

特定型番の生産状況については[こちら](#)をクリックしてください。

MAX17644

4.5V~36V、2.7A、高効率 同期整流式降圧DC/DCコンバータ

概要

Himalayaシリーズの電圧レギュレータIC、パワー・モジュール、およびチャージャは、より低温、小型、簡素な電源ソリューションを実現します。[MAX17644](#)は、MOSFETを内蔵した高効率、高電圧のHimalaya同期整流式降圧DC/DCコンバータで、4.5V~36Vの入力電圧範囲で動作します。このデバイスは、最大2.7Aの電流を供給可能です。MAX17644は、MAX17644A、MAX17644B、MAX17644Cの3つの型式で提供されています。

MAX17644AとMAX17644Bは、それぞれ固定3.3V出力と固定5V出力の製品です。MAX17644Cは、出力電圧を調整可能(0.9Vから V_{IN} の90%まで)です。出力電圧範囲にわたる補償機能を内蔵しているため、外付けの補償部品は不要です。

MAX17644は、ピーク電流モード制御アーキテクチャを採用しています。このデバイスは、強制パルス幅変調(PWM)、パルス周波数変調(PFM)、または不連続導通モード(DCM)で動作させることができ、全負荷や軽負荷の条件下で高効率を実現できます。MAX17644は、最小オン時間が短いため高いスイッチング周波数での動作が可能で、ソリューション・サイズの小型化が可能です。

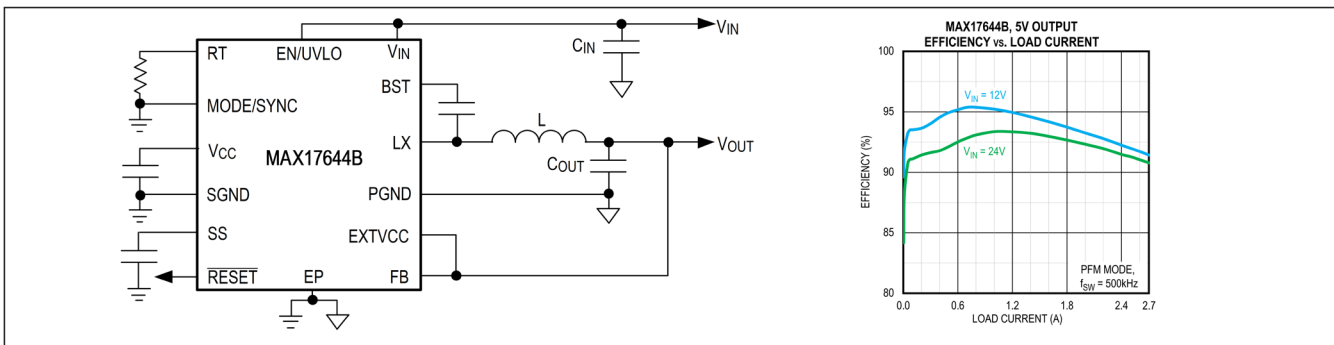
MAX17644A/MAX17644B/MAX17644Cの帰還電圧の安定化精度は、-40°C~+125°Cの範囲で $\pm 1.2\%$ です。

このデバイスは、16ピンTQFNパッケージ(3mm × 3mm)で提供されます。シミュレーション・モデルも提供されています。

アプリケーション

- 産業用制御用電源
- 汎用ポイントオブロード
- 分散電源レギュレーション
- 基地局用電源
- ACアダプタ・トランスのレギュレーション
- 高電圧シングルボード・システム

簡略アプリケーション回路



利点と特長

- 外付け部品と総コストを削減
 - ショットキー不要の同期整流動作
 - 補償部品を内蔵
 - セラミック・コンデンサのみを使用した小型レイアウトが可能
- DC/DCレギュレータの在庫を削減
 - 広い入力範囲: 4.5V~36V
 - 調整可能な出力電圧範囲: 0.9V~ V_{IN} の90%
 - 温度範囲全体で最大2.7Aを供給
 - 外部クロック同期を使用した可変周波数: 400kHz~2.2MHz
 - 16ピンTQFNパッケージ(3mm × 3mm)で提供
- 消費電力を低減
 - ピーク効率: 95.41%
 - PFMモードとDCMモードにより軽負荷時の効率を改善
 - 補助ブートストラップ電源(EXTVCC)により効率を向上
 - シャットダウン電流: 2.8μA
- 過酷な産業環境でも信頼性の高い動作
 - ヒカップ・モード過負荷保護
 - 出力電圧のプリバイアス時にも調整可能で単調増加性の起動
 - RESETを備えた出力電圧モニタリング機能を内蔵
 - 設定可能なEN/UVLO閾値
 - 過熱保護
 - CISPR32クラスB準拠
 - 広い動作周囲温度範囲: -40°C~+125°C / ジャンクション温度範囲: -40°C~+150°C

型番はデータシートの末尾に記載されています。



Absolute Maximum Ratings

V_{IN} to PGND.....	-0.3V to +40V	PGND to SGND	-0.3V to +0.3V
EN/UVLO to SGND	-0.3V to $V_{IN} + 0.3V$	LX Total RMS Current.....	$\pm 3.5A$
LX to PGND	-0.3V to $V_{IN} + 0.3V$	Output Short-Circuit Duration.....	Continuous
EXTVCC to SGND.....	-5.5V to +6.5V	Continuous Power Dissipation (Multilayer Board) ($T_A = +70^\circ C$, derate 23.10mW/ $^\circ C$ above $+70^\circ C$.)	1847.60mW
BST to PGND	-0.3V to +46.5V	Operating Temperature Range (Note 1)	$-40^\circ C$ to $+125^\circ C$
BST to LX	-0.3V to +6.5V	Junction Temperature	$+150^\circ C$
BST to V_{CC}	-0.3V to +40V	Storage Temperature Range	$-65^\circ C$ to $+150^\circ C$
RESET, SS, MODE/SYNC, V_{CC} , RT to SGND.....	-0.3V to +6.5V	Lead Temperature (soldering, 10s).....	$+300^\circ C$
FB to SGND (MAX17644A & MAX17644B)	-5.5V to +6.5V	Soldering Temperature (reflow)	$+260^\circ C$
FB to SGND (MAX17644C).....	-0.3V to +6.5V		

Note 1: Junction temperature greater than $+125^\circ C$ degrades operating lifetimes.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Package Information

16 PIN TQFN

Package Code	T1633+5C
Outline Number	21-0136
Land Pattern Number	90-0032
THERMAL RESISTANCE, FOUR-LAYER BOARD (Note 2)	
Junction to Ambient (θ_{JA})	$33^\circ C/W$
Junction to Case (θ_{JC})	$4^\circ C/W$

For the latest package outline information and land patterns (footprints), go to www.maximintegrated.com/jp/packages. Note that a "+", "#", or "-" in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

Note 2: Package thermal resistances were obtained using the MAX17644 evaluation kit with no airflow.

Electrical Characteristics

($V_{IN} = V_{EN/UVLO} = 24V$, $R_{RT} = \text{unconnected}$ ($f_{SW} = 400 \text{ kHz}$), $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $V_{MODE/SYNC} = V_{EXTVCC} = V_{SGND} = V_{PGND} = 0V$, $V_{FB} = 3.67V$ (MAX17644A), $V_{FB} = 5.5V$ (MAX17644B), $V_{FB} = 1V$ (MAX17644C), $LX = SS = \overline{RESET} = \text{unconnected}$, V_{BST} to $V_{LX} = 5V$, $T_A = -40^\circ C$ to $125^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
INPUT SUPPLY (V_{IN})						
Input-Voltage Range	V_{IN}		4.5		36	V
Input-Shutdown Current	I_{IN-SH}	$V_{EN/UVLO} = 0V$ (Shutdown mode)		2.8	4.5	μA

Electrical Characteristics (continued)

($V_{IN} = V_{EN/UVLO} = 24V$, $R_{RT} = \text{unconnected}$ ($f_{SW} = 400 \text{ kHz}$), $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $V_{MODE/SYNC} = V_{EXTVCC} = V_{SGND} = V_{PGND} = 0V$, $V_{FB} = 3.67V$ (MAX17644A), $V_{FB} = 5.5V$ (MAX17644B), $V_{FB} = 1V$ (MAX17644C), $LX = SS = \overline{\text{RESET}} = \text{unconnected}$, V_{BST} to $V_{LX} = 5V$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 125°C , unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ\text{C}$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input-Quiescent Current	I _{Q_PFM}	MODE/SYNC = Unconnected, V _{EXTVCC} = 5V	50			μA
		MODE/SYNC = Unconnected, R _{RT} = 50.8kΩ, V _{EXTVCC} = 5V	60			
	I _{Q_DCM}	DCM Mode, V _{LX} = 0.1V	1.2	1.8	mA	
	I _{Q_PWM}	Normal Switching Mode, f _{SW} = 400kHz, V _{FB} = 3V (MAX17644A), V _{FB} = 4.4V (MAX17644B), V _{FB} = 0.8V (MAX17644C)	5			
ENABLE/UVLO (EN/UVLO)						
EN/UVLO Threshold	V _{ENR}	V _{EN/UVLO} rising	1.19	1.215	1.26	V
	V _{ENF}	V _{EN/UVLO} falling	1.068	1.09	1.131	
EN Input-Leakage Current	I _{EN}	V _{EN/UVLO} = 0V, T _A = +25°C	-50	0	+50	nA
V _{CC} (LDO)						
V _{CC} Output-Voltage Range	V _{CC}	1mA ≤ I _{VCC} ≤ 15mA	4.75	5	5.25	V
		6V ≤ V _{IN} ≤ 36V, I _{VCC} = 1mA	4.75	5	5.25	
V _{CC} Current Limit	I _{VCC-MAX}	V _{CC} = 4.5V, V _{IN} = 7.5V	25	50		mA
V _{CC} Dropout	V _{CC-DO}	V _{IN} = 4.5V, I _{VCC} = 10mA			0.3	V
V _{CC} UVLO	V _{CC_UVR}	V _{CC} rising	4.05	4.2	4.3	V
	V _{CC_UVF}	V _{CC} falling	3.65	3.8	3.9	
EXTVCC						
EXTVCC Switchover Threshold		V _{EXTVCC} rising	4.56	4.7	4.84	V
		V _{EXTVCC} falling	4.3	4.45	4.6	
POWER MOSFETS						
High-Side nMOS On-Resistance	R _{DS-ONH}	I _{LX} = 0.3A, sourcing		125	250	mΩ
Low-Side nMOS On-Resistance	R _{DS-ONL}	I _{LX} = 0.3A, sinking		80	160	mΩ
LX Leakage Current	I _{LX_LKG}	V _{LX} = (V _{PGND} +1V) to (V _{IN} - 1V), T _A = +25°C	-2		+3	μA
SOFT-START (SS)						
Charging Current	I _{SS}	V _{SS} = 0.5V	4.7	5	5.3	μA

Electrical Characteristics (continued)

($V_{IN} = V_{ENUVLO} = 24V$, $R_{RT} = \text{unconnected}$ ($f_{SW} = 400 \text{ kHz}$), $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $V_{MODE/SYNC} = V_{EXTVCC} = V_{SGND} = V_{PGND} = 0V$, $V_{FB} = 3.67V$ (MAX17644A), $V_{FB} = 5.5V$ (MAX17644B), $V_{FB} = 1V$ (MAX17644C), $LX = SS = \overline{RESET} = \text{unconnected}$, V_{BST} to $V_{LX} = 5V$, $T_A = -40^\circ C$ to $125^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
FEEDBACK (FB)						
FB Regulation Voltage	V _{FB-REG}	MODE/SYNC = SGND or MODE/SYNC = V _{CC} , for MAX17644A	3.26	3.3	3.34	V
		MODE/SYNC = SGND or MODE/SYNC = V _{CC} , for MAX17644B	4.94	5	5.06	
		MODE/SYNC = SGND or MODE/SYNC = V _{CC} for MAX17644C	0.889	0.9	0.911	
		MODE/SYNC = Unconnected for MAX17644A	3.26	3.36	3.43	
		MODE/SYNC = Unconnected for MAX17644B	4.94	5.09	5.20	
		MODE/SYNC = Unconnected for MAX17644C	0.89	0.915	0.936	
FB Input-Bias Current	I _{FB}	For MAX17644A	21			μA
		For MAX17644B	17			
		0 ≤ V _{FB} ≤ 1V, T _A = 25°C For MAX17644C	-50	+50		
MODE/SYNC						
MODE Threshold	V _{M-DCM}	MODE/SYNC = V _{CC} (DCM mode)	V _{CC} - 0.65			V
	V _{M-PFM}	MODE/SYNC = Unconnected (PFM mode)	V _{CC} /2			
	V _{M-PWM}	MODE/SYNC = SGND (PWM mode)	0.75			
SYNC Frequency-Capture Range	f _{SYNC}	f _{SW} set by R _{RT}	1.1 x f _{SW}		1.4 x f _{SW}	kHz
SYNC Pulse Width			50			ns
SYNC Threshold	V _{IH}		2.1			V
	V _{IL}			0.8		
CURRENT LIMIT						
Peak Current-Limit Threshold	I _{PEAK-LIMIT}		3.45	4.0	4.6	A
Runaway Peak Current-Limit Threshold	I _{RUNAWAY-LIMIT}		4.0	4.7	5.3	A
PFM Peak Current-Limit Threshold	I _{PFM}	MODE/SYNC = Unconnected		1		A
Valley Current-Limit Threshold	I _{VALLEY-LIMIT}	MODE/SYNC = Unconnected or MODE/ SYNC = V _{CC}	-0.15	0	+0.15	A
		MODE/SYNC = SGND, V _{FB} > 0.65		-1.8		

Electrical Characteristics (continued)

($V_{IN} = V_{ENUVLO} = 24V$, $R_{RT} = \text{unconnected}$ ($f_{SW} = 400 \text{ kHz}$), $C_{VCC} = 2.2\mu F$, $V_{MODE/SYNC} = V_{EXTVCC} = V_{SGND} = V_{PGND} = 0V$, $V_{FB} = 3.67V$ (MAX17644A), $V_{FB} = 5.5V$ (MAX17644B), $V_{FB} = 1V$ (MAX17644C), $LX = SS = \overline{\text{RESET}} = \text{unconnected}$, $V_{BST} \text{ to } V_{LX} = 5V$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 125°C , unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ\text{C}$. All voltages are referenced to SGND, unless otherwise noted.) (Note 3)

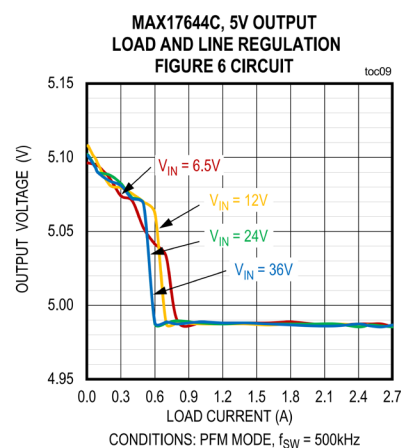
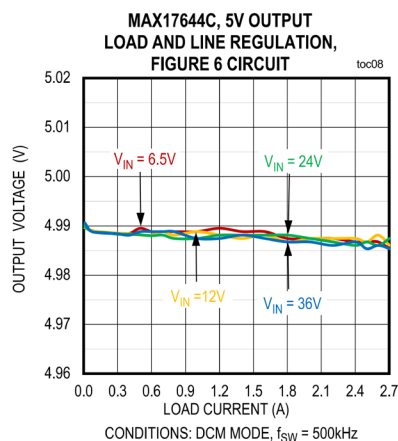
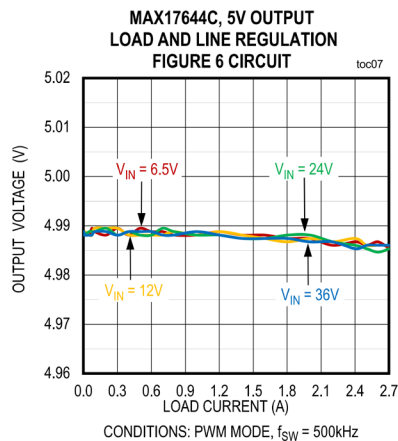
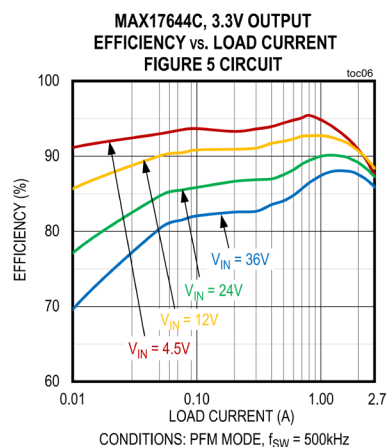
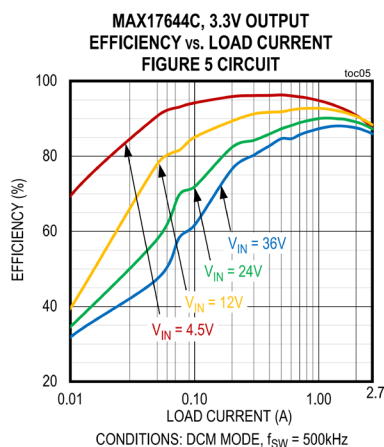
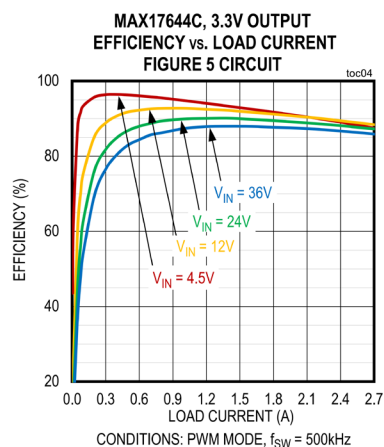
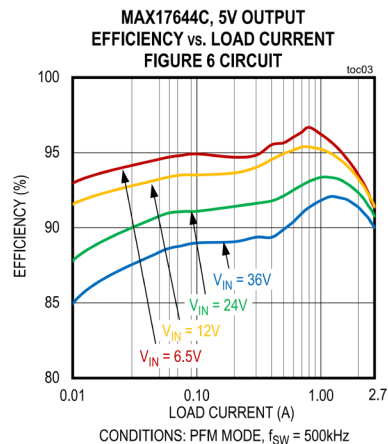
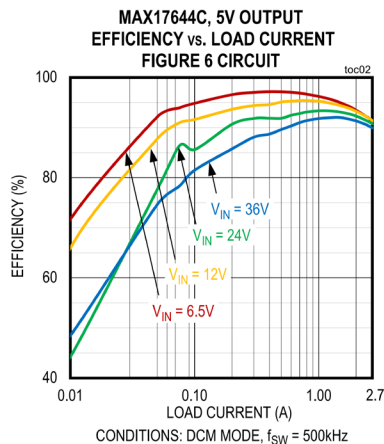
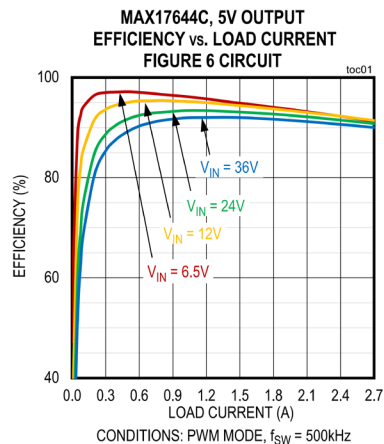
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
RT						
Switching Frequency	f_{SW}	$R_{RT} = 50.8k\Omega$	380	400	420	kHz
		$R_{RT} = 40.2k\Omega$	475	500	525	
		$R_{RT} = 8.06k\Omega$	1950	2200	2450	
		$R_{RT} = \text{Unconnected}$	370	400	430	
V_{FB} Undervoltage Trip Level to Cause Hiccup	$V_{FB-HICF}$	For MAX17644A	2.05	2.13	2.2	V
		For MAX17644B	3.11	3.22	3.33	
		For MAX17644C	0.56	0.58	0.6	
HICCUP Timeout		(Note 4)		32768		Cycles
Minimum On-Time	t_{ON-MIN}			52	80	ns
Minimum Off-Time	$t_{OFF-MIN}$		140		160	ns
LX Dead Time	LX_{DT}			5		ns
RESET						
$\overline{\text{RESET}}$ Output-Level Low	V_{RESETL}	$I_{\overline{\text{RESET}}} = 10\text{mA}$			400	mV
$\overline{\text{RESET}}$ Output-Leakage Current	$I_{RESETLKG}$	$T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$, $V_{\overline{\text{RESET}}} = 5.5V$	-100		100	nA
FB Threshold for $\overline{\text{RESET}}$ Deassertion	V_{FB-OKR}	V_{FB} rising	93.8	95	97.8	%
FB Threshold for $\overline{\text{RESET}}$ Assertion	V_{FB-OKF}	V_{FB} falling	90.5	92	94.6	%
$\overline{\text{RESET}}$ Delay after FB Reaches 95% Regulation				1024		Cycles
THERMAL SHUTDOWN (TEMP)						
Thermal-Shutdown Threshold		Temperature rising		165		$^\circ\text{C}$
Thermal-Shutdown Hysteresis				10		$^\circ\text{C}$

Note 3: Electrical specifications are production tested at $T_A = +25^\circ\text{C}$. Specifications over the entire operating temperature range are guaranteed by design and characterization.

Note 4: See the [Overcurrent Protection/Hiccup Mode](#) section for more details

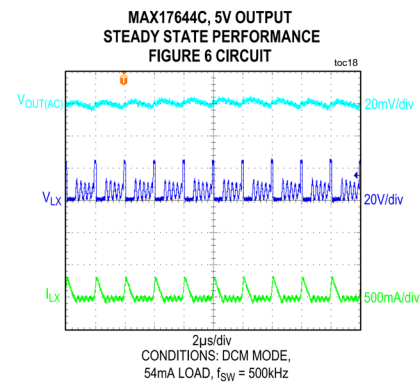
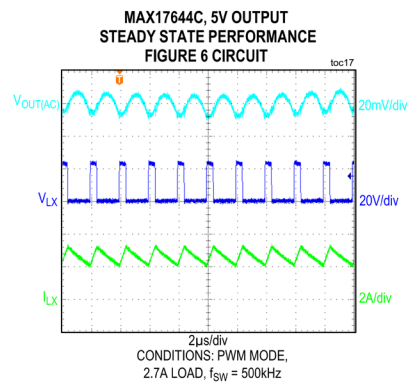
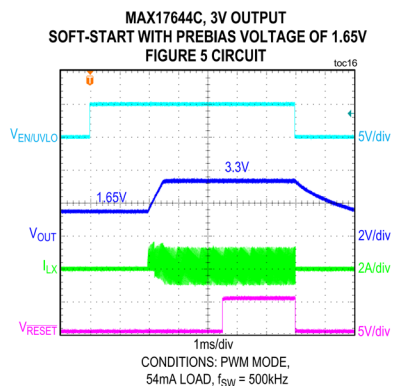
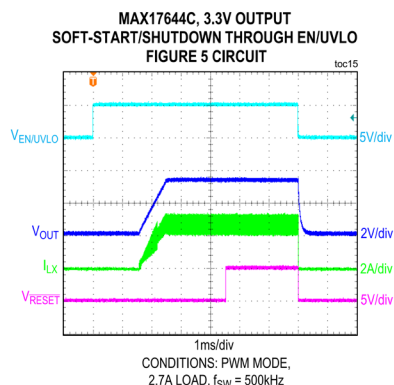
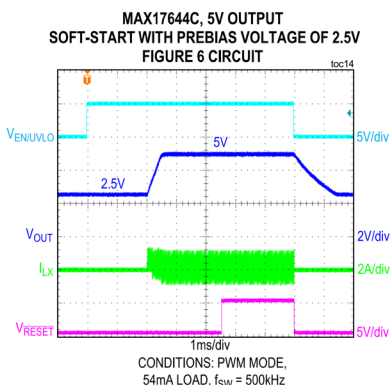
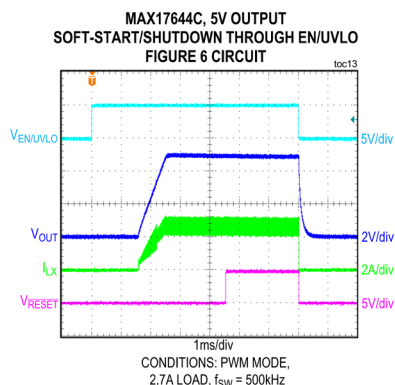
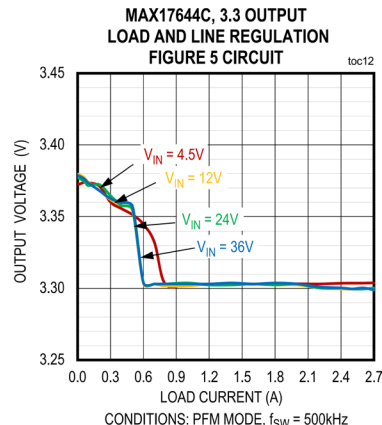
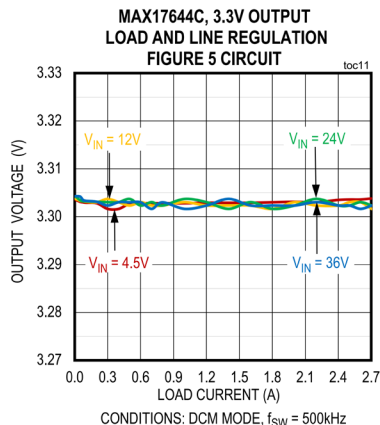
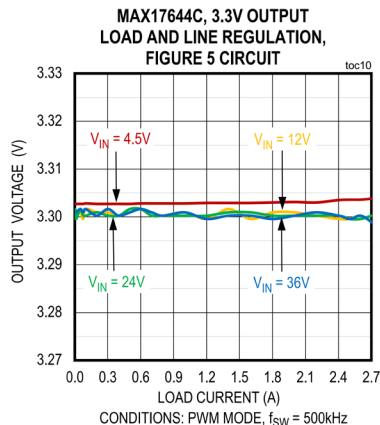
標準動作特性

(特に指定のない限り、 $V_{EN/UVLO} = V_{IN} = 24V$ 、 $V_{SGND} = V_{PGND} = 0V$ 、 $C_{VCC} = 2.2\mu F$ 、 $C_{BST} = 0.1\mu F$ 、 $C_{SS} = 5600pF$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。特に指定のない限り、電圧はすべてSGNDを基準。)



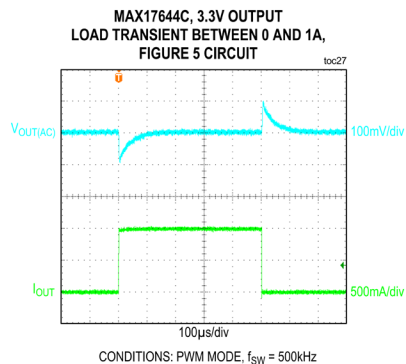
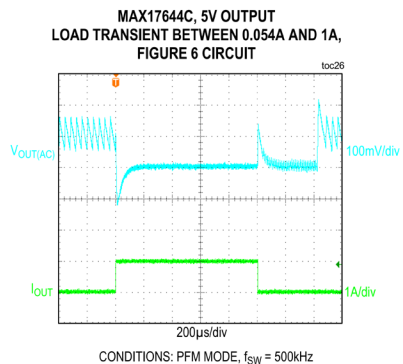
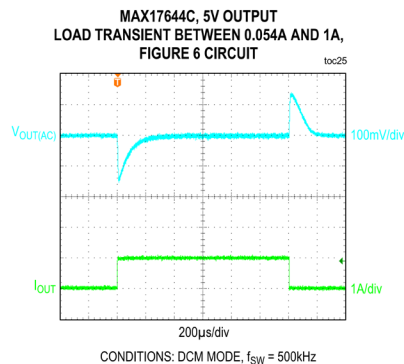
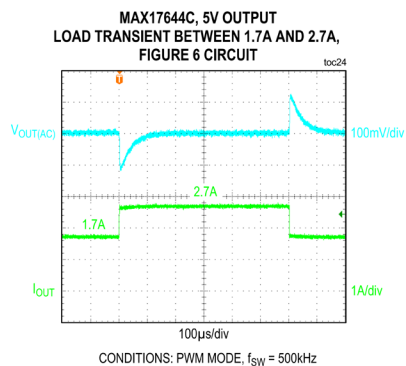
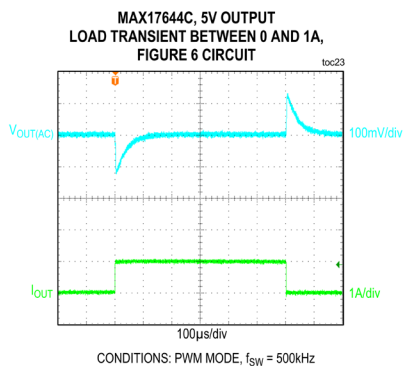
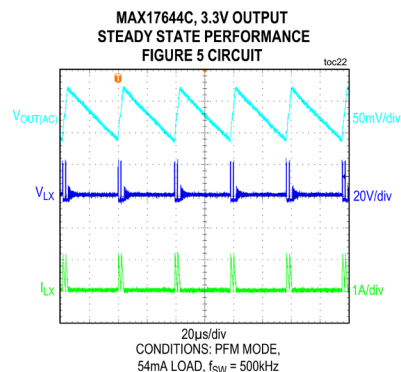
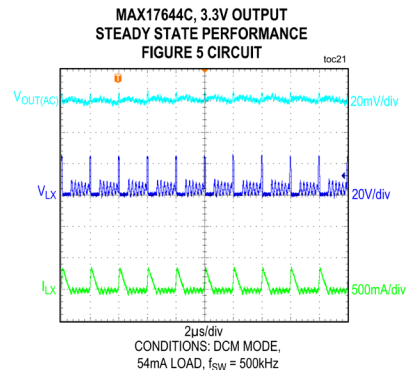
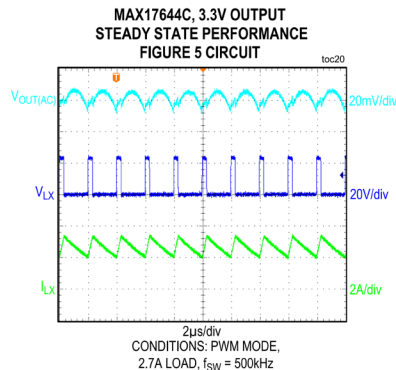
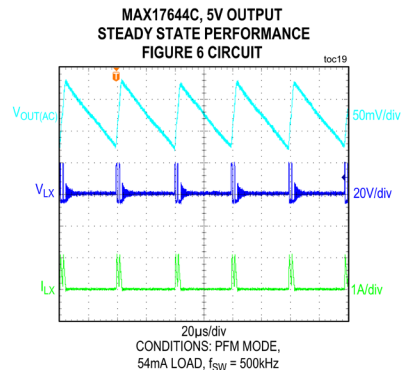
標準動作特性(続き)

(特に指定のない限り、 $V_{EN/UVLO} = V_{IN} = 24V$ 、 $V_{SGND} = V_{PGND} = 0V$ 、 $C_{VCC} = 2.2\mu F$ 、 $C_{BST} = 0.1\mu F$ 、 $C_{SS} = 5600pF$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。特に指定のない限り、電圧はすべてSGNDを基準。)



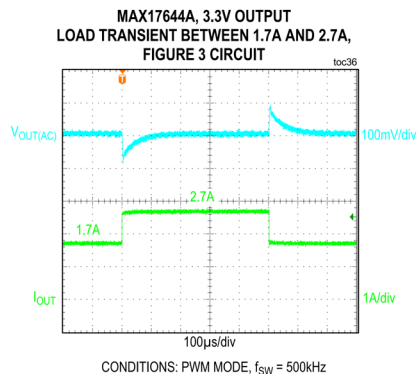
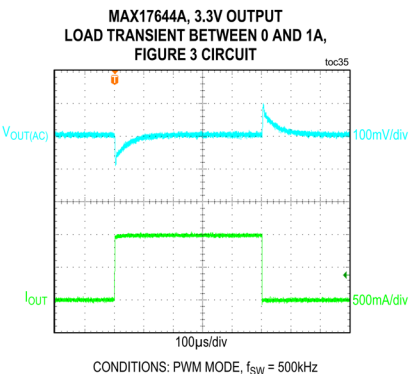
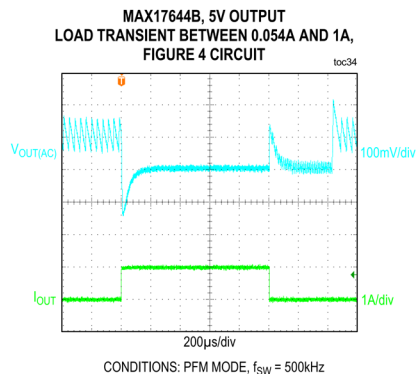
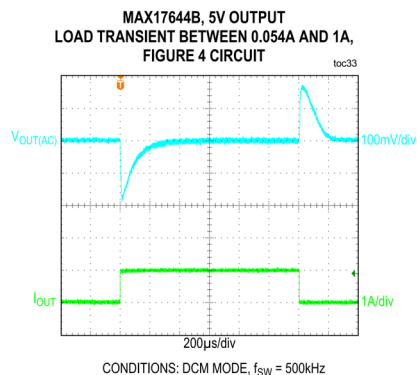
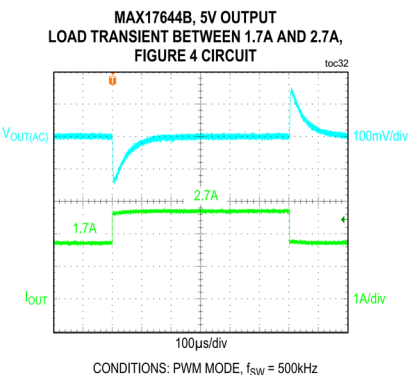
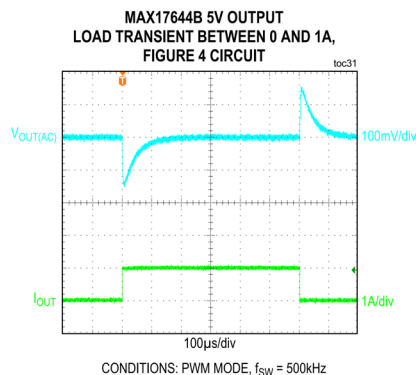
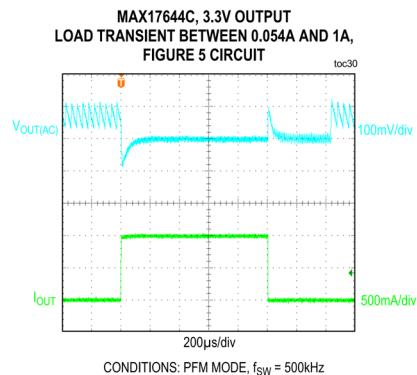
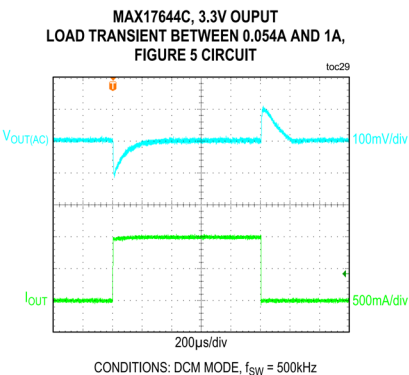
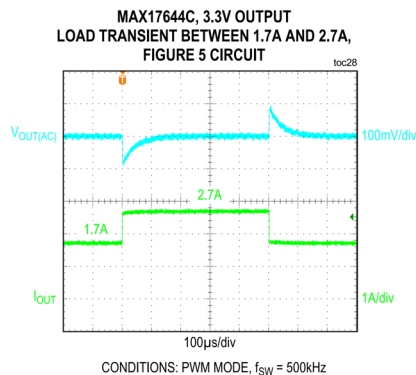
標準動作特性(続き)

(特に指定のない限り、 $V_{EN/UVLO} = V_{IN} = 24V$ 、 $V_{SGND} = V_{PGND} = 0V$ 、 $C_{VCC} = 2.2\mu F$ 、 $C_{BST} = 0.1\mu F$ 、 $C_{SS} = 5600pF$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。特に指定のない限り、電圧はすべてSGNDを基準。)



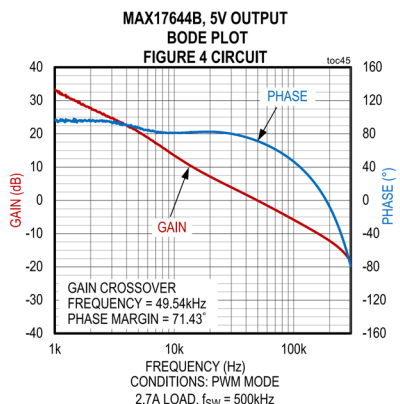
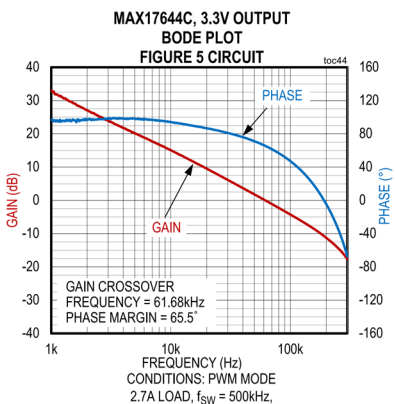
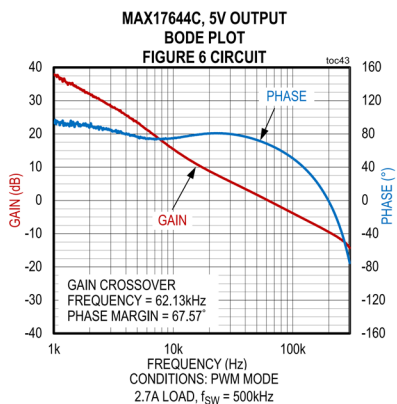
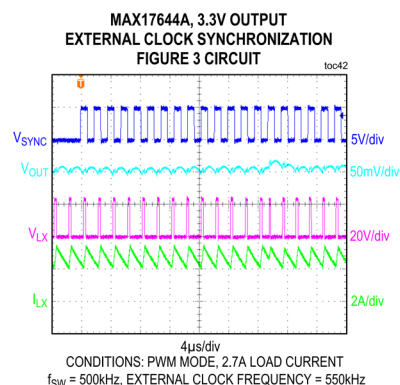
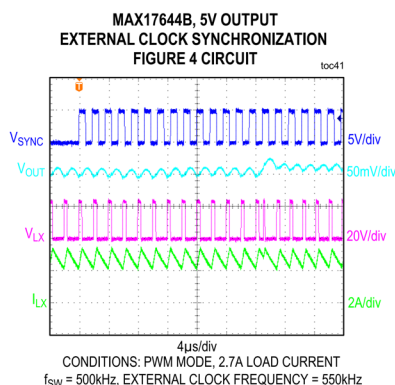
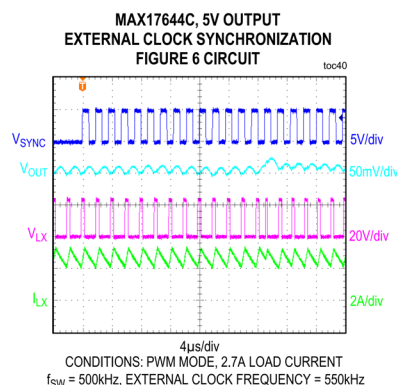
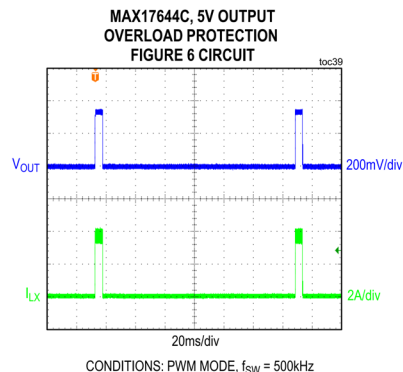
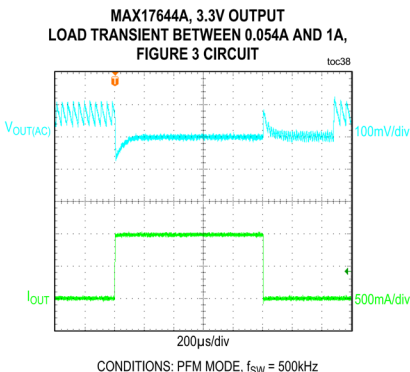
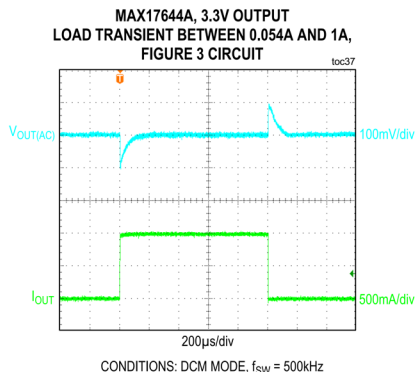
標準動作特性(続き)

(特に指定のない限り、 $V_{EN/UVLO} = V_{IN} = 24V$ 、 $V_{SGND} = V_{PGND} = 0V$ 、 $C_{VCC} = 2.2\mu F$ 、 $C_{BST} = 0.1\mu F$ 、 $C_{SS} = 5600pF$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。特に指定のない限り、電圧はすべてSGNDを基準。)



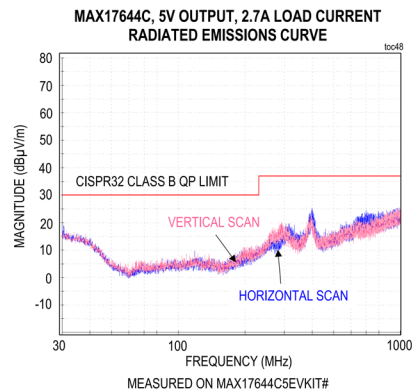
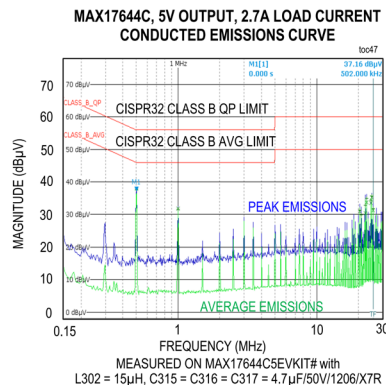
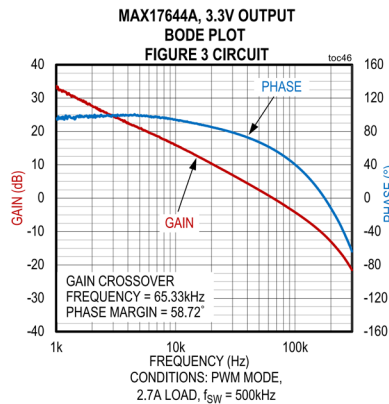
標準動作特性(続き)

(特に指定のない限り、 $V_{EN/UVLO} = V_{IN} = 24V$ 、 $V_{SGND} = V_{PGND} = 0V$ 、 $C_{VCC} = 2.2\mu F$ 、 $C_{BST} = 0.1\mu F$ 、 $C_{SS} = 5600pF$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。特に指定のない限り、電圧はすべてSGNDを基準。)

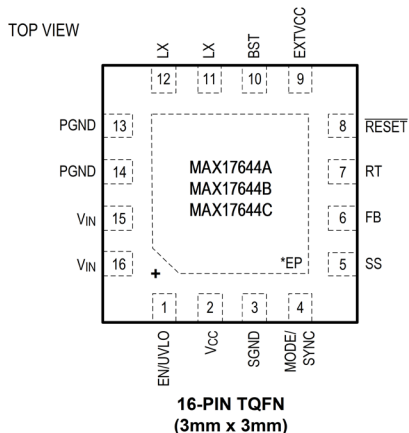


標準動作特性(続き)

(特に指定のない限り、 $V_{EN/UVLO} = V_{IN} = 24V$ 、 $V_{SGND} = V_{PGND} = 0V$ 、 $C_{VCC} = 2.2\mu F$ 、 $C_{BST} = 0.1\mu F$ 、 $C_{SS} = 5600pF$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。特に指定のない限り、電圧はすべてSGNDを基準。)



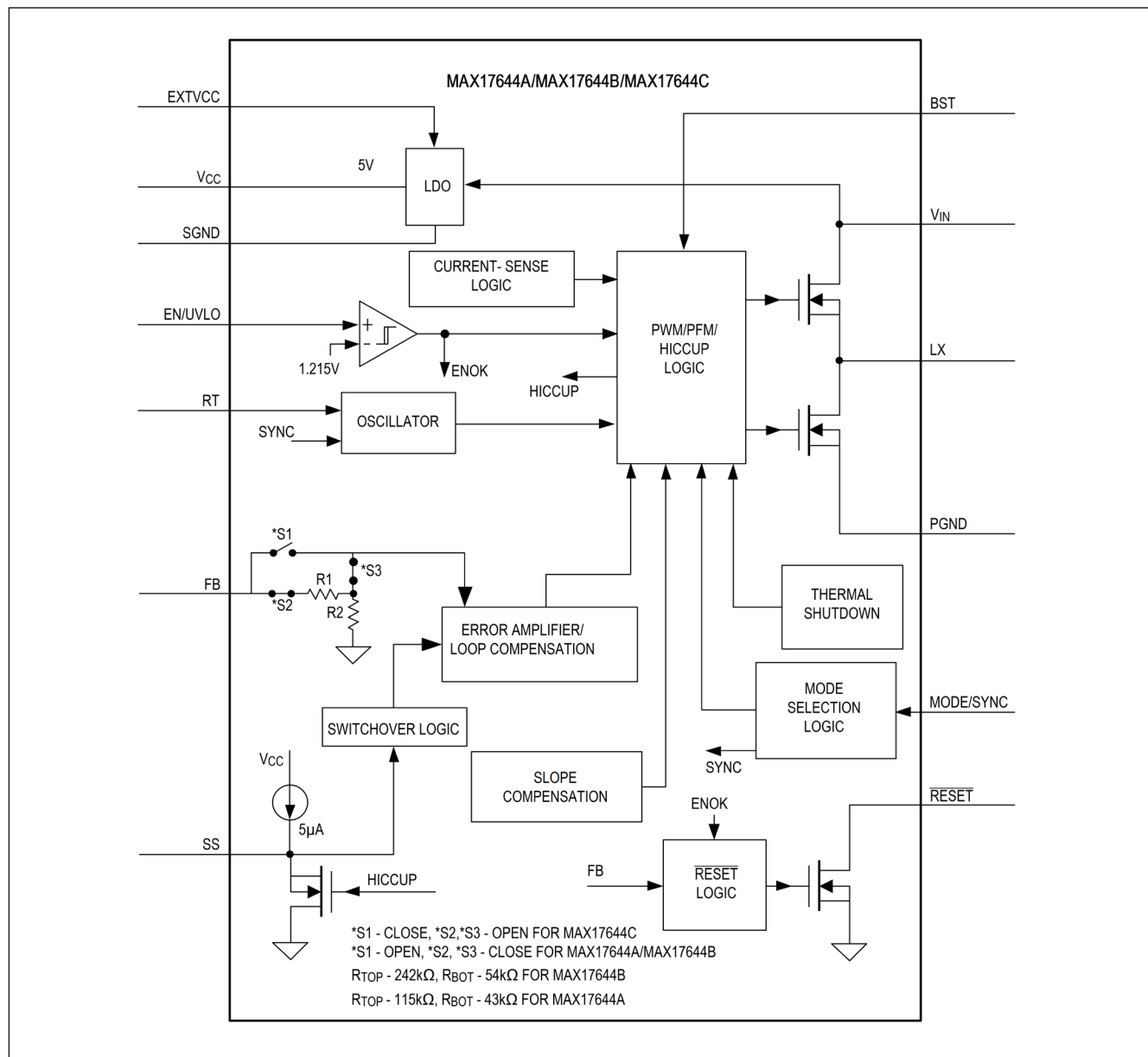
ピン配置



端子説明

端子	名称	説明
1	EN/UVLO	イネーブル/低電圧ロックアウト・ピン。EN/UVLOをハイにすると、出力がイネーブルされます。 V_{IN} とSGNDの間に配置した抵抗分圧器の midpoint に接続して、デバイスがオンになる入力電圧を設定します。 V_{IN} ピンに接続すると、常時オン動作になります。プルダウン (V_{ENF} より低い電圧に) するとデバイスがディスエーブルされます。
2	V_{CC}	5V LDO出力。2.2 μ Fのセラミック・コンデンサで V_{CC} をSGNDにバイパスします。LDOは V_{CC} への外部負荷をサポートしていません。
3	SGND	信号グランド。
4	MODE/SYNC	MODE/SYNCピンによって、デバイスがPWM、PFM、DCMのいずれのモードで動作するかを設定します。MODE/SYNCを無接続のままにするとPFMモードで動作します (軽負荷時にはパルススキップ)。MODE/SYNCをSGNDに接続すると、どのような負荷でも定周波数PWMモードで動作します。MODE/SYNCを V_{CC} に接続すると、軽負荷時にDCMで動作します。また、このピンを使用してデバイスを外部クロックに同期させることもできます。詳細については、 モード選択および外部クロック同期 (MODE/SYNC) のセクションを参照してください。
5	SS	ソフトスタート入力。SSとSGNDの間にコンデンサを接続してソフトスタート時間を設定します。
6	FB	帰還入力。MAX17644AとMAX17644Bの場合は、出力電圧ノード (V_{OUT}) をFBに接続します。MAX17644Cの場合は、出力とSGNDの間に配置した外部抵抗分圧器の中間ノードにFBを接続して、出力電圧を設定します。詳細については、 出力電圧の調整 のセクションを参照してください。
7	RT	プログラマブル・スイッチング周波数入力。RTとSGNDの間に抵抗を接続して、レギュレータのスイッチング周波数を400kHz~2.2MHzの範囲で設定します。RTを無接続のままにすると、400kHzのデフォルト周波数になります。詳細については、 スイッチング周波数の設定 (RT) のセクションを参照してください。
8	$\overline{\text{RESET}}$	オープン・ドレインの $\overline{\text{RESET}}$ 出力。FBが設定値の92%を下回ると、 $\overline{\text{RESET}}$ 出力はローになります。FBが設定値の95%を上回った後、1024サイクル経過してから $\overline{\text{RESET}}$ はハイになります。
9	EXTVCC	内部LDOの損失を低減する外部電源入力。降圧出力が5Vにプログラムされている場合のみ、降圧出力に接続できます。EXTVCCを使用しない場合は、SGNDに接続します。
10	BST	昇圧フライング・コンデンサ。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。
11, 12	LX	スイッチング・ノード・ピン。LXピンはインダクタのスイッチ側に接続します。
13, 14	PGND	コンバータの電源グランド・ピン。推奨するPCBレイアウトと配線については、MAX17644評価キットのデータシートを参照してください。
15, 16	V_{IN}	電源入力ピン。入力電源の範囲は4.5V~36Vです。2.2 μ Fのコンデンサを用いてPGNDとデカップリングします。コンデンサは、 V_{IN} ピンとPGNDピンの近くに配置します。
*	EP	露出パッド (EP)。EPはSGNDに接続します。PCBレイアウト、配線、サーマル・ビアに関する推奨方法については、MAX17644評価キットのデータシートを参照してください。

機能ブロック図



詳細

MAX17644は、MOSFETを内蔵した高効率、高電圧の同期整流式降圧DC/DCコンバータで、4.5V~36Vの入力電圧範囲で動作します。このデバイスは、最大2.7Aの電流を供給可能です。MAX17644AとMAX17644Bは、それぞれ固定3.3V出力と固定5V出力の製品です。MAX17644Cは、出力電圧を調整可能(0.9VからVINの90%まで)です。出力電圧範囲にわたる補償機能を内蔵しているため、外付けの補償部品は不要です。-40°C~+125°CにおけるMAX17644の帰還電圧のレギュレーション精度は±1.2%です。

このデバイスは、ピーク電流モードの制御アーキテクチャを採用しています。内蔵トランスコンダクタンス・エラー・アンプが内部のノードで積分誤差電圧を生成し、その電圧で、PWMコンパレータ、ハイサイド電流検出アンプ、スロープ補償ジェネレータを使用してデューティ・サイクルを設定します。クロックの各立上がりエッジで、ハイサイドMOSFETがオンになり、適切なデューティ・サイクルまたは最大デューティ・サイクルに達するまで、あるいはピーク電流制限が検出されるまで、オン状態を維持します。ハイサイドMOSFETのオン時間中、インダクタ電流は上昇します。スイッチング・サイクルの残りの期間は、ハイサイドMOSFETがオフになり、ローサイドMOSFETがオンになります。インダクタは、インダクタ電流を減少させながら蓄積したエネルギーを放出し、出力に電流を供給します。

このデバイスにはMODE/SYNCピンがあり、これを用いてデバイスをPWM、PFM、DCMのいずれかの制御モードで動作させることができます。また、調整可能な入力低電圧ロックアウト、調整可能なソフトスタート、オープン・ドレインのRESET、外部クロック同期の機能を搭載しています。MAX17644は、最小オン時間が短い高いスイッチング周波数でのコンバータ設計が可能で、ソリューション・サイズを小型化できます。

モード選択および外部クロック同期(MODE/SYNC)

MAX17644は、PWM、PFM、DCMの動作モードをサポートしています。このデバイスは、 V_{CC} とEN/UVLOの各電圧がそれぞれのUVLO立上がりスレッショルド(V_{CC_UVR} 、 V_{ENR})を超えると、1.5ms以内に検出されたMODE/SYNCピンの設定に基づいて指定の動作モードに入ります。MODE/SYNCピンが無接続の状態であれば、このデバイスは軽負荷時にPFMモードで動作します。MODE/SYNCピンの状態がロー(V_{M-PWM} 未満)の場合は、デバイスはすべての負荷に対し定周波数PWMモードで動作します。MODE/SYNCピンの状態がハイ(V_{M-DCM} より高い)の場合は、デバイスは軽負荷時には定周波数DCMモードで動作します。

外部クロック同期中は、デバイスは検出された動作モードに関係なく、PWMモードで動作します。MODE/SYNCピンで外部クロックの立上がりエッジが16回検出されると、RTピンで設定された内部発振器周波数(f_{SW})から外部クロック周波数に変わり、デバイスはPWMモードに遷移します。デバイスはEN/UVLOまたは入力電源が再投入されるまでPWMモードを継続します。外部クロック周波数は、 $1.1 \times f_{SW} \sim 1.4 \times f_{SW}$ の範囲であることが必要です。外部クロックのパルス幅の最小値は、50nsより長いことが必要です。外部クロックのオフ時間の長さは、少なくとも160nsが必要です。詳細については、[電気的特性](#)の表のMODE/SYNCのセクションを参照してください。

PWMモードの動作

PWMモードでは、インダクタ電流が負になることも許容されます。PWM動作は、どのような負荷でも定周波数で動作するため、スイッチング周波数に影響されやすいアプリケーションで有用です。しかし、PWMの動作モードでは、PFMモードやDCMモードの動作と比較すると、軽負荷時の効率が低くなります。

PFMモードの動作

PFMモードでは負のインダクタ電流がディスエーブルされ、更に軽負荷時にはパルス・スキッピング動作により効率を改善します。PFMモードでは、設定されている公称出力電圧の102.3%に出力が上昇するまで、すべてのクロック・サイクルでインダクタ電流が I_{PFM} (代表値1A)のピーク値に固定されます。出力が設定公称電圧の102.3%に達すると、ハイサイドFETとローサイドFETが両方ともオフになり、負荷の放電によって出力が公称電圧の101.1%に低下するまでデバイスはハイバネート動作に移行します。ハイバネート動作では、自己消費電流を抑えるために、ほとんどの内部ブロックがオフになります。出力が設定公称電圧の101.1%未満に低下すると、デバイスはハイバネート動作を終了してすべての内部ブロックをオンにし、エネルギー・パルスを出力に供給する処理を再開し、電圧が公称出力電圧の102.3%になるまで続けます。PFMモードの利点は、電源から流れる自己消費電流が小さくなるので軽負荷時の効率が向上することです。反面、PWMモードやDCMモードでの動作時と比較して出力電圧リップルが大きくなり、軽負荷時のスイッチング周波数が一定ではなくなります。

DCMモードの動作

DCM動作モードでは、PFMモードと比較すると、軽負荷への対応はパルス・スキッピングによるのではなく負のインダクタ電流の抑止によるため、更に軽い負荷時でも一定の周波数で動作します。DCM動作では、軽負荷時にPWMモードとPFMモードの中間の効率性能が得られます。DCMモードの出力電圧リップルはPWMモードと同等で、PFMと比較すると軽負荷で小さくなります。

リニア・レギュレータ(V_{CC}およびEXTVCC)

MAX17644には、V_{IN}からV_{CC}に電力を供給する低ドロップアウト (LDO)レギュレータが内蔵されています。このLDOは、パワーアップ時またはEN/UVLOが再投入されたときに動作します。V_{CC}がUVLOより高くなったとき、EXTVCCが4.7V(代表値)より高ければ、内部V_{CC}にはEXTVCCから給電され、LDOはV_{IN}からの入力を無効化します。EXTVCCからV_{CC}に電力供給することにより、入力電圧が高い場合の効率が向上します。代表的なV_{CC}の出力電圧は5Vです。V_{CC}は、2.2μFの低ESRセラミック・コンデンサを使用してSGNDにバイパスしてください。V_{CC}は、内部ブロックとローサイドMOSFETドライバに電力供給し、外部ブートストラップ・コンデンサを充電します。

MAX17644は、低電圧ロックアウト回路を採用しており、V_{CC}電圧がV_{CC,UVF}(代表値3.8V)を下回ると、降圧コンバータを強制的にオフにします。V_{CC}電圧がV_{CC,UVR}(代表値4.2V)を超えると、降圧コンバータがイネーブルされます。400mVのUVLOヒステリシスにより、パワーアップ/パワーダウン時のチャタリングを防止します。

降圧コンバータの出力をEXTVCCピンに接続するアプリケーションでは、出力がグランドに短絡した場合、通常の機能に影響を及ぼすことなくEXTVCCから内蔵LDOにシームレスに切り替わります。EXTVCCピンを使用しない場合はSGNDに接続します。

スイッチング周波数の設定(RT)

本デバイスのスイッチング周波数は、RTピンとSGNDの間に接続された抵抗を使用して、400kHz～2.2MHzの範囲でプログラムできます。スイッチング周波数(f_{SW})は、RTピンに接続した抵抗(R_{RT})により、次式に従って決まります。

$$R_{RT} = \frac{21000}{f_{SW}} - 1.7$$

ここでR_{RT}の単位はkΩ、f_{SW}の単位はkHzです。RTピンを無接続のままにすると、デバイスはデフォルトのスイッチング周波数400kHzで動作します。いくつかの一般的なスイッチング周波数に対応するRT抵抗値については、[表1](#)を参照してください。

表1. スwitchング周波数とRT抵抗の関係

SWITCHING FREQUENCY (kHz)	RT RESISTOR (kΩ)
400	Unconnected
400	50.8
500	40.2
2200	8.06

動作入力電圧範囲

所定の出力電圧設定に対する動作入力電圧の最小値と最大値は、次式で計算します。

$$V_{IN(MIN)} = \frac{V_{OUT} + (I_{OUT(MAX)} \times (R_{DCR(MAX)} + R_{DS-ONL(MAX)}))}{1 - (f_{SW(MAX)} \times t_{OFF-MIN(MAX)})} + (I_{OUT(MAX)} \times (R_{DS-ONH(MAX)} - R_{DS-ONL(MAX)}))$$

$$V_{IN(MAX)} = \frac{V_{OUT}}{f_{SW(MAX)} \times t_{ON-MIN(MAX)}}$$

ここで、

V_{OUT} = 定常状態での出力電圧

$I_{OUT(MAX)}$ = 最大負荷電流

$R_{DCR(MAX)}$ = 最も厳しい条件でのインダクタのDC抵抗

$f_{SW(MAX)}$ = 最大スイッチング周波数

$t_{OFF-MIN(MAX)}$ = 最も厳しい条件での最小スイッチオフ時間 (160ns)

$t_{ON-MIN(MAX)}$ = 最も厳しい条件での最小スイッチオン時間 (80ns)

$R_{DS-ONL(MAX)}$ と $R_{DS-ONH(MAX)}$ = それぞれ最も厳しい条件でのローサイドとハイサイドの内蔵MOSFETのオン抵抗。

過電流保護(OCP)/ヒカップ・モード

このデバイスは、堅牢な過電流保護(OCP)方式を備えており、過負荷条件下および出力短絡条件下でデバイスを保護します。サイクルごとのピーク電流制限により、ハイサイド・スイッチ電流が内部制限値 $I_{PEAK-LIMIT}$ (代表値4A) を超えると常にハイサイドMOSFETをオフにします。ハイサイド・スイッチの暴走ピーク電流制限 $I_{RUNAWAY-LIMIT}$ (代表値4.7A) により、降圧コンバータのオン期間中に高まったインダクタ電流を元に戻すだけの十分な出力電圧が得られないような高入力電圧条件下で出力短絡状態にあるデバイスが保護されます。暴走電流制限が1回作動すると、ヒカップ・モードがトリガされます。更に、フォルト条件によって帰還電圧が $V_{FB-HICF}$ まで低下すると、ソフトスタート時間の終了後1024クロック・サイクルでヒカップ・モードが起動されます。ヒカップ・モードでは、ヒカップ・タイムアウト時間(設定スイッチング周波数の半分の32,768クロック・サイクル)の間、スイッチングを一時停止することにより、コンバータを保護します。ヒカップ・タイムアウト期間が経過すると、ソフトスタートが再試行されます。過負荷条件下でソフトスタートが試行されたときに、帰還電圧が $V_{FB-HICF}$ を超えていなければ、デバイスは設定されたスイッチング周波数の半分の周波数で、ソフトスタートの設定時間に加えて1024クロック・サイクルの期間、スイッチングを続けます。ヒカップ・モードの動作により、出力短絡条件下で低消費電力が確保されます。

RESET出力

このデバイスは、出力電圧の状態をモニタする $\overline{RESET}$ コンパレータを内蔵しています。オープン・ドレインの $\overline{RESET}$ 出力には、外付けのプルアップ抵抗が必要です。 $\overline{RESET}$ は、レギュレータ出力が設計上の公称安定化電圧の95%を超えてから1024スイッチング・サイクル後に、ハイ(高インピーダンス)になります。 $\overline{RESET}$ は、出力電圧が設定された公称出力電圧の92%未満に低下すると、ローになります。サーマル・シャットダウンの間、または $EN/UVLO$ ピンが V_{ENF} より低くなった場合にも、 $\overline{RESET}$ はローになります。

プリバイアス出力

出力がプリバイアスされた状態でデバイスが動作を開始した場合、コンバータが出力から電流をシンクしないようにハイサイド・スイッチとローサイド・スイッチの両方がオフになります。ハイサイド・スイッチおよびローサイド・スイッチは、パルス幅変調(PWM)コンパレータから最初のPWMパルスの指示が来るまでスイッチングを開始せず、来た時点で開始します。その後、出力電圧は内部リファレンスに合わせて目標値まで滑らかに上昇します。

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デバイスのジャンクション温度を制限します。デバイスのジャンクション温度が+165°Cを超えると、内蔵のサーマル・センサーがデバイスをシャットダウンすることで冷却できるようにします。ジャンクション温度が10°C下がるとデバイスはソフトスタートでオンに移行します。サーマル・シャットダウン中はソフトスタートのアサートが解除され、デバイスがサーマル・シャットダウンから回復するとスタートアップ動作を開始します。合計消費電力を慎重に評価し([消費電力](#)のセクションを参照)、通常動作時にサーマル・シャットダウンが不必要にトリガされないようにしてください。

アプリケーション情報

入力コンデンサの選択

入力フィルタ・コンデンサは、電源から流れるピーク電流を低減すると共に、回路のスイッチングによって生じる入力ノイズと電圧リップルを低減します。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。

$$I_{RMS} = I_{OUT(MAX)} \times \frac{\sqrt{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}}{V_{IN}}$$

ここで、 $I_{OUT(MAX)}$ は最大負荷電流です。 I_{RMS} は、入力電圧が出力電圧の2倍 ($V_{IN} = 2 \times V_{OUT}$) になったときに最大値をとるため、次式が得られます。

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

最大限の長期信頼性を得るには、実効値入力電流での温度上昇が+10°C未満となる入力コンデンサを選択します。入力には、高リップル電流に対応した低ESRのセラミック・コンデンサを使用します。X7Rコンデンサは、温度安定性に優れるため、工業用アプリケーション向けに推奨します。入力容量の計算には、次の式を使用します。

$$C_{IN} = \frac{I_{OUT(MAX)} \times D \times (1 - D)}{\eta \times f_{SW} \times \Delta V_{IN}}$$

ここで、

$D = V_{OUT}/V_{IN}$ (コンバータのデューティ比)

f_{SW} = スwitchング周波数

ΔV_{IN} = 入力電圧リップルの許容値

η = 効率

電源がデバイスの入力から離れて配置されているアプリケーションでは、適切な電解コンデンサをセラミック・コンデンサと並列に追加して、長い入力電力パスと入力セラミック・コンデンサのインダクタンスによって生じる電位振動を、必要に応じて減衰させる必要があります。

インダクタの選択

デバイスの動作に関しては、主要なインダクタ・パラメータを規定しなければなりません。インダクタンス値 (L)、インダクタ飽和電流 (I_{SAT})、DC抵抗 (R_{DCR}) の3つです。スイッチング周波数と出力電圧によって、インダクタ値を次式のように求めます。

$$L = \frac{V_{OUT}}{1.25 \times f_{SW}}$$

ここで、 V_{OUT} と f_{SW} は公称値で、 f_{SW} の単位はHzです。この式で計算された値に最も近い値のインダクタを選択します。計算値に最も近い低損失のインダクタで、サイズが許容可能でありDC抵抗ができるだけ低いものを選択します。ピーク電流制限値 $I_{PEAK-LIMIT}$ を超えていない状態では飽和が発生しないよう、インダクタの飽和電流定格 (I_{SAT}) は十分高い値にする必要があります。

出力コンデンサの選択

工業用アプリケーションには、温度に対する安定性のために、X7Rセラミック出力コンデンサを推奨します。出力コンデンサは、アプリケーションにおいて1Aの負荷ステップに対応できる大きさにします。これにより、出力電圧の変動を出力電圧の変動の3%以内に抑えられます。必要な最小出力容量は次のように計算できます。

$$C_{OUT} = \frac{1}{2} \times \frac{I_{STEP} \times t_{RESPONSE}}{\Delta V_{OUT}}$$

$$t_{\text{RESPONSE}} \cong \frac{0.35}{f_c}$$

ここで、

I_{STEP} = 負荷電流ステップ

t_{RESPONSE} = コントローラの応答時間

ΔV_{OUT} = 許容される出力電圧変位

f_c = 目標閉ループ・クロスオーバー周波数

f_{SW} = スイッチング周波数

スイッチング周波数が640kHz以下の場合は、 f_{SW} の1/8となる f_c を選択します。スイッチング周波数が640kHzを超える場合は、 f_c を80kHzとします。出力コンデンサを選択する際には、DCバイアス電圧に伴うセラミック・コンデンサの実際のディレーティングを考慮してください。ディレーティング曲線は、セラミック・コンデンサの主要メーカーであれば、どこからでも入手可能です。

ソフトスタート・コンデンサの選択

デバイスは、調整可能なソフトスタート動作によって突入電流を低減します。SSピンとSGNDの間に接続されたコンデンサで、ソフトスタート時間をプログラムします。選択した出力容量(C_{SEL})と出力電圧(V_{OUT})から、次式のようにソフトスタート・コンデンサに必要な最小値が得られます。

$$C_{\text{SS}} \geq 28 \times 10^{-6} \times C_{\text{SEL}} \times V_{\text{OUT}}$$

ソフトスタート時間(t_{SS})は、SSに接続されたコンデンサ(C_{SS})によって、次の式に従って決まります。

$$t_{\text{SS}} = \frac{C_{\text{SS}}}{5.55 \times 10^{-6}}$$

例えば、ソフトスタート時間を1msに設定する場合、SSピンとSGNDの間に5.6nFのコンデンサを接続します。デバイスは、スタートアップの間、出力電圧が設定された出力公称電圧の64.4%に達するまで、設定されたスイッチング周波数の半分の周波数で動作します。

入力低電圧ロックアウト・レベルの設定

このデバイスは、調整可能な入力低電圧ロックアウトを備えています。 V_{IN} とSGNDの間に接続された抵抗分圧器によって、このデバイスがオンになる電圧を設定します(図1を参照)。分圧器の中間ノードはEN/UVLOに接続します。R1に3.3MΩを選択し、次式によりR2を計算します。

$$R2 = \frac{R1 \times 1.215}{(V_{\text{INU}} - 1.215)}$$

ここで、 V_{INU} はデバイスをオンにするために必要な入力電圧レベルです。 V_{INU} は、 $0.8 \times V_{\text{OUT}}$ より高くして、スロー・パワーアップ(ソフトスタートより低速) / スロー・パワーダウン時にヒックアップが生じないようにしてください。EN/UVLOピンを外部信号源で駆動する場合は、信号源の出力ピンとEN/UVLOピンの間に最小1kΩの直列抵抗を配置して、ライン上の電圧リングを抑制してください。

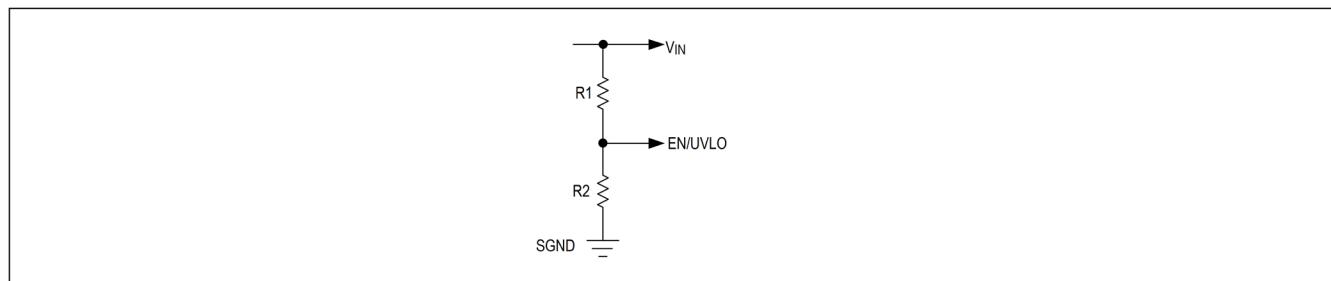


図1. 入力低電圧ロックアウトの設定

出力電圧の調整

出力電圧ノード (V_{OUT}) とSGNDの間に接続された抵抗分圧器を使用して出力電圧を設定します (図2を参照)。分圧器の中間ノードはMAX17644CのFBピンに接続します。MAX17644AとMAX17644Bの場合は、出力電圧ノード (V_{OUT}) をFBピンに接続します。次の手順に従って、抵抗分圧器の値を選択します。

出力とFBピンの間の抵抗 R_T は次のように計算します。

$$R_T = \frac{255}{(f_C \times C_{OUT_SEL})}$$

ここで、

R_T の単位は $k\Omega$

f_C = クロスオーバー周波数 (Hz)

C_{OUT_SEL} = 選択した出力コンデンサのDCバイアス電圧における実容量 (F)

FBピンとSGNDの間の R_B は、次のように計算します。

$$R_B = \frac{R_U \times 0.9}{(V_{OUT} - 0.9)}$$

R_B の単位は $k\Omega$

R_B と R_T の並列合成容量が $50k\Omega$ 未満になるように、適切な f_C と C_{OUT} の値を選択します。

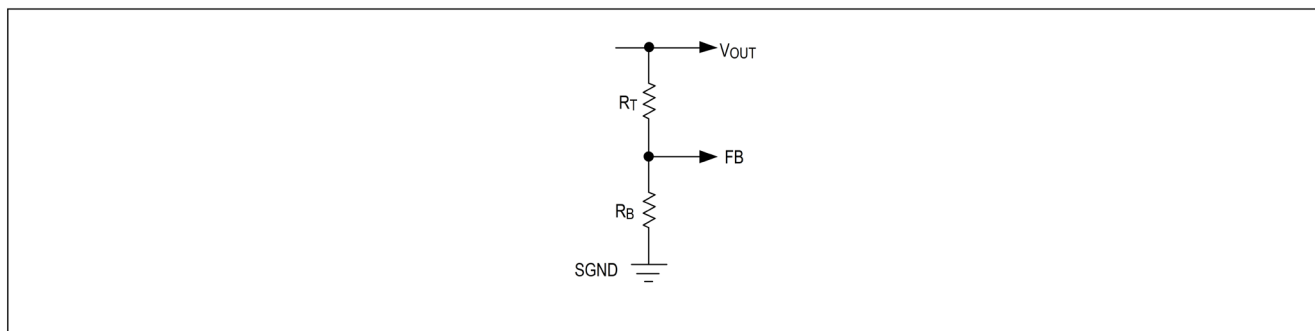


図2. 出力電圧の設定

消費電力

特定の動作条件で、この部品の温度上昇につながる電力損失は次のように算出できます。

$$P_{\text{LOSS}} = \left(P_{\text{OUT}} \times \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \right) - \left(I_{\text{OUT}}^2 \times R_{\text{DCR}} \right) \quad P_{\text{OUT}} = V_{\text{OUT}} \times I_{\text{OUT}}$$

ここで、

P_{OUT} = 出力電力

η = コンバータの効率

R_{DCR} = インダクタのDC抵抗 (代表的な動作条件での効率に関する詳細は、[標準動作特性](#)のセクションを参照してください)
標準的な多層基板におけるパッケージの熱性能の指標を以下に示します。

$$\theta_{\text{JA}} = 33^\circ\text{C/W} \quad \theta_{\text{JC}} = 4^\circ\text{C/W}$$

デバイスのジャンクション温度は、与えられた周囲温度の最大値 ($T_{\text{A(MAX)}}$) に対して次式を使用して見積もることができます。

$$T_{\text{J(MAX)}} = T_{\text{A(MAX)}} + (\theta_{\text{JA}} \times P_{\text{LOSS}})$$

アプリケーションが温度管理システムを備えており、適切なヒート・シンクの使用によりデバイスの露出パッドが所定の温度 ($T_{\text{EP(MAX)}}$) に保たれている場合、デバイスのジャンクション温度は与えられた最大周囲温度から次のように見積もることができます。

$$T_{\text{J(MAX)}} = T_{\text{EP(MAX)}} + (\theta_{\text{JC}} \times P_{\text{LOSS}})$$

注: ジャンクション温度が +125°C を超えると、動作寿命が短くなります。

PCBレイアウトのガイドライン

パルス電流が流れるすべての接続は、できるだけ短く、かつ幅広にしてください。電流の di/dt が高くなってしまうため、これらの接続のインダクタンスは絶対最小値を保つようにしてください。電流伝送ループのインダクタンスはループに囲まれた領域の面積に比例するため、ループ領域を非常に小さくすれば、インダクタンスは減少します。更に、小さい電流ループ面積によって、放射EMIも抑制されます。

入力フィルタのセラミック・コンデンサは、ICの V_{IN} ピンの近くに配置する必要があります。これにより、パターン・インダクタンスの影響ができる限り除去され、ICに低ノイズの電圧を供給できます。 V_{CC} ピンにも、ピンの近くにバイパス・コンデンサを配置し、パターンのインピーダンスの影響を避けることが必要です。

ICの周囲に回路を配線する際には、アナログ小信号グラウンドとスイッチング電流用の電源グラウンドを必ず分離しておきます。これらは、スイッチング動作が最小限となる場所で接続する必要があります。それにより、アナログ・グラウンドを低ノイズに維持できます。グラウンド・プレーンは、できる限り広い範囲にわたり連続している (切れ目がない) ことが必要です。大きなスイッチング電流を伝送するパターンを不連続なグラウンド・プレーン上に直接配置しないでください。

PCBレイアウトは、その設計の熱性能にも影響を与えます。効率的な放熱を実現するため、デバイスの露出パッドの下には、大きいグラウンド・プレーンに接続するサーマル・スルーホール (ビア) を設ける必要があります。

初回で成功するレイアウト例については、MAX17644評価用キットのレイアウトを参照してください。これは www.maximintegrated.com から入手可能です。

標準アプリケーション回路

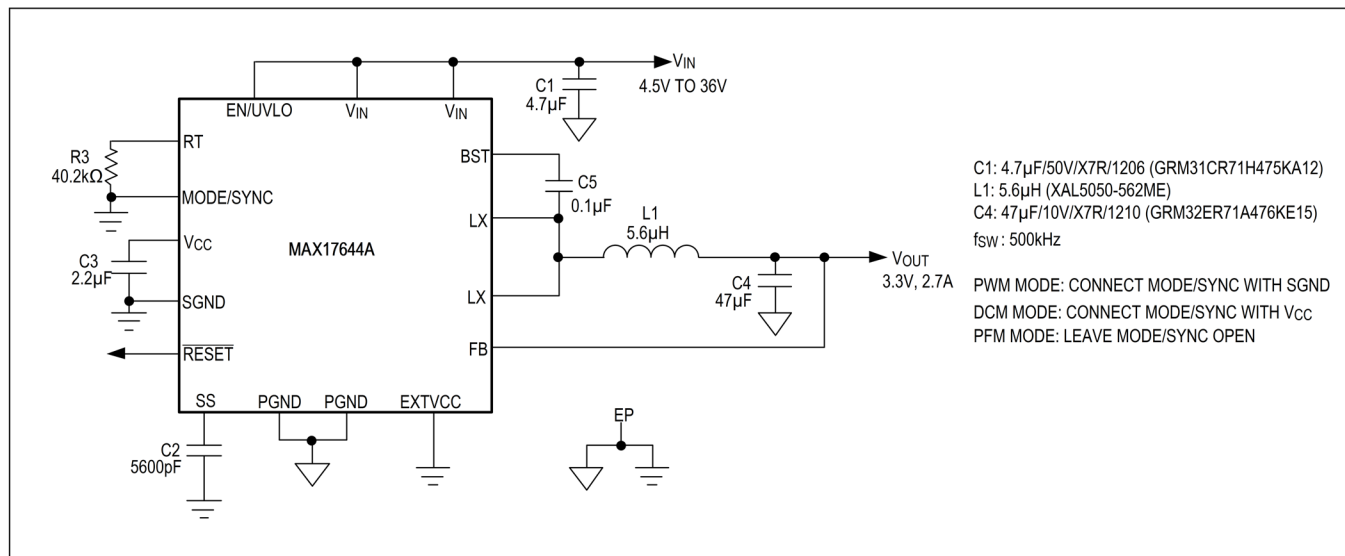


図3. 固定3.3V出力、スイッチング周波数500kHz

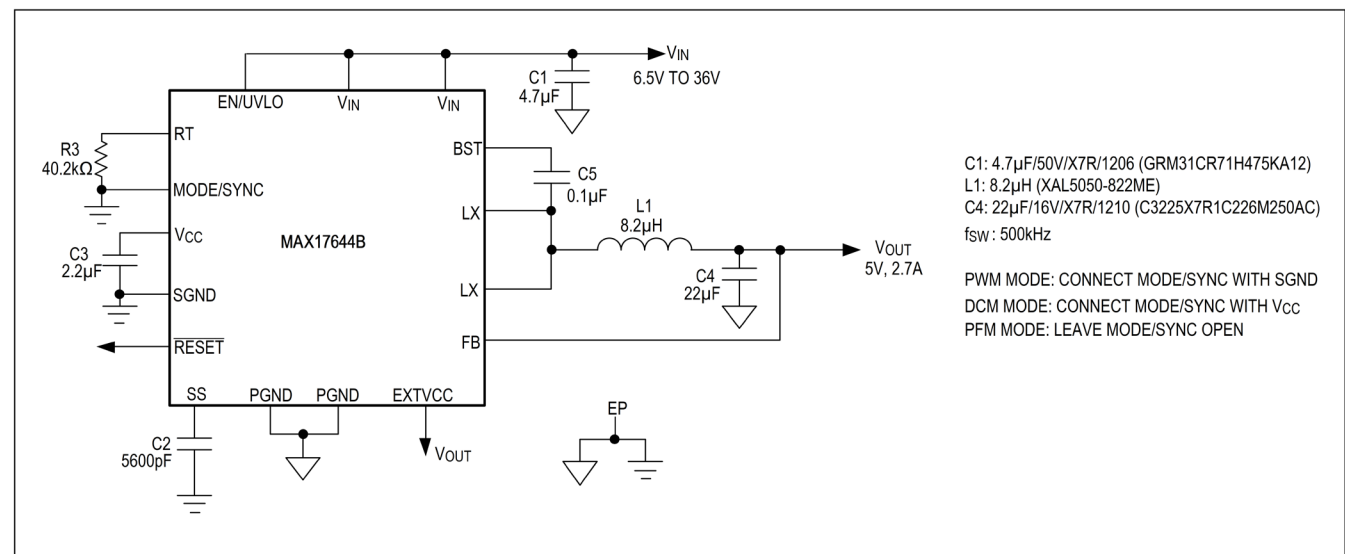


図4. 固定5V出力、スイッチング周波数500kHz

標準アプリケーション回路(続き)

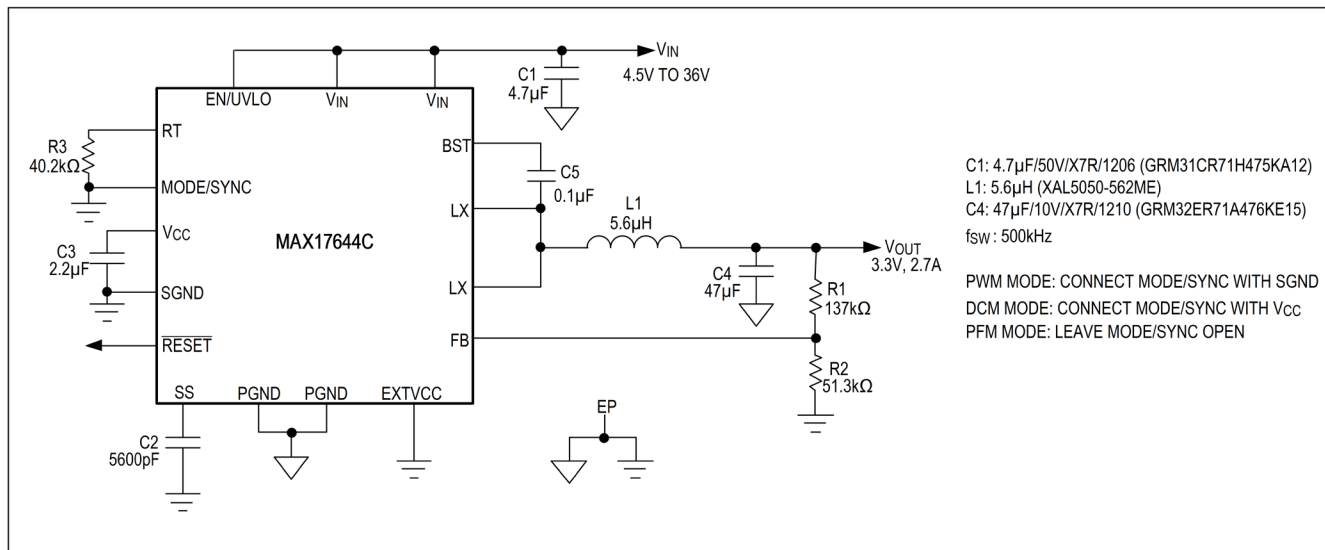


図5. 調整可能3.3V出力、スイッチング周波数500kHz

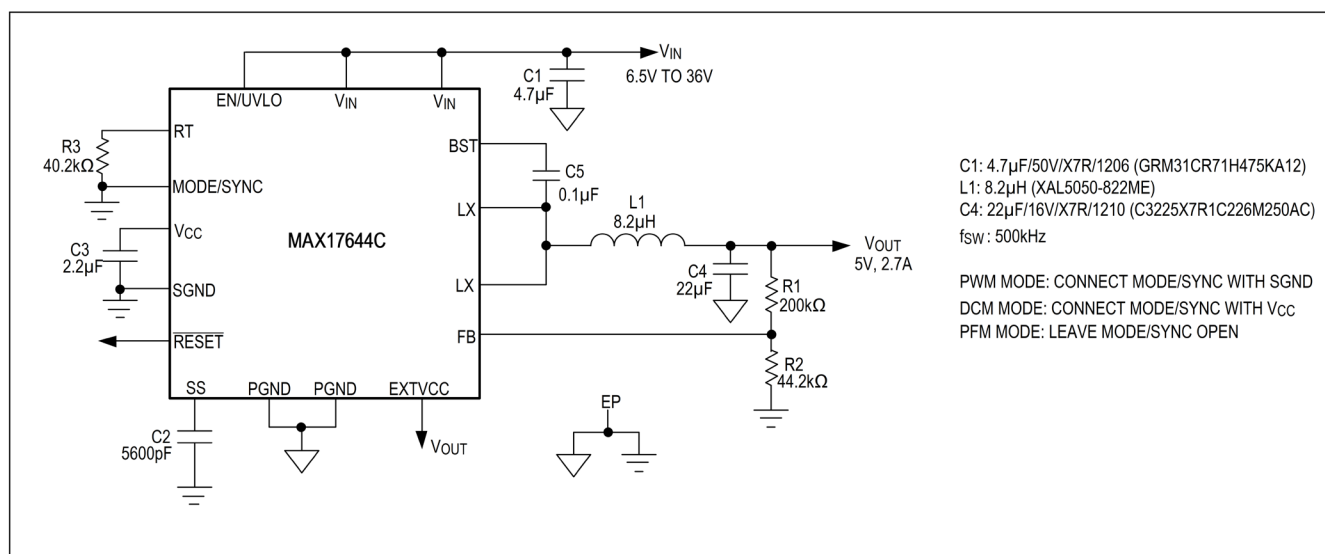


図6. 調整可能5V出力、スイッチング周波数500kHz

型番

PART NUMBER	OUTPUT VOLTAGE (V)	PIN-PACKAGE
MAX17644AATE+	3.3	16 TQFN 3mm x 3mm
MAX17644AATE+T	3.3	16 TQFN 3mm x 3mm
MAX17644BATE+	5	16 TQFN 3mm x 3mm
MAX17644BATE+T	5	16 TQFN 3mm x 3mm
MAX17644CATE+	Adjustable	16 TQFN 3mm x 3mm
MAX17644CATE+T	Adjustable	16 TQFN 3mm x 3mm

+は鉛 (Pb) フリー／RoHS準拠パッケージを表します。

*EP = 露出パッド。

T = テープ&リール。

MAX17644

4.5V～36V、2.7A、高効率
同期整流式降圧DC/DCコンバータ

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	3/21	市場投入のためのリリース	—