

# TPS4HC120-Q1、120mΩ、2A、クワッドチャネル、車載用スマートハイサイドスイッチ

## 1 特長

- 完全な診断機能を持つクワッドチャネル 120mΩ 車載用スマートハイサイドスイッチ
  - オープンドレインステータス出力
  - 電流センスアナログ出力
- 広い動作電圧範囲: 3V ~ 28V
- 自動開始および終了機能付きの低消費電力モード (LPM)
  - $I_{Q, LPM} < 20\mu A/ch$  (4 チャネルすべてオン、LPM モード)
- きわめて低いスリープ電流、 $< 1\mu A$  (25°C)
- 選択可能な電流制限 (0.25A~5A)
- 保護
  - 過負荷および短絡保護
  - 自己回復可能なサーマルシャットダウンおよびスレーブ
  - 誘導性負荷の負電圧クランプ
  - GND 消失、バッテリー消失、バッテリー逆極性からの保護
- 診断
  - グローバルフォルトレポートによる高速割り込み
  - 過電流およびグラウンドへの短絡の検出
  - 開放負荷およびバッテリーへの短絡の検出
- 車載用認定済み
  - 車載アプリケーション用に AEC-Q100 認定済み:
    - 温度: -40°C ~ 125°C,  $T_A$
  - 電気過渡的外乱への耐性に関する ISO7637-2 および ISO16750-2 認証
- パッケージ: 熱特性強化型 28 ピン HVSSOP

## 2 アプリケーション

- ADAS モジュール
- 車載ディスプレイ モジュール
- ボディコントロール モジュール

## 3 概要

TPS4HC120-Q1 は、NMOS パワー FET とチャージポンプを内蔵した車載用クワッドチャネルのスマートハイサイドスイッチであり、12V の車載用バッテリーシステムの要件を満たすよう設計されています。 $R_{ON}$  が低い (120mΩ) ので、4 つのチャネルすべてがイネーブルのとき最大 2A、1 つのチャネルのみがイネーブルのとき最大 2.5A の広い範囲の出力負荷電流を駆動し、デバイスの消費電力が最小限に抑えられます。

このデバイスには、サーマルシャットダウン、出力クランプ、電流制限などの保護機能が内蔵されています。これらの機能により、短絡などのフォルトイベントが発生したときのシステムの堅牢性が向上します。TPS4HC120-Q1 は、選択可能な電流制限回路を備えています。この回路は、大きな容量性負荷を駆動する際に突入電流を低減し、過負荷電流を最小化することで、システムの信頼性を向上させます。このデバイスは、ILIM ピンで外付け抵抗を使用することによって、10 種類の電流制限設定値 (0.25A ~ 5A) を選択できます。このデバイスは、過負荷および開放負荷の検出など、負荷診断を向上させる高精度の負荷電流検出機能も備えているため、より優れた予知保全が可能です。

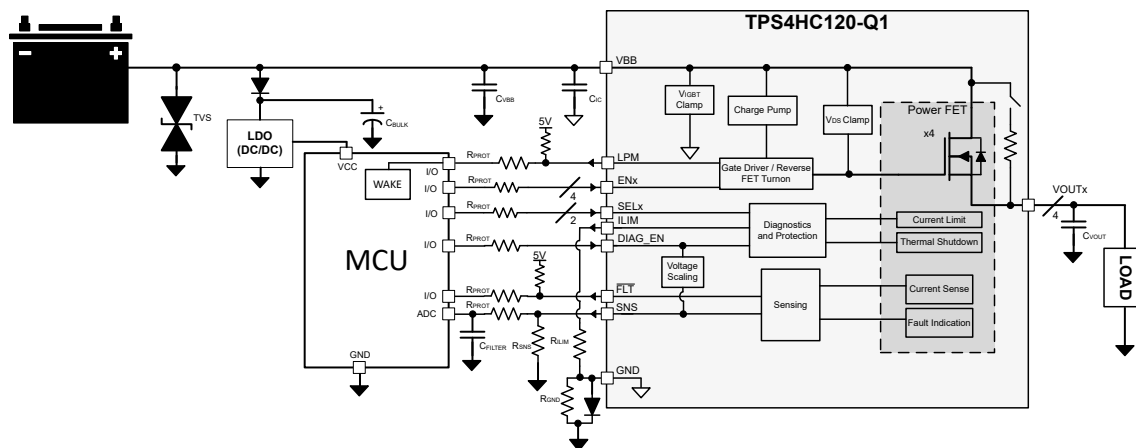
TPS4HC120-Q1 は、28 ピン、0.5mm ピンピッチの 7.1mm × 4.9mm HVSSOP リード付きパッケージで供給され、PCB のフットプリントを最小限に抑えます。

### パッケージ情報

部品番号 <sup>(1)</sup>	パッケージ <sup>(2)</sup>	パッケージサイズ <sup>(3)</sup>
TPS4HC120-Q1	DGQ (HVSSOP、28)	7.1mm × 4.9mm

- セクション 4 も参照してください。
- 詳細については、セクション 11 を参照してください。
- パッケージサイズ (長さ × 幅) は公称値であり、該当する場合はピンを含みます。





### 代表的なアプリケーション回路図

## 目次

1 特長.....	1	7.2 機能ブロック図.....	14
2 アプリケーション.....	1	7.3 機能説明.....	15
3 概要.....	1	7.4 デバイスの機能モード.....	35
4 デバイス比較表.....	3	8 アプリケーションと実装.....	37
5 ピン構成および機能.....	4	8.1 アプリケーション情報.....	37
6 仕様.....	5	8.2 代表的なアプリケーション.....	38
6.1 絶対最大定格.....	5	8.3 電源に関する推奨事項.....	39
6.2 ESD 定格.....	5	8.4 レイアウト.....	40
6.3 推奨動作条件.....	6	9 デバイスおよびドキュメントのサポート.....	42
6.4 熱に関する情報.....	6	9.1 ドキュメントの更新通知を受け取る方法.....	42
6.5 電気的特性.....	6	9.2 サポート・リソース.....	42
6.6 タイミング特性、SNS.....	9	9.3 商標.....	42
6.7 スイッチング特性.....	10	9.4 静電気放電に関する注意事項.....	42
6.8 代表的特性.....	11	9.5 用語集.....	42
7 詳細説明.....	14	10 改訂履歴.....	42
7.1 概要.....	14	11 メカニカル、パッケージ、および注文情報.....	42

## 4 デバイス比較表

部品番号	サーマル故障後の動作
TPS4HC120A-Q1	サーマル故障後は故障チャネルをラッチ オフします。EN を切り替えて、特定のチャネルを再度有効にします。
TPS4HC120B-Q1	サーマル故障後の自動リトライ。

## 5 ピン構成および機能

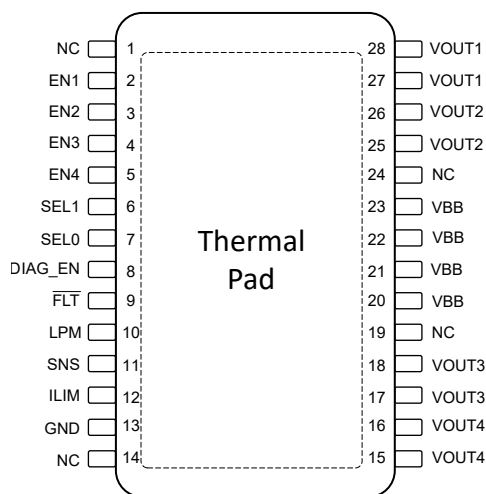


図 5-1. DGQ パッケージ、28 ピン HVVSOP (上面図)

表 5-1. ピンの機能

推奨部品リストについては、アプリケーションセクションを参照してください

ピン		タイプ	説明
番号	名称		
1, 14, 19, 24	NC	該当なし	内部接続なし
2	EN1	入力	チャンネル 1 のアクティブ化用入力制御、内部プルダウン。
3	EN2	入力	チャンネル 2 のアクティブ化用入力制御、内部プルダウン。
4	EN3	入力	チャンネル 3 のアクティブ化用入力制御、内部プルダウン。
5	EN4	入力	チャンネル 4 のアクティブ化用入力制御、内部プルダウン。
6	SEL1	入力	SNS チャンネル選択 high ビット、内部プルダウン。
7	SEL0	入力	SNS チャンネル選択 low ビット、内部プルダウン。
8	DIAG_EN	入力	診断用イネーブル / ディスエーブル ピン、内部プルダウン。
9	FLT	出力	オープンドレインの全体的な故障出力。FAULT、FLT、または故障ピンを基準とします。推奨される 5kΩ ~ 10kΩ プルアップ抵抗。
10	LPM	出力	オープンドレイン LPM ステータスピン。デバイスが LPM またはスリープ状態の場合、外部電源によって high になります。デバイスが ACTIVE モードのとき、内部で low になります。推奨される 5kΩ ~ 10kΩ プルアップ抵抗。
11	SNS	出力	SNS 電流出力。
12	ILIM	出力	調整可能な電流制限。チップ GND に抵抗を接続するか、ピンをチップ GND に短絡するか、このピンを OPEN のままにすると、電流制限値を設定できます。
13	GND	電源	デバイスのグランド。抵抗とダイオードのグランド ネットワークに接続すると、逆バッテリー保護を行うことができます。
15, 16	VOUT4	電源	ハイサイド スイッチのチャンネル 4 の出力、負荷に接続。
17, 18	VOUT3	電源	ハイサイド スイッチのチャンネル 3 の出力、負荷に接続。
20, 21, 22, 23	VBB	電源	電源
25, 26	VOUT2	電源	ハイサイド スイッチのチャンネル 2 の出力、負荷に接続。
27, 28	VOUT1	電源	ハイサイド スイッチのチャンネル 1 の出力、負荷に接続。
サーマル パッド	パッド	電源	サーマル パッドは内部でグラウンドに接続されています。

## 6 仕様

### 6.1 絶対最大定格

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り) <sup>(1)</sup>

		最小値	最大値	単位
V <sub>BB</sub>	最大連続電源電圧		28	V
V <sub>LD</sub>	負荷ダンプ電圧、ISO16750-2:2010(E)		35	V
V <sub>REV</sub>	逆極性電圧、最大持続時間 3 分、および適用回路を使用	-18		V
I <sub>EN1</sub> 、I <sub>EN2</sub> 、I <sub>EN3</sub> 、 I <sub>EN4</sub>	イネーブル ピンの電流	-0.5	20	mA
V <sub>EN1</sub> 、V <sub>EN2</sub> 、 V <sub>EN3</sub> 、 V <sub>EN4</sub>	イネーブル ピン電圧	-1.5	5.5	V
I <sub>DIA_EN</sub>	診断イネーブル ピンの電流	-0.5	20	mA
V <sub>DIA_EN</sub>	診断イネーブル ピン電圧	-1.5	5.5	V
I <sub>SNS</sub>	センスピン電流	-10	150	mA
V <sub>SNS</sub>	センスピン電圧	-1.5	5.5	V
I <sub>SELx</sub>	SELx ピンの電流	-0.5	20	mA
V <sub>SELx</sub>	SELx ピンの電圧	-1.5	5.5	V
I <sub>FLT</sub>	FLT ピン電流	-30	2.5	mA
V <sub>FLT</sub>	FLT ピン電圧	-0.3	5.5	V
I <sub>LPM</sub>	LPM ピン電流	-30	2.5	mA
V <sub>LPM</sub>	LPM ピン電圧	-0.3	5.5	V
I <sub>ILIM</sub>	ILIM ピン電流	-0.5	20	mA
V <sub>ILIM</sub>	ILIM ピン電圧	-1.5	5.5	V
I <sub>GND</sub>	逆接地電流、V <sub>BB</sub> < 0V	-50		mA
T <sub>J</sub>	最大接合部温度		150	°C
T <sub>stg</sub>	保存温度	-65	150	°C

(1) 「絶対最大定格」の範囲外の動作は、デバイスの永続的な損傷の原因となる可能性があります。絶対最大定格は、これらの条件において、または推奨動作条件に示された値を超える他のいかなる条件でも、本製品が正しく動作することを暗に示すものではありません。「絶対最大定格」の範囲内であっても「推奨動作条件」の範囲外で使用情况、本デバイスは完全に機能するとは限らず、このことが本デバイスの信頼性、機能、性能に影響を及ぼし、本デバイスの寿命を縮める可能性があります。

### 6.2 ESD 定格

			値	単位
V <sub>(ESD)</sub>	静電放電 <sup>(1)</sup>	人体モデル (HBM)、AEC Q100-002 準拠 <sup>(2)</sup>	VBB と VOUT を除くすべてのピン	V
		人体モデル (HBM)、AEC Q100-002 準拠 <sup>(2)</sup>	VBB および VOUT	
		デバイス帯電モデル (CDM)、AEC Q100-011 準拠	すべてのピン	

(1) すべての ESD 衝撃は、GND ピンに接続されたピンの基準電圧によるものです。

(2) AEC-Q100-002 は、HBM ストレス試験を ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 仕様に従って実施しなければならないと規定しています。

### 6.3 推奨動作条件

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り) <sup>(1)</sup> デジタル入力ピンは EN1、EN2、EN3、EN4、SEH、SEL、DIAG\_EN です

		最小値	最大値	単位
V <sub>VBB_NOM</sub>	公称電源電圧 <sup>(1)</sup>	4	18	V
V <sub>VBB_EXT</sub>	拡大電源電圧 <sup>(2)</sup>	3	28	V
V <sub>VBB_SC</sub>	電源電圧への短絡対応能力		28	V
V <sub>DIN</sub>	すべてのデジタル入力ピンの電圧	-1	5.5	V
T <sub>A</sub>	自由空気での動作温度	-40	125	°C

(1) すべての動作電圧条件は、デバイスの GND ピンを基準として測定されています。

(2) デバイスは拡大動作範囲内で機能しますが、一部のパラメータ値は適用されない場合があります。

### 6.4 熱に関する情報

熱評価基準 <sup>(1) (2)</sup>		TPS4HC120-Q1	単位
		DGQ (HVSSOP)	
		28 ピン	
R <sub>θJA</sub>	接合部から周囲への熱抵抗	32.1	°C/W
R <sub>θJC(top)</sub>	接合部からケース (上面) への熱抵抗	32.4	°C/W
R <sub>θJB</sub>	接合部から基板への熱抵抗	8.4	°C/W
Ψ <sub>JT</sub>	接合部から上面への特性パラメータ	1.0	°C/W
Ψ <sub>JB</sub>	接合部から基板への特性パラメータ	8.3	°C/W
R <sub>θJC(bot)</sub>	接合部からケース (底面) への熱抵抗	2.1	°C/W

(1) 従来および最新の熱評価基準の詳細については、『[半導体および IC パッケージの熱評価基準](#)』アプリケーション ノートを参照してください。

(2) 熱パラメータは、JESD51-5 および JESD51-7 に準拠した 4 層 PCB に基づいています。

### 6.5 電気的特性

V<sub>BB</sub> = 6V ~ 18V、T<sub>A</sub> = -40°C ~ +125°C (特に記述のない限り)。標準的なアプリケーションは 13.5V、1A、RILIM = オープン (特に記述のない限り)。デジタル入力ピンは EN1、EN2、EN3、EN4、SEL0、SEL1、DIAG\_EN です。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
入力電圧および電流						
V <sub>UVLOR</sub>	V <sub>BB</sub> 低電圧誤動作防止の立ち上がり電圧	デバイスの GND ピンに関して測定	3.2	3.6	4.0	V
V <sub>UVLOF</sub>	V <sub>BB</sub> 低電圧誤動作防止の立ち下がり電圧	デバイスの GND ピンに関して測定	2.5	2.75	3.0	V
V <sub>Clamp</sub>	V <sub>DS</sub> クランプ電圧	T <sub>J</sub> = 25°C	35		43	V
		T <sub>J</sub> = -40°C ~ +150°C	34		45	
V <sub>OUT, Clamp</sub>	V <sub>OUT</sub> クランプ電圧	T <sub>J</sub> = -40°C ~ +150°C	-31		-23	V
I <sub>Q</sub>	すべてのチャネルの静止電流を有効化	V <sub>BB</sub> ≤ 28V、V <sub>ENx</sub> = V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V、I <sub>OUTx</sub> = 0A		3.8	4.5	mA
I <sub>Q, DIAG_DIS</sub>	静止電流チャネルを有効化、診断機能を無効化	V <sub>BB</sub> ≤ 28V V <sub>EN</sub> = 5V V <sub>DIA_EN</sub> = 0V、I <sub>OUTx</sub> = 0A		3.8	4.2	mA
I <sub>SB</sub>	スタンバイ モードでの消費電流	V <sub>BB</sub> ≤ 18V、I <sub>SNS</sub> = 0mA V <sub>ENx</sub> = 0V、V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V、V <sub>OUT</sub> = 0V		3.8	4.5	mA
t <sub>STBY</sub>	スリープ モードに移行する前にスタンバイ モードにとどまるまでの遅延時間	V <sub>ENx</sub> = V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V ~ 0V		20		ms

## 6.5 電気的特性 (続き)

$V_{BB} = 6V \sim 18V$ ,  $T_A = -40^\circ C \sim +125^\circ C$  (特に記述のない限り)。標準的なアプリケーションは 13.5V、1A、RILIM = オープン (特に記述のない限り)。デジタル入力ピンは EN1、EN2、EN3、EN4、SEL0、SEL1、DIAG\_EN です。

パラメータ		テスト条件		最小値	標準値	最大値	単位	
I <sub>SLEEP</sub>	スリープ電流 (MOSFET チャンネルを含むデバイスの合計リーク電流)	V <sub>BB</sub> ≤ 18V、V <sub>ENx</sub> = V <sub>DIAG_EN</sub> = 0V、V <sub>OUT</sub> = 0V	T <sub>A</sub> = 25°C			0.5	μA	
			T <sub>A</sub> = 125°C			2		
I <sub>OUT(sleep)</sub>	チャンネルあたりの出力リーク電流	V <sub>BB</sub> ≤ 18V、V <sub>ENx</sub> = V <sub>DIAG_EN</sub> = 0V、V <sub>OUT</sub> = 0V	T <sub>A</sub> = 25°C		0.01	0.2	μA	
			T <sub>A</sub> = 125°C			0.5		
I <sub>L<sub>NOM</sub></sub>	チャンネルごとの連続負荷電流	すべてのチャンネルを有効化	T <sub>A</sub> = 85°C		2		A	
		1 チャンネルを有効化			3			
R <sub>ON</sub> 特性								
R <sub>ON</sub>	オン抵抗	5V < V <sub>BB</sub> ≤ 28V、 I <sub>OUT</sub> = 1A	T <sub>J</sub> = 25°C		120		mΩ	
			T <sub>J</sub> = 150°C			250		
		3V ≤ V <sub>BB</sub> ≤ 5V、 I <sub>OUT</sub> = 1A	T <sub>J</sub> = 25°C			175		
			T <sub>J</sub> = 150°C			280		
ΔR <sub>ON</sub>	チャンネル間の R <sub>ON</sub> のパーセンテージ差	5V < V <sub>BB</sub> ≤ 28V、 I <sub>OUT</sub> = 1A	T <sub>J</sub> = -40°C ~ +150°C		5		%	
R <sub>ON(REV)</sub>	逆極性時のオン抵抗	-18V ≤ V <sub>BB</sub> ≤ -6V	T <sub>J</sub> = 25°C		120		mΩ	
			T <sub>J</sub> = 150°C			250		
V <sub>F</sub>	ボディダイオードの順方向導通電圧	V <sub>EN</sub> = 0V、I <sub>OUT</sub> = -0.1A			0.8	1	V	
電流センス特性								
K <sub>SNS</sub>	電流センス比 I <sub>OUT</sub> / I <sub>SNS</sub>	I <sub>OUT</sub> = 1A			1040			
I <sub>SNS</sub>	電流センスの電流と精度	V <sub>EN</sub> = V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V	I <sub>OUT</sub> = 2A		1.9		mA	
				-4		3	%	
			I <sub>OUT</sub> = 1.5A		1.43		mA	
				-4		3	%	
			I <sub>OUT</sub> = 750mA		0.72		mA	
				-4		4	%	
			I <sub>OUT</sub> = 300mA		0.29		mA	
				-5		5	%	
			I <sub>OUT</sub> = 100mA		0.1		mA	
				-12		12	%	
			I <sub>OUT</sub> = 75mA		0.072		mA	
				-16		16	%	
I <sub>OUT</sub> = 30mA		0.03		mA				
	-35		35	%				
I <sub>OUT</sub> = 15mA		0.014		mA				
	-75		75	%				
SNS 特性								
V <sub>SNSFH</sub>	V <sub>SNS</sub> フォルト high-レベル	V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V、R <sub>SNS</sub> = 1kΩ			4.5	5	5.2	V
		V <sub>DIAG_EN</sub> = 3.3V R <sub>SNS</sub> = 1kΩ			3.2	3.6	3.9	
		V <sub>DIAG_EN</sub> = 1.8V R <sub>SNS</sub> = 1kΩ			3.2	3.6	3.9	
I <sub>SNSFH</sub>	I <sub>SNS</sub> フォルト high-レベル	V <sub>DIAG_EN</sub> > V <sub>IH</sub> 、DIAG_EN			4.5		6.5	mA

## 6.5 電気的特性 (続き)

$V_{BB} = 6V \sim 18V$ ,  $T_A = -40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$  (特に記述のない限り)。標準的なアプリケーションは 13.5V、1A、 $R_{ILIM} = \text{オープン}$  (特に記述のない限り)。デジタル入力ピンは EN1、EN2、EN3、EN4、SEL0、SEL1、DIAG\_EN です。

パラメータ		テスト条件		最小値	標準値	最大値	単位
V <sub>BB_ISNS</sub>	フル電流センスとフォルト機能に必要な V <sub>BB</sub> ヘッドルーム	V <sub>DIAG_EN</sub> = 3.3V	デバイスの GND ピンに関して測定	5			V
		V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V		6.5			
電流制限特性							
I <sub>CL</sub>	I <sub>CL</sub> 電流制限設定	R <sub>ILIM</sub> > 60kΩ (ILIM オープン)		3.8	4.8	5.6	A
		R <sub>ILIM</sub> < 1.1kΩ (ILIM = GND)		1.9	2.2	2.4	
		R <sub>ILIM</sub> = 2.49kΩ			1.9		
		R <sub>ILIM</sub> = 4.87kΩ			1.7		
		R <sub>ILIM</sub> = 9.76kΩ			1.5		
		R <sub>ILIM</sub> = 16.5kΩ		1.1	1.25	1.4	
		R <sub>ILIM</sub> = 23.2kΩ			1		
		R <sub>ILIM</sub> = 31.6kΩ			0.75		
		R <sub>ILIM</sub> = 43.2kΩ <sup>(1)</sup>			0.5		
		R <sub>ILIM</sub> = 57.6kΩ <sup>(1)</sup>		0.19	0.25	0.32	
I <sub>CL_LINPK</sub>	線形モードのピーク	T <sub>J</sub> = -40°C ~ +150°C、 dI/dt < 0.01A/ms	I <sub>LIM</sub> = 0.25A ~ 2.2A			1.6 × I <sub>CL</sub>	A
I <sub>CL_ENPS</sub>	永久短絡を有効化するピーク電流	T <sub>J</sub> = -40°C ~ +150°C	負荷 = 5μH + 100mΩ			2.25 × I <sub>CL</sub>	A
I <sub>OVCR</sub>	スイッチが有効な時に短絡が発生した場合の OVCR ピーク電流	T <sub>J</sub> = -40°C ~ +150°C	負荷 = 5μH + 100mΩ			12	A
フォルト特性							
R <sub>OL</sub>	開放負荷 (OL) 検出内部抵抗	V <sub>EN</sub> = 0V、V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V		100	150	175	kΩ
t <sub>OL</sub>	開放負荷 (OL) 検出デグリーチ時間	V <sub>EN</sub> = 0V、V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V、V <sub>BB</sub> - V <sub>OUT</sub> < V <sub>OL</sub> のとき、 t <sub>OL</sub> よりも長い持続時間。開放負荷が検出されました。			300	500	μs
V <sub>OL</sub>	開放負荷 (OL) 検出電圧	V <sub>EN</sub> = 0V、V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V				1.5	V
t <sub>OL1</sub>	EN 立ち下がりからの OL および STB 表示時間	V <sub>EN</sub> = 5V ~ 0V、V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V I <sub>OUT</sub> = 0mA、V <sub>OUT</sub> = V <sub>BB</sub> - V <sub>OL</sub>				500	μs
t <sub>OL2</sub>	DIA_EN 立ち上がりからの OL および STB 表示時間	V <sub>EN</sub> = 0V、V <sub>DIAG_EN</sub> = 0V ~ 5V I <sub>OUT</sub> = 0mA、V <sub>OUT</sub> = V <sub>BB</sub> - V <sub>OL</sub>				600	μs
T <sub>ABS</sub>	CHx の熱シャットダウン閾値			162			°C
T <sub>HYS</sub>	CHx サーマル シャットダウン ヒステリシス					30	°C
T <sub>REL</sub>	CHx 相対サーマル シャットダウン				80		°C
t <sub>FAULT_FLT</sub>	フォルト表示時間	V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V、 故障と FLT アサーションの間の時間				60	μs
t <sub>FAULT_SNS</sub>	フォルト表示時間	V <sub>DIAG_EN</sub> = 5V 、フォルトと V <sub>SNSFH</sub> における I <sub>SNS</sub> セtring間の時間				60	μs
t <sub>RETRY</sub>	再試行時間	フォルト・シャットダウンからスイッチ再有効化 (サーマルシャットダウン) までの時間。		1	2	3	ms
低電力モード							
I <sub>LPM, enter</sub>	LPM へのエントリの負荷電流レベル	t > t <sub>STBY</sub>		83	110	137	mA



## 6.5 電気的特性 (続き)

$V_{BB} = 6V \sim 18V$ ,  $T_A = -40^\circ C \sim +125^\circ C$  (特に記述のない限り)。標準的なアプリケーションは 13.5V、1A、RILIM = オープン (特に記述のない限り)。デジタル入力ピンは EN1、EN2、EN3、EN4、SEL0、SEL1、DIAG\_EN です。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
ILPM, exit	LPM 終了時の負荷電流レベル		130	165	200	mA
$R_{DS(on)}$ , LPM	低消費電力モードでの $R_{DS(on)}$ 使用	50mA $I_{LOAD}$		130		mΩ
$I_{Q}$ , LPM	すべてのチャネルが有効なときの LPM のチャネルあたりの静止電流	$I_{LOAD} = 0mA$ , $T_A = -40^\circ C \sim +125^\circ C$			20	μA
$t_{LPM}$	LPM 遷移表示時間	デバイスが LPM に遷移する際、電流の増加と LPM アサーションの間の時間			50	μs
$t_{WAKE}$	LPM からの回復 / 終了時間	ウェーク割り込み (EN、DIAG_EN pin) と LPM アサート間の LPM 遷移停止時間のデバイス			50	μs
$I_{PKLPM}$ , exit	LPM から出るピーク電流は、電流設定が 2.25A 以下である必要があります	LPM での即時シャットオフのピーク電流、 $T_A = -40^\circ C \sim +125^\circ C$		$1.6 \times I_{LIM}$		
<b>デジタル入力ピンの特性</b>						
$V_{IL}$ , DIN	低レベルの入力電圧	GND ネットワークなし			0.8	V
$V_{IH}$ , DIN	高レベルの入力電圧。	GND ネットワークなし	1.5			V
$V_{IHYS}$ , DIN	入力電圧ヒステリシス		100			mV
$R_{PD\_DIN}$	ENx、DIAG_EN の内部プルダウン抵抗		0.7	1	1.3	MΩ
	SEL0、SEL1 の内部プルダウン抵抗		0.7	1	1.3	
$I_{IH}$ , DIN	SEL0、SEL1 の入力電流 high レベル	$V_{DINx} = 5.5V$			10	μA
	DIAG_EN の入力電流 high レベル	$V_{DIAG\_EN} = 5.5V$			30	
$I_{IH}$ , DIN	ENx の入力電流 high レベル	$V_{ENx} = 5.5V$			30	μA
<b>デジタル出力ピンの特性</b>						
$V_{LPM}$	LPM low 出力電圧	$I_{LPM} = 2mA$			0.4	V
$V_{FLT}$	$\overline{FLT}$ low 出力電圧	$I_{FLT} = 2mA$			0.4	V

(1) GND ネットワークを使用する場合、この電流制限設定の精度は表の値からシフトされます。

## 6.6 タイミング特性、SNS

$V_{BB} = 6V \sim 18V$ ,  $T_A = -40^\circ C \sim 125^\circ C$  (特に注記のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
<b>SNS タイミング-電流センス</b>						
$t_{SNSION1}$	$V_{DIAG\_EN}$ の DIAG_EN 50% に対する立ち上がりエッジから 90% の安定した ISNS までのセトリング タイム	$V_{EN} = 5V$ , $V_{DIAG\_EN} = 0V \sim 5V$ $R_{SNS} = 1k\Omega$ , $I_L = 30mA$			60	μs
		$V_{ENx} = 5V$ , $V_{DIAG\_EN} = 0V \sim 5V$ $R_{SNS} = 1k\Omega$ , $I_L = 1A$			30	
$t_{SNSION2}$	$V_{DIAG\_EN}$ , $V_{EN}$ の EN および DIAG_EN 50% に対する立ち上がりエッジから 90% の安定した ISNS までのセトリング タイム	$V_{EN} = V_{DIAG\_EN} = 0V \sim 5V$ $V_{BB} = 13.5V$ $R_{SNS} = 1k\Omega$ , $R_{LOAD} = 20\Omega$			150	μs

## 6.6 タイミング特性、SNS (続き)

 $V_{BB} = 6V \sim 18V$ 、 $T_A = -40^\circ C \sim 125^\circ C$  (特に注記のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
$t_{SNSION3}$	DIAG_EN HI による EN の立ち上がりエッジのセトリングタイム、 $V_{DIAG\_EN}$ $V_{EN}$ の 50% ~ 90% の安定した ISNS	$V_{EN} = 0V \sim 5V$ 、 $V_{DIAG\_EN} = 5V$ $V_{BB} = 13.5V$ $R_{SNS} = 1k\Omega$ 、 $R_{LOAD} = 20\Omega$			150	$\mu s$
$t_{SNSIOFF}$	DIAG_EN の立ち下がりエッジのセトリングタイム	$V_{EN} = 5V$ 、 $V_{DIAG\_EN} = 5V \sim 0V$ $V_{BB} = 13.5V$ 、 $R_{SNS} = 1k\Omega$ 、 $R_L = 20\Omega$			20	$\mu s$
$t_{SETTLEH}$	負荷ステップの立ち上がりエッジのセトリングタイム	$V_{EN} = 5V$ 、 $V_{DIAG\_EN} = 5V$ $R_{SNS} = 1k\Omega$ 、 $I_{OUT} = 10mA \sim 1A$			20	$\mu s$
$t_{SETTLEL}$	負荷ステップの立ち下がりエッジのセトリングタイム	$V_{EN} = 5V$ 、 $V_{DIAG\_EN} = 5V$ $R_{SNS} = 1k\Omega$ 、 $I_{OUT} = 1A \sim 10mA$			20	$\mu s$
$t_{SELx}$	チャンネル間のマルチセンス遷移遅延	$V_{EN} = 5V$ 、 $V_{DIAG\_EN} = 5V$ $R_{SNS} = 1k\Omega$ 、 $I_{OUT1} = 1A \sim I_{OUT2} = 0.5A$			50	$\mu s$

## 6.7 スイッチング特性

 $V_{BB} = 13.5V$ 、 $T_J = -40^\circ C \sim 125^\circ C$  (特に注記のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
$t_{DR}$	チャンネルターンオン遅延時間 (アクティブから)	EN の $V_{BB} = 13.5V$ 、 $R_L = 1k\Omega$ 50% から $V_{OUT}$ の 10% まで		30	55	$\mu s$
	チャンネル ターンオン遅延時間 (スリープまたは LPM から)			40	60	
$t_{DF}$	チャンネル ターンオフ遅延時間 (アクティブから)	$V_{BB} = 13.5V$ 、 $R_L = 10\Omega$ EN の 50% ~ $V_{OUT}$ の 90%		30	55	$\mu s$
	チャンネル ターンオフ遅延時間 (LPM から)			30	85	
$SR_R$	$V_{OUT}$ の立ち上がりスローレート	$V_{BB} = 13.5V$ 、 $V_{OUT}$ の 20% ~ 80%、 $R_L = 10\Omega$	0.1	0.3	0.55	$V/\mu s$
$SR_F$	$V_{OUT}$ の立ち下がりスローレート	$V_{BB} = 13.5V$ 、 $V_{OUT}$ の 80% ~ 20%、 $R_L = 10\Omega$	0.1	0.3	0.5	$V/\mu s$
$t_{ON}$	チャンネル ターンオン時間 (スタンバイ遅延からアクティブまで)	$V_{BB} = 13.5V$ 、 $R_L = EN$ の $10\Omega$ 50% ~ $V_{OUT}$ の 80% まで	30	50	100	$\mu s$
$t_{OFF}$	チャンネル ターンオフ時間 (アクティブからスタンバイ遅延まで)	$V_{BB} = 13.5V$ 、 $R_L = EN$ の $10\Omega$ 50% ~ $V_{OUT}$ の 20% まで	30	70	145	$\mu s$
$t_{ON} - t_{OFF}$	ターンオン/ターンオフに対応	1ms の有効パルス $V_{BB} = 13.5V$ 、 $R_L = 10\Omega$	-40		40	$\mu s$
		200 $\mu s$ の有効パルス、 $V_{BB} = 13.5V$ 、 $R_L = 10\Omega$	-40		40	
$\Delta_{PWM}$	PWM 精度-平均負荷電流	200 $\mu s$ の有効パルス (1ms 周期)、 $V_{BB} = 13.5V$ 、 $R_L = 10\Omega$	-25		25	%
		$\leq 500Hz$ 、50%デューティサイクル $V_{BB} = 13.5V$ 、 $R_L = 10\Omega$	-12		12	
$E_{ON}$	ターンオン中のスイッチングエネルギー損失	$V_{BB} = 13.5V$ 、 $R_L = 10\Omega$		0.5		mJ
$E_{OFF}$	ターンオフ中のスイッチングエネルギー損失	$V_{BB} = 13.5V$ 、 $R_L = 10\Omega$		0.5		mJ

## 6.8 代表的特性

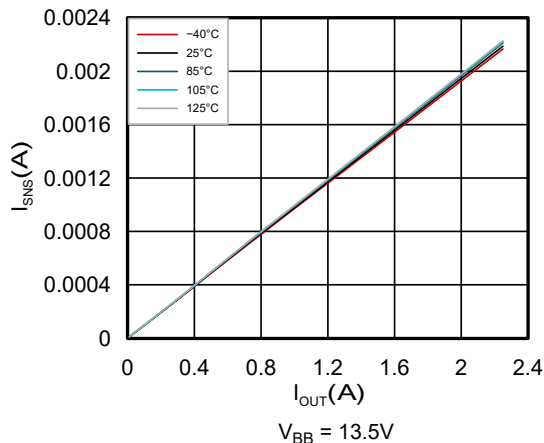


図 6-1. 温度範囲全体での  $I_{SNS}$  および  $I_{OUT}$  との関係

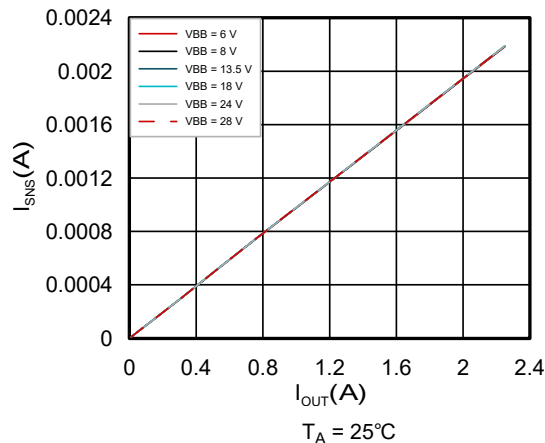


図 6-2.  $V_{BB}$  電圧における  $I_{SNS}$  および  $I_{OUT}$  との関係

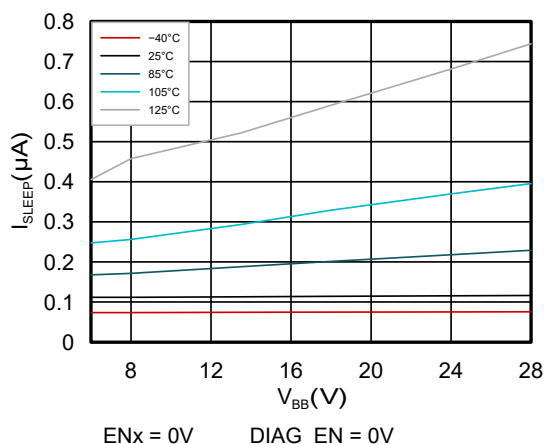


図 6-3. 温度範囲全体での  $I_{SLEEP}$  および  $V_{BB}$  との関係

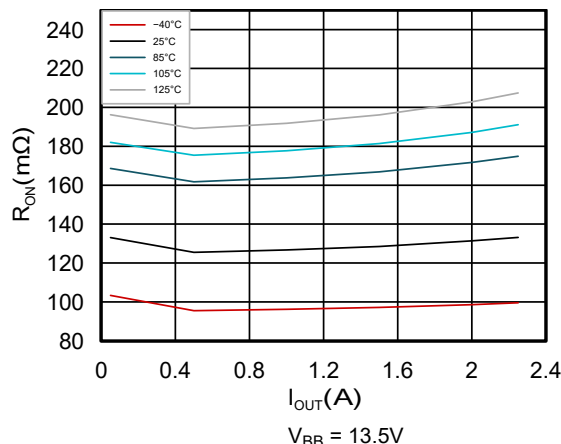


図 6-4. 温度範囲全体での  $R_{ON}$  および  $I_{OUT}$  との関係

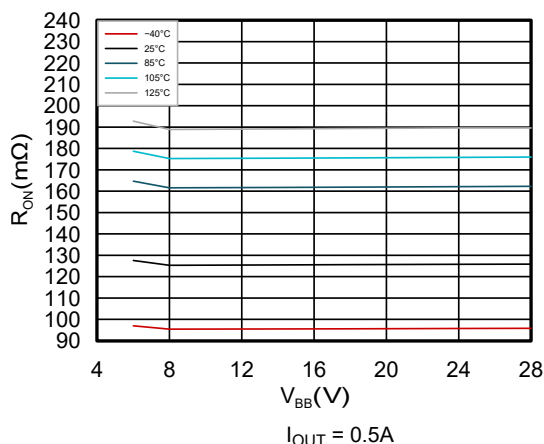


図 6-5. 温度範囲全体での  $R_{ON}$  および  $V_{BB}$  との関係

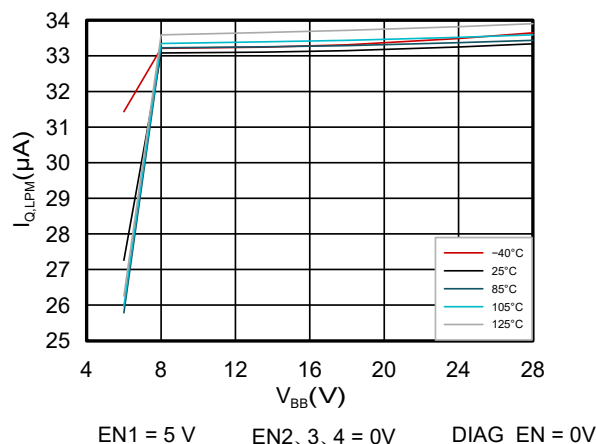
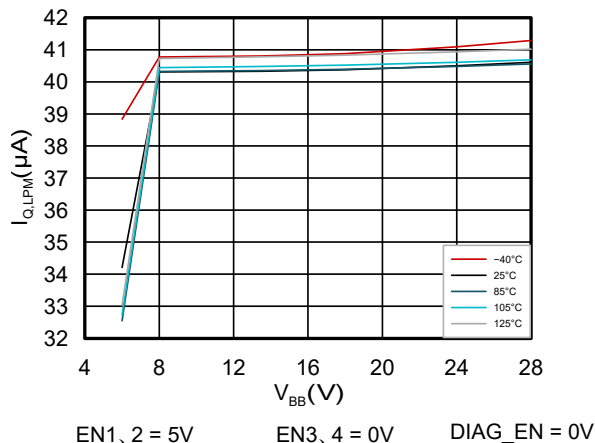
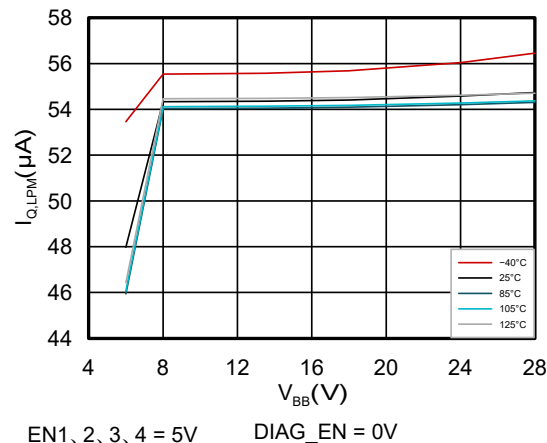
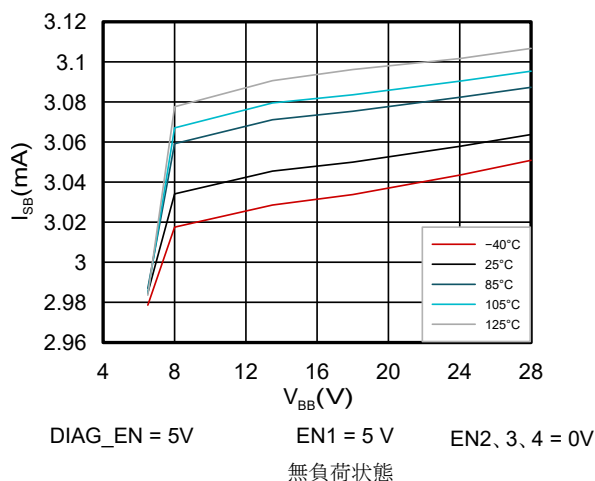
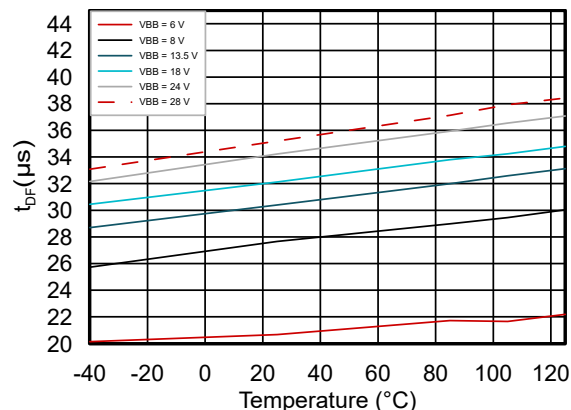
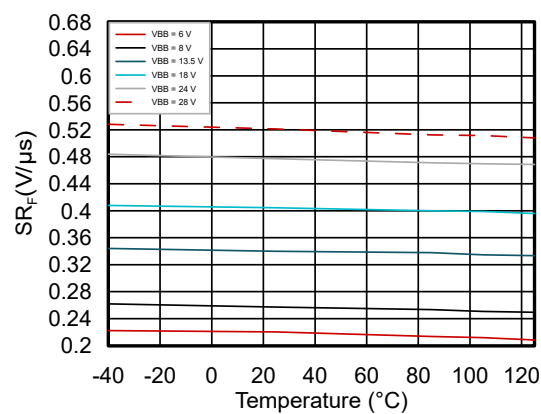
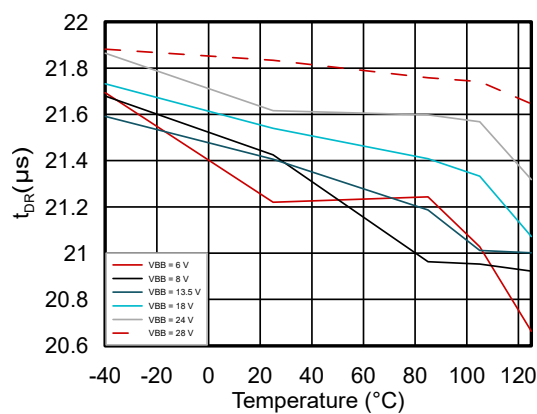


図 6-6. 1 チャンネルがイネーブルのときの温度範囲全体での  $I_{Q, LPM}$  および  $V_{BB}$  との関係

## 6.8 代表的特性 (続き)

図 6-7.2 チャンネルがイネーブルのときの温度範囲全体での  $I_{Q, LPM}$  および  $V_{BB}$  との関係図 6-8.4 チャンネルがイネーブルのときの温度範囲全体での  $I_{Q, LPM}$  および  $V_{BB}$  との関係図 6-9. 温度範囲全体での  $I_{SB}$  および  $V_{BB}$  との関係図 6-10.  $V_{BB}$  電圧における  $T_{DF}$  と温度との関係図 6-11.  $V_{BB}$  電圧における  $SR_F$  と温度との関係図 6-12.  $V_{BB}$  電圧における  $T_{DR}$  と温度との関係

## 6.8 代表的特性 (続き)

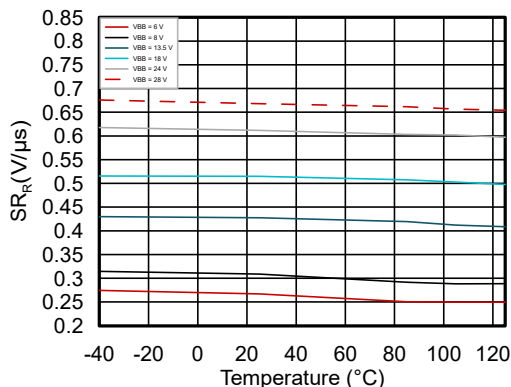
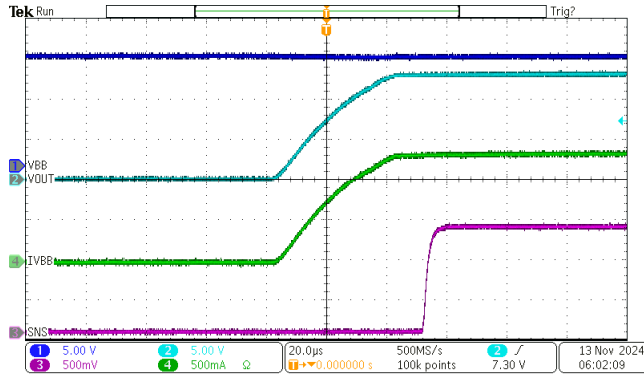
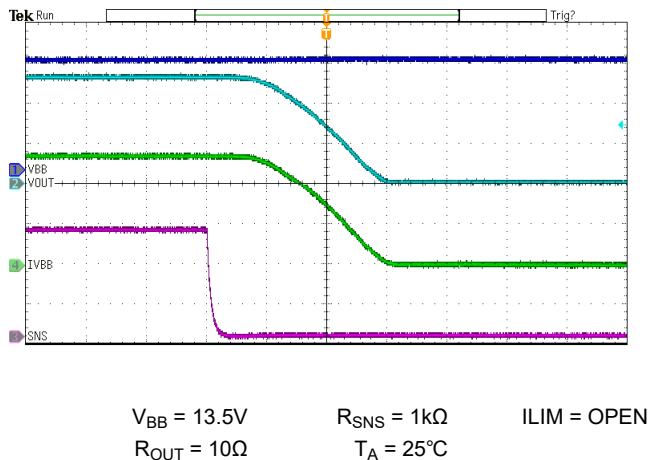


図 6-13.  $V_{BB}$  電圧における  $SR_R$  と温度との関係



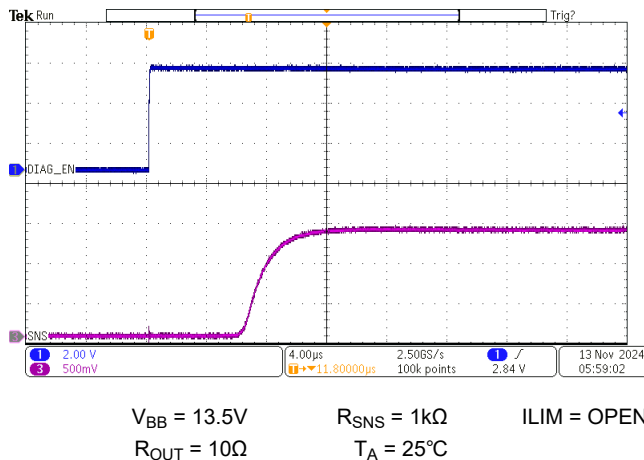
$V_{BB} = 13.5V$   $R_{SNS} = 1k\Omega$   $ILIM = OPEN$   
 $R_{OUT} = 10\Omega$   $T_A = 25^\circ C$

図 6-14. スイッチング条件下のターンオン



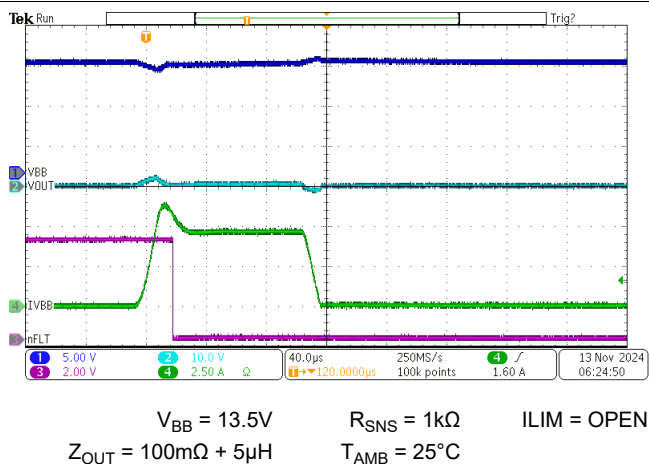
$V_{BB} = 13.5V$   $R_{SNS} = 1k\Omega$   $ILIM = OPEN$   
 $R_{OUT} = 10\Omega$   $T_A = 25^\circ C$

図 6-15. スイッチング条件下のターンオフ



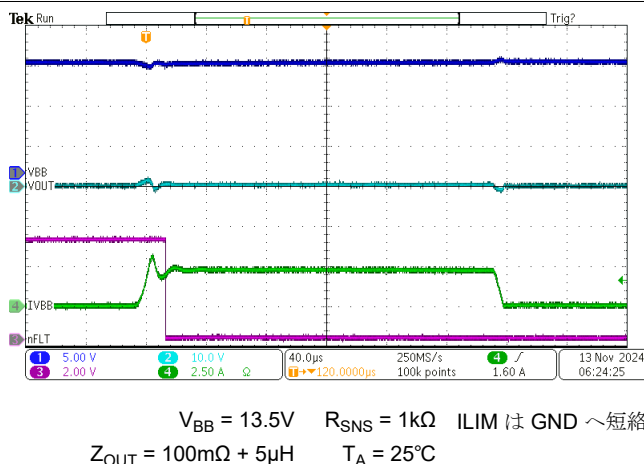
$V_{BB} = 13.5V$   $R_{SNS} = 1k\Omega$   $ILIM = OPEN$   
 $R_{OUT} = 10\Omega$   $T_A = 25^\circ C$

図 6-16. DIAG\_EN がオンになった状態での SNS ピン電圧



$V_{BB} = 13.5V$   $R_{SNS} = 1k\Omega$   $ILIM = OPEN$   
 $Z_{OUT} = 100m\Omega + 5\mu H$   $T_{AMB} = 25^\circ C$

図 6-17. ILIM が開放されたときの永続的な短絡動作



$V_{BB} = 13.5V$   $R_{SNS} = 1k\Omega$   $ILIM$  は GND へ短絡  
 $Z_{OUT} = 100m\Omega + 5\mu H$   $T_A = 25^\circ C$

図 6-18. ILIM が GND に短絡したときの永続的な短絡動作

## 7 詳細説明

### 7.1 概要

TPS4HC120-Q1 デバイスは、チャージポンプとクアッドチャネル NMOS パワー FET を内蔵したスマートハイサイドスイッチです。包括的な診断機能と高精度の電流検出機能によって、インテリジェントな負荷制御が可能です。可変の電流制限機能により、システム全体の信頼性が大幅に向上します。

デバイスには、4 つのチャネルそれぞれを有効にするロジックピンと、アナログ電流 SNS ピンで出力するチャネルを選択するための二つのピンによって診断出力を有効にする別のピンがあります。また、デバイスには MCU への割り込みとして使用するグローバル FLT ピンも実装されています。

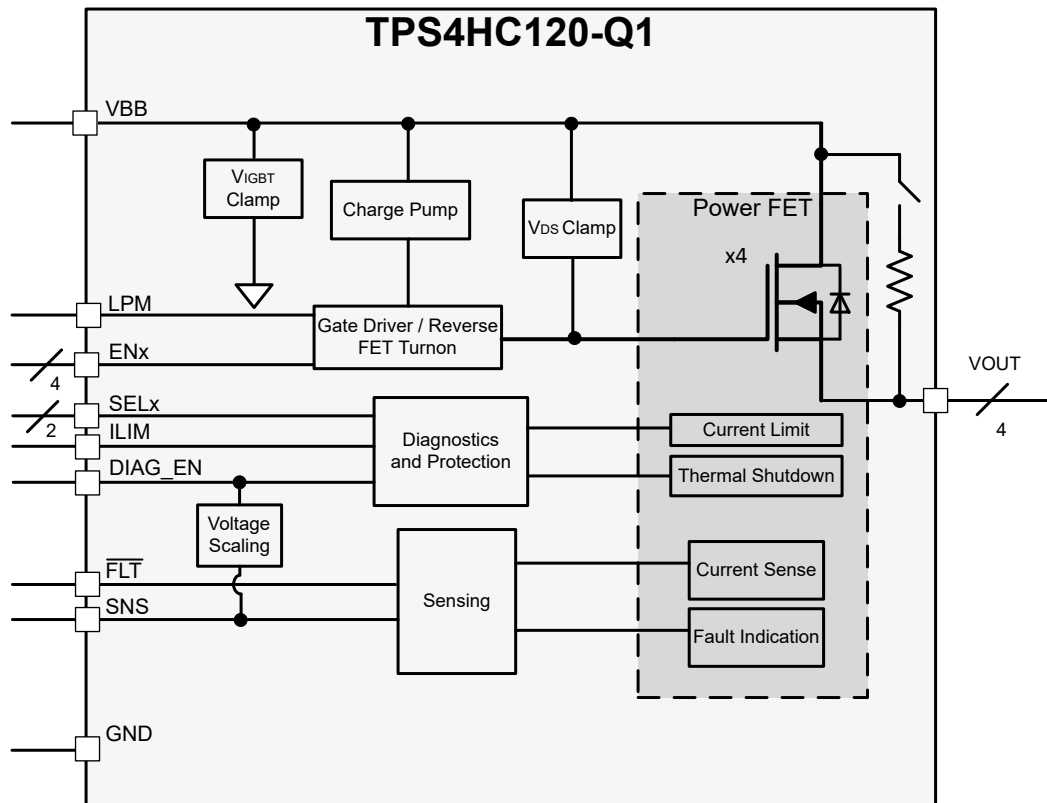
外部の高精度電流制限機能により、アプリケーションごとに電流制限値を設定できます。過電流が発生した場合、デバイスは突入電流を効果的にクランプすることで、システムの信頼性を向上させます。また、PCB トレースとコネクタのサイズ、および前段の電力段の容量を削減することにより、システムのコストを節約できます。

このデバイスでは、誘導性負荷(リレー、ソレノイド、バルブ)のために、ドレインとソースの間にアクティブクランプを実装して自己保護を行います。誘導性負荷のスイッチオフサイクル中は、電源(EBAT)および負荷(ELOAD)の両方のエネルギーが、ハイサイドパワースイッチ自体で消費されます。また、このデバイスは、クランプがアクティブなときのスイッチングオフのスルーレートを最適化し、過渡電力と EMI の影響を最小限に抑え、維持することで、システム設計を支援します。

すべてのチャネルの電流消費が小さい場合、デバイスは [セクション 7.3.2.1](#) に記載されているその他の要件と共に、自動的に低消費電力モードに移行します。このモードは静止電流消費が非常に低く、バッテリーを保護するために車両がオフのときにアクティブになる負荷に適しています。デバイスのモードを示す専用 LPM ピンが備わっており、MCU をウェークアップするための割り込み信号として使用できます。

TPS4HC120-Q1 デバイスは、省電力電球、LED、リレー、ソレノイド、ヒーター、サブモジュールなど、幅広い種類の抵抗性、誘導性、容量性負荷を駆動できます。

### 7.2 機能ブロック図



## 7.3 機能説明

### 7.3.1 ピンの電流および電圧の規則

データシート全体の参考用として、図 7-1 に各ピンの電流方向を矢印で示します。すべての電圧は、グランド プレーンを基準として測定されます。

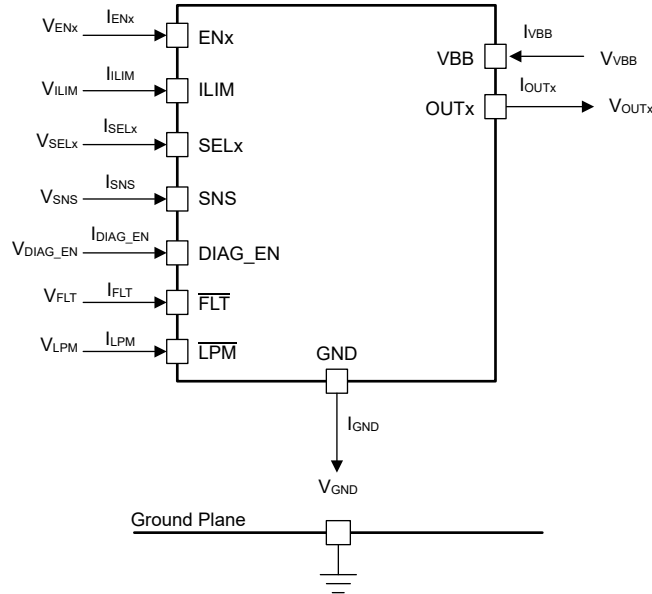


図 7-1. 電圧および電流の規則

### 7.3.2 低電力モード

低電力モード (LPM) は、静止電流をあまり消費することなく、負荷に少量の電流を供給できるように設計されています。この種の機能は、常時電力負荷の場合に役立ちます。または一般的に、単に電源からの消費電力量を低減する場合に役立ちます。このモード中の静止電流は、セクション 6.5 の  $I_{Q, LPM}$  で定義されます。TPS4HC120-Q1 は、すべてのアクティブ チャネルで負荷電流が  $I_{LPM, enter}$  未満であることを検出すると、自動的にこのモードに移行でき、負荷電流が  $I_{LPM, exit}$  を上回ると、このモードを終了できます。このセクションでは、このモードでの開始、終了、保護の仕組みについて説明します。

#### 7.3.2.1 LPM の開始

チャネルを流れる負荷電流がすべてのアクティブ チャネルで  $I_{LPM, enter}$  スレッシュホールドを下回ると、診断がオフ (DIAG\_EN は low) になり ( $t_{STBY}$  より長い間)、デバイスは自動的に LPM に移行します。これは、デジタル コアがオフになり、チャージポンプの強度が低下して、静止電流が  $I_{Q, LPM}$  に減少することを意味します。

デバイスが LPM に自動的に移行するには、以下のすべての要件を満たす必要があります。

- $T_J < 125^\circ\text{C}$
- $V_{BB} \geq 6\text{V}$
- DIAG\_EN は LOW
- 1 つ以上のチャネルがオン
- すべてのオンチャネルの負荷電流は各チャネル  $I_{LPM, enter}$  未満
- EN ピンのトグルなし
- $t_{STBY}$  より長い時間にわたって、上記の条件はすべて当てはまります

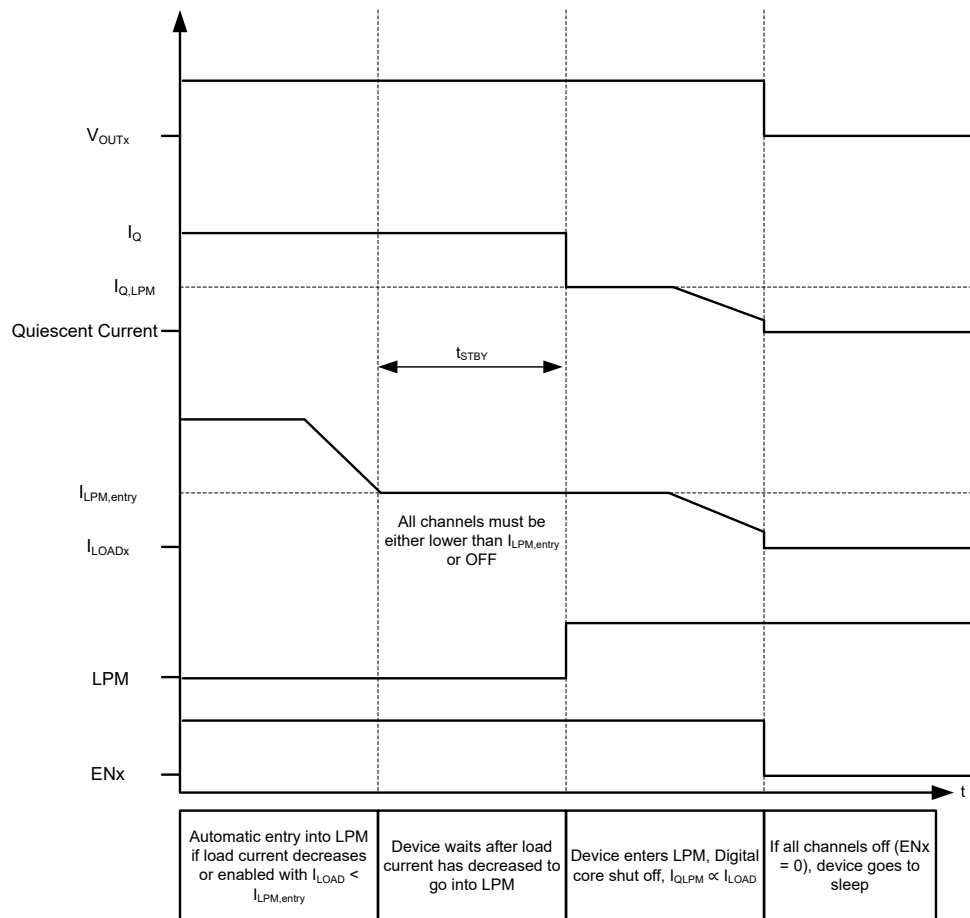


図 7-2. LPM の開始

### 7.3.2.2 LPM 中

LPM、 $I_{Q,LPM}$  中のデバイスの静止電流は、アクティブなチャネルの数の関数です。 $I_{Q,LPM}$  は負荷電流に比例します。つまり、この期間中に負荷電流が減少すると、静止電流は小さくなります。さらに、デジタル コアが無効になっているため、電流検出や開放負荷検出などの診断は、このモードでは利用できません。診断が必要な場合は、DIAG\_EN ピンを有効にして LPM を終了し、デバイスを通常の動作に戻します。DIAG\_EN がディスエーブルになると、デバイスは  $t_{STBY}$  後に LPM に戻ります。同様に、電流制限機構は、同じ方法でアクティブになりません。定義上、最小電流制限は LPM のエントリポイントよりも高くなります。ただし、デバイスを保護するために、短絡保護は依然として行われています。

以下の要約は、LPM 中のデバイスの動作を示しています：

- $I_Q$  はチャネルあたり  $I_{Q,LPM}$  に減少します
- チャネルあたりの  $R_{DS,ON}$  は  $R_{DS,ON,LPM}$  に増加します
- デバイスが最初に LPM を終了するため、過負荷状態のクランプ電流制限はありません
- 短絡保護機能が実装されており、LPM 中に負荷電流が  $I_{PK,LPM,exit}$  まで増加した場合、デバイスをシャットオフします
- サーマル シャットダウン保護なし



### 7.3.2.3 LPM の終了

次の 4 つの条件のいずれかが満たされると、デバイスは LPM を終了します。

- 負荷電流が低速に増加: 負荷電流が  $I_{LPM, exit}$  を超えてゆっくり増加した場合、デバイスはウェークアップして LPM ピンを low にし、デバイスが低消費電力モードでないことを通知します。出力電圧低下は最小限です。

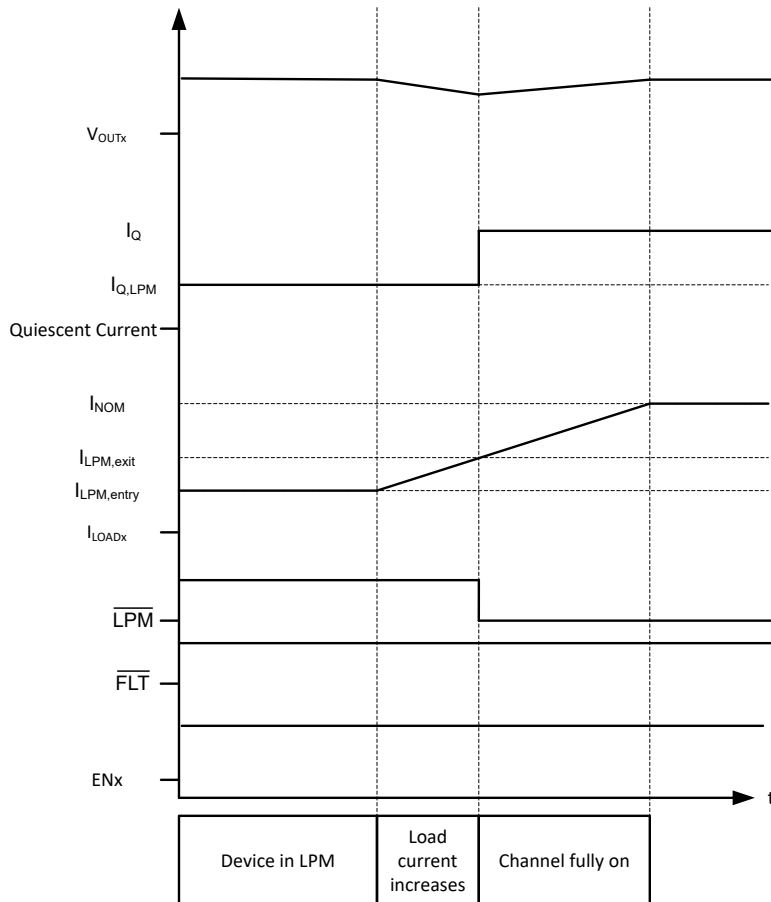


図 7-3. 負荷電流が低速に上昇して LPM を終了

- 負荷電流が急速に増加 (短絡): 負荷電流が  $I_{LPM, exit}$  を超えて急速に増加した場合、デバイスはシャットダウンして自身を保護し、通常動作時に  $t_{WAKE}$  時間以内にフル機能でオンに戻ります。このデバイスがオンになると、デバイスが LPM から復帰したことを示すために LPM ピンが LOW になります。FLT ピンは、故障が依然として存在する場合にも low になります。

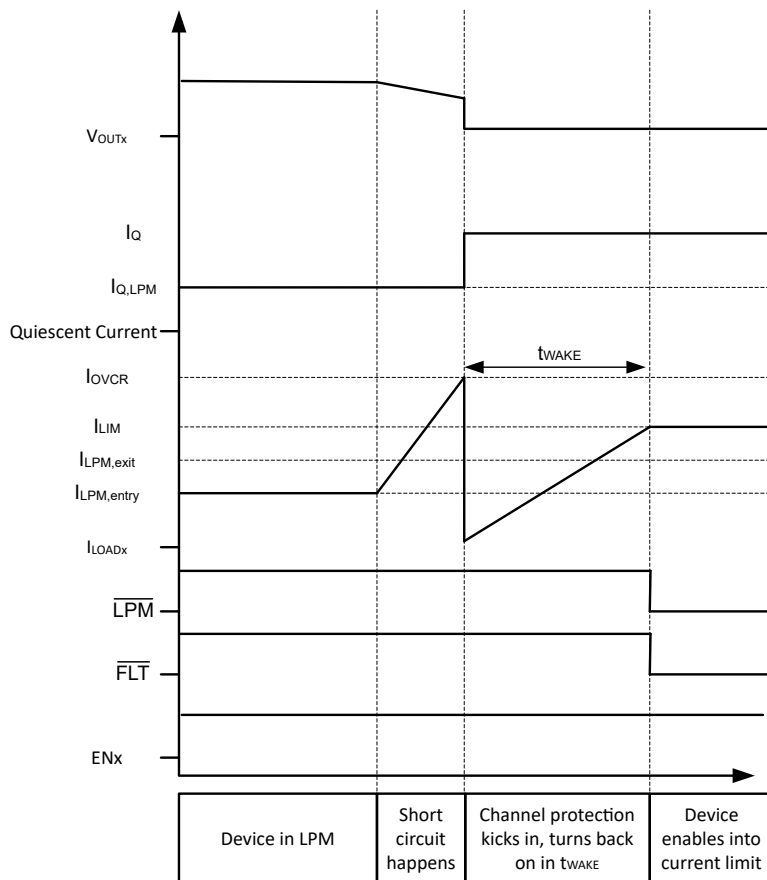


図 7-4. 急速な負荷電流増加で LPM を終了 (短絡)

- 任意の  $ENx$  が切り替えられます (オンからオフ、またはオフからオン)。LPM 中にいずれかのチャンネルがオンまたはオフになると、デバイスはウェークアップし、目的のアクションを実行します。デバイスがウェークアップした後で、LPM エントリ条件がまだ満たされている場合、デバイスは  $t_{STBY}$  後に LPM に再度移行します。
- DIAG\_EN がオンになる:**  $DIAG\_EN$  が high になると、デバイスは診断モードに移行してデバイスを完全にオンにすることで、すべての機能が **DIAGNOSTIC** 状態で意図したとおりに動作するようにします。  $DIAG\_EN$  が low に戻ると、すべての LPM エントリ条件が満たされて、デバイスは  $t_{STBY}$  後に LPM に戻ります。

デバイスが LPM から ACTIVE 状態に復帰するときは常に、LPM ピンは LOW になります。デバイスが LPM から復帰したときにシステムをウェークアップする必要がある場合は、LPM ピンを使用して MCU にウェークアップ信号を送信できます。それ以外の場合は、LPM ピンは無視します。

### 7.3.3 高精度電流センス

高精度の電流センスを内部に実装することにより、キャリブレーションを追加することなく、より優れたリアルタイム監視効果と高精度の診断機能を得ることができます。電流ミラーを使用して負荷電流の  $1/K_{SNS}$  を調達し、SNS ピンと GND の間の外付け抵抗に流して、SNS ピンの電圧として反映させます。

$K_{SNS}$  は、出力電流とセンス電流との比です。電気的特性に記載されている  $K_{SNS}$  の精度は、温度と電源電圧を考慮した値です。各デバイスは製造時に内部で校正されているため、ほとんどの場合、ユーザーによる後校正は必要ありません。

SNS ピンの最大出力電圧は、フォルト電圧レベルである  $V_{SNSFH}$  にクランプされます。この電圧がシステムの許容電圧を超えないように、 $DIAG\_EN$  ピンの最大電圧は SNS ピンの電圧に制限されています。  $DIAG\_EN$  が  $V_{IH}$  と 3.3V の間であれば、SNS ピンの最大出力は約 3.3V です。ただし、 $DIAG\_EN$  の電圧が 3.3V を上回る場合、フォルト SNS 電圧  $V_{SNSFH}$  は、最大 5V までの電圧に追従します。  $DIAG\_EN$  を通じて診断に電力を供給する GPIO 電圧出力が同じマイクロコントローラ内の許容最大 ADC 電圧に近い場合、トラッキングが行われます。このため、センス抵抗値  $R_{SNS}$  を選択し

て、システムで測定する必要がある電流範囲を最大化するよう選択できます。 $R_{SNS}$  の値は、アプリケーションの必要性に基づいて選択する必要があります。使用可能な  $R_{SNS}$  の最大値が、システムで測定する必要がある最小の負荷電流  $I_{LOAD,min}$  である場合、ADC の最小許容電圧  $V_{ADC,min}$  によって制限されます。システムがフォルトを正しく判定できるように、許容できる  $R_{SNS}$  の最小値は、 $V_{SNS}$  電圧が  $V_{SNSFH}$  値より低くなるようにする必要があります。 $SNS$  ピンを流れる最大読み取り可能電流、 $I_{LOAD,max} \times R_{SNS}$ 、 $V_{SNSFH}$  との差をヘッドルーム電圧  $V_{HR}$  と呼びます。ヘッドルーム電圧はシステムによって決定されますが、読み取り可能な最大電流とフォルト条件に差を設けるために重要です。したがって、 $R_{SNS}$  の最小値は、 $V_{SNSFH}$  から  $V_{HR}$  を引き、検出電流比を掛け、 $K_{SNS}$  をシステムが測定する必要がある最大負荷電流 ( $I_{LOAD,max}$ ) で割った値にする必要があります。境界方程式を求めるには、以下の式を使用します。

$$V_{ADC,min} \times K_{SNS} / I_{LOAD,min} \leq R_{SNS} \leq (V_{SNSFH} - V_{HR}) \times K_{SNS} / I_{LOAD,max} \quad (1)$$

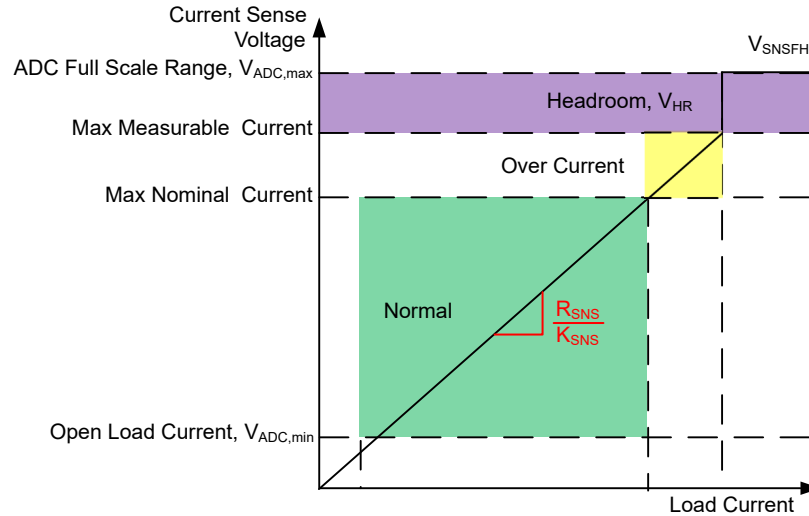


図 7-5. 電流センスピンの電圧表示

システムが読み取る最大電流  $I_{LOAD,max}$  は、電流制限しきい値以下とする必要があります。これは、電流制限しきい値をトリップすると、 $V_{SNS}$  値が  $V_{SNSFH}$  になるためです。

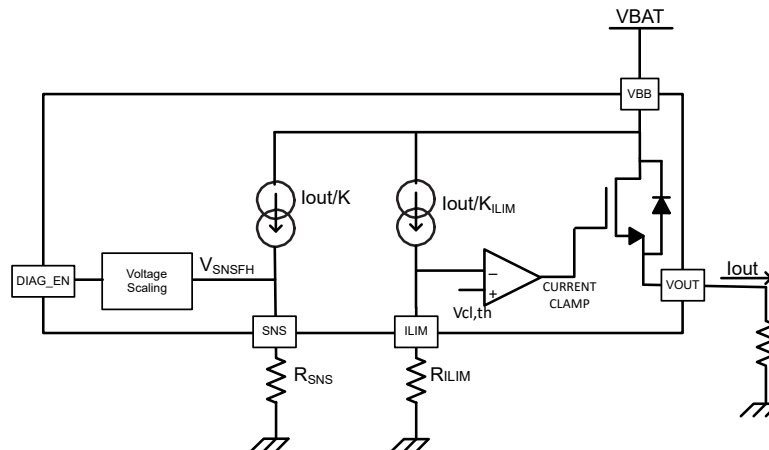


図 7-6. 電流センスおよび電流制限のブロック図

この方式はマイコンによって印加される電圧に基づいて調整されるので、高電圧から保護するために  $SNS$  ピンにツェナーダイオードを接続する必要はありません。

### 7.3.4 調整可能な電流制限

高精度で調整可能な電流制限により、短絡時または電源オン時に許容可能なレベルにプログラムすることで電源およびワイヤを保護し、より高い信頼性を実現しています。また、電流制限により、PCB トレース、コネクタ サイズ、および前段の電力を削減し、可能な限りワイヤ ゲージも下げることで、システムのコストを節約できます。

電流制限は、過度のストレスから負荷および内蔵パワー FET まで保護します。電流制限は出力電流を設定値に調整し、 $\overline{\text{FLT}}$  ピンをアサートし、デバイスが SNS ピンのそのチャネルを出力するように設定されている場合は、SNS ピンを  $V_{\text{SNSFH}}$  にプルアップします。

本デバイスは、ILIM ピンの外付け抵抗を使って、さまざまな電流制限値にプログラムできます。10 個の電流制限設定があり、表 7-1 に示す抵抗値に基づいて設定されます。 $R_{\text{ILIM}}$  抵抗には許容誤差  $\leq 1\%$  を推奨します。

**表 7-1. 外付け抵抗による電流制限設定**

許容される抵抗値 <sup>(1)</sup>	ILIM しきい値
57.6k $\Omega$	250mA
43.2k $\Omega$	500mA
31.6k $\Omega$	750mA
23.2k $\Omega$	1A
16.5k $\Omega$	1.25A
9.76k $\Omega$	1.5A
4.87k $\Omega$	1.75A
2.49k $\Omega$	2A
GND 短絡、(< 1.1k $\Omega$ )	2.25A
オープン (> 60k $\Omega$ )	5A

(1) この表に記載されていない抵抗設定は、隣接するレベルの 1 つとして解釈できますが、推奨する設定ではありません。

異なる突入電流制限と定常状態電流制限を設定するには、デバイスがオンのときに電流制限抵抗を動的に変更します。MOSFET ベースの制御方式を採用して、電流制限を動的に変更します。ただし、ILIM ピンの部品とレイアウトを慎重に考慮し、ピンの静電容量を最小限に抑える必要があります。ILIM ピンに 100pF 以上の静電容量があると、電流制限機能に影響を与える可能性があります。動的電流制限には、低入力静電容量を持つ MOSFET を選択してください。

電流制限イベントは、 $I_{\text{OUTx}}$  が規制しきい値レベル  $I_{\text{CL}}$  に達したときに発生します。 $I_{\text{OUT}}$  が電流制限しきい値  $I_{\text{CL}}$  に達すると、デバイスは有効なまま、 $I_{\text{OUTx}}$  を  $I_{\text{CL}}$  に制限することができます。デバイスが有効なまま (および  $I_{\text{OUT}}$  に制限) である場合、FET の消費電力が多いため、サーマルシャットダウンがトリガされることがあります。図 7-7 に、短絡が発生して本デバイスが有効化されたときのレギュレーション ループ応答を示します。この図は、セクション 4 に示す自動再試行バージョンのシナリオを示しています。最初のサーマル シャットダウンの後、LATCH バージョンはラッチ オフされます。電流は、規制しきい値 ( $I_{\text{CL}}$ ) よりも高い値 ( $I_{\text{CL\_ENPS}}$ ) でピークになることがあることに注意してください。

過電流イベントが発生した場合、短絡時に観測されるピーク電流を制限するために、電流制限が迅速に応答する必要があります (高温と短絡時の両方)。電源容量に応じて、電源がドロップしないようにピークを制限します。このピーク制限は、デバイスが車のバッテリーではなく DC/DC から電源供給されるアプリケーションにおいて特に重要です。

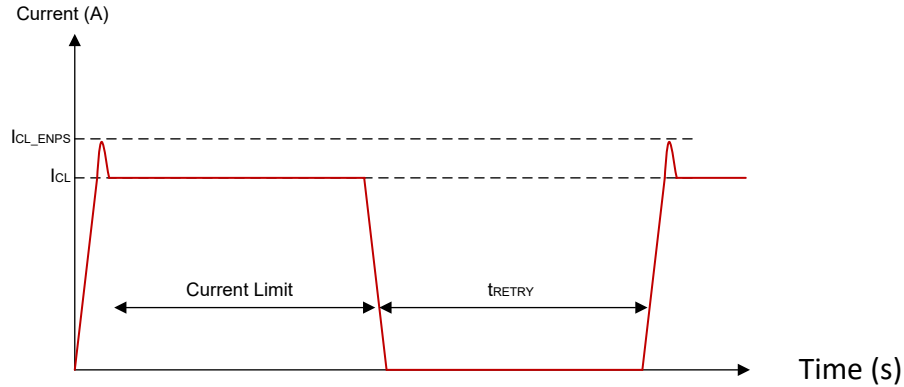


図 7-7. 短絡電流制限の有効化 (自動再試行バージョン)

ただし、電流制限が適用される前で、過負荷状態のときに、スイッチから、電流制限調整ループしきい値 ( $I_{CL\_LINPK}$ ) よりも高い出力電流が流れることがあります。

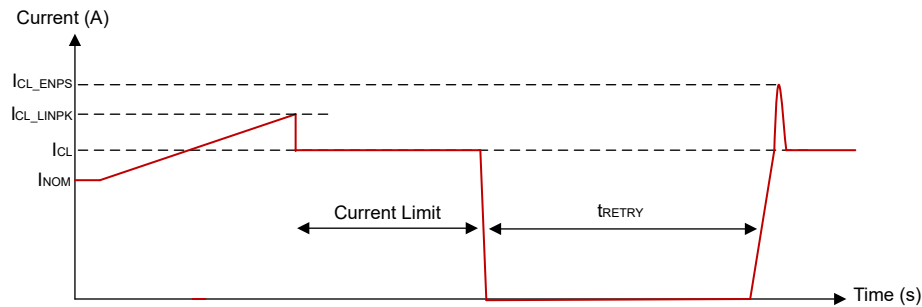


図 7-8. ソフト短絡からのリニア ピーク (自動再試行バージョン)

このデバイスでは、スイッチが有効な間、短絡イベント時の電流を制限するため、強力なプルダウン抵抗を適用しています。その後、電流制限調整ループが作動する前に、電流がゼロまで低下し、スイッチがオンになりますが、この動作は、短絡発生時の有効化と同様です。

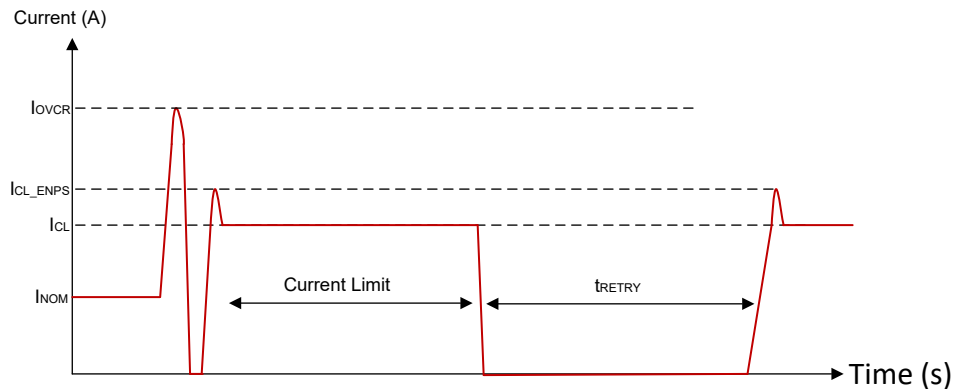


図 7-9. ホット短絡イベント (自動再試行バージョン)

### 7.3.5 誘導性負荷のスイッチオフ クランプ

誘導性負荷をオフに切り替えると、誘導性リアクタンスによって負の出力電圧を引き寄せる傾向があります。過度の負電圧があると、パワー FET が機能しなくなる可能性があります。パワー FET を保護するために、ドレインとソースの間の内部クランプとして  $V_{DS(clamp)}$  が実装されています。

$$V_{DS(clamp)} = V_{VS} - V_{OUT} \quad (2)$$

消磁時間 ( $t_{DECAY}$ ) の間、インダクタンス-エネルギーを消費するためにパワー FET がオンになります。総エネルギーは、ハイサイドスイッチで消費されます。総エネルギーには、電源のエネルギー ( $E_{(VS)}$ ) と負荷のエネルギー ( $E_{(LOAD)}$ ) が含まれます。抵抗がインダクタンスと直列になっている場合は、負荷のエネルギーの一部が抵抗で消費されます。

$$E_{(HSS)} = E_{(VS)} + E_{(load)} = E_{(VS)} + E_{(L)} - E_{(R)} \quad (3)$$

誘導性負荷がオフになると、 $E_{(HSS)}$  によりデバイスに高い熱ストレスが加わります。消費電力の上限は、そのデバイスに固有の容量、周囲温度、および基板の消費電力条件によって異なります。

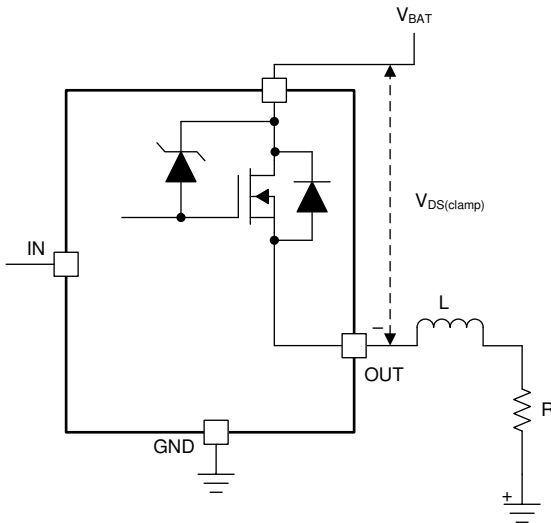


図 7-10. ドレイン-ソース間クランプ構造

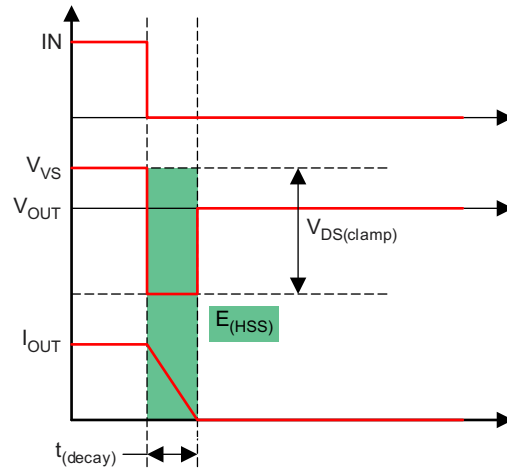


図 7-11. 誘導性負荷のスイッチングオフ図

ハイサイドスイッチの観点から、 $E_{(HSS)}$  は、消磁時間中の積分値に等しくなります。

$$\begin{aligned}
 E_{(HSS)} &= \int_0^{t_{(decay)}} V_{DS(clamp)} \times I_{OUT}(t) dt \\
 t_{(decay)} &= \frac{L}{R} \times \ln \left( \frac{R \times I_{OUT(max)} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|} \right) \\
 E_{(HSS)} &= L \times \frac{V_{VS} + |V_{OUT}|}{R^2} \times \left[ R \times I_{OUT(max)} - |V_{OUT}| \ln \left( \frac{R \times I_{OUT(max)} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|} \right) \right]
 \end{aligned} \quad (4)$$

$R$  がほぼ 0 に等しいとき、 $E_{(HSD)}$  は、単純に次のように求めることができます。

$$E_{(HSS)} = \frac{1}{2} \times L \times I_{OUT(max)}^2 \times \frac{V_{VS} + |V_{OUT}|}{|V_{OUT}|} \quad (5)$$

PWM 制御された誘導性負荷の場合、反復電力ストレスからデバイスを保護するため、[図 7-12](#) に示す外部フリーホイール回路を追加することを推奨していますので、注意してください。TVS は、高速減衰を実現するために使用されます。[図 7-12](#) も参照してください。

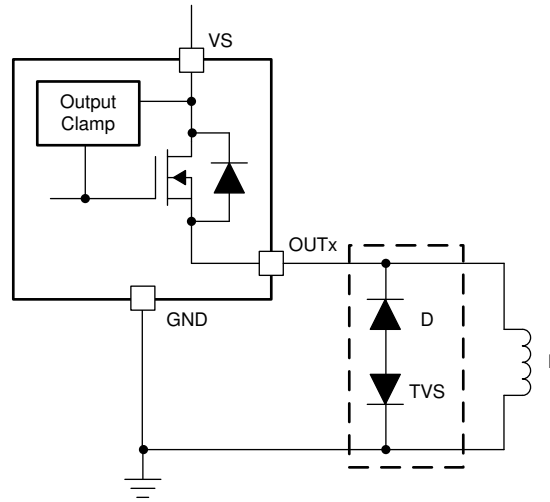


図 7-12. 外部回路による保護

### 7.3.6 フォルト検出および通知

#### 7.3.6.1 診断イネーブル機能

DIAG\_EN ピンは診断機能をイネーブルまたはディスエーブルします。複数のデバイスを使用しても、マイコン内の ADC リソースが制限されている場合、マイコンは GPIO を使用して DIAG\_EN を High に設定して一方のデバイスの診断をイネーブルにし、DIAG\_EN を Low に設定することで他のデバイスの診断をディスエーブルにできます。また、DIAG\_EN と ENx を Low に設定することで、デバイスは消費電力を最小限に抑えることができます。

#### 7.3.6.2 電流センス回路図

SELx ピンは、同じデバイス内の 4 つのチャンネル間で共有の電流センス機能を多重化するために使用します。各ピンを High または Low にすると、DIAG\_EN が High の場合、対応するチャンネルが SNS ピンに出力されます。FLT は、いずれかのチャンネルでフォルトが発生した場合に Low になるグローバル割り込みを表します。

電流センス情報が異なるデバイス間で多重化されている場合、SNS ピンを複数のデバイスで直接接続しないでください。DIAG\_EN が Low のときは、SNS ピンの内部にあるクランプの電圧は約 2V にクランプします。1 つのデバイスの SNS ピンを直接接続すると、他のデバイスの SNS リードバックに影響を与える可能性があります。

複数のデバイスにまたがる SNS ピンを使用するには、[図 7-13](#) に示すように、個別の SNS ピンを MCU の異なるアナログ入力ピンに接続することを推奨します。または、[図 7-14](#) に示すように、外部アナログマルチプレクサを使用して単一の MCU ピンに接続することもできます。

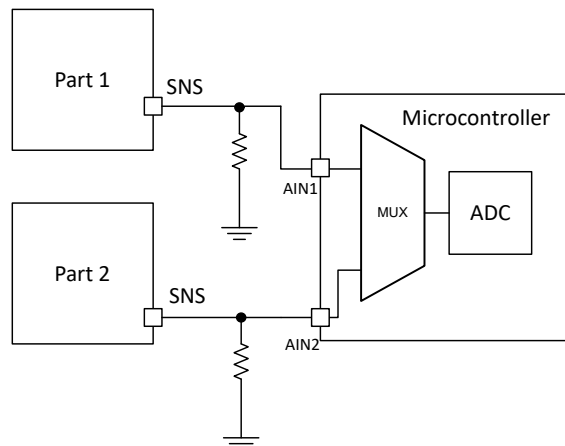


図 7-13. 複数デバイスにまたがる SNS を共有する方  
法 1

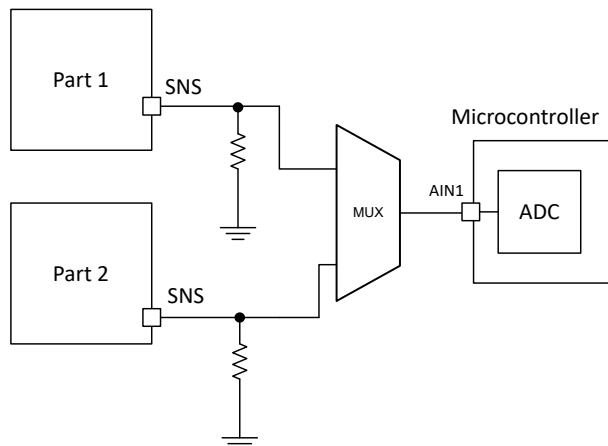


図 7-14. 複数デバイスにまたがる SNS を共有する方  
法 2

表 7-2. 診断設定表

DIAG_EN	ENx	SEL0	SEL1	SNS 有効化チャネ ル	SNS	FLT	保護および診断
L	H	—	—	—	0V ピンに外部電圧 が印加される場合、 内部で 2V にクラン プします。	表 7-3 を 参照	SNS 無効、FLT 通知、完全保護
	L					ハイ インピ ーダンス	診断無効、保護なし
H	—	0	0	チャンネル 1	表 7-3 を参照	表 7-3 を 参照	表 7-3 を参照
		0	1	チャンネル 2			
		1	0	チャンネル 3			
		1	1	チャンネル 4			



### 7.3.6.3 FAULT 通知

グローバル  $\overline{\text{FLT}}$  ピンは、すべてのチャネルの間のグローバル フォルト状況を監視するために使われます。いずれかのチャネルで故障状態が発生した場合、 $\overline{\text{FLT}}$  ピンは **GND** にプルダウンされます。マイコンの電源レベルに合わせて、**3.3V** または **5V** 外部プルアップが必要です。 $\overline{\text{FLT}}$  ピンは、デバイスがスリープ モードでも低消費電力モードでもない限り、任意のチャネルの異常を検出出力します。

$\overline{\text{FAULT}}$  通知の後、マイコンは多重化した電流センシングによりフォルト状態のチャネルを確認および識別できます。 $\text{DIAG\_EN}$  が **high** の場合、 $\text{SNS}$  ピンは内部プルアップ電圧  $V_{\text{SNSFH}}$  による異常検出出力としても機能します。

### 7.3.6.4 フォルト表

表 7-3. フォルト表

条件	ENx	OUTx	SNS (if DIAG_EN is High)	FLT (with external pullup)	動作	FAULT 回復
通常	L	L	0	H	通常	—
	H	$\frac{V_{\text{BB}} - I_{\text{LOAD}} \times R_{\text{ON}}}{I_{\text{LOAD}} / \text{SNS}}$	$I_{\text{LOAD}} / \text{SNS}$	H	通常	—
過電流	H	$\frac{V_{\text{BB}} - I_{\text{LIM}} \times R_{\text{ON}}}{V_{\text{SNSFH}}}$	$V_{\text{SNSFH}}$	L	サーマルシャットダウンまで、または過電流イベントが解消したとき、電流制限の電流を保持します。	車載
開放負荷、バッテリーへの短絡、逆極性	L	H	$V_{\text{SNSFH}}$	L	内部プルアップ抵抗がアクティブ。 $V_{\text{VS}} - V_{\text{OUTx}} < V_{(\text{ol}, \text{off})}$ のときフォルトがアサートされます	車載
	H	H	$\frac{I_{\text{LOAD}}}{K_{\text{SNS}}} \approx 0$	H	通常の動作。ユーザーは、 $\text{SNS}$ ピン出力に基づいて判定できます。	—
ホットショート	H	L	$V_{\text{SNSFH}}$	L	デバイスは即座にシャットダウンし、電流制限モードに再度入ります。	サーマルシャットダウンが完了するまで、電流制限を自動再試行します。自動再試行バージョンは、フォルトが解消するまで繰り返されます。ラッチバージョンでは、最初のサーマルシャットダウン後に $\text{EN}$ を切り替える必要があります。
永久短絡の有効化	$L \rightarrow H$	L	$V_{\text{SNSFH}}$	L	サーマルシャットダウンになるまで、デバイスは電流制限を有効化しています。	サーマルシャットダウンまで電流制限を有効にします。自動再試行バージョンは、フォルトが解消するまで繰り返されます。ラッチバージョンでは、最初のサーマルシャットダウン後に $\text{EN}$ を切り替える必要があります。
絶対的なサーマルシャットダウン、相対的なサーマルシャットダウン	H	L	$V_{\text{SNSFH}}$	L	デバイスが相対的または絶対的なサーマルシャットダウンに達するとシャットダウンします。	自動再試行バージョンの場合、 $t_{\text{RETRY}}$ 後に自動再試行が出力されます。 $T_{\text{J}} < T_{\text{HYS}}$ または $\text{ENx}$ が切り替わると、フォルトは回復します。ラッチバージョンは、 $\text{EN}$ が切り替わったときのみ回復できます。
極性反転	X	X	X		X	チャネルをオンにして消費電力を抑えます。外部グラウンドネットワークを使用して、グラウンドピンへの電流を制限します。

### 7.3.7 全診断機能

#### 7.3.7.1 GND 短絡および過負荷保護

チャンネルがオンのとき、GND 短絡または過負荷状態により過電流が発生します。過電流によって内部または外部の電流制限しきい値のいずれかがトリガされた場合、フォルト状態が通知されます。マイコンは、スイッチをオフにすることで、過電流に対処できます。デバイスは、サーマル シャットダウンが発生するまで、電流を  $I_{CL}$  にクランプします。フォルト状態が解消されると、TPS4HC120A は自動的に回復します。

高温による短絡状態で、EN が high のときに短絡が起きると、図 7-9 に示す通り、デバイスは直ちにシャットダウンし、永久短絡状態の有効化と同じように自動再試行を行います。

#### 7.3.7.2 オープン負荷の検出

##### 7.3.7.2.1 チャンネル オン

チャンネルがオンのとき、小さな電流範囲で高精度の電流センスを活用でき、開放負荷イベントが発生した場合、そのチャンネルは超低  $V_{SNS}$  として検出され、マイコンによって処理できます。この検出は、**FAULT** ピンやフォルトレジスタには通知されないので注意してください。マイコンは、SNS ピンに正しいチャンネル出力を出力するために SEL ピンと SEH ピンを多重化する必要があります。

##### 7.3.7.2.2 チャンネル オフ

オフ状態で、DIAG\_EN が High のとき、内部プルアップ抵抗  $R_{OL}$  によってチャンネルを  $V_{BB}$  にプルアップします。プルアップされる特定のチャンネルは SEL0 と SEL1 の選択に基づいており、他のチャンネルにはプルアップ抵抗が接続されていません。

選択したチャンネルに負荷が存在する場合、負荷は  $R_{OL}$  よりもはるかに大きいため、出力電圧は約 0V にプルダウンされます。開放負荷の場合、出力電圧は  $R_{OL}$  によって電源電圧付近にプルダウンされます。選択されたチャンネルで  $V_{BB} - V_{OUT} < V_{OL,off}$  の場合、FLT ピンが Low になってマイコンにフォルトが通知されると、SNS ピンは  $I_{SNSFH}$  にプルアップされます。

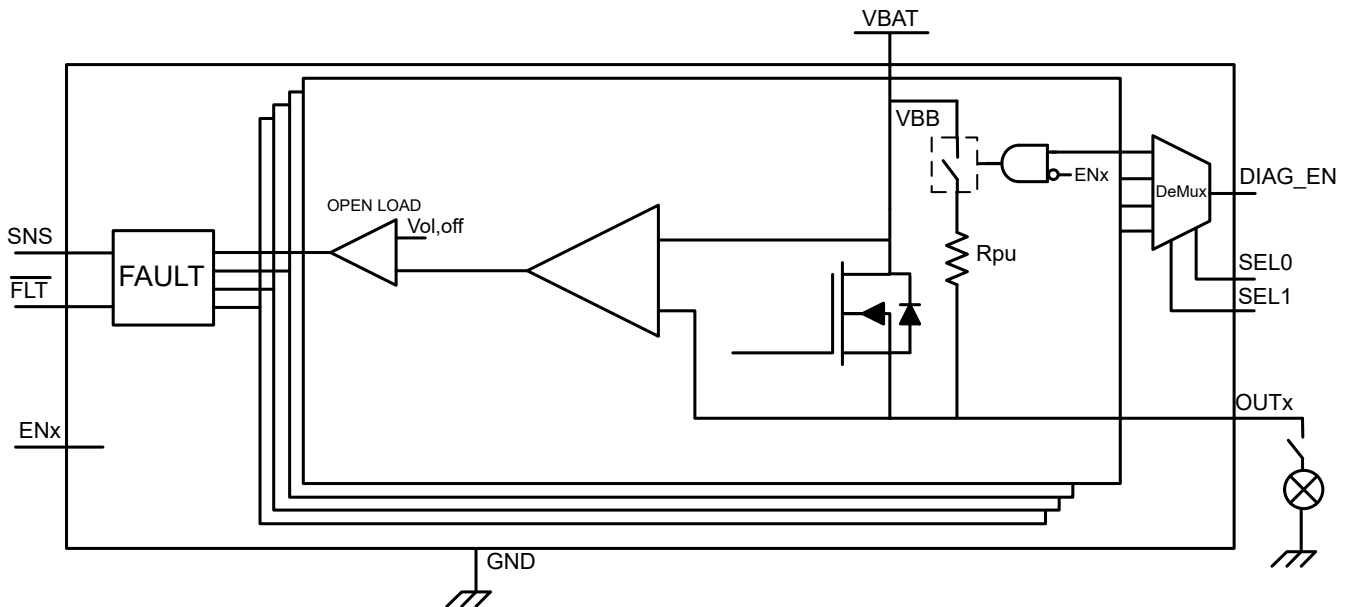


図 7-15. オフ状態での開放負荷検出

#### 7.3.7.3 バッテリへの短絡の検出

バッテリーへの短絡に対する検出メカニズムおよび動作は、オン状態とオフ状態の両方で、開放負荷検出と同じです。詳細については、表 7-3 を参照してください。

#### 7.3.7.4 逆極性およびバッテリー保護

逆極性（一般に逆バッテリーと呼ばれます）は、デバイスのグラウンドがバッテリー電位になる  $V_{GND} = V_{BAT}$  で、電源ピンがグラウンドに接続される  $V_{BB} = 0V$  のときに発生します。この場合、EN2 ピンにグラウンドプレーンへのパスがあれば、FET はオンになり、メイン チャネルを通じて消費電力を低減させ、ボディダイオードを通じて流れる電流を防ぎます。逆接続イベント時にデバイスを保護するためには、供給側に中央ブロッキングダイオードがない場合、抵抗ダイオードからなる接地ネットワークが必要です。

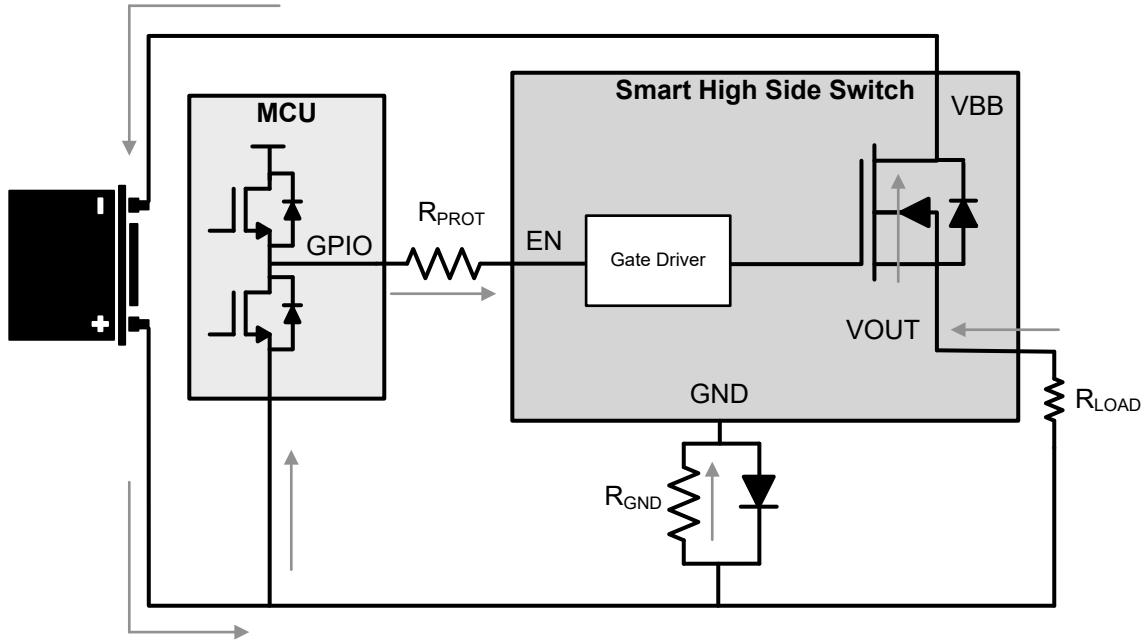


図 7-16. 逆バッテリー回路

セクション 7.3.8.4 および 表 7-3 も参照してください。

#### 7.3.7.5 サーマルフォルト検出

過酷な電力ストレスの発生時にデバイスを保護するため、このデバイスには、絶対温度保護（絶対サーマル シャットダウン）と動的温度保護（相対サーマル シャットダウン）という 2 種類のサーマルフォルト検出機能が実装されています。それぞれの温度センサが各パワー FET の近くに内蔵されているため、各チャネルによりサーマルフォルトが通知されます。この配置により、一部のチャネルがサーマルフォルト状態のときに、本デバイスはクロスチャネル効果を最小限に抑えることができます。

##### 7.3.7.5.1 過熱保護動作

過熱保護動作は、起こり得るイベントを 3 つのカテゴリに分割することができます。図 7-17 に、これらの各カテゴリを示します。

1. **相対サーマル シャットダウン:** デバイスは、過電流イベントでも有効です。出力電流は  $I_{ILIM}$  レベルまで上昇し、 $\overline{FLT}$  は low になります。このように大量の電流が流れるため、FET の接合部温度はコントローラの温度に対して急速に上昇します。パワー FET 温度がコントローラの接合部温度  $\Delta T = T_{FET} - T_{CON} > T_{REL}$  を上回ると  $T_{REL}$  に上昇すると、デバイスはシャットダウンします。自動再試行バージョンでは、 $t_{RETRY}$  後にデバイス自体が再起動を試みます。ラッチバージョンでは、チャネルを再度有効にするため、EN を切り替える必要があります。 $\overline{FLT}$  ピンは、故障状態が解消されるまでアサートされたままになります。
2. **絶対サーマル シャットダウン:** 過電流イベントでもデバイスは有効なままです。ただし、この場合、接合部温度は上昇し、絶対基準温度  $T_{ABS}$  に達すると、シャットダウンされます。自動再試行バージョンでは、 $T_J < T_{ABS} - T_{hys}$  と  $t_{RETRY}$  タイマが共に終了するまで、デバイスは回復しません。ラッチバージョンの場合、チャネルを再度有効にするには、EN を切り替える必要があります。

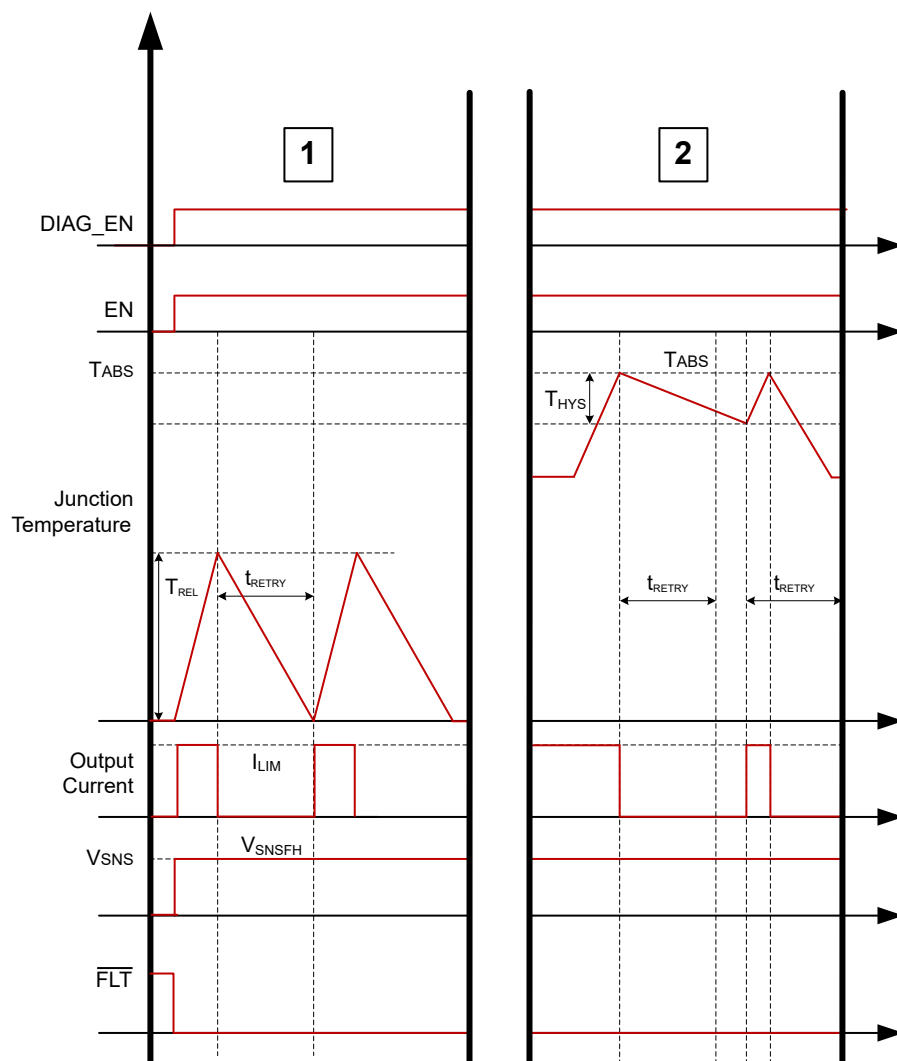


図 7-17. 自動再試行バージョンの熱特性

### 7.3.8 全保護機能

#### 7.3.8.1 UVLO 保護

デバイスは電源電圧  $V_{VBB}$  を監視することで、 $V_{VBB}$  が低すぎるときに予期しない動作が発生することを防ぎます。 $V_{VBB}$  が  $V_{UVLOF}$  を下回ると、デバイスはシャットダウンします。 $V_{VBB}$  が  $V_{UVLOR}$  まで上昇すると、デバイスはオンになります。

#### 7.3.8.2 GND 喪失保護

GND 喪失が発生すると、入力 High か Low かどうかに問わず、出力はオフになります。

**ケース 1 (デバイス/IC GND 喪失):** サーマル パッド (Tab)、IC\_GND、電流制限グラウンドが 1 つのパターンで、システムグラウンドに接続されているとき、GND 喪失保護がアクティブになります (図 7-18 を参照)。

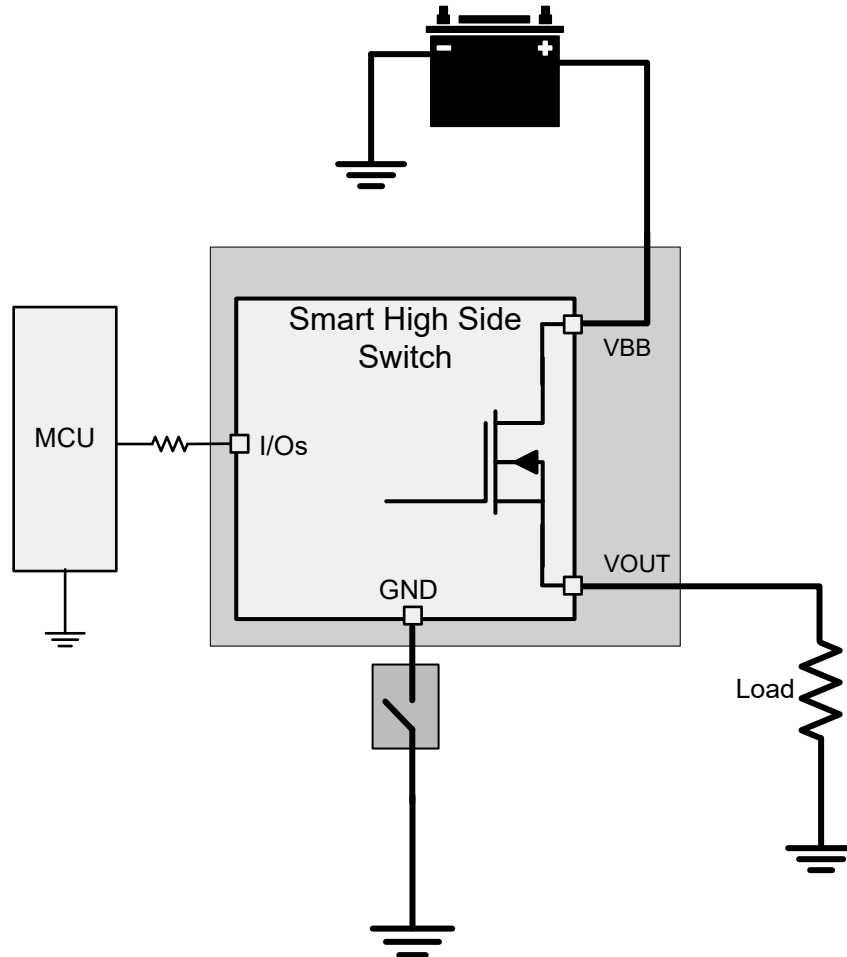


図 7-18. デバイスの GND 喪失

ケース 2 (モジュールの **GND 喪失**): ECU モジュール全体の GND が失われた場合、保護機能もアクティブになります。この状態では、負荷の GND は引き続き接続されています。

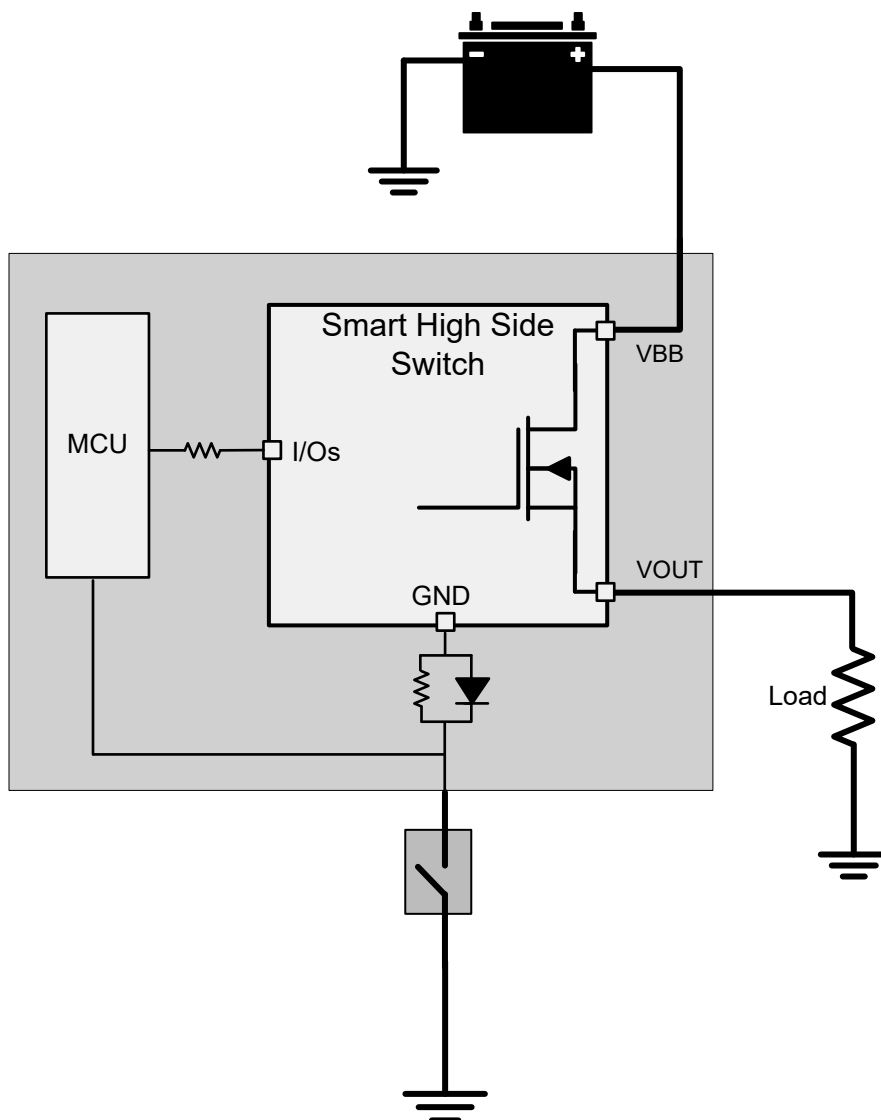


図 7-19. モジュールの GND 喪失

### 7.3.8.3 電源喪失保護

電源喪失が発生すると、入力が **High** か **Low** かどうかに関わらず、出力はオフになります。抵抗性または容量性負荷の場合は、それ以上電力を必要としないため、電源喪失保護は簡単に実現できます。ワースト ケースは、充電された誘導性負荷の場合です。この場合は、インダクタンス出力ループを維持するために、すべての **IO** から駆動電流が流れます。TI では、マイコンの直列抵抗プラス **GND** ネットワーク(ダイオードと抵抗を並列に接続)、または外部のフリーホイール回路を推奨します。

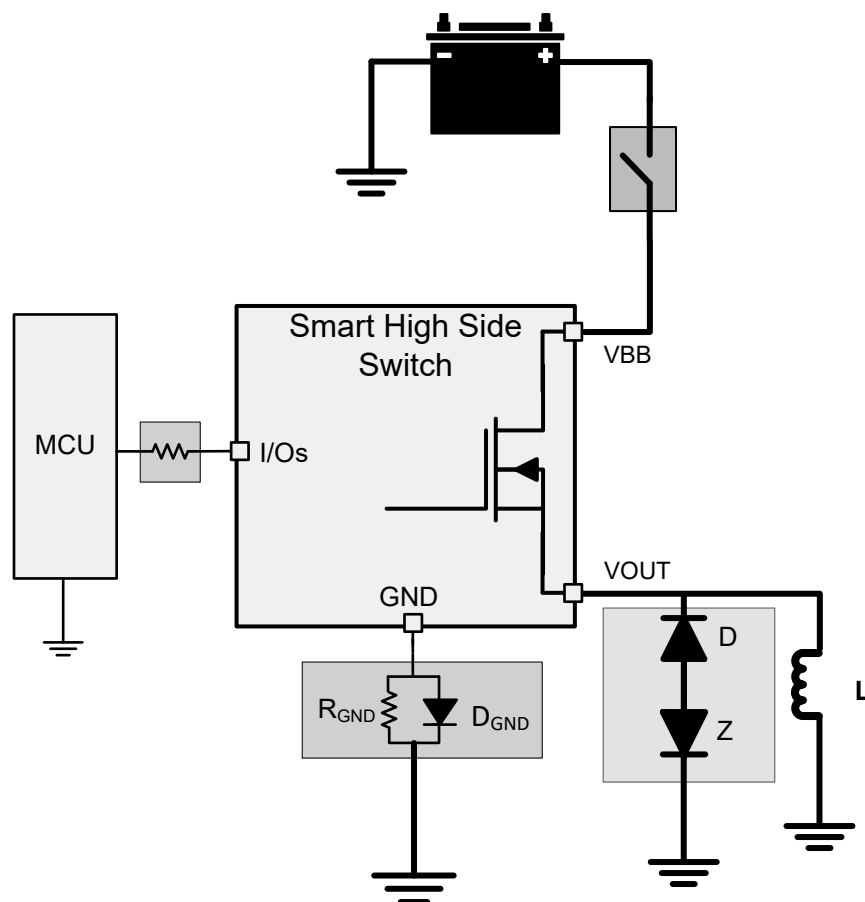


図 7-20. バッテリーの損失

#### 7.3.8.4 逆極性保護

**方法 1:  $V_{BB}$  にブロック ダイオードを接続。** 逆極性時にデバイスと負荷の両方が保護されます。ブロッキングダイオードは、バッテリーの逆接続条件では電流を流しません。

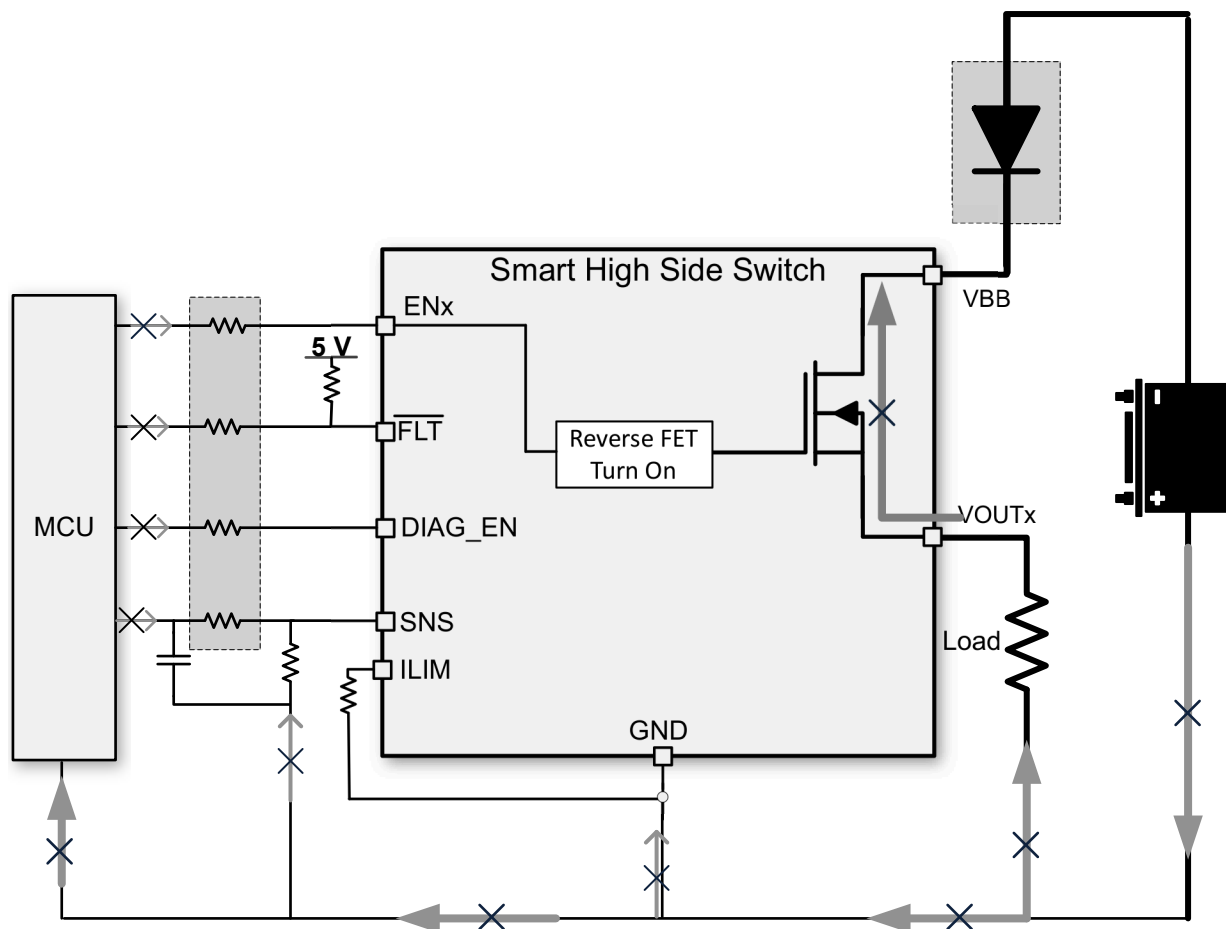


図 7-21. ブロック ダイオードによる逆電流保護

**方法 2 (GND ネットワーク保護):** この接続では、ハイサイド デバイスだけが保護されます。負荷の逆電流は、負荷のインピーダンスによって制限されます。逆極性が生じた場合、パワー FET を流れる連続逆電流による熱が絶対最大接合部温度を超えないようにしてください。デバイスの温度は、 $R_{ON(REV)}$  値と  $R_{\theta JA}$  仕様を用いて計算されます。バッテリーの逆接続条件では、電力損失を抑えるために FET をオンにすることが重要です。この動作は、正電圧が印加されている EN からシステムグランドまでの経路を通じて実現できます。デバイスの GND と基板の GND との間に使用する接続の種類に関わらず、GND 電圧のシフトが発生する場合は、通常動作を維持するために以下のような適切な接続を確保してください:

- デバイスの GND に電流制限プログラマブル抵抗を接続します。



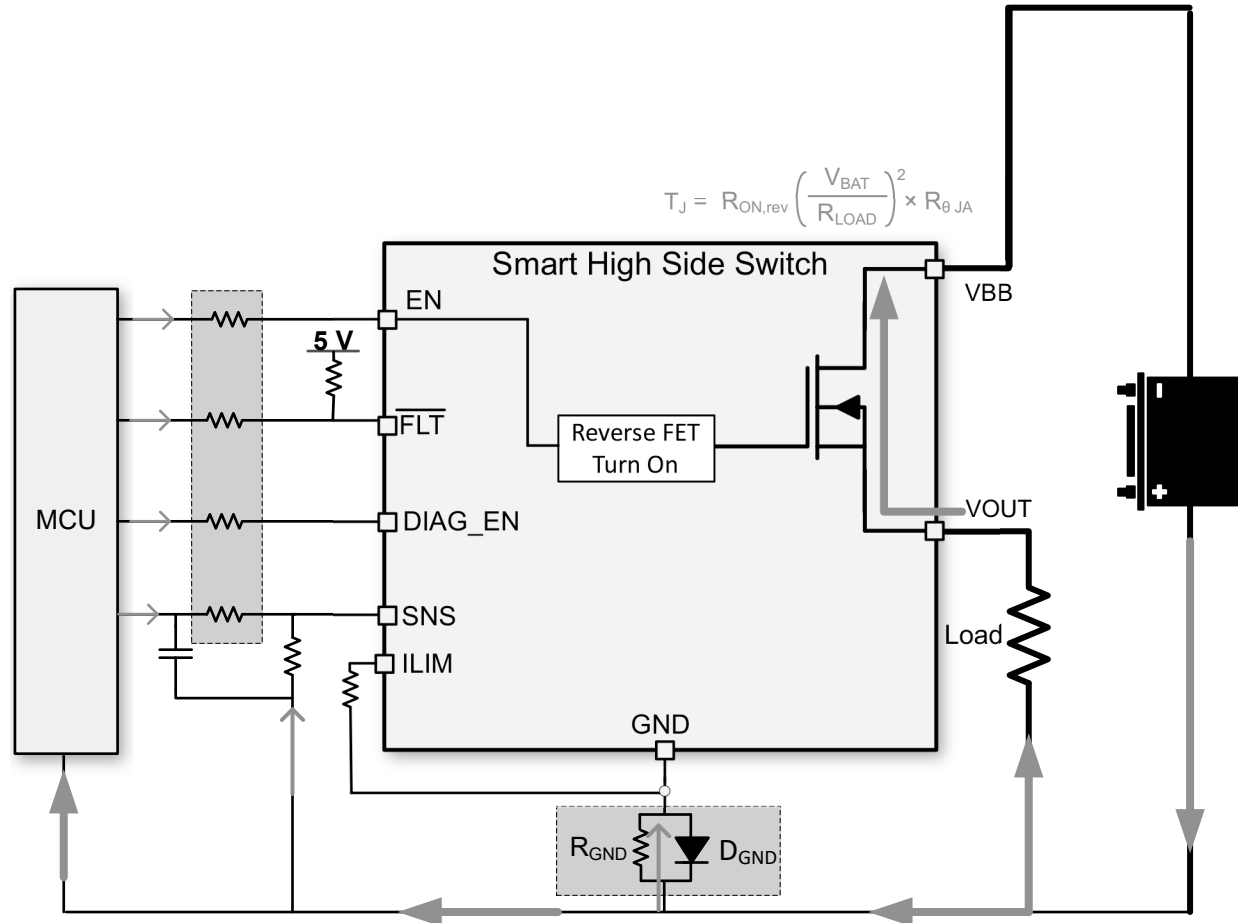


図 7-22. GND ネットワークによるリバースプロテクション

- 推奨事項—抵抗とダイオードを並列接続:** 誘導性負荷がスイッチオフになるときに、負のピーク スパイクが発生する場合があります。HSD またはダイオードの破損につながるおそれがあります。そのため、TI は誘導負荷を駆動する際に、ダイオードと並列に抵抗を接続することを推奨しています。1kΩ 抵抗と  $I_F > 100\text{mA}$  のダイオードを選んで並列に使用することを推奨します。複数のハイサイド スイッチを使用する場合は、デバイス間で抵抗とダイオードを共有できます。
- 複数のハイサイド パワー スイッチを使用する場合は、デバイス間で抵抗を共有できます。**
- グラウンド抵抗:** バッテリの逆接続または負の ISO パルスに対しては、抵抗値が大きいほど、電流制限効果が上がります。

$$R_{\text{GND}} \geq \frac{(-V_{\text{CC}})}{(-I_{\text{GND}})}$$

(6)

ここで、

- $-V_{\text{CC}}$  は最大逆バッテリー電圧 (通常 -16V) です。
- $-I_{\text{GND}}$  は、グラウンド ピンが耐えることのできる最大逆電流であり、**絶対最大定格**で利用できます。
- グラウンド・ダイオード:** 逆電圧をブロックするためにダイオードが必要ですが、これはグラウンド シフト (約 600mV) にもつながります。なお、ISO 7637 pulse 1 テストでは、ダイオードがバイアスされないように、ダイオードを約 200V の逆電圧にする必要があります。

### 7.3.8.5 MCU I/O の保護

負の ISO パルスや、誘導性負荷によるバッテリー損失など、多くの条件では、デバイスの GND ピンに負の電位が生じて、マイコンの I/O ピン(一般的に、ピンに接続された内部回路)が損傷する可能性があります。そのため、マイコンと HSS の間に直列抵抗が必要です。

また、GND の損失に対する適切な保護のため、TI は  $R_{\text{PROT}}$  抵抗に 10k $\Omega$  抵抗を推奨しています。

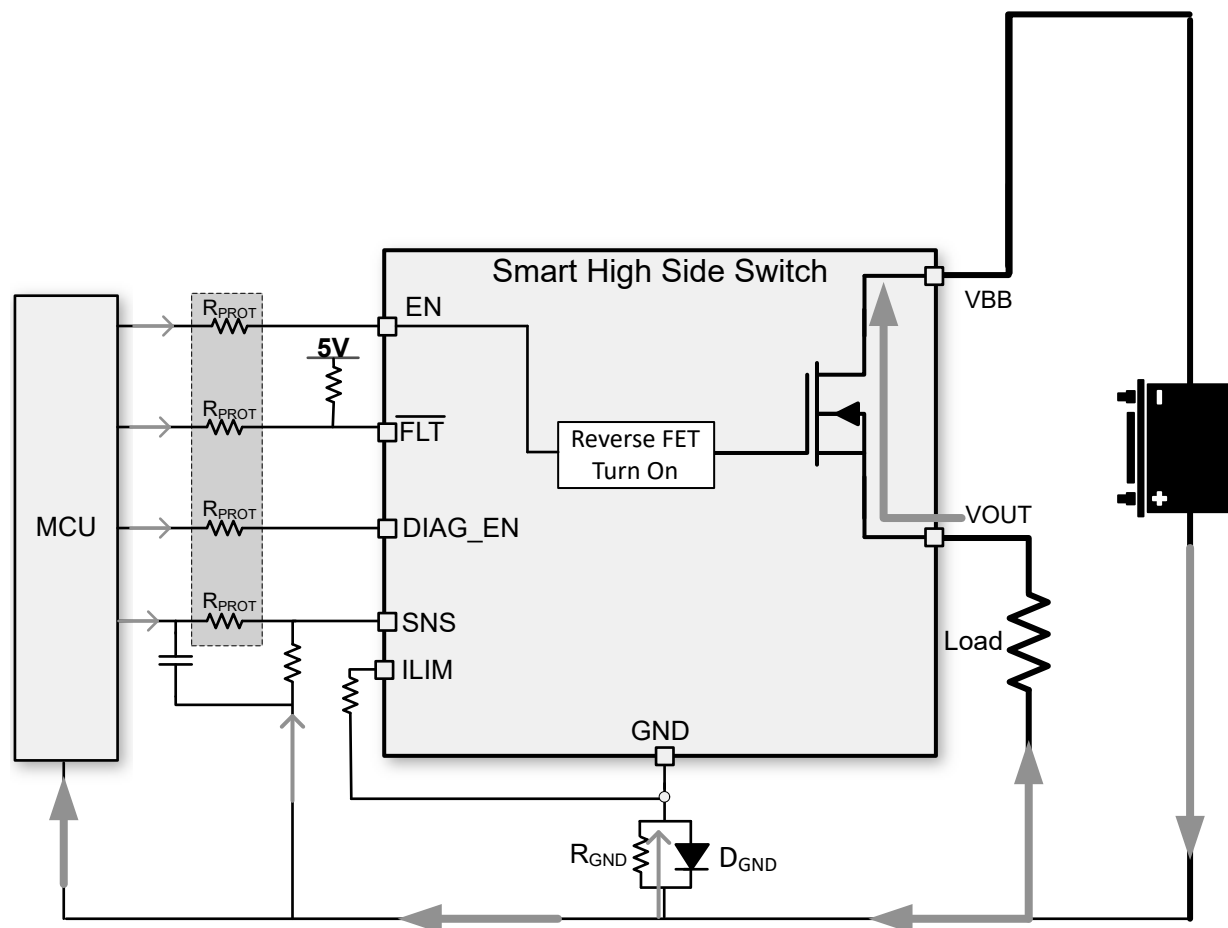


図 7-23. マイコン I/O 保護

## 7.4 デバイスの機能モード

### 7.4.1 作業モード

このデバイスには、ENx ピン、DIAG\_EN ピン、および負荷条件に基づいて遷移する複数の状態があります。

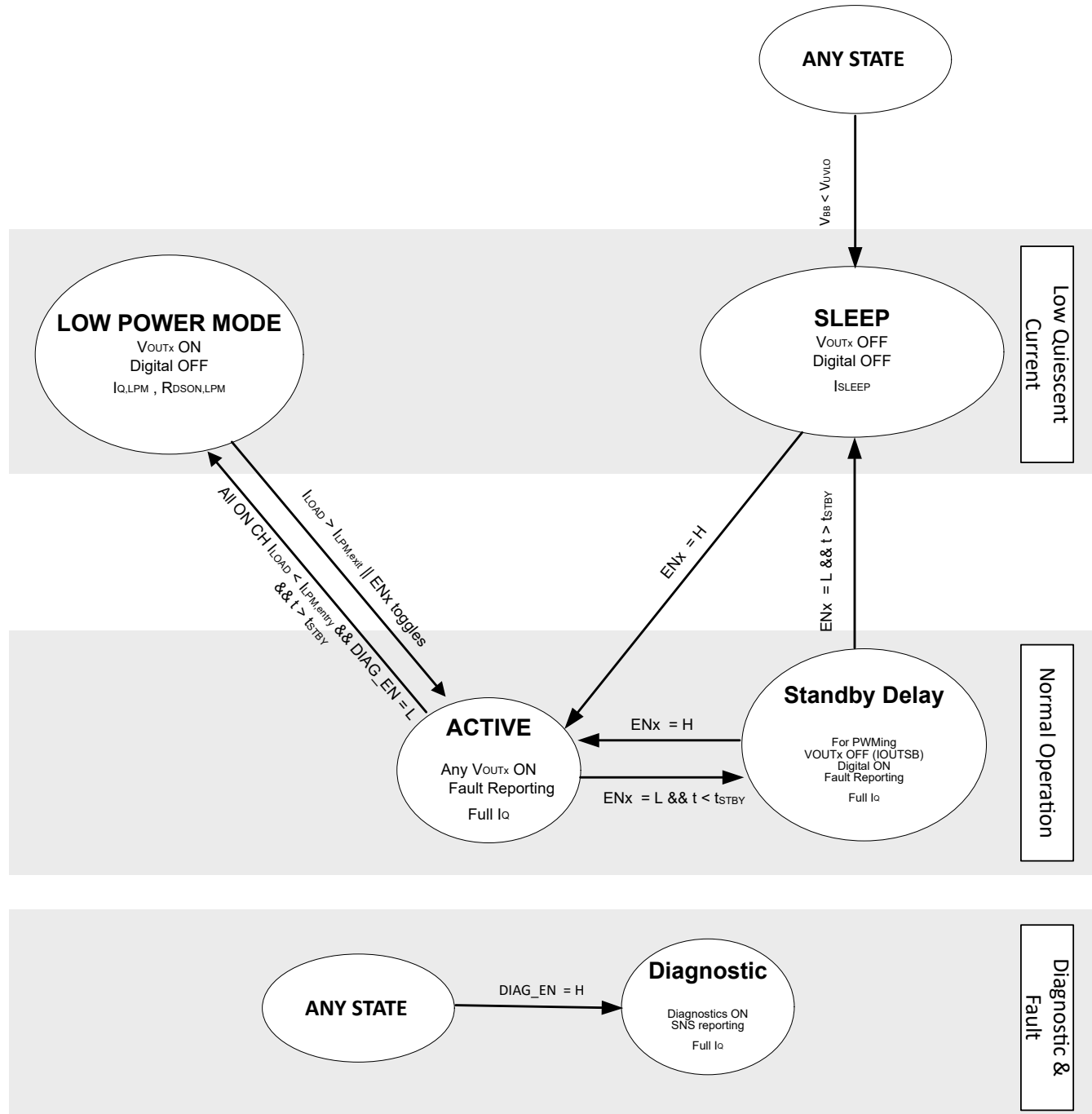


図 7-24. 状態遷移図

#### 7.4.1.1 SLEEP

SLEEP 状態では、デバイス内のすべてがオフになり、静止電流は、 $I_{SLEEP}$  となります。デバイスが SLEEP 状態から遷移できるのは、ENx ピンまたは DIAG\_EN ピンが high になった場合だけです。SLEEP 状態から、ENx ピンのいずれかが high になった場合、デバイスは ACTIVE 状態に遷移し、また、ENx ピンのいずれかが high にならなくても、DIAG\_EN ピンが high になった場合は DIAGNOSTIC 状態に遷移することができます。また、デバイスがいずれかの状態の場合に、VBB が  $V_{UVLOF}$  を下回ると、デバイスは SLEEP 状態に遷移します。

#### 7.4.1.2 診断

DIAGNOSTIC 状態は、デバイスが SNS および  $\overline{FLT}$  ピンに診断を出力するときです。この状態は、デバイスが前のいずれかの状態で、DIAG\_EN ピンが high になった場合に発生します。オフ状態診断は、オフ状態での開放負荷検出とバツテリ短絡検出から構成されます。いずれかのチャンネルにフォルトが発生した場合、 $\overline{FLT}$  ピンはアサートされますが、SNS ピンは SELx ピンの値に関連するチャンネルだけにフォルトを出力します。デバイスは、DIAG\_EN ピンが low に戻り、いずれかのチャンネルがオンの場合は DIAGNOSTIC 状態から ACTIVE 状態に、すべてのチャンネルがオフの場合は DIAGNOSTIC 状態から STANDBY DELAY 状態に遷移することができます。

#### 7.4.1.3 アクティブ

ACTIVE 状態は、いずれかのチャンネル出力が、関連する ENx ピンによってオンになっているときです。ACTIVE 状態では、電流制限値が ILIM ピンの外部抵抗によって設定されます。ACTIVE 状態のときに DIAG\_EN ピンが High にプルされると、SNS ピンは、関連したチャンネルでフォルトが発生するまで、SELx ピン設定にその関連したチャンネルの負荷電流に比例した電流を出力します。また、いずれかのチャンネルでフォルトが発生したかどうかは、 $\overline{FLT}$  ピンが通知します。DIAG\_EN が High または Low のときにすべてのチャンネルをオフにした場合、またはフォルトが発生した場合、デバイスは ACTIVE 状態から遷移できます。すべてのチャンネルがオフで DIAG\_EN が High の場合、デバイスは DIAGNOSTIC 状態に遷移します。すべてのチャンネルがオフになり、DIAG\_EN ピンが Low の場合、デバイスは STANDBY 遅延状態に遷移します。

#### 7.4.1.4 スタンバイ遅延

STANDBY DELAY 状態とは、ENx ピンがすべて low で、出力がすべてオフになり、DIAG\_EN ピンも low になっているが、 $t_{STBY}$  の時間が経過していない場合です。この状態は、すべての内部電源が切断されて SLEEP モードに入ることなく、チャンネル出力が PWM をサポートできるようにするために設けられています。デバイスは、 $t_{STBY}$  の待機時間を終わると、完全にシャットダウンし、SLEEP に移行します。ただし、 $t_{STBY}$  中に ENx が High になった場合、デバイスは完全にシャットダウンせずに ACTIVE に遷移します。同様に、DIAG\_EN が high になると、デバイスは DIAGNOSTIC に遷移します。

#### 7.4.1.5 低電力モード

低電力モード状態は、アクティブになるチャンネルが  $I_{LPM, entry}$  レベルを  $t_{STBY}$  よりも長い間下回ることによって、DIAG\_EN が low になる場合です。このデバイスは不要な内部ブロックをすべてオフにし、 $I_Q$  から  $I_{Q, LPM}$  への静止電流を低減します。デバイスは保護状態を維持しますが、デバイスがこのモードから復帰するまで、診断または異常検出出力は行われません。[セクション 7.3.2](#) も参照してください。

## 8 アプリケーションと実装

### 注

以下のアプリケーション情報は、テキサス・インスツルメンツの製品仕様に含まれるものではなく、テキサス・インスツルメンツはその正確性も完全性も保証いたしません。個々の目的に対する製品の適合性については、お客様の責任で判断していただくことになります。また、お客様は自身の設計実装を検証しテストすることで、システムの機能を確認する必要があります。

### 8.1 アプリケーション情報

TPS4HC120-Q1 デバイスは、省電力電球、LED、リレー、ソレノイド、ヒーター、サブモジュールなど、幅広い種類の抵抗性、誘導性、容量性負荷を駆動できます。包括的な診断機能と高精度の電流検出機能によって、インテリジェントな負荷制御が可能です。電流制限を外部で調整可能なため、突入電流や過負荷電流をクランプすることで、システム全体の信頼性を向上させます。

#### 8.1.1 EMC 過渡外乱テスト

車載環境では電氣的条件が厳しいため、電氣的な過渡外乱に対する耐性が必要になります。これは、バッテリーに直接接続されるハイサイド パワー スイッチでは特に重要です。詳細なテスト要件は、ISO 7637-2:2011 および ISO 16750-2:2010 規格に従います。

表 8-1. 12V システムにおける ISO 7637-2:2011(E)

テスト項目 (1) (2)	テストパルスの強度レベル と $V_S$		パルス時間 ( $t_d$ )	最小パルス数またはテスト時間	バーストサイクルのパルス反復 時間		入力抵抗 ( $\Omega$ )	機能性能ステータス 分類 <sup>(3)</sup>
	レベル	$V_S/V$			最小値	最大値		
1	III	-112	2ms	500 パルス	0.5s	—	10	ステータス II
2a	III	55	50 $\mu$ s	500 パルス	0.2s	5s	2	ステータス II
2b	IV	10	0.2s ~ 2s	10 パルス	0.5s	5s	0 ~ 0.05	ステータス II
3a	IV	-220	0.1 $\mu$ s	1h	90ms	100ms	50	ステータス II
3b	IV	150	0.1 $\mu$ s	1h	90ms	100ms	50	ステータス II

- (1) 入力が low 状態と high 状態の両方でテスト済みです。  
(2) GND ピン ネットワークは、BAS21-7-F ダイオードと並列接続した 1k $\Omega$  抵抗です。  
(3) ステータス II: 機能はテスト中は設計どおり動作しませんが、テスト後は自動的に通常動作に復帰します。

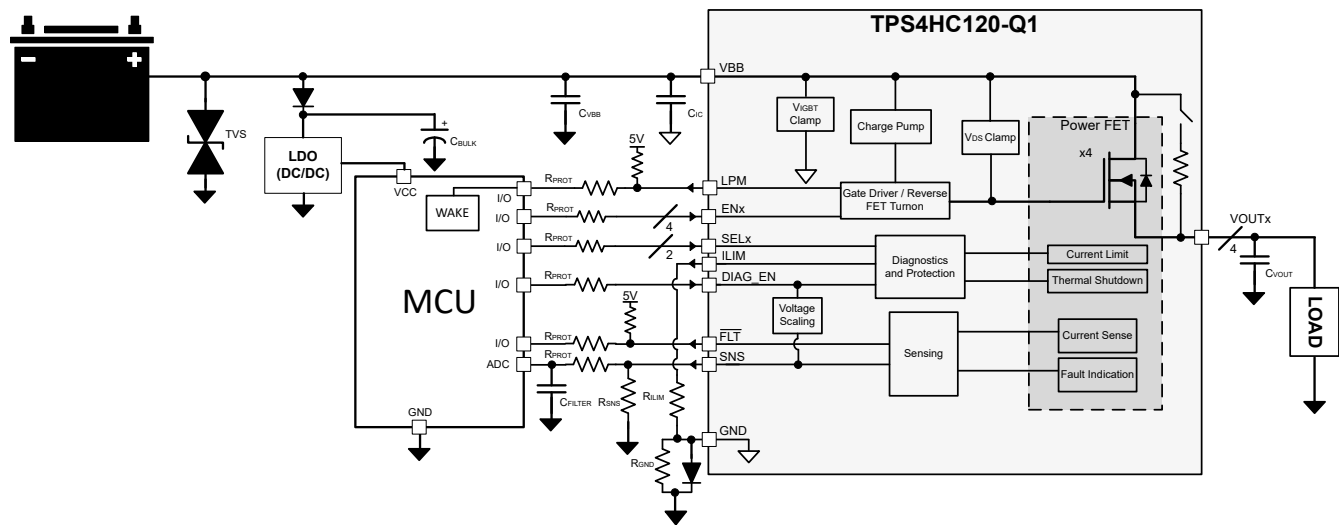
表 8-2. 12V システムでの ISO 16750-2:2010(E) 負荷ダンプ テスト B

テスト項目 (1) (2) (3)	テストパルスの強度レベル と $V_S$		パルス時間 ( $t_d$ )	最小パルス数またはテスト時間	バーストサイクルのパルス反復 時間	入力抵抗 ( $\Omega$ )	機能性能ステータス 分類 <sup>(4)</sup>
	レベル	$V_S/V$					
テスト B	該当なし	35	40ms から 400ms に変更	5 パルス	60s	0.5 ~ 4	ステータス II

- (1) 入力が low 状態と high 状態の両方でテスト済みです (DIAG\_EN、ENx、VBB はすべて入力として分類)。  
(2) ワースト ケースのテスト条件を考慮し、VBB および VOUTx にフィルタ コンデンサなしでデバイスをテストします。  
(3) GND ピン ネットワークは、BAS21-7-F ダイオードと並列接続した 1k $\Omega$  抵抗です。  
(4) ステータス II: 機能はテスト中は設計どおり動作しませんが、テスト後は自動的に通常動作に復帰します。

## 8.2 代表的なアプリケーション

図 8-1 に、TPS4HC120 の外部回路の接続例を示します。



### 図 8-1. 代表的なアプリケーションの図

**表 8-3. 推獎部品値**

部品	説明	目的
TVS	SMBJ39CA	バッテリーからのフィルタ電圧過渡 (ISO7637-2)
C <sub>VBB</sub>	220nF	より優れた EMI 性能
C <sub>IC</sub>	100nF	EMI を低減できるように、入力側の静電容量は最小
C <sub>BULK</sub>	10μF	電源レールの電圧過渡をフィルタリングするのに役立ちます
R <sub>PROT</sub>	10kΩ	マイクロコントローラとデバイス I/O ピンの保護抵抗
R <sub>LIM</sub>	に示す離散値表 7-1	調整可能な電流制限スレッショルド
R <sub>SNS</sub>	1kΩ	センス電流をセンス電圧に変換します
C <sub>FILTER</sub>	100nF	SNS ラインの R <sub>PROT</sub> と組み合わせることでローパス・フィルタを作成し、MCU の ADC に入るノイズをフィルタ処理します
C <sub>VOUT</sub>	22nF	EMI 特性の改善、電圧過渡のフィルタリング
R <sub>PULLUP</sub>	5kΩ	オープンドレインピン (FLT および LPM) のプルアップ抵抗
R <sub>GND</sub>	1kΩ	誘導性負荷のターンオフ時に GND の電位を安定させます
D <sub>GND</sub>	BAS21 ダイオード	通常動作中は、GND をシステムグラウンドに近づけて配置します

### 8.2.1 設計要件

### 表 8-4. 設計要件の例

パラメータ	値
V <sub>DIAG_EN</sub>	5V
I <sub>LOAD,max</sub>	1A
I <sub>LOAD,min</sub>	10mA
V <sub>ADC,min</sub>	5mV
V <sub>HR</sub>	1V

### 8.2.2 詳細な設計手順

電流検出範囲を 0V ~ 4V に維持するため、式 7 を使用して  $R_{(SNS)}$  抵抗を計算します。より高い電流検出精度を達成するには、許容誤差 1% 以内の抵抗を推奨します。

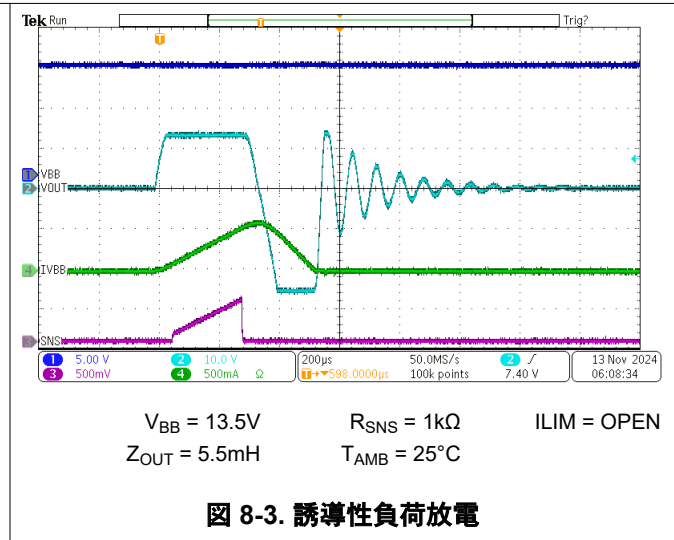
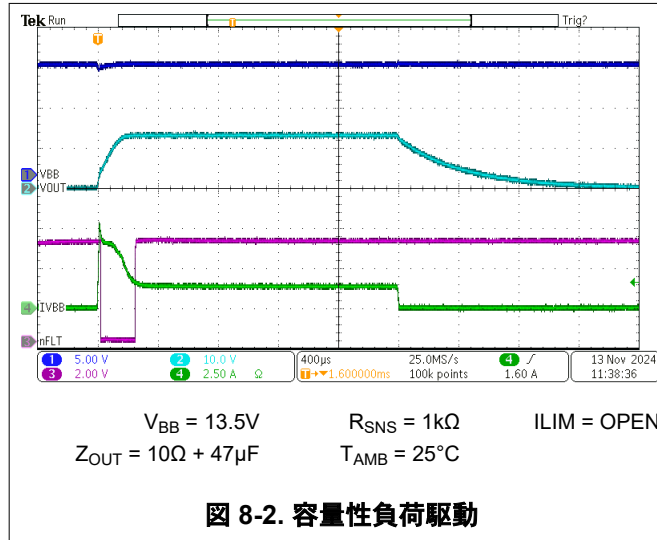
$$V_{ADC,min} \times K_{SNS} / I_{LOAD,min} \leq R_{SNS} \leq (V_{SNSFH} - V_{HR}) \times K_{SNS} / I_{LOAD,max} \quad (7)$$

表 8-4 に示す設計要件により、 $520\Omega \leq R_{SNS} \leq 4160\Omega$  が得られ、 $1k\Omega$   $R_{SNS}$  がその要件を満たします。

調整可能な電流制限値を設定するには、[電流制限表](#)に推奨される  $R_{(ILIM)}$  を使用します。このアプリケーションでは、電流過渡およびリップルに十分なマージンを確保するために、 $9.76k\Omega$   $R_{ILIM}$  抵抗が要件を満たしています。

### 8.2.3 アプリケーション曲線

図 8-2 に、大きな容量性負荷を駆動するときのソフトスタートのテスト例を示します。図 8-3 に、誘導性負荷放電中の VDS クランプの状態を示します。



### 8.3 電源に関する推奨事項

このデバイスは車載用および産業用のアプリケーションに適しています。通常の電源接続は、12V の車載用システムです。電源電圧は、[推奨動作条件](#) に規定されている範囲内に必要があります。

表 8-5. 動作電圧範囲

VBB 電圧範囲	注
3V ~ 6V	コールド クランクやスタート / ストップなど、12V 未満の車載用バッテリー動作を拡張。デバイスは完全に機能し、保護されていますが、 $R_{ON}$ 、電流センス精度、電流制限精度、タイミング パラメータなど一部のパラメータが仕様からずれる場合があります。セクション 6.5 の個別仕様を確認して、適用される電圧範囲を確認してください。
6V ~ 18V	公称 12V の車載用バッテリーの電圧範囲。すべてのパラメータ仕様が適用され、デバイスは完全に機能し、保護されています。
18V ~ 24V	ダブル バッテリーなど、12V 以上の車載用バッテリー動作を拡張。デバイスは完全に機能し、保護されていますが、 $R_{ON}$ 、電流センス精度、電流制限精度、タイミングパラメータなど一部のパラメータが仕様から逸脱する場合があります。セクション 6.5 の個別仕様を確認して、適用される電圧範囲を確認してください。
35V	負荷ダンブ電圧。デバイスは動作可能で、パルスは損傷を受けることなく通過しますが、短絡に対する保護はありません。

## 8.4 レイアウト

### 8.4.1 レイアウトのガイドライン

サーマルシャットダウンを防止するには、 $T_J$  を  $150^{\circ}\text{C}$  未満にする必要があります。HTSSOP パッケージは熱インピーダンスに優れています。ただし、PCB レイアウトは非常に重要です。適切な PCB 設計は、熱伝導を最適化することができ、これはデバイスの長期的な信頼性にとって絶対的に不可欠です。

- PCB 上の銅領域の面積を大きくすれば、基板の熱伝導率も大きくなります。パッケージから周囲への主要な熱伝導経路は、PCB 上の銅領域です。設計で、PCB パッケージの反対側にヒートシンクが設けられていない場合は、銅領域を最大限大きくすることが極めて重要です。
- 基板の熱伝導率を最適化するため、パッケージのグランドパッドの直下に、できるだけ多くのサーマルビアを追加します。
- はんだの空洞を防ぐためには、すべてのサーマルビアがメッキされているか、両面がプラグおよびキャップされていることを確認してください。信頼性と性能を維持するためには、少なくとも **85%** のはんだ被覆を確保する必要があります。

### 8.4.2 レイアウト例

#### 8.4.2.1 GND ネットワークなし

GND ネットワークを使用しない場合は、熱特性を高めるため、サーマルパッドを基板の銅領域に直接接続します。

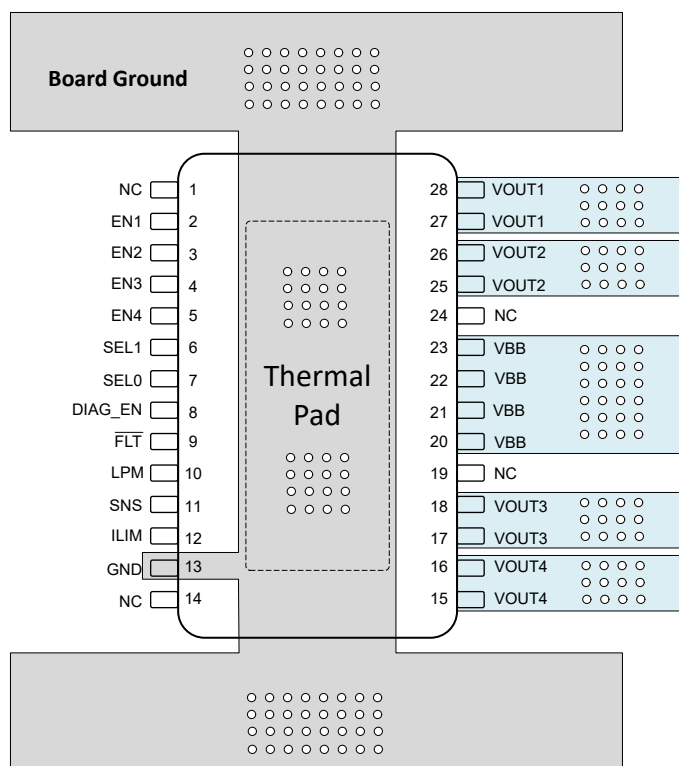


図 8-4. GND ネットワークを使わないレイアウト例



#### 8.4.2.2 GND ネットワークあり

GND ネットワークを使用する場合は、GND ネットワークを介して単一パターンでサーマル パッドを基板の GND 銅箔に接続します。部品の放熱性能を高めるため、IC GND 範囲を拡大します。

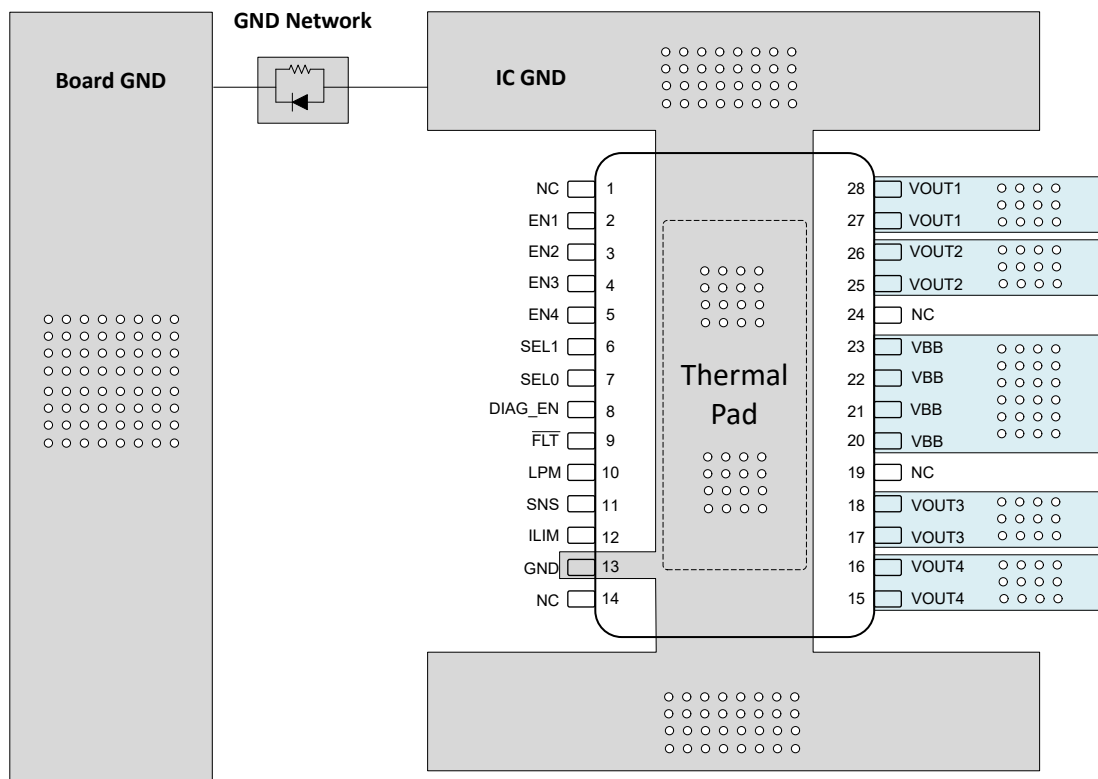


図 8-5. GND ネットワークを使ったレイアウト例

## 9 デバイスおよびドキュメントのサポート

### 9.1 ドキュメントの更新通知を受け取る方法

ドキュメントの更新についての通知を受け取るには、[www.tij.co.jp](http://www.tij.co.jp) のデバイス製品フォルダを開いてください。[通知] をクリックして登録すると、変更されたすべての製品情報に関するダイジェストを毎週受け取ることができます。変更の詳細については、改訂されたドキュメントに含まれている改訂履歴をご覧ください。

### 9.2 サポート・リソース

テキサス・インスツルメンツ E2E™ サポート・フォーラムは、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

### 9.3 商標

テキサス・インスツルメンツ E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

### 9.4 静電気放電に関する注意事項



この IC は、ESD によって破損する可能性があります。テキサス・インスツルメンツは、IC を取り扱う際には常に適切な注意を払うことを推奨します。正しい取り扱いおよび設置手順に従わない場合、デバイスを破損するおそれがあります。

ESD による破損は、わずかな性能低下からデバイスの完全な故障まで多岐にわたります。精密な IC の場合、パラメータがわずかに変化するだけで公表されている仕様から外れる可能性があるため、破損が発生しやすくなっています。

### 9.5 用語集

[テキサス・インスツルメンツ用語集](#) この用語集には、用語や略語の一覧および定義が記載されています。

## 10 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision A (January 2025) to Revision B (July 2025)	Page
• TPS4HC120B-Q1 のステータスを「事前情報」から「量産データ」(アクティブ) に変更.....	1
• 明確化のためフォーマットとページフローを更新.....	1

Changes from Revision * (December 2024) to Revision A (January 2025)	Page
• 「製品比較」表を追加.....	3
• LPM ピンを追加するようを更新.....	15
• 自動再試行バージョンとラッチバージョンの両方の説明を追加.....	20
• FLT は、DIAG_EN に関わらず通知されるようになりました.....	23
• FLT は、DIAG_EN に関わらず通知されるようになりました.....	25
• 自動再試行およびラッチのバージョンについて説明を追加するために表を更新.....	25

## 11 メカニカル、パッケージ、および注文情報

以降のページには、メカニカル、パッケージ、および注文に関する情報が記載されています。この情報は、指定のデバイスに対して提供されている最新のデータです。このデータは予告なく変更されることがあり、ドキュメントの改訂を伴わない場合もあります。本データシートのブラウザ版を使用されている場合は、画面左側の説明をご覧ください。

## 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

## PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package   Pins	Package qty   Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
<a href="#">TPS4HC120AQDGQRQ1</a>	Active	Production	HVSSOP (DGQ)   28	2500   LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	4HC120A
TPS4HC120AQDGQRQ1.A	Active	Production	HVSSOP (DGQ)   28	2500   LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	4HC120A
<a href="#">TPS4HC120BQDGQRQ1</a>	Active	Production	HVSSOP (DGQ)   28	2500   LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	4HC120B

<sup>(1)</sup> **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

<sup>(2)</sup> **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

<sup>(3)</sup> **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

<sup>(4)</sup> **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

<sup>(5)</sup> **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

<sup>(6)</sup> **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

**Important Information and Disclaimer:** The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

## TAPE AND REEL INFORMATION



\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TPS4HC120AQDGQRQ1	HVSSOP	DGQ	28	2500	330.0	16.4	5.5	7.4	1.45	8.0	16.0	Q1
TPS4HC120BQDGQRQ1	HVSSOP	DGQ	28	2500	330.0	16.4	5.5	7.4	1.45	8.0	16.0	Q1

## TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS4HC120AQDGQRQ1	HVSSOP	DGQ	28	2500	353.0	353.0	32.0
TPS4HC120BQDGQRQ1	HVSSOP	DGQ	28	2500	353.0	353.0	32.0

## GENERIC PACKAGE VIEW

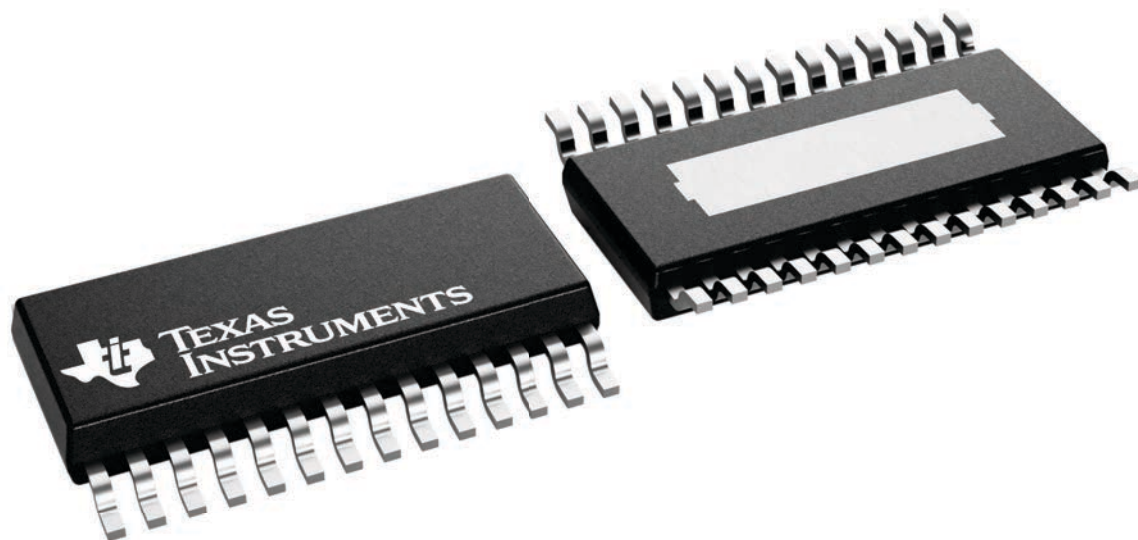
**DGQ 28**

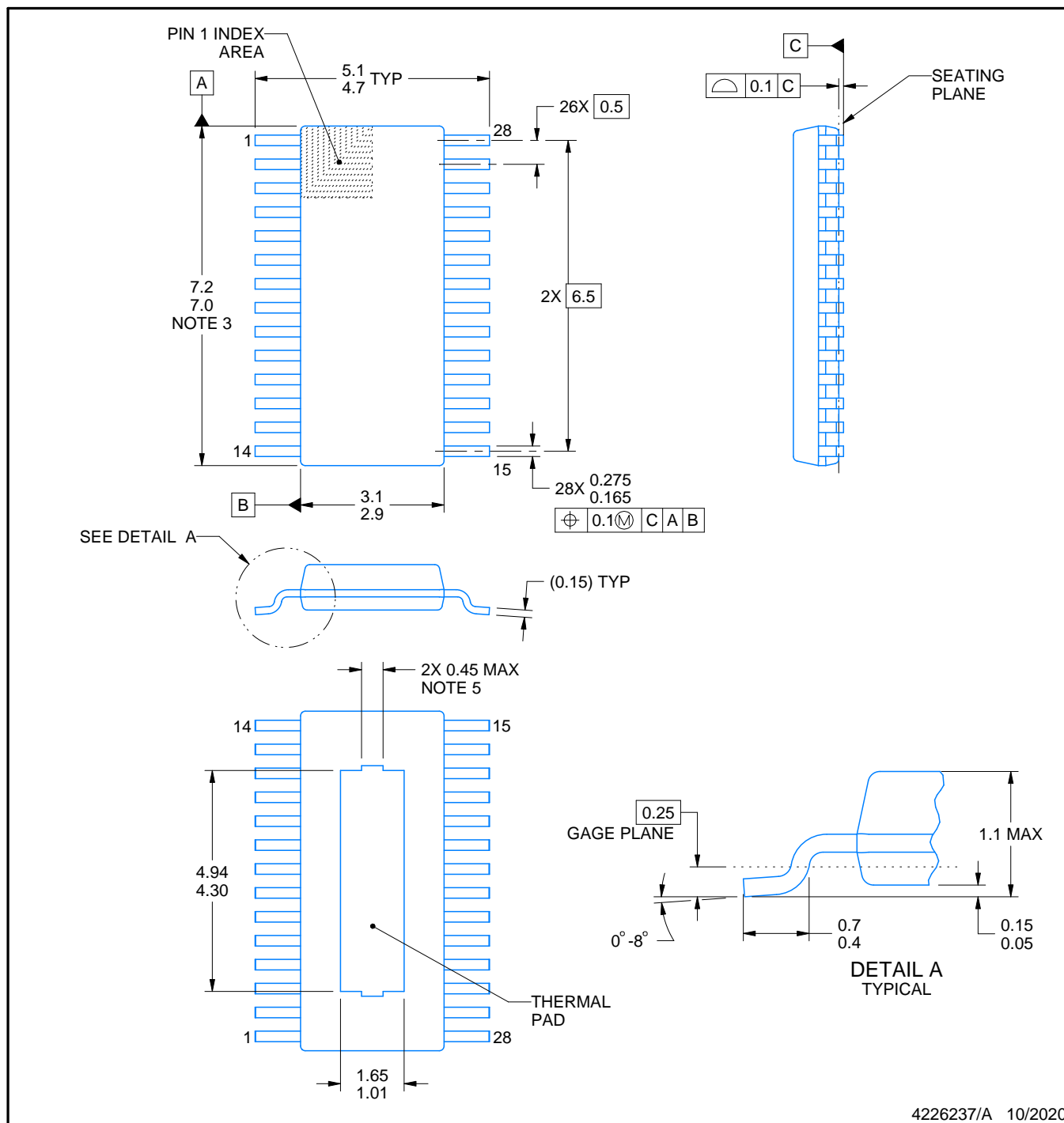
**HVSSOP - 1.1 mm max height**

3 x 7.1, 0.5 mm pitch

SMALL OUTLINE PACKAGE

This image is a representation of the package family, actual package may vary.  
Refer to the product data sheet for package details.





4226237/A 10/2020

**NOTES:**

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. No JEDEC registration as of September 2020.
5. Features may differ or may not be present.

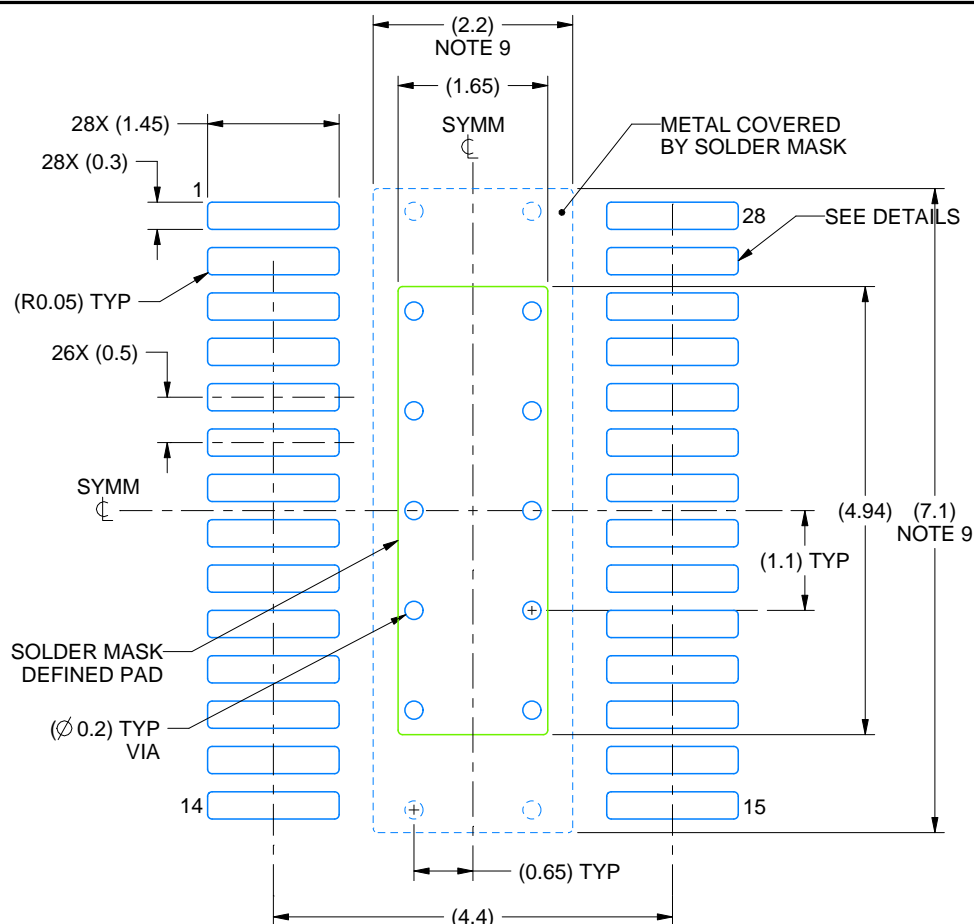


# EXAMPLE BOARD LAYOUT

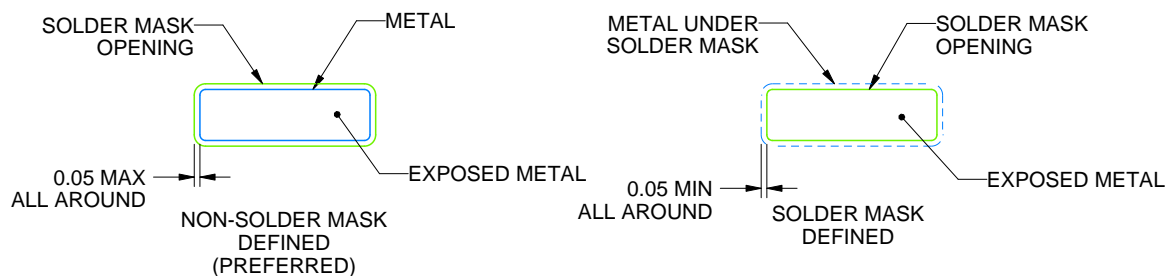
DGQ0028A

PowerPAD™ VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



LAND PATTERN EXAMPLE  
EXPOSED METAL SHOWN  
SCALE: 12X



SOLDER MASK DETAILS

4226237/A 10/2020

NOTES: (continued)

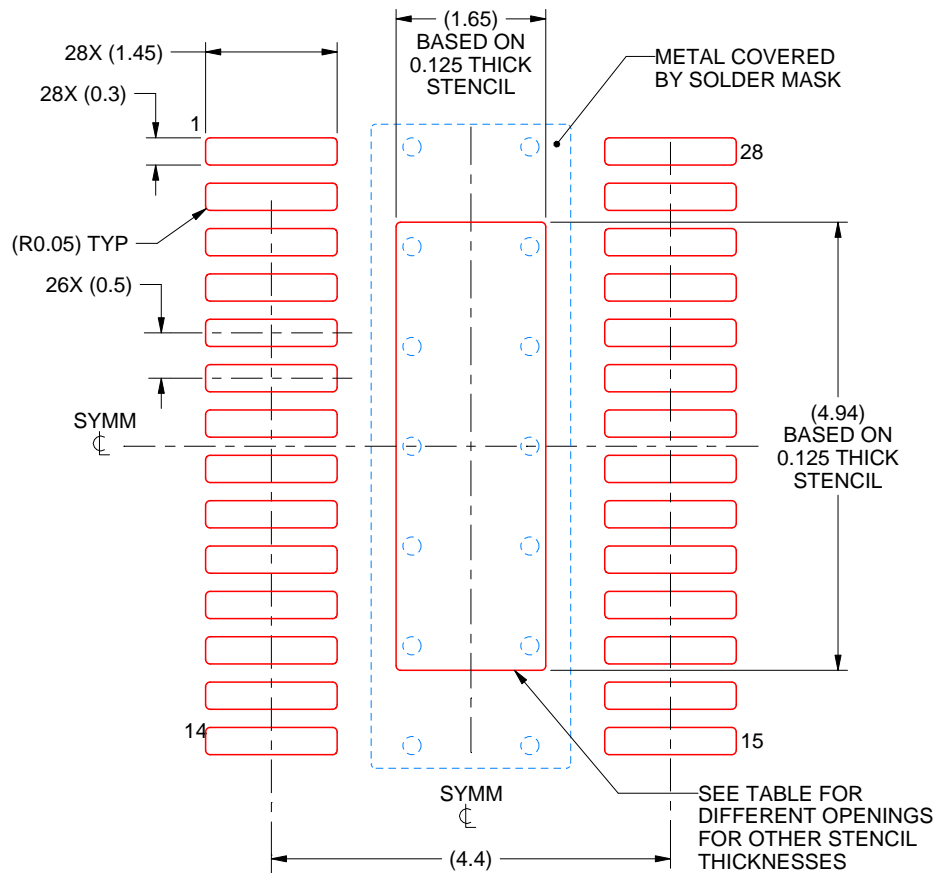
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature numbers SLMA002 ([www.ti.com/lit/slma002](http://www.ti.com/lit/slma002)) and SLMA004 ([www.ti.com/lit/slma004](http://www.ti.com/lit/slma004)).
9. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.
10. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

# EXAMPLE STENCIL DESIGN

DGQ0028A

PowerPAD™ VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



**SOLDER PASTE EXAMPLE**  
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL  
SCALE: 12X

STENCIL THICKNESS	SOLDER STENCIL OPENING
0.1	1.84 X 5.52
0.125	1.65 X 4.94 (SHOWN)
0.15	1.51 X 4.51
0.175	1.39 X 4.18

4226237/A 10/2020

NOTES: (continued)

11. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
12. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

## 重要なお知らせと免責事項

TI 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、TI 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 TI 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、TI は一切の責任を拒否します。

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 TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI 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。TI 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、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](https://www.ti.com) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI 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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月