

# 电量计外围元器件失效影响分析

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，在消费类应用，如手机，笔记本，穿戴式设备的电池包里被广泛应用。虽然电量计的外围元器件并不复杂，主要都是电容，电阻等，但如果这些外围元器件失效了，会对电量计硬件和算法的正常工作，有很大的影响。本文以 BQ40Z50 为例，介绍了电量计外围元器件失效的影响。

## 目录

<b>1, 概述</b> .....	<b>1</b>
<b>2, 外围元器件失效影响分析</b> .....	<b>2</b>
2.1, PBI 管脚上的电容.....	2
2.2, VC1~4 管脚上的电阻电容.....	2
2.3, SRN/SRP 管脚上的电阻电容.....	3
2.4, TS1~4 管脚上的 NTC.....	4
2.5, SMBC/SMBD 管脚上的 ESD 防护器件.....	4
2.6, PACK 管脚上的电阻.....	5
2.7, VCC/BAT 管脚上的电阻.....	5
2.8, 充电管和放电管及其周边的电阻.....	6
<b>3, 总结</b> .....	<b>7</b>
<b>参考文档</b> .....	<b>7</b>

## 图

图 1: PBI 管脚的外围电路.....	2
图 2: VC1~4 管脚的外围电路.....	3
图 3: SRN/SRP 管脚上的外围电路.....	4
图 4: TS1~4 管脚上的 NTC.....	4
图 5: PACK 管脚的外围电路.....	5
图 6: BAT/VCC 管脚的外围电路.....	6
图 7: 充电管和放电管及其周边的电阻.....	7

## 1, 概述

本文将以 BQ40Z50 的评估板的原理图为例，详细介绍 BQ40Z50 的一些关键管脚的外围元器件失效，如开路，短路，漏电等对 BQ40Z50 正常工作的影响。本文介绍的内容也适用于 BQ28Z610, BQ78Z100, BQ40Z50-Rx 等电量计。

## 2, 外围元器件失效影响分析

### 2.1, PBI 管脚上的电容

PBI 管脚是 Power Backup Input 的作用，其外部是接一个 2.2 $\mu$ F 的电容，如图 1 所示。在某些极端情况，如短路，在发生保护之前，电池电压会被拉得很低，甚至总电压都被拉到了 0V。这时是靠 PBI 管脚上的电容上的电量来维持芯片的正常工作，从而避免芯片因此而掉电。

如果这个电容有虚焊或者焊盘脱落的情况，即开路了，平时可能不会影响电量计的工作，但在短路时靠 PBI 管脚上的电容上的电量来维持芯片的正常工作的功能也没有了。所以可能在短路时会导致芯片掉电。

如果该电容存在漏电，则会导致整个 PCM 的耗电增大。

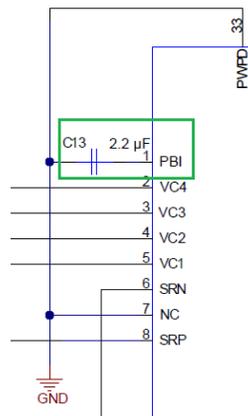


图 1: PBI 管脚的外围电路

### 2.2, VC1~4 管脚上的电阻电容

VC1~4 管脚上的电阻电容主要是其低通滤波和均衡限流的作用，如图 2 所示。

如果这些电阻（R20~23）有虚焊或者焊盘脱落的情况，即开路了，会导致电量计无法监控和准确测量电芯的电压。进而导致电量计无法进行电压相关的保护，或者因为开路导致电量计测到很低的浮压（floating Voltage）从而进入 shutdown 模式。

如果这些电阻有短路的情况，则不会影响电压的测量，但会影响均衡的功能。因为均衡是靠这些电阻来限流的，而且均衡的时间也是基于这些电阻来计算的。譬如 R20 短路了，在相同的时间，实际通过均衡损耗的容量差不多是阻值正常时的两倍，会导致过均衡了。

如果电容 C14~C17 存在漏电，则会导致整个 PCM 的耗电增大。而这些耗电不随电量计的工作状态而改变，即使是电池包存放在仓库里，电量计处于 shutdown 状态。而且某一个电容漏电，时间长了，还会导致电芯之间的不平衡。

另外，如果电容 C14~C17 存在漏电，还会在前面的 100 欧电阻上形成压降，这个压降会影响本通道和相邻通道的电压测量。如 C15 有 100uA 的漏电，在 R21 和 R22 会有 10mV 的压降，R21 和 R22 的压降会影响 VC2，VC3，VC4 的电压测量。

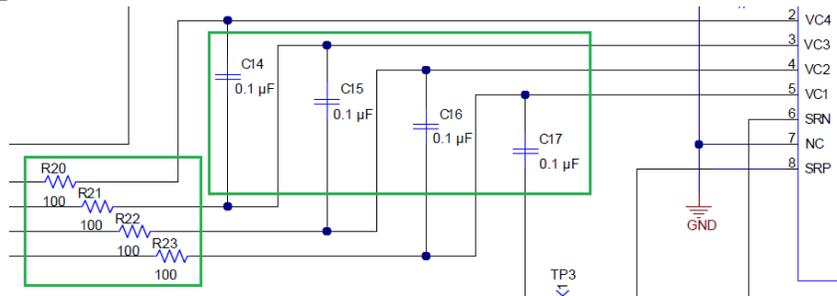


图 2: VC1~4 管脚的外围电路

### 2.3, SRN/SRP 管脚上的电阻电容

SRN/SRP 管脚主要是用于测量 sense 电阻两端的电压，进而计算流过的电流，其外围电路如图 3 所示。

常见的异常有 sense 电阻 (R19) 开路，包括虚焊，焊盘脱落等。还有低通滤波电阻 (R30, R31) 等虚焊，焊盘脱落等。这些异常都会导致电量计无法监控和准确测量电流，进而导致两种极端的情况：

- (1)，实际电流没有达到保护阈值时，误触发了相关的电流保护。
- (2)，实际电流已经超过了保护阈值，但电量计却没有发生保护。

由于 sense 电阻两端的压差非常小，如 1mOhm 的 sense 电阻流过 1A 电流，压差只有 1mV，所以 SRN/SRP 管脚很容易受干扰。如果差分电容 C18 存在漏电，会极大的影响电流的测量精度。

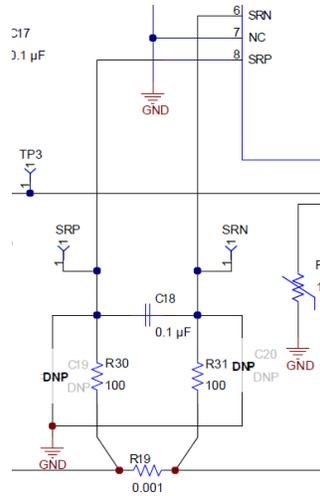


图 3: SRN/SRP 管脚上的外围电路

### 2.4, TS1~4 管脚上的 NTC

TS1~4 管脚上的外围电路很简单，只有 NTC。如果 NTC 开路，包括虚焊，焊盘脱落等，等效于 NTC 阻值无穷大，电量计会测得非常低的温度。如果 NTC 短路，电量计会测得一个非常高的温度。不管是开路还是短路，都会导致电量计无法监控和测量该 NTC 通道的温度，进而导致无法提供温度相关的保护。

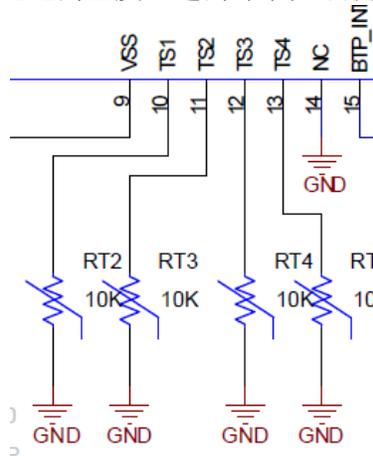


图 4: TS1~4 管脚上的 NTC

### 2.5, SMBC/SMBD 管脚上的 ESD 防护器件

市场退回 (field return) 的电池包，不能通讯是常见的失效症状。关于 SMBus 通讯异常的分析，在《TI 电量计通讯异常的分析经验》已经有详细的分析，这里不再赘述。

## 2.6, PACK 管脚上的电阻

PACK 管脚是一个复用功能的管脚，包括有：

- (1)，BQ40Z50 处于 shutdown 状态时，通过 PACK 管脚检测到电压（即充电器插入）来唤醒 BQ40Z50；
- (2)，BQ40Z50 在 normal 状态时，DSG 管脚的输出电平是参考 PACK 管脚的电平的；
- (3)，当充电器反插时，R12 起到限流防反的作用。

如果 R12 开路，包括虚焊，焊盘脱落等，会导致的情况有：

- (1)，BQ40Z50 处于 shutdown 状态时，即使插入充电器，PACK 管脚也检测不到电压，无法唤醒。
- (2)，因为 BQ40Z50 在 normal 状态时，DSG 管脚的输出电平是参考 PACK 管脚的电平的，所以 R12 开路，PACK 管脚是 floating 状态，电压不确定，会导致 DSG 管脚输出的电压不确定，最终导致放电管的开关状态不确定。

如果 R12 异常短路，会导致的情况是当充电器反插时，P+上的电压是负压，没有 R12 的限流作用，可能会导致芯片硬件上的损坏。

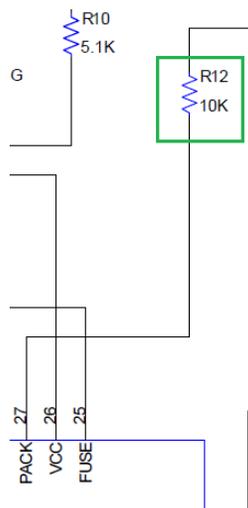


图 5: PACK 管脚的外围电路

## 2.7, VCC/BAT 管脚上的电阻

VCC/BAT 管脚都是芯片的供电管脚。但 BAT 管脚的电压低于 2.1V（典型值），BQ40Z50 会自动切换到 VCC 管脚供电。然后只有当 BAT 管脚的电压高于 3.1V（典型值）时，才会由 VCC 管脚切换到 BAT 管脚供电。另外，CHG 管脚的输出电平是参考 BAT 管脚的电平的。

在 BQ40Z50 的评估板上，BAT 管脚是串联了肖特基二极管 D1，VCC 管脚是串联了电阻 R9。

如果 D1 或者 R9 短路了，并不会导致明显的问题，但可能会在打 ESD 时没有起到限流作用。

如果 D1 开路，包括虚焊，焊盘脱落等，并不会马上导致芯片掉电。因为刚开始变成开路的时候，BAT 管脚的电压会掉到低于 2.1V，BQ40Z50 会自动切换到 VCC 管脚供电。但因为 CHG 管脚的输出电平是参考 BAT 管脚的电平的，D1 开路后，BAT 管脚是 floating 状态，电压不确定，会导致 CHG 管脚输出的电压不确定，最终导致充电管的开关状态不确定。

如果是 R9 开路，包括虚焊，焊盘脱落等，也不会马上导致芯片掉电，因为正常情况下都是有 BAT 管脚供电的。只有在 BAT 管脚的电压低于 2.1V，要切换到 VCC 管脚供电，而 R9 开路了，才会导致芯片掉电。

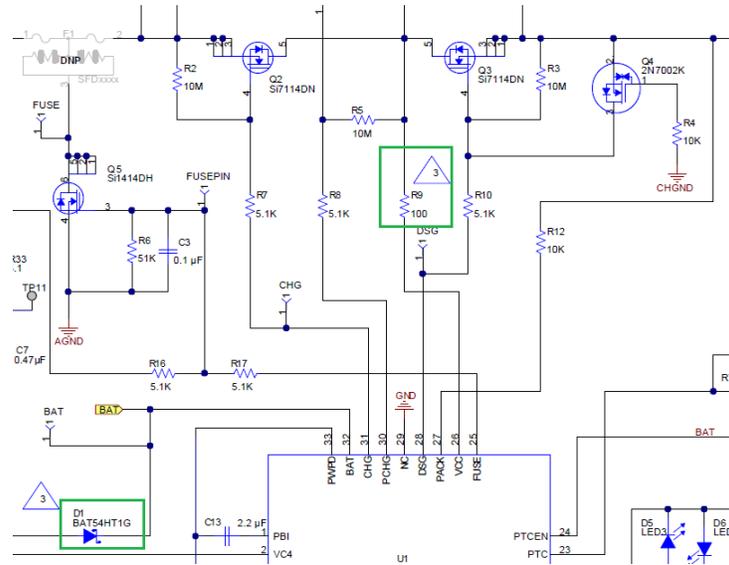


图 6: BAT/VCC 管脚的外围电路

## 2.8, 充电管和放电管及其周边的电阻

充电管和放电管是实现保护的关键元件，所有的保护功能都是用过充电管和放电管的关断来实现的。MOSFET 的损坏，通常表现为击穿，即 D 极和 S 极短路了。这种情况下，MOSFET 不能实现关断，所有相关的保护功能都失效。

从 CHG 或 DSG 管脚到 MOSFET 的 G 极，中间串联了 5.1k 的电阻 R7 和 R10。如果 R7 或 R10 短路，并不会造成功能失效。如果 R7 或者 R10 开路，包括虚焊，焊盘脱落等，则 BQ40Z50 会失去对相应 MOSFET 的控制。MOSFET 会处于关断状态，导致整个电池包不能正常工作。

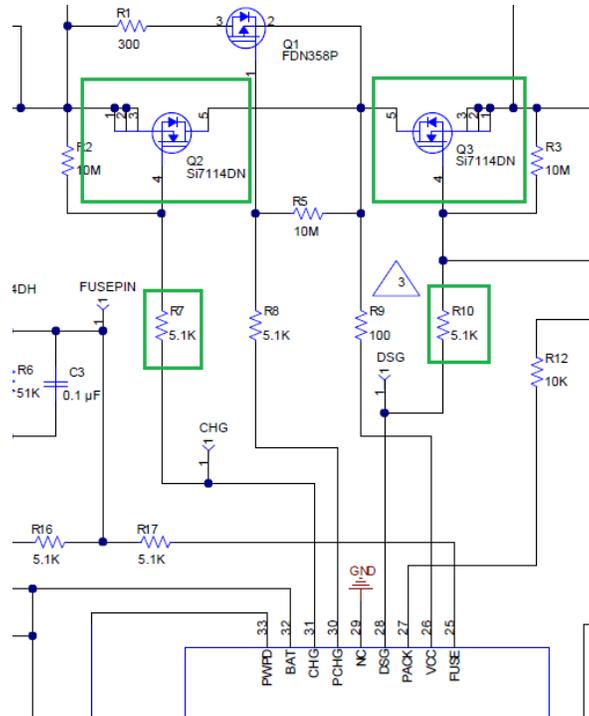


图 7：充电管和放电管及其周边的电阻

### 3, 总结

本文结合实际处理电池包异常的经验，详细分析了 BQ40Z50 的一些关键管脚的外围元器件失效及其影响。读者可以结合实际遇到的异常现象，参考本文的相关介绍，来大致判断怀疑的方向，然后通过其他检测手段来最终确定问题的根本原因。

#### 参考文档

BQ40Z50-R2 1-Series, 2-Series, 3-Series, and 4-Series Li-Ion Battery Pack Manager datasheet (Rev. B),

<https://www.ti.com/lit/gpn/bq40z50-r2>

bq40z50EVM Li-Ion Battery Pack Manager Evaluation Module (Rev. B), <https://www.ti.com/lit/pdf/sl000007>

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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](http://www.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