



HY13P52 触控热电偶测温
应用说明书

目 录

1	简介	4
2	原理介绍	4
2.1	引言	4
2.2	控制芯片	4
2.3	热电偶原理	5
2.4	冷端补偿原理	6
3	设计规划	6
3.1	硬体说明	6
3.2	ADC模块电路	7
3.3	TOUCH KEY电路	8
4	软体说明	10
4.1	信号量测	10
4.2	测温计算	10
5	操作说明	10
5.1	触摸按键操作说明	10
5.2	校正模式	11
5.3	主程序流程	12
6	规格参数	13
7	总结	13
8	附加档案	13
9	参考数据	13
10	修订纪录	13
11	附件	14
11.1	附件 1:范例程序	14
11.2	附件 2:测试数据	19

注意：

- 1、本说明书中的内容，随着产品的改进，有可能不经过预告而更改。请客户及时到本公司网站下载更新 <http://www.hycontek.com>
- 2、本规格书中的图形、应用电路等，因第三方工业所有权引发的问题，本公司不承担其责任。
- 3、本产品单独应用的情况下，本公司保证它的性能、典型应用和功能符合说明书中的条件。当使用在客户的产品或设备中，以上条件我们不作保证，建议客户做充分的评估和测试。
- 4、请注意输入电压、输出电压、负载电流的使用条件，使 IC 内的功耗不超过封装的容许功耗。对于客户在超出说明书中规定额定值使用产品，即使是瞬间的使用，由此所造成的损失，本公司不承担任何责任。
- 5、本产品虽内置防静电保护电路，但请不要施加超过保护电路性能的过大静电。
- 6、本规格书中的产品，未经书面许可，不可使用在要求高可靠性的电路中。例如健康医疗器械、防灾器械、车辆器械、车载器械及航空器械等对人体产生影响的器械或装置，不得作为其部件使用。
- 7、本公司一直致力于提高产品的质量和可靠度，但所有的半导体产品都有一定的失效概率，这些失效概率可能会导致一些人身事故、火灾事故等。当设计产品时，请充分留意冗余设计并采用安全指标，这样可以避免事故的发生。
- 8、本规格书中内容，未经本公司许可，严禁用于其他目的之转载或复制。

1 简介

在现在工业化的测温现场，常用热电偶量测高温，并把测试结果发送至主机或者数字显示设备显示出来。

本应用采用炫康 HY13P52 实现带 touch key 的热电偶测温及显示的应用方案。

2 原理介绍

2.1 引言

热电偶是工程应用最广泛的温度传感器之一，它具有构造简单，使用方便。准确度，热惯性及复现性好，温度测量范围宽等优点，适用于信号的远传，自动记录和集中控制，在温度测量占有重要的地位。

其优点是有三：

- ◆ 测量精度高。因热电偶直接与被测对象接触，不受中间介质的影响。
- ◆ 测量范围广。常用的热电偶从-50~+1600℃均可连续测量，某些特殊热电偶最低到-269℃（如金铁镍铬），最高可达+2800℃（如钨-铼）。
- ◆ 构造简单，使用方便。热电偶通常是由两种不同的金属丝组成，而且不受大小和开头的限制。

与传统的机械式按键相比，电容式触摸感应按键美观、耐用、寿命长。电容式触摸感应按键实际只是PCB上的一小块“覆铜焊盘”，与四周“地信号”构成一个感应电容，触摸该按键会影响该电容值。

在周围环境不变的情况下电容值固定为微小值，具有固定的充放电时间，而当有一个导体向电极靠近时，会形成耦合电容，这样就会改变固有的充放电时间，而手指就是这样的导体。通过测量充放电时间的改变即可检测是否有按键被按下。

2.2 控制芯片

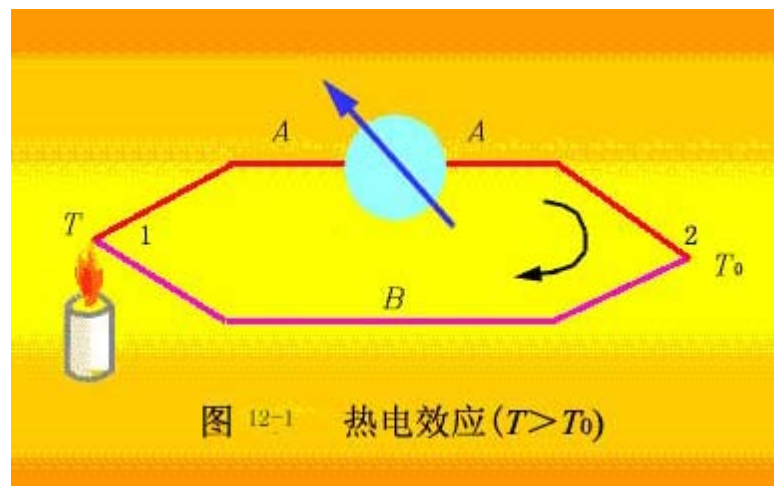
HY13P52 的特性：

- 系统工作电压 2.2-3.6V;
- 8-bit RISC-like 控制器;
- 24-bit $\Sigma \Delta$ ADC 类比数位转换器;
 - ◆ 梳状滤波器采用三阶设计，最高输出频率可达 31.25Ksps;
 - ◆ 信号放大最大可以达到 128 倍;
 - ◆ 低温漂系数与内置绝对温度传感器;
- 内部电源系统
 - ◆ 内置 LDO 线性稳压电源 VDDA，输出可设置 2.4V/2.6V/3.0V/3.3V;
 - ◆ 内置参考电压源 REFO=1.2V 输出;
- 多功能比较器;
 - ◆ 输出滤波与反向及低功耗设计

- ◆ 中断事件
- ◆ 电压检测、电容量测、触控按键等应用
- 计时器
 - ◆ Watch Dog 复位或者中断事件;
 - ◆ 8-bit TimerA 计时中断;
 - ◆ 16bit TimerB 计时中断, 并可配置不同模式 PWM 输出;
 - ◆ TlmerC 结合 timerB 可实现信号捕捉功能;
- LCD 驱动显示器
 - ◆ 支持 4*12seg, 偏压模式 1/2 或 1/3;
 - ◆ 低电流设计, 操作电流 10uA;
- 工作频率
 - ◆ 内部高速 RC 振荡器 2M/4M/8M 可选择
 - ◆ 内部低功耗的 LPO 振荡器 14KHz
 - ◆ 可支持外部低速石英振荡器;
- 2KW OTP 程序记忆体与 64 word Build-In EPROM ;
- -40°C to +85°C 的操作温度范围;

2.3 热电偶原理

热电偶的测温原理基于热电效应。其是将两种不同材料的导体 A 和 B 串接成一个闭合回路, 当两个接点 1 和 2 的温度不同时, 如果 $T > T_0$ (如下图 2-1 热电效应), 在回路中就会产生热电动势, 在回路中产生一定大小的电流, 此种现象称为 热电效应。



2-1 热电效应

热电动势记为 E_{AB} , 导体 A、B 称为热电极。接点 1 通常是焊接在一起的, 测量时将它置于测温场所感受被测温度, 故称为测量端 (或工作端, 热端)。接点 2 要求温度恒定, 称为参考端 (或冷端)。

2.4 冷端补偿原理

在实际的测量系统中，冷端不可能恒定，因此测量是我们需要测量冷端温度，来补偿热端温度； 因此在实际测量计算公式：

$$\text{实际温度} = \text{热端热电势对应温度值} + \text{冷端温度}$$

所以在测量系统中我们需要用热电偶热电势，及冷端的温度，在通过上面的计算公式计算测我们实际的测量温度；

3 设计规划

3.1 硬件说明

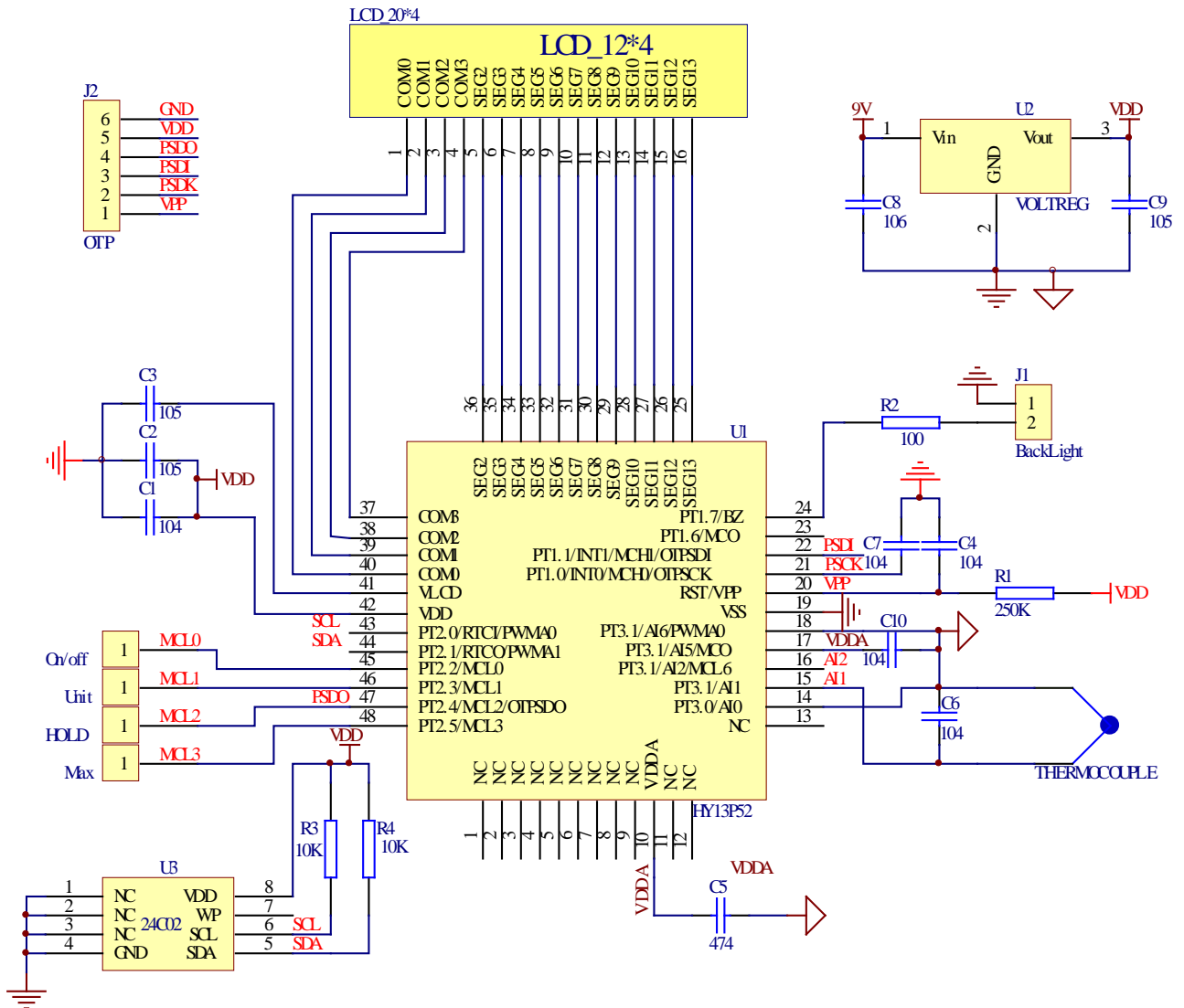


图 3-1.热电偶测温整体电路

3.2 ADC 模块电路

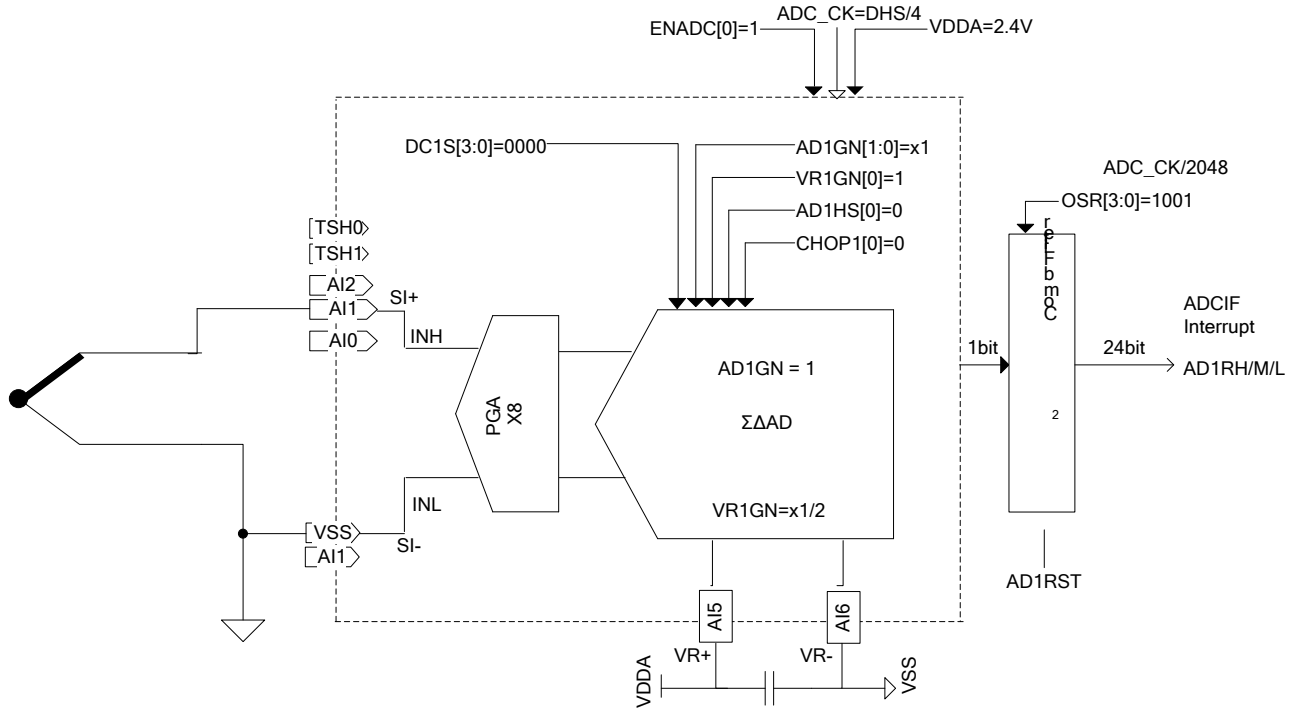


图 3-2 ADC 热电偶量测网络设置

ADC 部分的工作电源由芯片内部的 LDO 模块的 VDDA 输出提供 2.4V，ADC 的参考电压 VR+与 VR- 配置 AI5 对 AI6，AI5 与 AI6 这两个脚分别拉直 VDDA 与 VSS。

热电偶的信号输入配置为 AI1 与 VSS,对于小信号量测需要扣除掉，交叉量测配置 AI0 与 AI1，且 AI0 接到 VSS，通过这两个配置所对于的 ADC 数据相减除以 2，就可得到热电偶信号所对应的 ADC 数据如下：

远端的热电偶信号测量：

ADC 输入信号采用交叉量测的方式以扣除 OFFSET，计算公式如下：

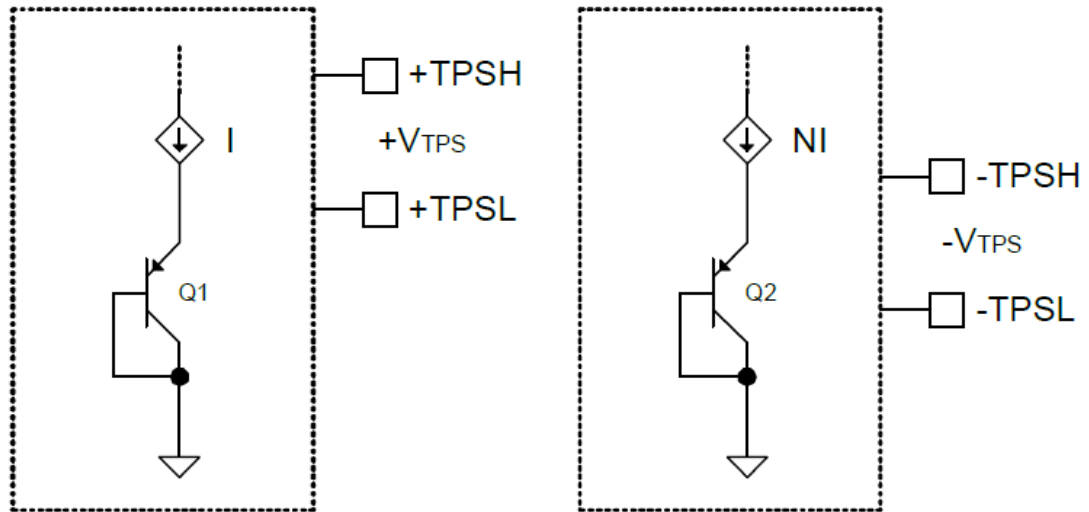
$$V_{in} = V_{ADC2} + V_{ADOffset} \dots (1)$$

$$-(V_{in}) = V_{ADC1} + V_{ADOffset} \dots (2)$$

$$V_{in} = [(1) - (2)] / 2 = [V_{ADC2} - V_{ADC1}] / 2$$

(备注：通过交叉测量可以减小信号线的 OFFSET 及 ADC 内部的 offset)

环境温度的量测是通过内部的 TPS 来量测，其量测方式如下图



TPS 计算方式:

$$V_{BE1} = V_{+TPS} = V_{ADC1} + V_{ADOffset}$$

$$V_{BE2} = V_{-TPS} = V_{ADC2} + V_{ADOffset}$$

$$\Delta V_{BE} = V_{BE1} - V_{BE2} = V_{+TPS} - V_{-TPS} = V_{ADC1} - V_{ADC2}$$

(备注: V_{BE1} 为 TPS0 ADC 输出, V_{BE2} 为 TPS1 ADC 输出, ΔV_{BE} 为 TPS 的 ADC 值, V_{ADC1}

为 TPS0 信号 ADC 输出, V_{ADC2} 为 TPS1 信号 ADC 输出, $V_{ADOffset}$ 为 ADC OFFSET)

3.3 Touch Key 电路

用 HY13P53 的热电偶测温由于内部资源丰富, 可以使热电偶测温方案的周边电路非常简单。触控按键部分直接使用内部的增强型比较器来实现 touch key; 校正数据存取部分 HY13P52 内部自带有 64word 的 BIE 空间来存放校正参数(或者也可使用外接的 EEPROM); 显示部分 HY13P52 内部包含 4X12 段的 LCD 驱动, 外部只需接一片 LCD 面板进行数据显示。

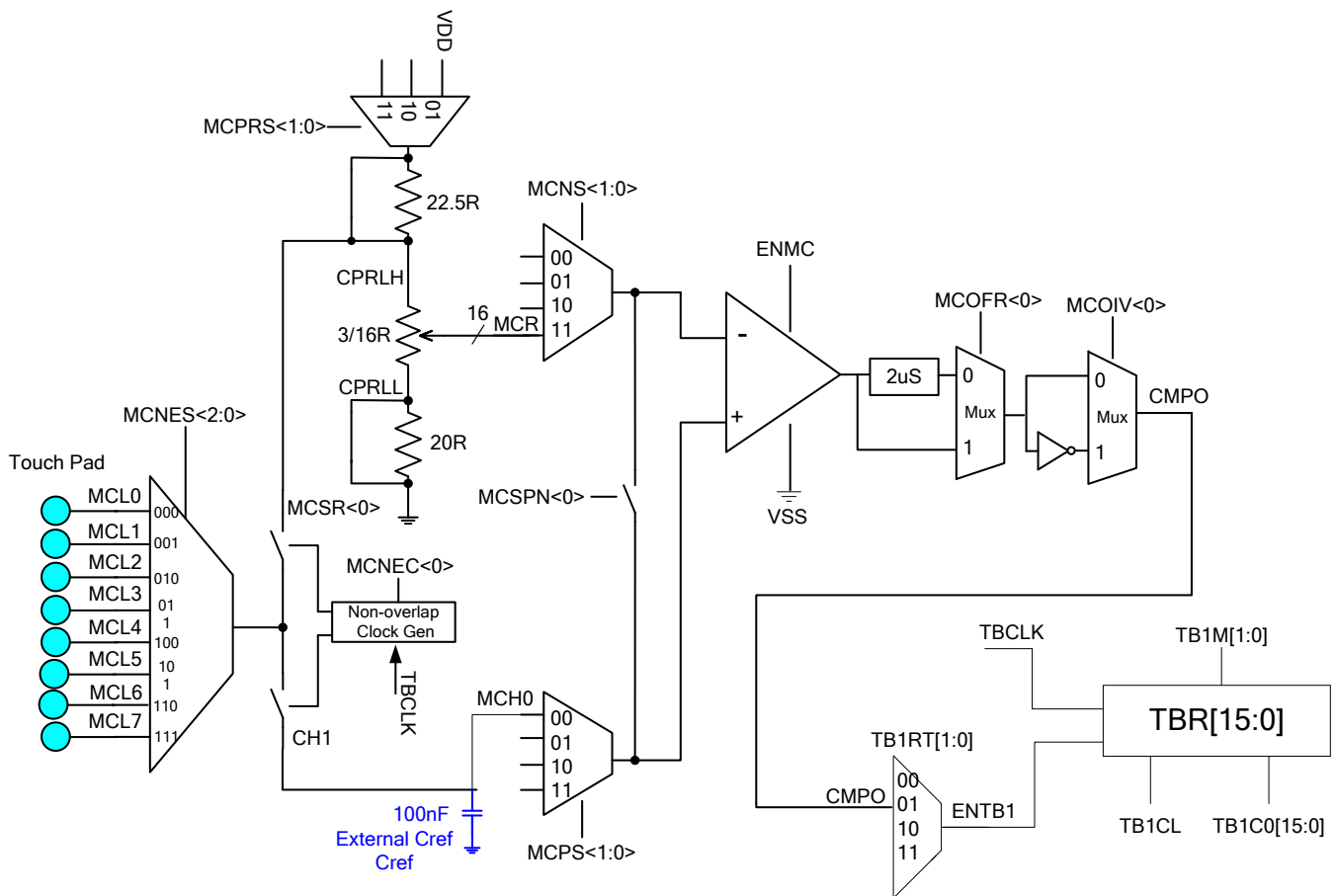


图 3-3 Touch key 网络设置

Setting:

- Cref~100nF,
- Charge sharing power: VDD~3V,
- Non-overlap Clock = TBCLK = HAO/4 ~ 500Khz,
- TimerB Enable flag is CMPO,
- $RLO = 4/16 * 3V \sim 0.75V$
- CPUCLK=HAO; comparator: low power;

Program flow:

- CH1 Cref 上的电压透过 PT1.1 接到 VSS 完全放电;
- 启动比较器, 预设 CMPO=High, 启动 Timer B 开始计数;
- 启动 Non-over lap, 使 VDD 对 CL1 充电, sharing to CH1, 使得 CH1 电位慢慢提升, 当提升到比较点 RLO 电位时, 比较器转态, CMPO=Low, 关闭 TimerB 计数功能; (由 CMPO Flag 判断已经关闭 TimerB)
- 纪录 TimerB count, 并判断是否小于临界值, yes, 代表接触按键;
- 重复放电到充电的循环, 共扫描 CL1~CL4, 4keys;

4 软体说明

4.1 信号量测

热电偶的输出信号是通过 HY13P52 内部的 24-bit $\Sigma \Delta$ ADC 进行数据采集，ADC 的输出频率设置 122HZ，并通过 16 笔累加平均的方式进行数据滤波。同样对于冷端环境温度的测试使用内部的 TPS，采用 8 笔累加平均的方式进行数据滤波。

4.2 测温计算

HY13P52 热电偶测温采用两点校正，本应用进入校正模式是通过长按 unitkey 进入校正模式。在校正过程中确保冷端的环境温度两点都是一样的。校正点温度为热端 50° C 度与 250° C。校正时这两个温度对应 ADC 为：VIN50，VIN250 为例：

$$250^{\circ} = \text{GAIN} * \text{VIN250} + \{ (V_{TEMP} / \text{TPSGAIN}) - 289 \} \dots \dots \dots (1)_{BEV} \square$$

$$50^{\circ} = \text{GAIN} * \text{VIN50} + \{ (V_{TEMP} / \text{TPSGAIN}) - 289 \} \dots \dots \dots (2)_{BEV} \square$$

(备注：GAIN 为热电偶测温度校正系数，VIN250 为 250C 校正点对应 ADC 输出内码，VIN50 为 50C 校正点对应 ADC 输出内码，TPSGAIN 为内部 TPS 斜率常数， V_{TEMP} 为 TPS 测环境温度对应 ADC)

联立解方程式 (1) (2), 方程 (1) - 方程 (2) 得到表达式 (3) 可求出 GAIN

$$200^{\circ} = \text{GAIN} * (\text{VIN250} - \text{VIN50}) \dots \dots \dots (3)$$

把 GAIN 带入(1), 计算出目前环境温度 TEMP;

把环境温度带代入 (4) 求出 TPS 的斜率:

$$\text{TPSGAIN} = V_{TEMP} / (289 + \text{TEMP}) \dots \dots \dots (4)_{BEV}$$

(备注： V_{TEMP} 为校正热电偶时对应环境温度的 ADC 值)

$$\text{实际测量温度} = \text{GAIN} * \text{VIN} + \{ (V_{TEMP} / \text{TPSGAIN}) - 289 \}_{BEV} \square$$

(备注：VIN 为热电偶输入信号 ADC 值)

5 操作说明

5.1 触摸按键操作说明

HY13P52 内部的 touch key 的检测是通过内部多通道输入比较器，并结合内部网络对比较器正端电容进行周期性的充电，当电容上的电压高于负端比较器输出发生变化，并使用内部 timerB1 来记录这个充电时间，用这个记录的时间来判断 touch key 是否有触碰。

HY13P52 热电偶的应用方案包括四个触摸按键：

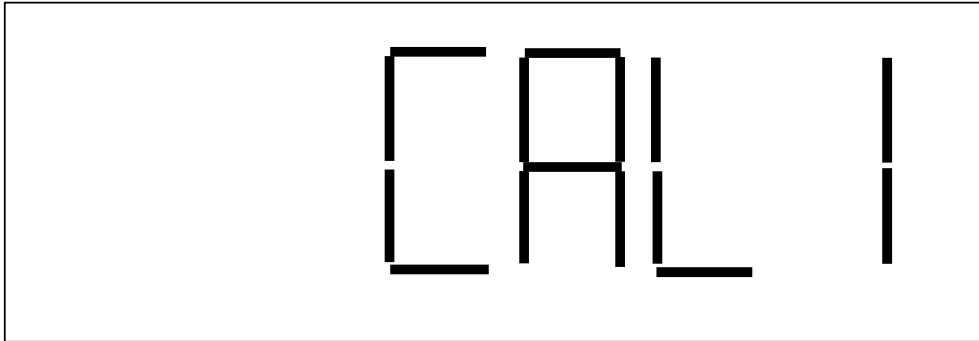
- On/Off Key: 系统开关机 touch key;
- Unit/Cal Key: 在测温模式下，短按是切换摄氏度与华氏度的显示温度；长按进入校

正模式，短按切换校正点；

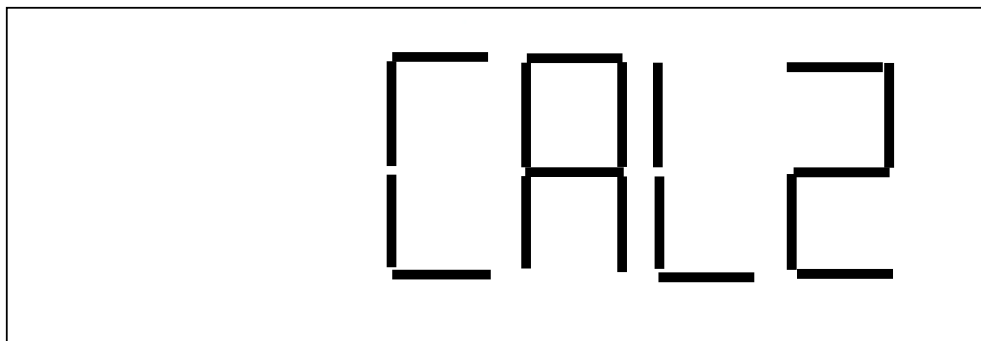
- Hold Key: 用于锁住当前显示的温度；
- Max Key: 用于显示最大的量测温度；

5.2 校正模式

开机上电,自动进入测温模式，显示温度，长按 Unit/Cal Key 进入校正模式。
进入校正模式首先显示”CAL 1”，用校正表连接测试端，并输出 50℃；

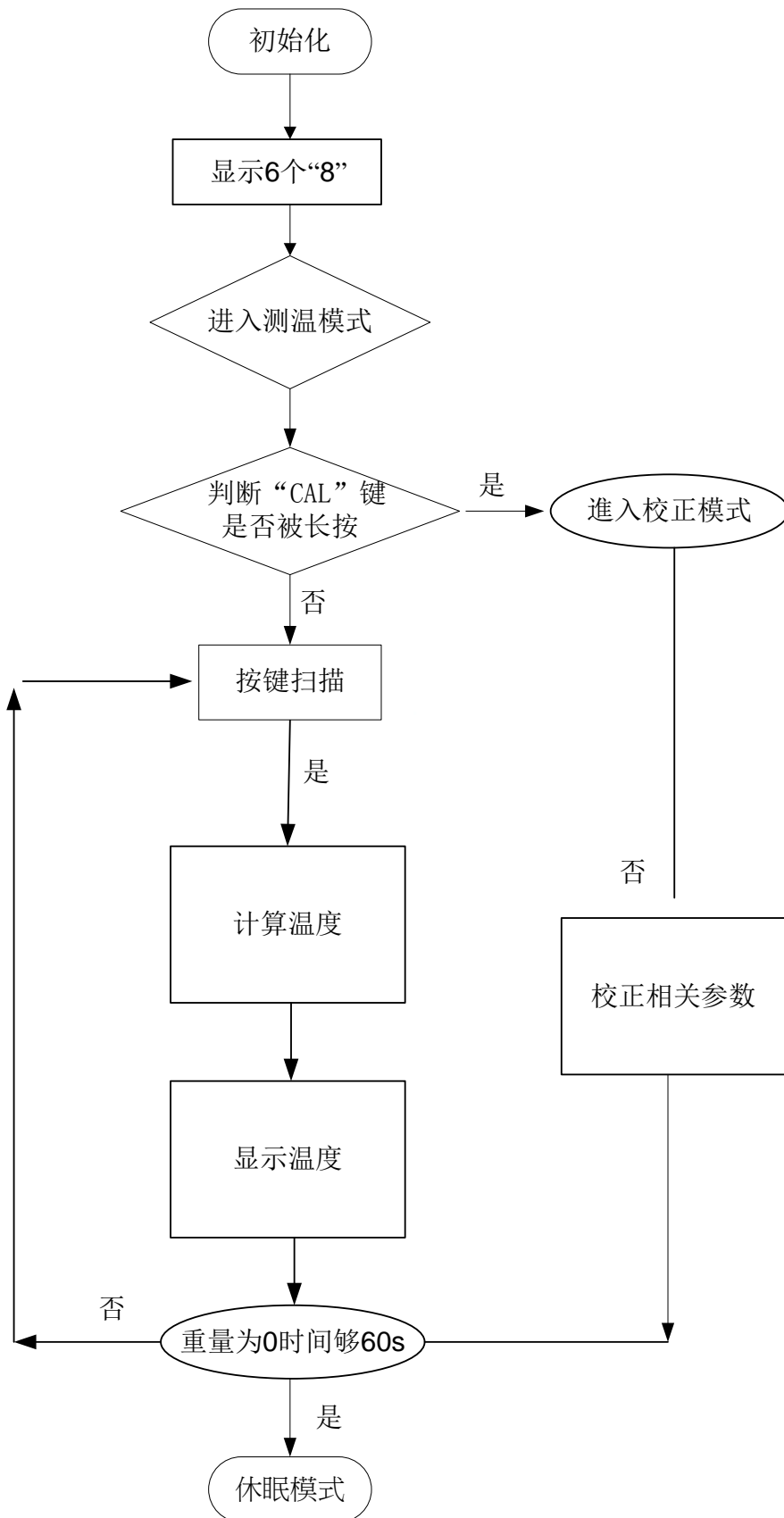


短按 Unit/Cal Key，校正 50℃，程序自动判定稳定后，存入校正值，并自动进入下一步骤，显示”CAL 2”，调整校正表，输出 250℃；



短按 Unit/Cal Key，校正 250℃，程序自动判定稳定后，存入校正值，并自动进入测温模式。

5.3 主程序流程



6 规格参数

- 工作温度范围: -40°C - 85°C ;
- 工作电压范围 2.2-3.6V;
- 关机模式下是功耗: 15uA;
- 工作模式下的功耗: $\leq 2\text{mA}$;
- 测温范围- 100°C – 1300°C , 精度 1°C ;

7 总结

HY13P52 的热电偶测温方案具有外围简单, 量测精度高。并搭配内部的 touch key 是外观更加时尚。

8 附加档案



9 参考数据

- 1.HY11P53 DataSheet;
- 2.HY13P00 User's Guide;

10 修订纪录

以下描述本档差异较大的地方, 而标点符号与字形的改变不在此描述范围。

版本	页次	变更摘要	日期
V01	ALL	初版发行	2016/2/25

11 附件

11.1 附件 1: 范例程序

```

;=====
Include 13P.INC
include Main.inc
include Macro.mac
;=====

    org 0000h
ProReset:
    nop
    jmp init                ;跳到程序的初始化部分
    org 0004h
    Include Interrupt.asm
;=====進入系統初始化=====
init:
    call SysInit
    bsf Eflag,b_base,acce    ;取 touch key 的基准标准
    bsf PT1,BackLight,acce
;=====TPS 的校正参数=====
init0:
    clrf CalRESH,acce
    mvl 17h
    mvf CalRESM,f,acce
    mvl 5ch
    mvf CalRESL,f,acce
    mvl 0fah
    mvf TPScalTL,f,acce
    clrf TPScalTH,acce

    clrf TPcalADCH,acce
    mvl 44h
    mvf TPcalADCM,f,acce
    mvl 35h
    mvf TPcalADCL,f,acce
    mvl 10h
    mvf TPcalIPL,f,acce

```

```

mvl 27
mvf TPcalPH,f,acce
;=====TR 的校正值读取=====
MVL 10H
mvf eeaddress,F,ACCE      ;ADDRESS
mvl 6
mvf s_reg_EE,F,ACCE      ;校正資料長度
MVL 0A0H
MVF eecnt,F,Acce        ;IIC Address

mvl temp
CALL eerdblk             ;呼叫讀出副程式
mvl 55h
cpse temp,acce
jmp init1                ;not equ 55h,enter calculate mode
mvff temp+1,CalRESL
mvff temp+2,CalRESM
mvff temp+3,CalRESH
mvff temp+4,TPScalTL
mvff temp+5,TPScalTH
;=====TP 的校正值读取=====
init1:
MVL 20H
mvf eeaddress,F,ACCE      ;ADDRESS
mvl 6
mvf s_reg_EE,F,ACCE      ;校正資料長度
MVL 0A0H
MVF eecnt,F,Acce        ;IIC Address

mvl temp
CALL eerdblk             ;呼叫讀出副程式
mvl 55h
cpse temp,acce
jmp init2
mvff temp+1,TPcalADCL
mvff temp+2,TPcalADCM
mvff temp+3,TPcalADCH
mvff temp+4,TPcalPL
mvff temp+5,TPcalPH

```

init2

;

MainLoop:

```
btsz flag,b_TRcal,acce
jmp CALADC
btsz flag,b_TPcal,acce
jmp CALADC
btsz Eflag,b_sleep,acce
jmp Main_Sleep
```

MainLoop1:

```
call keyscan ;按键扫描
call IntADC ;ADC 轉換出來的數據濾波處理
call dealwith
call display
jmp mainLoop
```

;=====校正=====

Main_Sleep:

```
bcf Eflag,b_sleep,acce
clrf AD1CN0,ACCE
clrf AD1CN1,ACCE
clrf AD1CN2,ACCE
clrf AD1CN3,ACCE
clrf LCDCN1,B
```

;-----

Main_Sleep0:

```
clrf keyflag,acce
call keyscan0
btsz keyflag,b_key0,acce
jmp Main_Sleep0
```

;-----

```
mvl 03h
mvf temp+5,f,acce
```

sleepmode:

```
MVL 043h
MVF MCCN1,F,Acce
mvl 11000000b
MVF TRISC1,f,acce ;P
mvl 00111111b
```



```
MVF PT1PU,f,acce ;P
```

```
clrf PT1,acce
```

```
clrf PT1DA,acce
```

```
clrf TRISC2,acce ;P
```

```
setf PT2PU,acce ;P
```

```
clrf PT2,acce
```

```
clrf PT2DA,acce
```

```
CLRF PT3PU,acce
```

```
setf PT3DA,acce
```

```
clrf TRISC3,acce
```

```
clrf PT3,acce
```

```
clrf PWRCN,ACCE
```

```
MVL 84h
```

```
MVF INTE0,f,ACCE
```

```
clrf INTF0,ACCE
```

```
clrf TB1CN0,acce
```

```
mvl 11110000b
```

```
mvf TMACN,f,acce ;~350ms
```

```
bsf OSCCN0,6,acce ;cpu=lpo
```

```
bcf OSCCN2,ENHAO,acce
```

```
sleepmode1:
```

```
idle
```

```
nop
```

```
MainLoop1_1:
```

```
dcsz Temp+5,f,acce
```

```
JMP sleepmode1
```

```
bsf OSCCN2,enhao,acce
```

```
BCF OSCCN0,6,acce ;cpu=hao
```

```
bsf OSCCN0,0,acce ;cpu=DHS_CK
```

```
MVL 3
```

```
MVF Temp+5,f,acce
```

```
clrf PT2,ACCE
```

```

mvl 11000011b
mvf TRISC2,F,ACCE
clrf PT2PU,ACCE
MVL 00111100b
MVF PT2DA,f,acce

```

```

mvl 00000010b
mvf PT1,F,ACCE
mvl 00000001b
mvf PT1DA,F,ACCE
mvl 00000000b
mvf TRISC1,F,ACCE
mvl 00000010b
mvf PT1PU,F,ACCE
mvl 04
mvf temp+6,f,acce

```

MainLoop1_2:

```

clrf keyflag,acce
call keyscan0
btss keyflag,b_key0,acce ;判断是否按键唤醒
JMP Main_Sleep
dcsz temp+6,f,acce
jmp MainLoop1_2
BCF INTE0,GIE,ACCE
MVL 07H ;00000111b 上电默认值 ;
MVF OSCCN2,F,A ;
MVL 11H ;CPUCLK=DHS_CK=HS_CK/4=2M/4=500k ;
MVF OSCCN0,F,A ;OSCS[1:0] DHS[1:0] DMS[2:0] CUPS ;
MVL 1cH
MVF OSCCN1,F,A ;LCPS[1:0] DADC[1:0] DTMB[1:0] TMBS 空 ;
call sysinit1
bsf flag,b_key,acce
clrf keystate,acce
jmp mainloop

```

;=====

CALADC:

```

clrf calstep,acce
btsz flag,b_TRcal,acce
inf calstep,f,acce

```

```

bcf flag,b_key,acce
include ADCCAL.asm
;*****
include SysIni.asm
include INTADC.asm
include dealwith.asm
include math.asm
include S24CXX.asm
include display.asm
include table.asm
include keyscan.asm
include LCDINDX.asm
;=====
END
    
```

11.2 附件 2:测试数据

测试温度点 (°C)	环温 25°C 时 Demo 测量温度 (°C)	差值 (°C)
-100	-99.8	0.2
-90	-89.5	0.5
-80	-81.1	-1.1
-70	-72.9	-2.9
-60	-63.8	-3.8
-50	-53.7	-3.7
-40	-43.2	-3.2
-30	-32.3	-2.3
-20	-22.1	-2.1
-10	-11.6	-1.6
0	-0.9	-0.9
10	9.5	-0.5
20	19.6	-0.4
30	29.7	-0.3
40	39.9	-0.1
50	50	0
60	60.2	0.2
70	70.3	0.3

环温 -10°C 时 Demo 测量温度 (°C)	差值 (°C)
-100	0
-89.6	0.4
-81.4	-1.4
-73.2	-3.2
-64.1	-4.1
-54	-4
-43.4	-3.4
-32.5	-2.5
-22.4	-2.4
-12	-2
-1.2	-1.2
9.2	-0.8
19.3	-0.7
29.4	-0.6
39.6	-0.4
49.8	-0.2
59.8	-0.2
70	0

环温 50°C 时 Demo 测量温度 (°C)	差值 (°C)
-100.9	-0.9
-90.4	-0.4
-80	0
-71.9	-1.9
-63.1	-3.1
-53.6	-3.6
-43.1	-3.1
-32	-2
-21.4	-1.4
-11.1	-1.1
0.4	0.4
9.9	-0.1
20.5	0.5
30.6	0.6
40.8	0.8
51	1
61.1	1.1
71.3	1.3

80	80.5	0.5	80.1	0.1	81.4	1.4
90	90.5	0.5	90	0	91.4	1.4
100	100.5	0.5	100.1	0.1	101.4	1.4
110	110.5	0.5	110.2	0.2	111.4	1.4
120	120.3	0.3	120	0	121.3	1.3
130	130.2	0.2	129.9	-0.1	131.2	1.2
140	140.1	0.1	139.8	-0.2	141	1
150	149.9	-0.1	149.7	-0.3	150.7	0.7
160	159.9	-0.1	159.6	-0.4	160.6	0.6
170	169.7	-0.3	169.5	-0.5	170.5	0.5
180	179.6	-0.4	179.5	-0.5	180.4	0.4
190	189.6	-0.4	189.5	-0.5	190.4	0.4
200	199.6	-0.4	199.4	-0.6	200.3	0.3
210	209.5	-0.5	209.3	-0.7	210.3	0.3
220	219.6	-0.4	219.4	-0.6	220.3	0.3
230	229.7	-0.3	229.4	-0.6	230.4	0.4
240	239.8	-0.2	239.7	-0.3	240.5	0.5
250	249.9	-0.1	249.8	-0.2	250.6	0.6
260	260.1	0.1	259.9	-0.1	260.7	0.7
270	270.7	0.7	269.9	-0.1	270.8	0.8
280	280.1	0.1	280	0	280.8	0.8
290	290.2	0.2	290.2	0.2	290.8	0.8
300	300.9	0.9	300.2	0.2	300.9	0.9
310	310.9	0.9	310.2	0.2	311	1
320	321.1	1.1	320.3	0.3	321.1	1.1
330	331.2	1.2	330.4	0.4	331.3	1.3
340	341.2	1.2	340.5	0.5	341.1	1.1
350	350.7	0.7	350.6	0.6	351.2	1.2
400	401.5	1.5	400.8	0.8	401.4	1.4
450	451.6	1.6	451	1	451.5	1.5
500	501.6	1.6	501.1	1.1	501.7	1.7
550	551.7	1.7	551.1	1.1	551.7	1.7
600	601.6	1.6	601.1	1.1	601.5	1.5
650	651.5	1.5	651.1	1.1	651.6	1.6
700	701.5	1.5	701	1	701.4	1.4
750	751.2	1.2	750.9	0.9	751	1
800	800.8	0.8	800.6	0.6	800.6	0.6
850	850.6	0.6	850.5	0.5	850.3	0.3

900	900.4	0.4
950	950.2	0.2
1000	999.9	-0.1
1050	1049.6	-0.4
1100	1099.4	-0.6
1150	1149	-1
1200	1198	-2

900.2	0.2
950	0
999.8	-0.2
1049.5	-0.5
1099.3	-0.7
1149.1	-0.9
1198.6	-1.4

900	0
949.6	-0.4
999.1	-0.9
1049.2	-0.8
1098.3	-1.7
1147.7	-2.3
1197	-3