

## TI 电量计通讯异常的分析经验

张楚涛 Hugo Zhang

TI 电量计产品技术支持

### 摘要

TI 的电量计产品以其出色的性能，在手机、笔记本、穿戴式设备、工业类等应用的电池包里被广泛应用。按通讯的协议来分，TI 的电量计的通讯协议包括 I2C、SMBus、HDQ 等。在生产和使用过程中，可能会遇到电量计通讯异常的问题。本文详细介绍了一些通用的处理电量计通讯异常的方法，并提供一些实际解决电量计通讯异常的案例，以供参考。

### 目录

1, 概述.....	2
2, 硬件异常导致不能通讯 .....	2
3, 电量计 FW 相关的不能通讯问题 .....	3
4, I2C 配置相关的通讯异常 .....	5
5, 总结.....	6
参考文档.....	6

### 图

图 1: BQ27742 电路图.....	2
图 2: 芯片的管脚和 PCB 板的焊盘存在裂缝.....	3
图 3: ROM Mode 下响应 0x16 地址并返回数据.....	4
图 4: ROM Mode 下响应 0x16 地址的波形.....	5
图 5: BQ28Z610 中的 FALSH_BUSY_WAIT Bit.....	6
图 6: BQ40Z50 中的 FALSH_BUSY_WAIT Bit.....	6

## 1, 概述

电量计通讯异常，是一个非常宽泛的问题，存在各种各样的原因可以导致电量计通讯异常。汇总起来，可以分为两大类：硬件（HW）导致的通讯异常和固件（FW）导致的通讯异常。硬件（HW）导致的通讯异常又可以分为电量计芯片外围电路导致的通讯异常和电量计芯片本身导致的通讯异常等。下面将根据实际解决电量计通讯异常的经验，一一进行详细介绍。

## 2, 硬件异常导致不能通讯

当遇到电量计通讯异常的时候，我们首先需要排查的是硬件上的原因。可以按照下面的步骤来逐一排查：

(1) 对于 BQ275xx、BQ274xx、BQ277xx 等单节电量计，首先需要确认芯片的内部电路供电 LDO 电压是否正常。如果 LDO 电压都不正常，那代表芯片都没有正常工作，所以肯定不能通讯。下面以 BQ27742 为例，如果确认 REG25 pin 上的电压不正常，则基本可以确认通讯异常是芯片供电问题引起，是属于硬件异常。然后就是需要检查 REG25 pin 是否损坏，VPWR pin 上的电压是否正常等。

当然对于带保护功能的电量计，由于其有 shutdown 模式，需要确保电量计是在 normal 或者 sleep 模式。因为 shutdown 模式，LDO 也是不工作的。这里有一个技巧：可以在 PACK+ 上持续加电压或者把 B+ 和 PACK+ 短接来避免电量计进入 shutdown 模式，然后再进行 LDO 或通讯异常的分析。

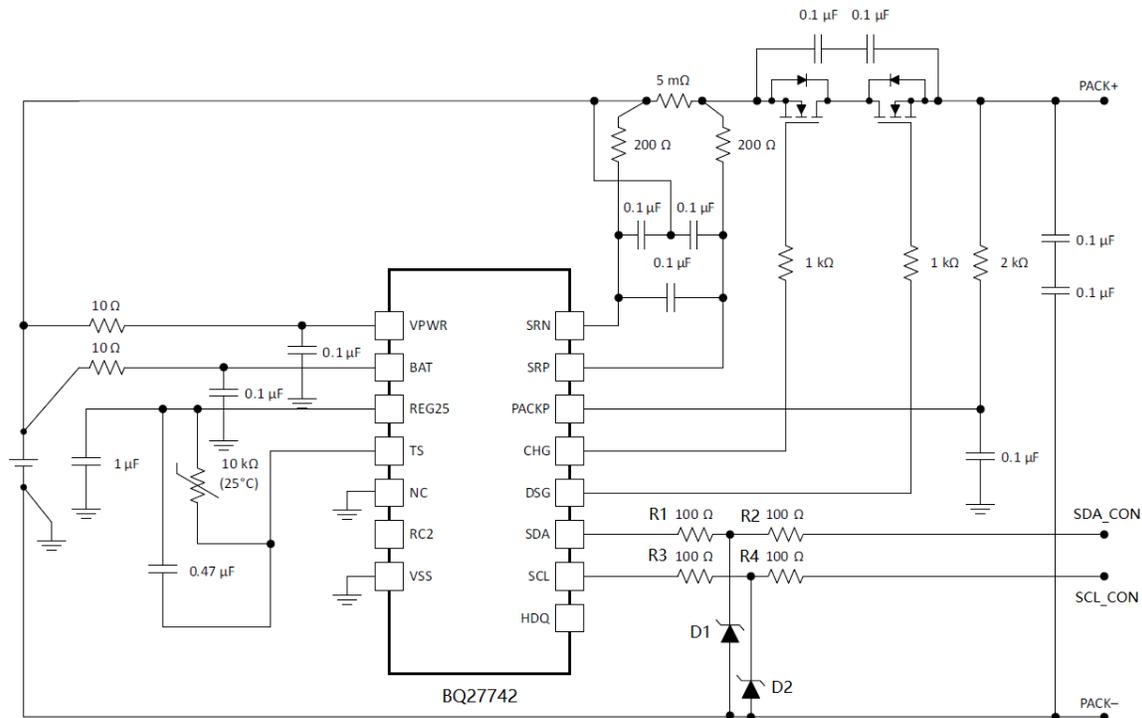


图 1: BQ27742 电路图

(2) 确认 LDO 电压正常后，然后需要排查 SDA 和 SCL 通路上的硬件是否存在问题。电量计通讯异常，经常是这一部分通路出了问题。以图 1 为例，可能出问题的地方包括：

①, R2 和 R4 如果选用的封装比较小，如 0201，有可能会被 ESD 打坏。表现的症状是开路或者阻抗异常变大。

- ②, D1 和 D2 被 ESD 打坏。表现的症状是 D1 或 D2 对地短路或对地阻抗异常。
- ③, 焊接问题导致的异常。

(3) 根据上面的分析, 在电池包没有与主机连接时, 可以用万用表测量相应的阻抗来判断出现硬件异常的地方:

- ①, 测量 SDA\_CON、SCL\_CON 端分别对地的阻抗。根据经验, 正常值应该是几百 k, 甚至上兆欧。如果与良品对比阻抗偏小, 那可能是 D1, 或 D2, 或芯片 SCL 管脚, 或 SDA 管脚有硬件损坏。
- ②, 测量 SDA\_CON 与 SCL\_CON 之间的阻抗。如果与良品对比阻抗偏小, 那可能是 SDA 和 SCL 通路之间存在短路或漏电的情况。
- ③, 测量 SDA\_CON 与 SDA 管脚之间的阻抗, SCL\_CON 与 SCL 管脚之间的阻抗。以图 1 为例, 如果阻抗明显比 200 欧大, 那可能是电阻虚焊, 或者电阻被损坏。这里有一点建议, 万用表的表笔需要点在芯片的管脚上, 而不是 PCB 板的焊盘上。笔者曾经遇到过芯片的管脚和 PCB 板的焊盘之间存在虚焊或者裂缝的情况, 如图 2 所示。如果万用表的表笔是点在 PCB 板的焊盘上, 则会漏掉这种硬件异常, 从而把分析问题带到错误的方向。

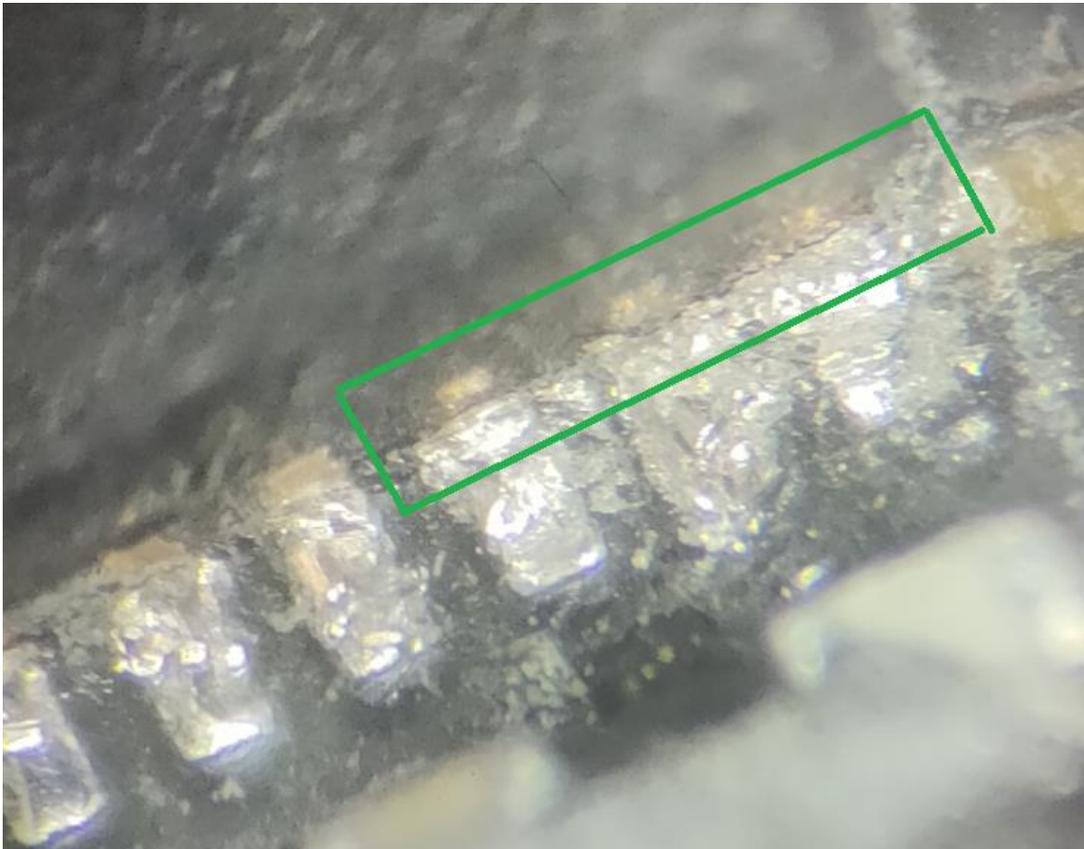


图 2: 芯片的管脚和 PCB 板的焊盘存在裂缝

### 3, 电量计 FW 相关的不能通讯问题

在排除了硬件异常导致的不能通讯的情况后, 需要考虑是否是电量计 FW 上的异常导致不能通讯。对于 BQ275xx、BQ274xx、BQ277xx、BQ28Zxxx 等电量计, 存在 Firmware mode 和 ROM mode 两种模式。Firmware

mode 就是正常工作的模式，其 I2C 地址是 0xAA/AB。而 ROM mode 的 I2C 地址是 0x16/17。所以如果电量计异常进入 ROM mode，由于其地址已经变成 0x16/17，所以肯定不能在 0xAA/AB 地址下通讯，最终就表现成通讯异常。

判断电量计是否在 ROM mode 下，主要是看电量计是否对 I2C 地址 0x16/17 有响应（acknowledge, ACK）。只要是对 0x16/17 地址有响应，就可以判断电量计是在 ROM mode。下面这些动作可以判断电量计是否对 0x16/17 地址有相应：

（1）用 bqStudio 的 Advanced Comm 页面，把 I2C 地址改成 0x16，从 0x00 或 0x0D 寄存器读两字节数据。如果能返回数据（不管数据的值是什么），就可以判断是在 ROM mode。如果返回 Error，还不能判断是否在 ROM mode。

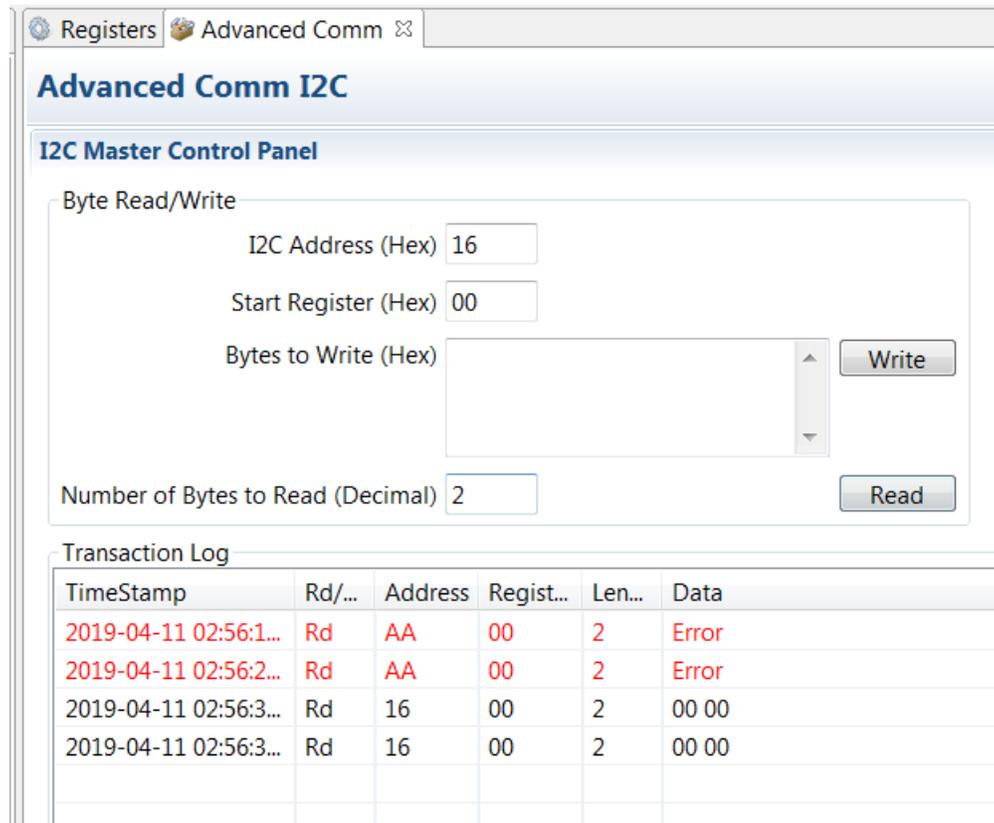


图 3: ROM Mode 下响应 0x16 地址并返回数据

（2）在第一步的基础上，点击“Read”按钮。用示波器抓取 I2C 的波形，观察 SDA 信号的第一字节的第九位，看是否为低电平（ACK）。只要是低电平，即可以电量计处于 ROM mode。

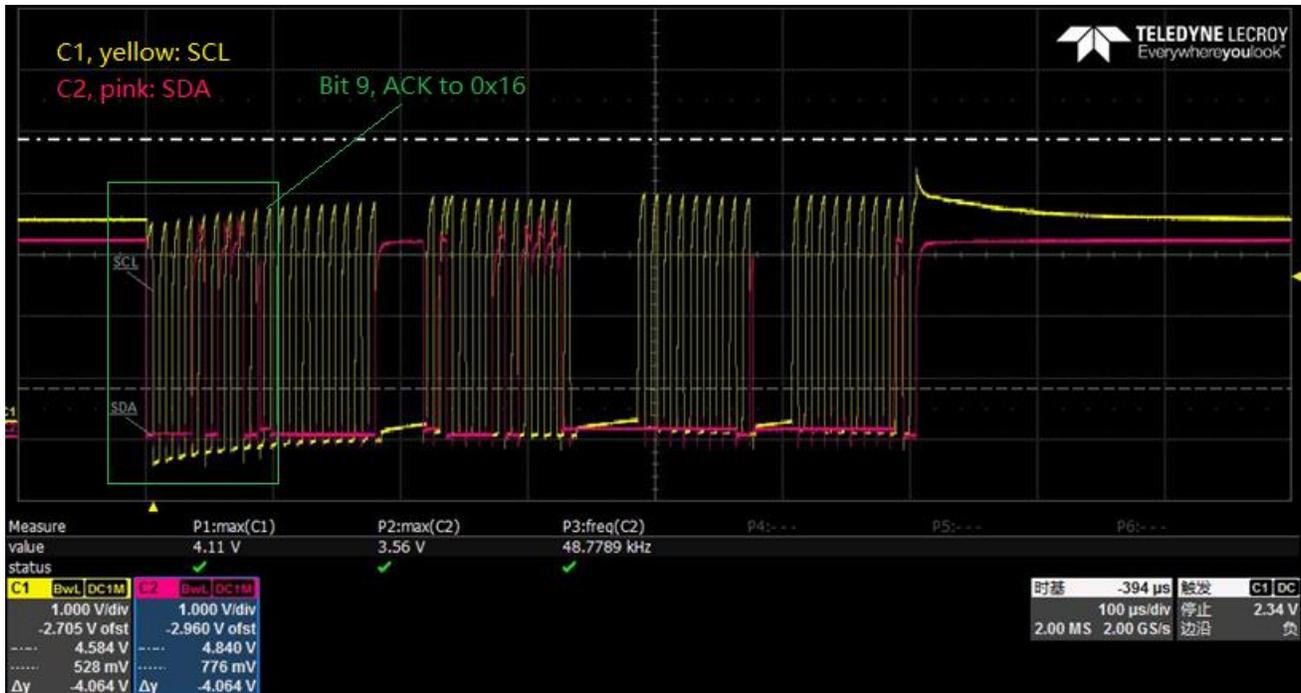


图 4: ROM Mode 下响应 0x16 地址的波形

(3) 导致电量计进入 ROM mode 的原因有:

- ①, 可以通过发送命令进入 ROM mode。如 BQ28Z610 的 AltManufacturerAccess() 0x0F00 ROM Mode。
- ②, 在烧录 FW 文件, 如 .src 文件过程中, 受到干扰或者突然中断。因为烧录 FW 需要先进入 ROM mode, 然后进行烧录, 烧录完后会退出 ROM mode。所以烧录过程中突然中断了, 就会一直停留在 ROM mode, 即使电量计掉电重新上电, 也不会退出 ROM mode。

(4) 确认是 ROM mode, 可以通过下面方法退出 ROM mode:

- ①, 发送退出 ROM mode 的命令。如 BQ28Z610 的 ROM command 0x08。
- ②, 也可以尝试强制重新烧录 .src 文件。如果可以烧录, 则也可以判断电量计是处于 ROM mode。但如果正常烧录了 .src 文件后, 就会退出 ROM mode。

#### 4, I2C 配置相关的通讯异常

电量计通讯异常, 还可能有一种情况: 在绝大部分情况下, 通讯都是正常的, 但主机有很低概率偶尔记录到一次 NACK 的情况。导致这种情况的一种可能的原因是参数配置。

如 BQ28Z610 的 data flash 里有 I2C Configuration 的参数, 其 Bit 7 是 FALSH\_BUSY\_WAIT, 或者 BQ40Z50-R3 的 data flash 里有 Sbs Configuration 的参数, 其 Bit 7 是 FALSH\_BUSY\_WAIT。当 FALSH\_BUSY\_WAIT=1 时, 表示电量计在写 data flash 时, 来不及响应 I2C 的通讯请求, 需要主机等待, 就会把 SCL 信号拉低 (Clock Stretch, 时钟延展), 直到电量计处理完写 data flash 的动作, 再释放 SCL 信号, 继续进行通讯。

但是当 `FALSH_BUSY_WAIT=0` 时，相同情况下，电量计会以 `NACK` 来回应主机。这就是主机偶尔记录到 `NACK` 的原因。但这并不代表通讯异常，只是电量计在对应配置下的正常的响应。

时钟延展是 I2C 规范里有明确定义的。`FALSH_BUSY_WAIT=1` 时的时钟延展的响应，符合 I2C 规范，建议 `FALSH_BUSY_WAIT` bit 设成 1。

Configuration									
Charging Configuration	hex	0x465e	1	50	30	hex			
Temperature Enable	hex	0x469a	1	52	26	hex			
DA Configuration	hex	0x469b	1	52	27	hex			
FET Options	hex	0x4600	1	48	0	hex			
I2C Gauging Configuration	hex	0x4601	1	48	1	hex			
I2C Configuration	hex	0x4602	1	48	2	hex			
<b>I2C Configuration</b>									
	MSB	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
		FLASH_BUSY_W AIT	RSVD	RSVD	RSVD	XL	RSVD	RSVD	BCAST
Write to Data Memory									
IT Gauging 2 Configuration	Private	-	0x464f	2	50	15	-	-	-

图 5: BQ28Z610 中的 `FALSH_BUSY_WAIT` Bit

Sbs Configuration									
Sbs Configuration	hex	0x4a8d	2	84	13	hex			
<b>Sbs Configuration</b>									
	MSB	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
		RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD
	LSB	FLASH_BUSY_W AIT	SMB_CELL_TEMP	BLT1	BLT0	XL	HPE	CPE	BCAST
Write to Data Memory									

图 6: BQ40Z50 中的 `FALSH_BUSY_WAIT` Bit

## 5, 总结

本文整理并介绍了处理电量计通讯异常的经验，以及一步一步由浅入深的分析方法。适用于 TI 各型号的电量计。但是因为导致电量计通讯异常的原因多种多样，包括硬件上的异常和 `FW` 上的异常，本文介绍的经验没法覆盖所有的情况。在遇到具体的电量计通讯异常的情况时，需要具体情况具体分析。在使用本文介绍的经验 and 步骤之后，还是没法找到通讯异常的原因，建议跟 TI 当地的技术支持沟通。

## 参考文档

bq27742-G1 Single-Cell Li-Ion Battery Fuel Gauge with Programmable Hardware Protection datasheet (Rev. D),

<http://www.ti.com/lit/gpn/bq27742-g1>

bq28z610 Technical Reference Manual (Rev. C), <http://www.ti.com/lit/pdf/sl00065>

bq40z50-R2 Technical Reference Manual (Rev. B), <http://www.ti.com/lit/pdf/sl00060>

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性及其可靠性数据（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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn 上或随附TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

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 © 2020 德州仪器半导体技术（上海）有限公司