

物联网压力传感器的智慧桌垫设计

刘子仪 毛航宇 王鑫 许长乾

电子科技大学成都学院, 四川 成都 611731

[摘要] 本论文探索物联网技术结合压力传感器在智慧桌垫中的应用。通过压力传感器进行实时监测压力分布, 心电传感器进行心率检测, 主控芯片还连接着震动马达和 LED 指示灯等反馈硬件。本论文通过静应力分析, 验证结构的安全性和耐用性, 材料选用保证了舒适性, 电路设计保证了智能性, 并进行了系统性能验证。本研究展示物联网智慧桌垫的广阔前景。

[关键词] 物联网; 压力传感器; 静应力仿真; 控制电路

DOI: 10.33142/sca.v8i3.15798

中图分类号: TP212.1

文献标识码: A

Smart Table Mat Design for IoT Pressure Sensors

LIU Ziyi, MAO Hangyu, WANG Xin, XU Changqian

Chengdu College of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, Sichuan, 611731, China

Abstract: This paper explores the application of IoT technology combined with pressure sensors in smart desk mats. Real time monitoring of pressure distribution is carried out through pressure sensors, heart rate detection is performed through electrocardiogram sensors, and the main control chip is also connected to feedback hardware such as vibration motors and LED indicator lights. This paper verifies the safety and durability of the structure through static stress analysis, ensures comfort through material selection, ensures intelligence through circuit design, and conducts system performance verification. This study demonstrates the broad prospects of IoT smart desk mats.

Keywords: Internet of Things; pressure sensors; static stress simulation; control circuit

引言

智慧桌垫作为一种创新的智能家居产品, 正逐渐受到市场的关注和用户的青睐。例如江南大学姜毅航团队设计的一种集无线充电与智能加热为一体的无线充电恒温桌垫^[1]。

但以上设计缺少对人使用时的检测和反馈, 本文智慧桌垫结合了物联网技术与压力传感器技术, 能够实时监测使用过程中的压力分布, 并收集和分析压力数据, 评估用户的坐姿习惯、工作强度以及健康状况, 为用户提供科学的建议。

1 工作原理

在智慧桌垫中集成主控芯片, 芯片负责统筹协调各项功能的运作。连接压力传感器阵列, 由众多高灵敏度的微型传感器组成, 均匀分布在中层。同时, 还与心电传感器紧密相连, 能够无接触地监测用户的心跳节律。主控芯片还连接着震动马达和 LED 指示灯等反馈硬件。当分析出用户的坐姿不正确或需要健康提醒时, 会立即激活震动马达, 通过轻微的震动来提醒用户调整坐姿或进行健康活动。同时, LED 指示灯也会亮起相应的颜色或闪烁模式。主控通过无线 WiFi 模块连接云端与手机端。使用手机端 APP 随时查看自己的健康数据、坐姿习惯以及服务器提供的建议。APP 还支持用户设置个性化的提醒功能和目标设定^[3]。

工作原理图如图 1 所示。

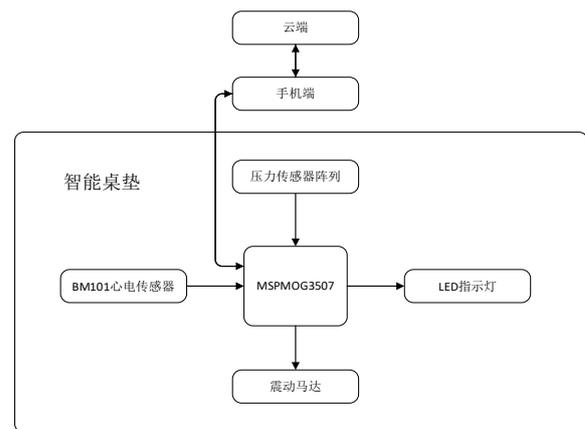


图 1 智慧桌垫工作原理图

2 智慧桌垫外观设计

2.1 材料尺寸设计

组成部分分为: 传感部分、控制部分与反馈部分。

桌垫材质总共分为三层: 顶层接触面材料使用记忆海绵, 压力传感层使用柔性压力传感器, 嵌入桌垫中间层, 底层支撑结构使用硬质塑料。

电子封装材料选择防水防尘的工程塑料^[4], 连接线材选用 0.75 平方, 6A 多股无氧软铜线。

考虑到日常使用场景, 桌垫尺寸为 80cm×36cm, 可满足大部分场景下的需求。

2.2 产品平面示意图

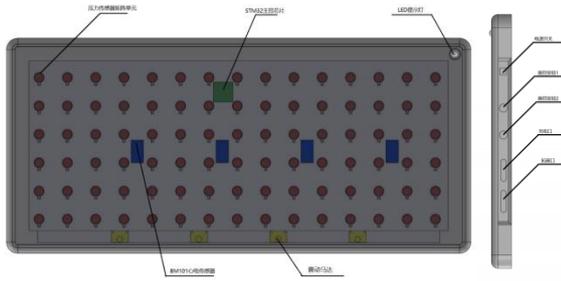


图2 产品平面示意图

2.3 结构设计原理

(1) 矩阵分布传感器。矩阵分布的压力传感器能够全面且精确地监捕捉到用户坐姿的细微变化。通过分析这些数据，准确判断用户的坐姿是否正确。矩阵分布还使得桌垫能够识别多人使用的情况。

(2) 四个震动马达桌边分布。将四个震动马达分布在边处，可以确保震动提醒的全方位覆盖。当检测到需要提醒时，马达能够协同工作，通过轻微的震动来引导用户。分布在边缘，能够更有效地传递震动感。此外，这种设计还可以减少桌垫中心的干扰。

(3) 右上角LED提示灯。将LED提示灯设置在桌垫的右上角，主要是出于用户视觉习惯的考虑，大多数人会习惯性地关注屏幕的右上角区域。LED灯的颜色和闪烁模式可以灵活设置，以提供不同类型的状态指示。

(4) 四个心电传感器在桌垫中部平均分布。四个心电传感器在桌垫中部平均分布，能够捕捉用户的心电信号。通过实时监测心电数据，可以及时发现潜在的的心脏问题。此外，心电传感器还可以与其他健康数据相结合，提供更全面的健康管理服务。

2.4 结构应力分析

为确保桌垫在承受用户压力时具有足够的强度和稳定性。对其进行静应力分析^[5]。

对底部进行固定，外载荷随机分布于桌垫表面，单位设置为Metric(G)，力值按条目为2kgf，如图3。

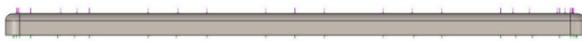


图3 模型外部载荷仿真

1-绿色箭头固定支撑；2-粉色箭头外部载荷

生成网格，设置为基于混合曲率的网格^[6]，单位为mm，最大单元大小为40mm，最小单元大小为2mm，圆中最小单元数为8，单元大小增长比率为1.4。如图4

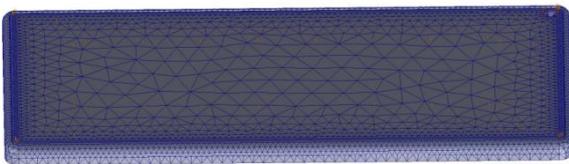


图4 模型网格分析图解

3 智能桌垫控制电路设计

3.1 主控芯片设计

本设计选择MSP0G3507为主控芯片^[7]，该芯片具有以下优点：(1) 基于 Arm Cortex-M0+内核设计，工作频率最高可达80MHz。(2) 该芯片具有优化的低功耗模式，待机时电流低至1.5μA，同时保留RTC(实时时钟)和SRAM(静态随机存取存储器)，延长了电池寿命。(3) MSP0G3507配备了128KB的闪存和32KB的SRAM，能够满足各种应用需求。(4) 多达60个GPIO引脚，提供丰富的输入输出功能，支持5V容限IO和高驱动IO，方便与其他设备进行连接和通信。(5) 该芯片支持CAN-FD(控制器局域网灵活数据速率)，提供了更高的数据传输速率和更大的数据负载能力。

主控单元实物图如图5。



图5 主控单元实物图

主控芯片原理图如图6所示。

3.2 传感器接口设计

为了将矩阵分布的压力传感器与心电传感器的信号传输到主控芯片，控制LED灯、震动马达的进行反馈，在主控芯片上进行接口设计。元器件接口需求表如表1。

表1 元器件需求表

压力传感器接口	心电传感器接口	LED指示灯	震动马达
模拟信号	模拟信号	数字控制	数字控制
尺寸: 10mm	直径: 16mm	直径: 10mm	直径: 15mm
量程: 10kg	波长: 515nm	功耗: 20mA	额定电压: 3v
薄膜	输出信号: 0~3.3v	三色发光	绝缘电阻: 10Ω
电阻应变式	电流大小: 0~4ma	双微芯无极	端子阻抗: 30Ω

根据需求进行总体原理图设计，如图6。

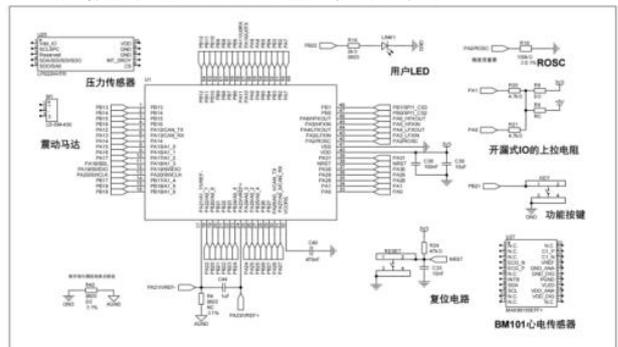


图6 总体原理图设计

3.3 程序设计

本文探索物联网技术结合压力传感器在智慧桌垫中的应用。采用模块化编程思想分布，结合震动马达、LED指示灯及心电传感器等硬件^[8]，和易读性和移植性高的C语言进行编写，代码编译及调试在Keil μ Vision5 by ARM软件环境中完成，主控芯片的引脚配置则通过STM32CubeMX实现。

系统初始化包括定时器、延时函数、系统时钟、串口通信及传感器初始化等。初始化完成后，桌垫进入待机，等待接指令或自动监测。当主控芯片分析出用户需要健康提醒时，会立即启动相应的程序。部分程序如下所示

```
int main(void)
{
    I2C_Configuration(); //配置 CPU 的硬件 I2C
    OLED_Init();
    Adc_Init();
    OLED_CLS(); //清屏
    while(1)
    {
        value_AD = Get_Adc_Average(13, 10); //10 次平均值
        VOLTAGE_AO = map(value_AD, 0, 4095, 0, 3300);
        if(VOLTAGE_AO < VOLTAGE_MIN)
        {
            PRESS_AO = 0;
        }
        else if(VOLTAGE_AO > VOLTAGE_MAX)
        {
            PRESS_AO = PRESS_MAX;
        }
        else
        {
            PRESS_AO = map(VOLTAGE_AO, VOLTAGE_MIN,
                VOLTAGE_MAX, PRESS_MIN, PRESS_MAX);
        }
        //printf("AD 值 = %d, 电压 = %d mv, 压力 = %ld
        g\r\n", value_AD, VOLTAGE_AO, PRESS_AO);
        OLED_ShowNum(1, 1, value_AD, 5);
        OLED_ShowNum(2, 1, VOLTAGE_AO, 5);
        OLED_ShowNum(3, 1, PRESS_AO, 5);
        Delay_ms(500);
    }
    .....
}
```

3.4 用户端 UI 界面设计

智慧桌垫的 UI 界面运行理念基于用户指令的精准转

换与即时反馈^[9]。通过图形用户界面 (GUI) 发送指令，系统将这些指令转换成代码信息。GUI 界面设计得直观且易于操作，主要包含以下四个核心部分：

- (1) 坐姿监测与提醒：通过实时监测用户的坐姿，当主控芯片分析出坐姿不正确时，会立即激活震动马达。
- (2) 健康活动提醒：智慧桌垫还能根据用户的办公时长或活动模式，适时发出健康活动提醒。
- (3) LED 指示灯反馈：LED 指示灯作为另一种重要的反馈方式，会根据不同的健康提醒或状态变化亮起相应的颜色或闪烁模式。
- (4) 个性化设置与自动模式：提供个性化设置功能，可以根据自己的需求调整。

整个智慧桌垫的 UI 操作界面如图 7。

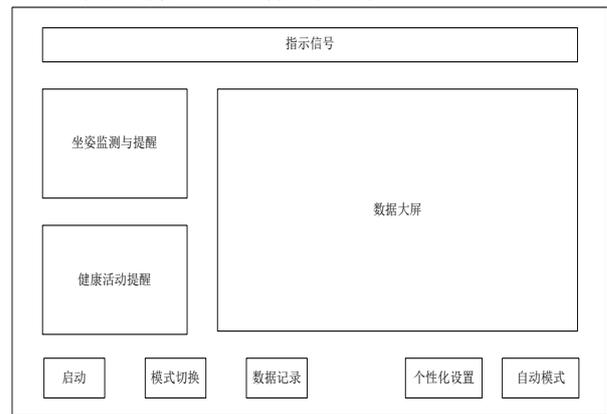


图 7 UI 操作界面

4 系统性能测试

智慧桌垫提供更为智能、舒适和高效的工作环境^[10]。它通常配备有压力传感器、系统响应机制、震动马达以及 LED 指示灯等功能组件。我们会针对这些组件进行测试。

4.1 压力传感器的精度测试

压力传感器是智慧桌垫与用户交互的重要接口，其精度直接影响到桌垫对用户动作的识别准确性。

对此使用加压检测法，用标准重量负载于压力传感器，用万用表的电压档检测传感器输出端的电压变化。标准压力源校准：使用标准的压力源给传感器施加压力。按照压力的大小和输出信号的变化量。

以下是仿真测试结果，如表 2。

表 2 仿真测试结果

实际值 (N)	10	15	20	25	30	35	40	45	50
输出值 (N)	14.95	15.9	20.02	44.96	30.15	35.05	39.97	45.03	50.0

实际值与输出值均再 $\pm 0.5N$ 的范围内，因此可以确保其在不同压力下的输出值与实际压力值相符。

4.2 系统响应速度测试

系统响应速度是指智慧桌垫在接收到用户指令后，执

行相应操作所需的时间。

如果系统响应速度过慢,用户可能会感到操作卡顿或延迟。通过测试系统响应速度,可以优化桌垫的算法和硬件配置,提高整体性能。

本文使用 WebPageTest 在线工具来测试系统的响应速度。其能够模拟用户访问系统并收集详细的性能数据,包括加载时间、响应时间等。测试结果如下,如表 3 所示。

表 3 系统标准加载时间与测试响应时间测试结果

加载量 (MB)	10	20	30	40	50	60	70
标准加载时间 (ms)	170	190	220	240	270	280	290
标准响应时间 (ms)	160	170	190	205	215	230	240
测试加载时间 (ms)	168	188	215	237	271	276	289
测试响应时间 (ms)	159	171	212	203	211	275	288

测试加载时间、响应时间与测试加载时间、响应时间均再±5ms 的范围内。

5 结语

本文深入探索了物联网技术与压力传感器在智慧桌垫设计中的应用。

在工作原理方面,通过压力传感器阵列的精准监测,智慧桌垫能够实时捕捉使用过程中的压力分布数据。发现坐姿不正确或需要健康提醒时,主控芯片会激活震动马达和 LED 指示灯,通过轻微的震动和视觉提示来引导用户。

在外观结构设计中,顶层接触面采用记忆海绵,中间层嵌入柔性压力传感器,底层使用硬质塑料。

在控制电路设计方面,我们选择了 MSP430G3507 作为主控芯片,并设计了传感器接口、LED 指示灯及震动马达的控制电路。通过模块化编程思想,实现系统的初始化、数据采集与分析、健康提醒的触发等功能。

用户端 UI 界面设计了直观易用的操作界面。并进行了系统性能测试验证了压力传感器的精度符合要求。

其中使用 WebPageTest 对系统响应速度进行了测试,结果表现良好。

综上所述,本文设计的智慧桌垫不仅提升了办公环境的舒适度,还通过智能化的健康管理功能为用户提供了更为科学、个性化的健康建议。

[参考文献]

- [1] 宋莹莹,赵奕芳,路光伟. 基于单片机的智能医用注射泵系统的设计[J]. 模具制造,2024,24(12):203-205.
- [2] 向伟,张东光,刘治,等. 柔性温度—压力传感器的设计与制备[J]. 传感器与微系统,2024,43(12):96-99.
- [3] 罗庭芳,黄轲,刘轶,等. 基于系统程序和 Simulink 的核测量系统建模和仿真研究[J]. 核动力工程,2024,45(2):127-132.
- [4] 刘勇奇,罗文彬. 工程塑料在智能家居设计中的应用[J]. 塑料工业,2024,52(9):176-177.
- [5] 卢纯福,洪鑫,吴剑锋,等. 基于被动动态坐姿的健康坐垫设计[J]. 包装工程,2024,45(16):121-128.
- [6] 陆静. 基于 Simulation 的机架变形分析[J]. 机械工程与自动化,2024(2):62-63.
- [7] 姜毅航,朱佳明,方静,等. 关于智能一体化无线充电恒温桌垫的设计[J]. 电子制作,2021(15):84-86.
- [8] 罗萍. LED 光立方的单片机控制程序设计[J]. 电脑编程技巧与维护,2018(6):42-45.
- [9] Wenxing Winter Office Companion - Guangbo Warm Hand Desk Mat Warm Launch [Z]. Stationery and Technology, 2014, (23): 43
- [10] Chen Jie Research on data processing technology of triangular mesh model based on mixed transition features in reverse engineering [Z]. Mentor: Gao Chenghui; He Bingwei Fuzhou University, 2011
作者简介:刘子仪,男,就读院校:电子科技大学成都学院,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就职单位:电子科技大学成都学院。