

定電流駆動 LEDドライバ

特長

- 18V過電圧保護回路付き定電流源
- 4個までの直列接続LEDを駆動
- 入力電圧範囲：1.8V ~ 6.0V
- 30V耐圧の昇圧スイッチ内蔵
- 最大効率：85%
- PWM信号またはアナログ信号を使用した高精度輝度制御
- スイッチング周波数：最大1MHz
- 内部パワーMOSFETスイッチ電流：400mA
- 100nFの小型出力コンデンサで動作可能
- シャットダウン時にLEDを遮断
- 無負荷時静止電流：38 μ A (Typ)
- シャットダウン電流：0.1 μ A (Typ)
- 小型QFNパッケージ (3mm \times 3mm)

アプリケーション

- LCD表示機のバックライト/サイドライト用白色LED電源
 - PDA、ポケット・タイプPC、スマート・フォン
 - 携帯機器
 - 携帯電話

概要

TPS61043は、白色LEDまたはその同等品を駆動する定電流出力を備えた高周波の昇圧コンバータです。LED電流は外付け検出抵抗 (R_S) で設定され、検出抵抗 R_S 両端の電圧を252mV (Typ) に安定化させるフィードバック・ピン (FB) により直接レギュレーションされます。LEDの輝度をコントロールするため、LED電流は100Hzから50kHzの周波数範囲のPWM (パルス幅変調) 信号をコントロール・ピン (CTRL) に印加することでパルス幅制御することができます。さらに柔軟性をもたせるよう、

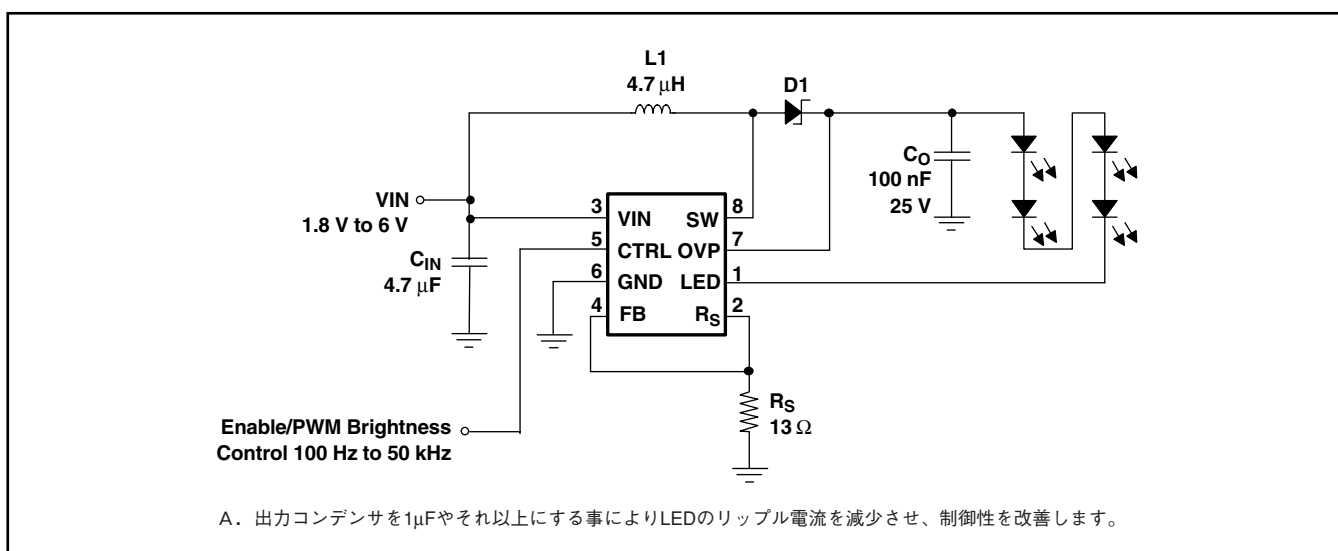


図 1. 標準アプリケーション回路

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

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。

“アプリケーション情報”の項で記述されているように、TPS61043は輝度をアナログ信号でもコントロールできるよう構成することもできます。シャットダウン時にLEDに流れる可能性のある漏れ電流を防ぐため、コントロール・ピン (CTRL) はデバイスをディスエーブルにすると同時にLEDをグランドから切り離します。動作時の安全性が保たれるよう、出力にはハイインピーダンス出力 (例: LEDの断線) の際に最大出力電圧を標準値で18Vに制限する事によりデバイスの損傷を防ぐ過電圧保護機能が備えられています。より大きな駆動電流が必要な場合や直列4個以上のLEDを駆動する必要があるアプリケーション用にはTPS61042が供給されています。



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 (1)

T _A	PACKAGE	PACKAGE MARKING
-40°C ~ 85°C	TPS61043DRB	AQN

(1) DRBパッケージはテープリールで供給されています。デバイス・タイプの末尾にRを付けると (例、TPS61043DRBR)、発注数量単位はリールあたり3000個です。末尾にTを付けると (例、TPS61043DRBT) リールあたり250個です。

絶対最大定格

動作温度範囲内 (特に記述がない限り)⁽¹⁾

	TPS61043
Supply Voltages, V _(VIN) ⁽²⁾	-0.3V ~ 7V
Voltages, V _(RS) , V _(CTRL) , V _(FB)	-0.3V ~ V _{in} + 0.3V
Voltages, V _(SW) , V _(LED) ⁽²⁾	30 V
Voltage, V _(OVP)	30 V
Continuous power dissipation	「許容損失」表を参照
Operating junction temperature range	-40°C ~ 150°C
Storage temperature range, T _{STG}	-65°C ~ 150°C
Lead temperature (soldering, 10 sec)	260°C

(1) 絶対最大定格以上のストレスは、製品に恒久的・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あり、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ことは、本製品の信頼性に影響を与えることがあります。

(2) 全ての電圧は回路のグランドを基準としています。

許容損失

PACKAGE	THERMAL RESISTANCE	T _A ≤ 25°C POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE T _A = 25°C	T _A = 70°C POWER RATING	T _A = 85°C POWER RATING
8-pin QFN	R _{θJA} = 270°C/W ⁽¹⁾	370 mW	3.7 mW/°C	204 mW	148 mW

(1) 8ピンQFNパッケージの接合部/周囲間熱抵抗は270°C/Wです。これはサーマル・パッドにビアのない標準2層PCBに実装した場合の値です。熱抵抗R_{θJA}の改善方法については“アプリケーション情報”の項を参照してください。

推奨動作条件

	MIN	NOM	MAX	単位
V _I Input voltage range	1.8		6.0	V
T _A Operating ambient temperature	-40		85	°C
T _J Operating junction temperature	-40		125	°C

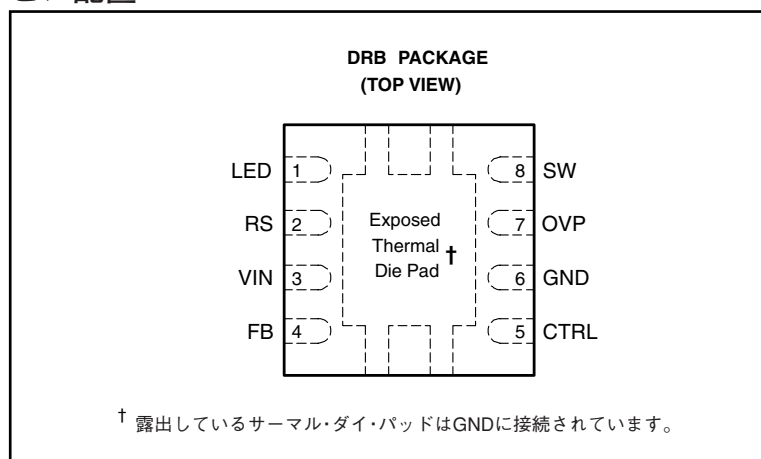
電気的特性

$V_I = 3.6V$, $CTRL = V_I$, $T_A = -40^{\circ}C \sim +85^{\circ}C$, T_{yp} は $T_A = 25^{\circ}C$ での値(特に記述がない限り)

パラメータ		テスト条件	MIN	TYP	MAX	単位
SUPPLY CURRENT						
V_I	Input voltage range		1.8		6.0	V
$I_{(Q)}$	Operating quiescent current into VIN	$I_O = 0$ mA, not switching		38	65	μA
$I_{O(sd)}$	Shutdown current	CTRL = GND		0.1	1	μA
V_{UVLO}	Under-voltage lockout threshold	V_I falling		1.5	1.7	V
CTRL						
V_{IH}	CTRL high level input voltage		1.3			V
V_{IL}	CTRL low level input voltage				0.3	V
I_{lkg}	CTRL input leakage current	CTRL = GND or VIN			0.1	μA
t_{on}	Minimum CTRL pulse width to enable	CTRL = low to high	500			μs
t_{off}	Minimum CTRL pulse width to disable	CTRL = high to low	10		32	ms
$f_{(CTRL)}$	PWM switching frequency applied to CTRL		0.1		50	kHz
$D_{(CTRL)}$	PWM duty cycle applied to CTRL		1%		100%	
POWER SWITCH AND CURRENT LIMIT (SW)						
V_S	Maximum switch voltage				30	V
$r_{ds(ON)}$	MOSFET on-resistance	$V_I = 3.6$ V; $I_{(SW)} = 200$ mA		300	600	$m\Omega$
I_{lkg}	MOSFET leakage current	$V_{(SW)} = 28$ V		0.1	10	μA
I_{LIM}	MOSFET current limit		320	400	480	mA
T_{ON}	Power switch maximum on-time	$V_O = 15$ V		4.5		μs
T_{OFF}	Power switch minimum off-time			400		ns
LED SWITCH AND CURRENT LIMIT (LED)						
V_S	Maximum switch voltage				30	V
$I_{(LED)}$	Maximum LED switch current				60	mA
$r_{ds(ON)}$	MOSFET on-resistance	$V_I = 3.6$ V; $I_{SW} = 20$ mA		1	2	Ω
I_{lkg}	MOSFET leakage current	$V_{(LED)} = 28$ V		0.1	10	μA
OUTPUT						
V_O	Output voltage range	OVP connected	V_I		16.9	V
$I_{(FB)}$	Feedback input bias current ⁽¹⁾	$V_{(FB)} = 0.252$ V			100	nA
V_{FB}	Feedback trip point voltage	1.8 V $\leq V_I \leq 6.0$ V	244	252	260	mV
$V_{(OVP)}$	Output overvoltage protection	V_O rising	17	18	19	V
$V_{hys(OVP)}$	Output overvoltage protection hysteresis			3.65		V
$I_{(OVP)}$	OVP input current	$V_O = 15$ V		17	23	μA

(1) フィードバック入力はハイ・インピーダンスのMOSFETゲート入力です。

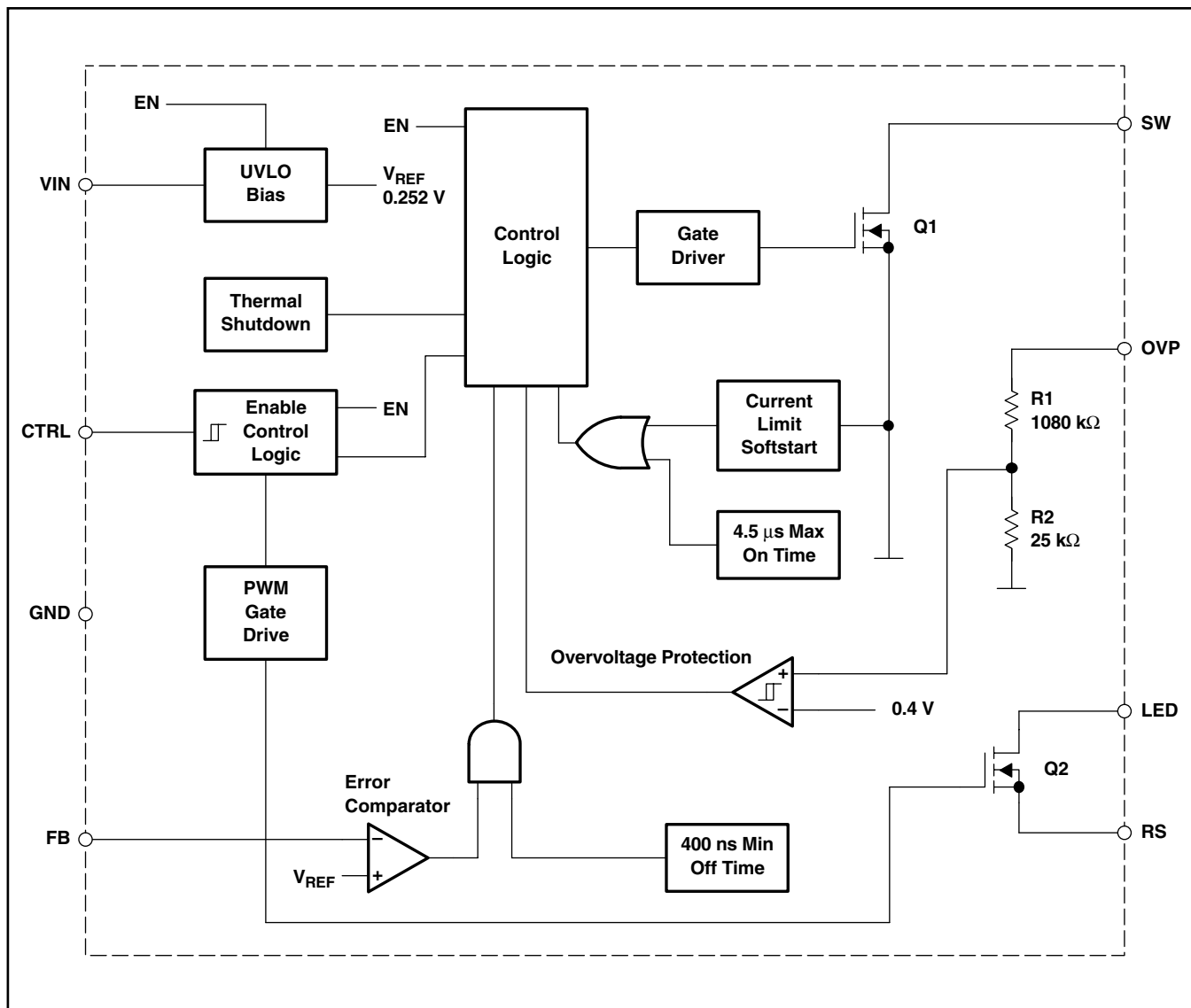
ピン配置



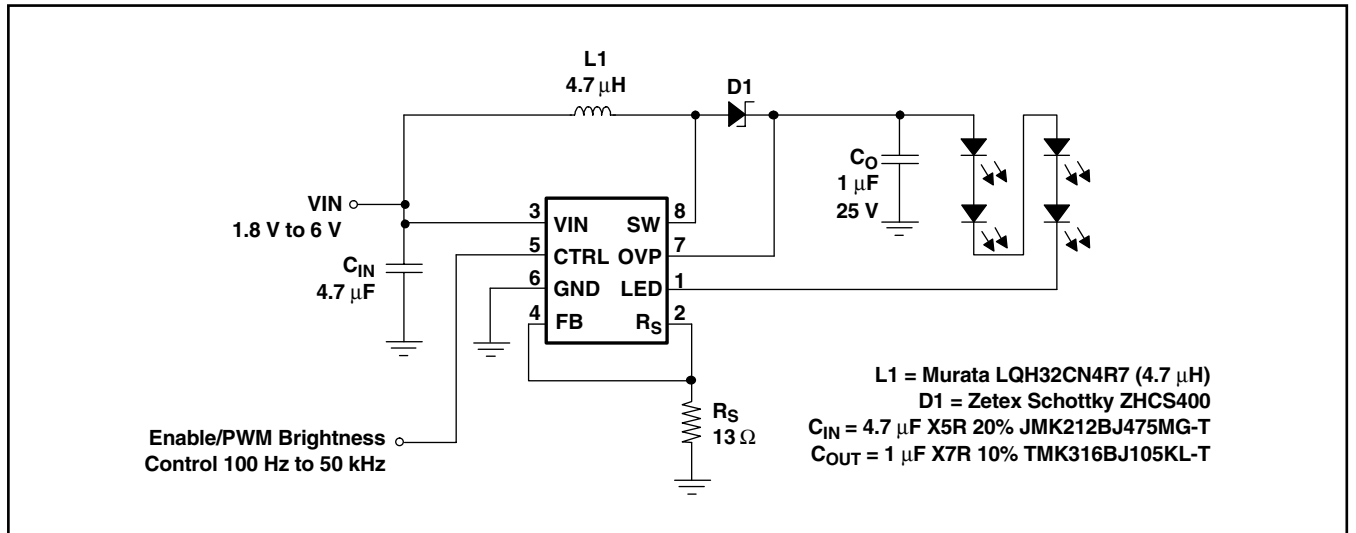
端子機能

端子 名称	NO.	I/O	説明
CTRL	5	I	イネーブルおよびPWMコントロールを兼備したピン。CTRLピンが“H”レベルであれば、デバイスはイネーブルで、内蔵のLEDスイッチ(Q2)は常時オンです。CTRLピンがGNDに接続されている場合、デバイスはディスエーブルです。LEDの輝度をコントロールするにはこのピンにPWM信号(100Hz~50kHz)を印加してください。
FB	4	I	フィードバック・ピン。FBピンはRS端の電圧を252mVに安定化させることにより検出抵抗を流れるLED電流をレギュレーションします。
GND	6		グラウンド
LED	1	I	LEDスイッチ(Q2)の入力ピン。このピンにLEDを接続してください。
OVP	7	I	過電圧保護用ピン。OVPピンはコンバータの出力コンデンサに接続します。
RS	2	O	内部LEDスイッチの出力。LED電流をプログラムする検出抵抗をRSに接続します。
SW	8	I	内蔵スイッチ(Q1)のドレイン
VIN	3	I	入力電源ピン。

機能ブロック図



代表的特性



グラフ一覧

			<input checked="" type="checkbox"/>
η	Efficiency	vs LED current	<input checked="" type="checkbox"/> 2
		vs Input voltage	<input checked="" type="checkbox"/> 3
I _Q	Operating Quiescent Current into VIN	vs Input voltage and Temperature	<input checked="" type="checkbox"/> 4
V _(FB)	Feedback voltage	vs Temperature	<input checked="" type="checkbox"/> 5
I _(FB)	Feedback current	vs Temperature	<input checked="" type="checkbox"/> 6
r _{ds(on)}	Main switch Q1	vs Temperature	<input checked="" type="checkbox"/> 7
		vs Input voltage	<input checked="" type="checkbox"/> 8
	LED switch Q2	vs Temperature	<input checked="" type="checkbox"/> 9
		vs Input voltage	<input checked="" type="checkbox"/> 10
I _{LED}	Average LED current	vs PWM duty cycle on CTRL pin	<input checked="" type="checkbox"/> 11
	Soft start		<input checked="" type="checkbox"/> 12
	PFM operation (fixed peak current control)		<input checked="" type="checkbox"/> 13
	Burst mode operation (fixed peak current control)		<input checked="" type="checkbox"/> 14
	PWM dimming		<input checked="" type="checkbox"/> 15

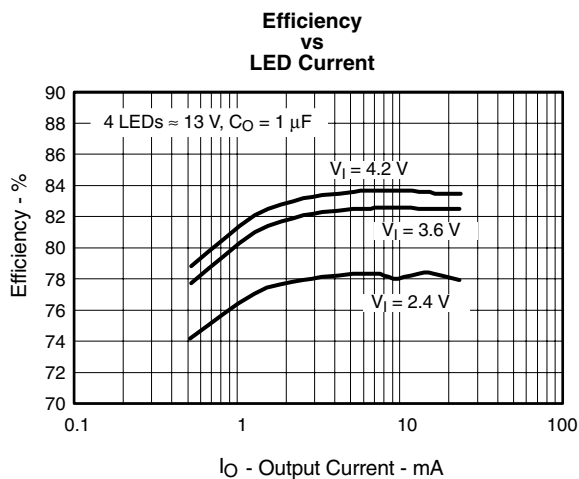


図 2

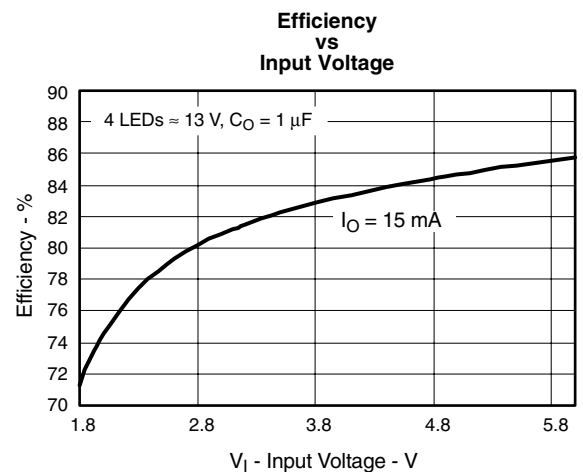


図 3

代表的特性

**Operating Quiescent Current into VIN
vs
Input Voltage and Temperature**

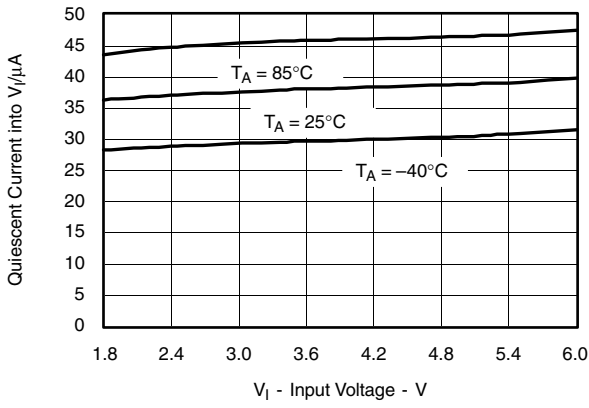


図 4

**Feedback Voltage
vs
Temperature**

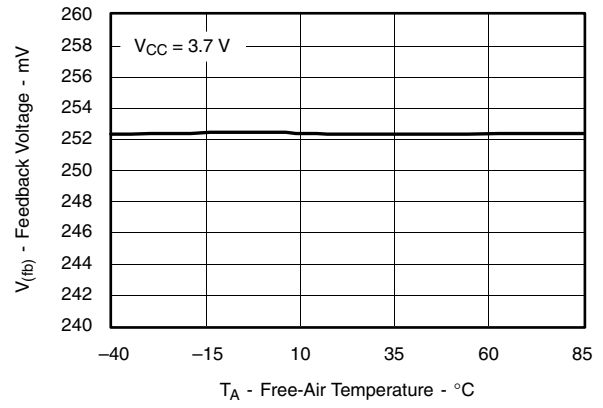


図 5

**Feedback Current
vs
Temperature**

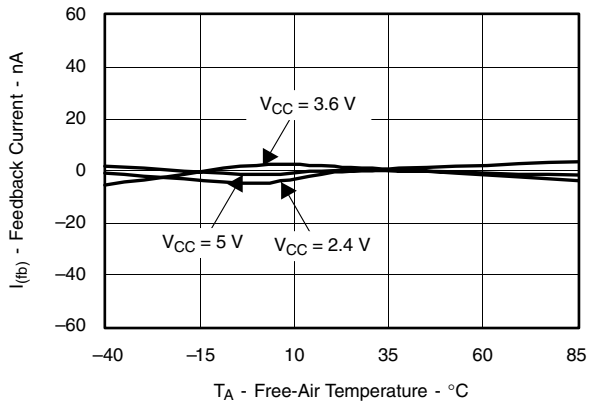


図 6

**r_{ds(on)} Main Switch (Q1)
vs
Temperature**

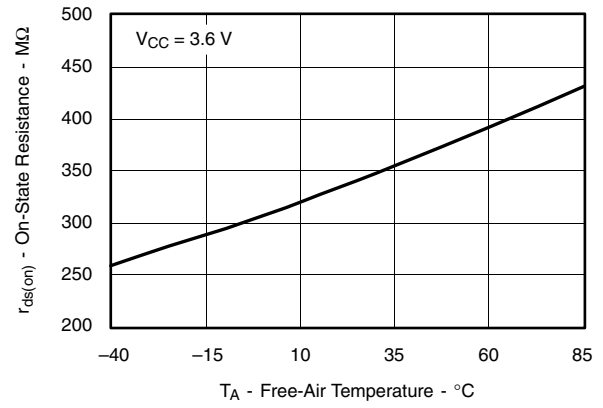


図 7

**r_{ds(ON)} Main Switch (Q1)
vs
Input Voltage**

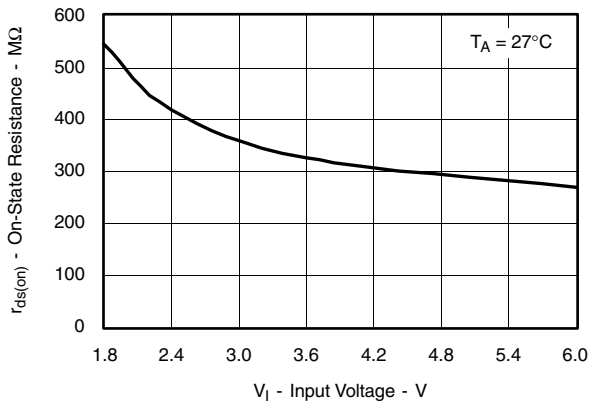


図 8

**r_{ds(on)} LED Switch (Q2)
vs
Temperature**

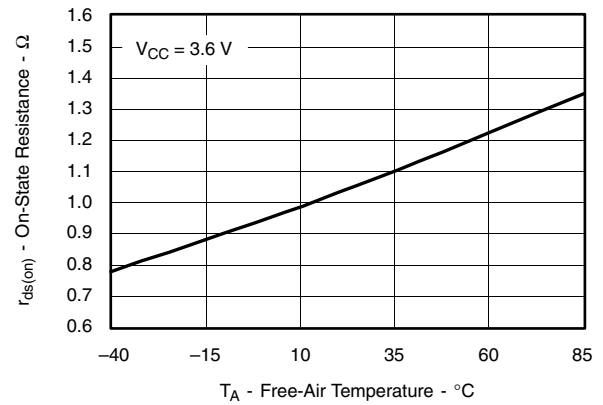


図 9

代表的特性

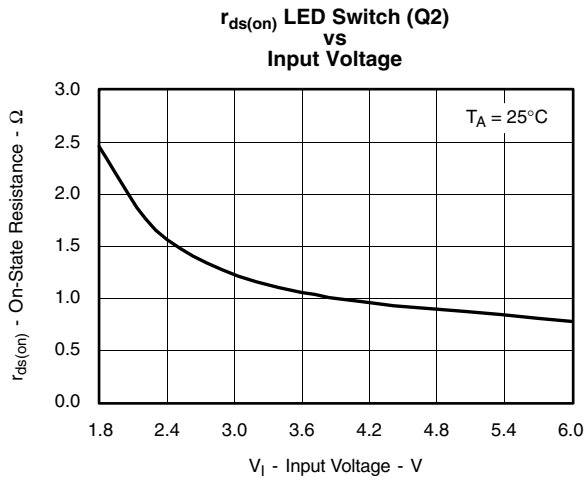


図 10

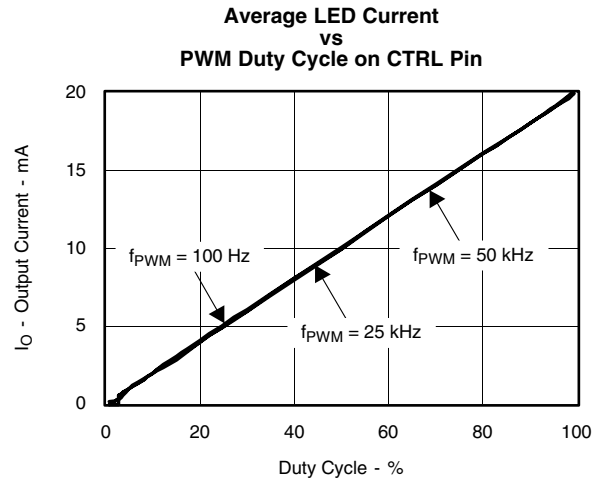


図 11

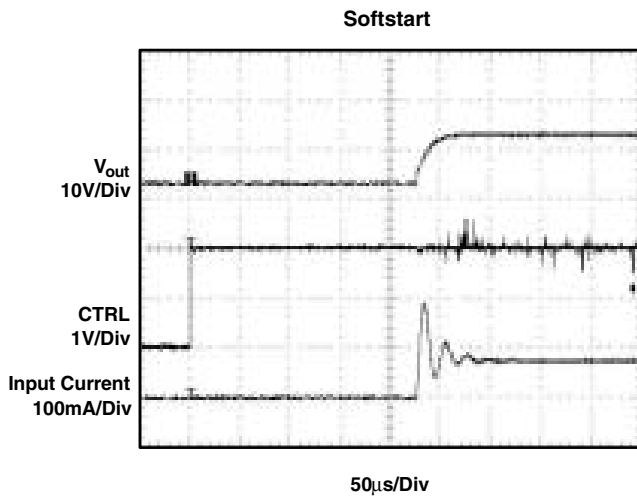


図 12

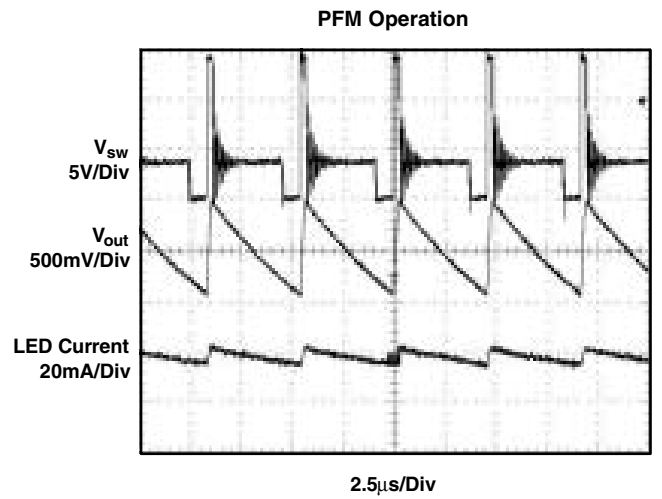


図 13

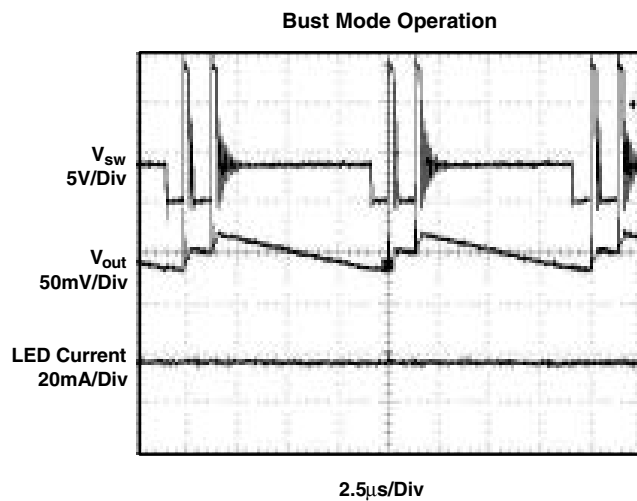


図 14

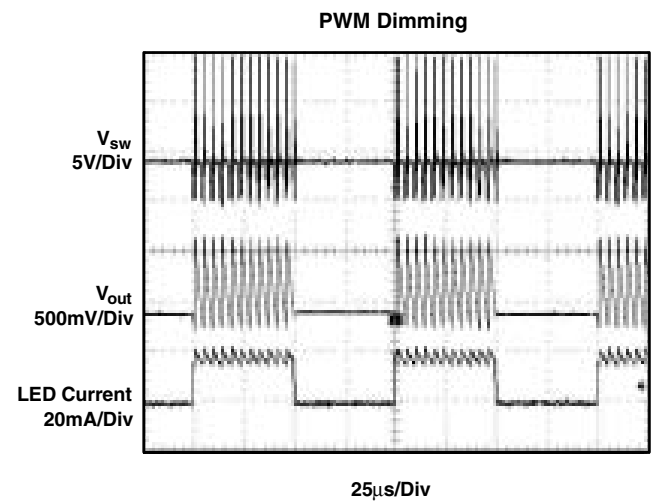


図 15

詳細説明

動作

TPS61043は標準の昇圧コンバータと同じように動作しますが、出力電圧ではなく検出抵抗 (R_S) 端の電圧をレギュレーションします。このことにより、入力電圧や接続されるLEDの数に関係なくLED電流が精密にレギュレーションされます。過電圧保護 (OVP) 機能が備えられているため、TPS61043はLEDを駆動するのに最適な過電圧保護機能をもつ電流源として構成することができます。このデバイスは過電圧保護機能が使用される場合、最大16.9Vの出力電圧を生成することができます。内部MOSFETのスイッチ (Q1) 電流は400mAです。このことにより、出力に直列に最大4個のLEDを接続することができます。LEDに直列接続される内部LED電流スイッチ (Q2) の最大電流定格は60mAで、シャットダウン時LEDはグランドから切り離されます。LEDスイッチは、LEDの輝度を直接コントロールするコントロール・ピン (CTRL) に印加されるPWM信号により駆動されます。このコントロール手法により、LEDの輝度はPWMのデューティ・サイクルのみに依存し、PWMの周波数や振幅には無関係となります。過電圧保護機能を使用しない場合、本製品は最大28Vの出力電圧まで使用することができます。

昇圧コンバータ

昇圧コンバータは定ピーク電流コントロールのパルス周波数変調 (PFM) 方式で動作します。このコントロール方式により、全負荷電流範囲にわたって高効率率が保たれ、またスイッチング周波数は最大1MHzであるため、小型の外付け部品を使用することができます。コンバータは R_S 端の検出電圧をフィードバック・ピン (FB) でモニタしており、フィードバック電圧が基準電圧 (標準252mV) より低下すると、メイン・スイッチがオンになり、電流は増加します。インダクタ電流が内部で設定されている400mA (typ) のピーク電流に達するとスイッチはオフになります。詳細については“ピーク電流コントロール”の項を参照してください。スイッチをオフにする2番目の規準は4.5 μ s (typ) の最大オン時間です。これにより極限状態でのコンバータの最大オン時間が制限されます。スイッチがオフになると、外付けのショットキー・ダイオードが順方向にバイアスされ、蓄積されているインダクタのエネルギーが出力に供給されます。メイン・スイッチは400ns (typ) の最小オフ時間が経過し、フィードバック電圧が再び基準電圧より下に低下するまでオフのままです。このピーク電流コントロール方式を使用して、コンバータはスイッチング周波数がインダクタ、入出力電圧、LED電流により決まる不連続モード (DCM) で動作します。LED電流が低いとスイッチング周波数が低下し、その結果全LED電流範囲にわたり効率が高くなります。このレギュレーション方式は、PWM方式の帰還制御と異なり、本質的に安定しているため、インダクタと出力コンデンサの値は広範囲に選択することができます。

ピーク電流コントロール (昇圧コンバータ)

内部スイッチはインダクタ電流が400mA (Typ) のDC制限電流 (I_{LIM}) に達するまでオンになっています。内部に100ns (Typ) の電流制限の遅延時間があるため、実際の電流はDC制限電流のスレッシュホールドを少し越えてしまいます。標準のピーク制限電流は以下の式で計算することができます。

$$I_{P(typ)} = I_{(LIM)} + \frac{V_I}{L} \times 100ns$$

$$I_P = 400mA + \frac{V_I}{L} \times 100ns$$

入力電圧が高くなるかインダクタ値が小さくなるにつれ、制限電流のオーバーシュートが大きくなります。

ソフトスタート

全てのインダクタ型昇圧コンバータは特別な予防策が取られていなければ起動時に高い突入電流を発生します。このことにより起動時に入力電源 (電池) に電圧降下が生じることがあり、その結果、不慮の、あるいは電池残量に対して早すぎるシステム・シャットダウンが起こってしまう可能性があります。

TPS61043は、最初の256スイッチ・サイクルの間 $I_{LIM}/4$ から始めて、次の256スイッチ・サイクルの間で $I_{LIM}/2$ に制限電流を増加させ、次に I_{LIM} に制限電流を増加させる2段階の電流制限により、起動時の突入電流を制限しています。標準的な起動動作については図12を参照してください。

コントロール (CTRL)

CTRLピンには2つの機能があります。1つは、デバイスのイネーブル/ディスエーブルで、もう1つは、内部LEDスイッチ (Q2) のPWMコントロールです。PWM信号がCTRLピンに加えられていない場合、CTRLピンはデバイスに標準的なイネーブル・ピンとして使用できます。デバイスをイネーブルにするには、CTRLピンを最小500 μ s間“H”レベルにしておく必要があります。このデバイスはソフトスタート・サイクルで始動します。CTRLピンを32ms以上GNDレベルにしておくとデバイスはディスエーブルになり、LEDの漏れ電流が流れないようにLED電流スイッチ (Q2) をオープンにしてGNDからLEDを切り離します。CTRLピンのタイミングについては図16を参照してください。

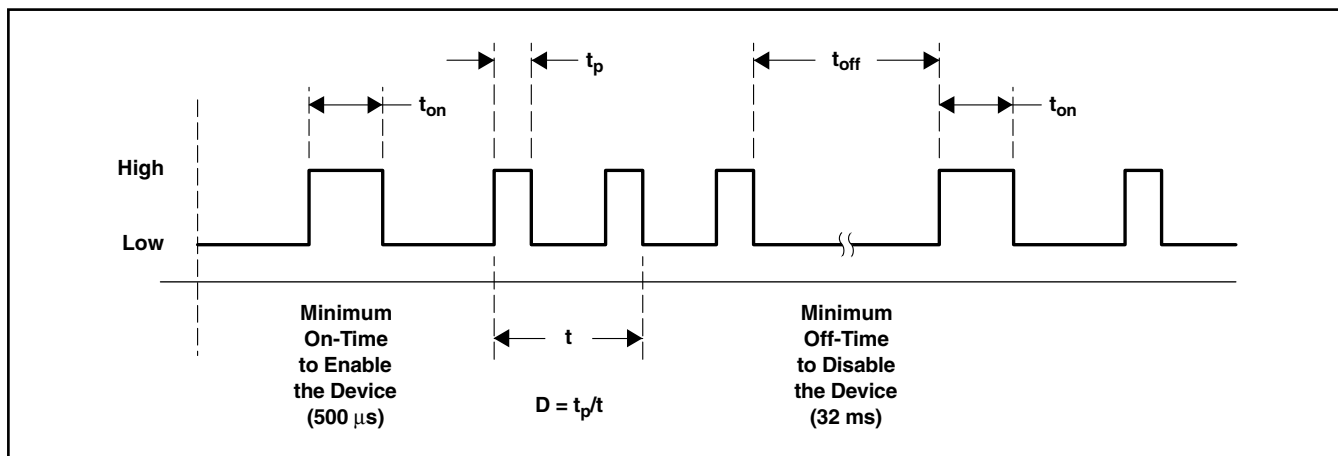


図 16. CTRL タイミング図

デバイスをイネーブルにするには、CTRL信号は500μs以上の間“H”レベルでなければなりません(図16を参照)。次に、PWM信号を加えますがパルス幅(t_p)は t_{on} より大きくても小さくても構いません。デバイスをシャットダウン・モードにするには、CTRL信号は最低32msの間“L”レベルでなければなりません。デバイスがシャットダウン・モードになる前にCTRLピンが32msの間“L”レベルであることが必要ということにより、PWMディミング周波数は100Hzといった低い周波数にできません。CTRL信号が最小500μs間“H”レベルになった時デバイスは再びイネーブルになります。PWMデューティ・サイクル対LED電流特性については図11を参照してください。

PWM信号がCTRLピンに加えられた時、内部LEDスイッチ(Q2)はPWM信号により駆動されます。100Hzから50kHzの範囲のPWM信号を印加すると、LED電流はPWM信号のデューティ・サイクルによりパルス状になります。CTRLピンには $D = 1\% \sim 100\%$ のPWMデューティ・サイクルを入力することができます。1%より低いデューティ・サイクルも可能ですが、印加されたPWM信号のオフ時間が10msを越えるとデバイスがシャットダウンするという制約条件があります。

PWM信号がCTRLピンに加わると、LEDスイッチ(Q2)は即座にオンになります。内部のエラー・コンパレータは400nsの間ディスエーブルです。この400nsのディスエーブル時間による検出遅延は、LEDスイッチ(Q2)が閉じた後検出抵抗RS端に正しい電圧が安定して発生されるために必要です。

LED電流が高い精度と直線性で制御できるよう、コンバータのスイッチング周波数はCTRLピンに印加されるPWM周波数より高くなければなりません。このCTRLピンはターミネーションしておく必要があります(開放禁止)。

過電圧保護 (OVP)

他の定電流源と同様に、出力インピーダンスが増加する、例えば負荷が切断されると出力電圧は上昇します。出力電圧がメイン・スイッチ(Q1)の最大電圧定格30Vを越えないようにするため、過電圧保護回路が内蔵されています。OVPのスレッシュホールド電圧は最大19Vなので最大4個までのLEDを直列接続する事ができます。この電圧により出力コンデンサにより安価な25V耐圧の製品を使用する事ができます。出力電圧がOVPスレッシュホールド電圧を越えると、(Q1)はオフになります。出力電圧がOVPスレッシュホールド電圧より下に低下するまでコンバータのスイッチはオフのままです。出力電圧がOVPスレッシュホールド電圧より下にある限り、出力電圧が再びOVPスレッシュホールド電圧を越えるまでコンバータは正常動作を続けます。過電圧保護が不要な場合、OVPピンはGNDに接続しておきます。この場合、TPS61043は最大28Vの出力電圧を生成することができます。

低電圧ロックアウト (UVLO)

低電圧ロックアウト機能により、入力電圧が1.5V(Typ)より下の場合におけるデバイスの誤動作が防止されます。入力電圧が低電圧スレッシュホールドより低い限り、メインMOSFETスイッチ(Q1)とLEDスイッチ(Q2)がオープンでデバイスはオフのままです。

サーマル・シャットダウン

サーマル・シャットダウン機能がTPS61043に内蔵されており、接合部温度が標準で160°Cを越えるとデバイスはシャットダウンします。デバイスがシャットダウン・モードであると、メインMOSFETスイッチ(Q1)とLEDスイッチ(Q2)はともにオープン状態です。

インダクタの選択、最大負荷電流、スイッチング周波数

TPS61043のPFMピーク電流コントロール方式は本質的に安定しています。インダクタ値はレギュレータの安定性には影響を与えません。インダクタの選択及び標準LED電流、アプリケーションの入出力電圧によりコンバータのスイッチング周波数が決まります。

最初のステップはコンバータが選択されているインダクタを使用して対応可能な最大負荷電流を計算することです。インダクタ値は最大有効負荷電流への影響は少なく、あまり重要ではありません。手始めとしてインダクタ値は4.7μHとします。アプリケーションでの条件にもよりますが、インダクタの値は1.0μHに下げることが可能です。インダクタの最大値はスイッチの最大オン時間の4.5μs (typ)により決まります。正常動作を行なうにはこの4.5μsの期間内に400mA (Typ)のピーク制限電流に達しなければなりません。コンバータの最大負荷電流はコンバータが連続導通モードになり始める動作点になります。コンバータはレギュレーションを維持するため常時不連続導通モードで動作しなければなりません。

インダクタ電流の立ち下がり時間がコンバータの最小オフ時間 (400ns Typ) に比べて大きいのか、または小さいかにより、最大負荷電流は以下のように計算されます。

インダクタの立ち下がり時間：

$$t_f = \frac{I_p \times L}{V_O - V_I}$$

for $t_f \geq 400\text{ns}$

$$I_{\text{LOAD(max)}} = \eta \times \frac{I_p \times V_I}{2 \times V_O}$$

for $t_f \leq 400\text{ns}$

$$I_{\text{LOAD(max)}} = \eta \times \frac{I_p^2 \times L \times V_I}{(V_O - V_I) \times (2 \times I_p \times L \times 2 \times 400\text{ns} \times V_I)}$$

但し、

L = 選択したインダクタ値

η = コンバータの想定効率。標準的には70%~85%

$$I_p = 400\text{mA} + \frac{V_I}{L} \times 100\text{ns}$$

(“ピーク電流コントロール”の項で述べたピーク・インダクタ電流)

上記式にはコンバータが対応可能な予想最大負荷電流を計算することを可能とするコンバータの想定効率が含まれています。この効率は図2と図3に示されている効率グラフから取り出すことができますが、或いは概算として80%を使用することができます。

コンバータが目的とするLED電流に対応できるとすると、次のステップは、動作点でのコンバータのスイッチング周波数 (1MHz以下) を計算することです。また、コンバータのスイッチング周波数は輝度コントロールが非直線性とならないようCTRLピンに印加されるPWM周波数より高くすべきです。コンバータにはスイッチ・ノード (SW) 上にダブル・パルスやバースト・パルスがないとすると (図13、図14)、動作点でのスイッチング周波数は以下の式で計算できます。

$$f_s = \frac{2 \times I_O \times (V_O - V_I + V_F)}{\left(I_{\text{LIM}} + \frac{V_I}{2} \times 100\text{ns}\right)^2 \times L} \leq 1\text{MHz}$$

但し、

I_{LIM} = 最小スイッチ制限電流 (320mA Typ)

L = 選択したインダクタ値

I_{LOAD} = 標準負荷 (LED) 電流

V_F = 整流ダイオードの順方向電圧 (0.3V Typ)

インダクタ値が小さいとコンバータのスイッチング周波数が高くなりますが、効率は下がります。

選択したインダクタには、“ピーク電流コントロール”の項で計算したコンバータの最大ピーク電流を満たす飽和電圧があることが必要です。この計算には I_{LIM} に480mAの最大値を使用してください。

もう1つの重要なインダクタのパラメータとして直流抵抗があります。直流抵抗が低いとコンバータの効率は高くなります。インダクタの選択には表1と図22から図26を参照してください。

INDUCTOR VALUE	COMPONENT SUPPLIER	SIZE
10 μH	muRata LQH43CN100K01	4,5 mm × 3,2mm × 2.6mm
4.7 μH	muRata LQH32CN4R7M11	3,2 mm × 2,5 mm × 2,0mm
10 μH	Coilcraft DO1605T-103MX	5,5 mm × 4,1mm × 1,8mm
4.7 μH	Sumida CDRH3D16-4R7	3,8 mm × 3,8 mm × 1,8 mm
3.3 μH	Sumida CMD4D11-3R3	3,5 mm × 5,3 mm × 1,2 mm
4.7 μH	Sumida CMD4D11-4R7	3,5 mm × 5,3 mm × 1,2 mm
3.3 μH	Sumida CMD4D11-3R3	3,5 mm × 5,3 mm × 1,2 mm
4.7 μH	Coiltronics SD12-4R7	5,2 mm × 5,2 mm × 1,2 mm
3.3 μH	Coilcraft LPO1704-332M	6,6 mm × 5,5 mm × 1,0 mm
4.7 μH	Coilcraft LPO1704-472M	6,6 mm × 5,5 mm × 1,0 mm

表 1. 使用可能なインダクタ製品 (または同等品)

出力コンデンサの選択とライン・レギュレーション

出力電圧により良好なフィルタを施すには、低ESRの出力コンデンサを推奨します。セラミック・コンデンサはESR値が低いのですが、アプリケーションによってはタンタル・コンデンサも使用することができます。

出力コンデンサの選択値はコンバータの出力電圧リップルに直接影響を与え、そのことがライン・レギュレーションに影響します。出力電圧リップルが大きいとライン・レギュレーションが大きくなり、それは入力電圧が変動するとLED電流が変化することを意味します。LED電流の少しの変化でLEDの輝度に大きな変動が生じるかどうかは、LEDのメーカーやアプリケーションによります。1%/V (Typ) 以下の優れたライン・レギュレーションを必要とするアプリケーションでは1μF以上の出力コンデンサを使用しなければなりません。

出力コンデンサの選択には表2と図22から図26を参照してください。

コンバータにはスイッチ・ノード (SW) 上にダブル・パルスやバースト・パルス (図13、図14参照) がないとすると、出力電圧リップルは以下の式で計算できます。

$$\Delta V_O = \frac{I_O}{C_O} \times \left(\frac{1}{f_S} - \frac{\left(I_{LIM(min)} + \frac{V_I}{2} \times 100ns \right) \times L}{V_O + V_F - V_I} \right) + I_P \times ESR$$

但し、

I_{LIM} = 最小スイッチ制限電流 (320mA Typ)

L = 選択したインダクタ値

I_{LOAD} = 標準負荷電流

f_S = 標準負荷電流時のスイッチング周波数 (先に計算した値)

V_F = 整流ダイオードの順方向電圧 (0.3V Typ)

C_O = 選択した出力コンデンサ値

ESR = 出力コンデンサのESR値

入力コンデンサの選択

入力電圧に良好なフィルタを施すには、低ESRのセラミック・コンデンサを推奨します。ほとんどのアプリケーションでは4.7μFのセラミック入力コンデンサで差し支えありません。入力電圧により良好なフィルタを施すため、この値を増やすことができます。入力コンデンサの選択には表2と図22から図26を参照してください。

CAPACITOR	VOLTAGE RATING	COMPONENT SUPPLIER	COMMENTS
4.7 μF/X5R/0805	6.3 V	Tayo Yuden JMK212BY475MG	C_I
10 μF/X5R/0805	6.3 V	Tayo Yuden JMK212BJ106MG	C_I
100 nF		Any	C_O
220 nF		Any	C_O
470 nF		Any	C_O
1.0 μF/X7R/1206	25 V	Tayo Yuden TMK316BJ105KL	C_O
1.0 μF/X7R/1206	35 V	Tayo Yuden GMK316BJ105KL	C_O
4.7 μF/X5R/1210	25 V	Tayo Yuden TMK325BJ475MG	C_O

表 2. 使用可能な入出力コンデンサ製品 (または同等品)

ダイオードの選択

高効率を実現するにはショットキー・ダイオードを使用しなければなりません。ダイオードの電流定格は“ピーク電流コントロール”の項で計算したコンバータのピーク電流定格を満足する必要があります。この計算では I_{LIM} には最大値を使用してください。ショットキー・ダイオードの選択には表3と図22から図26を参照してください。

COMPONENT SUPPLIER	REVERSE VOLTAGE
ON Semiconductor MBR0530	30 V
ON Semiconductor MBR0520	20 V
Toshiba CRS02	30 V
Zetex ZHCS400	40 V

表 3. 使用可能なダイオード製品 (または同等品)

効率

アプリケーションの総効率は個別のアプリケーション条件に依存し、主としてインダクタの選択により決まります。インダクタ値が低いとスイッチング周波数が増加し、スイッチング損失も増え効率が低下します。インダクタの直流抵抗が低いと銅損は小さく、効率は高くなります。従って、効率は選択したインダクタにより一般的に±5%変動します。図2と図3はアプリケーションごとの効率についてのガイドラインとして有用です。この図の曲線は僅か1.2mmの高さの4.7μHのインダクタを使用して4つのLEDに電源供給した場合の標準的な効率を示しています。図2と図3の効率曲線は、コンバータの総効率ではなくLEDへの電力供給の効率を表しており、以下の式で計算されます。

$$\eta = \frac{V_{LED} \times I_{LED}}{V_I \times I_I}$$

LED電流の設定

コンバータは電流検出抵抗 (R_S) 端の電圧を安定化させることによりLED電流をレギュレーションします。検出抵抗端の電圧は内部基準電圧 $V_{(FB)} = 252\text{mV}$ にレギュレーションされます。

LED電流は以下の式で計算することができます。

$$I_{LED} = \frac{V_{FB}}{R_S} = \frac{0.252V}{R_S}$$

電流のプログラミングは、LEDの輝度をCTRLピンに加えられる固定またはPWM信号によりコントロールする場合に使用されます。CTRLピンのPWM信号を使用する場合、LEDの輝度はPWMのデューティ・サイクルのみに依存し、PWMの周波数ないし振幅には無関係であるためシステムが簡素化されます。

アナログ制御信号による輝度制御

その一方、LEDの輝度をコントロールするのにアナログ信号も使用することができます。

図18ではLED電流は R_2 に加わる電圧 ($V_{(ADJ)}$)、 R_1 、 R_2 、検出抵抗 (R_S) で決まります。この構成では、LED電流は先の構成でのパルスではなく線形にコントロールされます。抵抗値を

選択するには以下のステップが必要です。

1. LEDをオフにする電圧 $V_{ADJ(max)}$ を選択 → $V_{ADJ(max)}$
(例: 3.3V)
2. LEDを完全にオンにする電圧 $V_{ADJ(min)}$ を選択 → $V_{ADJ(min)}$
(例: 0.0V)
3. 最大LED電流 $I_{O(max)}$ および最小LED電流 $I_{O(min)}$ を選択 →
(例: $I_{O(max)} = 20\text{mA}$, $I_{O(min)} = 0\text{mA}$)
4. LEDが完全にオンになっている時フィードバック電流 I_1 を $3\mu\text{A} \sim 10\mu\text{A}$ にするよう R_2 を計算

$$R_2 = \frac{V_{ref} - V_{ADJ(min)}}{I_1}$$

5. R_1 を計算

$$R_1 = V_{ref} \times \frac{I_{O(max)} \times R_2 + V_{ADJ(min)} - I_{O(min)} \times R_2 - V_{ADJ(max)}}{V_{ADJ(max)} \times I_{O(max)} + V_{ref} \times I_{O(min)} - V_{ADJ(min)} \times I_{O(min)} - V_{ref} \times I_{O(max)}}$$

$$V_S = V_{ref} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) - \frac{R_1}{R_2} \times V_{ADJ(min)}$$

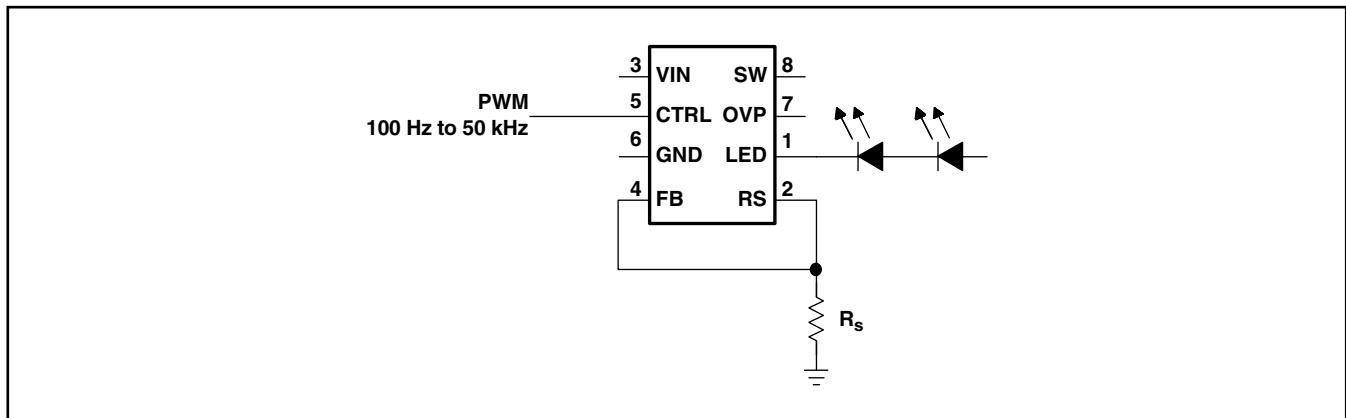


図 17. LED電流の設定

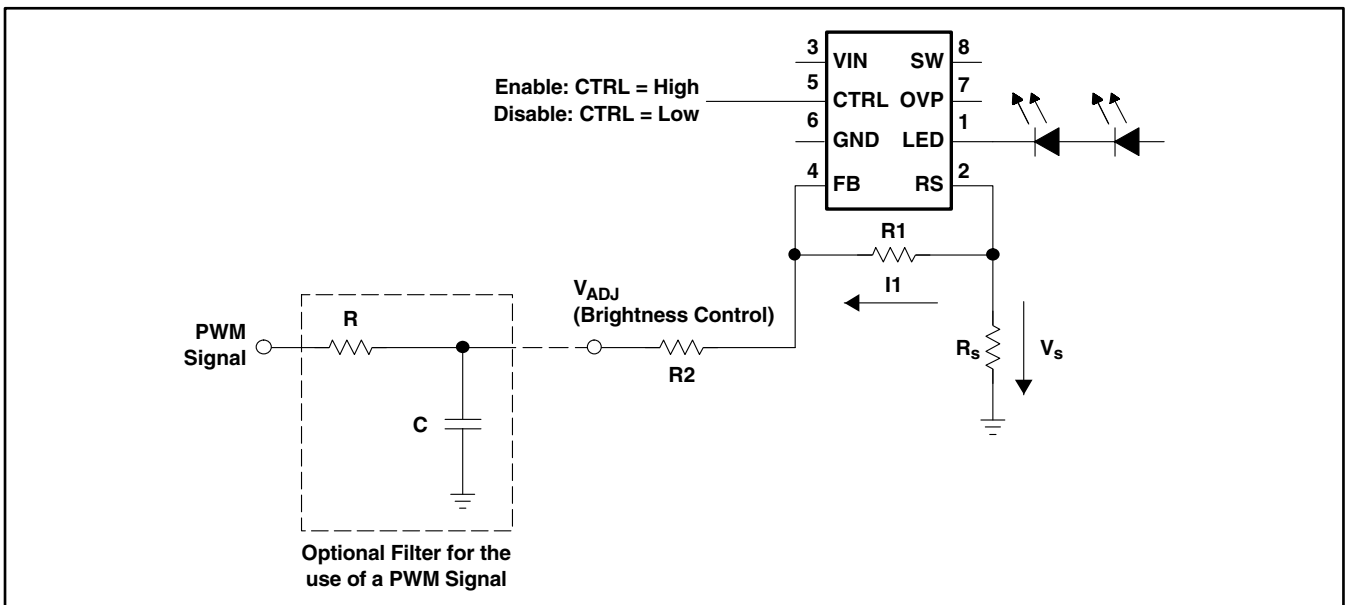


図 18. アナログ制御信号によるLED電流の設定

6. 最大LED電流時の検出電圧 (V_S) を計算

7. 必要とされる検出抵抗 (R_S) を計算

$$R_S = \frac{V_S}{I_{O(max)}}$$

セパレート・イネーブルを用いたPWMコントロール

コントロール・ピン (CTRL) は1つのピンでPWM輝度コントロール機能だけでなくイネーブル機能も兼備しています。一部のシステムでは独立したイネーブル機能が必要です。このことを実現する1つの方法が前の項の図18に示されている輝度コントロール構成を使用することです。

別の手法を図19、図20、図21にも示します

レイアウトについての考察

すべてのスイッチング電源、特に高いピーク電流及び高いスイッチング周波数の時のレイアウトは設計での重要なステップとなります。レイアウトが注意深く行われていないと、レギュレータにノイズの問題やデューティ・サイクルのジッタが生じる恐れがあります。

入力コンデンサは入力電圧に良好なフィルタを施すよう入力ピンにできるだけ近づけて配置しなければなりません。インダクタやダイオードは他の回路へのノイズ結合を最小限に抑えるためできるだけスイッチ・ピンの近くに配置することが必要です。出力コンデンサをLED列の両端に接続するのではなく、出力コンデンサをダイオードのカソードピンとグラウンドの間に直接接続する事が重要です。これがEMIを最小にします。フィードバック・ピンやフィードバック回路はハイ・インピーダンスの回路であるため、フィードバック回路はインダクタから離して配線しなければなりません。

熱についての考察

TPS61043は放熱特性に優れたQFNパッケージで供給されています。このパッケージにはパッケージの放熱能力を改善するサーマル・パッドが使用されています。QFN/SON PCB Attachmentアプリケーション・ノート (SLUA271) を参照してください。

QFNパッケージの接合部/周囲間熱抵抗 $R_{\theta JA}$ はPCBのレイアウトに大きく依存します。サーマル・ビアと幅広いPCB配線を使用することにより熱抵抗 $R_{\theta JA}$ は改善します。通常の動作条件ではサーマル・パッドにはPCBのビアは不要ですが、サーマル・パッドはPCBに半田付けしなければなりません。

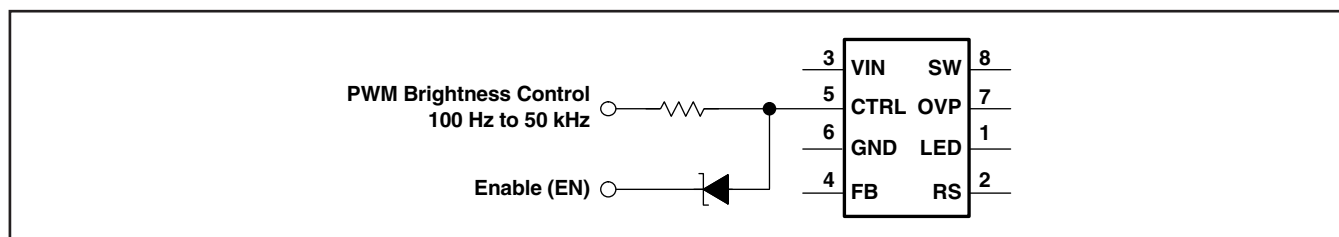


図 19. ショットキ・ダイオードを使用したイネーブルとPWMの分離

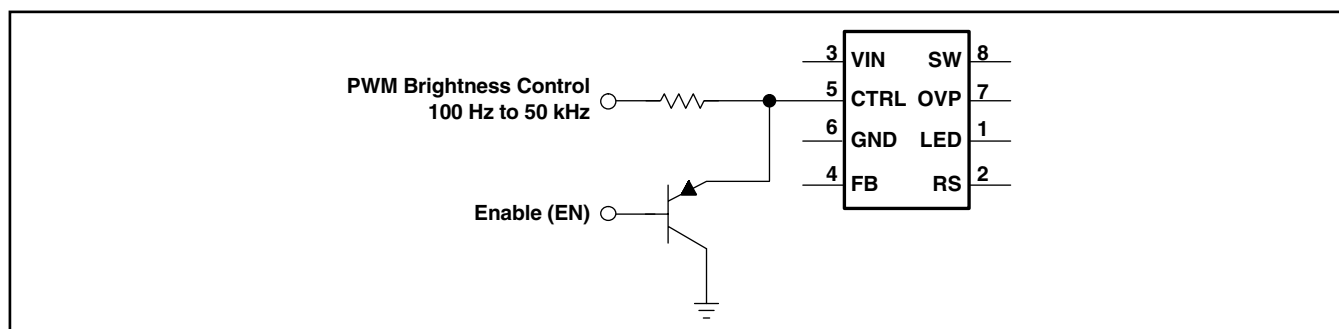


図 20. トランジスタを使用したイネーブルとPWMの分離

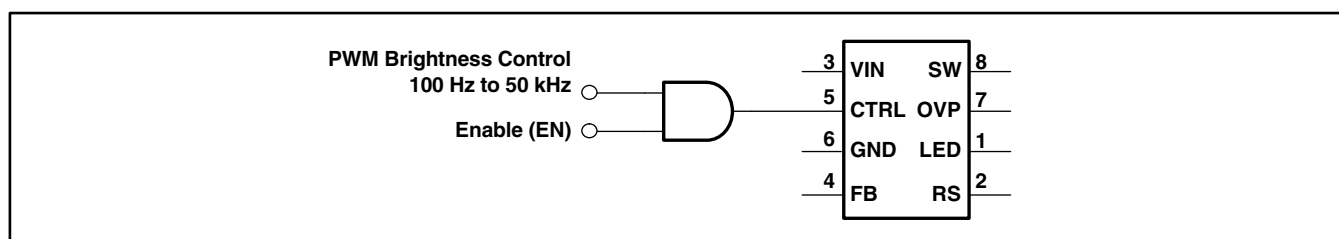


図 21. ANDゲートを使用したイネーブルとPWMの分離

アプリケーション情報

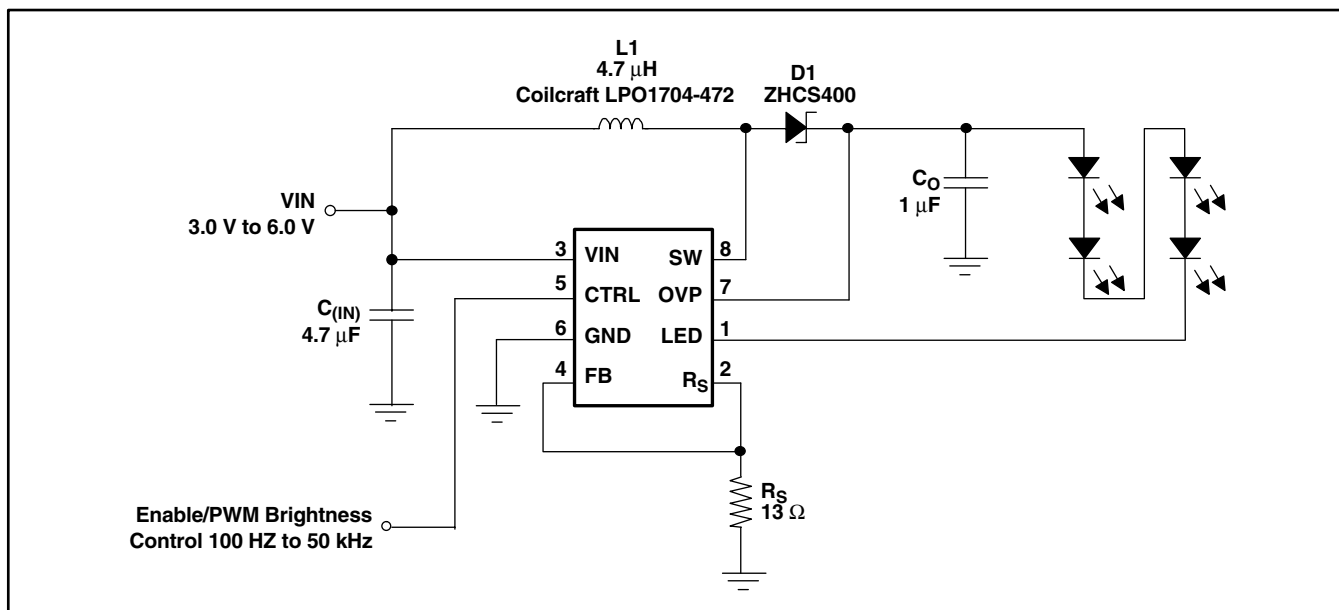


図 22. 高さ1mmで設計されたTPS61043

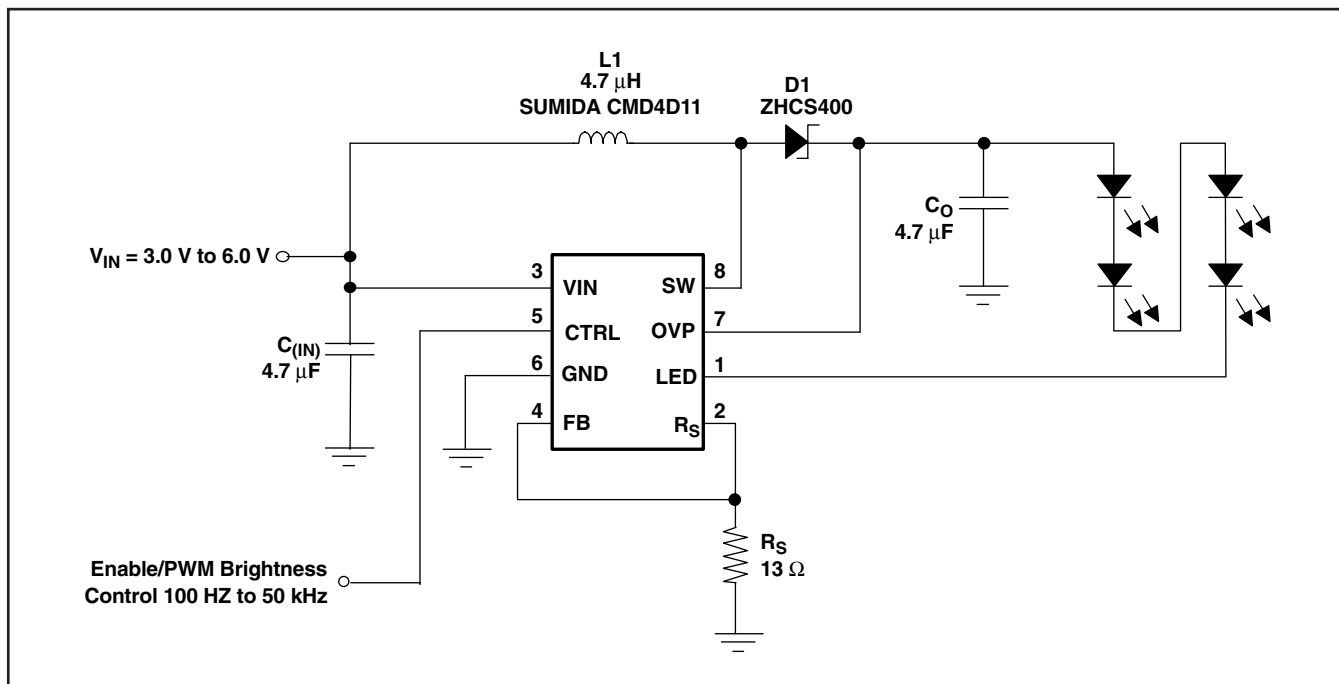


図 23. 4.7 μF の出力コンデンサを使用して低LEDリップル電流と高精度にしたTPS61043

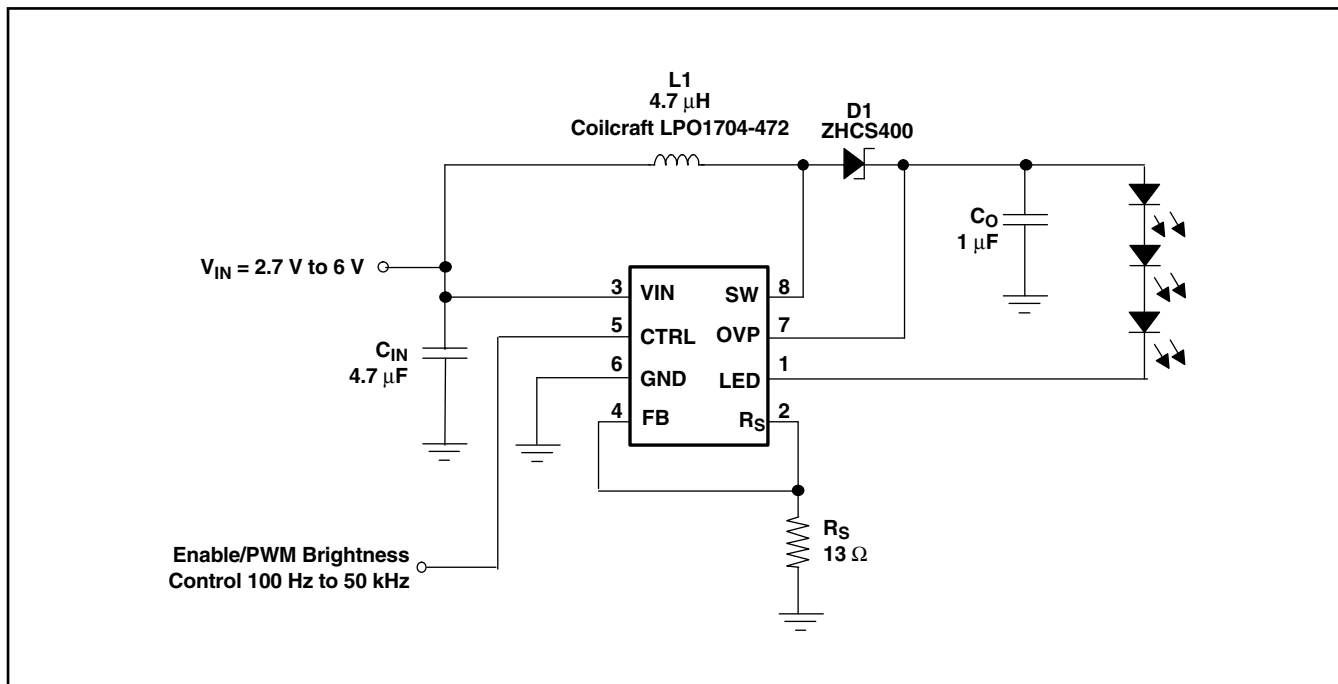


図 24. 3個のLEDを駆動するTPS61043

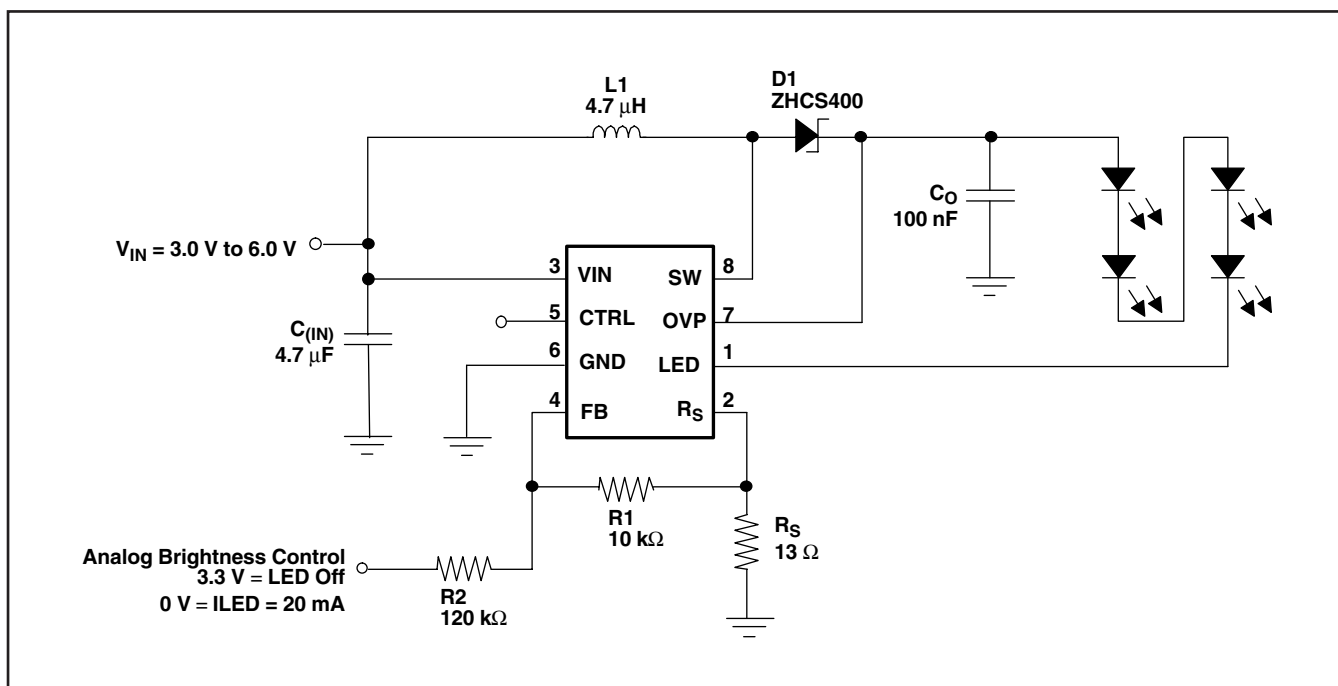


図 25. アナログ電圧によるアナログ調光制御回路

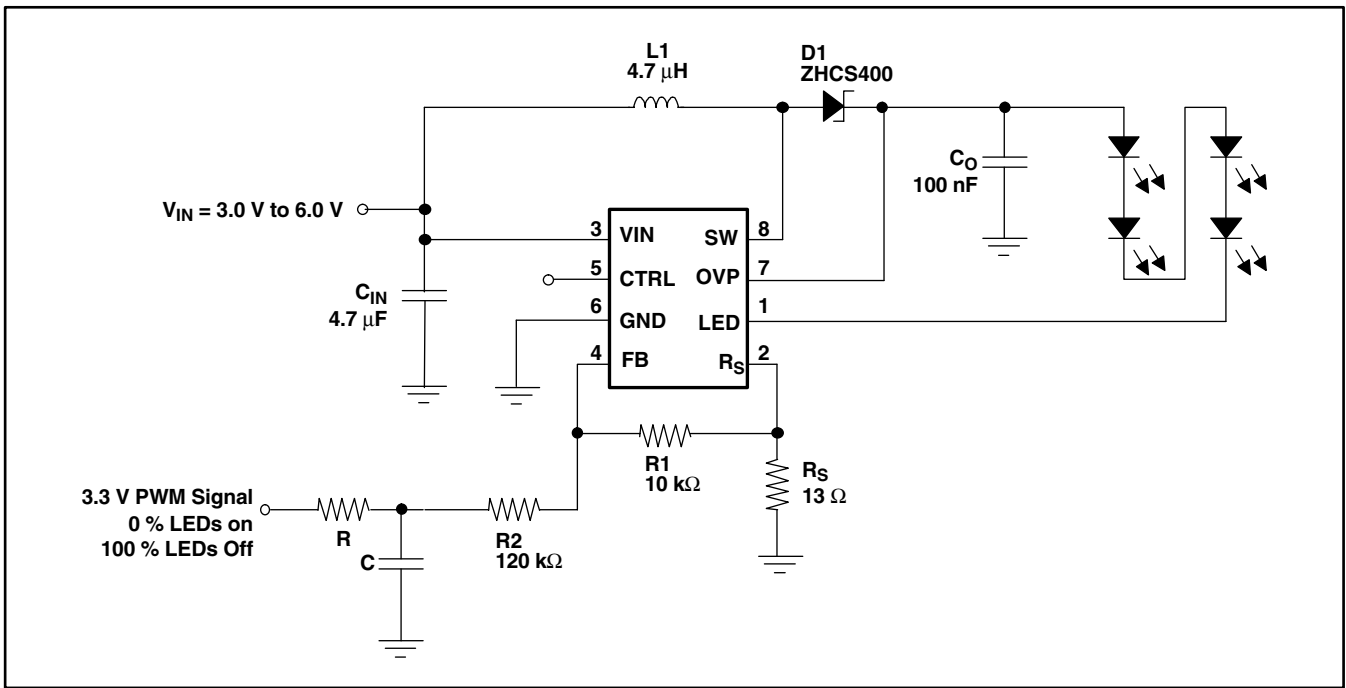


図 26. PWM信号による調光制御のもう一つの例

サーマルパッド・メカニカル・データ

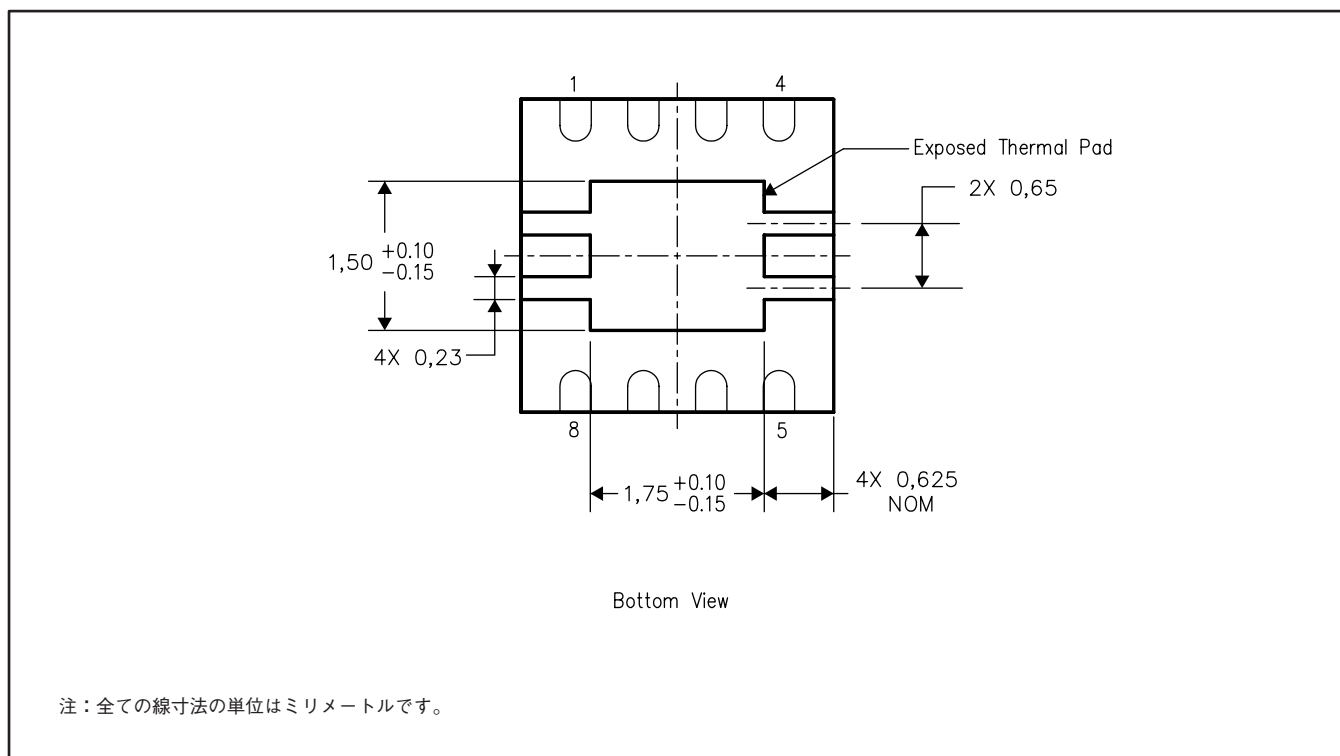
DRB (S-PDSO-N8)

熱的特性に関する資料

このパッケージは外部のヒートシンクに直接接続できるように設計された露出したサーマルパッドをもっています。サーマルパッドはプリント回路基板 (PCB) に直接はんだ付けされなければなりません。はんだ付けされることにより、PCBはヒートシンクとして使用できます。さらに、サーマルビアを使用することにより、サーマルパッドはグランドまたは電源プレーン (どちらか当てはまる方)、またはもう1つの方法としてPCBに設計された特別なヒートシンク構造に直接接続することができます。この設計により、集積回路 (IC) からの熱の移動が最適化されます。

クワッド・フラットパック・ノーリード (QFN) パッケージとその利点についての情報はアプリケーション・レポート “Quad Flatpack No-Lead Logic Packages” TI文献番号SCBA017を参照してください。この文献はホームページ www.ti.com で入手できます。

このパッケージのサーマルパッドの寸法は以下の図に示されています。



サーマルパッド寸法図

パッケージ情報

製品情報

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp ⁽³⁾
TPS61043DRBR	ACTIVE	SON	DRB	8	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TPS61043DRBRG4	ACTIVE	SON	DRB	8	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TPS61043DRBT	ACTIVE	SON	DRB	8	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
TPS61043DRBTG4	ACTIVE	SON	DRB	8	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR

(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。

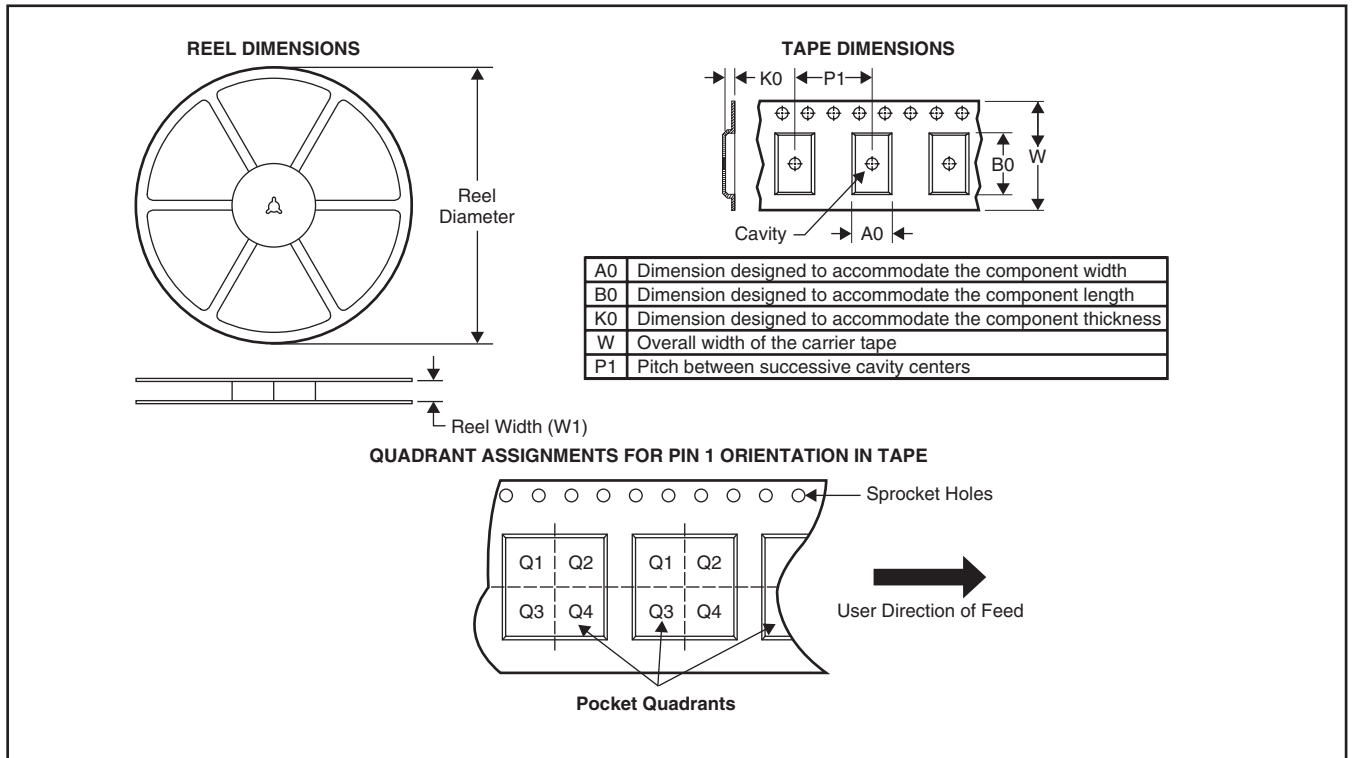
(3) MSL、ピーク温度 -- JEDEC業界標準分類に従った耐湿性レベル、およびピーク半田温度です。

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いません。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。

TIは、いかなる場合においても、かかる情報により発生した損害について、TIがお客様に1年間に販売した本書記載の問題となった TIパーツの購入価格の合計金額を超える責任を負いかねます。

パッケージ・マテリアル情報

テープおよびリール・ボックス情報

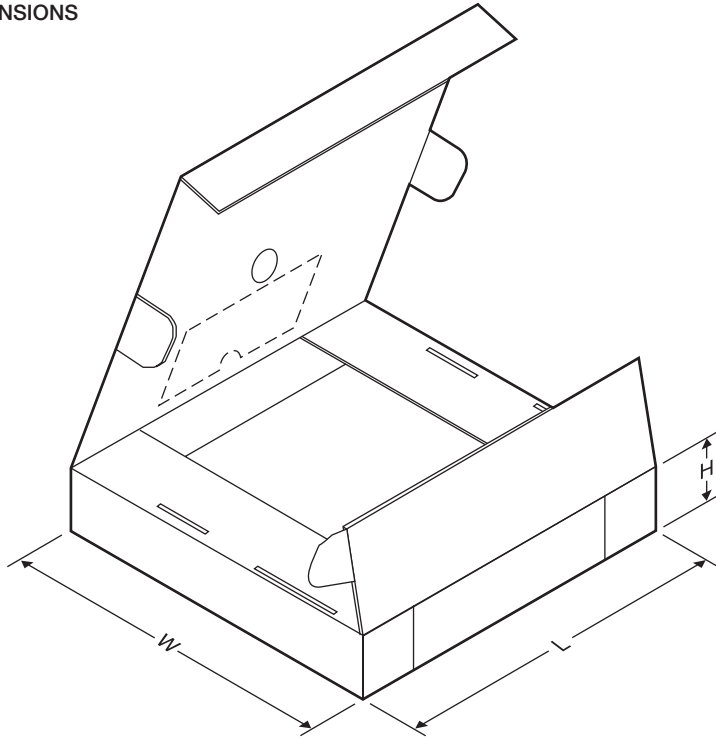


*All dimensions are nominal

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
TPS61043DRBR	SON	DRB	8	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61043DRBT	SON	DRB	8	250	180.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2

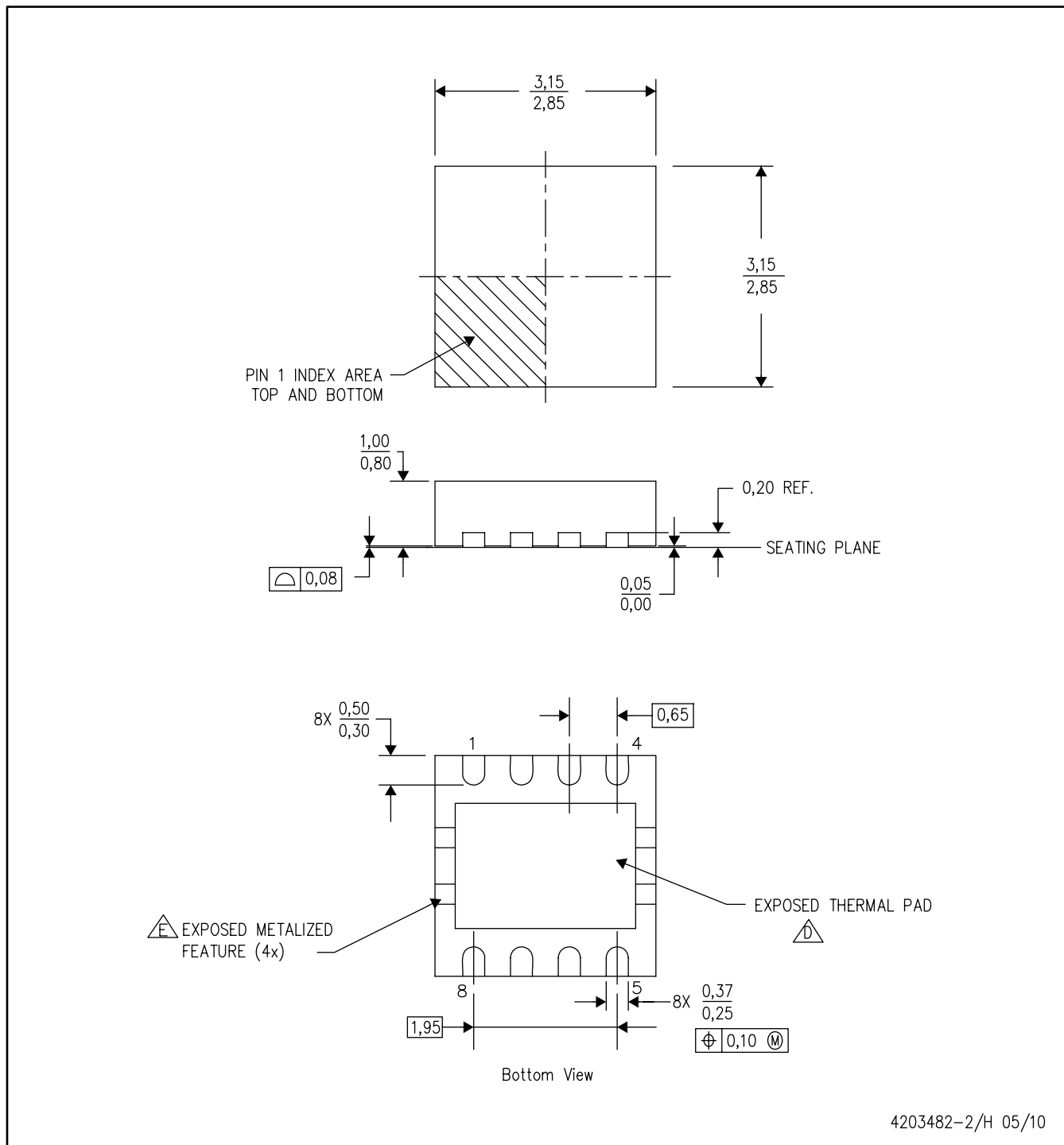
パッケージ・マテリアル情報

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS61043DRBR	SON	DRB	8	3000	346.0	346.0	29.0
TPS61043DRBT	SON	DRB	8	250	190.5	212.7	31.8



注： A. 全ての線寸法の単位はミリメートルです。寸法と許容差はASME Y14.5M- 1994に従っています。

B. 図は予告なく変更することがあります。

C. SON (Small Outline No-Lead) パッケージ構成

△ 最良の熱特性および機械的特性を得るには、パッケージのサーマル・パッドを基板に半田付けする必要があります。

露出したサーマル・パッドの寸法に関する詳細は、製品データシートを参照してください。

△ 金属化はベンダのオプションで、パッケージには含まれていない場合があります。

サーマルパッド・メカニカル・データ

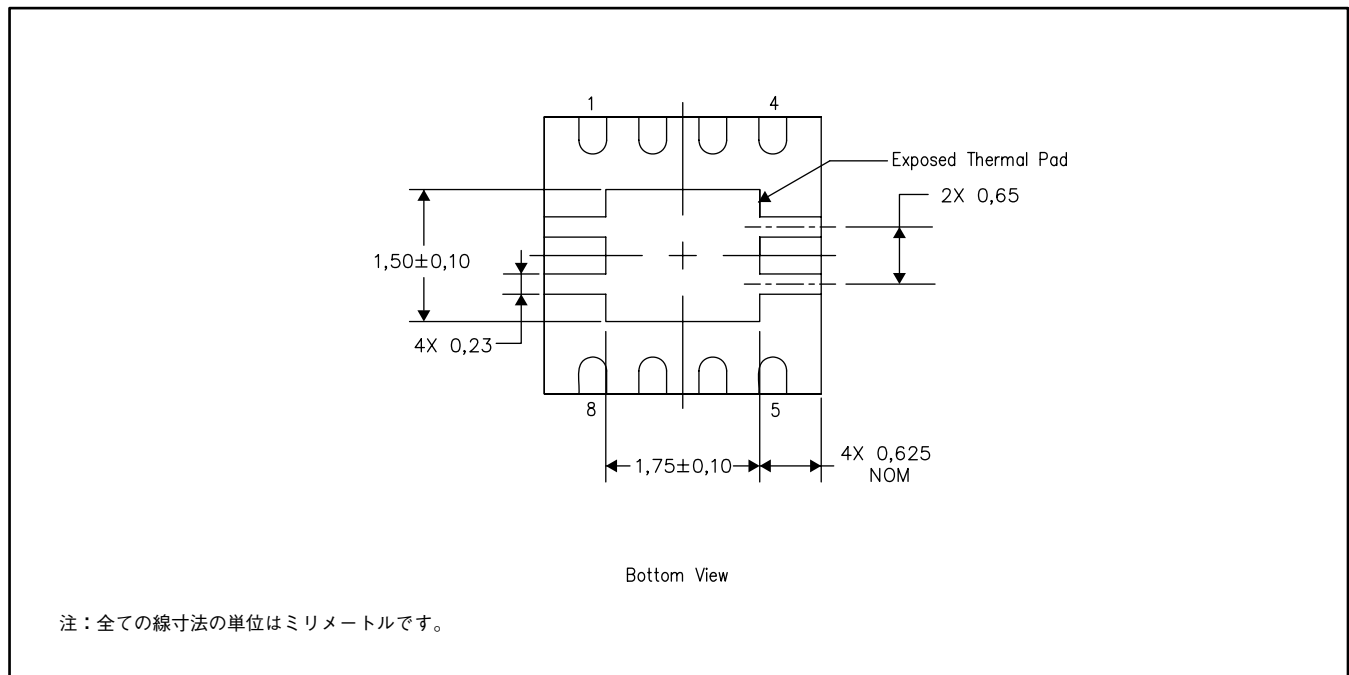
DRB (S-PVSON-N8)

熱的特性に関する資料

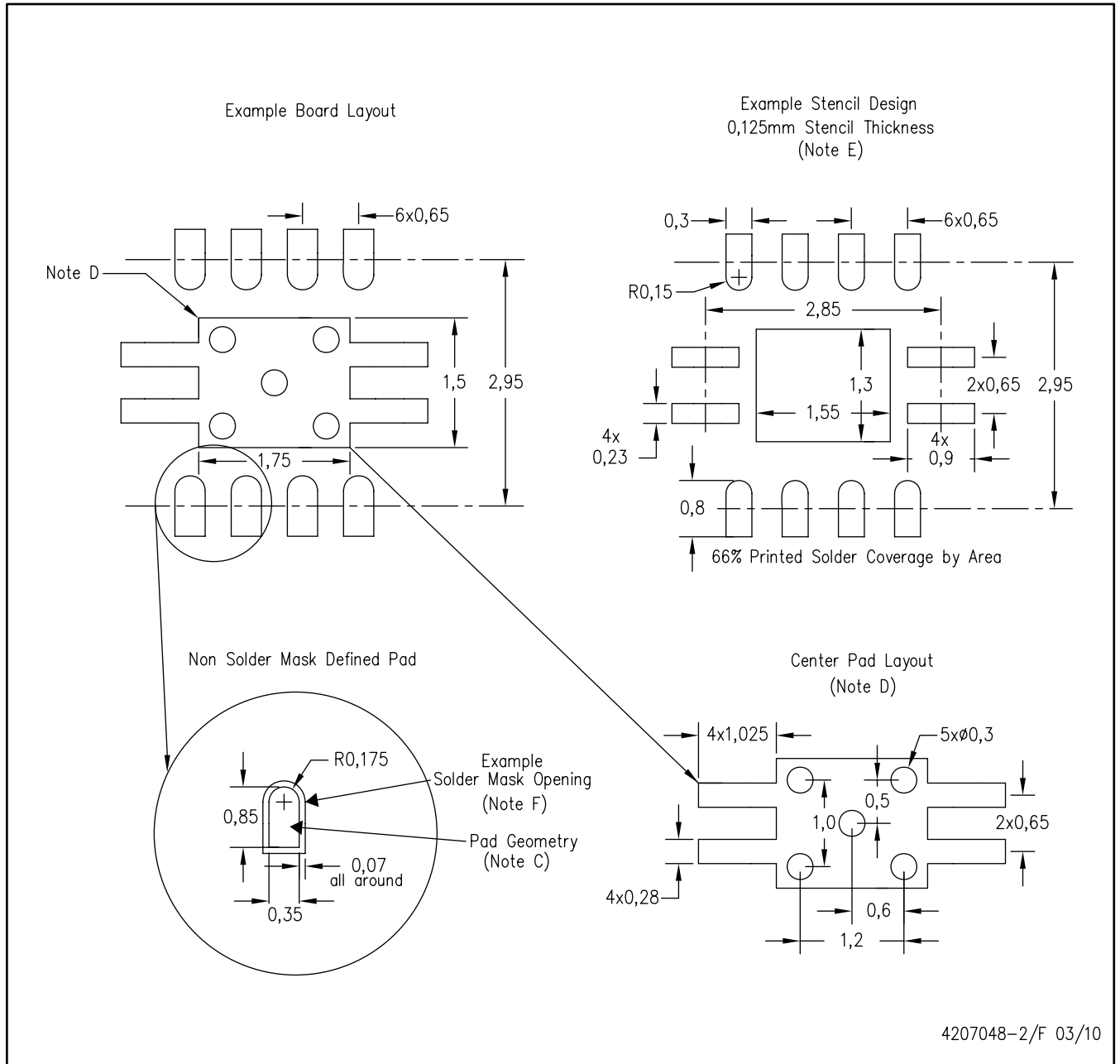
このパッケージは外部のヒートシンクに直接接続できるように設計された露出したサーマルパッドをもっています。サーマルパッドはプリント回路基板 (PCB) に直接はんだ付けされなければなりません。はんだ付けされることにより、PCBはヒートシンクとして使用できます。さらに、サーマルビアを使用することにより、サーマルパッドはグランドまたは電源プレーン (どちらか当てはまる方)、またはもう1つの方法としてPCBに設計された特別なヒートシンク構造に直接接続することができます。この設計により、集積回路 (IC) からの熱の移動が最適化されます。

クワッド・フラットパック・ノーリード (QFN) パッケージとその利点についての情報はアプリケーション・レポート “Quad Flatpack No-Lead Logic Packages” TI文献番号SLUA271を参照してください。この文献はホームページwww.ti.comで入手できます。

このパッケージのサーマルパッドの寸法は以下の図に示されています。



サーマルパッド寸法図



- 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. 代替設計については、資料IPC-7351を推奨します。
 D. このパッケージは、基板上的のサーマル・パッドに半田付けされるように設計されています。熱に関する具体的な情報、ビア要件、および推奨基板レイアウトについては、アプリケーション・ノート『Quad Flat-Pack Packages』(TI文献番号SLUA271)および製品データシートを参照してください。これらのドキュメントは、ホームページwww.ti.comで入手できます。
 E. レーザ切断開口部の壁面を台形にし、角に丸みを付けることで、ペーストの離れがよくなります。ステンシル設計要件については、基板組み立て拠点にお問い合わせください。ステンシル設計上の考慮事項については、IPC 7525を参照してください。
 F. 半田マスクの許容差については、基板組み立て拠点にお問い合わせください。

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといひます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従ひまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従ひ販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従ひ合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしておりません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負ひません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されておられません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されておられません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。

弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。

マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

温度: 0~40、相対湿度: 40~85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

3. 防湿梱包

防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従ひ基板実装すること。

4. 機械的衝撃

梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

5. 熱衝撃

はんだ付け時は、最低限260以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

6. 汚染

はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上