



本科生毕业设计

基于单片机的压差式气体密封性能检测仪 的设计

The design of differential pressure type gas sealing
performance detector based on

摘要

随着检测技术的发展,传统的测量方法只能粗略的观察泄露量,已无法满足对结果精度的要求。本文设计了基于压差检测法的以89C51单片机为控制核心的气密性检测仪,介绍了该检测仪的工作原理,设计了软硬件电路,并通过电磁阀的自动控制实现了一定容积和压力下密封器件密封性能的自动检测,因为最后结果受多个因素的影响,所以在最后数据处理过程使用了模糊综合评判法,判断并分析了被测器件气密性。结果表明,该方法便捷,准确,稳定。

关键词: 气体泄漏 压差传感器 89C51 信号调理电路 接口电路

Abstract

Along with the development of detecting technology, the traditional method can only observe rough, more and more is also high to the requirement of the results, this paper designed a based on the differential pressure test with 89 c51 single chip microcomputer as the control core of gas tightness detection technology, introduces the working principle of the detector, the structure and performance of the system hardware and software, and through the electromagnetic valve of the automatic control to achieve a certain volume and pressure sealing device sealing performance of the automatic detection, data processing using the fuzzy comprehensive evaluation method, and analyses the air tightness of the device being tested. Results show that the method is convenient, accurate and stable.

Key words: gas leakage and pressure difference sensors; signal modulation circuit; interface circuit

目录

摘要.....	I
Abstract.....	II
第 1 章 绪论.....	1
1.1 国外研究现状.....	1
1.2 国内研究现状.....	3
1.3 本文的主要工作及章节安排.....	3
第 2 章 压差式气体密封性能检测仪的简介.....	5
2.1 压差检测的基本原理和气路实现.....	5
2.2 系统组成.....	6
2.3 系统所实现的功能.....	6
第 3 章 传感器调理电路与其它电路的实现.....	7
3.1 传感器调理电路设计的理论基础.....	7
3.2 SM5651 压差传感器信号调理电路的设计.....	7
3.2.1 SM5651 压差传感器.....	7
3.2.2 SM5651 信号调理电路.....	8
3.3 89C51 单片机数据采集模块设计.....	10
3.3.1 采集电路的硬件设计.....	11
3.3.2 数据采集以及气体检漏流程.....	13
3.4 其它电路的设计.....	14
3.4.1 LCD 触摸屏显示模块电路.....	14
3.4.2 电磁阀控制模块的设计.....	15
3.4.3 电源模块.....	16
3.4.4 89C51 单片机复位电路的设计.....	16
第 4 章 软件的设计与结果分析.....	18
4.1 系统的软件设计.....	18
4.1.1 人机交互界面的设计.....	18
4.1.2 系统的软件框架.....	18
4.2 结果分析.....	18
4.2.1 模糊综合评判.....	18
4.2.2 数据库的设计.....	20
结论.....	21
参考文献.....	22
致谢.....	23

第1章 绪论

现代工业设备广泛使用了有密闭要求的设备,而且涉及的领域广泛,从化工到航天,从机械制造到环境保护,从电站涡轮到船舶材料,从垃圾处理到能源传输,可以说压力容器在各个方面得到了使用。在这些容器保证我们工业安全生产,农业自动运转的同时,我们也不得不面临压力容器的泄漏问题。也就是通常所说的产品的密封性能问题。因为在航空航天,化工等防护等级比较高的场合,任何微小的泄漏都会导致重大事故的发生。所以人们越来越意识到压力容器密封性能的重要性[1]。随着科技的发展,一方面,压力工作环境下对微小泄漏的检测精度要求很高,另一方面,人们又在不断寻找着以满足工业大规模生产所需的高效,智能,简捷,稳定的检测技术,并利用这一技术和原理,制造出相应设备。显然,许多传统的泄漏检测方法已无法承载这些高精度检测的要求,而一些新型的设备对生产厂家来说又过于昂贵,因此需要一种性价比高、能自动检测的方法和仪器对压力容器的泄漏量进行检测,甚至实时监控。

传统的检测方法主要包括气泡法和涂抹法,前者是将空气压缩进密闭容器中,然后浸入水中,用肉眼观察气泡,从而确定容器表面的泄漏点。后者,并没有将充入空气的压力容器浸入水中,取而代之的是在其表面涂上一层易产生气泡的液体,如肥皂水之类。传统检测方法虽简单,但存在以下方面的缺点:

- a. 整个检测过程受主观影响大。因为是肉眼观测,所以,存在主观控制的可能。
- b. 操作周期长。每次检测前需要对压力器件表面进行除锈,去腐蚀处理,每次还要等待气泡现象的产生。
- c. 自动化程度低,无法进行大量检测。
- d. 只能粗略观察泄漏量的多少,无法进行更深入的定量分析。

随着工业自动化及检测技术的发展,科技竞争的日益激烈。利用气泡法,涂抹法,听音法在满足高精度,高稳定性,高产量方面已显得力不从心。只有,现代传感器技术,电子技术和计算机技术相结合的气密性检测产品才能满足上述要求。

1.1 国外研究现状

从第一台气密性能检测仪的诞生开始,国外的检测技术的发展很快。从器件的发展方面来看,传感器的发展起了居功至伟的作用。在要求指标不高的情况下,从单一传感器到能够反映微小泄漏量的双传感器,再到能够满足大体积器件的大泄漏量测量的差压检测传感器。从电路方面来看,也由过去复杂的多元件,多单元电子线路发展到现在的由先进微处理器控制的大规模集成电路所组成的电路。数字电路技术和软件的进步更增强了检测仪的稳定和精度。并且实现了人际交互

界面的触摸屏的使用。在一些发达国家，比如日本，美国，德国，法国都出现了全自动智能差压检测装置，同时也形成了大批量的产业链条，服务于日益增长的工业需要^[2]。就现今而言，这些国家产品无论从质量还是数量上来说都一马当先。比较著名的有法国的ATEQ公司，美国的USON公司，日本的COSMOS公司。ATEQ公司为世界制造气密性仪器的先驱，其产品应用涉及汽车，医药，家电，压铸，包装，阀门，煤气，电子，建筑，航空等领域。USON公司也生产多种类型的测漏仪，其4000系列包含了多种检测模式，同时顾及到了侧漏性能和侧漏量，以及针对生活中出现的不同被测物的容积大小，和泄漏量的大小提供了不同类别的产品。而COSMOS公司主要生产对特殊化学气体泄漏的检测仪器，在我们的化学生产中发挥了举足轻重的作用。

当今国外发达国家泄漏检测技术的发展主要表现在以下几个方面：

1. 从检测手段上说，实现了方法的多样化，学科间的综合化。比如由过去的单一从气体的某一个特性出发，到现在利用气体的物理特性或化学特性变化来检测是否有泄漏产生，其中美国的USON和日本的COSMOS在泄漏的定点检测方面做了大量工作^[3]，如：

- a. 超声波检漏，通过漏孔发出的声波来检测泄漏；
- b. 卤素检测，通过卤素效应来检测泄漏；
- c. 氨检漏，由试纸来检测泄漏；
- d. 氦质谱检漏，通过质谱原理来检测泄漏；

2. 从定量与定性的角度讲，实现了两者之间的合理装换。上述检测方法仅限于定性检测，且效率一般。而气动技术的发展为泄漏检测的定量方面开辟了道路。如压力变化法，流量法等。

3. 基于气动技术的检测虽然提高了检测精度与效率，但在有些场合仍不能满足要求，研究发现，工件的容积，导热性，环境温度都会对检测结果产生影响。于是国外率先提出了一些理论和方法，如：

a. 快速充气法。当被测件容积较大时，可采用加装填充物以减少被测物件内容积，如不能加填充物，也可以采用二次充气，即在开始，充入高压气体，在容腔压力接近预定气压值时改用预定气压充气，与一次充气相比，二次充气的高压充气阶段可以快速提高腔内压力，随后的预定压力充气又可以有效减少高压充气带来的温度及压力波动，是对大容积快速充气的有效办法。

b. 温度补偿方法

c. 基准曲线方法。即泄漏仪修正方法的研究。即在某一工情况下，首先对一个无泄漏工件进行检测，将测量得到的差压变化曲线作为基准曲线保存在仪器内存中，该差压变化曲线主要是由于被测工件与基准容器温度变化不一致，在进行实际气密性检测时，将得到的实际曲线与基准曲线相比较并作减法，从而得到修

正后的差压变化曲线,消除了被测工件与基准容器温度变化不一样对检测结果的影响。

4. 在硬件提升方面,更是表现突出。

a. 传感器芯片小,精度高,稳定性好。新型材料的应用以及机械加工技术的进步使得传感器的适用性大大增强。

b. 集成电路与数字电路的规模化。使得气路结构简明而清晰,运用更灵活化。而且传感器与单片机的接口更加规格化,实现了不同类型的传感器与单片机接口的兼容。

c. 检测器界面更加友好。使用更加方便,简捷,显示内容更加多样化。

1.2 国内研究现状

近年来,国内气密性检测技术飞速发展,国内一些研究机构和厂家也对气密性检测仪进行了开发研制,其中,北理工检测技术与自动化装置研究所与北京拓奇星有限公司开发了ALT系列气密性检测仪产品。包括直压保压式,直压收集式,和差压并联比较式,正负压一体式,流量式等各种形式,检测泄漏量精度达到正负0.1ml/min,差压检测精度达到正负0.1pa,当然检测精度与测试条件有关。高精度,高效率,低成本是该产品在国内受到重视的原因,而且,检测仪界面简单,友好,配备了各种通讯接口,具有强大的扩展功能,在各种管路,发动机,消声器,泵等汽车零部件中广泛应用。目前一种新的发展趋势是把气密性检测技术和水检方法结合在一起,形成一套多功能检测设备,利用该设备首先对工件进行气密性检测,如果工件合格,则完成了检测,将工件送出;如果工件泄漏量超标,则将工件及卡具等作为一个整体沉入一个水槽里,观察具体泄漏位置。由于传统的水检法与示踪气体法受检测原理的限制存在着效率低,无法在线诊断等缺点。而超声波法也只能在泄漏孔较大并且泄漏气体为湍流时才可以采用。为了开发一套更方便,高效的泄漏点定位系统,凭借着响应快,测量范围广,非接触测量等优点得到广泛重视,在国内一些研究所提出基于红外线热成像技术的气体泄漏检测定位研究。其基本原理是将比环境温度略低的气体充入工件,用红外摄像机观测工件外表面的温度场图像,而温度场图像中的奇异点则代表工件的泄漏处。该课题汇集了传热学,红外热成像技术,气动技术,气密性检测技术,数字图像处理以及运动控制等学科,跨学科是其特点。目前该技术处于实验室研究阶段,相信将来会用于生产生活。

1.3 本文的主要工作及章节安排

本文设计是基于压差法的嵌入式检测,没有采用传统的直压式检测,而是采用压差传感器作为主要器件,通过压差气路检测原理来检测被测腔的气密性,在测量过程中做了详述。

压差传感器是一种能够测量压力差的电子器件设备，广泛用于航空航天，武器系统，汽车船舶，消费电子等，通过压差测量可以，可以了解器件各腔的压差状况。在本论文中，压差传感器可以通过测量标准腔和被测腔内的气体压力差来判断被测腔里面是否有泄漏。如果没有泄漏，则压差传感器不会显示压差信号，如果被测腔出现了泄漏，则压差信号经过调理放大之后，被处理器接收。

本文详细介绍了以89C51为核心的总体电路设计，包括传感器信号调理模块，数据采集模块，电磁阀模块，电源模块，LCD触摸屏显示模块，软件流程的设计，单片机复位模块，重点介绍了传感器信号调理模块，和数据采集模块。为了从多个指标对结果进行隶属度的评判，且最后采集到的数据受多种因素影响，所以在文章最后采用模糊评判法对结果进行分析。

第2章 压差式气体密封性能检测仪的简介

压差式气密性检测技术是建立在以压差传感器为核心的基本原理之上,再加以采集,显示电路。

本章着重介绍压差检测的基本原理,气路实现和系统构成。

2.1 压差检测的基本原理和气路实现

压差式检测仪的基本原理同天平称量原理如出一辙,在检测方法中引入一个标准的对比器件,同样,其检测气路对称的。其气路图如图2-1。压差传感器两端分别接被测工件被测腔及标准腔。工作时,压缩空气经电磁阀被压入两腔之中,经过一段时间的平衡,此时,通过压差传感器采集两腔中的压力变化,即当被测腔出现了气体泄漏时,由于两腔的压力不平衡^[4],会导致压差传感器的示数发生转变,可获得实验腔中的气体泄漏情况。

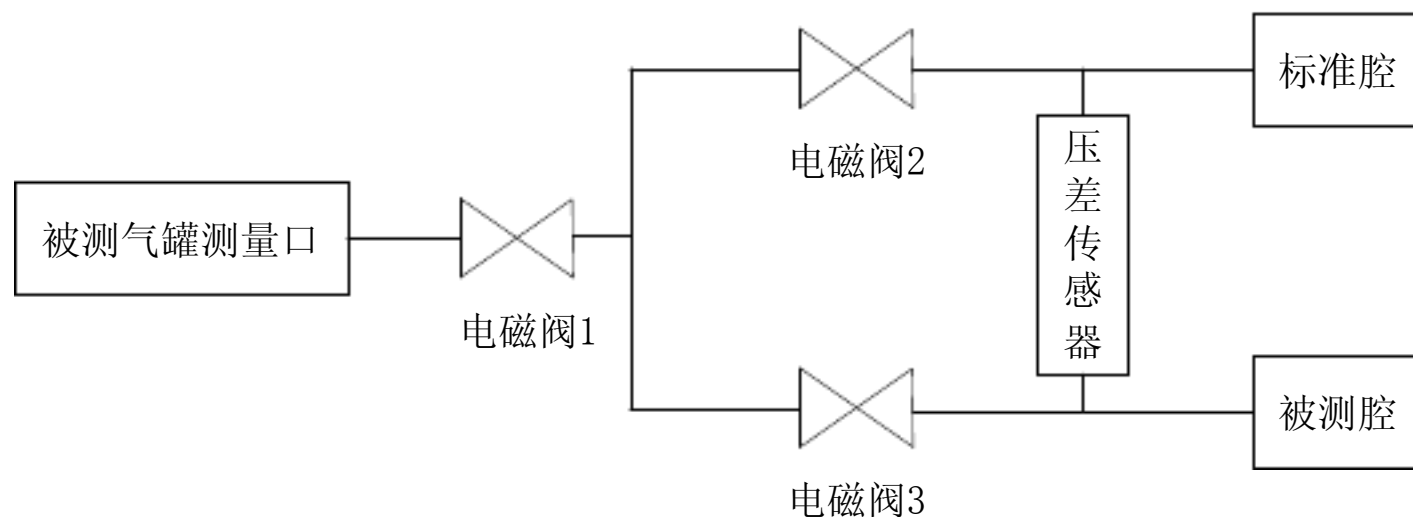


图2-1 系统气路结构

对一充满气体的密闭容器,根据波尔定律,气体状态可描述为 $PV=nrt$,检测前后若发生泄漏则腔内压强 P 会发生改变,压差检测法正是基于上述单个容器在气体泄漏之后产生的气压变化。

整个实验过程可分为四部分:

a. 充气阶段。将系统压力调试到测试压力 P_1 ,打开电磁阀1,2,3.此时,标准腔和被测工件内充入压力为 P_1 的压缩气体,气体流动不可避免,所以两腔内压力和温度都会波动,必须等待两腔气体状态稳定,持续充气直至两容器充气完全。

b. 平衡阶段。待两腔充气完全后,同时关闭电磁阀1,2和电磁阀3,由于截止阀的瞬间会导致腔内气流产生瞬间波动,导致两腔压差不稳定,会有无规则变化出现,须等待一段时间,待压力差稳定后,方可测量。

c. 检测阶段。检测压差传感器的输出,可以将泄漏产生的压力降在泄漏点附近近似与时间成正比。即可得出一定时间的压差变化率。

d. 排气阶段。在被测腔内容积为 V_1 ,测试压力为 P_1 的情况下,若压差传感器测得压差为 P_0 ,则常压下气体泄漏的体积为 $V=P_1*V_1/P_0$.待计算完结果后,打开

电磁阀1, 2, 3. 两腔内剩余气体排到大气中，结束检测过程。

2.2 系统组成

系统以89C51处理器为核心。包括A/D数据采集模块，电源模块，电磁阀模块和液晶显示模块。如图2-2所示。

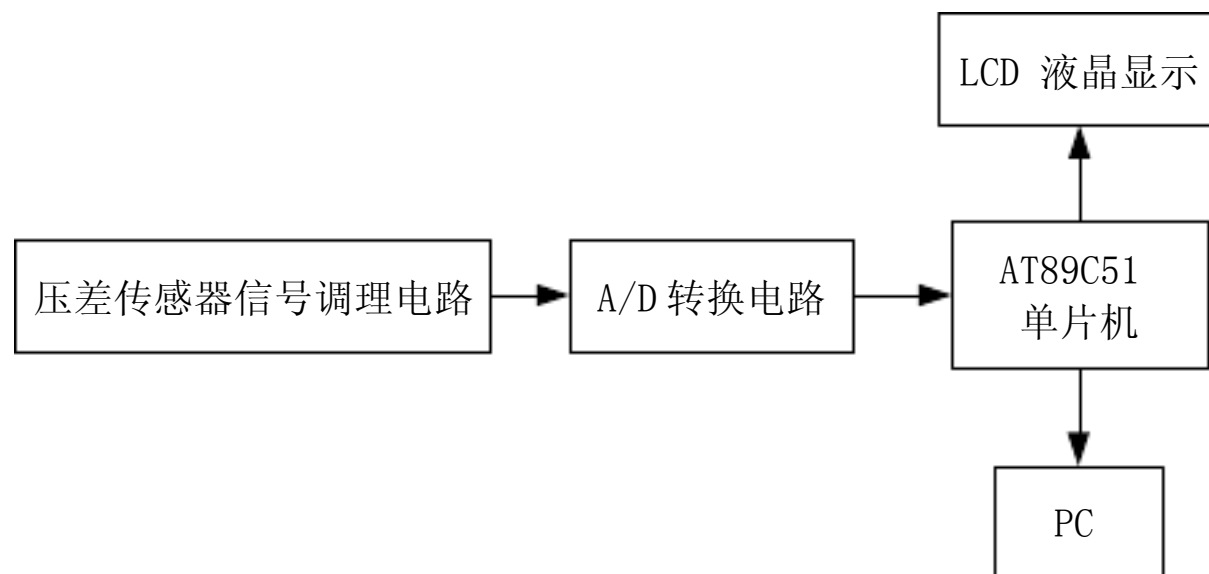


图2-2 系统整体设计

2.3 系统所实现的功能

基于压差法的气密性检测是现今应用广泛且相对稳定的检测方法，所以，其所实现的一些功能必须坚持使用，简捷，可行的原则进行设计，具体设计如下：

a. 标准件与被测工件之间的压差值，被测件内腔的绝对气压值的获取。实现这一功能是整个实验的基础，所以，我们使用压差传感器和压力传感器。

b. 压差与压力信号的放大与处理。实现这一功能需要传感器信号调理电路。毕竟传感器得到的信号很微弱，并且存在各种干扰，有必要进行处理。

c. A/D采样。模拟信号送入计算机需要数字化。

d. 信息显示能力。整个系统的最终是为了让使用者获得信息，并进行相应的判断，因此将采集，处理得到的信息显示给用户是最基本的内容。一个友好，简洁的界面就不可或缺。

第3章 传感器调理电路与其它电路的实现

传感器调理电路时相对而言比较重要的一部分,因为这是整个系统结构中的衔接性环节,是连接传感器与计算机之间的桥梁。

3.1 传感器调理电路设计的理论基础

随着科学技术的飞速发展,和工程技术需求的日益增长,检测技术已越来越广泛地应用于工业,农业,国防,航空航天,医疗卫生和生物工程等领域,它在国民经济中起着极其重要的作用。而作为能代替或补充人体五官功能的传感器输出的信号往往比较弱的,并常伴有噪声,或突发性干扰脉冲,有时还有零漂现象,或者与被测量不呈线性关系,这些信号不可能被计算机所接收。同时,有些工业生产现场环境非常恶劣,各种传感器的特性又可能各不相同,因此要求与其配合的电子电路必须满足相应传感器的特性要求,并能在恶劣环境下进行高精度测量。

所以,传感器输出电信号在用作显示和控制信号以前,必须作必要的处理,这些处理可以概括为传感器调理电路。因此,传感器调理电路时连接传感器及计算机之间的桥梁,它是构成一个完整的自动检测系统中必不可少的重要环节。

3.2 SM5651 压差传感器信号调理电路的设计

3.2.1 SM5651压差传感器

论文中采用SM5651压差传感器,实物如图3-2所示。它为OEM压力传感器,完全校准和温度补偿微压差双列直插高性能压力传感器,SM5651系列微陶瓷基底贴装高稳定压阻式压力传感器芯片,利用陶瓷基板上的薄膜电阻进行零度校正,零点温度补偿和灵敏度温度补偿,恒流驱动^[5]。



图3-1 5651压差传感器^[7]

能测量微压0.15psi, 0.30psi, 0.80psi, 1.50psi和3.0psi; 温度补偿范围广(0℃—60℃); 跨度校准达正负2%; 高性能, 稳定的硅芯片封装。还在医疗设

备，空调，水平检测，工业控制中广泛应用[6]。

3.2.2 SM5651输出电流信号的变换与放大

信号调理电路把敏感元件所感受到的微弱信号变换，并且放大。该电路主要包括零位温漂补偿电路，灵敏度温漂补偿电路，及信号放大电路三部分组成。

a. 温差补偿电路

零位温差补偿电路如图3-3所示。在其中一桥臂并联 R_p ，显然未补偿前输出电压为 $U_0 = [R_1 \cdot R_3 - R_2 \cdot R_4 / (R_1 + R_3) \cdot (R_2 + R_4)] \cdot U$ ，当温度变化，电阻阻值改变，则输出电压变化，对上式求全微分，得 $\Delta U_0 \approx U \cdot \Delta R / 4R_0$ ，式子中 $R_0 = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) / 4$ ， $\Delta R = (\Delta R_1 + \Delta R_3) - (\Delta R_2 + \Delta R_4)$ ，又由于 ΔU_0 ， U ， R_0 已知，故 $R_p = 4R_0 \cdot \Delta U_0 / U$ ，若 $\Delta U_0 > 0$ ，则 R_p 与 R_2 并联，若 $\Delta U_0 < 0$ ，则 R_p 与 R_1 并联。

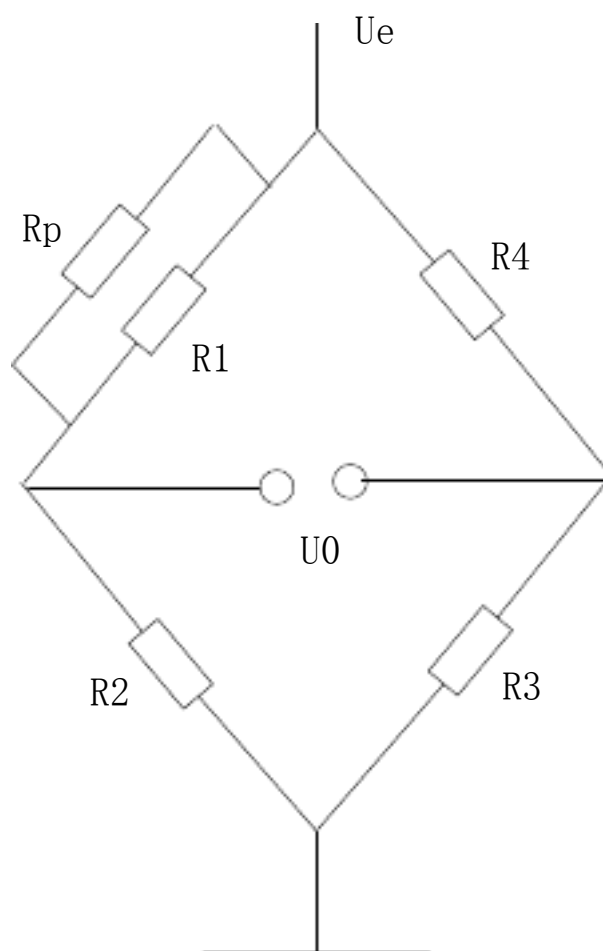


图3-2 零位温漂补偿电路

b. 灵敏度温漂补偿电路

灵敏度温漂补偿电路采用图3-4所示的普通晶体管旁路电阻式的补偿电路。桥路输出 $U_0 \approx K[V_{cc} - U_{be}(1 + R_a/R_b)]$ 。K为应变电阻灵敏度系数的温度系数，可测得[7]。

选择 R_a 和 R_b 阻值时，注意使 $R_b \cdot V_{cc} / (R_a + R_b + R_c)$ 在1到2V间，其阻值过大，易补偿过了；阻值不够，又容易使温度补偿三极管无法正常工作。所以选择合适的阻值很重要。

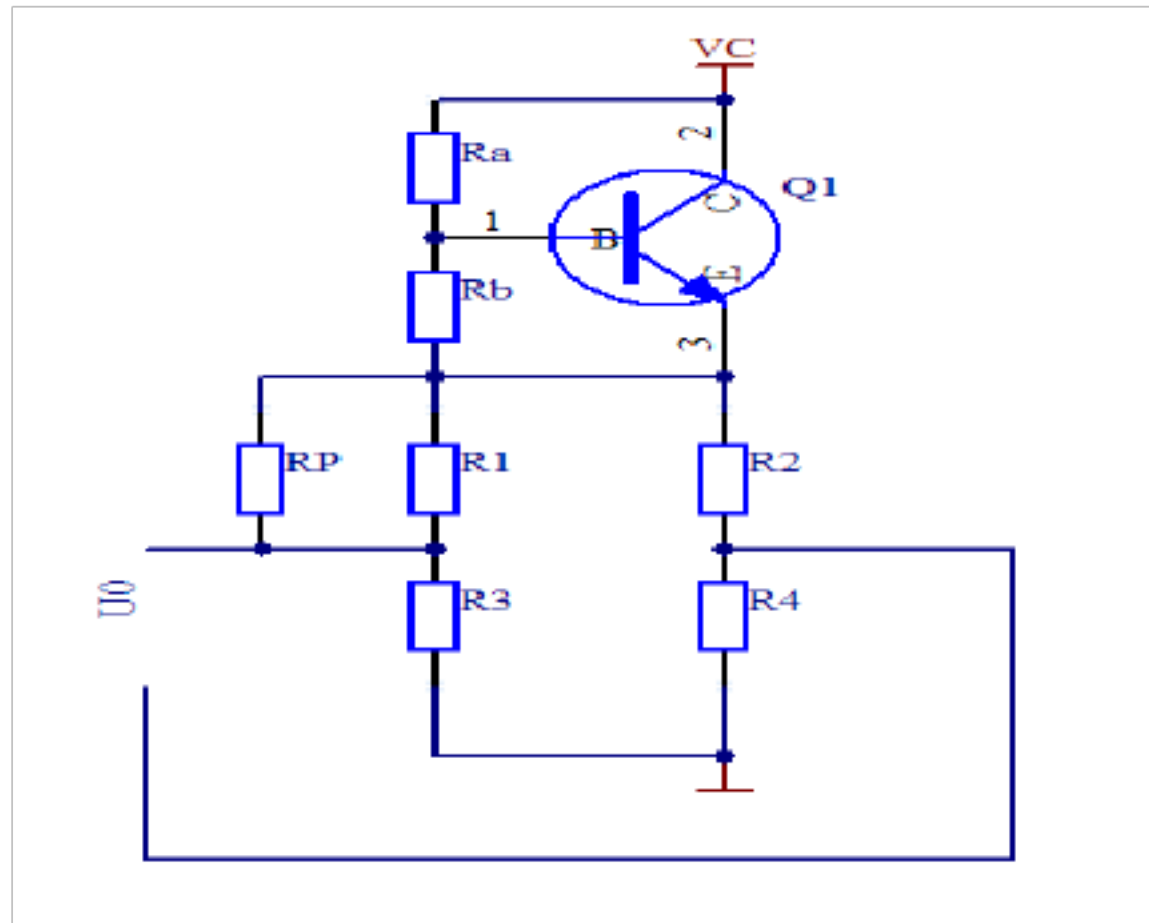


图3-3 灵敏度温漂补偿电路

c. 信号放大电路

压力敏感桥路的满量程输出一般只有几十毫伏，但我们希望放大后输出信号的满量程为5伏，因此放大器增益需达到100左右。一共由三级组成，第一级是双运放A1，A2同相输入，可以提高输入阻抗。第二级采用差动输入负反馈A3，以减少输出阻抗，最后一级由 A4构成电压跟随器以减小输出端负载对输出信号的影响。由R8控制放大倍数 [8]。

3.2.2 SM5651信号调理电路

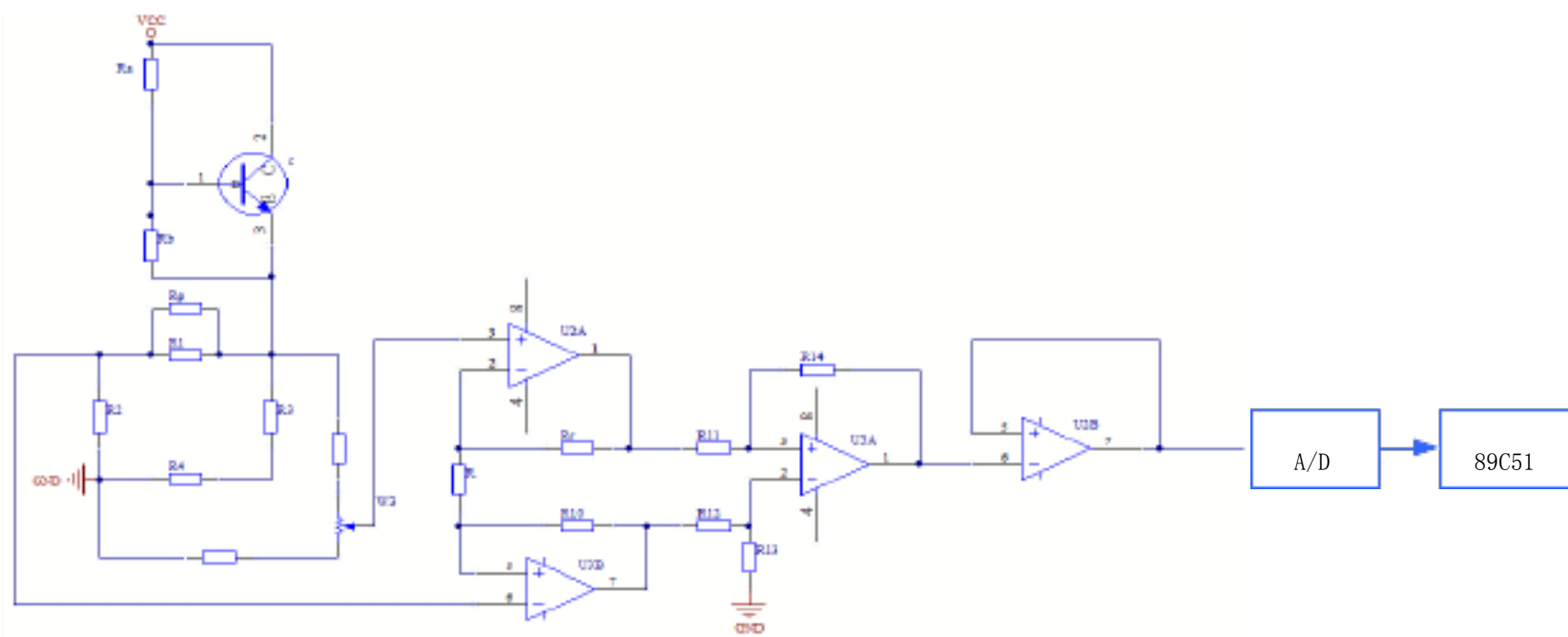


图3-4 传感器信号调理电路

本电路将压力敏感元件和放大部分，补偿部分组在一起，他们相互之间会有影响，我们通过实验，确定合适的补偿顺序，对各电路的补偿顺序作合适调整，用一零位调节电路设置在桥路输出端和放大部分之间，以此调节一个合适的桥路输出 [9]。由于上边已讲过，所以上图左边灵敏度温漂补偿部分已不再标注。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/158120031114007005>