

Wearable Remote Maternal and Infant Intelligent Monitoring System Based on Internet of Things

Jiang Wu Feng Qin Yu Li Mingming Pan Yuan Wang

Department of Biomedical Engineering, School of Electronic Information Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

For special people like infant, they cannot express their physical health. Therefore, the paper designs a wearable maternal and infant intelligent monitoring system that can continuously monitor the infant heart rate and blood oxygen saturation, and can display the heart rate and blood oxygen on a smartphone via Bluetooth transmission. The system uses the MAX30102 integrated sensor to realize the pre-processing of pulse signal acquisition, filtering, amplification, A/D conversion, and calculates the heart rate and blood oxygen saturation through the single-chip STM32F103C8T6, and then realizes the front-end through serial communication with the JDY-18 Bluetooth 4.2 module the wireless communication between the module and the smart phone, and finally the heart rate and blood oxygen saturation display software is designed based on the Android phone.

Keywords

heart rate; blood oxygen saturation; bluetooth; wireless communication

基于物联网的可穿戴式远程母婴智能监护系统

吴江 秦凤 李昱 潘明明 王愿

西安工业大学电子信息工程学院生物医学工程系, 中国·陕西 西安 710000

摘要

针对婴儿这一类特殊的人群, 他们无法表达自己身体的健康状况。因此, 论文设计一套可以持续监测婴儿心率和血氧饱和度, 并且可以通过蓝牙传输在智能手机上显示心率和血氧的可穿戴式母婴智能监护系统。该系统采用 MAX30102 集成传感器实现脉搏信号的采集、滤波、放大、A/D 转换等前期处理, 通过单片机 STM32F103C8T6 计算出心率值和血氧饱和度, 然后通过串口通讯与 JDY-18 蓝牙 4.2 模块实现前端模块和智能手机的无线通信, 最后基于安卓手机设计心率和血氧饱和度的显示软件。

关键词

心率; 血氧饱和度; 蓝牙; 无线通讯

1 引言

随着生活节奏加快, 以及生活质量提高的今天, 健康问题越来越为人们所关注。现如今, 医院的大型医疗设备显然无法满足日常的体征监测, 通过监护仪对母婴的健康进行监护是保证母婴身体健康状况的有效手段之一, 可以及时发现母婴在健康上可能存在的问题。而心率和血氧饱和度是反映人体生理状态的两个重要参数, 也成为此次可穿戴生理参数监测设备希望反映的两个重要指标。通过对该系统的设计, 在一定的程度上可以对孕妇和婴儿起到保护作用^[1-2]。

【基金项目】基于物联网的可穿戴式远程母婴智能监护系统 (项目编号: X201910702143)。

2 可穿戴式母婴智能监护硬件系统设计

系统整体硬件设计总体结构图如图 1 所示。

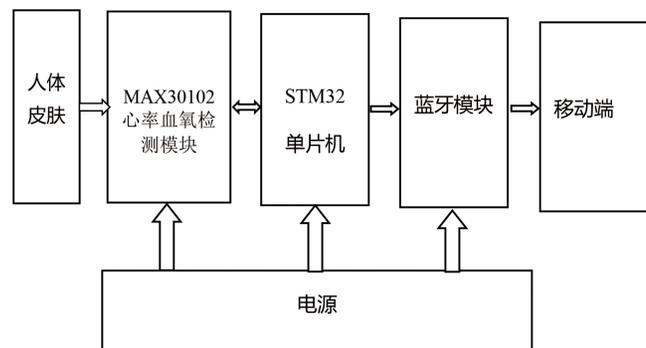


图 1 系统总体结构设计图

2.1 单片机控制模块

本系统采用 STM32F103 作为系统的核心 MCU，它是 STM32f101 的增强型单片机，在 32 位的 MCU 中性能最强。具有出众的控制和通讯，非常适合低电压 / 低功耗的应用场合。

另外，STM32103 基于专为要求高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用专门设计的 ARM Cortex-M3 内核。时钟频率达到 72MHz；内置 32K 到 128K 的闪存，功耗为 36mA，具有多接口、实时功能、数字信号处理，和低电压操作等优点。

2.2 心率血氧采集模块

MAX30102 是一个集成的脉搏血氧仪和心率监测仪生物传感器的模块。它集成了一个红光 LED 和一个红外光 LED、光电检测器、光器件以及带环境光抑制的低噪声电子电路。其原理图如图 2 所示。

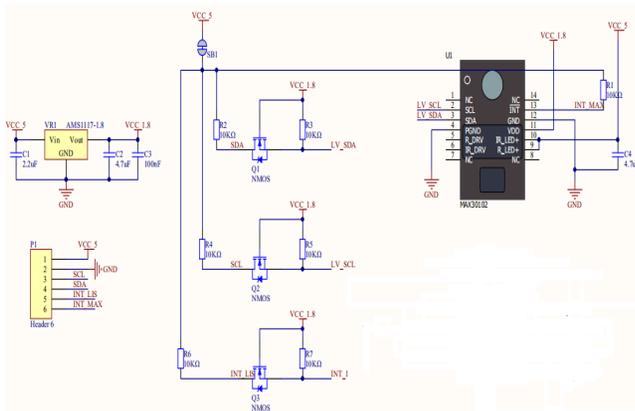


图 2 MAX30102 模块原理图

MAX30102 采用一个 1.8V 电源和一个独立用于内部 LED 的 5.0V 电源，应用于可穿戴设备进行心率和血氧采集检测，佩戴于手指、耳垂和手腕等处。该模块可以通过标准的 I2C 兼容通信接口可以将采集到的数值传输给 STM32 单片机进行后续的心率和血氧计算。

2.3 OLED 液晶显示模块

采用带字库的 12864 黄蓝屏幕做为显示屏，分辨率为 128*64 点的 OLED 显示屏，显示屏为 0.97 英寸。由于 STM32 本身有较大的 Flash 和 RAM，不需要外置字库的支持。因此，本设计采用串行接口驱动 OLED 模块，GPIO 口模拟显示屏接口时序。OLED 显示电路如图 3 所示。

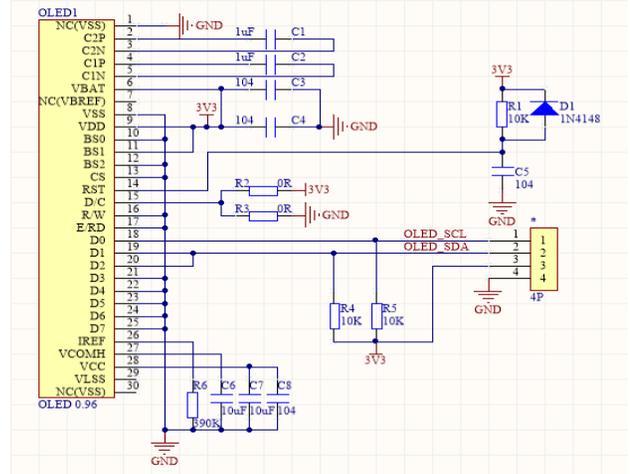


图 3 OLED 显示电路电路图

2.4 蓝牙数据传输模块

蓝牙数据传输模块选用了 JDY-18 蓝牙 4.2 模块^[3]。JDY-18 蓝牙模块是基于蓝牙 4.2 协议标准，工作频段为 2.4GHZ 范围，调制方式为 GFSK，最大发射功率为 0db，最大发射距离 60m。该模块具有支持用户通过 AT 命令修改设备名、服务 UUID、发射功率、配对密码等指令，方便快捷使用灵活等优点。

3 可穿戴式母婴智能监护软件系统设计

软件功能主要为：数据采集、心率和血氧饱和度计算、刷新显示内容等。这三个过程在时间上是连续的，所以软件设计较为简单，在主循环中按照顺序重复以上三个模块即可。整个系统的流程图如图 4 所示。

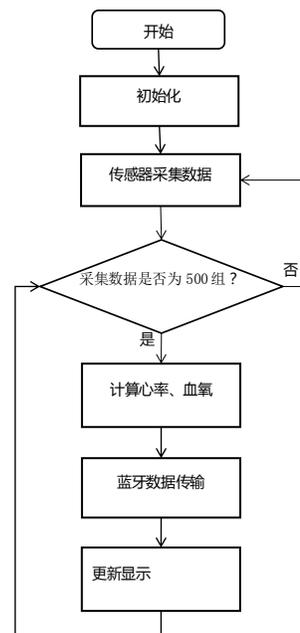


图 4 可穿戴式母婴智能监护软件设计流程图

心率即心脏在每 min 搏动的次数，用来表示人的心脏搏动节奏的快与慢。安静非运动状态下正常人的心跳速度通常为 60 次/min 到 100 次/min，大多数人为 60~80 次/min。通常小孩的心率比大人的要快。论文采用光电容积脉搏波中提取心率，其原理为：当特定波长的光照射到活体组织，由于心脏的舒张与收缩，导致血管中血流量呈现波动性变化，血流量的变化使光在血液中的吸收量也呈现周期性的变化，因此通过传感器采集得到的脉搏信号能反应心脏的搏动情况，因而可以从脉搏信号中提取心率^[4-5]。

血氧饱和度 (SpO₂) 是指氧合血红蛋白含量占血红蛋白总量的百分比^[2-3]。成人的血液中通常含有 4 种类型的血红蛋白，即氧合血红蛋白 (HbO₂)、还原血红蛋白 (Hb)、正铁血红蛋白 (MetHb) 和碳氧血红蛋白 (COHb)。正常情况下，后两种血红蛋白的浓度很低，血氧饱和度的测量只测定氧合血红蛋白和还原血红蛋白，正铁血红蛋白和碳氧血红蛋白不包括在内^[6-7]。因此，血氧饱和度可由如下公式 (1) 表示：

$$SaO_2 = \frac{C_{HbO_2}}{C_{HbO_2} + C_{Hb}} \times 100\% \quad (1)$$

论文对心率以及血氧饱和度程序设计流程图如图 5 所示。

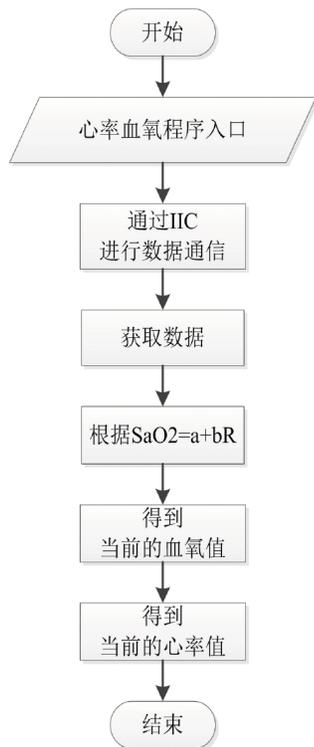


图 5 心率血氧饱和度程序流程图

最后，论文对应用界面的设计图如图 6 所示，图中包括搜索蓝牙设备、显示心率和血氧饱和度等功能。



可穿戴式母婴智能监护系统

设计：秦凤

导师：孟祥艳

图 6 应用软件界面

4 系统的调试结果与分析

4.1 实验与调试

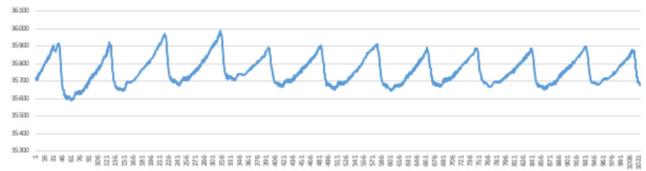


图 7 脉搏信号波形图 (50Hz)

如图 7 所示，是脉搏波信号的波形图，图中显示的是 50Hz 的频率下，每采集一次数据集时间 0.02s，共采集 500 次，用时 10s，脉搏每跳动一次对应一个波形的峰值，上图共有 12 处峰值。通过计算：

$$(12/10) * 60 = 72 \quad (2)$$

由式 (2) 计算可知心率为 72 次/min。

4.2 数据分析

本次课题选用华为荣耀智能手环进行心率血氧检测对比。选择 8 名测试者进行实验，每名测试者在静止的状态下测试 5 次，每次测试间隔 5min。本系统的测试位置为测试者的左手食指，智能手环测试的位置为测试者的右手腕处。如表 1、表 2 所示，表 1 是本系统的测试结果，表 2 为智能手环的测试结果。

表 1 本系统的测试结果

测试者	心率值 (次/min)					血氧值 /%				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
测试者 1	77	78	75	77	82	99	99	98	99	99
测试者 2	67	72	73	68	72	99	99	99	99	98
测试者 3	69	66	68	67	66	98	99	98	98	98
测试者 4	74	78	75	73	74	99	98	99	99	99
测试者 5	80	84	79	83	83	99	98	99	98	97

表 2 智能手环的测试结果

测试者	心率值 (次 /min)					血氧值 /%				
	76	77	73	78	80	99	99	99	98	99
测试者 1	76	77	73	78	80	99	99	99	98	99
测试者 2	68	70	72	66	74	99	99	98	98	98
测试者 3	68	69	71	70	67	98	98	98	98	98
测试者 4	75	77	76	72	74	99	99	98	98	99
测试者 5	81	80	79	81	83	98	97	98	98	98

通过对比表 1 和表 2 可算出 5 次心率测量的平均误差最大为 2.2 次 /min, 5 次血氧测量平均误差最大为 0.8%。

因此, 误差分析包括以下内容:

(1) 对于心率测量实验的结果, 因为同一个人在不同的时间心率值会有所变化, 而且测量位置不同也会对测量造成影响, 所以心率测量的误差较大。

(2) 对于血氧测量实验的结果, 因为测量者都属于健康人群, 且测量的位置对血氧值的测量基本不会产生影响, 所以血氧测量的误差较小。

4.3 运行结果展示

如图 8、图 9 所示, 图 8 为本设计 OLED 显示屏显示测得的心率和血氧饱和度的两组数值, 心率分别为 69 次 /min 和 74 次 /min, 血氧饱和度均为 98%, 图 9 是通过蓝牙传输到 Android 软件显示图。该软件对本设计测得的心率和血氧饱和度对用户进行一个反馈。结果表明两个测试者的心率值和血氧值都在正常范围之内。

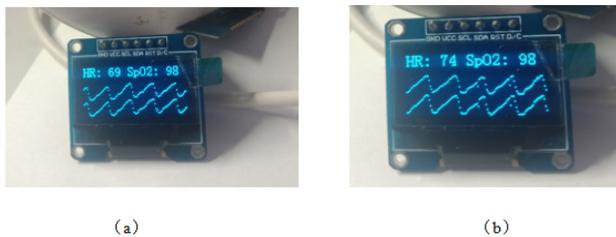


图 8 OLED 显示图



图 9 Android 软件显示图

5 结语

本次课题的目的就是设计一个可穿戴式母婴智能监护系统, 整个系统控制的单片机选用了 STM32 系列的 STM-32F103C8T6 单片机, 系统的心率、血氧传感器模块选用 MAX30102, 数据传输模块选用了 JDY-18 蓝牙 4.2 模块, 显示模块为 OLED 显示屏和 Android 应用软件显示, 可以实现对母婴心率及血氧饱和度的实时监测。

参考文献

- [1] 习海燕, 甘广辉, 张慧连, 等. 一种新型远程母婴智能监护系统的研制 [J]. 中国医疗器械杂志, 2015(02):102-104.
- [2] 李建辉, 刘畅, 王彩申, 等. 基于 WBAN 的多参数健康监护系统研究与设计 [J]. 现代电子技术, 2017(22):149-151.
- [3] 王巧, 牟鑫, 鲁万鹏. 无线网络技术在医院中的应用 [J]. 医疗设备信息, 2006(05):47-49.
- [4] 鲁宏胜, 叶玮琼, 胡越. 脉搏波信号的特征提取方法研究 [J]. 信息通信, 2019(07):3-5.
- [5] 赵志勇, 李涵, 陈东月. 一种基于反射式光电传感器的智能心率腕表 [J]. 无线互联科技, 2014(05):181-182.
- [6] 周聪聪, 涂春龙, 高云, 等. 腕带式低功耗无线心率监测装置的研究 [J]. 浙江大学学报 (工学版), 2015(04):798-805.
- [7] 周洪建. 可穿戴式无创血氧饱和度监测仪的设计 [J]. 中国医疗设备, 2008(01):21-23.