



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110236503 A

(43)申请公布日 2019. 09. 17

(21)申请号 201910530955.0

A61B 5/1455(2006.01)

(22)申请日 2019.06.19

(71)申请人 杭州电子科技大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2号大街

(72)发明人 轩伟鹏 胡志伟 陈金凯 骆季奎 董树荣

(74)专利代理机构 杭州君度专利代理事务所 (特殊普通合伙) 33240

代理人 黄前泽

(51)Int.Cl.

A61B 5/0205(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

G16H 80/00(2018.01)

G16H 40/63(2018.01)

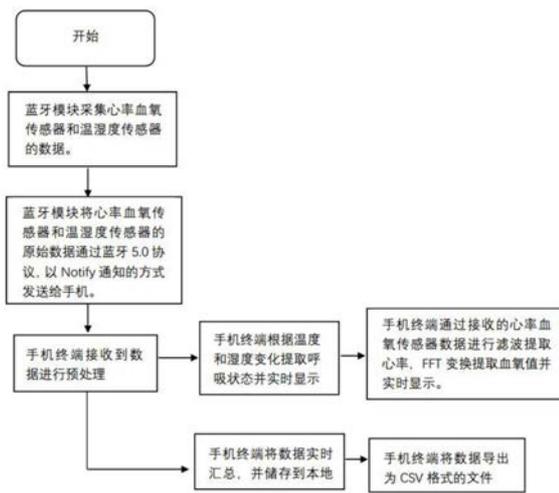
权利要求书3页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法及装置。现有睡眠呼吸检测没有结合心率和血氧。本发明包括支持蓝牙5.0的心率血氧检测模块和温湿度检测模块,并具有配套的手机终端软件接收温湿度、反射红光和反射红外光数据,检测呼吸情况,并将反射红外光数据进行滤波和寻峰计算出心率值,同时分别对反射红外光数据和反射红光数据进行FFT变换,结合Beer-Lambert Model模型得出血氧浓度值;本发明还支持储存数据,并导出CSV格式文件以供二次研究。本发明集成在一块柔性电路板上,粘贴在鼻子下方的皮肤上,佩戴方便,具有极低的有源RF和MCU电流,功耗低,适合长时间监测。



1. 一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法,其特征在于:该方法具体如下:

步骤一、心率血氧检测模块放置在柔性电路板的背面与皮肤直接接触,温湿度检测模块放置在柔性电路板的正面与呼吸气流相接触;

步骤二、蓝牙模块将采集到的心率血氧检测模块的反射红光和反射红外光数据,以及温湿度检测模块检测到的温湿度数据通过特征值更新后发送给手机终端软件;手机终端软件通过检测特征值的变化,得到温湿度数据、反射红光数据和反射红外光数据;当手机终端软件得到的反射红外光数据对应的光强度小于阈值时,判定心率血氧检测模块没有贴在皮肤上;

步骤三、手机终端软件将温湿度数据、反射红光数据和反射红外光数据存入手机终端软件对应的SQL数据库;同时,手机终端软件进行呼吸情况的检测:当温度和湿度同时上升超过1.6s时,则判定产生了一个呼吸周期;当温度和湿度没有同时上升超过10s时,则判定使用者产生了呼吸暂停现象;

然后,手机终端软件通过Android Studio的多线程AynscTask库在手机终端软件后台将心率血氧检测模块采集的当前反射红外光数据依次进行波形上下翻转、中值滤波、巴特沃斯低通滤波和寻峰计算出心率值,同时分别对反射红外光数据和反射红光数据进行FFT变换提取频谱,提取频谱后得到反射红外光的0Hz直流分量和1~3Hz交流分量以及反射红光的0Hz直流分量和1~3Hz交流分量,进而得到血液对红光吸收量和红外光吸收量的比例R:

$$R = (AC_{ir}/DC_{ir}) / (AC_{red}/DC_{red})$$

其中,AC_{ir}是反射红外光的1~3Hz交流分量,DC_{ir}是反射红外光的0Hz直流分量,AC_{red}是反射红光的1~3Hz交流分量,DC_{red}是反射红光的0Hz直流分量;

最后,根据Beer-Lambert Model模型得出血氧浓度值:

$$S = 108 - 25 * R$$

步骤四、更新手机终端软件的主界面,在主界面上显示出当前鼻息处气流的温湿度以及当前心率值和血氧浓度值,并显示根据当前反射红外光数据通过MPAndroidChart绘图库绘制的PPG波形图。

2. 根据权利要求1所述的一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法,其特征在于:所述的反射红光数据、反射红外光数据和温湿度数据通过特征值更新后以Notify通知的方式发送给手机终端软件。

3. 根据权利要求1所述的一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法,其特征在于:所述的温湿度检测模块每200ms采集一次,心率血氧检测模块每30ms采集一次。

4. 根据权利要求1所述的一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法,其特征在于:手机与蓝牙模块通过蓝牙5.0协议连接,手机通过搜寻蓝牙模块的广播标识名称完成一键式连接。

5. 根据权利要求1所述的一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法,其特征在于:在手机终端软件的主界面上通过选择历史采集时间,来查看SQL数据库保存的温湿度数据、反射红光数据和反射红外光数据并导出为CSV文件。

6. 根据权利要求1所述的一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法,其特征在于:进行巴特沃斯低通滤波的前处理为设定采样率Fs和截止频率Fc,采样率Fs=100Hz,截止频率Fc=3.66Hz。

7. 根据权利要求1~6中任一项所述的一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法,其特征在于:寻峰计算出心率值的过程如下:使用一个宽度随波峰间隔动态变化的窗,该窗每次向右移动一个采样点,在移动之前,先找出窗内波形的波峰处,判断当前波峰处是否在窗的正中心,若是则记录当前波峰对应的数据点,否则该窗继续向右移动;窗的宽度在每次寻峰后变化为该波峰与前一波峰之间宽度的1/2;在4s内找寻的所有波峰中,计算每相邻两个波峰之间的宽度,宽度单位为采样点个数,然后求这些宽度的均值a;最后,计算心率值H:

$$H=60/(a/Fs)。$$

8. 一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测装置,包括蓝牙模块、温湿度检测模块、心率血氧检测模块、电源模块和程序下载接口;其特征在于:所述的电源模块为蓝牙模块、温湿度检测模块、心率血氧检测模块和程序下载接口供电;程序下载接口的数据输出口接蓝牙模块的数据导入口;所述的温湿度检测模块将检测到的鼻息处气流温湿度数据经蓝牙模块传给手机终端软件;所述的心率血氧检测模块同时将入射红光和入射红外光发射到鼻翼下方的皮肤处,并接收经人体反射的反射红光和反射红外光,然后将反射红光和反射红外光数据经蓝牙模块传给手机终端软件;

所述的蓝牙模块包括中央处理器M1、第七电容C7和第八电容C8;第七电容C7的一端接中央处理器M1的VCC引脚、第八电容C8的一端和第八电阻R8的一端;中央处理器M1的GND引脚、第七电容C7的另一端和第八电容C8的另一端均接地;第八电阻R8的另一端接开关S1的一端;开关S1的另一端接中央处理器M1的nRESET引脚;中央处理器M1的VCC引脚接电源模块提供的3.3V电源;中央处理器M1的DI01引脚接程序下载接口P1的TX_X引脚,DI02引脚接程序下载接口P1的RX_X引脚,TMS引脚接程序下载接口P1的TMS引脚,TCK引脚接程序下载接口P1的TCK引脚,DI03引脚接程序下载接口P1的TDO引脚,DI04引脚接程序下载接口P1的TDI引脚;程序下载接口P1的VCC引脚接电源模块提供的3.3V电源;程序下载接口P1的GND引脚接地,NC引脚和nRST引脚均悬空;中央处理器M1的其余引脚均悬空;

所述的温湿度检测模块包括温湿度传感器U4、第一电阻R1、第三电阻R3和第六电容C6;温湿度传感器U4的SDA引脚接中央处理器M1的SDA引脚和第一电阻R1的一端;温湿度传感器U4的SCL引脚接中央处理器M1的SCL引脚和第三电阻R3的一端;温湿度传感器U4的VSS引脚接第六电容C6的一端并接地;第六电容C6的另一端、第一电阻R1的另一端、第三电阻R3的另一端以及温湿度传感器U4的VDD引脚均接电源模块4提供的3.3V电源;温湿度传感器U4的EXP引脚悬空;

所述的心率血氧检测模块包括心率血氧传感器U1、第五电阻R5、第六电阻R6和第五电容C5;心率血氧传感器U1的SDA引脚接中央处理器M1的SDA引脚和第六电阻R6的一端;心率血氧传感器U1的SCL引脚接中央处理器M1的SCL引脚和第五电阻R5的一端;心率血氧传感器U1的INT引脚接第二电阻R2的一端;心率血氧传感器U1的PGND引脚和GND引脚均接地;心率血氧传感器U1的VDD引脚接电源模块提供的1.8V电源;心率血氧传感器U1的R_LED+和IR_LED+引脚均接电源模块提供的3.3V电源;第二电阻R2、第五电阻R5和第六电阻R6的另一端均接电源模块提供的3.3V电源;第五电容C5的一端接电源模块提供的3.3V电源,另一端接地;心率血氧传感器U1的其余引脚均悬空。

9. 根据权利要求8所述的一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测装置,其特征在于:所述的中央处理器M1采用无锡谷雨电子有限公司的型号为CC26XXMOD芯片;中央处理器M1发送的

一次数据包含若干个采样点信息,第一个采样点为原始数据,随后的采样点数据为实际数据与第一个采样点之间的差值;所述的温湿度传感器采用Sensirion的SHT20;所述的心率血氧传感器U1采用Maxim的MAX30102。

10. 根据权利要求8或9所述的一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测装置,其特征在于:所述的电源模块采用供电电压VCC不小于3.3V的锂电池供电,包括第一稳压模块、第二稳压模块和电池接口P4;第一稳压模块包括第一稳压芯片U2、第一电容C1、第二电容C2和第四电阻R4;第一稳压芯片U2的型号为SC662K;电池接口P4的一个引脚接锂电池的供电电压VCC,并接第一稳压芯片U2的Vin引脚和第一电容C1的一端;电池接口P4的另一引脚、第一电容C1的另一端和第一稳压芯片U2的GND引脚均接地;第一稳压芯片U2的Vout引脚接第二电容C2和第四电阻R4的一端,第二电容C2和第四电阻R4的另一端均接地;第一稳压芯片U2的Vout引脚输出3.3V电压给蓝牙模块、温湿度检测模块和心率血氧检测模块供电;第二稳压模块包括第二稳压芯片U3、第三电容C3、第四电容C4和第七电阻R7;第二稳压芯片U3的型号为KIA6206;第二稳压芯片U3的Vin引脚接供第一稳压芯片U2的Vout引脚和第三电容C3的一端;第二稳压芯片U3的GND引脚和第三电容C3的另一端均接地;第二稳压芯片U3的Vout引脚接第四电容C4和第七电阻R7的一端,第四电容C4和第七电阻R7的另一端均接地;第二稳压芯片U3的Vout引脚输出1.8V电压给心率血氧检测模块供电。

一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于可穿戴设备技术领域,具体涉及一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法及装置,用于人体睡眠时呼吸、心率和血氧变化情况检测,并及时反馈人体睡眠时呼吸暂停情况。

背景技术

[0002] 随着社会人口老龄化,中国中老年人心脑血管病的发病率逐年增加,并且这种趋势越来越趋向于年轻人。而睡眠呼吸暂停是导致心脑血管病发生的重要因素之一,呼吸暂停引起反复发作的夜间低氧,长此以往,容易导致高血压,冠心病,糖尿病和脑血管疾病等并发症,甚至出现夜间猝死。

[0003] 柔性可穿戴装置属于可延展柔性电子器件与健康检测领域。现相关检测呼吸暂停的装置一般是单一检测呼吸情况,缺乏一种可以与睡眠时的心率和血氧情况结合起来检测人体睡眠时伴随呼吸产生的生理参数变化情况的小型装置。

[0004] 其中针对呼吸的检测,多导睡眠监测仪是目前研究和监测睡眠呼吸暂停的有效仪器,这种仪器通过连续的呼吸、血氧饱和度、心电图、脑电图等指标的监测,可以判断出在睡眠期间有无呼吸暂停,以及呼吸暂停的次数、暂停的持续时间、发生呼吸暂停时对身体影响的程度大小,但是由于多导睡眠监测仪采用大量传感器,且传感器基本置于头面部,被测者的舒适度不高。另外设备体积较大且不利于移动,被试者必须接受大约8小时的观察。同时多导睡眠监测仪价格高昂,操作复杂,无法推广使用。

[0005] 另外一种由压电材料构成检测系统,该系统的检测方法分为胸式呼吸检测法和腹式呼吸检测法,原理为将被测者的胸部或者腹部的运动产生的压力信号以电信号的形式输出,但分析胸腹运动的局限性较大,压电材料的安装位置及朝向将对采集结果造成一定影响。再加上睡眠过程中存在体动的干扰,会引入噪声信号。而呼吸面罩检测气流的方法可靠但是整体测量面积较大且不便携带,而且将呼吸罩与外置的呼吸机连接,患者在睡眠时经常会因为翻身等动作,将呼吸罩扯离口鼻,对被试者而言佩戴较为不便。

[0006] 关于心率和血氧检测常见的一种方案是使用心电监护仪,通过导联电极测量人体体表特定两点间的电位差变化反应心脏的工作状态,再通过光学指夹式探头来测量血氧饱和度,这种方法虽然精确高,但集成度低,佩戴舒适度低,同时整体测量面积较大,不够便携。另外一种是使用集成光电传感器的智能手环或手表,这种方法较为便携且能够测量睡眠时的心率和血氧情况的变化,但是无法检测被测者睡眠时的呼吸情况,无法进行呼吸暂停检测。

发明内容

[0007] 本发明的目的是针对现有技术的不足,提供一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法及装置,该装置一种小型的、采用锂电池供电、可贴在鼻翼下方的柔性可穿戴呼吸及心率血氧检测装置,以及对应的接收处理手机终端。

[0008] 为了达到上述目的,本发明的技术方案是:

[0009] 本发明一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法,具体如下:

[0010] 步骤一、心率血氧检测模块放置在柔性电路板的背面与皮肤直接接触,温湿度检测模块放置在柔性电路板的正面与呼吸气流相接触。

[0011] 步骤二、蓝牙模块将采集到的心率血氧检测模块的反射红光和反射红外光数据,以及温湿度检测模块检测到的温湿度数据通过特征值更新后发送给手机终端软件;手机终端软件通过检测特征值的变化,得到温湿度数据、反射红光数据和反射红外光数据;当手机终端软件得到的反射红外光数据对应的光强度小于阈值时,判定心率血氧检测模块没有贴在皮肤上。

[0012] 步骤三、手机终端软件将温湿度数据、反射红光数据和反射红外光数据存入手机终端软件对应的SQL数据库;同时,手机终端软件进行呼吸情况的检测:当温度和湿度同时上升超过1.6s时,则判定产生了一个呼吸周期;当温度和湿度没有同时上升超过10s时,则判定使用者产生了呼吸暂停现象。

[0013] 然后,手机终端软件通过Android Studio的多线程AsyncTask库在手机终端软件后台将心率血氧检测模块采集的当前反射红外光数据依次进行波形上下翻转、中值滤波、巴特沃斯低通滤波和寻峰计算出心率值,同时分别对反射红外光数据和反射红光数据进行FFT变换提取频谱,提取频谱后得到反射红外光的0Hz直流分量和1~3Hz交流分量以及反射红光的0Hz直流分量和1~3Hz交流分量,进而得到血液对红光吸收量和红外光吸收量的比例R:

[0014] $R = (AC_{ir}/DC_{ir}) / (AC_{red}/DC_{red})$

[0015] 其中,AC_{ir}是反射红外光的1~3Hz交流分量,DC_{ir}是反射红外光的0Hz直流分量,AC_{red}是反射红光的1~3Hz交流分量,DC_{red}是反射红光的0Hz直流分量。

[0016] 最后,根据Beer-Lambert Model模型得出血氧浓度值:

[0017] $S = 108 - 25 * R$

[0018] 步骤四、更新手机终端软件的主界面,在主界面上显示出当前鼻息处气流的温湿度以及当前心率值和血氧浓度值,并显示根据当前反射红外光数据通过MPAndroidChart绘图库绘制的PPG波形图。

[0019] 进一步,所述的反射红光数据、反射红外光数据和温湿度数据通过特征值更新后以Notify通知的方式发送给手机终端软件。

[0020] 进一步,所述的温湿度检测模块每200ms采集一次,心率血氧检测模块每30ms采集一次。

[0021] 进一步,手机与蓝牙模块通过蓝牙5.0协议连接,手机通过搜寻蓝牙模块的广播标识名称完成一键式连接。

[0022] 进一步,在手机终端软件的主界面上通过选择历史采集时间,来查看SQL数据库保存的温湿度数据、反射红光数据和反射红外光数据并导出为CSV文件。

[0023] 进一步,进行巴特沃斯低通滤波的前处理为设定采样率Fs和截止频率Fc,采样率Fs=100Hz,截止频率Fc=3.66Hz。

[0024] 进一步,寻峰计算出心率值的过程如下:使用一个宽度随波峰间隔动态变化的窗,该窗每次向右移动一个采样点,在移动之前,先找出窗内波形的波峰处,判断当前波峰处是

否在窗的正中心,若是则记录当前波峰对应的数据点,否则该窗继续向右移动。窗的宽度在每次寻峰后变化为该波峰与前一波峰之间宽度的1/2;在4s内找寻的所有波峰中,计算每相邻两个波峰之间的宽度,宽度单位为采样点个数,然后求这些宽度的均值a;最后,计算心率值H:

[0025] $H=60/(a/Fs)$

[0026] 本发明一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测装置,包括蓝牙模块、温湿度检测模块、心率血氧检测模块、电源模块和程序下载接口;所述的电源模块为蓝牙模块、温湿度检测模块、心率血氧检测模块和程序下载接口供电;程序下载接口的数据输出口接蓝牙模块的数据导入口。所述的温湿度检测模块将检测到的鼻息处气流温湿度数据经蓝牙模块传给手机终端软件;所述的心率血氧检测模块同时将入射红光和入射红外光发射到鼻翼下方的皮肤处,并接收经人体反射的反射红光和反射红外光,然后将反射红光和反射红外光数据经蓝牙模块传给手机终端软件。

[0027] 所述的蓝牙模块包括中央处理器M1、第七电容C7和第八电容C8;第七电容C7的一端接中央处理器M1的VCC引脚、第八电容C8的一端和第八电阻R8的一端;中央处理器M1的GND引脚、第七电容C7的另一端和第八电容C8的另一端均接地;第八电阻R8的另一端接开关S1的一端;开关S1的另一端接中央处理器M1的nRESET引脚;中央处理器M1的VCC引脚接电源模块提供的3.3V电源;中央处理器M1的DI01引脚接程序下载接口P1的TX_X引脚,DI02引脚接程序下载接口P1的RX_X引脚,TMS引脚接程序下载接口P1的TMS引脚,TCK引脚接程序下载接口P1的TCK引脚,DI03引脚接程序下载接口P1的TD0引脚,DI04引脚接程序下载接口P1的TDI引脚;程序下载接口P1的VCC引脚接电源模块提供的3.3V电源;程序下载接口P1的GND引脚接地,NC引脚和nRST引脚均悬空;中央处理器M1的其余引脚均悬空。

[0028] 所述的温湿度检测模块包括温湿度传感器U4、第一电阻R1、第三电阻R3和第六电容C6;温湿度传感器U4的SDA引脚接中央处理器M1的SDA引脚和第一电阻R1的一端;温湿度传感器U4的SCL引脚接中央处理器M1的SCL引脚和第三电阻R3的一端;温湿度传感器U4的VSS引脚接第六电容C6的一端并接地;第六电容C6的另一端、第一电阻R1的另一端、第三电阻R3的另一端以及温湿度传感器U4的VDD引脚均接电源模块4提供的3.3V电源;温湿度传感器U4的EXP引脚悬空。

[0029] 所述的心率血氧检测模块包括心率血氧传感器U1、第五电阻R5、第六电阻R6和第五电容C5;心率血氧传感器U1的SDA引脚接中央处理器M1的SDA引脚和第六电阻R6的一端;心率血氧传感器U1的SCL引脚接中央处理器M1的SCL引脚和第五电阻R5的一端;心率血氧传感器U1的INT引脚接第二电阻R2的一端;心率血氧传感器U1的PGND引脚和GND引脚均接地;心率血氧传感器U1的VDD引脚接电源模块提供的1.8V电源;心率血氧传感器U1的R_LED+和IR_LED+引脚均接电源模块提供的3.3V电源;第二电阻R2、第五电阻R5和第六电阻R6的另一端均接电源模块提供的3.3V电源;第五电容C5的一端接电源模块提供的3.3V电源,另一端接地;心率血氧传感器U1的其余引脚均悬空。

[0030] 进一步,所述的中央处理器M1采用无锡谷雨电子有限公司的型号为CC26XXMOD芯片;中央处理器M1发送的一次数据包含若干个采样点信息,第一个采样点为原始数据,随后的采样点数据为实际数据与第一个采样点之间的差值;所述的温湿度传感器采用Sensirion的SHT20;所述的心率血氧传感器U1采用Maxim的MAX30102。

[0031] 进一步,所述的电源模块采用供电电压VCC不小于3.3V的锂电池供电,包括第一稳压模块、第二稳压模块和电池接口P4;第一稳压模块包括第一稳压芯片U2、第一电容C1、第二电容C2和第四电阻R4;第一稳压芯片U2的型号为SC662K;电池接口P4的一个引脚接锂电池的供电电压VCC,并接第一稳压芯片U2的Vin引脚和第一电容C1的一端;电池接口P4的另一引脚、第一电容C1的另一端和第一稳压芯片U2的GND引脚均接地;第一稳压芯片U2的Vout引脚接第二电容C2和第四电阻R4的一端,第二电容C2和第四电阻R4的另一端均接地;第一稳压芯片U2的Vout引脚输出3.3V电压给蓝牙模块、温湿度检测模块和心率血氧检测模块供电;第二稳压模块包括第二稳压芯片U3、第三电容C3、第四电容C4和第七电阻R7;第二稳压芯片U3的型号为KIA6206;第二稳压芯片U3的Vin引脚接供第一稳压芯片U2的Vout引脚和第三电容C3的一端;第二稳压芯片U3的GND引脚和第三电容C3的另一端均接地;第二稳压芯片U3的Vout引脚接第四电容C4和第七电阻R7的一端,第四电容C4和第七电阻R7的另一端均接地;第二稳压芯片U3的Vout引脚输出1.8V电压给心率血氧检测模块供电。

[0032] 本发明具有的有益效果为:

[0033] 1、可以实时稳定输出心率值和血氧浓度值,并且同时输出当前被测者的呼吸状态;

[0034] 2、集成在一块柔性电路板上,可穿戴使用,制造成本低。

[0035] 3、测量面积小,只需贴在鼻翼下方即可使用,佩戴方便,被测量者睡眠时可以更加自由的移动身体。

[0036] 4、具有极低的有源RF和MCU电流,功耗低,可随时随地监测用户的睡眠呼吸暂停以及心率、血氧的变化情况,适合长期佩戴,长期检测。

[0037] 5、多参数检测,便于建立呼吸状态与血氧的关系,存储长时间的数据可以用于研究老年痴呆症、高血压、冠心病、糖尿病和心脑血管疾病发病的原因等。

附图说明

[0038] 图1是根据反射红外光原始数据绘制的PPG波形图。

[0039] 图2是图1经波形上下翻转、中值滤波和巴特沃斯低通滤波后得到的待寻峰波形图。

[0040] 图3(a)、3(b)和3(c)是寻峰过程示意图。

[0041] 图4(a)是FFT变换过程中待FFT变换的时域图。

[0042] 图4(b)是图4(a)经FFT变换后的频域图。

[0043] 图5是关于血氧浓度计算的Beer-Lambert模型图。

[0044] 图6是呼吸时温度和湿度呈周期性变化的示意图。

[0045] 图7是本发明装置的使用示意图。

[0046] 图8是本发明装置的工作流程图。

[0047] 图9是本发明装置各个模块的连接框图。

[0048] 图10是本发明中蓝牙模块和程序下载接口的电路图。

[0049] 图11是本发明中温湿度检测模块的电路图。

[0050] 图12是本发明中心率血氧检测模块的电路图。

[0051] 图13是本发明中电源模块的电路图。

具体实施方式

[0052] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0053] 如图7所示,本发明装置集成在一块可以贴在鼻翼下方的柔性电路板上,柔性电路板采用的材料为聚酰亚胺;柔性电路板为两端宽、中间窄的结构,厚度为0.13mm,测量区域的宽度为8mm,长度为50mm。

[0054] 如图8所示,本发明一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法,具体如下:

[0055] 步骤一、心率血氧检测模块3放置在柔性电路板的背面用于与皮肤直接接触,温湿度检测模块2放置在柔性电路板的正面与呼吸气流相接触,保证温湿度检测的准确性。

[0056] 步骤二、蓝牙模块1将I2C接口采集到的心率血氧检测模块3的反射红光和反射红外光数据,以及温湿度检测模块2检测到的温湿度数据通过特征值更新,并以Notify通知的方式发送给手机终端软件;手机终端软件通过检测特征值的变化,得到温湿度数据、反射红光数据和反射红外光数据;当手机终端软件得到的反射红外光数据对应的光强度小于阈值时,判定心率血氧检测模块3没有贴在皮肤上。其中,温湿度检测模块2每200ms采集一次,通过采集得到呼吸时温度和湿度变化呈一定的周期性,且周期性与呼吸的周期性基本相同。心率血氧检测模块3每30ms采集一次。

[0057] 步骤三、手机终端软件将温湿度数据、反射红光数据和反射红外光数据存入手机终端软件对应的SQL数据库;同时,手机终端软件进行呼吸情况的检测,如图6所示,横坐标为时间,一个纵坐标为温度,另一个纵坐标为湿度;呼吸时鼻翼下方的气流会引起温湿度的变化,并且随着呼吸的呈现周期性变化,检测出的温度和湿度的上升和下降基本同步,湿度的变化相对温度的变化要略微滞后一些。温度和湿度变化的周期和呼吸的周期基本相等,当温度和湿度同时上升超过1.6s时,便判定产生了一个呼吸周期;当温度和湿度没有同时上升超过10s时,则判定使用者产生了呼吸暂停现象。以上关于呼吸情况的检测,优点在于仅仅需要检测呼吸气流所导致的温湿度变化即可,并可以通过温度和湿度的变化周期得到相应的呼吸频率,实现方法简单。

[0058] 然后,手机终端软件通过Android Studio的多线程AsyncTask库在手机终端软件后台将心率血氧检测模块3采集的当前反射红外光数据依次进行波形上下翻转、中值滤波、巴特沃斯低通滤波和寻峰计算出心率值,同时分别对反射红外光数据和反射红光数据进行FFT变换提取频谱,提取频谱后得到反射红外光的0Hz直流分量和1~3Hz交流分量以及反射红光的0Hz直流分量和1~3Hz交流分量,进而得到计算血氧所必需的参数R:

[0059]
$$R = (AC_{ir}/DC_{ir}) / (AC_{red}/DC_{red})$$

[0060] 其中, AC_{ir} 是反射红外光的1~3Hz交流分量, DC_{ir} 是反射红外光的0Hz直流分量, AC_{red} 是反射红光的1~3Hz交流分量, DC_{red} 是反射红光的0Hz直流分量。

[0061] 如图4(a)所示为待FFT变换的时域图,横坐标为时间T,纵坐标为时域下的幅值Y;如图4(b)所示为图4(a)经FFT变换后的图像,横坐标为时间T,纵坐标为频域下的幅值A。

[0062] 最后,根据图5的Beer-Lambert Model模型(横坐标为血液对红光吸收量和红外光吸收量的比例R,纵坐标为血氧浓度值S)得出血氧浓度值:

[0063]
$$S = 108 - 25 * R$$

[0064] 关于血氧的计算,由于不带氧的血红蛋白和带氧的血红蛋白吸收的红光和红外光的比例不同,不带氧的血红蛋白吸收更多的红光,带氧的血红蛋白吸收更多的红外光。随着

带氧血红蛋白和不带氧血红蛋白的比例变化,从而血液对红光吸收量和红外光吸收量的比例R产生变化,根据上述计算R的公式,R也产生变化,所以可以通过R实时计算血氧浓度值。

[0065] 步骤四、更新手机终端软件的主界面,在主界面上显示出当前鼻息处气流的温湿度以及当前心率值和血氧浓度值,并显示根据当前反射红外光数据通过MPAndroidChart绘图库绘制的PPG波形图,如图1所示,横坐标为时间T,纵坐标为心率血氧传感器U1输出的反射红外光数据L1;在手机终端软件的主界面上可通过选择历史采集时间,来查看SQL数据库保存的温湿度数据、反射红光数据和反射红外光数据并导出为CSV文件。对CSV文件中的温湿度数据绘图如图6所示,对CSV文件中的反射红外光数据绘图如图1所示。

[0066] 其中,反射红外光数据经由手机终端软件依次进行波形上下翻转、中值滤波和巴特沃斯低通滤波后得到待寻峰波形,待寻峰波形如图2所示,横坐标为时间T,纵坐标为反射红外光数据经波形上下翻转、中值滤波和巴特沃斯低通滤波后的数据L2;进行巴特沃斯低通滤波的前处理如下:要实现巴特沃斯低通滤波器,先设定采样率 F_s 和截止频率 F_c ,本实施例采样率为 $F_s=100\text{Hz}$,关于截止频率,由于220BPM是极为危险的高心率,睡眠时的心率很难达到这个值,故截止频率取 $220/60=3.66\text{Hz}$ 。通过采样率 F_s 和截止频率 F_c 便可以实现对中值滤波后波形的巴特沃斯低通滤波,去除中值滤波后波形的毛刺。

[0067] 如图3(a)、3(b)和3(c)所示,横坐标为时间T,纵坐标为反射红外光数据经波形上下翻转、中值滤波和巴特沃斯低通滤波后的数据L2,寻峰计算出心率值的过程如下:在完成巴特沃斯低通滤波后,使用一个宽度随波峰间隔动态变化的窗,该窗每次向右移动一个采样点,在移动之前,会先找出窗内波形的波峰处,判断当前波峰处是否在窗的正中心,若是则记录当前波峰对应的数据点,否则该窗继续向右移动。窗的宽度在每次寻峰后变化为该波峰与前一波峰之间宽度的1/2;在4s内找寻的所有波峰中,计算每相邻两个波峰之间的宽度,宽度单位为采样点个数,然后求这些宽度的均值a;最后,计算心率值H:

[0068] $H=60/(a/F_s)$

[0069] 如图9所示,本发明一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测装置,包括蓝牙模块1、温湿度检测模块2、心率血氧检测模块3、电源模块4和程序下载接口P1;心率血氧检测模块3放置在柔性电路板的背面用于与皮肤直接接触,温湿度检测模块2放置在柔性电路板的正面与呼吸气流相接触,保证温湿度检测的准确性;电源模块4为蓝牙模块1、温湿度检测模块2、心率血氧检测模块3和程序下载接口P1供电;程序下载接口P1接蓝牙模块1,为蓝牙模块1烧写程序。温湿度检测模块2将检测到的鼻息处气流温湿度数据经蓝牙模块1传给手机终端软件;心率血氧检测模块3同时将入射红光和入射红外光发射到鼻翼下方的皮肤处,并接收经人体反射的反射红光和反射红外光,然后将反射红光和反射红外光数据经蓝牙模块1传给手机终端软件。

[0070] 如图10所示,蓝牙模块1包括中央处理器M1、第七电容C7和第八电容C8;中央处理器M1采用无锡谷雨电子有限公司的型号为CC26XXMOD芯片;CC26XXMOD芯片内含型号为CC2640R2F的RSM封装芯片和带有陶瓷天线的射频电路;CC2640R2F器件含有一个32位ARM Cortex-M3内核(与主处理器工作频率同为48MHz),并且具有丰富的外设功能集,其中包括一个独特的超低功耗传感器控制器;CC2640R2F器件具有极低的有源RF和MCU电流以及低功耗模式,可确保卓越的电池使用寿命,适合小型纽扣电池和锂电池供电。第七电容C7的一端接中央处理器M1的VCC引脚、第八电容C8的一端和第八电阻R8的一端;中央处理器M1的GND

引脚、第七电容C7的另一端和第八电容C8的另一端均接地；第八电阻R8的另一端接开关S1的一端；开关S1的另一端接中央处理器M1的nRESET引脚；中央处理器M1的VCC引脚接电源模块提供的3.3V电源；中央处理器M1的DIO1引脚接程序下载接口P1的TX_X引脚，DIO2引脚接程序下载接口P1的RX_X引脚，TMS引脚接程序下载接口P1的TMS引脚，TCK引脚接程序下载接口P1的TCK引脚，DIO3引脚接程序下载接口P1的TD0引脚，DIO4引脚接程序下载接口P1的TDI引脚；程序下载接口P1的VCC引脚接电源模块4提供的3.3V电源；程序下载接口P1的GND引脚接地，NC引脚和nRST引脚均悬空；中央处理器M1的其余引脚均悬空。中央处理器M1接收波形的采样频率为100Hz，并且采用差分传输的方式传输数据，即中央处理器M1发送一次数据，实际上发送了若干个采样点，第一个采样点为原始数据，随后的采样点数据为实际数据与第一个采样点之间的差值，在数据量相同时，相比没有采用差分传输的方式能够发送更多的采样点。

[0071] 如图11所示，温湿度检测模块2包括温湿度传感器U4、第一电阻R1、第三电阻R3和第六电容C6；温湿度传感器采用Sensirion(瑞士盛思锐)的SHT20；SHT20通过I2C协议方式与中央处理器M1相连；SHT20可满足多种条件应用，SHT20温湿度传感器将敏感元件、标定存储器 and 数字接口集成在3×3mm的衬底上，还提供电子的识别跟踪信息；除敏感元件部分，传感器外表采用包覆成型，可以减少传感器受外界因素如老化、震动、挥发性化学气体的影响，保证其具有良好的稳定性。温湿度传感器U4的SDA引脚接中央处理器M1的SDA引脚和第一电阻R1的一端；温湿度传感器U4的SCL引脚接中央处理器M1的SCL引脚和第三电阻R3的一端；温湿度传感器U4的VSS引脚接第六电容C6的一端并接地；第六电容C6的另一端、第一电阻R1的另一端、第三电阻R3的另一端以及温湿度传感器U4的VDD引脚均接电源模块4提供的3.3V电源；温湿度传感器U4的EXP引脚悬空。

[0072] 如图12所示，心率血氧检测模块3包括心率血氧传感器U1、第五电阻R5、第六电阻R6和第五电容C5；心率血氧传感器U1采用Maxim的MAX30102，MAX30102通过I2C协议方式与中央处理器M1相连；MAX30102是高灵敏度血氧和心率生物传感器，包括内部的LED、光电检测器和光学元件，以及环境光抑制的低噪音电子元器件，包含单个1.8V电源以及内部LED电源5.0V，通信通过标准的I2C接口进行，工作温度为-40℃到+85℃，采用5.6mm×3.3mm×1.55mm的14引脚封装。心率血氧传感器U1的SDA引脚接中央处理器M1的SDA引脚和第六电阻R6的一端；心率血氧传感器U1的SCL引脚接中央处理器M1的SCL引脚和第五电阻R5的一端；心率血氧传感器U1的INT引脚接第二电阻R2的一端；心率血氧传感器U1的PGND引脚和GND引脚均接地；心率血氧传感器U1的VDD引脚接电源模块4提供的1.8V电源；心率血氧传感器U1的R_LED+和IR_LED+引脚均接电源模块4提供的3.3V电源；第二电阻R2，第五电阻R5，第六电阻R6的另一端均接电源模块4提供的3.3V电源；第五电容C5的一端接电源模块4提供的3.3V电源，另一端接地；心率血氧传感器U1的其余引脚均悬空。

[0073] 如图13所示，电源模块4采用供电电压VCC不小于3.3V的锂电池供电，包括第一稳压模块、第二稳压模块和电池接口P4；第一稳压模块包括第一稳压芯片U2、第一电容C1、第二电容C2和第四电阻R4；第一稳压芯片U2的型号为SC662K；电池接口P4的一个引脚接锂电池的供电电压VCC，并接第一稳压芯片U2的Vin引脚和第一电容C1的一端；电池接口P4的另一引脚接地；第一稳压芯片U2的GND引脚和第一电容C1的另一端均接地；第一稳压芯片U2的Vout引脚接第二电容C2和第四电阻R4的一端，第二电容C2和第四电阻R4的另一端均接地；

第一稳压芯片U2的Vout引脚输出3.3V电压给蓝牙模块1、温湿度检测模块2和心率血氧检测模块3供电；第二稳压模块包括第二稳压芯片U3、第三电容C3、第四电容C4和第七电阻R7；第二稳压芯片U3的型号为KIA6206；第二稳压芯片U3的Vin引脚接第一稳压芯片U2的Vout引脚和第三电容C3的一端；第二稳压芯片U3的GND引脚和第三电容C3的另一端均接地；第二稳压芯片U3的Vout引脚接第四电容C4和第七电阻R7的一端，第四电容C4和第七电阻R7的另一端均接地；第二稳压芯片U3的Vout引脚输出1.8V电压给心率血氧检测模块3供电。

[0074] 手机终端软件的功能包括连接可穿戴设备功能、实时显示存储波形功能、历史记录查看功能和历史数据导出功能。

[0075] 手机与蓝牙模块1通过蓝牙5.0协议连接，方法是通过搜寻蓝牙模块1特有的广播标识名称完成一键式连接并开始监测任务。

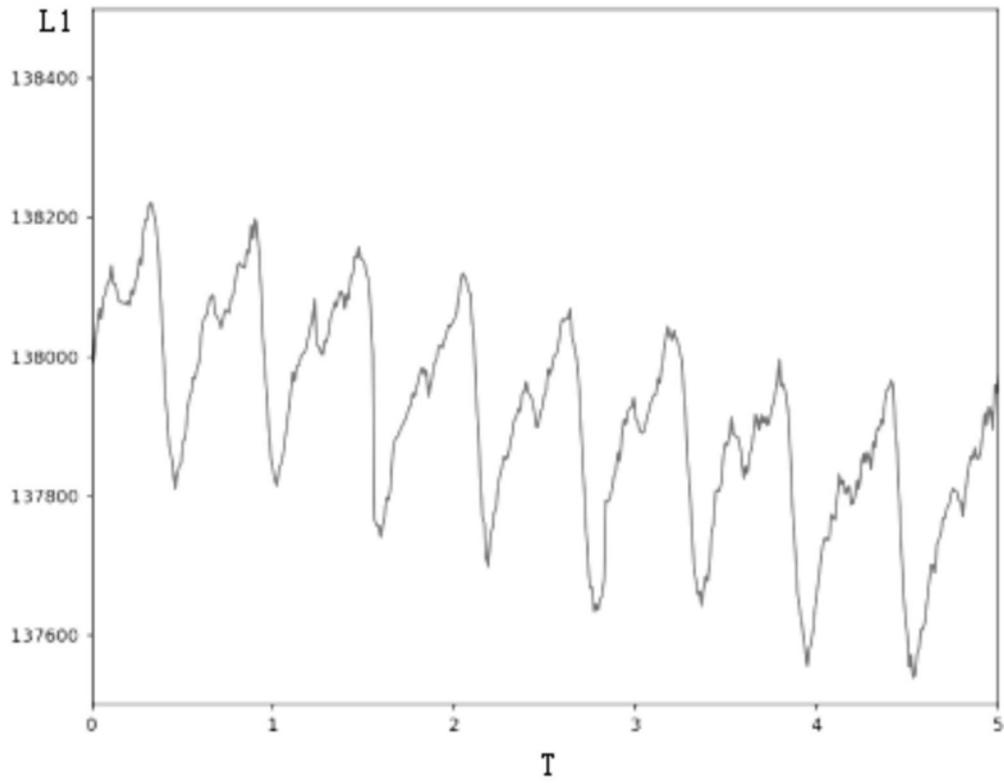


图1

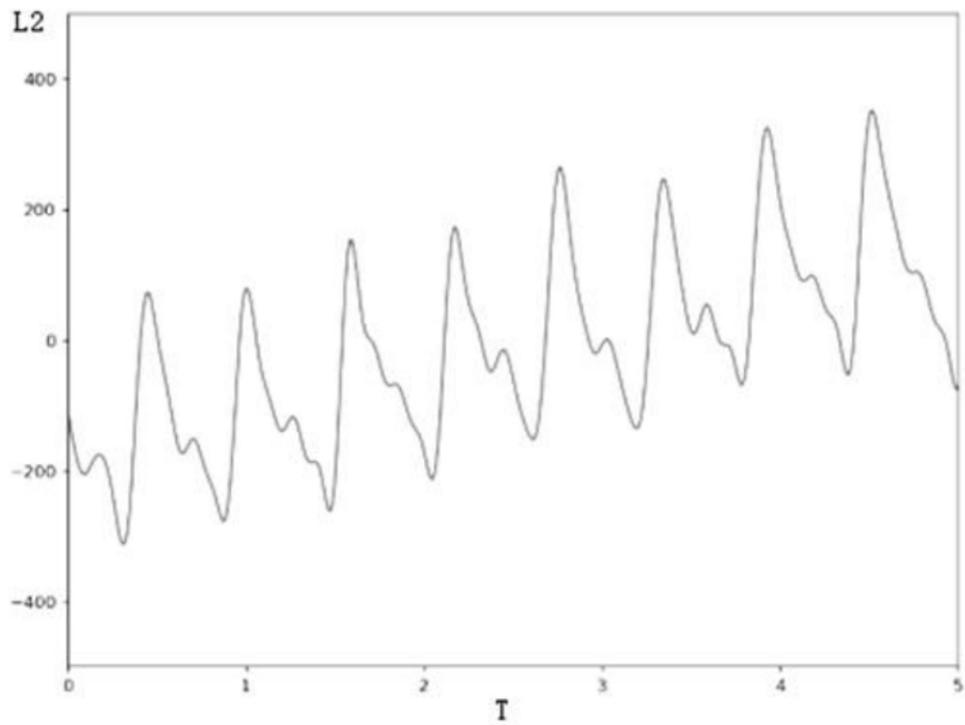


图2

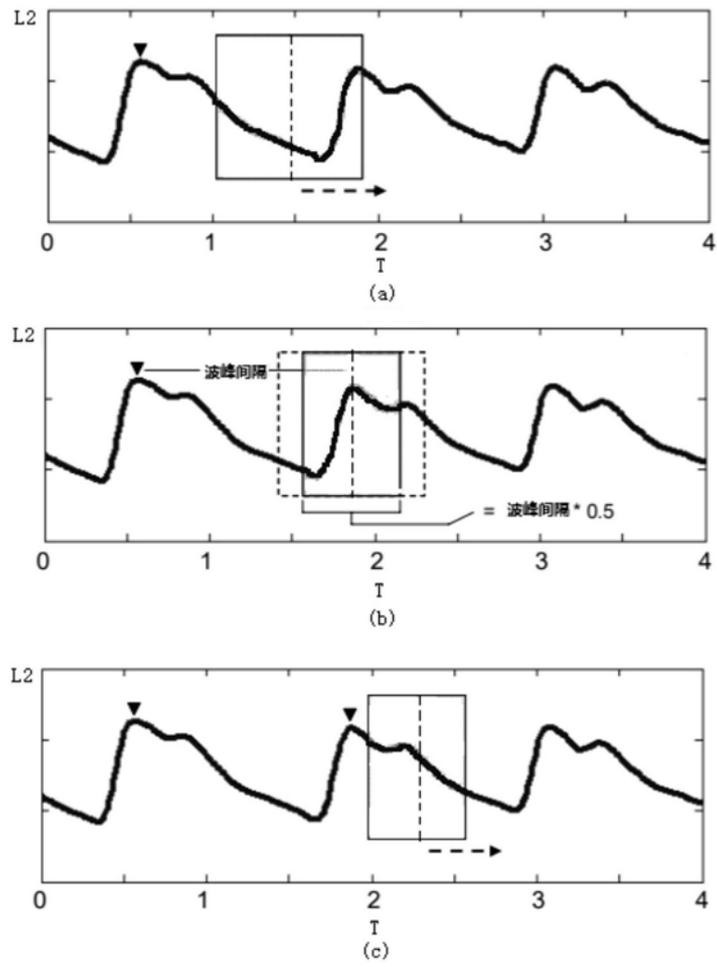


图3

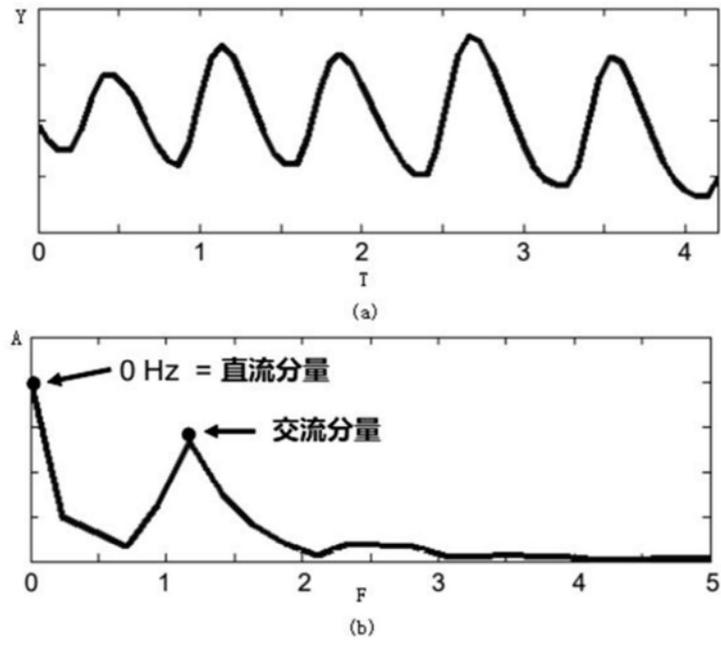


图4

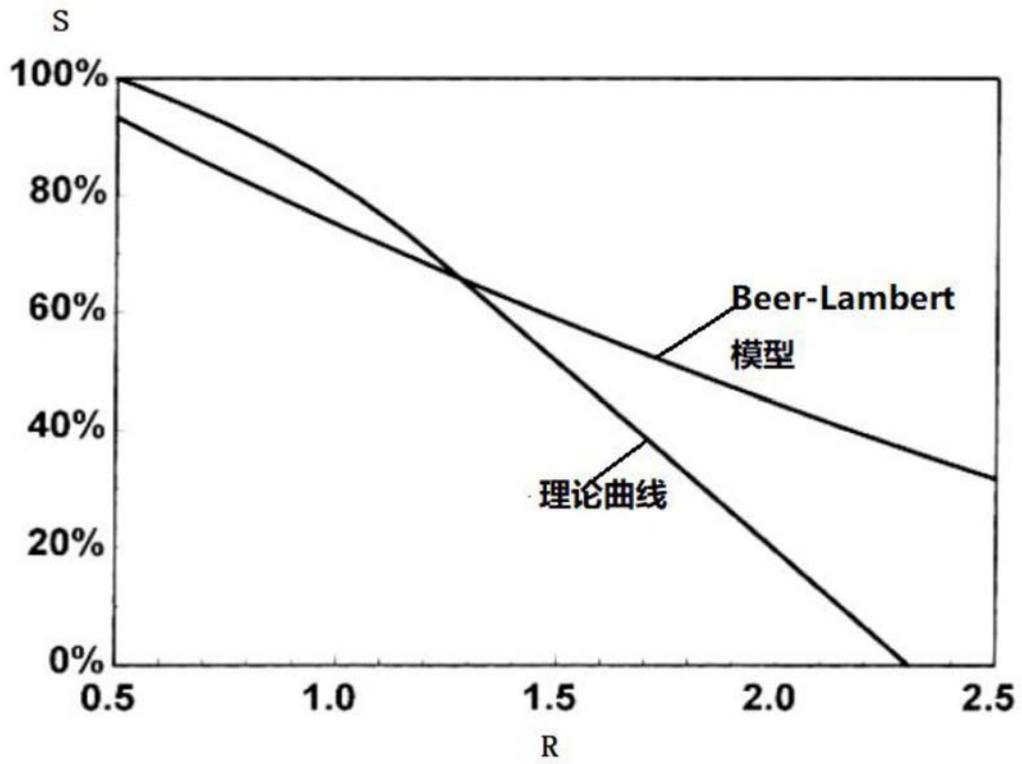


图5

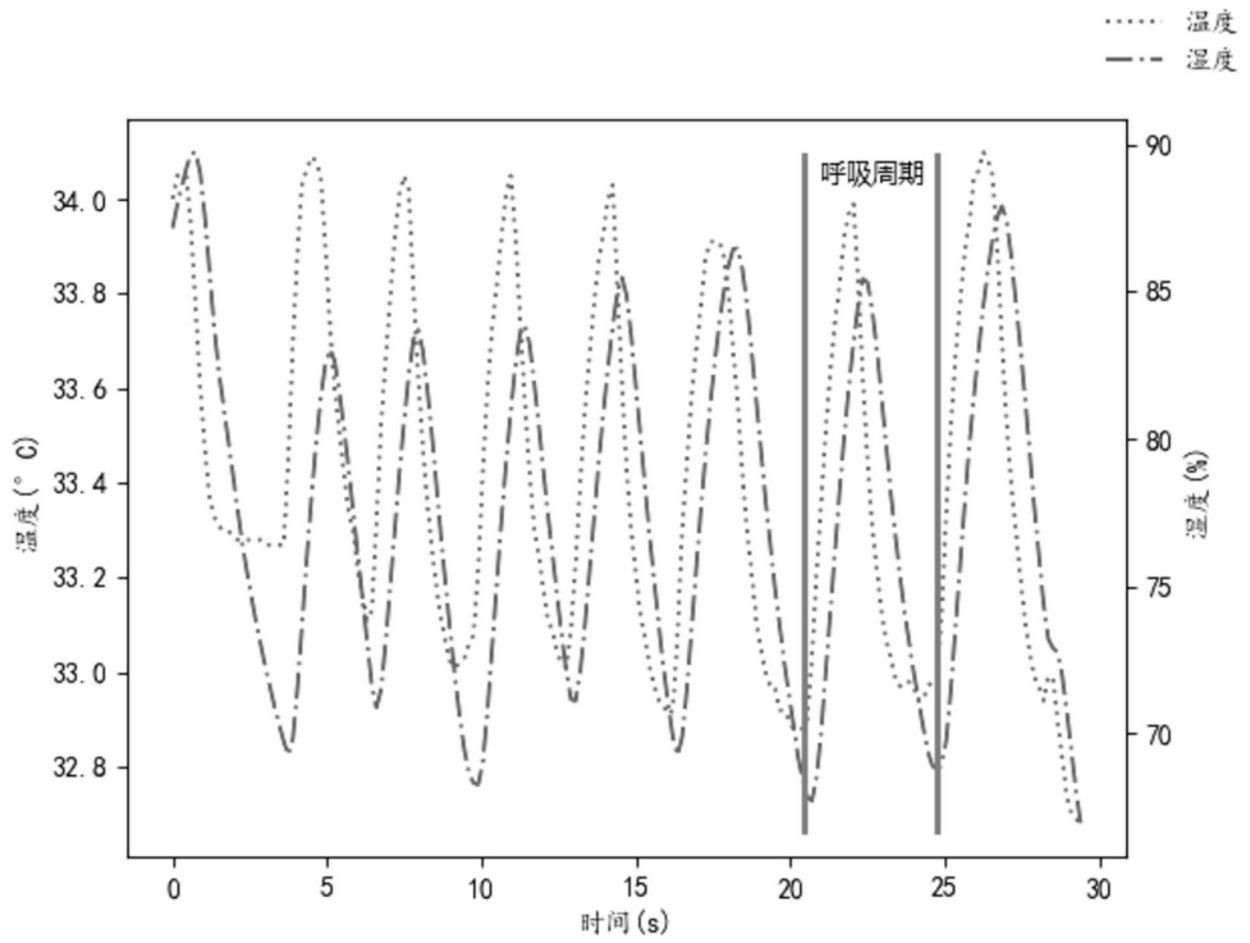


图6

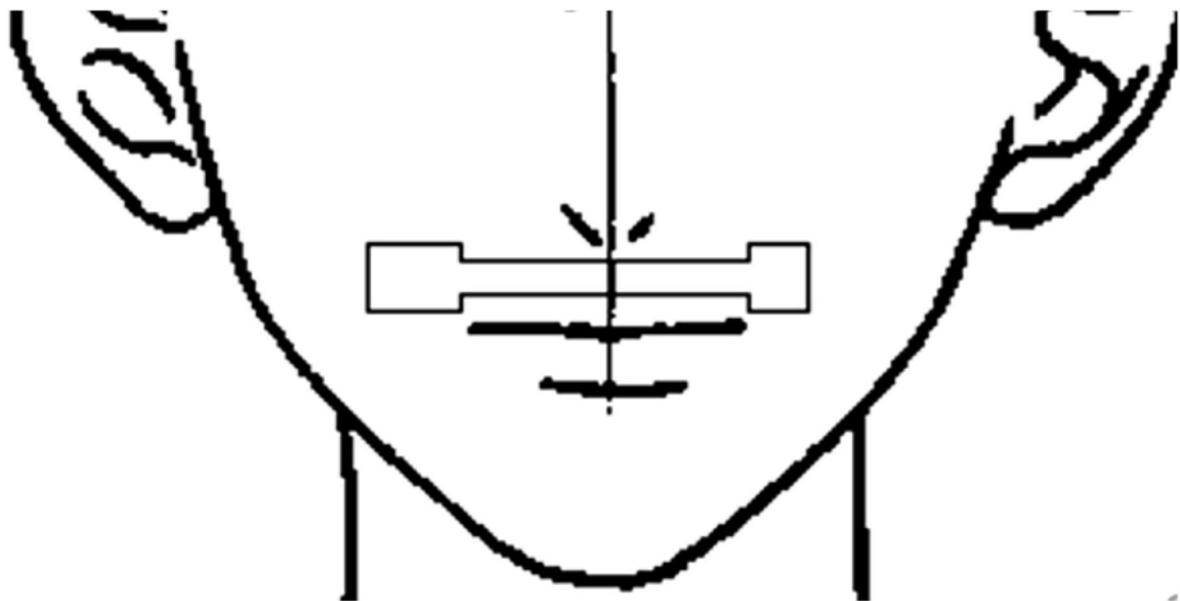


图7

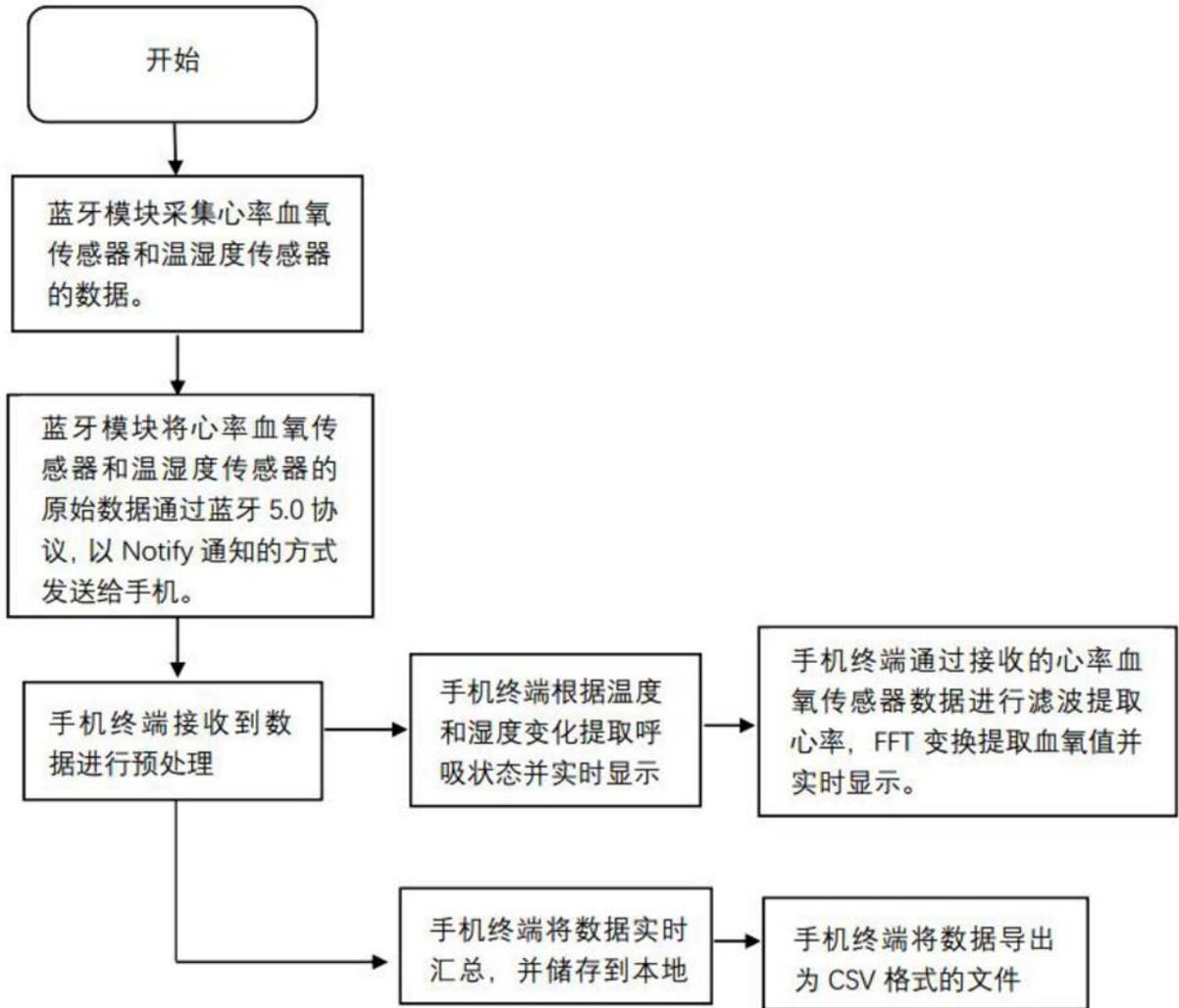


图8

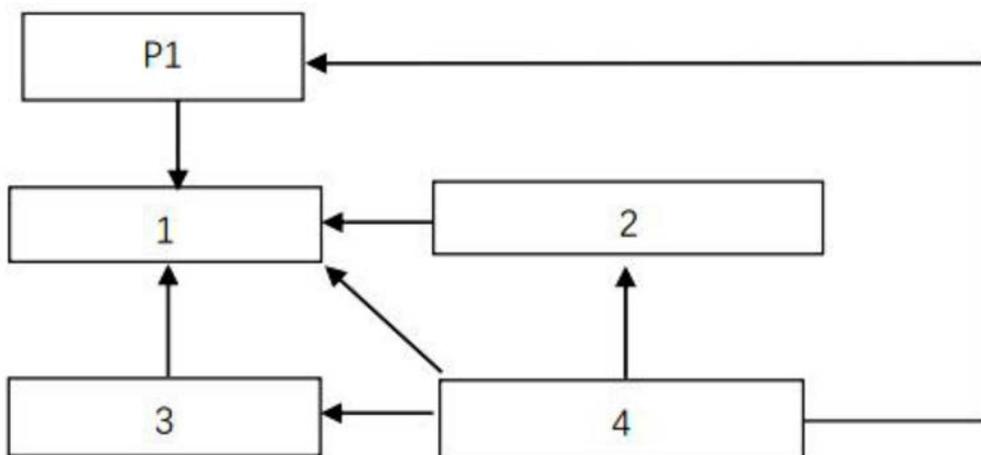


图9

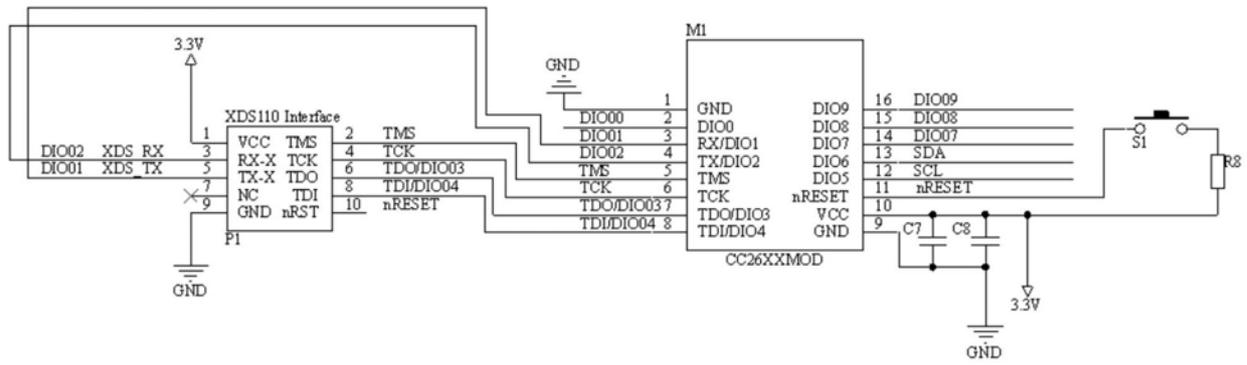


图10

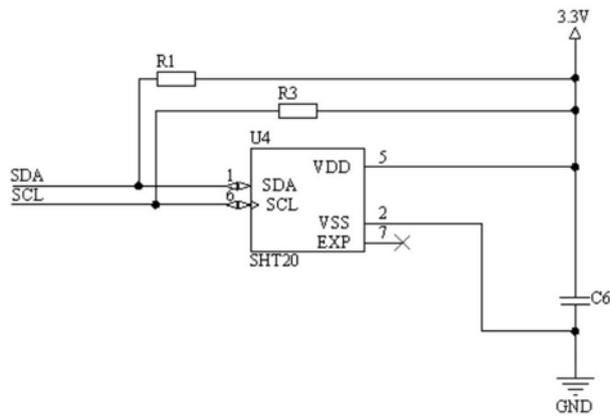


图11

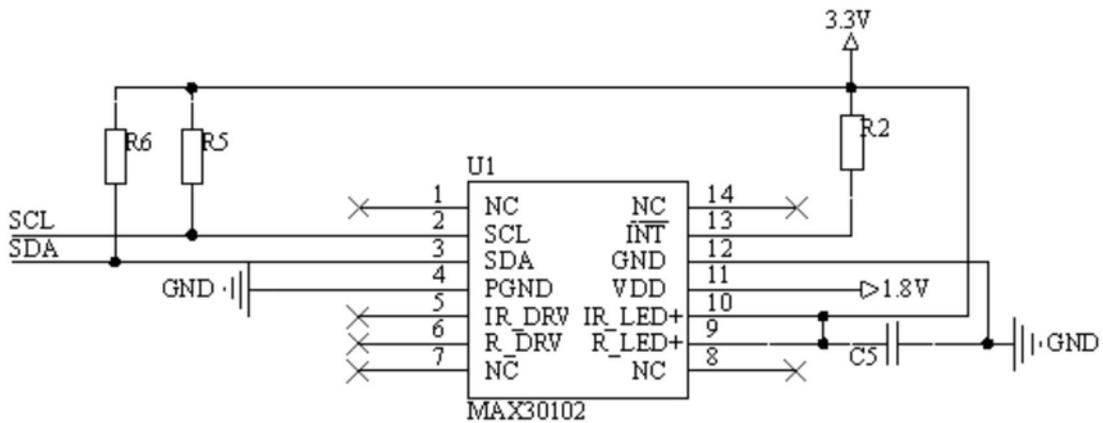


图12

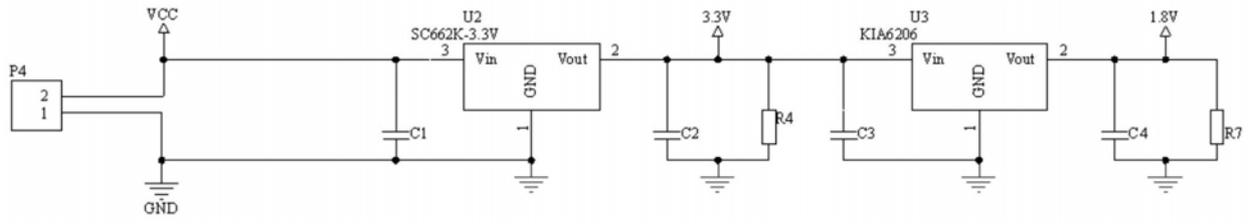


图13

专利名称(译)	一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法及装置		
公开(公告)号	CN110236503A	公开(公告)日	2019-09-17
申请号	CN201910530955.0	申请日	2019-06-19
[标]申请(专利权)人(译)	杭州电子科技大学		
申请(专利权)人(译)	杭州电子科技大学		
当前申请(专利权)人(译)	杭州电子科技大学		
[标]发明人	轩伟鹏 胡志伟 陈金凯 骆季奎 董树荣		
发明人	轩伟鹏 胡志伟 陈金凯 骆季奎 董树荣		
IPC分类号	A61B5/0205 A61B5/00 G16H80/00 G16H40/63 A61B5/1455		
CPC分类号	A61B5/002 A61B5/0205 A61B5/024 A61B5/14551 A61B5/4088 A61B5/4818 A61B5/6802 G16H40/63 G16H80/00		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种柔性可穿戴睡眠生理参数检测方法及装置。现有睡眠呼吸检测没有结合心率和血氧。本发明包括支持蓝牙5.0的心率血氧检测模块和温湿度检测模块，并具有配套的手机终端软件接收温湿度、反射红光和反射红外光数据，检测呼吸情况，并将反射红外光数据进行滤波和寻峰计算出心率值，同时分别对反射红外光数据和反射红光数据进行FFT变换，结合Beer-Lambert Model模型得出血氧浓度值；本发明还支持储存数据，并导出CSV格式文件以供二次研究。本发明集成在一块柔性电路板上，粘贴在鼻子下方的皮肤上，佩戴方便，具有极低的有源RF和MCU电流，功耗低，适合长时间监测。

