

Application Note

对 TI 高侧开关进行接地短路测试



Alan Whitehead

摘要

汽车和工业应用中常用的高侧开关必须具备强大的容错能力，以便在异常工作条件下保持安全性和可靠性。在器件处于运行状态时，开关的负载侧被拉至接地的接地短路 (STG) 故障可能引起高电流应力和热关断。本应用手册概述了测试设置注意事项、波形、通过/未通过标准和结果，便于更好地了解 STG 行为的动态变化。确定此性能有助于评估器件稳健性，也有助于提高系统可靠性。

内容

1 了解接地短路事件	3
2 TI 高侧开关 (HSS) 中的器件级保护	3
3 测试设置	3
3.1 验证和结果	4
4 其他信息	6
5 总结	24
6 参考资料	24

插图清单

图 3-1. 接地短路硬件原理图	3
图 3-2. TPS1HC100 at 18V-0.2uH-43mΩ	4
图 3-3. TPS1HC30 at 18V-0.2uH-43mΩ	5
图 3-4. TPS2HC08 at 18V-0.2uH-43mΩ	5
图 4-1. TPS1HC100-0.2uH-12V	6
图 4-2. TPS1HC100-0.2uH-15V	6
图 4-3. TPS1HC100-0.2uH-18V	7
图 4-4. TPS1HC100-0.5uH-12V	7
图 4-5. TPS1HC100-0.5uH-15V	8
图 4-6. TPS1HC100-0.5uH-18V	8
图 4-7. TPS1HC100-5uH-12V	9
图 4-8. TPS1HC100-5uH-15V	9
图 4-9. TPS1HC100-5uH-18V	10
图 4-10. TPS1HC100-10uH-12V	10
图 4-11. TPS1HC100-10uH-15V	11
图 4-12. TPS1HC100-10uH-18V	11
图 4-13. TPS1HC30-0.2uH-12V	12
图 4-14. TPS1HC30-0.2uH-15V	12
图 4-15. TPS1HC30-0.2uH-18V	13
图 4-16. TPS1HC30-0.5uH-12V	13
图 4-17. TPS1HC30-0.5uH-15V	14
图 4-18. TPS1HC30-0.5uH-18V	14
图 4-19. TPS1HC30-5uH-12V	15
图 4-20. TPS1HC30-5uH-15V	15
图 4-21. TPS1HC30-5uH-18V	16
图 4-22. TPS1HC30-10uH-12V	16
图 4-23. TPS1HC30-10uH-15V	17
图 4-24. TPS1HC30-10uH-18V	17

图 4-25. TPS2HC08-0.2uH-12V.....	18
图 4-26. TPS2HC08-0.2uH-15V.....	18
图 4-27. TPS2HC08-0.2uH-18V.....	19
图 4-28. TPS2HC08-0.5uH-12V.....	19
图 4-29. TPS2HC08-0.5uH-15V.....	20
图 4-30. TPS2HC08-0.5uH-18V.....	20
图 4-31. TPS2HC08-5uH-12V.....	21
图 4-32. TPS2HC08-5uH-15V.....	21
图 4-33. TPS2HC08-5uH-18V.....	22
图 4-34. TPS2HC08-10uH-12V.....	22
图 4-35. TPS2HC08-10uH-15V.....	23
图 4-36. TPS2HC08-10uH-18V.....	23

表格清单

表 3-1. 测试程序.....	3
表 3-2. TPS1HC100、TPS1HC30 和 TPS2HC08 测试结果.....	4

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 了解接地短路事件

在系统中，短路情况主要有两种类型，即启用至短路和热短路。启用至短路是指器件未上电时短路，因启用至短路而触发电流限制保护。但是，热短路是指器件主动向负载供电时，因短路而触发电流限制保护。热短路情况被认为是最严重的，因为器件在短路发生之前由于有源 FET 而被加热。本文档中的结果来自热短路中测试 TI 高侧开关的结果。

2 TI 高侧开关 (HSS) 中的器件级保护

测试的器件为 TPS1HC100、TPS1HC30 和 TPS2HC08，它们在 STG 事件期间具有内部保护功能，可在防止损坏的同时向用户发出故障提醒。可调节电流限制允许器件在启动和短路事件下钳制浪涌电流。电流限制将电流保持在设定的值，并将 SNS 引脚上拉至 VSNSFH。故障置为有效后，器件在达到相对或绝对热关断后关断。

3 测试设置

要测试该条件下的器件行为，每个短路在测试中必须是受控变量。这是通过在 PVC 管周围缠绕导线以模拟汽车系统中短路的电阻和电感特性来确定的。这可视作导线损坏、连接或引脚故障、装配不当和负载故障。每种情况都可能为高侧开关带来不同程度的应力。此外，还在一定的输入电压范围内对每个高侧开关进行了测试，以了解单元在更高功率耗散和热升情况下是如何反应的。此外，在每个级别将每个单元短接 50 次，以验证是否存在器件故障。表 3-1 显示了评估每个器件时建立的测试程序。

表 3-1. 测试程序

短路电缆		迭代步骤	12V	15V	18V	绝对最大值
10.1uH	180mΩ	50	通过/未通过	通过/未通过	通过/未通过	通过/未通过
4.7uH	102mΩ	50	通过/未通过	通过/未通过	通过/未通过	通过/未通过
0.7uH	63mΩ	50	通过/未通过	通过/未通过	通过/未通过	通过/未通过
0.2uH	43mΩ	50	通过/未通过	通过/未通过	通过/未通过	通过/未通过

如前文所述，本文档重点介绍了器件在热短路情况下的行为方式。为了确认在短路之前每个单元都尽可能发热，在此评估期间使用了每个数据表中显示的最大标称电流。这与短路配置一样。图 3-1 显示了用于测试每个高侧开关的硬件设置。

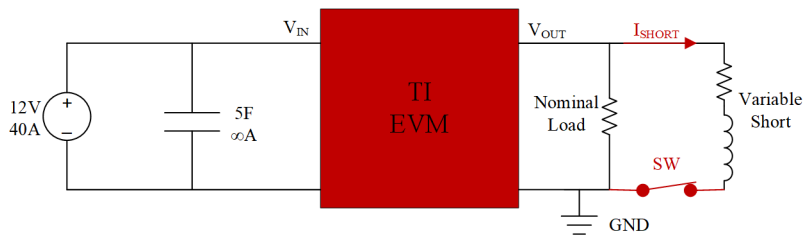


图 3-1. 接地短路硬件原理图

在电源和 HSS 之间并联一个 5 法拉电容器。这是为了确定在 STG 测试期间施加的最大电流，从根本上防止电源限制浪涌电流。此外，在 STG 条件下，将 330 μ F 电容器连接在每个 EVM 的输入端，以便保持适当的负载调整。负载调整是指电源的输出电压如何响应负载电流的变化。因此，由于施加了短路，如果没有电容器来减轻这种负载电流变化，则输入电压可能会崩溃。

此外，每次在此应用中使用 STG 板时，以相同的方式创建短接。这是测试板，专门设计用于模拟系统中的 STG 故障。为了触发每个故障，将施加 5V 电压到电路板上，用作带电 STG 线圈和 EVM 接地平面之间的开关。

3.1 验证和结果

表 3-2 概述了每个测试的结果。测试是否通过，取决于器件在短路后是否成功为最大标称负载供电。每个器件都能够没有故障的情况下通过每个短路情况。

表 3-2. TPS1HC100、TPS1HC30 和 TPS2HC08 测试结果

短路电缆		迭代步骤	12V	15V	18V	绝对最大值
10.1 μ H	180m Ω	50	通过	通过	通过	通过
4.7 μ H	102m Ω	50	通过	通过	通过	通过
0.7 μ H	63m Ω	50	通过	通过	通过	通过
0.2 μ H	43m Ω	50	通过	通过	通过	通过

每个器件通过时，每次短路时的波形会有所不同。这里的关键是每个高侧开关的导通状态电阻 (RDS (ON))。较低的 RDS (ON) 通常更适合正常运行，这意味着更低的功率耗散，但允许在短时间内提供更大的电流，从而为器件带来应力。图 3-2 至图 3-4 显示了以最低电阻和电感短接的每个器件的 18V 波形。这是每个高侧开关的建议工作条件中指定的最高输入电压。

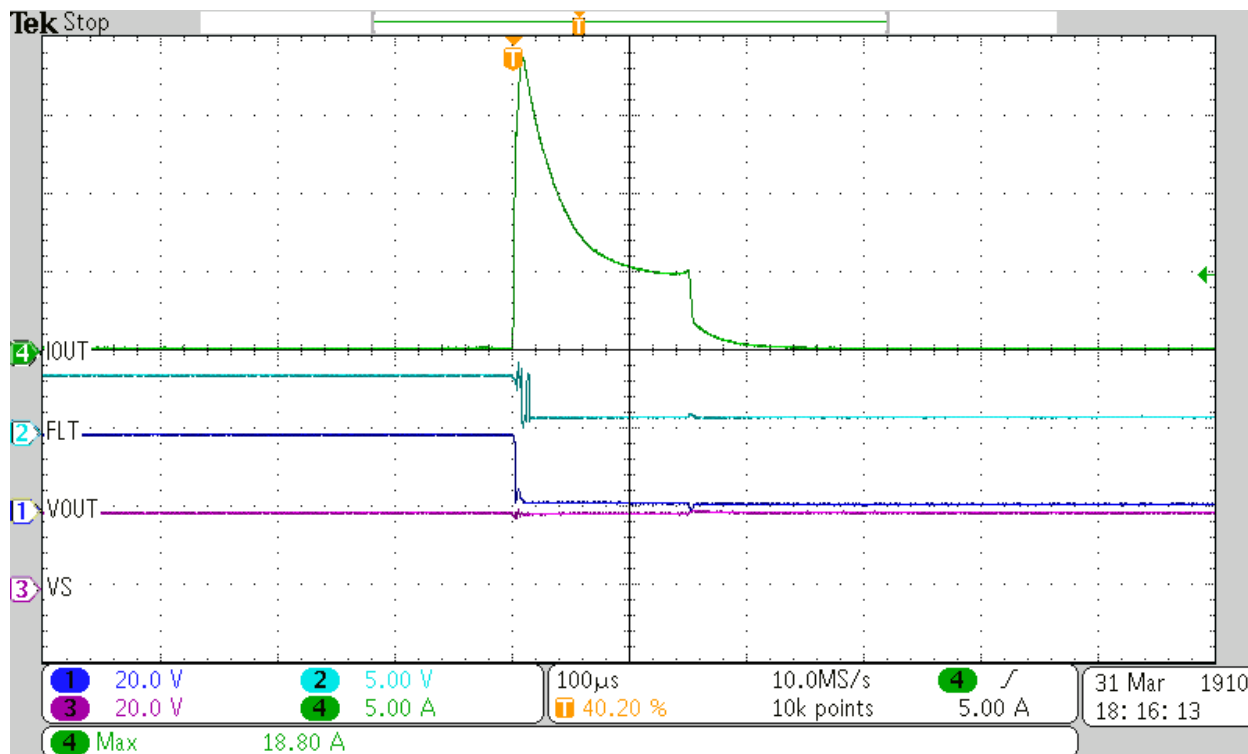


图 3-2. TPS1HC100 at 18V-0.2 μ H-43m Ω

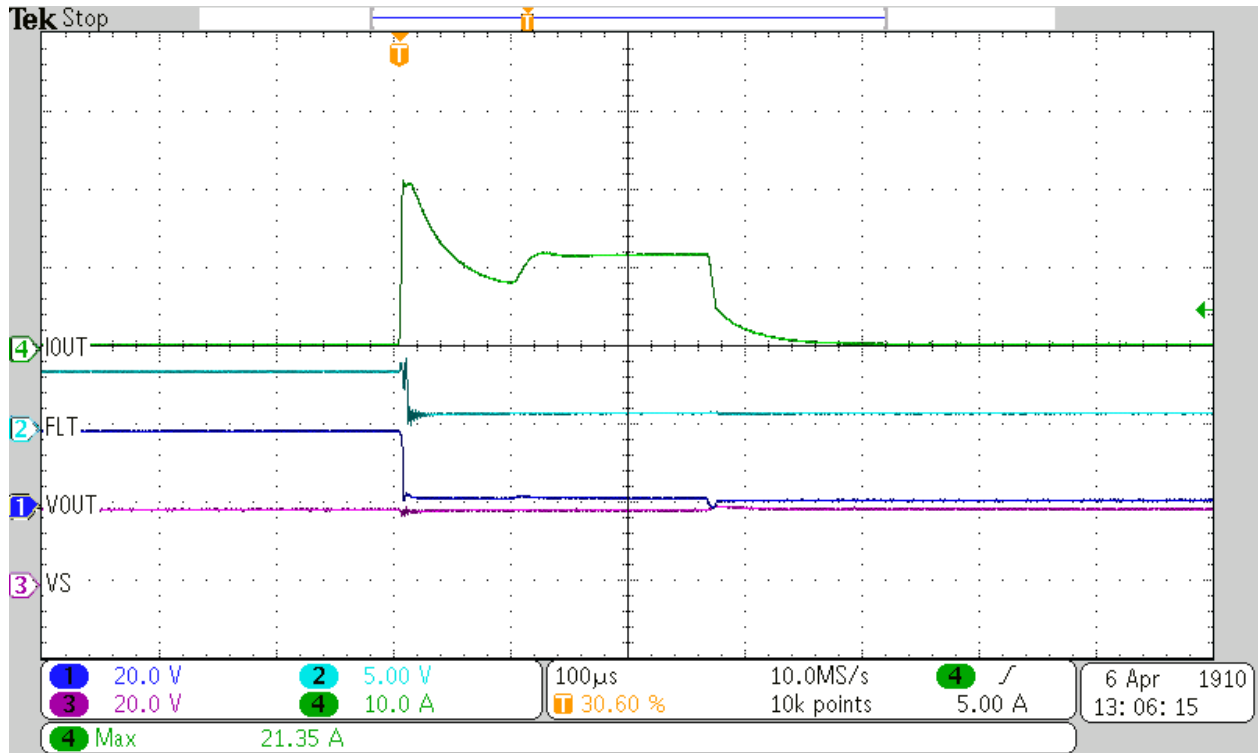


图 3-3. TPS1HC30 at 18V-0.2uH-43mΩ

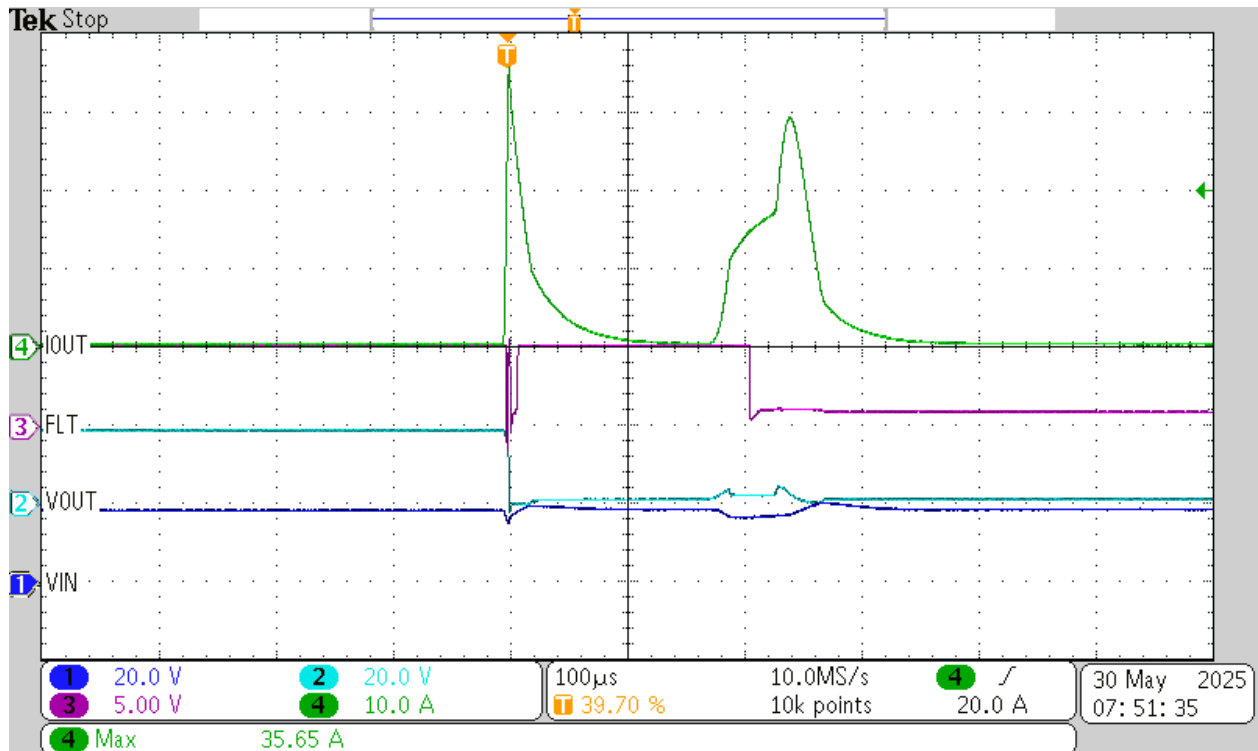


图 3-4. TPS2HC08 at 18V-0.2uH-43mΩ

如前所述，每个波形都表明短路电流随高侧开关的 $R_{DS(ON)}$ 减小而上升。一旦施加短路，TPS2HC08 约为 36A。此外，如每个波形所示，当检测到短路时，FLT 会被拉至低电平，从而向控制器发出系统中存在故障的提醒。

4 其他信息

图 4-1 和 图 4-36 是为每个器件采集的波形。所示数据适用于每个器件的建议工作条件下的 12V-18V 接地短路情况。

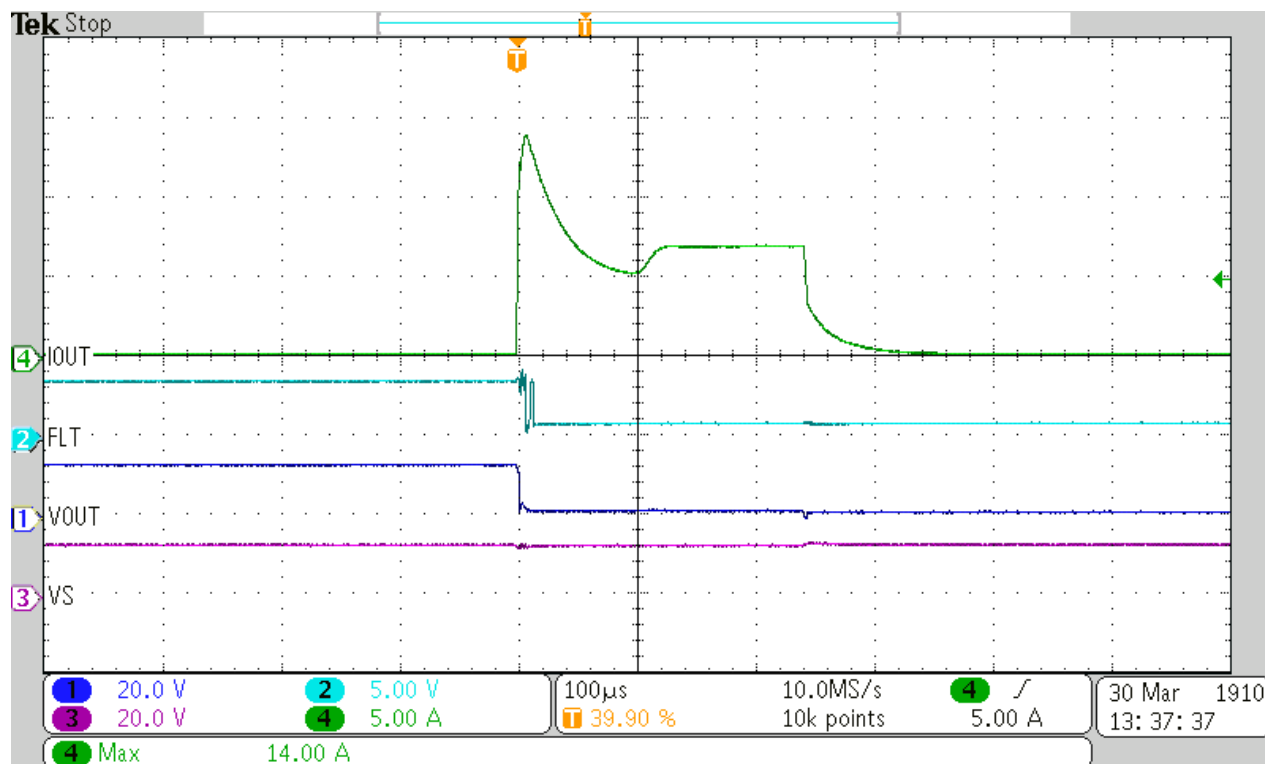


图 4-1. TPS1HC100-0.2uH-12V

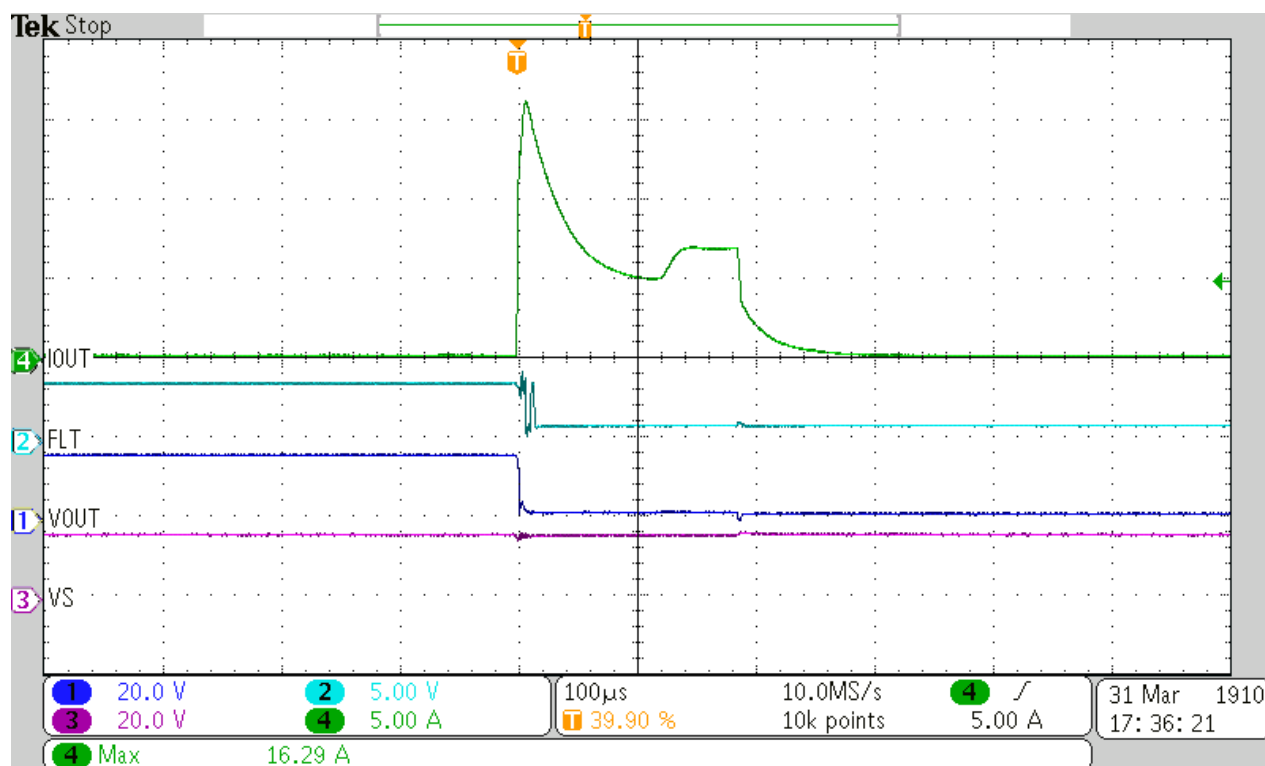


图 4-2. TPS1HC100-0.2uH-15V

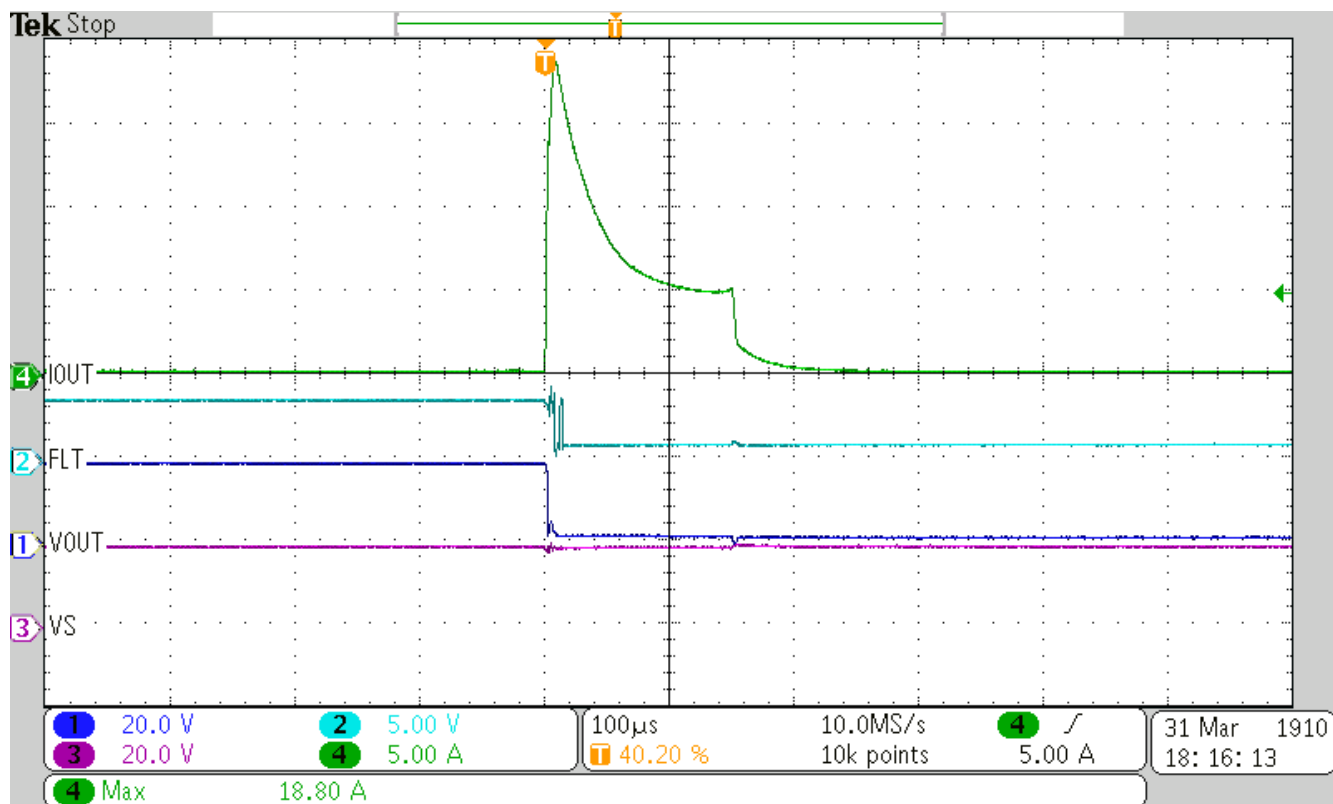


图 4-3. TPS1HC100-0.2uH-18V

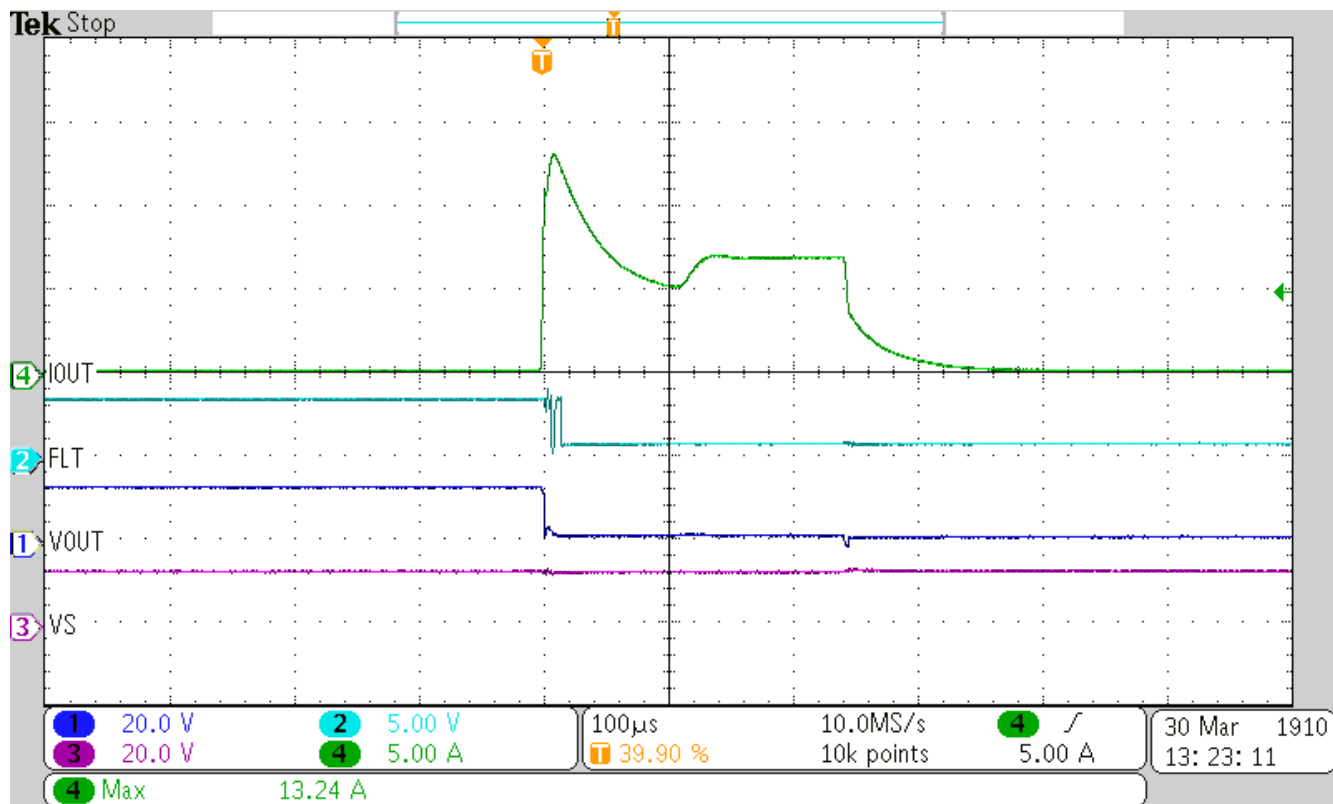


图 4-4. TPS1HC100-0.5uH-12V

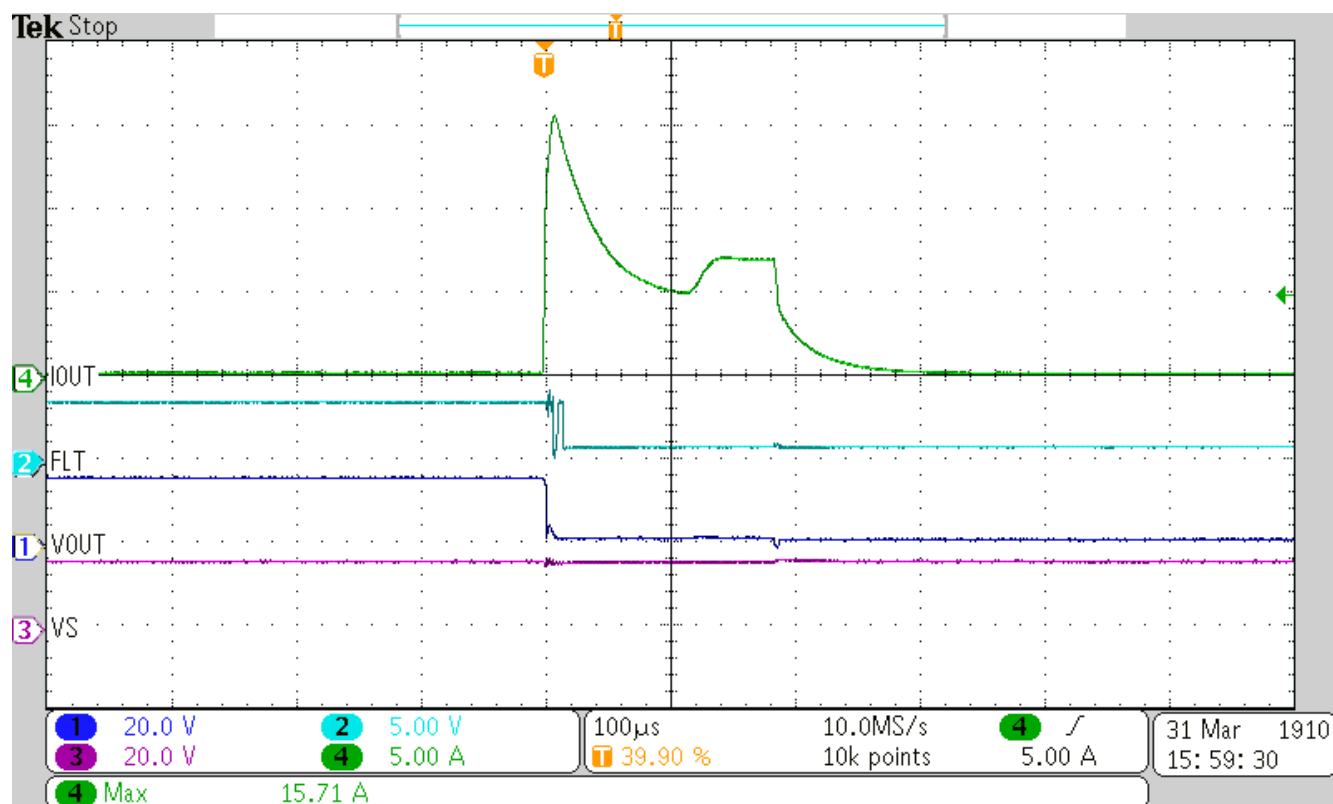


图 4-5. TPS1HC100-0.5uH-15V

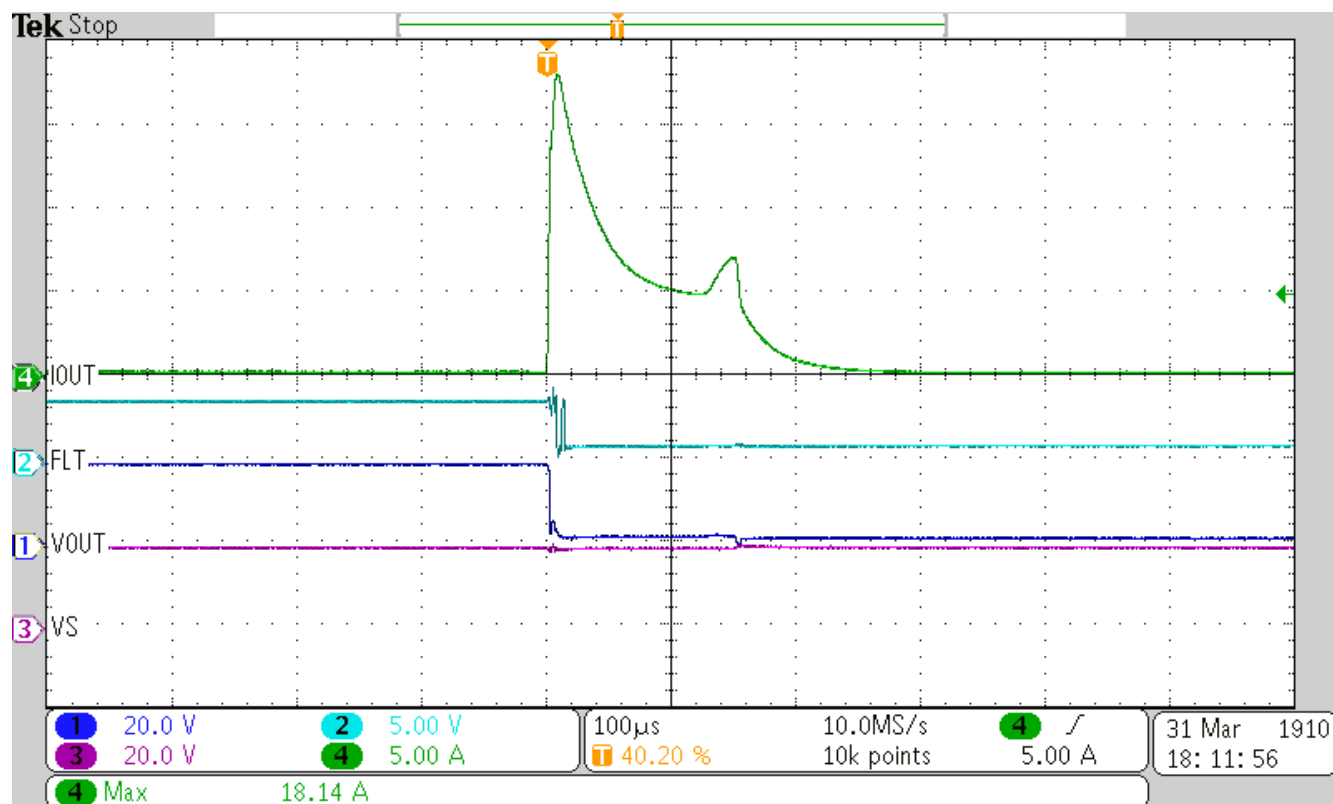


图 4-6. TPS1HC100-0.5uH-18V

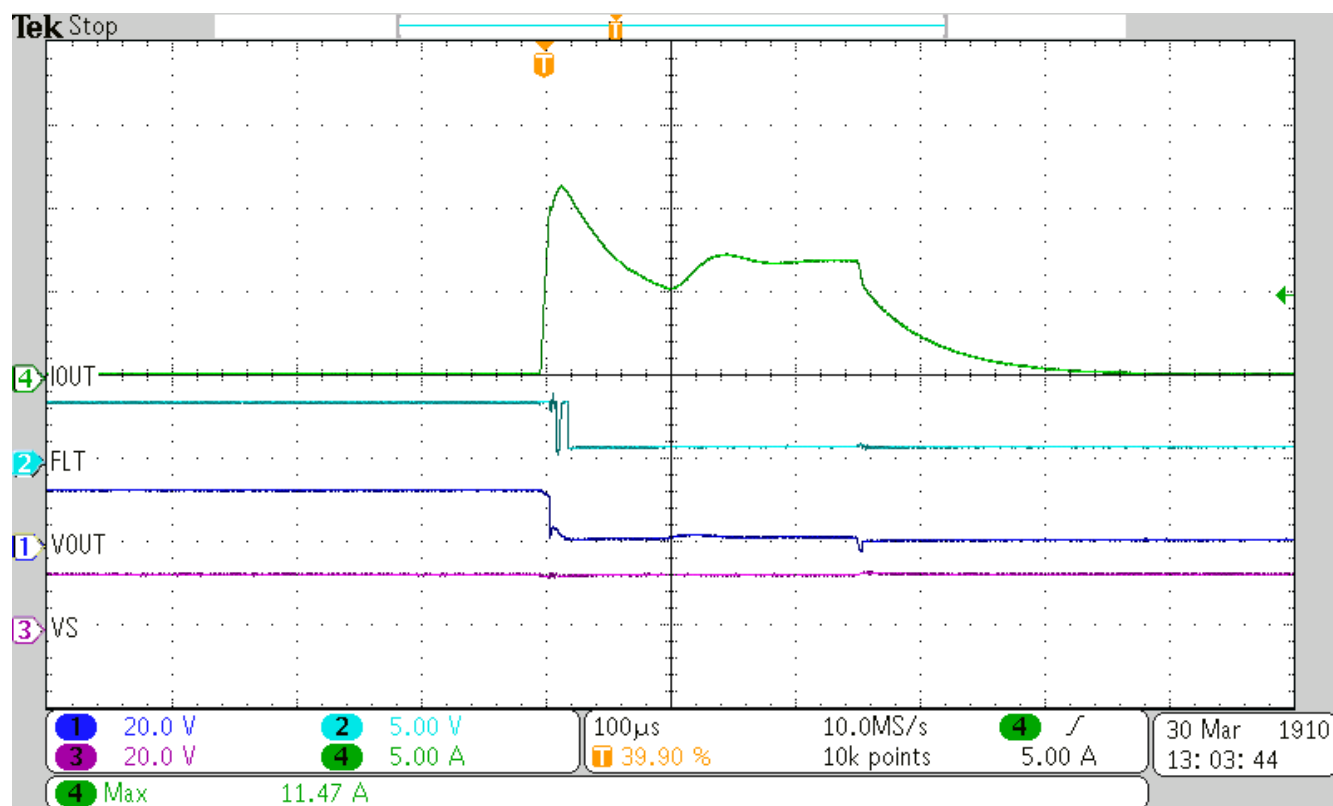


图 4-7. TPS1HC100-5uH-12V

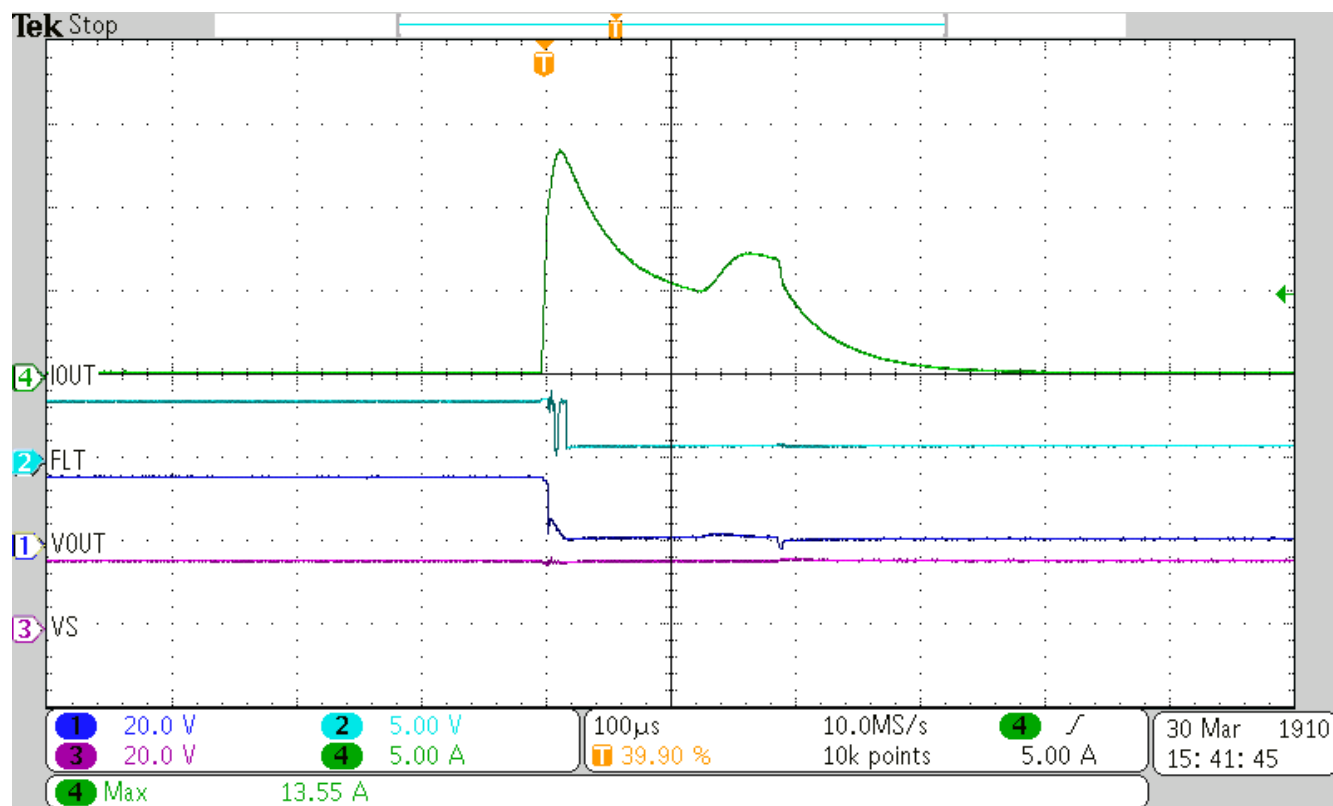


图 4-8. TPS1HC100-5uH-15V

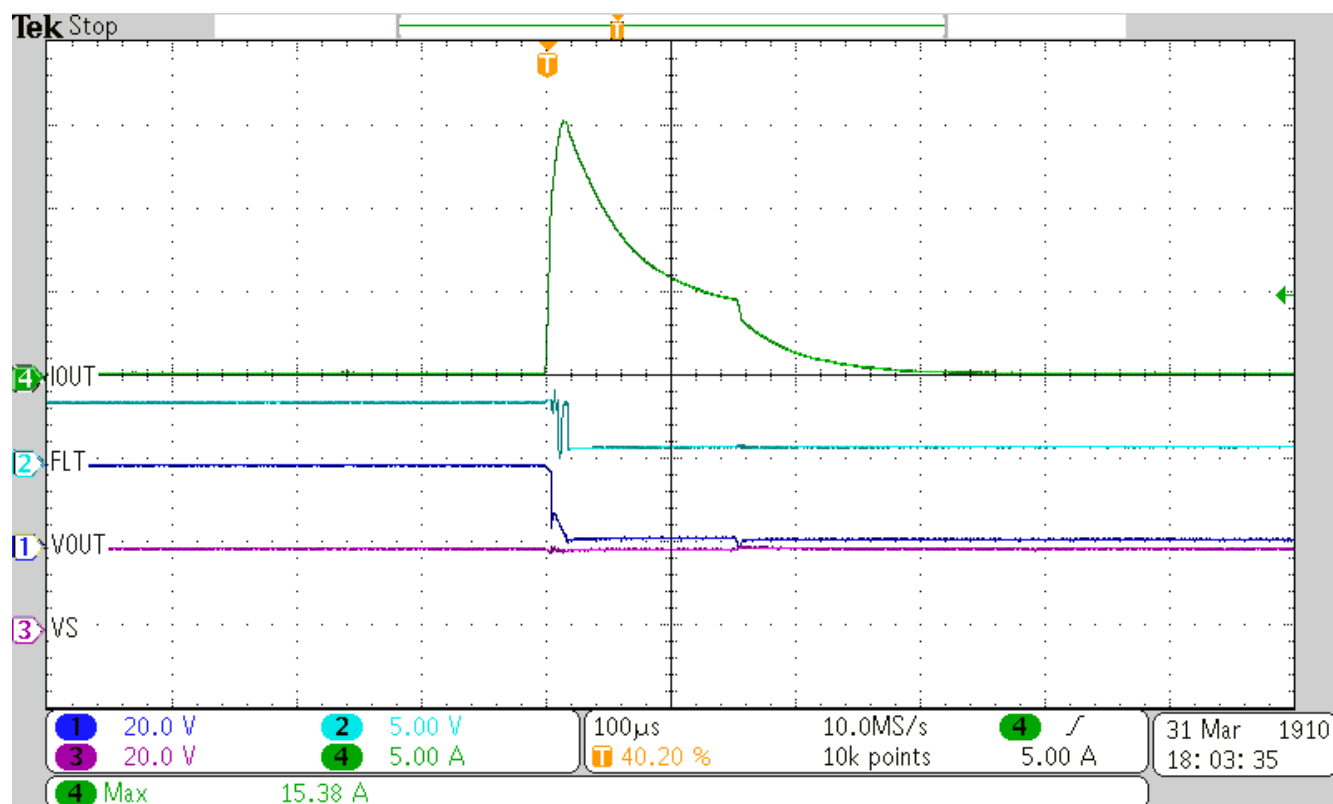


图 4-9. TPS1HC100-5uH-18V

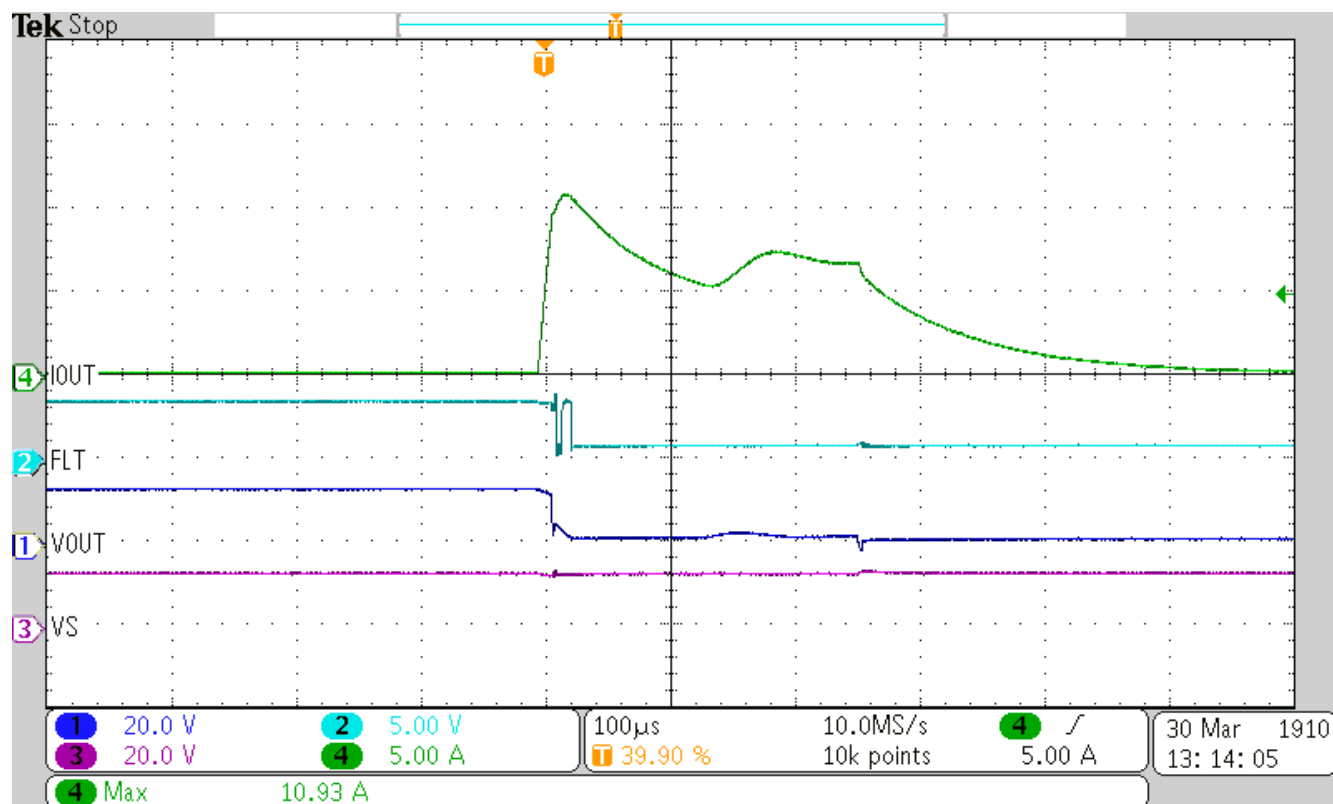


图 4-10. TPS1HC100-10uH-12V

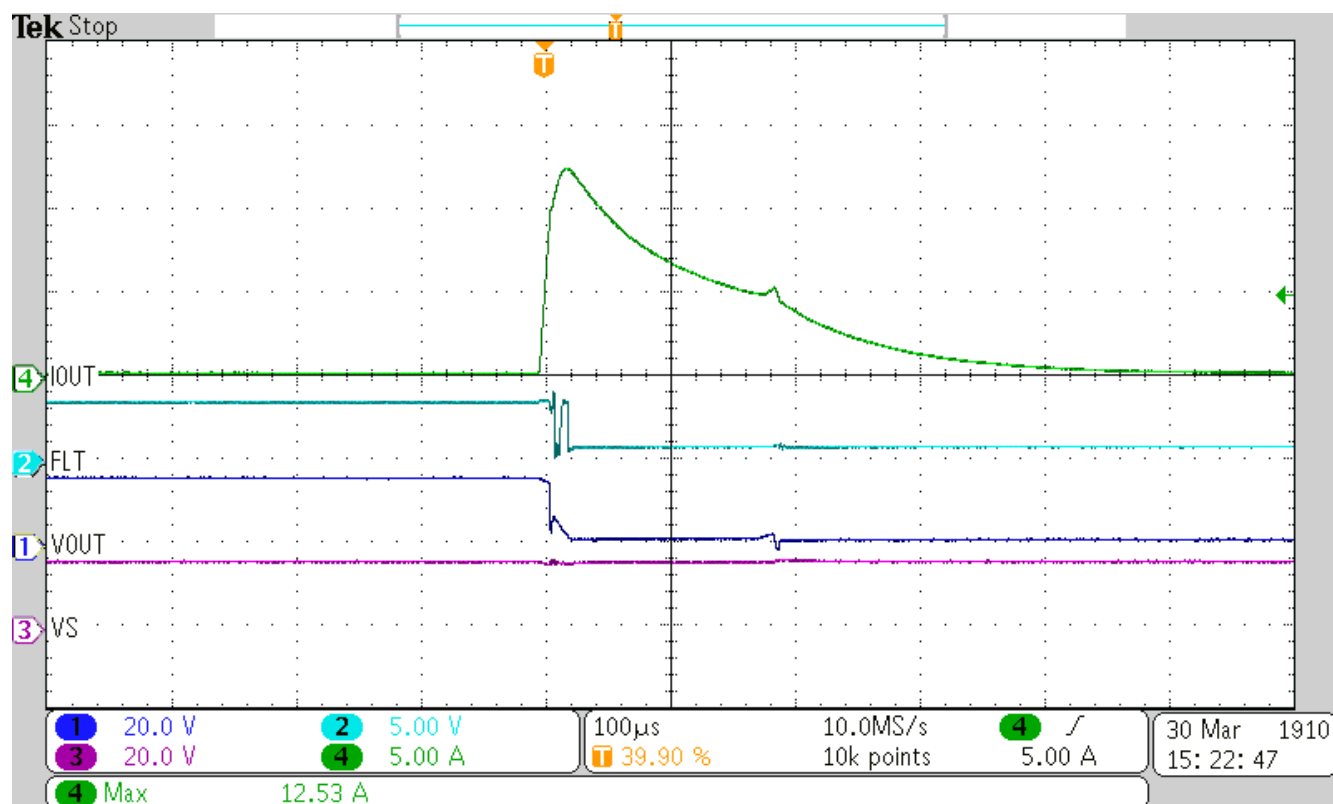


图 4-11. TPS1HC100-10uH-15V

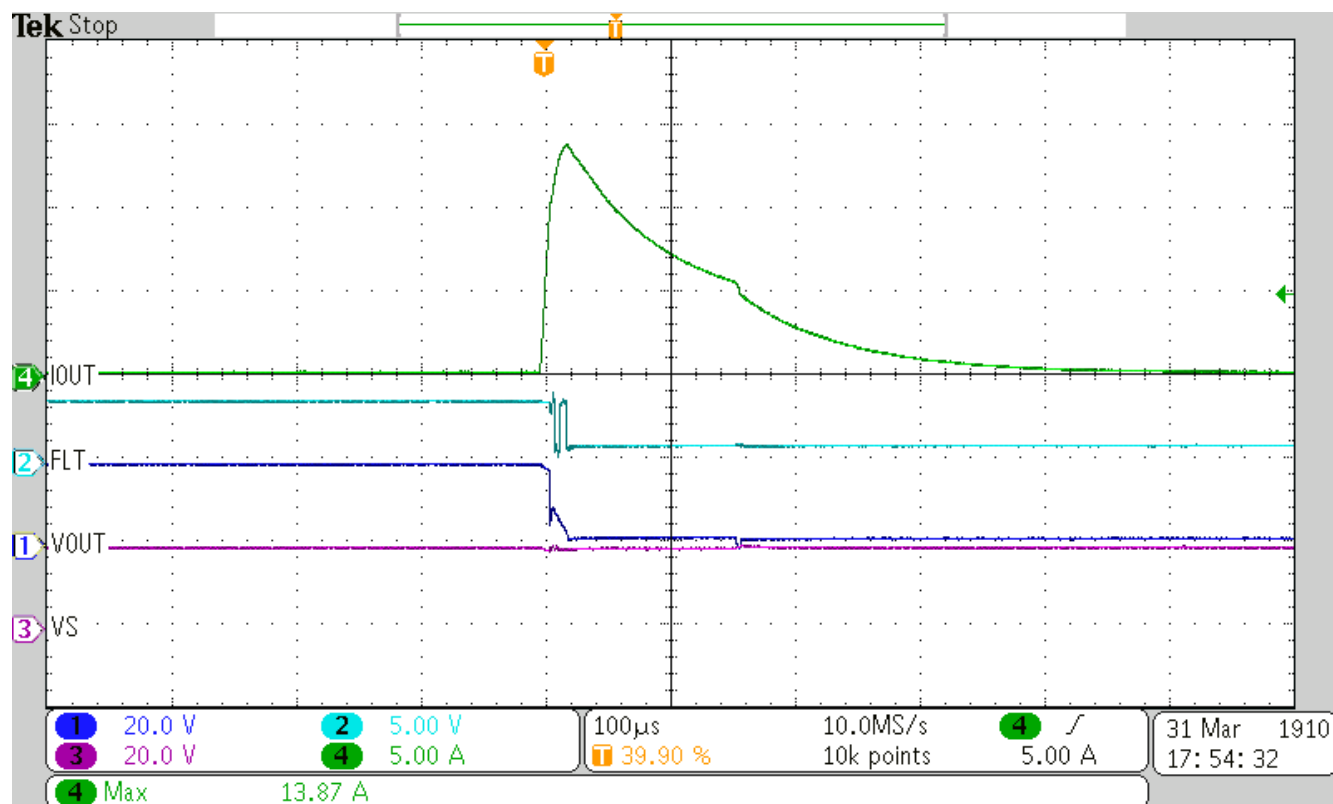


图 4-12. TPS1HC100-10uH-18V

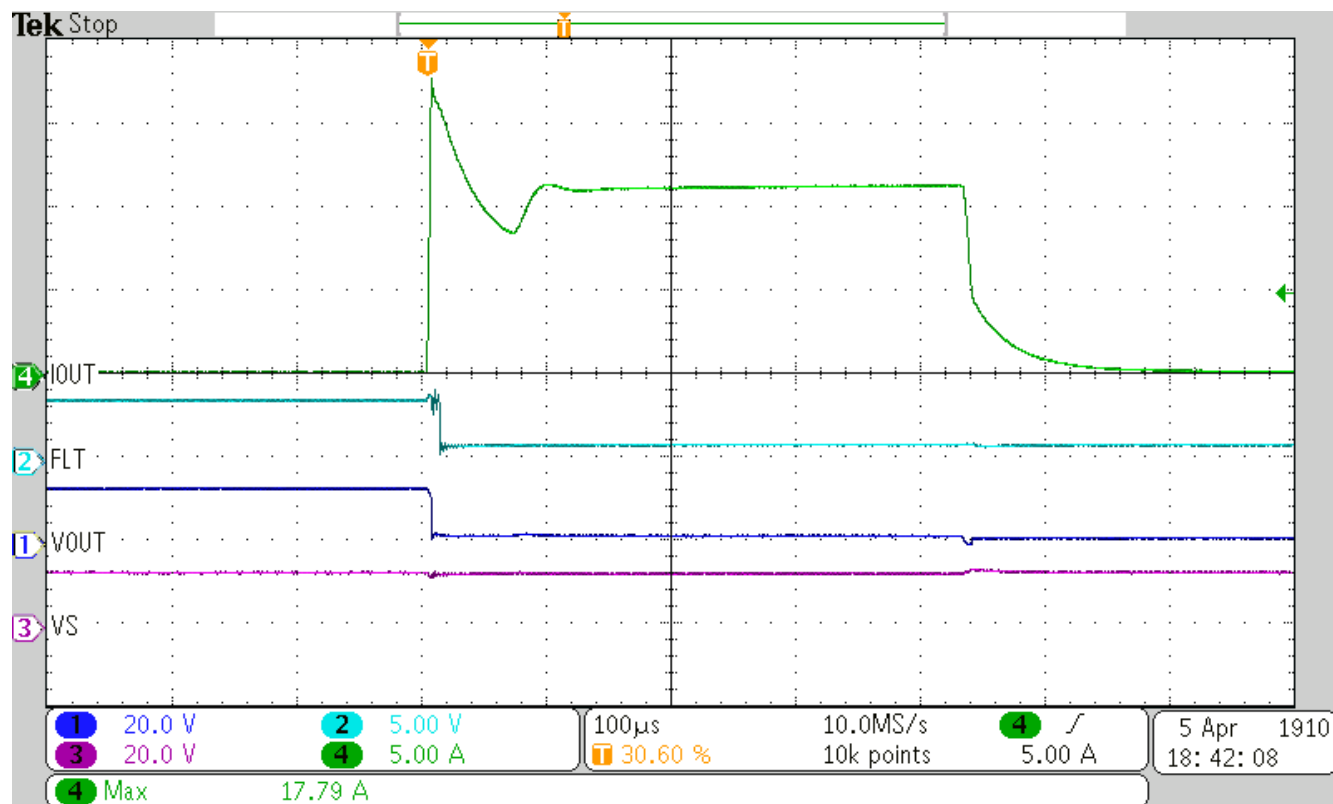


图 4-13. TPS1HC30-0.2uH-12V

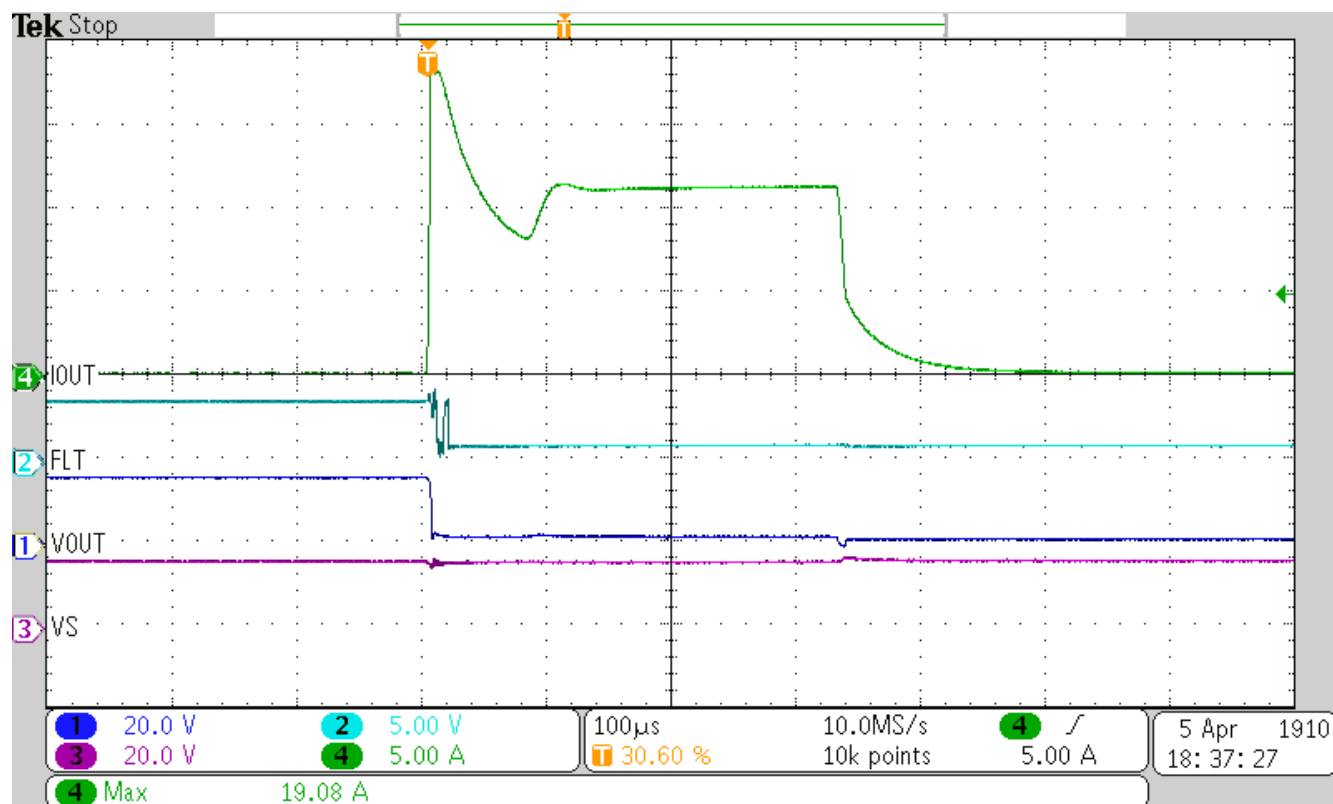


图 4-14. TPS1HC30-0.2uH-15V

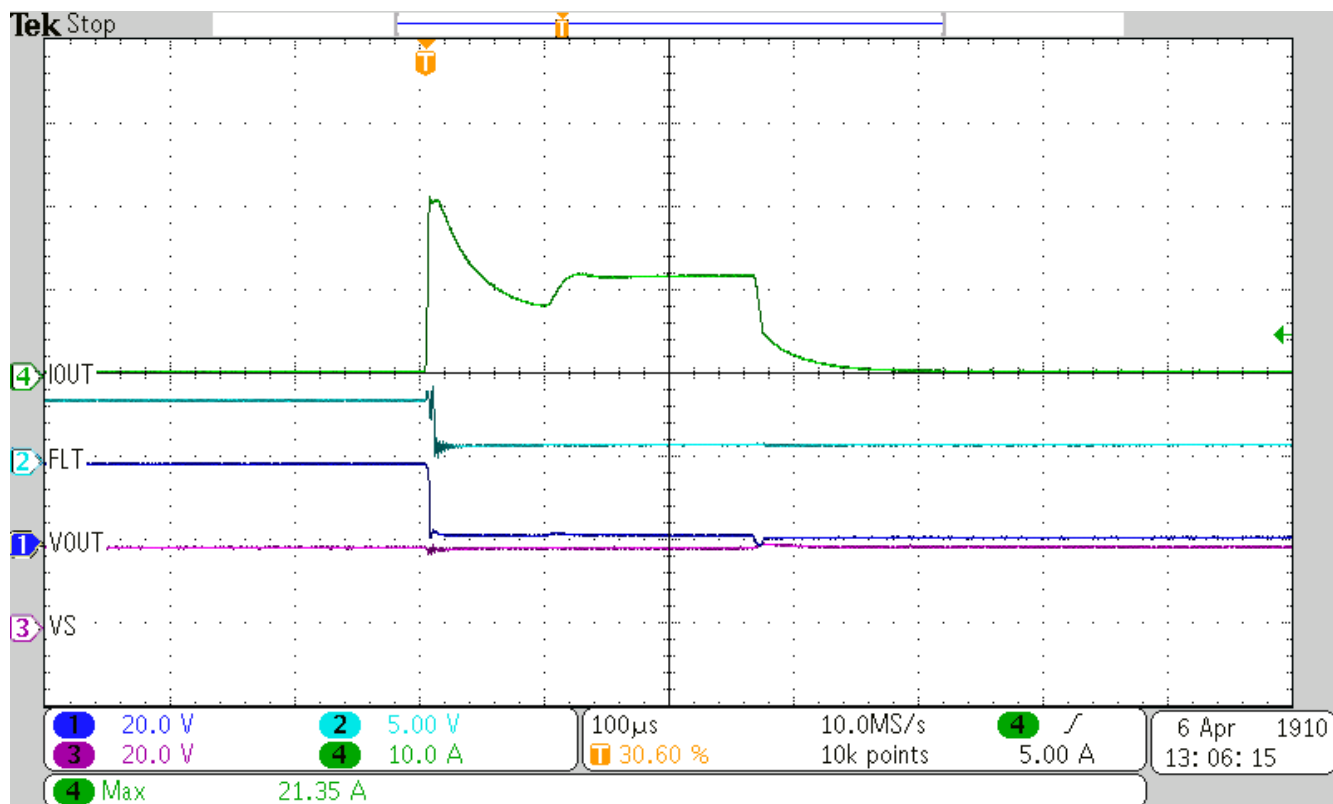


图 4-15. TPS1HC30-0.2uH-18V

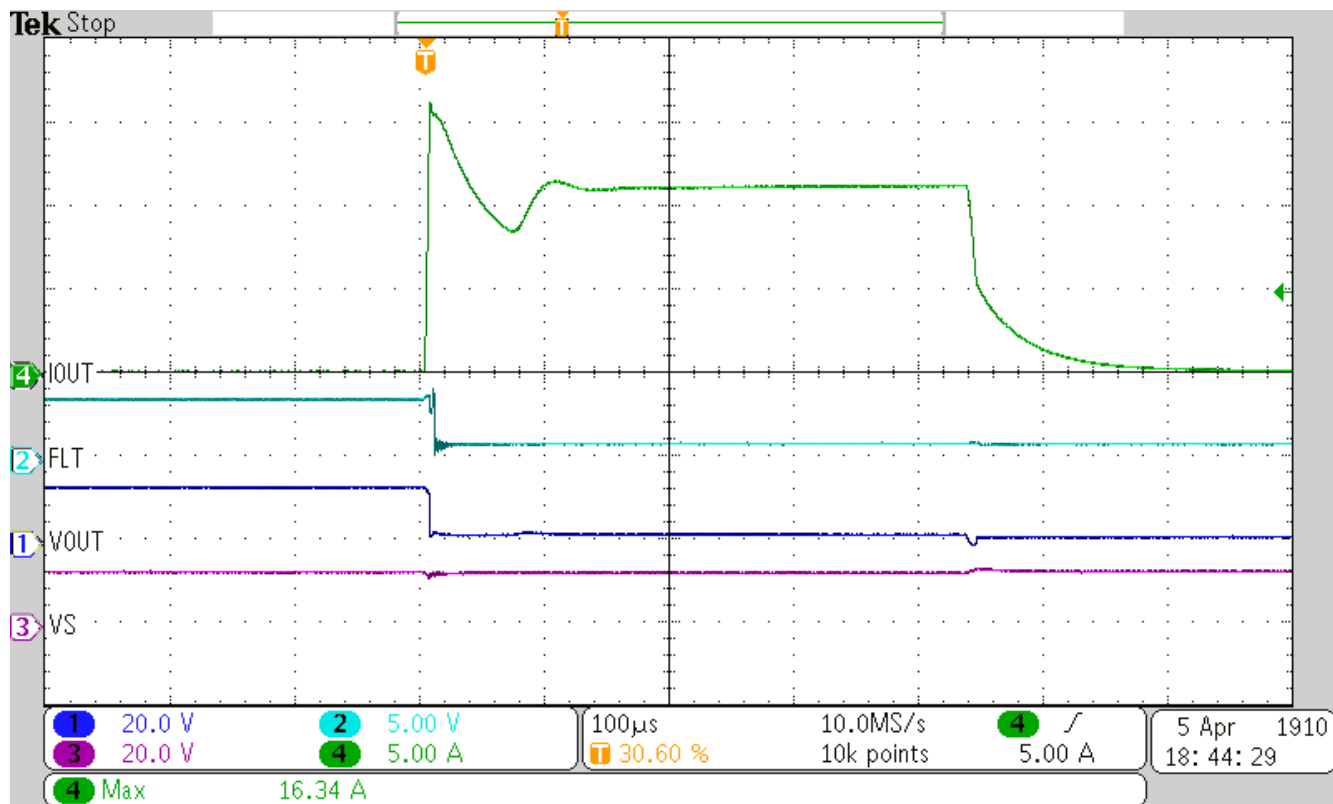


图 4-16. TPS1HC30-0.5uH-12V

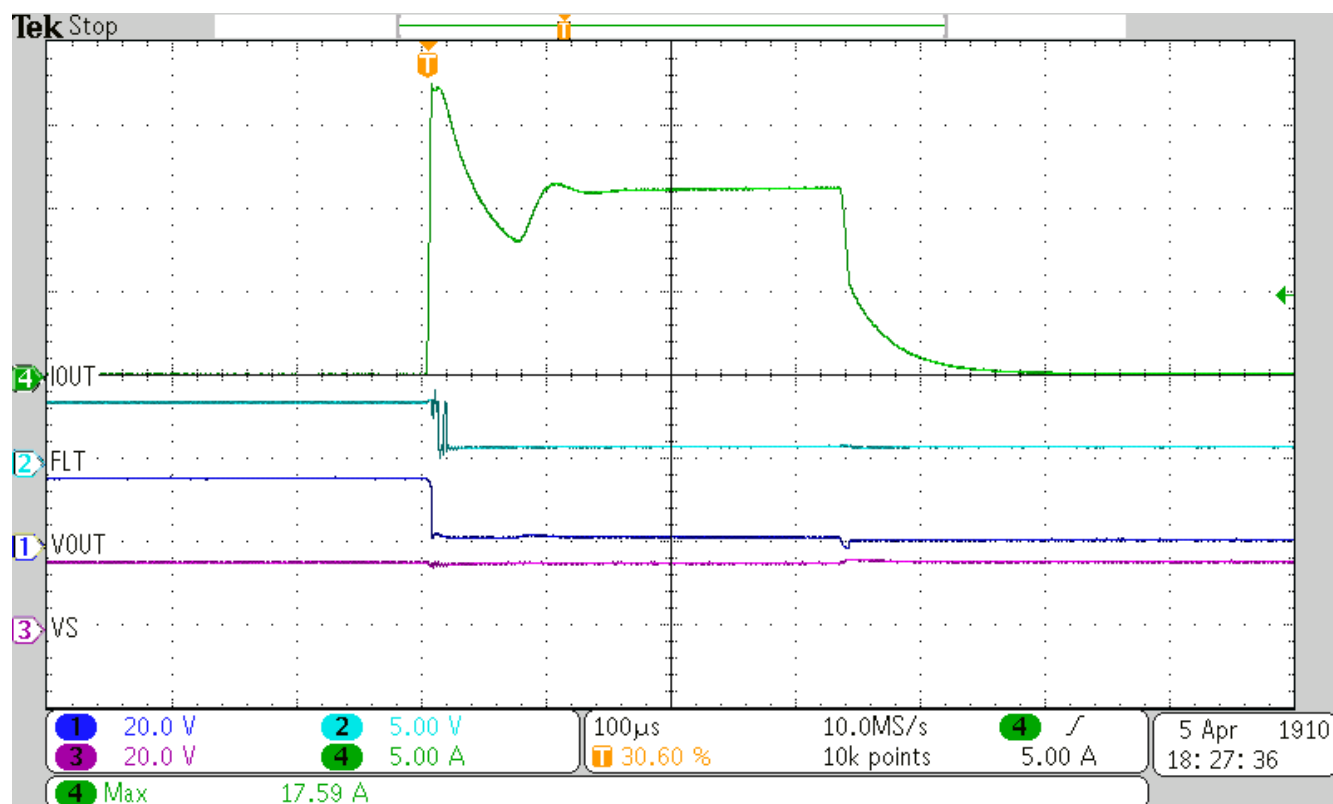


图 4-17. TPS1HC30-0.5uH-15V

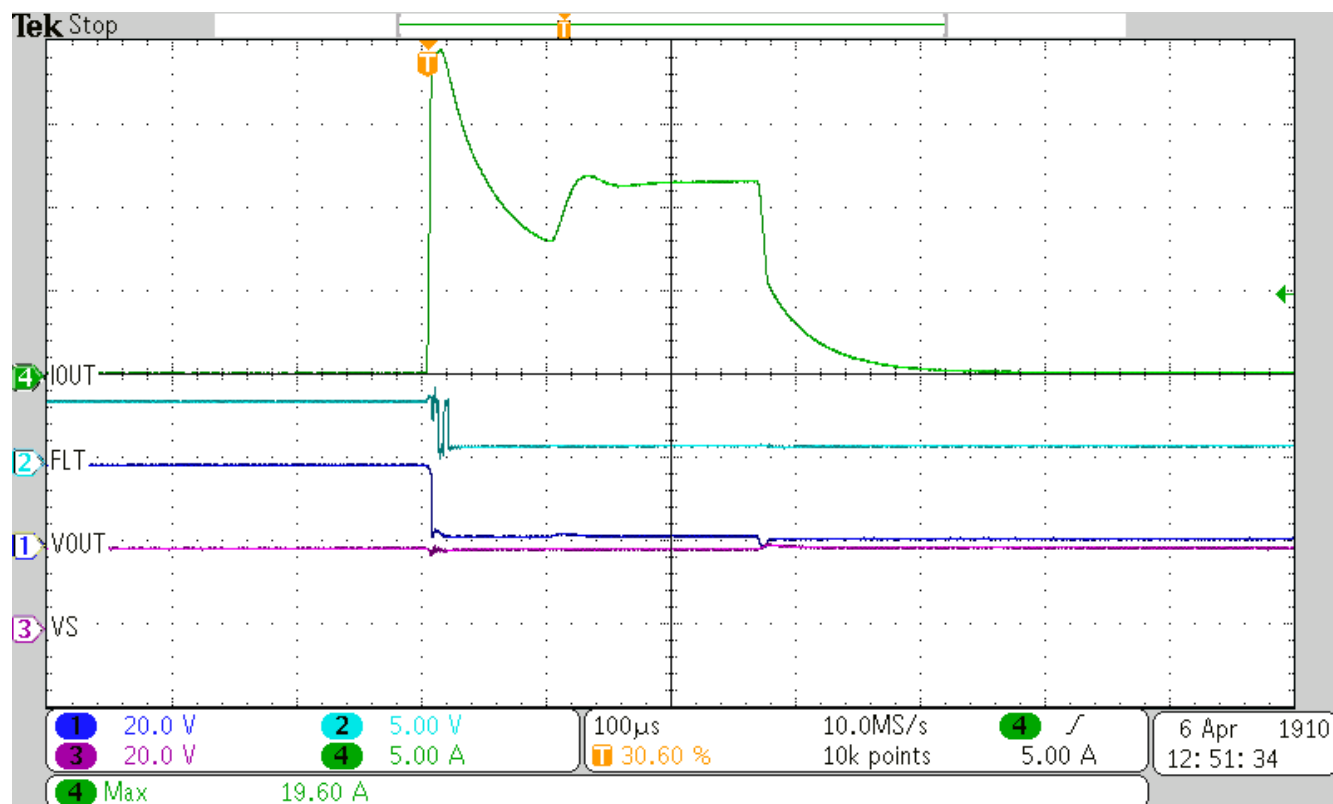


图 4-18. TPS1HC30-0.5uH-18V

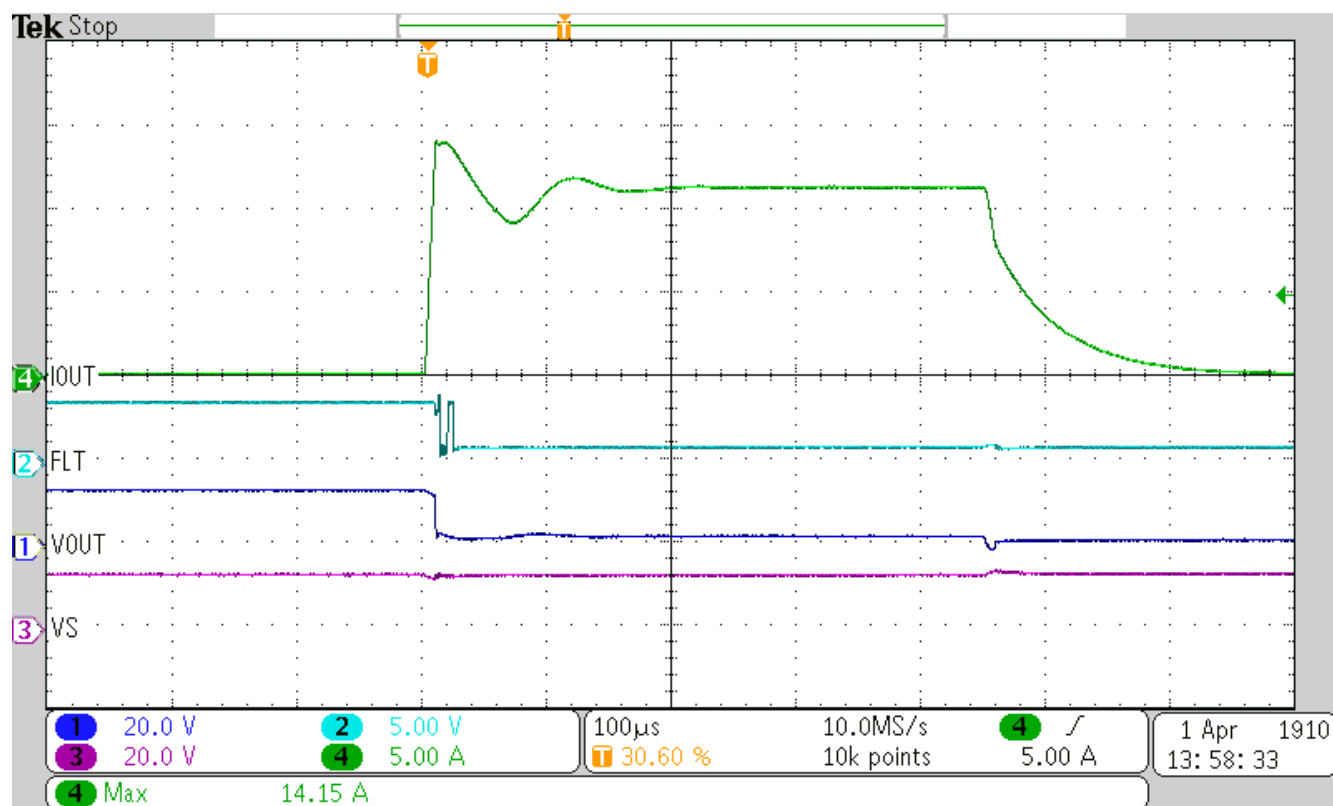


图 4-19. TPS1HC30-5uH-12V

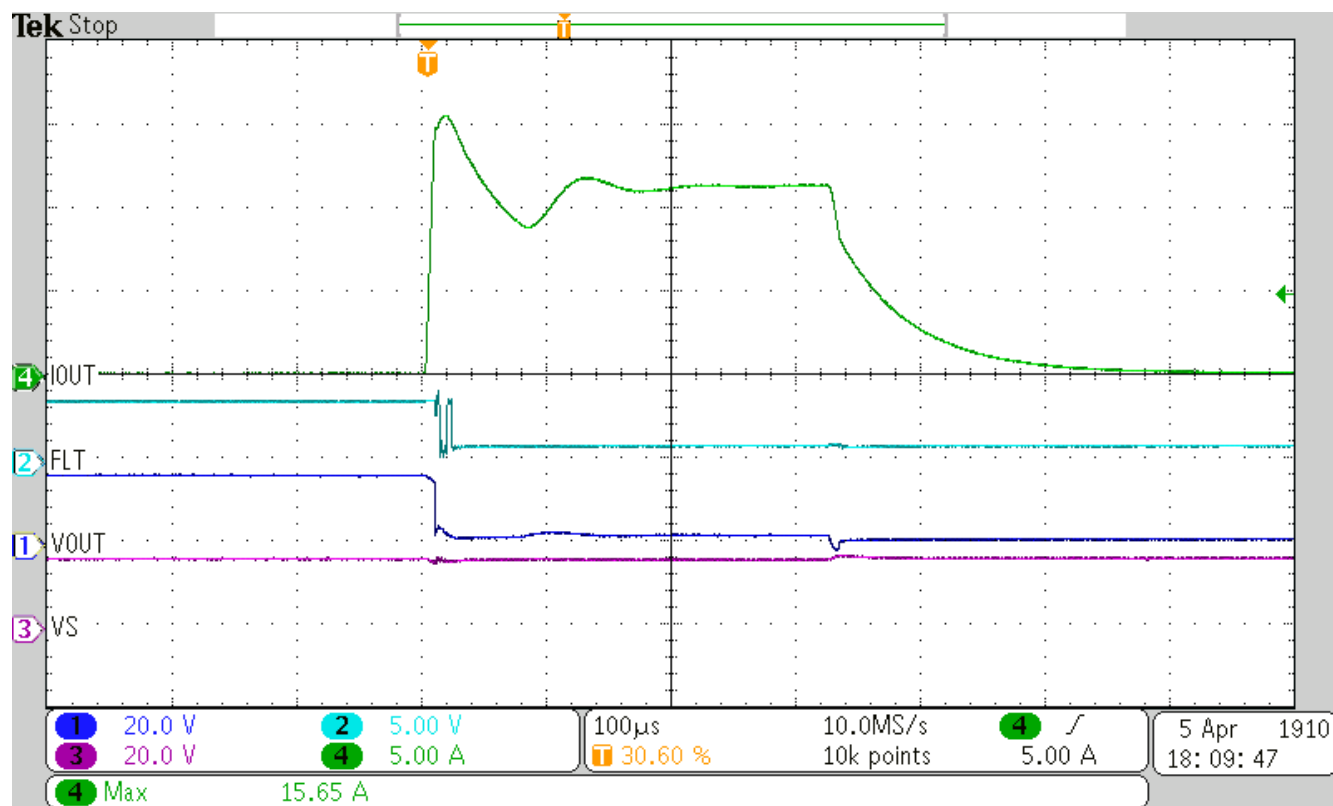


图 4-20. TPS1HC30-5uH-15V

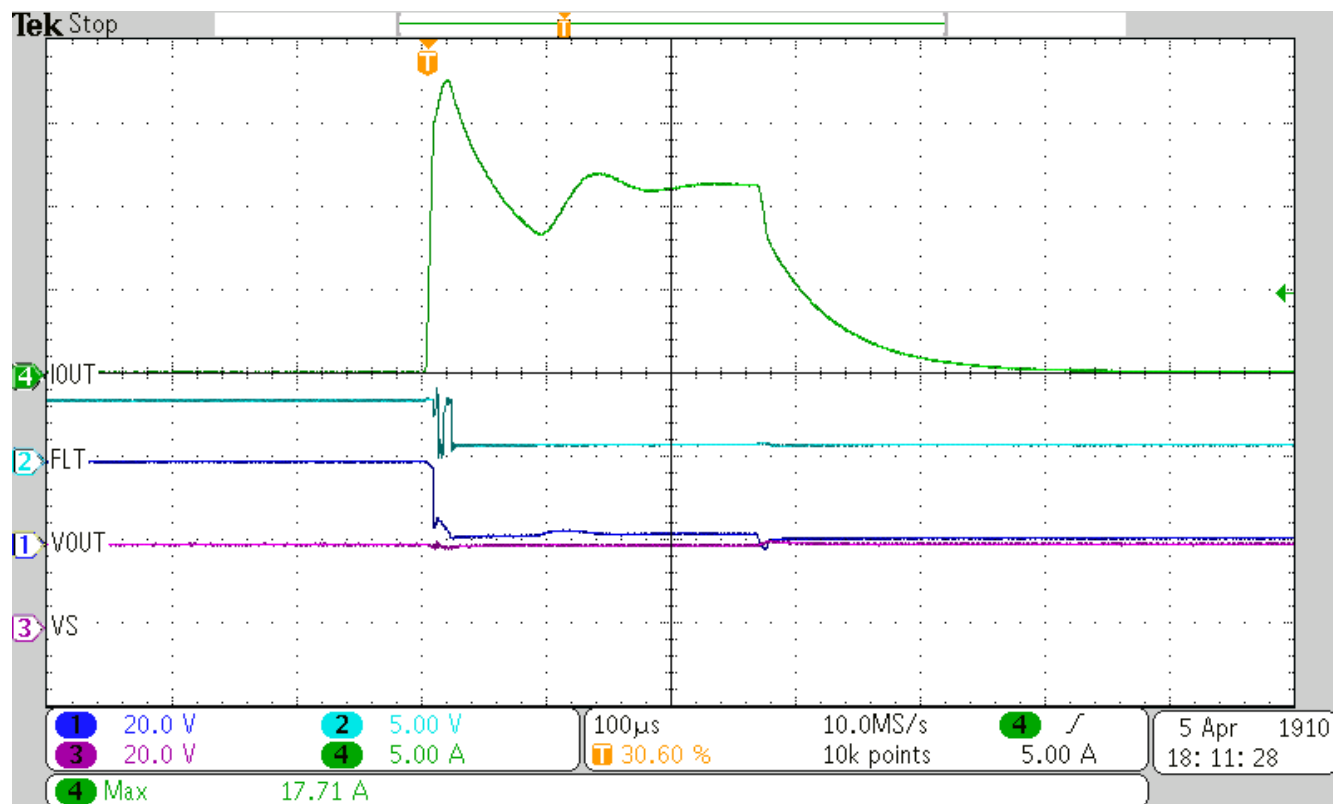


图 4-21. TPS1HC30-5uH-18V

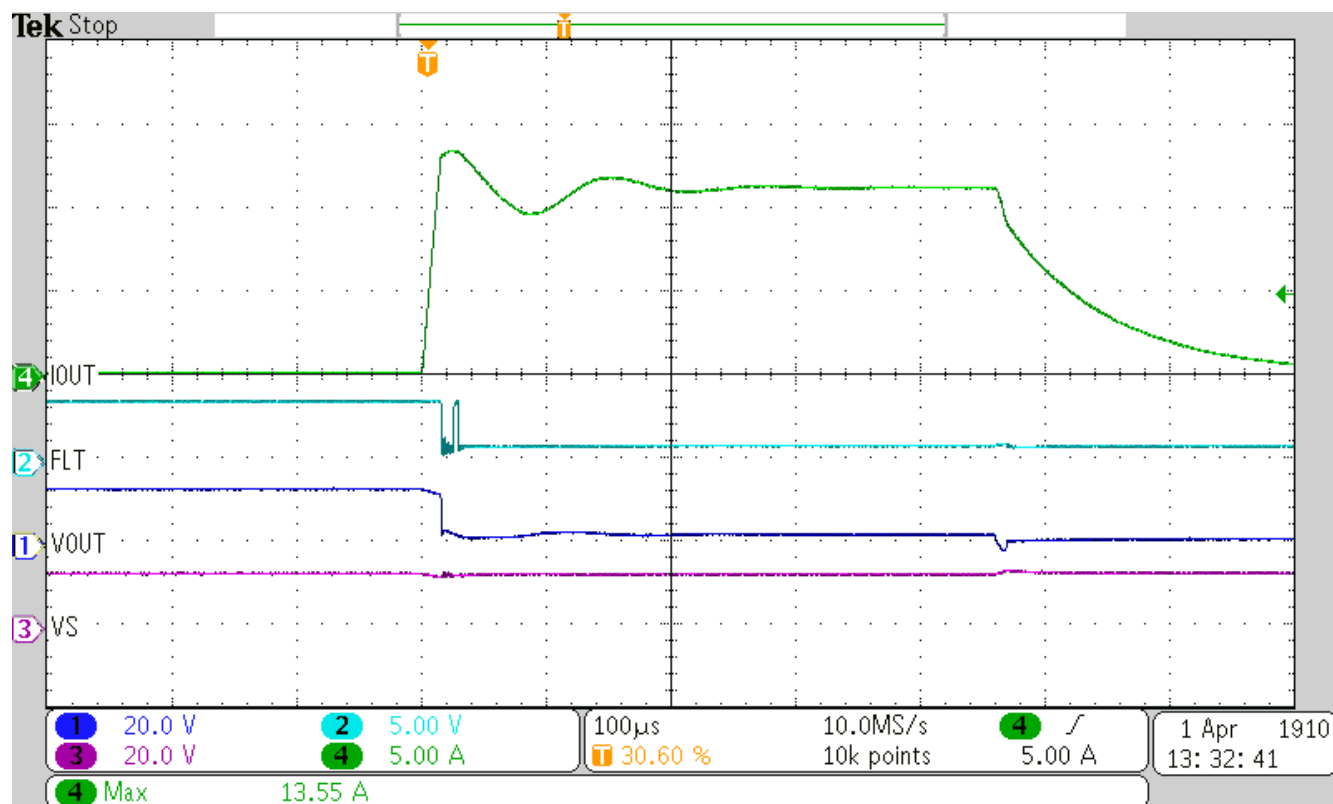


图 4-22. TPS1HC30-10uH-12V

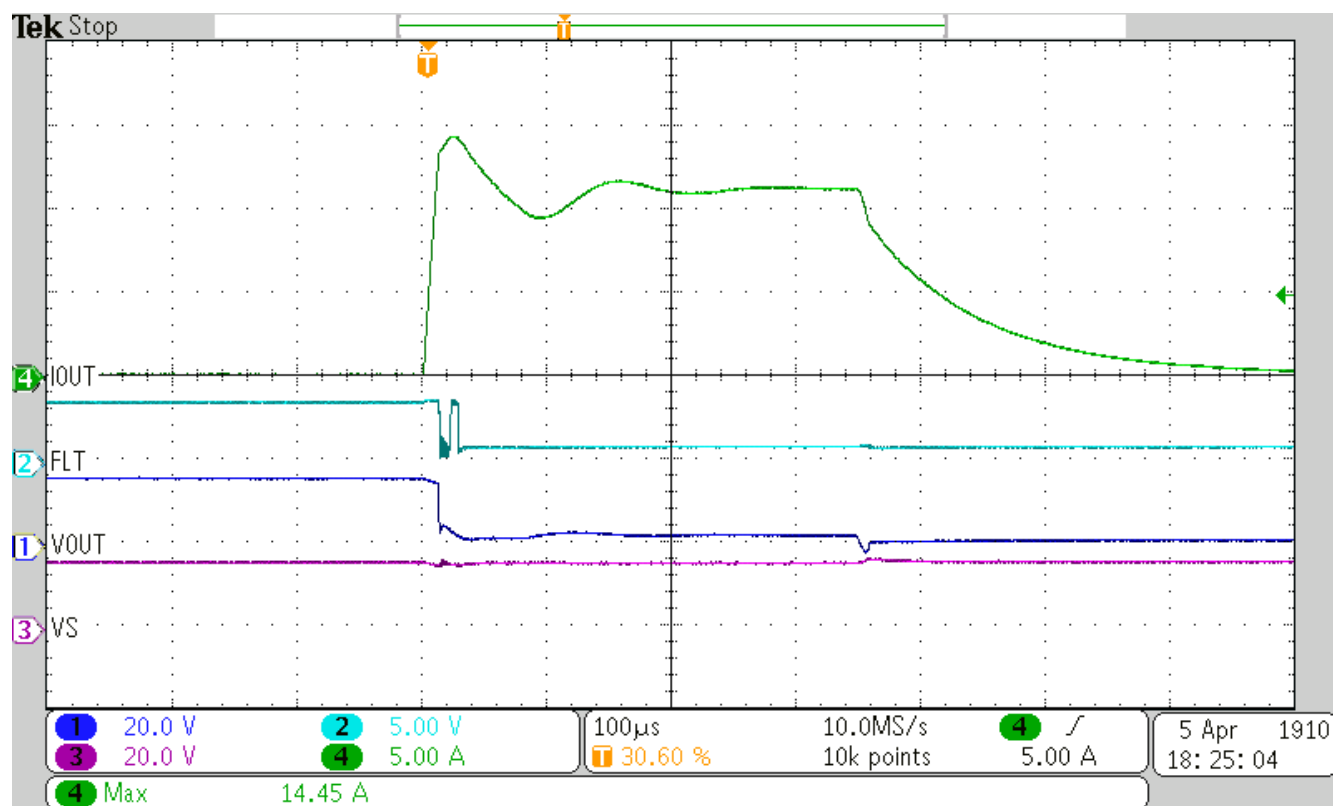


图 4-23. TPS1HC30-10uH-15V

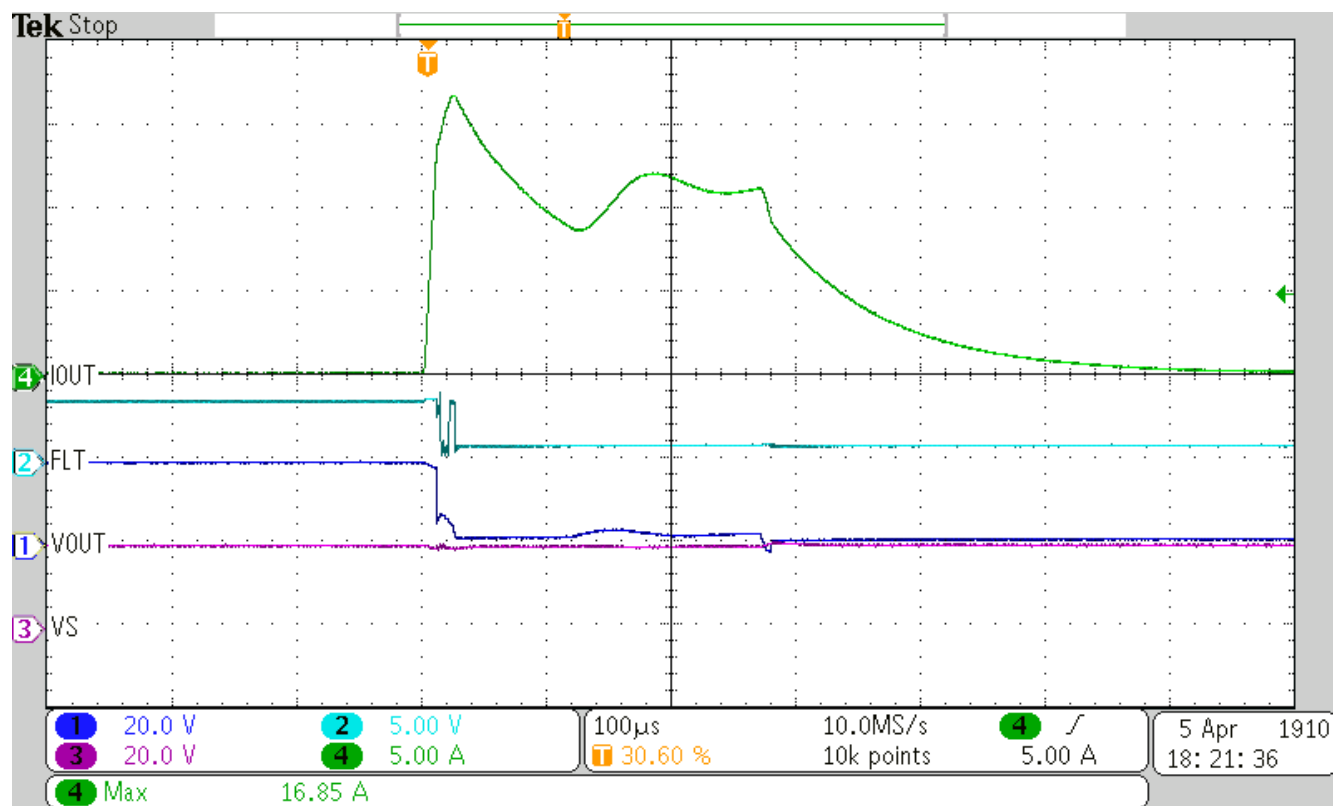


图 4-24. TPS1HC30-10uH-18V

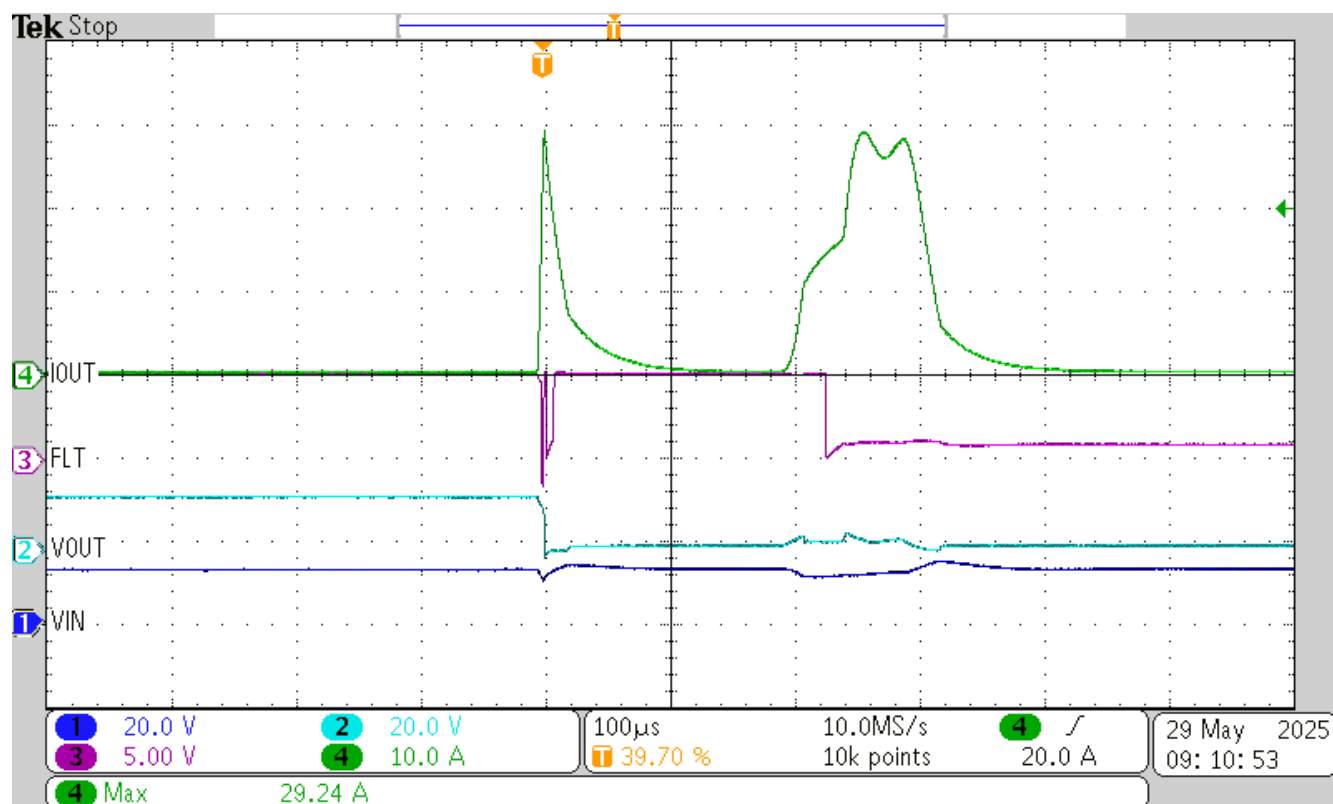


图 4-25. TPS2HC08-0.2uH-12V

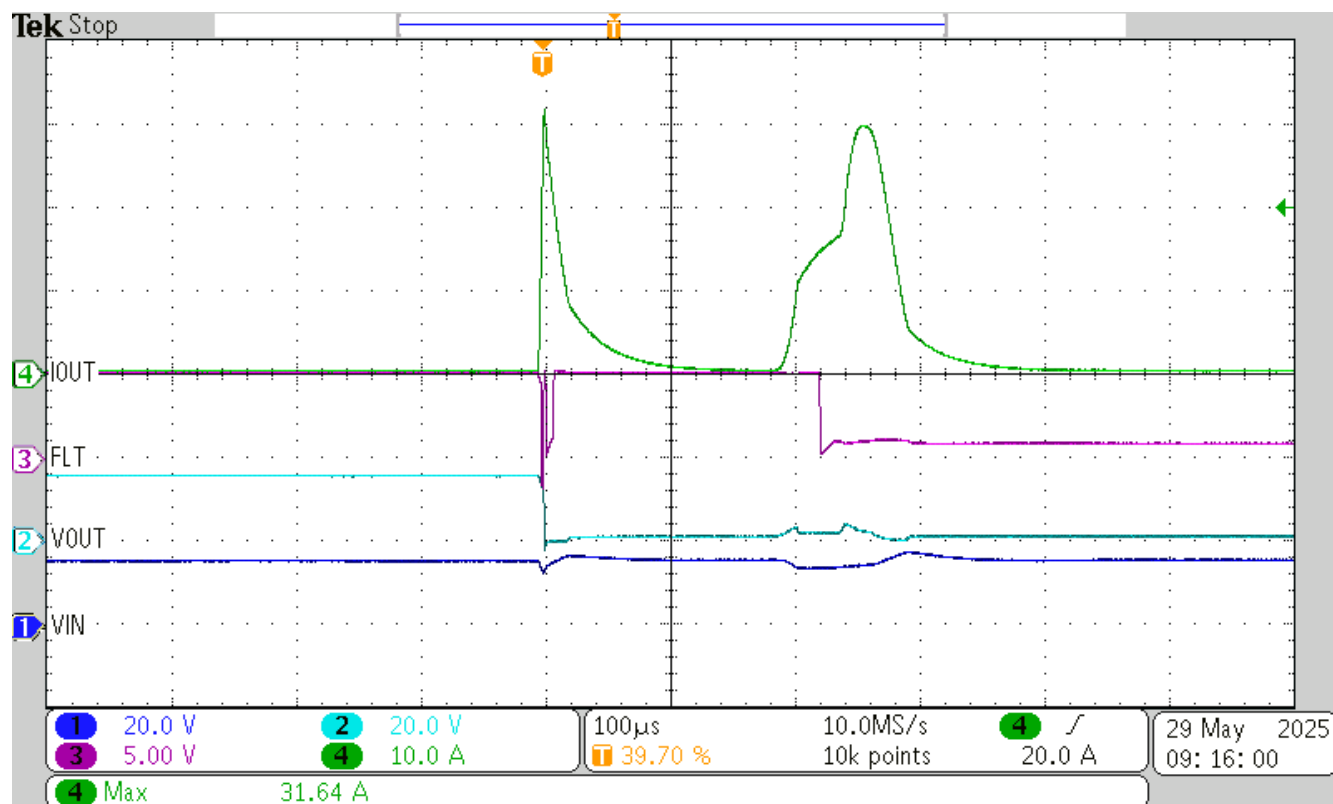


图 4-26. TPS2HC08-0.2uH-15V

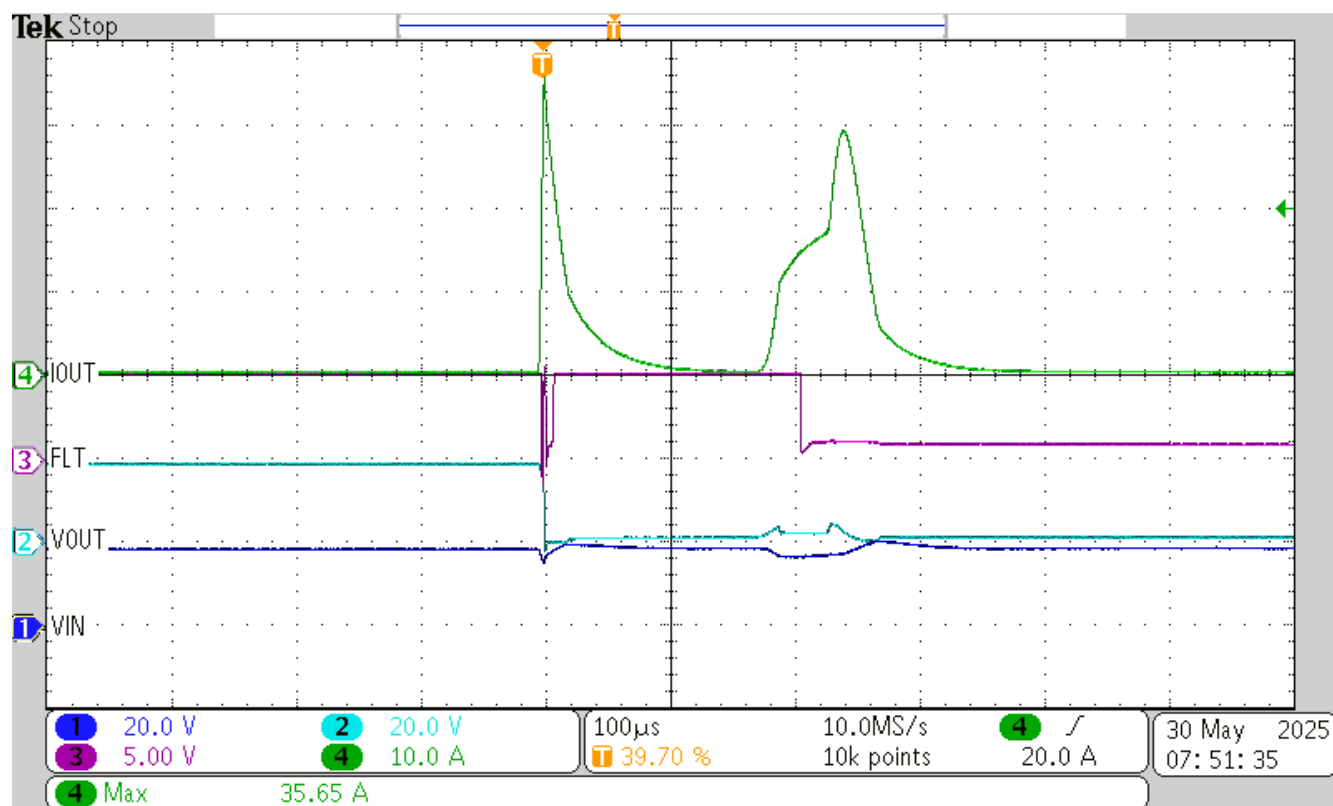


图 4-27. TPS2HC08-0.2uH-18V

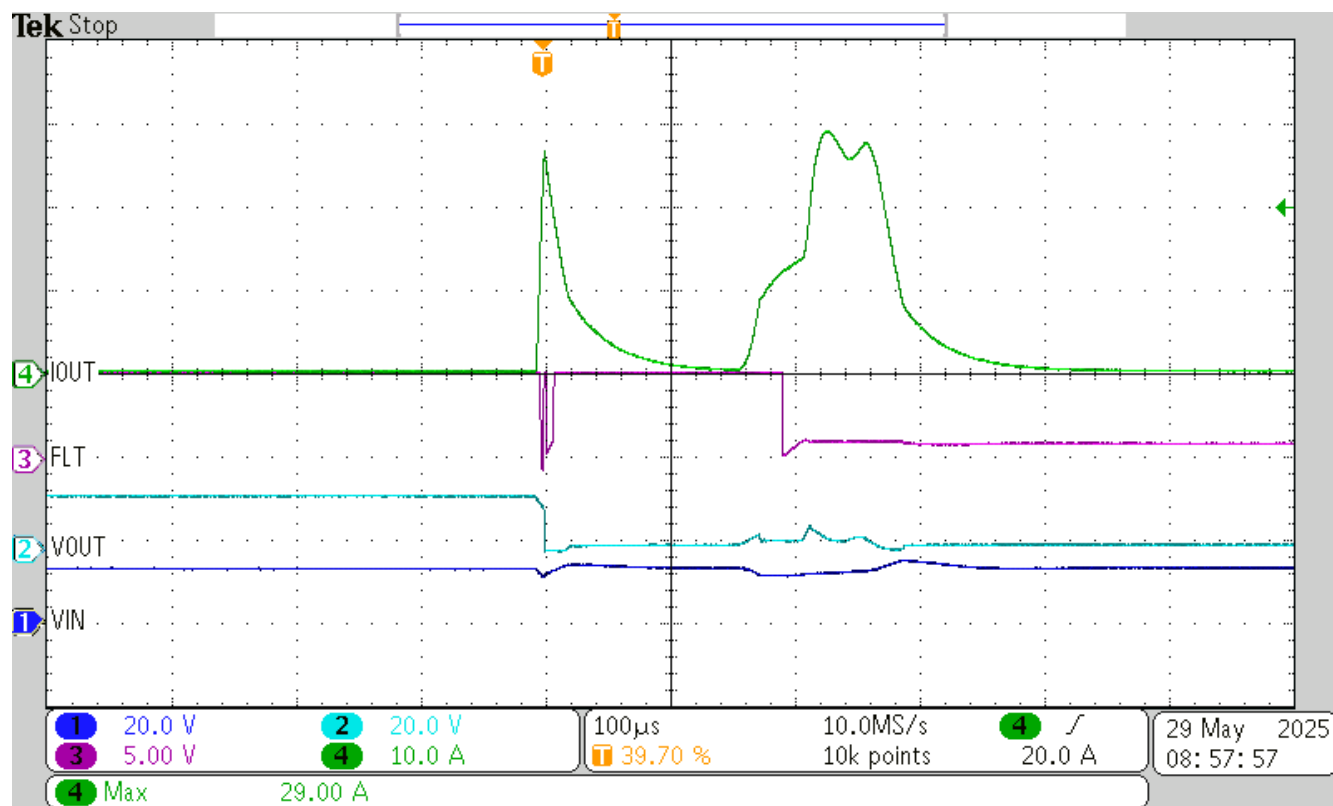


图 4-28. TPS2HC08-0.5uH-12V

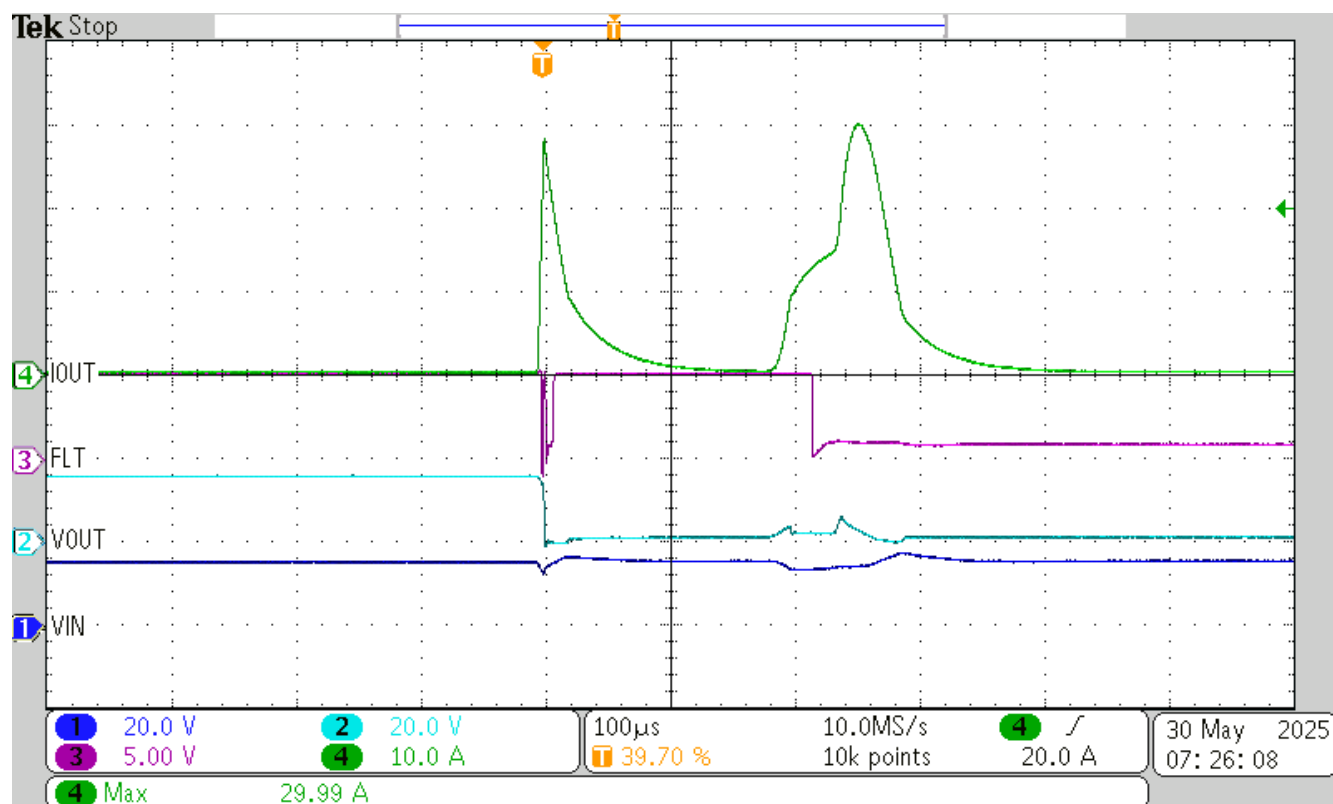


图 4-29. TPS2HC08-0.5uH-15V

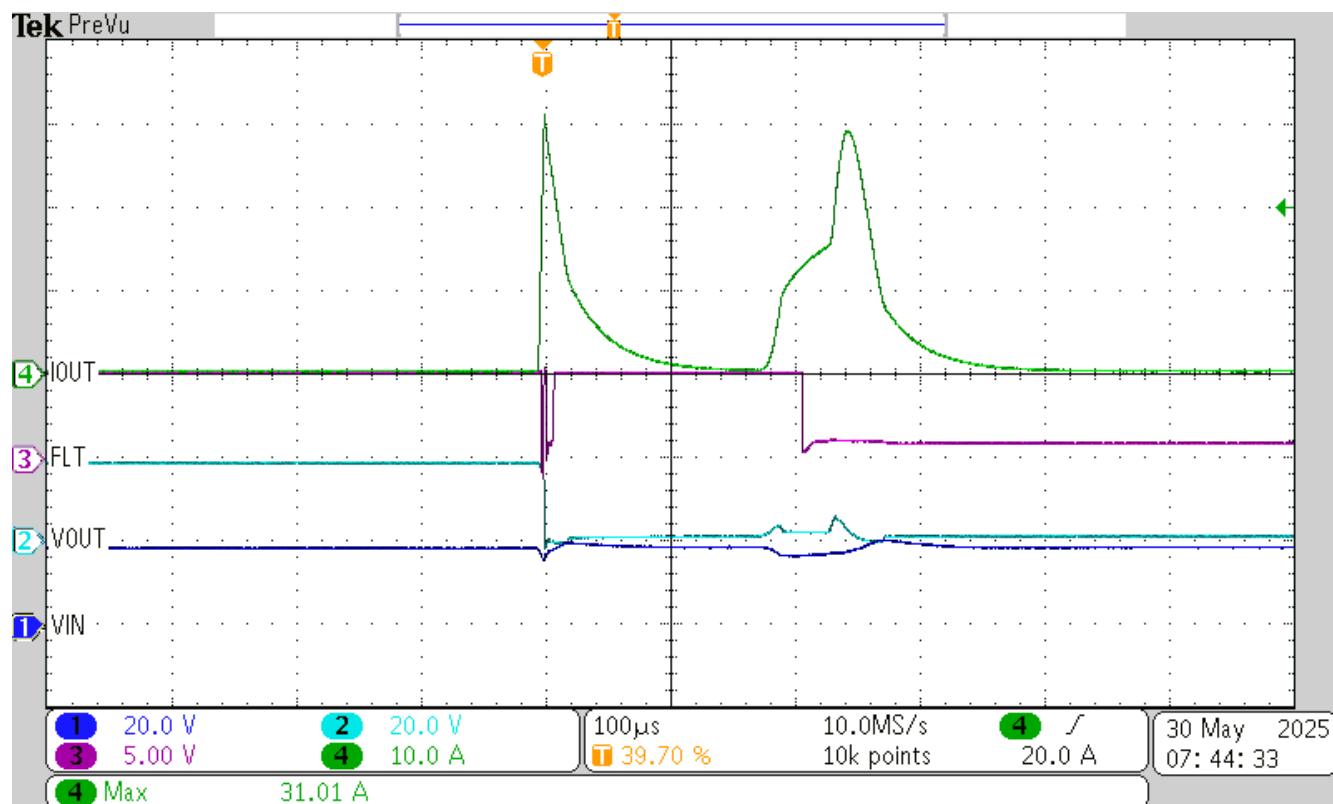


图 4-30. TPS2HC08-0.5uH-18V

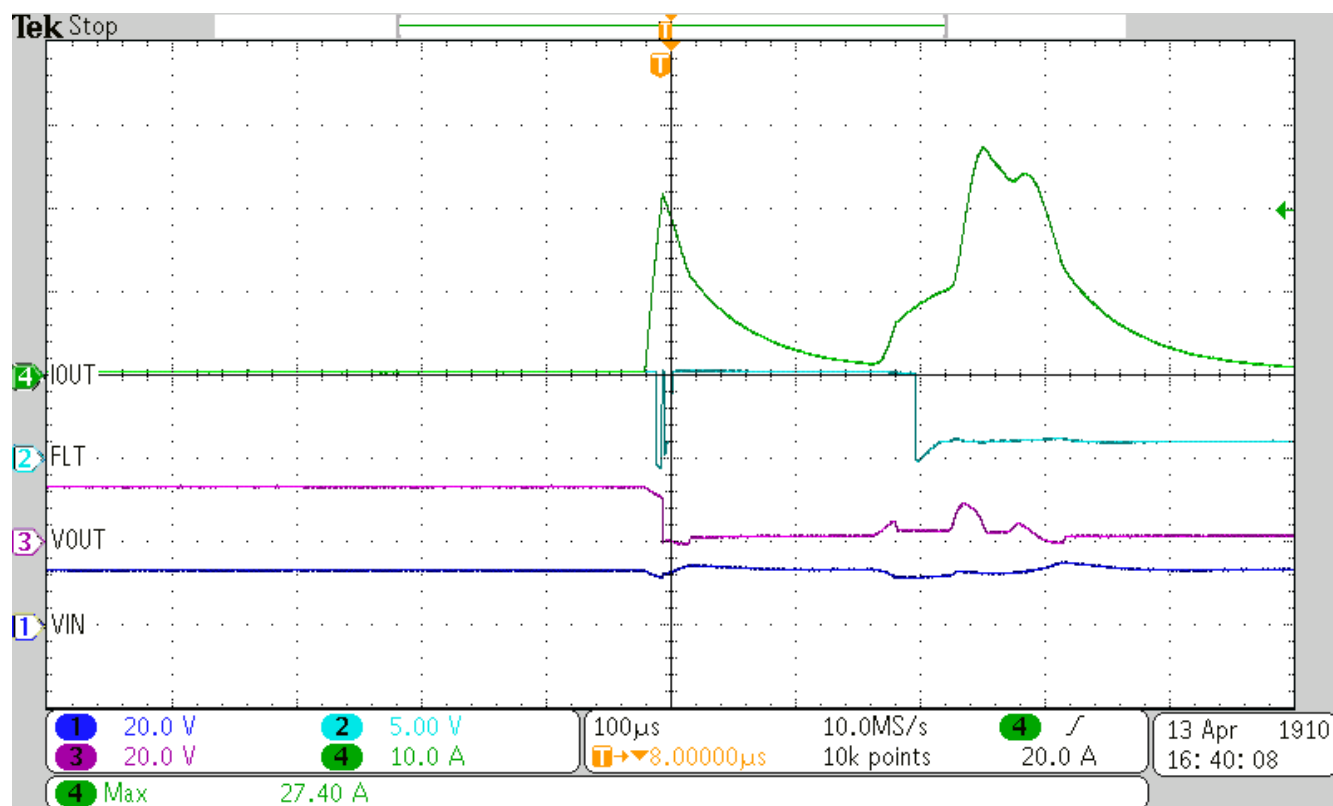


图 4-31. TPS2HC08-5uH-12V

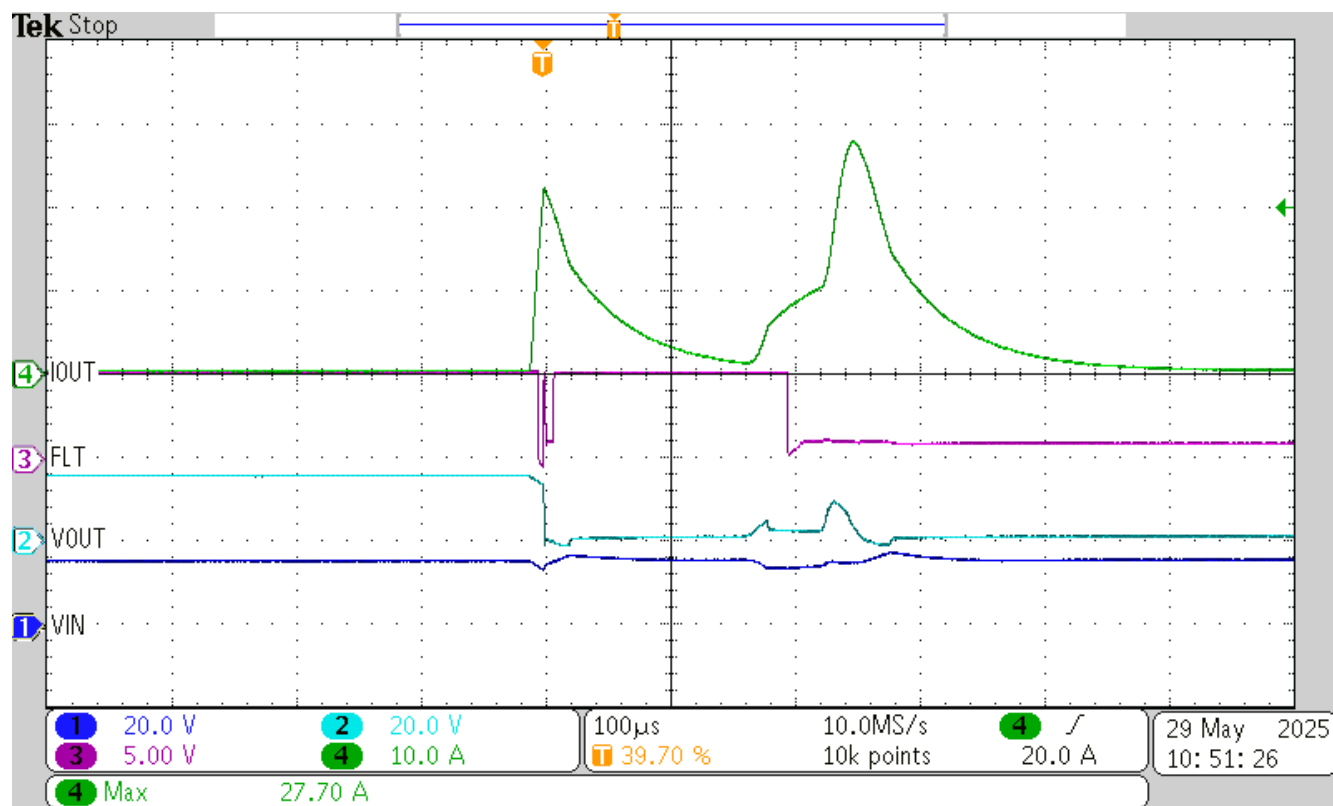


图 4-32. TPS2HC08-5uH-15V

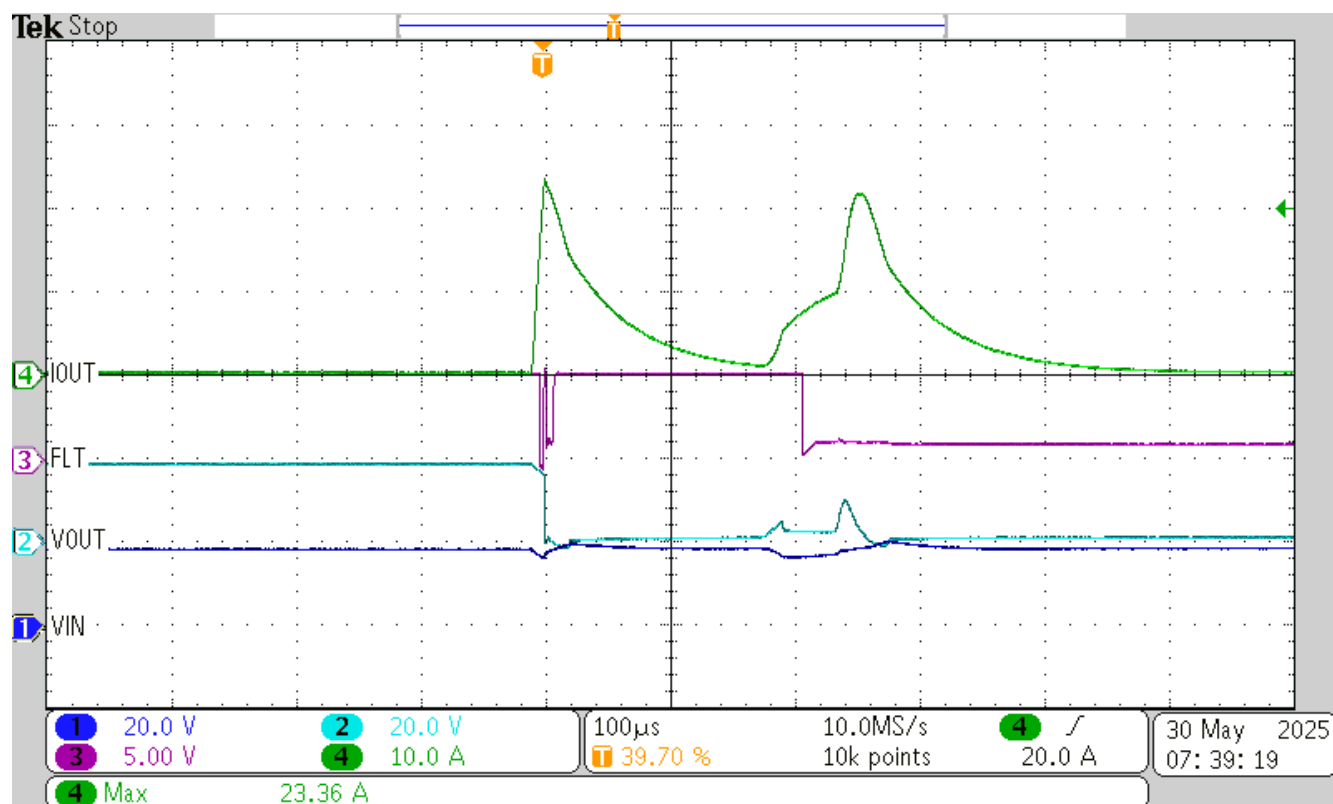


图 4-33. TPS2HC08-5uH-18V

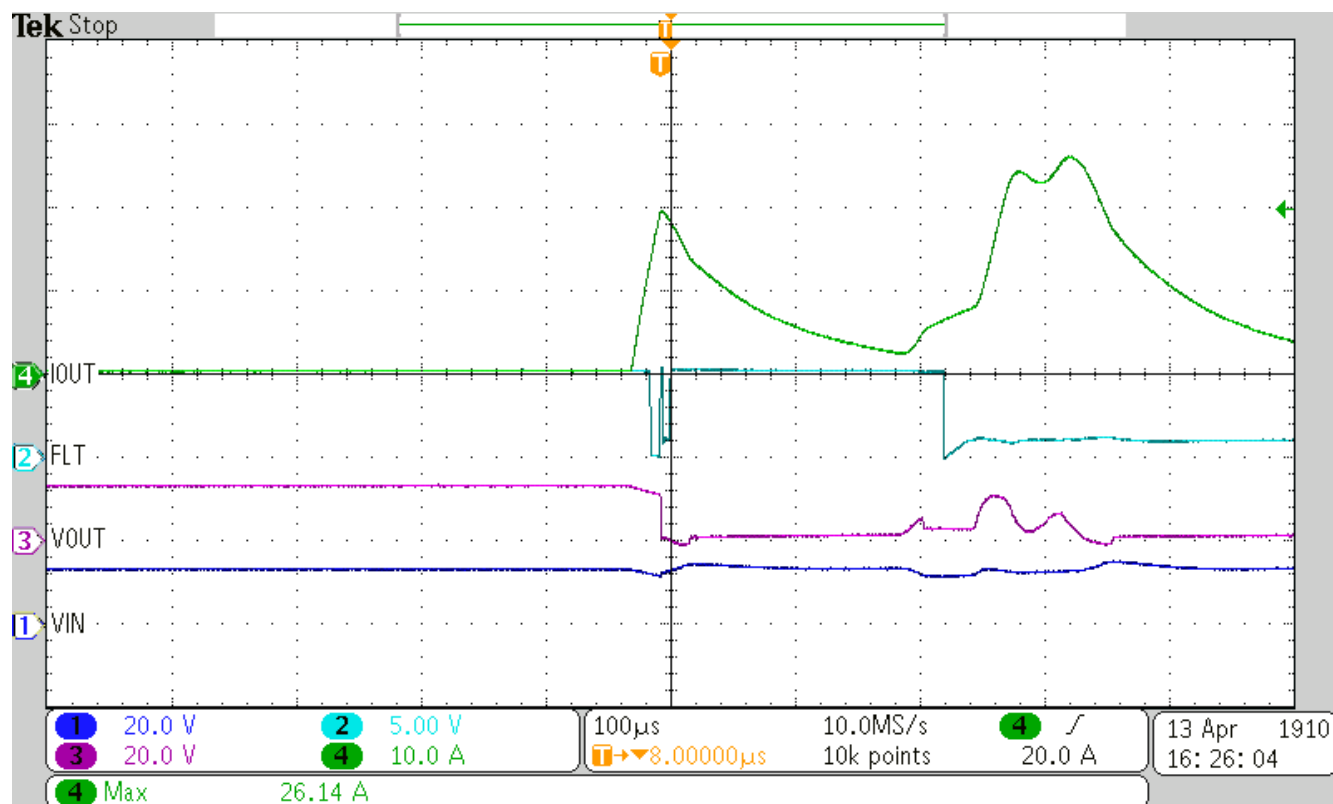


图 4-34. TPS2HC08-10uH-12V

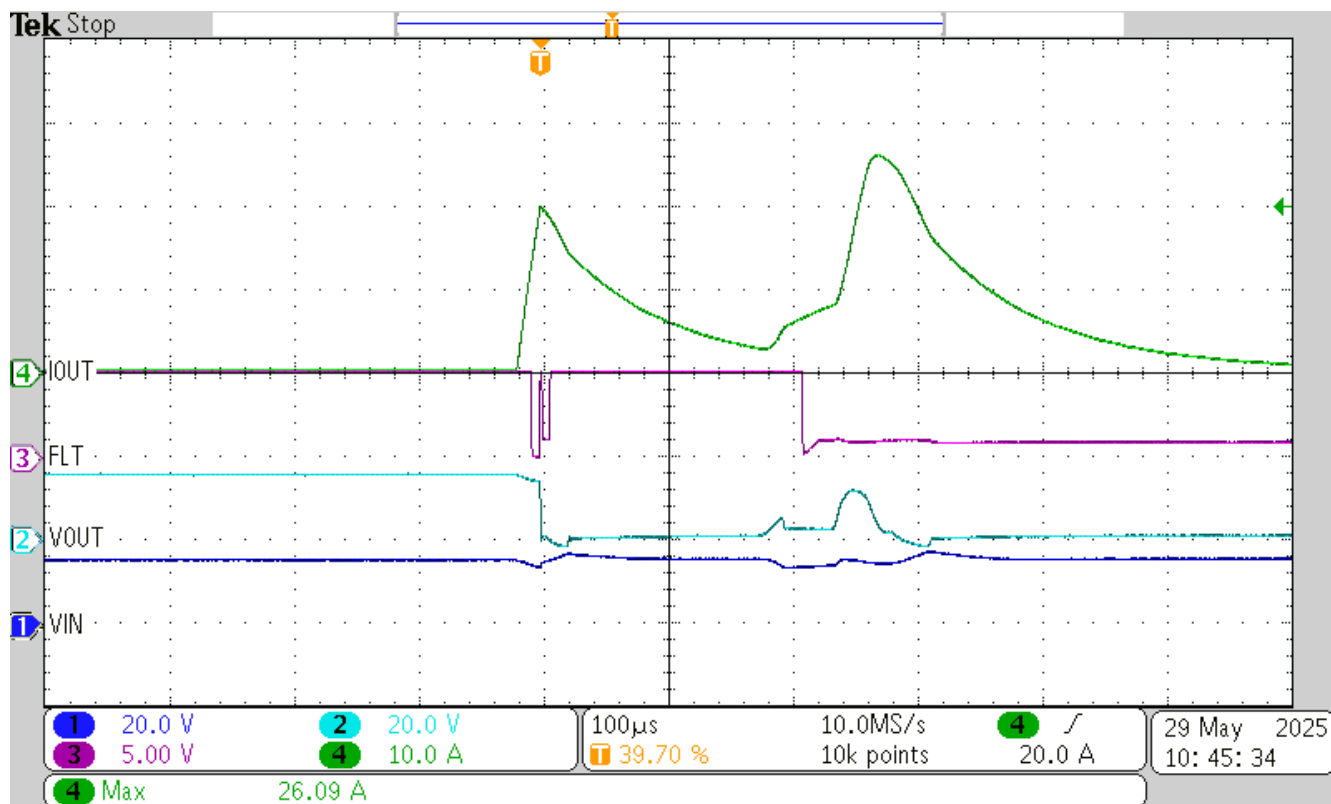


图 4-35. TPS2HC08-10uH-15V

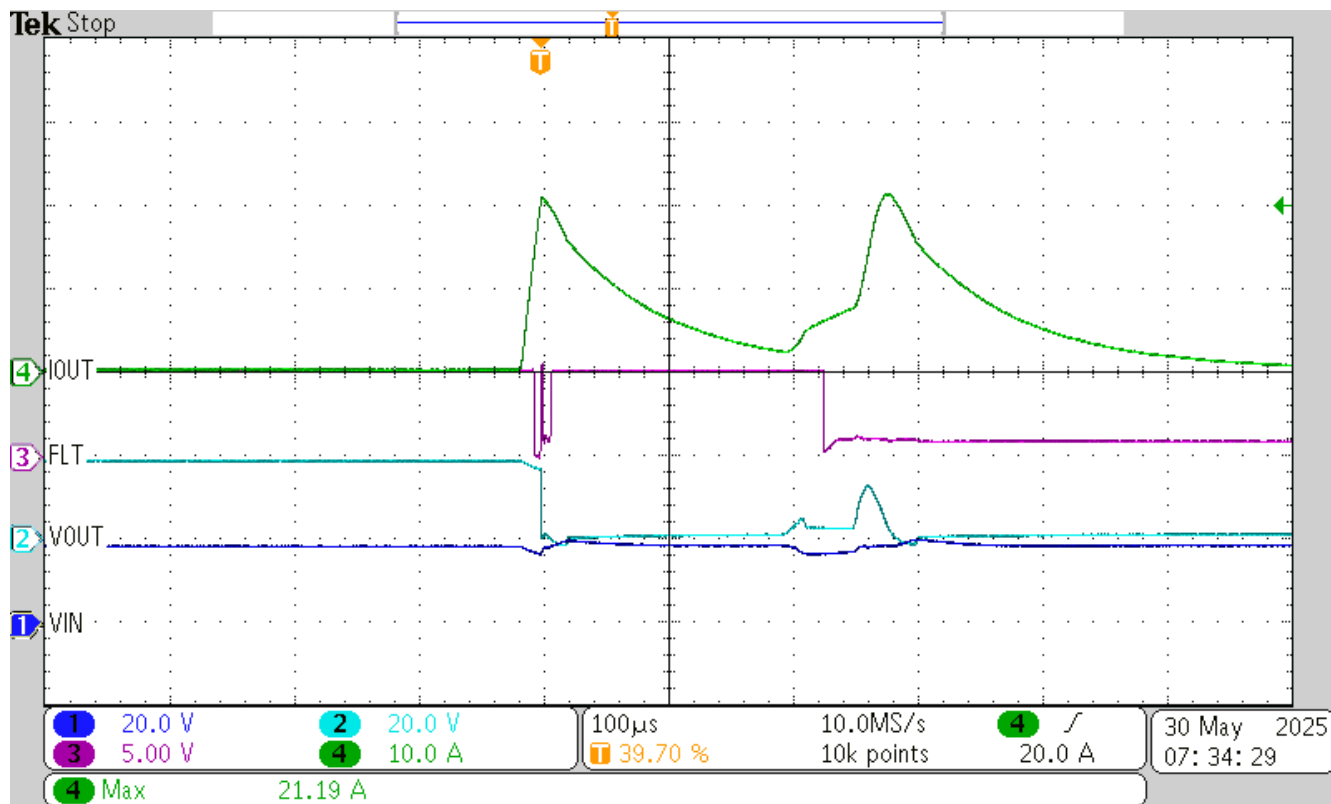


图 4-36. TPS2HC08-10uH-18V

5 总结

STG 测试是验证各种应用中高侧开关稳健性和可靠性的关键步骤。本文档概述了各种方法，用以创建真实 STG 条件、监控输出电流和故障信号等关键参数，以及评估器件在电气规格范围内处理故障事件的能力的。测试结果证实，在建议条件下运行时，被评估的 HSS 可以承受典型的接地短路情况。通过模拟受控环境中的最坏故障情况，设计人员可以确保所选的 HSS 可以保护下游负载和上游电源。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI), [TPS1HC30-Q1](#)、[30mΩ](#)、[5A](#)、单通道汽车智能高侧开关, 数据表
- 德州仪器 (TI), [TPS1HC100-Q1](#) [100mΩ](#) [2.5A](#) 单通道汽车智能高侧开关, 数据表
- 德州仪器, [TPS1HC30-Q1 评估模块](#), 用户指南
- 德州仪器, [TPS1HC100 评估模块](#), 用户指南
- 德州仪器 (TI), [TPSxHCxx-Q1 评估模块](#), 用户指南

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、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。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司