

文章编号: 2095-2163(2019)04-0194-04

中图分类号: TN98

文献标志码: A

婴幼儿体温监测器设计

许俊杰, 林木泉, 李智敏, 张伟杰

(工业自动化控制技术与信息处理福建省高校重点实验室(闽南理工学院), 福建 泉州 362700)

摘要: 该设计使用低功耗蓝牙为通信手段,由臂环和报警器2部分组成。通过体温传感器WD3703和6轴运动处理传感器MPU6050,使用互补滤波算法融合MPU6050内置的陀螺仪和加速度的数据计算出较为准确的倾角数据,使用中位值平均滤波法计算温度数据,从而实现婴幼儿体温和睡眠姿态的实时监测,并存储数据。数据异常时会进行报警提示,有效减轻父母在看护婴幼儿生病发烧时的负担。该设计存储的睡眠姿态数据能及时提供给父母作为参考,以便对婴幼儿的不良睡姿进行调整。

关键词: WD3703; 互补滤波算法; MPU6050; 中位值平均滤波法

Design of infant temperature monitor

XU Junjie, LIN Muquan, LI Zhimin, ZHANG Weijie

(Fujian Key Laboratory of Industrial Automation Control Technology and Information Processing
(Minnan University of Science and Technology), Quanzhou Fujian 362700, China)

[Abstract] The new infant temperature monitor connects arm ring and alert by Bluetooth costing low power. Temperature sensor WD3703 and six-axis motion processing sensor MP6050 collect real-time temperature and motion data, accordingly. Complementary filtering algorithm calculates inclination from motion data of gyroscope and accelerometer. Method of median filtering is used to calculate temperature. Infant temperature and sleep posture are monitored and stored in real time by the temperature data and inclination data. Alert of abnormal data could save efforts of parents on taking care of ill infants. Stored sleeping postures could be reference for parents to adjust unhealthy postures.

[Key words] WD3703; complementary filtering algorithm; MPU6050; method of median filtering

0 引言

由于当前社会很多年轻父母把更多时间投入工作,婴幼儿生病发烧后,有时工作还不能落下,甚至需要在家加班。这种情况下,照顾起来往往力不从心,倍感疲惫。即使能放下手头的工作,也几乎是整夜无眠,不时测量孩子的体温,这对父母的身心也是一种考验。基于此,本文设计了一种具备实时监测婴幼儿体温的监测器,减轻父母看护过程中的负担。同时该设备具备记录孩子睡眠姿势的功能,因为孩子的体型在发育阶段,70%的时间都是在床上度过^[1],该功能能及时矫正孩子的不良睡姿。

寸的红色数码管显示婴儿当前的体温,同时在液晶显示屏上显示婴幼儿当前的睡眠姿势。可通过报警器的按键查询婴幼儿体温和睡眠姿势的历史记录。系统结构如图1所示。

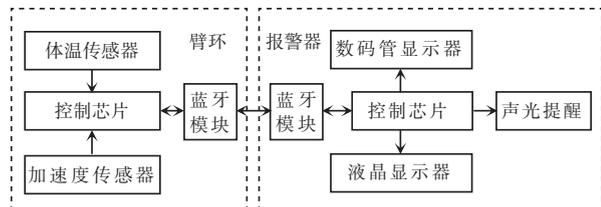


图1 系统结构框图

Fig. 1 System block diagram

1 系统原理

监测器分为2部分:臂环和报警器。臂环戴在婴幼儿手臂上监测体温和睡眠的动作状态,同时将数据通过蓝牙发送到报警器。报警器实时通过大尺

2 监测器硬件设计

2.1 臂环硬件组成

臂环的电源芯片使用TP4058,有600mA的可

基金项目:工业自动化控制技术与信息处理福建省高校重点实验室项目(闽科教[2017]103号);闽南理工学院校级项目(17KJX031)。

作者简介:许俊杰(1992—),女,学士,助教,主要研究方向:自动化控制研究。

通讯作者:许俊杰 Email:3104197242@qq.com

收稿日期:2019-04-12

编程充电电流,为臂环内置的锂电池进行充电管理。锂电池通过 XC6203E332PR 低压差 LDO 稳压器输出 3.3 V 为传感器和控制芯片供电。加速度传感器使用 MPU6050,该芯片内部包括一个 3 轴 MEMS 陀螺仪和 3 轴 MEMS 加速度计^[2]。蓝牙模块使用蜂汇物联科技公司的低功耗 BLE 射频模块,该模块是基于 TI 公司的 CC2541F256 芯片设计而成。体温传

感器使用 WD3703,具有用户可编程的 13 位 (0.031 25 °C)分辨率,通过一根数据线实现 Single-Line 协议完成串行传输数据,与控制芯片的 PA5 引脚连接。控制芯片使用低功耗芯片 STM32L151C8T6,具有 214 uA/mHz 的运行模式和 9uA 低功耗运行模式^[3]。臂环硬件各部分电路详情如图 2 所示。

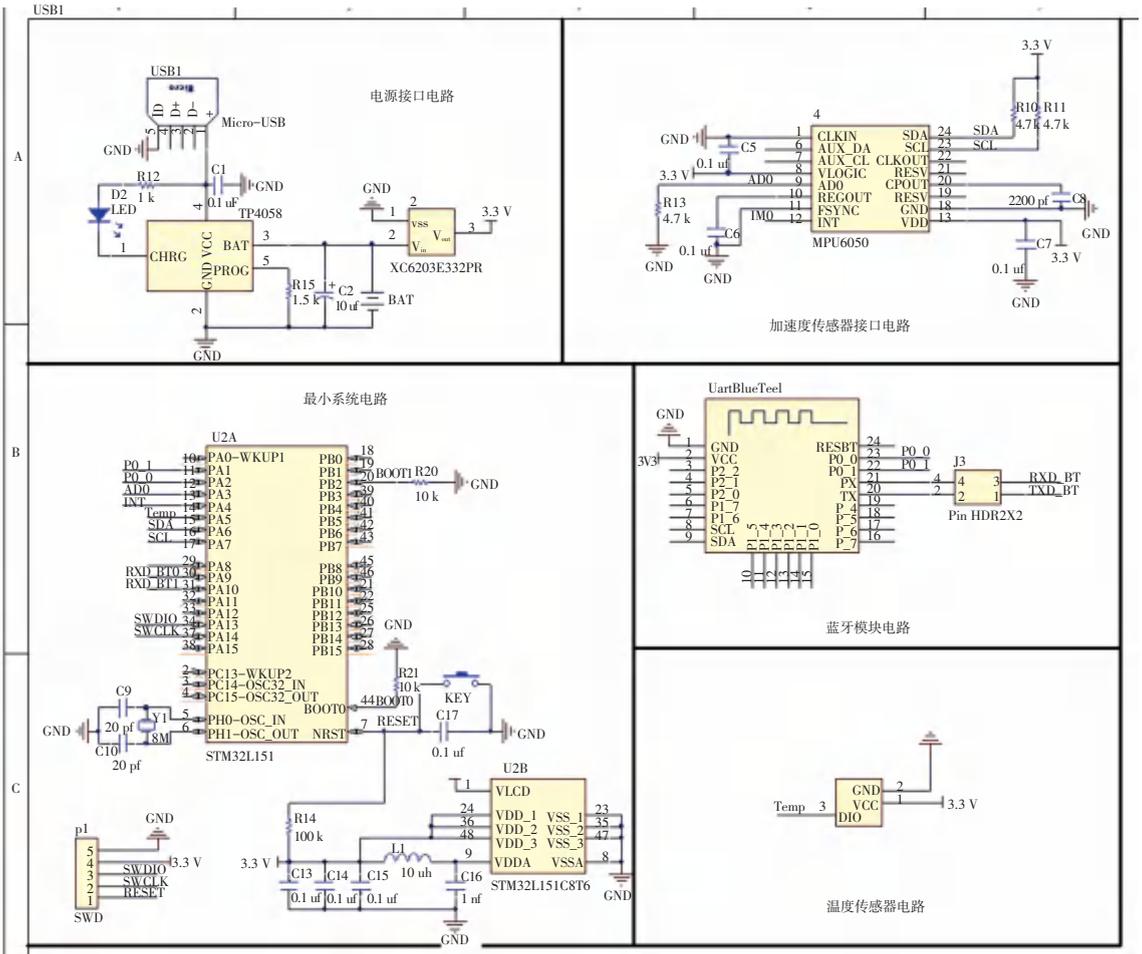


图 2 臂环硬件电路图

Fig. 2 Circuit diagram of armband

2.2 报警器硬件组成

报警器的数码管使用 TM1650 芯片驱动 4 位共阴数码管,报警器使用和臂环同型号的蓝牙模块,通过内存寄存器即可配置主从模式。液晶显示器使用 SPI 通信接口的 1.8 寸 TFT 屏。存储芯片使用 AT24C32,是一个 32K 位串行 CMOS E2PROM,器件通过 IIC 总线接口进行操作,有一个专门的写保护功能^[4],内部存放体温和睡眠姿态数据。一个用户按键,用来切换显示的内容,声光报警电路由一个蜂鸣器和 LED 组成。报警器硬件各部分电路如图 3

所示。

3 监测器软件设计及运行测试

3.1 程序流程图

臂环程序代码分为 2 部分:一是主程序,首先进行传感器初始化后立即进入低功耗状态。另一部分是定时器,MPU6050 传感器和体温传感器数据的采集在定时器 2 中每隔 200 μs 获取一次,获取后立即通过蓝牙模块发送数据。

报警器的程序流程如图 4 所示。

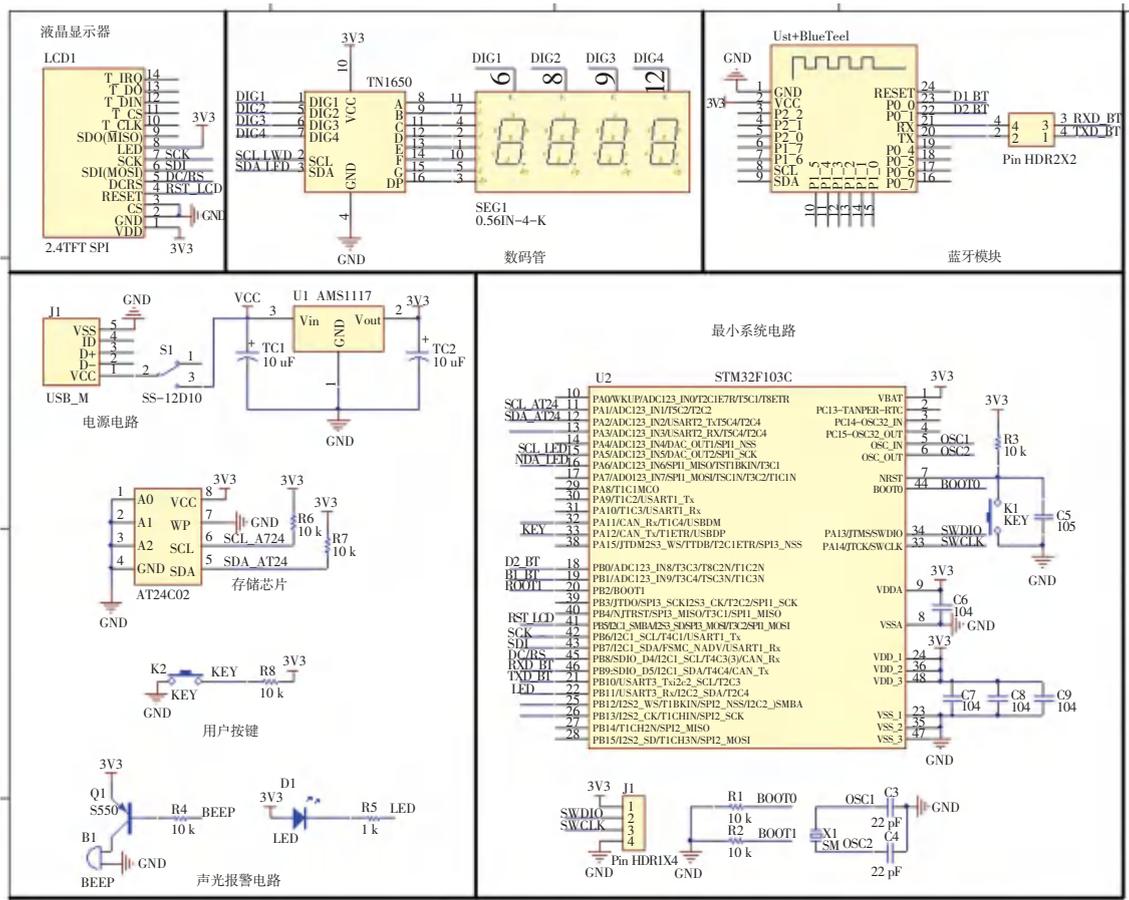


图3 报警器硬件电路图

Fig. 3 Circuit diagram of alarm

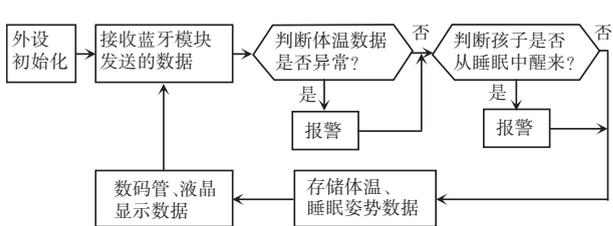


图4 报警器程序流程

Fig. 4 Program flow chart

开机上电后设备先初始化, 然后开始接收臂环通过蓝牙发送过来的数据, 数据通过自定义协议进行数据传输。数据异常时进行声光报警, 同时将体温数据和睡眠姿态通过液晶屏显示出来。体温和睡眠姿态数据通过存储芯片进行长期保存, 通过报警器的按键可随时查询。

在该系统中, 蓝牙模块发送的自定义数据帧包括 7 个字节, 第 1 字节 0xFF, 表示帧头, 第 2 字节表示体温数据的十位, 第 3 字节表示体温数据的小数位, 例如体温数据是 37.5℃, 那么第 2 字节发送的就是 37 的十六进制数 0X25, 第 3 字节是 5 的十六进制数 0X05, 第 4 字节表示睡姿数据, 规定 0X01 是左

侧躺, 0X02 是右侧躺, 0X03 是仰躺, 0X04 是卧躺, 第 5 字节的数据, 0X01 表示从睡眠中醒来, 0X02 表达睡眠状态正常, 第 6 字节、第 7 字节预留, 即目前值都为 0X00, 方便后续功能的增加, 第 8 字节为前面除帧头外的校验和。

3.2 臂环算法设计

臂环主要监测体温和睡眠姿势。体温由接触式传感器 WD3703 通过 Single-Line 协议直接传回, 该系统使用中位值平均滤波法, 即温度数组中去掉最大值和最小值后取平均值。对于偶然出现的脉冲性干扰, 可消除由其所引起的采样值偏差。

睡眠姿势的判断需 2 个参数, 一个是加速度, 一个是倾角。本监测器中, 通过计算倾角可以监测的睡眠姿势有仰躺、卧躺、左侧躺、右侧躺。通过对加速度值的处理可以监测婴幼儿是否从睡眠中醒来。

每隔 20 s 主控芯片采集一次 MPU6050 传感器的加速度数据, 把 3 个轴加速度的绝对值求和放入一维数组, 采集 8 次。当第 1 次采集完 8 个数据之后, 第 9 个数据则替换原来数组中的第 1 个数据, 第

10个数据替换原来的数组中的第2个数据,以此类推,保证数组中保存的都是最新采集的8个数据。判断数组8个元素之和,若大于某个阈值,则说明孩子手臂动作较大,且坚持了较长时间,判定孩子从睡眠中醒来。

对睡眠姿势的判定需要获取倾角数据。对MPU6050传感器而言,加速度计对婴幼儿手臂动作的加速度比较敏感,取瞬时值计算倾角误差比较大,而陀螺仪积分得到的角度不受手臂动作产生的加速度影响。但随着时间的增加,积分漂移和温度漂移带来的误差比较大。通过互补滤波算法可以实现2种传感器的缺点互相弥补,互补滤波就是短时间内采用陀螺仪得到的角度做为最优,定时对加速度采样的角度进行取平均值来校正陀螺仪得到的角度^[5]。长时间用加速度计较为准确,即加速度计滤高频信号,陀螺仪滤低频信号,然后相加得到整个频带的信号,互补滤波需要选择切换的频率点,即高通和低通的频率。算法代码如下所示:

```
float K2 = 0.14;
float x1, x2, y1;
float dt = 20 * 0.001;
float AngleAmend;
void SecondOrderFilter ( float Angle_Acce, float Angle_Gyro)
{
    x1 = (Angle_Acce - AngleAmend) * (1 - K2) * (1 - K2);
    y1 = y1 + x1 * dt;
    x2 = y1 + 2 * (1 - K2) * (Angle_Acce - AngleAmend) + Angle_Gyro;
    AngleAmend = AngleAmend + x2 * dt;
}
```

其中, $K2$ 表示对加速度取值的权重; dt 表示滤波器采样时间; $AngleAmend$ 表示二阶滤波后的角度; $Angle_Acce$ 表示由加速度求出的角度; $Angle_Gyro$ 表示角速度。

3.3 监测器的运行及测试

测试阶段对测试对象进行了4个睡眠姿势的识

别正确率测试。例如测试仰躺时,前一个睡眠姿势随机,即可能是左侧躺转仰躺,也可能是右侧躺或者卧躺转仰躺。每个姿势测试50次。测试结果见表1。

表1 睡眠姿势测试表

Tab. 1 Test table of sleeping positions

测试姿势	前一姿势		
仰躺	左侧躺	右侧躺	卧躺
识别正确次数	45	46	48
左侧躺	仰躺	右侧躺	卧躺
识别正确次数	46	48	48
右侧躺	仰躺	左侧躺	卧躺
识别正确次数	48	50	47
卧躺	仰躺	左侧躺	右侧躺
识别正确次数	50	50	48

从测量结果来看,算法具备较高的准确度,能够满足监测需求。但是仍然存在一定的误差,算法存在改进空间。对比体温计和该监测器测得的数据,误差在 ± 0.2 °C以内。

4 结束语

该监测器能够实时监测婴幼儿的体温,对于异常的体温数据能够及时产生报警信号提醒监护人,同时记录的睡眠姿势便于提醒父母及时调整婴幼儿的不良睡姿。臂环和报警器的连接无需经过复杂的配对,对于老年监护人员使用方式较为友好。但目前该监护器并未实现联网功能,且监测的生理参数不多,未能对心率、血氧进行监测。

参考文献

- [1] 李立早, 胡晓燕, 郑子昊. 一种智能婴儿睡姿调整系统的设计[J]. 信息通信, 2018(9):53-55.
- [2] 徐秀林, 姚晓明, 徐奚娇. MPU6050在评定人体上肢关节角度中的应用[J]. 生物医学工程学进展, 2015, 36(3):137-141.
- [3] 朱武辉, 王放. 基于STM32的无线传感网络车辆检测节点的设计[J]. 计算机光盘软件与应用, 2012(9):166-167.
- [4] 陈博. AT24C系列贴片式EEPROM芯片[J]. 电子世界, 1998(10):35-36.
- [5] 张承岫, 李铁鹰, 王耀力. 基于MPU6050和互补滤波的四旋翼飞控系统设计[J]. 传感技术学报, 2016, 29(7):1011-1015.

(上接第193页)

- [3] 王法胜, 鲁明羽, 赵清杰, 等. 粒子滤波算法[J]. 计算机学报, 2014, 37(8):1679-1694.
- [4] GALOOGAHI H K, FAGG A, LUCEY S. Learning background-aware correlation filters for visual tracking [C]//IEEE

International Conference on Computer Vision. Venice, Italy: IEEE, 2017: 1144-1152.

- [5] 张红颖, 胡文博. 多特征融合的尺度自适应相关滤波跟踪算法[J]. 系统工程与电子技术, 2019, 41(5):951-957.