

TPD7107F

アプリケーションノート

概要

TPD7107Fは1ch出力ハイサイドスイッチ用NチャネルMOSFETゲートドライバーICです。本製品と40V耐圧のNチャネルMOSFETを組み合わせる事で大電流のハイサイドスイッチを容易に構成することができます。NチャネルMOSFETを駆動するための昇圧方式は、チャージポンプ回路を採用しているため、100%デューティサイクルでの使用が可能です。また、チャージポンプ用のコンデンサーをICに内蔵しているため周辺部品を削減することができます。MOSFETの保護、監視を行うことにより安全性の高いシステムを構築することができます。

目次

概要	1
目次	2
1. 製品比較 (TPD7107F,TPD7106F,TPD7104AF)	4
2. 1ch 出力ハイサイドスイッチ概略	5
3. 電源電圧	6
3.1. 電源電圧の動作範囲	6
3.2. 過電圧保護	6
3.3. 低電圧保護	6
3.4. 電源投入方法	7
4. 出力電流	8
4.1. 出力ソース電流	8
4.2. 出力シンク電流	8
5. 制御入力	10
5.1. STBY 端子入力	10
5.2. IN 端子入力	10
5.3. MIRROR・SHUNT 端子入力	10
6. 応用回路例	11
7. 保護機能	12
7.1. 電源逆接続保護	12
7.2. アクティブクランプ動作	13
7.3. 通常動作時の負荷電流センス	14
7.4. 負荷断線検出	15
7.5. 天絡検出	16
7.6. GND 断線検出	17
7.7. 外付け MOSFET ドレイン・ソース間電圧異常	18
8. 評価ボード	19
9. 記載内容の留意点	20
10. 使用上のご注意およびお願い事項	20
10.1. 使用上の注意事項	20
製品取り扱い上のお願い	21

図目次

図 2.1	ハイサイドスイッチ概略図	5
図 3.1	電源電圧異常時の動作	6
図 3.2	制御入力シーケンス	7
図 4.1	GATE 端子電圧ロードレギュレーション($V_{DD}=5V$ 時).....	8
図 4.2	通常動作時の GATE 端子電圧ターンオフ波形	9
図 4.3	異常動作時の GATE 端子電圧ターンオフ波形	9
図 6.1	応用回路例.....	11
図 7.1	電源逆接続動作条件	12
図 7.2	電源逆接続動作 (V_{DD} vs $Q1 V_{GS}$).....	12
図 7.3	アクティブクランプ動作条件	13
図 7.4	アクティブクランプ動作波形($V_{DD}=16V$, IN pulse width=300 μ s, L load=50 μ H).....	13
図 7.5	電流センス特性	14
図 7.6	負荷断線検出評価条件	15
図 7.7	負荷断線検出($V_{DD}=12V$, IN=0 to 3.3V, Rload=open).....	15
図 7.8	負荷天絡検出評価条件	16
図 7.9	負荷天絡検出($V_{DD}=12V$, IN=0 to 3.3V, $Q1$ Drain-Source 間ショート).....	16
図 7.10	GND 断線検出	17
図 7.11	GND 断線検出($V_{DD}=12V$, IN=3.3V, 非同期で GND pin をオープンとする).....	17
図 7.12	MOSFET ドレイン・ソース間電圧異常	18
図 7.13	MOSFET ドレイン・ソース間電圧異常	18
図 8.1	評価ボード(TPD7107F).....	19
図 8.2	評価ボード回路図.....	19

表目次

表 1.1	製品比較表.....	4
表 2.1	MOSFET 推奨デバイス一覧.....	5
表 3.1	電源電圧の動作範囲	6

1. 製品比較 (TPD7107F,TPD7106F,TPD7104AF)

当社の 1ch 出力ハイサイド用 N チャネル MOSFET ゲートドライバー IC の各製品の主な違いを以下の表に示します。当社製品群の特長として、電源逆接続保護や GND 断線保護など安全性の高い保護機能を内蔵しています。また、これらの保護動作時の外付け MOSFET の制御方法については、下表から、機能の必要性に応じて最適な製品を選定してください。

表 1.1 製品比較表

Item	TPD7107F	TPD7106F	TPD7104AF
ウエハープロセス	BiCD0.13	BiCD0.13	BiCD0.13
Power Supply Voltage (DC)	26 V	27 V	24 V
Power Supply Voltage (Pulse)	36 V(t≤400ms)	40 V(t≤500ms)	40 V(t≤300ms)
出力ソース電流	100 μA	10 mA	100 μA
出力シンク電流	5 mA / 230mA (注 2)	0.4 A	5 mA
電源逆接続保護時の外付け MOSFET の動作 (注 1)	MOSFET ON	MOSFET OFF	MOSFET OFF
GND 断線保護	○	-	-
パッケージ	WSO10A	SSOP16	PS-8

注 1: 電源逆接続保護時の外付け MOSFET 動作の差異。

MOSFET ON: 損失低減を目的として、MOSFET をオン状態にして電流を流す。

MOSFET OFF: MOSFET をオフ状態にして、MOSFET のボディダイオードに電流を流す。電流を遮断するためには、ドレインとドレインが接続されるように、追加のドライバー IC+MOSFET を接続してください。

注 2: 4.2. 出力シンク電流参照。

2. 1ch 出力ハイサイドスイッチ概略

ハイサイドスイッチは、電源側に MOSFET などのスイッチング素子を配置し、GND 側に誘導負荷や抵抗負荷を接続し、負荷への電流供給量を調整するスイッチ回路です。本製品は、ハイサイドスイッチを構成する N チャンネル MOSFET を駆動するゲートドライバー IC です。

さまざまなアプリケーションで使用されるハイサイドスイッチは、負荷電流は、数百 mA～数百 A と幅広い電流領域で使用されます。特に、大電流の負荷では、低オン抵抗の MOSFET を使用します。当社には、さまざまな定格電流に対応した MOSFET のラインアップがありますので、それらと組み合わせて本製品をご使用頂くことが可能です。また、車載用途を想定した設計となっていますので多様な保護機能とマイコンへのフィードバックを行う診断機能を持っています。本ガイドでは基本特性、保護機能、診断機能の詳細と動作の説明を中心に説明します。

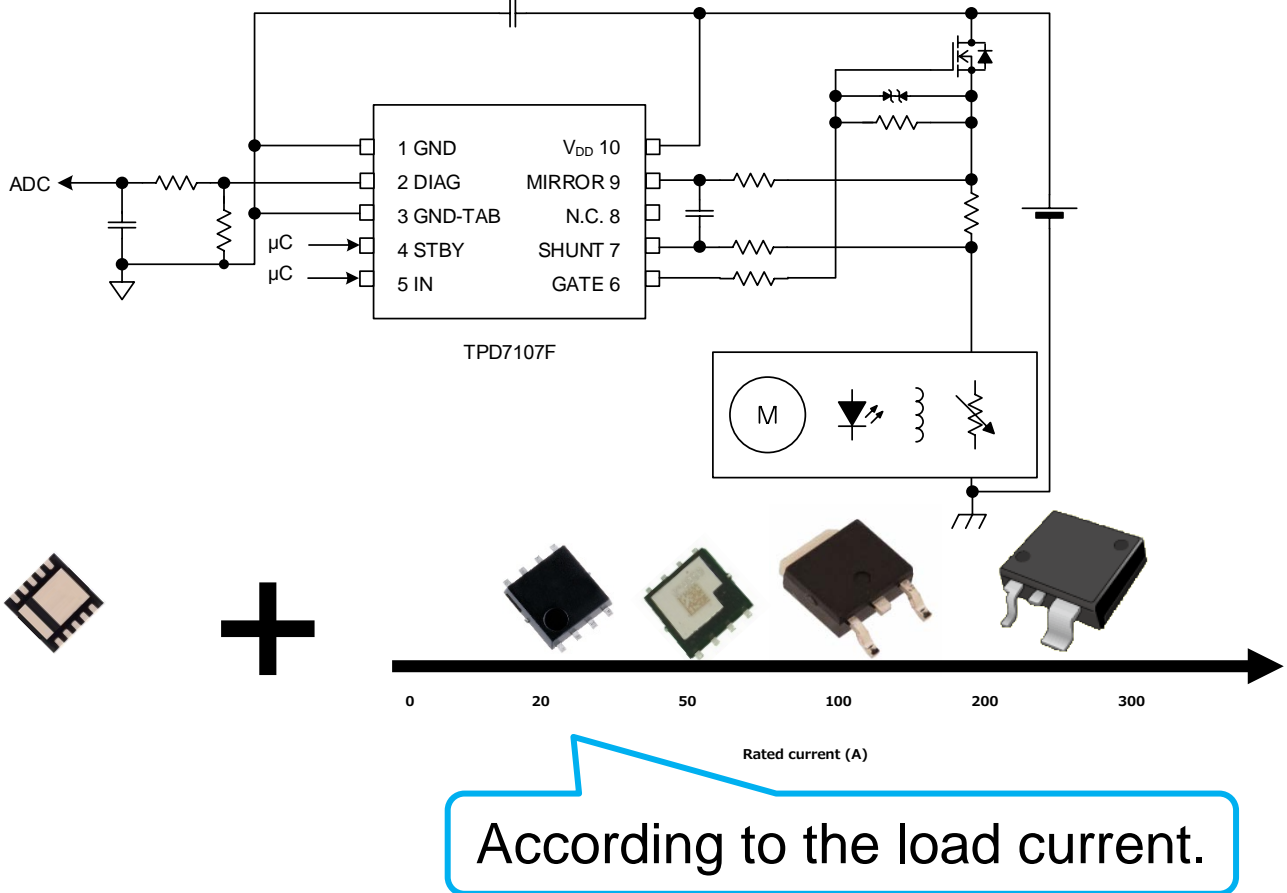


図 2.1 ハイサイドスイッチ概略図

表 2.1 MOSFET 推奨デバイス一覧

ID(A)	～50A	～100A	～150A	～200A	～250A
推奨デバイス N チャンネル MOSFET 40V	TK50S04K3L	TK100S04N1L	TPWR7904PB	TK200F04N1L	TKR74F04PB
	XPN3R804NC	TK80S03K3L	TPHR7904PB	TK1R4F04PB	
	TK35S04K3L	TK65S04N1L	TPW1R104PB	TK1R5R04PB	
		TK65S04K3L	TK1R4S04PB		

3. 電源電圧

3.1. 電源電圧の動作範囲

表 3.1 電源電圧の動作範囲

項目	記号	動作電源電圧範囲	絶対最大定格	単位
電源電圧	V _{DD}	5.75 to 26	40	V

動作電源電圧範囲は、表 3.1 のとおりですが、外部に接続される MOSFET の保護と、本製品の誤動作や破壊を保護することと目的として、電源電圧の異常時における保護機能を内蔵しています。

3.2. 過電圧保護

- V_{DD} 端子電圧が過電圧検出電圧(V_{OV})以上の場合、通常オフドライバーが動作し、外付け FET がオフします。また、V_{DD} 端子電圧が過電圧検出電圧以下の場合、外付け FET を再度駆動します。
 - V_{IN}=H かつ、V_{DD}>V_{OV} の場合では、過電圧検出マスク時間(T_{OV})のマスク時間を経てオフドライバーが動作します(V_{GATE}=H→L)。
 - V_{DD}>V_{OV} かつ、V_{IN}=L→H の場合では、V_{GATE}=L を維持します。

3.3. 低電圧保護

- V_{DD} 端子電圧が V_{UV3}(2.7V (標準))以下の場合、急速オフドライバーが動作し、外付け FET をラッチオフし、DIAG に H 状態を出力します。
- V_{DD}<V_{UV5} 下の場合、オフドライバーが動作します。V_{DD} が上昇し、V_{DD} が V_{UV5} 以上となると通常動作に遷移します(T_{DIAG})。
- V_{GATE}=H の条件下で、V_{DD} 端子電圧が低下しても V_{DD}>V_{UV3} の範囲で V_{GATE} は H を維持し、外付け FET はオン状態となります(低電圧拡張動作)。
- 低電圧から通常の動作に復帰した直後には、ラッチクリア待機時間があります(T_{LATCH})。

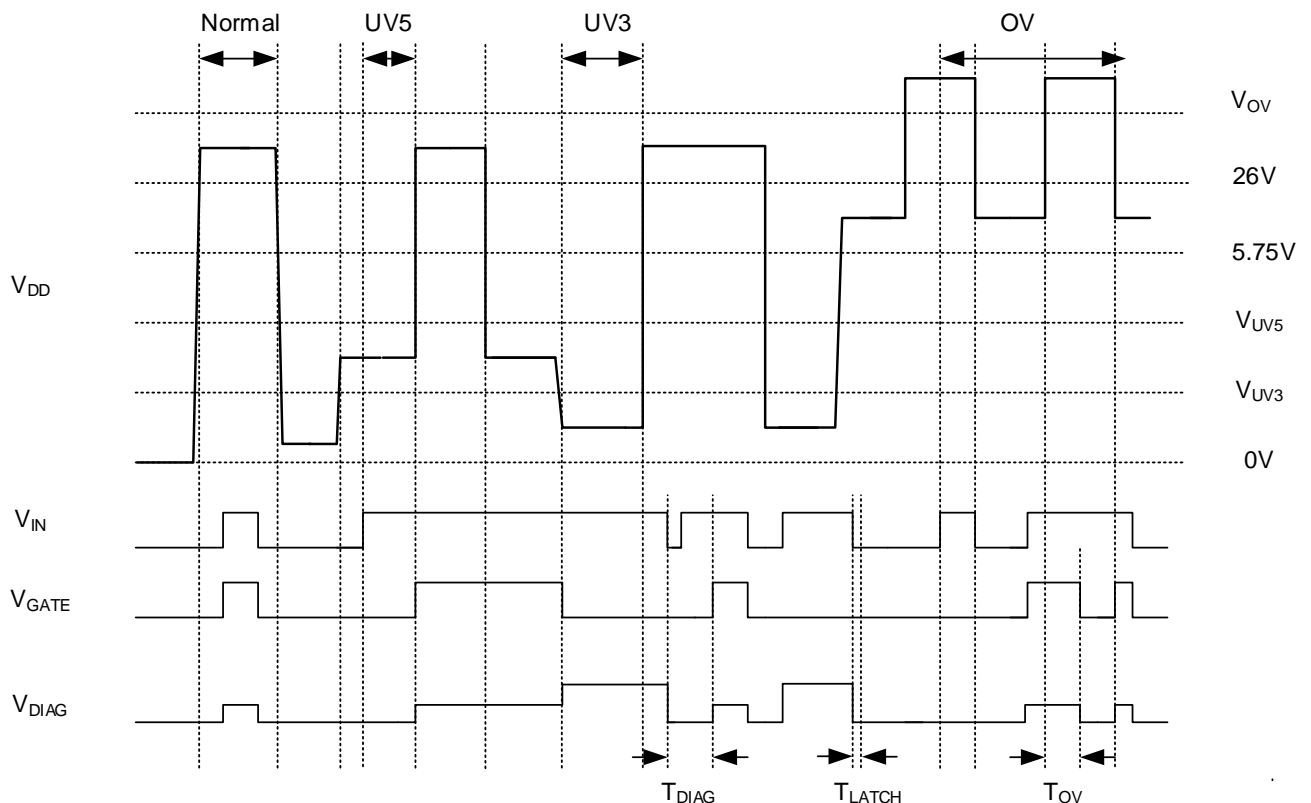


図 3.1 電源電圧異常時の動作

3.4. 電源投入方法

V_{DD} を印加し所定の電圧値(5.75V)以上となった後に、STBY 端子を High ステートとしてください。また、電源投入時の IN 端子は Low ステートとしてください。制御入力シーケンスを以下に示します。

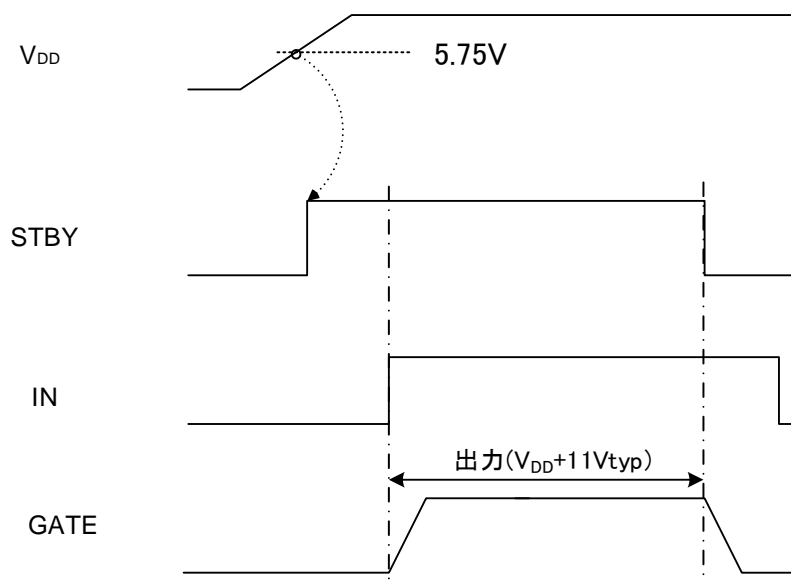


図 3.2 制御入力シーケンス

4. 出力電流

4.1. 出力ソース電流

GATE 端子から出力するソース電流は、内部のチャージポンプ回路から出力します。図 4.1 は $V_{DD}=5V$ 時の GATE 端子電圧（赤）と、MOSFET に印加されるゲート・ソース間電圧（青）を示しています。ゲート・ソース間電圧 10V 以上を確保するには、ソース電流は約 $180\mu A$ 以下に制限する必要があります。周囲温度やその他設計マージンを考慮し、MOSFET のゲート・ソース間の外付け抵抗は $100k\Omega$ 以上を接続してください。

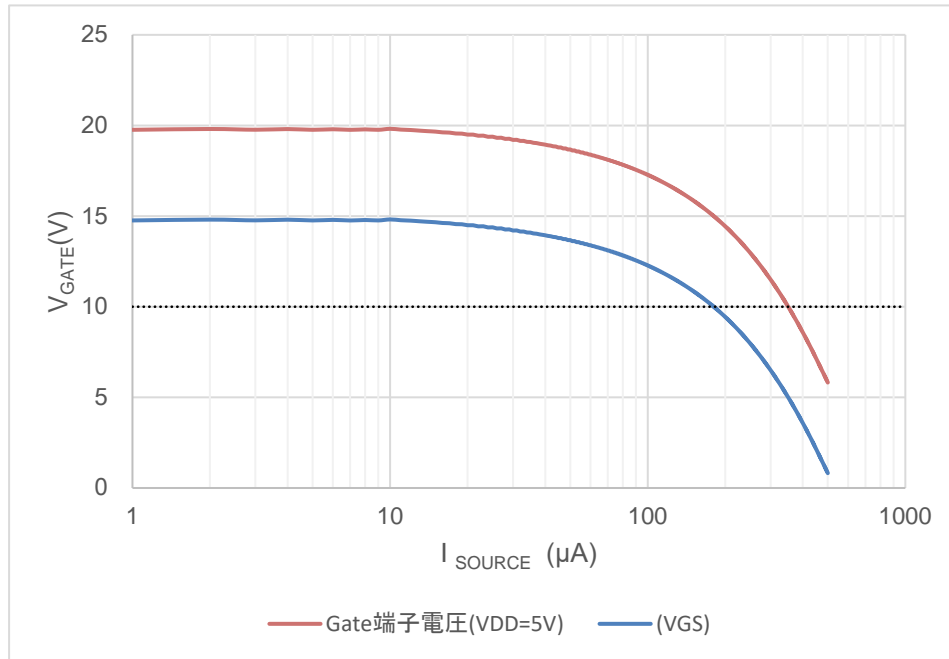


図 4.1 GATE 端子電圧ロードレギュレーション($V_{DD}=5V$ 時)

4.2. 出力シンク電流

GATE 端子の出力シンク電流は、絶対最大定格 $5mA$ ですが、異常検出時は急速オフドライバーが動作し、 $230mA$ （急速オフ時間 $100\mu s$ ）のシンク電流が発生しその後 $5mA$ のオフドライバーで Low ステートを維持します。図 4.2 に通常オフ時のターンオフ波形、図 4.3 に急速オフ時のターンオフ波形を示します。過電流や短絡時は MOSFET に過大なストレスが掛かります。本製品は、そのような異常時に、急速オフドライバーが動作し短時間で MOSFET をシャットオフし、MOSFET の破壊を防ぐことができます。

Ch1: IN (5pin)
2.0V/div

Ch3: MOSFET
ソース
5.0V/div

Ch4: MOSFET V_{GS}
5.0V/div (diff)

100 μ s/div

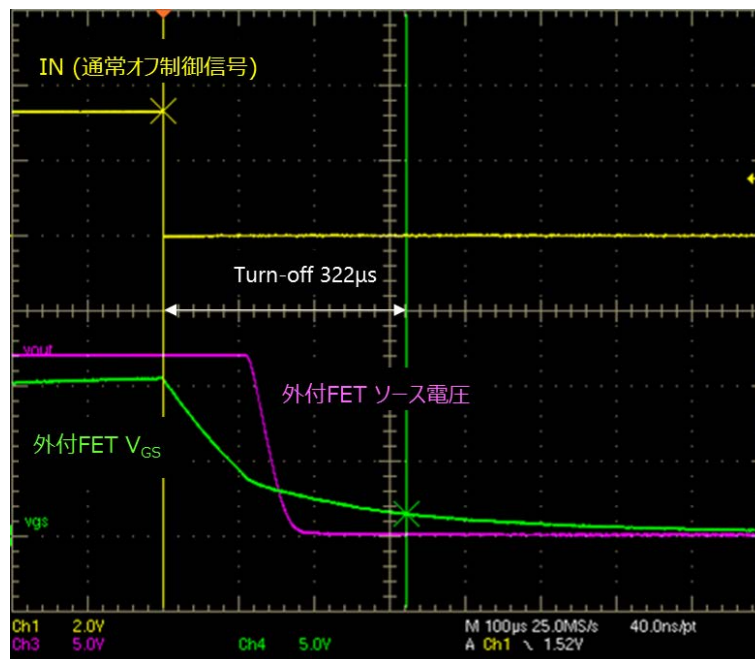


図 4.2 通常動作時の GATE 端子電圧ターンオフ波形
外付け MOSFET: TPWR7904PB

Ch1: 異常動作検出
2.0V/div

Ch3: MOSFET
ソース
5.0V/div

Ch4: MOSFET V_{GS}
5.0V/div (diff)

1 μ s/div

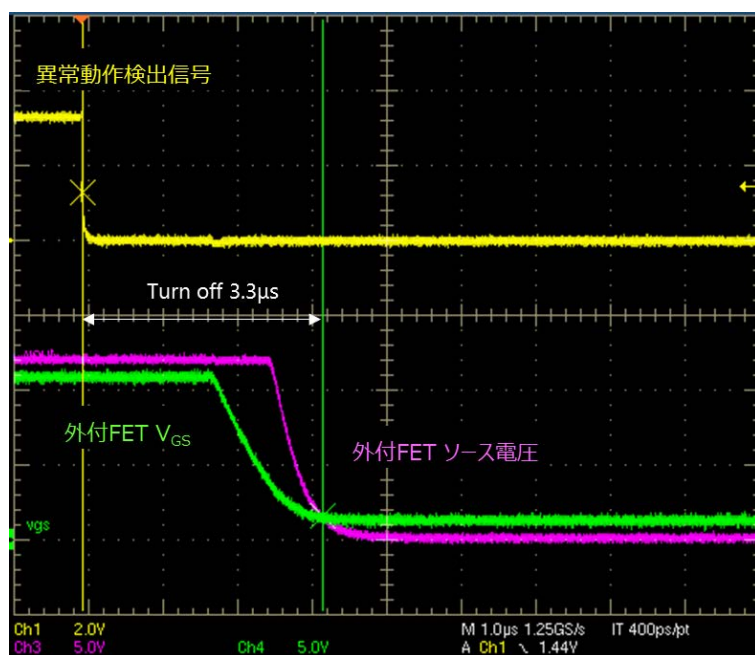


図 4.3 異常動作時の GATE 端子電圧ターンオフ波形
外付け MOSFET: TPWR7904PB

5. 制御入力

5.1. STBY 端子入力

本製品を待機状態に制御する端子です。Low ステートにすることで、内部回路を停止させ、低消費電流モードに遷移します。GATE 端子、DIAG 端子は Low ステートを維持します。待機状態時は、各保護機能や診断出力機能は停止します。プルダウン抵抗を内蔵していますので、オープン時は待機状態となります。High ステートにすることで、待機状態が解除されます。

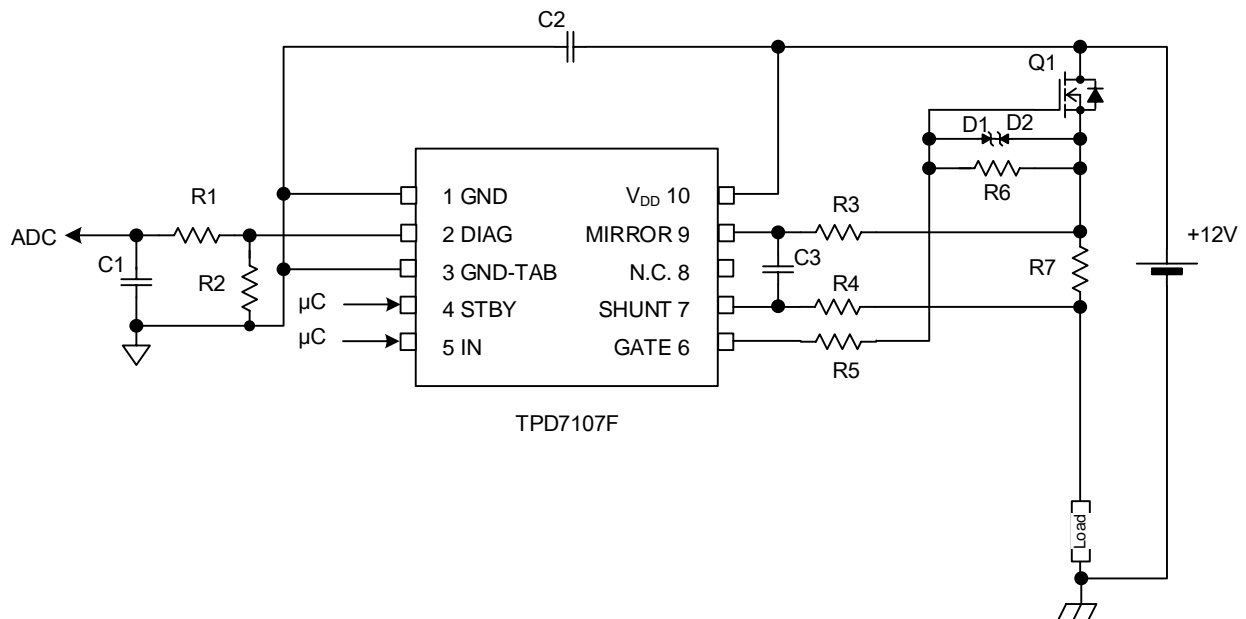
5.2. IN 端子入力

IN 端子を High ステートにすることで、GATE 端子は昇圧された電圧が出力され、外付け MOSFET のゲートにバイアスを印加します。MOSFET をオン・オフする制御以外にも、保護機能が動作した後に IN 端子を Low ステートにすることで IC 内部をリセットさせる信号としても使用しています。内部にプルダウン抵抗を内蔵していますので、オープン時の IN 端子は Low ステートです。

5.3. MIRROR・SHUNT 端子入力

負荷電流をセンシングするための差動アンプを内蔵しており、その入力端子です。MIRROR 端子は外付け MOSFET のソース端子側に接続します。SHUNT 端子は出力の負荷側に接続します。MIRROR 端子、SHUNT 端子間はシャント抵抗を接続してください。

6. 応用回路例



- Q1: N チャンネル MOSFET/40V
- D1,D2: CRZ16
- R1: 47kΩ
- R2: 10kΩ
- R3,R4,R5: 100Ω
- R6: 200kΩ
- R7: 1mΩ/4W
- C1: 10nF/12V
- C2: 0.22μF/50V
- C3: 220pF/50V

注: 電源用コンデンサーは、できるだけ IC の近くに接続してください。

図 6.1 応用回路例

使用上の注意

- Q1 のゲート・ソース間の過電圧保護のため、双方向にツェナーダイオードを接続してください(ツェナー電圧 16V)。また、IC の GATE 端子が断線により、ハイ・インピーダンスとなった際には、Q1 が誤動作する可能性があるため、プルダウン抵抗 R6 を接続してください。
- 電流をセンスする際に使用するシャント抵抗 R7 は、最大負荷電流と損失を考慮して抵抗値、許容損失を選定してください。ADC へ出力される電圧 V_{DIAG} は以下の式で算出することができます。

$$V_{DIAG} = I_D \cdot R7 \cdot \left(\frac{R2}{R3}\right)$$

- V_{DD}-GND 間のコンデンサー C1 と MIRROR-SHUNT 間のコンデンサー C3 はできるだけ IC の近くに配置してください。

7. 保護機能

7.1. 電源逆接続保護

図 7.1 に電源逆接続動作条件を示します。負荷側に V_{DD} 、 V_{DD} 端子に GND を接続し逆接続状態で評価を行っています。 V_{DD} を $0V \sim -26V$ に印加した際の $Q1$ の V_{GS} を測定しました。 $-16V$ までリニアに V_{GS} が上昇し、 $V_{DD} = -18V$ 付近で $V_{GS} = 15V$ 程度となり、MOSFET $Q1$ は十分なオン状態となります。

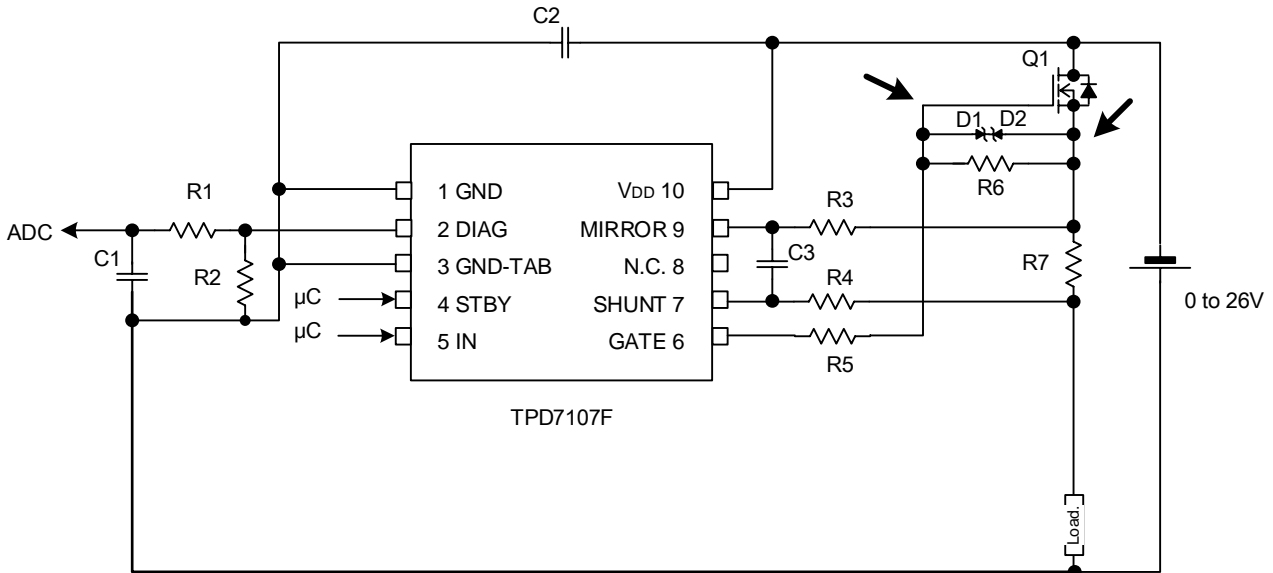


図 7.1 電源逆接続動作条件

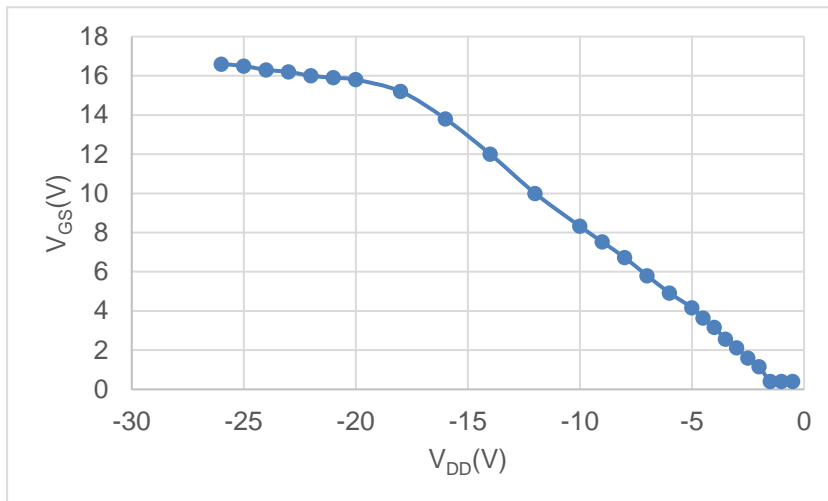


図 7.2 電源逆接続動作 (V_{DD} vs $Q1$ V_{GS})

7.2. アクティブクランプ動作

図 7.3 にアクティブクランプ確認回路条件を示します。負荷に $50\mu\text{H}$ の誘導負荷を接続し、IN に制御信号を入れます(Pulse width = $300\mu\text{s}$)。通常動作なので、DIAG にはアナログ電圧が出力されますが、 $50\mu\text{H}$ のみの接続なので、電流は増加し過電流保護が動作します。その後誘導負荷 $50\mu\text{H}$ による誘起電圧が発生し、外付け MOSFET の V_{DS} は上昇して、約 36.4V でアクティブクランプ動作に入ります。

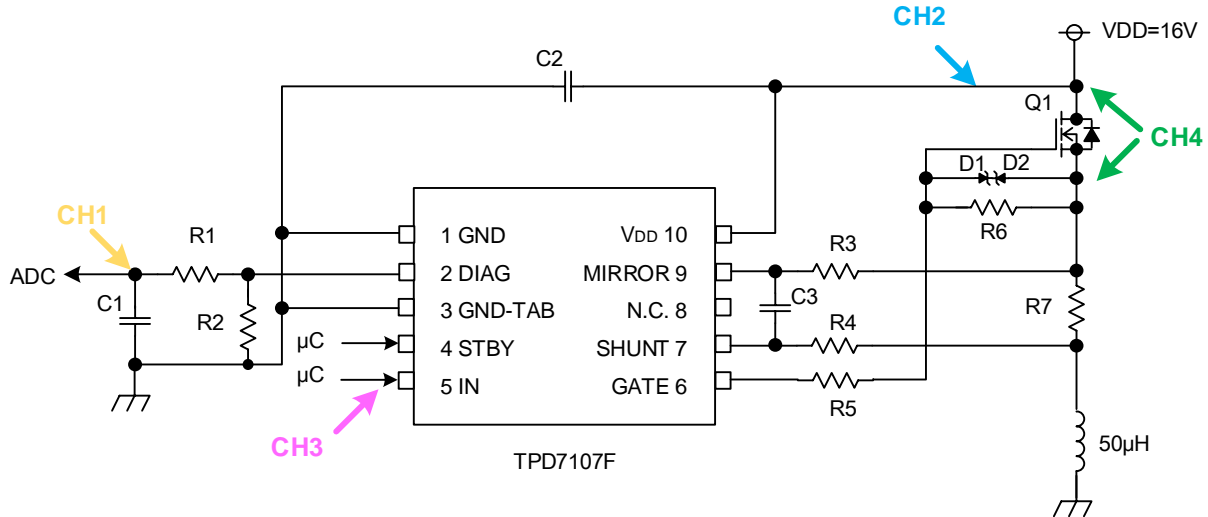


図 7.3 アクティブクランプ動作条件

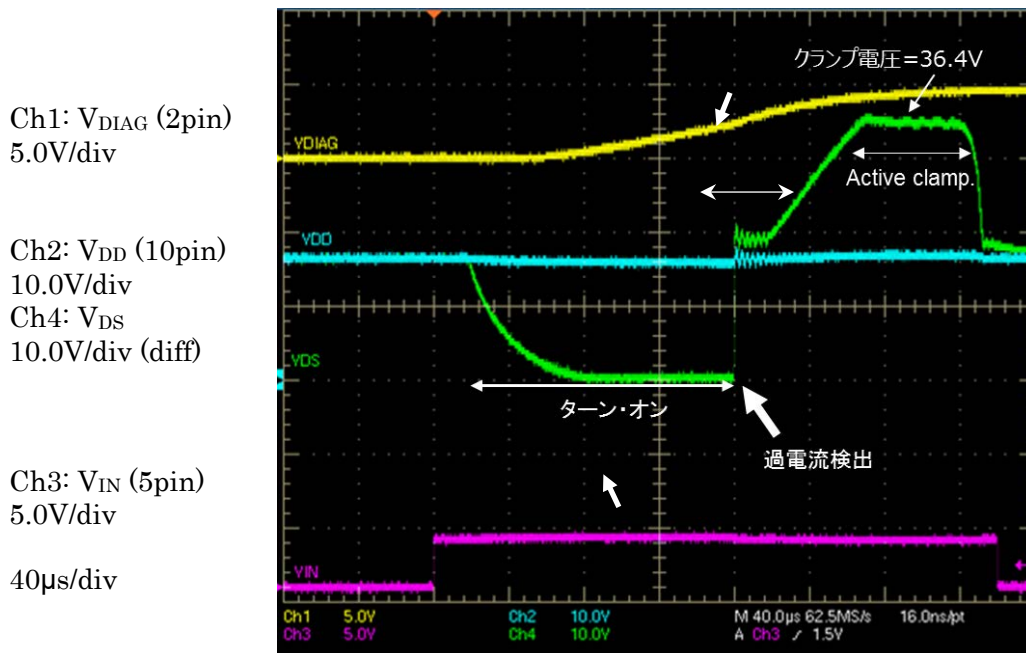


図 7.4 アクティブクランプ動作波形($V_{\text{DD}}=16\text{V}$, IN pulse width= $300\mu\text{s}$, L load= $50\mu\text{H}$)

7.3. 通常動作時の負荷電流センス

図 7.5 に X 軸を負荷電流、Y 軸を DIAG のアナログ電圧とした実測値を示します。1A 以下の低電流領域では、シャント抵抗に発生する電圧も小さいため、センスアンプの入力オフセットが支配的となり、相対誤差が発生しています。1A を超えると 10% 以下となり理論値に近づきます。センスアンプの入力オフセット保証は、 $\pm 2\text{mV}$ を保証しています。

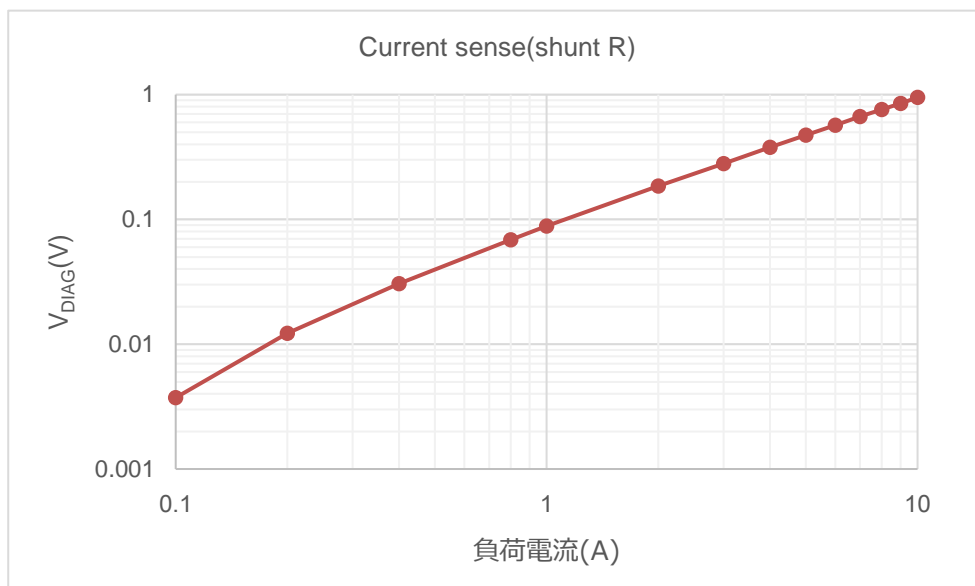


図 7.5 電流センス特性

7.4. 負荷断線検出

図 7.7 に負荷断線(負荷オープン)とした際の出力波形を示します。V_{DIAG} は、2.75V と中間電圧となっており、負荷断線検出時の電圧が出力されます。また IN 端子を L→H とした際には、12.5ms(T_{DIAG})後に通常動作モードに遷移します。IN 端子を H→L とすると再び負荷断線検出モードになります。

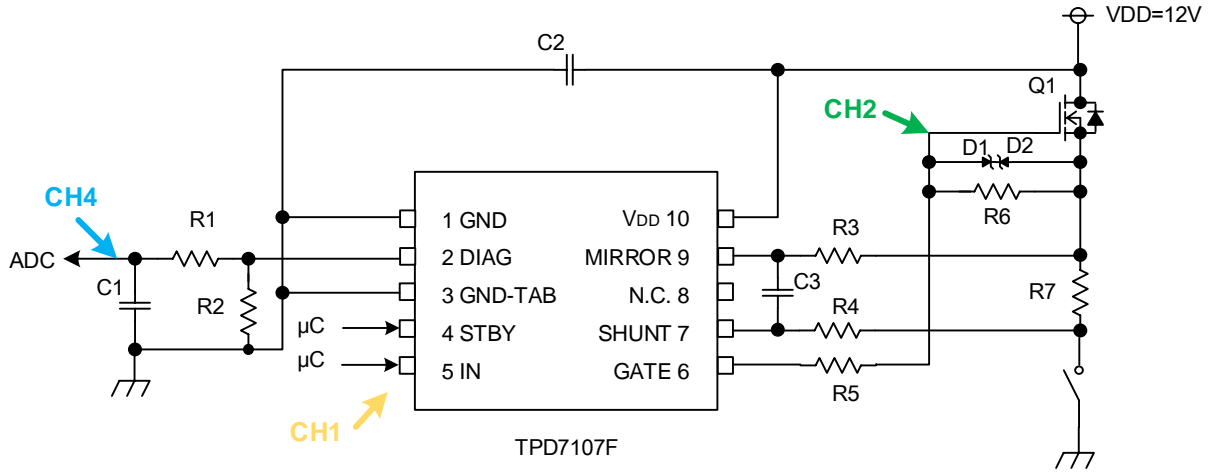


図 7.6 負荷断線検出評価条件

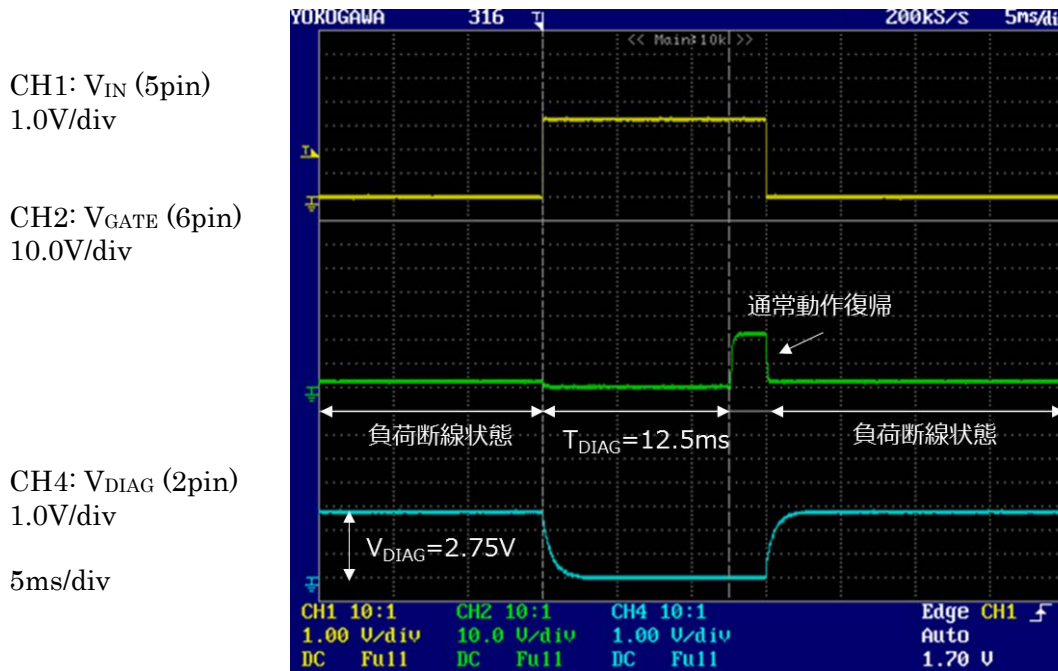


図 7.7 負荷断線検出(V_{DD}=12V, IN=0 to 3.3V, Rload=open)

7.5. 天絡検出

図 7.9 に天絡時の各出力波形を示します。回路図上 Q1 のドレイン・ソース間をショートし、天絡動作を再現し、その際の診断出力を確認しています。負荷断線検出時は、2.75V の電圧を出力しますが、天絡は 5V を出力しマイコンへの識別ができるようにしています。

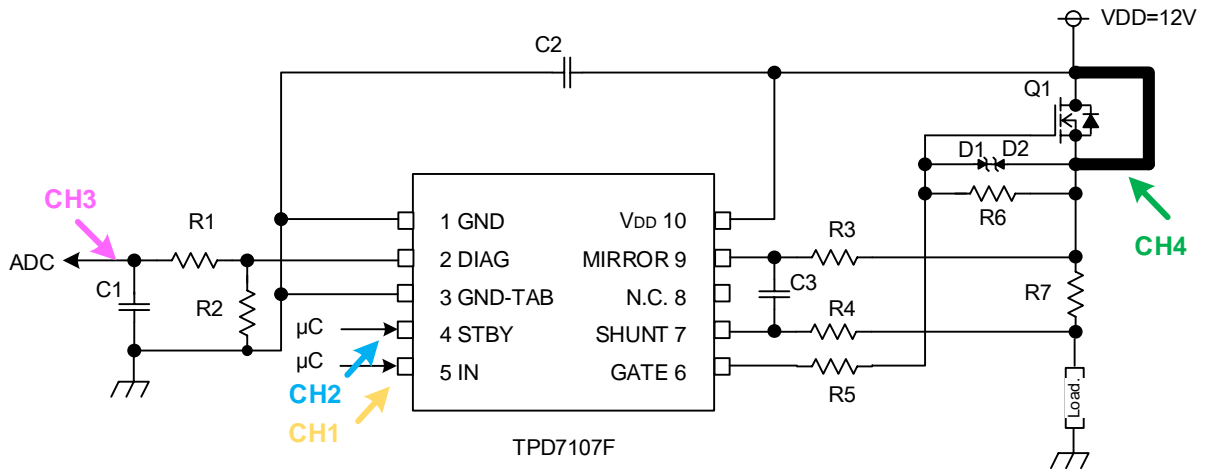


図 7.8 負荷天絡検出評価条件

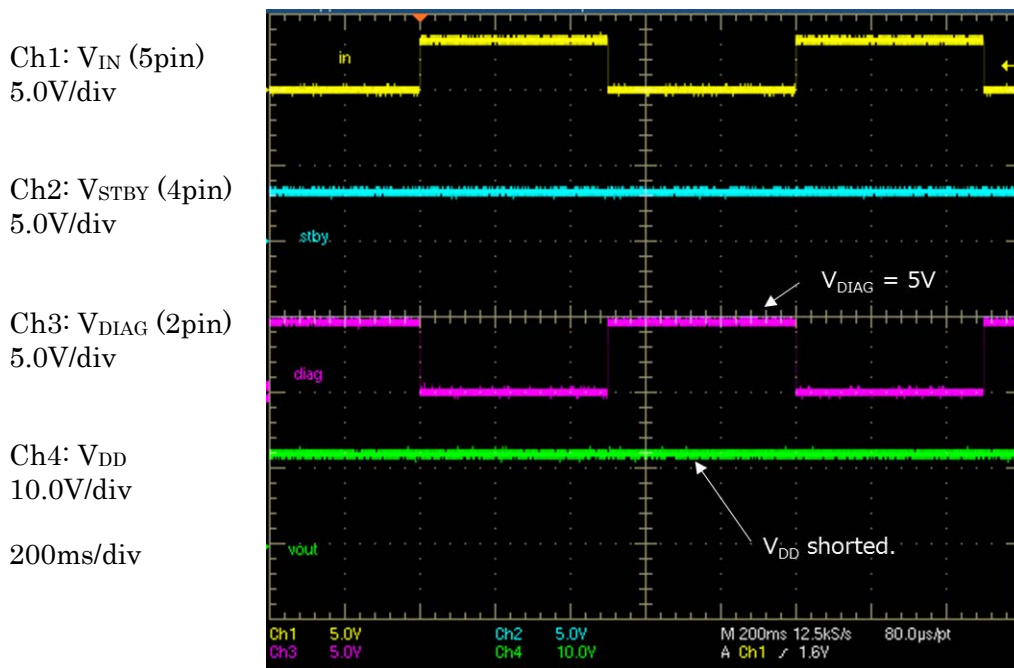


図 7.9 負荷天絡検出($V_{DD}=12V$, $I_N=0$ to 3.3V, Q1 Drain-Source 間ショート)

7.6. GND 断線検出

図 7.10 に測定回路を示します。GND 断線検出とは、本製品への GND 配線が断線した場合に外付けの MOSFET を動作させないように、オフを維持する機能です。IC 側の GND をオープンとすると、IC の GND 端子(Ch2 に表示)はフローティングとなり電圧が上昇します。外付け MOSFET の V_{GS} は差動プローブでモニターされており、約 $450\mu\text{s}$ でターンオフ($\approx 0\text{V}$)となります。 V_{GS} が V_{th} 以下となったので、外付け MOSFET はオフ状態となり、GND への電流を遮断します。

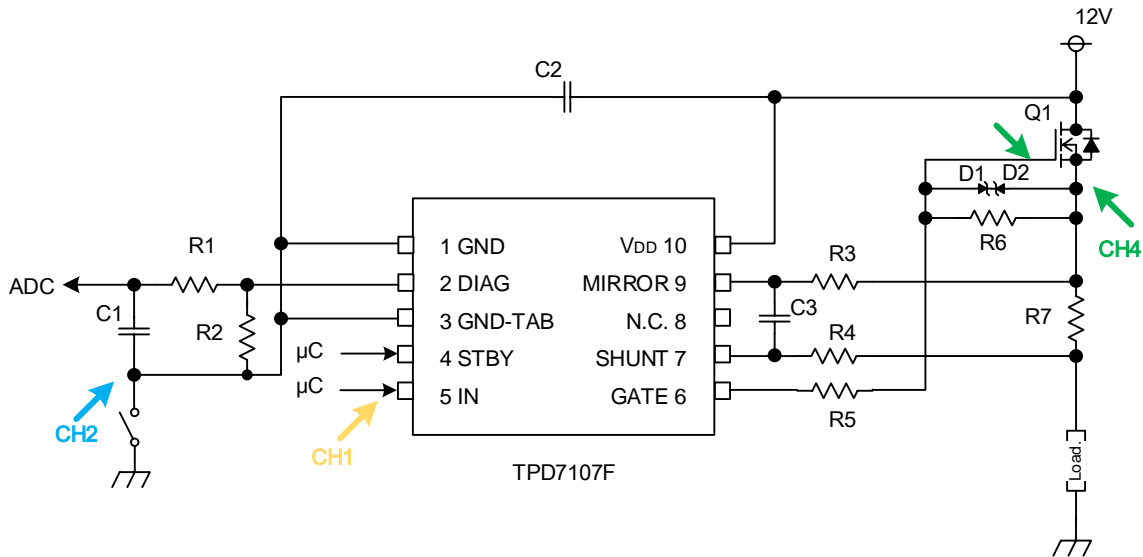


図 7.10 GND 断線検出

Ch1: V_{IN} (5pin)
5.0V/div

Ch4: V_{GS}
5.0V/div (diff)

Ch2: GND
5.0V/div

100 μs /div

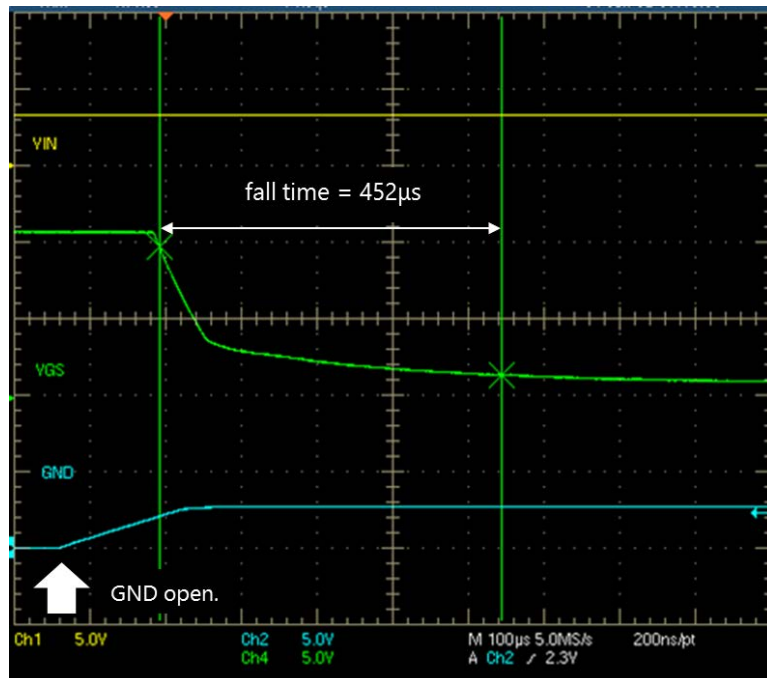


図 7.11 GND 断線検出($V_{DD}=12\text{V}$, $I_N=3.3\text{V}$, 非同期で GND pin をオープンとする)

7.7. 外付け MOSFET ドレイン・ソース間電圧異常

外付け MOSFET にゲートバイアスを印加したが、ドレイン・ソース間に異常な電位が発生した場合には、診断出力から H ステートを出力し異常を知らせます。図 7.12 はドレイン・ソース間異常を意図的に再現した評価条件です。V_{DD}(12V)と、Q1 のドレイン間に 220Ω(R8)を意図的に挿入し、負荷抵抗を 100Ω 接続しています。本製品は、V_{DD}・SHUNT 間電圧を監視しています。図 7.13 に評価結果を示します。IN 端子にパルスを入力しターンオン動作をさせると、V_{GS} に正常なバイアスが印加されますが、R8 に 220Ω 接続されているので、SHUNT 端子電圧は上昇しないで 3.9V 程度になります。V_{DD}・SHUNT 間電圧は、8.1V 程度となり IC は、ドレイン・ソース間電圧異常として検出します。検出時間は 13.5ms 程度になります。

また、本製品はドレイン・ソース間電圧異常と低電圧検出(UV5)が同時に発生したケースでは、負荷短絡と判断し検出時間を待たずに急速 OFF 動作を行い、診断出力 DIAG 端子に H ステートを出力します。

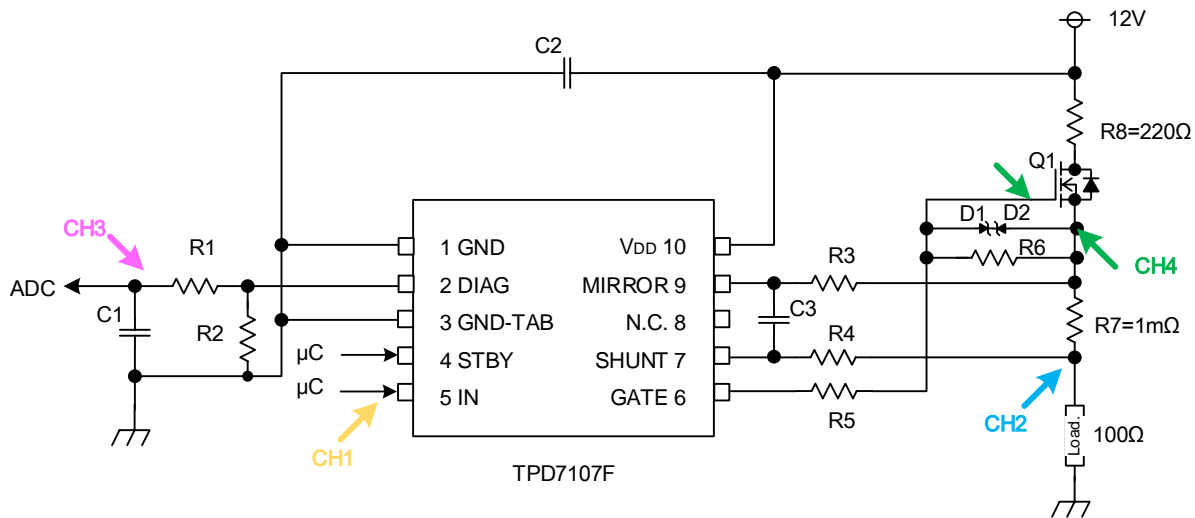


図 7.12 MOSFET ドレイン・ソース間電圧異常

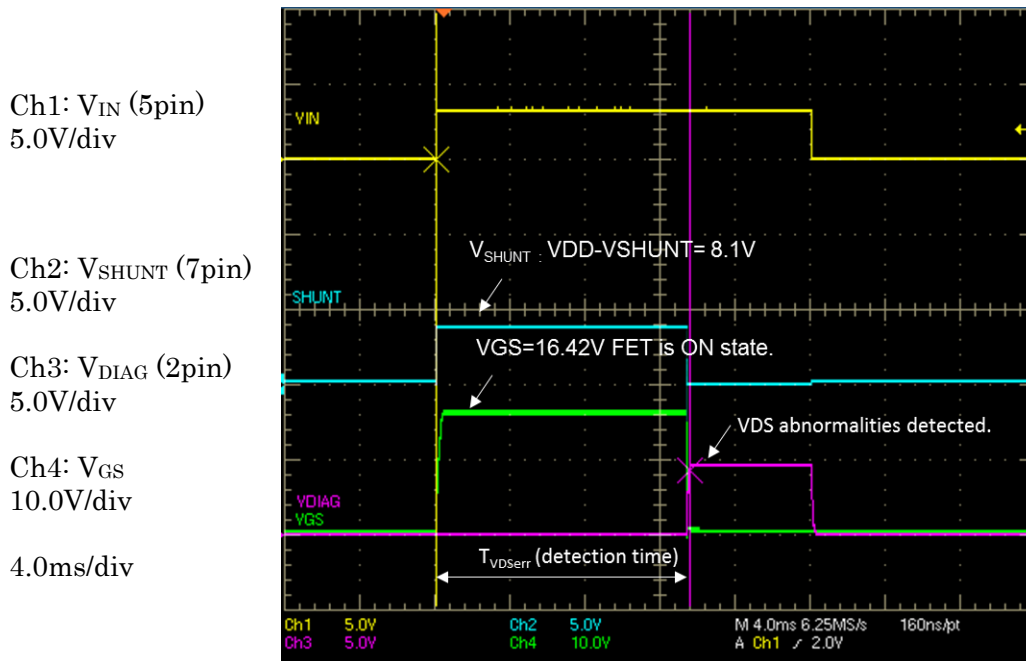


図 7.13 MOSFET ドレイン・ソース間電圧異常

(V_{DD}=12V, IN=0 to 3.3Vpulse width 20ms, Rload=100Ω, R8=220Ω)

8. 評価ボード

当社では、MOSFET などの周辺デバイスを実装した評価ボードを準備しています。実負荷でのファンクションや、保護診断機能の確認をすることができます。

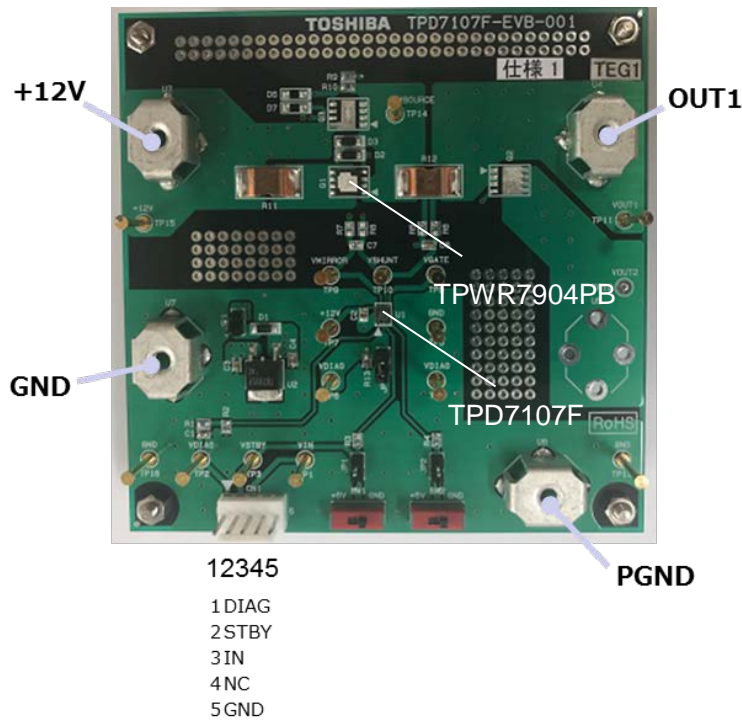
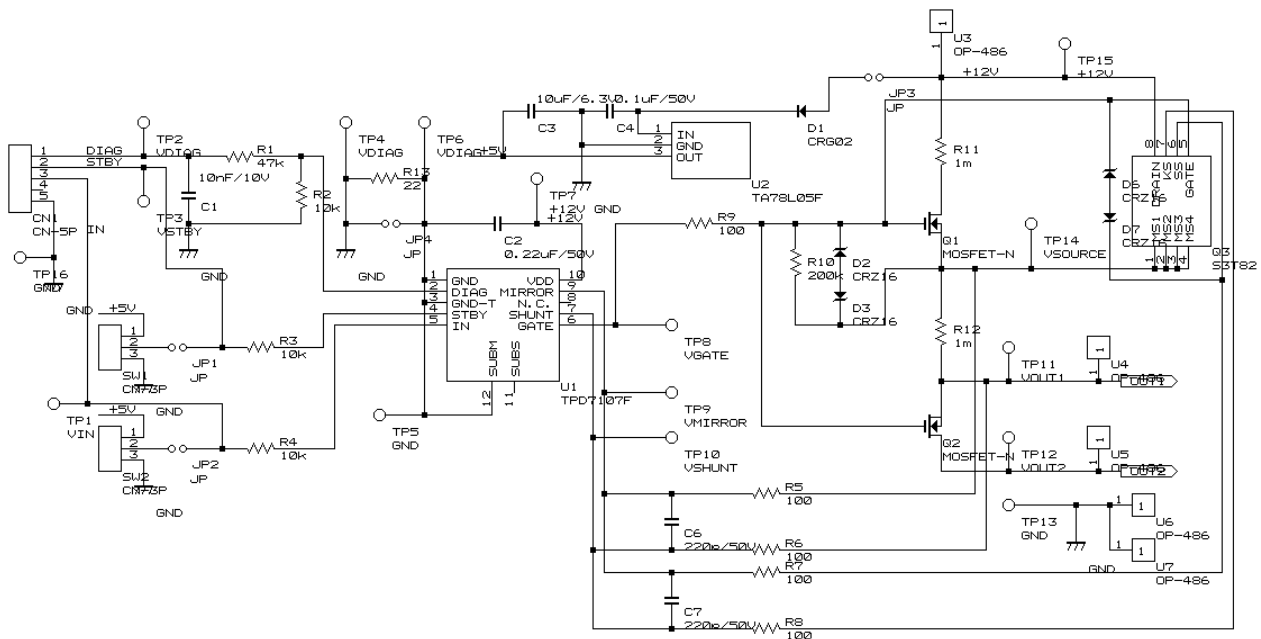


図 8.1 評価ボード(TPD7107F)



Note1: Unimplemented parts: Q2, Q3, U5, TP12, D6, D7, C7, R7, R8

図 8.2 評価ボード回路図

9. 記載内容の留意点

1. ブロック図

ブロック図内の機能ブロック/回路/定数などは、機能を説明するため、一部省略・簡略化している場合があります。

2. 等価回路

等価回路は、回路を説明するため、一部省略・簡略化している場合があります。

10. 使用上のご注意およびお願い事項

10.1. 使用上の注意事項

- (1) 絶対最大定格は複数の定格の、どの1つの値も瞬時たりとも超えてはならない規格です。複数の定格のいずれに対しても超えることができません。絶対最大定格を超えると破壊、損傷および劣化の原因となり、破裂・燃焼による傷害を負うことがあります。
- (2) 電源の投入や遮断条件(立ち上げ、立ち下げ)、電流センスアンプへの入力条件(MIRROR、SHUNT)などにより DIAG 出力に電流センス電圧や診断出力電圧以上が出力される場合もありますのでご使用の際にはセットで問題有無をご確認ください。また必要に応じてコンデンサーなどで対策をお願いします。

製品取り扱い上のお願い

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。

本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。