

## Application Note

## TI ハイサイド スイッチでのグラウンド短絡テスト



Alan Whitehead

## 概要

車載や産業用アプリケーションで一般的に使用されるハイサイド スイッチは、異常動作条件においても安全性と信頼性を維持するために、堅牢な故障許容力を示す必要があります。グラウンド短絡 (STG) 故障では、デバイスがアクティブである間にスイッチの負荷側がグラウンドにプルされると、大電流ストレスやサーマル シャットダウンを誘発する可能性があります。このアプリケーション ノートでは、STG 動作のダイナミクスのよりよい理解のために、テスト設定に関する検討事項、波形、合格 / 不合格基準、および結果の概要を説明します。この性能を識別することで、デバイスの堅牢性を評価し、システムの信頼性を向上できます。

## 目次

1 グラウンド短絡イベントを理解する	3
2 TI ハイサイド スイッチ (HSS) でのデバイス レベル保護	3
3 テスト設定	3
3.1 検証と結果	4
4 追加情報	6
5 まとめ	24
6 参考資料	24

## 図の一覧

図 3-1. グラウンド短絡のハードウェア回路図	3
図 3-2. 18V-0.2uH-43mΩ での TPS1HC100	4
図 3-3. 18V-0.2uH-43mΩ での TPS1HC30	5
図 3-4. 18V-0.2uH-43mΩ での TPS2HC08	5
図 4-1. TPS1HC100-0.2uH-12V	6
図 4-2. TPS1HC100-0.2uH-15V	6
図 4-3. TPS1HC100-0.2uH-18V	7
図 4-4. TPS1HC100-0.5uH-12V	7
図 4-5. TPS1HC100-0.5uH-15V	8
図 4-6. TPS1HC100-0.5uH-18V	8
図 4-7. TPS1HC100-5uH-12V	9
図 4-8. TPS1HC100-5uH-15V	9
図 4-9. TPS1HC100-5uH-18V	10
図 4-10. TPS1HC100-10uH-12V	10
図 4-11. TPS1HC100-10uH-15V	11
図 4-12. TPS1HC100-10uH-18V	11
図 4-13. TPS1HC30-0.2uH-12V	12
図 4-14. TPS1HC30-0.2uH-15V	12
図 4-15. TPS1HC30-0.2uH-18V	13
図 4-16. TPS1HC30-0.5uH-12V	13
図 4-17. TPS1HC30-0.5uH-15V	14
図 4-18. TPS1HC30-0.5uH-18V	14
図 4-19. TPS1HC30-5uH-12V	15
図 4-20. TPS1HC30-5uH-15V	15
図 4-21. TPS1HC30-5uH-18V	16
図 4-22. TPS1HC30-10uH-12V	16

☒ 4-23. TPS1HC30-10uH-15V.....	17
☒ 4-24. TPS1HC30-10uH-18V.....	17
☒ 4-25. TPS2HC08-0.2uH-12V.....	18
☒ 4-26. TPS2HC08-0.2uH-15V.....	18
☒ 4-27. TPS2HC08-0.2uH-18V.....	19
☒ 4-28. TPS2HC08-0.5uH-12V.....	19
☒ 4-29. TPS2HC08-0.5uH-15V.....	20
☒ 4-30. TPS2HC08-0.5uH-18V.....	20
☒ 4-31. TPS2HC08-5uH-12V.....	21
☒ 4-32. TPS2HC08-5uH-15V.....	21
☒ 4-33. TPS2HC08-5uH-18V.....	22
☒ 4-34. TPS2HC08-10uH-12V.....	22
☒ 4-35. TPS2HC08-10uH-15V.....	23
☒ 4-36. TPS2HC08-10uH-18V.....	23

## 表の一覧

表 3-1. テスト方法.....	3
表 3-2. TPS1HC100、TPS1HC30、TPS2HC08 のテスト結果.....	4

## 商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 1 グラウンド短絡イベントを理解する

システムには、主な短絡シナリオとして、短絡の有効化とホット短絡の 2 種類があります。電源が供給されていない間にデバイスが短絡した場合、短絡が有効化されて、電流制限保護をトリガします。しかし、ホット短絡はデバイスが負荷にアクティブに電力を供給している間に短絡が発生して、電流制限保護がトリガされた状態です。ホット短絡シナリオは、短絡が発生する前にアクティブ FET によってデバイスが加熱しているため、最も深刻だと考えられています。この資料に掲載されているのは、TI ハイサイド スイッチのホット短絡テストの結果です。

## 2 TI ハイサイド スイッチ (HSS) でのデバイス レベル保護

テスト対象デバイスである TPS1HC100、TPS1HC30、TPS2HC08 は、STG イベント発生時の内部保護機能を備えており、故障をユーザーに通知すると同時に損傷を防止できます。調整可能な電流制限により、デバイスは起動時および短絡時に突入電流をクランプできます。電流制限は電流を設定値に保持し、SNS ピンを VSNSFH にプル アップします。故障がアサートされた後、デバイスは相対的または絶対的なサーマル シャットダウンに達してから、オフになります。

## 3 テスト設定

この条件でデバイスの動作をテストするには、各短絡をテスト内の制御変数とする必要がありました。PVC パイプの周囲にワイヤを巻き付け、車載システムの短絡の抵抗性および誘導性を模倣することで、それを実現しました。これは、ワイヤハーネスの損傷、接続またはピンの障害、組み立て不良、異常負荷などを見出すことができます。それぞれの状況が提示するのは、ハイサイド スイッチが受ける異なるレベルのストレスです。また、各ハイサイド スイッチを幅広い入力電圧にわたってテストし、より高い消費電力と熱上昇の条件下で、ユニットがどのように反応するかを確認しました。さらに各ユニットを各レベルで 50 回短絡させ、デバイスの故障が発生しないことも検証しました。表 3-1 は、各デバイスを評価する際に確立されたテスト手順を示します。

表 3-1. テスト方法

短絡ケーブル		反復	12V	15V	18V	絶対最大
10.1uH	180mΩ	50	合格 / 不合格	合格 / 不合格	合格 / 不合格	合格 / 不合格
4.7uH	102mΩ	50	合格 / 不合格	合格 / 不合格	合格 / 不合格	合格 / 不合格
0.7uH	63mΩ	50	合格 / 不合格	合格 / 不合格	合格 / 不合格	合格 / 不合格
0.2uH	43mΩ	50	合格 / 不合格	合格 / 不合格	合格 / 不合格	合格 / 不合格

前述のように、この資料ではホット短絡状態でデバイスがどのように動作するか注目しています。各ユニットが短絡の前に可能な限り高温になることを確認するため、この評価では各データシートに表示されている最大公称電流を使用しました。これは短絡構成と並行して行われました。図 3-1 に、各ハイサイド スイッチをテストするためのハードウェア設定を示します。

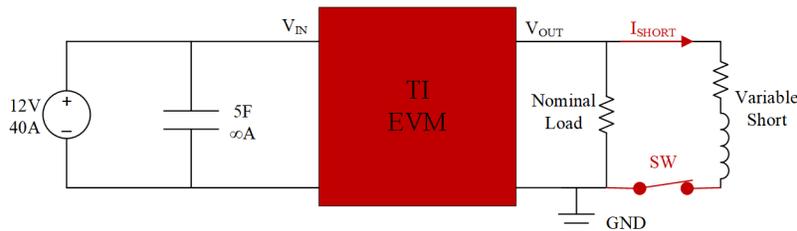


図 3-1. グラウンド短絡のハードウェア回路図

電源と HSS の間に、5 ファラド コンデンサを並列に配置しました。本来は電源による突入電流の制限を防止するためのもので、これにより STG テストで印加される最大電流量を確定しました。さらに、STG 状態で適切なロードレギュレーションを維持するために、各評価基板の入力に 1 個の 330 $\mu$ F コンデンサを接続しました。ロードレギュレーションとは、負荷電流の変動に応じて電源の出力電圧がどのように変化するかを意味します。そのため、短絡が発生した際にこの負荷電流の変化を緩和するコンデンサがないと、入力電圧が低下する可能性があります。

さらに、毎回同じ方法で短絡を作り出すために、STG ボードをこのアプリケーションで使用しました。これは、システム内の STG 故障をシミュレートすることを意図して設計されたテスト基盤です。各故障をトリガするために、ライブ STG コイルと評価基板のグランドプレーンの間のスイッチとして動作する基板に 5V を印加しました。

### 3.1 検証と結果

表 3-2 に、各テストの結果の概要を示します。短絡を発生させた後、デバイスが最大公称負荷に電力を正常に供給できれば、テストに合格と判定されます。各デバイスは、すべての短絡状態において故障することなく合格できました。

表 3-2. TPS1HC100、TPS1HC30、TPS2HC08 のテスト結果

短絡ケーブル		反復	12V	15V	18V	絶対最大
10.1 $\mu$ H	180 $\Omega$	50	合格	合格	合格	合格
4.7 $\mu$ H	102 $\Omega$	50	合格	合格	合格	合格
0.7 $\mu$ H	63 $\Omega$	50	合格	合格	合格	合格
0.2 $\mu$ H	43 $\Omega$	50	合格	合格	合格	合格

各デバイスが合格する都度、波形はそれぞれの短絡により変動しました。ここで重要なのは、各ハイサイドスイッチのオン状態抵抗 (RDS (ON)) です。通常動作においては標準的に RDS (ON) が低い方が良く、これによって消費電力は低くなりますが、短絡時により多くの電流を許容するため、デバイスにストレスがかかります。図 3-2 から 図 3-4 は、各デバイスが最も低い抵抗とインダクタンスで短絡した場合の 18V の波形を示します。これは、各ハイサイドスイッチの推奨動作条件に規定されている最大入力電圧です。

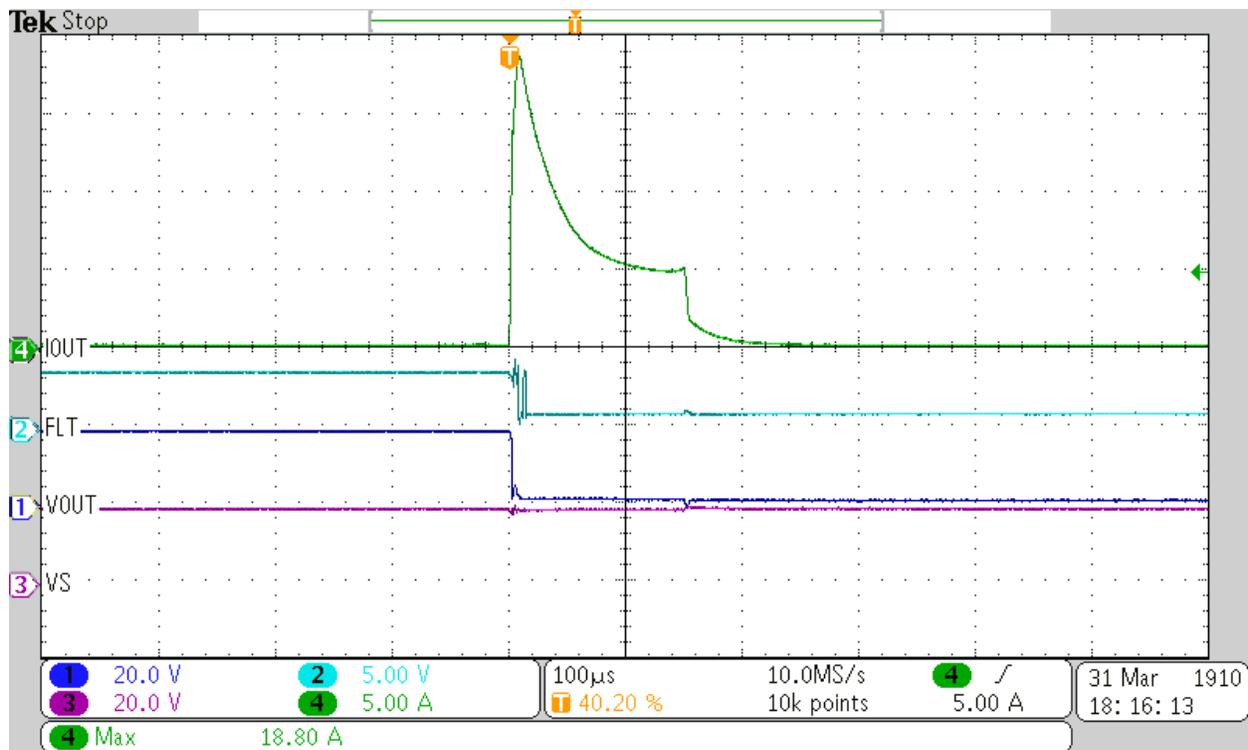


図 3-2. 18V-0.2 $\mu$ H-43 $\Omega$  での TPS1HC100

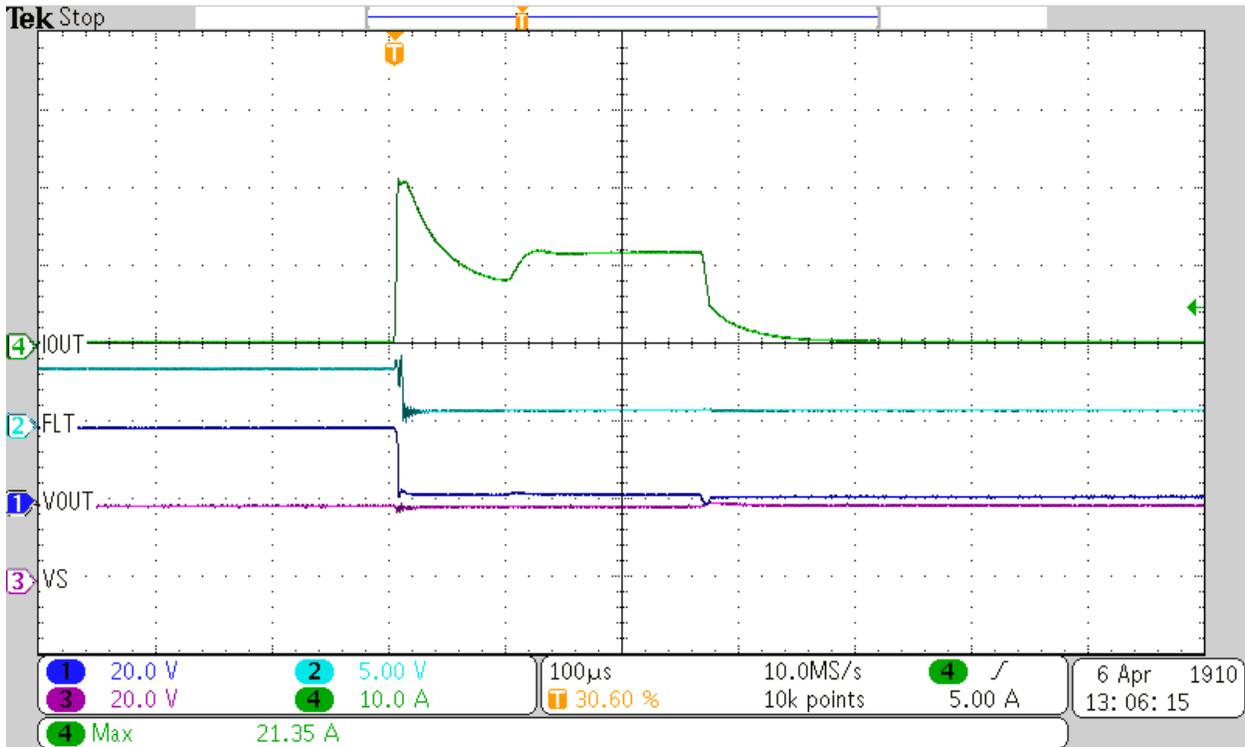


図 3-3. 18V-0.2µH-43mΩ での TPS1HC30

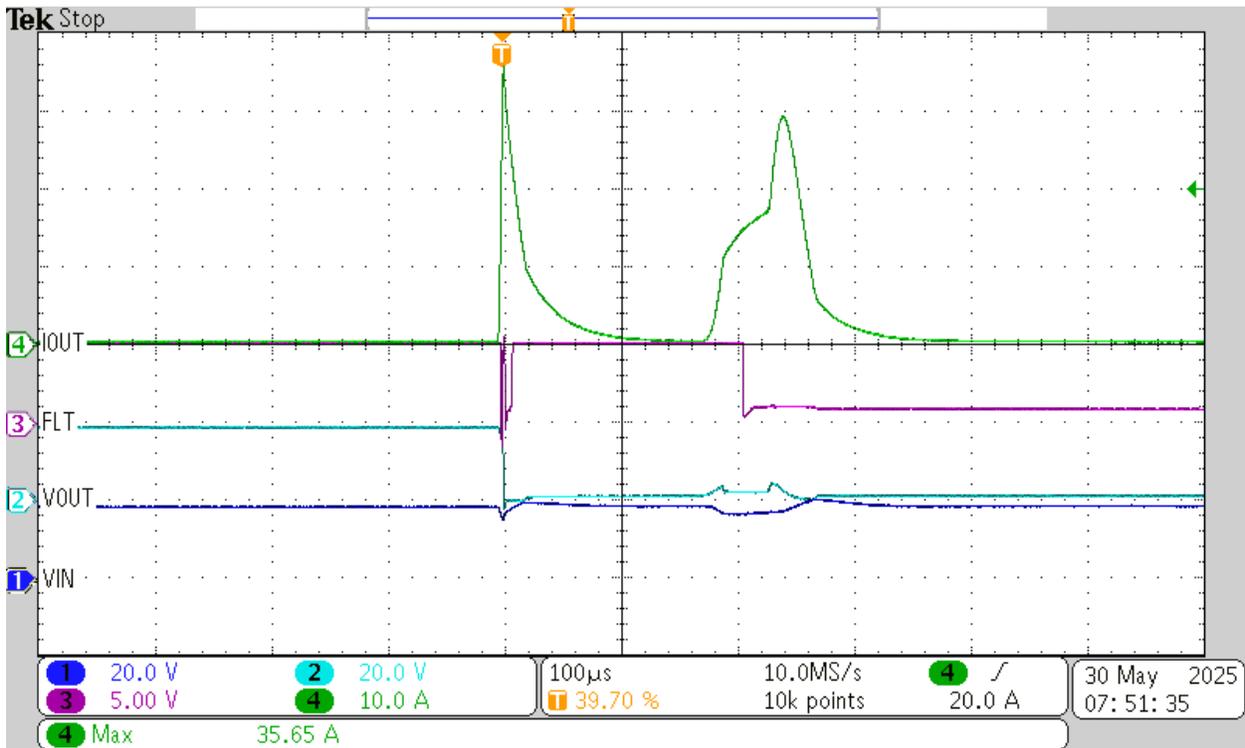


図 3-4. 18V-0.2µH-43mΩ での TPS2HC08

すでに説明したように、各波形はハイサイドスイッチの RDS (ON) が減少するにつれ、短絡電流が立ち上がることを示しています。TPS2HC08 では、短絡が発生するとすぐに約 36A が生じています。さらに、各波形が示すように、短絡が検出されコントローラにシステムの故障が警告されると、FLT は "Low" になります。

## 4 追加情報

図 4-1 と 図 4-36 は、各デバイスでキャプチャされた波形です。ここに示すデータは、各デバイスの推奨動作条件内での 12V ~ 18V のグラウンド短絡シナリオを示しています。

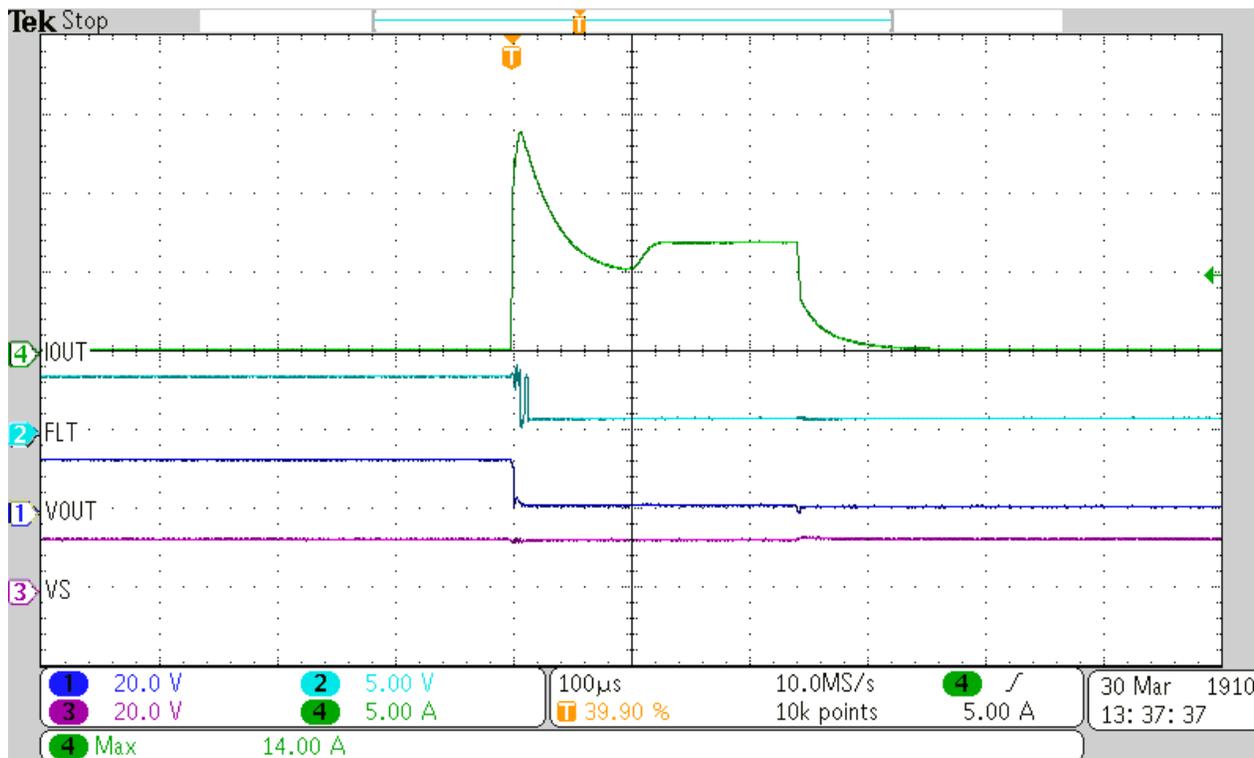


図 4-1. TPS1HC100-0.2uH-12V

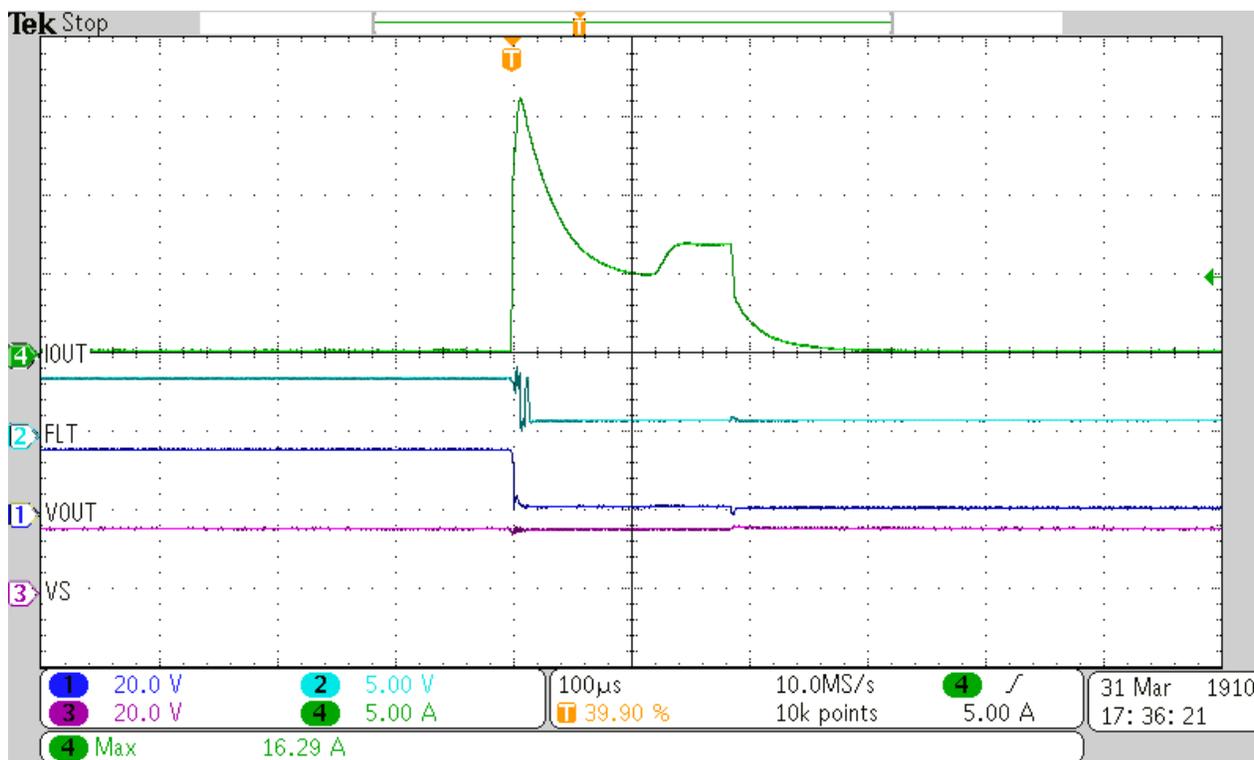


図 4-2. TPS1HC100-0.2uH-15V

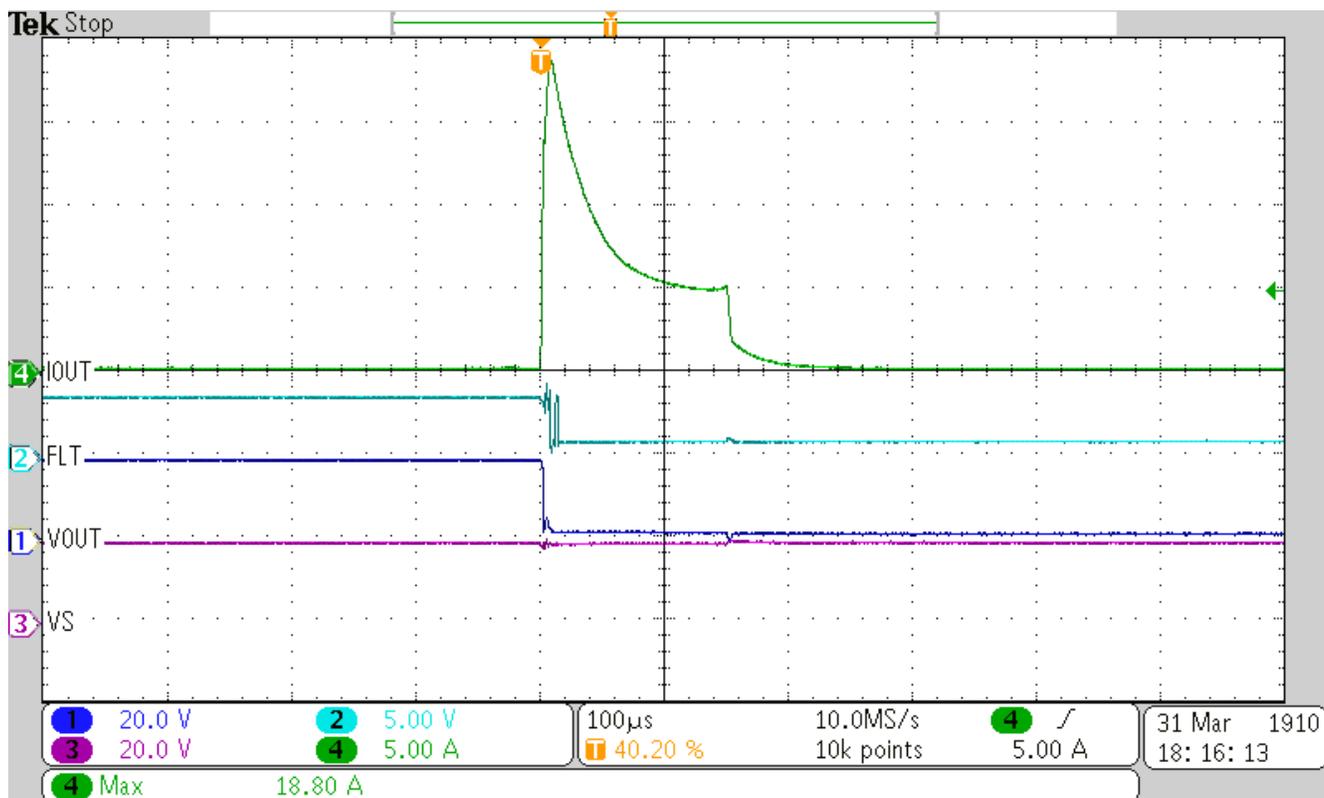


図 4-3. TPS1HC100-0.2uH-18V

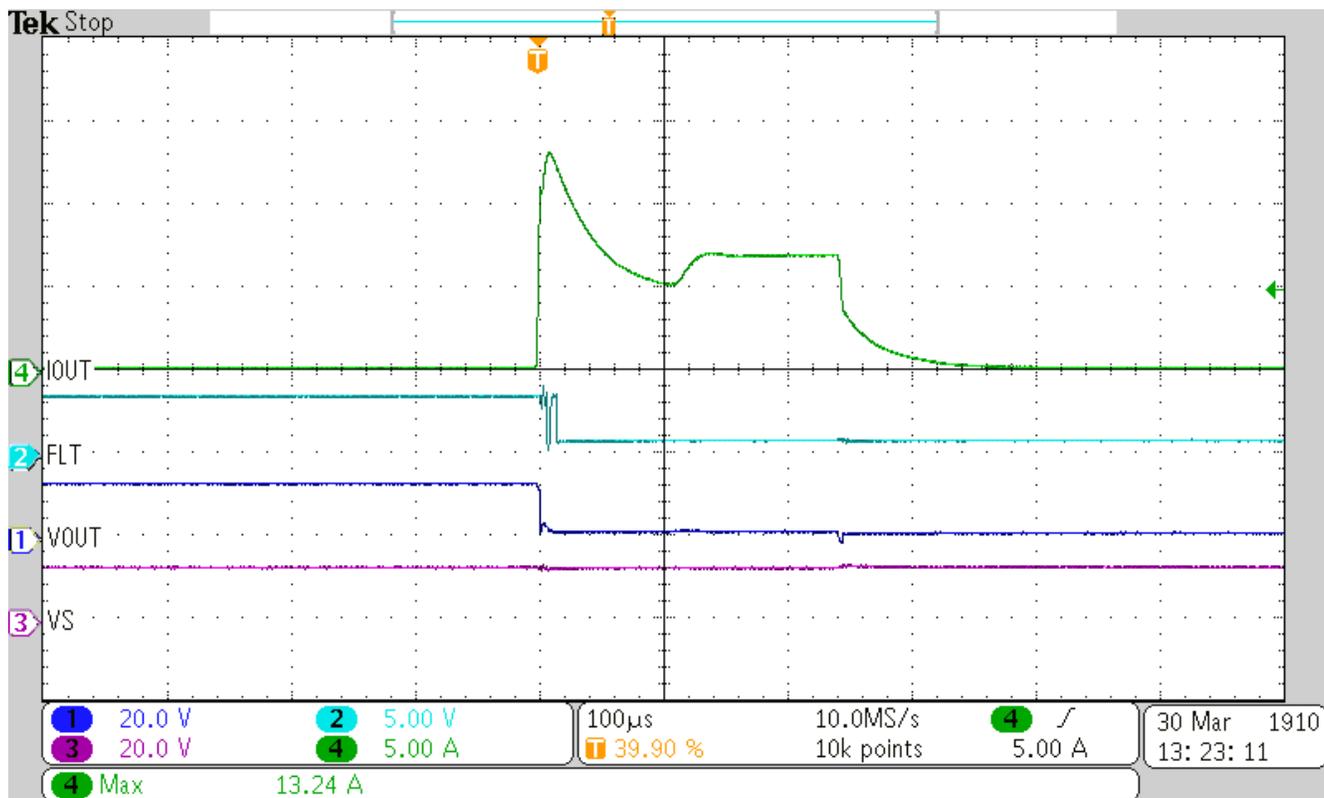


図 4-4. TPS1HC100-0.5uH-12V

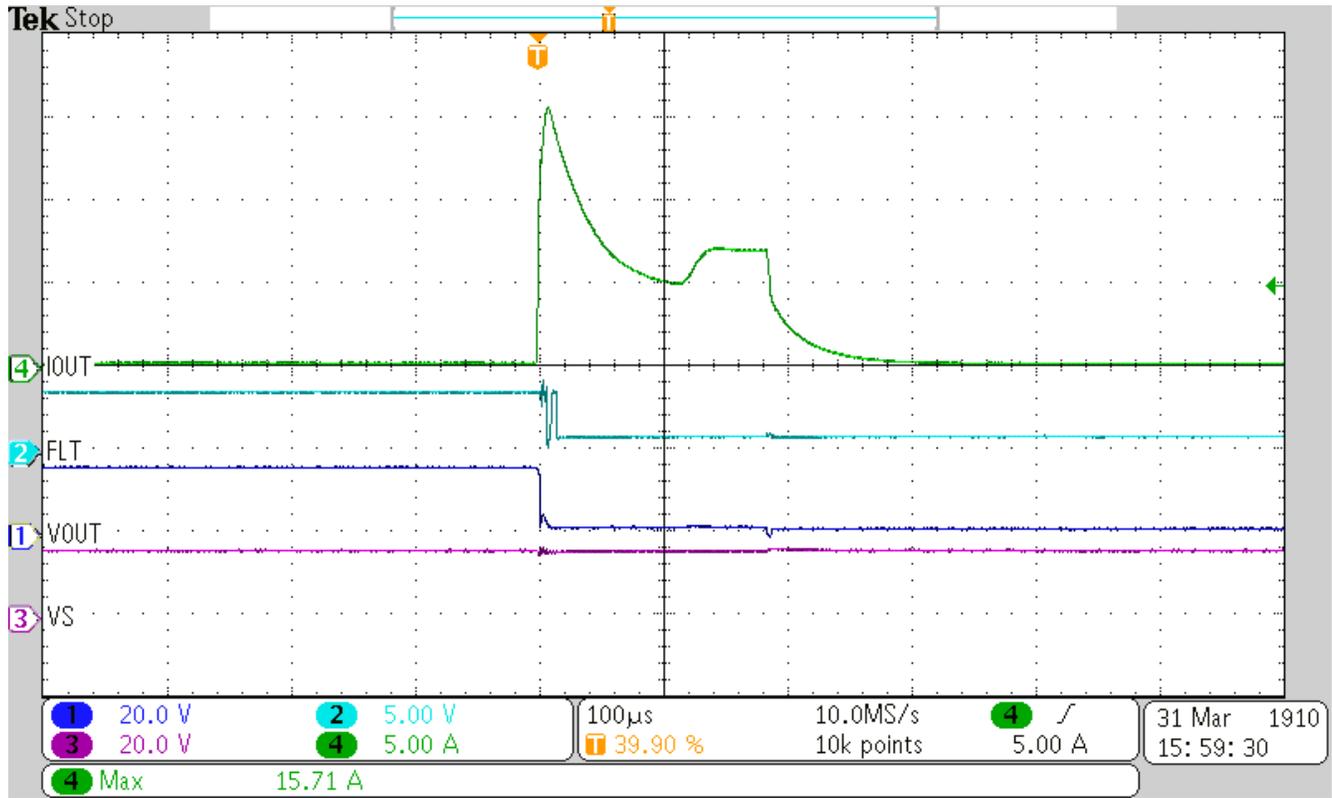


図 4-5. TPS1HC100-0.5uH-15V

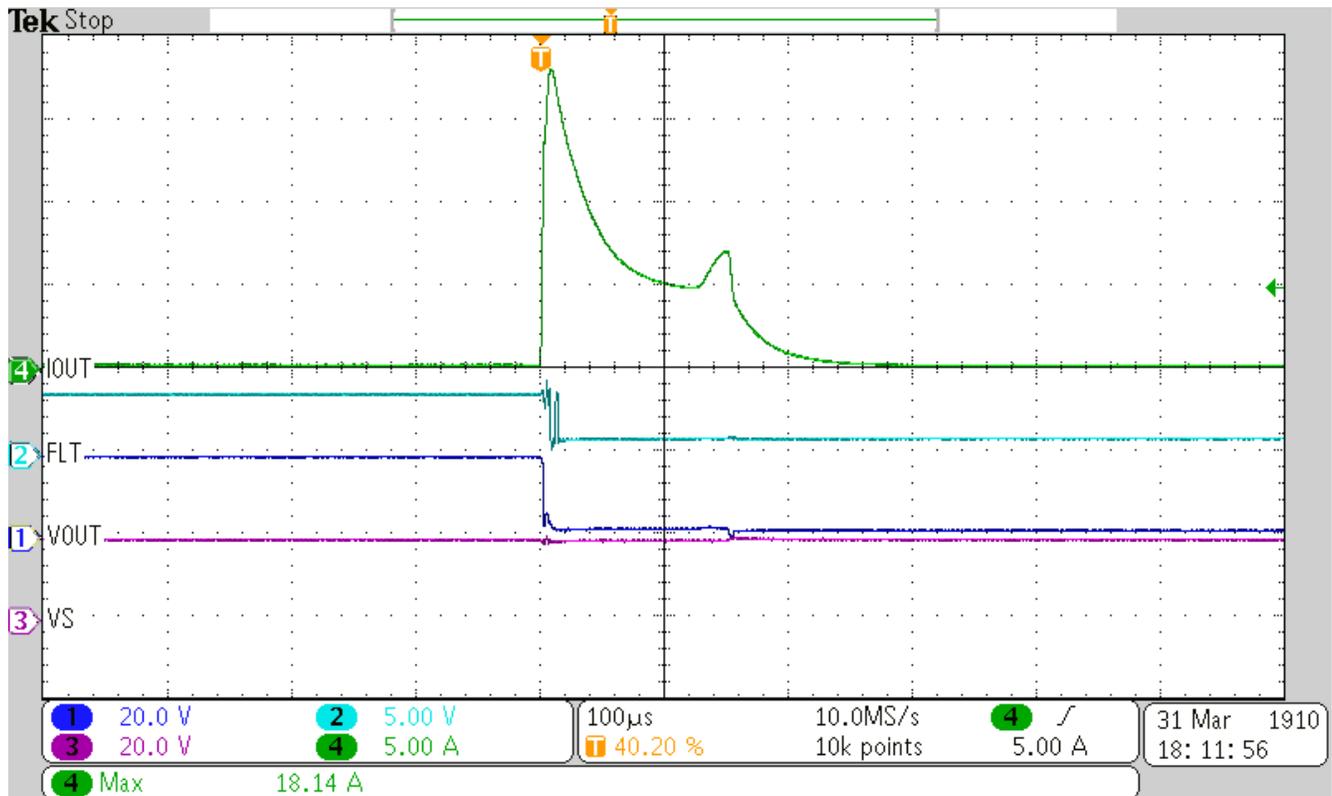


図 4-6. TPS1HC100-0.5uH-18V

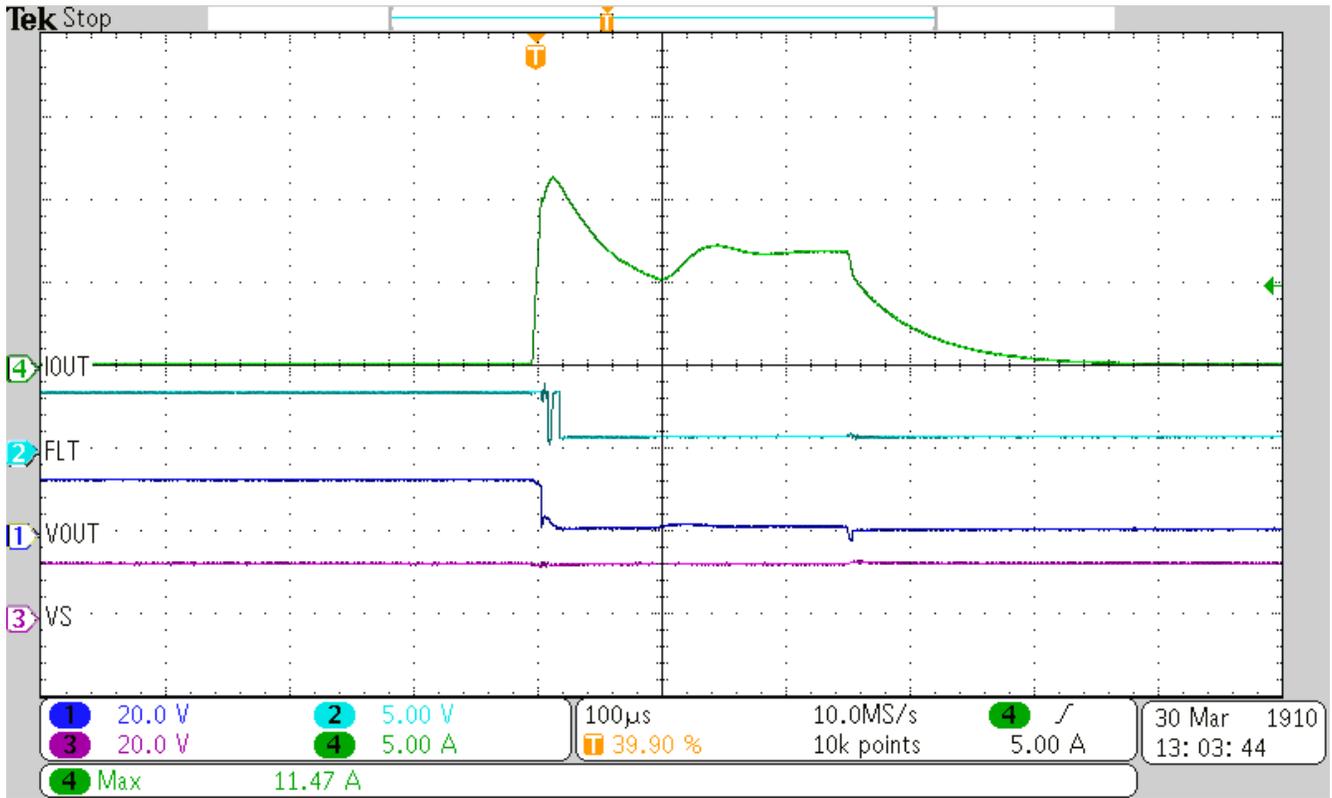


図 4-7. TPS1HC100-5uH-12V

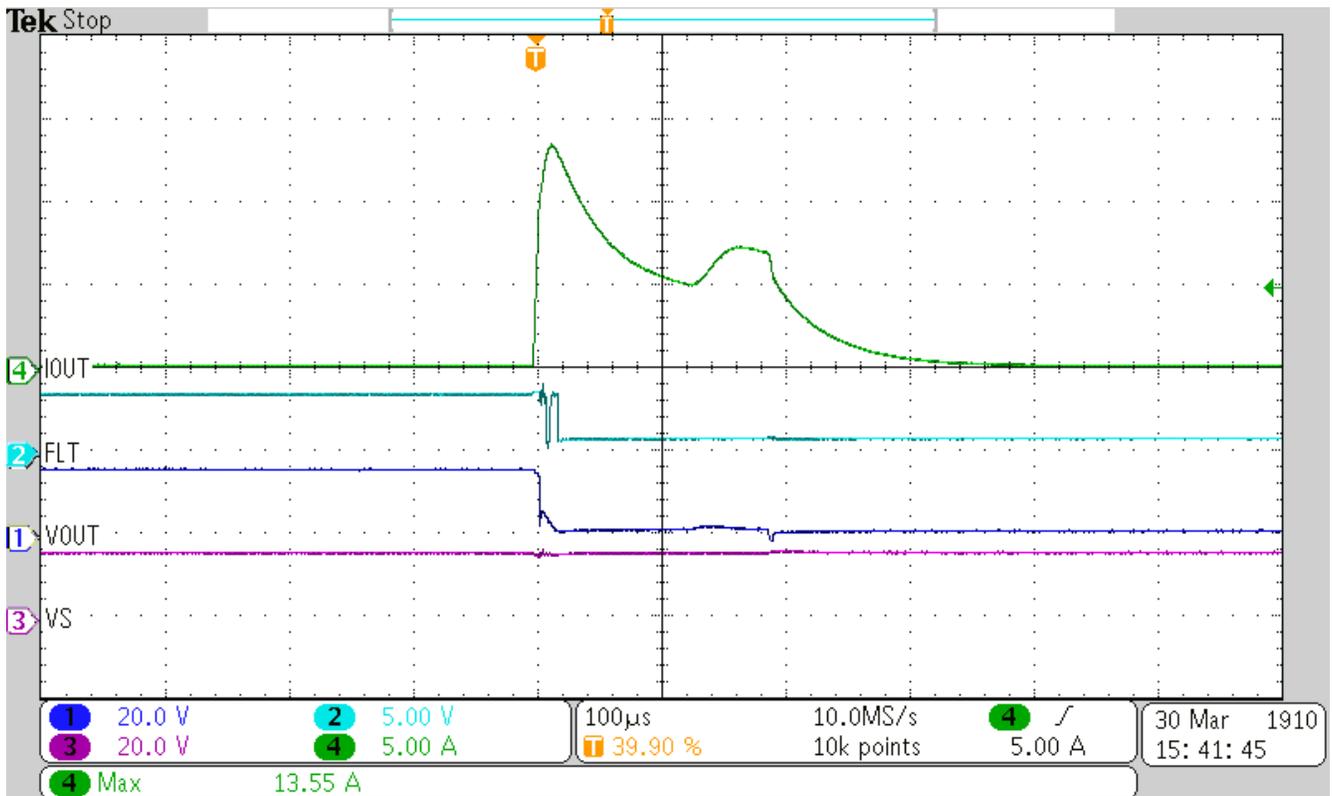


図 4-8. TPS1HC100-5uH-15V

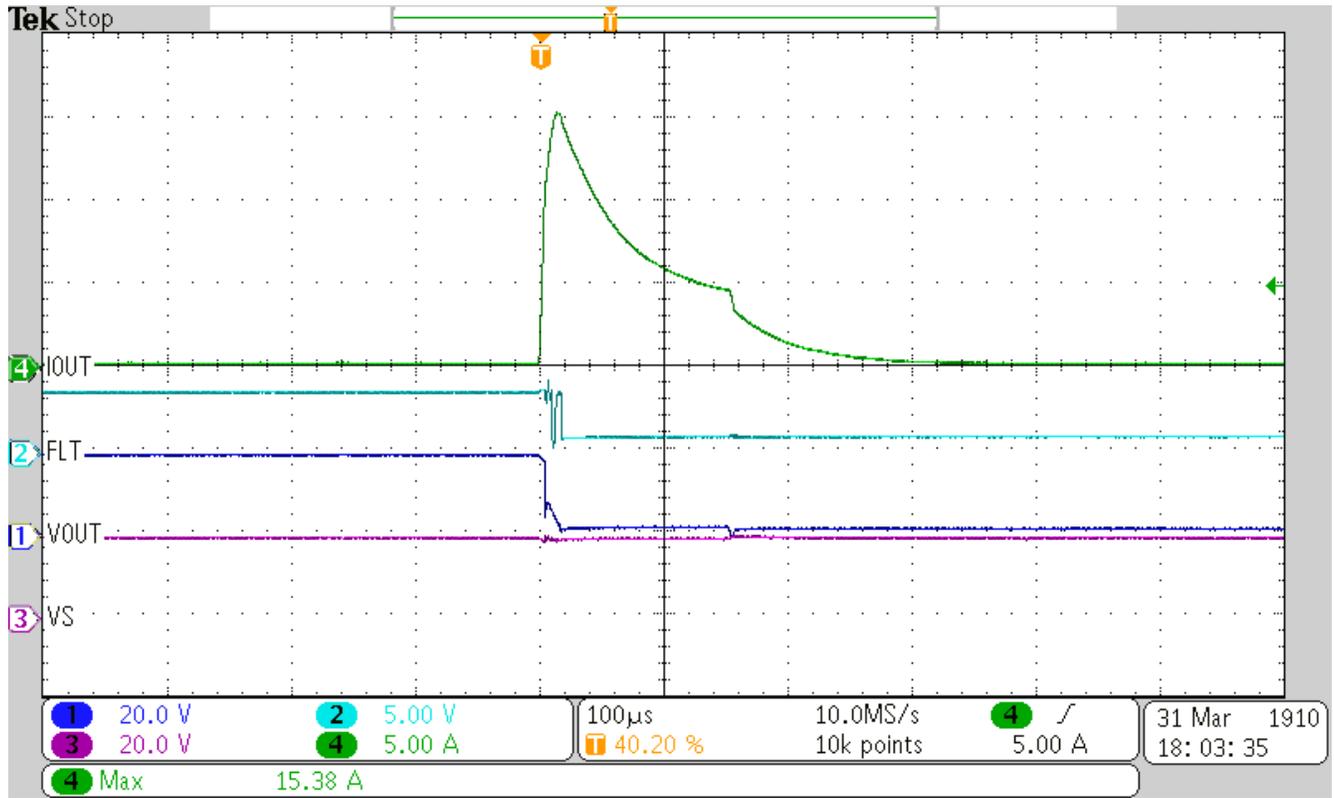


図 4-9. TPS1HC100-5uH-18V

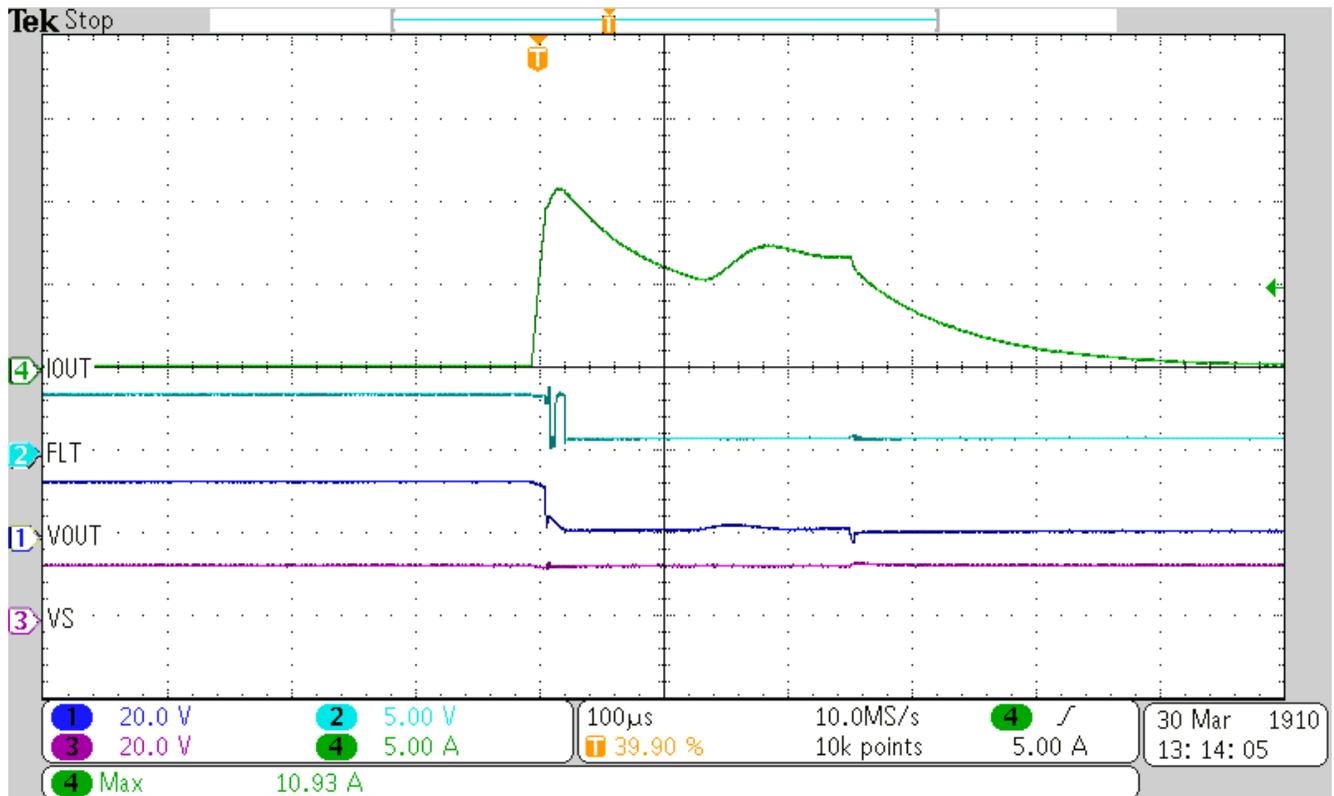


図 4-10. TPS1HC100-10uH-12V

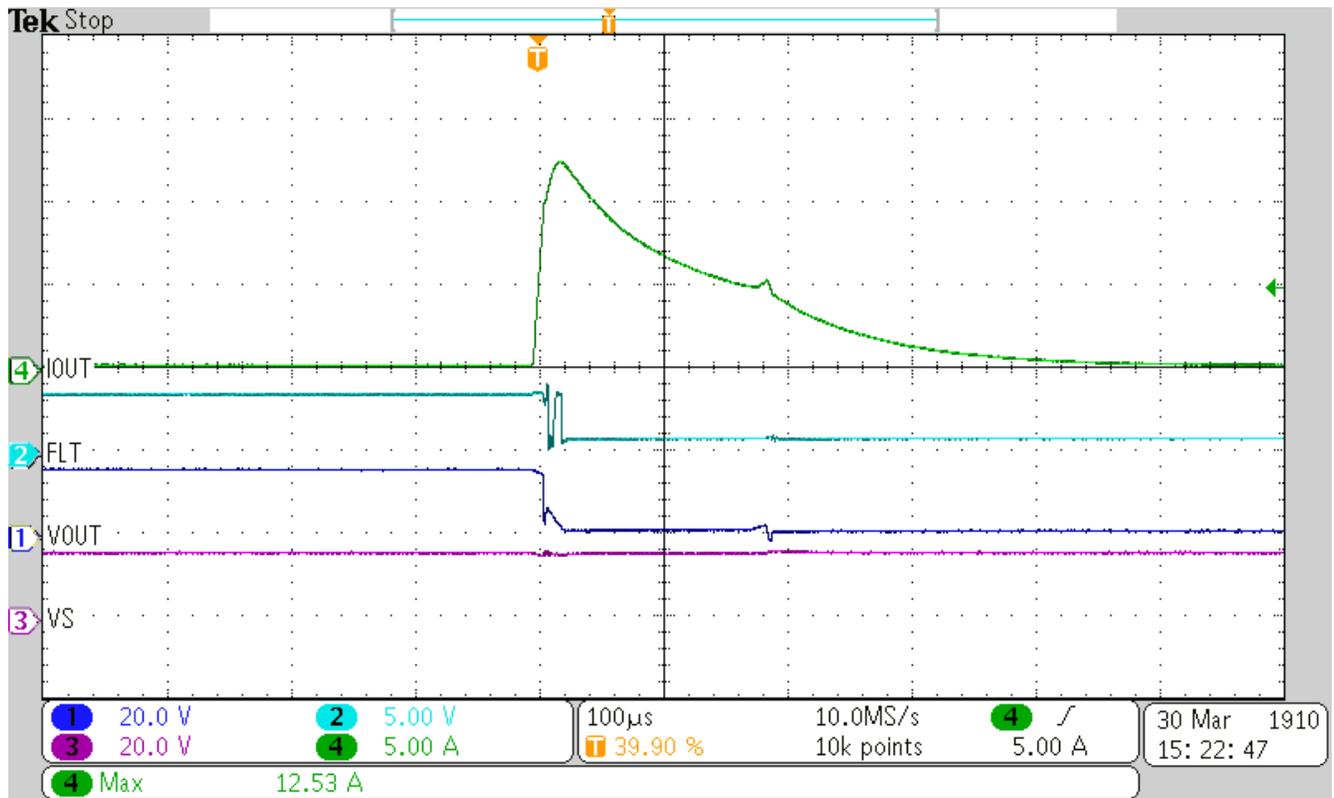


図 4-11. TPS1HC100-10uH-15V

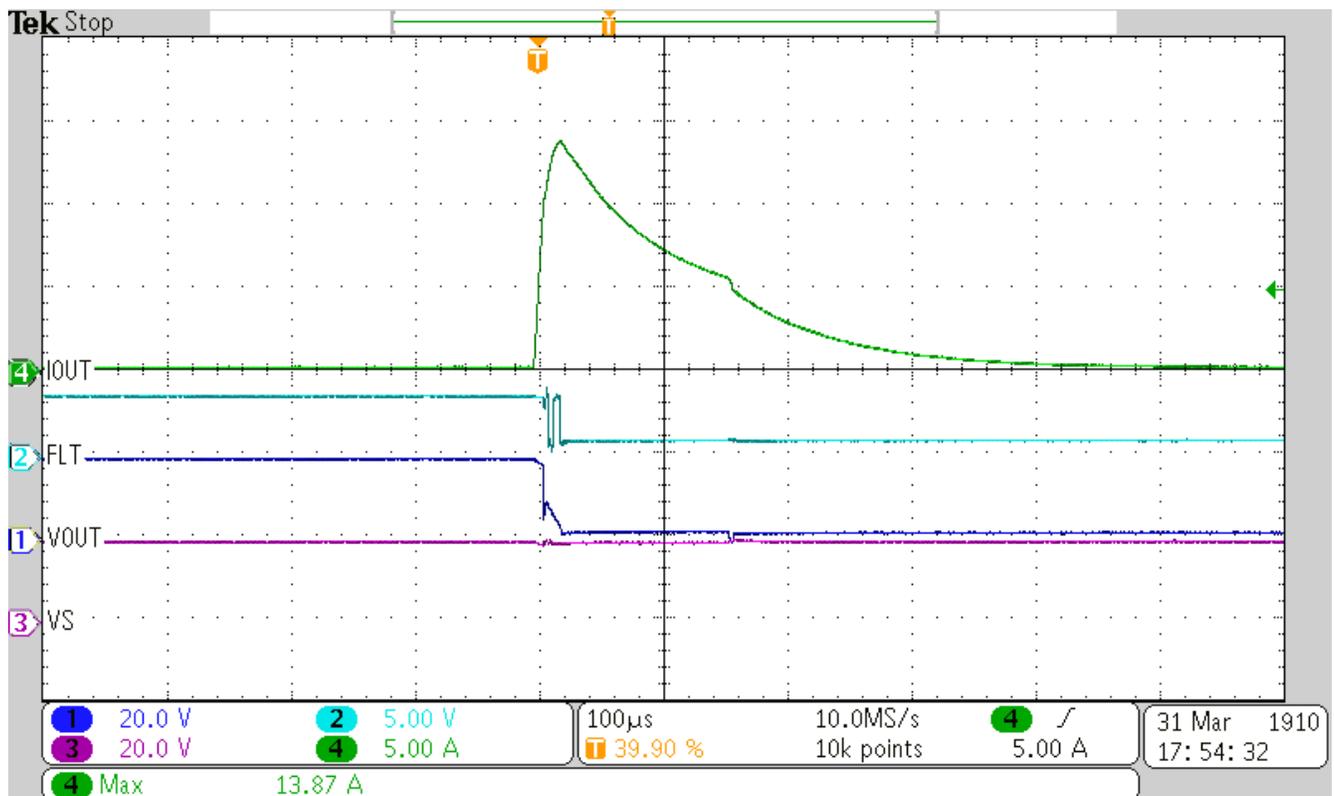


図 4-12. TPS1HC100-10uH-18V

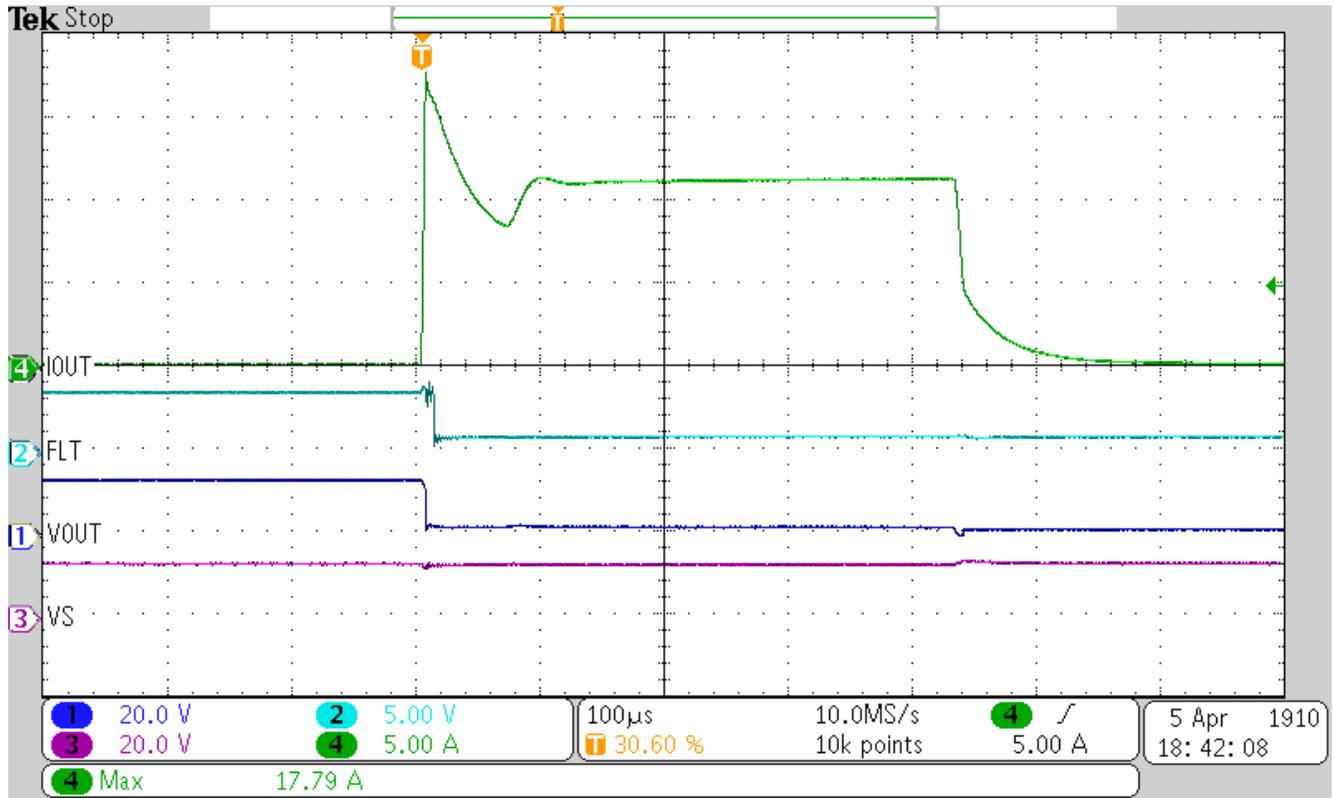


図 4-13. TPS1HC30-0.2uH-12V

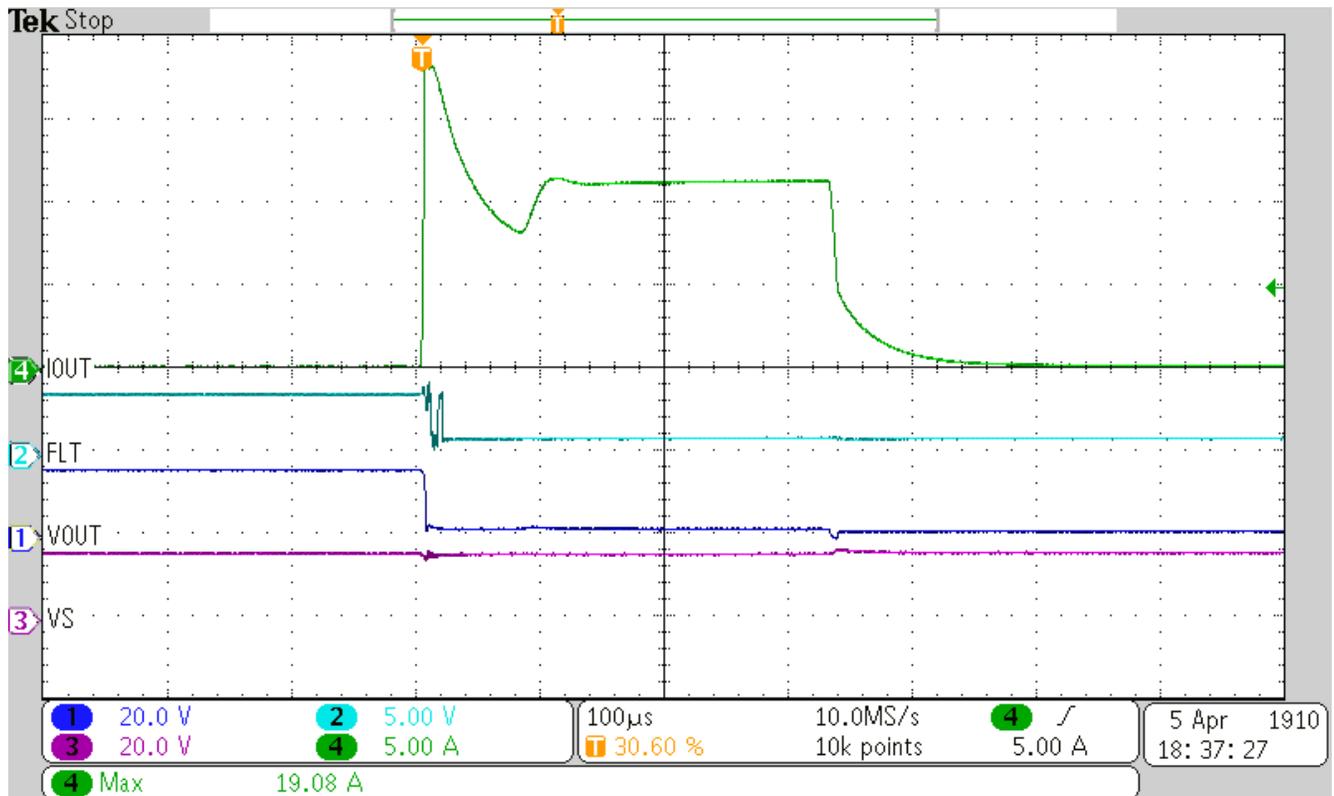


図 4-14. TPS1HC30-0.2uH-15V

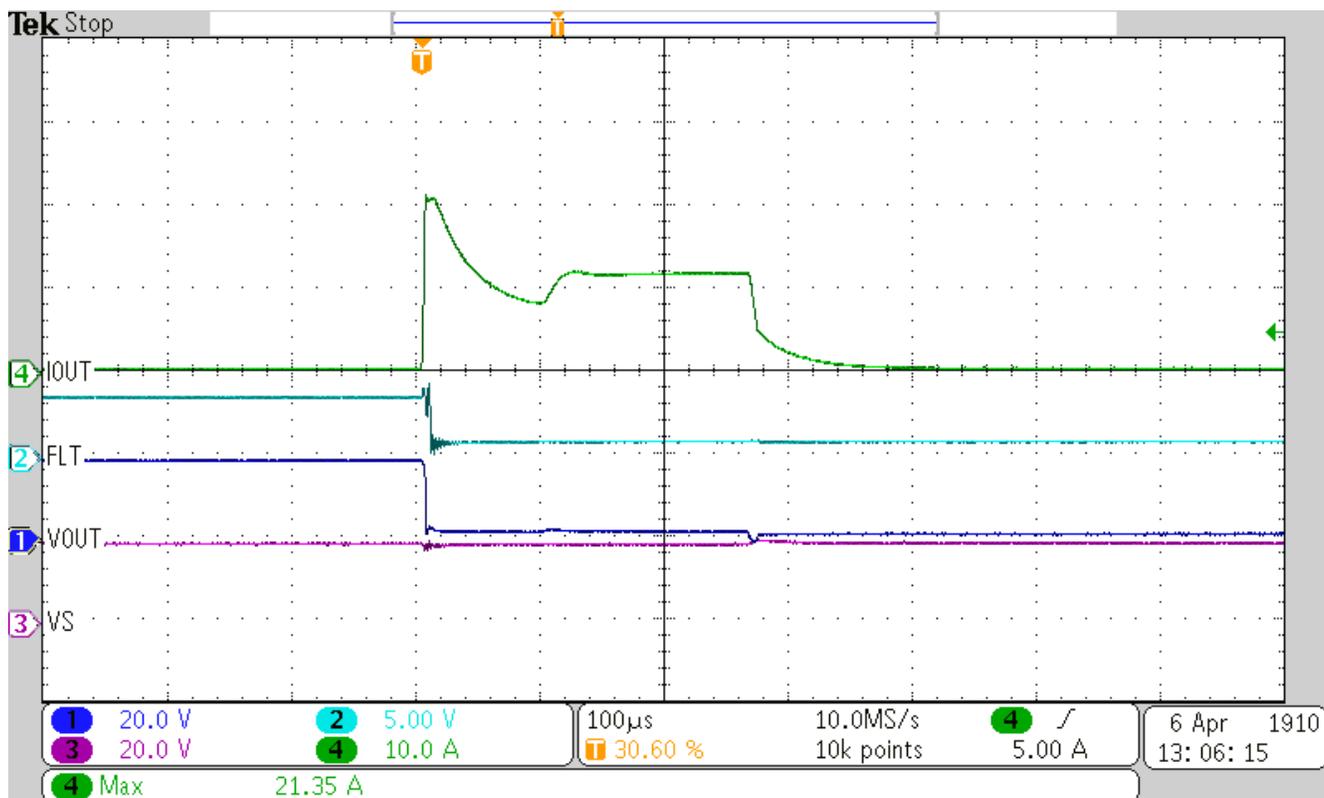


図 4-15. TPS1HC30-0.2uH-18V

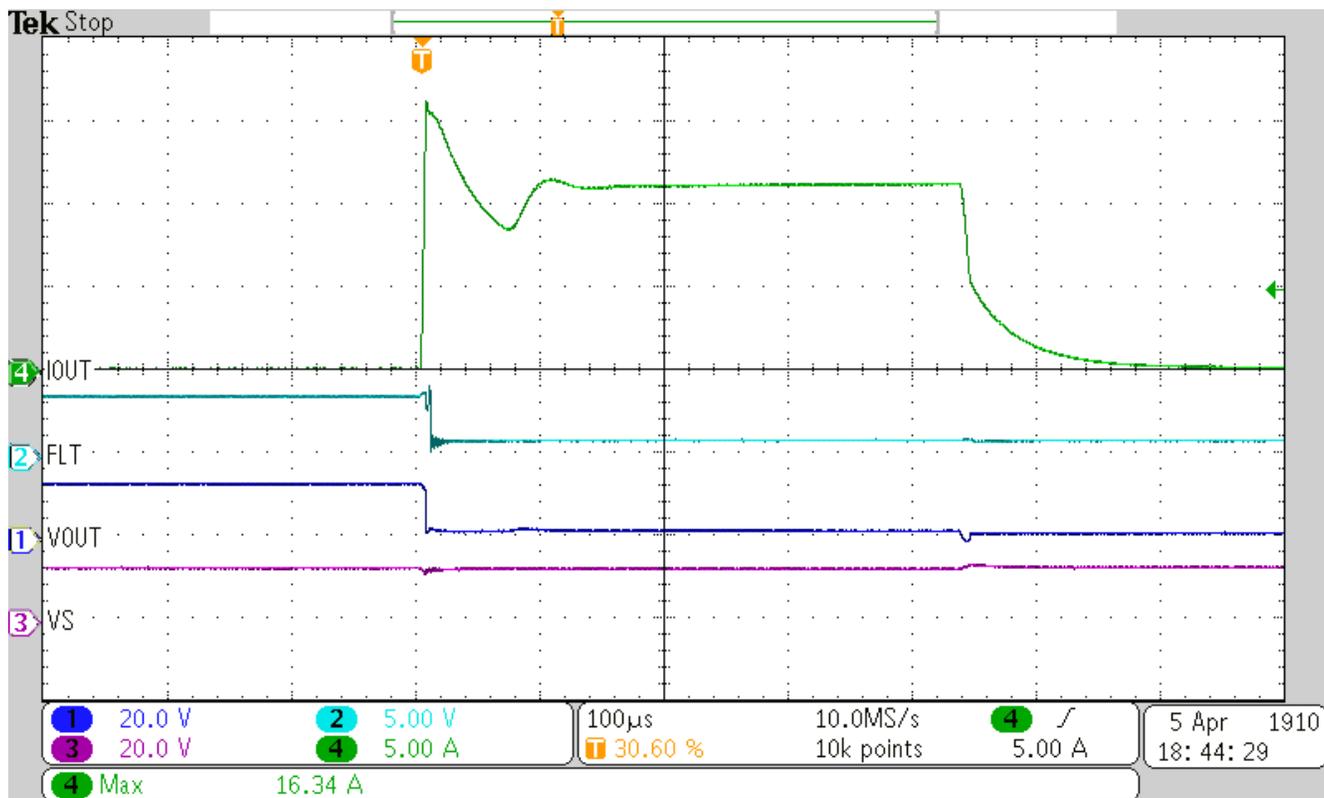


図 4-16. TPS1HC30-0.5uH-12V

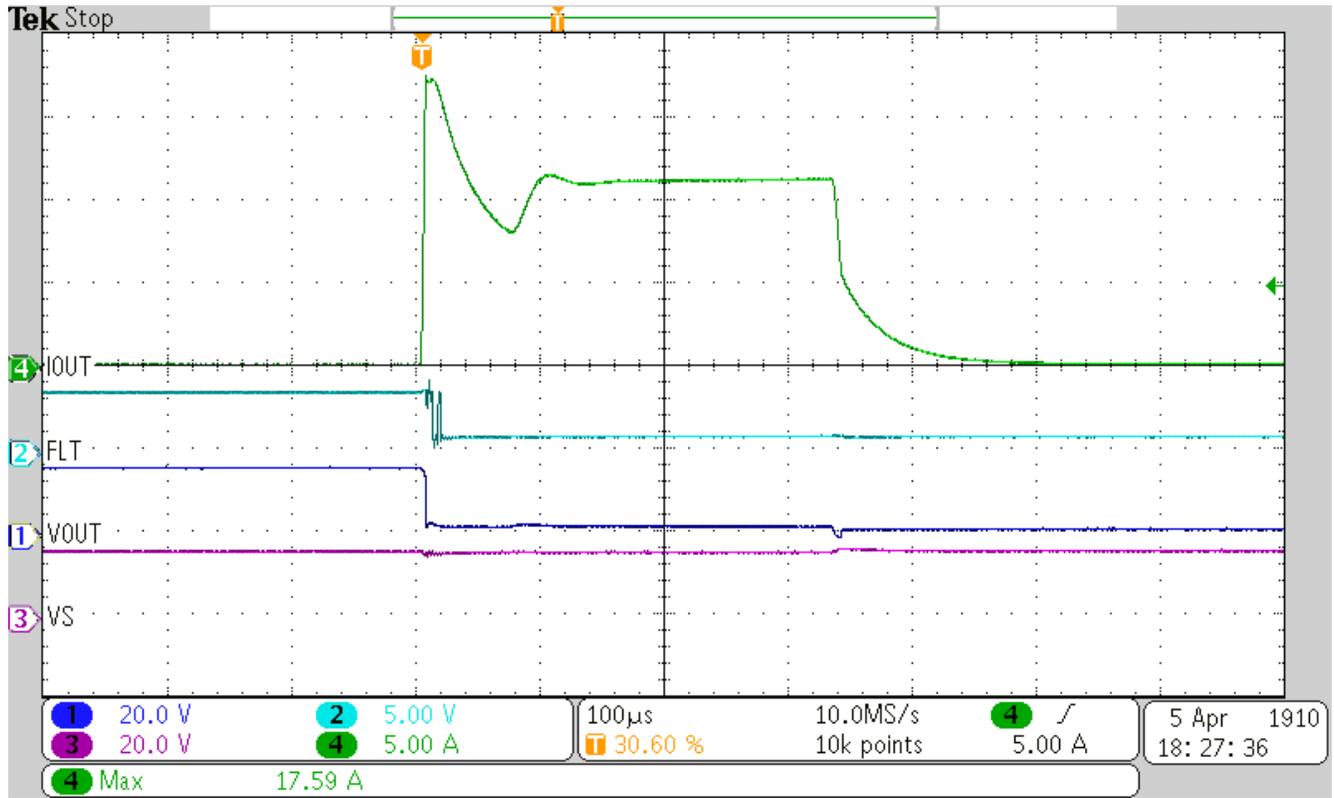


図 4-17. TPS1HC30-0.5uH-15V

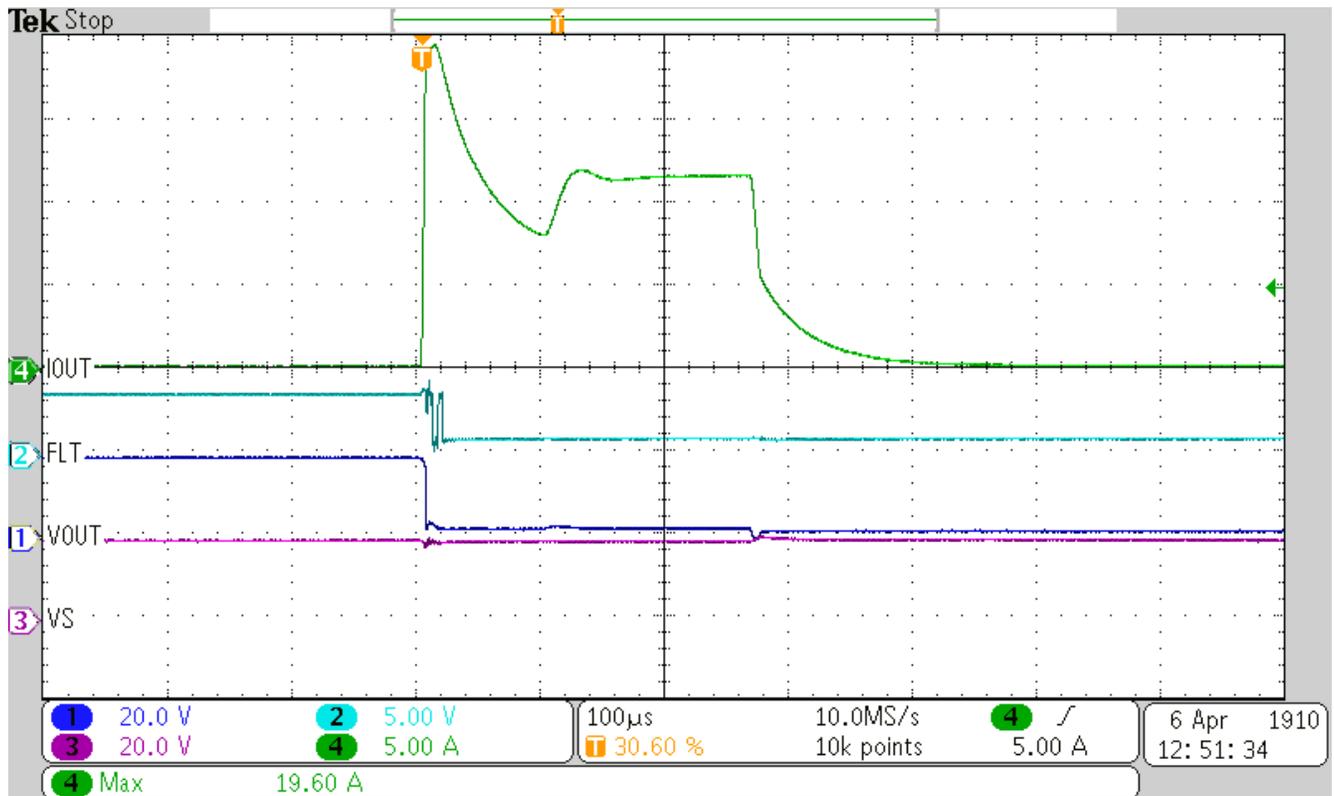


図 4-18. TPS1HC30-0.5uH-18V

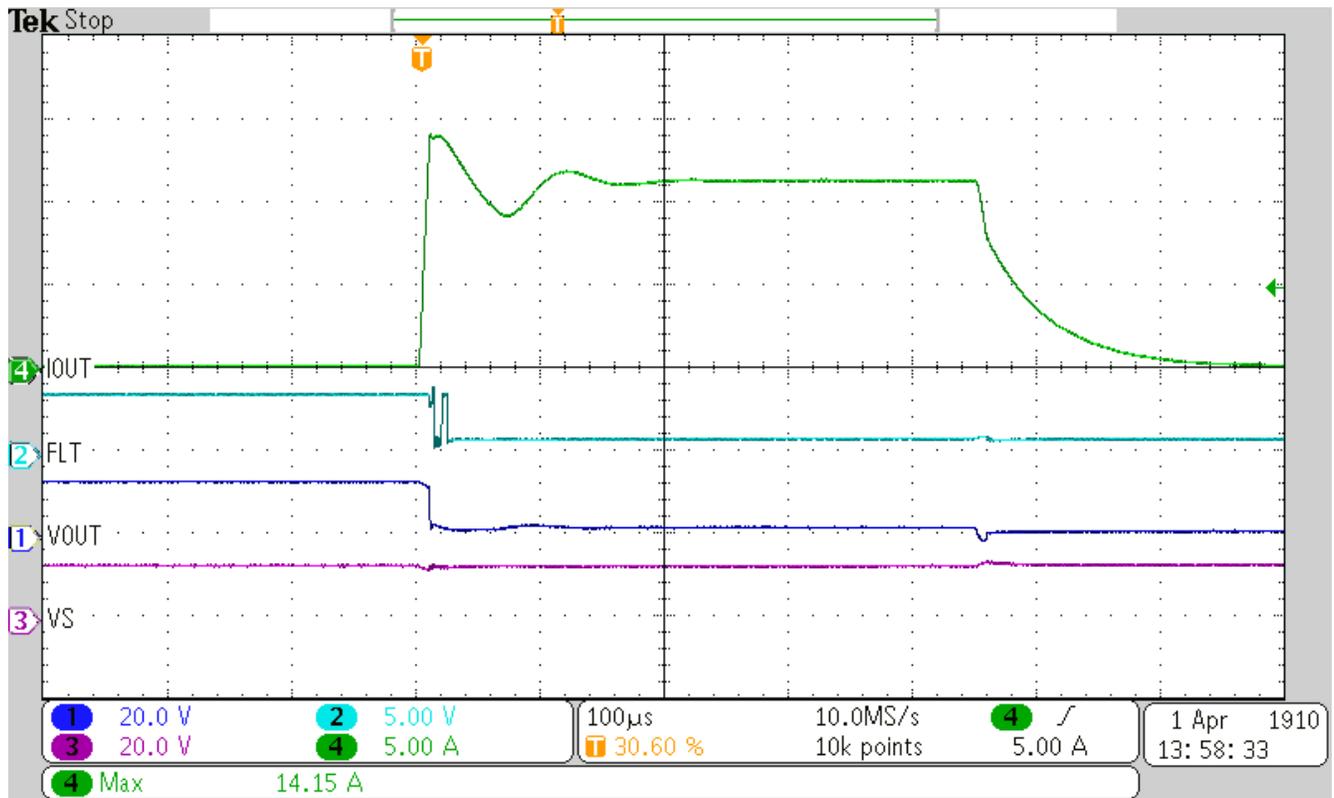


図 4-19. TPS1HC30-5uH-12V

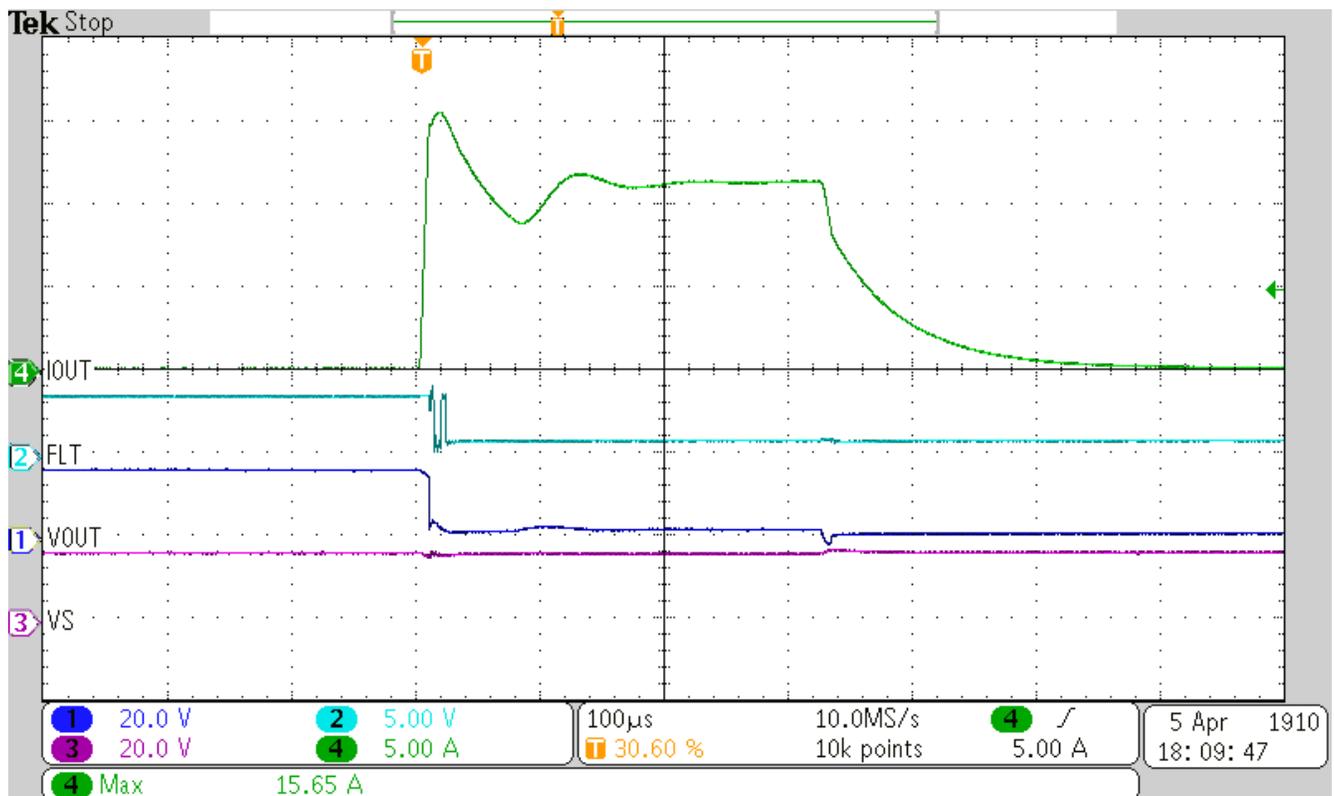


図 4-20. TPS1HC30-5uH-15V

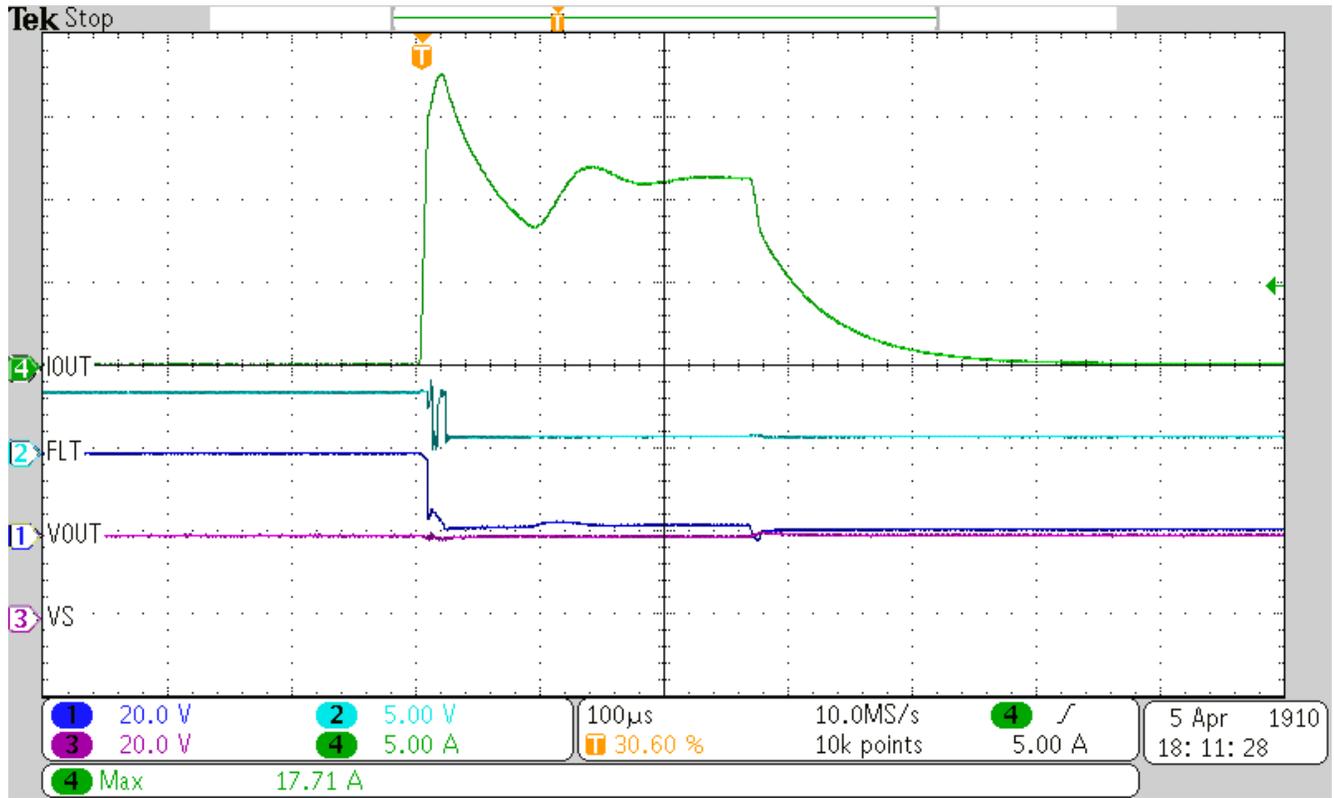


図 4-21. TPS1HC30-5uH-18V

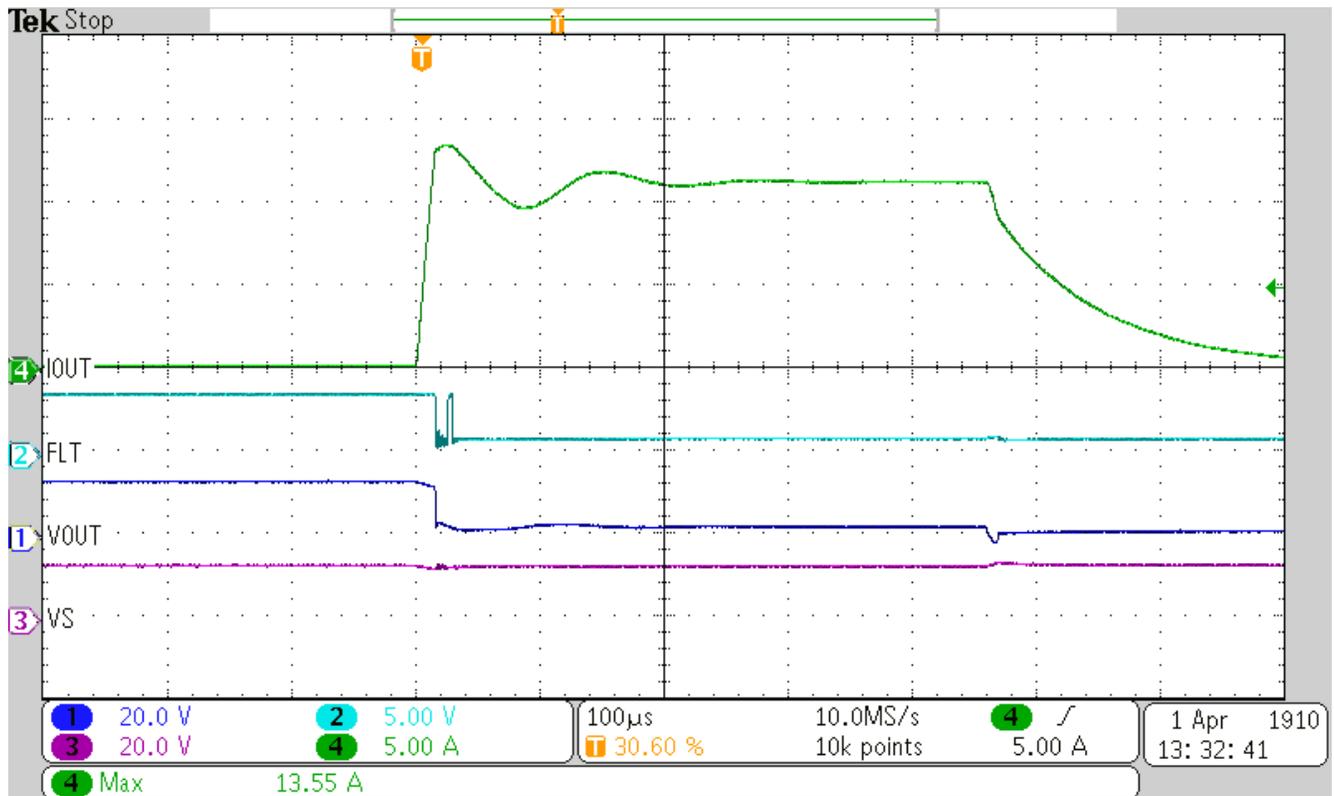


図 4-22. TPS1HC30-10uH-12V

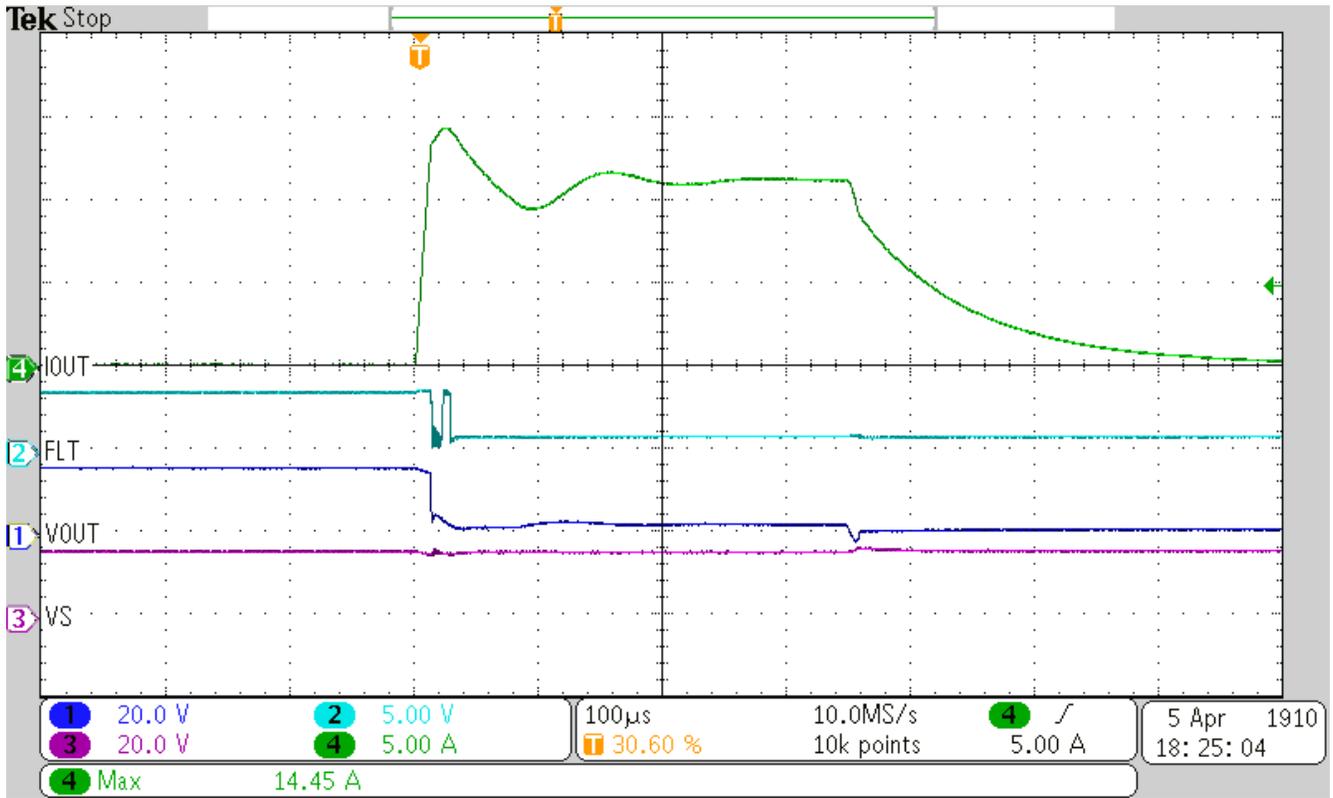


図 4-23. TPS1HC30-10uH-15V

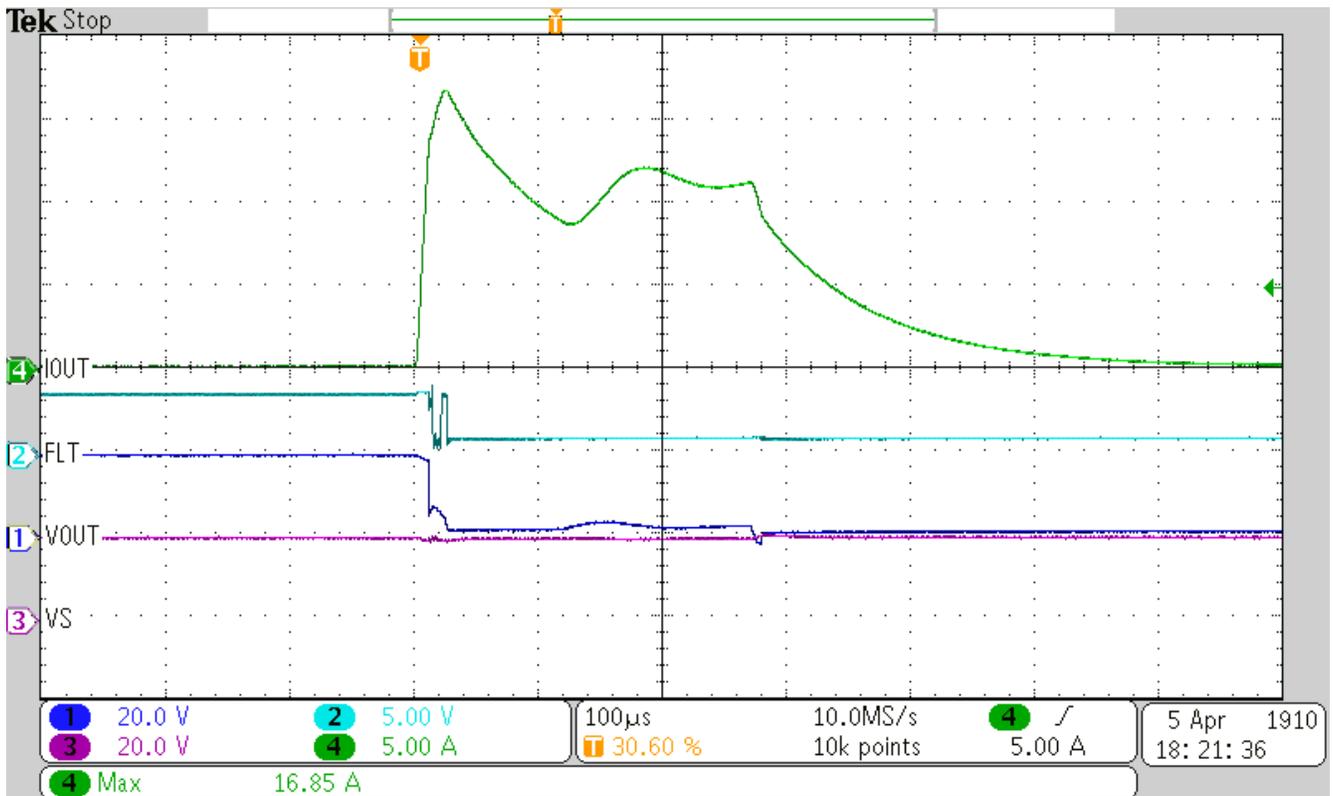


図 4-24. TPS1HC30-10uH-18V

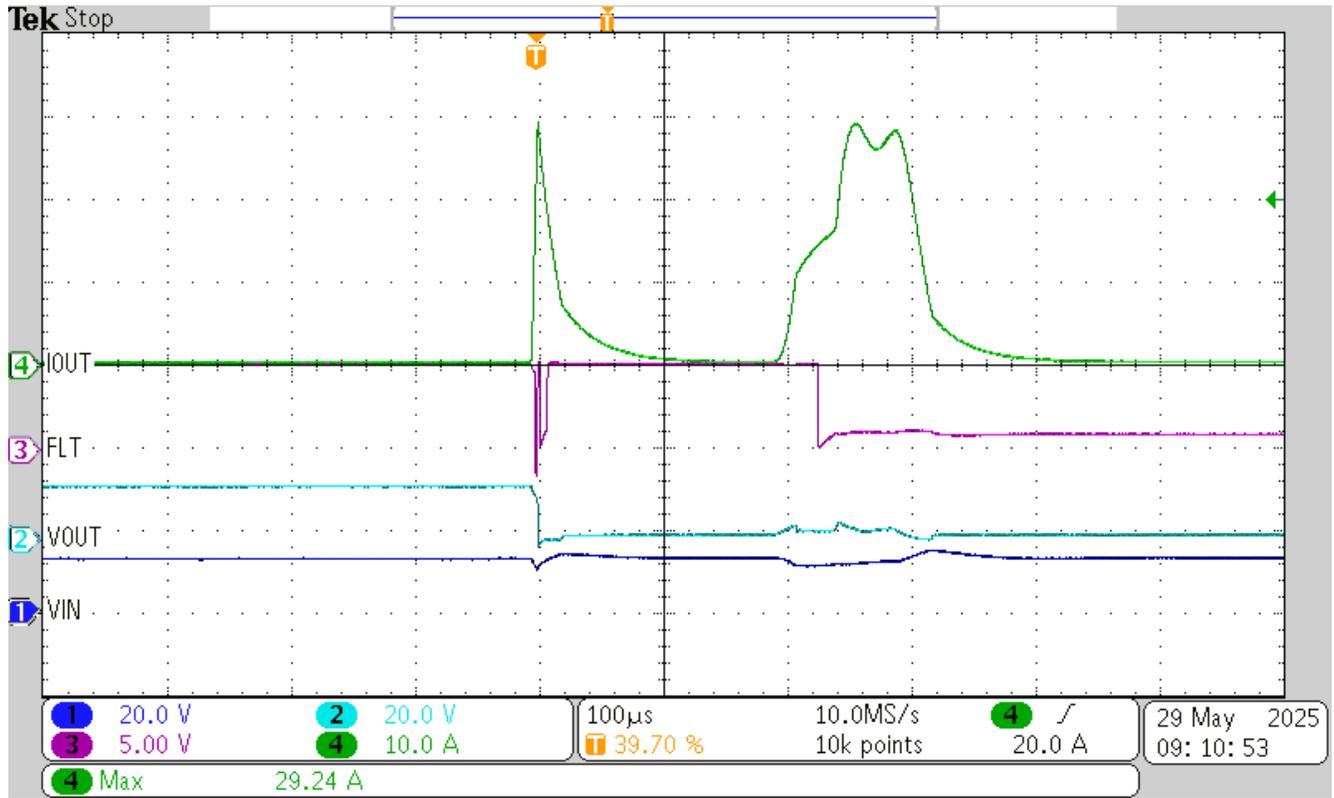


図 4-25. TPS2HC08-0.2uH-12V

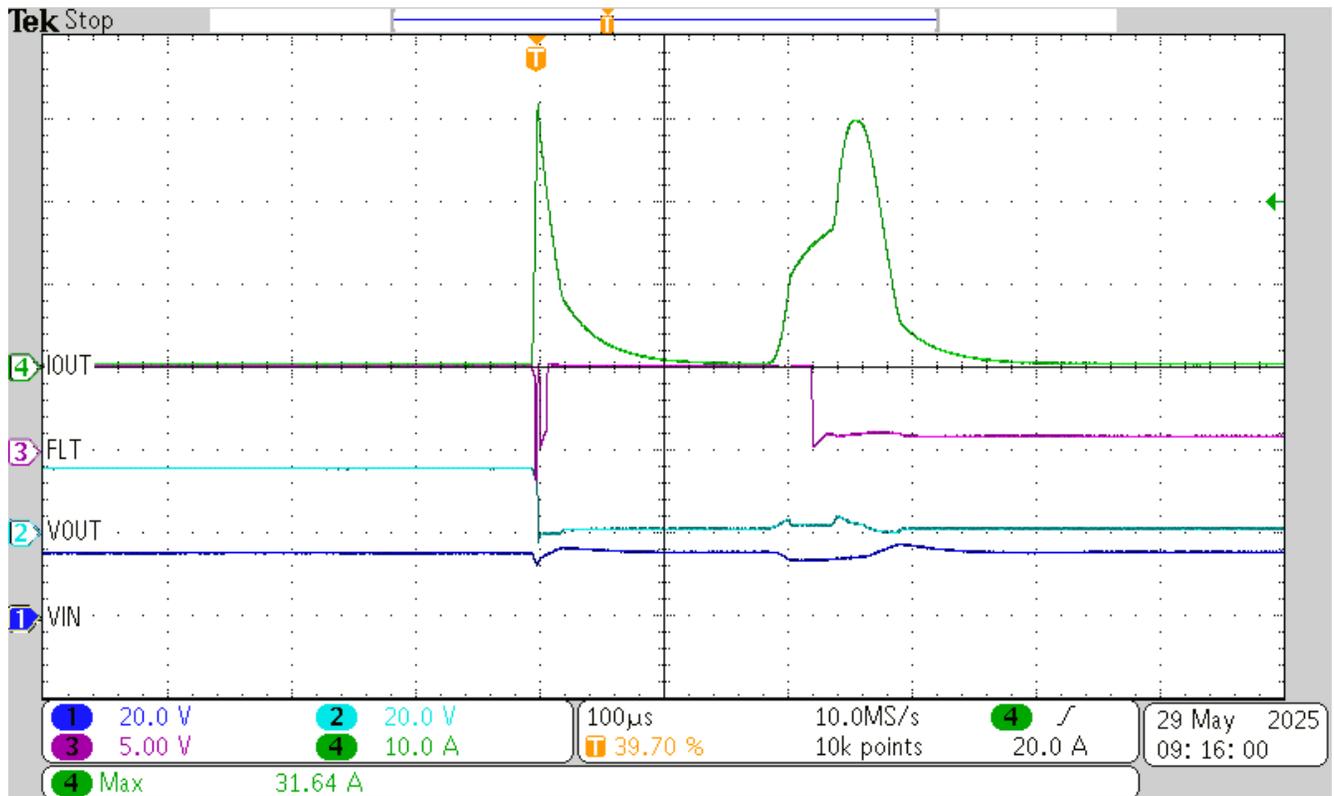


図 4-26. TPS2HC08-0.2uH-15V

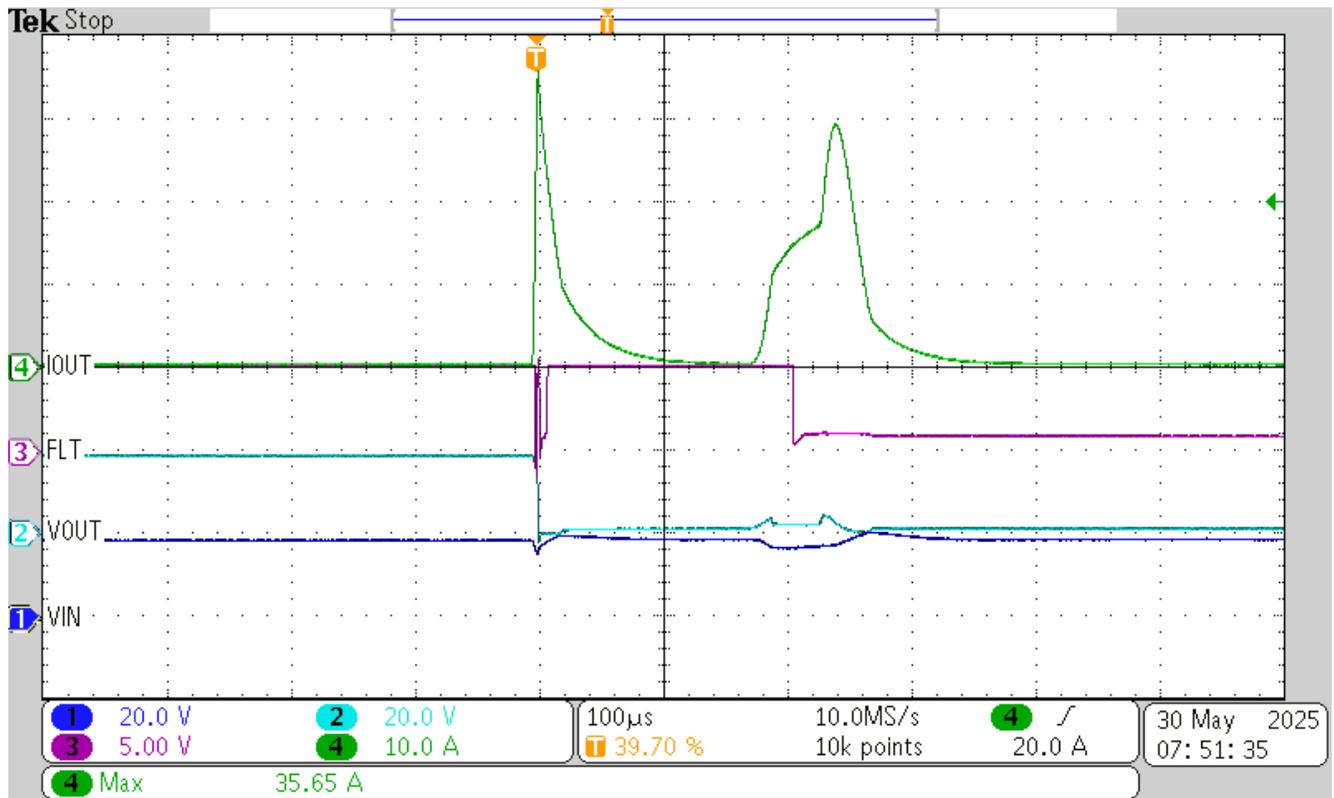


図 4-27. TPS2HC08-0.2uH-18V

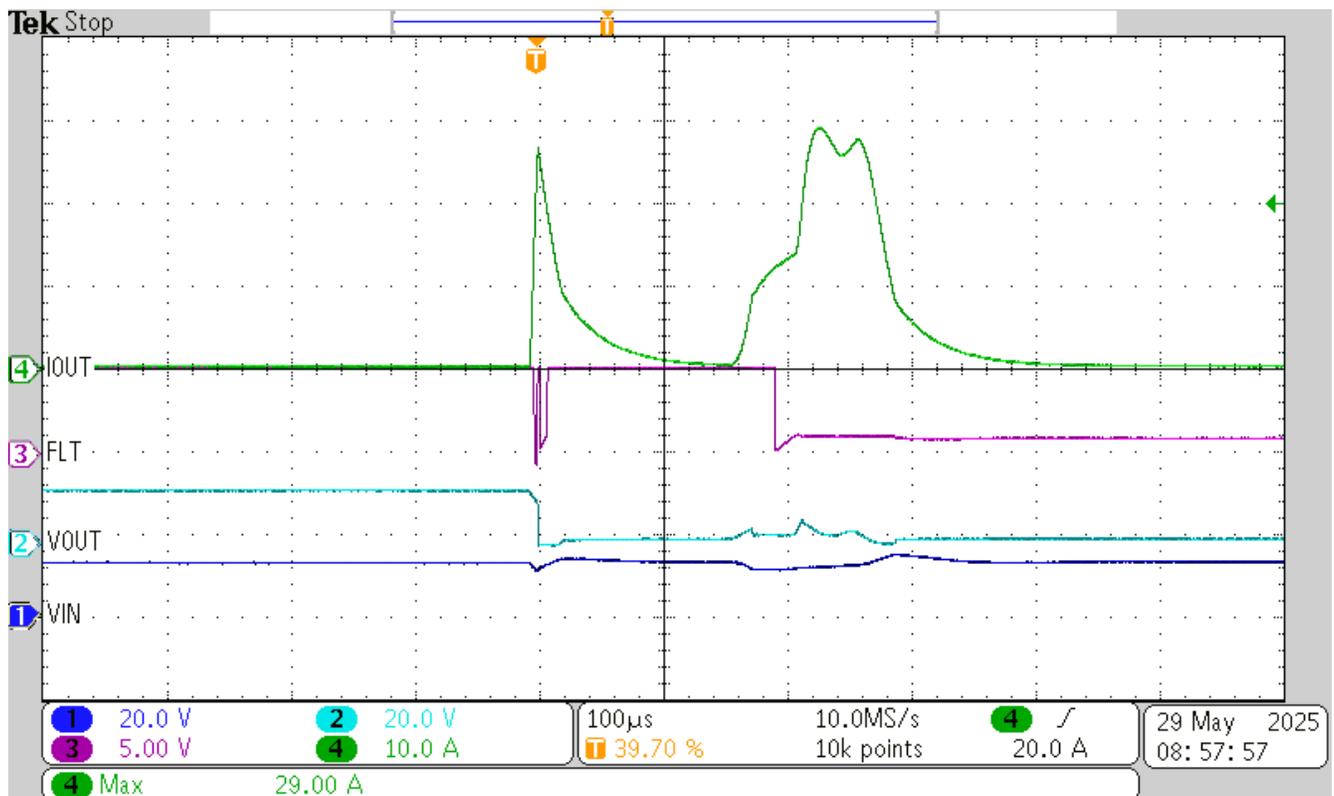


図 4-28. TPS2HC08-0.5uH-12V

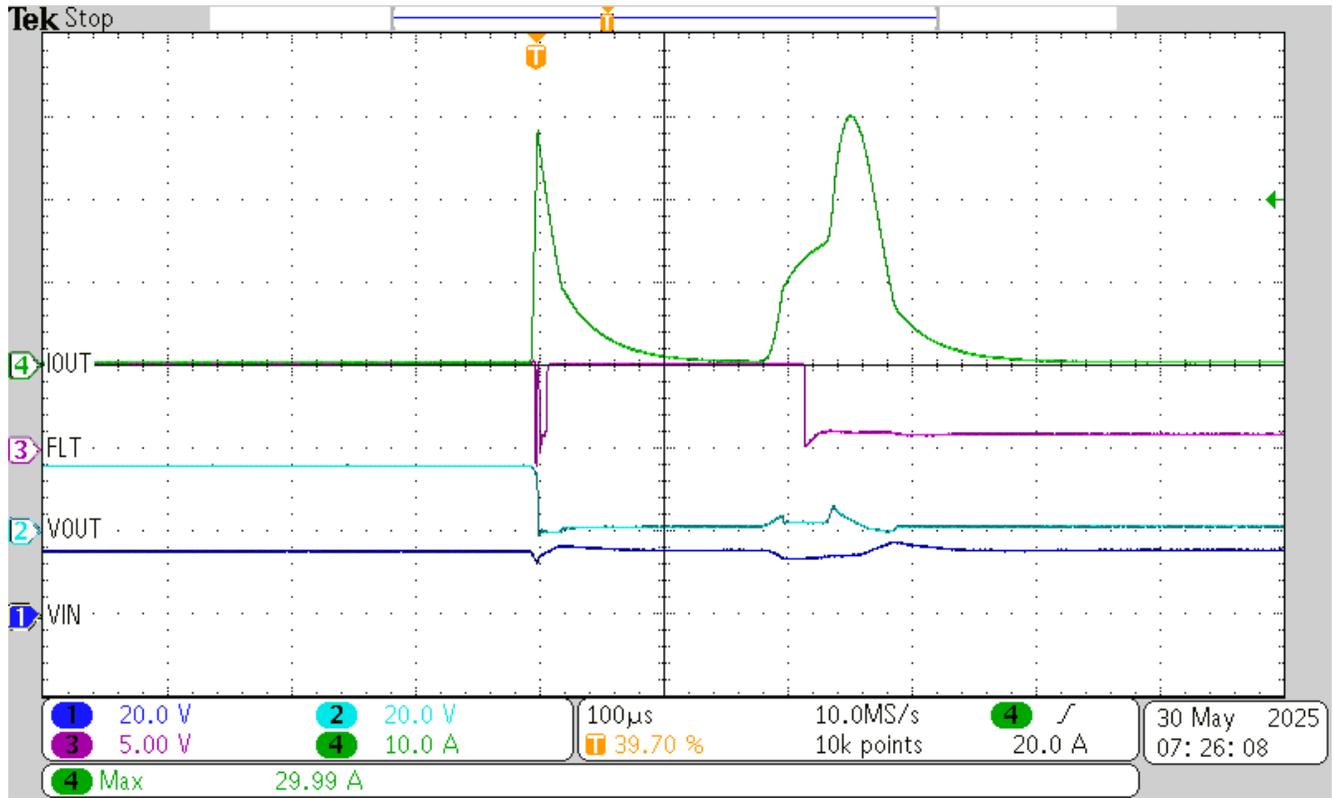


図 4-29. TPS2HC08-0.5uH-15V

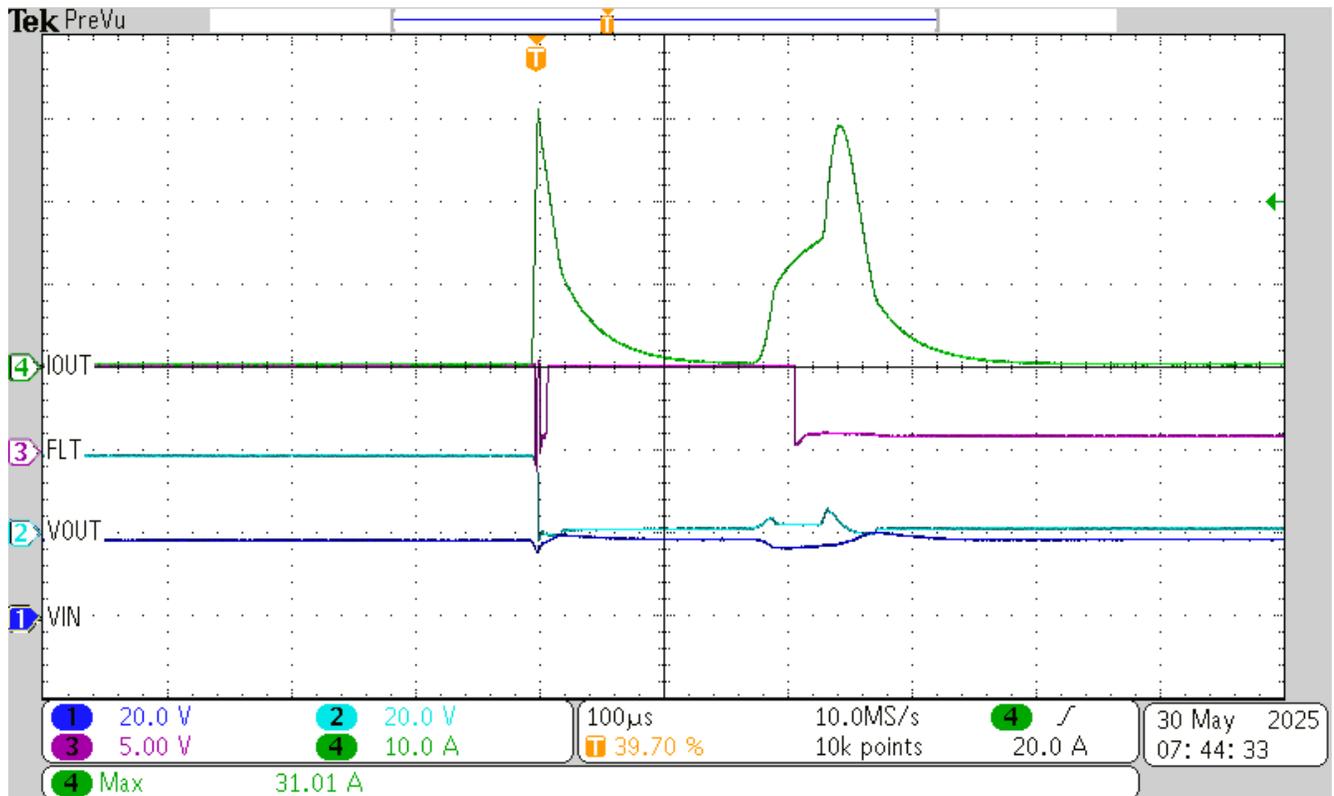


図 4-30. TPS2HC08-0.5uH-18V

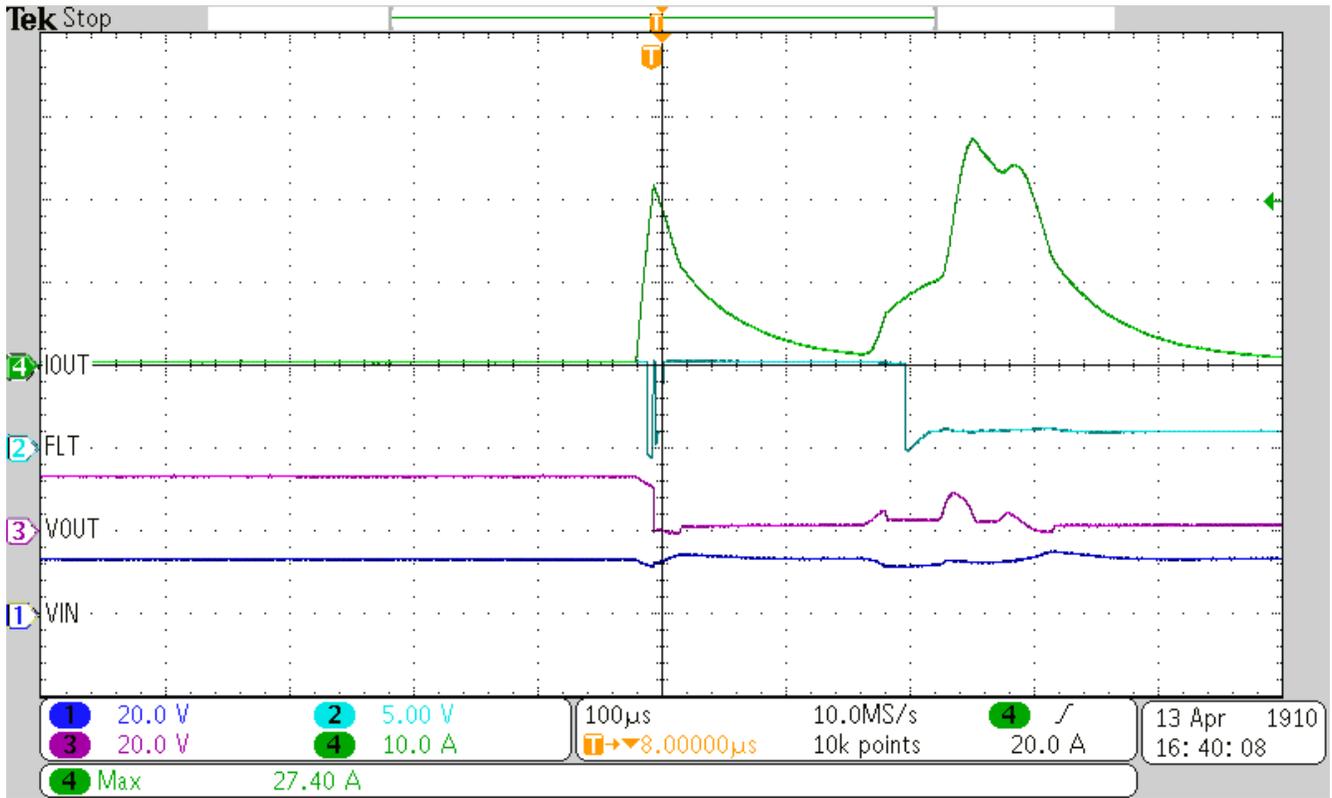


図 4-31. TPS2HC08-5uH-12V

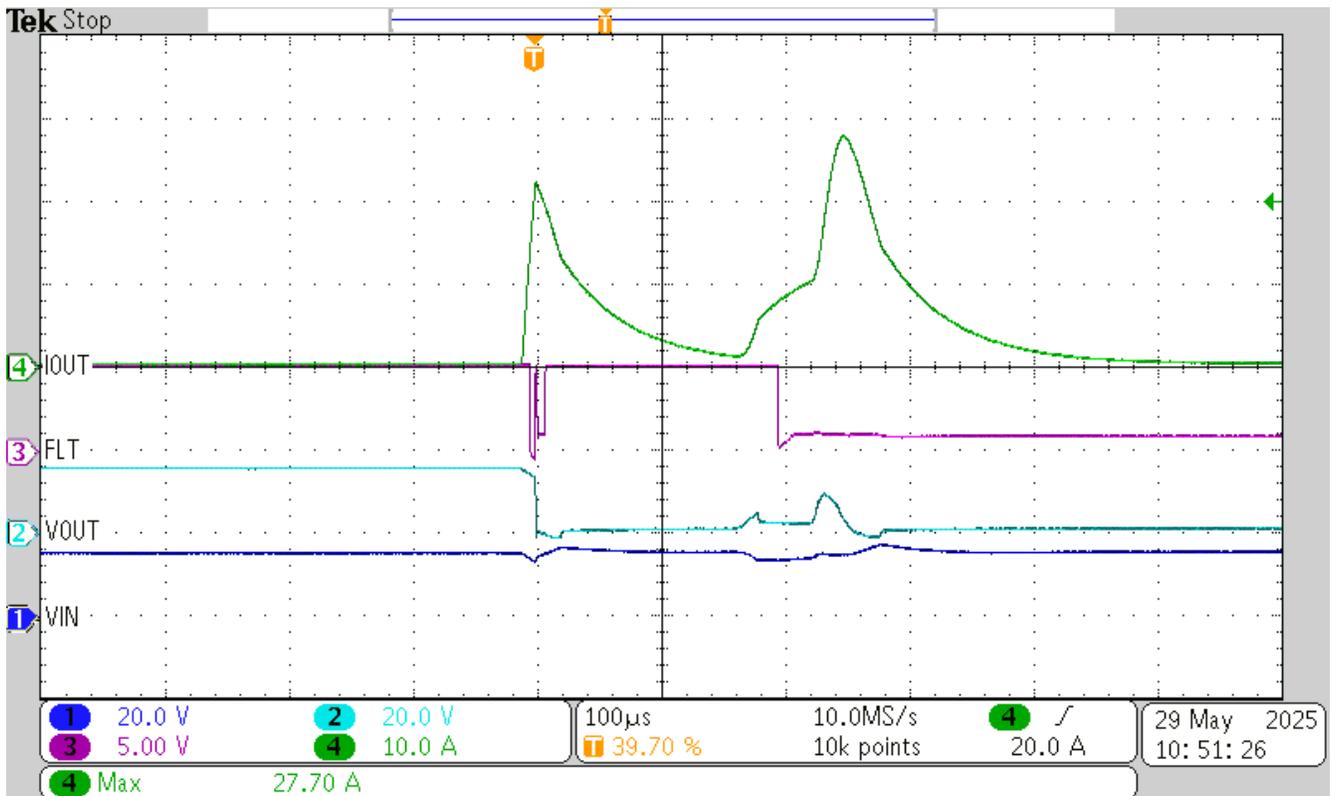


図 4-32. TPS2HC08-5uH-15V

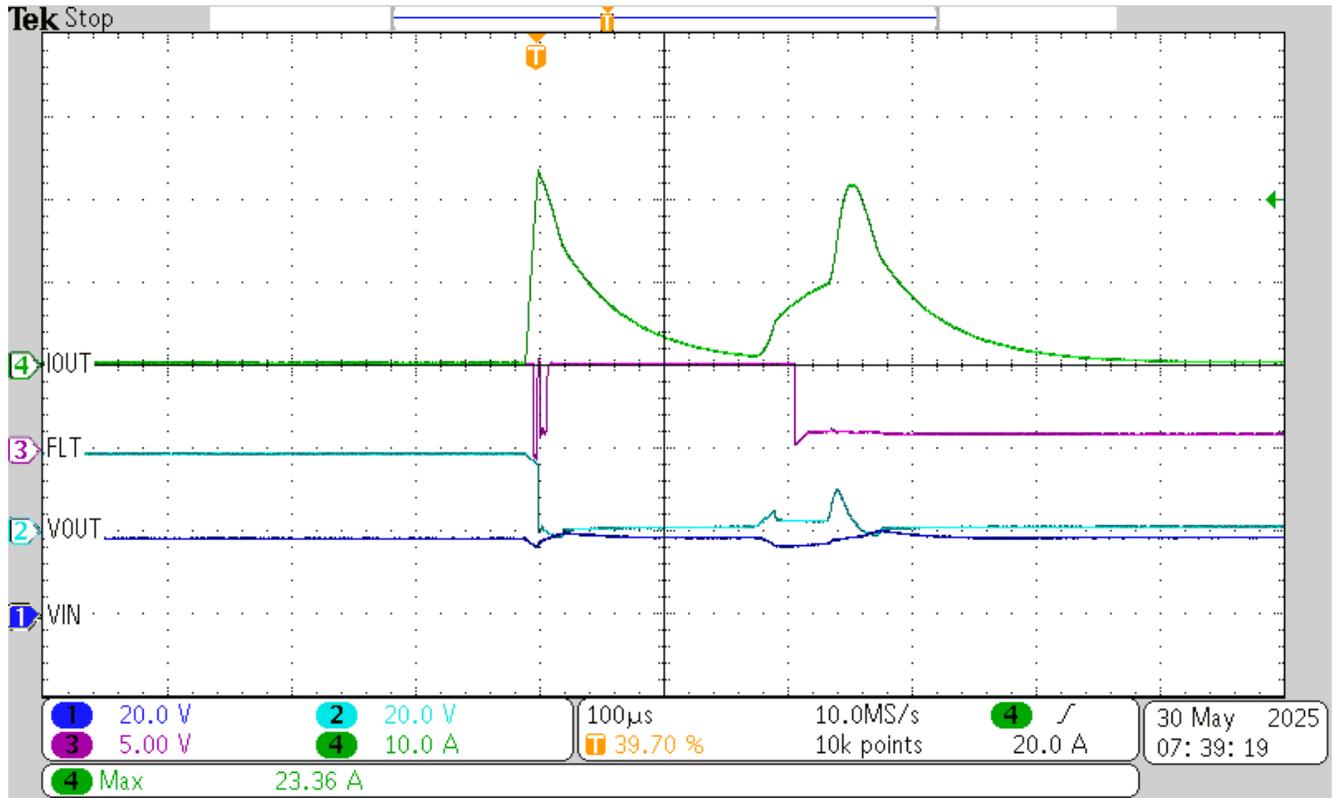


図 4-33. TPS2HC08-5uH-18V

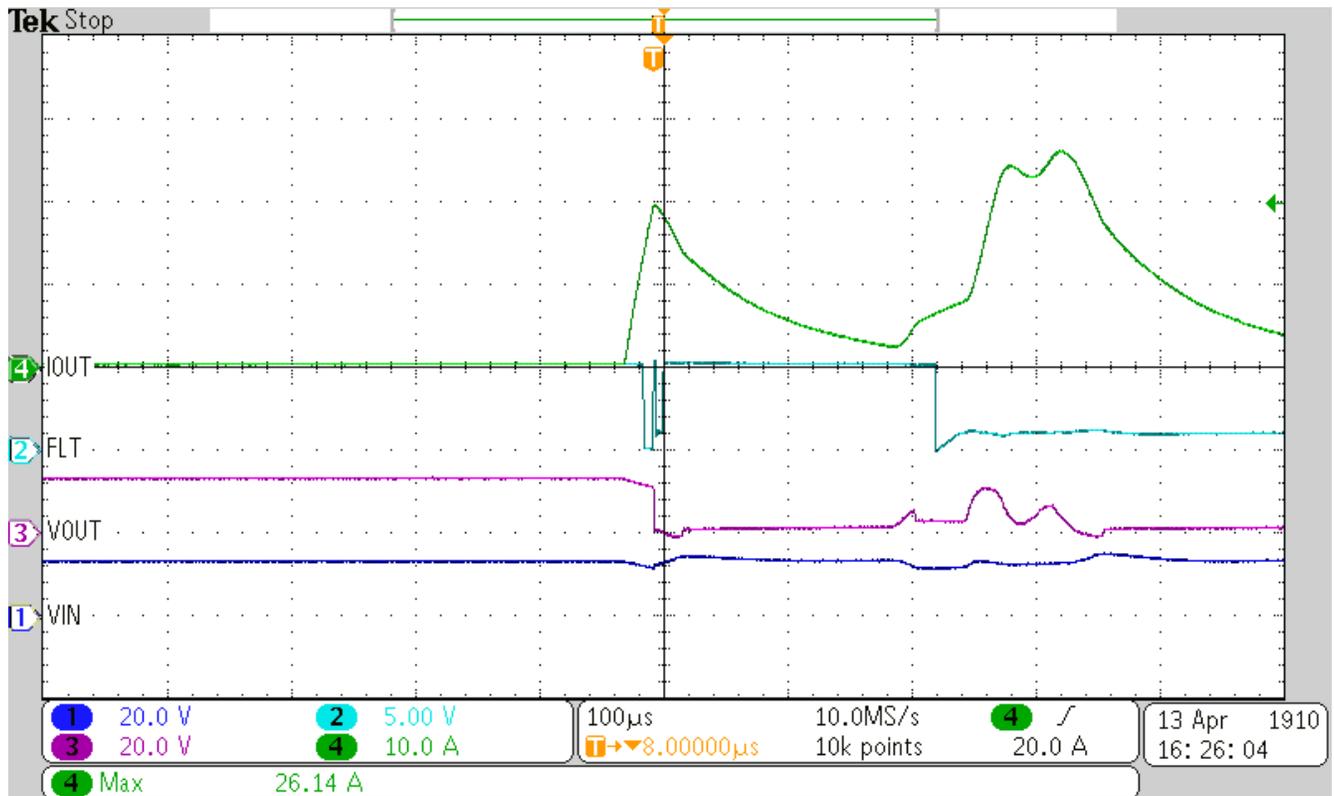


図 4-34. TPS2HC08-10uH-12V

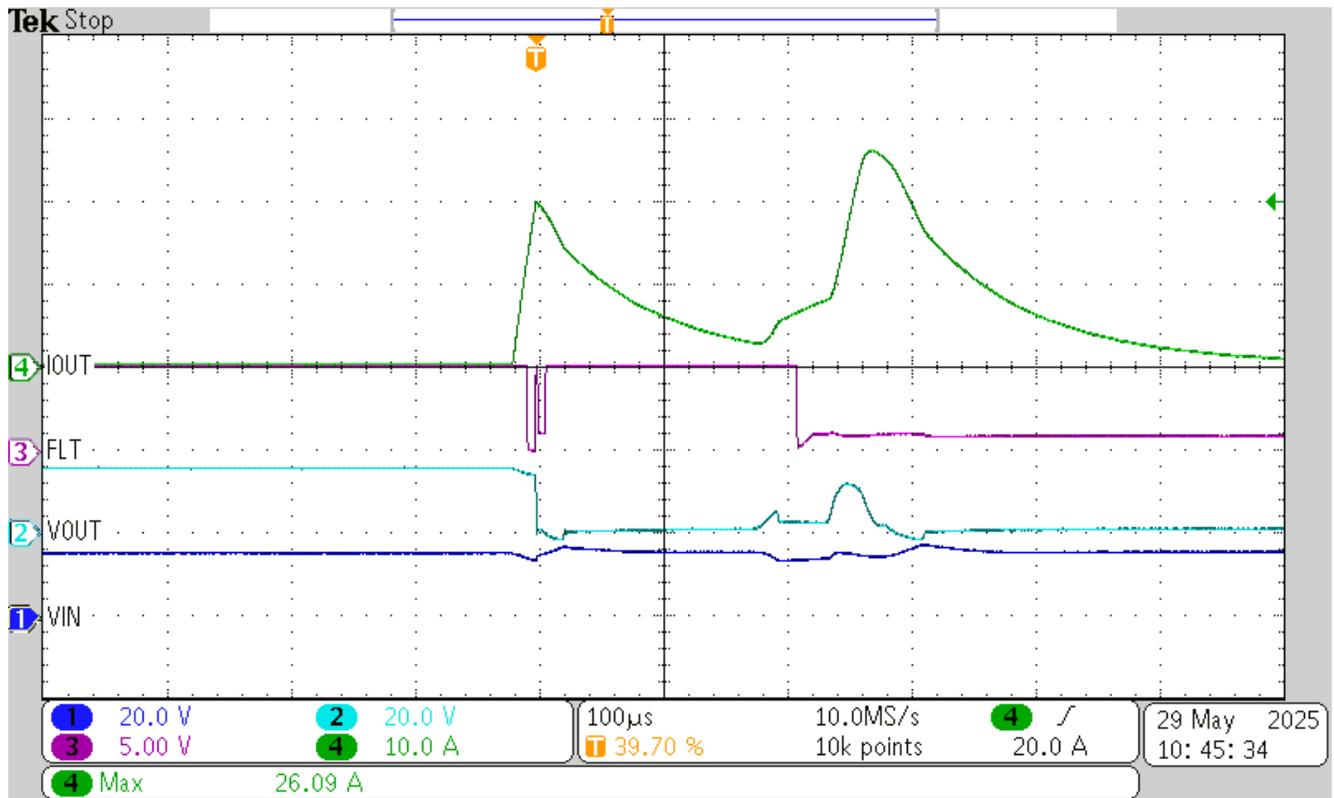


図 4-35. TPS2HC08-10uH-15V

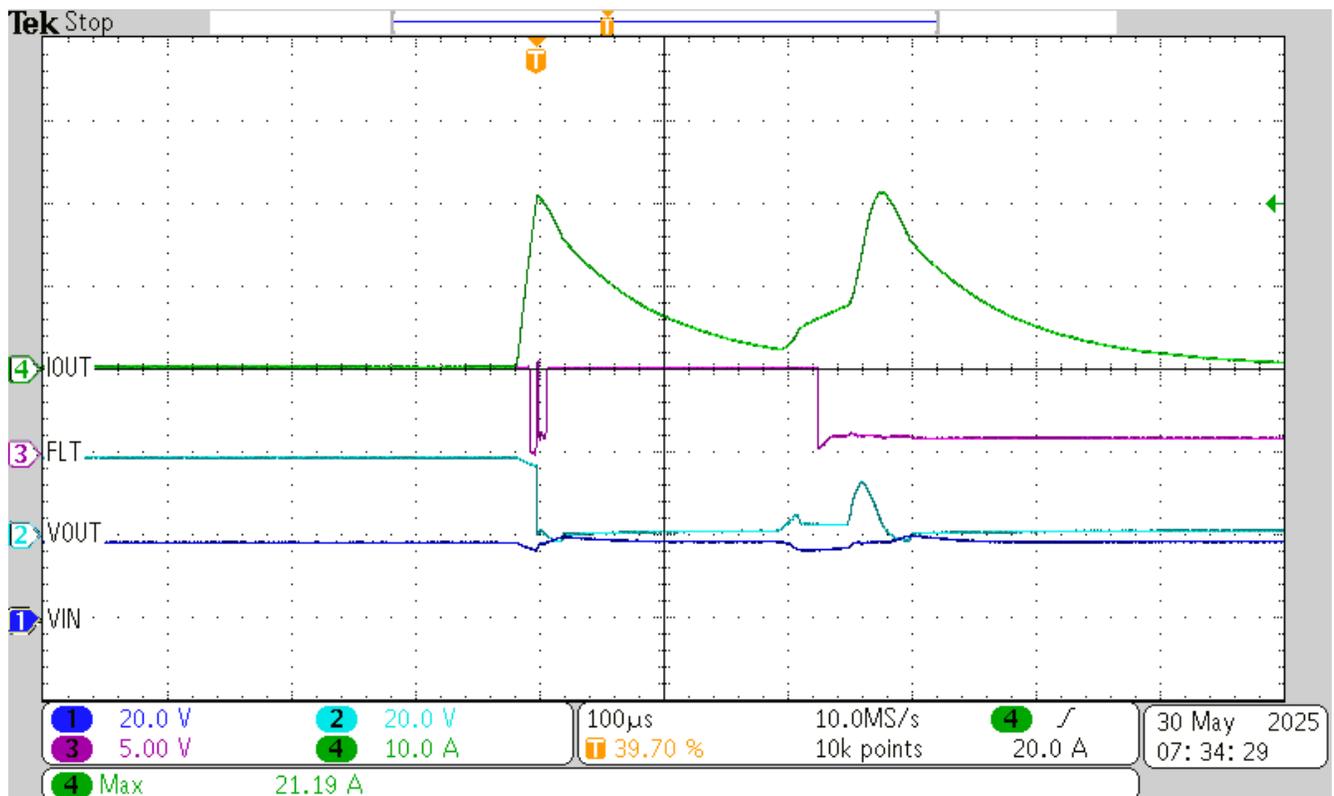


図 4-36. TPS2HC08-10uH-18V

## 5 まとめ

STG テストは、さまざまなアプリケーションでハイサイド スイッチの堅牢性と信頼性を検証するための重要なステップです。この資料では、現実的な STG 条件の作成、出力電流や故障信号のような主なパラメータの監視、電氣的仕様内での故障イベントにおけるデバイスの対処能力を評価する手法の概要を説明します。テストの結果は、評価された HSS が推奨条件内で動作した場合に、一般的なグラウンド短絡シナリオに耐えられることを裏付けました。制御環境でのワーストケースの故障条件をシミュレートすることで、設計者は選択した HSS が下流の負荷と上流の電源を保護することを確認できます。

## 6 参考資料

- テキサス インストルメンツ、[TPS1HC30-Q1](#)、30mΩ、5A、シングルチャネル車載用スマート ハイサイド スイッチ、データシート
- テキサス インストルメンツ、[TPS1HC100-Q1](#) 100mΩ、2.5A、シングルチャネル車載用スマート ハイサイド スイッチ、データシート
- テキサス インストルメンツ、[TPS1HC30-Q1 評価基板](#)、ユーザーズ ガイド
- テキサス インストルメンツ、[TPS1HC100 評価基板](#)、ユーザーズ ガイド
- テキサス インストルメンツ、[TPSxHCxx-Q1 評価基板](#)、ユーザーズ ガイド

## 重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適したテキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されているテキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかるテキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

## 重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適したテキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されているテキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかるテキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated