

# Design of Pedometer Based on Single Chip Microcomputer

Jiaxuan Wu Hongyi Yan Jiaxi Liu Tianshuo Lan

Beijing University of Technology, Beijing, 100124, China

## Abstract

In order to solve the problem that the existing mature products have higher integration, higher operation difficulty, higher use threshold, and lower cost performance due to the function can not be fully utilized by people, this paper designs the step data acquisition and calculation based on the single chip microcomputer, and uses the MEMS three-axis micro accelerometer to realize the movement monitoring. The pedometer is equipped with the optimized GPS mileage counting program and fall calculation algorithm program, and the data is displayed through the OLED screen, aiming to meet the core needs of the crowd in a more concise form. The whole research process adopts the research method of modular development. The software and hardware modules are designed to realize the joint debugging, and the pedometer's functions of step counting, positioning and sensing fall are finally realized.

## Keywords

single chip microcomputer; a pedometer; MEMS; sensor

# 基于单片机的计步器设计

吴佳萱 闫弘毅 刘家熙 兰天硕

北京工业大学, 中国 · 北京 100124

## 摘要

为解决现有成熟产品集成度较高, 操作难度上升, 使用门槛提高, 因功能不能被人们全部有效利用导致的产品性价比降低情况, 论文设计了基于单片机实现步数数据采集和计算, 利用MEMS三轴微型加速度计实现运动情况监测, 以搭载优化后的GPS里程计数程序、跌倒推算算法程序为辅助, 通过OLED屏幕进行数据显示, 旨在以更简洁的形式满足人群核心需求的情况的计步器。整个研究过程采用模块化开发的研究方法, 软硬件模块分别设计实现联合调试, 最终实现计步器计步、定位、感应跌倒的功能。

## 关键词

单片机; 计步器; MEMS; 传感器

## 1 引言

如今最先进的记步设备如运动手环(表)等在功能集成的道路上越走越远, 已经不再主打计步功能, 现有成熟产品集成度高, 但也导致操作难度上升, 使用门槛提高, 且功能不能被人们全部有效利用导致产品性价比降低, 因此论文设计了这款使用 MEMS 三轴微型加速度计进行运动情况监测, 用单片机运行优化后的 GPS 里程计数程序、跌倒推算算法程序实现步数、身体倾斜情况数据的采集分析和计算, 通过 OLED 屏幕进行数据显示, 以更简洁的形式满足人群核心需求的计步器。

## 2 计步器总体设计

本设计将现有的基于单片机的计步器设计的主要功能如计算并显示步数、通过增加 GPS 定位更准确地计算总里

程数、提供老人跌倒判定并根据其结果发出警报等进行了整合与优化。其总体设计包含主控模块、交互模块、存储模块、传感器模块、定位模块、变压模块、下载模块<sup>[1]</sup>, 总体结构框图如图 1 所示。

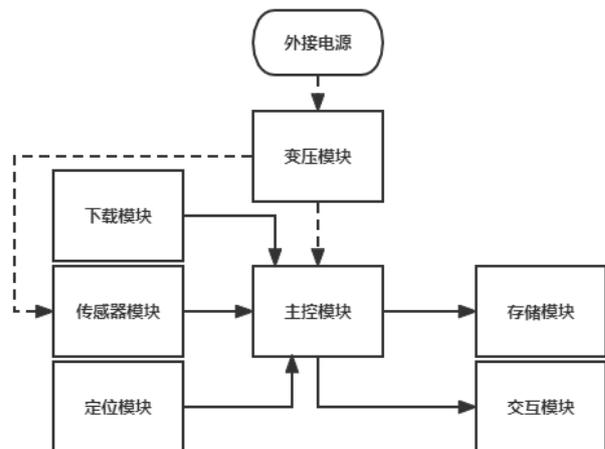


图 1 总体结构框图

【作者简介】吴佳萱(2003-), 女, 中国北京人, 本科, 从事电子科学与技术研究。

### 3 软件模块设计

#### 3.1 计步算法设计

##### 3.1.1 传感器基本参数设定

根据资料显示,人行走的频率一般在 110 步/min(1.8Hz),跑步时的频率不会超过 5Hz<sup>[2]</sup>,同时结合 MPU6050 的功能参数,系统选择 50Hz 的采样率可以比较准确地反映加速度信号的变化。同时该计步器为了可以检测到使用者的角度倾斜情况来判定其是否摔倒,将陀螺仪检测范围设置为 ±2000dps,将加速度传感器检测范围设置为 ±8g。

##### 3.1.2 算法设计思路

第一步:在计步器启动后,进行器件初始化,并设定初始阈值。第二步:根据设定的频率(波特率 50Hz)对 X、Y、Z 三轴加速度数据进行采样。为了保证计步的准确性,每收集四个 X、Y、Z 轴角速度样本便进行滤波操作,并对四个收集到的样本求取均值,得到当前的 X、Y、Z 轴角速度标准样本。第三步:将当前三轴角速度标准样本与现有的 X、Y、Z 轴的最大(最小)角速度进行比较,得到一个较为准确的动态阈值。第四步:先后记录连续的两个三轴角速度样本,经过比较,判断出当前最活跃轴,然后将最活跃轴连续两个角速度与动态阈值再行比较,若前一个角速度值(手臂甩动最低点前后角速度)比动态阈值大,后一个角速度值(手臂甩动最高点前后角速度)比动态阈值小,即可判断为“走路”。第五步:重复步骤二、三、四,每储存 50 份行走数据<sup>[3]</sup>,便根据数据更新动态阈值。计步功能程序运行流程图如图 2 所示。

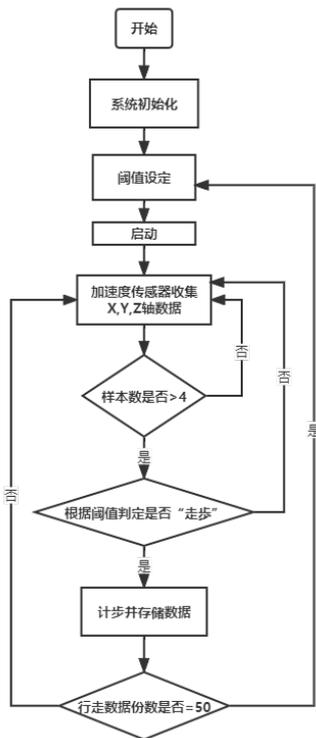


图 2 计步功能运行流程图

#### 3.2 跌倒算法设计

检测跌倒比较准确、稳定的方法是通过加速度判断跌倒状态,但在判断过程中大多涉及积分运算,计算过程比较繁琐。因此,本设计综合考虑嵌入式的运算能力和实际运用环境,选择通过计算较为简单的加速度数据的变异指数来附属判断跌倒状态。通过计算来自 X、Y、Z 轴的三轴加速度可以得到反映人体运动的剧烈程度的加速度幅度值 SVM。当人体处于行走状态时,计算出来的 SVM 序列比较平缓且离散程度小,当人体在发生摔倒活动时,计算出来的 SVM 序列比较分散且离散程度大。离散程度使用变异指数 CV 表示<sup>[4]</sup>,当 CV 值超过一定的阈值后,便可认定发生了摔倒活动。设计具体步骤如下:

第一步:设定初始阈值。

第二步:利用计步算法中获得的前后两次三轴角速度,通过计时器得到两次计数的时间间隔,求得 X、Y、Z 三轴的加速度值,通过公式  $SVM = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$  求解 SVM 值。

第三步:重复第二步的操作,获得 SVM 序列,计算其变异指数 CV 来观察其离散程度,将 CV 计算值与设定的阈值进行比较即可判断出是否发生了“跌倒”行动。

#### 3.3 计步器全功能运行流程

计步器基于其硬件设备运行既定的软件程序完成计步、统计总里程以及摔倒判定与报警的综合功能,当计步器启动后,程序运行流程如图 3 所示。

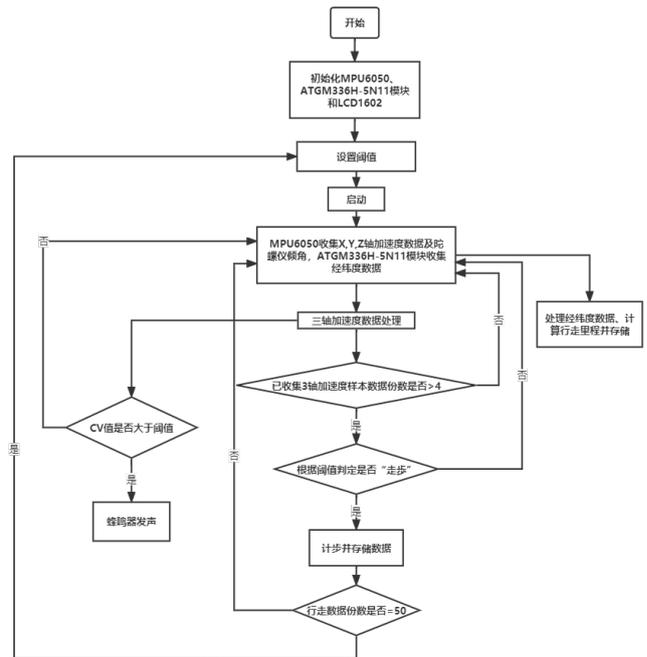


图 3 计步器软件程序流程图

### 4 硬件模块设计

#### 4.1 主控模块

本设计的主控模块为单片机工作所需的最小系统,主

要包括单片机、晶振电路及复位电路，线路接线如图 4 所示。本次设计单片机选用的是高速、低功耗、具有超强抗干扰能力的 STC89C52RC。复位电路保证了单片机系统中电路稳定可靠工作，电源上电后，当 VCC 超过 4.75V 低于 5.25V 以及晶体振荡器稳定工作时，复位信号撤除，单片机电路开始正常工作。晶振电路可以为系统提供基本的时钟信号，其核心元件晶振是用一种能把电能和机械能相互转化的晶体在共振的状态下工作，以提供稳定、精确的单频振荡。其电路如图 4 所示。

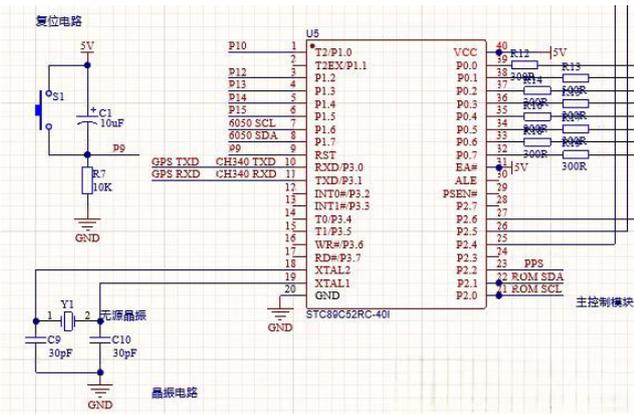


图 4 单片机最小电路

## 4.2 传感器模块

本设计的加速度传感器采用的是可在不同电压下工作、可程式控制的 MPU6050 六轴姿态传感器。MPU6050 由三个陀螺仪和三个加速度传感器组成及数字运动处理器 DMP 组成。MPU6050 共含有两个 IIC 接口：第一，IIC 接口可作为主接口传输数据给单片机；第二，IIC 接口可以用于连接一个第三方数字传感器，然后通过这个 IIC 接口可输出 9 轴信号。这款传感器相较于多组件方案，解决了组合陀螺仪与加速器时间轴之差的问题，大量减少封装空间。其角速度全格感测范围广泛，可准确追踪快速与慢速动作，采集的数据更准确。其内部数字运动处理器可对传感器数据进行滤波、融合处理，直接通过 IIC 接口向单片机输出姿态解算后的数据，降低单片机的运算量。其姿态解算频率最高可达 200Hz，非常适合用于对姿态控制实时要求较高的领域。其电路连接如图 5 所示。

## 4.3 交互模块

### 4.3.1 数据显示

目前，有显示字符等需求的硬件设计中做显示所用的主流元件模块为 LED 共阴极或共阳极数码管、LED 点阵屏、LCD 液晶显示屏，其中用 LED 数码管实现动态扫描所用的电路连线较少，但是在有限的空间内其显示能力受限。LED 点阵屏显示能力有所提高，但对于多文字的显示来说还是有些吃力，且连线较为复杂，所以本次设计采用的方案为 LCD 液晶屏显示，LCD1602 可以显示两行文字，低功耗的同时显示内容丰富，能较好满足系统需求。其电路连接如图 6 所示。

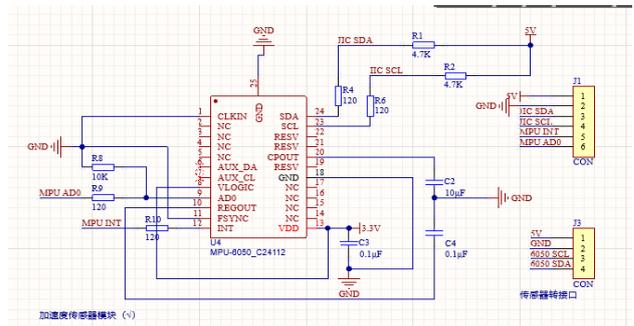


图 5 MPU6050 外部电路

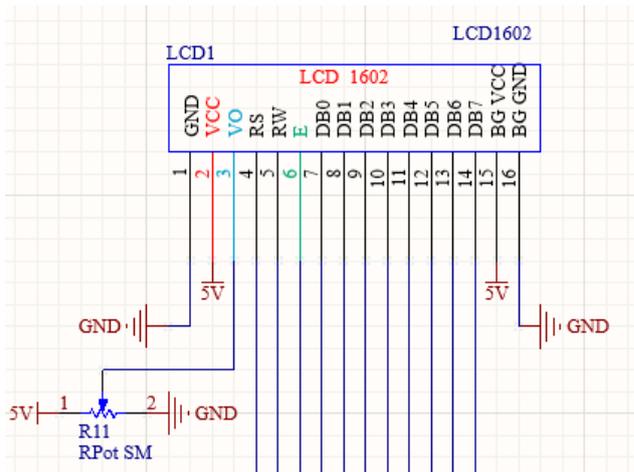


图 6 LCD1602 电路连接图

### 4.3.2 按键电路

为更好实现使用者与计步器的交互，如在需要时显示上次断电时存储的步行及里程数据或将计步器重新初始化，又或是在使用者已经脱离跌倒状态时及时停止蜂鸣器发声，本设计增加了按键电路以方便使用者对计步器进行控制。其电路连接如图 7 所示。

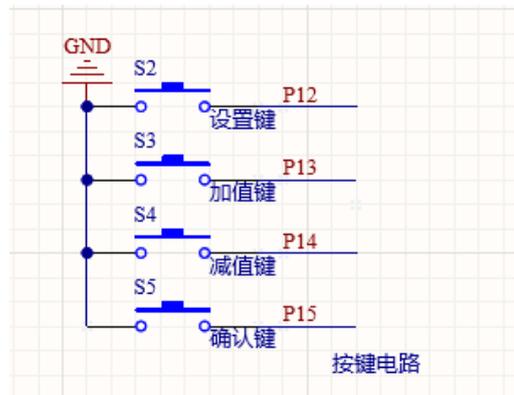


图 7 按键电路连接图

## 4.4 存储模块

本设计选择的存储模块以 AT24C02 为核心元件，单片机将步数、里程等数据信息实时写入该模块，数据掉电后不丢失，重新上电后可通过单片机读取保存的数据。AT24C02

是一个 2K 位串行 CMOS E2PROM，内部含有 256 个 8 位字节，其先进 CMOS 技术减少了器件的功耗。该器件拥有一个 16 字节页写缓冲器，它可以通过 IIC 总线接口进行操作且其 IIC 总线的数据传输速率极高，还有一个专门的写保护功能来防误擦除。同时，该器件擦写周期次数多，数据保存时间长。其电路连接如图 8 所示。

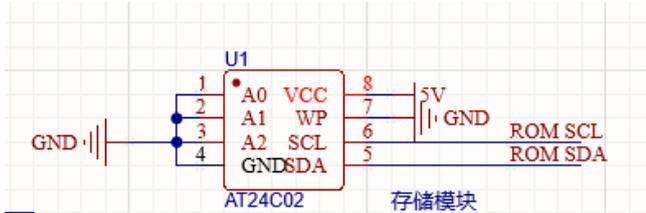


图 8 AT24C02 电路连接图

#### 4.5 定位模块

本设计的定位模块选用了具有高灵敏度、低功耗、低成本等优势 ATGM336H-5N 系列模块，该系列模块产品均基于中科微第四代低功耗 GNSSSOC 单芯片——AT6558 设计，可以支持多种卫星导航系统。其搭载芯片 AT6558 是一款真正意义的六合一多模卫星导航定位芯片，共包含 32 个跟踪通道，可同时接收六个卫星导航系统的 GNSS 信号，并且实现联合定位、导航与授时。适用于车载导航、手持定位、可穿戴设备。该模块与单片机进行串口通信时，该模块的 RXD 接单片机的 TXD，该模块的 TXD 接单片机的 RXD。

#### 4.6 变压模块

本设计的变压模块由两部分组成，一部分以 LM7805 为核心元件，可以将外接电源提供的一定范围内的电压转换成 5V 电压为单片机进行供电；一部分以 RT9193-33GB 为核心元件，可将流入的 5V 电压转换为 3.3V 为 MPU6050 供电。LM7805 模块在使用时，只要输入电压大于 7V，就可稳定输出 5V 电压，但若是输入电压只略高于 5V，其输出不具有稳压性能，此时的输出电压会随着输入电压而波动。RT9193-33GB 芯片是一款超低噪、超高速采用 CMOS 开关管的稳压器，其电路连接如图 9 所示。

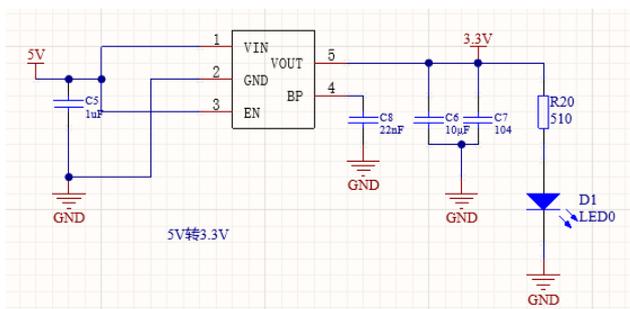


图 9 RT9193-33GB 芯片电路连接图

#### 4.7 下载模块

本设计的下载模块使用的是 CH340T 芯片 ISP 下载模块

且自带 5V/3.3V 稳压芯片。ISP (In-System Programming) 在线系统可编程，指电路板上的已经焊好的空白器件可以直接编程写入最终的用户代码而不需要将器件从电路板上取下，而且已经完成编程的器件也可以用 ISP 方式来进行擦除或再编程。该下载器还具备 USB 接口，同时预留排针接口，方便短距离下载接插，也可以通过杜邦线和转接器延长下载线。

## 8 实验测试

为保证本设计实际电路的焊接与测试顺利进行，本课题组在 Proteus、Multisim 等软件中进行了电路仿真调试。使用 Multisim 软件时，可选择的器件中没有 STC89C52RC，由于该单片机属于“51 单片机”的一种，因此可以用仿真器件“8051”代替，放置 MCU 后即生成了 MCU 工作区，可以在该文件下直接建立 C 文件进行程序编写。又由于本设计中所用到的元器件在 Multisim 中并不能够都找到，且导入新器件的过程较为烦琐，所以本设计仿真主要使用 Proteus。该软件可用的元件库内置的元器件种类更丰富，且在运行仿真时会在接口处显示该处电平情况，便于本课题组通过电平的变化检查电路连接与代码编写上的问题，但是 Proteus 的软件内编程操作比较烦琐，所以本课题组选用 Keil5 软件为单片机编写仿真使用的代码并生成 hex 文件导入 Proteus 来运行仿真。

## 9 结语

基于单片机 STC89C52RC 的计步器设计通过 MPU6050 加速度传感器收集 X、Y、Z 轴加速度及倾角数据计算判定使用者是否迈出“一步”或是否跌倒，通过 ATGM336H-5N11 收集经纬度数据计算行走里程，并将步行数据、里程数据显示在液晶显示屏上、存储在存储芯片里，使用者可直观了解到自身的运动情况，且即便计步器没电了数据也不会丢失。电路所带的蜂鸣器根据跌倒判定情况适时发声，能让使用者在摔倒时被及时发现并获得他人的帮助。除此之外，使用者还可以通过按键电路来控制自己的计步器。

### 参考文献

- [1] 谢楚雄.基于单片机的计步器设计[J].数码设计:下,2018(9):130-131.
- [2] 杜波,张卓,尹璐.基于单片机的简易计步器设计[J].科技创新与应用,2015,144(32):19-20.
- [3] 张婷.基于单片机的三轴加速度计步器设计[J].山西电子技术,2016,189(6):32-33+50.
- [4] 郭元新,叶玮琼.基于MPU6050传感器的跌倒检测算法[J].湖南工业大学学报,2018,32(3):76-80.
- [5] 薛妮妮,李娣娜,马惠敏.基于轴加速度传感器的智能计步器设计[J].价值工程,2019,38(33):162-164.