

## 特長

- 外付け部品点数が最小限で済むPFC昇圧
- $V_{IN}$ と $V_{OUT}$ の制限要因は外付け部品のみ
- アクティブな力率補正
- 高調波歪みが少ない
- 過電圧保護
- エネルギー・スター規格準拠  
(無負荷動作時の消費電力が0.5W未満)
- 16ピンMSOPパッケージ

## アプリケーション

- 産業用機器
- 航空機

## 概要

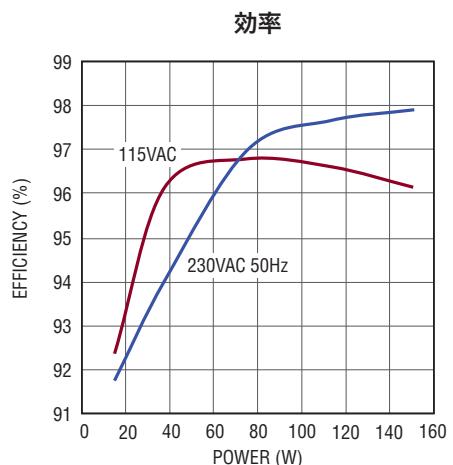
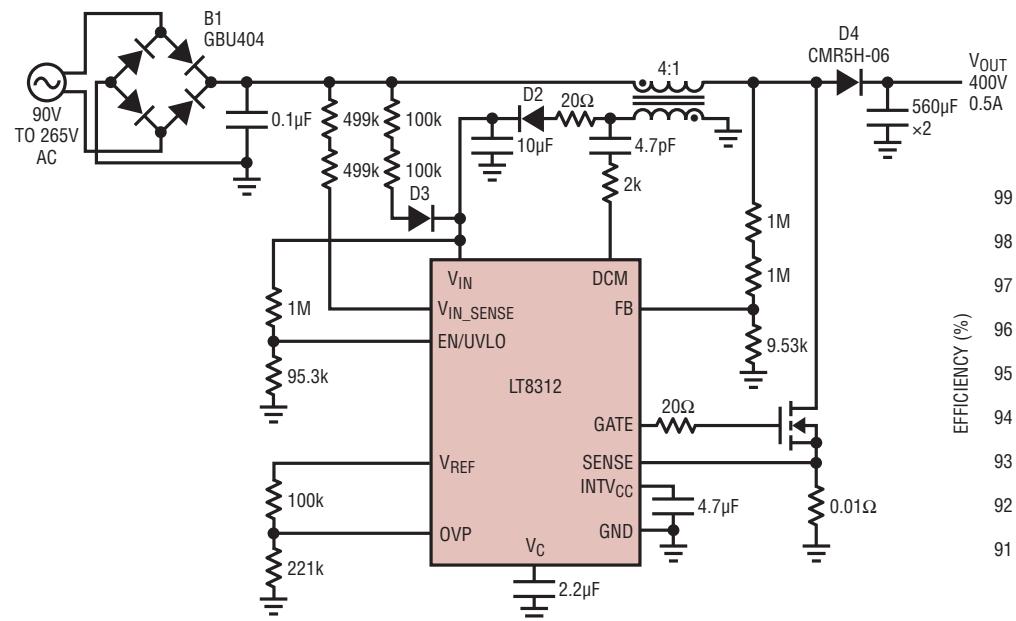
LT<sup>®</sup>8312は力率補正(PFC)型の昇圧コントローラです。LT8312ベースの設計では、入力電流をアクティブに調整することにより、0.99を超える力率を実現できるので、ほとんどの高調波電流放出規制に適合できます。

LT8312は幅広い種類のオフライン・アプリケーションに適しています。入力範囲は、主に外付け部品の選択に応じて拡大または縮小することができます。最大250Wの出力電力レベルで95%より高い効率を達成できます。

、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴは、リニアテクノロジー社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

## 標準的応用例

汎用入力200W PFC昇圧コンバータ

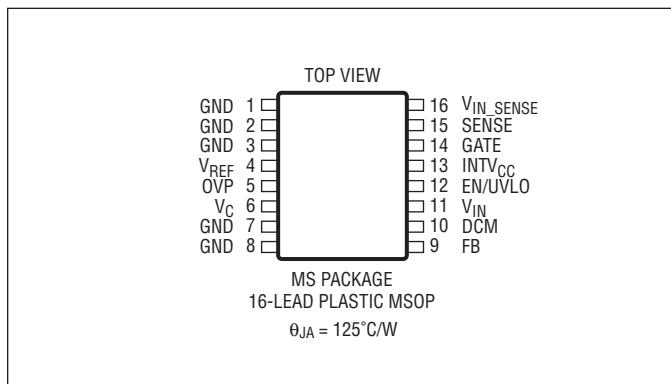


## 絶対最大定格

(Note 1)

EN/UVLO.....	30V
$V_{IN}$ .....	42V
$INTV_{CC}$ .....	18V
FB .....	3V
$V_C$ .....	5V
$V_{IN(SENSE)}$ .....	1mA
OVP.....	4V
SENSE.....	0.4V
DCM.....	$\pm 3$ mA
動作温度範囲 (Note 2) .....	-40°C ~ 125°C
保存温度範囲.....	-65°C ~ 150°C

## ピン配置



## 発注情報

無鉛仕上げ	テープ・アンド・リール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT8312EMS#PBF	LT8312EMS#TRPBF	8312	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT8312IMS#PBF	LT8312IMS#TRPBF	8312	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT8312HMS#PBF	LT8312HMS#TRPBF	8312	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 150°C
LT8312MPMS#PBF	LT8312MPMS#TRPBF	8312	16-Lead Plastic MSOP	-55°C to 150°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店に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で識別されます。  
非標準の鉛ベース仕様の製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/>をご覧ください。  
テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandreel/>をご覧ください。

## 電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage Range		10	38		V
Quiescent Current	$V_{\text{EN/UVLO}} = 0.2\text{V}$ Not Switching	45	60	70	$\mu\text{A}$
$V_{\text{IN}}$ Quiescent Current, INTV <sub>CC</sub> Overdriven	$V_{\text{INTVCC}} = 11\text{V}$		60		$\mu\text{A}$
$V_{\text{IN}}$ Shunt Regulator Voltage	$I = 1\text{mA}$		40		V
$V_{\text{IN}}$ Shunt Regulator Current Limit			8		mA
INTV <sub>CC</sub> Quiescent Current	$V_{\text{EN/UVLO}} = 0.2\text{V}$ $V_{\text{EN/UVLO}} = 1.5\text{V}$ , Not Switching	12.5 1.8	15.5 2.2	17.5 2.7	$\mu\text{A}$ mA
EN/UVLO Pin Threshold	EN/UVLO Pin Voltage Rising	●	1.21	1.25	1.29
EN/UVLO Pin Hysteresis Current	EN/UVLO = 1V		8	10	12
$V_{\text{REF}}$ Voltage	0 $\mu\text{A}$ Load 200 $\mu\text{A}$ Load	● ●	1.97 1.95	2.0 1.98	2.03 2.03
SENSE Current Limit Threshold			96	102	107
Minimum SENSE Current Limit				3	mV
SENSE Input Bias Current	Current Out of Pin			15	$\mu\text{A}$
Current Sense Blanking Time			90	130	170
FB Voltage		●	1.22	1.25	1.28
FB Voltage Line Regulation	$10\text{V} < V_{\text{IN}} < 35\text{V}$			0.01	%/V
FB Pin Bias Current	(Note 3), FB = 1.25V, OVP = 1.35V			100	600
FB Error Amplifier Voltage Gain	$\Delta V_{\text{VC}}/\Delta V_{\text{FB}}$			180	V/V
FB Error Amplifier Transconductance	$\Delta I = 5\mu\text{A}$			170	$\mu\text{hos}$
FB Low Detection Voltage				0.1	V
DCM Current Turn-On Threshold	Current Out of Pin			80	$\mu\text{A}$
Maximum Oscillator Frequency				400	kHz

### リニア・レギュレータ

INTV <sub>CC</sub> Regulation Voltage		9.8	10	10.4	V
Dropout ( $V_{\text{IN}}-\text{INTVCC}$ )	$I_{\text{INTVCC}} = -10\text{mA}$ , $V_{\text{IN}} = 10\text{V}$		500	900	mV
Current Limit	$\text{INTVCC} < 9.5\text{V}$ $\text{INTVCC} > 9.5\text{V}$	17 80	25 120		mA mA

### ゲート・ドライバ

$t_{\text{r}}$ GATE Driver Output Rise Time	$C_L = 3300\text{pF}$		18		ns
$t_{\text{f}}$ GATE Driver Output Fall Time	$C_L = 3300\text{pF}$		18		ns
Gate Output Low ( $V_{\text{OL}}$ )				0.01	V
GATE Output High ( $V_{\text{OH}}$ )				$\text{INTVCC} - 50\text{mV}$	V

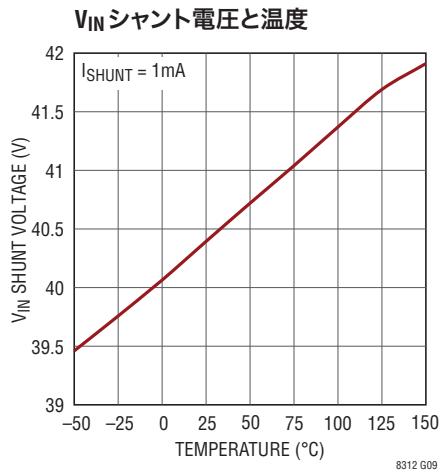
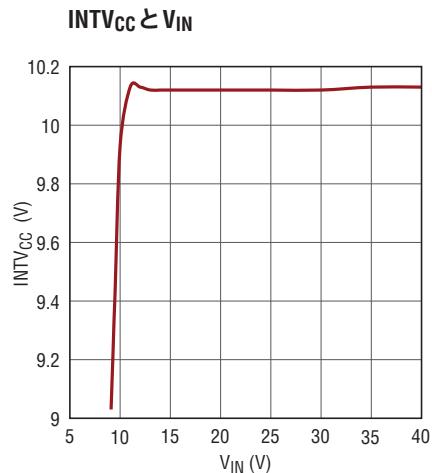
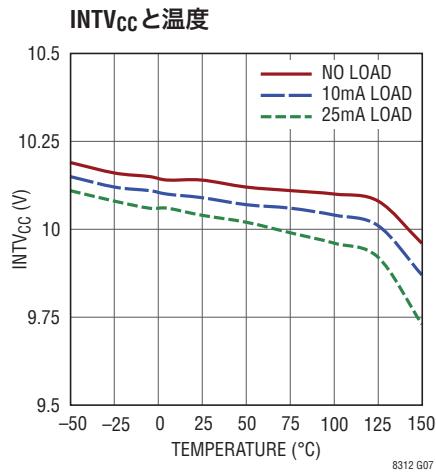
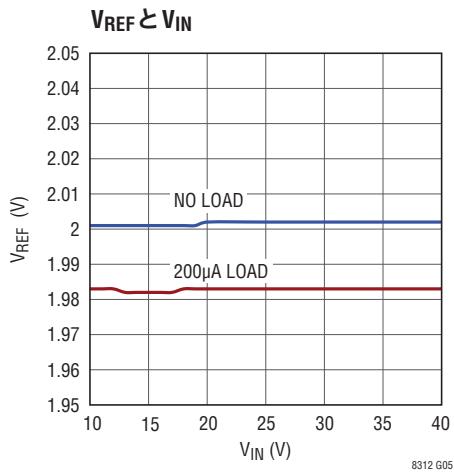
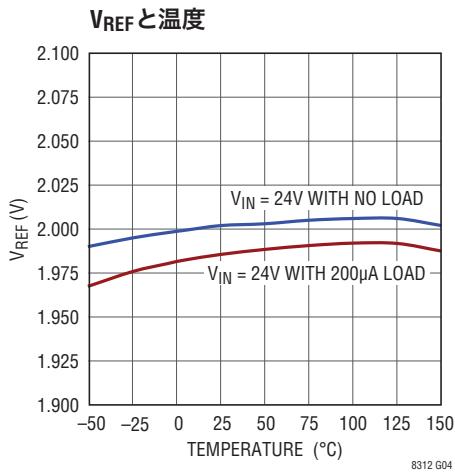
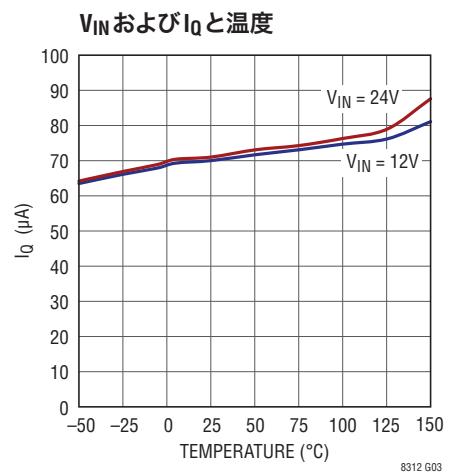
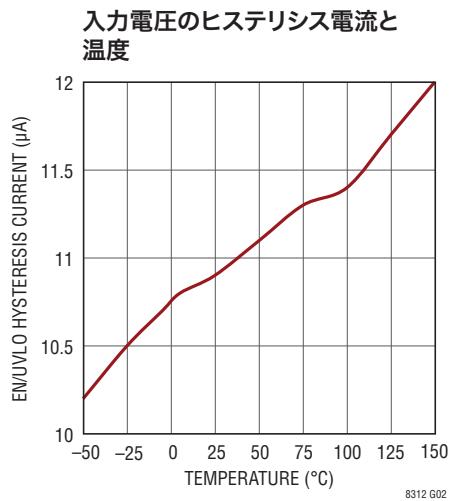
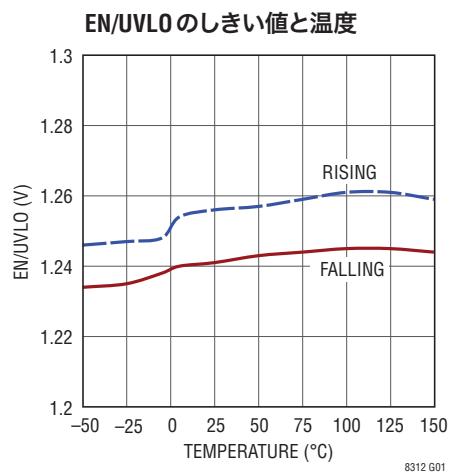
**Note 1:** 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに回復不可能な損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

**Note 2:** LT8312Eは、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の接合部温度で規定性能に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計的なプロセス・コントロールとの関連で確認されている。LT8312Iは $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲で

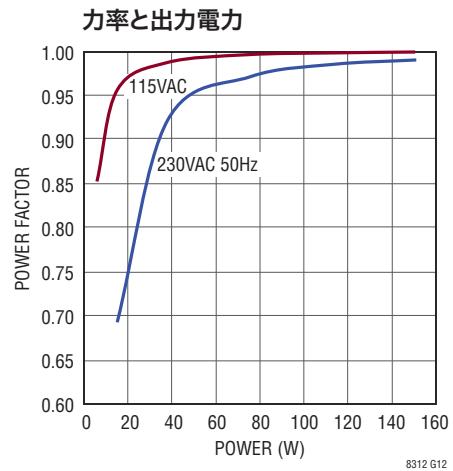
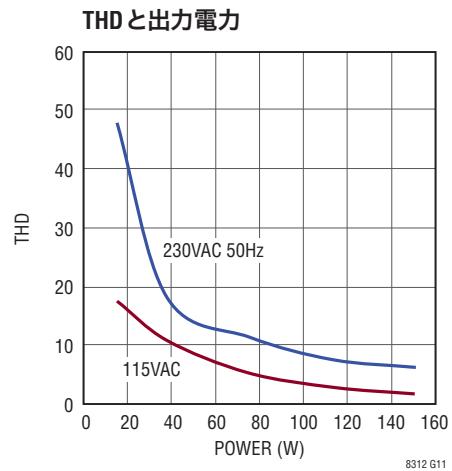
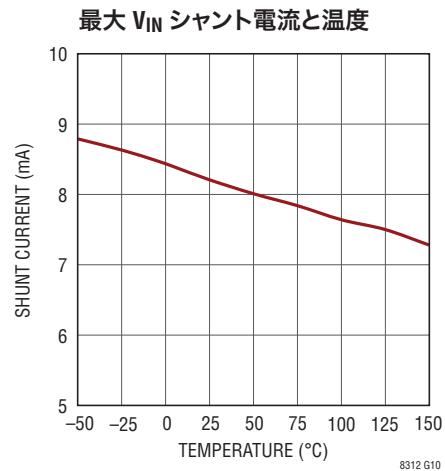
規定性能に適合することが保証されている。LT8312Hは、 $-40^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。LT8312MPは、 $-55^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。接合部温度が高いと動作寿命は短くなる。接合部温度が $125^\circ\text{C}$ を超えると、動作寿命が短くなる。

**Note 3:** 電流はFBピンから流れ出します。

## 標準的性能特性



## 標準的性能特性



## ピン機能

**GND(ピン1、2、3、7、8)**：グランド。

**V<sub>REF</sub>(ピン4)**：電圧リファレンス出力ピン。標準2Vです。このピンはOVPピンの抵抗分割器を駆動します。最大200 $\mu$ Aの電流を供給することができます。

**OVP(ピン5)**：過電圧保護。このピンはDC電圧を受け取り、電圧出力情報と比較します。出力電圧情報がOVPを超えると、デバイスは最小スイッチング周波数を8で割って約500Hzになります。これによって出力に接続されたデバイスを保護します。また、これにより、デバイスは無負荷時に非常に小さい消費電力で動作することによってエネルギー・スターの要件を満たすことができます。

**V<sub>C</sub>(ピン6)**：内部エラーアンプの補償ピン。このピンからグランドに直列のRCを接続してスイッチング・レギュレータを補償します。100pFのコンデンサを並列に接続すると、ノイズの除去に効果があります。

**FB(ピン9)**：電圧ループの帰還ピン。FBを使用して出力電圧を安定化します。

**DCM(ピン10)**：不連続導通モードの検出ピン。このピンから3次巻線にコンデンサと抵抗を直列に接続します。

**V<sub>IN</sub>(ピン11)**：入力電圧。このピンは、内部起動回路とINTV<sub>CC</sub> LDOに電流を供給します。このピンはコンデンサでローカルにバイパスする必要があります。42Vのシャント・レギュレータがこのピンに内部で接続されています。

**EN/UVLO(ピン12)**：イネーブル/低電圧ロックアウト。V<sub>IN</sub>に接続された抵抗分割器をこのピンに接続して、LT8312がオンする最小入力電圧を設定します。1.25Vより低いと、内部回路のほとんどがディスエーブルされた状態でデバイスに60 $\mu$ Aが流れ、EN/UVLOピンから10 $\mu$ Aのヒステリシス電流が引き出されます。1.25Vより高いと、デバイスはイネーブルされてスイッチングを開始し、10 $\mu$ Aのヒステリシス電流はオフします。

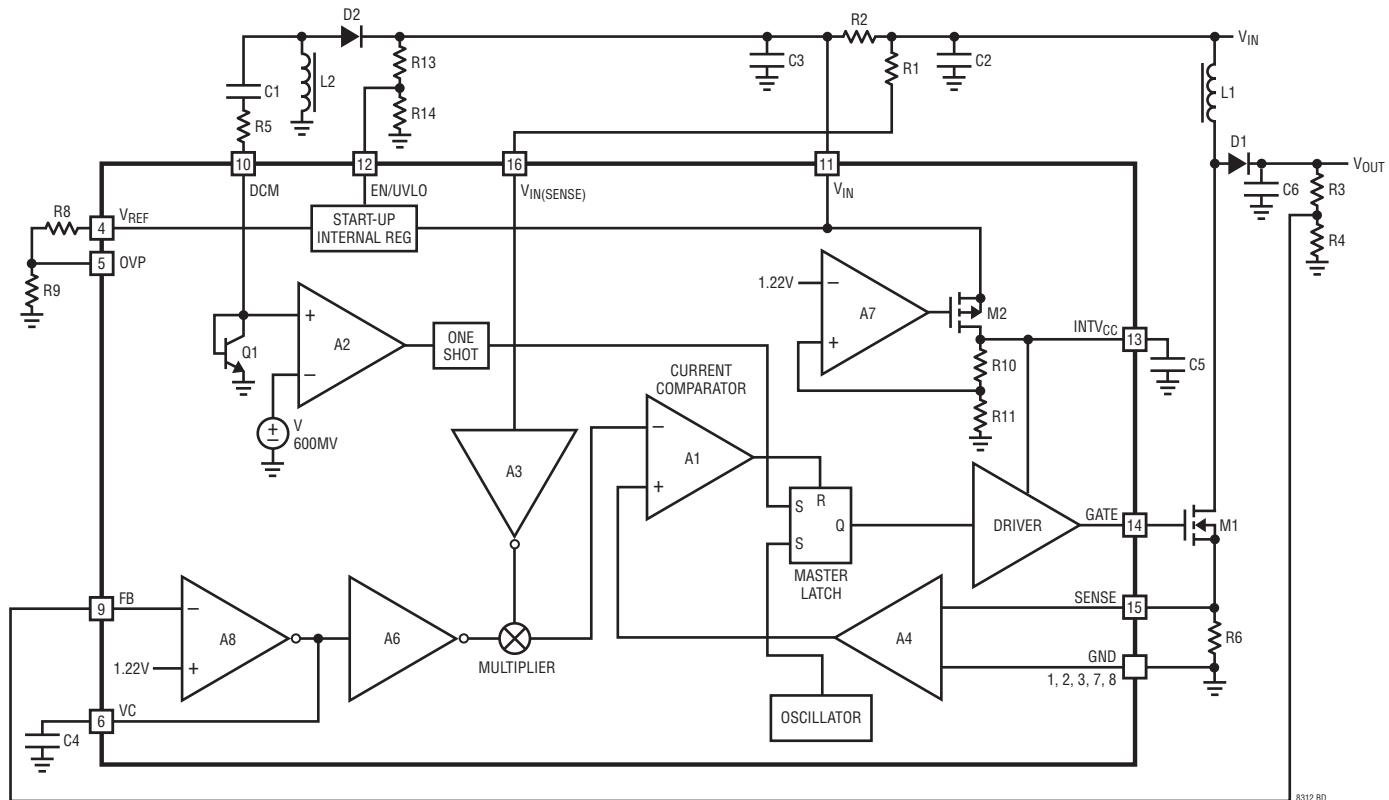
**INTV<sub>CC</sub>(ピン13)**：内部負荷とゲート・ドライバの安定化電源。V<sub>IN</sub>から給電され、10V(標準)に安定化されます。INTV<sub>CC</sub>ピンは、近くに配置した4.7 $\mu$ Fのコンデンサでバイパスする必要があります。

**GATE(ピン14)**：NチャネルFETゲート・ドライバの出力。INTV<sub>CC</sub>とGNDの間でスイッチングします。シャットダウン状態の間はGNDにドライブされ、低電圧状態の間は“H”に保たれます。

**SENSE(ピン15)**：制御ループの電流検出入力ピン。このピンは、NFETのソースのスイッチ電流検出抵抗R<sub>SENSE</sub>の正端子にケルビン接続します。電流検出抵抗の負端子はデバイスの近くでGNDプレーンに接続します。

**V<sub>IN(SENSE)</sub>(ピン16)**：ライン電圧の検出ピン。このピンを使ってACライン電圧を検出し、力率補正を行います。このピンにはライン電圧と直列に抵抗を接続します。

## ブロック図



## 動作

LT8312は力率補正昇圧コントローラ・デバイスです。このデバイスは、電流モード制御やクリティカル導通モードを使用するアプリケーションで高い力率と低い高調波歪みを実現します。

オフライン電源にはアクティブな力率補正が必須なものになってきています。力率1は、供給される電流が入力電圧に比例する場合に得られます。LT8312は、スケール調整された入力電圧を使ってピーク電流制限を調整します。この手法により、0.97以上の力率が得られます。

システムの全体像を「ブロック図」に示します。外付け部品は昇圧トポロジーで構成されています。補助巻線は定常状態の動作時にデバイスに電力を供給します。V<sub>IN</sub>ピンはINTV<sub>CC</sub>ピンに10Vを生成する内部LDOに電力を供給します。この制御回路は、エラーアンプ、乗算器、電流コンパレータおよびマスター・ラッチで構成されています。これらについて以下のセクションで説明します。補助巻線にコンデンサを接続し、コンパレータを使って不連続導通モード(DCM)の検出を行います。このデバイスは1.9Aのゲート・ドライバを備えています。

LT8312はオフライン・アプリケーション向けに設計されています。EN/UVLOと抵抗分割器はヒステリシスを伴ったマイクロパワー起動を行うように構成されています。「ブロック図」のR2は高い電源電圧に耐えるために使用されています。V<sub>IN</sub>が2.5Vを超えると、内部LDOがINTV<sub>CC</sub>ピンに電流を供給し始めます。V<sub>IN</sub>とINTV<sub>CC</sub>のコンデンサはR2からの電流によって充電されます。V<sub>IN</sub>がターンオンしきい値を超えると、INTV<sub>CC</sub>が10Vでレギュレーション状態になると、デバイスはスイッチングを開始します。V<sub>IN</sub>のヒステリシスはEN/UVLOの抵抗分割器によって設定されます。補助巻線の電圧がV<sub>IN</sub>電圧を上回ると、補助巻線がV<sub>IN</sub>に電力を供給します。フルト保護のために電圧シャント機能が備えられており、V<sub>IN</sub>が40Vを超えると、8mAの電流をシンクすることができます。

標準的サイクルでは、ゲート・ドライバが外付けMOSFETをオンし、インダクタに電流が流れます。この電流は入力電圧に比例したレートで増加します。制御ループによって最大電流が決定され、その電流レベルに達すると電流コンパレータがスイッチをオフします。スイッチがオフすると、インダクタ電流が出力コンデンサに接続されたダイオードを介して流れ始めます。この電流は出力電圧と入力電圧の差に比例したレートで減少します。電流がゼロまで減少すると、出力ダイオードがオフし、寄生容量とインダクタにより、MOSFETのドレインの電圧が発振し始めます。補助巻線の両端の電圧はメイン・インダクタの両端の電圧と等しく、補助巻線にもリングングが生じます。リングングが生じると、DCMピンに接続されたコンデンサ

C1が、dv/dt検出器として機能するコンパレータA2をトリップします。dv/dt検出器がリングング波形が最小値に達するのを待ってから、スイッチがオンに戻ります。このスイッチング動作はゼロ・ポルト・スイッチングと同様で、スイッチがオンに戻る際のエネルギーの損失量を最小限に抑え、効率を5%程度改善します。このデバイスは連続導通モードと不連続導通モードの境界で動作するので、この動作モードは臨界導通モード(またはバウンダリ導通モード)と呼ばれています。

出力電圧は、FBピンに接続した抵抗分割器を使用して安定化されます。エラーアンプの出力はVCピンです。このノードには、制御ループを補償するためのコンデンサが必要です。

## 力率補正

V<sub>IN</sub>(SENSE)ピンが抵抗を使って電源電圧に接続されている場合、電流制限は電源電圧に比例します。LT8312が高速制御ループで構成されている場合、VCピンはV<sub>IN</sub>(SENSE)の変化に対応します。乗算器を機能させる唯一の方法は、制御ループの周波数をV<sub>IN</sub>(SENSE)信号の基本周波数より1桁小さい値に設定することです。オフライン・アプリケーションの場合、電源電圧の基本周波数は120Hzなので、制御ループのユニティゲイン周波数を約12Hz以下に設定する必要があります。

## 起動

LT8312はヒステリシスを伴った起動を使用し、高いオフライン電源電圧で動作します。電源電圧に抵抗を接続することにより、デバイスを高電圧から保護します。この抵抗はデバイスのV<sub>IN</sub>ピンに接続し、コンデンサでバイパスします。この抵抗がV<sub>IN</sub>ピンをEN/UVLOの抵抗分割器で設定されたターンオン電圧まで充電し、INTV<sub>CC</sub>ピンがレギュレーション・ポイントになると、デバイスはスイッチングを開始します。定常状態では、抵抗はデバイスに電力を供給できませんが、コンデンサによってデバイスが起動し、補助巻線が抵抗とともにV<sub>IN</sub>ピンに電力を供給し始めます。V<sub>IN</sub>ピンには内部電圧クランプが備わっており、抵抗の電流によってV<sub>IN</sub>がこのピンの絶対最大定格電圧より高くなるのを防ぎます。内部クランプは40Vに設定されており、室温で8mA(標準)の電流を流すことができます。

## 動作

### $V_{IN}$ のターンオン電圧およびターンオフ電圧の設定

3次巻線がデバイスに電力を供給するための時間を確保するため、 $V_{IN}$ のターンオン電圧と $V_{IN}$ のターンオフ電圧の間に大きな電圧差があることが望まれます。EN/UVLOによって、これら2つの電圧が設定されます。このピンの電流シンクは、ピンの電圧が1.25Vより低いときは10 $\mu$ Aで1.25Vより高いときは0 $\mu$ Aです。 $V_{IN}$ ピンは 図1に示すように抵抗分割器に接続します。

$V_{IN}$ の上昇時のUVLOしきい値は次式のようになります。

$$V_{IN(UVLO,RISING)} = 1.25V \cdot \frac{R1+R2}{R2} + 10\mu A \cdot R1$$

$V_{IN}$ の下降時のUVLOしきい値は次式のようになります。

$$V_{IN(UVLO,FALLING)} = 1.25V \cdot \frac{R1+R2}{R2}$$

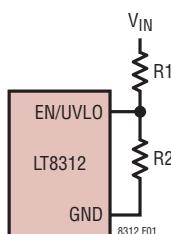


図1. 低電圧ロックアウト(UVLO)

### 出力電圧の設定

出力電圧は出力コンデンサからFBピンへの抵抗分割器を使用して設定します。「ブロック図」に示されるように、抵抗R3およびR4が出力コンデンサからの抵抗分割器を構成しています。出力電圧の式は次のようになります。

$$V_{OUT} = V_{BG} \cdot \frac{R3+R4}{R5}$$

$V_{BG}$ 電圧は「電気的特性」表のFB電圧に等しくなっています。

### $V_{IN(SENSE)}$ の設定

$V_{IN(SENSE)}$ 抵抗により、電流制限を調整して力率補正を行う内部乗算器に流れる電流が設定されます。最大ライン電圧 $V_{MAX}$ のとき、電流は360 $\mu$ Aに設定されます。この条件では、抵抗値は( $V_{MAX}/360\mu A$ )に等しくなります。

### クリティカル導通モードの動作

クリティカル導通モードは可変周波数スイッチング手法であり、サイクルごとにインダクタ電流を必ずゼロに戻します。DCMピンは小容量のコンデンサと組み合わせて高速電流入力コンパレータを使用し、補助巻線の  $dv/dt$ を検出します。誤ってトリップしないように、スイッチがオフした後、200nsのブランкиング時間が与えられます。検出器は、出力ダイオードがオフするときの3次巻線の電圧低下によってDCMピンに流れる80 $\mu$ Aの電流を検出します。スイッチ電圧が引き続き $V_{OUT}$ に近く、スイッチ・ノードの寄生容量に蓄積されたすべてのエネルギーを消費する可能性があるので、これはスイッチをオンする最適な時点ではありません。出力ダイオードの電流がゼロに達すると不連続なリンクギングが始まり、スイッチ・ノードの寄生容量のエネルギーが入力コンデンサに移動します。これは、スイッチ・ノードの寄生容量とメイン・インダクタで構成される2次のネットワークです。この不連続なリンクギングの間のスイッチ・ノードの最小電圧は $2V_{IN}-V_{OUT}$ です。LT8312は、不連続

## 動作

なスイッチ波形の間、 $dv/dt$ 検出器を使ってスイッチ波形の勾配が負から正になる時点を検出することにより、この時点ですイッチをオンに戻します。このスイッチング手法は効率を5%改善する可能性があります。

電流制限値が小さいとクリティカル導通モードの周波数が非常に高くなることがあります。LT8312の最大周波数ランプは400kHzです。自然なクリティカル導通モードの周波数が400kHzより高いときは、デバイスは不連続導通モードで動作します。

### 検出抵抗の選択

外付けNチャネルMOSFETのソースとGNDの間の抵抗 $R_{SENSE}$ は、電流制限しきい値を超えることなくアプリケーションをドライブする適正なスイッチ電流が得られるように選択します。

### 最小電流制限

LT8312は、ピーク電流制限の約3%の最小電流制限を行います。これは入力電源のオフライン・クロスオーバー期間の高調波歪みを改善するのに役立ちます。

### 汎用入力

LT8312は90VAC～265VACの一般的な入力電圧範囲で動作します。

### ループ補償

帰還ループは従来の $g_m$ エラーアンプです。PFCが正常に動作するため、ループのクロスオーバー周波数はライン周波数の2倍よりも大幅に低く設定されています。「標準的応用例」では、補償コンデンサは1 $\mu$ Fです。

### MOSFETとダイオードの選択

LT8312は、強力な1.9Aゲート・ドライバを備えており、ほとんどの高電圧MOSFETを効率的にドライブすることができます。効率を最大にするには、 $Q_G$ が小さいMOSFETを推奨します。ほとんどのアプリケーションでは、MOSFETの温度上昇を制限するように $R_{DS(ON)}$ を選択する必要があります。MOSFETがオフ状態でダイオードに電流が流れている間、MOSFETのドレインは $V_{OUT}$ の電圧ストレスを受けます。

MOSFETスイッチがオンのときはダイオードが $V_{OUT}$ の電圧ストレスを受けます。ダイオードを流れる平均電流は負荷電流に等しくなります。

### 不連続モードの検出

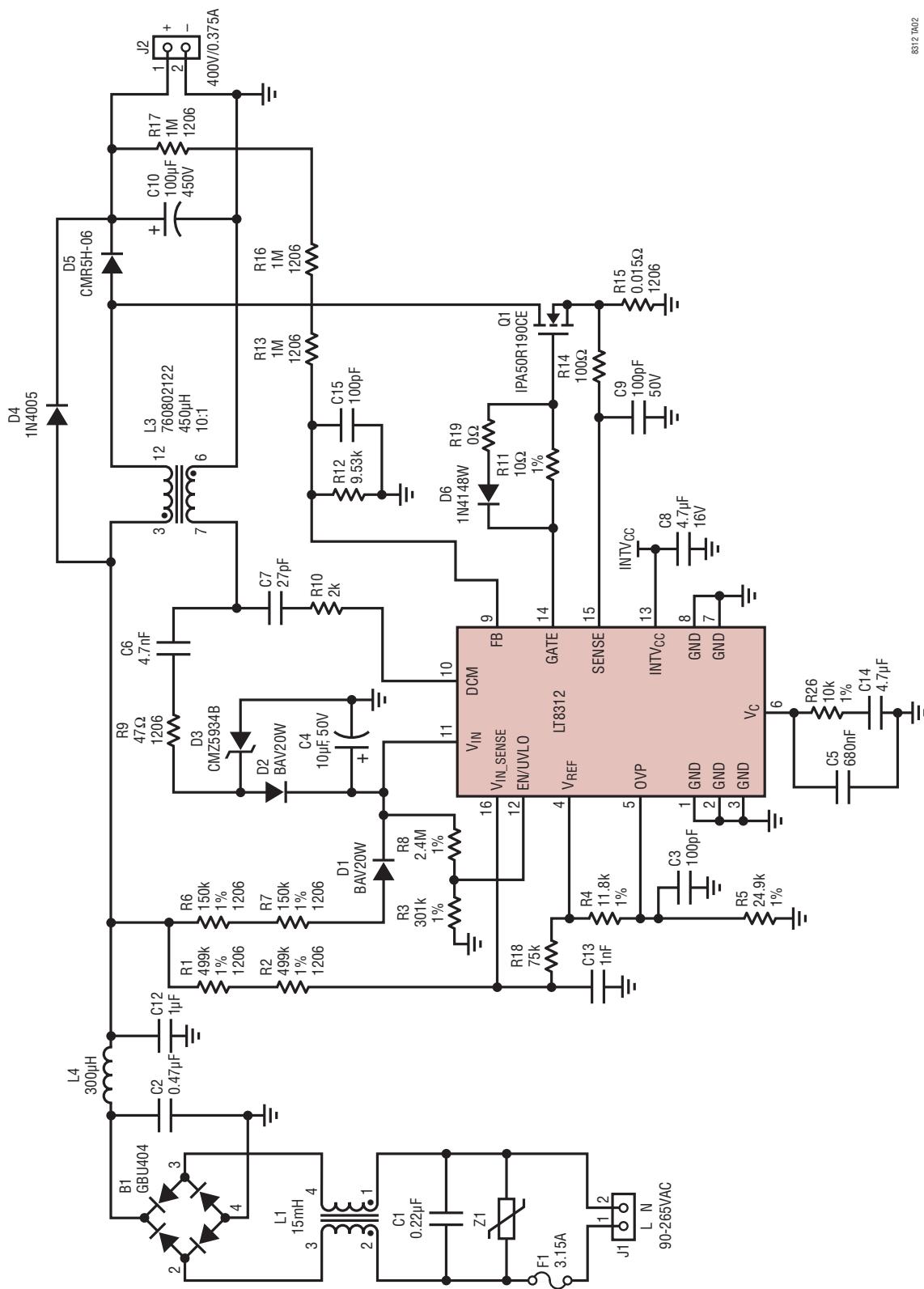
不連続モードの検出器は、AC結合を使って補助巻線のリングを検出します。ほとんどの設計に、30kの抵抗と直列接続した22pFのコンデンサを推奨します。

### 効率改善/高調波成分

LT8312は、内部乗算器を使ってメイン・パワースイッチのピーク電流をライン電圧に比例させることにより、効率を大きくして高調波成分を小さくします。ほとんどのアプリケーションでは、このデータシートの設計の計算式に従うことにより、0.97以上の効率が容易に達成できます。適切に設計することにより、LT8312のアプリケーションはほとんどの高調波の基準を容易に満たすことができます。

## 標準的应用例

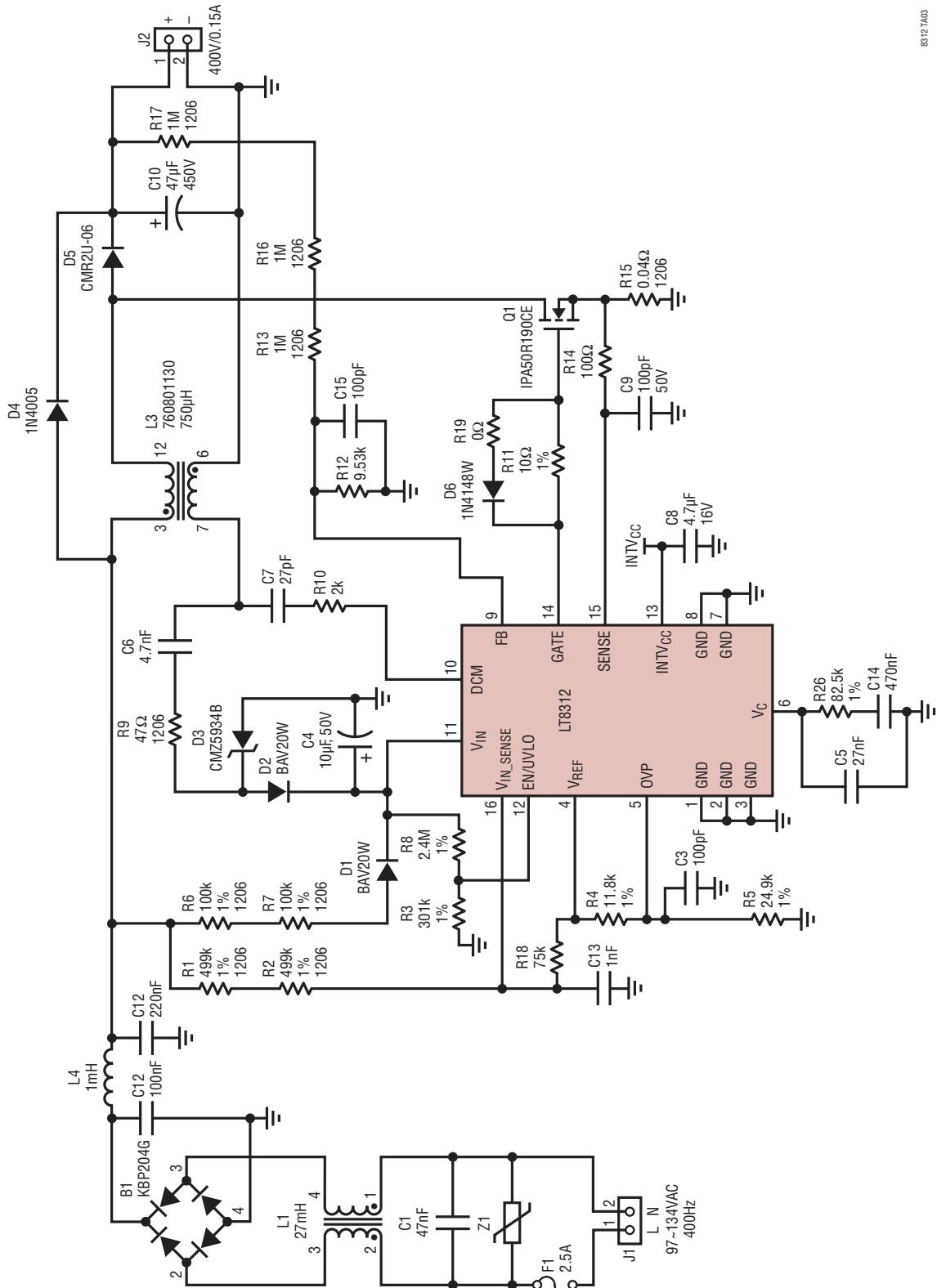
汎用入力 150W PFC 昇圧コンバータ



8312 T002

## 標準的応用例

アビオニクス入力 60W PFC 昇圧コンバータ

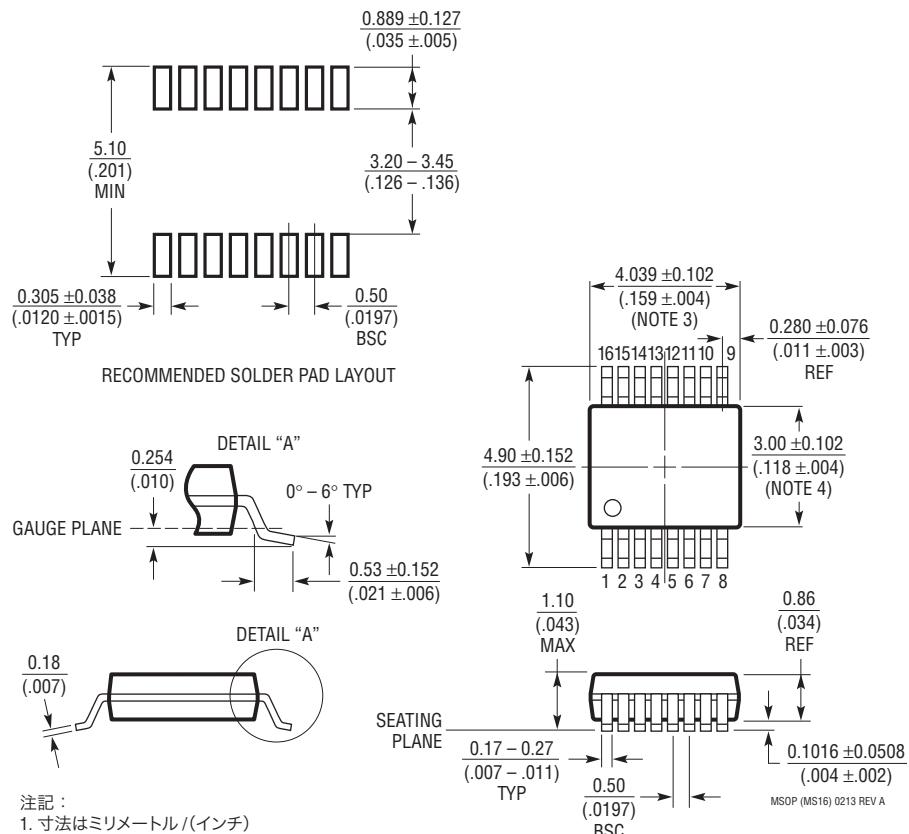


8312 TA03

## パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> を参照してください。

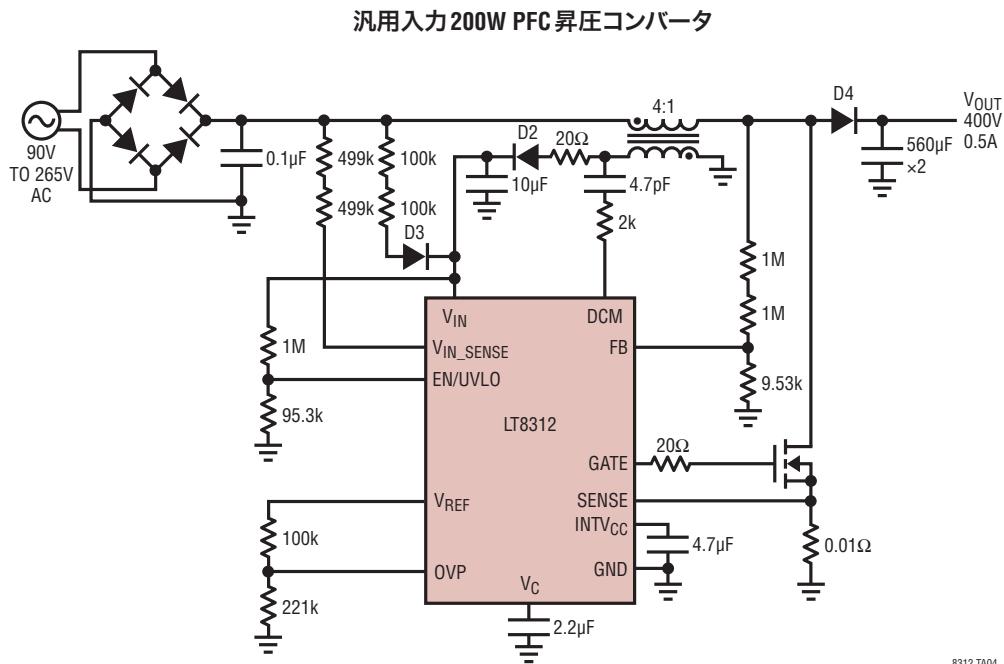
**MS Package  
16-Lead Plastic MSOP**  
(Reference LTC DWG # 05-08-1669 Rev A)



### 注記

- 注記 (0.019)  
1. 寸法はミリメートル(インチ)  
2. 図は実寸とは異なる  
3. 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない  
モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで 0.152mm(0.006") を超えないこと  
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない  
リード間のバリまたは突出部は、各サイドで 0.152mm(0.006") を超えないこと  
5. リードの平准度(整形後のリードの底面)は最大 0.102mm(0.004") であること

## 標準的応用例



8312 TA04

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LT3798	アクティブPFC機能を備えたオプトカプラ不要のオフライン絶縁型フライバック・コントローラ	外付け部品によってのみV <sub>IN</sub> とV <sub>OUT</sub> を制限
LT3752/ LT3752-1	ハウスキーピング・コントローラを内蔵したアクティブ・クランプ同期整流式フォワード・コントローラ	入力電圧範囲 LT3752: 6.5V ~ 100V、LT3752-1: 外付け部品によってのみ制限される
LT3753	アクティブ・クランプ同期整流式フォワード・コントローラ	入力電圧範囲 8.5V ~ 100V
LT8311	フォワード・コンバータ用オプトカプラ・ドライバ内蔵の同期整流器コントローラ	1次側のLT3752/LT3752-1、LT3753、およびLT8310コントローラでの使用に最適化
LT3748	100V絶縁型フライバック・コントローラ	5V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 100V、オプトカプラ不要のフライバック・コントローラ、高電圧ピン間にスペースを設けたMSOP-16パッケージ
LTC <sup>®</sup> 3765/ LTC3766	オプトカプラ不要のアクティブ・クランプ・リセット付き同期整流式フォワード・コントローラ・チップセット	直接磁束制限、2次側フォワード・コントローラのセルフスタートをサポート
LTC3723-1/ LTC3723-2	同期整流式プッシュプルおよびフルブリッジ・コントローラ	内蔵MOSFETドライバにより高効率を達成、同期整流のタイミングを調整可能
LTC3722/ LTC3722-2	同期整流式フルブリッジ・コントローラ	ゼロ電圧スイッチングの適応型またはマニュアルの遅延制御、同期整流のタイミングを調整可能

8312f