

# 基于 Android 手机的健康调理手环设计

陈崇辉

(华南理工大学广州学院 电气工程学院, 广州 510800)

**摘要:** 针对人体日常行为习惯做出健康调理建议, 设计了基于 Android 智能手机的健康调理手环系统, 采用包含人体测量手环和 Android 智能手机应用软件的系统结构; 对人体测量手环的蓝牙模块、加速度传感器、心率传感器、体表温度传感器等硬件电路和软件流程算法进行设计, 重点研究并提出了人体卡路里数综合消耗估计方法, 并对 Android 操作系统的应用软件健康调理建议 APP 进行设计与实现; 实验结果显示, 系统能够有效实时测量人体数据, 估算人体卡路里消耗, 给出人体健康调理食谱和饮食建议, 实现设计效果。

**关键词:** 健康调理; 手环; Android 应用软件; 饮食建议

## Design of Health Conditioning Bracelet Based on Android Smartphone

Chen Chonghui

(Electrical Engineering Institute, Guangzhou College of South China University of Technology, Guangzhou 510800, China)

**Abstract:** Health regulation suggestions is helpful for human daily behavior habits, this thesis design a health conditioning Bracelet system based on Android smart phone, and consists of two modules including body measurement Bracelet and Android smart phone application. The research focuses on estimation methods of body calorie consumption, and designs the hardware and software process algorithm of the body measurement Bracelet, and also the health adjustment suggestion application software of Android OS, the hardware is including Bluetooth module, acceleration sensor, heart rate sensor, body temperature sensor and so on. Experimental results show that the system can measure the body data effectively, estimate the consumption of body calories, and give health conditioning recipes and diet recommendations to achieve the design effect.

**Keywords:** health conditioning; Android APP; bracelet; dietary advice

## 0 引言

随着生活水平的提高, 人们对身体健康的追求也日益提升, 但日常生活中许多的不健康的作息行为习惯, 让人们的身体在无声无息中步入了亚健康状态, 等到生病要看医生时其实已经为时已晚; 另一方面, 许多年轻女孩子喜欢追求身材苗条而刻意减肥, 但她们却很少知道如何健康正确地减肥, 如果用错方法, 不但不能减掉体重瘦出曲线, 反而落下毛病, 对身体有害。通过计划、组织、指挥、协调和控制健康资源, 变被动的疾病治疗为主动的健康管理, 从而长期有效地促进自身健康<sup>[1-2]</sup>。针对上述问题, 本文设计了一种基于 Android 智能手机的健康调理手环, 对人体睡眠质量、体力消耗情况和卡路里数消耗等计算, 推测人体健康状况和所需营养成分, 并做出推荐食谱和食物数量等建议, 能够帮助用户了解和改善自己的健康状况。

## 1 系统总体方案设计

系统采取人体测量手环和 Android 智能手机应用软件的系统结构。Android 智能手机运行健康调理软件 APP 提供健康饮食食谱, 通过手机蓝牙从人体测量手环获取人体实时数据。人体测量手环是以微控制器 MCU 为核心的手环, 主要包含有

加速度传感器、心率传感器、体表温度传感器、实时时钟模块、OLED 显示模块、蓝牙无线通信模块以及锂电池的充电、升压、稳压电源电路。系统总体框图如图 1 所示。

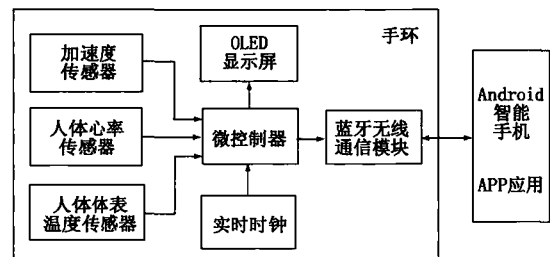


图 1 系统总体框图

## 2 人体测量手环硬件设计

### 2.1 微控制器及蓝牙数据模块设计

微控制器 MCU 选用 IAP15F2K61S2 单片机芯片, 其集成 2 组全双工异步串行通信口 (UART)<sup>[3]</sup>, 与蓝牙数据模块连接实现数据实时传输到手机应用软件处理及显示。由于智能手机蓝牙工作于主模式, 所以人体测量手环蓝牙数据模块应工作于从模式方能正常建立连接传输数据。蓝牙数据模块与微控制器连接电路图如图 2 所示。蓝牙数据模块工作状态通过图中 LED 传递给用户, 当 LED 以 0.8 秒一亮一灭均匀慢速闪烁时, 表示等待手机配对; 当蓝牙模块与手机成功建立连接后, LED 将会常亮。

### 2.2 加速度传感器电路设计

加速度传感器 ADXL345 是采用 MEMS 技术的三轴加速

收稿日期:2015-06-10; 修回日期:2015-07-06。

基金项目:华南理工大学广州学院青年教师科研基金项目 (XQ114005)。

作者简介:陈崇辉(1981-),男,广东电白人,硕士,实验师,主要从事电子技术与应用方向的研究。

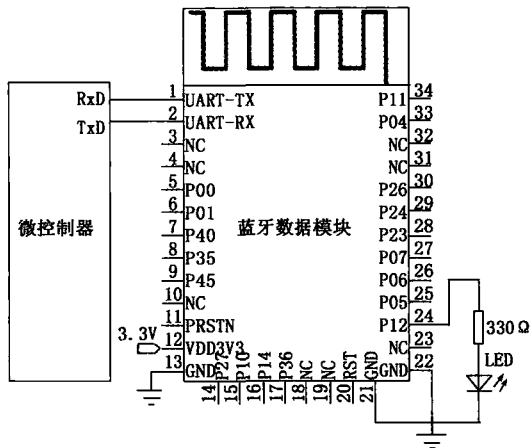


图 2 蓝牙数据模块电路连接图

度计芯片，具有小而薄的超低功耗等特点，分辨率高达 13 位 (4 mg/LSB)，能够测量约 0.25° 的倾角变化，测量范围达 ±16g。当 ADXL345 的 CS 引脚接高电平时芯片通过 I<sup>2</sup>C 接口与微控制器进行通信传输，此时可通过串行数据 SDA 和串行时钟 SCL 实现数据的访问，ADXL345 应用电路图如图 3 所示。对于人体活动和非活动检测功能可通过比较 X、Y、Z 轴任意轴上的加速度与用户设置的阈值来检测有无运动发生；敲击检测功能可以检测任意方向的单振和双振动作，从而推断人体运动量的大小<sup>[4]</sup>。

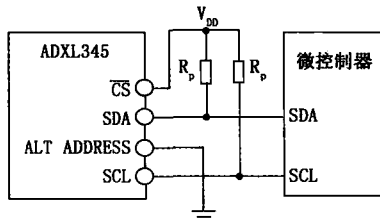


图 3 ADXL345 应用电路图

### 2.3 人体心率传感器设计

人体心率传感器用于测量人体心脏每分钟跳动的次数，根据相关文献和实验结果，560 nm 波长左右的光波可以反映皮肤浅部微动脉信息，适合用来提取脉搏信号。心率传感器结构图如图 4 所示，采用峰值波长为 515 nm 的绿光 LED 发出光波，经过人体组织在血管搏动时造成透光率不同来进行脉搏测量<sup>[5-6]</sup>，此时由光感受器接收经人体组织反射的光线，转变为电信号并经过低通滤波器，再由运算放大器并将其放大 330 倍，同时使用分压电阻设置直流偏置电压为电源电压的一半，使放大后的信号可以直接连接 A/D 模块。微控制器 IAP15F2K61S2 自带 8 通道 10 位分辨率的 A/D 模数转换模块<sup>[3]</sup>，有利于提高采集数据的精度。心率传感器输出的模拟电压，在心率舒张变化时约为 200~300 mV，而在心率收缩变化时则为 800~1000 mV，采取临界值区分，在短时间内可以精确测量出心跳数，并通过算法粗略计算每分钟的心跳。

### 2.4 体表温度传感器电路设计

数字温度传感器 DS18B20 采用单总线 (1-Wire Bus) 技术及接口与微控制器相连，可测量人体手腕处体表温度，应用

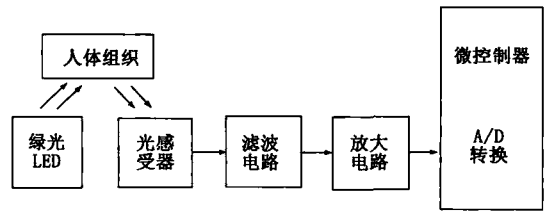


图 4 心率传感器结构图

电路如图 5 所示。由于人体皮肤温度大约在 33 度左右，需要通过算法补偿手腕处与真实体温之间的差距。由于人在剧烈运动时皮肤温度会上升，所以通过与加速度传感器的配合粗略估计出人体的真实温度。

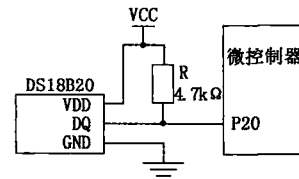


图 5 体表温度传感器电路图

## 3 人体测量手环软件流程及算法

### 3.1 手环流程设计

手环工作后处于等待手机蓝牙主机的连接命令状态，当手环与手机成功连接后，手环主动发送定时信号，与手机定时，成功后手机返回成功指令。单片机依次获取加速度传感器数据、心率传感器数据、体表温度数据并补偿，在手环和手机当前时间相同的前提下，以时间为自变量的算法对数据加密，再通过蓝牙数据模块依次发送给手机上位机 APP 软件处理。手环工作流程如图 6 所示。

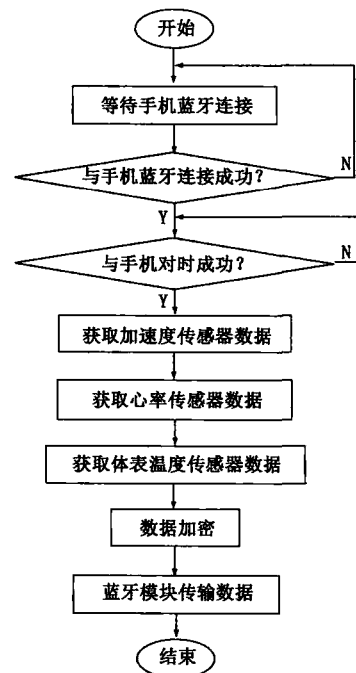


图 6 手环工作流程

### 3.2 人体运动步数算法设计

ADXL345 的运动侦测功能可检测人体处于睡眠状态、活动状态、步行状态或者跑步状态。根据相关研究表明，当人体半个小时以上处于微动状态则可以视为进入睡眠状态，依此检测为进入睡眠。如果是睡眠状态还可以进一步判断睡眠中是否处于深度睡眠及其时间长短，从而推测出人体睡眠的质量。人的睡眠质量对人体健康有着极大的影响。

人体运动状态包括 3 个分量，分别是前向（滚动）、竖向（偏航）和侧向（俯仰），通过 ADXL345 检测 X、Y、Z 三个轴的加速度得到，如图 7 所示。计步器处于未知方向，因此测量准确度不应过分依赖于运动轴与加速度计测量轴之间的关系<sup>[7]</sup>。根据人体走路摆动手动作必须经过 Z 轴为 90°左右点（垂直点）从而分割出走路动作的分界点，且摆动幅度在 +45°~20°之间，同时 X 轴在 ±30°之间，从而得出步行状态计算方法。而跑步摆动手动作中 Y 轴角度变为 60°~120°之间，从而得出跑步状态的跑步数计算方法。

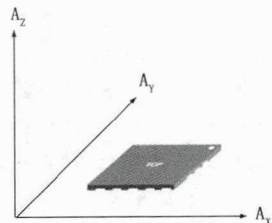


图 7 人体运动 3 个分量

### 3.3 卡路里消耗算法设计

得到步数之后，步数与步长相乘即可得到距离，而步长取决于人体的速度和身高。如果身材较高或以较快速度跑步，步长就会较长。实验测试数据表明，跨步长度与速度（每两秒步数）和身高的关系如表 1 所示<sup>[8]</sup>。

表 1 跨步长度与速度和身高的关系

每 2 秒步数	跨步/(m/s)
0~2	身高/5
2~3	身高/4
3~4	身高/3
4~5	身高/2
5~6	身高/1.2
6~8	身高
≥8	1.2×身高

以两秒为计时单位，通过使用定时器定时每两秒计数到的步数判断当前步长，从而可以计算当前的运动速度如式（1）所示。式中  $v$  为速度（单位为 m/s）， $s$  为距离， $t$  为时间， $n$  为每 2 秒步数， $l$  为跨步，跨步由  $n$  和身高  $H$  决定， $H$  为用户输入常数。

$$v = \frac{s}{t} = \frac{n \cdot l}{2} \quad (1)$$

决定人体消耗卡路里速率的一些元素包括体重、健身强度、运动水平和新陈代谢，虽然无法精确计算卡路里的消耗速率，但可使用常规近似法进行估计。实验测试数据表明，卡路里消耗与跑步速度的关系如表 2 所示<sup>[8]</sup>。

表 2 卡路里消耗与跑步速度的关系

跑步速度/(km/h)	卡路里消耗/(C/kg/h)
8	10
12	15
16	20
20	25

通过使用跑步速度与卡路里消耗的关系计算卡路里，并将跑步速度的单位由 km/h 转换为 m/s，从而得到卡路里计算公式如式（2）所示。式中  $v$  为速度（单位为 m/s）。

$$\begin{aligned} \text{卡路里}(C/\text{kg}/\text{h}) &= 1.25 \times \text{跑步速度}(\text{km}/\text{h}) \\ &= 1.25 \times v \times \frac{3600}{1000} = 4.5 v \end{aligned} \quad (2)$$

由于速度是以每 2 秒为单位进行计算，一个小时等于 1800 个 2 秒计时单位，综合考虑运动者的体重  $W$ ，可将公式（2）转换为公式（3）。式中体重  $W$  为用户输入常数， $v$  为速度（单位为 m/s）。

$$\text{卡路里}(C/2s) = \frac{4.5 \times v \times W}{1800} \quad (3)$$

在步行或跑步中间出现停止休息的情况，则步数和距离将不变化，速度应为 0，此时卡路里消耗约为 1C/kg/h，则卡路里消耗可利用公式（4）计算<sup>[7]</sup>。

$$\text{卡路里}(C/2s) = \frac{1 \times W}{1800} \quad (4)$$

综合用户输入的身高  $H$ 、体重  $W$  等常数，以及每日步行状况、步行强度、跑步量等，将当天所有 2 秒计时单位的卡路里相加，即可计算出用户今天所有消耗的卡路里。

## 4 Android 手机软件设计

### 4.1 软件总体设计

设计了基于 Android 操作系统的蓝牙应用软件 APP，Android 智能手机通过蓝牙与手环蓝牙串口模块配对并建立连接，接收来自手环的数据并将数据实时显示在手机软件上。同时，对数据进行相应处理与存储，对人体健康给出调理建议并推荐食谱和食量。软件总体框图如图 8 所示。



图 8 软件总体框图

### 4.2 蓝牙连接与界面开发

Android 系统蓝牙应用开发包和蓝牙应用程序接口（API）都位于 android.bluetooth 中，允许应用程序连接和断开蓝牙设备。手机蓝牙工作在服务器模式，人体测量手环蓝牙工作在客户端模式，当两个蓝牙设备在同一个 RFCOMM 信道中连接到 BluetoothSocket 上时，则手机和手环之间被认为已经连接成功，同时获得可以传输数据的输入输出流。

界面开发包括用户界面的控件设计、显示和事件响应<sup>[9]</sup>。Android 应用程序的基础功能单元是 Activity 类的一个对象，该对象由多个控件构成一个完整的界面，本系统应用程序通过采用 xml 配置方法实现。用户界面由 View 和 ViewGroup 对象

构建, 对 View 和 ViewGroup 进行组合, 完成界面设计。ViewGroup 功能是装载和管理一组下层的 View 和其他的 ViewGroup, 包括文本框 (TextView)、编辑框 (EditText)、按钮 (Button) 等<sup>[10]</sup>。用户与 UI 交互时触发事件操作, 这些事件将传送到事件监听器。

### 4.3 数据处理与存储

蓝牙 API 中的 BluetoothServerSocket 和 BluetoothSocket 类用于蓝牙数据传输的实现。通过 Socket 连接方式建立服务器后, 利用 BluetoothServerSocket.accept() 方法监听手环检测蓝牙模块的请求, 得到请求后, 利用 InputStream.read(byte []) 方法接收手环数据, 最终调用 BluetoothServerSocket.close() 关闭蓝牙服务器。

手机通过蓝牙传输接收到手环数据, 里面包含运动状态、心率、体温、步数、卡路里等数据, 这些数据是字节 bytes 格式的, 可直接存储, 也可以将字节格式转换为字符串 String 格式再存储。为存取方便, 利用 Files 文件存储格式存储 bytes 字节转换而来的字符串 String 类型的手环数据, 保存为文本文件 .txt。通过 FileInputStream 和 FileOutputStream 对文件进行操作, 首先定义 File 文件, 直接 new 一个 File 对象, 参数包括存储位置和文件名, 通过 Activity 提供的 openFileOutput() 方法, 实现数据写入文件中。

### 4.4 健康调理建议食谱

在接收到上位机传送的卡路里信息后, 通过补偿方法计算出使用者需要的实物量; 再通过对使用者的步行、跑步、运动量以及睡眠状况的分析, 得出使用者所需要的营养成分。综合运用心率、体温、活动状态以及卡路里数据, 经过健康调理建议算法, 从而辅助推算出食谱和食量, 并可以查询得到相关制作方法。

## 5 系统实现及测试

手环外壳使用软件 SolidWorks 进行三维绘图设计, 通过 3D 打印 (快速成型技术) 打印制作外壳; 电路板经过软件 Altium Designer 进行电路原理图和 PCB 设计、打样、焊接与调试等环节, 手环设计图及实物图如图 9 所示。

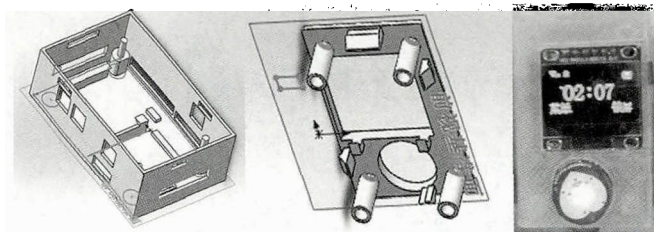


图 9 手环设计图及实物图

在硬件电路平台的基础上, 通过软件 keil 进行源程序的编写和编译, 并使用下载软件 STC-ISP 把十六进制目标文件下载到目标单片机芯片 ROM 里面。经过多次对算法的参数调整与修正, Android 手机蓝牙能够正常稳定地接收到手环的数据。

Android 手机健康调理建议 APP 经过软件 Eclipse 编写程序, 构建界面, 提取蓝牙串口数据并处理和显示, 能够根据人

体睡眠、运动等情况, 提供早餐、午餐和晚餐的饮食建议, 针对人体健康调理给出建议。APP 运行推荐早餐和午餐的食谱界面如图 10 所示。



图 10 推荐早餐和午餐的食谱界面

## 6 结论

本文针对跟踪人体日常活动状况给出健康调理建议进行了手环设计, 提出基于 Android 智能手机的健康调理手环系统结构, 重点对人体卡路里消耗算法估计展开研究, 并对系统硬件电路原理及软件程序流程和算法进行设计与调试, 还进行了实际硬件和程序的调试以及手机 APP 试用。实验证明基于 Android 手机的健康调理手环能够有效实时采集人体的睡眠、步行或者跑步状态数据, 心率数据和体表温度数据, 估算人体卡路里消耗, 给出推荐食谱和饮食建议, 从而对人体健康进行调理。

### 参考文献:

- [1] 张秀香. 基于 Android 的健康管理系统客户端的设计与实现[D]. 大连: 大连理工大学, 2012.
- [2] 张雪莹. 老年人健康管理社区化探索 [J]. 卫生职业教育, 2011 (19): 139-140.
- [3] 丁向荣, 陈崇辉. 单片机原理与应用: 基于可在线仿真的 STC15F2K60S2 单片机 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2015.
- [4] 徐治根. ADXL345 在机械设备振动监测中的应用 [J]. 电子世界, 2012 (7): 37-38.
- [5] 无锡市思知瑞科技有限公司. 脉搏传感器中文版说明书 [Z]. 2015.
- [6] 金凡, 王成, 白丽红, 等. 基于 Android 平台的脉搏波监测系统的研究 [J]. 计算机测量与控制, 2014 (4): 994-996.
- [7] 石鑫栋, 程阳, 张钰, 等. 基于加速度、光电传感器的健身伴侣的研究 [J]. 中国医疗器械杂志, 2011 (5): 341-343.
- [8] 杜喆. 基于接近式传感器电子计步器的设计 [J]. 科技信息, 2014 (1): 80-81.
- [9] 方传蔚, 谢维波. 基于 Android 的短信加密研究与实现 [J]. 通信技术, 2012 (6): 14-16+20.
- [10] 李华忠, 梁永生, 刘涛. Android 应用程序设计教程 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013.