



传感器 实用电路

SHANGHAI
YONG
ANLU

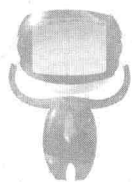
付少波 赵玲 主编



化学工业出版社

实用电子技术
自学万事通

传感器 实用电路



付少波

赵



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

传感器实用电路/付少波, 赵玲主编. —北京: 化学工业出版社, 2013. 5

(实用电子技术自学万事通)

ISBN 978-7-122-16675-3

I. ①传… II. ①付…②赵… III. ①传感器-电子电路
IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 045751 号

责任编辑: 卢小林
责任校对: 战河红

文字编辑: 孙 科
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 9½ 字数 265 千字
2013 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)
售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

《实用电子技术自学万事通》编委会

主 任 张 宪

编 委 (按汉语拼音排序)

陈 影 付兰芳 付少波 匡小平

李会山 李良洪 李志勇 王凤忠

王 亮 张春和 张大鹏 张 宪

赵慧敏 赵建辉

《传感器实用电路》编写人员

主 编 付少波 赵 玲

副主编 胡云朋 何惠英 陈 影

参 编 李志勇 柳贵东 李纪红 刘卜源

俞 妍 赵建辉 范毅军 孙 昱

沈 虹 赵慧敏 张 森

主 审 张 宪 付兰芳 李良洪

前言

► FOREWORD

传感器实用电路

进入 21 世纪, 电子技术的广泛应用, 给工农业生产、国防事业、科技和人民的生活带来了革命性的变化。为推广现代电子技术, 普及电子科学知识, 我们编写了这套《实用电子技术自学万事通》, 以帮助正在学习电子技术的读者以及即将从事电子设备与电子装置维修的人员尽快理解现代电子设备与电子装置构成原理, 了解各种电子元器件与零部件在电子技术中的应用情况, 学会检测元器件和制作简单电子设备的一些基本方法。

本套丛书包括《电子工艺基础》《电子元器件的选用与检测》《数字电子技术实用电路》《详解电子控制照明电路 60 例》《详解实用电子电路 128 例》《传感器实用电路》六个分册, 力求使广大电子爱好者通过本套丛书的学习, 轻松进入电子科学技术的大门, 激发他们对电子技术的探索兴趣, 掌握深入研究电子技术所必备的基础知识, 并把它应用到生产和实际生活中去。

本套书对电子技术基础知识做了较详尽的叙述, 可为初学者奠定较扎实的理论知识和实际操作知识, 对学习电子技术和分析识读电路图有相当裨益, 既可分册独立学习, 又可系统学习全套丛书。

本书是《传感器实用电路》分册, 内容几乎涉及传感器应用的各个领域。全书共分十一章。第一章主要介绍传感器的基础知识; 第二章主要介绍热敏电阻、热电偶、PN 结温度传感器及集成温度传感器的特性及应用实例; 第三章主要介绍气敏传感器的类型与特征、原理及应用实例; 第四章主要介绍湿度传

传感器的工作原理、应用技术及应用实例；第五章主要介绍光敏二极管、光敏三极管、光敏电阻、光电耦合器及应用实例；第六章主要介绍红外传感器的原理、分类及应用电路；第七章主要介绍力敏传感器的分类、工作原理，常见的力敏传感器及应用电路；第八章主要介绍磁敏电阻、磁敏二极管、磁敏三极管、霍尔传感器的结构和工作原理及应用电路；第九章主要介绍压电式加速度传感器、磁电感应式振动加速度传感器的结构、工作原理及应用电路；第十章主要介绍超声波传感器的原理与特性、系统构成、基本应用方式及应用电路；第十一章主要介绍微波传感器的组成、分类和检测原理，常见的微波传感器及典型应用电路。

本书的特色：

(1) 从实践和应用角度出发，理论为实践服务，实用性较强，提供较多的基本应用电路。

(2) 随着计算机应用技术、通信技术和传感器技术的飞速发展，编者参考有关最新资料 and 教学实践编写了这本书，既介绍了常用传感器应用电路，又介绍了部分新器件、新工艺和新材料制作的应用电路。

本书在编写过程中，曾得到出版社和同行的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者



传感器实用电路

第一章	传感器基础知识	/ 1
第二章	温度传感器应用电路	/ 5
第一节	热敏电阻传感器	/ 5
第二节	铂电阻传感器	/ 8
第三节	PN 结温度传感器	/ 10
第四节	热电偶传感器	/ 12
第五节	热敏电阻应用电路	/ 15
第六节	PN 结温度传感器应用电路	/ 19
第七节	热电偶应用电路	/ 26
第八节	热电阻应用电路	/ 34
第九节	集成温度传感器实用电路	/ 42
第三章	气敏传感器应用电路	/ 51
第一节	气敏传感器	/ 51
第二节	气体检测与监控应用电路	/ 56
第三节	气体检测报警电路	/ 64
第四章	湿度传感器应用电路	/ 80
第一节	湿度传感器	/ 80
第二节	湿度检测电路	/ 84
第三节	湿度控制电路	/ 98

第四节	湿度报警电路	/ 107
第五章	光电传感器应用电路	/ 111
第一节	光电传感器	/ 111
第二节	光敏电阻应用电路	/ 117
第三节	光敏管应用电路	/ 127
第四节	光电耦合器应用电路	/ 138
第六章	红外传感器应用电路	/ 154
第一节	红外传感器	/ 154
第二节	红外传感器应用电路	/ 156
第七章	力敏传感器应用电路	/ 176
第一节	力敏传感器基础知识	/ 176
第二节	常见的力敏传感器	/ 178
第三节	力敏传感器应用电路	/ 182
第八章	磁敏传感器应用电路	/ 199
第一节	磁敏电阻传感器	/ 199
第二节	磁敏二极管传感器	/ 201
第三节	磁敏三极管传感器	/ 205
第四节	霍尔传感器	/ 208
第五节	磁敏电阻应用电路	/ 212
第六节	磁敏二极管和三极管应用电路	/ 217
第七节	霍尔传感器应用电路	/ 221
第九章	振动与加速度传感器应用电路	
第一节	压电式传感器	/ 233
第二节	磁电感应式振动加速度传感器	/ 238
第三节	振动与加速度传感器应用电路	/ 239
第十章	超声波传感器应用电路	/ 253
第一节	超声波传感器基础知识	/ 253

第二节 超声波传感器的应用 / 255

第三节 超声波传感器应用电路 / 260

第十一章 微波及人体感应传感器应用电路 / 277

第一节 微波传感器基础知识 / 277

第二节 常见的微波传感器 / 279

第三节 微波传感器应用电路 / 282

第四节 人体感应传感器应用电路 / 290

参考文献 / 295

第一章

Chapter 1

传感器基础知识

一、传感器的定义与组成

根据我国国家标准 GB/T 7665—2005, 关于传感器 (Transducer/sensor) 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和装置。通常由敏感元件和转换元件组成。其中敏感元件是指传感器中能直接感受和响应被测量的部分; 转换元件是指传感器中能将敏感元件的感受或响应的被测量转换成适于传输和测量的电信号部分。

由于传感元件的输出信号往往都非常微弱, 传感器在除敏感元件、转换元件两大组成部分之外, 还必须加入信号调理电路以便对微弱信号进行放大。另外, 还应有辅助电源, 以提供给传感器和转换电路工作。

传感器的典型组成如图 1-1 所示。

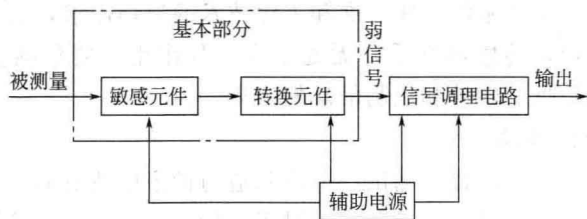


图 1-1 传感器的组成

二、传感器的分类

传感器种类众多, 原理各异, 分类方式也不尽相同, 表 1-1 给



出几种常用的分类方法。

表 1-1 传感器的分类

分类方法	分类形式	常见的传感器
按传感器的输入量分类		位移传感器、速度传感器、温度传感器、湿度传感器、压力传感器等
按传感器的输出量分类	模拟传感器	光电传感器、电感传感器等
	数字传感器	光栅传感器、码盘等
按传感器的转换原理分类		电阻式传感器、电容式传感器、压电式传感器、磁敏式传感器等
按传感器的基本效应分类	物理传感器	光敏传感器、磁敏传感器等
	化学传感器	气敏传感器、湿度传感器等
	生物传感器	酶传感器、免疫传感器等
按传感器的能量传递方式分类	能量转换型传感器	热电式传感器、光电式传感器等
	能量控制型传感器	电容式传感器、电感式传感器、霍尔传感器等
按传感器蕴含的技术特征分类	普通传感器	采用传统技术的传感器
	新型传感器	智能传感器、模糊传感器、微传感器、网络传感器等

三、传感器的作用

随着科学技术的飞速发展和工程技术的迫切需求，从日常生活到各行各业，传感器几乎是无处不在，其作用主要包括信息的收集、信息数据的转换和控制信息的采集。

(1) 信息的收集

科学研究中的计算测试，产品制造与销售中所需的计算都有通过测量来获取准确的定量数据。对于某种特定要求，需检测目标物的存在状态，把某状态转换为信息；对于系统或装置的运行状态进行监测，也需要由传感器来实现。

(2) 信息数据的转换

把以文字、符号、代码、图形等多种形式记录在纸或胶片上的

信号数据转换成计算机、传真机等易处理的信号数据,或者读出记录在各种媒介上的信息并进行转换。例如,光盘的信息读出磁头就是一种传感器。

(3) 控制信息的采集

检测控制系统处于某种状态的信息,并由此控制系统的状态,或者跟踪系统变化的目标值。

传感器技术作为信息技术的重要组成部分,缺少传感器一切都是无法实现的。传感器是实现自动检测和自动控制的首要环节。传感器作为感知、获取和检测信息的窗口,提供给人类赖以进行判断、决策与处理所必需的原始数据。若没有它,被测量难以被灵敏感受到,原始的各种数据难以进行精确可靠的测量,被测量难以转换为电信号,其他仪表和装置也就失去了存在的意义。

四、传感器的发展趋势

进入 21 世纪以来,传感器正处于传统型向新型传感器转型的发展阶段。新型传感器的特点是微型化、数字化、智能化、多功能化等,它不仅促进了传统产业的改造,而且可带动建立新型工业。

(1) 微型化

微型化是建立在微电子机械系统(MEMS)技术基础上的。传统的大体积弱功能传感器很难满足信息时代对传感器性能指标的要求,它们已逐步被各种不同类型的高性能微型传感器所取代。由此微型化传感器开始出现,其主要由硅材料构成,具有体积小、重量轻、反应快、灵敏度高以及成本低等优点。

(2) 智能化

智能化传感器是 20 世纪 80 年代末出现的另外一种涉及多种学科的新型传感器系统,是指那些装有微处理器的,不但能够执行信息处理和信息存储,而且还能够进行逻辑思考和结论判断的传感器系统。这类传感器系统一经问世便受到科研界的普遍重视,尤其在探测器应用领域,如分布式实时探测、网络探测和多信号探测方面一直颇受欢迎,产生的影响较大。目前,智能化传感器正处于快速发展时期,另外,智能化传感器在空间技术研究领域亦有比较成功



的应用实例。智能化传感器无疑将会进一步扩展到化学、电磁、光学和核物理等研究领域。可以预测,新兴的智能化传感器将会在人类民生的各个领域发挥更大的作用。

(3) 多功能传感器

在许多应用领域中,要为了能够准确地反映客观事物和环境,往往需要传感器能够同时测量大量的物理量。由若干种敏感元件组成的多功能传感器则是一种体积小而多种功能兼备的新一代探测系统,它可以借助于敏感元件中不同的物理结构或化学物质及其各不相同的表征方式,用单独一个传感器系统来同时实现多种传感器的功能。随着传感器技术和微机技术的飞速发展,目前已经可以生产出来将若干种敏感元件装在同一种材料或单独一块芯片上的一体化多功能传感器。

传感器技术已经广泛的应用到工业自动化、军事国防、航空航天等高科技领域。同时也成为人们日常生活生产当中不可缺少的一部分,传感器已经给人们的生活带来了很多的便利和帮助,现代科学技术的发展也必将推动传感器技术的发展。

第二章

Chapter 2

温度传感器应用电路

温度传感器也称为热-电传感器，是检测温度的器件，在所有的传感器中，其种类最多，应用最广，发展最快。目前，市场上的温度传感器主要有利用半导体材料的温度特性制成的热敏电阻、以铂电阻为测温材料的铂电阻和由两种不同材料的导体组成的热电偶等。

温度传感器在工农业生产、汽车工业、食品储存、医药卫生等各个领域的应用极为广泛，用于各种需要对温度进行检测、控制及补偿等场合。

第一节

热敏电阻传感器

热敏电阻传感器简称为热敏电阻，是一种电阻值随温度变化的半导体热敏元件，它是由一些金属氧化物，如钴、锰、镍等的氧化物，采用不同比例的配方，经高温烧结而成的。

一、热敏电阻材料

常见的热敏电阻由金属氧化物半导体材料制成，如 Mn_3O_4 、 CuO 等，可以有负温度系数（NTC）和正温度系数（PTC）的热敏电阻。一般采用负温度系数特性的热敏电阻，其电阻率 ρ 和材料系数 B 随材料成分不同等因素而变化。



通常所说的热敏电阻是指负温度系数的热敏电阻，其特点是电阻率随温度而显著变化。负温度系数的热敏电阻广泛用于复印机、打印机、空调器、电烤箱等办公用品和家用电器中，主要用于温度检测、温度控制、温度补偿等。

二、热敏电阻的实物和图形符号

热敏电阻在电路中用文字符号 R_T 或 R 表示，图 2-1 所示电路为热敏电阻的实物，图 2-2 是其电路图形符号。

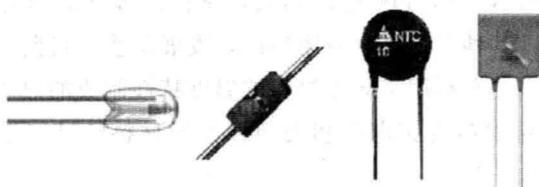


图 2-1 热敏电阻的实物

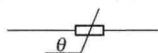


图 2-2 热敏电阻的图形符号

三、热敏电阻的技术参数

热敏电阻的技术参数包括：

① 标称电阻 R_{25} (K)。25℃时热敏电阻的阻值大小，由材料、几何尺寸决定。

② 材料系数 B (K)。与材料性质有关，一般 B 值越大，阻值大，灵敏度高。

③ 电阻温度系数 α_t 。指热敏电阻的温度每变化 1℃ 时其阻值变化率与其值之比，即 $\alpha_t = \frac{1}{R_t} \times \frac{dR_t}{dT}$ 。

④ 其他参数。如最高工作温度、额定功率、热时间常数等。

常用负温度系数热敏电阻的主要技术参数如表 2-1 所示。

表 2-1 常用负温度系数热敏电阻的主要技术参数

型号	额定功率/W	标称阻值范围 R_{25}	电阻温度系数范围 α_{25} $/(\times 10^2 \Omega/^{\circ}\text{C})$	材料系数 B/K	最高工作温度/ $^{\circ}\text{C}$	热时间常数/s
MF11-1	0.25	$10\Omega \sim 100\text{k}\Omega$	$-(2.23 \sim 2.72)$	$1982 \sim 2420$	85	≤ 60
MF11-2	0.25	$110\Omega \sim 4.7\text{k}\Omega$	$-(2.73 \sim 3.34)$	$2430 \sim 2970$	85	≤ 60
MF11-3	0.25	$5.1 \sim 15\text{k}\Omega$	$-(3.34 \sim 4.09)$	$2970 \sim 3630$	85	≤ 60
MF12-1	1	$1 \sim 430\text{k}\Omega$	$-(4.76 \sim 5.83)$	$4230 \sim 5170$	125	≤ 60
MF12-1	1	$470\text{k}\Omega \sim 1\text{M}\Omega$	$-(5.65 \sim 6.94)$	$5040 \sim 6160$	125	≤ 60
MF12-2	0.5	$1 \sim 100\text{k}\Omega$	$-(4.76 \sim 5.83)$	$4230 \sim 5170$	125	≤ 60
MF12-2	0.5	$110\text{k}\Omega \sim 1\text{M}\Omega$	$-(5.68 \sim 6.94)$	$5040 \sim 6160$	125	≤ 60
MF12-3	0.25	$56 \sim 510\Omega$	$-(3.95 \sim 4.84)$	$3510 \sim 4240$	125	≤ 60
MF12-3	0.25	$560 \sim 5600\Omega$	$-(4.76 \sim 5.63)$	$4230 \sim 5170$	125	≤ 60
MF13-1	0.25	$0.82 \sim 10\text{k}\Omega$	$-(2.73 \sim 3.34)$	$2430 \sim 2970$	125	≤ 30
MF13-2	0.25	$11 \sim 300\text{k}\Omega$	$-(3.34 \sim 4.09)$	$2470 \sim 3630$	125	≤ 30
MF14-1	0.5	$0.82 \sim 10\text{k}\Omega$	$-(2.73 \sim 3.34)$	$2430 \sim 2970$	125	≤ 60
MF14-2	0.5	$11 \sim 300\text{k}\Omega$	$-(3.34 \sim 4.09)$	$2470 \sim 3630$	125	≤ 60
MF15-1	0.5	$10 \sim 47\text{k}\Omega$	$-(3.95 \sim 4.84)$	$3520 \sim 4280$	155	≤ 30
MF15-2	0.5	$51 \sim 1000\text{k}\Omega$	$-(4.70 \sim 5.80)$	$4230 \sim 5170$	155	≤ 30
MF16-1	0.5	$10 \sim 47\text{k}\Omega$	$-(3.95 \sim 4.84)$	$3510 \sim 4240$	125	≤ 60
MF16-2	0.5	$51 \sim 100\text{k}\Omega$	$-(4.70 \sim 5.83)$	$4230 \sim 5170$	125	≤ 60

四、热敏电阻的特点

热敏电阻是一种半导体材料热敏元件，具有以下特点：①灵敏度高，通常可达 $1\% \sim 6\%/^{\circ}\text{C}$ ，电阻温度系数大；②体积小，使用方便，热敏电阻阻值范围广（ $10^2 \sim 10^3 \Omega$ ），热惯性小，无需冷端补偿，引线方便；③热敏电阻其温度与阻值呈非线性转换关系，稳定性和互换性差。



第 二 节

铂电阻传感器

一、铂电阻基础知识

金属的电阻值具有随着温度的升高而增大的性质，即具有所谓的正温度系数（ $3000 \times 10^{-6} \sim 7000 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$ ）。利用金属的这种性质制成的温度传感器叫做测温电阻器。

工业上常用的热电阻材料有铂、铜、铁和镍等，其中以铂、铜应用最为广泛，已成为定型的热电阻材料。我国常用的铂电阻和铜电阻各有两种，分度号分别是 Pt50、Pt100 和 Cu50、Cu100。其中铂电阻具有以下特性：①熔点高达 1768°C ，无论化学性质还是电学性质都非常稳定；②具有延展性，容易加工成极细的金属丝；③电阻-温度特性呈现良好的线性。

二、铂电阻的分类

铂电阻通常都装入保护管中使用，保护管一般都由金属制成。在金属保护管中，随着使用温度范围的不同、环境气氛的不同、抗振性能的不同、热响应速度的不同，铂电阻可分为云母型铂电阻、陶瓷封装型铂电阻、玻璃封装型铂电阻等。

铂电阻的实物图片如图 2-3 所示。

(1) 云母型铂电阻

它是在两侧带有许多沟槽的云母板上缠绕铂电阻丝，然后再将它夹在用于绝缘的云母板中间构成的。而且在外套上半圆形的不锈钢弹簧板，以减少电阻丝承受的应力。云母型铂电阻结构牢固，使用方便，在工业上获得了广泛应用。

(2) 陶瓷封装型铂电阻

该类型的铂电阻结构是将制作成螺旋形的高纯度铂电阻丝装入氧化铝陶瓷外壳中，其底部用耐热玻璃料固定起来而构成，以减少