

## BQ769x2 温度采样配置及其温度模型系数计算

厉梦溪 Jayden Li / 檀瑞安 Ryan Tan

FAE East China / SE PDS

### ABSTRACT

BQ769x2 是 TI 新一代的多串数模拟前端 (Analog Front End, AFE) 芯片。因为其具有采样精度高, 集成高边驱动, 功耗小, 保护功能丰富, 支持乱序上电, 最高支持 16S 电池, 均衡能力强等诸多优点而被广泛应用在电动两轮车, 电动工具, 储能等多种应用的 BMS 方案中。温度对于锂电池的容量, 寿命, 电量 (State Of Charge, SOC) 计算以及安全等都有着重要影响, 因此对 AFE 的温度采样通道数的需求越来越高, BQ769x2 提供了 9 路温度采样以及 1 路内部温度采样, 丰富的温度采样资源极大满足了用户对于温度监控的需求。因 BQ769x2 内置不同温度模型, 支持应用不同类型的热敏电阻, 为方便用户理解和使用, 本文将简要介绍 BQ769x2 的温度采样功能及其使用配置, 以及针对不同型号热敏电阻, 使用 TI 提供的热敏电阻温度优化器计算热敏电阻系数的使用说明。

### Contents

|          |                             |          |
|----------|-----------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>BQ76952 温度采样配置</b> ..... | <b>2</b> |
| 1.1      | BQ76952 温度采样简介 .....        | 2        |
| 1.1.1    | 内置温度采样 .....                | 2        |
| 1.1.2    | 外部温度采样 .....                | 2        |
| 1.2      | 温度采样配置 .....                | 3        |
| 1.2.1    | 引脚功能配置 .....                | 3        |
| 1.2.2    | 温度模型的选择 .....               | 3        |
| 1.2.3    | 温度采样用途选择 .....              | 4        |
| <b>2</b> | <b>温度模型及其系数计算</b> .....     | <b>4</b> |
| 2.1      | 温度模型 .....                  | 4        |
| 2.2      | 系数计算 .....                  | 5        |
| <b>3</b> | <b>参考文献</b> .....           | <b>8</b> |

### Figures

|                  |  |          |
|------------------|--|----------|
| <b>Figure 1.</b> | <b>外部温度采样示意图</b> .....                                 | <b>2</b> |
| <b>Figure 2.</b> | <b>config.txt 示例</b> .....                             | <b>5</b> |
| <b>Figure 3.</b> | <b>返回报告文件</b> .....                                    | <b>7</b> |
| <b>Figure 4.</b> | <b>GPC_report 内容示例</b> .....                           | <b>7</b> |
| <b>Figure 5.</b> | <b>Calculated_vs_Actual_Temperature.PNG 内容示例</b> ..... | <b>8</b> |

## 1 BQ769x2 温度采样配置

### 1.1 BQ769x2 温度采样简介

温度在锂电池的容量，寿命，电量 (State Of Charge, SOC) 计算以及安全等方面都扮演着极其重要的角色，因此电池管理系统 (Battery Management System, BMS) 需要对锂电池组的温度进行实时的检测与监控，根据采集到的温度采取对应的动作，如当充电过程中，温度过高超过设定阈值时，BMS 需要关断充电 FET。而对于中大型的锂电池组，因为电芯数量较多，单个温度采样点很难采集到电池包的最恶劣温度情况，因此需要更多温度采样通道分布在电池包不同位置以更精确采集到电池包内部不同位置电芯的温度。

BQ769x2 作为 TI 新一代的模拟前端 (Analog Front End, AFE)，拥有非常丰富的温度采样资源，包括 1 路内部温度采样，以及最多可支持 9 路外部温度采样。

#### 1.1.1 内置温度采样

BQ769x2 集成了 1 路内部温度采样。通过配置，该内部温度采样的结果既可以作为电池温度，也可以作为 FET 温度。

#### 1.1.2 外部温度采样

BQ769x2 通过配置多功能引脚 (TS1, TS2, TS3, CFETOFF, DFETOFF, ALERT, HDQ, DCHG, and DDSG) 为温度采样功能，最多可以支持 9 路外部温度采样。如 Figure 1 所示。

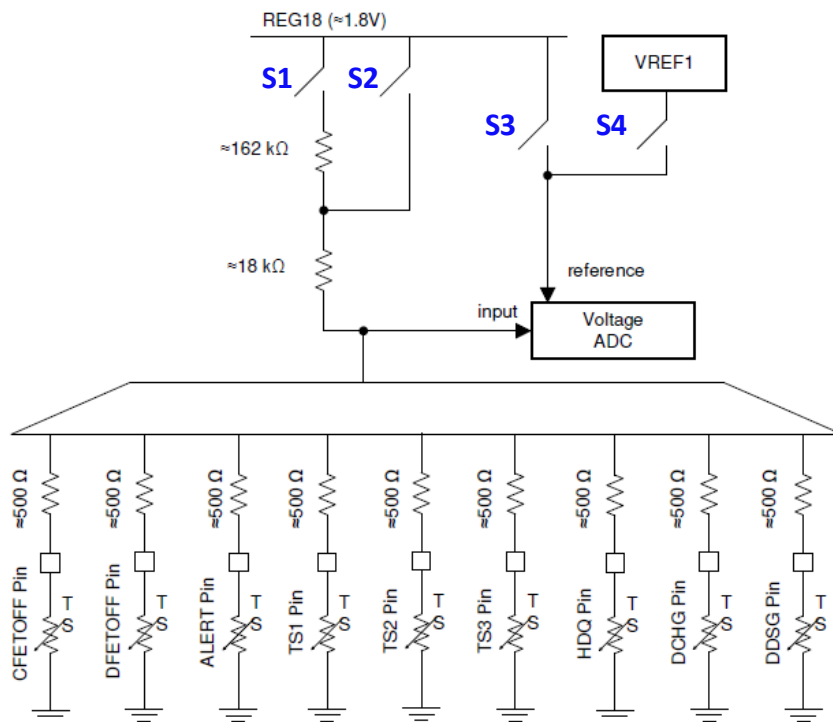


Figure 1. 外部温度采样示意图

为匹配不同类型的热敏电阻，最大化利用 ADC 的范围，提高温度采样精度，BQ769x2 的温度采样提供了两个不同的上拉电阻，通过控制 Figure 1 内所示的 S1 和 S2，可分别实现 18kΩ 和 180kΩ 的上拉电阻。例如，对于 10kΩ@25C 的热敏电阻，推荐选择 18K 上拉电阻，对于 200kΩ@25C 的热敏电阻推荐选择 180K 上拉电阻。

## 1.2 温度采样配置

### 1.2.1 引脚功能配置

如上文所说，TS1, TS2, TS3, CFETOFF, DFETOFF, ALERT, HDQ, DCHG, and DDSG 均为多功能引脚，因此为实现温度采样，需首先将对应引脚配置成温度采样功能。本文以 TS1 脚为例介绍温度采样的配置。通过配置 **Settings:Configuration:TS1 Pin Config [PIN\_FXN1:0]** 可进行引脚功能选择，如下表所示，通过将 **Settings:Configuration:TS1 Pin Config [PIN\_FXN1:0]** 配置为[1, 1]则可以将 TS1 Pin 配置为温度采样功能。

**Table 1. 多功能引脚功能选择**

| PIN_FXN1 | PIN_FXN0 | Pin Function   |
|----------|----------|--|
| 0        | 0        | Pin is used for communications, or not used at all.      |
| 0        | 1        | General purpose digital output (GPO)                     |
| 1        | 0        | Alternate function (ALT)                                 |
| 1        | 1        | Thermistor measurement or general purpose ADC input (AD) |

### 1.2.2 温度模型的选择

通过设置 **Settings:Configuration:TS1 Pin Config [OPT5:4]** 可选择 Figure 1 所示的上拉电阻。若配置为[0,0]，则 S2 导通，上拉电阻为 18 kΩ。若配置为[0,1]，则 S1 导通，上拉电阻为 180 kΩ。若配置为[1,0]，则 S1, S2 均关断，没有上拉电阻，作为外部电压的 ADC 采样用。如果内部模型不能准确适配所用热敏电阻(比如 PTC)，则可以使用 ADC 模式并配合 MCU 进行温度计算。

**Table 2. 上拉电阻选择**

| OPT5 | OPT4 | Pull-up control                                   |
|------|------|---|
| 0    | 0    | Selects 18 kΩ pull-up for thermistor measurement  |
| 0    | 1    | Selects 180 kΩ pull-up for thermistor measurement |
| 1    | 0    | Selects no pull-up (used for ADCIN)               |
| 1    | 1    | -   |

通过设置 **Settings:Configuration:TS1 Pin Config [OPT3:2]** 可选择 18K 温度模型，180K 温度模型等。

**Table 3. 温度模型选择**

| OPT3 | OPT2 | Polynomial selection               |
|------|------|------------------------------------|
| 0    | 0    | Calibration: 18K Temperature Model |

|   |   |  |
|---|---|--|
| 0 | 1 | Calibration: 180K Temperature Model                |
| 1 | 0 | Calibration: Custom Temperature Model              |
| 1 | 1 | No polynomial is used, raw ADC counts are reported |

补充说明：需要注意的是，这里的三种温度模型其实本质是一样的，只是名字上的区别。只是一般习惯上，我们会选择使用 18 kΩ 上拉电阻的通道的温度系数填写入 18K 温度模型，选择使用 180 kΩ 上拉电阻的通道的温度系数填写入 180K 温度模型，方便区分。但实际上可以不受名称的约束，例如用户在使用中选择了三种不同型号的 NTC，并且都选择了 18 kΩ 的上拉电阻，经过计算，可以得到三组对应不同的多项式系数，则可以分别填入以上三个温度模型，实现应用三种不同型号热敏电阻在同一系统中。

### 1.2.3 温度采样位置选择

在一个电池系统中，由于电芯和 FETs 的发热程度不一致，对温度的耐受程度也不一致，例如锂电池的温度范围通常在 -20~60C，FET 的温度范围则可以达到 -55~125C，因此 BMS 需要对电芯和充放电 FETs 分别进行温度监控和保护。通过设置 **Settings:Configuration:TS1 Pin Config [OPT1:0]** 可选择 TS1 温度采样位置以适配不同的保护阈值，如 Table 4 所示。其他 Pin 脚配置方式一致。

**Table 4. 温度采样用途选择**

| OPT1 | OPT0 | Measurement position selection  |
|------|------|---|
| 0    | 0    | General purpose ADC input   |
| 0    | 1    | Thermistor temperature measurement, used for cell temperature protections |
| 1    | 0    | Thermistor temperature measurement, reported but not used for protections |
| 1    | 1    | Thermistor temperature measurement, used for FET temperature protection   |

## 2 温度模型及其系数计算

至此，关于温度采样的所有配置已经基本完成，只剩下关于温度模型的系数计算。关于该系数的计算，TI 提供了专门的 GPC 工具，用于优化计算热敏电阻系数，用户只需将上传一些基本信息即可，本节将具体介绍温度系数计算工具的使用步骤。

### 2.1 温度模型

BQ76952 内部是使用多项式拟合的方式实现将 ADC 得到的电压信息转化为温度信息的。该模型可以用如下等式抽象表示：

$$T = f(A1 - A5, B1 - B4, Adc0, R)$$

其中，

A1-A5 分别对应 **Calibration:18(0)K Temperature Model:Coeff a1-a5**

B1-B4 分别对应 **Calibration:18(0)K Temperature Model:Coeff b1-b4**

Adc0 对应 **Calibration:18(0)K Temperature Model:Adc0**

R 对应所选择的上拉电阻阻值: **18K 或者 180K**

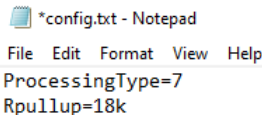
## 2.2 系数计算

BQ76952 对于 18K 温度模型提供了与 Semitec 103-AT 匹配的多项式系数，因此若使用 Semitec 103-AT 或温度曲线与之一致的热敏电阻做温度采样时，按照上级所属选择 18K 温度模型即可，无需重新配置多项式系数。

同样，对于 180K 温度模型提供了与 Semitec 204AP-2 匹配的多项式系数，因此若使用 Semitec 204AP-2 或温度曲线与之一致的热敏电阻做温度采样时，按照上级所属选择 180K 温度模型即可，无需重新配置多项式系数。

而对于选择其他温度-电阻特性曲线不一致的热敏电阻，TI 则提供了专用的计算工具用于多项式系数的计算。该工具通过上传两个符合规范的 txt 文档至该工具的网页即可得到计算后的温度系数。

文档一: config.txt



```
*config.txt - Notepad
File Edit Format View Help
ProcessingType=7
Rpullup=18k
```

**Figure 2. config.txt 示例**

如 Figure 2 所示为 config.txt 文档中所包含的内容示例。其中，第一行表示所选工具类型，因为该 GPC 系列含有若干种工具，如用于 TI 电量计的 GPCRA, GPCRB 工具等，均共用该系统，因此为方便系统识别该数据是用于 BQ769x2 温度系数计算，规定该处理类型为 7。第二行为上拉电阻的选择，若使用的是室温 10k 的热敏电阻，则输入 Rpullup=18k，而若使用的是室温 200k 的热敏电阻，则输入 Rpullup=180k。

文档二: thermistor.txt

以下为示例。

```
# Resistances (Ohms)
200800
152900
117200
90510
70400
55140
43510
34570
27660
22280
18070
14740
```

12110  
10000  
8307  
6938  
5824  
4913  
4164  
3543  
3028  
2597  
2235  
1930  
1671  
1452  
1264  
1104  
966  
848  
746  
657

# Temperatures (degreesC)

-40  
-35  
-30  
-25  
-20  
-15  
-10  
-5  
0  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90

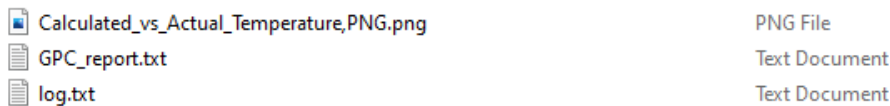
|     |
|-----|
| 95  |
| 100 |
| 105 |
| 110 |
| 115 |

thermistor.txt 包含了所选热敏电阻的阻值和温度信息，并且一一对应。用户在使用时须注意格式顺序与上述示例保持一致。

将 config.txt 和 thermistor.txt 两个文档压缩为.zip 文件，上传至以下链接：

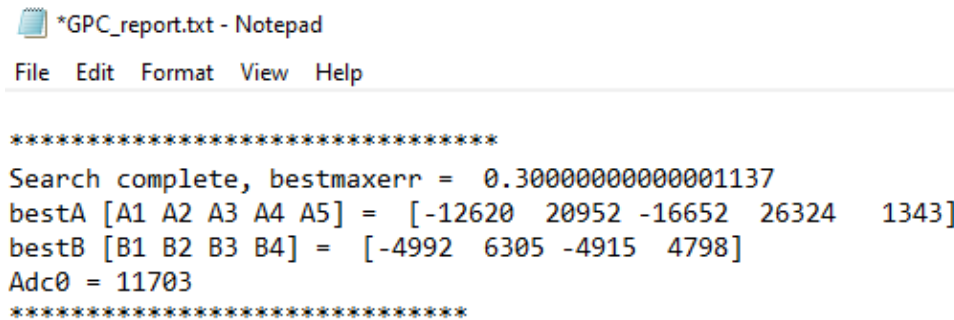
<https://www.ti.com/powercalculator/docs/gpc/gpcUpload.tsp>

上传后，若上传格式或内容有误，用户将收到一封提示邮件，用户需按照邮件提示对所上传文件进行修改后再重新进行上传。若上传文件符合要求，用户将在几分钟后收到一封邮件，解压附件报告将得到三个文档，如 Figure 3 所示。



**Figure 3. 返回报告文件**

其中，GPC\_report.txt 内容如 Figure 4 所示。



**Figure 4. GPC\_report 内容示例**

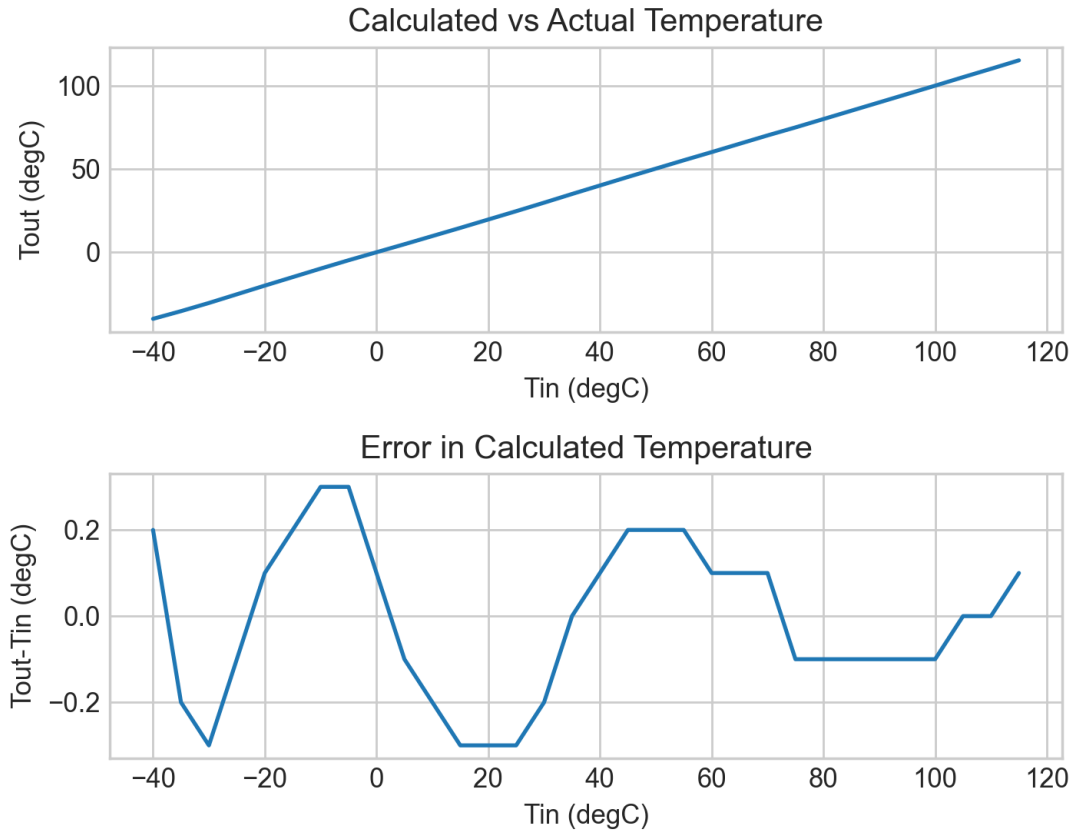
其中，bestA [A1 A2 A3 A4 A5] 分别对应 Calibration:18K Temperature Model:Coeff a1-a5 的值，

bestB [B1 B2 B3 B4] 分别对应 Calibration:18K Temperature Model:Coeff b1-b4 的值，

Adc0 则对应 Calibration:18K Temperature Model:Adc0 的值，将它们分别写入即可。

bestmaxerr 则是基于以上优化系数所拟合出来的温度与实际温度的最大误差。

Calculated\_vs\_Actual\_Temperature.PNG.png 为拟合温度与实际温度对比曲线，如 Figure 5 所示。其中 Tin 为实际温度，Tout 为模型拟合温度。通过该曲线可以了解不同温度下拟合值与温度阻抗表的误差。



**Figure 5. Calculated\_vs\_Actual\_Temperature.PNG 内容示例**

Log.txt 文档则记录了 GPC 工具迭代拟合温度系数的过程，用户不需要过多关注。

至此便完成了所有的配置，只需要再进行校正即可。

### 3 参考文献

1. BQ76952 3-Series to 16-Series High Accuracy Battery Monitor and Protector for Li-Ion, Li-Polymer, and LiFePO4 Battery Packs datasheet (SLUSE13A)
2. BQ76952 Technical Reference Manual (SLUUBY2A)
3. BQ76952 Evaluation Module User Guide (SLUCC33A)
4. Guide to Thermistor Coefficient Calculator Tool - BQ769x2
5. BQ769x2 Calibration and OTP Programming Guide



## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司