

LM26003

LM26003/LM26003Q 3A Switching Regulator with High Efficiency Sleep Mode



Literature Number: JAJ8AY8

LM26003/LM26003Q

高効率スリープ・モード機能内蔵 3A スイッチング・レギュレータ

概要

LM26003 は、スタンバイ・モードを備えた高効率が必要されるアプリケーション用に設計されたスイッチング・レギュレータです。軽負荷条件時に高効率を維持するための低電流スリープ・モードと、広い入力電圧範囲にわたって精度の高いレギュレーションを行うための電流モード制御が特長です。待機時電流は、シャットダウン・モード時は $10.8 \mu\text{A}$ (代表値)、スリープ・モード時は $40 \mu\text{A}$ 未満に減少します。スリープ・モードをオフにするための強制 PWM モードも用意されています。

LM26003 は、電流制限機能を備えており、内蔵の N チャネル・スイッチから最大 3A の連続負荷電流を供給できます。入力電圧範囲は $4.0\text{V} \sim 38\text{V}$ と広く、過渡時は最小で 3V の入力電圧で動作可能です。

動作周波数は 1 本の抵抗で $150\text{kHz} \sim 500\text{kHz}$ まで調整可能であり、外部クロックと同期することができます。

その他には、パワーグッド・フラグ、調整可能なソフトスタート、イネーブル・ピン、入力電圧低下保護、部品点数削減のための内蔵ブートストラップ・ダイオードなどの機能があります。

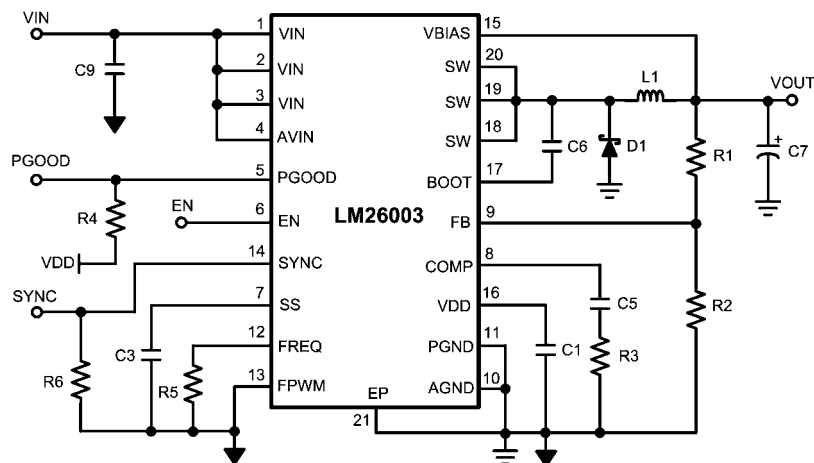
特長

- LM26003Q は、AEC-Q100 グレード 1 認定のオートモーティブ・グレード製品 ($-40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度)
- 高効率スリープ・モード
- スリープ・モード時の I_q が $40 \mu\text{A}$ (typ)
- シャットダウン・モード時の I_q が $10.8 \mu\text{A}$ (typ)
- 最小入力電圧 3.0V
- 連続入力電圧範囲 $4.0\text{V} \sim 38\text{V}$
- リファレンス精度 1.5%
- サイクルごとの電流制限
- 調整可能な周波数 ($150\text{kHz} \sim 500\text{kHz}$)
- 外部クロックに同期可能
- パワーグッド・フラグ
- 強制 PWM 機能
- 調整可能なソフトスタート
- TSSOP-20 露出型パッド・パッケージ
- サーマル・シャットダウン

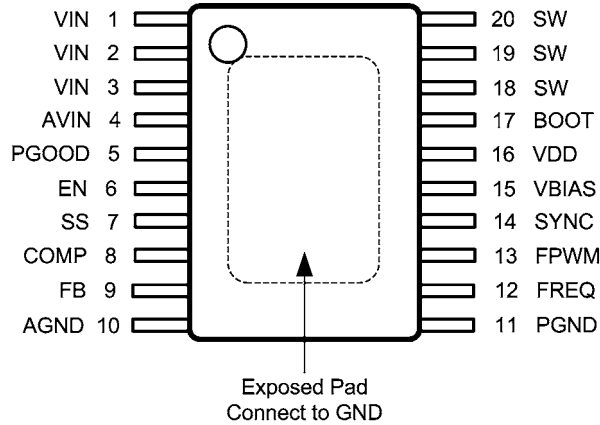
アプリケーション

- 車載用通信機器
- ナビゲーション・システム
- ダッシュボード取り付け計装機器
- バッテリー駆動アプリケーション
- ホーム・ゲートウェイ/セットトップ・ボックス向けのスタンバイ電源

代表的なアプリケーション回路



ピン配置図



Top View
20-Lead Exposed Pad TSSOP Package

製品情報

Order Number	Package Type	Package Drawing	Package Marking	Supplied As	Features
LM26003MH	TSSOP-20EXP	MXA20A	LM26003MH	73 Units in Rail	
LM26003MHX			LM26003MH	2500 Units in Tape and Reel	
LM26003QMH	TSSOP-20EXP	MXA20A	LM26003QMH	73 Units in Rail	AEC-Q100 Grade 1 qualified. Automotive Grade Production Flow*
LM26003QMHX			LM26003QMH	2500 Units in Tape and Reel	

* オートモーティブ・グレード (Q) 製品は、欠陥検出の技法など、自動車市場向けの高度な製造およびサポート・プロセスを採用しています。信頼性規格については、AEC-Q100 標準で規定された要件および温度グレードに準拠します。オートモーティブ・グレード製品は Q の文字で識別できます。詳細については、<http://www.national.com/automotive> を参照してください。

ピン説明

ピン番号	ピン名	説明
1	VIN	ハイサイド FET の電源入力
2	VIN	ハイサイド FET の電源入力
3	VIN	ハイサイド FET の電源入力
4	AVIN	IC 電源の電源入力
5	PGOOD	パワーグッド・ピン。オープン・ドレイン出力で、出力電圧が定格の 92% を超えると High になります。
6	EN	EN (イネーブル) は、アナログ・レベルの入力ピンです。0.8V を下回ると、デバイスはシャットダウン・モードに移行します。
7	SS	ソフトスタート・ピン。このピンと GND との間にコンデンサを接続して、ソフトスタート時間を設定します。
8	COMP	位相補償ピン。抵抗とコンデンサのペアを接続して、制御ループの位相を補償します。
9	FB	帰還ピン。VOOUT と GND の間に分圧抵抗を接続して、出力電圧を設定します。
10	AGND	IC リファレンスとしてのアナログ GND
11	PGND	パワー GND は、レギュレータのスイッチング段の GND
12	FREQ	周波数調整ピン。このピンと GND との間に抵抗を接続して、動作周波数を設定します。
13	FPWM	FPWM は、ロジック・レベルの入力ピンです。通常の動作では、GND に接続します。High にプルアップすると、スリープ・モード動作はオフになります。
14	SYNC	外部周波数同期ピン。外部同期動作の場合は、外部クロック信号に接続します。外部同期動作以外の場合は、SYNC を Low にプルダウンする必要があります。
15	VBIAS	効率を高める場合は、3V 以上の外部電源に接続して内部レギュレータをバイパスします。使用しない場合、VBIAS は GND に接続してください。

ピン説明 (つづき)

ピン番号	ピン名	説明
16	VDD	内部レギュレータの出力。1.0 μ F 以上のバイパス・コンデンサを接続します。
17	BOOT	ブートストラップ・コンデンサピン。このピンと SW ピンの間に 0.1 μ F 以上のセラミック・コンデンサを接続して、ゲート駆動用のブートストラップ電圧を生成します。
18	SW	スイッチングピン。内部の N チャネル・スイッチのソースに接続されています。
19	SW	スイッチングピン。内部の N チャネル・スイッチのソースに接続されています。
20	SW	スイッチングピン。内部の N チャネル・スイッチのソースに接続されています。
EP	EP	放熱用パッドです。GND に接続してください。

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。

特に指定のない限り、表記の各ピンとGND間の電圧を表します。

VIN	- 0.3V ~ 40V
SW (Note 7)	- 1V ~ 40V
VDD	- 0.3V ~ 7V
VBIAS	- 0.3V ~ 10V
FB	- 0.3V ~ 6V
BOOT	$V_{SW} - 0.3V \sim V_{SW} + 7V$
PGOOD	- 0.3V ~ 7V
FREQ	- 0.3V ~ 7V
SYNC	- 0.3V ~ 7V

EN	- 0.3V ~ 40V
FPWM	- 0.3V ~ 7V
保存温度	- 65 °C ~ + 150 °C
定格消費電力 (Note 2)	3.1W
推奨リード温度	
ペーパー・フェーズ (70 秒)	215 °C
赤外線 (15 秒)	220 °C
ESD 耐圧 (Note 3)	
人体モデル	2kV
動作定格 (Note 1)	
動作時接合部温度	- 40 °C ~ + 125 °C
電源電圧 (Note 4)	3.0V ~ 38V

電気的特性

標準字体で記載された規格値は $T_J = 25\text{ °C}$ の場合に限りです。太字で記載されたリミット値は $-40\text{ °C} \sim +125\text{ °C}$ の接合部温度 (T_J) 範囲にわたって適用されます。特記のない限り、 $V_{in} = 12V$ です。最小リミット値および最大リミット値は、試験、設計、または統計上の相関関係により保証されています。

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 5)	Max	Unit
System						
I_{SD} (Note 6)	Shutdown Current	EN = 0V		10.8	20	μA
$I_{q_{Sleep_VB}}$ (Note 6)	Quiescent Current	Sleep mode, VBIAS = 5V		40	70	μA
$I_{q_{Sleep_VDD}}$	Quiescent Current	Sleep mode, VBIAS = GND		76	125	μA
$I_{q_{PWM_VB}}$	Quiescent Current	PWM mode, VBIAS = 5V FPWM = 2V		0.16	0.23	mA
$I_{q_{PWM_VDD}}$	Quiescent Current	PWM mode, VBIAS = GND FPWM = 2V		0.65	0.85	mA
I_{BIAS_Sleep} (Note 6)	Bias Current	Sleep mode, VBIAS = 5V		33	60	μA
I_{BIAS_PWM}	Bias Current	PWM mode, VBIAS = 5V		0.5	0.7	mA
V_{FB}	Feedback Voltage	$5V < V_{in} < 38V$	1.217	1.236	1.255	V
I_{FB}	FB Bias Current	VFB = 1.20V			± 200	nA
$\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$	Output Voltage Line Regulation	$5V < V_{in} < 38V$		0.00025		%/V
$\Delta V_{OUT}/\Delta I_{OUT}$	Output Voltage Load Regulation	$0.8V < V_{COMP} < 1.15V$		0.08		%/A
VDD	VDD Pin Output Voltage	$7V < V_{in} < 35V$ $I_{VDD} = 0\text{ mA to }5\text{ mA}$	5.50	5.99	6.50	V
I_{SS_Source}	Soft-start Source Current		1.5	2.5	4.6	μA
V_{bias_th}	VBIAS On Voltage	Specified at $I_{BIAS} = 92.5\%$ of full value	2.64	2.9	3.07	V
Switching						
$R_{DS(ON)}$	Switch On Resistance	$I_{sw} = 2A$	0.040	0.095	0.200	Ω
I_{sw_off}	Switch Off State Leakage Current	$V_{in} = 38V, V_{SW} = 0V$		0.002	5.0	μA
f_{sw}	Switching Frequency	RFREQ = 62k, 124k, 240k			± 10	%
V_{FREQ}	FREQ Voltage			1.0		V
f_{sw_range}	Switching Frequency Range		150		500	kHz
V_{SYNC}	Sync Pin Threshold	SYNC rising		1.23	1.6	V
		SYNC falling	0.8	1.10		
	Sync Pin Hysteresis			135		mV
I_{SYNC}	SYNC Leakage Current			2		nA
F_{SYNC_UP}	Upper Frequency Synchronization Range	As compared to nominal f_{sw}			+30	%
F_{SYNC_DN}	Lower Frequency Synchronization Range	As compared to nominal f_{sw}			-20	%

電氣的特性 (つづき)

標準字体で記載された規格値は $T_J = 25^\circ\text{C}$ の場合に限りです。太字で記載されたリミット値は $-40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ の接合部温度 (T_J) 範囲にわたって適用されます。特記のない限り、 $V_{in} = 12\text{V}$ です。最小リミット値および最大リミット値は、試験、設計、または統計上の相関関係により保証されています。

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 5)	Max	Unit
T_{OFFMIN}	Minimum Off-time			300		ns
T_{ONMIN}	Minimum On-time			190		ns
TH_{SLEEP_HYS}	Sleep Mode Threshold Hysteresis	VFB rising, % of TH_{WAKE}		101.3		%
TH_{WAKE}	Wake Up Threshold	Measured at falling FB COMP = 0.6V		1.236		V
I_{BOOT}	BOOT Pin Leakage Current	BOOT = 6V, SW = GND		0.001	5.0	μA
Protection						
I_{LIMPK}	Peak Current Limit		3.15	4.7	6.05	A
V_{FB_SC}	Short Circuit Frequency Foldback Threshold	Measured at FB falling		0.87		V
F_{min_sc}	Min Frequency in Foldback	VFB < 0.3V		45		kHz
V_{TH_PGOOD}	Power Good Threshold	Measured at FB, PGOOD rising	89	92	95	%
	PGOOD Hysteresis		2	6	8	%
I_{PGOOD_HI}	PGOOD Leakage Current	PGOOD = 5V		1.25		nA
R_{DS_PGOOD}	PGOOD On Resistance	PGOOD sink current = 500 μA		150		Ω
V_{UVLO}	Under-voltage Lock-Out Threshold	Vin falling, shutdown, VDD = VIN	2.70	2.96	3.30	V
		Vin rising, soft-start, VDD = VIN	3.70	3.99	4.30	
TSD	Thermal Shutdown Threshold			160		$^\circ\text{C}$
θ_{JA}	Thermal Resistance	Power dissipation = 1W 0 lpm air flow		32		$^\circ\text{C/W}$
Logic						
V_{thEN}	Enable Threshold Voltage	Enable rising	0.8	1.18	1.4	V
	Enable Hysteresis			180		mV
I_{EN_Source}	EN Source Current	EN = 0V		4.85		μA
V_{TH_FPWM}	FPWM Threshold		0.8	1.24	1.6	V
I_{FPWM}	FPWM Leakage Current	FPWM = 5V		3		nA
EA						
gm	Error Amp Trans-conductance		400	675	1000	μmho
I_{COMP}	COMP Source Current	VCOMP = 0.9V		57		μA
	COMP Sink Current	VCOMP = 0.9V		57		μA
V_{COMP}	COMP Pin Voltage Range		0.575		1.365	V

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は意味していません。「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: 最大許容消費電力は、最大接合部温度 T_{J_MAX} 、接合部 - 周囲間熱抵抗 θ_{JA} 、周囲温度 T_A の関数です。任意の周囲温度における最大許容消費電力は次の式で計算されます。 $P_{D_MAX} = (T_{J_MAX} - T_A) / \theta_{JA}$ 。3.1W の最大消費電力の値は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $\theta_{JA} = 32^\circ\text{C/W}$ 、 $T_{J_MAX} = 125^\circ\text{C}$ を代入して求めたものです。

Note 3: 人体モデルでは、100pF のコンデンサから直列抵抗 1.5k Ω を介して各ピンに放電させます。

Note 4: 入力電圧が 4.0V に満たない場合は、 $R_{DS(ON)}$ が増加するため、消費電力は増加することがあります。このため、絶えず仕様の範囲内で動作させる場合には、最小入力電圧の 4.0V が必要になります。起動時には、3.9V (typ) 以上の値も必要になります。

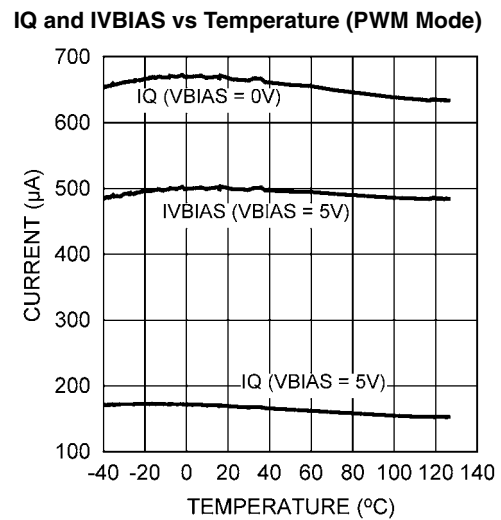
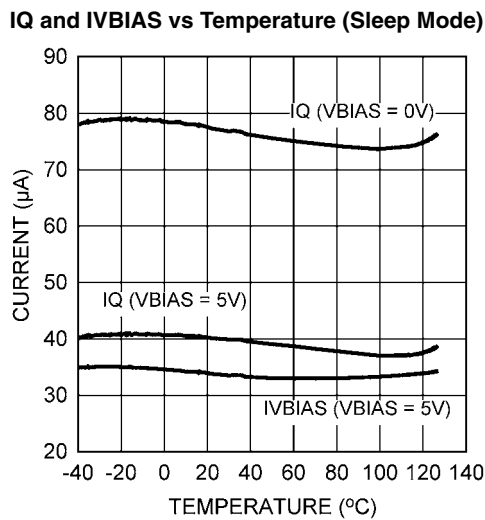
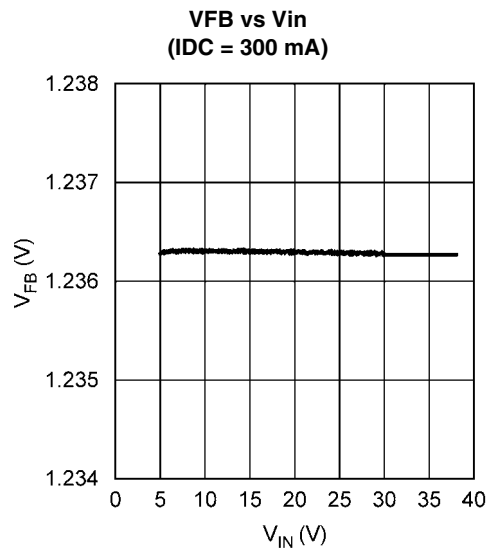
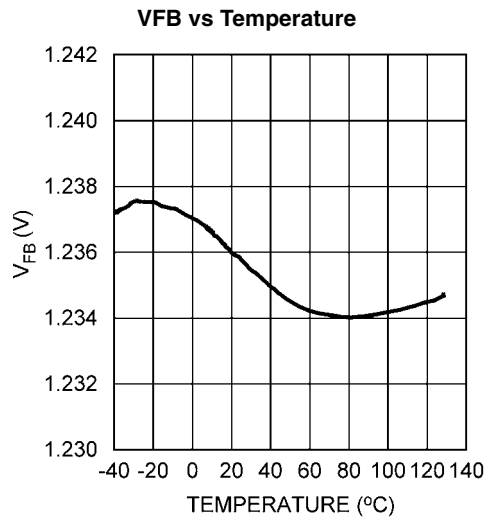
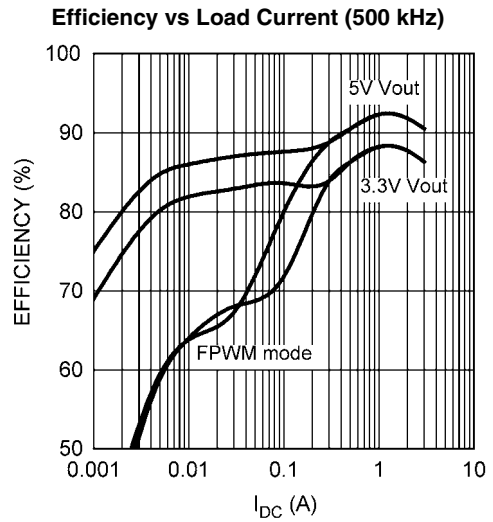
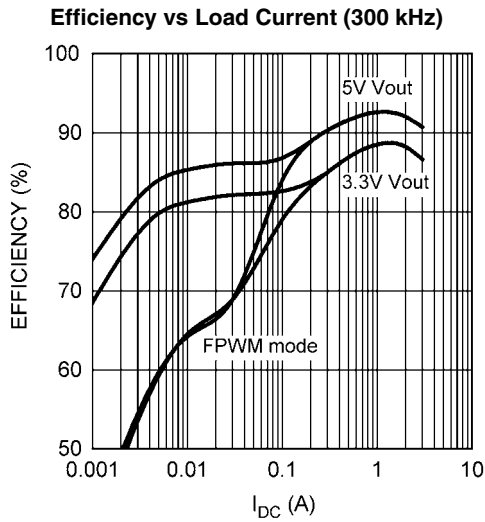
Note 5: 25 $^\circ\text{C}$ 時の Min/Max 各リミット値は 100% テストされます。全動作温度範囲におけるリミット値は、統計的品質管理 (SQC) 手法を使用した相関関係に基づいて保証されます。これらのリミット値は、ナショナル セミコンダクターの平均出荷品質レベル (AOQL) の計算に使用されます。

Note 6: I_q および ISD では、VIN ピンおよび AVIN ピンへの流入電流を規定しています。IBIAS は、VBIAS 電圧が 3V を超えると VBIAS ピンへ流入する電流です。すべての待機時電流規格値は、非スイッチング動作時に適用されます。

Note 7: 絶対最大定格の仕様は、DC 電圧に対して適用されます。拡張された負電圧のリミット値である -3V は最大 200ns のパルスに対して適用され、 -6V は最大 50ns のパルスに対して適用されます。

代表的な性能特性

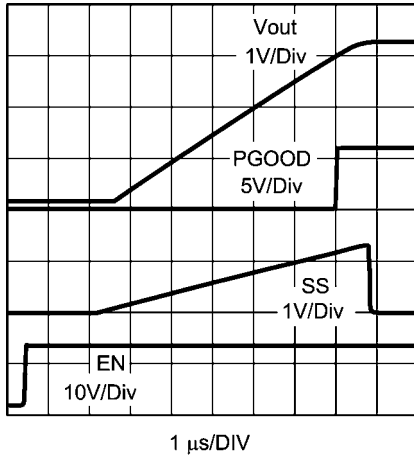
特記のない限り、以下の条件が適用されます。 $V_{in} = 12V$ 、 $T_j = 25^\circ C$



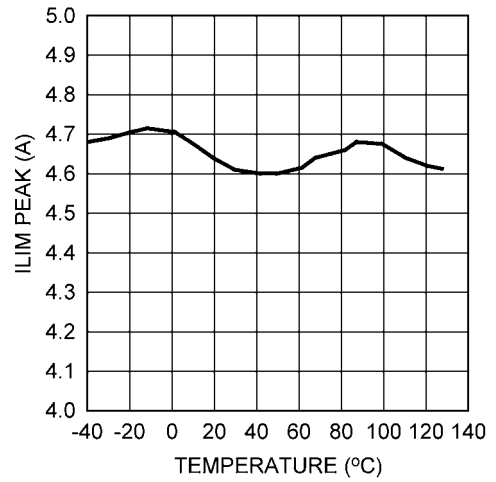
代表的な性能特性 (つづき)

特記のない限り、以下の条件が適用されます。 $V_{in} = 12V$ 、 $T_j = 25^\circ C$

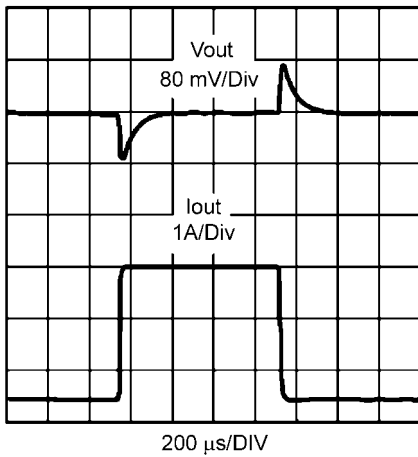
Startup Waveforms



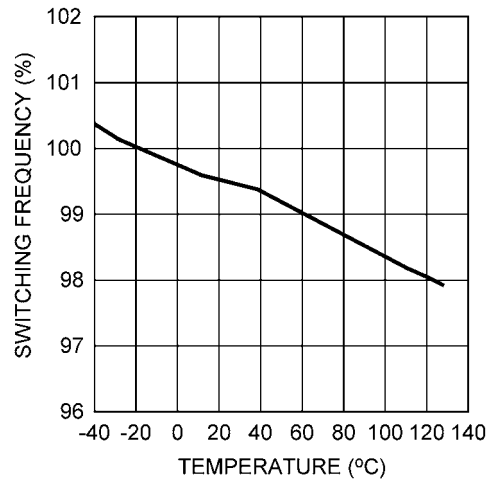
Peak Current Limit vs Temperature



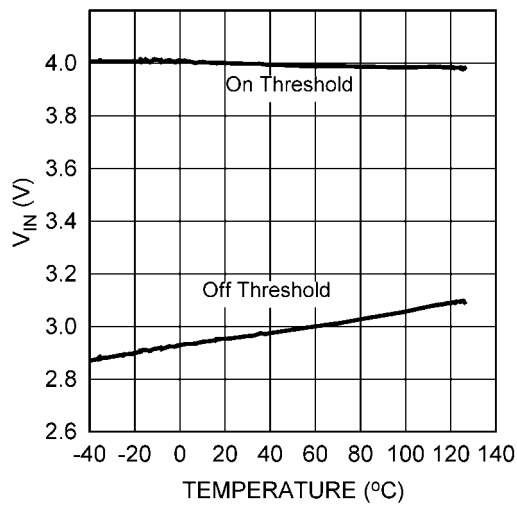
Load Transient Response



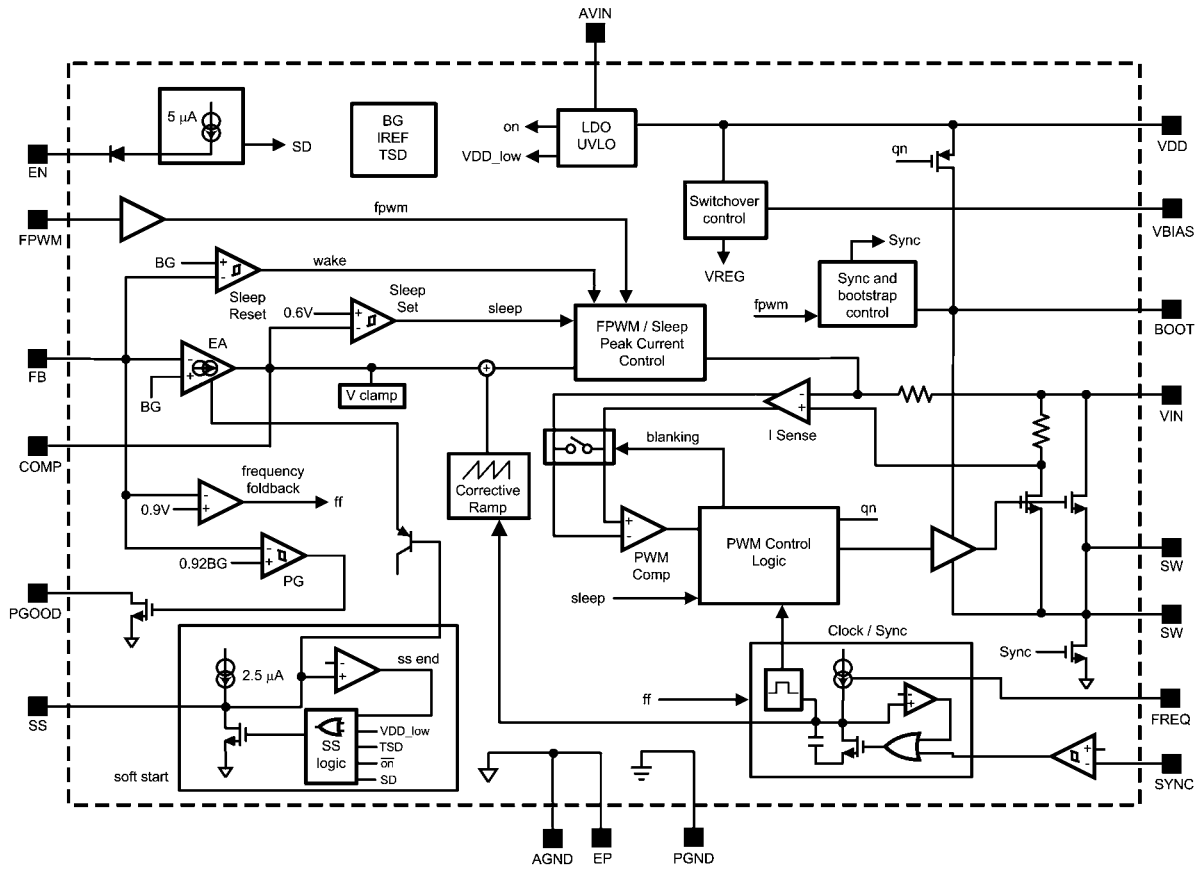
Normalized Switching Frequency vs Temperature (300kHz)



UVLO Threshold vs Temperature (VDD = VIN)



ブロック図



動作説明

概要

LM26003 は電流モードの PWM 制御降圧型レギュレータです。各スイッチング・サイクルにて、まず内蔵のハイサイド・スイッチがオンになり、インダクタ電流が増加します。インダクタ電流は、各スイッチング・サイクル中、IC 内部でモニタされます。インダクタ電流から得られる制御信号は、帰還電圧から得られた COMP ピンの電圧制御信号と比較されます。インダクタ電流がスレッシュホールドに到達すると、ハイサイド・スイッチはオフになり、インダクタ電流は減少します。スイッチがオフになっている間、電流はキャッチ・ダイオードから供給されます。このサイクルは、次のクロック・サイクルで繰り返されます。このように、デューティ・サイクルと出力電圧は、レギュレーション動作を行うインダクタ電流によって制御されます。電流モード方式は、優れたライン・レギュレーションおよび、ロード・レギュレーション特性を示します。その他にも、サイクルごとの電流制限や、単純化された位相補償などの利点があります。代表的な PWM 波形を Figure 1 に示します。

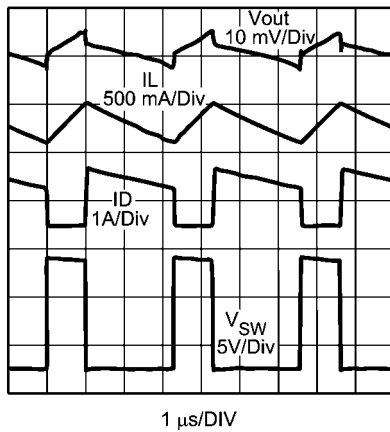


FIGURE 1. PWM Waveforms
1A Load, Vin = 12V

スリープ・モード

軽負荷の条件では、LM26003 は効率を向上するために自動的にスリープ・モードに切り替わります。負荷が減少するにつれて、FB ピンの電圧は上昇し、COMP 電圧は下降します。COMP 電圧が 0.6V (typ) のスレッシュホールドに到達し、FB 電圧が定格より 1% 高くなると、スリープ・モードが有効になり、スイッチングは停止します。レギュレータは、スイッチングが再開されるリセット・スレッシュホールドに FB 電圧が下降するまで、スリープ・モードを維持します。この 1% の FB 電圧枠により、対応する出力リップル要件が定格出力電圧の約 1% に制限されます。スリープ・モードは、負荷電流が増加するまで維持されます。Figure 2 に、スリープ・モードでの代表的なスイッチング波形と出力電圧波形を示します。

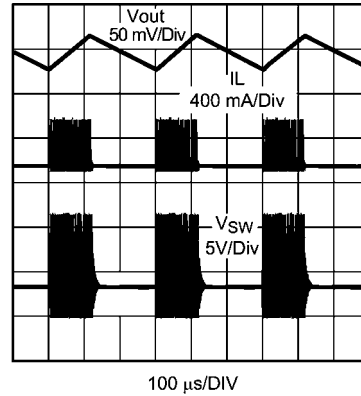


FIGURE 2. Sleep Mode Waveforms
25 mA Load, Vin = 12V

スリープ・モードでは、スイッチングしていない場合、待機時電流は 40 μA (typ) 未満まで減少します。スリープ・モードの DC スレッシュホールドは、次式により概算できます。

$$I_{\text{Sleep}} = \left[I_{\text{min}} + 0.23 \mu \left[\frac{V_{\text{in}} - V_{\text{out}}}{L} \right]^2 \right] \times \left[\frac{f_{\text{sw}} \times L}{D \times 2 \times (V_{\text{in}} - V_{\text{out}})} \right]$$

$I_{\text{min}} = I_{\text{lim}}/16$ (代表値では 4.7A/16) であり、D はデューティ・サイクルで、 $(V_{\text{out}} + V_{\text{diode}})/V_{\text{in}}$ で定義されます。

負荷電流が増加してこの制限値を超えると、LM26003 は強制的に PWM 動作に戻されます。スリープ・モードのスレッシュホールドは、Figure 3 に示すように周波数、インダクタンス、デューティ・サイクルにより変化します。

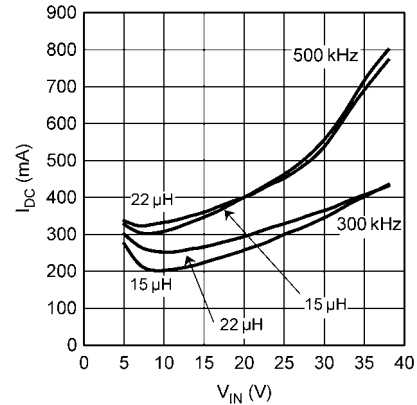


FIGURE 3. Sleep Mode Threshold vs Vin
Vout = 3.3V

FPWM

FPWM ピンを High にすると、スリープ・モードはオフになり、LM26003 は強制的に動作を PWM モードにします。PWM モードでは、軽負荷時の効率は低下しますが、スイッチング周波数は一定に維持されます。FPWM ピンは、VDD ピンに接続することで High にします。FPWM モードでは、軽負荷の時、レギュレータは不連続モード (DCM) で動作します。不連続モードでは、インダクタに流れる電流はゼロからそのピーク値まで増加し、その後再びゼロまで減少します。次のサイクルに移るまで、インダクタ電流はゼロのままです。定格負荷電流時の FPWM モードでは、デバイスは連続モードで動作しますが、この場合には、インダクタに常時正の電流が流れます。不連続動作時の代表的な波形を次に示します。

動作説明 (つづき)

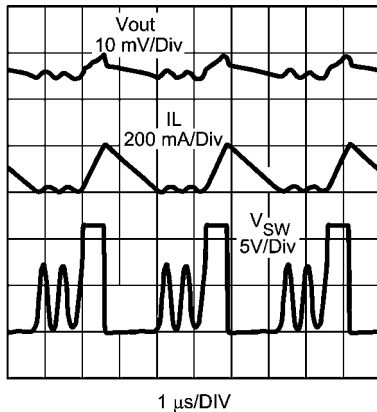


FIGURE 4. Discontinuous Mode Waveforms
75 mA Load, Vin = 12V

FPWM モードでも、きわめて軽負荷の場合、LM26003 がスリープ・モードに移行する場合があります。これは、過電圧条件の発生を防止するためです。ただし、FPWM モードのスリープ・スレッシュホールドは、通常動作時よりも大幅に低い値になります。

イネーブル

LM26003 は EN ピンでシャットダウン機能を提供し、出力電圧を必要としないときにデバイスをオフにします。EN はアナログ・レベルの入力で、代表値で 180mV のヒステリシスがあります。EN ピンが 1.18V (typ) を超えている場合、デバイスはアクティブになり、EN ピンがこのスレッシュホールドを下回ると、シャットダウン・モードになります。EN が High になると、内蔵の VDD レギュレータがオンになり、VDD コンデンサを充電します。VDD が 3.9V (typ) に達すると、ソフトスタート・ピンは電流の供給を開始します。シャットダウン・モードでは、VDD レギュレータはシャットダウンし、全待機時電流は 10.8 μA (typ) まで減少します。EN ピンは 4.85 μA (typ) のプルアップ電流を供給するため、常時オンの動作では開放のままでも構いません。開放した場合、EN ピンは VIN ピンにプルアップされます。

EN ピンを VIN ピンに接続する場合は、10kΩ の抵抗を接続してノイズ・スパイクを制限する必要があります。EN ピンは、最大電圧の 38V と VIN + 15V のうち低い方の電圧で外部から駆動することもできます。

ソフトスタート

ソフトスタート機能を使用すると、起動時にこの機能により制御された出力電圧を得ることができます。これにより、電源投入時の突入電流が減少し、出力のオーバーシュートを除去できます。ソフトスタートピンである SS ピンは、コンデンサを介して GND に接続します。電源投入時、イネーブル時、または UVLO 復帰時に、内蔵の 2.5 μA (typ) 電流源により、ソフトスタート・コンデンサが充電されます。ソフトスタート期間中、エラー・アンプの出力電圧は、ソフトスタート電圧とフィードバック・ループの両方によって制御されます。SS ピンの電圧が上昇すると、その上昇に比例してデューティ・サイクルが増大し、その結果出力電圧が上昇します。デューティ・サイクルが増大する率はソフトスタート・コンデンサの容量によって決まります。容量が大きいと出力電圧の上昇は緩やかになります。ソフトスタート・コンデンサの値は、次式により求められます。

$$C_{ss} = \frac{I_{ss} \times t_{ss}}{1.236V}$$

tss は設定するソフトスタート時間、Iss はソフトスタートのソース電流を表します。ソフトスタート期間中、電流制限と同期は有効のままですが、スリープ・モードと周波数のフォールド・バックは無効になっています。ソフトスタート・モードは、SS ピン電圧が 1.23V (typ) に達すると終了します。この時点で、出力電圧の制御は FB ピンに移り、SS ピンは放電されます。

電流制限

ピーク電流制限は、IC 内部を流れるインダクタ電流のピーク値を直接測定し、制限値は内部設定されています。電流を正確に検出するため、100nF 以上のセラミック・コンデンサを AVIN ピンおよび GND ピンのできるだけ近くに配置して、AVIN をバイパスする必要があります。また、ジッタ動作を低減させるため、PVIN ピンも 2.2 μF 以上でバイパスします。

インダクタ電流が電流制限スレッシュホールドに達すると、IC 内部の FET は即座にオフになるため、インダクタ電流は次のサイクルまで減少し続けます。このデューティ・サイクルの減少は、出力電圧も減少させます。

電流制限コンパレータは、スイッチング・ノイズに対する耐性を向上させるため、パルスの立ち上がりで 150ns 未満のブランキング時間を設けています。

電流制限回路はインダクタ電流のピーク値を監視するため、負荷電流の DC 制限スレッシュホールドは、インダクタンスと周波数に応じて変化します。電流制限の最小値を 3.15A と仮定すると、負荷電流の最大値は次式で求めることができます。

$$I_{load_{max}} = 3.15A - \frac{I_{ripple}}{2}$$

Iripple はインダクタ・リップル電流のピーク・ツー・ピーク値で、計算式を次式に示します。

$$I_{ripple} = \frac{(V_{in} - V_{out}) \times V_{out}}{f_{sw} \times L \times V_{in}}$$

ワースト・ケースの電流制限スレッシュホールド (最小値) を求めるには、入力電圧の最大値と電流制限の最小値の規格を使用します。

出力短絡時のような高い過電流状態のとき、LM26003 は、第 2 レベルの保護として周波数のフォールド・バックを採用しています。フィードバック電圧が出力短絡スレッシュホールドの 0.9V を下回ると、動作周波数を減少させ、スイッチ電流の平均値も減少します。この動作は、最小のオン時間の間、インダクタ電流が非常に高い値まで上昇する可能性がある、出力短絡条件で特に役立ちます。周波数の減少は、基準の周波数設定を 20% 下回った数値で始まります。フォールドバック・モードでの最小動作周波数は、代表値で 45kHz です。

外部周波数同期動作時に FB 電圧が周波数フォールドバック・スレッシュホールドを下回ると、SYNC 機能はオフになります。出力短絡条件での動作周波数対 FB 電圧のグラフを、「代表的な性能特性」に示します。

オン時間が最小値 (代表値で 200ns 未満) に近い条件 (入力電圧とスイッチング周波数の両方が高いような条件) では、電流制限回路が正常に機能しない場合があります。これは、電流制限回路は、最小オン時間よりも小さい値にできないため、この結果、周波数フォールドバック・モードには移行できなくなります。入力電圧が高い条件下で、正常な電流制限動作と周波数フォールドバック動作を確実に進行する方法は 2 つあります。1 つ目は、動作周波数を減少させて基準のオン時間を長くする方法です。2 つ目は、インダクタ値を大きくして電流増加の速度を低下させ、ピーク時の過剰電流を低減する方法です。

動作説明 (つづき)

周波数の調整と外部同期

LM26003 のスイッチング周波数は、1 本の外付け抵抗を使用することにより、150kHz から 500kHz の間で調整できます。この抵抗は、代表的なアプリケーションに示したように、FREQ ピンとグラウンドの間に接続します。抵抗値は実験的に得られた次の式から求めることができます。

$$R_{FREQ} = (6.25 \times 10^{10}) \times f_{SW}^{-1.042}$$

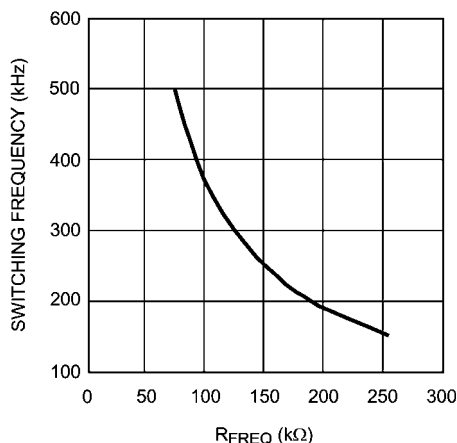


FIGURE 5. Switching Frequency vs R_{FREQ}

スイッチング周波数は、SYNC ピンを使用して外部クロック信号に同期させることもできます。SYNC ピンを使用すると、動作周波数を基準の周波数設定から上下に変動できます。調整範囲は基準値より 30% 高い値から基準値より 20% 低い値になります。外部同期では、SYNC ピンに最低 1.23V (typ) のピーク信号レベルが必要です。FREQ ピンには、基準の動作周波数を設定するために、常に抵抗を接続する必要があります。動作周波数は、SYNC 入力の立ち下がりエッジで同期します。SYNC 電圧が Low になると、ハイサイド・スイッチはオンになります。これにより、基準値より高い周波数に同期する場合は、同期信号として任意のデューティ・サイクルを使用できます。ただし、比較的低い周波数に同期する場合は、SYNC 信号に対して最小デューティ・サイクルの要件が存在します (次式参照)。

$$\text{Sync_Dmin} \geq 1 - \frac{f_{\text{sync}}}{f_{\text{nom}}}$$

f_{nom} は、FREQ に接続する抵抗で設定される基準のスイッチング周波数であり、f_{sync} は矩形波です。SYNC ピンを使用しない場合は、通常の動作では Low にプルダウンする必要があります。同期信号が欠落した場合の保護のため、10kΩ のプルダウン抵抗を推奨します。LM26003 は最大 500kHz で動作するよう設計されていますが、温度上昇により、高い周波数では最大負荷電流が制限されることがあります。「熱に関する考慮事項」を参照してください。

VBIAS

VBIAS ピンは、LM26003 にバイアス電圧を供給する内部レギュレータをバイパスするときを使用します。VBIAS ピンに 3V を超える電圧を接続すると、内部レギュレータは VBIAS 入力に自動的に切り替わります。これにより、VIN に流れ込む電流 (I_q) が減少し、システム効率が向上します。VBIAS ピンを使用することにより、デバイス内部での消費電力が削減されます。

3V < V_{out} < 10V の大半のアプリケーションでは、VBIAS を VOUT に接続できます。使用しない場合、VBIAS は GND に接続してください。

VBIAS が 2.9V (typ) より小さくなると、内部バイアス電圧の供給は自動的に Vin から切り替わります。デバイスの全入力電流は、I_q、ゲート駆動電流、VBIAS 電流と、FB ピンに流れ込む電流 (通常は無視できます) の和です。全入力消費電流の最小値は、次式により求められます。

$$I_{\text{input}} = I_q + I_{QG} + \left(\frac{I_{\text{BIAS}} \times D}{\text{eff}} \right)$$

I_{QG} はゲート駆動電流で、次式により求められます。

$$I_{QG} = (9.2 \times 10^{-9}) \times f_{sw}$$

全入力電源電流は、負荷、システム効率、動作周波数に応じて変動します。スリープ・モード時の入力電流の最小値を計算するには、I_{qSleep_VB} および I_{BIAS_SLEEP} を使用します。

PWM モードでの入力電流の場合は、同じ式を使用しますが、I_{qPWM_VB} および I_{BIAS_PWM} を代入します。

VBIAS をグラウンドに接続している場合は、同じ式を使用し、I_{bias} の項を削除して I_{qSleep_VDD} または I_{qPWM_VDD} を使用します。

VBIAS を介して LM26003 に回路の出力電圧が供給されると、特に 3.3V などの低出力電圧では、VBIAS ピンを介して出力リップル・ノイズが重畳され、スイッチ・ノードに多少の立ち下がりエッジ・ジッタが発生することがあります。これを回避するため、VBIAS ピンの近くを低 ESR コンデンサでさらにバイパスできます。Figure 7 の回路図に、このバイパス・コンデンサ C8 を示します。

低 Vin 時の動作と UVLO

LM26003 は、入力電圧が 3.0V まで低下する可能性がある短時間の過渡時においても、動作状態を維持できるように設計されています。最小動作入力電圧の定格は、4.0V です。この電圧を下回ると、VDD からのゲート駆動電圧が低下するため、スイッチの R_{DS(ON)} が増加します。通常動作のために必要な VDD の最小電圧は約 3.5V です。

VDD は、PGOOD や FPWM などの機能のプルアップ電圧として使用することもできます。VDD を外部で使用する場合、このピンは 1mA 以下にしてください。

入力電圧が出力設定電圧に近づくと、出力電圧を保持するため、デューティ・サイクルは最大になります。このモードの動作では、デューティ・サイクルが最大値に到達すると、LM26003 は最大で 7 つのオフ・パルスをスキップしてデューティ・サイクルを実質的に増加させ、これによって入出力間のドロップアウト電圧を最小限に抑えることができます。オフ・パルスをスキップしている代表的な波形を次に示します。

動作説明 (つづき)

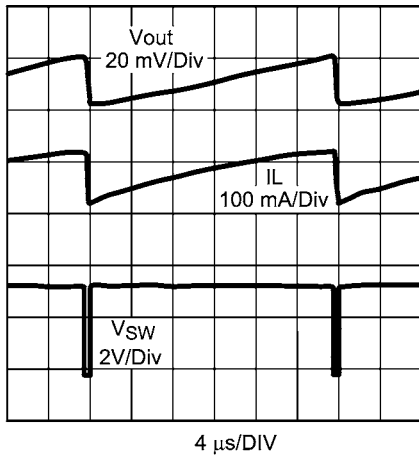


FIGURE 6. Off-Pulse Skipping Waveforms
Vin = 3.5V, Vnom = 3.3V, fnom = 305 kHz

UVLOはVINとVDDの両方で検知され、いずれかの電圧が2.96V (typ)を下回ると起動します。VDDは、通常はVINよりも200mV小さい値ですが、VINを介して放電することはありません。このため、VIN電圧が急激に低下すると、特にスリープ・モード時には、VDDが高い電圧で保持されます。過渡的な入力電圧の低下が発生した場合、VDDピンに比較的大容量の大きいコンデンサを接続しておくこと、VDDの放電時間が長くなるため、UVLOシャットダウンを防止するのに役立ちます。容量の大きいコンデンサを接続すると、VDDを保持することになるため、低VINの条件下でR_{DS(ON)}(およびドロップアウト電圧)を低減します。代わりに、重負荷条件下では、VDD電圧がVINより数百mV低下することがあります。この場合は、VIN電圧がUVLOスレッショルドより高い場合でも、UVLOはVDDによって起動します。

UVLOが起動すると、LM26003は、VDDの充電状態が保持されるスタンバイ状態に移行します。入力電圧とVDD電圧が上昇して3.99V (typ)を超えると、LM26003はソフトスタート・モードから再起動します。

PGOOD

パワーグッド・ピン (PGOOD) は、出力電圧の状態を監視する目的で使用できます。このピンはIC内部でオープン・ドレインのMOSFETに接続されており、出力電圧が動作範囲内に入っている場合にはオープン状態となります。PGOODは、出力が定格の89%を下回るか、ENがLowに設定されると、Low(グラウンドに対して低インピーダンス)に移行します。出力電圧が定格の95%以内に復帰すると、PGOODはHigh状態に戻ります。ノイズ耐性を改善するため、PGOODがスレッショルドに達してからPGOODピンがLowに移行するまでの間には、5μsの遅延時間が設けられています。

設計情報

回路例

Figure 7に、代表的なアプリケーション回路の全体図を示します。部品の選定は、以降のセクションでの説明が基準になっています。

出力電圧の設定

出力電圧は、「代表的なアプリケーション回路」に示すように、FBピンでの出力電圧の分圧比によって設定します。抵抗値は以下の式から求めます。

$$R2 = \frac{R1}{\left(\frac{Vout}{Vfb} - 1\right)}$$

Vfbの代表値は1.236Vです。

R1とR2の和については、最大値である150kΩを推奨します。

入力電圧が減少し、出力電圧の定格に近づくと、「低Vin時の動作とUVLO」のセクションで説明したように、LM26003は7つのオフ・パルスをスキップする場合があります。低出力電圧のアプリケーションで、オン時間がTon_{MIN}に達すると、デバイスはオン時間をスキップしてレギュレーションを維持します。スキップするパルスの数に制限はありません。ただし、このモードの動作では、出力リップル電圧がわずかに増加する場合があります。

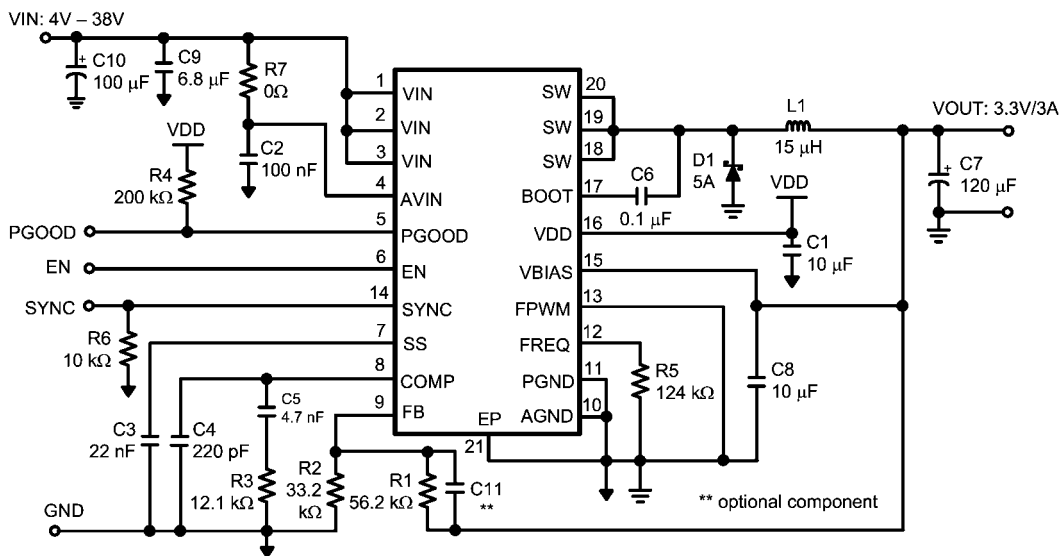


FIGURE 7. Example Circuit
3A, 300 kHz

設計情報 (つづき)

インダクタ

出力インダクタは、インダクタのリップル電流を基準にして選定します。負荷電流と比較したインダクタのリップル電流の値、つまりリップル率は、 I_{ripple}/I_{load} で定義されます。リップル率は40%未満にする必要があります。インダクタのリップル電流 (I_{ripple}) は、次式により求められます。

$$I_{ripple} = \frac{(V_{in} - V_{out}) \times V_{out}}{f_{sw} \times L \times V_{in}}$$

リップル率が高いと、インダクタでの損失が増加し、有効な電流制限値が減少します。

インダクタンスの値を大きくすると出力リップル電圧が小さくなり、効率が高くなりますが、過渡応答特性が若干低下します。インダクタンスの値を小さくするとケースのサイズを小型化できますが、リップルが増加するため有効な電流制限スレッシュホールドは低下します。

Figure 3 に示したように、インダクタの値は、スリープ・モードのスレッシュホールドにも影響することに注意してください。

インダクタを選択する場合は、飽和電流定格がインダクタの最大ピーク電流よりも大きい必要があります。また、電流のRMS値の定格が最大負荷電流より大きいものを選択してください。インダクタのピーク電流 I_{peak} は、次式により求められます。

$$I_{peak} = I_{load} + \frac{I_{ripple}}{2}$$

例えば、負荷電流が最大の3Aでリップル率が10%である場合、インダクタ電流のピーク値は3.15Aとなりますが、この値は電流制限の最小値である3.15Aに相当します。インダクタのサイズを大きくすることにより、リップル率とインダクタのピーク電流は低下するため、電流制限のマージンは増加します。

出力インダクタのサイズは、目標とするリップル電圧 V_{rip} を使用して決定することもできます。 V_{rip} に基づいて最小のインダクタンス値を求める式は次のとおりです。

$$L_{MIN} = \frac{(V_{in} - V_{out}) \times V_{out} \times Re}{V_{in} \times f_{sw} \times V_{rip}}$$

Re は出力コンデンサのESRで、 V_{rip} はピーク・ツー・ピーク値です。この式では、出力コンデンサに一定の大きさのESRが存在することを前提にしています。セラミック製の出力コンデンサには適用できません。

この方法を使用する場合も、リップル率が40%未満であり、ピーク電流が電流スレッシュホールドの最小値を超えないことが求められます。

出力コンデンサ

出力コンデンサを選択する場合の主な基準は、等価直列抵抗、つまりESRです。

ESR (Re) は、出力リップル電圧と過渡応答の要件に基づいて選択できます。インダクタの値を選択したら、前述の L_{MIN} の式を使用して、特定の Re のリップル電圧を計算できます。ESRの値が小さいと、出力リップルも小さくなります。

Re は次式から求めることもできます。

$$Re_{MAX} = \frac{\Delta V_t}{\Delta I_t}$$

ΔV_t は、過負荷電流発生時の許容電圧偏移を表し、 ΔI_t は、予想される過負荷電流の最大値を表します。

ESRの合計値が大きすぎる場合は、出力コンデンサの容量をいかに大きくしても過負荷電流の要件を満たすことはできません。

リップル電圧と過渡電圧偏移に関するESRの基準を満たすことができない場合は、追加のコンデンサを並列に接続します。

セラミック以外のコンデンサの場合、最小出力容量の重要度は副次的なものであり、この容量は過渡負荷電流の要件によってのみ決まります。

コンデンサの容量が不十分であると、最大ESRの要件を満たしている場合でも、出力電圧偏移は許容最大値を超えてしまいます。最小容量は次の式で求められます。

$$C_{MIN} = \frac{L \times (\Delta V_t - \sqrt{(\Delta V_t)^2 - (\Delta I_t \times Re)^2})}{V_{out} \times Re^2}$$

ESRの合計である Re が Re_{MAX} を超えることはないかと仮定しています。さらに、 L が選択済みであることも前提になっています。

一般に、出力容量の要件は Re 、 ΔI_t 、 L に比例して減少します。代表値を $120 \mu F$ より大きい値にしておくこと、大半のアプリケーションで良好に機能します。

入力コンデンサ

スイッチング・コンバータでは、きわめて高速のスイッチング・パルス電流が入力電源ラインから流れます。このため、LM26003の入力には、ノイズ、EMI、リップルを低減するために入力コンデンサが必要です。入力コンデンサは、動作周囲温度が最高の場合に、リップル電流のRMS最大値と最大入力電圧を扱えるものを選択しなければなりません。入力リップル電流のRMS値を求めるための式は、次のとおりです。

$$I_{rms} = \frac{I_{load} \times \sqrt{V_{out} \times (V_{in} - V_{out})}}{V_{in}}$$

ノイズを抑制するには、 $1.0 \mu F \sim 10 \mu F$ の範囲内のセラミック・コンデンサをできる限り $PVIN$ ピンの近くに配置します。AVINピンについても、何らかのデカップリングが必要です。スイッチング・ノイズがICに重畳するのを防ぐため、ICのAGNDピンとGNDピンの近くにこのようなコンデンサを配置してピンをデカップリングすることがきわめて重要です。また、 $PVIN$ とAVINの間に小さい抵抗を使用すると、多少のRC入力フィルタリングを実装することもできます。Figure 7では、 $R7$ の抵抗値は 0Ω に選択されていますが、この値を大きくして、使用する容量値に応じて時定数を変えてフィルタリングできます。 $R7$ 抵抗を使用する場合、抵抗両端に現れる電圧降下に伴い、入力電圧の最小スレッシュホールドが高くなることに注意してください。

$PVIN$ デカップリングは、 C_{in} コンデンサのGNDとショットキ・ダイオードのGNDの間の配線が最短になるような方法で実装してください。ESR値の高い大型の入力コンデンサも合わせて使用します。このコンデンサを推奨する理由は、電源投入時の入力電圧スパイクを抑えるためと、過渡電圧発生時に入力電圧を保持するためです。入力電圧が低いアプリケーションでは、入力容量が不十分な場合、電源の過渡電圧が $UVLO$ スレッシュホールドを下回ることがあります。大容量コンデンサには、タンタル・コンデンサと電解コンデンサの両方の種類が適しています。ただし、入力電圧が高い場合は大型のタンタル・コンデンサを入手できない場合があります。また、タンタル・コンデンサの定格は、動作電圧の2倍以上を必要とします。

設計情報 (つづき)

ブートストラップ

内部スイッチの駆動電圧は、BOOTピンを介して供給されます。このピンには、セラミック・コンデンサ Cboot をスイッチ・ノードから接続する必要があります。Cboot は、代表的なアプリケーション回路では C6 と表示されています。LM26003 は内部で VDD 電圧を供給しているため、外付けダイオードは必要ありません。Cboot の値は 0.1 μF 以上を推奨します。値を小さくすると駆動電圧の保持時間が不十分になり、消費電力が増加します。

低 Vin 時の動作では、オン時間を長くすると、ブートストラップ・コンデンサの電荷が放電されてしまう危険性があります。Cboot コンデンサが放電されて、その電圧が約 2.5V を下回ると、LM26003 は高周波数の再充電モードに移行します。Cboot コンデンサは、ブロック図に示す同期整流 FET を介して再充電されます。Cboot コンデンサが再充電されると、スイッチングは通常状態に戻ります。

キャッチ・ダイオード

IC 内部のスイッチがオフになっている場合、出力電流はキャッチ・ダイオードから流れます。一方、スイッチがオンになっている場合、キャッチ・ダイオードには Vin と同じ値の逆方向電圧が印加されます。このため、キャッチ・ダイオードを選択する上で重要なパラメータは、ピーク電流とピーク逆耐圧です。キャッチ・ダイオードを流れる平均電流は次式により求められます。

$$I_{DAVE} = I_{load} \times (1-D)$$

D は V_{out}/V_{in} で定義されるデューティ・サイクルです。キャッチ・ダイオードは、デューティ・サイクルが最小のときに最大の電流を供給します。このため、 I_{DAVE} は最大入力電圧を前提として計算します。キャッチ・ダイオードの定格は、この電流を連続して流せるものになります。過電流や出力短絡の条件では、キャッチ・ダイオードの定格を、電流制限のピーク値に等しいピーク電流を流せるものにしてください。

キャッチ・ダイオードのピーク逆電圧定格は、最大入力電圧よりも大きい値にする必要があります。

必ずショットキ・ダイオードを使用してください。ショットキ・ダイオードの順方向電圧は小さいため、効率や BOOT 電圧が最大になるだけでなく、負の大電圧スパイクから SW ピンを保護する役割も果たしています。

高効率の低出力負荷アプリケーションでキャッチ・ダイオードを選定する場合は、逆方向漏れ電流が小さいショットキ・ダイオードを選択してください。また、ショットキ・ダイオードの逆方向漏れ電流は温度および逆方向電圧に応じて増大することも忘れないでください。逆方向電圧は、降圧型コンバータの入力電圧とほぼ一致します。高温時では、ダイオードの逆方向漏れ電流が LM26003 の消費電流よりも大きくなる可能性があります。

位相補償

ループ補償の目的は、安定した動作を確保しながら動的な性能を維持することです。安定性はループ・ゲイン測定器を使用して解析できますが、動的な性能はループ・ゲインと過負荷電流応答の両方で解析します。ループ・ゲインは、制御 - 出力間伝達関数 (パワー段) と帰還伝達関数 (位相補償回路網) の積に等しくなります。

安定性を確保するには、きわめて低い周波数からクロスオーバー周波数を超える周波数まで、傾きが -20dB/dec のループ・ゲイン特性を得ることが目標になります。また、クロスオーバー周波数はスイッチング周波数の 1/5 以下にします。つまり、スイッチング周波数が 300kHz の場合は 60kHz 以下です。

動的な性能を向上することが目的の場合は、帯域幅を広くすることにより、負荷過渡応答が高速になります。その反面、高帯域になると、レギュレータが基板のノイズの影響を受けやすくなり、スイッチ・ノード電圧の立ち下がりエッジ・ジッタが過度に増大することになります。

DC ゲインが大きいと、DC レギュレーション精度が高くなります (すなわち、負荷変動または電源電圧変動に対する DC 電圧変化が小さいという意味です)。

このループ・ゲインを達成するには、位相補償部品を制御 - 出力間ボード線図の形に応じて設定します。代表的な図を Figure 8 に示します。

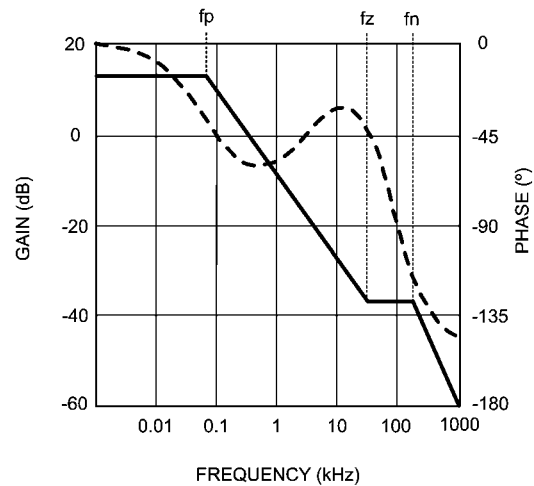


FIGURE 8. Control-Output Transfer Function

制御 - 出力間伝達関数は、1つのポール (fp)、1つのゼロ (fz)、fn (スイッチング周波数の 1/2) での 2つのポールから構成されます。

Figure 8 を参照しながら以下の操作手順で、 -20dB/dec のループ・ゲイン減衰特性を設計します。

1. ポールの周波数を 0Hz (fpc) に決めます。
2. ゼロの周波数を fp (fzc) に決めます。
3. 第 2 ポールの周波数を fz (fpc1) に決めます。

作成される帰還 (位相補償) ボード線図を Figure 9 に示します。制御 - 出力間応答を帰還応答に加えると、ほぼ連続した -20dB/dec の傾きが得られます。

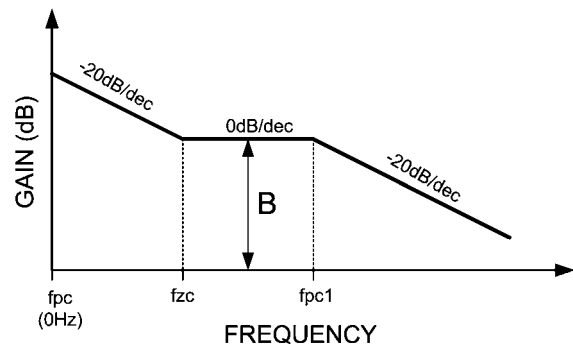


FIGURE 9. Feedback Transfer Function

制御 - 出力間のコーナー周波数の概算値は、次式により求められます。

設計情報 (つづき)

$$f_z = \frac{1}{2\pi \times R_e \times C_o}$$

$$f_p = \frac{1}{20 \times \pi \times R_o \times C_o} + \frac{0.5}{2 \times \pi \times L \times f_{sw} \times C_o}$$

$$f_n = \frac{f_{sw}}{2}$$

C_o は出力容量、 R_o は負荷抵抗、 R_e は出力コンデンサの ESR、 f_{sw} はスイッチング周波数を表します。

この式には、スロー補償効果と電流センス・ゲインの効果が盛り込まれています。ただし、この式はループ補償計算を簡略化するための近似式です。

f_p は出力の回路網で決まるため、負荷によってシフトします。まず、想定される負荷の全範囲にわたって周波数の範囲 (f_{pmin}/max) を決めます。次に、以下に説明し、Figure 10 に示すように、補償用部品の値を決めます。

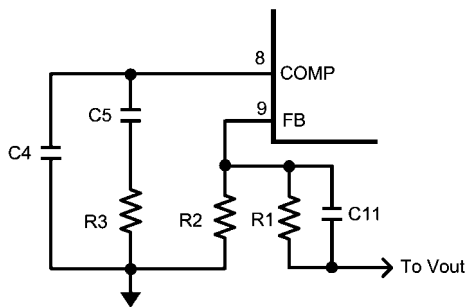


FIGURE 10. Compensation Network

- 補償回路網により、0Hz に近い低周波側のポール (f_{pc}) が自動的に決まります。
- f_p の範囲が決まったら、次式によって R_3 を求めます。

$$R_3 = \frac{B}{g_m} \times \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right)$$

B は f_p と f_z 間に設定する帰還ゲイン (単位: V/V)、 g_m はエラー・アンプのトランスコンダクタンスを表します。設計の出発点としては、通常、10dB (3.3V/V) 付近のゲイン値が適しています。帯域幅は、 R_3 の値が増加するにつれて広がります。

- 次に、 C_5 を使用して f_p 付近にゼロ (f_{zc}) を作成します。 C_5 は次式により求められます。

$$C_5 = \frac{1}{2 \times \pi \times f_{pMAX} \times R_3}$$

C_5 の選択値により、 f_{zc} は、 f_{pmax} の 1/10 から 10 倍までの間で、かつ f_{pmin} より高い周波数の範囲内に入ります。通常は C_5 の値が大きい (f_{pmin} に近い) 方が安定したループが得られますが、この値が大きすぎると過渡応答時間が長くなります。逆に、 C_5 の値が小さいと過渡応答は高速になりますが、位相マージンは小さくなります。

- 第 2 ポール (f_{pc1}) も f_z に設定してかまいません。このポールは、1 つのコンデンサ C_4 により作成できます。このコンデンサの最小値は次式から求められます。

$$C_4 = \frac{1}{2 \times \pi \times f_z \times R_3}$$

C_4 は、必ずしもすべてのアプリケーションに必要なわけではありません。ただし、定格周波数より低い動作周波数で外部同期が行われる場合には、 C_4 の接続を推奨します。 C_4 は、安定性確保のためには必要ありませんが、ノイズを抑える場合に非常に役立ちます。

位相の進みコンデンサを追加することによって位相マージンやゲイン・マージンを増やすこともできます。位相の進みコンデンサは、入力電圧の高いアプリケーションや、定格より高い周波数に外部同期する場合などに最も役立ちます。Figure 10 で C_{11} として示されるこのコンデンサは、上側の帰還抵抗 R_1 と並列に配置します。

C_{11} は、位相補償回路網に新たなゼロおよびポールを作り出します。これらの周波数は、次式により求められます。

$$f_{zff} = \frac{1}{2 \times \pi \times R_1 \times C_{11}}$$

$$f_{pff} = \frac{f_{zff} \times V_{out}}{V_{fb}}$$

位相の進みコンデンサは、ゼロ周波数領域周辺のループ位相を持ち上げます。 f_{zff} は、 C_4 によって設定される周波数 f_{pz1} よりも多少低い値に設定します。ただし、 C_{11} が大きすぎる場合、効果はありません。

プリント基板レイアウト

LM26003 などのスイッチング・レギュレータでは、良好な基板レイアウトが重要です。第 1 に、グラウンド・パターン領域は放熱の目的を十分に果たすことのできる広さである必要があります。第 2 に、スイッチング・ノイズの影響を低減するための適切な基準に従っている必要があります。

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、SW ノードと VIN ノードの両方で不要な Ldi/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、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に注意が必要です。

電流モード・デバイスでの電流検出回路は、スイッチング・ノイズの影響を容易に受ける可能性があります。このノイズは、スペクトラム・ノイズの増大につながるデューティ・サイクル・ジッタを引き起こすことがあります。このノイズを無視するため、LM26003 では各サイクルの先頭に 150ns のブランキング時間を設けていますが、ブランキング時間後もある程度のノイズが残留することがあります。以下に示す重要な指針に従うと、スイッチング・ノイズ自体と電流センス時におけるノイズの影響を最小限に抑えるのに役立ちます。

スイッチ・ノード領域は、できる限り小さくします。キャッチ・ダイオード、入力コンデンサ、出力コンデンサは、同じローカル・グラウンドに接地します。その際、大容量の入力コンデンサは、キャッチ・ダイオードのアノードにできる限り近づけて接地します。さらに、キャッチ・ダイオードと大容量入力コンデンサ間のグラウンド領域はきわめてノイズが多いため、その他のグラウンド・パターンからはある程度分離する必要があります。

プリント基板レイアウト (つづき)

入力セラミック・コンデンサは、できる限り AVIN ピンおよび PVIN ピンの近くで接続する必要があります。AVIN とグラウンド間のコンデンサは LM26003 の GND ピンの近くで接地し、PVIN コンデンサはショットキ・ダイオードのグラウンドの近くで接地します。多くの場合、AVIN バイパス・コンデンサはプリント配線基板の裏面に配置するのが最も容易な部品です。ビアにより配線のインダクタンスは大きくなりますが、配線長は短くなります。

これまでに説明したレイアウトの推奨事項を Figure 11 に図示します。

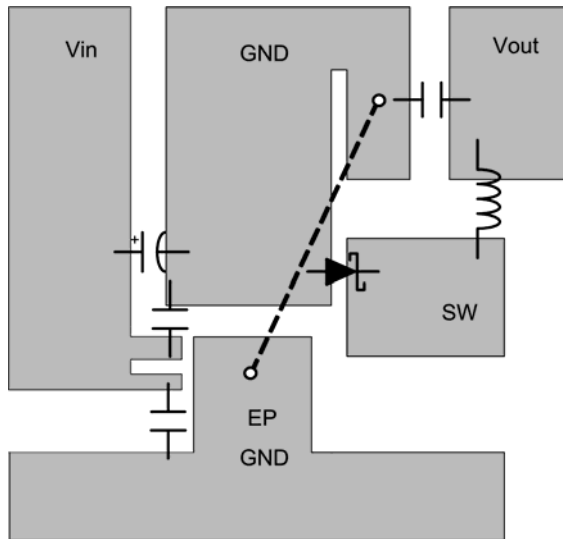


FIGURE 11. Example PCB Layout

EP、GND ピン、小信号回路部品 (COMP、FB、FREQ) は、(Figure 11 では EP GND として示され、回路図では信号グラウンド記号で示されている) 別個のグラウンド・パターンに接続するのが賢明です。露出型パッドと GND ピンは、両方ともグラウンドに接続する必要があります。このノイズの少ない方のパターンは、ノイズの少ない箇所、つまり Figure 11 において点線で示されているとおり、なるべく Vout 近辺のグラウンド・パターンで大電流側のグラウンド・パターンに接続します。

EP GND パターンは放熱にも利用されるため、できる限り広くします。他の層を利用できる場合は、他の層への熱の流れを増加させるため、EP の直下にいくつかのスルーホールを設けることができます。スルーホールの直径の推奨値は 0.3mm です。

FB ピンから分圧抵抗までの配線は短くしてください。また、FB ピンまでの配線全体は、インダクタ・ノードおよびスイッチ・ノードに近づけないようにする必要があります。スイッチング・レギュレータのプリント配線基板レイアウトの詳細については、アプリケーション・ノート AN-1229 を参照してください。

熱に関する考慮事項とサーマル・シャットダウン

LM26003 は電流制限回路を内蔵していますが、周囲温度が 80 °C を超えると、実際の最大負荷電流はデバイス温度の上昇によって制限される場合があります。このため、最大許容負荷電流を求めるには、温度上昇を考慮する必要があります。

温度上昇は、デバイス内部での消費電力の関数です。消費電力 (PD) と温度上昇を計算するには、次式を使用します。PD の合計は、FET のスイッチング損失、FET の DC 損失、駆動損失、I_q、VBIAS 損失の和になります。

$$PD_{TOTAL} = P_{SWAC} + P_{SWDC} + P_{QG} + P_{Iq} + P_{VBIAS}$$

$$P_{SWAC} = V_{in} \times I_{load} \times f_{sw} \times \left(\frac{V_{in} \times 10^{-9}}{1.33} \right)$$

$$P_{SWDC} = D \times I_{load}^2 \times (0.095 + 0.00065 \times (T_j - 25))$$

$$P_{QG} = V_{in} \times 9.2 \times 10^{-9} \times f_{sw}$$

$$P_{Iq} = V_{in} \times I_q$$

$$P_{VBIAS} = V_{bias} \times I_{VBIAS}$$

この消費電力合計値が求められると、接合部温度は次式により求められます。

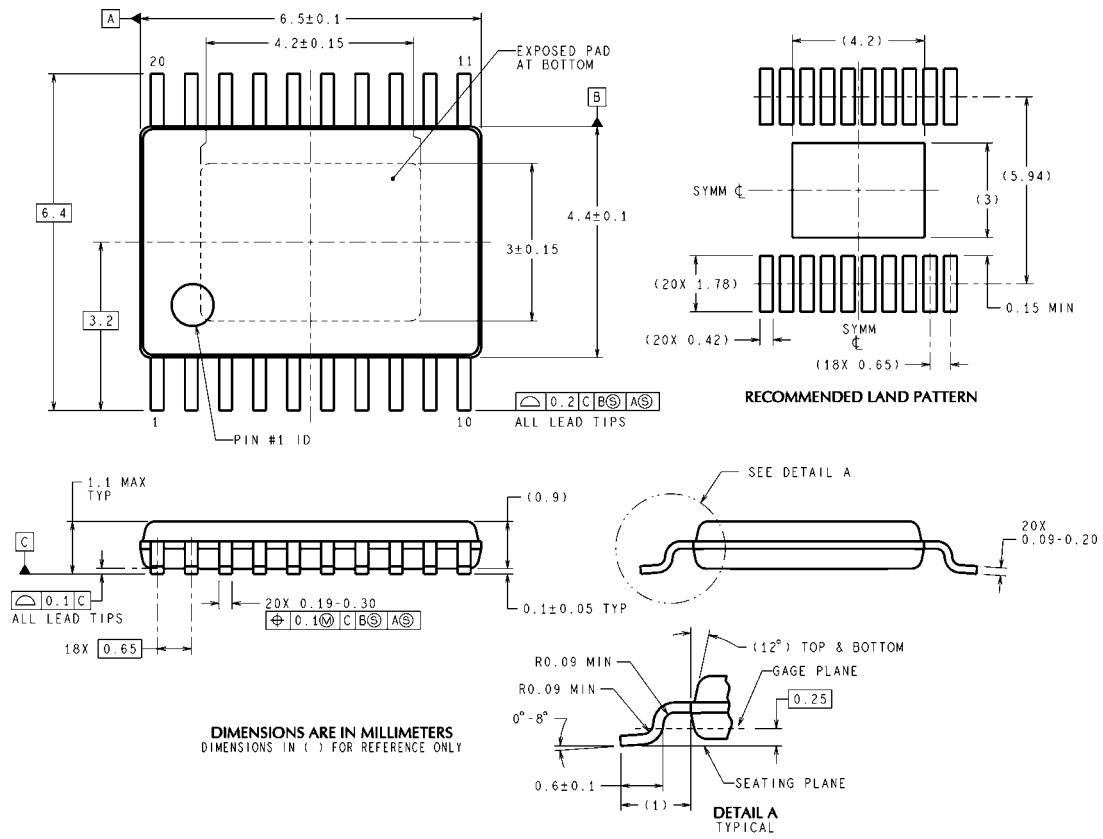
$$T_j = T_a + (PD_{TOTAL} \times \theta_{JA})$$

大面積の銅パターン領域がある多層基板を使用した場合は、 $\theta_{JA} = 32 \text{ }^\circ\text{C/W (typ)}$ になります。 θ_{JA} は、基板の種類や金属被覆部分の面積により変化します。

最大許容消費電力を求めるには、 $T_j = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ と仮定します。接合部温度が動作温度の最大定格である 125 °C を超えないようにするには、予想される最大動作周波数、最大周囲温度、最小 / 最大入力電圧で消費電力を確認します。計算した最大負荷電流は連続動作を基準にしているため、過渡条件時にはこの値を超えることがあります。

消費電力が最大許容レベルを超えたままになっていると、デバイス温度は上昇し続けます。接合部温度が最大値を超えると、LM26003 はサーマル・シャットダウン (TSD) モードに移行します。TSD モードでは、接合部温度が低下して通常の動作制限範囲内に戻るまで、IC はシャットダウン状態を維持します。この状態では、デバイスはソフトスタート・モードで再起動します。

外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



MXA20A (Rev C)

**eTSSOP-20 Package
20-Lead Exposed Pad TSSOP Package
NS Package Number MXA20A**

このドキュメントの内容はナショナル セミコンダクター社製品の関連情報として提供されます。ナショナル セミコンダクター社は、この発行物の内容の正確性または完全性について、いかなる表明または保証もいたしません。また、仕様と製品説明を予告なく変更する権利を有します。このドキュメントはいかなる知的財産権に対するライセンスも、明示的、黙示的、禁反言による惹起、またはその他を問わず、付与するものではありません。

試験や品質管理は、ナショナル セミコンダクター社が自社の製品保証を維持するために必要と考える範囲に用いられます。政府が課す要件によって指定される場合を除き、各製品のすべてのパラメータの試験を必ずしも実施するわけではありません。ナショナル セミコンダクター社は製品適用の援助や購入者の製品設計に対する義務を負いかねます。ナショナル セミコンダクター社の部品を使用した製品および製品適用の責任は購入者にあります。ナショナル セミコンダクター社の製品を用いたいかなる製品の使用または供給に先立ち、購入者は、適切な設計、試験、および動作上の安全手段を講じなければなりません。

それら製品の販売に関するナショナル セミコンダクター社との取引条件で規定される場合を除き、ナショナル セミコンダクター社は一切の義務を負わないものとし、また、ナショナル セミコンダクター社の製品の販売か使用、またはその両方に関連する特定目的への適合性、商品の機能性、ないしは特許、著作権、または他の知的財産権の侵害に関連した義務または保証を含むいかなる表明または黙示的保証も行いません。

生命維持装置への使用について

ナショナル セミコンダクター社の製品は、ナショナル セミコンダクター社の最高経営責任者 (CEO) および法務部門 (GENERAL COUNSEL) の事前の書面による承諾がない限り、生命維持装置または生命維持システム内のきわめて重要な部品に使用することは認められていません。

ここで、生命維持装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用方法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

National Semiconductor とナショナル セミコンダクターのロゴはナショナル セミコンダクター コーポレーションの登録商標です。その他のブランドや製品名は各権利所有者の商標または登録商標です。

Copyright © 2009 National Semiconductor Corporation

製品の最新情報については www.national.com をご覧ください。

ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300

技術資料 (日本語 / 英語) はホームページより入手可能です。

www.national.com/jpn/

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えたり、保証もしくは承認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
 - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
 4. 機械的衝撃
 - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
 5. 熱衝撃
 - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
 6. 汚染
 - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
 - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上