

TPS25830、TPS25831-Q1 和 TPS25840-Q1 的电池短路保护测试



Pioneer Li

摘要

在汽车类 USB 应用系统中，USB 端口短接到电池是一个常见问题，可能会损坏设备。本应用报告重点介绍了如何使用 TPS25830/31/40 电路设计解决 USB 端口短接到电池的问题。

内容

1 引言.....	3
2 电池短路的常规场景.....	3
2.1 使用外部 FET 时 VBUS/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景.....	3
2.2 不使用外部 FET 时 VOUT/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景.....	5
2.3 CC1/CC2 短接至 VBAT 的场景.....	7
3 电池短路的特殊场景.....	8
3.1 使用外部 FET 时 VBUS/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景.....	9
3.2 不使用外部 FET 时 VOUT/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景.....	11
4 电池短路时连接 TVS 的场景.....	15
4.1 VBUS 短接至 VBAT 时连接 TVS 的场景.....	15
4.2 VOUT 短接至 VBAT 时连接 TVS 的场景.....	15
4.3 DP/DM 短接至 VBAT 时连接 TVS 的场景.....	16
4.4 CC1/CC2 短接至 VBAT 时连接 TVS 的场景.....	16
5 Revision History.....	17

插图清单

图 2-1. 点烟器场景.....	3
图 2-2. 电池短路时的系统测试设置.....	3
图 2-3. 上电并将 VBUS 短接至 VBAT 的测试设置.....	4
图 2-4. 在上电并将 VBUS 短接至 VBAT 的条件下测试.....	4
图 2-5. 上电并将 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置.....	4
图 2-6. 在上电并将 DP_IN 短接至 VBAT 的条件下测试.....	5
图 2-7. 上电并将 VOUT 短接至 VBAT 的测试设置.....	5
图 2-8. 在上电并将 VOUT 短接至 VBAT 的条件下测试.....	6
图 2-9. 上电并将 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置.....	6
图 2-10. 在上电并将 DM_IN 短接至 VBAT 的条件下测试.....	6
图 2-11. 上电并将 CC1/CC2 短接至 VBAT 的测试设置.....	7
图 2-12. 在上电并将 CC1 短接至 VBAT 的条件下测试.....	7
图 2-13. 在上电并将 CC2 短接至 VBAT 的条件下测试.....	7
图 3-1. VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置.....	8
图 3-2. VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置.....	8
图 3-3. VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置.....	9
图 3-4. 在断电并将 VBUS 短接至 VBAT 的条件下测试.....	9
图 3-5. 在将 VBUS 短接至 VBAT 然后上电的条件下测试.....	9
图 3-6. 在将 VBUS 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN 的条件下测试.....	10
图 3-7. 在断电并将 DP_IN 短接至 VBAT 的条件下测试.....	10
图 3-8. 在断电并将 DM_IN 短接至 VBAT 的条件下测试.....	10
图 3-9. 在将 DP_IN 短接至 VBAT 然后上电的条件下测试.....	11

图 3-10. 在将 DM_IN 短接至 VBAT 然后上电的条件下测试.....	11
图 3-11. 在将 DM_IN 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN 的条件下测试.....	11
图 3-12. 在将 DP_IN 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN 的条件下测试.....	11
图 3-13. VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置.....	12
图 3-14. VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置.....	12
图 3-15. VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置.....	12
图 3-16. 在断电并将 DP_IN 短接至 VBAT 的条件下测试.....	13
图 3-17. 在断电并将 DM_IN 短接至 VBAT 的条件下测试.....	13
图 3-18. 在将 DP_IN 短接至 VBAT 然后上电的条件下测试.....	13
图 3-19. 在将 DM_IN 短接至 VBAT 然后上电的条件下测试.....	13
图 3-20. 在将 DM_IN 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN 的条件下测试.....	14
图 3-21. 在将 DP_IN 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN 的条件下测试.....	14
图 4-1. VBUS 短接至 VBAT 时连接 TVS 的设置.....	15
图 4-2. VOUT 短接至 VBAT 时连接 TVS 的设置.....	15
图 4-3. DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 时连接 TVS 的设置.....	16
图 4-4. CC1/CC2 短接至 VBAT 时连接 TVS 的设置.....	16

表格清单

表 2-1. VBUS/DP_IN/DP_IN 短接至 VBAT 的场景汇总.....	5
表 2-2. VOUT/DP_IN/DP_IN 短接至 VBAT 的场景汇总.....	7
表 3-1. VBUS/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景汇总.....	11
表 3-2. VOUT/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景汇总.....	14

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

TPS2583x-Q1 是一款高度集成的 USB Type-C 和 BC1.2 充电端口控制器，包含一个同步直流/直流转换器，还为 DP_IN/DM_IN/CC1/CC2 提供电池短路保护。在汽车的组装、制造和维护过程中，USB 端口随机短接至汽车电池的问题很常见，这个问题会导致芯片损坏；在日常应用中，USB 闪电端口可能会意外触碰到点烟器，这也会导致芯片损坏。TPS25830、TPS25831-Q1 和 TPS25840-Q1 可为 DP_IN/DM_IN/CC1/CC2 提供电池短路保护并支持 18V 的最大保护电压，可避免芯片损坏。以下所有测试均基于 TPS25830Q1EVM-040。使用一个电源加上一个外部 30mF 电解电容器来仿真汽车电池。测试输入电压为 14.5V，R3 为外部电阻。外部 FET 的建议值为 10R/0603。不使用外部 R3 时，外部 FET 的建议值为 100R/0805。

2 电池短路的常规场景

汽车启动后，外露的 USB 闪电电缆通常会意外地接触到点烟器的正极（请参阅图 2-1）。等效测试条件为 $V_{IN} = 14.5V$ 、 $V_{OUT} = 5.1V$ ， $I_{OUT} = 0A$ 。接通电源，然后分别测试 VBUS/Vout/DP_IN/DM_IN/CC1/CC2 短接至电池（电池 VBAT）时的场景（请参阅图 2-2）。

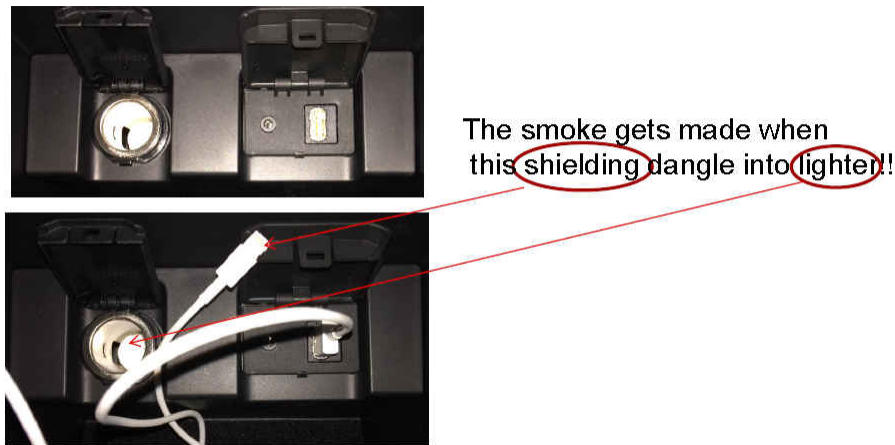


图 2-1. 点烟器场景

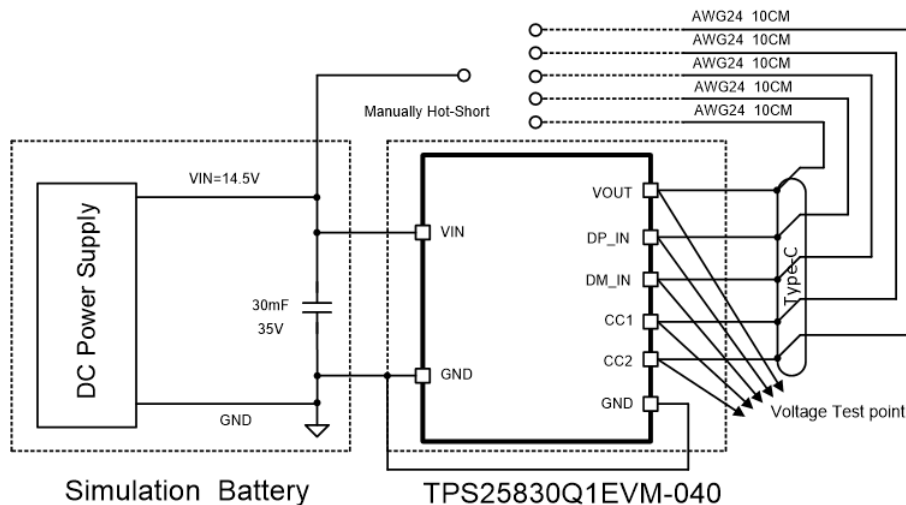


图 2-2. 电池短路时的系统测试设置

2.1 使用外部 FET 时 VBUS/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景

为实现电池短路保护，TI 建议在 CSN 引脚和 VBUS 之间连接一个 N 沟道背对背 MOSFET，如图 2-3 所示。

2.1.1 VBUS 短接至 VBAT 的场景

当输出 VBUS 短接至 VBAT 时，VBAT 电压为输出电容器 C4 充电，同时通过 R3 为 C3 充电。当 BUS 引脚的电压超过 7V 时，外部 FET 关闭，LS_GD 从高电平变为低电平。图 2-4 显示了测试结果。

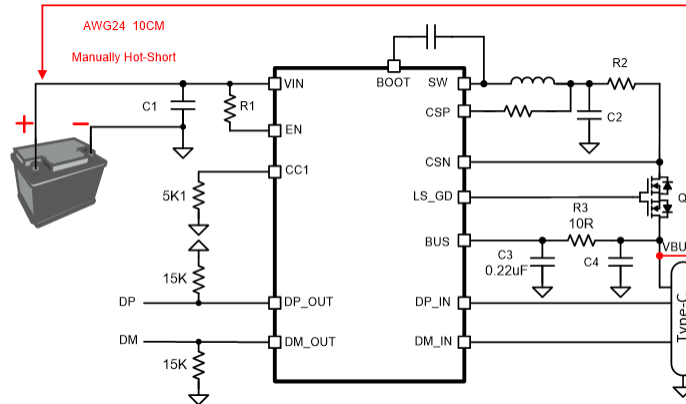
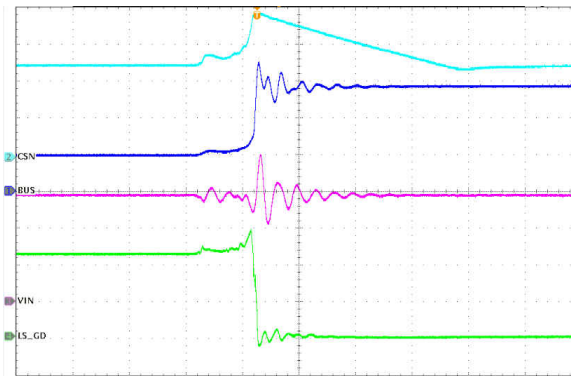


图 2-3. 上电并将 VBUS 短接至 VBAT 的测试设置



CH1 = 5V/div , CH2 = 2V/div , CH3 = 5V/div , CH4 = 5V/div , 20μS/div

图 2-4. 在上电并将 VBUS 短接至 VBAT 的条件下测试

2.1.2 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的场景

DP_IN/DM_IN 的 VBAT 短路保护功能由内部保护电路和外部电容 C3 实现 (请参阅图 2-5)。当 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 时，部分电压尖峰被内部保护电路钳制，而另一部分则由外部 C3 通过内部二极管 Z1 或 Z2 吸收。同时，输出电容 C4 和 C2 也被充电，从而有效吸收电压尖峰。图 2-6 显示了测试结果。

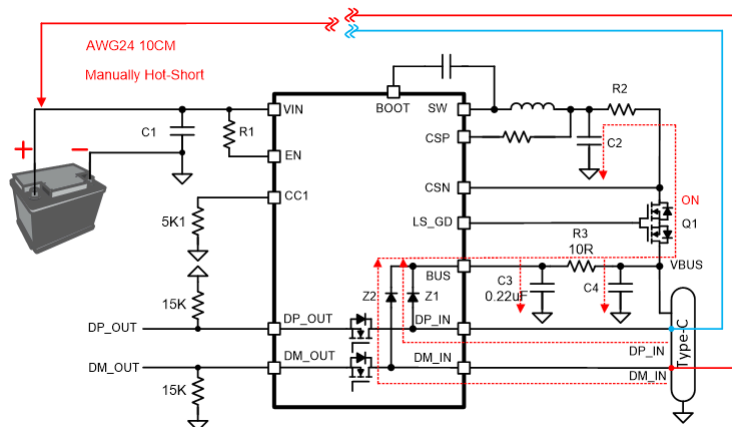
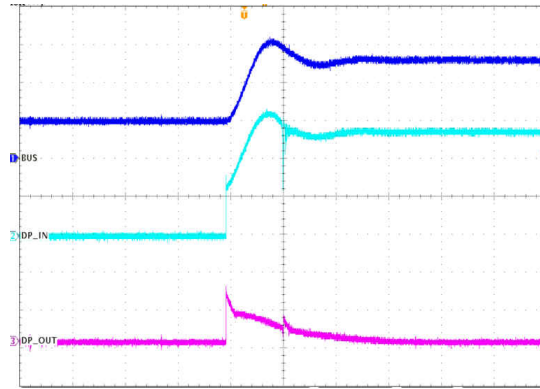


图 2-5. 上电并将 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置



CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 1μS/div

图 2-6. 在上电并将 DP_IN 短接至 VBAT 的条件下测试

2.1.3 VBUS/DP_IN/DP_IN 短接至 VBAT 的场景汇总

表 2-1. VBUS/DP_IN/DP_IN 短接至 VBAT 的场景汇总

测试项目	DP_IN 短接至 VBAT	DM_IN 短接至 VBAT	VBUS 短接至 VBAT
先上电, 然后将 VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT	通过	通过	通过

2.2 不使用外部 FET 时 VOUT/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景

有时, 为了节省成本, 客户会省去外部 FET (请参阅图 2-7)。如需了解不使用外部 FET 的特殊应用, 请参阅 [节 3](#)。

2.2.1 VOUT/CSN 短接至 VBAT 的场景

不使用背靠背 MOSFET 时, VOUT 和 CSN 直接连接。此时, 将 VOUT 短接至 VBAT, VBAT 会为输出电容器 C4 和 C2 充电。当 BUS 引脚的电压超过 7V 时, 故障由高电平变为低电平。当 Vout/CSN 引脚电压超过 7.5V 时, 转换器停止开关。图 2-8 显示了测试结果。

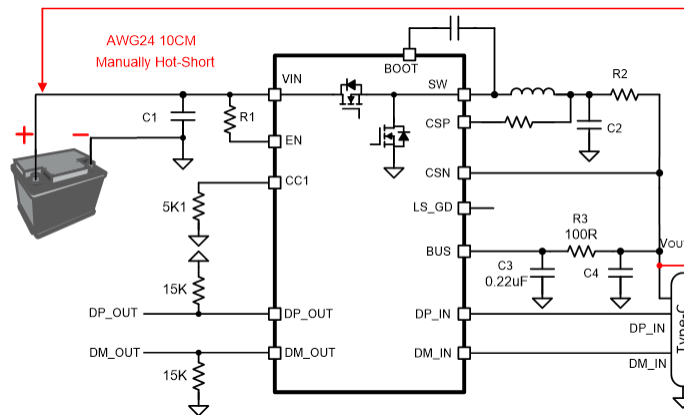
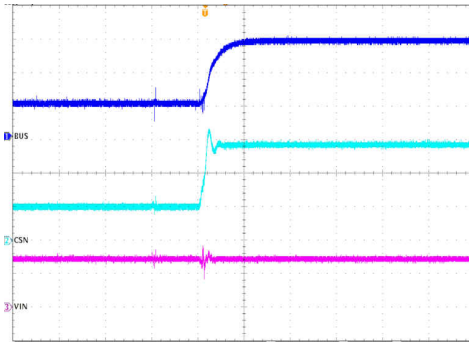


图 2-7. 上电并将 VOUT 短接至 VBAT 的测试设置



CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 10V/div , 100 μ S/div

图 2-8. 在上电并将 VOUT 短接至 VBAT 的条件下测试

2.2.2 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的场景

不使用外部 MOSFET 时，DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的电路图请参阅图 2-9。其工作原理如 2.1.2 中所述。图 2-10 显示了结果。

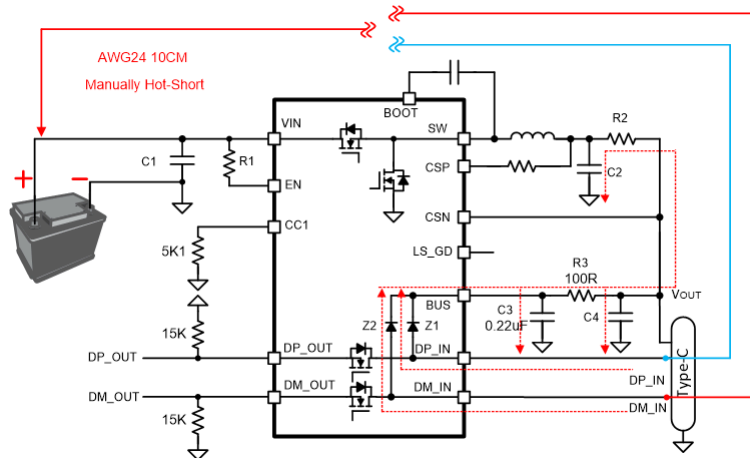
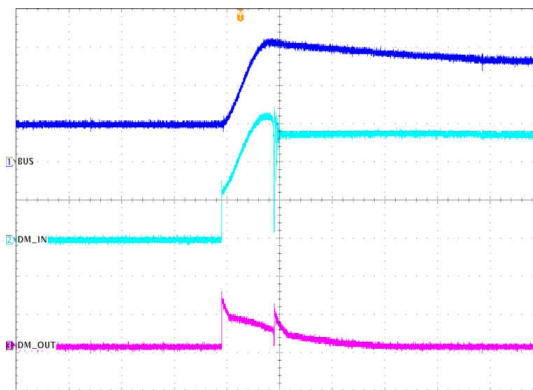


图 2-9. 上电并将 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置



CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 1 μ S/div

图 2-10. 在上电并将 DM_IN 短接至 VBAT 的条件下测试

2.2.3 VOUT/DP_IN/DP_IN 短接至 VBAT 的场景汇总

表 2-2. VOUT/DP_IN/DP_IN 短接至 VBAT 的场景汇总

测试项目	DP_IN 短接至 VBAT	DM_IN 短接至 VBAT	VOUT (CSN) 短接至 VBAT
先上电，然后将 VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT	通过	通过	通过

2.3 CC1/CC2 短接至 VBAT 的场景

CC1/CC2 短接至 VBAT 的结果与外部 MOSFET Q1 无关。图 2-11 显示了测试设置。图 2-12 和图 2-13 显示了测试结果。

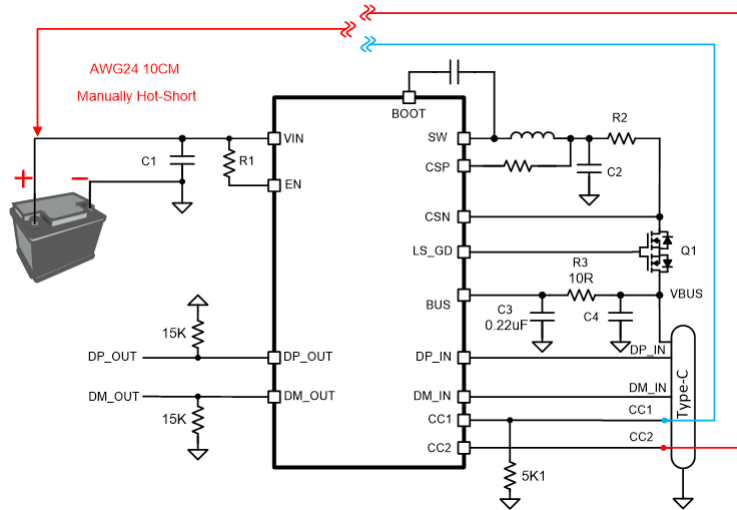
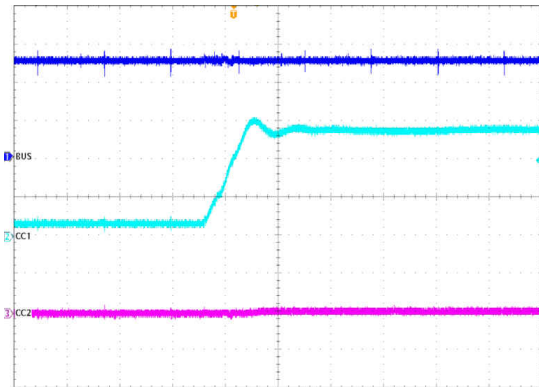
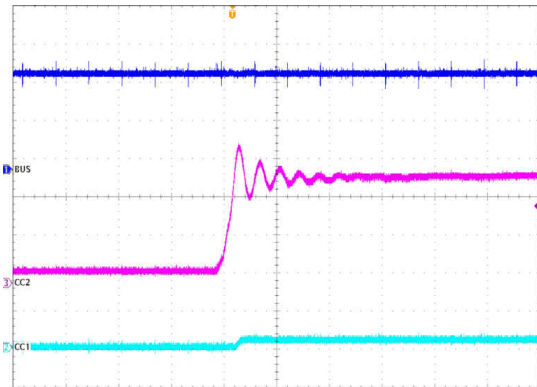


图 2-11. 上电并将 CC1/CC2 短接至 VBAT 的测试设置



CH1 = 2V/div, CH2 = 5V/div, CH3 = 5V/div, 4μS/div, CC1 = Rd



CH1 = 2V/div, CH2 = 5V/div, CH3 = 5V/div, 4μS/div, CC2 = Rd

图 2-12. 在上电并将 CC1 短接至 VBAT 的条件下测试

图 2-13. 在上电并将 CC2 短接至 VBAT 的条件下测试

3 电池短路的特殊场景

客户应用中通常会有一些特殊场景，汇总如下：

场景 1：客户通常会在 TPS25830、TPS25831-Q1 或 TPS25840-Q1 系统之前添加 MOSFET Q2 保护电路，以便实现过压、欠压和防反向连接功能。当输入电压出现过压或欠压时，Q2 关闭。Q2 关闭后，USB 闪电输出端口可能会意外接触到点烟器的正极。这是一种需要进行测试的可能情况。等效测试条件是先断电，然后将 VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT（请参阅图 3-1）：

- VBAT = 14.5V
- VIN = 0V
- EN = VIN
- Vout = 0V
- IOUt = 0A

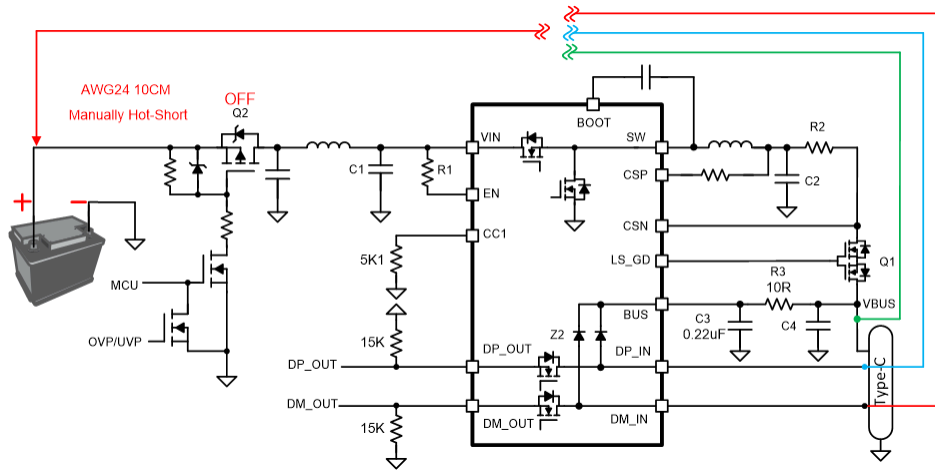


图 3-1. VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置

场景 2：最终用户驾车到达目的地后，会关闭汽车引擎并从设备上拔下 USB 闪电端口。如果此时 USB 闪电端口意外接触到点烟器的正极，那么下次汽车启动时，VBUS 和 VBAT 之间会出现短路。等效测试条件为：将 VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT，然后为 TPS25830、TPS25831-Q1 或 TPS25840-Q1 上电（图 3-2）。

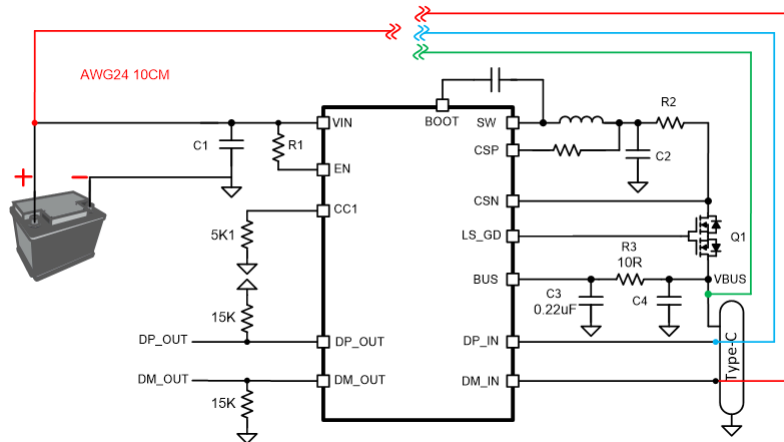


图 3-2. VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置

场景 3 与场景 2 类似。唯一的区别是，由于客户时序要求，EN 由外部 MCU 或其他控制信号控制。等效测试条件是先将 VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN。图 3-3 显示了测试设置。

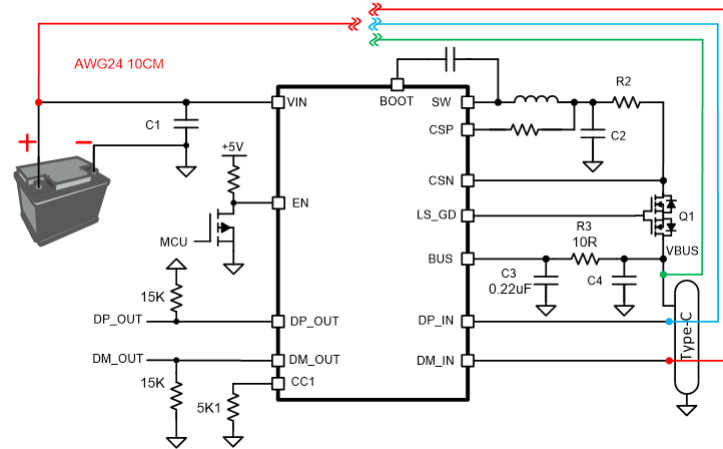


图 3-3. VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置

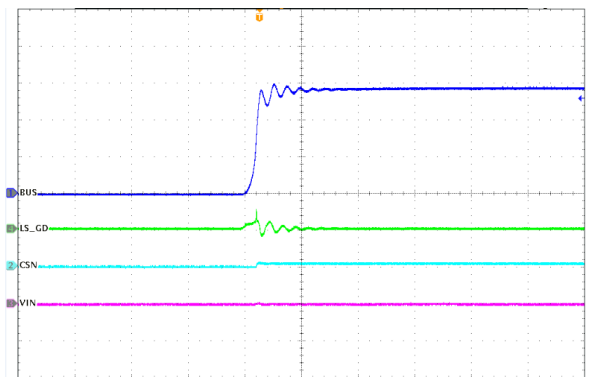
3.1 使用外部 FET 时 VBUS/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景

3.1.1 VBUS 短接至 VBAT 的场景

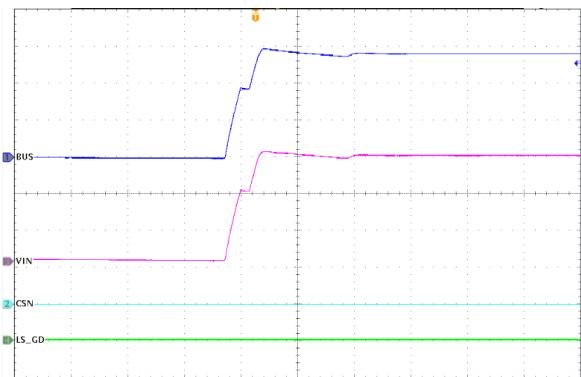
场景 1：图 3-1 显示了测试设置。每个点的状态均为电源关闭 (VBUS = 0V、LS_GD 为低电平且 Q1 关断)。将 VBUS 短接至 VBAT。VBUS 的电压快速变为与 VBAT 相同的电平。图 3-4 显示了测试结果。

场景 2：图 3-2 显示了测试设置。VBUS 短接至 VBAT。输入电压和 VBUS 均快速变为与 VBAT 相同的电平。图 3-5 显示了测试结果。

场景 3：图 3-3 显示了测试设置。首先将 VBUS 短接至 VBAT 并接通电源，然后启用 EN。图 3-6 显示了测试结果。



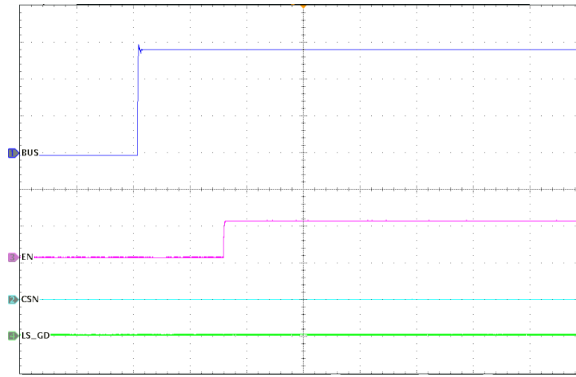
CH1 = 5V/div , CH2 = 2V/div , CH3 = 5V/div , CH4 = 5V/div ,
20μs/div



CH1 = 5V/div , CH2 = 2V/div , CH3 = 5V/div , CH4 = 5V/div ,
10ms/div

图 3-4. 在断电并将 VBUS 短接至 VBAT 的条件下测试

图 3-5. 在将 VBUS 短接至 VBAT 然后上电的条件下测试



CH1 = 5V/div , CH2 = 2V/div , CH3 = 5V/div , CH4 = 5V/div , 400mS/div

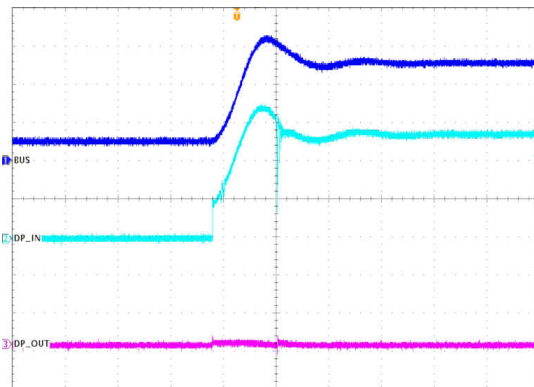
图 3-6. 在将 VBUS 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN 的条件下测试

3.1.2 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的场景

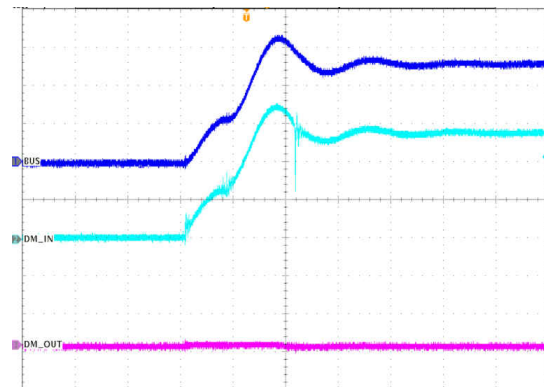
场景 1：图 3-1 显示了测试设置。每个点的状态均为电源关闭 ($V_{out} = 0V$ 、LS_GD 为低电平且 Q1 关断)。将 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT。DP_IN/DM_IN 的电压快速变为与 VBAT 相同的电平。图 3-7 和图 3-8 显示了测试结果。

场景 2：图 3-2 显示了测试设置。DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT。输入电压和 DP_IN/DM_IN 电压均快速变为与 VBAT 相同的电平。图 3-9 和图 3-10 显示了测试结果。

场景 3：图 3-3 显示了测试设置。首先，将 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 并接通电源，然后启用 EN。图 3-11 和图 3-12 显示了测试结果。

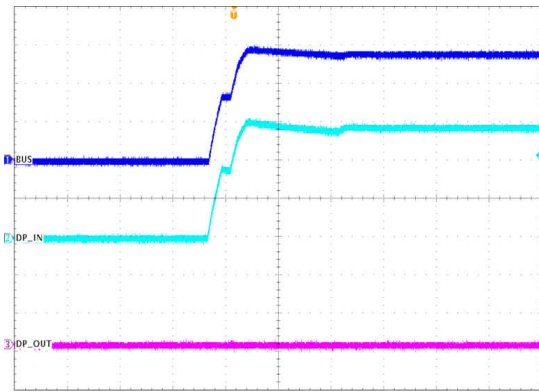


CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 2 μ S/div



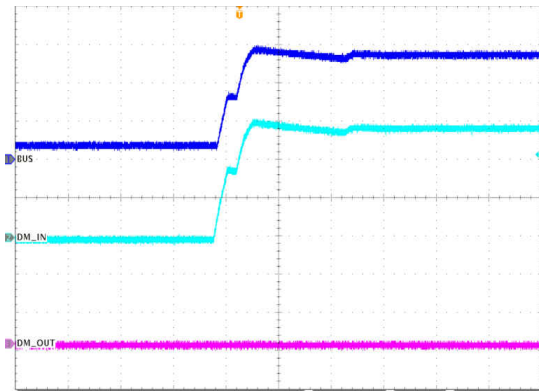
CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 2 μ S/div

图 3-7. 在断电并将 DP_IN 短接至 VBAT 的条件下测试 图 3-8. 在断电并将 DM_IN 短接至 VBAT 的条件下测试



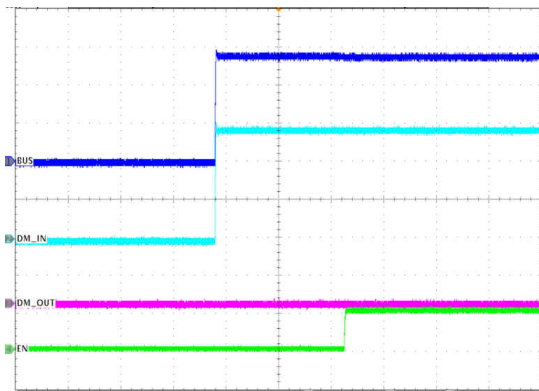
CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 10mS/div

图 3-9. 在将 DP_IN 短接至 VBAT 然后上电的条件下测试



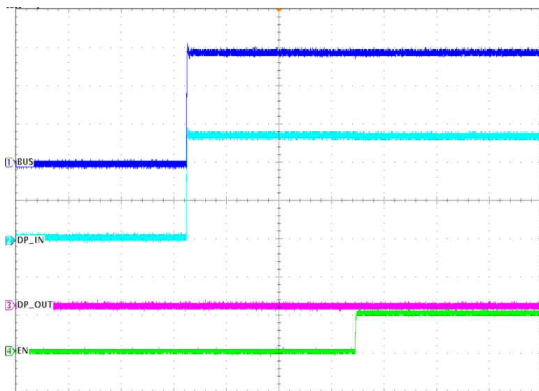
CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 10mS/div

图 3-10. 在将 DM_IN 短接至 VBAT 然后上电的条件下测试



CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 400mS/div

图 3-11. 在将 DM_IN 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN 的条件下测试



CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 400mS/div

图 3-12. 在将 DP_IN 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN 的条件下测试

3.1.3 VBUS/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景汇总

表 3-1. VBUS/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景汇总

测试项目	DP_IN 短接至 VBAT	DM_IN 短接至 VBAT	VBUS 短接至 VBAT
先断电，然后将 VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT	通过	通过	通过
先将 VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT，然后上电	通过	通过	通过
先将 VBUS/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN	通过	通过	通过

3.2 不使用外部 FET 时 VOUT/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景

此应用与 节 3.1 中的应用相同。这种情况也可以汇总如下：

场景 1：图 3-13 显示了测试设置。先关闭电源，然后将 VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT。每个点的状态如下：

- VBAT = 14.5V
- VIN = 0V
- EN = VIN
- VOUT = 0V

- IO_{UT} = 0A

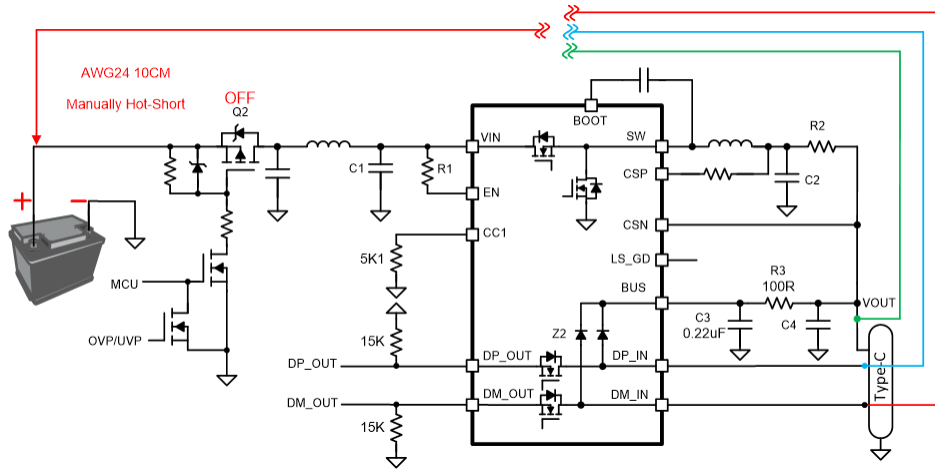


图 3-13. VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置

场景 2：图 3-14 显示了测试设置。先将 VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT，然后接通电源。

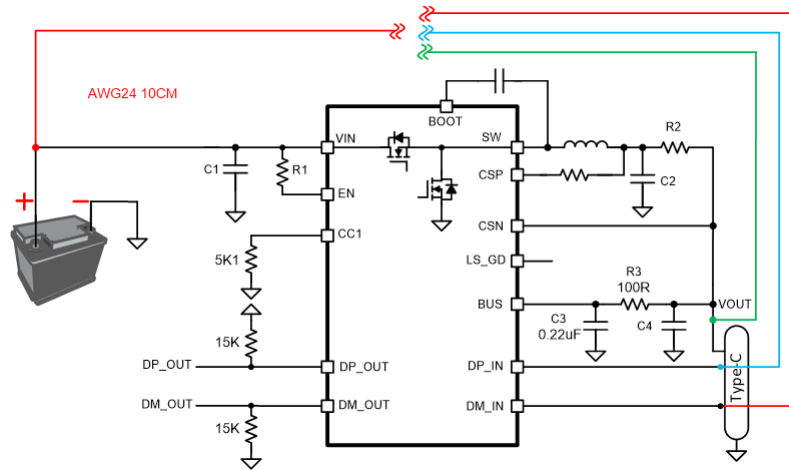


图 3-14. VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置

场景 3：图 3-15 显示了测试设置。将 VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 并接通电源，然后启用 EN。

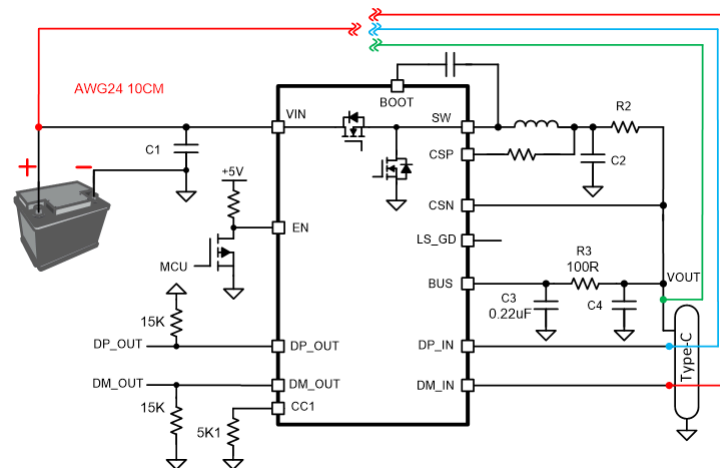


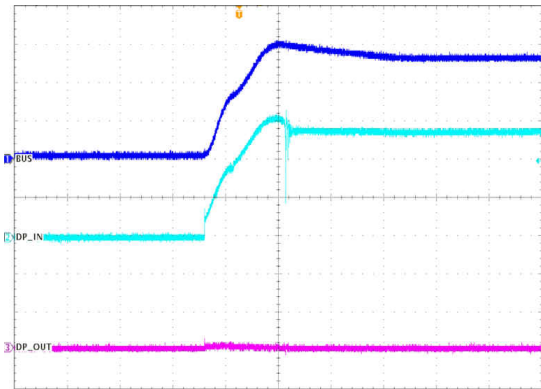
图 3-15. VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的测试设置

3.2.1 VOUT 短接至 VBAT 的场景

- 场景 1：先关闭电源，然后将 CSN 短接至 VBAT。在这种情况下，TPS25830、TPS25831-Q1 和 TPS25840-Q1 不支持电池短路保护。
- 场景 2：先将 CSN 短接至 VBAT，然后接通电源。在这种情况下，TPS25830、TPS25831-Q1 和 TPS25840-Q1 不支持电池短路保护。
- 场景 3：先将 CSN 短接至 VBAT 并接通电源，然后启用 EN。在这种情况下，TPS25830、TPS25831-Q1 和 TPS25840-Q1 不支持电池短路保护。

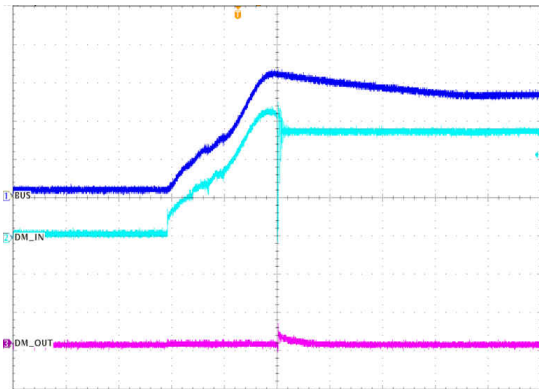
3.2.2 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 的场景

- 场景 1：关闭电源，然后将 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT。图 3-16 和图 3-17 显示了测试结果。
- 场景 2：将 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT，然后接通电源。图 3-18 和图 3-19 显示了测试结果。
- 场景 3：将 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT，接通电源，然后启用 EN。图 3-20 和图 3-21 显示了测试结果。



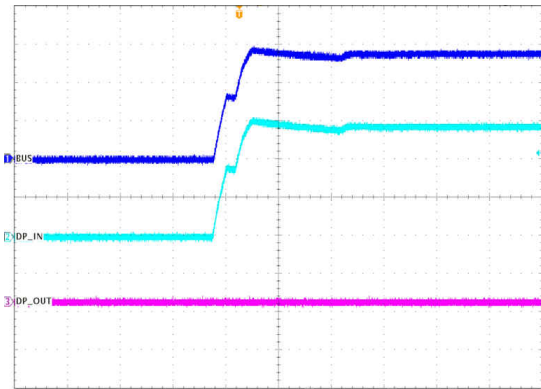
CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 2 μ S/div

图 3-16. 在断电并将 DP_IN 短接至 VBAT 的条件下测试



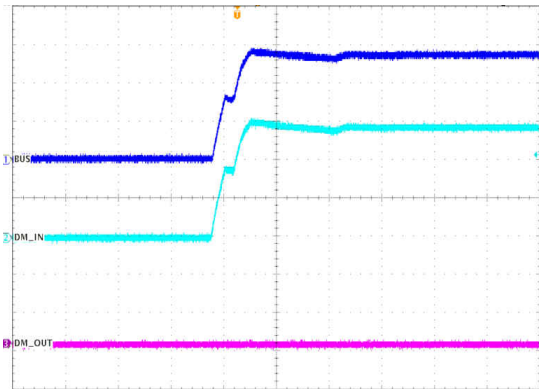
CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 2 μ S/div

图 3-17. 在断电并将 DM_IN 短接至 VBAT 的条件下测试



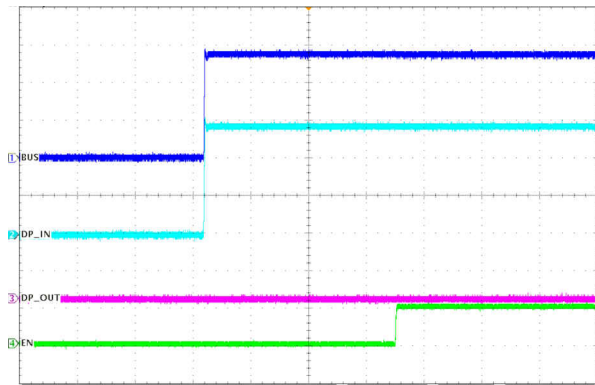
CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 10mS/div

图 3-18. 在将 DP_IN 短接至 VBAT 然后上电的条件下测试



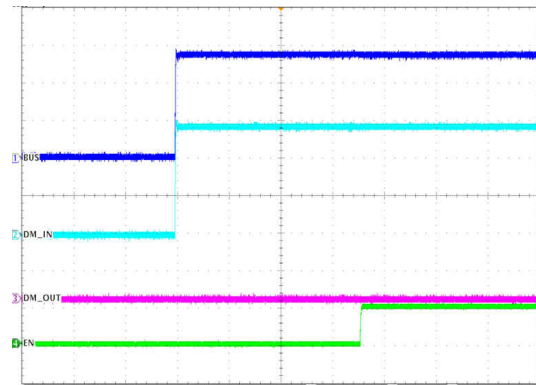
CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , 10mS/div

图 3-19. 在将 DM_IN 短接至 VBAT 然后上电的条件下测试



CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , CH3 = 5V/div ,
400mS/div

图 3-20. 在将 DM_IN 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN 的条件下测试



CH1 = 5V/div , CH2 = 5V/div , CH3 = 5V/div , CH3 = 5V/div ,
400mS/div

图 3-21. 在将 DP_IN 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN 的条件下测试

3.2.3 VOUT/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景汇总

表 3-2. VOUT/DP_IN/DM-IN 短接至 VBAT 的场景汇总

测试项目	DP_IN 短接至 VBAT	DM_IN 短接至 VBAT	VOUT 短接至 VBAT
先断电，然后将 VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT	通过	通过	不支持
先将 VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT，然后上电	通过	通过	不支持
先将 VOUT/DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 并上电，然后启用 EN	通过	通过	不支持

4 电池短路时连接 TVS 的场景

在实际短接至 VBAT 的过程中，PCB 的寄生电感和电容会产生谐振。谐振电压通常大于 18V。TPS25830-Q1、TPS25831-Q1 和 TPS25840-Q1 上以下各项的最大电压为 18V：

- VBUS
- Vout
- DP_IN
- DM_IN
- CC1 和 CC2 引脚

如果这些引脚的电压超过 18V，则需要添加一个 TVS 二极管。本演示中 TI 使用的 TVS 二极管为 SMAJ18A，并且 TVS PCB 布局应尽可能靠近 IC 引脚。

4.1 VBUS 短接至 VBAT 时连接 TVS 的场景

如果在 VBUS 短接至 VBAT 时电压超过 18V，TI 建议在 VBUS 和 GND 之间连接一个 18V TVS 二极管，如图 4-1 中所示的 Z3。

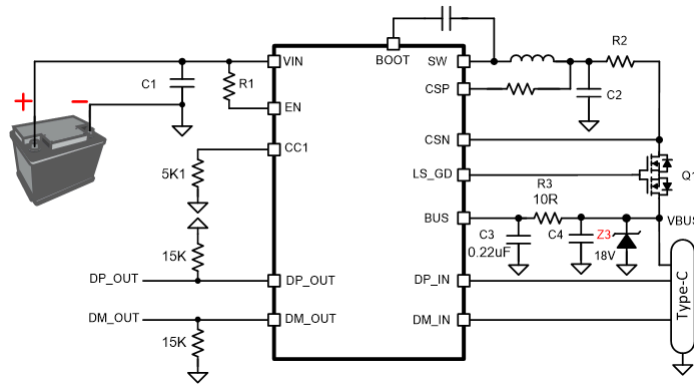


图 4-1. VBUS 短接至 VBAT 时连接 TVS 的设置

4.2 VOUT 短接至 VBAT 时连接 TVS 的场景

如果在 Vout 短接至 VBAT 时电压超过 18V，TI 建议在 VBUS 和 GND 之间连接一个 18V TVS 二极管，如图 4-2 中所示的 Z3。

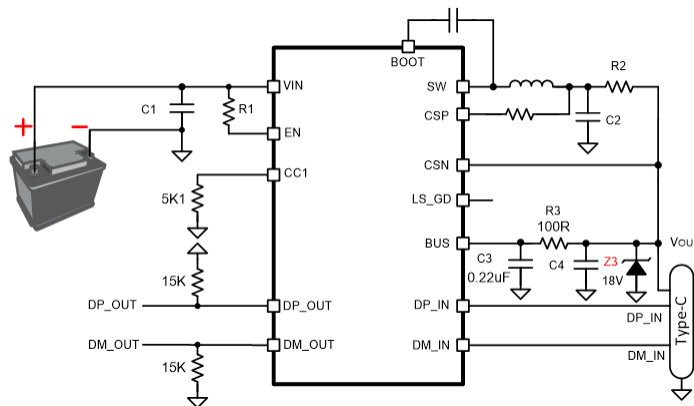


图 4-2. VOUT 短接至 VBAT 时连接 TVS 的设置

4.3 DP/DM 短接至 VBAT 时连接 TVS 的场景

如果在 DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 时电压超过 18V，TI 建议在 VBUS 和 GND 之间连接一个 18V TVS 二极管，如图 4-3 中所示的 Z3。

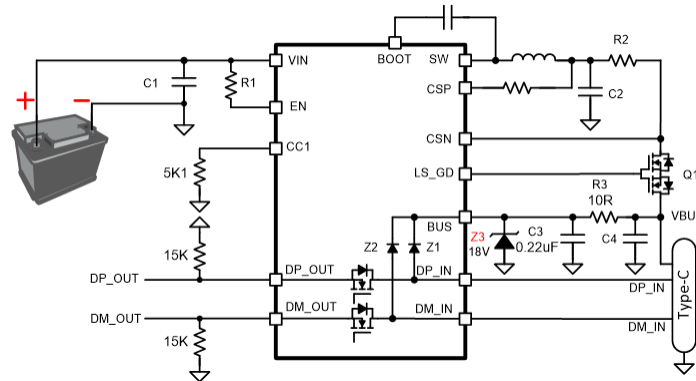


图 4-3. DP_IN/DM_IN 短接至 VBAT 时连接 TVS 的设置

4.4 CC1/CC2 短接至 VBAT 时连接 TVS 的场景

如果在 CC1/CC2 短接至 VBAT 时电压超过 18V，TI 建议在 VBUS 和 GND 之间连接一个 18V TVS 二极管，如图 4-4 中所示的 Z3。

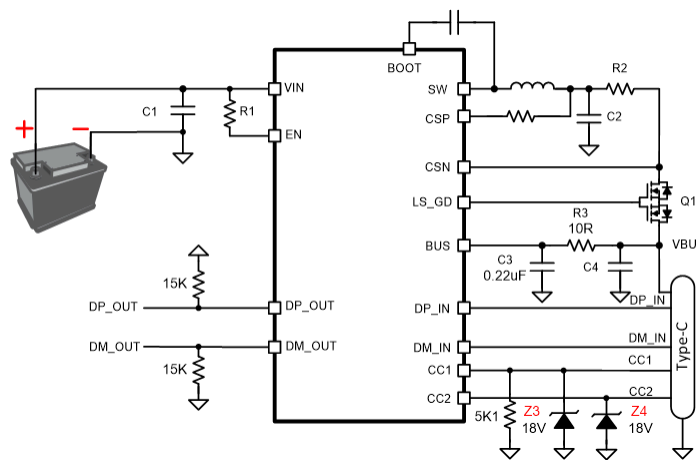


图 4-4. CC1/CC2 短接至 VBAT 时连接 TVS 的设置

5 Revision History

Changes from Revision * (September 2019) to Revision A (May 2023)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1

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