

新型压电驻极体脉搏分析仪

黄 辉, 郑 洁, 梁 海, 朱 彪

(深圳市豪恩声学股份有限公司, 广东 深圳 518118)

摘 要:利用多孔压电驻极体薄膜制备压电传感器, 贴在手腕上采集脉搏振动的信号, 并配上相应的后端电路和显示装置, 制造出一种新型的压电驻极体脉搏分析仪。由于采用压电驻极体薄膜作为脉搏传感器的换能器, 脉搏分析仪的灵敏度高, 失真度低, 重复性好。在脉搏分析仪中, 采用塑化膜的形式封装压电电极, 易引入干扰。采用压电麦克风的封装形式的传感器抗干扰能力强, 且场效应晶体管(FET)易集成, 成本低, 实测的波形图近似于典型心电图波形, 具有很大的医疗参考价值。

关键词:压电驻极体; 压电传感器; 脉搏分析仪; 压电麦克风

中图分类号: TN644+.2; TM304

文献标识码: A

A New Type of Piezoelectret Pulse Analyzer

HUANG Hui, ZHENG Jie, LIANG Hai, ZHU Biao

(Shenzhen Horn Audio Co. Ltd., Shenzhen 518118, China)

Abstract: Using porous piezoelectret film to fabricated piezoelectric sensor, then put it on wrist to collect pulse vibration signals, and with the corresponding circuit and display device, we fabricated a new type of piezoelectret pulse analyzer. Due to adopting piezoelectret film as the pulse transducer, the pulse analyzer has high sensitivity, low distortion and good repeatability. In the pulse analyzer, the piezoelectric membrane electrode in the form of plasticizing encapsulated is easy to introduce interference. The sensor encapsulate as piezoelectric microphone has the strong ability of anti-interference ability, and FET has the advantage of easy-integration, lower cost, and the waveform figure measured similar to typical ECG waveform has great medical reference value.

Key words: piezoelectret; piezoelectric sensor; pulse analyzer; piezoelectric microphone

0 引言

心率能提供一个人常规健康状态和在健身时的身体状态、精神状态、体力水平等信息。另外, 心率也能被用于侦测心率失常。如心室颤动、心跳过速等情况。心率提供的信息也能用作其他特殊医疗仪器作辅助参考。人任何的剧烈体力运动都会引起心率增加。另外, 在睡眠时潜在异常心跳运动也会通过心率变异度表示出来。心率变异度作为参数可以用来计算驱动应力大小或特殊人群的身体状态。吸烟、喝酒或任何咖啡因的摄入都会引起心率异常度的变化, 人的年龄和性别差别也可通过心率变异度来表现。心肌梗塞、心律失常、糖尿病、心脏衰竭等病症也会通过心率变异度来表现。因为脉搏是心脏

射血而引起的动脉搏动, 所以一般情况下, 人的心率和脉搏是一样的。中医给人看病时, 往往通过把脉来判断人体的健康状况, 所以对脉搏的实时监测和分析具有重要的意义。

近年来, 一种新型换能材料——压电驻极体, 得到了学术界的广泛关注。其中聚丙烯(PP)泡沫压电驻极体是最常见的, 研究最成熟和性能最稳定的压电驻极体^[1-2], 具有灵敏度高、柔性、环保、加工工艺简单等优点, 适合作电声器件的换能器^[3-6], 也很适合作脉搏分析仪前端的换能器。换能器输出的信号经电路处理, 通过液晶动态实时显示, 且可将数据传输到上位机进行分析处理, 作为其他医疗仪器测量数据的参考。

收稿日期: 2014-09-23

基金项目: 深圳市战略性新兴产业发展专项资金科学基金资助项目(CXZZ20120611094042983)

作者简介: 黄辉(1980-), 男, 湖南浏阳人, 工程师, 主要从事微电子电路设计工作。朱彪(1982-), 男, 湖南株洲人, 硕士, 主要从事微型传声器与微型传感器的设计与封装及公司研发中心的建设。

1 新型压电驻极体脉搏分析仪的结构、材料与电路设计

1.1 新型压电驻极体脉搏分析仪的结构

图 1 为脉搏分析仪的架构图。由图可知,新型压电驻极体脉搏分析仪由压电传感器、放大和滤波电路、模数转换电路、微型处理器、液晶显示电路和外部通讯电路等构成。

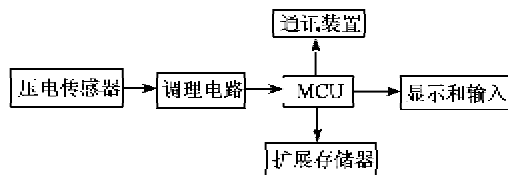


图 1 脉搏分析仪的架构图

1.2 新型压电驻极体传感器的材料与制作

新型压电驻极体传感器是用 PP 压电驻极体薄膜作为换能材料的新型传感器。PP 压电驻极体是蜂窝多孔的有机材料,通过高压极化在孔洞上、下表面分别沉积正负电荷,当给压电薄膜施加一个应力,压电驻极体具有较低的弹性模量,薄膜被压缩。因此压电薄膜内的电偶极距减小,表面电极内的补偿电荷相应减少。如果两个电极开路,则在电极间产生一个电势差,如果两个电极短路,则产生电流。通过这个原理,机械应力转化成电信号,完成机电转换过程。通常,我们通过在压电驻极体上、下表面蒸镀金属电极的方式将材料表面的电信号导出来,也可用粘贴导电胶带或丝印导电油墨的方式来引出电极。由于新型压电驻极体具有聚合物材料的一般特性,如质量轻,厚度薄,材料柔性易弯折,耐腐蚀,防水,无毒无害环保及成本低等。与传统压电晶体和压电陶瓷相比,这种新型压电驻极体大大扩展了压电驻极体的适用范围。相比 PVDF 等其他压电聚合物,压电驻极体的压电系数高 1 个数量级,灵敏度提高。

1.3 脉搏分析仪的电路设计

脉搏分析仪的后端电路包括一个前置放大电路、低功耗微型处理器、液晶显示模块、扩展存储器、蓝牙装置和按键输入设备。前置放大电路主要由电荷放大器、后级适调放大器、滤波电路构成。压电传感器通过两根引线输出高阻电荷信号 Q ,经电荷放大器转换电路转变为低电阻电压信号,再由后级放大调整输出电压幅值,通过带通滤波器滤除不需要的杂波,最后进入模拟转数字的采样口。输入的模

拟信号进入微型处理器的 A/D 采样口,并对信号进行算法处理。液晶显示模块能实时动态显示模拟出脉搏信号波形,并计数显示。脉搏信号不正常或设备操作不正确都会发出报警信号。扩展存储器用来增加微处理器实时处理数据的容量。按键输入设备能针对不同应用场合选择不同工作模式。显示的数据或波形都可通过蓝牙装置输出到电脑或其他终端设备,进行参考分析。图 2 为压电传感器等效电路和前置放大器电路。图中, C_p 为驻极体膜的电容; R_p 为膜片的内阻; C_w 为导线的寄生电容; R_i 为起静电保护作用的电阻; C_f 和 R_f 为运放的外围电路,起低频截止作用; V_{cc} 为供电电压; V_o 为输出信号,代表脉搏的压力信号转化成电信号

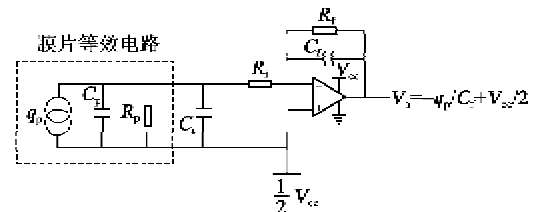


图 2 压电传感器等效电路和前置放大器电路

2 新型压电驻极体脉搏分析仪的实际测量与电路改进

图 3 为脉搏分析仪的实物图。由图可知,脉搏分析仪通过一个封装好的传感器贴附在腕部动脉处来采集脉搏信号。旋转动脉压迫器的旋钮可调整胶垫压迫桡动脉的松紧度。脉搏分析仪的后端电路封装在一个盒子里,传感器采集到的脉搏信号经过电路处理后,直接在液晶模块上显示脉搏的波形图和次数。精确测量人手腕部位的有效脉搏是一个复杂



图 3 脉搏分析仪的实物图

的过程。测量时动脉和传感器之间一般会存在间隙,以致脉搏信号中会损失大量的高频部分。且在人体运动过程中,皮肤和传感器由于相互摩擦会产生很大的噪音,这些噪音大多是低频的。所以为避免脉搏信号淹没在噪声信号中,实际测量中要注意:

1) 选择合适的压电薄膜贴附位置,最大程度的感应脉搏强度。

2) 压电薄膜需要一定按压力度才能感应出脉搏信号。

3) 测试板和人体需引入地回路,抵消工频干扰。

2.1 直接利用压电薄膜做心率换能器测试

图4为典型心电图。将压电薄膜贴在手腕脉搏跳动处,前端运放采用电荷放大,直接输出心率波形。图5为利用电荷放大运放来测试心率波形和次数。由图可知,由于未经硬件滤波处理,波形状态显示QRS波群明显,其他波群不明显。且采用塑化膜的形式封装压电电极,易引入干扰。电荷放大后要将信号滤波处理,需搭建滤波电路或软件滤波才能接近心电图波形。

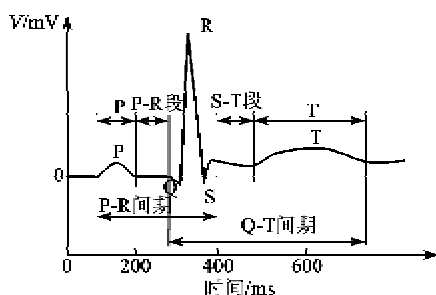


图4 典型心电图

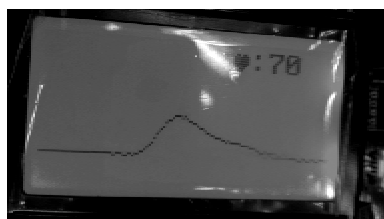


图5 利用电荷放大运放来测试心率波形和次数

2.2 利用场效应晶体管(FET)压电麦克风做心率换能器

利用压电麦克风作心率换能器,通过FET电压的放大方式将压电薄膜高阻抗输入转换成低阻抗输出。后面接入ECG及生物电测量应用的集成信号调理模块AD8232,经里面放大和滤波处理输出心率波形。

压电麦克风的封装形式抗干扰能力强,利用

FET转换易集成,成本低,搭配ADI的AD8232专业ECG芯片能输出接近与典型心电图波形。图6为利用FET电压放大来测试心率波形和次数。由图可知,实测的波形图近似于典型心电图波形,尤其QRS波群明显,且其他波群也有一定相似度,具有很大的医疗参考价值。

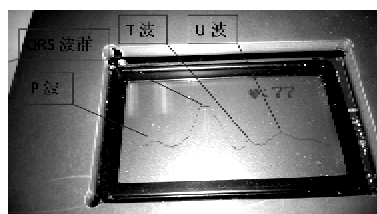


图6 利用FET电压放大来测试心率波形和次数

3 结束语

心率监测广泛应用于个人医疗保健领域,能较准确的反应出人的健康状况和运动睡眠状态。我们用多孔压电驻极体传感器、相应的后端电路和显示装置,制造出的压电驻极体脉搏分析仪已可足够清晰的反应人的心率,具有很大的医疗参考价值。下一步,我们准备将这种新型压电驻极体脉搏分析仪进行微型化处理,集成到目前最热门的可穿戴式电子产品——智能手表和智能手环中去。

参考文献:

- [1] ZHANG X, HILLENBRAND J, SESSLER G M. Piezoelectric d_{33} coefficient of cellular polypropylene subjected to expansion by pressure treatment[J]. Appl Phys Lett, 2004, 85(7): 1225-1228.
- [2] ZHANG X, HILLENBRAND J, SESSLER G M, et al. Fluoroethylenepropylene ferroelectrets with patterned microstructure and high, thermally stable piezoelectricity[J]. Appl Phys A, 2012, 107: 621-629.
- [3] NYKANEN H, ANTILA M, KATAJA J, et al. Active control of sound based on utilizing MFI-technology[J]. Active, 1999, 1159-1170.
- [4] KRESSMANN R. New piezoelectric polymer for airborne and water-borne sound transducers[J]. Acoust Soc Am, 2001, 109(4): 1412-1416.
- [5] 游琼, 张晓青. 聚炳烯压电驻极体薄膜声电传感器的性能[J]. 压电与声光, 2013, 35(6): 849-852.
YOU Qiong, ZHANG Xiaoqing. Performance of acoustoelectric transducer based on polypropylene piezoelectric film[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2013, 35(6): 849-852.
- [6] HILLENBRAND J, SESSLER G M. High-sensitivity piezoelectric microphones based on stacked cellular polymer films[J]. Acoust Soc Am, 2004, 116(6): 3267-3270.