# 第1章 概述

本章内容：

* 传感器的定义
* 传感器的组成和分类
* 传感器技术的发展现状与趋势
* 智能传感器概念
* 智能传感器结构
* 智能传感器的作用
* 智能传感器的主要功能与特点
* 智能传感器的实现途径

通过对传感器的定义、组成和分类的概述，及其发展现状与趋势的回顾，我们可以看到发展智能传感器是历史的必然。同时，我们全面介绍了智能传感器的概念、结构、作用、主要功能、特点和实现途径。

# §1.1 传感器概述

## 1.1.1 传感器的定义

传感器是一种能够感受指定的被测量，并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置。传感器的输出有三层含义：

（1）传感器对规定的被测量有“反应”；

（2）传感器的输出与被测量之间建立了有规律的一一对应关系；

（3）传感器是一个器件或装置。

传感器又称为检测器、转换器等，这些都是在不同的技术领域中使用的术语。通常，传感器由敏感元件和转换元件组成。其中，敏感元件是指传感器中能直接感受或响应被测量的部分；转换元件是指传感器中能将敏感元件的输出转换为适合处理与输出的电参量或电信号的部分。在某些场合，如在电子技术领域，常把感受信号的电子元件称为敏感元件，如热敏元件、磁敏元件、气敏元件和光敏元件等。这些元件可以将被测量转换成电参量或电信号。此时，传感器的敏感元件和转换元件合二为一，通过转换电路输出电信号，所以传感器又等同于敏感元件。但是，这些提法在含义上相对狭窄，因此，传感器一词是使用最为广泛且概括性最强的用语。

传感器能够以多种不同的形式输出信号，包括电阻、电感和电容等电参数以及电压、电流、频率和脉冲等电信号。这些不同的输出形式是由传感器的原理所决定的。

## 1.1.2 传感器的组成与分类

### 1.1.2.1 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件、信号调理与转换电路和辅助电源组成，如图1-1所示。由于转换元件的输出可能是电参量，也可能是电信号，但一般都很微弱。因此，通常需要辅助电源以及信号调理与转换电路对信号进行放大、运算调制等，这也使得辅助电源和转换电路有时也作为传感器组成的一部分。

  
图1-1 传感器的组成

敏感元件是指传感器中能直接感受或响应被测量的部分。常见的敏感元件有热敏电阻器、压敏电阻器、光敏电阻器、力敏元件、气敏元件和湿敏元件等；此外，还有一些新型传感器，如谐振式压力传感器和差动变压器式位移传感器等，其敏感元件和传感器是完全融为一体的。

转换元件是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的部分。它可以直接感受被测量（一般为非电量），输出与被测量有确定关系的电量，如热电偶和热敏电阻；它也可以不直接感受被测量，而只感受与被测量有确定关系的其他非电量。例如，差动变压器式压力传感器并不直接感受压力，而只是感受与被测压力有确定关系的衔铁位移量，然后输出电量。一般情况下使用的都是后面这种传感器。

信号调理与转换电路的作用是把来自传感器的信号进行转移和放大，使其更适合于作进一步处理和传输。在多数情况下，它将各种电信号转换为电压、电流或频率等便于测量的电信号，并对其进行信号处理。例如，它可以对经过调理的信号进行滤波、调制和解调、衰减、运算和数字化处理等。常见的信号调理与转换电路有放大器、电桥、振荡器、电荷放大器和滤波器等。此外，传感器的基本部分和信号调理电路还需要辅助电源提供工作能量。

### 1.1.2.2 传感器的分类

传感器的种类繁多，同一种被测量往往可以用不同类型的传感器来测量，如压力可用电容式、电阻式、光纤式等传感器来测量；同样地，同一原理的传感器也可以测量多种物理量，例如电阻式传感器可以测量位移、温度、压力及加速度等。因此，对传感器的分类方法各不相同，目前尚没有统一的分类方法。常见分类方法有以下几种。

### 1. 按工作原理分类

根据这种分类方式，传感器可以被分为电参量式传感器（电阻、电感和电容）、磁电式传感器、压电式传感器、光电式传感器、热电式传感器、半导体传感器以及其它形式的传感器。

### 2. 按被测量类型分类

这种分类方式以传感器测量对象的物理属性为依据，将传感器分为位移传感器、速度传感器、加速度传感器、温度传感器、力/力矩传感器、流量传感器以及其他（如CO传感器、湿度传感器和接近传感器等）形式的传感器。

### 3. 按传感器的能源分类

根据是否需要外接电源，传感器可以被分为有源传感器和无源传感器。有源传感器是基于能量转换的传感器，例如，基于压电效应或热电效应制作的传感器，在被测量作用于传感器时，将直接产生电信号。无源传感器是能量控制型传感器，例如各种电参量式传感器。当被测量作用于传感器时，只会发生电参量的变化，而不会有能量交换。为了输出对应的电信号，需要外接电源和相应的信号调理电路。

在传感器的三种分类方式中，最常用的分类方式是按工作原理分类和按测量类型分类。前者侧重于强调传感器的物理原理，而后者则侧重于强调传感器的用途。

## 1.1.3 传感器技术的发展现状与趋势

### 1.1.3.1 传感器发展现状

目前，世界各国，特别是发达国家，对传感器技术的发展极为重视。将其视为涉及国家安全、经济发展和科技进步的关键技术之一，并纳入国家科技发展战略计划。因此，近年来传感器技术发展迅速，传感器新原理、新材料和新科技的研究日益深入和广泛，传感器新品种、新结构、新应用层出不穷，不断涌现。

（1）传感器在现代自动化系统中扮演着不可或缺的角色，其发展对整个行业的进步起着至关重要的作用。传感器技术的发展能够为行业带来更多的创新和突破，推动整个行业的快速进步。例如，传感器技术在智能家居、智能交通、智能医疗等领域都有着广泛的应用前景，有望为我们的生活带来更多的便利、舒适和安全。因此，大力发展传感器技术，推动其在各个领域的应用，是推动行业发展的关键。只有传感器技术得到深入的发展，整个行业才能更好地实现自动化、智能化和高效化。

（2）新技术在传感器领域得到了广泛的应用。目前，我们在传感器领域广泛应用电子设计自动化（EDA）、计算机辅助制造（CAM）、计算机辅助测试（CAT）、数字信号处理（DSP）、专用集成电路（ASIC）及表面贴装（SMT）等技术。

（3）传感器的功能正在日益完善。随着集成微光、机、电系统技术的迅速发展以及光导、光纤、超导、纳米技术、智能材料等新技术的应用，信息的采集、传输和处理变得更加集成化和智能化。此外，越来越多的新型传感器开始具备自检自校、量程转换、定标和数据处理等功能，使其性能更加灵敏和可靠。

（4）传感器的创新性更加突出。由于新型传感器的研究和开发时间相对较短，这些技术往往尚未完全成熟，因此蕴藏着更多的创新机会。这个领域的竞争非常激烈，而且研究成果往往具有重要的知识产权价值。因此，加快新型传感器的研究、开发和应用具有重大的意义。

（5）新型传感器的商品化和产业化前景非常广阔。在研究开发新型传感器的过程中，应同时关注新型材料、设计方法、生产工艺、测试技术和配套仪表等基础技术的同步发展。此外，还应更加注重实用性，以确保研究成果能够顺利转化为实际应用，从而加速产业化的进程。

### 1.1.3.2 传感器发展趋势

传感器技术在科学研究、工农业生产、日常生活等方面发挥着越来越重要的作用。应用需求对传感器技术又提出了越来越高的要求，这推动着传感器技术不断的向前发展。同时，传感器技术是一门涉及多种学科、多个领域的高新技术。随着科技技术的不断提高，传感器技术的发展趋势主要表现为以下几个方面：

（1）开发新材料、研究新型传感器。传感器技术离不开材料的支持，可以说，材料是构成传感器技术的重要基础。随着传感器技术的发展，我们已经见证了各种新材料的出现。除了半导体材料和陶瓷材料，光导纤维、纳米材料、超导材料等新材料也相继问世。随着研究的不断深入，人们将进一步探索具有新效应的敏感功能材料。微电子、光电子、生物化学、信息处理等各种学科和新技术的互相渗透和综合利用，为我们提供了研制开发新型传感器的可能。利用这些技术，我们可以开发出具有新原理、新功能的新型传感器。

传感器的各种应用中，半导体材料的使用无处不在，其用量始终居于首位。预计在未来一段时间内，半导体材料仍将在传感器技术中占据主导地位。半导体材料的灵活性使其能够被制作成各种类型的传感器，包括力敏、光敏、磁敏、红外敏等。展望未来，我们可以看到，随着机械加工技术、P-N结技术、离子注入技术、激光退火等表面处理技术的成熟，半导体材料的应用将会更加广泛。特别是在传感器技术的发展中，半导体材料的应用将会得到进一步的推广。

有机聚合物，也被称为高分子材料，正在成为一种新兴的传感器功能材料。除了具有介电性能外，它还具有半导体、导体、电光、电导等多种功能，这使得其在传感器领域具有广泛的应用前景。由于有机聚合物可以制作成热敏、力敏、声敏、导电敏、光敏、湿敏、气敏、离子敏等多种传感器，因此它有着广泛的应用领域。尽管目前而言，此类传感器尚在研制阶段，但我们坚信，将来它一定会成为热门方向。

（2）集成化、多功能化。集成化是传感器技术发展的重要趋势。所谓集成化，有双层的含义：①将同一类型的单个传感器排列在同一平面上，构成线型传感器或者面型传感器，如现在已经研制应用的2048像素的线型传感器和492×660像素的面型传感器；②将传感器和运放、放大及温度补偿等部分组装成一个器件，形成一体化。例如，集成固态压力传感器或组合式固态压力传感器就是这种集成化的体现。

传感器的多功能化是指传感器能够同时检测与转换两种或以上的不同物理量。这种多功能化可以通过集成不同的敏感元件来实现。例如，使用特殊的陶瓷把温度和湿度敏感元件集成在一起，做成温湿度传感器。另外，将检测不同气体的敏感元件用厚膜制造工艺制作在同一基片上，制成可以检测氧、氨、乙醇、乙烯四种气体的多功能传感器。同时，在同一硅片上制作应变计和温度敏感元件，制成同时测量压力和温度的多功能传感器。此外，该传感器还可以实现温度补偿。

（3）多传感器的融合。由于多传感器不可避免地存在不确定性，包括偶然的不确定性，这可能导致系统的全面性和鲁棒性不足，从而导致系统失效。多传感器集成与融合技术正好可以解决这方面的问题。多传感器不仅可以表示同一环境特征的多个冗余的信息，还可以描述不同的环境特征，具有冗余性、互补性、及时性和低成本等特点。

多传感器的集成与融合技术已经成为智能传感器与系统领域的一个重要研究方向。它涉及信息科学的多个领域，是新一代智能感知技术的核心基础之一。20世纪80年代初，以军事领域的研究为开端，多传感器的集成与融合技术迅速扩展到军事和非军事的各个应用领域，如目标的自动识别、自主车辆导航、遥感、生产过程监控、机器人及医疗应用等。

（4）学科的交叉融合，实现无线网络化。无线传感器网络是由大量无处不在的、有无线通信与计算能力的微小传感器节点构成的自组织分布式网络系统，能根据环境自主完成指定任务的“智能”系统。这是一种涉及微传感器、微机械、通信、自动控制和人工智能等多学科的综合技术。大量的传感器通过网络构成了一个分布式的、智能化的信息处理系统。这个系统以协同的方式工作，能够从多种视角、以多种感知模式对事件、现象和环境进行观察和分析，从而获得丰富的、高分辨率的信息。这极大地增强了传感器的探测能力，是近年来的新发展方向。这种技术的应用已经从军事领域扩展到了反恐、防爆、环境监测、医疗保健、家居、商业、工业等众多领域，具有广阔的应用前景。

（5）向微功耗及无源化发展。传感器通常从非电量转化为电量，工作时离不开电源。在野外现场或远离电网的地方，通常是用电池或太阳能等供电。因此，开发微功耗的传感器和无源传感器是必然的发展方向，这不仅可以节省能源，还可以提高系统的寿命。

（6）网络化和物联网。传感器网络化是传感器领域的一项新兴技术，它利用TCP/IP协议将传感器转化为监控网络中的一个独立节点。这样，现场测控数据可以直接采集并传输到网络上，与网络上有通信能力的节点直接进行通信，从而实现数据的实时发布和共享。由于传感器的自动化和智能化水平的提高，多台传感器联网已得到广泛应用。虚拟仪器、三维多媒体等新技术也开始实用化。因此，通过Internet，传感器与用户之间可异地交换信息和浏览。厂商能够直接与异地用户交流，及时完成传感器故障诊断、指导用户维修或交换新仪器改进的数据、软件升级等工作。这使得传感器操作过程更加简化，功能更换和扩展变得更加方便。

物联网，借助智能感知和识别技术与普适计算、泛在网络的融合应用，被视为继计算机和互联网之后，世界信息产业发展的第三次浪潮。物联网的英文全称为“The Internet of Things”，通常简称为IOT，意味着“物物相连的互联网”。这里有两层含义：①物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础之上延伸和扩展的一种网络；②其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间进行信息交换和通信。物联网，通过各种信息传感设备如RFID、红外传感器、全球定位系统和激光扫描器，按协议将任何物品与互联网连接。这实现了信息交换、通信，以及智能化的识别、定位、跟踪、监控和管理。

传感器技术的发展趋势正朝着多元化和高效化的方向发展。这些趋势共同描绘了一个充满活力和创新的传感器技术发展蓝图。随着新材料、集成化、多功能化、多传感器融合、学科交叉融合以及无线网络化等技术的不断进步，传感器技术将在各个领域发挥越来越重要的作用，为人类创造更美好的未来。

# §1.2 智能传感器技术

## 1.2.1 智能传感器概念

智能传感器系统是一门现代综合技术，也是一项迅速发展的高新技术。然而，目前尚未有统一明确的定义。智能传感器的概念最初是在美国宇航局开发宇宙飞船的过程中提出的，以解决太空探索中的复杂信息处理问题。人们需要知道宇宙飞船在太空中的飞行速度、位置、气压、空气成分等信息。此外，宇航员还需要在太空中进行各种实验。这都需要安装各种类型的传感器。这就需要处理从传感器获得的大量信息。然而，处理从传感器获得的大量信息是一项挑战。即使使用一台大型计算机，也很难同时处理如此庞大的数据，更不用说在宇宙飞船上了。因此，宇航局的专家们开始寻求新的解决方案，希望传感器本身具备信息处理功能。于是，他们将传感器与微处理器结合。这样，在20世纪70年代末，智能传感器应运而生。

早期，人们简单、机械地强调在工艺上将传感器与微处理器两者紧密结合，认为“传感器的敏感元件及其信号调理电路与微处理器集成在一块芯片上就是智能传感器”。

关于智能传感器的中、英文称谓，目前也尚未统一。“Intelligent Sensor”是英国人对智能传感器的称谓，而“Smart Sensor”是美国人对智能传感器的俗称。另外，1992年荷兰代尔夫特理工大学Johan H. Huijsing教授在“Integrated Smart Sensor”一文中按集成化程度的不同，将智能传感器分别称为“Smart Sensor”、“Integrated Smart Sensor”。对“Smart Sensor”的中文译名有译为“灵巧传感器”的，也有译为“智能传感器”的。

国内众多学者广泛认可这种概念，“传感器与微处理器赋予智能的结合，兼具信息检测与信息处理功能的传感器就是智能传感器（系统）”；模糊传感器也是一种智能传感器（系统），将传感器与微处理器集成在一块芯片上，这是构建智能传感器（系统）的一种方式。

## 1.2.2 智能传感器的结构

智能传感器主要由传感器、微处理器（或微计算机）及相关电路组成，其基本结构如图1-2所示。

  
图1-2 智能传感器的基本结构

传感器将被测量转化成相应的电信号，然后送到信号调理电路中。经过滤波、放大、模／数转换后，这些信号会被送到微处理器中。微处理器对接收到的信号进行计算、存储、数据分析和处理。一方面，它通过反馈回路对传感器与信号调理电路进行调节，以实现对测量过程的调节和控制；另一方面，它将处理后的结果传送到输出接口，经过接口电路的处理后，按照输出格式和界面定制输出数字化测量结果。智能传感器中，微处理器是智能化的核心，软件部分的运算及相关的调节与控制只有通过它才能实现。

## 1.2.3 智能传感器的作用

智能传感器与传统传感器相比，在作用上更加全面，几乎包括仪器仪表的全部作用，主要表现为以下几点：

（1）提高测量精度。利用微型计算机进行多次测量和求平均值的办法可削弱随机误差的影响；利用微型计算机进行系统误差补偿；利用辅助温度传感器和微型计算机进行温度补偿；利用微型计算机实现线性化，可以减少非线性误差；利用微型计算机进行测量前的零点调整、放大系数调整和工作中周期调整零点、放大系数等。

（2）增加功能。利用记忆功能获取被测量的最大值和最小值；利用计算功能对原始信号进行数据处理，可获得新的量值；用软件的办法完成硬件功能，经济并减小体积；对数字显示可有译码功能；可用微型计算机对周期信号特征参数进行测量；对诸多被测量可有记忆存储功能。

（3）提高自动化程度。可实现误差自动补偿；可实现检测程序自动化操作；可实现越限自动报警和故障自动诊断；可实现量程自动变换；可实现自动巡回检测。

（4）高信噪比与高分辨力。由于智能传感器具有数据存储、记忆与信息处理的特点，通过软件进行数字滤波、相关分析等处理，可以去除输入数据中的噪声，将有用信号提取出来；通过数据融合、神经网络技术，可以消除多参数状态下交叉灵敏度的影响，从而保证在多参数状态下对特定参数测量的分辨能力，所以智能传感器具有很高的信噪比与高分辨能力。

# §1.3 智能传感器的主要功能与特点

## 1.3.1 智能传感器的主要功能

目前还没有关于传感器智能化功能的明确定义，一般来说，可以从以下几方面概括其功能：

(1)在自我完善能力方面，

①具有改善静态性能，提高静态测量精度的自校正、自校零、自校准功能；

②具有提高系统响应速度，改善动态特性的智能化频率自补偿功能；

③具有抑制交叉敏感，提高系统稳定性的多信息融合功能。

(2) 在自我管理与自适应能力方面，

①具有自检验、自诊断、自寻故障、自恢复功能；

②具有判断、决策、自动量程切换与控制功能。

(3) 在自我辨识与运算处理能力方面，

①具有从噪声中辨识微弱信号与消噪的功能；

②具有多维空间的图像辨识与模式识别功能；

③具有数据自动采集、存储、记忆与信息处理功能。

(4) 在交互信息能力方面，具有双向通信、标准化数字输出以及拟人类语言符号等多种输出功能。

## 1.3.2 智能传感器的特点

与传统传感器相比，智能传感器具有以下显著特点。

### 1. 精度高

智能传感器有多项功能来保证它的高精度。例如：自动零点校准以消除零点偏差；与标准参考基准实时对比以自动进行整体系统标定；自动进行系统误差校正以消除可能的系统误差对测量结果的影响；通过对采集的大量数据进行统计处理以消除偶然误差的影响等。这些功能共同保证了智能传感器的高精度。

### 2. 高可靠性与高稳定性

智能传感器能自动补偿系统特性的漂移。这种漂移是由工作条件和环境参数的变化引起的，例如温度的变化可能会导致零点和灵敏度的漂移。在被测参数变化后，智能传感器能自动切换量程。智能传感器能实时自动进行系统的自我检验，并分析、判断所采集到的数据的合理性。如果发现异常情况，它会进行应急处理，如发出报警或故障提示。因此，有多项功能可以保证智能传感器的高可靠性与高稳定性。

### 3. 高倍噪比与高分辨力

智能传感器具备数据存储、记忆和信息处理功能。它可以通过软件进行数字滤波和相关分析等处理，以去除输入数据中的噪声并提取有用信号。此外，智能传感器可以利用数据融合和神经网络技术消除多参数状态下的交叉灵敏度影响。这确保了在多参数状态下对特定参数的准确测量。因此，智能传感器具备高信噪比和高分辨力。

### 4. 强自适应性

智能传感器具有判断、分析与处理功能，它能根据系统工作情况决策各部分的供电情况、与上位计算机的数据传送速率，使系统工作在最优低功耗状态和优化传送效率。

### 5. 较高的性能价格比

智能传感器所具有的上述高性能，不是像传统传感器技术那样通过追求传感器本身的完善、对传感器的各个环节进行精心设计与调试、进行"手工艺品"式的精雕细琢来获得的，而是通过与微处理器/微计算机相结合，采用廉价的集成电路工艺和芯片以及强大的软件来实现的，所以具有较高的性能价格比。

由此可见，智能化设计是传感器传统设计中的一次革命，也是世界传感器的发展趋势。作为商品，智能传感器在20世纪80年代初期就已经出现。当时，美国霍尼韦尔公司生产了压阻式ST -3000 型压力(差)智能变送器。后来，美国SMAR公司生产了LD302系列电容式智能压力(差)变送器，美国罗斯蒙特公司生产了电容式智能压力(差)变送器系列，日本横河电气株式会社生产了谐振式EJA 型智能压力(差)变送器。此外，世界各国正在利用计算机和智能技术研究、开发各种其他类型的智能传感器/变送器。

# §1.4 智能传感器的实现

目前，传感技术的发展正通过三条主要途径实现智能传感器。

## 1.4.1 非集成化实现

非集成化智能传感器是将传统的经典传感器(采用非集成化工艺制作的传感器，仅具有获取信号的功能)、信号调理电路、带数字总线接口的微处理器组合为一整体而构成的一个智能传感器系统。其框图如图1-3所示。

  
图1-3 非集成化智能传感器框图

图1-3中的信号调理电路用于处理传感器的输出信号。它将传感器输出信号进行放大并转换为数字信号，然后通过数字总线接口连接到现场的数字总线上。这是实现智能传感器系统的一种快速且有效的方法。例如，美国罗斯蒙特公司和SMAR公司生产的电容式智能压力（差）变送器系列产品就是这样实现的。他们在原有的非集成化电容式变送器的基础上，添加了一块带有数字总线接口的微处理器插板，并开发了配备通信、控制、自校正、自补偿、自诊断等功能的智能化软件，从而实现了智能传感器的功能。

非集成化智能传感器是在现场总线控制系统发展形势的推动下迅速发展起来的。这是因为这种控制系统要求挂接的传感器/变送器必须是智能型的。对于自动化仪表生产厂家来说，原有的一整套生产工艺设备基本不变。因此，对于这些厂家而言，非集成化实现是一种建立智能传感器系统最经济、最快捷的途径与方式。

## 1.4.2集成化实现

这种智能传感器系统是采用微机械加工技术和大规模集成电路工艺，利用半导体硅作为敏感元件的制作材料，将信号的调理电路、微处理器单元等集成在一块芯片上所构成的传感器，所以又称为集成智能传感器。它是将智能传感器的各个部分通过一定的工艺，分层集成在一块半导体硅片上。

随着微电子技术和微米、纳米技术的快速发展，大规模集成电路工艺日益完善，集成电路器件的集成度越来越高。这已经成功地提高了各种数字电路芯片、模拟电路芯片、微处理器芯片、存储器电路芯片的性能价格比。同时，这也促进了微机械加工技术的发展，形成了与传统传感器制作工艺完全不同的现代智能检测传感器。

集成智能传感器具备自适应性、高精度、高可靠性和高稳定性的特点。根据集成度的不同，其可以分为初级形式、中级形式和高级形式三种类型。

### （1）初级形式。

初级形式的智能传感器没有微处理器单元，只有被封装在同一外壳里的敏感单元和信号调理电路组成。这是智能传感器系统最早出现的商品化形式，也是最广泛使用的形式。因此，它被称为"初级智能传感器"。从功能上看，它只具备简单的自动校零、非线性自校正和温度自动补偿功能。这些功能是通过硬件电路实现的，通常称为智能调理电路。

### （2）中级形式。

中级形式的智能传感器在初级形式的基础上增加了微处理器和硬件接口电路，并扩展了自诊断（如故障和超量程检测）、自校正（进一步消除测量误差）以及数据通信等功能。这些功能主要通过软件实现，因此，它们具有更强的适用性。

### （3）高级形式。

高级智能传感器的集成度进一步提高，实现了多维阵列化的敏感单元，并配备了更强大的信息处理软件，以具备更高级的智能化功能。这种传感器系统不仅具备1.3.1节所述的完善智能化功能，还具备更高级的传感器阵列信息融合、成像和图像处理等功能。

由于在一块芯片上实现智能传感器全系统，并不总是希望的，也并不总是必须的，所以，一种更为可行的混合实现智能化的方式迅速得到了发展。

## 1.4.3 混合实现

混合实现是指根据系统的需求和可行性，将系统的各集成化环节，如集成化敏感单元、信号调理电路、微处理器单元、数字总线接口等，以不同的组合方式集成在几块芯片上，并装在一个外壳里，如图1-4所示。

  
图1-4 智能传感器的混合实现原理

集成化敏感单元包括弹性敏感元件和变换器；信号调理电路包括多路开关、仪用放大器、基准和模/数转换器 (ADC) 等；微处理器单元包括数字存储（EPROM、ROM、RAM）、I／O接口、微处理器和数/模转换器 (DAC)等。

在图1-4(a) 中，三块集成化芯片被封装在一个外壳里；而在图1-4(b)、(c)、(d) 中，则有两块集成化芯片被封装在一个外壳里。在图1-4(a)、(c) 中的（智能）信号调理电路具备部分智能化功能，如自校零和自动进行温度补偿。这是因为这种电路带有零点校正电路和温度补偿电路。这些电路通常不与微处理单元一起封装，而是单独出售。在图 (a) 、(b) 中，集成化敏感单元也可以被片外外接的传感器所替代。

# 习题1

1. 什么叫传感器？ 它通常由哪几部分组成？ 它们的作用是什么？

2. 请简述传感器技术的分类方法。

3. 请简述传感器技术的发展趋势。

4. 请简述智能传感器的作用。

5. 请简述智能传感器的主要功能。

6. 请简述智能传感器的特点。

7. 简要说明智能传感器的实现途径。