# 正誤表

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、2021 年 8 月 11 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。

**製品名：LTM8060**
**対象となるデータシートのリビジョン(Rev)**：Rev.A
**訂正箇所：14 ページ**
右の段、上から 4 行目の式

【誤】

$$R_{FB} = \frac{249k\Omega}{\frac{VOUT}{0.8V} - 1} \qquad (2)$$

【正】

$$R_{FB} = \frac{249k\Omega}{\frac{VOUT}{0.8V} - 1} \qquad (1)$$

アナログ・デバイセズ株式会社

本　　社／〒105-6891　東京都港区海岸 1-16-1
ニューピア竹芝サウスタワービル
電話 03（5402）8200
大阪営業所／〒532-0003　大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36
新大阪トラストタワー
電話 06（6350）6868

# 正誤表

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、2021 年 8 月 11 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。

**製品名：LTM8060**
**対象となるデータシートのリビジョン(Rev)**：Rev.A
**訂正箇所：18 ページ**
左の段、上から 12 行目とその下の式

【誤】
「・・・、抵 抗 の 値 は式 1 で与えられます。」

$$R_{FB}=\frac{199.2}{n(VOUT-0.8)}\ ,\text{where } R_{FB} \text{ is in k}\Omega \qquad (1)$$

【正】
「・・・、抵 抗 の 値 は式 2 で与えられます。」

$$R_{FB}=\frac{199.2}{n(VOUT-0.8)}\ ,\text{where } R_{FB} \text{ is in k}\Omega \qquad (2)$$

アナログ・デバイセズ株式会社

本　　社／〒105-6891　東京都港区海岸 1-16-1
ニューピア竹芝サウスタワービル
電話 03（5402）8200
大阪営業所／〒532-0003　大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36
新大阪トラストタワー
電話 06（6350）6868

# 構成設定可能な3A出力アレイを備えたクワッド40$V_{IN}$のSilent Switcher µModuleレギュレータ

## 特長

- **4つのフル機能降圧スイッチング電源**
- **低ノイズSilent Switcher®（サイレント・スイッチャ）アーキテクチャ**
- **CISPR22クラスB準拠**
- **CISPR25クラス5準拠**
- **広い入力電圧範囲：3V～40V**
- **広い出力電圧範囲：0.8V～8V**
- **チャンネルあたりの連続出力電流（$12V_{IN}$、$3.3V_{OUT}$、$T_A$ = 80°C）：3A**
- **チャンネルあたりの連続出力電流（$12V_{IN}$、$3.3V_{OUT}$、$f_{SW}$ = 2MHz、$T_A$ = 60°C）：4A**
- **出力電流増加のために、多相またはマルチµModuleを並列接続可能**
- **低熱抵抗、$\theta_{JA}$ = 8.4°C/W、$\theta_{JCtop}$ = 5.0°C/W、$\theta_{JCbot}$ = 1.8°C/W**
- 選択可能なスイッチング周波数：200kHz～3MHz
- 小型パッケージ

## アプリケーション

- ATE（自動試験装置）
- 工業用電源
- 医療機器

全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

クリックすると関連の設計アイデアに関する動画がご覧になれます。

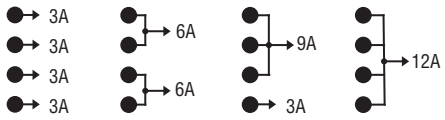
## 概要

LTM®8060はクワッド40$V_{IN}$、3A降圧Silent Switcher µModule®レギュレータです。Silent Switcherアーキテクチャにより、3MHzまでの周波数で高い効率を実現しながら、EMIを最小限に抑えます。パッケージには、コントローラ、パワー・スイッチ、インダクタ、サポート部品が含まれています。LTM8060は、広い入力電圧範囲で動作し、0.8V～8Vの出力電圧および200kHz～3MHzのスイッチング周波数範囲を、それぞれ1つの抵抗で設定できます。設計を仕上げるには、入出力フィルタのバルク・コンデンサのみが必要です。LTM8060の製品ビデオは、Webサイトで視聴できます。

LTM8060は小型（11.9mm × 16mm × 3.32mm）のオーバーモールド・ボール・グリッド・アレイ（BGA）パッケージを採用しており、標準的な表面実装装置による自動アセンブリに適しています。LTM8060はSnPb（BGA）で提供されるか、またはRoHSに準拠しています。

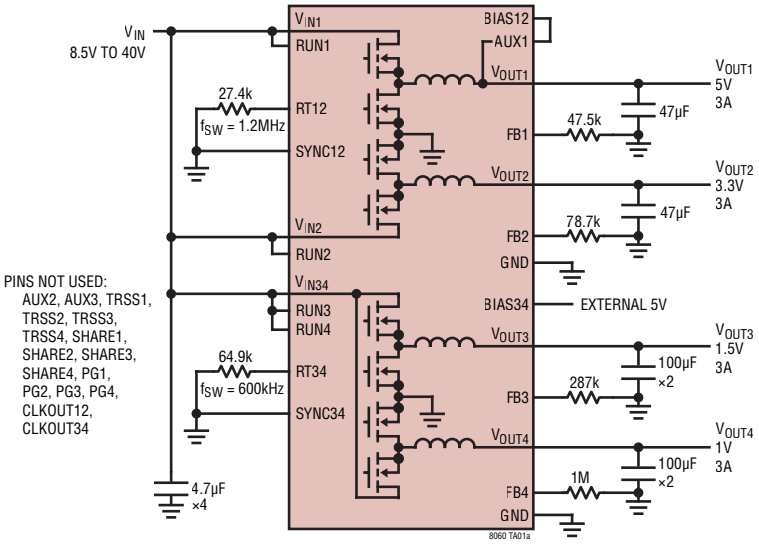
### 構成設定可能な出力アレイ

LTM8060の出力は、最大12Aまでアレイで並列化できます。

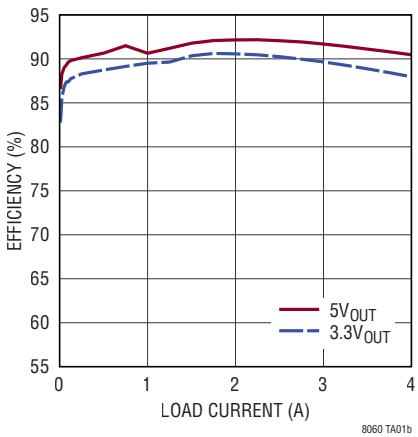



## 標準的応用例

**8.5V～40V入力からのクワッド3A出力**




**効率、$V_{IN}$ = 24V、バイアス = 5V**




Rev. A

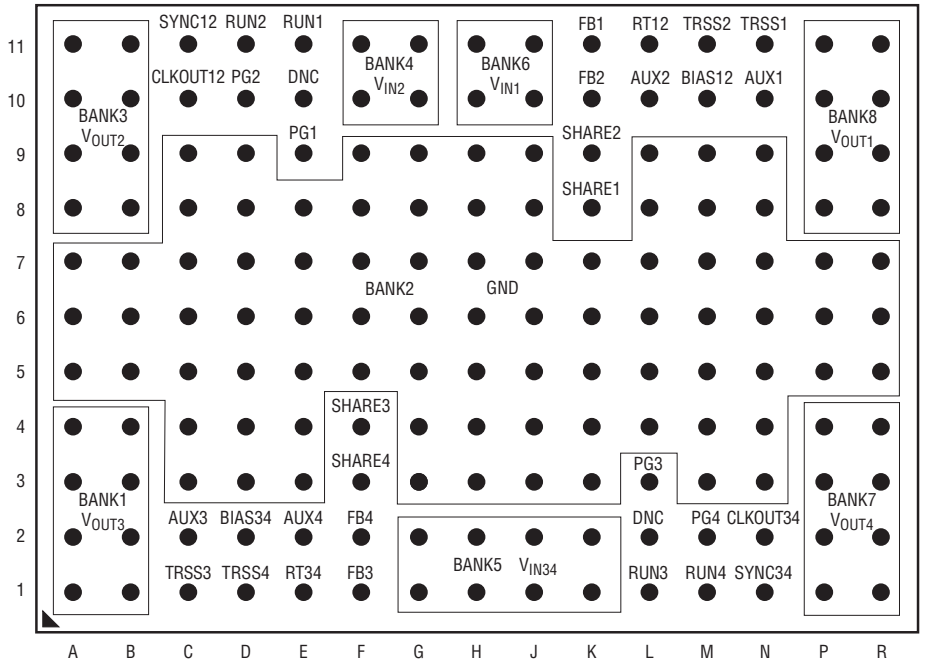
## 絶対最大定格

**(Note 1)**

$V_{INn}$、RUN*n*、PG*n* .....42V
$V_{OUTn}$、BIAS*n*、AUX*n*. .....10V
FB*n*、TRSS*n*、SHARE*n*、RT*n* .....4V
ISYNC*n*.....6V

最高内部温度(Note 2) .....125°C
保存温度.....–55°C～125°C
ピーク・ハンダ・リフロー・パッケージ・ボディ温度 .....245°C

## ピン配置




BGA PACKAGE
165-LEAD (11.9mm × 16mm × 3.32mm)
$T_{JMAX}$ = 125°C; $\theta_{JA}$ = 8.4°C/W;
$\theta_{JC_top}$ = 5.0°C/W; $\theta_{JC_bottom}$ =1.8°C/W; WEIGHT = 1.98g

NOTE:
1) θ VALUES ARE DETERMINED BY SIMULATION PER JESD51 CONDITIONS;
2) $\theta_{JA}$ VALUE IS OBTAINED WITH DEMO BOARD;
3) REFER TO PAGES 7. 8. 9 AND 17 FOR LAB MEASUREMENT AND

## 発注情報

| 部品番号 | ボール仕上げ | 部品マーキング* | | パッケージタイプ | MSLレーティング | 温度範囲(Note 2) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | デバイス | 仕上げコード | | | |
| LTM8060EY#PBF | SAC305 (RoHS) | LTM8060Y | e1 | BGA | 4 | –40°C～125°C |
| LTM8060IY#PBF | | | | | | |
| LTM8060IY | SnPb (63/37) | | e0 | | | |

- デバイスの温度グレードは出荷容器のラベルに示されています。
- パッド・コードはIPC/JEDEC J-STD-609によります。
- BGAパッケージ図面とトレイ図面
- 本製品ではセカンド・サイド・リフローを行うことは推奨しません。
  本製品は湿度に敏感です。詳細については、推奨BGA PCBアセンブリおよび製造手順を参照してください。

## 電気的特性

**● は、規定の全動作内部温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外は、$T_A$ = 25°C での仕様です。また、特に指定のない限り、$V_{INn}$ = 12V、RUN*n* = 2V です（Note 2、3 を参照）。**

| PARAMETER | CONDITIONS | | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Minimum $V_{IN1}$ Input Voltage | | ● | | | 3.0 | V |
| Minimum $V_{IN34}$ Input Voltage | | ● | | | 3.0 | V |
| Minimum $V_{IN2}$ Input Voltage | $V_{IN1}$ = 3V | ● | | | 2.0 | V |
| Output DC Voltage | FB*n* open | | | 0.8 | | V |
| | FB*n* = 21.5kΩ | | | 10 | | V |
| Maximum Output DC Current | (Note 4) | | | | 6 | A |
| Quiescent Current into $V_{INn}$ | RUN*n* = 0 | | | | 8 | µA |
| | BIAS*n* = 5V, SYNC*n* = 3.3V, No load | | | 7 | | mA |
| Current into $BIAS_n$ | RUN*n* = 0, BIAS*n* = 5V | | | | 0.5 | µA |
| | BIAS*n* = 5V, SYNC*n* = 3.3V, No load | | | 18 | | mA |
| Line Regulation | 5V < $V_{INn}$ < 40V, $I_{OUTn}$ = 1A | | | 0.05 | | % |
| Load Regulation | 12$V_{INn}$, 0.1A < $I_{OUTn}$ < 4A | | | 0.1 | | % |
| Output RMS Ripple | 3.3$V_{OUTn}$, $I_{OUTn}$ = 4A | | | 10 | | mV |
| FB*n* Voltage | | | 792 | 800 | 808 | mV |
| | | ● | 784 | 800 | 816 | mV |
| Current out of FB*n* | $V_{OUTn}$ = 1V, FBn = 0V | | | 4 | | µA |
| Minimum BIAS*n* for Proper Operation | | | | | 3.2 | V |
| Switching Frequency | RT*n* = 200kΩ | | | 200 | | kHz |
| | RT*n* = 35.7kΩ | | | 1 | | MHz |
| | RT*n* = 8.06kΩ | | | 3 | | MHz |
| RUN*n* Threshold | | | | 0.74 | | V |
| RUN*n* Input Current | RUN*n* = 0V | | | | 100 | nA |
| PG*n* Threshold at FBn | Lower Threshold | | | 740 | | mV |
| | Upper Threshold | | | 860 | | mV |
| PG*n* Output Sink Current | PG*n* = 0.1V | | 100 | | | µA |
| CLKOUT*n* $V_{OL}$ | | | | 0.2 | | V |
| CLKOUT*n* $V_{OH}$ | | | | 3.2 | | V |
| SYNC*n* Input High Threshold | | | 1.5 | | | V |
| SYNC*n* Input Low Threshold | | | | | 0.8 | V |
| SYNCn Threshold to Enable Spread Spectrum | | | 2.8 | | 4.0 | V |
| SYNC*n* Current | SYNC*n* = 6V | | | 60 | | µA |
| TRSS*n* Source Current | TRSS*n* = 0V | | | 2 | | µA |
| TRSS*n* Pull-Down Resistance | Fault Condition, TRSS*n* = 0.1V | | | 200 | | Ω |

**Note 1 :** 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。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。

**Note 2 :** LTM8060E は、0°C～125°C の内部温度で性能仕様を満たすよう設計されています。–40°C～125°C の内部動作温度範囲における仕様は、設計、特性評価、および統計的プロセス制御との相関付けによって確認されています。

LTM8060I は内部動作温度範囲 –40°C～125°C 全体にわたり仕様を満たすよう設計されています。最高内部温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗、およびその他の環境要因に加え、個々の動作条件によって決定されることに注意してください。。

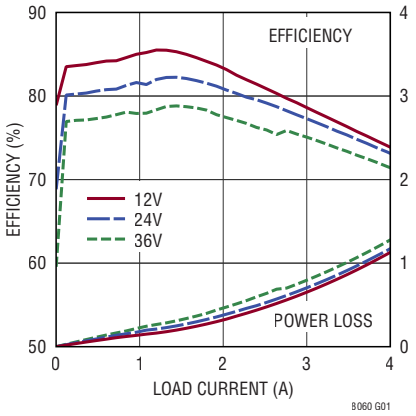
**Note 3 :** *n* は各チャンネルを表します。4 つの出力が個別にテストされていますが、各出力に適用されたテスト条件は同一です。

**Note 4 :** いずれのチャンネルから出力される最大電流も、LTM8060 の内部温度で制限される場合があります。異なる $V_{IN}$、$V_{OUT}$、$T_A$ についての出力電流ディレーティング曲線を参照してください。

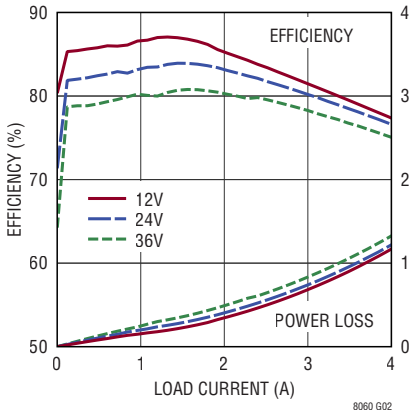
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、$T_A$ = 25°C、表1に従って動作。

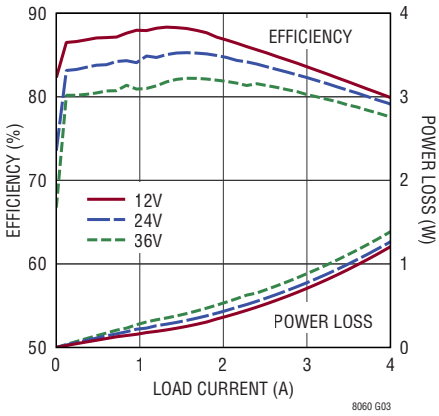
### 効率および電力損失
$V_{OUT}$ = 0.8V、BIAS = 5V、Burst Mode



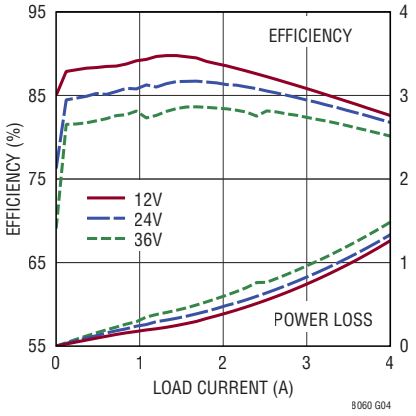

### 効率および電力損失
$V_{OUT}$ = 1V、BIAS = 5V、Burst Mode



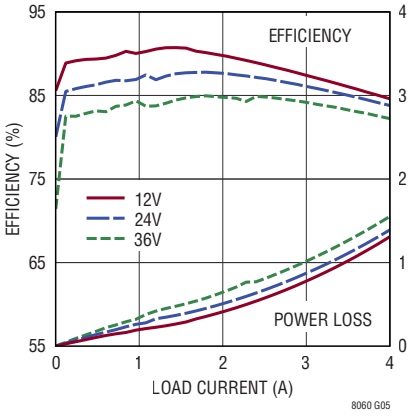

### 効率および電力損失
$V_{OUT}$ = 1.2V、BIAS = 5V、Burst Mode



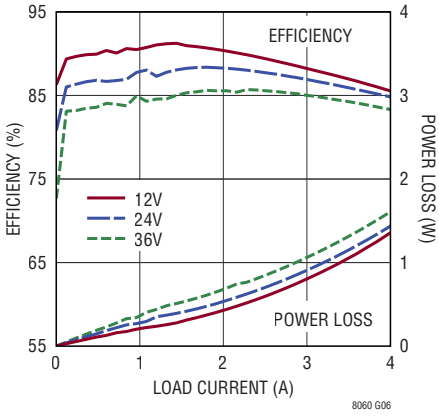

### 効率および電力損失
$V_{OUT}$ = 1.5V、BIAS = 5V、Burst Mode



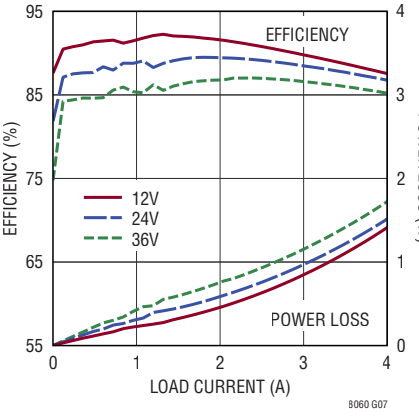

### 効率および電力損失
$V_{OUT}$ = 1.8V、BIAS = 5V、Burst Mode



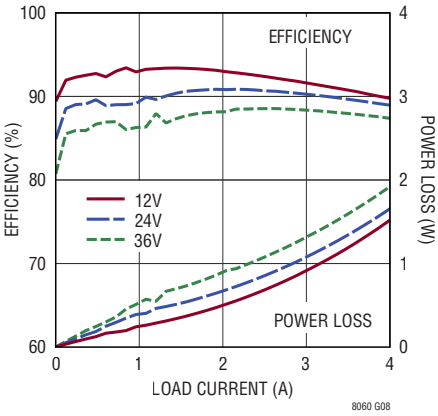

### 効率および電力損失
$V_{OUT}$ = 2V、BIAS = 5V、Burst Mode



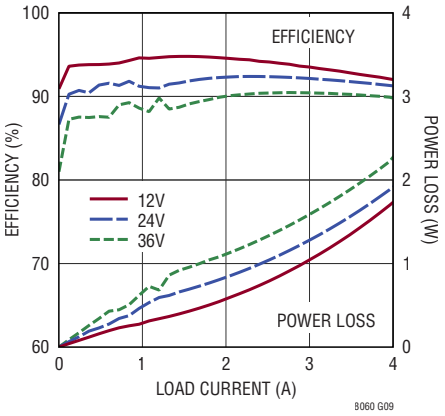

### 効率および電力損失
$V_{OUT}$ = 2.5V、BIAS = 5V、Burst Mode




### 効率および電力損失
$V_{OUT}$ = 3.3V、BIAS = 5V、Burst Mode



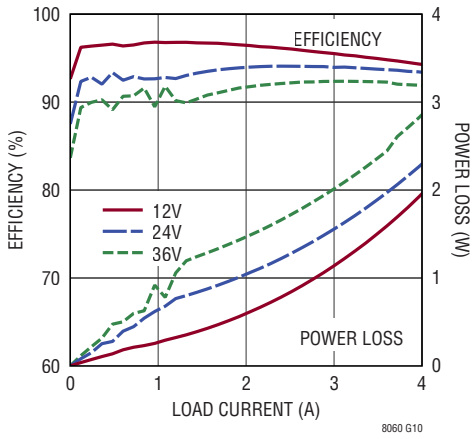

### 効率および電力損失
$V_{OUT}$ = 5V、BIAS = 5V、Burst Mode



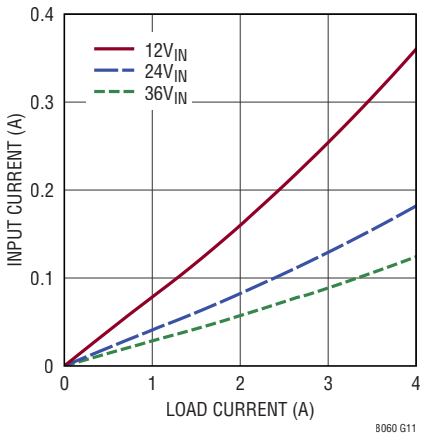
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、$T_A$ = 25°C、表1に従って動作。

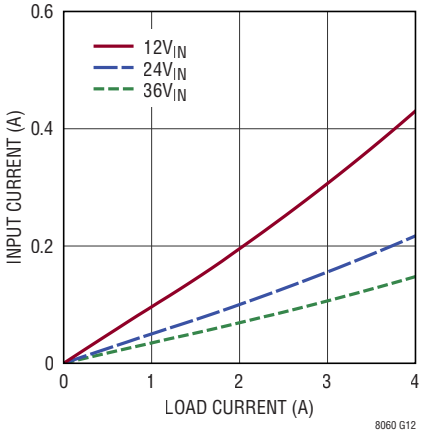
### 効率および電力損失
$V_{OUT}$ = 8V、BIAS = 5V、Burst Mode



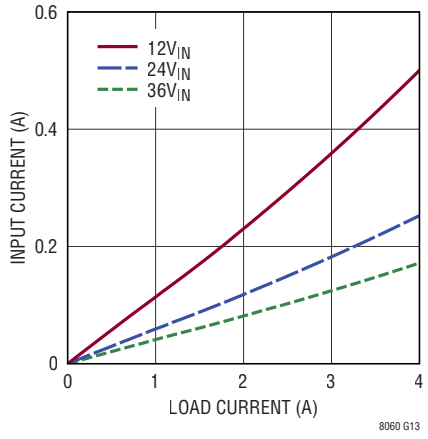

### 入力と負荷電流の関係、
$V_{OUT}$ = 0.8V、BIAS = 5V、Burst Mode



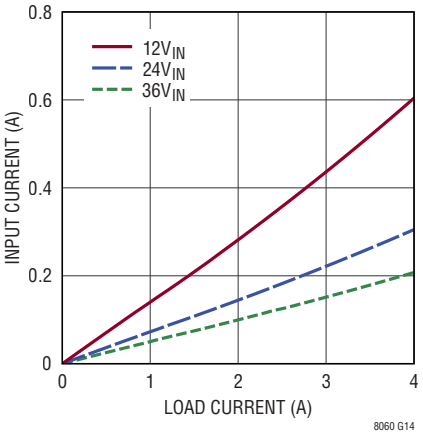

### 入力と負荷電流の関係、
$V_{OUT}$ = 1V、BIAS = 5V、Burst Mode



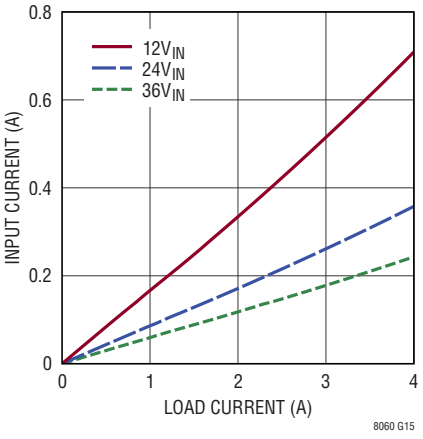

### 入力と負荷電流の関係、
$V_{OUT}$ = 1.2V、BIAS = 5V、Burst Mode



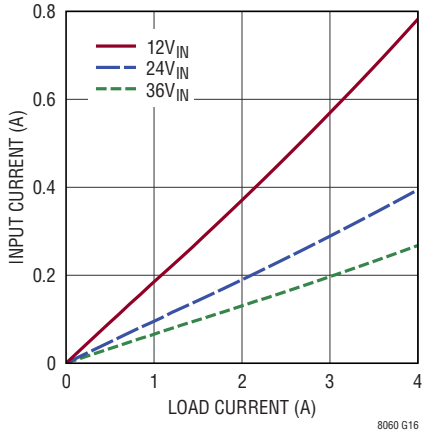

### 入力と負荷電流の関係、
$V_{OUT}$ = 1.5V、BIAS = 5V、Burst Mode



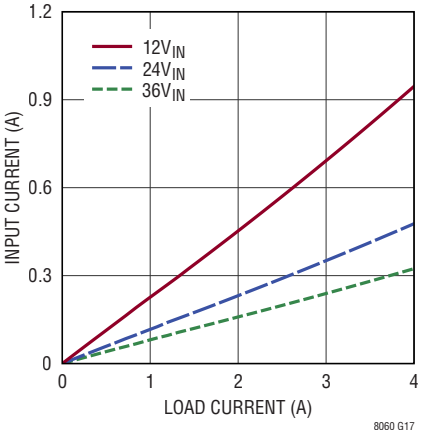

### 入力と負荷電流の関係、
$V_{OUT}$ = 1.8V、BIAS = 5V、Burst Mode



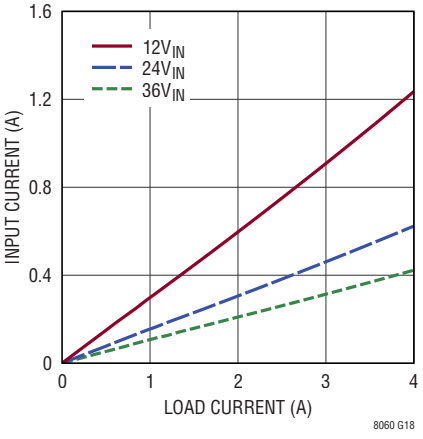

### 入力と負荷電流の関係、
$V_{OUT}$ = 2V、BIAS = 5V、Burst Mode




### 入力と負荷電流の関係、
$V_{OUT}$ = 2.5V、BIAS = 5V、Burst Mode



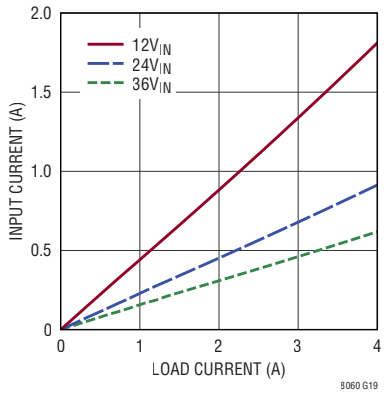

### 入力と負荷電流の関係、
$V_{OUT}$ = 3.3V、BIAS = 5V、Burst Mode



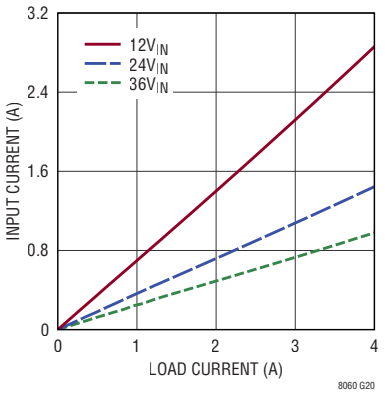
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、$T_A$ = 25°C、表1に従って動作。

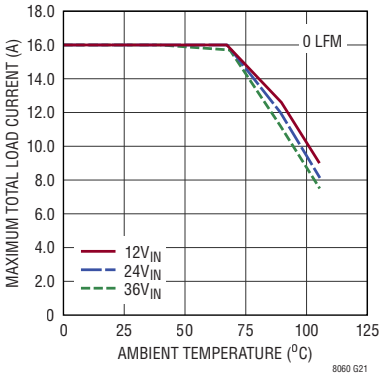
入力と負荷電流の関係、
$V_{OUT}$ = 5V、BIAS = 5V、Burst Mode



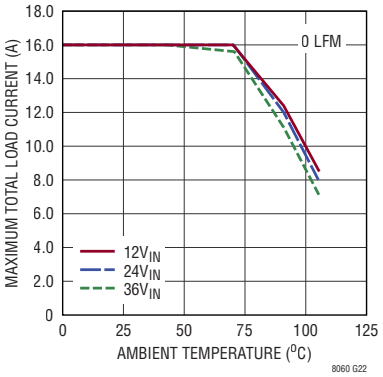

入力と負荷電流の関係、
$V_{OUT}$ = 8V、BIAS = 5V、Burst Mode



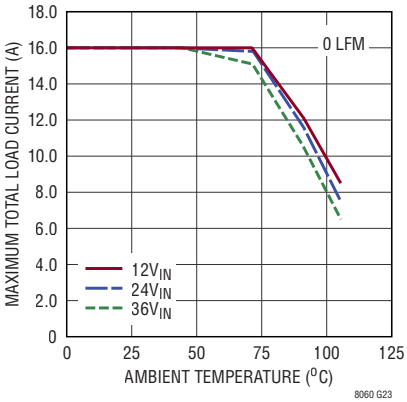

ディレーティング、$V_{OUT}$ = 0.8V、
BIAS = 5V、DC2820A デモ・ボード
$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷



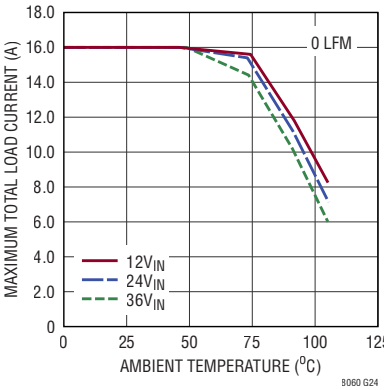

ディレーティング、$V_{OUT}$ = 1V、
BIAS = 5V、DC2820A デモ・ボード
$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷



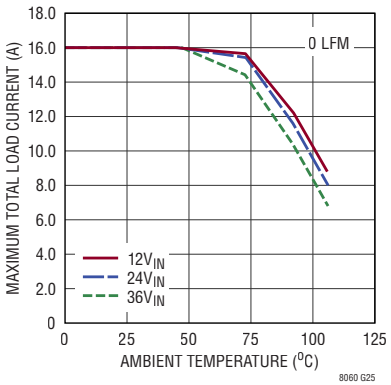

ディレーティング、$V_{OUT}$ = 1.2V、
BIAS = 5V、DC2820A デモ・ボード
$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷



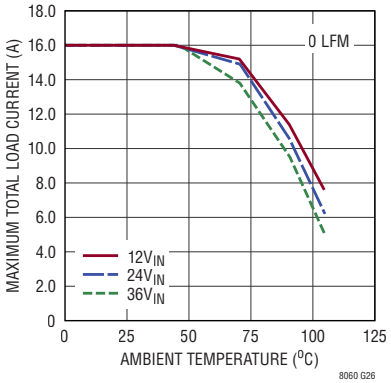

ディレーティング、$V_{OUT}$ = 1.5V、
BIAS = 5V、DC2820A デモ・ボード
$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷



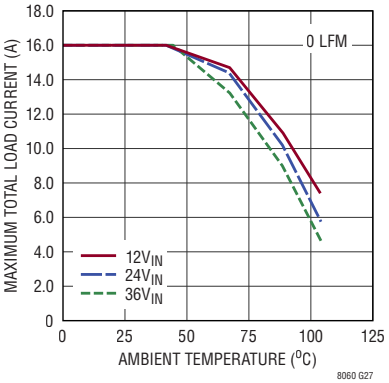

ディレーティング、$V_{OUT}$ = 1.8V、
BIAS = 5V、DC2820A デモ・ボード
$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷




ディレーティング、$V_{OUT}$ = 2V、
BIAS = 5V、DC2820A デモ・ボード
$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷



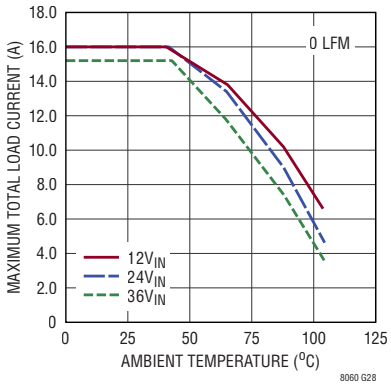

ディレーティング、$V_{OUT}$ = 2.5V、
BIAS = 5V、DC2820A デモ・ボード
$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷



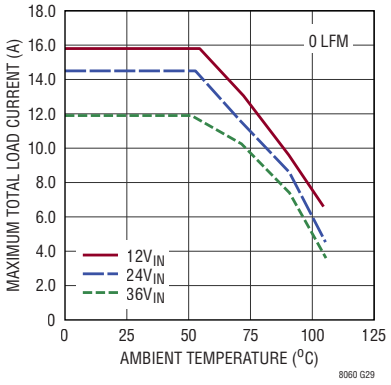
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、$T_A$ = 25°C、表1に従って動作。

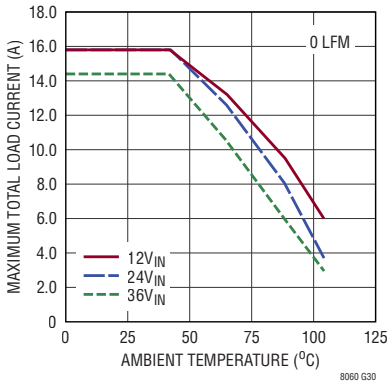
ディレーティング、$V_{OUT}$ = 3.3V、
BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード
$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷



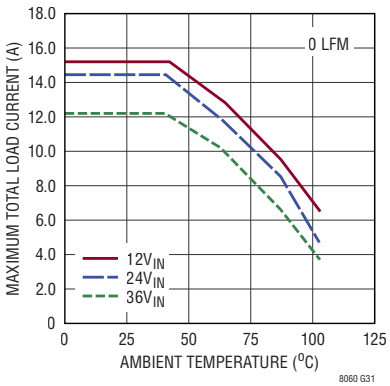

ディレーティング、$V_{OUT}$ = 3.3V、$f_{SW}$
= 2MHz、BIAS = 5V、DC2820Aデモ・
ボード、$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷



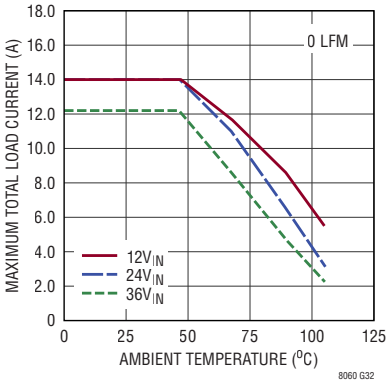

ディレーティング、$V_{OUT}$ = 5V、
BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード
$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷



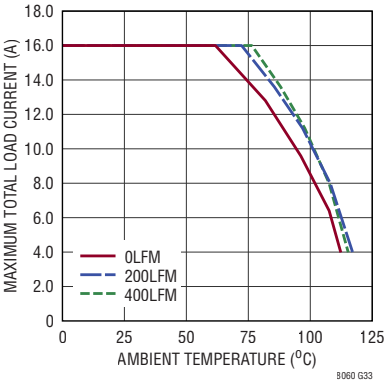

ディレーティング、$V_{OUT}$ = 5V、
$f_{SW}$ = 2MHz、BIAS = 5V、
DC2820Aデモ・ボード
$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷



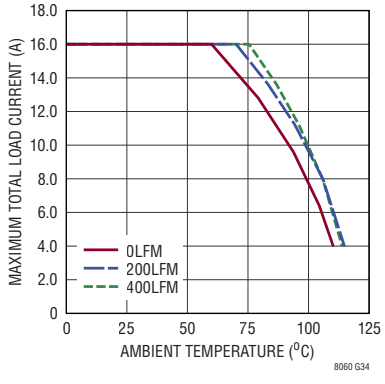

ディレーティング、$V_{OUT}$ = 8V、
BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード
$T_J$ = 120°C、Burst Mode
全チャンネルが等負荷



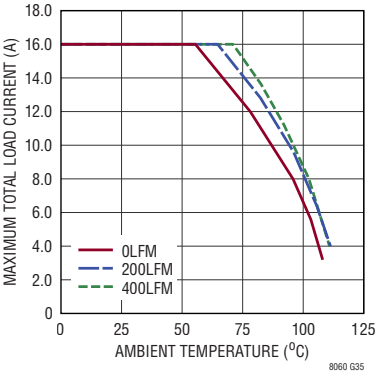

空気流がある場合のディレーティング
$12V_{IN}$で1.5$V_{OUT}$、$T_J$ = 120°C
BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード
強制連続モード
全チャンネルが等負荷



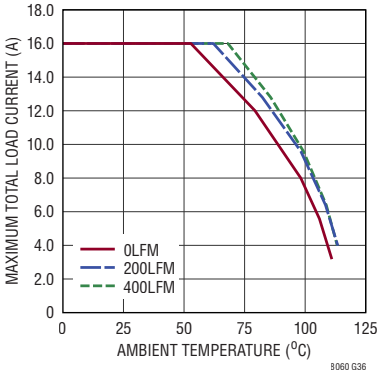

空気流がある場合のディレーティング
$12V_{IN}$で1.5$V_{OUT}$、$T_J$ = 120°C
BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード
強制連続モード
全チャンネルが等負荷




空気流がある場合のディレーティング
$36V_{IN}$で1.5$V_{OUT}$、$T_J$ = 120°C
BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード
強制連続モード
全チャンネルが等負荷



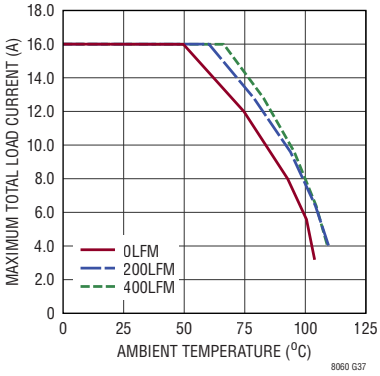

空気流がある場合のディレーティング
$12V_{IN}$で3.3$V_{OUT}$、$T_J$ = 120°C
BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード
強制連続モード
全チャンネルが等負荷



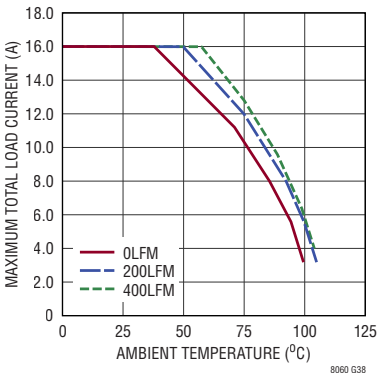
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、$T_A$ = 25°C、表1に従って動作。

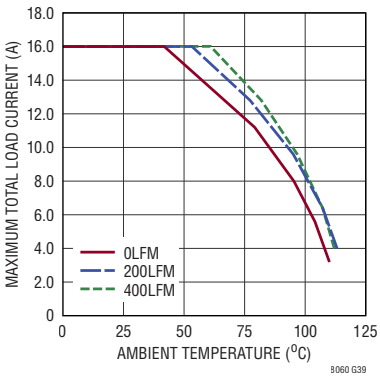
**空気流がある場合のディレーティング**
**24$V_{IN}$で3.3$V_{OUT}$、$T_J$ = 120°C**
**BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード**
**強制連続モード**
**全チャンネルが等負荷**



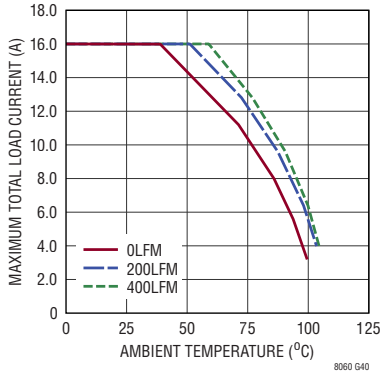

**空気流がある場合のディレーティング**
**36$V_{IN}$で3.3$V_{OUT}$、$T_J$ = 120°C**
**BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード**
**強制連続モード**
**全チャンネルが等負荷**



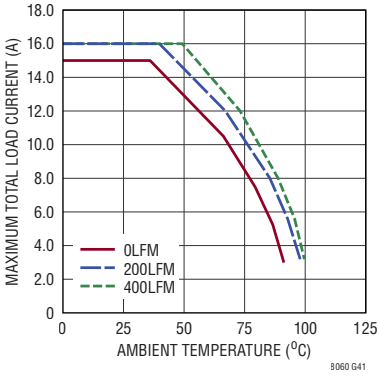

**空気流がある場合のディレーティング**
**12$V_{IN}$で5$V_{OUT}$、$T_J$ = 120°C**
**BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード**
**強制連続モード**
**全チャンネルが等負荷**



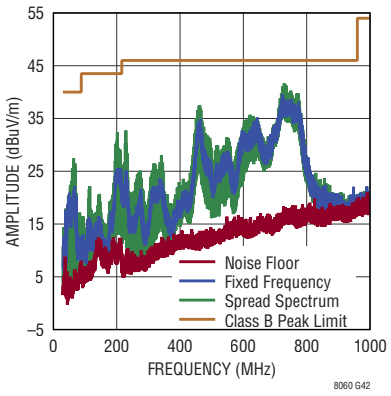

**空気流がある場合のディレーティング**
**24$V_{IN}$で5$V_{OUT}$、$T_J$ = 120°C**
**BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード**
**強制連続モード**
**全チャンネルが等負荷**



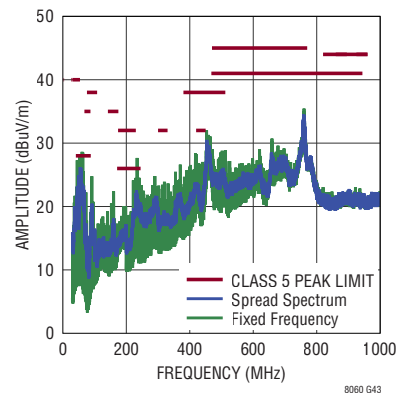

**空気流がある場合のディレーティング**
**36$V_{IN}$で5$V_{OUT}$、$T_J$ = 120°C**
**BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード**
**強制連続モード**
**全チャンネルが等負荷**



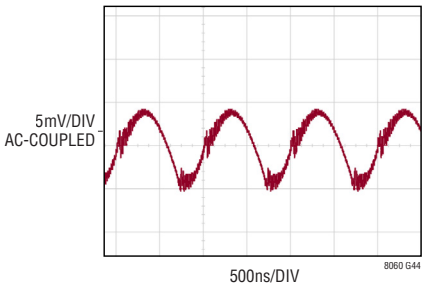

**CISPR22クラスBエミッション**
**DC2820Aデモ・ボード**
**$V_{IN}$ = 24V、$V_{OUT}$ = 5V、$f_{SW}$ = 1.2MHz**
**全チャンネルを並列接続、$I_{OUT}$ = 10A**



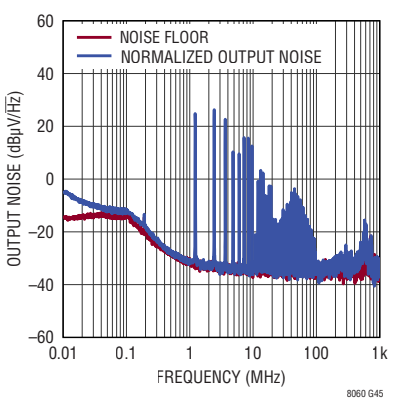

**CISPR25放射エミッション**
**（クラス5ピーク制限付き）**
**DC2820Aデモ・ボード**
**$V_{IN}$ = 14V、$V_{OUT}$ = 5V、$f_{SW}$ = 1.2MHz**
**全チャンネルを並列接続、$I_{OUT}$ = 12A**




**出力電圧リップル**
**DC2820Aデモ・ボード**
**$V_{IN}$ = 12V、$V_{OUT}$ = 3.3V**
**$I_{OUT}$ = 3A、$f_{SW}$ = 1MHz**



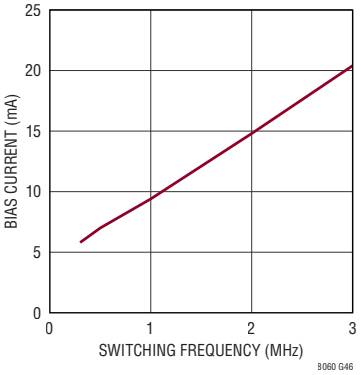

**出力ノイズ・スペクトル**
**DC2820Aデモ・ボード**
**$V_{IN}$ = 24V、$V_{OUT}$ = 5V**
**$I_{OUT}$ = 3A、$f_{SW}$ = 1.2MHz**



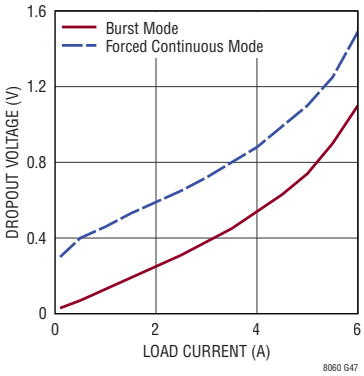
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、$T_A$ = 25°C、表1に従って動作。

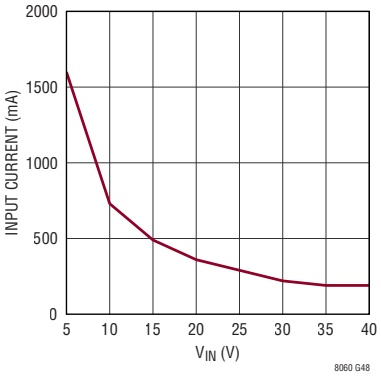
**BIAS電流と周波数の関係**
**12$V_{IN}$で3.3$V_{OUT}$**
**強制連続モード**



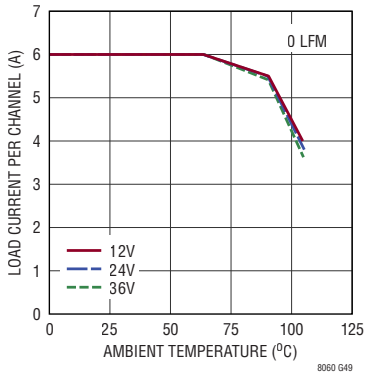

**ドロップアウト電圧と負荷電流の関係**



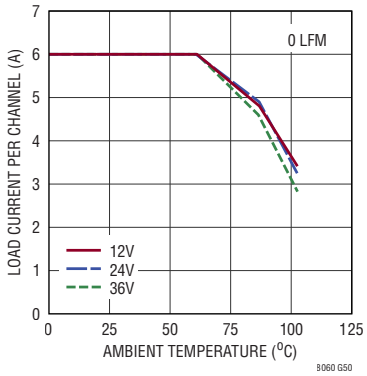

**入力電流と$V_{IN}$の関係**
**$V_{OUT}$短絡**



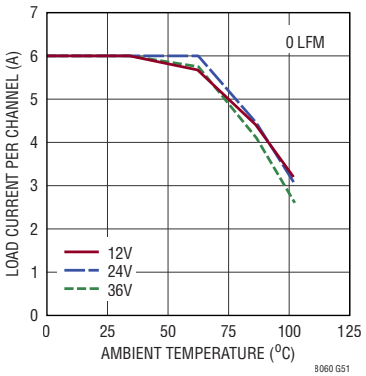

**シングル・チャンネルの**
**ディレーティング、$V_{OUT}$ = 1.5V**
**CH1オン、CH2/CH3/CH4オフ**
**BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード**
**$T_J$ = 120°C、Burst Mode**



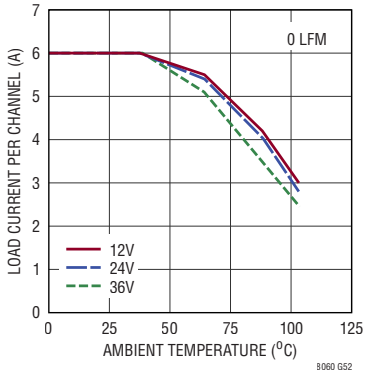

**シングル・チャンネルの**
**ディレーティング、$V_{OUT}$ = 3.3V**
**CH1オン、CH2/CH3/CH4オフ**
**BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード**
**$T_J$ = 120°C、Burst Mode**



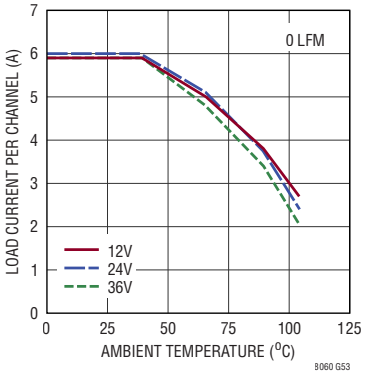

**シングル・チャンネルの**
**ディレーティング、$V_{OUT}$ = 5V**
**CH1オン、CH2/CH3/CH4オフ**
**BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード**
**$T_J$ = 120°C、Burst Mode**



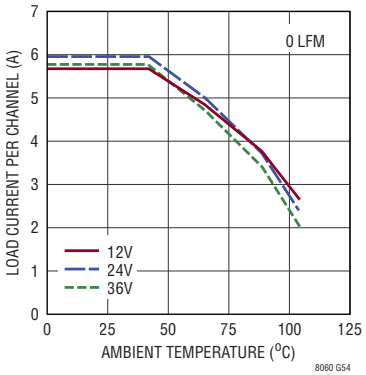

**デュアル・チャンネルの**
**ディレーティング、$V_{OUT}$ = 1.5V**
**CH1/CH3オン、CH2/CH4オフ**
**BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード**
**$T_J$ = 120°C、Burst Mode**




**デュアル・チャンネルの**
**ディレーティング、$V_{OUT}$ = 3.3V**
**CH1/CH3オン、CH2/CH4オフ**
**BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード**
**$T_J$ = 120°C、Burst Mode**




**デュアル・チャンネルの**
**ディレーティング、$V_{OUT}$ = 5V**
**CH1/CH3オン、CH2/CH4オフ**
**BIAS = 5V、DC2820Aデモ・ボード**
**$T_J$ = 120°C、Burst Mode**



## ピン機能

**$V_{IN1}$（バンク6）：**チャンネル1レギュレータ用入力電力。$V_{IN1}$はチャンネル1/2の内部制御回路に給電し、低電圧ロックアウト回路によってモニタされています。LTM8060のチャンネル1/2のいずれも動作するためには、$V_{IN1}$の電圧は3Vより大きいことが必要です。低ESRコンデンサを外付けして$V_{IN1}$とグラウンドをデカップリングします。推奨値については、表1を参照してください。

**$V_{IN2}$（バンク4）**：チャンネル2レギュレータ用入力電力。低ESRコンデンサを外付けして$V_{IN2}$とグラウンドをデカップリングします。推奨値については、表1を参照してください。

**$V_{IN34}$（バンク5）**：チャンネル3/4レギュレータ用入力電力。$V_{IN34}$バンクはチャンネル3/4両方の内部制御回路に給電し、低電圧ロックアウト回路によってモニタされています。LTM8060のチャンネル3/4のいずれも動作するためには、$V_{IN34}$の電圧は3V以上であることが必要です。低ESRコンデンサを外付けして$V_{IN34}$とグラウンドをデカップリングします。推奨値については、表1を参照してください。

**GND（バンク2）**：これらのGNDピンはLTM8060と回路部品の下のローカル・グランド・プレーンに接続します。ほとんどのアプリケーションでは、LTM8060から出る熱流の大部分はこれらのパッドを通ります。そのため、プリント回路設計は、デバイスの熱性能に大きく影響します。詳細については、PCBレイアウトのセクションおよび熱に対する考慮事項のセクションを参照してください。帰還分周器（$R_{FB}$）はこのネットワークに戻します。

**$V_{OUT1/2/3/4}$（バンク8/3/1/7）：**それぞれチャンネル1/2/3/4の電力出力。出力フィルタ・コンデンサと出力負荷をこれらのピンとGNDプレーンの間に配置します。

**AUX1/2/3/4（ピンN10/L10/C2/E2）：**BIAS用小電流電圧源。多くの設計では、BIASピンはAUXピンを介して単に$V_{OUT}$に接続するだけです。$AUX_n$ピンは$V_{OUTn}$に内部接続されており、プリント回路基板の配線を簡単化するために$BIAS_n$ピンに隣接して配置されています。これらのピンは内部で$V_{OUT}$に接続されていますが、大電流を供給することを目的としたものではないため、これらのピンを負荷に接続することは決してしないでください。これらのピンをBIASに接続しない場合は、フロート状態にします。

**BIAS12/34（ピンM10/D2）：**$BIAS_n$を3.2Vを超える電圧に接続すると、内部レギュレータへの電流は$V_{IN1}$や$V_{IN34}$ではなく$BIAS_n$から供給されます。出力電圧が3.3V以上の場合は、これらのピンを$V_{OUTn}$に接続する必要があります。これらのピンを$V_{OUTn}$以外の電源に接続する場合は、これらのピンに局所的なバイパス・コンデンサを接続してください。

**SYNC12/34（ピンC11/N1）：**外部クロック同期入力。低出力負荷時に低リップルBurst Mode®動作を行うためには、これらのピンを接地します。それにより、CLKOUT機能も無効化されます。スペクトラム拡散変調を行う強制連続モード動作では、2.8V～4VのDC電圧を印加します。スペクトラム拡散変調を行わない強制連続モード動作では、$SYNC_n$はフロート状態にします。外部周波数に同期させる場合は、クロック源を$SYNC_n$ピンに接続します。外部周波数を加える場合は、LTM8060は強制連続モードになります。

**CLKOUT12/34（ピンC10/N2）：**同期出力。SYNC12/34 > 2.8Vの場合、CLKOUT12ピンはチャンネル1と、CLKOUT34ピンはチャンネル3と約90度位相のずれた波形を出力します。これにより、最大4相の他のレギュレータと同期できます。外部クロックがSYNC12/34ピンに入力されている場合、CLKOUT12/34ピンはSYNC12/34の波形と位相、デューティ・サイクル、および周波数が同じである波形を出力します。Burst Mode動作の場合、CLKOUT12/34ピンは内部で接地されます。CLKOUT12/34機能を使わない場合は、このピンをフロート状態にします。これらのピンは駆動しないでください。

**FB1/2/3/4（ピンK11/K10/F1/F2）：**LTM8060は、$FB_n$ピンを800mVにレギュレーションします。帰還抵抗をこのピンに接続して出力電圧を設定します。

**RT12/34（ピンL11/E1）：**$RT_n$とグラウンドの間に抵抗を接続してスイッチング周波数を設定します。これらのピンは駆動しないでください。

**RUN1/2/3/4（ピンE11/D11/L1/M1）：**LTM8060の対応するチャンネルは、これらのピンがローの場合シャットダウンされ、これらのピンがハイの場合アクティブになります。シャットダウン機能を使わない場合は、$V_{INn}$に接続してください。$V_{INn}$との間に抵抗分圧器を外付けすれば、$V_{INn}$の閾値をプログラムして、その閾値未満でLTM8060の対応チャンネルがシャットダウンされるようにできます。これらのピンはフロート状態にしないでください。

## ピン機能

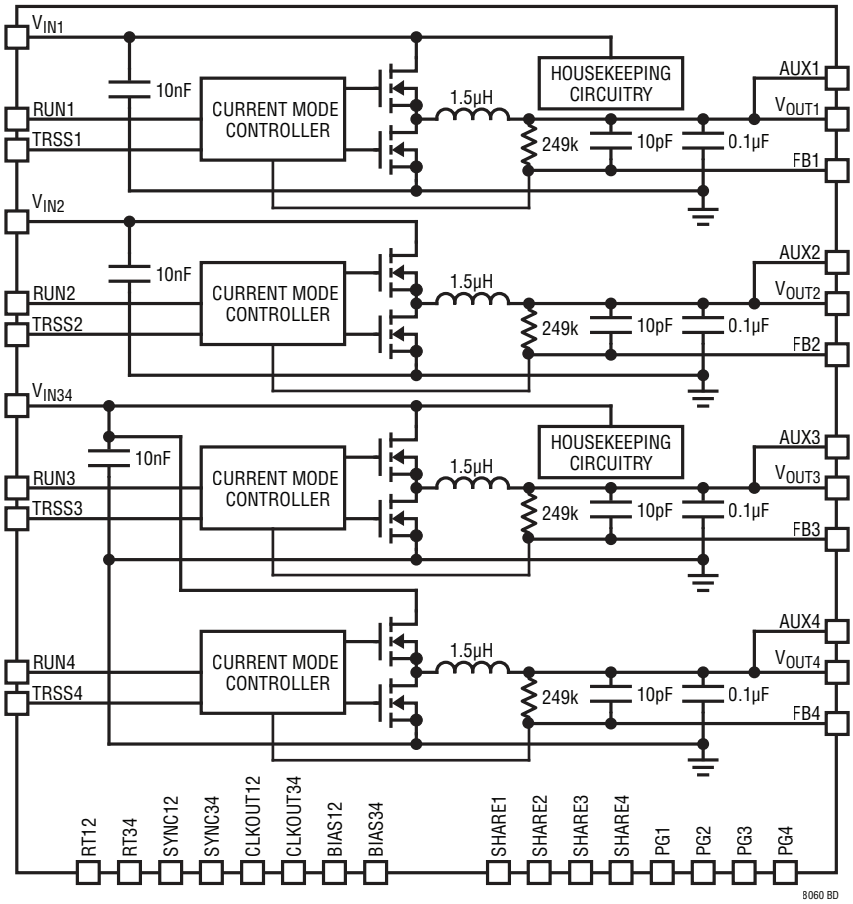
**TRSS1/2/3/4（ピンN11/M11）：**出力トラッキングおよびソフトスタート・ピン。これらのピンを使用すると、起動時に出力電圧の上昇率を制御することができます。$TRSS_n$ピンの電圧が0.8V未満になると、LTM8060は$TRSS_n$ピン電圧と等しくなるよう$FB_n$ピンをレギュレーションします。$TRSS_n$ピンの電圧が0.8Vを超えるとトラッキング機能が無効化され、内部リファレンスによりエラー・アンプの制御が再開されます。これらのピンには2µAの内部プルアップ電流が流れるので、コンデンサを使って出力電圧のスルー・レートを設定できます。これらのピンは、シャットダウン時とフォールト状態ではグラウンド電位になります。低インピーダンス出力を用いて駆動する場合は、直列抵抗を使用してください。ソフトスタート機能を使わない場合は、これらのピンをフロート状態のままにしておくことができます。

**PG1/2/3/4（ピン**E9/D10/L3/M2**）：**$PG_n$ピンは、内蔵コンパレータのオープンドレイン出力です。$PG_n$は、$FB_n$ピンが最終レギュレーション電圧の±7.5%以内に収まるまでローに保たれます。フォールト状態にはなりません。$V_{IN}n$ UVLO時、サーマル・シャットダウン時、または$RUN_n$ピンがローの場合は、$PG_n$はローにプルダウンされます。

**SHARE1/2/3/4（ピンK8/K9/F4/F3）：**チャンネル1/2/3/4の電流分担制御。並列出力時は$SHARE_n$ピンを互いに接続します。LTM8060はモジュール間の電流分担も可能です。チャンネル間の電流分担とモジュール間の電流分担については、標準的応用例のセクションを参照してください。

**DNC（ピンE10/L2）：**接続しないでください。

## ブロック図


VIN1
10nF
CURRENT MODE CONTROLLER
RUN1
TRSS1
1.5µH
HOUSEKEEPING CIRCUITRY
AUX1
VOUT1
249k
10pF
0.1µF
FB1
VIN2
10nF
CURRENT MODE CONTROLLER
RUN2
TRSS2
1.5µH
AUX2
VOUT2
249k
10pF
0.1µF
FB2
VIN34
10nF
CURRENT MODE CONTROLLER
RUN3
TRSS3
1.5µH
HOUSEKEEPING CIRCUITRY
AUX3
VOUT3
249k
10pF
0.1µF
FB3
CURRENT MODE CONTROLLER
RUN4
TRSS4
1.5µH
AUX4
VOUT4
249k
10pF
0.1µF
FB4
RT12
RT34
SYNC12
SYNC34
CLKOUT12
CLKOUT34
BIAS12
BIAS34
SHARE1
SHARE2
SHARE3
SHARE4
PG1
PG2
PG3
PG4
8060 BD

## 動作

LTM8060は、スタンドアロンの非絶縁型クワッド降圧スイッチングDC/DC電源で、チャンネルあたり最大6Aのピーク電流を供給できます。連続電流は内部の動作温度に左右されます。1個の外付け抵抗を使用し、出力電圧を0.8V～8Vの間で正確にレギュレーションすることが可能です。$V_{IN1}$と$V_{IN34}$の入力電圧範囲は3V～40V、$V_{IN2}$の入力電圧範囲は2V～40Vです。

LTM8060が降圧コンバータであることを考慮すると、入力電圧は目的の出力電圧と負荷電流に対応できるだけの十分な高さであることが必要です。簡略化したブロック図を参照してください。

LTM8060には、電流モード・コントローラ、パワー・スイッチング・エレメント、パワー・インダクタ、適量の入力および出力コンデンサが内蔵されています。このデバイスは固定周波数PWMレギュレータです。スイッチング周波数はRT*n*ピンとGNDの間に適切な値の抵抗を接続するだけで設定できます。

内蔵レギュレータにより電力が制御回路に供給されます。バイアス・レギュレータは通常、$V_{IN}$*n*ピンから給電されますが、BIAS*n*ピンが3.2Vを超える外部電圧に接続されている場合は、バイアス電力は外部ソース(通常はレギュレーションされた出力電圧)から供給されます。これにより効率が向上します。BIAS*n*を使用しない場合はGNDに接続してください。

効率向上のため、軽負荷または無負荷の状況ではLTM8060はBurst Mode動作に自動的に切り替わります。バーストとバーストの間では出力スイッチの制御に関連するすべての回路がシャットダウンされ入力電源電流がわずか数μAに減少します。

TRSS*n*ノードはエラー・アンプの補助入力として機能します。FB*n*の電圧は、TRSS*n*電圧が0.8Vを超えるまでTRSS*n*電圧に対しサーボ制御されます。TRSS*n*ピンに電圧ランプを生成することでソフトスタートが実行されます。この電圧ランプは内部の2μAの定電流によって充電された外付けコンデンサを使用して生成されます。または、TRSS*n*ピンを信号源または抵抗ネットワークで駆動することで、トラッキング機能が可能となります。TRSS*n*ピンは低インピーダンスの電圧源では駆動しないでください。詳細については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。

LTM8060には、FB*n*ピンがレギュレーション値の約±8%となった場合に動作するパワー・グッド・コンパレータが内蔵されています。PG*n*出力はオープンドレイン・トランジスタで、出力がレギュレーション状態にある場合はオフになるため、外付け抵抗によってPG*n*ピンをハイにプルアップできます。

LTM8060には、ジャンクション温度が高い場合にパワー・スイッチングを行わないようにするサーマル・シャットダウン機能が備わっています。この機能が有効となる閾値は、通常動作との干渉を避けるため最高温度定格より高い値となっています。そのため、サーマル・シャットダウンが動作する状態で長時間または繰り返し動作するとデバイスの信頼性を損なう可能性があります。

## アプリケーション情報

ほとんどのアプリケーションでは、設計プロセスは以下に概要を示すように簡単です。

1. 表1を参照し、目的の入力範囲と出力電圧を満たす行を見つけます。
2. 推奨される$C_{IN}$、$C_{OUT}$、$R_{FB}$、$R_T$の値を適用します。
3. BIASを指示のとおりに接続します。

LTM8060を様々な出力電圧で使用する場合、一般に表1で推奨される高い方の周波数を用いると良好な動作が得られます。これらの要素の組合わせは適切な動作が実現できるようテストされていますが、目的のシステムのライン電源、負荷、環境などの条件に対しユーザの責任において動作が適切であることを検証してください。最大出力電流は、ジャンクション温度、入力電圧の大きさと出力電圧の大きさの関係、およびその他の要因によって決まる点に注意してください。概略については代表的な性能特性のセクションのグラフを参照してください。

LTM8060がスイッチングできる最大周波数(および付随する$R_T$値)は、表1の最大$f_{SW}$の列に示されていますが、所定の入力条件に対して最適な効率を実現する推奨周波数(および$R_T$値)は、$f_{SW}$の列に示されています。同期機能を使用する場合は、これ以外の諸条件を満たす必要があります。詳細については同期のセクションを参照してください。

### 出力電圧の設定

出力電圧は、下図に示すようにFB抵抗で設定できます。抵抗値の選択は式1に従います。

$$R_{FB} = \frac{249k\Omega}{\frac{V_{OUT}}{0.8V} - 1} \quad (2)$$

出力電圧の精度を確保するために、1%の抵抗を推奨します。

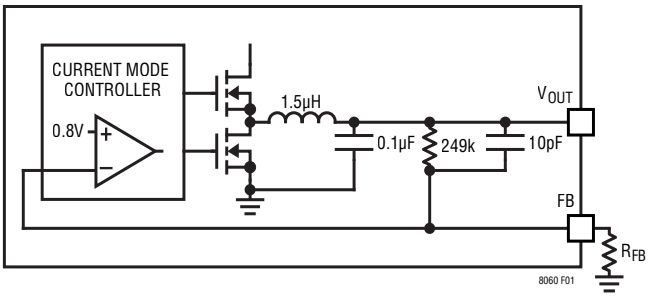



**図1. FB抵抗による出力電圧の設定**

## アプリケーション情報

### コンデンサの選択に関する考慮事項

表1の$C_{IN}$と$C_{OUT}$のコンデンサの値は関連する動作条件に対する最小推奨値です。表1に示した値より小さいコンデンサを採用することは推奨されません。また、望ましくない動作の原因となる可能性があります。必要に応じこれより大きな値を使用することは一般的に可能で、動的応答が向上する可能性があります。繰返しになりますが、目的のシステムのライン電源、負荷、環境などの条件に対しユーザの責任において動作が適切であることを検証してください。

セラミック・コンデンサは小さく、堅牢で、ESRが非常に小さいコンデンサです。ただし、すべてのセラミック・コンデンサが適しているわけではありません。X5RタイプおよびX7Rタイプは温度と印加電圧に対し安定で、信頼できる性能を持っています。Y5VやZ5Uなどのその他のタイプでは、コンデンサの温度係数と電圧係数が非常に大きくなっています。アプリケーション回路によっては、これらのコンデンサの公称容量にわずかな誤差があるだけで、予想を超える大きな出力電圧リップルが発生する原因となる可能性があります。

セラミック・コンデンサには圧電効果もあります。Burst Mode動作時のLTM8060のスイッチング周波数は、負荷電流に依存します。また、セラミック・コンデンサを可聴周波数で発振させて、可聴ノイズを発生することがあります。Burst Mode時のLTM8060は低い電流制限値で動作するので、通常は非常に静かでノイズが気になることはありません。

許容できない場合は、出力に高性能の電解コンデンサを使用してください。セラミック・コンデンサと低コストの電解コンデンサを並列に組み合わせることも可能です。

セラミック・コンデンサに関する最後の注意点は、LTM8060の最大入力電圧定格に関することです。セラミック入力コンデンサにパターンまたはケーブルのインダクタンスが組み合わさることにより、高いQ（不足減衰）のタンク回路が構成されます。LTM8060回路がライブ電源に接続された場合、入力電圧は公称値の2倍に達し、デバイスの定格を超える可能性があります。この状況は容易に回避可能です。ホットプラグにおける安全性のセクションを参照してください。

**表1. 推奨部品値と設定（$T_A$ = 25°C）**

| $V_{IN}$[1] | $V_{OUT}$ | $R_{FB}$ (Ω) | $C_{IN}$[2] | $C_{OUT}$ | BIAS | CFF | $f_{SW}$ (Hz) | $R_T$ (Ω) | MAX $f_{SW}$ (Hz) | MIN $R_T$ (Ω) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3V to 40V | 0.8V | Open | 4.7µF 50V X5R 1206 | 2 × 100µF 4V X5R 0805 | 3.2V to 10V | 100pF | 400k | 100k | 600k | 64.9k |
| 3V to 40V | 1V | 1M | 4.7µF 50V X5R 1206 | 2 × 100µF 4V X5R 0805 | 3.2V to 10V | 100pF | 400k | 100k | 725k | 52.3k |
| 3V to 40V | 1.2V | 499k | 4.7µF 50V X5R 1206 | 2 × 100µF 4V X5R 0805 | 3.2V to 10V | 68pF | 500k | 76.8k | 875k | 42.2k |
| 3.2V to 40V | 1.5V | 287k | 4.7µF 50V X5R 1206 | 2 × 100µF 4V X5R 0805 | 3.2V to 10V | – | 600k | 64.9k | 1M | 35.7k |
| 3.5V to 40V | 1.8V | 200k | 4.7µF 50V X5R 1206 | 1 × 100µF 4V X5R 0805 | 3.2V to 10V | – | 650k | 59k | 1.3M | 25.5k |
| 3.5V to 40V | 2V | 165k | 4.7µF 50V X5R 1206 | 1 × 100µF 4V X5R 0805 | 3.2V to 10V | – | 700k | 54.9k | 1.4M | 23.2k |
| 4.2V to 40V | 2.5V | 118k | 4.7µF 50V X5R 1206 | 1 × 47µF 4V X5R 0805 | 3.2V to 10V | – | 800k | 46.4k | 1.7M | 18.2k |
| 5.5V to 40V | 3.3V | 78.7k | 4.7µF 50V X5R 1206 | 1 × 47µF 6.3V X5R 0805 | 3.2V to 10V | – | 1M | 35.7k | 2.2M | 12.7k |
| 8.5V to 40V | 5V | 47.5k | 4.7µF 50V X5R 1206 | 1 × 47µF 6.3V X5R 1206 | 3.2V to 10V | – | 1.2M | 27.4k | 3M | 8.06k |
| 11V to 40V | 8V | 27.4k | 4.7µF 50V X5R 1206 | 1 × 47µF 10V X5R 1206 | 3.2V to 10V | – | 1.6M | 19.6k | 3M | 8.06k |

注1：LTM8060はより低い入力電圧で動作できる場合もありますが、スイッチング・サイクルがスキップされることがあります。
注2：入力用のバルク・コンデンサが必要です。

## アプリケーション情報

### 周波数の選択

LTM8060は固定周波数PWMアーキテクチャを使用しています。このアーキテクチャではRTピンとGNDの間に抵抗を接続することでスイッチング周波数を200kHz～3MHzの間に設定できます。表2に、$R_T$抵抗値とそれによる周波数を示します。表の抵抗は標準的な1% E96の値です。

### 動作周波数のトレードオフ

入出力動作条件に対し、表1に示す最適な$R_T$値を使用することを推奨します。LTM8060を様々な出力電圧で使用する場合、一般に表1で推奨される高い方の周波数を用いると良好な動作が得られます。ただし、システム・レベルやその他の考慮事項によっては別の動作条件が必要となる場合があります。LTM8060は広い範囲の周波数に対応できる柔軟性を備えていますが、周波数を無計画に選択すると、特定の動作条件やフォールト条件において好ましくない動作を示す原因となる可能性があります。周波数が高すぎると効率が低下し、過剰な熱が発生したり、出力が過負荷または短絡回路となっている場合にはLTM8060が損傷したりする場合さえあります。周波数が低すぎると、最終設計において出力リップルが大きすぎたり、出力コンデンサが大きすぎたりする結果となる可能性があります。

**表2. スイッチング周波数と$R_T$値の関係**

| $f_{SW}$ (MHz) | $R_T$ (kΩ) |
|---|---|
| 0.2 | 200 |
| 0.3 | 137 |
| 0.4 | 100 |
| 0.5 | 76.8 |
| 0.6 | 64.9 |
| 0.7 | 54.9 |
| 0.8 | 46.4 |
| 0.9 | 41.2 |
| 1.0 | 35.7 |
| 1.2 | 27.4 |
| 1.4 | 23.2 |
| 1.6 | 19.6 |
| 1.8 | 16.9 |
| 2.0 | 14.7 |
| 2.2 | 12.7 |
| 2.4 | 11.3 |
| 2.6 | 10.2 |
| 2.8 | 9.09 |
| 3.0 | 8.06 |

### BIAS*n*ピンに関する考慮事項

BIAS*n*ピンは、内蔵パワー・スイッチング段の駆動電力を供給し、その他の内部回路を動作させるために使用されます。最適動作のためには3.2V以上で給電される必要があります。出力電圧が3.2V以上に設定されている場合、BIAS*n*を$V_{OUTn}$に接続するだけで済む場合もあります。$V_{OUTn}$が3.2Vを下回る場合は、BIAS*n*を$V_{INn}$またはその他の電圧源に接続することもできます。BIAS*n*ピンの電圧が高すぎると、LTM8060の効率が低下する可能性があります。最適なBIAS*n*電圧は、負荷電流、入力電圧、出力電圧、スイッチング周波数など多くの要因で決まります。いかなる場合も、BIAS*n*ピンの最大電圧は10V未満となるようにしてください。BIAS*n*がリモートの電圧源またはノイズの多い電圧源から給電される場合、ピンに対し局部的にデカップリング・コンデンサを接続することが必要となる場合があります。1µFのセラミック・コンデンサが適しています。効率がわずかに低下しますが、BIAS*n*ピンをGNDピンに接続することもできます。

### 最大負荷

LTM8060が駆動できるチャンネルあたりの実用最大連続負荷は定格では3Aとなっていますが、実際には内部電流制限値と内部温度の両方に依存します。内部電流制限値は、過負荷時や短絡回路時にLTM8060の損傷を防ぐよう設計されています。LTM8060の内部温度は、周囲温度、供給電力、システムのヒート・シンク能力によって異なります。例えば、LTM8060の$V_{OUT1}$が1.5Vでレギュレーションするよう構成され、他の3チャンネルがオフになっている場合、周囲温度が60°C未満に制御されていれば$V_{OUT1}$は$24V_{IN}$から6Aの連続電流を供給できます。これは3Aの連続電流定格よりかなり大きな値です。代表的な性能特性のセクションのグラフを参照してください。同様に、LTM8060の4チャンネルすべてが3.3$V_{OUT}$を供給し、周囲温度が100°Cの場合は、各チャンネルが$24V_{IN}$から供給できるのは最大でも1.5Aで、これは3Aの連続電流定格より小さい値です。

## アプリケーション情報

### パワー・ディレーティング

12$V_{IN}$、24$V_{IN}$、36$V_{IN}$の電力損失曲線と負荷電流ディレーティング曲線を併用することで、空気流がある状態でのLTM8060の$\theta_{JA}$熱抵抗を概算できます。電力損失曲線の測定は室温で行われ、125℃では1.35～1.4倍に増加します。これらの係数はレギュレータの電力損失が25℃から150℃の間で約45%増加し、125℃の温度差で45%の変化は約0.35%/℃の電力損失の増加に相当する、という事実に由来します。125℃の最大ジャンクション温度から25℃の室温を差し引くと、100℃の増加に相当します。この100℃の増加に0.35%/℃を乗じると125℃のジャンクション温度時の電力損失の増加は35%になるため、係数は1.35となります。

ディレーティング曲線は、合計負荷電流が16Aで低周囲温度から始まる同じ動作条件で4通りの$V_{OUT}$*n*についてプロットされています。空気流がある場合のディレーティング曲線は、出力電圧が1.5V、3.3V、5Vの場合について測定されています。これらは熱抵抗との相関を検証するため、出力電圧のより低い範囲とより高い範囲を含めるよう選択されています。熱モデルは温度制御されたチャンバー内での複数回の温度測定と、熱FEAモデリングから得られています。

空気流がある場合とない場合に周囲温度が増加する間、ジャンクション温度がモニタされます。周囲温度の変化に伴う電力損失増加はディレーティング曲線に組み入れられます。周囲温度を増加させる間、ジャンクション温度は、出力電流または電力を下降させながら最大約120℃に維持されます。この出力電流の低下により、周囲温度が増加すると共にモジュール内部の損失は低下します。

表3～表5に示す様々な条件下で得られた熱抵抗値に周囲温度から計算された電力損失値を乗算すれば周囲温度からの温度上昇幅が得られ、それに基づいて最大ジャンクション温度が得られます。室温での電力損失は電力損失曲線から求めることができ、上述の周囲温度乗算係数で調整できます。プリント回路基板は1.6mm厚の6層基板で、全層に2オンスの銅(50µm)を使用しています。

**表3. 1.5V出力**

| DERATING CURVE | $V_{IN}$ (V) | POWER LOSS CURVE | AIRFLOW (LFM) | HEAT SINK | $\theta_{JA}$ (°C/W) |
|---|---|---|---|---|---|
| 8060 G33-35 | 12, 24, 36 | 8060 G04 | 0 | None | 9 |
| 8060 G33-35 | 12, 24, 36 | 8060 G04 | 200 | None | 7.5 |
| 8060 G33-35 | 12, 24, 36 | 8060 G04 | 400 | None | 6.5 |

**表4. 3.3V出力**

| DERATING CURVE | $V_{IN}$ (V) | POWER LOSS CURVE | AIRFLOW (LFM) | HEAT SINK | $\theta_{JA}$ (°C/W) |
|---|---|---|---|---|---|
| 8060 G36-38 | 12, 24, 36 | 8060 G08 | 0 | None | 9 |
| 8060 G36-38 | 12, 24, 36 | 8060 G08 | 200 | None | 7.5 |
| 8060 G36-38 | 12, 24, 36 | 8060 G08 | 400 | None | 6.5 |

**表5. 5V出力**

| DERATING CURVE | $V_{IN}$ (V) | POWER LOSS CURVE | AIRFLOW (LFM) | HEAT SINK | $\theta_{JA}$ (°C/W) |
|---|---|---|---|---|---|
| 8060 G39-41 | 12, 24, 36 | 8060 G09 | 0 | None | 9 |
| 8060 G39-41 | 12, 24, 36 | 8060 G09 | 200 | None | 7.5 |
| 8060 G39-41 | 12, 24, 36 | 8060 G09 | 400 | None | 6.5 |

## アプリケーション情報

### 負荷分担

LTM8060の4つのチャンネルは並列化することでより大きな電流を生成することができます。これを複数のLTM8060に対して行うには、並列化するすべてのチャンネルとモジュールの$V_{IN}$*n*ピン、$V_{OUT}$*n*ピン、FB*n*ピン、SHARE*n*ピンを互いに接続します。並列化したチャンネルが確実に同時起動するように、TRSS*n*ピンも互いに接続します。TRSS*n*ピンを連結することに不都合がある場合は、各µModuleレギュレータに同じ値のソフトスタート・コンデンサを使用します。負荷が*n*個のユニット間で分担され1個の$R_{FB}$が用いられている場合は、抵抗の値は式1で与えられます。

$$R_{FB} = \frac{199.2}{n(V_{OUT} - 0.8)}, \text{where } R_{FB} \text{ is in k}\Omega \quad (1)$$

負荷分担アプリケーションの例を図6～図9に示します。

### Burst Mode動作

軽負荷時の効率を向上するために、LTM8060はBurst Mode動作に自動で切り替わります。このモードは、入力静止電流を抑えながら、出力コンデンサを適切な電圧に充電された状態に保ちます。Burst Mode動作では、LTM8060は単一サイクルの電流バーストを出力コンデンサに送り、その後はスリープ期間とします。スリープ期間では内部回路の大半がオフになり電力は出力コンデンサから負荷に供給されます。スリープ時には$V_{IN}$*n*とBIAS*n*の静止電流が大幅に減少するため、負荷電流が減少して無負荷状態に近付くにつれLTM8060がスリープ・モードで動作する時間の割合は増加し、平均入力電流が著しく減少します。その結果、軽負荷時の効率が向上します。

Burst Mode動作はSYNCをGNDに接続することでイネーブルできます。

### 最小入力電圧

LTM8060は降圧コンバータであるため、出力をレギュレーション状態に維持するには最低限のヘッドルームが必要です。適切な動作を維持するには入力が3Vを上回るようにしてください。電圧トランジェントやリップルの谷が原因で入力が3V未満となり、LTM8060がオフになる可能性があります。

チャンネル1とチャンネル2が動作するためには$V_{IN1}$が3Vを上回っていることが必要です。$V_{IN1}$が3Vを超えていれば、チャンネル2は$V_{IN2}$が2Vを超えている限り動作します。

チャンネル3とチャンネル4が動作するためには$V_{IN34}$が3Vを上回っていることが必要です。

### 出力電圧トラッキングとソフトスタート

LTM8060では、TRSS*n*ピンを用いて出力電圧の上昇率を調整できます。内部の2µAでTRSS*n*ピンが2.4Vにプルアップされています。TRSS*n*ピンにコンデンサを外付けすると、出力のソフトスタートをイネーブルして入力電源の電流サージを低減することができます。ソフトスタート時、出力電圧はTRSS*n*ピンの電圧に比例して上昇していきます。出力トラッキング・アプリケーションでは、別の電圧源によってTRSS*n*ピンを外部から駆動できます。0V～0.8Vで、TRSS*n*電圧がエラー・アンプへの内部0.8Vリファレンス入力をオーバーライドし、FB*n*ピン電圧はTRSS*n*ピンの電圧にレギュレーションされます。TRSS*n*ピンの電圧が0.8Vを超える場合はトラッキングがディスエーブルされ、帰還電圧は内部リファレンス電圧にレギュレーションされます。この機能が必要ない場合は、TRSS*n*ピンをフロート状態のままにしておくことができます。

TRSS*n*ピンにはアクティブ・プルダウン回路が接続されています。この回路は、フォールトが発生すると外付けのソフトスタート・コンデンサを放電し、フォールトが解消されるとランピングを再開します。このようにソフトスタート・コンデンサを放電させるフォールト状態には、RUN*n*ピンのローへの遷移、$V_{IN}$*n*電圧の過大な低下、またはサーマル・シャットダウンがあります。

### プリバイアス出力

出力電圧トラッキングとソフトスタートのセクションで説明したように、TRSS*n*が0.8V未満の場合、LTM8060では必ず、TRSS*n*ピンによって決まるFB*n*電圧に出力がレギュレーションされます。LTM8060出力が目標の出力電圧より高く、SYNC*n*が0.8V未満に維持されていない場合、LTM8060は少量の電力を入力電源に戻すことで出力を目標電圧にレギュレーションしようとします。入力電源に負荷がない場合、その電圧は上昇できます。入力電圧がLTM8060の絶対最大定格を超えるほど増加することのないように注意してください。SYNCが接地されている場合、LTM8060が電流を入力に戻すことはありません。

## アプリケーション情報

### 周波数フォールドバック

LTM8060には、短絡回路や出力過負荷状態時に内部の電力エレメントに加わる熱ストレスや電力ストレスを緩和するよう機能する、周波数フォールドバックが備わっています。出力が低下しレギュレーションできなくなったことをLTM8060が検出すると、出力が目標電圧を下回る度合いに応じてスイッチング周波数が低下します。それによってフォールト状態にある負荷に供給される電力量が制限されます。起動時にも、大きくなる可能性のある負荷の出力容量に供給される電力を制限するために、周波数フォールドバックが作動します。$SYNC_n$ピンにクロックを入力した場合、$SYNC_n$ピンをフロート状態にした場合、またはハイに保持した場合、周波数フォールドバック機能はディスエーブルされ、スイッチング周波数は過電流状態のときのみ低下するようになります。

### 同期

低リップルのBurst Mode動作を選択するには、$SYNC_n$ピンを約0.8V未満の電圧(グラウンドまたはロジック・ロー出力とすることができます)に接続します。LTM8060の発振器を外部周波数に同期させるには、矩形波(デューティ・サイクルが約20%～80%)を$SYNC_n$ピンに接続します。矩形波振幅の谷は0.8V未満、ピークは1.5Vを超えている必要があります

LTM8060は200kHz～3MHzの範囲で同期できます。外部クロックに同期している場合、LTM8060は軽出力負荷時にBurst Mode動作に入ることはありません。$R_T$抵抗は、スイッチング周波数が最小同期入力以下となるように選ぶ必要があります。例えば、同期信号が500kHz以上の場合、500kHz以下となる$R_T$を選択する必要があります。

LTM8060は、EMI/EMC放射を更に減らすためにスペクトラム拡散動作を行うことを特長としています。スペクトラム拡散動作をイネーブルするには、$SYNC_n$ピンに2.8V～4Vの電圧を加えます。このモードでは三角波周波数変調を使用し、$R_T$によってプログラムされた値からその値より約20%高い値までの範囲でスイッチ周波数を変化させます。変調周波数は約7kHzです。例えば、LTM8060を2MHzに設定すると、周波数は2MHz～2.4MHzの範囲を7kHzの割合で変化します。スペクトラム拡散動作を選択するとBurst Mode動作はディスエーブルされ、デバイスは不連続モードで動作します。

### 短絡入力保護

LTM8060への入力がない場合でも出力が高い電圧に維持されるシステムでは注意が必要です。このような状態となる可能性があるのは、バッテリ電源やその他の電源がLTM8060の出力とダイオードOR接続されているバッテリ充電アプリケーションや、バッテリ・バックアップ・システムです。$V_{IN}n$ピンをフロート状態にできる場合に、(ロジック信号によって、あるいは$V_{IN}n$に接続されているために)RUN$n$ピンがハイに保持されていると、LTM8060の内部回路には内部パワー・スイッチを通じて静止電流が流れます。システムがこの状態で数mAの電流を許容できる場合は、このことが問題になることはありません。RUN$n$ピンが接地されていれば内部電流は実質的にゼロに低下します。しかし、出力を高い値に保持した状態で$V_{IN}n$ピンが接地されている場合は、出力から$V_{IN}n$ピンを通って、LTM8060内部の寄生ダイオードに大きな電流が流れる可能性があります。入力電圧が存在する場合にのみ動作し、短絡入力や反転入力に対する保護機能を備えた回路を図2に示します。

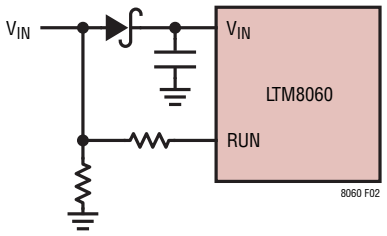



**図2. 出力に接続されたバックアップ・バッテリが短絡入力によって放電されることを入力ダイオードが防止。ダイオードは反転入力からの回路保護機能も備える。LTM8060は入力が存在する場合のみ動作。**

### PCBレイアウト

PCBレイアウトに関する問題のほとんどは、LTM8060の高レベルの集積によって緩和もしくは除去されています。しかしながら、LTM8060はスイッチング電源であり、EMIを最小化し適切な動作を確保するための注意が必要です。集積レベルが高いとはいえ、レイアウトが無計画であったり粗雑であったりすると、仕様規定された動作を実現できない可能性があります。推奨レイアウトについては図3を参照してください。グラウンディングやヒート・シンクが許容可能なものであることを確認してください。

## アプリケーション情報

留意すべきいくつかのルールは次のとおりです。

1. $R_{FB}$ 抵抗と $R_T$ 抵抗はそれぞれのピンのできるだけ近くに配置します。
2. $C_{IN}$ コンデンサはLTM8060の $V_{IN}$ とGNDの接続部のできるだけ近くに配置します。
3. $C_{OUT}$ コンデンサはLTM8060の $V_{OUT}$ とGNDの接続部のできるだけ近くに配置します。
4. $C_{IN}$ コンデンサと $C_{OUT}$ コンデンサはそれらのグラウンド電流がLTM8060の直近または下を流れるように配置します。
5. すべてのGND接続部を最上層のできるだけ大きなベタ銅箔またはプレーン面に接続してください。外部部品とLTM8060の間のグラウンド接続が断線しないようにしてください。
6. ビアを使用してGND銅領域を基板の内部グランド・プレーンに接続します。このようなGNDビアを多数配置することにより、プリント回路基板の内層プレーンとの良好なグラウンド接続および熱経路を実現できます。Figure 3のサーマル・ビアの位置と密度に注意を払ってください。LTM8060は、電力処理を行う内蔵部品の近くにビアがあるため、その場所の内部GNDプレーンに接続されたビアによるヒート・シンクのメリットを生かすことができます。サーマル・ビアの最適な数はプリント回路基板の設計に依存します。例えば、非常に小さいビア・ホールを使用する基板もあるかもしれません。その場合、大きなホールを使用する基板よりも多くのサーマル・ビアを使用する必要があります。

### ホットプラグにおける安全性

セラミック・コンデンサは小型、堅牢、低インピーダンスという特長があるため、LTM8060の入力バイパス・コンデンサの有力な選択肢となります。ただしこのようなコンデンサは、LTM8060がライブ電源に接続されている場合には問題を引き起こす可能性があります(詳細についてはアプリケーション・ノート88を参照してください)。低損失のセラミック・コンデンサと、電源と直列の浮遊インダクタンスとを組み合わせた場合には不足減衰のタンク回路が生じ、またLTM8060の $V_{INn}$ ピンは通常の入力電圧の2倍以上にまで上昇し、LTM8060の定格を超えて損傷を与える可能性があります。入力電源の制御が良好でない場合やLTM8060がライブ電源にホットプラグされる場合は、このオーバーシュートを防止するよう入力ネットワークを設計する必要があります。これは、小型の抵抗を $V_{INn}$ に直列に挿入することで実現できますが、入力電圧オーバーシュートを制御する最も一般的な方法は、電解バルク・コンデンサを $V_{INn}$ 回路に追加することです。このコンデンサは等価直列抵抗が比較的高いため、回路を減衰し電圧オーバーシュートを低減できます。コンデンサを追加すると低周波数のリップル・フィルタリング機能が向上し、回路の効率も若干向上できます。ただし、回路の中で最も大型の部品となる可能性があります。

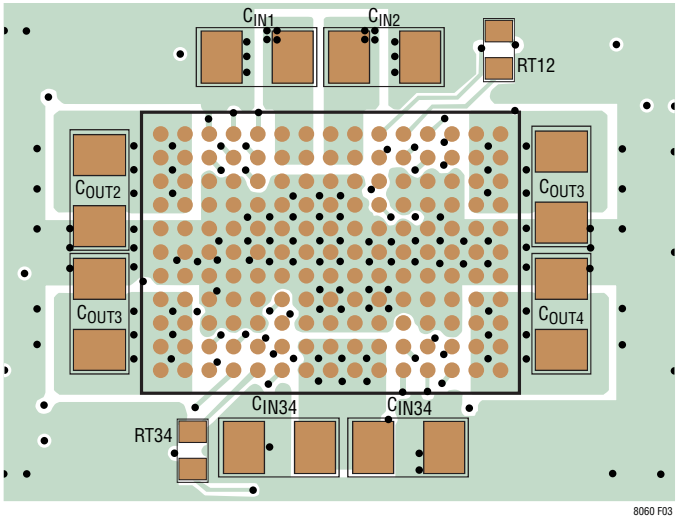



**図3. 推奨外部部品、GNDプレーン、サーマル・ビアを示したレイアウト**

### 熱に対する考慮事項

高い周囲温度で動作させる必要がある場合は、LTM8060の出力電流をディレーティングする必要があります。電流ディレーティングの量は入力電圧、出力電力、周囲温度によって異なります。代表的な性能特性のセクションに示した

## アプリケーション情報

ディレーティング曲線をガイドとして使用できます。これらのグラフは、LTM8060を104cm$^2$の6層FR4プリント回路基板に実装して測定したものです。その他のサイズや層数の基板を使用すると熱特性が異なる可能性があります。そのため、目的のシステムのライン電源、負荷、環境などの動作条件に対し、ユーザの責任において動作が適切であることを検証してください。

実際のアプリケーションに対する精度と忠実度を向上するため、多くの設計者がFEA（有限要素解析）やCFD（数値流体力学）を使用して熱性能を予測しています。そのため、ピン配置には、一般的に以下の3つの主要熱係数が示されています。

1. $\theta_{JA}$ – ジャンクションから周辺への熱抵抗
2. $\theta_{JCbot}$ – ジャンクションから製品ケース底部までの熱抵抗
3. $\theta_{JCtop}$ – ジャンクションから製品ケース上部までの熱抵抗

これらの係数の意味はわかりやすいように思われますが、JEDECでは混乱や矛盾を避けるためそれぞれの定義を行っています。これらの定義はJESD 51-12に示されており、以下のように引用もしくは言い換えることができます。

1. $\theta_{JA}$は、1立方フィートの密封容器内で測定された、自然対流下におけるジャンクションと周囲温度の間の空気熱抵抗です。この環境は「静止空気」と呼ばれることもありますが、実際には自然対流により空気の動きが生じます。この値はデバイスをJESD 51-9定義のテスト基板にマウントして得られたものであり、実際のアプリケーションや現実的な動作条件を反映したものではありません。
2. $\theta_{JCbot}$は、デバイスの消費電力のすべてがパッケージ底部まで流れる場合のジャンクションと基板の間の熱抵抗です。代表的なμModuleレギュレータでは熱の大半はパッケージ底部を通じて流出しますが、周囲環境への熱放散も常に発生します。この結果として、この熱抵抗の値はパッケージの比較には有用な場合がありますが、テストの条件は一般にはユーザのアプリケーションに即したものとはなりません。
3. $\theta_{JCtop}$は、デバイスの消費電力のほぼすべてがパッケージ上部まで流れるものとして定められます。代表的なμModuleレギュレータの電気的接続はパッケージ底部で行われるため、熱の大半がジャンクションからデバイス上部に流れるようなアプリケーションはまれです。$\theta_{JCbot}$の場合のように、この値はパッケージの比較には有用な場合がありますが、テストの条件は一般にはユーザのアプリケーションに即したものとはなりません。

こうした定義を見ると、これらの熱係数のいずれもμModuleレギュレータの実際の物理動作条件を反映していないことは明らかです。したがって、これらのいずれかを個別に使用して製品の熱性能を正確に予測することはできません。同様に、いずれか1つの係数を使用して製品データシートに記載されたジャンクション温度と負荷の関係を示すグラフに関係づけることは不適切です。これらの係数を用いる唯一の適切な方法は、熱抵抗のすべてを同時に考慮するFEAなどの詳細な熱解析を実行することです。

これらの主要な熱抵抗の概要を図4に図示します。パッケージ側面から流れる熱など、一部の熱抵抗要素はJEDEC規格では定義されておらず、図示されていません。青色で示した抵抗はμModule内部にあるもので、緑色は外側にあるものです。

LTM8060のダイ温度は、最大定格より低くなければなりません。そのため、回路のレイアウト時においては、LTM8060の良好なヒート・シンクが確保できるよう注意を払う必要があります。LTM8060からの熱流の大部分はパッケージ底部とパッドを通じてプリント回路基板に流れます。したがって、プリント回路基板の設計に問題があると過剰な熱が生じ、性能や信頼性の低下につながります。プリント回路基板設計の推奨事項については、PCBレイアウトのセクションを参照してください。

## アプリケーション情報

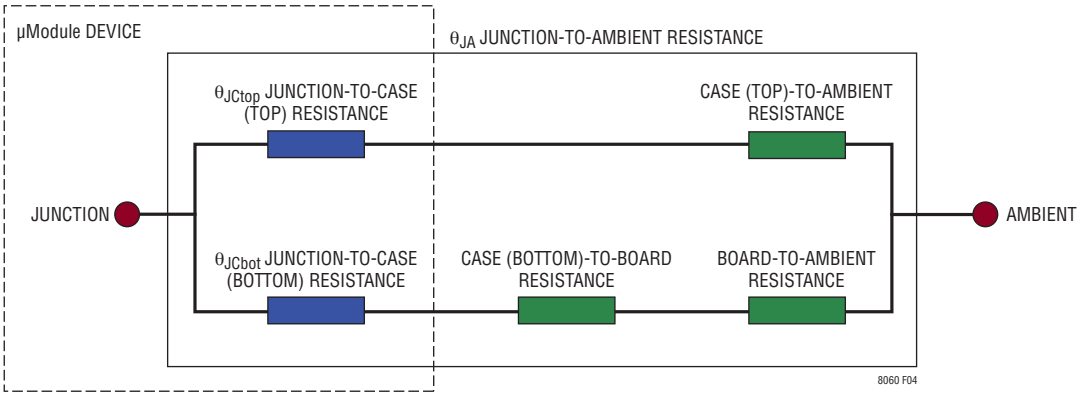



**図4. 熱係数の概要を示す図、JESD51-12の用語を含む**

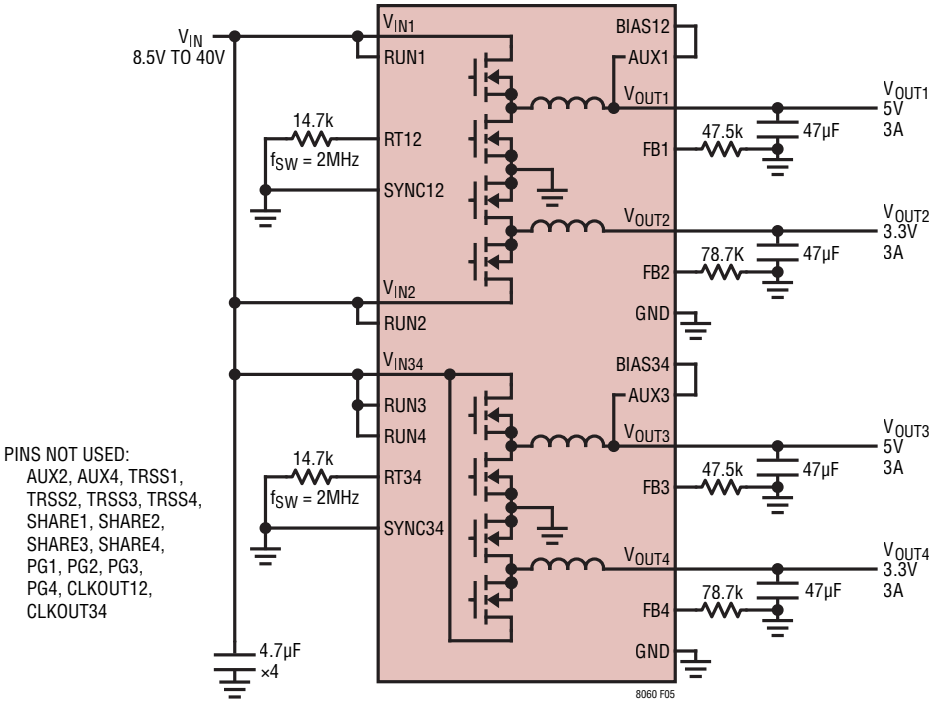



**図5. 8.5V～40Vの入力による5V/3A、3.3V/3A、5V/3A、3.3V/3Aの出力**

## 標準的応用例

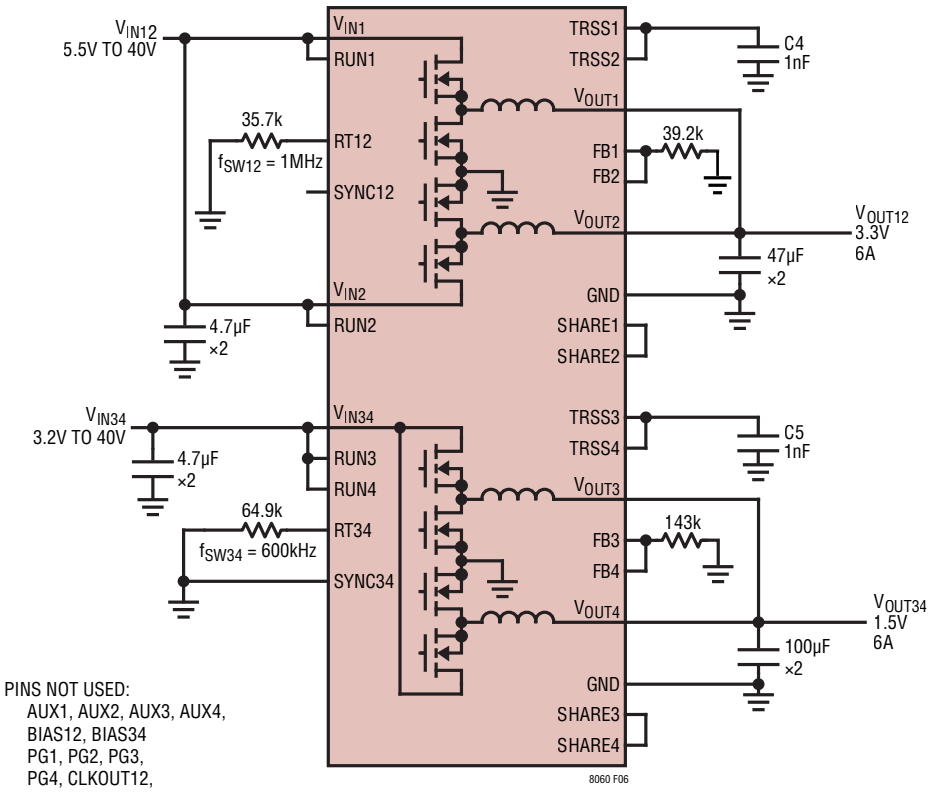



**図6. 5.5V～40Vの入力による3.3V/6Aの並列出力、3.2V～40Vの入力による1.5V/6Aの並列出力**

## 標準的応用例

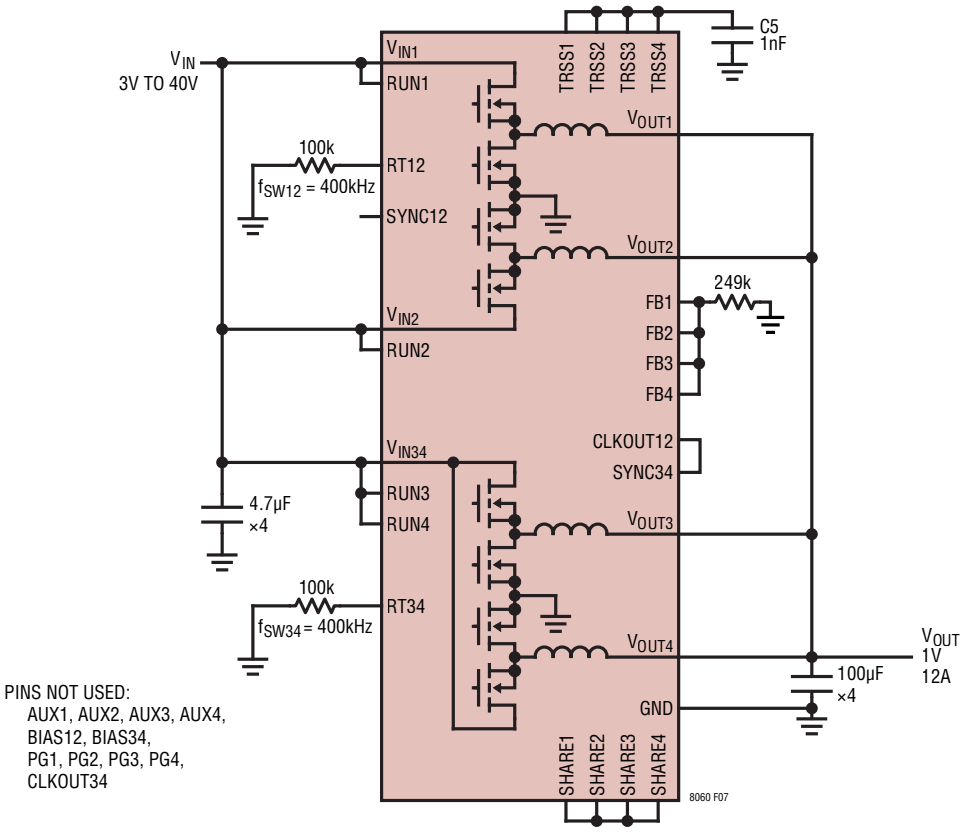



**図7. 3V～40Vの入力による1V/12Aの並列出力**

## 標準的応用例

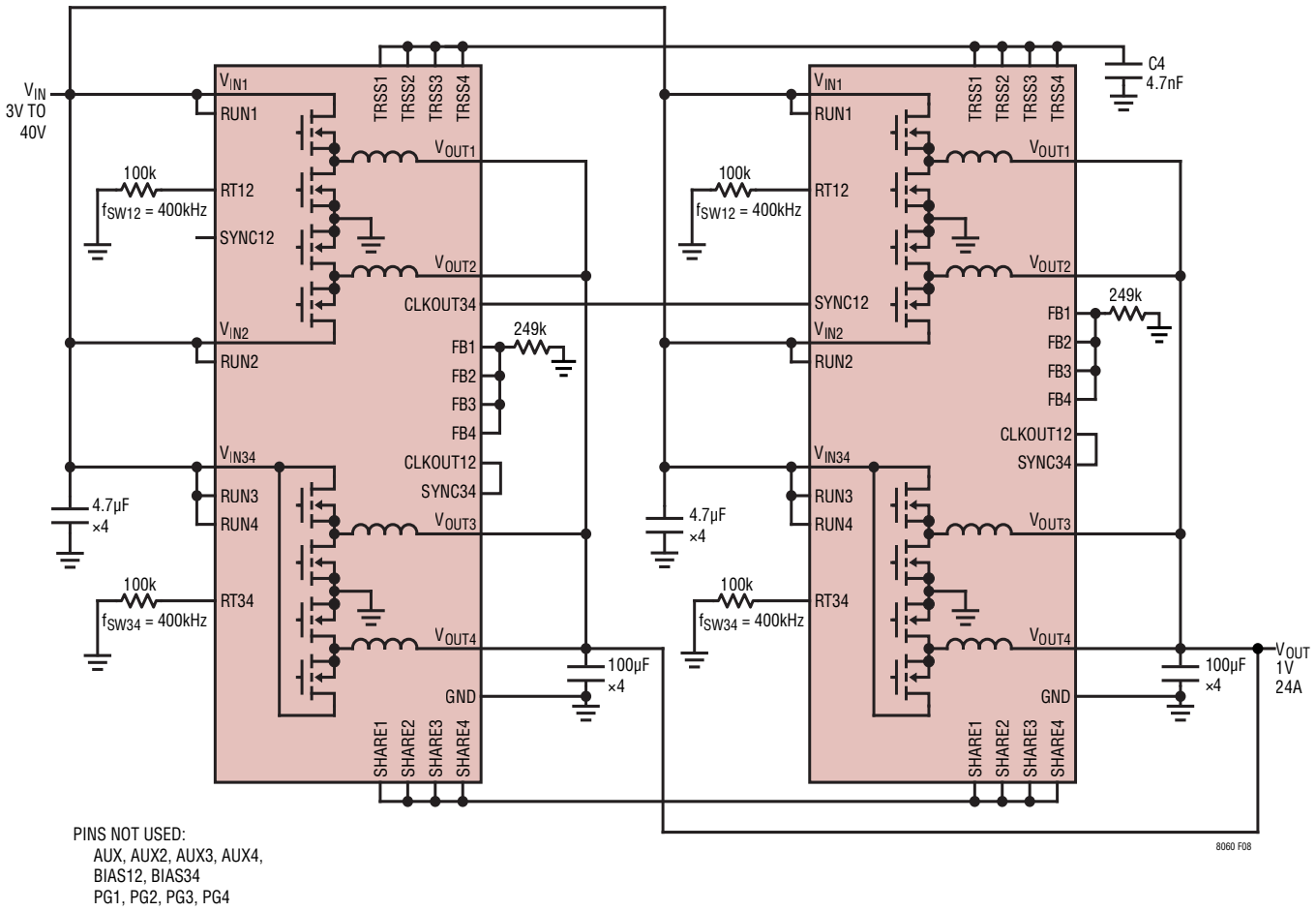
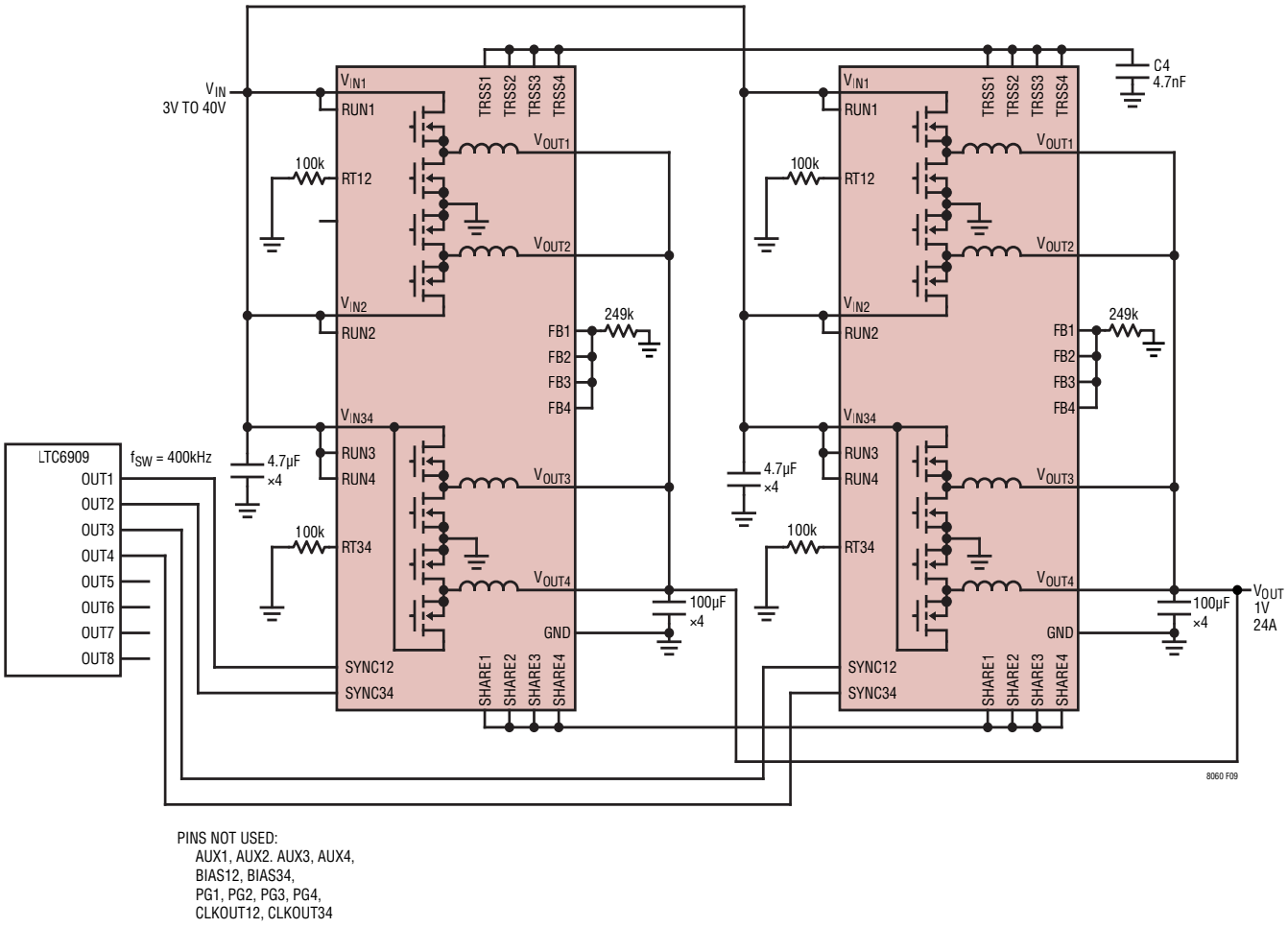



**図 8. 2 つの LTM8060 を並列化して強制連続モードで 1V/24A 出力を供給**

## 標準的応用例




PINS NOT USED:
AUX1, AUX2. AUX3, AUX4,
BIAS12, BIAS34,
PG1, PG2, PG3, PG4,
CLKOUT12, CLKOUT34

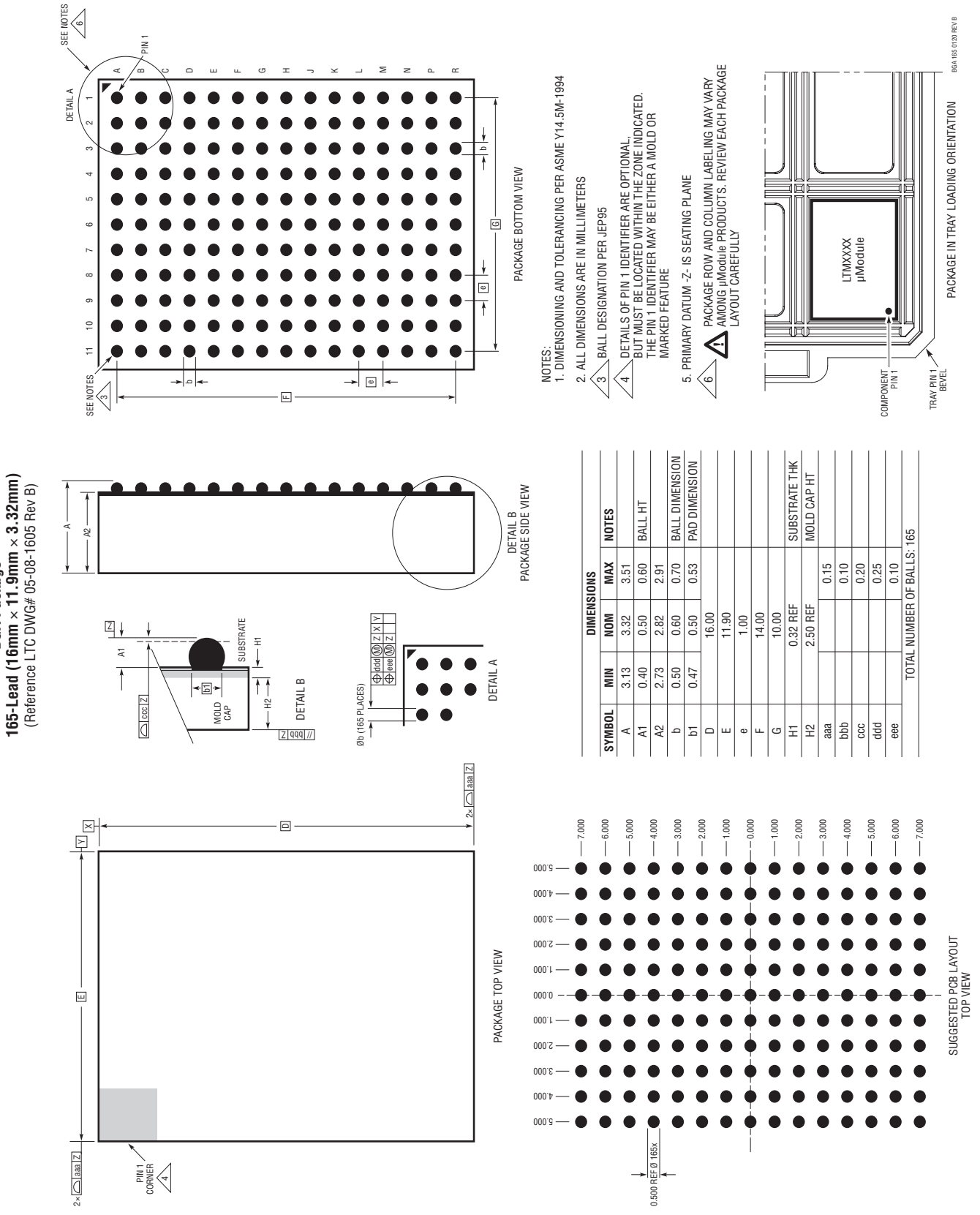
**図9. 2つのLTM8060を並列化し、8つのチャンネルすべての間に45°の位相シフト・インターリーブがある1V/24A出力を供給**

## パッケージの説明

**表6. LTM8060のピンアウト(ピン番号順)**

| Pin | Pin Name | Pin | Pin Name | Pin | Pin Name | Pin | Pin Name | Pin | Pin Name | Pin | Pin Name | Pin | Pin Name | Pin | Pin Name |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | $V_{OUT3}$ | B1 | $V_{OUT3}$ | C1 | TRSS3 | D1 | TRSS4 | E1 | RT34 | F1 | FB3 | G1 | $V_{IN34}$ | H1 | $V_{IN34}$ |
| A2 | $V_{OUT3}$ | B2 | $V_{OUT3}$ | C2 | AUX3 | D2 | BIAS34 | E2 | AUX4 | F2 | FB4 | G2 | $V_{IN34}$ | H2 | $V_{IN34}$ |
| A3 | $V_{OUT3}$ | B3 | $V_{OUT3}$ | C3 | GND | D3 | GND | E3 | GND | F3 | SHARE4 | G3 | GND | H3 | GND |
| A4 | $V_{OUT3}$ | B4 | $V_{OUT3}$ | C4 | GND | D4 | GND | E4 | GND | F4 | SHARE3 | G4 | GND | H4 | GND |
| A5 | GND | B5 | GND | C5 | GND | D5 | GND | E5 | GND | F5 | GND | G5 | GND | H5 | GND |
| A6 | GND | B6 | GND | C6 | GND | D6 | GND | E6 | GND | F6 | GND | G6 | GND | H6 | GND |
| A7 | GND | B7 | GND | C7 | GND | D7 | GND | E7 | GND | F7 | GND | G7 | GND | H7 | GND |
| A8 | $V_{OUT2}$ | B8 | $V_{OUT2}$ | C8 | GND | D8 | GND | E8 | GND | F8 | GND | G8 | GND | H8 | GND |
| A9 | $V_{OUT2}$ | B9 | $V_{OUT2}$ | C9 | GND | D9 | GND | E9 | PG1 | F9 | GND | G9 | GND | H9 | GND |
| A10 | $V_{OUT2}$ | B10 | $V_{OUT2}$ | C10 | CLKOUT12 | D10 | PG2 | E10 | DNC | F10 | $V_{IN2}$ | G10 | $V_{IN2}$ | H10 | $V_{IN1}$ |
| A11 | $V_{OUT2}$ | B11 | $V_{OUT2}$ | C11 | SYNC12 | D11 | RUN2 | E11 | RUN1 | F11 | $V_{IN2}$ | G11 | $V_{IN2}$ | H11 | $V_{IN1}$ |
| **Pin** | **Pin Name** | **Pin** | **Pin Name** | **Pin** | **Pin Name** | **Pin** | **Pin Name** | **Pin** | **Pin Name** | **Pin** | **Pin Name** | **Pin** | **Pin Name** | | |
| J1 | $V_{IN34}$ | K1 | $V_{IN34}$ | L1 | RUN3 | M1 | RUN4 | N1 | SYNC34 | P1 | $V_{OUT4}$ | R1 | $V_{OUT4}$ | | |
| J2 | $V_{IN34}$ | K2 | $V_{IN34}$ | L2 | DNC | M2 | PG4 | N2 | CLKOUT34 | P2 | $V_{OUT4}$ | R2 | $V_{OUT4}$ | | |
| J3 | GND | K3 | GND | L3 | PG3 | M3 | GND | N3 | GND | P3 | $V_{OUT4}$ | R3 | $V_{OUT4}$ | | |
| J4 | GND | K4 | GND | L4 | GND | M4 | GND | N4 | GND | P4 | $V_{OUT4}$ | R4 | $V_{OUT4}$ | | |
| J5 | GND | K5 | GND | L5 | GND | M5 | GND | N5 | GND | P5 | GND | R5 | GND | | |
| J6 | GND | K6 | GND | L6 | GND | M6 | GND | N6 | GND | P6 | GND | R6 | GND | | |
| J7 | GND | K7 | GND | L7 | GND | M7 | GND | N7 | GND | P7 | GND | R7 | GND | | |
| J8 | GND | K8 | SHARE1 | L8 | GND | M8 | GND | N8 | GND | P8 | $V_{OUT1}$ | R8 | $V_{OUT1}$ | | |
| J9 | GND | K9 | SHARE2 | L9 | GND | M9 | GND | N9 | GND | P9 | $V_{OUT1}$ | R9 | $V_{OUT1}$ | | |
| J10 | $V_{IN1}$ | K10 | FB2 | L10 | AUX2 | M10 | BIAS12 | N10 | AUX1 | P10 | $V_{OUT1}$ | R10 | $V_{OUT1}$ | | |
| J11 | $V_{IN1}$ | K11 | FB1 | L11 | RT12 | M11 | TRSS2 | N11 | TRSS1 | P11 | $V_{OUT1}$ | R11 | $V_{OUT1}$ | | |

## パッケージの説明




| DIMENSIONS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| SYMBOL | MIN | NOM | MAX | NOTES |
| A | 3.13 | 3.32 | 3.51 | |
| A1 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | BALL HT |
| A2 | 2.73 | 2.82 | 2.91 | |
| b | 0.50 | 0.60 | 0.70 | BALL DIMENSION |
| b1 | 0.47 | 0.50 | 0.53 | PAD DIMENSION |
| D | | 16.00 | | |
| E | | 11.90 | | |
| e | | 1.00 | | |
| F | | 14.00 | | |
| G | | 10.00 | | |
| H1 | | 0.32 REF | | SUBSTRATE THK |
| H2 | | 2.50 REF | | MOLD CAP HT |
| aaa | | | 0.15 | |
| bbb | | | 0.10 | |
| ccc | | | 0.20 | |
| ddd | | | 0.25 | |
| eee | | | 0.10 | |
| TOTAL NUMBER OF BALLS: 165 | | | | |

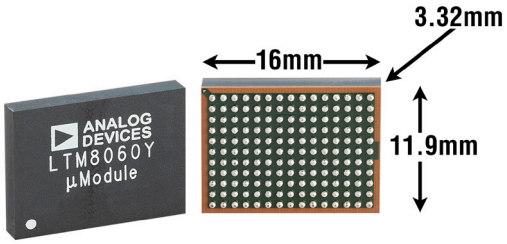
## 改訂履歴

| REV | DATE | DESCRIPTION | PAGE NUMBER |
|---|---|---|---|
| A | 05/21 | Updated thermal resistance.<br>Updated MSL rating.<br>Updated graph G45. | 1, 2<br>2<br>8 |



アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることに万全を期していますが、その利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。仕様は予告なく変更される場合があります。アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。

## パッケージ写真




## 設計リソース

| SUBJECT | DESCRIPTION | |
|---|---|---|
| µModule Design and Manufacturing Resources | Design:<br>• Selector Guides<br>• Demo Boards and Gerber Files<br>• Free Simulation Tools | Manufacturing:<br>• Quick Start Guide<br>• PCB Design, Assembly and Manufacturing Guidelines<br>• Package and Board Level Reliability |
| µModule Regulator Products Search | 1. Sort table of products by parameters and download the result as a spread sheet.<br>2. Search using the Quick Power Search parametric table.<br>Quick Power Search<br>INPUT \| $V_{in}$(Min) V $V_{in}$(Max) V<br>OUTPUT \| $V_{Out}$ V $I_{out}$ A<br>FEATURES \| Low EMI Ultrathin Internal Heat Sink<br>Multiple Outputs<br>Search | |
| Digital Power System Management | Analog Devices' family of digital power supply management ICs are highly integrated solutions that offer essential functions, including power supply monitoring, supervision, margining and sequencing, and feature EEPROM for storing user configurations and fault logging. | |

## 関連製品

| 製品番号 | 概要 | 注釈 |
|---|---|---|
| LTM4613 | 36V、8A低EMIの降圧µModuleレギュレータ | 5V ≤ $V_{IN}$ ≤ 36V、3.3V ≤ $V_{OUT}$ ≤ 15V、EN55022B準拠、15mm × 15mm × 4.32mm LGA、15mm × 15mm × 4.92mm BGAパッケージ |
| LTM8063 | 40V、2A降圧Silent Switcher µModuleレギュレータ | 3.2V ≤ $V_{IN}$ ≤ 40V、0.8V ≤ $V_{OUT}$ ≤ 15V、4mm × 6.25mm × 2.22mm BGAパッケージ |
| LTM8065 | 40V、 2.5A降圧Silent Switcher µModuleレギュレータ | 3.4V ≤ $V_{IN}$ ≤ 40V、 0.97V ≤ $V_{OUT}$ ≤ 18V、 6.25mm × 6.25mm × 2.32mm BGAパッケージ |
| LTM8053 | 40V、3.5A降圧Silent Switcher µModuleレギュレータ | 3.4V ≤ $V_{IN}$ ≤ 40V、 0.97V ≤ $V_{OUT}$ ≤ 15V、 6.25mm × 9mm × 3.32mm BGAパッケージ |
| LTM8078 | 40V、デュアル1.4A降圧Silent Switcher µModuleレギュレータ | 3V ≤ $V_{IN}$ ≤ 40V、 0.8V ≤ $V_{OUT}$ ≤ 10V、 6.25mm × 6.25mm × 2.32mm BGAパッケージ |
| LTM8024 | 40V、デュアル3.5A降圧Silent Switcher µModuleレギュレータ | 3V ≤ $V_{IN}$ ≤ 40V、 0.8V ≤ $V_{OUT}$ ≤ 8V、 9mm × 11.25mm × 3.32mm BGAパッケージ |
| LTM8073 | 60V、3A降圧µModuleレギュレータ | 3.4V ≤ $V_{IN}$ ≤ 60V、 0.85V ≤ $V_{OUT}$ ≤ 15V、 6.25mm × 9mm × 3.32mm BGAパッケージ |
| LTM8071 | 60V、5A降圧Silent Switcher µModuleレギュレータ | 3.6V ≤ $V_{IN}$ ≤ 60V、0.97V ≤ $V_{OUT}$ ≤ 15V、9mm × 11.25mm × 3.32mm BGAパッケージ |
| LTM8051 | 40V、クワッド1.2A降圧Silent Switcher µModuleレギュレータ | 3V ≤ $V_{IN}$ ≤ 40V、 0.8V ≤ $V_{OUT}$ ≤ 8V、 6.25mm × 11.25mm × 2.32mm BGAパッケージ |
| LTM4643 | クワッド3A、20V降圧µModuleレギュレータ | 4V ≤ $V_{IN}$ ≤ 20V、0.6V ≤ $V_{OUT}$ ≤ 3.3V、9mm × 15mm × 1.82mm LGA、9mm × 15mm × 2.42mm BGAパッケージ |
| LTM4644 | クワッド4A、14V降圧µModuleレギュレータ | 4V ≤ $V_{IN}$ ≤ 14V、 0.6V ≤ $V_{OUT}$ ≤ 5.5V、 9mm × 15mm × 5.01mm BGAパッケージ |


©ANALOG DEVICES, INC. 2021