

物联网工程导论

第五章 物联网感知技术

内容提要

- ◆ **物联网与传统网络的主要区别在于，物联网扩大了传统网络的通信范围，即物联网不仅仅局限于人与人之间的通信，还扩展到人与物、物与物之间的通信。针对物联网具体实现过程中，对物的信息感知是关键环节技术，本章主要介绍传感器组成、分类和特性，传感器的选用原则，智能传感器和无线传感的发展及特点等。**

学习目标和重点

- ◆ 了解传感器的组成及分类；
- ◆ 了解智能传感器的组成；
- ◆ 了解无线传感器的特征及发展；
- ◆ 理解传感器的特性；
- ◆ 掌握传感器的概念；
- ◆ 掌握传感器的选用原则。

引入案例

◆ 农业插上互联网+翅膀

- 农业物联网的应用比较广泛，主要是对农作物的使用环境进行检测和调整。



引入案例

- ◆ 传感技术是关于从自然信源获取信息，并对之进行处理（变换）和识别的一门多学科交叉的现代科学与工程技术，它涉及**传感器**（又称换能器）、**信息处理和识别**的规划设计、开发、制造或建造、测试、应用及评价改进等活动。**传感技术同计算机技术与通信技术一起被称为信息技术的三大支柱**。从仿生学观点，如果把计算机看成处理和识别信息的“大脑”，把通信系统看成传递信息的“神经系统”的话，那么传感器就是“感觉器官”。

5.1 传感器技术概述

◆ 传感器的作用

- 在人们的生产和生活中，我们经常要和各种物理量和化学量打交道，例如经常要检测长度、重量、压力、流量、温度、化学成分等。
- 在生产过程中，生产人员往往依靠仪器、仪表来完成检测任务。
- 这些检测仪表都包含有或者本身就是敏感元件，能很敏锐地反映待测参数的大小。
- 在为数众多的敏感元件中，我们把那些能将非电量形式的参量转换成电参量的元件叫作传感器。

5.1 传感器技术概述

- ◆ **传感器是能感受规定的被测量并按照一定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。按照信息论的凸性定理，传感器的功能与品质决定了传感系统获取自然信息的信息量和信息质量，是高品质传感技术系统构造的第一个关键。信息处理包括信号的预处理、后置处理、特征提取与选择等。识别的主要任务是对经过处理信息进行辨识与分类。**

5.1.1 传感器概念

- ◆ 从传感器的输入端来看：一个指定的传感器只能感受规定的被测量，即传感器对规定的物理量具有最大的灵敏度和最好的选择性。
- ◆ 从传感器的输出端来看：传感器的输出信号为“可用信号”，这里所谓的“可用信号”是指便于处理、传输的信号，最常见的是电信号、光信号。
- ◆ 从输入与输出的关系来看：它们之间的关系具有“一定规律”，即传感器的输入与输出不仅是相关的，而且可以用确定的数学模型来描述，也就是具有确定规律的静态特性和动态特性。

5.1.2 传感器的组成与分类

◆ 传感器的组成

- **敏感元件。**直接感受被测量，并输出与被测量成确定关系的某一物理量的元件。
- **转换元件。**敏感元件的输出就是它的输入，把输入转换成电路参量。
- **转换电路。**电路参数接入转换电路，便可转换成电量输出。

5.1.3 传感器的作用与地位

- ◆ **在科学研究中，传感器具有突出的作用。许多科学研究的障碍就在于对象信息的获取存在困难，而一些新机理、高灵敏度传感器的出现，往往会导致该领域内技术的突破。例如需要进行超高温、超低温、超高压、超高真空、超强磁场等的研究，这些研究人类的感覺器官根本无法直接获取信息，没有相适应的传感器就不可能实现信息的采集。**

5.1.3 传感器的作用与地位

◆ 传感器的应用领域

- 传感器在军事、交通、化学、环保、能源、海洋开发、遥感、宇航等不同领域的需求与日俱增，其应用的领域已渗入到国民经济的各个部门以及人们的日常文化生活之中。
- 例如
 - 要使机器人和人的功能更为接近，以便从事更高级的工作，要求机器人具有判断能力，这就要给机器人安装物体检测传感器，特别是视觉传感器和触觉传感器，使机器人通过视觉对物体进行识别和检测，通过触觉对物体产生压觉、力觉、滑动和重量的感觉。
 - 这类机器人被称为智能机器人，它不仅可以从事特殊的作业，而且一般的生产、事务和家务，全部可由智能机器人去处理。

5.1.4 传感技术的未来发展

- ◆ 强调传感技术系统的系统性和传感器、处理与识别的协调发展。
- ◆ 利用新的理论、新的效应研究开发工程和科技发展迫切需求的多种新型传感器和传感技术系统。
- ◆ 侧重传感器与传感技术硬件系统与元器件的微型化。
- ◆ 集成化。
- ◆ 研究与开发特殊环境（指高温、高压、水下、腐蚀和辐射等环境）下的传感器与传感技术系统。
- ◆ 对一般工业用途、农业和服务业用的量大面广的传感技术系统。
- ◆ 彻底改变重研究开发轻应用与改进的局面。
- ◆ 智能化。

5.1.4 传感技术的未来发展

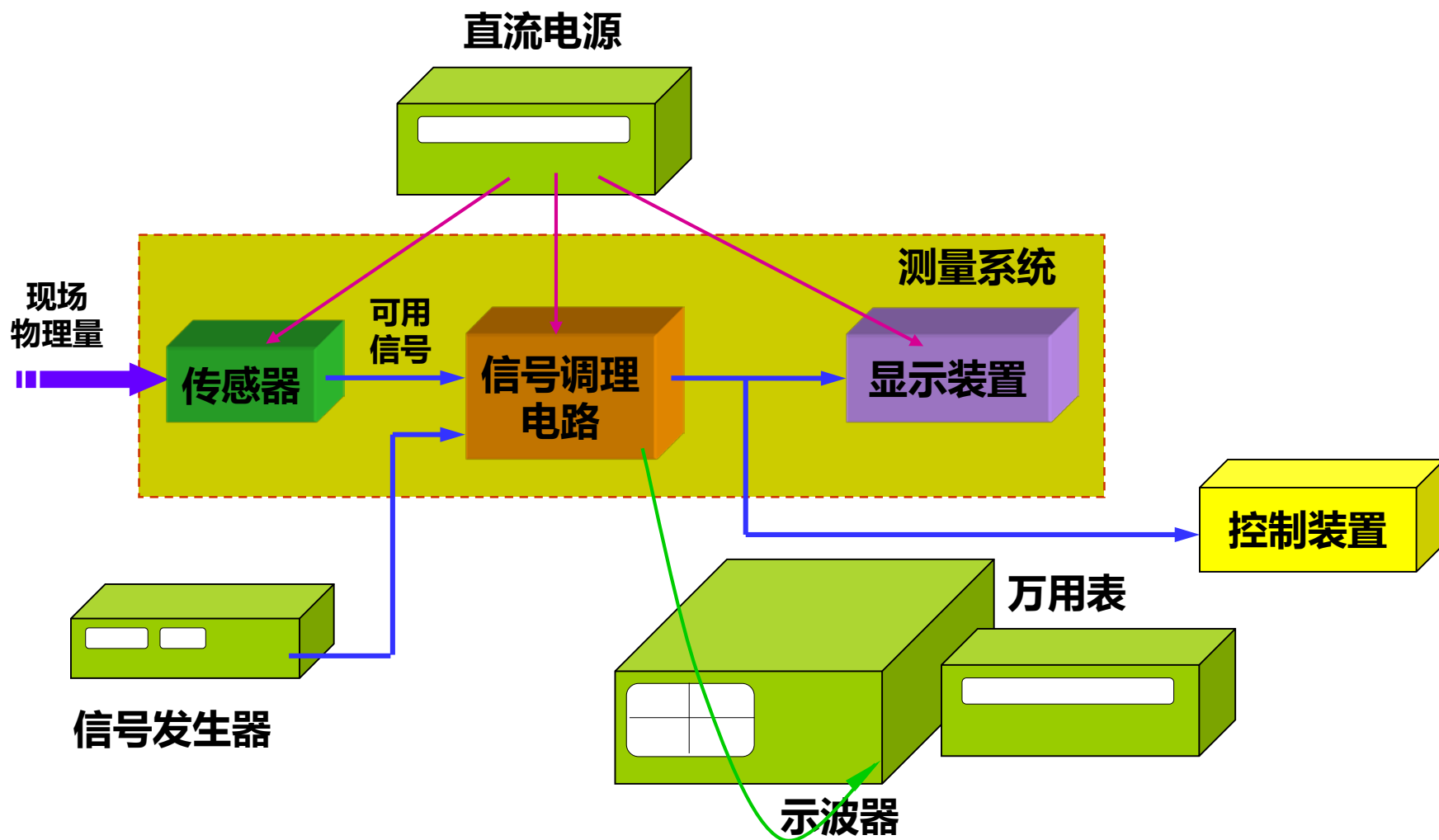
- 当前传感器技术的发展趋势主要是微型化、智能化、多样化,
- 主要形式有微型传感器、智能传感器、纳米传感器等



5.2 典型的传感器

传感器的通用原理

- 由于从物理变量获得的信号通常是**模拟形式**的，所以传统的传感器包括两种类型的处理技术，即**模拟信号**处理技术和**数字信号**处理技术。
- 传感器的输出信号往往很**微弱**，或**波形**不适当，或**信号**形式不适合，不能直接用于工业系统的状态显示和控制。
- **信号调理电路**：对传感器的输出信号施行一定预处理的装置，使信号适于显示或控制。主要技术：电子技术——**运算放大器**



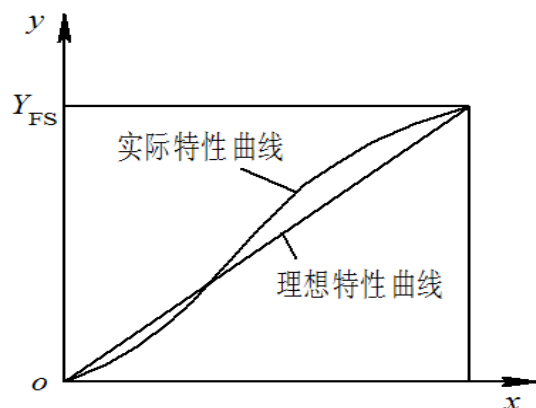
图：典型测量系统的组成

5.2.1 传感器的特性

- ◆ 传感器的特性是指传感器的输入量和输出量之间的对应关系。通常把传感器的特性分为两种：**静态特性和动态特性**。

5.2.1 传感器的特性

- 传感器的静态特性是指被测量的值处于稳定状态时的输出/输入关系。
- 输入量和输出量都和时间无关，所以他们之间的关系，即传感器的静态特征可用一个不含时间变量的代数方程
 - 衡量静态特性的重要指标是线性度、灵敏度、迟滞和重复性等。

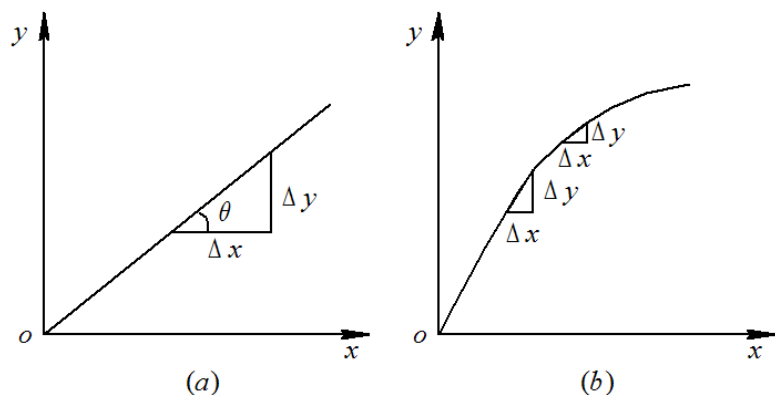


线性度

线性度：指传感器输出量与输入量之间的实际关系曲线偏离拟合直线的程度。

5.2.1 传感器的特性

- 传感器的静态特性是指被测量的值处于稳定状态时的输出/输入关系。
- 输入量和输出量都和时间无关，所以他们之间的关系，即传感器的静态特征可用一个不含时间变量的代数方程
 - 衡量静态特性的重要指标是线性度、灵敏度、迟滞和重复性等。

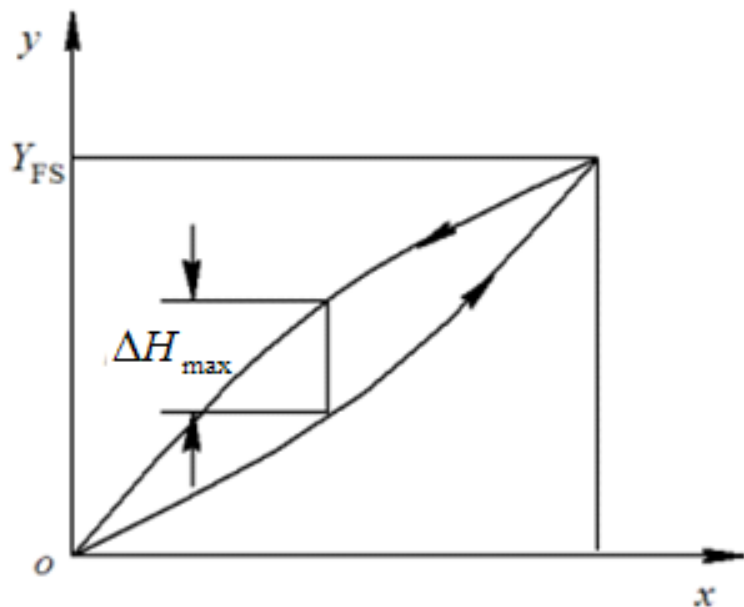


灵敏度：指传感器在静态标准条件下，输出变化对输入变化的比值。对于线性传感器，灵敏度为常数。

灵敏度

5.2.1 传感器的特性

- 传感器的静态特性是指被测量的值处于稳定状态时的输出/输入关系。
- 输入量和输出量都和时间无关，所以他们之间的关系，即传感器的静态特征可用一个不含时间变量的代数方程
 - 衡量静态特性的重要指标是线性度、灵敏度、迟滞和重复性等。

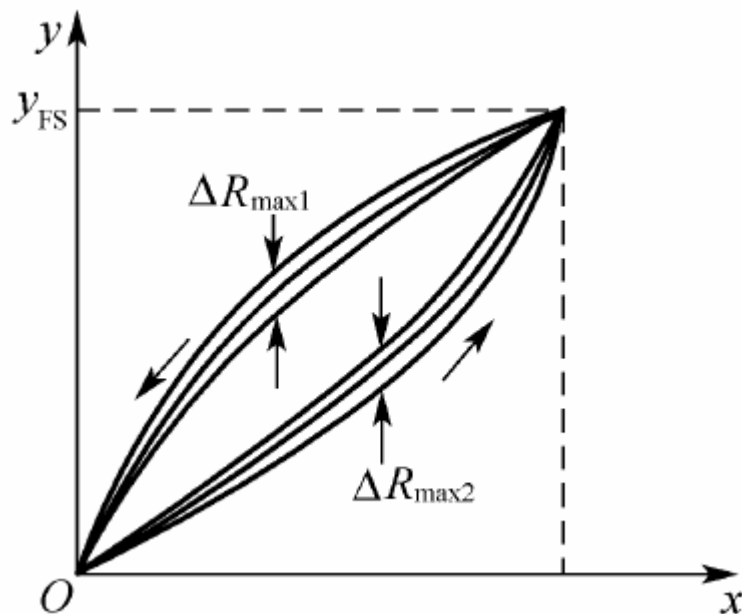


迟滞性

迟滞性：指传感器在正、反即输入量增大、输入量减小行程中输出/输入特征曲线的不重合程度。迟滞特征一般由实验方法确定。

5.2.1 传感器的特性

- 传感器的静态特性是指被测量的值处于稳定状态时的输出/输入关系。
- 输入量和输出量都和时间无关，所以他们之间的关系，即传感器的静态特征可用一个不含时间变量的代数方程
 - 衡量静态特性的重要指标是线性度、灵敏度、迟滞和重复性等。



重复性

重复性：指传感器在同一条件下，被侧输入量按同一方向做全量程连续多次重复测量时，所得输出/输入曲线的不一致程度。
重复特征一般由实验方法确定。

5.2.1 传感器的特性

传感器的**动态特性**是指传感器在输入变化时它的输出特征。在实际工作中，传感器的动态特征常用它对某些标准输入信息的响应来表示。

- 因为传感器对标准输入信号的响应容易用实验方法求得，并它对标准输入信号的响应与它对任意输入信号的响应之间存在一定的关系，知道前者可以推定后者。
- 最常用的标准输入信号有阶跃信号和正弦信号，所以传感器的动态特征也常用阶跃响应和正弦响应来表示。
- 阶跃响应特征：当给静止的传感器输入一个单位阶跃信号时，其输出信号称为阶跃响应。
- 频率响应特征：将各种频率不同而幅值相等的正弦信号输入传感器，其输出正弦信号的幅值、相位与频率之间的关系。

传感器的分类

- 传感器一般是根据物理学、化学、生物学等特性、规律和效应设计而成的
- 同一种被测量可以用不同类型的传感器来测量
- 而同一原理的传感器又可测量多种物理量
- 因此传感器有许多种分类方法。

1) 按被测物理量分类

常见的被测物理量

机械量：长度，厚度，位移，速度，加速度，

旋转角，转数，质量，重量，力，压力，

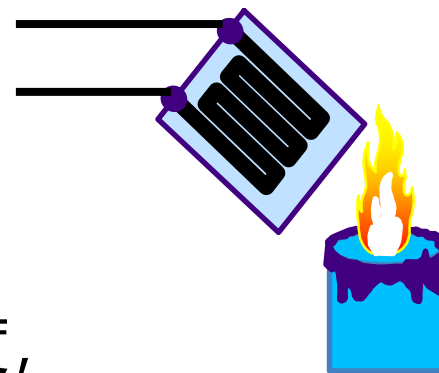
真空度，力矩，风速，流速，流量...

声：声压，噪声。

磁：磁通，磁场。

温度：温度，热量，比热。

光：亮度，色彩。



基本物理量		派生物理量
位移	线位移	长度、厚度、应变、振动、磨损、不平度等
	角位移	旋转角、偏转角、角振动等
速度	线速度	速度、振动、流量、动量等
	角速度	转速、角振动等
加速度	线加速度	振动、冲击、质量等
	角加速度	角振动、扭矩、转动惯量等
力	压力	重量、应力、力矩等
时间	频率	周期、记数、统计分布等
温度		热容量、气体速度、涡流等
光		光通量与密度、光谱分布等

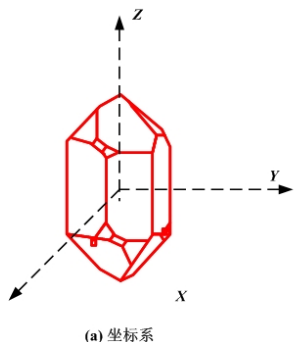
2) 按传感器的工作原理分类

■ 物性型传感器

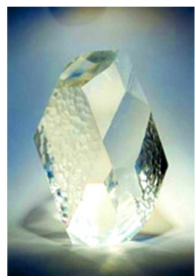
是利用某些功能材料本身所具有的内在特性及效应把被测量直接转换为电量的传感器。如：各种压电晶体传感器。

■ 结构型传感器

是以结构（如形状、尺寸）为基础，利用某些物理规律实现把被测量转换为电量。如：电容式传感器。

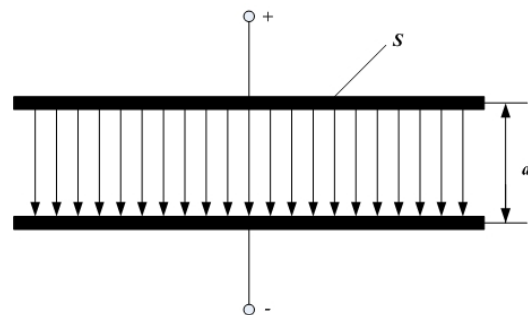


(a) 坐标系



(b) 天然石英晶体

压电晶体传感器



电容式传感器

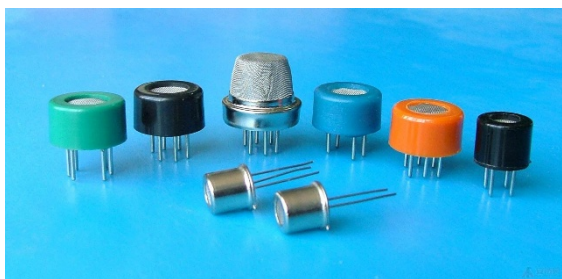
2) 按传感器的工作原理分类

■ 化学型传感器

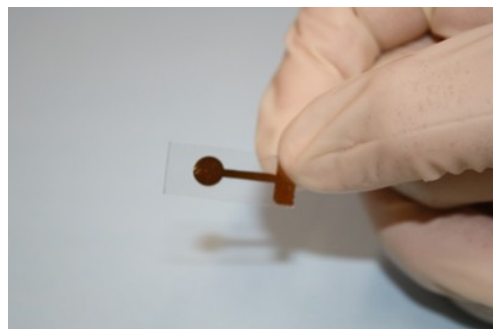
是利用化学反应的原理，把无机和有机化学物质的成分、浓度等转换为电信号的传感器。如：气体传感器。

■ 生物传感器

是一种对生物物质敏感并将其浓度转换为电信号进行检测的仪器。
如：各种酶传感器



气体传感器



生物传感器

3) 按信号变换特征分类

■ 能量转换型传感器

直接由被测对象输入能量使其工作，又称**无源**传感器，它不起能量转换作用，只是将被测非电量转换为电参数的量，如光电式、电磁感应式传感器等。

能量转换型	电动势	温差电动势	热电偶	温度、电流
		霍尔效应	霍尔传感器	磁通、电流
		电磁感应	磁电传感器	速度、加速度
		光电效应	光电池	光照度
	电荷	辐射电离	电离室	离子计数、放射性强度
		压电效应	压电传感器	动态力、加速度

3) 按信号变换特征分类

■ 能量控制型传感器

传感器从被测对象中获取能量，用于控制激励源，故又称**有源**型传感器。如：电阻式、电感式、电容式、霍尔式...

能量控制型	电阻	移动电位器角点改变电阻	电位器传感器	位移
		改变电阻丝或片尺寸	电阻丝应变传感器、半导体应变传感器	微应变、力、负荷
		利用电阻的温度效应	热丝传感器	气流速度、液体流量
			电阻温度传感器	温度、辐射热
			热敏电阻传感器	温度
	电容	改变电容的几何尺寸	电容传感器	力、压力、负荷、位移
		改变电容的介电常数		液位、厚度、含水量
	电感	改变磁路几何尺寸、导磁体位置	电感传感器	位移
		涡流去磁效应	涡流传感器	位移、厚度、含水量
		利用压磁效应	压磁传感器	力、压力
		改变互感	差动变压器	位移

传感器分类方法较多，大体有以下几种：

1) 按检测的范畴分类

- ✓ 物理量传感器
- ✓ 化学量传感器
- ✓ 生物量传感器

2) 按输出信号分类

- ✓ 模拟传感器
- ✓ 数字传感器

3) 按传感器的结构分类

- ✓ 结构型传感器
- ✓ 物性型传感器
- ✓ 复合型传感器

4) 按传感器的功能分类

- ✓ 单功能传感器
- ✓ 多功能传感器
- ✓ 智能传感器

5) 按转换原理分类

- ✓ 机—电传感器
- ✓ 光—电传感器
- ✓ 热—电传感器
- ✓ 磁—电传感器
- ✓ 电化学传感器

6) 按传感器的能源分类

- ✓ 有源传感器
- ✓ 无源传感器

5.2.2 几种典型的传感器

- ◆ 霍尔传感器
- ◆ 温度传感器
- ◆ 湿敏传感器
- ◆ 压力传感器
- ◆ 位移传感器
- ◆ 光电传感器
- ◆ 红外传感器
- ◆ 图像传感器

温度传感器

- **温度传感器**是一种能够将温度变化转换为电信号的装置。它是利用某些材料或元件的性能随温度变化的特性进行测温的，如将温度变化转换为电阻、热电动势、磁导率变化以及热膨胀的变化等，然后再通过测量电路来达到检测温度的目的。



(a) 接触式



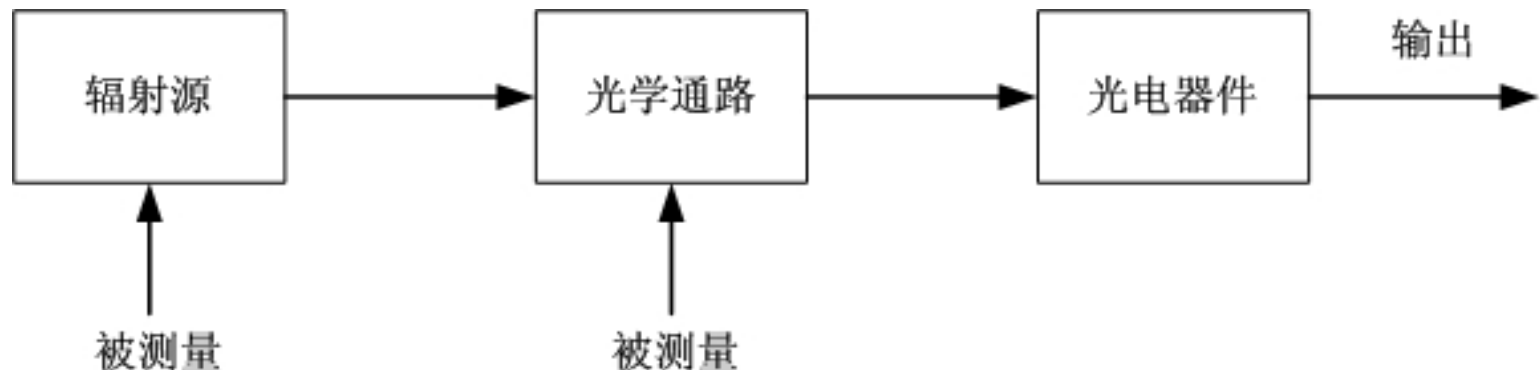
(b) 非接触式

湿敏传感器

- **湿敏传感器**是能够感受外界湿度变化，并通过器件材料的物理或化学性质变化，将湿度转化成有用信号的器件。
- 湿度检测较之其他物理量的检测显得困难，这首先是因为空气中水蒸气含量要比空气少得多；另外，液态水会使一些高分子材料和电解质材料溶解，一部分水分子电离后与溶入水中的空气中的杂质结合成酸或碱，使湿敏材料不同程度地受到腐蚀并加速老化，从而丧失其原有的性质；

光电传感器

- **光电传感器**就是将光信号转化成电信号的一种器件，简称光电器件。要将光信号转化成电信号，必须经过两个步骤：
 - 一是先将非电量的变化转化成光量的变化；
 - 二是通过光电器件的作用，将光量的变化转化成电量的变化，这样就实现了将非电量的变化转化成电量的变化

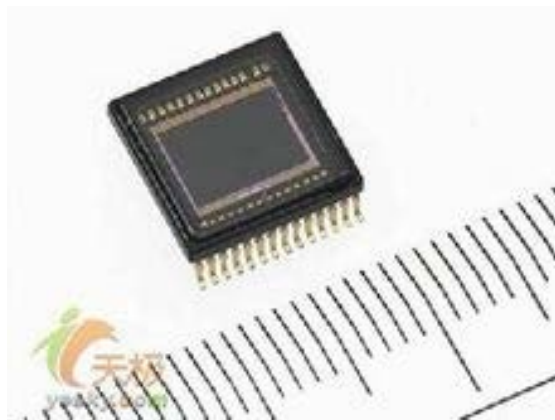


光纤传感器

- 光纤传感器有两种类型：
 - 一种是传光型光纤传感器，光纤在传感器中起光的传输作用，又称为光纤式光电传感器。
 - 另一种是功能性光纤传感器，光在光纤内部传输过程中，受到外界物理因素（如温度、压力、电场、磁场等）的影响，会引起光纤中光的强度、相位、波长或偏振态等的变化，只要测出这些参量随外界物理因素的变化关系，就可以用它作为传感器来测量一些物理量的变化。

图像传感器

- **图像传感器**是采用光电转换原理，用于摄取平面光学图像并使其转换为电子图像信号的器件。
- 三线传感器CCD：在三线传感器中，三排并行的像素分别覆盖RGB滤镜，当捕捉彩色图片时,完整的彩色图片由多排的像素来组合成。三线CCD传感器多用于高端数码相 CCD 传感器机，以产生高的分辨率和光谱色阶。



气敏传感器

- **气敏传感器**是用来检测气体浓度或成分的传感器，它对于环境保护和安全监督方面起着极重要的作用。
- 一般对气敏传感器有下列要求：能够检测报警气体的允许浓度和其他标准数值的气体浓度，能长期稳定工作，重复性好，响应速度快，共存物质所产生的影响小等。

压力传感器

- **压力传感器**是工业实践中最为常用的一种传感器。我们通常使用的压力传感器主要是利用压电效应制成的，这样的传感器称为压电传感器。
- 压电传感器主要应用在加速度、压力和力等的测量中。
- 压电式加速度传感器是一种常用的加速度计，它具有结构简单、体积小、重量轻、使用寿命长等优异的特点，在飞机、汽车、船舶、桥梁和建筑的振动和冲击测量中已经得到了广泛的应用，特别是航空和宇航领域中更有它的特殊地位。

加速度传感器

- **加速度传感器**是一种能够测量加速力的电子设备。
- 常见加速度传感器都是压电式、压阻式、电容式和谐振式。



(a) 压电式加速度传感器



(b) 压阻式加速度传感器



(c) 电容式加速度传感器



(d) 谐振式加速度传感器

5.2.3 选用传感器的原则

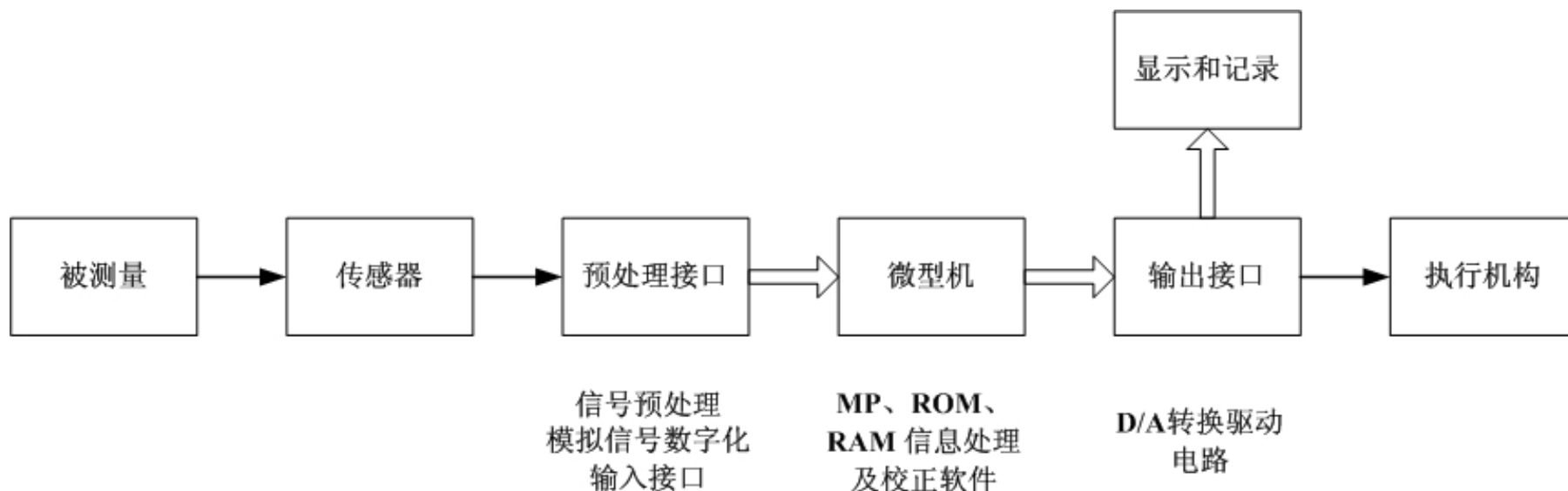
- ◆ **根据测量对象与测量环境确定传感器的类型**
- ◆ **灵敏度的选择**
- ◆ **频率响应特性**
- ◆ **线性范围**
- ◆ **稳定性**
- ◆ **精度**

5.3 智能传感器

5.3.1 智能传感器概述

- ◆ 要处理许多传感器所获得的大批数据，需要大型电子计算机，这从快速采集数据和经济性方面都是不合适的。传感技术在经历了模拟量信息处理和数字量交换这两个阶段后，为了实时快速采集数据，同时又降低成本，提出了分散处理这些数据的方案，各类传感器检测的数据，先进行存储、处理，然后用标准串/并接口总线方式实现远距离、高精度的传输。利用微处理机技术使传感器智能化，通常称之为智能传感器。

5.3.1 智能传感器概述



- 智能传感器就是一种带行微处理机的，兼有信息检测、信息处理、信息记忆、逻辑思维与判断功能的传感器。

5.3.2 智能传感器的发展

- ◆ **新型测量技术和物理转换机理**
- ◆ **数据融合**
- ◆ **传感器的微型化**
- ◆ **网络化**

5.4 无线传感器

5.4.1 无线传感器概述

- ◆ 在当今信息技术呈爆炸式发展的潮流中,无线传感器以其全新的数据获取与处理技术逐渐进入人们的视线,并且在很多领域得到了广泛的应用与普及。当今国内无线传感器的发展方向大多集中在对于传感器数据接收的网络节点处,并且对用于信息处理的硬件设备也有部分研究。而伴随研究的不断深入与科技创新的不断突破,无线传感器已经开始向着智能式与便携式方向发展,它作为协作技术的核心部分其前景不可限量。

练习

◆ 名词解释

- 传感器
- 智能传感器
- 无线传感器的

练习

◆ 填空

- 传感器的特性是指传感器的_____量和_____量之间的对应关系。
- 传感器的种类繁多，有霍尔传感器、_____传感器、_____传感器、_____传感器、_____传感器、_____传感器、_____传感器等，
。

练习

◆ 简答

- 简述传感器的组成及其作用。
- 传感器常用的分类方法。
- 简述选用传感器的原则。
- 传感器静态和动态特性及相应的主要参数。
- 智能传感器的主要功能和特点。
- 无线传感器的应用。
- 传感器的发展。

实验

- ◆ **实验1：霍尔式传感器的位移特性实验。**根据霍尔效应，当霍尔元件在梯度磁场中运动时，它就可以进行位移测量。了解霍尔式传感器原理及交流激励时霍尔片的特性。
- ◆ **实验2：光电传感器的转速测量实验。**光电式转速传感器有反射型和直射型两种，本实验装置是反射型的，传感器端部有发光管和光电管，发光管发出的光源在转盘上反射后由光电管接收转换成电信号，由于转盘上有黑白相间的12个间隔，转动时将获得与转速及黑白间隔数有关的脉冲，将电脉冲计数处理即可得到转速值。了解光电转速传感器测量转速的原理及方法。