



丛书主编: 沙占友

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

智能
传感器及
传感器系统
实用技术
丛书

集成化 智能传感器 原理与应用

主编
沙占友

副主编
葛家怡

孟志永
马洪涛
等



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

智能传感器及传感器系统实用技术丛书

丛书主编：沙占友

集成化智能传感器原理与应用

主 编 沙占友

副主编 葛家怡 孟志永 马洪涛等

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从实用角度出发,全面系统深入地阐述了国际上各种新型集成化智能传感器的原理与应用。

全书共13章。第1章为单片集成化智能传感器概述。第2章至第12章分别介绍了单片智能温度传感器、集成温度补偿器、集成湿度传感器、硅压力传感器及信号调理器、网络化智能压力传感器、集成磁场传感器、集成转速传感器、单片加速度传感器、集成超声波传感器及超声波干扰探测器、集成磁场传感器、单片指纹传感器、集成电流传感器及变送器的工作原理与应用技术。第13章介绍液位、烟雾、混浊度、陀螺仪、环境亮度等特种集成传感器的典型应用。本书是国内第一部介绍集成化智能传感器的专著。

本书题材新颖、内容丰富、深入浅出,具有科学性、先进性和很高的实用价值,可供电子、计算机和电气工程技术人员阅读,亦可作为高等院校有关专业的教材。

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

集成化智能传感器原理与应用/沙占友主编. —北京:电子工业出版社, 2004.1

(智能传感器及传感系统实用技术丛书)

ISBN 7-5053-9299-9

I. 集… II. 沙… III. 集成传感器 IV. TP212.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 100728 号

责任编辑:魏永昌

印 刷:北京市增富印刷有限责任公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:23 字数:589 千字

印 次:2004 年 1 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:32.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

《集成化智能传感器原理与应用》编委会

主 编 沙占友

副 主 编 葛家怡 孟志永 马洪涛 王彦朋 王晓君 安国臣
张永昌 刁艳华 张晓明

编 委 沙占友 葛家怡 孟志永 马洪涛 王彦朋 王晓君
安国臣 张永昌 刁彦华 张晓明 睢丙东 王书海
张 英 武瑞红 李春明 岳永哲 赵晓平 陈庆华
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

责任编辑 魏永昌

前 言

传感器是信息采集的重要工具。传感器技术与通信技术(信息传输)和计算机技术(信息处理),构成了现代信息技术的三大支柱,它们在信息系统中分别起着“感官”、“神经”和“大脑”的作用。目前,传感器正从传统的分立式,朝着单片集成化、智能化、网络化、系统化的方向发展。单片智能传感器是将传感器、信号调理器、微处理器和接口电路等集成在一个芯片中,能实现信息检测、信息处理、信息存储和信息输出的新一代传感器。单片智能传感器是信息技术前沿的尖端产品,它具有全集成化、智能化、高精度、高性能、高可靠性和低价格等显著优点,可广泛用于工业、农业、商业、交通、环境监测、医疗卫生、军事科研、航空航天、现代办公设备和家用电器等领域,是构建现代信息系统的重要组成部分。据光电行业开发协会(OIDA)作出的最新预测,从2003年到2006年期间,智能传感器的国际市场销售量将以每年20%的高速度增长。仅在汽车上使用的智能传感器就达几十种,例如加速度传感器、压力传感器、温度传感器、液位传感器,还有专用于车道跟踪、车辆识别、车距探测、卫星定位的新型智能传感器及接收、发送装置。

单片智能传感器作为21世纪最具影响力和发展前景的一项高科技产品,正引起国内外电子信息界的高度重视。鉴于目前国内已出版的有关传感器的书籍大多侧重于介绍分立式传感器的原理或产品,尚未出版过专门介绍各种集成化智能传感器原理与应用的专著或译著,难以适应电子信息技术的发展。为满足广大读者的急需,我们将近年来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,并参考国内外厂家提供的最新资料后撰写成此书,以飨广大读者。本书与《集成化智能传感器系统的设计与应用》共为姊妹篇。

本书融科学性、先进性、系统性、实用性于一体,主要有以下特点:

第一,全面、深入地阐述了国内外单片智能传感器领域的新技术和新成果,详细介绍了测量温度(含温度补偿)、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、环境亮度等参数的单片智能传感器的工作原理、典型应用、接口技术及检测技术。此外,还详细介绍了国际上最新推出的基于软件的虚拟传感器、单片网络化智能传感器、单片指纹传感器等芯片,充分反映出该领域的国内外最新科技成果。

第二,结构严谨,条理清晰,逻辑性强。例如,在第4章首先介绍湿度传感器的性能特点和产品分类,然后分别阐述基于湿敏电阻、湿敏电容的相对湿度测量仪的电路设计,再依次介绍电压输出式、频率输出式、频率/温度输出式集成湿度传感器的原理及应用,最后介绍一种国际上最新推出的单片智能化湿度/温度多参数传感器的原理与应用。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,亦可选读部分章节的内容。

第三,具有很高的实用价值。全书给出了各种新型单片智能传感器的应用电路,对于广大读者利用单片智能传感器芯片开发新型传感器系统及测控系统,具有重要的参考价值。

第四，信息量大，知识面宽，便于读者触类旁通，灵活运用。所介绍的集成传感器产品型号达几百种。

沙占友教授任本书主编，葛家怡、孟志永、马洪涛、王彦朋、王晓君、安国臣、张永昌、刁彦华、张晓明老师任副主编。沙占友撰写了第1章、第3章、第4章、第6章和第13章，与张晓明合撰了第11章，并完成了全书的审阅及统稿工作。葛家怡、孟志永撰写了第2章，马洪涛、睢丙东撰写了第5章，王彦朋、岳永哲撰写了第7章，安国臣、张永昌撰写了第8章，王晓君、王书海撰写了第9章，刁彦华、李春明撰写了第10章，张英、武瑞红、赵晓平撰写了第12章，参加本书撰写工作的还有陈庆华、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、郑国辉等。

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，欢迎广大读者指正。

作 者

目 录

第 1 章 单片集成化智能传感器概述	(1)
1.1 智能传感器的基本特点	(1)
1.1.1 智能传感器的定义	(1)
1.1.2 智能传感器的功能	(1)
1.1.3 智能传感器的特点	(2)
1.2 智能传感器的发展趋势及应用	(4)
1.2.1 采用新技术提高智能化程度	(4)
1.2.2 单片传感器系统	(4)
1.2.3 智能微尘传感器	(5)
1.2.4 总线技术的标准化与规范化	(6)
1.2.5 虚拟传感器和网络传感器	(6)
1.2.6 可靠性与安全性设计	(7)
1.3 单片智能传感器主要产品的分类	(7)
1.4 单片智能传感器的技术指标	(10)
1.4.1 智能传感器的名词术语及主要参数	(10)
1.4.2 智能传感器典型产品的主要技术指标	(11)
第 2 章 单片智能温度传感器的原理与应用	(13)
2.1 智能温度传感器的产品分类及应用领域	(13)
2.1.1 集成温度传感器的产品分类	(13)
2.1.2 智能温度传感器的应用领域	(14)
2.2 基于 I ² C、SMBus 及 SPI 总线的智能温度传感器	(15)
2.2.1 基于 1-Wire 总线的 DS18B20 型智能温度传感器	(15)
2.2.2 基于 I ² C 总线的 MAX6626 型智能温度传感器	(19)
2.2.3 基于 SMBus 的 MAX6654 型智能温度传感器	(21)
2.2.4 基于 SPI 总线的 LM74 型智能温度传感器	(23)
2.3 多功能智能温度传感器原理与应用	(25)
2.3.1 带实时日历时钟显示的温度检测系统	(25)
2.3.2 具有故障自检功能的温度检测系统	(26)
2.4 多通道智能温度传感器的原理与应用	(28)
2.4.1 AD7417 型 5 通道精密智能温度传感器	(28)
2.4.2 MAX1668 型 5 通道精密智能温度传感器	(30)
2.5 智能温度传感器在微机散热保护电路中的应用	(33)
2.5.1 智能温度传感器与 CPU 的安装方法	(33)
2.5.2 笔记本电脑散热保护电路的设计	(33)

2.5.3	PC 机散热风扇控制系统的电路设计	(35)
2.5.4	具有多重保护功能的微机散热系统电路设计	(36)
2.6	Pentium 4 处理器散热控制电路的设计	(38)
2.6.1	ADT7460 的性能特点	(38)
2.6.2	ADT7460 的工作原理	(39)
2.6.3	ADT7460 的典型应用	(43)
2.7	智能化温度控制电路	(46)
2.7.1	TMP01 型集成温度控制器	(46)
2.7.2	LM56 型集成温度控制器	(49)
2.8	HT7500 型高精度微型化医用数字体温计	(51)
2.8.1	HT7500 的性能特点	(51)
2.8.2	HT7500 的工作原理	(51)
2.8.3	数字体温计的电路设计	(53)
2.9	MAX6691 型四通道智能温度传感器	(55)
2.9.1	MAX6691 的性能特点	(55)
2.9.2	MAX6691 的原理与应用	(56)
2.9.3	NTC 热敏电阻的特性	(57)
2.9.4	改善 NTC 热敏电阻非线性性的方法	(60)
2.9.5	使用注意事项	(61)
2.10	MAX1298/1299 型带五通道 ADC 的智能温度传感器	(61)
2.10.1	MAX1298/1299 的性能特点	(61)
2.10.2	MAX1298/1299 的工作原理	(62)
2.10.3	MAX1298/1299 的典型应用及电路设计要点	(66)
第 3 章	集成温度补偿器的原理与应用	(70)
3.1	热电偶冷端温度补偿的原理及方法	(70)
3.1.1	热电偶的产品分类及测温原理	(70)
3.1.2	热电偶冷端温度补偿的基本原理与方法	(72)
3.2	集成温度传感器在热电偶冷端温度补偿中的应用	(73)
3.2.1	AD592 型温度传感器在热电偶冷端温度补偿中的应用	(73)
3.2.2	LM334 型温度传感器在热电偶冷端温度补偿中的应用	(74)
3.2.3	TMP35 型集成温度传感器在热电偶冷端温度补偿中的应用	(76)
3.2.4	LM135 系列温度传感器在热电偶冷端温度补偿中的应用	(76)
3.3	基于 SPI 总线的数字式 K 型热电偶冷端温度补偿及转换器	(77)
3.3.1	MAX6674/6675 的性能特点	(77)
3.3.2	MAX6674/6675 的工作原理	(78)
3.3.3	MAX6675 的典型应用	(80)
3.4	隔离式热电偶冷端温度补偿及信号调理器	(81)
3.4.1	AC1226 型低功耗热电偶温度补偿器	(82)
3.4.2	IB51 型隔离式热电偶信号调理器	(83)

3.4.3	典型应用电路	(85)
3.5	AD594/595/596/597 型单片热电偶冷端温度补偿器	(86)
3.5.1	性能特点	(86)
3.5.2	AD594/595 的工作原理	(87)
3.5.3	典型应用	(89)
3.6	集成化铂热电阻信号调理器	(94)
3.6.1	ADT70 型铂热电阻信号调理器的性能特点	(94)
3.6.2	ADT70 型铂热电阻信号调理器的原理及应用	(94)
3.6.3	ADT70 的特殊应用	(96)
第 4 章	集成湿度传感器的原理与应用	(99)
4.1	湿度传感器的性能特点和产品分类	(99)
4.1.1	湿度测量的名词术语	(99)
4.1.2	传统湿度计的优缺点	(100)
4.1.3	湿敏元件的特点及产品分类	(101)
4.1.4	湿度传感器的性能特点及产品分类	(101)
4.2	基于湿敏电阻的相对湿度测量仪的电路设计	(103)
4.2.1	电路设计特点	(104)
4.2.2	相对湿度测量仪的工作原理	(104)
4.2.3	相对湿度测量仪的调试及校准方法	(107)
4.3	基于湿敏电容的相对湿度测量仪的电路设计	(108)
4.3.1	HS1100/1101 的性能特点	(108)
4.3.2	HS1100/1101 的工作原理	(108)
4.3.3	湿敏电容式相对湿度测量仪的电路设计	(109)
4.4	HM1500/1520 型电压输出式集成湿度传感器	(112)
4.4.1	HM1500/1520 的性能特点	(112)
4.4.2	HM1500/1520 的工作原理	(113)
4.4.3	HM1500/1520 的典型应用	(114)
4.5	HTF3223 型频率/温度输出式集成湿度传感器	(115)
4.5.1	HTF3223 的性能特点	(115)
4.5.2	HTF3223 的原理与应用	(115)
4.6	HIH-3602/3605/3610 型电压输出式集成湿度传感器	(116)
4.6.1	HIH 系列的性能特点	(117)
4.6.2	HIH 系列集成湿度传感器的原理与应用	(117)
4.7	SHT11/15 型单片智能化湿度/温度传感器	(119)
4.7.1	SHT11/15 的性能特点	(119)
4.7.2	SHT11/15 的工作原理	(120)
4.7.3	SHT11/15 的典型应用	(126)
第 5 章	单片硅压力传感器及信号调理器的原理与应用	(128)
5.1	MPX2100/4100A/5100/5700 系列集成硅压力传感器	(128)

5.1.1	集成硅压力传感器的性能特点	(128)
5.1.2	MPX4100A 系列集成硅压力传感器的工作原理	(129)
5.1.3	集成硅压力传感器的应用电路	(131)
5.2	ST3000 系列智能压力传感器	(136)
5.2.1	ST3000 系列的性能特点	(136)
5.2.2	ST3000 系列的工作原理及应用	(136)
5.3	MAX1450 型集成压力信号调理器	(138)
5.3.1	MAX1450 的性能特点	(138)
5.3.2	MAX1450 的工作原理	(139)
5.3.3	MAX1450 的应用电路设计	(140)
5.4	MAX1457 型高精度集成压力信号调理器	(145)
5.4.1	MAX1457 的性能特点	(145)
5.4.2	MAX1457 的工作原理	(145)
5.4.3	MAX1457 的典型应用	(148)
5.5	MAX1458 型数字式压力信号调理器	(150)
5.5.1	MAX1458 的性能特点	(150)
5.5.2	MAX1458 的工作原理	(150)
5.5.3	MAX1458 的典型应用	(155)
第 6 章	网络化智能压力传感器的原理与应用	(158)
6.1	PPT、PPTR 系列网络化智能压力传感器的工作原理	(158)
6.1.1	网络化智能压力传感器的性能特点	(158)
6.1.2	网络化智能压力传感器的工作原理	(159)
6.2	PPT 系列网络化智能压力传感器的典型应用	(160)
6.2.1	PPT 模拟输出的配置	(160)
6.2.2	远程模拟压力信号的传输与记录	(161)
6.2.3	网络结构	(162)
6.3	PPT 系列网络化智能压力传感器的操作实例及主要指令	(163)
6.3.1	操作实例	(163)
6.3.2	主要指令	(165)
第 7 章	单片转速传感器的原理与应用	(170)
7.1	KMI15/16 系列集成转速传感器	(170)
7.1.1	KMI15-1 型集成转速传感器的工作原理	(170)
7.1.2	KMI15/16 系列集成转速传感器的典型应用	(173)
7.2	LM2907/2917 型集成转速/电压转换器	(174)
7.2.1	LM2907/2917 的性能特点	(174)
7.2.2	LM2907/2917 的工作原理	(175)
7.2.3	LM2907/2917 的应用	(177)
7.3	ENC-03J 型集成角速度传感器	(180)
7.3.1	ENC-03J 的性能特点	(180)

7.3.2	测量角速度的原理与应用	(180)
第 8 章	单片加速度传感器的原理与应用	(182)
8.1	ADXL05 型单片加速度传感器的原理与应用	(182)
8.1.1	ADXL05 型单片加速度传感器的工作原理	(182)
8.1.2	ADXL05 型单片加速度传感器的典型应用	(185)
8.2	MMA1220D 型单片加速度传感器	(187)
8.2.1	MMA1220D 的性能特点	(187)
8.2.2	MMA1220D 的工作原理	(187)
8.2.3	MMA1220D 的典型应用	(189)
8.3	ADXL202/210 型带数字信号输出的单片双轴加速度传感器	(190)
8.3.1	ADXL202/210 的性能特点	(191)
8.3.2	ADXL202/210 的工作原理	(191)
8.3.3	ADXL202/210 的电路设计	(192)
8.3.4	测量占空比的电路	(196)
第 9 章	超声波传感器及其专用集成电路的原理与应用	(198)
9.1	超声波传感器的工作原理及应用领域	(198)
9.1.1	超声波传感器的工作原理	(198)
9.1.2	超声波传感器的主要参数及典型产品	(199)
9.1.3	超声波传感器的应用领域	(200)
9.2	SB5227 型智能化超声波测距专用集成电路	(201)
9.2.1	SB5227 的性能特点	(202)
9.2.2	SB5227 的工作原理	(202)
9.2.3	SB5227 的外围电路设计	(203)
9.2.4	超声波测距仪的电路设计	(206)
9.2.5	超声波测距网络系统的构成	(207)
9.3	SB5027 型带日历时钟的超声波测距集成电路	(208)
9.3.1	SB5027 的性能特点	(208)
9.3.2	SB5027 的原理与应用	(209)
9.4	4Y4 型智能化超声波测距集成电路	(212)
9.4.1	4Y4 的性能特点	(212)
9.4.2	4Y4 的工作原理	(212)
9.4.3	单片液晶显示测距仪	(214)
9.5	US0012 型基于 DSP 和模糊逻辑技术的超声波干扰探测器	(215)
9.5.1	US0012 的性能特点	(215)
9.5.2	US0012 的工作原理	(215)
9.5.3	US0012 的典型应用	(220)
第 10 章	单片集成磁场传感器的原理与应用	(222)
10.1	HMC 系列集成磁场传感器	(222)
10.1.1	性能特点	(222)

10.1.2	HMC 系列磁场传感器的工作原理	(223)
10.1.3	HMC 系列集成磁场传感器的应用	(226)
10.2	AD22151 型线性输出的集成磁场传感器	(228)
10.2.1	AD22151 的性能特点	(228)
10.2.2	AD22151 的工作原理	(228)
10.2.3	AD22151 的典型应用	(231)
10.2.4	AD22151 外围电路的设计	(233)
10.3	TLE4941 型二线智能霍尔传感器集成电路	(234)
10.3.1	TLE4941 的性能特点	(234)
10.3.2	TLE4941 的工作原理及应用	(234)
第 11 章	单片指纹传感器的原理与应用	(236)
11.1	生物识别技术的发展概况	(236)
11.1.1	生物识别技术发展简况	(236)
11.1.2	各种生物识别技术的原理及性能比较	(237)
11.2	指纹识别的基本原理	(241)
11.2.1	指纹图像的两大特点	(241)
11.2.2	指纹图像的获取	(241)
11.2.3	指纹识别技术的基本原理	(242)
11.3	FCD4B14/AT77C101B 型指纹传感器	(245)
11.3.1	FCD4B14 型指纹传感器的性能特点	(245)
11.3.2	FCD4B14 型指纹传感器的工作原理	(246)
11.3.3	FCD4B14 型指纹传感器的接口	(251)
11.3.4	AT77C101B 型指纹传感器简介	(252)
11.4	指纹识别系统应用软件的安装及指纹数据库	(253)
11.4.1	指纹识别应用软件的安装	(253)
11.4.2	基于 USB 总线的应用软件程序流程图	(253)
11.4.3	指纹数据库	(254)
11.5	指纹识别软件的应用及调试设备	(255)
11.5.1	指纹识别软件的应用	(255)
11.5.2	调试设备	(258)
11.6	FPS100/110 型指纹传感器	(259)
11.6.1	FPS100 型指纹传感器的性能特点	(259)
11.6.2	FPS100 型指纹传感器的原理与应用	(260)
11.7	FPS200 型指纹传感器的原理与应用	(266)
11.7.1	FPS200 的性能特点	(266)
11.7.2	FPS200 的工作原理	(268)
11.7.3	FPS200 的总线接口	(270)
11.7.4	FPS200 的典型应用	(271)
第 12 章	集成电流传感器及变送器的原理与应用	(273)

12.1	ACS750 型集成电流传感器	(273)
12.1.1	交流电流检测技术	(273)
12.1.2	ACS750 型集成电流传感器的原理与应用	(275)
12.2	MAX471/472 型集成电流传感器	(276)
12.2.1	MAX471/472 的性能特点	(277)
12.2.2	MAX471/472 的工作原理	(277)
12.3	UCC3926 系列集成电流传感器	(281)
12.3.1	UCC3926 的性能特点	(281)
12.3.2	UCC3926 的工作原理	(282)
12.3.3	UCC3926 的典型应用	(283)
12.4	1B21 型隔离式电压/电流转换器	(284)
12.4.1	1B21 的性能特点	(284)
12.4.2	1B21 的工作原理	(285)
12.4.3	1B21 的典型应用及电路设计要点	(286)
12.5	1B22 型隔离式可编程电压/电流转换器	(288)
12.5.1	1B22 的性能特点	(288)
12.5.2	1B22 的工作原理与典型应用	(289)
12.5.3	1B22 的使用技巧	(290)
12.6	AD693 型多功能传感信号调理器	(292)
12.6.1	AD693 的性能特点	(292)
12.6.2	AD693 的工作原理	(292)
12.6.3	AD693 的典型应用	(295)
12.6.4	AD693 在电子测量仪器中的应用	(297)
12.7	AD694 型高精度可编程电压/电流转换器	(300)
12.7.1	AD694 的性能特点	(300)
12.7.2	AD694 的工作原理	(300)
12.7.3	AD694 的电路设计	(302)
12.8	XTR 系列精密电流变送器	(306)
12.8.1	XTR 系列产品的分类及性能特点	(306)
12.8.2	XTR115 型电流变送器的工作原理	(306)
12.8.3	XTR 系列产品的应用电路	(308)
12.9	RCV420 型精密电流/电压转换器	(310)
12.9.1	RCV420 的性能特点	(310)
12.9.2	RCV420 的工作原理	(310)
12.9.3	RCV420 的典型应用	(311)
第 13 章	特种集成传感器的原理与应用	(313)
13.1	LM1042 型集成液位传感器	(313)
13.1.1	LM1042 型集成液位传感器的工作原理	(313)
13.1.2	LM1042 型集成液位传感器的典型应用	(317)

13.2	MC 系列烟雾检测报警集成电路	(317)
13.2.1	MC14467-1 和 MC14468 离子型烟雾检测报警电路	(318)
13.2.2	MC145010、MC145011 光电型烟雾检测报警电路	(321)
13.3	APMS-10G 型带微处理器的智能混浊度传感器	(324)
13.3.1	APMS-10G 的性能特点	(325)
13.3.2	APMS-10G 的测量原理	(325)
13.3.3	APMS-KIT.exe 软件的安装使用及通信协议	(328)
13.3.4	使用注意事项	(331)
13.4	ADXRS300 型单片偏航角速度陀螺仪	(332)
13.4.1	ADXRS300 的性能特点	(332)
13.4.2	ADXRS300 的工作原理	(332)
13.4.3	ADXRS300 的典型应用及电路设计	(335)
13.5	能实现人眼仿真的集成可见光亮度传感器	(337)
13.5.1	LX1970 型可见光亮度传感器	(337)
13.5.2	HSDL-9000 型环境亮度传感器	(341)
13.6	数字照度计	(343)
13.6.1	性能特点	(343)
13.6.2	LX101 型数字照度计的整机电路原理	(344)
13.7	nRF401 型单片射频收发器	(346)
13.7.1	nRF401 的性能特点	(346)
13.7.2	nRF401 的工作原理	(347)
13.7.3	nRF401 的典型应用	(349)
参考文献		(352)

第 1 章 单片集成化智能传感器概述

目前, 智能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。据光电行业开发协会 (OIDA) 作出的最新预测, 从 2003 年到 2006 年期间, 智能传感器的国际市场销售量将以每年 20% 的高速度增长。这必将带动信息产业的飞速发展。

现代传感器的发展方向是单片集成化、智能化、网络化和系统化。本章首先介绍智能传感器的基本特点与发展趋势, 然后阐述其产品分类和主要技术指标。

1.1 智能传感器的基本特点

1.1.1 智能传感器的定义

1. 传感器的定义

我国制定的“传感器通用术语”国家标准 (GB7665—87) 对传感器 (sensor/transducer) 所下的定义是: “能够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”。这表明, 传感器有以下含义: 第一, 它是由敏感元件和转换元件构成的一种检测装置, 不仅能感受被测量的信息, 还能检测出感受到的信息; 第二, 能按一定规律将被测量转换成电信号等输出形式, 以满足信息传输、信息处理、信息存储、显示、记录及控制的需要; 第三, 传感器的输出与输入之间存在确定的关系, 并能达到一定的测量精度、线性度和灵敏度指标。

2. 智能传感器的定义

目前, 关于智能传感器的中、英文称谓尚未完全统一。英国人将智能传感器称为 “Intelligent Sensor”; 美国人则习惯于把智能传感器称做 “Smart Sensor”, 直译就是 “灵巧的、聪明的传感器”。

所谓智能传感器, 就是带微处理器、兼有信息检测和信息处理功能的传感器。智能传感器的最大特点就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。需要指出, 这里讲的 “带微处理器” 包含两种情况: 一种是将传感器与微处理器集成在一个芯片上构成所谓的 “单片智能传感器”; 另一种是指传感器能够配微处理器。显然, 后者的定义范围更宽, 但二者均属于智能传感器的范畴。

1.1.2 智能传感器的功能

智能传感器主要有以下功能:

(1) 具有自动调零、自校准、自标定功能。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、自动调平衡、自动校准, 某些智能传感器还能自动完成标

定工作。

(2) 具有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 (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补偿算法进行补偿, 以提高测量精度。

(3) 具有自诊断功能。智能传感器通过自检软件, 能对传感器和系统的工作状态进行定期或不定期的检测, 诊断出故障的原因和位置并作出必要的响应, 发出故障报警信号, 或在计算机屏幕上显示出操作提示 (PPT 系列智能精密压力传感器即有此项功能)。

(4) 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。

(5) 具有数据存储和记忆功能, 能随时存取检测数据。

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

1.1.3 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大幅度提高。

例如, 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。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 $\pm 0.003\%$ 。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。特别适合构成高精度、多功能、微型化的临床体温计, 满足医院及家庭的急需。

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 $1200^\circ/\text{s}$ 。该传感器还能承受 $1000g$ 的运动加速度或 $2000g$ 的静力加速度。

Honeywell 公司的智能精密压力传感器, 量程从 1psi 到 500psi (即 $6.8946\text{kPa} \sim 3.4473\text{MPa}$), 总共有 10 种规格。它有 12 种压力单位可供选择, 包括国际单位制 Pa (帕), 非国际单位制 P_0 (大气压)、bar (巴)、mmHg (毫米汞柱) 等, 基本压力单位是 psi (磅/平方英寸), 可满足不同国家测量压力的需要。

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具有自适应 (Self-adaptive) 能力。美国 Microsemi 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. 高性价比

性价比的全称为性能价格比，它表示某种商品的性能价值与实际价格之比。因此，高性价比就意味着品质优良而价格适宜，真正“物超所值”。

举例说明，美国 Veridicom 公司推出的第三代 CMOS 固态指纹传感器，增加了图像搜索、高速图像传输等多种新功能，其成本却低于第二代 CMOS 固态指纹传感器，因此具有更高的性价比。

7. 超小型化、微型化

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，前面提到的 SHT11/15 智能传感器，外形尺寸仅为 7.62mm (长) $\times 5.08\text{mm}$ (宽) $\times 2.5\text{mm}$ (高)，质量只有 0.1g ，其体积与一个大火柴头相近。LX1970 型集成可见光亮度传感器的外形尺寸仅为 $2.95\text{mm} \times 3\text{mm} \times 1\text{mm}$ 。

8. 低功耗

降低功耗对智能传感器具有重要意义。这不仅可简化系统电源及散热电路的设计，延