



应用方案

耳温枪

Bestow Mascot

目 录

1. 方案概述	1
2. 功能框图	2
3. 系统总体方案	3
4. 模块特性	4
4.1 微控制器模块	4
4.2 红外测温模块	5
4.3 显示模块	7
4.4 播报模块	9
4.5 存储模块	10
5. 硬件设计	11
5.1 最小系统	11
5.2 电源部分	12
5.3 温度测量部分	12
5.4 温度存储与播报部分	13
5.5 温度显示部分	14
6. 软件设计	15
6.1 系统总程序框图	15
6.3 系统初始化程序	16
6.4 温度转化子程序	17
6.5 温度测量子程序	17
6.6 温度显示播报子程序	18
6.7 存储读取数据子程序	19
6.8 校准子程序	20
7. 使用说明	21
7.1 耳温枪功能简介	21
7.2 耳温枪使用	22
7.3 耳温枪注意事项	22
7.4 耳温枪基本参数	23
8. 版本信息	24

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 Bestow Mascot 的 8 位微控制器 BM80T16AB 为控制核心，采用 BM43THA 红外测温模组进行温度的测量，段式液晶进行温度显示，测量的温度以扬声器进行播报。

该耳温枪的主要特点操作简单，省电耐用，智能提示。操作简单，一键开关机，按下电源键启动或者关闭设备；一键体温测量，显示，播报，存储。省电耐用，采用 3v 纽扣电池供电以及低功耗器件，设备使用更持久；温度显示完毕后，自动休眠，减少耗电；耳温枪长时间检测不到按键按下就会进入睡眠模式。智能提示，当操作失误或者测量温度不在范围内，耳温枪提示相应错误；开机低电压检测，当电源电压低于 2.5V 时，提示电量低，并自动关机。

2. 功能框图

如图 1 功能框图，利用键盘控制温度的测量、播放和显示。



图 1 BM 耳温枪应用方案功能框图

本方案设计的耳温枪主要功能如下：按下电源键后启动设备，显示开机画面以及上次测量（存储）的温度值；按下测量键后可以完成对耳温的测量、显示、播报与存储；按下电源键和测量键进入校准模式。除此，耳温枪还有低电压检测，工作模式切换等功能。

3. 系统总体方案

耳温枪的系统结构框图如图 2，主要由 BM80T16AB 微控制器、BM43THA 热电堆传感器、LCD 显示器、语音播报模块、温度存储模块、按键部分、电源部分组成。

BM80T16AB 主要负责传感器的弱电压信号的放大与 AD 转化，控制温度的计算、显示、播报与存储。BM43THA 热电堆传感器主要将人体辐射的热量转化为电压信号。按键部分主要负责根据用户需求进行切换温度测量，耳温枪的开关机，传感器的校准。按键部分主要包括由电源键和测量键。测量键负责温度的测量与计算，显示，播报与存储。电源键负责耳温枪的开关机。若两个按键同时按下将会切换到校准模式。存储模块主要负责存储传感器校准的参数以及测量的温度值。

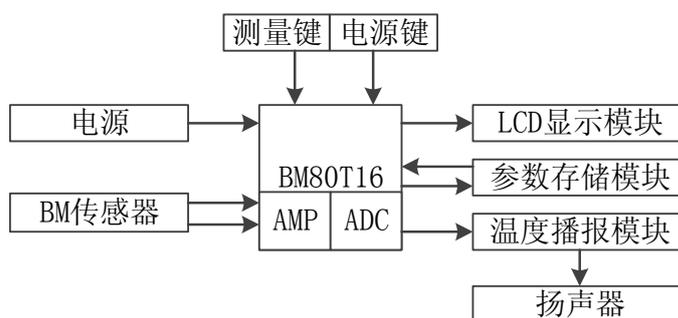


图 2 系统结构框图

4. 模块特性

该耳温枪主要以 Bestow Mascot 公司 8 位微控制器 BM80T16AB 为控制核心，实现了对耳温的测量、显示、播报与存储。热电堆传感器 BM43THA 实现耳温辐射的热能转化为输出电压。LCD K4105-00 实现温度的显示；存储芯片 BM24C02 实现温度、传感器校准参数的存储；语音芯片 DKA020 实现对温度的播报。

4.1 微控制器模块

4.1.1 BM80T16AB 简介

BM80T16AB 是 BM 研发生产的一款低功耗 8 位微控制器（MCU）。该 MCU 属于 OTP 类型，它具有自己的易学易用的指令系统、C 语言标准以及开发环境。同时，该 MCU 支持 C 语言编程，这就使得耳温枪易于开发。BM 8 位微控制器集成开发环境包括编译器、ICE 调试器和 OTP 烧录软件。

该款 MCU 还拥有自己的在线调试器 BM8ICE，该调试器可以仿真 BM80T16AB 的所有功能，用户可以方便的进行程序的在线调试与仿真。BM80T16AB 的系统框图如图 4.1.1 所示：

下图为 BM80T16AB 单片机的内部结构框图：

Block Diagram

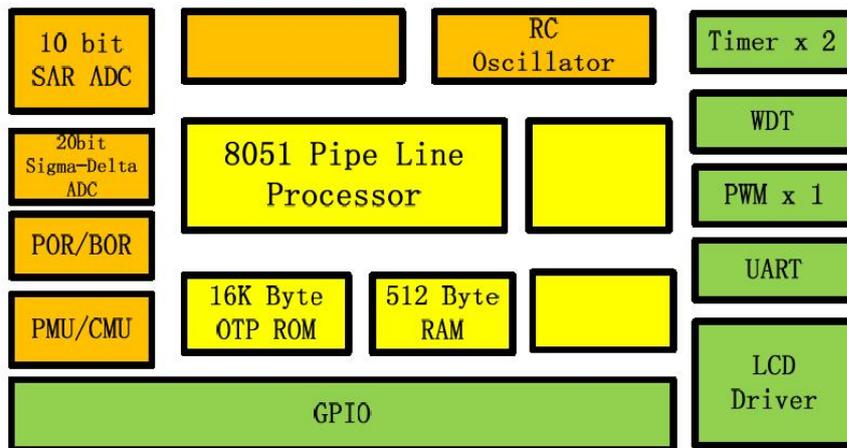


图 3 BM80T16AB 内部结构图

4.1.2 BM80T16AB 特性

- 兼容 8051 指令集单周期高速 8 位 OTP 单片机
- 工作温度范围：-10°C ~ +75°C
- OTP ROM: 16K Byte; RAM: 内部 256Byte, 外部 256Byte
- 工作电压：1.8V - 3.6V
- 工作频率：32KHz - 4MHz, 内部振荡器: 4MHz, 32KHz
- 46 个内建上拉电阻的 CMOS 双向 I/O 管脚
- 2 个 16 位 定时器/计数器 Timer2, Timer3

- 1 个 8 位 PWM 定时器
- 1 个 遥控载波发生器，I/O 灌电流达 500mA
- LCD 驱动器（支持电容和电阻型）：
 - 4 x 30 段 (1/4 占空比，1/3 偏压)
- 3 个 I/O 灌电流达 20mA ，可作 LCD 背光驱动端口
- 支持各种信号模式的 8 个外部中断
- UART
- 7 通道 10 位 SAR ADC
- 低电压复位功能
- 内置看门狗 WDT
- 支持低功耗工作模式

4.2 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。

4.2.1 BM43THA 简介

方案中采用的传感器为 BM43THA。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，5~14um 红外带通滤波器，热敏电阻，TO 封装外壳组成。

BM43THA 的引脚有四个，分别为 GND Thermistor（热敏电阻接地端），Thermopile-（热电堆输出负极），Thermistor+（热敏电阻输出正极），thermopile+（热电堆输出正极）。该传感器主要通过使用 NTC 铂热敏电阻进行环境温度补偿。热敏电阻（+）与热敏电阻 GND 两端主要输出环境温度所对应的电压值，热电堆（+）、热电堆（-）两端主要输出为被测目标物体的温度的电压输出。

其实物图如图 4 所示，引脚图分布如图 5 所示：



图 4 BM43THA 热电堆传感器实物图

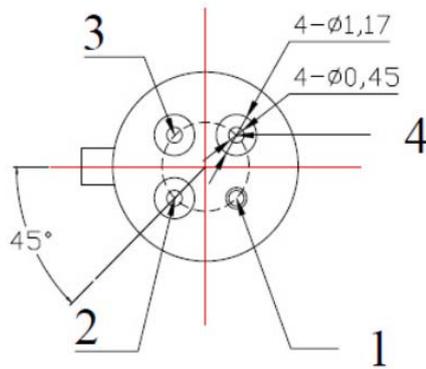


图 5 BM43THA 热电堆传感器引脚分布图

4.2.2 BM43THA 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°C 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°C 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°C 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%/°C ;
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°C 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} , $T_{obj} = RLUT(V_{tp,ref,TC})$;

4.3 显示模块

LCD 模块主要显示测量的温度值以及开关机画面等信息。

4.3.1 液晶模块简介

BM80T16AB 该款 MCU 可以直接驱动 LCD, 为了减少系统的功耗, 本方案采用的是 C 型 LCD 驱动, 本方案采用的液晶模块为 Multisight Display 公司的 K4105-00。该液晶可以显示内容有数字, 三角形, 低电量等标志, 具有驱动电压低, 易用, 成本低等优点。该液晶模块主要采用 1/4 占空比和 1/3 偏压

进行驱动。其产品效果图如图 6 所示，实物图如图 7 所示。

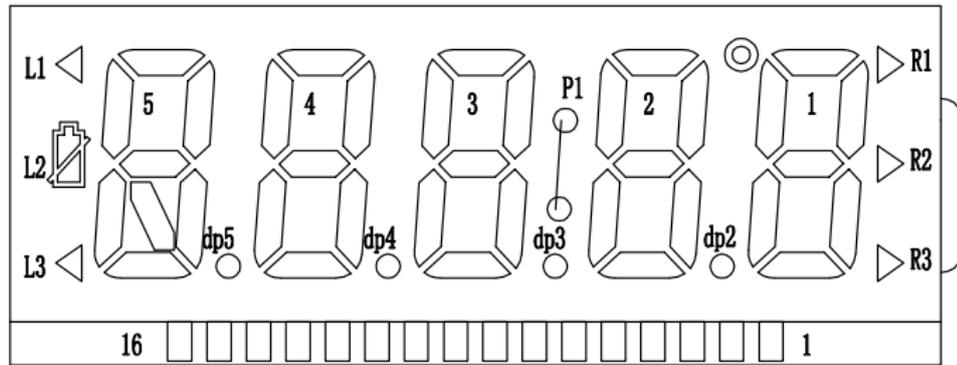


图 6 液晶效果图



图 7 液晶实物图

4.3.2 液晶模块时序

LCD 的驱动时序如图 8 所示。

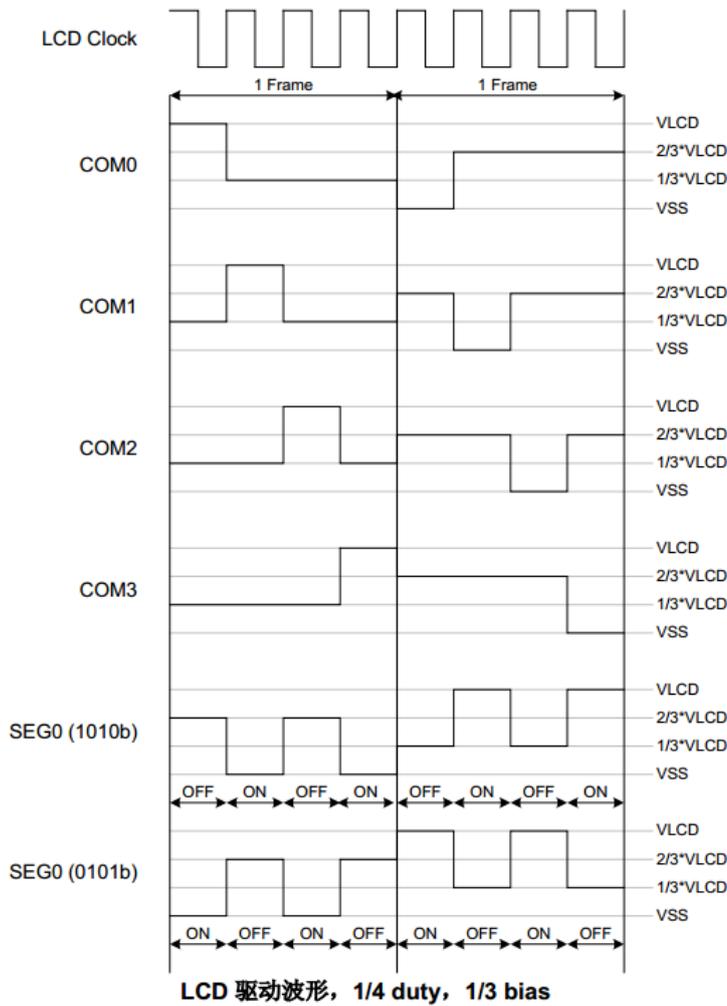


图 8 LCD 驱动时序图

4.4 播报模块

温度播报模块负责温度的播报。

4.4.1 语音芯片简介

本方案采用的语音芯片为 DKA020 语音芯片，该芯片具有简单方便的一线 MCU 串口控制方式，用户主控 MCU 可控制任意段语音的触发播放及停止。它内置一组 PWM 输出器可直推 0.5W 喇叭，音质优美，性能稳定，物美价廉，外围电路简单，使用方便，静态电流小。

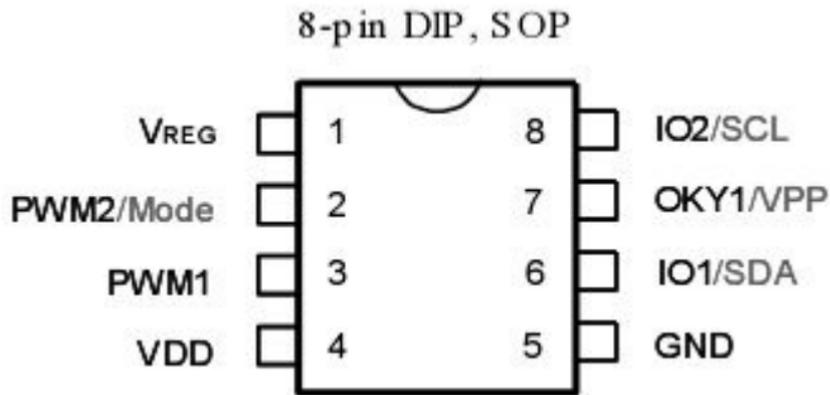


图 9 语音芯片引脚图

4.4.2 语音芯片驱动时序

该芯片与 MCU 之间的通讯采用串行总线进行。其中，BUSY 为低电平时表示总线在忙。其串口时序参考图如图 10。

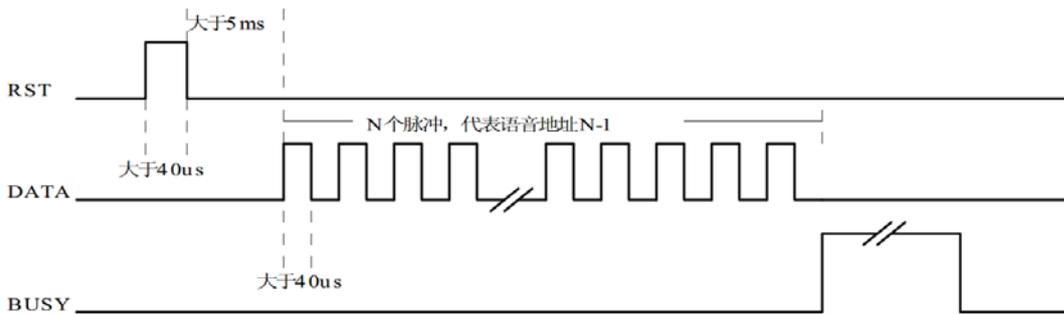


图 10 语音芯片驱动时序图

4.5 存储模块

4.5.1 BM24C02 简介

存储模块主要负责存储测量的温度以及传感器校准参数。本方案存储模块采用的芯片为 Bestow Mascot 公司的 BM24C02，该芯片为 2K 位串行电可擦除只读存储器。该芯片被广泛用于低电压以及低功耗的工商业领域。该芯片采用 I²C 总线进行对数据的读写。该芯片工作电压在 1.8V~5.5V，支持硬件写保护，具有高可靠性及较高性价比。其引脚图如图 11。

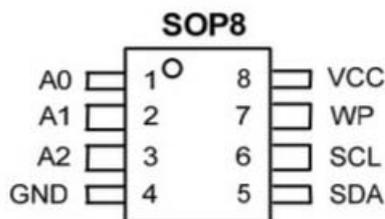


图 11 BM24C02 芯片引脚图

5. 硬件设计

本方案的硬件主要包括最小系统，LCD 显示部分，温度测量部分，语音播报部分，存储电路部分，电源部分，按键部分。

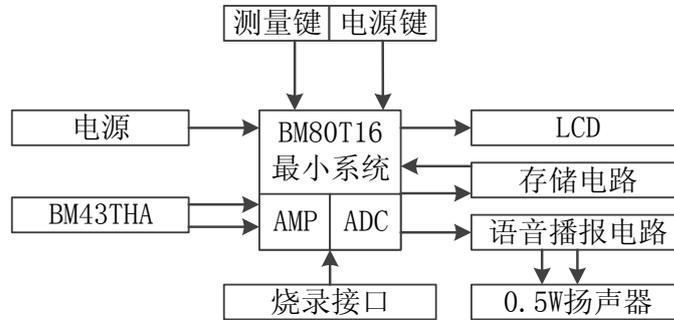


图 12 耳温枪硬件框图

5.1 最小系统

最小系统主要包含 BM80T16AB 正常工作所需要的器件以及 LCD 正常驱动的器件。BM80T16AB 本身内部含有 RC 震荡器。硬件电路中采用的是内部时钟。

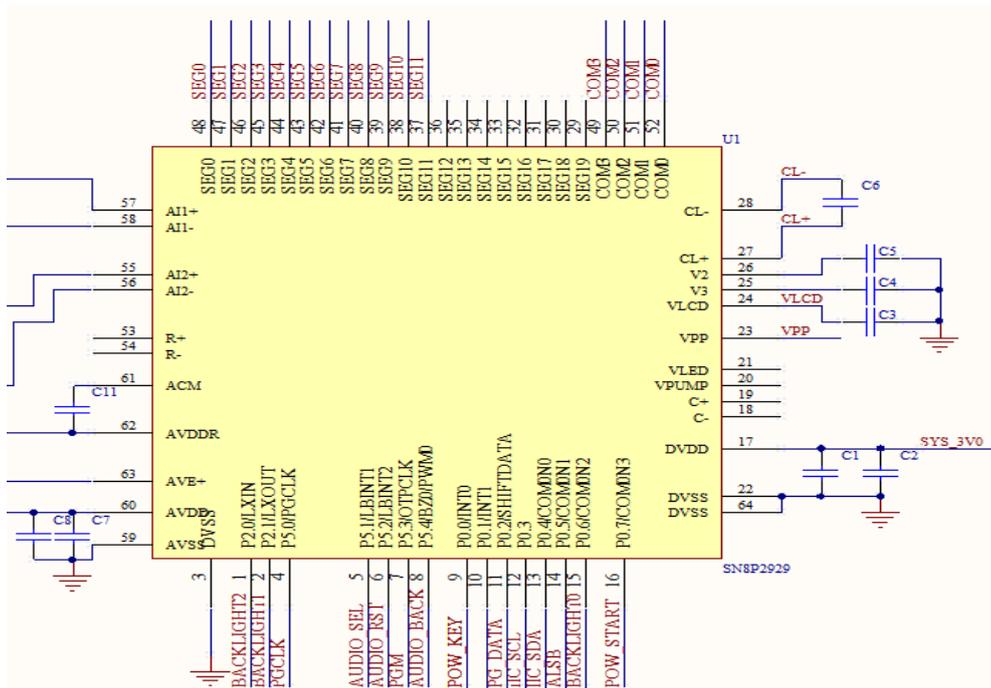


图 13 最小系统

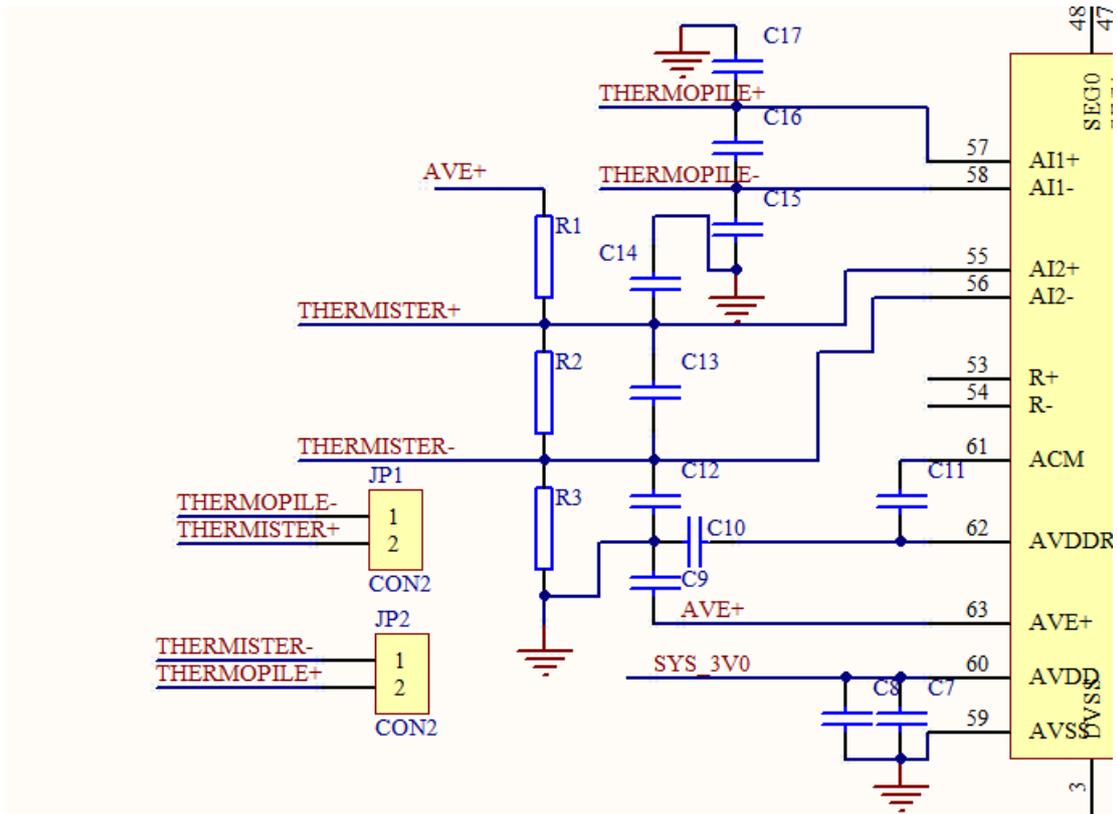


图 15 温度测量电路图

5.4 温度存储与播报部分

温度存储部分主要负责测量温度存储，语音播报部分负责温度的播报。MCU 通过 IIC_SDA 以及 IIC_SCL 引脚对存储芯片进行发送启动、读写、停止信号；通过 AUDIO_SET 以及 AUDIO_RST 对语音芯片进行发送启动信号、播放声音的地址。播报的声音以 PWM 的形式来驱动扬声器发声。

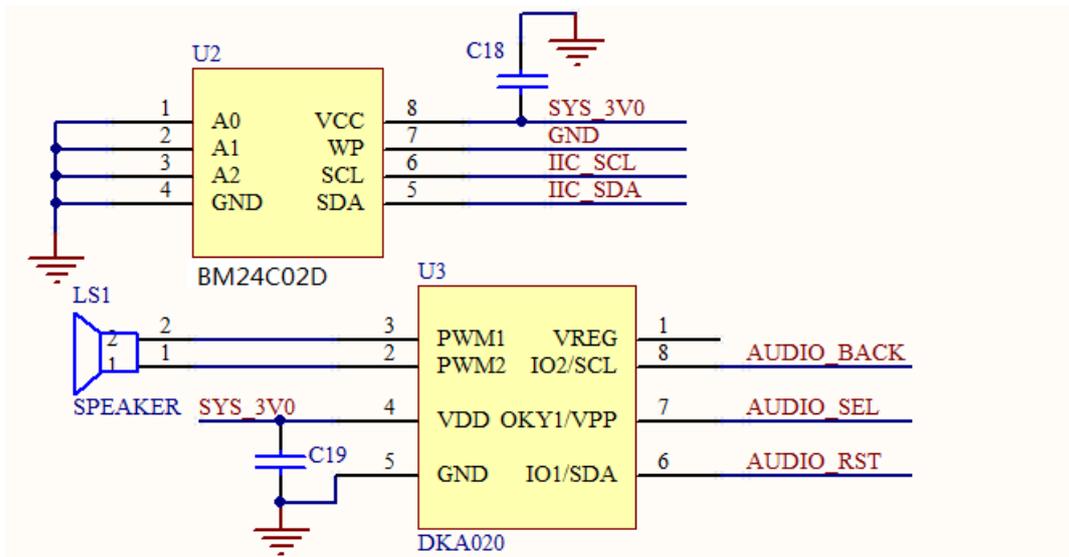


图 16 温度存储与播报电路

5.5 温度显示部分

温度显示部分主要由 C 型 LCD 面板构成。该 LCD 采用 1/4 占空比，1/3 偏置方式进行驱动。LCD 电压（VLCD）由内部 LCD 充电泵提供。C 型 LCD 的充电泵的输出电压即为 VLCD 的电压，V2 为充电泵的电压源，即 $1/3 \times VLCD$ ；V3 为 $2/3 \times VLCD$ 。

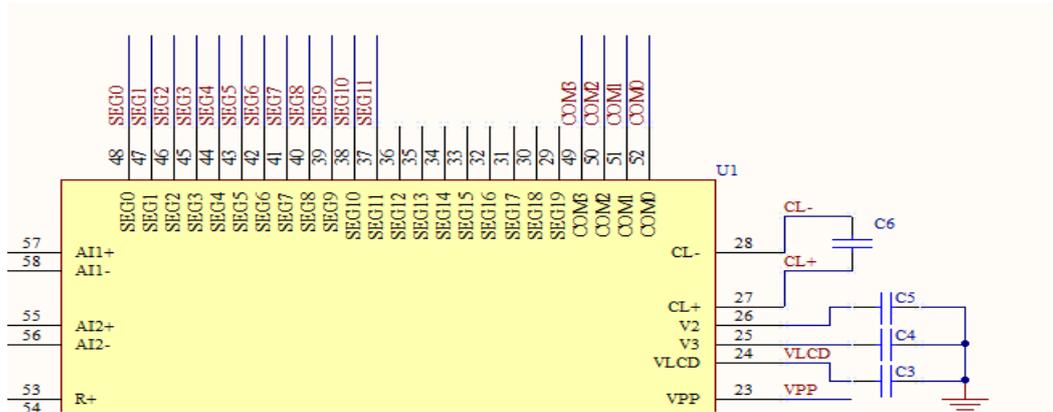


图 17 温度显示电路原理图

6. 软件设计

6.1 系统总程序框图

耳温枪的软件部分主要由系统初始化，按键处理，中断部分，工作模式切换，温度测量与转化，温度显示播报与存储，传感器校准等部分组成。中断部分主要包含开机键，电源键外部中断请求以及定时器中断。



图 18 耳温枪软件组成框图

6.2 主程序

主程序流程图如图 19 所示。主程序主要包含系统初始化，中断事件响应，温度测量与处理、显示、播报、存储，传感器校准，电源管理，工作模式切换等各部分组成。传感器在校准完成后，耳温枪将会自动关机，校准参数在耳温枪重启后有效。

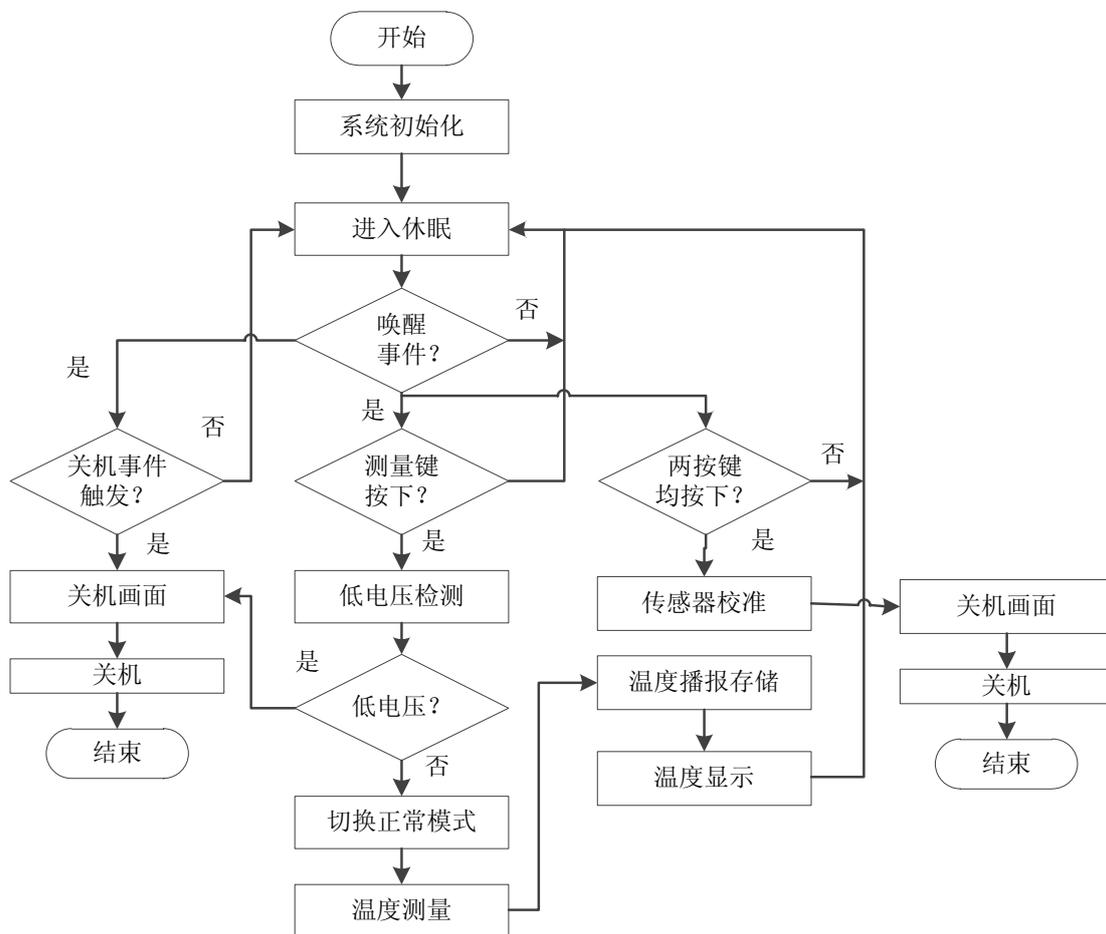


图 19 主程序流程图

6.3 系统初始化程序

系统初始化主要完成硬件初始化，电源接管，开机画面显示，低电压检测，存储温度显示。硬件初始化主要完成 IO 初始化，电源配置初始化，语音芯片，LCD，存储芯片等初始化。

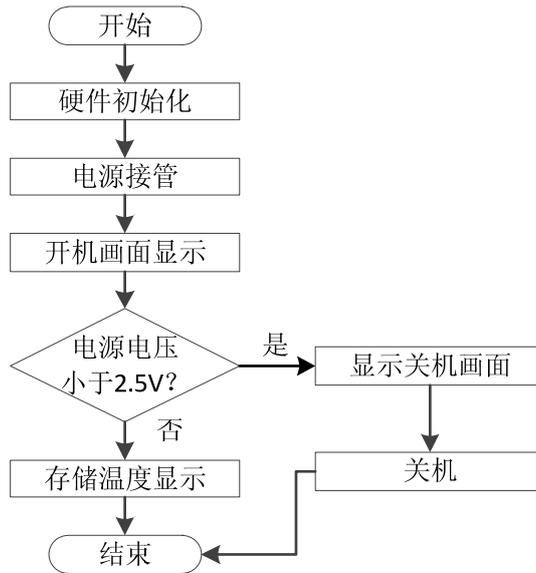


图 20 初始化程序框图

6.4 温度转化子程序

温度转化子程序主要负责将根据读取的 V_{tp} 和 V_{ntc} 转化值算出被测物体的实际温度。为了减少 MCU 的运算量以及功耗，本程序采用查表法就出实际的温度。根据 V_{ntc} 可以得到实际的环境温度值。MCU 的 ROM 表里存储的是在室温 25°C 下被测物体在各个温度下对应 V_{tp} 的电压值。所以，需要将实际环境温度下的 V_{tp} 进行修正以正确查表得出被测物体的实际温度值。

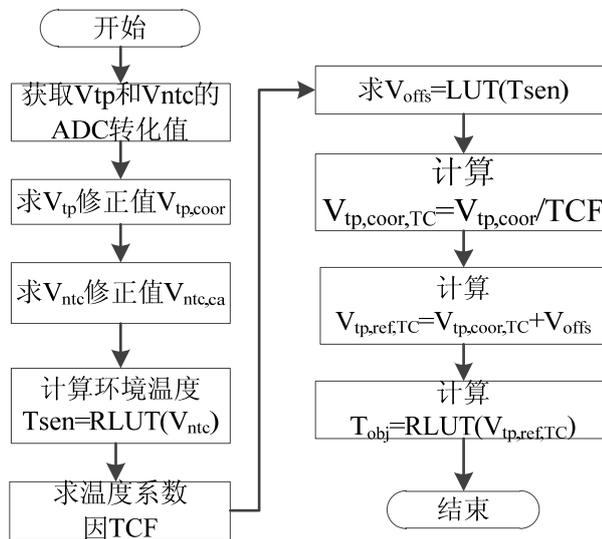


图 21 温度转化子程序流程图

6.5 温度测量子程序

温度测量子程序主要包含可编程放大器的配置，ADC 通道切换，读取热电堆和热敏电阻输出的电压

值，软件滤波，温度转化。在读取 ADC 转化值之前，先要读出 PGIA 的偏移量以保证 ADC 转化的准确性。温度测量子程序为了减少的 RAM 的使用量，采用双层循环进行温度测量。第一层循环读取转化值 7 次并丢弃前三次的转化值，保证了 AD 转化值的稳定性。第二层循环主要保证了最终测量温度的稳定性与可靠性。第二层循环将转化的温度存于数据缓冲区中并不断更新，以及判断本次测量的数据是否可靠。若数据不可靠将会更新缓冲区内最久的数据。为了防止进入死循环，程序中设定了最大的读取次数。同时温度测量程序还加入了按键防抖，检测环境温度是否稳定以确保测量的稳定性。如果环境温度不稳定丢弃上次测量的数据以重新测量。

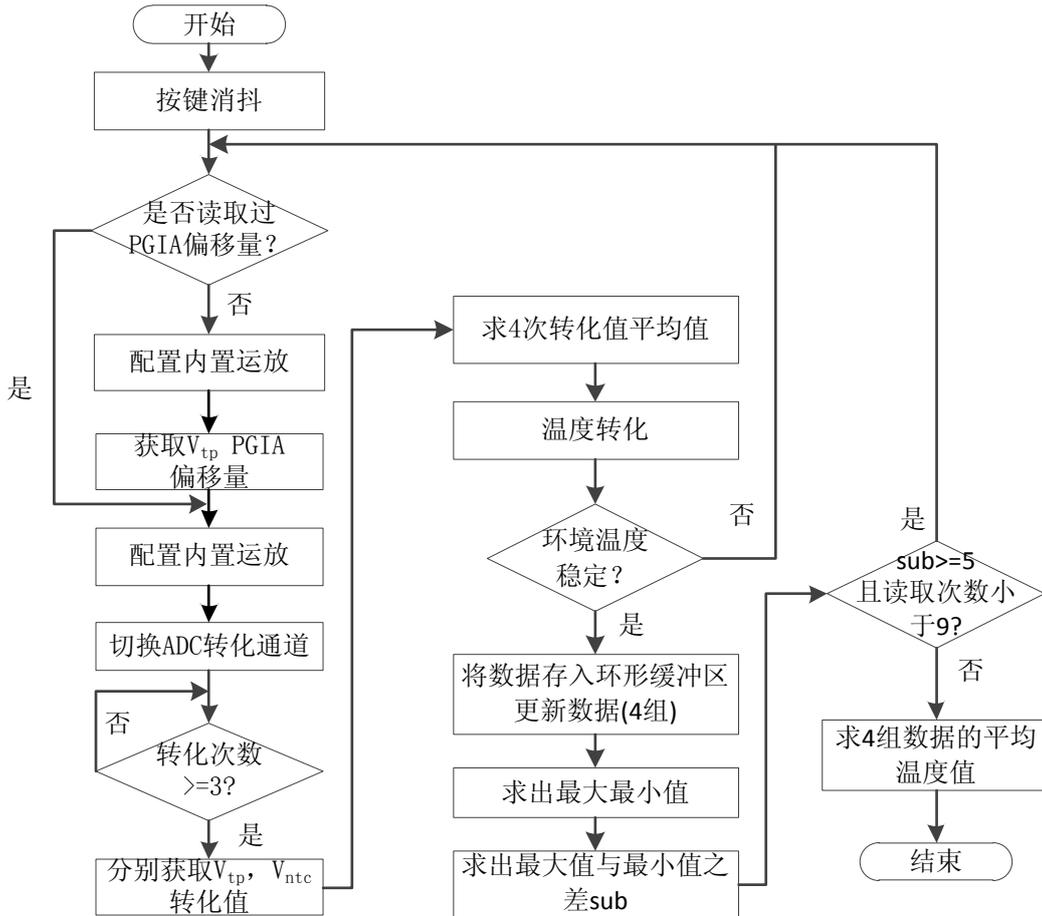


图 22 温度测量子程序流程图

6.6 温度显示播报子程序

温度显示播报子程序主要包括数据处理，打开液晶，发送要显示的数据，发送要播报语音的地址。数据处理主要是将需要显示或者播报的数据逐位分解出来。温度显示完毕后耳温枪将会关闭液晶并进入休眠。

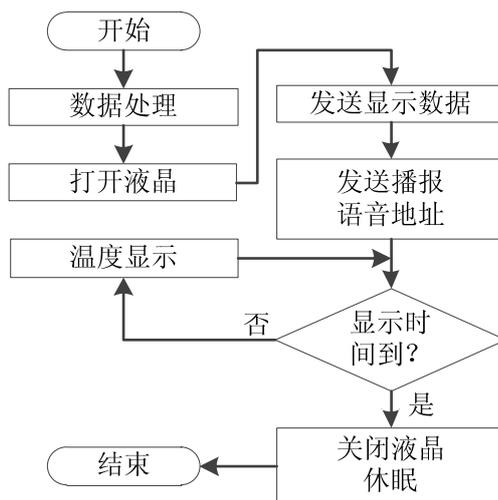


图 23 温度显示播报子程序流程图

6.7 存储读取数据子程序

存储读取子程序负责完成温度，校准参数的存储与读取。存储读取数据子程序主要通过 IIC 总线协议对存储芯片进行数据读写操作，主要包括发送启动信号、写/读指令、写/读数据、停止信号。该程序的流程图如图 24。

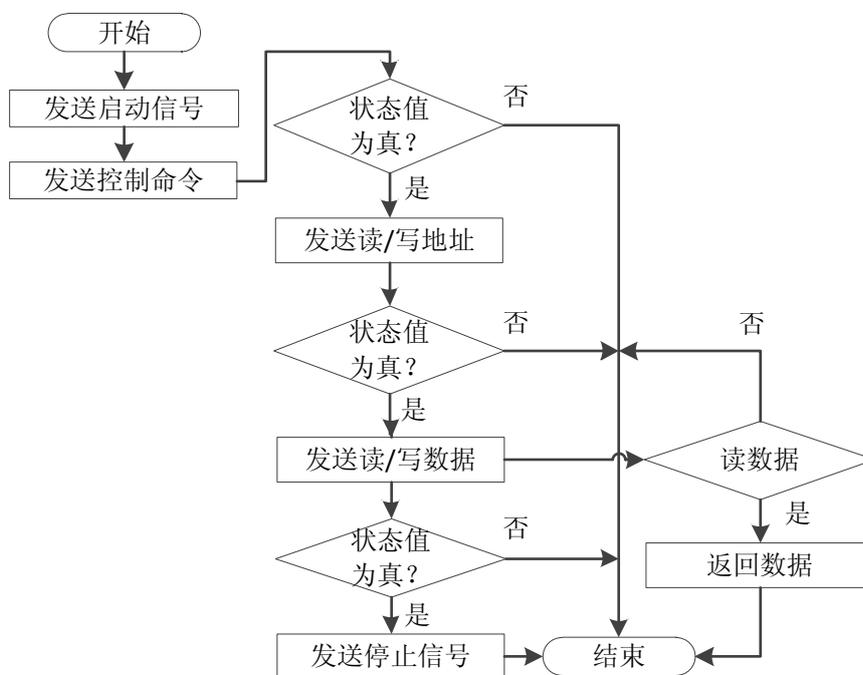


图 24 存储读取数据子程序流程图

6.8 校准子程序

校准子程序主要完成对传感器的校准。当电源键和测量键同时按下时，将进入传感器校准模式。本方案传感器校准采用的是一点校准。传感器的校准过程：在室温 25℃的情况下算出热敏电阻 R_{25} 值， R_{25} 的值根据公式 5.3.1 以及 5.3.2 可以按照公式 6.8.1 求出。

$$R_{25} = \frac{2R_2V_{ntc}}{V_{AVE+} - 3V_{ntc}} \dots\dots\dots \text{公式 6.8.1}$$

在该室温 25℃下测出目标温度为 100℃对应的 V_{tp} ，并与 ROM 表中存储的 100℃所对应的 V_{tp}^* 进行比较，求出校准参数：

$$S_{conv} = \frac{V_{tp}}{V_{tp}^*} \dots\dots\dots \text{公式 6.8.2。}$$

校准子程序主要包括可编程放大器的配置，ADC 通道切换，读取热电堆和热敏电阻输出的电压值，根据公式 6.8.1 以及 6.8.2 求出 R_{25} 以及 S_{conv} ，并将其存入非易失性存储器中。校准完成后耳温枪关机，再次开机后校准参数有效。校准子程序的流程图如图 25 所示。

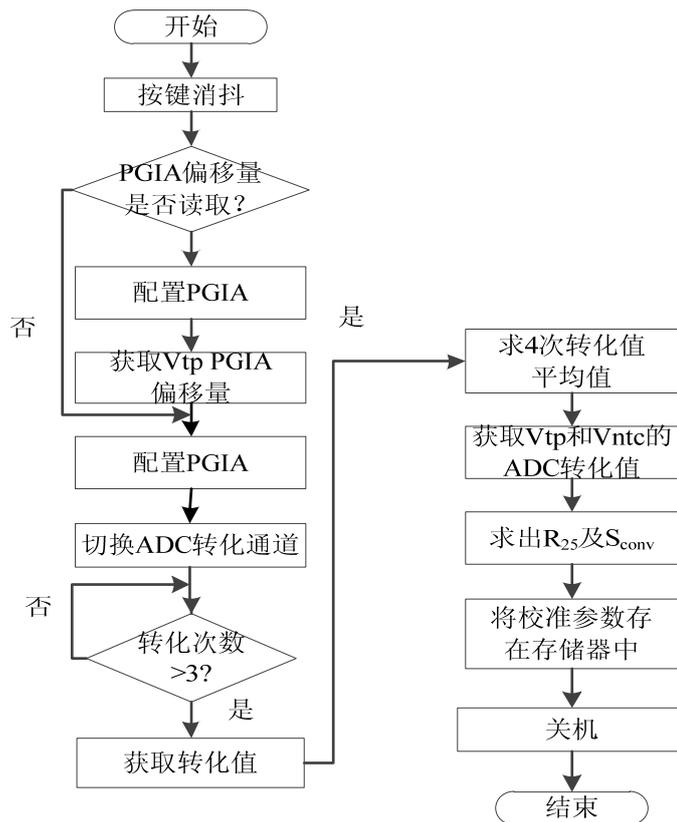


图 25 校准子程序流程图

7. 使用说明

7.1 耳温枪功能简介

耳温枪实物图如图 26 所示，调试图如图 27 所示。该耳温枪有耳温测量、温度显示播报、温度存储、温度记忆、温度超出量程提示、低电压检测、智能休眠、环境温度测量等功能，具有简单易用，省电耐用等优点。



图 26 耳温枪实物图

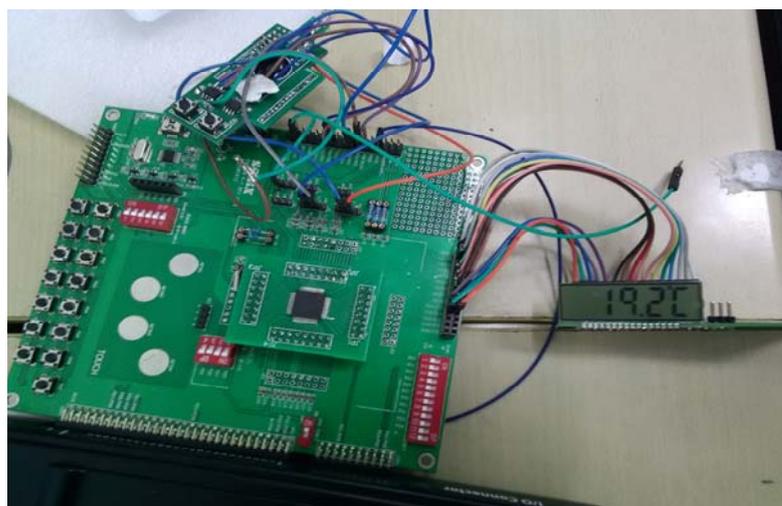
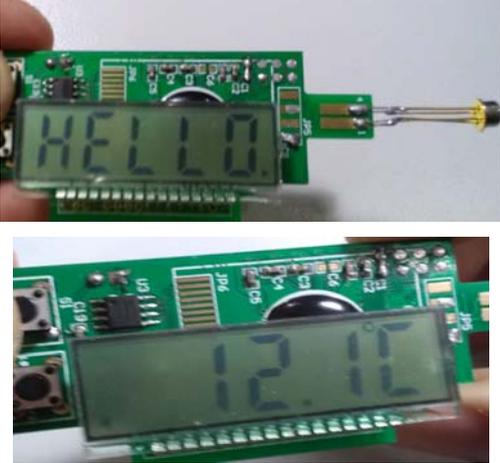
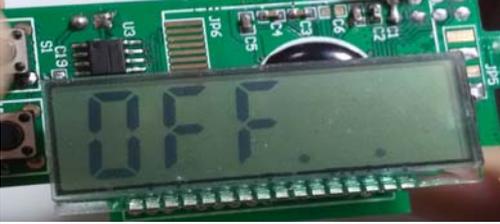


图 27 耳温枪调试图（实际环境温度）

7.2 耳温枪使用

步骤	实物显示状态
初始状态	
装入电池，按下电源键 1s 后启动设备，设备启动后将会出现开机动画并显示“HELLO”字样，以及显示上次测量的温度（左下小三角表示）	
按下测量键后开始测量，听到语音提示后测量成功	
按下电源键 1s 后，设备关闭，显示关机画面	
电源键与关机键同时按下约 10s 后（有三角形出现时）将进入校准模式，校准完成后，屏幕上三角形消失，并显示关机画面	

7.3 耳温枪注意事项

- 耳温枪打开后应置于室内约 20 分钟后使其适应环境温度后再使用。
- 探头要对准耳朵内的鼓膜。

- 2 次测量的时间间隔最好在 1 分钟以上，主要是防止手温对温度测量的影响。注意耳温枪的操作环境，建议在 16℃~25℃ 进行操作。
- 由于校准模式用来进行传感器校准，在没有标准源的情况下禁用此功能。
- 耳温枪校准后将会自动关机。耳温枪重启后校准参数有效。校准时请讲两个按键同时按下，若出现先后按下则不能进行校准。
- 在温度显示时，按下关机键无效。

7.4 耳温枪基本参数

参数	单位	数值
电源电压	V	3
测量温度范围	℃	10~43
工作温度范围	℃	10~40
存储温度	℃	-10~60 (RH<95%)
分辨率	℃	0.1
精度	℃	±0.2 (32~42℃)
开机功耗	<70	m A
关机功耗	<5	uA

8. 版本信息

版本	发布日期	页数	更改说明
1.0	2015.5	24	初次发布