

Jicheng

chuangganqiyingyong

集成传感器应用

■ 沙占友 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

集成传感器应用

■ 沙占友 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书从实用角度出发,全面系统地介绍了几百种新型集成传感器的应用技术。全书共分16章。第1章为集成传感器概述。第2~7章分别介绍了各种集成温度传感器及温度控制器的应用。第8~12章重点阐述其他类型集成传感器的应用。第13~14章深入阐述传感器信号调理器、传感器信号处理器的应用。第15~16章分别介绍了单片传感器系统及总线接口技术的应用,充分反映了国内外在该领域的最新科技成果。本书是国内第一部专门介绍各种新型集成传感器应用技术的科技书。

本书题材新颖,内容丰富,深入浅出,并集科学性、先进性、系统性及实用性于一身,可供电力及电子测量、工业自动化控制、环境监测、家用电器等领域的工程技术人员、高校师生和电子爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

集成传感器应用 / 沙占友编著. —北京: 中国电力出版社, 2005

ISBN 7-5083-3376-4

I. 集… II. 沙… III. 集成传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 046538 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005年9月第一版 2005年9月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 17.5印张 394千字

印数 0001—4000册 定价 28.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言

目前,集成传感器正处于蓬勃发展的新时期,新技术不断涌现,新产品层出不穷,新工艺被大量采用。集成传感器已广泛用于工业、农业、电力、交通、环境监测、航空航天、现代办公设备和家用电器等领域,成为构建现代信息系统非常重要的一员。特别是现在,集成化智能传感器作为21世纪具有发展前景和影响力的一项高科技产品,正越来越引起国内外电子信息界的高度重视。

新型集成传感器的生产厂商云集、产品繁多、型号各异。为满足广大读者的需要,我们将近年来在从事教学与科研工作中积累的经验及部分科研成果进行了系统总结,并参考了国内外厂家提供的最新资料后撰成此书,以飨读者。

本书融科学性、先进性、系统性、实用性于一体,主要具有以下特点:

第一,全面深入地介绍了温度、湿度、压力、转速、角速度、加速度、超声波、磁场、电流、液位、烟雾、混浊度、电导、环境亮度、指纹等集成传感器的应用,并详细阐述了传感器信号调理器、传感器信号处理器、单片传感器系统及智能传感器总线接口技术的应用,充分反映出国内外在该领域的最新科技成果。

第二,结构严谨、条理清晰、逻辑性强。在介绍集成传感器及传感器系统时,内容由表及里由浅入深。各章之间也保持相对的独立性,读者既可通读全书,亦可根据需要选读部分章节的内容。

第三,侧重于应用,具有很高的实用价值。全书给出了各种新型集成传感器及传感器系统的应用电路,对于使用或从事开发集成传感器的读者,具有很高的参考价值。

第四,信息量大、知识面宽,便于读者触类旁通,灵活运用。

本书主要由沙占友教授执笔,并完成全书的审阅工作。参加本书撰写工作的还有沙占为、李学芝、沙江、韩振廷、沙莎、魏跃平、张文清、宋怀文、王志刚、刘立新、张启明、刘东明、赵伟刚、宋廉波、刘建民、李志清、郑国辉、林志强、刘庆华、杨华、张海涛、郑哲贤、韩滨、刘治国同志。

由于作者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,欢迎广大读者批评指正。

作者

2005年7月

目 录

前言

第一章	集成传感器概述	1
第一节	集成传感器的特点	1
第二节	集成传感器的产品分类及应用领域	3
第三节	集成传感器的发展趋势	6
第二章	模拟集成温度传感器的应用	9
第一节	模拟集成温度传感器产品的主要技术指标	9
第二节	AD590 型电流输出式精密集成温度传感器	10
第三节	AD592 型电流输出式精密集成温度传感器	12
第四节	HTS1、LM334 型电流输出式集成温度传感器	15
第五节	TMP17 型低价位电流输出式集成温度传感器	17
第六节	TMP35/36/37 型电压输出式精密集成温度传感器	18
第七节	LM35 系列电压输出式集成温度传感器	21
第八节	LM135 系列电压输出式精密集成温度传感器	23
第九节	MAX6576/6577 型周期/频率输出式集成温度传感器	26
第十节	AD22100/22103 型比率输出式集成温度传感器	28
第三章	模拟集成温度控制器的应用	31
第一节	模拟集成温度控制器产品的主要技术指标	31
第二节	LM56 型低功耗可编程集成温度控制器	32
第三节	TMP01 型低功耗可编程集成温度控制器	33
第四节	AD22105 型低功耗可编程温度控制器	38
第五节	MAX6509/6510 型低功耗可编程温度控制器	39
第六节	TC652/653 型风扇控制器	42
第七节	MAX6511/6512/6513 型远程温度控制器	44
第四章	单线智能温度传感器的应用	46
第一节	单线智能温度传感器产品的主要技术指标	46

第二节	DS18B20 型单线智能温度传感器	46
第三节	DS1821 型单线可编程智能温度传感器	53

第五章 标准总线式智能温度传感器的应用

第一节	标准总线式智能温度传感器产品的主要技术指标	59
第二节	AD7416 型基于 I ² C 总线接口的智能温度传感器	59
第三节	LM75 型基于 I ² C 总线接口的智能温度传感器	62
第四节	LM76 型基于 I ² C 总线接口的智能温度传感器	63
第五节	MAX6625/6626 型基于 I ² C 总线接口的智能温度传感器	66
第六节	MAX6654 型基于 SMBus 串行接口的双通道智能温度传感器	68
第七节	LM74 型基于 SPI 总线接口的智能温度传感器	70
第八节	DS1624 型高分辨力带存储器的二线智能温度传感器	71
第九节	DS1629 型带实时日历时钟的智能温度传感器	73
第十节	TMP03/04 型智能温度传感器	76

第六章 多通道智能温度传感器的应用

第一节	多通道智能温度传感器产品的主要技术指标	82
第二节	MAX1668/1805 型多通道智能温度传感器	83
第三节	AD7417/7817 型 5 通道精密智能温度传感器	86
第四节	LM83 型 4 通道智能温度传感器	89
第五节	MAX6691 型 4 通道智能温度传感器	91
第六节	MAX1298/1299 型带 5 通道 ADC 的智能温度传感器	93

第七章 智能温度控制器的应用

第一节	DS1620 型带三线串行接口的智能温度控制器	96
第二节	DS1620 与 SPI 总线的接口电路及典型应用	96
第三节	DS1621/1623/1625 型带二线串行接口智能温度控制器	100
第四节	TCN75 型带二线串行接口的智能温度控制器	101
第五节	Pentium 4 处理器散热控制电路的设计	102

第八章 集成湿度传感器的应用

第一节	湿度传感器的性能特点和产品分类	109
第二节	基于湿敏电阻的相对湿度测量仪的电路设计	111
第三节	基于湿敏电容的相对湿度测量仪的电路设计	115
第四节	HM1500/1520 型电压输出式集成湿度传感器	118
第五节	SHT11/15 型单片智能化湿度/温度传感器	119

第九章	集成转速、角速度、加速度及压力传感器的应用	125
第一节	KMI15/16 系列集成转速传感器	125
第二节	LM2907/2917 型集成转速/电压转换器	128
第三节	ADXRS300 型单片偏航角速度陀螺仪	131
第四节	ADXL05 型单片加速度传感器	134
第五节	MMA1220D 型单片加速度传感器	138
第六节	ADXL202/210 型单片双轴加速度传感器	140
第七节	MPX2100/4100A/5100/5700 系列集成硅压力传感器	142
第八节	ST3000 系列智能压力传感器	144
第十章	集成超声波传感器的应用	147
第一节	超声波传感器的工作原理及应用领域	147
第二节	SB5227 型智能化超声波测距集成电路	148
第三节	SB5027 型带日历时钟的超声波测距集成电路	151
第四节	4Y4 型智能化超声波测距集成电路	154
第五节	US0012 型基于 DSP 和模糊逻辑技术的超声波干扰探测器	156
第十一章	集成电流传感器及变送器的应用	160
第一节	ACS750 型集成电流传感器	160
第二节	MAX471/472 型集成电流传感器	162
第三节	UCC3926 系列集成电流传感器	164
第四节	AD693 型多功能传感信号调理器	166
第五节	AD694 型高精度可编程电压/电流转换器	171
第六节	XTR 系列精密电流变送器	174
第七节	RCV420 型精密电流/电压转换器	177
第十二章	特种集成传感器的应用	180
第一节	HMC 系列集成磁场传感器	180
第二节	AD22151 型线性输出的集成磁场传感器	183
第三节	LM1042 型集成液位传感器	184
第四节	MC145010 型烟雾检测报警集成电路	187
第五节	LX1970 型集成可见光亮度传感器	190
第六节	APMS-10G 型带微处理器的智能混浊度传感器	193
第七节	FCD4B14/AT77C101B 型指纹传感器	195
第八节	FPS100/110/200 型指纹传感器	199

第十三章	传感器信号调理器的应用	202
第一节	UZZ9000 型角度传感器信号调理器	202
第二节	CS2001 型电容式传感器信号调理器	204
第三节	AD22055 型桥式传感器信号放大器	207
第四节	AD1459 型模拟传感器信号调理器	208
第五节	MAX1458 型数字式压力信号调理器	212
第六节	AC1226 型热电偶冷端温度补偿器	214
第七节	AD594/595/596/597 型单片热电偶冷端温度补偿器	217
第八节	ADT70 型铂热电阻信号调理器	219
第十四章	传感器信号处理器的应用	223
第一节	TSS400 - S1/S2 型高精度传感器信号处理器	223
第二节	MAX1460 型传感器信号处理器	227
第三节	MAX1463 型双通道传感器信号处理器	230
第四节	AD7714 型传感器信号处理器	233
第五节	VERSA1 型单片数据采集系统	238
第十五章	单片传感器系统的应用	244
第一节	AD8362 型单片真有效值射频功率测量系统	244
第二节	AD8302 型单片宽频带相位差测量系统	248
第三节	LM9832 型单片彩色扫描仪	252
第十六章	智能传感器系统的接口电路	259
第一节	USB 总线接口与应用	259
第二节	单线总线接口与应用	262
第三节	I ² C 总线接口及 SMBus 总线接口	265
第四节	SPI 总线接口	268
参考文献		271

集成传感器概述

传感器是人类获取信息的重要工具。目前,传感器正朝着集成化、系统化、网络化的方向发展。本章首先介绍集成传感器的特点,然后阐述集成传感器的产品分类及应用领域,最后讲述集成传感器的发展趋势。

第一节 集成传感器的特点

一、集成传感器的定义及特点

传感器是能将非电量信号转换成电信号以实现信息检测的器件。其作用与人的五官很相似,但感觉灵敏度和范围却远远超过人的感官。传统的由分立元件构成的传感器,不仅体积大,不便于安装及维修,而且功能简单,性能指标差,远远不能满足现代科技发展的需要。

集成传感器是采用专门的设计与集成工艺,把构成传感器的敏感元件、晶体管、二极管、电阻、电容等基本元器件,制作在一个芯片上,能完成信号检测及信号处理的集成电路。因此,集成传感器亦称作传感器集成电路。

集成传感器具有功能强、精度高、响应速度快、体积小、微功耗、价格低、适合远距离传输信号等特点。集成传感器的外围电路简单,具有很高的性价比,为实现测控系统的优化设计创造了有利条件。

二、智能传感器的定义及特点

1. 智能传感器的定义

智能传感器就是带微处理器、兼有信息检测和信息处理功能的传感器。其最大特点是将传感器检测信息的功能与微处理器的信息处理功能有机地融合在一起。从一定意义上讲,它具有类似于人工智能的作用。

2. 智能传感器的功能

智能传感器主要有以下功能

(1) 具有自校准和故障自诊断功能。智能传感器不仅能自动检测各种被测参数,还能进行自动调零、自动校准,某些智能传感器还可完成自标定。

(2) 具有数据存储、逻辑判断和信息处理功能,能对被测量进行信号调理或信号处理(包括对信号进行预处理、线性化,或对温度、静压力等参数进行自动补偿等)。例如,在带有温度补偿和静压力补偿的智能差压传感器中,当被测量的介质温度和静压力发生变化时,智能传感器中的补偿软件能自动依照一定的算法进行补偿,以保证测量精度。

(3) 具有组态功能, 使用灵活。在智能传感器系统中可设置多种模块化的硬件和软件, 用户可通过微处理器发出指令, 改变智能传感器的硬件模块和软件模块的组合状态, 完成不同的测量功能。

(4) 具有双向通信功能, 能通过 RS-232、RS-485、USB、I²C、SMB_vS、SPI 等标准总线接口, 直接与微型计算机通信。

3. 智能传感器的特点

与传统传感器相比, 智能传感器主要有以下特点:

(1) 高精度。由于智能传感器采用了自动调零、自动补偿、自动校准等多项新技术, 因此其测量精度及分辨力都得到了大幅度提高。

例如, 美国 BB (BURR-BROWN) 公司生产的 XTR 系列精密电流变送器, 转换精度可达 $\pm 0.05\%$, 非线性误差仅为 $\pm 0.003\%$ 。美国霍尼韦尔 (Honeywell) 公司推出的 PPT 系列智能精密压力传感器, 测量液体或气体压力的精度为 $\pm 0.05\%$, 比传统压力传感器的精度大约提高了一个数量级。我国台湾省豪尔泰克 (HOLTEK) 公司推出的 HT7500 型医用数字体温计集成电路, 测温精度高达 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ (或 $\pm 0.2^{\circ}\text{F}$), 这是其他温度计 (包括精密水银温度计和数字温度计) 所难以达到的技术指标。

(2) 宽量程。智能传感器的测量范围很宽, 并具有很强的过载能力。例如, 美国 ADI 公司推出的 ADXRS300 型单片偏航角速度陀螺仪集成电路, 能精确测量转动物体的偏航角速度, 测量范围是 $\pm 300^{\circ}/\text{s}$ 。用户只需并联一只合适的设定电阻, 即可将测量范围扩展到 $1200^{\circ}/\text{s}$ 。该传感器能承受 1000g 的运动加速度或 2000g 的静力加速度。

(3) 多功能。能进行多参数、多功能测量, 这也是新型智能传感器的一大特色。瑞士 Sensirion 公司最新研制的 SHT11/15 型高精度、自校准、多功能式智能传感器, 能同时测量相对湿度、温度和露点等参数, 兼有数字温度计、湿度计和露点计这 3 种仪表的功能, 可广泛用于工农业生产、环境监测、医疗仪器、通风及空调设备等领域。Honeywell 公司推出的 APMS-10G 型智能传感器, 内含混浊度传感器、电导传感器、温度传感器、A/D 转换器、微处理器 (μP) 和单线 I/O 接口, 能同时测量液体的混浊度、电导及温度并转换成数字输出, 是进行水质净化和设计清洗设备的优选传感器。

(4) 自适应能力强。某些智能传感器还具有很强的自适应 (Self-adaptive) 能力。例如, US0012 是一种基于数字信号处理器和模糊逻辑技术的高性能智能化超声波干扰探测器集成电路, 它对温度环境等自然条件有自适应能力。美国 Mirosemi 公司、Agilent 公司最近相继推出了能实现人眼仿真的集成化可见光亮度传感器, 其光谱特性及灵敏度都与人眼相似, 能代替人眼去感受环境亮度的明暗程度, 自动控制 LCD 显示器背光源的亮度, 以充分满足用户在不同时间、不同环境中对显示器亮度的需要。

(5) 高可靠性。美国 Atmel 公司最近推出的 FCD4B14、AT77C101B 型单片硅晶体指纹传感器集成电路, 抗磨损性强, 在指纹传感器的表面有专门的保护层, 手指接触磨损的次数可超过百万次。

(6) 超小型化、微型化、微功耗。随着微电子技术的迅速推广, 智能传感器正朝着短、小、轻、薄的方向发展, 以满足航空、航天及国防尖端技术领域的急需, 并且为开发

便携式、袖珍式检测系统创造了有利条件。例如, SHT11/15 型智能传感器, 外形尺寸仅为 7.62mm (长) × 5.08mm (宽) × 2.5mm (高), 质量只有 0.1g, 其体积与一个大火柴头相近。

智能传感器普遍采用大规模或超大规模 CMOS 电路, 使传感器的耗电量大为降低, 有的可用叠层电池甚至纽扣电池供电。暂时不进行测量时, 还可采用待机模式将智能传感器的功耗降至更低。例如, FPS200 型指纹传感器在待机模式下的功耗仅为 100 μ W。

第二节 集成传感器的产品分类及应用领域

随着电子计算机、工业自动化、信息、军事、交通、化工、能源、环保、地球资源开发、宇航及遥感等现代科学技术的发展, 对集成传感器的需求量也与日俱增。目前, 集成传感器的应用领域已渗透到国民经济各个部门以及人类的日常生活中。传感技术对国民经济的发展起着巨大的推动作用。下面详细介绍集成传感器的产品分类及应用领域。

一、集成温度传感器的产品分类及应用领域

(一) 集成温度传感器的产品分类

集成温度传感器是目前应用范围最广、使用最普及的一种全集成化传感器。其种类很多, 大致可分为以下 5 类:

1. 模拟集成温度传感器

集成传感器是采用硅半导体集成工艺而制成的, 因此亦称硅传感器或单片集成传感器。模拟集成温度传感器是在 20 世纪 80 年代问世的, 它是将温度传感器集成在一个芯片上, 可完成温度测量及模拟信号输出功能的专用 IC。模拟集成温度传感器的主要特点是功能单一 (仅测量温度)、测温误差小、价格低、响应速度快、传输距离远、体积小、低功耗, 适合远距离测温、控温, 不需要进行非线性校准。外围电路简单, 它是目前在国内外应用最为普遍的一种集成传感器。典型产品有 AD590、AD592、TMP17、LM135 等。

2. 模拟集成温度控制器

模拟集成温度控制器主要包括温控开关、可编程温度控制器, 典型产品有 LM56、AD22105 和 MAX6509。某些增强型集成温度控制器 (例如 TC652/653) 中还包含了 A/D 转换器以及固化好的程序, 这与智能温度传感器有某些相似之处, 但它自成系统, 工作时并不受微处理器的控制, 这是二者的主要区别。

3. 智能温度传感器

智能温度传感器 (亦称数字温度传感器) 是在 20 世纪 90 年代中期问世的。它是微电子技术、计算机技术和自动测试技术 (AT) 的结晶。目前, 国际上已开发出多种智能温度传感器系列产品。智能温度传感器内部都包含温度传感器、A/D 转换器、信号处理器、存储器 (或寄存器) 和接口电路。有的产品还带多路选择器、中央控制器 (CPU)、随机存取存储器 (RAM) 和只读存储器 (ROM)。智能温度传感器的特点是能输出温度数据及相关的温度控制量, 适配各种微控制器 (MCU); 并且它是在硬件的基础上通过软件来实现测试功能的, 其智能化程度也取决于软件的开发水平。

4. 通用智能温度控制器

通用智能温度控制器是在智能温度传感器的基础上发展而成的, 适配各种微控制器构成智能化温控系统; 它们还可以脱离微控制器单独工作, 自行构成一个温控仪, 既可以工作在连续转换模式, 亦可选择单次转换模式。智能温度传感器/控制器可广泛用于温度测控系统及家用电器中。

5. 微机散热保护专用的智能温度控制器

这种芯片是专门为微机散热保护而设计的, 可通过散热风扇来控制 PC 机中 CPU 的温度, 确保计算机在安全状况下运行。典型产品有 ADT7460 型智能化远程散热风扇控制器集成电路。

(二) 集成温度传感器的应用领域

集成温度传感器的主要应用领域有以下 3 个方面:

1. 温度测量

可构成数字温度计、温度变送器、温度巡回检测仪、智能化温度检测系统及网络化测温系统。

2. 温度控制

适用于智能化温度测控系统、工业过程控制、现场可编程温度控制系统、环境温度监测及报警系统、中央空调、大型冷库及恒温装置、风扇温控电路、微处理器及微机系统的过热保护装置、现代办公设备 (PC 机、笔记本电脑、复印机、激光打印机、个人助理、UPS 电源等)、电信设备、服务器中的温度测控系统、电池充电器的过热保护电路、音频功率放大器的过热保护电路及家用电器。

3. 特殊应用

例如, 热电偶冷端温度补偿、测量温差、测量平均温度、测量温度场、电子密码锁 (仅对内含 64 位 ROM 的单线总线智能温度传感器而言) 及液晶显示器表面温度监测等。

二、其他集成传感器的产品分类及应用领域

1. 集成化湿度传感器

(1) 电压输出式集成湿度传感器 (例如 Humirel 公司生产的 HM1500/1520 型, Honeywell 公司生产的 HIH-3602/3605/3610 型)。

(2) 频率/温度输出式集成湿度传感器 (例如 Humirel 公司生产的 HTF3223 型)。

(3) 单片智能化湿度/温度传感器 (例如 Sensiron 公司生产的 SHT11/15 型)。

2. 智能压力传感器及变送器

(1) 集成硅压力传感器。典型产品有 Motorola 公司生产的 MPX2100、MPX4100A、MPX5100 和 MPX5700 系列单片集成硅压力传感器。其内部除传感器单元之外, 还增加了信号调理、温度补偿和压力修正电路。

(2) 智能压力传感器。典型产品为美国 Honeywell 公司生产的 ST3000 系列、ST3000-900/2000 系列智能压力传感器。它将差压、静压和温度的多参数传感与智能化的信号调理功能融为一体, 彻底打破了传感器与变送器的界限。

(3) 集成压力信号调理器。典型产品有 MAXIM 公司生产的 MAX1450 信号调理器, 它

能对压阻式压力传感器的信号进行压力校准和温度补偿。

(4) 带串行接口的集成压力信号调理器。典型产品有 MAX1457 型高精度硅压阻式压力信号调理器芯片。芯片内部带 ADC、DAC 和多路信号输出, 能对传感器进行最优化校准和补偿, 还具有与 SPI 总线/Micro Wire (微总线) 兼容的串行接口, 适配 SPI 接口的 E²PROM。

(5) 数字式集成压力信号调理器。MAX1458 就属于数字式压力信号调理器。其主要特点是内含 E²PROM, 能自成系统, 可实现压阻式压力传感器的最优化校准与补偿, 使用非常简便。

(6) 网络化智能精密压力传感器。典型产品有 Honeywell 公司生产的 PPT 系列、PPTR 系列和 PPTE 系列智能精密压力传感器。

3. 角速度传感器

(1) 集成角速度传感器。典型产品有日本村田公司推出的 ENC - 03J 型集成角速度传感器, 芯片中包含了由双压电陶瓷元件构成的角速度传感器及信号调理器, 能输出与被测角速度成正比的直流电压信号。

(2) 单片偏航角速度陀螺仪集成电路。美国 ADI 公司推出的 ADXRS300 型单片偏航角速度陀螺仪集成电路, 内含角速度传感器、共鸣环、信号调理器等电路, 其输出电压与偏航角速度成正比。

4. 加速度传感器

典型产品有 ADI 公司生产的 ADXL202/210 型带数字信号输出的单片双轴加速度传感器。

5. 智能超声波传感器

超声波具有频率较高、方向性好、穿透力强等特点, 适用于水下探测、液位或料位测量、非接触式定位、工业过程控制等领域。国产 SB5227 型超声波测距专用芯片, 带微处理器和 RS - 485 接口, 能准确测量空气介质或水介质中的距离。

6. 智能磁场传感器

磁场传感器主要用来测量磁量 (如磁场强度、磁通密度)。智能磁场传感器内部包含磁敏电阻 (或霍尔元件) 以及信号调理电路。典型产品有 HMC 系列集成磁场传感器、AD22151 型线性输出式集成磁场传感器以及 TLE4941 型二线差分霍尔传感器集成电路。

7. 指纹传感器

指纹具有惟一性, 是身份识别的重要特征之一。指纹识别技术可广泛应用到商业、金融、公安刑侦、军事及日常生活中。单片指纹传感器主要有两种: 一种是温差感应式指纹传感器, 典型产品如 FCD4B14 和 AT77C101B; 另一种是电容感应式指纹传感器, 典型产品为 FPS100、FPS200。它们均可制成便携式指纹识别仪, 网络、数据库及工作站的保护装置, 自动柜员机 (ATM)、智能卡、手机、计算机等的身份识别器, 还可构成宾馆、家庭的门锁识别系统。

8. 电流传感器及变送器

集成电流传感器主要用于交、直流电流的在线监测、信号的转换及远距离传输。集成

电流传感器分成交流、直流两种类型。利用霍尔效应制成的半导体传感器,适合检测交流电流,典型产品如 ACS750。利用内置非感应式电流传感电阻可检测直流电流,典型产品如 MAX471/472、UCC3926。这种芯片都包含了信号调理器,能将线路电流转换成直流电压信号,配上数字电压表(DVM)即可准确测量线路电流。

集成电流变送器亦称电流环电路,它也有两种类型。一种是电压/电流转换器(亦称电流环发生器),能将输入电压转换成 4~20mA 的电流信号,典型产品有 1B21、AD693/694、XTR101/106/115。另一种是电流/电压转换器(也叫电流环接收器),可将 4~20mA 的电流信号转换成电压信号,典型产品为 RCV420。

9. 智能混浊度传感器

混浊度表示水或其他液体的不透明度,测量混浊度对于环境保护和日常生活具有重要意义。利用智能化混浊度传感器,能同时测量液体的混浊度、电导和温度,可代替价格昂贵的在线浊度仪,用于水质净化、清洗设备等领域。典型产品有带微处理器和单线接口的 APMS-10G 型智能化混浊度传感器。

10. 其他类型的智能传感器

例如,液位传感器、烟雾检测报警集成电路、电场感应集成电路及铜缆信号调理器等。

第三节

集成传感器的发展趋势

进入 21 世纪后,智能传感器正朝着单片集成化、网络化、系统化、高精度、多功能、高可靠性与安全性的方向发展。

1. 采用新技术提高智能化程度

微电子技术和计算机技术的进步,往往预示着智能传感器研制水平的新突破。近年来各项新技术不断涌现并被采用,使之迅速转化为生产力。例如,瑞士 Sensirion 公司率先推出将半导体芯片(CMOS)与传感器技术融合的 CMOSens[®]技术,该项技术亦称“Sensmitter”,它表示传感器(sensor)与变送器(transmitter)的有机结合。美国 Honeywell 公司的网络化智能精密压力传感器生产技术;美国 Atmel 公司生产指纹芯片的 FingerChip[™]专有技术;美国 Veridicom 公司的图像搜索技术(ImageSeek[™])、高速图像传输技术、手指自动检测技术。再如,US0012 型智能化超声波干扰探测器集成电路中采用了“模糊逻辑技术”(Fuzzy-LogicTechniques,简称 FLT),它兼有干扰探测、干扰识别和干扰报警这三大功能,在探测车辆内部的干扰时不需要作任何调整,超声波探测标准已在出厂时被固化到芯片中。US0012 能自动区分弱干扰、强干扰、阻断(因超声波传感器引线开路而导致信号被阻断)、饱和(因回波信号过强而使接收器进入饱和状态),并发出相应的报警信号。

近年来随着微电子技术的不断发展和工艺日臻成熟,微电子机械加工技术(MEMT)已获得飞速发展,成为开发新一代微传感器(Micro Sensor)、微系统的重要手段。在微传感器系统中包含了微型传感器(或具有微机械结构的微传感器)、CPU、存储器和数字接口,并具有自动补偿、自动校准功能,其特征尺寸已进入到从微米到毫米的数量级。

MEMT 不仅可制成简单的三维结构,还可做成三维运动结构与复杂的力平衡结构。微传感器系统具有微小体积、低成本、高可靠性等优点。目前, MEMT 已被应用到工业、办公自动化等领域。采用这项新技术可在芯片内部制造出弹性元件(例如单片加速度传感器中的工字梁)及运动部件(例如音叉式陀螺仪),彻底解决了如何在固态传感器中加工可动部件这一长期困扰人们的技术难题。经过微电子机械加工后生产的加速度计,目前已是汽车安全气囊触发器的首选产品。美国 ADI 公司生产的 ADXL05 型单片加速度传感器中的工字梁,以及 XRS300 型单片偏航角速度陀螺仪集成电路内部的音叉陀螺仪,都是采用这种技术制成的。

2. 传感器信号调理器及信号处理系统

对于压阻式、应变桥式传感器以及热电偶、热电阻、角度、加速度、湿度、电容式或压电式传感器,传感器所输出的信号微弱,温度特性及线性度较差,而且在传输过程中信噪比明显降低。因此必须做信号调理,才便于后续进行处理。目前,传感器信号调理器正朝着单片集成化、高精度、多功能、自动补偿和自动校准的方向发展。

集成传感器信号调理器内部大多有 A/D 转换器、温度补偿及自动校准电路,但它以模拟电路为主,数字电路为辅。

集成传感器信号处理系统则在芯片中集成了高速 CPU 或微控制器(MCU)、数字信号处理器(DSP),并具有串行接口,它以数字电路为主。因此,它的智能化程度更高,对传感器信号的处理功能更强。目前,国际上流行的传感器信号处理系统集成电路有 TSS400-S1、TSS400-S2(带 MCU),MAX1460(带 DSP)、MAX1463(带 16 位 CPU)。传感器信号调理器和传感器信号处理系统的推广应用,为实现智能传感器系统的优化设计创造了有利条件。

3. 单片传感器系统

最近,国外已提出了所谓“单片传感器解决方案”(Sensor Solution On Chip,简称 SSOC)的新概念,就是要把一个复杂的智能传感器系统集成在一个芯片上。SHT15 型单片智能化湿度/温度传感器就属于单片传感器系统的范畴。预计在不久的将来,会有更多的单片传感器系统面世。

4. 总线技术的标准化与规范化

智能传感器的总线技术现正逐步实现标准化、规范化,目前所采用的总线主要有以下六种:1-Wire 总线、I²C 总线、SMBus、SPI 总线、Micro Wire 总线、USB 总线。1-Wire 总线亦称单线总线。I²C 总线和 SMBus 属于二线串行总线,SPI 则为三线串行总线。智能传感器作为从机,可通过专用总线接口与主机进行通信。USB 是“通用串行总线”(Universal Serial Bus)的英文缩写。USB 是由 Compaq、IBM、Intel、微软等公司于 1994 年共同提出的。USB 接口具有连接单一化、软件自动“侦测”以及热插拔的优点。

鉴于智能传感器都是数字式的,而在工业测试现场仍大量使用 4~20mA 模拟输出的系统(包括传感器、变送器及二次仪表等)。为解决这一技术难题,美国罗斯蒙特(Rosemount)公司提出了 HART 协议(Highway Addressable Remote Transducer Protocol,可寻址远程传感器通信协议)作为过渡性标准。该通信协议具有与现场总线相似的体系结构以及总线

式数字通信功能。HART 协议采用“频移键控” (Frequency Shift Keying, 英文缩写为 FSK) 技术。它既保留了 4~20mA 过程控制信号的工业标准, 又能在一条双绞线上同时传输模拟信号和数字信号而互不影响, 从而保证了 4~20mA 模拟系统与数字通信系统兼容性。在双绞线上可连接多台现场设备, 构成多站网络, 使不同厂家的产品互相通用。目前, 许多国际上著名的公司已接受了 HART 协议, 还成立了专门机构来推广 HART 协议。最近, 我国也颁布了“国产符合 HART 协议智能仪表管理办法”并开始实行。因此, HART 协议已被认为是事实上的工业标准, 但它仍属过渡性协议, 还不能称作现场总线。

5. 虚拟传感器

虚拟传感器是基于软件开发而成的智能传感器。它是在硬件的基础上通过软件来实现测试功能的, 利用软件还可完成传感器的校准及标定, 使之达到最佳性能指标。因此, 其智能化程度也取决于软件的开发水平。最近, 世界著名的芯片厂家都推出了基于软件的智能传感器。例如, MAXIM 公司不仅研制出高精度硅压阻式压力信号调理器芯片 MAX1457, 还专门给用户提供一个工具软件 (EV Kit) 和通信软件, 供用户下载使用, 为用户开发基于传感器的测试系统创造了便利条件。Sensirion 公司专门为 SHT15 型湿度/温度传感器提供测量露点用的 SHT1xdp.bsx 软件。Atmel 公司和 Veridicom 公司都向用户提供开发指纹传感器的应用程序, 例如在 InstaMatch™ 软件包中就包含着指纹识别算法。

6. 网络传感器

智能传感器的另一发展方向就是网络传感器。网络传感器是包含数字传感器、网络接口和处理单元的新一代智能传感器。数字传感器首先把被测模拟量转换成数字量, 再送给微处理器做数据处理, 最后将测量结果传输给网络, 以便实现各传感器之间、传感器与执行器之间、传感器与系统之间的数据交换及资源共享, 在更换传感器时无须进行标定和校准, 可做到“即插即用”。最近, 美国 Honeywell 公司开发的 PPT 系列、PPTR 系列和 PPTE 系列智能精密压力传感器就属于网络传感器。这种传感器将压敏电阻传感器、A/D 转换器、微处理器、存储器 (RAM、E²PROM) 和接口电路集于一身。在构成网络时, 能确定每个传感器的全局地址、组地址和设备识别号 ID 地址。用户通过网络就能获取任何一只传感器的数据并对该传感器的参数进行设置。网络化智能传感器的推广应用, 必将对工业测控、远程医疗、环境监测、农业信息化、航空航天及国防领域产生深远的影响。

模拟集成温度传感器的应用

模拟集成温度传感器是最简单的一种集成化、专门用来测量温度的传感器。其主要特点是功能单一（仅测量温度，芯片内部不含控制电路，也不带微控制器）、性能好、价格低、外围电路简单，它是目前在国内外应用最为广泛的集成传感器。

第一节 模拟集成温度传感器产品的主要技术指标

目前，国内外生产的模拟集成温度传感器典型产品的主要技术指标见表 2-1。需要指出，表中所列出的最大测量误差值，一般指在整个测温范围内（例如 $-50 \sim +150^{\circ}\text{C}$ ）的最大测量误差；当测温范围较小（如 $0 \sim +70^{\circ}\text{C}$ ）时，实际测量误差会明显降低。

表 2-1 模拟集成温度传感器典型产品的技术指标

种类	型号	温度系数	最大测量误差 ($^{\circ}\text{C}$)	测量范围 ($^{\circ}\text{C}$)	电源电压 (V)	封装形式	生产厂家
电 流 输 出 式	AD590	$1\mu\text{A}/\text{K}$	± 0.5	$-50 \sim +150$	$+4 \sim +30$	TO-52 TO-92	Intersil 公司
	AD592	$1\mu\text{A}/\text{K}$	± 0.5	$-25 \sim +105$	$+4 \sim +30$	TO-92	ADI 公司
	HITS1	$1\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$	± 1.0	$-55 \sim +150$	$+3 \sim +30$	TO-92	杭州大学
	TMP17	$1\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$	± 2.5	$-40 \sim +105$	$+4 \sim +30$	SO-8	ADI 公司
电 压 输 出 式	LM134	$10\text{mV}/\text{K}$	± 3.0	$-55 \sim +125$	$+3 \sim +30$	TO-46 TO-92	NSC 公司
	LM234	$10\text{mV}/\text{K}$	± 3.0	$-25 \sim +100$	$+3 \sim +30$	TO-46 TO-92	
	LM334	$10\text{mV}/\text{K}$	± 6.0	$0 \sim +70$	$+3 \sim +30$	TO-46 TO-92	
	TMP35	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 2.0	$+10 \sim +125$	$+2.7 \sim +5.5$	SOT-23 SO-8	ADI 公司
	TMP36	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 2.0	$-40 \sim +125$	$+2.7 \sim +5.5$	SOT-23 SO-8	
	TMP37	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 2.0	$+5 \sim +100$	$+2.7 \sim +5.5$	SOT-23 SO-8	
	LM34A	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 2.0	$-50 \sim +300$	$+5 \sim +30$	TO-46	NSC 公司
	LM35A	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 1.0	$-55 \sim +150$	$+4 \sim +30$	TO-46	
	LM35	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 1.5	$-55 \sim +150$	$+4 \sim +30$	TO-46 TO-92	
	LM35C	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 2.0	$-40 \sim +110$	$+4 \sim +30$	TO-46 TO-92	
	LM35D	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 2.0	$0 \sim +100$	$+4 \sim +30$	TO-46 TO-92	
	LM45B	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 3.0	$-20 \sim +100$	$+4 \sim +10$	SOT-23	
	LM45C	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 4.6	$-20 \sim +100$	$+4 \sim +10$	SOT-23	
	LM50B	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 3.0	$-25 \sim +100$	$+4.5 \sim +10$	SOT-23	
LM50C	$10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	± 4	$-40 \sim +125$	$+4.5 \sim +10$	SOT-23		