



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107928651 A

(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201711325722.4

(22)申请日 2017.12.13

(71)申请人 苏州点惠医疗科技有限公司
地址 215000 江苏省苏州市高新区竹园路
209号2号楼901

(72)发明人 郭希山 徐達達

(51)Int. Cl.
A61B 5/0205(2006.01)
A61B 5/00(2006.01)
A61B 5/11(2006.01)

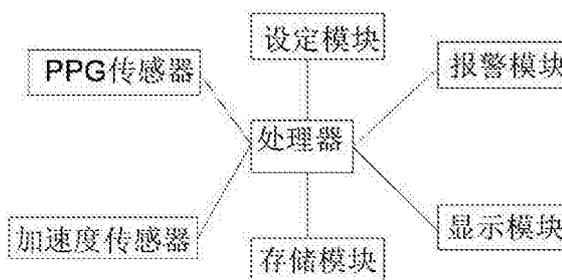
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种可穿戴冠心病检测设备

(57)摘要

本发明公开了一种可穿戴冠心病检测设备。设备包括电源模块,还包括PPG传感器模块,用于采集人体脉搏波信号;加速度传感器,用于采集人体运动信息;处理器,用于接收PPG传感器模块和加速度传感器的信号,并计算出心率、血压、呼吸频率以及心率变异性;显示模块,用于显示参数,方便使用者查看。本发明的设备通过获取脉搏波,计算心率、血压、呼吸频率和心率变异性多个生理参数。心率在静止状态下误差 ≤ 1 BPM,运动状态下误差 ≤ 3 BPM,静止状态下血压误差 $\leq 5\%$,呼吸频率误差 $\leq 5\%$,可随时随地监测用户冠心病情况,适合长期佩戴,实时监测。



1. 一种可穿戴冠心病检测设备,包括电源模块,其特征是,还包括PPG传感器模块,用于采集人体脉搏波信号;
加速度传感器,用于采集人体运动信息;
处理器,用于接收PPG传感器模块和加速度传感器的信号,并计算出心率、血压、呼吸频率以及心率变异性;
显示模块,用于显示参数,方便使用者查看。
2. 根据权利要求1所述的一种可穿戴冠心病检测设备,其特征是,还包括存储模块,用来存储一周的数据。
3. 根据权利要求1所述的一种可穿戴冠心病检测设备,其特征是,还包括设定模块,用来设定参数值,并与报警模块相连。
4. 根据权利要求1所述的一种可穿戴冠心病检测设备,其特征是,所述PPG传感器模块包括PPG传感器、缓冲器、高通滤波电路、增益放大电路和低通滤波电路。
5. 根据权利要求1所述的一种可穿戴冠心病检测设备,其特征是,所述加速度传感器具有13位高分辨率高,测量范围达 $\pm 16\text{ g}$;数字输出数据为16位二进制补码格式,通过I2C方式与处理器相连。
6. 根据权利要求1所述的一种可穿戴冠心病检测设备,其特征是,还包括报警模块,用于向穿戴者发出警报。

一种可穿戴冠心病检测设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种可穿戴冠心病检测设备,属于可穿戴医疗设备技术领域。

背景技术

[0002] 冠心病是一种由冠状动脉器质性狭窄或阻塞引起的心肌缺血缺氧或心肌梗塞的心脏病,表现胸腔中央发生一种压榨性的疼痛,使脉动及心率波动失调。

[0003] 血压的连续测量是预防、诊断、治疗和控制高血压的需要。高血压病是心血管疾病重要的危险因素。但高血压病患者常常直到发生靶器官损伤(Target Organ Damage, TOD)时才有明显临床表现而引起注意。因此早期监测和发现高血压,并在TOD前即开始治疗,具有十分重要的意义。

[0004] 人体心脏由于交感和副交感神经的交互作用,连续心搏间瞬时心率会产生微小涨落,这种现象称之为心率变异性HRV。研究表明,HRV的变化与心血管疾病之间有着紧密的联系,可以用于心血管疾病的早期预警或者辅助心血管疾病患者康复治疗。

发明内容

[0005] 为了克服现有技术的不足,本发明提供了一种可穿戴冠心病检测设备。

[0006] 本发明是通过以下技术方案来实现的:

一种可穿戴冠心病检测设备,包括电源模块,

PPG传感器模块,用于采集人体脉搏波信号;

加速度传感器,用于采集人体运动信息;

处理器,用于接收PPG传感器模块和加速度传感器的信号,并计算出心率、血压、呼吸频率以及心率变异性;

显示模块,用于显示参数,方便使用者查看。

[0007] 所述的一种可穿戴冠心病检测设备,还包括存储模块,用来存储一周的数据。

[0008] 所述的一种可穿戴冠心病检测设备,还包括设定模块,用来设定参数值,并与报警模块相连。

[0009] 所述的一种可穿戴冠心病检测设备,所述PPG传感器模块包括PPG传感器、缓冲器、高通滤波电路、增益放大电路和低通滤波电路。

[0010] 所述的一种可穿戴冠心病检测设备,所述加速度传感器具有13位高分辨率高,测量范围达 $\pm 16\text{ g}$;数字输出数据为16位二进制补码格式,通过I2C方式与处理器相连。

[0011] 所述的一种可穿戴冠心病检测设备,还包括报警模块,用于向穿戴者发出警报。

[0012] 本发明所达到的有益效果:

本发明的设备通过获取脉搏波,计算心率、血压、呼吸频率和心率变异性多个生理参数。心率在静止状态下误差 $\leq 1\text{ BPM}$,运动状态下误差 $\leq 3\text{ BPM}$,静止状态下血压误差 $\leq 5\%$,呼吸频率误差 $\leq 5\%$,可随时随地监测用户冠心病情况,适合长期佩戴,实时监测。

附图说明

[0013] 图1是本发明的结构示意图。

[0014] 图2是PPG传感器模块的示意图。

[0015] 图3是连续脉搏波的波形图。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图对本发明作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0017] 实施例1

一种可穿戴冠心病检测设备,包括电源模块,

PPG传感器模块,用于采集人体脉搏波信号;所述PPG传感器模块包括PPG传感器、缓冲器、高通滤波电路、增益放大电路和低通滤波电路;

缓冲器用于阻抗匹配以及提高负载驱动能力;人体的心率一般在10-300 BPM之间,所以滤波范围设计在0.16 Hz -5 Hz 之间,由于脉搏波信号较为微弱,为了防止在A/D转化时信号丢失,采用增益放大电路对其放大100倍。

[0018] 加速度传感器,用于采集人体运动信息;所述加速度传感器具有13位高分辨率高,测量范围达±16 g;数字输出数据为16位二进制补码格式,通过I2C方式与处理器相连;

处理器,用于接收PPG传感器模块和加速度传感器的信号,并计算出心率、血压、呼吸频率以及心率变异性;采用的是Ti公司生产的MSP430FG4616超低功耗微控制器,在1MHz 频率和2.2V 电压条件下,工作电流为400μA,其内部具有两个16位定时器、一个高性能12位A/D转换器、双通道12位D/A转换器、三个可配置运算放大器、一个通用串行通信接口(USCI)、一个通用同步/异步通信接口(USART)、DMA、80个I/O引脚和一个带稳压充电泵的液晶显示器(LCD)驱动器;

显示模块,用于显示参数,方便使用者查看。

[0019] 还包括存储模块,用来存储一周的数据;采用MC9S12UF32数据存储模块。

[0020] 还包括设定模块,用来设定参数值,并与报警模块相连;

还包括报警模块,用于向穿戴者发出警报。

[0021] 其中,

基于LMS的自适应滤波算法:

其中输入的PPG传感器信号 $y(n)$ 包括无干扰的脉搏波信号 $s(n)$ 与人体运动干扰信号 $n(n)$ 两部分,即:

$$y(n) = s(n) + n(n) \quad (1)$$

其中干扰信号 $n(n)$ 通过加速度信号 $a(n)$ 估计, $a(n)$ 通过FIR滤波器后产生输出信号 $\hat{n}(n)$:

$$\hat{n}(n) = w_0(n)a(n) + w_1a(n-1) + \dots + w_{L-1}a(n-L+1) \quad (2)$$

其中 $w(n)$ 为滤波器权系数, L 为滤波器阶数;

其中,滤波器权重系数 $w(n)$ 可通过迭代方法进行调整,迭代公式如下:

$$W(n+1) = W(n) + \mu e(n) a(n) \quad (3)$$

其中 μ 为权重系数更新步长, $e(n)$ 为误差信号。 $e(n)$ 可根据脉搏波信号的期望信号 $d(n)$ (在本实施例中 $d(n)$ 即为输入的PPG传感器信号 $y(n)$)与 $\hat{n}(n)$ 求出:

$$e(n) = d(n) - \hat{n}(n) \quad (4)$$

上述迭代算法收敛条件为 $e(n)$ 的均方值达到最小。

[0022] 因此根据公式(2)、(3)、(4),当 $e(n)$ 的均方值达到最小时可求出 $\hat{n}(n)$,再根据公式(1)求得 $s(n)$ 的估计 $Y(n)$ 为:

$$Y(n) = y(n) - \hat{n}(n) \quad (5)$$

[0023] 进一步的,从采集到的脉搏波信号中去除因人体运动产生的干扰信号后,可从中提取到连续心率、血压呼吸频率等生理参数,再对上述计算得到的连续心率序列进行时域与频域分析,得到心率变异性指标。

[0024] 血压算法:

如图2所示为连续脉搏波波形图从右往左看,上升支代表收缩过程,下降支代表舒张过程。其中特征点A为重搏波的波峰,特征点B为重搏前波,特征点C为重搏前波的波谷,特征点D为主波高度,特征点F为收缩过程的起始点,特征点E为舒张过程的最低点。特征 h_1 代表重搏波的高度,反映大动脉的弹性和主动脉瓣的功能,当 h_1 的高度降低时,大动脉的弹性降低,主动脉瓣的功能降低;特征 h_2 代表重搏前波高度,其值反映动脉血管的弹性和外周阻力。如果外周阻力增高, h_2 将会相应增高;特征 h_3 代表重搏前波波谷的高度,是主波与重搏前波之间的一个低谷的幅度,其生理意义与 h_2 的生理意义基本一致;特征 h_4 代表主波的高度,其值反映左心室的射血功能和大动脉的弹性,如果左心室的收缩能力强,大动脉的弹性很好,那么 h_1 的值就会越大。特征 t_1 为舒张期时间,为心室的舒张时间;特征 t_2 为收缩期时间,为左心室的快速射血期;特征 S_1 为光电脉搏波舒张区面积,特征 S_2 为光电脉搏波收缩区面积。

[0025] 最终通过相关性分析结果确定选用 t_1 、 $S_1/(S_1+S_2)$ 、 t_2 、 $S_1/(S_1+S_2)$ 作为构建人体血压计算模型的特征,它们与血压之间存在一种线性相关关系,线性方程建立如下:

$$\begin{cases} SP = A_1 \frac{S_2}{S_1 + S_2} + B_1 t_2 + C_1 \\ DP = A_2 \frac{S_1}{S_1 + S_2} + B_2 t_1 + C_2 \end{cases}$$

其中,SP为收缩压,DP为舒张压, A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 、 C_1 、 C_2 为未知参数,通过市售电子血压计做参考,计算得到。

[0026] 呼吸频率算法:

由于呼吸时静脉血回流心脏会引起胸内压的变化,肺内的牵张感受器感受到压力的变化,神经活动就会调节大脑的血管运动中枢,控制着交感神经作用到血管,引起血管的变化,血管变化就会造成通过血管检测到的PPG发生变化,这种变化通过频率调制和幅度调制等方式影响PPG。

[0027] 呼吸信号会通过幅度调制到脉搏波上,即改变PPG信号的幅度,在PPG信号上表现出来的是PPG的包络,以此呼吸信号的相关信息就通过PPG信号反应出来。通过识别出每个脉搏波,然后找到脉搏波的峰值点,进而得到PPG信号的包络,进一步对包络信号进行FFT(快速傅里叶变换),即可计算得到对应的呼吸频率。

[0028] 心率变异性分析:

(1)时域分析指标:

- ①PPT:相邻P波峰值间隔;
- ②MeanPP:一段时间内所有PPT的平均值,即为平均心率;
- ③SDNN:相邻P波峰值间隔标准差;
- ④RMSSD:相邻P波峰值间隔均方差;
- ⑤NN50:相邻P波峰值间隔之差大于50 ms的个数;
- ⑥pNN50:NN50占相邻P波峰值间隔总数的百分数。

[0029] (2)频域分析指标:

- ①ULF:频率在0-0.03 Hz的超低频功率;
- ②VLF:频率在0.03-0.04 Hz的极低频功率VLF;
- ③LF:频率在0.04-0.15 Hz的低频功率LF;
- ④HF:频率在0.15-0.40 Hz的高频功率;
- ⑤LF/HF:低频功率与高频功率的比值。

[0030] 实际应用中SDNN可作为急性心肌梗塞死亡危险的预警指标:高危患者,SDNN小于50ms;中度危险,SDNN小于100ms。

[0031] 实施例2

一种可穿戴冠心病检测设备,包括电源模块,

PPG传感器模块,用于采集人体脉搏波信号;所述PPG传感器模块包括PPG传感器、缓冲器、高通滤波电路、增益放大电路和低通滤波电路;

缓冲器用于阻抗匹配以及提高负载驱动能力;人体的心率一般在10-300 BPM之间,所以滤波范围设计在0.16 Hz -5 Hz 之间,由于脉搏波信号较为微弱,为了防止在A/D转化时信号丢失,采用增益放大电路对其放大100倍。

[0032] 加速度传感器,用于采集人体运动信息;所述加速度传感器具有13位高分辨率高,测量范围达 ± 16 g;数字输出数据为16位二进制补码格式,通过I2C方式与处理器相连;

处理器,用于接收PPG传感器模块和加速度传感器的信号,并计算出心率、血压、呼吸频率以及心率变异性;采用的是Ti公司生产的MSP430FG4616超低功耗微控制器,在1MHz 频率和2.2V 电压条件下,工作电流为400 μ A,其内部具有两个16位定时器、一个高性能12位A/D转换器、双通道12位D/A转换器、三个可配置运算放大器、一个通用串行通信接口(USCI)、一个通用同步/异步通信接口(USART)、DMA、80个I/O引脚和一个带稳压充电泵的液晶显示器(LCD)驱动器;

显示模块,用于显示参数,方便使用者查看。

[0033] 本实施例中,可穿戴设备为手环,在使用时,使用者佩戴在手上,通过电源模块供电,保证各个模块的工作,处理器收集PPG传感器模块和加速度传感器模块的信号,并计算出心率、血压、呼吸频率以及心率变异性,提供给显示模块,提供使用者查看。

[0034] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变形,这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

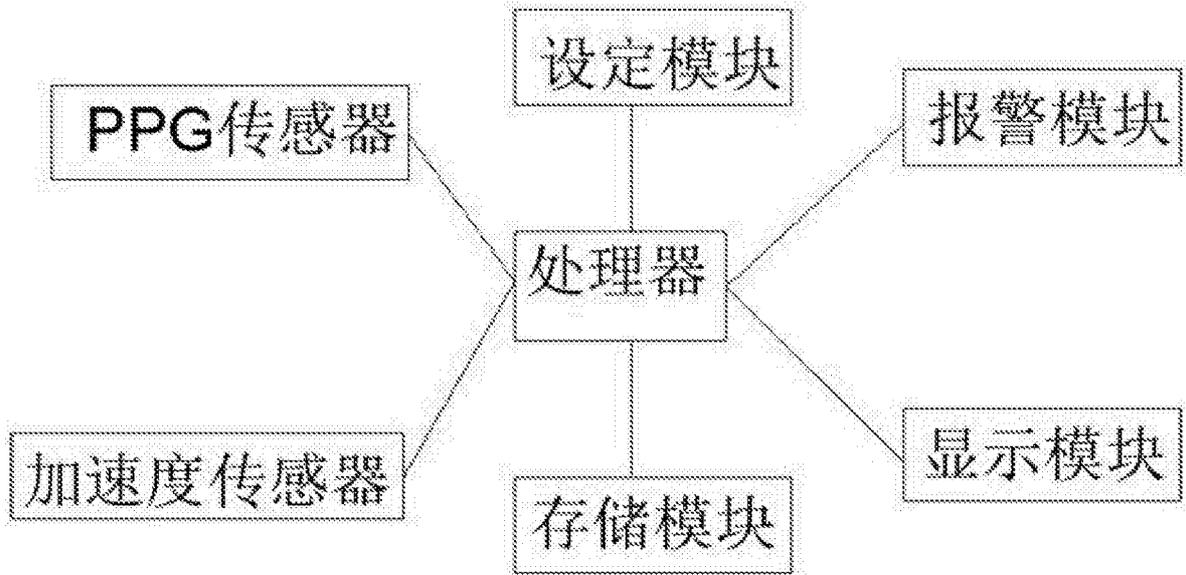


图1

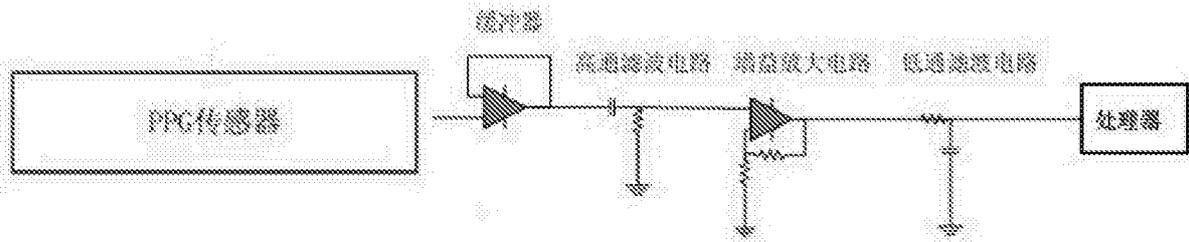


图2

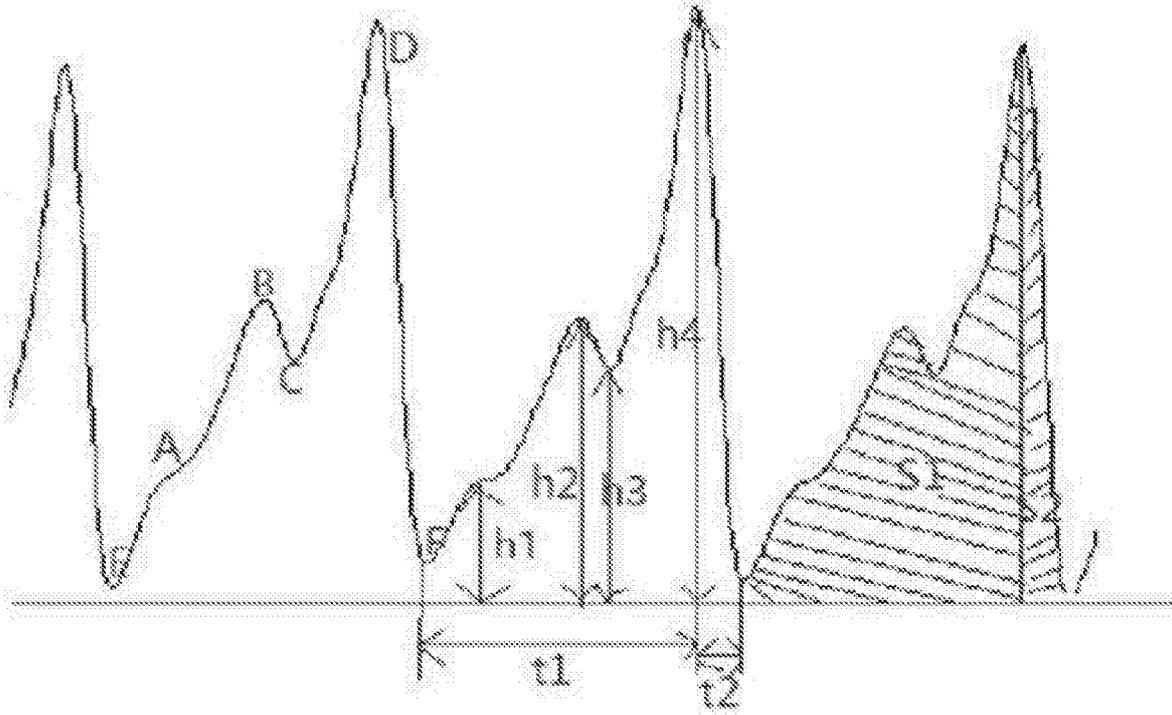


图3

专利名称(译)	一种可穿戴冠心病检测设备		
公开(公告)号	CN107928651A	公开(公告)日	2018-04-20
申请号	CN2017111325722.4	申请日	2017-12-13
[标]发明人	郭希山 徐達達		
发明人	郭希山 徐達達		
IPC分类号	A61B5/0205 A61B5/00 A61B5/11		
CPC分类号	A61B5/0205 A61B5/021 A61B5/02405 A61B5/02438 A61B5/0816 A61B5/1118 A61B5/681 A61B5/7235 A61B5/746		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种可穿戴冠心病检测设备。设备包括电源模块，还包括PPG传感器模块，用于采集人体脉搏波信号；加速度传感器，用于采集人体运动信息；处理器，用于接收PPG传感器模块和加速度传感器的信号，并计算出心率、血压、呼吸频率以及心率变异性；显示模块，用于显示参数，方便使用者查看。本发明的设备通过获取脉搏波，计算心率、血压、呼吸频率和心率变异性多个生理参数。心率在静止状态下误差 ≤ 1 BPM，运动状态下误差 ≤ 3 BPM，静止状态下血压误差 $\leq 5\%$ ，呼吸频率误差 $\leq 5\%$ ，可随时随地监测用户冠心病情况，适合长期佩戴，实时监测。

