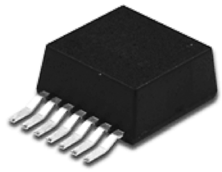
TEXAS INSTRUMENTS

2011 年 6 月

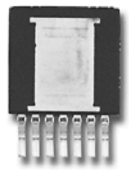
# LMZ23603

## 3A 最大入力電圧 36V SIMPLE SWITCHER® 電源モジュール

**Easy to use 7 pin package**



Top View



Bottom View

**TO-PMOD 7 Pin Package**
**10.16 x 13.77 x 4.57 mm (0.4 x 0.542 x 0.18 in)**
**$\theta_{JA}$ = 12°C/W, $\theta_{JC}$ = 1.9°C/W (Note 6)**
**RoHS Compliant**

### 電気的特性

- 最大合計出力電力 : 18W
- 最大出力電流 : 3A
- 入力電圧範囲 : 6V 〜 36V
- 出力電圧範囲 : 0.8V 〜 6V
- 最高 92%の高効率率

### 主な特長

- シールド・インダクタ内蔵
- シンプルな PCB レイアウト
- 周波数同期入力 (650kHz 〜 950kHz)
- 外部ソフトスタート、トラッキング、高精度イネーブルを使用した柔軟なスタートアップ・シーケンス
- 突入電流や、入力UVLO、出力短絡などの障害からの保護
- 接合部温度範囲 : − 40 ℃〜＋ 125 ℃
- 実装と製造を容易にする単一の露出パッドと標準的なピン配置
- FPGA、 ASIC に電源を供給する高速負荷応答
- Webench® Power Designer で完全対応
- LMZ22005/LMZ23605/LMZ22003 とピン互換

### アプリケーション

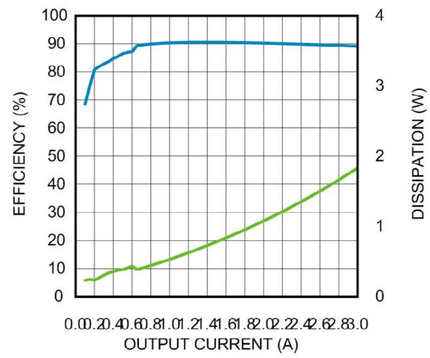
- 12V、24V入力ラインからのPOL (ポイント・オブ・ロード)変換
- 短時間での設計完了を必要とするプロジェクト
- スペースや温度の制約が大きいアプリケーション
- 負電圧出力アプリケーション (AN-2027 参照 )

### 性能上の利点

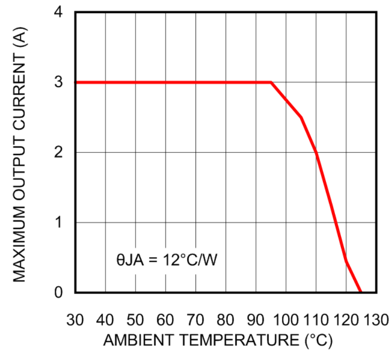
- 高効率でシステムからの発熱を低減
- EN55022 Class B に準拠 (Note 5)
- わずかな部品数 (5 個の外付け部品で動作可能 )
- 低出力リップル電圧
- プリント基板をヒート・シンクとして使用し、 空気流は不要

### システム性能

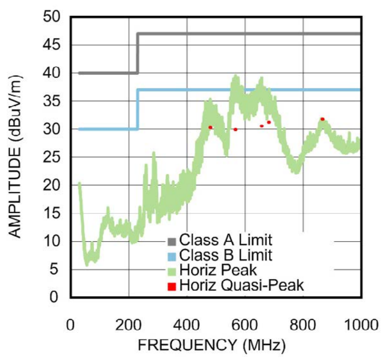
**Efficiency $V_{IN}$ = 12V $V_{OUT}$ = 5.0V**



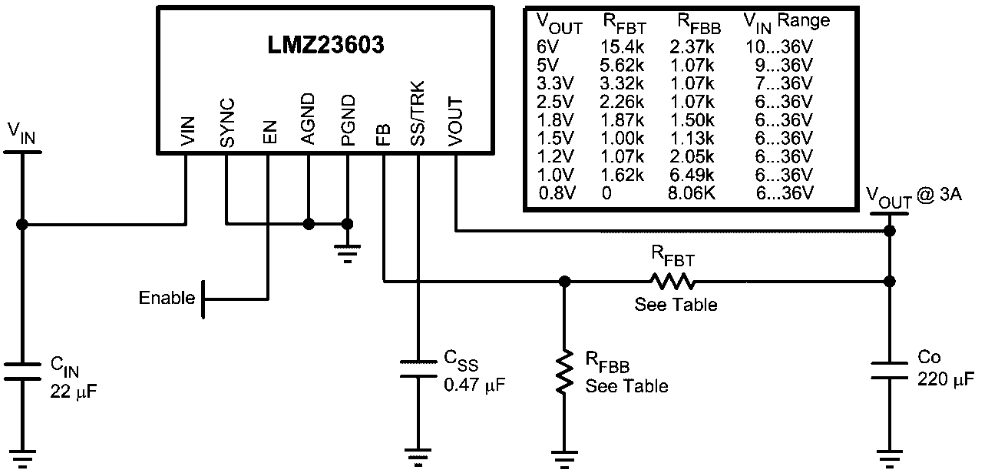

**Thermal derating curve**
**$V_{IN}$ = 12V $V_{OUT}$ = 5.0V,**



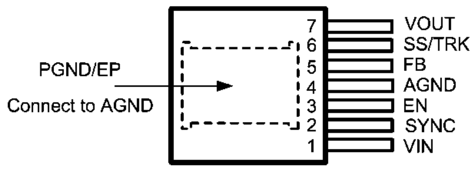

**Radiated EMI (EN 55022)**
**of Demo Board (See AN-2125)**



## 簡略アプリケーション図




## ピン配置図




**Top View**
**7-Lead TO-PMOD**

## 製品情報

| Order Number | Package Type | NSC Package Drawing | Supplied As |
|---|---|---|---|
| LMZ23603TZ | TO-PMOD-7 | TZA07A | 45 Units in a Rail |
| LMZ23603TZE | TO-PMOD-7 | TZA07A | 250 Units on Tape and Reel |
| LMZ23603TZX | TO-PMOD-7 | TZA07A | 500 Units on Tape and Reel |

## ピン説明

| ピン番号 | ピン名 | 説明 |
|---|---|---|
| 1 | VIN | 電源入力 : 公称動作範囲は、 6V ～ 36V です。 パッケージ・アセンブリに含まれているのは、 内部コンデンサ容量のごく一部です。このピンと露出パッド (PGND) の間に追加の外部入力コンデンサが必要です。 |
| 2 | SYNC | 同期入力 : PWM 動作周波数を外部周波数ソースに同期させるには、周波数が 650kHz ～ 950kHz の CMOS ロジック・レベル矩形波を印加します。同期を行わない場合は、 グラウンドに接続する必要があります。このモジュールのフリーラン PWM 周波数は、 812kHz (typ) です。 |
| 3 | EN | イネーブル : 高精度イネーブル・コンパレータへの入力。立ち上がりスレッショルドは 1.279V (typ) です。モジュールをイネーブルにすると、 21uA のソース電流が内部でアクティブになり、 設定可能なヒステリシスに対応できます。 |
| 4 | AGND | アナログ・グラウンド : 記載されたすべての電圧の基準点。EP/PGND に外部接続する必要があります。 |
| 5 | FB | フィードバック : レギュレーション、 過電圧コンパレータ、 短絡コンパレータに内部で接続されています。レギュレーションの基準点は、 この内部ピンでは 0.796V です。出力と AGND の間に帰還抵抗分圧回路を接続し、 出力電圧を設定します。 |
| 6 | SS/TRK | ソフトスタート / トラック : 1.6ms の内部ソフトスタートを延長するには、外付けソフトスタート・コンデンサを接続します。トラッキングを行うには、優先度の高い電源レールに接続された外付け抵抗分圧回路に接続します。「アプリケーション」 を参照してください。 |

## ピン説明 ( つづき )

| ピン番号 | ピン名 | 説明 |
|---|---|---|
| 7 | VOUT | 出力電圧 : 内蔵インダクタからの出力。 このピンと露出パッドの間に出力コンデンサを接続します。 |
| EP/PGND | EP/PGND | 露出パッド / モジュール内電源回路の電気的パワー・グラウンド経路。AGND/ ピン 4 には内部接続されていません。動作中にパッケージから放熱するために使用します。パッケージ外で 4 ピンに電気接続する必要があります。 |

## 絶対最大定格 (Note 1)

**本データシートには軍用・航空宇宙用の規格は記載されていません。関連する電気的信頼性試験方法の規格を参照ください。**

| | |
|---|---|
| VIN ～ PGND 間 | － 0.3V ～ 40V |
| EN、 SYNC ～ AGND 間 | － 0.3V ～ 5.5V |
| SS/TRK、 FB ～ AGND 間 | － 0.3V ～ 2.5V |
| AGND (PGND 基準 ) | － 0.3V ～ 0.3V |
| 接合部温度 | 150 ℃ |
| 保存温度範囲 | － 65 ℃～ 150 ℃ |
| ESD 耐圧 (Note 2) | ± 2kV |

ハンダ付け仕様については、 www.national.com の製品フォルダと www.national.com/ms/MS/MS-SOLDERING.pdf を参照してください。

## 動作定格 (Note 1)

| | |
|---|---|
| VIN | 6V ～ 36V |
| EN、 SYNC | 0V ～ 5.0V |
| 接合部動作温度範囲 | － 40 ℃～＋ 125 ℃ |

## 電気的特性

標準字体で記載されたリミット値は $T_J$ ＝ 25 ℃の場合に限ります。 太字で記載されたリミット値は－ 40 ℃～＋ 125 ℃の接合部温度 ($T_J$) 範囲にわたって適用されます。 最小 / 最大リミット値は、 試験、 設計、 または統計的相関によって保証されます。代表値 (typ) は $T_J$ ＝ 25 ℃での最も標準的なパラメータ値を表しますが、参考として示す以外の目的はありません。特記のない限り、$V_{IN}$ ＝ 12V、Vout ＝ 3.3V の条件が適用されます。

| Symbol | Parameter | Conditions | Min (Note 3) | Typ (Note 4) | Max (Note 3) | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **SYSTEM PARAMETERS** | | | | | | |
| **Enable Control** | | | | | | |
| $V_{EN}$ | EN threshold trip point | $V_{EN}$ rising | **1.10** | 1.279 | **1.458** | V |
| $V_{EN-HYS}$ | EN input hysteresis current | $V_{EN}$ > 1.279V | | –21 | | μA |
| **Soft-Start** | | | | | | |
| $I_{SS}$ | SS source current | $V_{SS}$ = 0V | **40** | 50 | **60** | μA |
| $t_{SS}$ | Internal soft-start interval | | | 1.6 | | msec |
| | | | | | | |
| **Current Limit** | | | | | | |
| $I_{CL}$ | Current limit threshold | d.c. average | **3.4** | | | A |
| | | | | | | |
| **Internal Switching Oscillator** | | | | | | |
| $f_{osc}$ | Free-running oscillator frequency | Sync input connected to ground. | 711 | 812 | 914 | kHz |
| $f_{sync}$ | Synchronization range | | 650 | | 950 | kHz |
| $V_{IL-sync}$ | Synchronization logic zero amplitude | Relative to AGND | | | **0.4** | V |
| $V_{IH-sync}$ | Synchronization logic one amplitude | Relative to AGND. | **1.5** | | | V |
| $V_{sync\ d.c.}$ | Synchronization duty cycle range | | 15 | 50 | 85 | % |
| $D_{max}$ | Maximum Duty Factor | | | 83 | | % |
| **Regulation and Over-Voltage Comparator** | | | | | | |
| $V_{FB}$ | In-regulation feedback voltage | $V_{SS}$ >+ 0.8V<br>$T_J$ = -40°C to 125°C<br>$I_O$ = 3A | **0.776** | 0.796 | **0.816** | V |
| | | | | | | |
| $V_{FB-OV}$ | Feedback over-voltage protection threshold | | | 0.86 | | V |
| $I_{FB}$ | Feedback input bias current | | | 5 | | nA |
| $I_Q$ | Non Switching Input Current | $V_{FB}$= 0.86V | | 2.6 | | mA |
| $I_{SD}$ | Shut Down Quiescent Current | $V_{EN}$= 0V | | 70 | | μA |
| **Thermal Characteristics** | | | | | | |
| $T_{SD}$ | Thermal Shutdown | Rising | | 165 | | °C |
| $T_{SD-HYST}$ | Thermal shutdown hysteresis | Falling | | 15 | | °C |

## 電気的特性 ( つづき )

標準字体で記載されたリミット値は $T_J$ ＝ 25 ℃の場合に限ります。 太字で記載されたリミット値は－ 40 ℃～＋ 125 ℃の接合部温度 ($T_J$) 範囲にわたって適用されます。 最小 / 最大リミット値は、 試験、 設計、 または統計的相関によって保証されます。代表値 (typ) は $T_J$ ＝ 25 ℃での最も標準的なパラメータ値を表しますが、参考として示す以外の目的はありません。特記のない限り、$V_{IN}$ ＝ 12V、Vout ＝ 3.3V の条件が適用されます。

| Symbol | Parameter | Conditions | Min (Note 3) | Typ (Note 4) | Max (Note 3) | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\theta_{JA}$ | Junction to Ambient(Note 6) | 4 layer Evaluation Printed Circuit Board, 60 vias, No air flow | | 19.3 | | °C/W |
| | | 2 layer JEDEC Printed Circuit Board, No air flow | | 21.5 | | °C/W |
| $\theta_{JC}$ | Junction to Case | No air flow | | 1.9 | | °C/W |
| **PERFORMANCE PARAMETERS**(Note 7) | | | | | | |
| $\Delta V_O$ | Output voltage ripple | Cout = 220uF w/ 7 milliohm ESR + 100uF X7R + 2 x 0.047uF BW@ 20 MHz | | 9 | | $mV_{PP}$ |
| $\Delta V_O/\Delta V_{IN}$ | Line regulation | $V_{IN}$ = 12V to 36V, $I_O$= 0.001A | | ±0.02 | | % |
| $\Delta V_O/I_{OUT}$ | Load regulation | $V_{IN}$ = 12V, $I_O$= 0.001A to 3A | | 1 | | mV/A |
| η | Peak efficiency | $V_{IN}$ = 12V $V_O$ = 3.3V $I_O$ = 1A | | 86 | | % |
| η | Full load efficiency | $V_{IN}$ = 12V $V_O$ = 3.3V $I_O$ = 3A | | 85 | | % |
| η | Peak efficiency | $V_{IN}$ = 24V $V_O$ = 3.3V $I_O$ = 2A | | 80 | | % |
| η | Full load efficiency | $V_{IN}$ = 24V $V_O$ = 3.3V $I_O$ = 3A | | 78 | | % |

**Note 1:** 絶対最大定格とは、デバイスに破壊が発生する可能性のあるリミット値をいいます。動作定格はデバイスが機能する条件を示しています。保証される仕様およびテスト条件については、「電気的特性」を参照してください。

**Note 2:** 人体モデルは、 100pF のコンデンサから直列抵抗 1.5kΩ を介して各ピンに放電させます。 テスト方法は JESD-22-114 に従っています。

**Note 3:** 25 ℃時の Min/Max 各リミット値は 100%テストされます。全温度範囲でのリミット値は、統計的品質管理 (SQC) 手法によって決められた補正データを加味して保証されます。 これらのリミット値は、 ナショナル セミコンダクターの平均出荷品質レベル (AOQL) の計算に使用されます。

**Note 4:** 代表値 (typ) は 25 ℃で得られる最も標準的な数値を表します。

**Note 5:** EN 55022:2006、 +A1:2007、 FCC Part 15 Subpart B:2007. テスト対象となるデバイスのレイアウトについては、 AN-2125 を参照してください。
Vin ＝ 24V、 Vo ＝ 3.3V、 Io ＝ 3A

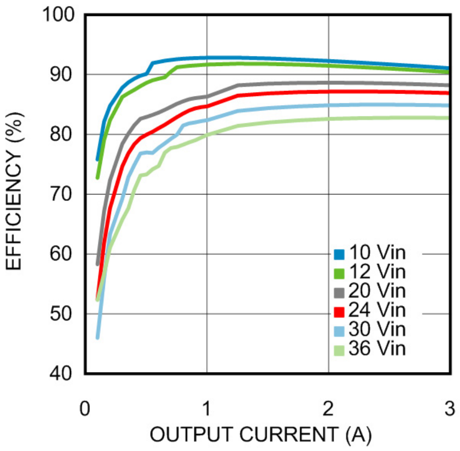
**Note 6:** θJA は、3 オンス ( 外層 ) と 2 オンス ( 内層 ) の銅箔、60 の 12mil サーマル・ビア、 空気流なし、 1W 消費電力により、 3.5 インチ× 3.5 インチの 4 層 PCB で測定。PCB レイアウト図を参照してください。

**Note 7:** Table 1 の BOM を参照してください。

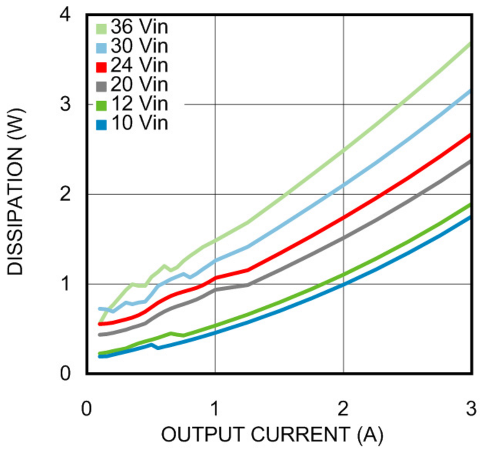
## 代表的な性能特性

特記のない限り次の条件が適用されます。$V_{IN}$ = 12V、 Cin = 2 × 10 μ F + 1 μ F X7R セラミック、 $C_O$ = 220 μ F 特殊ポリマー＋ 10uF セラミック、 波形は Tambient = 25 ℃です。* が付いた効率や消費電力のグラフでは、 軽負荷でサイクル・スキップが生じているので、 出力リップルがわずかに高くなっています。「アプリケーション」を参照してください。

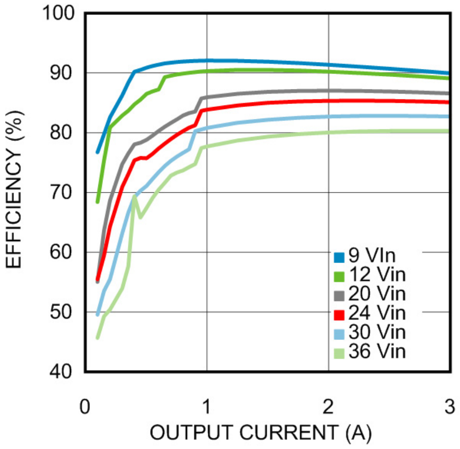
**Efficiency 6.0V output @ 25°C ambient**



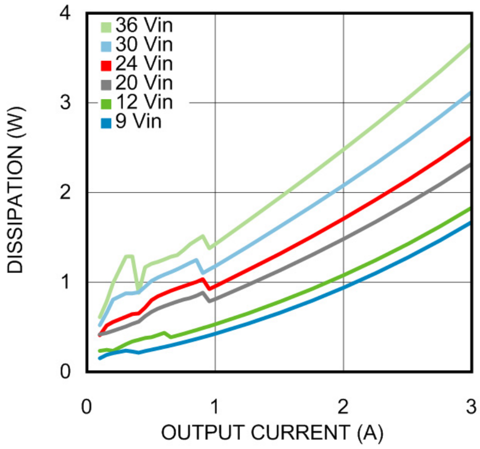

**Dissipation 6.0V output @ 25°C ambient**




**Efficiency 5.0V output @ 25°C ambient**



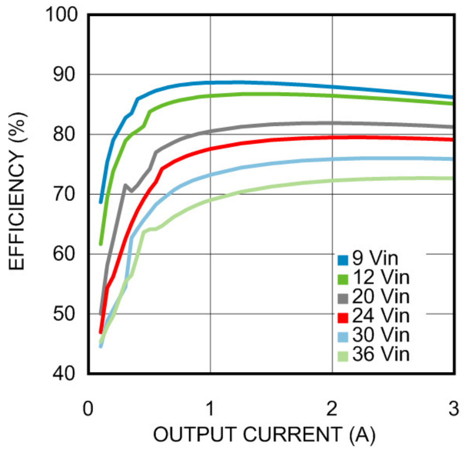

**Dissipation 5.0V output @ 25°C ambient**



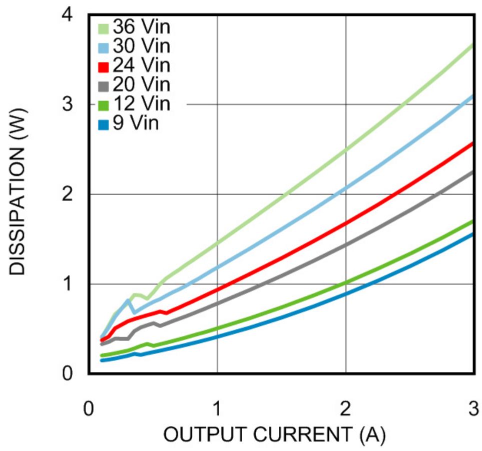
## 代表的な性能特性 ( つづき )

特記のない限り次の条件が適用されます。$V_{IN}$ ＝ 12V、 Cin ＝ 2 × 10 μ F ＋ 1 μ F X7R セラミック、 $C_O$ ＝ 220 μ F 特殊ポリマー＋10uF セラミック、 波形は Tambient ＝ 25 ℃です。* が付いた効率や消費電力のグラフでは、 軽負荷でサイクル・スキップが生じているので、 出力リップルがわずかに高くなっています。「アプリケーション」を参照してください。

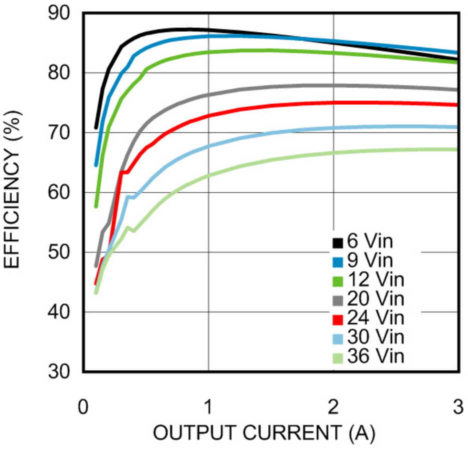
**Efficiency 3.3V output @ 25°C ambient**



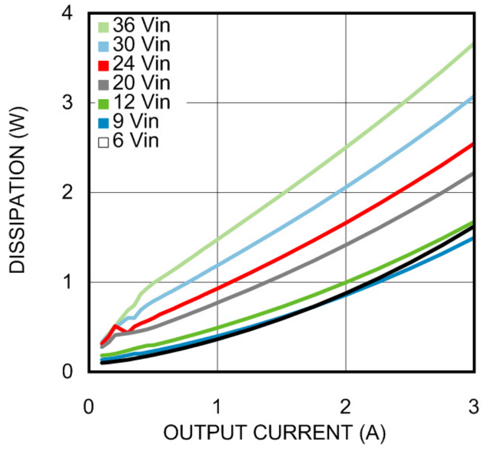

**Dissipation 3.3V output @ 25°C ambient**



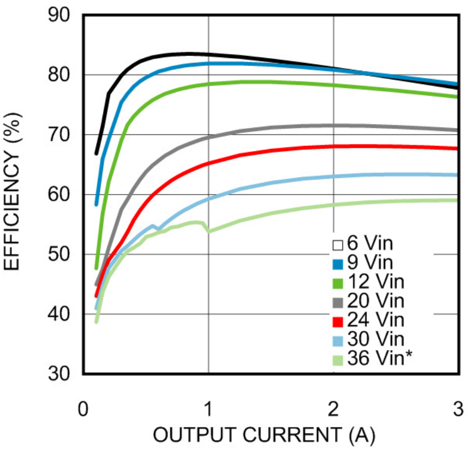

**Efficiency 2.5V output @ 25°C ambient**



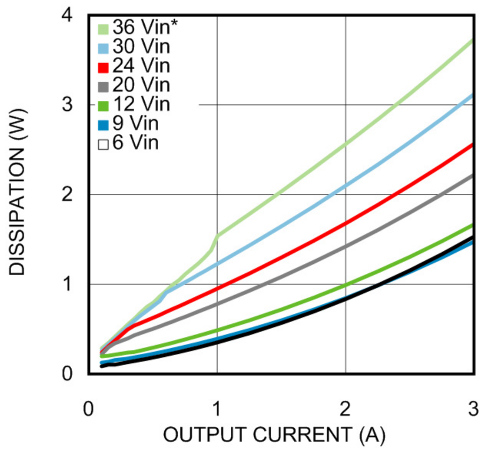

**Dissipation 2.5V output @ 25°C ambient**




**Efficiency 1.8V output @ 25°C ambient**



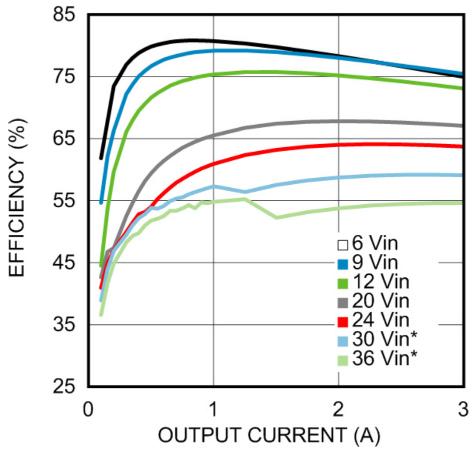

**Dissipation 1.8V output @ 25°C ambient**



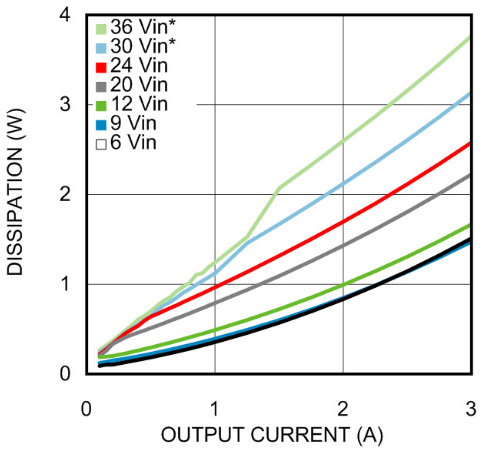
## 代表的な性能特性 ( つづき )

特記のない限り次の条件が適用されます。$V_{IN}$ = 12V、 Cin = 2 × 10 μ F + 1 μ F X7R セラミック、 $C_O$ = 220 μ F 特殊ポリマー＋ 10uF セラミック、 波形は Tambient = 25 ℃です。* が付いた効率や消費電力のグラフでは、 軽負荷でサイクル・スキップが生じているので、 出力リップルがわずかに高くなっています。「アプリケーション」を参照してください。

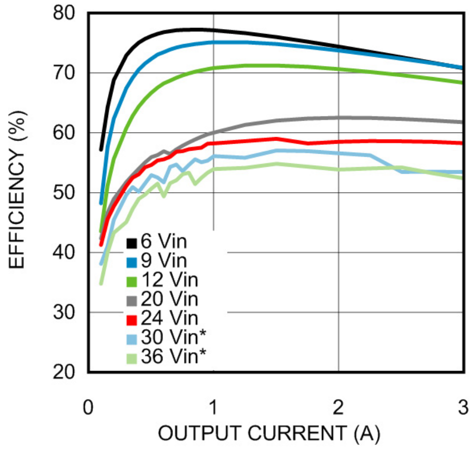
**Efficiency 1.5V output @ 25°C ambient**



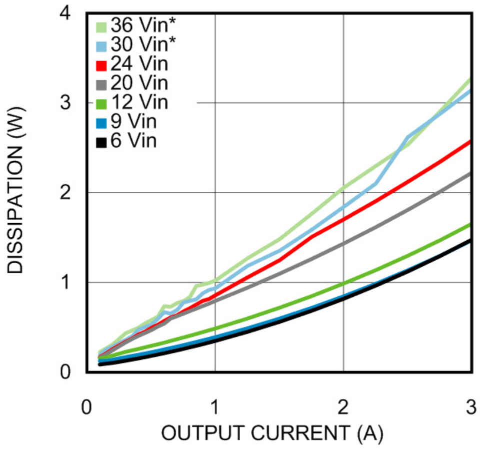

**Dissipation 1.5V output @ 25°C ambient**



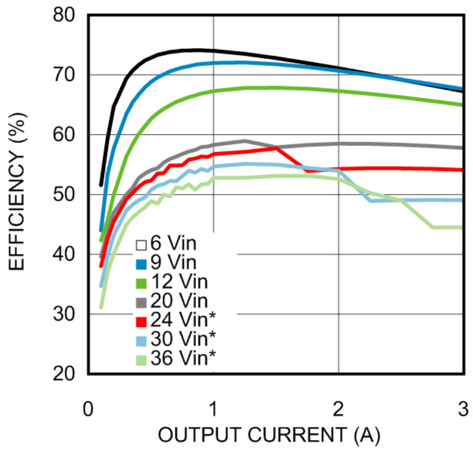

**Efficiency 1.2V output @ 25°C ambient**



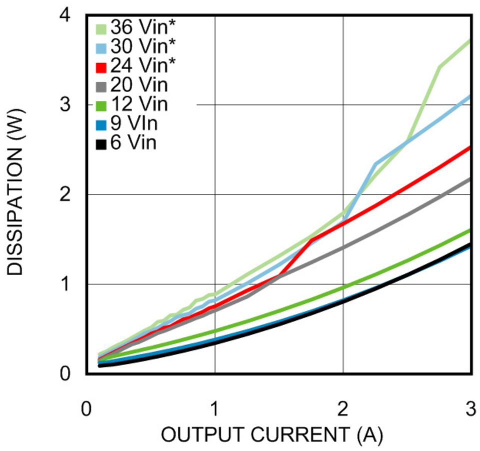

**Dissipation 1.2V output @ 25°C ambient**




**Efficiency 1.0V output @ 25°C ambient**



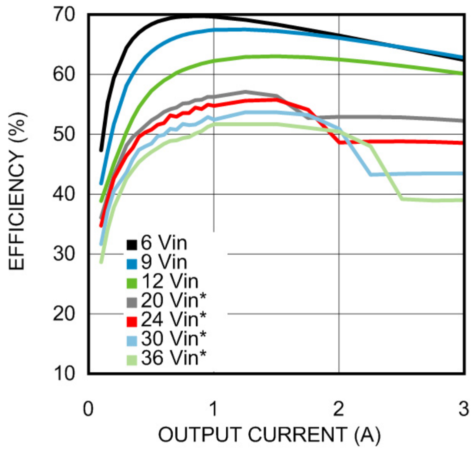

**Dissipation 1.0V output @ 25°C ambient**



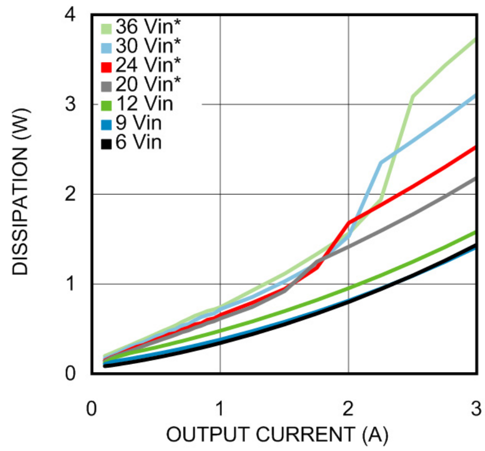
## 代表的な性能特性 ( つづき )

特記のない限り次の条件が適用されます。$V_{IN}$ = 12V、 Cin = 2 × 10 μ F + 1 μ F X7R セラミック、 $C_O$ = 220 μ F 特殊ポリマー＋ 10uF セラミック、 波形は Tambient = 25 ℃です。* が付いた効率や消費電力のグラフでは、 軽負荷でサイクル・スキップが生じているので、 出力リップルがわずかに高くなっています。「アプリケーション」を参照してください。

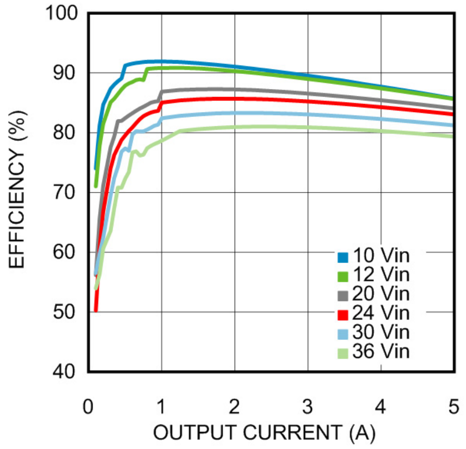
**Efficiency 0.8V output @ 25°C ambient**



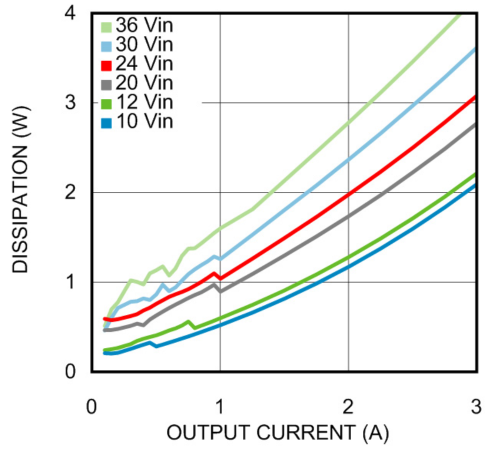

**Dissipation 0.8V output @ 25°C ambient**



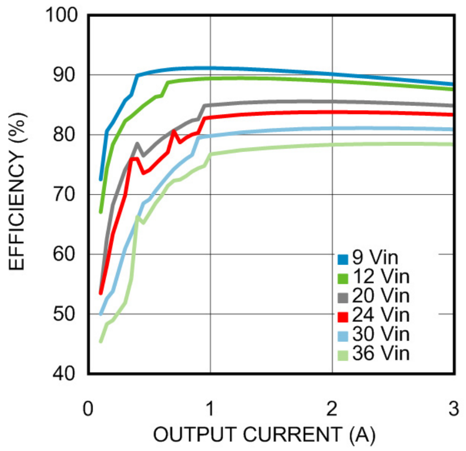

**Efficiency 6.0V output @ 85°C**



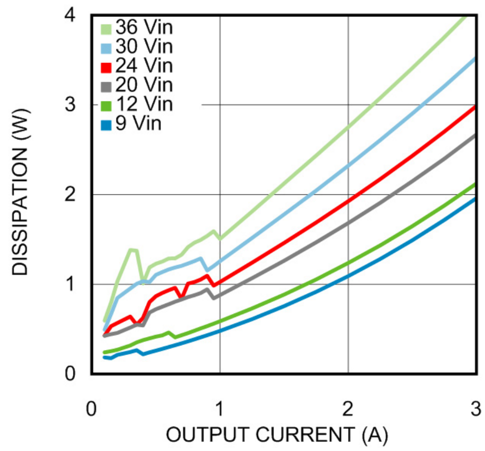

**Dissipation 6.0V output @ 85°C ambient**




**Efficiency 5.0V output @ 85°C ambient**



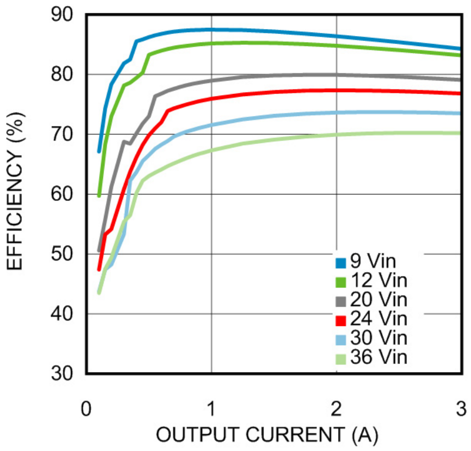

**Dissipation 5.0V output @ 85°C ambient**



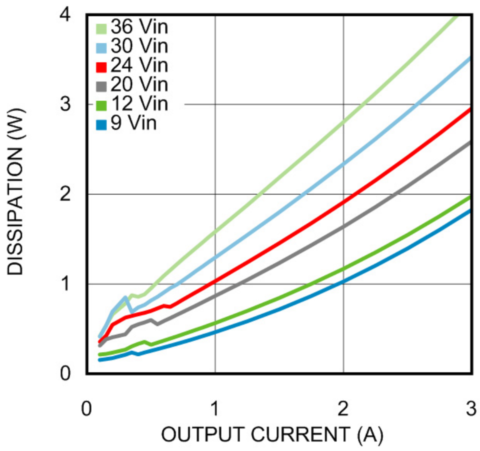
## 代表的な性能特性 ( つづき )

特記のない限り次の条件が適用されます。$V_{IN}$ = 12V、 Cin = 2 × 10 μ F + 1 μ F X7R セラミック、 $C_O$ = 220 μ F 特殊ポリマー＋10uF セラミック、 波形は Tambient = 25 ℃です。* が付いた効率や消費電力のグラフでは、 軽負荷でサイクル・スキップが生じているので、 出力リップルがわずかに高くなっています。「アプリケーション」を参照してください。

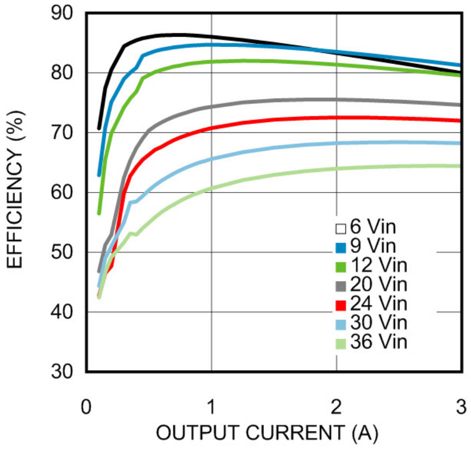
**Efficiency 3.3V output @ 85°C ambient**



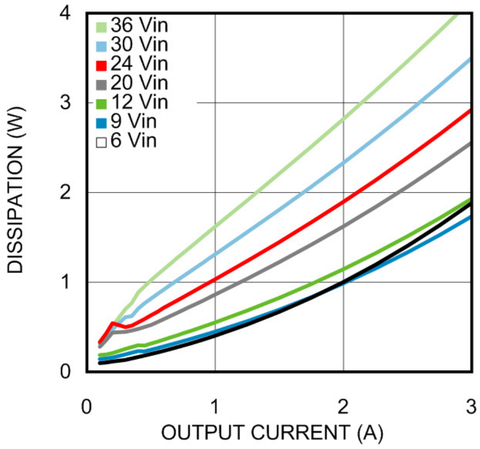

**Dissipation 3.3V output @ 85°C ambient**



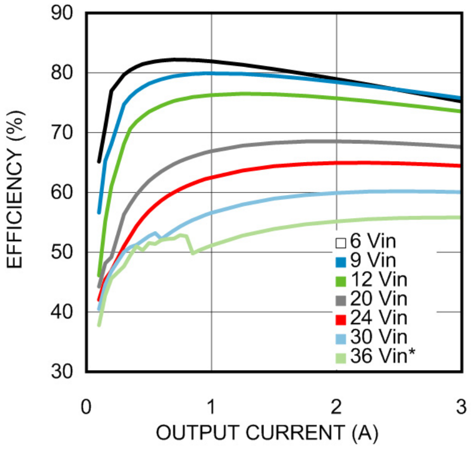

**Efficiency 2.5V output @ 85°C ambient**



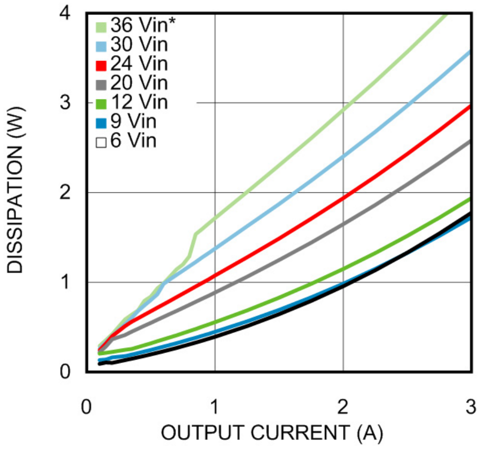

**Dissipation 2.5V output @ 85°C ambient**




**Efficiency 1.8V output @ 85°C ambient**



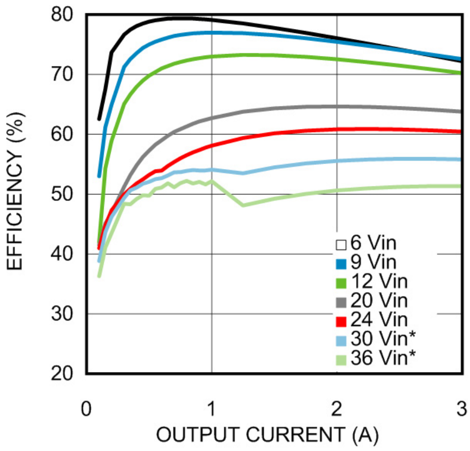

**Dissipation 1.8V output @ 85°C ambient**



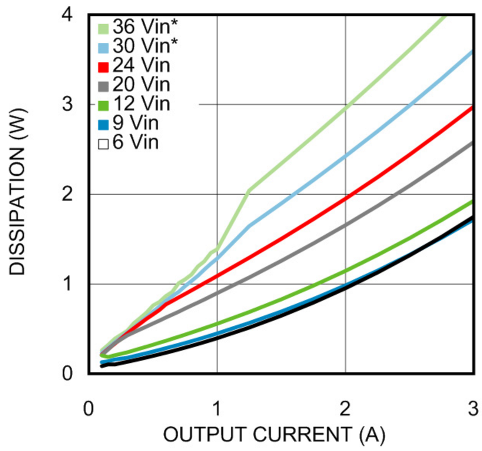
## 代表的な性能特性 ( つづき )

特記のない限り次の条件が適用されます。$V_{IN}$ = 12V、 Cin = 2 × 10 μ F ＋ 1 μ F X7R セラミック、 $C_O$ = 220 μ F 特殊ポリマー＋ 10uF セラミック、 波形は Tambient = 25 ℃です。* が付いた効率や消費電力のグラフでは、 軽負荷でサイクル・スキップが生じているので、 出力リップルがわずかに高くなっています。「アプリケーション」を参照してください。

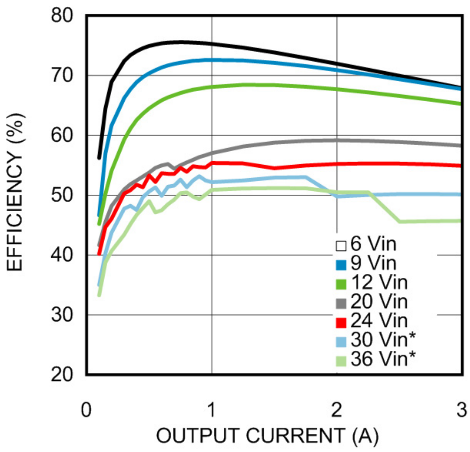
**Efficiency 1.5V output @ 85°C ambient**



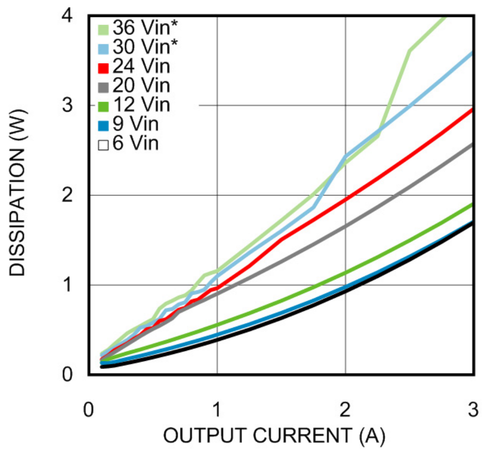

**Dissipation 1.5V output @ 85°C ambient**



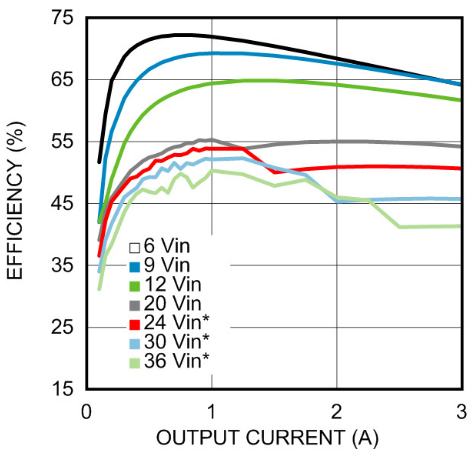

**Efficiency 1.2V output @ 85°C ambient**



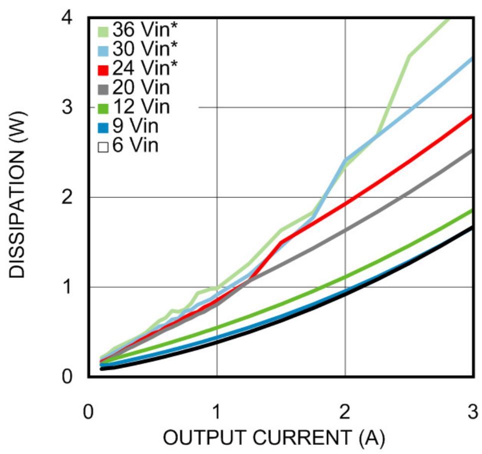

**Dissipation 1.2V output @ 85°C ambient**




**Efficiency 1.0V output @ 85°C ambient**



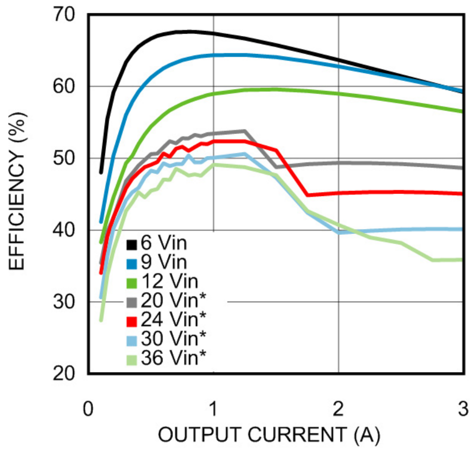

**Dissipation 1.0V output @ 85°C ambient**



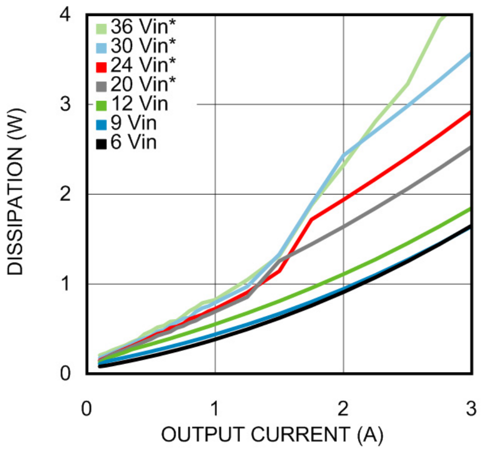
## 代表的な性能特性 ( つづき )

特記のない限り次の条件が適用されます。$V_{IN}$ = 12V、 Cin = 2 × 10 μ F + 1 μ F X7R セラミック、 $C_O$ = 220 μ F 特殊ポリマー＋10uF セラミック、 波形は Tambient = 25 ℃です。* が付いた効率や消費電力のグラフでは、 軽負荷でサイクル・スキップが生じているので、 出力リップルがわずかに高くなっています。「アプリケーション」を参照してください。

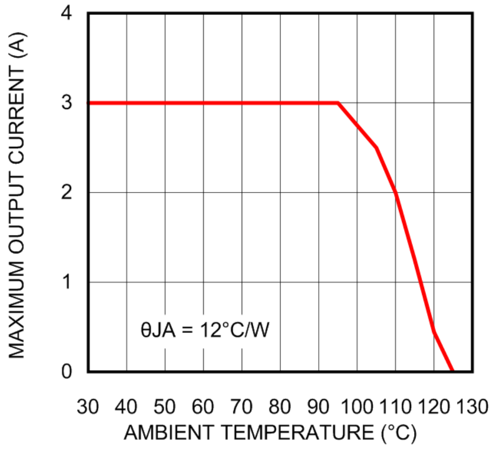
**Efficiency 0.8V output @ 85°C ambient**



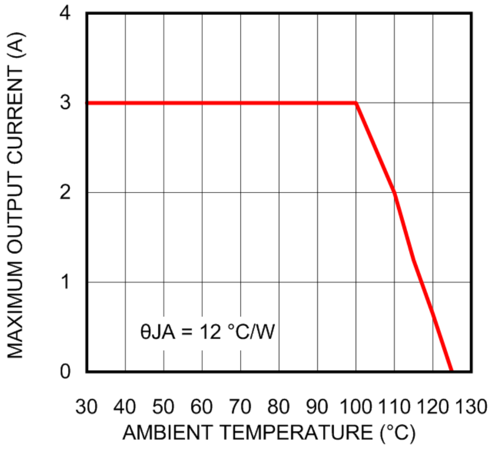

**Dissipation 0.8V output @ 85°C ambient**



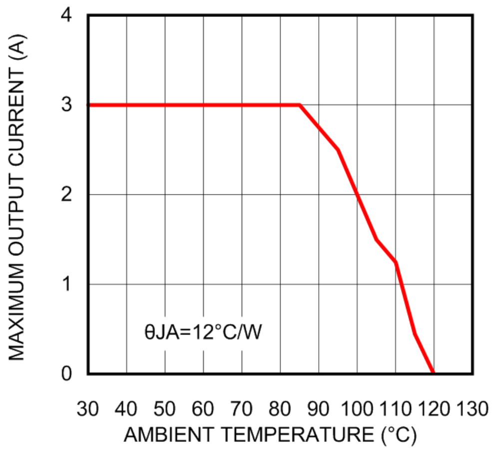

**Thermal derating $V_{IN}$ = 12V, $V_{OUT}$ = 5.0V**



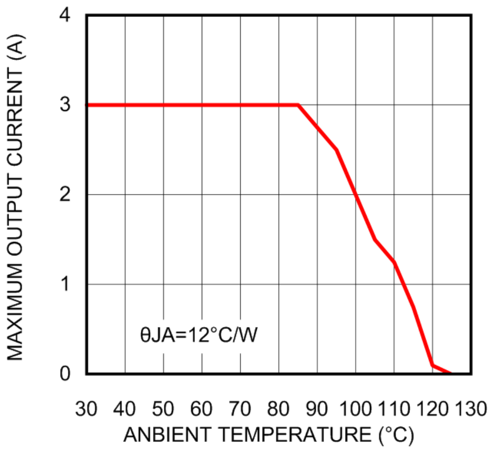

**Thermal derating $V_{IN}$ = 12V, $V_{OUT}$ = 3.3V**




**Thermal derating $V_{IN}$ = 24V, $V_{OUT}$ = 5.0V**



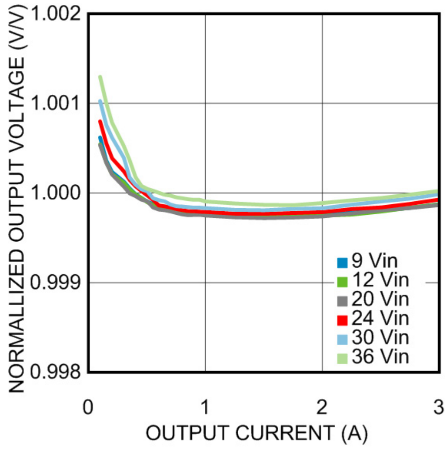

**Thermal derating $V_{IN}$ = 24V, $V_{OUT}$ = 3.3V**



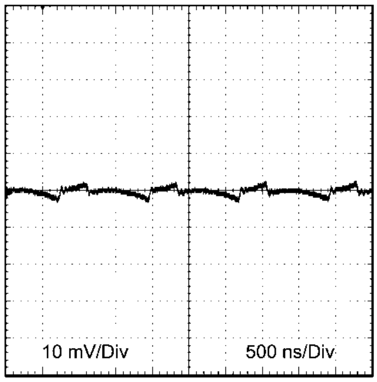
## 代表的な性能特性 ( つづき )

特記のない限り次の条件が適用されます。$V_{IN}$ = 12V、 Cin = 2 × 10 µ F + 1 µ F X7R セラミック、 $C_O$ = 220 µ F 特殊ポリマー＋ 10uF セラミック、 波形は Tambient = 25 ℃です。＊ が付いた効率や消費電力のグラフでは、 軽負荷でサイクル・スキップが生じているので、 出力リップルがわずかに高くなっています。「アプリケーション」を参照してください。

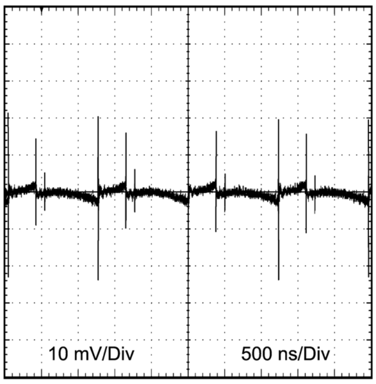
**Normalized Line and load regulation $V_{OUT}$ = 3.3V Normalized**



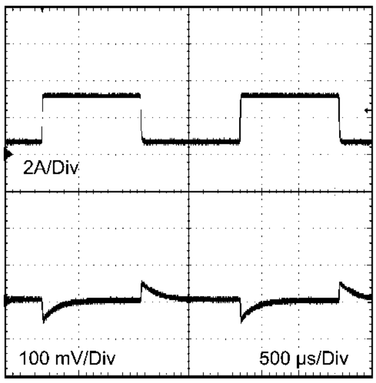

**Output ripple from evaluation board $12V_{IN}$ $3.3V_O$ @ 3A, BW = 20 MHz**



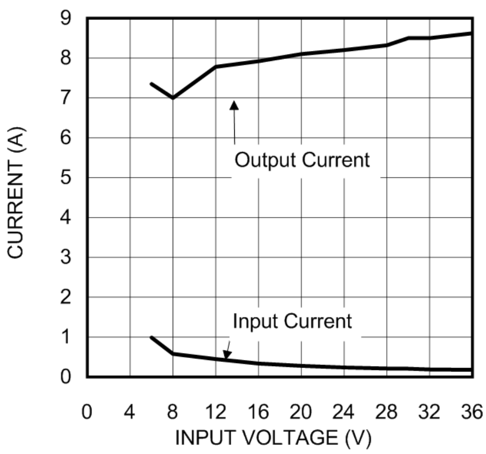

**Output ripple from evaluation board $12V_{IN}$ $3.3V_O$@ 3A BW = 250 MHz**



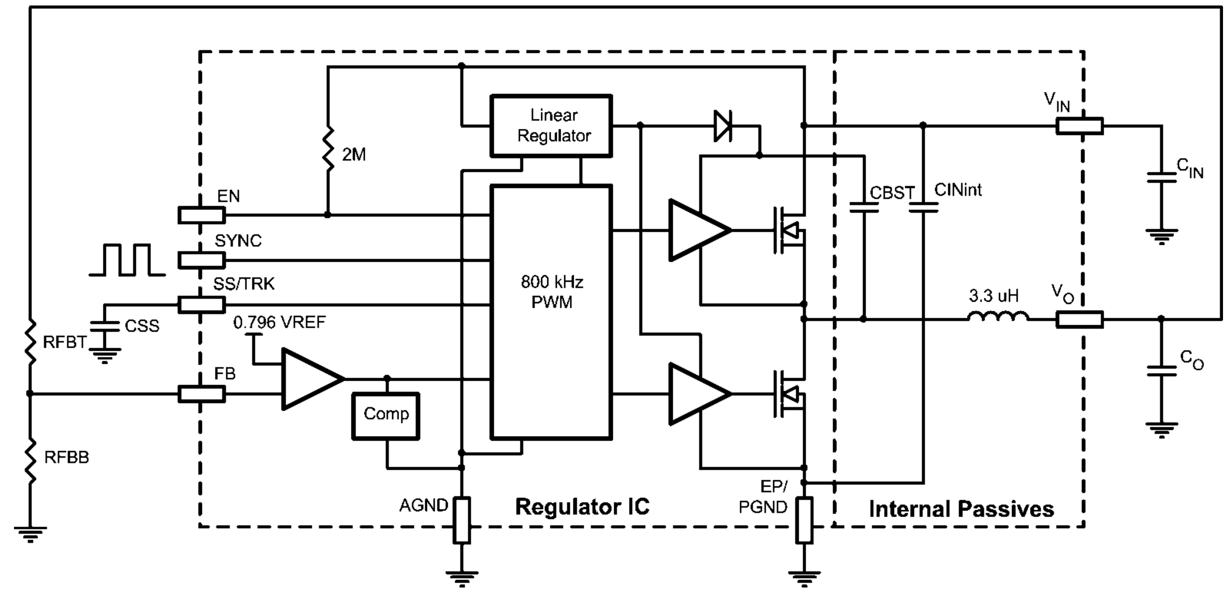

**Transient response from evaluation board $12V_{IN}$ $3.3V_O$0.5 to 3A Step**




**Short circuit current**



## ブロック図




## 概要

LMZ23603 SIMPLE SWITCHER® 電源モジュールは、最大 3A の負荷を駆動可能な使いやすい降圧型DC/DCソリューションです。LMZ23603 は、 放熱特性を改善する画期的なパッケージに実装され、 手作業または機械によるハンダ付けに対応できます。

LMZ23603 は、6V ～ 36V の範囲の入力電圧レールに対応し、最低 0.8V まで調整可能な高精度の出力電圧を供給します。LMZ23603 は、2 つの外部抵抗と 3 つの外部コンデンサだけで電源ソリューションを実現できます。LMZ23603 は、サーマル・シャットダウン、設定可能な入力 UVLO ( アンダーボルテージ・ロックアウト )、 出力過電圧保護、 短絡保護、 出力電流制限、プリバイアス・スタートアップなどの機能を備えた、 信頼性が高く堅牢な設計です。同期入力により、 650kHz ～ 950kHz のスイッチング周波数範囲で同期化が可能です。

## LMZ23603 アプリケーションの設計ステップ

LMZ23603 は、 WEBENCH® で完全対応し、 回路素子の選択、 電気特性、 熱特性シミュレーションなどの機能を装備しています。また、 設計のスタート・ポイントとして利用可能な評価ボードとデモ・ボードが提供されています。LMZ23603 アプリケーションを手作業で設計する場合、 以下の手順で行います。

すべての値は、 Figure 4 の代表的なアプリケーション図を参照してください。

- イネーブル分圧抵抗により、 最小動作 $V_{IN}$ を選択する
- 抵抗分圧回路の選択により、 $V_O$ をプログラムする
- $C_O$ を選択する
- $C_{IN}$ を選択する
- モジュールの消費電力を求める
- 必要な熱特性に基づいて PCB のレイアウトを行なう

### イネーブル分圧、$R_{ENT}$、$R_{ENB}$、$R_{ENH}$ の選択

このモジュールの内部では、 $V_{IN}$ とイネーブルの間に 2MΩ のプルアップ抵抗が接続されています。高精度なアンダーボルテージ・ロックアウト (UVLO) が不要なアプリケーションの場合、イネーブル入力を開放状態のままにしておくと、 内部抵抗によってモジュールが常時イネーブルになります。このような場合、 内部 UVLO は約 4.3V で発生します。

個別の監視回路を備えたアプリケーションでは、 イネーブルにロジック・ソースを直接接続できます。電源シーケンシングの場合、電源投入サイクルで、LMZ23603 の出力レールより先にアクティブになるレールへ分圧回路を接続します。

イネーブルは、 高精度の 1.279V スレッショルドを持ち、 ロジック信号を直接入力したり、$V_{IN}$ のような高い電圧を分圧した電圧の供給が可能です。また、イネーブル・ピンがスレッショルド電圧を超えるとオンになる 21μA (typ) オフセット電流によって、ヒステリシスを設定できます。 Figure 1 を参照してください。

このイネーブル分圧機能を使用すると、入力電圧が低下した際に回路をディスエーブルできます。これにより、 設定可能な UVLO の機能を実現します。 2 つの抵抗は、 以下の比に基づいて選択する必要があります。

$$R_{ENT} / R_{ENB} = (V_{IN\ UVLO} / 1.279V) - 1 \qquad (1)$$

LMZ23603 の代表的なアプリケーションでは、 $R_{ENB}$ には 12.7kΩ、 $R_{ENT}$ には 42.2kΩ を使用し、 5.46V の UVLO を実現します。入力電圧が 36V に上昇すると、 分圧回路の中点であるイネーブル・ピンは 8.33V に達し、 これはイネーブル・ピンの推奨制限値5.5Vを上回る点に注意しなければなりません。この対策のために、中点に 5.1V ツェナー・クランプを追加すると、 アプリケーションは 6V ～ 36V の動作範囲全体を網羅できます。最大イネーブル入力電圧を超過することがターゲット・アプリケーションによって防止されている場合、 ツェナー・クランプは必要ありません。

$R_{ENH}$ により、 イネーブル電圧ヒステリシスを追加できます。$R_{ENH}$ の値をゼロにして設計から省略して、 $R_{ENT}$ と $R_{ENB}$ の値を選択することも可能です。

立ち上がりスレッショルドは次式で計算できます。

$$V_{EN}\ (rising) = 1.279\ (1 + (R_{ENT} \| 2\ meg) / R_{ENB})$$

立ち下がりスレッショルド・レベルは次式で計算できます。

$$V_{EN}\ (falling) = V_{EN}\ (rising) - 21\mu A\ (R_{ENT} \| 2\ meg \| R_{ENTB} + R_{ENH})$$

## LMZ23603 アプリケーションの設計ステップ

( つづき )

**Enable input detail**

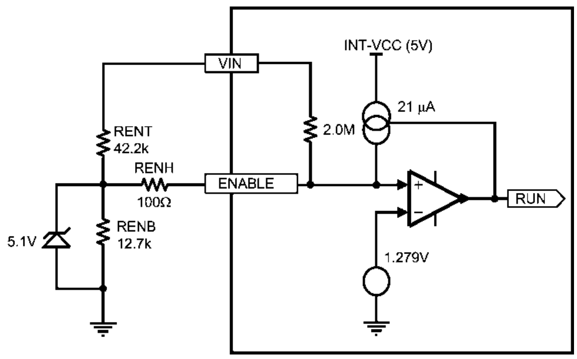



**Figure 1**

### 出力電圧の選択

出力電圧は、 $V_O$ とグラウンド間に接続された 2 つの分圧抵抗によって決まります。 分圧の中点を FB 入力に接続します。

出力電圧は外部分圧抵抗 $R_{FBT}$ と $R_{FBB}$ により以下のように設定します。

$$V_O = 0.796V \times (1 + R_{FBT} / R_{FBB}) \quad \textbf{(2)}$$

式を整理すると、 必要な出力電圧に対する帰還抵抗の比は、以下になります。

$$R_{FBT} / R_{FBB} = (V_O / 0.796V) - 1 \quad \textbf{(3)}$$

これらの抵抗は通常、 1.0kΩ ～ 10.0kΩ の範囲から値を選択する必要があります。

$V_O$ ＝ 0.8V の場合、 FB ピンを出力に直結可能であり、 $R_{FBB}$ を 8.06kΩ に設定して出力負荷を最小にできます。

$R_{FBT}$ と $R_{FBB}$ の値の一覧表は、 2 ページの簡略アプリケーション図に掲載されています。

### ソフトスタート・コンデンサの選択

プログラム可能なソフトスタートにより、 レギュレータは、 イネーブルの後、 安定状態の動作ポイントまでゆっくりと上昇するため、 入力電源からの突入電流を低減し、 出力電圧立ち上がり時間を延長します。

すべての UVLO 条件を満たした後、ターンオン時に内部の 1.6ms ソフトスタート回路が SS/TRK ピンをゆっくりと上昇させて、内部ソフトスタートを実行します。ターンオン時間が 1.6ms で十分な場合、Css コンデンサは未実装のままで構いません。外部コンデンサをこのピンに追加すると、ソフトスタート時間を延長できます。

ソフトスタート時間は次式で計算できます。

$$t_{SS} = V_{REF} \times C_{SS} / Iss = 0.796V \times C_{SS} / 50uA \quad \textbf{(4)}$$

この式は、 以下のように整理できます。

$$C_{SS} = t_{SS} \times 50\mu A / 0.796V \quad \textbf{(5)}$$

0.22μF のコンデンサを使用するとソフトスタート時間が 3.5ms (typ) となり、 0.47μF のコンデンサを使用すると 7.5ms (typ) となります。0.47 μF が推奨初期値です。

ソフトスタート入力が 0.796V を超えると、 出力電圧が設定値にレギュレートされ、50μA の電流が非アクティブ状態になります。以下のような条件の場合、内部電流シンクにより、SS 入力をグラウンドに放電し、ソフトスタート・コンデンサがリセットされます。

- イネーブル入力が低下している
- サーマル・シャットダウン
- 内部 Vcc UVLO ( 入力電圧 $V_{IN}$ が約 4.3V)

### トラッキング電源分圧オプション

トラッキング機能を利用すると、 モジュールをスレーブ電源として一次電圧レール ( 通常は 3.3V のシステム・レール ) に接続可能であり、この場合、スレーブ・モジュールの出力電圧はマスタの出力電圧よりも低い必要があります。構成が適切であれば、 スレーブ・レールはマスタ・レールと同時にオンになるので、電圧上昇時のレール間の電圧差を少なくできます ( 代表値で 0.15V 未満 )。トラッキング抵抗分圧回路の値は、50uA の内部電流源の存在を最小限に抑えられるように選択しなければなりません。ほとんどの場合、トラッキング分圧抵抗の比率は、出力電圧設定分圧の比率と等しくします。トラッキング・モードで適切に動作させるには、 スレーブ・レールのソフトスタート時間をマスタ・レールよりも短くする必要があります。 これは、 $C_{SS}$ コンデンサを $R_{TKB}$ に置き換えることによって容易に満たせる条件です。トラッキング機能はマスタ電源のパワーオン時のみサポートされるので、 SS/TRK が 0.8V を上回ると、 ソフトスタートがディスエーブルされ、50uA の内部電流源がオフになります。

**Tracking option input detail**

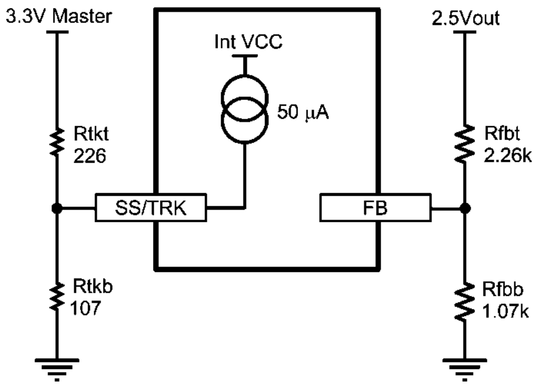



**Figure 2**

### $C_O$ の選択

必要な $C_O$ 出力コンデンサ容量は、モジュール内に含まれていません。エラー・アンプの内部補償の値に基づくと、少なくとも 200μF が必要です。リップルを最小限に抑えるには、 低 ESR タンタル、 有機半導体、 または特殊ポリマーのコンデンサ・タイプを推奨します。出力コンデンサ $C_O$ は、モジュールの近くで並列接続した複数のコンデンサで構成できます。出力コンデンサのワーストケースの最小リップル電流定格は、 式 **(14)** で導かれる 0.5 × $I_{LR\ P\text{-}P}$ も満たさなければなりません。さらに、コンデンサを追加すると、ESR が十分に低ければ出力リップルが低減されます。ループ応答の検証も、 閉ループ動作の確認に役立ちます。代表的なアプリケーション図と評価ボードには、 このような目的から $R_{FRA}$ が含まれています。これは、 最終設計では不要になります。

動的な負荷変動があるアプリケーションの場合は、 以下の式により、 負荷過渡要件での $C_O$ の適切なファースト・パス見積もりを計算します。$V_{O\text{-}Tran}$ は、3.3V 出力設計で 100mV になります。

$$C_O \geqq I_{O\text{-}Tran} / ((V_{O\text{-}Tran} - ESR \times I_{O\text{-}Tran}) \times (F_{SW} / V_O)) \quad \textbf{(6)}$$

解法：

$$C_O \geqq 2.5A / ((0.1V - .007 \times 2.5A) \times (800000Hz / 3.3V)) \geqq 125\mu F \quad \textbf{(7)}$$

200μF の最小出力容量は安定性要件を確保するために優先されます。

## LMZ23603 アプリケーションの設計ステップ

(つづき)

推奨する出力コンデンサの組み合わせは、220uF、7mΩ ESR の特殊ポリマー・コンデンサと 100uF、6.3V の X5R セラミック・コンデンサを並列接続したものです。この組み合わせは、一部のアプリケーションの要件を上回る優れた性能を発揮します。小型のセラミック・コンデンサをいくつか追加すると、高周波 EMI を抑制できます。

### $C_{IN}$ の選択

LMZ23603 モジュールには、小容量の入力セラミック・コンデンサが内蔵されています。アプリケーションの入力リップル電流を処理するには、モジュール外部で追加の入力コンデンサが必要です。並列接続した複数のコンデンサを入力コンデンサとして使用できます。この入力コンデンサは、モジュールのすぐ近くに配置する必要があります。入力コンデンサの選択は通常、コンデンサ値よりも、入力リップル電流要件を満たすように行います。入力リップル電流定格は次式で計算できます。

$$I(C_{IN(RMS)}) \fallingdotseq 1 / 2 \times I_O \times \mathrm{SQRT}\ (D / 1 - D) \quad \textbf{(8)}$$

$D \fallingdotseq V_O / V_{IN}$ です。

(基準点としてのリップル電流のワーストケースは、モジュールにフル負荷電流が供給され、$V_{IN} = 2 \times V_O$ の場合に発生します。)

推奨の最小入力コンデンサは、22uF X7R (または X5R) セラミックで、アプリケーションの最大投入入力電圧よりも少なくとも 25%以上高い電圧定格とします。また、選択したコンデンサの電圧と温度のディレーティングにも注意することを推奨します。セラミック・コンデンサのリップル電流定格がコンデンサのデータシートに記載されていない場合、このパラメータをコンデンサのメーカーに問い合わせる必要があります。

システム設計で、ピーク・ツー・ピーク入力リップル電圧 ($\Delta V_{IN}$) の最小値を維持する必要がある場合、以下の式を使用します。

$$C_{IN} \geqq I_O \times D \times (1 - D) / f_{SW\text{-}CCM} \times \Delta V_{IN} \quad \textbf{(9)}$$

12V 入力から 3.3V 出力のアプリケーションで、$\Delta V_{IN}$ が $V_{IN}$ の 1%である場合、120 mV に相当し、$f_{SW}$ = 812 kHz です。

$C_{IN} \geqq 3A \times 3.3V/12V \times (1 - 3.3V/12V) / (812000 \times 0.240V) \geqq 22.3\mu F$

さらに、入力給電ラインの入力容量と寄生インダクタンスによる共振を減衰させるために、より ESR の大きいバルク・コンデンサが必要になる場合があります。LMZ23603 の代表的なアプリケーション図と評価ボードには、この機能を目的とした 150μF 50V のアルミ・コンデンサが含まれています。このコンデンサが不要な場合も数多く存在します。

### 消費電力とボードの熱要件

モジュールの消費電力を計算する際は、アプリケーションの最大入力電圧と平均出力電流を使用します。多くの一般的な動作条件が特性曲線として提供されているので、一般的でないアプリケーションについても補間によって導き出せます。すべての設計において、接合部温度を最大定格の 125 ℃以下に維持する必要があります。

$V_{IN}$ = 24V、$V_O$ = 3.3V、$I_O$ = 3A、$T_{AMB(MAX)}$ = 85 ℃の設計事例の場合、モジュールでは、ケースから周囲への熱抵抗が以下の値未満である必要があります。

$$\theta_{CA} < (T_{J\text{-}MAX} - T_{A\text{-}MAX}) / P_{IC\text{-}LOSS} - \theta_{JC} \quad \textbf{(10)}$$

接合部からケースへの熱抵抗は標準値 1.9 ℃ /W (typ) です。「代表的な性能特性」に示した 85 ℃での消費電力曲線を使用して、設計中のアプリケーションの $P_{IC\text{-}LOSS}$ を見積もります。このアプリケーションでは 3W です。

$$\theta_{CA} = (125 - 85) / 3W - 1.9 = 11.4 \quad \textbf{(11)}$$

$\theta_{CA}$ = 11.4 を実現するには、PCB を効率よく放熱する必要があります。空気流と外熱がない場合、上下の金属層が 2oz の銅で被覆されたボードの必要な面積の正しい見積もりは、以下のとおりです。

$$\mathrm{Board\_Area\_cm}^2 = 500\ ℃ \times \mathrm{cm}^2/\mathrm{W} / \theta_{CA} \quad \textbf{(12)}$$

したがって、この PCB 設計では、上下層で約 44 平方 cm の 2oz 銅箔が必要となります。PCB 銅箔ヒート・シンクは、露出パッドに接続する必要があります。概算で、上側銅箔部分と下側銅箔部分を接続する 10mil (254μm) のサーマル・ビアがスペーシング 39mil (1.0mm) で 60 個必要です。SIMPLE SWITCHER® 電源モジュール向けの優れた熱特性 PCB レイアウトの例については、AN-2085、AN-2125、AN-2020、AN-2026 を参照してください。

### プリント基板レイアウトのガイドライン

プリント基板のレイアウトはDC/DCコンバータの設計の重要な部分を占めています。設計が適切ではないプリント基板を使用すると、EMI、グラウンド・バウンス、配線の電圧降下などにより、DC/DC コンバータの性能と周辺回路の動作に影響を与えます。不適切な基板では、DC/DC コンバータに不正な信号が入力され、制御性と安定度が低下します。以下の基本的な設計ルールに従い、適切なプリント基板設計を行ってください。

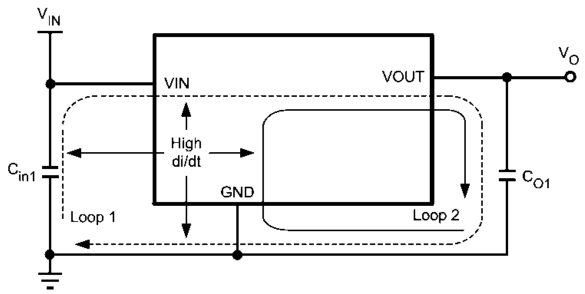



**Figure 3**

#### 1. スイッチング電流ループの面積を最小限に抑えます。

EMI低減の観点から、プリント基板のレイアウト設計を行う場合、上の図に示すように High di/dt の経路をできるだけ短くすることが必須となります。入力コンデンサ (Cin1) を LMZ23603 から離して配置すると、高電流ループが High di/dt の部分に重ならず、出力ピンに高周波ノイズが発生します。したがって、$C_{IN1}$ を LMZ23603 の VIN と PGND 露出パッドに可能な限り近づけて配置します。こうすると High di/dt の面積が最小化され、EMI が低減されます。また、入力 / 出力コンデンサのグラウンディング (接地) は、PGND 露出パッド (EP) に接続するローカルな最上層にとる必要があります。

#### 2. グラウンドは 1 点とします。

フィードバック (帰還)、ソフトスタート、イネーブル回路素子のグラウンド接続は、デバイスの AGND ピンへ配線する必要があります。これにより、スイッチ電流または負荷電流がアナログ・グラウンド配線に流れ込むことを防ぎます。グラウンド・レイアウトが適切に配置されていないと、負荷制御特性が劣化したり、出力電圧リップルの振る舞いが不安定になったりします。また、4 ピン (AGND) から EP/PGND へ 1 点でグラウンド接続を行います。

#### 3. FB ピンへの配線は最短にします。

両方の帰還抵抗 $R_{FBT}$ と $R_{FBB}$ は、FB ピンの近くに配置します。FB ノードは高インピーダンスであるため、銅箔部分の面積はできるだけ小さくします。$R_{FBT}$ と $R_{FBB}$ のトレースは、ノイズを拾う可能性を最小限に抑えるため、LMZ23603 本体から離して配線します。

## LMZ23603 アプリケーションの設計ステップ

( つづき )

4. 入出力バス接続は、 できるだけ広くします。

コンバータ入出力部分での電圧降下を抑え、 効率を最大化するためです。 負荷部分の電圧精度を最適化するには、フィードバック電圧を検出するための専用の配線を負荷まで走らせます。 この配線により電圧降下を補正し、 最適な出力精度を実現できます。

5. デバイスのヒートシンクを適切に行います。

露出パッドをプリント基板の裏面のグラウンド・プレーンに接続するヒートシンク用のビア配列を設けます。多層基板の場合は、これらのサーマル・ビアを中間層に接続して、中間層を熱を拡散させるためのグラウンド・プレーンとしても使用できます。 サーマル・ビアのスペーシング間隔を 59mil (1.5mm) とした最小径 10mil (254 $\mu$ m) のビアを 6 × 10 列配置すると、最適の結果が得られます。 ヒート・シンクには充分な銅箔部分の面積を確保し、 接合部温度を 125 ℃未満に保ってください。

## その他の機能

### 同期入力

PWM スイッチング周波数は、 外部周波数ソースに同期できます。同期機能を使用しない場合は、この入力をグラウンドに直接接続するか、 1.5kΩ 以下の抵抗を介してグラウンドに接続します。許容されている同期周波数範囲は 650kHz ～ 950kHz です。代表的な入力スレッショルドの遷移レベルは 1.4V です。入力クロックがスレッショルドを 2 倍にオーバードライブする理想的な方法として、 3.3V ロジックから 1.5kΩ のテブナン・ソース抵抗を介して直接駆動することを推奨します。「ロジック 1」を継続的に印加すると 0Hz の PWM 周波数に相当し、 モジュールがスイッチングを停止します。

### 出力オーバーボルテージ保護 (OVP)

FB の電圧が 0.86V の内部オーバーボルテージ検出電圧を超えると、 エラー・アンプの出力がグラウンドにプルダウンされ、 $V_O$ が低下します。

### 電流制限

LMZ23603 は、 ローサイド (LS) やハイサイド (HS) の電流制限回路によって保護されています。LS 電流制限の検出は、LS 同期 MOSFET の電流を監視して、オフ時間中に行われます。機能ブロック図を参照してください。ハイサイド MOSFET がオフになった場合、 インダクタ電流が負荷を通って PGND ピンと内部同期 MOSFET に流れます。この電流が LS 電流制限レベルを超えると、 電流制限コンパレータが次のスイッチング周期の開始を無効にします。電流が制限以下に低下するまで、 スイッチング・サイクルは禁止されます。また、 代表的な性能のグラフに示したように、制限される DC 出力電流はデューティ・サイクルと温度に依存します。HS 電流制限では、HS MOSFET の電流が監視されます。HS 電流制限が検出された場合、 HS MOSFET が即座にシャットオフされ、 次のサイクルまでシャットオフ状態が続きます。HS 電流制限を超えると、$V_O$ が低下します。LS 電流制限を超えた場合の代表的な振る舞いとしては、$f_{SW}$ が動作周波数の 1/2 に減少します。

### 過熱保護

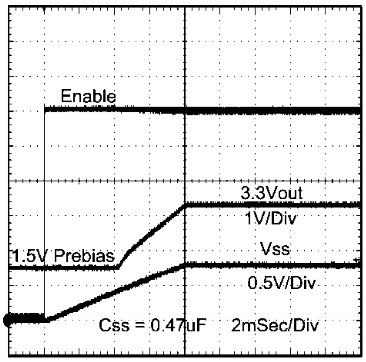
LMZ23603 の接合部温度は、最大定格を超えてはなりません。過熱保護は、 内部のサーマル・シャットダウン回路によって実行されます。 この回路は、 165 ℃ (typ) で動作し、 デバイスを低電力スタンバイ状態にします。この状態では、 主 MOSFET がオフのままとなり、 $V_O$ が低下し、 さらに $C_{SS}$ コンデンサがグラウンドへ放電されます。 過熱保護により、 デバイスが誤って過熱され、 致命的な障害が発生するのを防止します。 接合部温度が 150 ℃ ( 標準的なヒステリシス幅は 15 ℃ ) 未満に下がると、 SS ピンが解放され、 $V_O$ が滑らかに上昇し、 通常動作が再開されます。

特に高入力電圧で最大出力電流が必要なアプリケーションの場合の高い温度条件では、追加のディレーティングが必要となる場合があります。

### プリバイアス・スタートアップ

LMZ23603 は、出力がプリバイアスされた状態から正しくスタートアップします。このようなスタートアップ状態は、 スタートアップ・シーケンス中に異なる電源ライン間に電流経路が存在することがある複数ライン論理アプリケーションで一般的に見られます。以下に、このモードでの正しい振る舞いを示します。トレース 1 では、 イネーブルが High 状態です。トレース 2 は、 1.5V のプリバイアス状態から 3.3V に上昇しています。トレース 3 では、 $C_{SS}$ によって立ち上がり時間が決定されています。

**Pre-Biased Startup**




### 不連続モードと連続モード

軽負荷時、レギュレータは不連続モード (DCM) で動作します。負荷電流が臨界導通点を超えると、 レギュレータは連続モード (CCM) で動作します。 CCM の場合、 スイッチング・サイクル全体を通して電流がインダクタを流れ、オフ時間中もゼロになりません。DCM での動作時は、 インダクタ電流が平均値に維持され、Iout と等しくなります。エミュレート電流モード制御方式を使用した場合、 インダクタ電流は通常の振る舞いを見せます。この動作モード時は通常、 出力電圧リップルが増加します。

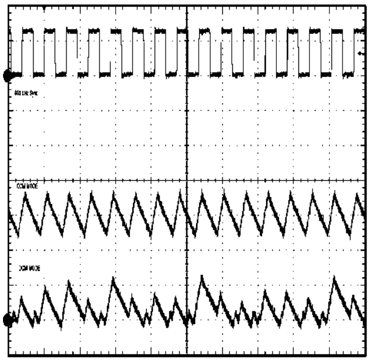
次に、CCM ( 上側 ) と DCM 動作モードの波形の比較を示します。

## LMZ23603 アプリケーションの設計ステップ

( つづき )

**CCM and DCM Operating Modes**

**$V_{IN}$ = 12V, $V_O$ = 3.3V, $I_O$ = 3A/0.3A 2 µsec/div**



DCM/CCM 境界を求める概算式は、 次のとおりです。

$$I_{DCB} \fallingdotseq V_O \times (V_{IN} - V_O)/(2 \times 3.3\mu H \times f_{SW(CCM)} \times V_{IN}) \quad \textbf{(13)}$$

モジュール内部のインダクタは 3.3 μ H です。 この値は、 低入力電圧と高入力電圧のアプリケーション間でバランスを取るために選択しました。 インダクタの影響を受ける主なパラメータは、 インダクタ・リップル電流の振幅 ($I_{LR}$) です。 $I_{LR}$ は、 以下のように計算できます。

$$I_{LR\ P\text{-}P} = V_O \times (V_{IN} - V_O) / (3.3\mu H \times f_{SW} \times V_{IN}) \quad \textbf{(14)}$$

$V_{IN}$ は最大入力電圧を示し、 $f_{SW}$ は通常 812kHz です。

$I_O = I_L$ として出力電流 $I_O$ を求めた場合、$I_{LR}$ の上側と下側のピーク値を求められます。

## 簡略評価ボード回路図

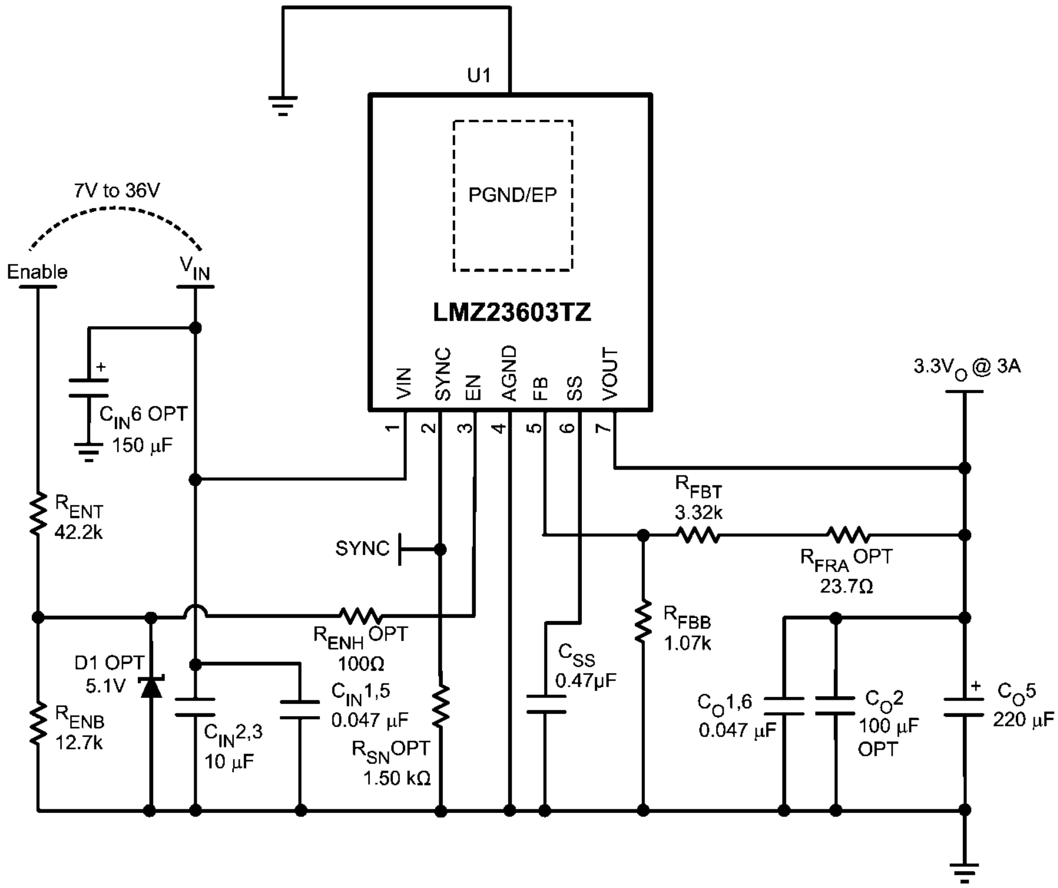



**Figure 4**

## 評価ボードの部品表 — Table 1

| Ref Des | Description | Case Size | Case Size | Manufacturer P/N |
|---|---|---|---|---|
| U1 | SIMPLE SWITCHER ® | TO-PMOD-7 | National Semiconductor | LMZ23603TZ |
| $C_{in}$1,5 | 0.047 µF, 50V, X7R | 1206 | Yageo America | CC1206KRX7R9BB473 |
| $C_{in}$2,3 | 10 µF, 50V, X7R | 1210 | Taiyo Yuden | UMK325BJ106MM-T |
| $C_{in}$6 (OPT) | CAP, AL, 150µF, 50V | Radial G | Panasonic | EEE-FK1H151P |
| $C_O$1,6 | 0.047 µF, 50V, X7R | 1206 | Yageo America | CC1206KRX7R9BB473 |
| $C_O$2 (OPT) | 100 µF, 6.3V, X7R | 1210 | TDK | C3225X5R0J107M |
| $C_O$5 | 220 µF, 6.3V, SP-Cap | (7343) | Panasonic | EEF-UE0J221LR |
| $R_{FBT}$ | 3.32 kΩ | 0805 | Panasonic | ERJ-6ENF3321V |
| $R_{FBB}$ | 1.07 kΩ | 0805 | Panasonic | ERJ-6ENF1071V |
| $R_{SN}$ (OPT) | 1.50 kΩ | 0805 | Vishay Dale | CRCW08051K50FKEA |
| $R_{ENT}$ | 42.2 kΩ | 0805 | Panasonic | ERJ-6ENF4222V |
| $R_{ENB}$ | 12.7 kΩ | 0805 | Panasonic | ERJ-6ENF1272V |
| $R_{FRA}$(OPT) | 23.7Ω | 0805 | Vishay Dale | CRCW080523R7FKEA |
| $R_{ENH}$ | 100 Ω | 0805 | Vishay Dale | CRCW0805100RFKEA |
| $C_{SS}$ | 0.47 µF, ±10%, X7R, 16V | 0805 | AVX | 0805YC474KAT2A |
| D1(OPT) | 5.1V, 0.5W | SOD-123 | Diodes Inc. | MMSZ5231BS-7-F |

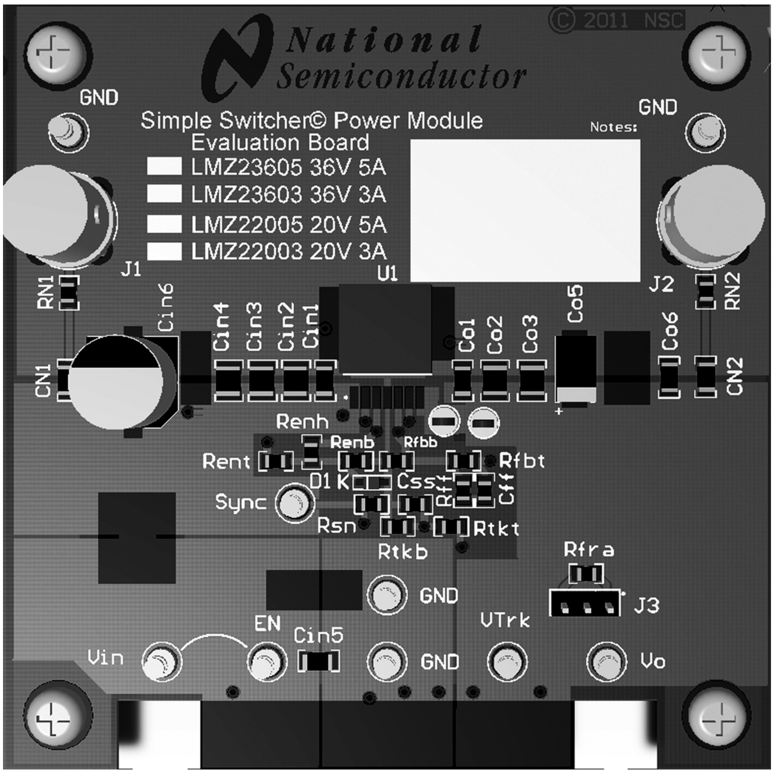



**Figure 5 – Top view evaluation board – See AN-2085**

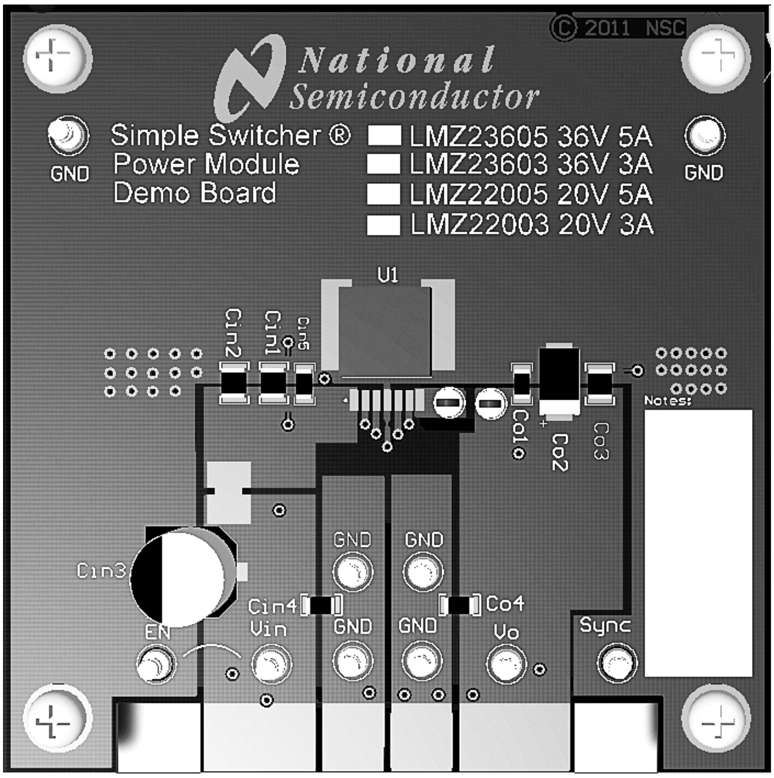
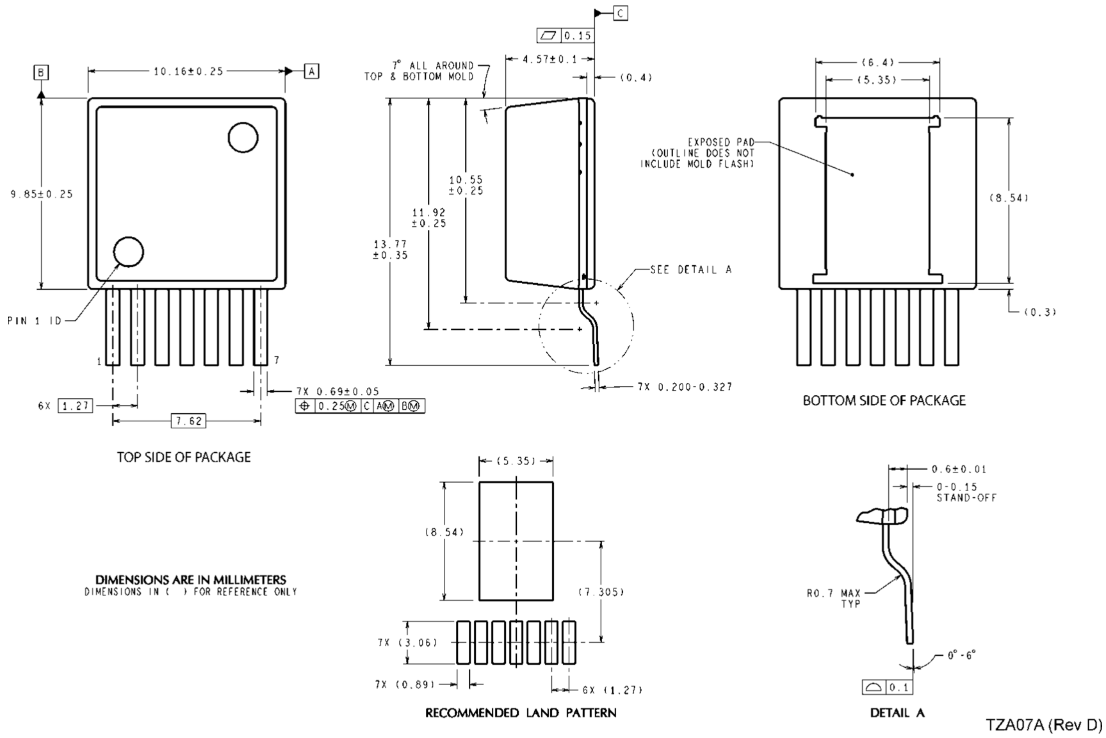



**Figure 6 – Top view demonstration board – See AN–2125**

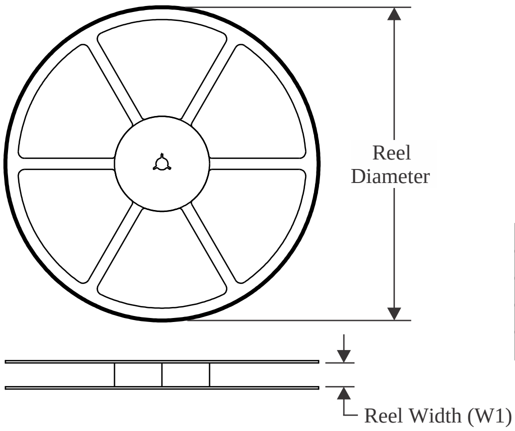
## 外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



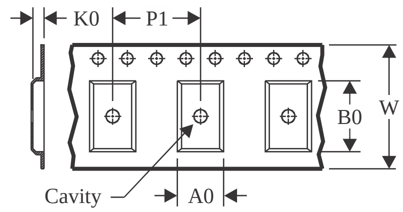

**7-Lead TZA Package**
**NS Package Number TZA07A**

## TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

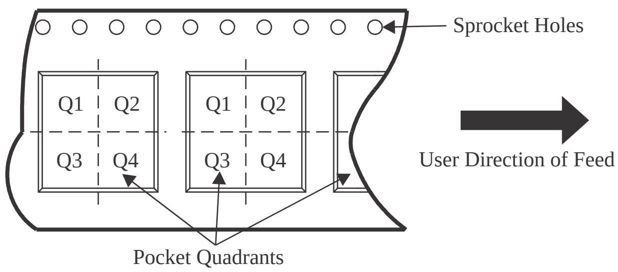



TAPE DIMENSIONS




| | |
|---|---|
| A0 | Dimension designed to accommodate the component width |
| B0 | Dimension designed to accommodate the component length |
| K0 | Dimension designed to accommodate the component thickness |
| W | Overall width of the carrier tape |
| P1 | Pitch between successive cavity centers |

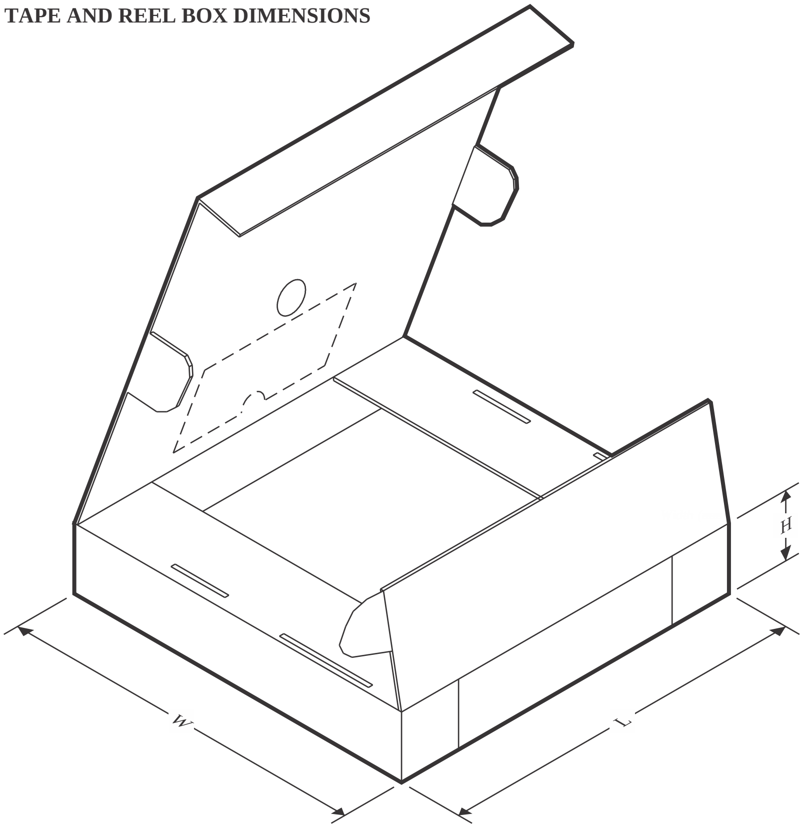
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE




*All dimensions are nominal

| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Reel Diameter (mm) | Reel Width W1 (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | P1 (mm) | W (mm) | Pin1 Quadrant |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LMZ23603TZE/NOPB | TO-PMOD | NDW | 7 | 250 | 330.0 | 24.4 | 10.6 | 14.22 | 5.0 | 16.0 | 24.0 | Q2 |
| LMZ23603TZX/NOPB | TO-PMOD | NDW | 7 | 500 | 330.0 | 24.4 | 10.6 | 14.22 | 5.0 | 16.0 | 24.0 | Q2 |

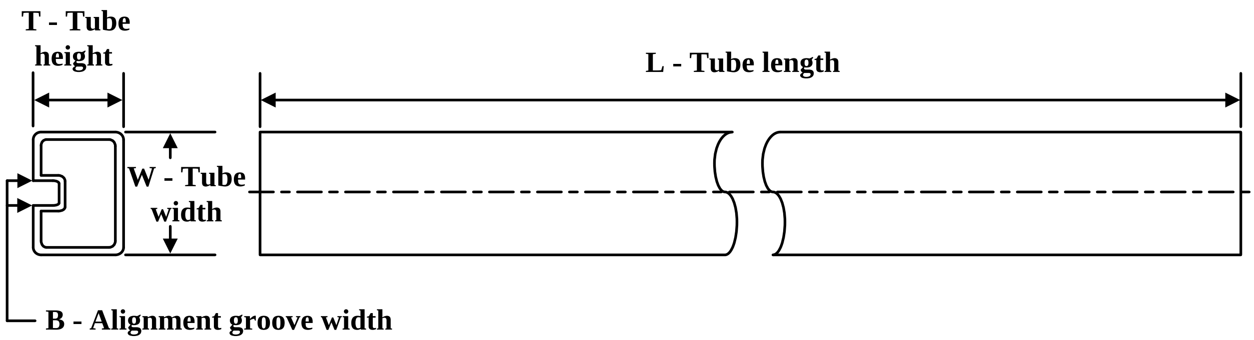
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS




*All dimensions are nominal

| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Length (mm) | Width (mm) | Height (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LMZ23603TZE/NOPB | TO-PMOD | NDW | 7 | 250 | 367.0 | 367.0 | 45.0 |
| LMZ23603TZX/NOPB | TO-PMOD | NDW | 7 | 500 | 367.0 | 367.0 | 45.0 |

## TUBE




*All dimensions are nominal

| Device | Package Name | Package Type | Pins | SPQ | L (mm) | W (mm) | T (µm) | B (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LMZ23603TZ/NOPB | NDW | TO-PMOD | 7 | 45 | 502 | 17 | 6700 | 8.4 |

# 重要なお知らせと免責事項