

前言

这篇应用笔记说明AT32芯片上温应传感器的使用需知和特性评估测试方法，并提供测试数据供使用者设计参考。

支持型号列表：

支持型号	AT32 全系列
------	----------

目录

1	概述.....	5
2	应用需知	5
3	特性评估测试方法	6
4	测试数据	6
5	版本历史	8

表目录

表 1. 温度传感器特性 5

表 2. 文档版本历史 8

图目录

图 1. V_{TS} 对温度理想曲线图	5
图 2. V_{TS} 对温度实测曲线图	6
图 3. 温度传感器线性特性实测曲线图（偏移已校正）	7
图 4. 温度传感器误差特性实测曲线图（偏移未校正）	7

1 概述

AT32单片机芯片内含温度传感器，它产生一个随温度线性变化的电压，在内部被连接到ADC1_IN16的输入通道上，用于将传感器的输出转换到数字数值。

2 应用需知

使用者可在数据手册内找到温度传感器的各项特性规格，以AT32F413为例，规格如下：

表 1. 温度传感器特性

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
T _L	V _{TS} 相对于温度的线性度	-	±2	±5	°C
Avg_Slope	平均斜率	-4.13	-4.20	-4.35	mV/°C
V ₂₅	在 25 °C 时的电压	1.18	1.28	1.38	V
t _{START}	建立时间	-	-	100	μs
T _{S_TEMP}	当读取温度时，ADC 采样时间	-	8.6	17.1	μs

只要遵守以下公式，即可求得目前温度传感器量测出的温度。

$$\text{温度(°C)} = \{(V_{25} - V_{TS}) / \text{Avg_Slope}\} + 25$$

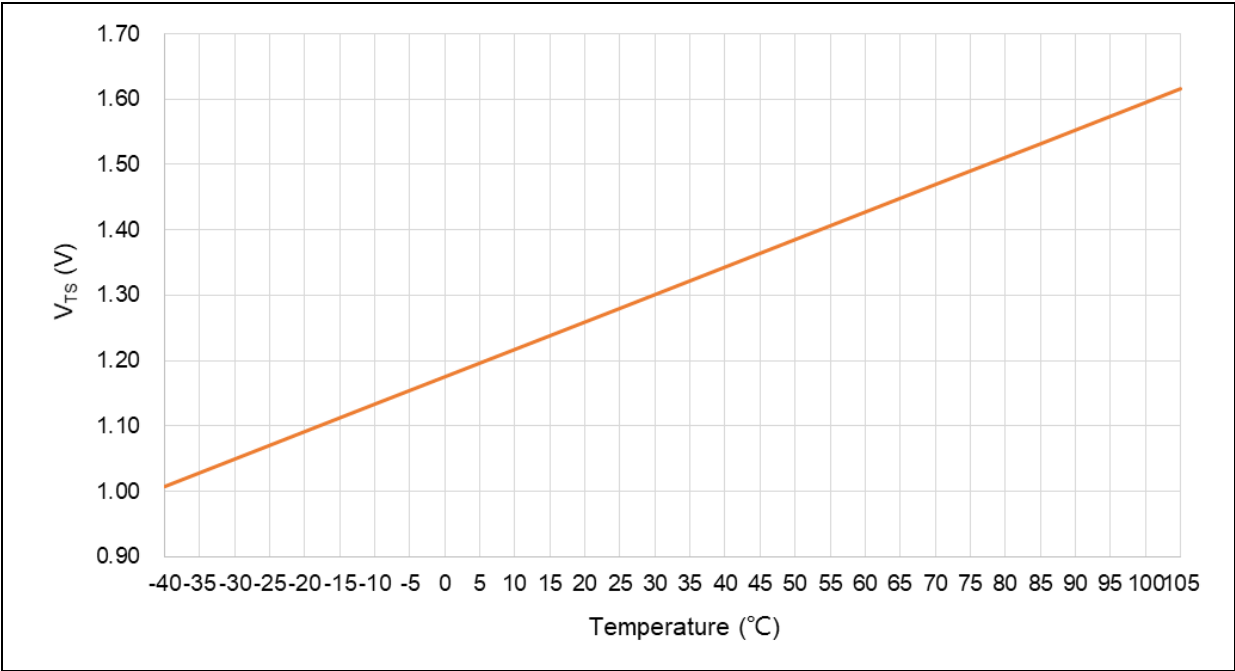
这里：

V₂₅ = V_{TS}在25 °C时的数值

Avg_Slope = 温度与V_{TS}曲线的平均斜率（单位为mV/°C）

其中V_{TS}为温度传感器经由ADC转换出的电压换算成mV，再依照上述公式，只要将V₂₅带入典型值1280 mV，Avg_Slope带入-4.20 mV/°C即可求得。下图即为套用典型值计算出的温度与传感器输出电压（V_{TS}）的特性曲线。

图 1. V_{TS} 对温度理想曲线图



应用此温度传感器需注意因生产过程的变化，每个芯片的温度传感器 V_{TS} 具有相对大的偏移，以上表所述最小值与最大值来看有最多200 mV的误差。若以Avg_Slope典型值来换算相当于47.6 °C。因此内部温度传感器更适合于检测温度的变化，而不是测量绝对的温度。如果需要测量精确的温度，应该使用一个外置的温度传感器。

另外需注意温度传感器为芯片内部弱电压源，ADC进行采样时需要足够时间让 V_{TS} 输出为采样电路达到充放电平衡而稳定，使用者需确实遵照数据手册中的 T_{S_TEMP} 参数为内部温度传感器设置足够的采样时间，以获得正确的转换数值。

3 特性评估测试方法

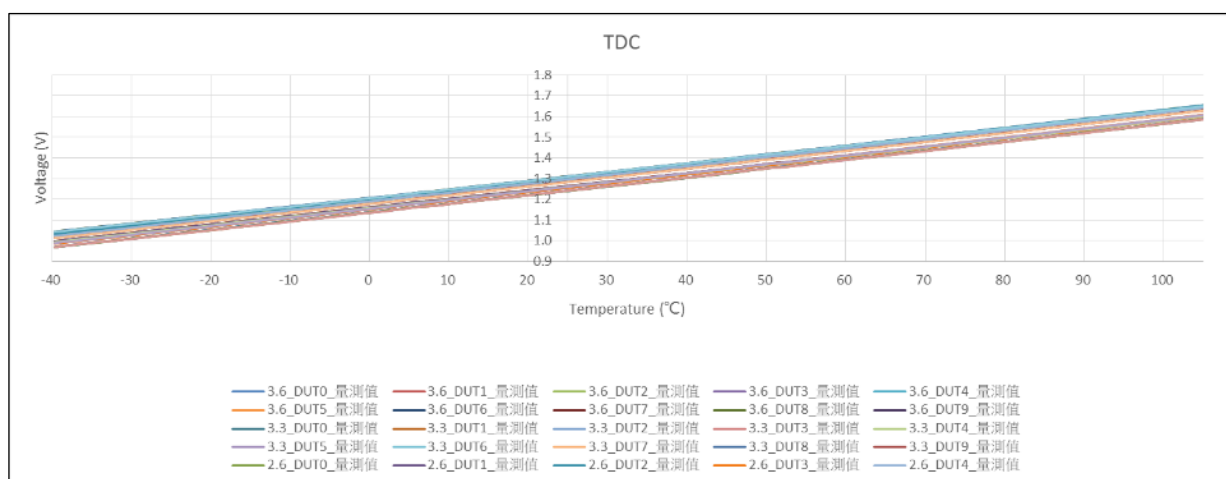
温度传感器的特性评估是在特殊设计的量测环境下进行的。每次进行温度传感器特性评估都会任意挑选10颗芯片焊在专属特性测试的板子上，并送进高低温箱内进行全部操作电压和操作温度的测试。专属测试板上特别使用ADT7410精准温度传感器作为量测参考源。它具有0.5 °C准确度、高分辨率特性，是适合作为特性评估AT32芯片上温度传感器的器件。

量测时首先设定高低温箱到AT32芯片操作温度最低温，待温度到达且稳定后再命令温箱以极慢速度缓缓升温。此时开始约以1 °C为量测间隔，同时多次采样ADT7410和AT32芯片温度传感器的结果，将其各自采出值作平均后上传至上位机记录，再待温度上升1 °C重复以上采样动作，直到温度上升到达AT32芯片操作温度最高温，测试即停止。上位机收集到所有温度下的数值后即存档并后续进行Avg_Slope和 V_{TS} 的估算，以及线性度 T_L 的分析。

4 测试数据

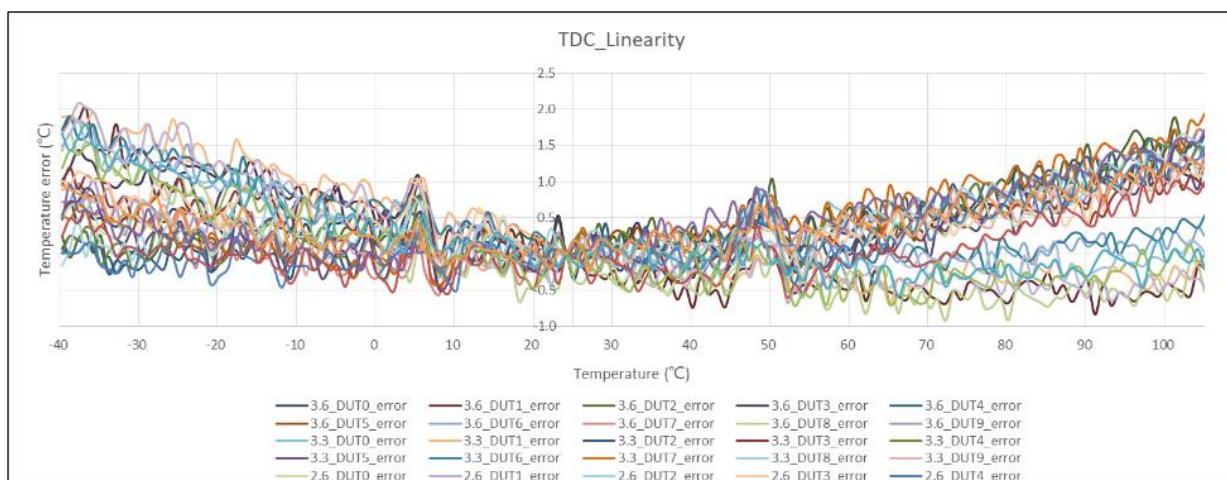
AT32温度传感器在操作电压3.6 V，3.3 V，和2.6 V条件下，以10颗芯片的实测特性结果如下图所示，可以看出Avg_Slope在各条件下各芯片几乎一致，但细部分析各芯片 V_{TS} 参数之间具有相对较大的差异，这是造成AT32温度传感器量测与实际温度偏差的主要原因。

图 2. V_{TS} 对温度实测曲线图



若以软件校正偏移量（offset）后或仅作为相对温度量测时，在芯片全温度-40到105 °C操作范围内，温度误差（线性度）可以达到 ± 2 °C之内。

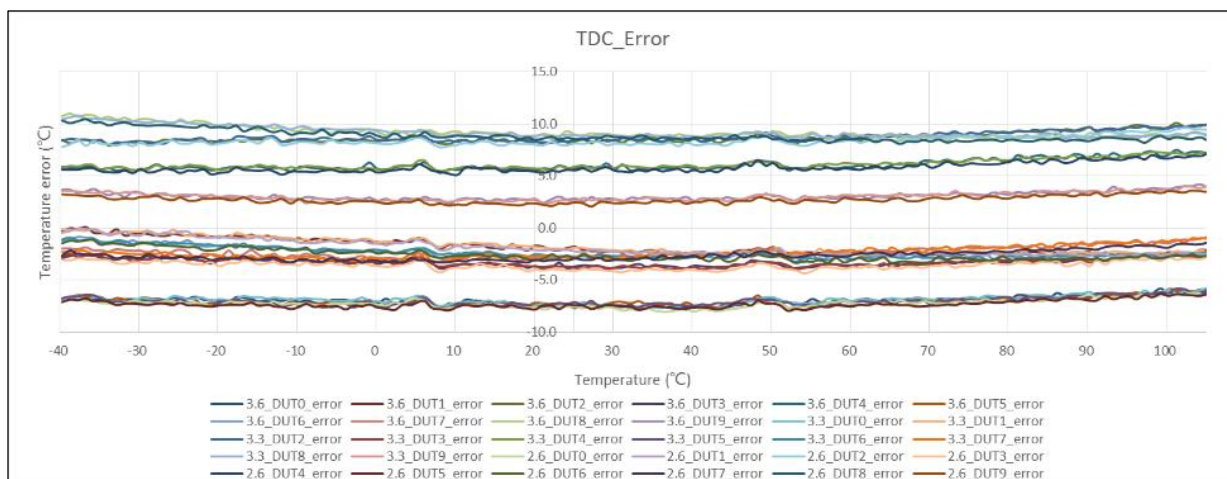
图 3. 温度传感器线性特性实测曲线图（偏移已校正）



但若未做偏移校正或用以量测绝对温度，因温度传感器本身架构于芯片生产过程的变化，温度变化曲线的偏移在不同芯片上会有明显差异。实测10颗AT32F413结果 V_{25} 最大差异可达约为 ± 10 °C，考虑整体设计仿真结果可能更大至 ± 20 °C以上。综合以上特性考量，建议AT32芯片内部温度传感器更适合使用作为检测温度的变化，而不是测量绝对的温度。

比较一般大厂MCU的内部温度传感器应用，基本上皆受此限制。

图 4. 温度传感器误差特性实测曲线图（偏移未校正）



5 版本历史

表 2. 文档版本历史

日期	版本	变更
2019.6.6	1.0.0	最初版本
2020.11.23	1.0.1	新增说明及实测数据
2022.2.17	2.0.0	V _{SENSE} 修改为V _{TS}
2023.06.19	2.0.1	文档格式修订

重要通知 - 请仔细阅读

买方自行负责对本文所述雅特力产品和服务的选择和使用，雅特力概不承担与选择或使用本文所述雅特力产品和服务相关的任何责任。

无论之前是否有过任何形式的表示，本文档不以任何方式对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。如果本文档任何部分涉及任何第三方产品或服务，不应被视为雅特力授权使用此类第三方产品或服务，或许可其中的任何知识产权，或者被视为涉及以任何方式使用任何此类第三方产品或服务或其中任何知识产权的保证。

除非在雅特力的销售条款中另有说明，否则，雅特力对雅特力产品的使用和/或销售不做任何明示或默示的保证，包括但不限于有关适销性、适合特定用途（及其依据任何司法管辖区的法律的对应情况），或侵犯任何专利、版权或其他知识产权的默示保证。

雅特力产品并非设计或专门用于下列用途的产品：（A）对安全性有特别要求的应用，例如：生命支持、主动植入设备或对产品功能安全有要求的系统；（B）航空应用；（C）航天应用或航天环境；（D）武器，且/或（E）其他可能导致人身伤害、死亡及财产损失的应用。如果采购商擅自将其用于前述应用，即使采购商向雅特力发出了书面通知，风险及法律责任仍将由采购商单独承担，且采购商应独立负责在前述应用中满足所有法律和法规要求。

经销的雅特力产品如有不同于本文档中提出的声明和/或技术特点的规定，将立即导致雅特力针对本文所述雅特力产品或服务授予的任何保证失效，并且不应以任何形式造成或扩大雅特力的任何责任。

© 2023 雅特力科技 保留所有权利