



应用方案

蓝牙体温计（**nRF51822**）

Bestow Mascot

目 录

1. 方案概述	1
2. 系统框图	2
3. 硬件方案	3
4. 软件方案	4
5. 模块特性	5
5.1 微控制器模块	5
5.2 红外测温模块	6
5.3 显示模块.....	10
5.4 存储模块.....	10
6. 硬件设计	11
6.1 最小系统.....	11
6.2 电源部分.....	12
6.3 温度测量部分	14
6.4 温度存储.....	14
6.5 温度显示部分	14
7. 软件设计	15
7.1 蓝牙芯片程序框图	15
7.3 蓝牙芯片初始化程序	17
7.4 手机 APP.....	18
8. BOM 清单.....	19
9. 版本信息	20

1. 方案概述

体温是人体生命活动的关键指标之一，准确快速地测量出体温对疾病诊断和治疗有着十分重要的意义。红外测温为测量人体体温提供了快速、非接触测量手段，与传统水银体温计相比，该测温方式具有反应速度快、测量时间短、精度高、使用简单等优点，可广泛、有效地用于密集人群的体温排查。非接触红外测温计针对特定人群，比如儿童或老年人，有很好的效果。随着生活节奏的变快，父母在忙碌中抽出时间帮助孩子测体温是一件非常麻烦的事，而且由于儿童不稳定、好动，通过非接触红外测温仪就可以快速准确地测出其体温；老年人活动不便，使用传统的体温计很不方便，而且由于人老眼花，也不能看清体温计汞柱的位置，通过非接触红外测温仪就可以很快得到体温，而且通过语音告知老人，有异常情况可及时发现。

本方案是采用 Nordic Semiconductor 的 32 位蓝牙低功耗 SOC 芯片 nRF51822 为控制核心，采用 BM43TND 数字红外测温模组进行温度的测量，在手机 APP 端进行温度显示，温度信息推送，并通过语音进行播报。

该蓝牙体温计的主要特点操作简单，省电耐用，智能提示，并通过 APP 和云服务进行体温数据记录，保存。操作简单，一键开关机，按下电源键启动或者关闭设备。省电耐用，采用 3.7V 聚合物锂电池供电以及低功耗器件，设备使用更持久。APP 软件自动检测蓝牙体温计的电池电量，并进行低电量提醒。

2. 系统框图

如图 1 功能框图。

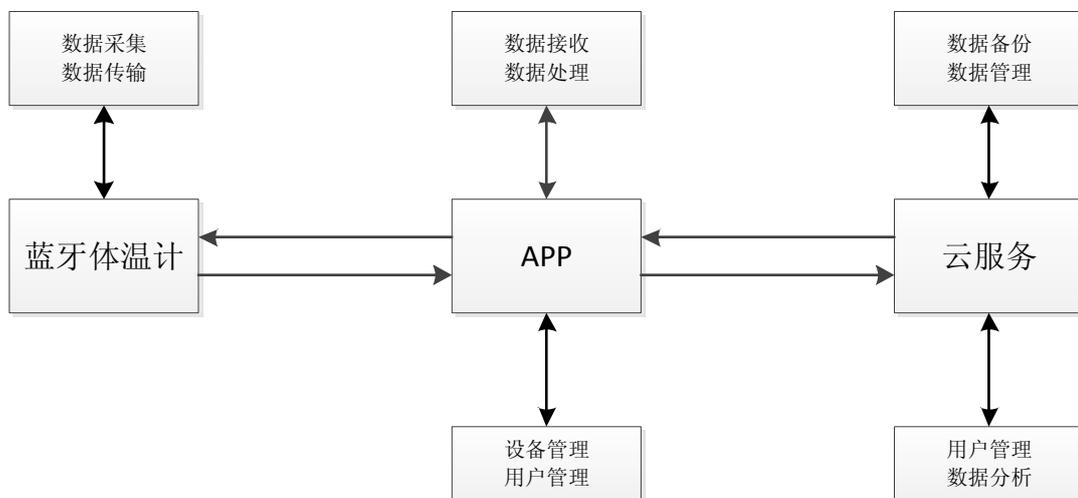


Figure 1 蓝牙体温计系统框图

本方案设计有蓝牙体温计、手机 APP 及云服务三个部分组成。

蓝牙体温计：采用最新的蓝牙 4.0 低功耗技术并结合最新 BM43TND 数字红外体温探头，具有功耗低，工作时间长，BOM 成本低，可靠性高等特点。

手机 APP：同时支持 Android 系统和 iOS 系统，用户可以通过 APP 进行体温测量显示，体温报警，历史体温查询，查看家人体温等服务。

云服务：采用当下最新的云计算，并结合数据挖掘技术，为客户提供用户管理，用户行为分析等服务。同时提供蓝牙体温计 APP 开发 SDK (iOS+Android)，云服务 API 接口，用户可以根据自身的实际需求选择我们的全部服务（蓝牙体温计+APP+云服务），或者选择部分服务。

3. 硬件方案

蓝牙体温计的系统结构框图如图Figure 2，主要由 nRF51822 蓝牙低功耗 SOC 微控制器、BM43TND 热电堆传感器、按键部分、电源部分组成。

nRF51822 主要负责收集传感器传输过来的数字信号，通过标准的蓝牙通信协议把测量值传输给手机 APP，同时控制温度的计算、显示、播报与存储。BM43TND 热电堆传感器主要将人体辐射的热量转化为电压信号，并通过内置的 18 位高精度 ADC 芯片，把电压模拟信号转换为数字信号，通过 I²C 通信接口传输给 nRF51822 芯片。按键部分主要负责蓝牙体温计的开关机。

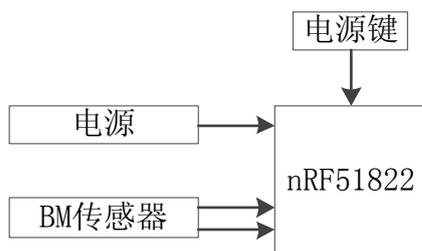


Figure 2硬件结构框图

4. 软件方案

本方案中，软件部分包括手机 APP 和云服务。手机 APP 同时支持 iOS 系统和 Android 系统。云服务采用阿里云计算，数据库采用 MySQL。



Figure 3 软件方案

5. 模块特性

该蓝牙体温计主要以 Nordic Semiconductor 的 32 位蓝牙低功耗 SOC 芯片 nRF51822 为控制核心，实现了对体温的测量与存储；热电堆传感器 BM43TND 实现体温辐射的热能转化为输出电压。

5.1 微控制器模块

nRF51822 是一款集成 nRFx 系列无线收发器的超低功耗的片上系统 (SOC)，包含一个 32 位 ARM Cortex-M0 CPU, flash 存储器和模拟、数字外设。nRF51822 支持低功耗蓝牙和一系列专有 2.4GHz 协议，例如 Nordic Semiconductor 公司的 Gazell。

完全适用于 nRF51822 的低功耗协议栈在 S100 系列软件包中实现。S100 系列软件包是免费的，可下载、安装到 nRF51822 上，独立于您的应用代码。

下图为 nRF51822 的内部结构框图：

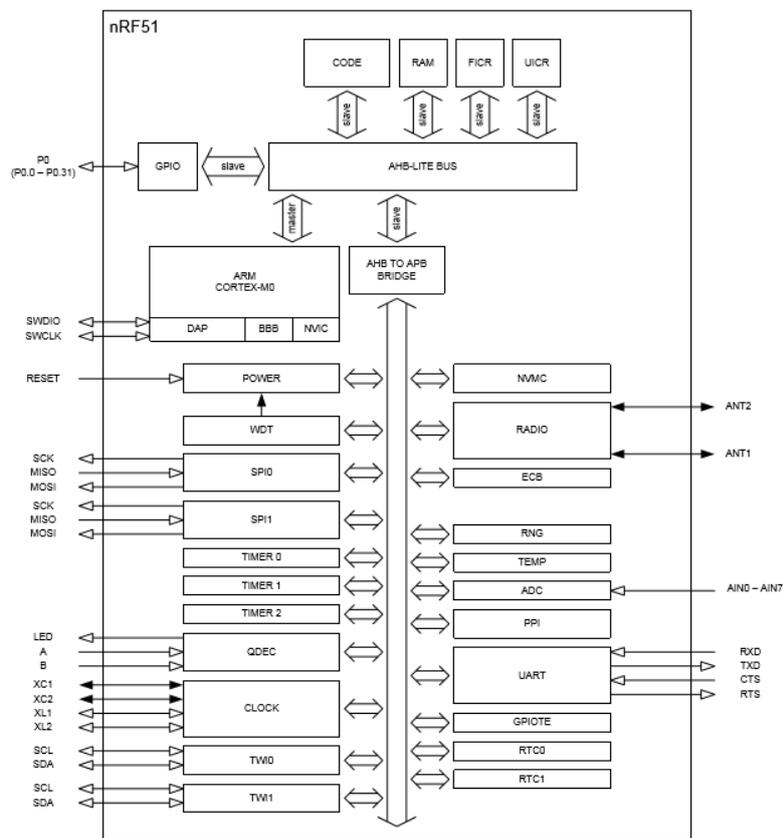


Figure 4 nRF51822 内部结构图

nRF51822 特性

- 2.4 GHz 无线收发器
 - 低功耗模式下灵敏度： -93 dBm
 - 数据传输速率： 250 kbps, 1 Mbps, 2 Mbps
 - TX Power -20 to +4 dBm in 4 dB steps

- 省电模式下发射功率： -30 dBm
- 峰值电流，接收时： 13 mA, 发射时(0 dBm): 10.5 mA
- RSSI (分辨率： 1 dB) #接收信号的强度指示
- ARM Cortex-M0 32 bit processor
 - 275 μ A/MHz running from flash memory
 - 150 μ A/MHz running from RAM
 - Serial Wire Debug (SWD)
- 现成的软件包： S100 系列
- 存储
 - 内置 Flash: 256 kB /128 kB
 - 16 kB RAM
- 支持非并行多协议运行
 - 兼容 nRF24L 系列
- 灵活的电源管理
- 工作电压： 1.8 V - 3.6 V
 - 使用 16 MHz RC: 2.5 μ s 唤醒
 - 关闭模式： 0.4 μ A @ 3 V
 - 关闭模式且保留一个区域 RAM: 0.5 μ A @ 3 V
 - 运行模式，所有模块空闲： 2.3 μ A @ 3 V
- 8/9/10 bit ADC - 8 个可配置通道
- 31 个通用 I/O
- 一个 32 位和两个 16 位带计数模式的定时器
- SPI 主端
- 2 线主端 (兼容 I2C)
- UART (CTS/RTS)
- 与 CPU 相互独立的可编程外设总线 (PPI)
- 正交解码 (QDEC)
- AES 硬件加密
- 实时计数器 (RTC)

5.2 红外测温模块

红外测温模块采用非接触测温手段，解决了传统测温中需要接触的问题，具有响应速度快、测量精度高、灵敏度高、测量范围广以及可同时测量目标温度和环境温度的特点。

5.2.1 BM43TND 简介

方案中采用的传感器为 BM43TND。该传感器是基于 MEMS 技术的热电堆传感器。它能够将被测物辐射出来的热量转化为输出电压。它由 MEMS 芯片，5~14 μ m 红外带通滤波器，热敏电阻，TO 封装外壳

组成。

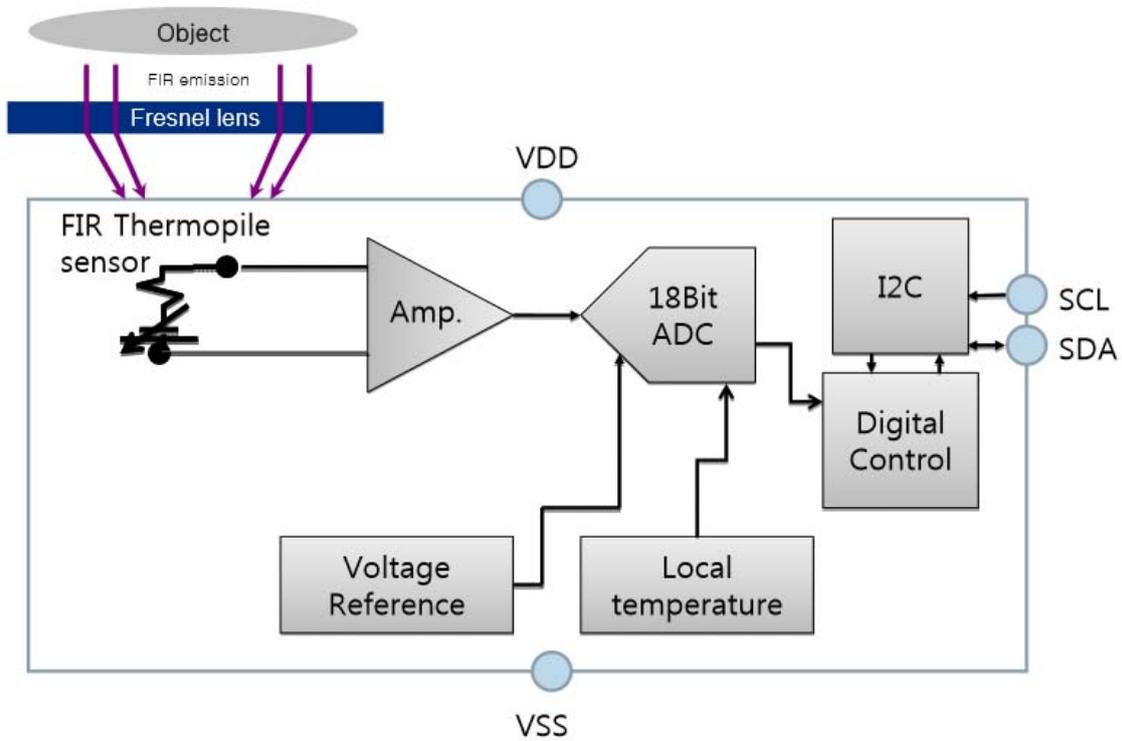


Figure 5 BM43TND 结构框图

BM43TND 的引脚有四个，分别为 VDD（供电端），VSS（接地端），SCL（I²C 接口时钟信号），SDA（I²C 接口数据）。测量时，BM43TND 通过 I²C 接口输出量化后的数字温度。

其实物图如Figure 6所示，引脚图分布如Figure 7所示：

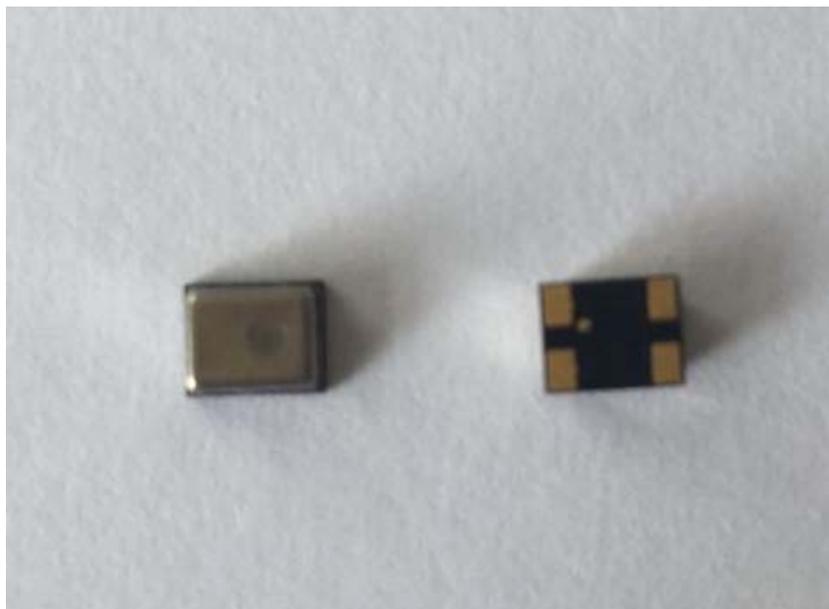


Figure 6 实物图

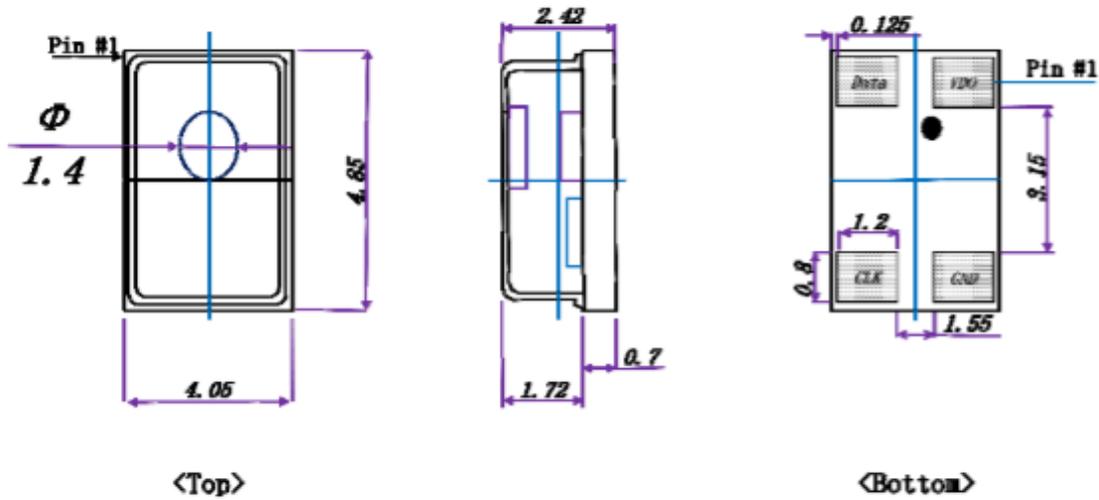


Figure 7 BM43TND 热电堆传感器引脚分布图

5.2.2 BM43TND 测温原理

高于绝对零度的任何物体都可以发出红外线，并且物体辐射出的能量随着表面温度的增加而增强，基于这个关系，热电堆传感器可以测出物体辐射出的能量并准确测出物体的温度。

热电堆测温原理是利用早已广泛应用于传统热电偶的塞贝克效应，微机电和薄膜技术的应用使得产品得以微型化并且使用更加有效地运用有限的传感器部件。

热电堆传感器的输出的热电堆电压 V_{tp} 可以通过以下公式 4.1 来计算。

$$V_{tp} = \epsilon_{obj} S (T_{obj}^{4-\delta} - T_{sen}^{4-\delta}) \dots\dots\dots \text{公式 4.1}$$

各参数定义如下：

- T_{obj} : 目标温度
- T_{sen} : 环境温度
- S : 传感器的灵敏度
- ϵ_{obj} : 物体的红外线辐射率
- δ : 光学滤波器透射系数

由公式 4.1 可知，根据热敏电阻测出目标物体所处的实际环境温度以及测出热电堆的输出电压，在根据已知的传感器的灵敏度，物体红外线辐射率即可求出目标物体的温度。

然而，这种高次函数对于一般的 MCU 而言处理起来极不方便。为了降低 MCU 的处理难度以及减少系统功耗。MCU 的 ROM 表里分别存储了在本硬件方案下热敏电阻的实际电压与温度值对应的数据表以及在环境温度 25℃ 时被测物体的温度值与热电堆输出的电压值。并预先将电压值转化为 ADC 转化值以减少 MCU 的计算量。当测量环境的温度发生变化时，就需要采用一定的算法对实际的 V_{tp} 进行修正以准确得到被测物体的温度值。

被测物体的温度按照如下步骤进行得到：

各参数定义如下：

V_{ntc} ：热敏电阻两端电压；

$V_{ntc,ca}$ ：热敏电阻两端电压校准值；

T_{sen} ：环境温度；

R_{25} ：25℃时对应的热敏电阻校准参数值；

LUT ：查表算法,根据温度求出电压值；

$RLUT$ ：反向查表算法，根据电压值求出温度值；

V_{offs} ：当前温度下 V_{tp} 值与 ROM 表存储的当前温度对应 V_{tp} 的差值；

$V_{tp,coor}$ ： V_{tp} 校准值；

S_{conv} ：25℃下热电堆传感器校准参数值；

TC ：热电堆传感器灵敏度系数，由传感器厂商提供；

$V_{tp,coor,TC}$ ：因本身曲线产生的偏差；

$V_{tp,ref,TC}$ ：25℃环境温度映射 V_{tp} 值；

T_{obj} ：被测物体的温度；

1. 对 V_{ntc} , V_{tp} 的值进行修正, $V_{ntc,ca} = \frac{V_{ntc}}{R_{25}}$, $V_{tp,coor} = \frac{V_{tp}}{S_{conv}}$ ；
2. 根据 $V_{ntc,ca}$ 求出环境温度 T_{sen} , $T_{sen} = RLUT(V_{ntc,ca})$ ；
3. 求出不同环境温度下曲线的偏移系数为 $TCF = 1 + (T_{sen} - 25) * TC$ ，本方案采用的传感器的TC为0.1%/℃；
4. 求当前环境温度下测量下的 V_{tp} 值与 ROM 表内存储的当前温度对应的 V_{tp} 的偏差值
 $V_{offs} = LUT(T_{sen})$ ；
5. 求因本身曲线变形引起的偏差 $V_{tp,coor,TC} = \frac{V_{tp,coor}}{TCF}$ ；
6. 计算25℃环境温度映射值 $V_{tp,ref,TC} = V_{tp,coor,TC} + V_{offs}$ ；
7. 查表求出被测物体温度 T_{obj} , $T_{obj} = RLUT(V_{tp,ref,TC})$ ；

5.3 显示模块

在本方案中，体温值显示通过手机 APP 实现。由蓝牙体温计实时把体温数据传输到手机 APP 中，由手机 APP 实时显示。



Figure 8 体温显示

5.4 存储模块

在本方案中，用户测量的数据有三个地方可以存储：1.蓝牙芯片；2.手机 APP；3.云服务。

6. 硬件设计

本方案的硬件主要包括最小系统，温度测量部分，电源部分，按键部分。

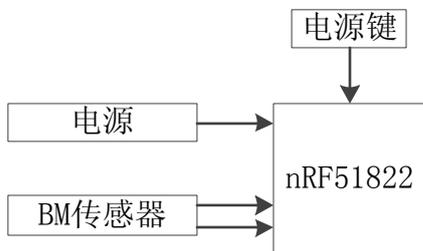


Figure 9 硬件框图

6.1 最小系统

最小系统主要包含 nRF51822 正常工作所需要的器件。nRF51822 需要外置的 32MHz 晶体振荡器，天线采用 PCB 印刷天线。

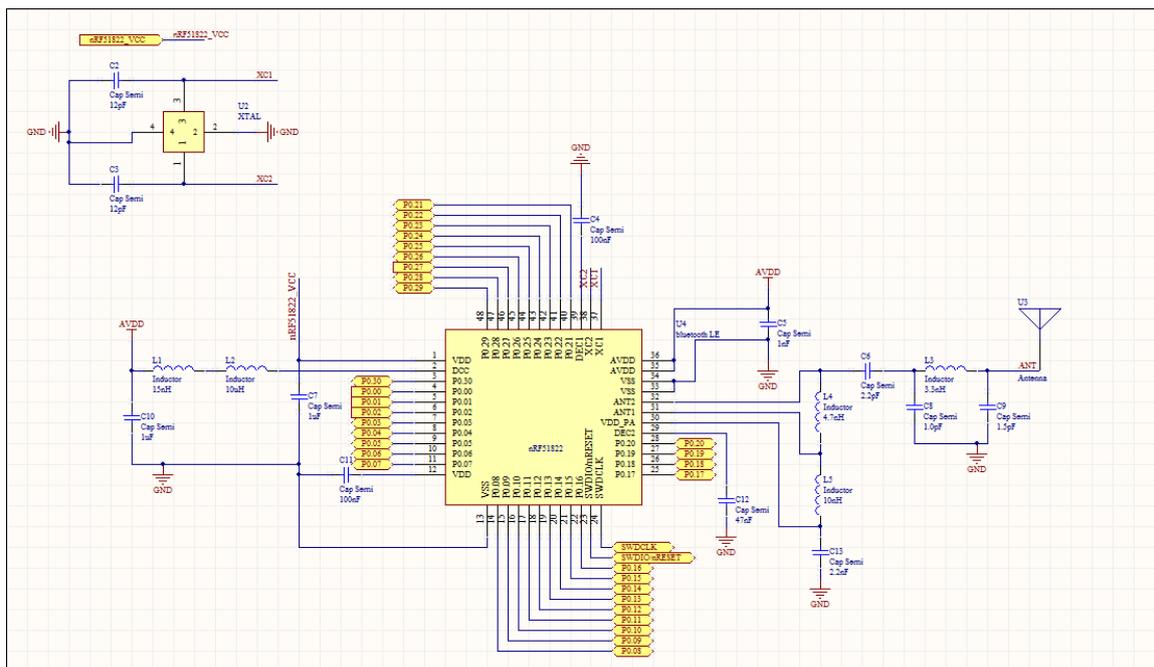


Figure 10 最小系统

6.2 电源部分

如Figure 11所示，采用 TP4057 作为锂电池充电管理，采用 SGM2019 对 MCU 供电。

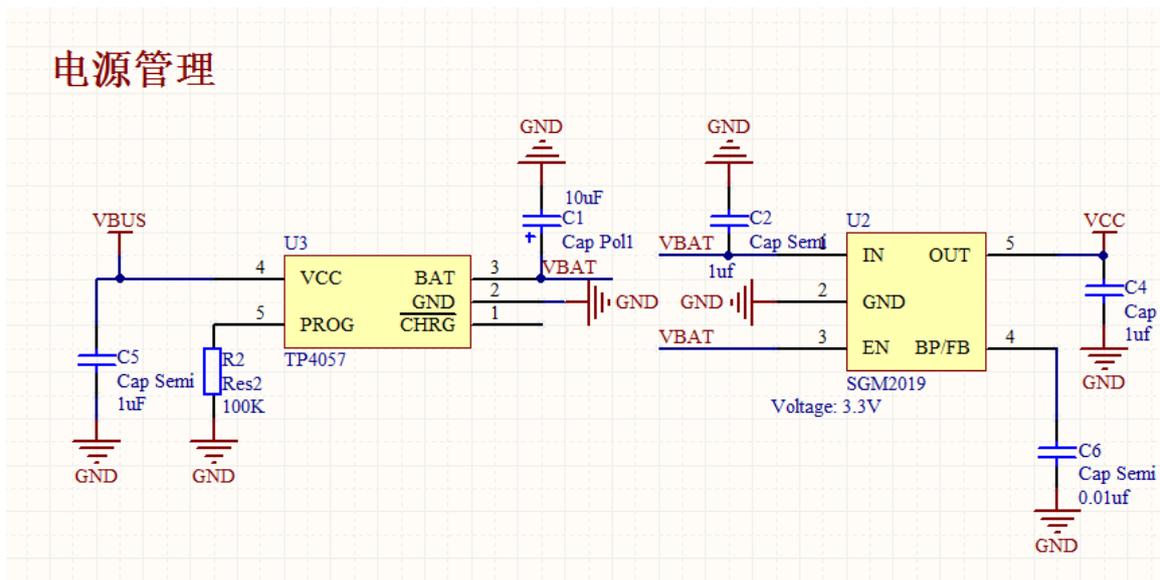


Figure 11 锂电池电源管理

- 一键开关电路

如Figure 12所示，一键开关电路主要由一些基本的元器件组成。负责蓝牙体温计的开启与关闭。该方案需要实体按键，BOM 成本低，但是不利于防水设计。

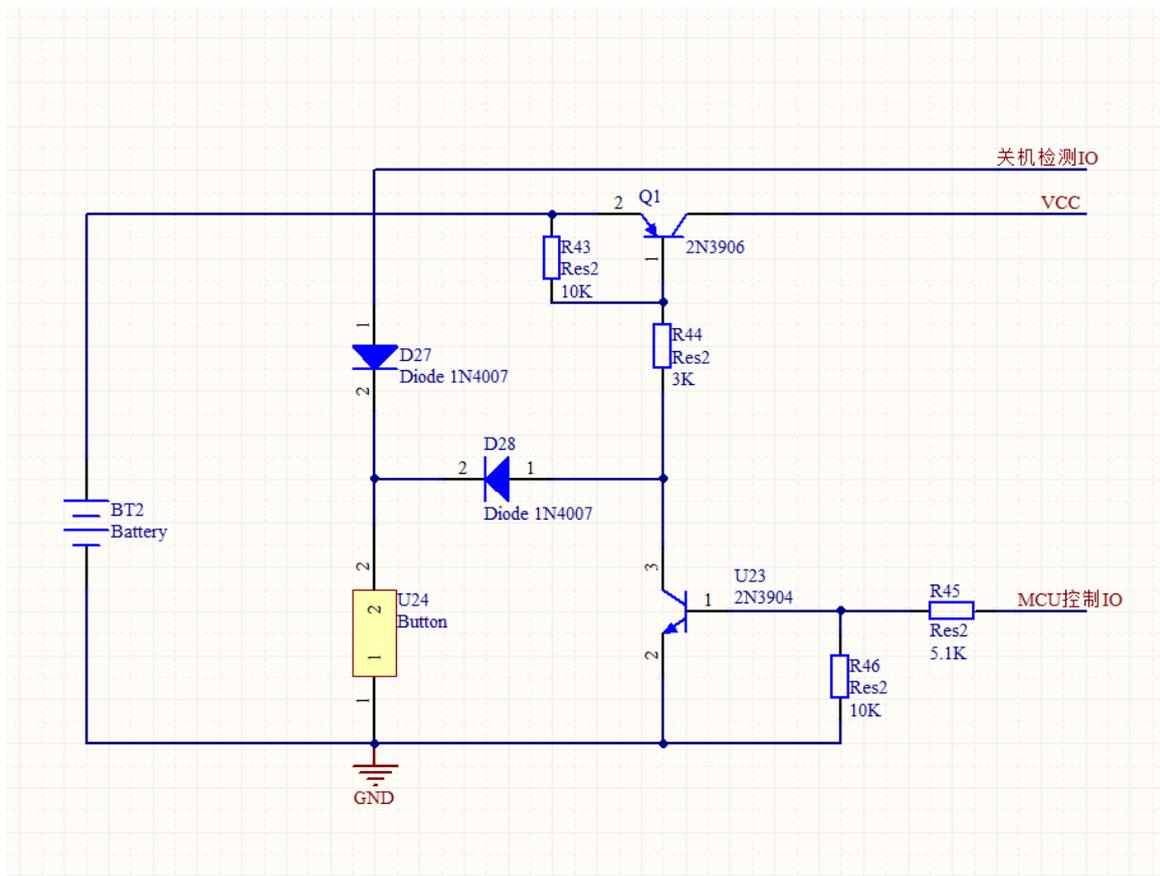


Figure 12 一键开关原理图

● 磁控开关方案

采用该方案，有利于防水设计处理。干簧管需要一个外部的永磁体进行触发，当永磁体接近时，干簧管断开，MCU 停止工作；当永磁体远离时，干簧管导通，MCU 开始工作。

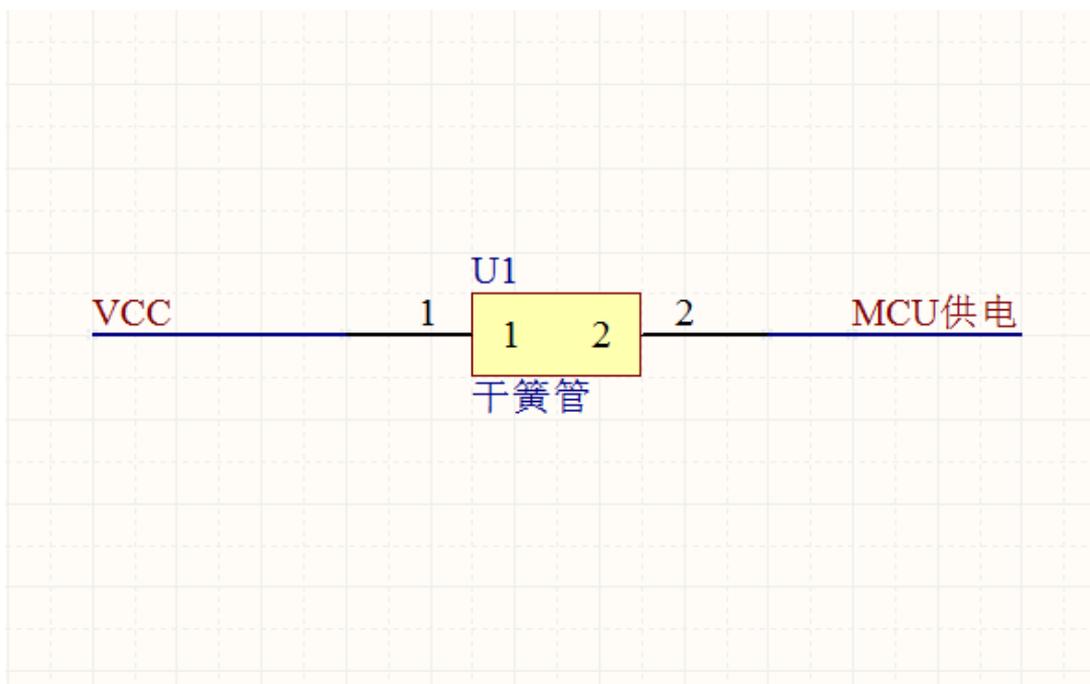


Figure 13 磁控开关电路

● 多点电容触摸方案

为了方式用户误触摸，本方案采用合泰的 BS814A-1 四键触控开关。只有当用户按照一定的顺序触摸时，蓝牙体温计才开始工作/关闭。

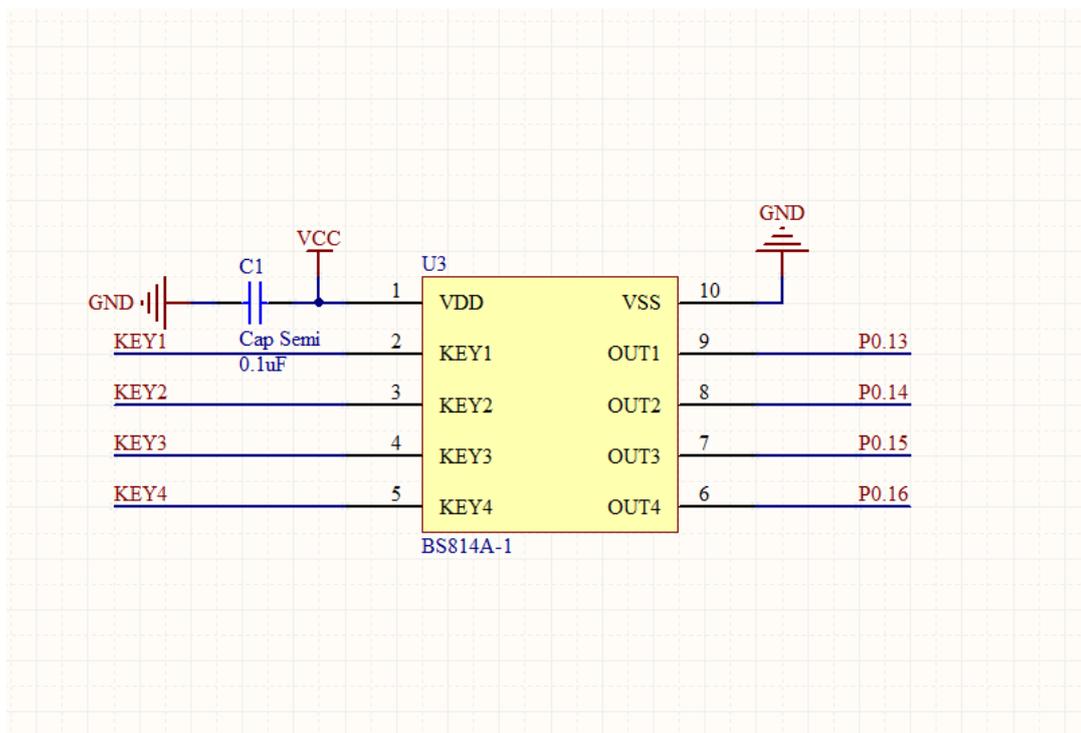


Figure 14 四键触控开关

6.3 温度测量部分

BM43TND 温度测量传感器内置有 18 位高精度 ADC，直接把温度值进行数字量化，通过 I²C 接口传给 MCU。

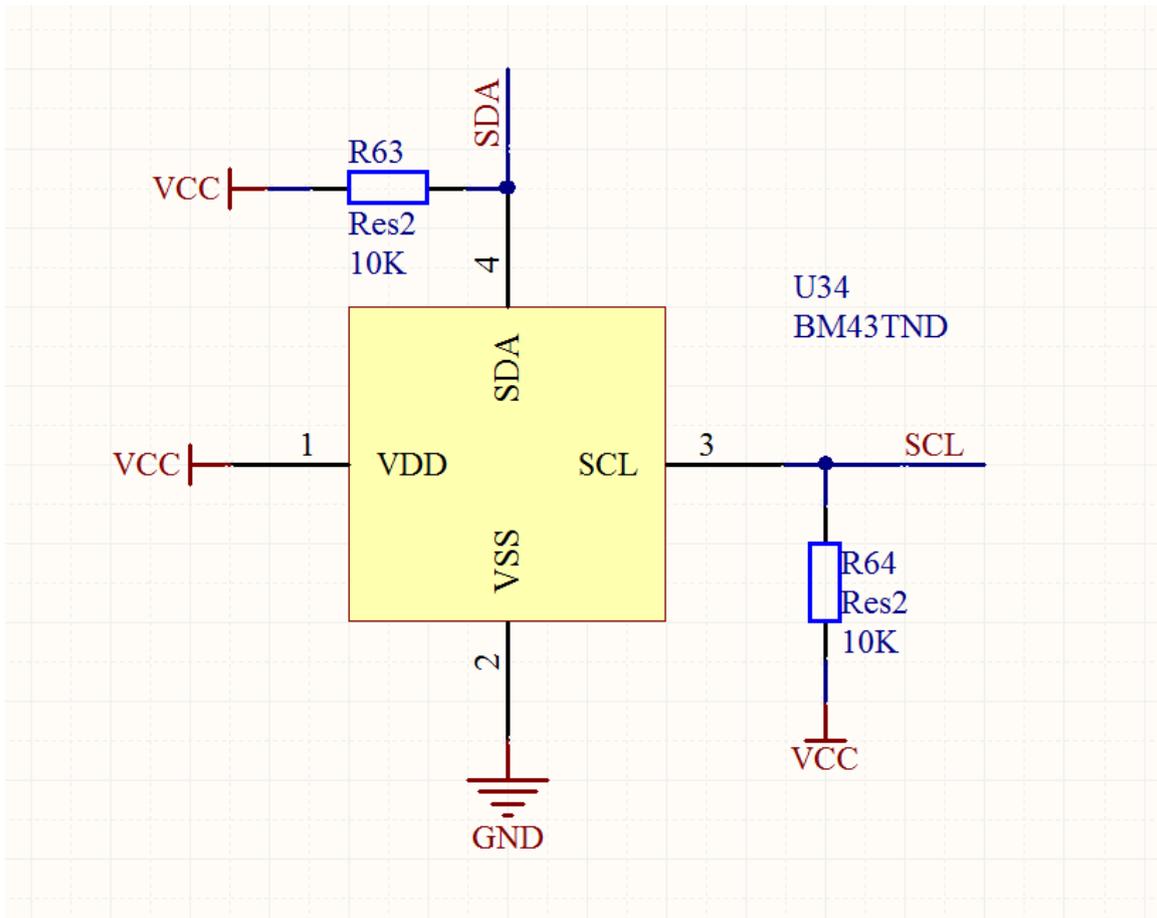


Figure 15 温度测量电路图

6.4 温度存储

温度存储由软件代码实现，不需要额外的硬件电路。

6.5 温度显示部分

温度显示由手机 APP 完成，不需要额外的硬件电路。

7. 软件设计

7.1 蓝牙芯片程序框图

蓝牙体温计的软件部分主要由系统初始化，按键处理等部分组成。

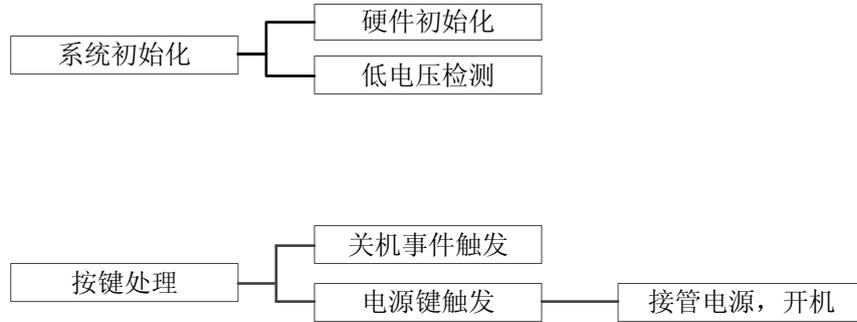


Figure 16 蓝牙体温计软件组成框图

7.2 主程序

主程序流程图如Figure 17所示。主程序主要包含系统初始化，中断事件响应，温度测量、电源管理，工作模式切换等各部分组成。

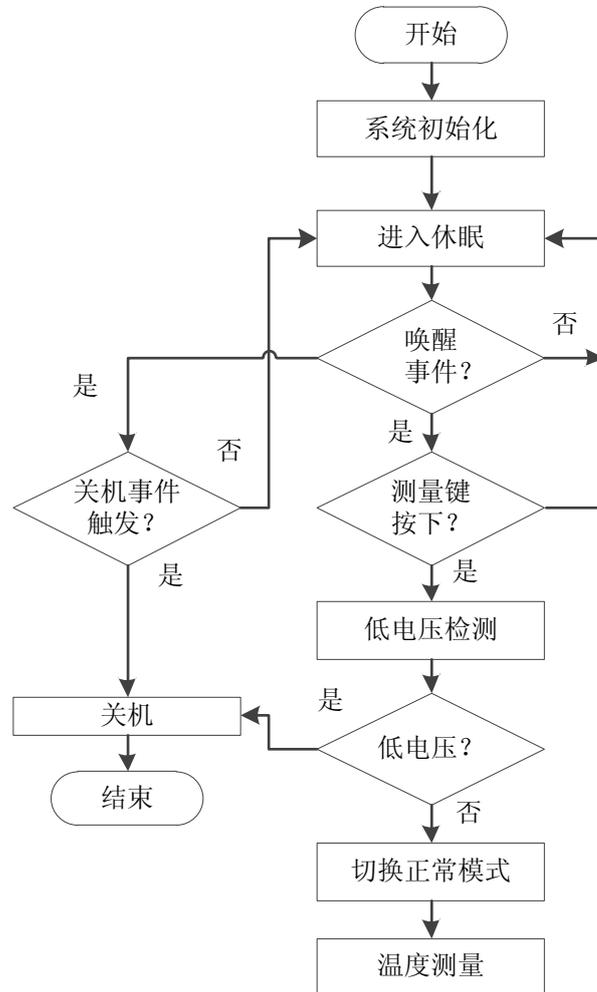


Figure 17 主程序流程图

7.3 蓝牙芯片初始化程序

系统初始化主要完成硬件初始化，电源接管，低电压检测。硬件初始化主要完成 IO 初始化，电源配置初始化。

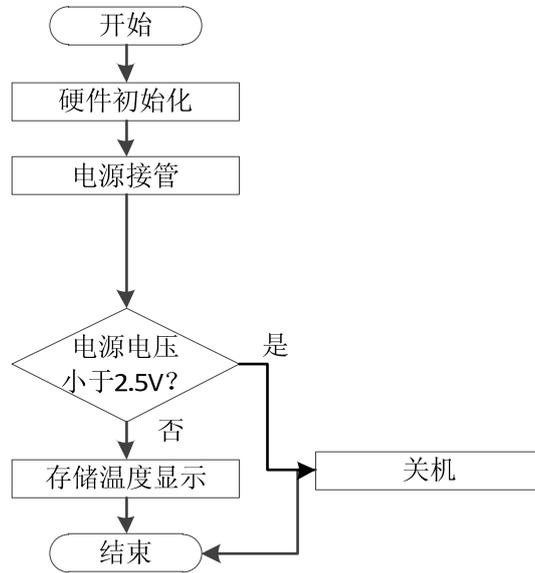


Figure 18 初始化程序框图

7.4 手机 APP



8. BOM 清单

Table1 红外体温计最小系统 BOM 清单

序号	名称	规格	数量	备注
1	3.7V 聚合物锂电池	200ma, 402030	1	锂电池电源管理
2	SMT 钽电容	10uF,0805	1	锂电池电源管理
3	SGM2019-3.3YN5	SOT23-5	1	锂电池电源管理
4	TP4055	SOT23-5	1	锂电池电源管理
5	SMT 电容	0402	16	-
6	贴片发光二极管	0603P	1	-
7	SMT 绕线电感	0402	5	-
8	SMT 电阻	0402	7	-
9	BM43TND	MCM 封装	1	-
10	贴片微动按键	3*6*2.5 贴片二脚	1	-
11	贴片 16MHz 晶体	2520, 12pF 4Pin	1	-
12	PCB 印刷天线	-	1	-
13	NRF51822-QFAA-R	QFN 40Pin	1	-

说明:

1. 3.7V 聚合物锂电池供电，带锂电池电源管理。
2. 长按按键实现开关机、短按实现蓝牙广播。
3. 带蓝牙连接状态指示。
4. 天线采用 PCB 印刷天线。

9. 版本信息

版本	发布日期	页数	更改说明
1.0	2016.1	20	初次发布