

ピーク入力電流がプログラマブルな 15V/250mA ナノパワー降圧 DC/DC

特長

- 入力電圧範囲: 2.5V~15V
- 出力電流: 最大 250mA
- $I_{VIN} = 65nA$ (レギュレーション状態、無負荷時)
- 出力電圧範囲: 1.2V~5V
- 4ピンストラップ入力を介して16の固定出力電圧を設定可能
- 2ピンストラップ入力を介して4つのピーク V_{IN} 電流 (10mA/30mA/100mA/300mA) を設定可能
- 低 I_Q のドロップアウト・モード
- パワーグッド (PGOOD) 出力
- 12ピン、2mm × 2mm LQFN パッケージ

アプリケーション

- 低消費電力の1次バッテリー駆動のシステム (例えば、1~3個のリチウムイオン1次電池、3~8個の単4形電池など)
- 工業用リモート・センサー (例えば、メータ、アラームなど)
- アセット・トラッカ
- 電子ドア・ロック
- キープアライブ電源/バッテリー・バックアップ
- SmartMesh® アプリケーション

概要

LTC®3336は、小型の高効率ナノパワー・ヒステリシス降圧 DC/DC で、2.5V~15V の入力から最大 250mA の出力電流を供給できます。入力静止電流は、無負荷で 2.4V 未満の出力電圧にレギュレーションしているとき、80nA (代表値) です。この値は、出力から内部回路をブートストラップできるレベルに出力電圧を増加した場合、更に低減します。

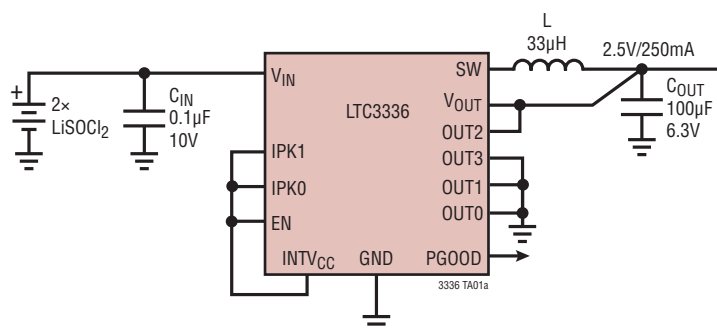
性能仕様は、1次(すなわち充電式でない)バッテリーで駆動するアプリケーションに最適です。低 I_Q であることに加え、ピーク電流をバッテリーの最大容量に合わせて設定できます。

ピーク入力電流 (10mA、30mA、100mA、300mA) と出力電圧 (1.2V、1.5V、1.6V、1.8V、2.0V、2.4V、2.5V、2.8V、3.0V、3.2V、3.3V、3.6V、3.7V、4.1V、4.2V、5.0V) をピンによって選択可能です。

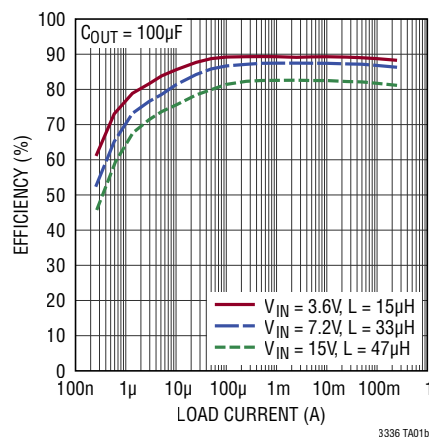
LTC3336は小型の12ピン、2mm × 2mm LQFNパッケージで提供されます。

全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例



効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{OUT} = 2.5V$ 、 $I_{PEAK} = 300mA$

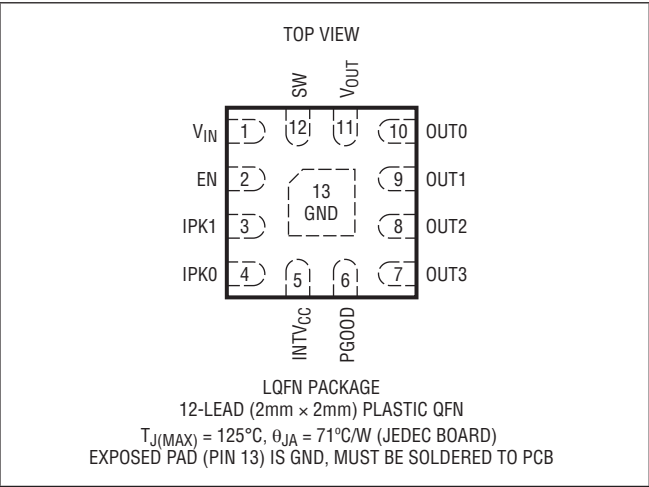


LTC3336

絶対最大定格 (Note 1)

V_{IN} 電圧	−0.3V~16.5V
EN、IPK[1:0]、OUT[3:0] 電圧	−0.3V~6V
PGOOD 電圧	−0.3V~($V_{OUT} + 0.3V$)
PGOOD 電流	±1mA
SW 電流	400mA
動作ジャンクション温度 (Note 2, 3)	−40°C~125°C
保存温度範囲	−65°C~150°C
リフロー時の最大ボディ温度 (最大 30 秒間)	260°C

ピン配置



発注情報

テープ&リール	テープ&リール(ミニ)	部品マーキング*		パッケージ タイプ	MSL レーティング	温度範囲 (Note 2)
		デバイス	仕上げコード			
LTC3336EV#TRPBF	LTC3336EV#TRMPBF	LHMJ	e4	LQFN (QFN フットプリント の積層パッケージ)	3	−40°C~125°C

拡張動作温度範囲仕様の部品については工場までお問い合わせください。

*温度グレードは出荷時のコンテナのラベルに示されています。

テープ&リール仕様。

一部のパッケージは、指定販売チャンネルを通じ 500 個入りのリールで購入できます。末尾に #TRMPBF という記号が付きます。

電気的特性

●は、仕様規定されている動作ジャンクション温度範囲にわたり適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = 7.2V$ です。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IN} Input Voltage Range	●	2.5		15	V
V_{IN} Quiescent Current	Sleeping (in Regulation), V_{OUT} Settings < 2.4V		65	150	nA
	Sleeping (in Regulation), V_{OUT} Settings $\geq 2.4V$		10	25	nA
	Dropout (No Load), V_{OUT} Setting = 3.3V		130	220	nA
	Shutdown (EN = 0)		45	70	nA
	Active, Not Sleeping ($I_{SW} = 0$) (Note 4)		220	320	μA
V_{IN} Peak Current	Active Switching		I_{PEAK}		
V_{OUT} Quiescent Current	Sleeping (in Regulation), V_{OUT} Settings < 2.4V		25	45	nA
	Sleeping (in Regulation), V_{OUT} Settings $\geq 2.4V$		90	150	nA

電気的特性

●は、仕様規定されている動作ジャンクション温度範囲にわたり適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = 7.2\text{V}$ です。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Regulated Output Voltage (V_{OUT})	1.2V Output Setting: Sleep Threshold	●	1.164	1.204	1.236	V
	Wake-Up Threshold	●		1.196		V
	1.5V Output Setting: Sleep Threshold	●	1.455	1.505	1.545	V
	Wake-Up Threshold	●		1.495		V
	1.6V Output Setting: Sleep Threshold	●	1.552	1.605	1.648	V
	Wake-Up Threshold	●		1.595		V
	1.8V Output Setting: Sleep Threshold	●	1.746	1.806	1.854	V
	Wake-Up Threshold	●		1.794		V
	2.0V Output Setting: Sleep Threshold	●	1.940	2.007	2.060	V
	Wake-Up Threshold	●		1.993		V
	2.4V Output Setting: Sleep Threshold	●	2.328	2.408	2.472	V
	Wake-Up Threshold	●		2.392		V
	2.5V Output Setting: Sleep Threshold	●	2.425	2.508	2.575	V
	Wake-Up Threshold	●		2.492		V
	2.8V Output Setting: Sleep Threshold	●	2.716	2.809	2.884	V
	Wake-Up Threshold	●		2.791		V
Power Good Threshold as Percentage of Output Setting	3.0V Output Setting: Sleep Threshold	●	2.910	3.010	3.090	V
	Wake-Up Threshold	●		2.990		V
	3.2V Output Setting: Sleep Threshold	●	3.104	3.211	3.296	V
	Wake-Up Threshold	●		3.189		V
	3.3V Output Setting: Sleep Threshold	●	3.201	3.311	3.399	V
	Wake-Up Threshold	●		3.289		V
	3.6V Output Setting: Sleep Threshold	●	3.492	3.612	3.708	V
	Wake-Up Threshold	●		3.588		V
	3.7V Output Setting: Sleep Threshold	●	3.589	3.712	3.811	V
	Wake-Up Threshold	●		3.688		V
V _{OUT} Pull-Down Resistor in Shutdown	4.1V Output Setting: Sleep Threshold	●	3.977	4.114	4.223	V
	Wake-Up Threshold	●		4.086		V
	4.2V Output Setting: Sleep Threshold	●	4.074	4.214	4.326	V
V _{OUT} Pull-Down Resistor in V _{OUT} Overvoltage Condition	Wake-Up Threshold	●		4.186		V
	5.0V Output Setting: Sleep Threshold	●	4.850	5.017	5.150	V
	Wake-Up Threshold	●		4.983		V
Power Good Threshold as Percentage of Output Setting	V _{OUT} Falling (Note 5)	●	90	92.5	95	%
PGOOD Output Low Voltage	10 μA Into Pin	●			0.2	V
PGOOD Output High Voltage	10 μA Out of Pin	●	$V_{OUT} - 0.2$			V
V _{OUT} Pull-Down Resistor in Shutdown	EN = 0V			10		k Ω
V _{OUT} Pull-Down Resistor in V _{OUT} Overvoltage Condition				1		M Ω
V _{OUT} Overvoltage Detection Threshold as Percentage of Output Setting				5		%

電氣的特性

●は、仕様規定されている動作ジャンクション温度範囲にわたり適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = 7.2\text{V}$ です。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
I_{PEAK} (Inductor Peak Current)	10mA I_{PEAK} Setting, I_{SW} Rising		8.7	10	13	mA
	30mA I_{PEAK} Setting, I_{SW} Rising		26	30	39	mA
	100mA I_{PEAK} Setting, I_{SW} Rising		87	100	130	mA
	300mA I_{PEAK} Setting, I_{SW} Rising		260	300	390	mA
I_{VALLEY} (Inductor Valley Current)	10mA I_{PEAK} Setting, I_{SW} Falling			9		mA
	30mA I_{PEAK} Setting, I_{SW} Falling			27		mA
	100mA I_{PEAK} Setting, I_{SW} Falling			90		mA
	300mA I_{PEAK} Setting, I_{SW} Falling			270		mA
Deliverable Output Current	10mA I_{PEAK} Setting	●	8.3			mA
	30mA I_{PEAK} Setting	●	25			mA
	100mA I_{PEAK} Setting	●	83			mA
	300mA I_{PEAK} Setting	●	250			mA
I_{ZERO}	Inductor Current Going into Sleep, as a Percentage of I_{PEAK}			17		%
P-Channel MOSFET Switch On-Resistance	10mA I_{PEAK} Setting			16		Ω
	30mA I_{PEAK} Setting			5.3		Ω
	100mA I_{PEAK} Setting			1.6		Ω
	300mA I_{PEAK} Setting			0.53		Ω
N-Channel MOSFET Switch On-Resistance	10mA I_{PEAK} Setting, 5V V_{OUT} Setting			9.6		Ω
	30mA I_{PEAK} Setting, 5V V_{OUT} Setting			3.2		Ω
	100mA I_{PEAK} Setting, 5V V_{OUT} Setting			0.96		Ω
	300mA I_{PEAK} Setting, 5V V_{OUT} Setting			0.32		Ω
P-Channel MOSFET Switch Leakage				0	15	nA
N-Channel MOSFET Switch Leakage				0	15	nA
INTV _{CC} Voltage	V_{OUT} Settings < 2.4V, $0 \leq I_{(INTVCC)} \leq 10\mu\text{A}$		1.9	2	2.2	V
	V_{OUT} Settings $\geq 2.4\text{V}$, $0 \leq I_{(INTVCC)} \leq 10\mu\text{A}$			V_{OUT}		V
V_{UVLO} Undervoltage Lockout	V_{IN} Rising			1.95	2.2	V
	V_{IN} Falling		1.5	1.75		V
V_{IH} Digital Input High Voltage	Pins IPK[1:0], OUT[3:0]		INTV _{CC} – 0.15V			V
V_{IL} Digital Input Low Voltage	Pins IPK[1:0], OUT[3:0]				0.15	V

Note 1: 上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。

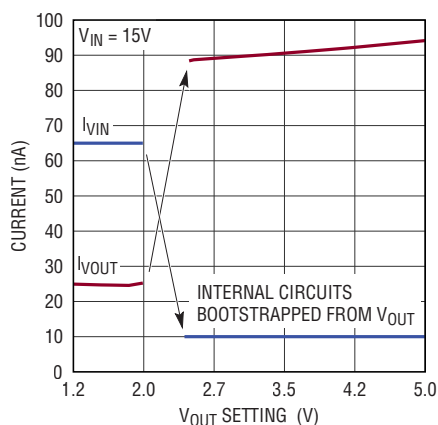
Note 2: LTC3336は $T_J \approx T_A$ となるようなパルス負荷条件下でテストされています。-40°C ~ 125°Cの動作ジャンクション温度範囲における仕様は、設計、特性評価、および統計のプロセス制御との相関付けによって確認されています。ここに示す仕様に見合った最大周囲温度は、具体的な動作条件と、ボード・レイアウト、パッケージの熱抵抗定格値、およびその他の環境条件との組み合わせによって決まります。

Note 3: T_J は、次式を使って周囲温度 T_A と消費電力 P_D から計算されます。 $T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$ 。

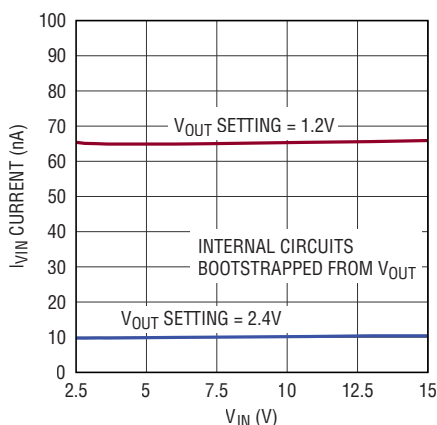
Note 4: 動的な電源電流は、スイッチング周波数に応じて供給されるゲート電荷によってもっと高くなります。

Note 5: 立下がり閾値は、選択した出力電圧でのスリープ閾値とウェイクアップ閾値の測定値を平均した値のパーセントで仕様規定されます。立上がり閾値はスリープ閾値と等しい値です。

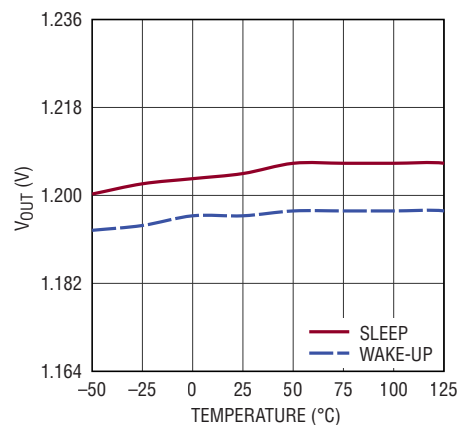
代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 I_{VIN} および I_{VOUT} と V_{OUT} 設定の関係
(スリープ時、レギュレーション状態、
無負荷)

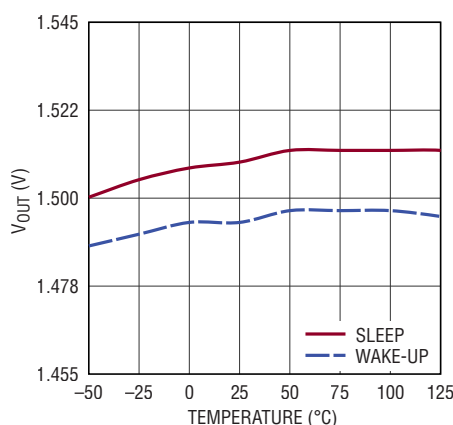
3336 G01

 I_{VIN} と V_{IN} の関係(スリープ時、
レギュレーション状態、無負荷)

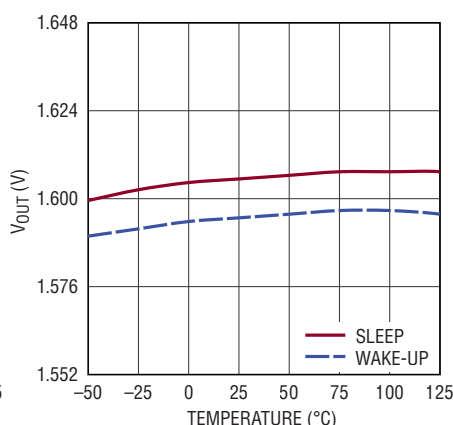
3336 G02

スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、1.2V 設定

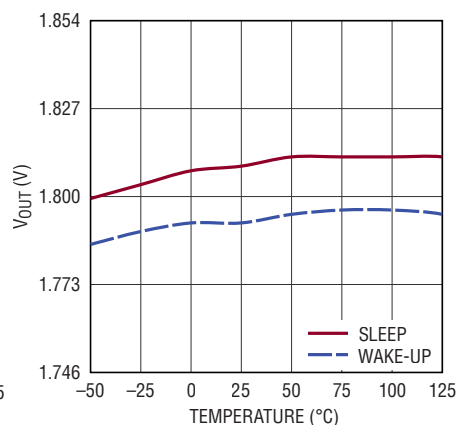
3336 G03

スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、1.5V 設定

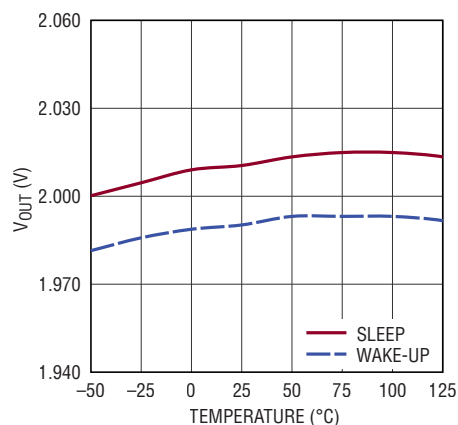
3336 G04

スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、1.6V 設定

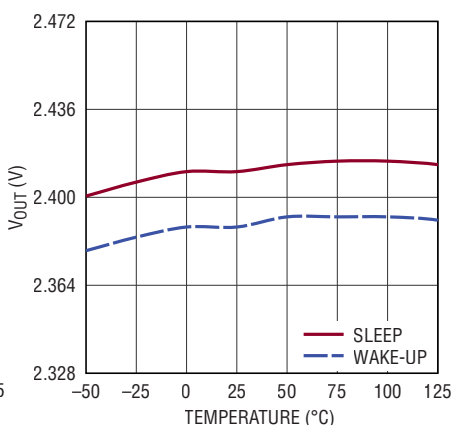
3336 G05

スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、1.8V 設定

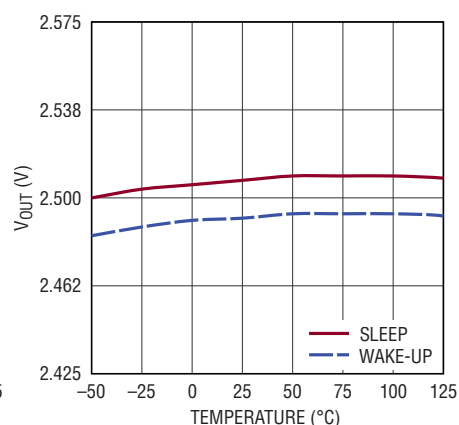
3336 G06

スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、2.0V 設定

3336 G07

スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、2.4V 設定

3336 G08

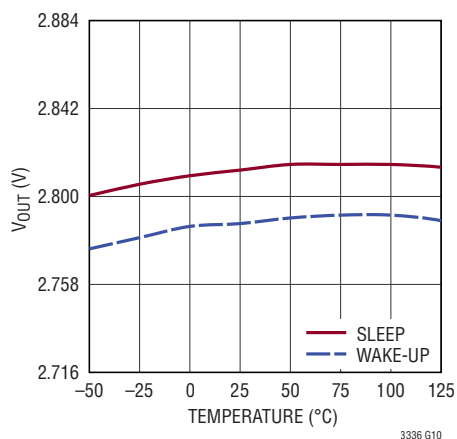
スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、2.5V 設定

3336 G09

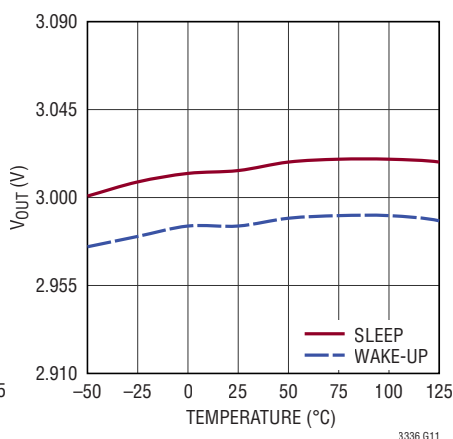
代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

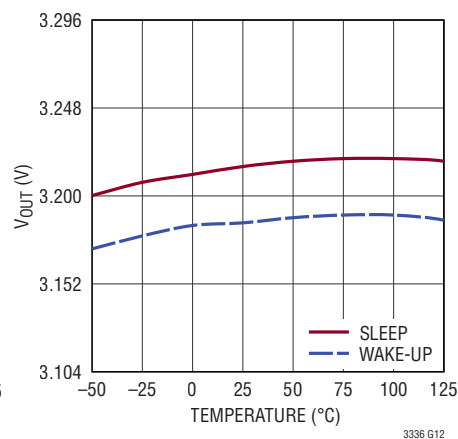
スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、2.8V 設定



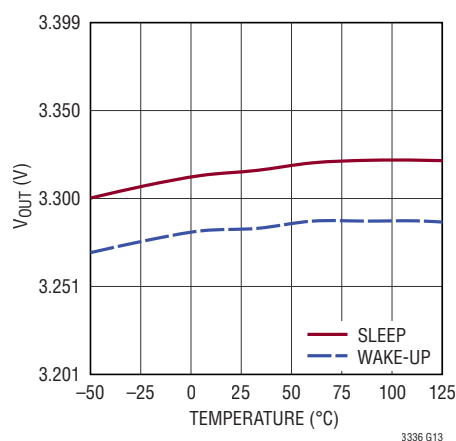
スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、3.0V 設定



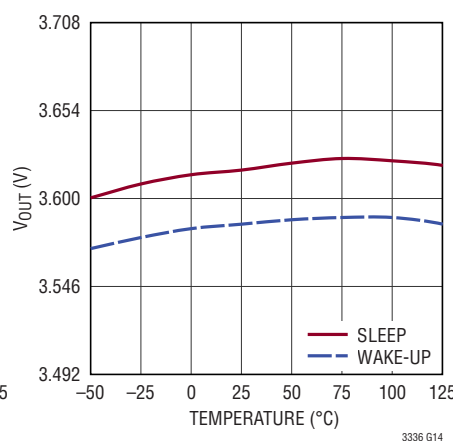
スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、3.2V 設定



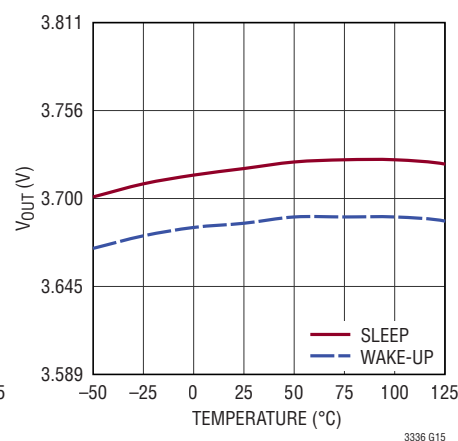
スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、3.3V 設定



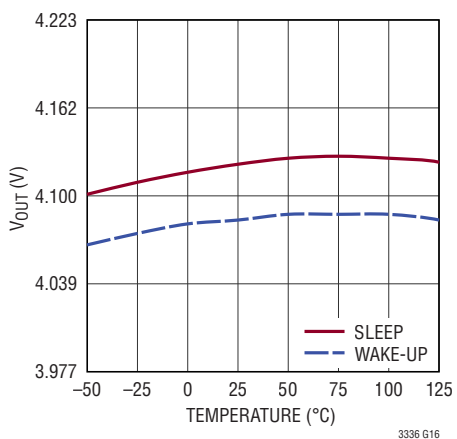
スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、3.6V 設定



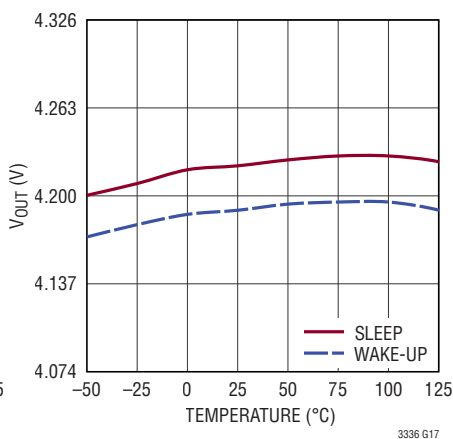
スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、3.7V 設定



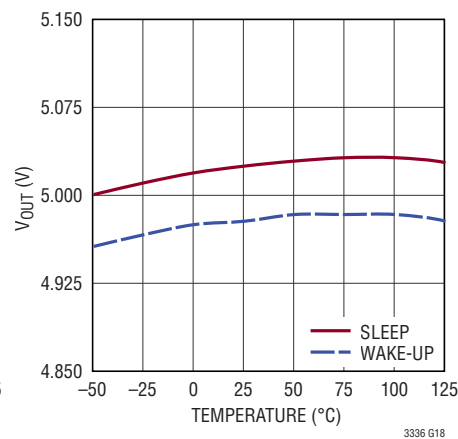
スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、4.1V 設定



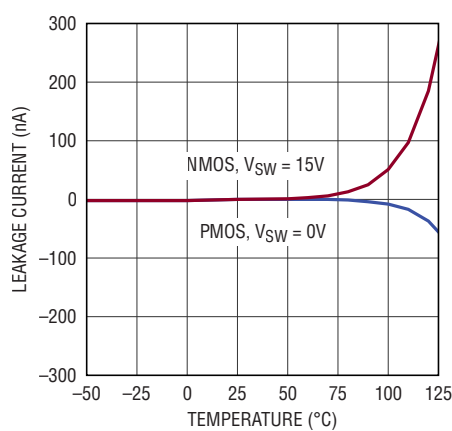
スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、4.2V 設定



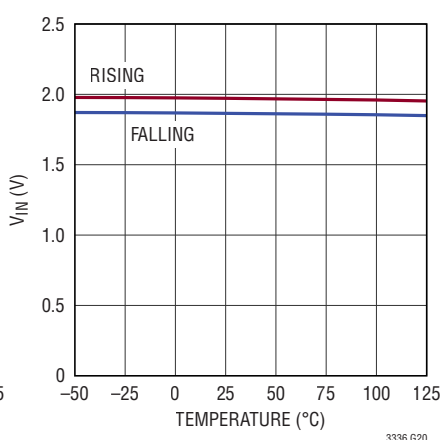
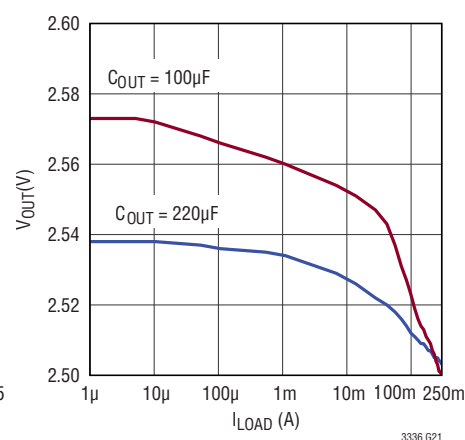
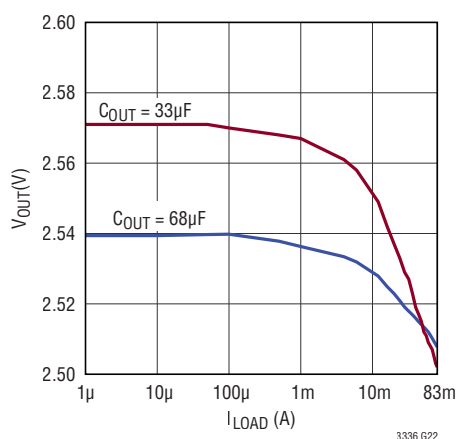
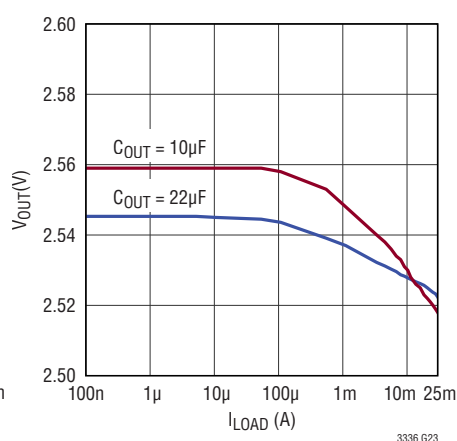
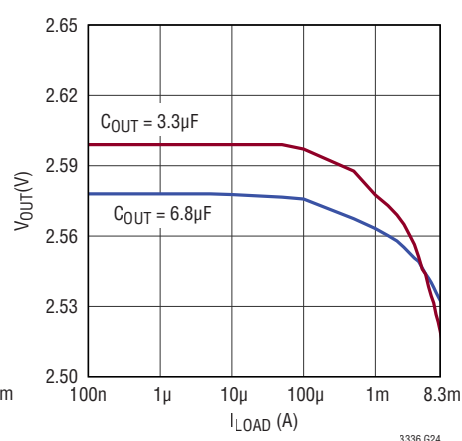
スリープ閾値およびウェイクアップ
閾値の温度特性、5.0V 設定



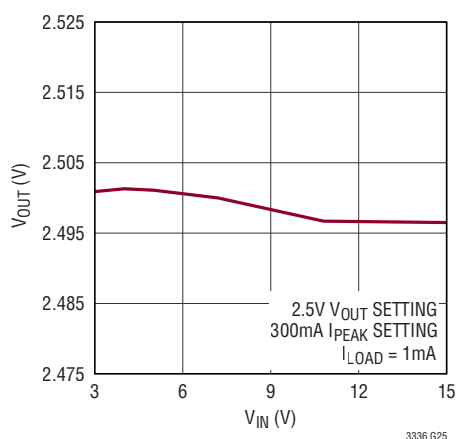
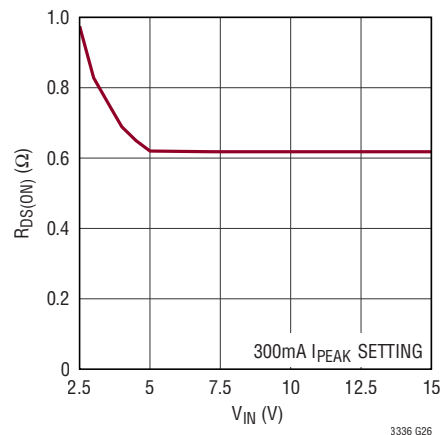
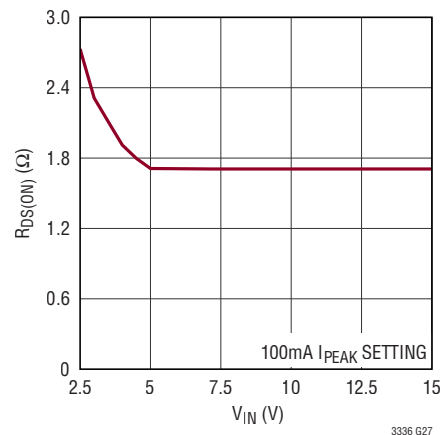
代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。I_{SW} リーク電流の温度特性

低電圧ロックアウト閾値の温度特性

負荷レギュレーション、300mAの
I_{PEAK} 設定、V_{IN} = 7.2V、L = 68μH負荷レギュレーション、100mAの
I_{PEAK} 設定、V_{IN} = 7.2V、L = 68μH負荷レギュレーション、30mAの
I_{PEAK} 設定、V_{IN} = 7.2V、L = 330μH負荷レギュレーション、10mAの
I_{PEAK} 設定、V_{IN} = 7.2V、L = 680μH

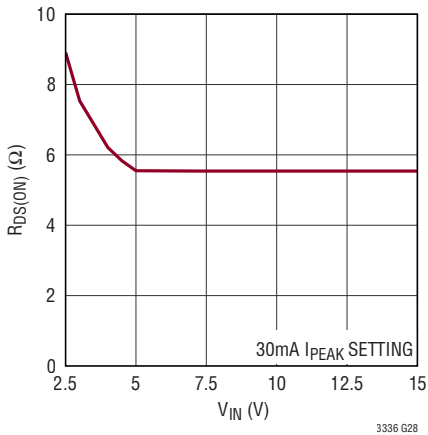
ライン・レギュレーション

PチャンネルMOSFETのR_{DS(ON)}と
V_{IN}の関係PチャンネルMOSFETのR_{DS(ON)}
とV_{IN}の関係

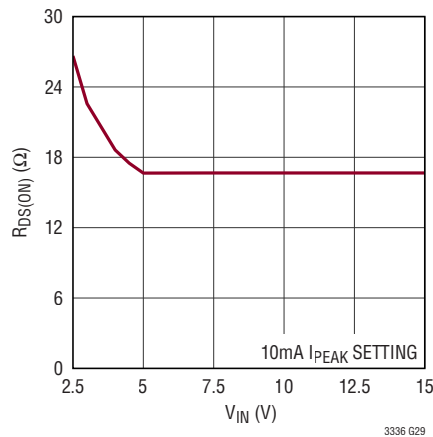
代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

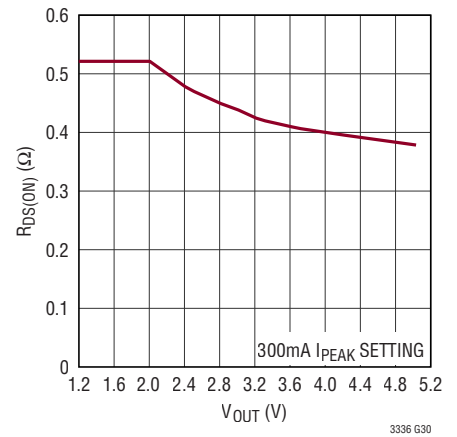
PチャンネルMOSFETの
 $R_{DS(ON)}$ と V_{IN} の関係



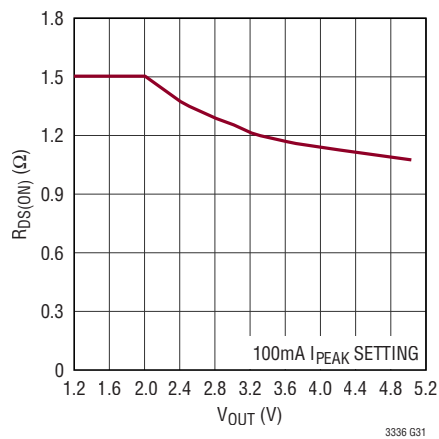
PチャンネルMOSFETの
 $R_{DS(ON)}$ と V_{IN} の関係



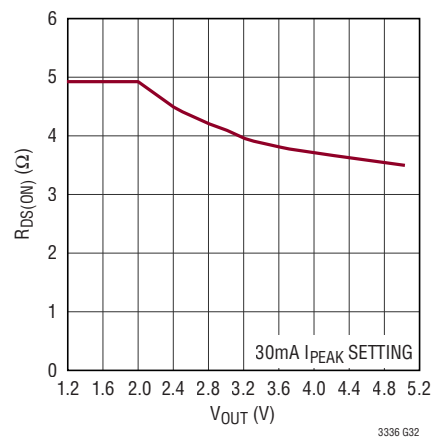
NチャンネルMOSFETの
 $R_{DS(ON)}$ と V_{OUT} の関係



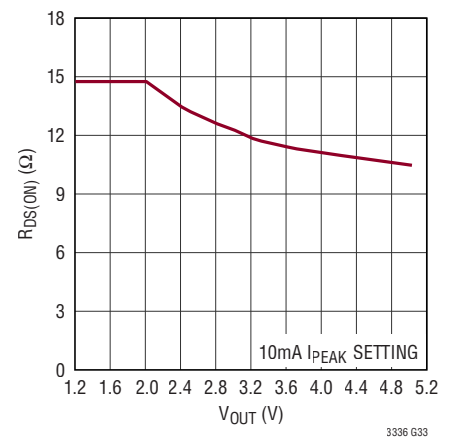
NチャンネルMOSFETの
 $R_{DS(ON)}$ と V_{OUT} の関係



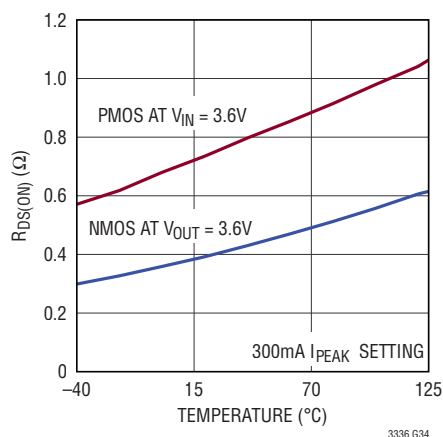
NチャンネルMOSFETの
 $R_{DS(ON)}$ と V_{OUT} の関係



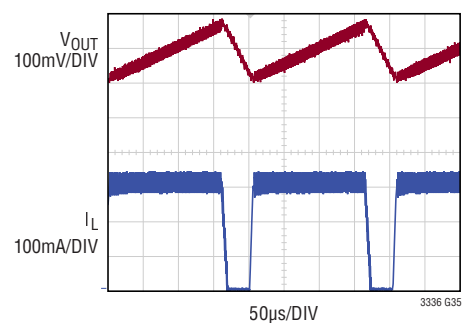
NチャンネルMOSFETの
 $R_{DS(ON)}$ と V_{OUT} の関係



$R_{DS(ON)}$ の温度特性

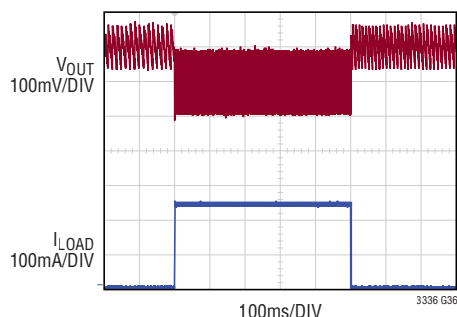


出力電圧リップル



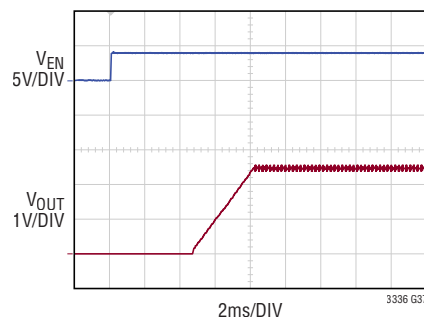
$L = 68\mu\text{H}$, $V_{IN} = 7.2\text{V}$
 $C_{OUT} = 100\mu\text{F}$
 300mA I_{PEAK} SETTING
 2.5V V_{OUT} SETTING
 $I_{LOAD} = 250\text{mA}$

代表的な性能特性

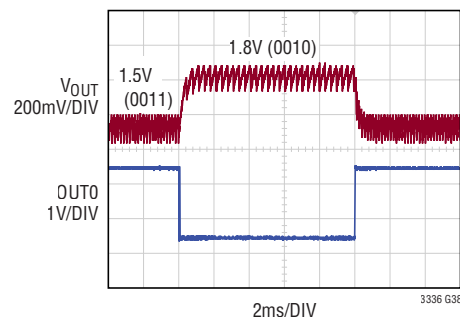
特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。0Aから250mAへの
負荷過渡応答

$L = 68\mu\text{H}$, $V_{\text{IN}} = 7.2\text{V}$
 $C_{\text{OUT}} = 100\mu\text{F}$
 300mA I_{PEAK} SETTING
 2.5V V_{OUT} SETTING

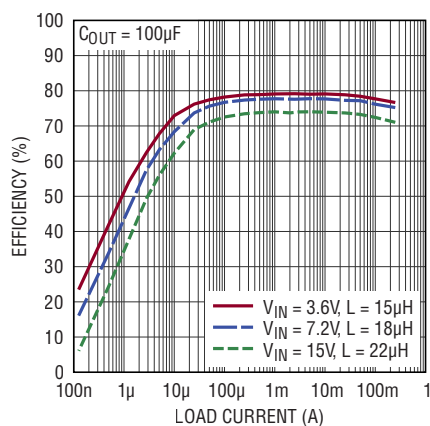
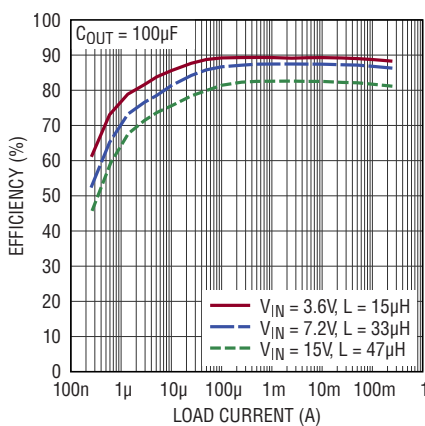
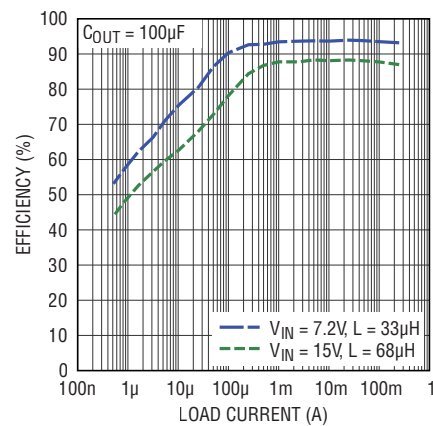
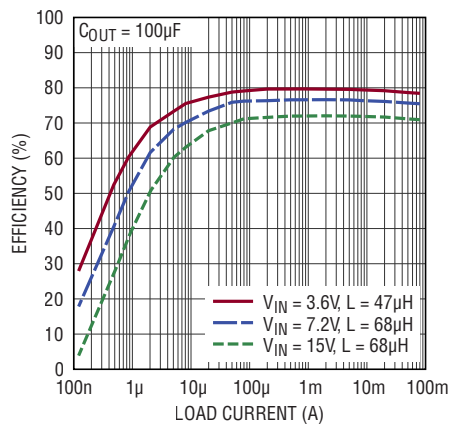
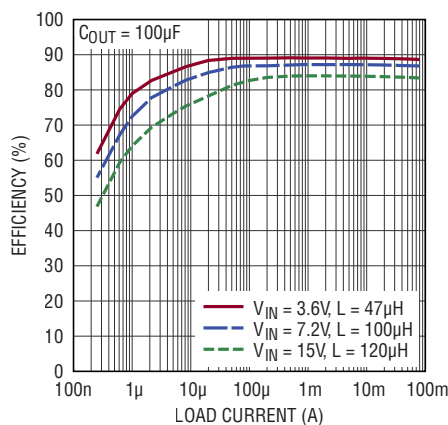
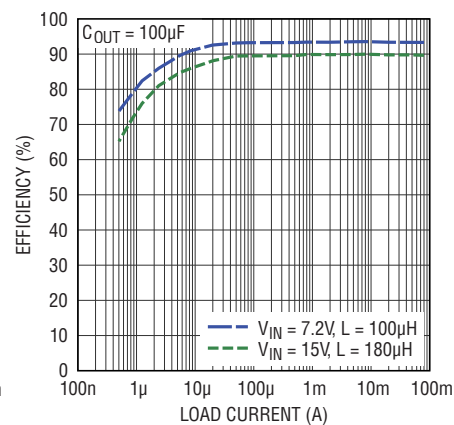
パワーアップ時のトランジェント



$L = 68\mu\text{H}$, $V_{\text{IN}} = 7.2\text{V}$
 $C_{\text{OUT}} = 100\mu\text{F}$
 300mA I_{PEAK} SETTING
 2.5V V_{OUT} SETTING
 $I_{\text{LOAD}} = 250\text{mA}$

1.5Vと1.8Vでの動的な
出力電圧変化

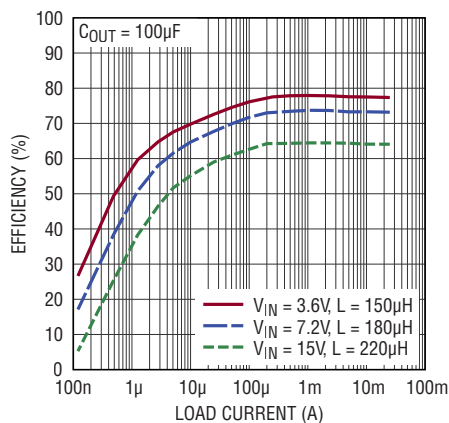
$L = 68\mu\text{H}$, $V_{\text{IN}} = 7.2\text{V}$
 $C_{\text{OUT}} = 100\mu\text{F}$
 300mA I_{PEAK} SETTING
 $I_{\text{LOAD}} = 250\text{mA}$

効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 1.2\text{V}$, $I_{\text{PEAK}} = 300\text{mA}$ 効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 2.5\text{V}$, $I_{\text{PEAK}} = 300\text{mA}$ 効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 5\text{V}$, $I_{\text{PEAK}} = 300\text{mA}$ 効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 1.2\text{V}$, $I_{\text{PEAK}} = 100\text{mA}$ 効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 2.5\text{V}$, $I_{\text{PEAK}} = 100\text{mA}$ 効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 5\text{V}$, $I_{\text{PEAK}} = 100\text{mA}$ 

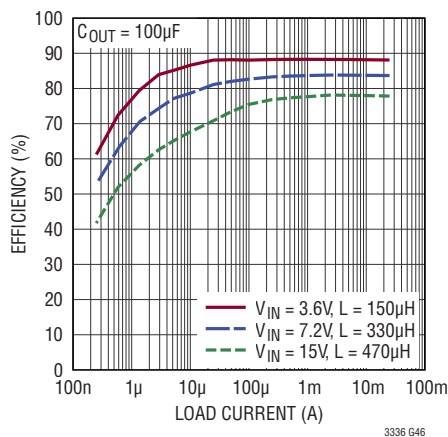
代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

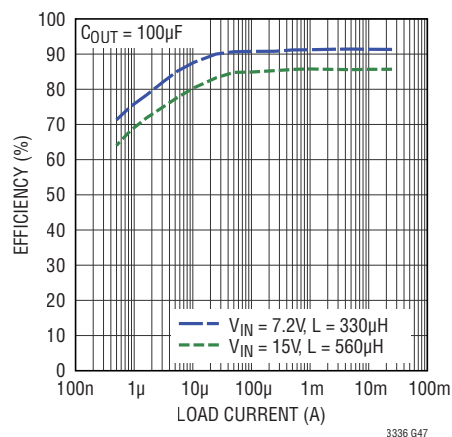
効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 1.2\text{V}$ 、 $I_{\text{PEAK}} = 30\text{mA}$



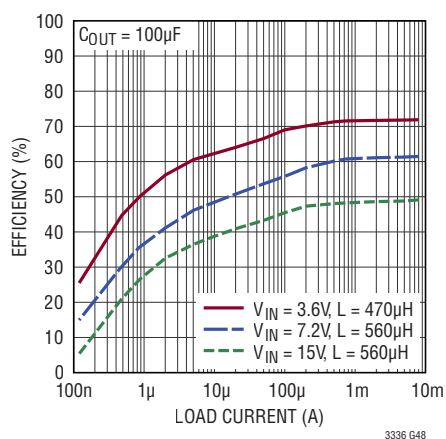
効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 2.5\text{V}$ 、 $I_{\text{PEAK}} = 30\text{mA}$



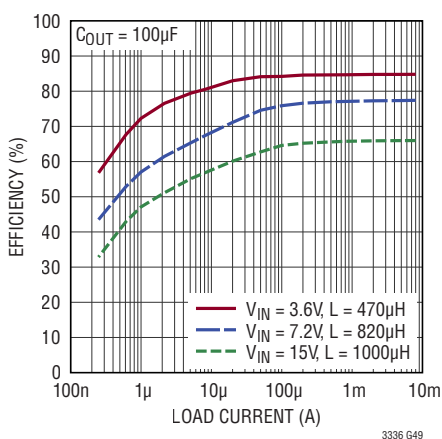
効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 5\text{V}$ 、 $I_{\text{PEAK}} = 30\text{mA}$



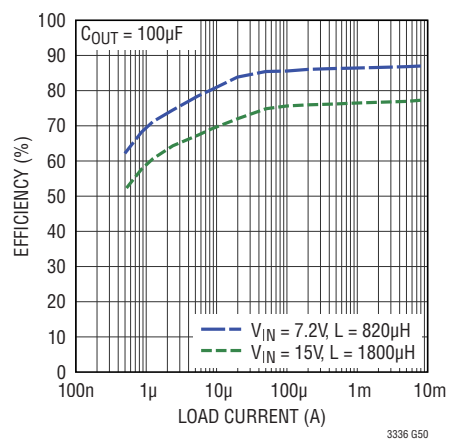
効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 1.2\text{V}$ 、 $I_{\text{PEAK}} = 10\text{mA}$



効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 2.5\text{V}$ 、 $I_{\text{PEAK}} = 10\text{mA}$



効率と I_{LOAD} の関係
 $V_{\text{OUT}} = 5\text{V}$ 、 $I_{\text{PEAK}} = 10\text{mA}$



ピン機能

V_{IN} (ピン1) : 入力電圧。バッテリーの入力は、適切なサイズのバイパス・コンデンサ([アプリケーション情報](#)のセクションを参照)を使用して、できるだけこのピンの近くに接続してください。

EN (ピン2) : 降圧イネーブル入力。INTV_{CC}を基準とするロジック・レベルの入力。ENをロジック・ハイにすると降圧コンバータはイネーブルされます。ロジック・ローにすると、レギュレータのスイッチングを防止し、10k抵抗を通じてV_{OUT}をグラウンドに放電します。

IPK1 (ピン3) : インダクタ・ピーク電流の選択ビット(IPK0と共に使用)。[OUT3](#)を参照。

IPK0 (ピン4) : インダクタ・ピーク電流の選択ビット(IPK1と共に使用)。IPK0をINTV_{CC}に接続することでハイを、GNDに接続することでローを選択します。これにより、必要なI_{PEAK}を設定します([動作](#)のセクションの[表1](#)を参照)。

INTV_{CC} (ピン5) : 内部回路用のV_{CC}電源。入力ピンENおよびIPK[1:0]のロジック・ハイの基準として使用する電圧出力。INTV_{CC}に許容される外部DC負荷電流の制限値は10μAです。LQFNパッケージには、バイパス・コンデンサが内蔵されています。

PGOOD (ピン6) : 降圧パワーグッド出力。PGOODピンは、降圧レギュレータの出力V_{OUT}がレギュレーション状態のとき、ハイ(V_{OUT}を基準として)になります。ENがローの場合はPGOODはローです。

OUT3 (ピン7) : 出力電圧選択ビット(OUT2、OUT1、OUT0と共に使用)。このピンをINTV_{CC}またはV_{OUT}に接続(ロジック・ハイ)するか、GNDに接続(ロジック・ロー)することで、静的なV_{OUT}を設定できます([動作](#)のセクションの[表2](#)を参照)。動的にV_{OUT}を変化させるには、[アプリケーション情報](#)のセクションに記載の接続方法を参照してください。

OUT2 (ピン8) : 出力電圧選択ビット(OUT3、OUT1、OUT0と共に使用)。[OUT3](#)を参照。

OUT1 (ピン9) : 出力電圧選択ビット(OUT3、OUT2、OUT0と共に使用)。[OUT3](#)を参照。

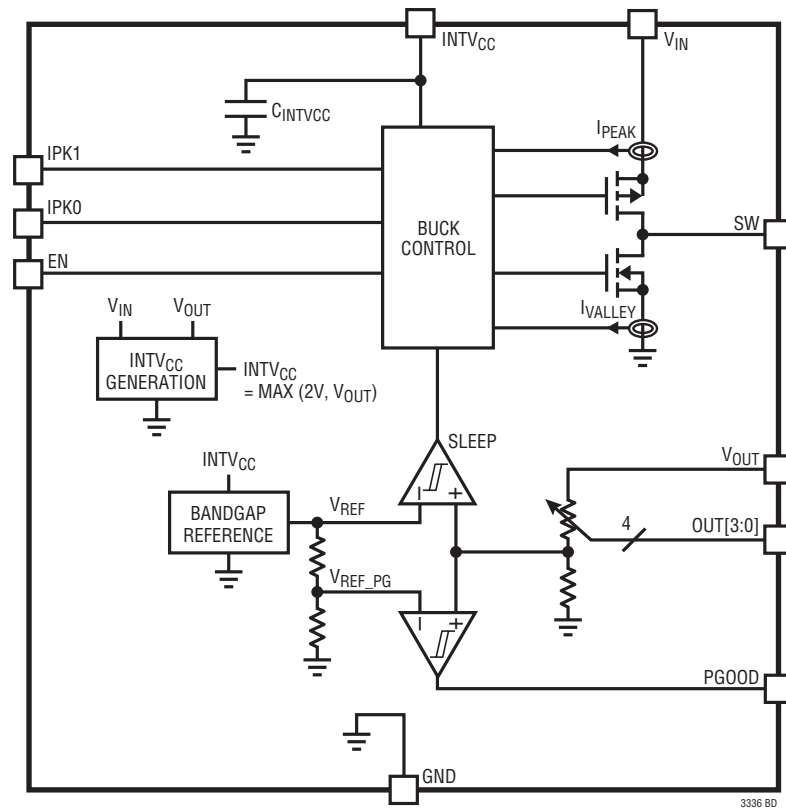
OUT0 (ピン10) : 出力電圧選択ビット(OUT3、OUT2、OUT1と共に使用)。[OUT3](#)を参照。

V_{OUT} (ピン11) : 出力電圧の検出入力。V_{OUT}の電圧レベルは、入力ピンOUT[3:0]および出力ピンPGOODのロジック・ハイの基準としても使用することができます。

SW (ピン12) : 降圧レギュレータのスイッチ・ピン。インダクタはSWとV_{OUT}の間に接続してください。インダクタの値は、実際のI_{PEAK}設定に応じて決まります。[アプリケーション情報](#)のセクションの[インダクタの選択](#)を参照してください。

GND (露出パッド・ピン13) : グラウンド。このピンはPCBにハンダ付けしてください。このピンを使用して、グラウンドと電氣的に接続できると共に、熱的にもPCBとの良好な接続が可能です。

ブロック図



動作

降圧DC/DCレギュレータ

この降圧レギュレータは、ヒステリシスによる電圧制御を使用し、 V_{OUT} 検出ピンから内部フィードバック回路を通じて出力をレギュレーションします。出力電圧は、16個の固定値から1つを選んで設定できます。ドロップアウト時には、PチャンネルMOSFETは100% オンします。

降圧コンバータは、インダクタを通じて、レギュレーション・ポイントよりわずかに高い電圧まで出力コンデンサを充電します。これは、内部PチャンネルMOSFETスイッチを通じてインダクタ電流をピーク電流閾値 I_{PEAK} (表1 参照) まで上昇させ、次に内部NチャンネルMOSFETスイッチを通じてバレー電流閾値 I_{VALLEY} まで下降させることによって行います。図1に示す波形を参照してください。これにより、出力コンデンサに効率的にエネルギーを供給します。上昇率/下降率は、 V_{IN} 、 V_{OUT} 、およびインダクタ値によって決まります。

表 1. I_{PEAK} の選択

IPK1	IPK0	I_{PEAK}
0	0	10mA
0	1	30mA
1	0	100mA
1	1	300mA

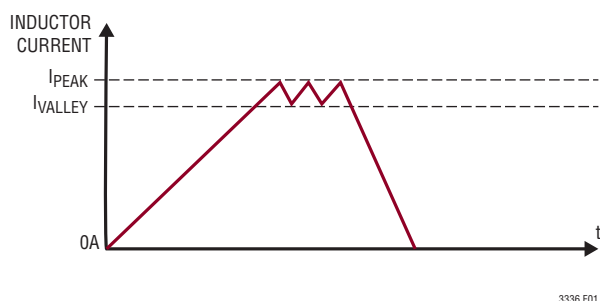


図 1.

出力電圧がレギュレーション状態になると、コンバータは低静止電流のスリープ状態に入り、スリープ・コンパレータを使用して出力電圧をモニタします。インダクタ電流は、制御されながらゼロまで下降し、SLEEPに入ります。

SLEEPの間は、降圧出力コンデンサによって負荷電流が供給されます。出力電圧がレギュレーション・ポイントを下回ると、降圧レギュレータはウェイクアップし、このサイクルを繰り返します。このヒステリシスを利用してレギュレーションされた出力を供給する方法により、MOSFETのスイッチングに関連した損失を減らし、軽負荷時の出力レギュレーションを維持します。

スリープ・コンパレータから、出力がスリープ閾値に達したことを示す信号が送られたときに、降圧コンバータがこのサイクルの途中にあり、まだインダクタを通じて電流を流している場合があります。一般には、両方の同期スイッチがオフになり、インダクタ電流はNチャンネルMOSFETのボディ・ダイオードを通じたフリーホイール現象によりゼロになります。LTC3336は、この期間NチャンネルMOSFETをオンに維持し、NチャンネルMOSFETがオフになった場合にダイオードで発生する導通損失を防止します。スリープ・コンパレータがトリップしたときにPチャンネルMOSFETがオンになると、Pチャンネルは直ちにオフし、NチャンネルMOSFETがオンします。

降圧レギュレータがスイッチングしているときの静止電流はスリープ時の静止電流よりもはるかに大きいものとなりますが、それでも平均インダクタ電流に占める割合は小さいため、ほとんどの負荷条件において高い効率が得られます。

降圧レギュレータは、出力電圧がスリープ・モードの立下がり閾値を下回るまで放電した場合のみ動作します。そのため、降圧レギュレータの動作時静止電流はスリープ時の低静止電流と一緒に平均化されます。これにより、コンバータは10 μ A以下の負荷で高い効率を維持することができます。

出力選択ビット(OUT3、OUT2、OUT1、OUT0)をINTV_{CC}または V_{OUT} に接続するか(ロジック・ハイ)、GNDに接続することで(ロジック・ロー)、16種類の電圧を選択することができます。表2に16個のコード、およびこれらによって選択できる出力電圧を示します。

出力から電源供給される降圧レギュレータの動作

出力電圧の設定値が2.4V以上のとき、降圧レギュレータの静止電流はレギュレーションされた出力 V_{OUT} から取得します。この動作モードは、 V_{IN} の静止電流をおよそ V_{IN}/V_{OUT} 倍減少させます。

動作

表 2. OUT[3:0]ピンによる降圧レギュレータの出力電圧の選択

V _{OUT} (V)	OUT3	OUT2	OUT1	OUT0
<u>1.2</u>	0	0	0	1
1.5	0	0	1	1
1.6	0	0	0	0
<u>1.8</u>	0	0	1	0
2.0	0	1	1	0
2.4	0	1	0	1
<u>2.5</u>	0	1	0	0
2.8	0	1	1	1
<u>3.0</u>	1	0	0	0
3.2	1	1	0	0
3.3	1	0	0	1
3.6	1	0	1	0
3.7	1	0	1	1
4.1	1	1	0	1
4.2	1	1	1	0
5.0	1	1	1	1

注: アンダーラインの引かれた電圧値 (1.2V, 1.8V, 2.5V, 3V) は、起動時のデフォルト値として設定可能です。これらの電圧値は、1本のピンをハイに接続することで起動時に「ピンストラップ」可能ですが、他のピンは起動後に動的に設定することができます。

降圧レギュレータのドロップアウト動作

入力電源電圧が出力電圧に向かって低下すると、インダクタ電流の上昇時の変化率が小さくなり、電流バーストのスイッチング周波数が低下します。入力電源電圧が更に低下すると、最終的にPチャンネルMOSFETが100%オン、すなわちDCになります。この場合の出力電圧は、入力電圧から、PチャンネルMOSFETとインダクタでの電圧降下を引いた値になります。LTC3336はこの状態を検知し、超低静止電流の状態に入ります。

降圧レギュレータ出力の過電圧状態および内部クランプ

V_{OUT}がレギュレーション電圧から5%以上高くなると、内部の1MΩ抵抗がV_{OUT}をプルダウンします。これは、通常動作では発生しません。

降圧レギュレータ出力の放電

ENがローの場合、降圧レギュレータ出力は内部10k抵抗を通じて放電されます。

アプリケーション情報

入力コンデンサの選択

入力V_{IN}は、0.1μF以上のコンデンサを使用してGNDにバイパスしてください。入力電圧をバッテリーから供給し、そのバッテリーの直列抵抗が大きい場合は、トランジェントに対応するために大容量のコンデンサが必要になることがあります。また、(I_{PEAK}の設定値が高いとき)入力電圧が2.5Vに近い電源を使用する場合にも、入力電圧が一時的に低電圧ロックアウト閾値を下回ることがないように、大容量のコンデンサが必要になる場合があります。

出力コンデンサの選択

レギュレータがスリープに入っている時間は、負荷電流と出力コンデンサのサイズによって決まります。負荷電流が大きくなる、または出力コンデンサが小さくなるとスリープ時間は短くなります。スリープ時のDCヒステリシス・ウィンドウは、スリープ閾値 – ウェイクアップ閾値で表され、出力電圧の設

定値の約±0.3%です。すなわち、スリープ時間は理想的には式1で決まります。

$$t_{\text{SLEEP}} = C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{OUT}} \cdot 2 \cdot \left(\frac{0.3\%}{I_{\text{LOAD}}} \right) \quad (1)$$

出力コンデンサが表3に記載された値よりはるかに小さい値まで減少すると、内部スリープ・コンパレータの遅延と負荷電流により、V_{OUT}が±0.3%の閾値を超えて変化します。これによりスリープ時間は長くなり、V_{OUT}のリプルが増加します。

I_{PEAK}の設定値を超える負荷過渡電流が必要となる場合は、大容量のコンデンサを出力に使用します。この負荷条件の間、コンデンサは放電し続けます。コンデンサのサイズは、

アプリケーション情報

許容可能なリップル $V_{OUT+} - V_{OUT-}$ に対して式2を使用し得られます。

$$C_{OUT} = t_{LOAD} \cdot \left(\frac{I_{LOAD} - 0.95 \cdot I_{PEAK}}{V_{OUT+} - V_{OUT-}} \right) \quad (2)$$

式2において、 t_{LOAD} は負荷過渡電流が流れる時間、 I_{PEAK} は I_{PEAK} の設定値、 $V_{OUT+} - V_{OUT-}$ は目的の V_{OUT} リップルです。

ゼロ負荷または軽負荷の条件では、通常 V_{OUT} は過電圧閾値の5%を超えることはありません。それ以外の場合は、 $1M\Omega$ の過電圧プルダウン抵抗でいくらかの電力損失があります。

C_{OUT} には、標準的な表面実装セラミック・コンデンサを使用でき、Vishay、村田製作所、TDK、太陽誘電などのメーカーから入手することが可能です。

表3. 最大負荷、スリープ時間50 μ sで必要な降圧出力コンデンサの最小サイズ

V_{OUT} (V)	I_{PEAK} (mA)	C_{OUT} (μ F)
1.2	10	6.8
1.2	30	22
1.2	100	68
1.2	300	220
2.5	10	3.3
2.5	30	10
2.5	100	33
2.5	300	100
5.0	10	2.2
5.0	30	4.7
5.0	100	22
5.0	300	47

インダクタの選択

この降圧レギュレータは、式3で得られる値以上のインダクタを使用して動作するように最適化されています。この計算値は、一般的なアプリケーションにおいてサイズと効率に最適なトレードオフがあることを表しています。大きなインダクタは、PチャンネルMOSFETスイッチのスイッチング周波数を低下させ、それによりゲート電荷の損失が減少することで効率が向上するため、入力電圧の高いアプリケーションで

メリットが得られます。 I_{PEAK} の設定値より大きな飽和電流定格 I_{SAT} を持つインダクタを選定してください。インダクタのDC抵抗(DCR)は損失源のため、効率に影響を与える可能性があります。価格、サイズ、およびDCRのトレードオフを評価する必要があります。式3を使用して、 V_{IN} 、 V_{OUT} 、 I_{PEAK} 、および最大スイッチング周波数 f から、LTC3336に最適なインダクタの最小値を計算することができます。スイッチング周波数として適切な値は2MHzです。

アプリケーション例で使用するインダクタは、LPS4018 (0.56 μ H~1000 μ H)、MSS7348 (3.3 μ H~1000 μ H)、MSS1210 (10 μ H~10,000 μ H)から選定しています。

$$L = \frac{1}{f \cdot 10\% \cdot I_{PEAK} \cdot \left(\frac{1}{V_{IN} - V_{OUT}} + \frac{1}{V_{OUT}} \right)} \quad (3)$$

式3で使用している記号、およびそれらの導出方法を以下に説明します。

$$T = L \cdot \frac{\Delta I}{V_L}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

$$\Delta I = I_{PEAK} - I_{VALLEY} = 10\% \cdot I_{PEAK}$$

V_L = Voltage Across Inductor

f = Switching Frequency

$$T = T_{ON} + T_{OFF}$$

$$T_{ON} = L \cdot \frac{\Delta I}{V_{IN} - V_{OUT}} \text{ duration of}$$

P-Channel MOSFET On

$$T_{OFF} = L \cdot \frac{\Delta I}{V_{OUT}} \text{ duration of}$$

P-Channel MOSFET Off

動的な出力電圧変化

選択ビットOUT[3:0]をマイクロコントローラの出力から駆動して、降圧レギュレータを動作させながら動的に変化させることができます。

1つ(以上)のピンをハイに接続することで、起動時のデフォルト電圧 $V_{DEFAULT}$ を設定できます。表4および、標準的応

アプリケーション情報

用例のセクションに記載の、動的に出力電圧が変化するマイクロコントローラの電源のアプリケーション例を参照してください。

表4. 1つのピンをハイに接続することで動的に動作する出力電圧

PIN TIED HIGH (DEFAULT)	V _{DEFAULT} (V)	DYNAMIC OUTPUT VOLTAGES AVAILABLE WITH SINGLE PIN TIED HIGH (V)
OUT0	1.2	1.2, 1.5, 2.4, 2.8, 3.3, 3.7, 4.1, 5.0
OUT1	1.8	1.5, 1.8, 2.0, 2.8, 3.6, 3.7, 4.2, 5.0
OUT2	2.5	2.0, 2.4, 2.5, 2.8, 3.2, 4.1, 4.2, 5.0
OUT3	3.0	3.0, 3.2, 3.3, 3.6, 3.7, 4.1, 4.2, 5.0

PCBレイアウト時の考慮事項

LTC3336は、(I_Q と比較して)大きな電流を高い周波数でスイッチングします。安定でノイズのない動作を実現するには、PCBレイアウトに特に注意を払う必要があります。図2に、2層のPCBを使用した場合の、LTC3336の推奨PCBレイアウトを示します。以下に、いくつか重要なガイドラインを示します。まず、高電流の循環パスは、幅広いパターンを使用し、できるだけ短くします。特に、コンデンサのグラウンド接続は、ビアを使用してできるだけ短い配線でグラウンド・プレーンに接続してください。また、バイパス・コンデンサ C_{IN} および C_{OUT} は、できるだけICの近くに配置します。

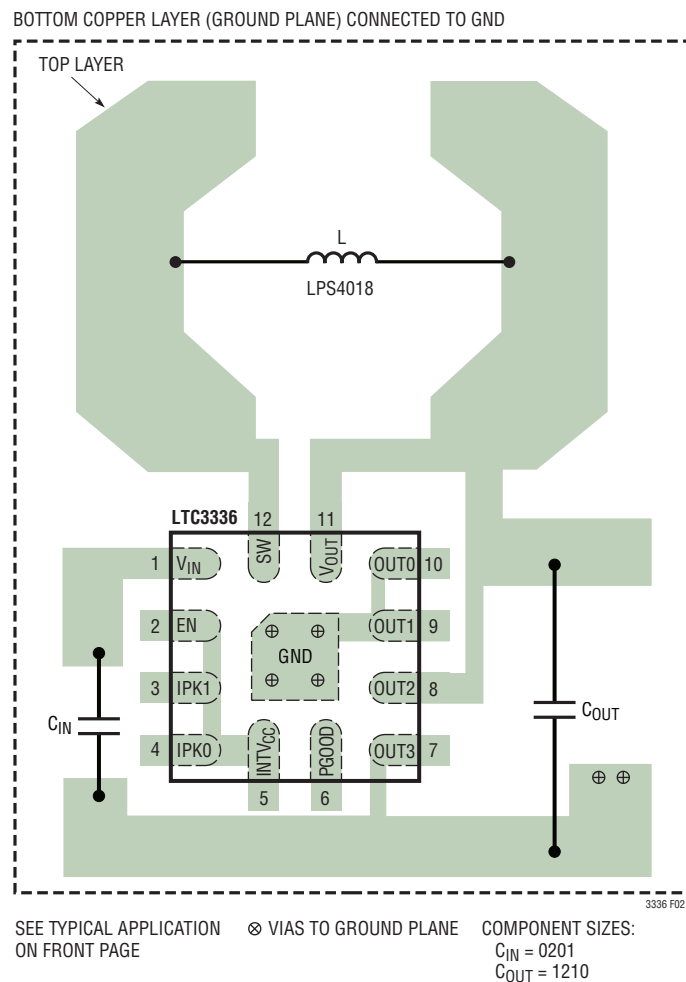
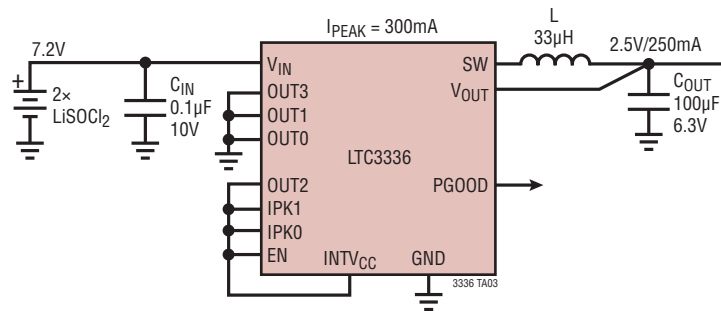


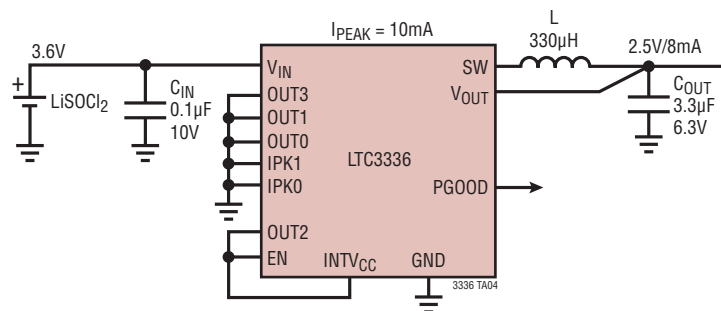
図2. 推奨されるPCBのコンポーネント配置

標準的応用例

2個の塩化チオニル・リチウム・バッテリーから電源を供給し、2.5V/250mAに降圧

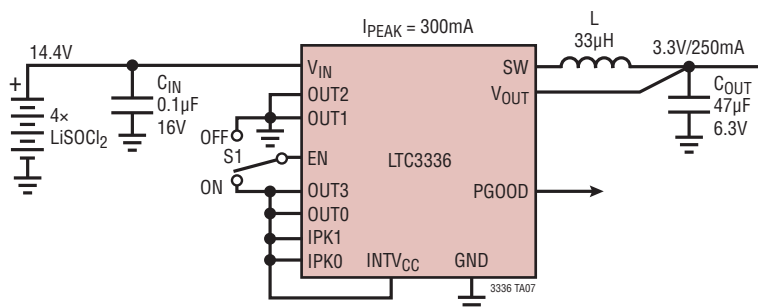


塩化チオニル・リチウム・バッテリーから電源を供給し、2.5V/8mAに降圧

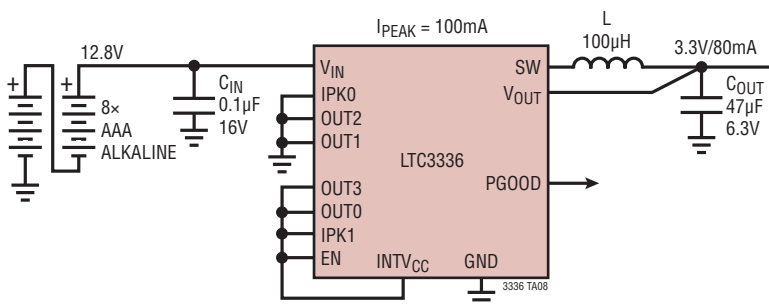


標準的応用例

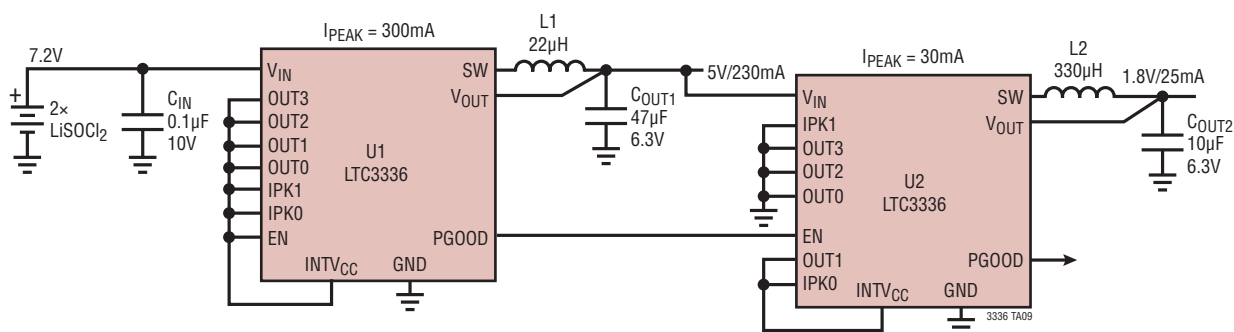
4個の塩化チオニル・リチウム・バッテリーから電源を供給し、3.3V/250mAに降圧



8個の単4アルカリ1次バッテリーから電源を供給し、3.3V/80mAに降圧

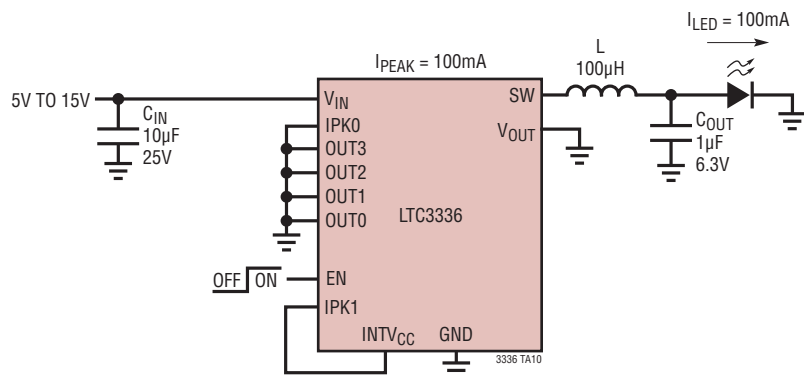


2個の塩化チオニル・リチウム・バッテリーから電源を供給し、5V/230mAおよび1.8V/25mAの順に出力する両電源

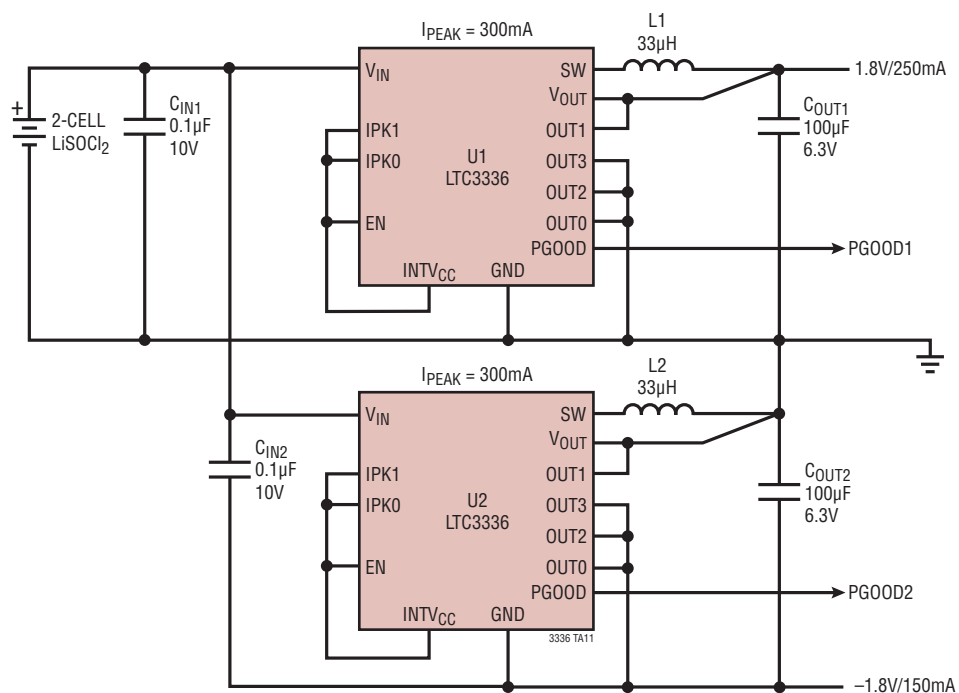


標準的応用例

幅広い V_{IN} 範囲を備えた 100mA、超高効率電流源の白色LEDドライバ

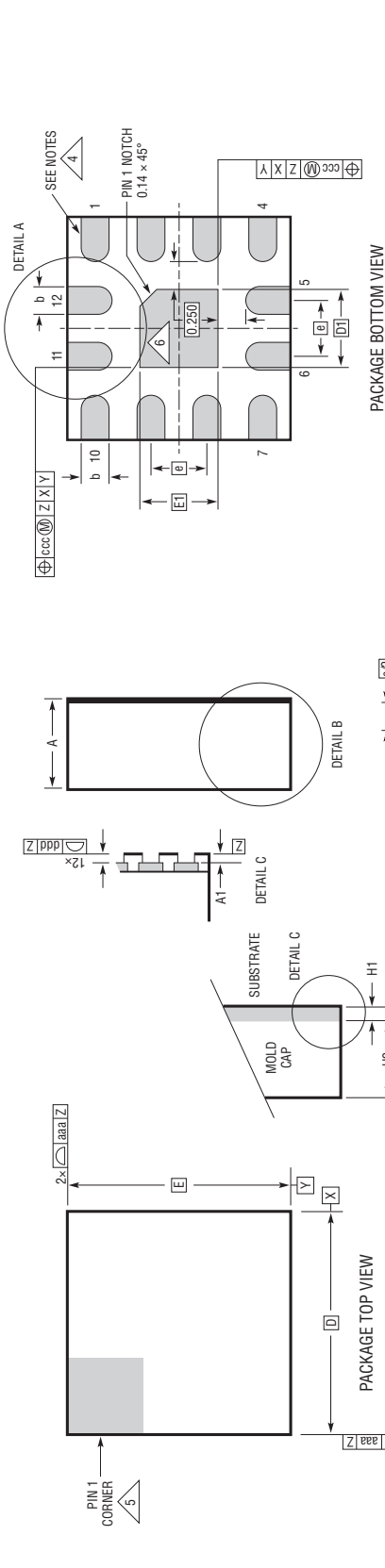


2個の塩化チオニル・リチウム・バッテリーから電源を供給し、 $\pm 1.8V$ を出力



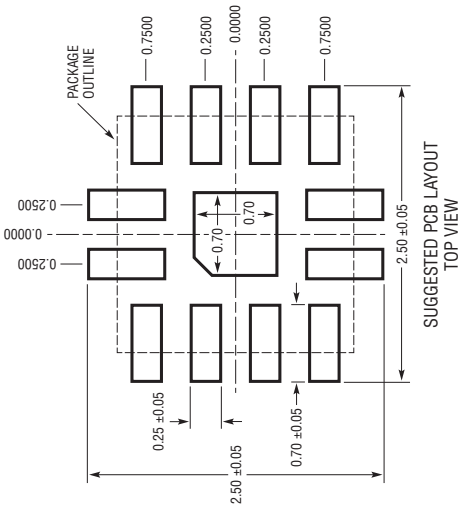
パッケージの説明

LQFN Package
12-Lead (2mm × 2mm × 0.74mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1530 Rev B)



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
 2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 3. PRIMARY DATUM - Z- IS SEATING PLANE
 4. METAL FEATURES UNDER THE SOLDER MASK OPENING NOT SHOWN SO AS NOT TO OBSCURE THESE TERMINALS AND HEAT FEATURES
 5. DETAILS OF PIN 1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE PIN 1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE
 6. THE EXPOSED HEAT FEATURE MAY HAVE OPTIONAL CORNER RADI

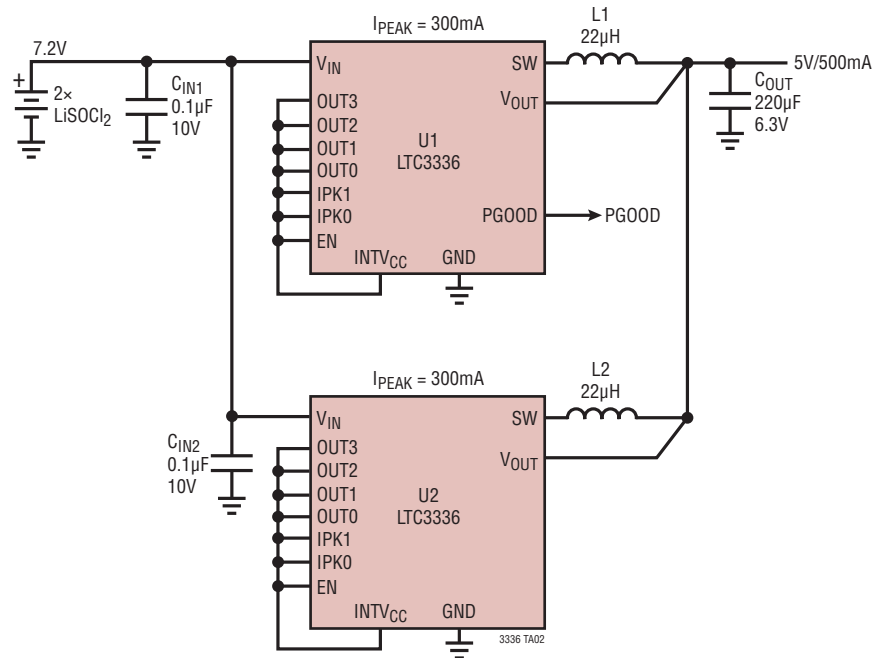
DIMENSIONS				
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
A	0.65	0.74	0.83	
A1	0.01	0.02	0.03	
L	0.30	0.40	0.50	
b	0.22	0.25	0.28	
D		2.00		
E		2.00		
D1		0.70		
E1		0.70		
e		0.50		
H1		0.24 REF		SUBSTRATE THK
H2		0.50 REF		MOLD CAP HT
aaa			0.10	
bbb			0.10	
ccc			0.10	
ddd			0.10	
eee			0.15	
fff			0.08	



LQFN 12 0618 REV B

標準的応用例

2個の塩化チオニル・リチウム・バッテリーから電源を供給し、
LTC3336を2個並列に接続して高電流 5V/500mA に降圧、無負荷時 $I_{IN} = 160\text{nA}$



関連製品

製品番号	概要	注釈
LTC3330	環境発電(エナジーハーベスト)バッテリー寿命延長回路を内蔵したナノパワー昇降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 2.7V~20V、BAT: 1.8V~5.5V、750nA I_Q 、5mm × 5mm QFN-32パッケージ
LTC3331	環境発電(エナジーハーベスト)バッテリー・チャージャを内蔵したナノパワー昇降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 2.7V~20V、BAT Float: 3.45V/4V/4.1V/4.2V、950nA I_Q 、5mm × 5mm QFN-32パッケージ
LTC3335	クーロン・カウンタを内蔵したナノパワー昇降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 1.8V~5.5V、 V_{OUT} : 1.8V~5Vの固定値、 $I_Q = 680\text{nA}$ 、3mm × 4mm QFN-20パッケージ
LTC3337	高精度クーロン・カウンタによるメイン・バッテリーのSOH監視	V_{IN} : 1.8V~5.5V、 I_{PEAK} : 5mA/10mA/15mA/20mA/25mA/50mA/75mA/100mAの固定値、 I_{BAL} : ±10mA、 $I_Q = 100\text{nA}$ 、12ピン、2mm × 2mm GQFNパッケージ
LTC3388-1/ LTC3388-3	20V、50mA 高効率ナノパワー降圧レギュレータ	V_{IN} : 2.7V~20V、 V_{OUT} : 1.1V~5.5Vの固定値、 $I_Q = 720\text{nA}$ 、MSOP-10、3mm × 3mm DFN-10パッケージ
LTC3588-1/ LTC3588-2	最大出力電流が100mAのナノパワー環境発電(エナジーハーベスト)電源	V_{IN} : 2.7V~20V、 V_{OUT} : 1.8V~5Vの固定値、 $I_Q = 950\text{nA}$ 、MSOP-10、3mm × 3mm DFN-10パッケージ