

# 机器人导论

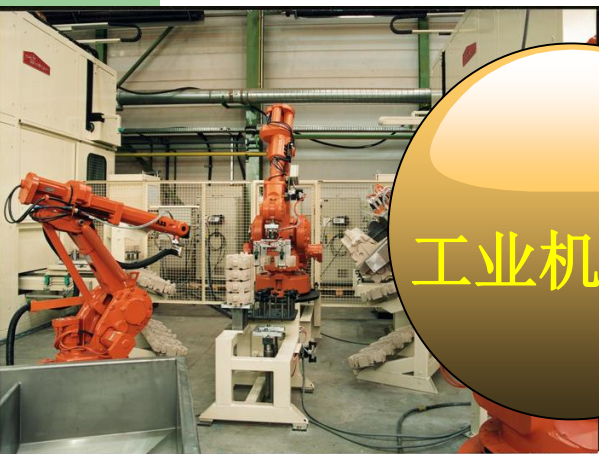
王 酉

副教授

PhD, MIET

杭州 • 浙江大学 • 2023

# 机器人的应用类别



工业机器人

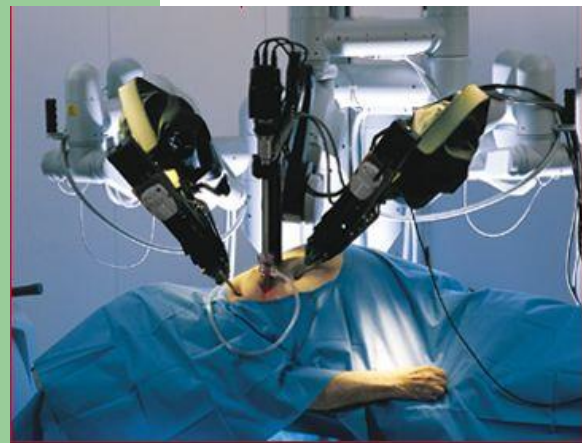
工业制造



工件运输



军事侦察



微创手术



心理治疗



家庭清洁



外空探测

服务机器人

# 机器人的本质



机器人是一种人造的机器

机器人具有人类的特性

**体能，智能**



# 我们的体能



肌肉

神奇的运动引擎



运动支持保护

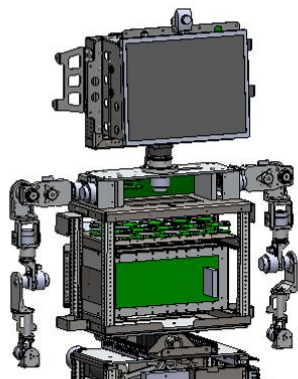
骨骼



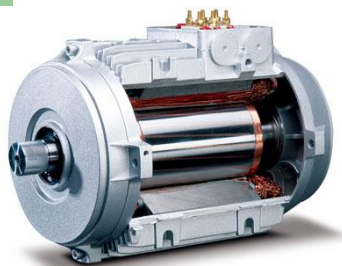
血液

运输，维持生命

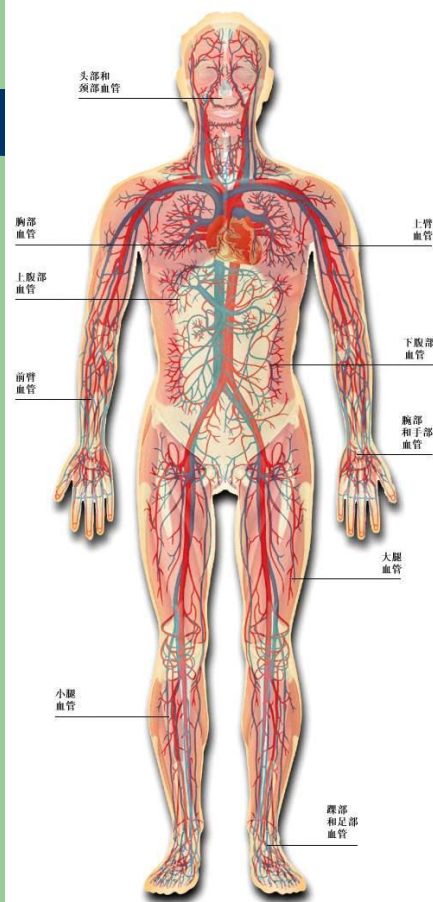
# 机器人的体能



依赖电荷、驱动和传动  
维持机器的运转



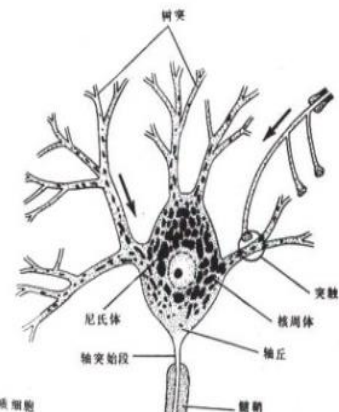
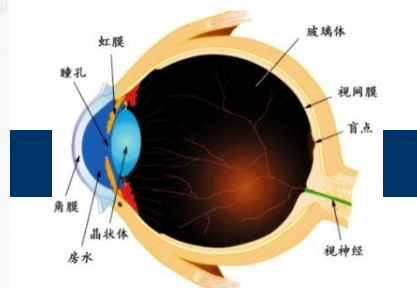
# 能量传递系统对比



人体	器官	机器人
口腔	能量摄入	电源
胃	能量转换	充电器
脂肪	能量储存	蓄电池
心脏、血管	能量传递	功放、电缆
肌肉、骨骼	能量消耗	驱动、传动



# 我们的智能



依赖感觉器官和神经束  
实现刺激-反应行为

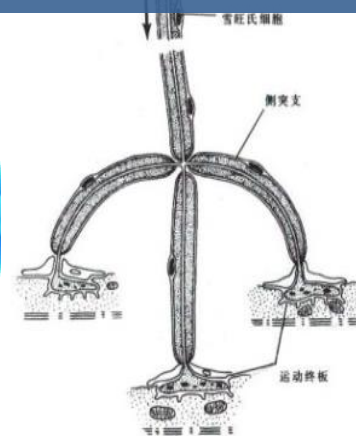
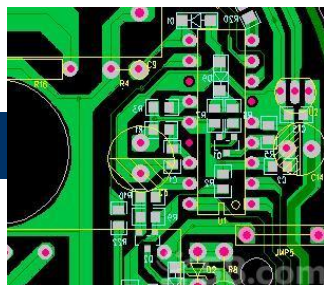


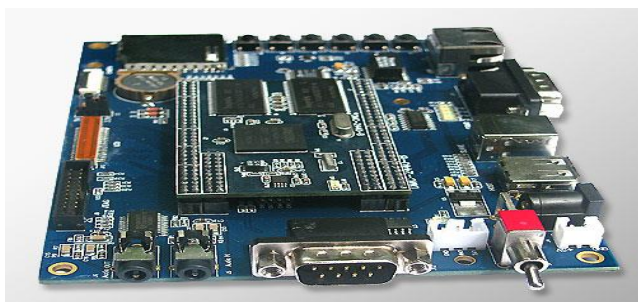
图 2-2-5 神经细胞示意图



# 机器人的智能

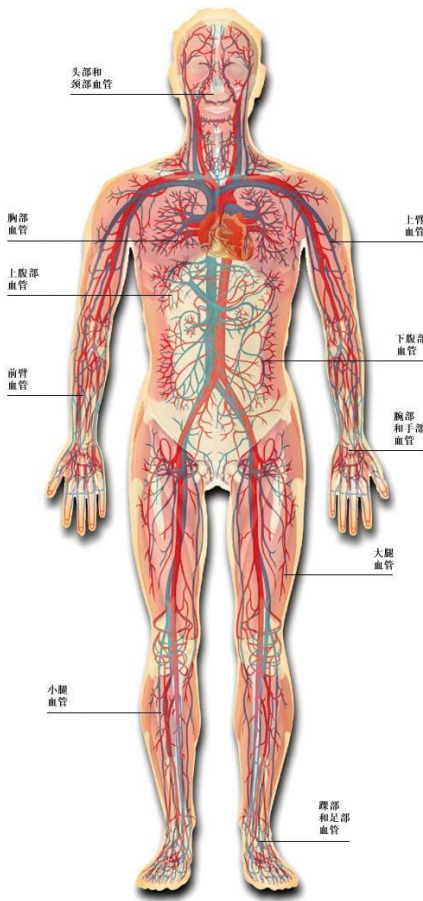


依赖传感器和电子线路  
实现控制-反馈过程





# 信息传递系统对比



人体	器官	机器人
眼耳鼻舌身	感觉	传感器
神经	传输	电子线路
脑	处理	计算机
肌肉、骨骼	执行	马达、齿轮



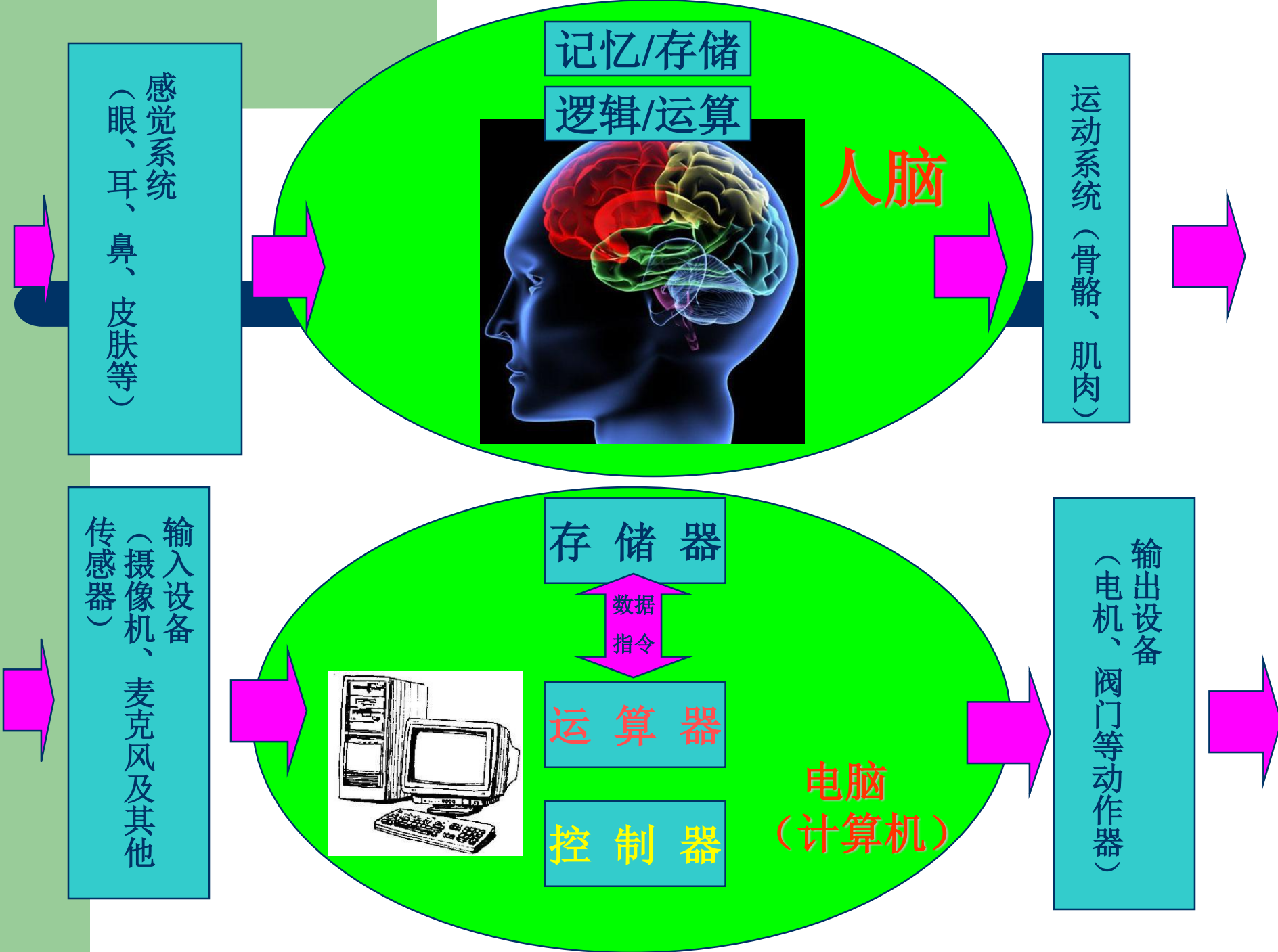
# 机器人的核心技术

- 机器人的肌肉——驱动
- 机器人的骨骼——机构
- 机器人的运动——建模及控制
- 机器人的感官——传感器
- 机器人的知觉——识别理解
- 机器人的作业——决策规划
- 机器人的协作——多智能体

# 第2讲 嵌入式系统

王西

控制学院智能系统与控制研究所







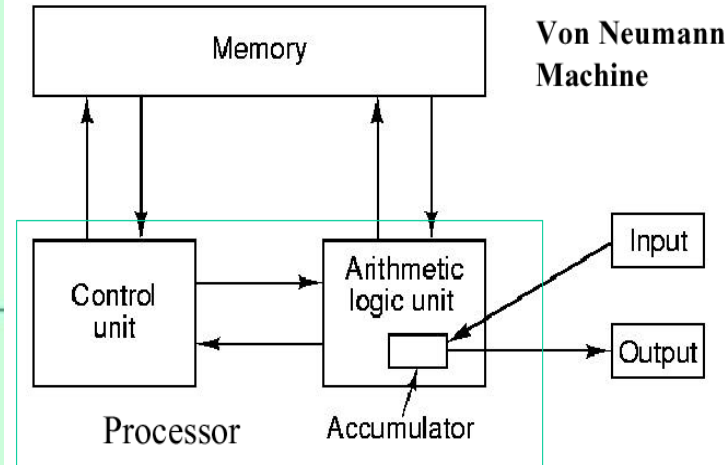
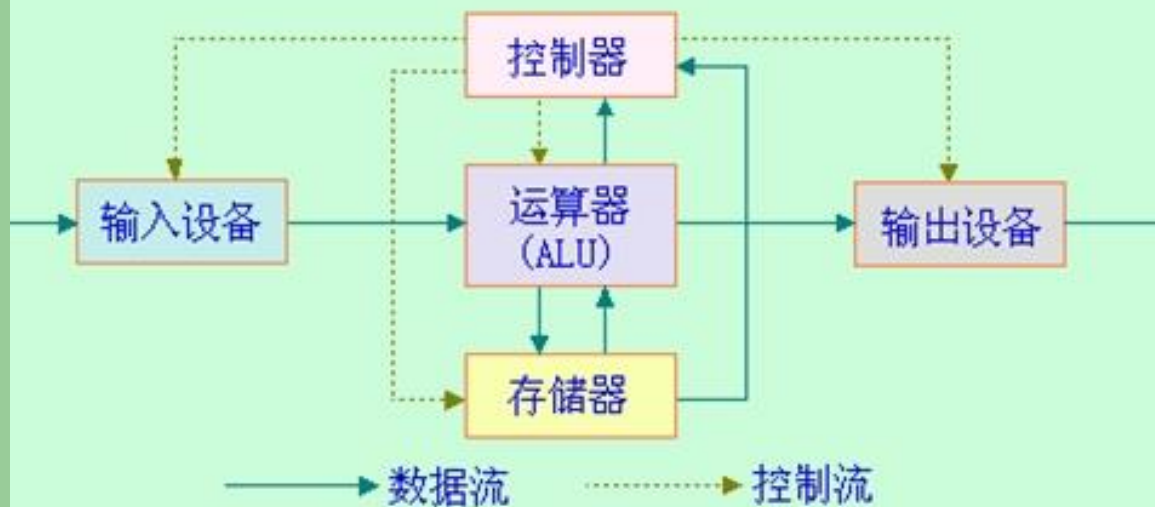
冯·诺依曼

## 冯·诺依曼（美籍匈牙利科学家）型计算机：

1. 计算机完成任务是由事先编号的程序完成的；
2. 计算机的程序被事先输入到存储器中，程序运算的结果，也被存放在存储器中。
3. 计算机能自动连续地完成程序。
4. 程序运行的所需要的信息和结果可以通输入\输出设备完成。
5. 计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备所组成。

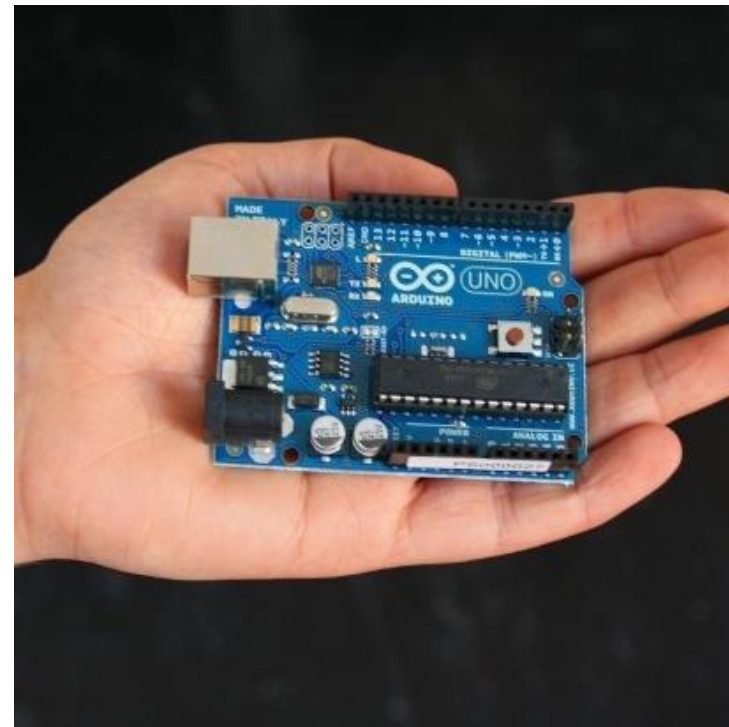
迄今为止所有进入实用的电子计算机都是按其**1946年**提出的结构体系和工作原理设计制造

## 冯·诺依曼计算机结构



# Arduino

- Arduino 是一个基于单片机并且**开放**源码的硬件平台，和一套为Arduino 板编写程序的开发环境（**免费**）组成。
- Arduino**简化**了单片机工作的流程，同其它系统相比，Arduino 在很多地方更具有优越性，特别适合老师，学生和一些业余爱好者们使用。



## 例子2——LED灯闪烁

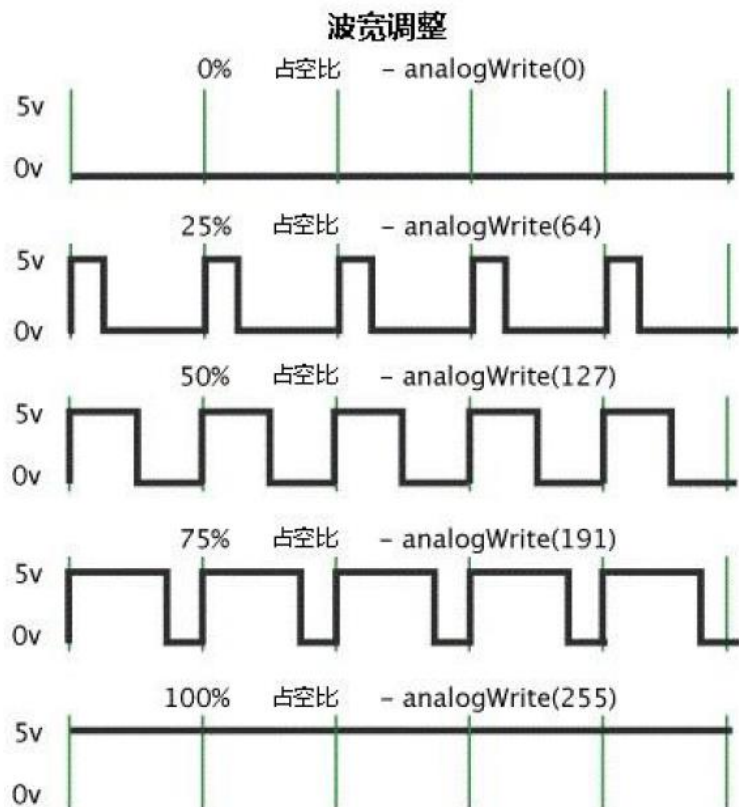
```
#define led 13

void setup()
{
    pinMode(led, OUTPUT);    //设置LED引脚为输出引脚
}

void loop()
{
    digitalWrite(led, HIGH); //设置LED引脚输出高电平，点亮LED
    delay(1000);             // 延时1s
    digitalWrite(led, LOW);  // 设置LED引脚输出低电平, 熄灭LED
    delay(1000);             // 延时1s
}
```

# PWM输出

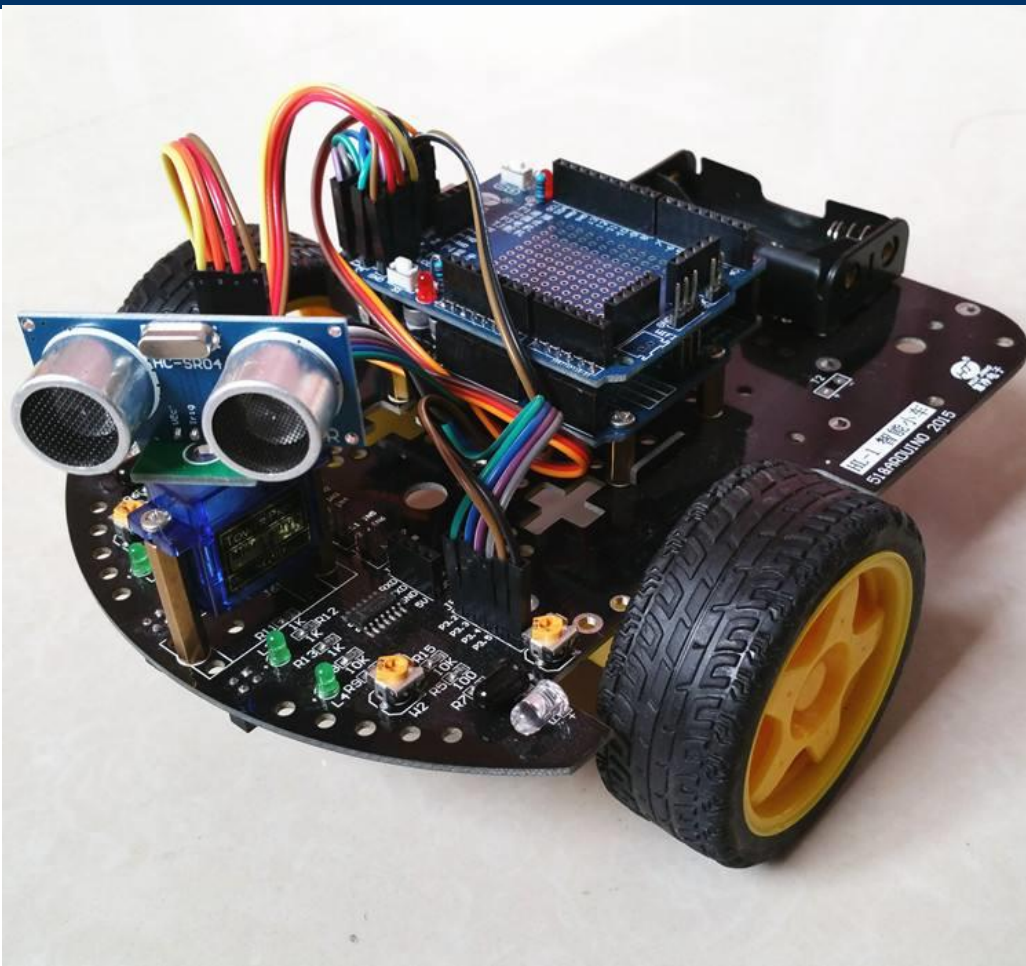
## ● PWM（Pulse-width modulation）脉宽调制



```
1. void setup()
2. {
3.   pinMode(13, OUTPUT); // 设定 13 号端口为输出
4. }
5.
6. void loop()
7. {
8.   digitalWrite(13, HIGH);
9.   delayMicroseconds(100); // 大约 10% 占空比的 1KHz 方波
10.  digitalWrite(13, LOW);
11.  delayMicroseconds(900);
12. }
```



# Arduino小车



# 第4讲 传感器

王西

控制学院智能系统与控制研究所

# 什么是传感器（Sensor）

- 用于定量感知环境特定物质属性的电子、机械、化学设备，并能够把各种物理量和化学量等精确地变换为电信号，再经由电子电路或计算机进行分析与处理，从而对这些量进行检测

自然界中的物理  
量或化学量

电信号

信息分析与处理  
(电子电路或计  
算机)

# 传感器的分类—内部传感器

- 测量机器人自身状态
- 常用于底层运动控制

传感器	检测功能
电位器、旋转变压器、码盘	角度、位移
测速发电机、码盘	速度、角速度
加速度传感器	加速度
倾斜仪	倾斜角度
陀螺仪	方位角
力/力矩传感器	力/力矩



# 传感器的分类—外部传感器

- 测量机器人所处环境
- 部分用于底层运动控制，部分用于上层运动规划

传感器	感知内容	传感器	感知内容
视觉	环境图象	嗅觉	气味
触觉、滑动觉	物体存在检测、 尺寸、形状、材 质、硬度、光滑	听觉	声音
接近觉	障碍检测、距离	味觉	味道
热觉	温度	力觉	力和力矩

# Pioneer机器人配置的传感器



- 运动传感器：光电码盘
- 触觉传感器：碰撞环—微动开关
- 接近觉传感器：超声检测
- 距离传感器：
  - 激光测距仪
  - 超声测距仪
- 视觉传感器

# 主要传感器介绍

- 运动传感器
- 方位角传感器
- 力觉传感器
- 接触觉传感器
- 接近觉传感器
- 定位和测距传感器

# 运动传感器

位置

速度

加速度

- 位置传感器

电位器

编码器

线位移差动变压器

旋转变压器

- 可用于测量位移，包括角位移和线位移，也可用来检测运动速度

- 速度传感器

- 编码器

- 测速发电机

- 加速度计



# 电位器

- 类别

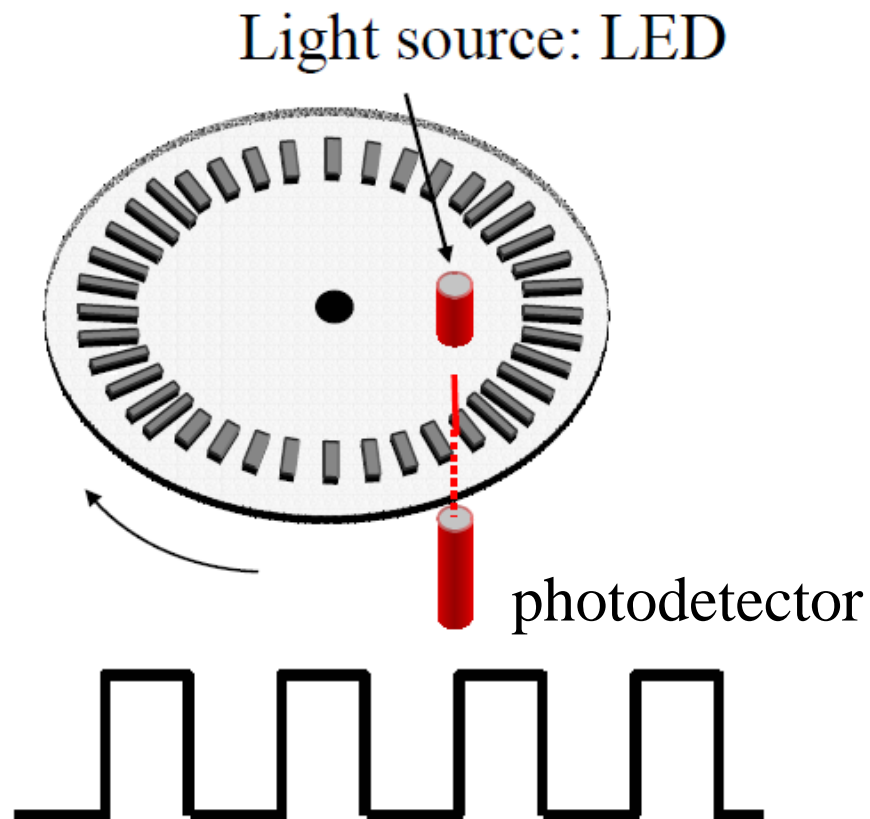
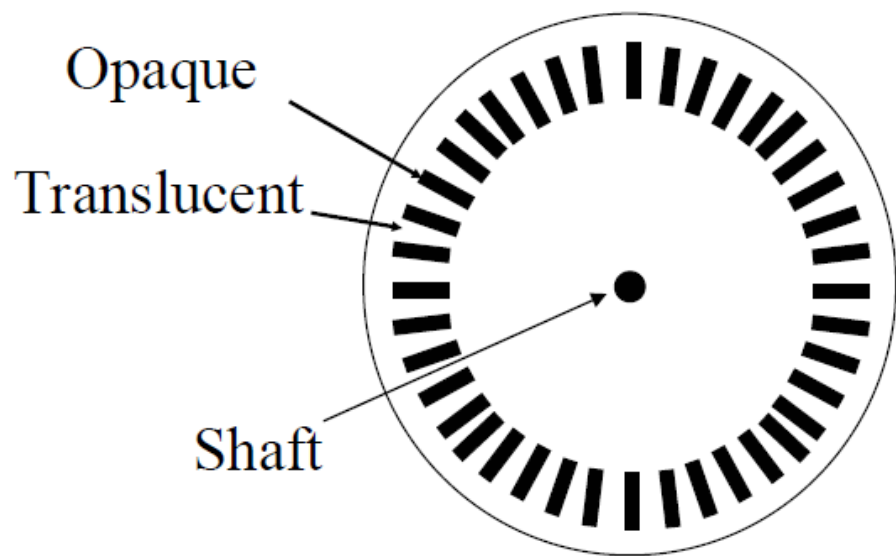
- 旋转式：测量角位移
- 直线式：测量线位移

- 使用方式

- 单独使用
- 和其他传感器（如编码器）一起使用
  - 用电位器检测起始位置
  - 用编码器检测关节和连杆的当前位置



# 增量式光电编码器

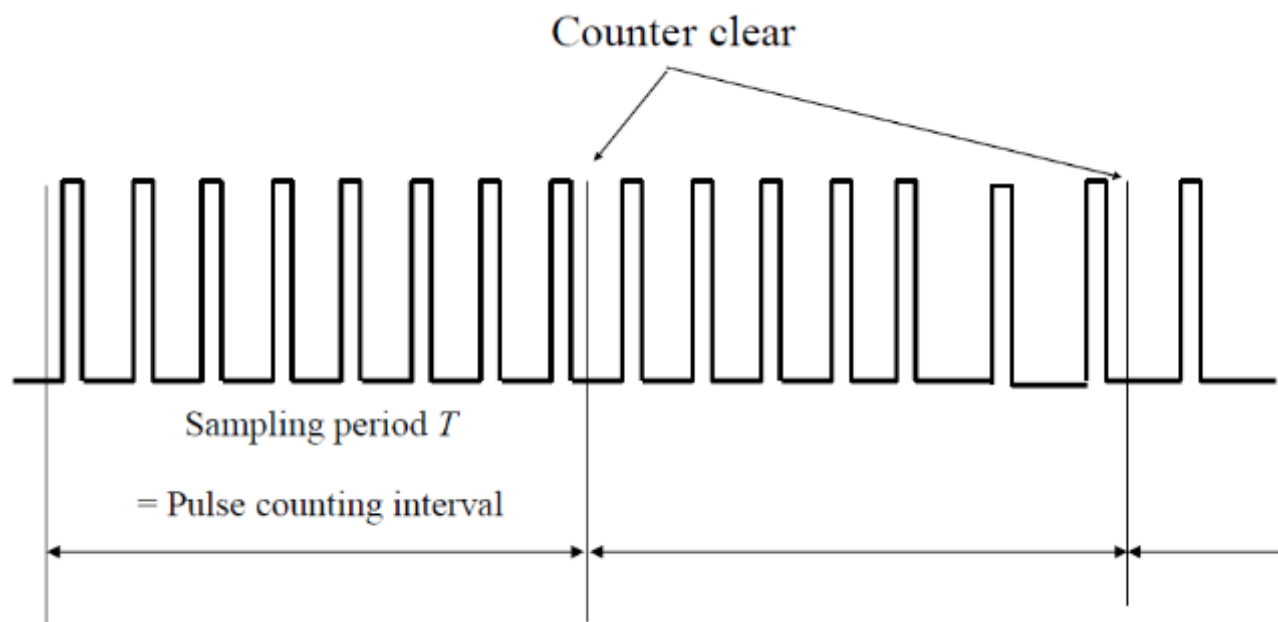


通过脉冲计数计算旋转角度

# 速度传感器

- 利用编码器测量速度
  - 统计指定时间内脉冲信号数量

$$\text{速度} \approx \text{脉冲频率}$$

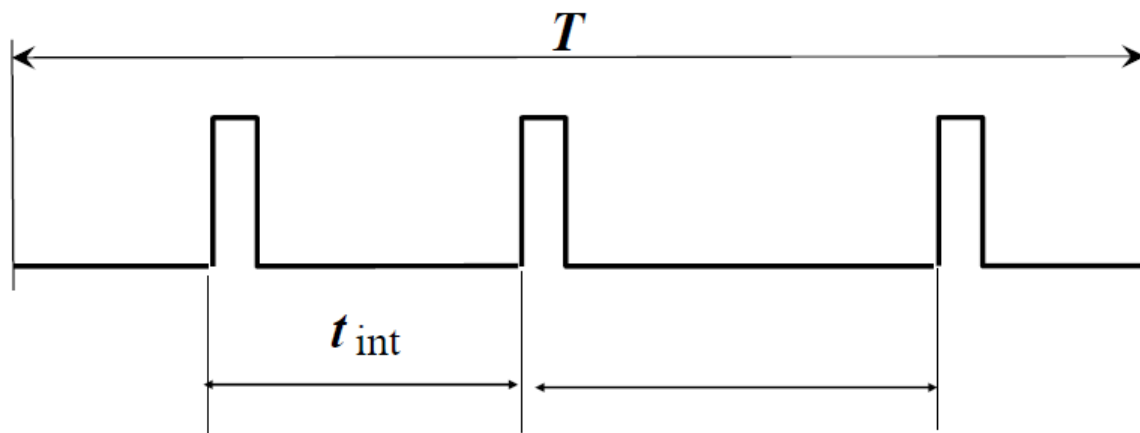


采样时间越短，  
速度值约接近实际  
的瞬时速度

编码器转动缓慢，  
测得的速度可能  
会变得不准确

# 速度传感器

- 利用编码器测量速度
  - 统计指定时间内脉冲信号数量
  - 测量相邻脉冲时间间隔



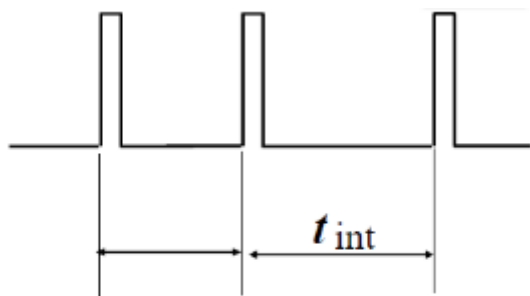
$$\omega \propto \frac{1}{t_{\text{int}}}$$

# 速度传感器

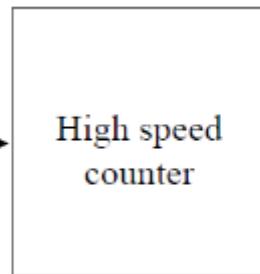
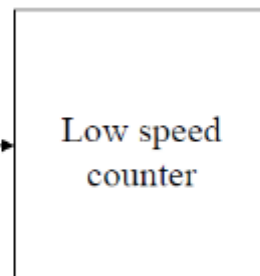
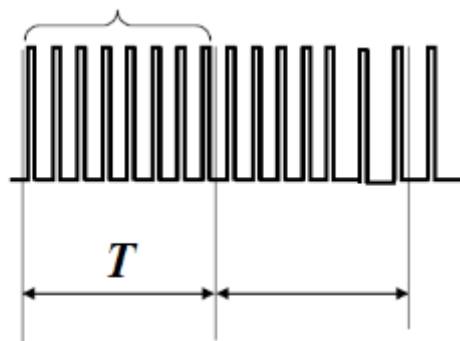
- 利用编码器测量速度
  - 统计指定时间内脉冲信号数量
  - 测量相邻脉冲时间间隔

} 混合测速法

测量相邻脉冲时间间隔：速度越慢越精确

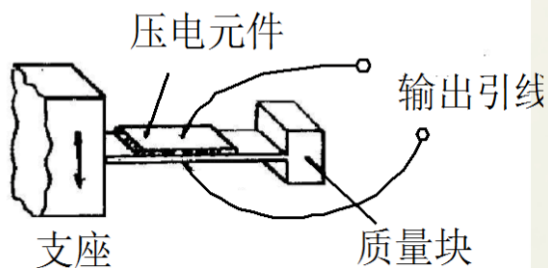


统计指定时间内脉冲信号数量：速度越快越精确

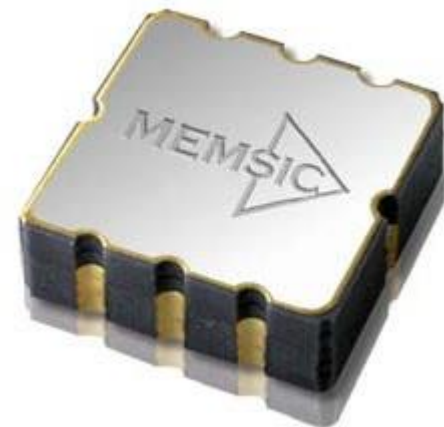


# 加速度传感器

- 基本原理：利用加速度造成某个介质产生变形，通过测量其变形量并用相关电路转化成电压输出
  - 如：压电晶体
- $F=ma$



(c)



MEMS (微机电系统,  
Micro-Electro-Mechanical System)



# 方位角传感器

- 作用：
  - 用于测量机器人的方向和倾角
  - 可进行机器人位姿估计
- 主要传感器：
  - 指南针
  - 陀螺仪

# 惯性测量单元（IMU）

动态卡尔曼滤波  
9轴姿态角度测量

融和地磁测量  
200Hz输出  
超高精度  
超小体积  
GPS连接

¥ 98.0  
原价:128.0

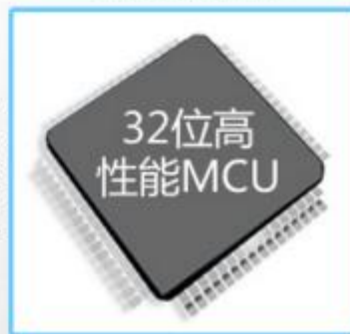
包邮



- 三轴  
加速度
- 三轴  
角速度
- 三轴  
角度
- 三轴  
磁力计
- 可选  
气压计

+

状态估计



动力学解算

数字滤波

卡尔曼滤波

=

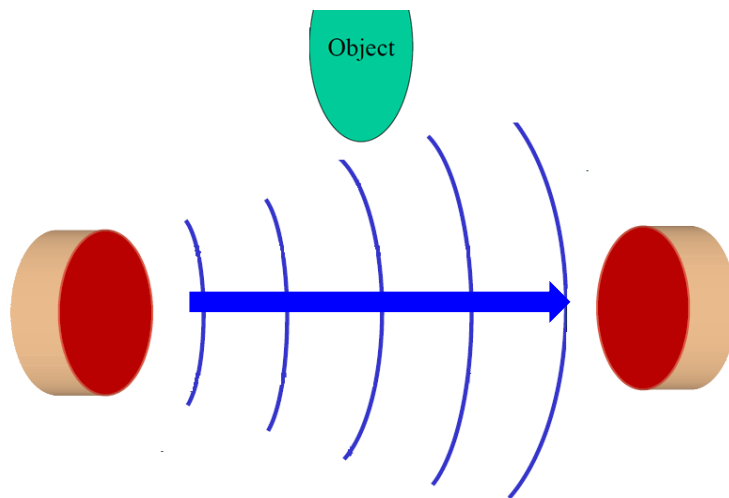
高精度  
高性能  
高可靠  
低成本  
AHRS  
惯导平台

# 超声波接近觉传感器

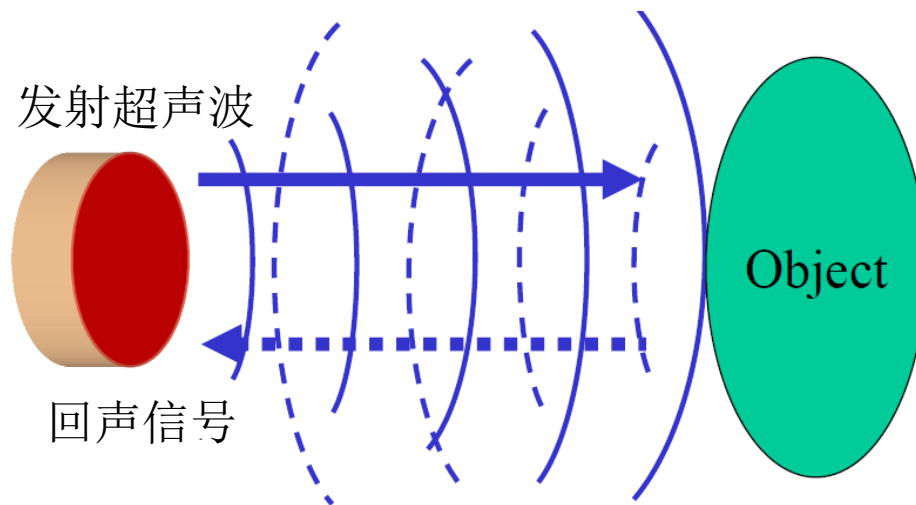


- 工作模式:

对置模式

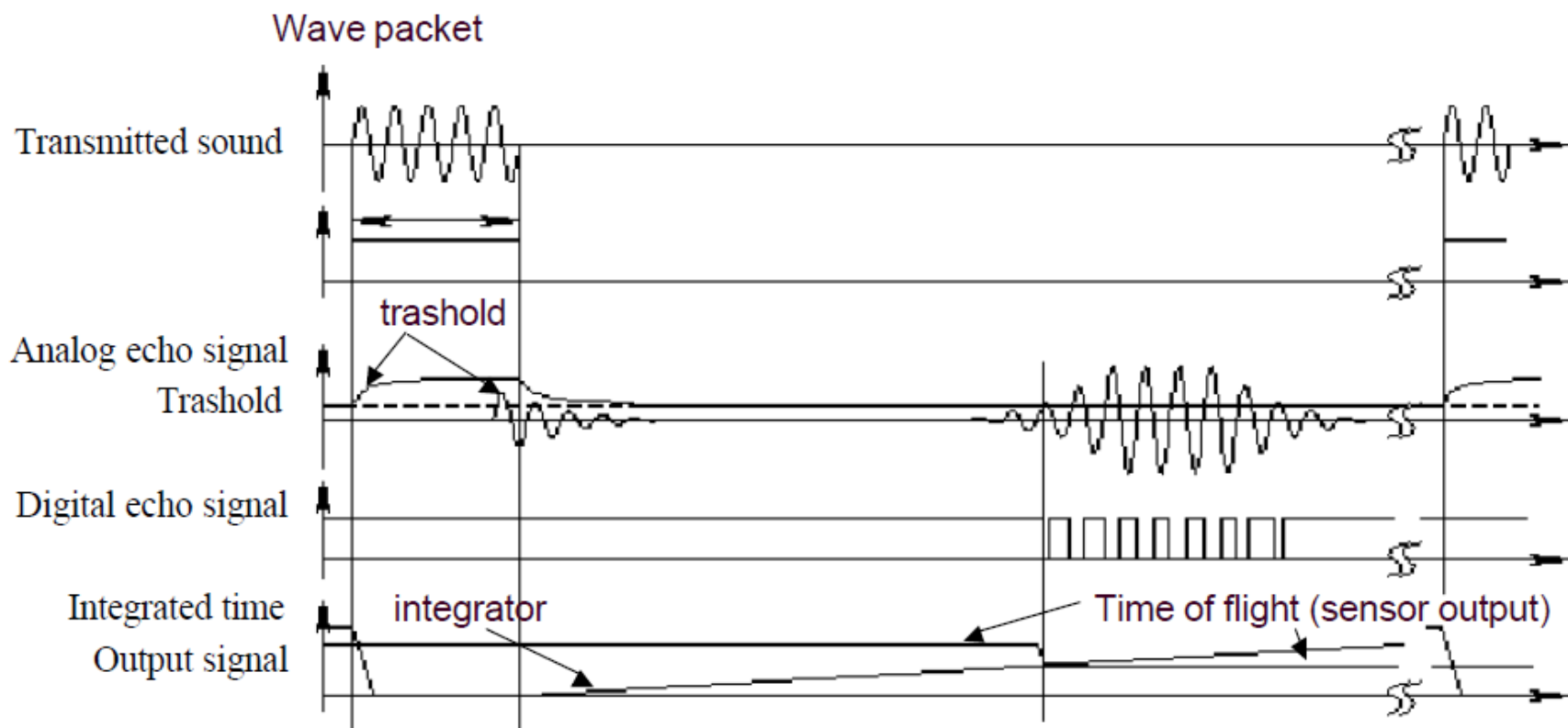


回波模式



# 超声波测距仪

- 利用压电传感器生成声波,采用测量传输时间法测距



# 常用二维激光测距仪



SICK LMS200

SICK LMS291

可测角度范围：90°，180°，270°

角度分辨率：1°，0.5°，0.25°

数据量：角度范围/角度分辨率+1

最大可测距离：8m~80m

测量准确度：10mm

测量精度±15/35mm

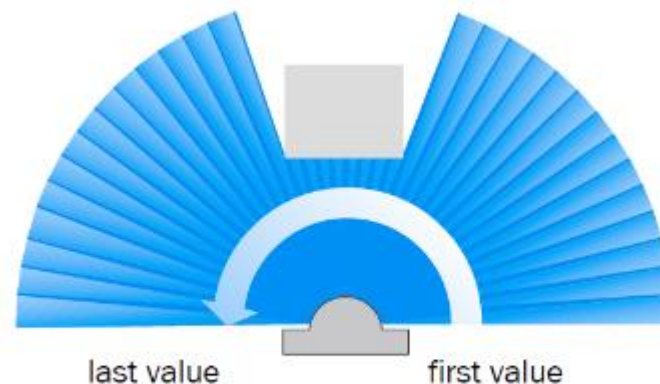
通讯接口：RS232, RS242



SICK LMS100



HOKUYO  
UTM-30LX



Scanning angle 180°

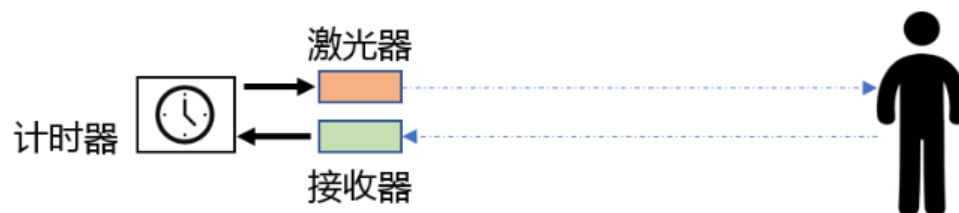
# 时飞法（直接延迟时间测量法）

$$s = vt, \quad D = v \frac{t}{2}$$

$$v = c = 299792458 m/s$$

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{c} = \frac{0.010 m}{299792458 m/s} = 33.4 \times 10^{-12} s$$

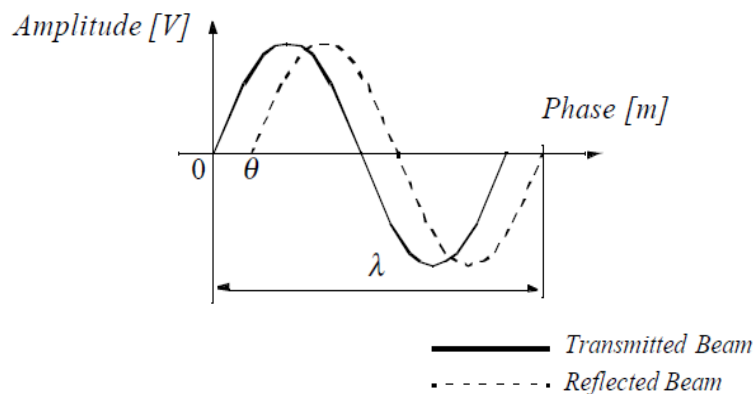
由于光速非常快，需要一个精确的时钟。  
如果要求测量距离误差小于**1cm**，测量时钟精度必须在百万兆分之一秒





# 间接相位偏移测量法

- 发射器发射一个连续波。用具有不同频率的sin信号调制所携带信号的波长。比较反射信号与所发送信号之间的相位差



$$D = \frac{\Delta\phi\lambda}{4\pi} = \frac{\Delta\phi v}{4\pi f}$$

$\lambda$  调制信号波长

$f$  调制信号频率



# 机器视觉

- 是人工智能正在快速发展的一个分支
- 例如：深度学习算法YOLO
- 热点应用：
  - 人脸识别
  - 无人驾驶
  - 医学图像诊断
  - 产品质量识别