

单片机外围器件应用丛书

MODERN SENSOR

现代传感器

应用技术和实用线路

纪宗南 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

单片机外围器件应用丛书

MODERN SENSOR

现代传感器

应用技术和实用线路

纪宗南 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《单片机外围器件应用丛书》之一。

本书从优化单片机输入通道结构出发,全面系统地介绍各种新型传感器的实用线路和应用技术。全书共分7章,第1章为现代传感器综述,第2~4章分别介绍开关量输出、大信号输出、数字量输出的传感器和应用电路,第5章详细分析传感器接口技术和应用电路,第6~7章重点阐述传感器的实用线路、综合应用电路及应用技术,内容充分反映了国内外在该领域的最新成果和发展动态。

本书适合高等院校的电力电子、自动化、通信、计算机等专业的高年级本科生、研究生学习参考,也可作为从事相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代传感器应用技术和实用线路/纪宗南编著. —北京:中国电力出版社,2009

(单片机外围器件应用丛书)

ISBN 978-7-5083-7959-3

I. 现… II. 纪… III. 传感器—高等学校—教材 IV. TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第165311号

责任编辑:刘 焱

责任校对:崔燕菊

责任印制:郭华清

书 名:现代传感器应用技术和实用线路

出版发行:中国电力出版社

地址:北京市三里河路6号 邮政编码:100044

电话:(010)68362602 传真:(010)68316497

印 刷:汇鑫印务有限公司

开本尺寸:185mm×260mm 印 张:13 字 数:313千字

书 号:ISBN 978-7-5083-7959-3

版 次:2009年1月北京第1版

印 次:2009年1月第1次印刷

印 数:0001—4000册

定 价:24.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

Preface

前言

现代传感器及其应用技术是科学技术的一个重要分支,也是信息科学中信息捕捉的必要手段。特别是在 21 世纪的信息化时代,传感器的地位显得至关重要。

本书是《单片机外围器件应用丛书》之一,它的选材是以优化单片机输入通道为原则,完全抛开传感器一般的分类和描述,因此,本书具有以下特点:

(1) 选材新颖,内容独特,并具有科学性、系统性、实用性和可操作性的特点。在介绍传感器时,首先对它的特点、结构、原理进行说明,然后详细分析应用电路和设计及使用中应注意的问题。使读者知其道、明其理、会其用、受其益。

(2) 模块结构,条理清晰,逻辑性强。在介绍传感器和分析传感器应用技术时,内容由浅入深,以点带面。各章之间前后连贯,也可保持相对独立,这样读者既可通读全书,也可根据需要选读个别章节的内容。

(3) 侧重电路设计和应用,具有很高的实用价值。全书列出各种特有的传感器和应用电路,给从事单片机输入通道设计的读者提供有益的帮助和启发。

(4) 在传感器实用线路和应用技术中,特别提出设计的要点和使用中的问题,这也是本书的重点和精华。

本书主要由纪宗南执笔,并完成全书的审阅工作。参加本书撰写的还有李鸿序、周惠娟、王杰、沈懿德、徐利群、王正碧、刑丽冬、王正红、纪敏、黄国荣、陈明富、黄萝莉,在此一并表示感谢。

限于作者水平,书中难免有缺点和不足之处,敬请读者批评指正。

作者

2008 年 10 月

前 言

第 1 章 现代传感器综述	1
1.1 传感器的定义和组成	1
1.1.1 传感器的定义	1
1.1.2 传感器的组成	1
1.2 传感器的分类	2
1.2.1 按被测量分类	2
1.2.2 按输出量分类	3
1.3 传感器的主要性能指标	4
1.3.1 传感器的静态性能	4
1.3.2 传感器的动态性能	6
1.4 传感器的选择	6
1.4.1 选择原则	6
1.4.2 选择要求	6
1.4.3 选择注意事项	8
1.5 传感器的发展趋势	9
第 2 章 开关量输出传感器的应用	12
2.1 准 SoC 结构的霍尔集成传感器	12
2.1.1 主要特点和性能	12
2.1.2 工作原理	13
2.1.3 TLE4941/TLE4941C 霍尔集成传感器的应用	14
2.2 具有“三高”特性的霍尔集成传感器	15
2.2.1 TLE4923 动态差动霍尔集成传感器的特点和性能	15
2.2.2 TLE4923 动态差动霍尔集成传感器的原理	15
2.2.3 TLE4923 动态差动霍尔集成传感器的应用	16
2.2.4 TLE4923 动态差动霍尔集成传感器设计要求	18
2.3 高性能的动态差动霍尔集成传感器	19
2.3.1 TLE4921-5U 的主要特点和性能	19
2.3.2 TLE4921-5U 动态差动霍尔集成传感器的原理	19
2.3.3 TLE4921-5U 动态差动霍尔集成传感器的应用	20
2.4 内含放大器和施密特触发器的霍尔集成传感器	23
2.4.1 CS837 霍尔集成传感器的特点和性能	24

2.4.2	CS837 霍尔集成传感器的工作原理	24
2.4.3	CS837 霍尔集成传感器的应用	25
2.5	霍尔线性集成传感器	25
2.5.1	霍尔线性集成传感器的特点和性能	26
2.5.2	CS839 霍尔线性集成传感器的原理	26
2.5.3	CS839 霍尔线性集成传感器的应用	27
第 3 章	大信号输出传感器的应用	28
3.1	具有串行输出和多通道功能的温度传感器	28
3.1.1	主要特点和性能	28
3.1.2	工作原理	29
3.1.3	典型应用	31
3.1.4	设计和使用中的几个问题	31
3.2	与 SPI/I ² C 兼容, 10 位数字输出的单片温度传感器	35
3.2.1	主要特点和性能	35
3.2.2	工作原理	36
3.2.3	典型应用	37
3.2.4	设计说明	38
3.3	4 通道 ADC 和 4 路电压输出的温度传感器	40
3.3.1	主要特点和性能	40
3.3.2	工作原理	41
3.3.3	典型应用电路	43
3.3.4	设计要点	43
3.4	多点、数字接口的温度传感器 MAX6575L/H	47
3.4.1	主要特点和性能	48
3.4.2	工作原理	48
3.4.3	应用电路	49
3.4.4	参数设计	53
3.5	大信号输出的硅压力传感器	54
3.5.1	MPX5100 压力传感器的简介	54
3.5.2	MPX5100 主要特点和性能	55
3.5.3	MPX5100 工作原理	55
3.5.4	应用电路	56
第 4 章	数字量输出传感器的应用	58
4.1	具有 ADC 和 DAC 转换功能的传感器信号调理器	58
4.1.1	MAX1457 的主要特点和性能	58
4.1.2	MAX1457 传感器信号调理器的工作原理	58
4.1.3	MAX1457 的应用电路	61
4.2	SoC 结构的传感器信号处理器	64
4.2.1	MAX1462 传感器信号处理器的特点和性能	64
4.2.2	MAX1462 传感器信号处理器的工作原理	65
4.2.3	MAX1462 传感器信号处理器的应用	66
4.3	智能化的传感器信号处理器	67
4.3.1	AD7714 传感器信号处理器的特点和性能	67
4.3.2	AD7714 传感器信号处理器的工作原理	68
4.3.3	AD7714 传感器信号处理器的应用	70

第5章 传感器的接口技术和实用电路	73
5.1 压力传感器的接口电路	73
5.1.1 压力传感器的基本原理	73
5.1.2 压力传感器接口电路分析	73
5.2 智能传感器的接口和应用电路	81
5.2.1 USB总线接口和应用电路	81
5.2.2 SPI总线接口和应用电路	83
5.2.3 I ² C总线接口和应用电路	86
5.3 基于数字电位器的电阻传感器接口电路	88
5.3.1 概述	88
5.3.2 电阻传感器的工作原理	89
5.3.3 电阻传感器接口硬件电路	91
5.3.4 电阻传感器接口模块的软件分析	92
5.3.5 实验和分析	92
5.4 具有频率和占空比输出的电阻-电桥传感器专用集成电路(ASIC)接口	94
5.4.1 概述	94
5.4.2 ASIC接口电路的结构和工作原理	94
5.4.3 ASIC接口性能和试验分析	97
第6章 传感器实用线路和综合应用电路	99
6.1 多光纤传感器温度检测系统	99
6.1.1 多光纤传感器温度检测系统的工作原理	99
6.1.2 多光纤传感器温度检测系统的硬件电路	100
6.1.3 多光纤传感器温度检测系统的软件分析	101
6.1.4 多光纤传感器温度检测系统的特性	102
6.2 基于人工神经网络的传感器误差源校准电路	102
6.2.1 传感器误差源的校准原理	102
6.2.2 基于人工神经网络(ANN)的补偿电路	104
6.2.3 传感器误差源校准的实验结果	107
6.3 传感器信号调理器中的补偿和校准技术	109
6.3.1 传感器信号调理器的补偿和校准	109
6.3.2 传感器信号调理器校准和补偿的性能比较	113
6.4 多功能的新型数字压力计	114
6.4.1 概述	114
6.4.2 数字压力计的工作原理	114
6.4.3 数字压力计的电路分析	115
6.4.4 提高压力计精度和分辨率的措施	116
6.4.5 数字压力计的程序清单	117
6.5 温度、压力、流速自动测量仪	128
6.5.1 概述	128
6.5.2 仪器电路分析	128
6.5.3 流量仪的软件分析	131
6.5.4 流量仪的程序清单	134
6.6 单片机构成的湿度仪	143
6.6.1 概述	143
6.6.2 湿度仪的基本原理	144

6.6.3	软件设计	149
6.6.4	校正和提高精度的措施	149
6.7	便携式智能数据登录系统设计	153
6.7.1	概述	153
6.7.2	数据登录的工作原理	153
6.7.3	数据记录仪的硬件设计	154
6.7.4	数据记录仪的软件设计	157
6.8	多通道拉曼气体分析仪	160
6.8.1	概述	160
6.8.2	多通道拉曼气体分析仪的工作原理	160
6.8.3	多通道拉曼气体分析仪的电路分析	161
6.8.4	多通道拉曼气体分析仪的软件配置	163
6.8.5	多通道拉曼气体分析仪灵敏度提高措施	165
第 7 章	现代传感器的应用技术	167
7.1	压力传感器的温度补偿	167
7.1.1	概述	167
7.1.2	压力传感器温度补偿原理	167
7.1.3	压力传感器温度补偿的方法	169
7.1.4	温度补偿设计举例	172
7.2	压力传感器非线性补偿措施	173
7.2.1	概述	173
7.2.2	压力传感器非线性和性能分析	174
7.2.3	压力传感器非线性补偿方法	175
7.2.4	压力传感器非线性补偿电路	179
7.3	传感器线性处理的新技术	180
7.3.1	概述	180
7.3.2	传感器线性处理的原理	180
7.3.3	传感器非线性补偿的方法	181
7.3.4	传感器非线性校准实例分析	182
7.4	利用压力传感器提高 ADC 的分辨率	186
7.4.1	概述	186
7.4.2	A/D 转换器分辨率提高的原理	186
7.4.3	实用线路分析	187
7.4.4	结论	189
7.5	光电流传感器误差分析	189
7.5.1	概述	189
7.5.2	光电流传感器误差分析	190
7.5.3	光电流传感器应用实例剖析	191
7.5.4	光电流传感器的实验和验证	193
7.6	传感器信噪比 (SNR) 估算方法的优化处理	194
7.6.1	概述	194
7.6.2	噪声源分析和信噪比的计算	195
7.6.3	传感器数据分析	196
7.6.4	测量电路和功能模块分析	197
参考文献		200

现代传感器综述

传感技术是研究传感器的材料、设计、工艺、性能和应用的一种综合技术。同时，它又是一门边缘技术，涉及多学科（如物理学、数学、化学、生物学、医学等）的研究。目前，传感技术已与通信技术、计算机技术并列成为支撑整个现代信息产业的三大支柱，并成为现代测量技术和自动化技术的重要基础。

传感器是人类获取信息的重要工具，也是信息采集系统的核心部件，它能把非电量（如物理量、生物量、化学量）转换成电量。目前，传感器正朝着集成化、系统化、智能化、网络化的方向发展。本章首先介绍传感器的定义和组成，然后阐述传感器的分类和特性及选择原则，最后讲述传感器的发展趋势。

1.1 传感器的定义和组成

1.1.1 传感器的定义

关于传感器的定义，目前仍然有很多种形式，这里仅把业界公认的几种定义作些说明。

定义 1:

传感器是指那些对被测对象的某一确定的信息具有感受（或响应）与检测功能，并使之按照一定规律转换成与之对应的可用输出信号的元器件或装置。

定义 2:

传感器是一种能把非电输入信号转换成电信号输出的器件或装置。

定义 3:

所谓传感器，是指那些能够取代甚至超越人的“五官”，并具有视觉、听觉、触觉、味觉和嗅觉等功能的元器件或装置。

综上所述可以看出，传感器有时也称换能器、变换器、变送器或探测器，其主要特征是能感知和检测某一形态的信息，并将其转换成另一形态的信息。

1.1.2 传感器的组成

在实际应用电路和系统中，传感器不仅能完成信息的检测，而且还要把非电量信号转换成电信号。因此，它通常由敏感元件、转换元件、信号调节电路和其他辅助电路组成，如图 1-1 所示。

1. 敏感元件

敏感元件是传感器的核心元件，它能直接感受（或响应）被测非电量，并按照一定规律

转换成与被测量有确定对应关系的其他量（一般仍然为非电量）的元件。在实际应用时应注意的是，并非所有的非电量都能用现有的技术直接转换为电量，而是要先进行预转换，然后再转换为电量。

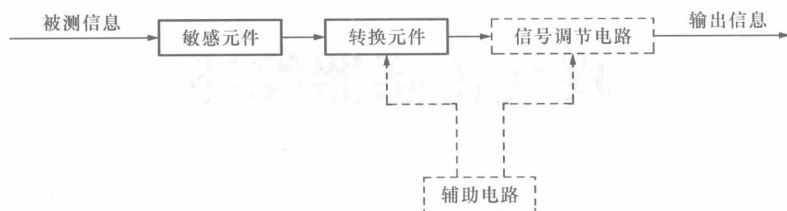


图 1-1 传感器组成框图

2. 转换元件

转换元件是传感器中的另一个核心元件，也称变换器或转换器，它是指传感器中能将敏感元件所感受（或响应）与检测的待测信息转换成适宜传输和（或）测量的电信号的部分。转换元件根据直接转换和间接转换的原理又分为一次转换型和二次转换型。

（1）一次转换型。

一次转换型又称直接转换。通常物理性传感器是属于一次转换，如温度传感器、压力传感器、磁场传感器等。在转换过程中，它能将被测非电量直接转换成有用的电量。

（2）二次转换型。

结构型传感器（如角度、厚度、位置）均属于二次转换型，在转换过程中，通常必须通过前置敏感元件预转换后才能完成，即实现“被测非电量→有用非电量→有用电量”的二次转换。

3. 信号调节电路

信号调节电路又称信号调理电路，它是高集成或单片系统传感器中的重要电路。在信号调理过程中，它能把转换元件输出的电信号调理成便于显示、记录、处理和控制的电信号。

4. 辅助电路

辅助电路是指传感器的电源供电电路（交、直流电源）和外围电路。

在实际应用和设计中，传感器的组成并不完全和上述图中的完全一致，这主要视被测对象、转换原理、使用环境和性能要求等具体情况的不同而有很大差异。

1.2 传感器的分类

传感器的品种繁多，原理各异，检测门类极多，因此分类方法也是各不相同。目前，尚无统一的分类方法，但归纳起来用得较多的分类方法有两种：一种是根据将外界输入信号转换为电信号所采用的效应分类（被测量分类）；另一种是根据输出量分类。

1.2.1 按被测量分类

在实际应用和设计中，按照被测量分类进行选择传感器较为普遍和实用，因此，这种分类颇受广大学者认同。

由于被测量的不同，所以这类传感器又分为物理量、化学量和生物量三大类。各大类传

感器又分为若干族，而每一族又分为若干组。按被测量分类的传感器分类见表 1-1。

表 1-1 传感器的分类

分类方法	传感器类型		备 注
按工作机理分类	结构型	力平衡式、电容式、电感式等传感器	利用物理学的定律等构成,与材料关系不大
	物性型	半导体传感器	利用物质的某种和某些客观属性构成,与材料关系较大
	复合型		由结构型和物性型传感器组合而成
按组成分类	基本型、组合型、应用型传感器		按组成命名
按输入信号形式分类	物理量传感器	速度、加速度、力、压力、位移、流量、温度、光、声、色等传感器	按被测输入信号类型分类
	化学量传感器	气体、湿度、离子等传感器	
	生物量传感器	蛋白质、酶、组织等传感器	
按输出信号形式分类	模拟量传感器		输出为模拟信号
	数字量传感器		输出为数字信号
按能量供给形式分类	有源传感器	压电式、压阻式、热电式等传感器	将非电能量转换为电能
	无源传感器	电阻式、电容式、电感式等传感器	对能量起控制和调节作用
按其他形式分类	用途类、科目类、功能类等传感器		

1.2.2 按输出量分类

按输出量分类有模拟式传感器和数字式传感器。其中模拟式传感器的特点是输出信号为模拟量，而数字式传感器的特点是输出信号为数字量。另外，数字传感器便于和单片机（ μC ）或微处理器（ μP ）联用构成智能仪器和实时控制系统。

这种分类的传感器有很多，如位移（线、角位移）、速度、角速度、加速度、力、力矩、压力、真空、流速、液面、温度、湿度、光热、电压、电流、放射线、气体成分、浓度和粘度传感器等。

无论何种传感器，在使用时均是作为测量和控制系统的首要元件，必须具有快速、准确、可靠和廉价的基本特点。因此，传感器应有下列技术要求：

- （1）传感器的量程大或工作范围宽，并具有一定的过载能力。
- （2）匹配特性好，灵敏度高，线性度好。
- （3）反应速度快，可靠性好。
- （4）稳定性好，即传感器的静、动态响应的准确能满足设计要求，并能长期稳定。
- （5）适应性强，即动作能量小，对被测量的影响小。
- （6）性价比高，使用、维修和校准简单和方便。

1.3 传感器的主要性能指标

传感器的性能通常分为静态性能和动态性能,它是指传感器的输入量和输出量之间的对应关系。

1.3.1 传感器的静态性能

所谓静态性能是指传感器在被测输入量的各个值处于稳定状态时的输入-输出关系。由于传感器是一种将输入量转换为可用输出量的器件,所以希望输出量能逼真地反映输入量。在理想条件下,输入和输出是线性关系,但在实际工作中,因非线性(高次项的影响)和随机变化量的影响,不可能呈现线性关系。传感器的性能指标较多,现对主要的性能作些说明。

(1) 线性度。

线性度又称非线性误差,它是说明传感器输出-输入量与校准曲线之间吻合(或偏离)的程度,也是表明传感器对被测信号的转换特性。在实际应用中,线性度通常是用相对误差来表示的,它的计算公式为

$$E = \frac{\Delta_{\max}}{y_{FS}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中: $\Delta_{\max}$ 为输出量和输入量的实际曲线与拟合直线之间的最大偏差; y_{FS} 为理论的满量程输出。

另外,传感器的线性度曲线如图 1-2 所示,从图中更容易看出传感器线性度的定义和计算公式的含义。

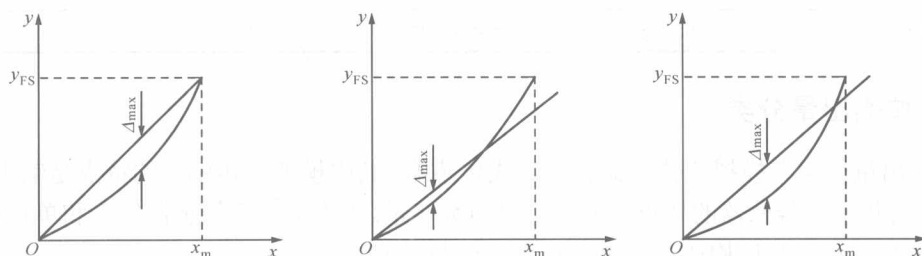


图 1-2 传感器的线性度

(2) 灵敏度。

灵敏度是指传感器检测微弱信号的能力,通常用传感器的输出增量与被测信号的输入增量之比,即

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1-2)$$

如果传感器是线性的,则灵敏度是常数,即是直线的斜率($S=y/x$),它的变化规律如图 1-3 (a) 所示;如果传感器是非线性的,则灵敏度不是常数,它的表达式为 $S=dy/dx$,其变化规律如图 1-3 (b) 所示。

无源传感器的输出量与它的供电的电源电压有关,所以传感器的灵敏度还要考虑电源电压的因素,这点在电路设计 and 使用时千万不要忘记。

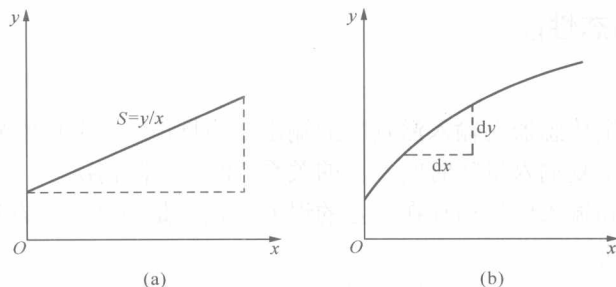


图 1-3 灵敏度

(3) 分辨率。

分辨率是传感器重要技术指标之一，它能说明传感器分辨出被测输入量的最小变化，也就是说，它在规定测量范围内所能检测出被测输入量的最小变化量。有时也可用相对满量程输入值的百分数表示。

(4) 稳定性。

稳定性是传感器的重要性能指标，它说明经过一段时间后保持其原性能的能力。通常，传感器的稳定性包括长期稳定性和短期稳定性。在实际应用中，经常用长期稳定性来描述传感器的稳定性能，即在室温条件下，经过长时间间隔后，观察传感器的输出与起始标定输出间的差异。稳定性有时也可用不稳定度来描述，不稳定度越小，就说明稳定性越好。

(5) 重复性。

由于传感器是位于电路或系统的前端，所以它的重复性能特别重要。因此，这个参数的优劣直接影响电路或系统的性能。

在传感器中，它的重复性是衡量输入量在同一方向全量程连续做多次测量时，所得特性曲线间不一致的程度。如果各条特性曲线越重合，则重复性越好；反之，则重复性越差。传感器的不重复性（或重复性差）主要是它们的机械部分的磨损、间隙松动和电路中元器件的老化及温度变化所引起的漂移等原因造成的。

重复性误差是一种随机误差，它能说明校准数据的离散程度。因此，可用标准偏差来计算，即

$$e_R = \pm \frac{a\sigma_{\max}}{y_{FS}} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中： $\sigma_{\max}$ 是各校准点正行程和反行程输出值的校准偏差中的最大值； a 为置信系数，一般可为 2 或 3。当 $a=2$ 时，则置信概率为 95.4%；当 $a=3$ 时，则置信概率为 99.73%。

在实际计算时，标准偏差通常可采用贝塞尔公式和极差法计算，而后者较为简单。

(6) 漂移。

传感器漂移通常包括零点漂移和灵敏度漂移，它是指在一定的时间间隔内，传感器的输出存在着与被测输入量无关的、不需要的变化。

在实际应用中，零点漂移又分时间漂移和温度漂移。其中时间漂移是指在规定的条件下，零点或灵敏度随时间有缓慢的变化，而温度漂移是指由周围环境温度变化所引起的零点或灵敏度的变化。

1.3.2 传感器的动态性能

(1) 动态性能。

所谓动态性能是指传感器在输入激励后的输出响应性能。一个性能好的传感器，它的输出随时间变化关系能重复输入量随时间变化的关系。但在实际情况下，除了理想比例特性曲线外，通常输出信号和输入信号均存在一定的误差，也就是说产生动态误差。

(2) 动态性能分析。

1) 瞬时响应法。当输入信号为阶跃函数（标准信号函数之一）时，又因为它是时间函数，则传感器的响应是在域内发生的，因此称为瞬时响应法。

2) 频率响应法。当输入信号是正弦函数（也是标准函数）时，又因它是频率的函数，则传感器的响应是在频域内发生的，因此称为频率响应法。

在实际应用时，可根据不同场合的实际需求来选择不同的方法。

1.4 传感器的选择

在众多的传感器中，如何灵活选好所需要的传感器，是每一个设计人员所期望的。但在选择时，应根据传感器的使用目的、技术参数、使用环境和成本等制约条件，从实际出发，按照不同的侧重点，优先考虑它的主要条件。

1.4.1 选择原则

(1) 一般原则。

传感器选择的一般原则是在满足设计提出的所有条件的前提下，价格便宜、工作稳定、可靠、便于维护。

(2) 特殊原则。

对于某些特殊领域中的应用，如地下开采、航空航天、军事及单片机应用系统等，在选择传感器时，除上述的一般原则外，还需考虑以下一些特殊原则。

1) 单片机应用系统。在这种应用时，传感器选择时应满足能优化电路或系统设计为宗旨，此时应选大信号输出、频率量输出和开关量输出的传感器，这样不仅省去很多信号调理电路，而且还能直接馈入单片机或计数器进行处理。

2) 航空航天。这种应用领域中对天气参数、体积、重量和坚固性的要求，与地面截然不同。因此，在选择时，应选体积小（微型）、重量轻、耐振动和对气候变化（温、湿、压力等）不敏感的传感器，只有这样，才能满足航空航天领域应用要求。

1.4.2 选择要求

对于同一种被测位移，可选用不同传感器，如电阻应变式传感器、电容式传感器和电感式传感器。到底选择哪一种传感器来测量位移量最合适？应该从以下几方面综合考虑。

(1) 灵敏度高。

一般来说，传感器的灵敏度选得越高越好，这是因为它能感知的变化量越小，也就是说被测量稍有微小变化，传感器就有较大的输出。但是外界干扰信号的影响也较大，为了克服这种影响，最好选择信噪比（SNR）大的传感器，这样既能满足灵敏度高的要求，又能抑制

外界干扰的影响。

在矢量测量时,传感器在矢量方向的灵敏度越高越好,而在横向的灵敏度应越小越好。而在多维矢量测量时,传感器的交叉灵敏越小越好。

(2) 精度适宜。

因为传感器的精度(精确度)与价格有着密切关系,也就是说精度越高,价格就越昂贵。因此,在传感器精度选择时,应从实际考虑,特别是从测试目的出发来选择,这样就能得到性价比高的传感器。

(3) 可靠性高。

高可靠性是传感器重要参数之一,它能说明在规定的条件和时间内完成规定功能的能力。为了保证传感器在实际应用中具有较高的可靠性,必须事先选用设计、制造良好,使用条件适宜的传感器。在使用过程中,应严格保证规定的使用条件,并尽可能减小使用条件中的不良因素影响。

例如电阻应变式传感器,在使用过程中,湿度会影响其绝缘性;温度会影响零漂;长期使用会产生蠕变现象。另外,光电传感器的感光表面有尘埃或水蒸气时,会改变光通量、偏振性或光谱成分。从以上分析可以看出,使用条件中的环境,对传感器的影响是极大的。

(4) 线性范围宽。

对于任何一个传感器来说,工作时均有一定的线性区,它的输入和输出是成比例关系的。线性区(线性范围)越宽,则说明传感器的工作量程越大。

为了保证测量的精确度,传感器必须工作在线性范围内。如果超过线性区,则要产生线性误差,影响其测量精度。

但是,在实际应用时,任何传感器都不容易保证它的绝对线性,这是因为线性度是受诸多因素制约的,因此,在选择时,必须充分考虑到被测物理量的变化范围,促使线性误差在允许范围内。

(5) 具有补偿和校准功能。

在实际应用领域中,由于传感器和测量系统误差的变化规律过于复杂,所以采用一定技术措施后仍然难以满足要求,即便能满足要求,也因价格昂贵或技术过分复杂而无现实意义。这时可找出误差变化规律,采取修正方法(包括修正曲线或公式)加以补偿或修正。例如,温度误差,可在不同温度进行多次测量,首先找出温度影响测量值的规律,然后在实际测量时进行补偿;而对于非线性误差,则可以测出其特性曲线,然后加以校正。

补偿和校正通常可采用硬件和软件来解决,而在单片机构成的各种应用电路中,均采用软件进行补偿和校正传感器的各种误差,这是因为它能优化电路设计,提高系统的性价比。

(6) 稳定性。

稳定性是传感器的关键参数,其重要性远优于精确度,这是因为传感器是系统或电路中长期测量和反复使用的元件。随着时间的推移和环境条件的变化,构成传感器的各种材料和元件性能也将发生变化。为了提高传感器性能的稳定性,应对传感器的材料、元器件和整体进行必要的稳定性处理,如电气元件的老化和筛选、结构材料的时效处理、冰冷处理、永磁材料的各种老化(时间、温度和机械)和交流稳磁处理。

在实际应用中,如果有更高的测量要求,则还要对传感器附加电路中的关键元器件和调整元器件进行老化处理。

1.4.3 选择注意事项

(1) 分清传感器的主次参数。

传感器的性能参数较多,在各种应用电路中,参数的主次经常会发生变化。例如在航空航天应用领域中,传感器的可靠性、重量、体积和气候的影响是主要参数;而在地面应用电路中,传感器的精确度、灵敏度和线性范围是主要参数。因此,在实际选用时,应根据需要和可能,在确保主要参数实现的基础上,放宽对次要参数的要求,这样就能得到高的性能价格比(性价比)。另外,在选用时应克服一味要求一个传感器具有全面良好性能参数(技术指标)的观点,这不仅给设计和制造带来困难,而且在实际应用中也没有必要。

(2) 抗干扰问题。

传感器的输出信号,通常较微弱,而且它处在电路和系统的最前端。因此,最易受到各种干扰(电场、磁场和环境)的侵蚀。为此,可根据干扰的类型分别采取相应的抑制措施。常用的抗干扰措施有:

1) 屏蔽。对于电磁场的干扰,可采用屏蔽进行抑制,而屏蔽又可分为3种:

①静态屏蔽。它是利用金属导体内部无电力线(处处为等电位)的原理,具体操作是将电路置于金属盒(罩)内,可将其接地。在应用中,这种屏蔽能够消除或削弱两电路间分布电容产生的干扰。

②电磁屏蔽。这种屏蔽是利用电涡流的原理构成的,它是利用导电性能良好的金属制成屏蔽罩,并在罩内产生电涡流(由高频干扰的电磁场产生),从而消耗干扰磁场的能量。因此,这种屏蔽对高频干扰磁场的屏蔽尤为有效。

③低频磁屏蔽。在低频磁场干扰严重的电路中,可使用复合屏蔽电缆。该电缆的外层是低磁导率、高饱和铁磁材料,而里层是铜质电磁屏蔽层,这种结构足以消耗干扰磁场的能量。在实际的工业使用中,通常将屏蔽线穿在铁质蛇皮管或普通铁管内,这样能起到双重屏蔽的目的,也是低频磁屏蔽的最佳选择。

2) 接地。在传感器的应用电路和检测系统中,接地可有下列几种形式:

①保护接地。这种接地是将整个测量电路或装置的外壳屏蔽接地,这样可以预防静电干扰。

②信号接地。信号地是指信号系统的基准电位端,它不一定接地。信号地通常分为模拟信号地和数字信号地。在实际处理时,一般要把这两种地线分开设置,然后连到一个阻抗极低的地平面或电源滤波电容的负极。

③信号源接地。这根地线是指传感器本身的零电位公共线。

④负载接地。由于负载在后端,所以其电流比前端大得多,它在地线上产生的干扰信号也较大。为此,在信号传送时可使用变压器或光电耦合来消除。

3) 滤波。在抑制和消除干扰方面,滤波是最有效的方法,特别抑制是由导线耦合到电路中的噪声干扰。

(3) 线性化和补偿问题。

在实际应用中,由于大多数传感器的输入-输出特性是非线性的或者曲线不通过原点,它的输出是不能被直接显示和记录的,所以必须进行校准补偿处理,即把输出量乘以一定系数。另外,在单片机控制系统中,可通过软件进行线性化处理,而在模拟电路中,

可使用硬件进行线性化处理。

1.5 传感器的发展趋势

现代传感器正朝着智能化、系统化、网络化、单片集成化、高精度、多功能、低功耗、高可靠性的方向发展。

1. 智能化

随着微电子技术和计算机技术的进步,特别是单片机价格的不断下降和功能的不断增多,使传感器和测量仪器朝着智能化方向发展,并使它们变成智能传感器和智能仪器,从而大大地扩展使用功能和提高精度。例如,基于单片机的分析仪器,它不仅扩大原有仪器功能,而且还具有数据处理和自诊断功能,因此它将成为现场分析的在线仪器,可用于直接监控生产过程。

智能化传感器应具有下列特点:

(1) 数据处理功能。

在智能化传感器中,它不仅能对各种被测参数进行测量,而且还能根据已知被测参数求出未知参数,并完成自动调零、自动平衡、自动补偿和校准、自选量程等功能。例如,在单片机构成的流量计中,当被测介质的温度和压力发生变化时,能根据公式计算出修正值,从而修正流量值;当使用环境(温度和湿度等)变化时,它能利用硬件和软件进行温度补偿和非线性误差校正,这样可以大大提高仪器的测量精度。

(2) 自诊断功能。

这种功能是智能传感器特有的,它能通过自身的软件对仪器或系统进行检验,以确定是否正常,并及时发现故障和故障源。

(3) 软件和硬件相结合的功能。

智能仪器由于采用了单片机或微处理器,所以它不仅由硬件电路组成(如检测电路、放大器、ADC、DAC、V/F 和 F/V 转换等),而且还有软件资源。在实际应用时,它们可以共同组合以控制和处理各种数据。

在智能传感器中,硬件是模块化的,它可通过改变由印刷线路构成的 LSI 电路芯片来改变一些硬件功能。同样,软件也是模块化的,它也可通过改变单片机的某些程序代码和相关参数来改变仪器和传感器的功能。因此,使用时具有较强的灵活性和可操作性。

在实际使用过程中,除了上述软硬件结合外,还可以分别用硬件或软件来改变传感器性能,这要视实际情况而定。

(4) 接口和人机对话功能。

由于智能传感器中采用了单片机,并使接口标准化,所以它能够方便上、下单片机或微处理器进行接口,这样就能构成远程控制,即由远程单片机控制整个系统工作或遥控某个生产线。

当传感器和单片机及仪表组合在一起,并配备各种显示器和键盘时,系统就具有灵活的人机对话功能。这样不仅能简化设备,而且还能减少操作和读数误差,并能及时进行修改,因而增加系统的灵活性和可靠性。

(5) 掉电保护和显示报警功能。