

8位PIC[®]单片机上的温度传感器模块

作者: June Anthony Asistio
Microchip Technology Inc.

简介

有些应用需要测量单片机的内部温度。要确保单片机在热降额限值范围内工作，监视其内部温度十分有用。在封闭产品中，可通过监视单片机的温度来保护系统中的其他元件。

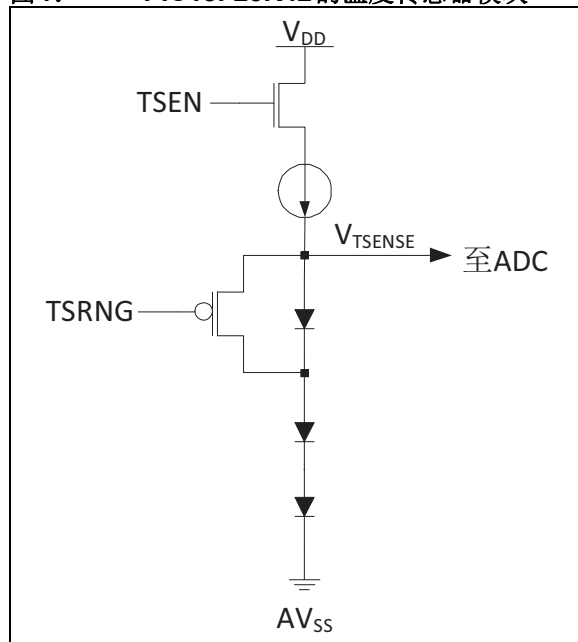
本技术简介讨论了PIC18FXXK42器件上内部温度传感器模块的工作原理。本文档还介绍了如何设置模块及使用单点校准对其进行校准。

温度传感器模块的工作原理

图1给出了PIC18F25K42上的温度传感器模块的原理图。三个硅二极管作为温度传感器。采用这种布局时，温度模块的温度传感电压 V_{TSENSE} 与器件温度成反比。 V_{TSENSE} 从阳极获得，它与ADC模块的输入通道之一连接以供处理使用。FVRCON寄存器上的TSEN和TSRNG位分别用于使能温度传感器模块及选择其范围设置。

该温度传感器模块的运行方式与先前的8位PIC[®]器件上的温度传感器不同。有关先前的温度传感器模块的详细信息和工作原理，请参见AN2092 “Using the Temperature Indicator Module” (DS00002092)。

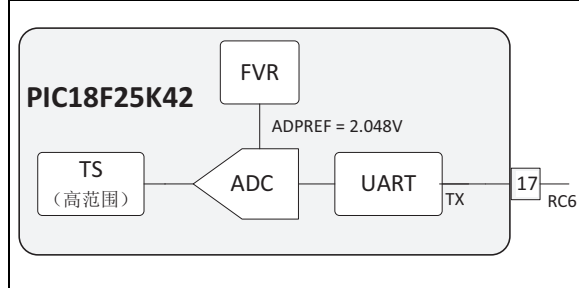
图1: PIC18F25K42的温度传感器模块



温度传感器模块的设置

UART可用于显示VTSENSE的12位ADC结果，请参见图2。必须先对FVR、ADC和UART模块进行初始化。有关设置外设的初始化代码，请参见附录A：“通过UART显示VTSENSE的代码设置”。

图2： 通过UART显示VTSENSE的外设设置



温度传感器模块有两种范围设置。高范围设置在整个温度范围内提供较宽的输出电压和较高的分辨率。高范围设置可工作在2.5V及更高的VDD下。低范围设置可产生较低的温度传感器电压，需要且工作在1.8V及更低的VDD下。

例如，TS模块设置为高范围。ADC采集时间最少需要25 μs才能获得更高的精度。在本设置中，采集时间设置为50 μs。ADC正参考（ADPREF）电压设置为FVRA2X（即2.048V）以提高ADC分辨率。

PIC18F25K42器件的样品在-10°C至50°C的温度下进行测试。温度模块的ADC结果记录在表1中。VTSENSE使用公式1计算。图3给出了VTSENSE读数与温度的关系曲线。

公式1： VTSENSE计算

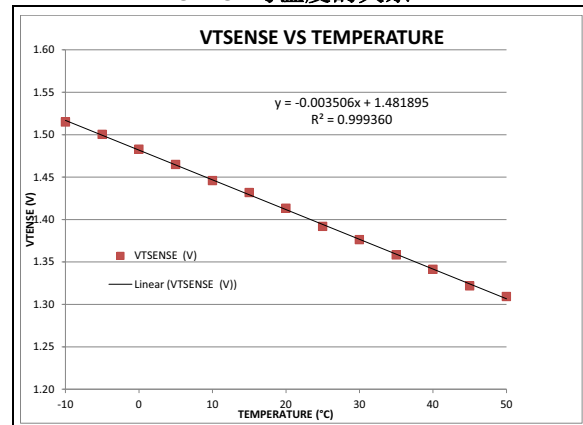
$$V_{TSENSE} = \left(\frac{ADPREF}{2^n - 1} \right) ADC \text{ 结果}$$

$$V_{TSENSE} = \left(\frac{ADPREF}{2^{12} - 1} \right) ADC \text{ 结果}$$

表1： 不同温度条件下PIC18F25K42的ADC结果与VTSENSE

温度 TSENSE (°C)	VTSENSE ADC结果	VTSENSE (V)
-10	3029	1.515
-5	3000	1.500
0	2965	1.483
5	2929	1.465
10	2891	1.446
15	2863	1.432
20	2826	1.413
25	2783	1.392
30	2752	1.376
35	2716	1.358
40	2682	1.341
45	2643	1.322
50	2618	1.309

图3： PIC18F25K42温度传感器模块的VTSENSE与温度的关系



公式2提供了基于VTSENSE的估算温度。MT是传感器电压灵敏度mV (V/°C) 的倒数（见公式3）。PIC18F25K42的数据手册给出了高范围设置下的典型Mv值，即-3.8 mV/°C。也可使用线性回归趋势线分析通过表1中的数据计算Mv的值。图3的Mv值为-3.506 mV/°C。

公式2: 器件温度

$$T_{SENSE} = V_{TSENSE} \times M_T + T_{OFFSET}$$

公式3: MT为传感器电压灵敏度Mv的倒数

$$M_T = 1/M_V$$

温度传感器模块的校准

可使用单点校准在标准温度下校准TS模块。计算T_{OFFSET}的值可得出精确的温度值。校准期间，单片机应以较低功耗工作以避免自发热。

例1说明了如何得出25°C温度下的T_{OFFSET}。使用表1中的25°C数据，使用公式1得出V_{TSENSE}，然后替换公式2中的值。T_{OFFSET}值可存储到器件的非易失性存储器中。

例1: 25°C时T_{OFFSET}的计算

$$25^{\circ}\text{C} = 1.392\text{V} \left(\frac{1}{-3.506\text{mV}/^{\circ}\text{C}} \right) + T_{OFFSET}$$

$$T_{OFFSET} = 422.03^{\circ}\text{C}$$

温度模块也可使用从单片机的器件信息区（Device Information Area, DIA）获得的数据在90°C下进行校准。90°C温度下对应于温度传感器模块的高范围设置和低范围设置的V_{TSENSE} ADC读数已存储到DIA中。DIA还包含可用于ADCPREF的FVRA2X值。可通过访问DIA上的这些值计算90°C温度下的T_{OFFSET}。

结论

8位PIC器件的温度传感器模块提供了一种测量单片机硅芯片温度的方法。该温度传感器模块的线性度和稳定性均优于早期8位PIC器件中的传感器。该温度传感器模块简化了温度测量公式和校准设置。校准方法也可用于关联单片机的环境温度。温度传感器模块可通过使用单片机器件的DIA上提供的数据在任何特定温度或90°C下进行校准。

附录A： 通过UART显示VTENSE的代码设置

例A-1： 主应用程序代码

```
void main(void){  
  
Pin_Initialize();  
FVR_Initialize();  
ADCC_Initialize();  
UART_Initialize();  
  
    while(1){                // 此处永久循环  
        __delay_ms(500);  
        printf("temp_value = %d\r\n",ADCC_GetSingleConversion(channel_Temp));  
    }  
}
```

例A-2： 初始化引脚

```
void Pin_Initialize(void){  
  
    // TX和RX引脚配置  
    PPSLOCK = 0x55;  
    PPSLOCK = 0xAA;  
    PPSLOCKbits.PPSLOCKED = 0x00;           // 解锁PPS  
    RC6PPS = 0b010011;                       // RC6->UART:TX  
    TRISCbits.TRISC6 = 0;  
    LATCbits.LATC6 = 1;  
    TRISCbits.TRISC7 = 1;  
    ANSELbits.ANSEL7 = 0;                   // 将RX引脚的模拟选择位清零  
  
    PPSLOCK = 0x55;  
    PPSLOCK = 0xAA;  
    PPSLOCKbits.PPSLOCKED = 0x01;           // 锁定PPS  
}
```

例A-3： 初始化FVR和TS模块

```
void FVR_Initialize(void){  
    // CDAFVR关闭; 使能FVREN; TSRNG Hi_range; ADFVR 2x; 使能TSEN;  
    FVRCON = 0xB2;  
}
```

例A-4: 初始化ADC

```

void ADCC_Initialize(void){
    // 将ADCC设置为用户界面中选择的选项
    // 禁止ADDSEN; ADGPOL digital_low; 禁止ADIPEN; ADPPOL VSS;
    ADCON1 = 0x00;
    // ADCRS 0; ADMD Basic_mode; 禁止ADACL; ADPSIS ADFLTR;
    ADCON2 = 0x00;
    // ADCALC单次测量的一阶微分; 禁止ADTMD; ADSOI ADGO未清零;
    ADCON3 = 0x00;
    // 禁止ADACT;
    ADACT = 0x00;
    // ADAOV ACC或ADERR未溢出;
    ADSTAT = 0x00;
    // ADCCS FOSC/128;
    ADCLK = 0x3F;//TAD为2μs
    // ADNREF VSS; ADPREF FVR;
    ADREF = 0x03;
    // ADCAP 0;
    ADCAP = 0x00;
    // ADPRE 0;
    ADPREH = 0x00;
    ADPREL = 0x00;
    // ADACQ 0C80 3200 Tcyc 50μs;
    ADACQH = 0x0C;
    ADACQL = 0x80;
    // ADPCH ANA0;
    ADPCH = 0x00;
    // ADRPT 4;
    ADRPT = 0x00;
    // ADLTHL 0;
    ADLTHL = 0x00;
    // ADLTHH 0;
    ADLTHH = 0x00;
    // ADUTHL 0;
    ADUTHL = 0x00;
    // ADUTHH 0;
    ADUTHH = 0x00;
    // ADSTPTL 0;
    ADSTPTL = 0x00;
    // ADSTPTH 0;
    ADSTPTH = 0x00;

    // ADGO停止; ADFM右对齐; 使能ADON; 禁止ADCONT; ADCS FOSC/ADCLK;
    ADCON0 = 0x84;
}

```

例A-5: 初始化UART (Fosc = 64 MHZ)

```

void UART_Initialize (void){
    U1BRGH = 0x01; // 初始化波特率; 波特率 = Fosc/[16(n+1)] n = 416
    U1BRGL = 0xA0;
    U1CON0bits.BRGS = 0; // BRG 正常速度模式
    U1CON0bits.MODE = 0b0000; // 异步8位模式
    U1CON1bits.ON = 1; // 使能串行端口
    U1CON0bits.TXEN = 1; // 使能发送
}

```

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点:

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信: 在正常使用的情况下, Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中 safest 的产品之一。
- 目前, 仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知, 所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下, 能访问您的软件或其他受版权保护的成果, 您有权依据该法案提起诉讼, 从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分, 因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为为您提供便利, 它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范, 是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保, 包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适用性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用, 一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时, 会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任, 并加以赔偿。除非另外声明, 在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗或以其他方式转让任何许可证。

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外, Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
= ISO/TS 16949 =**

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BeaconThings、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KEELOQ、KEELOQ 徽标、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、RightTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 Quiet-Wire 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouch 徽标、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2017, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-2073-6

全球销售及及服务网点

美洲

公司总部 **Corporate Office**
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://www.microchip.com/support>

网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

印第安纳波利斯 Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453
Tel: 1-317-536-2380

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608
Tel: 1-951-273-7800

罗利 Raleigh, NC
Tel: 1-919-844-7510

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110
Tel: 1-408-436-4270

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-695-1980
Fax: 1-905-695-2078

亚太地区

亚太总部 **Asia Pacific Office**
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2943-5100

Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115
Fax: 86-571-8792-8116

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-3326-8000
Fax: 86-21-3326-8021

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

亚太地区

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-3019-1500

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160
Fax: 81-6-6152-9310

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770
Fax: 81-3-6880-3771

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark - Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

芬兰 Finland - Espoo
Tel: 358-9-4520-820

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

法国 France - Saint Cloud
Tel: 33-1-30-60-70-00

德国 Germany - Garching
Tel: 49-8931-9700
德国 Germany - Haan
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Heilbronn
Tel: 49-7131-67-3636

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

德国 Germany - Rosenheim
Tel: 49-8031-354-560

以色列 Israel - Ra'anana
Tel: 972-9-744-7705

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

意大利 Italy - Padova
Tel: 39-049-7625286

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

挪威 Norway - Trondheim
Tel: 47-7289-7561

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚 Romania - Bucharest
Tel: 40-21-407-87-50

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典 Sweden - Gothenberg
Tel: 46-31-704-60-40

瑞典 Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820