

基于 STM32 的便携式智能体质测量仪设计

路成强 李千振 王长绪

(大连交通大学电气信息学院 大连 116028)

摘要: 针对自动判别大学生体质指数是否合格,提出了智能体质测量仪的设计方案。首先,采用 STM32F103 单片机作为主控制器,经射频模块刷卡后在 TFT 液晶屏显示校园卡号。其次,利用称重传感器、超声波传感器、肺活量传感器分别测量体重、身高、肺活量。再次,GSM 模块将测的体质数据以短信形式发送至指定手机,另外利用蓝牙模块实现数据无线传输功能,并通过 TFT 液晶屏和蓝牙手机客户端实现人机交互。最后,实验证明此系统运行平稳,功能多元,并进一步加强了大学生对自身健康的重视。

关键词: 体质测量仪; STM32F103; 传感器; GSM 模块; 无线传输

中图分类号: TP23; TN709 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

Design of portable intelligent physical measuring instrument based on STM32

Lu Chengqiang Li Qianzhen Wang Changxu

(School of Electrical and Information, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China)

Abstract: For the automatic discrimination of checking the quality of physical index of college students, a design scheme of intelligent physical measuring instrument is proposed. Firstly, using STM32F103 microcontroller as the main controller, campus card numbers are displayed on the TFT-LCD screen after swiping card by radio frequency module. Secondly, weight, height and vital capacity are measured by weighing sensors, ultrasonic sensors and vital capacity sensors. Thirdly, the physical data in the form of text messages is sent to the designated mobile phone by GSM module. In addition, the function of data wireless transmission can be achieved by using bluetooth module. Man-machine interaction is realized through the TFT-LCD screen and bluetooth mobile phone client. Finally, the experiment demonstrates that the system runs extremely smoothly, realizes the diversified function and to further strengthen that more attention should be paid to physical health of college students.

Keywords: physical measuring instrument; STM32F103; sensor; GSM module; wireless transmission

0 引言

随着科技的创新发展和互联网+时代的到来,现在市场上体质测量仪功能单一、测量精度不准确、使用年限短等缺陷,不能再满足人们的需求,特别针对大学生平常忽视自身身体状况的变化而导致癌症中晚期,错过最佳治疗时机,本文利用成熟的电子技术,运用 STM32 强大的控制能力,设计了功能多元的智能体质测量仪,其主控制器将下位机所有体质数据进行大数据分析,最终显示被测者信息等级,为合理判断大学生身体素质提供科学依据。

1 系统硬件电路设计方案

1.1 硬件控制系统框图

智能体质测量仪的硬件系统包括:主控单元、电源模

块、显示模块、A/D 转换模块、数据无线传输模块、全球移动通信系统(global system for mobile communication, GSM)模块、射频信息采集模块等。STM32F103RCT6 作为系统的主控单元,采用称重传感器、超声波传感器和肺活量传感器分别对体重、身高、肺活量 3 个数据进行测量,被测人员的数据利用薄膜晶体管(thin film transistor, TFT)彩色液晶屏实时显示,通过蓝牙模块实现数据无线传输功能,利用 GSM 模块实现数据短信发送功能,最终实现体质测量仪系统整体功能。硬件控制系统如图 1 所示。

1.2 主控单元电路

系统采用 STM32F103RCT6 作为主控制器,STM32 系列控制器基于 ARM Cortex-M3 内核,最高工作频率可达 72 MHz,是新型的 32 位嵌入式微处理器,其具有高性能、低功耗、极低成本、计算能力强等优点^[1]。提高了对工作模

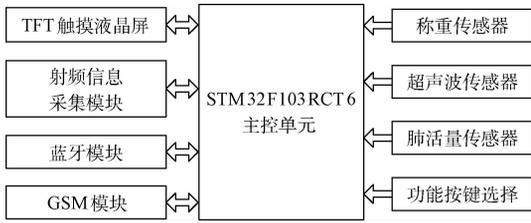


图1 硬件控制系统框图

式选择的快速回应及对控制系统进行模块化设计,有利于智能体质测量仪功能扩展,实时完成多项复杂数据的处理。

1.3 电源电路

由2节3.7V可充电锂电池供电,外接DC-DC降压模块固定到3.3V给主控最小系统板供电,同时另一个固定到4.3V给称重传感器提供稳定的基准电压,这样就可以减小电压不稳带来的负面影响。

1.4 A/D转换电路

测量肺活量时,采用单片机内部12位逐次逼近型的A/D转换器;测量体重时,采用24位A/D转换器芯片HX711,内部集成了包括稳压电源、片内时钟振荡器等其他同类型芯片所需要的外围电路,具有集成度高、响应速度快及抗干扰性强等优点^[2],并且独特之处是所有控制信号由管脚驱动,无需对芯片内部的寄存器编程操作。输入开关是通道A,模拟差分输入直接与桥式传感器的差分输出相接,经过128倍增益放大后,差分输出电压传输给主控器。

1.5 数据无线传输电路

HC-05蓝牙模块可实现体质测量仪与控制平台系统的实时数据传输,并通过设置AT指令使蓝牙配置为主模块,与手机蓝牙串口助手配对,进行数据无线传输,将所有数据无线传输到手机上,再将数据导出。

1.6 GSM短信模块电路

以GSM网络作为数据无线传输网络,采用型号为YD-SIM900A的GSM短信模块以短消息形式对指定手机进行数据传输。基于GSM模块的短消息功能的串行口,可以用来控制指定的手机快速、安全、可靠地实现个人用户信息处理等功能。该短信系统由控制中心和TFT液晶显示屏组成,控制中心实时将最新接收的信息内容发送到显示屏,构成控制中心与显示屏端的通信链路^[3],并且STM32主控器通过与GSM短信息有关的AT指令给指定手机发送个人体质指数,实现数据短信发送功能。

1.7 RFID—RC522射频信息采集电路

主控器通过硬件SPI方式与RC522连接,节约了STM32内部资源,比模拟SPI速度快。若将学生卡放在射频模块上面,读卡器向学生卡发一组固定频率的电磁波,按照非接触式射频卡通信协议^[4]通过匹配电路寻卡,若此范围内有卡,则引卡片内部的LC谐振电路产生共振,再将卡号信息传输给主控器,进而主控器通过I/O传输给液晶屏

显示对应姓名等个人信息。

2 系统软件设计方案

系统开机或复位后,首先开始系统初始化配置,包括系统外设时钟使能、GPIO配置、使能全局中断及中断优先级设置、串口初始化、各种模块初始化等。等待系统初始化完成后,液晶屏显示实时日历时钟、环境温度值,随后将校园卡放置在射频模块上面进行刷卡,若和单片机系统内部数据库信息吻合,则显示卡号、姓名等个人信息;若用其它没提前录入数据库的校园卡,系统无反应。刷卡成功后,通过按键来单独选择工作模式测量,系统软件程序流程如图2所示。

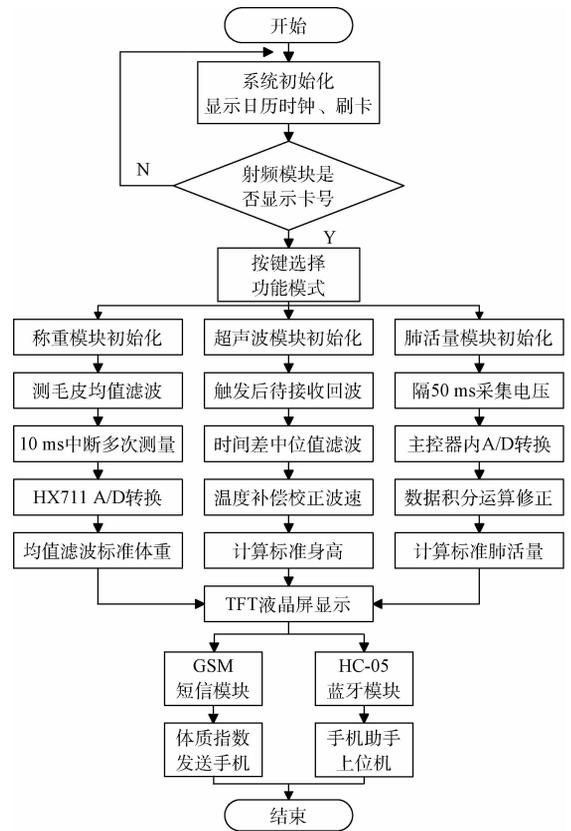


图2 软件程序流程

程序设计部分代码如下:

.....

```
switch(KEY)
```

```
{ case 0:
```

```
{ Fliter_Get_Wight(); //测量体重
```

```
LCD_Display_Wight(); //显示体重
```

```
}
```

```
case 1:
```

```
{ UltrasonicWave_StartMeasure(); //测量身高
```

```
LCD_ShowNum(120,170,UltrasonicWave_Distance,
```

```

5,16); //显示身高
}
case 2:
{ Get_FVC(); //测量肺活量
LCD_ShowNum(120,170,FVC,5,16); //显示肺
活量
}
}
.....

```

3 原理分析与计算

3.1 体重的测量

体重测量电路采用平衡梁式称重传感器,本质是电阻应变式压力传感器^[5-6]。压力改变引起的电阻值变化将转换为测量电路的电压变化,即非电量转化为电量输出^[7],然后通过高精度 A/D 转换器芯片 HX711 将传感器输出的电压信号进行放大,再转化成 A/D 数值供 STM32 单片机识别,最终在单片机中将 A/D 数值转化运算成质量的数值,该数值的量程为 30~200 kg,精确度达到 0.01 kg,误差±0.1 kg。

1) 单片机系统最值分析过程

已知称重传感器灵敏度为 2 mV/V,则在 4.3 V 的工作电压下:

称重传感器最大输出电压是:

$$4.3 \text{ V} \times 2 \text{ mV/V} = 8.6 \text{ mV}$$

经芯片 HX711 的 128 倍放大后,最大电压为

$$8.6 \text{ mV} \times 128 = 1100.8 \text{ mV}$$

由芯片 HX711 转化成 A/D 数值,最终单片机在有效范围内可识别的 24 位数字最大值为

$$(1100.8 \text{ mV} / 4.3 \text{ V}) \times 2^{24} = 4294967$$

2) A/D 数值转化运算成质量的数值解析过程

假设某大学生体重为 X kg ($X < 200$),测量的 A/D 值为 Y :

经称重传感器输出发送给 A/D 模块的电压为

$$(X/200) \times 8.6 = 0.043X \text{ mV}$$

经 128 倍增益放大后为

$$0.043X \times 128 = 5.504X \text{ mV}$$

转换为 24 位数字值为

$$Y = (5.504X / 4.3) \times 2^{24} = 21474.84X$$

程序执行 long 型变量计算速度慢,转为 int 型变量为

$$Y = (21474.84X / 100) = 214.7484X$$

则最终结果为

$$X = (Y / 214.7484) \text{ kg}$$

3.2 身高的测量

经综合分析,最终选择型号 HC-SR04 超声波传感器。依据超声波测距原理,测速方法采用渡越时间法^[8-9],超声波选取超声波频率为 40 kHz,在此频率下测距精度较

高^[10]。将超声波模块固定放置标准 1.00 m 处,利用定点处的超声波模块不断检测超声波发射后遇到头顶木板所反射的回波,从而测出发射时刻与接收回波时刻的时间差 Δt ,求出超声波模块与头顶木板的距离

$$L = V \times \Delta t / 2 \quad (1)$$

进而计算身高的具体数值

$$H = 1.00 + L \quad (2)$$

身高数值 H 量程为 1200~2000 mm,精度为 5.0 mm,误差±5.0 mm。

由于超声波是一种声波,其声速与温度有关,如温度每升高 1 °C,传播速度增加约 0.6 m/s。综合考虑温度补偿,于是利用单总线温度传感器 DS18B20^[11]进行测量,就避免了温度因素对测量的误差影响,实现了速度的精准测量。若现场温度为 T 时,超声波传播速度的计算公式^[12]为:

$$V \approx 331.5 + 0.607T \quad (3)$$

再精确计算身高 H 。

3.3 肺活量的测量

采用型号 MPX2010DP 压阻式硅压力传感器^[13],结合先进的微机械技术、薄膜金属化和双极处理,能提供与施加的压力成正比的线性电压输出,并通过激光调校实现精确量程、偏移量校准及温度补偿。

数据采集过程:被测试者呼出气流通过传感器的测压装置,安装于该测压装置内的压力传感器随气流吹入而产生压力与外界大气压力相差产生的气压差而输出电信号,依据测量原理^[14],多次测试得出拟合公式:

$$y = 328.82x - 6308 \quad (4)$$

y 表示输出电压差值, x 表示气压差。将该电信号经单片机内部 A/D 放大后输入到主控器进行处理,将测量的数据进行积分和修正,最后将结果显示在液晶屏。肺活量数量程为 1000~8000 mL,精度为 0.1 mL,误差±1 mL。

4 结果分析与计算

4.1 数据的计算与分析

通过单独选择工作模式分别测得被测者体重、身高、肺活量 3 项数据,单片机再进一步自动判别大学生体质指数是否合格,标准如下:

1) 肺活量指数是否合格判别指标如表 1 所示。

表 1 肺活量指数参考指标 (mL)

性别	优秀	良好	合格	不及格
男	>4500	4000~4500	3500~4000	<3500
女	>3500	3000~3500	2500~3000	<2500

2) 目前国际上衡量人体胖瘦程度及是否健康的标准依据 BMI 指数^[15]判别,即

$$BMI = W / H^2 \quad (5)$$

式中: W 为体重实测值(单位为 kg), H 为身高实测值(单

位为 m), 体重指数是否合格判别指标如表 2 所示。

表 2 体重指数参考指标

指数	重度肥胖	肥胖	偏胖	正常	偏瘦
BMI	>30	27~29.9	24~26.9	18.5~23.9	<18.5

依据判别指标, 系统判断出被测者的体质数据对应等级, 将被测者所有的测量结果布局在显示屏上。

4.2 测试结果分析

多次测量体质指数已知的几名同学, 同时为了实验数据的准确性, 平常用 50 kg 大桶装饮用水、150 cm 竹竿、1 000 mL 注射器代替, 逐步调试程序和合理布局硬件模块。

由测量结果可知, 本设计完全达到要求, 然而第一次测量误差比较大, 液晶屏显示数据时不稳, 随后团队增加温度补偿, 精确了传播速度, 逐步接近身高实际值; 其次将称重传感器底座固定在木板上, 增大了与地面的接触面积, 并改动相应的参数, 逐步加强了精度值; 最后将肺活量传感器的气管紧密结合, 最大程度的缩小与真正呼出量的差值, 基本控制在误差范围内。总体上系统控制平台搭建如图 3 所示。



图 3 体质测量仪控制平台搭建

5 结 论

本文详细阐述了智能体质测量仪的设计方案, 系统高效的完成了对于外界数据的采集、控制对象的动作和输出信号的反馈等功能, 更重要的是仅仅通过轻触按键就可快速的选择测量仪的工作模式功能, 并增加了实时日历时钟、环境温度显示和超载报警功能。整个系统结构简单、功能齐全、测量精度高、抗干扰性能强, 可用在学校、医院等体检场所, 节约体检时的人力、物力, 提高体检速度, 或放置在大学城、社区公共场所供学生、市民随时检测自身体质健康状况, 具有非常广泛的价值意义和应用前景。

参考文献

[1] 孙书鹰, 陈志佳, 寇超. 新一代嵌入式微处理器

STM32F103 开发与应用[J]. 微计算机应用, 2010, 31(12):59-63.

- [2] 程智. 简易电子秤的设计[J]. 电子世界, 2013(7): 133-133.
- [3] 蔡红娟, 翟晟, 蔡苗. 基于 STM32 的 GSM 智能家居控制系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2013, 32(8): 37-40.
- [4] 程小辉, 康燕萍. 基于 STM32 的 RFID 手持式阅读器的研究与设计[J]. 电子技术应用, 2013, 39(8): 130-133.
- [5] 葛川, 李朋志, 徐立松, 等. 电阻应变式位移传感器电路设计与实现[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(6): 58-61.
- [6] 李菲, 滕召胜, 黄强, 等. 基于梯度变步长 LMS 的电子天平抗震设计[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(12): 2813-2820.
- [7] 杨成慧, 王书志. 一种高精度电子秤的设计与研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2016(11):184-185.
- [8] 兰羽. 具有温度补偿功能的超声波测距系统设计[J]. 电子测量技术, 2013, 36(2):85-87.
- [9] 帅盼, 张海宁, 白福, 等. 基于超声波测距的汽车倒车避障系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(10): 54-57.
- [10] 惠延波, 李永超, 王莉, 等. 超声波近距报警装置设计[J]. 电子测量技术, 2016, 39(5):120-122.
- [11] 刘龙, 李钟慎. 教学楼智能化节能控制系统设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(12):1876-1882.
- [12] 胡延苏, 高昂. 超声波测距误差分析及校正研究[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(8):2820-2823.
- [13] 胡浩, 钟丽琼, 周潜. 差压传感器技术的现状与发展[J]. 机床与液压, 2013, 41(11):187-190.
- [14] 黄泽帅, 艾信友, 宋洋, 等. 基于单片机的多功能肺活量测量仪设计[J]. 科技创新与应用, 2016(9):89-89.
- [15] 杨梦利, 娄晓民, 彭玉林, 等. 大学生 BMI 与身体素质指标的相关性[J]. 中国学校卫生, 2013, 34(9): 1093-1095.

作者简介

路成强, 1993 年出生, 硕士研究生, 主要研究方向为嵌入式系统应用、智能控制技术。

E-mail: 2305999283@qq.com

李千振, 1994 年出生, 硕士研究生, 主要研究方向为嵌入式系统应用。

王长绪, 1993 年出生, 硕士研究生, 主要研究方向为无线通信技术、智能控制技术。