

Application Brief

使用单节电池线性充电器进行电池移除检测



Alec Lehman

简介

在具有可拆卸可充电电池的应用中，系统需要知道电池是否已连接。检测这一点并不像读取 BAT 引脚上的电压那样简单。开路电池保护器 IC 可能会使已连接的电池看起来像未连接，而存储在 BAT 引脚电容上的残余电荷可能会使未连接的电池看起来像已连接。本应用简介描述了如何使用 BQ2519x 和 BQ2518x 线性电池充电器 IC 上可用的寄存器，在软件中实现电池移除检测。

未连接电池时的行为

此实现利用了当 VIN 已连接、充电已启用且未连接电池时发生的重复充电周期。图 1 显示了由此产生的 VBAT 行为：

1. BAT 引脚电容器充电至电池调节电压 VBATREG。
2. 充电终止，BATFET (Q4) 关断。
3. 由于 BAT 引脚上的漏电流和负载，BAT 引脚电容器开始放电。
4. VBAT 降至再充电阈值以下，触发一个再充电周期并启用充电。
5. 该循环重复。

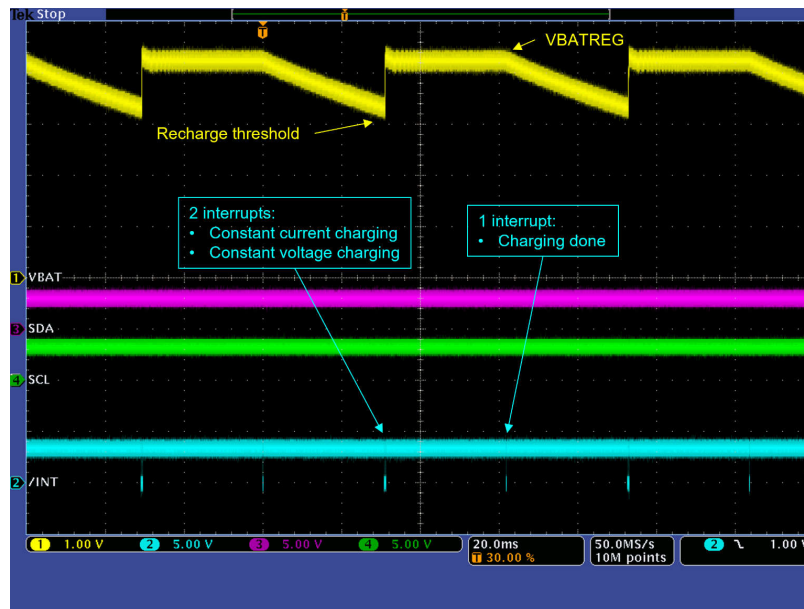


图 1. 未连接电池且充电已启用时的 BAT 引脚电压和充电状态中断

该周期会导致充电状态位 (CHG_STAT) 在“正在充电”和“充电完成”之间交替。每次充电状态发生变化时，/INT 引脚上都会发出中断，从而产生重复的充电状态中断。

电池移除检测序列

主机可以利用当输入源已连接、充电已启用且电池已断开时发生的重复充电状态中断，来启动一个检查电池是否已连接的序列。在禁用充电后，主机通过在 BUVLO 中断发生后读取 BUVLO_STAT 位，检查 BAT 引脚电压是否

降至电池欠压锁定 (BUVLO) 阈值以下。在未连接电池时，BAT 引脚电容会放电至 BUVLO 阈值以下。然而，低电池电压也可能触发 BUVLO。通过将 BUVLO 阈值降低到最低设置并检查 BUVLO_STAT 位是否保持清零，通常可以将低电池电压与断开电池区分开来。以下序列检查这些条件，并可用于检测电池是否已连接：

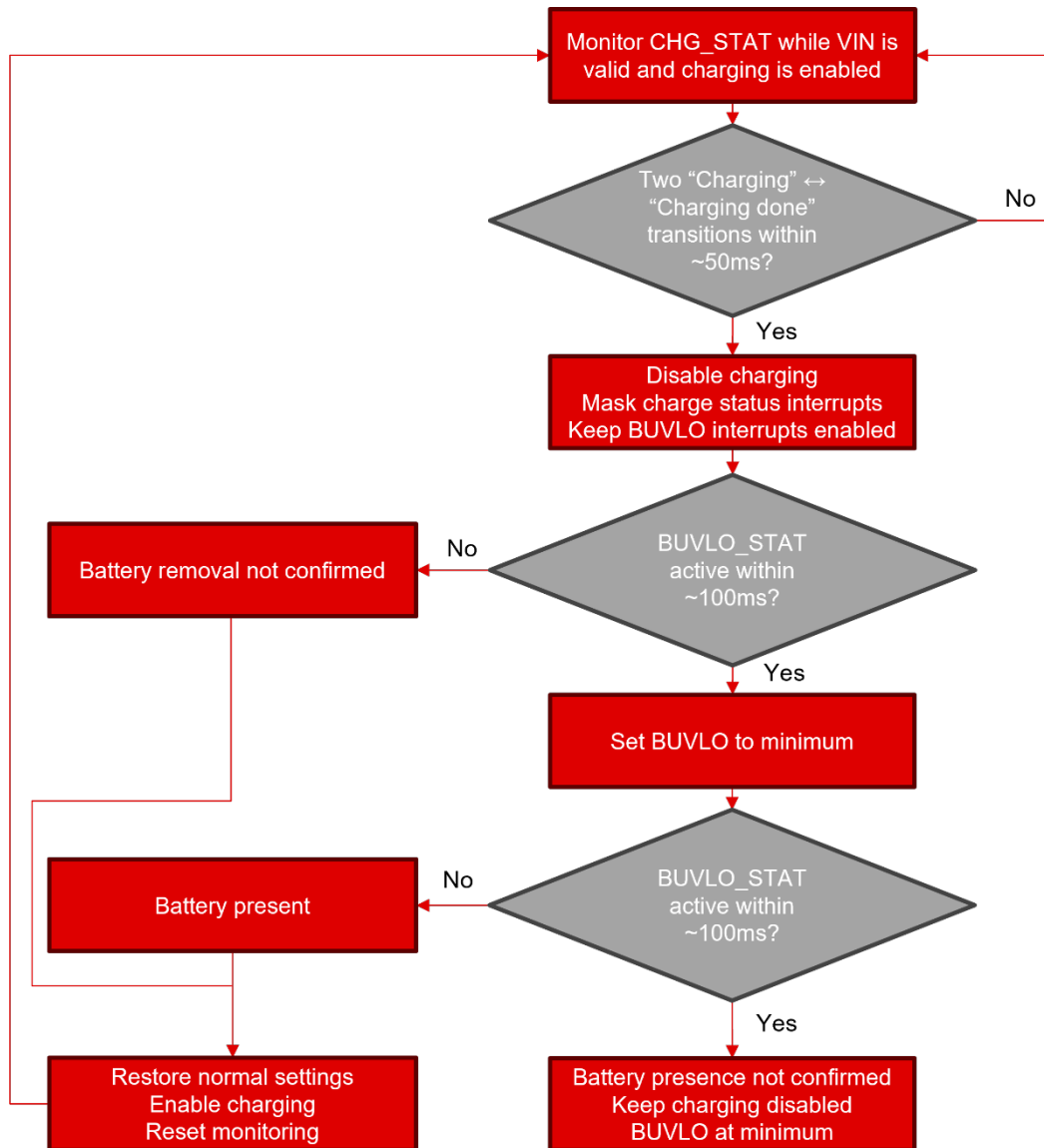


图 2. 电池移除检测序列

1. 在 VIN 有效 (VIN_PGOOD_STAT=1) 且充电已启用时，监控重复的充电状态中断。在每次中断时，读取状态位和标志位。如果 CHG_STAT 在“正在充电”和“充电完成”之间变化，然后在大约 50ms 内又变回，则继续执行步骤 2。将恒流充电和恒压充电均视为“正在充电”。
2. 使用充电禁用位禁用充电。屏蔽充电状态中断，同时保持 BUVLO 中断启用。
3. 在未连接电池时，BAT 引脚电压降至 BUVLO 阈值以下后会发生 BUVLO 中断。在图 4 所示的 EVM 波形中，此延迟约为 40ms，但取决于 BAT 引脚电容和负载，并且可以在 PCB 上测量。
4. 读取 BUVLO_STAT 以确认器件进入了 BUVLO。如果在大约 100ms 内未检测到 BUVLO，则恢复正常设置，启用充电，并重新开始监控。否则，继续执行步骤 5。
5. 将 BUVLO 阈值设置为最低值，然后再次读取 BUVLO_STAT。
6. 如果在降低 BUVLO 后，BUVLO_STAT 清零并保持清零大约 100ms，则表明电池已连接。例如，将 BUVLO 阈值从 3.0V 降低到 2.0V，可使 2.5V 电池清除 BUVLO。恢复正常的 BUVLO 阈值和中断设置，启用充电，并重新开始监控。

7. 如果在降低 BUVLO 后的大约 100ms 内，BUVLO_STAT 保持有效或再次变为有效，则电池存在状态尚未确认。电池可能不存在、被保护器 IC 断开，或低于最低 BUVLO 阈值。保持充电禁用，并将 BUVLO 阈值保持在最低设置。

电池移除检测伪代码如下所示：

```
Monitor battery:
  Read CHG_STAT on each charger interrupt while VIN is valid and charging is enabled.
  Treat constant-current and constant-voltage as CHARGING.

If two CHARGING ↔ CHARGE_DONE transitions occur
within around 50ms:
  Disable charging immediately.
  Mask charge-status interrupts; keep BUVLO interrupts enabled.
  wait for BUVLO_STAT, up to around 100ms.

If BUVLO is not detected:
  Report removal not confirmed.
  Restore normal settings and enable charging.
  Reset monitoring.
Otherwise:
  Set BUVLO to its minimum threshold.

  If BUVLO_STAT is clear and remains clear
  for around 100ms:
    Report battery present.
    Restore normal settings and enable charging.
    Reset monitoring.
  Otherwise:
    Report battery presence not confirmed.
    Leave charging disabled and BUVLO at its minimum setting.
```

表 1. 示例时序

时间间隔	时间
两次“正在充电” ↔ “充电完成”转换之间的最长时间	50ms
禁用充电后等待 BUVLO 的时间	100ms
将 BUVLO 降低到最低设置后检查 BUVLO 是否保持清零的时间	100ms

这些示例时序必须根据应用中的 BAT 引脚电容和负载进行调整。

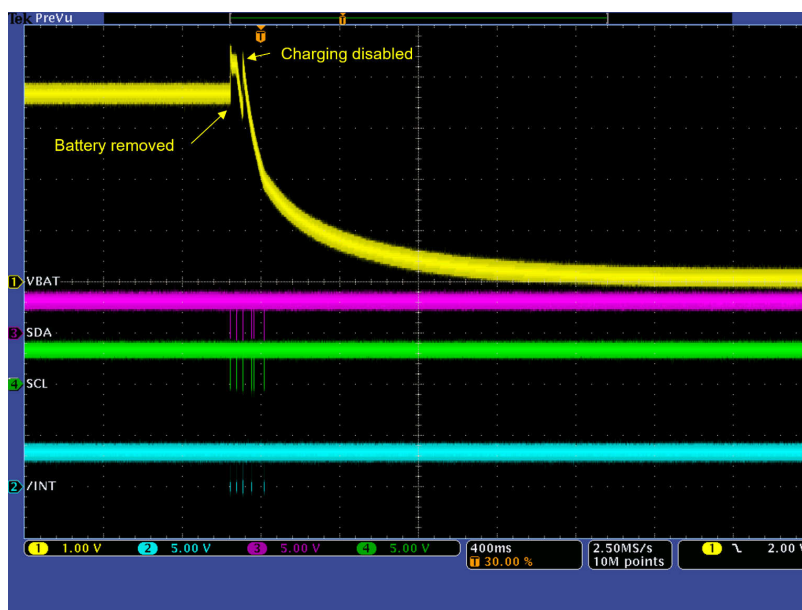


图 3. 电池移除检测波形

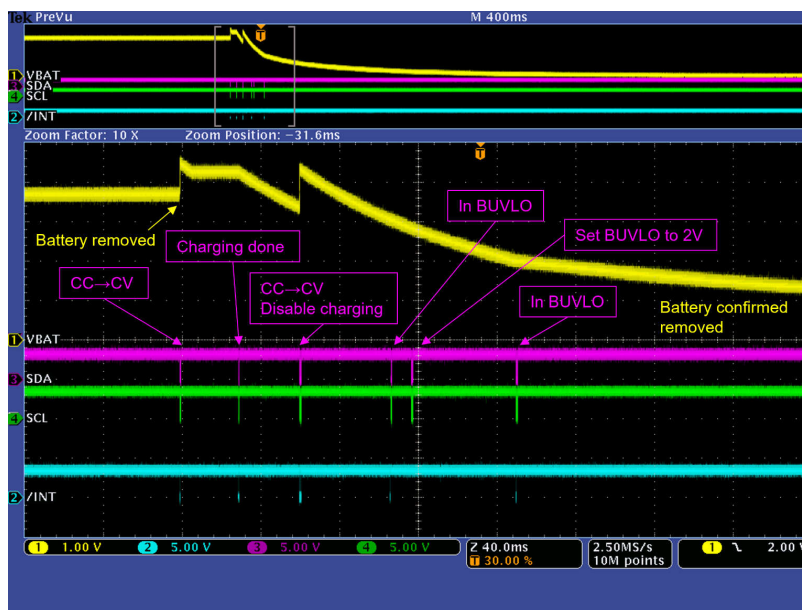


图 4. 电池移除检测波形 (放大图)

禁用充电的 I2C 事务可以在图 4 中的 SDA 线路上看到。大约 40ms 后，一个 BUVLO 中断脉冲表明 BUVLO 状态已发生变化。此延迟会随 BAT 引脚上的有效电容而变化，因此请在 PCB 上确认时序。

电池重新连接

此方法适用于重新连接的电池电压高于最低 BUVLO 阈值，并且任何电池保护器都允许电池电压到达 BAT 引脚的情况。在电池存在状态未确认后，主机可以定期读取 BUVLO_STAT，同时保持充电禁用且 BUVLO 阈值处于最低设置。当电池重新连接并使 BAT 引脚电压升至 BUVLO 上升阈值以上时，BUVLO_STAT 清零。然后，主机可以恢复正常的 BUVLO 阈值和中断设置，启用充电，并重新开始监控。由于退出 BUVLO 不会产生 BUVLO 中断，因此需要轮询。图 5 显示了电池移除和重新连接，在主机读取到 BUVLO_STAT 已清零后启用充电。

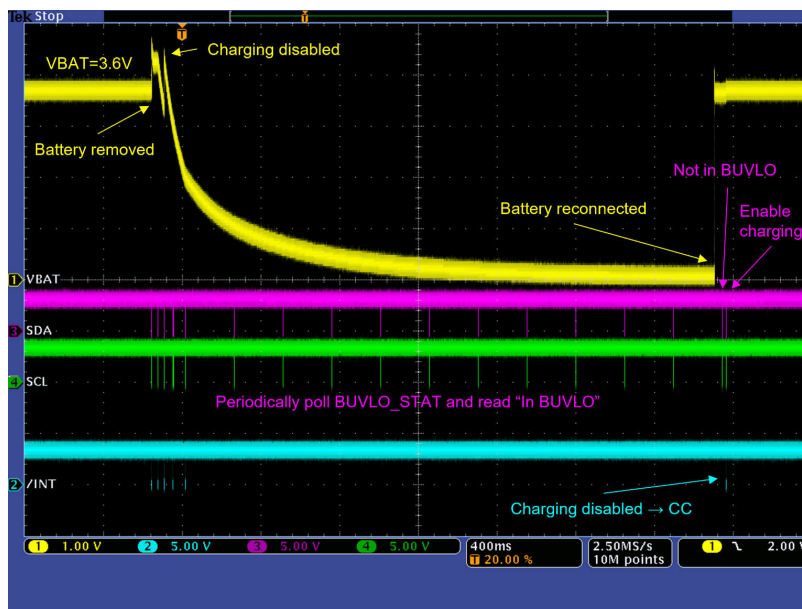


图 5. 电池移除和重新连接波形

电池保护器恢复

此方法还通过电池保护器检测电池重新连接。如果电池电压低于保护器的欠压保护 (UVP) 阈值，保护器会关断其放电 FET，以防止电池进一步放电。在放电 FET 关断的情况下，电池电压无法到达 BAT 引脚，因为放电 FET 体二极管会阻止电流从电池流向 BAT 引脚。因此，主机需要启用充电足够长时间，以使电池充电至 UVP 恢复阈值以上，并允许保护器开启放电 FET。保护器的恢复条件可在其数据表中找到。

在示例实现中，在电池存在状态未确认后，主机保持充电禁用，并继续检查电池是否重新连接。如果在一段时间后未检测到电池且 VIN 仍然有效，则主机恢复正常的 BUVLO 阈值和充电状态中断设置，然后启用充电一段时间，以便电池保护器有机会从 UVP 恢复。在此恢复时间之后，主机在启用充电的情况下恢复电池移除监控。如果未发生重复的“充电完成”至“充电完成”转换，则表明电池已连接并保持 BAT 引脚电压。在此示例中，电池保护器为 BQ29700，其 UVP 阈值为 2.8V，恢复迟滞为 100mV，因此 UVP 恢复阈值为 2.9V。图 6 展示了主机启用充电后电池保护器 UVP 恢复的示例。

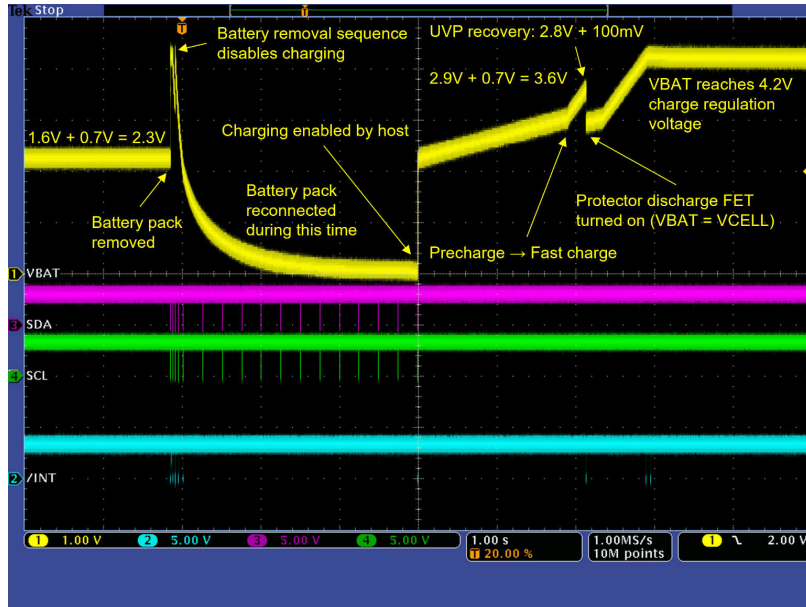


图 6. 电池保护器 UVP 恢复波形

总结

本应用简介描述了如何在 BQ2519x 和 BQ2518x 线性电池充电器 IC 上的软件中实现电池移除检测。该方法还支持电池重新连接和电池保护器恢复。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月