

# 基于ARM7的LPC2148微控制器在人体运动指标测量系统中的应用

王雷, 赵国庆

(西安电子科技大学204研究所, 陕西 西安 710071)

**摘要:** 介绍了采用基于ARM7的LPC2148微控制器作为主控嵌入式芯片来设计身体指数异常报警系统的具体方法。该系统可在体育运动时进行人体几项关键指数(如脉搏和体温)的测量和身体指数异常报警。由于系统中特别集成了卡路里计算功能。故可测量人体, 在进行体育锻炼时消耗的能量。

**关键词:** LPC2148; DS18B20; **HK2000A**; ADXL330

## 0 引言

本设计目的就是要为用户提供快捷、准确的身体指数监控, 使用户能够对自己的身体状况及时掌握, 从而科学地进行体育锻炼。本设计主要有三大功能模块: 一是体温监控, 可在体育锻炼的过程中实时刷新体温值, 并当体温处于异常范围内时提供报警功能, 其体温测量误差控制在 $\pm 0.1$ 摄氏度; 二是脉搏测量, 即在运动的过程中随时测量脉搏。脉搏的测量误差控制在每分钟 $\pm 5$ 次以内; 三是卡路里测量, 本功能主要用于统计体育锻炼过程中消耗的总能量。这对于那些需要减肥的用户是个很好的功能, 它可以及时的报告用户体育锻炼的成果。该功能的测量误差控制在1%之内。

## 1 系统实现原理

系统以NXP公司的LPC2148芯片为核心, 同时具有加速度传感器、数字温度传感器、**脉搏传感器**、键盘、LCD模块, 以及基于I<sup>2</sup>C的EEPROM和蜂鸣器等外围设备。LPC2148是一个支持实时仿真和跟踪的32位ARM7TDMI-S核的微控制器, 它带有512 KB的高速Flash存储器、32 KB的内部RAM、2个32位内部定时器、2个10位8路ADC、2

个I<sup>2</sup>C总线接口、45个快速I/O口以及多达20个边沿或电平触发的外部中断。本系统可以监控体温、脉搏、卡路里的消耗。

### 1.1 体温检测

体温检测模块采用美国Dallas Semiconductor公司的单线接口数字温度传感器DS18B20作为温度采集芯片。该模块采用一线输出, 可编程9位到12位A/D转换精度, 分辨率最小可达0.0625。模块采用寄生式供电模式, 功耗较低, 并有单线数字式接口, 与LPC2148连接十分方便, 而且线路简单, 可靠性高, 成本低廉。

### 1.2 脉搏检测

脉搏测量采用**HK2000A传感器**。该传感器采用高度集成化工艺将力敏元件、灵敏度温度补偿元件、感温元件、信号调理等电路集成在传感器内。脉搏波动一次输出一个正脉冲。该产品可用于脉率检测, 主要用于运动、健身器材中的心率测试。HK2000A具有灵敏度高, 抗干扰性能强, 过载能力大, 一致性好, 性能稳定可靠, 使用寿命长等特点。在应用中, 可直接将HK2000A的输出连接到P0.17 (CAP1.2) 上。HK2000A以脉冲的形式输出信号。本设计使用LPC2148的定时器Timer1的一路捕获通道来捕捉HK2000A的脉冲信号, 从而获得脉冲下降沿到达时的Timer1的瞬时值, 并以此来反算人体脉搏。

收稿日期: 2008-01-09

### 1.3 卡路里消耗检测

在卡路里的消耗检测中，外围设备通常需要两个，一个是加速度的采集，一个是体重信息的存储。其中加速度测量选用ADXL330加速度传感器，体重的存储需要根据不同用户的设定值存储在掉电保存的介质中。本系统应用开发板上现有可支持I<sup>2</sup>C总线的EEPROM芯片AT24C02来实现。

#### (1) 加速度测量

加速度测量采用美国模拟器件公司的加速度传感器ADXL330来实现。ADXL330传感器具有灵敏度高、准确性高(95%)、集成度高以及功耗低(3.3 mW)的特点，非常适合手持式消费类电子产品。ADXL330是一个三轴模拟输出，灵敏度为330 mV/g的低功耗器件。本系统中只用到其中的一路输出(即作为单轴加速度传感器来应用)。设计时将这一路信号输出先接到运算放大器上进行抗混叠滤波，然后送给P0.25(AD0.4)上进行AD转换，此时的数据单位为g，所以要将读回的数据乘9.8得到国际标准单位(应用程序使用国际标准单位进行计算)，然后再通过应用程序进行积分运算，以算出卡路里的累计消耗。

#### (2) 体重信息

人的正常体重一般都在200 kg以内，只需要一个字节(0-255)就可以将体重表示出来，也就是说，只需要存储一个字节的数据就可以了，因此可以选取价格更便宜、存储空间更小的EEPROM，为了方便，本设计直接使用了开发板上的EEPROM。

I<sup>2</sup>C主要采用主写与主读模式。总线频率设置为20 kHz。由于AT24C02的A0、A1、A2均接地，所以，芯片的从地址为0x50，片内存储起始地址为0(因为只有一个字节所以这个起始地址并不是很重要)。

## 2 硬件设计

人体运动指标测量系统的硬件结构如图1所示。图中，温度传感器DS18B20的数据经上拉电阻与三极管后连入P0.8的GPIO上以进行数据交换，三极管的导通由P0.9的GPIO控制；脉搏传感器连接到P0.17脚的CAP1.2上，加速度传感器ADXL330输出的原始信号经过运算放大器进行放

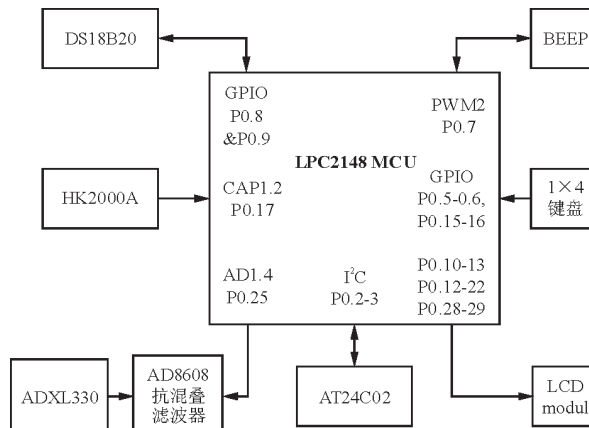


图1 系统硬件框图

大(即抗混叠滤波)后连接到P0.25的ADC0.4上，EEPROM则连接到P0.2、P0.3，其中P0.2作为SCL0，P0.3作为SDA0；系统中的LCD采用开发板的连接结构，即4根数据线模式，按键S1、S2、S3、S4分别连接到P0.5、P0.6、P0.15、P0.16GPIO上，并通过读端口状态来判断是否按下按键。蜂鸣器采用开发板的连接方法，通过P0.7的PWM2来控制它发声。

## 3 软件设计

软件设计可基于uCOS- 实时操作系统之上的应用程序来开发。uCOS- 是一种可移植、可固化、可裁剪、抢占式的实时多任务操作系统，具有成本低、稳定可靠、实时性好等优点。

本系统的软件架构采用双层模式，即底层软件为系统与产品硬件接口交互的应用程序编程接口(API)；顶层软件的主要工作则采用底层软件定义的API来实现项目所要求的各个功能模块，同时对底层软件采集到的传感器数据进行必要的后续处理。图2所示是系统的软件流程图。

此任务中，温度测量所消耗的系统资源最多。考虑到系统的实时性要求，设计时可降低温度测量的频率。由于人体温度的变化属于缓变过程，所以这种处理方式不会影响温度测量的精度。脉搏测量的方法则是通过捕获脉冲的下降沿到达时间，来获得两个脉冲之间的时间间隔，这样，求其倒数即是脉搏跳动频率，然后乘以60即为1分钟脉搏跳动的次数。根据有关文献中的能量消耗与身体运动加速度的理论关系，卡路里计算可把加速度传感器得到的加速度乘以用户设定

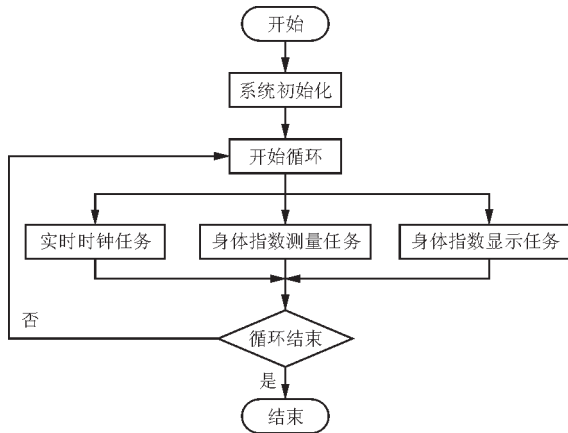


图2 系统流程图

的体重 (即用户运动时的作用力), 再对其作积分处理, 就可以得到所消耗的能量。本系统设定的测量间隔时间为0.1秒, 所以, 可把积分运算处理为其累加和。其数学表达式如下:

$$W = m \sum_{i=0}^n a_i t \quad (1)$$

图3所示是人体指数测量任务软件流程图。图中, N表示循环的次数, M表示连续没有新脉冲到达的次数。考虑到传感器的测量误差, 本设计对温度和脉搏的测量值分别进行了取平均值的处理。由于各传感器都有一个测量稳定的过程, 所以, 本设计设置了一个开机时间检测功能, 如果开机时间过短, 系统则显示检测界面。

#### 4 结束语

LPC2148微控制器是NXP公司一款开发的主

(上接第19页)

因此在短路故障位置测试时, 可将高速比较器的参考电压调至负电压, 比较器的输出接FPGA, 并使脉冲发射电路在发射脉冲的同时将D触发器输出置高, 高速计数器开始计数; 反射脉冲低于参考电平时, 比较器输出为低电平, 以使其下降沿触发D触发器输出发生翻转。计数器停止计数。这样, 计数值经过运算后即为测试结果。图5所示是其短路点的测试原理图。

#### 4 结束语

本文研究并设计了一种新型的多功能双绞线测试仪, 该测试仪以FPGA作为系统核心, 并充

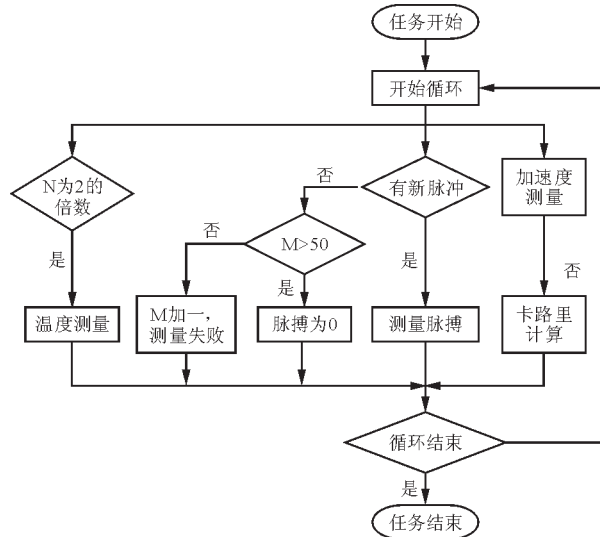


图3 身体指数测量任务流程图

控式嵌入式芯片, 它功耗低、封装小、经济耐用。使用该芯片设计的人体状态显示器功能全面, 经济准确, 并可设计成便携式产品。使用十分方便。

#### 参考文献

- [1] HK2000系列集成化脉搏传感器用户手册. 合肥华科电子技术研究所, 合肥, 安徽.
- [2] User manual LPC214x. NXP, <http://www.semiconductors.philips.com>.
- [3] 周立功, 张华, 等. 深入浅出ARM7[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
- [4] 任哲. 嵌入式实时操作系统 μC/OS-II原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.

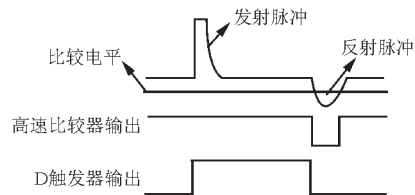


图5 短路点测试原理

分利用了FPGA高速、高性能、高可靠性和可并行处理数据等特点。可用于诊断双绞线的多种故障并测试故障点位置, 而且具有体积小、精度高、轻巧方便等特点。经测试实验验证: 本系统的最大测试距离为200 m, 测试盲区小于2米, 测试精度可达1 m。