



MAX38640-MAX38643

小型 1.8V~5.5V 入力、330nA I_Q 、700mA の
nanoPower 降圧コンバータ

概要

MAX38640~MAX38643 は nanoPower ファミリの製品で、330nA と超低静止電流の降圧（ステップダウン）DC-DC コンバータです。1.8V~5.5V の入力電圧で動作し、96%のピーク効率で最大 175mA、350mA、700mA の負荷電流に対応します。シャットダウン時、シャットダウン電流はわずか 5nA です。これらのデバイスは、極めて低い静止電流、小さな総ソリューションサイズ、および全負荷範囲にわたる高い効率を実現します。MAX38640~MAX38643 は、長いバッテリー寿命が必須のバッテリー・アプリケーションに最適です。

MAX38640~MAX38643 ファミリーは、超低静止電流および広い出力電流範囲にわたる高効率を可能にする独自の制御方式を利用しています。MAX38642 はシャットダウン時のアクティブ放電抵抗を除去しており、別の電源または充電された出力コンデンサによって出力を安定化することまたはハイに保持することが可能です。

MAX38640~MAX38643 デバイスは、省スペース 6 ピン WLP（2 × 3 パンプ、1.42mm × 0.89mm、0.4mm ピッチ）、および 6 ピン μ DFN パッケージ（2mm × 2mm）で提供されます。すべての製品は-40°C~+85°C の拡張温度範囲で仕様規定されています。

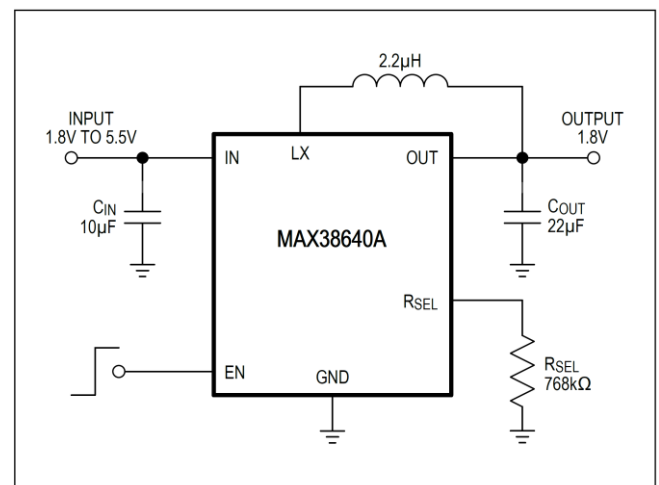
アプリケーション

- スペースに制約のあるポータブル民生用製品
- ウェアラブル機器、超低電力 IoT、NB IoT、および Bluetooth®LE
- シングル・リチウムイオン（Li+）およびコイン型電池製品
- 有線または無線産業用製品

機能と利点

- バッテリー寿命を延長
 - 超低静止電源電流：330nA
 - シャットダウン電流：5nA
 - ピーク効率：96%（10 μ A で 88%以上）
- 使用が容易 – 一般的な動作に対応
 - 入力範囲：1.8V~5.5V
 - 1つの抵抗で設定可能な V_{OUT} ：0.7V~3.3V（A オプション）
 - 事前設定 V_{OUT} ：0.5V~5.0V（B オプション）
 - 出力電圧精度： $\pm 1.75\%$
 - 負荷電流：最大 175mA/350mA/700mA
- 複数のユースケースでシステムを保護
 - シャットダウン時の逆方向電流ブロック機能
 - オプションのアクティブ放電機能
- サイズを縮小し信頼性を向上
 - 温度範囲：-40°C~+85°C
 - 2mm × 2mm、6 ピン μ DFN パッケージ
 - 1.42mm × 0.89mm、0.4mm ピッチ 6 ピン（2 × 3）WLP

標準動作回路



Bluetooth は Bluetooth SIG, Inc. の登録商標です。

オーダー情報はデータシートの末尾に記載しています。

目次

概要	1
アプリケーション	1
機能と利点	1
標準動作回路	1
絶対最大定格	5
パッケージ情報	5
6 ピン μ DFN	5
6 ピン WLP	5
電気的特性	6
標準動作特性	8
ピン配置	11
6 ピン μ DFN	11
6 ピン WLP	12
端子説明	12
機能図	13
詳細	14
電圧の設定	14
アプリケーション情報	16
インダクタの選択	16
入力コンデンサ	16
出力コンデンサ	16
デバイスのイネーブル	16
PCB レイアウトと配線	17
オーダー情報	17
改訂履歴	18

図一覧

図 1. EN の RC 回路.....

16

表一覧	
表 1. MAX38640A/1A/2A/3A の R _{SEL} 選択表	14
表 2. インダクタの選択	16

絶対最大定格

IN、EN、R_{SEL}、NC、OUT～GND -0.3V～+6V
 LX の RMS 電流 (WLP) -1.6A_{RMS}～+1.6A_{RMS}
 LX の RMS 電流 (μDFN) -1A_{RMS}～+1A_{RMS}
 LX～GND (Note 1) -0.3V～V_{IN} + 0.3V
 連続消費電力: WLP (T_A = +70°C、70°C 以上は
 10.5mW/°C でディレーティング) 840mW

連続消費電力: μDFN (T_A = +70°C、70°C 以上は
 4.5mW/°C でディレーティング) 357.8mW
 動作温度範囲 -40°C～+85°C
 最大ジャンクション温度 +150°C
 保存温度範囲 -65°C～+150°C
 リード温度 (ハンダ処理、10 秒) +300°C
 ハンダ処理温度 (リフロー) +260°C

Note 1: LX ピンには GND と IN に対する内部クランプがあります。スイッチング遷移時にはこれらのダイオードに順方向バイアスがかかる場合があります。安全に動作させるためには、こうした遷移における最大 LX 電流が最大 RMS 電流の定格に収まるようにする必要があります。

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**6 ピン μDFN**

Package Code	L622+1C
Outline Number	21-0164
Land Pattern Number	90-0004
Thermal Resistance, Four-Layer Board:	
Junction to Ambient (θ _{JA})	223.6°C/W
Junction to Case (θ _{JC})	122°C/W

6 ピン WLP

Package Code	N60E1+2
Outline Number	21-100128
Land Pattern Number	Refer to Application Note 1891
Thermal Resistance, Four-Layer Board:	
Junction to Ambient (θ _{JA})	95.15°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、www.maximintegrated.com/packages 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。パッケージの熱に関する考慮事項の詳細については、www.maximintegrated.com/thermal-tutorial/を参照してください。

電氣的特性

(特に指定のない限り、V_{IN} = 3.3V、V_{OUT} = 1.8V、T_A = -40°C～+85°C、C_{IN} = 10μF、C_{OUT} = 22μF。) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Shutdown Current	I _{IN_SD}	V _{EN} = 0V, T _A = +25°C			0.005	0.1	μA
Input Voltage Range	V _{IN_RANGE}	Guaranteed by output accuracy		1.8		5.5	V
Input Undervoltage Lockout	V _{UVLO}	R _{SEL} > 50kΩ (MAX38640A/1A/2A/ 3A), (MAX38640B/1B/2B/ 3B)	V _{IN} rising		1.75	1.8	V
			Hysteresis		50		mV
	V _{UVLO}	R _{SEL} < 50kΩ (MAX38640A/1A/2A/ 3A)	V _{IN} rising		2.6	2.7	V
			Hysteresis		125		mV
Output Voltage Range	V _{OUT_RANGE}	Guaranteed by output accuracy		0.5		5	V
Output Accuracy	V _{OUT_ACC}	OUT falling, when LX begins switching above 1MHz, V _{OUT} = 0.7V to 3.3V, V _{IN} = 5.5V (Note 3)		-1.75		+1.75	%
DC Line Regulation	V _{LREG}	V _{OUT} = 1.8V, V _{IN} = 2.0V to 5.5V, I _{OUT} = 10mA to 160mA			±1.5		%
Quiescent Supply Current into IN	I _{Q_IN}	V _{EN} = V _{IN} , not switching V _{OUT} = 106% of target voltage, V _{OUT_TARGET} = 2.5V, T _A = +25°C			330	660	nA
Quiescent Supply Current into OUT	I _{Q_OUT}	V _{EN} = V _{IN} , not switching V _{OUT} = 106% of target voltage, V _{OUT_TARGET} = 2.5V, T _A = +25°C			10		nA
Soft-Start Slew Rate	dV _{OUT} /dt	V _{OUT} = 1.8V, no load			6.5		mV/μs
LX Leakage Current	I _{LEAK_LX}	V _{LX} = V _{IN} = 5.5V, T _A = +25°C			2	100	nA
Inductor Peak Current Limit	I _{PEAK_LX}	MAX38643		800	1000	1200	mA
		MAX38641/MAX38642		400	500	600	
		MAX38640		225	250	300	
High-Side R _{DS(on)}	R _{DS_H}	V _{IN} = 3.3V	MAX38643		95	150	mΩ
			MAX38641/ MAX38642		170	320	
			MAX38640		320	600	
Low-Side R _{DS(on)}	R _{DS_L}	V _{IN} = 3.3V	MAX38643		50	90	mΩ
			MAX38641/ MAX38642		80	160	
			MAX38640		150	290	
Zero-Crossing Threshold	I _{ZX_LX}	V _{OUT} = 1.2V, percent of I _{PEAK_LX}			5		%
Enable Input Leakage	I _{LEAK_EN}	V _{EN} = 5.5V, T _A = +25°C			0.1	100	nA
Enable Voltage Threshold	V _{EN_R}	V _{EN} rising			0.8	1.2	V
	V _{EN_F}	V _{EN} falling		0.4	0.7		
Active Discharge Resistance (MAX38640/ 1/3 Only)	R _{OUT_DIS}	V _{EN} = 0V		50	85	200	Ω

電氣的特性（続き）

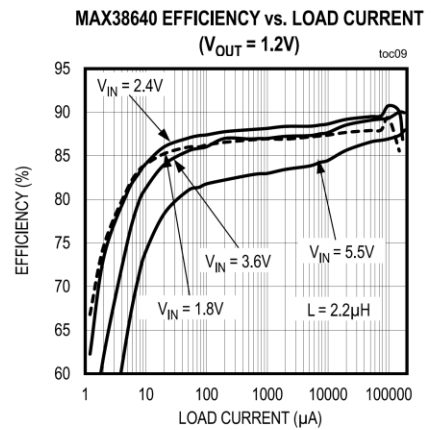
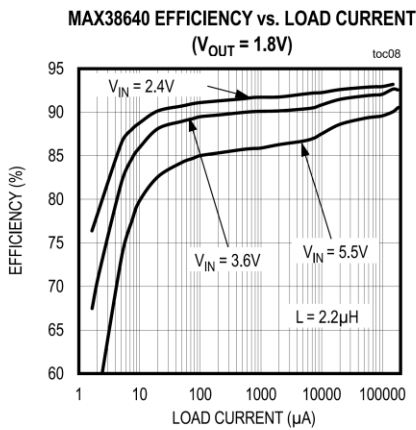
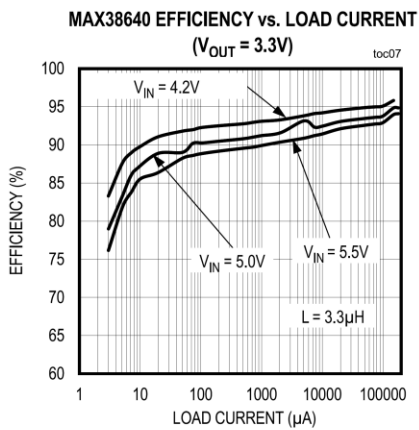
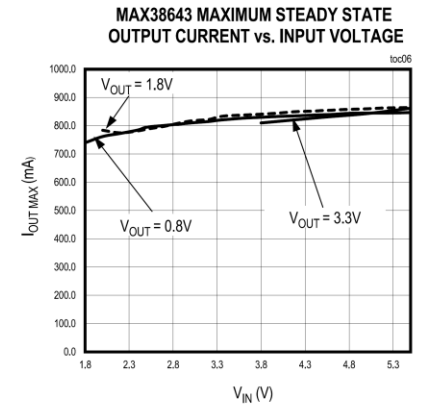
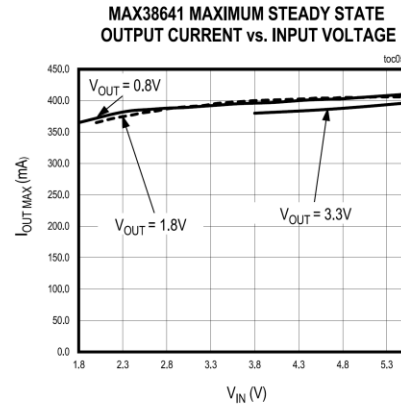
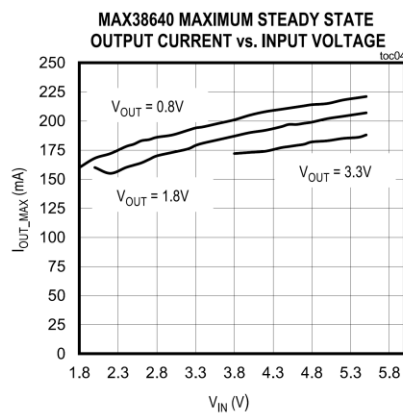
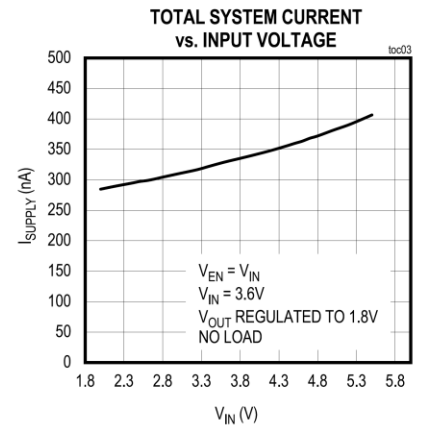
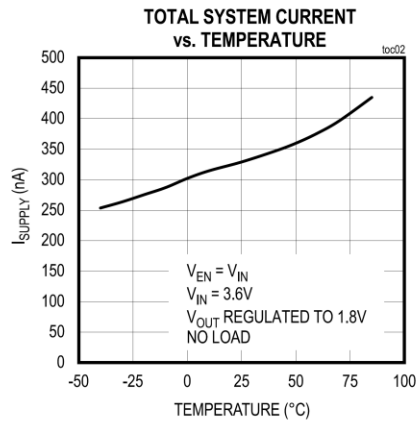
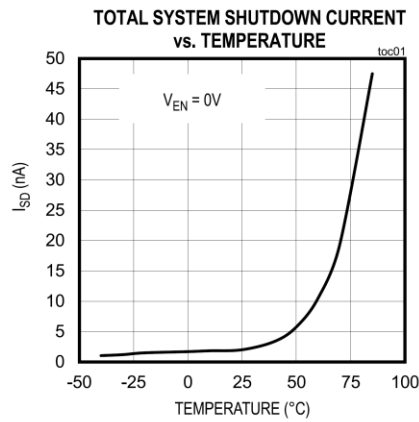
（特に指定のない限り、V_{IN} = 3.3V、V_{OUT} = 1.8V、T_A = -40°C～+85°C、C_{IN} = 10μF、C_{OUT} = 22μF。）（[Note 2](#)）

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Required Select Resistor Accuracy (MAX38640A/1A/2A/3A Only)	R _{SEL}	Use the nearest ±1% resistor from Table 1	-1		+1	%
Select Resistor Detection Time (MAX38640A/1A/2A/3A Only)	t _{RSEL}	C _{SEL} < 2pF	240	600	1320	μs
Thermal Shutdown	T _{SHUT}	T _J rising when output turns off		165		°C
Thermal Shutdown Threshold	T _{SHUT}	T _J falling when output turns on		150		°C

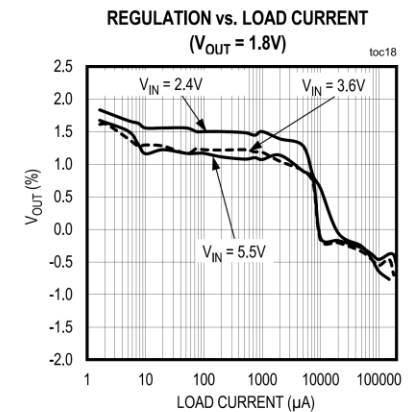
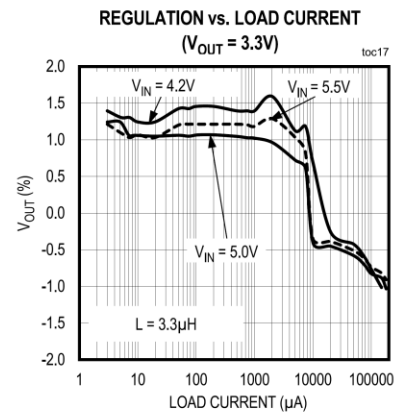
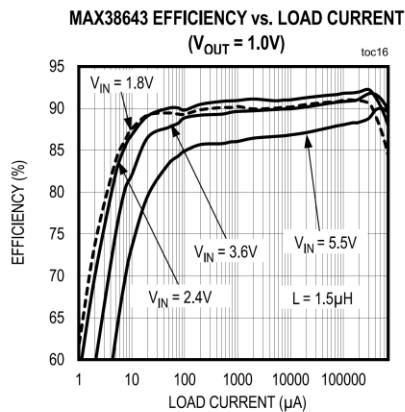
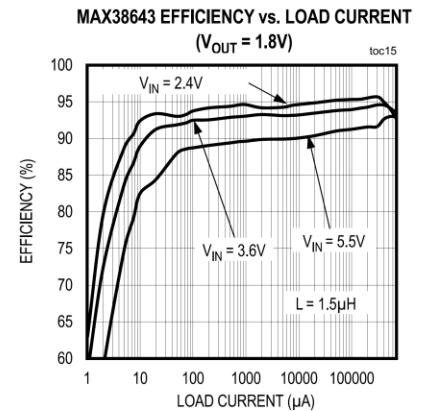
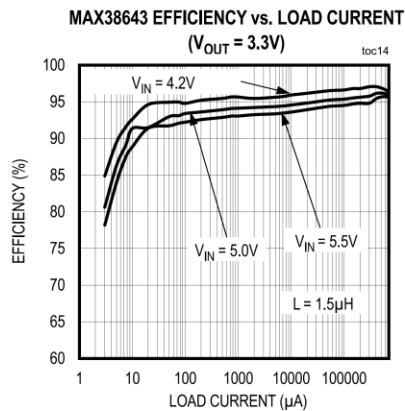
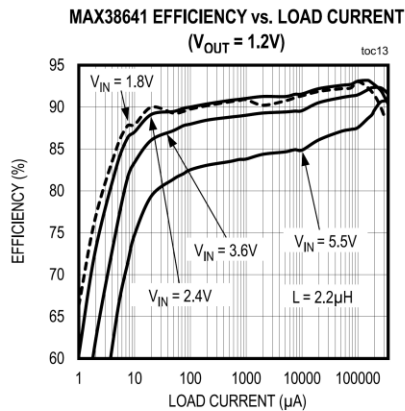
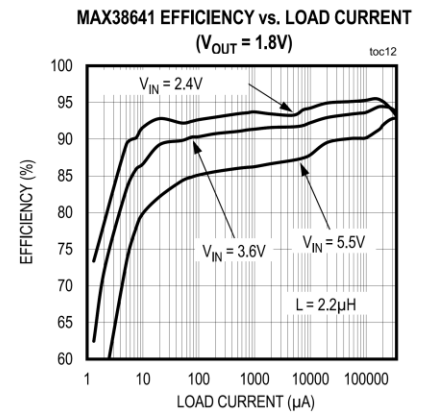
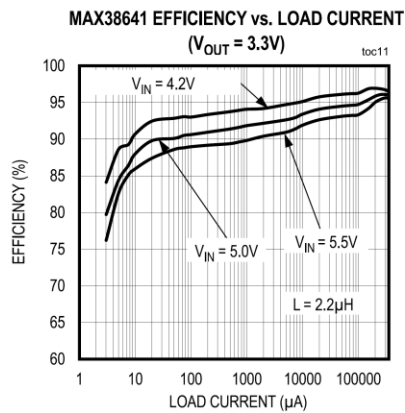
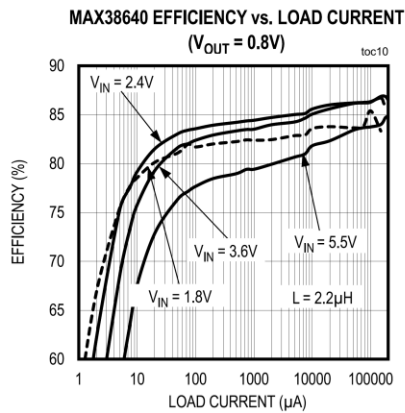
- Note 2：** 仕様規定されている動作温度と入力電圧の範囲にわたる限界値は、設計および特性評価によって確保されており、出荷テストは室温でのみ実施しています。
- Note 3：** 低消費電力モード（LPM）における出力精度であり、負荷、配線、リップルを含みません。

標準動作特性

(特に指定のない限り、MAX38640AENT+、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $L = 2.2\mu H$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)

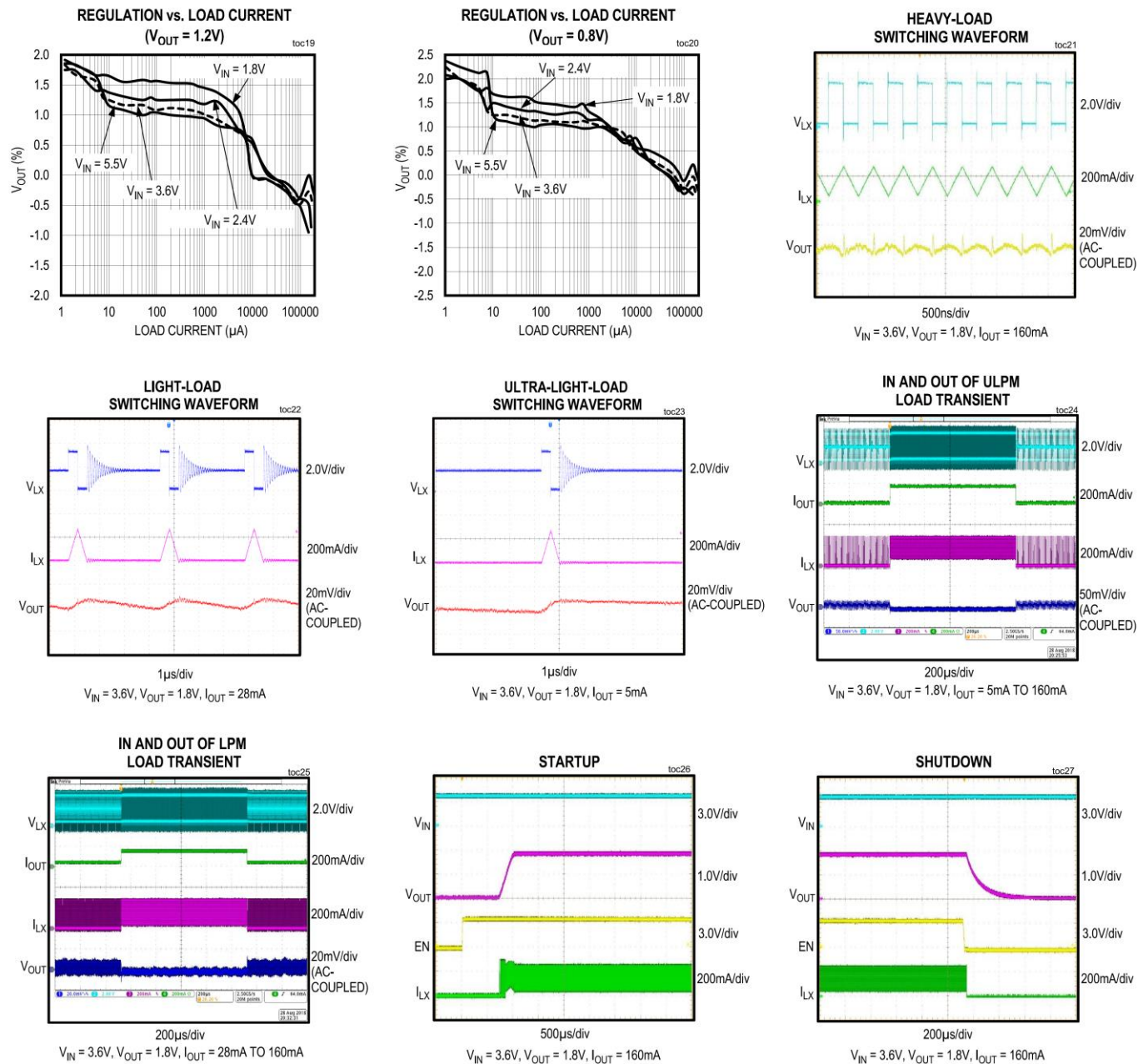


標準動作特性 (続き)

(特に指定のない限り、MAX38640AENT+、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $L = 2.2\mu H$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)

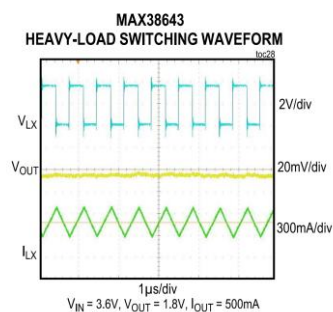
標準動作特性（続き）

(特に指定のない限り、MAX38640AENT+、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $L = 2.2\mu H$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)

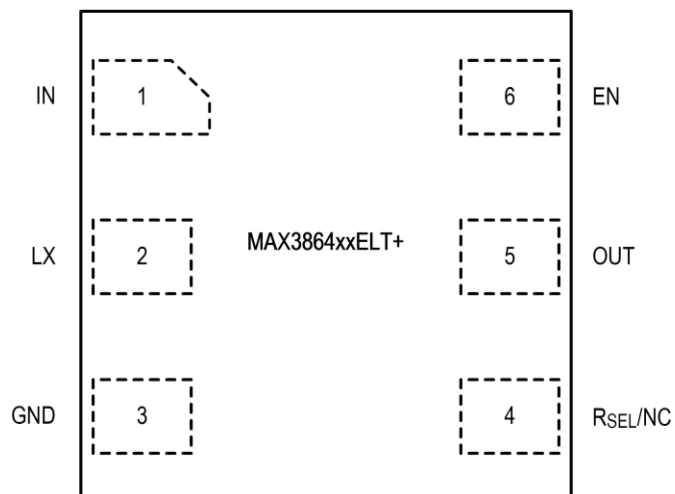


標準動作特性（続き）

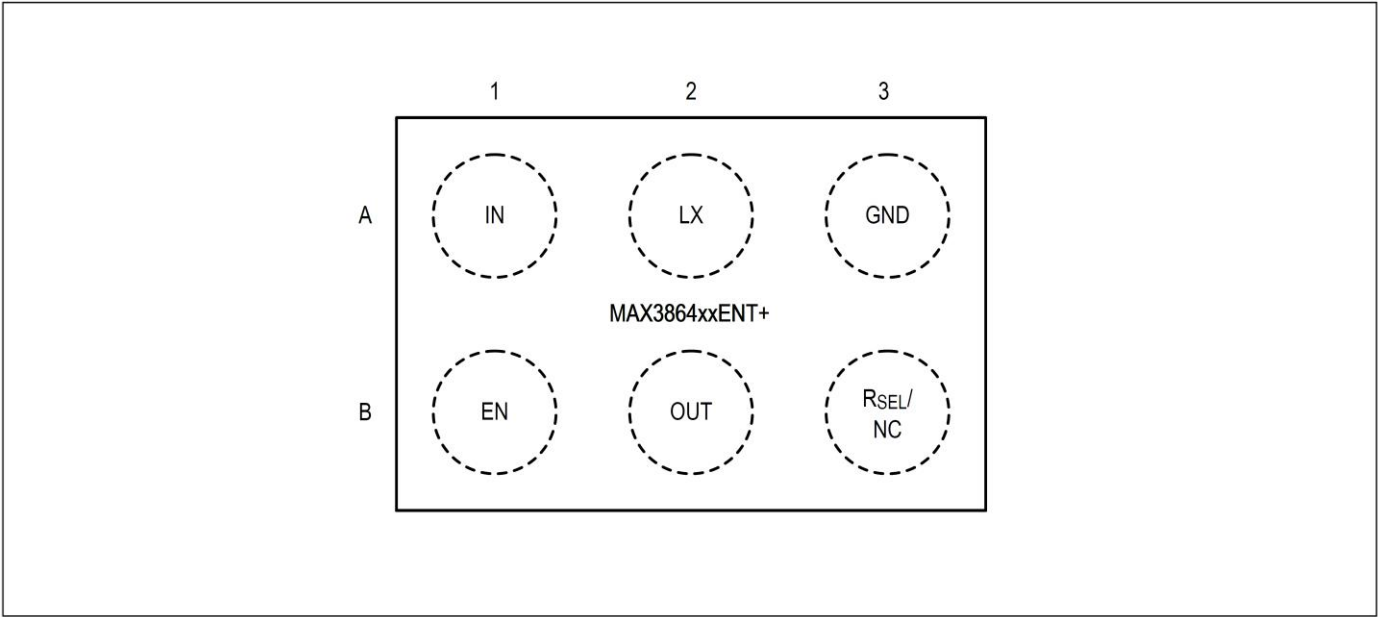
（特に指定のない限り、MAX38640AENT+、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $L = 2.2\mu H$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。）



ピン配置

6 ピン μ DFN

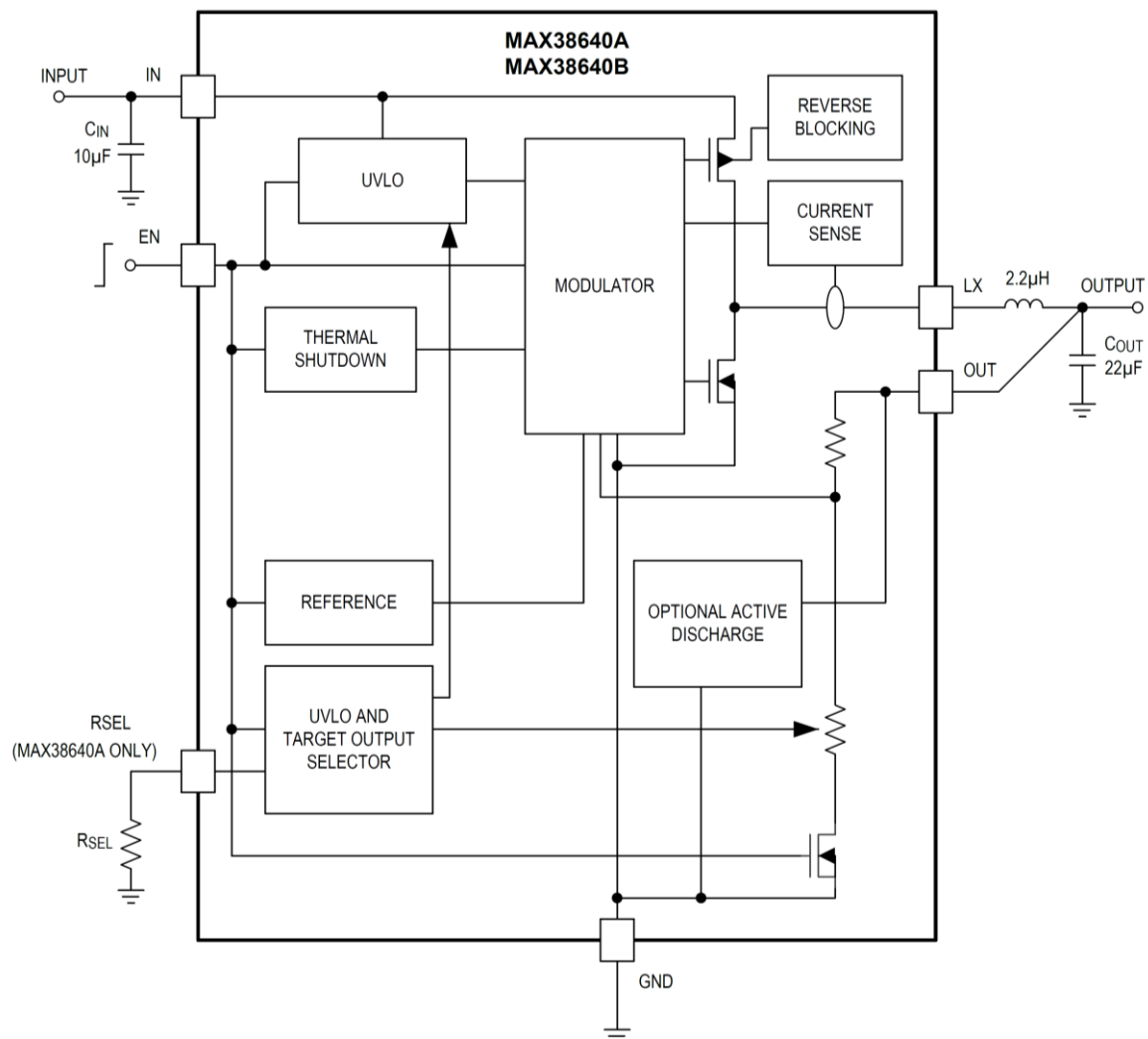
6 ピン WLP



端子説明

ピン		名称	説明
MAX3864xxE LT+	MAX3864xxE NT+		
1	A1	IN	レギュレータ電源入力。1.8V～5.5V の電圧源に接続し、セラミック・コンデンサで IN から GND にバイパスします。
2	A2	LX	スイッチング・ノード。インダクタを LX とレギュレータ出力の間に接続します。
3	A3	GND	グラウンド。
4	B3	R _{SEL} /NC	MAX38640A/1A/2A/3A ：出力電圧設定入力。 表 1 に従い R _{SEL} と GND の間に抵抗を接続して、出力電圧と IN の低電圧閾値を設定します。 MAX38640B/1B/2B/3B ：接続なし。フロート状態のままにします。
5	B2	OUT	出力電圧の検出入力。正確なレギュレーションが必要な場所で（出力コンデンサと共に）負荷に接続し、抵抗による降下の影響を排除します。
6	B1	EN	イネーブル入力。このピンをハイにすると降圧コンバータがイネーブルされます。ローにするとディスエーブルされ、シャットダウンに入ります。

機能図



詳細

MAX38640～MAX38643 は、超低 I_Q (330nA) の降圧コンバータで、1.8V～5.5V の入力電圧を受け、0.5V～5V の広い範囲の出力電圧に降圧します。出力電圧は、MAX38640A/1A/2A/3A では外付けの抵抗によって調整設定可能であり、MAX38640B/1B/2B/3B では固定値となります。MAX38640A/1A/2A/3A では、 R_{SEL} ピンに接続された外付けの R_{SEL} 抵抗により、起動時に出力電圧が設定されます。

この降圧コンバータは、負荷電流に応じて、超低消費電力モード (ULPM)、低消費電力モード (LPM)、高出力モード (HPM) の切替えを自動的に行い、負荷に適した動作を行います。超低消費電力モードでは降圧コンバータはオーバーレギュレーションを行い、出力コンデンサの過渡的な負荷電流に対処できるようにします。このデバイスには 90% のデューティ・サイクル制限があります。

MAX38640/MAX38641/MAX38643 では、シャットダウン時にアクティブ放電抵抗が OUT をグラウンドにプルダウンします。MAX38642 ではアクティブ放電は意図的に設けられておらず、シャットダウン時に出力コンデンサの電荷を保持するようになっています。出力がスーパーキャパシタに接続されているハーベスタ・アプリケーションでは、逆電流ブロッキングの機能を利用して、シャットダウン時に入力電圧が出力以下に下がっても出力コンデンサの電荷を保持することができます。2 個の MAX38642 降圧コンバータを並列に接続して負荷を駆動するアプリケーションでは、一方の降圧コンバータの入力がシャットダウンで 0V に落ちた場合でも他方の出力を引き下げたり負荷をかけたりすることがありません。

電圧の設定

MAX38640A/1A/2A/3A では、 R_{SEL} ピンによって起動時に出力電圧と入力 UVLO 閾値の設定が可能です。表 1 に規定の公称値で許容誤差が 1% (以内) の抵抗を用います。

表 1. MAX38640A/1A/2A/3A の R_{SEL} 選択表

TARGET OUTPUT VOLTAGE (V)	R_{SEL} (k Ω)	INPUT UVLO THRESHOLD, RISING (V)
2.5	OPEN	1.75
2	909	1.75
1.8	768	1.75
1.5	634	1.75
1.3	536	1.75
1.25	452	1.75
1.2	383	1.75
1.15	324	1.75
1.1	267	1.75
1.05	226	1.75
1	191	1.75
0.95	162	1.75
0.9	133	1.75
0.85	113	1.75
0.8	95.3	1.75
0.75	80.6	1.75
0.7	66.5	1.75
3.3	56.2	2.6
3	47.5	2.6
2.8	40.2	2.6

表 1. MAX38640A/1A/2A/3A の R_{SEL} 選択表（続き）

TARGET OUTPUT VOLTAGE (V)	R_{SEL} (k Ω)	INPUT UVLO THRESHOLD, RISING (V)
2.75	34	2.6
2.5	28	2.6
2	23.7	2.6
1.8	20	2.6
1.5	16.9	2.6
1.25	14	2.6
1.2	11.8	2.6
1.15	10	2.6
1.1	8.45	2.6
1	7.15	2.6
0.95	5.9	2.6
0.9	4.99	2.6
0.8	SHORT TO GND	2.6

MAX38640B/1B/2B/3B では、出力電圧は事前設定済みの固定電圧（ R_{SEL} による設定不要）です。オーダー情報に記載されていない固定出力電圧品種の発注についてはアナログ・デバイセズにお問い合わせください。MAX38640B/1B/2B/3B の入力 UVLO 閾値は 1.75V（ V_{IN} 立ち上がりの代表値）で 50mV のヒステリシス（代表値）があります。

アプリケーション情報

インダクタの選択

MAX38640~MAX38643のインダクタの値は、リップル電流、低消費電力モード（LPM）から超低消費電力モード（ULPM）への遷移点、総合的効率性能に影響を及ぼします。アプリケーションで必要となるピーク電流制限値に基づき、表2に従ってインダクタの値を選択することを推奨します。

表 2. インダクタの選択

PEAK CURRENT, PART NUMBER	INDUCTANCE RANGE (μH)
1.0A, MAX38643	1.0 to 1.5
500mA, MAX38641/MAX38642	2.2
250mA, MAX38640	2.2 to 4.7

入力コンデンサ

入力コンデンサ (C_{IN}) はバッテリーや入力電源から流れるピーク電流を削減し、IC のスイッチング・ノイズを抑制します。スイッチング周波数における C_{IN} のインピーダンスは極めて低いことが求められます。サイズが小さく ESR が低いことから、セラミック・コンデンサを推奨します。一般的な MAX38640 のアプリケーションでは、X5R または X7R の温度特性の $10\mu\text{F}$ セラミック・コンデンサを使用します。

MAX38641~MAX38643 のアプリケーションでは、 $22\mu\text{F}$ のセラミック・コンデンサを入力コンデンサとして推奨します。 V_{IN} が UVLO 電圧に近い状態で動作させる場合には、入力電圧リップルが UVLO 保護をトリップさせないために、これより大きな入力容量が必要となる場合があります。

出力コンデンサ

出力コンデンサ (C_{OUT}) は、出力電圧リップルを小さく保ちループ安定度を確保するために必要です。 C_{OUT} はスイッチング周波数におけるインピーダンスが低いことが必要です。サイズが小さく ESR が低いことから、セラミック・コンデンサを推奨します。温度や DC バイアスの変動に伴ってコンデンサの容量が大きく低減しないことを確認してください。X5R または X7R の温度特性のコンデンサが一般的には好適です。MAX38640 および MAX38641/MAX38642 のアプリケーションの多くでは、 $22\mu\text{F}$ のセラミック・コンデンサを推奨します。

MAX38641/MAX38642 を使用していて V_{OUT} の目標値が低い場合には、 $22\mu\text{F}$ の出力コンデンサを 2 個用いることを推奨します。

MAX38643 のアプリケーションでは、 $22\mu\text{F}$ の出力コンデンサを 2 個使用します。

デバイスのイネーブル

このデバイスには専用の EN ピンがあります。このピンはデジタル信号で駆動できます。 V_{IN} が UVLO 閾値を超過した後に、デジタル信号でデバイスをイネーブルすることが推奨されます。EN が IN に接続されているアプリケーションでは、このデバイスは高い V_{IN} スルー・レートで給電する必要がある設計となっています。 V_{IN} のスルー・レートが 5V/ms より遅い場合は、 V_{IN} が UVLO 閾値を超えるまでデバイスのイネーブルを遅延させる必要があります。これは、図 1 に示すような単純な RC 回路によって実現できます。

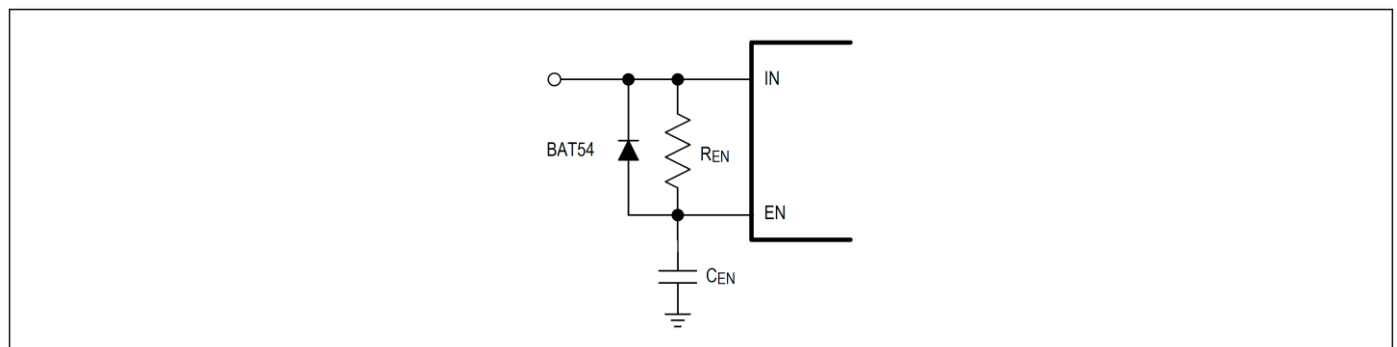


図 1. EN の RC 回路

PCB レイアウトと配線

スイッチング周波数が高くピーク電流が大きい場合、降圧レギュレータの設計において PCB レイアウトは非常に重要な要素となります。適切な設計とするには、フィードバック経路の過度の電磁場干渉 (EMI) やグラウンド・プレーンの電圧勾配を最小化し、不安定動作やレギュレーション誤差を回避します。入力コンデンサ (C_{IN}) は IC の IN ピンと GND ピンのできるだけ近くに配置します。インダクタ、C_{IN}、出力コンデンサ (C_{OUT}) は相互にできるだけ近づけ、短く幅広い配線で直接接続します。

C_{IN} のグラウンド側とデバイスの GND を IC の下面で接続し、かつ、C_{OUT} のグラウンド側に直接接続します。LX ノードなどのノイズを伴う配線はできるだけ短くします。OUT ピンは出力コンデンサと接続しますが、この配線はインダクタと C_{OUT} の間のメインの電力経路から離して配置してください。OUT の配線は、LX の配線や外部のノイズ源などのノイズを伴う配線からも離して配線します。PCB レイアウト例と配線手法については、MAX38640~MAX38643 の評価キットを参照してください。

オーダー情報

PART NUMBER	OUTPUT CURRENT (mA)	ACTIVE DISCHARGE	FEATURES	PACKAGE
MAX38640AELT+	175	Yes	0.7V to 3.3V Resistor-Selectable Output Voltage Using R _{SEL} Pin	6-pin, 2mm × 2mm μDFN
MAX38641AELT+	350	Yes		
MAX38642AELT+	350	No		
MAX38643AELT+	700	Yes		
MAX38640BELT+*	175	Yes	0.5V to 5V Preprogrammed Output Voltage	
MAX38641BELT+*	350	Yes		
MAX38642BELT+*	350	No		
MAX38643BELT+*	700	Yes		
MAX38640BELT18+T	175	Yes	1.8V Preprogrammed Output Voltage	
MAX38640BELT21+T	175	Yes	2.1V Preprogrammed Output Voltage	
MAX38640AENT+	175	Yes	0.7V to 3.3V Resistor-Selectable Output Voltage Using R _{SEL} Pin	0.4mm pitch, 6-pin (2 × 3) WLP
MAX38641AENT+	350	Yes		
MAX38642AENT+	350	No		
MAX38643AENT+	700	Yes		
MAX38640BENT+*	175	Yes	0.5V to 5V Preprogrammed Output Voltage	
MAX38642BENT+*	350	No		
MAX38643BENT+*	700	Yes		
MAX38641BENT135+	350	Yes		
MAX38640BENT06+T	175	Yes	0.6V Preprogrammed Output Voltage	
MAX38640BENT065+T	175	Yes	0.65V Preprogrammed Output Voltage	
MAX38640BENT21+T	175	Yes	2.1V Preprogrammed Output Voltage	
MAX38643BENT185+T	700	Yes	1.85V Preprogrammed Output Voltage	
MAX38641BENT12+T	350	Yes	1.2V Preprogrammed Output Voltage	
MAX38640BENT18+T	175	Yes	1.8V Preprogrammed Output Voltage	

*計画中の製品です。弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

+は鉛 (Pb) フリー／ROHS 準拠のパッケージを表します。

T はテープ & リールです。

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	10/18	初版発行	–
1	1/19	標準動作特性、ピンの説明、機能図、アプリケーション情報、オーダー情報を更新	5, 6, 8, 9, 13, 14
2	5/19	データシートのタイトルを更新し部品番号の資料を変更、標準動作特性を更新	1, 3–5, 7, 9–15
3	4/20	オーダー情報を更新	14
4	9/20	オーダー情報を更新	14
5	3/21	表 2 を削除、オーダー情報を更新	12, 14
6	8/21	絶対最大定格、電気的特性、機能図、オーダー情報を更新	2, 3, 10, 14
7	1/22	オーダー情報を更新	14
8	2/22	オーダー情報を更新	14
9	4/22	標準動作特性を更新	10
10	1/23	オーダー情報を更新	17