

蓝牙电子人体秤

[摘 要] 基于对目前市场上的大部分传统电子体重秤的分析，提出了一种较为新意的蓝牙电子人体秤的设计方案。本课题设计的蓝牙电子人体秤以开源硬件 Arduino 开发板为核心，外接应变式压力传感器和 24 位 HX711 AD 模块，不但能测量体重，而且能将体重，身高信息通过蓝牙模块传输至手机应用软件，手机应用软件再进行保存和分析得出人体健康状况。

[关键词] Arduino；应变式传感器；HX711 AD 模块；蓝牙；BMI 指数

目 录

1 绪论.....	1
1.1 课题背景及意义.....	1
1.2 蓝牙电子人体秤的功能描述.....	1
2 蓝牙电子人体秤的硬件设计.....	2
2.1 开源硬件 Arduino 开发板.....	2
2.1 称重传感器.....	3
2.2 24 位 AD HX711 模块.....	5
2.3 蓝牙模块.....	6
2.4 无线传输传感器 NRF24L01.....	8
2.5 超声波传感器 HC-SR04.....	9
3 蓝牙电子人体秤的软件设计.....	10
3.1 测量体重软件设计.....	10
3.2 测量身高软件设计.....	11
3.3 手机 APP 软件设计.....	12
3.3.1 查找发现 finding/discovering devices.....	12
3.3.2 配对绑定 bnded/paired device.....	13
3.3.2 允许发现 enabling discoverability.....	13
3.3.2 建立通讯 establishing.....	14
4 软硬件调试.....	15

1 绪论

1.1 课题背景及意义

目前,随着社会的发展、生活水平不断提高,人们越来越关注自己的身体健康。许多人由于工作的压力和不良的饮食习惯,使得身体健康每况愈下,疾病也随之而来,而在这些人群中,患有肥胖和营养不良的病人居多。为方便人们及时了解自己的体重是否超出或低于标准的体重,在许多公共场合都摆放了人体秤,商场、药店、马路旁等随处可见,给那些由于工作紧张没有时间到医院做定期体验的人们带来了方便。人体秤已不再是医院的专用医疗器械,已成为人们生活中不可缺少的一部分。体重健康标准的具体计算方法如下(仅适合中国人群)男性:标准体重=(身高-100)*0.9。女性:标准体重=(身高-105)*0.9。当实际体重大于标准体重的 10%为过重,小于标准体重 10%为瘦^[3]。

蓝牙电子人体秤经济、实用,适合在广大工薪阶层推广。因此,通过蓝牙传输至手机应用软件的人体秤,不但方便了读取和保存数据,给人们以直观的效果,将身材标准与否在手机显示,可以随时呈现 BMI 指数及健康状况。与普通人体秤的价格相差无几,将逐渐取代传统的人体秤。

1.2 蓝牙电子人体秤的功能描述

1、采用高精度电阻应变式压力传感器,测量量程 0-50kg,四个传感器 H 桥串接,最大量程位 200kg,测量精度可达 5g。

2、采用电子秤专用模拟/数字(A/D)转换器芯片 HX711 对传感器信号进行调理转换, HX711 采用了海芯科技集成电路专利技术,是一款专为高精度电子秤而设计的 24 位 A/D 转换器芯片。

3、采用 Arduino 开源硬件为核心,实现称重、数据传输等主要功能。

4、采用段码液晶屏显示称重重量信息。

5、采用超声波模块测量身高信息。

6、采用蓝牙模块,将数据传输至手机应用软件。

7、手机应用软件显示并保存体重及身高信息,分析得出 BMI 指数。

2 蓝牙电子人体秤的硬件设计

本系统硬件设计分为测量体重和测量身高两部分。测量体重部分系统框图如图 2-1 所示，以 Arduino 开发板为核心，外接电阻应变式压力传感器、24 位 AD 模块、段码液晶显示器、NRF24L01 接收模块和蓝牙模块组成。测量身高部分系统框图如图 2-2 所示，以 Arduino 开发板为核心，外接超声波传感器、段码液晶显示器和 NRF24L01 发送模块组成。

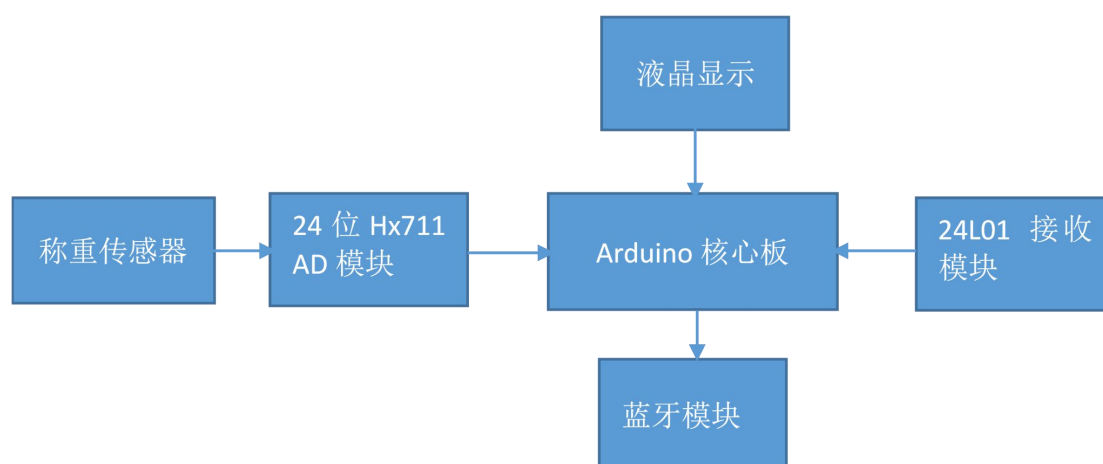


图 2-1 测量体重部分系统框图

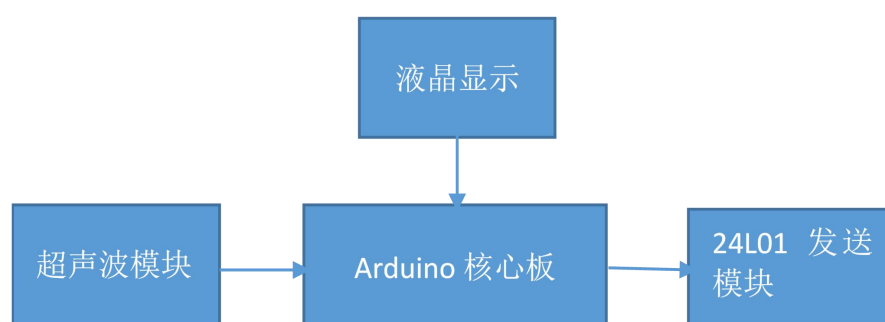


图 2-2 测量身高部分系统框图

2.1 开源硬件 Arduino 开发板

Arduino 是一款便捷灵活、方便上手的开源电子原型平台，包含硬件（各种型号的 arduino 板）和软件（arduino IDE）。他是基于开放原始代码的 Simple i/o 平台，並且具有使用类似 java，C 语言的开发环境。让您可以快速使用 Arduino 语言与 Flash 或

Processing...等软件，做出互动作品。Arduino 所使用到的软件都可以免费下载。硬件参考设计 (CAD 文件)也是遵循 availableopen-source 协议。你可以非常自由地根据你自己的要求去修改他们。任何人都能在 Arduino 的网站上找到图纸、设计文件和电路板配套的软件，然后通过下载文档生产电路板甚至销售，一分钱专利费也不用付。

Arduino 特点：

- 1、开放源代码的电路设计，程序开发接口免费下载，也可依需求自己修改。
- 2、Arduino 支持 ISP 在线烧，可以将新的“bootloader”固件烧入芯片中。有了 bootloader 之后，可以通过串口或者 USB to Rs232 线更新固件。
- 3、可依据官方提供的 Eagle 格式 PCB 和 SCH 电路图简化 Arduino 模组，完成独立运作的微处理控制。
- 4、支援多样的互动程序。
- 5、可使用低价格的微处理控制器(ATMEGA 8-168)。

本系统是采用 USB 接口的 Arduino Mega2560 核心电路板，它最大的特点就是具有多达 54 路数字输入输出，特别适合需要大量 IO 接口的设计。Mega2560 的处理器核心是 ATmega2560，同时具有 54 路数字输入/输出（其中 16 路可作为 PWM 输出），16 路模拟输入，4 路 UART 接口，一个 16MHz 晶体振荡器，一个 USB 口，一个电源插座，一个 ICSP header 和一个复位按钮。

2.1 称重传感器

本系统的称重传感器采用的是电阻应变式压力传感器，主要由弹性体、电阻应变片、电缆线等组成，内部线路采用惠更斯电桥，当弹性体承受载荷产生变形时，电阻应变片（转换元件）受到拉伸或压缩应变片变形后，它的阻值将发生变化（增大或减小），从而使电桥失去平衡，产生相应的差动信号，供后续电路测量和处理。电阻应变式传感器测量原理如图 2-3 所示。

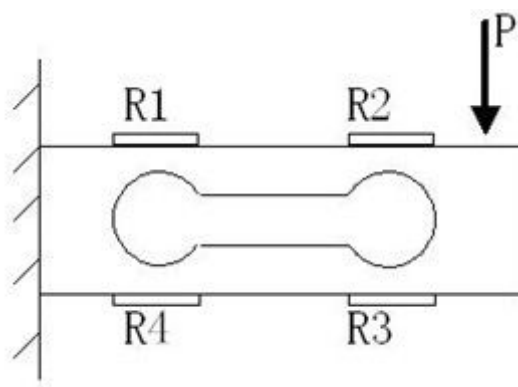


图 2-3 电阻应变式传感器测量原理

当垂直正压力 P 作用于梁上时，梁产生形变，电阻应变片 $R1$ 、 $R3$ 受压弯拉伸，阻

值增加；R2、R4 受压缩，阻值减小。电桥失去平衡，产生不平衡电压，不平衡电压与作用在传感器上的载荷 P 成正比，从而将非电量转化成电量输出。

本系统采用最大量程为 50KG 的传感器，其外形如图 2-4 所示。为了满足人体秤的量程需要，将四个应变传感器是串联在一起的，所以最大量程可达到 200KG。每个传感器中用的是双联片，相当于是 2 个应变计组成的半桥电路，所以是 3 根线，其中一根线（红线）是 2 个应变计的公共出线，在四个传感器组成的人体秤系统中，四个传感器的黑线串接，白线串接。这样四个半桥组成一个全桥电路，每个传感器中公共的红线，作为整个全桥电路的供电和输出线，具体接线如图 2-5 所示。

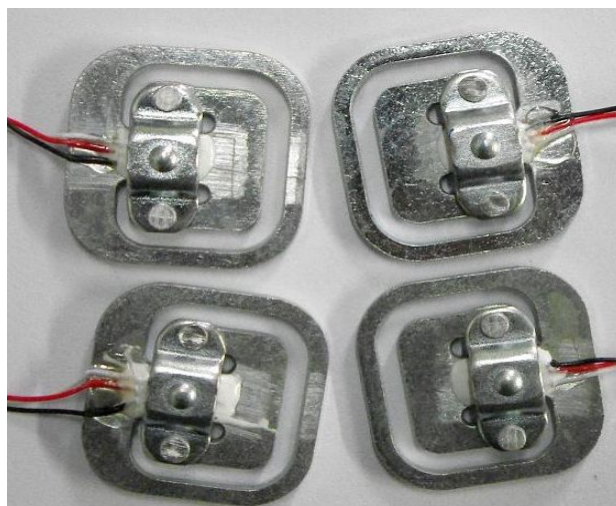


图 2-4. 压力传感器

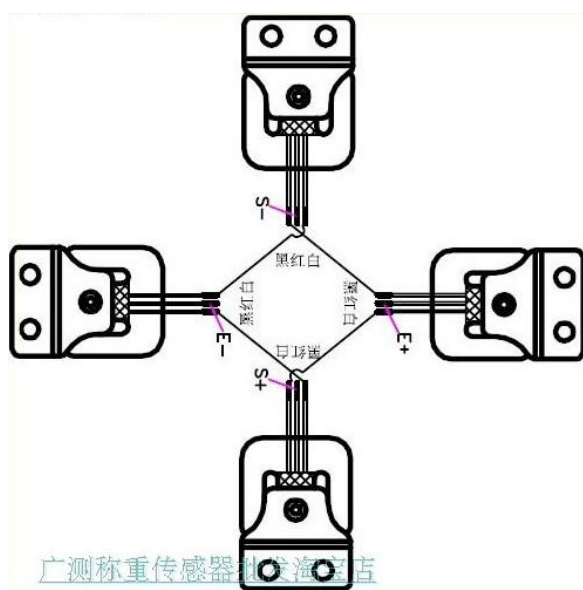


图 2-5. 压力传感器接线

2.2 24 位 AD HX711 模块

HX711 采用了海芯科技集成电路专利技术，是一款专为高精度电子秤而设计的 24 位 A/D 转换器芯片。与同类型其它芯片相比，该芯片集成了包括稳压电源、片内时钟振荡器等其它同类型芯片所需要的外围电路，具有集成度高、响应速度快、抗干扰性强等优点。降低了电子秤的整机成本，提高了整机的性能和可靠性。

该芯片与后端 MCU 芯片的接口和编程非常简单，所有控制信号由管脚驱动，无需对芯片内部的寄存器编程。输入选择开关可任意选取通道 A 或通道 B，与其内部的低噪声可编程放大器相连。通道 A 的可编程增益为 128 或 64，对应的满额度差分输入信号幅值分别为 $\pm 20\text{mV}$ 或 $\pm 40\text{mV}$ 。通道 B 则为固定的 32 增益，用于系统参数检测。芯片内提供的稳压电源可以直接向外部传感器和芯片内的 A/D 转换器提供电源，系统板上无需另外的模拟电源。芯片内的时钟振荡器不需要任何外接器件。上电自动复位功能简化了开机的初始化过程。HX711 内部方框图如图 2-6 所示。其外部管脚如图 2-7 所示。

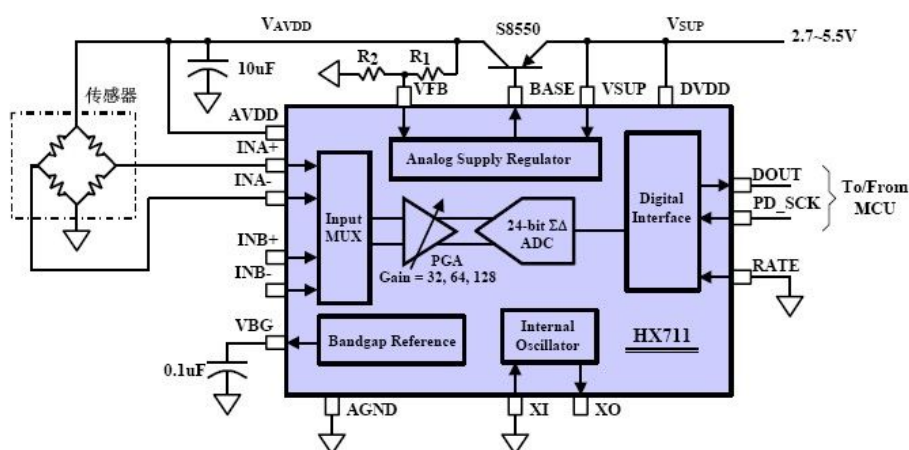


图 2-6. HX711 内部方框图

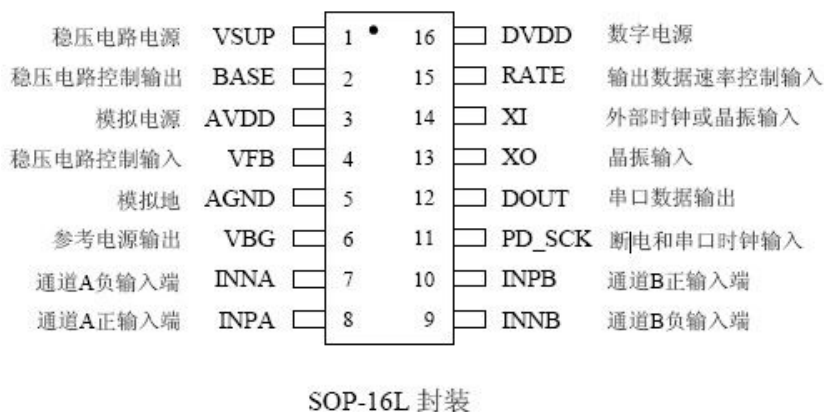


图 2-7. HX711 外部管脚图

图 2-8 为 HX711 芯片应用于计价秤的一个参考电路图。该方案使用内部时钟振荡器(XI=0)，10Hz 的输出数据速率(RATE=0)。电源(2.7~5.5V)直接取用与 MCU 芯片相同的供电电源。通道 A 与传感器相连，通道 B 通过片外分压电阻与电池相连，用于检测电池电压。本系统设计的 HX711 电路如图 2-9 所示：

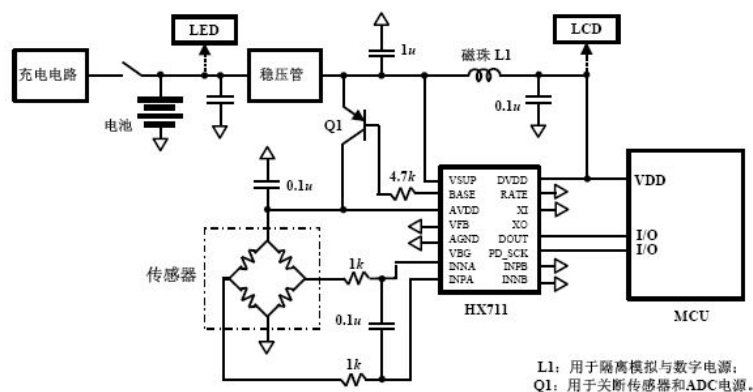


图 2-8 HX711 计价秤应用参考电路图

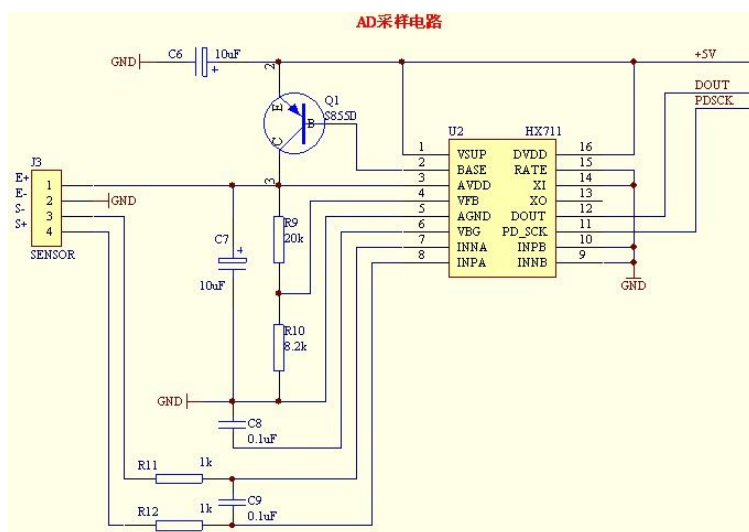


图 2-9 HX711 电路

2.3 蓝牙模块

本系统采用的是一款高性能的主从一体化蓝牙串口模块，可以同各种自带蓝牙功能的电脑、蓝牙主机、手机、PDA、PSP 等智能终端配对，该模块支持很宽的波特率范围：4800-1382400，并且兼容 5V 或 3.3V 的单片机系统。模块外观如图 2-10 所示：

图 2-10 中，从右到左，依次为模块引出的 PIN1~PIN6 脚，各引脚的详细描述如表 2-1 所示：

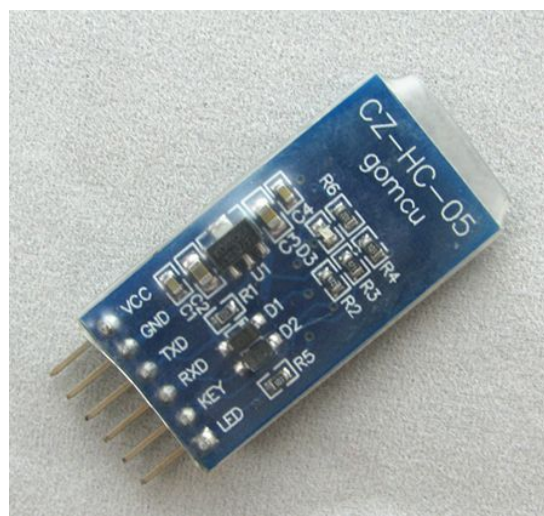


图 2-10 蓝牙串口模块

表 2-1. ATK-HC05 模块各引脚功能描述

序号	名称	说明
1	VCC	电源（3.3V~5.0V）
2	GND	地
3	TXD	模块串口发送脚（TTL 电平，不能直接接 RS232 电平!），可接单片机的 RXD
4	RXD	模块串口接收脚（TTL 电平，不能直接接 RS232 电平!），可接单片机的 TXD
5	KEY	用于进入 AT 状态；高电平有效（悬空默认为低电平）。
6	LED	配对状态输出；配对成功输出高电平，未配对则输出低电平。

另外，模块自带了一个状态指示灯：STA。该灯有 3 种状态，分别为：

1，在模块上电的同时（也可以是之前），将 KEY 设置为高电平（接 VCC），此时 STA 慢闪（1 秒亮 1 次），模块进入 AT 状态，且此时波特率固定为 38400。

2，在模块上电的时候，将 KEY 悬空或接 GND，此时 STA 快闪（1 秒 2 次），表示模块进入可配对状态。如果此时将 KEY 再拉高，模块也会进入 AT 状态，但是 STA 依旧保持快闪。

3，模块配对成功，此时 STA 双闪（一次闪 2 下，2 秒闪一次）。

通过 ATK-HC05 蓝牙串口模块，任何单片机（3.3V/5V 电源）都可以很方便的实现蓝牙通信，从而与包括电脑、手机、平板电脑等各种带蓝牙的设备连接。ATK-HC05 蓝牙串口模块的原理图如图 2-11 所示：

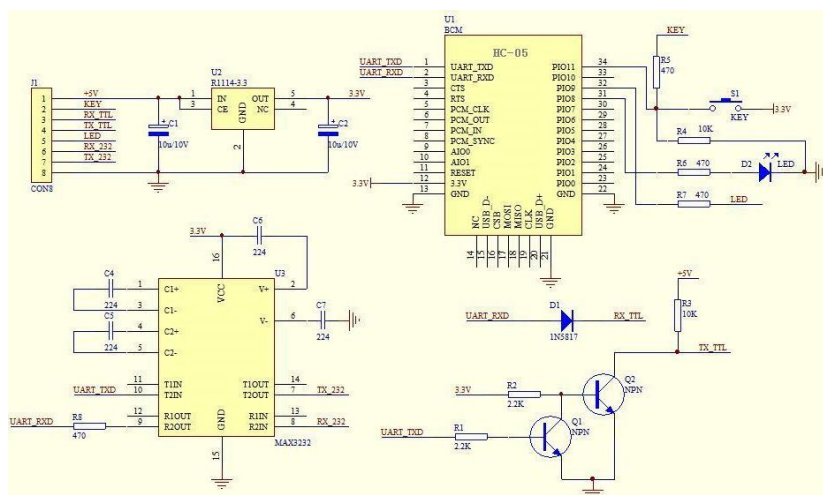


图 2-11. 蓝牙模块原理图

2.4 无线传输传感器 NRF24L01

本系统采用无线传输传感器 NRF24L01 用来身高数据的传输，将测量身高部分的数据传输至体重计中，再由体重计把身高和体重数据通过蓝牙传输至手机应用软件。NRF24L01 是一款新型单片射频收发器件，工作于 2.4 GHz~2.5 GHz ISM 频段。内置频率合成器、功率放大器、晶体振荡器、调制器等功能模块，并融合了增强型 ShockBurst 技术，其中输出功率和通信频道可通过程序进行配置。nRF24L01 功耗低，在以 -6 dBm 的功率发射时，工作电流也只有 9 mA；接收时，工作电流只有 12.3 mA，多种低功率工作模式（掉电模式和空闲模式）使节能设计更方便。其外形及电路原理图如图 2-12 所示：

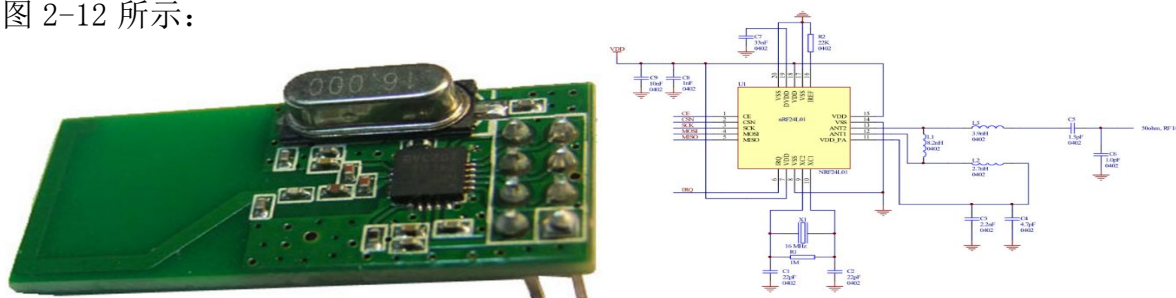


图 2-12 nRF24L01 无线模块

nRF24L01 的工作模式可通过配置寄存器可将 nRF24L01 配置为发射、接收、空闲及掉电四种模式，具体如下表 2-2 所示：

表 2-2 nRF24L01 工作模式配置

模式	PWR_UP	PRIM_RX	CE	FIFO 寄存器状态
接收模式	1	1	1	—
发射模式	1	0	1	数据在 TX FIFO 寄存器中
发射模式	1	0	1→0	停留在发送模式，直至数据发送完
待机模式 2	1	0	1	TX FIFO 为空
待机模式 1	1	—	0	无数据传输
掉电	0	—	—	—

2.5 超声波传感器 HC-SR04

HC-SR04 超声波测距模块可提供 2cm 至 400cm 的非接触式距离感测功能，测距精度可达 3mm；模块自身包括超声波发射器、接收器与控制电路。其外形图如图 2-13 所示。HC-SR04 电气参数如表 2-3 所示。



图 2-13 实物正反两面图

表 2-3. HC-SR04 电气参数

电气参数	HC-SR04 超声波模块
工作电压	DC 5 V
工作电流	15mA
工作频率	40Hz
最远射程	4m
最近射程	2cm
测量角度	15 度
输入触发信号	10uS 的 TTL 脉冲
输出回响信号	输出 TTL 电平信号，与射程成比例
规格尺寸	45*20*15mm

HC-SR04 工作原理及说明：

- 1、给 Trig 触发控制信号 IO 端口至少 10us 的高电平信号；
- 2、模块自动发送 8 个 40khz 的方波，并自动检测是否有信号返回；

- 3、有信号返回时，Echo 回响信号输出端口输出一个高电平，高电平持续的时间就是超声波从发射到返回的时间；
- 4、两次测距时间间隔最少在 60ms 以上，以防止发射信号对回响信号的影响；

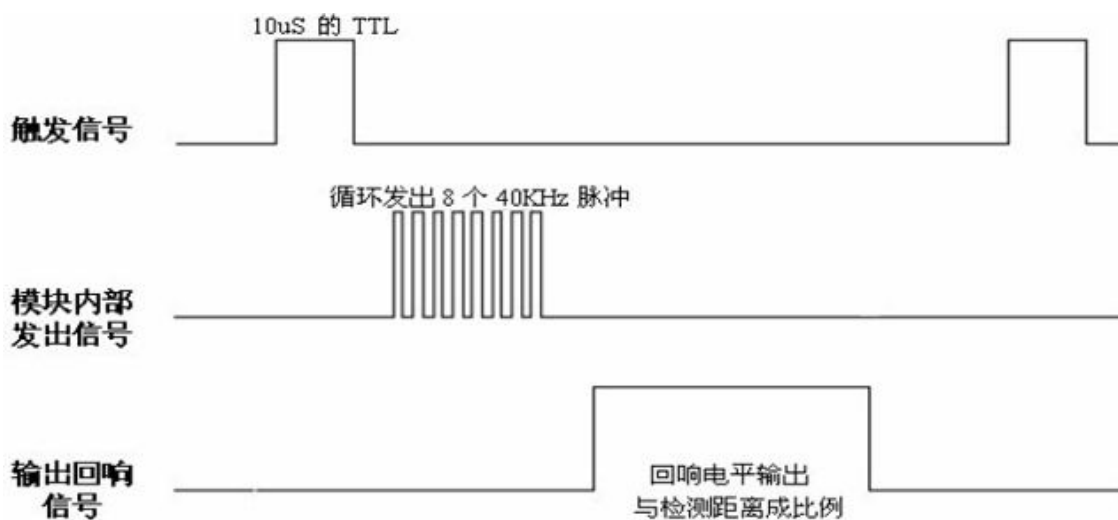


图 2-14 超声波时序图

3 蓝牙电子人体秤的软件设计

本系统的软件设计分为底层软件设计和手机 APP 应用软件设计。底层软件设计负责采集体重数据和身高数据，手机 APP 应用层软件负责接收体重和身高数据并进行保存和分析。

3.1 测量体重软件设计

测量体重部分是利用称重传感器检测压力信号，得到微弱的电信号，送入 A/D 转换器，将模拟量转化为数字量输出。控制器部分接受来自 A/D 转换器输出的数字信号，经过运算将数字信号转换为人体的实际重量信号，通过 NRF24L01 无线传感器接收身高数据，并将身高和体重数据通过蓝牙传送至手机应用软件。软件流程图如图 3-1 所示。

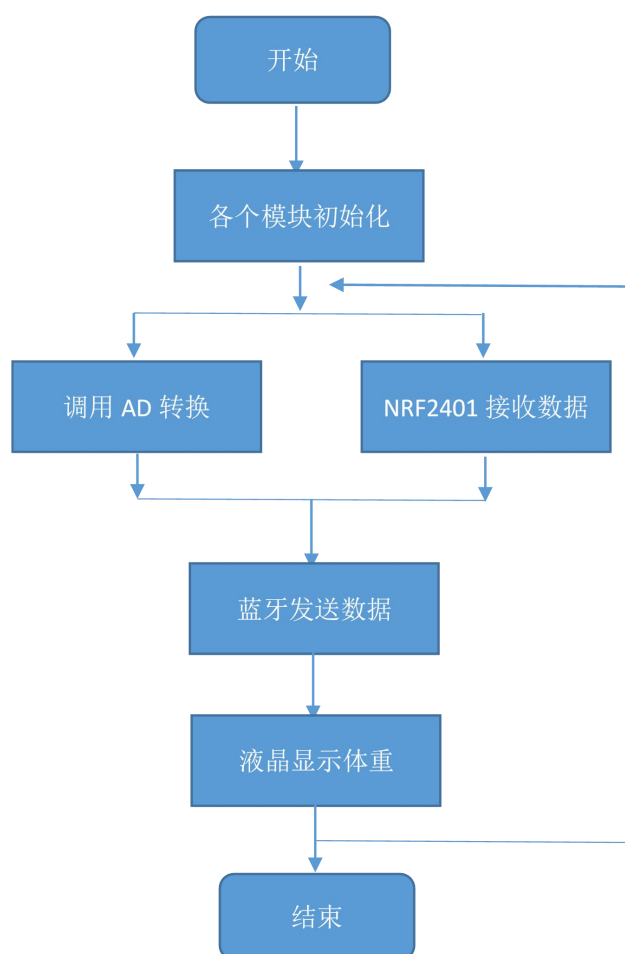


图 3-1 测量体重流程图

3.2 测量身高软件设计

传感器通过声波的波长和发射声波以及接收到返回声波的时间差就能确定人体的身高，在发送脉冲的同时，接收器的计数器启动并计数，直至接收传感器接收反射回波后，计数停止，该时间差相当于测量的距离，从而可测算出测量仪与头顶之间的距离，即人体的身高。软件流程图如图 3-2 所示。

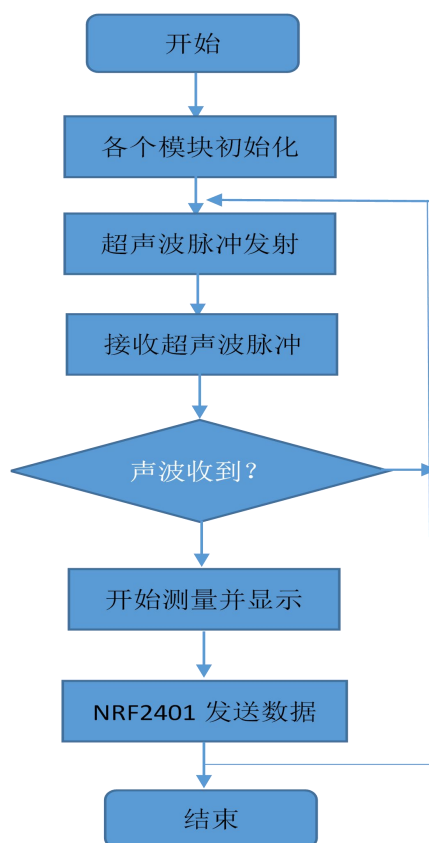


图 3-2 测量身高流程图

3.3 手机 APP 软件设计

本系统手机 app 部分主要功能是与 arduino 核心板进行蓝牙通信，接收身高和体重数据并保存和分析。蓝牙通讯是基于唯一地址 MAC 来相互传输的，考虑到安全问题 Bluetooth 通讯时需要先配对。然后开始相互连接，连接后设备将会共享同一个 RFCOMM 通道以便相互传输数据，目前这些实现在 Android 2.0 或更高版本 SDK 上实现。

3.3.1 查找发现 finding/discovering devices

对于 Android 查找发现蓝牙设备使用 BluetoothAdapter 类的 startDiscovery()方法就可以执行一个异步方式获取周边的蓝牙设备，因为是一个异步的方法所以我们不需要考虑线程被阻塞问题，整个过程大约需要 12 秒时间，这时我们紧接着注册一个 BroadcastReceiver 对象来接收查找到的蓝牙设备信息，我们过滤 ACTION_FOUND 这个 Intent 动作来获取每个远程设备的详细信息，通过附加参数在 Intent 字段 EXTRA_DEVICE 和 EXTRA_CLASS, 中包含了每个 BluetoothDevice 对象和对象的该设备类型 BluetoothClass，示例代码

```

private final BroadcastReceiver cwjReceiver = new BroadcastReceiver() {
public void onReceive(Context context, Intent intent) {
    String action = intent.getAction();
    if (BluetoothDevice.ACTION_FOUND.equals(action)) {
        BluetoothDevice device = intent.getParcelableExtra(BluetoothDevice.EXTRA_DEVICE);
        myArrayAdapter.add(device.getName() + " android123 " + device.getAddress());
//获取设备名称和 mac 地址
    }
}
}; // 注册 BroadcastReceiver

```

```

IntentFilter filter = new IntentFilter(BluetoothDevice.ACTION_FOUND);
registerReceiver(cwjReceiver, filter);

```

在 Service 或 Activity 中重写 onDestroy()方法，使用 unregisterReceiver 方法反注册这个 BroadcastReceiver 对象保证资源被正确回收。

3.3.2 配对绑定 bonded/paired device

在 Android 中配对一个蓝牙设备可以调用 BluetoothAdapter 类的 getBondedDevices() 方法可以获取已经配对的设备，该方法将会返回一个 BluetoothDevice 数组来区分每个已经配对的设备，示例代码如下：

```

Set<BluetoothDevice> pairedDevices = cwjBluetoothAdapter.getBondedDevices();
if (pairedDevices.size() > 0) //如果获取的结果大于 0，则开始逐个解析
{
    for (BluetoothDevice device : pairedDevices) {
        myArrayAdapter.add(device.getName() + " android123 " + device.getAddress()); //获取每个设备的名称和 MAC 地址添加到数组适配器 myArrayAdapter 中。
    }
}。

```

3.3.2 允许发现 enabling discoverability

如果需要用户确认操作，不需要获取底层蓝牙服务实例，可以通过一个 Intent 来传递 ACTION_REQUEST_DISCOVERABLE 参数，这里通过 startActivityForResult 来强制获取一个结果，重写 startActivityForResult() 方法获取执行结果，返回结果有 RESULT_OK 和 RESULT_CANCELLED 分别代表开启和取消(失败)，当然最简单的方法是直接执行，示例代码如下

```
Intent cwjIntent = new Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_DISCOVERABLE);
    cwjIntent.putExtra(BluetoothAdapter.EXTRA_DISCOVERABLE_DURATION, 300);
    startActivity(cwjIntent);
```

从 Android 2.0 开始提供最全面的蓝牙开发接口，API Level 为 5 的系统才能调用，目前 Android Bluetooth API 包含了主要以下几类：BluetoothAdapter BluetoothDevice、BluetoothSocket 、BluetoothServerSocket 和 BluetoothClass 它们均在 android.bluetooth 这个包中出现。调用时除了需要考虑 API Level 至少为 5 外，还需注意添加相应的权限，比如使用通讯需要在 androidmanifest.xml 加入 <uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH" /> ，而开关蓝牙需要 android.permission.BLUETOOTH_ADMIN 权限。

3.3.2 建立通讯 establishing

对于建立一个蓝牙通讯，必须经过以下四个步骤：获取本地蓝牙设备、查找远程设备、配对(已配对设备将会忽略这步的细节)、连接设备和传输数据。在 Android 平台中首先我们需要查找本地活动的蓝牙适配器，通过 BluetoothAdapter 类的 getDefaultAdapter() 方法获得一个系统默认可用的蓝牙设备，示例代码如下

```
BluetoothAdapter cwjBluetoothAdapter = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();
if (cwjBluetoothAdapter == null) {
    // Android 开发网提示大家本机没有找到蓝牙硬件或驱动存在问题
}
```

有了这步仍然不能建立连接，因为还不知道手机中的蓝牙功能是否被开启，可以通过 cwjBluetoothAdapter 的 isEnabled 方法来判断，如果没有开启，我们可以通过下面的代码提醒用户启用：

```
if (!cwjBluetoothAdapter.isEnabled()) {
    Intent TurnOnBtIntent = new Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE);
    startActivityForResult(TurnOnBtIntent, REQUEST_ENABLE_BT);
}
```

通过 startActivityForResult() 方法发起的 Intent 将会在 onActivityResult() 回调方法中获取用户的选择，比如用户单击了 Yes 开启，那么将会收到 RESULT_OK 的结果，如果 RESULT_CANCELED 则代表用户不愿意开启蓝牙，当然 android123 提醒大家还可以通过其他方式来开启，比如说用 BluetoothDevice 获取蓝牙服务接口对象，是用 enable() 方法来开启，无需询问用户，这时就需要用到 android.permission.BLUETOOTH_ADMIN 权限。

4 软硬件调试

把电路和传感器进行连接并上电开始进行测试，首先打开手机 app 软件，连接匹配蓝牙，当人站到体重秤踏板时，液晶会自动显示人的体重，手机软件同步显示体重；当人站到测量身高模块的下面时，液晶会自动显示人的身高，手机软件同步显示身高并计算出 BMI 指数。



图 4-1 实物调试图



图 4-2 手机 APP 调试图