

BQ27411 量产时电流校准方式

张楚涛

BQ27411 产品技术支持

摘要

BQ27411 系列是 TI 基于 ROM 的电量计，相对于 BQ27541/BQ27545 等基于 Flash 的电量计，BQ27411 使用 OTP (One Time Program 单次编程) 方式把参数烧到芯片 ROM 里。

本文介绍了 BQ27411 的两种电流校准方式：手动电流校准方式和自动电流校准方式。手动电流校准方式适用于研发阶段或少量样品制样。自动电流校准方式适用于批量生产。

目录

1, BQ27411 电流校准简介	2
2, 手动电流校准方式	2
2.1, 手动电流校准方式实例	2
2.2, 手动电流校准精度验证	5
3, 自动电流校准方式	5
4, 总结	7
参考文档	7

图

图一：电流校准前测得的电流	2
图二：原始数据的获取	3
图三：写入新的 CC Gain 和 CC Delta	4
图四：手动电流校准后测得的电流	5

表

表一：手动电流校准精度验证	5
表二：CC Gain 计算实例	6

1, BQ27411 电流校准简介

BQ27411 默认使用 10mOhm 的电流检测电阻，而且推荐的电流校准方式是平均法，即对多块 PCM 进行手动校准，把获得的 CC Gain（电流校准参数，下同）做平均，获得一个平均的 CC Gain。然后在量产时把这个平均的 CC Gain 烧录到每一块 PCM 里。

但 BQ27411 在做电量计算时，需要用库仑计。所以电流的测量精度在很大程度上决定了电量计算的精度。所以就产生了量产时对每块 PCM 都进行校准，并把相应的 CC Gain 烧录到每块 PCM 的需求，以使每块 PCM 都获得较高的电流精度。下面分别介绍手动电流校准方式和自动电流校准方式。

2, 手动电流校准方式

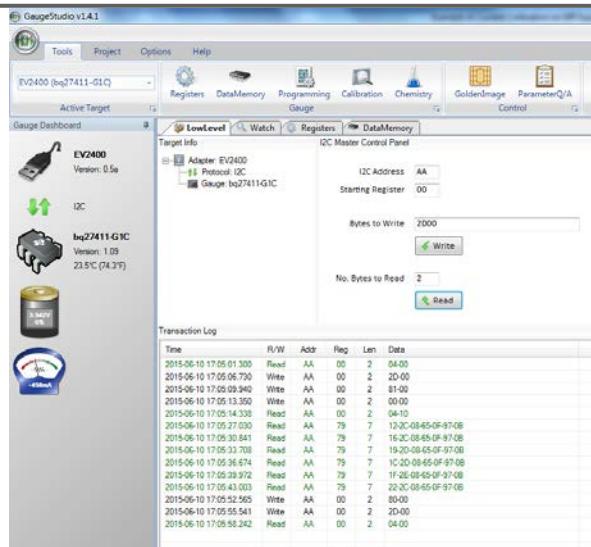
2.1, 手动电流校准方式实例

下面一个实际的例子来介绍如何用 GaugeStudio 来对 5mOhm 电流检测电阻的 PCM 进行手动电流校准方式。

(1) , 全新的 BQ27411, 默认的 CC Gain 是 19.800, 对应 10mOhm 的电流检测电阻。

(2) , 对 PCM 加-1004.4mA 的放电电流, BQ27411 电流校准前测得的电流是-498mA, 如下图。





图二：原始数据的获取

(1), Read AA 00 2 04-00

读 Control Status, 为 0x0040。CALMODE bit (Bit 12) = 0。注意这里低字节在前, 高字节在后。

(2), Write AA 00 2 2D-00

往 0x00 写命令 0x002D, 并等待 100mS。

(3), Write AA 00 2 81-00

往 0x00 写命令 0x0081, 并等待 100mS。

(4), Write AA 00 2 00-00

往 0x00 写命令 0x0000, 并等待 100mS。

(5), Read AA 00 2 04-10

读 Control Status, 确认 CALMODE bit (Bit 12) = 1。如果 CALMODE bit (Bit 12)不等于 1, 则返回第二步, 重新执行。

(6), Read AA 79 7 12-2C-08-65-0F-97-0B

从 0x79 读取 7 byte 数据。第一 byte 数据是 Analog Conversion Counter。后面的第二, 第三 byte 数据即为电流的原始数据(0x082C = Dec 2092)。

(7), Read AA 79 7 16-2C-08-65-0F-97-0B

再次从 0x79 读取 7 byte 数据。Analog Conversion Counter 已经增加了。

(8), Read	AA	79	7	19-2D-08-65-0F-97-0B
(9), Read	AA	79	7	1C-2D-08-65-0F-97-0B
(10), Read	AA	79	7	1F-2E-08-65-0F-97-0B
(11), Read	AA	79	7	22-2C-08-65-0F-97-0B
(12), Write	AA	00	2	80-00

往 0x00 写命令 0x0080。

(13), Write	AA	00	2	2D-00
-------------	----	----	---	-------

往 0x00 写命令 0x002D。

(14), Read	AA	00	2	04-00
------------	----	----	---	-------

读 Control Status，确认 CALMODE bit (Bit 12) = 0。

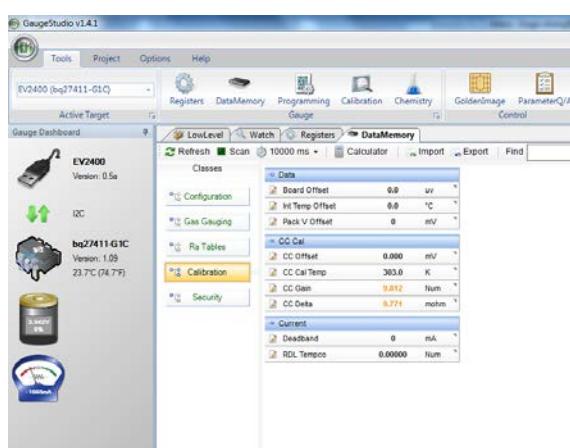
(3.2) , CC Gain 的计算

上面我们读取了 6 次电流的原始数据，分别是 2092 (0x082C) , 2092 (0x082C) , 2093 (0x082D) , 2093 (0x082D) , 2904 (0x082E) , 2902 (0x082C) , 平均值是 avgRawCurrent = 2902.7。放电电流是-1004.4mA，即 fLoad=1004.4mA。代入下面公式：

$$\text{New CC Gain} = 4.7095 * (\text{avgRawCurrent} / \text{fLoad}) = 4.7095 * (2902.7 / 1004.4) = 9.812.$$

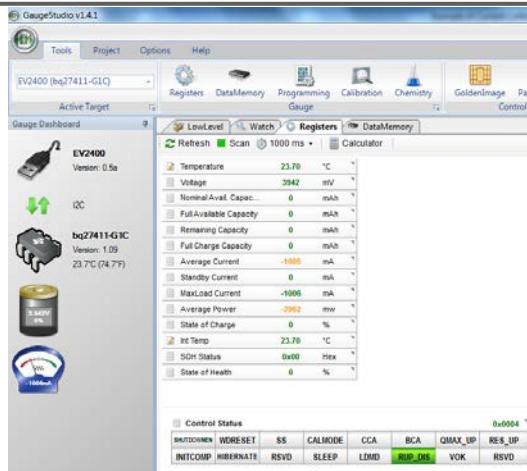
$$\text{New CC Delta} = (\text{Default CC Delta} / \text{Default CC Gain}) * \text{New CC Gain} = (19.718 / 19.800) * 9.812 = 9.771.$$

用 GaugeStudio 写入新的 CC Gain 和 CC Delta。



图三：写入新的 CC Gain 和 CC Delta

此时，BQ27411 测量的电流是-1005mA。



图四：手动电流校准后测得的电流

2.2，手动电流校准精度验证

在不同的电流范围测量电流的精度，如下表：

万用表实际测得的电流 (mA)	BQ27411 测得的电流 (mA)	误差 (mA)
-12.5	-12	-0.5
-103.0	-103	0
-507.5	-507	-0.5
-1004.9	-1005	0.1
-2064.9	-2065	-0.1
-3004.8	-3007	-2.2

表一：手动电流校准精度验证

用上述手动电流校准方式校准后，用 GaugeStudio 导出 GG 文件和 OTFS 文件，再用 SmartFlash 把相应的 OTFS 文件烧录到该 BQ27411 去。

3，自动电流校准方式

上面已经介绍了如何获得浮点数的 CC Gain。下面介绍如果从浮点数的 CC Gain 获得 OTFS 文件里相应的 4 byte 的 CC Gain 数据，以实现自动电流校准。

(1)，计算 $4.7095/\text{CC Gain}$ 。此处 CC Gain 为浮点数的 CC Gain。为了保证精度，建议计算结果保留小数点后 15 位。

(2)，用下面的程序把浮点数的 CC Gain 转换成 4 byte 的数据。但注意此处的 4 byte 数据并非就是 OTFS 文件里对应的 4 byte 数据。

A.1 Function Xemics_Dec2Storage(ByVal X As Double) As String

```

Dim iByte1 As Integer
Dim iByte2 As Integer
Dim iByte3 As Integer
Dim iByte4 As Integer
Dim iExp As Integer
Dim bNegative As Boolean
Dim fMantissa As Double

'// Don't blow up with logs of zero
If X = 0 Then X = 0.0000001

If X < 0 Then
bNegative = True
X = -X
End If

'// find the correct exponent
iExp = Int((LOG(X) / LOG(2)) + 1) '// remember - log of any base is ln(x)/ln(base)

'// MS byte is the exponent + 0x80
iByte1 = iExp + 128

'// Divide input by this exponent to get mantissa
fMantissa = X / 2 ^ iExp

'// Scale it up
fMantissa = fMantissa / 2 ^ -24

'// Split the mantissa into 3 bytes
iByte2 = fMantissa \ 2 ^ 16
iByte3 = (fMantissa - (iByte2 * 2 ^ 16)) \ 2 ^ 8
iByte4 = fMantissa - (iByte2 * 2 ^ 16) - (iByte3 * 2 ^ 8)

'// subtract the sign bit if number is positive
If False = bNegative Then iByte2 = iByte2 And &H7F

Xemics_Dec2Storage = HexByte(iByte1) & HexByte(iByte2) & HexByte(iByte3) & HexByte(iByte4)
End Function

```

(3), 把上面获得的 4 byte 数据与 0x7E, 0x73, 0x8F, 0xE0 逐字节进行异或。异或计算的结果才是 OTFS 文件里对应的 4 byte 数据。具体例子如下。

Data got from GaugeStudio		Calculation data								
CC Gain	OTFS exported with GaugeStudio	4.7095/CC Gain	vMSByte	vMidHiByte	vMidLoByte	vLSByte	XOR with 7E, 73, 8F, E0 byte by byte			
19.800	W: 16 00 21 F0 01 00 04 00 00 00 00	0.23785353535353	7E	73	8F	E0	00	00	00	00
9.876	W: 16 00 21 F0 01 00 04 01 07 A8 85	0.476863102470636	7F	74	27	66	00	01	A8	86
9.900	W: 16 00 21 F0 01 00 04 01 00 00 00	0.475707070707071	7F	73	8F	E0	10	00	00	00
18.970	W: 16 00 21 F0 01 00 04 00 0D B8 1A	0.248260411175540	7E	7E	37	FA	00	0D	B8	1A
9.745	W: 16 00 21 F0 01 00 04 01 04 E0 7E	0.483273473576193	7F	77	6F	9E	01	04	E0	7E

表二：CC Gain 计算实例

(4), 把最终获得 4 byte 数据写入 OTFS 文件相应的位置，如下红色字体。另外我们也需要对 Checksum 值进行更新。Checksum 涵盖 9 byte 数据，如下带下划线的数据。具体计算方式如下：

0x21+0xF0+0x01+0x00+0x04+0x01+0x04+0xE0+0x7E=0x0279。然后把 Checksum 值写入下一行绿色字体的地

方。注意是低字节在前，高字节在后。然后再用 SmartFlash 或客户自己开发的程序把相应的 OTFS 文件烧录到该 BQ27411 去。

;

;Updating CC Gain

;

W: 16 00 06 00 00 00 02 18 B3

W: 16 64 D3 00

X: 5

C: 16 66 00

W: 16 00 21 F0 01 00 04 01 04 E0 7E

W: 16 64 **79 02**

X: 5

C: 16 66 00

4. 总结

本文介绍了 BQ27411 的电流校准方式：包括手动电流校准方式和自动电流校准方式，并分别详细举例介绍具体步骤。实际测试结果表明，经过电流校准后，BQ27411 的电流精度有极大的提高。本文介绍的自动电流校准方式，已成功应用于 BQ27411 的大规模的批量生产。

参考文档

Host System Calibration Method (Rev. A), <http://www.ti.com/lit/pdf/slua640>

bq27411EVM System-Side Impedance Track Fuel Gauge, <http://www.ti.com/lit/pdf/sluuap3>

bq27411-G1 Technical Reference Manual (Rev. B), <http://www.ti.com/lit/pdf/sluuas7>

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的所有 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。你就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够（1）预见故障的危险后果，（2）监视故障及其后果，以及（3）降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法理授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等产权包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默认的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无屡发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、评估模块和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/samptersms.htm>) 的标准条款。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司