

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2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2日

製品名：MAX18002

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev.0

訂正箇所：10 ページ、図 1 下の説明

**【誤】**

図 1. MAX180002 の簡略化したブロック図

**【正】**

図 1. MAX18002 の簡略化したブロック図



## MAX18002

# 500mV~5.5V 入力、超音波周波数昇圧コンバータ、 短絡保護と True Shutdown 内蔵

### 概要

MAX18002 は高性能の超音波周波数昇圧コンバータで、入力電圧範囲は 0.5V~5.5V、スイッチング電流制限は 3.6A です。この IC は軽負荷時には超音波モード (USM) ( $F_{SW}$  の代表値 29kHz) で動作し、負荷電流が高くなるとスキップ・モードや連続導通モード (CCM) 動作に移行します。MAX18002 は入力電圧が出力電圧より高い場合にはパススルー・モードで動作可能です。

出力電圧は単一の RSEL 抵抗を使用して 2.5V~5.5V の範囲で可変設定できます (USM は  $V_{OUT} > 5V$  では無効)。

MAX18002 は True Shutdown™モードを備えており、EN 端子がローにプルダウンされていると  $V_{IN}$  と  $V_{OUT}$  を切断します。更に短絡保護回路も備えており、 $V_{OUT} < 0.5V$  になった場合には電流を 700mA に制限し、フォルトが取り除かれると自動的に動作を再開します。サーマル・シャットダウン保護により、ジャンクション温度が +165°C (代表値) を超えると動作を停止します。

MAX18002 は 1.07mm × 1.57mm の 6 バンプ・ウェーハレベル・パッケージ (WLP) で提供されています。

True Shutdown は Analog Devices Inc. の商標です。

### 特長と利点

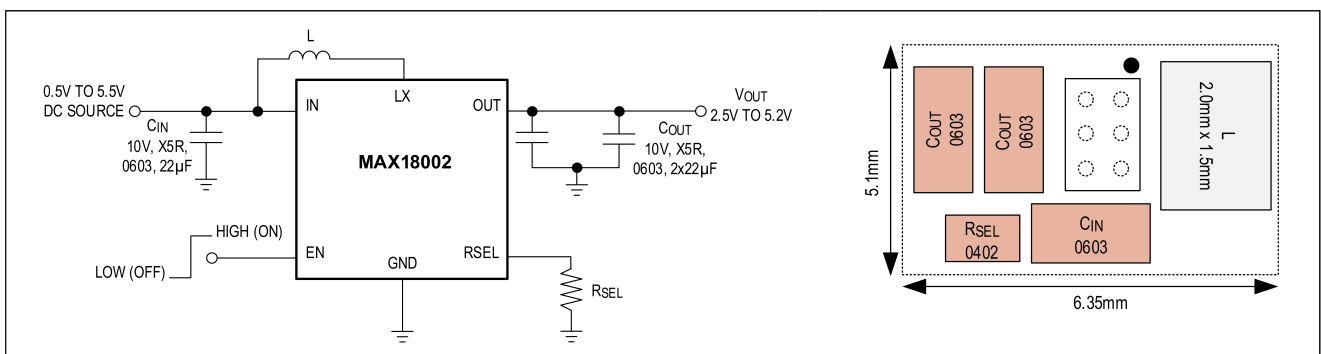
- 入力電圧：0.5V~5.5V
- 最低起動電圧：1.8V
- 出力電圧：2.5V~5.5V (100mV 刻み)
- サイクルごとのインダクタ電流制限：3.6A
- $V_{IN} > V_{OUT}$  のとき自動パススルー・モード
- 軽負荷時動作では超音波モード ( $F_{SW}$  の代表値 29kHz) で動作し、可聴音響干渉を緩和。
- True-Shutdown モード
  - シャットダウン電流：7nA
  - 出力を入力から切断し、順方向/逆方向の電流なし
- 出力短絡保護
- サーマル・シャットダウン保護
- ピーク効率 95% (3.6V<sub>IN</sub>, 5V<sub>OUT</sub>)
- 6 バンプ WLP (1.07mm × 1.57mm、0.5mm ピッチ)
- 動作温度範囲：-40°C~+125°C

### 主なアプリケーション

- ウェアラブルアプリケーション
- IoT アプリケーション
- バッテリ駆動アプリケーション
- ポータブルデバイス
- 計量アプリケーション

オーダー情報はデータシート末尾に記載されています。

### 簡略アプリケーション回路図



**絶対最大定格**

|  |  |                          |              |
|--|--|--------------------------|--------------|
| IN、EN、OUT、RSEL~GND .....   | -0.3V~+6V                                  | 動作温度範囲 .....             | -40°C~+125°C |
| PGND~GND .....   | -0.3V~+0.3V                                | 最高ジャンクション温度 .....        | +150°C       |
| LX RMS 電流 .....  | -2.4A <sub>RMS</sub> ~+2.4A <sub>RMS</sub> | 保存温度範囲 .....             | -65°C~+150°C |
| LX~GND (Note 1).....   | -0.3V~V <sub>OUT</sub> +0.3V               | リード温度 (はんだ処理、10 秒) ..... | +300°C       |
| 出力短絡持続時間 .....   | 連続   | はんだ処理温度 (リフロー) .....     | +260°C       |
| 連続消費電力 (T <sub>A</sub> = +70°C (70°C より上は<br>12.34mW/°C でディレーティング) ) ..... | 980mW                                      |                          |              |

**Note 1 :** LX ピンは GND と OUT の間で内部クランプされています。使用しているダイオードは、スイッチング遷移中は順バイアスになることがあります。安全な動作のため、遷移中の最大 LX 電流は最大 RMS 電流定格以内になるようにします。

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。

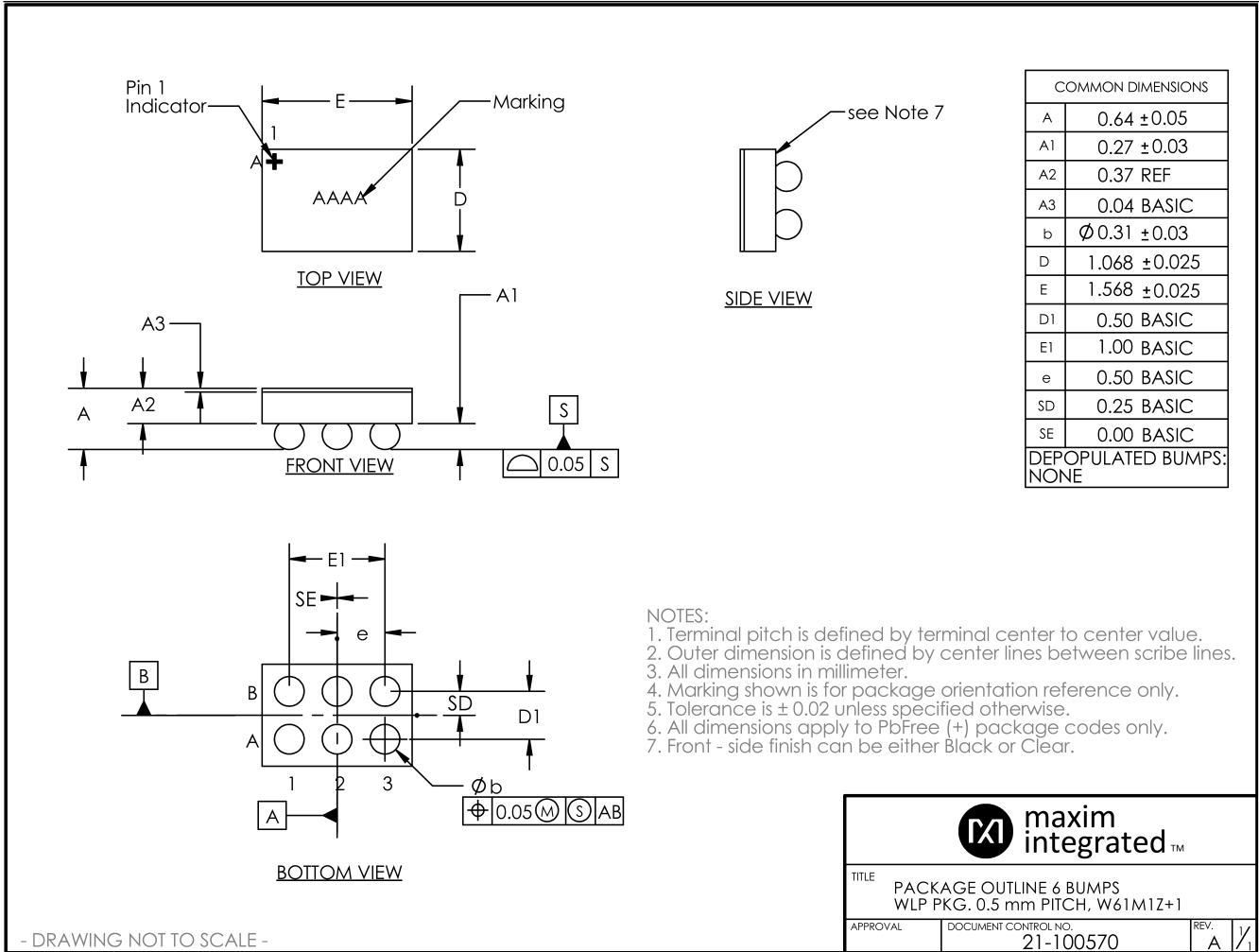
**推奨動作条件**

| PARAMETER                      | SYMBOL               | TYPICAL RANGE   |
|--------------------------------|----------------------|-----------------|
| Input Voltage Range            | V <sub>IN</sub>      | 0.5V to 5.5V    |
| Switching Current Limit        | I <sub>PEAK LX</sub> | 0A to 3.6A      |
| Operating Junction Temperature | T <sub>J</sub>       | -40°C to +125°C |

パッケージ情報

WLP

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| Package code  | W61M1Z+1                       |
| Outline Number  | 21-100570                      |
| Land Pattern Number                                   | Refer to Application Note 1891 |
| Thermal Resistance, Four Layer Board:                 |                                |
| Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )                 | 81.03°C/W                      |
| Junction to Case Thermal Resistance ( $\theta_{JC}$ ) | NA                             |





電気的特性

(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $EN = high$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$ 。Note 2 を参照。)

| PARAMETER                                   | SYMBOL           | CONDITIONS  | MIN  | TYP     | MAX  | UNITS      |
|---|------------------|---|------|---------|------|------------|
| Input Voltage Range                         | $V_{IN}$         | Input Range after start-up  | 0.5  |         | 5.5  | V          |
| Input Voltage UVLO                          | $V_{IN\_UVLO}$   | $V_{IN}$ Rising, When $V_{OUT}$ is 1V or below  | 1.75 | 1.8     | 1.85 | V          |
|   |                  | $V_{IN}$ Falling, When $V_{OUT}$ is 1V or below   | 1.65 | 1.7     | 1.75 |            |
| Supply Current Into OUT                     | $I_{Q\_OUT}$     | $V_{EN} = V_{IN}$ , Not Switching, $T_J = +25^{\circ}C$ ,<br>RSEL = 191K $\Omega$ (Note 3)                |      | 150     | 1600 | $\mu A$    |
| Supply Current Into IN                      | $I_{Q\_IN}$      | $V_{EN} = V_{IN}$ , Not Switching, $T_J = +25^{\circ}C$<br>RSEL = 191K $\Omega$ (Note 3)                  | -3   | -1      | 1    | $\mu A$    |
| Input Shutdown Current                      | $I_{SD\_IN}$     | $V_{EN} = 0V$ , $V_{OUT} = 0V$ , $T_J = +25^{\circ}C$   |      | 7       | 36   | nA         |
| LX Maximum Duty Cycle                       | DC_USM           | $T_J = +25^{\circ}C$ (Note 4)   |      | 85      |      | %          |
| POWER SWITCHES                              |                  |   |      |         |      |            |
| High-Side $R_{DS(on)}$                      | $R_{DS\_H}$      |   |      | 60      | 90   | m $\Omega$ |
| Low-Side $R_{DS(on)}$                       | $R_{DS\_L}$      |   |      | 30      | 60   | m $\Omega$ |
| OUTPUT VOLTAGE                              |                  |   |      |         |      |            |
| Output-Voltage Range                        | $V_{OUT}$        | (Note 5)  | 2.5  |         | 5.5  | V          |
| Output Accuracy                             | $V_{OUT\_ACC}$   | Measured when the part exits USM and is in skip mode (Note 6)   | -1   |         | +1   | %          |
| DC Load Regulation                          | ACC_LOAD         | Load from 20mA to IOUT at 80% of Peak Inductor Current  |      | -1      |      | %          |
| DC Line Regulation                          | ACC_LINE         | Duty Cycle varied from 25% to Maximum   |      | -1      |      | %          |
| LX SWITCHING WAVEFORMS                      |                  |   |      |         |      |            |
| Switching Frequency                         | $F_{SW}$         | $V_{IN} = 3.3V$ , $V_{OUT} - V_{IN} > 0.25V$ , $T_J = +25^{\circ}C$                                       |      | 2       |      | MHz        |
| LX $T_{ON}$                                 | $T_{ON\_3.3V}$   | $V_{IN} = 3.3V$ , $V_{OUT} = 5V$  | 136  | 170     | 204  | ns         |
|   | $T_{ON\_1.8V}$   | $V_{IN} = 1.8V$ , $V_{OUT} = 5V$  | 256  | 320     | 384  |            |
| LX Minimum $T_{ON}$                         | $T_{ONMIN}$      | $V_{IN} = 3V$ , $V_{OUT} = 3.3V$  | 50   | 60      | 70   | ns         |
| LX Minimum $T_{OFF}$                        | $T_{OFFMIN}$     | $V_{IN} = 3V$ , $V_{OUT} = 3.3V$  | 50   | 60      | 70   | ns         |
| LIGHT LOAD CONDITION                        |                  |   |      |         |      |            |
| Ultrasonic Mode Minimum Switching Frequency | $F_{USM}$        | $V_{IN} = 3.3V$ , $V_{OUT} - V_{IN} > 0.25V$  | 22   | 29      | 35   | kHz        |
| Zero-Crossing Threshold                     | $I_{ZX\_LX}$     | (Note 7)  | 75   | 150     | 225  | mA         |
| STARTUP                                     |                  |   |      |         |      |            |
| Soft-Start Time                             | $t_{SS\_LINEAR}$ | Target $V_{IN} = V_{OUT} = 3.6V$ , linear mode,<br>$C_{OUTEFF} = 22\mu F$ , $T_J = +25^{\circ}C$          |      | 350     |      | $\mu s$    |
| Soft-Start Rate                             | dV/dt            | $V_{IN} = 3.6V$ , $V_{OUT}$ from 3.3V to 5V, boost mode,<br>$C_{OUTEFF} = 22\mu F$ , $T_J = +25^{\circ}C$ |      | 3       |      | V/ms       |
| ENABLE, RSEL, ACTIVE DISCHARGE              |                  |   |      |         |      |            |
| Required Select Resistor Accuracy           | ACC_RSEL         | Use the resistor from RSEL Selection Table  |      | $\pm 1$ |      | %          |
| Select Resistor Detection Time              | $t_{RSEL}$       | $C_{RSEL} < 2pF$ , (Note 8)   |      | 600     | 1320 | $\mu s$    |
| Active Discharge Resistance                 | $R_{DIS}$        | Between OUT and GND, when EN = low,<br>$T_J = +25^{\circ}C$   |      | 100     |      | $\Omega$   |

## 500mV~5.5V 入力、超音波周波数昇圧コンバータ、 短絡保護と True Shutdown 内蔵

MAX18002

(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $EN = high$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$ 。Note 2 を参照。)

| PARAMETER                     | SYMBOL         | CONDITIONS   | MIN | TYP | MAX  | UNITS |
|-------------------------------|----------------|--|-----|-----|------|-------|
| Enable Input Leakage          | $I_{LEAK\_EN}$ | $T_J = +25^{\circ}C$ , $V_{EN} = 5.5V$   |     | 0.3 | 100  | nA    |
| Enable Voltage High Threshold | $V_{IH}$       | $V_{EN}$ rising, LX begins switching   |     | 0.8 | 1.2  | V     |
| Enable Voltage Low Threshold  | $V_{IL}$       | $V_{EN}$ falling, LX stops switching   | 0.4 |     |      | V     |
| <b>PROTECTION</b>             |                |  |     |     |      |       |
| Inductor Peak Current Limit   | $I_{PEAK\_LX}$ | $V_{OUT} = 3.3V$ (Note 7)  | 3   | 3.6 | 4    | A     |
| Short-Circuit Current Limit   | $I_{SC}$       | $V_{IN} = V_{EN} = 2.5V$ , $V_{OUT} < 0.5V$ ,<br>$V_{OUT\ hysteresis} = 100mV$ | 400 | 700 | 1000 | mA    |
| Short-Circuit Detection Time  | $t_{SC}$       | $V_{IN} - V_{OUT} = 0.7V$  |     | 100 |      | ns    |
| Thermal-Shutdown Threshold    | $T_{SHUT\_R}$  | $T_J$ Rising   |     | 165 |      | °C    |
|                               | $T_{SHUT\_F}$  | $T_J$ Falling  |     | 150 |      |       |

Note 2 : 仕様規定の動作温度および供給電圧の範囲にわたる限界値は設計と特性評価により確保されており、出荷テストは室温でのみ実施しています。

Note 3 : 計測はテスト・モードで実施しています。

Note 4 : LX 周波数とデューティ・サイクルの計測により確保。LX のオンタイムは  $V_{IN}$  に従って変動するため、最大デューティ・サイクルは入力電圧の関数となります。

Note 5 : OUT のレギュレーションが 5V より高い設定の場合、超音波機能は無効となります。

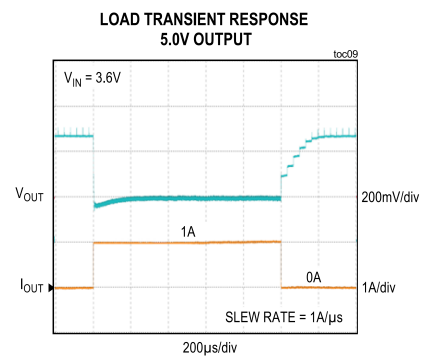
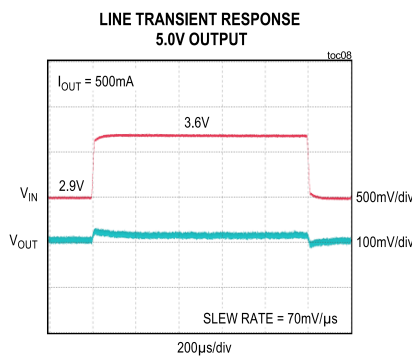
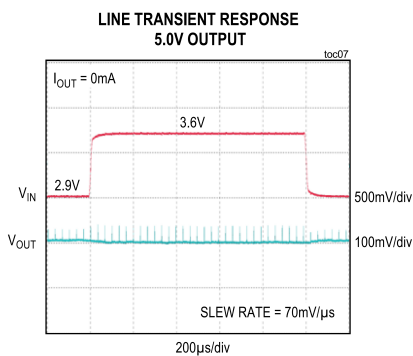
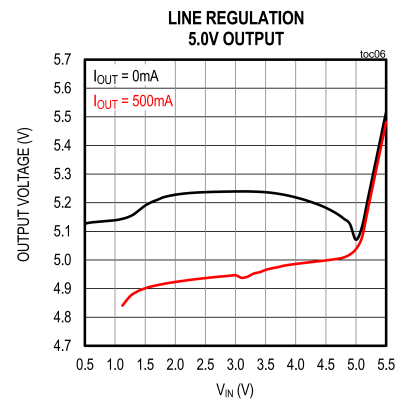
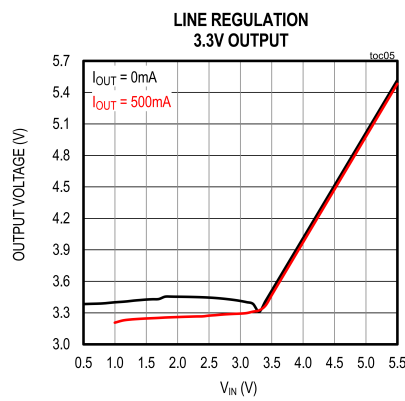
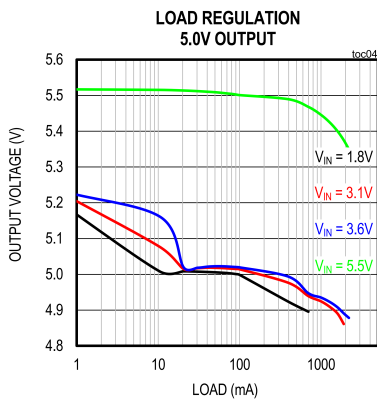
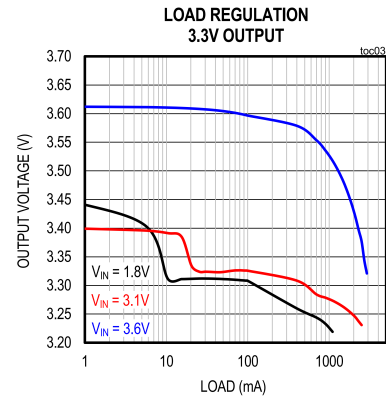
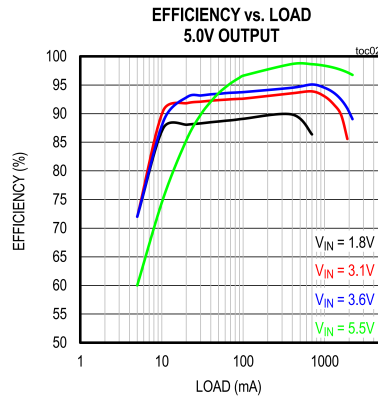
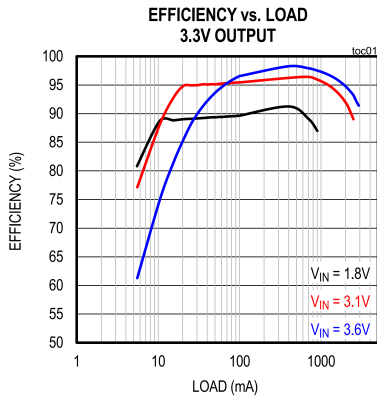
Note 6 : リップル、負荷レギュレーション、ラインレギュレーションは考慮されていません。

Note 7 : 静的な測定です。伝搬遅延のため、実際のピーク電流制限値とゼロ交差スレッシュホールドは  $V_{IN}$  と L に依存して変動します。

Note 8 : RSEL の値を特定するために必要な時間です。起動時間に加算されます。

## 標準動作特性

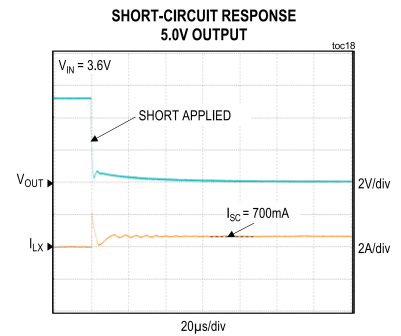
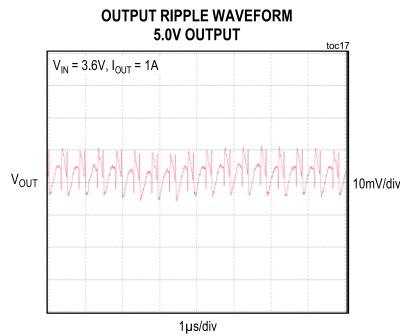
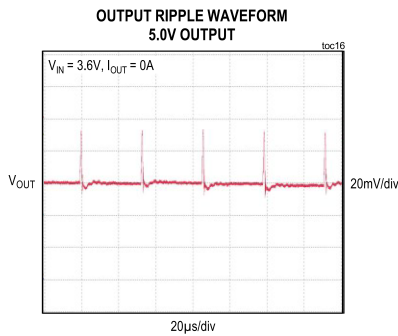
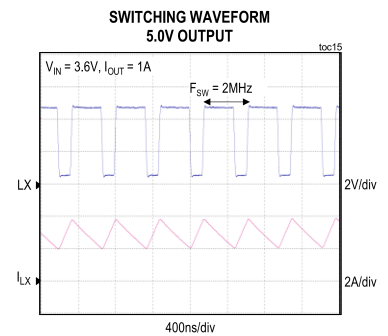
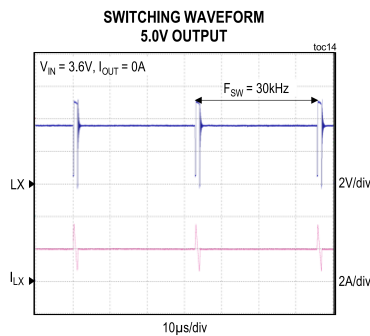
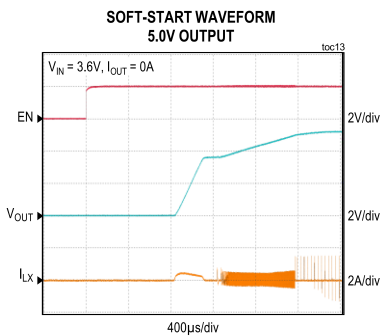
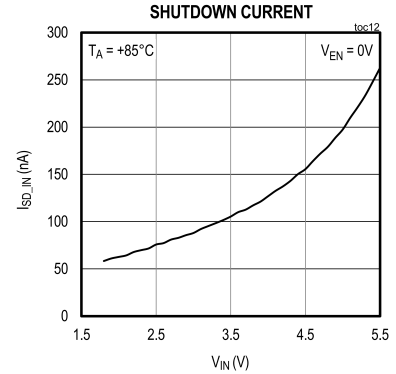
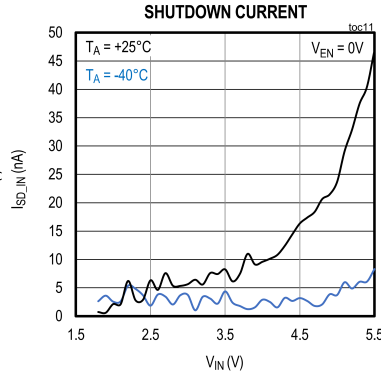
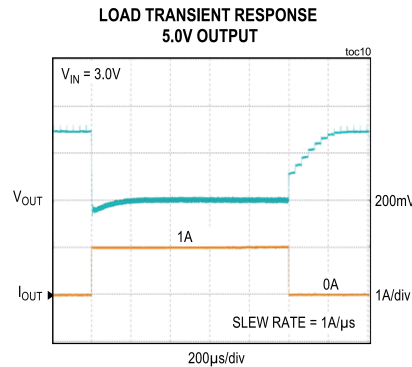
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 、 $L = 470nH$  ( $V_{OUT} = 5V$  の場合、DFE201612E-R47M) および  $330nH$  ( $V_{OUT} = 3.3V$  の場合、DFE201612E-R33M)、 $C_{OUT} = 2 \times 22\mu F$  (C1608X5R1A226M080AC)、 $T_A = +25^\circ C$ 。測定はスイッチング電流制限値により制限されています。実際の最大出力電流はシステムの熱性能に依存します。)



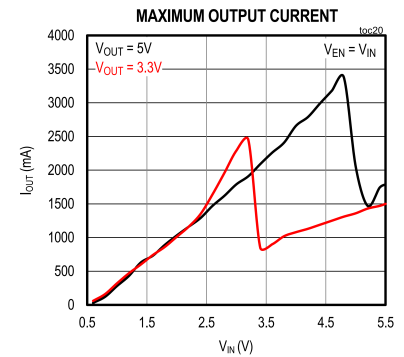
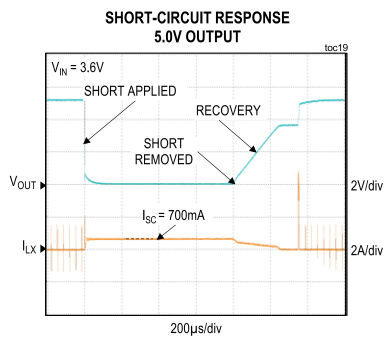
# 500mV~5.5V 入力、超音波周波数昇圧コンバータ、 短絡保護と True Shutdown 内蔵

MAX18002

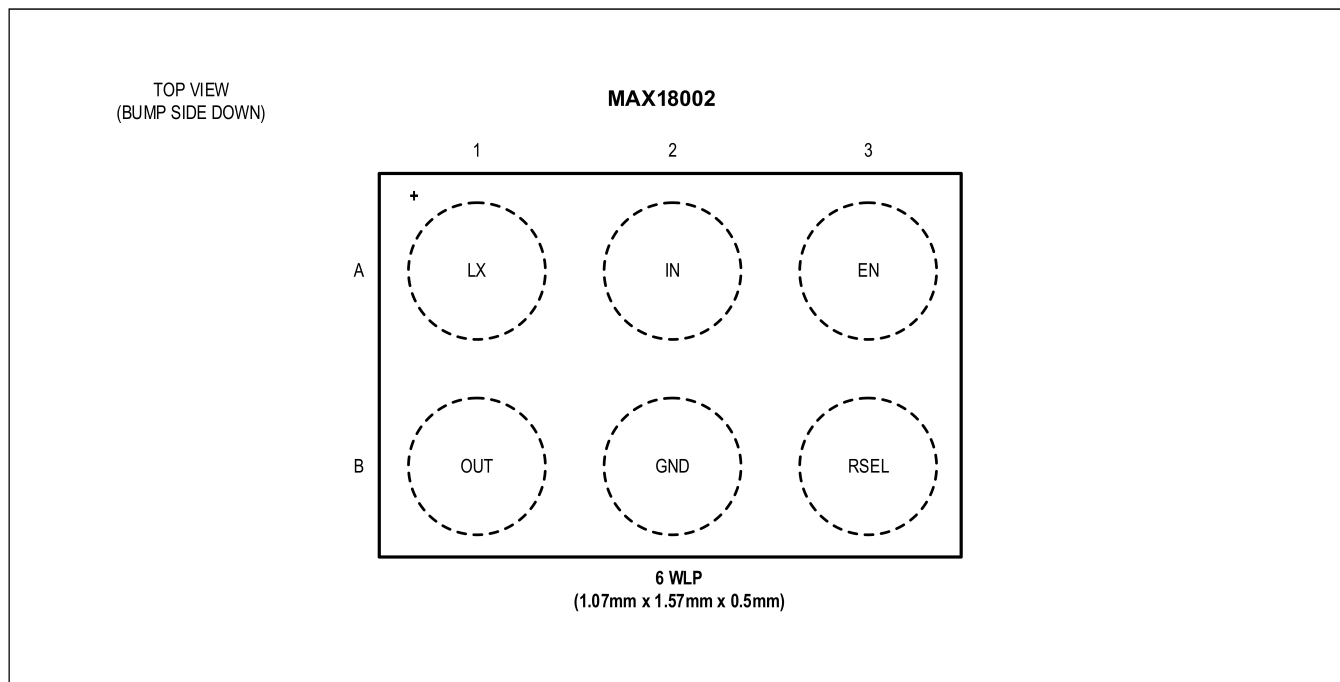
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 、 $L = 470nH$  ( $V_{OUT} = 5V$  の場合、DFE201612E-R47M) および  $330nH$  ( $V_{OUT} = 3.3V$  の場合、DFE201612E-R33M)、 $C_{OUT} = 2 \times 22\mu F$  (C1608X5R1A226M080AC)、 $T_A = +25^\circ C$ 。測定はスイッチング電流制限値により制限されています。実際の最大出力電流はシステムの熱性能に依存します。)



(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 、 $L = 470nH$  ( $V_{OUT} = 5V$  の場合、DFE201612E-R47M) および  $330nH$  ( $V_{OUT} = 3.3V$  の場合、DFE201612E-R33M)、 $C_{OUT} = 2 \times 22\mu F$  (C1608X5R1A226M080AC)、 $T_A = +25^\circ C$ 。測定はスイッチング電流制限値により制限されています。実際の最大出力電流はシステムの熱性能に依存します。)



## ピン配置



## 端子説明

| ピン | 名称   | 説明  | Type    |
|----|------|---|---------|
| A1 | LX   | スイッチングノード。インダクタ（詳細については <a href="#">インダクタの選択</a> のセクションを参照）を LX と IN の間に接続します。  | Power   |
| A2 | IN   | 入力端子。22 $\mu$ F の X7R セラミック・コンデンサを IN とグラウンドの間に接続します。アプリケーション固有の条件によって、追加の容量が必要になる場合があります。  | Power   |
| A3 | EN   | イネーブル入力端子。この端子を 1.2V より高くすると、昇圧コンバータがイネーブルされます。0.4V より低くするとディスエーブルされ、True Shutdown モードに入ります。  | Digital |
| B1 | OUT  | 出力端子。OUT と GND の間に 22 $\mu$ F の X7R セラミック・コンデンサを 2 個接続します。  | Power   |
| B2 | PGND | 電源グラウンド。システムの GND に接続します。   | Ground  |
| B3 | RSEL | 出力電圧選択端子。目的の出力電圧に応じて、RSEL と GND の間に抵抗を 1 個接続します。詳細については、 <a href="#">表 1</a> を参照してください。シャットダウン中は RSEL はフロートになります。この端子の全容量が 2pF より低くなるよう注意が必要です。 | Analog  |

機能図

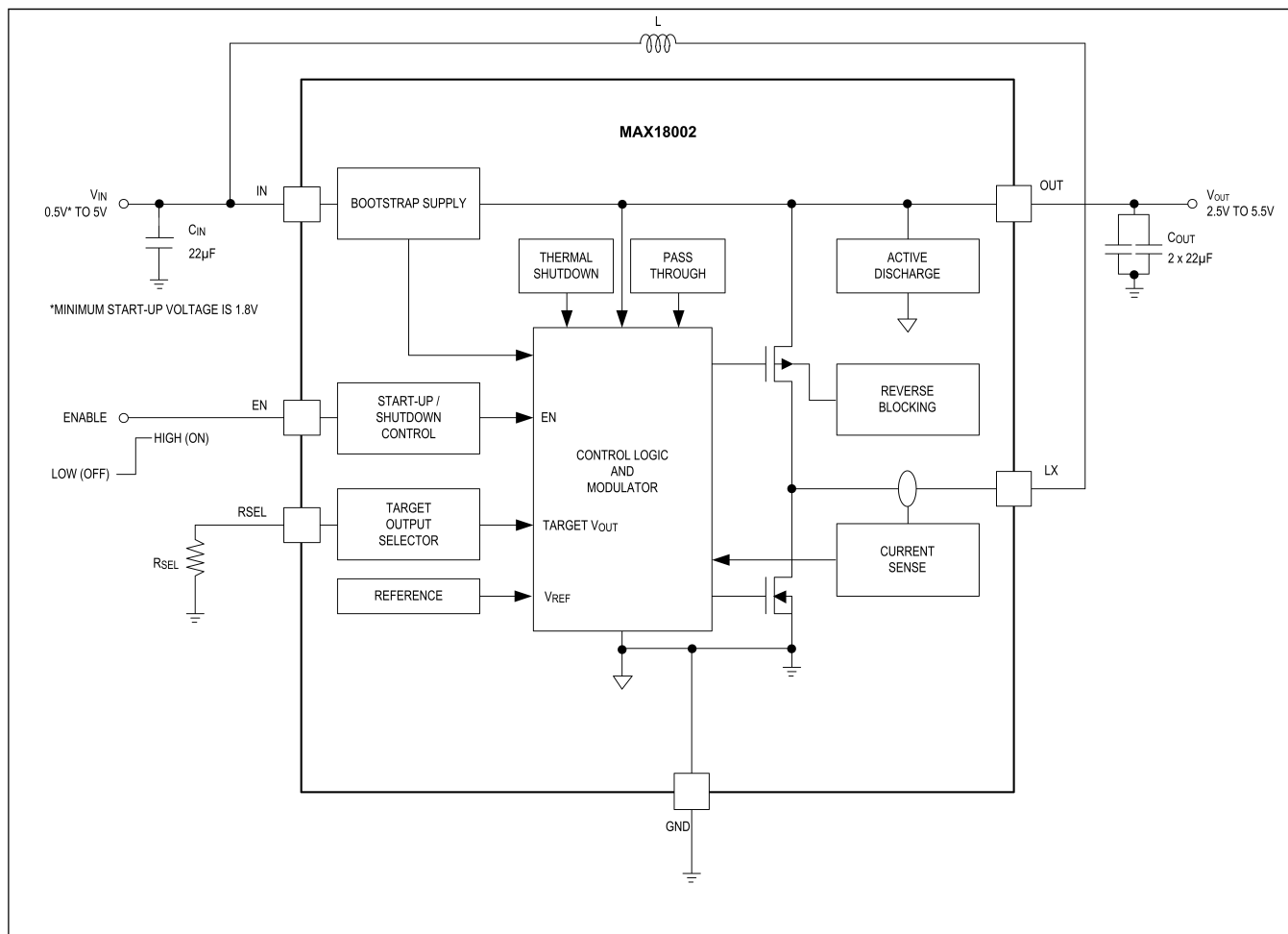


図 1. MAX18002 の簡略化したブロック図

## 詳細

MAX18002 は入力電圧範囲が 500mV~5.5V の超音波周波数昇圧コンバータで、IoT やウェアラブルのアプリケーションに最適です。起動に必要な電圧は約 1.8V (代表値) です。出力電圧は、RSEL と GND の間に 1 個の抵抗を外付けすることにより、2.5V~5.5V の範囲 (100mV 刻み) で設定できます。

MAX18002 は、負荷電流に応じて、超音波モード (USM)、スキップ・モード、連続導通モード (CCM) の 3 つのモードで動作します。USM では、IC のスイッチング周波数を軽負荷時でも 22kHz より高く保持し、可聴周波数領域に入らないようにします。V<sub>IN</sub> > V<sub>OUT</sub> のときはパルスルー・モードに入って V<sub>IN</sub> のレベルにレギュレーションし、29kHz (代表値) のスイッチング周波数で動作します。

サイクルごとのスイッチ電流制限、サーマル・シャットダウン、短絡保護の機能を備えており、システムおよびデバイス自体を保護します。

## 出力電圧の選択

MAX18002 は単一抵抗による独自の出力電圧設定機能を備えており、RSEL と GND の間に配置した抵抗を用いて、2.5V~5.5V (V<sub>OUT</sub> が 5V を超える場合は USM は無効) の出力電圧を 100mV 刻みで表 1 に示すように設定できます。単一の RSEL によって出力電圧を選択することには、次のような利点があります。

- 通常のフィードバック接続で 2 個の抵抗列が必要であるのに比べて 1 個の抵抗しか必要でないため、コストが低くサイズが小さくなる。
- 動作中にフィードバック抵抗列での電力損失が発生しないため高い効率が得られる。
- 在庫システム中に 1 品番のみの在庫を持ち、標準的な 1% 公差の抵抗 1 つのみを変更することで多様な出力電圧の複数のプロジェクトに使用することが可能となる。

表 1. RSEL の選択表

| OUTPUT VOLTAGE (V) | RSEL (kΩ)** |
|--------------------|-------------|
| 2.5                | 768         |
| 2.6                | 634         |
| 2.7                | 536         |
| 2.8                | 452         |
| 2.9                | 383         |
| 3.0                | 324         |
| 3.1                | 267         |
| 3.2                | 226         |
| 3.3                | 191         |
| 3.4                | 162         |
| 3.5                | 133         |
| 3.6                | 113         |
| 3.7                | 95.3        |
| 3.8                | 80.6        |
| 3.9                | 66.5        |
| 4.0                | 56.2        |
| 4.1                | 47.5        |
| 4.2                | 40.2        |
| 4.3                | 34          |
| 4.4                | 28          |
| 4.5                | 23.7        |
| 4.6                | 20          |
| 4.7                | 16.9        |
| 4.8                | 14          |



|      |                 |
|------|-----------------|
| 4.9  | 11.8            |
| 5.0  | 10.0            |
| 5.1* | 8.45            |
| 5.2* | 7.15            |
| 5.3* | 5.9             |
| 5.4* | 4.99            |
| 5.5* | Short to Ground |

\* USM は  $V_{OUT} > 5V$  では無効。

\*\* RSEL 端子には標準的な 1%抵抗を使用。

## ソフトスタート

EN の論理がハイで、 $V_{IN} > V_{IN\_UVLO}$  のとき、MAX18002 はバイアス回路をオンにして起動し、RSEL 端子の抵抗値を読んで  $V_{OUT}$  の目標電圧値を設定します。起動中に高い突入電流が発生する問題への対応として、MAX18002 は  $V_{OUT} = V_{IN}$  になるまではハイサイド PMOS を線形モード (PMOS スルー) で作動させます。PMOS スルー・フェーズにかかる時間は通常約  $350\mu s$  です。

PMOS スルーが完了すると、ハイサイド PMOS はオフになり、IC はブーストスルーモードに入ります。昇圧スルー・モード動作ではデバイスはスイッチ動作し、出力電圧はレギュレーション目標値まで  $3V/ms$  (代表値) のスルーレートで立ち上がります。

PMOS スルー・タイマーが終了 (代表値  $350\mu s$ ) したときに出力電圧値が  $0.5V$  に達していないことが確認されると、短絡保護モードに入ります。短絡保護モードでは、IC はスイッチングを停止し、PMOS 電流を  $700mA$  (代表値) に制限します。

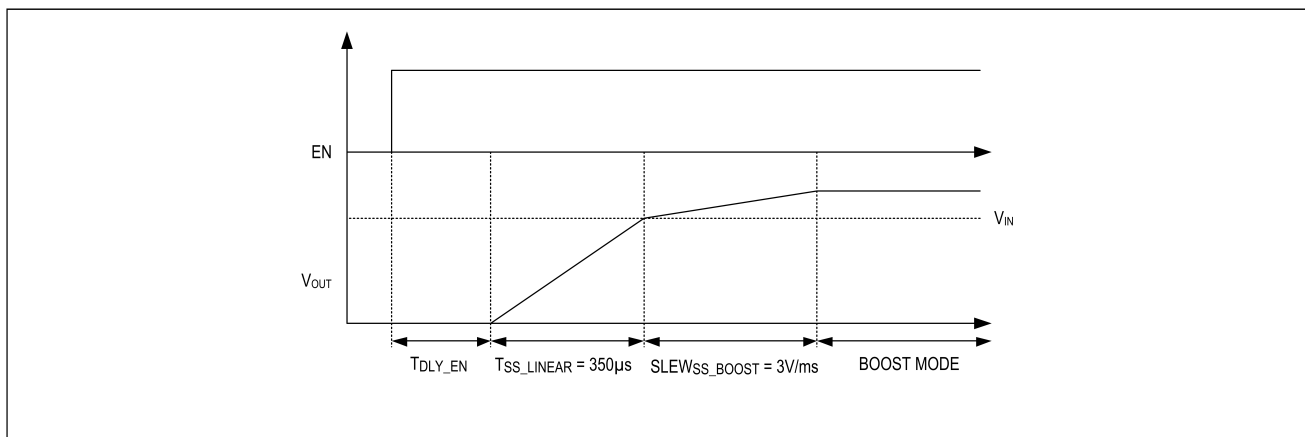


図2. ソフトスタート動作

## ブースト制御方式

MAX18002 は適応オンタイム電流モード制御で動作します。適応型オンタイムは、動作範囲全体にわたって高速な過度応答とより高い効率を得るために使用します。連続導通モード (CCM) と不連続導通モード (DCM) の両方で、入力電圧と目標出力電圧に従ってオンタイムが調整されます。

## 自動パススルー

$V_{IN} > V_{OUT}$  のときには自動パススルー・モードが有効になります。パススルー・モードでの動作中は、MAX18002 は  $V_{IN}$  のレベルに従い、USM で  $29kHz$  (代表値) のスイッチング周波数で動作して可聴周波数範囲に入らないようにします。

## 超音波モード (USM)

MAX18002にはUSMの機能があり、コンバータは軽負荷時でもシームレスに29kHz(代表値)のスイッチング周波数で動作して、可聴周波数ノイズの妨害が発生しないようにします。USM回路は最低スイッチング周波数をクランプすることにより動作します。

負荷電流が減少すると、スイッチング周波数は29kHz(代表値)に達するまで低下します。この時点でUSMが有効となります。USMではMAX18002は29kHz(代表値)でスイッチングし、これは出力電圧が目標出力電圧の2%上に達するまで続きます。その後デバイスは約29kHz(代表値)でスイッチングし、インダクタ電流が0Aと交差し出力コンデンサが入力側に放電するようになった後も昇圧放電サイクルを保持します。この追加サイクルは出力電圧を増加させないために必要です。MAX18002は無負荷で動作中は目標出力電圧の5%上でレギュレーションします。

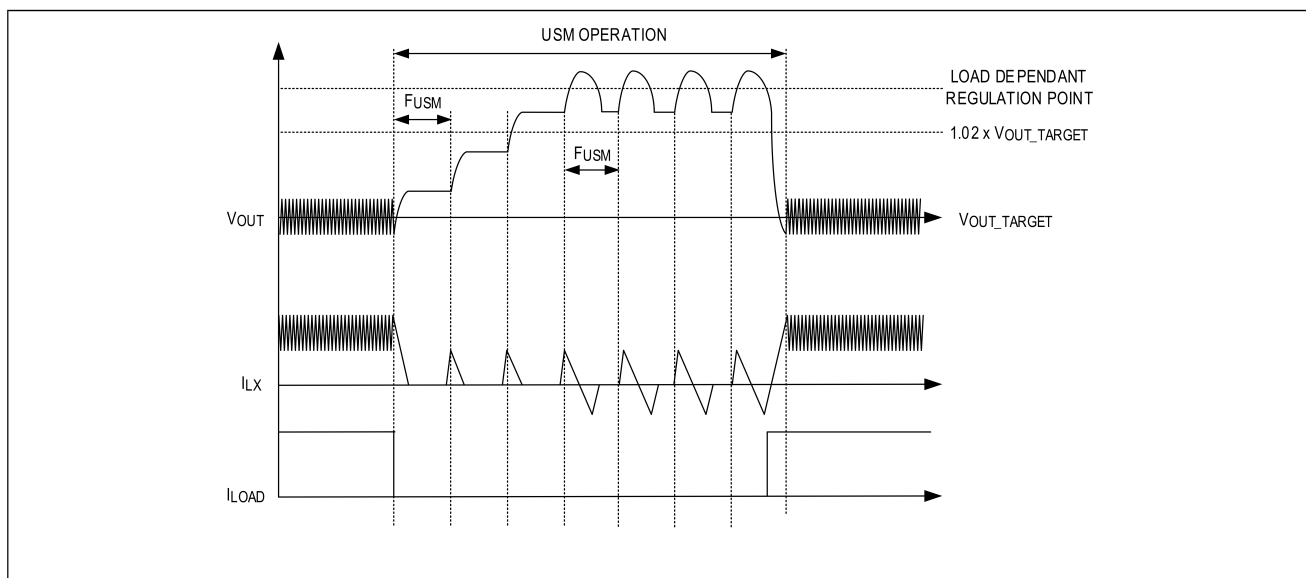


図 3. USM の動作

## サーマル・シャットダウン

ジャンクション温度が  $T_{SHUT\_R}$  (代表値+165°C) を超過するとコンバータは停止し、温度が  $T_{SHUT\_F}$  (代表値+150°C) を下回ると再度動作を開始します。フォルト条件が継続していれば、そのフォルトが取り除かれるまで電力供給のオンオフを繰り返します。

## 過電流保護

MAX18002はサイクルごとに3.6A(代表値)のピーク電流制限機能を持っており、ICおよびシステムを過負荷条件から保護します。ICが昇圧モードの状態ではインダクタ電流が電流制限値に達すると、PMOSがオンになって放電サイクルを開始し、インダクタ電流を減少させます。

ICがパススルー・モードで電流制限値に達すると、PMOSがオフになって部品を保護し、インダクタ電流をゼロまで低下させます。その後PMOSスルー・モードに入り、インダクタ電流が徐々に上昇して出力が  $V_{IN}$  のレベルまで戻るようにします。

## 短絡保護

MAX18002が短絡状態で出力電圧が0.5Vより低下すると、短絡状態に入ります。短絡条件では、MAX18002はスイッチングを停止し、PMOSスイッチによって入力からの短絡電流が0.7A(代表値)に制限されます。

フォルトが継続していると、短絡電流のためにPMOSスイッチが発生する熱によってサーマル・シャットダウンに入ることがあります。

フォルトが除去されると、MAX18002はPMOSスルー・モードに入り、 $V_{IN} = V_{OUT}$ になるまで継続します。PMOSスルーが完了すると、MAX18002は(起動時には見られる)昇圧スルー・フェーズをスキップし、昇圧モード動作に入ります。 $V_{IN}$ と $V_{OUT}$ の値が近い場合には、この動作によって出力電圧が10%程度(代表値)オーバーシュートする可能性があります。

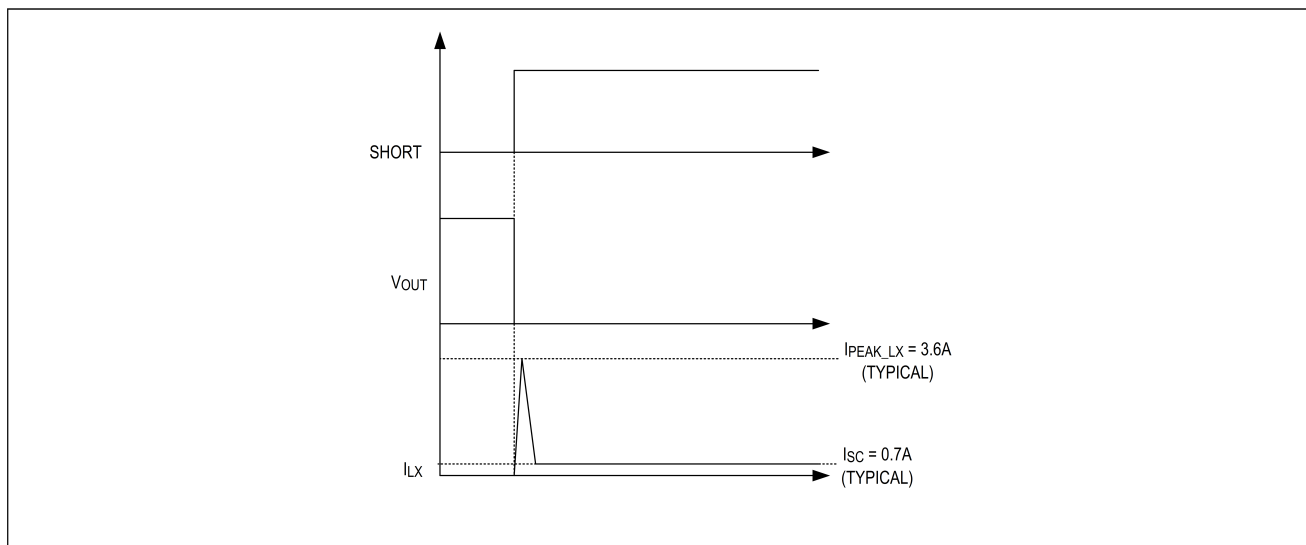


図 4. 短絡動作

## アプリケーション情報

### インダクタの選択

インダクタは、飽和電流の定格 ( $I_{SAT}$ ) が、最大ハイサイド・スイッチング電流制限スレッシュホールド ( $I_{LIM}$ ) の設定値以上になるものを選択してください。一般的には、飽和電流が低く DC 抵抗 (DCR) 定格の高いインダクタが物理的に小型になります。DCR の値が高いとコンバータの効率が低下します。インダクタの RMS 電流の定格 ( $I_{RMS}$ ) (温度が著しく上昇するようになる温度) は、想定される負荷電流に基づいて選択します。

選択するインダクタは、ピーク・インダクタ・リップル電流 ( $I_{PEAK}$ ) が  $I_{LIM}$  より低くなり、コンバータがレギュレーションを維持できるような値にします。様々な範囲の出力電圧に対して推奨されるインダクタを表 2 に示しています。

表 2. 出力電圧に対するインダクタと出力容量の値

| OUTPUT VOLTAGE (V) | RECOMMENDED INDUCTOR (nH) | EFFECTIVE OUTPUT CAPACITANCE ( $\mu$ F)* |
|--------------------|---------------------------|--|
| 5                  | 470                       | 9  |
| 3.3-5              | 330                       | 20                                       |
| 2.5-3.3            | 220                       | 20                                       |

\*全電圧レベルについて有効な容量は、22 $\mu$ F の X5R コンデンサ (0603 サイズ) を 2 個使用して得られます。

表 3. 推奨インダクタ

| VENDOR      | PART NUMBER        | NOMINAL INDUCTANCE (nH) | TYPICAL DCR (m $\Omega$ ) | $I_{SAT}$ (A) | $I_{RMS}$ (A) | DIMENSIONS (L x W x H (mm)) | OUTPUT VOLTAGE (V) |
|-------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|--------------------|
| Murata      | DFE201612E-R47M    | 470                     | 26                        | 5.5           | 4.5           | 2.0 x 1.6 x 1.2             | 5                  |
| Taiyo Yuden | MEKK2016HR47M      | 470                     | 26                        | 6.1           | 4.7           | 2.0 x 1.6 x 1.0             | 5                  |
| Murata      | DFE201612E-R33M    | 330                     | 21                        | 6.3           | 4.8           | 2.0 x 1.6 x 1.2             | 3.3                |
| Bourns      | SRP2010TMA-R33M    | 330                     | 29                        | 5.0           | 3.8           | 2.0 x 1.6 x 1.0             | 3.3                |
| Vishay      | IHHP0806ABERR22M01 | 220                     | 13                        | 5.8           | 5.3           | 2.0 x 1.6 x 1.2             | 2.5                |
| Taiyo Yuden | MAKK2016HR22M      | 220                     | 26                        | 5.8           | 4             | 2.0 x 1.6 x 1.0             | 2.5                |

## 入力コンデンサの選択

一般的なアプリケーションでは、IN 端子を公称 10V、22 $\mu$ F の入力セラミック・コンデンサ ( $C_{IN}$ ) でバイパスすると、動作電圧では 5 $\mu$ F 以上の有効容量を確保できます。有効な  $C_{IN}$  は動作中にコンバータの入力から見える実容量です。より大きい値を選択するとコンバータのデカップリングが改善しますが、電圧源に接続時の突入電流が増加します。 $C_{IN}$  によって入力電力源から流れる電流のピークが抑えられ、システムのスイッチングノイズが低減します。 $C_{IN}$  および直列の PCB パターンの ESR/ESL は、コンバータのスイッチング周波数までの周波数帯について、十分に低い (すなわち  $< 15m\Omega$  か  $< 2nH$ ) ことが求められます。

$C_{IN}$  の選択にあたっては、コンデンサの電圧定格、初期許容誤差、温度による変動、DC バイアス特性に特別の注意を払ってください。X7R 誘電体のセラミック・コンデンサが、小型で ESR が低く温度係数が小さいため、強く推奨されます。セラミック・コンデンサは全て DC バイアス電流によるディレーティングがあります (DC バイアスの上昇に伴い有効容量が減少)。一般的には、小型のコンデンサのディレーティングは大型のものよりも大きくなります (0603 サイズの方が 0402 よりも性能が良い)。有効容量についてはメーカーのデータシートを参照して注意深く検討してください。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、十分な出力容量 ( $C_{OUT}$ ) が必要です。様々な出力電圧の目標値に対して最低限必要な有効出力容量を表 2 に示しています。有効な  $C_{OUT}$  は動作中にコンバータの出力側から見える実容量です。より大きい値 (必要な最小有効容量に加えて) を選択すると負荷過渡応答の性能が改善しますが、ソフトスタート中や出力電圧変動時の突入電流が増加します。出力リップルと負荷過渡応答に関する条件を満たすため、出力フィルタ・コンデンサの ESR は、コンバータのスイッチング周波数までの周波数帯について十分に低い必要があります。出力容量は十分大きく、全負荷条件から無負荷に遷移する間のインダクタのエネルギーを吸収できることが必要です。一般的なアプリケーションでは、 $C_{OUT}$  には 22 $\mu$ F (10V<sub>DC</sub>) のコンデンサを 2 個使用することを推奨します。

$C_{OUT}$  の選択にあたっては、コンデンサの電圧定格、初期許容誤差、温度による変動、DC バイアス特性に特別の注意を払ってください。X7R 誘電体のセラミック・コンデンサが、小型で ESR が低く温度係数が小さいため、強く推奨されます。セラミック・コンデンサは全て DC バイアス電流によるディレーティングがあります (DC バイアスの上昇に伴い有効容量が減少)。一般的には、小型のコンデンサのディレーティングは大型のものよりも大きくなります (0603 サイズの方が 0402 よりも性能が良い)。有効容量についてはメーカーのデータシートを参照して注意深く検討してください。詳細については、チュートリアル 5527 を参照してください。

## 他の必要部品の選択

RSEL 端子と GND の間の抵抗は、内蔵 ADC で値を正確に読み取れるよう、許容誤差は  $\pm 1\%$  とします。

## 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減し、クリーンで安定した動作を得るためには、回路基板レイアウトに細心の注意を払うことが必要です。

PCB を設計するときは、以下のガイドラインに従います。

- 入力コンデンサ ( $C_{IN}$ ) と出力コンデンサ ( $C_{OUT}$ ) は、それぞれ IC の IN 端子と OUT 端子の近傍に配置します。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、この配置は入力側と出力側の電流ループの寄生インダクタンスを最小限に抑えるために重要です。この寄生インダクタンスは大きな電圧スパイクを発生させ、内部スイッチング MOSFET を損傷するおそれがあります。
- インダクタを LX 端子の近傍に (可能な限り近く) 配置し、LX 端子とインダクタの間のパターンは短く広くして PCB パターンの抵抗を最小限に抑えます。PCB の抵抗が必要以上に大きいとコンバータの効率が低下します。
- LX パターンを別の層で配線する場合は、パターンの抵抗を最小限とするために十分な数のビアを配置してください。更にパターンの抵抗を低減するために、LX パターンを複数の層で配線することを推奨します。また、LX パターンは必要以上の面積を取らないようにしてください。このノードの電圧は非常に高速にオンオフするため、面積が広いと放射エミッションが増加します。
- 内層の GND バンプは、PCB の低インピーダンスのグランドプレーンに、バンプに近接したビアで接続してください。GND が島になるとホットループが分断されるため、避けてください。
- 電源パターンと負荷の接続は短く広くします。これはコンバータの効率を確保するために必要です。
- セラミック・コンデンサの DC 電圧ディレーティングを無視しないようにしてください。コンデンサの容量とサイズの見積には注意が必要です。詳細については、出力コンデンサの選択のセクションとチュートリアル 5527 を参照してください。

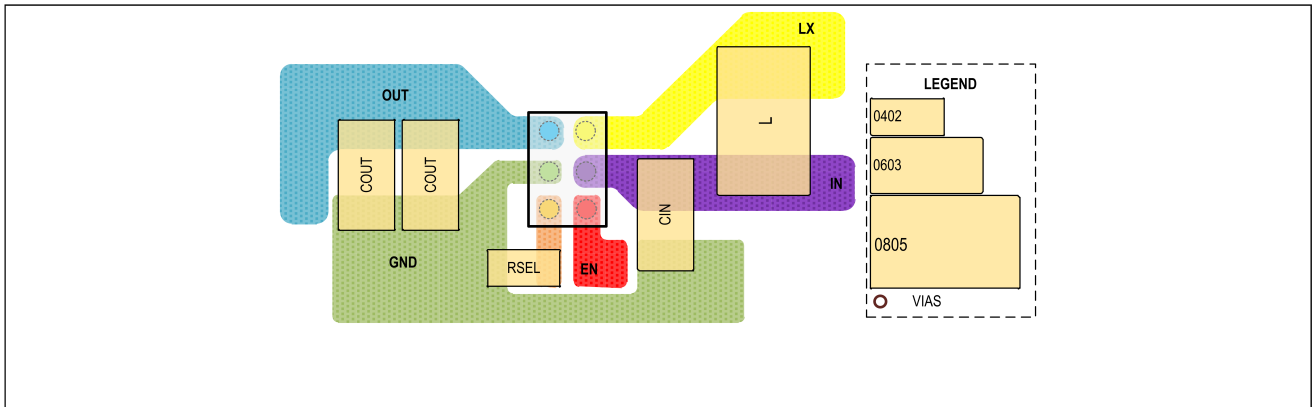
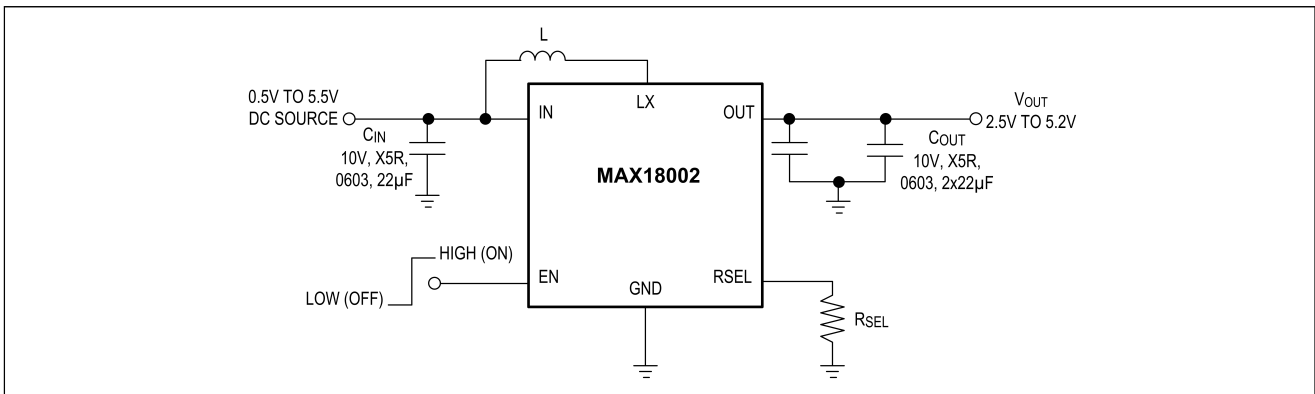


図 5. WLP パッケージの推奨 PCB レイアウト

### 代表的なアプリケーション図



### オーダー情報

| PART NUMBER   | TEMPERATURE RANGE | PIN-PACKAGE                 | FEATURES   |
|---------------|-------------------|-----------------------------|--|
| MAX18002AWT+T | -40°C to +125°C   | 6-Bump WLP, 1.05mm × 1.55mm | 3.6A IPK, Ultrasonic Mode (> 20kHz), > 0% Duty Cycle, True Shutdown/Active Discharge |

+は鉛 (Pb) フリー/RoHS パッケージを表します。  
T = テープ&リール。

改訂履歴

| 版数 | 改訂日  | 説明           | 改訂ページ |
|----|------|--------------|-------|
| 0  | 1/23 | 市場投入のためのリリース | -     |