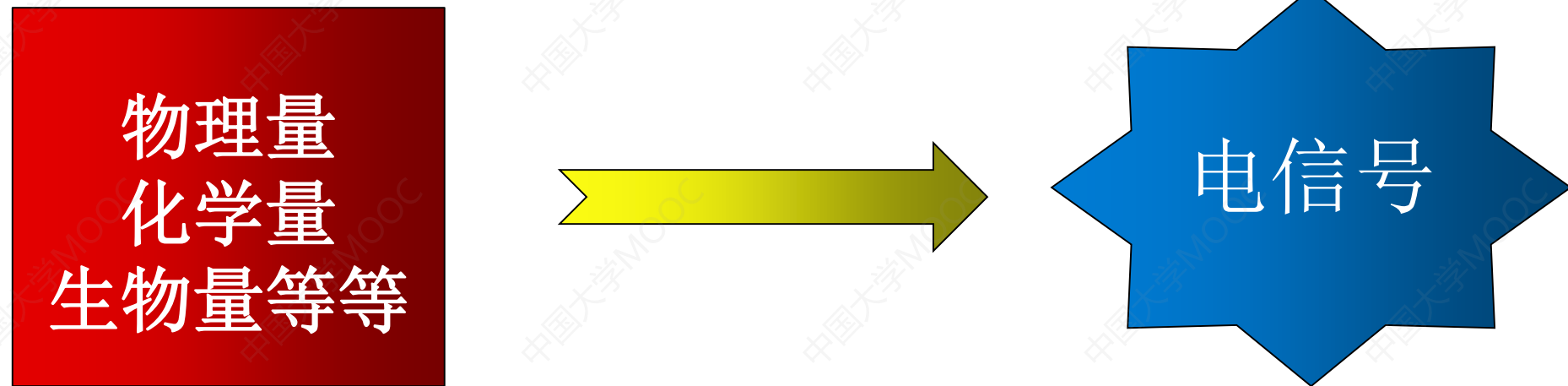


1.传感器基本概念

2.常用传感器介绍

传感器定义

传感器（sensor / transducer）



什么是传感器？

传感器（transducer / sensor）能感受被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。

敏感元件(sensing element)：指传感器中能直接感受或响应被测量的部分。

转换元件(transducing element)：指传感器中能将敏感元件感受或响应的被测量转换成适于传输或测量的电信号部分。

注：当输出为规定的标准信号时，则称为变送器（transmitter）

标准信号——物理量的形式和数值范围都符合国际标准的信号值。

一般标准电信号分两类：

1) DDZ-III型：指4~20mA DC的电流信号、1~5V DC的电压信号。

2) DDZ-II型：指0~20mA DC 的电流信号、0~10V DC的电压信号。

传感器种类



全球传感器14大类65个家族366种技术



压阻式压力传感器



密封型压力变送器



电容式差压变送器



电涡流传感器



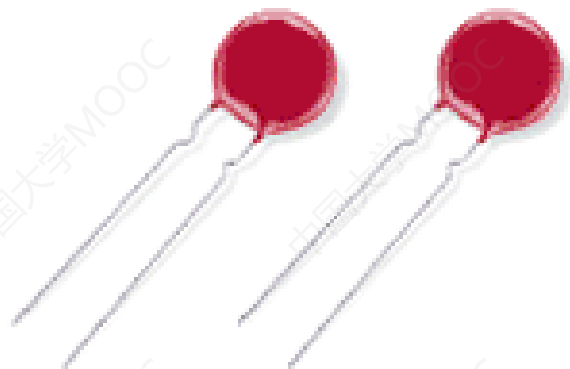
电感式接近开关



旋转差动变压器



热电偶



热敏电阻



光敏电阻



光敏三极管



压电加速度传感器



霍尔电压传感器

湿度传感器



旋转编码器

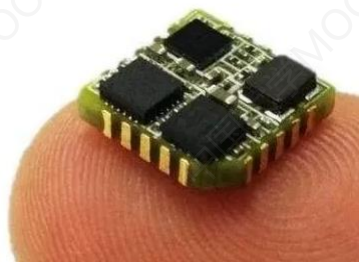


超声物位开关



激光位移传感器

传感器进化史



分立传感器

微型传感器

集成传感器

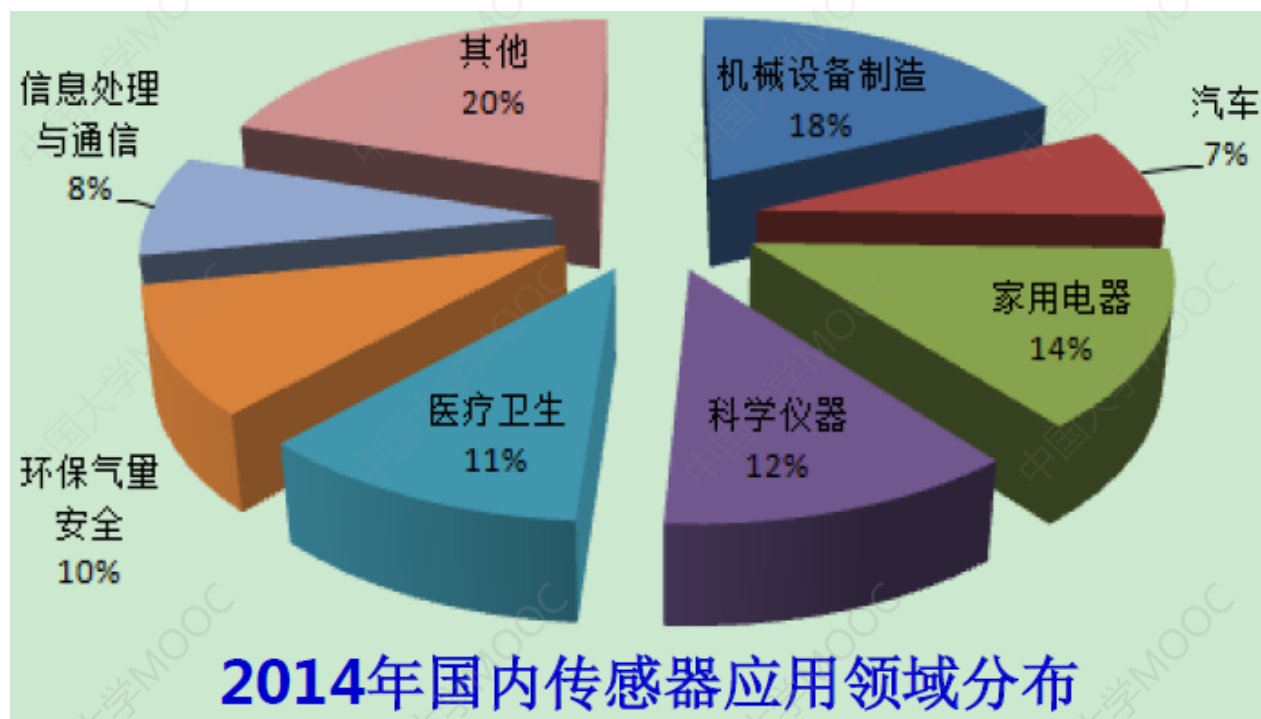
智能传感器



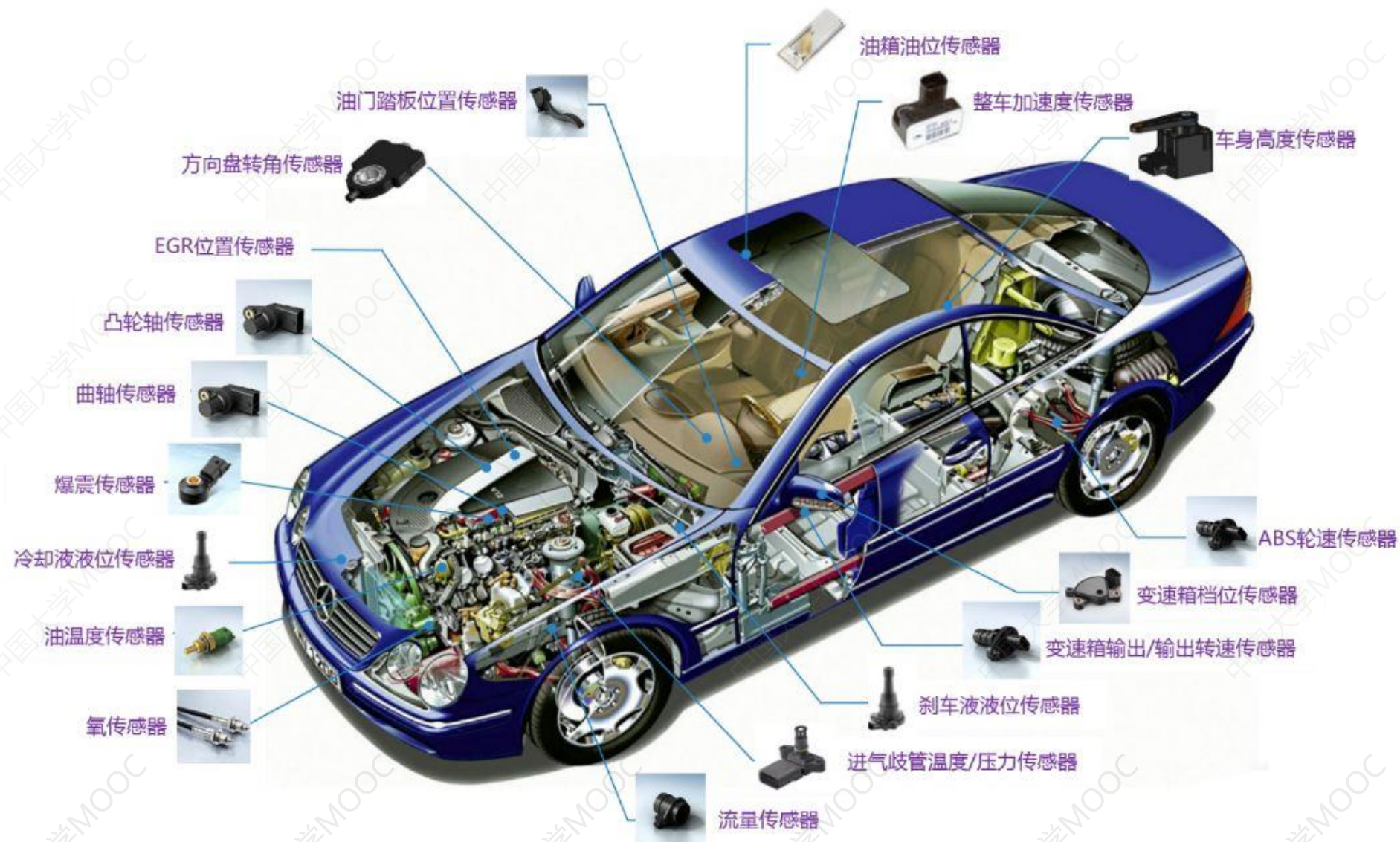
为什么学习传感器？

传感器无处不在（烟雾、水龙头、空调、手机、汽车...）

传感器是物联网的基础（智慧家居、智慧交通、数字城市、智能工厂...）



汽车上的传感器



传感器的分类

1. 按敏感器件的测量原理分类：电阻式、电容式、压电式等；
2. 按被测物理量分类：压力传感器、温度传感器等；
3. 按能量转换情况分类：能量变换型(自行发电)
能量控制型(需要外电)
4. 按输出信号类型分类：数字传感器、模拟传感器



中华人民共和国国家标准

GB/T 7665—2005
代替 GB/T 7665—1987

传感器的分类

按敏感器件测量原理分类

	类型		类型		类型
1	电阻式传感器	6	磁电式传感器	11	光伏式传感器
2	电容式传感器	7	霍尔式传感器	12	光纤传感器
3	电感式传感器	8	压阻式传感器	13	电化学传感器
4	压电式传感器	9	磁阻式传感器	
5	热电式传感器	10	光导式传感器	

传感器通用术语

General terminology for transducers

2005-07-29 发布

2006-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布



中华人民共和国国家标准

GB/T 7665—2005
代替 GB/T 7665—1987

传感器的分类

按被测物理量分类

	类型		类型		类型
1	温度传感器	5	位移传感器	9	湿度传感器
2	可见光传感器	6	磁传感器	10	射线传感器
3	声传感器	7	红外光传感器	11	离子传感器
4	力传感器	8	气体传感器	

传感器通用术语

General terminology for transducers

2005-07-29 发布

2006-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

传感器的命名

一种传感器产品的名称，应由**主题词**加**四级修饰语**构成。

主题词：传感器

- 四级修饰语：**
1. 被测量（可含修饰定语）
 2. 转换原理（即###式）
 3. 特征描述（即###型）
 4. 主要技术指标（如量程、精度等）

例1：100-160dB电容式声压传感器

例2：600kPa单晶硅压阻式压力传感器

传感器命名法及代码

Nomenclature and code for transducers

传感器的命名

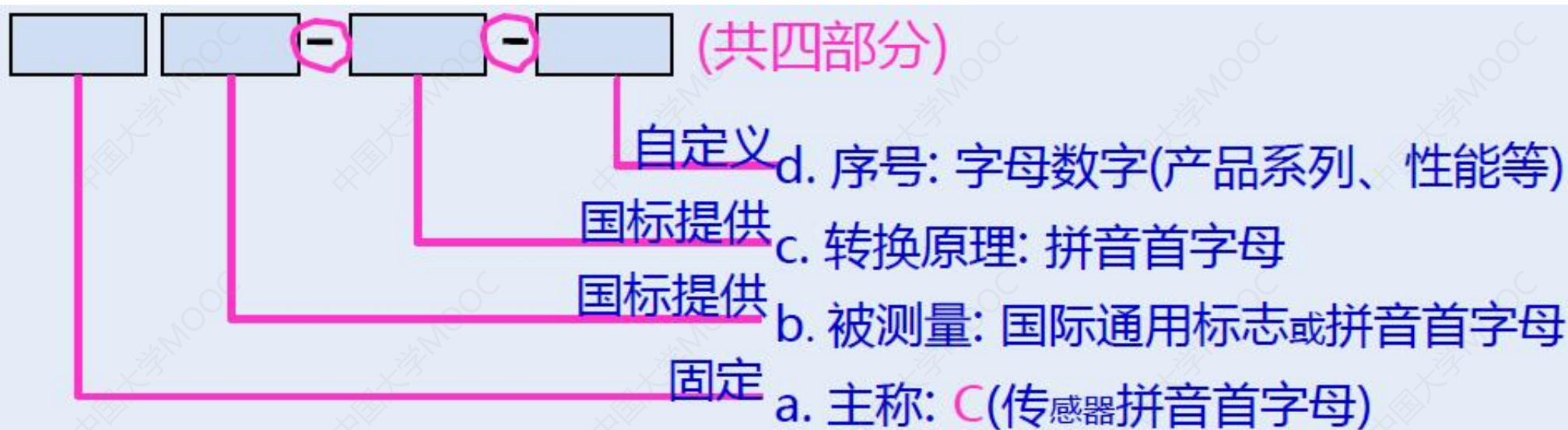
注：

- 1.在技术文件、产品样本、学术论文、教材及书刊的陈述句子中，产品名称一般采用相反的顺序
- 2.当对传感器的产品名称命名时，除第一级修饰语外，其他各级可视产品的具体情况任选或省略

例1：100-160dB电容式声压传感器

例2：600kPa单晶硅压阻式压力传感器

传感器代号



C Y-YZ-STI 100

传感器 压力-压阻-STI 100(序号)



C ZS-HE-SPR KE10000

转速-霍尔-SPR KE10000(序号)

表 2 被测量代号举例

被 测 量	代 号	被 测 量	代 号	被 测 量	代 号
压力	Y	粘度	N	氢离子活[浓]度	(H ⁺)
真空度	ZK	浊度	Z	pH 值	(pH)
力	L	硬度	YD	DNA	PT
重量(称重)	ZL	流向	LX	葡萄糖	NS
应力	YL	温度	W	尿素	DG
剪切应力	QL	光	G	胆固醇	XZ
力矩	LJ	激光	JG	血脂	(GPT)
扭矩	NJ	可见光	KG	谷丙转氨酶	XX
速度	V	红外光	HG	血型	(BOD)
线速度	XS	紫外光	ZG	生化需氧量	GA
角速度	JS	射线	SX	谷氨酸	(DNA)
转速	ZS	X 射线	(X)	血气	XQ
流速	LS	β 射线	(β)	血液 pH	X(pH)
加速度	A	γ 射线	(γ)	血氧	X(O ₂)
线加速度	XA	射线剂量	SL	血液二氧化碳	X(CO ₂)

如何选用传感器

传感器测量范围大小

- 被测位置对传感器体积的要求
- 测量方式：接触式、非接触式
- 信号引出：有线、非接触输出
- 传感器具体性能指标
- 产品的价格承受能力



a. 热敏电阻



b. 热电阻

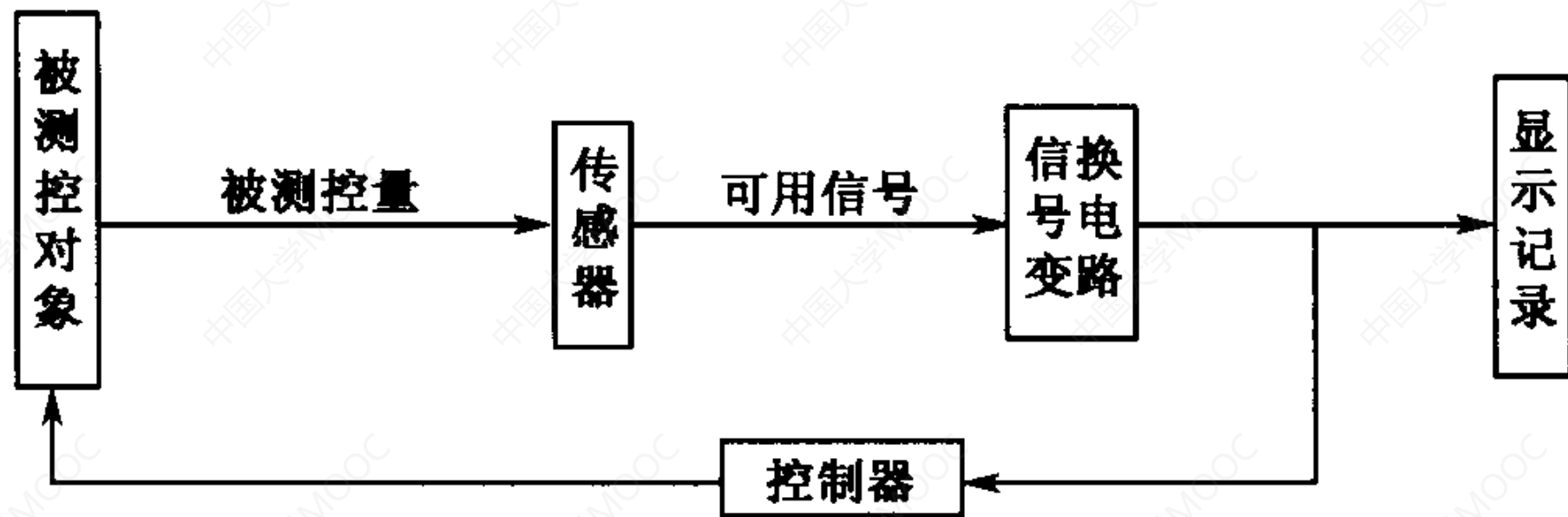


c. 热电偶



d. 半导体18B20

自动测控系统





常用传感器



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

磁传感器

超声波传感器

光电传感器

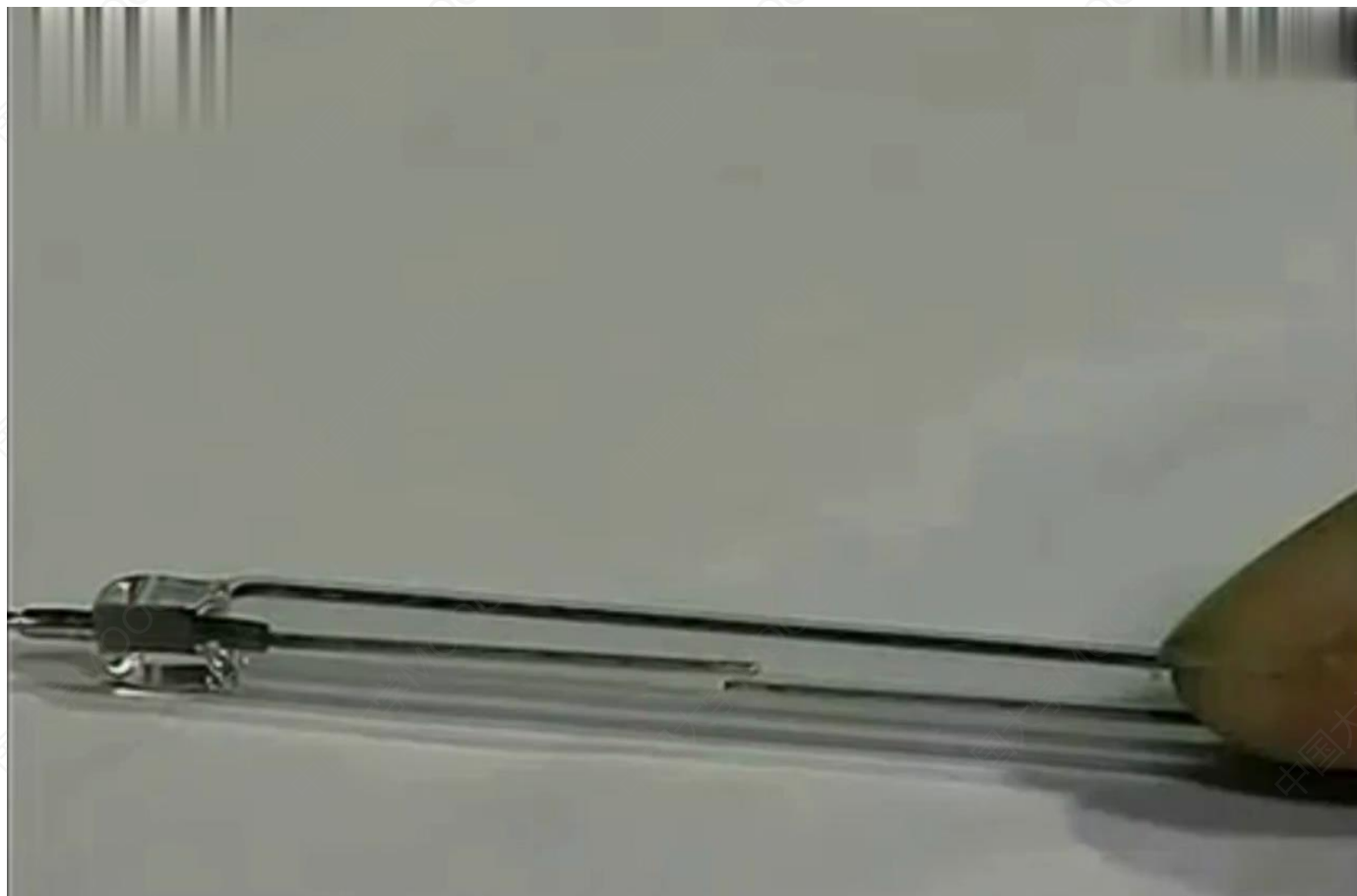
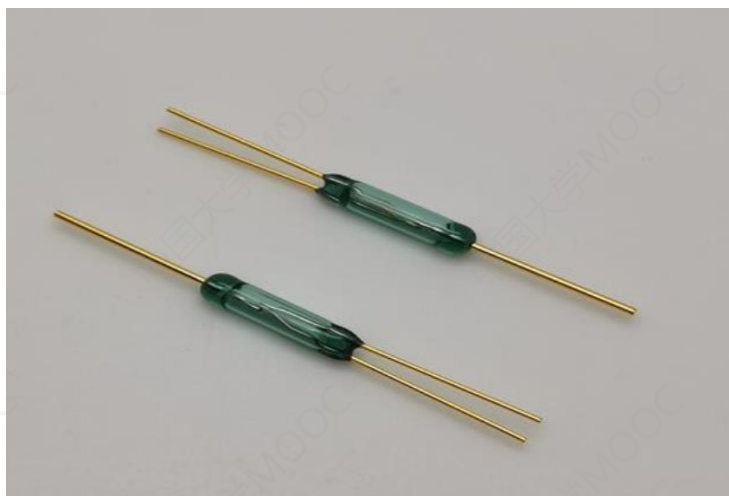
陀螺仪加速度传感器

编码器

电子封条——磁传感器



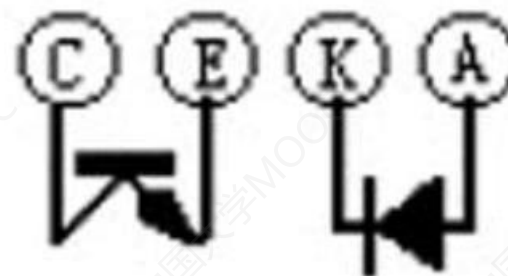
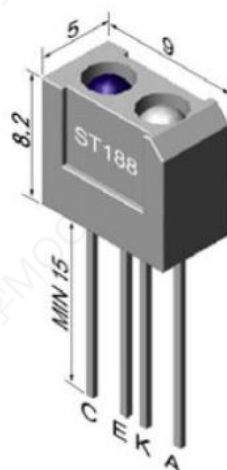
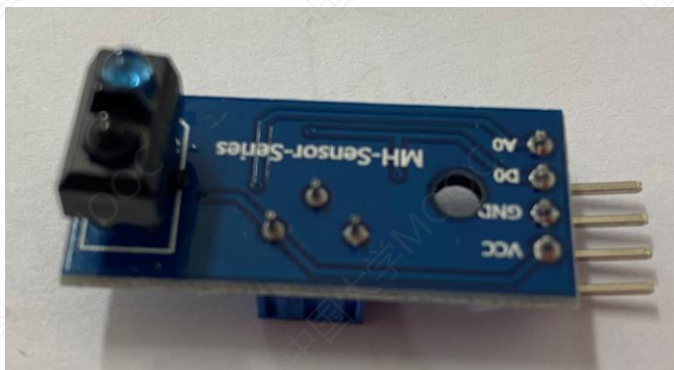
干簧管



ST188光电传感器

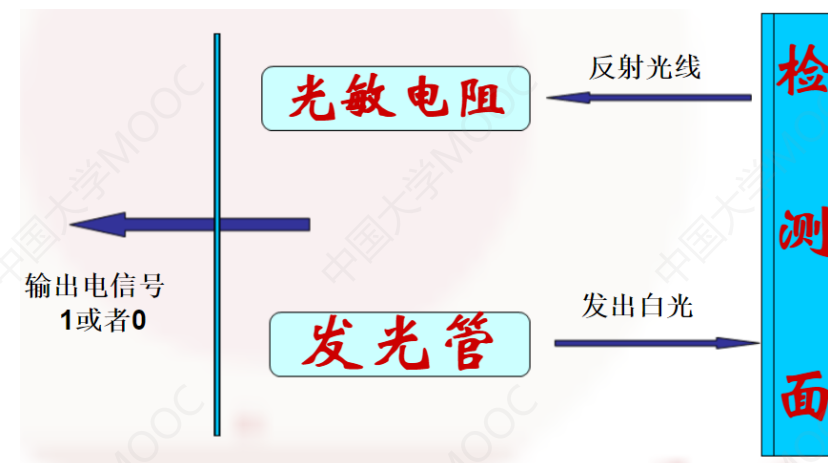
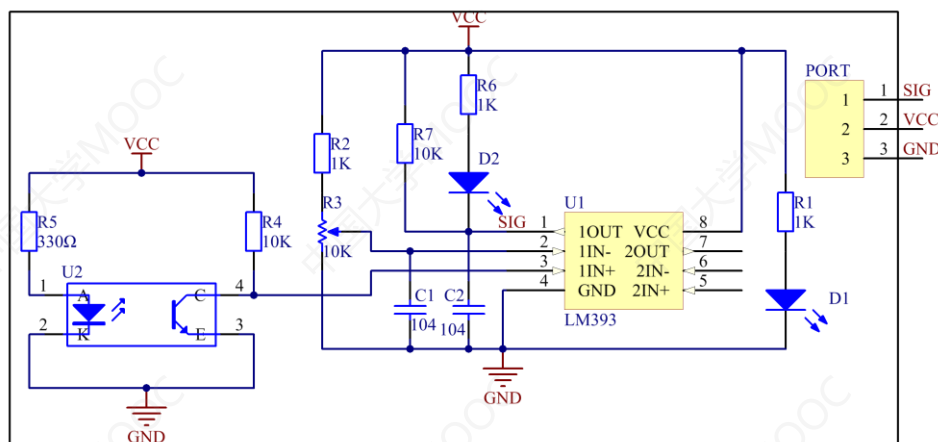
ST188传感器本质上由一个高发射功率红外光电二极管和一个高灵敏度光电晶体管组成。A、K是红外发射二极管的正负极，C、E是接收管的正负极。

只要A极接高电平、K极接低电平，红外发射管就能发出红外线。可以在传感器加上外围电路来检测接收管的信号，进而确定是否接受到反射回来的红外线。



ST188光电传感器

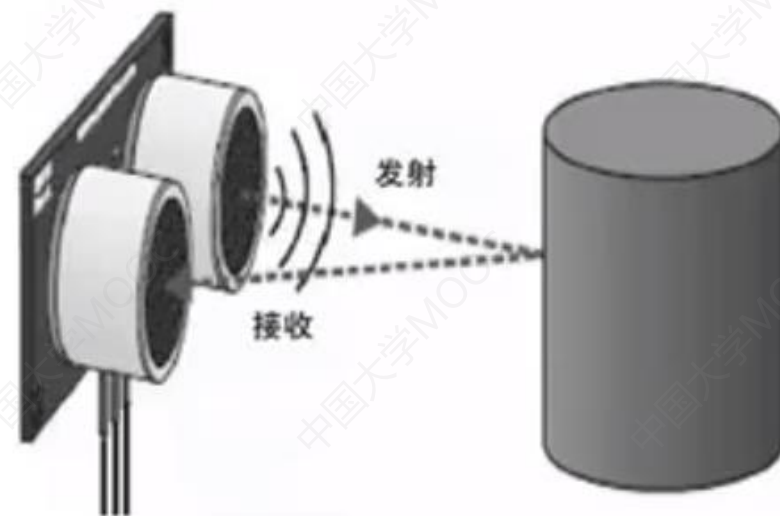
如果接收管接收到反射回来的红外线，红外接收头导通，4管脚输出低电平，接近GND；如果没有接收到反射回来的红外线，红外接收头不导通，4管脚输出高电平，接近Vcc。



当检测方向遇到障碍物时，红外线反射回来被接收管接收，经比较器电路处理之后，D2灯亮起，同时SIG输出低电平信号。利用这一点，我们通过调节电位器来调节检测距离，进行障碍物的检测。

结合上面的应用电路，可以通过检测SIG的值（0/1）确定传感器是否遇到障碍物，达到判断的目的。

超声波传感器



常温下超声波的传播速度是334 米/秒

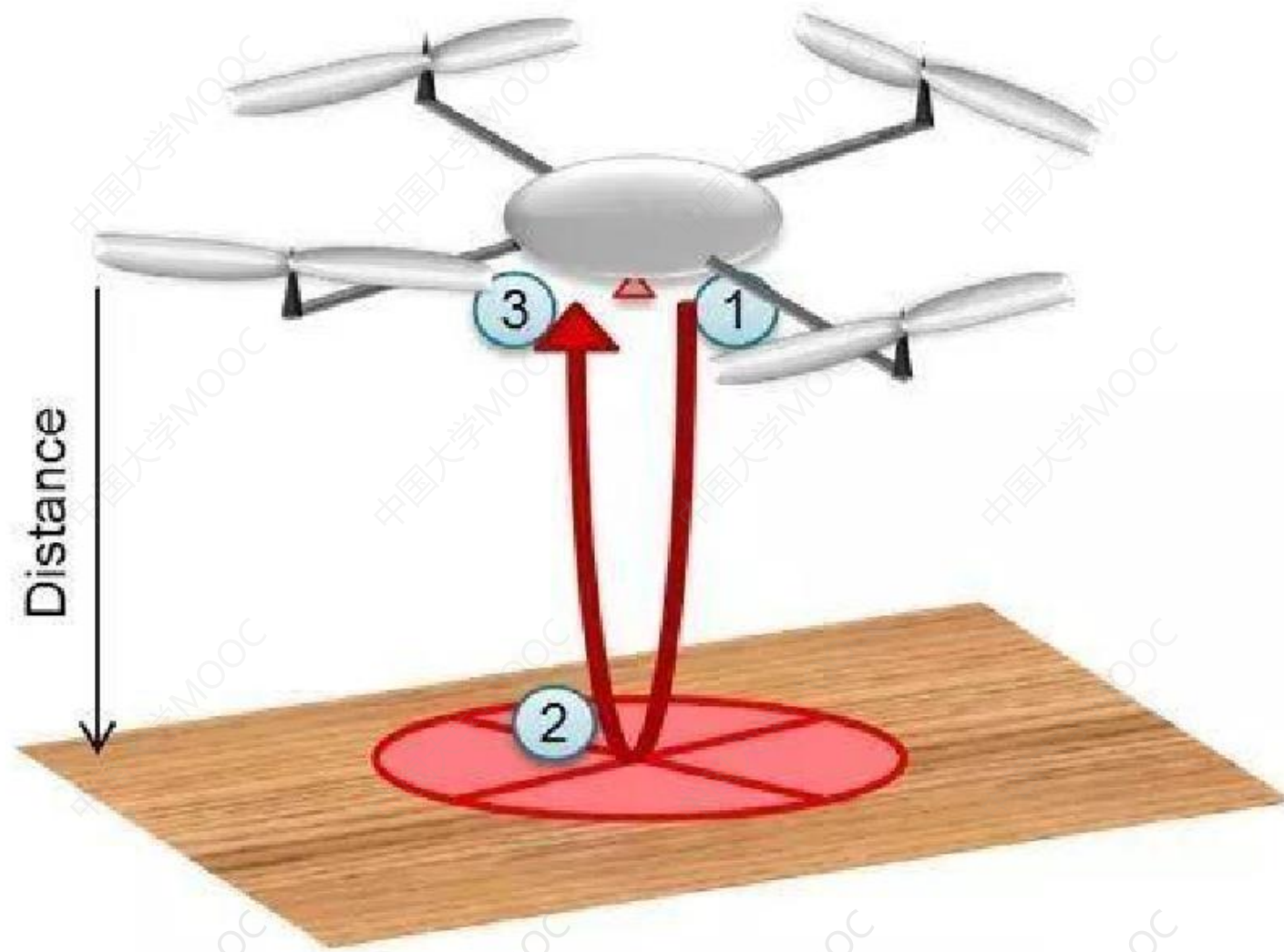
超声波传感器



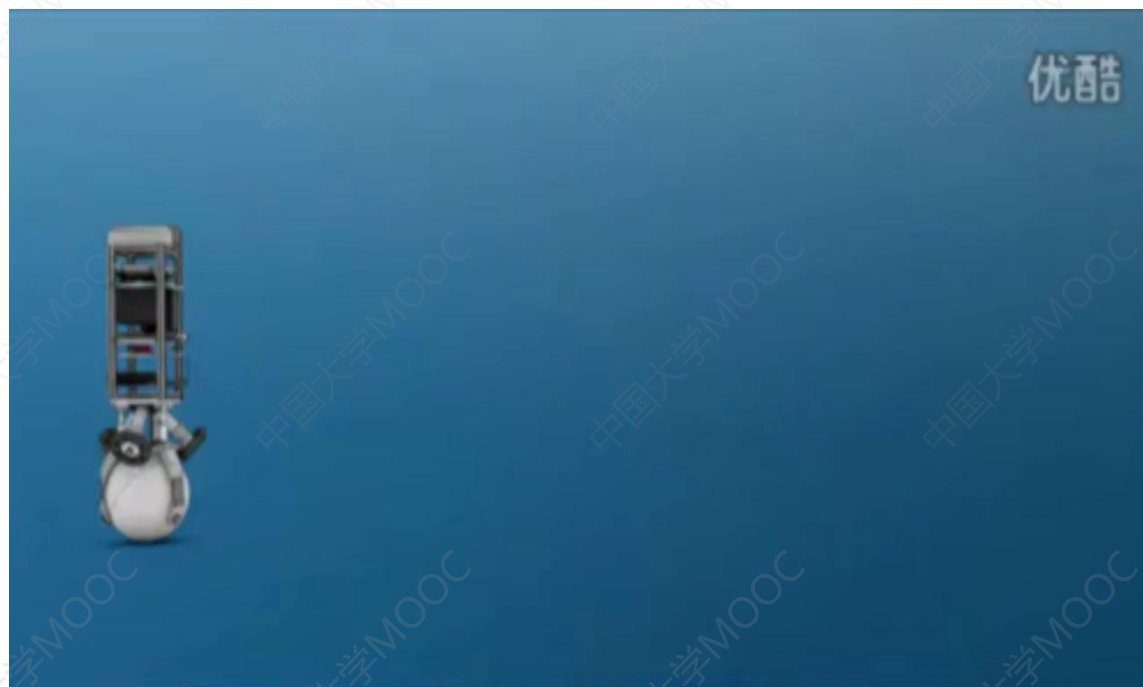
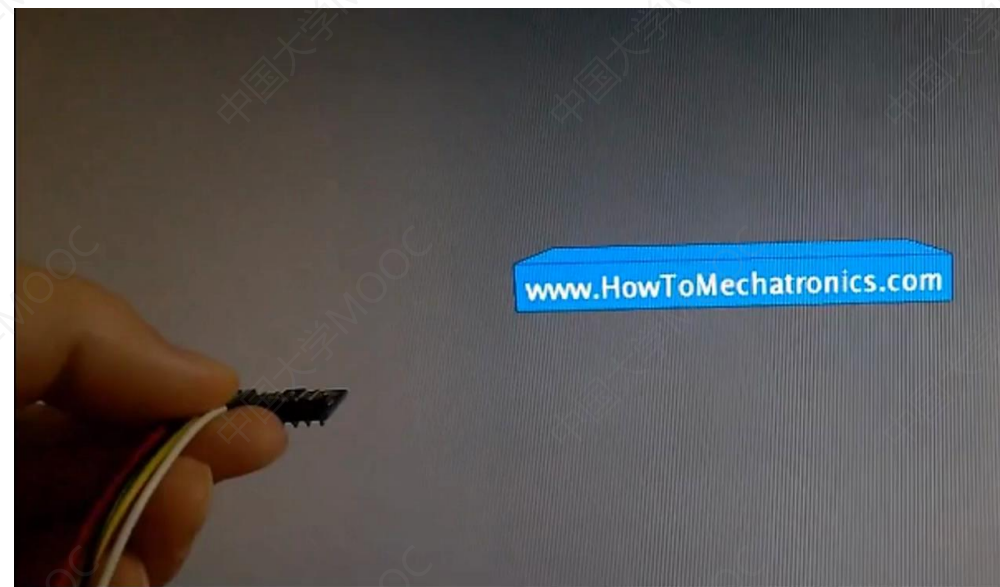
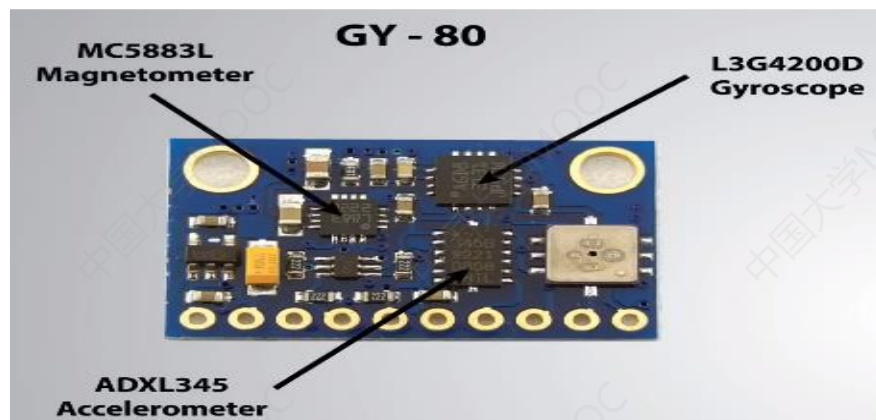
超声波距离传感器内部有两个超声波传感器。一个用来作为发射器，一个作为接收器。可以实现20mm至4000mm之间非接触距离检测。



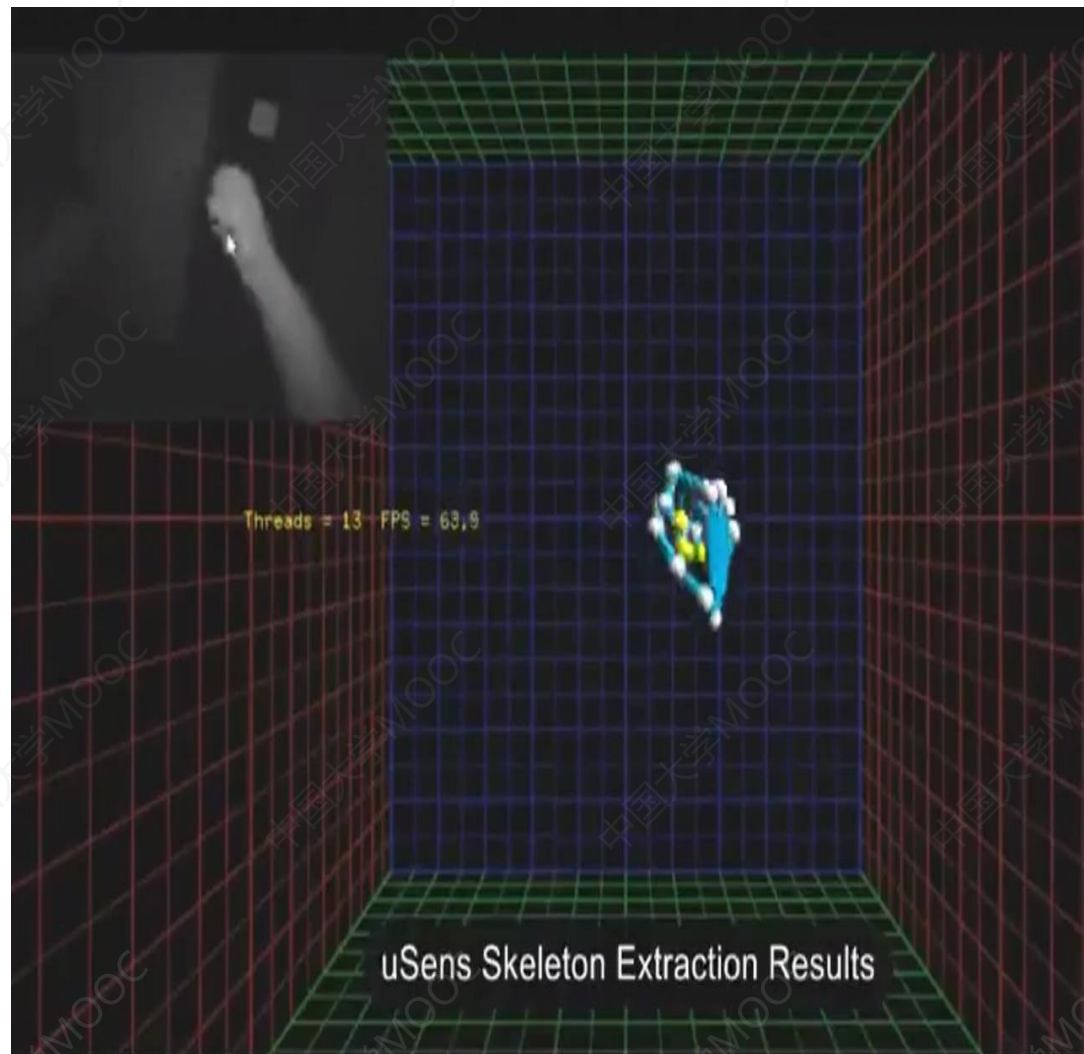
超声波传感器



陀螺仪加速度传感器



惯性传感器的应用





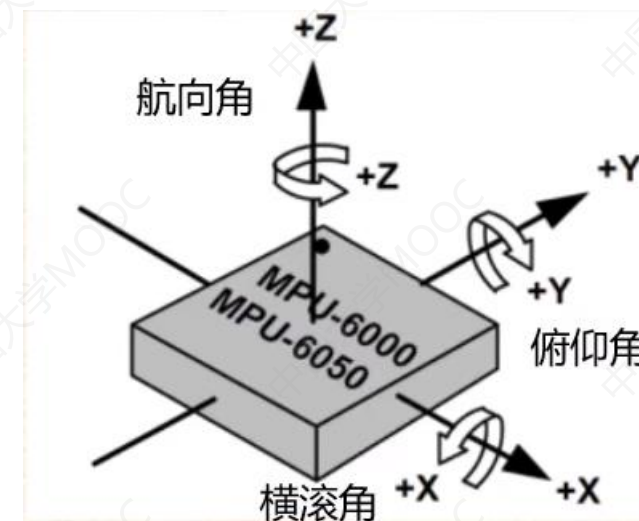
MPU6050介绍



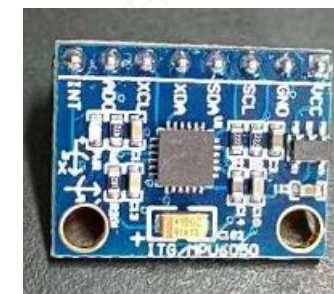
北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

MPU-6000 (6050) 为全球首例整合性6轴运动处理组件，是三维角度传感器。

- 1、带有16位ADC和信号调理的三轴MEMS速率陀螺仪传感器
- 2、具有16位ADC和信号调理的三轴MEMS加速度传感器
- 3、数字运动处理器 (DMP) 引擎 (DigitalMotion Processor)
- 4、主I2C (400kHz) 和SPI (1MHz) (仅MPU-6000) 串行通信接口
- 5、含有一个片上1024字节的FIFO，有助于降低系统功耗
- 6、含有一个数字输出温度传感器
- 7、与主机通信的逻辑电平由VLOGIC上的电压设置
- 8、陀螺仪可测范围为 ± 250 , ± 500 , ± 1000 , $\pm 2000^\circ/\text{秒}$ (dps)
- 9、加速度计可测范围为 ± 2 , ± 4 , ± 8 , $\pm 16g$
- 10、可支持 VDD范围 $2.5V \pm 5\%$, $3.0V \pm 5\%$, 或 $3.3V \pm 5\%$



右手螺旋定则



带有16位ADC和信号调理的三轴MEMS陀螺仪：

MPU-60X0由三个独立的振动MEMS速率陀螺仪组成，可检测旋转角度X轴，Y轴和Z轴。当陀螺仪围绕任何感应轴旋转时，科里奥利效应就会产生电容式传感器检测到的振动。所得到的信号被放大，解调和滤波产生与角速度成比例的电压。该电压使用单独的片内数字化16位模数转换器（ADC）对每个轴进行采样。陀螺仪传感器可以全面范围的被数字编程为每秒 ± 250 ， ± 500 ， ± 1000 或 ± 2000 度（dps）。ADC样本速率可以从每秒8,000个采样点编程到每秒3.9个采样点，并且可由用户选择低通滤波器可实现广泛的截止频率。

具有16位ADC和信号调理的三轴MEMS加速度计：

MPU-60X0的3轴加速度计为每个轴使用单独的检测质量。加速沿着一条特定轴在相应的检测质量上引起位移，并且电容式传感器检测到该位移位移有差别。MPU-60X0的架构降低了加速度计的敏感度制造变化以及热漂移。当设备放置在平坦的表面上时，将进行测量在X和Y轴上为0g，在Z轴上为+1g。加速度计的比例因子在工厂进行校准并且在名义上与电源电压无关。每个传感器都有一个专用的sigma-delta ADC来提供数字输出。数字输出的满量程范围可以调整到 $\pm 2g$ ， $\pm 4g$ ， $\pm 8g$ 或 $\pm 16g$ 。

嵌入式数字运动处理器（DMP）：

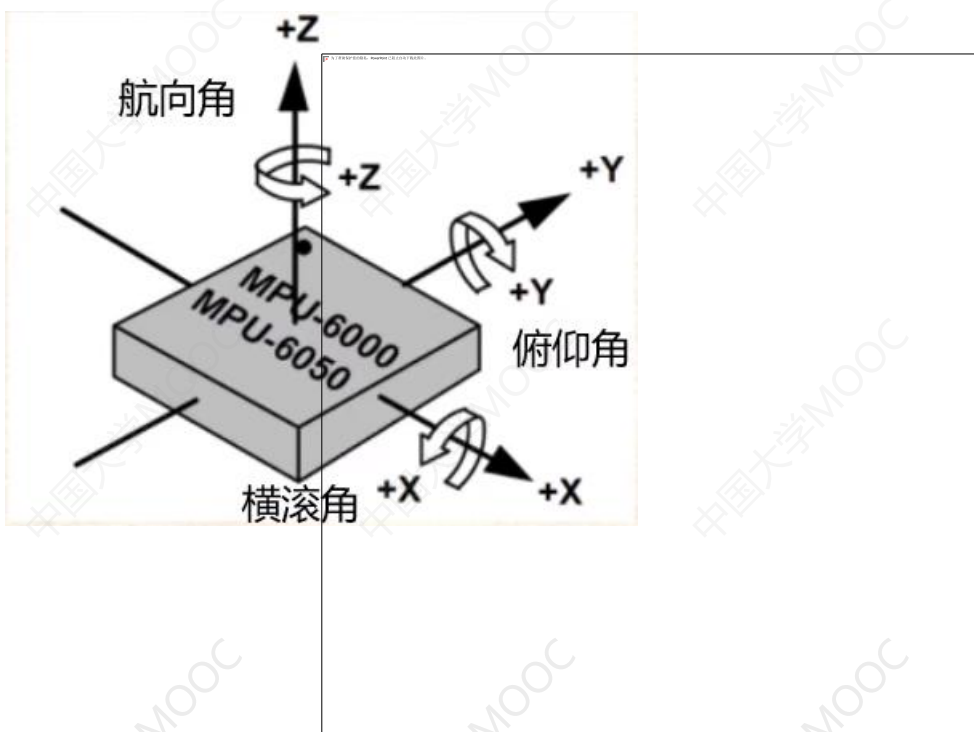
位于MPU-60X0内部，可从主机处理器中卸载运动处理算法的运算。DMP从加速度计，陀螺仪以及其他第三方传感器（如磁力计）获取数据，并处理数据。结果数据可以从DMP的寄存器中读取，或者可以在FIFO中缓冲。DMP可以访问其中的一个MPU的外部引脚，可用于产生中断。

DMP的目的是卸载主机处理器的时序要求和处理能力。通常，运动处理算法应该以高速运行，通常在200Hz左右，以提供低延迟的精确结果。即使应用程序以更低的速率更新

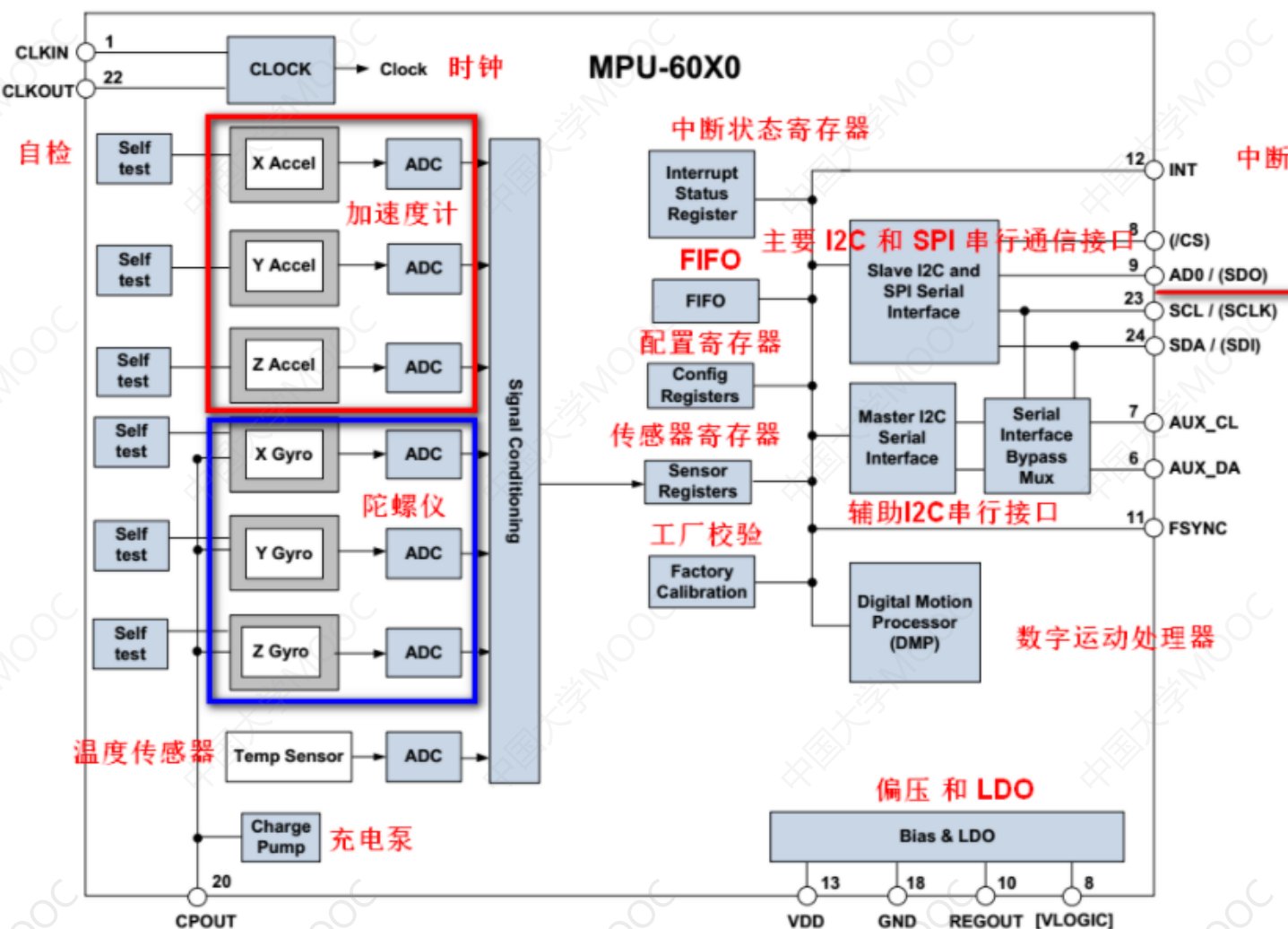
MPU6050坐标系

MPU6050芯片的坐标系的定义：

令芯片表面朝向自己，将其表面文字转至正确角度，此时，以芯片内部中心为原点，水平向右的为X轴，竖直向上的为Y轴，指向自己的为Z轴。



MPU6050内部结构



Note: Pin names in round brackets () apply only to MPU-6000
Pin names in square brackets [] apply only to MPU-6050

旋转时产生与角度成比例的电压



IIC 相关代码



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

1. SDA 和SCL初始化

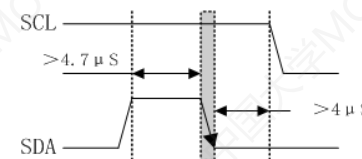
```
void MPU_IIC_Init(void)
void MPU_SDA_OUT(void)
void MPU_SDA_IN(void)
```

2. IIC时序模拟实现

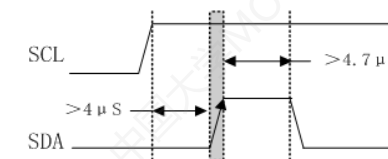
```
void MPU_IIC_Start(void)
void MPU_IIC_Stop(void)
void MPU_IIC_Send_Byte(u8 txd)
u8 MPU_IIC_Read_Byte(unsigned char ack)
u8 MPU_IIC_Wait_Ack(void)
void MPU_IIC_Ack(void)
void MPU_IIC_NAck(void)
```

3. IIC 通信写入读取数据

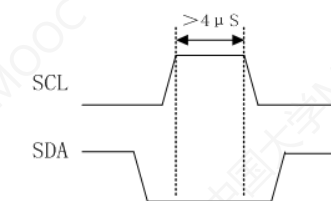
```
u8 MPU_Write_Byte(u8 reg,u8 data)
u8 MPU_Read_Byte(u8 reg)
u8 MPU_Write_Len(u8 addr,u8 reg,u8 len,u8 *buf)
u8 MPU_Read_Len(u8 addr,u8 reg,u8 len,u8 *buf)
```



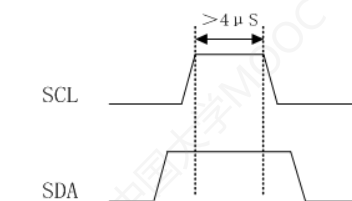
起始信号 S



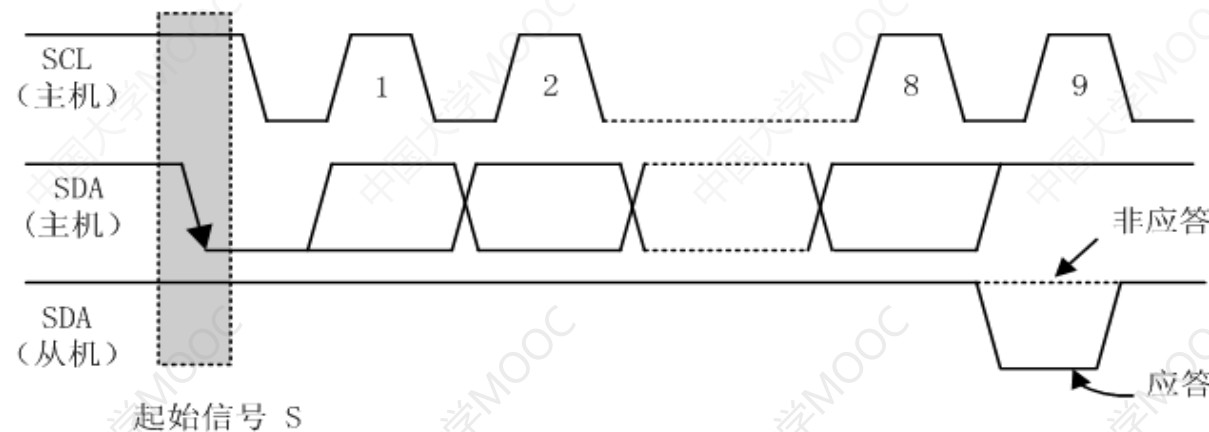
终止信号 P



应答/“0”



非应答/“1”





IIC 相关代码



MPU6050初始化:

- (1) 初始化 IIC 接口
- (2) 复位 MPU6050
- (3) 设置角速度传感器（陀螺仪）和加速度传感器的满量程范围：陀螺仪 $\pm 2000\text{dps}$ ，加速度传感器 $\pm 2\text{g}$ 。
- (4) 其他参数设置：关闭中断、关闭 AUX IIC 接口、禁止 FIFO、设置陀螺仪采样率和设置数字低通滤波器（DLPF）等。
- (5) 配置系统时钟源并使能角速度传感器和加速度传感器。

```
u8 MPU_Init(void)
{
    u8 res;

    MPU_IIC_Init(); // 初始化IIC总线
    MPU_Write_Byte(MPU_PWR_MGMT1_REG, 0X80); // 复位MPU6050
    delay_ms(100);
    MPU_Write_Byte(MPU_PWR_MGMT1_REG, 0X00); // 唤醒MPU6050
    MPU_Set_Gyro_Fsr(3); // 陀螺仪传感器,  $\pm 2000\text{dps}$ 
    MPU_Set_Accel_Fsr(0); // 加速度传感器,  $\pm 2\text{g}$ 
    MPU_Set_Rate(50); // 设置采样率50Hz
    MPU_Write_Byte(MPU_INT_EN_REG, 0X00); // 关闭所有中断
    MPU_Write_Byte(MPU_USER_CTRL_REG, 0X00); // I2C主模式关闭
    MPU_Write_Byte(MPU_FIFO_EN_REG, 0X00); // 关闭IFO
    MPU_Write_Byte(MPU_INTBP_CFG_REG, 0X80); // INT引脚低电平有效
    res = MPU_Read_Byte(MPU_DEVICE_ID_REG);
    if(res == MPU_ADDR) // 器件ID正确
    {
        MPU_Write_Byte(MPU_PWR_MGMT1_REG, 0X01); // 设置CLKSEL, PLL X轴为参考
        MPU_Write_Byte(MPU_PWR_MGMT2_REG, 0X00); // 加速度与陀螺仪都工作
        MPU_Set_Rate(50); // 设置采样率为50Hz
    }
    else
        return 1;
    return 0;
}
```

灵敏度

加速度传感器灵敏度:

三个加速度分量均以重力加速度 g 的倍数为单位。假如加速度传感器量程为 $\pm 2g$, 输出的位数为16位(2的16次方共65536个LSB)对应满量程, 那么灵敏度就为 $4g/65536\text{LSB}=1/16384$ (g/LSB)。

A X: 03702 Y: 12456 Z: 06268 G X:-00023 Y:-00059 Z: 00005

加速度计 X 轴获取原始数据位 03702, 那么它对应的加速度数据是: $03702/16384 = 0.23g$.

g 为加速度的单位, 重力加速度定义为 $1g$, 等于 9.8 米每平方秒。

具体的加速度公式: **加速度数据 = 加速度轴原始数据/加速度灵敏度**

角速度传感器灵敏度:

角速度传感器量程 $\pm 250, \pm 500, \pm 1000$, and $\pm 2000^\circ/\text{sec}$, 输出的位数为16位(2的16次方共65536个LSB)对应满量程, 那么灵敏度就为 $500/65536=1/131$ 。

A X: 03702 Y: 12456 Z: 06268 G X:-00023 Y:-00059 Z: 00005

陀螺仪 X 轴获取原始数据位 -00023, 那么它对应的陀螺仪数据是: $-00023/16.4 = -1.4^\circ/\text{s}$

具体的陀螺仪公式: **陀螺仪数据 = 陀螺仪轴原始数据/陀螺仪灵敏度**

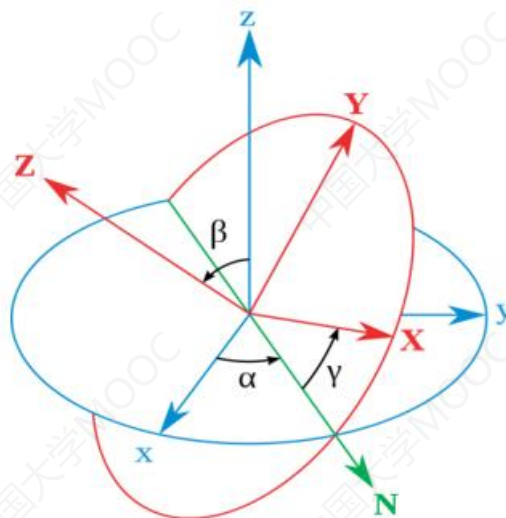
角度 = 弧度 * $180/\pi$

姿态融合

MPU6050 是一款姿态传感器，使用它就是为了得到待测物体（如四轴、平衡小车）x、y、z 轴的倾角（俯仰角 Pitch、滚转角 Roll、偏航角 Yaw）。我们通过 I2C 读取到 MPU6050 的六个数据（三轴加速度 AD 值、三轴角速度 AD 值）经过姿态融合后就可以得到 Pitch、Roll、Yaw 角。

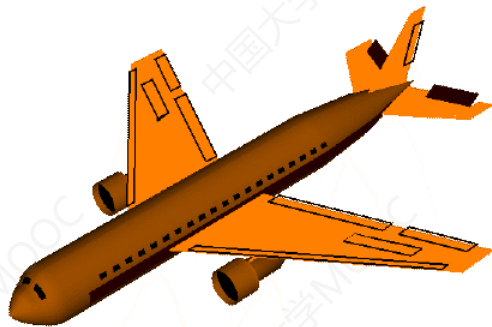
三种姿态融合算法：

1. 四元数法
2. 一阶互补算法
3. 卡尔曼滤波算法



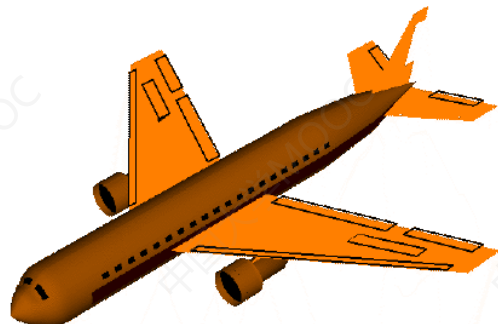
欧拉角：航向角（yaw）、横滚角（roll）和俯仰角（pitch）

飞机围绕XYZ三个轴分别转动形成的夹角。



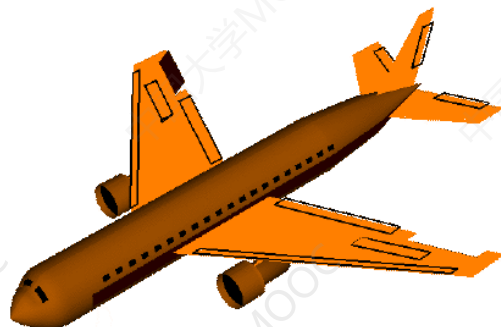
(1) 俯仰角 θ (pitch)

机体坐标系X轴与水平面的夹角。当X轴的正半轴位于过坐标原点的水平面之上（抬头）时，俯仰角为正，否则为负。



(2) 偏航角 ψ (yaw)

机体坐标系xb轴在水平面上投影与地面坐标系xg轴（在水平面上，指向目标为正）之间的夹角，由xg轴逆时针转至机体xb的投影线时，偏航角为正，即机头右偏航为正，反之为负。



(3) 滚转角 ϕ (roll)

机体坐标系zb轴与通过机体xb轴的铅垂面间的夹角，机体向右滚为正，反之为负。



四元数法



通过下面的算法，可以把六个数据转化成四元数（q0、q1、q2、q3），然后四元数转化成欧拉角（P、R、Y角）。

```
1 #include<math.h>
2 #include "stm32f10x.h"
3 //-----
4 // 变量定义
5
6 #define Kp 100.0f // 比例增益正配率收到加速度计/陀螺计
7 #define Ki 0.002f // 积分增益正配率的陀螺计输出的偏差
8 #define halfT 0.001f // 采样周期的一半
9
10 float q0 = 1, q1 = 0, q2 = 0, q3 = 0; // 四元数的元素，代表估计方向
11 float exInt = 0, eyInt = 0, ezInt = 0; // 按比例缩小积分误差
12
13 float Yaw,Pitch,Roll; // 偏航角，俯仰角，滚转角
14
15 void IMUUpdate(float gx, float gy, float gz, float ax, float ay, float az)
16 {
17     float norm;
18     float vx, vy, vz;
19     float ex, ey, ez;
20
21     // 测量正常化
22     norm = sqrt(ax*ax + ay*ay + az*az);
23     ax = ax / norm; // 单位化
24     ay = ay / norm;
25     az = az / norm;
26
27     // 估计方向的重力
28     vx = 2*(q1*q3 - q0*q2);
29     vy = 2*(q0*q1 + q2*q3);
30     vz = q0*q0 - q1*q1 - q2*q2 + q3*q3;
```

```
33 // 错误的领域和方向传播陀螺测量参考方向之间的交叉乘积的总和
34 ex = (ay*vz - az*vy);
35 ey = (az*vx - ax*vz);
36 ez = (ax*vy - ay*vx);
37
38 // 积分误差比例积分增益
39 exInt = exInt + ex*Ki;
40 eyInt = eyInt + ey*Ki;
41 ezInt = ezInt + ez*Ki;
42
43 // 调整后的陀螺仪测量
44 gx = gx + Kp*ex + exInt;
45 gy = gy + Kp*ey + eyInt;
46 gz = gz + Kp*ez + ezInt;
47
48 // 整合四元数率和正常化
49 q0 = q0 + (-q1*gx - q2*gy - q3*gz)*halfT;
50 q1 = q1 + (q0*gx + q2*gz - q3*gy)*halfT;
51 q2 = q2 + (q0*gy - q1*gz + q3*gx)*halfT;
52 q3 = q3 + (q0*gz + q1*gy - q2*gx)*halfT;
53
54 // 正常化四元
55 norm = sqrt(q0*q0 + q1*q1 + q2*q2 + q3*q3);
56 q0 = q0 / norm;
57 q1 = q1 / norm;
58 q2 = q2 / norm;
59 q3 = q3 / norm;
60
61 Pitch = asin(-2 * q1 * q3 + 2 * q0 * q2) * 57.3; // pitch , 转换为度数
62 Roll = atan2(2 * q2 * q3 + 2 * q0 * q1, -2 * q1 * q1 - 2 * q2 * q2 + 1) * 57.3; // roll
63 //Yaw = atan2(2*(q1*q2 + q0*q3), q0*q0+q1*q1-q2*q2-q3*q3) * 57.3; // 此处没有价值，注释
64 }
```

$$\begin{bmatrix} \varphi \\ \theta \\ \psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{atan2}(2(wx + yz), 1 - 2(x^2 + y^2)) \\ \text{arcsin}(2(wy - zx)) \\ \text{atan2}(2(wz + xy), 1 - 2(y^2 + z^2)) \end{bmatrix}$$

$$q = \begin{bmatrix} w \\ x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\varphi/2)\cos(\theta/2)\cos(\psi/2) + \sin(\varphi/2)\sin(\theta/2)\sin(\psi/2) \\ \sin(\varphi/2)\cos(\theta/2)\cos(\psi/2) - \cos(\varphi/2)\sin(\theta/2)\sin(\psi/2) \\ \cos(\varphi/2)\sin(\theta/2)\cos(\psi/2) + \sin(\varphi/2)\cos(\theta/2)\sin(\psi/2) \\ \cos(\varphi/2)\cos(\theta/2)\sin(\psi/2) - \sin(\varphi/2)\sin(\theta/2)\cos(\psi/2) \end{bmatrix}$$



一阶互补算法

MPU6050 的加速度计和陀螺仪各有优缺点，三轴的加速度值没有累积误差，且通过算 $\tan()$ 可以得到倾角，但是它包含的噪声太多（因为待测物运动时会产生加速度，电机运行时振动会产生加速度等），不能直接使用；陀螺仪对外界振动影响小，精度高，通过对角速度积分可以得到倾角，但是会产生累积误差。所以，不能单独使用 MPU6050 的加速度计或陀螺仪来得到倾角，需要互补。一阶互补算法的思想就是给加速度和陀螺仪不同的权值，把它们结合到一起，进行修正。得到 Pitch 角的程序如下：

```
1 //一阶互补滤波
2 float K1 =0.1; // 对加速度计数值的权重
3 float dt=0.001; //注意: dt的取值为滤波器采样时间
4 float angle;
5
6 angle_ax=atan(ax/az)*57.3; // 加速度得到的角度
7 gy=(float)gyo[1]/7510.0; // 陀螺仪得到的角速度
8 Pitch = yijiehubu(angle_ax,gy);
9
10 float yijiehubu(float angle_m, float gyro_m) // 采集后计算的角度和角加速度
11 {
12     angle = K1 * angle_m + (1-K1) * (angle + gyro_m * dt);
13     return angle;
14 }
```

```
1 //一阶互补滤波
2 float K1 =0.1; // 对加速度计数值的权重
3 float dt=0.001; //注意: dt的取值为滤波器采样时间
4 float angle_P,angle_R;
5
6
7 float yijiehubu_P(float angle_m, float gyro_m) // 采集后计算的角度和角加速度
8 {
9     angle_P = K1 * angle_m + (1-K1) * (angle_P + gyro_m * dt);
10     return angle_P;
11 }
12
13 float yijiehubu_R(float angle_m, float gyro_m) // 采集后计算的角度和角加速度
14 {
15     angle_R = K1 * angle_m + (1-K1) * (angle_R + gyro_m * dt);
16     return angle_R;
17 }
```



卡尔曼滤波



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

每次卡尔曼滤波只能得到一个方向的角度。

```
1 #include<math.h>
2 #include "stm32f10x.h"
3 #include "Kalman_Filter.h"
4
5 // 卡尔曼滤波参数与函数
6 float dt=0.001; // 注意: dt的取值为kalman滤波器采样时间
7 float angle, angle_dot; // 角度和角速度
8 float P[2][2] = {{ 1, 0 },
9                 { 0, 1 }};
10 float Pdot[4] = { 0,0,0,0};
11 float Q_angle=0.001, Q_gyro=0.005; // 角度数据置信度, 角速度数据置信度
12 float R_angle=0.5, C_0 = 1;
13 float q_bias, angle_err, PCt_0, PCt_1, E, K_0, K_1, t_0, t_1;
14
15 // 卡尔曼滤波
16 float Kalman_Filter(float angle_m, float gyro_m) // angle_m 和 gyro_m
17 {
18     angle+=(gyro_m-q_bias) * dt;
19     angle_err = angle_m - angle;
20     Pdot[0]=Q_angle - P[0][1] - P[1][0];
21     Pdot[1]=- P[1][1];
22     Pdot[2]=- P[1][1];
```

```
23     Pdot[3]=Q_gyro;
24     P[0][0] += Pdot[0] * dt;
25     P[0][1] += Pdot[1] * dt;
26     P[1][0] += Pdot[2] * dt;
27     P[1][1] += Pdot[3] * dt;
28     PCt_0 = C_0 * P[0][0];
29     PCt_1 = C_0 * P[1][0];
30     E = R_angle + C_0 * PCt_0;
31     K_0 = PCt_0 / E;
32     K_1 = PCt_1 / E;
33     t_0 = PCt_0;
34     t_1 = C_0 * P[0][1];
35     P[0][0] -= K_0 * t_0;
36     P[0][1] -= K_0 * t_1;
37     P[1][0] -= K_1 * t_0;
38     P[1][1] -= K_1 * t_1;
39     angle += K_0 * angle_err; // 最优角度
40     q_bias += K_1 * angle_err;
41     angle_dot = gyro_m-q_bias; // 最优角速度
42
43     return angle;
44 }
```



目的:

通过MPU6050得到欧拉角和四元数。

方法:

要通过MPU6050得到四元数和欧拉角，有两种办法：

一种是用原始数据（三轴加速度、三轴角速度），通过一些（卡尔曼、积分运算、减少误差零点漂移等）姿态融合运算转化即可；

第二种是直接利用MPU6050 内部的自带的数字运动处理器（即DMP），要用这个DMP功能，就要实现加载固件。

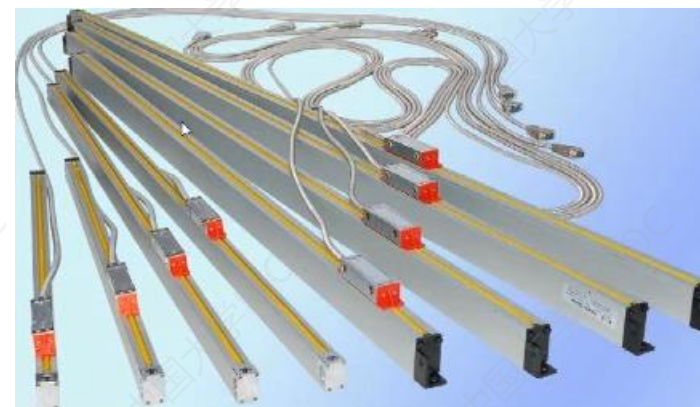
Invensense公司有提供了一个MPU6050的嵌入式运动驱动库，我们可以通过这个库移植，得出欧拉角。

但是Invensense公司提供的6050运动驱动库是基于MSP430的，需要将其移植到其他芯片上（比如：STM32F1系列），就是常见的DMP移植。

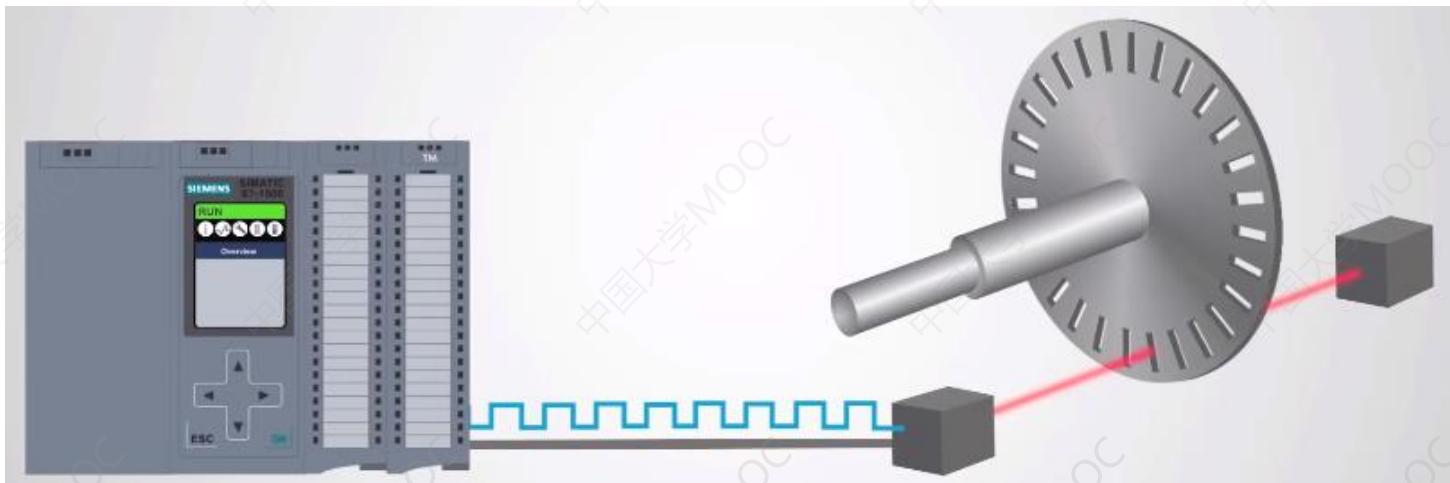
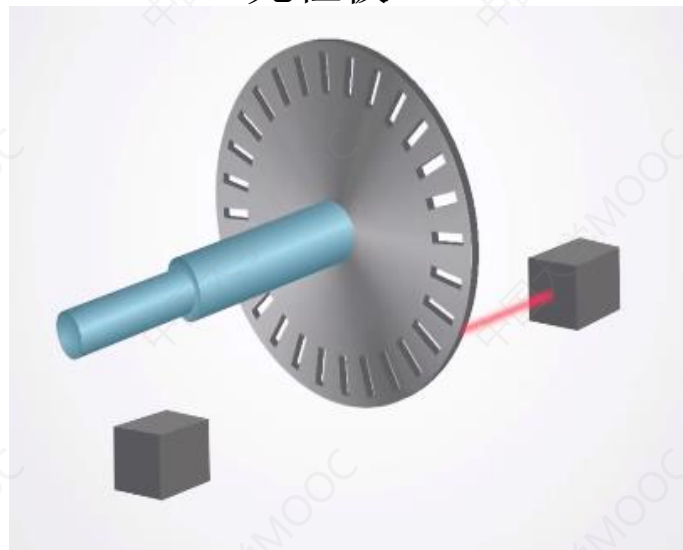
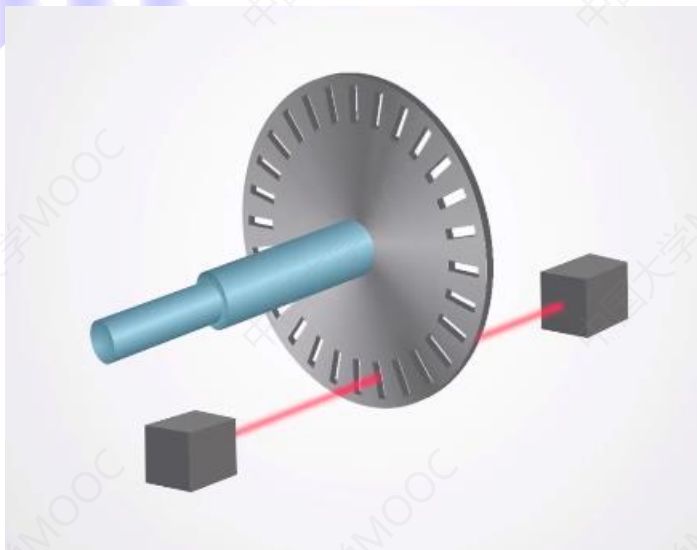
编码器



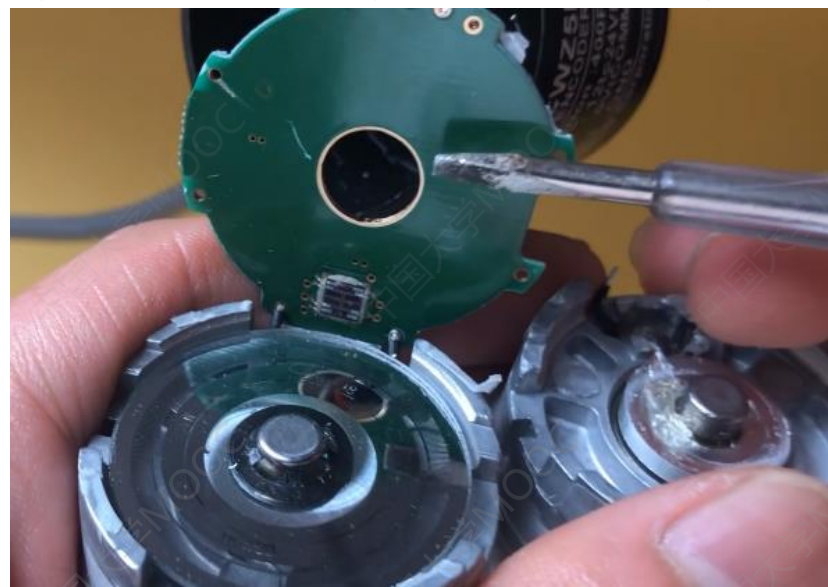
北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



光栏板



北京科技大学
Tsinghua University Beijing





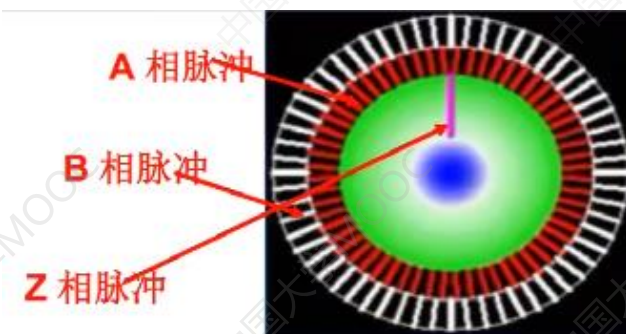
装在电机和传动轴上面，被动地跟随电机运动。
每转一圈发出一定的脉冲信号。

根据脉冲信号计算出电机的转速或电机所走过的距离。

1000个脉冲一圈，相当于把一圈360度分成了1000份，
就是编码器的精度。

AB相：编码器跟电机一样，也有正反转。可以简单的理解
为正转时绿线发出脉冲，反转时白线发出脉冲。

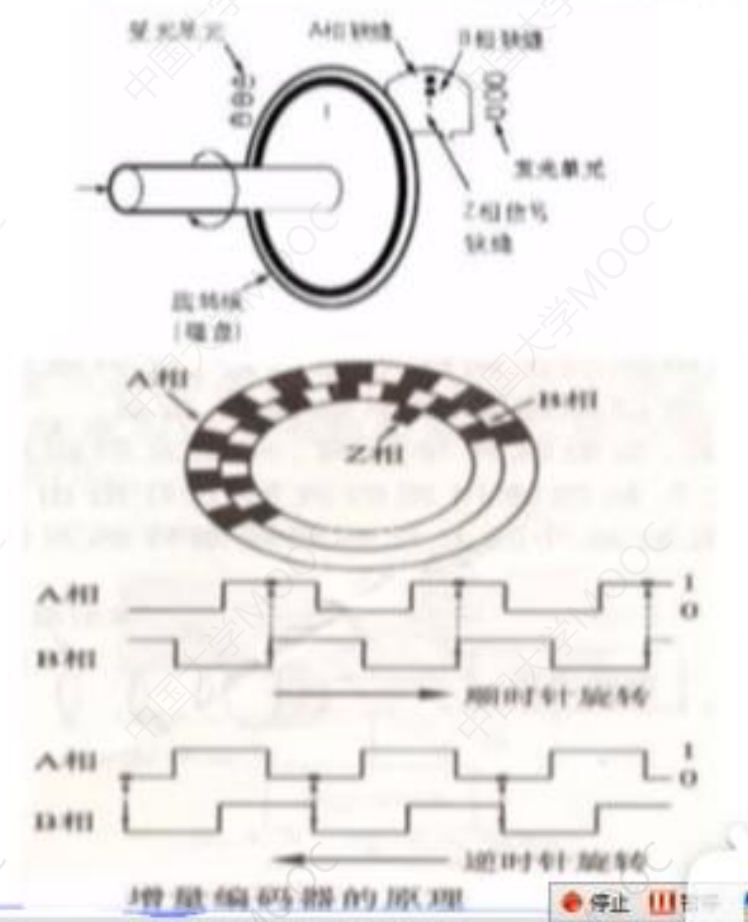
Z相：黄线为编码器的Z相，转一圈只发出一个脉冲。用作
电机的原点信号或归零信号。





增量型旋转编码器工作原理

- 增量型旋转编码器通过对产生的方波的脉冲进行检测来检测角度
- 正转时A相超前B相90度，，反转时A相落后B相90度，Z相为原点信号。



思考:



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

要连接3000转/分钟的电机，需要选择分辨率多少的编码器？



规格	E6B2-CWZ3E	E6B2-CWZ6C	E6B2-CWZ1X	E6B2-CWZ5G	E6B2-CWZ5B
类型					
电源电压	DC5~12V (+10%/-5%)	DC5~24V (+10%/-5%)	DC5V (±5%)	DC12~24V (+15%/-10%)	DC12~24V (+15%/-10%)
消费电流	100mA以下	80mA以下	160mA以下	100mA以下	100mA以下
输出状态	电压输出	NPN开路集电极输出	线性驱动输出	互补输出	PNP开路集电极输出
输出容量	输出电阻: 2kΩ 残留电压: 0.4V以下 (输出电流: 20mA时) 输出电流: 20mA以下	外加电压: DC30V以下 吸入电流: 35mA以下 残留电压: 0.4V以下 (吸入电流35mA时)	AM26LS31相当品 输出电流 H位: I _o = -20mA L位: I _s = 20mA 输出电压 V _o = 2.5V以上 V _s = 0.5V以下	输出电压: V _H = V _{cc} - 3V (I _e = 30mA) V _L = 2V以下 (I _e = -30mA) 输出电流: ±30mA	源电流: 35mA以下 残留电压: 0.4V以下
最高响应频率	100kHz				50kHz

电气最高响应转速 (r/min) = 最高响应频率 ÷ 分辨率 × 60
3000 = 50KHZ ÷ 分辨率 × 60
分辨率 = 1K (小于1K都可以)



电设第七次考核内容

1. 设计任务：

利用给定的传感器模块，设计一个基于单片机的障碍物检测系统，假定障碍物为黑色物体，要求如下：

- 1) 使用 **ST188** 红外传感器检测有无障碍物，检测范围：**4–13mm**，通过单片机开发板上中间位置的 **LED** 亮来提示检测到障碍物；
- 2) 使用 **HC-SR04** 超声波传感器测量障碍物的距离，测距范围：**3cm–450cm**，通过数码管显示距离；
- 3) 使用 **MPU6050** 陀螺仪加速度传感器，检测障碍物实时变化数据，通过 **OLED** 显示检测数据。



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

谢谢!