

改进 MSC120x 的温度测量

Russell Anderson, Michael Gurevich

数据采集产品

摘要

MSC120x 产品系列包含电流源和二极管，可用以简便地测量器件温度。使用一阶线性逼近方法时，对不同器件测量的温度结果可能会相差超过 6 度。对于 MSC1200、MSC1201 和 MSC1202，在最终生产测试中，温度校正因数将保存在内部闪存中。本应用报告阐述了如何使用温度校正因数减少部件间的温差，并将最大容差保持在大约 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 内。

内容

1	温度二极管	2
2	MSC120x 校正因子	3
3	器件信息	5
4	使用 MSC120x 校正因子	5
5	温度校正程序	5
附录 A	完整程序	6

附图目录

1	MSC120x 输入（显示温度二极管）	2
2	21 $^\circ\text{C}$ 时温度传感器电压变化和外部参考	3
3	25 $^\circ\text{C}$ 时未校正和校正的温度测量结果（10 个器件）	3
4	60 $^\circ\text{C}$ 时未校正和校正温度测量结果	4

1 温度二极管

通过使用两个电流源和两个二极管连接，创建一个随着温度线性变化的差动电压。MSC120x 测量两个二极管电压，且将其作为差动电压，如图 1 所示。

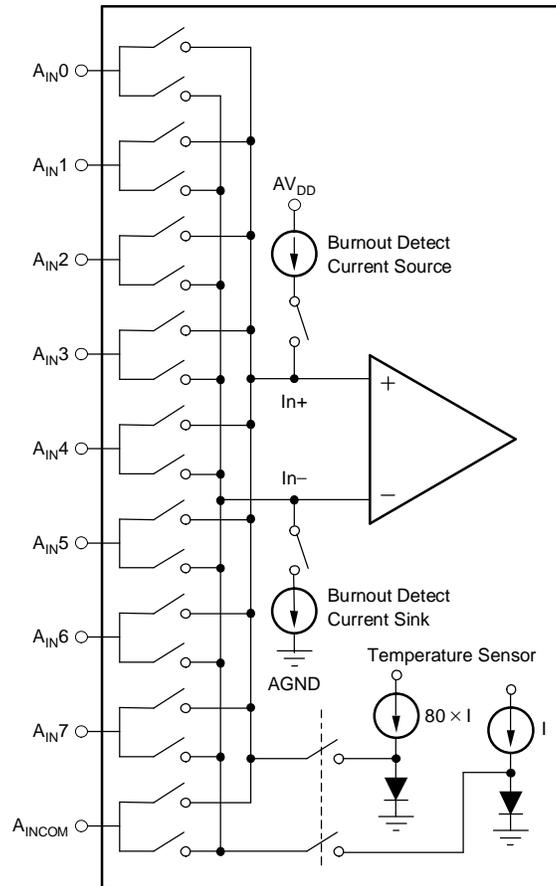


图 1. MSC120x 输入（显示温度二极管）

我们可以创建一个测量温度的公式，系数定义为 K_{TEMP} ，其中所使用的电压通常是在 $+25^{\circ}\text{C}$ 下测量的。从产品数据表 (www.ti.com 上提供下载) 上可以发现温度传感器的系数 (K_{TEMP}) 为 $375\text{A}\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ 并且一般的电压差 (V_{Diodes}) 在 25°C 时为 0.115V 。

$$\text{Temperature } (^{\circ}\text{C}) = \frac{V_{Diodes} - V_{25^{\circ}\text{C}}}{K_{TEMP}} + 25^{\circ}\text{C} = \frac{V_{Diodes} - 0.115\text{V}}{375\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}} + 25^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

我们可以合并以上项，并简化如下：

$$\text{Temperature } (^{\circ}\text{C}) = \frac{V_{Diodes} - 0.115\text{V}}{375\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}} + 25^{\circ}\text{C} = \frac{V_{Diodes}}{375\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}} - \frac{0.115\text{V}}{375\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}} + 25^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

显示了的结果所示：

$$\text{Temperature } (^{\circ}\text{C}) = 2666.66 \cdot V_{Diodes} - 281.666^{\circ}\text{C} \quad (3)$$

应用手册“使用 MSC121x 作为高精度智能温度传感器” (SBAA100) 解释了如何使用器件校准并提供了更多精确的公式以获得高精度温度测量。不使用校正时，在同一环境下产生的温度结果随部件的不同而有所不同，最高可能会相差超过 6 度，如图 2 所示。

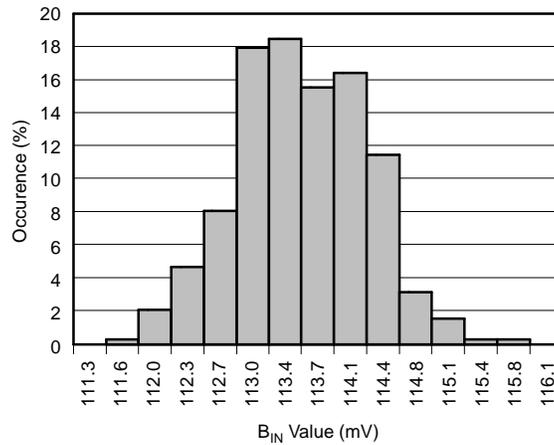


图 2. 21Å° C 时温度传感器电压变化和外部参考

2 MSC120x 校正因子

对于在不同的 MSC120x 器件间测得的电压的变化归于多种原因。其中包括以下因素的变化：

- 二极管特性和电流源
- 封装热阻
- 模数转换器 (ADC) 的偏置和增益校准
- V_{REF}

在对 MSC1200、MSC1201 和 MSC1202 的最终测试中，温度校正因子 K 由温度测量计算得出，并保存在内部闪存中。通过使用校正因子，可以缩小温度变化范围，因此在不同部件间仅有 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 的变化，如图 3 所示。校正因子的分辨率为 0.5° 。

$$\text{Temperature Correction} = \frac{K}{2} \quad (4)$$

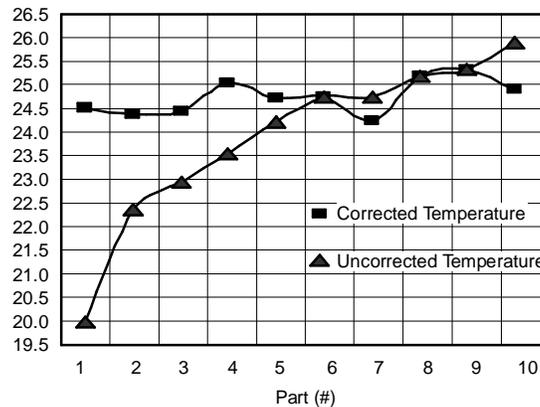


图 3. 25° 时未校正和校正的温度测量结果 (10 个器件)

尽管偏置校正是在室温下计算出来的，在其它温度下使用此校正因子也会获得相同的效果。图 4 比较了在 60Å C 温度下使用 25Å C 时的校正因子的未校正和校正测量。

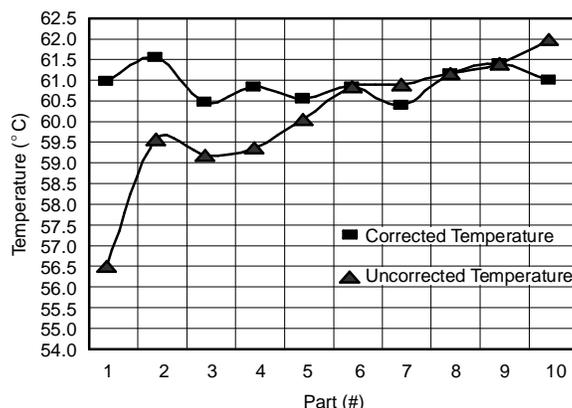


图 4. 60Å C 时未校正和校正温度测量结果

测量精确绝对温度的基本要求包括以下内容。

1. 为部件提供足够的预热时间，以及稳定的内部器件温度。
2. 使用一个精确且恒温的参考
3. 启动缓冲器
4. 校准 ADC 的增益和偏置
5. 测量过程中保持持续功耗，这表示外围操作和操作频率不能有太大的变化。
6. 对于设计布局和配置，根据器件中的测量结果以及器件周围的环境温度确定一个 del ta 温度因子 (Δ)。在已测量出部件变化因子时，此因子的作用是将测量结果与测试条件相比较的结果标准化。
7. 将校正因子（部件变化因子 K 和配置因子 Δ ）添加至 以计算出最终温度结果。

可以与 和一个设计配置因子 (Δ) 合并，以提供一个总的校正温度结果，如 所示。

$$\text{Temperature Correction} = \frac{K}{2} \tag{5}$$

测量和计算此校正因子 K 的设置条件如下：

- $F_{CLK} = 8\text{MHz}$
- $AV_{DD} = DV_{DD} = 5\text{V}$
- 外部参考电压 = 2.5V
- $F_{DATA} = 60\text{Hz}$
- $F_{MOD} = 15.625\text{KHz}$
- $PGA = 1$
- 缓冲器开启
- 在测试过程中，环境温度 = +20Å C 至 +23Å C

3 器件信息

对于每个 MSC120x 器件，都在系统闪存中存储了一个唯一的序列号以及温度偏置校正值。用户不能对此存储器编程，但可以检查其位置。在编程模式中，“Code Read”命令可用于查看以下方式中的位置。

```
>CR8050
01 00 00 41 FB FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
```

这显示了从 8050h 至 805Fh 的地址。从 8050h 到 8053h 的地址包含器件序列号。地址 8054h 包含温度传感器校正值，以 $\text{Å}^\circ\text{C}$ 表示。这种情况下，该值为 FBh，其等于 -5 。校正值为该值的二分之一，这是由于校正因子的分辨率为 $0.5\text{Å}^\circ\text{C}$ 。这表示值 -5 的温度校正为 -2.5 ，如所示。

$$\text{Correction} = \frac{K}{2} = -\frac{5}{2} = -2.5^\circ\text{C} \quad (6)$$

4 使用 MSC120x 校正因子

在器件的“用户应用模式”（UAM）中，可使用 Boot ROM 例程 `faddr_data_read(char)` 获取此信息。在编程模式中，“硬件配置”信息映射至自 8000h 开始的地址。`faddr_data_read()` 例程使用实际“配置存储器”地址。对于校正因子，这是地址 0x54。

```
signed char k;
k= faddr_data_read(0x54); // Read the value of the correction factor
temp=temp+ (float) k/2; // Correct the previous temperature reading
```

5 温度校正程序

附录 A 显示了演示校正字节用途的示例程序。为 MSC1200EVM 设置此程序，其晶振频率为 22.1184MHz。数据采样每秒 10 次，而且产生的电压使用以及转换为一个温度值。为每个采样都输出这三个值（二极管电压、未校正温度和校正温度）。输出结果会在每个值后放置一个逗号，以便方便的导出至数据手册程序，并用于绘制或分析。

此程序不会考虑为特定配置或设计添加的校正因子（‘ Δ ’）。可以通过对一个采样系统实施校准温度测量来确定此附加因子。

附录 A 中提供的实例程序仅供内部参考。对于精确绝对温度测量，推荐使用外部温度稳定参考。

附录 A 完整程序

```

//*****
// File name: tempcorrect.c
//
// Copyright 2004 Texas Instruments Inc as an unpublished work.
//
// Version 1.0
//
// Compiler Version (Keil V2.38), (Raisonance RIDE V6.10.17)
//
// Module Description:
// Corrects temperature measurement with correction byte from config flash
//
//*****
#include "legal.c" // Texas Instruments, Inc. copyright and liability
#include "REG1200.H" // The header file with the MSC register definitions
#include <stdio.h> // Standard I/O so we can use the printf function
extern signed long bipolar(void); // Returns ADC result (assumed bipolar mode) see below
extern void autobaud(void); // A routine in the Boot ROM
extern char faddr_data_read(char faddr); // A routine in the Boot Rom to read system flash
#define LSB 298e-9 // LSB for 2.5V reference, PGA=1
Main(void) {
    char i,j;
    float adresult, temp, cTemp;
    signed char k;
    k= faddr_data_read(0x54); // Read the value of the correction factor

    PDCON = 0x75; // Turn on the A/D
    ACLK = 17; // ACLK freq. = 22.1184 MHz/(17+1) = 1.2288 MHz
    // 1.288 MHz/64 = 19,200 Hz Modulation Clock
    DECIMATION = 1920; // Data Rate = 19,200/1,920 = 10 Hz
    ADMUX = 0xFF; // Set MUX for Temperature Measurement
    ADCON0 = 0x38; // Vref On, 2.5V, Buffer On, PGA=1
    CKCON = 0x10; // MSC1200 Timer1 div 4
    TCON = 0; // MSC1200 Stop TR1
    autobaud(); // This waits for a Carriage Return (Enter key)
    printf("Temperature Correction Test\n");
    //wait for the calibration to take place
    ADCON1 = 0x01; // bipolar, auto, self calibration, offset, gain
    for (i=0;i<3;i++){ // discard 3 conversions for filter to settle
        while(!(AIPOL&0x20)) {}
        j=ADRESL;
    }

    while(1){
        while(!(AIPOL&0x20)) {} // Waiting for conversion
        adresult = (float)bipolar(); // Read ADC Results
        temp = 2666.66 * adresult*LSB - 281.666; // Uncorrected Temperature
        cTemp = temp + (float) k/2; // Temperature (including correction)
        printf ("V =,%6.4F, Raw Temp =,%5.2F, Corrected Temp =,%5.2F\n", adresult*LSB, temp, cTemp);
    }
}

```


重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合 TI 标准保修的适用规范。仅在 TI 保修的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的数据手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售 TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

可访问以下 URL 地址以获取有关其它 TI 产品和应用解决方案的信息:

产品

放大器	http://www.ti.com.cn/amplifiers
数据转换器	http://www.ti.com.cn/dataconverters
DSP	http://www.ti.com.cn/dsp
接口	http://www.ti.com.cn/interface
逻辑	http://www.ti.com.cn/logic
电源管理	http://www.ti.com.cn/power
微控制器	http://www.ti.com.cn/microcontrollers

应用

音频	http://www.ti.com.cn/audio
汽车	http://www.ti.com.cn/automotive
宽带	http://www.ti.com.cn/broadband
数字控制	http://www.ti.com.cn/control
光纤网络	http://www.ti.com.cn/optical network
安全	http://www.ti.com.cn/security
电话	http://www.ti.com.cn/telecom
视频与成像	http://www.ti.com.cn/video
无线	http://www.ti.com.cn/wireless

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated