

家用电器中的 传感器技术



福建科学技术出版社

内 容 提 要

本书分为上、下两篇：上篇包括各种传感器的工作原理、主要性能、技术参数、使用注意事项、检测方法以及家用电器中应用的传感器特点和要求；下篇全面系统地介绍了传感器技术在收音机、收录机、组合音响（含激光唱机）、电视机、录像机、摄像机、洗衣机、高档电风扇、空调器、电子照相机等中的应用，并列举了大量典型故障检修实例。本书可供家用电器维修、研制人员、使用者以及广大电子技术爱好者阅读参考。

前 言

在现代家用电器中，传感器及其技术已成为其中重要的组成部分。

本书从家用电器中传感器及其技术的特点和要求出发，介绍传感器的基本原理、主要性能、技术参数、应用时注意事项及检测方法；结合实际，系统地介绍传感器技术在收音机、收录机、组合音响（含激光唱机）、电视机、录像机、摄像机、电冰箱、高档电风扇、空调器、洗衣机以及电子照相机中的应用，并介绍了最新一代高技术的模糊控制家用电器产品，尽量反映传感器在家用电器中发展的现状和前景。在分析各种应用时，均列举了故障检修典型实例，共计150例。

本书是作者根据多年科研、教学实践，在收集大量国内外技术资料基础上着手编写的，力图理论联系实际，深入浅出，通俗易懂，尽量体现科学性、先进性和实用性。本书可供家用电器研制人员、维修人员、使用者以及广大电子技术爱好者阅读，也可作为家用电器专业或培训班介绍高技术应用的教学参考书。

参加本书编写工作的还有林晖黄、陈健、朱箴元、林旭华、林华、陈建基、林雪珍、林明、王光中、黄文心等同志，林旭华、朱毅兢等同志为书稿整理、绘图等做了大量具体工作。在编写过程中参阅了有关书刊、技术资料，在此谨对有关同志表示感谢。由于学识和时间的限制，书中不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编著者

1993年9月

目 录

上篇 传感器与传感技术

第一章 传感器与家用电器

第一节 传感技术	(3)
一、传感器	(3)
二、传感技术	(4)
三、传感器的种类	(4)
第二节 传感器的一般特性	(4)
一、输入量	(5)
二、静态响应特性	(5)
三、动态响应特性	(6)
四、可靠性	(8)
第三节 家用电器中传感器的作用、要求及应用前景	(8)
一、家用电器中传感器的作用	(8)
二、家用电器中传感器的要求	(12)
三、家用电器中传感技术的应用前景	(12)

第二章 光敏传感器

第一节 光敏电阻器	(14)
一、光敏电阻器工作原理	(14)
二、光敏电阻器结构、类型	(15)
三、光敏电阻器的主要特性、技术参数	(15)
四、光敏电阻器使用注意事项	(17)
第二节 光敏二极管	(18)
一、光敏二极管的结构和工作原理	(18)
二、光敏二极管的性能、主要技术参数	(20)
三、光敏二极管的选用和使用注意事项	(21)
第三节 光敏三极管	(22)
一、光敏三极管结构和工作原理	(23)
二、光敏三极管的主要特性、技术参数	(23)
三、光敏三极管的管脚识别和使用注意事项	(24)

第四节 光电池	(25)
一、光电池的结构和工作原理.....	(25)
二、光电池的主要特性、技术参数.....	(27)
三、光电池的简便测试和使用注意事项.....	(29)
第五节 发光二极管	(31)
一、发光二极管的结构和工作原理.....	(31)
二、发光二极管主要特性、技术参数.....	(34)
三、发光二极管简便测试和使用注意事项.....	(35)
第六节 光电耦合器	(36)
一、光电耦合器类型.....	(36)
二、光电耦合器的结构、工作原理和特点.....	(39)
三、光电耦合器的主要技术参数.....	(40)
第七节 图像传感器	(40)
一、电荷耦合器件结构和工作原理.....	(41)
二、电荷耦合器件的主要技术参数.....	(42)
三、电荷耦合器件用途.....	(43)

第三章 温度传感器

第一节 热敏电阻器	(44)
一、热敏电阻器的工作原理.....	(46)
二、热敏电阻器主要技术参数.....	(47)
三、热敏电阻器使用注意事项.....	(48)
第二节 PN结型温度传感器	(51)
一、二极管温度传感器.....	(51)
二、晶体管温度传感器.....	(51)
三、集成温度传感器.....	(52)
第三节 热电偶和热敏软磁体	(53)
一、热电偶的工作原理和类型.....	(53)
二、热电偶使用注意事项.....	(55)
三、热敏软磁体.....	(55)
第四节 热膨胀型温度传感器	(57)
一、热双金属片.....	(57)
二、压力式热膨胀型温度传感器.....	(59)
第五节 红外及其他温度传感器	(60)
一、红外温度传感器.....	(60)
二、压电型温度传感器.....	(62)
三、形状记忆热敏元件.....	(63)
四、液晶型温度传感器.....	(65)

五、热敏涂料.....	(65)
-------------	--------

第四章 磁敏传感器

第一节 电流磁效应.....	(66)
一、霍尔效应.....	(66)
二、磁阻效应.....	(67)
第二节 霍尔器件.....	(68)
一、霍尔元件的结构和工作原理.....	(69)
二、霍尔元件的主要技术参数.....	(70)
三、霍尔元件使用注意事项.....	(70)
四、霍尔集成电路类型.....	(72)
五、霍尔集成电路使用注意事项.....	(74)
第三节 磁敏电阻器.....	(75)
一、半导体磁敏电阻器.....	(75)
二、强磁性金属磁敏电阻器.....	(77)
第四节 结型磁敏器件.....	(79)
一、磁敏二极管.....	(79)
二、磁敏三极管.....	(82)

第五章 力敏传感器和压电传感器

第一节 压阻式压力传感器.....	(88)
一、压阻效应.....	(88)
二、压阻式压力传感器的主要技术参数.....	(89)
三、压阻式压力传感器使用注意事项.....	(90)
四、压阻式硅压力传感器.....	(90)
第二节 电容式压力传感器.....	(91)
一、电容式压力传感器结构.....	(91)
二、电容式压力传感器工作原理.....	(92)
三、电容式压力传感器的检出电路.....	(92)
第三节 结型压力传感器、X型压力传感器、集成压力传感器.....	(94)
一、压敏二极管.....	(94)
二、压敏三极管.....	(94)
三、结型场效应力敏晶体管.....	(95)
四、X型压力传感器.....	(95)
五、集成压力传感器.....	(95)
第四节 压电传感器.....	(95)
一、压电效应.....	(96)
二、压电效应晶体管.....	(99)

三、压电式压力传感器	(99)
四、压电式加速度传感器	(99)
五、压电晶体谐振器	(100)
六、压电陶瓷滤波器	(102)
七、压电高压发生器	(104)
第五节 声表面波传感器	(106)
一、声表面波及其特性	(106)
二、声表面波器件的结构和工作原理	(107)
三、声表面波延迟线	(108)
四、声表面波振荡器	(109)
五、声表面波滤波器	(110)
六、声表面波压力传感器	(114)
七、声表面波温度传感器	(114)

第六章 气、湿敏传感器

第一节 气敏传感器	(116)
一、气敏传感器主要技术参数	(116)
二、气敏传感器使用注意事项	(118)
三、氧化物气敏传感器	(118)
四、气敏二极管	(122)
五、MOS场效应气敏传感器	(123)
第二节 湿敏传感器	(124)
一、湿敏传感器主要特性、技术参数	(124)
二、湿敏传感器使用注意事项	(126)
三、陶瓷湿敏传感器	(126)
四、高分子湿敏传感器	(128)
五、晶振式湿敏传感器	(128)
六、结型湿敏传感器	(129)
七、FET湿敏传感器	(129)
八、结露传感器	(130)

第七章 其他传感器

第一节 电压敏传感器	(131)
一、电压敏电阻器的主要特性、技术参数	(131)
二、电压敏传感器使用注意事项	(133)
三、硅电压敏传感器	(134)
四、氧化物电压敏电阻器	(135)
五、碳化硅电压敏电阻器	(136)

第二节 接触传感器和接近传感器	(136)
一、接触传感器	(136)
二、接近传感器	(139)
第三节 光纤传感器	(141)
一、光导纤维	(141)
二、光纤传感器类型	(142)
三、光纤温度传感器	(143)
四、光纤磁传感器	(144)
五、光纤电流传感器	(144)
六、光纤压力传感器	(145)

下篇 传感器在家用电器中的应用

第八章 收音机、录音机、组合音响中的应用

第一节 半导体收音机中应用	(149)
一、短波提升电路	(149)
二、中放电路	(149)
三、鉴频电路	(151)
四、温度补偿电路	(153)
五、低压收音机稳压电路	(154)
六、功放管过电压保护电路	(154)
七、故障检修实例	(155)
第二节 收录机中应用	(156)
一、全自停机构	(156)
二、自动反转走带机构	(160)
三、故障检修实例	(162)
第三节 组合音响中应用	(164)
一、锁相环频率合成器	(164)
二、BBD电子延时器	(165)
三、故障检修实例	(170)
第四节 唱机和录音座中应用	(171)
一、电唱机的拾音器	(172)
二、激光唱机拾音系统	(174)
三、直线循迹唱机	(175)
四、光电耦合器BSL直流伺服电动机	(176)
五、霍尔元件BSL直流伺服电动机	(179)
六、电唱机中电机速度控制电路	(180)

七、故障检修实例	(182)
----------------	-------

第九章 黑白、彩色电视机中的应用

第一节 图像、伴音处理电路	(186)
一、图像中频放大输入电路	(186)
二、伴音通道、图像加工电路	(190)
三、多制式彩色电视机中的图像、伴音中频信号处理电路	(195)
四、故障检修实例	(198)
第二节 色度、亮度电路	(206)
一、色度信号解码系统中压控晶体振荡器(VCO)	(206)
二、梳形滤波器	(209)
三、自动光控电路(OPC)	(211)
四、故障检修实例	(212)
第三节 行、场扫描及电源电路	(219)
一、扫描电路中晶体振荡器	(219)
二、黑白电视机场扫描温度补偿电路	(220)
三、彩色电视机消磁电路	(220)
四、彩色电视机过电压保护电路	(222)
五、故障检修实例	(223)
第四节 彩色电视机遥控系统	(231)
一、红外遥控发送器	(231)
二、红外遥控信号接收器	(233)
三、微控制器中的晶体振荡器	(234)
四、频率合成选台电路	(235)
五、电源控制电路	(236)
六、A/V输入接口电路	(238)
七、故障检修实例	(240)

第十章 录像机、摄像机中的应用

第一节 录像机伺服系统	(245)
一、磁鼓伺服系统	(245)
二、主导轴伺服系统	(249)
三、磁带张力伺服系统	(254)
四、故障检修实例	(254)
第二节 录像机系统控制电路	(259)
一、带端传感器电路	(259)
二、卷带传感器电路	(261)
三、潮湿传感器电路	(262)

四、磁带松弛传感器电路	(263)
五、磁鼓、主导轴转速检测器	(264)
六、磁带盒位置传感器电路	(264)
七、电子计数器	(265)
八、故障检修实例	(265)
第三节 录像机其他电路	(273)
一、遥控系统电路	(273)
二、带数字扫描笔的遥控器	(274)
三、射频调制器电路	(276)
四、TV解调电路	(277)
五、失落补偿器 (DOC) 电路	(278)
六、卡拉OK 话筒混响电路	(280)
七、电源电路	(280)
八、故障检修实例	(282)
第四节 家用摄录机	(287)
一、CCD图像传感器	(287)
二、自动调焦系统	(290)
三、调焦环、变焦环位置传感器电路	(291)
四、自动白平衡机构	(291)
五、AC适配器中电源调整电路	(294)

第十一章 电冰箱、空调器、电风扇及洗衣机中的应用

第一节 电冰箱	(296)
一、启动控制器和过载保护器	(296)
二、温度控制器	(299)
三、化霜装置	(302)
四、风门温度控制器	(305)
五、过电压保护装置	(306)
六、故障检修实例	(306)
第二节 空调器	(312)
一、普通空调器	(312)
二、微电脑控制空调器	(315)
三、模糊控制变频式空调器	(318)
四、故障检修实例	(321)
第三节 电风扇	(324)
一、红外线遥控器	(324)
二、超声波遥控器	(326)
三、微电脑程控电路中晶体振荡器	(328)

四、PTC元件微风档调速电路.....	(329)
五、故障检修实例	(330)
第四节 半自动和全自动洗衣机	(331)
一、半自动洗衣机	(331)
二、微电脑控制全自动洗衣机	(334)
三、模糊控制全自动洗衣机	(338)
四、故障检修实例	(340)

第十二章 电子照相机中的应用

第一节 测光机构	(347)
一、硫化镉光敏电阻器 (CdS) 及测光系统	(348)
二、光电二极管 (SPD) 及测光系统	(351)
三、蓝硅光电池 (SBC)	(353)
四、硒光电池	(354)
五、测光显示	(354)
六、故障检修实例	(355)
第二节 自动曝光和电子快门	(360)
一、电子快门	(360)
二、电子程序快门	(361)
三、故障检修实例	(361)
第三节 自动调焦	(363)
一、光电式自动调焦机构	(363)
二、红外线自动调焦机构	(364)
三、焦点检测法的自动调焦	(365)
四、故障检修实例	(366)
第四节 自动调光闪光灯和自动闪光灯	(368)
一、自动调光闪光灯	(368)
二、自动闪光灯	(369)
三、故障检修实例	(370)

上篇 传感器与传感技术

第一章 传感器与家用电器

第一节 传感技术

自古以来，人们通过感觉器官与外界保持着接触与联系，由它感觉各种信息，如光、热、力、电、气体、湿度、速度等等。可是由于人的五官感知的信息种类和大小总是有一定的限度，对于研究自然现象和制造各种劳动工具，仅靠感觉器官和双手是远远不够的，于是发明了各种各样的器具以弥补五官功能之不足，这种器具就是传感器。传感器的历史比近代科学的历史要古老得多。例如，我国古代四大发明之一指南针，就是利用磁体与地磁的相互作用而感知方向和地理位置，指南针可以说是一种最原始的传感器，应用“罗盘”航海就是最简单的传感技术。又如应用液体膨胀原理测量温度的温度计，也是传感器的一种，它在16世纪就已经有了。

而今天，人类已进入信息社会时代，人们正努力通过电子计算机，用各种各样的机器代替人进行脑力劳动和体力劳动。这种由人完成的复杂劳动过程和由电子计算机控制的机器完成的工作过程有如图1—1所示的一一对应关系。从图1—1中可以见到，传感器

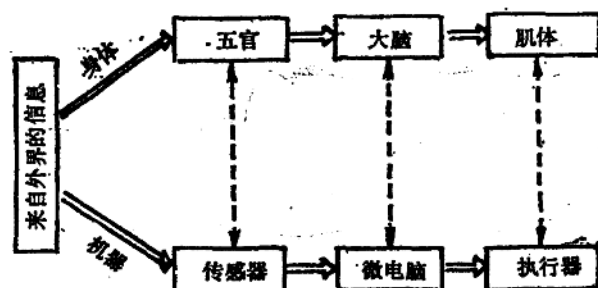


图1—1 身体与机器的对应关系

作为微电脑的电“五官”，对于提高机器性能起了巨大作用。传感器成了现代科学技术获取信息的主要工具，正受到人们的高度重视，传感器技术的发展和推广应用，已成为现代科学技术发展的趋势之一。

一、传感器

1. 传感器定义

作为传感技术的核心部分——传感器，按照中华人民共和国国家标准（GB—7655—87）被定义为：“能感受规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，通常由敏感元件和转换元件组成。”广义地说，传感器是指将被测外界信息量，如光、热、压力、位移、加速度、振动、气氛、湿度、声、磁、电、色、射线等物理量以及各种化学量、生物量，按照一定规律转换成与其对应的电信号或其他信号输出的器件或装置。但通常为了使输出量能进行检测、控制，就必须获得尽量简单、便于处理和传输的信号，对这样的要求，目前大多只能通过电信号的转换来实现，此外，还有少数也可用光信号。电信号能较容易地

进行取样、放大、反馈、滤波、微积分、存贮、远距离操作等等，因此，传感器也可狭义地定义为：“将外界输入的信息量变换成为电信号的一种器件或装置。”电信号包括电流、电压、电阻、电容、电感、频率等电参数。这里还必须指出，也有少部分传感器，因其能量的转换是可逆的，也就是说传感器可以将非电量转换成电量，同时也可以根据需要将电量转换为非电量而被加以利用，例如光电二极管等能量变换型传感器，本书所提及的传感器包括了这一方面的传感器。

2. 敏感元件、转换元件

一般传感器是由敏感元件、转换元件两个基本环节组成。如图1—2所示。

敏感元件是指传感器中能直接敏锐地感受（响应）被测量的部分。它将感受信息量转换为另一种容易变为电量（或光量）的中间量如热、压力等。

这是因为当被测的非电量变换为电量时，并非所有的非电量都能利用现有的手段一次性地完成，所以往往需将被测非电量预先变换为另一种能直接转换成电量的非电量，然后再变换成电量，即它能完成预变换任务。

转换元件是指传感器中能将敏感元件感受到的非电量转换成适于处理、传输的电信号的部分。应该指出，并不是所有传感器都包括敏感元件和转换元件。有的传感器中“敏感”和“转换”两种功能仅由一个独立元件完成，它既能敏锐地感受到某种物理的或化学的或生物的信息量，又能直接将此信息量转变为电信号，这种特殊的元件，人们也习惯地称为“敏感元件”。

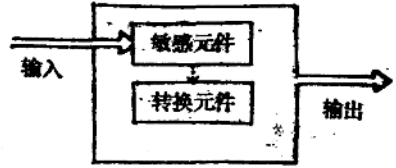


图1—2 传感器的构成

二、传感技术

传感器技术，是利用传感器将被测对象的某种物理、化学、生物等信息转变为便于检测、便于处理的信息的技术。简称传感技术。

传感技术在家用电器中有众多应用。例如空调器、电冰箱、电热器具等都使用温度传感器；带遥控的电视机、录像机使用红外传感器；吸排油烟机使用气敏传感器等等。无论哪一种现代化家用电器产品，必带有一种以上的传感器。传感器好象家用电器的神经一样感知温度、湿度、压力、气体浓度、光等信息，并转换成相应信号，经电子线路进行自动控制。它对家用电器的安全方便、省时节能起着重要作用，大大提高了家用电器的自动化和智能化水平。

三、传感器的种类

传感器分类方法有许多种，按输入的信息量可分为：光敏传感器、温度传感器、磁敏传感器、力敏传感器、气敏传感器、湿敏传感器、电压敏传感器等等。

第二节 传感器的一般特性

传感器种类繁多，由于组成的敏感元件、转换元件以及测量电路、使用场合不同，因此，

对性能的要求差异也很大。但是一般传感器主要性能大致包括输入量、静态响应特性、动态响应特性和可靠性等4个最基本特性。

一、输入量

通常传感器是用来感测特定的信息量,并且只对此一信息量产生响应。如压力敏传感器,其输出是用来表示压力的大小,而其他物理量则无法由它直接测定。因此使用某一传感器时,首先,必须知道它所感测的对象是什么?即输入量是什么?范围为多少?

输入量包括传感器的输入量量程或测量范围和过载能力。一般传感器要求量程或测量范围宽、过载能力强。到目前为止,没有任何一个传感器可以测定同一输入量的一切数值。

1. 量程

传感器预期要测量的量值称为量程。一般用允许测量的最大及最小极限值来表示。量程有时被称为测量范围,最大极限值也称为满量程值(简称为F.S.)。测量范围可能是单向的(例如 $0\sim 50\text{cm}$),也可能是双向对称的(例如 $\pm 25^\circ\text{C}$),或双向不对称的(例如 $-10\sim 100^\circ\text{C}$)。

2. 过载能力

过载能力简称为过载,指传感器允许承受的最大输入量,在这个输入量作用下传感器的各项性能指标应该保证不超出其规定的公差范围。通常用一个容许的最大值或者用满量程值的百分数($\%F.S$)来表示。

二、静态响应特性

当输入信号不随时间变化或变化十分缓慢时,传感器的输出—输入特性称为静态响应特性,简称为静态特性。

若传感器精度高,线性度好,迟滞回差小,灵敏度高,分辨率高,重复性好,稳定性好,说明其静态特性好。

1. 精度

精度表示测量结果与被测“真值”的靠近程度。精度一般是在校验或标定过程中确定的,此时“真值”则靠其它更精确的仪器或工作基准给出。精度用“极限误差”或极限误差与满量程值之比的百分率来表示。

2. 重复性

重复性是指在相同条件之下,某个同一输入值的重复加入,其输出值的一致性。重复性一般是在传感器全量程连续进行多次重复标定,根据所得各特性曲线来确定重复程度。有的只在接近满量程值的某个输入值进行多次重复标定,然后根据其输出数据的分散程度来计算重复性。重复性用百分率表示,所以又称为重复率。重复率大表示传感器的可靠度高。

3. 线性度

线性度又称为非线性。理想的输出—输入关系是一条直线,称为线性输出—输入特性,若是线性特性,只要知道特性上两点即可确定其余点,这无疑会大大简化输出量的处理和计算。但实际上许多传感器的输出—输入特性是非线性的。

对于线性特性传感器,实际传感器的输出—输入校准曲线与理论直线不吻合的程度,称为“非线性误差”或“线性度”。常用相对误差表示“线性度”的大小,即传感器的正反行

程平均校准曲线与线性理论直线之间的最大偏差绝对值对满量程输出之比的百分率表示。

对于非线性特性传感器，通常用一条直线近似地代表实际的非线性特性，这种方法称为传感器非线性特性的线性化。所采用的直线称为拟合直线，实际特性曲线与拟合直线之间的偏差称为非线性误差。显然，非线性误差值大小与拟合直线（基准线）有关，所以，在提到线性度或非线形误差时，必须说明其依据的基准直线。常用的基准直线与相应的线性度有3种：端点直线和端点线性度、最佳平均直线和独立线性度、最小二乘法直线和最小二乘法线性度。传感器的线性度（或非线性）表示形式一般为： $\pm$ ____ %满量程（或F.S.）。

4. 灵敏度

传感器的输出增量与输入增量之比称为灵敏度。

线性传感器的校准线的斜率就是静态灵敏度。非线性传感器通常用拟合直线的斜率表示，或者用输出—输入特性曲线的某一点斜率表示该工作点的灵敏度。如某位移传感器，当位移量（ Δx ）为 $1\mu\text{m}$ 时，输出量（ Δy ）为 0.2mV ，则灵敏度为 $0.2\text{mV}/\mu\text{m}$ 。

5. 迟滞

迟滞又称回差，表示传感器在输入值增长过程中（正行程）和减少过程中（逆过程），同一输入量时输出量的差别，如图1—3所示。传感器在正逆过程的输出—输入曲线不重合这种特性称为迟滞。它反映结构型传感器机械部分存在缺陷。还反映物性型传感器材料本身的滞后特性。

迟滞大小由实验测定，用整个检测范围内的最大迟滞值与理论满量程输出值之比的百分率表示。

另外还有3个与时间有关的特性参数，它们分别为蠕变、零位漂移、灵敏度漂移。其中蠕变是指在环境条件和输入保持不变情况下，输出量随时间的变化的现象。

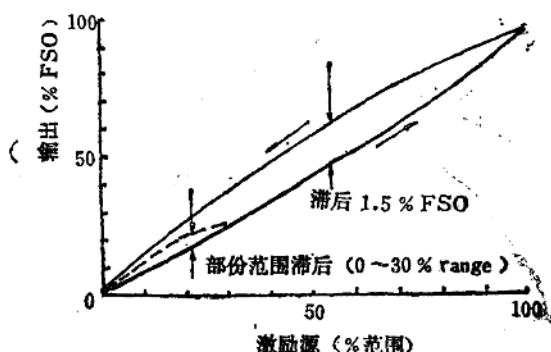


图1—3 迟滞特性曲线

三、动态响应特性

有的传感器尽管其静态特性非常好，但当被测量（即输入量）随时间变化时，由于输出量不能很好地追随输入量快速变化，可能导致高达百分之几十甚至百分之百的动态误差。因此在应用传感器时要充分注意其动态响应特性。这种动态响应特性在输入量作快速变化或阶跃变化时是十分重要的。传感器若频率响应特性好，上升时间短，过冲量小，则说明其动态响应特性好。

传感器输出量随输入量变化称动态响应，通常动态响应包括频率响应和时间响应。传感器动态响应特性常简称为动态特性。

传感器动态响应特性除了用数学方法处理、用传递函数表征外，还可利用通过实验给出的传感器的频率特性曲线和阶跃响应曲线上的某些特征值来表示。

1. 频率响应