

# 目录

摘 要.....	I
Abstract.....	II
1 绪论.....	1
1.1 课题研究目的及意义.....	1
1.2 国内外计步器的发展情况.....	1
1.3 计步器的原理及分类.....	2
2 计步器系统总体设计结构设计.....	2
2.1 计步器总体设计.....	3
2.2 三种计步器的对比.....	8
2.3 系统硬件结构方案设计.....	10
2.4 系统设计方案论证.....	13
3 计步器系统硬件电路设计.....	15
3.1 加速度传感器电路.....	15
3.2 单片机系统电路.....	17
3.3 LCD 显示电路.....	20
3.4 开关与电源电路.....	23
4 计步器系统软件设计.....	30
4.1 主程序流程图.....	30
4.2 子程序流程图.....	31
5 计步器调试与结果分析.....	35
5.1 实物系统调试.....	35
5.2 结果分析.....	37
6 总结与展望.....	44
参考文献.....	45
附录一 程序代码.....	46
附录二 设计电路图.....	50
附录三 硬件电路实物图.....	53
致谢.....	55

## 摘要

随着我们生活水平的不断提高,社会各阶层的人们开始对身体健康尤其的关注。然而健身的方法数不胜数,步行是最好的运动之一。健康需要走出来,行走锻炼——人类生命健康的加氧站。步行是一种静中有动、动中有静的健身方式,可以缓解神经肌肉紧张。据专家实验得出,当烦躁、焦虑的情绪涌上心头时,我们以轻快的步伐散步 15 分钟左右,即可缓解紧张、稳定情绪。计步器功能可以根据计算人的运动情况来分析人体的健康状况。而人的运动情况可以通过很多特性来进行分析。比如人在运动时会产生加速度。

论文主要采用了以单片机 AT89C52 为核心的计步器控制系统,并实现运动计步,是通过人运动时产生加速度变化来实现的,本文利用具有体积小,功耗低,三轴加速度传感器 MMA7455 来实现,采集到的加速度数据通过适当的算法就可以实现计步功能,最后通过 LCD1602 给予显示。

本设计的特色在于完整的设计出计步器及其控制电路,整个系统具有控制方便,检测精确,硬件结构简单,方便携带,成本较低等优点。

关键词：单片机；加速度传感器；液晶显示

www.docin.com

## Abstract

With our continuous improvement of living standards, social strata, especially the health of people began to concern. However, numerous methods of fitness, walking is the best exercise one. Health needs to come out, walking exercise - human life and health and oxygen station. Walking is a static in action, moving in a static way of fitness, can relieve nerve muscle tension. According to experts, experimentally derived, when irritability, anxiety in my heart, we are walking at a brisk pace for about 15 minutes, you can relieve tension, emotional stability. Pedometer function can be calculated according to the movement of the person to analyze human health. And the movement of people can be analyzed through a number of characteristics. Such as human in motion will produce accelerations.

This thesis uses a microcontroller AT89C52 as the core control system pedometer, pedometer and achieve movement is produced by the human movement acceleration change to achieve, this paper has a small size, low power consumption, triaxial acceleration sensor MMA7455 to implementation, the acceleration data collected through appropriate algorithms can achieve step count, and finally through LCD1602 given display.

This design feature is the complete design of a pedometer and its control circuit, the whole system easy to control, detection accuracy, the hardware structure is simple, easy to carry, and low cost.

**Keywords:** Microcontroller, Acceleration sensors, LCD

# 1. 绪论

## 1.1 课程研究目的及意义

智能仪器是当代发展最为迅猛的科学技术，在工业领域得到了广泛的应用。基于仪器仪表智能化的发展趋势，发展出很多以单片机为基础的智能仪器产品。在日常生活中，计步器的应用得到了广泛的认可，计步器最基本的功能就是计步，在你散步甚至跑步的时候能帮你计算总共走了几步。除了计步功能，卡路里，距离，收音机和时间也是计步器通常带有的功能，这些功能都非常普遍。随着发展的深入，温度计，高度计、心率计、秒表和气压计等很多针对户外活动的功能也越来越多的应用于计步器。目前，计步器的构成有机械式和电子式两种。机械式的计步器利用人行走时的振动引起计步器内部簧片或者弹力小球的振动来产生电子脉冲，内部处理器通过判断电子脉冲的方法来达到计步的功能。这种机械方式的成本比较低，但是它的准确性和灵敏度很低。另一种是基于加速度传感器的电子式的计步器，可以精确测得人行走时的步态加速度信号。通过微控制器相关算法可以获得人行走时的步数，这种电子计步器具有功耗低，精确度和灵敏度高等优点。

其中本文讨论的基于加速度传感器为基础的计步器正好利用了加速度特性来进行分析，行走或跑步过程中人体的多处部位都在运动，会产生相应的加速度，加速度与时间成正弦曲线，并且会在某一点形成峰值，因为通过计算可以计算步数，估算距离。因为其种种优点逐渐成为计步器市场上的代表。

美国医学专家推荐了一个用走路自测健康状况的公式：如果你能在 10 分钟内走完 1000 步，说明健康状况良好；如果能在 20 分钟内走完 2000 步，说明健康状况优秀；而如果能在 30 分钟内走完 3000 步，那么你的身体状况与一个青壮年小伙子一样棒。正因为步行对健康起到如此重要的作用，而又需要比较合理的测出行走的步数，一个小巧方便的计步器是不可或缺的。它是一种健康电子产品，顾名思义就是在你走步的时候帮你计算一共走了多少步，是一个既经济又科学的小工具。计步器可以帮助我们完成每天走步计数目标。

总的来说，计步器的开发研制对健康生活极其关键。它不仅仅是一个计数的机器，更是一个督促运动，与健康密切联系的必需品。

## 1.2 国内外计步器的发展情况

20 世纪 40 年代初,德国人研制了世界上第一只摆式陀螺加速度计。此后的半个多世纪以来,由于航空、航海和航天领域对惯性测量元件的需求,各种新型加速度计应运而生,其性能和精度也有了很大的完善和提高。

加速度计面世后一直作为最重要的惯性仪表之一,用在惯性导航和惯性制导系统中,与海陆空天运载体的自动驾驶及高技术武器的高精度制导联系在一起受到重视。这时候的加速度计整个都很昂贵,使其他领域对它很少问津。

这种状况直到微机械加速度计(Micro Mechanical Accelerometer, MMA)的问世才发生了改变。随着微机电系统技术的发展,微加速度计制作技术越来越成熟,国内外都将微加速度计开发作为微机电系统产品化的优先项目。微加速度计与通常的加速度计相比,具有很多优点:体积小、重量轻、成本低、功耗低、可靠性好等。它可以广泛地运用于航空航天、汽车工业、工业自动化及机器人等领域,具有广阔的应用前景。

当前国内在加速度技术上仍沿用传统的压电技术,精度停留在  $5 \times 10^{-5}g$  水平上,而且尺寸偏大,重量偏重,影响我国惯导技术的先进性。近年来国内虽然有多个单位 MEMS 微加速度计进行了研究,但在精度上仍未取得突破,大体上只能达到  $10^{-1}g$  的水平。

我国从 20 世纪 80 年代末开始了 MEMS 技术的研究,包括硅微型压力传感器、微型电机和微型泵。10 多年来研究队伍逐步扩大,本世纪初已形成 40 多个单位的 50 多个研究小组,在 MEMS 传感器方面开展了大量的研究工作,取得了长足的进步。MEMS 研究方向包括:微型惯性器件和惯性测量组合;机械量微型传感器和制动器;微流量器件和系统;生物传感器、生物芯片和微操作系统;微型机器人;硅和非硅制造工艺。国内公开发表文献表明,我国研制的振动轮式机械陀螺零偏稳定性达到  $70^\circ/h$ ,随机游走噪声达到  $30^\circ/1$ 。但由于基础研究的薄弱,技术人员的缺乏,技术和资金投入的不足,我国在各个技术方面与国外发达国家相比还有一定的差距,主要体现在批量生产时性能的稳定性和器件的完好率都有待于提高。

基于加速度传感器的计步器最大的核心问题是它的精确度问题,如何正确统计人行走或者跑步的距离,如何准确计算消耗的卡路里。在精确度问题上,日本及一些欧洲国家所生产的计步器较为精确,我国方面多用于基础民用阶段。但由于机械生产的精度不高,电路集成性不强,导致计步器的便携性弱于国外产品。

精确性的决定条件就是传感器的精确性,加速度传感器的种类很多,发展也很快,目前应用比较成熟的有电容式加速度传感器和压阻式加速度传感器。压阻式加速度传感器是利用硅材料电阻率的变化。压阻式加速度传感器具有频率响应特性好、测量方法易行、线性度好等优点,其缺点是温度效应严重、灵敏度低。电容式加速度传感器是将被测加速度转换成电容的变化来进行加速度测量的。其基本特征是工作性能稳定,温度漂移小。然而,电容式加速度传感器在将被测加速度转换为对应

的电容器电容变化量时,由于加速度惯性力引起电容极板位移的敏感度和速度总是慢于和小于悬臂梁等支承梁上应力变化的敏感度和速度,所以声表面波加速度传感器对被测加速度的敏感度和响应速度要高于和快于电容式等其它类型的加速度传感器。近年来,开放新型功能材料、研究新型传感技术,已被发达国家列为现代和未来科学研究的技术开放规划中的战略重点。利用新材料、新原理和新工艺研制出高性能、低成本、智能化、微型化的传感器是研究新型传感器的主要手段和最终目标。在种类众多的传感器家族中,声表面波是其中比较出色的一员。

### 1.3 计步器的原理及其分类

目前,计步器的构成有机械式和电子式两种。机械式的计步器利用人行走时的振动引起计步器内部簧片或者弹力小球的振动来产生电子脉冲,内部处理器通过判断电子脉冲的方法来达到计步的功能。这种机械方式的成本比较低,但是它的准确性和灵敏度很低。而采用三轴加速度传感器MMA7455,可以精确测得人行走时的步态加速度信号。通过微控制器相关算法可以获得人行走时的步数,这种电子计步器具有功耗低,精确度和灵敏度高等优点。

电子计步器的工作核心就是传感器,一般根据传感器的形式可分为2D计步器和3D计步器。按功能分又可以分为单功能计步器,计步器手表,脂肪测量计步器等等。老一代的2D振动传感器其实就是一个平衡锤在上下振动时平衡被破坏使一个触点能出现通/断动作,由电子计数器记录并显示就完成了主要功能,其他的热量消耗,路程换算均由电路完成,也称作机械式计步器。一般这种2D的电子计步器在使用的时候都需要垂直地面佩带才能感受人体的震动产生数据记录,所记录的数据误差偏大,价格便宜。当前市面上主流都是使用3D式电子计步器。3D意味着全方位感受人体震动,也就是不需要再垂直地面佩带,只要带在身边口袋中,手提包内都可以计步。不管是2D还是3D电子计步器,都是需要录入使用者的个人信息。毕竟作为专业的计步器与计步软件最大的不同,就是计步器的准确性。通常需要录入的个人信息最基本的数据就是体重与步距。体重是用来测算卡路里(Kcal)的消耗;步距是用来计算步行速度,步行距离的前提。而网上流行的计步软件只能记录走路的步数,无法测算卡路里的消耗,步行的路程,时间,速度等数据更是因为没有录入步距的情况下导致数据极不准确,无法起到控制运动量的作用。2D计步器只能存储一组步数,距离,卡路里数据,用户可以复位清除记忆中的数据并重新计步。3D计步器可以按日期存储多天的步数,距离,卡路里,时间等数据。计步器每天24点自动将前一天数据储存在记忆体中,并将当天步数等数据自动归零。用户可以通过MEM按钮回看过去几天的数据。通常3D计步器存储的数据可以达到6天或者更多。计步器手表数据存储方式和3D计步器相同。



### 1.3.1 单功能计步器

单功能计步器也可以称作2D计步器，是最简单的计步器。通常来说单功能计步器只是计算你在运动走路中所走的步数，这种计步器是最早也是最简单的，普遍采用了游丝摆锤机械式传感器，精度低但成本低，适合大批量生产。在单功能计步器中没有时间精度，无防水防尘防震，无法数据储存，无速度显示，佩戴时必需垂直，配有皮带夹，普遍是塑料材质，没有秒表时间日历等功能。



图1 单功能计步器

### 1.3.2 3D 计步器

当前市面上主流都是使用 3D 式电子计步器。3D 意味着全方位感受人体震动，也就是不需要再垂直地面佩带，只要带在身边口袋中，手提包内都可以计步。不管是 2D 还是 3D 电子计步器，都是需要录入使用者的个人信息。毕竟作为专业的计步器与计步软件最大的不同，就是计步器的准确性。通常需要录入的个人信息最基本

的数据就是体重与步距。体重是用来测算卡路里（Kcal）的消耗；步距是用来计算步行速度，步行距离的前提。而网上流行的计步软件只能记录走路的步数，无法测算卡路里的消耗，步行的路程，时间，速度等数据更是因为没有录入步距的情况下导致数据极不准确，无法起到控制运动量的作用。在 3D 计步器中主要是采用加速度传感器，双行显示，可以设计数据储存，显示卡路里，步数，距离等，相对于 2D 计步器更加的精确，便携，质量好。



图 2. 3D 计步器

www.docin.com

### 1.3.3 计步器手表

计步器手表也就是将 3D 计步器的芯片整合在手表中。这样用户可以通过佩戴计步器手表来计算步数，跑步速度，跑步距离，卡路里，并且还能拥有手表的日历，闹钟，秒表，计时等等功能

除此之外，还有些其他功能附加，或者制作出不同的佩戴方式，比如脂肪测量计步器，顾名思义，就是计步器整合了脂肪测量仪的功能。脂肪测量仪是通过手指按住计步器的两个角上的电阻片，4 秒钟读出人体的脂肪率。并计算人体的肥胖程度。其中人体的年龄，性别，体重等数据和计步器公用。对一些利用计步器来减肥的人群十分适用。收音机计步器计步器结合了 FM 调频收音机的功能。人们可以一边走路跑步计步，一边欣赏音乐和广播。计步腕带计步腕带内含 3D 运动传感器，本身不带显示器，需要和手机同步使用。





图 3. 计步器手表



图 4. 脂肪测量计步器



图 5. 收音机计步器



图 6. 腕带计步器

计步器的基本功能：时间显示、跑表功能、步数显示、距离显示及个性化步幅设计。另外还有自动收音 FM 收音机、目标距离、目标时间、响闹提醒功能、自动设置步幅、10000 步提示、速度显示、卡路里功能、手指感应心率、自动浏览数据等功能。计步器是老年朋友的健康伴侣，也是子女表孝心的实惠健康礼品。您可以按照自由的需要选择适合您的计步器。

另外在选择的时候还应选购较为知名的品牌,如今市场上跨国品牌主要有:美国 acumen(安康盟),日本 casio(卡西欧),日本欧姆龙品牌等。大家可以根据自己的喜好和计步器本身的功能来进行选择。一般来讲,除卡西欧的部分型号外,跨国品牌计步器均在我国寻找 OEM 厂家代工生产。日系品牌的设计也一般外包给国内的公司进行。所以,从一般意义上讲,各品牌家用计步器的质量差别是微乎其微的。但是,总体来说国内品牌的品牌力较弱,铺货渠道不充分,成为制约其发展的最大障碍之一。据国内医疗器械行业调查机构统计,在华北市场和华东市场,国内计步器的市场占有率尚不及跨国品牌的 70%。这一方面有消费者对于国产品牌得不信任感作祟,另一方面是大品牌的渠道优势。例如欧姆龙和卡西欧在绝大多数一二线城市,甚至包括一些三线城市的商场、药店拥有专柜。而国产品牌里仅有绿森林、康超力在部分一二线城市的商场、药店拥有专柜。

## 2. 计步器系统总体设计结构设计

### 2.1 计步器总体设计

计步器总体上来说由控制器模块,输入模块,输出模块和电源模块组成。对仿真器进行编程,使单片机作为主控制设备对采集到的传感器信号进行处理,最后通过 LCD 显示输出。在其中控制器模块,我采用按键模块,像典型的计步器按键一样,在设计初期设定的按键有开始键,停止键,重新计数键以及单片机模块必须带有的复位键。输入模块有 MMA7455 加速度传感器为主,单片机为媒介,在检测出加速度变化时处理计算后输入给单片机。输入模块的关键在于加速度传感器的精度与是否有现成的模块,而不是需要传感器感触装置本身,因为在电路制作中,存在模块的传感器将大大方便 PCB 板的制作,只需要搞清它的封装及引脚图就可以清楚且正确的连接。输出模块中采用 LCD 液晶显示,它与单片机连接基本上固定的。在液晶显示中存在一个背景光调节,主要是用一个变阻器接入液晶显示屏的端口,但由于 PCB 板的大小在设计初期就要本着越小越好,所以该设计可以忽略。电源模块我打算采用最为简单的电池,在电池盒中放置电池,正负极以电烙铁焊住。

总体方案的设计必须突出简洁,方便,便携等特点,存在集成的地方尽量集成,可以节省电路的地方坚决节省。

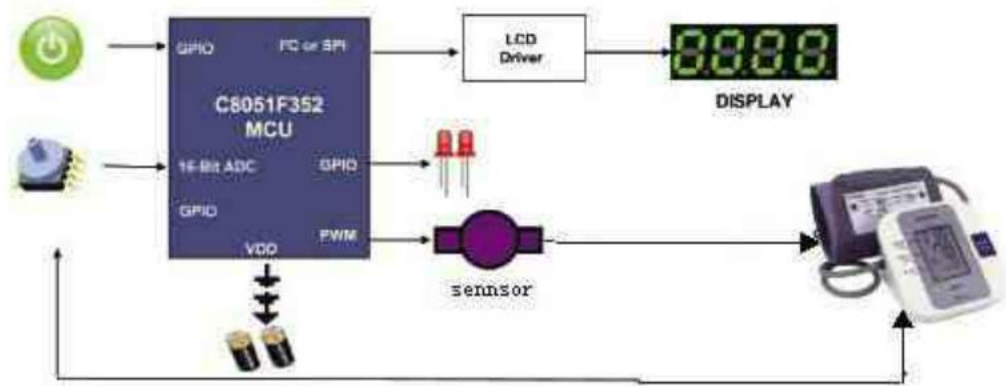


图 7. 计步器系统总体结构

## 2.2 三种计步器的对比

### 2.2.1 计步器的精度与质量

这三种计步器，也就是上述的单功能计步器，3D 计步器，计步器手表（包括其他附加功能及特别佩戴方式）。在精度上，计步器的精度主要取决于它的传感器精度，而单功能计步器主要用的是机械震荡传感器，精度较低，佩戴固定。而另外两种计步器都是采用加速度传感器，精度较高，佩戴相对随意。在质量上单功能计步器主要是塑料材质，易损坏。另外的两种主要采用金属材质，相对坚固。

### 2.2.2 工作性能与价格

在工作噪音方面，都不存在太大的问题，因为本身计步器就是小仪器，驱动装置不存在机械问题，固然没有噪音干扰。在操作上显然单功能计步器因为其在

佩戴上存在先天的短板，固然在真正生活时候操作并不方便。在按键上三种计步器按键基本没有差别。在价格上单功能计步器最为便宜，主要是因为它的材料，传感器型号，其他耗材都很基本，很便宜，手表计步器最贵，主要是因为功能全面，耗材多所致。当然，无论材料变化如何千变万化，在计步器领域，我们日常所用的计步器都不会超过 200 元，在足够资金的情况下，价格问题可以不加以考虑。

### 2.2.3 耗材更换方面

在耗材方面，主要更换的就是显示屏跟传感器，两者的质量跟价格都不是问题，所以耗材方面我考虑的不多。况且，在计步器市场的激烈竞争中，商家对耗材的价格都有了基本的共识，价格趋于稳定，不需要考虑市场供求关系的影响。

### 2.2.4 发展趋势

早期的计步器通常利用摆锤原理做为计步技术。后来发展到用电子感应和加速计技术，这两种技术和之前的摆锤技术相比更准确，更为重要的是，不必像之前那样计步器需要佩带需要和垂直于地面而一般只能带于皮带上，因靠感应身体的震动而计步，可以更多方向的佩带，特别是加速计，更是可以 360 度任何方向的运作。所以你可以放在口袋或是挂在脖子上，如果计步器体积够簿小，更是可以放在钱包里面。计步器最基本的功能就是计步，在你散步甚至跑步的时候能帮你计算总共走了几步。除了计步功能，卡路里，距离，收音机和时间也是计步器通常带有的功能，这些功能都非常普遍。随着发展的深入，温度计，高度计、心率计、秒表和气压计等很多针对户外活动的功能也越来越多的应用于计步器。

总之，计步器的发展趋势就是更加便携，精确，功能多样化。

## 2.3 系统硬件结构方案设计



根据系统总体方案设定可知，我们的模块包括传感器与单片机的输入模块，电源模块，显示模块，按键控制模块。在方案的设定中，它的变化不大，主要变化来自于按键模块的形式，传感器型号的选择，显示模块的型号选择。根据系统基本功能进行设计，有以下几种方案以供选择。

设计方案一，其基本功能包括 LCD 液晶显示，加速度传感器，按键控制模块作用于 LCD。

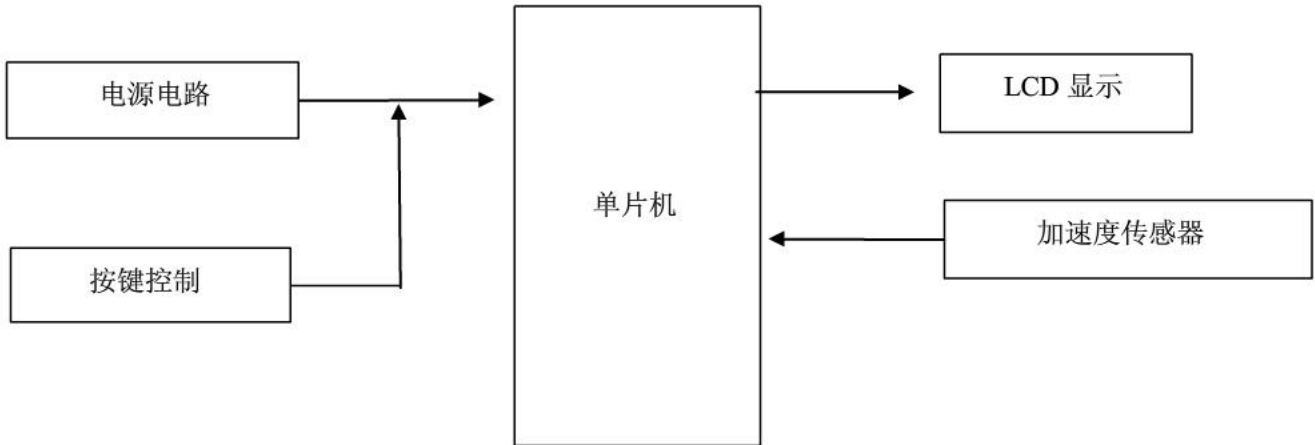


图 8. 方案一系统硬件结构图

在方案一中，我用到了加速度传感器作为信号的接收方，用 LCD 液晶显示作为输出模块，整体上来说优势是芯片较少，较精确。

设计方案二，其基本功能包括机加速度动传感器，LED 数码管显示，AD 转化，另外添加了时钟系统。

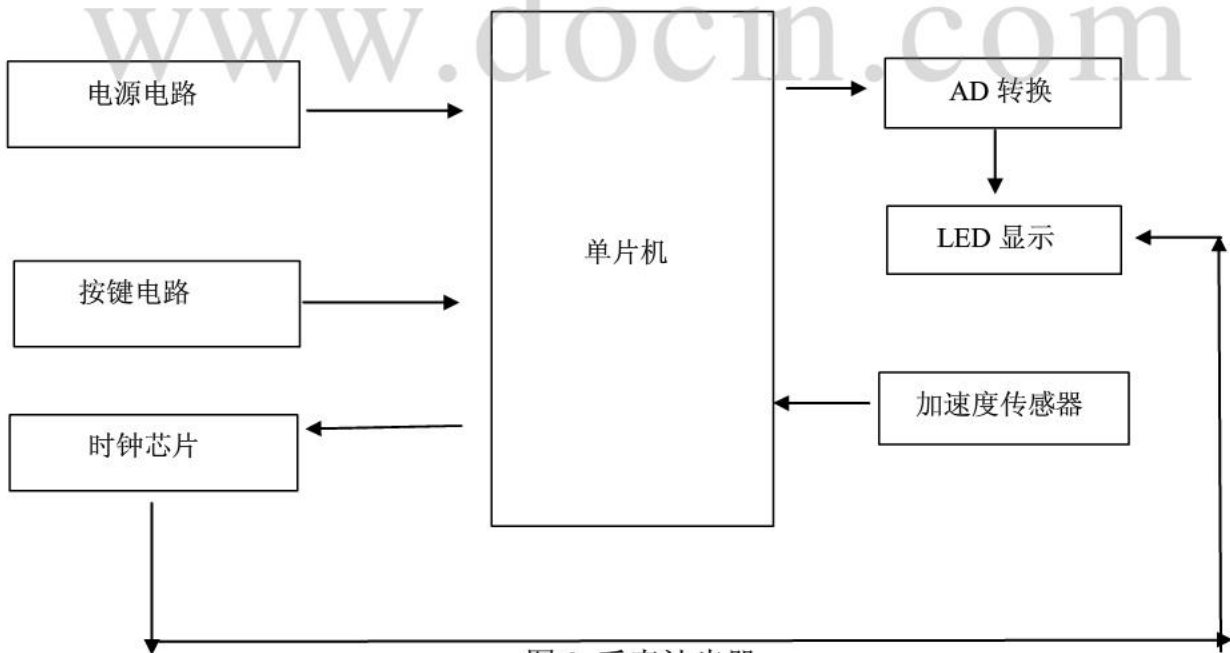


图 9. 手表计步器

设计二方案中有加速度传感器实现计步器功能，时钟芯片实现时间显示功能。本次设计的计步器系统是基于以锻炼为目的的计步器，而方案二的时间显示装置的作用不是很明显，因此在考虑计步器要简单便携，所以只需要设计出计步功能，而在市场上此类计步器的销路最好，综合考虑经济成本，系统设计原则与结构因素，选择设计方案一为本次设计的最终方案。

## 3. 计步器系统硬件电路设计

### 3.1 加速度传感器电路

因为计步器控制系统需要传感器提供电信号，而由加速度传感器模块省略了调理电路和滤波电路，所以在电路设计与制作时较为方便。本身我们也可以选择振动传感器，而考虑到精确问题，最后选择了加速度传感器。理论上加速度传感器如果被测物处于匀加速直线运动中应该是加速度传感器有测量值而振动传感器没有，不过实际中基本可以用加速度传感器只要读值不为 0 即可认为有震动。

#### 3.1.1 加速度传感器的选择

由于加速度传感器是电路的核心部分，所以它的选择格外重要，在选择传感器时我们应该注重以下几点。

##### （1）灵敏度的选择

灵敏度原则上来说是越灵敏越好，最小加速度测量值也称最小分辨率，考虑到后级放大电路噪声问题，应尽量远离最小可用值，以确保最佳信噪比。最大测量极限要考虑加速度计自身的非线性影响和后续仪器的最大输出电压，估算方法：最大被测加速度×传感器的电荷/电压灵敏度，以上数值是否超过配套仪器的最大输入电荷/电压值，建议如已知被测加速度范围可在传感器指标中的“参考量程范围”中选择（兼顾频响、重量），同时，在频响、重量允许的情况下，灵敏度可考虑高些，以提高后续仪器输入信号，提高信噪比。

在兼顾频响、重量的同时，可参照以下范围选择传感器灵敏度：土木工程原型和超大型机械结构的振动在  $0.1g \sim 10g$  左右，可选  $3000pC/g \sim 300pC/g$  的加速度计，机械设备的振动在  $10g \sim 100g$  左右，可选择  $20pC/g \sim 200pC/g$  的加速度计，冲击可选  $0.1pC/g \sim 20pC/g$  左右的加速度计。

##### （2）频率选择

选择加速度计的频率应高于被测物的振动频率,有倍频分析要求的加速度计频响更高。土木工程是低频,加速度计可选择 0.2Hz~1kHz 左右,机械设备一般是中频段,可根据设备转速、设备刚度等因素综合估计频率,选择 0.5Hz~5kHz 的加速度计。冲击测量高频居多。

加速度计的安装方式不同也会改变使用频响(对振动值影响不大),安装面要平整、光洁,安装选择应根据方便、安全的原则。这里给出同一只 KD1005 加速度计不同安装方式的使用频率:螺钉 5kHz,环氧或“502”4kHz,磁吸盘 1.5kHz,双面胶 0.5kHz,由此可见,安装方式对测试频响影响很大,应注意选择。

加速度计的重量、灵敏度与使用频率成反比,灵敏度高,重量大,使用频率低,这也是选择的技巧。

### (3) 内部结构

内部结构是指敏感材料晶体片感受振动的方式及安装形式,有压缩和剪切两大类,常见的有中心压缩、平面剪切、三角剪切、环型剪切。中心压缩频响高于剪切型,剪切型的环境适应性好于中心压缩型。如配用积分型电荷放大器测量速度、位移时,最好选用剪切型产品,这样所得信号波动小,稳定性好。

内置的概念是将电荷/电压转换放大电路置于加速度计内,成为具有电压输出功能的传感元件。它可分双电源(四线)及单电源(二线并带偏置的称 ICP)两种,下面所指内装电路专指 ICP 型。目前,内置电路传感器在国内使用较多的方面是用于机械故障、桩基检测,不少在线监测项目上也在使用该类产品。ICP 传感器的芯线作供电并又是信号输出通道。内置电路传感器灵敏度的选型计算:如选用目前最为通用的 100mV/g,可测 50g 以内振动,因为该传感器动态范围 $\pm 5V_p$ ,如测量 100g,则用 50mV/g 的加速度计,其余以此类推。内置电路的优势是低价位,抗干扰好,可长线使用,但它的耐高温、可靠性不如电荷输出产品,且动态范围也因输出电压和偏置电压的作用而受到限制。

### (5) 环境影响

某些测试现场的环境较为恶劣,考虑的因素较多,如防水、高温、安装位置、强磁电场及地回路等,均会给测量带来极大的影响。防水有两个概念,浅层防水和深层防水,尤以深层防水为难,如三峡工程永久船闸闸门的振动监测,水深近百米,它涉及地回路干扰、高压渗水、导线防护、长期可靠性等诸多问题。多数厂商给出的温度范围为可用值,而不是高温状况的灵敏度,实际上,高温时灵敏度偏差较大,特殊用户应向厂商索取专用的高温时的灵敏度指标,灵敏度指标是保证测试准确的关键。加速度计永久安装在现场会受到人为碰撞,应选择工业型产品,在加速度计外加装防护罩,这可同时起绝缘、防尘的作用,对出线方向有要求也应向厂商提出,对于不能触及的部位,可用手持式加速度计(带长探针)。

绝缘、地回路及磁电场辐射:辐射较强的测试现场,应选择特殊外壳材料的加速度计和专用导线,此类研究国内罕见。对于多点接地、潮湿等现场,要解决好测试干扰则可用浮地或绝缘型加速度计。为了克服多点接地产生地回路电流影响测试,

可以选用浮地或绝缘传感器。没有特殊要求且干扰不大的工况，可用绝缘型加速度计。而永久型监测或干扰大的工况则应采用浮地型。这二种命名的区别在于绝缘型传感器的外壳为信号地，底座采取绝缘方法，而浮地型产品的外壳为屏蔽层，要采取三线方式。附加质量：在振动结构上安装的加速度计的质量只要小于结构自身质量的 1/10 即可，认为对被测信号无大影响。

### 3.1.2 几种重要的加速度传感器

#### (1) ADXL335

ADXL335 是一种热对流式三轴加速度传感器，经信号调理电压输出，最大测量范围为  $\pm 2g$ ，X 和 Y 轴的带宽从 0.5Hz 到 1600Hz，Z 轴带宽从 0.5Hz 到 550Hz，具有良好的零 g 偏压稳定性和良好的灵敏度精确度，特别适合于低频、高精度的控制、测量场合。

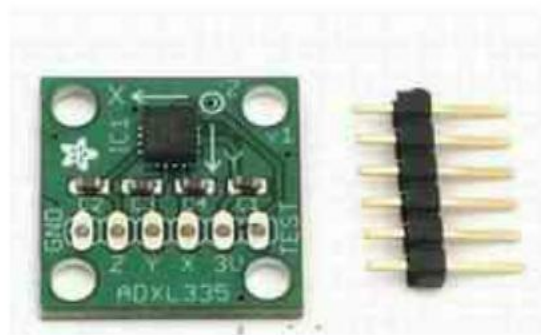


图 10. ADXL335

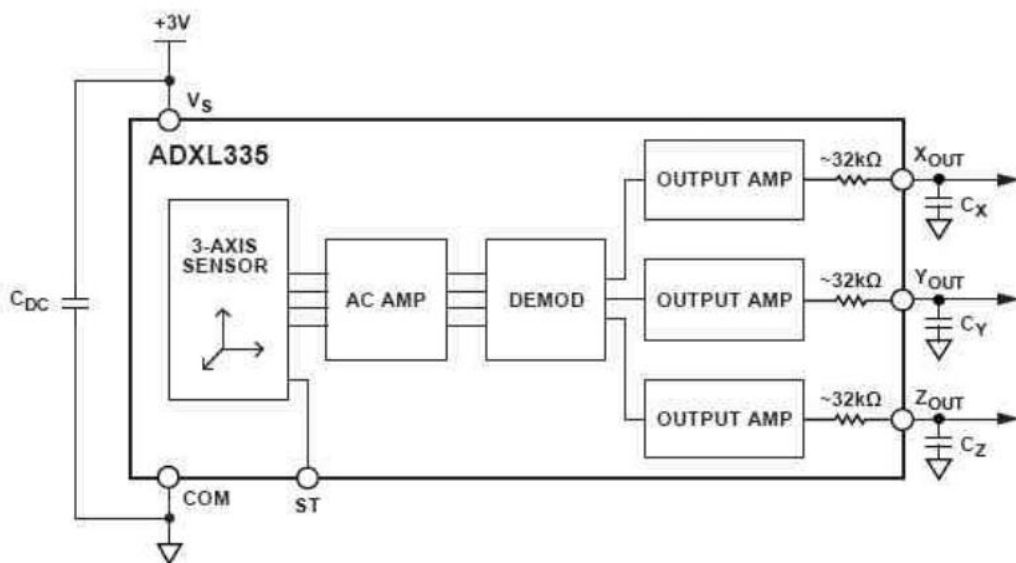


图 11. ADXL335 内部结构

(2) MMA7260

MMA7260 是美国 Freescale 公司的一款低成本单芯片三轴高灵敏度加速度传感器，是一种电容式的加速度传感器，融合了信号调理、单极低通滤波器和温度补偿技术，并且具有 4 种不同的高灵敏度选择模式。

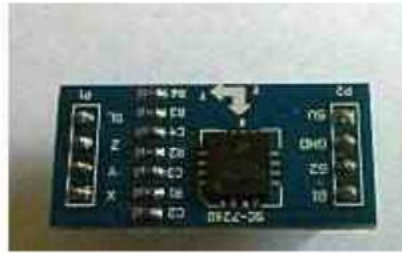


图 12. MMA7260

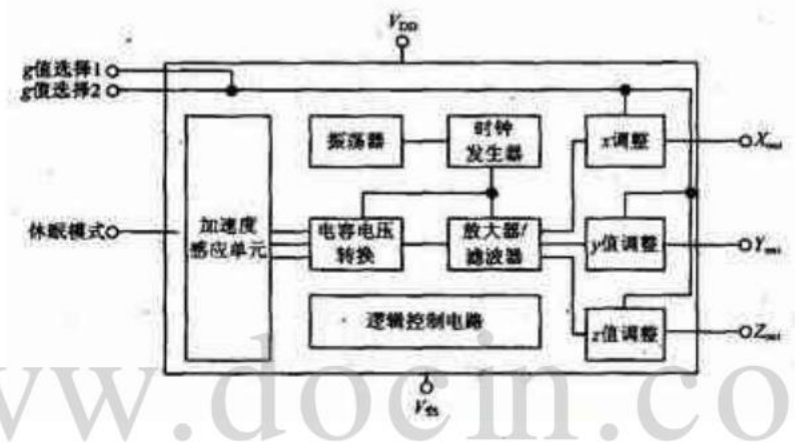


图 13. MMA7260 内部结构

(3) MMA7455

MMA745 是一款数字输出 (I2C/SPI)、低功耗、紧凑型电容式微机械加速度计，具有信号调理、低通滤波器、温度补偿、自测、可配置通过中断引脚 (INT1 或 INT2) 检测 0g、以及脉冲检测 (用于快速运动检测) 等功能。0g 偏置和灵敏度是出厂配置，无需外部器件。客户可使用指定的 0g 寄存器和 g-Select 量程选择对 0g 偏置进行校准，量程可通过命令选择 3 个加速度范围 (2g/4g/8g)。MMA745xL 系列具备待机模式，使它成为以电池为电源的手持式电子器件的理想选择。





图 14. MMA7455

在加速度传感器的选择上我们采取的是成本，功能，性能综合考虑的原则。对于 ADXL335 来说精度过高，它一般用于高精度，例如军工等。对于 MMA7260 来说它的精度没有 ADXL335 高，但它具有的多功能切换是多功能智能仪器的不二之选，但是由于计步器只是需要加速度传感器而已，对于使用 MMA7260 来说，显得过于奢侈了。而最后的 MMA7455，它的精度一般，但它足够计算人们在步行或者跑步时候的频率，而且它的内部电路如信号调理、低通滤波器、温度补偿、自测等功能齐全，所以综上所述我们选择 MMA7455 作为本次设计的传感器芯片。

### 3.1.3 MMA7455 的工作原理与管脚排列

MMA7455 数字三轴加速度传感器模块核心为飞思卡尔公司的 MMA7455L 数字三轴加速度传感器，该模块设计板卡线路经过高电磁兼容设计和优化，具有输出精确，体积小，工作可靠，各种标识清晰，扩展性好等特点。MMA7455L 芯片安装在带 DIP 插脚的印刷电路板 (PCB) 上。模块主要参数包括 Z 轴自测，低压操作：2.4V - 3.6V，用于偏置校准的用户指定寄存器，可编程阈值中断输出，电平检测模式运动识别（冲击、震动、自由下落），脉冲检测模式单脉冲或双脉冲识别，灵敏度 64 LSB/g @ 2g / 8g 10 位模式，8 位模式的可选灵敏度（±2g、±4g、±8g），可靠的设计、高抗震性（5000g），环保型产品，低成本。

MMA7455 加速度传感器由 2 部分组成：G-单元和信号调理 ASIC 电路，如图 15 所示。G-单元是机械结构，它是用半导体制作技术、由多晶硅半导体材料制成，并且是密封的，图 1 中的积分、放大、滤波、温度补偿、控制逻辑和 EEPROM 相关电路、振荡器、时钟生成器、以及自检等电路组成，完成 G-单元测量的电容值到电压输出的转换。

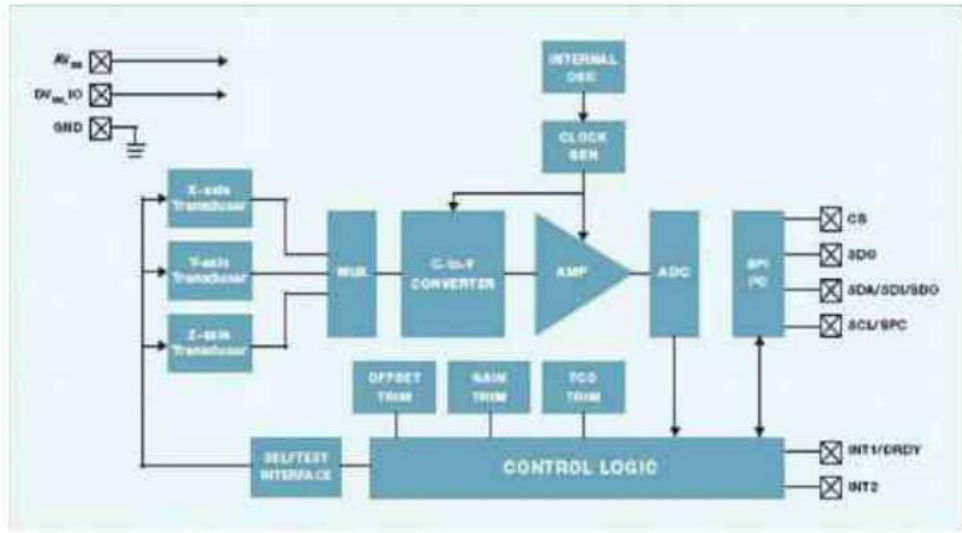


图 15

G-单元的等效电路如图 16 所示，它相当于在 2 个固定的电容极板中间放置 1 个可移动的极板。当有加速度作用于系统时，中间极板偏离静止位置。用中间极板偏离静止位置的距离测量加速度，中间极板与其中一个固定极板的距离增加，同时与另一个固定极板的距离减少，且距离变化值相等。距离的变化使得 2 个极板间的电容改变(如图 2 所示)，电容值的计算公式是： $C=Ae/D$ ，其中 A 是极板的面积，D 是极板间的距离，e 是电介质常数。信号调理 ASIC 电路将 G-单元测量的 2 个电容值转换成加速度值，并使加速度与输出电压成正比。当测量完毕后在 INT1/INT2 输出高电平，用户可以通过 I2C 或 SPI 接口读取 MMA7455L 内部寄存器的值，判断运动的方向。自检单元用于保证 G-单元和加速计芯片的电路工作正常，输出电压成比例。

www.docin.com

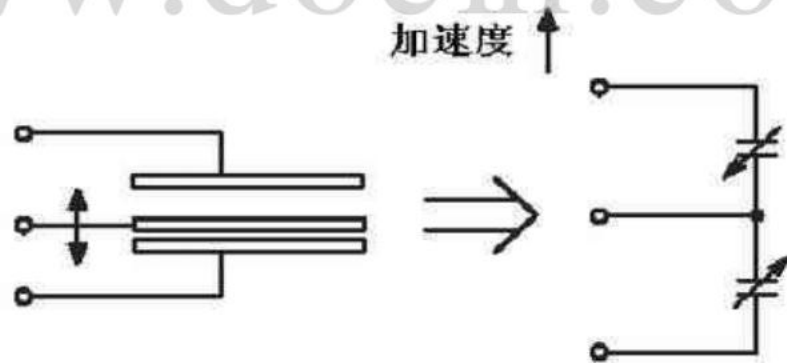


图 16

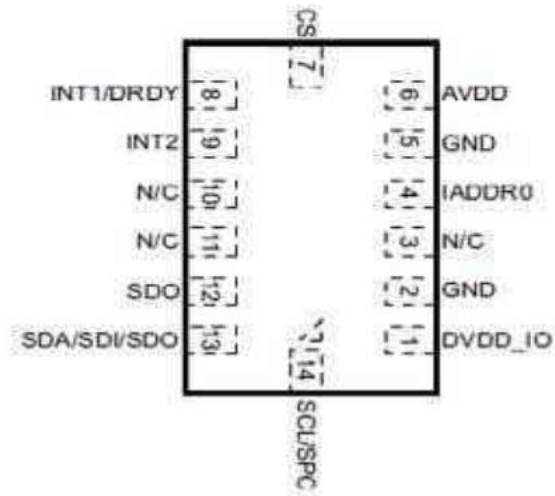


图 17. MMA7455 的管脚排列



图 18. MMA7455

- 对于 MMA7455 的引脚功能，
- 引脚 1 DVDD\_IO 为 3.3V 电源输入端（数字）
  - 引脚 2 GND 为接地线
  - 引脚 3 N/C 为空引脚，不接或接地
  - 引脚 4 IADDR0 为 I2C 地址 0 位
  - 引脚 5 GND 为接地
  - 引脚 6 AVDD 为 3.3V 电源输入端（模拟）
  - 引脚 7 CS 为 SPI 使能(0)，I2C 使能(1)
  - 引脚 8 INT1/DRDY 为中断 1/数据就绪
  - 引脚 9 INT2 为中断 2
  - 引脚 10 引脚 11 N/C 为空引脚，不接或接地
  - 引脚 12 SDO 为 SPI 串行数据输出

引脚 13 SDA/SDI/SD0为I2C 串行数据输出/SPI 串行数据输入/3 线接口串行数据输出。

引脚14 SCL/SPC为I2C 时钟信号输出/SPI 时钟信号输出。

### 3.1.4 MMA7455与单片机的接口电路

MMA7455与单片机的接口电路非常简单，分别是SDA与SCL两个接口与单片机相连。传感器其他部分如接地，接电源，悬空等都是固定接法。在VCC端口接3.3V到5V电源供电均可，另有两个10千欧的电阻保护电路。

PLAYE	10	RXD	P20	21	P20
P31	11	TXD	P21	22	P21
P32	12	INT0	P22	23	P22
P33	13	INT1	P23	24	P23
SDA	14	T0	P24	25	P24
SCL	15	T1	P25	26	P25
P36	16	WE	P26	27	P26
P37	17	RD	P27	28	P27

由于采用网络标号，只需看到 SDA，SCL分别接到14, 15引脚。

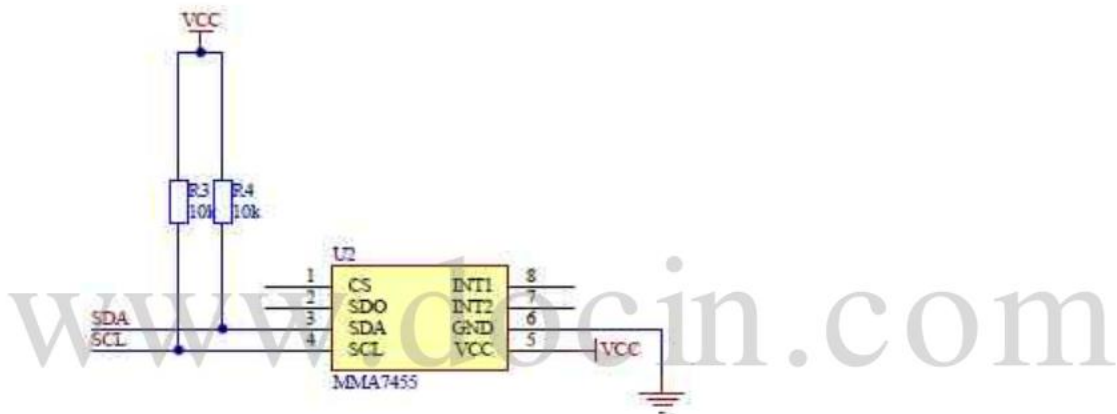


图19. 传感器与单片机连接图

## 3.2 单片机系统电路

### 3.2.1 单片机最小系统

随着电子技术的发展，单片机的功能将会更加的完善，因而单片机的应用将更加普及。单片机在家电，电子，军工等控制方面得到更加广泛的应用。单片机将是智能仪器应用最多的。单片机的最小系统是由组成单片机系统必需的一些元件构成的，除了单片机之外，还需要包括电源供电电路、时钟电路、复位电路。



### 3.2.2 AT89S52 单片机简介

AT89S52 是一种低功耗、高性能 CMOS 8 位微控制器,具有 8K 在系统可编程 Flash 存储器。使用 Atmel 公司高密度非易失性存储器技术制造,与工业 80C51 产品指令和引脚完全兼容。片上 Flash 允许程序存储器在系统可编程,亦适于常规编程器。在单芯片上,拥有灵巧的 8 位 CPU 和在系统可编程 Flash,使得 AT89S52 在众多嵌入式控制应用系统中得到广泛应用。

AT89S52 具有以下标准功能: 8k 字节 Flash, 256 字节 RAM, 32 位 I/O 口线, 看门狗定时器, 2 个数据指针, 三个 16 位 定时器/计数器, 一个 6 向量 2 级中断结构, 全双工串行口, 片内晶振及时钟电路。另外, AT89S52 可降至 0Hz 静态逻辑操作, 支持 2 种软件可选择节电模式。空闲模式下, CPU 停止工作, 允许 RAM、定时器/计数器、串口、中断继续工作。掉电保护方式下, RAM 内容被保存, 振荡器被冻结, 单片机一切工作停止, 直到下一个中断或硬件复位为止。P0 口是一个 8 位漏极开路的双向 I/O 口。作为输出口, 每位能驱动 8 个 TTL 逻辑电平。对 P0 端口写“1”时, 引脚用作高阻抗输入。当访问外部程序和数据存储器时, P0 口也被作为低 8 位地址/数据复用。在这种模式下, P0 不具有内部上拉电阻。在 flash 编程时, P0 口也用来接收指令字节; 在程序校验时, 输出指令字节。程序校验时, 需要外部上拉电阻。

P1 口是一个具有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, p1 输出缓冲器能驱动 4 个 TTL 逻辑电平。此外, P1.0 和 P1.1 分别作定时器/计数器 2 的外部计数输入 (P1.0/T2) 和定时器/计数器 2 的触发输入 (P1.1/T2EX)。在 flash 编程和校验时, P1 口接收低 8 位地址字节。

引脚号第二功能:

P1.0 T2 (定时器/计数器 T2 的外部计数输入), 时钟输出

P1.1 T2EX (定时器/计数器 T2 的捕捉/重载触发信号和方向控制)

P1.5 MOSI (在系统编程用)

P1.6 MISO (在系统编程用)

P1.7 SCK (在系统编程用)

P2 口是一个具有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, P2 输出缓冲器能驱动 4 个 TTL 逻辑电平。对 P2 端口写“1”时, 内部上拉电阻把端口拉高, 此时可以作为输入口使用。作为输入使用时, 被外部拉低的引脚由于内部电阻的原因, 将输出电流 (IIL)。在访问外部程序存储器或用 16 位地址读取外部数据存储器 (例如执行 MOVX @DPTR) 时, P2 口送出高八位地址。在这种应用中, P2 口使用很强的



内部上拉发送 1。在使用 8 位地址（如 MOVX @RI）访问外部数据存储器时，P2 口输出 P2 锁存器的内容。在 flash 编程和校验时，P2 口也接收高 8 位地址字节和一些控制信号。

P3 口是一个具有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，p3 输出缓冲器能驱动 4 个 TTL 逻辑电平。P3 口亦作为 AT89S52 特殊功能（第二功能）使用端口引脚第二功能：

P3.0 RXD(串行输入口)

P3.1 TXD(串行输出口)

P3.2 INT0(外中断 0)

P3.3 INT1(外中断 1)

P3.4 T0(定时/计数器 0)

P3.5 T1(定时/计数器 1)

P3.6 WR(外部数据存储器写选通)

P3.7 RD(外部数据存储器读选通)

RST：复位输入。当振荡器工作时，RST 引脚出现两个机器周期以上高电平将是单片机复位。

ALE/PROG：当访问外部程序存储器或数据存储器时，ALE（地址锁存允许）输出脉冲用于锁存地址的低 8 位字节。一般情况下，ALE 仍以时钟振荡频率的 1/6 输出固定的脉冲信号，因此它可对外输出时钟或用于定时目的。要注意的是：每当访问外部数据存储器时将跳过一个 ALE 脉冲。对 FLASH 存储器编程期间，该引脚还用于输入编程脉冲（PROG）。如有必要，可通过对特殊功能寄存器（SFR）区中的 8EH 单元的 D0 位置位，可禁止 ALE 操作。该位置位后，只有一条 MOVX 和 MOVC 指令才能将 ALE 激活。此外，该引脚会被微弱拉高，单片机执行外部程序时，应设置 ALE 禁止位无效。

PSEN：程序储存允许（PSEN）输出是外部程序存储器的读选通信号，当 AT89S52 由外部程序存储器取指令（或数据）时，每个机器周期两次 PSEN 有效，即输出两个脉冲，在此期间，当访问外部数据存储器，将跳过两次 PSEN 信号。

EA/VPP：外部访问允许，欲使 CPU 仅访问外部程序存储器（地址为 0000H-FFFFH），EA 端必须保持低电平（接地）。需注意的是：如果加密位 LB1 被编程，复位时内部会锁存 EA 端状态。如 EA 端为高电平（接 Vcc 端），CPU 则执行内部程序存储器的指令。FLASH 存储器编程时，该引脚加上+12V 的编程允许电源 Vpp，当然这必须是该器件是使用 12V 编程电压 Vpp。

XTAL1：振荡器反相放大器和内部时钟发生电路的输入端。

XTAL2：振荡器反相放大器的输出端。

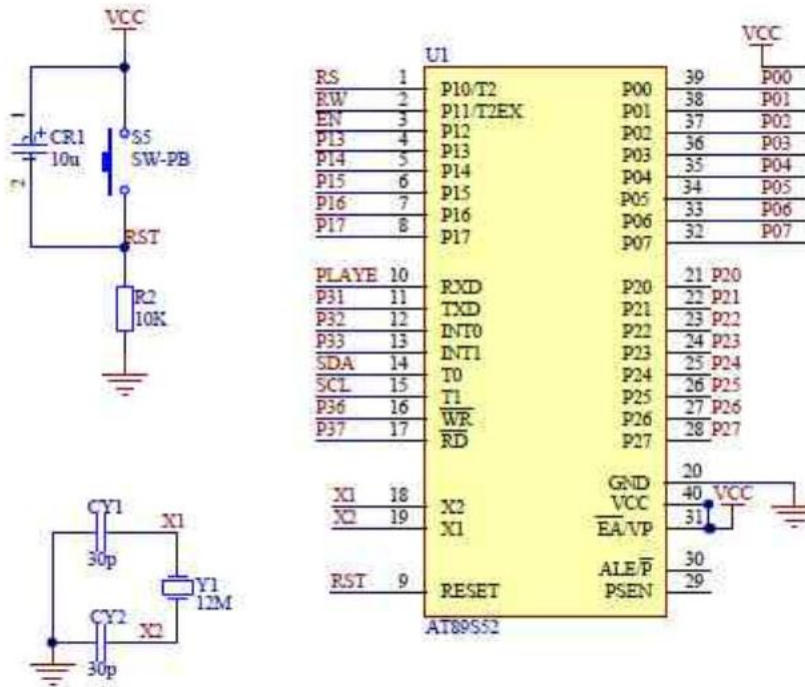


图20. 单片机系统电路

### 3.3 LCD显示电路

#### 3.3.1 LCD1602简介

在日常生活中，我们对液晶显示器并不陌生。液晶显示模块已作为很多电子产品的通过器件，如在计算器、万用表、电子表及很多家用电子产品中都可以看到，显示的主要是数字、专用符号和图形。在单片机的人机交流界面中，一般的输出方式有以下几种：发光管、LED 数码管、液晶显示器。

1602 液晶也叫 1602 字符型液晶，它是一种专门用来显示字母、数字、符号等的点阵型液晶模块。它由若干个 5X7 或者 5X11 等点阵字符位组成，每个点阵字符位都可以显示一个字符，每位之间有一个点距的间隔，每行之间也有间隔，起到了字符间距和行间距的作用，正因为如此所以它不能很好地显示图形（用自定义 CGRAM，显示效果也不好）。1602LCD 是指显示的内容为 16X2，即可以显示两行，每行 16 个字符液晶模块（显示字符和数字）。市面上字符液晶大多数是基于 HD44780 液晶芯片的，

控制原理是完全相同的，因此基于 HD44780 写的控制程序可以很方便地应用于市面上大部分的字符型液晶。

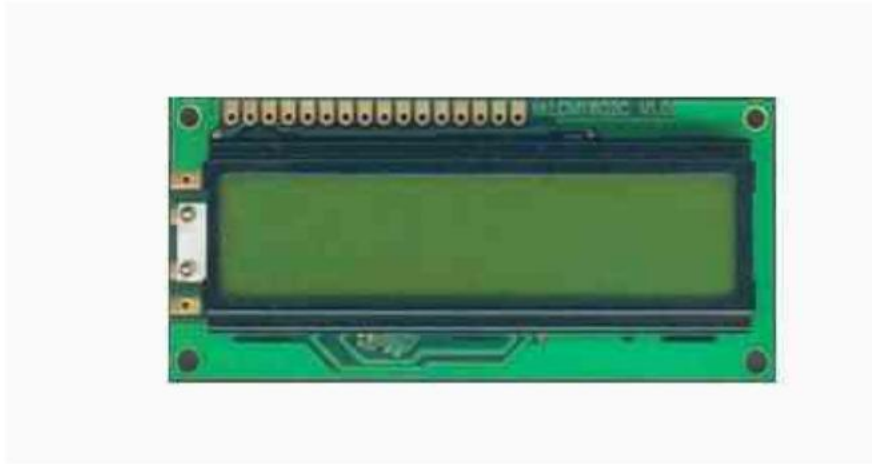


图21 LCD1602

### 3.3.2 LCD1602管脚功能

1602 采用标准的 16 脚接口，其中：

引脚 1: VSS 为电源地

引脚 2: VCC 接 5V 电源正极

引脚 3: VO 为液晶显示器对比度调整端，接正电源时对比度最弱，接地电源时对比度最高

引脚 4: RS 为寄存器选择，高电平时选择数据寄存器、低电平时选择指令寄存器。

引脚 5: RW 为读写信号线，高电平时进行读操作，低电平时进行写操作。

引脚 6: E(或 EN)端为使能端，高电平时读取信息，负跳变时执行指令。

引脚 7~14: D0~D7 为 8 位双向数据端。

引脚 15~16: 空脚或背灯电源。15 脚背光正极，16 脚背光负极。

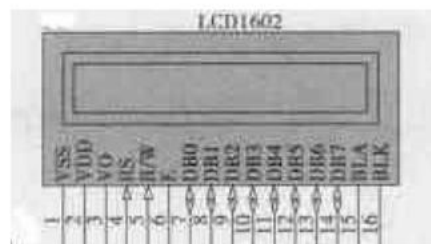


图 22 1602 管脚图

### 3.3.3 LCD1602 显示电路设计

1602与单片机的接法较为固定，1602 液晶的控制管脚都接到了单片机管脚上，在功能设置指令中可以将液晶设为8 位数据接口和4 位数据接口，当然也可以当四位数据接口来用。液晶电源正端接5V，负端接地，背光正端接5V，负端接地。此外，液晶的偏压管脚（VO）接到一个电位器的中间抽头，电位器的两端分别接5V 和地，这样就可通过调节电位器来实现对1602 液晶对比度的调节。但由于考虑到最后制作PCB板的空间有限，不设计液晶对比度问题。

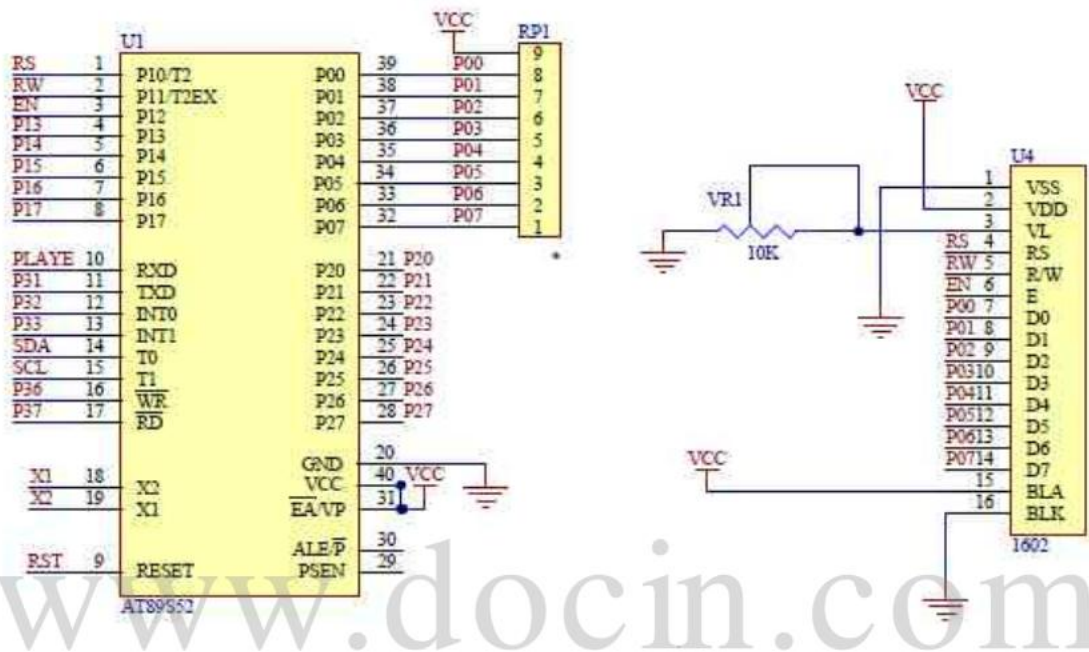


图 23 LCD 与单片机连接图

## 3.4 开关与电源电路

### 3.4.1 开关电路

在开关电路中，根据计步器所要实现的功能，我设定了 3 个基本按键，分别代表开始、停止与重新开始。它们的功能是通过软件来实现的，分别与单片机相接，达到所要求的目的。在具体设计中，我采用四角开关，在接线时注意对角接为导通，平角接为短路。



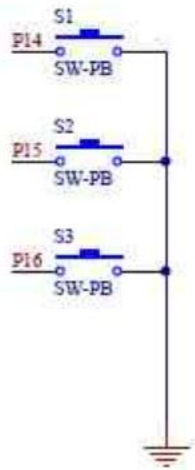


图 24. 按键电路

三个按键分别接单片机的 p14p15p16 口，其中按键一是开始，在计步器通电后，按开始按键才能计数，不按开始键则无法计数。按键二为停止键，在计步器工作到一段时间使用者希望查看当前计步状态，则可以停止当前计步。按键三为重新开始，特别注意的是重新开始无需再按按键一，即可在原有的步数上继续计步。如要清零，则可以使用单片机复位键。

### 3.4.2 电源电路

www.docin.com

电源电路中，我采用三节五号电池，4.5V 足够带动单片机、传感器、LCD 运作。只需要配上合适的电池盒，用导线在 PCB 板上焊好即可。简单，方便。

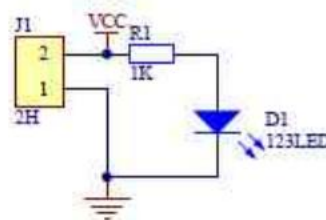


图 25. 电源电路

在电源电路中我放置了一个 LED 小灯泡，用来检测电源是否损坏或者没有连接好。



## 4 计步器系统软件设计

### 4.1 主程序流程图

传感器模块是由 MMA7455 来对人行走时的加速度信号进行检测，其 XYZ 轴分别对人体行走时在水平前向、侧向和垂直方向上产生的加速度信号进行检测，能够提高对人体行走时加速度信号的测量精度，另外可以在此模拟输出脚上接上电容和电阻形成低通滤波器对高频噪音和干扰信号进行滤波，从而减小测量误差。控制模块主要对加速度信号进行读取和显示步数信息。单片机的 PA0 ~ PA2 分别于 MMA7455 的三轴 XYZ 输出端口相连接，经过微控制器相关算法得出人体行走时的步数，并将该步数信号通过 LCD 液晶显示屏进行显示，同时可通过按键对 LCD 进行显示、关闭和清零等操作。

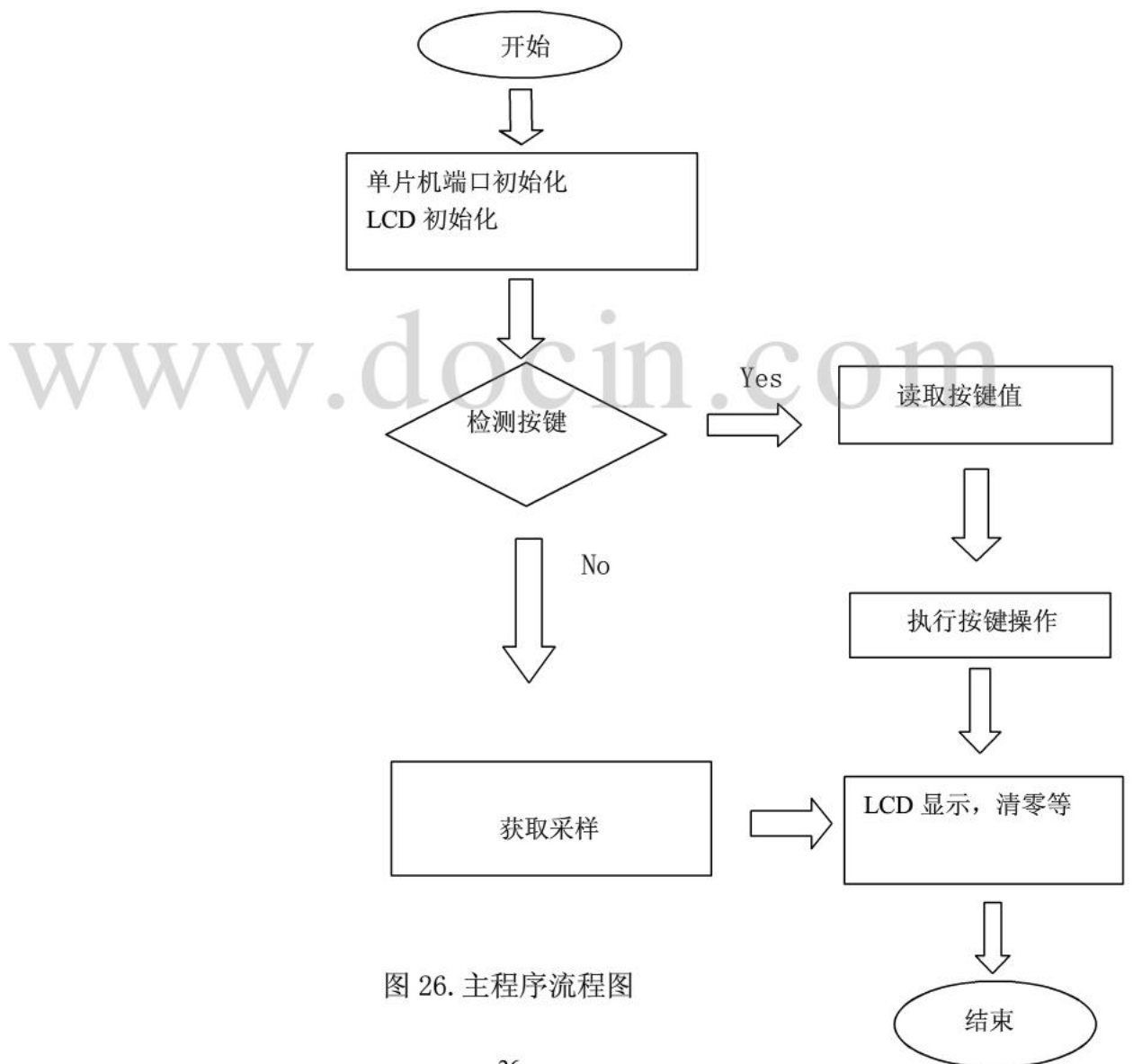


图 26. 主程序流程图

## 4.2 子程序流程图

在获取加速度信号时，采样频率的选择很重要。采样频率过低，不能准确反映数据变化的情况。采样频率过高，则会引入很多无关的信息，增加了系统的运算量，影响反应速度。需要根据实际情况选择合适的采样频率。而人行走时的频率一般为110步/每分钟（即1.8Hz），跑步时也不超过5Hz，本设计设定采样频率为10Hz。

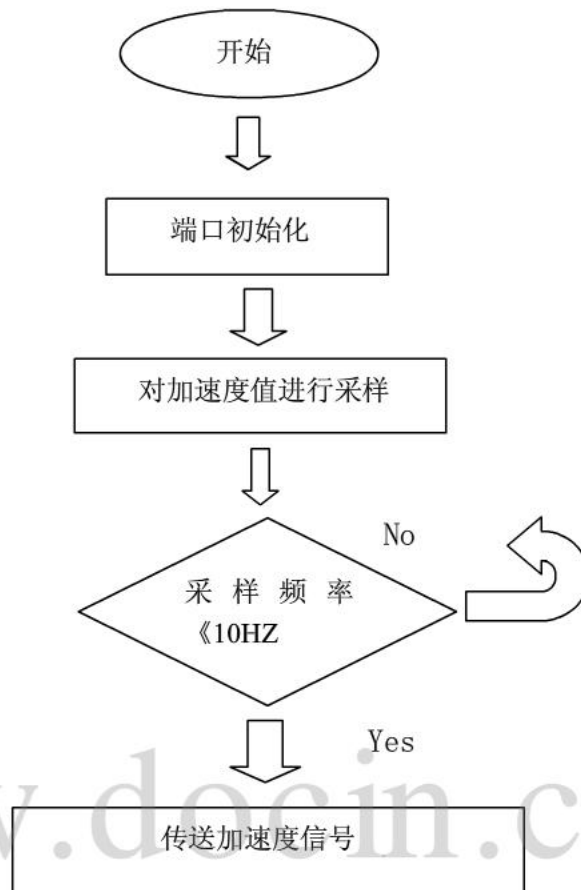


图27. 检测加速度信号流程图

## 5 计数器调试与结果分析

### 5.1 实物系统调试

本次设计最开始采用 Protel 设计原理图并根据此制作 PCB 板，在软件方面用 Protues 设计系统仿真，利用 Protues 进行单片机控制仿真还要安装 Keil C 语言编程软件。

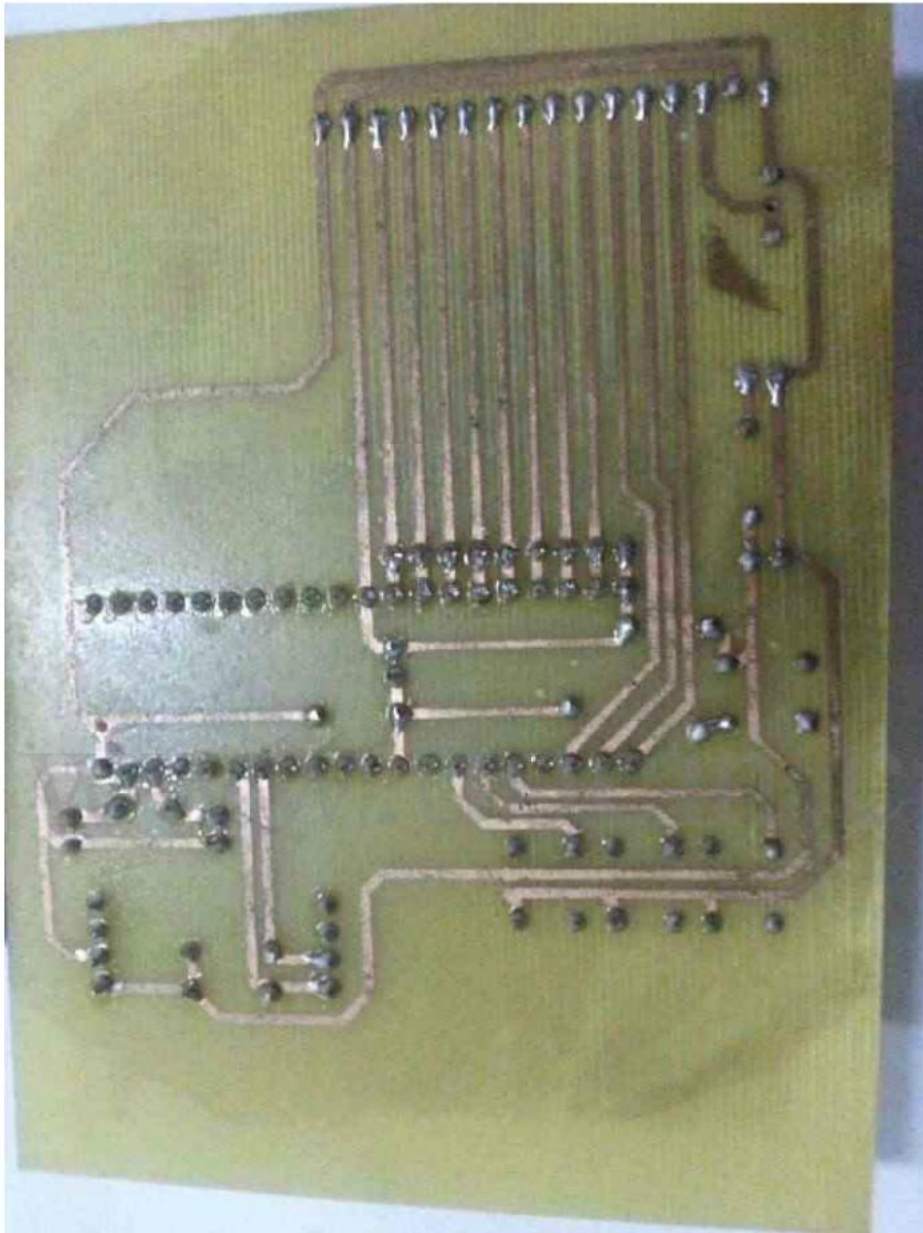


图 28.计数器 PCB 板

制作 PCB 板时注意布线不要过于紧凑，在焊锡时候容易焊在一起导致短路，本次设计的 PCB 板是简易 PCB 板，. 将转印纸有图的一面紧贴覆铜板有铜一面，设法将纸固定（如用透明胶等）；铜面朝上，水平放入热转印机，稍用力送入，感觉板被夹住后放手；PCB 板从机器另一边出来后，缓慢将转印纸分离，并检查转印结果是否符合要求，若出现断线等情况，可用油性笔补上。然后对铜板进行腐蚀只有电路上

附有铜板，清洗就是要将 PCB 板上的墨粉去掉，露出光洁的铜线；松香是助焊剂，助焊剂的作用是辅助热传导、去除氧化物、降低被焊接材质表面张力、去除被焊接材质表面油污、增大焊接面积、防止再氧化等，在这几个方面中比较关键的作用有两个就是：去除氧化物与降低被焊接材质表面张力。

在 PCB 板制作好后，将电子元件焊上去，由于封装号在 PCB 制作时已经完善，所以在焊板子时候不会有什么太大的困难。最后利用单片机开发板将程序烧到单片机里，计步器制作完成。



图 29. 计步器实物图



在计步器功能实现上,我们按下按键一开始计步,在走了若干步后按下按键二停止键。



图30. 计步器实物图

如要计步器继续计数可以按下按键三继续计步,如图31。





图31

## 5.2 结果分析

在实物调试中基本实现了本次设计的基本要求，四个按键不存在不灵敏的问题，电池盒与PCB板连接良好，犹如在设计时电源电路正负极距离较近，在焊锡时候特别注意了这个问题，以防电池短接。

总之，此次调试较为顺利。

## 6 总结与展望

本次论文基于单片机设计了跑步机计步器及其外围电路，对于计步器进行了实物调试，在整个计步器控制系统中主要完成了以下任务。

- (1) 完成了计步器及其外围电路的总体设计方案。
- (2) 完成了计步器系统硬件电路设计，选择了合适的加速度传感器，简化了显示装置较为经济。
- (3) 进行了实物仿真，实现了计步器的计步功能，可以开始停止与从新开始。

在计步器控制系统及其外围电路的设计中，基本实现了预期设计目标。对于设计过程遇到了很多问题，有些问题通过自己的努力与他人的帮助解决了一些。但是还有一些问题乳下所示，仍然需要进一步研究：

- (1) 有时候会存在走10步但只显示8到9步的情况，初步估计是加速度传感器灵敏度与程序中所设定的10HZ采样频率有关。
- (2) 电源电路的设计问题，本身计步器的优点就是便携，但是电池盒与PCB板的连接没有固定，不善于携带，甚至奔跑。

## 参考文献

- [1] 王毓银. 数字电路逻辑设计（第三版）. 高等教育出版社. 1999
- [2] 陈有卿. 集成电路妙用巧用 300 例. 人民邮电出版社. 1999
- [3] 谢自美. 电子线路设计实验测试. 华中科技大学出版社. 2000
- [4] 梁德厚. 数字电路技术及应用. 机械工业出版社. 2004
- [5] 李朝青. 单片机原理及接口技术[M]. 北京：电子工业出版社，2004
- [6] 岳怡. 数字电路与数字电子技术. 西北工业大学出版社. 2004
- [7] 彭介华. 电子技术课程设计指导. 高等教育出版社. 2005
- [8] 赵保终. 中国集成电路大全. 国防工业出版社. 2003
- [9] 余新平. 数字电子技术. 华中科技大学出版社. 2009
- [10] 陈有卿 叶桂娟. 555 时基电路原理设计与应用. 电子工业出版社 2007
- [11] 卿太全，郭明琼. 常用数字集成电路原理与应用. 人民邮电出版社. 2006
- [12] 杨颂华，孙万蓉. 数字电子技术基础. 西安电子科技大学出版社 2000
- [13] Ken Martin(作者). 数字集成电路设计(英文版). 电子工业出版社 2008
- [14] Michael John Sebastian Smith 著. 专用集成电路. 电子工业出版社 2009
- [15] Accelerometry based assessment of gait parameters in children. - 2006
- [16] Translating accelerometer counts into energy expenditure: advancing the quest - 2006

## 附录一 程序代码

```

#define uchar unsigned char    //宏定义
#define uint unsigned int
sbit EN=P1^2;
sbit RS=P1^0;
sbit RW=P1^1;
unsigned char LCD1602_Table[]="0123456789:-";
                        // 0123456789abcdef
uchar code dis_tab1[ ]={"Number of steps:"};
uchar code dis_tab2[ ]={"stop      ——"};
void write_date(uchar date)
{  EN=0;
   RS=1;
   P0=date;
   EN=1;
   delayms(1);
   EN=0;}
void write_com(uchar date)
{  EN=0;
   RS=0;
   P0=date;
   EN=1;
   delayms(1);
   EN=0;}
void init_1602()
{  uchar i=0;
   RW=0;
   write_com(0x38);
   write_com(0x0c);
   write_com(0x06);
   write_com(0x01);
   write_com(0x80);
   for(i=0;i<16;i++)
   {write_date(dis_tab1[i]);}
   write_com(0x80+0x40);
   for(i=0;i<16;i++)
   {write_date(dis_tab2[i]);}}
void display()
{  write_com(0x80+11+0x40);
   if(Step_num/10000>0)
   write_date(LCD1602_Table[Step_num/10000]);
   else
   write_date(' ');
   if(Step_num/1000>0)
   write_date(LCD1602_Table[Step_num%10000/1000]);

```

```

else
write_date(' ');
if(Step_num/100>0)
write_date(LCD1602_Table[Step_num%1000/100]);
else
write_date(' ');
if(Step_num/10>0)
write_date(LCD1602_Table[Step_num%100/10]);
else
write_date(' ');
write_date(LCD1602_Table[Step_num%10]);
}

#include<reg52.h>
#include <intrins.h>
#define uchar unsigned char //宏定义
#define uint unsigned int
//nop 指令个数定义
#define nops() {_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();}
uchar xsign,ysign,zsign;
bit start_flag=0;
//端口位定义，可修改
sbit SDA=P3^4; //IIC 数据线定义
sbit SCL=P3^5; //IIC 时钟线定义
sbit key_start=P1^4;
sbit key_stop=P1^5;
sbit key_clean=P1^6;
sbit BEEP=P2^0;
//内部数据定义
unsigned char IIC_ad_main; //器件从地址
unsigned char IIC_ad_sub; //器件子地址
unsigned char *IIC_buf; //发送|接收数据缓冲区
unsigned char IIC_num; //发送|接收数据个数
uint Step_num=0;
uint Speed=0;
uint B_speed=100;
uchar time1_num,time2_num;
uint time_num=0;
unsigned char x1,y1,z1;
int x,y,z;
bit z_flag=0;
bit x_flag=0;
#define ack 1 //主应答
#define no_ack 0 //从应答

/*****

```



函数名称：延时子函数

函数功能：按键消抖

```

*****/
void delays(uint xms)
{ uint i, j;
  for(i=xms;i>0;i--)
    for(j=110;j>0;j--);}
#include"1602.C"
void IIC_start(void) {
  SCL=0;
  SDA=1;
  _nop_();
  SCL=1;
  nops();
  SDA=0;
  nops();
  SCL=0;}
//*****
//送停止位 SDA=0->1
void IIC_stop(void) {
  SCL=0;
  _nop_();
  SDA=0;
  _nop_();
  SCL=1;
  nops();
  SDA=1;
  _nop_();
  SCL=0;}
//*****
//主应答(包含 ack:SDA=0 和 no_ack:SDA=0)
void IIC_ack_main(bit ack_main) {
  SCL=0;
  if(ack_main)SDA=0; //ack 主应答
  else SDA=1; //no_ack 无需应答
  nops();
  SCL=1;
  nops();
  SCL=0;}
//*****
//字节发送程序
//发送 c(可以是数据也可是地址)，送完后接收从应答
//不考虑从应答位
void send_byte(unsigned char c) {
  unsigned char i;
  for(i=0;i<8;i++){

```

```

SCL=0;
    if((c<<i) & 0x80)SDA=1; //判断发送位
    else SDA=0;
    _nop_();
    SCL=1;
    nops();
    SCL=0;}
nops();
SDA=1; //发送完 8bit, 释放总线准备接收应答位
_nop_();
SCL=1;
nops(); //sda 上数据即是从应答位
SCL=0; //不考虑从应答位|但要控制好时序
}
//*****
//字节接收程序
//接收器件传来的数据, 此程序应配合|主应答函数|IIC_ack_main()使用
//return: uchar 型 1 字节
unsigned char read_byte(void) {
unsigned char i;
unsigned char c;
    c=0;
    SCL=0;
    _nop_();
    SDA=1; //置数据线为输入方式
    for(i=0;i<8;i++){
        _nop_();
        SCL=0; //置时钟线为低, 准备接收数据位
        nops();
        SCL=1; //置时钟线为高, 使数据线上数据有效
        _nop_();
        c<<=1;
        if(SDA)c+=1; //读数据位, 将接收的数据存 c}
    SCL=0;
    return c;}
//*****
//向无子地址器件发送单字节数据
void send_to_byte(unsigned char ad_main,unsigned char c) {
    IIC_start();
    send_byte(ad_main); //发送器件地址
    send_byte(c); //发送数据 c
    IIC_stop();}
//*****
//向有子地址器件发送多字节数据
void send_to_nbyte(unsigned char ad_main,unsigned char ad_sub,unsigned char
*buf,unsigned char num)

```

```

{ unsigned char i;
  IIC_start();
  send_byte(ad_main); //发送器件地址
  send_byte(ad_sub); //发送器件子地址
  for(i=0;i<num;i++){
    send_byte(*buf); //发送数据*buf
    buf++;}
  IIC_stop();
}
//*****
//从无子地址器件读单字节数据
//function:器件地址, 所读数据存在接收缓冲区当前字节
void read_from_byte(unsigned char ad_main,unsigned char *buf)
{ IIC_start();
  send_byte(ad_main); //发送器件地址
  *buf=read_byte();
  IIC_ack_main(no_ack); //无需应答<no_ack=0>
  IIC_stop();}
//*****
//从有子地址器件读多个字节数据
//function:
void read_from_nbyte(unsigned char ad_main,unsigned char ad_sub,unsigned
char *buf,unsigned char num)
{ unsigned char i;
  IIC_start();
  send_byte(ad_main);
  send_byte(ad_sub);
  for(i=0;i<num-1;i++){
    *buf=read_byte();
    IIC_ack_main(ack); //主应答<ack=1>
    buf++;
  }*buf=read_byte;
  buf++; //本次指针调整无意义, 目的是操作后 buf 指向下一地址
  IIC_ack_main(no_ack); //无需应答<no_ack=0>
  IIC_stop();}
unsigned char MMA7455_readbyte(unsigned char address)
{ unsigned char ret = 100;
  IIC_start(); //启动
  send_byte(0x3A); //写入设备 ID 及写信号
  send_byte(address); //X 地址
  IIC_start(); //重新发送开始
  send_byte(0x3B); //写入设备 ID 及读信
  ret = read_byte(); //读取一字节
  IIC_stop();
  return ret;}
//写入

```

```

void MMA7455_writebyte(unsigned char address, unsigned char thedata)
{ IIC_start(); //启动
  send_byte(0x3A); //写入设备 ID 及写信号
  send_byte(address); //X 地址
  send_byte(thedata); //写入设备 ID 及读信
  IIC_stop();}
//初始化
//初始化为指定模式
void MMA7455_init()
{ //2g 输出 测量模式
  MMA7455_writebyte(0x16, 0x05);
  //据实际环境修改校验值
  MMA7455_writebyte(0x10, 0x10); //校正 X 值
  MMA7455_writebyte(0x12, 0x30); //校正 Y 值
  MMA7455_writebyte(0x14, 0x00); //校正 Z 值}
void keyscan()
{ if(!key_start)
  { delayms(10);
    if(!key_start)
    { start_flag=1;
      write_com(0x80+0x40);
      write_date(' ');
      write_date('r');
      write_date('u');
      write_date('n');
      while(!key_start);} }
  else if(!key_stop)
  { delayms(10);
    if(!key_stop)
    { start_flag=0;
      write_com(0x80+0x40);
      write_date('s');
      write_date('t');
      write_date('o');
      write_date('p');
      while(!key_stop);}
  }
  else if(!key_clean)
  { delayms(10);
    if(!key_clean)
    { Step_num=0;
      while(!key_clean); } }
void Dat_dispose()
{//读取重力信息
  if(start_flag)
  { x1 = MMA7455_readbyte(0x06);

```

```

    y1 = MMA7455_readbyte(0x07);
    z1 = MMA7455_readbyte(0x08);
}x=x1;
y=y1;
z=z1;
if((x&0x80)==0x00)
{ x=(int)((x*196)/127); //转变为加速度值
}
else{ x=255-x;
      x=(int)((x*196)/127); //转变为加速度值
      x=(-1)*x;
}
if((y&0x80)==0x00)
{ y=(int)((y*196)/127); //转变为加速度值
}
else
{ y=255-y;
  y=(int)((y*196)/127); //转变为加速度值
  y=(-1)*y;}
if((z&0x80)==0x00)
{ z=(int)(((z-10)*196)/127); //转变为加速度值
}
else
{ z=255-z;
  z=(int)(((z+12)*196)/127); //转变为加速度值
  z=(-1)*z;
} if(start_flag)
{ if(y>30&&x_flag==0&&z>70&&z<100)
  {x_flag=1;
   Step_num++;}
  else if(y<0)
  {x_flag=0;}
}else
x_flag=0;}

void main()
{ init_1602();
  MMA7455_init(); //初始化 MMA7455
  while(1)
  {
    Dat_dispose();
    display();
    keyscan();
  }
}

```



## 附录二 设计电路图

设计电路图见毕业设计资料袋

www.docin.com

## 附录三 硬件电路实物图



致谢

时光飞逝，毕业设计就这样过去了，在这三个月里我们了解一些单片机的知识，对计数器有了一定的了解，我要感谢我们小组的每一位组员，我要感谢我们的辅导老师蔡兰老师。要不是她给了我们一定得提示，和一定得鼓励，我想我们要是想完成这次毕业设计会非常的困难，而且我们每次遇到难以解决的问题时蔡老师总会对我们进行细心地指导。

我真的非常感谢我们小组的每一个人。要是没有我们的默契，没有我们的努力，没有我们的付出，我想要是一个人来完成的话，这都是一个十分困难的过程。然而正是我们大家互相鼓励和辛苦我们才会完成我们的设计题目。我还要感谢在网络上发表的关于我们设计题目的一些言论的人。要是没有这些网络上所找到的东西，我们会更加难以理解电路所需的元器件的相关知识，和对跑步计数器电路的认识。还有图书馆的老师，还有那些书，谢谢你们。而最为重要的是蔡兰老师的细心指导，没有老师的细心指导，我们根本不可能学到这些知识。

老师，您辛苦了。

www.docin.com