

LM22679

SIMPLE SWITCHER[®] ソフトスタート / 電流制限値可変機能付き 5A 降圧型電圧レギュレータ

概要

LM22679 は、降圧型 (バック) スイッチング・レギュレータのアクティブ機能のすべてを内蔵したモノリシック IC で、5A の負荷を駆動でき、優れたライン / ロード・レギュレーション特性を備えています。ON 抵抗の低い N チャネル MOSFET の採用により、高効率 (> 90%) を得ています。このシリーズには、5V の固定出力タイプと可変出力タイプがあります。

SIMPLE SWITCHER[®] コンセプトにより、ナショナルの設計ツール WEBENCH[®] を用いて、必要最小限の外付け部品による設計を簡単に完了することができます。ナショナルの WEBENCH[®] ツールは、外付け部品の計算、電気特性シミュレーション、熱特性シミュレーション、Build-It ボード (有償の試作ボード作成サービス) などの機能を持ち、容易なデザイン・インが可能です。スイッチング・クロックの周波数は、固定周波数 500kHz で動作する内蔵発振回路によって決まります。LM22679 シリーズは、熱暴走保護機能 (サーマル・シャットダウン) や電流制限回路も内蔵しています。電流制限スレッショルドは外付け抵抗で調整できます。適切な外部ソフトスタート・コンデンサを選択することによって調整可能なソフトスタート機能も使用できます。

特長

- 4.5V ~ 42V の広い入力電圧範囲
- 内部補償による電圧モード制御
- 低 ESR セラミック・コンデンサによる安定動作
- 100m N チャネル MOSFET
- 出力電圧オプション
 - ADJ (最小出力電圧 1.285V)
 - 5.0 (出力電圧 5V 固定)
- リファレンス精度: $\pm 1.5\%$
- スイッチング周波数 500kHz
- 動作時の接合部温度範囲: -40 ~ +125
- 設定可能なソフトスタート
- 可変電流制限
- ブート・ダイオード内蔵
- WEBENCH[®] に完全対応
- 降圧および反転型バックブースト・アプリケーション

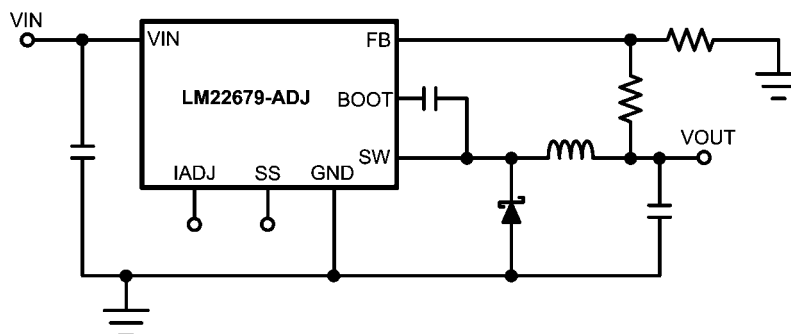
パッケージ

TO-263 薄型 (露出パッド付き)

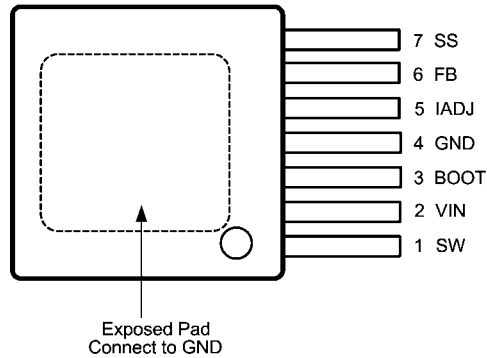
アプリケーション

- 産業用制御機器
- 電気通信およびデータ通信システム
- 組み込みシステム
- 車載用テレマティクス
- 標準の 24V、12V、5V 入力電源からの変換

等価アプリケーション回路



ピン配置図



7-Lead Plastic TO-263 THIN Package
NS Package Number TJ7A

製品情報

Output Voltage	Order Number	Package Type	NSC Package Drawing	Supplied As
ADJ	LM22679TJE-ADJ	TO-263 THIN Exposed Pad	TJ7A	250 Units in Tape and Reel
ADJ	LM22679TJ-ADJ			1000 Units in Tape and Reel
5.0	LM22679TJE-5.0			250 Units in Tape and Reel
5.0	LM22679TJ-5.0			1000 Units in Tape and Reel

ピン説明

ピン番号	ピン名	説明	アプリケーション情報
1	SW	スイッチング・ピン	スイッチング・ノードに接続します。
2	VIN	電源入力電圧	レギュレータへの入力です。4.5V ~ 42V の範囲で動作します。
3	BOOT	ブートストラップ入力	ハイサイド NFET のゲート電圧を供給します。
4	GND	システム・グラウンド	VIN とこのピンの間に、十分な容量のデカップリング・コンデンサを接続してください。
5	IADJ	電流制限設定ピン	このピンと GND との間に抵抗を接続すると、電流制限のスレッシュホールドを設定できます。このピンをフローティングにすると、チップ内部のデフォルト値に設定されます。
6	FB	フィードバック・ピン	内蔵電圧エラー・アンプへの反転入力です。
7	SS	ソフトスタート・ピン	外付けコンデンサと内蔵 50 μ A 電流源によって、エラー・アンプ・リファレンスの立ち上がり時定数が決まります。このピンをフローティングにすると、チップ内部のソフトスタートのデフォルト値に設定されます。

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 ~ GND 間	43V
SS, IADJ ピン電圧	- 0.5V ~ 7V
SW ~ GND 間 (Note 2)	- 5V ~ VIN
BOOT ピン電圧	V _{SW} + 7V
FB ピン電圧	- 0.5V ~ 7V
消費電力	内部的に制限
接合部温度	150

ハンダ付け温度

赤外線 (5 秒)

260

ESD 定格 (Note 3)

人体モデル

± 2kV

保存温度範囲

- 65 ~ + 150

動作定格 (Note 1)

電源電圧 (VIN)

4.5V ~ 42V

接合部温度範囲

- 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、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。最小リミット (Min) 値と最大リミット (Max) 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_A = 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、以下の規格は V_{IN} = 12V の場合に適用されます。

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 5)	Typ (Note 4)	Max (Note 5)	Units
LM22679-5.0						
V _{FB}	Feedback Voltage	V _{IN} = 8V to 42V	4.925/4.9	5.0	5.075/5.1	V
LM22679-ADJ						
V _{FB}	Feedback Voltage	V _{IN} = 4.7V to 42V	1.266/1.259	1.285	1.304/1.311	V
All Output Voltage Versions						
I _Q	Quiescent Current	V _{FB} = 5V		3.4	6	mA
V _{ADJ}	Current Limit Adjust Voltage		0.65	0.8	0.9	V
I _{CL}	Current Limit		6.0/5.75	7.1	8.4/8.75	A
I _{CLADJ}	Current Limit Adjust	IADJ Resistor = 56.2 kΩ	0.4	0.7	1	A
I _L	Output Leakage Current	V _{IN} = 42V, SS Pin = 0V, V _{SW} = 0V		32	60	μA
		V _{SW} = -1V		31	75	μA
R _{DS(ON)}	Switch On-Resistance			0.10	0.14/0.2	Ω
f _O	Oscillator Frequency		400	500	600	kHz
T _{OFFMIN}	Minimum Off-time			300		ns
T _{ONMIN}	Minimum On-time			100		ns
I _{BIAS}	Feedback Bias Current	V _{FB} = 1.3V (ADJ Version Only)		230		nA
I _{SS}	Soft-start Current		30	50	70	μA
T _{SD}	Thermal Shutdown Threshold			150		°C
θ _{JA}	Thermal Resistance	Junction to ambient temperature resistance (Note 6)		22		°C/W

Note 1: 絶対最大定格とは、IC に破壊が発生したり、使用不能になったり、信頼性や性能が低下する可能性のあるリミット値を示します。これは、絶対最大定格において、または推奨動作条件に示されている動作条件を越える条件でこのデバイスが有効に機能することや品質が劣化しないことを意味していません。「推奨動作定格」とは、デバイスが正常に機能する条件を示しており、この範囲を超えて動作させることは避けてください。

Note 2: 「SW ~ GND 間」の絶対最大定格は DC 電圧に対して適用されます。連続印加される負電圧のリミット値 - 10V は、幅 50ns 以下のパルスに対して適用されます。

Note 3: ESD テストでは人体モデルが使用され、100pF のコンデンサから 1.5k の抵抗を通じて各ピンに放電されます。

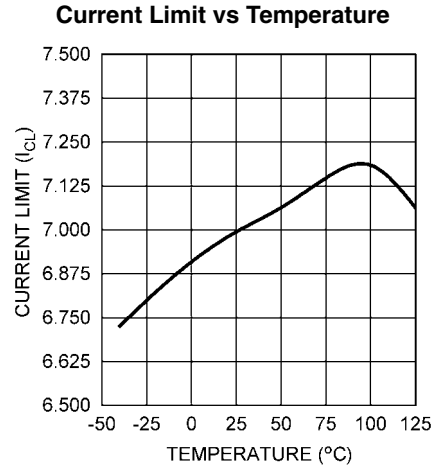
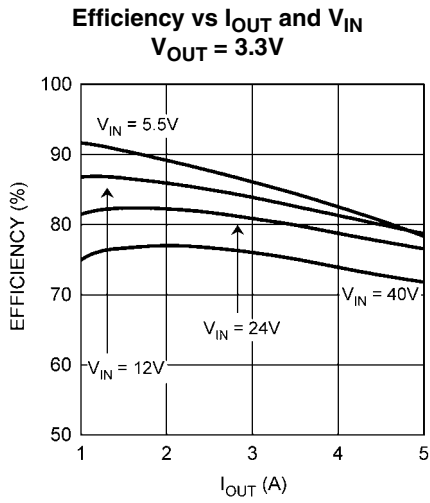
Note 4: 代表値は規定された条件における最も標準的な値を表すものであり、保証値ではありません。

Note 5: 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。

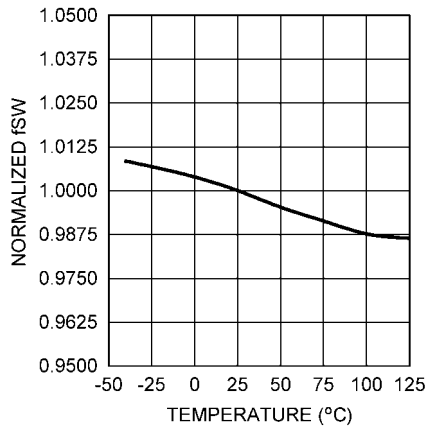
Note 6: TO-263 薄型 (TJ) パッケージに対する θ_{JA} の値 (22 /W) は、パッケージが 1 平方インチ (約 6.45 平方センチ) の銅箔上に実装された場合に適用されます。θ_{JA} の値は、熱伝導に寄与するプリント基板の銅箔量に応じて、20 ~ 30 /W の範囲で変化します。詳細については、アプリケーション・ノート AN-1797 を参照してください。

代表的な性能特性

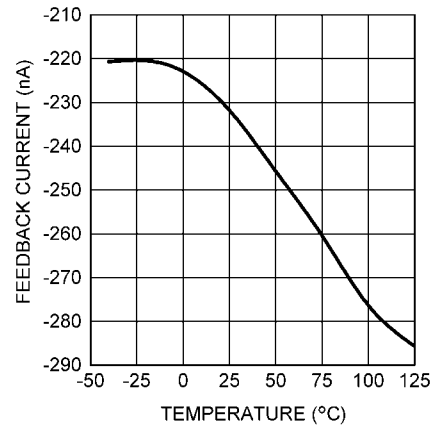
特記のない限り、 $V_{in} = 12V$ 、 $T_J = 25$ の条件が適用されます。



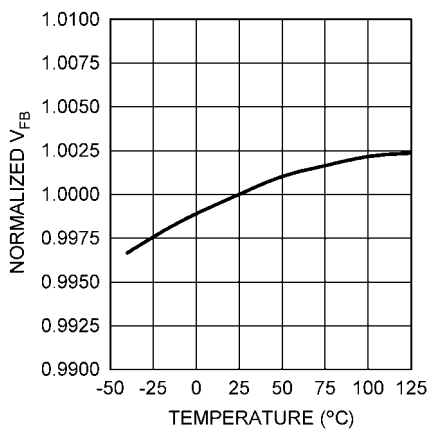
Normalized Switching Frequency vs Temperature



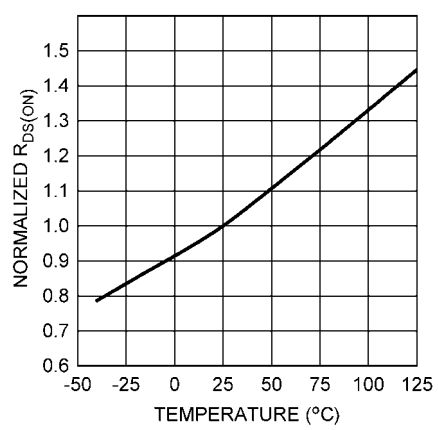
Feedback Bias Current vs Temperature



Normalized Feedback Voltage vs Temperature



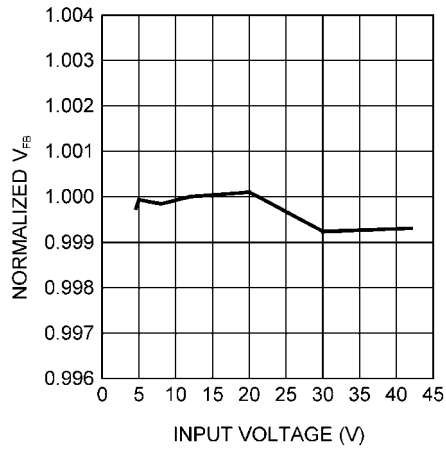
Normalized $R_{DS(ON)}$ vs Temperature



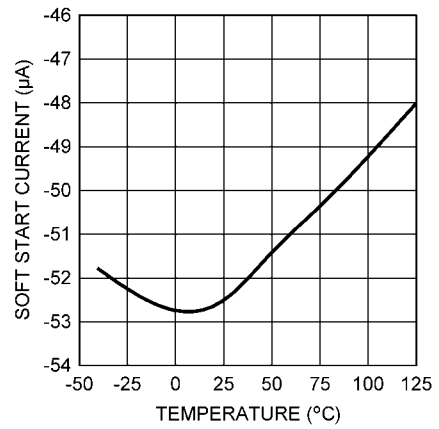
代表的な性能特性 (つづき)

特記のない限り、 $V_{in} = 12V$ 、 $T_J = 25$ の条件が適用されます。

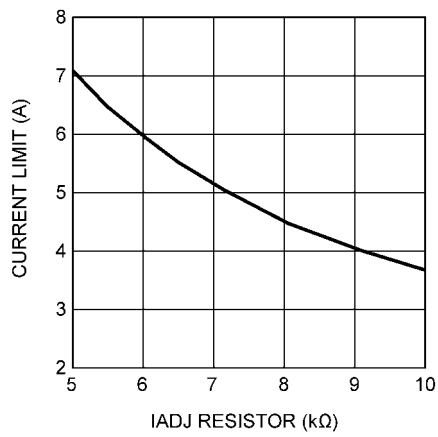
Normalized Feedback Voltage vs Input Voltage



Soft-start Current vs Temperature



Current Limit vs IADJ Resistor



代表的なアプリケーション回路とブロック図

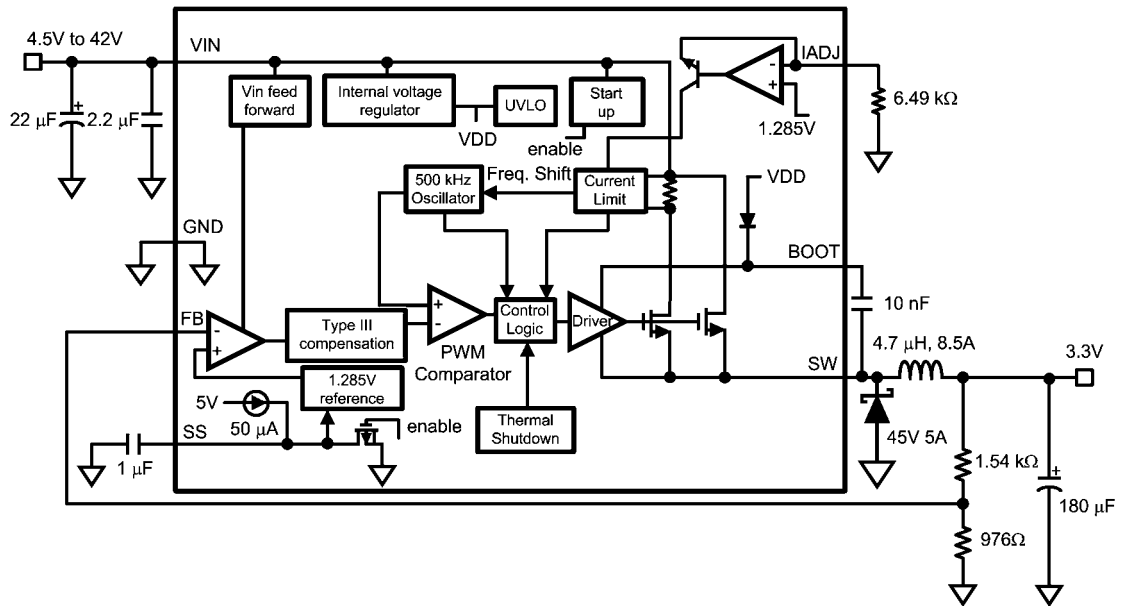


FIGURE 1. 3.3V V_{OUT} at 4.5A

動作の詳細な説明

LM22679 は、できる限り少ない外付け部品で高効率の高耐圧降圧型レギュレータを実現するために必要なすべての機能を備えたスイッチング・レギュレータです。使い勝手の良いこのレギュレータは 5A の電流出力が可能な耐圧 42V の N チャンネル・スイッチを内蔵しています。制御方法は、入力電圧フィード・フォワードによる電圧モード制御に基づいています。LM22679 は、ループ補償回路を内蔵しているため、外付けの補償部品を選定、あるいは使用する必要がありません。電圧モード制御を採用しているため、オン時間の Min 値が短く、入力電圧が高いアプリケーションに必要な短いデューティ・サイクルに対応できます。500kHz 固定の動作周波数によって過剰なスイッチング損失を防止すると同時に外付け部品を小型化できます。ADJ オプションのデバイスでは、出力電圧を最低 1.285V まで調整できます。保護機能として、電流制限、サーマル・シャットダウン機能を備えています。デバイスは、放熱を助ける露出パッドを備えた TO-263 薄型パッケージで供給されます。

LM22679 の機能ブロック図を含む代表的なアプリケーション回路を Figure 1 に示します。

最大デューティ・サイクル/ドロップアウト電圧

最大デューティ・サイクルの代表値は 85% です。これは、最小オフ時間の代表値が 300ns になることに相当します。このようにオフ時間を固定することは、各サイクルで Cboot コンデンサを充電する時間を確保するために重要です。正常動作を確保するために必要な最小入力電圧は、次式で表されます。

$$V_{IN} = \frac{V_{OUT} + V_D}{1 - (T_{OFFMIN} \times F)} - V_D + V_Q$$

V_D はフライホイール・ショットキ・ダイオードの順方向電圧降下、 V_Q は LM22679 内部のパワー NFET による電圧降下です。FET 電流に基づいて V_Q を計算するために、本データシートの「電気的特性」で FET の $R_{DS(ON)}$ の値を規定しています。F はスイッチング周波数です。

最小デューティ・サイクル

高い入力電圧に対して出力電圧を非常に低く設定した場合、最小オフ時間に加えて最小オン時間も重要になります。動作に代表値 100ns より短い最小オン時間が必要になると、個々のスイッチング・パルスがスキップされます。

$$D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

D はデューティ・サイクルです。

電流制限

パワー・スイッチがオンになる際、ショットキ・ダイオード D1 のわずかな容量性負荷によってリーディングエッジ電流スパイクが発生し、リング周期が長くなります。このようなスパイクがあると、電流制限コンパレータが正常な状態より早いタイミングで動作することがあります。スパイクのサンプリングを避けるために 110ns (typ) のリーディングエッジ・ブランキング時間 (T_{BLK}) を使用します。

LM22679 の特長の 1 つは、スイッチのピーク電流制限を調整できることです。この機能がなければ、スイッチのピーク電流値は、5A の負荷設計に対応するために内部的に 7.1A (typ) に設定されます。この高い電流制限値のために、インダクタ (過電流が流

れると飽和する) とキャッチ・ダイオードの両方が、負荷の異常時に最大 7.1A の電流を安全に処理できる能力が要求されます。

必要な負荷電流が 5A 未満のアプリケーションの場合、プログラミング抵抗を 1 本追加して、スイッチのピーク電流値を最大負荷電流より少し上に設定します。こうすると、定格の低い、より安価なインダクタとダイオードを使用できるようになります。5.49k の抵抗ではピーク電流 6.4A (typ) の電流制限値が設定され、8.06k では最大ピーク電流が 4.4A (typ) に抑えられます。電流制限の制御を確実にこなすために、スイッチのピーク電流を 3A 以上に保持することを推奨します。これは先低電流の電流制限値可変機能付き 3A スwitching・レギュレータを必要とするアプリケーションには、LM22673 SIMPLE SWITCHER[®] が適しています。

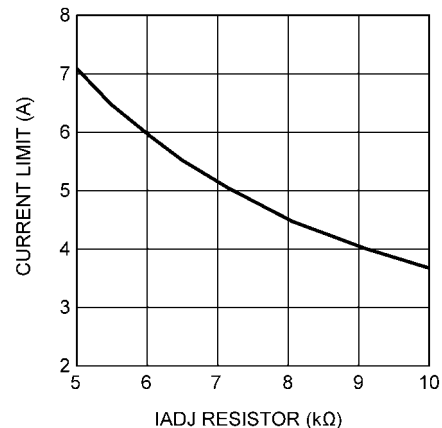


FIGURE 2. Peak Current Limit vs IADJ Resistor

スイッチ電流が電流制限のスレッシュホールドに達すると、スイッチは即座にオフし、内部のスイッチング周波数が低下します。その結果、スイッチのオフ時間が延長され、大電流が流れ続ける状態が回避されます。スイッチ電流が制限のスレッシュホールドを下回ると、スイッチは再びオンします。負荷の異常が続いている場合、スイッチ電流が再びスレッシュホールドを超え、スイッチがオフします。その結果、パワー・スイッチのデューティ・サイクルが小さくなって、異常時の全消費電力が大幅に低減されます。

過負荷状態によって出力電圧が設定値の 72.4% (typ) になると、スイッチング周波数が低く (フォールドバック) になります。

電流制限機能が暴走状態からインダクタを保護できるのは、LM22679 が安全動作領域で動作している場合のみです。インダクタの暴走はアプリケーションに壊滅的被害を与える可能性があります。どのような設計でも、必ず安全動作領域を計算する必要があります。安全動作領域を決定する要因は、スイッチング周波数、入力電圧、出力電圧、最小オン時間、過電流状態におけるフィードバック電圧です。

最初の検証として次の式が成り立てば、その設計は安全動作領域内にあると考えられ、電流制限機能によって回路が保護されます。

$$V_{IN} \times T_{BLK} \times F < V_{OUT} \times 0.724$$

この式が成立しない場合、安全動作領域で動作するには、次に示す第 2 の式が成立しなければなりません。

$$(V_{IN} - V_{OUT}) \times T_{BLK} < (V_{OUT} + V_D) \times \left(\frac{1}{F}\right) - T_{BLK}$$

電流制限 (つつき)

いずれの式も成り立たない設計では電流制限機能が有効に動作せず、起動時、過電流状態、定常的な過電流および短絡状態が発生した場合に回路を損傷する恐れがあります。多くの場合、最大入力電圧を下げると安全動作領域に入る設計が得られます。

ソフトスタート

ソフトスタート機能を使用すると、レギュレータは初期安定状態の動作点に緩やかに到達するため、起動時のストレスやサージを軽減できます。ソフトスタート機能は、外部ソフトスタート・コンデンサを選択することによって調整可能です。50µA の内部電流源により外付けソフトスタート・コンデンサを充電します。発生する電圧は内部リファレンスによって制限されます。ソフトスタート・コンデンサを使わない場合、内部ソフトスタート機能によるスタートアップ時間は 500µs (typ) です。ソフトスタート・コンデンサの推奨値は 100nF ~ 1µF です。

ブート・ピン

LM22679 は、N チャネルの FET スイッチと、スイッチ制御に関連するフローティングの高耐圧レベル・シフト / ゲート・ドライバ回路を内蔵しています。ゲート・ドライバ回路は内蔵ダイオードと外付けブートストラップ・コンデンサとの組み合わせによって動作します。内蔵 FET スイッチを効率的に駆動するため、BOOT ピンと SW ピンの間に 0.01µF のセラミック・コンデンサを短い配線パターンによって接続することを推奨します。スイッチのオフ期間に SW ピン電圧はおおよそ -0.5V になり、外付けのブートストラップ・コンデンサは内蔵ブートストラップ・ダイオードを介してチップ内部の電源によって充電されます。PWM デューティ・サイクルが大きい状態での動作では、ブートストラップ・コンデンサを再充電するために、FET はサイクルごとに強制的にオフになります。詳細は最大デューティ・サイクルを参照してください。

熱保護回路

LM22679 には、最大接合部温度を超えた場合に IC を保護するサーマル・シャットダウン回路が内蔵されています。サーマル・シャットダウン回路は通常 150 で作動し、レギュレータを低消費電力のリセット状態に強制的に移行させます。15 (typ) のヒステリシス特性を持たせてあります。

内部補償回路

LM22679 は、さまざまな外付けのパワー段部品に対して安定したループ特性が得られる補償回路を内蔵しています。

実際にパワー段 (インダクタと出力コンデンサ) を設計する際は、安定性を確保するために注意を要する場合があります。www.national.com より利用できるオンラインの回路シミュレーション・ツール WEBENCH® により、負荷や入出力電圧をさまざまに変化させて LM22679 の安定性を検証できます。オンラインの製品カタログから手軽に扱えるスプレッドシートをダウンロードすることもできます。

内部補償回路の代表的なポールとゼロ位置、および DC 利得を Table 1 に示します。LM22679、セラミック・コンデンサを含むほとんどの出力コンデンサが使用可能なタイプ 補償回路を内蔵しています。

表の値は、FB ピンからチップ内部の補償ノードまで (ブロック図の入力から PWM コンバータまで) の伝達関数を計算するために使用できます。

TABLE 1.

Corners	Frequency
Pole 1	150 kHz
Pole 2	250 kHz
Pole 3	100 Hz
Zero 1	1.5 kHz
Zero 2	15 kHz
DC gain	37.5 dB

パワー段の伝達関数には、2 重ポールと ESR ゼロを持つ標準的な電圧モードの式が適用されます。

$$f_{DP} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \times C_{OUT}}}$$

$$f_{ESR} = \frac{1}{2\pi \times C_{OUT} \times ESR}$$

PWM コンバータに入力される発振器信号ランプのピーク値は $V_{IN}/10$ となり、これは IC の変調器段の利得 20dB に対応する値です。出力電圧固定の 5.0 オプションでは、補償伝達関数の利得が ADJ オプション (37.5dB) の 2 倍の 43.5dB になります。

通常、計算やシミュレーションは適切なパワー段部品の選定にしか使えません。優れた設計を行うには、負荷変動テストまたはループ測定テストによって安定性を検証する必要があります。アプリケーション・ノート AN-1889 では、オシロスコープとファンクション・ジェネレータだけで簡単に実行できるループ伝達関数の測定方法について説明しています。

アプリケーション情報

外付け部品

以下の設計手順は、LM22679 による非同期降圧コンバータの設計に適用できます。

インダクタ

インダクタンス値は、負荷電流、リップル電流、入力電圧の最大値と最小値をもとに決定します。アプリケーションを連続モード (CCM) に維持するため、最大リップル電流 I_{RIPPLE} は最小負荷電流の 2 倍より小さくしなければなりません。

インダクタのリップル電流のピーク・ツー・ピーク値を公称出力電圧の約 30% 付近に設定するという一般則に従うと、出力電圧リップルと部品のサイズやコストの間で適切なトレードオフが得られます。このリップル電流値に基づいて、インダクタンス L を以下の式から求めます。

$$L = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN(MAX)} - V_{OUT})}{I_{RIPPLE} \times F \times V_{IN(MAX)}}$$

ここで、 F は 500kHz (typ) のスイッチング周波数です。この計算手順はインダクタ L の値を選択する指針です。実際の回路では標準系列の中から最も近い値の部品を使用します。通常、インダクタンスを大きくすると過渡応答は遅くなりますが、出力電圧リップルの振幅は低減されます。インダクタンスを小さくすると過渡応答は改善しますが、出力電圧リップルが大きくなります。

アプリケーション情報 (つづき)

飽和を防ぐためにインダクタの定格はピーク電流以上でなければなりません。通常負荷条件のとき、ピーク電流は最大負荷電流と最大リップルを加えた値になります。過負荷状態ならびに負荷変動時には、ピーク電流が7.1A (typ)に制限されます (最大8.75A)。したがって、最大電流リミット値で動作し、さらに非定常的な電流も流せるインダクタを選定する必要があります。

メーカーによっては飽和定格をインダクタンスが20において30%低下する電流として定義しています。通常的设计では、インダクタがこれよりずっと高い温度で動作します。インダクタの定格電流が十分でない飽和が発生する可能性があり、電流制限回路の伝搬遅延によって電源が損傷を受ける恐れがあります。

入力コンデンサ

VIN ピンに発生するリップル電圧を抑え、かつ、オン期間中のスイッチ電流の大半を供給する目的で、良質の入力コンデンサが必要です。スイッチがターンオンしたときにVINピンに流れる電流は、ピーク値に向かってステップ状に上昇し、スイッチがターンオフするとゼロに低下します。スイッチのオン期間中にVINに流れる平均電流は負荷電流です。入力容量はRMS電流 I_{RMS} と最小リップル電圧に基づいて選択します。必要なリップル電流定格は $I_{RMS} > I_{OUT}/2$ で適切な近似が得られます。

入力フィルタにはESRの小さな良質なセラミック・コンデンサを選択してください。許容誤差と電圧効果に対応するには、複数のコンデンサを並列接続して使用します。入力電圧のステップ変動がLM22679の最大定格近くで見込まれる場合は、VINピンにおけるリンギングと電圧スパイクを十分に検討してください。このようなときはダンピング・ネットワークまたは入力電圧クランプを追加したほうが良い場合があります。

通常、入力にESRの高い電解コンデンサとESRが低いバイパス・コンデンサを並列に接続すると、入力変動時の過大な電圧を抑える効果があり、さらに入力フィルタの共振周波数をレギュレータの帯域幅から遠ざけることができます。

出力コンデンサ

出力コンデンサは、出力リップル電圧を制限し、負荷が変動したときに電荷を供給します。複数のコンデンサを並列に接続できます。セラミック・コンデンサなどのESRが極めて小さいコンデンサが出力リップル電圧とノイズ・スパイクを抑制する一方、並列に接続した大容量でESRが大きいコンデンサは負荷の変動時に電荷を供給するバリュク容量として機能します。出力電圧リップルの近似値は次のとおりです。

$$\Delta V_{OUT} = \Delta I_L \times \left(ESR + \left(\frac{1}{8 \times F \times C_{OUT}} \right) \right)$$

I_L はインダクタのリップル電流です。

Cboot コンデンサ

BOOTピンとSWピンの間に接続されたブートストラップ・コンデンサは、ゲート電流を供給してNチャンネルMOSFETをターンオンします。このコンデンサの推奨値は10nFで、品質が良くESRが小さいセラミック・コンデンサを使用してください。

Cbootコンデンサと直列に小さな抵抗を接続して、内部NチャンネルMOSFETのターンオン遷移を緩やかにできます。10 ~ 50の抵抗によって、遷移時間を長くできます。この方法によってスイッチ・モードの電源回路のEMIを低減できます。このような直列抵抗の使用は、すべての設計で推奨されるものではありません。アプリケーションのスイッチング損失が増え、熱設計がより困難になるためです。

抵抗分圧回路

ADJ オプションのデバイスを出力電圧1.285Vで使用する場合は抵抗分圧回路は不要です。出力電圧を直接FBピンに接続します。その他の出力電圧の場合は、ADJオプションを抵抗分圧回路とともに使用します。

抵抗値は以下の式から求めます。

ADJ オプション:

$$R1 = \frac{R2}{\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1}$$

V_{FB} は、ADJ オプションの場合1.285Vです (代表値)。

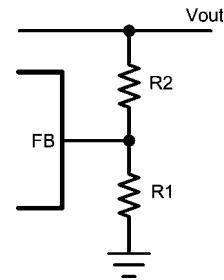


FIGURE 3. Resistive Feedback Divider

ADJ オプションにおいて出力電圧を高精度に保つには、R1とR2の合計を10k以下にすることを推奨します。

5mA未満の負荷の場合、ブート・コンデンサにはチップ内部のハイサイド・ドライバに供給する十分な電荷が蓄積されません。したがって、ブート・コンデンサが再充電されるまで出力電圧が低下することがあります。フィードバック抵抗を、その合計が3k未満になるように選択すれば、このように負荷が軽くても出力電圧が低下するのを防ぐ最低限の負荷が得られます。

キャッチ・ダイオード

LM22679を使ったすべてのアプリケーションにはショットキ・タイプのフライホイール・ダイオードが必要です。ショットキ・ダイオード以外の超高速ダイオードは推奨しません。逆方向リカバリ過渡電流によってICに損傷を与える可能性があります。LM22679を使用することが多い高入力電圧、低出力電圧のアプリケーションでは、ショットキ・ダイオードの特性として、ほぼ理想的な逆方向リカバリ特性と順方向電圧降下の低さが特に重要になります。NチャンネルMOSFETがターンオンしたときに、各サイクルでどれくらいの期間にわたってサージ電流が流れるかは、逆方向リカバリ特性によって決まります。ショットキ・ダイオードの逆方向リカバリ特性は、各ターンオン・サイクル中に起こるスイッチ内のピーク瞬時電力を最小限に抑えます。すなわち、ショットキ・ダイオードを使用するとスイッチング損失が大幅に抑えられます。逆方向降伏電圧定格は最大 V_{IN} にある程度のマージンを加えた値として選択します。経験則として、最大入力電圧の1.3倍の逆耐圧定格を持つダイオードを選択するとよいでしょう。

アプリケーション情報 (つづき)

順方向電圧降下は、特に低出力電圧アプリケーションで、変換効率に大きな影響を与えます。ダイオードの「定格」電流はメーカーによって大きく異なります。ワーストケースの仮定では短絡負荷状態を想定します。この条件では、ダイオードには出力電流がほぼ連続して流れます。LM22679 ではこの電流が 7.1A (typ) にまで達することがあります。ワーストケース時にダイオード両端の電圧降下を 1V と仮定すると、ダイオード消費電力は最大 7.1W に達します。

回路基板レイアウト

スイッチング電源では基板レイアウトが非常に重要です。第 1 に、放熱の目的を果たすのに十分な広さのグラウンド・プレーン領域がなければなりません。第 2 に、スイッチング・ノイズの影響を低減するために適切な指針に沿ってパターンを設計する必要があります。スイッチ・モード・コンバータは、きわめて高速なスイッチング・デバイスです。このようなデバイスでは、入力電流の急激な増加と配線の寄生インダクタンスが相まって、不要な $L di/dt$ ノイズ・スパイクが発生します。このノイズの大きさは出力電流が増加するにつれて大きくなる傾向があります。寄生スパイク・ノイズは不要な電磁干渉 (EMI) を招く場合があります。デバイス性能にも問題が生じる恐れがあります。したがって、このスイッチング・ノイズの影響を最小限に抑えるための注意が必要です。

最も重要なレイアウト・ルールは AC 電流のループをできるだけ小さくすることです。Figure 4 に降圧コンバータの電流の流れを示します。一番上の図には、FET スイッチがオン状態の時に流れる電流を点線で示してあります。中央の図には、FET スイッチがオフ状態の時に流れる電流を示してあります。

一番下の図は AC 電流と見なされる電流です。この AC 電流は、非常に短時間で変化するため、最も重要です。最後の回路図の点線で示した部分が、配線パターンをできるだけ短くすべき経路になります。この部分を短くすれば、ループが囲む面積も小さくなり、ループ・インダクタンスを低減できます。レイアウトによって機能上の問題が発生しないように、PCB のレイアウト例を十分に検討してください。TO-263 薄型などの熱抵抗が非常に小さいパッケージで 5A の出力電流を実現するのは、配線パターンのインダクタンスを考慮すると難しい設計になります。LM22679、バイパス・コンデンサ、ショットキ・ダイオード、インダクタをレイアウト例に示したように配置すると、最良の結果が得られます。また、放熱を助け、ボード上の配線パターンによる寄生インダクタンスを低減するために、70 μm 以上の厚みがある銅箔の基板を使用することを推奨します。

TO-263 薄型パッケージの露出 DAP を PCB のグラウンド領域に確実にハンダ付けすることが非常に重要です。これによって、バイパス・コンデンサのグラウンドと LM22679 のグラウンド接続の間の AC 配線パターン長を短くできます。DAP をボードにハンダ付けしないと、ボード上の過剰なノイズによってデバイスが異常動作する恐れがあります。

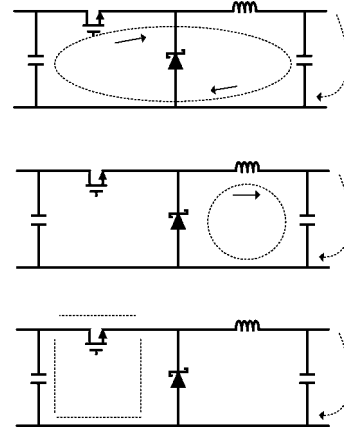


FIGURE 4. Current Flow in a Buck Application

熱に関する注意事項

消費電力が最も大きい部品はフライホイール・ダイオードと LM22679 レギュレータ IC の 2 つです。LM22679 内部で消費される電力を簡単に求めるには、総変換損失 ($P_{in} - P_{out}$) を測定し、その値からショットキ・ダイオードと出力インダクタによる電力損失を減算します。ショットキ・ダイオードによる損失は次式で近似できます。

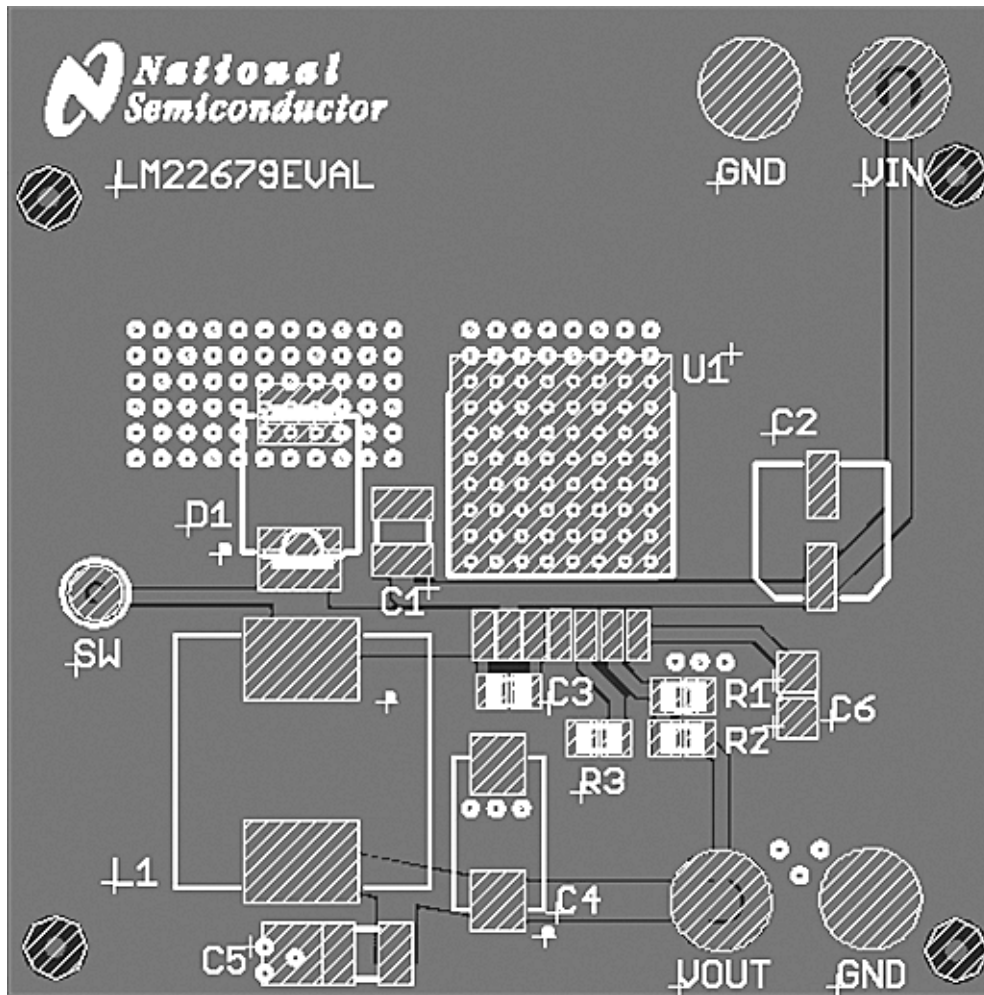
$$P = (1 - D) \times I_{OUT} \times V_D$$

出力インダクタの電力は次式で近似できます。

$$P = I_{OUT}^2 \times R \times 1.1$$

R はインダクタの DC 抵抗値、係数 1.1 は AC 損失を近似するための項です。レギュレータは大きな消費電力を確保できるように放熱用露出パッドを備えています。デバイス下面にグラウンド・プレーンに対する複数のビアを設けるとレギュレータの接合部温度を大幅に下げることが得られます。ダイオードで大きな消費電力を確保するにはダイオードも露出パッドが付いた品種を選択します。LM22679 の消費電力に最も大きな影響を与えるパラメータは、出力電流、入力電圧、動作周波数です。最大出力電流かつ最大入力電圧付近で動作した場合の消費電力は許容範囲です。LM22679 の接合部から周囲への熱抵抗はアプリケーションによって異なります。大きな影響を与える要因は、PC 基板の銅箔面積、IC 露出パッド下のビア数、および強制空冷の風量です。IC 露出パッドと PC 基板とのハンダ付け品質は重要です。過度のハンダ・ボイドが存在すると放熱能力が大きく低下します。LM22679 TO-263 薄型パッケージの接合部・周囲間の熱抵抗は、「電気的特性」の該当する条件の部分に規定されています。TO-263 薄型パッケージに関する詳細は、www.national.com のアプリケーション・ノート AN-1797 を参照してください。

PCB レイアウト例



LM22679

昇降圧型 (反転型) アプリケーションの回路図

正の入力電圧から負の出力電圧を発生する反転型 (バックブースト) アプリケーションの詳細は、AN-1888 を参照してください。

