

## 500mA, 6MHz 同期整流方式降圧型コンバータ チップスケール・パッケージ

### 特長

- 効率：89% (6MHz動作時)
- 最大出力電流：500mA
- 広い入力電圧範囲：2.3V～5.5V
- 6MHzに制御された動作周波数
- クラス最高レベルの負荷/入力変動に対する過渡応答特性
- 出力電圧精度： $\pm 1.5\%$
- PWM/PFMモードの自動切換
- 静止時自己消費電流：30μA
- 最小オン時間：35ns
- ソフトスタート機能内蔵/起動時間200μs未満
- 過電流保護及びサーマル・シャットダウン保護
- 外付け部品は3つの表面実装型部品のみ (1つのMLCCインダクタと2つのセラミック・コンデンサ)
- 厚さ1mm以下の電源を構成可能
- 基板占有面積：13mm<sup>2</sup>以内
- 6ピンNanoFree<sup>TM</sup> (CSP) パッケージ

### アプリケーション

- 携帯電話、スマート・フォン
- PDA、ポケットPC

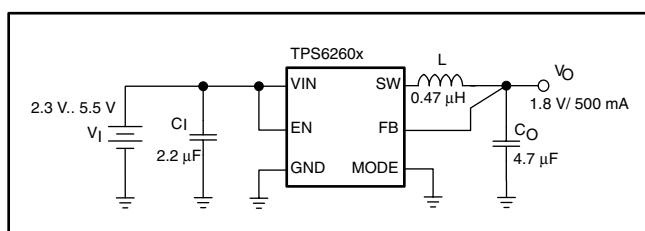


図1. Smallest Solution Size Application  
(Fixed Output Voltage)

NanoFreeは、テキサス・インスツルメンツの登録商標です。Bluetoothは、Bluetooth SIG社の商標です。

この資料は、Texas Instruments Incorporated (TI) が英文で記述した資料を、皆様のご理解の一助として頂くために日本テキサス・インスツルメンツ (日本TI) が英文から和文へ翻訳して作成したものです。  
資料によっては正規英語版資料の更新に対応していないものがあります。  
日本TIによる和文資料は、あくまでもTI正規英語版をご理解頂くための補助的参考資料としてご使用下さい。  
製品のご検討およびご採用にあたりましては必ず正規英語版の最新資料をご確認下さい。  
TIおよび日本TIは、正規英語版にて更新の情報を提供しているにもかかわらず、更新以前の情報に基づいて発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。

- WLAN及びBluetooth<sup>TM</sup>アプリケーション
- DVB-Hチューナー
- 携帯型ハード・ディスク・ドライブ
- 超小型DC/DCモジュール

### 概要

TPS6260xは、高スイッチング周波数の同期整流方式降圧型DC/DCコンバータで、バッテリー駆動のポータブル・アプリケーションに最適です。ローパワーのアプリケーション向けに、最大500mAの負荷電流まで対応でき、低コストのチップ・インダクタやチップ・コンデンサを使用することができます。

入力電圧範囲が2.3Vから5.5Vと広いため、このデバイスは広電圧範囲型のリチウム・イオン・バッテリーから電源が供給されるアプリケーションにも対応します。1Vから2.5Vまでの範囲の固定電圧出力製品に対応可能です。

TPS6260xは6MHzに制御されたスイッチング周波数で動作し、全負荷電流範囲にわたって高効率を維持するよう軽負荷電流時にはパワーセーブ・モード動作になります。

PFMモードでは軽負荷及びスタンバイ動作時の静止時自己消費電流を30μA (標準) に低減することでバッテリーでの稼働

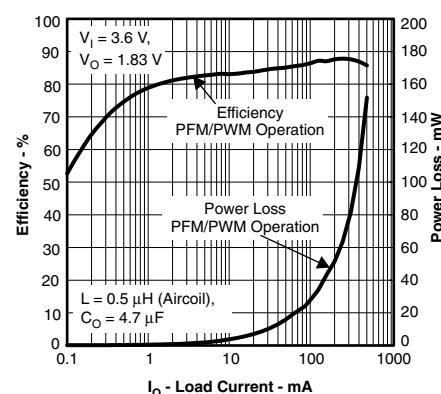


図2. Efficiency vs Load Current

時間を延ばす事が出来ます。ノイズの影響を受け易いアプリケーションでは、MODEピンを“H”レベルにすることでデバイスを固定周波数のPWMモードにすることができます。シャットダウン・モードでは、消費電流は1μA未満に低下します。

TPS6260xのパッケージは6ピンのチップスケール・パッケージ(CSP)です。



## 静電気放電対策

これらのデバイスは、限定的なESD(静電破壊)保護機能を内蔵しています。保存時または取り扱い時に、MOSゲートに対する静電破壊を防止するために、リード線どうしを短絡しておくか、デバイスを導電性のフォームに入れる必要があります。

### 製品情報<sup>(1)</sup>

T <sub>A</sub>	PART NUMBER	OUTPUT VOLTAGE	PACKAGE	ORDERING <sup>(2)(3)</sup>	PACKAGE MARKING CHIP CODE
-40°C ~ 85°C	TPS62600	1.83V	YFF-6	TPS62600YFF	G9
	TPS62601	1.8V		TPS62601YFF	GA

(1) 最新のパッケージ情報と発注情報については、このドキュメントの末尾にある「付録: パッケージ・オプション」を参照するか、TIのWebサイト([www.ti.com](http://www.ti.com))を参照してください。

(2) YFFパッケージはテープリールで供給されています。型番にRを付けると(例、TPS62600YFFR)リール当たりの数量は3000個で、Tを付けると(例、TPS62600YFFT)リール当たりの数量は250個です。

(3) 内部に出力電圧を25mVステップで設定出来る電圧タップを持っています。

### 絶対最大定格

動作温度範囲内(特に記述のない限り)<sup>(1)</sup>

		単位
V <sub>I</sub>	Voltage at VIN, SW <sup>(2)</sup>	-0.3V ~ 7V
	Voltage at FB <sup>(2)</sup>	-0.3V ~ 3.6V
	Voltage at EN, MODE <sup>(2)</sup>	-0.3V ~ V <sub>I</sub> + 0.3V
	Power dissipation	Internally limited
T <sub>A</sub>	Operating temperature range <sup>(3)</sup>	-40°C ~ 85°C
T <sub>J</sub> (max)	Maximum operating junction temperature	150°C
T <sub>stg</sub>	Storage temperature range	-65°C ~ 150°C
ESD rating <sup>(4)</sup>	Human body model	2 kV
	Charge device model	1 kV
	Machine model	200 V

(1) 絶対最大定格以上のストレスは、致命的なダメージを製品に与えることがあります。これはストレスの定格のみについて示しており、このデータシートの「推奨動作条件」に示された値を越える状態での本製品の機能動作を意味する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及ぼすことがあります。

(2) すべての電圧値は、回路のグランドを基準にしています。

(3) 消費電力が大きい場合やパッケージからの熱抵抗が高いアプリケーションでは、動作周囲温度範囲の最大値は低下することがあります。最大周囲温度(T<sub>A(max)</sub>)は、最大動作接合部温度(T<sub>J(max)</sub>)、アプリケーションでのデバイスの最大消費電力(P<sub>D(max)</sub>)、アプリケーションでの部品/パッケージの接合部/周囲間熱抵抗(θ<sub>JA</sub>)に依存し、次の式で求められます。

$$T_{A(max)} = T_{J(max)} - (\theta_{JA} \times P_{D(max)})$$

(4) 人体モデルは各ピンに1.5kΩの抵抗を介して100pFのコンデンサの電荷を放電し、マシンモデルは各ピンに直接200pFのコンデンサの電荷を放電しています。

### 定格消費電力<sup>(1)</sup>

PACKAGE	R <sub>θJA</sub> <sup>(2)</sup>	R <sub>θJB</sub> <sup>(2)</sup>	POWER RATING T <sub>A</sub> ≤ 25°C	DERATING FACTOR ABOVE T <sub>A</sub> = 25°C
YFF-6	125°C/W	53°C/W	800mW	8mW/°C

(1) 最大消費電力はT<sub>J(max)</sub>、θ<sub>JA</sub>、T<sub>A</sub>の関数です。許容周囲温度における許容最大消費電力は、P<sub>D</sub> = [T<sub>J(max)</sub> - T<sub>A</sub>] / θ<sub>JA</sub>です。

(2) この熱データはhigh-Kボード(JESD51-7 JEDEC規格に準拠した4層ボード)を用いて測定されています。

## 電気的特性

$V_I = 3.6V$ ,  $V_O = 1.83V$ ,  $EN = 1.8V$ ,  $T_A = -40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$ , typical values are at  $T_A = 25^{\circ}C$  (特に記述のない限り)

パラメータ	測定条件	MIN	TYP	MAX	単位		
<b>SUPPLY CURRENT</b>							
$V_I$	Input voltage range	2.3	5.5	5.5	V		
$I_Q$	Operating quiescent current	$I_O = 0mA$ , PFM mode enabled, device not switching	30	45	$\mu A$		
		$I_O = 0mA$ , $L = 0.47\mu H$ (Aircoil) Forced PWM operation	6.5	6.5	mA		
$I_{(SD)}$	Shutdown current	EN = GND	0.2	1	$\mu A$		
UVLO	Undervoltage lockout threshold		2.05	2.1	V		
<b>ENABLE, MODE</b>							
$V_{IH}$	High-level input voltage	1	1	1	V		
$V_{IL}$	Low-level input voltage	0.4	0.4	0.4	V		
$I_{lkg}$	Input leakage current	Input connected to GND or $V_{IN}$	0.01	1	$\mu A$		
<b>POWER SWITCH</b>							
$r_{DS(on)}$	P-channel MOSFET on resistance	$V_I = V_{(GS)} = 3.6V$	310	310	$m\Omega$		
		$V_I = V_{(GS)} = 2.5V$	380	380	$m\Omega$		
$I_{lkg}$	P-channel leakage current, PMOS	$V_{(DS)} = 5.5V$ , $-40^{\circ}C \leq T_J \leq 85^{\circ}C$	1	1	$\mu A$		
$r_{DS(on)}$	N-channel MOSFET on resistance	$V_I = V_{(GS)} = 3.6V$	250	250	$m\Omega$		
		$V_I = V_{(GS)} = 2.5V$	320	320	$m\Omega$		
$I_{lkg}$	N-channel leakage current, NMOS	$V_{(DS)} = 5.5V$ , $-40^{\circ}C \leq T_J \leq 85^{\circ}C$	2	2	$\mu A$		
P-MOS current limit		$2.3V \leq V_I \leq 5.5V$ . Open loop	900	1000	1100	mA	
Input current limit under short-circuit conditions		$V_O = 0$ , $L = 0.47\mu H$	30	30	30	mA	
Thermal shutdown			140	140	140	$^{\circ}C$	
Thermal shutdown hysteresis			10	10	10	$^{\circ}C$	
<b>OSCILLATOR</b>							
$f_{sw}$	Oscillator frequency	$TPS62600$ $TPS62601$	$I_O = 0mA$ , $L = 0.47\mu H$ . Forced PWM operation	5.4	6	6.6	MHz
<b>OUTPUT</b>							
$V_{(OUT)}$	Regulated DC output voltage	$TPS62600$ $TPS62601$	$2.5V \leq V_I \leq 5.5V$ , $0mA \leq I_O \leq 500mA$ PFM/PWM operation	$0.985 \times V_{NOM}$	$V_{NOM}$	$1.025 \times V_{NOM}$	V
			$2.5V \leq V_I \leq 5.5V$ , $0mA \leq I_O \leq 500mA$ PWM operation	$0.985 \times V_{NOM}$	$V_{NOM}$	$1.015 \times V_{NOM}$	V
	Line regulation		$V_I = V_O + 0.5V$ (min 2.3V) to 5.5V, $I_O = 200mA$	0.25	0.25	0.25	%/V
	Load regulation		$I_O = 0mA$ to 500mA	-0.0003	-0.0003	-0.0003	%/mA
Feedback input resistance				460	460	460	$k\Omega$
$t_{on(MIN)}$	Minimum on-time (P-channel MOSFET)			35	35	35	ns
$\Delta V_O$	Power-save mode ripple voltage	$TPS62600$ $TPS62601$	$I_O = 1mA$	0.015 $\times V_{NOM}$	0.015 $\times V_{NOM}$	0.015 $\times V_{NOM}$	$V_{PP}$
Start-up time			$I_O = 0mA$ , Time from active EN to $V_O$	180	180	180	$\mu s$

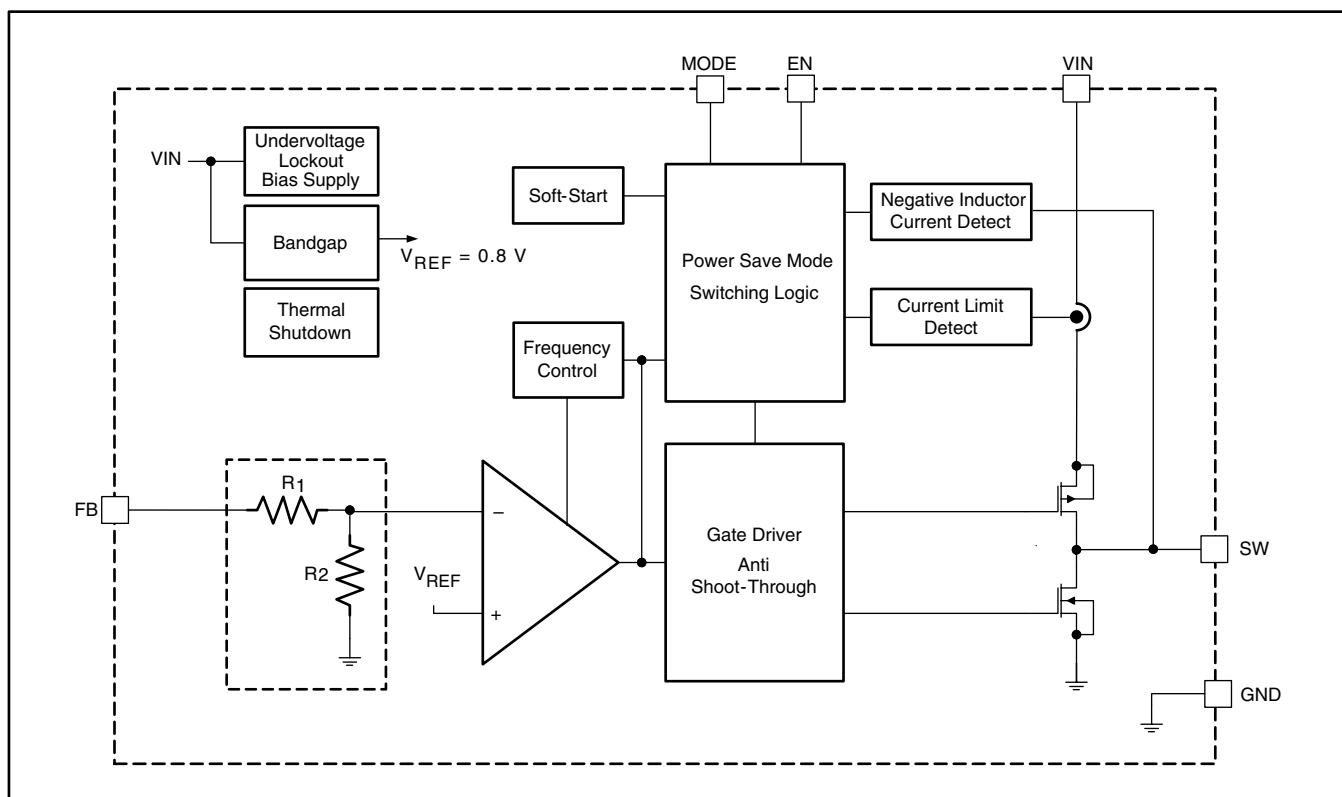
## ピン配置



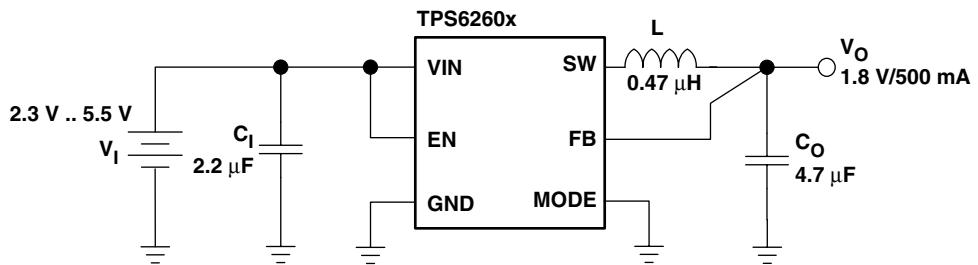
## ピン機能

TERMINAL		I/O	
NAME	NO.		
FB	C1	I	出力電圧のフィードバック入力ピンです。FBはコンバータの出力に接続します。
VIN	A2	I	電源入力ピンです。
SW	B1	I/O	このピンはコンバータのスイッチ・ピンで、内蔵パワーMOSFETのドレインに接続されます。
EN	B2	I	このピンはデバイスのイネーブル・ピンです。このピンをグランドに接続するとデバイスはシャットダウン・モードになります。このピンをV <sub>I</sub> レベルにするとデバイスはイネーブルになります。このピンはフローティングにしておいてはならず、終端処理しなければなりません。
MODE	A1	I	このピンはデバイスの動作モード選択ピンです。このピンはフローティングにしておいてはならず、終端処理しなければなりません。 MODEピンが“L”レベルの場合、デバイスは大負荷電流時に固定周波数のパルス幅変調(PWM)モードで、一方、軽負荷電流時はパルス周波数変調(PFM)モードで動作します。 MODEピンが“H”レベルの場合、ローノイズ・モードがイネーブルとなり、固定周波数のPWM動作になります。
GND	C2	-	グランド・ピンです。

## 機能ブロック図



## パラメータ測定情報



### List of components:

- L = MURATA LQM21PN1R0NGR <sup>※1</sup>
- C<sub>I</sub> = MURATA GRM155R60J225ME15 (2.2μF, 6.3V, 0402, X5R)
- C<sub>O</sub> = MURATA GRM155R60G475ME47 (4.7μF, 4V, 0402, X5R)

※1 LQM21PN1R0NGRはカタログ表記1μHですが直流重畳によりインダクタンス値が半分以下まで低下します。  
このため、回路図および測定条件では実効インダクタンスとして0.47μHとして扱っています。

## 代表的特性

### グラフおよび図一覧

			図
$\eta$	Efficiency	vs Load current	3, 4, 5
		vs Input voltage	6
	Combined line/load transient response		7, 8
	Load transient response		9, 10, 11, 12 13, 14, 15, 16
$V_O$	DC output voltage	vs Load current	17
$I_Q$	No load quiescent current	vs Input voltage	18
$f_s$	Switching frequency	vs Temperature	19
$r_{DS(on)}$	P-channel MOSFET $r_{DS(on)}$	vs Input voltage	20
	N-channel MOSFET $r_{DS(on)}$	vs Input voltage	21
	PWM operation		22
	Power-save mode operation		23
	Start-up		24

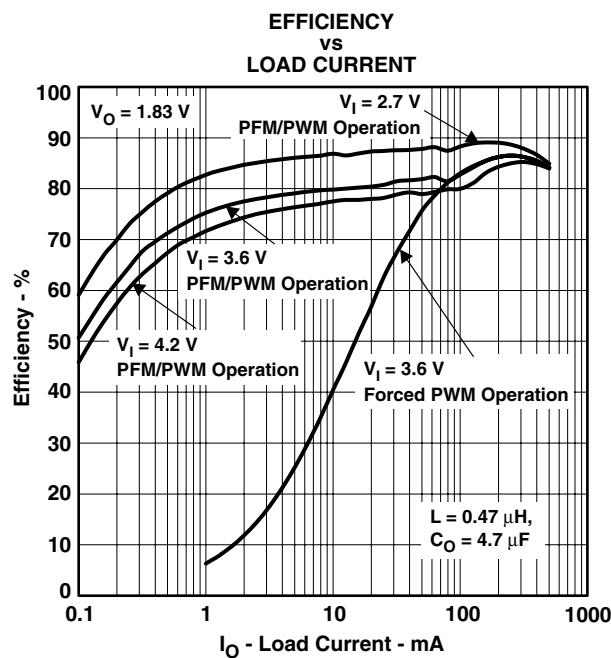


図 3

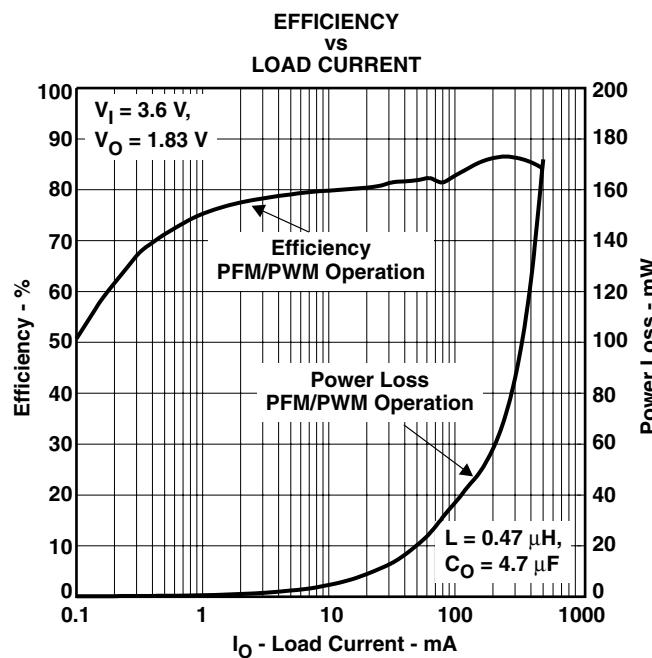


図 4

## 代表的特性

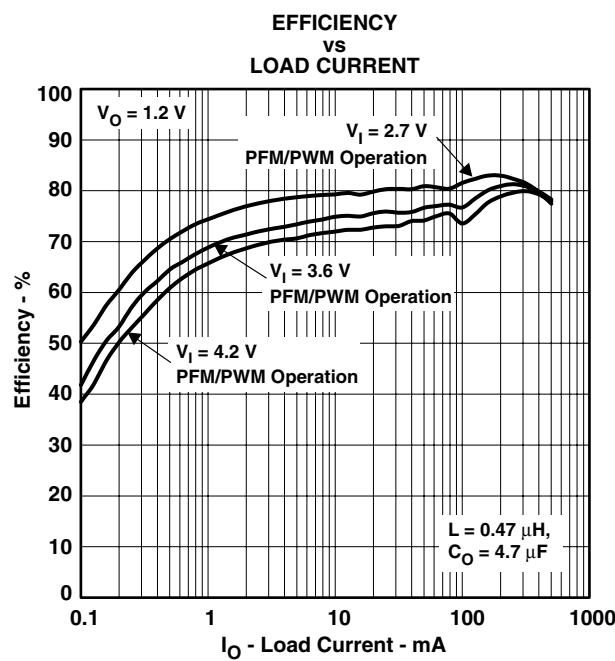


図 5

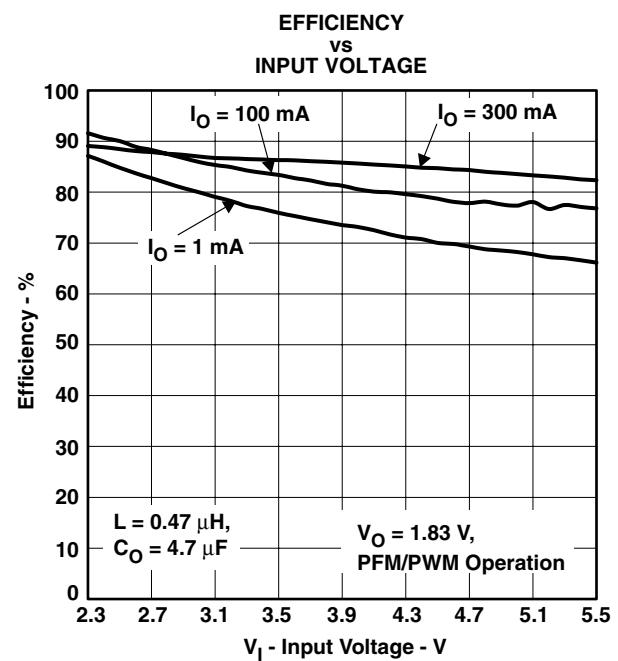


図 6

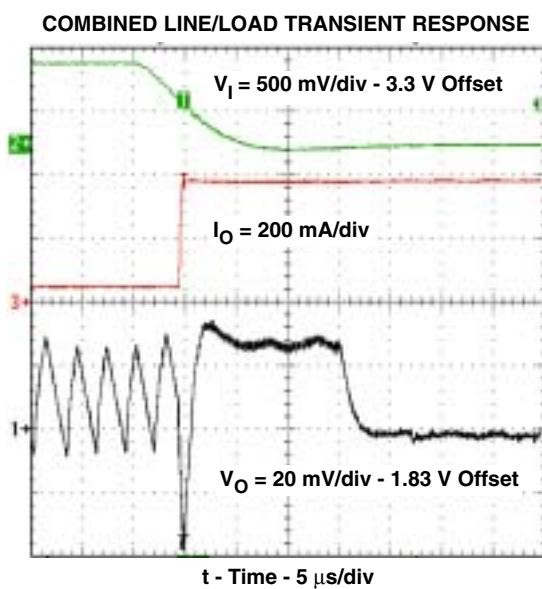


図 7

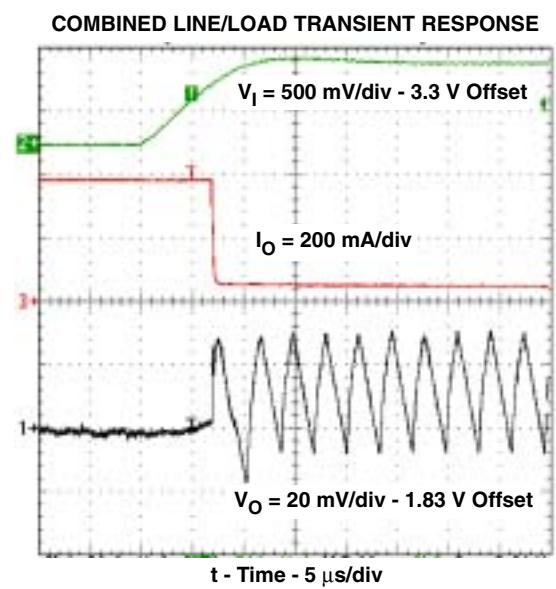


図 8

## 代表的特性

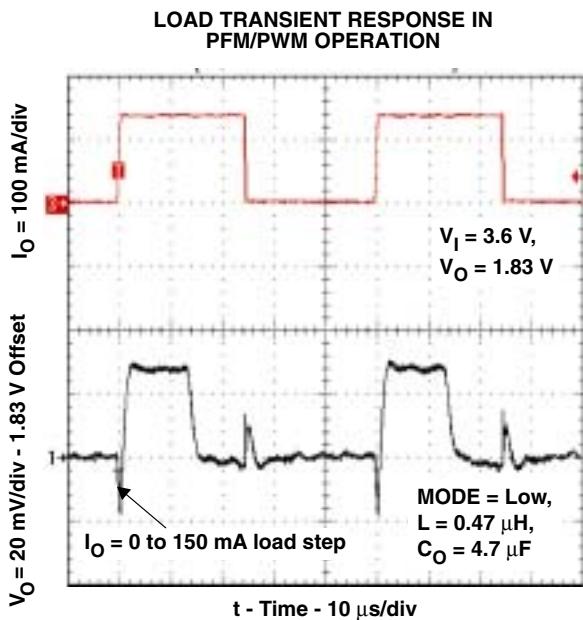


図 9

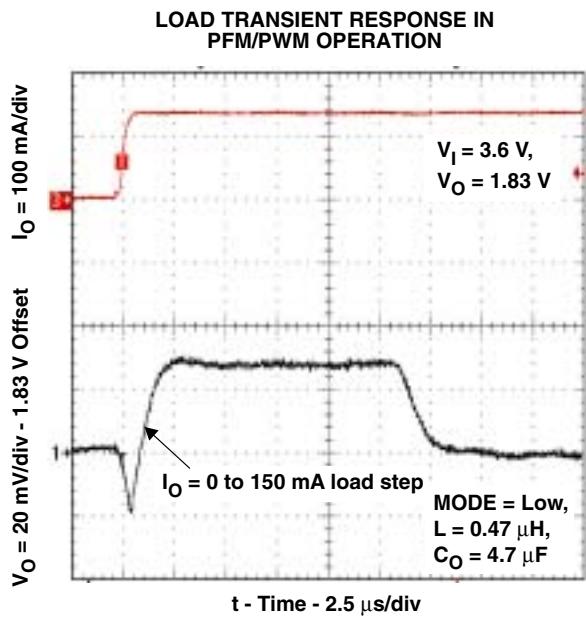


図 10

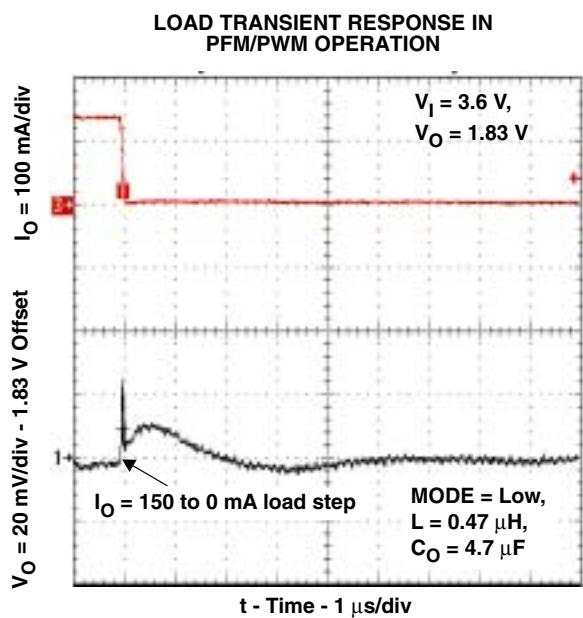


図 11

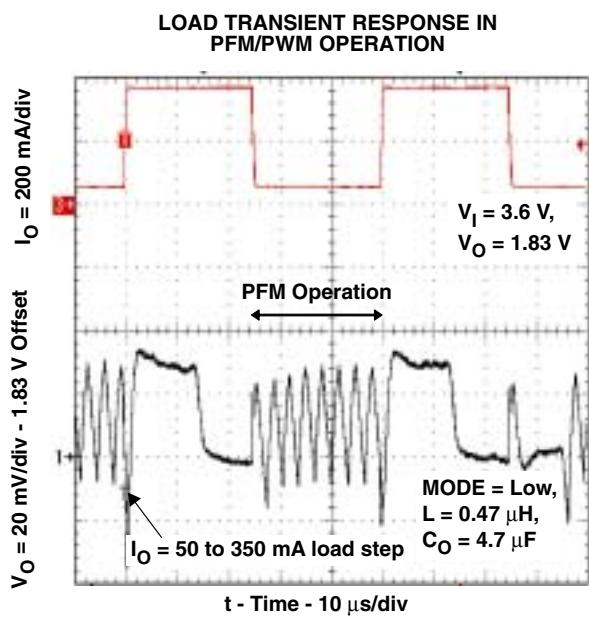


図 12

## 代表的特性

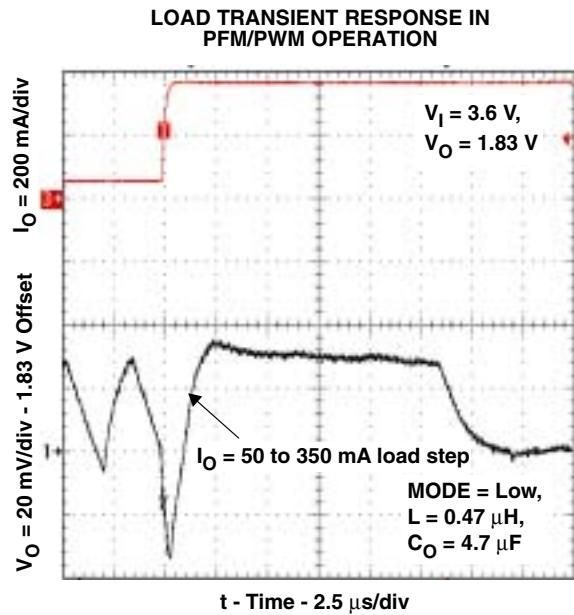


図 13

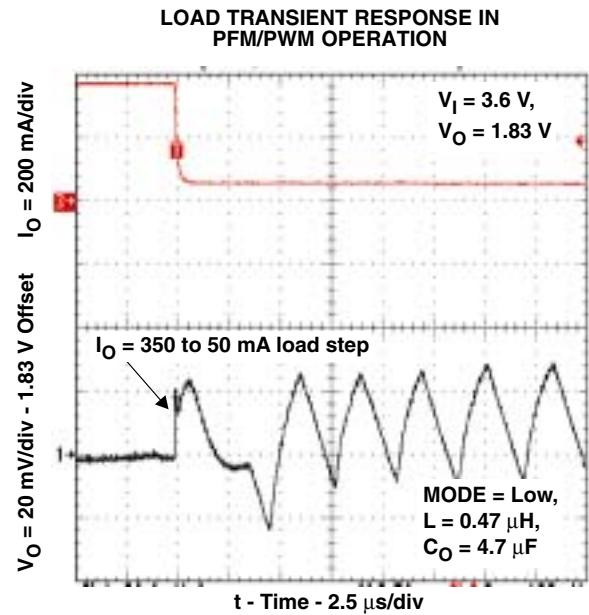


図 14

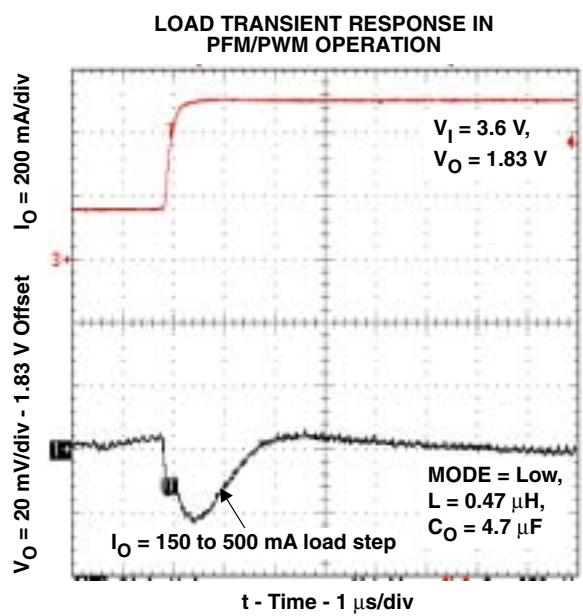


図 15

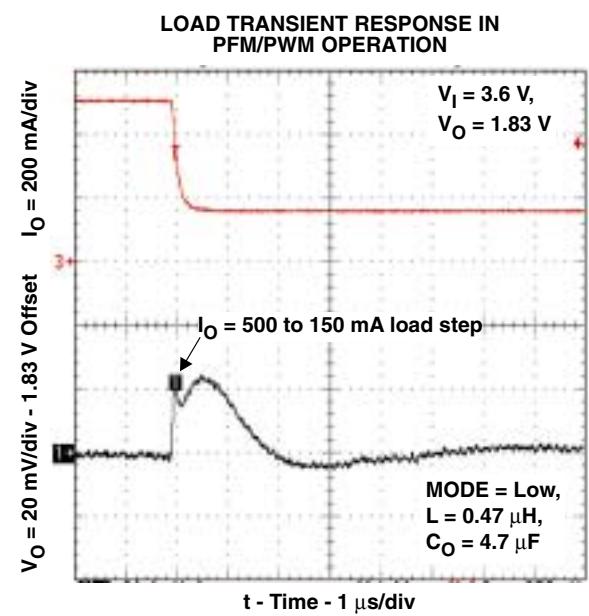


図 16

## 代表的特性

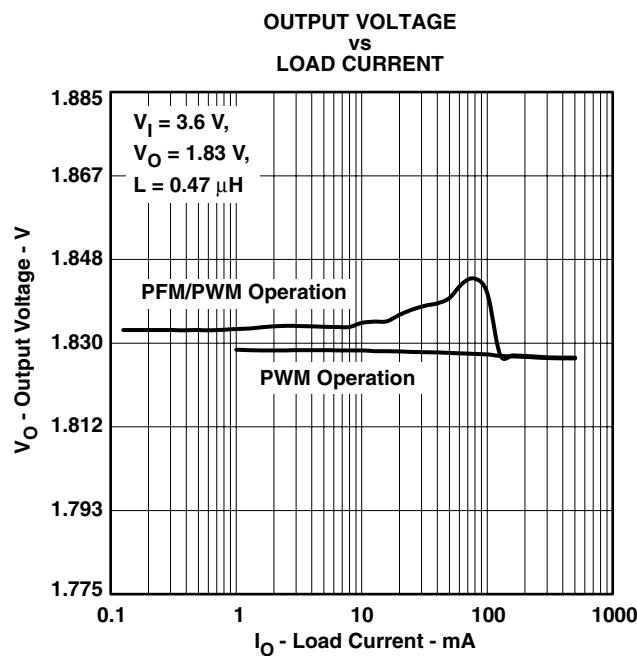


図 17

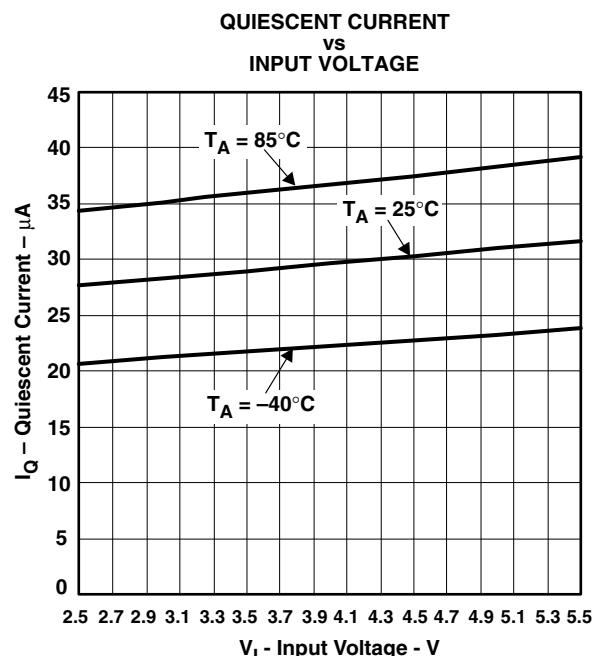


図 18

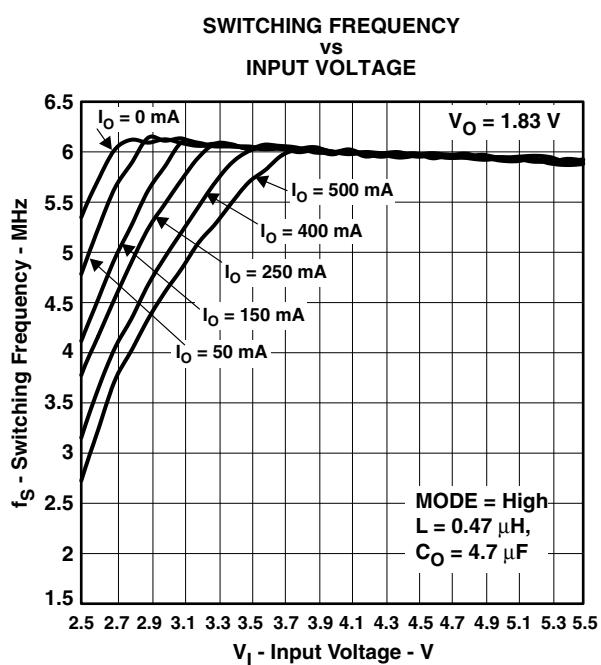


図 19

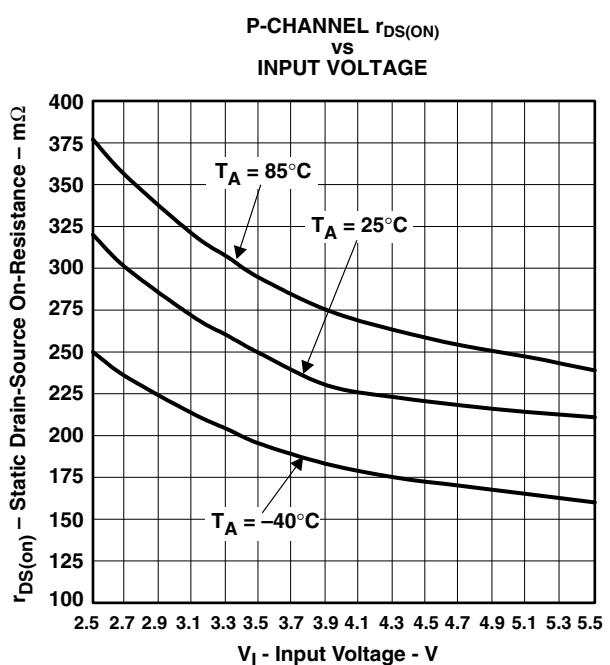


図 20

## 代表的特性

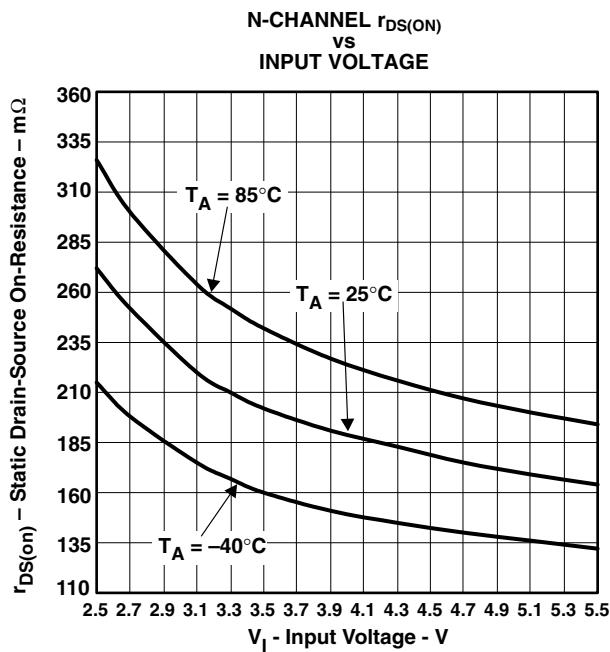


図 21

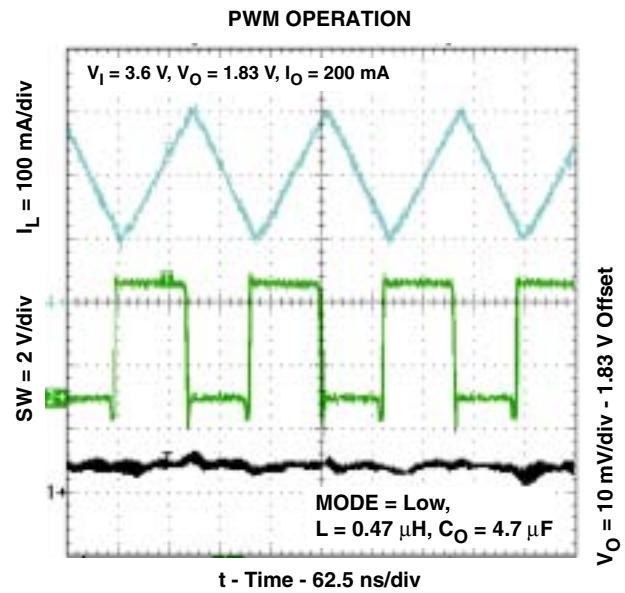


図 22

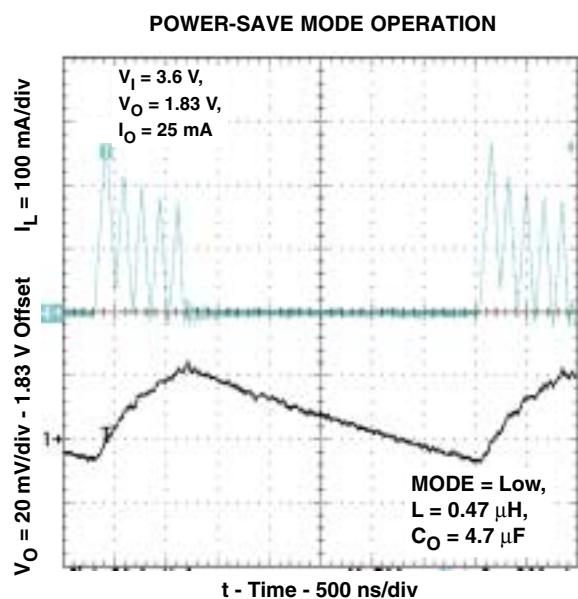


図 23

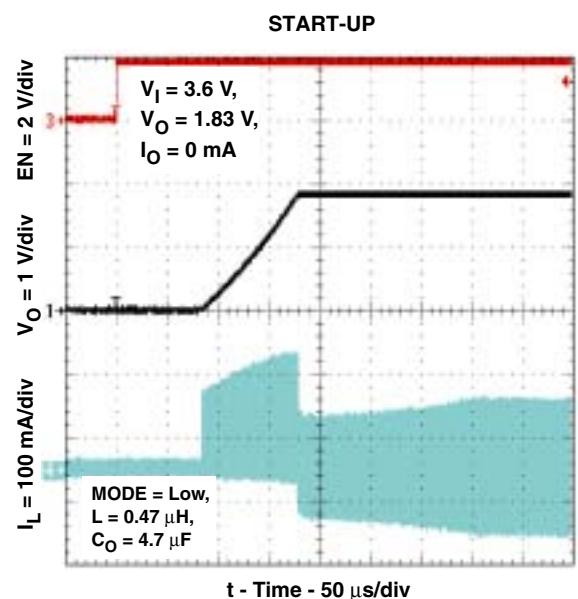


図 24

## 詳細説明

### 動作

TPS6260xは同期整流方式の降圧型コンバータで、中程度から大きな負荷電流範囲では6MHzに制御された周波数でのパルス幅変調(PWM)方式で動作します。一方、軽負荷電流時には、TPS6260xコンバータはパルス周波数変調(PFM)方式のパワーセーブ・モードで動作します。

コンバータはユニークな周波数同期方式のリング発振変調器を使用しているため、クラス最高レベルの入力過渡応答と負荷過渡応答を実現し、極めて小さなインダクタと小型の入力/出力セラミック・コンデンサを使用する事が可能になります。各スイッチング・サイクルの初めに、PチャネルのMOSFETスイッチはオンになり、インダクタ電流はメイン・コンパレータが反転し、コントロール・ロジックがスイッチをオフにするまでの間増加し出力電圧を上昇させます。

非線形アーキテクチャの重要な利点の一つは従来型制御のフィードバック・ループが存在しないということです。出力電圧の変化に対するループ応答は元来瞬時に応答し、過渡応答として説明されます。従来の高いゲインと位相補償を持つ線形の負帰還ループを持たないということはTPS6260xが広い範囲にわたるLやC<sub>0</sub>の値で本質的に安定的であるということを意味しています。

このデバイスは2つの電流制限を内蔵しており、1つはPチャネルMOSFET、もう1つはNチャネルMOSFETです。PチャネルMOSFETの電流がその制限電流値に達した時、PチャネルMOSFETはオフになり、NチャネルMOSFETはオンになります。また、NチャネルMOSFETの電流がN-MOS電流制限スレッショルドより高い場合は、電流がその制限電流より低下するまでNチャネルMOSFETはオンの状態を維持します。

NチャネルMOSFETの電流制限機能は、PチャネルMOSFETの電流制限の動作遅延、或いは起動直後で出力電圧が低い場合などの小さなデューティ・サイクルで動作する場合など、インダクタの電流が減少しない状態が発生した時に重要な機能となります。

### スイッチング周波数

デューティ・サイクルにより生成される内部ランプ電圧によりデューティ・サイクルの何れかを50%から低減させます。これにより、メイン・コンパレータの入力でのオーバードライブは少なくなり変換時間の遅延が増加し速度が遅くなります。コンバータの最大動作周波数は約10MHzから12MHzですが、この周

波数同期ループ制御により約6MHzにコントロールされます。

デューティ・サイクルが高いか、または低いと、制御ループの動作範囲外となり、スイッチング周波数は6MHzより低くなります。この時コンバータは“定周波数”ではなく“定インダクタ・ピーク電流”で動作するようになります。この動作はデューティ・サイクルが高い時だけでなく、デューティ・サイクルが低い時にもこのようになります。

コンバータが極端なデューティ・サイクルの時でも標準6MHz近辺で動作する必要がある場合は、アプリケーションでインダクタンス(L)の値を出力コンデンサの等価直列インダクタンス(ESL)に対する比を下げることで対応することができます。このことによりメイン・コンパレータのフィードバック入力で見られるESLステップが増加するため、その伝搬遅延が減少し、従って、スイッチング周波数が増加することになります。

### パワーセーブ・モード

負荷電流の減少により、デバイスは負荷に合わせて間欠的にパワースイッチが動作するパルス・スキップ動作に自動的に切り替えます。周期的なサイクル動作により、スイッチング損失は最小限に抑えられ、デバイスは静止状態の最小電流で動作し高効率が維持されます。コンバータは軽負荷条件下では直流出力電圧の設定を標準出力電圧より約0.5%高くなります。この電圧ポジショニング機能により急激な負荷増加により発生する電圧降下の問題を最小限に抑えられます。

パワーセーブ・モードの時、コンバータは出力電圧が標準電圧を下回った時その動作を再開します。コンバータは最低3つのパルスで出力電圧を上昇させ、インダクタ電流がゼロの定常状態に達した時パワーセーブ・モードに戻ります。パワーセーブ・モードでのダイナミック電圧ポジショニングの結果として、平均出力電圧はPWMモードでの標準値より少し高くなります。軽負荷から重負荷への負荷過渡時、64サイクルの連続したスイッチングの後出力電圧の設定は標準値に戻ります。

PFM/PWMのモード移行が発生する出力電流値は以下の式(1)で概算されます。

$$I_{PFM/PWM} = \frac{V_O}{V_I} \times \frac{V_I - V_O}{2 \times L \times f_{SW}} \quad (1)$$

- $I_{PFM/PWM}$  : PFM/PWMのモード移行時が発生する出力電流
- $f_{SW}$  : スイッチング周波数(標準6MHz)
- $L$  : インダクタ値

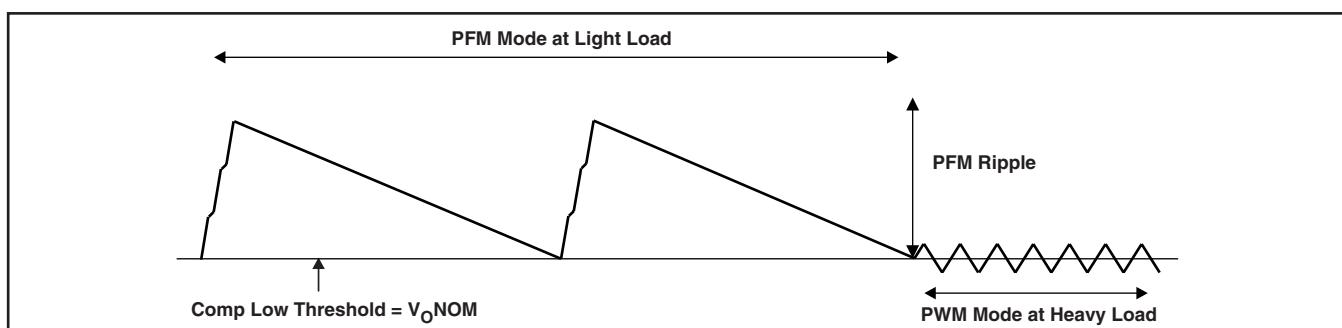


図 25. Operation in PFM Mode and Transfer to PWM Mode

## モード選択

MODEピンによりデバイスの動作モードを選択することができます。このピンをGNDに接続するとPWMモードとパワーセーブ・モードの自動切換動作がイネーブルになります。コンバータは中程度から大負荷で固定周波数のPWMモードで動作し、軽負荷時にはPFMモードに自動的に切り換わって動作し、広い負荷電流範囲にわたって高効率を維持します。

MODEピンを“H”レベルにするとコンバータは軽負荷電流時でもPWMモードで動作します。この利点は、コンバータが固定周波数で動作することにより、ノイズの影響を受け易いアプリケーションの場合に、スイッチング周波数帯のノイズフィルタが簡素化できることです。このモードでは、軽負荷時の効率はパワーセーブ・モードに比べて低くなります。

さらなる柔軟性をもたせるため、動作中にパワーセーブ・モードから固定PWMモードに切り替えることができます。このことにより、コンバータの動作をシステムでの個々の要求に合わせて動的に変更させることで効率的なパワー・マネージメントが可能になります。

## イネーブル

このデバイスはENが“H”レベルにセットされた時動作を開始し、前述のようにソフトスタートにより起動します。

ENピンを“L”レベルにするとデバイスはシャットダウンし、静止電流はわずか0.1μA(標準)となります。このモードでは、Pチャネル及びNチャネルMOSFETはオフになり、内部の抵抗フィードバック・デバイダは切斷され、全ての内部コントロール回路もオフに切り替わります。正常動作を行うにはENピンは終端処理をしなければならず、フローティングにしておいてはいけません。

## ソフトスタート

TPS6260xは内部に起動時の突入電流を制限するソフトスタート回路をもっています。これにより、バッテリーなどの内部インピーダンスの高い電源がコンバータの入力に接続された場合の入力の電圧降下が制限されます。ソフトスタート回路は出力電圧の上昇に応じてオン時間を30nsの最小パルス幅から徐々に増加させます。この動作はイネーブル後約180μs続きます。

大きな負荷が接続されている場合などによりこの時間までに出力電圧がその設定値に達しない場合、ソフトスタートは2番目の動作モードに移行します。

次に、コンバータは電流制限モードで動作します。具体的には、P-MOSの制限電流が標準リミットの半分に設定され、NチャネルMOSFETはインダクタ電流が0になるまでオンを継続します。さらに100μsの後、出力電圧が約0.7V以上に上昇しているとデバイスは全電流制限動作に戻ります。従って、起動時間は主に出力コンデンサの容量と負荷電流に依存します。

## 低電圧ロックアウト

低電圧ロックアウト回路により低入力電圧時のデバイスの誤動作が防止されます。これはコンバータが不定領域で昇圧スイッチまたは整流MOSFETをオンにするのを防ぎます。TPS6260xデバイスは2.05V(標準)にセットされているUVLOスレッショルドをもっています。ICの全ての機能は入力電圧が2.1Vに低下するまで動作することはできます。

## 短絡保護

出力電圧が約0.7Vより低下すると、コンバータの電流制限は標準値の半分に低減します。起動時、短絡保護はイネーブルであるため、デバイスは出力電圧が約0.7Vを越えるまでその標準制限電流の半分以上の電流は供給しません。このことは電流シンクとして機能する負荷がコンバータの出力に接続されている場合に考慮する必要があります。

## サーマル・シャットダウン

接合部温度 $T_J$ が標準140°Cを越えるとデバイスはサーマル・シャットダウン状態になります。このモードでは、PチャネルMOSFETとNチャネルMOSFETはオフになります。デバイスは接合部温度が再び標準130°Cより下がると動作を再開します。

## アプリケーション情報

### インダクタの選択

TPS6260x降圧型コンバータ・シリーズは実効値が、0.3 $\mu$ Hから1.3 $\mu$ Hのインダクタンス値と4.7 $\mu$ Fから10 $\mu$ Fの出力コンデンサで動作するよう設計されています。内部補償はL = 0.47 $\mu$ H及びC<sub>O</sub> = 4.7 $\mu$ Fの出力フィルタでの動作に最適化されています。特定の動作条件に対してデバイスの性能を最適化するため、これより大きい、または小さいインダクタンス値を用いることもできます。より詳細については、ループ安定性の確認の項を参照してください。

インダクタンス値はインダクタリップル電流、PWM/PFM遷移点、出力電圧リップル、効率に影響を与えます。直流抵抗と飽和電流の要求に有ったインダクタを選択する必要が有ります。インダクタのリップル電流( $\Delta I_L$ )はインダクタンスが高いと減少し、V<sub>I</sub>またはV<sub>O</sub>が高いと増加します。

$$\Delta I_L = \frac{V_O}{V_I} \times \frac{V_I - V_O}{L \times f_{SW}}$$

$$\Delta I_{L(MAX)} = I_{O(MAX)} + \frac{\Delta I_L}{2} \quad (2)$$

f<sub>SW</sub> = スイッチング周波数 (標準6MHz)

L = インダクタ値

$\Delta I_L$  = インダクタのピーク間リップル電流

I<sub>L(MAX)</sub> = 最大インダクタ電流

高周波のコンバータのアプリケーションでは、効率は基本的にインダクタの交流抵抗(Qファクター等)と、少しながらインダクタのDCR値に影響されます。高効率の動作を実現するには、スイッチング周波数で25以上のQファクター値のインダクタを選択することに注意しなければなりません。インダクタ値を増やすとRMS電流が低くなりますが、過渡応答が劣化します。物理的なサイズが同じインダクタの場合、インダクタンス値が増加すると通常はインダクタの飽和電流は小さくなります。

コイルで発生する総損失は直流抵抗(R<sub>(DC)</sub>)の損失と以下の周波数依存要素の損失の両方から構成されています。

- コア材での損失(磁気ヒステリシス損、特に高スイッチング周波数時)
- 表皮効果(高周波での電流の偏り)による銅損の増加
- 隣接巻線の磁界損失(近接効果)
- 漏れ磁束による損失

以下の各メーカーのインダクタについては、TPS6260xを用いたコンバータでの動作は確認済みです。

### 出力コンデンサの選択

TPS6260xの高速応答電圧モード・コントロールにより、極めて小さなセラミック・コンデンサを使用することができます。低ESR値のセラミック・コンデンサは出力電圧リップルを最小にできるため、これを推奨します。出力コンデンサにはX7RまたはX5R特性のものを必要とします。Y5VやZ5U特性のコンデンサは、温度により容量が大きく変動することだけでなく、高周波での抵抗値が大きくなってしまいます。

標準の負荷電流時にはデバイスはPWMモードで動作し、出力電圧リップルは出力コンデンサのESLにより生じる電圧変動と出力コンデンサのインピーダンスを流れるリップル電流によるものとの合計となります。

軽負荷電流時にはデバイスはパワーセーブ・モードで動作し、出力電圧リップルは出力コンデンサの値には依存しません。出力電圧リップルは内部コンパレータのスレッショルドと伝搬遅延で決まります。標準的な出力電圧リップルは標準出力電圧V<sub>O</sub>の1.5%です。

### 入力コンデンサの選択

降圧型コンバータの原理上、入力電流はパルス状であるため、低ESRの入力コンデンサが必要となります。入力コンデンサに低ESR品を用いることで、デバイスの誤動作やシステムの他の回路への干渉を引き起こす可能性のある大きな電圧変動を防止することができます。ほとんどのアプリケーションでは2.2 $\mu$ Fのコンデンサで十分です。

入力にセラミック・コンデンサのみを使用する時は注意が必要です。入力部にセラミック・コンデンサが使用されて、電源がACアダプタのような長い配線で供給されている時は、出力での負荷変動がVINピンにリングを誘発せることができます。このリングが出力に誘導されると、ループが不安定となって誤動作したり、さらには部品を損傷せることができます。このような状況下では電源のリード線のインダクタンスとC<sub>I</sub>の間に発生する可能性のあるリングを低減するためC<sub>I</sub>と電源のリード線の間に“バルク”容量(電解またはタンタル)を付加しなければなりません。

### ループ安定性の確認

回路と安定性を評価するには、まず、以下の信号を定常状態で観測します。

- スイッチング波形、SW
- インダクタ電流、I<sub>L</sub>
- 出力リップル電圧、V<sub>O(AC)</sub>

メーカー	シリーズ名	寸法
MURATA	LQM21P_J0	2.0 x 1.2 x 1.0 max. (高さ)
	LQM21P_C0	2.0 x 1.2 x 0.55 max. (高さ)
HITACHI METALS	HSLI-201210AG-R47	2.0 x 1.2 x 1.0 max. (高さ)
	HSLI-201210SW-R85	2.0 x 1.2 x 1.0 max. (高さ)
	JSLSI-201610AG-R70	2.0 x 1.6 x 1.0 max. (高さ)
TOKO	MDT2012-CX1R0-R	2.0 x 1.2 x 1.0 max. (高さ)

表1. インダクタ・リスト

これらの波形は、スイッチング・コンバータを評価する際には必ず測定する基本波形です。スイッチング波形に大きなデューティ・サイクルのジッタが見られたり、或いは出力電圧またはインダクタ電流に発振が見られる時、レギュレーション・ループが不安定である可能性があります。これは多くの場合、基板のレイアウトやL-C組み合わせが悪いことによるものです。

レギュレーション・ループで次に評価するのは負荷過渡応答です。負荷変動が発生してからPチャネルMOSFETがターンオンするまでの間、出力コンデンサは負荷に必要な全ての電流を供給しなければなりません。 $V_0$ は $\Delta I_{(LOAD)}$ ×ESRだけ急激に変化します。但し、ESRは $C_0$ の等価直列抵抗です。 $\Delta I_{(LOAD)}$ は $C_0$ の充電または放電を開始し、レギュレータが制御に使用されるられるフィードバック誤差信号電圧を発生して $V_0$ をその定常状態に戻します。その結果はデバイスがPWMモードで動作している時が最も容易に処理されます。

過渡応答の回復時間中の $V_0$ はの波形測定によりコンバータの安定性を判断する手助けとなるセトリング時間、オーバーシュート、リングについてモニタする事が出来ます。リングが発生していなければ通常のリニアな負帰還制御ループの場合は通常45°より大きな位相余裕をもっていることになります。

TPS62600は非線形制御なので位相余裕の概念は当てはまりませんが、負荷変動に対する過渡応答はループの安定度の目安にはなります。回路の減衰係数は温度依存のあるいくつかの抵抗パラメータ(例、MOSFETの $r_{DS(on)}$ )に直接関係しているため、ループの安定性の解析は全ての入力電圧範囲、負荷電流範囲、温度範囲に対して行わなければなりません。

## レイアウトについての考察

すべてのスイッチング電源では、レイアウトは設計での重要なステップです。TPS6260xデバイスは高速で動作するため、PCBのレイアウトに十分注意を払う必要があります。規定の性能を得るため基板レイアウトには気を付けなければなりません。レイアウトを注意して行わないと、EMI問題はもとより、レギュレータの入力/負荷変動時のレギュレーションの悪化や安定性、スイッチング周波数の問題も生じることがあります。グランド・パスは低インダクタンス、低インピーダンスであることが重要であるため、主要な電流パスには太く短い配線を使用してください。

入力コンデンサは、インダクタや出力コンデンサと同様に、できるだけICピンの近くに置かなければなりません。最適なESLステップを得るには、出力電圧のフィードバック検出点(FB)は出力コンデンサからおよそ1mm離れた点から検出しなければなりません。フィードバック・ラインはノイズの乗りやすい部品や配線(例、SWライン)から離して引き回ししなければなりません。

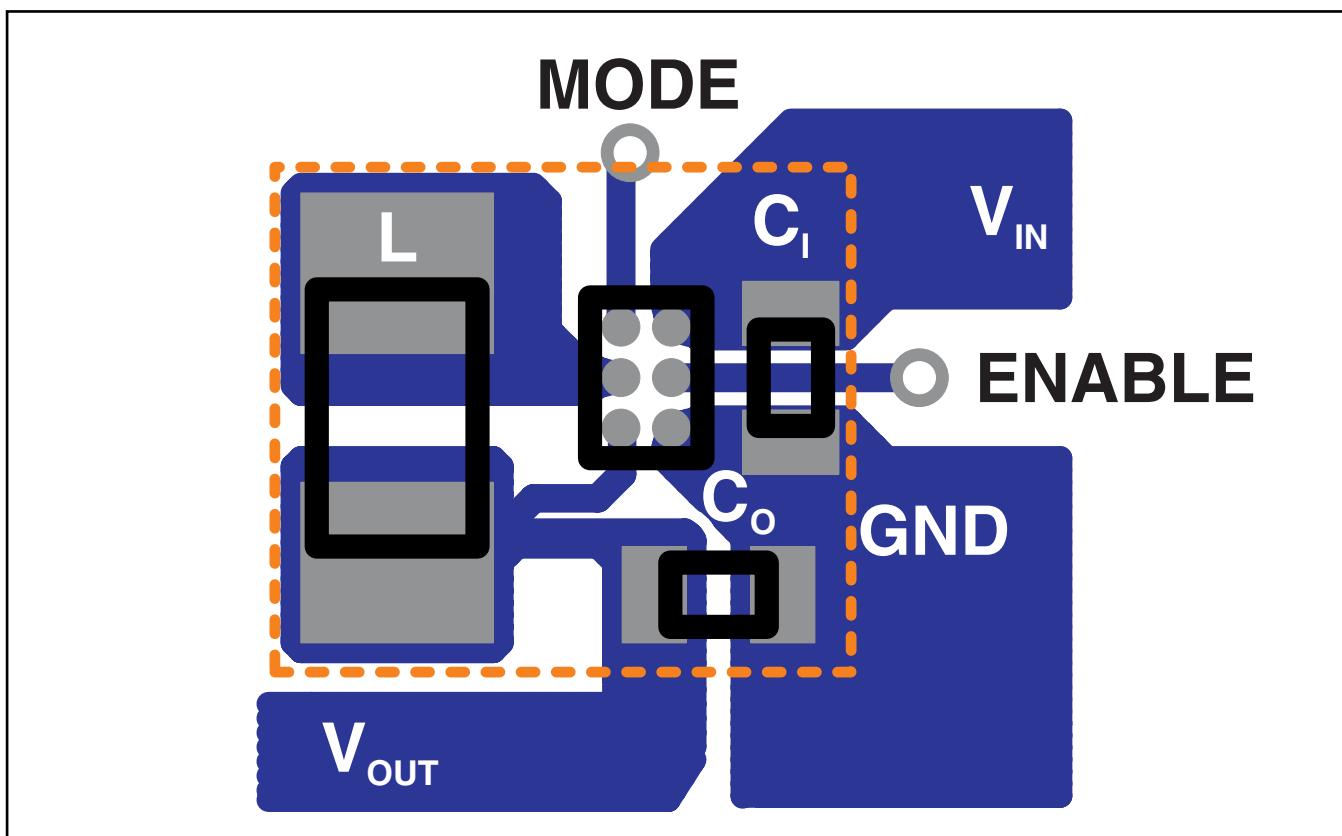


図 26. Suggested Layout (Top)

## 熱情報

薄型、狭ピッチの表面実装パッケージICを使用する際には一般的に消費電力に対して特別な注意が必要です。熱結合、エアフロー、追加のヒートシンク、対流といった多くのシステム依存の問題と、他の発熱部品の存在により、与えられた部品での消費電力が影響されます。熱特性を向上させる基本的な3つの方法を以下にあげます。

- PCB設計による許容電力消費能力の改善
- 部品とPCBとの熱結合の改善
- システムにエアフローを導入

TPS6260xデバイスの推奨最大接合部温度( $T_J$ )は125°Cです。6ピンCSPパッケージ(YFF-6)の熱抵抗 $R_{\theta JA}$ は125°C/Wです。レギュレータの動作は最大周囲温度 $T_A = 85^\circ\text{C}$ で規定されています。従って、最大消費電力は約320mWです。

$$P_{D(\text{MAX})} = \frac{T_{J(\text{MAX})} - T_A}{R_{\theta JA}} = \frac{125^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}}{125^\circ\text{C/W}} = 320\text{mW} \quad (3)$$

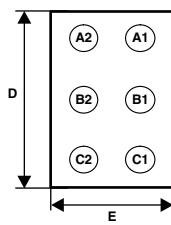
## チップスケール・パッケージの寸法

TPS6260xデバイスは6つのバンプをもつチップスケール・パッケージ(YFF, NanoFree™)で供給されています。パッケージの寸法は以下のとおりです。

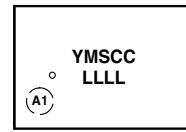
- D =  $1.290 \pm 0.05$  mm
- E =  $0.916 \pm 0.05$  mm

## PACKAGE SUMMARY

CHIP SCALE PACKAGE  
(BOTTOM VIEW)



CHIP SCALE PACKAGE  
(TOP VIEW)



Code:

- YM — Year Month date Code
- S — Assembly site code
- CC — Chip code
- LLLL — Lot trace code

# パッケージ情報

## 製品情報

Orderable Device	Status <sup>(1)</sup>	Package Type	Package Drawing	Pins Qty	Package	Eco Plan <sup>(2)</sup>	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp <sup>(3)</sup>
TPS62600YFFR	ACTIVE	DSBGA	YFF	6	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	SnAgCu	Level-1-260C-UNLIM
TPS62600YFFT	ACTIVE	DSBGA	YFF	6	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	SnAgCu	Level-1-260C-UNLIM
TPS62601YFFR	ACTIVE	DSBGA	YFF	6	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	SnAgCu	Level-1-260C-UNLIM
TPS62601YFFT	ACTIVE	DSBGA	YFF	6	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	SnAgCu	Level-1-260C-UNLIM

(1) マーケティング・ステータスは次のように定義されています。

ACTIVE : 製品デバイスが新規設計用に推奨されています。

LIFEBUY : TIによりデバイスの生産中止予定が発表され、ライフタイム購入期間が有効です。

NRND : 新規設計用に推奨されていません。デバイスは既存の顧客をサポートするために生産されていますが、TIでは新規設計にこの部品を使用することを推奨していません。

PREVIEW : デバイスは発表済みですが、まだ生産が開始されていません。サンプルが提供される場合と、提供されない場合があります。

OBSOLETE : TIによりデバイスの生産が中止されました。

(2) エコ・プラン - 環境に配慮した製品分類プランであり、Pb-Free (RoHS)、Pb-Free (RoHS Expert) およびGreen (RoHS & no Sb/Br) があります。最新情報および製品内容の詳細については、<http://www.ti.com/productcontent>でご確認ください。

TBD : Pb-Free/Green変換プランが策定されていません。

Pb-Free (RoHS) : TIにおける“Lead-Free”または“Pb-Free”(鉛フリー)は、6つの物質すべてに対して現在のRoHS要件を満たしている半導体製品を意味します。これには、同種の材質内で鉛の重量が0.1%を超えないという要件も含まれます。高温で半田付けするように設計されている場合、TIの鉛フリー製品は指定された鉛フリー・プロセスでの使用に適しています。

Pb-Free (RoHS Exempt) : この部品は、1) ダイとパッケージの間に鉛ベースの半田バンプ使用、または 2) ダイとリードフレーム間に鉛ベースの接着剤を使用、が除外されています。それ以外は上記の様にPb-Free (RoHS)と考えられます。

Green (RoHS & no Sb/Br) : TIにおける“Green”は、“Pb-Free”(RoHS互換)に加えて、臭素(Br)およびアンチモン(Sb)をベースとした難燃材を含まない(均質な材質中のBrまたはSb重量が0.1%を超えない)ことを意味しています。

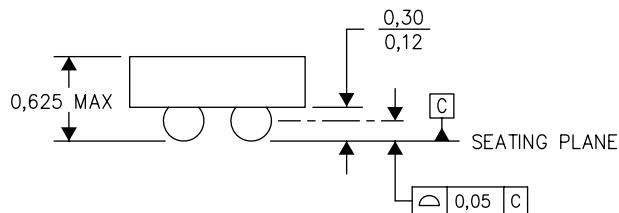
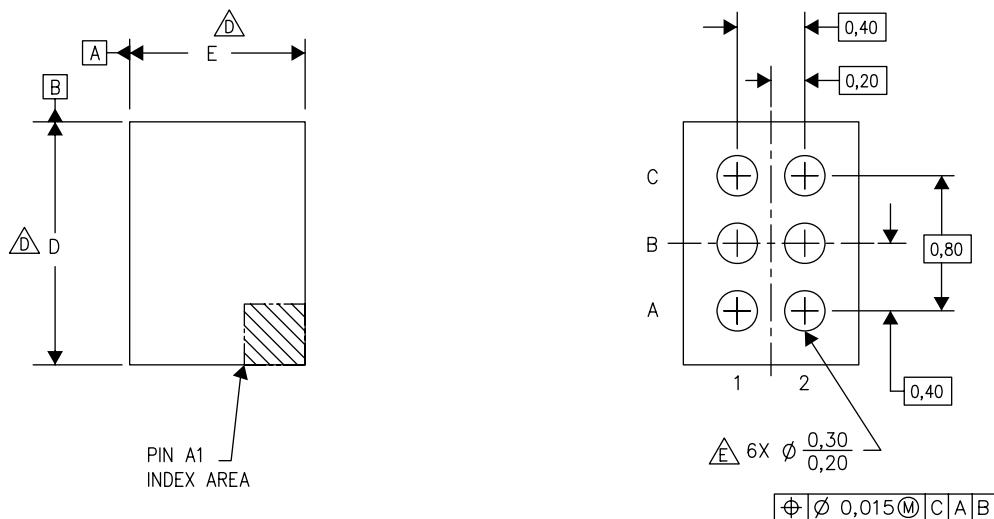
(3) MSL、ピーク温度 -- JEDEC業界標準分類に従った耐湿性レベル、およびピーク半田温度です。

重要な情報および免責事項 : このページに記載された情報は、記載された日付時点でのTIの知識および見解を表しています。TIの知識および見解は、第三者によって提供された情報に基づいており、そのような情報の正確性について何らの表明および保証も行うものではありません。第三者からの情報をより良く統合するための努力は続けております。TIでは、事実を適切に表す正確な情報を提供すべく妥当な手順を踏み、引き続きそれを継続してゆきますが、受け入れる部材および化学物質に対して破壊試験や化学分析は実行していない場合があります。TIおよびTI製品の供給者は、特定の情報を機密情報として扱っているため、CAS番号やその他の制限された情報が公開されない場合があります。

# メカニカル・データ

YFF (R-XBGA-N6)

DIE-SIZE BALL GRID ARRAY



4207625-3/M 08/08

注: A. 全ての線寸法の単位はミリメートルです。

B. 図は予告なく変更することがあります。

C. NanoFree™パッケージ構成です。

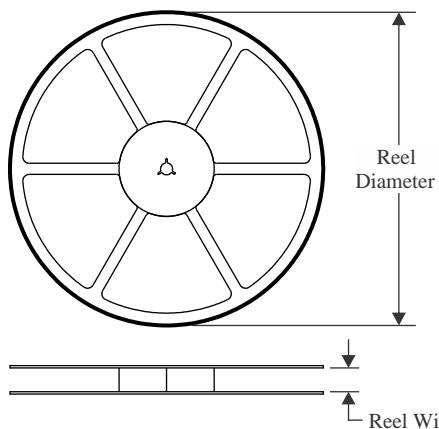
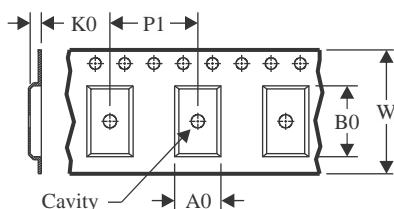
$\triangle$  YFFパッケージ構成のデバイスの寸法Dは1.16mm~1.85mm、寸法Eは0.76mm~1.45mmです。

特定デバイスの正確なパッケージ寸法を見出すには、そのデバイスのデータシートを参照するか、  
またはTIの代理店にお問い合わせください。

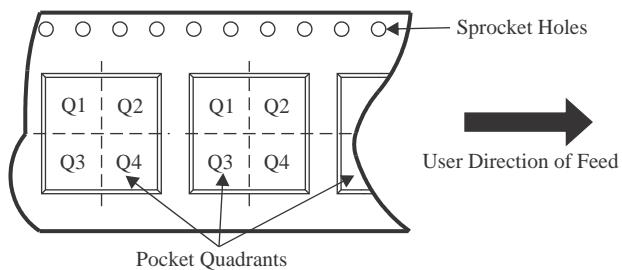
E. ボールの配列については製品のデータシートを参照してください。2x3のマトリクスのみ図示しています。

F. このパッケージには鉛フリーのボールが含まれています。

(SLVS678)

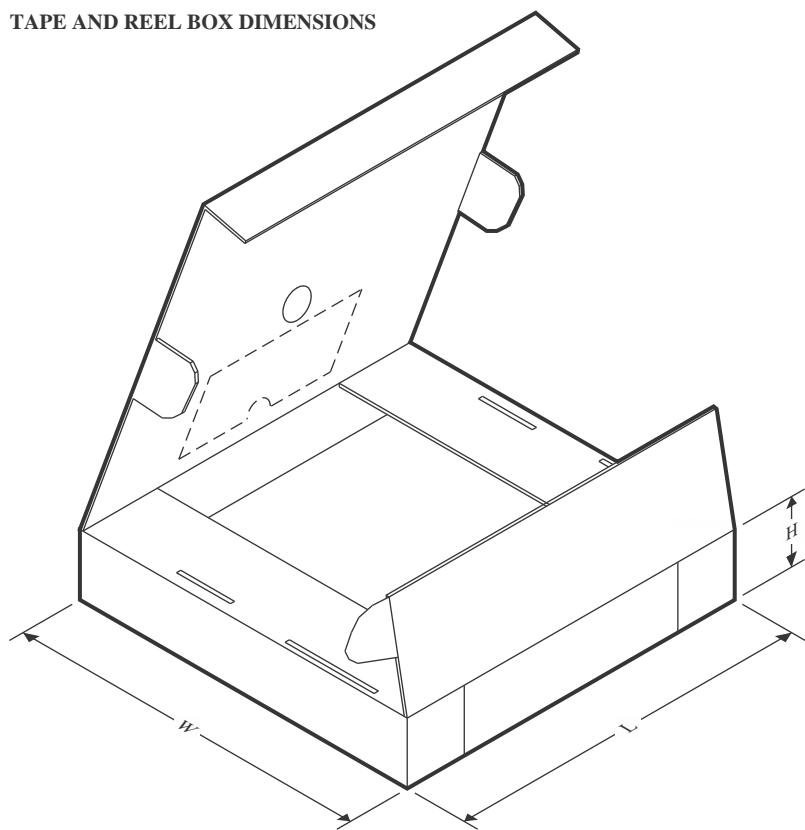
**TAPE AND REEL INFORMATION**
**REEL DIMENSIONS**

**TAPE DIMENSIONS**


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
TPS62601YFFT	DSBGA	YFF	6	250	180.0	8.4	1.07	1.42	0.74	4.0	8.0	Q1

**TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS**


\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS62601YFFT	DSBGA	YFF	6	250	182.0	182.0	20.0

## 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