

机 电 一 体 化 技 术 丛 书

传感器

技术及应用实例

● 刘君华 郝惠敏 林继鹏 白 鹏 编著

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

TP212/176

2008

机电一体化技术丛书

传感器技术及应用实例

刘君华 郝惠敏 林继鹏 白鹏 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书避开过细的结构与工艺描述,在基于物理效应讲述传感器工作原理的基础上,对传感器进行了与时俱进的全面阐述。重点突出两个方面:从科研与工程实践使用的角度出发,将处于系统中的传感器会遇到的实际问题作为考虑的出发点;将传感器技术指标及基本特性、模型相结合。以期读者了解传感器正确的使用方法和解决问题的思路。每章均列举了大量应用实例供读者建立理论联系实际的切身感受。

本书内容联系实际、清晰易懂、便于自学。可作为大专院校电类、非电类专业与传感、检测有关课程的教学用书;也特别适合各个领域从事测控技术的工程技术人员和科学研究人员学习。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

传感器技术及应用实例/刘君华等编著. —北京:电子工业出版社,2008. 6

(机电一体化技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 121 - 06634 - 4

I. 传… II. 刘… III. 传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 063598 号

责任编辑:夏平飞 康 霞 特约编辑:王占禄

印 刷:

北京牛山世兴印刷厂

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:25 字数:640 千字

印 次:2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数:4000 册

定 价:42.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

传感器、执行器、计算机是组成近代自动化系统的三大环节。但是传感器曾是工业自动化发展的瓶颈，是拖后腿的角色，出现过“大脑发达、五官不灵”的状况。因此在微处理器开始普及的20世纪80年代，掀起了“传感器热”，甚至有“谁掌握了传感器，谁就能掌握一个时代”的说法。

当今，我们正处于信息化时代！

传感器技术是信息获取科学的核心技术。信息获取科学与技术又是构成信息技术的三大支柱之一，是信息的源头和基础。但是传感器，现在又是信息技术发展的瓶颈，仍然是拖后腿的角色。信息获取技术（传感/检测技术）大大落后于信息处理技术（计算机技术）与信息传输技术（通信、网络技术），所以传感器仍然成为推动科学技术进步的关键与基础，是吸引众多科学技术工作者攻坚的热点。

传感器技术在发展！种类不下两万种。海、陆、空，衣食住行无处不在，也必须无处不在！社会需要传感器技术的快速发展。如何帮助广大读者学习传感器技术，许多教材与书籍都进行了大量有益的尝试。

本书力图介绍更多的传感器，但更注重传感器的共性内容，因为传感器层出不穷，一本书将它介绍全是困难的。本书也期望对传感器的结构、工艺及其调理电路的形式作详尽的描述，但更着眼于传感器的使用，更注意从建立传感器测量系统来介绍传感器，因为传感器是不可能孤立使用的；更注重与传感器技术的发展与时俱进，因为许多传感器及调理电路、系统已正在向一体化、集成化、智能化、网络化方向发展。本书紧密联系在科学研究与工程实践中应用传感器系统获取信息的实际需要，从实际应用与使用中会遇到的问题出发来讲述各主要传感器（常规与新型）的模型、建模、技术指标、具体特性及其相互关系与认知方法。每章重点都从建立测控系统的需要出发讲述传感器。每种传感器从物理效应出发讲述传感器原理，但不停留于原理，进而从使用中提出问题，由技术指标联系基本特性与模型，以使读者了解如何正确选用；更具特色的是每个章节都列举了大量的示例与应用举例，读者从中可以建立理论联系实际的切身感受，以期有助于帮助读者建立正确使用传感器的思路；面对使用中存在的问题时，有助于帮助读者寻求到解决问题的途径。读者还可以访问西安交通大学“网上测控实验室”进入“虚拟实验室”自主操作，在实践中学习含传感器的测试系统集成设计与标定实验，也可进入“仪器库”中选用相应的仪器作为传感器信号的调理与转换。

全书共16章，涉及内容有三大部分，第一部分（绪论第1、15章）包括绪论、传感器的模型与主要技术指标；传感器现场标定装置简介；第二部分（第2章至第13章），依次介绍的传感器有：电阻型传感器（应变计式与压阻式）、电参量型传感器（电容、电感、阻抗式）、磁电式与压电式传感器、热传感器（电阻式与热电偶式）、光电式传感器、

热辐射探测器、数字式传感器、频率输出型传感器、光纤光栅传感器、霍尔传感器、超声波传感器及智能传感器，每个章节都列举了大量示例和应用举例；第三部分（第 14 章）为传感器、系统及应用例，这些示例与应用例大都是实践过了的。

本书的编著，要感谢西安交通大学测控技术与仪器教研室的老师们：张勇、曹建安、路灿副教授；申忠如教授；汤晓君博士。他们提供了有益的资料并与他们进行了有益的讨论。

还要感谢李昕、梁晋涛、邵军、李世维、李玉军、文会飞、朱凌建、肖丹、王颖等做了大量资料的收集及整理工作。

编著者在此向帮助本书编著与出版的所有人士由衷地表示感谢。由于水平有限，书中不当之处敬请批评指正，不吝赐教。

编著者

2007 年 10 月于西安交通大学

目 录

绪 论	1
0.1 传感器与传感技术的概念	1
0.2 传感器分类与传感器系统的基本形式	2
0.3 传感技术的作用、现状与发展	6
思考题	9
第1章 传感器的模型与主要技术指标	11
1.1 静态标定实验与静态模型的建立	11
1.2 由静态模型求取传感器系统的主要技术指标	13
1.3 动态标定实验与动态模型的建立	28
1.4 传感器理论建模简介	42
习题	47
练习与实践	47
第2章 应变计式与压阻式电阻型传感器	49
2.1 应变(计)式传感器	49
2.2 压阻式传感器	55
2.3 应变(计)式与压阻式传感器的调理电路	58
2.4 影响传感器稳定性因素与技术指标举例	69
2.5 应变(计)式传感器应用示例	72
2.6 压阻式传感器使用示例	77
习题	82
练习与实践	84
第3章 交流电参数传感器	85
3.1 电容式变换器及传感器	85
3.2 电感式变换器及传感器	90
3.3 电涡流变换器及传感器	96
3.4 交流电参数型传感器系统主要模式与示例	99
3.5 工作条件与影响传感器系统稳定性因素	111
习题	117
练习与实践	118
第4章 磁电式与压电式电量传感器	119
4.1 磁电感应式电量传感器	119
4.2 压电式电量传感器	131
4.3 示例	139
4.4 压电式加速度传感器与电荷放大器使用注意事项	144
4.5 压电薄膜传感器的应用简介	145

习题	145
练习与实践	146
第5章 热电阻式与热电偶式热传感器	148
5.1 热电阻式温度变换器与传感器	148
5.2 热电势式温度变换器与传感器	158
5.3 热敏电阻式温度变换器与传感器	170
5.4 PN 结温度变换器与传感器	175
5.5 集成电路温度传感器举例	177
习题	179
练习与实践	182
第6章 光电式传感器	183
6.1 基于外光电效应的光电管及光电倍增管变换器	184
6.2 基于光电导效应的光敏电阻(光导管)变换器	186
6.3 基于光伏效应的光传感器件	190
6.4 光点位置变换器与传感器	210
6.5 固态图像变换器	212
习题	220
第7章 红外探测器	221
7.1 红外辐射的相关知识	221
7.2 红外探测器的常用类型	224
7.3 红外探测器的主要性能参数	231
7.4 红外测温	237
7.5 示例	243
习题	250
第8章 数字式传感器	252
8.1 绝对编码器式角位移数字传感器	253
8.2 增量编码器式角位移数字传感器	261
8.3 计量光栅精密位移数字传感器	269
习题	279
第9章 谐振式频率输出数字传感器	280
9.1 概述	280
9.2 金属振弦谐振子与谐振式力、压力/压差传感器	284
9.3 振梁/振膜/振筒谐振子与其谐振传感器	291
9.4 硅微机械谐振子与其谐振式传感器	294
9.5 压电石英晶体谐振子与其谐振式传感器	296
习题	307
第10章 光纤光栅传感器	308
10.1 光纤光栅的基本知识	308
10.2 基于应变效应与温度效应的光纤光栅传感原理	311
10.3 光纤光栅压力传感器系统组建举例	314

10.4 光纤光栅复用技术及光纤光栅传感器工程应用简介	321
习题	323
第 11 章 霍尔传感器	324
11.1 霍尔效应及霍尔元件	324
11.2 霍尔传感器	329
11.3 线性集成霍尔传感器举例	334
11.4 开关型集成霍尔传感器举例	336
习题	337
第 12 章 超声波传感器	338
12.1 超声波检测的物理基础	338
12.2 典型超声波传感器的主要技术指标及其应用	342
第 13 章 智能传感器系统	345
13.1 非线性自校正——消除非线性影响的刻度转换	345
13.2 自校零与自校准	349
习题	352
练习与实践	352
第 14 章 传感器、系统及应用例	353
14.1 提高半导体气体传感器温度稳定性的一种有效补偿技术	353
14.2 互补型反射式光纤微位移及压力传感器	357
14.3 电涡流传感器及铜管内壁探伤系统的设计与建立	368
14.4 电容传感器相关流量测量系统	373
14.5 基于超声波多普勒效应流速测量传感器系统的建立	376
14.6 基于角位移传感器的角速度、角位移虚拟仪器检测系统	381
第 15 章 传感器现场标定装置简介	386
15.1 压力校验设备	386
15.2 温度校验设备	387
15.3 湿度校准设备	388
附录 A	390
参考文献	392

绪论

0.1 传感器与传感技术的概念

现代科学技术的进步和社会生产力的飞跃发展,使人类社会进入了信息时代。以信息为中心的技术革命通过信息链影响着整个社会。信息链由信息获取、信息处理和信息传输三个环节组成。它们构成了信息科学与技术的三大学科分支,又称为信息技术的三大支柱,即信息获取科学与技术、计算机科学与技术和通信与网络技术。其中信息获取科学与技术是源头,因此是关键和基础。

在我们所处的这个信息时代,信息技术主宰着社会生产,已成为发展科学研究、高新技术的源泉。改变着人们社会活动、思考、生产、消费、沟通、生活乃至战争的方式。信息化社会的战略资源是知识与信息,相当于前工业化社会的战略资源——资本与物质。可以想像信息对于我们当今社会的重要性。

传感器是获取信息的工具,传感技术是关于传感器设计、制造、传感器系统的建立与应用的综合技术,传感器技术是信息获取的核心技术之一。

0.1.1 传感器的定义

我国国家标准 GB76615-2005 中关于传感器(Transducer/Sensor)的定义是:能感受规定的被测量并按一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置。它通常由敏感元件与转换元件组成。这个定义所表述的传感器的主要内涵和特征包括以下几个方面:

- 从传感器输入端来看,一个指定的传感器只能感受或响应规定的物理量,即传感器对规定的被测量具有最大的灵敏度和最好的选择性。如:我们不希望一只单功能的电流传感器同时还受环境温度的影响。传感器能够感受或响应规定的物理量既可以是非电量,也可以是电量。
- 从输出端来看,传感器的输出信号为“可用信号”。这意指传感器的输出信号中不但载运着待测的原始信息,而且能够被远距离传送,后续测量环节便于接收和进一步处理的信号形式,最常见的是电信号。
- 从输入与输出关系来看,这种关系应具有“一定规律”。其意指传感器的输入与输出应是相关的,而且这种规律是可复现的。

传感器处于测量系统的最前端,起着获取检测信息与转换信息的重要作用。

0.1.2 传感器与仪器的关系

经典或传统观念认为,仪器系统是执行信息处理任务的工具,即是将有用信息从含有噪声的输入信号中提取出来,并给以显示的装置。经典或传统观念认为,传感器仅是获取信息

的工具。因此,在经典传感器后面必须配接相应的仪器系统才能将被测对象的某一属性特征量从噪声中提取出来并给出其显示值。

20 世纪 80 年代初出现了智能传感器系统,现今已在工业生产中大量使用。它们通过不同方式(如集成化实现、混合实现和非集成化实现),将传感器、调理电路、I/O 接口电路、微型计算机相结合,即“传感器与微处理器赋予智能的结合,兼有信息检测与信息处理的功能”。这种智能传感器,既不是仅有获取信息功能的那种传统/经典传感器,也不是只有信息处理功能的那种传统/经典仪器。现代的智能传感器打破了传统/经典观念中关于传感器与仪器的界限,是既有获取信息功能又有信息处理功能的传感器系统。

0.2 传感器分类与传感器系统的基本形式

0.2.1 传感器的分类

传感器的种类繁多,当前国际市场有两万多种传感器,我国也能生产三千多种传感器产品。往往同一机理的传感器可以测量多种物理量,如电阻型传感器可以用来测温度、位移、压力、加速度等物理量。而同一被测物理量又可采用多种不同类型的传感器来测量。如位移量,可用电容式、电感式、电涡流式等传感器测量,因此传感器有多种分类方法。

1. 按被测量的性质分类

按被测量性质分类,就是按传感器用途进行分类。下面列出这种分类方法的若干类型:

- 机械量 位移、力、速度、加速度、重量等;
- 热工量 温度、压力、流量、液位、物位、流速等;
- 化学量 浓度、黏度、湿度、液体的组分等;
- 光学量 光强、光通量、辐射能量等;
- 生物量 血糖、血压、酶等。

随着传感器应用领域不断扩大与深入,这种分类已变得十分繁杂,但便于使用者获得最基本的使用信息。

2. 按输出量的性质分类

这种分类方法的类别少,易于从原理上认识输入量和输出量之间的变换关系。

- 电参数型传感器 传感器的输出量为电参量,如电阻式、电感式和电容式等;
- 电量型传感器 传感器输出量为电量(电压、电流、电荷)。如热电式、光电式、压电式、磁电式等。

3. 按能量关系分类

- 能量转换型 传感器将从被测对象获取的信息能量直接转换成输出信号能量,如热电偶、光电池等。这种类型又称为有源型和发生器型;
- 能量控制型 传感器将从被测对象获取的信息能量用于调制或控制外部激励源,使外部激励源的部分能量载运信息而形成输出信号。这类传感器必须由外部提供激励

源,如电源、光源、声源等,才能输出电信号。如 R 、 L 、 C 电参数型传感器。

4. 按照传感器结构原理分类

(1) 结构型 是利用机械构件来敏感检测被测量的传感器。由两部分组成,如图0-1所示。

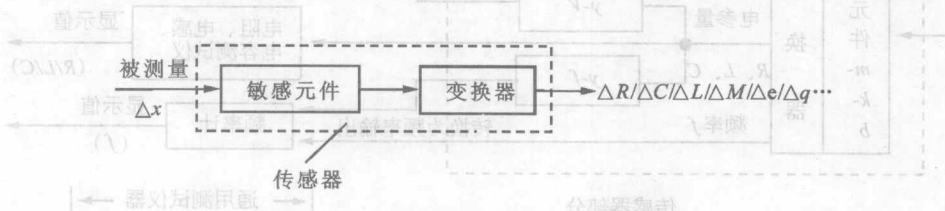


图0-1 结构型传感器的构成框图

- 敏感元件 又叫弹性元件。有各种不同的弹性元件,如梁、膜片、柱、筒、环等,它们都可以等效为质量-弹簧-阻尼($m-k-b$)机械系统。这些弹性元件可将力、重量、压力、位移、扭矩、加速度等多种被测信号转换为中间变量(即非直接输出量),如膜片的挠度 L 、变形 ε 和应力 σ 。
- 变换器 将弹性敏感元件输出的中间变量转换成电量的变化作为输出量,如电阻式变换器输出 ΔR 、电感式变换器输出 ΔL 、电容式变换器输出 ΔC 、变压器式变换器输出 ΔM ,磁电式变换器输出电势 Δe ,压电式变换器输出电荷 Δq 等。

因此,同一被测量通过弹性敏感元件可与不同的变换器配合构成传感器,如与电阻变换器(应变片式或压阻式)、电容变换器、电感变换器、变压器式变换器等均可测量压力(差),组成应变式压力(差)传感器、压阻式压力(差)传感器、(差动)电感式压力(压差)传感器、(差动)电容式压力(压差)传感器,变压器式微压计等。

又如敏感元件与压电式变换器,压阻式、应变式电阻变换器,电容式变换器等配合可测量加速度组成压电式加速度计、压阻式加速度计、应变式加速度计、电容式加速度计等。

(2) 物性型 这种传感器依赖材料的物理特性及其各种物理、化学效应直接将输入信号转换为输出信号。它没有机械构件作为中间转换机构。与结构型对应而言,它只有变换器,如测温热电阻、热电偶,它们既是变换器,也是传感器。

0.2.2 传感器系统的基本形式

根据系统中有无计算机(PC)或微处理器可分为两类:数字(显示)仪表型与现代测量基本型。

1. 数字(显示)仪表型(传统型)

数字显示仪表型传感器系统中没有计算机(PC)或微处理器,测量功能由硬件电路如数字电路、模拟电路来实现。又可分为两种情况:通用数字(显示)仪表型与专用数字(显示)仪表型。

(1) 通用数字(显示)仪表型 通用数字(显示)仪表型传感器系统是将传感器与通用数字仪表相连组成测量系统,常用的数字仪表有数字式电压、电流表,电阻、电容、电感测试仪,频率计等,框图如图0-2所示。

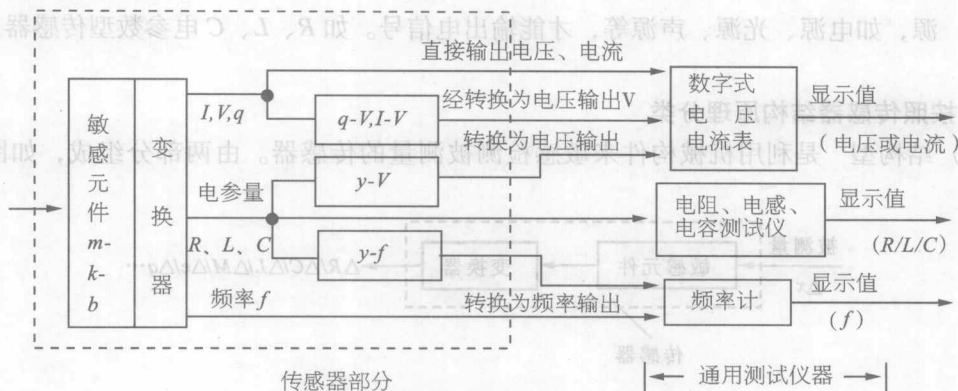


图 0-2 通用数字（显示）仪表型传感器系统

1) 传感器部分后接数字电压、电流表，显示电压、电流值

该传感器系统中传感器部分的输出信号可有如下三种形式：

- 直接输出电压 V 、电流 I ，如热电偶测温传感器输出热电势；磁电式速度传感器输出感生电势；光电式传感器输出光生电流或光生电压；……
- 直接输出量为电荷量 q ，或电流 I ；经转换电路（ $q-V$ ， $I-V$ ）转换为电压 V 输出，如压电式传感器输出电荷量；集成温度传感器输出与温度相关的电流；
- 直接输出量为电参量 y （电阻 R ，电容 C ，电感 L ，互感 M ），经 $y-V$ 转换电路转换为电压 V 输出，如：压阻式、应变式电阻型传感器。

2) 传感器部分后接电阻、电感、电容测试仪，显示电阻、电感、电容值

传感器部分直接输出电参量 y （ R ， L ， C ），如热电阻测温传感器。

3) 传感器部分后接频率计，显示频率值

传感器部分的输出信号为频率信号时，可后接频率计。形成频率信号的方式可以有以下两种：

- 直接输出频率 f 信号时，如频率输出型传感器；
- 经 $y-f$ 转换电路（如 R/LC 振荡器）转换为频率信号。

上述通用数字（显示）仪表型传感器系统，由传感器部分与通用仪器组成，显示值为电量电压 V 、电流 I 、频率 f ，或显示电参数电阻 R 、电容 C 、电感 L ，而不是被测量 x ，欲获得 x 值，还需人工进行换算。

(2) 专用数字（显示）仪表型 专用数字（显示）仪表型传感器系统框图如图 0-3 所示。

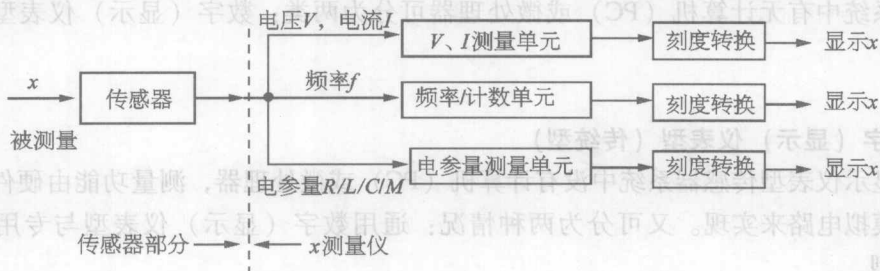


图 0-3 专用数字（显示）仪表型传感器系统框图

1) 当传感器输出电压 V /电流 I （不论直接输出还是经转换电路输出）时，其专用仪器

主要由电压 V /电流 I 的测量单元与刻度转换单元两部分构成。

2) 当传感器不论直接输出频率信号 f 还是经转换电路输出频率信号 f , 其专用仪器主要由频率计数单元与刻度转换单元两部分构成。

3) 当传感器输出电参量电阻 R /电容 C /电感 L /互感 M , 其专用仪器主要由 $R/C/L/M$ 测量单元与刻度转换单元两部分构成。

专用数字(显示)仪表型传感器系统, 对 V 、 I 、 f 、 R 、 L 、 C 的测量由专用仪器内部的测量单元实现, 而不是用通用的测量仪器, 且都有刻度转换单元, 从而显示值为被测量 x 。

2. 现代测试系统的基本形式

传统的传感器系统与传统仪器仪表(不论是通用型还是专用型), 由硬件电路执行对数据的各种运算与信号的分析、处理, 因而只能获得有限的信息与测量功能。

现代测量系统又称为智能传感器系统, 它的核心是计算机, 利用计算机进行数学运算与信号分析处理, 其中刻度转换是基本的功能, 可以获取最大限度的信息与测量功能。现代测试系统基本形式的框图如图 0-4 所示。

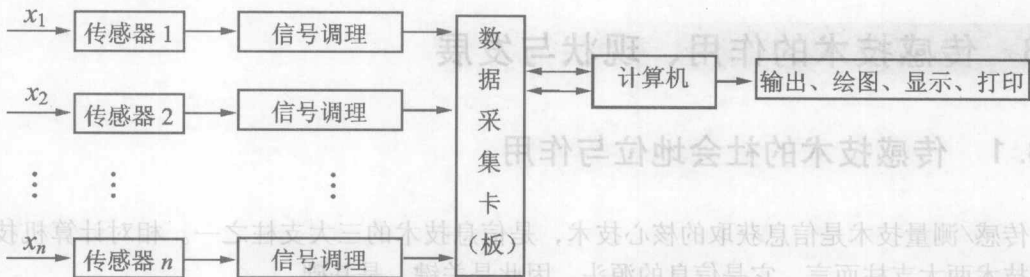


图 0-4 计算机控制现代测量系统的基本形式框图

系统各组成部分的功能如下:

(1) 传感器

传感器完成信号的获得, 它将规定的被测参量按一定规律转换成相应的可用输出信号, 被测参量可以是各种非电参量, 也可以是电气参量。如电力输电线路高电压电网, 可通过电压互感器将高电压变为 100V 电压, 通过电流互感器将电网大电流变为 5A 后, 仍需采用电压、电流传感器或变送器将 100V 电压及 5A 电流分别转换成 5V 低电压后送入数据采集卡(板)。

(2) 信号调理

来自传感器的输出信号通常是含有干扰噪声的微弱信号。因此, 后面配接的信号调理电路的基本作用有三个: 其一是放大, 将信号放大到与数据采集卡(板)中的 A/D 转换器相适配; 其二是预滤波, 抑制干扰噪声信号的高频分量, 将频带压缩以降低采样频率, 避免产生混淆。如果信号调理电路输出的是规范化的标准信号, 即 4~20mA 电流信号, 则称这种信号调理电路与传感器的组合为变送器。其三是转换, 将传感器的非电压、频率输出参量转换为电压或频率量。此外, 根据需要还可进行信号隔离与变换等。

(3) 数据采集卡(板)

主要功能有三: 其一是由衰减器和增益可控放大器进行量程自动改换; 其二是由多路切换开关完成对多点多通道信号的分时采样, 时间连续信号 $x(t)$ 经过采样后变为离散时间序列 $x(n)$, $n=0, 1, 2, \dots$; 其三是将信号的采样值由 A/D 转换器转换为幅值离散化的数字量, 或由 V/F 转换器转换为脉冲频率以适应计算机工作, 或者由 D/A 转换器输出控制信号。

(4) 计算机

是系统的神经中枢,它使整个测量系统成为一个智能化的有机整体,在软件引导下按预定的程序自动进行信号采集与存储,自动进行数据的运算分析与处理,指令以适当形式输出、显示或记录测量结果。根据采用的计算机类型可分为两种形式:

1) 智能仪器

以微型计算机或微处理器 (Microprocessor) 为核心组成传感器系统,是测量技术与计算机最初结合的形式,始于 20 世纪 80 年代初。如美国霍尼韦尔公司的 ST-3000 型和美国罗斯蒙特公司的 3051 型智能压力变送器,将以微处理器所在的数据处理主板放到压力传感器腔内,将传感器与计算机赋予智能的结合,产生了智能传感器/变送器,打破了传感器与仪器的界限。

2) 虚拟/集成仪器

以个人计算机 (Personal Computer) 为核心,利用 PC 的运算与分析处理功能和显示功能,打破了计算机与仪器的界限。由于有更强大的运算与信号分析处理和显示功能,所以与以微处理器为核心构成的仪器相比,虚拟仪器/集成仪器有更强大的智能,且实现起来更容易、更快捷。

0.3 传感技术的作用、现状与发展

0.3.1 传感技术的社会地位与作用

传感/测量技术是信息获取的核心技术,是信息技术的三大支柱之一。相对计算机技术、通信技术两大支柱而言,它是信息的源头,因此是关键、是基础。

1. 工业生产的倍增器

通常一部高档轿车需要 200~300 个传感器;一架飞机需要大约 3600 个传感器;一个发电站需要近万个传感器;一个钢厂需要 2 万多个传感器……正是由于以传感器为前端的测量仪器系统保证了庞大的发电厂、化工厂、钢铁厂、……的稳定生产、产品的质量和效率,从而才有巨额的产值、效益与市场的倍增。而这些带传感器的仪器仪表系统仅占企业固定资产的 (10~15)%,因此它们对于工业生产具有“四两拨千斤”的拉动作用。

2. 科学研究的“先行官”

伟大的科学家门捷列夫说过:“没有测量就没有科学”。诺贝尔奖设立至今,众多科学家得奖都是借助于先进仪器的诞生才获得重大的科学发现。例如,正是因为有了改进的仪器仪表,才使人类基因的测试提前 3 年完成。人类进一步对地下、海洋、空间和宇宙星球的探索都离不开传感器及其仪器仪表系统。而且,还需研制在这些极端条件下可正常工作的传感器。

3. 军事上的“战斗力”

现代武器装备几乎都配备了相关的检测传感器及其控制仪器仪表。其

4. 确认证据的“物化法官”

在产品质检,环境污染监测,查服违禁药物,识别指纹、假钞与金属利器等方面,传感

器及其仪器仪表是确认证据的科学依据。

5. 安全的屏障

煤矿瓦斯监测与安全预警需要高灵敏度、高稳定性、快速响应的气体传感器；气体液体传输，如我国的“西气东输”管道，需要高精度的油气计量传感器；国家领空、领海和边境安全都需要采用大面积、广域传感检测系统。

6. 传染病预警、环境保护、可持续发展的战略保障

SARS、禽流感等突发性流行病的快速诊断需要具有快速分析能力的生物传感器……，对大气环境监测（ SO_2 、 NO_x 、 CO_2 、微尘等），对水质监测（COD、BOD 等），对电磁辐射、噪声和室内有害气体（如甲醛等）监测都需相应的传感器及其仪器仪表系统。

0.3.2 传感技术的现状

1. 传感器的质量差

传统的传感器被称为是工业的“手工艺品”，它的生产方式是手工艺式的。如电阻式应变片变换器是手工粘贴在弹性敏感元件上的；弹性元件（俗称弹簧）需要手工安装在机壳内等，总体而言还存有如下问题：

- 精度差；
- 易受非目标参量影响：稳定性差，特性随时间漂移；
- 易受噪声干扰，信噪比低，分辨率低，灵敏度低；
- 尺寸大，响应慢，动态性能差。

当前，传感器的质量还满足不了工业自动化发展的需要。

2. 性价比居高不下

近 15 年来，计算机性价比下降至 1/10，而传感器却基本不变。

- 传感器曾经是自动化发展的瓶颈，是拖后腿的角色。

呈现“大脑发达，五官不灵”的状态。因此在微处理器开始普及之后的 20 世纪 80 年代初期，掀起“传感器热”，甚至出现“谁掌握了传感器，谁就能掌握一个时代”的说法。

- 传感器现在又是信息技术发展的瓶颈，仍然是拖后腿的角色。

不论国内外，信息获取技术（传感/检测技术）大大落后于信息处理技术（计算机技术）与信息传输技术（通信、网络技术）。

而我国的传感技术总体又距发达国家 10~20 年。世界上有 2 万余种传感器，我国仅仅能生产 3000 种，其产品份额仅占世界市场的 1.4%。

0.3.3 传感技术的发展历程与发展趋势

传感器技术经历了传统传感器技术、现代传感器技术和智能传感器技术的发展历程，正向更先进的传感器技术方向发展。

1. 现代传感器技术

20 世纪 70 年代, 发展起来现代传感器技术。它是利用新材料——硅代替金属。采用如光刻、异向腐蚀、牺牲层技术和静电封接等半导体工艺代替车、铣、刨、磨、焊等宏观机械加工工艺, 制作敏感元件——硅杯; 再进一步利用半导体压阻效应, 采用半导体扩散工艺在硅杯上制作电阻型变换器, 实现敏感元件与变换器一体化, 制成的传感器称为固态/集成传感器。用现代传感器技术, 美国霍尼韦尔公司于 20 世纪 70 年代初最先生产出这种压阻式压力(差)工业用固态/集成传感器; 90 年代中期, 日本横河株式会社生产出硅谐振式压力(差)工业用固态/集成传感器; 90 年代末, 美国罗斯蒙特、日本 FUJI 公司生产出硅电容式压力(差)工业用固态/集成传感器; 我国也于 20 世纪 70 年代、2005 年分别研制成功并生产压阻式、电容式、工业用固态/集成压力(差)传感器。当前现代传感技术正以强劲势头向多功能、阵列化、微型化、集成化、微机械电气系统(MEMS)方向发展。

2. 智能传感技术

为了适应工业自动化发展对传感器的要求, 在微处理器迅速发展普及的 20 世纪 80 年代, 智能传感器相继发展起来。美国霍尼韦尔公司 80 年代初生产的 ST-3000 型压阻式压力(差)智能变送器(输出值规范化的传感器称为变送器)是世界上第一个智能型传感器。

智能传感器是传感器与计算机或微处理器赋予智能的结合, 从而是兼有信息获取与信息处理双重功能的传感器系统。

将传感器经调理电路及 I/O 接口电路与微处理器或 PC 相结合, 可有以下三个方式:

1) 集成化实现方式 即将固态/集成传感器, 调理电路, A/D 转换器, 微处理器集成在一个芯片上(1chip), 如图 0-5(a)所示。

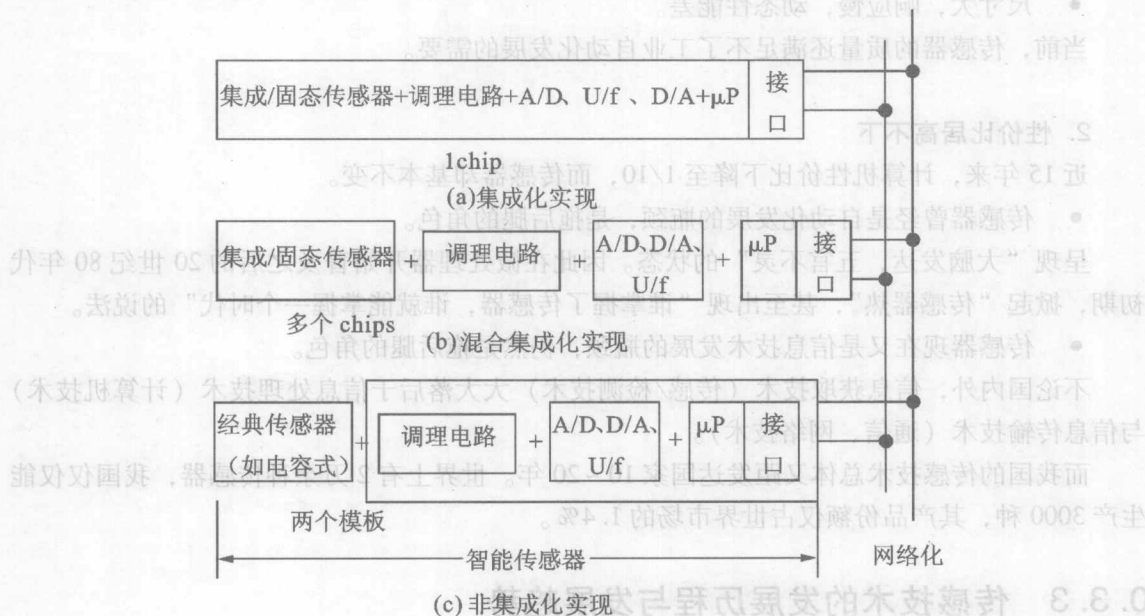


图 0-5 智能传感器系统的三种实现方式

2) 混合集成化实现方式 即将固态/集成传感器, 调理电路, A/D 转换器, 微处理器分

别集成在多个芯片上（多 chips）封装在一个外壳里，如图 0-5（b）所示。

3) 非集成化实现方式 将两块传统经典传感器模板与焊有调理电路，A/D 转换器，微处理器的电路模板相连接，如图 0-5（c）所示。

目前正以强劲势头向网络化，无线网络化，广域空间分布式，多传感器系统方向发展。

3. 先进传感器技术

为了满足空间范围的不断延伸，不断趋近各种恶劣工作环境，适应层出不穷、永无止境的发展需要，20 世纪 90 年代兴起了先进传感器技术的研究。

(1) 先进传感器的特征 先进传感器应具有的特征是：

- 高精度
- 高可靠性
- 快速响应
- 高灵敏度
- 高稳定性
- 高互换性
- 高分辨力
- 高信噪比
- ...

(2) 先进传感器的实现途径

- 通过现代传感器技术发展集成化、陈列化、低功耗、多功能化、微型化传感器，更进一步发展微纳米传感器；
- 通过智能化技术，多传感器数据融合，进一步向网络化、网络无线化、广域空间方向扩展；
- 进一步通过研究敏感物质信息获取的机理，研制新型传感器，如仿生物传感器等。

传感器正向集成化、微型化、智能化、网络化方向发展；以微纳米传感器、仿生物传感器为代表的新型传感器发展势头迅猛。

同时，科研工作者正在为创立独立的传感技术研究学科——信息获取科学与技术学科而奋斗。

思 考 题

1. 传感器的定义是什么？
2. 传感器有哪些分类方法？
3. 概述传感器系统的基本形式。
4. 根据传感器的定义，传感器规定的输入量、输出量以及输入量与输出量的关系有何特征？
5. 画出以下结构型传感器的组成框图，写出其输入、输出量的名称。

(1) 压电式加速度传感器；	(9) 变压器式压力传感器；
(2) 压阻式加速度传感器；	(10) 应变式称重传感器；
(3) 电容式加速度传感器；	(11) 磁电式速度传感器；
(4) 应变式加速度传感器；	(12) 应变式拉力传感器；
(5) 应变式压力传感器；	(13) 压电式压力传感器；
(6) 压阻式压力传感器；	(14) 差动变压器式位移传感器；
(7) 电容式压力传感器；	(15) 电感调频式位移传感器；
(8) 电感式压力传感器；	(16) 压电式传声器。