doi: 10.7690/bgzdh.2014.05.025

基于 ZMD31050 的一体化应变式传感器设计方法

何宸[1]，李明富[1]，李莉[1]，刘明鑫[2]
（1. 成都航空职业技术学院航空电子工程系，成都 610100；
2. 成都航空职业技术学院继续教育部，成都 610100）

摘要：针对传统应变式传感器补偿和信号调理方法等方面存在的问题，介绍一种基于 ZMD31050 芯片的一体化应变式传感器的设计方法。通过设计专用的传感器结构、信号调理电路以及补偿校准系统，有效解决了传统应变式传感器补偿和信号调理中的问题，实现了对传感器零点和满量程输出以及满量程输出非线性的补偿和校准。实践结果表明：该传感器简化了调理电路，实现了一体化传感器的设计，可为相关一体化应变式传感器研制提供参考。

关键词：ZMD31050；应变式传感器；信号调理
中图分类号：TP212　　文献标志码：B

Design Method for ZMD31050-based Integrated Strain Sensor

He Chen[1], Li Mingfu[1], Li Li[1], Liu Mingxing[2]
(1. *Department of Navigate Electronic Engineering, Chengdu Aeronautic Vocational & Technical College, Chengdu* 610100, *China*;
2. *Division of Continuing Education, Chengdu Aeronautic Vocational & Technical College, Chengdu* 610100, *China*)

Abstract: In order to solve the compensation and signal regulation problem of the traditional strain sensor, this article introduced a design method for ZMD31050-based integrated strain sensor. By the particular design of sensor structure, signal regulation circuit and compensation system, the problem above-mentioned is effectively solved which enable of the non-linear compensation and correction of zero-point and full-scale output. And the test result shows that this design simplified the regulation circuit, realized the integrated sensor design, can provide reference for the related integrated sensor design.

Keywords: ZMD31050; strain sensor; signal regulation

0　引言

应变式传感器由于其结构简单、成本低廉等特点在各种测量领域中有着一定的市场[1]，但该种传感器的零点以及满量程输出等易受环境温度及其变化的影响而产生相应的漂移，后期信号调理电路中不易对其进行补偿。为了提高其精度和稳定性，通常都需要在传感器的前端对其性能进行补偿调整，目前传统的补偿方式是采用在桥路中加康铜丝或镍丝的办法[2]，通过多次调整确定补偿值，同时各种补偿间存在相互影响，致使补偿周期较长。针对该问题，笔者提出了基于 ZMD31050 芯片的一体化应变式传感器设计方法，实现对传感器输出、线性指标以及温度特性的补偿和校准。

1　应变式传感器及传统补偿方法介绍

应变式传感器以电阻应变片为转换元件，通过粘贴在被测试件表面的应变片感受被测试件的变形，利用该变形引起的应变片电阻值的变化反映被测试件应变或应力的大小，实现被测试物理量的测量。应变式传感器主要由敏感元件、弹性体和转换测量电路 3 部分组成。敏感元件粘贴在弹性体上组成惠斯登桥路，把待测的非电量变化转换成桥路的电量变化，通过转换测量电路把敏感元件的输出进行信号调理和转换，最终转换成电压或电流输出。常用的惠斯登电桥如图 1 所示。

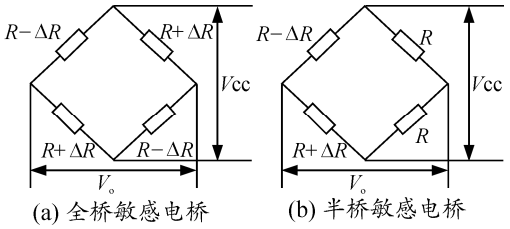

图 1　常用的惠斯登敏感电桥

通常的应变传感器是按照图 1 所示的方式选用 4 个或者 2 个完全相同的电阻应变片构成桥路。从理论上来说，由于传感器对应桥臂上的电阻完全相等，在传感器不受负荷时，其输出应当为零。但实际使用中由于应变片以及粘贴工艺等方面因素的影响，致使传感器桥路上的电阻不能够完全对称，使

收稿日期：2014-01-15；修回日期：2014-04-24
作者简介：何宸(1994—)，女，四川人，从事应用电子技术研究。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

得传感器的零点输出往往并不等于零，因此当环境条件等发生变化时，传感器上各个桥臂上的应变片电阻值变化将出现不一致，使得传感器的一致性以及性能指标等都会出现较大的变化。

该类传感器传统的补偿方式如图 2 所示。通过在传感器桥臂上串联补偿电阻 R_Z 来调整传感器的输出零点；通过在传感器桥臂上并联补偿电阻 R_{TZ} 或 R'_{TZ} 来对传感器的温度漂移进行补偿；通过在外围增加补偿电阻 R_{TS} 来对传感器的满量程输出进行补偿调整。

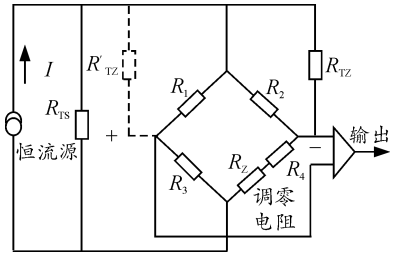

图 2　应变电桥传统校正方法

但在实际的补偿中，通过调整 R_Z 很难将传感器的零点调到正好为零，致使桥路的输出都存在 1 个微小的不平衡。在该种情况下，在调整满量程校准电阻 R_{TS} 时，虽然满量程输出能够达到要求，但传感器零点的绝对值也将随之发生变化；同样的道理，当调节温度补偿电阻 R_{TZ} 或 R'_{TZ} 时，满量程输出和零点也将随之发生相应的变化。因此，传统的补偿校正方法中各补偿元件之间存在着相互的影响，一般要经过多次重复才能达到合适的效果，使得不同传感器之间都存在一定的差异。

2　一体化应变式传感器设计

2.1　ZMD31050 芯片简介及工作原理

从上述分析可以看出，在一体化应变式传感器的研制和设计过程中，该类传感器一体化研制过程中的关键环节是如何选择传感器的补偿和信号调理方法。近些年来，随着各类针对桥式传感器的信号调理补偿芯片不断出现，改变了传统的实现方法，使传感器的补偿和校准过程更加方便，德国 ZMD 公司推出的 ZMD31050 就是该类芯片中的一种。

ZMD31050 是一种高精度桥式传感器信号处理的 CMOS 集成电路。芯片提供了传感器的偏移、灵敏度、温漂和非线性的数字补偿，芯片利用内部的 1 个微控制器进行校准公式的计算，并将计算获得的校准数据存放在 EEPROM 中。在桥式传感器信号补偿和调理时，芯片通过查询 EEPROM 中的校准系数，并将相应的补偿值叠加到传感器输出上，最终实现对传感器输出及线性指标的补偿和调理[3-5]。

2.2　传感器设计

从上述 ZMD31050 芯片的原理和简介中可以看出，该芯片能够有效解决传统应变式传感器补偿和信号调理中的问题，使应变传感器能够方便地实现一体化功能。笔者以应变式压力传感器为例进行介绍。如图 3 所示，基于该芯片的一体化传感器主要由弹性体、应变片、电路板（ZMD31050 信号调理电路）、引压嘴、顶部端盖、接插头、安装螺钉等几部分组成。

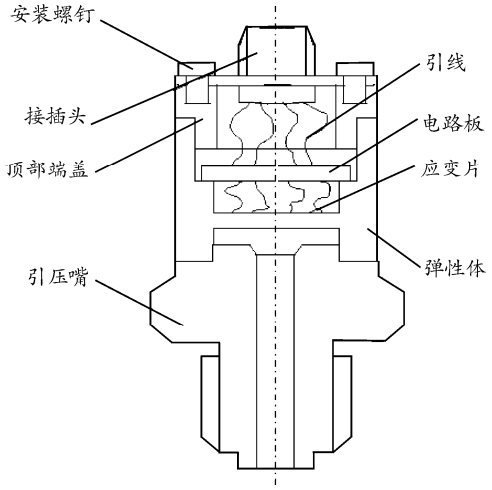

图 3　一体化应变式传感器结构图

引压嘴用于将外界的压力引到传感器弹性体上，引压嘴与弹性体端面通过焊接进行连接；弹性体的一侧粘贴有应变片，通过应变片感受外接的压力变化，并将变化信号通过引线输送给电路板，电路板上设计有基于 ZMD31050 芯片的信号调理电路，通过该电路补偿调理后的信号通过接插头输出，供传感器后端采集等使用；顶部端盖通过螺纹安装在弹性体的上端面上；顶部端盖上部通过安装螺钉将接插头固定在端盖上。

从图 3 可以看出，电路板是该传感器制作以及信号调理的关键部件。基于 ZMD31050 信号调理的电路板原理如图 4 所示，其中该电路的温度补偿采用 ZMD31050 内部的温度传感器进行温度测试和补偿。由于通常的应变式传感器输出阻抗都比较低（一般为 350 Ω），而该芯片所需的桥路输入阻抗一般比较高，因此在电路上设计有 2 个调节电阻 R_1 和 R_2，用于应变式传感器阻抗的调整。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

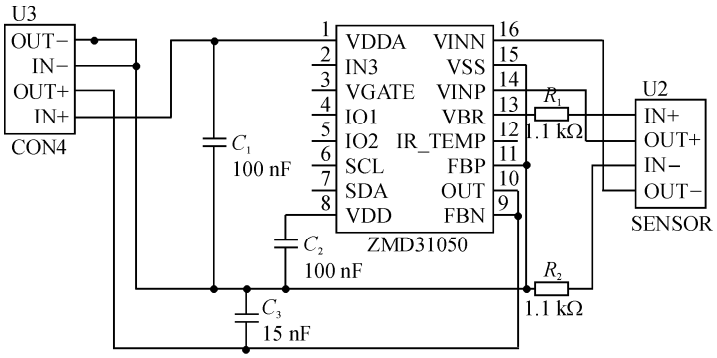

图 4　ZMD31050 信号调理电路原理

2.3　传感器补偿校准系统设计

按照 ZMD31050 芯片的工作原理，设计完成的一体化应变传感器还需要在信号调理芯片的内部 EEPROM 中的写入补偿数据，如果没有该补偿数据(或补偿系数)该芯片无法实现传感器信号的补偿和调理。

如果传感器需要在全工作温度范围内进行温度补偿时，该补偿数据的获得需要 ZMD31050 芯片在不同的温度环境下，采集传感器在零点和满量程 2 种压力情况下的输出信号，然后芯片根据内部的校准公式，分别计算该温度点下的传感器补偿系数，并将该系数自动存储在内部 EEPROM 中。

如果仅需在室温情况下进行传感器补偿和调理时，与上述的过程相似，唯一不同之处在于：不需要在不同的温度下获取补偿数据，仅需获取室温情况下的补偿数据即可。

因此，从上述过程可知，要完成一体化应变式传感器的设计，必须设计一套传感器的补偿校准系统。笔者仅以室温情况下的校准系统为例，介绍该校准系统的结构。如需温度补偿时，只需将一体化传感器和压力转换座放置在温度变化环境中即可。室温下传感器校准系统结构如图 5 所示。

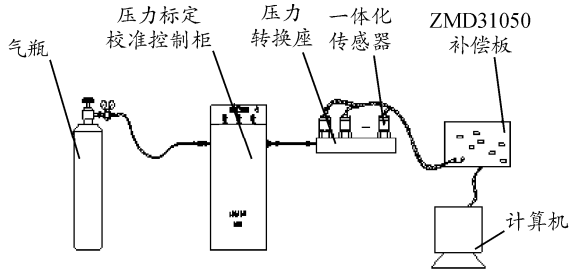

图 5　室温下传感器校准系统结构图

室温下传感器校准系统主要由气瓶、压力标定校准控制柜、压力转换座、ZMD31050 补偿板、计算机以及一体化传感器等几部分组成。气瓶用于提供传感器补偿、校准等过程中所需的压力源；压力标定校准控制柜用于实现对气瓶输出压力的精确控制；压力转换座用于安装一体化传感器，同时压力输入端与控制柜相连接；ZMD31050 补偿板用于实现计算机补偿软件与一体化传感器中的芯片通讯；计算机上安装有芯片补偿专用的软件，通过该软件可以实现芯片的参数设置和补偿系数的获取。

2.4　传感器标定结果

按照上述一体化应变数传感器设计方法研制的 2 只 500 kPa 压力传感器原始标定数据如表 1 所示。

表 1　一体化应变传感器标定数据

载荷/kPa	1#		2#	
	进程/mV	回程/mV	进程/mV	回程/mV
0	55	49	51	48
100	432	430	436	434
200	828	825	836	832
300	1 227	1 222	1 236	1 235
400	1 624	1 624	1 638	1 638
500	2 023	2 021	2 042	2 040

3　结论

笔者利用 ZMD31050 芯片对应变式传感器进行信号调理，简化了测量电路，实现了一体化传感器的设计，同时通过对传感器满量程输出和零点进行调理，以及利用芯片内部校准公式对传感器线性指标进行补偿，既有效保证了传感器输出的一致性，又使传感器的线性度指标得到有效保证，能够为相关一体化应变传感器的设计、研制提供参考和借鉴。

参考文献：

[1] 郁有文，常健，程继红．传感器原理及工程应用[M]．西安：电子科技大学出版社, 2008: 31−45.

[2] 朱目成．关于应变式传感器零点温度补偿的探讨[J]．西南工学院学报, 1994, 9(2): 10−15.

[3] 赵润，刘华，颜国正．ZMD31050 在压力测量之温度补偿中的应用[J]．电子测量技术, 2010, 33(2): 117−140.

[4] 李纯，程静贤，李琦．ZMD31050 在力传感器智能信号修调技术中的应用[J]．传感器与微系统, 2012, 31(12): 146−152.

[5] 徐景波．应变式负荷传感器补偿方法的研究[J]．传感器技术, 2005, 24(5): 13−15.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net