

この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。  
この正誤表は、2023年5月10日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。  
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日：2023年5月10日

製品名：MAX77837

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev.0

訂正箇所：14ページ、15ページ

## 【誤】

14ページ最終行

「詳細については図2を参照してください。」

15ページ、下から2行目、5行目、7行目

「・・・図2に示す・・・」

## 【正】

14ページ最終行

「詳細については図3を参照してください。」

15ページ、下から2行目、5行目、7行目

「・・・図3に示す・・・」

この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。  
この正誤表は、2023年5月10日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。  
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日：2023年5月10日

製品名：MAX77837

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev.0

訂正箇所：18 ページ、最終行

**【誤】**

詳細についてはダイナミック電圧設定のセクションを参照してください。

**【正】**

詳細についてはダイナミック電圧スケーリング (DVS)のセクションを参照してください

## 400nA IQ、5.5V 入力、0.4A/1.05A スイッチング電流の昇降圧コンバータ

MAX77837

### 概要

MAX77837 は、業界最小の nanoPower 昇降圧コンバータで、ウェアラブル・アプリケーションやモノのインターネット (IoT) アプリケーションで用いられるシングルセル・バッテリー化学材料に合わせて最適化されています。

このコンバータは 1.8V~5.5V の入力電源で動作します。2 つのハードウェア制御ピンに接続された抵抗によって、1.8V~5.2V の出力電圧を設定できます。この IC は連続導通モード (CCM)、スキップ・モード、低消費電力モードで動作できるため、負荷電流の広い範囲にわたって高効率を維持できます。更に、430nA (代表値) の超低静止電流と 10nA (代表値) のシャットダウン電流を特長としているため、長いスタンバイ時間を必要とするバッテリー駆動アプリケーションに最適です。

MAX77837 には、SEL1 と SEL2 の 2 つの専用ハードウェア制御ピンがあります。SEL1 に接続する抵抗 ( $R_{SEL1}$ ) により、1.8V~5.2V の 2 つの出力電圧 OUT1 および OUT2 の事前設定されたいずれかの組合わせを選択できます。SEL2 に接続する抵抗 ( $R_{SEL2}$ ) では 1050mA および 400mA の 2 種類のスイッチ電流制限値を設定でき、これによって外部部品サイズの最適化、ダイナミック電圧スケールリング (DVS) のイネーブル/ディスエーブル、ハード短絡イベント時のヒカップ・モード/ラッチオフ・モードの選択が可能です。 $R_{SEL2}$  はスタートアップ電圧を設定することもできます。OUT1 または OUT2、および DVS 機能により、デバイスをパワーダウンすることなく、必要に応じて低い  $V_{OUT}$  から高い  $V_{OUT}$  へ出力電圧を変更できるためです。

MAX77837 は、バンプ・ピッチが 0.4mm の 1.84mm × 1.03mm、8 バンプ・ウェーハ・レベル・パッケージ (WLP) と、2.5mm × 2.0mm、8 ピン・フリップ・チップ QFN パッケージ (FC2QFN) のどちらでも入手可能です。

### 機能と利点

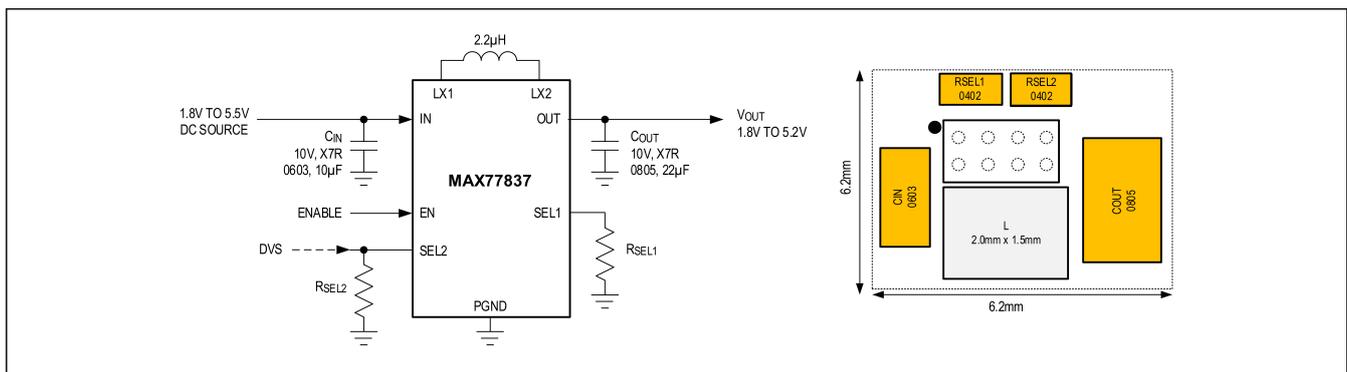
- 入力電圧 : 1.8V~5.5V
- 出力電圧の組合わせ : 1.8V~5.2V
- ピーク効率 : 95% (5.5V<sub>IN</sub>, 3.8V<sub>OUT</sub>)
- 静止電流 : 430nA (代表値)
- シャットダウン電流 : 10nA
- $R_{SEL}$  設定
  - OUT1 および OUT2
  - 1.05A または 0.4A のスイッチ電流制限値
  - DVS 機能のオン/オフ
  - ヒカップ・モード/ラッチオフ・モード
- 保護機能
  - 入力低電圧ロックアウト (UVLO)
  - 過電流保護 (OCP)
  - サーマル・シャットダウン
- 1.84mm × 1.03mm、8 バンプ WLP
- 2.5mm × 2.0mm、8 ピン FC2QFN

### アプリケーション

- LPWAN 用 SoC に関連する電源ソリューション
- IoT およびウェアラブル・アプリケーション
- アセット・トラッカ
- スマート・メータ

オーダー情報はデータシート末尾に記載されています。

### 簡略化したアプリケーション回路図



## 目次

概要	1
機能と利点	1
アプリケーション	1
簡略化したアプリケーション回路図	1
絶対最大定格	5
推奨動作条件	5
パッケージ情報	5
電気的特性	6
標準動作特性	8
ピン配置	11
端子説明	11
機能ブロック図	12
詳細	13
概要	13
スタートアップ	13
ダイナミック電圧スケーリング (DVS)	14
昇降圧制御方式	14
低消費電力モード	15
スキップ・モードおよび CCM モード	16
シャットダウン条件	16
サーマル・シャットダウン	17
低電圧ロックアウト	17
スイッチング電流制限	17
アクティブ放電	18
SEL ピンの設定	18
アプリケーション情報	19
インダクタの選択	19
入力コンデンサの選択	19
出力コンデンサの選択	20
その他の必要部品の選択	20
PCB レイアウト時のガイドライン	20
避けるべき事項	21
代表的アプリケーション	21
オーダー情報	21

## 図一覧

図 1. スタートアップ動作 .....	13
図 2. ダイナミック電圧スケーリング (DVS) .....	14
図 3. 昇降圧 Hブリッジ方式 .....	15
図 4. 低消費電力モードの動作 .....	16
図 5. 低消費電力モードからスキップ/CCM への遷移 .....	16
図 6. サーマル・シャットダウンからの回復 .....	17
図 7. ラッチオフおよびヒカップ・モードでの過電流保護 .....	17
図 8. WLP パッケージに対する推奨 PCB レイアウト .....	20

表一覧

---

表 1. $R_{SEL1}$ の選択表 .....	18
表 2. $R_{SEL2}$ の選択表 .....	19
表 3. 推奨インダクタ .....	19

**絶対最大定格**

IN, OUT, LX1, LX2, EN, SEL1, SEL2~GND ..... -0.3V~+6.0V  
 WLP パッケージの連続消費電力 (T<sub>A</sub> = +70°C (70°C を超えると  
 13.55mW/°C でディレーティング) (Note 1) ) ..... 1084mW

ジャンクション温度 ..... -40°C~+150°C  
 保存温度範囲 ..... -65°C~+150°C  
 はんだ処理温度 (リフロー) ..... +260°C

Note 1: 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、[www.maxim-ic.com/thermal-tutorial](http://www.maxim-ic.com/thermal-tutorial) を参照してください。

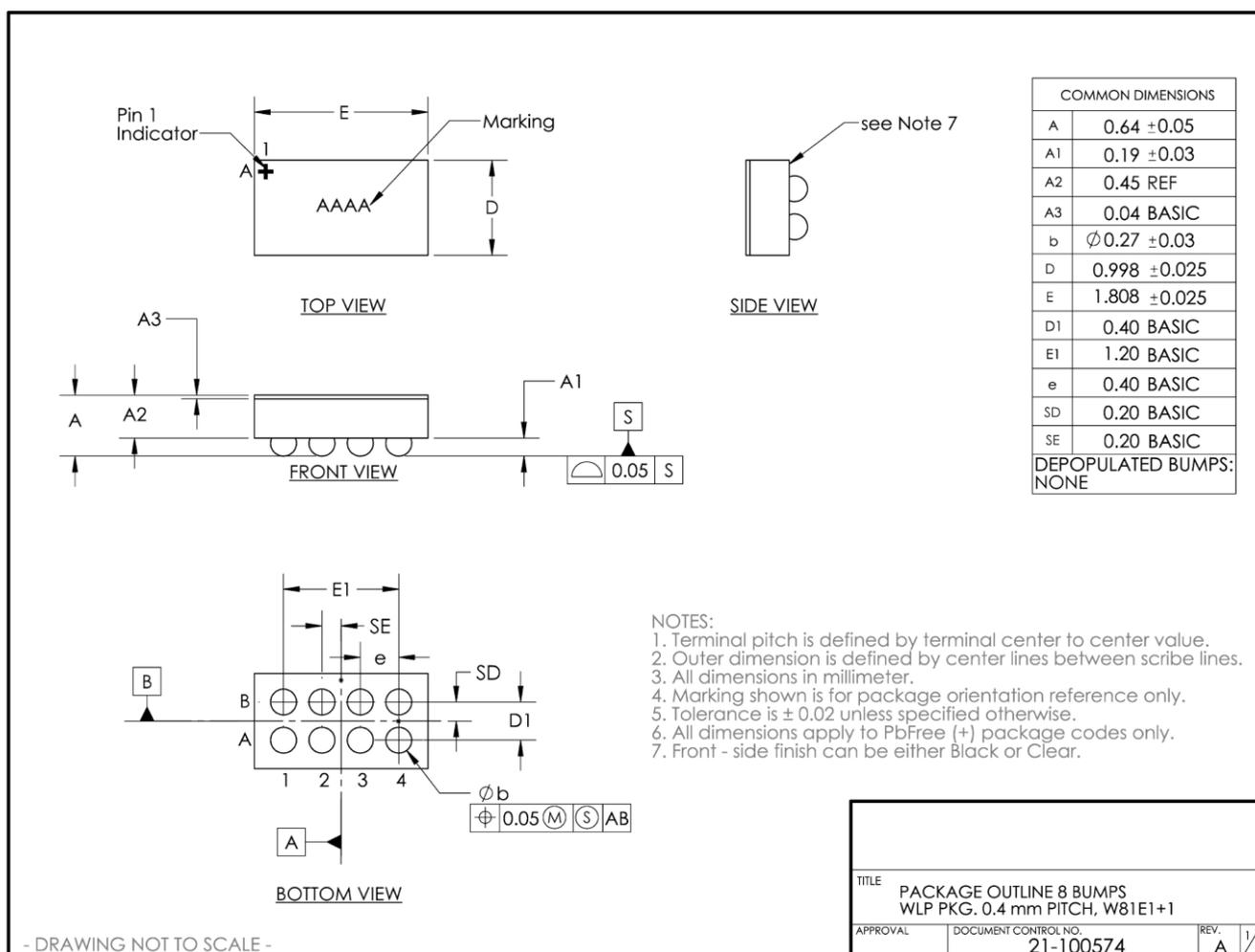
上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。これらの規定はストレス定格のみを定めたものであり、この仕様の動作セクションに記載する規定値以上でデバイスが正常に動作することを意味するものではありません。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くとデバイスの信頼性に影響を与えます。

**推奨動作条件**

PARAMETER	SYMBOL	TYPICAL RANGE
Input Voltage Range	V <sub>IN</sub>	1.8V to 5.5V
Switch Current Limit	I <sub>LIM</sub>	0mA to 1050mA
Operating Junction Temperature	t <sub>j</sub>	-40°C to +125°C

**パッケージ情報****WLP**

Package code	W81E1+1
Outline Number	21-100574
Land Pattern Number	Refer to Application Note 1891
Thermal Resistance, Four-Layer Board	
Junction to Ambient (θ <sub>JA</sub> )	73.8°C/W



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、[www.maxim-ic.com/thermal-tutorial](http://www.maxim-ic.com/thermal-tutorial) を参照してください。

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](http://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。

### 電気的特性

( $V_{IN} = +3.6V$ 、 $V_{OUT} = +3.3V$ 。代表値は  $T_J \approx T_A = +25^\circ C$  での値です。制限値は  $T_J = +25^\circ C$  で 100%テストしています。動作温度範囲 ( $T_J = -40^\circ C \sim +125^\circ C$ ) 全体での制限値および関連する電圧範囲は、特に指定のない限り、設計および特性評価により裏付けられています。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
INPUT SUPPLY						
Operating Voltage Range	$V_{IN}$		1.8		5.5	V
Input Undervoltage Lockout	$V_{UVLO\_R}$	$V_{IN}$ rising	1.7	1.75	1.8	V
UVLO Hysteresis	$V_{UVLO\_HYS}$	$V_{UVLO\_R} - V_{UVLO\_F}$		60		mV
Shutdown Supply Current	$I_{SHDN}$	$V_{EN} = 0V$ , $T_J = +25^\circ C$		10	100	nA
Input Quiescent Current	$I_Q$	$V_{EN} = V_{IN}$ , no switching, $T_J = +25^\circ C$		430	930	nA

( $V_{IN} = +3.6V$ 、 $V_{OUT} = +3.3V$ 。代表値は  $T_J \approx T_A = +25^\circ C$  での値です。制限値は  $T_J = +25^\circ C$  で 100%テストしています。動作温度範囲 ( $T_J = -40^\circ C \sim +125^\circ C$ ) 全体での制限値および関連する電圧範囲は、特に指定のない限り、設計および特性評価により裏付けられています。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>OUTPUT VOLTAGE</b>						
Output Voltage Range	$V_{OUT}$		1.8		5.2	V
Output Voltage Accuracy	$V_{OUT\_ACC}$	In CCM, $T_J = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$	-2		+2	%
		Skip mode at $T_J = +25^\circ C$	-1.0		+4.0	
<b>EN LOGIC LEVEL</b>						
Input LOW Level	$V_{IL}$				0.4	V
Input HIGH Level	$V_{IH}$		1.2			V
<b>THERMAL PROTECTION</b>						
Thermal Shutdown Threshold	$T_{SHDN\_R}$	$T_J$ rising (Note 3)		165		$^\circ C$
Thermal Shutdown Hysteresis	$T_{SHDN\_HYS}$	$T_{SHDN\_R} - T_{SHDN\_F}$ (Note 3)		20		$^\circ C$
<b>BUCK-BOOST REGULATOR</b>						
Startup Delay Time	$t_{DLY\_EN}$	Delay from rising edge of EN signal to start of $V_{OUT}$ ramp (Note 2)		1.6		ms
SEL2 Logic Input Debounce Time	$t_{SEL2\_DEB}$	Minimum time SEL2 pin must be High/Low for $V_{OUT}$ to respond	40	50	60	$\mu s$
Soft Start Slew Rate	$\Delta V_{OUT}/\Delta t$			2		V/ms
Soft Start Switch Current Limit	$I_{LIM\_SS}$	$V_{IN} = 1.8V$ to $3.6V$ (Note 3) Low $I_{LIM}$ setting		200		mA
		$V_{IN} = 2.3V$ to $5.5V$ (Note 3) High $I_{LIM}$ setting		525		
High Side Switch Current Limit	$I_{LIM}$	$V_{IN} = 1.8V$ to $3.6V$ Low $I_{LIM}$ setting	300	400	500	mA
		$V_{IN} = 2.3V$ to $5.5V$ High $I_{LIM}$ setting	900	1050	1200	
High Side Switch On Resistance	$R_{DSON\_HS}$	$I_{LX} = +180mA$		150		$m\Omega$
Low side Switch On Resistance	$R_{DSON\_LS}$	$I_{LX} = -180mA$		150		$m\Omega$
Line Regulation	$\Delta V/V_{OUT}$	$V_{IN} = 1.8V$ to $5.5V$ , $I_{OUT} = 300mA$	-1.1		+1.1	%
Load Regulation	$\Delta V/V_{OUT}$	$V_{IN} = 3.6V$ , $V_{OUT} = 3.3V$ , $I_{OUT} = 35mA$ to Max Load		-1.5		%
Output Active Discharge Resistance	$R_{DISCHG}$	$V_{EN} < V_{IL}$ or $V_{IN} < V_{UVLO\_F}$		100		$\Omega$
Minimum Effective Output Capacitance	$C_{EFF(Min)}$			2.2		$\mu F$

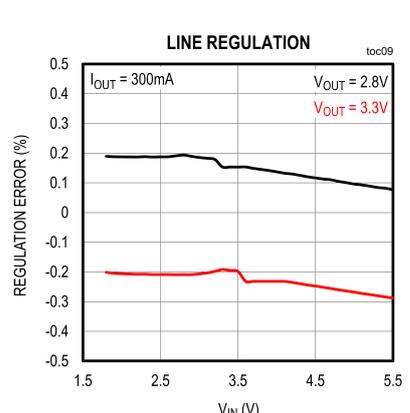
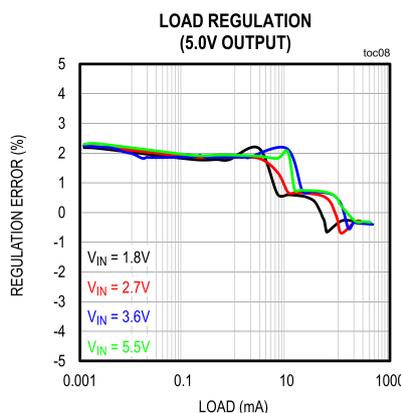
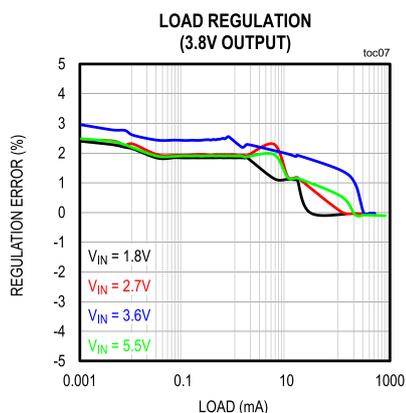
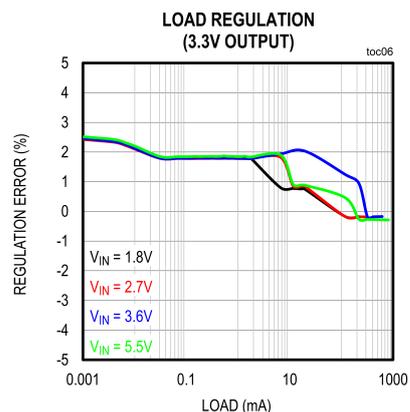
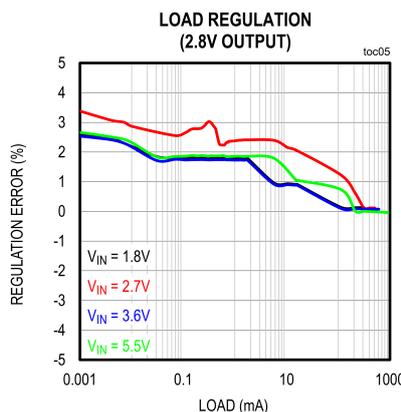
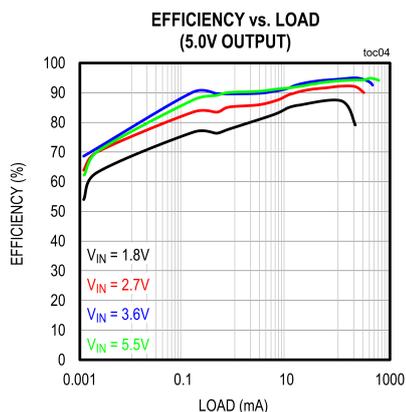
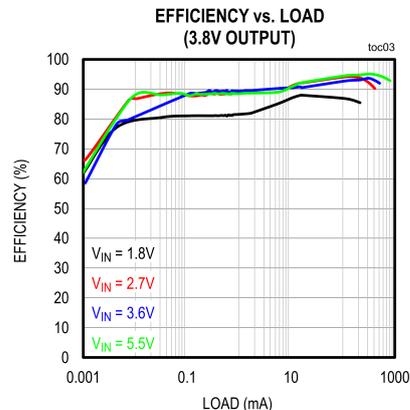
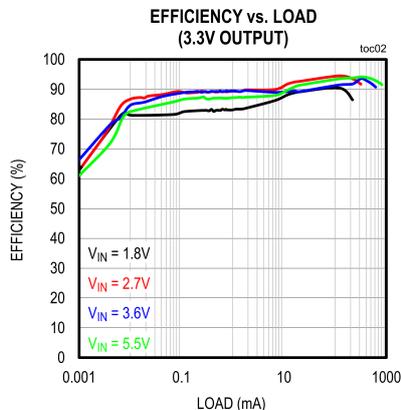
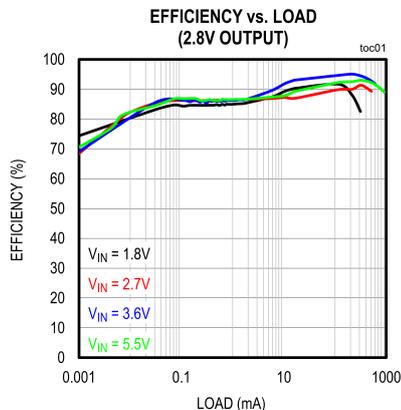
Note 2 : 設計により性能を確保。出荷テストの対象外です。

Note 3 : ATE またはベンチ試験で特性評価を行っていますが、出荷テストは行っていません。

標準動作特性

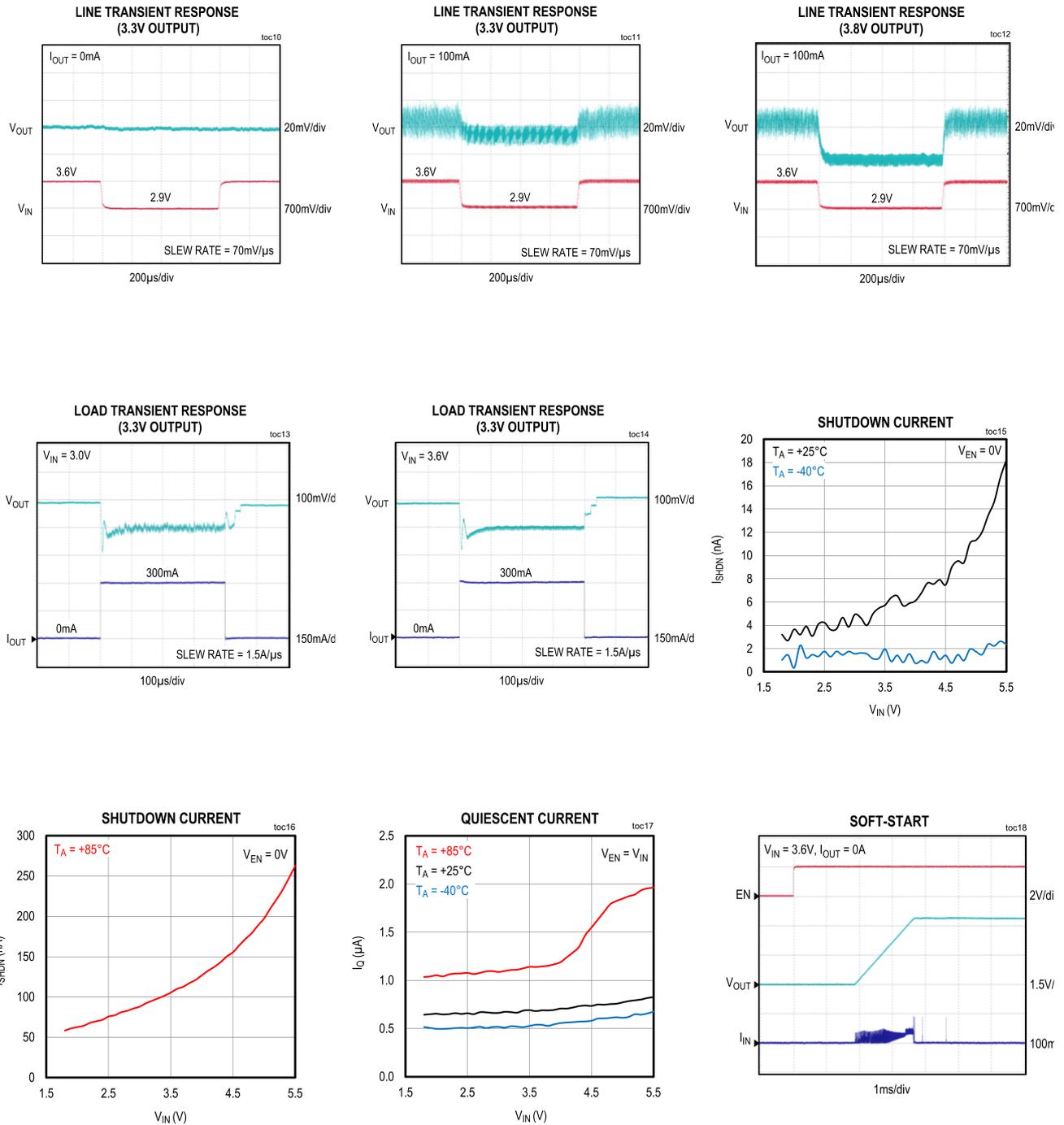
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $L = 2.2\mu H$  (CIGT201610EH2R2MN)、 $C_{OUT} = 22\mu F$ 、 $I_{LIM} = 1050mA$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。

Note 4 : スwitching電流の制限値で制限した測定です。実際の最大出力電流はシステムの熱性能によって異なります。)



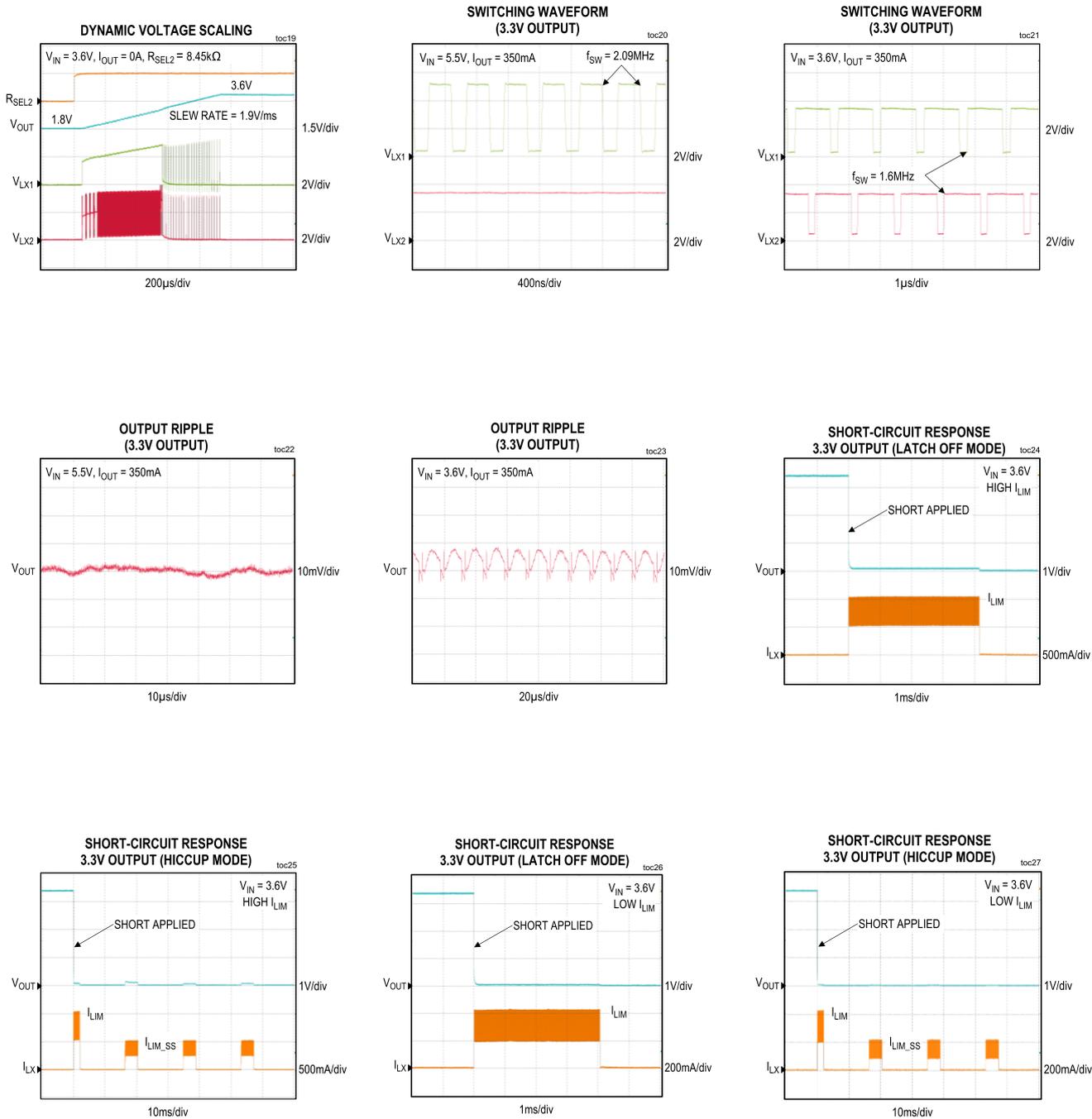
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $L = 2.2\mu H$  (CIGT201610EH2R2MN)、 $C_{OUT} = 22\mu F$ 、 $I_{LIM} = 1050mA$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。

**Note 4** : スwitching電流の制限値で制限した測定です。実際の最大出力電流はシステムの熱性能によって異なります。)



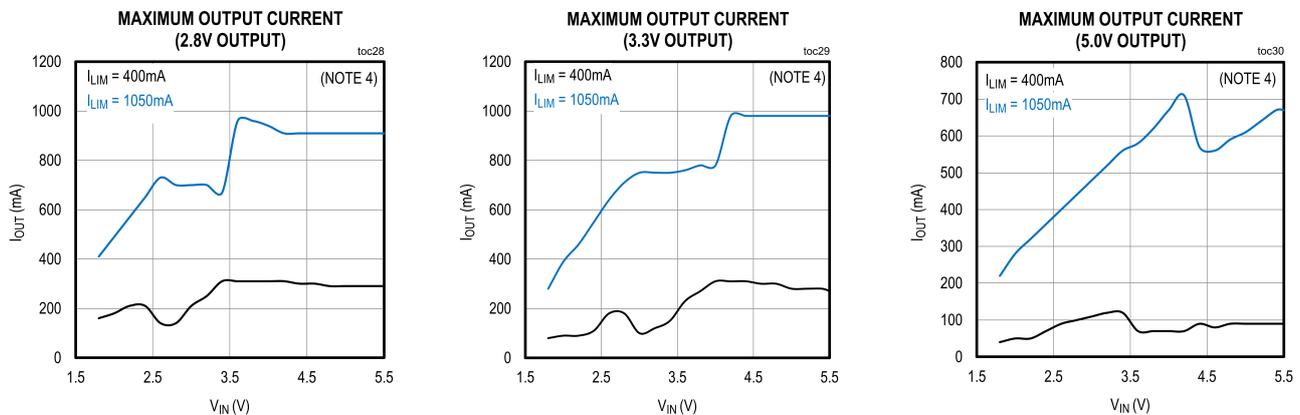
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $L = 2.2\mu H$  (CIGT201610EH2R2MN)、 $C_{OUT} = 22\mu F$ 、 $I_{LIM} = 1050mA$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。

**Note 4** : スイッチング電流の制限値で制限した測定です。実際の最大出力電流はシステムの熱性能によって異なります。)



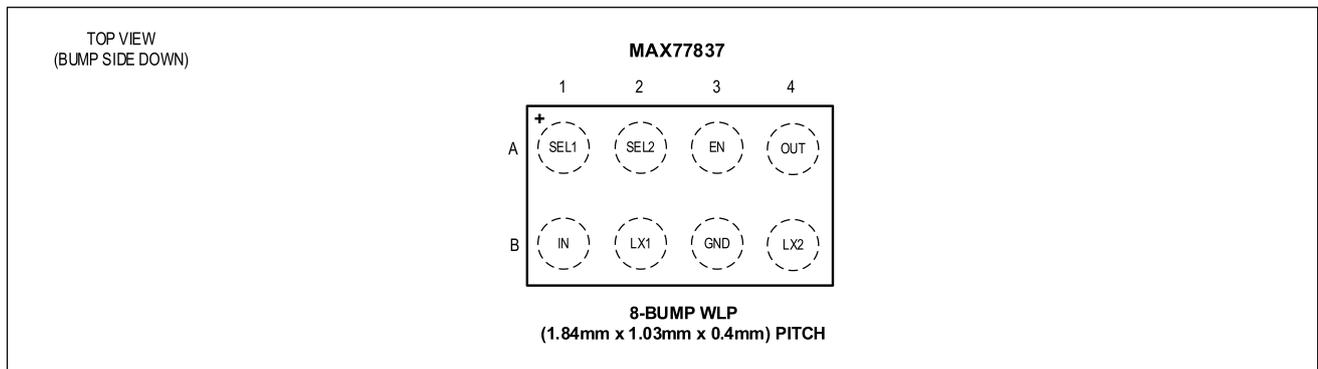
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $L = 2.2\mu H$  (CIGT201610EH2R2MN)、 $C_{OUT} = 22\mu F$ 、 $I_{LIM} = 1050mA$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 。)

**Note 4** : スwitching電流の制限値で制限した測定です。実際の最大出力電流はシステムの熱性能によって異なります。)



## ピン配置

### 8 WLP



## 端子説明

ピン	名称	説明	タイプ
A1	SEL1	設定の選択。SEL1 と GND の間に抵抗を接続します。抵抗値と設定については表 1 を参照してください。	Analog
A2	SEL2	設定の選択。SEL2 と GND の間に抵抗を接続します。抵抗値と設定については表 2 を参照してください。	Analog
A3	EN	アクティブ・ハイの昇降圧イネーブル入力。	Digital
A4	OUT	昇降圧出力。10V 22 $\mu F$ のセラミック・コンデンサで GND にバイパスします。	Power
B1	IN	昇降圧入力。10V 10 $\mu F$ のセラミック・コンデンサで GND にバイパスします。	Power
B2	LX1	昇降圧スイッチング・ノード 1。	Power
B3	GND	グラウンド・ピン。このピンは電源グラウンドおよびアナログ・グラウンドのどちらとしても用います。	Ground
B4	LX2	昇降圧スイッチング・ノード 2。	Power



## 詳細

## 概要

MAX77837 はナノ・パワーの昇降圧コンバータで、1.8V~5.5V の入力範囲に対し、超低静止電流（代表値 430nA）と高効率を実現します。この IC は、資産管理デバイスやドアロック・デバイスなどの、動作時間が短くスタンバイ/アイドリング時間が長い、リチウムイオン/リチウムポリマー・バッテリーやダブル・アルカリ・バッテリーで駆動されるアプリケーションに最適です。効率を最大化するため、動作条件に応じて低消費電力モード（LPM）、スキップ・モード、CCM モードで動作できます。

SEL1 ピンと GND の間の抵抗 ( $R_{SEL1}$ ) を用いることで、2 つの出力電圧レベル（OUT1 および OUT2）を 1.8V~5.2V の範囲で選択できます。この IC は、SEL2 の抵抗値を変更することで、OUT1 でも OUT2 でも起動できます。

SEL2 ピンと GND の間の抵抗 ( $R_{SEL2}$ ) を用いることで、以下を設定できます。

- スイッチ電流制限値（1050mA または 400mA）
- ヒカップ・モードまたはラッチオフ・モード
- DVS 機能（オン/オフ）
- スタートアップ電圧（OUT1 または OUT2）

詳細については、[SEL ピンの設定](#)のセクションを参照してください。SEL2 ピンを用いると、ソフトスタート後にダイナミック電圧スケールリング（DVS）機能のためのロジック入力ピンに変わります。この DVS 機能では、デバイスをパワーダウンせずに出力電圧をスタートアップ電圧（OUT1）から OUT2 に変更できます（DVS 機能はスタートアップ電圧が OUT2 の場合は無効化されています）。DVS 機能では出力電圧を増加させることだけが可能です。DVS を適用して  $V_{OUT}$  を低下させる場合、デバイスはスイッチングを停止し、出力電圧が（負荷またはリークにより）低い目標値に達するまで待機し、その目標値に達してから動作を再開します。詳細については[ダイナミック電圧スケールリング（DVS）](#)のセクションを参照してください。

MAX77837 はサーマル・シャットダウン機能とサイクルごとのスイッチ電流制限機能を備えており、システムおよびデバイスを保護します。

## スタートアップ

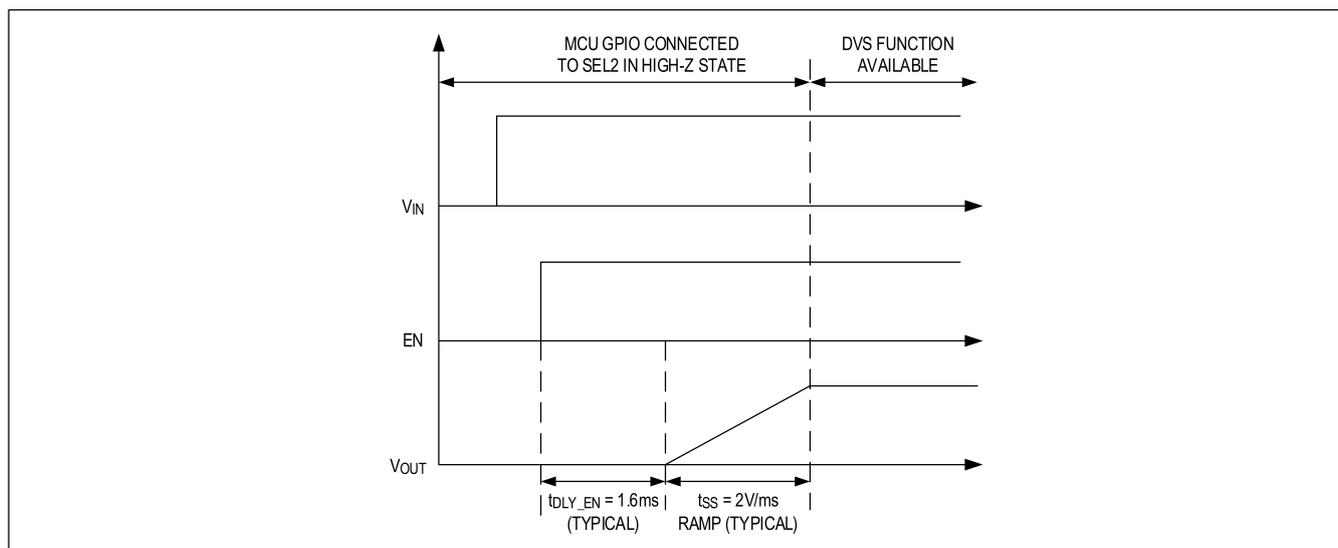


図 1. スタートアップ動作

スタートアップ動作については[図 1](#)を参照してください。EN がロジック・ハイになり  $V_{IN} > V_{UVLO\_R}$  の場合は、IC はバイアス回路をオンにすることで起動し、その後 2 つの SEL ピンの抵抗値が順次読み出されます。ソフトスタート・プロセスを開始するには EN 信号の立上がりエッジから通常 1.6ms（スタートアップ遅延時間）を要します。

ソフトスタート時、出力電圧は 2V/ms（代表値）のスルー・レートで増加します。ソフトスタート時、IC はスイッチ電流制限値を設定値の 50%に制限します。出力電圧が目標値に達するとソフトスタートが完了し、スイッチ電流制限値は通常レベルに増加します。このソフトスタート機能によって、スタートアップ時に IC がシステムから過大な電流を引き出すのを防止できます。

イネーブル信号の立上がりエッジとスタートアップ遅延時間の経過後 4ms（代表値）の間、IC が 1V（代表値）の出力短絡保護スレッシュホールド・レベルを下回っている場合は、レギュレータの出力がディスエーブルされ、デバイスは保護モードの選択に応じてラッチオフするか出力を自動再起動します。ラッチオフからの回復には、フォルト状態を解決した後に EN ピンをトグルするか電源を再投入する必要があります。

## ダイナミック電圧スケーリング (DVS)

MAX77837 では DVS 機能の使用時、デバイスをパワーダウンすることなく出力電圧を変更できます。DVS 機能は、SEL2 と GND の間で適切な抵抗値を選択することでイネーブルまたはディスエーブルできます。

SEL1 と GND の間の抵抗 ( $R_{SEL1}$ ) を使用すると、出力電圧レベル (OUT1 および OUT2) の組合わせを選択できます。アプリケーションに適切な抵抗を選択するには、表 1 を参照してください。スタートアップ電圧 (OUT1 または OUT2) は、SEL2 と GND の間で適切な抵抗 ( $R_{SEL2}$ ) を選択することで設定できます。スタートアップ電圧を OUT2 に設定している場合、DVS 機能は使用できません。ソフトスタート後、IC は OUT1 または OUT2 ( $R_{SEL2}$  の値に依存) にレギュレーションします。

ソフトスタートが完了すると、SEL2 ピンはロジック入力ピンに戻ります。SEL2 ピンがハイにプルアップされると、IC はレギュレーション出力電圧を OUT1 から OUT2 に変更します。SEL2 ピンがローにプルダウンされると、IC はレギュレーション出力電圧を OUT2 から OUT1 に変更します。アプリケーションに適切な抵抗を選択するには表 1 および表 2 を参照してください。

出力電圧を低い値から高い値に変える場合、DVS 機能はリファレンス電圧を 2V/ms（代表値）で増加させます。しかし、DVS 機能を用いて出力電圧を高い値から低い値に変える場合には、低下レートによる制御はなく、デバイスは出力電圧が（負荷やリークによって）低い値に達した後にスイッチングを再開します。詳細については図 2 を参照してください。

DVS 機能はソフトスタートの終了後にのみ使用できるようになります。ソフトスタートの終了前に SEL2 ピンにロジック電圧を加えて DVS 制御を行うことはできません。SEL2 に接続された MCU の GPIO ピンは、ソフトスタートの終了前に高インピーダンス状態になっている必要があります。

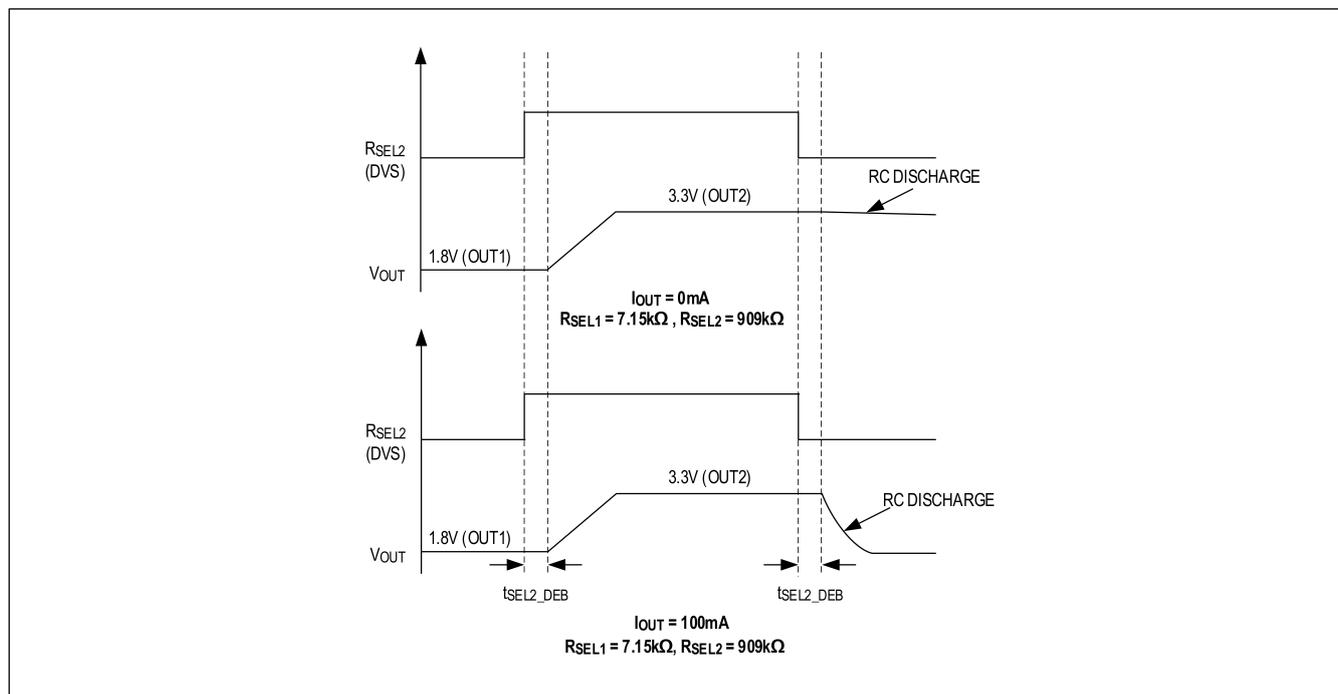


図 2. ダイナミック電圧スケーリング (DVS)

## 昇降圧制御方式

この昇降圧コンバータは、適応型オン時間電流モード制御を用いて動作します。昇降圧コンバータは、単一のインダクタと出力コンデンサで出力電圧をレギュレーションする H ブリッジ・トポロジを採用しています。

H ブリッジ・トポロジには次の 3 つのスイッチング・フェーズがあります。詳細については図 2 を参照してください。

- $\Phi 1$  スイッチ・フェーズ（フェーズ 1：HS1 = ON、LS2 = ON）ではインダクタにエネルギーを貯蔵します。インダクタ電流は、入力電圧をインダクタンスで割った値  $V_{IN}/L$  に比例する割合で増加します。
- $\Phi 2$  スイッチ・フェーズ（フェーズ 2：HS1 = ON、HS2 = ON）ではインダクタの電流をインダクタ両端の電圧差  $(V_{IN} - V_{OUT})/L$  に応じて増加または減少させます。
- $\Phi 3$  スイッチ・フェーズ（フェーズ 3：LS1 = ON、HS2 = ON）では出力電圧をインダクタンスで割った値  $(-V_{OUT}/L)$  に比例する割合でインダクタ電流を減少させます。

昇圧動作 ( $V_{IN} < V_{OUT}$ ) では、 $\Phi 1$  と  $\Phi 2$  を 1 つのサイクル内で使用し、電圧をレギュレーション範囲内に収めます。図 2 に示す昇圧モード動作のインダクタ電流波形を参照してください。

降圧動作 ( $V_{IN} > V_{OUT}$ ) では、 $\Phi 2$  と  $\Phi 3$  を 1 つのサイクル内で使用し、電圧をレギュレーション範囲内に収めます。図 2 に示す降圧モード動作のインダクタ電流波形を参照してください。

3 フェーズ動作 ( $V_{IN}$  が  $V_{OUT}$  に近い) では、インダクタ電流がある特定のレベルに達するまで  $\Phi 1$  を使用し、事前設定されたオン時間の間  $\Phi 2$  がトリガされ、次いで、電流がゼロになるまで  $\Phi 3$  がトリガされます。3 フェーズ動作はスキップ・モードでのみ用いられます。図 2 に示す 3 フェーズ・モード動作のインダクタ電流波形を参照してください。

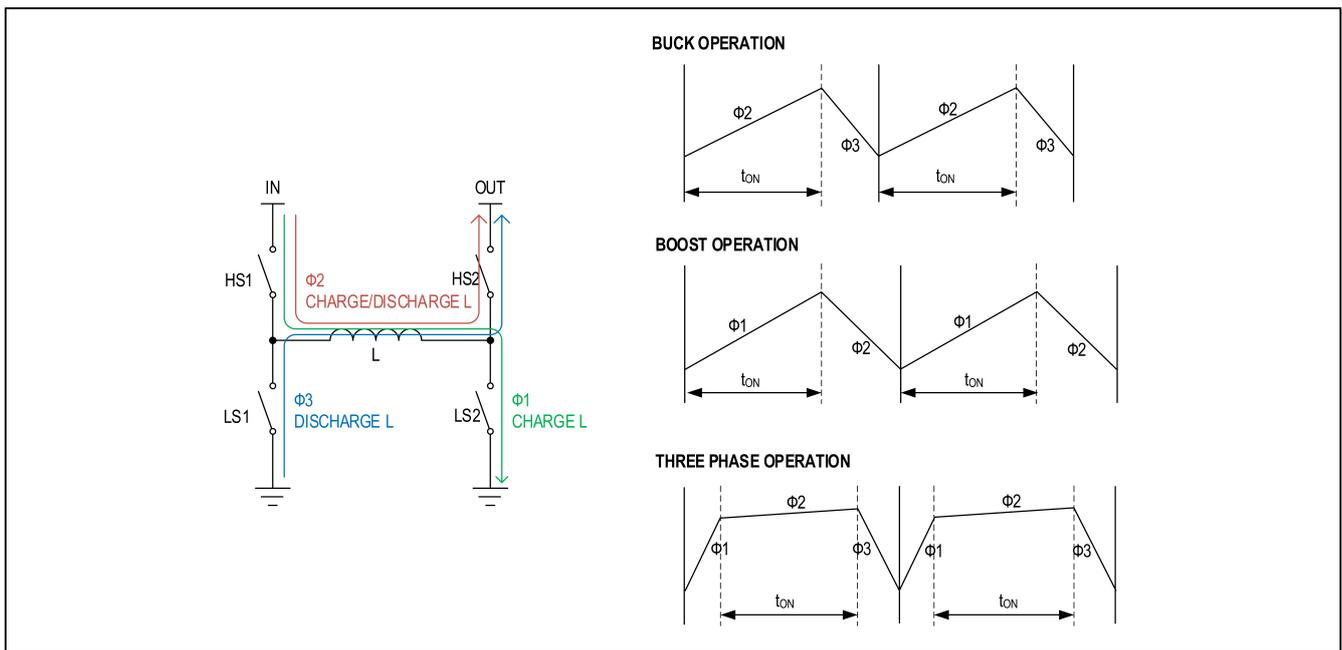


図 3. 昇降圧 H ブリッジ方式

## 低消費電力モード

MAX77837 は負荷電流が非常に小さくなると低消費電力モード (LPM) に入り、軽負荷時に高い効率を実現します。このモードではエラー・アンプやその他の内部ブロックが動作を停止し、 $I_Q$  の消費を低減します。LPM での出力電圧をモニタするために、低消費電力の電圧コンパレータが用いられています。

負荷電流が減少しスイッチング周波数が  $f_{MIN}$  (代表値 58kHz) に低下すると、このデバイスは出力電圧が目標値を 3% 上回るまで  $f_{MIN}$  でスイッチングを行います。出力電圧がこのレベルを超えるとデバイスは LPM モードになります。低消費電力モードでは、出力電圧が目標値を 3% 上回ると、IC は事前に定められた長さのオン時間を生成します。負荷が増加すると、IC はその負荷に対応するためにより高い周波数でスイッチングする必要があります。そしてスイッチング周波数が  $f_{MIN}$  に達するとデバイスは出力電圧が目標値に低下するまで  $f_{MIN}$  でスイッチングを行います。デバイスがスキップ・モードに入ると、目標電圧は出力電圧目標を 1% 上回る値に設定されます。詳細については図 4 を参照してください。

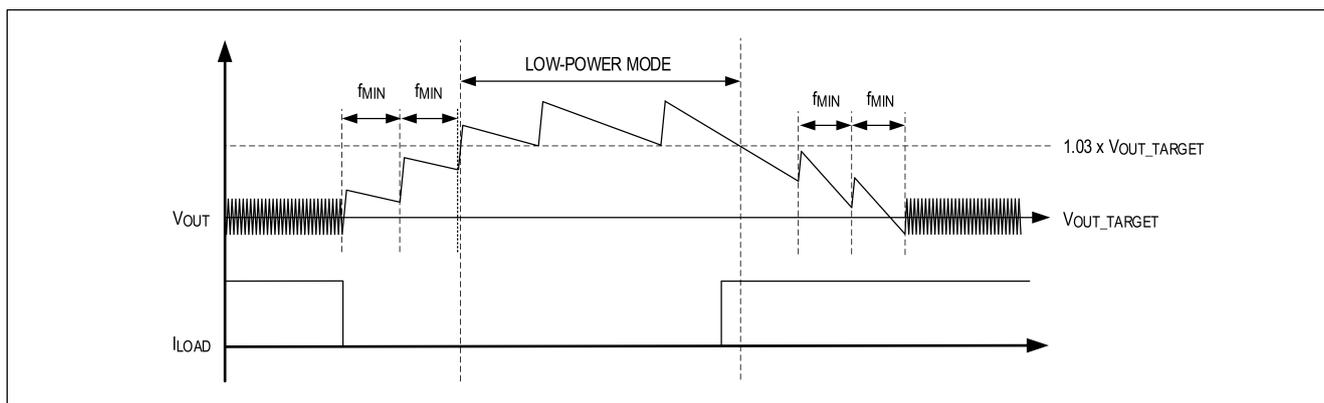


図 4. 低消費電力モードの動作

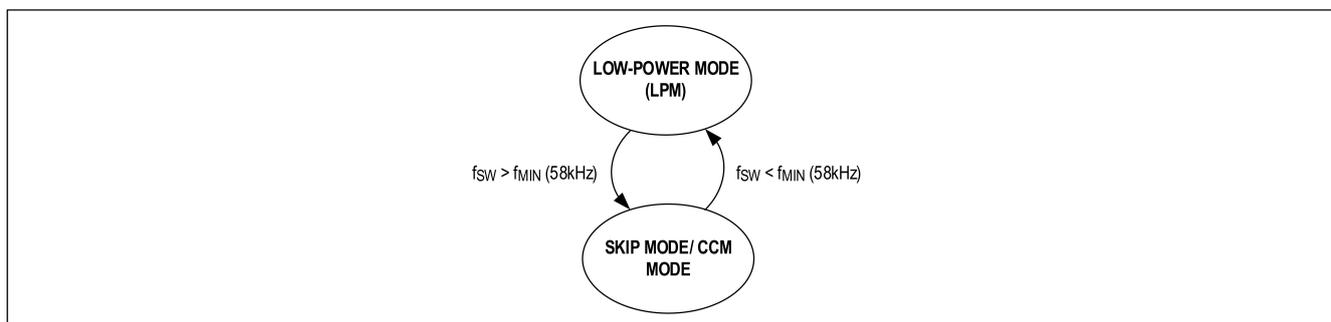


図 5. 低消費電力モードからスキップ/CCM への遷移

## スキップ・モードおよび CCM モード

負荷が十分高く、スイッチング周波数が  $f_{\text{MIN}}$  (代表値 58kHz) より高い場合、デバイスは低消費電力モードを終了しスキップ・モードになります。スキップ・モード動作では、出力電圧が目標値を 1% 上回ると、予め定めた長さのオン時間がトリガされます。スキップ・モード動作時は、インダクタ電流が 0A に達すると FET がオフになり負のインダクタ電流が防止されます。

出力負荷電流が大きくなり、インダクタ電流にゼロ交差がなくなると、デバイスは CCM モードになり適応型オン時間制御で動作します。CCM モード動作時、IC は目標電圧にレギュレーションします。

## シャットダウン条件

デバイスがシャットダウン・モードに入ると、昇降圧レギュレータはオフになります。この IC にはシャットダウン条件がいくつかあり、デバイスとシステムをフォルトから保護することができ、また、ユーザが必要に応じてデバイスをオフにできます。これらの条件を以下に示します。

- イネーブル:  $V_{\text{EN}} < V_{\text{IH}}$  (代表値 1.2V)
- 入力 UVLO:  $V_{\text{IN}} <$  入力 UVLO スレッショルド (代表値 1.75V)
- サーマル・シャットダウン:  $t_{\text{J}} >$  サーマル・シャットダウン立上がり温度 (代表値 165°C)
- 過電流保護: ソフトスタート後、またはハイサイドのスイッチング電流がハイサイドのスイッチング電流制限値 ( $I_{\text{LIM}}$ ) を上回った後、4ms (ラッチオフ・モード) または 2ms (自動再起動モード) の間、 $V_{\text{OUT}} <$  短絡保護スレッショルド・レベル (代表値 1V) となると、IC は SEL2 と GND 間の抵抗に応じてラッチオフ・モードまたは自動再起動モードになります。詳細については、[スイッチング電流制限](#)のセクションを参照してください。

## サーマル・シャットダウン

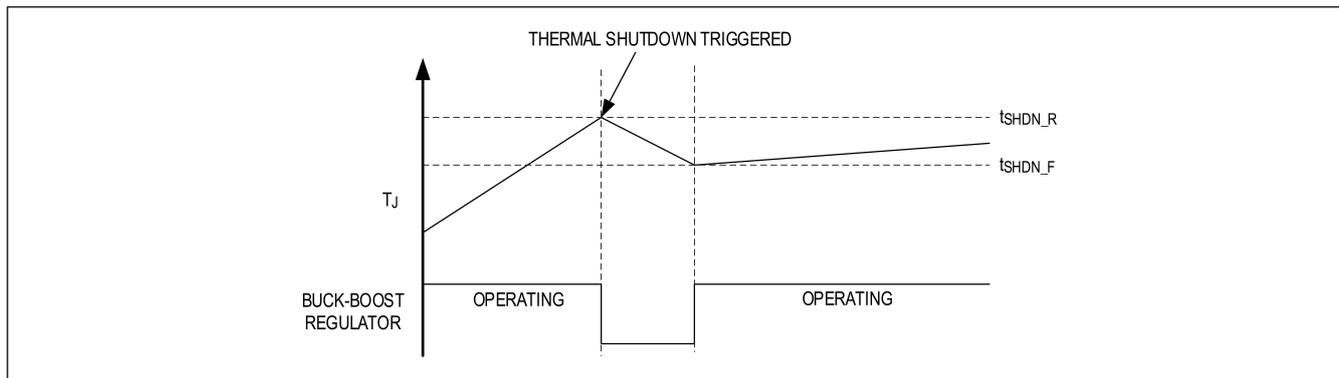


図 6. サーマル・シャットダウンからの回復

ジャンクション温度が  $t_{SHDN\_R}$  (代表値 165°C) を超えると、MAX77837 のサーマル保護がトリガされます。すると、昇降圧コンバータの出力は、ジャンクション温度がサーマル保護立下がりスレッシュホールド・レベル  $t_{SHDN\_F}$  (代表値 145°C) 未満に低下するまでディスエーブルされ、その後デバイスが再起動します (図 6 参照)。

## 低電圧ロックアウト

$V_{IN}$  が  $V_{UVLO\_F}$  (代表値 1.7V) 未満になると昇降圧レギュレータはディスエーブルされ、全てのレジスタがリセットされ、また、アクティブ放電がイネーブルされます。IC が再起動できるようになるのは、 $V_{IN}$  が  $V_{UVLO\_R}$  (代表値 1.75V) を超えた場合のみです。

## スイッチング電流制限

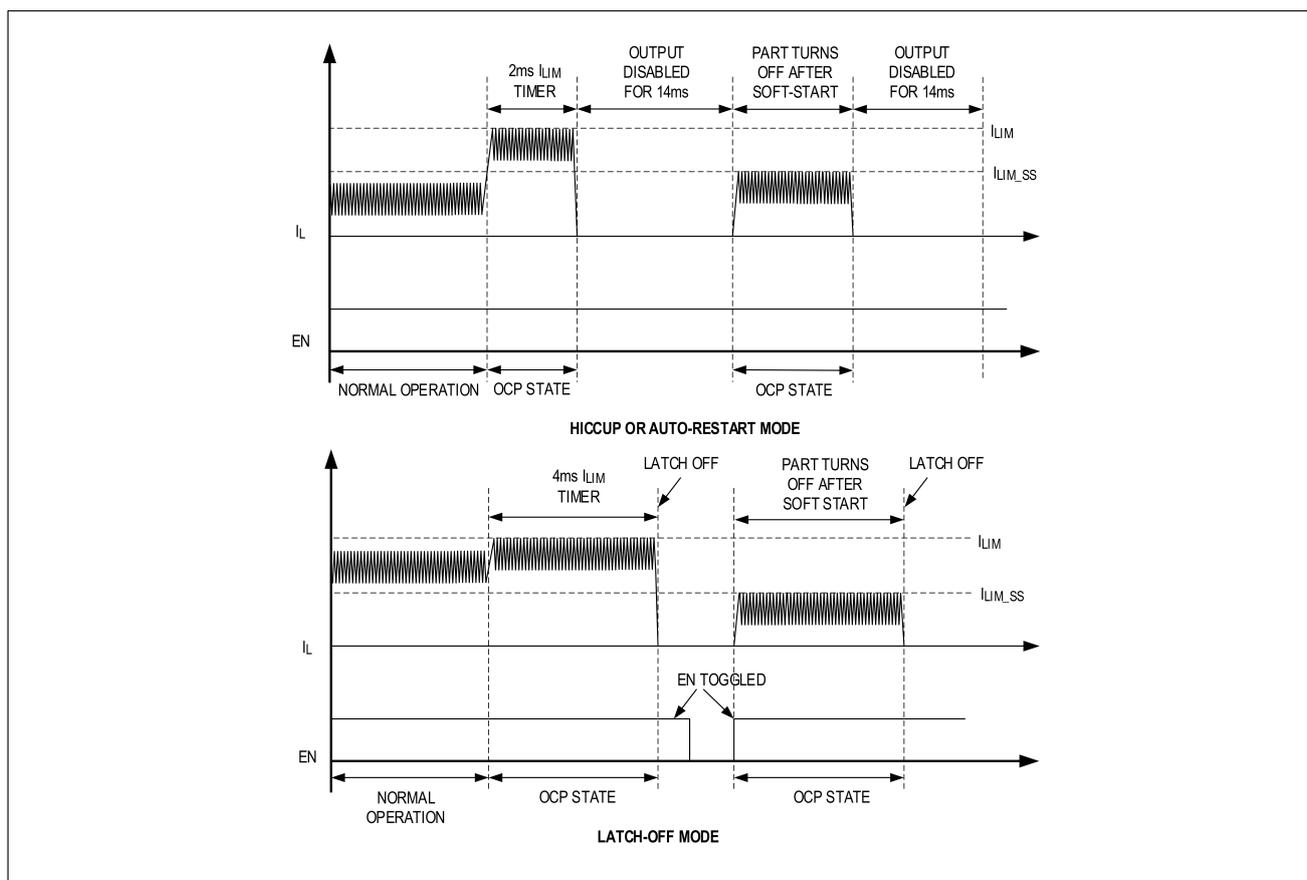


図 7. ラッチオフおよびヒカップ・モードでの過電流保護

MAX77837 は IC およびシステムを保護するため、サイクルごとにスイッチ電流制限を行います。オン時間中、IC はハイサイド・スイッチのピーク・スイッチ電流を検出し、ピーク電流が  $I_{LIM}$  スレッシュホールド・レベルに達すると充電フェーズ用スイッチがオフになり、残りのサイクルではインダクタ電流を放電するためのスイッチがオンになります。IC は 400mA（低制限値）と 1050mA（高制限値）の 2 つのスイッチング電流制限値があり、これらは  $R_{SEL2}$  で設定できます。詳細については、[SEL ピンの設定](#)のセクションを参照してください。

ソフトスタート後、IC が  $R_{SEL2}$  を用いて自動再起動モードに設定されている場合に 2ms（代表値）の間  $I_{LIM}$  の電流が流れると、デバイスは 14ms（代表値）の間出力をディスエーブルした後、再開します。 $R_{SEL2}$  設定がラッチオフとなっている場合は、ソフトスタート後 4ms（代表値）の間連続して  $I_{LIM}$  が流れると IC はラッチオフします。IC がラッチオフすると、このラッチオフ状態を解除するには、EN 信号をトグルするか  $V_{IN}$  電圧を再投入することが必要です。過電流保護の詳細については[図 7](#)を参照してください。

## アクティブ放電

EN ピンがローに設定されている場合、または  $V_{IN} < V_{UVLO,F}$  の場合、MAX77837 はスイッチングを停止し、出力コンデンサに蓄えられたエネルギーを GND に放電する経路となる 100 $\Omega$  の内部スイッチをオンにします。

## SEL ピンの設定

MAX77837 にはデバイスの機能を設定する 2 つのハードウェア設定ピン（SEL1 および SEL2）があります。SEL1 とグラウンドの間の抵抗（ $R_{SEL1}$ ）を使用すると、2 つの出力電圧レベル（OUT1 および OUT2）を選択できます。SEL2 とグラウンドの間の抵抗（ $R_{SEL2}$ ）を使用すると、スタートアップ出力電圧、スイッチ電流制限値、保護モードを選択でき、また、DVS 機能の有効化/無効化ができます。 $R_{SEL1}$  値の選択についての詳細は[表 1](#)を参照してください。[表 2](#)には、上述の各設定値を設定する  $R_{SEL2}$  値が記載されています。スタートアップ電圧に OUT2 が必要な場合は、デバイスは DVS を無効化し自動再起動モードでのみ動作できます。

$R_{SEL2}$  が DVS を有効化している場合、ソフトスタート後の SEL2 ピンは DVS 機能のためのロジック制御入力に設定されます。SEL2 がハイにプルアップされると出力電圧が OUT1 から OUT2 に切り替わり、SEL2 がローにプルダウンされると出力電圧が OUT2 から OUT1 に切り替わります。ソフトスタート時およびその前は、SEL2 ピンは高インピーダンス状態になります。DVS 機能では出力電圧レベルを一定のレートで増加させることだけが可能です。DVS 機能を用いて高出力電圧から低出力電圧に遷移させる場合は、低下レートによる制御は行われません。IC はリファレンス電圧を変更して負荷またはリーク電流によって出力電圧が低い値に達するまで待機し、その後通常の動作を開始します。詳細については[ダイナミック電圧設定](#)のセクションを参照してください。

表 1.  $R_{SEL1}$  の選択表

$R_{SEL1}$ (k $\Omega$ )	OUT1 (V)	OUT2 (V)	$R_{SEL1}$ (k $\Omega$ )	OUT1 (V)	OUT2 (V)
4.99	1.8	2.5	66.5	3.3	3.8
5.90	1.8	2.8	80.6	3.3	5.0
7.15	1.8	3.3	95.3	3.6	2.8
8.45	1.8	3.6	113	3.6	3.3
10.0	2.5	1.8	133	3.6	5.0
11.8	2.5	2.8	162	3.6	5.2
14.0	2.5	3.3	191	3.8	3.3
16.9	2.5	3.6	226	3.8	3.6
20.0	2.8	1.8	267	3.8	5.0
23.7	2.8	2.5	324	5.0	3.3
28.0	2.8	3.3	383	5.2	3.3
34.0	2.8	3.6	453	2.1	2.3
40.2	3.3	1.8	536	RESERVED	RESERVED
47.5	3.3	2.5	634	RESERVED	RESERVED
56.2	3.3	2.8	768	RESERVED	RESERVED
Short	3.3	3.6	909/OPEN	RESERVED	RESERVED

表 2. R<sub>SEL2</sub> の選択表

R <sub>SEL2</sub> (kΩ)	DVS	PROTECTION	I <sub>LIM</sub> (mA)	STARTUP VOLTAGE
226	Disabled	Hiccup/Auto-Restart	1050	OUT2
267	Disabled	Hiccup/Auto-Restart	400	OUT2
324			1050	OUT1
383		Latch Off	400	OUT1
453			1050	OUT1
536			Hiccup/Auto-Restart	400
634	1050	OUT1		
768	Latch Off	400		OUT1
909		1050		OUT1

## アプリケーション情報

### インダクタの選択

インダクタは、飽和電流定格 (I<sub>SAT</sub>) が最大ハイサイドスイッチング電流制限スレッショルド (I<sub>LIM</sub>) の設定値以上のものを選択します。一般的に、飽和電流が小さく DCR 定格が高いものは物理的なサイズが小さくなります。DCR の値が大きいとコンバータの効率は低下します。インダクタの実効値電流の定格 (I<sub>RMS</sub>) (温度が明らかに増加する電流値) は、予想される負荷電流に基づいて選択します。

コンバータがレギュレーションを維持できるよう、選択するインダクタの値は、ピーク・インダクタ・リップル電流 (I<sub>PEAK</sub>) が I<sub>LIM</sub> の設定値を確実に下回ることが必要です。コンバータの動作範囲全体に対し 2.2μH のインダクタを推奨します。推奨インダクタについては表 3 を参照してください。

表 3. 推奨インダクタ

VENDOR	PART NUMBER	NOMINAL INDUCTANCE (μH)	TYPICAL DCR (mΩ)	I <sub>SAT</sub> (A)	I <sub>RMS</sub> (A)	DIMENSIONS L × W × H (mm)	I <sub>LIM</sub> (mA)
Samsung	CIGT201610EH2R2MNE	2.2	87	2.9	2.5	2 × 1.6 × 1	1050
Murata	DFE21CCN2R2MELL	2.2	138	2.1	1.8	2 × 1.2 × 0.8	1050
Taiyo Yuden	MCHK1608T2R2MKN	2.2	237	1.8	1.2	1.6 × 0.8 × 0.8	400

### 入力コンデンサの選択

ほとんどのアプリケーションでは、動作電圧で 3.75μF 以上の実効容量を維持する公称 10V 10μF のセラミック入力コンデンサ (C<sub>IN</sub>) を用いて、IN ピンをバイパスします。実効的な C<sub>IN</sub> とは、動作時のコンバータ入力から見た実際の容量値です。これより大きな値を用いるとコンバータのデカップリングは向上しますが、電源接続時の突入電流が増加します。C<sub>IN</sub> は、入力電源から引き出される電流のピーク値を減少させ、またシステムのスイッチング・ノイズを低減します。C<sub>IN</sub> およびそれと直列の PCB パターンによる ESR/ESL は、コンバータのスイッチング周波数以下の周波数に対し、非常に低い値 (例えば < 15mΩ + < 2nH) とする必要があります。

C<sub>IN</sub> を選択する場合、コンデンサの電圧定格、初期許容誤差、温度による変動、DC バイアス特性に特に注意を払う必要があります。小型、低 ESR、小さな温度係数といった特長があるため、X7R 誘電体を使用するセラミック・コンデンサを強く推奨します。どのセラミック・コンデンサも DC バイアス電圧と共にディレーティング (実効容量が DC バイアス増加と共に低減) します。一般的に、ケース・サイズの小きなコンデンサはケース・サイズの大きなものに比べディレーティングが著しくなります (0603 のケース・サイズの方が 0402 より高性能)。メーカーのデータシートを参照し、慎重に実効容量を検討してください。詳細については、チュートリアル 5527 を参照してください。

## 出力コンデンサの選択

コンバータの安定動作のためには十分な出力容量 ( $C_{OUT}$ ) が必要です。実効的な  $C_{OUT}$  が  $2.2\mu\text{F}$  以上となるよう選択してください。実効的な  $C_{OUT}$  とは、動作時のコンバータ出力から見た実際の容量値です。値が大きい (必要な最低実効値より大きい) ほど負荷過渡応答は向上しますが、ソフトスタート時の入力サージ電流が増加し出力電圧が変化します。出力リップルと負荷過渡応答の条件を満たすためには、出力のフィルタ・コンデンサの ESR がコンバータのスイッチング周波数以下の周波数に対し十分小さい値であることが必要です。全負荷状態から無負荷状態に遷移しながら同時にインダクタのエネルギーを吸収するには、出力容量が十分に高いことが必要です。ほとんどのアプリケーションで、 $C_{OUT}$  として  $10\text{V } 22\mu\text{F}$  のコンデンサを推奨します。

$C_{OUT}$  を選択する場合、コンデンサの電圧定格、初期許容誤差、温度による変動、DC バイアス特性に特に注意を払う必要があります。小型、低 ESR、小さな温度係数といった特長があるため、X7R 誘電体を使用するセラミック・コンデンサを強く推奨します。どのセラミック・コンデンサも DC バイアス電圧と共にディレーティング (実効容量が DC バイアス増加と共に低減) します。一般的に、ケース・サイズの小さなコンデンサはケース・サイズの大きなものに比べディレーティングが著しくなります (0603 のケース・サイズの方が 0402 より高性能)。メーカーのデータシートを参照し、慎重に実効容量を検討してください。詳細については、チュートリアル 5527 を参照してください。

## その他の必要部品の選択

SEL ピン (SEL1 および SEL2) と GND の間の抵抗は、内蔵 ADC が値を正確に読み出せるよう、 $\pm 1\%$  の許容誤差とする必要があります。

## PCB レイアウト時のガイドライン

スイッチング電力損失を低く抑え、ノイズの少ない安定した動作を実現するには、ボード・レイアウトに注意を払うことが極めて重要です。

PCB の設計時には以下のガイドラインに従ってください。

- 入力コンデンサ ( $C_{IN}$ ) と出力コンデンサ ( $C_{OUT}$ ) はそれぞれ IN ピンと OUT ピンの直近に配置します。IC は高速 LX エッジを伴う高スイッチング周波数で動作するため、この配置は、高電圧スパイクの原因となり内蔵スイッチング MOSFET を損傷する可能性のある、入力電流ループと出力電流ループでの寄生インダクタンスを最小限に抑える上で非常に重要です。
- インダクタは LX バンプの隣に (できるだけ近接して) 配置し、LX バンプとインダクタ間のパターンは、PCB のパターン・インピーダンスが最小となるよう、短くかつ幅広にします。過剰な PCB インピーダンスはコンバータの効率を低下させます。LX のパターンを別の層に配線する場合、ビアを十分に設けてパターンのインピーダンスを最小限に抑えます。パターンのインピーダンスを更に低減するには、LX のパターンを複数の層に配線することを推奨します。更に、LX のパターン面積が過剰とならないようにしてください。このノードの電圧は非常に早く切り替わります。また、面積が増えると放射エミッションが増加します。
- 内部 GND バンプは、バンプに隣接して配置されたビアを介して PCB の低インピーダンス・グラウンド・プレーンに接続します。GND の島はホット・ループを遮るおそれがあるため、GND の島を形成することのないようにしてください。
- 電源パターンと負荷の接続は短く幅広にします。これはコンバータの効率を高くするために必須です。
- セラミック・コンデンサの DC 電圧ディレーティングに注意が必要です。コンデンサの値とケース・サイズは慎重に選択します。出力コンデンサの選択のセクションを参照してください。また、詳細については、チュートリアル 5527 を参照してください。

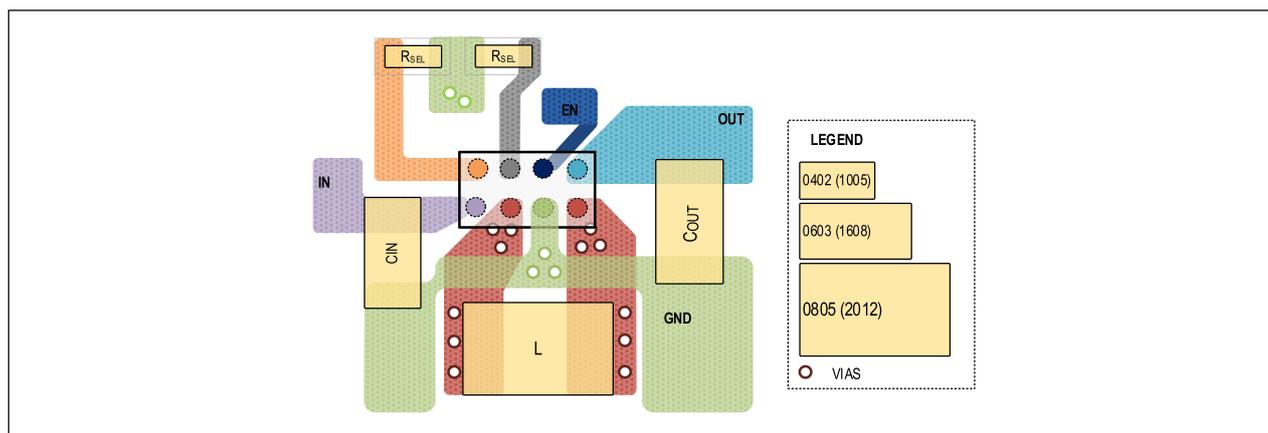


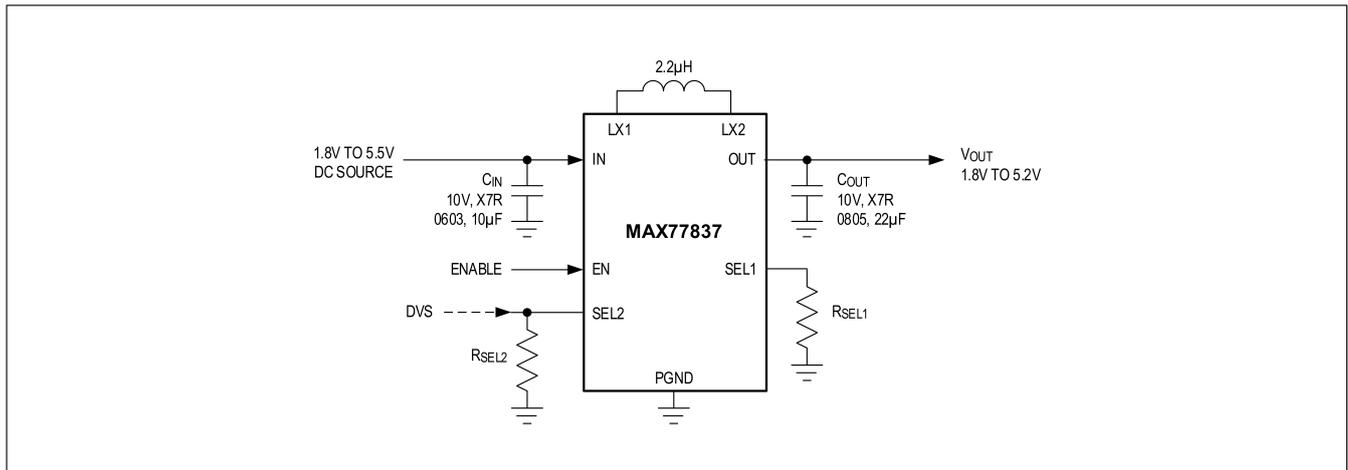
図 8. WLP パッケージに対する推奨 PCB レイアウト

## 避けるべき事項

デバイスを動作させる場合、以下の使用方法は避けてください。

- $V_{IN} > V_{OUT}$  の状態と  $V_{IN} < V_{OUT} - 0.7V$  の状態の間でライン・トランジェントを行う場合、スルー・レートは  $1V/20\mu s$  (代表値) 未満にする必要があります。トランジェントが更に速い場合、負荷がない場合でもデバイスがスイッチングを行う状態になるおそれがあります。デバイスがこの状態になった場合、これを停止するには EN ピンをトグルするか、 $V_{IN}$  を再投入します。なお、このような挙動があってもデバイスの信頼性には問題がない点に注意してください。アプリケーションの必要に応じて入力容量を増加させることで、入力でのスルー・レートを  $1V/20\mu s$  未満に維持する必要があります。

## 代表的アプリケーション



## オーダー情報

PART NUMBER	PIN PACKAGE
MAX77837EWA+T	8 WLP
MAX77837EFA+T*	8 FC2QFN

+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。

\*発売予定の製品 - 発売時期についてはお問い合わせください。

## 改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	09/21	初版発行	—