

R7F0C010

R01AN1805CC0100

内置温度传感器的单点校准

Rev.1.00

2013.09.30

要点

本篇应用说明举例介绍了通过执行单点校准提高 R7F0C010 单片机内置温度传感器精度的方法。并提供了参考例程和测试数据。

对象 MCU

R7F0C010

本篇应用说明也适用于其他与上面所述的群具有相同 SFR（特殊功能寄存器）定义的产品。关于产品功能的改进，请参看手册中的相关信息。在使用本篇应用说明的程序前，需进行详细的评价。

那！

目录

1. 规格	3
2. 动作确认条件	4
3. 硬件说明	5
3.1 硬件配置示例	5
3.2 使用引脚一览	5
4. 原理说明	6
4.1 温度传感器的特性	6
4.2 传感器误差	7
5. 软件说明	8
5.1 操作概要	8
5.2 浮点运算处理	8
5.3 选项字节设置一览	9
5.4 常量一览	9
5.5 变量一览	9
5.6 函数一览	10
5.7 函数说明	10
5.8 流程图	12
5.9 测试结果	13
6. 参考例程	14
7. 参考文献	14
公司主页和咨询窗口	14

1. 规格

本篇应用说明介绍了使用单点校准的方法提升 R7F0C010 内置温度传感器测量温度的精度。

相关外围功能及用途，请参见“表 1.1”。

表 1.1 相关外围功能和用途

外围功能	用途
A/D 转换器	转换 R7F0C010 内置温度传感器的电压值输出
间隔定时器	控制更新温度的时间
P137/INTP0 P12/INTP4 P16/INTP5	按键输入(SW1,SW2,SW3)
P13 P15 P30 P31 P32 P33	控制 LCD 显示屏

相关内容请参考“3.硬件说明”中的“图 3.1 硬件配置框图”。

2. 动作确认条件

本应用说明中的参考例程，是在下面的条件下进行动作确认的。

表 2.1 动作确认条件

项目	内容
所用微控制器	R7F0C01072DNP
工作频率	高速内部振荡器（HOCO）时钟：32MHz CPU/外围功能时钟：32MHz
工作电压	5.0V（工作电压范围：2.9V~5.5V） LVD 工作模式（V _{LVI} ）：复位模式 2.81V（2.76V~2.87V）
集成开发环境	CubeSuite+ V1.00.01（瑞萨电子开发）
C 编译器	CA78K0R V1.20（瑞萨电子开发）

3. 硬件说明

3.1 硬件配置示例

本篇应用说明中使用的硬件配置框图，请参见“图 3.1”。

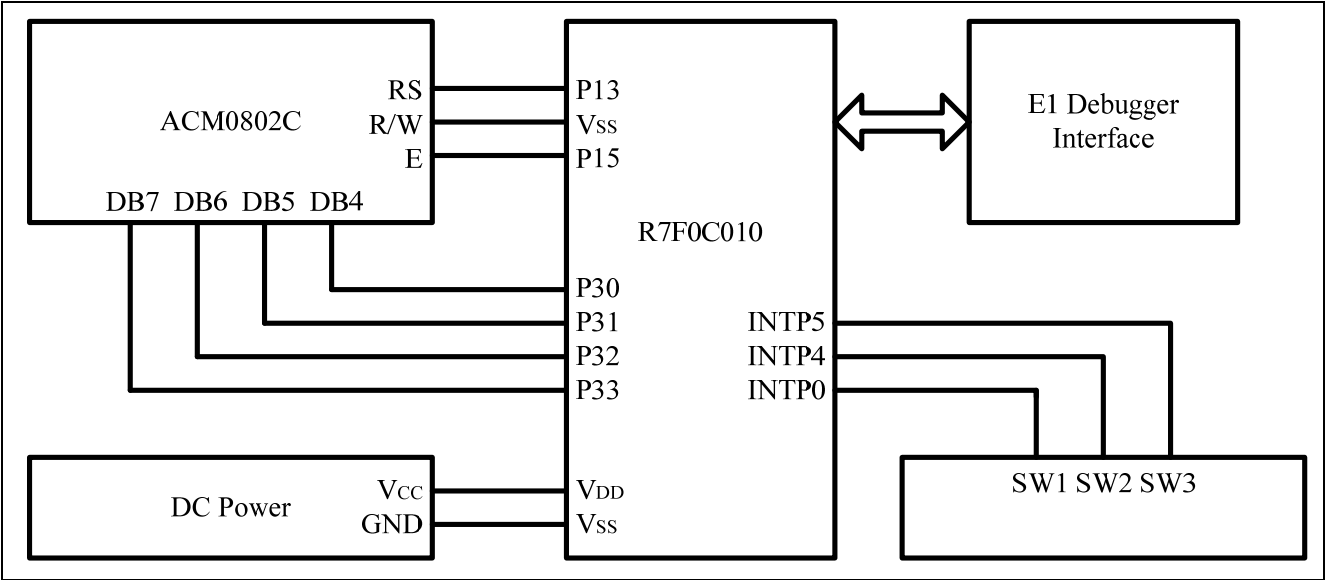


图 3.1 硬件配置框图

- 注意：1. 上述硬件配置图是为了表示硬件连接情况的简化图。在实际电路设计时，请注意根据系统具体要求进行适当的引脚处理，并满足电气特性的要求（输入专用引脚请注意分别通过电阻上拉到 V_{DD} 或是下拉到 V_{SS} ）。
2. 请将 V_{DD} 电压值保持在 LVD 设定的复位解除电压（ V_{LVI} ）以上。
3. 液晶型号为 ACM0802C，具体应用请参考相关手册。

3.2 使用引脚一览

使用的引脚及其功能，请参见“表 3.1”。

表 3.1 使用的引脚及其功能

引脚名	内容
VSS	连接 LCD 的 V_{SS} 引脚和 R/W 引脚，接地
VDD	连接 LCD 的 V_{DD} 引脚，提供+5V 电压
P13/TI00/TO00	连接 LCD 的 RS 引脚，用于寄存器选择
P15/PCLBUZ1	连接 LCD 的 E 引脚(Enable 引脚)
P30/INTP2/TxD0/TOOLTxD/SO00	连接 LCD 的 DB4 引脚，传输数据
P31/INTP1/RxD0/TOOLRxD/SI00	连接 LCD 的 DB5 引脚，传输数据
P32/INTP3/SCK00	连接 LCD 的 DB6 引脚，传输数据
P33/TI02/TO02/SSI00	连接 LCD 的 DB7 引脚，传输数据
P137/INTP0	连接 SW1，键中断输入
P12/TI03/TO03/INTP4/PCLBUZ0	连接 SW2，键中断输入
P16/TI01/TO01/INTP5	连接 SW3，键中断输入

4. 原理说明

R7F0C010 族 MCU 内置温度传感器提供一个与温度相对应的电压值，并由 A/D 转换模块监视。虽然温度传感器的温度-电压曲线十分线性，却存在一定的误差，需要一个校准值进行补偿。

4.1 温度传感器的特性

R7F0C010 族 MCU 内置温度传感器提供一个与温度相对应的电压值，25℃时标准输出电压值是 1.05V，传感器输出电压的变化规律是-3.6mV/℃，通过 A/D 转换器获得传感器输出电压值。R7F0C010 族 MCU 内部，还提供了内部基准电压，可以直接作为 A/D 的输入进行 A/D 转换。

A/D 转换器读出的温度传感器的值转换成温度的公式如下所示：

$$\text{Temp} = [\text{Vref} * (\text{ADCreading} / \text{ADCfull_scale}) - 25^{\circ}\text{CnominalVoltage}] / \text{Sensor_gain} + 25^{\circ}\text{C}$$

A/D 转换器使用 12 位分辨率，可以简化为：

$$\text{Temp} = [\text{Vref} * (\text{ADCreading} / 4096) - 1.05\text{V}] / (-3.6\text{mV}/^{\circ}\text{C}) + 25^{\circ}\text{C}$$

当转换内部基准电压时我们得到如下公式：

$$\text{ADCvolt} = \text{Vint}/\text{Vref} * 4096$$

其中，

ADCvolt: 当测量内部基准电压时，A/D 转换的结果

Vint: 内部基准电压 (额定 1.45V)

Vref: V_{DD}

当转换温度传感器时我们可以得到：

$$\text{ADCtemp} = \text{Vtemp}/\text{Vref} * 4096$$

其中，

ADCtemp: 当测量内置温度传感器时，A/D 转换的结果

Vtemp: 实际的温度传感电压值

Vref: V_{DD}

相除两个等式消除 Vref，得到新的关系式：

$$\text{Vtemp}/\text{ADCtemp} = \text{Vint}/\text{ADCvolt} \text{ 或 } \text{Vtemp} = (\text{Vint} * \text{ADCtemp})/\text{ADCvolt}$$

代入额定的电压值和温度值，得到最终等式为：

$$\text{Temperature} = [(1.45\text{V} * \text{ADCtemp}/\text{ADCvolt}) - 1.05\text{V}] / (-3.6\text{mV}) + 25^{\circ}\text{C}$$

因此，只要得到内部基准电压和温度传感器的 A/D 转换值，应用以上等式，就可计算出温度。

4.2 传感器误差

传感器通常存在三种误差：非线性误差，增益误差和偏移误差。对于非线性误差和增益误差，一般需要采用多点校正和辅助优化算法才能补偿。R7F0C010 族内置温度传感器输出的温度-电压曲线没有重大的非线性误差和增益误差，因而本篇应用说明采用单点校正，只针对偏移误差进行补偿。

温度传感器输出电压的斜率是正确的，但是与理想输出相比，存在“偏移误差”。“图 4.1”显示了一个带有正偏移的温度-电压输出曲线，也就是说，所得到的电压值高于理想值。

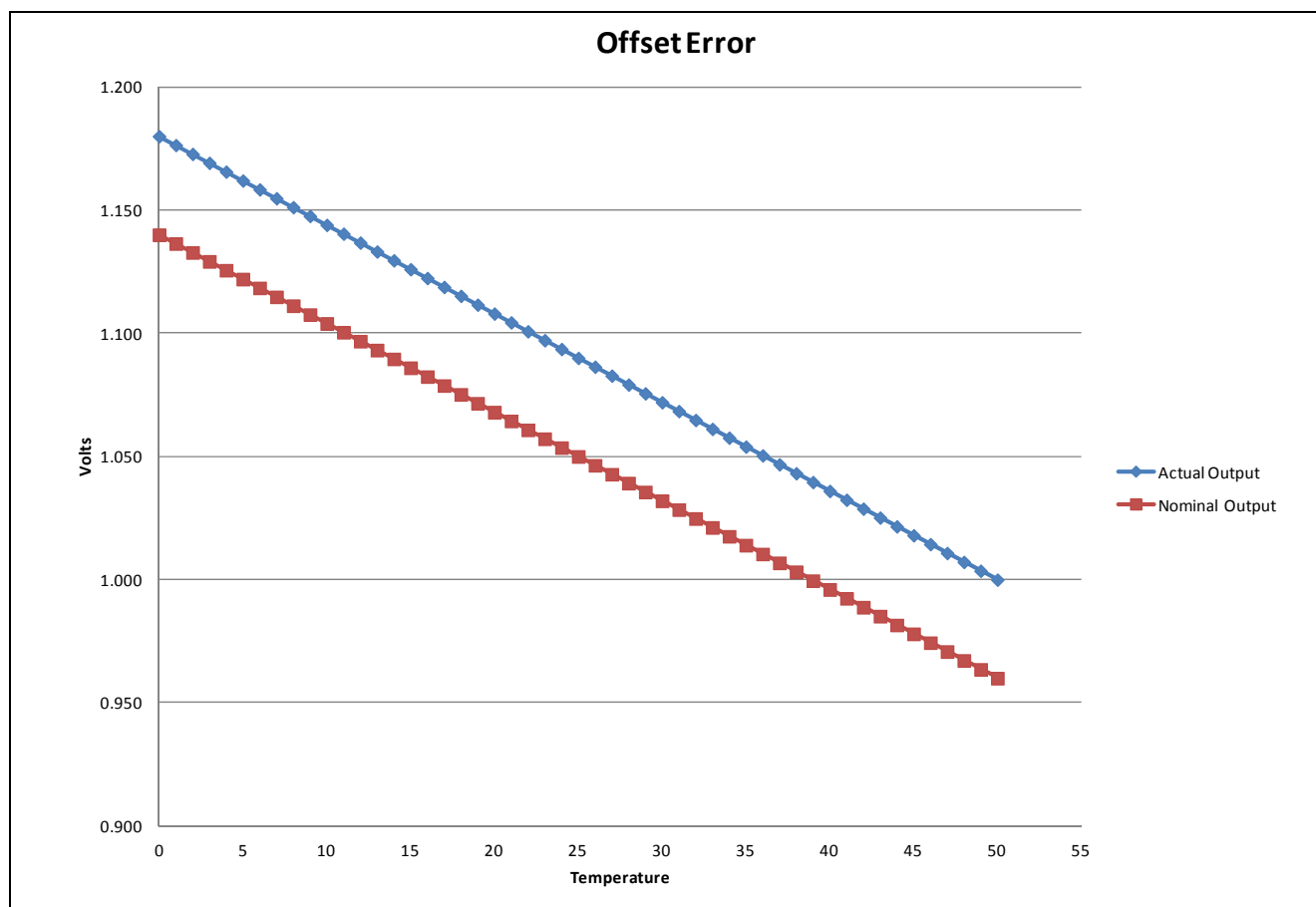


图 4.1 偏移误差

偏移误差可以通过使用单点校准的方法进行校准。由于偏移量是个常量，所以只需要测量一次，并把偏移量加到每个 A/D 转换得出的值。

决定偏移误差值有两种方法。第一种方法是强制系统到校准温度。如 25°C，一旦系统在这个温度达到稳定，读出传感器指示的温度，此温度与实际温度的差就是需要补偿的偏移量。这个是最常用的校准，因为它保证了测量参数稳定且在正常范围内。第二种方法是使系统在周围环境的温度下达到稳定，并测量环境的实际温度，与传感器读出的温度值比较，计算出需要补偿的偏移量。

5. 软件说明

5.1 操作概要

本篇应用说明介绍了使用单点校准的方法提高温度传感器的精度。

- (1) 系统初始化。初始化时钟、数据闪存、端口、边沿检测中断、A/D 转换模块和 LCD。
- (2) 更新校准变量。初始化设置完成之后，检查数据闪存中是否存有偏移补偿值。如果没有，获取温度传感器测得的温度值，用户利用 SW2 和 SW3 按键输入实际的温度值，按下 SW1 计算出偏移补偿值并存储在数据闪存中，更新校准变量，再次按下 SW1 退出校准模式进行实时监控温度模式。如果数据闪存中存有数据，可以同时按下 SW2 和 SW3，擦除数据闪存，重复以上操作，重新计算偏移补偿值并更新校准变量；也可以不做任何操作，那么直接应用数据闪存中已有的数据更新校准变量。
- (3) 计算温度值。分别对内部基准电压和温度传感器进行 16 次 A/D 转换并将转换值相加后取平均，使用浮点型或整型数据利用公式计算出温度值。
- (4) 对计算出的温度值进行平滑滤波。本次计算出的温度值加上 9 倍的上次平滑滤波后的温度值求平均得到本次平滑滤波后的温度值。
- (5) 计算出的温度值加上偏移补偿值。
- (6) 将温度值显示在 LCD 上。

5.2 浮点运算处理

R7F0C010 单片机拥有 12 位分辨率的 A/D 转换器，上文已经表明，可以使用以下公式计算温度值：

$$\text{Temperature} = [(1.45\text{V} * \text{ADCtemp}/\text{ADCvolt}) - 1.05\text{V}] / (-3.6\text{mV}) + 25^{\circ}\text{C}$$

尽管这个等式并不十分复杂，但是系统中需要使用浮点数，而 R7F0C010 单片机不具有硬件浮点单元模块，计算浮点数需要调用库函数，从而花费较长的时间。这种情况下，一般选择定点运算。参考例程中实现了浮点计算和定点计算，可以比较两者的执行时间和精度。定点计算的方法为，电压值放大 10000 倍，温度传感器的增益放大 10000 倍，这种方法使计算出的温度值放大了 10 倍，因此显示的分辨率可以追踪到 0.1 摄氏度。需要注意的是公式中的参考温度也被放大了 10 倍(250 代表 25℃)。部分参考代码如下所示：

```
#define SENSOR_REF_TEMP_SCALED (250)
#define INT_REF_V_SCALED (145000L)
#define INT_REF_TEMP_SCALED (105000L)
#define TEMP_SENSOR_GAIN_SCALED (36)

g_tempv_int = (int16_t) (((INT_REF_V_SCALED) * g_adc_temperature / g_adc_int_ref) -
(INT_REF_TEMP_SCALED));
g_measured_tempi = (unit16_t) (-(g_tempv_int/ (TEMP_SENSOR_GAIN_SCALED)) +
SENSOR_REF_TEMP_SCALED);
```

计算得出的结果为一个整数，表示温度值的十倍，这样计算比计算浮点速度快很多。在多数情况下，提高计算效率都是使用二进制的缩放，但是在这个例子里，是对常量进行缩放，不需要对结果再进行额外的缩放，所以放大 10 倍也没有影响。

5.3 选项字节设置一览

选项字节的设置，请参见“表 5.1”。

表 5.1 选项字节设置

地址	数值	内容
000C0H/010C0H	11100000B	看门狗定时器动作停止 (复位后，停止计数)
000C1H/010C1H	01111111B	LVD 复位模式 2.81V (2.76V~2.87V)
000C2H/010C2H	11101000B	HS 模式、HOCO: 32MHz
000C3H/010C3H	10000100B	允许片上调试

5.4 常量一览

参考例程中使用的常量，请参见“表 5.2”。

表 5.2 参考例程使用的常量

常量	设定值	内容
SET_BIT_HIGH	1H	置位
SET_BIT_LOW	0H	清零

5.5 变量一览

参考例程中使用的全局变量，请参见“表 5.3”。

表 5.3 全局变量

类型	变量名	内容	使用的函数
uint8_t	SW1	SW1 按键的状态	main() DoTempCal() KEY1_interrupt()
uint8_t	SW2	SW2 按键的状态	main() DoTempCal() KEY2_interrupt()
uint8_t	SW3	SW3 按键的状态	main() DoTempCal() KEY3_Interrupt()
uint8_t	g_adc_ConvertFlag	A/D 转换标识变量	main() IntervalTimer_Interrupt()
uint32_t	temp_cal_flash	存储校准值的变量	main() InitDataFlash()

5.6 函数一览

参考例程中使用的函数，请参见“表 5.4”。

表 5.4 函数

函数名	概要
DoTempCal()	计算偏移补偿值。
GetTemperature()	计算温度值。
AverageFilter()	平滑滤波。
DisplayTemperature()	在 LCD 上显示温度值。

5.7 函数说明

本节对参考例程中使用的函数进行说明。

[函数名] DoTempCal()

概要	计算偏移补偿值
头文件	macro.h app.h adc.h lcd.h
声明	int16_t DoTempCal (void)
说明	提示操作步骤计算偏移补偿值。每按下 SW2 一次增加 0.1℃，每按下 SW3 一次减小 0.1℃，按下 SW1 表明用户实际温度输入完成，然后保存数据。
参数	无
返回值	pfdl_u32 t_cal_offset: 偏移补偿值
参考	无

[函数名] GetTemperature ()

概要	计算温度值
头文件	macro.h app.h adc.h lcd.h
声明	uint16_t GetTemperature(void)
说明	分别读取 16 次内部温度传感器和内部参考电压的 A/D 转换值并求平均，计算出温度值。
参数	无
返回值	uint16_t g_measured_tempi: 计算出的温度值
参考	无

[函数名] AverageFilter()

概要	平滑滤波函数
头文件	macro.h app.h adc.h lcd.h
声明	uint16_t AverageFilter(uint16_t temp_avg, uint16_t tempi)
说明	对计算出的温度值进行平滑滤波。
参数	uint16_t temp_avg: 上次平滑滤波后的温度值 uint8_t tempi: 本次计算出的温度值
返回值	uint16_t temp: 本次平滑滤波后的温度值
参考	无

[函数名] DisplayTemperature()

概要	显示温度值
头文件	macro.h app.h adc.h lcd.h
声明	void DisplayTemperature(uint16_t temperature)
说明	在 LCD 上显示温度值
参数	uint16_t temperature: 温度值
返回值	无
参考	无

5.8 流程图

本篇应用说明中参考例程的整体流程，请参见“图 5.1”。

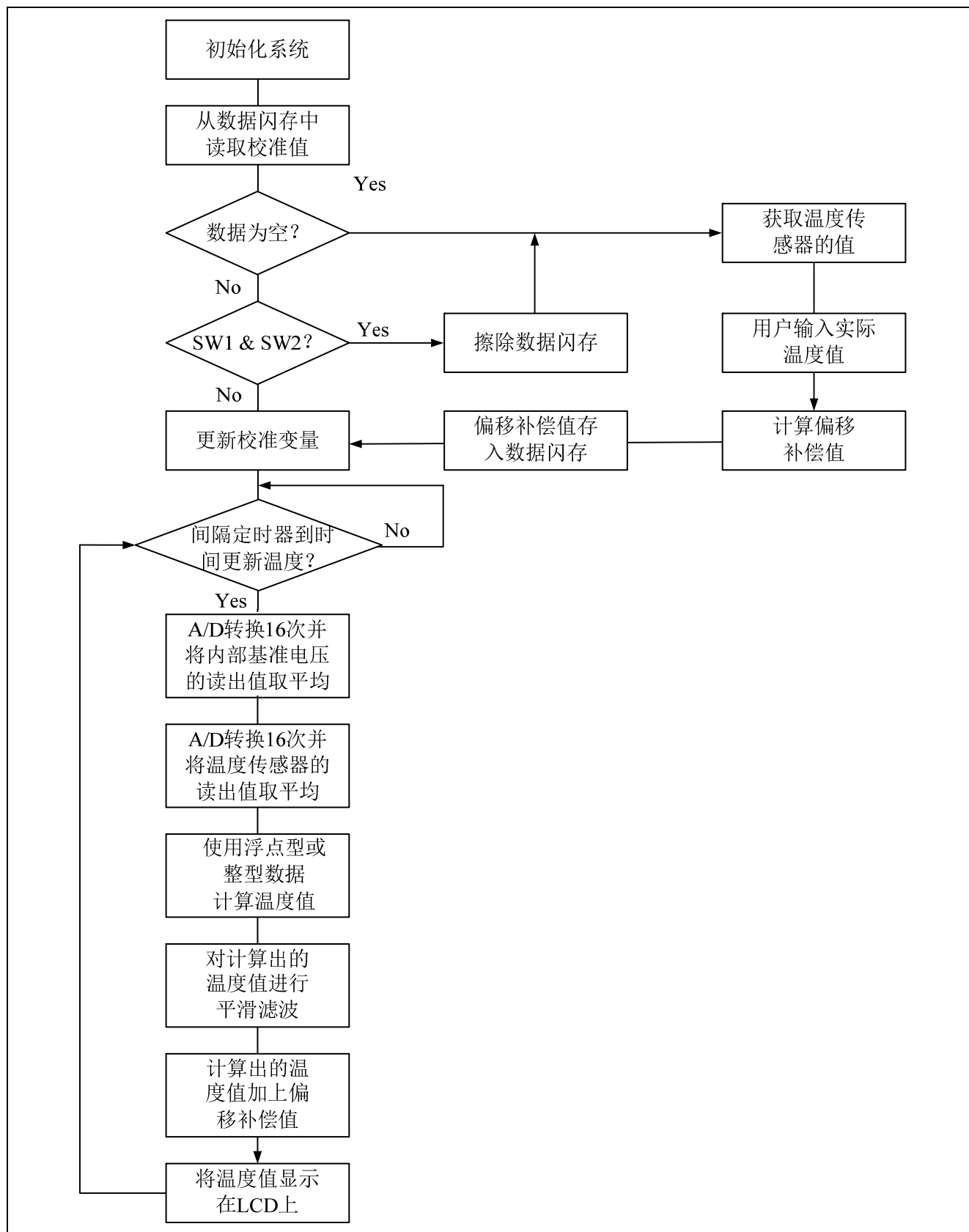


图 5.1 整体流程图

5.9 测试结果

使用参考例程和 R7F0C01072DNP 微控制器进行温度测量。在 0℃到 50℃之间，使用单点校准的方法后精度提高到±1℃。测试结果如下：

	校准值：-1.6℃						单位：℃				
实际温度值	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
测量温度值	2.6	7.4	12.2	17.1	21.8	26.6	31.6	36.4	41.5	46.4	51.2
校准温度值	1.0	5.8	10.6	15.5	20.2	25.0	30.0	34.8	39.9	44.8	49.6
误差	1.0	0.8	0.6	0.5	0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.4

此精度是在本公司特定标准 sample 的环境下测定出的结果，并非保证值，仅作为参考值使用。

6. 参考例程

参考例程请从瑞萨电子网页上取得。

7. 参考文献

R7F0C01072DNP, R7F0C010B2DFP-C 用户手册 硬件篇 Rev.1.00 (R01UH0422CJ0100)

RL78 family User's Manual: Software (R01US0015EJ0200 Rev.2.00)

(最新版本请从瑞萨电子网页上取得)

技术信息/技术更新

(最新信息请从瑞萨电子网页上取得)

公司主页和咨询窗口

瑞萨电子主页

- <http://cn.renesas.com/>

咨询

- <http://www.renesas.com/inquiry>
- contact.china@renesas.com

修订记录

Rev.	发行日	修订内容	
		页	要点
1.00	2013.10	—	初版发行

所有商标及注册商标均归其各自拥有者所有。

产品使用时的注意事项

本文对适用于单片机所有产品的“使用时的注意事项”进行说明。有关个别的使用时的注意事项请参照正文。此外，如果在记载上有与本手册的正文有差异之处，请以正文为准。

1. 未使用的引脚的处理

【注意】将未使用的引脚按照正文的“未使用引脚的处理”进行处理。

CMOS产品的输入引脚的阻抗一般为高阻抗。如果在开路的状态下运行未使用的引脚，由于感应现象，外加LSI周围的噪声，在LSI内部产生穿透电流，有可能被误认为是输入信号而引起误动作。未使用的引脚，请按照正文的“未使用引脚的处理”中的指示进行处理。

2. 通电时的处理

【注意】通电时产品处于不定状态。

通电时，LSI内部电路处于不确定状态，寄存器的设定和各引脚的状态不定。通过外部复位引脚对产品进行复位时，从通电到复位有效之前的期间，不能保证引脚的状态。

同样，使用内部上电复位功能对产品进行复位时，从通电到达到复位产生的一定电压的期间，不能保证引脚的状态。

3. 禁止存取保留地址（保留区）

【注意】禁止存取保留地址（保留区）

在地址区域中，有被分配将来用作功能扩展的保留地址（保留区）。因为无法保证存取这些地址时的运行，所以不能对保留地址（保留区）进行存取。

4. 关于时钟

【注意】复位时，请在时钟稳定后解除复位。

在程序运行中切换时钟时，请在要切换成的时钟稳定之后进行。复位时，在通过使用外部振荡器（或者外部振荡电路）的时钟开始运行的系统中，必须在时钟充分稳定后解除复位。另外，在程序运行中，切换成使用外部振荡器（或者外部振荡电路）的时钟时，在要切换成的时钟充分稳定后再进行切换。

5. 关于产品间的差异

【注意】在变更不同型号的产品时，请对每一个产品型号进行系统评价测试。

即使是同一个群的单片机，如果产品型号不同，由于内部ROM、版本模式等不同，在电特性范围内有时特性值、动作容限、噪声耐量、噪声辐射量等不同。因此，在变更不同型号的产品时，请对每一个型号的产品进行系统评价测试。

Notice

1. Descriptions of circuits, software and other related information in this document are provided only to illustrate the operation of semiconductor products and application examples. You are fully responsible for the incorporation of these circuits, software, and information in the design of your equipment. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from the use of these circuits, software, or information.
 2. Renesas Electronics has used reasonable care in preparing the information included in this document, but Renesas Electronics does not warrant that such information is error free. Renesas Electronics assumes no liability whatsoever for any damages incurred by you resulting from errors in or omissions from the information included herein.
 3. Renesas Electronics does not assume any liability for infringement of patents, copyrights, or other intellectual property rights of third parties by or arising from the use of Renesas Electronics products or technical information described in this document. No license, express, implied or otherwise, is granted hereby under any patents, copyrights or other intellectual property rights of Renesas Electronics or others.
 4. You should not alter, modify, copy, or otherwise misappropriate any Renesas Electronics product, whether in whole or in part. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from such alteration, modification, copy or otherwise misappropriation of Renesas Electronics product.
 5. Renesas Electronics products are classified according to the following two quality grades: "Standard" and "High Quality". The recommended applications for each Renesas Electronics product depends on the product's quality grade, as indicated below.
"Standard": Computers; office equipment; communications equipment; test and measurement equipment; audio and visual equipment; home electronic appliances; machine tools; personal electronic equipment; and industrial robots etc.
"High Quality": Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.); traffic control systems; anti-disaster systems; anti-crime systems; and safety equipment etc.
Renesas Electronics products are neither intended nor authorized for use in products or systems that may pose a direct threat to human life or bodily injury (artificial life support devices or systems, surgical implantations etc.), or may cause serious property damages (nuclear reactor control systems, military equipment etc.). You must check the quality grade of each Renesas Electronics product before using it in a particular application. You may not use any Renesas Electronics product for any application for which it is not intended. Renesas Electronics shall not be in any way liable for any damages or losses incurred by you or third parties arising from the use of any Renesas Electronics product for which the product is not intended by Renesas Electronics.
 6. You should use the Renesas Electronics products described in this document within the range specified by Renesas Electronics, especially with respect to the maximum rating, operating supply voltage range, movement power voltage range, heat radiation characteristics, installation and other product characteristics. Renesas Electronics shall have no liability for malfunctions or damages arising out of the use of Renesas Electronics products beyond such specified ranges.
 7. Although Renesas Electronics endeavors to improve the quality and reliability of its products, semiconductor products have specific characteristics such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Further, Renesas Electronics products are not subject to radiation resistance design. Please be sure to implement safety measures to guard them against the possibility of physical injury, and injury or damage caused by fire in the event of the failure of a Renesas Electronics product, such as safety design for hardware and software including but not limited to redundancy, fire control and malfunction prevention, appropriate treatment for aging degradation or any other appropriate measures. Because the evaluation of microcomputer software alone is very difficult, please evaluate the safety of the final products or systems manufactured by you.
 8. Please contact a Renesas Electronics sales office for details as to environmental matters such as the environmental compatibility of each Renesas Electronics product. Please use Renesas Electronics products in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. Renesas Electronics assumes no liability for damages or losses occurring as a result of your noncompliance with applicable laws and regulations.
 9. Renesas Electronics products and technology may not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable domestic or foreign laws or regulations. You should not use Renesas Electronics products or technology described in this document for any purpose relating to military applications or use by the military, including but not limited to the development of weapons of mass destruction. When exporting the Renesas Electronics products or technology described in this document, you should comply with the applicable export control laws and regulations and follow the procedures required by such laws and regulations.
 10. It is the responsibility of the buyer or distributor of Renesas Electronics products, who distributes, disposes of, or otherwise places the product with a third party, to notify such third party in advance of the contents and conditions set forth in this document. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties as a result of unauthorized use of Renesas Electronics products.
 11. This document may not be reproduced or duplicated in any form, in whole or in part, without prior written consent of Renesas Electronics.
 12. Please contact a Renesas Electronics sales office if you have any questions regarding the information contained in this document or Renesas Electronics products, or if you have any other inquiries.
- (Note 1) "Renesas Electronics" as used in this document means Renesas Electronics Corporation and also includes its majority-owned subsidiaries.
(Note 2) "Renesas Electronics product(s)" means any product developed or manufactured by or for Renesas Electronics.

以下"注意事项"为从英语原稿翻译的中文译文，仅作参考译文，英文版的"Notice"具有正式效力。

注意事项

1. 本文件中所记载的关于电路、软件和其他相关信息仅用于说明半导体产品的操作和应用实例。用户如在设备设计中应用本文件中的电路、软件 and 相关信息，请自行负责。对于用户或第三方因使用上述电路、软件或信息而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
 2. 在准备本文件所记载的信息的过程中，瑞萨电子已尽量做到合理注意，但是，瑞萨电子并不保证这些信息都是准确无误的。用户因本文件中所记载的信息的错误或遗漏而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
 3. 对于因使用本文件中的瑞萨电子产品或技术信息而造成的侵权行为或因此而侵犯第三方的专利、版权或其他知识产权的行为，瑞萨电子不承担任何责任。本文件所记载的内容不应视为对瑞萨电子或其他人所有的专利、版权或其他知识产权作出任何明示、默示或其它方式的许可及授权。
 4. 用户不得更改、修改、复制或著以其他方式部分或全部地非法使用瑞萨电子的任何产品。对于用户或第三方因上述更改、修改、复制或其他方式非法使用瑞萨电子产品的行为而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
 5. 瑞萨电子产品根据其质量等级分为两个等级：“标准等级”和“高质量等级”。每种瑞萨电子产品的推荐用途均取决于产品的质量等级，如下所示：
标准等级： 计算机、办公设备、通讯设备、测试和测量设备、视听设备、家用电器、机械工具、个人电子设备以及工业机器人等。
高质量等级： 运输设备（汽车、火车、轮船等）、交通控制系统、防灾系统、预防犯罪系统以及安全设备等。
瑞萨电子产品无意用于且未被授权用于可能对人类生命造成直接威胁的产品或系统及可能造成人身伤害的产品或系统（人工生命维持装置或系统、植埋于体内的装置等）中，或者可能造成重大财产损失的产品或系统（核反应堆控制系统、军用设备等）中。在将每种瑞萨电子产品用于某种特定应用之前，用户应先确认其质量等级。不得将瑞萨电子产品用于超出其设计用途之外的任何应用。对于用户或第三方因将瑞萨电子产品用于其设计用途之外而遭受的任何损害或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
 6. 使用本文件中记载的瑞萨电子产品时，应在瑞萨电子指定的范围内，特别是在最大额定值、电源工作电压范围、移动电源电压范围、热辐射特性、安装条件以及其他产品特性的范围内使用。对于在上述指定范围之外使用瑞萨电子产品而产生的故障或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
 7. 虽然瑞萨电子一直致力于提高瑞萨电子产品的质量和可靠性，但是，半导体产品有其自身的具体特性，如一定的故障发生率以及在某些使用条件下会发生故障等。此外，瑞萨电子产品均未进行防辐射设计。所以请采取安全保护措施，以避免当瑞萨电子产品在发生故障而造成火灾时导致人身事故、伤害或损害的事故。例如进行软硬件安全设计（包括但不限于冗余设计、防火控制以及故障预防等）、适当的老化处理或其他适当的措施等。由于难于对微机电软件单独进行评估，所以请用户自行对最终产品或系统进行安全评估。
 8. 关于环境保护方面的详细内容，例如每种瑞萨电子产品的环境兼容性等，请与瑞萨电子的营业部门联系。使用瑞萨电子产品时，请遵守对管制物质的使用或含量进行管理的所有相关法律法规（包括但不限于《欧盟RoHS指令》）。对于因用户未遵守相应法律法规而导致的损害或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
 9. 不可将瑞萨电子产品和技术用于或者嵌入日本国内或海外相应的法律法规所禁止生产、使用及销售的任何产品或系统中。也不可将本文件中记载的瑞萨电子产品或技术用于与军事应用或者军事用途有关的项目的（如大规模杀伤性武器的开发等）。在将本文件中记载的瑞萨电子产品或技术进行出口时，应当遵守相应的出口管制法律法规，并按照上述法律法规所规定的程序进行。
 10. 向第三方分销或处分产品或者以其他方式将产品置于第三方控制之下的瑞萨电子产品买方或分销商，有责任事先向上述第三方通知本文件规定的内容和条件；对于用户或第三方因非法使用瑞萨电子产品而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
 11. 在事先未得到瑞萨电子书面认可的情况下，不得以任何形式部分或全部转载或复制本文件。
 12. 如果对本文件所记载的信息或瑞萨电子产品有任何疑问，或者用户有任何其他疑问，请向瑞萨电子的营业部门咨询。
- (注1) 瑞萨电子：在本文件中指瑞萨电子株式会社及其控股子公司。
(注2) 瑞萨电子产品：指瑞萨电子开发或生产的任何产品。



SALES OFFICES

Renesas Electronics Corporation

<http://www.renesas.com>

Refer to "http://www.renesas.com/" for the latest and detailed information.

Renesas Electronics America Inc.
2880 Scott Boulevard Santa Clara, CA 95050-2554, U.S.A.
Tel: +1-408-588-6000, Fax: +1-408-588-6130

Renesas Electronics Canada Limited
1101 Nicholson Road, Newmarket, Ontario L3Y 9C3, Canada
Tel: +1-905-898-5441, Fax: +1-905-898-3220

Renesas Electronics Europe Limited
Dukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, SL8 5FH, U.K
Tel: +44-1628-651-700, Fax: +44-1628-651-804

Renesas Electronics Europe GmbH
Arcadiastrasse 10, 40472 Düsseldorf, Germany
Tel: +49-211-65030, Fax: +49-211-6503-1327

Renesas Electronics (China) Co., Ltd.
7th Floor, Quantum Plaza, No.27 ZhiChunLu Haidian District, Beijing 100083, P.R.China
Tel: +86-10-8235-1155, Fax: +86-10-8235-7679

Renesas Electronics (Shanghai) Co., Ltd.
Unit 204, 205, AZIA Center, No.1233 Lujiazui Ring Rd., Pudong District, Shanghai 200120, China
Tel: +86-21-5877-1818, Fax: +86-21-5887-7858 / -7898

Renesas Electronics Hong Kong Limited
Unit 1601-1613, 16/F., Tower 2, Grand Century Place, 193 Prince Edward Road West, Mongkok, Kowloon, Hong Kong
Tel: +852-2886-9318, Fax: +852-2886-9022/9044

Renesas Electronics Taiwan Co., Ltd.
13F, No. 363, Fu Shing North Road, Taipei, Taiwan
Tel: +886-2-8175-9800, Fax: +886-2-8175-9870

Renesas Electronics Singapore Pte. Ltd.
80 Bendemeer Road, Unit #09-02 Hyflux Innovation Centre Singapore 339949
Tel: +65-6213-0200, Fax: +65-6213-0300

Renesas Electronics Malaysia Sdn.Bhd.
Unit 906, Block B, Menara Amcorp, Amcorp Trade Centre, No. 18, Jin Persiaran Barat, 46050 Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
Tel: +60-3-7955-9390, Fax: +60-3-7955-9510

Renesas Electronics Korea Co., Ltd.
11F., Samik Lawied' or Bldg., 720-2 Yeoksam-Dong, Kangnam-Ku, Seoul 135-080, Korea
Tel: +82-2-558-3737, Fax: +82-2-558-5141