



## MAX17640

# 60V、400mA、超小型、高効率の同期整流式降圧 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、チャージャは、より低温でより小さくよりシンプルな電源ソリューションを実現します。MAX17640 製品ファミリは、MOSFET を内蔵した高効率、高電圧の Himalaya 同期整流式 DC/DC コンバータであり、4.5V~60V の広い入力電圧範囲で動作します。

これらのコンバータは最大 400mA を供給し、 $0.9V \sim 0.89 \times V_{IN}$  の出力電圧を生成できます。MAX17640A は 3.3V 固定、MAX17640B は 5.0V 固定、MAX17640C は調整可能です。このコンバータ・ファミリは、小型の 8 ピン、TDFN (2mm × 2mm) パッケージを採用しています。

このデバイスはピーク電流モード制御アーキテクチャを採用しており、MODE ピンを使用して、パルス幅変調 (PWM) 方式で動作させるか、パルス周波数変調 (PFM) 方式で動作させるかを制御できます。PWM 動作は、どのような負荷でも一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に役立ちます。PFM 動作では負のインダクタ電流を無効化し、更に軽負荷時にはパルスをスキップして高効率を実現します。低抵抗の MOSFET を内蔵しているため、全負荷で高効率が確保され、PCB レイアウトが簡素化されます。

入力突入電流を減らすため、デバイスはソフトスタート機能を備えています。また、このデバイスは EN/UVLO ピンを備えており、所望の入力電圧レベルでデバイスをオンすることができます。

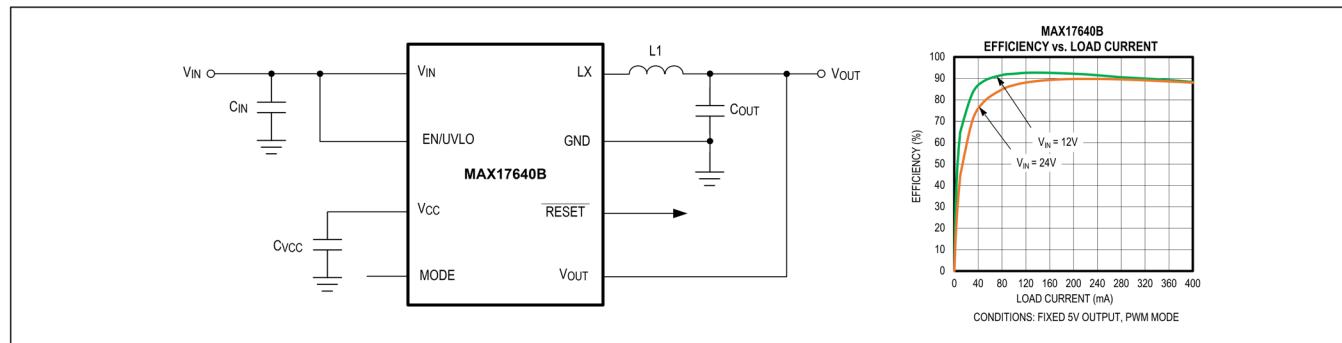
### アプリケーション

- 工業用センサー
- 4~20mA の電流ループ
- HVAC およびビル制御
- 高電圧 LDO の代替
- 汎用ポイントオブロード

### 利点および特長

- 外付け部品が不要で、総コストを削減
  - ショットキー不要の同期動作により高効率を達成し、コストを低減
  - 内部補償
  - 3.3V、5V の固定出力電圧用内部帰還分圧器
  - 内部ソフトスタート
  - セラミック・コンデンサのみを使用した超小型レイアウト
- システム内の複数の電源レールをサポートする柔軟性
  - 4.5V~60V の幅広い入力電圧範囲
  - 3.3V と 5V の固定出力電圧オプション
  - 0.9V~0.89 × V<sub>IN</sub> の範囲で調整可能な出力電圧オプション
  - 最大 400mA の負荷電流を供給可能
  - PFM モードまたは強制 PWM モードを設定可能
- 消費電力を低減
  - ピーク効率 : 92%
  - PFM 機能により軽負荷時に高効率を実現
  - 2.2µA (代表値) のシャットダウン電流
- 過酷な産業環境でも信頼性の高い動作
  - ヒップ・モードによる電流制限と起動の自動再試行
  - オープン・ドレイン RESET ピンによる出力電圧モニタリング機能を内蔵
  - 設定可能な EN/UVLO スレッショルド
  - ブリバイアスされた出力電圧への単調増加起動
  - 過熱保護
  - 広い動作周囲温度範囲 (-40°C~+125°C) とジャンクション温度範囲 (-40°C~+150°C)
  - CISPR32 (EN55032) クラス B の伝導エミッションおよび放射エミッションに準拠

### 簡略アプリケーション回路図



型番は、データシートの末尾に記載しています。

**絶対最大定格**

V <sub>IN</sub> ~GND	-0.3V~+70V
EN/UVLO~GND	-0.3V~+70V
LX~GND	-0.3V~V <sub>IN</sub> + 0.3V
V <sub>CC</sub> 、FB/V <sub>OUT</sub> 、RESET~GND	-0.3V~6V
MODE~GND	-0.3V~V <sub>CC</sub> + 0.3V
LX の全 RMS 電流	±800mA
出力短絡時間	連続

連続消費電力 (T <sub>A</sub> = +70°C)	8 ピン TDFN (+70°C を超える温度では 6.2mW/°C でディレーティング)	496mW
ジャンクション温度 (Note 1)		+150°C
保管温度範囲		-65°C~+150°C
はんだ付け処理温度 (リフロー)		+260°C
リード温度 (はんだ付け処理、10 秒)		+300°C

**Note 1 :** 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。

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、この仕様の動作の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****8 TDFN-CU**

Package Code	T822C+6C
Outline Number	<a href="#">21-100514</a>
Land Pattern Number	<a href="#">90-0349</a>
<b>THERMAL RESISTANCE, FOUR-LAYER BOARD</b>	
Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )	+162°C/W
Junction to Case ( $\theta_{JC}$ )	+20°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.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/jp/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<sub>IN</sub> = 24V、V<sub>GND</sub> = 0V、C<sub>IN</sub> = C<sub>VCC</sub> = 1μF、V<sub>EN/UVLO</sub> = 1.5V、LX = MODE = RESET = 無接続、T<sub>A</sub> = -40°C~+125°C。代表値は T<sub>A</sub> = +25°C での値。特に指定のない限り、電圧はすべて GND が基準。) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>INPUT SUPPLY (V<sub>IN</sub>)</b>						
Input Voltage Range	V <sub>IN</sub>		4.5	60		V
Input Shutdown Current	I <sub>IN-SH</sub>	V <sub>EN/UVLO</sub> = 0V, shutdown mode		2.2	4	μA
Input Supply Current	I <sub>Q-PFM</sub>	MODE = unconnected, FB/V <sub>OUT</sub> = 1.03 x FB/V <sub>OUT-REG</sub>		95	160	μA
	I <sub>Q-PWM</sub>	Normal switching mode, V <sub>IN</sub> = 24V		2.5	4	mA
<b>ENABLE/UVLO (EN/UVLO)</b>						
EN/UVLO Threshold	V <sub>ENR</sub>	V <sub>EN/UVLO</sub> rising	1.19	1.215	1.24	V
	V <sub>ENF</sub>	V <sub>EN/UVLO</sub> falling	1.06	1.09	1.15	
	V <sub>EN-TRUESD</sub>	V <sub>EN/UVLO</sub> falling, true shutdown		0.75		
EN/UVLO Input Leakage Current	I <sub>EN/UVLO</sub>	V <sub>EN/UVLO</sub> = 60V, T <sub>A</sub> = +25°C	-100		+100	nA

## 電気的特性（続き）

（特に指定のない限り、 $V_{IN} = 24V$ 、 $V_{GND} = 0V$ 、 $C_{IN} = C_{VCC} = 1\mu F$ 、 $V_{EN/UVLO} = 1.5V$ 、 $LX = MODE = \overline{RESET} = \text{無接続}$ 、 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 。代表値は $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ での値。特に指定のない限り、電圧はすべて GND が基準。）（Note 2）

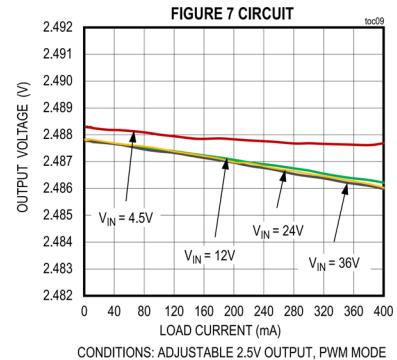
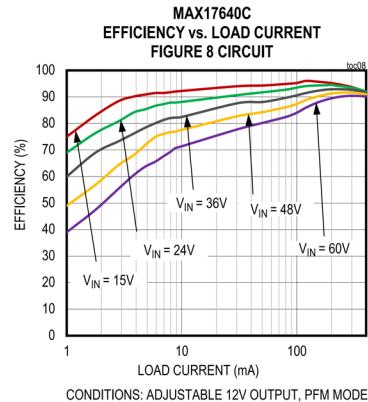
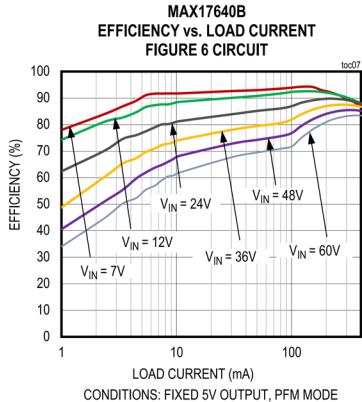
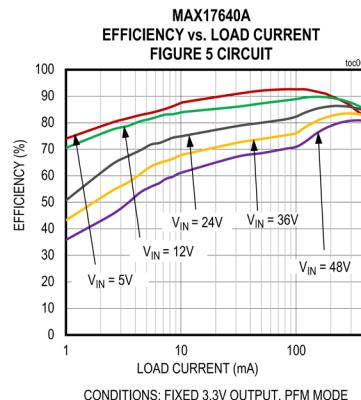
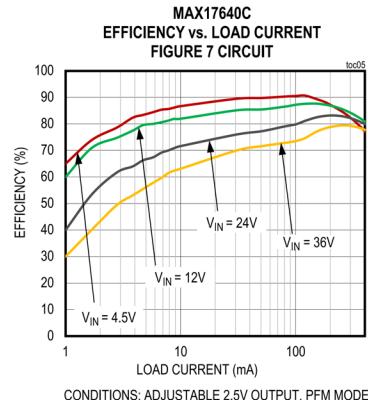
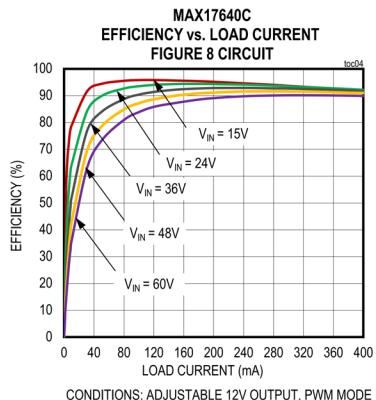
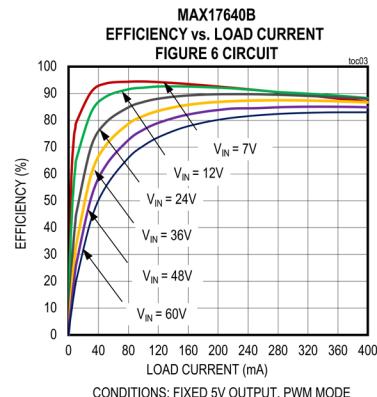
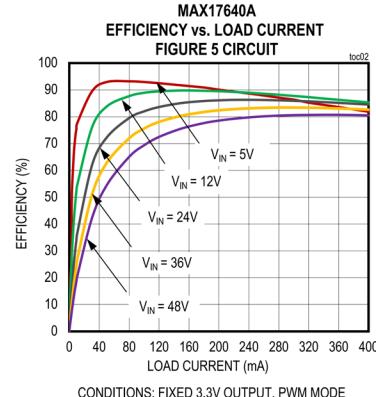
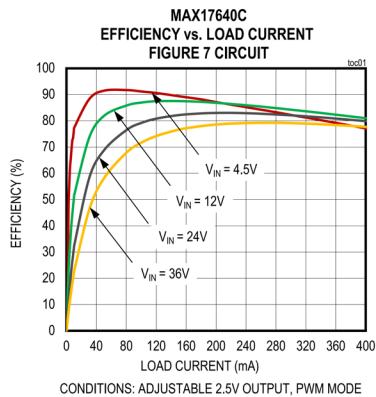
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>LDO (V<sub>CC</sub>)</b>						
V <sub>CC</sub> Output Voltage Range	V <sub>CC</sub>	$6V < V_{IN} < 60V$ , $0mA < I_{VCC} < 10mA$	4.75	5	5.25	V
V <sub>CC</sub> Current Limit	I <sub>VCC-MAX</sub>	$V_{CC} = 4.3V$ , $V_{IN} = 12V$	13	30	50	mA
V <sub>CC</sub> Dropout	V <sub>CC-DO</sub>	$V_{IN} = 4.5V$ , $I_{VCC} = 5mA$		0.15	0.3	V
V <sub>CC</sub> UVLO	V <sub>CC-UVR</sub>	V <sub>CC</sub> rising	4.05	4.18	4.3	V
	V <sub>CC-UVF</sub>	V <sub>CC</sub> falling	3.7	3.8	3.95	
<b>POWER MOSFETs</b>						
High-Side pMOS On-Resistance	R <sub>DSD-ONH</sub>	$I_{LX} = 0.3A$ (sourcing)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	1.35	1.75	\Omega
			$T_A = T_J = +125^{\circ}\text{C}$		2.7	
Low-Side nMOS On-Resistance	R <sub>DSD-ONL</sub>	$I_{LX} = 0.3A$ (sinking)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	0.45	0.6	\Omega
			$T_A = T_J = +125^{\circ}\text{C}$		0.9	
LX Leakage Current	I <sub>LX-LKG</sub>	$V_{EN/UVLO} = 0V$ , $V_{IN} = 60V$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ , $V_{LX} = (V_{GND} + 1V)$ to $(V_{IN} - 1V)$		-1	+1	\mu A
<b>SOFT-START (SS)</b>						
Soft-Start Time	t <sub>SS</sub>		3.8	4.1	4.4	ms
<b>FEEDBACK (FB)</b>						
FB Regulation Voltage	V <sub>FB-REG</sub>	MODE = GND, MAX17640C	0.887	0.9	0.913	V
		MODE = unconnected, MAX17640C	0.887	0.915	0.936	
FB Leakage Current	I <sub>FB</sub>	MAX17640C, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-100	-25		nA
<b>OUTPUT VOLTAGE (V<sub>OUT</sub>)</b>						
V <sub>OUT</sub> Regulation Voltage	V <sub>OUT-REG</sub>	MODE = GND, MAX17640A	3.25	3.3	3.35	V
		MODE = unconnected, MAX17640A	3.25	3.35	3.42	
		MODE = GND, MAX17640B	4.93	5	5.07	
		MODE = unconnected, MAX17640B	4.93	5.08	5.18	
<b>CURRENT LIMIT</b>						
Peak Current-Limit Threshold	I <sub>PEAK-LIMIT</sub>		0.54	0.62	0.73	A
Runaway Current-Limit Threshold	I <sub>RUNAWAY-LIMIT</sub>		0.63	0.75	0.85	A
Negative Current-Limit Threshold	I <sub>SINK-LIMIT</sub>	MODE = GND	0.25	0.3	0.35	A
		MODE = unconnected		0.01		mA
PFM Current Level	I <sub>PFM</sub>			0.15		A
<b>TIMING</b>						
Switching Frequency	f <sub>SW</sub>		465	500	535	kHz
Events to Hiccup After Crossing Runaway Current Limit				1		cycles
FB/V <sub>OUT</sub> Undervoltage-Trip Level to Cause Hiccup			62.5	64.5	66.5	%

## 電気的特性（続き）

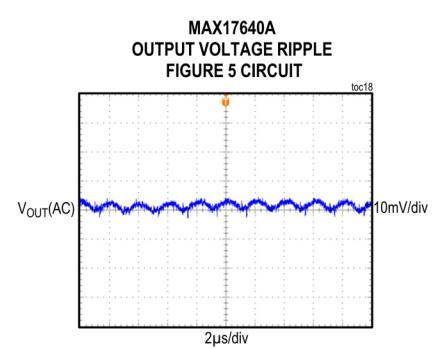
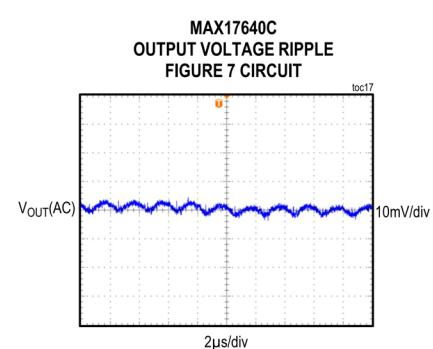
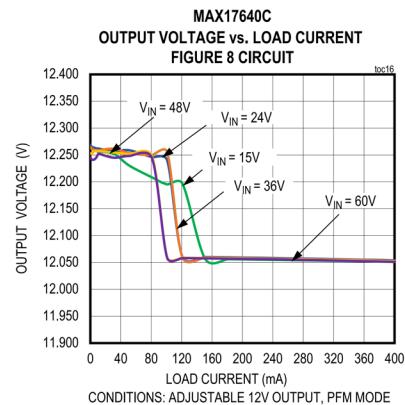
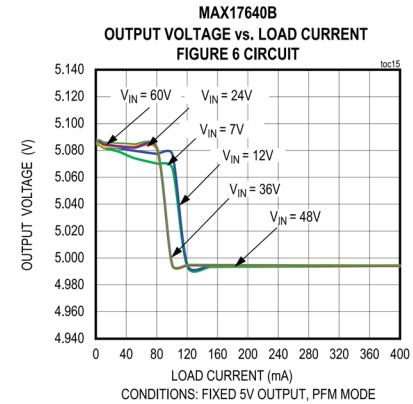
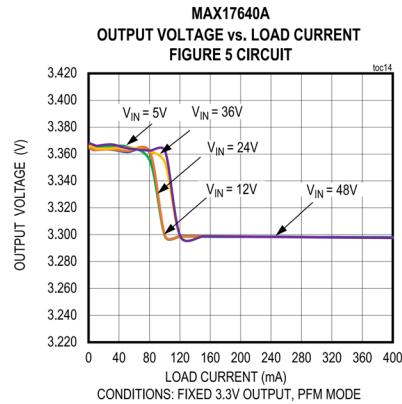
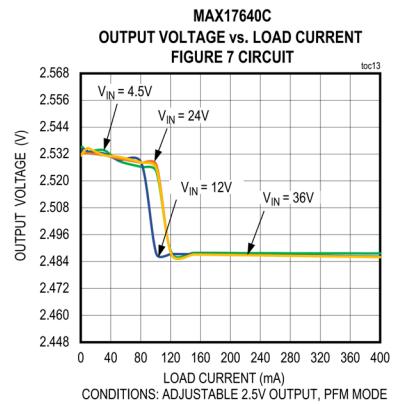
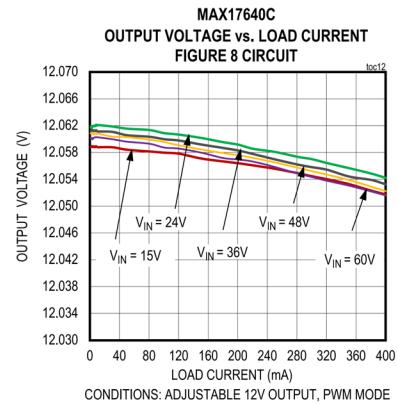
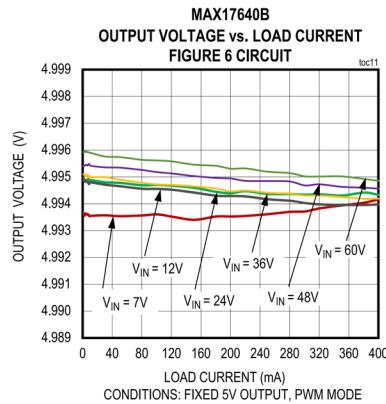
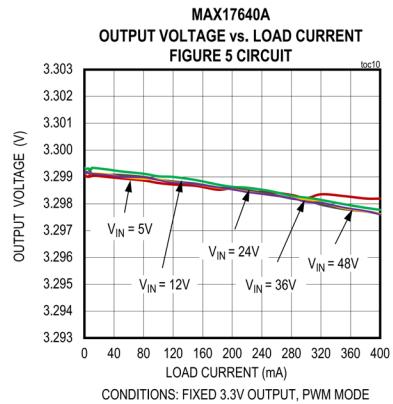
（特に指定のない限り、 $V_{IN} = 24V$ 、 $V_{GND} = 0V$ 、 $C_{IN} = C_{VCC} = 1\mu F$ 、 $V_{EN/UVLO} = 1.5V$ 、 $LX = MODE = \overline{RESET}$  =無接続、 $T_A = -40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$ 。代表値は $T_A = +25^{\circ}C$ での値。特に指定のない限り、電圧はすべて GND が基準。）（Note 2）

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Hiccup Timeout				131		ms
Minimum On-Time	$t_{ON-MIN}$			90	130	ns
Maximum Duty Cycle	$D_{MAX}$	$FB/V_{OUT} = 0.98 \times FB/V_{OUT-REG}$	89	91.5	94	%
LX Dead Time				5		ns
<b>RESET</b>						
FB/ $V_{OUT}$ Threshold for RESET Rising		FB/ $V_{OUT}$ rising	93.5	95.5	97.5	%
FB/ $V_{OUT}$ Threshold for RESET Falling		FB/ $V_{OUT}$ falling	90	92	94	%
RESET Delay After FB/ $V_{OUT}$ Reaches 95% Regulation				2		ms
RESET Output Level Low		$I_{RESET} = 5mA$			0.2	V
RESET Output Leakage Current		$V_{RESET} = 5.5V$ , $T_A = +25^{\circ}C$			0.1	$\mu A$
<b>MODE</b>						
MODE Internal Pullup Resistor				500		$k\Omega$
<b>THERMAL SHUTDOWN</b>						
Thermal-Shutdown Threshold		Temperature rising		166		$^{\circ}C$
Thermal-Shutdown Hysteresis				10		$^{\circ}C$

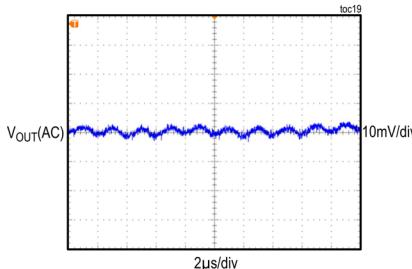
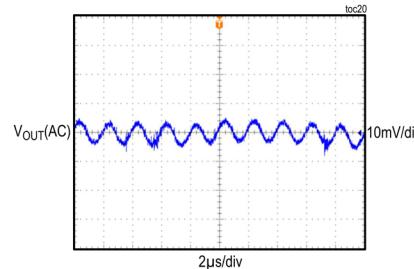
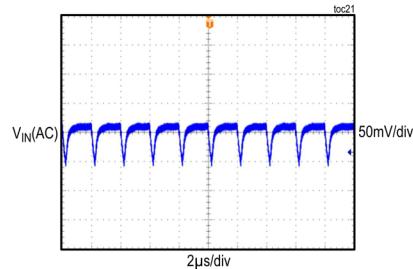
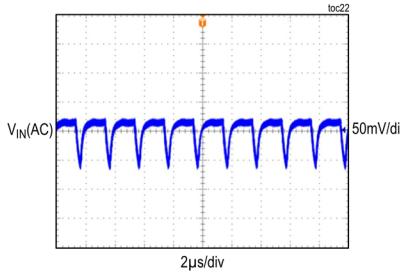
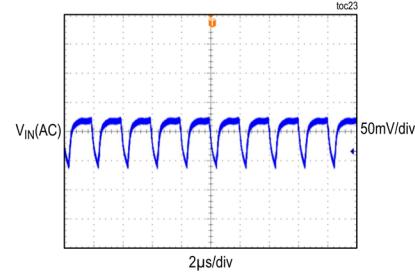
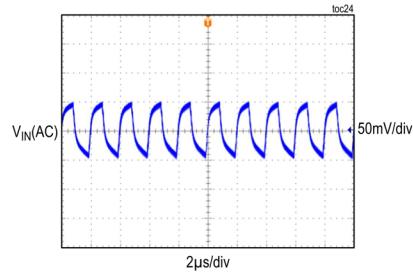
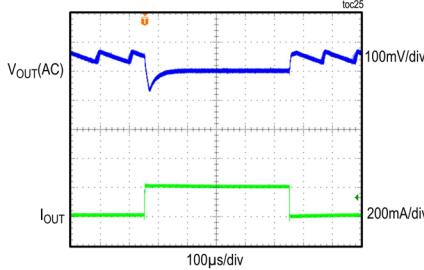
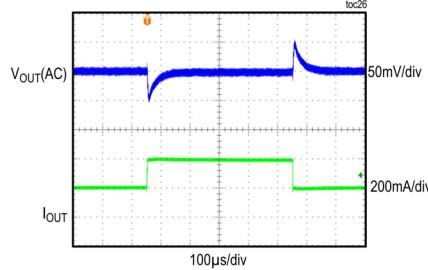
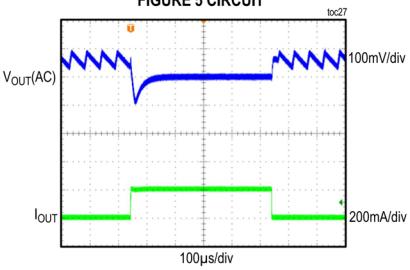
Note 2 : すべての制限値は $T_A = +25^{\circ}C$ で100%テスト済みです。温度に対する制限値は設計により確保されています。

**標準動作特性**(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 24V$ 、 $V_{GND} = 0V$ 、 $C_{IN} = CvCC = 1\mu F$ 、 $V_{EN/UVLO} = 1.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)

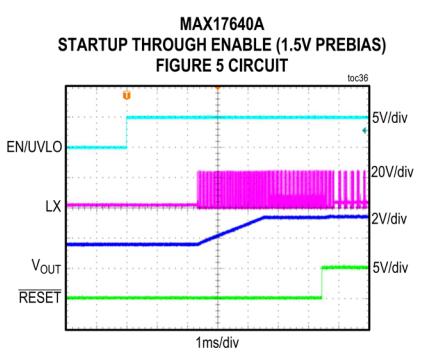
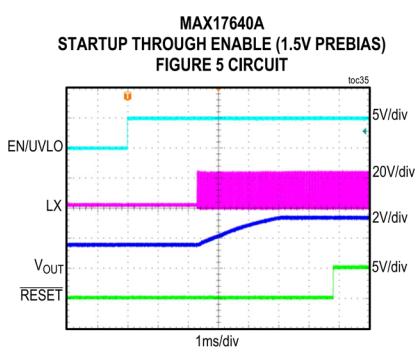
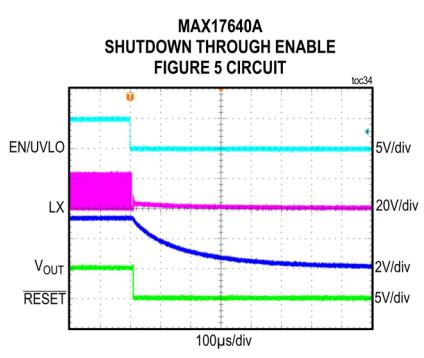
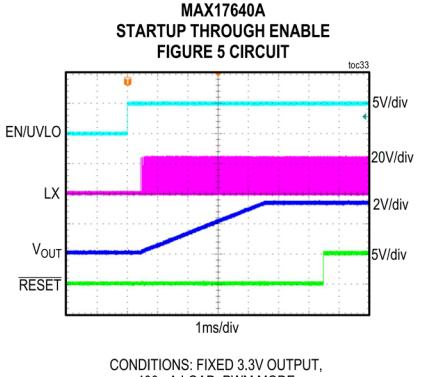
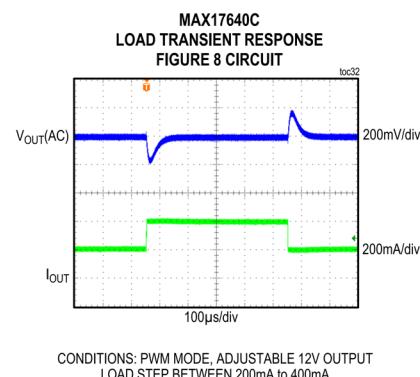
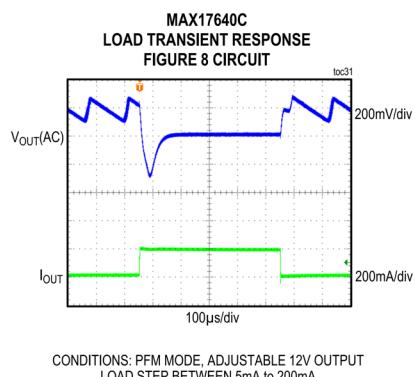
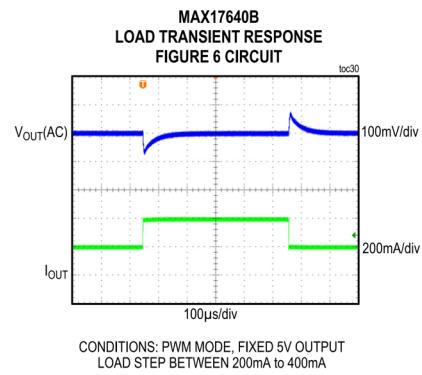
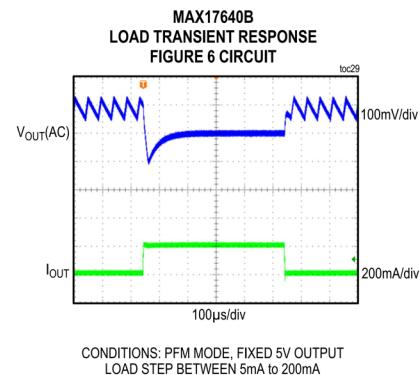
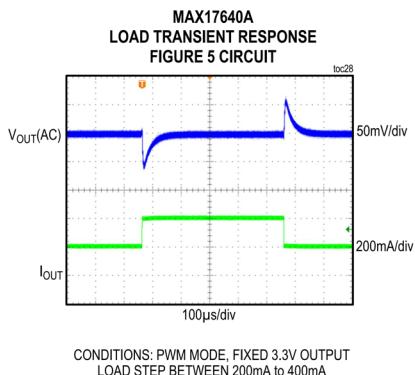
## 標準動作特性（続き）

(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 24V$ 、 $V_{GND} = 0V$ 、 $C_{IN} = CvCC = 1\mu F$ 、 $V_{EN/UVLO} = 1.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)

## 標準動作特性（続き）

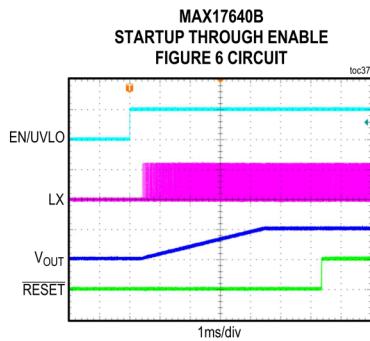
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 24V$ 、 $V_{GND} = 0V$ 、 $C_{IN} = CvCC = 1\mu F$ 、 $V_{EN/UVLO} = 1.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)MAX17640B  
OUTPUT VOLTAGE RIPPLE  
FIGURE 6 CIRCUITCONDITIONS: FIXED 5V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODEMAX17640C  
OUTPUT VOLTAGE RIPPLE  
FIGURE 8 CIRCUITCONDITIONS: ADJUSTABLE 12V OUTPUT  
400mA LOAD, PWM MODEMAX17640C  
INPUT VOLTAGE RIPPLE  
FIGURE 7 CIRCUITCONDITIONS: ADJUSTABLE 2.5V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODEMAX17640A  
INPUT VOLTAGE RIPPLE  
FIGURE 5 CIRCUITCONDITIONS: FIXED 3.3V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODEMAX17640B  
INPUT VOLTAGE RIPPLE  
FIGURE 6 CIRCUITCONDITIONS: FIXED 5V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODEMAX17640C  
INPUT VOLTAGE RIPPLE  
FIGURE 8 CIRCUITCONDITIONS: ADJUSTABLE 12V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODEMAX17640C  
LOAD TRANSIENT RESPONSE  
FIGURE 7 CIRCUITCONDITIONS: PFM MODE, ADJUSTABLE 2.5V OUTPUT  
LOAD STEP BETWEEN 5mA to 200mAMAX17640C  
LOAD TRANSIENT RESPONSE  
FIGURE 7 CIRCUITCONDITIONS: PWM MODE, ADJUSTABLE 2.5V OUTPUT  
LOAD STEP BETWEEN 200mA to 400mAMAX17640A  
LOAD TRANSIENT RESPONSE  
FIGURE 5 CIRCUITCONDITIONS: PFM MODE, FIXED 3.3V OUTPUT  
LOAD STEP BETWEEN 5mA to 200mA

## 標準動作特性（続き）

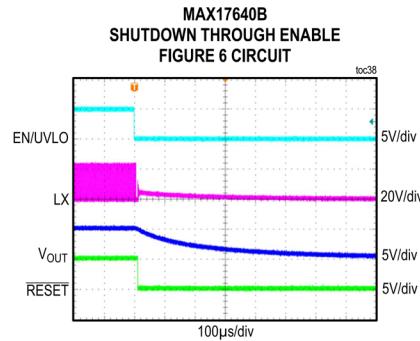
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 24V$ 、 $V_{GND} = 0V$ 、 $C_{IN} = CvCC = 1\mu F$ 、 $V_{EN/UVLO} = 1.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)

## 標準動作特性（続き）

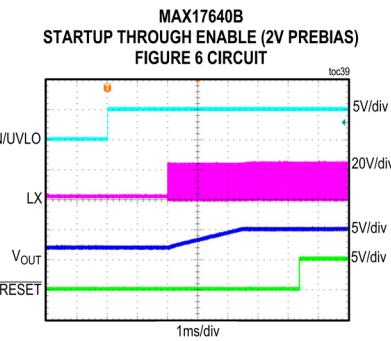
（特に指定のない限り、 $V_{IN} = 24V$ 、 $V_{GND} = 0V$ 、 $C_{IN} = C_{VCC} = 1\mu F$ 、 $V_{EN/UVLO} = 1.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。）



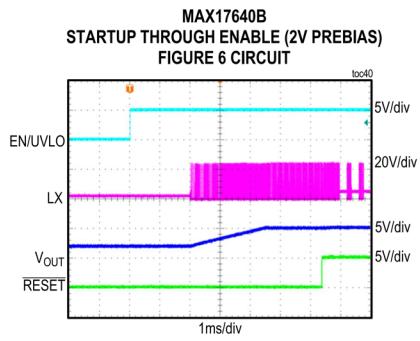
CONDITIONS: FIXED 5V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODE



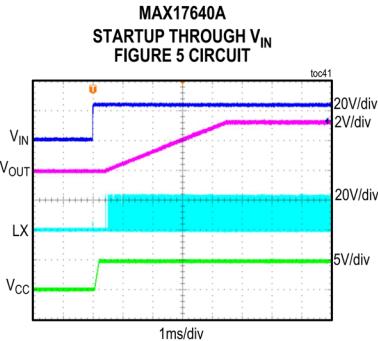
CONDITIONS: FIXED 5V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODE



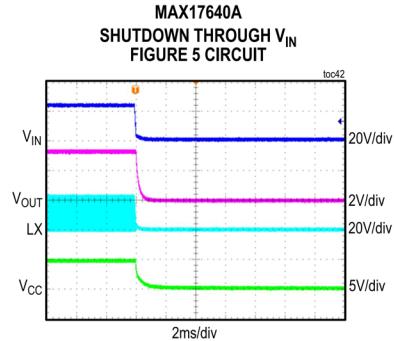
CONDITIONS: FIXED 5V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODE



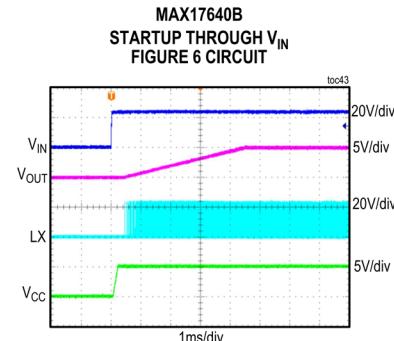
CONDITIONS: FIXED 5V OUTPUT,  
NO LOAD, PFM MODE



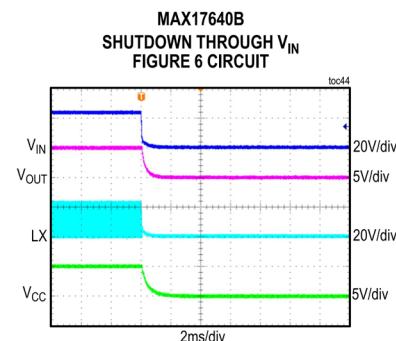
CONDITIONS: FIXED 3.3V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODE



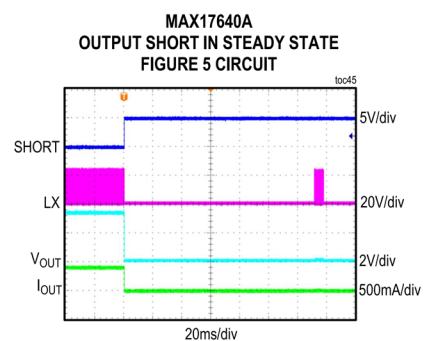
CONDITIONS: FIXED 3.3V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODE



CONDITIONS: FIXED 5V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODE



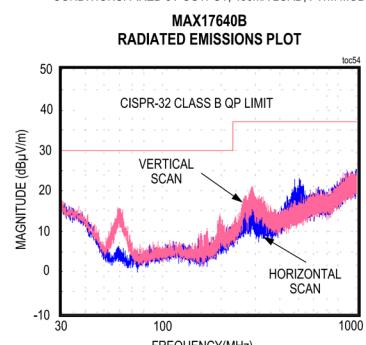
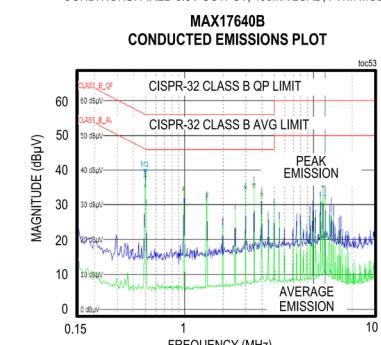
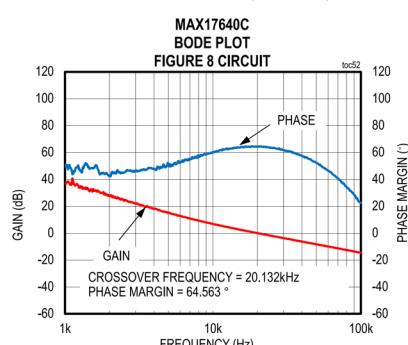
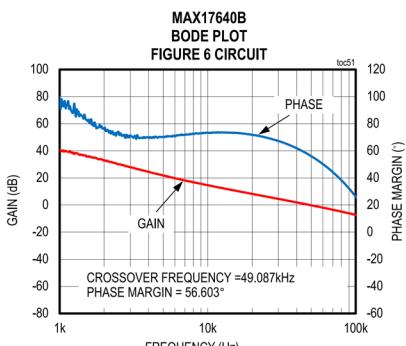
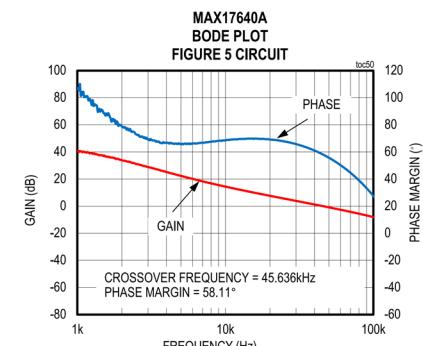
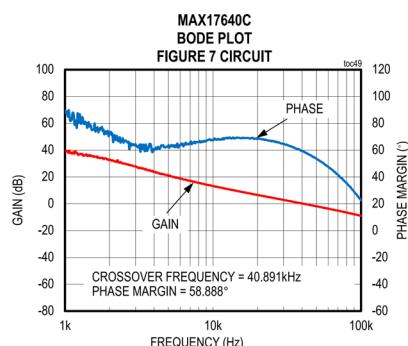
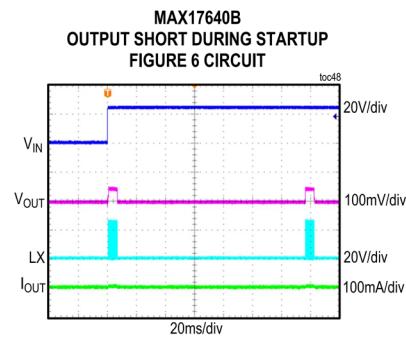
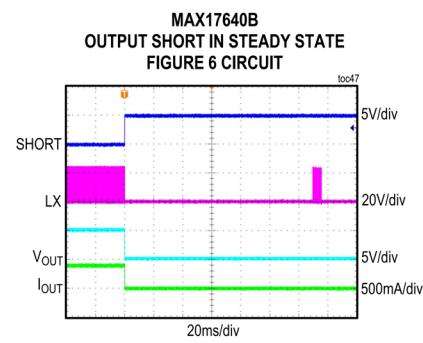
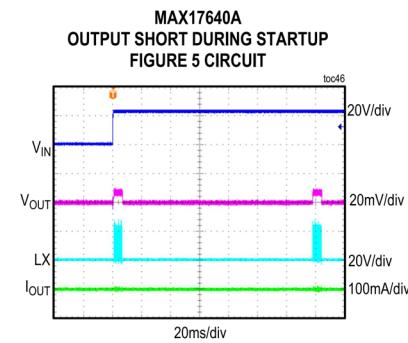
CONDITIONS: FIXED 5V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODE



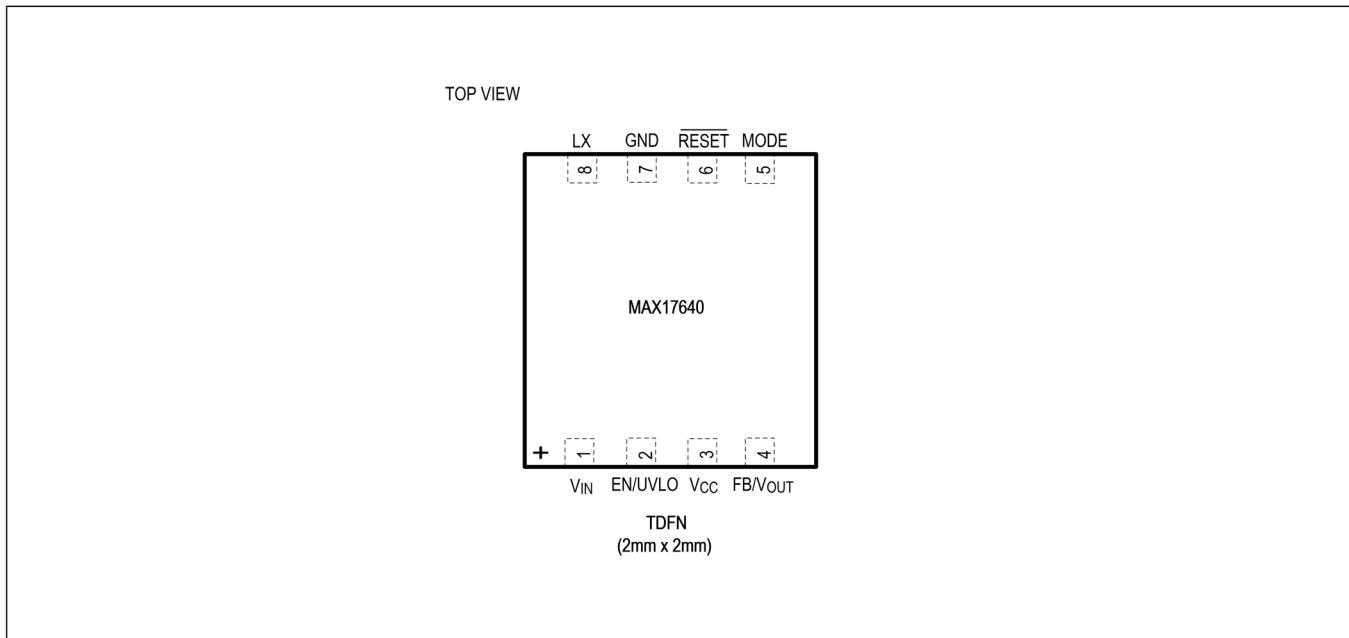
CONDITIONS: FIXED 3.3V OUTPUT,  
400mA LOAD, PWM MODE

## 標準動作特性（続き）

（特に指定のない限り、 $V_{IN} = 24V$ 、 $V_{GND} = 0V$ 、 $C_{IN} = C_{VCC} = 1\mu F$ 、 $V_{EN/UVLO} = 1.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。）



## ピン配置

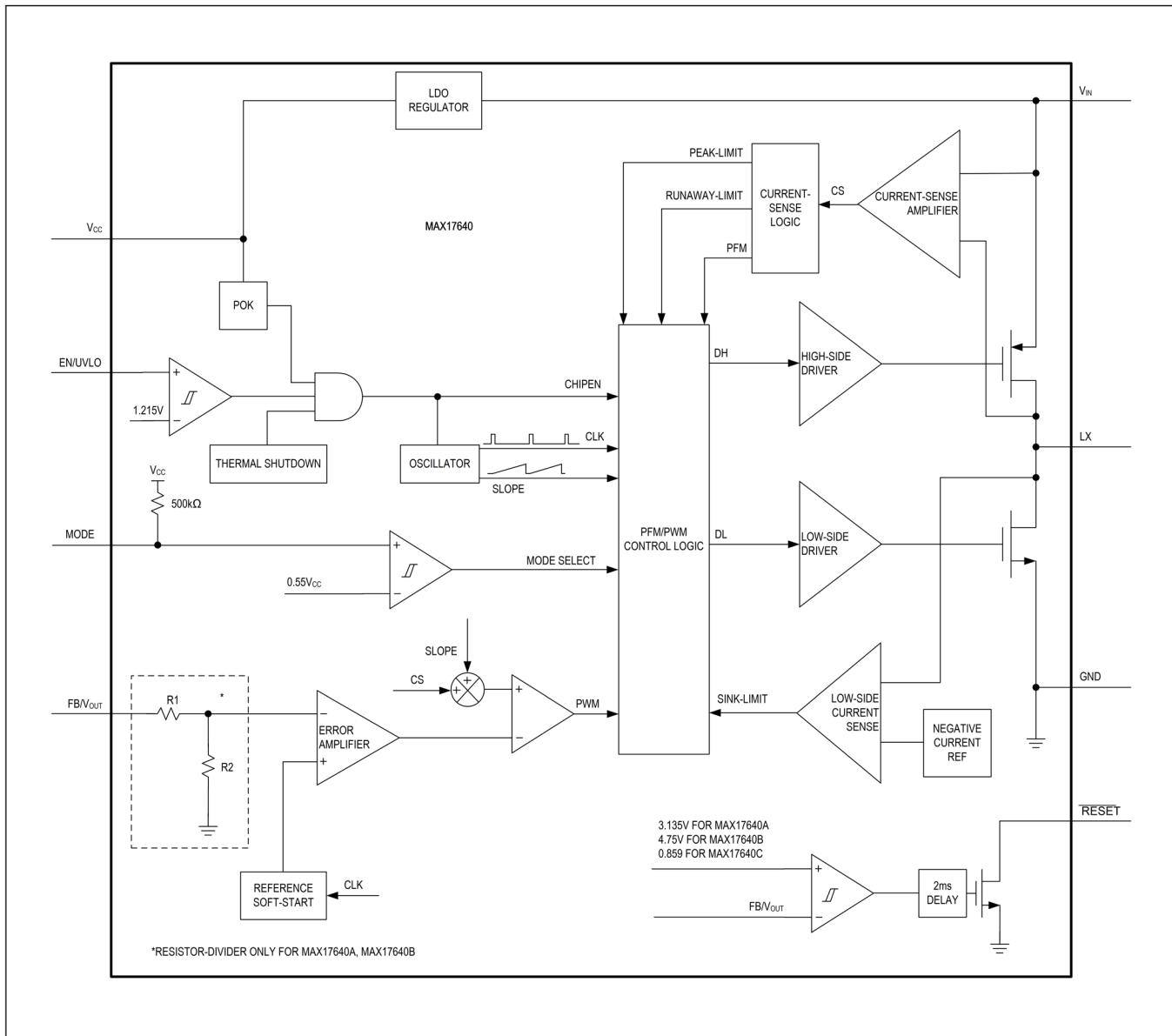


## 端子説明

端子	名称	機能
1	V <sub>IN</sub>	スイッチング・レギュレータの電源入力。バイパス用として、V <sub>IN</sub> とGNDの間にX7R 1μFのセラミック・コンデンサを接続します。
2	EN/UVLO	アクティブ・ハイのイネーブル／低電圧検出入力。EN/UVLOをGNDに接続すると、レギュレータ出力を無効化できます。EN/UVLOをV <sub>IN</sub> に接続すると、常時オン動作になります。抵抗分圧器をV <sub>IN</sub> 、EN/UVLO、GNDの間に接続すると、デバイス動作が有効化されてオンになる入力電圧を設定できます。
3	V <sub>CC</sub>	内部LDOの電力出力。V <sub>CC</sub> は1μF以上のコンデンサでGNDにバイパスします。
4	FB/V <sub>OUT</sub>	帰還入力。固定出力電圧バージョンの場合は、FB/V <sub>OUT</sub> を出力に直接接続します。出力電圧を調整できるバージョンでは、FB/V <sub>OUT</sub> をV <sub>OUT</sub> とGNDの間の抵抗分圧器に接続して、出力電圧を0.9Vから0.89×V <sub>IN</sub> までの範囲に設定します。
5	MODE	PFMモードとPWMモードの選択入力。MODEをGNDに接続すると、固定周波数PWMの動作が有効化されます。無接続のままにすると軽負荷PFM動作になります。
6	<u>RESET</u>	オープン・ドラインのリセット出力。外付け抵抗を使用してRESETを外部電源にプル・アップします。RESETは、出力電圧が設定された公称レギュレーション電圧の92%未満に低下すると、ローになります。RESETは、出力電圧がレギュレーション値の95%を超えてから2msが経過すると、高インピーダンスになります。スレッショルド値については、 <a href="#">電気的特性</a> の表を参照してください。
7	GND	グランド。GNDは電源グランド・プレーンに接続します。回路のすべてのグランド接続は1点で行ってください。 <a href="#">PCBレイアウトのガイドライン</a> のセクションを参照してください。
8	LX	インダクタの接続。LXはインダクタのスイッチ側に接続します。デバイスがシャットダウンされた状態では、LXは高インピーダンスです。

## 機能図

## ブロック図



## 詳細説明

MAX17640 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~60V の広い入力電圧範囲で動作します。このコンバータは、3.3V (MAX17640A)、5V (MAX17640B) および調整可能な出力電圧 (MAX17640C) で、最大 400mA の電流を出力します。EN/UVLO および V<sub>CC</sub> UVLO の条件が満たされると、内部パワーアップ・シーケンスがエラーアンプ・リファレンスをソフトスタートさせて、負荷電流に関係なく、クリーンな単調増加性の出力電圧のソフトスタートが可能になります。FB/V<sub>OUT</sub> ピンは、抵抗分圧器を通じて出力電圧をモニタします。RESET は、出力電圧がレギュレーション値の 95%に達してから 2ms 後に、高インピーダンス状態に遷移します。このデバイスは起動時の MODE ピンの状態に応じて、PFM モードと強制 PWM モードのいずれかを選択します。デバイスは EN/UVLO ピンをローにプルダウンすることによってシャットダウン・モードに入り、スタンバイ時の消費電流がわずか 2.2μA (代表値) になります。

## DC/DC スイッチング・レギュレータ

このデバイスは、内部補償された固定周波数の電流モード制御方式を使用します ([ロック図](#)を参照)。ハイサイド pMOSFET は、内部クロックの立上がりエッジでオンになります。内部エラー・アンプは、帰還電圧を固定の内部リファレンス電圧と比較して誤差電圧を生成します。この誤差電圧は、PWM コンバレータにより電流検出電圧と勾配補償電圧の和と比較され、オン時間が設定されます。pMOSFET のオン時間中、インダクタ電流は上昇します。スイッチング期間の残りの時間 (オフ時間) では pMOSFET がオフに保たれ、ローサイド nMOSFET がオンになります。オフ時間中は、インダクタに蓄積されたエネルギーを放電して出力に電流が供給されますが、この間、インダクタ電流は減少します。過負荷の条件下では、サイクルごとの電流制限機能により、ハイサイドの pMOSFET をオフにしローサイドの nMOSFET をオンにして、インダクタのピーク電流を制限します。

## モード選択 (MODE)

V<sub>CC</sub> および EN/UVLO の電圧がそれぞれの UVLO 立上がりスレッショルドを超えて上昇し、すべての内部電圧が LX をスイッチングできるようになると、MODE ピンのロジック状態がラッチされます。起動時に MODE ピンが無接続の状態であると、デバイスは軽負荷時には PFM モードで動作します。起動時に MODE ピンがグランド・レベルになっている場合、デバイスはあらゆる負荷条件で一定周波数の PWM モードで動作します。通常動作中の MODE ピンの状態変化は無視されます。

## 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 モードは周波数の影響を受けやすいアプリケーションに有効で、あらゆる負荷条件において固定スイッチング周波数で動作します。ただし、PWM モード動作は、PFM モード動作と比較すると軽負荷時に効率が低くなります。

## PFM モードの動作

PFM モード動作では負のインダクタ電流を無効化し、更に軽負荷時にはパルスをスキップして高効率を実現します。PFM モードでは、出力が公称電圧の 102.3%になるまで、すべてのクロック・サイクルでインダクタ電流がピーク値 150mA に固定されます。出力が公称電圧の 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、公称出力電圧の 102.3%になるまで続けます。このデバイスは、本質的に、負荷電流が 90mA (代表値) を超えると PFM モードを終了します。PFM モードの利点は、電源からの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。

## 内部 5V リニア・レギュレータ

内部レギュレータは 5V の公称電源を提供し、各種内部機能に電力を供給し、パワーMOSFET を駆動します。リニア・レギュレータの出力 (V<sub>CC</sub>) は、1μF のコンデンサを使って GND にバイパスする必要があります。V<sub>CC</sub> レギュレータのドロップアウト電圧は 150mV (代表値) です。低電圧ロックアウト回路は、V<sub>CC</sub> が 3.8V (代表値) を下回るとレギュレータの動作を無効化します。400mV の V<sub>CC</sub> 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。

## イネーブル入力 (EN/UVLO) 、ソフトスタート

EN/UVLO 電圧が 1.21V (代表値) を超えると、デバイス内部にあるエラー・アンプのリファレンス電圧が上昇し始めます。ソフトスタートの上昇時間は 4.1ms で、これにより出力電圧が滑らかに上昇します。EN/UVLO をローにすると、両方のパワーMOSFET、およびその他の内部回路が無効化されて、V<sub>IN</sub> の自己消費電流が 2.2μA (代表値) まで減少します。EN/UVLO は、入力電圧 UVLO の調整入力として使用できます。V<sub>IN</sub>、EN/UVLO、GND の間にある外部分圧器は、デバイスがオンまたはオフになる入力電圧を調整します。入力 UVLO の調整が不要な場合は、EN/UVLO を V<sub>IN</sub> に接続します (EN/UVLO の立上がりおよび立下がりスレッショルド電圧については、[電気的特性](#) の表を参照)。

## Reset Output (RESET)

デバイスにはオーブン・ドレインのRESET出力があり、出力電圧をモニタできます。RESETは、出力が公称設定値の 95%を超えてから 2ms が経過すると高インピーダンスになり、出力電圧が設定された公称レギュレーション電圧の 92%未満に低下するとローにプルダウンされます。ヒップ・タイムアウト時間中は、RESETがローにアサートされます。

## プリバイアス出力への起動

このデバイスは、PFM モードでも強制 PWM モードでも、出力コンデンサを放電することなく、プリバイアス出力へのソフトスタートが可能です。このような機能は、複数のレールを有するデジタル集積回路に電力供給するアプリケーションで有用です。

## 動作入力電圧範囲

最大動作入力電圧は制御可能な最小オン時間によって決まり、最小動作入力電圧は最大デューティ・サイクルと回路の電圧降下によって決まります。所定の出力電圧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。

$$V_{INMIN} = \frac{V_{OUT} + (I_{OUT} \times (R_{DCR} + 0.6))}{D_{MAX}} + (I_{OUT} \times 1.15)$$

$$V_{INMAX} = \frac{V_{OUT}}{t_{ONMIN} \times f_{SW}}$$

ここで、 $V_{OUT}$  は定常状態の出力電圧、 $I_{OUT}$  は最大負荷電流、 $R_{DCR}$  はインダクタの DC 抵抗、 $f_{SW}$  はスイッチング周波数（最大値）、 $D_{MAX}$  は最大デューティ・サイクル、 $t_{ONMIN}$  は最も厳しい条件での制御可能な最小スイッチ・オン時間（130ns）です。

## 過電流保護／ヒップ・モード

このデバイスは、過負荷および出力短絡の条件下でデバイスを保護する、堅牢な過電流保護方式を備えています。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 0.62A（代表値）を超えたときは常にハイサイド MOSFET がオフになります。ハイサイド・スイッチ電流の 0.75A（代表値）の暴走電流制限は、降圧コンバータのオン時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および短絡状態にあるデバイスを保護します。暴走電流制限が 1 回作動すると、ヒップ・モードがトリガれます。更に、何らかの障害が原因でソフトスタート完了後の任意の時点で出力電圧が代表値の 65%まで低下した場合も、ヒップ・モードがトリガれます。ヒップ・モードでは、スイッチングを 131ms のヒップ・タイムアウト期間の間一時停止することによってコンバータを保護します。ヒップ・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。ヒップ・モード動作は、出力短絡条件下での消費電力を低減します。

短絡条件下で FB/Vout ピンの絶対最大定格を超えることがないよう、ボード・レイアウトとシステムの配線には注意が必要があります。このような条件下では、出力コンデンサまたは短絡した負荷との間のボードまたは配線のインダクタンスによってセラミック出力コンデンサが発振する可能性があり、発振した場合は FB/Vout の絶対最大定格（-0.3V）を超えてしまうおそれがあります。FB/Vout の絶対最大定格を超えないようにするには、ボードまたは配線の寄生インダクタンスを最小限に抑えると共に、短絡動作時の出力電圧波形を確認する必要があります。

## 熱過負荷保護

熱過負荷保護機能により、デバイスの総消費電力が制限されます。ジャンクション温度が+166°C を超えるとオンチップのサーマル・センサーがデバイスをシャットダウンし、内蔵のパワーMOSFET をオフにして、デバイスの温度が下がるようにします。ジャンクション温度が 10°C 下がると、サーマル・センサーはデバイスをオンにします。

## アプリケーション情報

### インダクタの選択

インダクタは、できるだけ DC 抵抗が小さく、割り当てられた寸法に合っていて、低損失のものを選ぶ必要があります。飽和電流 ( $I_{SAT}$ ) は、最大電流制限未満で飽和が発生することがないよう、十分に大きな値でなければなりません。与えられたアプリケーションに必要なインダクタンスは、次式で求めることができます。

$$L = 13 \times V_{OUT}$$

ここで、 $L$  はインダクタンスで単位は  $\mu\text{H}$ 、 $V_{OUT}$  は出力電圧です。 $L$  の値が決まつたら、次に適切なコア素材を選択します。コアによく使われる原因是フェライトと鉄粉です。フェライト・コアは損失が小さいので、高効率の設計に適しています。鉄粉コアはフェライトより損失が大きくなりますが、低価格です。代表的なアプリケーションに適したインダクタを選択するには表 1 を参照してください。

表 1. インダクタの選択

INPUT VOLTAGE RANGE $V_{IN}$ (V)	$V_{OUT}$ (V)	$I_{OUT}$ (mA)	$L$ ( $\mu\text{H}$ )	RECOMMENDED PART NO.
5 to 48	3.3 (Fixed)	400	47	Wurth 74404054470
7 to 60	5 (Fixed)	400	68	Wurth 74404054680
4.5 to 24	1.8	400	22	Coilcraft LPS4018-223MR
4.5 to 36	2.5	400	33	Coilcraft LPS4018-333MR
15 to 60	12	400	150	Wurth 74404054151
18.5 to 60	15	400	150	Wurth 74404054151

### 入力コンデンサ

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の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値電流要件 ( $I_{RMS}$ ) 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 倍に等しいとき ( $V_{IN} = 2 \times V_{OUT}$ ) に最大値をとるので、 $I_{RMS(MAX)} = \frac{I_{OUT(MAX)}}{2}$  になります。

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。

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

ここで、 $D = V_{OUT}/V_{IN}$  はコンバータのデューティ・サイクル、 $f_{SW}$  はスイッチング周波数、 $\Delta V_{IN}$  は許容可能な入力電圧リップル、 $\eta$  は効率です。

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、長い入力電力バ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十分に減衰させられるよう、電解コンデンサをセラミック・コンデンサと並列に追加する必要があります。

### 出力コンデンサ

このデバイスには、小さいセラミック製 X7R グレード・コンデンサで十分なので、このコンデンサの使用を推奨します。出力コンデンサには、次の 2 つの役割があります。1 つは、デバイスと出力インダクタによって生成される矩形波を除去する働きです。もう 1 つは、負荷過渡応答条件下で出力電圧を出力できるようにすると共に、デバイスの内部制御ループを安定させることができるように、十分なエネルギーを貯蔵することです。通常、出力コンデンサはアプリケーションの最大出力電流の 50% 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、出力電圧の変動は出力電圧の約 3% 未満に抑えられます。必要な出力コンデンサの値は次式で計算できます。

$$C_{\text{OUT}} = \frac{60}{V_{\text{OUT}}}$$

ここで、 $C_{\text{OUT}}$ は出力容量で単位は  $\mu\text{F}$ 、 $V_{\text{OUT}}$ は出力電圧です。出力コンデンサを選択する際には、DC 電圧によるセラミック・コンデンサのディレーティングを考慮する必要があります。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、どこからも入手可能です。代表的なアプリケーションに適した出力コンデンサを選択するには、[表 2](#) を参照してください。

表 2. 出力コンデンサの選択

INPUT VOLTAGE RANGE $V_{\text{IN}}$ (V)	$V_{\text{OUT}}$ (V)	$I_{\text{OUT}}$ (mA)	$C_{\text{OUT}}$ ( $\mu\text{F}$ )	RECOMMENDED PART NO.
5 to 48	3.3 (Fixed)	400	22 $\mu\text{F}$ /1206/X7R/6.3V	Murata GRM31CR70J226KE19
7 to 60	5 (Fixed)	400	22 $\mu\text{F}$ /1206/X7R/6.3V	Murata GRM31CR70J226KE19
4.5 to 24	1.8	400	47 $\mu\text{F}$ /1210/X7R/6.3V	Murata GRM32ER70J476KE20
4.5 to 36	2.5	400	22 $\mu\text{F}$ /1210/X7R/16V	Murata GRM32ER71C226KEA8
15 to 60	12	400	22 $\mu\text{F}$ /1210/X7R/16V	Murata GRM32ER71C226KEA8
18.5 to 60	15	400	10 $\mu\text{F}$ /1206/X7R/25V	Murata GRM31CR71E106KA12

## 入力低電圧ロックアウト・レベルの設定

このデバイスは、入力低電圧ロックアウトのレベルを調整できます。 $V_{\text{IN}}$  と GND の間に接続された抵抗分圧器を用いて、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。3.32M $\Omega$ （最大値）となる R1 を選択してから、R2 を次のように計算します。

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

ここで、 $V_{\text{INU}}$  はデバイスをオンにしなければならない電圧です。

EN/UVLO ピンが外部の信号源で駆動されている場合は、信号源の出力と EN/UVLO ピンの間に最小 1k $\Omega$  の直列抵抗を接続することを推奨します。これにより、ラインの電圧リンギングを低減できます。

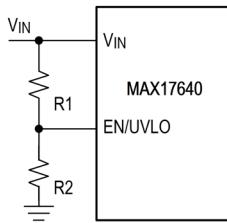


図 1. 調整可能な EN/UVLO 回路

## 出力電圧の調整

MAX17640C の出力電圧は、0.9V～0.89 ×  $V_{\text{IN}}$  の範囲でプログラムできます。出力、FB、GND の間に抵抗分圧器を接続することにより、出力電圧を設定します（[図 2](#) を参照）。

出力電圧を 6V 未満とするには、50k $\Omega$ ～150k $\Omega$  の範囲で R4 を選択します。出力電圧を 6V より大きくするには、25k $\Omega$ ～75k $\Omega$  の範囲で R4 を選択し、次式で R3 を計算します。

$$R3 = R4 \times \left[ \frac{V_{\text{OUT}}}{0.9} - 1 \right]$$

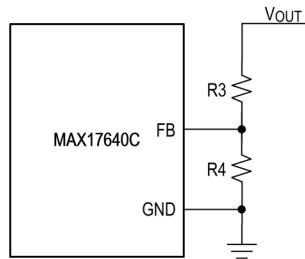


図2. 出力電圧の設定

## 消費電力

ある特定の動作条件において、デバイスの温度上昇をもたらす電力損失は、次のように見積もります。

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

$$P_{OUT} = V_{OUT} \times I_{OUT}$$

ここで、 $P_{OUT}$  は出力電力、 $\eta$  は電力変換効率、 $R_{DCR}$  は出力インダクタの DC 抵抗です。電力変換効率については[標準動作特性](#)を参照してください。あるいは、効率を測定して総消費電力を求めます。

デバイスのジャンクション温度 ( $T_J$ ) は、次式により任意の周囲温度 ( $T_A$ ) で計算できます。

$$T_J = T_A + (\theta_{JA} \times P_{LOSS})$$

ここで、 $\theta_{JA}$  はジャンクションと周囲環境間でのパッケージの熱抵抗です。

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

低ノイズで安定した動作を実現するには、綿密な PCB レイアウトが不可欠です。スイッチング電力段には特に注意が必要です。優れた PCB レイアウトを作成するには次のガイドラインに従ってください。

- $V_{IN}$  ピンと GND ピンのできるだけ近くに、入力セラミック・コンデンサを配置します。
- $V_{CC}$  バイパス・コンデンサの負端子は、できるだけ短いパターンで GND ピンまたはグランド・プレーンに接続します。
- 放射 EMI を減らすために、LX ピンとインダクタの接続によって形成される面積を最小限に抑えます。
- $V_{CC}$  デカップリング・コンデンサは、 $V_{CC}$  ピンのできるだけ近くに配置します。
- すべての帰還接続はできるだけ短くして、直接接続します。
- 高速スイッチング・ノード (LX) は、FB/V<sub>OUT</sub> ピン、RESET ピン、MODE ピンから離して配線します。

PCB レイアウトを初回で成功させるには、MAX17640 評価キットのレイアウトを参照してください。これは <https://www.analog.com/jp/products/max17640.html> から入手可能です。

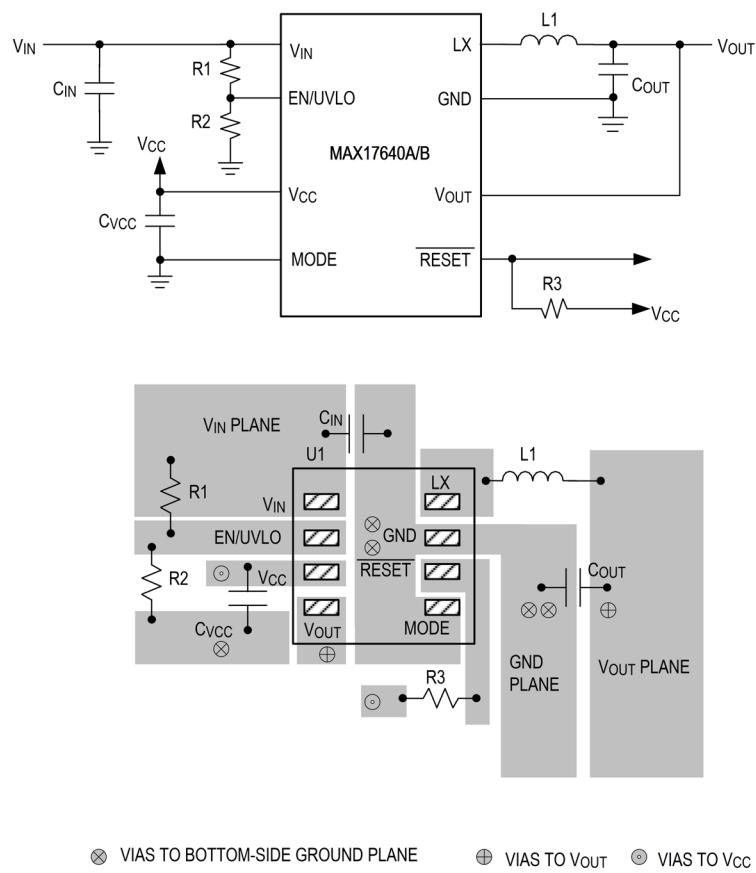


図 3. MAX17640A および MAX17640B のレイアウト・ガイドライン

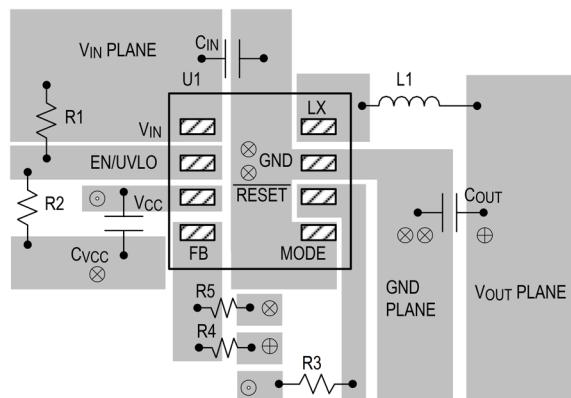
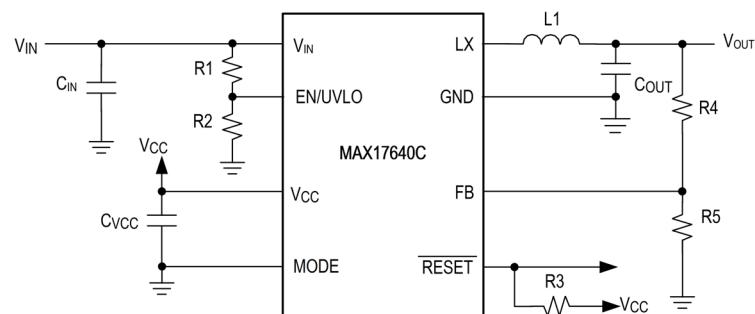


図4. MAX17640C のレイアウト・ガイドライン

## 標準アプリケーション回路

## 3.3V、400mA 降圧レギュレータ

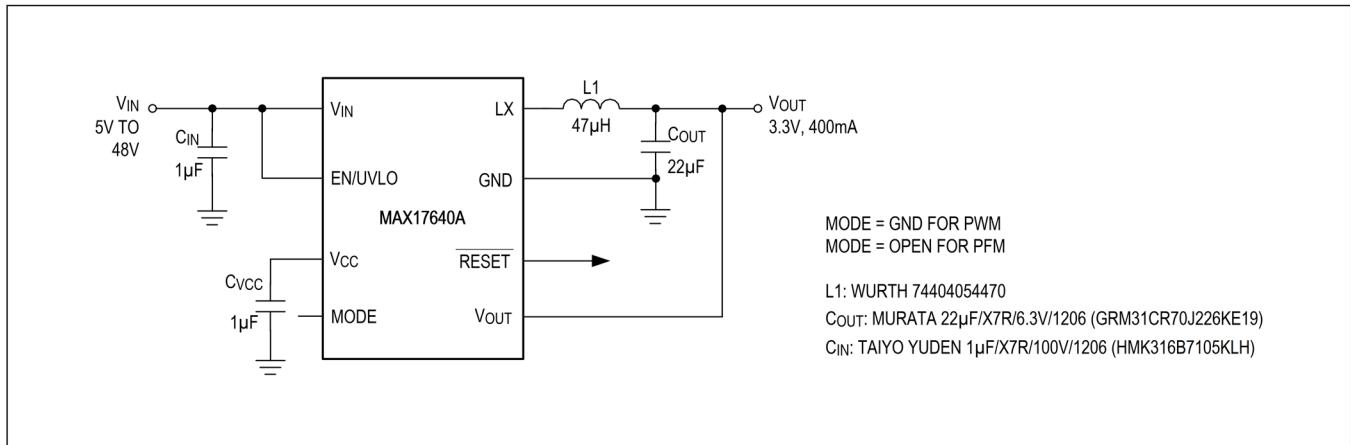


図 5. 3.3V、400mA 降圧レギュレータ

## 5V、400mA 降圧レギュレータ

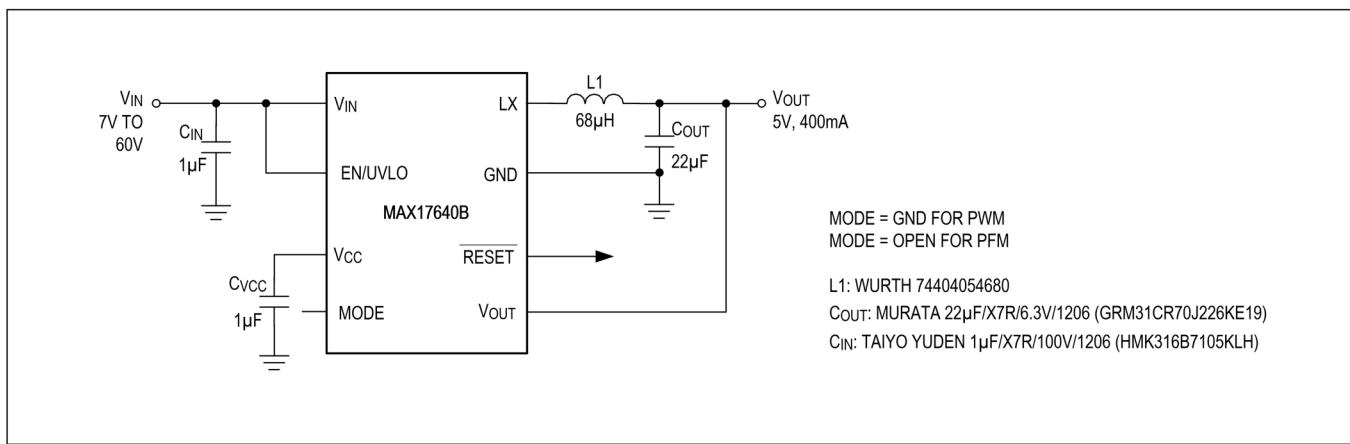


図 6. 5V、400mA 降圧レギュレータ

## 標準アプリケーション回路（続き）

## 2.5V、400mA 降圧レギュレータ

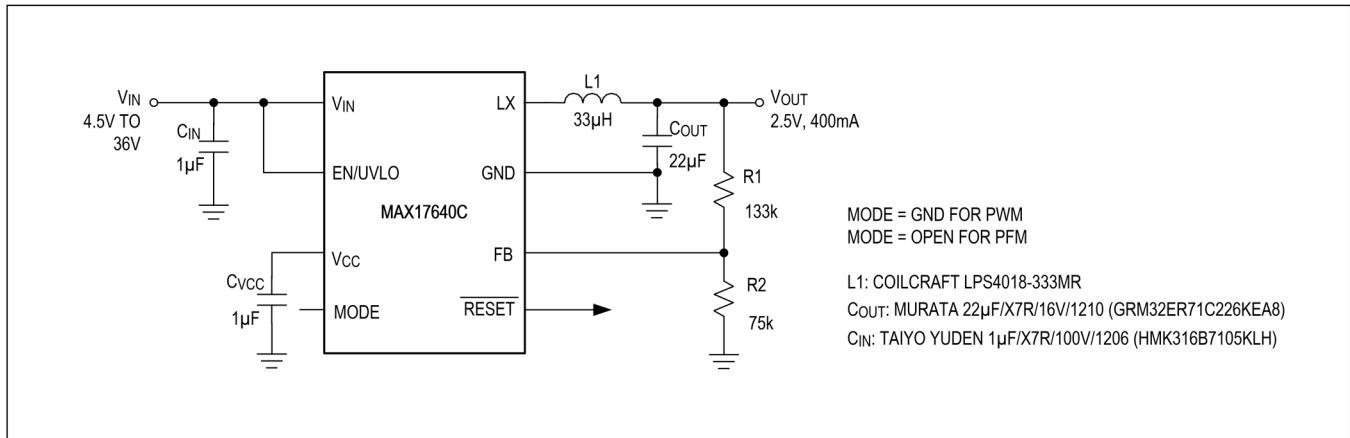


図 7. 2.5V、400mA 降圧レギュレータ

## 12V、400mA 降圧レギュレータ

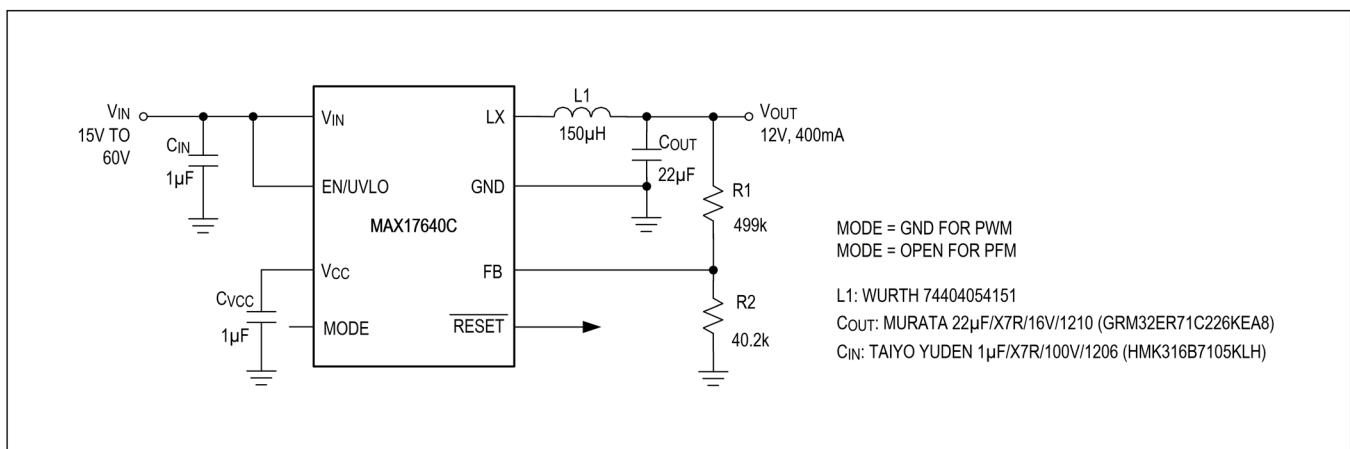


図 8. 12V、400mA 降圧レギュレータ

## 標準アプリケーション回路（続き）

## 1.8V、400mA 降圧レギュレータ

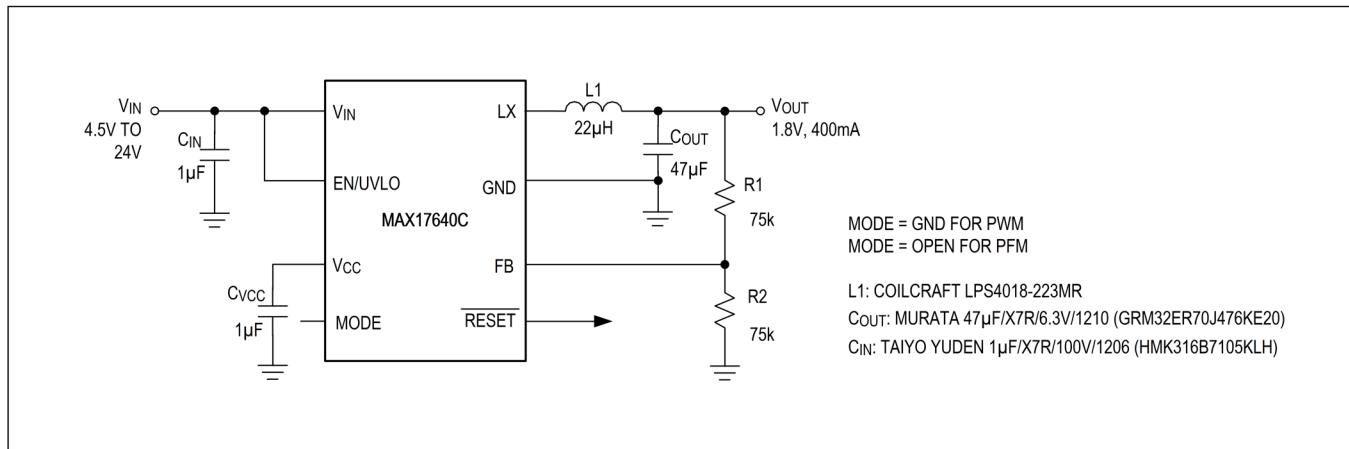


図 9. 1.8V、400mA 降圧レギュレータ

## 15V、400mA 降圧レギュレータ

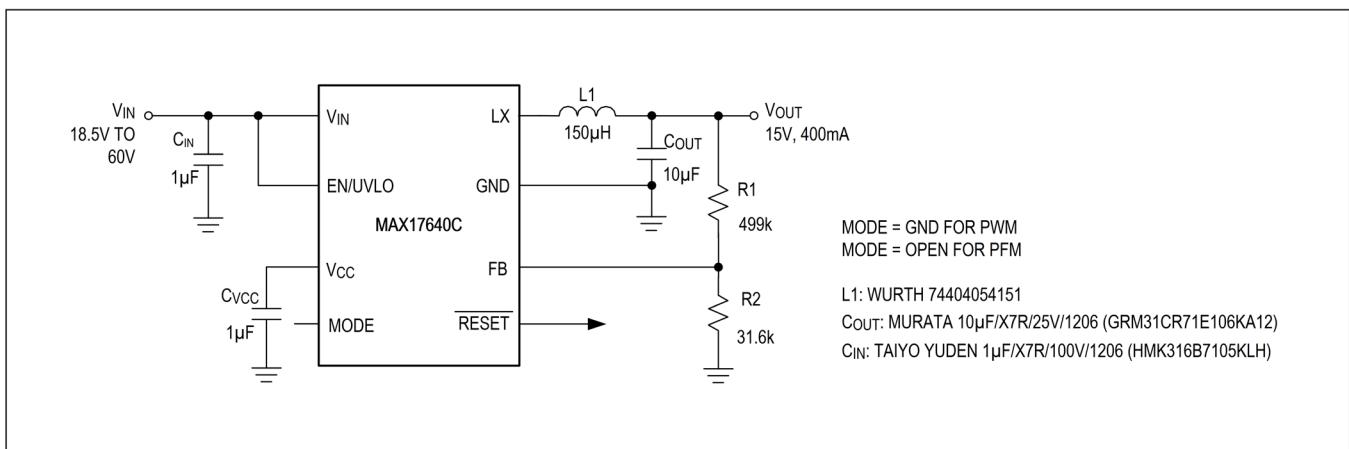


図 10. 15V、400mA 降圧レギュレータ

## 型番

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	V <sub>OUT</sub>
MAX17640AATA+	-40°C to +125°C	8-pin TDFN (2mm x 2mm)	3.3V
MAX17640AATA+T	-40°C to +125°C	8-pin TDFN (2mm x 2mm)	3.3V
MAX17640BATA+	-40°C to +125°C	8-pin TDFN (2mm x 2mm)	5V
MAX17640BATA+T	-40°C to +125°C	8-pin TDFN (2mm x 2mm)	5V
MAX17640CATA+	-40°C to +125°C	8-pin TDFN (2mm x 2mm)	Adj
MAX17640CATA+T	-40°C to +125°C	8-pin TDFN (2mm x 2mm)	Adj

+は鉛 (Pb) フリー／RoHS 準拠パッケージを表します。

T = テープ&amp;リール。

**改訂履歴**

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	1/21	市場投入のためのリリース	-
1	7/23	概要、TOC05、および TOC06 を更新	1, 9
2	3/24	概要、パッケージ情報、PCB レイアウトのガイドライン、および型番のセクションを更新。標準アプリケーション回路を簡略アプリケーション回路図に変更。	1, 2, 17, 23