

DRV8876 電流検出およびレギュレーション機能を搭載した H ブリッジ・モータ・ドライバ

1 特長

- N チャネル駆動 H ブリッジ・モータ・ドライバ
 - 1 つの双方向ブラシ付き DC モータを駆動
 - 2 つの單方向ブラシ付き DC モータ
 - その他の抵抗性および誘導性負荷
- 4.5V~37V の動作電源電圧範囲
- 高い出力電流能力
 - DRV8876: 3.5A ピーク
- 電流検出およびレギュレーション機能を内蔵
- 比例電流 output (IPROPI)
- 電流レギュレーション (IMODE) を選択可能
 - サイクル単位または固定のオフ時間
- 入力制御モード (PMODE) を選択可能
 - PH/EN および PWM H ブリッジ制御モード
 - 独立したハーフブリッジ制御モード
- 1.8V、3.3V、5V のロジック入力電圧に対応
- スリープ・モードでの非常に低い消費電力
 - $V_{VM} = 24V$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$ で $1\mu A$ 未満
- 拡散スペクトラム・クロックによる低い電磁気妨害 (EMI)
- 保護機能内蔵
 - 低電圧誤動作防止 (UVLO)
 - チャージ・ポンプ低電圧検出 (CPUV)
 - 過電流保護 (OCP)
 - サーマル・シャットダウン (TSD)
 - フォルトからの自動復帰
 - フォルト通知出力ピン (nFAULT)

2 アプリケーション

- ブラシ付き DC モータ
- 大型および小型家電
- 掃除機、人型ロボット、ロボット玩具
- プリンタとスキャナ
- スマート・メーター
- ATM、通貨計数機、EPOS
- サーボ・モータとアクチュエータ

3 概要

DRV887x ファミリのデバイスは、広範囲なアプリケーションに適応可能なモータドライバです。このデバイスには N チャネル H ブリッジ、チャージ・ポンプ・レギュレータ、電流検出およびレギュレーション、電流比例出力、保護回路が内蔵されています。チャージ・ポンプは、ハイサイドとローサイド両方の N チャネル MOSFET および 100% デューティ・サイクルをサポートすることで、効率を向上させます。このデバイス・ファミリは、最小限の設計変更で各種の負荷に対応できるように、各種 $R_{DS(on)}$ のピン互換品を取りそろえています。

電流検出機能を内蔵しているため、ドライバは起動時や高負荷時にもモータの電流をレギュレートできます。可変の外部基準電圧により、電流制限を設定できます。さらに、このデバイスはモータの負荷電流に比例した出力電流を供給できます。この機能を使用して、モータのストールまたは負荷条件の変化を検出できます。内蔵の電流検出機能では内部の電流ミラー・アーキテクチャを使用するため、外部シャント抵抗が不要になり、基板面積の節約とシステムコストの削減が可能です。

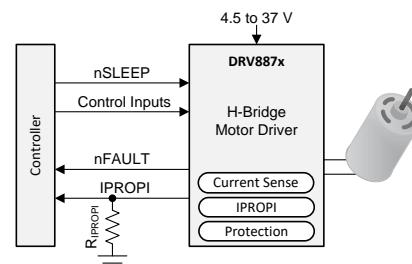
低消費電力のスリープ・モードにより、内部回路の多くをシャットダウンして、非常に低い静止電流を実現できます。保護機能として、電源低電圧誤動作防止 (UVLO)、チャージ・ポンプ低電圧検出 (CPUV)、過電流検出 (OCP)、デバイス過熱検出 (TSD) を内蔵しています。フォルト条件は nFAULT で通知されます。

製品情報 (1)

型番	パッケージ	本体サイズ(公称)
DRV8876	HTSSOP (16)	5.00mm×4.40mm
DRV8876	VQFN (16)	3.00mm×3.00mm

(1) 提供されているすべてのパッケージについては、データシートの末尾にある注文情報を参照してください。

概略回路図



目次

1	特長	1	8	アプリケーションと実装	19
2	アプリケーション	1	8.1	アプリケーション情報	19
3	概要	1	8.2	代表的なアプリケーション	19
4	改訂履歴	2	9	電源に関する推奨事項	28
5	ピン構成および機能	3	9.1	バルク・コンデンサ	28
6	仕様	4	10	レイアウト	29
6.1	絶対最大定格	4	10.1	レイアウトの注意点	29
6.2	ESD 定格 (通信機器)	4	10.2	レイアウト例	29
6.3	推奨動作条件	4	11	デバイスおよびドキュメントのサポート	31
6.4	熱特性	5	11.1	ドキュメントのサポート	31
6.5	電気的特性	5	11.2	ドキュメントの更新通知を受け取る方法	31
6.6	代表的特性	7	11.3	コミュニティ・リソース	31
7	詳細説明	9	11.4	商標	31
7.1	概要	9	11.5	静電気放電に関する注意事項	31
7.2	機能ブロック図	9	11.6	Glossary	31
7.3	機能説明	10	12	メカニカル、パッケージ、および注文情報	32
7.4	デバイスの機能モード	17			

4 改訂履歴

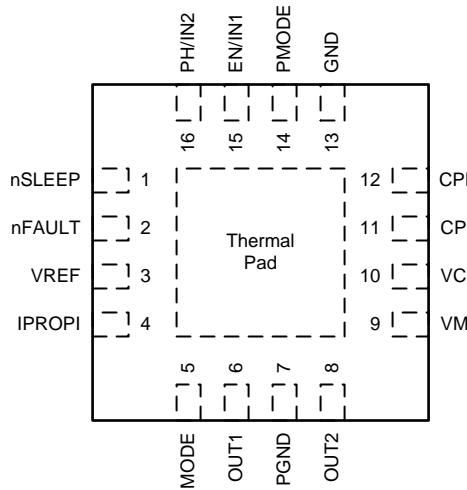
2018年10月発行のものから更新

Page

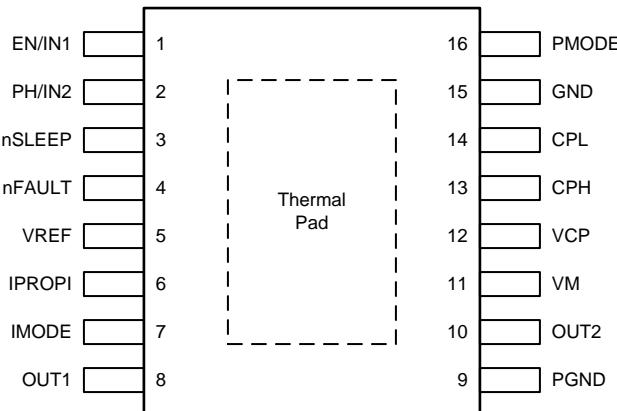
- デバイスのステータスを「量産データ」に変更 1

5 ピン構成および機能

DRV8876 RGT パッケージ
16 ピン VQFN、露出サーマル・パッド付き
上面図



DRV8876 PWP パッケージ
16 ピン HTSSOP、露出サーマル・パッド付き
上面図



端子機能

ピン			種類 ⁽¹⁾	説明
名前	RGT	PWP		
CPH	11	13	PWR	チャージ・ポンプのスイッチング・ノード。X5R または X7R、22nF、VM 定格セラミック・コンデンサを CPH ピンと CPL ピンの間に接続します。
CPL	12	14	PWR	
EN/IN1	15	1	I	H ブリッジ制御入力。「 制御モード 」を参照してください。内部プルダウン抵抗。
GND	13	15	PWR	デバイスのグランド。システム・グランドに接続します。
IMODE	5	7	I	電流レギュレーションおよび過電流保護モード。「 電流レギュレーション 」を参照してください。クワッドレベル(4値)入力。
IPROPI	4	6	O	負荷電流に比例するアナログ電流出力。「 電流センシング 」を参照してください。
nFAULT	2	4	OD	フォルト(異常)通知出力。フォルト条件の間 Low になります。オープンドレイン動作の場合、外付けプルアップ抵抗を接続します。「 保護回路 」を参照してください。
nSLEEP	1	3	I	スリープ・モード入力。論理 High でデバイスをイネーブルします。論理 Low で消費電力スリープ・モードに移行します。「 デバイスの機能モード 」を参照してください。内部プルダウン抵抗。
OUT1	6	8	O	H ブリッジ出力。モータまたはその他の負荷に接続します。
OUT2	8	10	O	H ブリッジ出力。モータまたはその他の負荷に接続します。
PGND	7	9	PWR	デバイスの電源グランド。システム・グランドに接続します。
PH/IN2	16	2	I	H ブリッジ制御入力。「 制御モード 」を参照してください。内部プルダウン抵抗。
PMODE	14	16	I	H ブリッジ制御入力モード。「 制御モード 」を参照してください。トライレベル(3値)入力。
VCP	10	12	PWR	チャージ・ポンプの出力。X5R または X7R、100nF、16V セラミック・コンデンサを VCP ピンと VM ピンの間に接続します。
VM	9	11	電源	4.5V ~ 37V 電源入力。VM 定格の 0.1μF バイパス・コンデンサと十分なバトル・コンデンサをグランドとの間に接続します。
VREF	3	5	I	内部電流レギュレーション制限を設定するための外部リファレンス電圧入力。「 電流レギュレーション 」を参照してください。
PAD	—	—	—	サーマル・パッド。システム・グランドに接続します。

(1) PWR = 電源、I = 入力、O = 出力、NC = 接続なし、OD = オープンドレイン

6 仕様

6.1 絶対最大定格

動作温度範囲内(特に記述のない限り)⁽¹⁾

			最小	最大	単位
電源ピン電圧	VM		-0.3	40	V
グランド・ピン間の電圧差	GND、PGND		-0.3	0.3	V
チャージ・ポンプ・ピン電圧	CPH、VCP		$V_{VM} - 0.3$	$V_{VM} + 7$	V
チャージ・ポンプ・ローサイド・ピン電圧	CPL		-0.3	$V_{VM} + 0.3$	V
論理ピン電圧	EN/IN1、IMODE、nSLEEP、PH/IN2、PMODE		-0.3	5.75	V
オープンドレイン出力ピン電圧	nFAULT		-0.3	5.75	V
出力ピン電圧	OUT1、OUT2		-0.9	$V_{VM} + 0.9$	V
出力ピン電流	OUT1、OUT2		内部的に制限	内部的に制限	A
比例電流出力ピン電圧	IPROPI		-0.3	5.75	V
			-0.3	$V_{VM} + 0.3$	V
参照入力ピン電圧	VREF		-0.3	5.75	V
周囲温度 T_A			-40	125	°C
接合部温度 T_J			-40	150	°C
保存温度 T_{stg}			-65	150	°C

(1) 絶対最大定格を上回るストレスが加わった場合、デバイスに永続的な損傷が発生する可能性があります。これはストレスの定格のみについて示してあり、このデータシートの「推奨動作条件」に示された値を超える状態で本製品が正常に動作することを暗黙的に示すものではありません。絶対最大定格の状態に長時間置くと、本製品の信頼性に影響を与えることがあります。

6.2 ESD 定格 (通信機器)

			値	単位
$V_{(ESD)}$	静電気放電	人体モデル(HBM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001準拠 ⁽¹⁾	± 2000	V
		荷電デバイス・モデル、JEDEC仕様JESD22-C101準拠 ⁽²⁾	± 500	

(1) JEDEC のドキュメント JEP155 に、500V HBM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。 $\pm 2000V$ と記載されたピンは、実際にはそれよりも高い性能を持つ場合があります。
(2) JEDEC のドキュメント JEP157 に、250V CDM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。 $\pm 500V$ と記載されたピンは、実際にはそれよりも高い性能を持つ場合があります。

6.3 推奨動作条件

動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

			最小	公称	最大	単位
V_{VM}	電源電圧	VM	4.5	37	V	
V_{IN}	論理入力電圧	EN/IN1、MODE、nSLEEP、PH/IN2	0	5.5	V	
f_{PWM}	PWM 周波数	EN/IN1、PH/IN2	0	100	kHz	
V_{OD}	オープンドレイン・プルアップ電圧	nFAULT	0	5.5	V	
I_{OD}	オープンドレイン出力電流	nFAULT	0	5	mA	
$I_{OUT}^{(1)}$	ピーク出力電流	OUT1、OUT2	0	3.5	A	
I_{IPROPI}	電流センス出力電流	IPROPI	0	3	mA	
V_{VREF}	電流制限基準電圧	VREF	0	3.6	V	
T_A	動作時の周囲温度		-40	125	°C	
T_J	動作時のジャンクション温度		-40	150	°C	

(1) 消費電力および温度の制限に従う必要があります。

6.4 熱特性

熱特性 ⁽¹⁾		DRV8876	DRV8876	単位
		RGT (VQFN)	PWP (HTSSOP)	
		16ピン	16ピン	
$R_{\theta JA}$	接合部から周囲への熱抵抗	45.9	44.3	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	接合部からケース(上面)への熱抵抗	48.8	38.3	°C/W
$R_{\theta JB}$	接合部から基板への熱抵抗	19.9	20.5	°C/W
Ψ_{JT}	接合部から上面への熱特性	1.1	1.0	°C/W
Ψ_{JB}	接合部から基板への熱特性	19.9	20.4	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	接合部からケース(底面)への熱抵抗	7.1	5.0	°C/W

(1) 従来および新しい熱測定値の詳細については、『[Semiconductor and IC Package Thermal Metrics \(半導体およびICパッケージの熱測定値\)](#)』のアプリケーション・レポートを参照してください。

6.5 電気的特性

$4.5V \leq V_{VM} \leq 37V$ 、 $-40^{\circ}C \leq T_J \leq 150^{\circ}C$ (特に記述のない限り)

パラメータ	テスト条件	最小	代表値	最大	単位	
電源 (VCP、VM)						
I_{VMQ}	VM スリープ・モード電流	$V_{VM} = 24V$ 、 $nSLEEP = 0V$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$	0.75	1	μA	
		$nSLEEP = 0V$		5	μA	
I_{VM}	VM アクティブ・モード電流	$V_{VM} = 24V$ 、 $nSLEEP = 5V$ 、 $EN/IN1 = PH/IN2 = 0V$	3	7	mA	
t_{WAKE}	ターンオン時間	$V_{VM} > V_{UVLO}$ 、 $nSLEEP = 5V$ でアクティブ		1	ms	
t_{SLEEP}	ターンオフ時間	$nSLEEP = 0V$ でスリープ・モード		1	ms	
V_{VCP}	チャージ・ポンプ・レギュレータ電圧	VM で決まる VCP、 $V_{VM} = 24V$	5		V	
f_{VCP}	チャージ・ポンプ・スイッチング周波数		400		kHz	
論理レベル入力 (EN/IN1、PH/IN2、nSLEEP)						
V_{IL}	入力論理 Low 電圧	$V_{VM} < 5V$	0	0.7	V	
		$V_{VM} \geq 5V$	0	0.8		
V_{IH}	入力論理 High 電圧		1.5	5.5	V	
V_{HYS}	入力ヒステリシス		200		mV	
		$nSLEEP$	50		mV	
I_{IL}	入力論理 Low 電流	$V_I = 0V$	-5	5	μA	
I_{IH}	入力論理 High 電流	$V_I = 5V$	50	75	μA	
R_{PD}	入力プルダウン抵抗	対 GND		100	$k\Omega$	
トライレベル入力 (PMODE)						
V_{TIL}	トライレベル入力論理 Low 電圧		0	0.65	V	
V_{TIZ}	トライレベル入力 Hi-Z 電圧		0.9	1.1	1.2	V
V_{TIH}	トライレベル入力論理 High 電圧		1.5	5.5	V	
I_{TIL}	トライレベル入力論理 Low 電流	$V_I = 0V$	-50	-32	μA	
I_{TIZ}	トライレベル入力 Hi-Z 電流	$V_I = 1.1V$	-5	5	μA	
I_{TIH}	トライレベル入力論理 High 電流	$V_I = 5V$	113	150	μA	
R_{TPD}	トライレベル・プルダウン抵抗	対 GND		44	$k\Omega$	
R_{TPU}	トライレベル・プルアップ抵抗	対内部 5V		156	$k\Omega$	
クワッドレベル入力 (IMODE)						
V_{QI2}	クワッドレベル入力レベル 1	クワッドレベル 1 に設定する電圧	0	0.45	V	
R_{QI2}	クワッドレベル入力レベル 2	クワッドレベル 2 を設定するための対 GND 抵抗	18.6	20	21.4	$k\Omega$
R_{QI3}	クワッドレベル入力レベル 3	クワッドレベル 3 を設定するための対 GND 抵抗	57.6	62	66.4	$k\Omega$

電気的特性 (continued)

4.5V $\leq V_{VM} \leq 37V$ 、 $-40^{\circ}C \leq T_J \leq 150^{\circ}C$ (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小	代表値	最大	単位
V_{QI4}	クワッドレベル入力レベル 4	クワッドレベル 4 を設定するための電圧	2.5	5.5	5.5	V
R_{QPD}	クワッドレベル・ プルダウン抵抗	対 GND		136		k Ω
R_{QPU}	クワッドレベル・ プルアップ抵抗	対内部 5V		68		k Ω
オーブンドレイン出力 (nFAULT)						
V_{OL}	出力論理 Low 電圧	$I_{OD} = 5mA$		0.3		V
I_{OZ}	出力論理 High 電流	$V_{OD} = 5V$	-2	2		μA
ドライバ出力 (OUT1、OUT2)						
$R_{DS(on)_HS}$	ハイサイド MOSFET オン抵抗	$V_{VM} = 24V$ 、 $I_O = 1A$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$	350	420		$m\Omega$
$R_{DS(on)_LS}$	ローサイド MOSFET オン抵抗	$V_{VM} = 24V$ 、 $I_O = -1A$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$	350	420		$m\Omega$
V_{SD}	ボディ・ダイオード順方向電圧	$I_{SD} = 1A$		0.9		V
t_{RISE}	出力立ち上がり時間	$V_{VM} = 24V$ 、OUT x が 10% から 90% まで立ち上がる時間		150		ns
t_{FALL}	出力立ち下がり時間	$V_{VM} = 24V$ 、OUT x が 90% から 10% まで立ち下がる時間		150		ns
t_{PD}	入力から出力までの伝搬遅延	EN/IN1、PH/IN2 から OUT x まで		650		ns
t_{DEAD}	出力デッドタイム	ボディ・ダイオード導通		300		ns
電流センスおよびレギュレーション (IPROPI、VREF)						
A_{IPROPI}	電流ミラー・スケーリング係数			1000		$\mu A/A$
A_{ERR}	電流ミラー・スケーリング誤差	$I_{OUT} < 0.15A$ 、 $5.5V \leq V_{VM} \leq 37V$	-7.5	7.5		mA
		$0.15A \leq I_{OUT} < 0.5A$ 、 $5.5V \leq V_{VM} \leq 37V$	-5	5		%
		$0.5A \leq I_{OUT} \leq 2A$ 、 $5.5V \leq V_{VM} \leq 37V$ 、 $-40^{\circ}C \leq T_J < 125^{\circ}C$	-4	4		
		$0.5A \leq I_{OUT} \leq 2A$ 、 $5.5V \leq V_{VM} \leq 37V$ 、 $125^{\circ}C \leq T_J \leq 150^{\circ}C$	-5	5		
t_{OFF}	電流レギュレーション・オフ時間			25		μs
t_{DELAY}	電流センス遅延時間			1.6		μs
t_{DEG}	電流レギュレーション・グリッヂ除去時間			0.6		μs
t_{BLK}	電流レギュレーション・ブランкиング時間			1.1		μs
保護回路						
V_{UVLO}	電源低電圧誤動作防止 (UVLO)	V_{VM} 立ち上がり	4.3	4.45	4.6	V
		V_{VM} 立ち下がり	4.2	4.35	4.5	V
V_{UVLO_HYS}	電源 UVLO ヒステリシス			100		mV
t_{UVLO}	電源低電圧グリッヂ除去時間			10		μs
V_{CPUV}	チャージ・ポンプ低電圧誤動作防止	V_{CPUV} は V_{VM} で決まる、 V_{CPUV} 立ち下がり		2.25		V
I_{OCP}	過電流保護トリップ・ポイント		3.5	5.5		A
t_{OCP}	過電流保護グリッヂ除去時間			3		μs
t_{RETRY}	過電流保護リトライ時間			2		ms
T_{TSD}	サーマル・シャットダウン温度		160	175	190	$^{\circ}C$
T_{HYS}	サーマル・シャットダウン・ヒステリシス			20		$^{\circ}C$

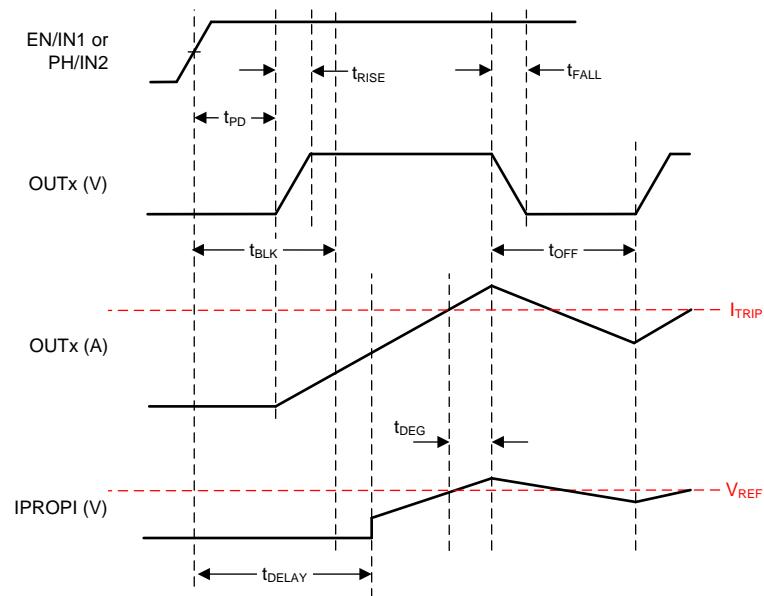
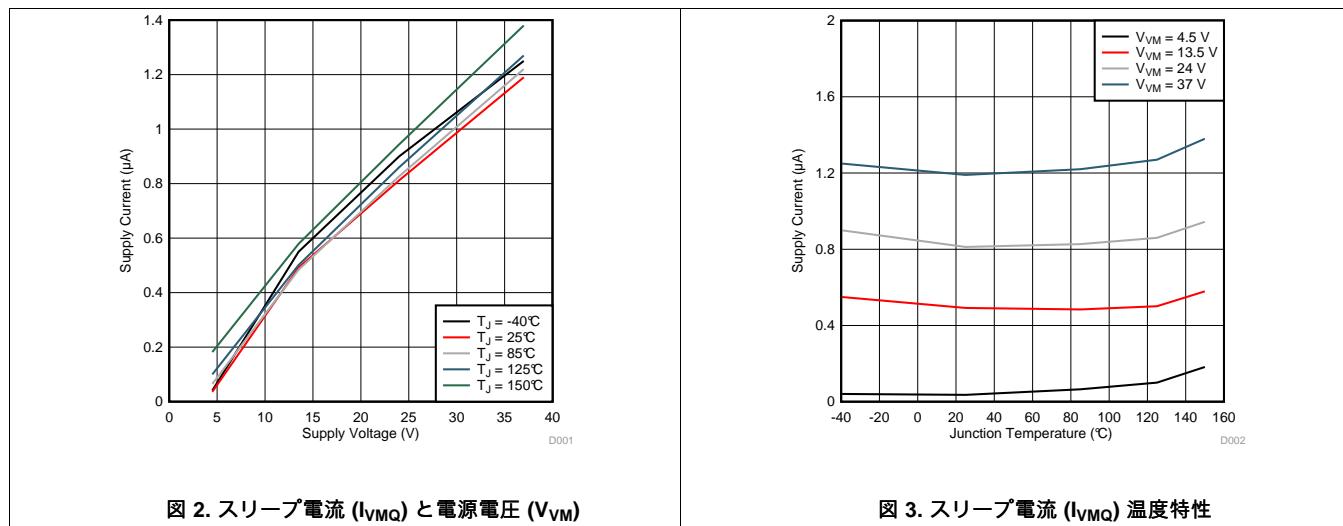
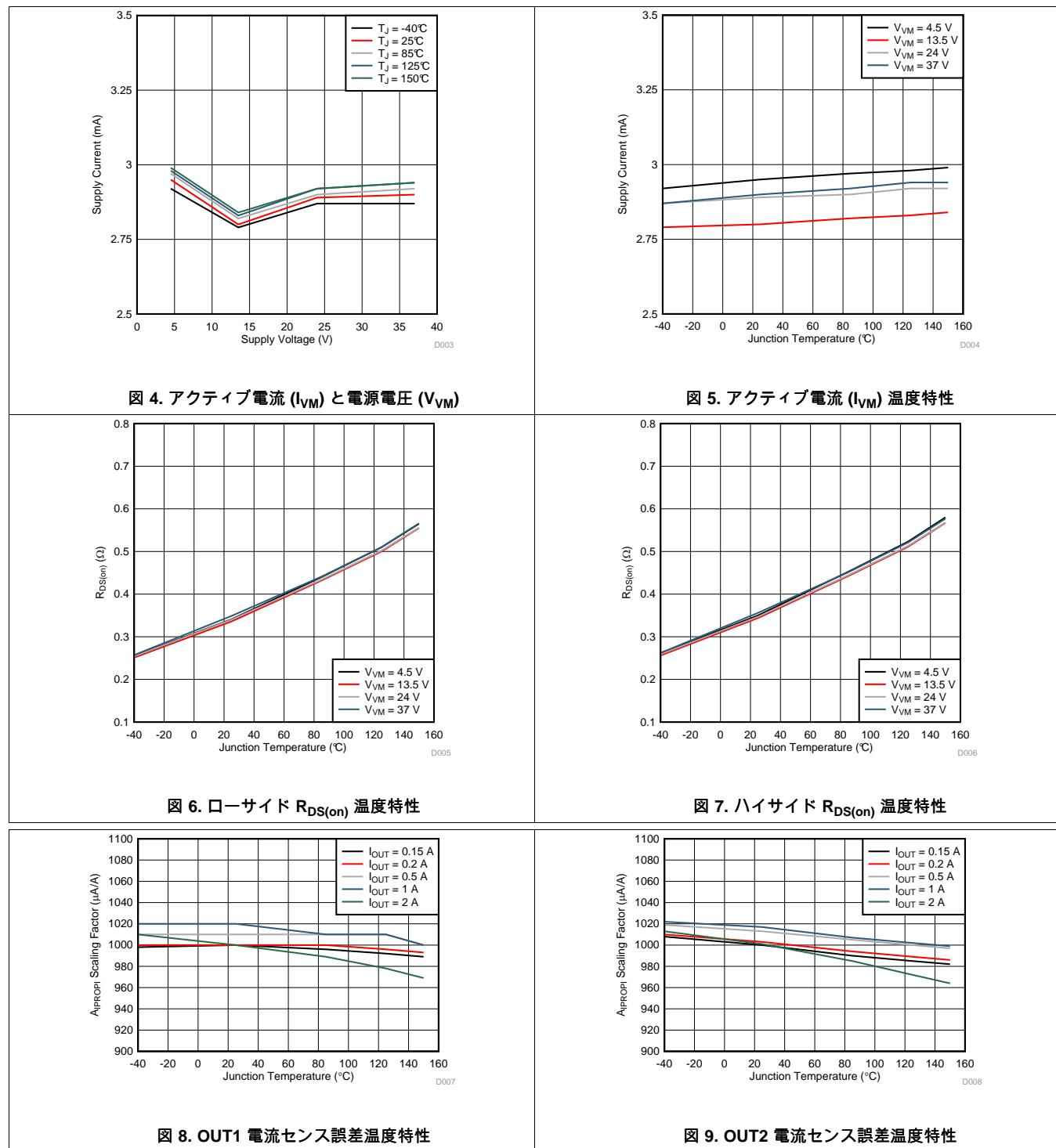


図 1. タイミング・パラメータ図

6.6 代表的特性



代表的特性 (continued)


7 詳細説明

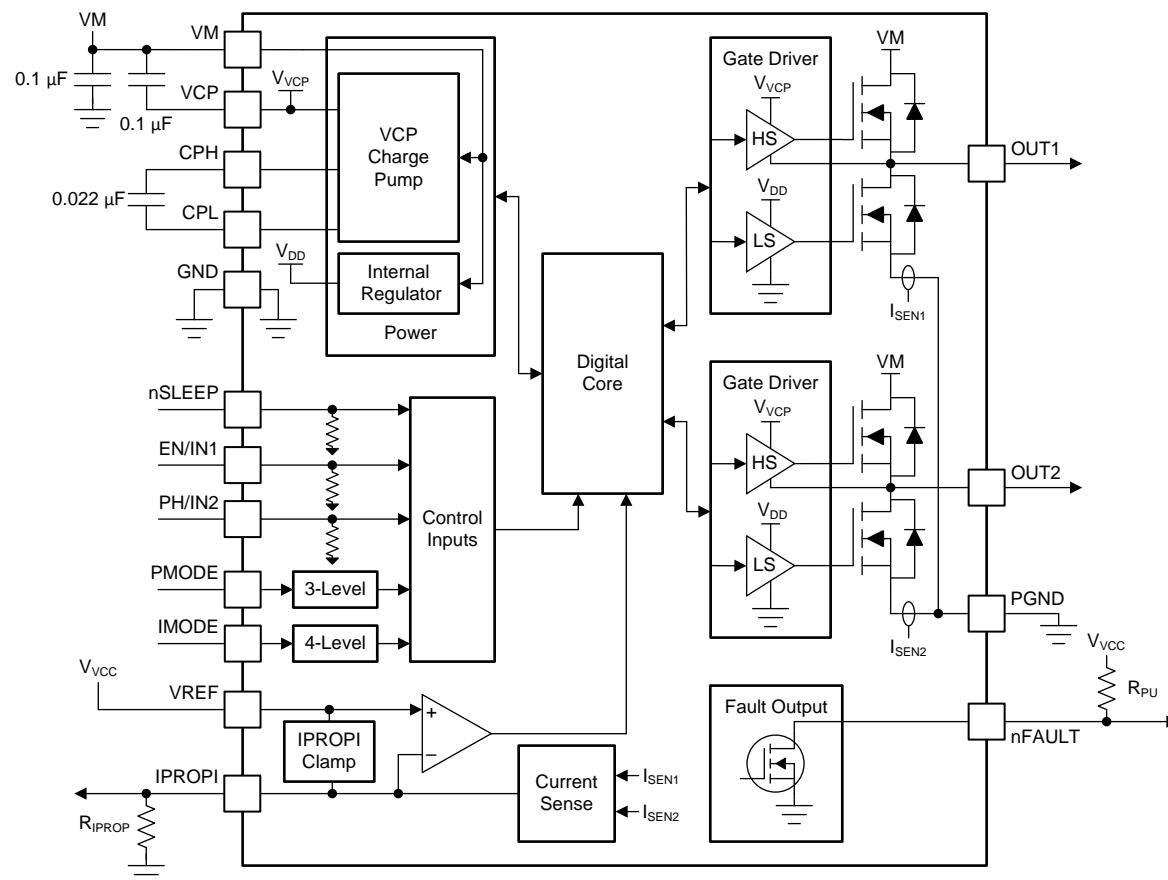
7.1 概要

DRV887x ファミリは、4.5~37V で動作するブラシ付き DC モータ・ドライバであり、各種モータおよび負荷の幅広い出力負荷電流をサポートしています。本デバイスは、PMODE ピン設定で設定される各種制御モードで動作できる H ブリッジ出力電力段を内蔵しています。そのため、1 つの双方向ブラシ付き DC モータ、2 つの単方向ブラシ付き DC モータ、その他の出力負荷構成を駆動できます。また、チャージ・ポンプ・レギュレータを内蔵しており、より高効率なハイサイド N チャネル MOSFET と 100% デューティ・サイクル動作に対応しています。本デバイスは、バッテリまたは DC 電圧電源に直接接続できる単一電源入力 (VM) で動作します。nSLEEP ピンにより、超低消費電力モードに移行して、スリープ時の消費電流を最小限に抑えることができます。

DRV887x ファミリは、ローサイド・パワー MOSFET の電流ミラーを使用した出力電流センシング回路も内蔵しています。その場合、出力電流に比例した電流を IPROPI ピンから出し、外付け抵抗 (R_{IPROPI}) を使用して出力電流に比例した電圧に変換できます。電流センシング回路を内蔵することで、DRV887x は固定オフ時間 PWM チョッピング方式で出力電流を制限できます。また、負荷情報を外部コントローラに提供して、負荷またはストール条件の変化を検出できます。内蔵電流センシング回路により、外付け電源シャント抵抗が不要になるだけなく、オフ時間の低速減衰再循環期間中も電流検出値を提供できるため、従来の外付けシャント抵抗による検出よりも優れています。システムの要求に応じて負荷電流を制限するため、オフ時間の PWM 電流レギュレーション・レベルは、モータが動作している間 VREF ピンを使って設定できます。

システムに異常状態が発生した場合、内蔵する各種保護機能がデバイスを保護します。主な保護機能は、低電圧誤動作防止 (UVLO)、チャージ・ポンプ低電圧 (CPUV)、過電流保護 (OCP)、過熱シャットダウン (TSD) などです。�ルト条件は nFAULT ピンにより示されます。

7.2 機能ブロック図



7.3 機能説明

7.3.1 外付け部品

表 1 に、推奨外付け部品を示します。

表 1. 推奨外付け部品

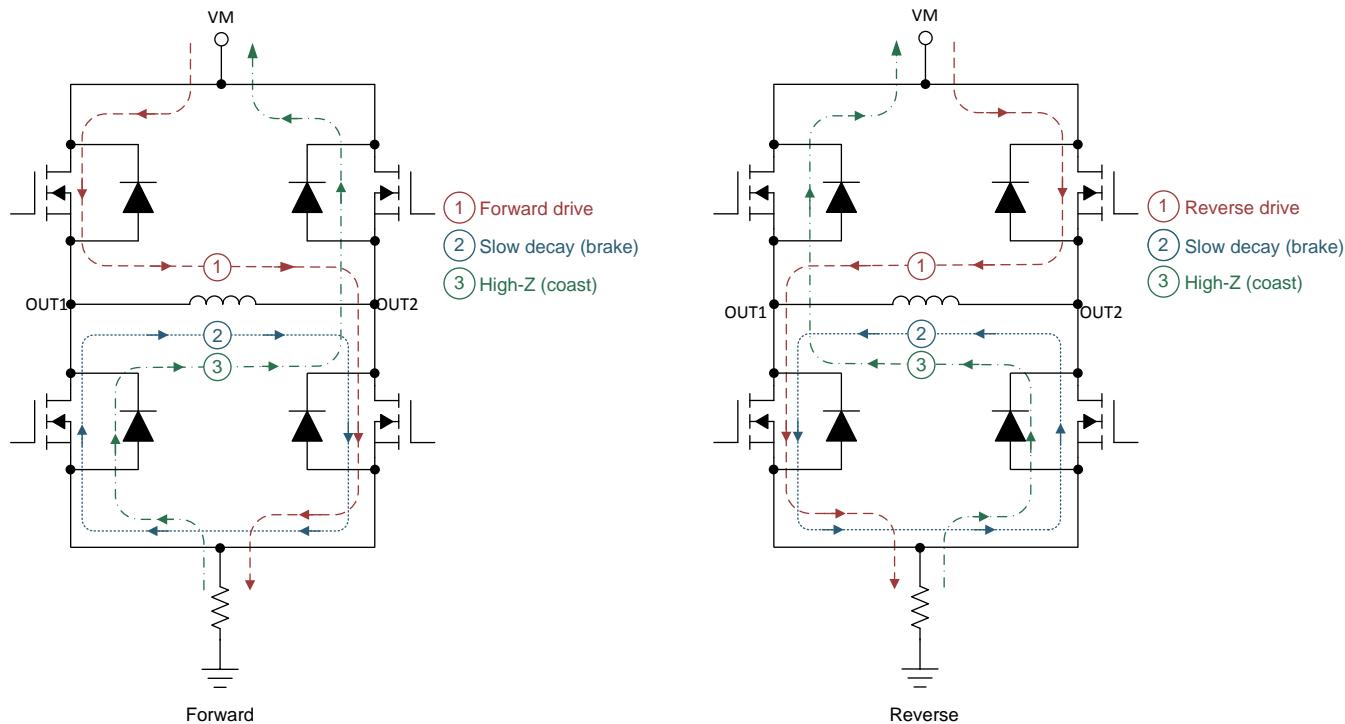
部品	PIN 1	PIN 2	推奨する事項
C_{VM1}	VM	GND	0.1 μ F、低 ESR セラミック・コンデンサ、VM 定格。
C_{VM1}	VM	GND	バルク・コンデンサ、VM 定格。
C_{VCP}	VCP	VM	X5R または X7R、100nF、16V セラミック・コンデンサ
C_{FLY}	CPH	CPL	X5R または X7R、22nF、VM 定格セラミック・コンデンサ
R_{IMODE}	IMODE	GND	「電流レギュレーション」を参照してください。
R_{PMODE}	PMODE	GND	「制御モード」を参照してください。
R_{nFAULT}	VCC	nFAULT	プルアップ抵抗、 $I_{OD} \leq 5\text{mA}$
R_{IPROPI}	IPROPI	GND	「電流センシング」を参照してください。

7.3.2 制御モード

DRV887x ファミリは、EN/IN1 ピンと PH/IN2 ピンで各種制御方式をサポートするために 3 つのモードを備えています。制御モードは、PMODE ピンを論理 Low、論理 High、Hi-Z のいずれかに設定して選択します (表 2 参照)。nSLEEP ピンによりデバイスがイネーブルされると、PMODE ピンの状態がラッチされます。PMODE の状態を変更するには、nSLEEP ピンを論理 Low にし、 t_{SLEEP} 時間待機して、PMODE ピンの入力を変更し、nSLEEP ピンを論理 High に戻してデバイスをイネーブルします。

表 2. PMODE の機能

PMODE の状態	制御モード
PMODE = 論理 Low	PH/EN
PMODE = 論理 High	PWM
PMODE = Hi-Z	独立ハーフブリッジ


図 10. H ブリッジの動作モード

入力は、静的電圧 (100% 駆動モード) またはパルス幅変調 (PWM) 電圧 (PWM 駆動モード) の信号に対応します。VM を印加する前に、デバイスの入力ピンに電力を供給しても問題ありません。入力がなくても出力が確実に Hi-Z になるように、EN/IN1 および PH/IN2 ピンにはデフォルトで内部プルダウン抵抗が接続されています。

以下に、各制御モードの真理値表を示します。これらの表は内部電流レギュレーション機能を考慮していないことに注意してください。また、DRV887x ファミリでは、ハーフブリッジのハイサイド MOSFET とローサイド MOSFET の切り替え時に自動的にデッドタイムが生成されます。

図 10 に、H ブリッジの各種状態の呼称と構成を示します。

7.3.2.1 PH/EN 制御モード (PMODE = 論理 Low)

電源投入時に PMODE ピンが論理 Low の場合、デバイスは PH/EN モードにラッチされます。PH/EN モードでは、H ブリッジのインターフェイスの速度と方向タイプを制御できます。表 3 に、PH/EN モードの真理値表を示します。

表 3. PH/EN 制御モード

nSLEEP	EN	PH	OUT1	OUT2	説明
0	X	X	ハイ・インピーダンス	ハイ・インピーダンス	スリープ、(H ブリッジ Hi-Z)
1	0	X	L	L	ブレーキ、(ローサイド低速減衰)
1	1	0	L	H	逆方向 (OUT2 → OUT1)
1	1	1	H	L	順方向 (OUT1 → OUT2)

7.3.2.2 PWM 制御モード (PMODE = 論理 High)

電源投入時に PMODE ピンが論理 High の場合、デバイスは PWM モードにラッチされます。PWM モードでは、nSLEEP ピンを論理 Low にしなくても H ブリッジは Hi-Z 状態に移行できます。表 4 に、PWM モードの真理値表を示します。

表 4. PWM 制御モード

nSLEEP	IN1	IN2	OUT1	OUT2	説明
0	X	X	ハイ・インピーダンス	ハイ・インピーダンス	スリープ、(H ブリッジ Hi-Z)
1	0	0	ハイ・インピーダンス	ハイ・インピーダンス	コースト、(H ブリッジ Hi-Z)
1	0	1	L	H	逆方向 (OUT2 → OUT1)
1	1	0	H	L	順方向 (OUT1 → OUT2)
1	1	1	L	L	ブレーキ、(ローサイド低速減衰)

7.3.2.3 独立ハーフブリッジ制御モード (PMODE = Hi-Z)

電源投入時に PMODE ピンが Hi-Z の場合、デバイスは独立ハーフブリッジ制御モードにラッピングされます。このモードでは、各ハーフブリッジを直接制御して、ハイサイド低速減衰または 2 つの独立した負荷の駆動をサポートできます。表 5 に、独立ハーフブリッジ・モードの真理値表を示します。

独立ハーフブリッジ制御モードでは、電流センシングおよび帰還は引き続き利用できますが、各ハーフブリッジが独立して動作するため、内部電流レギュレーションはディセーブルされます。また、両方のローサイド MOSFET が同時に電流を流している場合、IPROPI でスケーリングされた出力はその電流の和となります。詳細については、「電流センスおよびレギュレーション」を参照してください。

表 5. 独立ハーフブリッジ制御モード

nSLEEP	INx	OUTx	説明
0	X	Hi-Z	スリープ、(H ブリッジ Hi-Z)
1	0	L	OUTx ローサイド・オン
1	1	H	OUTx ハイサイド・オン

7.3.3 電流センスおよびレギュレーション

DRV887x デバイス・ファミリは電流センシング、レギュレーション、帰還回路を内蔵しています。これらの機能により外付けセンス抵抗またはセンス回路なしで出力電流を検出できるため、システムのサイズ、コスト、複雑さを低減できます。また、モータ・ストールや高トルクの発生時には出力電流を制限し、電流比例出力により負荷電流に関する詳細なフィードバックをコントローラに提供することもできます。

7.3.3.1 電流センシング

I_{PROPI} ピンは、 A_{PROPI} でスケーリングされる H ブリッジのローサイド・パワー MOSFET を流れる電流に比例したアナログ電流を出力します。 I_{PROPI} の出力電流は式 1 で計算できます。

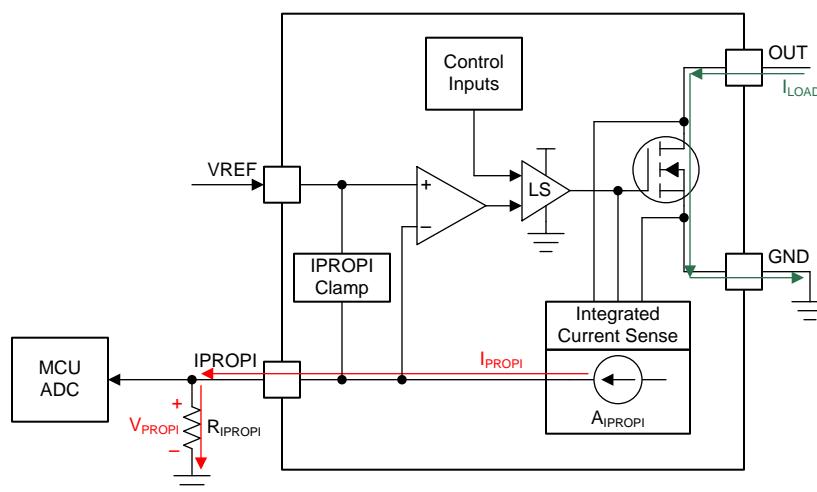
$$I_{\text{PROPI}} (\mu\text{A}) = (I_{I, S1} + I_{I, S2}) (A) \times A_{\text{PROPI}} (\mu\text{A}/A) \quad (1)$$

内部電流ミラー・アーキテクチャで電流を測定するため、外付けセンス抵抗は不要です。また、電流ミラー・アーキテクチャにより、駆動期間とブレーキ・ローサイド低速減衰期間の両方でモータ巻線電流を検出できるため、一般的な双方向ブラシ付き DC モータ用途で電流を常時監視できます。コースト・モードでは、電流が還流して検出できませんが、駆動モードまたは低速減衰モードでドライバを一時的に再イネーブルして電流をサンプリングし、その電流を測定した後に、コースト・モードに戻すことができます。独立 PWM モードで両方のローサイド MOSFET に電流が流れている場合、IPROPI の出力は 2 つのローサイド MOSFET の電流の和となります。

I_{IPROPI} アナログ電流出力により IPROPI ピンで比例電圧 (V_{IPROPI}) を生成するために、IPROPI ピンは外付け抵抗 (R_{IPROPI}) を介してグランドに接続する必要があります。これにより、標準のアナログ / デジタル・コンバータ (ADC) を使用して、 R_{IPROPI} 抵抗両端の電圧降下として負荷電流を測定できます。 R_{IPROPI} 抵抗は、すべてのコントローラ ADC を利用できるように、そのアプリケーションの負荷電流の期待値に基づいて値を調整できます。また、DRV887x は IPROPI 電圧クランプ回路を備えているため、VREF ピンの V_{VREF} を基準として V_{IPROPI} 電圧を制限し、出力過電流または想定外の大電流イベント時に外部 ADC を保護できます。

出力電流に対応する I_{PROPI} 電圧は、式 2 で計算できます。

$$V_{\text{IPROPI}}(V) = I_{\text{PROPI}}(A) \times R_{\text{IPROPI}}(\Omega) \quad (2)$$



Copyright © 2017, Texas

IPROPI 出力の帯域幅は、DRV887x の内部電流センシング回路のセンス遅延時間 (t_{DELAY}) によって制限されます。この時間は、ローサイド MOSFET イネーブル・コマンドから IPROPI 出力準備完了までの遅延に相当します。デバイスが H ブリッジ PWM パターンで駆動と低速減衰（ブレーキ）を繰り返している場合、電流を検出する口、サブイド MOSFET は連続的にオン・オフします。遅延時間は IPROPI 寸法に影響を及ぼす。

3.3.3.3 電流 / ギュルーミュル

DRV887x ファミリは、固定オフ時間またはサイクル単位の PWM 電流チョッピング方式による電流レギュレーション回路を内蔵しています。電流チョッピング方式は IMODE クワッドレベル入力で選択できます。これにより、モータ、ストップ、高トリク、その他のオペレーティングモード時に出力電流を制限できます。

IMODE レベルは、ピンをフローティング (Hi-Z) 状態にする方法、ピンを GND に接続する方法、IMODE と GND の間に抵抗を接続する方法のいずれかで設定できます。nSLEEP ピンでデバイスを起動すると、IMODE ピンの状態がラッチされます。IMODE の状態を変更するには、nSLEEP ピンを論理 Low にし、 t_{SLEEP} 時間待機して、IMODE ピンの入力を変更し、nSLEEP ピンを論理 High に戻してデバイスを起動します。IMODE 入力は、過電流イベントに対するデバイスの応答を選択するためにも使用します。詳細については、「[保護回路](#)」を参照してください。

内蔵電流レギュレーション回路を停止するには、IPROPI を GND に接続し、VREF ピンの電圧が GND を上回るように設定するか (電流帰還不要の場合)、電流帰還が必要な場合、 V_{IPROPI} が V_{VREF} の閾値に達しないように V_{VREF} と R_{IPROPI} を設定します。独立ハーフブリッジ制御モード (PMODE = Hi-Z) の場合、出力が独立して動作し、電流センスおよびレギュレーションがハーフブリッジ間で共有されるため、内部電流レギュレーション回路は自動的にディセーブルされます。

表 6. IMODE の機能

IMODE の状態		IMODE の機能		nFAULT 応答
		電流チョッピング・モード	過電流応答	
クワッドレベル 1	IMODE = GND	固定オフ時間	自動リトライ	過電流のみ
クワッドレベル 2	$R_{IMODE} = 20k\Omega$ (対 GND)	サイクル単位	自動リトライ	電流チョッピングおよび過電流
クワッドレベル 3	$R_{IMODE} = 62k\Omega$ (対 GND)	サイクル単位	出力をオフにラッチ	電流チョッピングおよび過電流
クワッドレベル 4	IMODE = Hi-Z	固定オフ時間	出力をオフにラッチ	過電流のみ

電流チョッピング閾値 (I_{TRIP}) は、VREF 電圧 (V_{VREF}) と IPROPI 出力抵抗 (R_{IPROPI}) の組み合わせにより設定されます。具体的には、内部コンパレータを使用して、外付け R_{IPROPI} 抵抗両端の電圧降下を V_{VREF} と比較します。

$$I_{TRIP} (A) \times A_{IPROPI} (\mu A/A) = V_{VREF} (V) / R_{IPROPI} (\Omega) \quad (3)$$

たとえば、 $V_{VREF} = 2.5V$ 、 $R_{IPROPI} = 1500\Omega$ 、 $A_{IPROPI} = 1000\mu A/A$ の場合、 I_{TRIP} は約 1.67A となります。

I_{TRIP} 閾値を超えると、IMODE 設定に従って、出力は電流チョッピング・モードに移行します。 I_{TRIP} コンパレータには、ブランкиング時間 (t_{BLK}) とグリッヂ除去時間 (t_{DEG}) があります。内部ブランкиング時間は、出力切替時の電圧および電流過渡事象が電流レギュレーションに影響を与えないようにするために役立ちます。内部グリッヂ除去時間により、過渡条件が電流レギュレーションを通常より早くトリガすることを防止します。

7.3.3.2.1 固定オフ時間電流チョッピング

固定オフ時間モードでは、 I_{OUT} が I_{TRIP} を超過すると、 t_{OFF} の間 H ブリッジがブレーキ、ローサイド低速減衰 (両方のローサイド MOSFET がオン) に移行します。 t_{OFF} が経過すると、 I_{OUT} が I_{TRIP} を超過したままでない限り、制御入力に従って出力が再イネーブルされます。 I_{OUT} が I_{TRIP} を超過したままの場合、H ブリッジは t_{OFF} の間、ブレーキ、ローサイド低速減衰周期に再度移行します。固定オフ時間モードにより、外部コントローラを使用せずに、シンプルな電流チョッピング方式を実現できます。図 12 に、これを示します。固定オフ時間モードでは、H ブリッジが t_{OFF} 期間の後自動的にイネーブルし、EN/IN1 ピンまたは PH/IN2 ピンの新しい制御入力エッジを使わないので出力がリセットされるため、100% デューティ・サイクル電流レギュレーションをサポートできます。

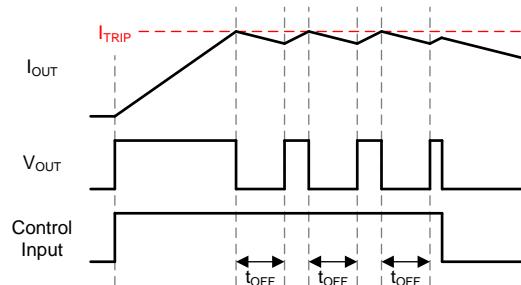


図 12. オフ時間電流レギュレーション

7.3.3.2.2 サイクル単位電流チョッピング

サイクル単位モードの場合、 I_{OUT} が I_{TRIP} を超過してから、EN/IN1 ピンまたは PH/IN2 ピンの次の制御入力エッジまで、H ブリッジがブレーキ、ローサイド低速減衰（両方のローサイド MOSFET がオン）に移行します。このため、外部コントローラによる電流チョッピング方式の追加制御が可能です。図 13 に、これを示します。サイクル単位モードでは、ブレーキ、ローサイド低速減衰状態に移行した後、出力をリセットするために新しい制御入力エッジが必要なため、100% デューティ・サイクル電流レギュレーションをサポートしません。

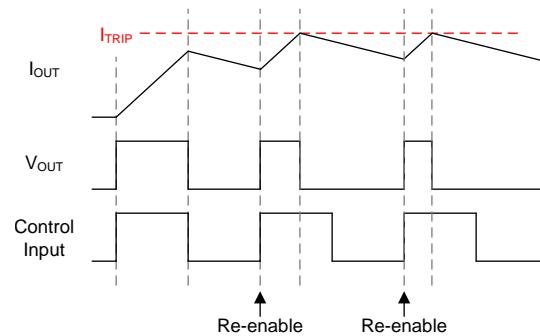


図 13. サイクル単位電流レギュレーション

本デバイスは、サイクル単位モードにおいて、H ブリッジが内部電流チョッピングに移行すると常に nFAULT ピンを Low にして表示します。これを使って、デバイスの出力が制御入力と異なっているかどうか、または負荷が I_{TRIP} 閾値に達したかどうかを判断できます。図 14 に、これを示します。nFAULT は、デバイスが次の制御入力エッジを受信し、出力をリセットするとすぐに解放されます。

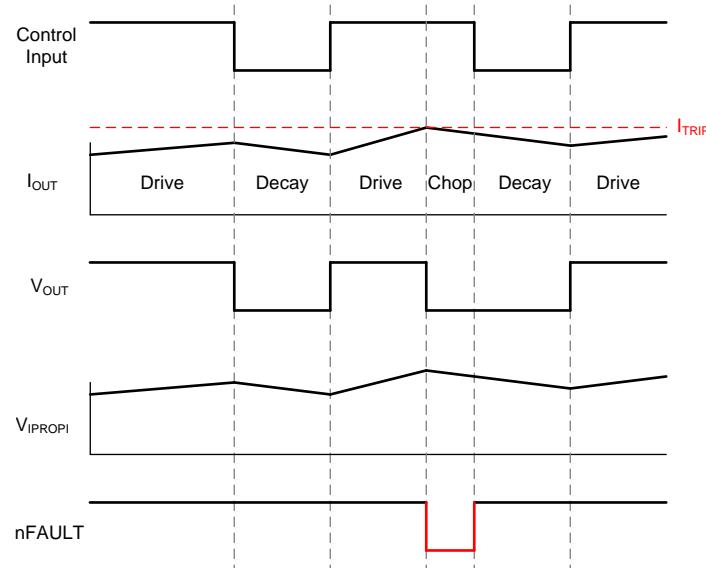


図 14. サイクル単位電流レギュレーション

nFAULT ピンが電流チョッピング状態出力として Low になっても、デバイスの機能は影響されません。nFAULT ピンは状態出力としてのみ使用され、デバイスは通常動作を継続します。デバイス異常（「保護回路」で概説しています）と電流チョッピング状態出力を区別するために、nFAULT ピンを制御入力と比較できます。電流チョッピング状態出力は、制御入力が順方向または逆方向の駆動状態（図 10）を指示している場合にのみアサートできます。nFAULT ピンが Low にプルされ、制御入力が Hi-Z または低速減衰状態を指示している場合、デバイス異常が発生したことを示します。

7.3.4 保護回路

DRV887x ファミリは、電源低電圧、チャージ・ポンプ低電圧、出力過電流、デバイス過熱イベントからデバイスを保護します。

7.3.4.1 VM 電源低電圧誤動作防止 (UVLO)

VM ピンの電源電圧が低電圧誤動作防止閾値電圧 (V_{UVLO}) を下回ると、H ブリッジのすべての MOSFET がディセーブルされ、nFAULT ピンが Low に駆動されます。この条件では、チャージ・ポンプはディセーブルされます。低電圧条件が解消し、VM が V_{UVLO} 閾値を上回ると、通常動作を再開します。

7.3.4.2 VCP チャージ・ポンプ低電圧誤動作防止 (CPUV)

VCP ピンのチャージ・ポンプ電圧が低電圧誤動作防止閾値電圧 (V_{CPUV}) を下回ると、H ブリッジのすべての MOSFET がディセーブルされ、nFAULT ピンが Low に駆動されます。低電圧条件が解消し、VCP が V_{CPUV} 閾値を上回ると、通常動作を再開します。

7.3.4.3 OUT 過電流保護 (OCP)

各 MOSFET のアナログ電流制限回路により、出力端子短絡時にもデバイスのピーク出力電流を制限できます。

出力電流が t_{OCP} より長く過電流閾値 I_{OCP} を上回ると、H ブリッジのすべての MOSFET がディセーブルされ、nFAULT ピンが Low に駆動されます。表 6 に示すとおり、過電流応答は IMODE ピンで設定できます。

自動リトライ・モードでは、MOSFET がディセーブルされ、nFAULT ピンが t_{RETRY} の間 Low に駆動されます。 t_{RETRY} 後、EN/IN1 ピンと PH/IN2 ピンの状態に応じて MOSFET が再イネーブルされます。過電流状態がまだ解消していない場合、このサイクルを繰り返します。解消している場合、通常のデバイス動作を再開します。

ラッчикオフ・モードでは、nSLEEP ピンを使用するか VM 電源を切ってデバイスをリセットするまで、MOSFET はディセーブルされ、nFAULT ピンは Low に駆動されたままになります。

独立ハーフブリッジ制御モード (PMODE = Hi-Z) では、OCP の動作が若干変わります。過電流イベントが検出されると、該当するハーフブリッジのみがディセーブルされ、nFAULT ピンが Low に駆動されます。もう一方のハーフブリッジは通常動作を継続します。これにより、本デバイスは負荷を個別に駆動して、フォルト・イベントを個別に管理できます。両方のハーフブリッジで過電流イベントが検出されると、両方のハーフブリッジがディセーブルされ、nFAULT ピンが Low に駆動されます。自動リトライ・モードでは、両方のハーフブリッジで同じ過電流リトライ・タイムを共有します。まず一方のハーフブリッジに過電流イベントが発生し、その後 t_{RETRY} が経過する前に、もう一方のハーフブリッジにも発生した場合、最初のハーフブリッジのリトライ・タイムが t_{RETRY} にリセットされ、リトライ・タイムのタイムアウト後に両方のハーフブリッジが再イネーブルされます。

7.3.4.4 過熱検出保護 (TSD)

デバイス温度が過熱閾値 T_{TSD} を上回ると、H ブリッジのすべての MOSFET がディセーブルされ、nFAULT ピンが Low に駆動されます。過熱状態が解消し、デバイス温度が T_{TSD} 閾値を下回ると、通常動作を再開します。

7.3.4.5 フォルト条件のまとめ

表 7. フォルト条件のまとめ

フォルト	条件	通知	H ブリッジ	復帰
I_{TRIP} 状態出力	CBC モード & $I_{OUT} > I_{TRIP}$	nFAULT	アクティブ ローサイド低速減衰	制御入力エッジ
VM 低電圧誤動作防止 (UVLO)	$VM < V_{UVLO}$	nFAULT	ディセーブル	$VM > V_{UVLO}$
VCP 低電圧誤動作防止 (CPUV)	$VCP < V_{CPUV}$	nFAULT	ディセーブル	$VCP > V_{CPUV}$
過電流 (OCP)	$I_{OUT} > I_{OCP}$	nFAULT	ディセーブル	t_{RETRY} またはリセット (IMODE で設定)
過熱検出保護 (TSD)	$T_J > T_{TSD}$	nFAULT	ディセーブル	$T_J < T_{TSD} - T_{HYS}$

7.3.5 ピン構造図

7.3.5.1 論理レベル入力

図 15 に、論理レベル入力ピン EN/IN1、PH/IN2、nSLEEP の入力構造を示します。

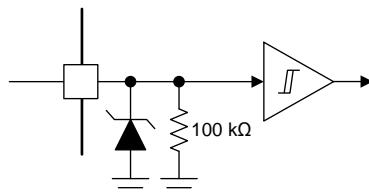


図 15. 論理レベル入力

7.3.5.2 トライレベル入力

図 16 にトライレベル入力ピン PMODE の入力構造を示します。

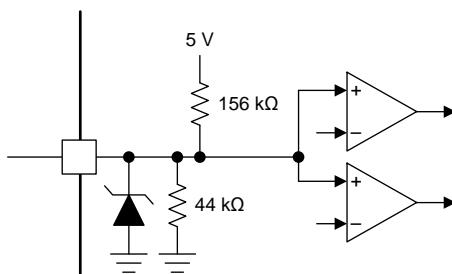


図 16. PMODE トライレベル入力

7.3.5.3 クワッドレベル入力

図 17 にクワッドレベル入力ピン IMODE の入力構造を示します。

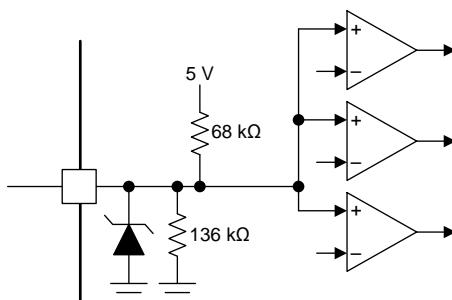


図 17. クワッドレベル入力

7.4 デバイスの機能モード

DRV887x ファミリには、システムの入力に応じた動作モードがあります。

7.4.1 アクティブ・モード

VM ピンの電源電圧が低電圧閾値 V_{UVLO} を超え、nSLEEP ピンが論理 High になり、 t_{WAKE} が経過すると、デバイスはアクティブ・モードに移行します。このモードでは、H ブリッジ、チャージ・ポンプ、内部論理回路がアクティブになります。本デバイスはいつでも入力を受信できます。本デバイスがアクティブ・モードに移行すると、入力制御モード (PMODE) と電流制御モード (IMODE) がラッチされます。

デバイスの機能モード (continued)

7.4.2 低消費電力スリープ・モード

DRV887x ファミリは低消費電力モードをサポートしているため、ドライバがアクティブでないときに VM ピンの消費電流を低減できます。nSLEEP ピンを論理 Low に設定し、 t_{SLEEP} が経過するまで待機すると、このモードに移行します。スリープ・モードでは、H ブリッジ、チャージ・ポンプ、内部 5V レギュレータ、内部論理回路がディセーブルされます。弱いプルダウンにより、すべての内部 MOSFET が確実にディセーブルに維持されます。低消費電力スリープ・モードでは、本デバイスは nSLEEP 以外の入力に応答しません。

7.4.3 フォルト・モード

異常状態が発生すると、DRV887x ファミリはフォルト・モードに移行します。これにより、デバイスと出力負荷を保護できます。フォルト・モードでの本デバイスの挙動は [表 7](#) に示すとおり、フォルト条件で決まります。復帰条件を満たすと、本デバイスはフォルト・モードを離れアクティブ・モードに戻ります。

8 アプリケーションと実装

注

以降のアプリケーション情報は、TIの製品仕様に含まれるものではなく、TIではその正確性または完全性を保証いたしません。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。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

DRV887x ファミリは、ハーフブリッジまたは H ブリッジ電力段構成を必要とする各種用途に使用できます。一般的なアプリケーション例には、ブラシ付き DC モータ、ソレノイド、アクチュエータが含まれます。また、LED、抵抗素子、リレーといった多くの一般的な受動負荷の駆動にも利用できます。以下のアプリケーション例では、1 つの H ブリッジ・ドライバを必要とする双方向電流制御アプリケーションと、2 つのハーフブリッジ・ドライバを必要とするデュアル单方向電流制御アプリケーションで本デバイスを使用する方法を説明します。

8.2 代表的なアプリケーション

8.2.1 主要アプリケーション

主要アプリケーション例では、H ブリッジ構成を採用し、外部負荷（ブラシ付き DC モータなど）の双方向電流を駆動するように本デバイスを構成しています。H ブリッジの極性とデューティ・サイクルは、外部コントローラから EN/IN1 および PH/IN2 ピンに接続された PWM および IO 信号で制御されます。本デバイスは、PMODE ピンを GND に接続することで PH/EN 制御モードに構成されます。電流制限閾値 (I_{TRIP}) は、制御論理電源電圧 (V_{CC}) を外付け抵抗分圧器で分圧して生成します。本デバイスは、IMODE ピンを GND に接続することで固定オフ時間電流レギュレーション方式に構成されます。負荷電流は、 R_{IPROPI} 両端の電圧をコントローラが ADC で検出することで監視されます。

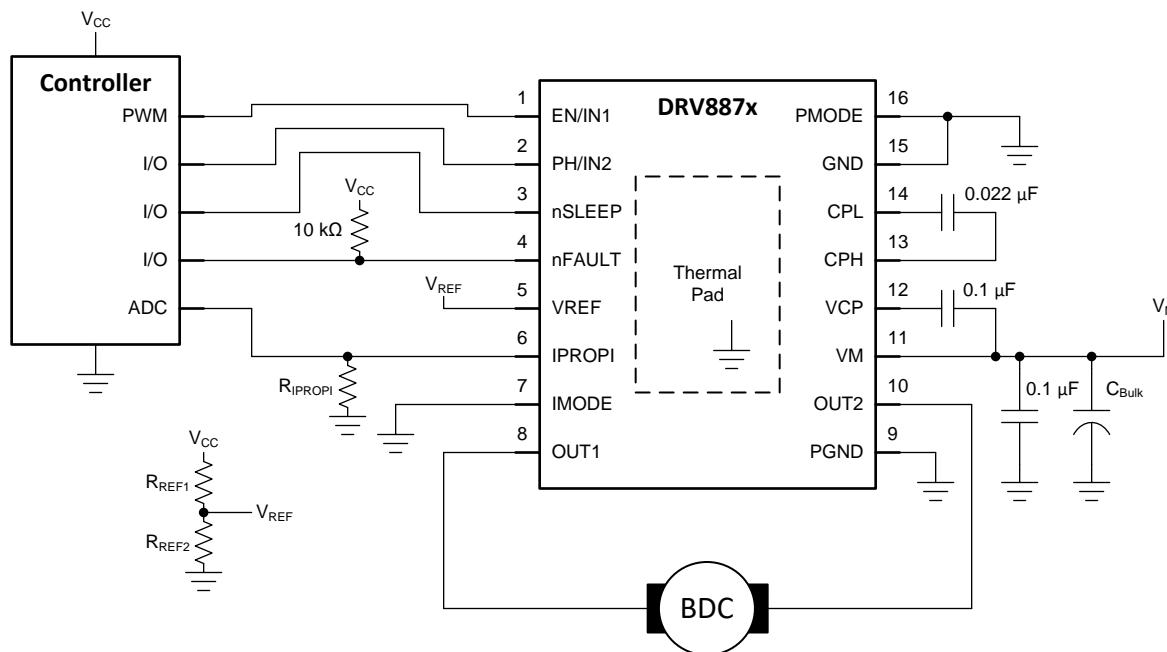


図 18. 代表的なアプリケーションの回路図

8.2.1.1 設計要件

表 8. 設計パラメータ

略号	設計パラメータ	設計値例
V_M	モータおよびドライバ電源電圧	24V

代表的なアプリケーション (continued)

表 8. 設計パラメータ (continued)

略号	設計パラメータ	設計値例
V_{CC}	コントローラ電源電圧	3.3V
I_{RMS}	出力 RMS 電流	0.5A
f_{PWM}	スイッチング周波数	20kHz
I_{TRIP}	電流レギュレーション・トリップ・ポイント	1A
A_{IPROPI}	電流センス・スケーリング係数	1000 μ A/A
R_{IPROPI}	IPROPI 外付け抵抗	2.5k Ω
V_{REF}	電流レギュレーション基準電圧	2.5V
V_{ADC}	コントローラ ADC 基準電圧	2.5V
R_{REF1}	VREF 外付け抵抗	16k Ω
R_{REF2}	VREF 外付け抵抗	50k Ω
T_A	PCB 周囲温度	-20 ~ 85°C
T_J	デバイスの最大接合部温度	150°C
$R_{\theta JA}$	デバイスの接合部から周囲への熱抵抗	35 °C/W

8.2.1.2 詳細な設計手順

8.2.1.2.1 電流センスおよびレギュレーション

DRV887x ファミリは、出力電流のレギュレーションおよびセンシング回路を内蔵しています。

電流センス帰還回路は、IPROPI のスケールダウンした出力電流をコントローラ ADC の入力電圧のダイナミック・レンジ内で適切に検出できるように、 R_{IPROPI} 抵抗を調整することで構成します。以下に、この例を示します。

$$R_{IPROPI} \leq V_{ADC} / (I_{TRIP} \times A_{IPROPI}) \quad (4)$$

$$R_{IPROPI} = 2.5k\Omega \leq 2.5V / (1A \times 1000\mu A/A) \quad (5)$$

$V_{ADC} = 2.5V$ 、 $I_{TRIP} = 1A$ 、 $A_{IPROPI} = 1000\mu A/A$ の場合、IPROPI 電圧のダイナミック・レンジを最大化するには約 2.5k Ω の R_{IPROPI} を選択する必要があります。

R_{IPROPI} の精度 (許容差) は、アプリケーションの要件に基づいて選定できます。10%、5%、1%、0.1% はいずれも有効な許容差です。性能とコストの最良のバランスを実現するため、通常 1% を推奨します。

出力電流レギュレーション・トリップ・ポイント (I_{TRIP}) は、 V_{REF} と R_{IPROPI} の組み合わせにより設定します。 R_{IPROPI} はすでに計算済みで A_{IPROPI} は一定であるため、後は V_{REF} を計算するだけです。

$$V_{REF} = R_{IPROPI} \times (I_{TRIP} \times A_{IPROPI}) \quad (6)$$

$$V_{REF} = 2.5V = 2.5k\Omega \times (1A \times 1000\mu A/A) \quad (7)$$

$R_{IPROPI} = 2.5k\Omega$ 、 $I_{TRIP} = 1A$ 、 $A_{IPROPI} = 1000\mu A/A$ の場合、 V_{REF} は 2.5V に設定する必要があります。

V_{REF} は、単純な抵抗分圧器 (R_{REF1} と R_{REF2}) でコントローラ電源電圧から生成できます。 R_{REF1} の値を選択し、 R_{REF2} の必要な値を計算することで抵抗値を設定できます。

8.2.1.2.2 消費電力および出力電流特性

本デバイスの出力電流および消費電力特性は、PCB 設計と外部条件に大きく依存します。ここでは、これらの値を計算するための指針を提示します。

本デバイスの総消費電力は、おもに 3 つの要素から成ります。具体的には、静止時消費電流、パワー MOSFET のスイッチング損失、パワー MOSFET の $R_{DS(on)}$ (導通) 損失です。それ以外の要素が電力損失の増加に影響することもありますが、この 3 つの主要な要素に比べると通常わずかです。

$$P_{TOT} = P_{VM} + P_{SW} + P_{RDS} \quad (8)$$

P_{VM} は、公称電源電圧 (V_M) と I_{VM} アクティブ・モード電流の仕様から計算できます。

$$P_{VM} = V_M \times I_{VM} \quad (9)$$

$$P_{VM} = 0.096W = 24V \times 4mA \quad (10)$$

P_{SW} は、公称電源電圧 (V_M)、平均出力電流 (I_{RMS})、スイッチング周波数 (f_{PWM})、デバイス出力立ち上がり (t_{RISE}) /立ち下がり (t_{FALL}) 時間の仕様から計算できます。

$$P_{SW} = P_{SW_RISE} + P_{SW_FALL} \quad (11)$$

$$P_{SW_RISE} = 0.5 \times V_M \times I_{RMS} \times t_{RISE} \times f_{PWM} \quad (12)$$

$$P_{SW_FALL} = 0.5 \times V_M \times I_{RMS} \times t_{FALL} \times f_{PWM} \quad (13)$$

$$P_{SW_RISE} = 0.018W = 0.5 \times 24V \times 0.5A \times 150ns \times 20kHz \quad (14)$$

$$P_{SW_FALL} = 0.018W = 0.5 \times 24V \times 0.5A \times 150ns \times 20kHz \quad (15)$$

$$P_{SW} = 0.036W = 0.018W + 0.018W \quad (16)$$

P_{RDS} は、デバイスの $R_{DS(on)}$ と平均出力電流 (I_{RMS}) から計算できます。

$$P_{RDS} = I_{RMS}^2 \times (R_{DS(ON)}_{HS} + R_{DS(ON)}_{LS}) \quad (17)$$

$R_{DS(ON)}$ はデバイス温度と強い相関があることに注意する必要があります。正規化した $R_{DS(on)}$ と温度との関係を示す曲線については、「代表的特性」の曲線を参照してください。デバイス温度を 85°C と仮定すると、正規化した温度データに基づき、 $R_{DS(on)}$ は約 1.25 倍になると予想されます。

$$P_{RDS} = 0.219W = 0.5A^2 \times (350m\Omega \times 1.25 + 350m\Omega \times 1.25) \quad (18)$$

各種消費電力要素を合計することで、予想される消費電力とデバイス接合部温度が設計目標の範囲内にあることを検証できます。

$$P_{TOT} = P_{VM} + P_{SW} + P_{RDS} \quad (19)$$

$$P_{TOT} = 0.351W = 0.096W + 0.036W + 0.219W \quad (20)$$

デバイス接合部温度は、 P_{TOT} 、デバイス周囲温度 (T_A)、パッケージ熱抵抗 ($R_{\theta JA}$) を使って計算できます。 $R_{\theta JA}$ の値は、PCB 設計とデバイス周りの銅製ヒートシンクに大きく依存します。

$$T_J = (P_{TOT} \times R_{\theta JA}) + T_A \quad (21)$$

$$T_J = 97^\circ C = (0.351W \times 35^\circ C/W) + 85^\circ C \quad (22)$$

デバイス接合部温度が規定の動作範囲内にあることを確認する必要があります。利用可能な測定結果に応じて、デバイス接合部温度を検証する方法はその他にもあります。

モータ・ドライバの定格電流と消費電力の詳細については、「[熱性能](#)」および「[関連資料](#)」を参照してください。

8.2.1.2.3 熱性能

データシートに規定する接合部から周囲への熱抵抗 $R_{\theta JA}$ は、おもに各種ドライバの比較または熱性能の概算に役立ちます。しかし、実際のシステム性能は、PCB 層形成 (スタッカアップ)、配線、ビア数、サーマル・パッド周りの銅面積に応じて、この値よりも良くなったり、悪くなったりします。ドライバが特定の電流を駆動する時間の長さもまた、消費電力や熱性能に影響を与えます。ここでは、定常および過渡熱条件での設計方法について考察します。

このセクションのデータは、次の基準を使用してシミュレーションしたものです。

- 2 層 PCB、標準 FR4、1oz (35μm 銅箔厚) または 2oz 銅箔厚。
 - 上層 : DRV887x HTSSOP パッケージ・フットプリントと銅プレーン・ヒートシンク。
 - 下層 : DRV887x の下に小さな銅パッドを設け、ビアで熱的に接続した信号層。下層のサーマル・パッドはパッケージと同じサイズ (5mm x 4.4mm)。上層の銅プレーンが変化しても、下層のパッドのサイズは一定。サーマル・ビアはサーマル・パッドの下にのみ配置 (1.2mm 間隔のグリッド・パターン)。
- 4 層 PCB、標準 FR4。外側のプレーンは 1oz (35μm 銅箔厚) または 2oz 銅箔厚。
 - 上層 : DRV887x HTSSOP パッケージ・フットプリントと銅プレーン・ヒートシンク。内側のプレーンは 1oz で一定。
 - 中間層 1 : ビアを使用して GND プレーンをパッドに熱的に接続。
 - 中間層 2 : 電源プレーン、熱的接続なし。
 - 下層 : DRV887x の下に小さな銅パッドを設け、上層および内部 GND プレーンから打ったビアで熱的に接続した信号層。下層のサーマル・パッドはパッケージと同じサイズ (5mm x 4.4mm)。上層の銅プレーンが変化しても、下層のパッドのサイズは一定。サーマル・ビアはサーマル・パッドの下にのみ配置 (1.2mm 間隔のグリッド・パターン)。

図 19 に、シミュレーションした基板の例を示します。表 9 に、各シミュレーションで変化させた基板の寸法を示します。

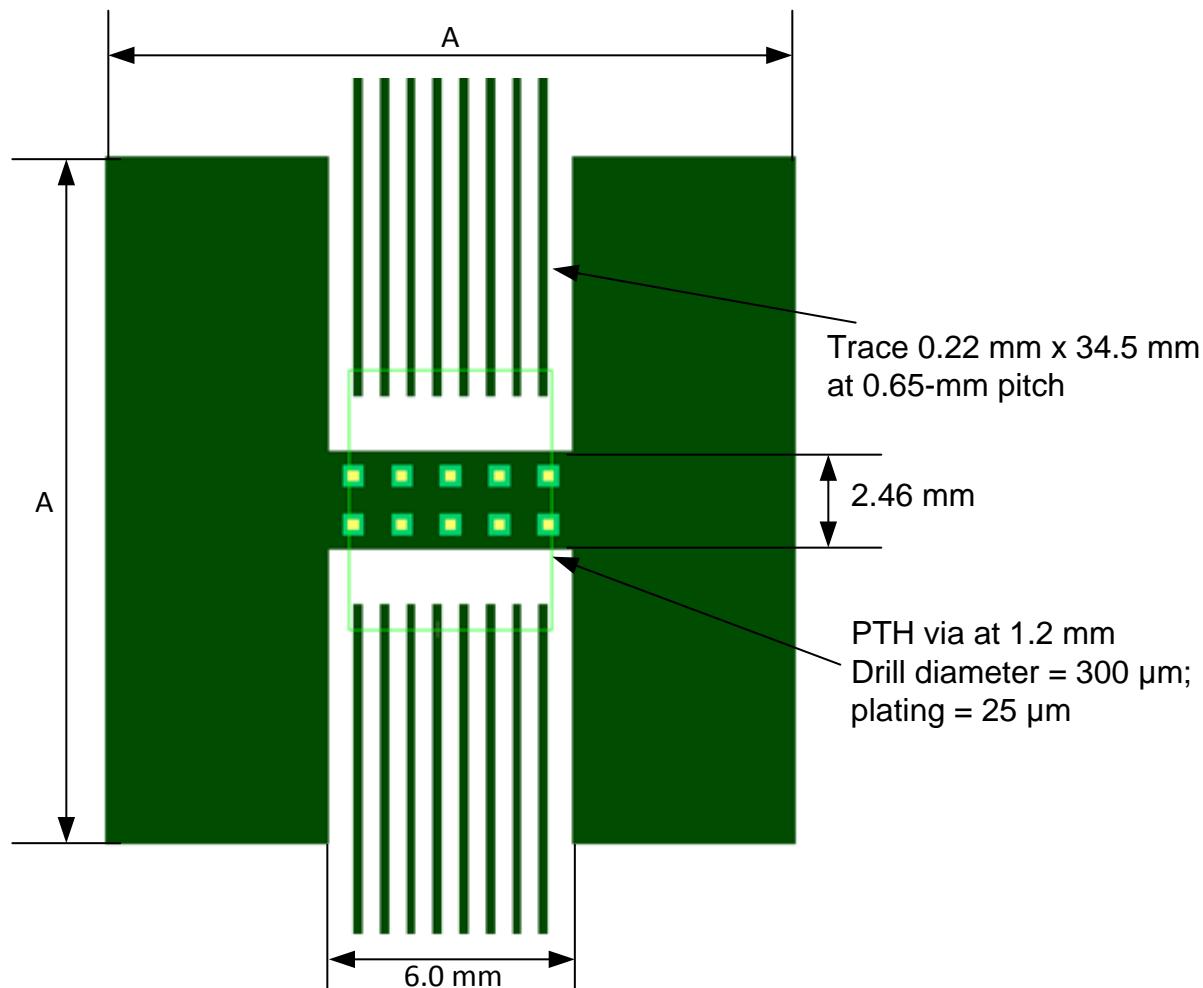


図 19. PCB モデル (4 層 PCB を表示、2 層 PCB はビアなし)

表 9. 16 ピン PWP パッケージの寸法 A

銅 (Cu) 面積 (mm^2)	寸法 A
2	17.0
4	22.8
8	31.0
16	42.8
32	59.5
48	72.2

8.2.1.2.3.1 定常状態熱性能

「定常状態条件」とは、モータ・ドライバが長時間にわたって一定の RMS 電流で動作することを指します。図 20、図 21、図 22、図 23 に、銅面積、銅厚、PCB 層数に応じた $R_{\theta JA}$ と Ψ_{JB} (接合部から基板への熱特性) の変化を示します。銅面積が大きく、層数が多く、銅プレーンが厚いほど、 $R_{\theta JA}$ と Ψ_{JB} は小さくなり、PCB レイアウトの熱性能が高くなることを示しています。

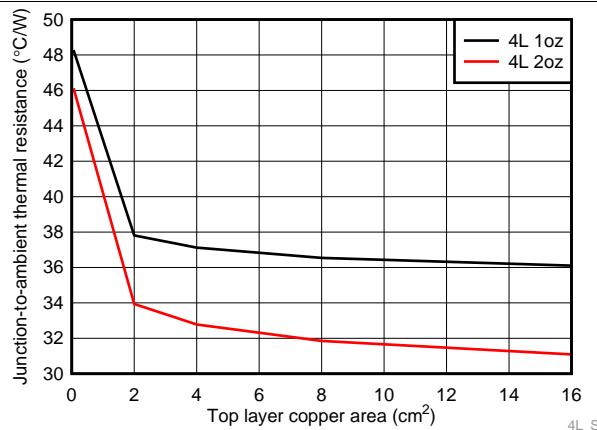


図 20. HTSSOP、4 層 PCB の接合部から周囲への熱抵抗と銅面積との関係



図 21. HTSSOP、4 層 PCB の接合部から基板への熱特性と銅面積との関係

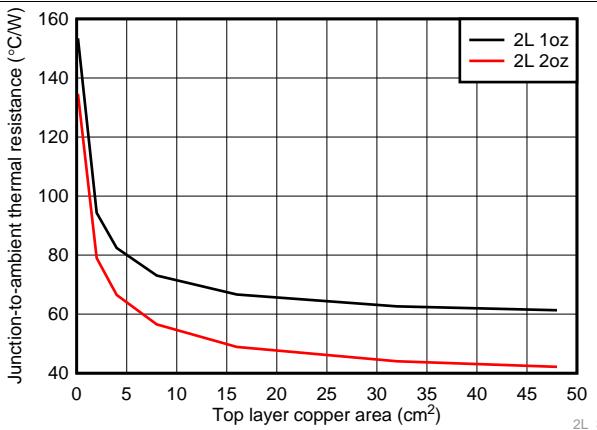


図 22. HTSSOP、2 層 PCB の接合部から周囲への熱抵抗と銅面積との関係

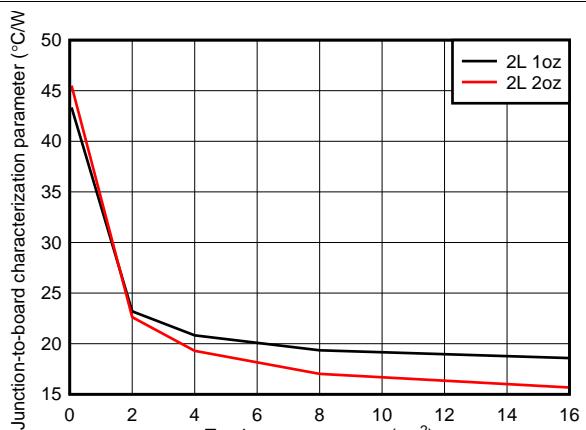


図 23. HTSSOP、2 層 PCB の接合部から基板への熱特性と銅面積との関係

8.2.1.2.3.2 過渡熱性能

モータ駆動デバイスは、短時間に大きな電流が流れるさまざまな過渡駆動条件になる可能性があります。たとえば、次のとおりです。

- モータがフルスピードで回転しない状況でのモータの起動。
- 電源またはグランドがどちらかのモータ出力に短絡することで、本デバイスが過電流保護状態に移行し、また過電流保護状態から復帰するフォルト条件。
- モータまたはソレノイドが短時間駆動された後、解放される。

このような過渡条件で、熱性能に影響を与えるもうひとつの要素が駆動時間です。過渡条件の場合、熱インピーダンス (Z_{JJA}) は接合部から周囲への熱性能を意味します。図 24 および図 25 に、1oz および 2oz 銅レイアウトの熱インピーダンスのシミュレーション結果を示します。これらのグラフでは、実線が 2 層基板、破線が 4 層基板を示しています。これらのグラフは、短い電流パルスで熱性能が高くなることを示しています。短時間の場合、本デバイスのパッケージが熱性能を支配します。より長い駆動パルスの場合、基板レイアウトが熱性能により大きな影響を与えます。どちらのグラフの熱インピーダンス曲線も、駆動パルス期間が長くなるに従って層数と銅面積に応じた差が観測されることを示しています。非常に長いパルスの場合、定常状態の性能になるとみなすことができます。

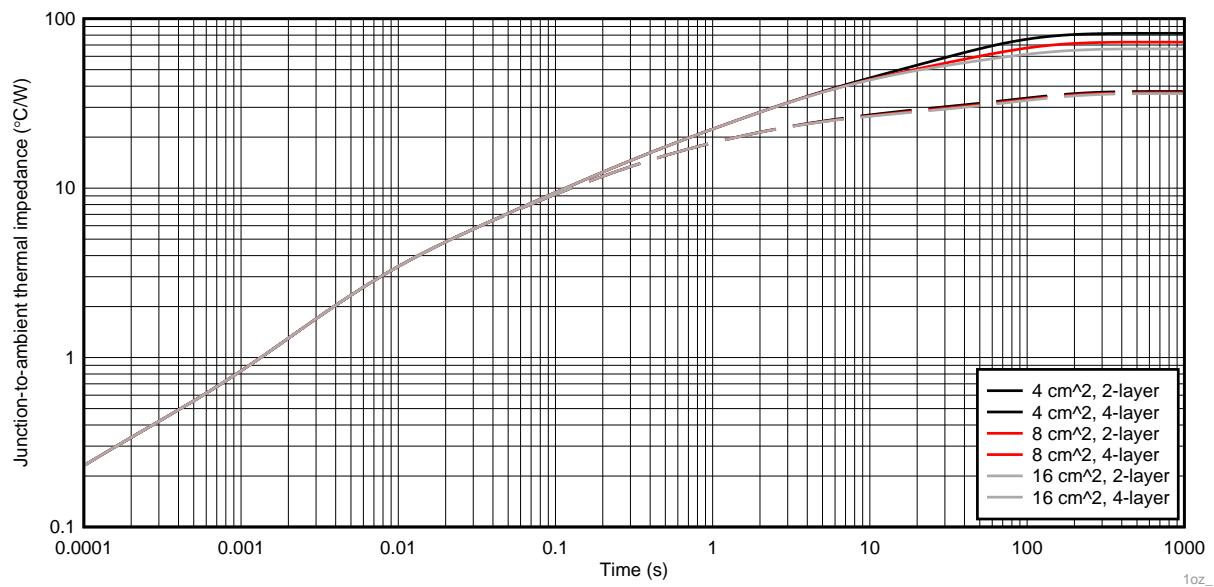


図 24. 1oz 銅レイアウトの HTSSOP パッケージの接合部から周囲への熱インピーダンス

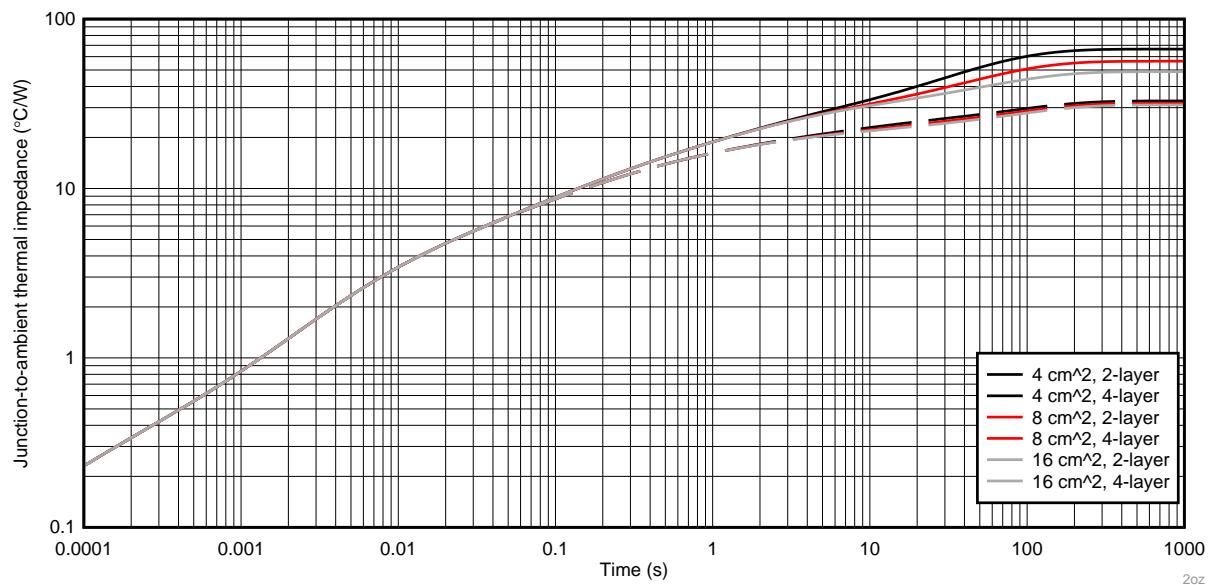


図 25. 2oz 銅レイアウトの HTSSOP パッケージの接合部から周囲への熱インピーダンス

8.2.1.3 アプリケーション曲線

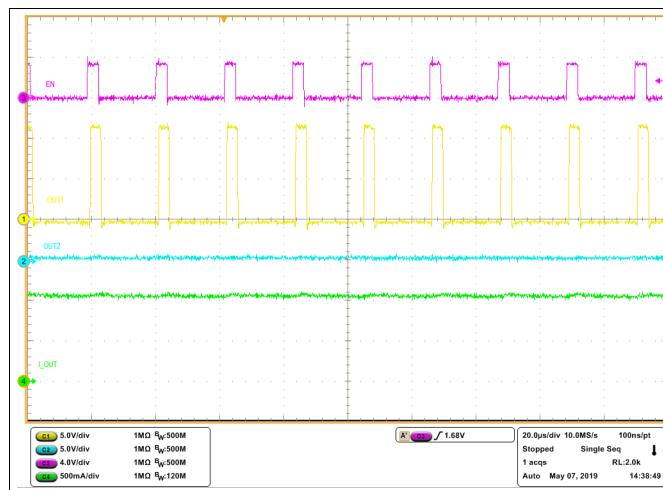


図 26. ドライバ PWM 動作 (PH/EN)

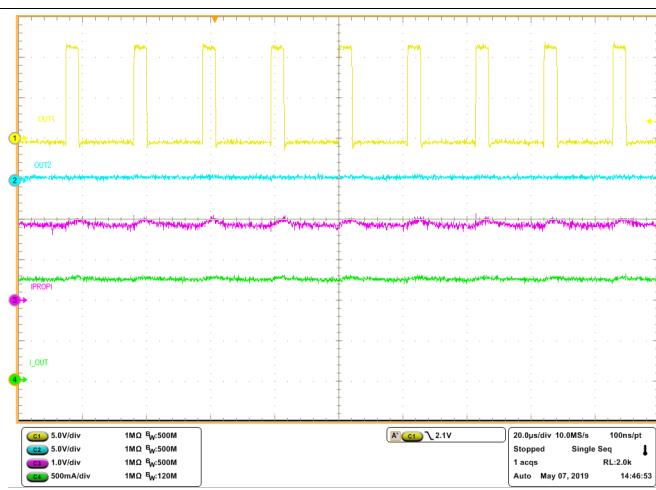


図 27. ドライバ PWM 動作、電流帰還使用

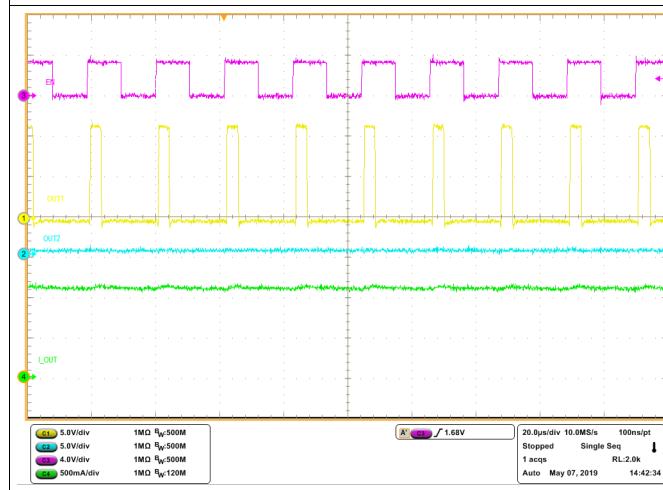


図 28. ドライバ PWM 動作、電流チョッピング使用

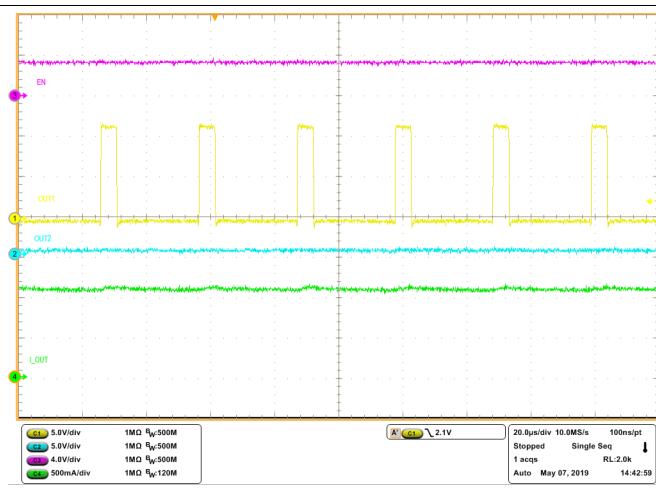


図 29. ドライバ・フル・オン動作、電流チョッピング使用

8.2.2 代替アプリケーション

代替アプリケーション例では、デュアル・ハーフブリッジ構成を採用し、2つの外部負荷（2つのブラシ付き DC モータなど）の単方向電流を駆動するように本デバイスを構成しています。各ハーフブリッジのデューティ・サイクルは、外部コントローラから EN/IN1 および PH/IN2 ピンに接続された PWM 信号で制御されます。本デバイスは、PMODE ピンをフローティング状態にすることで独立ハーフブリッジ制御モードに構成されます。独立ハーフブリッジ制御モードでは電流レギュレーション方式がディセーブルされるため、VREF ピンを V_{CC} に接続します。総負荷電流は、 R_{IPROPI} 両端の電圧をコントローラが ADC で検出することで監視されます。

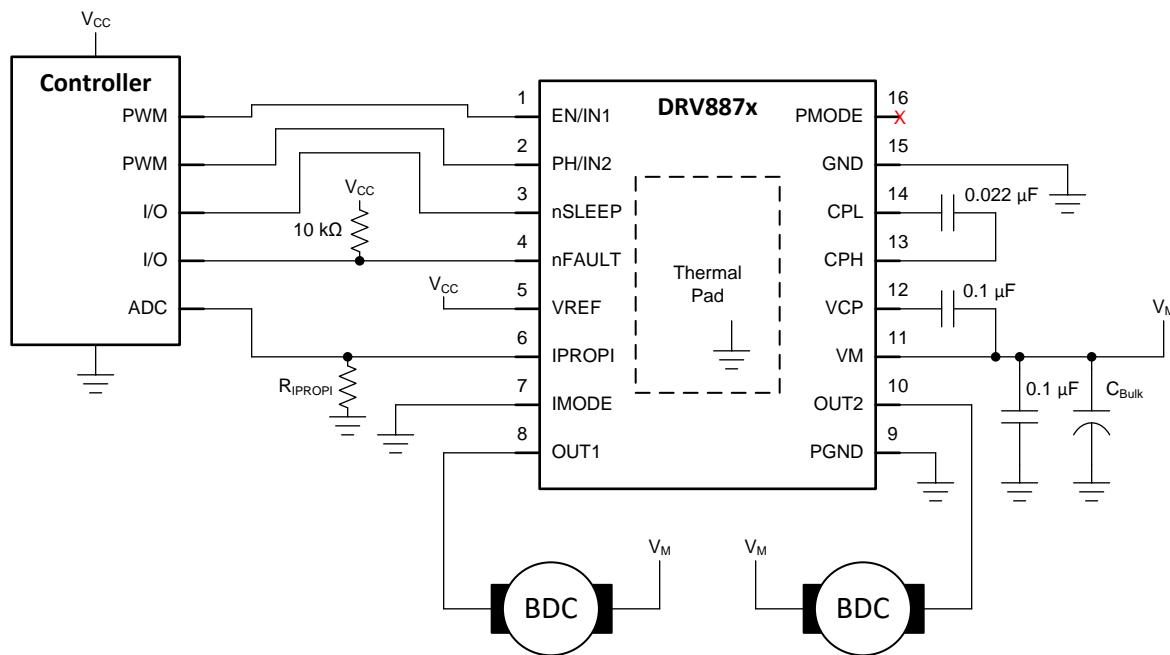


図 30. 代表的なアプリケーションの回路図

8.2.2.1 設計要件

表 10. 設計パラメータ

略号	設計パラメータ	設計値例
V_M	モータおよびドライバ電源電圧	24V
V_{CC}	コントローラ電源電圧	3.3V
I_{RMS1}	出力 1 RMS 電流	0.5A
I_{PEAK1}	出力 1 ピーク電流	1A
I_{RMS2}	出力 2 RMS 電流	0.25A
I_{PEAK2}	出力 2 ピーク電流	0.5A
f_{PWM}	スイッチング周波数	20kHz
A_{IPROPI}	電流センス・スケーリング係数	1000μA/A
R_{IPROPI}	IPROPI 外付け抵抗	2.5kΩ
V_{ADC}	コントローラ ADC 基準電圧	3.3V
T_A	PCB 周囲温度	-20 ~ 85°C
T_J	デバイスの最大接合部温度	150°C
$R_{θJA}$	デバイスの接合部から周囲への熱抵抗	35 °C/W

8.2.2.2 詳細な設計手順

詳細な設計手順の例については、「主要アプリケーション」の「[詳細な設計手順](#)」を参照してください。大半の設計コンセプトは、代替アプリケーション例に該当します。手順に加える若干の変更について以下に記載します。

8.2.2.2.1 電流センスおよびレギュレーション

2 つのハーフブリッジ負荷に対応する代替アプリケーションでは、IPROPI 出力が 2 つの出力電流を合わせたものとなります。コントローラ ADC の入力電圧がダイナミック・レンジ内に収まるように、電流センス帰還抵抗 R_{IPROPI} を適切にスケーリングする必要があります。以下に、この例を示します。

$$R_{IPROPI} \leq V_{ADC} / ((I_{PEAK1} + I_{PEAK2}) \times A_{IPROPI}) \quad (23)$$

$$R_{IPROPI} = 2.2k\Omega \leq 3.3V / ((1A + 0.5A) \times 1000\mu A/A) \quad (24)$$

$V_{ADC} = 3.3V$ 、 $I_{PEAK1} = 1A$ 、 $I_{PEAK2} = 0.5A$ 、 $A_{IPROPI} = 1000\mu A/A$ の場合、IPROPI 電圧のダイナミック・レンジを最大化するには約 $2.2k\Omega$ の R_{IPROPI} を選択する必要があります。

R_{IPROPI} の精度 (許容差) は、アプリケーションの要件に基づいて選定できます。10%、5%、1%、0.1% はいずれも有効な許容差です。性能とコストの最良のバランスを実現するため、通常 1% を推奨します。

独立ハーフブリッジ・モードでは、本デバイスの内部電流レギュレーションはディセーブルされます。 V_{REF} は、コントローラ ADC の電源リファレンスに直接設定できます。

8.2.2.3 アプリケーション曲線

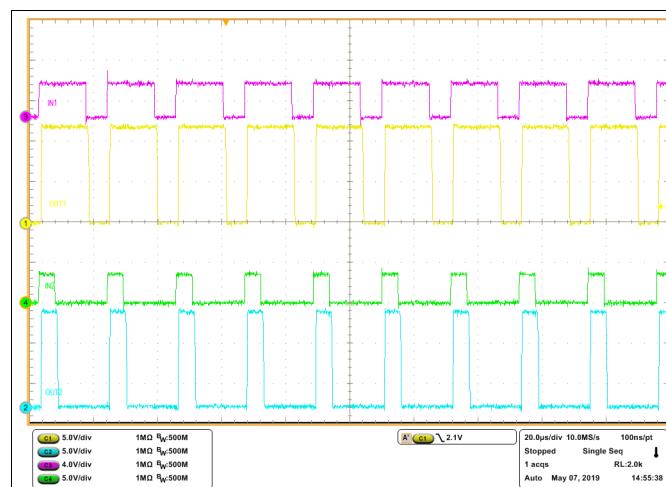


図 31. 独立ハーフブリッジ PWM 動作

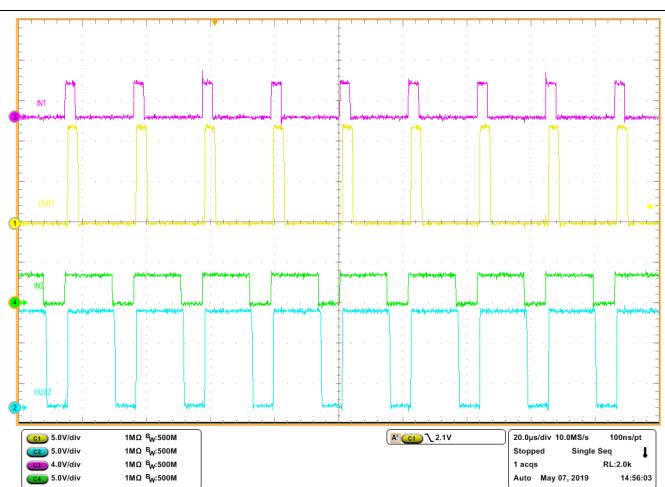


図 32. 独立ハーフブリッジ PWM 動作

9 電源に関する推奨事項

9.1 バルク・コンデンサ

適切なローカル・バルク・コンデンサの確保は、モータ駆動システムの設計において重要な要素です。バルク容量を増やすと、一般にメリットがありますが、コストの増大と大型化というデメリットも伴います。

必要なローカル・バルク容量値は、次のようなさまざまな要素で決まります。

- モータまたは負荷が必要とする最大電流
- 電源容量 (電流供給能力)
- 電源とモータ・システムの間の寄生インダクタンスの大きさ
- 許容されるシステムの電圧リップル
- モータ・ブレーキ方式 (該当する場合)

電源とモータ駆動システムの間のインダクタンスにより、電源からの電流が変化する速度が制限されます。ローカル・バルク容量が小さすぎると、モータに大電流を供給しようとする場合、または負荷ダンプが発生した場合、システムの電圧が変動します。十分なバルク容量を使うことで、モータの電圧は安定し、大電流を素早く供給できます。

データシートには一般に、推奨最小値が記載されていますが、バルク・コンデンサの容量が適切かどうかを判断するには、システム・レベルのテストが必要です。

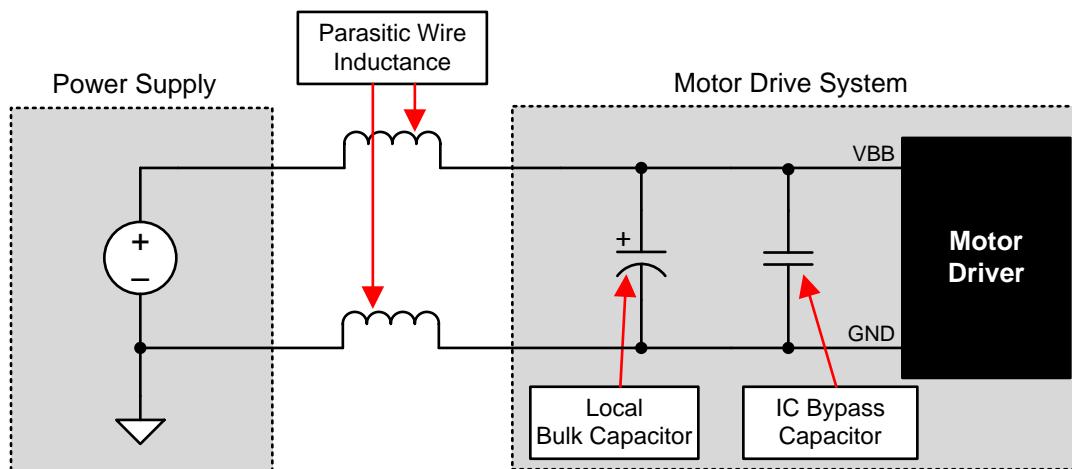


図 33. システム電源の寄生成分の例

10 レイアウト

10.1 レイアウトの注意点

DRV887x ファミリには、大電流を駆動できるパワー MOSFET が内蔵されているため、レイアウト設計および外付け部品の配置には細心の注意を払う必要があります。設計とレイアウトに関する指針は以下のとおりです。

- VM - GND 間のバイパス・コンデンサ、VCP - VM 間のチャージ・ポンプ・ストレージ・コンデンサ、チャージ・ポンプ・フライング・コンデンサには、ESR の小さいセラミック・コンデンサを使用する必要があります。X5R および X7R タイプを推奨します。
- ループ・インダクタンスを最小限に抑えるため、VM 電源とチャージ・ポンプ・コンデンサ (VCP、CPH、CPL) はデバイスにできるだけ近付けて配置する必要があります。
- VM 電源バルク・コンデンサはセラミックまたは電解タイプとすることができますが、やはりループ・インダクタンスを最小限に抑えるため、デバイスにできるだけ近付けて配置する必要があります。
- VM、OUT1、OUT2、PGND は電源から出力へ大電流を供給し、グランドに戻します。これらのトレースには、実現可能な場合、厚い金属配線を使用する必要があります。
- PGND と GND は、ともに PCB のグランド・プレーンに直接接続する必要があります。互いに絶縁するようには設計されていません。
- PCB のヒートシンクを最大限に確保するため、本デバイスのサーマル・パッドは、PCB 上層のグランド・プレーン (と、利用可能な場合、サーマル・ビアを介して内部グランド・プレーン) に取り付ける必要があります。
- サーマル・ビアの推奨ランド・パターンは、パッケージ図面のセクションに記載しています。
- 最適なヒートシンクを実現するために、サーマル・パッドを取り付ける銅プレーンの面積はできるだけ大きくする必要があります。

10.2 レイアウト例

10.2.1 HTSSOP のレイアウト例

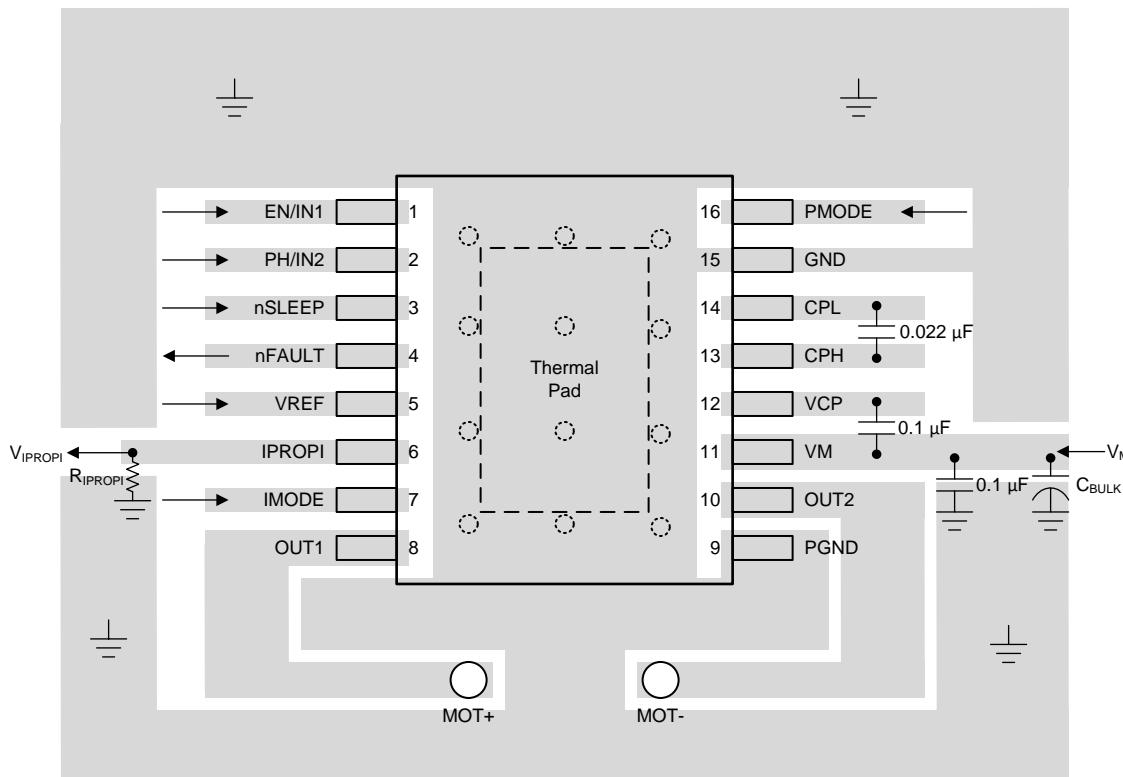
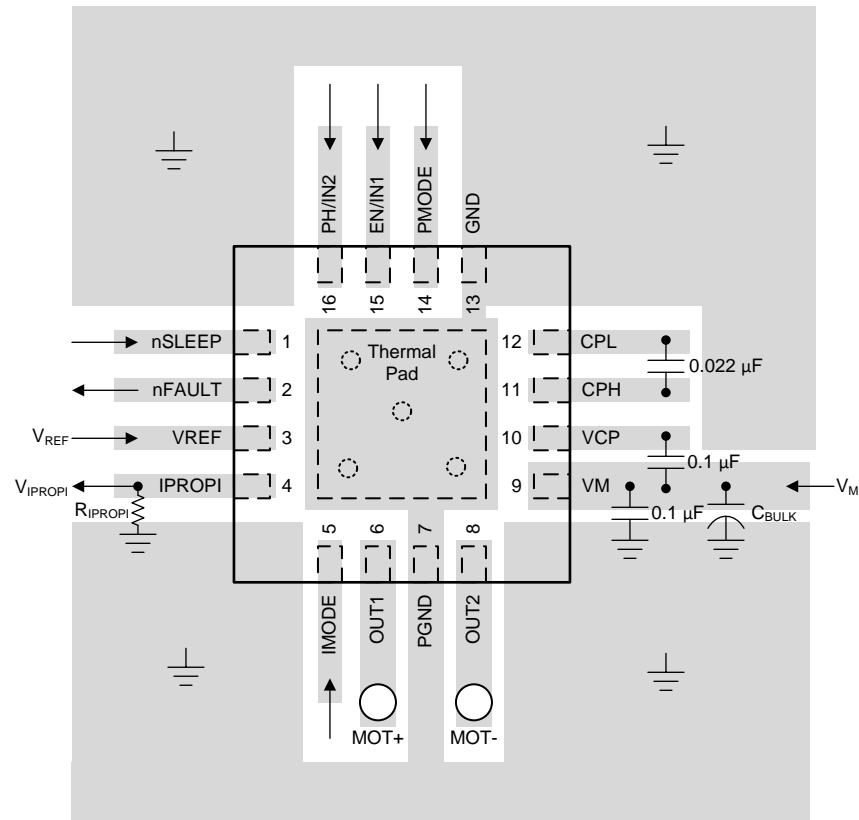


図 34. HTSSOP (PWP) のレイアウト例

レイアウト例 (continued)
10.2.2 VQFN のレイアウト例

図 35. VQFN (RG7) のレイアウト例

11 デバイスおよびドキュメントのサポート

11.1 ドキュメントのサポート

11.1.1 関連資料

関連資料については、以下を参照してください。

- テキサス・インスツルメンツ、『モータ・ドライバの消費電力計算』アプリケーション・レポート
- テキサス・インスツルメンツ、『電流再循環および減衰モード』アプリケーション・レポート
- テキサス・インスツルメンツ、『PowerPAD™の簡単な使用法』アプリケーション・レポート
- テキサス・インスツルメンツ、『放熱特性に優れたPowerPAD™パッケージ』アプリケーション・レポート
- テキサス・インスツルメンツ、『モータ・ドライバの電流定格について』アプリケーション・レポート
- テキサス・インスツルメンツ、『モータ・ドライバの基板レイアウトのベスト・プラクティス』アプリケーション・レポート

11.2 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、ti.comのデバイス製品フォルダを開いてください。右上の「アラートを受け取る」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れます。変更の詳細については、修正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。

11.3 コミュニティ・リソース

The following links connect to TI community resources. Linked contents are provided "AS IS" by the respective contributors. They do not constitute TI specifications and do not necessarily reflect TI's views; see TI's [Terms of Use](#).

TI E2E™ Online Community *TI's Engineer-to-Engineer (E2E) Community.* Created to foster collaboration among engineers. At e2e.ti.com, you can ask questions, share knowledge, explore ideas and help solve problems with fellow engineers.

Design Support *TI's Design Support* Quickly find helpful E2E forums along with design support tools and contact information for technical support.

11.4 商標

E2E is a trademark of Texas Instruments.

All other trademarks are the property of their respective owners.

11.5 静電気放電に関する注意事項

 すべての集積回路は、適切なESD保護方法を用いて、取扱いと保存を行うようにして下さい。
静電気放電はわずかな性能の低下から完全なデバイスの故障に至るまで、様々な損傷を与えます。高精度の集積回路は、損傷に対して敏感であり、極めてわずかなパラメータの変化により、デバイスに規定された仕様に適合しなくなる場合があります。

11.6 Glossary

[SLYZ022](#) — *TI Glossary.*

This glossary lists and explains terms, acronyms, and definitions.

12 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、そのデバイスについて利用可能な最新のデータです。このデータは予告なく変更されることがあります。ドキュメントが改訂される場合もあります。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。

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)
DRV8876PWPR	Active	Production	HTSSOP (PWP) 16	2000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	8876
DRV8876PWPR.A	Active	Production	HTSSOP (PWP) 16	2000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	8876
DRV8876PWPRG4	Active	Production	HTSSOP (PWP) 16	2000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	8876
DRV8876PWPRG4.A	Active	Production	HTSSOP (PWP) 16	2000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	8876
DRV8876PWPT	Obsolete	Production	HTSSOP (PWP) 16	-	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	8876
DRV8876RGTR	Active	Production	VQFN (RGT) 16	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	8876
DRV8876RGTR.A	Active	Production	VQFN (RGT) 16	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	8876

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

⁽²⁾ **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.

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

⁽⁴⁾ **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.

⁽⁵⁾ **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.

⁽⁶⁾ **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.

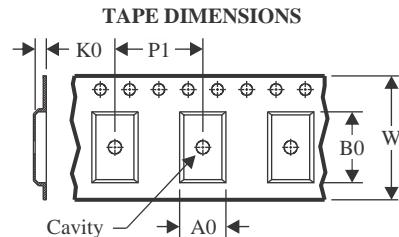
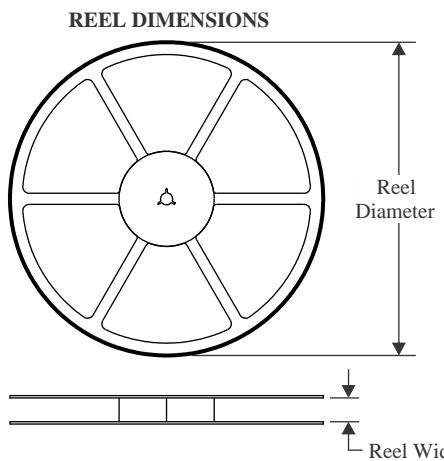
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF DRV8876 :

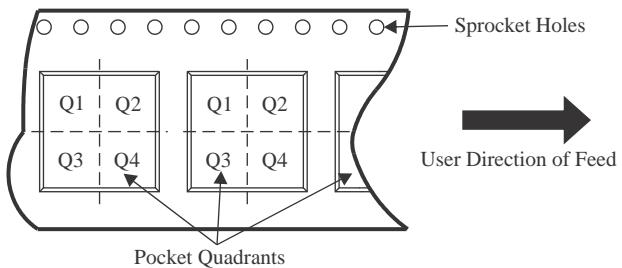
- Automotive : [DRV8876-Q1](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Automotive - Q100 devices qualified for high-reliability automotive applications targeting zero defects

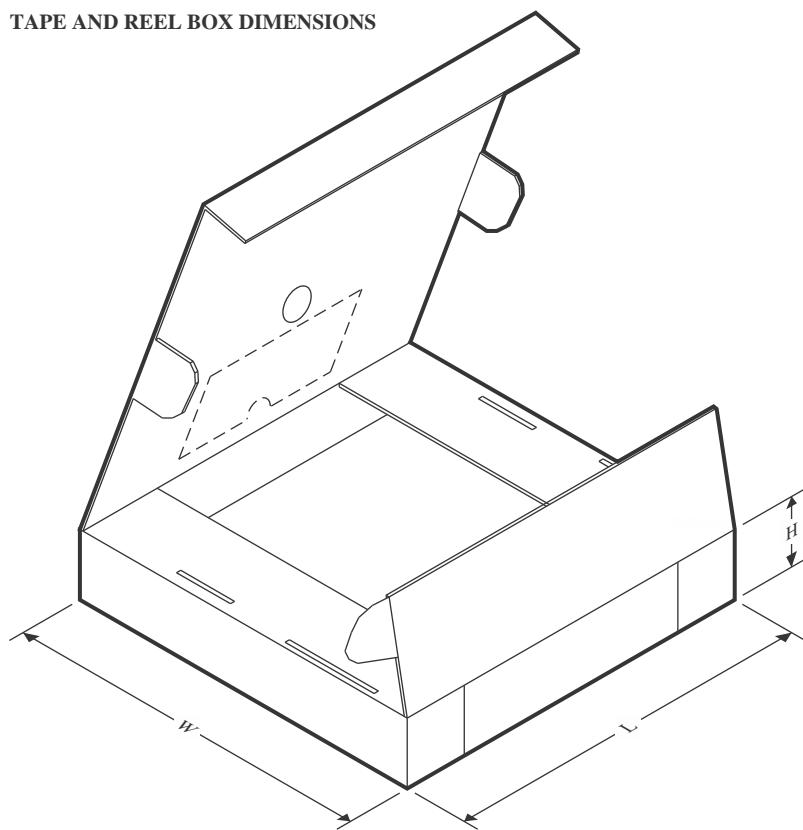
TAPE AND REEL INFORMATION


A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE


*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
DRV8876PWPR	HTSSOP	PWP	16	2000	330.0	12.4	6.9	5.6	1.6	8.0	12.0	Q1
DRV8876PWPRG4	HTSSOP	PWP	16	2000	330.0	12.4	6.9	5.6	1.6	8.0	12.0	Q1
DRV8876RGTR	VQFN	RGT	16	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

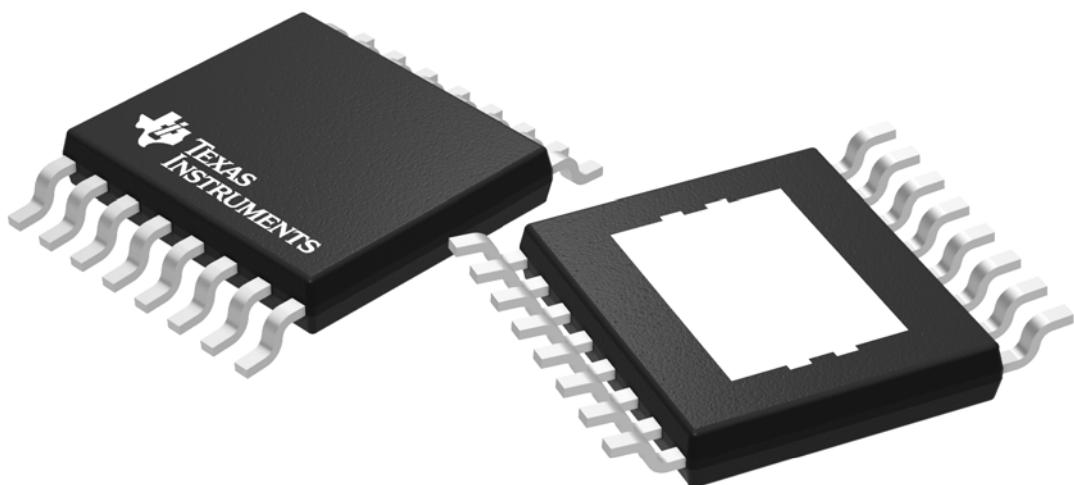
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
DRV8876PWPR	HTSSOP	PWP	16	2000	350.0	350.0	43.0
DRV8876PWPRG4	HTSSOP	PWP	16	2000	350.0	350.0	43.0
DRV8876RGTR	VQFN	RGTR	16	3000	367.0	367.0	35.0

GENERIC PACKAGE VIEW

PWP 16

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE

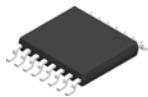


Images above are just a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.

4073225-3/J

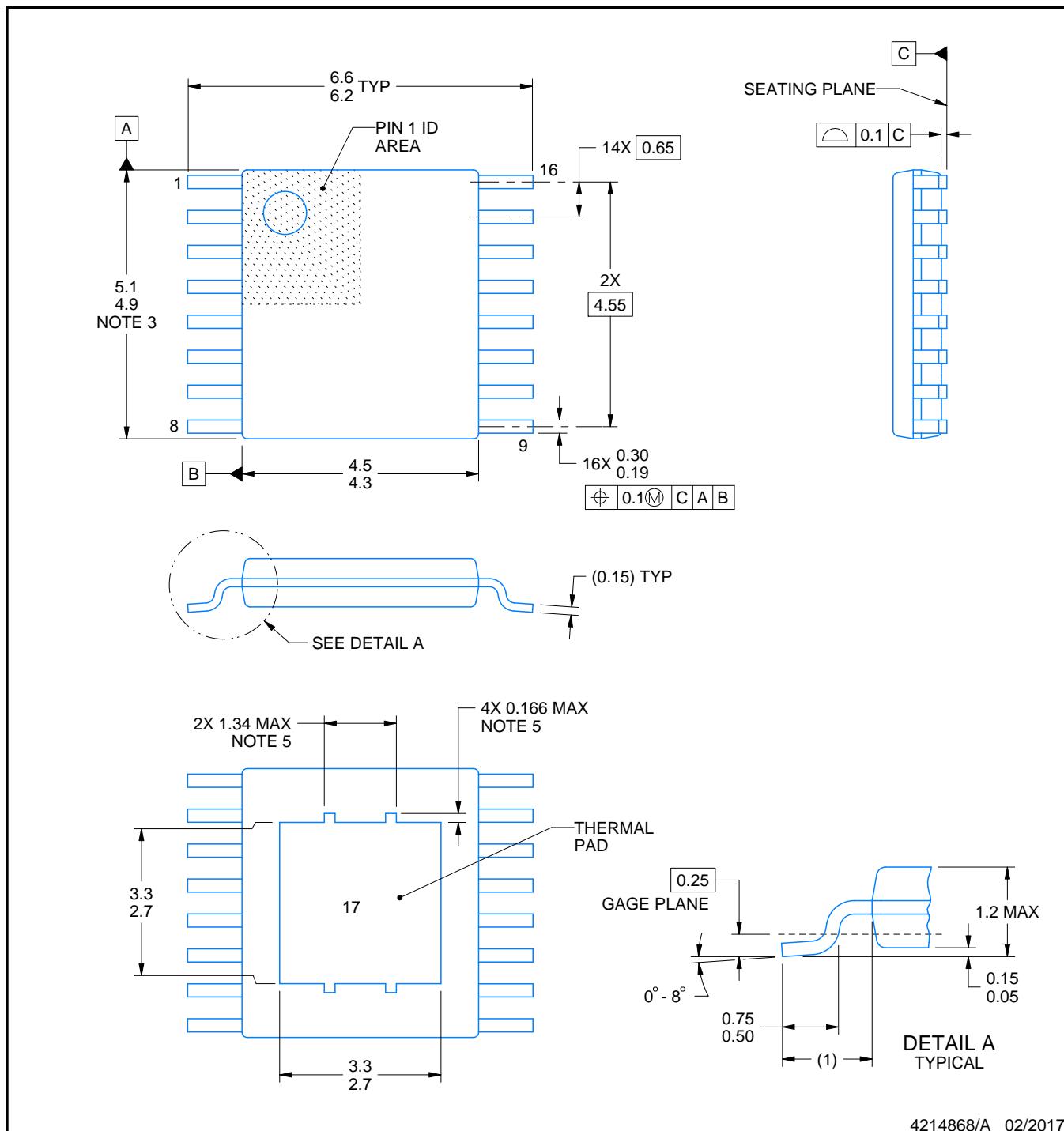
PACKAGE OUTLINE

PWP0016A



PowerPAD™ HTSSOP - 1.2 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



4214868/A 02/2017

NOTES:

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

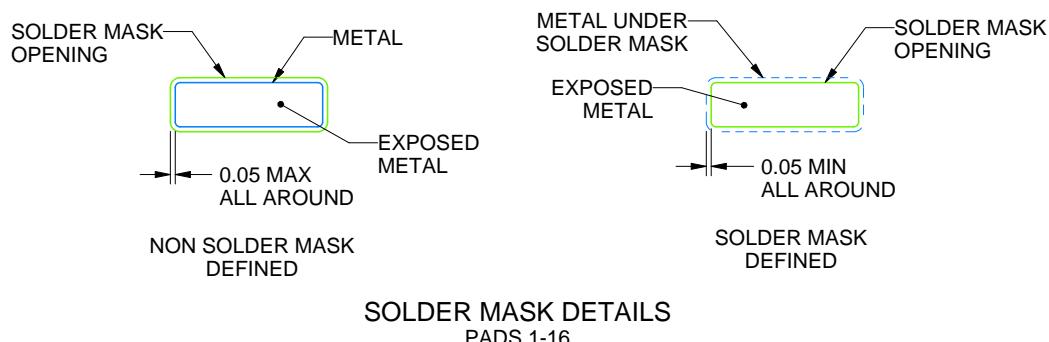
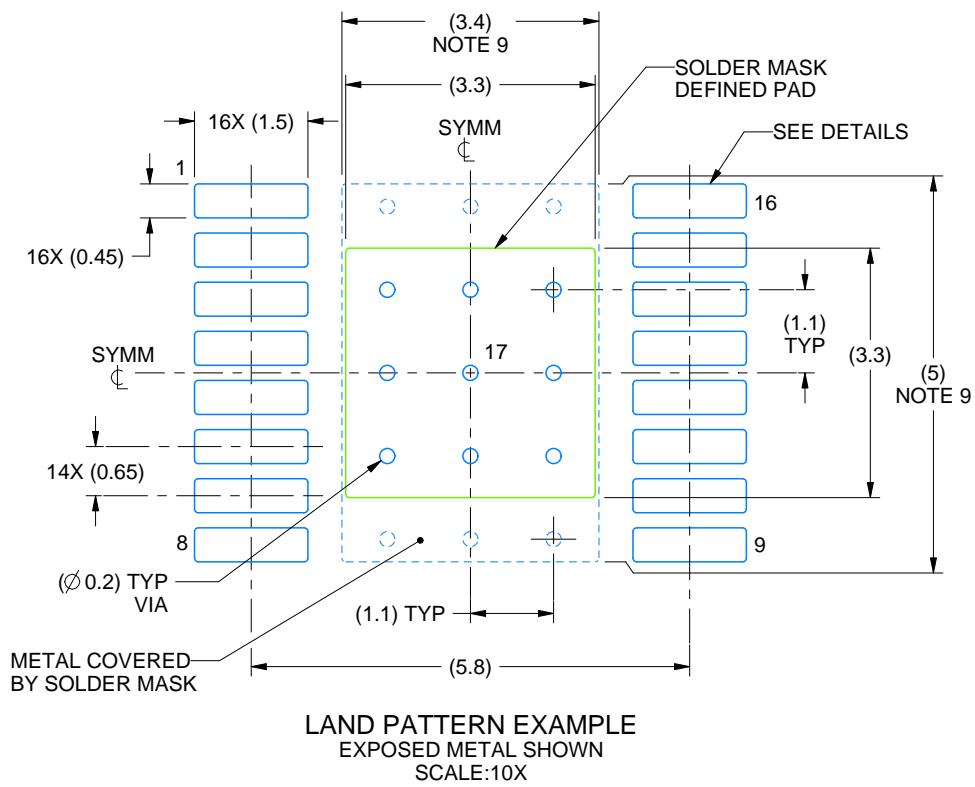
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Reference JEDEC registration MO-153.
5. Features may not be present.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

PWP0016A

PowerPAD™ HTSSOP - 1.2 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



4214868/A 02/2017

NOTES: (continued)

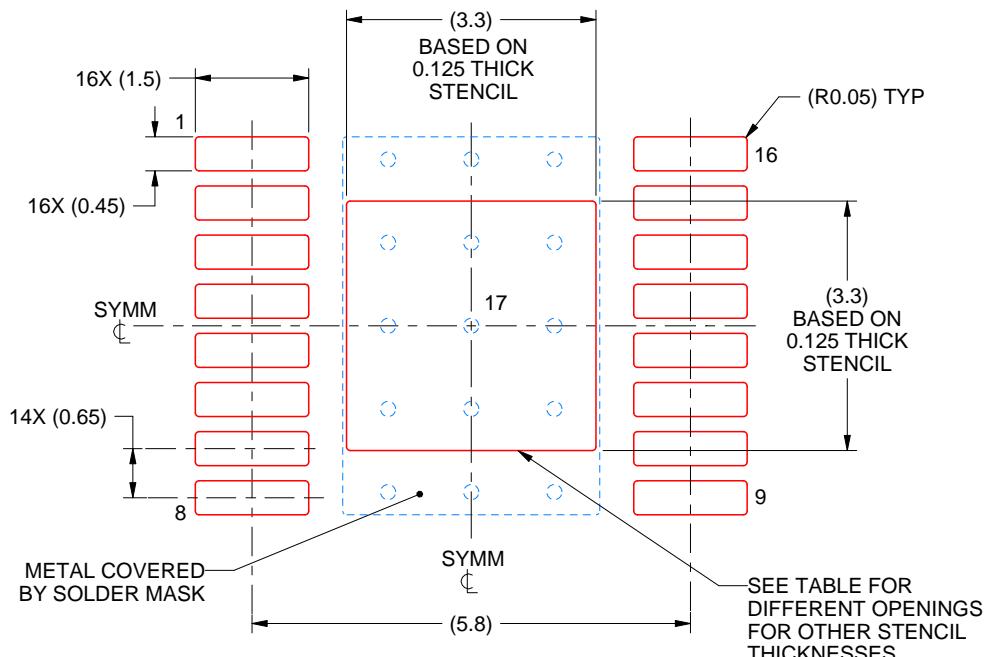
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature numbers SLMA002 (www.ti.com/lit/slma002) and SLMA004 (www.ti.com/lit/slma004).
9. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

PWP0016A

PowerPAD™ HTSSOP - 1.2 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



SOLDER PASTE EXAMPLE
EXPOSED PAD
100% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE:10X

STENCIL THICKNESS	SOLDER STENCIL OPENING
0.1	3.69 X 3.69
0.125	3.3 X 3.3 (SHOWN)
0.15	3.01 X 3.01
0.175	2.79 X 2.79

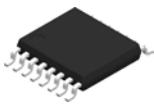
4214868/A 02/2017

NOTES: (continued)

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

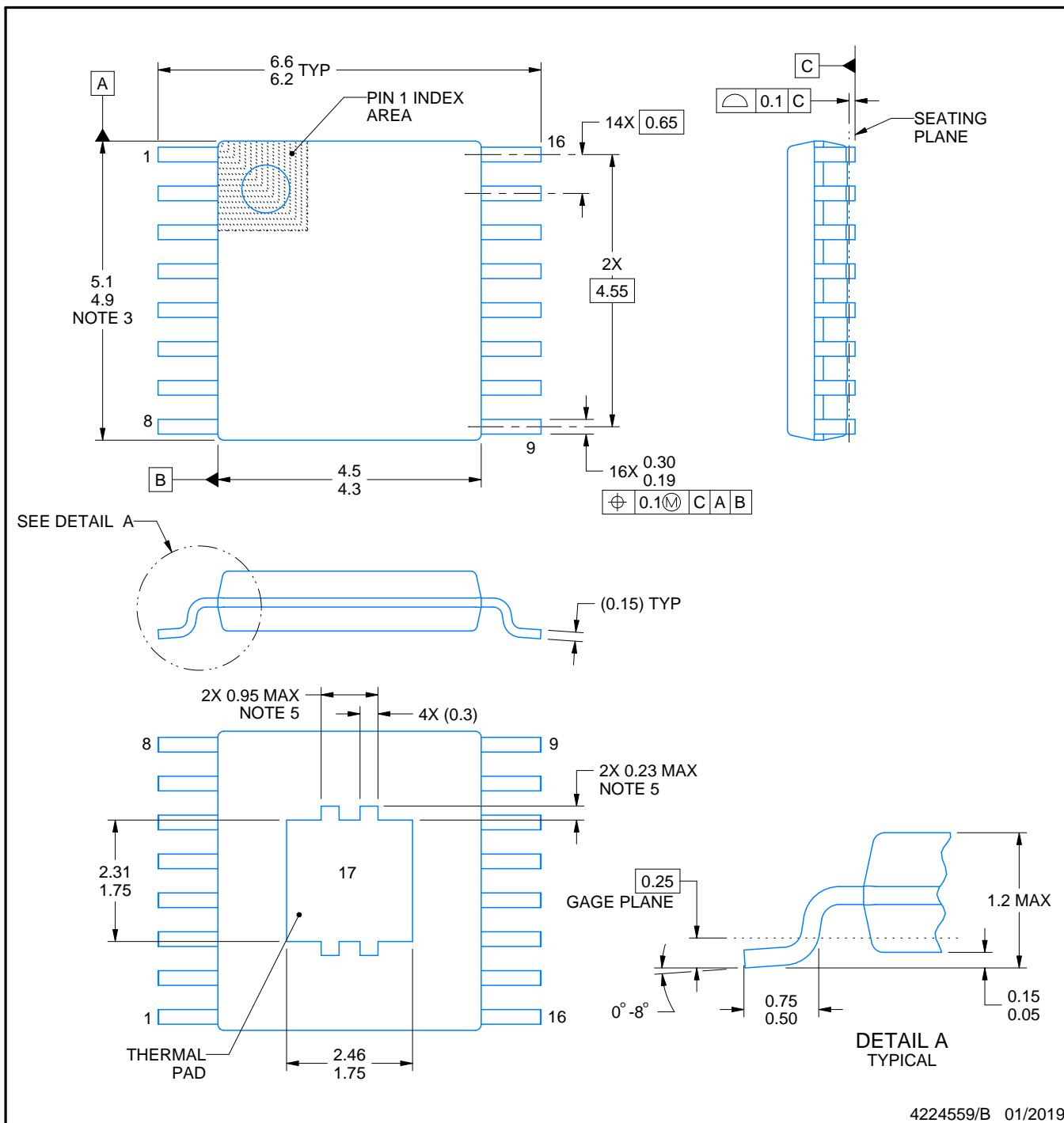
PACKAGE OUTLINE

PWP0016C



PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



NOTES:

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

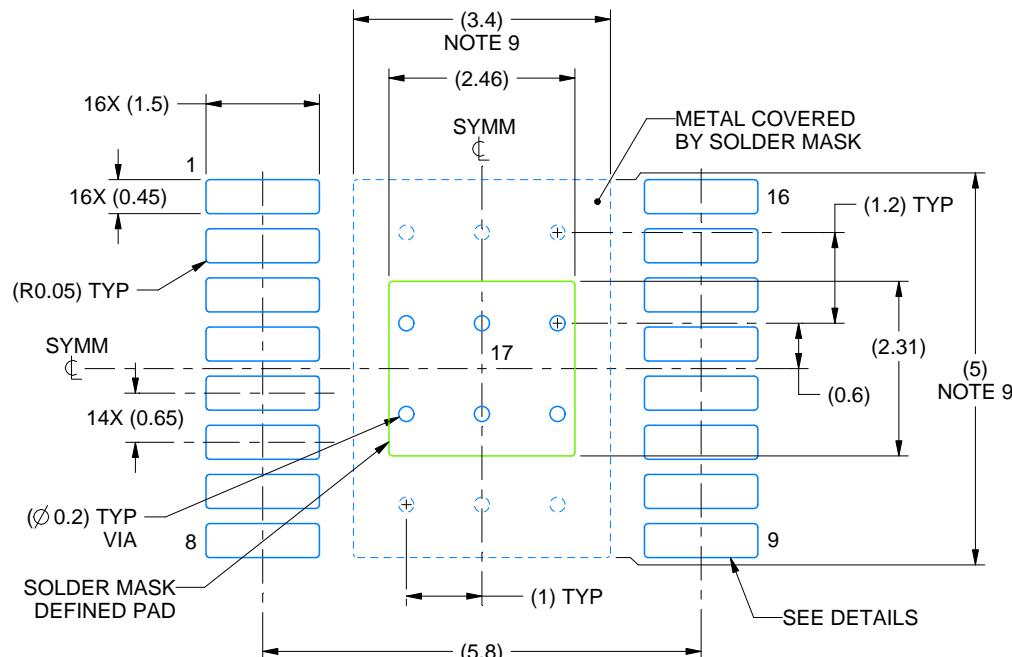
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Reference JEDEC registration MO-153.
5. Features may differ or may not be present.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

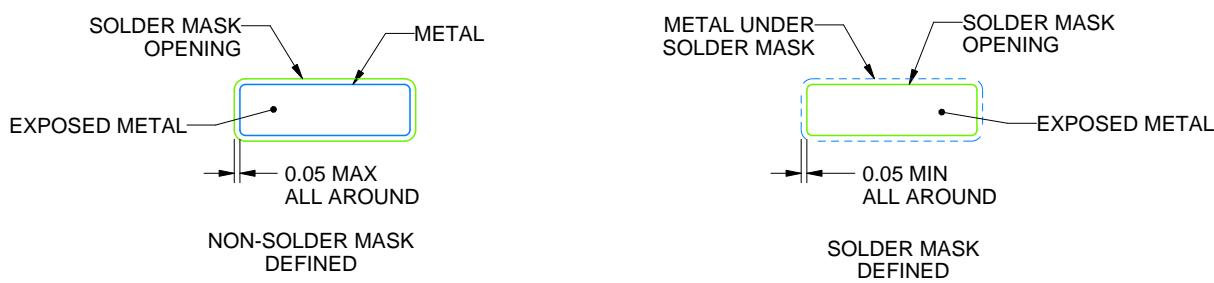
PWP0016C

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 10X



SOLDER MASK DETAILS

4224559/B 01/2019

NOTES: (continued)

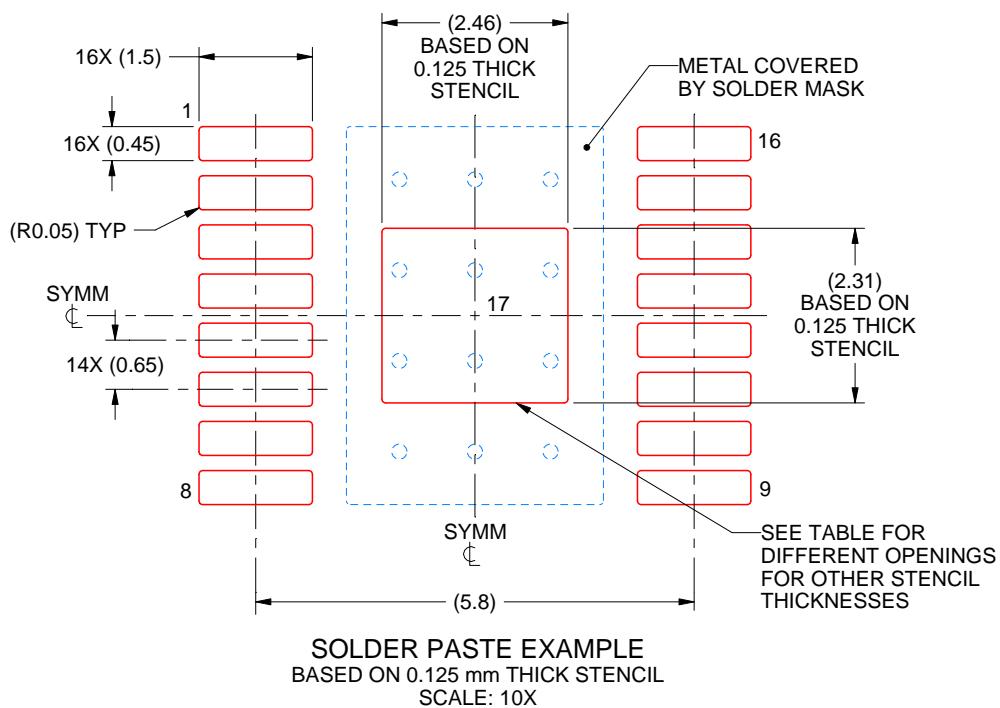
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature numbers SLMA002 (www.ti.com/lit/slma002) and SLMA004 (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

PWP0016C

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



STENCIL THICKNESS	SOLDER STENCIL OPENING
0.1	2.75 X 2.58
0.125	2.46 X 2.31 (SHOWN)
0.15	2.25 X 2.11
0.175	2.08 X 1.95

4224559/B 01/2019

NOTES: (continued)

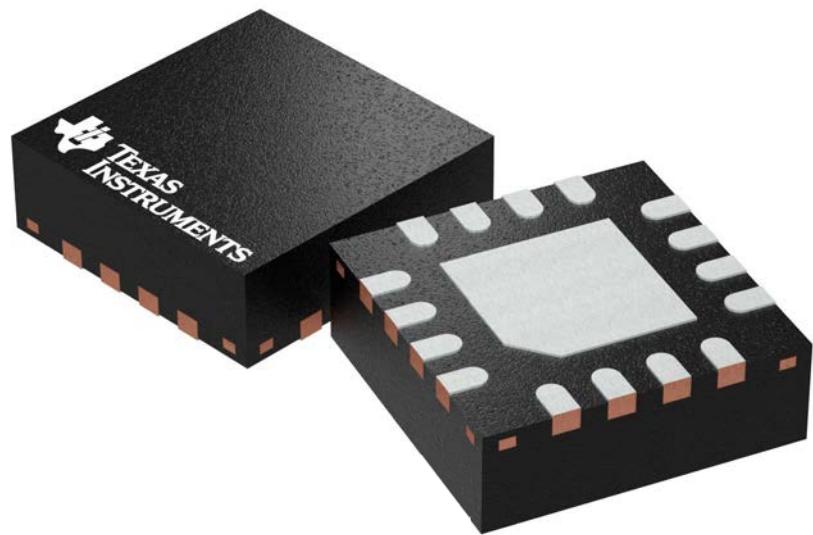
11. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
12. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

GENERIC PACKAGE VIEW

RGT 16

VQFN - 1 mm max height

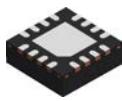
PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



Images above are just a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.

4203495/I

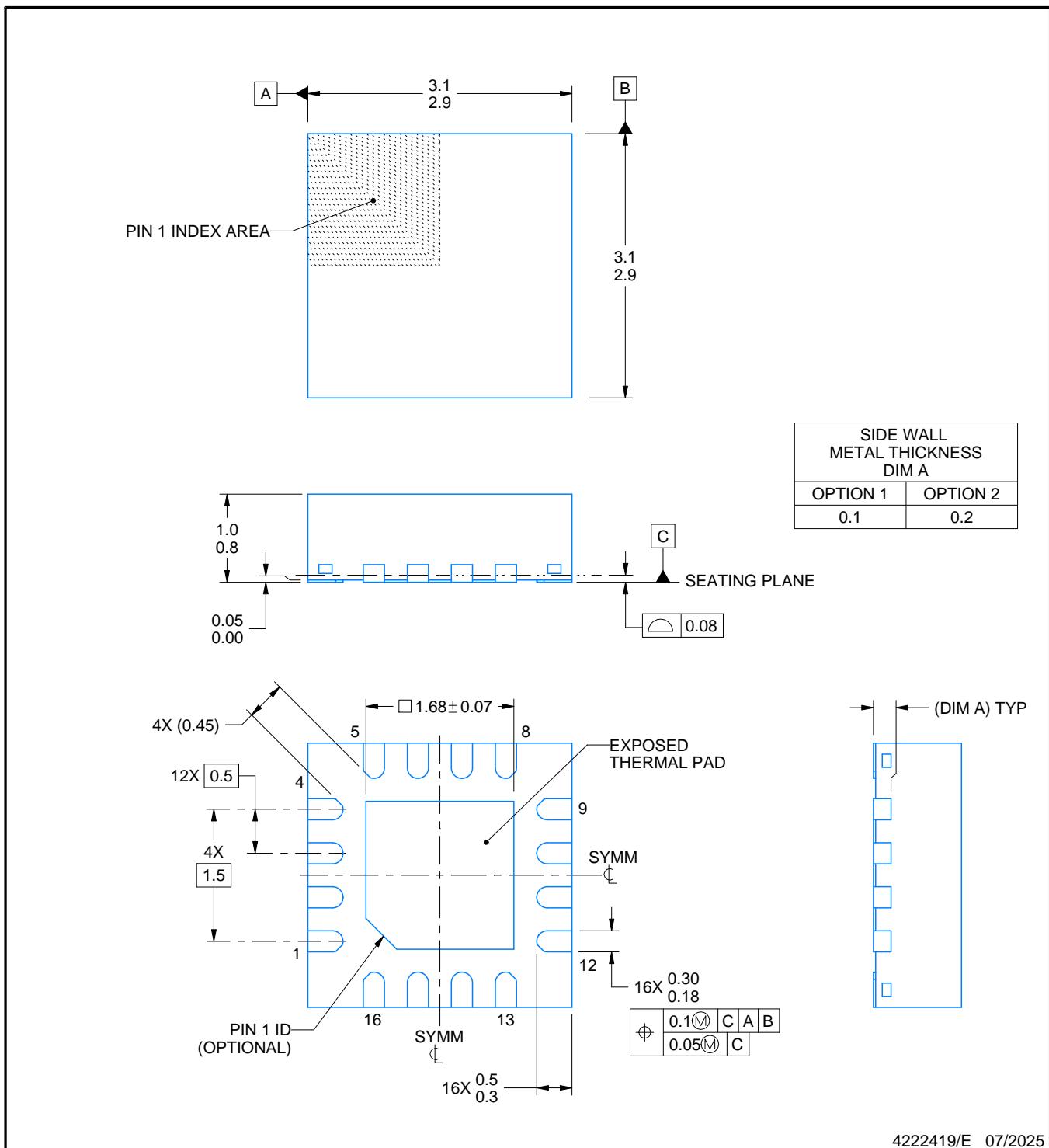
RGT0016C



PACKAGE OUTLINE

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4222419/E 07/2025

NOTES:

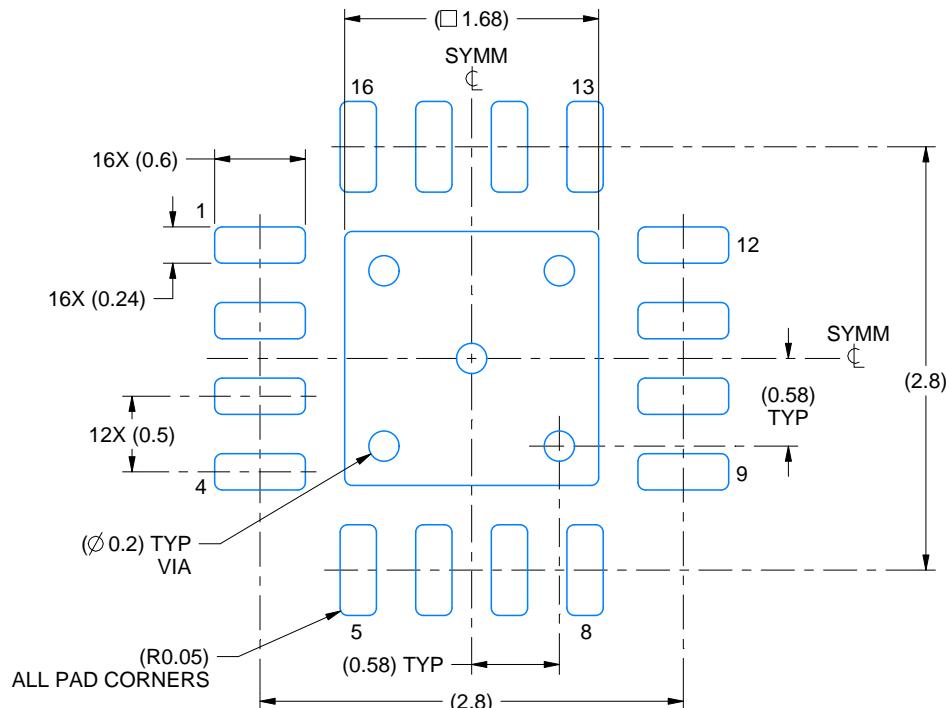
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

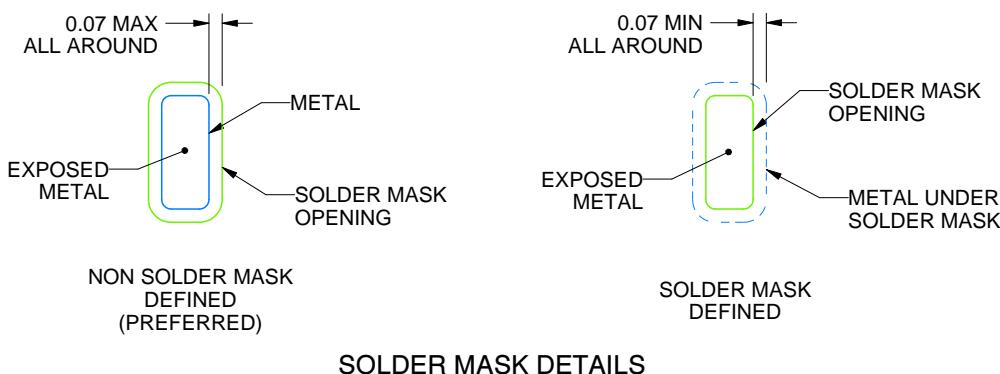
RGT0016C

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:20X



4222419/E 07/2025

NOTES: (continued)

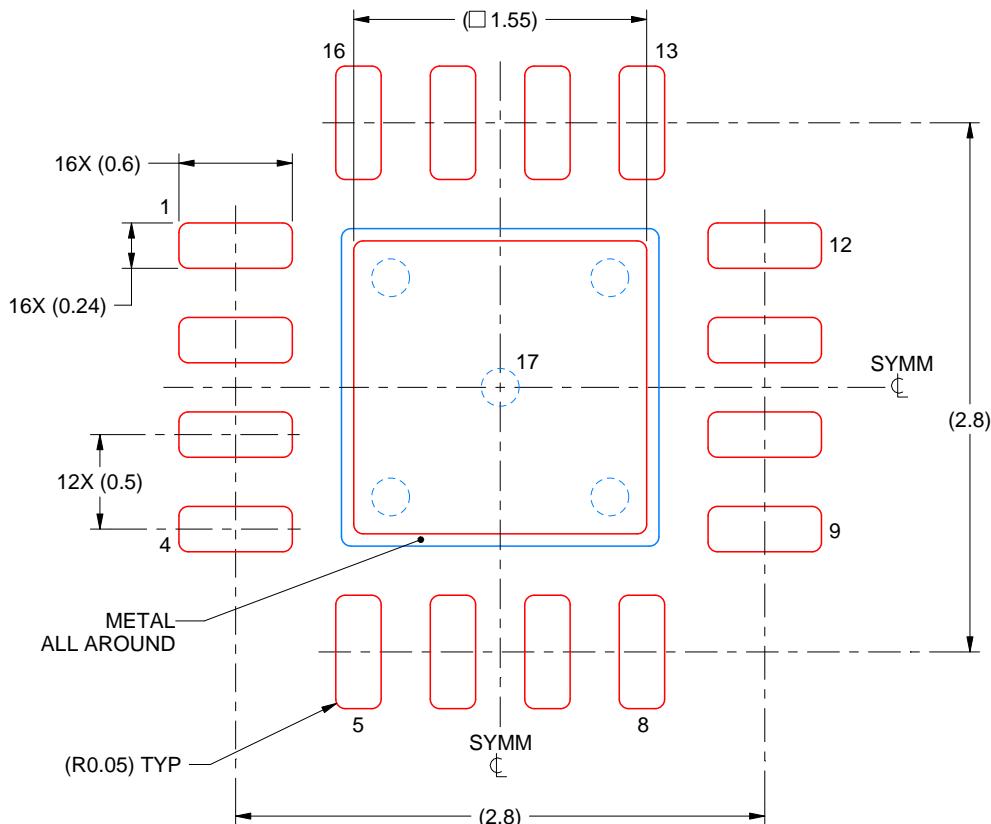
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RGT0016C

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 17:
85% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
SCALE:25X

4222419/E 07/2025

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

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默示保証、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、明示的または默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、(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、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 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](#) 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