

# LM2696

*LM2696 3A, Constant On Time Buck Regulator*



Literature Number: JAJSAE8

## 3A コンスタント・オンタイム制御 降圧型レギュレータ

### 概要

LM2696 は、3A の負荷電流を供給できる降圧型レギュレータです。LM2696 の制御ループでは、入力電圧のフィード・フォワード機能を備えたコンスタント・オンタイム制御方式を採用しています。これにより、位相補償の必要なく、優れた過渡応答特性の回路構成を実現できます。入力電圧のフィード・フォワード機能により、スイッチング周波数は  $V_{IN}$  の全範囲にわたり一定に維持します。

LM2696が対応可能なスイッチング周波数の範囲は、100kHz～500kHzです。LM2696はオン抵抗 130mΩ のハイサイドNMOSスイッチを内蔵しているため、外付けの小型部品と組み合わせることにより、高い効率を実現できます。複数のレギュレータ間のシーケンス制御を単純化するため、ソフトスタート機能やパワーグッド・フラグ機能も用意されています。

LM2696 は出力可変で、露出型パッドの TSSOP-16 パッケージで供給します。

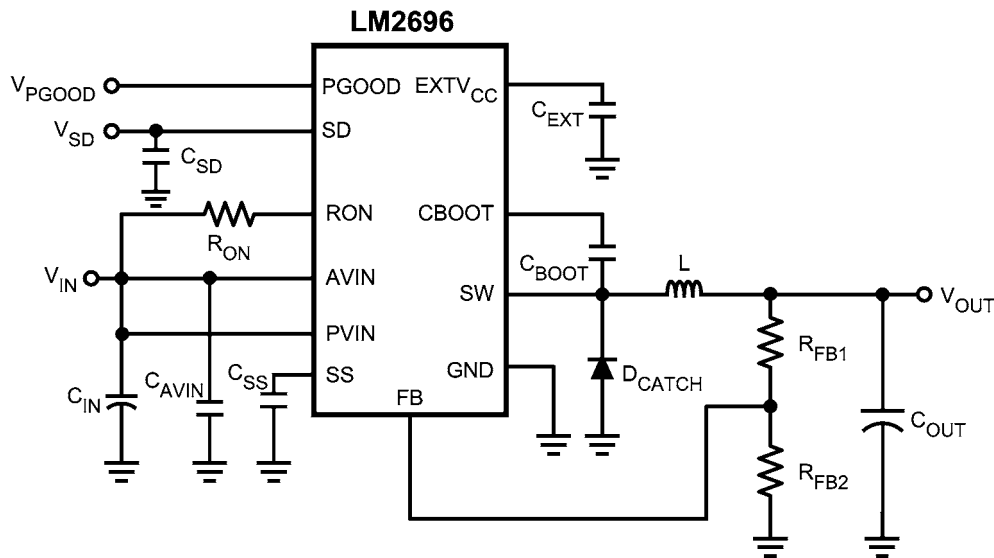
### 特長

- 入力電圧範囲 4.5V ~ 24V
- コンスタント・オンタイム
- 位相補償不要
- 最大負荷電流 3A
- スwitching周波数 100kHz ~ 500kHz
- 入力電圧の全範囲にわたって一定のスイッチング周波数
- TTL 互換のシャットダウン・スレッシュホールド
- 低スタンバイ電流 12 μA
- オン抵抗 130mΩ の MOSFET スwitch内蔵

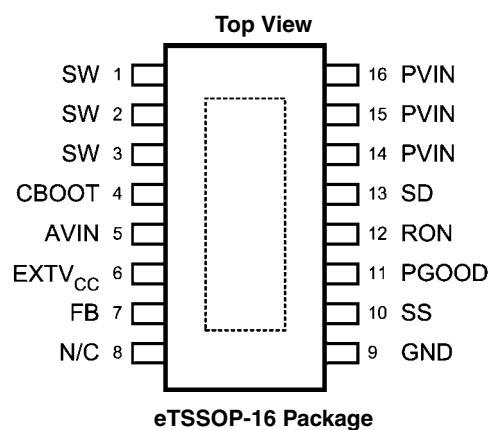
### アプリケーション

- 高効率の降圧型スイッチング・レギュレータ
- LCD モニタ
- セットトップ・ボックス

### 代表的なアプリケーション回路



## ピン配置図



## ピン説明

ピン番号	ピン名	説明
1, 2, 3	SW	スイッチング・ノード
4	CBOOT	ブートストラップ・コンデンサ入力
5	AVIN	アナログ電圧入力
6	EXTV <sub>CC</sub>	デカップリング用内部レギュレータの出力
7	FB	出力からのフィードバック信号
8	N/C	未接続
9	GND	グラウンド
10	SS	ソフトスタート・ピン
11	PGOOD	パワーグッド・フラグ・ピン (オープン・ドレイン出力)
12	RON	電流に応じてスイッチのオン時間を設定
13	SD	シャットダウン・ピン
14, 15, 16	PVIN	電源電圧入力ピン
-	露出パッド	必ずグラウンドに接続

## 製品情報

Order Number	Package Type	NSC Package Drawing	Supplied As
LM2696MXA	eTSSOP-16	MXA16A	92 units/rail
LM2696MXAX	eTSSOP-16	MXA16A	2,500 Units Tape and Reel

## 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。関連する電氣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

AVIN	- 0.3V ~ + 26V
PVIN	- 0.3V ~ (AV <sub>IN</sub> + 0.3V)
CBOOT	- 0.3V ~ + 33V
CBOOT ~ SW 間	- 0.3V ~ + 7V
FB、SD、SS、PGOOD	- 0.3V ~ + 7V
保存温度範囲	- 65 °C ~ + 150 °C

接合部温度	+ 150 °C
リード温度 (ハンダ付け、10 秒)	260 °C
最小 ESD 耐圧	1.5 kV

## 動作定格

接合部温度	- 40 °C ~ + 125 °C
AVIN ~ GND 間	4.5V ~ 24V
PVIN	4.5V ~ 24V

## 電氣的特性

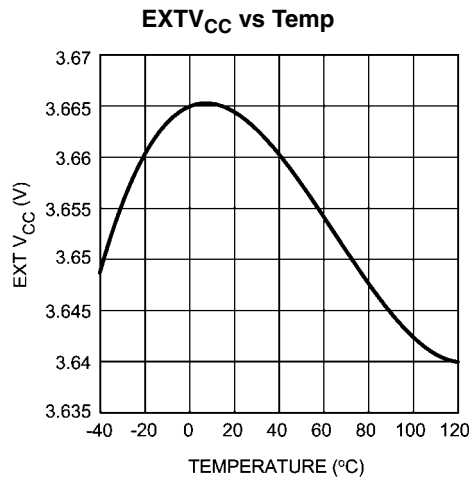
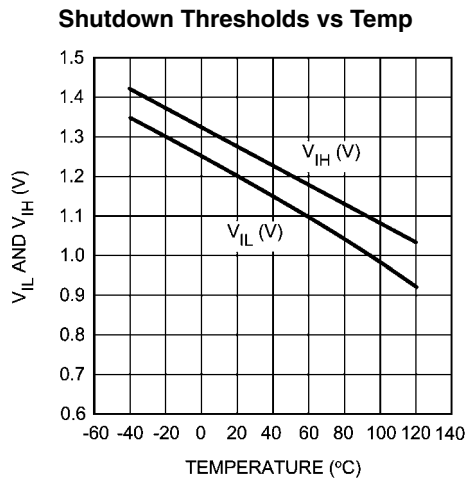
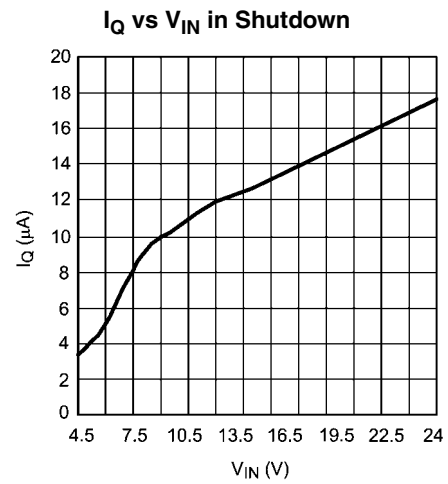
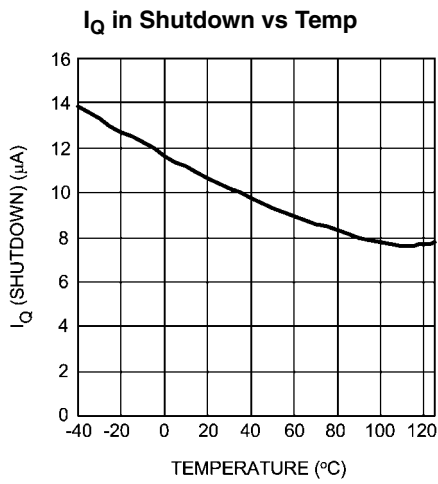
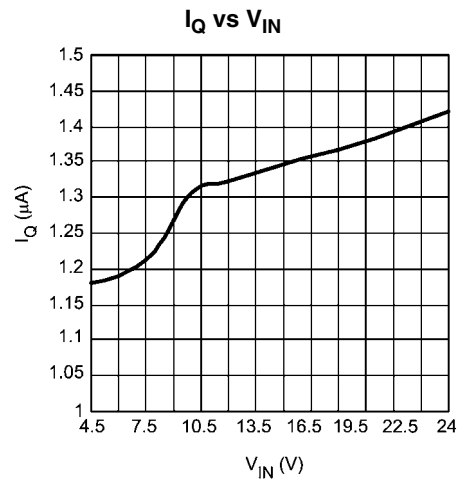
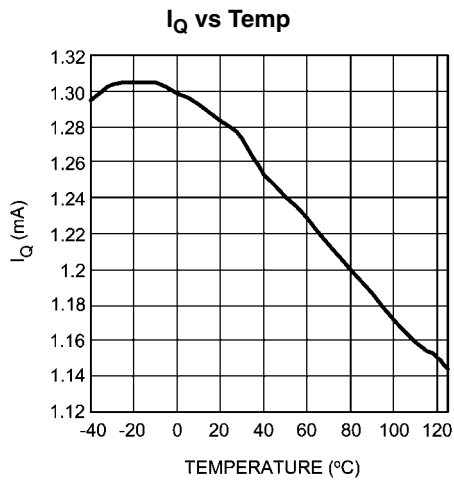
標準字体で記載されたリミット値は T<sub>J</sub> = 25 °C の場合で、**太字**で記載されたリミット値は**全動作温度範囲** (T<sub>J</sub> = - 40 °C ~ + 125 °C) に適用されます。最小リミット値および最大リミット値は、試験、設計、または統計上の相関関係により保証されています。代表値 (Typ) は T<sub>J</sub> = 25 °C での最も標準的なパラメータ値を表しますが、参考として示す以外の目的はありません。特記のない限り、以下の規格は V<sub>IN</sub> = 12V の場合に適用されます。

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
V <sub>FB</sub>	Feedback Pin Voltage	V <sub>IN</sub> = 4.5V to 24V I <sub>SW</sub> = 0A to 3A	<b>1.225</b>	1.254	<b>1.282</b>	V
I <sub>CL</sub>	Switch Current Limit	V <sub>CBOOT</sub> = V <sub>SW</sub> + 5V	<b>3.6</b>	4.9	<b>6.4</b>	A
R <sub>DS_ON</sub>	Switch On Resistance	I <sub>SW</sub> = 3A		0.13	<b>0.22</b>	Ω
I <sub>Q</sub>	Operating Quiescent Current	V <sub>FB</sub> = 1.5V		1.3	<b>2</b>	mA
V <sub>UVLO</sub>	AVIN Under Voltage Lockout	Rising V <sub>IN</sub>	<b>3.9</b>	4.125	<b>4.3</b>	V
V <sub>UVLO_HYS</sub>	AVIN Under Voltage Lockout Hysteresis			60	<b>120</b>	mV
I <sub>SD</sub>	Shutdown Quiescent Current	V <sub>SD</sub> = 0V		12	<b>25</b>	μA
k <sub>ON</sub>	Switch On-Time Constant	I <sub>ON</sub> = 50 μA to 100 μA	<b>50</b>	66	<b>82</b>	μA μs
V <sub>D_ON</sub>	R <sub>ON</sub> Voltage		<b>0.35</b>	0.65	<b>0.95</b>	V
T <sub>OFF_MIN</sub>	Minimum Off Time	FB = 1.24V FB = 0V		165 12	<b>250</b> <b>30</b>	ns μs
T <sub>ON_MIN</sub>	Minimum On-time		<b>400</b>			ns
V <sub>EXTV<sub>CC</sub></sub>	EXTV <sub>CC</sub> Voltage		<b>3.30</b>	3.65	<b>4.00</b>	V
ΔV <sub>EXTV<sub>CC</sub></sub>	EXTV <sub>CC</sub> Load Regulation	I <sub>EXTV<sub>CC</sub></sub> = 0 μA to 50 μA		0.03	<b>0.5</b>	%
V <sub>PWRGD</sub>	PGOOD Threshold (PGOOD Transition from Low to High)	With respect to V <sub>FB</sub>	<b>91.5</b>	93.5	<b>95.5</b>	%
V <sub>PG_HYS</sub>	PGOOD Hysteresis			1	<b>2.1</b>	%
I <sub>OL</sub>	PGOOD Low Sink Current	V <sub>PGOOD</sub> = 0.4V	<b>0.5</b>	2		mA
I <sub>OH</sub>	PGOOD High Leakage Current			50		nA
I <sub>FB</sub>	Feedback Pin Bias Current	V <sub>FB</sub> = 1.2V		0		nA
I <sub>SS_SOURCE</sub>	Soft-Start Pin Source Current	V <sub>SS</sub> = 0V	<b>0.7</b>	1	<b>1.4</b>	μA
I <sub>SS_SINK</sub>	Soft-Start Pin Sink Current	V <sub>SS</sub> = 1.2V V <sub>SD</sub> = 0V		15		mA
I <sub>SD</sub>	Shutdown Pull-Up Current	V <sub>SD</sub> = 0V		1	<b>3</b>	μA
V <sub>IH</sub>	SD Pin Minimum High Input Level		<b>1.8</b>			V
V <sub>IL</sub>	SD Pin Maximum Low Input Level				<b>0.6</b>	V
θ <sub>J-A</sub>	Thermal Resistance			35.1		°C/W

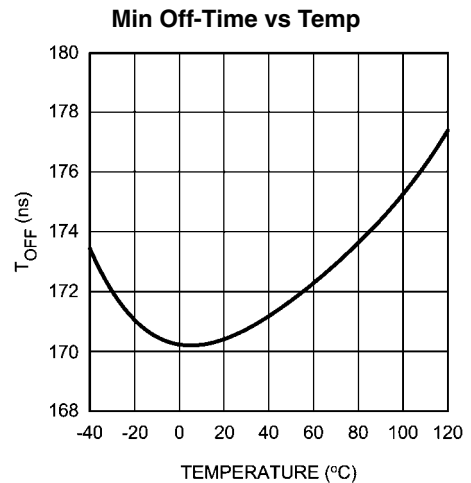
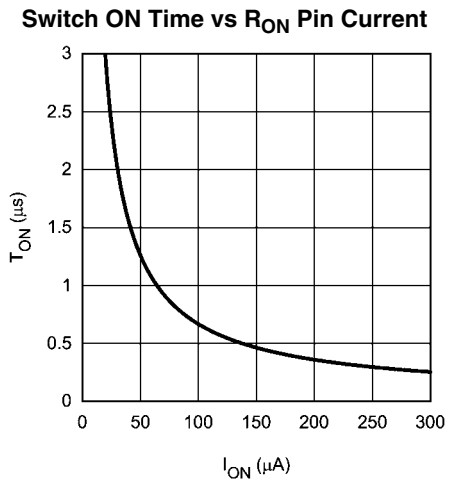
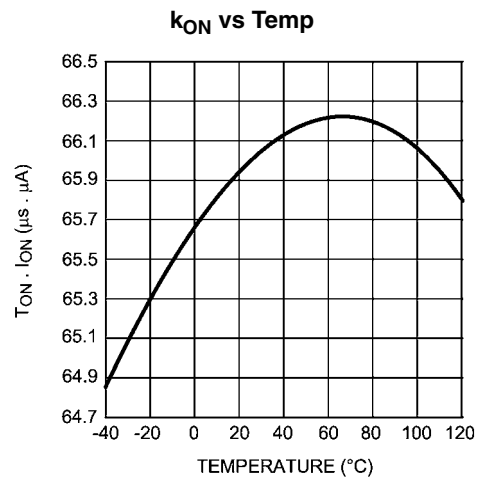
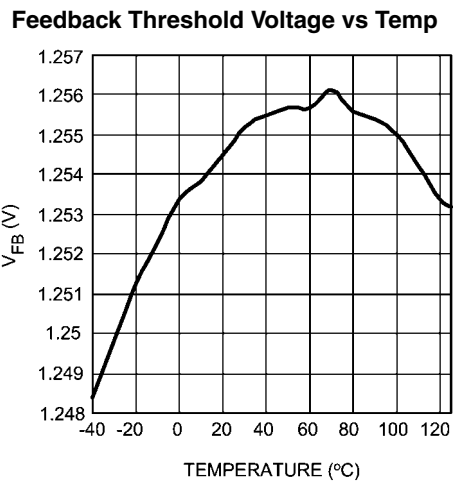
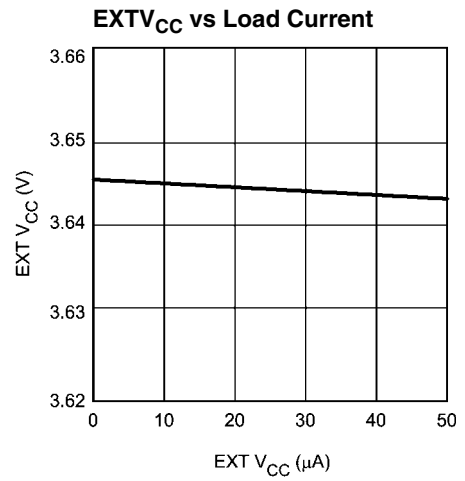
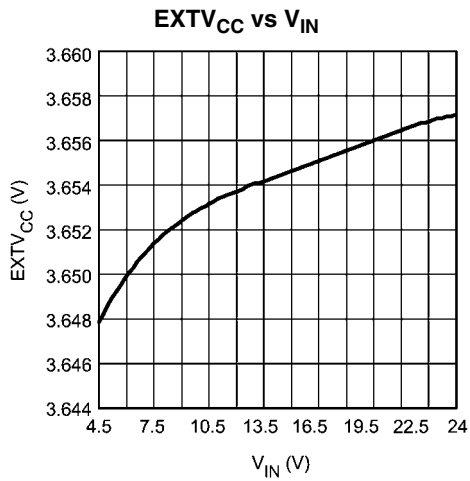
**Note 1:** 「絶対最大定格」とはデバイスに破壊が発生する可能性のあるリミット値をいいます。「動作定格」とはデバイスが機能する条件を示しますが、特定の性能リミット値を保証するものではありません。保証規格については、「電氣的特性」を参照してください。

**Note 2:** プリント回路基板の銅箔パターンによる放熱効果向上のない状態を仮定します。最大消費電力は高温動作時にディレーティングを行う必要があり、T<sub>JMAX</sub> (最大接合部温度)、θ<sub>J-A</sub> (接合部 - 周囲間熱抵抗)、T<sub>A</sub> (周囲温度) により制限されます。任意の温度における許容最大消費電力は式 P<sub>DissMAX</sub> = (T<sub>JMAX</sub> - T<sub>A</sub>) / θ<sub>J-A</sub> で求められますが、最大値は「絶対最大定格」に示す値となります。TSSOP-16 パッケージの場合、θ<sub>J-A</sub> は 38.1 °C/W、T<sub>JMAX</sub> = 125 °C です。

代表的な性能特性

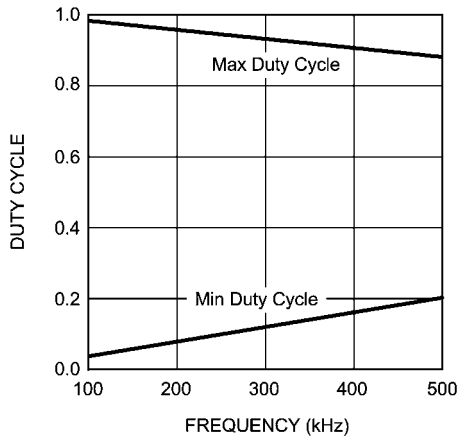


代表的な性能特性 (つづき)

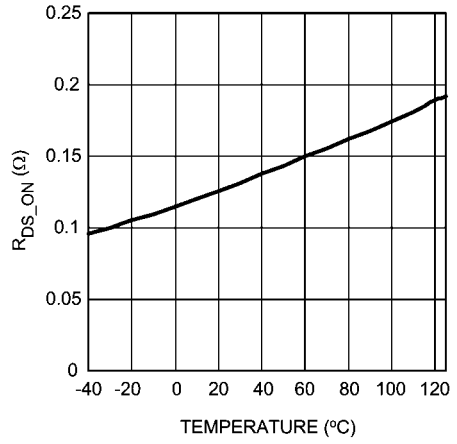


代表的な性能特性 (つづき)

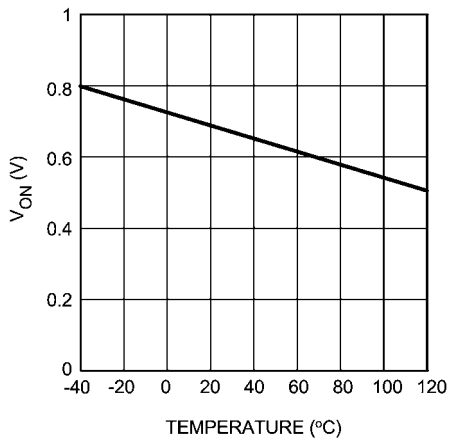
Max and Min Duty-Cycle vs Freq  
(Min  $T_{ON} = 400$  ns, Min  $T_{OFF} = 200$  ns)



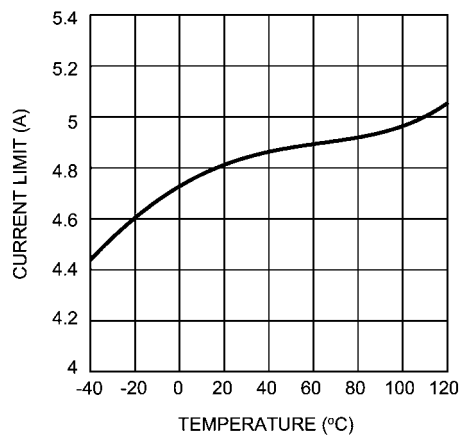
FET Resistance vs Temp



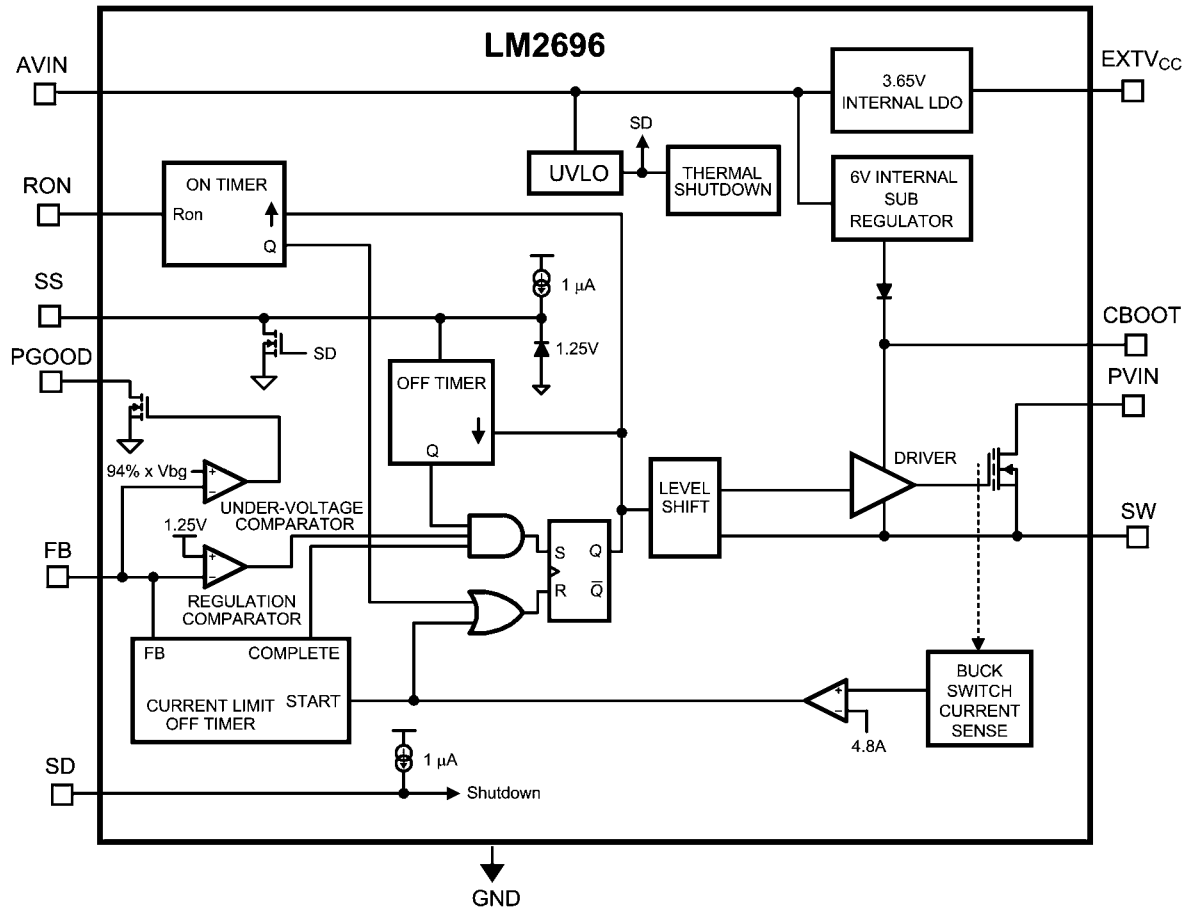
$R_{ON}$  Pin Voltage vs Temp



Current Limit vs Temp



## ブロック図



## アプリケーション情報

## コンスタント・オンタイム制御方式の概要

降圧型 DC/DC レギュレータである LM2696 は、コンスタント・オンタイム制御方式を基本としています。この回路構成では、固定のスイッチ・オン時間に依存して出力をレギュレートしています。オン時間を設定するには、外付け抵抗 ( $R_{ON}$ ) の大きさを調整します。LM2696 では、オン時間が入力電圧 ( $AV_{IN}$ ) に反比例するように自動的に調整され、定周波数が維持されます。連続モード (CCM) では、周波数はデューティ・サイクルとオン時間のみに依存します。これは、スイッチング周波数が出力インダクタとコンデンサで決まるヒステリシス・レギュレータの場合とは対照的です。軽負荷の場合に観測される不連続モード (DCM) では、周波数は負荷に応じて変動します。この結果、高い効率と優れた過渡応答が得られます。

過電流や過電圧などの状況が検出されない限り、オン時間は任意の  $V_{IN}$  に対して一定に維持されます。これらの状況が検出された場合は、事前に定義されている最小時間の間、FET がオフになります。この最小  $T_{OFF}$  (250ns) は IC 内部で設定されており、調整することはできません。 $T_{OFF}$  の時間経過後も、コンパレータの動作電圧に到達するまで、FET はオフのままとなります。この動作電圧を通過すると、FET はオンに戻り、前述の過程が繰り返されます。

ヒステリシスやコンスタント・オンタイムなどのスイッチング方式では、出力電圧を検出するため、コンパレータを使用します。これらのスイッチング・レギュレータでは、最小 ESR が規定されます。ESR 最小値が必要なのは、スイッチ・ピンと同相のリップル成分を制御信号の主体とするためです。スイッチ・ピンと同相のリップル成分を主体とする制御信号を使用すると、位相補償の必要がなくなるため、部品点数を削減して設計回路を単純化できます。その代わりに、RC フィード・フォワード方式を使用して最小 ESR の必要性をなくすこともできます。

## IC の内部動作

## 電圧低下検出コンパレータ

出力での電圧低下状態を検知するためにフィードバック・ピンを監視するコンパレータを内蔵しています。出力電圧が UVP スレシヨルドより低下した場合は、パワーグッド・フラグが解除されます。

## オン時間ジェネレータ

LM2696 のオン時間は、入力電圧に反比例します。このオンタイム制御方式では、入力電圧の全範囲にわたって定周波数が維持されます。オン時間を調整するには、PVIN ピンと RON ピン間に接続する外付け抵抗を使用します。



## アプリケーション情報 (つづき)

### 電流制限

LM2696 は、高度な電流制限オフタイマを内蔵しています。内部 FET のピーク電流が 4.9A を超えると、現在のオン時間は終了します。つまり、サイクル単位の電流制限になっています。オン時間が終了した後は、リセット不能の延長オフタイマが始動します。オフ時間の長さは、フィードバック電圧に比例します。FB = 0V の場合、オフ時間はあらかじめ 20 μs に設定されています。この条件は、多くの場合、最大のオフ時間が必要な短絡動作時の結果です。この時間に設定すると、最大入力電圧の 24V まで安全な短絡動作を確保できます。

過負荷状態 (完全な短絡ではなく、FB > 0V) の場合、電流制限のオフ時間は短縮されます。過負荷の量が少量の期間中にオフ時間が短縮されると、制限される電流の量が減少します。最初の起動時間も短縮されます。

### N チャネル・ハイサイド・スイッチとドライバ

LM2696 は、N チャネル・ハイサイド・スイッチとフローティング高耐圧ゲート・ドライバを内蔵しています。このゲート・ドライバ回路は、外付けのブートストラップ・コンデンサおよび IC 内部のダイオードと連携して機能します。最小のオフ時間 (165ns) は、ブートストラップ・コンデンサの充電時間を十分確保するように設定しています。

### サーマル・シャットダウン

ダイ温度を監視するために熱センサを内蔵しています。ダイ温度が 165 °C を超えるとセンサが動作し、IC のスイッチング動作を停止します。ダイ温度が 155 °C を下回ると、ソフトスタート回路が再起動します。

### 部品の選択

他の DC/DC コンバータの場合と同様に、設計者が効率、サイズ、性能に合わせて設計回路を最適化するためには、きわめて多くのトレードオフが存在します。これらのトレードオフについては、このセクションで考慮します。

降圧型コンバータについて最初に計算する項目は、デューティ・サイクルです。寄生抵抗や特性が理想的でない部品に伴う電圧降下を無視すると、デューティ・サイクルは次式ようになります。

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

内部 FET 両端での電圧降下と外付けのキャッチ・ダイオード両端での電圧降下を考慮した場合のデューティ・サイクルの関係式は、次式ようになります。

$$D = \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN} + V_D - V_{SW}}$$

$V_D$  は外付けキャッチ・ダイオード (DCATCH) の順方向電圧、 $V_{SW}$  は内部 FET 両端での電圧降下を表します。

### 周波数の選択

スイッチング周波数は、出力インダクタ、コンデンサ、全体的な効率の選択に影響します。周波数を選択する上でのトレードオフをまとめると、次のようになります。スイッチング周波数を高くすると、小さいインダクタを使用できるため基板上のスペースを節約できますが、その引き換えに効率は低くなります。設計

の初期段階では公称周波数の 300kHz を使用し、必要に応じて調整作業を繰り返すことを推奨します。

LM2696 のスイッチング周波数は、RON ピンに接続する抵抗で設定します。この抵抗は RON ピンに流入する電流を制限し、オン時間パルスを直接制御します。RON ピンと PVIN ピン間に抵抗を接続すると、入力電圧が変化してもスイッチング周波数は一定に保持されます。通常動作時は、このピンは GND より約 0.65V 高い電圧になっています。このピンは、シャットダウン時にはハイ・インピーダンス・ノードになり、電流が流れるのを防止します。

オン時間は次式になります。

$$T_{ON} = \frac{k_{ON} \cdot R_{ON}}{V_{IN} - V_D} 10^{-3} \mu s$$

$V_{IN}$  は抵抗  $R_{ON}$  の高電位側の電圧 (通常は  $PV_{IN}$ )、 $V_D$  は RON ピンで観測されるダイオード電圧 (代表値 0.65V) を表し、 $R_{ON}$  は  $k\Omega$  単位、 $k_{ON}$  は IC 内部で設定される定数値 (公称  $66 \mu A \cdot \mu s$ ) です。この式は、 $R_{ON}$  がスイッチング周波数の関数になるように変更できます。

$$R_{ON} = \frac{(V_{IN} - V_D) \cdot D}{k_{ON} \cdot f_{SW}} 10^6 k\Omega$$

$f_{SW}$  の単位は kHz です。

連続モードでは、スイッチング周波数を次の関係式を使用して決定できます。

$$f_{SW} = \frac{D}{T_{ON}} 10^3 kHz$$

( $T_{ON}$  の単位は  $\mu s$ )

この式は、通常、スイッチング周波数を設定するときに使用します。

どのような条件下でも、 $R_{ON}$  ピンにはバイパス・コンデンサを接続しないでください。接続すると、 $R_{ON}$  ピンに何らかの AC 変動要因が結合し、正常動作の妨げとなります。

### インダクタの選択

インダクタを選択するには、通常、同じ作業を数回繰り返す必要があります。この理由は、インダクタのサイズは出力で観測されるリップル成分の大きさに影響しますが、このリップル成分は適応オン時間回路の安定性にとってきわめて重要なためです。通常は、ピーク・ツー・ピークのリップル電流の最大値が最大負荷電流の 30% になるようにインダクタを選択します。コイル電流のリップル成分 ( $\Delta I_L$ ) は、次式になります。

$$\Delta I_L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \cdot D}{L \cdot f_{SW}}$$

したがって、 $L$  の初期設定値は、30% の指針を適用して次式のように設定できます。

$$L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \cdot D}{0.3 \cdot f_{SW} \cdot I_{OUT}}$$

考慮が必要となるインダクタのもう 1 つの特長は、飽和電流とコア材です。EMI を低減するために、シールド付きインダクタや薄型シールドなしインダクタの使用を推奨します。

## アプリケーション情報 (つづき)

### 出力コンデンサ

出力コンデンサの大きさと ESR は、ループの安定性に直接影響します。これは、適応オンタイム制御方式が機能するには、出力電圧のリップル成分を検出して適切にスイッチング動作を行うことが必要のためです。降圧型コンバータでの出力電圧リップル成分を概算するには、コイル電流のリップル成分がすべて出力コンデンサに流れ込み、コンデンサの ESR により電圧リップル成分が生成されると仮定します。このことは次式になります。

$$\Delta V_{OUT} \approx \Delta I_L \cdot R_{ESR}$$

安定性を確保するには、2つの制約条件を満たすことが必要です。これらの制約条件とは、フィードバック・ピンでの電圧リップル成分がある最小値より大きくする必要があり、この電圧リップル成分をスイッチ・ピンでの電圧リップル成分と同相にすることです。

フィードバック・ピンに必要なリップル電圧は、次の関係式を使用して概算できます。

$$\Delta V_{FB} > -0.057 \cdot f_{SW} + 35$$

$f_{SW}$  の単位は kHz、 $\Delta V_{FB}$  の単位は mV です。

この最小リップル電圧が必要なのは、コンパレータがスイッチングを開始するためです。フィードバック・ピンでの電圧リップル成分は、このスイッチングと同相である必要があります。コンデンサの充電に起因するリップル成分とコンデンサの ESR に起因するリップル成分は、その位相が揃っていないため、コンデンサの ESR に起因するリップル成分が必ず主体になります。

出力でのリップル成分を計算するには、フィードバック・ピンでのリップル電圧に、フィードバック抵抗によって得られるゲインを乗じます。このゲイン H は次式のとおりです。

$$H = \frac{V_{OUT}}{V_{FB}} = \frac{V_{OUT}}{1.25V}$$

設計回路を単純化して ESR 出力の高いコンデンサが必要ないようにするには、RC 回路網を使用して、スイッチ・ピンからフィードバック (FB) ピンに信号をフィード・フォワードします。詳細については、「リップル成分のフィード・フォワード」を参照してください。

通常、最適な性能を得るには、POSCAP、SP CAP、タンタル・コンデンサ、酸化ニオブ・コンデンサなどの化学材料タイプのコンデンサを使用します。低 ESR のセラミック・コンデンサを RC フィード・フォワード方式と組み合わせても使用できますが、フィードバック・ピンでのフィード・フォワード電圧は 30mV より大きくする必要があります。

### リップル成分のフィード・フォワード

RC 回路網を使用すると、ESR の高いコンデンサを使用する必要がなくなります。こうした回路網は、Figure 1 に示すように接続します。

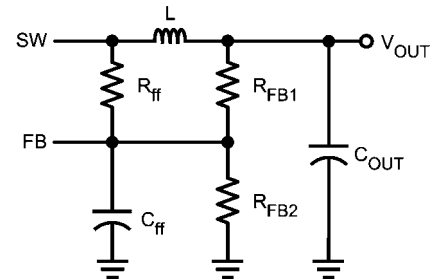


FIGURE 1. RC Feed Forward Network

$R_{ff}$  の値は十分大きくして、 $V_{OUT}$  にオフセットが発生しないようにします。通常、 $R_{ff}$  の値は  $1M\Omega$  のオーダーで、 $R_{FB1}$  の値は  $10k\Omega$  より小さくします。この2つの抵抗値の差を大きくすると、不連続モードでの出力電圧のオフセット誤差を最小限に抑えられます。コンデンサの値を選択するには、次の関係式を使用します。

$$C_{ff\_MAX} = \frac{(V_{IN\_MIN} - V_{FB}) \times T_{ON\_MIN}}{0.03V \times R_{ff}} \text{ pF}$$

オン時間 ( $T_{ON\_MIN}$ ) の単位は  $\mu s$ 、抵抗 ( $R_{ff}$ ) の単位は  $M\Omega$  です。

### フィードバック抵抗

フィードバック抵抗は、内部リファレンス電圧を基準にした出力電圧となるように、フィードバック・ループを構築する目的で使用します。フィードバック抵抗の値を大きくすると、ノイズの影響を受けやすいハイ・インピーダンス・ノードがフィードバック・ピンに形成されるため、この抵抗値を自由に大きくできません。通常、 $R_{FB2}$  は  $1k\Omega$  のオーダーです。 $R_{FB1}$  の値を計算するには、次の関係式を使用します。

$$R_{FB1} = R_{FB2} \left( \frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right)$$

$V_{FB}$  は、「電気的特性」の表に記載されている内部リファレンス電圧です (代表値 1.254V)。

出力電圧を正確に設定するには、リファレンス電圧によるレギュレートの対象が出力リップル成分の平均値ではなく最低電圧である事実を考慮します。この関係を Figure 2 に示します。

## アプリケーション情報 (つづき)

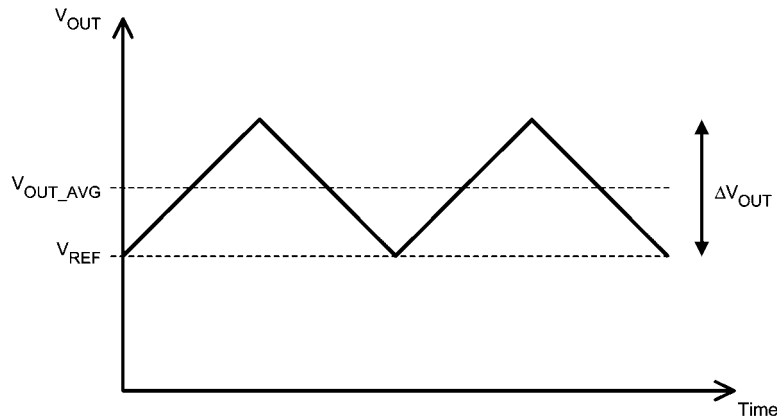


FIGURE 2. Average and Ripple Output Voltages

出力電圧の平均値は、リファレンス電圧のゲイン倍の値よりも出力電圧リップル成分振幅のちょうど半分だけ大きいことがわかります。そこで、電圧リップル成分に応じて出力電圧を付加できます。付加した  $V_{OUT}$  の項は、次の関係式になります。

$$V_{OUT} = V_{OUT\_AVG} - \frac{1}{2} \Delta V_{OUT} = V_{OUT\_AVG} - \frac{1}{2} \Delta I_L \cdot R_{ESR}$$

出力電圧が高い ( $> 5V$ ) 場合は、出力電圧が目的の値に到達するために約 15mA の負荷電流が必要なことに注意してください。

## 入力コンデンサ

$PV_{IN}$  は出力電圧を得るための電源レールで、通常は負荷電流が入力コンデンサの選択基準になります。一般に、パッケージ・サイズと ESR がコンデンサの電流容量の決定要因になります。以上の選択基準を満たせば、信号源とのインピーダンスの相互作用を防止するのに十分な容量が得られます。通常は、低 ESR、大容量の電解コンデンサとセラミック・コンデンサを並列に使用することを推奨します。2 種類のコンデンサを並列に接続すると、全動作温度範囲にわたって適切な容量と低い ESR 値を確保できます。三洋電機の MV-WX シリーズ電解コンデンサと、誘電体の特性が X5R または X7R のセラミック・コンデンサを組み合わせる方法が優れています。入力コンデンサの RMS 値を計算するには、次の関係式を使用します。

$$I_{CIN\_RMS} = I_{OUT} \sqrt{D \left( 1 - D + \frac{\Delta I_L^2}{12 \cdot I_{OUT}^2} \right)}$$

この式は次式で近似できます。

$$I_{CIN\_RMS} = I_{OUT} \sqrt{D(1 - D)}$$

代表値は電解コンデンサが  $470 \mu F$ 、セラミック・コンデンサが  $0.1 \mu F$  です。

AV<sub>IN</sub> コンデンサ

$AV_{IN}$  は、デバイスのアナログ・バイアス電源です。このピンは小容量 ( $1 \mu F$ ) の外付けセラミック・コンデンサでバイパスし、不要なノイズがデバイスに入らないようにします。シャットダウン状態では、 $AV_{IN}$  に必要な電流は約  $12 \mu A$  まで降下し、これによって低消費電力のスリープ状態を実現します。

大半の動作では、 $AV_{IN}$  を  $PV_{IN}$  に接続しますが、分割電源動作にすることもできます。その場合は、 $AV_{IN}$  を  $PV_{IN}$  より高い電圧に設定します。 $AV_{IN}$  の電圧値は、 $PV_{IN}$  より低い値にはしないでください。電源を分割すると、 $AV_{IN}$  の動作範囲より低い電源電圧で電力変換を行えます。

## ソフトスタート・コンデンサ

ソフトスタート・コンデンサは、リファレンス電圧を 0V からその最終値である 1.25V まで緩やかに上昇するために使用します (このピンはシャットダウン時に 0V になるまで放電されます)。この起動制御機能により、出力コンデンサの充電時に大量の突入電流が流れるのを防止できます。このコンデンサの値を変更すると、それに応じて起動時間を変更できます。起動時間を計算するには、次の関係式を使用します。

$$t_{SS} = \frac{1.25V \cdot C_{SS}}{I_{SS}}$$

$I_{SS}$  は、ソフトスタート・ピンからの流出電流 (代表値  $1 \mu A$ ) で、「電氣的特性」の表に記載されています。 $C_{SS}$  コンデンサの容量は起動要件を満足するように選択できますが、この容量には制限があります。コンデンサが小さすぎると、出力コンデンサを充電できるよりも速く基準電圧が上昇するため、IC は電流制限状態となり、ソフトスタートの効果はほとんどない状態になります。このため、最小ソフトスタート時間を考慮する必要があります。この値は次式で求められます。

$$t_{SS\_MIN} = \frac{C_{OUT} V_{OUT}}{3A}$$

$C_{OUT}$  と  $V_{OUT}$  は出力電圧のスルーレートを制御するため、LM2696 が起動に要する時間の合計は、「外部動作の起動」を参照してください。

## アプリケーション情報 (つづき)

### EXTV<sub>CC</sub> コンデンサ

EXTV<sub>CC</sub> は、IC 内部回路の一部に電源を供給する内部サブレギュレータによって生成された 3.65V の電源供給ラインです。この電源ラインは、1 μF のセラミック・コンデンサ (X5R またはそれ相当の誘電体特性) でバイパスしてください。EXTV<sub>CC</sub> は IC 内部用途の電源ですが、外部の軽負荷 (< 50 μA) 用の外部電源として使用できます。EXTV<sub>CC</sub> を誤って GND に短絡した場合、IC は 5mA の電流制限回路により保護されます。この電源ラインには電圧低下ロックアウト機能も用意されており、EXTV<sub>CC</sub> 電圧が低下した場合は IC がスイッチングしないよう動作します。

### シャットダウン

シャットダウン (SD) ピンの状態により、デバイスはオン状態またはスリープ状態になります。このピンは内部のプルアップ電流源に接続されており、フローティング (開放) 状態にするか、ロジックの High レベルに接続することができます。このピンを GND に接続すると、IC はシャットダウンします。IC をシャットダウンすると、IC のスイッチング動作を停止し、IC から流れ出る待機時消費電流を低減できます。このピンは 1nF のセラミック・コンデンサ (X5R または Y5V) でバイパスして、適切なロジック・スレッショルドを確保する必要があります。

### CBOOT コンデンサ

外付けブートストラップ・コンデンサは、SW ノードの電位を土台にして FET をオンにします。このコンデンサにより、CBOOT ピンの電圧を V<sub>IN</sub> より大きい値にします。キャッチ・ダイオードが導通して SW ノードが GND レベルの電位になると、IC 内部のダイオードが導通するため、CBOOT コンデンサが約 4V まで充電されます。SW ノードの電位が上昇すると、CBOOT ピンの電位は SW ノードの電位より約 4V 高い値まで上昇します。最適な性能を得るには、0.1 μF のセラミック・コンデンサ (X5R またはそれ相当の誘電体特性) を使用してください。

### PGOOD 抵抗

PGOOD 抵抗を使用するのは、動作範囲が安定状態に到達したら、PGOOD ピンを必ず High レベルに引き上げられるようにするためです。この抵抗の値は、オープン・ドレイン FET がオンになるたびに過剰な電流が PGOOD ピンに流入しないように設定する必要があります。10k Ω ~ 100k Ω の抵抗を使用することを推奨します。この範囲の値は、立ち上がり時間と消費電力の両方を考慮した結果得られたものです。

### キャッチ・ダイオード

キャッチ・ダイオード (転流ダイオード) は、非同期整流降圧型スイッチング・レギュレータの下側スイッチとして機能します。このため、キャッチ・ダイオードには、FET が非導通になるたびに全出力電流を供給する処理能力が必要です。したがって、その電流を適切に処理できる大きさのダイオードを選択しなければなりません。キャッチ・ダイオードを流れる平均電流は、次式で計算できます。

$$I_{D\_AVG} = I_{OUT} \cdot (1 - D)$$

キャッチ・ダイオードの逆耐圧定格が十分な値であることも慎重に確認してください。FET が導通すると、キャッチ・ダイオードの両端には V<sub>IN</sub> の値にほぼ等しい電圧が印加されます。スイッチ・ノードで発生する可能性があるすべてのリンギングに対して適切なマージンを確保するため、V<sub>IN</sub> の 120% に等しい逆方向電圧定格にすることを推奨します。

キャッチ・ダイオードの選択は、スイッチング・レギュレータの全体的な特性にとって非常に重要です。最適な性能を得るには、ショットキ・ダイオードを使用してください。ショットキ・ダイオードは順方向電圧降下が小さく、リカバリ時間が短いからです。

### バイパス・コンデンサ

AV<sub>IN</sub> ラインにはバイパス・コンデンサを使用して、アナログ回路に干渉する可能性のあるノイズのデカップリングを促進する必要があります。通常は、小容量 (1 μF) のセラミック・コンデンサを AVIN ピンのできるだけ近くに配置します。

### 外部動作の起動

起動時間の合計、つまり V<sub>IN</sub> の最初の立ち上がりから V<sub>OUT</sub> がその公称値に到達するまでの時間は、異なる 3 つの段階ごとに求めます。V<sub>IN</sub> の立ち上がり直後に実行することが必要な第一段階は、IC の内部回路が活動状態になる前に、EXTV<sub>CC</sub> 電圧をその公称出力電圧である 3.65V に到達させることです。この時間は出力コンデンサ容量 (1 μF) と内部レギュレータの電流制限値 (代表値 5mA) によって求められますが、必ず 730 μs のオーダーになります。内部レギュレータが安定状態の値に到達すると、安定動作を確保するために 200 μs の内部遅延時間が発生します。内部遅延時間が経過すると、LM2696 はスイッチングを開始するため、出力電圧が上昇します。出力の立ち上がり時間は、ソフトスタート・コンデンサの値によって決まります。以上の 3 段階をタイミング図で確認する場合は、Figure 3 を参照してください。

## アプリケーション情報 (つづき)

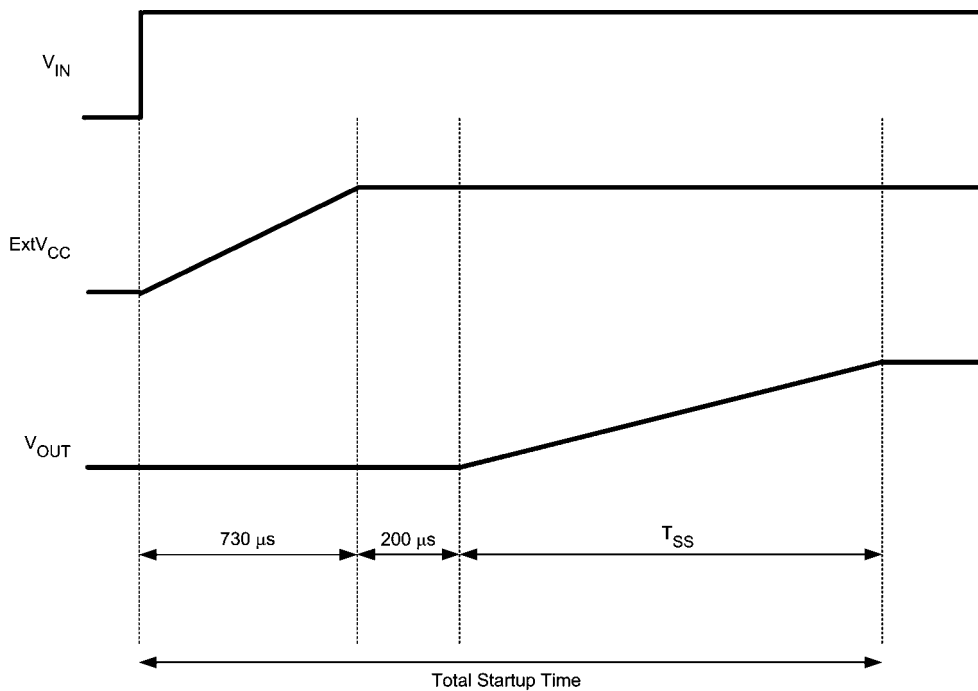


FIGURE 3. Startup Timing Diagram

## 電圧低下検出条件と過電圧検出条件

LM2696 は、PGOOD 電圧を制御する電圧低下検出コンパレータを内蔵しています。出力電圧が降下して、設定したスレッシュホールドを下回ると、PGOOD のオープン・ドレイン FET が導通して、PGOOD ピンの電位をグラウンド電位まで引き下げます。過電圧状態の場合は、PGOOD 電圧を制御する独立したコンパレータはありません。ただし、誤差コンパレータは実質的に過電圧 (OVP) 状態を検出しているため、制御ループが応答すると、こうした状態を発生させないようにできます。出力電圧が帰還スレッシュホールドより大きい場合、IC は元のオン状態に切り替わりません。したがって最悪条件は、オン時間パルスが 1 回の場合です。

## 電流制限

LM2696 では、ピーク検出の電流制限回路を採用しています。この回路では、FET の導通時に FET を流れる電流を検出し、ピーク電流がスレッシュホールド (代表値 4.9A) を超えるとオン・パルスを即座に終了します。現在のオン・パルスを終了する以外に、フィードバック電圧に関連する必須のオフ時間を強制的に挿入します。

電流制限回路が動作してフィードバック電圧がその公称値である 1.25V に近づくと、強制的に挿入されるオフ時間は比較的短くなります。これは、過渡電流や負荷グリッチのために瞬間的な短絡が発生した場合、出力電圧の降下やフの字型電流制限動作を防止することが目的です。短絡が発生した場合、オフ時間は約 12  $\mu$ s に延長されます。これにより、次のスイッチング・サイクルが実行される前に、コイル電流は低い値 (約 0A) まで減少します。オフ時間が延長されると、恒久的な短絡やハイサイドのブランキング時間によって生じる暴走条件を防止できます。

IC が過電流状態になると、出力電圧は Figure 4 に示すように降下し始めます。出力電圧が降下中で、電流は電流制限スレッシュホールド ( $I_L$ ) を下回っている場合、IC は最小オフ時間 ( $t_1$ ) の後にパルス ( $t_2$ ) をアサートします。この動作は、出力電圧を上昇させる方向に働く動作です。

IC が過電流状態にあり、Figure 4 に示すように出力電圧がレギュレーション値 ( $V_L$ ) より低い場合、IC は最小幅のパルス ( $t_4$ ) をアサートして、オフ時間 ( $t_5$ ) を延長します。出力電圧がレギュレーション値 ( $V_L$ ) より低くなり、電流が電流制限値より小さくなると、IC は 2 つ (以上) のパルスを最小限のオフ時間 ( $t_1$ ) で区切ってアサートします。

## アプリケーション情報 (つづき)

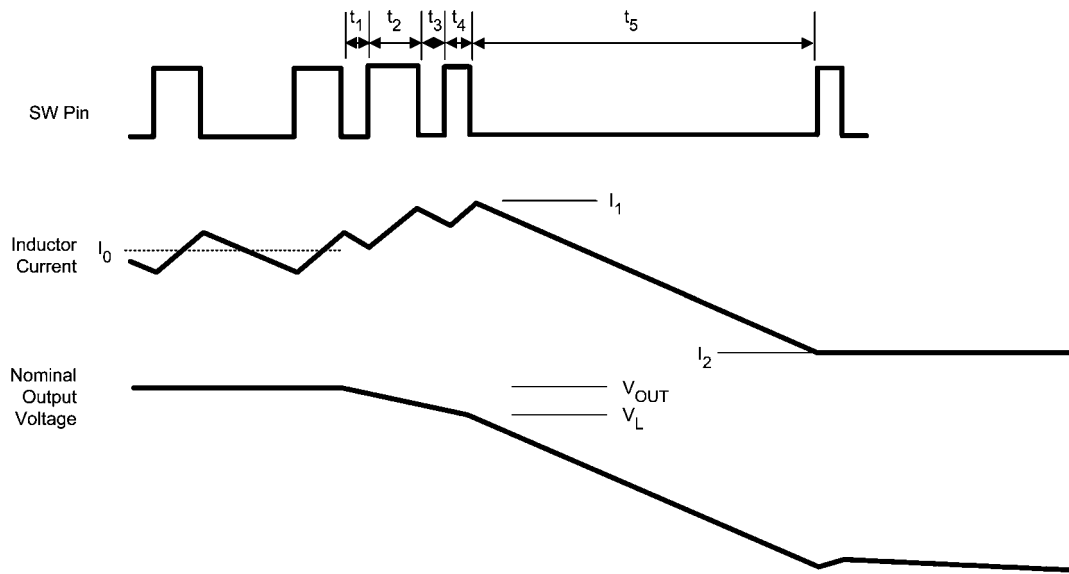


FIGURE 4. Fault Condition Timing

凡例：

$t_1$ : 最小オフ時間 (代表値 165ns)

$t_2$ : オン時間 (ユーザーが設定)

$t_3$ : 最小オフ時間 (代表値 165ns)

$t_4$ : ブランキング時間 (代表値 165ns)

$t_5$ : 延長オフ時間 (代表値 12  $\mu$ s)

$V_L$ : UVP スレッシュホールド

この方式の最後の利点は、短絡条件が解消され、最大限の負荷が再度かけられたときに、IC が自動的に回復して負荷を駆動できることです。その他の周波数制御によるフの字型電流制限方式の場合は、通常、負荷を軽減しなければならないという制約がありますが、オフ時間を可変すれば、この制約を解消できます。

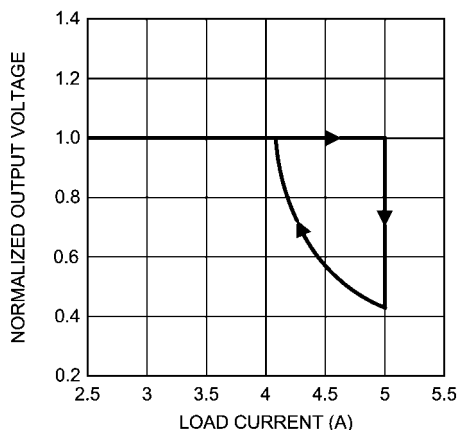


FIGURE 5. Normalized Output Voltage Versus Load Current

## 動作モード

LM2696 ではキャッチ・ダイオードを使用するため、インダクタのリプル電流が負荷電流の2倍になる値まで負荷電流を減少させると、LM2696 は不連続モードに入ります。これは、キャッチ・ダイオードがあるために、コイル電流を逆方向に流せないことが理由です。この状況が発生する値は導通の限界となる境界で、次式で計算できます。

$$I_{\text{BOUNDARY}} = \frac{(V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}) \cdot D}{2 \cdot L \cdot f_{\text{SW}}}$$

適応オンタイム制御方式が有利な点の1つは、不連続モード時に、負荷電流が減少するにつれて周波数が緩やかに低下していくことです。不連続モードでは、スイッチング周波数を次の関係式を使用して決定できます。

$$f_{\text{SW}} = \frac{2 \cdot L \cdot V_{\text{OUT}} \cdot I_{\text{OUT}}}{T_{\text{ON}}^2 \cdot V_{\text{IN}} \cdot (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}})}$$

この式から、何らかの最小スイッチング周波数が必ず存在することがわかります。最小スイッチング周波数は、前述の式のパラメータと、フィードバック抵抗で表される最小負荷により求められます。何らかの最小動作周波数が存在する場合は、それに応じてフィードバック抵抗の値を求めることができます。

適応オンタイム制御方式は、実質的にはパルス・スキップ・モードですが、内部クロックには直結していないため、このパルスは必要な場合のみ発生します。この方式は、基準クロック周波数に同期する方式とは異なります。コンスタント・オンタイムのパルス・スキップ・モード (不連続モード) では、出力電圧のリプル成分を最小限に抑えて、効率を最大限に高められます。

アプリケーション情報 (つづき)

Figure 6 に、連続導通モード (CCM)、不連続モード (DCM)、境界条件を示す 4 つの図を示します。

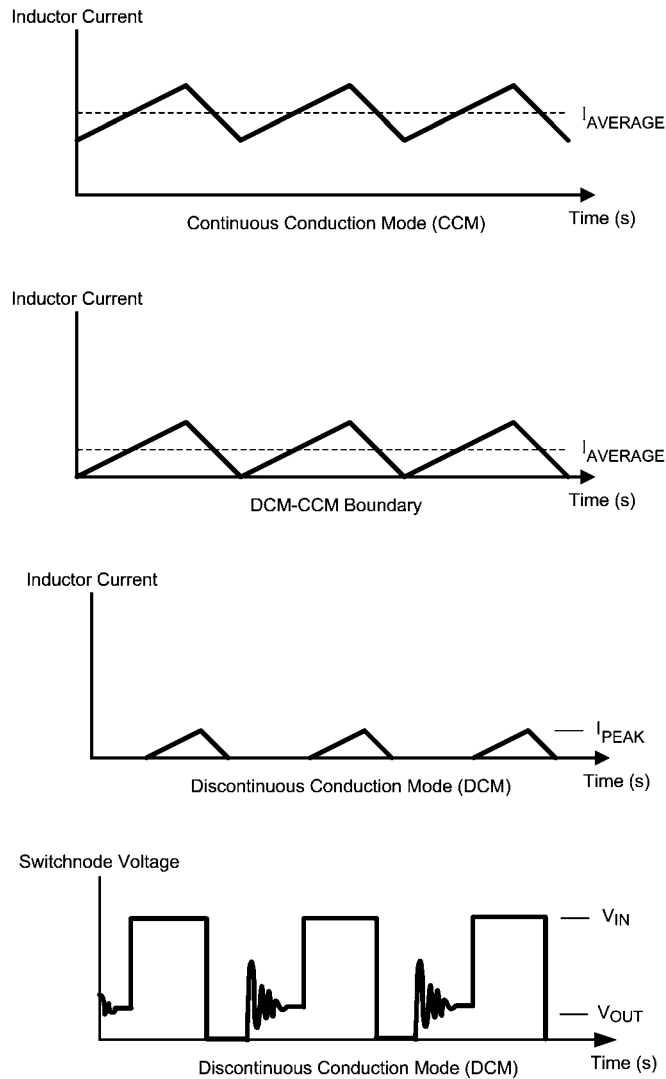


FIGURE 6. Modes of Operation

不連続モードでは、インダクタに電流が流れなくなると、SW ノードは必ずハイ・インピーダンスになります。SW ノードがハイ・インピーダンスになると、インダクタと SW ノードの寄生容量によって形成される LC タンク回路のために、リングングが発生します。

ライン・レギュレーション

LM2696 は、出力電圧の最低電位点 (Figure 8 の  $V_L$ ) で電圧をレギュレートします。つまり出力電圧は、リップル成分を含む何らかの平均電圧である波形によって表現できます。LM2696 は、リップルの谷で電圧をレギュレートします。

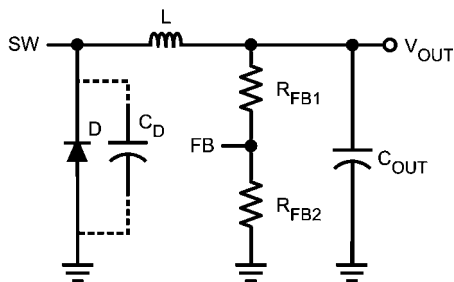


FIGURE 7. Parasitic Tank Circuit at the Switchpin

## アプリケーション情報 (つづき)

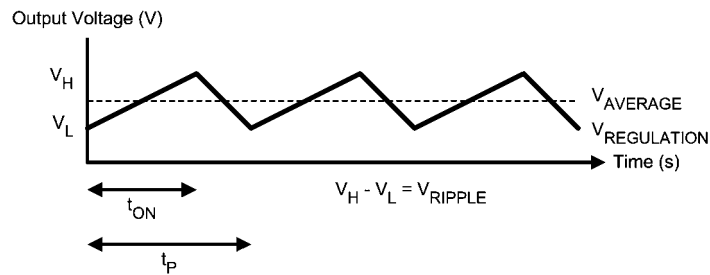


FIGURE 8. Average Output Voltage and Regulation Point

出力電圧は次の関係式により求められます。

$$V_{OUT} = V_L = V_{AVERAGE} - \frac{1}{2} V_{RIPPLE} = V_{AVERAGE} - \frac{1}{2} \Delta L \cdot R_{ESR}$$

詳細については、「フィードバック抵抗」を参照してください。

## 過渡応答

コンスタント・オンタイム・アーキテクチャは、本質的に電源電圧と負荷の過渡応答特性が優れています。その理由は、制御ループの動作がきわめて高速であるためです。電源電圧条件または負荷条件に変動があると、PWM のオフ時間内にほぼ瞬時に応答します。

スイッチング・レギュレータの応答をほぼ1サイクル単位で考え、1つのPWMパルスに含まれるエネルギーの量として考えると、電源電圧や負荷の任意の変動に対して、出力にはほとんど変動が発生しません。

## 効率

コンスタント・オンタイム・アーキテクチャでは、軽負荷時でも高い効率を得られます。軽負荷時に高い効率を実現する能力がある理由は、軽負荷時にはオフ時間が必然的に長くなることに起因しています。オフ時間を延長しているため、この時間内には損失のメカニズムがほとんど存在しません。

効率は、次の関係式を使用すると簡単に概算できます。

FETによる電力損失を求める式は、次のとおりです。

$$P_{FET} = P_C + P_{GC} + P_{SW}$$

各項の詳細は次のとおりです。

$$P_C = D \cdot (I_{OUT}^2 \cdot R_{DS\_ON})$$

$$P_{GC} = (AV_{IN} + V_{GS}) \cdot Q_{GS} \cdot f_{SW}$$

$$P_{SW} = 0.5 \cdot V_{IN} \cdot I_{OUT} \cdot (t_r + t_f) \cdot f_{SW}$$

代表値は次のとおりです。

$$R_{DS\_ON} = 130m\Omega$$

$$V_{GS} = 4V$$

$$Q_{GS} = 13.3nC$$

$$t_r = 3.8ns$$

$$t_f = 4.5ns$$

キャッチ・ダイオードによる電力損失を求める式は、次のとおりです。

$$P_D = (1 - D) \cdot (I_{OUT} \cdot V_f)$$

DCRとESRによる電力損失を求める式は、次のとおりです。

$$P_{DCR} = I_{OUT}^2 \cdot R_{DCR}$$

$$P_{ESR\_OUTPUT} = I_{RIPPLE}^2 / \sqrt{12} \cdot R_{ESR\_OUTPUT}$$

$$P_{ESR\_INPUT} = I_{OUT}^2 (D(1 - D)) \cdot R_{ESR\_INPUT}$$

コントローラによる電力損失を求める式は、次のとおりです。

$$P_{CONT} = V_{IN} \cdot I_Q$$

$I_Q$ の代表値は1.3mAです。

効率は以下に示すようにして計算できます。

$$\text{Total Power Loss (総電力損失)} = P_{FET} + P_D + P_{DCR} + P_{ESR\_OUTPUT} + P_{ESR\_INPUT} + P_{CONT}$$

$$\text{Power Out (出力電力)} = I_{OUT} \cdot V_{OUT}$$

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Power\_Out}}{\text{Power\_Out} + \text{Total\_Power\_Loss}}$$

## プリバイアス負荷時の起動

プリバイアス負荷が接続された状態でLM2696が起動する場合、出力はLowになりません。これはICが非同期整流状態になっており、電流を吸い込めないためです。ICは、そのままPWMをHighにするか、レギュレーション状態になるまでオフ時間を延長して、プリバイアス負荷に応答します。このことは、出力電圧がレギュレーション電圧よりも高い場合、フィードバック抵抗を介して出力電圧が放電されるまで、オフ時間が延長されることを示しています。負荷側の電圧がレギュレーション電圧よりも高い場合は、一連のパルスによって出力コンデンサが充電され、そのレギュレーション電圧に達します。

## 熱についての考慮事項

LM2696の放熱特性は、接合部温度と周囲温度とを関係付ける $\theta_{JA}$ パラメータを使用して規定します。 $\theta_{JA}$ は特定のテスト・パラメータ式(基板の厚さ、層の数、向きなど)に固有の値ですが、この値はユーザーにとって共通の評価基準になります。

デバイスの接合部温度を概算するには、次の関係式を使用します。

$$T_J = P_{IN} (1 - \text{Efficiency}) \times \theta_{JA} + T_A$$

各項の詳細は次のとおりです。

$T_J$ は接合部温度(単位: °C)

$P_{IN}$ は入力電力(単位: W) ( $P_{IN} = V_{IN} \cdot I_{IN}$ )

$\theta_{JA}$ は、LM2696の熱抵抗

$T_A$ は周囲温度(単位: °C)



## アプリケーション情報 (つづき)

## 基板レイアウトについての考慮事項

LM2696 のレギュレーション・コンパレータと電圧低下検出コンパレータは非常に高速で、短時間のノイズ・パルスにตอบสนองします。このため、最適な性能を発揮するには基板レイアウトの考慮事項がきわめて重要です。5、6、7、12、13 の各ピンに接続する部品は、できるだけ IC の近くに配置してください。そうすることにより、プリント基板配線上に乗るノイズを最小限に抑えられます。LM2696 の内部消費電力によって通常動作時の接合部温度が上昇し過ぎる場合は、プリント基板のグラウンド・パターンを有効に利用すると、放熱効果を大幅に高められます。TSSOP-16 パッケージ底面の露出型パッドは、プリント配線基板のグラウンド・パターンにハンダ付けできます。また、このグラ

ウンド・パターンを IC 直下から延伸すれば、放熱効果を高められます。IC の直下にスルーホールを数箇所設ける方法も、熱を伝導する有効な方法です。さらに、幅の広いプリント基板配線を可能な限り使用することによっても、IC からの熱を放散しやすくなります。最終的な製品内部でプリント基板を適切に配置し、空気流 (強制対流または自然対流) の利用と組み合わせると、接合部温度を抑えやすくなります。電力消費配線パターン (Figure 9) は短く幅の広いものにして、配線インピーダンスを最小限に抑えることが必要です。その一方で、電力消費パターン配線は、EMI を最小限に抑えるのに適した最小の占有面積にすることも必要になります。電力消費配線パターンのサイズ調整は、電流量、インダクタンス、放熱の兼ね合いで決まります。基板レイアウトの考慮事項の詳細については、アプリケーション・ノート AN-1229 を参照してください。

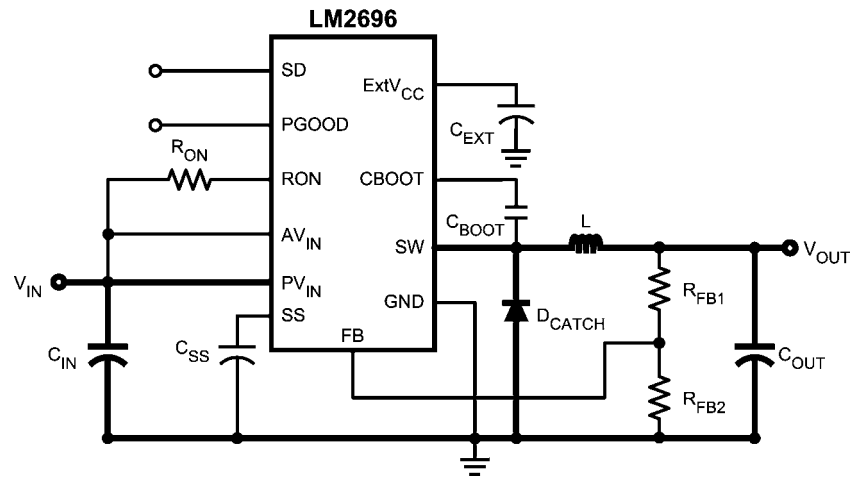


FIGURE 9. Bold Traces Are In The Power Plane

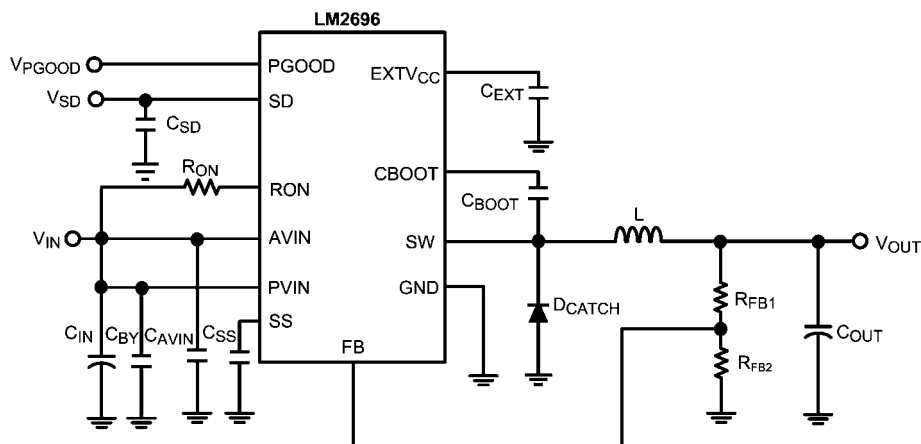


FIGURE 10. 5V-to-2.5V Voltage Applications Circuit

### 部品表

Figure 10 : Medium Voltage Board, 5V-to-2.5V conversion,  $f_{sw} = 300$  kHz)

Designator	Function	Description	Vendor	Part Number
C <sub>IN</sub>	Input Cap	470 $\mu$ F	Sanyo	10MV470WX
C <sub>BY</sub>	Bypass Cap	0.1 $\mu$ F	Vishay	VJ0805Y104KXAM
C <sub>SS</sub>	Soft-Start Cap	0.01 $\mu$ F	Vishay	VJ080JY103KXX
C <sub>EXT</sub>	EXTV <sub>CC</sub>	1 $\mu$ F	Vishay	VJ0805Y105JXACW1BC
C <sub>BOOT</sub>	Boot	0.1 $\mu$ F	Vishay	VJ0805Y104KXAM
C <sub>AVIN</sub>	Analog V <sub>IN</sub>	1 $\mu$ F	Vishay	VJ0805Y105JXACW1BC
C <sub>OUT</sub>	Output Cap	47 $\mu$ F	AVX	TPSW476M010R0150
C <sub>SD</sub>	Shutdown Cap	1 nF	Vishay	VJ0805Y102KXXA
R <sub>FB1</sub>	High Side FB Res	1 k $\Omega$	Vishay	CRCW08051001F
R <sub>FB2</sub>	Low Side RB Res	1 k $\Omega$	Vishay	CRCW08051001F
R <sub>ON</sub>	On Time Res	143 k $\Omega$	Vishay	CRCW08051433F
D <sub>CATCH</sub>	Boot Diode	40V @ 3A Diode	Central Semi	CMSH3-40M-NST
L	Output Inductor	6.8 $\mu$ H, 4.9A ISAT	Coilcraft	MSS1260-682MX

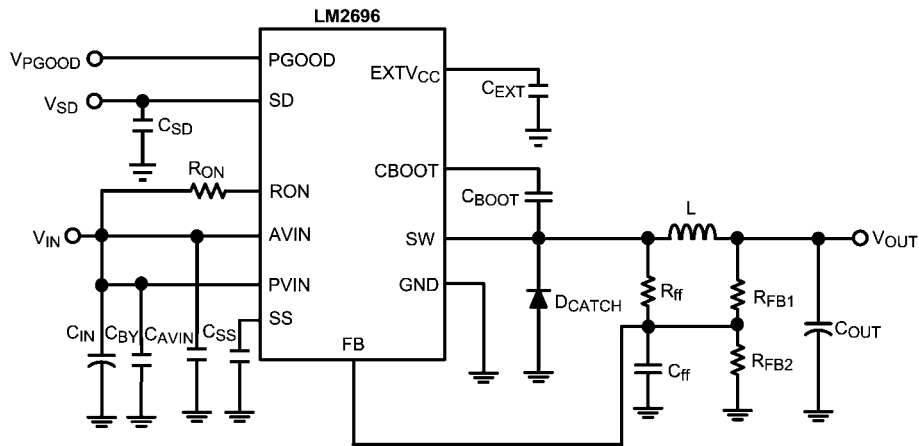


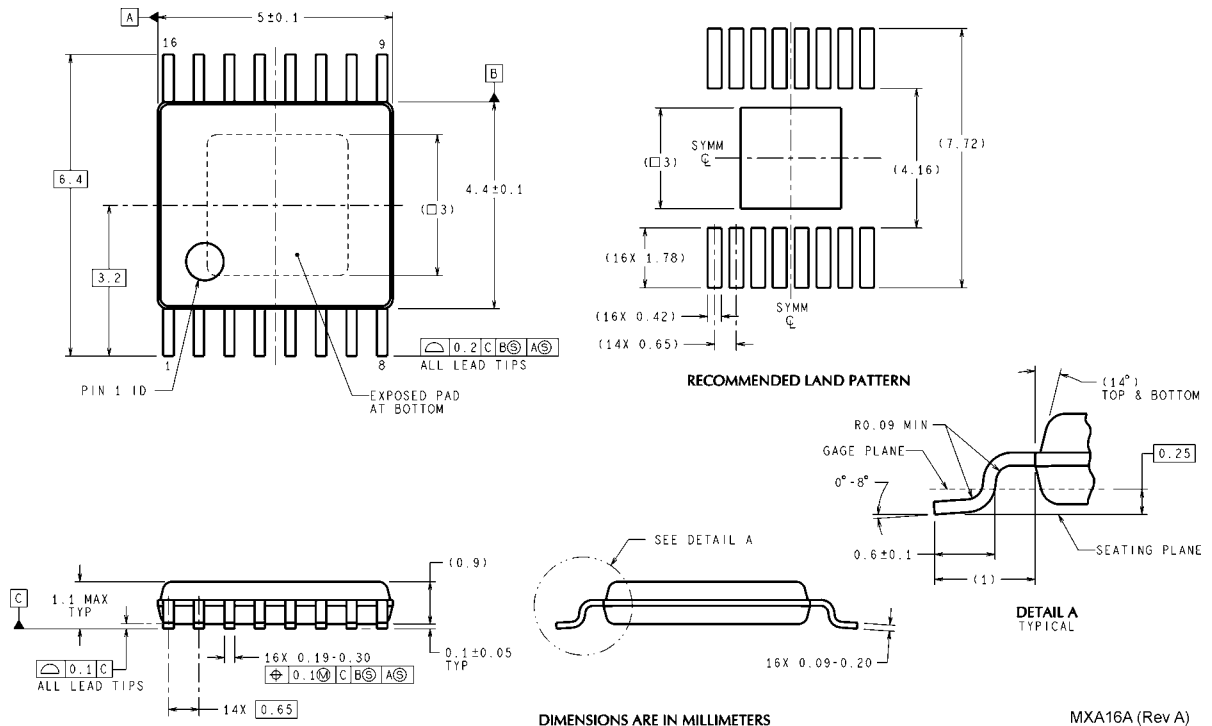
FIGURE 11. 12V-to-3.3V Voltage Applications Circuit

### 部品表

(Figure 11 : Medium Voltage Board, 12V-to-3.3V conversion,  $f_{sw} = 300$  kHz)

Designator	Function	Description	Vendor	Part Number
C <sub>IN</sub>	Input Cap	560 $\mu$ F	Sanyo	35MV560WX
C <sub>BY</sub>	Bypass Cap	0.1 $\mu$ F	Vishay	VJ0805Y104KXAM
C <sub>SS</sub>	Soft-Start Cap	0.01 $\mu$ F	Vishay	VJ080JY103KXX
C <sub>EXT</sub>	EXTV <sub>CC</sub>	1 $\mu$ F	Vishay	VJ0805Y105JXACW1BC
C <sub>BOOT</sub>	Boot	0.1 $\mu$ F	Vishay	VJ0805Y104KXAM
C <sub>AVIN</sub>	Analog V <sub>IN</sub>	1 $\mu$ F	Vishay	VJ0805Y105JXACW1BC
C <sub>OUT</sub>	Output Cap	100 $\mu$ F	Sanyo	6SVPC100M
C <sub>SD</sub>	Shutdown Cap	1 nF	Vishay	VJ0805Y102KXXA
C <sub>ff</sub>	Feedforward Cap	560 pF	Vishay	VJ0805A561KXXA
R <sub>ff</sub>	Feedforward Res	1 M $\Omega$	Vishay	CRCW08051004F
R <sub>FB1</sub>	High Side FB Res	1.62 k $\Omega$	Vishay	CRCW08051621F
R <sub>FB2</sub>	Low Side RB Res	1 k $\Omega$	Vishay	CRCW08051001F
R <sub>ON</sub>	On Time Res	143 k $\Omega$	Vishay	CRCW08051433F
D <sub>CATCH</sub>	Boot Diode	40V @ 3A Diode	Central Semi	CMSH3-40M-NST
L	Output Inductor	10 $\mu$ H, 5.4A ISAT	Coilcraft	MSS1278-103MX

外形寸法図 単位は millimeters



DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

MXA16A (Rev A)

**eTSSOP-16 Package**  
**Order Number LM2696MXA or LM2696MXAX**  
**NS Package Number MXA16A**

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 © 2010 National Semiconductor Corporation

製品の最新情報については [www.national.com](http://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/](http://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、保証もしくは是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