



10 μ A 自己消費電流、2 相動作可能な 36V、8A/10A 全機能内蔵降圧コンバータ

MAX42408/MAX42410

概要

MAX42408/MAX42410 は、高集積型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。この IC は 4.5V~36V の入力電圧に対応し、最大 8A/10A を出力します。PGOOD 信号により適切な電圧の発生をモニタ可能です。MAX42408/MAX42410 はデューティ・サイクルを非常に高くすることによりドロップアウト・モードで動作可能で、産業用のアプリケーションに最適です。

MAX42408/MAX42410 には、プログラマブルな出力電圧オプションがあります。1.5MHz と 400kHz が選択可能で、高いスイッチング周波数のために外付け部品を小さくでき、出力リップルを低減できます。SYNC 入力により、強制 PWM モード、超低自己消費電流のスキップ・モード、外部クロックへの同期の 3 つのモードを選択して設定し、性能を最適化することが可能です。

MAX42408/MAX42410 は 2 相動作も可能で、最大 20A に対応した設計ができます。2 個の IC をコントローラおよびターゲットとして接続し、動的な電流分担と 180° 位相差で動作させることが可能です。

MAX42408/MAX42410 は 3.5mm × 3.75mm と小型の 17 ピン FC2QFN パッケージで提供されます。MAX42405/MAX42406 (5A~6A) 製品ファミリとピン互換です。

アプリケーション

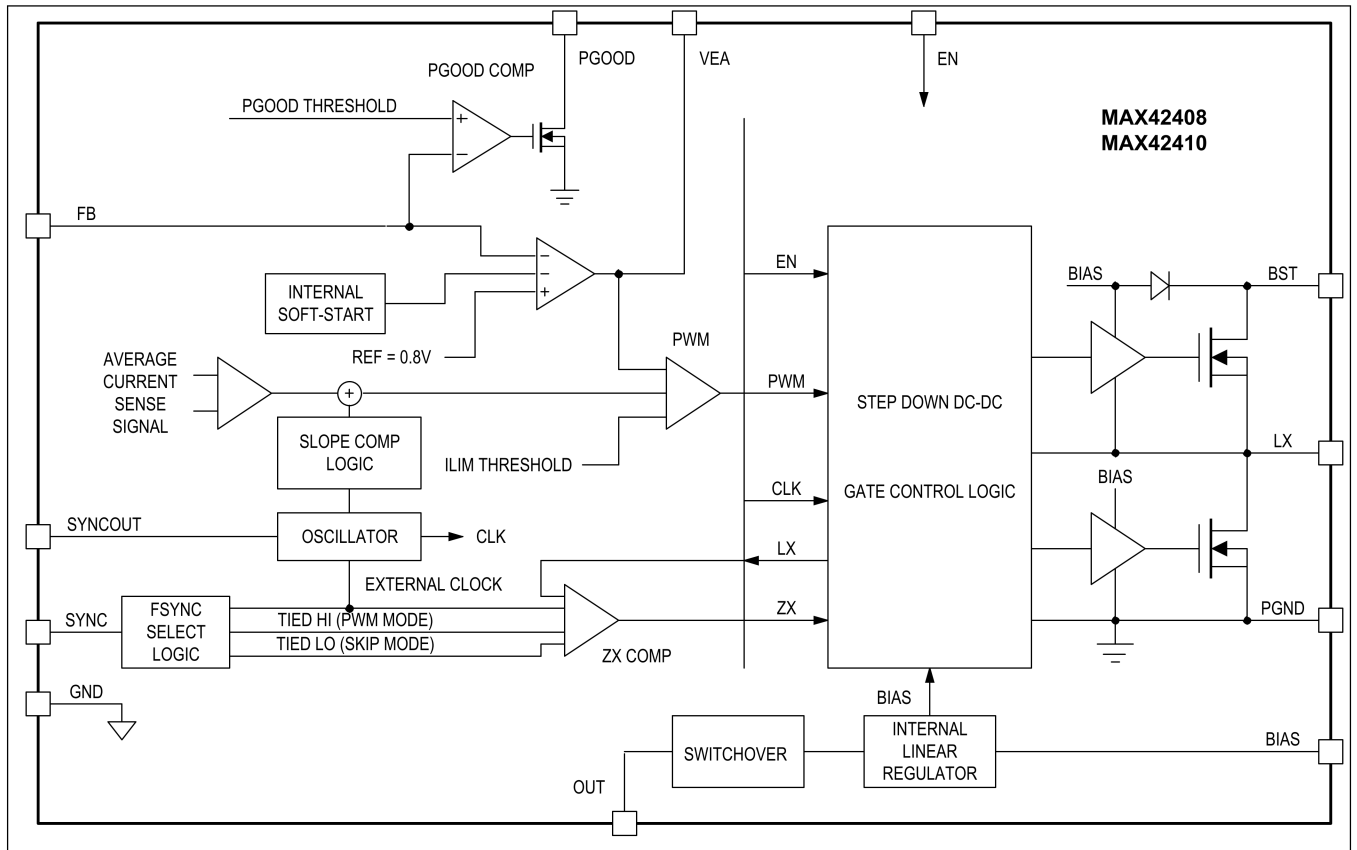
- ポイントオブロード
- 産業オートメーション
- 分散型 DC 電源システム

特長と利点

- 小型ソリューションの高出力 DC/DC コンバータ
 - 動作可能な V_{IN} 範囲：4.5V~36V
 - FET を内蔵した同期整流式 DC/DC コンバータ
 - 最大出力電流：8A/10A
 - 400kHz と 1.5MHz の固定周波数オプション
 - 固定のソフトスタート時間
 - 2.5ms (400kHz の場合)
 - 3.5ms (1.5MHz の場合)
 - 最小オン時間：36ns
 - 設定可能な出力電圧
 - 0.8V~10V (400kHz の場合)
 - 0.8V~6V (1.5MHz の場合)
 - SUP ピンと PGND ピンの対称かつ平衡な配置による EMI 性能の改善
 - 熱強化型の 3.5mm × 3.75mm、17 ピン FC2QFN パッケージ
- 負荷レンジ全域で高効率を実現
 - スキップ・モードでの自己消費電流：20 μ A
 - 12V_{IN}/3.3V_{OUT}/400kHz での最大効率：95.6%
 - 12V_{IN}/3.3V_{OUT}/1.5MHz での最大効率：93.9%
- 2 相動作により最大 20A 負荷に対応
 - 周波数同期の入力/出力
 - コントローラとターゲット間で 180° 位相差動作
 - 動的電流分担
- 強制 PWM 動作とスキップ・モード動作
- 低ドロップアウト動作
- パワー・グッド・インジケータ
- 過熱および短絡保護機能
- 温度範囲：-40°C~+125°C
- スケーラブルな電力ソリューション
 - MAX42405/MAX42406 とフットプリント互換

型番はデータシート末尾に記載されています。

簡略化したブロック図



絶対最大定格

SUP、EN～PGND	-0.3V～+42V	BIAS～GND	-0.3V～+2.2V
BST～LX	-0.3V～+2.2V	LX 連続 RMS 電流.....	10A
BST～BIAS	-0.3V～+42V	SUP 連続 RMS 電流.....	5A
BST～PGND	-0.3V～+44V	ESD 保護（人体モデル）	±2kV
LX～PGND	-0.3V～SUP + 0.3V	連続消費電力（TA = +70°C、+70°C を超えると 37mW/°C で デレーティング）	2963mW
SYNC、SYNCOUT、PGOOD～GND	-0.3V～6V	動作ジャンクション温度	-40°C～+150°C
FB、VEA～GND	-0.3V～BIAS + 0.3V	保存温度範囲	-65°C～+150°C
OUT～GND	-0.3V～16V	リード温度（はんだ処理 10 秒）	+300°C
PGND～GND	-0.3V～0.3V		

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

Package Code	F173A3F+1F
Outline Number	21-100699
Land Pattern Number	90-100239
THERMAL RESISTANCE, JEDEC BOARD	
Junction-to-Ambient (θJA)	38.6°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θJC)	7.7°C/W
THERMAL RESISTANCE, FOUR-LAYER EVALUATION KIT (EV KIT) BOARD	
Junction-to-Ambient (θJA)	27°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θJC)	8.5°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/en/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 JESD51-7 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/en/technical-articles/thermal-characterization-of-ic-packages.html> を参照してください。

電気的特性

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

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage Range	V _{SUP}			4.5		36	V
Supply Current	I _{SUP_SHDN}	V _{EN} = 0, T _A = +25°C		4		6	μA
	I _{SUP}	V _{EN} = high, V _{OUT} = 3.3V, no load, switching		20			
SUP Undervoltage Lockout		Rising		2.9	3.0	3.2	V
		Falling		2.6	2.7	2.9	
BIAS Voltage		+2.5V ≤ V _{SUP} ≤ +36V		1.8			V
BIAS Undervoltage Lockout	V _{BIAS_UVLO}	Rising		1.58	1.63	1.68	V
	V _{BIAS_UVLO_HYS}	Hysteresis		50			mV
BUCK CONVERTER							
Adjustable Output-Voltage Range		f _{sw} = 1.5MHz		0.8		6	V
		f _{sw} = 400kHz		0.8		10	
FB Voltage Accuracy	V _{FB_PWM}	PWM mode, no load		0.788	0.800	0.812	V
FB Leakage Current	I _{FB}	V _{FB} = 0.8V, T _A = +25°C				100	nA
High-Side Switch On Resistance	R _{DSON_HS}	V _{BIAS} = 1.8V, I _{LX} = 5A		26		53	mΩ
Low-Side Switch On Resistance	R _{DSON_LS}	V _{BIAS} = 1.8V, I _{LX} = 5A		13		26	mΩ
High-Side Switch Current-Limit Threshold	I _{LIM}	MAX42408		10	12	14	A
		MAX42410		11.9	14	16	
Low-Side Switch Negative Current-Limit Threshold	I _{NEG}			-4			A
LX Leakage Current	I _{LX_LKG}	V _{SUP} = 36V, V _{LX} = 0V or V _{LX} = 36V, T _A = +25°C		-5		5	μA
Soft-Start Ramp Time	t _{SS}	f _{sw} = 1.5MHz		3.5			ms
		f _{sw} = 400kHz		2.5			
Minimum On-Time	T _{ON}	Note 3		36		65	ns
Maximum Duty Cycle		Dropout mode		96			%
SWITCHING FREQUENCY							
PWM Switching Frequency	f _{SW}	f _{SW} = 1.5MHz		1.375	1.500	1.625	MHz
		f _{SW} = 400kHz		360	400	440	kHz
SYNC External Clock Frequency	f _{SYNC}	f _{SW} = 1.5MHz		1.215		1.845	MHz
		f _{SW} = 400kHz		360		600	kHz
PGOOD OUTPUT							
PGOOD Threshold	V _{PGOOD_R}	Percentage of V _{OUT} , rising		92	94	96	%
	V _{GOOD_F}	Percentage of V _{OUT} , falling		91	93	95	
PGOOD Debounce	T _{DEB}	PWM mode, falling	f _{SW} = 1.5MHz	70			μs
			f _{SW} = 400kHz	50			
		PWM mode, rising	f _{SW} = 1.5MHz	140			μs

MAX42408/MAX42410

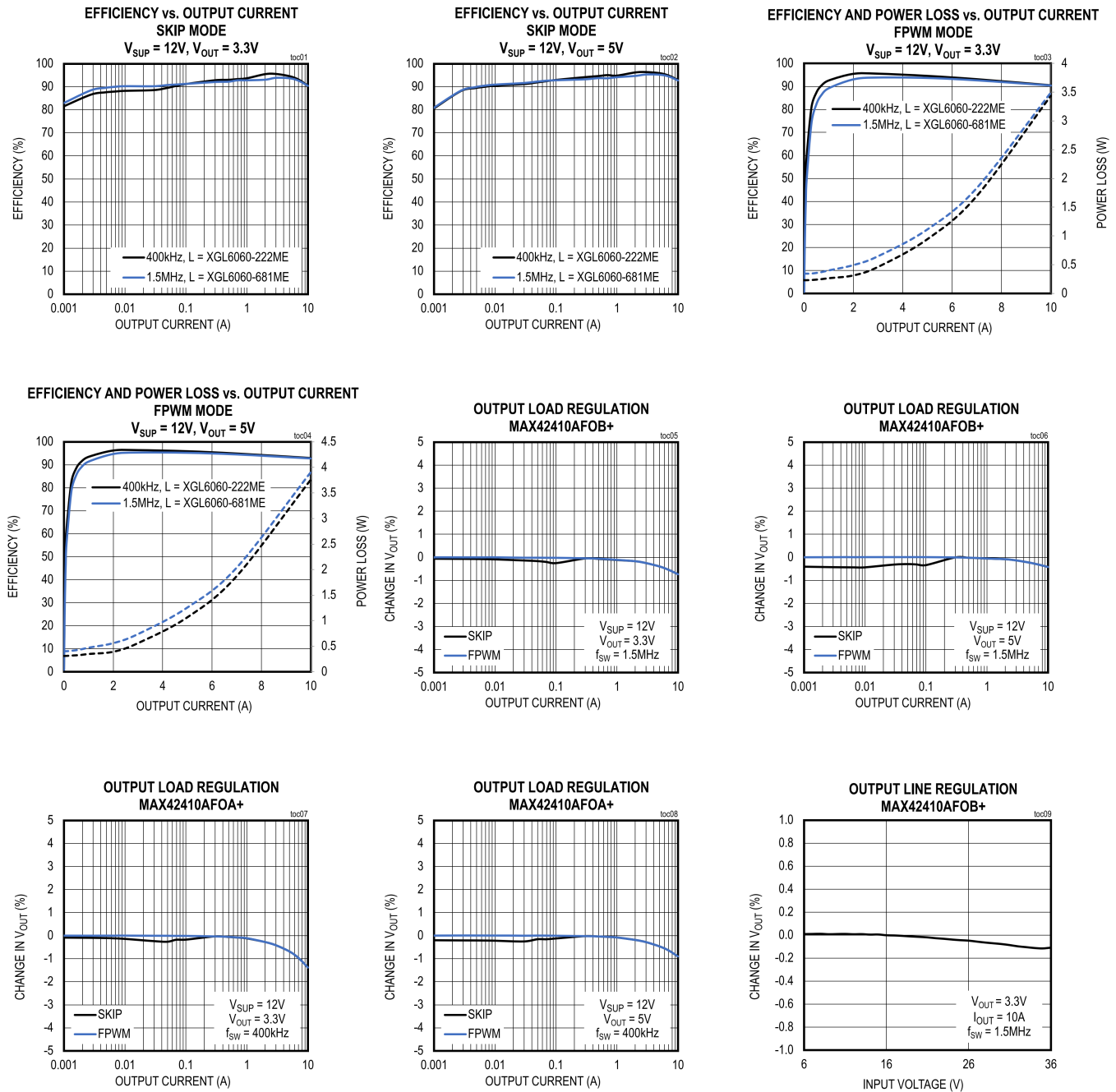
10μA 自己消費電流、2 相動作可能な
36V、8A/10A 全機能内蔵降圧コンバータ

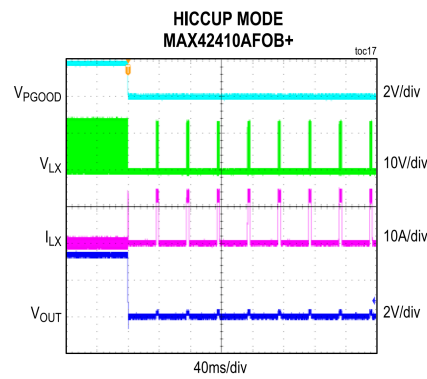
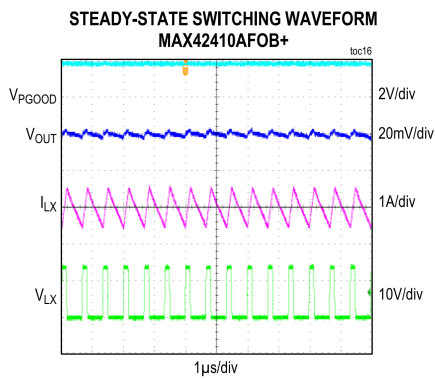
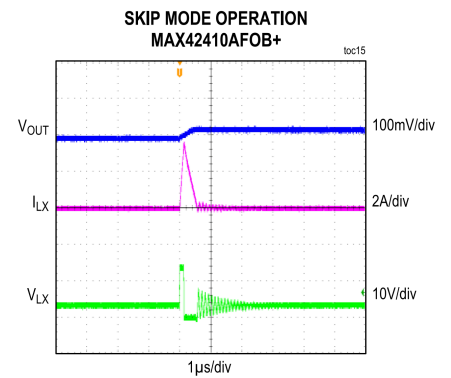
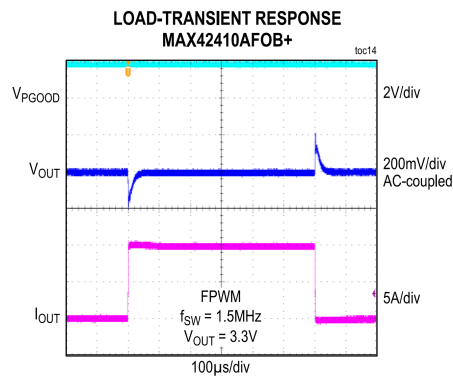
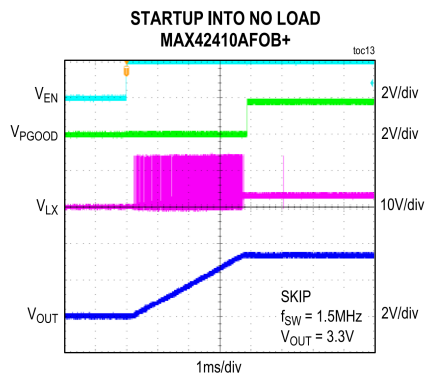
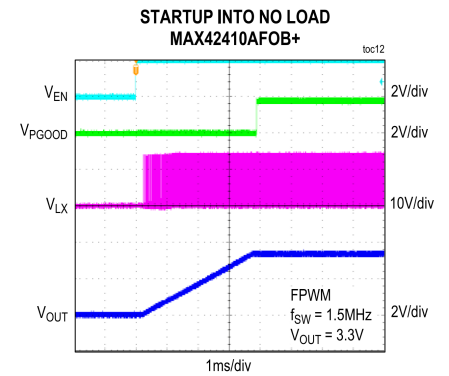
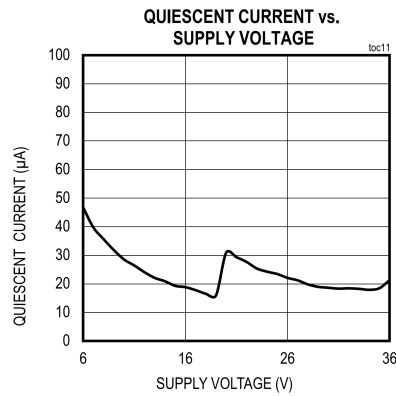
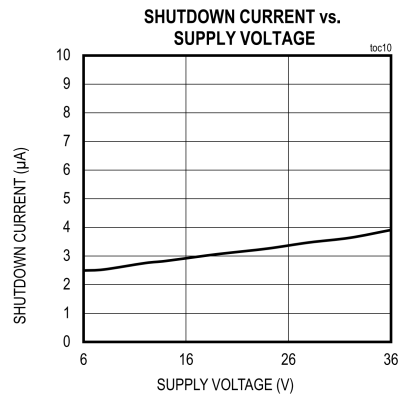
(特に指定のない限り、 $V_{SUP} = V_{EN} = 14V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +150^{\circ}C$ 。代表値は、特に指定のない限り、 $T_A = +25^{\circ}C$ での通常条件下の値 (Note 1、Note 2) 。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
		$f_{SW} = 400kHz$		100		
PGOOD High-Leakage Current	I_{PGOOD_LKG}	$T_A = +25^{\circ}C$			1	μA
PGOOD Low-Voltage Level	V_{PGOOD_LOW}	Sinking 1mA			0.4	V
LOGIC LEVELS						
EN High-Voltage Level	V_{EN_HIGH}		1.2			V
EN Low-Voltage Level	V_{EN_LOW}				0.5	V
EN Input Current	I_{EN}	$V_{EN} = V_{SUP} = 36V$, $T_A = +25^{\circ}C$			1	μA
SYNC High-Voltage Level	V_{SYNC_HIGH}		1.4			V
SYNC Low-Voltage Level	V_{SYNC_LOW}				0.4	V
SYNC Input Current	$I_{IN,SYNC}$	$T_A = +25^{\circ}C$			1	μA
SYNCOUT Output-Voltage Level	$V_{SYNCOUT}$	No load	2.6	3.3	3.9	V
THERMAL PROTECTION						
Thermal Shutdown	T_{SHDN}			175		$^{\circ}C$
Thermal Shutdown Hysteresis	T_{SHDN_HYS}			20		$^{\circ}C$

- Note 1： 全ユニットを+25°C で 100%出荷テストしています。温度限界は全て設計と特性評価により裏付けられています。
- 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： これらの仕様については出荷テストを行っていませんが、設計により裏付けられています。

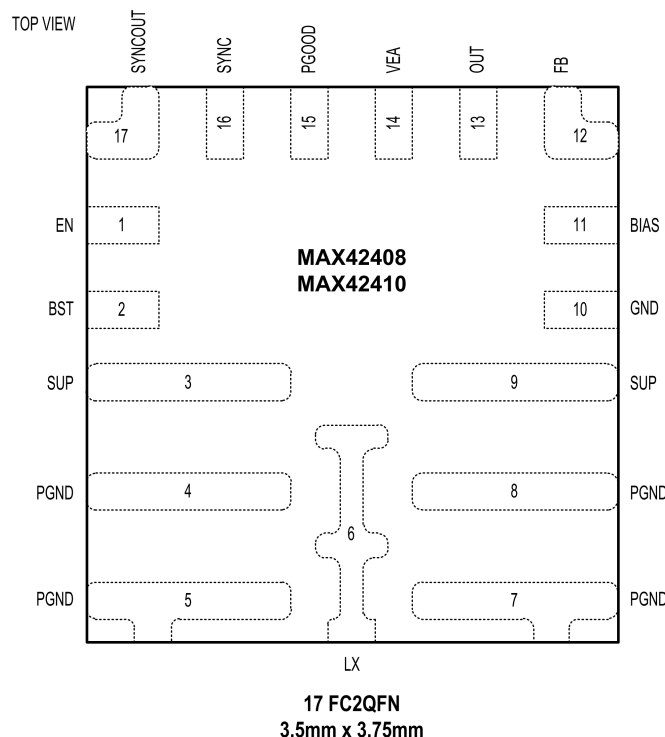
標準動作特性

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

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

ピン配置

MAX42408/MAX42410



端子説明

ピン	名称	説明
1	EN	高電圧対応イネーブル入力。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	BST	ハイサイド・ゲート・ドライバ電源。BST と LX の間に 0.1 μ F のセラミック・コンデンサを接続します。
3	SUP	IC の入力側電源および内蔵ハイサイド・スイッチ入力電源。0.1 μ F と 4.7 μ F のセラミック・コンデンサを使用して、SUP から PGND にできるだけ近くでバイパスします。両方の SUP ピンは内部で接続されています。
4, 5	PGND	電源グラウンド。全ての PGND ピンを相互に接続します。
6	LX	降圧インダクタの接続。インダクタを LX と降圧出力の間に接続します。IC がディスエーブルされている間、LX は高インピーダンスになります。
7, 8	PGND	電源グラウンド。全ての PGND ピンを相互に接続します。
9	SUP	IC の入力側電源および内蔵ハイサイド・スイッチ入力電源。0.1 μ F と 4.7 μ F のセラミック・コンデンサを使用して、SUP から PGND にできるだけ近くでバイパスします。両方の SUP ピンは内部で接続されています。
10	GND	アナログ・グラウンド。GND と PGND はスター接続で PCB のグラウンド・プレーンに接続します。
11	BIAS	1.8V 内部リニア・レギュレータ出力。最小 2.2 μ F のセラミック・コンデンサを使用して、BIAS をグラウンドに接続します。
12	FB	帰還入力。OUT と GND の間に配置した抵抗分圧器に FB を接続して、0.8V~10V の範囲で出力電圧を調整します。
13	OUT	出力電圧検出入力。降圧コンバータは OUT を使用して出力電圧を検出します。
14	VEA	内部電圧ループのエラー・アンプ出力。2 相動作では、コントローラとターゲットの VEA を相互に接続します。単相動作の場合には VEA はオープンにします。
15	PGOOD	オープンドレインのパワー・グッド出力。降圧出力電圧がレギュレーション電圧の 93% (代表値) より下がると、PGOOD はローになります。降圧出力電圧がレギュレーション電圧の 94% (代表値) より高くなると、PGOOD は高インピーダンスになります。ソフトスタート中は、PGOOD がローにアサートされます。PGOOD を BIAS または 5.5V より低い正電圧にプルアップ抵抗で接続すると、降圧出力の状況を提示します。

16	SYNC	外部クロック同期入力。SYNC をローに接続すると、スキップ・モード動作が有効になります。SYNC をハイに接続すると、強制 PWM 動作に設定されます。有効な外部クロック信号を SYNC に接続すると、外部クロック同期が有効となります。
17	SYNCOUT	180° 位相差クロック出力。2 相動作時には、SYNCOUT を BIAS に接続して一方のデバイスをターゲットに設定し、コントローラの SYNCOUT をターゲットの SYNC に接続します。単相動作の場合には SYNC はオープンにします。

詳細

MAX42408/MAX42410 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。この IC は 4.5V~36V の電圧の入力を受けて 8A/10A の電流を供給するよう設計されており、無負荷状態の自己消費電流はわずか 20 μ A です。適切な電圧が発生していることを PGOOD 信号によりモニタ可能です。この IC はデューティ・サイクルを非常に高くすることによりドロップアウト・モードで動作可能で、産業用のアプリケーションに最適です。

MAX42408/MAX42410 では、外付け抵抗分圧器によって出力電圧を調整できます。スイッチング周波数は内部的に固定の 1.5MHz と 400kHz を選択可能なため、外付け部品を小さくでき、出力リップルを低減できます。SYNC に信号を与えることにより、IC をスキップ・モード、強制パルス幅変調 (FPWM)、または外部クロックへの同期動作に設定できます。オン時間が最短 36ns の平均電流モード制御により、サイクル・スキップなしで入出力電圧に大きな降圧比が得られます。

MAX42408/MAX42410 は 2 相動作も可能で、その場合は最大 20A を供給できます。平均電流モード制御により、ノイズ耐性とトランジェント時の正確な動的電流分担が実現されます。

FC2QFN パッケージを使用しているため、パッケージの寄生インピーダンスが低く熱特性が良好です。SUP と PGND のピン配置は対称になっているため、IC 周辺の電流ループが平衡し、EMI 性能が更に改善されます。

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_{BIAS}) 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 μ F のセラミック・コンデンサを接続します。起動中はバイアス・レギュレータは入力から電力を供給し、起動が完了 ($V_{OUT} > 2.5V$) すると出力側に切り替えます。

同期入力 (SYNC)

MAX42408/MAX42410 は内部発振器を備えており、400kHz と 1.5MHz を選択可能です。SYNC をハイにすると、400kHz もしくは 1.5MHz のスイッチング周波数で FPWM 動作します。SYNC をローにすると、スキップ・モードが有効となり、軽負荷時の効率が改善されます。この IC は、SYNC に有効な外部クロックを与えることにより、外部クロックへの同期動作が可能です。

イネーブル入力 (EN)

イネーブル入力 (EN) により IC はシャットダウン・モードからイネーブルされます。EN をハイにすると IC がイネーブルされます。EN をローにすると IC はディスエーブルされ、シャットダウン・モードに移行します。シャットダウン中は自己消費電流は 4 μ A (代表値) まですべて低減されます。

ソフトスタート

EN をハイにすると IC がイネーブルされます。ソフトスタート回路はソフトスタート動作中 (代表値 400kHz 時 2.5ms、1.5MHz 時 3.5ms) にリファレンス電圧を徐々に上昇させることにより、起動中の入力側突入電流を低減します。

短絡保護

この IC にはサイクル毎の電流制限とヒカップ・モードがあり、短絡や過負荷の条件から保護します。過負荷の条件では、インダクタの電流が電流制限値 I_{LIM} に達するまでハイサイド FET がオン状態を保ちます。電流制限値に達するとハイサイド FET がオフ、ローサイド FET がオンになり、これによりインダクタ電流が低下します。インダクタ電流が減少して谷電流の制限値に達すると、コンバータは再びハイサイド FET をオンにします。このサイクルが過負荷の条件が除去されるまで繰り返します。

短絡の検出は、出力電圧がプリセットされたスレッシュホールド電圧より低くなり、インダクタ電流が電流制限値に達したことによります。スレッシュホールド電圧は出力レギュレーション電圧の 25% です。ヒカップ・モード動作中は、IC は降圧コンバータの動作を 35ms (ソフトスタート時間の 10 倍、 $f_{sw} = 1.5MHz$ 時) 停止した後に再起動し、過電流や短絡の条件が排除されたかをチェックします。短絡状態が継続している間はヒカップ動作を繰り返します。

パワー・グッド・インジケータ (PGOOD)

この IC にはオープンドレインのパワー・グッド (PGOOD) 出力があり、出力電圧の状態を示します。コンバータ出力電圧が公称レギュレーション電圧の 94% (代表値) より高くなると、PGOOD はローから高インピーダンスになります。出力電圧が公称レギュレーション電圧の 93% (代表値) より下がると、PGOOD はローになります。PGOOD はコンバータ出力もしくは BIAS の電圧にプルアップ抵抗を介して接続します。ソフトスタート中は PGOOD はローにアサートされます。

サーマル・シャットダウン保護

サーマル・シャットダウン保護は IC の合計消費電力を制限します。ジャンクション温度が+175°C を超過すると、内蔵センサーが IC をシャットダウンし、温度が下がるのを待ちます。ジャンクション温度が 20°C 低下すると、温度センサーにより再び IC の動作が開始します。

2 相動作

MAX42408/MAX42410 を 2 個使用して 2 相動作構成にすると、最大 20A の高出力電流を実現できます。2 相動作とするには、一方の IC の SYNCOUT を BIAS に接続してターゲットとして設定し、他方の IC をコントローラとします。コントローラの SYNCOUT をターゲットの SYNC に接続すると、両 IC が 180° の位相差でスイッチングします。このため、2 相動作を行う場合は、コントローラから SYNCOUT 信号を供給し、FPWM 動作させることが推奨されます。

コントローラとターゲットの VEA ノードは相互に接続し、2 つの相の間でバランスの取れた電流分担が行われるようにします。これにより、コントローラとターゲットの電圧制御ループも共有化されます。FB ノードは相互に接続するのではなく、相ごとに別々の抵抗分圧器を使用します。

出力電圧の値を設定するため、図 1 に示すように、降圧出力、FB、GND の間に抵抗分圧器を接続します。コントローラとターゲットに、同一の設定でそれぞれ別の抵抗分圧器を用います。

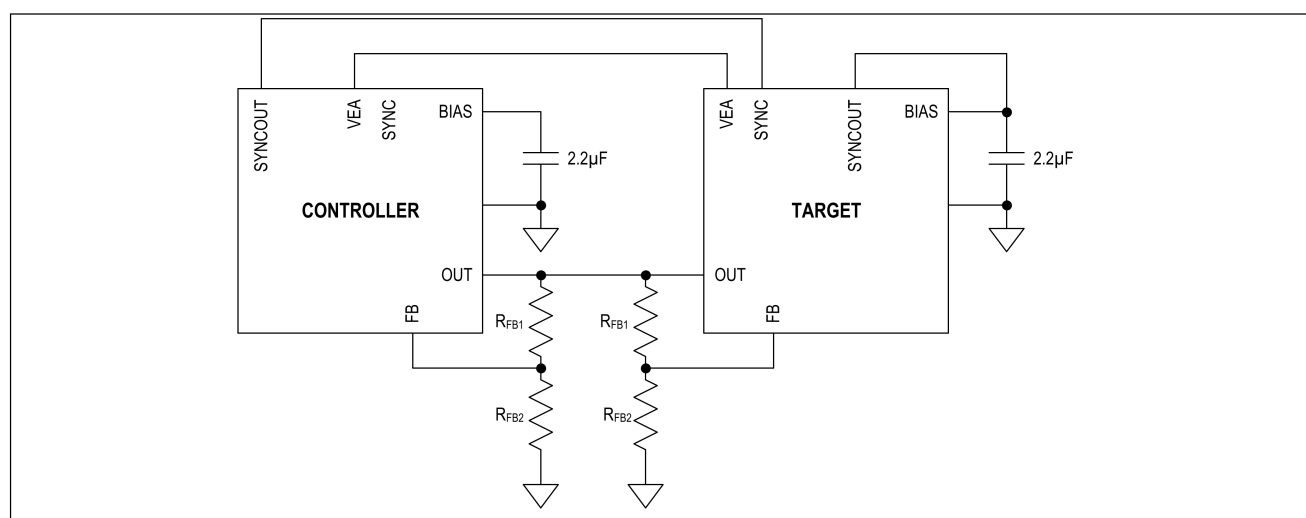


図 1. 外部抵抗分圧器を使用した 2 相構成の代表的なアプリケーション回路

2 相構成での低 I_Q 動作

MAX42408/MAX42410 は 2 相動作が可能で、どちらの IC をコントローラとして構成することもターゲットとすることも可能です。コントローラの SYNCOUT ピンは、SYNC がハイに接続されていれば (FPWM モード)、180 度位相差のクロックを出力します。低 I_Q モードに設定するためには、コントローラの SYNC ピンをローにプルダウンします (スキップ・モード)。このモードでは、コントローラの SYNCOUT ピンにはクロックは出力されず、コントローラ IC はスキップ・モードに入ります。ターゲット IC の内部回路はこの期間中オン状態を保ち、コントローラからの SYNCOUT 信号を待つ状態となります。ターゲット IC はオン状態なので、両 IC がパルス・スキップ動作をしていても自己消費電流はわずかに高くなります。

更に軽負荷時の効率を高め I_Q を低減するためには、ターゲットの EN をローにプルダウンします。これによりターゲット側は内部回路も含めディスエーブルされ、更に I_Q が低減します。表 1 に低 I_Q 動作の真理値表をまとめます。

表 1. 低 I_Q 動作の設定

CONTROLLER	TARGET	MODE
EN = High, SYNC = BIAS	EN = High	FPWM (high I_Q)
EN = High, SYNC = Low	EN = High	Skip-mode (low I_Q)
EN = High, SYNC = Low	EN = Low	Standby-mode (ultra-low I_Q)
EN = Low	EN = High	Not allowed

アプリケーション情報

出力電圧の設定

外部で出力電圧を設定する場合、400kHz スイッチングの場合は 0.8V~10V、1.5MHz スイッチングでは 0.8V~6V の出力電圧が設定可能で、そのためには降圧コンバータ出力から FB を経て GND に至る抵抗分圧器を接続します。代表的なアプリケーション回路において、FB と GND の間に接続する R_{FB2} には 20kΩ より小さいものを選択します。降圧出力と FB の間に接続する R_{FB1} の値は次の式によって計算します。

$$R_{FB1} = R_{FB2} \times \left(\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right)$$

ここで、 $V_{FB} = 0.8V$ で、 R_{FB2} は 20kΩ より小さい値です。

表 2 に各出力レンジに対する部品選択の推奨値を示します（CFF は $R_{FB1} = 50kΩ$ を前提とした推奨値です）。

表 2. 部品選択の推奨値

SWITCHING FREQUENCY (kHz)	V_{OUT} (V)	INDUCTOR (μH)	OUTPUT CAPACITOR (μF)	CFF (pF)
400	0.8 to 1.8	0.68	500	N/A
400	1.8 to 3.3	1	220	N/A
400	3.3 to 5	2.2	120	82pF
400	5 to 7	2.2	88	56pF
400	7 to 10	3.3	66	47pF
1500	0.8 to 1.8	0.38	88	N/A
1500	1.8 to 3.3	0.47	88	N/A
1500	3.3 to 5	0.68	66	47pF
1500	5 to 6	0.68	44	15pF

入力コンデンサ

入力コンデンサは電源から流れるピーク電流を減少させ、降圧コンバータのスイッチング・サイクルに起因する SUP ノードのノイズと電圧リップルを改善します。適正な降圧動作を行うためには、IC の両側に 0.1μF と 4.7μF の 2 つのセラミック入力コンデンサを並列に配置します。

0402 もしくは 0603 サイズの 0.1μF のセラミック・コンデンサを IC の両側の SUP と PGND のすぐ近くに配置することで、入力ノイズを低減し、EMI 性能を改善できます。入力電圧リップルを低減するために、両入力サイドの 0.1μF のコンデンサの先に 4.7μF のセラミック・コンデンサを配置することが必要です。入力電源もしくはパターンに高インピーダンスが存在する場合には、追加の降圧コンデンサが必要となることもあります。

入力コンデンサの実効電流の条件 (I_{RMS}) は、次の式で定義されます。

$$I_{RMS} = I_{LOAD(MAX)} \times \left(\frac{\sqrt{V_{OUT} \times (V_{SUP} - V_{OUT})}}{V_{SUP}} \right)$$

I_{RMS} は入力電圧が出力電圧の 2 倍であるときに最大値を取ります。

$$V_{SUP} = 2 \times V_{OUT}$$

従って、

$$I_{RMS} = \frac{I_{LOAD(MAX)}}{2}$$

理想的な長期的信頼性を得るためには、この RMS 入力電流における自己発熱による温度上昇が+10°C 未満になる入力コンデンサを選択してください。入力電圧リップルには ΔV_Q （コンデンサの放電に起因）と ΔV_{ESR} （コンデンサの ESR に起因）が含まれています。ESR に起因する成分とコンデンサの放電が共に 50%であると仮定します。指定された入力電圧リップルに対して必要な入力コンデンサと ESR は、次の式を使用して計算されます。

$$ESR_{IN} = \frac{\Delta V_{ESR}}{I_{LOAD(MAX)} + \Delta I_L / 2}$$

$$C_{IN} = \frac{I_{LOAD(MAX)} \times D (1 - D)}{\Delta V_Q \times f_{SW}}$$

ここで、

$$\Delta I_L = \frac{(V_{SUP} - V_{OUT}) \times V_{OUT}}{V_{SUP} \times f_{SW} \times L}$$

$$D = \frac{V_{OUT}}{V_{SUP}}$$

であり、 $I_{LOAD(MAX)}$ は最大出力電流、 ΔI_L はピーク to ピークのインダクタ電流、 f_{SW} はスイッチング周波数、 D はデューティ・サイクルです。

インダクタの選択

インダクタの選択は、部品のサイズ、効率、制御ループのバンド幅、ループ安定度の兼ね合いとなります。インダクタンスが不足しているとインダクタの電流リップル、導通損失、出力電圧リップルが増加し、最も厳しい場合にはループの安定性が損なわれます。大きな値のインダクタを用いるとインダクタ電流リップルが減少しますが、部品サイズが大きくなり応答が遅くなります。インダクタの推奨値については表 2 を参照してください。

出力コンデンサ

出力コンデンサはスイッチング・レギュレータにおける重要な構成部品です。出力電圧リップル、負荷変動に対する過渡応答、ループ安定度の要求を満たすように選択します。

出力電圧リップルには ΔV_Q (コンデンサの放電に起因) と ΔV_{ESR} (出力コンデンサの ESR に起因) が含まれています。低 ESR のセラミック・コンデンサを使用してください。ESR に起因する成分とコンデンサの放電による成分の出力電圧リップルへの寄与が等量であると仮定します。次式を用いて、指定の出力電圧リップルを満たす出力容量と ESR を求めます。

$$ESR = \frac{\Delta V_{ESR}}{\Delta I_{P-P}}$$

$$C_{OUT} = \frac{\Delta I_{P-P}}{8 \times \Delta V_Q \times f_{SW}}$$

$$\Delta I_{P-P} = \frac{(V_{SUP} - V_{OUT}) \times V_{OUT}}{V_{SUP} \times f_{SW} \times L}$$

$$V_{OUTRIPPLE} = \Delta V_{ESR} + \Delta V_Q$$

ここで、 ΔI_{P-P} はピーク to ピーク・インダクタ電流、 f_{SW} はスイッチング周波数です。

負荷ステップに対しては、コンバータの制御ループが対応してデューティ・サイクルを高めるまでの間は、出力コンデンサが負荷電流を供給しますが、それにより出力電圧のアンダーシュートが発生します。出力電圧変動の最大値を、電力を供給する回路の許容限度以下に抑えるためには、次の式を用いて出力容量を計算します。

$$C_{OUT} = \frac{\Delta I_{LOAD}}{\Delta V \times 2\pi \times f_C}$$

ここで ΔI は負荷ステップ、 ΔV は出力電圧のアンダーシュートの許容値、 f_C はループのクロスオーバー周波数であり、 $f_{SW}/10$ と 100kHz のいずれかの小さい方とします。計算された C_{OUT} に、容量の許容誤差、温度の影響、電圧のディレーティングを考慮して実際の容量を決定します。表 2 は、周波数と出力電圧に基づく出力容量の推奨値を示しています。

PCB レイアウト時のガイドライン

1. スイッチング損失を低減し、低い EMI、クリーンで安定した動作を実現するためには、PCB レイアウトでの配慮が重要です。図 2 のレイアウト例を参照してください。
2. 入力バイパス・コンデンサの CBP と CIN は、IC 両側それぞれの SUP と PGND の間にできるだけ近づけて配置します。CBP は SUP ノードと PGND ノードと同一層でこれらの近傍に配置して、EMI 除去効果を最大化し、SUP の入力ノイズを最小化します。CIN および CBP を対称に配置することにより、反対方向の SUP ループが発生し、磁場をキャンセルする効果により EMI が軽減されます。
3. 降圧出力コンデンサのグラウンド端子と入力コンデンサのグラウンド端子の間の接続は最短にします。降圧回路の高電流経路と電力用パターンは、幅を広く、短くします。LX ノードからインダクタを経由して出力コンデンサに至るパターンは最短にします。これにより降圧電流ループの領域が小さくなり、LX パターンの抵抗と浮遊容量が最小となり、効率が最適化されます。
4. ブートストラップ・コンデンサ CBST は IC の近くに配置します。BST と LX の間は短く広いパターンとし、この経路での寄生インピーダンスを最小化します。BST と LX の間の寄生インピーダンスが高いと、スイッチング速度に影響し、スイッチング損失と dV/dt ノイズが更に増加します。BST と LX の間の配線については、図 2 を参照してください。
5. BIAS コンデンサは BIAS ノードにできるだけ近く配置します。このコンデンサが IC から離れて配置されていると、BIAS にノイズが結合することによりリファレンス回路やバイアス回路への外乱となることがあります。
6. 敏感なアナログ信号 (FB/VEA) はノイズを伴うスイッチング・ノード (LX および BST) や高電流のループから離して配置します。
7. グラウンドは全ての IC との間で流入または流出する全負荷電流のリターン・パスです。また、全てのアナログ回路に対して共通のリファレンス電圧でもあります。グラウンドの配線が不適切であると、電流ループの抵抗とインダクタンスが増加し、電圧リファレンスが相違し、電圧のリンギングやスパイクが悪化します。電力ループ部品用のレイヤの下にしっかりとグラウンド・プレーンを置き、他の敏感なパターンに対してスイッチング・ノイズを遮蔽します。アナログ・グラウンドである GND と電源グラウンドの PGND は、スター・グラウンド接続になるよう 1 点で相互に接続します。
8. PCB レイアウトは消費電力と熱特性に対しても重要な役割を果たします。PGND ノードは IC とその外部との間の主要な電力接続領域です。熱伝達を効率的にするため、PGND 領域の周辺にできるだけ大きくグラウンドの銅領域を設けます。PGND ノード周辺にはできるだけ多くのビアを配置し、内層のグラウンド・プレーンやその他の層への熱伝達を改善し、IC のパッケージから周辺への熱抵抗を改善します。

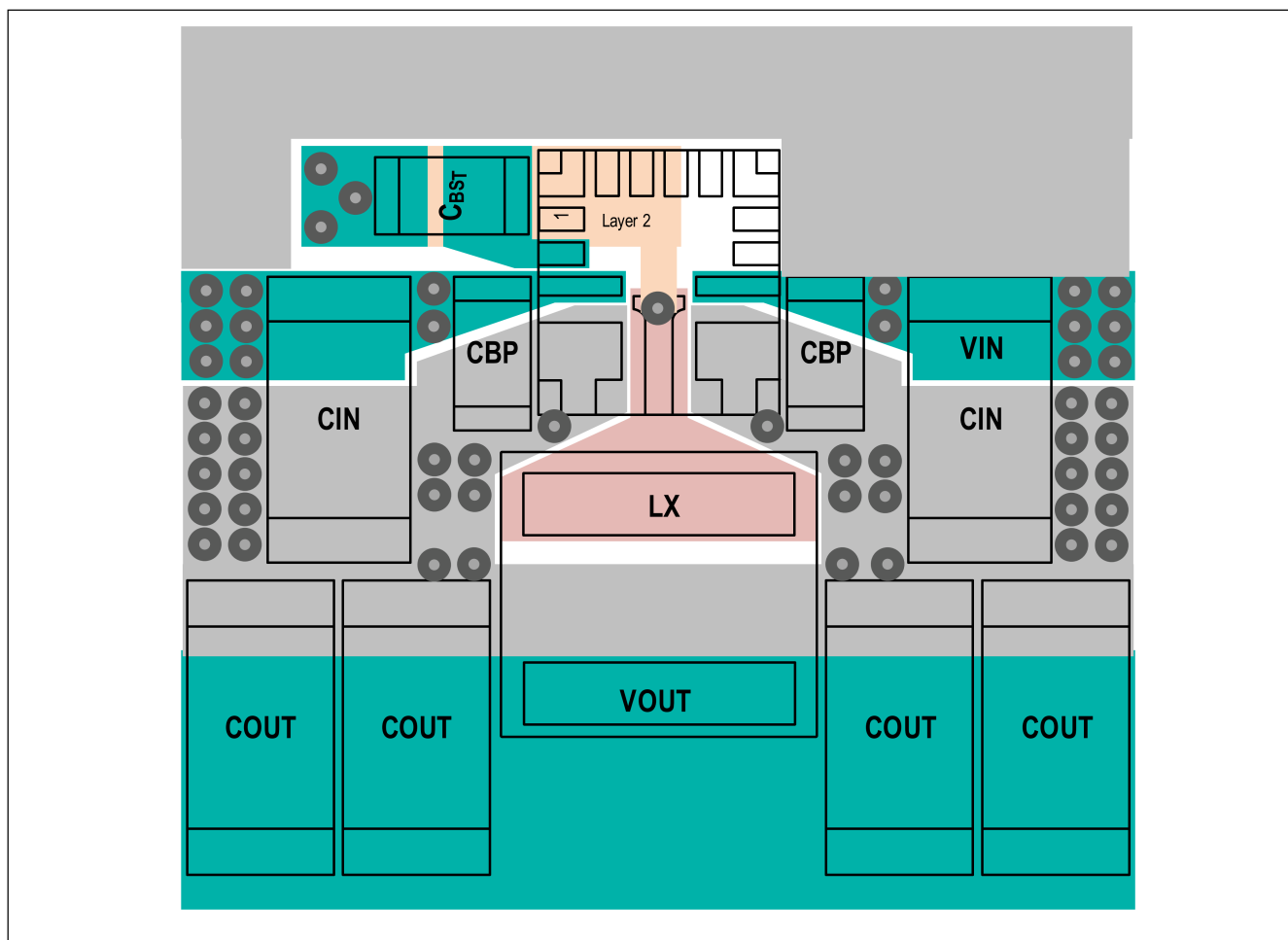
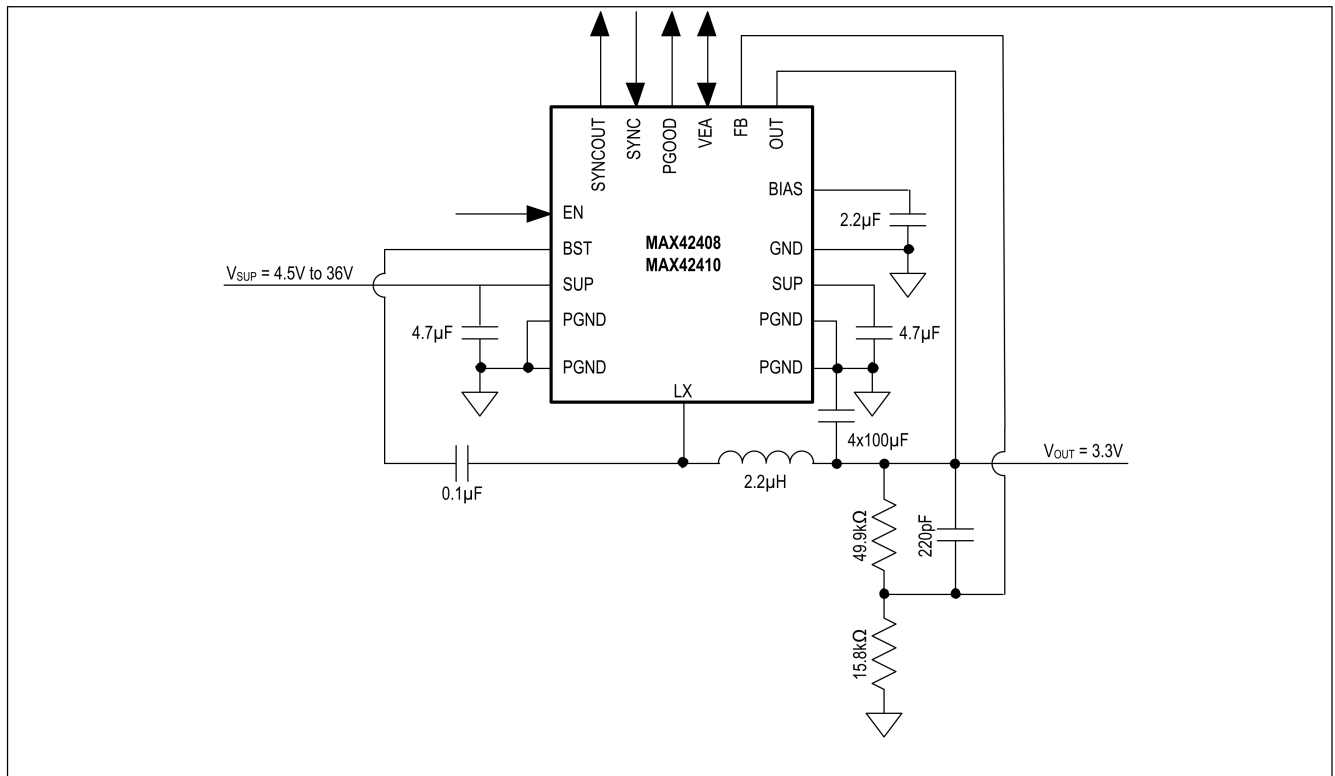


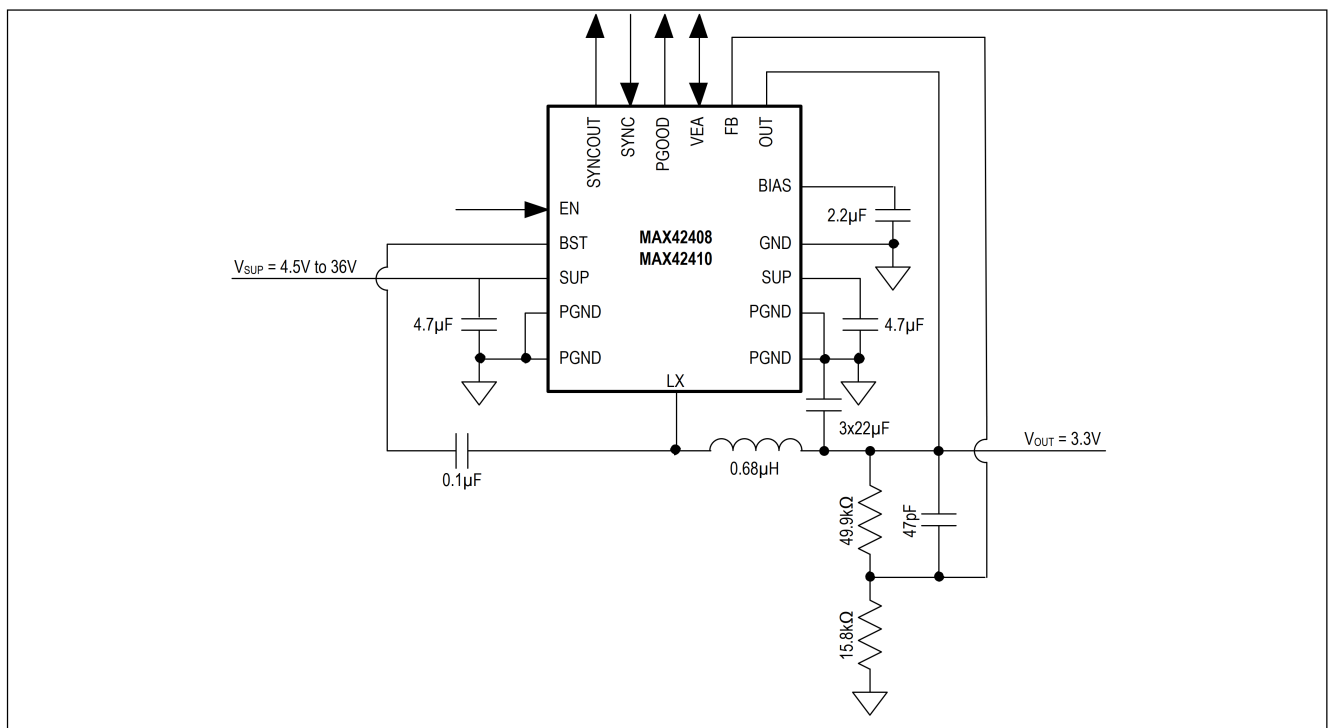
図 2. PCB レイアウトの例

代表的なアプリケーション回路

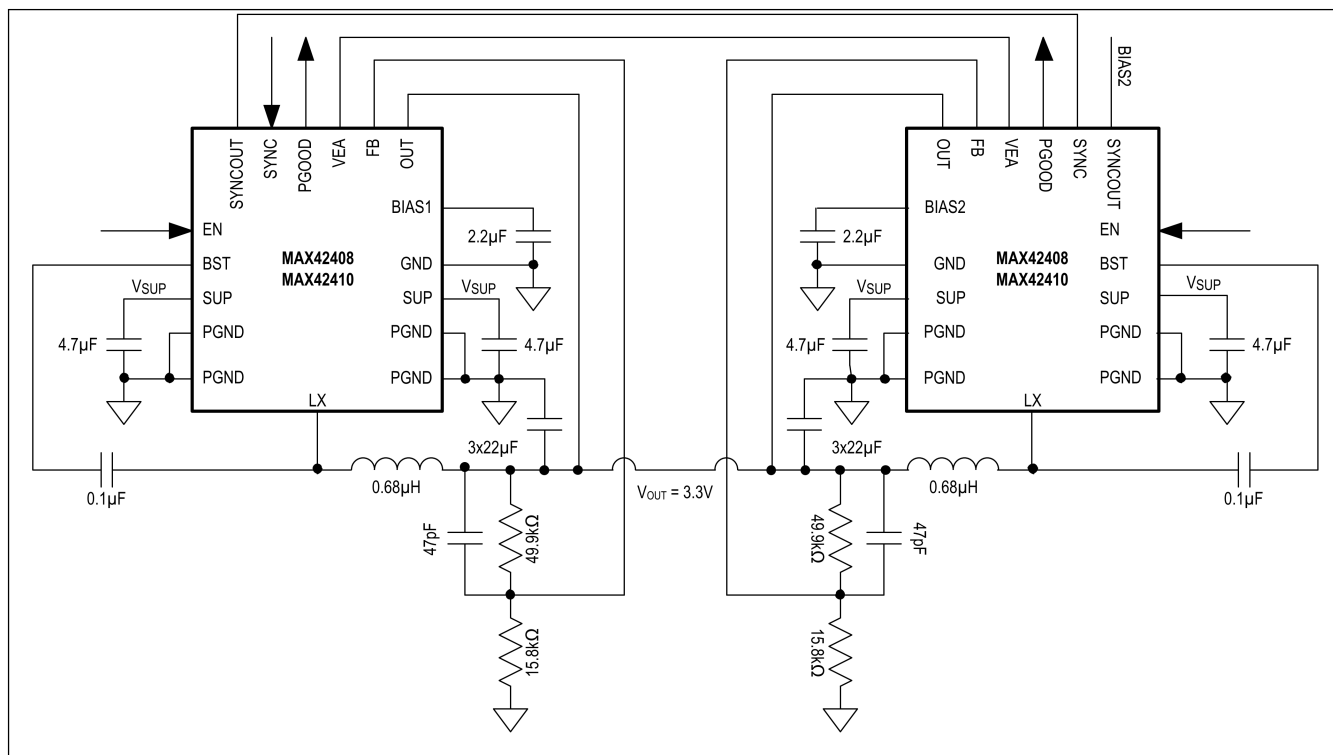
単相動作 (400kHz)



単相動作 (1.5MHz)



2 相動作 (1.5MHz)



MAX42408/MAX42410

10μA 自己消費電流、2 相動作可能な
36V、8A/10A 全機能内蔵降圧コンバータ

型番

PART NUMBER	V _{OUT} (V)	MAXIMUM OPERATING CURRENT (A)	FREQUENCY
MAX42408AFOA+T	Adjustable 0.8V to 10V	8	400kHz
MAX42408AFOB+T	Adjustable 0.8V to 6V	8	1.5MHz
MAX42410AFOA+T	Adjustable 0.8V to 10V	10	400kHz
MAX42410AFOB+T	Adjustable 0.8V to 6V	10	1.5MHz

+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。
T = テープ&リール。

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	11/23	市場投入のためのリリース	–
1	12/23	概要、特長と利点、絶対最大定格、電気的特性、標準動作特性、詳細の各セクションを更新。	1, 3, 4, 5, 7, 10, 11