

晟矽微电 应用笔记

MS32F031

内部温度传感器使用

AN22023

V1.0





## 目 录

1	适用范围 .....	1
2	温度传感器 .....	1
2.1	理论基础 .....	1
2.2	例程运行 .....	2
2.2.1	例程要求 .....	2
2.2.2	分析及运行 .....	2
2.2.3	说明 .....	2
3	修订记录 .....	3
4	免责声明 .....	4

Sinomcu.com



## 1 适用范围

本文档仅适用于 MS32F031A6 内部温度传感器使用参考。  
例程基于 MS32F031A6 EV Board V1.1 (2021-11-25)。

## 2 温度传感器

### 2.1 理论基础

温度传感器内部连接 ADC1\_IN16 通道, 使用时需将 TSEN 位置 1, 参阅用户手册“12.9 温度传感器和内部参考电压”章节。

使用如下公式计算实际温度:

$$T_{ADC\_DATA}(^{\circ}\text{C}) = ((V_{ADC\_DATA} - V_{ADC\_Temp1}) / Avg\_slope) + T_{Sens\_Temp1} \quad (1)$$

其中:

- 1)  $V_{ADC\_DATA}$  (V) 为实测温度的电压量值;
- 2)  $V_{ADC\_Temp1}$  (V) 与  $T_{Sens\_Temp1}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) 为出厂校准值, 对应的数字量化值存于指定的 Flash 地址 (系统存储区), 参考数据手册“3.20.1 章节”。

#### 3.20.1 温度传感器 ( $V_{SENSE}$ )

温度传感器 (TS) 可随温度变化线性生成电压  $V_{SENSE}$ 。

温度传感器内部连接到 ADC\_IN16 输入通道, 该通道用于将传感器输出电压转换为数字值。

传感器的线性很好, 但必须对其校准以得到较好总精度的温度测量。由于工艺差别, 温度传感器的偏移因芯片而异, 因此未校准的内部温度传感器仅适合检测温度变化的应用。

为提高温度传感器的测量精度, 每个器件都单独出厂校准。温度传感器的出厂校准数据储存在系统存储区, 访问模式为只读。

#### 温度传感器校准值

名称	说明	存储地址
ADC_Temp1	内部温度传感器通道 ADC 原始数据 (常温), $V_{DDA}=3.3\text{V}(\pm 10\text{mV})$	0x1FFF F7B8 - 0x1FFF F7B9
Sens_Temp1	获取 ADC_Temp1 的常温温度值, 单位 $0.0625^{\circ}\text{C}$ 举例, 读取的值 0x190 (400), 则实际温度 $400 \times 0.0625^{\circ}\text{C} = 25^{\circ}\text{C}$	0x1FFF F7BC - 0x1FFF F7BD

- 3)  $Avg\_slope$  ( $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ ) 为温度传感器的平均斜率, 参见数据手册“6.3.14 章节”。

#### 6.3.14 温度传感器特性\*

##### Temp Sensor 特性

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
$T_1^{(注1)}$	$V_{SENSE}$ 温度线性度	-	$\pm 1$	$\pm 2$	$^{\circ}\text{C}$
$Avg\_Slope^{(注1)}$	平均斜率		4.3		$\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
$V_{30}$	$30^{\circ}\text{C} (\pm 5^{\circ}\text{C})$ 的电压 <sup>(注2)</sup>	1.34	1.43	1.52	V
$t_{START}^{(注1)}$	启动时间	4	-	10 <sup>(注3)</sup>	us
$t_{S\_temp}^{(注1)}$	读取温度时的 ADC 采样时间	4	-	-	us

注 1: 由设计保证, 未经生产测试。

注 2: 在  $V_{DDA} = 3.3\text{V} \pm 10\text{mV}$  测量。  $V_{30}$  ADC 转换结果存储于 TS\_CAL1 字节中。请参见<3.20.1 温度传感器校准值>。

注 3: ADEN 使能后, 延迟 256us 后, 才可以使能 TSEN, 再等待  $t_{START}$  时间后可以 ADC 采样。只要 ADEN 保持开启, 后续的再次使能 TSEN, 只需等待  $t_{START}$  时间后就可以 ADC 采样。

例程对温度计算公式进行如下变换, 便于 MCU 编程计算。

对公式 (1) 变量进行替换:

$$T_{senser}(^{\circ}\text{C}) = ((V_{ADC\_senser} - V_{ADC\_Fix}) / Avg\_slope) + T_{Sens\_Fix} \quad (2)$$

对公式 (2) 展开并将常量代入 (电压量单位 V, ADC 分辨率 12bit):



$$T_{\text{senser}}^{\circ\text{C}} = \left( \frac{V_{\text{DDA}}}{4095} \times \text{ADC}_{\text{senser}} - \frac{3.3}{4095} \times \text{ADC}_{\text{Fix}} \right) / 0.0043 + \text{Senser}_{\text{Fix}} \times 0.0625 \quad (3)$$

将公式 (3) 电压量单位改为 mV, 计算公式如下:

$$T_{\text{senser}}^{\circ\text{C}} = (V_{\text{DDA}} \times \text{ADC}_{\text{senser}} - 3300 \times \text{ADC}_{\text{Fix}}) / (4095 * 4.3) + \text{Senser}_{\text{Fix}} \times 0.0625$$

其中:  $\text{ADC}_{\text{senser}}$  为 ADC 内部通道 16 转换值;

$\text{ADC}_{\text{Fix}}$  系统存储区 ADC\_Temp1;

$\text{Senser}_{\text{Fix}}$  系统存储区 Senser\_Temp1。

## 2.2 例程运行

### 2.2.1 例程要求

附件例程解压后放在 MS32F0x1\_Periph\_Lib\_Example\proj\MS32F031\_EV\ADC 目录下。



### 2.2.2 分析及运行

编译, 下载, 连接 MS32F031A6 EV Board 串口, 运行。

例程每隔 10ms (Timer1 Update) 硬件触发 ADC, ADC 按照 AIN1 (R8 分压值, 测试时调节 R8), AIN4 (PA4), 内部温度传感器, 内部参考电压的顺序采集转换, 使用 DMA 传输转换结果; 经指定的滤波次数后 (例程默认 16 次), 使用内部参考电压计算实际 VDDA, 并使用实际的 VDDA 计算 AIN1 (PA1)、AIN4 (PA4) 电压量及温度传感器的温度值。

程序运行结果如下:



注: CH4 通道接 GND。

### 2.2.3 说明

内部温度传感器在产品中使用, 建议评估 MCU 封装热阻影响、ADC 电源稳定度、ADC 误差及温度传感器线性度等影响; 如在试产、环境实验时记录实际温度及 MCU 温度传感器值, 进一步分析论证。



### 3 修订记录

版本	修订日期	修订内容
V1.0	2022-09-29	1325, 初版。

Sinomcu.com



#### 4 免责声明

本资料为晟矽微电子（以下简称“我司”）版权所有。

我司将力求资料内容准确无误，同时保留在不通知用户的情况下，对本资料内容的修改权。  
如您需要获得最新的资料，请及时联系我司。

Sinomcu.com