



## 36V、2.5A/3.5A、完全統合型の 同期整流式 Silent Switcher 降圧コンバータ

MAX26402/MAX26403

### 概要

MAX26402/MAX26403 は、小型、低 EMI（電磁干渉）放射の同期整流式 Silent Switcher<sup>®</sup> 降圧コンバータで、ハイサイド・スイッチとローサイド・スイッチが内蔵されています。3V~36V の幅広い入力電圧範囲にわたって最大 2.5A/3.5A を供給します。パワーグッド（PGOOD）信号を観察することで電圧品質をモニタリングできます。これらの IC は、99%のデューティ・サイクルでのドロップアウト動作が可能のため、産業用のアプリケーションに適しています。

MAX26402/MAX26403 では、外部で設定可能な出力電圧、または内部で固定された出力電圧（5V および 3.3V）を使用できます。3MHz/2.1MHz/400kHz の固定内部周波数オプションを利用できるため、小型の外付け部品を使用でき、出力リップルが低減し、振幅変調（AM）干渉も発生しません。

SYNC がローの場合、MAX26402/MAX26403 は軽負荷時に自動でスキップ・モードになり、無負荷時は 10μA の超低自己消費電流になります。ピン選択可能な強制パルス幅変調（PWM）モードも使用でき、EMI 性能が向上します。デバイスは、変調周波数による EMI 放射を最小限に抑えるよう設計された、スペクトラム拡散周波数変調オプションを備えています。

また、MAXQ<sup>®</sup> パワー・アーキテクチャを採用しているため、高精度の過渡応答性能と位相マージンが得られます。これにより、あらゆるアプリケーションでシステム・コストを最小限に抑えながら、最大の電力、性能、精度を得ることができます。

MAX26402/MAX26403 は小型の 3mm × 3mm FC2QFN パッケージに収められており、外付け部品がほとんど不要です。

### アプリケーション

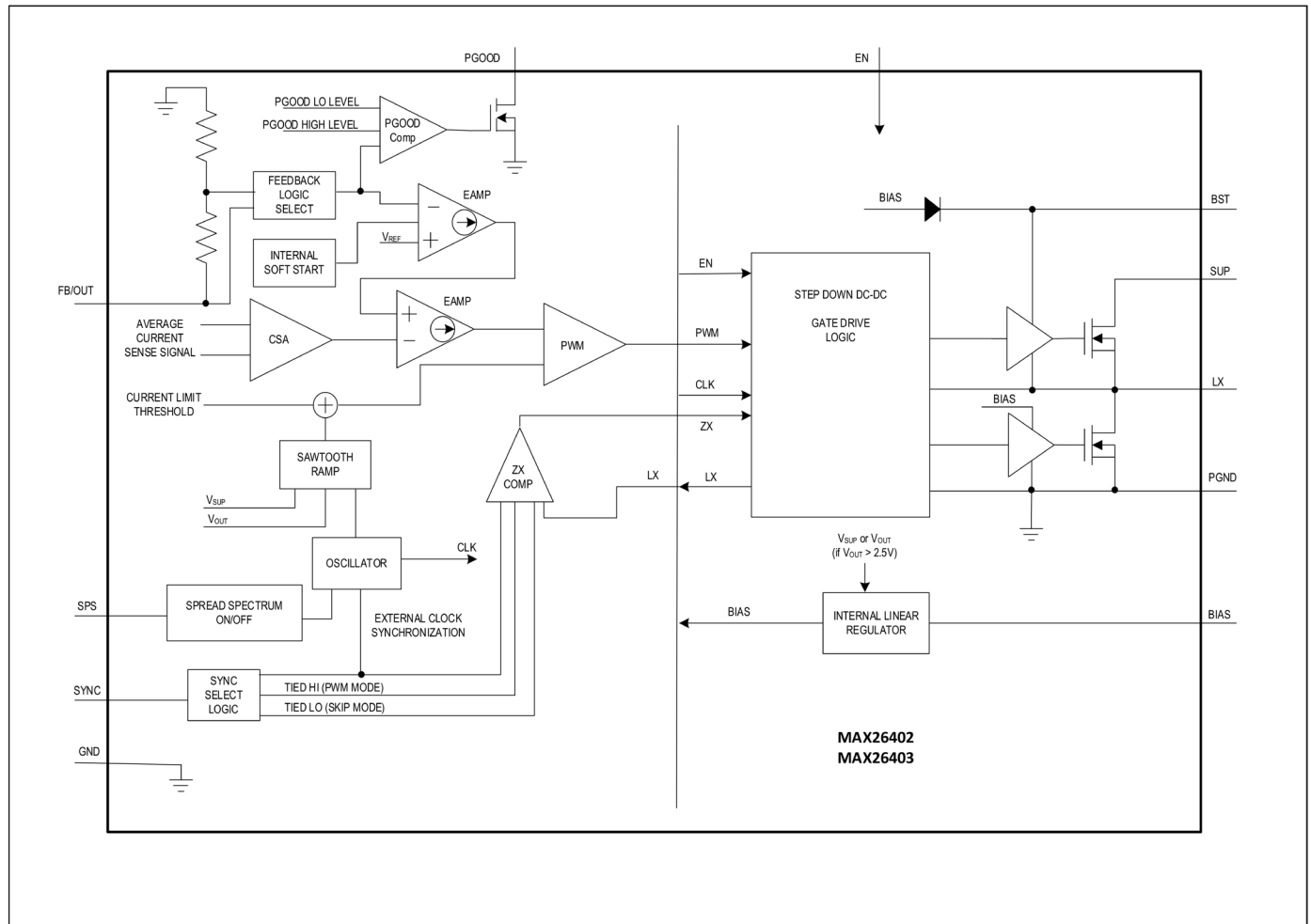
- ポイントオブロード（POL）電源
- 12V/24V 産業用アプリケーション
- テレコム、サーバー、ネットワーク機器

### 機能と利点

- Silent Switcher
  - コンパクトで効率的な低 EMI ソリューションを実現
  - スペクトラム拡散周波数変調
  - 対称パッケージにより優れた EMI 性能を実現
- 小型サイズでありながら多機能
  - 動作入力電圧範囲：3V~36V
  - 最大 2.5A/3.5A の電界効果トランジスタ（FET）を内蔵した同期整流式 DC/DC コンバータ
  - スキップ・モードでの静止電流：10μA
  - スイッチング周波数：3MHz/2.1MHz/400kHz
  - スペクトラム拡散オプション
  - 2.5ms 固定の内部ソフトスタート
  - 出力電圧を 0.8V~12V の範囲で設定可能、または 5V/3.3V の固定オプションを選択
  - 低ドロップアウトで 99%デューティ・サイクル動作
- 安全性が不可欠なアプリケーションに対応する高精度
  - MAXQ パワー・アーキテクチャ
  - 強制 PWM での出力電圧精度：±1.5%
  - 高精度イネーブル・スレッシュホールドにより、完全にプログラマブルな低電圧ロックアウト（UVLO）スレッシュホールドを実現
  - ウィンドウ化された正確な PGOOD
- 環境に対応する堅牢性
  - 平均電流モード、強制 PWM、スキップ動作
  - 過熱、過電圧（OV）、短絡に対する保護機能
  - 3mm × 3mm FC2QFN
  - 動作温度範囲：-40°C ~ +125°C

型番はデータシートの末尾に記載しています。

## 簡略化したブロック図



## 絶対最大定格

SUP .....	-0.3V~+42V	SPS .....	-0.3V~+2.2V
EN .....	-0.3V~+42V	PGND~AGND .....	-0.3V~+0.3V
BST~LX .....	-0.3V~+2.2V	ESD 保護 (人体モデル) .....	±2kV
BST .....	-0.3V~+44V	連続消費電力 (多層基板) (T <sub>A</sub> = +70°C、+70°C を超えると 25mW/°C でディレーティング) .....	2000mW
LX .....	-0.3V~SUP+0.3V	動作ジャンクション温度範囲 .....	-40°C~+150°C
SYNC .....	-0.3V~+6V	保管温度範囲 .....	-65°C~+150°C
FB/OUT .....	-0.3V~+16V	はんだ処理温度 (はんだ処理: 10 秒) .....	+300°C
PGOOD .....	-0.3V~+6V		
BIAS .....	-0.3V~+2.2V		

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。これらの規定はストレス定格のみを定めたものであり、この仕様の動作セクションに記載する規定値以上でデバイスが正常に動作することを意味するものではありません。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に影響を与えます。

## パッケージ情報

## 15 FC2QFN

Package Code	F153B3FY+1	
Outline Number	<a href="#">21-100532</a>	
Land Pattern Number	<a href="#">90-100188</a>	
<b>THERMAL PARAMETERS</b>	<b>4-LAYER JEDEC BOARD</b>	<b>4-LAYER EV KIT</b>
Junction-to-Ambient Thermal Resistance ( $\theta_{JA}$ )	51.1°C/W	40.6°C/W
Junction-to-Case (top) Thermal Resistance ( $\theta_{JCt}$ )	32.7°C/W	—
Junction-to-Case (bottom) Thermal Resistance ( $\theta_{JCb}$ )	21.4°C/W	15.6°C/W
Junction-to-Board Thermal Resistance ( $\theta_{JB}$ )	23.3°C/W	11.7°C/W
Junction-to-Top Characterization Parameter ( $\Psi_{JT}$ )	1.9°C/W	1.8°C/W
Junction-to-Board Characterization Parameter ( $\Psi_{JB}$ )	25.5°C/W	17.9°C/W

最新のパッケージ外形図とランド・パターン（フットプリント）に関しては、<https://www.analog.com/jp/design-center/packaging-quality-symbols-footprints/package-index.html> で確認してください。パッケージ・コードの「+」、「#」、「-」は RoHS 対応状況のみを示します。パッケージ図面は異なる末尾記号が示されている場合がありますが、図面は RoHS 状況に関わらず該当のパッケージについて図示しています。

パッケージの熱抵抗は、JEDEC 規格に記載の方法で 4 層基板を使用して求めたものです。パッケージの熱に対する考慮事項の詳細については、<https://www.analog.com/jp/technical-articles/thermal-characterization-of-ic-packages.html> を参照してください。

## 電氣的特性

(特に指定のない限り、 $V_{SUP} = V_{EN} = 14V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +150^{\circ}C$ 。特に指定のない限り、代表値は  $T_A = +25^{\circ}C$  の通常条件下の値。  
([Note 1](#) および [Note 2](#)) )

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage Range	V <sub>SUP</sub>			3		36	V
		t < 1s				42	
Supply Current	I <sub>SUP_SHDN</sub>	V <sub>EN</sub> = 0V, T <sub>A</sub> = +25°C			2.75	5.00	μA
	I <sub>SUP</sub>	V <sub>EN</sub> = high, V <sub>OUT</sub> = 3.3V, fixed output voltage, no load, switching, T <sub>A</sub> = +25°C			10		
SUP Undervoltage Lockout	V <sub>SUP_UVLO_RISE</sub>	SUP voltage rising		2.900	3.025	3.150	V
	V <sub>SUP_UVLO_FALL</sub>	SUP voltage falling		2.600	2.725	2.850	
BIAS Voltage	V <sub>BIAS</sub>				1.8		V
BIAS Undervoltage Lockout	V <sub>BIAS_UVLO</sub>	BIAS voltage rising		1.58	1.63	1.68	V
BIAS Undervoltage Lockout Hysteresis	V <sub>BIAS_UVLO_HYS</sub>	BIAS UVLO hysteresis ( <a href="#">Note 3</a> )			65		mV
BUCK CONVERTER							
Output Voltage Accuracy 5V	V <sub>OUT_SKIP_5V</sub>	T <sub>A</sub> = -40°C to +125°C	V <sub>OUT</sub> = 5V, skip mode, no load	4.92	5.00	5.07	V
	V <sub>OUT_PWM_5V</sub>	T <sub>A</sub> = -40°C to +125°C	V <sub>OUT</sub> = 5V, PWM mode, no load	4.94	5.00	5.06	
Output Voltage Accuracy 3.3V	V <sub>OUT_SKIP_3.3V</sub>	T <sub>A</sub> = -40°C to +125°C	V <sub>OUT</sub> = 3.3V, skip mode, no load	3.24	3.30	3.36	V
	V <sub>OUT_PWM_3.3V</sub>	T <sub>A</sub> = -40°C to +125°C	V <sub>OUT</sub> = 3.3V, PWM mode, no load	3.254	3.300	3.346	
Output Voltage Adjustable Range	V <sub>OUT</sub>			0.8		12	V
Feedback Voltage Accuracy	V <sub>FB_PWM</sub>	V <sub>FB</sub> = 0.8V, PWM mode, no load, T <sub>A</sub> = -40°C to +125°C		7.88	0.800	0.812	V
Feedback Leakage Current	I <sub>FB</sub>	V <sub>FB</sub> = 0.8V, T <sub>A</sub> = +25°C				100	nA
High-Side DMOS On-Resistance	R <sub>DSON_HS</sub>	V <sub>BIAS</sub> = 1.8V, I <sub>LX</sub> = 0.5A			95	165	mΩ
Low-Side DMOS On-Resistance	R <sub>DSON_LS</sub>	V <sub>BIAS</sub> = 1.8V, I <sub>LX</sub> = 0.5A			45	85	mΩ
High-Side DMOS Current-Limit Threshold	I <sub>LIM</sub>	MAX26402		3.3	4.0	4.7	A
		MAX26403		4.375	5.300	6.200	
LX Leakage	I <sub>LX_LKG</sub>	V <sub>SUP</sub> = 36V, V <sub>LX</sub> = 0V, or V <sub>LX</sub> = 36V, T <sub>A</sub> = +25°C				1	μA
Soft-Start Ramp Time	t <sub>SS</sub>				2.5		ms
Minimum On-Time	t <sub>ON</sub>				35	55	ns
Maximum Duty Cycle	D <sub>MAX</sub>	Dropout mode		98	99		%
SWITCHING FREQUENCY							
PWM Switching Frequency	f <sub>SW</sub>	f <sub>SW</sub> = 400kHz		360	400	440	kHz
		f <sub>SW</sub> = 2.1MHz		1.925	2.100	2.275	MHz
		f <sub>SW</sub> = 3.0MHz		2.7	3.0	3.3	
	f <sub>SYNC</sub>	f <sub>SW</sub> = 400kHz		300		600	kHz

(特に指定のない限り、 $V_{SUP} = V_{EN} = 14V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +150^{\circ}C$ 。特に指定のない限り、代表値は  $T_A = +25^{\circ}C$  の通常条件下の値。  
(Note 1 および Note 2) )

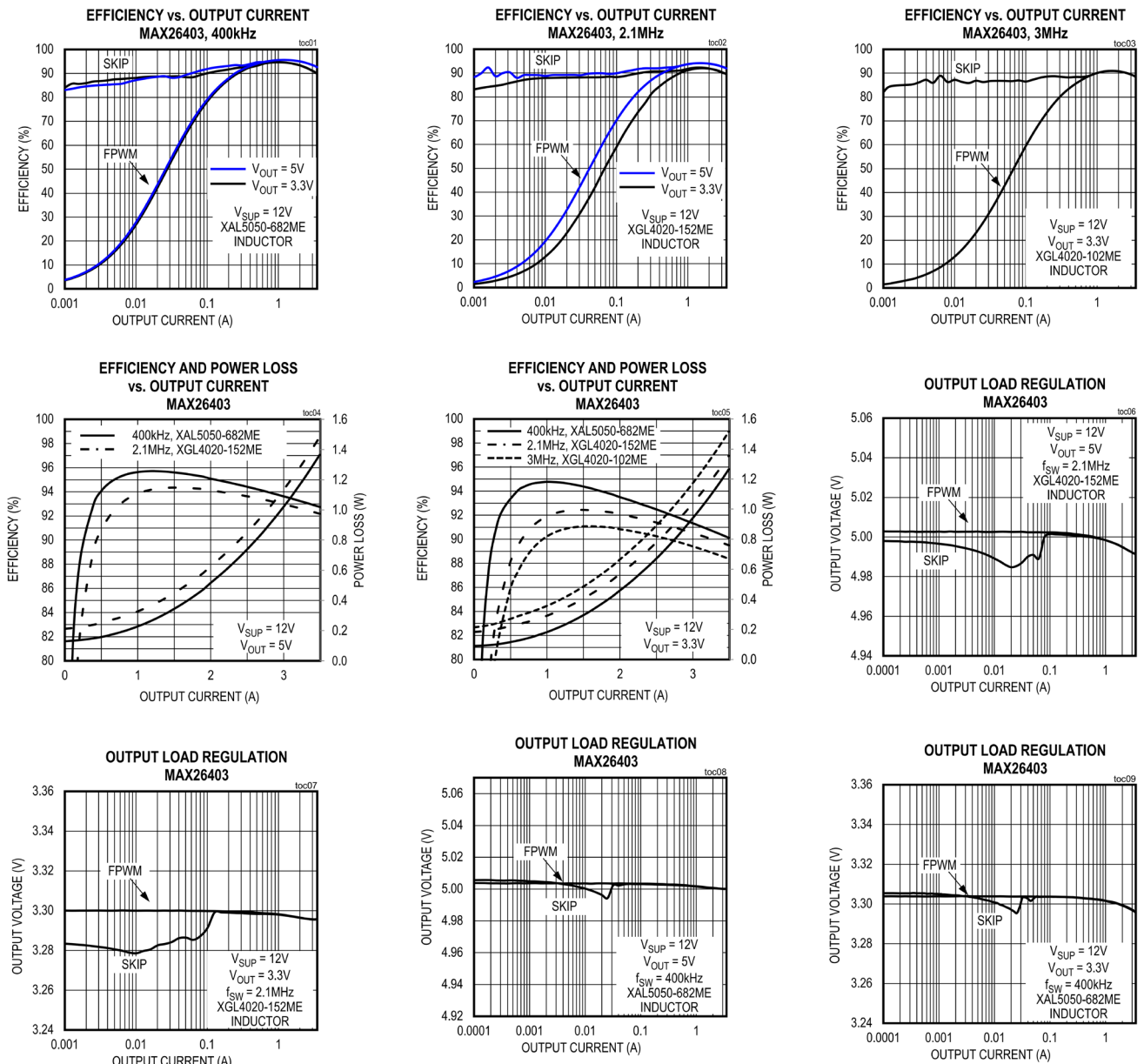
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
SYNC External Clock Frequency		f <sub>SW</sub> = 2.1MHz		1.7		2.6	MHz
		f <sub>SW</sub> = 3MHz		2.6		3.4	
Spread Spectrum	SPS	Percentage of f <sub>SW</sub>		±6			%
PGOOD OUTPUT							
PGOOD UV Threshold	V <sub>PGOOD_UV_THR</sub>	V <sub>OUT</sub> rising		91.75	94.00	96.25	%
	V <sub>PGOOD_UV_THF</sub>	V <sub>OUT</sub> falling		90.75	93.00	95.25	
PGOOD OV Threshold	V <sub>PGOOD_OV_THR</sub>	V <sub>OUT</sub> rising		102.75	105.00	107.25	%
	V <sub>PGOOD_OV_THF</sub>	V <sub>OUT</sub> falling		101.75	104.00	106.25	
PGOOD Debounce Time	t <sub>DEB_rising</sub>	PWM mode	UV rising, OV falling	100			μs
	t <sub>DEB_falling</sub>	PWM mode	UV falling, OV rising	50			
PGOOD Leakage Current	I <sub>PGOOD_LKG</sub>			1			μA
PGOOD Low Voltage Level	V <sub>PGOOD_LOW</sub>	Sinking 1mA		0.4			V
LOGIC LEVELS							
EN High Voltage Level	V <sub>EN_HIGH</sub>			0.825	0.900	0.975	V
EN Low Voltage Level	V <sub>EN_LOW</sub>			0.625	0.700	0.775	V
EN Hysteresis		(Note 3)		200			mV
EN Input Current	I <sub>EN</sub>	V <sub>EN</sub> = V <sub>SUP</sub> = 36V, T <sub>A</sub> = +25°C		1			μA
SYNC High-Voltage Level	V <sub>SYNC_HIGH</sub>			1.4			V
SYNC Low-Voltage Level	V <sub>SYNC_LOW</sub>			0.4			V
SPS High-Voltage Level	V <sub>SPS_HIGH</sub>			1.4			V
SPS Low-Voltage Level	V <sub>SPS_LOW</sub>			0.4			V
THERMAL PROTECTION							
Thermal Shutdown	T <sub>SHDN</sub>			175			°C
Thermal Shutdown Hysteresis	T <sub>SHDN_HYS</sub>			15			°C

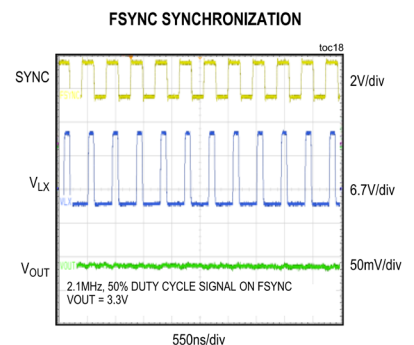
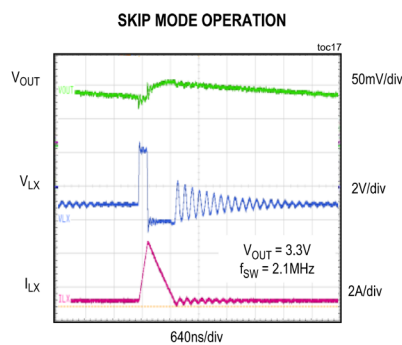
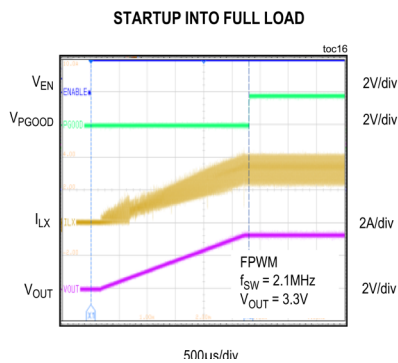
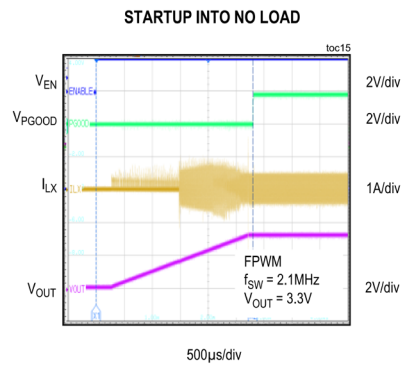
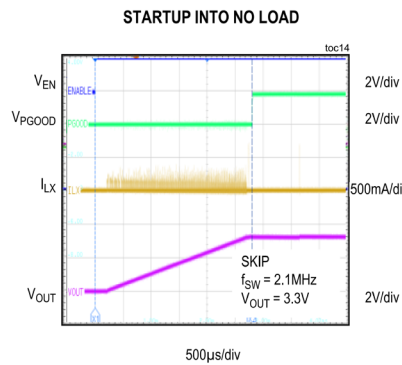
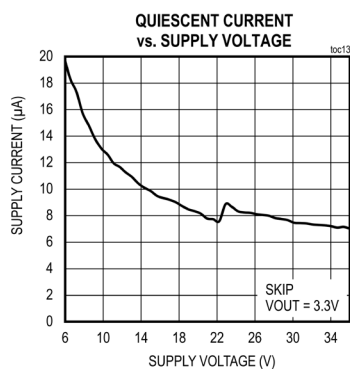
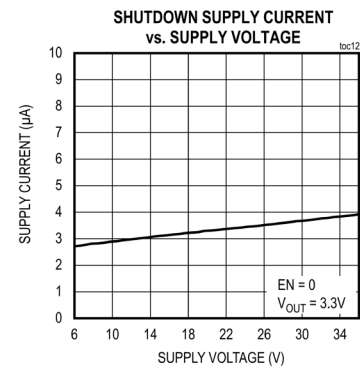
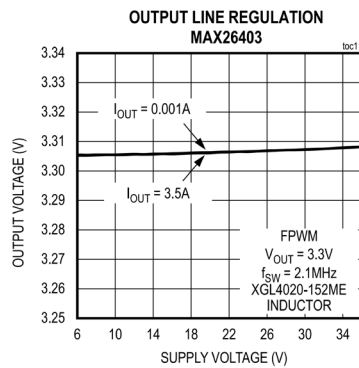
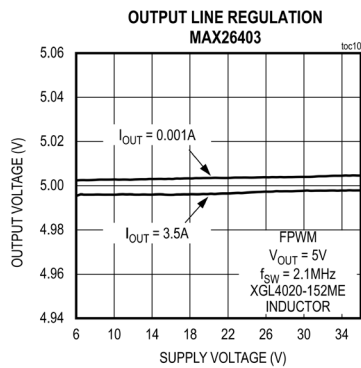
**Note 1 :** 限界値は、 $T_A = +125^{\circ}C$  で 100%テストされています。動作温度範囲および対応する電源電圧範囲にわたる限界値は、設計と特性評価によって裏付けられています。代表値は  $T_A = +25^{\circ}C$  で規定しています。

**Note 2 :** このデバイスは、 $T_J = +125^{\circ}C$  で 95,000 時間、 $T_J = +150^{\circ}C$  で 5,000 時間、連続動作するように設計されています。

**Note 3 :** 出荷テストは行っていないが、設計により裏付けられています。

## 代表的な動作特性

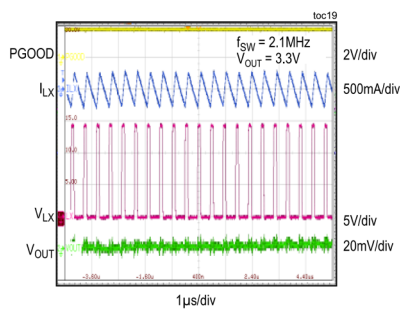
(特に指定のない限り、 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。)

(特に指定のない限り、 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。)

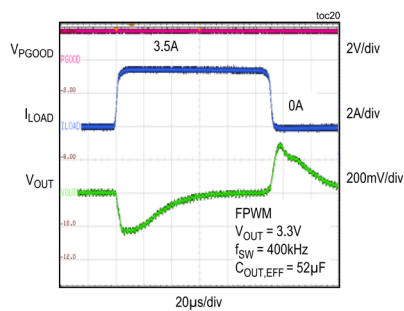


(特に指定のない限り、 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 。)

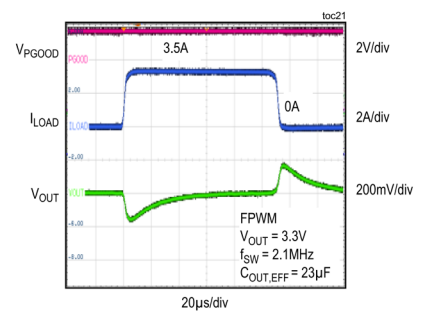
STEADY STATE SWITCHING WAVEFORM



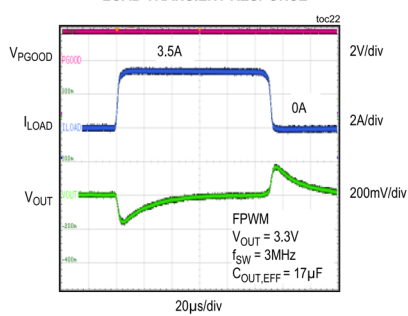
LOAD TRANSIENT RESPONSE



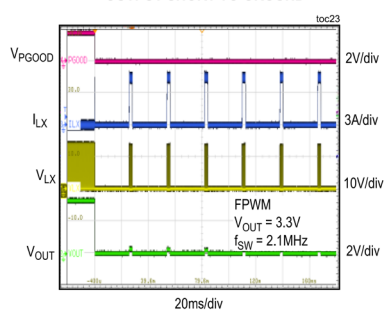
LOAD TRANSIENT RESPONSE



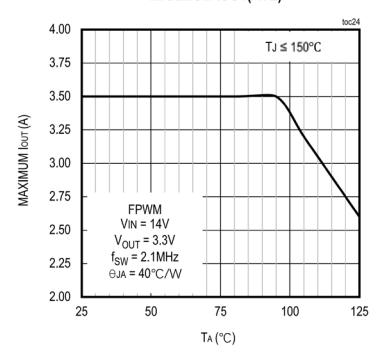
LOAD TRANSIENT RESPONSE



OUTPUT SHORT TO GROUND

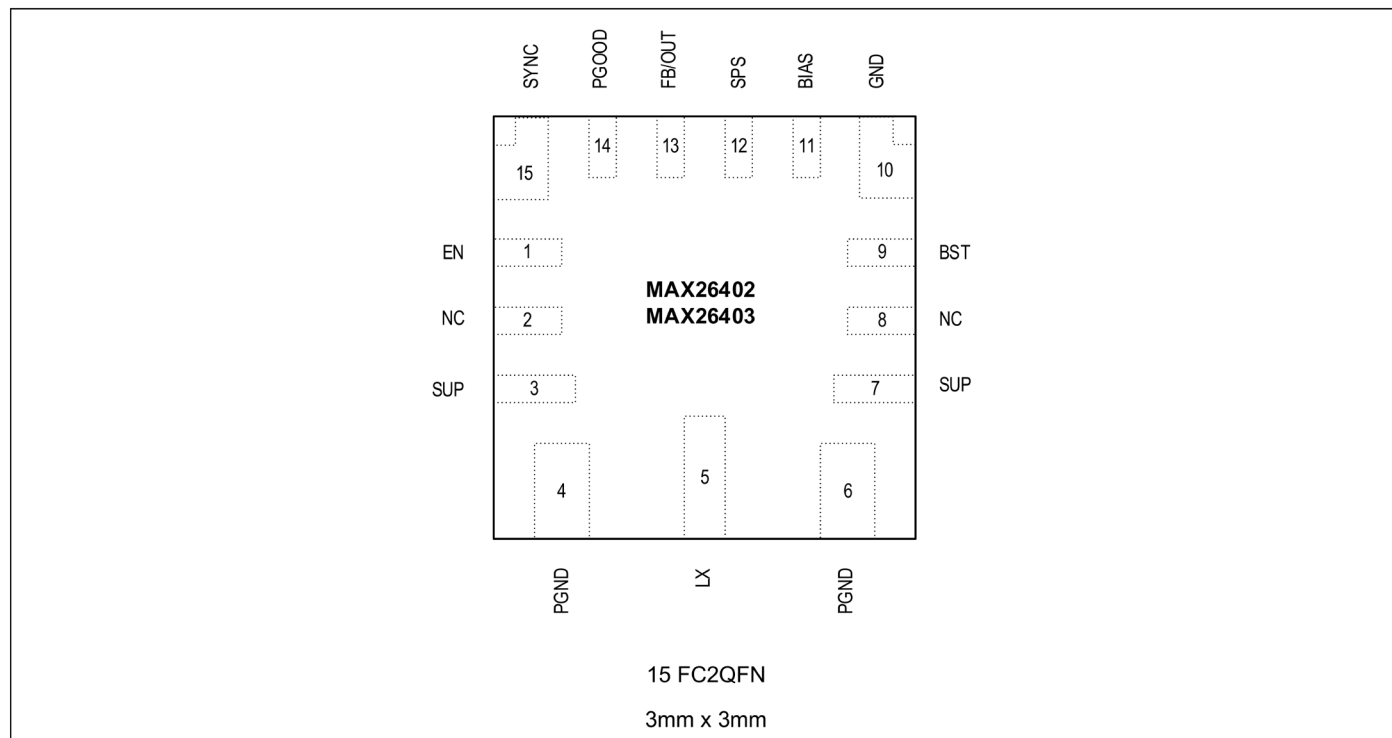


MAXIMUM IOUT(AVE)





## ピン配置



## 端子説明

ピン	名称	機能
1	EN	高耐圧、アクティブハイのデジタル・イネーブル入力。EN をハイにすると降圧コンバータがイネーブルされます。
2, 8	NC	未接続
3, 7	SUP	内部ハイスایدの電源入力。SUP から内部スイッチおよび LDO に電力が供給されます。SUP は、0.1μF および 2.2μF のセラミック・コンデンサで PGND にバイパスします。0.1μF のコンデンサを SUP ピンと PGND ピンのできるだけ近くに配置し、2.2μF のコンデンサを追加します。
4, 6	PGND	電源グランド。
5	LX	インダクタの接続。LX をインダクタの切り替え側に接続します。
9	BST	ハイスайд FET ゲート電圧用の昇圧フライング・コンデンサ接続。BST と LX の間に 0.1μF のセラミック・コンデンサを接続します。
10	GND	低ノイズ・アナログ・グランド。
11	BIAS	1.8V の内蔵 BIAS 電源。BIAS と PGND の間に 2.2μF 以上のセラミック・コンデンサを接続します。
12	SPS	スペクトラム拡散イネーブル。ロジック・ハイに接続すると、内部発振器のスペクトル拡散がイネーブルされ、ロジック・ローに接続するとスペクトラム拡散がディスエーブルされます。
13	FB/OUT	帰還／出力検出入力。出力電圧を調整可能な IC の場合は、出力電圧帰還入力（FB）として機能します。外付けの抵抗分圧器を、OUT から FB を経て AGND までの間に接続して、出力電圧を設定します。
13	OUT	出力検出入力。OUT を降圧出力に接続して、出力電圧を検出します。
14	PGOOD	オープン・ドレインのパワーグッド出力。PGOOD はブルアップ抵抗を介して BIAS もしくは外部の正電源に接続します。
15	SYNC	外部クロック同期入力。所定の周波数範囲の外部クロックを接続し、外部クロック同期を有効にします。SYNC をローに接続するとスキップ・モードが有効になります。SYNC をハイに接続すると FPWM モードが有効になります。

## 詳細説明

MAX26402/MAX26403 は、小型の同期整流式降圧コンバータで、ハイサイド・スイッチとローサイド・スイッチを内蔵しています。3V～36V の入力電圧で、最大 2.5A/3.5A を供給するように設計されています。5V と 3.3V の固定出力電圧オプション、もしくは 0.8V～12V の範囲で調整可能な出力電圧オプションを選択できます。PGOOD 信号を観察することにより、出力電圧の品質を監視できます。デバイスは 99% のデューティ・サイクルでドロップアウト動作が可能で、産業用のアプリケーションに適しています。型番の表に記載されていないその他のオプションについては、弊社にお問い合わせください。

動作周波数は 3MHz/2.1MHz/400kHz に内部設定されているため、外付け部品を小型化できる上、出力リップルが低減し、AM 干渉が発生しません。これらのコンバータは、SYNC がローにプルダウンされている場合、軽負荷時に自動でスキップ・モードになり、無負荷時には 10 $\mu$ A（代表値）の超低自己消費電流となります。EMI 放射エミッションを最小限に抑えるために、スペクトラム拡散周波数変調機能を備えています。平均電流モード・アーキテクチャにより、電流ループのノイズ除去能力が向上し、非常に短い最小オン時間を実現できます。

## リニア電圧レギュレータ出力（BIAS）

このデバイスには 1.8V のリニア電圧レギュレータ（V<sub>BIAS</sub>）が内蔵されており、内部回路ブロックに電力を供給します。BIAS と GND の間に 2.2 $\mu$ F のセラミック・コンデンサを接続します。内部帰還バージョンの場合、起動中はバイアス・レギュレータに SUP 入力から電力が供給され、起動が完了すると出力からの供給に切り替わります。

## システム・イネーブル（EN）

イネーブル制御入力（EN）により、デバイスは、低消費電力シャットダウン状態から起動します。EN は最低で 3V の動作レベルの入力に適合しています。EN をハイにすると内蔵のリニア BIAS LDO がオンになります。V<sub>BIAS</sub> が 1.63V（代表値）の内部ロックアウト・スレッシュホールドを超えると、コンバータがイネーブルされ、出力電圧は設定されたソフトスタート時間で徐々に上昇します。

EN がロジック・ローの場合、デバイスはシャットダウンします。シャットダウン時、BIAS のレギュレータとゲート・ドライバはオフになり、自己消費電流は 2.75 $\mu$ A（代表値）に減少します。

## 同期入力（SYNC）

SYNC は、動作モードの選択と周波数制御のために用いられる、ロジックレベルの入力です。SYNC を BIAS に接続すると強制固定周波数動作（FPWM）をイネーブルでき、GND に接続すると自動スキップ・モード動作をイネーブルして軽負荷時の効率を向上できます。

SYNC を外部クロックに接続して強制周波数動作をイネーブルすることもできます。デバイスは 2 サイクル後に外部クロックに同期し、印加信号の立上がりエッジに同期します。電気的特性の表に仕様規定されている外部クロック周波数制限を参照してください。2 クロック・サイクルより長く外部クロック信号が検出されなければ、IC は内部クロック動作に切り替わります。

## ソフトスタート

本デバイスのソフトスタート時間は、内部で固定されています。ソフトスタート時間は、出力電圧を強制的にレギュレーション・ポイントに向けて徐々に上げることによって、起動時の突入電流を制限するものです。ソフトスタートの上昇率は 2.5ms（代表値）です。

## パワーグッド（PGOOD）出力

MAX26402/MAX26403 にはオープン・ドレインの PGOOD があり、出力電圧の品質を監視できます。PGOOD はアクティブハイの出力信号で、V<sub>OUT</sub> が公称値の 93%（代表値）を下回るか 105%（代表値）を上回るとローにプルダウンされます。20k $\Omega$ （代表値）のプルアップ抵抗を、外部電源またはオンチップの BIAS 出力に接続します。

## スペクトラム拡散

このデバイスは、スペクトラム拡散オプションを備えています。SPS ピンがハイにプルアップされている場合、スペクトラム拡散機能が有効になり、内部動作周波数は、内部生成された動作周波数に対し $\pm 6\%$ の範囲で変動します。変調信号は 400kHz 時に 1.25ms（2.1MHz 時には 200 $\mu$ s）の周期の三角波です。デバイスが外部クロックに同期している場合、スペクトラム拡散は無効化されます。

## 過電流保護と短絡保護

MAX26402/MAX26403 は、出力での短絡および過負荷状態からデバイスを保護する電流制限機能を備えています。短絡または過負荷状態となった場合、インダクタ電流が仕様規定された LX 電流制限スレッシュホールドに達するまで、ハイサイド・スイッチはオンのままになります。その後コンバータはハイサイド・スイッチをオフに、ローサイド・スイッチをオンにして、インダクタ電流が徐々に下がるようにします。インダクタ電流がローサイドの谷電流制限スレッシュホールドを下回ると、コンバータはハイサイド・スイッチを再びオンにします。このサイクルは、短絡または過負荷の状態が解消されるまで繰り返されます。

短絡は、出力電圧が電流制限時にレギュレーション電圧の 50%を下回った場合に検出されます。この状態になると、ヒカップ・モードがアクティブになり、出力は 25ms（10  $\times$  2.5ms）の間オフになり、その後再起動を試みます。短絡状態が存在する間、これが無限に繰り返されます。ソフトスタートの間、ヒカップ・モードはディスエーブルになります。

サーマル・シャットダウン

サーマル・シャットダウンは、デバイスを過度な動作温度から保護するものです。ジャンクション温度が+175°C を超えると、内蔵センサーが降圧コンバータをシャットダウンして、IC の温度が下がるようにします。ジャンクション温度が 15°C 下がると、センサーによって IC が再びオンになります。

過電圧保護

この IC には、出力に対する OV 保護機能があります。スキップ・モードで OV 状態になった場合、インダクタ電流が負の固定値に達するまで、ハイサイド・スイッチがオフ、ローサイド・スイッチがオンになります。この値に達すると、ローサイド・スイッチはオフになり、次のサイクルで再びオンになります。出力が OV 立下がりスレッシュホールド未満になるまでこれが続きます。このようにして、出力が素早く放電され、安定状態に戻ります。

アプリケーション情報

出力電圧の設定

MAX26402/MAX26403 は、固定出力電圧バージョンと調整可能な出力電圧バージョンを選択できます。固定出力電圧の IC では、出力電圧が 5V/3.3V に内部で固定されています。調整可能な出力電圧の IC では、出力電圧を外付けの抵抗分圧器を使用して 0.8V~12V の範囲で調整できます。降圧出力から FB を経て AGND まで抵抗分圧器を接続し、降圧出力と FB の間にフィードフォワード・コンデンサ (CFF) を接続します (標準アプリケーション回路のセクションの調整可能出力 IC の図を参照)。R<sub>FB2</sub> には 50kΩ 以下のものを選択します。R<sub>FB1</sub> は次式により計算します。

式 1

$$R_{FB1} = R_{FB2} \left[ \left( \frac{V_{OUT}}{V_{FB}} \right) - 1 \right]$$
 ここで、V<sub>FB</sub> = 0.8V

表 1 に、各出力電圧範囲に対する部品選択の推奨を示します。CFF については、R<sub>FB1</sub> = 50kΩ に基づく推奨値です。

表 1. 調整可能出力用の推奨部品

PART NUMBER	FREQUENCY	V <sub>OUT</sub> (V)	INDUCTOR (μH)	EFFECTIVE C <sub>OUT</sub> (μF)	CFF (pF)
MAX26402	400kHz	0.8 to 1.5	3.3	120	—
		1.5 to 3	4.7	63	33
		3 to 6	6.8	40	33
		6 to 12	8.2	30	22
	2.1MHz	0.8 to 1.5	1.5	120	—
		1.5 to 3	1.5	46	33
		3 to 6	2.2	25	33
		6 to 12	3.3	18	22
MAX26403	400kHz	0.8 to 1.5	3.3	130	—
		1.5 to 3	3.3	70	33
		3 to 6	6.8	50	33
		6 to 12	8.2	40	22
	2.1MHz	0.8 to 1.5	1.0	120	—
		1.5 to 3	1.0	46	33
		3 to 6	1.5	25	33
		6 to 12	2.2	18	22

入力コンデンサ

入力フィルタ・コンデンサは、電源から引き出されるピーク電流を抑制し、回路のスイッチングによって入力に生じるノイズおよび電圧リップルを低減します。MAX26402/MAX26403 は、EMI 性能を向上するために対称のピン配置を採用しています。入力コンデンサは 2 つの SUP ピンの間で対称形になるよう分割することを推奨します。2.2μF（以上）のコンデンサを各 SUP ピンに接続すると入力電圧リップルを低減できます。ノイズ耐性を更に高めるために、0603 またはそれより小型の高周波数コンデンサを各 SUP ピンに追加することもできます。入力電圧リップルを低減し負荷過渡応答を向上させるためには、その他に、通常、バルク・コンデンサが必要です。

出力コンデンサ

出力コンデンサは、出力電圧リップル、負荷過渡応答、ループ安定性の条件を満たすように選択します。負荷ステップ時に、出力電流はほぼ瞬時に変わるのに対して、インダクタは遅い反応を示します。この遷移時間の間に、負荷変動の要求が出力コンデンサから与えられるので、出力電圧にアンダーシュート／オーバーシュートが生じます。出力コンデンサは、制御ループの安定性にも影響します。

表 2 に示す実効出力容量を使用することにより、固定出力 IC に対する最適な位相余裕が実現します。

表 2. 固定出力電圧バージョン用の推奨出力容量

PART NUMBER	FREQUENCY	EFFECTIVE C <sub>OUT</sub> (μF)	
		TYP	MIN
MAX26402	400kHz	42	34
	2.1MHz	23	18
	3MHz	18	16
MAX26403	400kHz	42	34
	2.1MHz	23	18
	3MHz	18	16

インダクタの選択

インダクタの設計は、サイズ、効率、制御ループの帯域幅、コンバータの安定性などの兼ね合いで決まります。インダクタンス値が不十分な場合、インダクタ電流のリップルが増加し、伝導損失の増加と出力電圧リップルの増大を招きます。MAX26402/MAX26403 では勾配補償が内部で固定されているため、これも電流モード制御の不安定性の原因となる場合があります。インダクタの値が大きいとリップルが抑制されますが、ソリューションのサイズとコストが増加し、応答が遅くなります。表 3 に、固定出力 IC の各スイッチング周波数に対する最適なインダクタ値を示します。

表 3. 固定出力電圧バージョン用の推奨インダクタ

PART NUMBER	FREQUENCY	INDUCTANCE (μH)		
		TYP	MIN	MAX
MAX26402	400kHz	8.2	6.8	10
	2.1MHz	2.2	1.5	3.3
	3MHz	1.5	1	2.2
MAX26403	400kHz	6.8	4.7	8.2
	2.1MHz	1.5	1.0	2.2
	3MHz	1.0	0.8	1.5

PCB レイアウト時のガイドライン

低スイッチング電力損失と低ノイズでの安定した動作を実現するには、PCB レイアウトを慎重に行うことが不可欠です。ノイズ耐性と消費電力の改善には可能な限り多層基板を使用します。MAX26402/MAX26403 のパッケージは、独自の対称的な設計を採用しており、互いに反対向きに生じる磁界を打ち消しあいます。適切な PCB レイアウトを行うため、図 1 に示すレイアウト例の図と以下のガイドラインを参照してください。

- 熱伝導を効率的にするため、IC のフットプリント下にはできるだけ多くの銅プレーンを設けます。
- 各 SUP ピンに 2.2 $\mu$ F (以上) の入力コンデンサをデバイスに近付けて、対称な構成で配置します。ノイズ耐性を高めるため、高周波数セラミック入力バイパス・コンデンサ (CBP) を各 SUP ピンに追加する場合は、まず高周波数コンデンサをできるだけピン近くに配置し、次いで 2.2 $\mu$ F のコンデンサを接続します。セラミック・コンデンサは、IC の両側の SUP ピンと PGND ピンにできるだけ近付けて配置します。コンデンサと IC ピンの間には、(ビアなどの不連続点がない) 低インピーダンスの接続を使用します。CBP は IC に最も近付けて配置し、非常に良好な高周波特性を持つことが必要です (小パッケージ・サイズと大容量)。これにより、EMI 除去性能が最大になり、性能低下につながるデバイスの内部ノイズを最小限に抑えられます。
- PGND ピンと GND ピンは IC の下で直接接続します。これにより、GND と PGND 間の接続経路を最短にできます。
- バイアス電流ループを抑えるために、BIAS コンデンサは IC の BIAS ピンにできるだけ近付けて配置します。これにより、BIAS のノイズを低減でき、滑らかな動作が実現できます。
- ブートストラップ・コンデンサ CBST は IC の近くに配置し、短く幅広のパターンを用いてループ領域を最小限に抑え、寄生インダクタンスを最小化します。リターン・パス (CBST から LX) には最近接層を用い、更にインダクタンスを抑えます。最適設計には、EV キットのレイアウトを参照してください。寄生インダクタンスが高いと、スイッチング速度に影響を与え (スイッチング損失が増加)、高い dV/dt ノイズが発生する可能性があります。
- インダクタは IC の LX ピンのできるだけ近くに配置し、LX ノードの面積を最小限に抑えます。
- ノイズ耐性を最大限にするために、出力コンデンサは、インダクタの両側に対称に配置します。出力コンデンサ (C<sub>OUT</sub>) をインダクタの近くに配置して、C<sub>OUT</sub> のグラウンド側が C<sub>IN</sub> のグラウンド接続の近くになるようにし、電流ループの面積を最小限にします。コンデンサのグラウンドにはビアを追加してインダクタンスを最小化します。ノイズ耐性を更に高めるため、インダクタの両側に高周波数コンデンサを配置し、次いで出力コンデンサを接続し、放射ノイズを更に低減します。
- インダクタ、出力コンデンサ、ブートストラップ・コンデンサ、BIAS コンデンサは、電流ループで囲まれる面積が最小となるように配置します。電源パターンと負荷の接続配線は短くします。この方法は、高い効率を得るために必須のものです。銅層の厚い PCB を用いると、全負荷効率と低消費電力性能を向上させることができます。
- PCB の内層をグラウンド・プレーンに用いることで、グラウンド・プレーンが放射ノイズに対するシールドとして作用するため、EMI を改善できます。ボード全面、特にグラウンド接続付近には複数のビアを分散して配置します。
- IC に隣接している層には連続的な銅の GND プレーンを使用して、回路全体をシールドします。また、GND は最上面の回路全体の周囲に広げる必要があります。すべての放熱部品は冷却のために銅と十分に接続するようにしてください。インピーダンスを低くし、放熱を最大限にするために、複数のビアを使用して GND プレーン/領域を相互に接続します。IC および入力/出力/バイパス・コンデンサの GND 端子にはビアを設けます。PGND と GND の接続を別々のプレーンまたは領域で分離したり絶縁したりしないでください。
- フィードバック・ループ抵抗分圧器を (使用する場合には) IC の近くに配置して、フィードバックと OUT の接続をインダクタ、LX ノード、他のノイズの多い信号を避けて配線します。

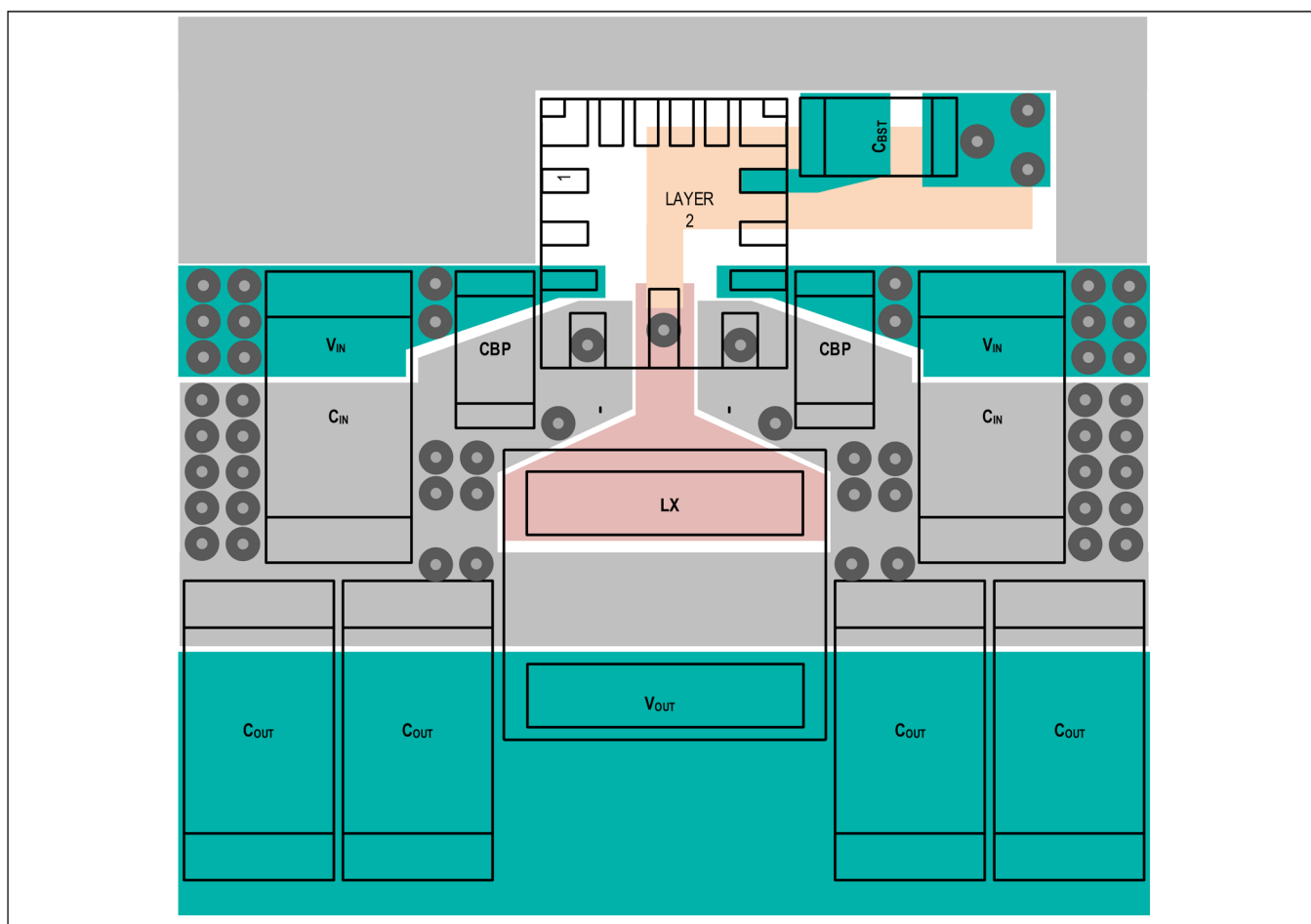
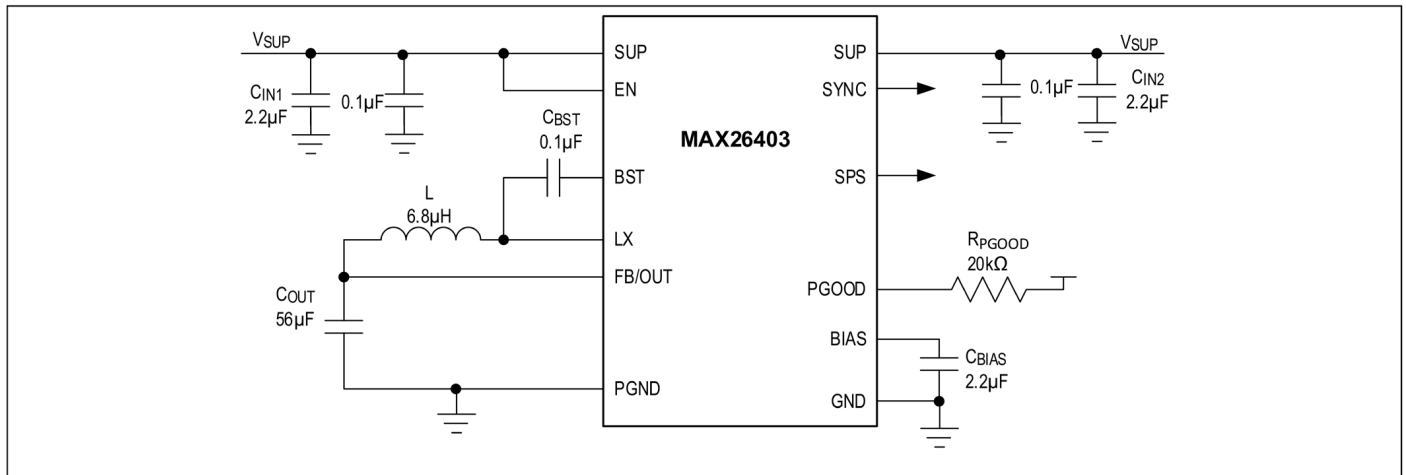


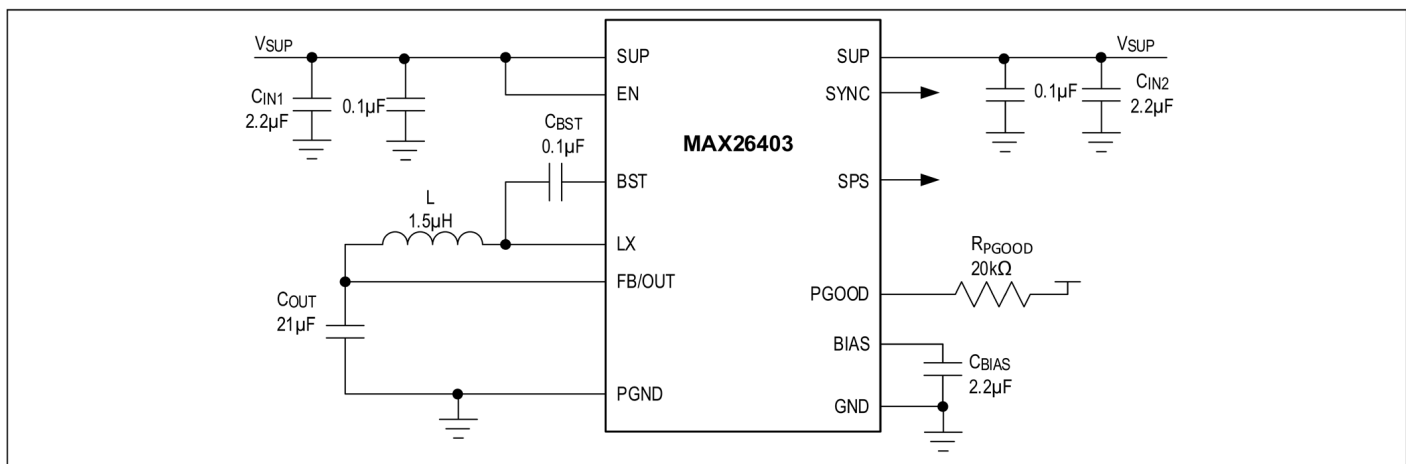
図 1. PCB レイアウトの例

## 標準アプリケーション回路

400kHz

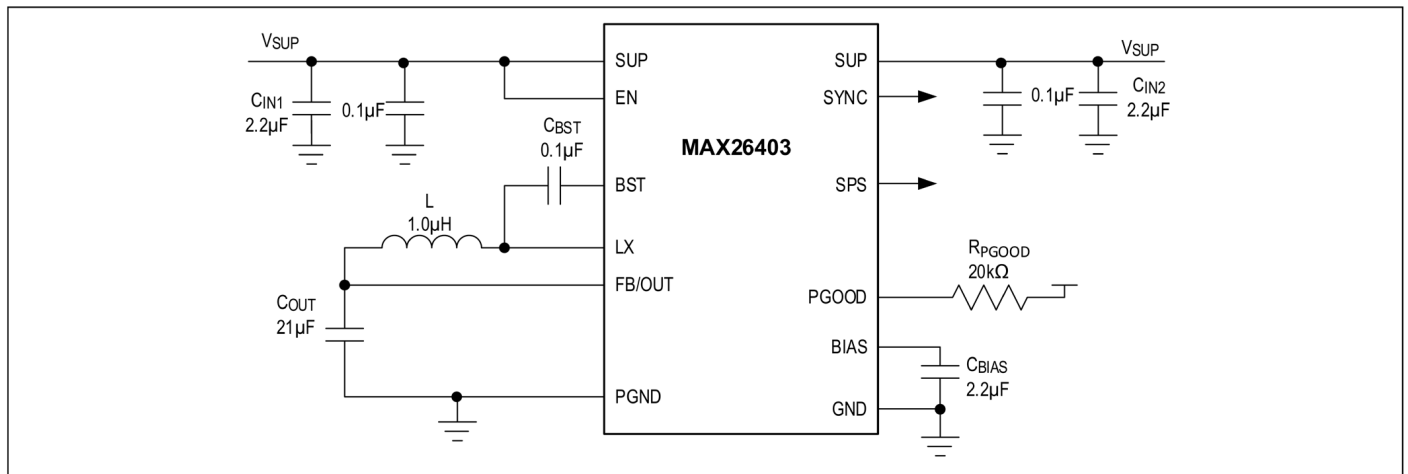


2.1MHz

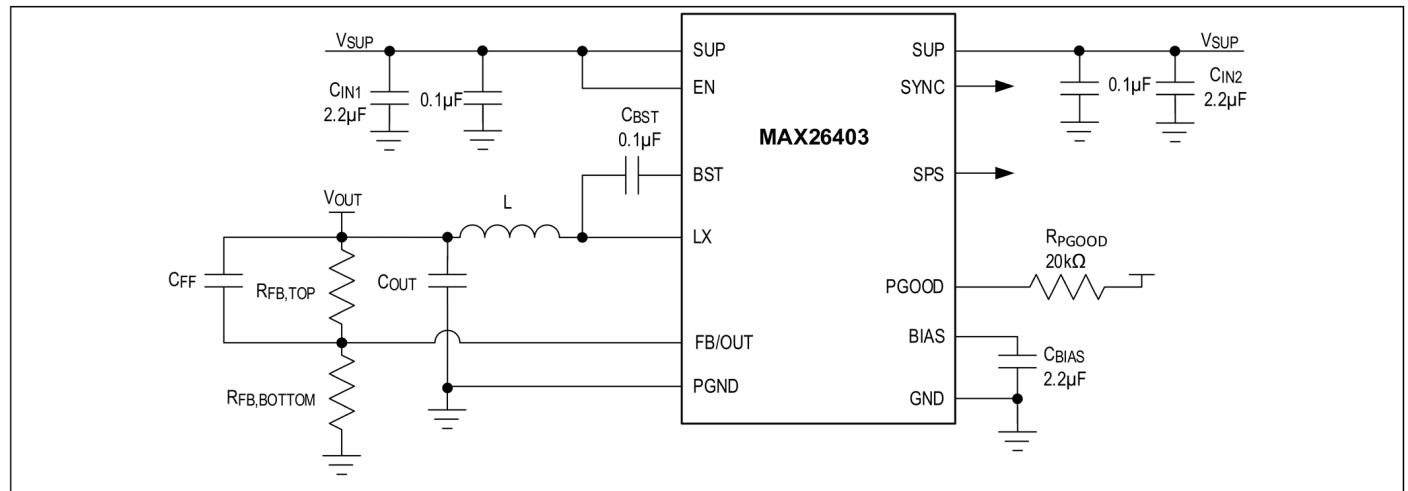




## 3MHz



## 調整可能出力 IC



## 型番

PART NUMBER	V <sub>OUT</sub> (V)	MAXIMUM LOAD CURRENT (A)	SWITCHING FREQUENCY	SPREAD SPECTRUM (%)
MAX26402AFLAY+	5	2.5	2.1MHz	±6
MAX26402AFLBY+	3.3	2.5	2.1MHz	±6
MAX26402AFLFY+	Adjustable 0.8 to 12	2.5	400kHz	±6
MAX26403AFLAY+	5	3.5	2.1MHz	±6
MAX26403AFLBY+	3.3	3.5	2.1MHz	±6

+は鉛 (Pb) フリー/RoHS 準拠のパッケージであることを示します。  
Y は側面濡れ性パッケージを示します。  
その他のオプションについては、弊社にお問い合わせください。

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	03/24	初版発行	—