

特長

完全に集積化された1.2A、0.23Ωのパワー・スイッチ
700kHzまたは1.2MHzのPWM周波数をピンで選択
90%の変換効率
最大20Vまで調整可能な出力電圧
3%の出力レギュレーション精度
調整可能なソフト・スタート
入力アンダー電圧ロックアウト
8ピンのMSOPパッケージ

アプリケーション

TFT LCバイアス電源
携帯用アプリケーション
工業用/計測器

概要

ADP1611は、最大20Vの出力電圧を供給できる1.2A、0.23Ωのパワー・スイッチを集積化したステップアップDC/DCスイッチング・コンバータです。高さ1.1mmに満たない薄型パッケージのADP1611は、携帯用機器や薄膜トランジスタ (TFT) 液晶ディスプレイ (LCD) などスペースに制約があるアプリケーション向けに最適です。

ADP1611はパルス幅変調 (PWM) 電流モードで動作し、変換効率は最大90%になります。調整可能なソフト・スタートによって、スタートアップ時の突入電流を防止します。ピンによって選択できるスイッチング周波数とPWM電流モードのアーキテクチャにより、優れた過渡応答性と簡単なノイズ・フィルタリングが得られるほか、コスト節約になる小型の外部インダクタとコンデンサの使用が可能になります。

ADP1611は鉛フリーの8ピンMSOPパッケージで提供しており、-40~+85℃の温度範囲で動作します。

機能ブロック図

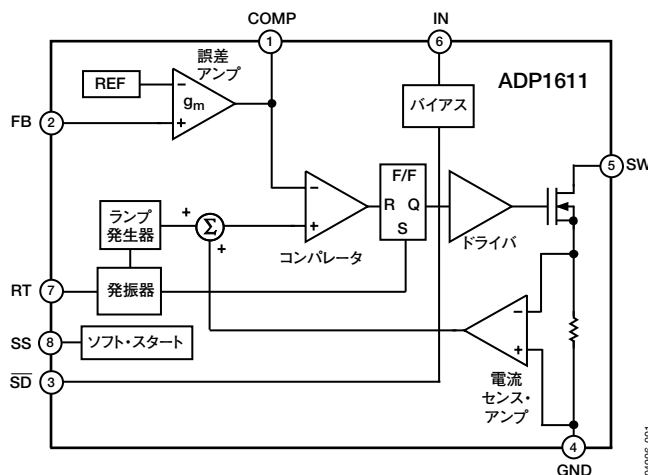


図1

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を期していますが、その情報の利用に関して、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。また、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。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。
※日本語データシートはREVISIONが古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。
© 2005 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

REV. 0

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MTビル2号
電話06(6350)6868

ADP1611

目次

仕様	3	入出力コンデンサの選択	11
絶対最大定格	4	ダイオードの選択	12
ESDに関する注意	4	ループ補償	12
ピン配置と機能の説明	5	ソフト・スタート用コンデンサ	13
代表的な性能特性	6	アプリケーション回路	14
動作原理	10	真のシャットダウンが可能なステップアップ	
電流モードPWM動作	10	DC/DCコンバータ	14
周波数の選択	10	TFT LCDバイアス電源	14
ソフト・スタート	10	SEPIC電源	15
オン／オフ制御	10	レイアウトの手順	16
出力電圧の設定	10	外形寸法	18
インダクタの選択	10	オーダー・ガイド	18

改訂履歴

2005年2月ーリビジョン0：初版

仕様

特に指定のない限り、 $V_{IN}=3.3V$ 、 $T_A=-40\sim+85^{\circ}C$ 。特に指定のない限り、極限温度での限界値はすべて、標準的な統計品質管理 (SQC) による相関性と特性評価で保証しています。

表1

パラメータ	記号	条件	Min	Typ	Max	単位
電源						
入力電圧	V_{IN}		2.5		5.5	V
静止電流						
非スイッチング状態	I_Q	$V_{FB}=1.3V$ 、 $RT=V_{IN}$		390	600	μA
シャットダウン	I_{QSD}	$V_{SD}=0V$		0.01	10	μA
スイッチング状態 ¹	I_{QSW}	$f_{SW}=1.23MHz$ 、無負荷		1	2	mA
出力						
出力電圧	V_{OUT}		V_{IN}		20	V
負荷レギュレーション		$I_{LOAD}=10\sim 150mA$ 、 $V_{OUT}=10V$ ライン、負荷、温度		0.05		mV/mA
全体的なレギュレーション				± 3		%
リファレンス						
帰還電圧	V_{FB}		1.212	1.230	1.248	V
ライン・レギュレーション		$V_{IN}=2.5\sim 5.5V$	-0.15		+0.15	%/V
誤差アンプ						
トランスコンダクタンス	g_m	$\Delta I=1\mu A$		100		$\mu A/V$
電圧ゲイン	A_V			60		dB
FB入力バイアス電流		$V_{FB}=1.23V$		10		nA
スイッチ						
SWのオン抵抗値	R_{ON}	$I_{SW}=1.0A$		230	600	$m\Omega$
SWの漏れ電流		$V_{SW}=20V$		0.01	20	μA
ピーク電流制限値 ²	I_{CLSET}			2.0		A
発振器						
発振周波数	f_{OSC}	$RT=GND$ $RT=IN$	0.49	0.7	0.885	MHz
		$COMP=開放$ 、 $V_{FB}=1V$ 、 $RT=GND$	0.89	1.23	1.6	MHz
最大デューティ・サイクル	D_{MAX}		78	83	90	%
シャットダウン						
シャットダウン入力ローレベル電圧	V_{IL}				0.6	V
シャットダウン入力ハイレベル電圧	V_{IH}		2.2			V
シャットダウン入力バイアス電流	I_{SD}	$V_{SD}=3.3V$		0.01	1	μA
ソフト・スタート						
SS充電電流		$V_{SS}=0V$		3		μA
アンダー電圧ロックアウト ³						
UVLOスレッシュホールド		V_{IN} 立上がり	2.2	2.4	2.5	V
UVLOヒステリシス				220		mV

¹ このパラメータは、内部スイッチング時にSW (5番ピン) がフローティングときの平均電流を規定しています。

² 設計により保証していますが、完全な出荷テストは実施していません。

³ 特性評価により保証。

ADP1611

絶対最大定格

表2

パラメータ	定格値
GNDに対するIN、COMP、 \overline{SD} 、SS、RT、FB	-0.3~6V
GNDに対するSW	22V
RMS SWピン電流	1.2A
動作周囲温度範囲	-40~+85°C
動作ジャンクション温度範囲	-40~+125°C
保存温度範囲	-65~+150°C
θ_{JA} (2層)	206°C/W
θ_{JA} (4層)	142°C/W
ピン温度範囲 (ハンダ付け、60秒)	300°C

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。この規定はストレス定格のみを指定するものであり、この仕様の動作セクションに記載する規定値以上でのデバイス動作を定めたものではありません。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性に影響を与えることがあります。1つのパラメータでも絶対最大定格を超えると、デバイスに影響を与えます。特に指定のない限り、他のすべての電圧はGNDを基準とします。

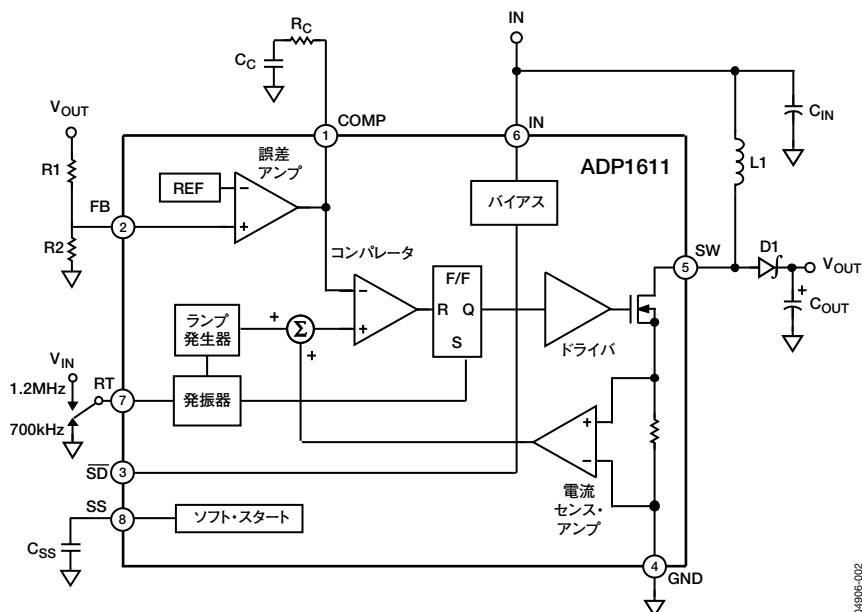


図2. ブロック図と代表的なアプリケーション回路

注意

ESD (静電放電) の影響を受けやすいデバイスです。人体や試験機器には4000Vもの高圧の静電気が容易に蓄積され、検知されないまま放電されることがあります。本製品は当社独自のESD保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、回復不能の損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESDに対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。



ピン配置と機能の説明



図3. ピン配置

表3. ピン機能の説明

ピン番号	記号	説明
1	COMP	補償入力。抵抗とコンデンサを直列につなげたネットワークをCOMPとGND間に接続し、レギュレータを補償します。
2	FB	出力電圧帰還入力。抵抗分圧器を出力電圧とFB間に接続し、レギュレータの出力電圧を設定します。
3	$\overline{\text{SD}}$	シャットダウン入力。 $\overline{\text{SD}}$ をローレベルに駆動し、レギュレータをシャットダウンします。レギュレータをオンにするときは、 $\overline{\text{SD}}$ をハイレベルに駆動します。
4	GND	グラウンド。
5	SW	スイッチング出力。パワー・インダクタを入力電圧とSW間に接続し、外部整流器をSWと出力電圧間に接続して、ステップアップ・コンバータを実現します。
6	IN	主電源入力。ここからADP1611の内部回路に電源を供給します。INは入力電源電圧に接続してください。容量10 μF 以上のコンデンサをADP1611にできる限り近接させて配置し、GNDまででINをバイパスします。
7	RT	周波数設定入力。スイッチング周波数を制御します。RTをGNDに接続して発振器周波数を700kHzに設定するか、RTをINに接続して発振器周波数を1.2MHzに設定します。
8	SS	ソフト・スタート・タイミング・コンデンサ入力。コンデンサをSSとGND間に接続すると、パワーアップ時にゆっくりと出力します。

ADP1611

代表的な性能特性

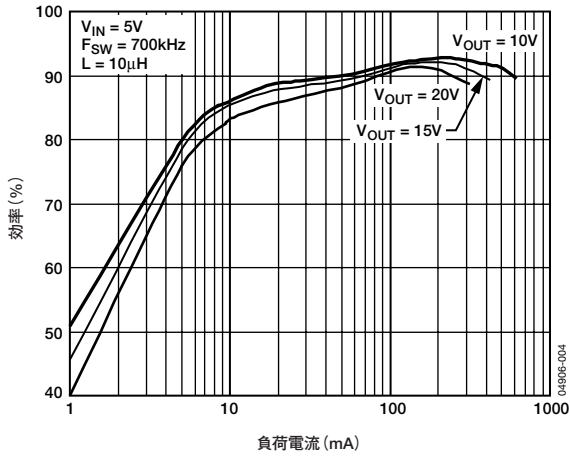


図4. 負荷電流 対 出力効率

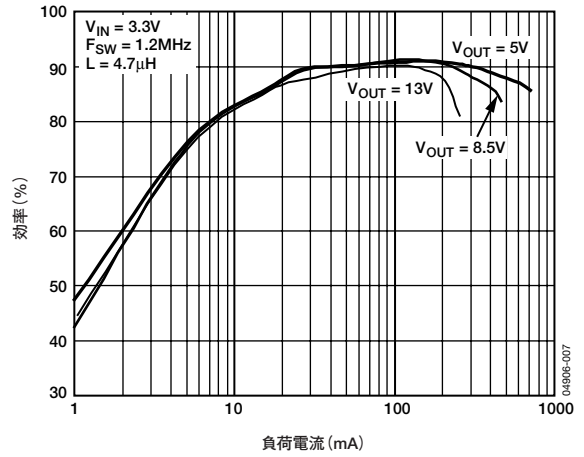


図7. 負荷電流 対 出力効率

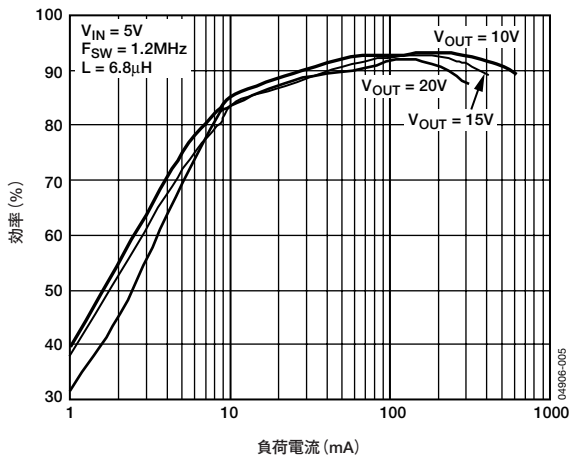


図5. 負荷電流 対 出力効率

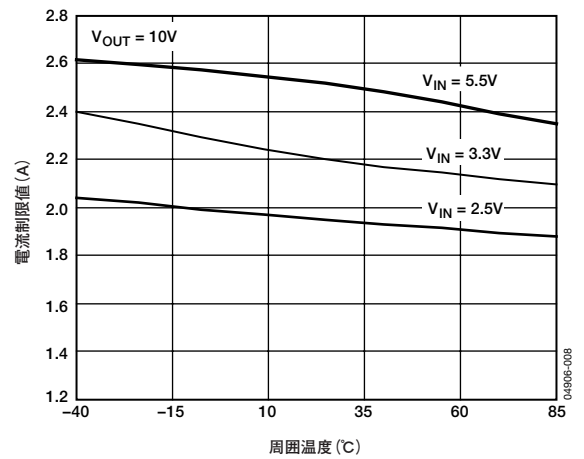


図8. 電流制限値の周囲温度特性 ($V_{OUT} = 10V$)

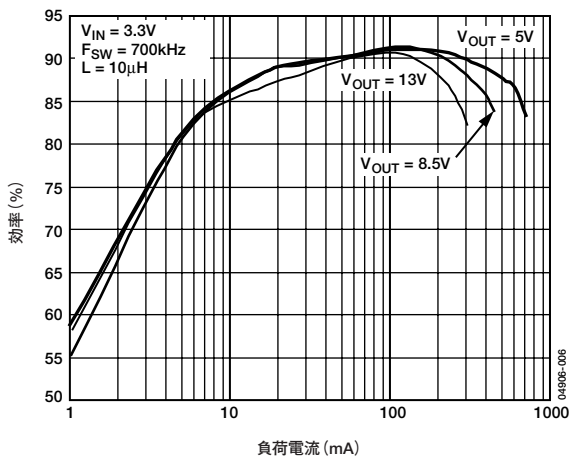


図6. 負荷電流 対 出力効率

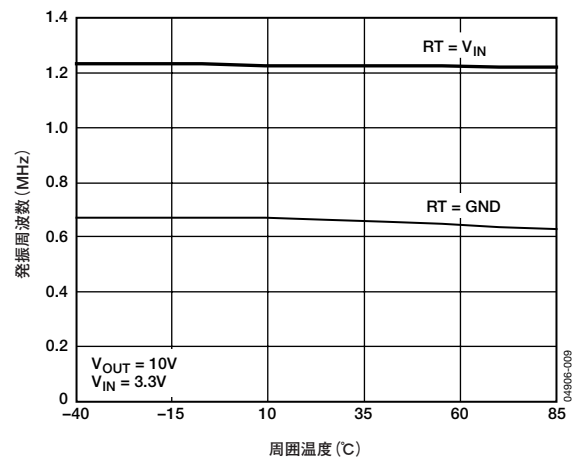


図9. 発振周波数の周囲温度特性

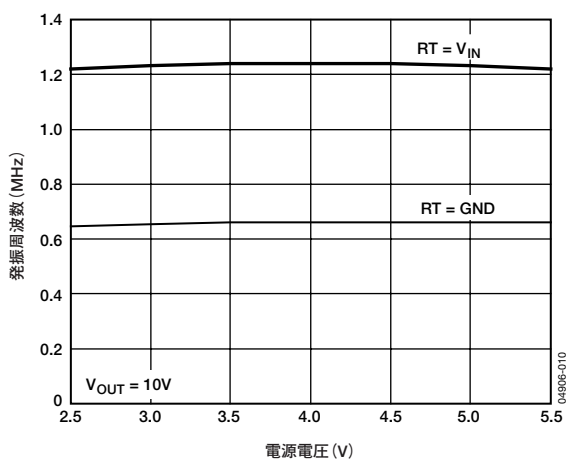


図10. 電源電圧 対 発振周波数

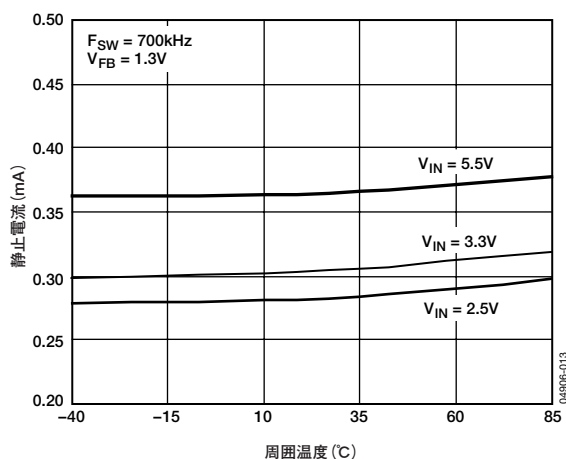


図13. 静止電流の周囲温度特性

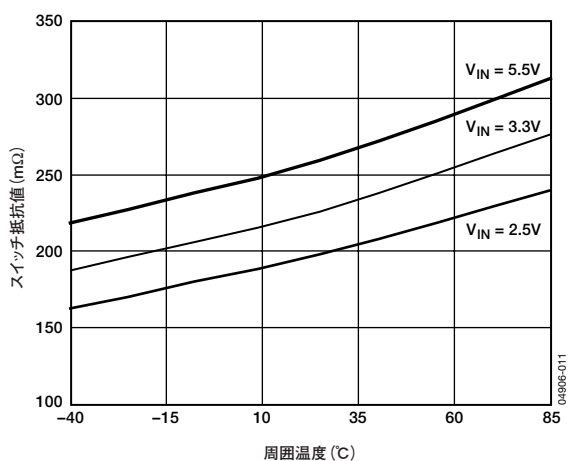


図11. スイッチ抵抗値の周囲温度特性

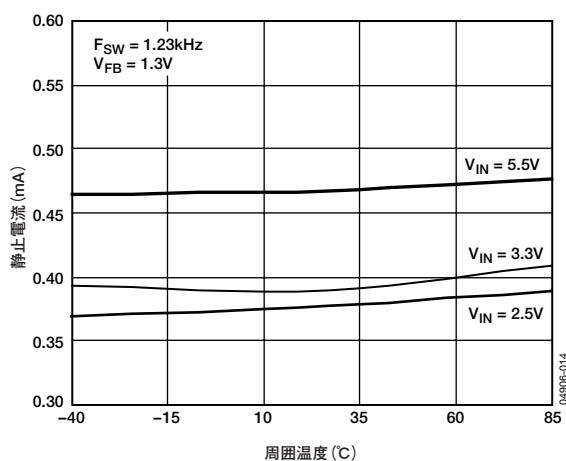


図14. 静止電流の周囲温度特性

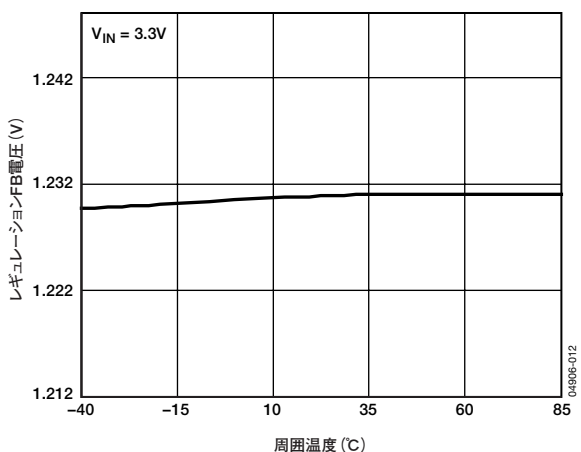


図12. レギュレーションFB電圧の周囲温度特性

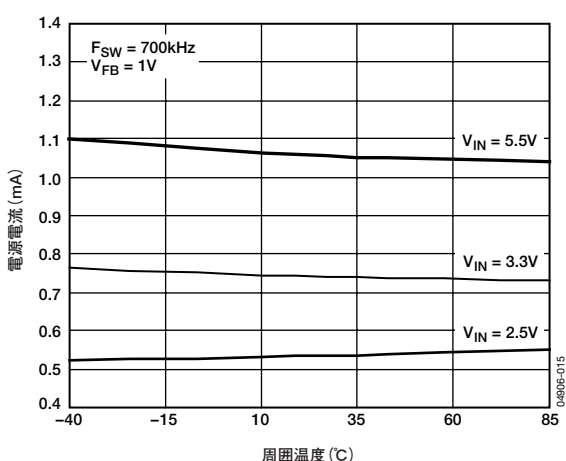


図15. 電源電流の周囲温度特性

ADP1611

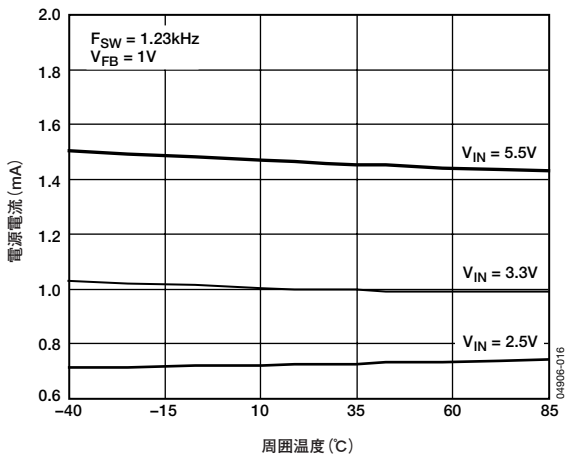


図16. 電源電流の周囲温度特性

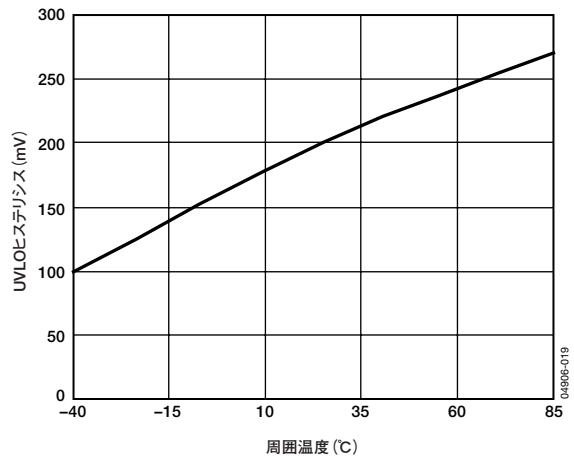


図19. UVLOヒステリシスの周囲温度特性

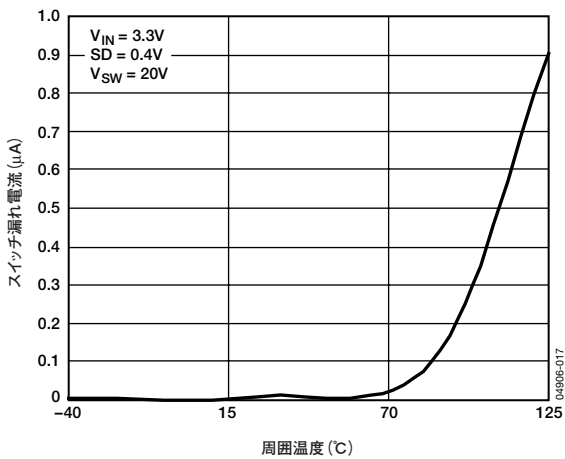


図17. スイッチ漏れ電流の周囲温度特性

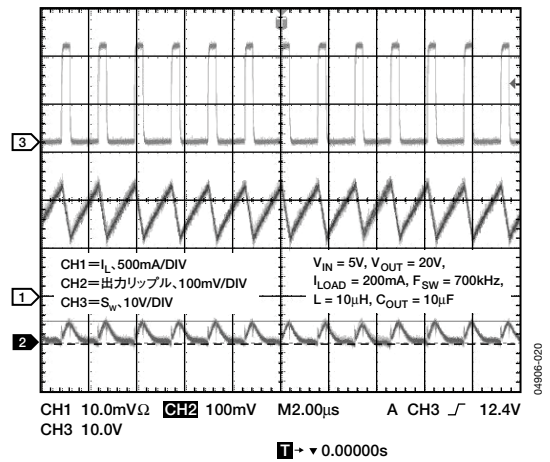


図20. 連続伝導時のスイッチング波形

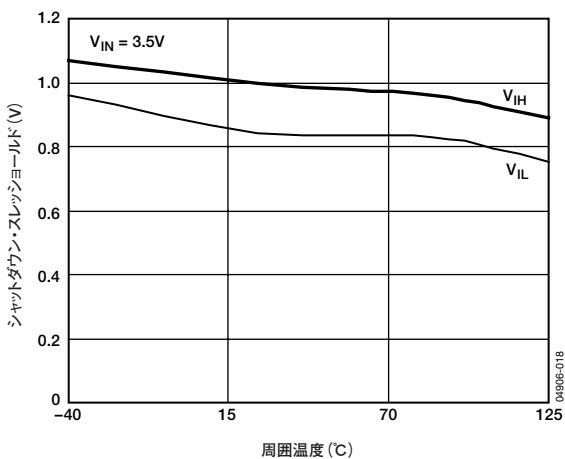


図18. シャットダウン・スレッシュホールドの周囲温度特性

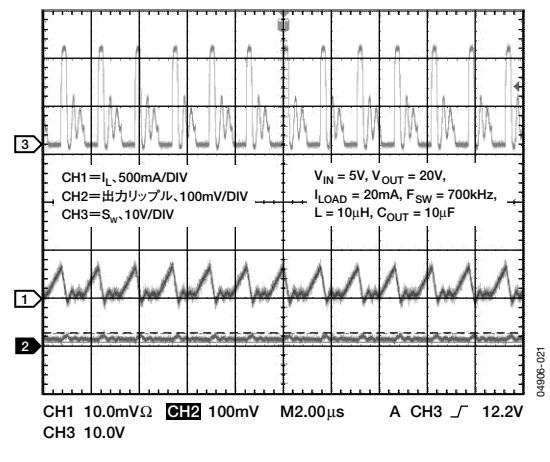
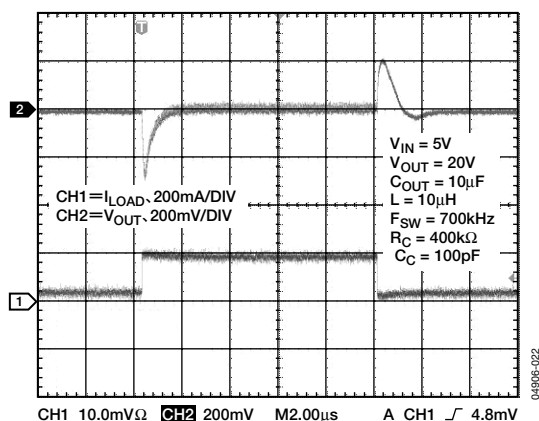


図21. 断続伝導時のスイッチング波形



Time scale: 571.200µs

図22. 負荷過渡応答特性 (700kHz、 $V_{OUT}=20V$)

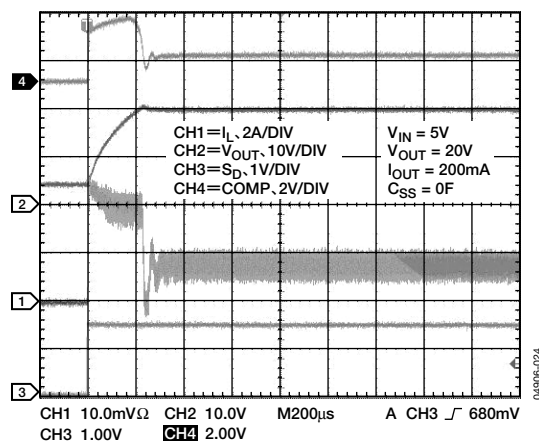
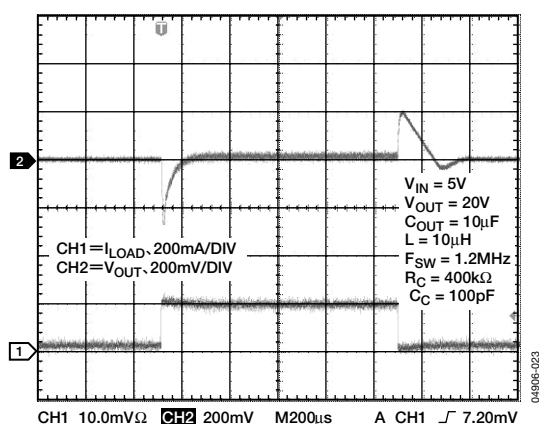


図24. シャットダウンからのスタートアップ応答特性 ($C_{SS}=0F$)



Time scale: 488.000µs

図23. 負荷過渡応答特性 (1.2MHz、 $V_{OUT}=20V$)

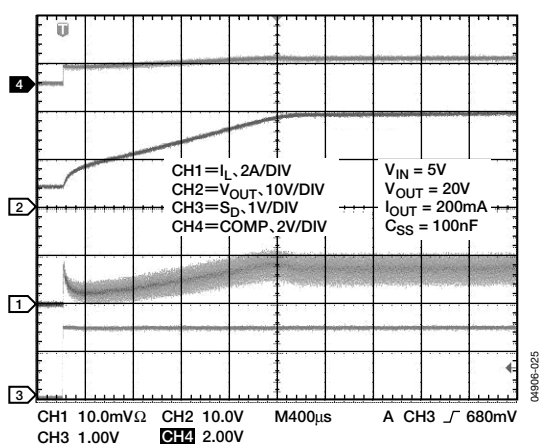


図25. シャットダウンからのスタートアップ応答特性 ($C_{SS}=100nF$)

ADP1611

動作原理

ADP1611電流モード・ステップアップ・スイッチング・コンバータは、2.5~5.5Vの入力電圧を最大20Vの出力電圧に変換します。1.2Aの内部スイッチによって高出力電流が可能になり、1.2MHzの高いスイッチング周波数動作によって小型サイズの外付け部品が使用できます。信号パルスごとにスイッチ電流を監視し、2Aまでに制限します。

電流モードPWM動作

ADP1611は電流モード・アーキテクチャによって、出力電圧を安定化します。出力電圧は、抵抗分圧器を經由してFBで監視します。FB上の電圧を内部トランスコンダクタンス誤差アンプによって1.23Vの内部リファレンスと比較し、COMPで誤差電流を生成します。COMPの直列抵抗/コンデンサが誤差電流を電圧に変換します。内部でスイッチ電流を計測し、この電流を安定化ランプに加算します。得られた合計の電圧値をCOMPの誤差電圧と比較することによって、PWM変調器を制御します。この電流モード・レギュレーション・システムは高速の過渡応答性を実現しながら、安定した出力電圧を維持します。COMPとGND間に適切な抵抗/コンデンサ・ネットワークを選択することにより、広範な入力電圧、出力電圧、負荷条件でレギュレータの応答性が最適化されます。

周波数の選択

ADP1611の周波数は選択可能です。700kHzの動作にすれば高い変換効率が得られるようにレギュレータを最適化できますが、1.2MHzの動作にすれば小型の外付け部品を使用できます。1.2MHz動作のときにはRTをINに接続し、700kHz動作のときにはRTをGNDに接続してください。低い入力電圧を高い出力電圧に変換する場合は最大のデューティ・サイクルを実現しなければならないことがあります。この場合は低いほうのスイッチング周波数700kHzを使用してください。

ソフト・スタート

スタートアップ時の入力突入電流を防止するために、SSとGND間にコンデンサを接続してソフト・スタート時間を設定できます。デバイスがシャットダウン状態のとき (\overline{SD} をローレベル)、または入力電圧が2.4Vのアンダー電圧ロックアウト・レベルよりも低いとき、内部でSSとGND間の接続を短絡し、ソフト・スタート用コンデンサを放電させます。ADP1611をオンにすると、スタートアップ時にSSからソフト・スタート用コンデンサに3 μ Aの電流を供給します。ソフト・スタート用コンデンサが充電されるにつれ、COMP上の電圧を制限します。電流モードのレギュレータを使用しているため、COMP上の電圧はスイッチのピーク電流、したがって入力電流に比例します。ソフト・スタート用コンデンサをゆっくり充電すれば入力電流もゆっくりと増加するため、スタートアップ時の過剰なオーバーシュートを防止できます。

オン/オフ制御

\overline{SD} 入力、ADP1611のレギュレータをオンまたはオフにします。 \overline{SD} をローレベルに駆動すると、レギュレータをオフにし、入力電流が10nAに低減します。 \overline{SD} をハイレベルに駆動すると、レギュレータがオンになります。

ステップアップDC/DCスイッチング・コンバータがオフになると、インダクタと出力整流器を經由して入力と出力間にDC経路が形成されます。その結果、整流器の順方向電圧降下分だけ出力電圧が入力電圧よりも低い状態に維持されますが、レギュレータのシャットダウン時でも出力電圧が0Vまで降下することはありません。図28に、シャットダウン時に出力電圧と入力電圧の接続を切断するアプリケーション回路を示します。

出力電圧の設定

ADP1611では、出力電圧を V_{IN} から20Vまでの範囲で調整できます。出力電圧 (V_{OUT}) とFBの1.230V帰還入力との間に接続する抵抗分圧器 (図2のR1とR2) によって、出力電圧を設定します。以下の式を使用して、出力電圧を決めることができます。

$$V_{OUT} = 1.23 \times (1 + R1/R2) \quad (1)$$

R2に10k Ω 以下の抵抗値を使用すれば、FB入力バイアス電流を10nA以下に抑えることにより出力電圧誤差を最小化できます。R1の抵抗値は、以下の式に基づいて選択してください。

$$R1 = R2 \times \left(\frac{V_{OUT} - 1.23}{1.23} \right) \quad (2)$$

インダクタの選択

インダクタは、ステップアップ・スイッチング・コンバータの重要な要素です。オン時にエネルギーを保存し、オフ時に出力整流器を通してエネルギーを出力に伝達します。1~22 μ Hのインダクタンスを使用してください。一般に、インダクタンスの値が低いと飽和電流が高くなり、直列抵抗値が低くなり、サイズが小さくなります。ただし、インダクタンス値を低くしすぎるとピーク電流が増加し、その結果、変換効率の低下や入出力のリプルおよびノイズの増加を招きます。インダクタのピークtoピーク・リップル電流を最大DC入力電流の約30%以内に収めると、一般に最適な効果が得られます。

インダクタのリプル電流を決めるには、以下の式を使用し入力電圧 (V_{IN}) と出力電圧 (V_{OUT}) からスイッチのデューティ・サイクル (D) を求めます。

$$D = \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{V_{OUT}} \quad (3)$$

表4. インダクタのメーカー

ベンダー	製品名	L (μH)	最大DC電流	最大DCR (mΩ)	高さ (mm)
スミダ 847-956-0666 www.sumida.com	CMD4D11-2R2MC	2.2	0.95	116	1.2
	CMD4D11-4R7MC	4.7	0.75	216	1.2
	CDRH4D28-100	10	1.00	128	3.0
	CDRH5D18-220	22	0.80	290	2.0
	CR43-4R7	4.7	1.15	109	3.5
	CR43-100	10	1.04	182	3.5
コイルクラフト 847-639-6400 www.coilcraft.com	DS1608-472	4.7	1.40	60	2.9
	DS1608-103	10	1.00	75	2.9
東光 847-297-0070 www.tokoam.com	D52LC-4R7M	4.7	1.14	87	2.0
	D52LC-100M	10	0.76	150	2.0

以下の式を使用し、デューティ・サイクルとスイッチング周波数 (f_{sw}) からオン時間を求めます。

$$t_{ON} = \frac{D}{f_{sw}} \quad (4)$$

定常状態でのインダクタのリプル電流 (ΔI_L) は、以下の式で求めます。

$$\Delta I_L = \frac{V_{IN} \times t_{ON}}{L} \quad (5)$$

インダクタンス値 (L) について式を解くと、以下のようになります。

$$L = \frac{V_{IN} \times t_{ON}}{\Delta I_L} \quad (6)$$

インダクタのピーク電流 (最大入力電流とインダクタ・リプル電流の1/2を合計した値) がインダクタの飽和電流定格値よりも小さくなっているか確認してください。また同様に、インダクタのrms電流の最大定格値がレギュレータの最大DC入力電流よりも大きくなっているか確認してください。

入力電圧が出力電圧の1/2よりも大きくなるとデューティ・サイクルが50%を超えますが、この場合は電流モード・レギュレータの安定性を維持するために、スロープ補償が必要になります。電流モード動作を安定させるには、選択したインダクタンスが L_{MIN} に等しいか、それよりも大きくなるようにしてください。

$$L > L_{MIN} = \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{1.8A \times f_{sw}} \quad (7)$$

入出力コンデンサの選択

一定の入出力電圧を維持しながら過渡電流を供給するために、ADP1611には入出力バイパス・コンデンサが必要です。ADP1611の入力でのノイズを防止するために、等価直列抵抗値 (ESR) が低い10μF以上の入力コンデンサを使用してください。このコンデンサをINとGND間にADP1611にできる限り近づけて配置します。ESR特性が低いため、セラミック・コンデンサの使用を推奨します。別の方法として、中程度のESRをもつ高い値のコンデンサを低ESRの0.1μFコンデンサと並列に接続し、ADP1611にできる限り近くに配置して使用することもできます。

出力コンデンサは出力電圧を維持し、ADP1611のスイッチがオンの間に電流を負荷に供給します。出力コンデンサの容量と特性は、レギュレータの出力電圧リップルと安定性に大きく影響します。ESRの低い出力コンデンサを使用してください。セラミックの誘電型コンデンサがよいでしょう。

セラミック・コンデンサなどのESRが非常に低いコンデンサでは、容量によって発生するリップル電流を以下の式で計算できます。コンデンサはオン時間 (t_{ON}) の間放電するため、コンデンサが失う電荷 (Q_C) は負荷電流にオン時間を掛けた値になります。したがって、出力電圧リップル (ΔV_{OUT}) は以下のようになります。

$$\Delta V_{OUT} = \frac{Q_C}{C_{OUT}} = \frac{I_L \times t_{ON}}{C_{OUT}} \quad (8)$$

ここで、

C_{OUT} は出力容量です。

I_L は平均インダクタ電流です。

$$t_{ON} = \frac{D}{f_{sw}} \quad \text{および} \quad D = \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{V_{OUT}}$$

以下の式に基づいて、出力コンデンサを選択してください。

$$C_{OUT} \geq \frac{I_L \times (V_{OUT} - V_{IN})}{f_{sw} \times V_{OUT} \times \Delta V_{OUT}} \quad (9)$$

表5. コンデンサのメーカー

ベンダー	電話番号	ウェブ・アドレス
AVX	408-573-4150	www.avxcorp.com
村田	714-852-2001	www.murata.com
三洋	408-749-9714	www.sanyovideo.com
太陽誘電	408-573-4150	www.t-yuden.com

ADP1611

ダイオードの選択

出力整流器はスイッチがオフの間に、インダクタ電流を出力コンデンサと負荷に伝達します。変換効率を高めるには、ダイオードの順方向電圧降下を最小にします。このため、ショットキー・ダイオードの使用を推奨します。ただし、高電圧、高温のアプリケーションでは、ショットキー・ダイオードの逆漏れ電流が大きくなり、変換効率が劣化する可能性があるため、超高速の接合ダイオードを使用してください。

ダイオードの定格が出力負荷電流の平均値を処理できるものか確認してください。多くのダイオード・メーカーでは、デューティ・サイクルに応じてダイオードの電流能力の定格を下げています。出力ダイオードの定格が最小のデューティ・サイクルで出力負荷電流の平均値を処理できるものか確認してください。ADP1611のデューティ・サイクルの最小値は、以下の式から得られます。

$$D_{MIN} = \frac{V_{OUT} - V_{IN-MAX}}{V_{OUT}} \quad (10)$$

上の式で、 V_{IN-MAX} は最大入力電圧です。

表6. ショットキー・ダイオードのメーカー

ベンダー	電話番号	ウェブ・アドレス
オン・セミコンダクタ ダイオード	602-244-6600 805-446-4800	www.onsemi.com www.diodes.com
セントラル・ セミコンダクタ	631-435-1110	www.centalsemi.com
三洋	310-322-3331	www.sanyo.com

ループ補償

ADP1611は外付け部品を使用してレギュレータのループ補償を行うため、アプリケーションにおけるループの動作を最適化できます。

このステップアップ・コンバータは、レギュレーション帰還ループの右半分のプレーンで望ましくないゼロ周波数を生成します。このためレギュレータを補償して、クロスオーバー周波数が右半分のプレーンのゼロ周波数よりかなり下で発生するようにする必要があります。右半分のプレーンのゼロ周波数は、以下の式で求めることができます。

$$F_z(RHP) = \left(\frac{V_{IN}}{V_{OUT}} \right)^2 \times \frac{R_{LOAD}}{2\pi \times L} \quad (11)$$

ここで、

$F_z(RHP)$ は右半分のプレーンのゼロ周波数。

R_{LOAD} は等価負荷抵抗値、すなわち出力電圧を負荷電流で除算した値。

レギュレータを安定させるには、レギュレータのクロスオーバー周波数が右半分のプレーンのゼロ周波数の1/5以下、スイッチング周波数の1/15以下になるようにします。

レギュレータのループ・ゲインは、以下の式で求めることができます。

$$A_{VL} = \frac{V_{FB}}{V_{OUT}} \times \frac{V_{IN}}{V_{OUT}} \times G_{MEA} \times |Z_{COMP}| \times G_{CS} \times |Z_{OUT}| \quad (12)$$

ここで、

A_{VL} はループ・ゲイン。

V_{FB} は1.230Vの帰還レギュレーション電圧。

V_{OUT} は安定化した出力電圧。

V_{IN} は入力電圧。

G_{MEA} は誤差アンプのトランスコンダクタンス・ゲイン。

Z_{COMP} はCOMPとGND間の直列RCネットワークのインピーダンス。

G_{CS} は電流センス・トランスコンダクタンス・ゲイン（インダクタ電流をCOMP上の電圧で除算した値）で、ADP1611により内部で設定されます。

Z_{OUT} は負荷と出力コンデンサのインピーダンス。

クロスオーバー周波数を決める場合、その周波数において、補償インピーダンス (Z_{COMP}) が抵抗に左右され、出力インピーダンス (Z_{OUT}) が出力コンデンサのインピーダンスに左右される点に注意してください。そこで、クロスオーバー周波数を求める際に、式（クロスオーバー周波数の定義によるもの）を以下のように簡単にすることができます。

$$|A_{VL}| = \frac{V_{FB}}{V_{OUT}} \times \frac{V_{IN}}{V_{OUT}} \times G_{MEA} \times R_{COMP} \times G_{CS} \times \frac{1}{2\pi \times f_c \times C_{OUT}} = 1 \quad (13)$$

ここで、 f_c はクロスオーバー周波数、 R_{COMP} は補償抵抗値。

R_{COMP} について式を解くと、

$$R_{COMP} = \frac{2\pi \times f_c \times C_{OUT} \times V_{OUT} \times V_{OUT}}{V_{FB} \times V_{IN} \times G_{MEA} \times G_{CS}} \quad (14)$$

ここで、 $V_{FB}=1.23$ 、 $G_{MEA}=100\mu S$ 、 $G_{CS}=2S$ とすると、

$$R_{COMP} = \frac{2.55 \times 10^4 \times f_c \times C_{OUT} \times V_{OUT} \times V_{OUT}}{V_{IN}} \quad (15)$$

補償抵抗の値がわかったら、補償コンデンサと抵抗によって生じるゼロ周波数をクロスオーバー周波数の1/4にするか、または以下の式を使用します。

$$C_{COMP} = \frac{2}{\pi \times f_c \times R_{COMP}} \quad (16)$$

ここで、 C_{COMP} は補償コンデンサの容量。

出力コンデンサのESRによって生じるゼロをキャンセルするために、コンデンサ (C2) を選択します。

C2について式を解くと、

$$C2 = \frac{ESR \times C_{OUT}}{R_{COMP}} \quad (17)$$

セラミック・コンデンサのようなESRが低い出力コンデンサでは、C2はオプションになります。最適な過渡性能を得るには、ADP1611の負荷過渡応答性に従って R_{COMP} と C_{COMP} の値を調整する必要があるかもしれません。大部分のアプリケーションでは、補償抵抗は30~400k Ω 、補償コンデンサは100pF~1.2nFの範囲に収めてください。表7に、いくつかのアプリケーションで使用する外付け部品の値を示します。

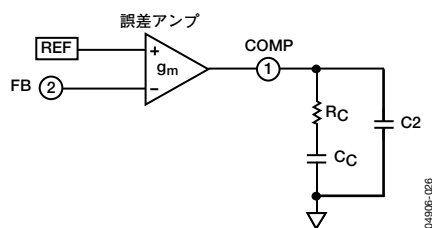


図26. 補償部品

ソフト・スタート用コンデンサ

3 μ Aの内部電流源でソフト・スタート用コンデンサ (C_{SS}) を充電すると、SS上の電圧が徐々に上昇します。表8に、最大出力電流と最大スイッチング周波数に基づくソフト・スタート時間の値を示します。

ソフト・スタート用コンデンサはCOMPピンの電圧増加速度を制限し、これによってスタートアップ時の最大スイッチ電流を制限します。表8に、いくつかの条件における最大出力電流 (I_{OUT_MAX}) 時の標準的なソフト・スタート時間 (t_{SS}) を示します。

20nFのソフト・スタート用コンデンサを使用すると、スタートアップ時の入力電流オーバーシュートがほとんど問題にならないレベルにまで低減するため、大部分のアプリケーションに適しています。ただし、きわめて大きい出力コンデンサを使用する場合は、入力突入電流の防止に必要なソフト・スタート時間が長くなってしまいます。

これとは反対に、高速のスタートアップが必要な場合は、ソフト・スタート用コンデンサの容量をもっと小さくするか、コンデンサそのものを取り除いて、ADP1611を迅速に起動させることができます。ただしその場合、最大スイッチ電流は高くなります (図24と図25を参照)。

表7. 一般的な入出力電圧条件のための推奨外付け部品

V_{IN} (V)	V_{OUT} (V)	f_{SW} (MHz)	L (μ H)	C_{OUT} (μ F)	C_{IN} (μ F)	R_1 (k Ω)	R_2 (k Ω)	R_{COMP} (K Ω)	C_{COMP} (pF)	I_{OUT_MAX} (mA)
3.3	5	0.70	4.7	10	10	30.9	10	50	520	600
	5	1.23	2.7	10	10	30.9	10	90.9	150	600
	9	0.70	10	10	10	63.4	10	71.5	820	350
	9	1.23	4.7	10	10	63.4	10	150	180	350
	12	0.70	10	10	10	88.7	10	130	420	250
	12	1.23	4.7	10	10	88.7	10	280	100	250
5	9	0.70	10	10	10	63.4	10	84.5	390	450
	9	1.23	4.7	10	10	63.4	10	178	100	450
	12	0.70	10	10	10	88.7	10	140	220	350
	12	1.23	4.7	10	10	88.7	10	300	100	350
	20	0.70	10	10	10	154	10	400	100	250
	20	1.23	6.8	10	10	154	10	400	100	250

表8. 標準的なソフト・スタート時間

V_{IN} (V)	V_{OUT} (V)	C_{OUT} (μ F)	C_{SS} (nF)	t_{SS} (ms)	V_{IN} (V)	V_{OUT} (V)	C_{OUT} (μ F)	C_{SS} (nF)	t_{SS} (ms)
3.3	5	10	20	0.3	5	9	10	20	0.4
	5	10	100	2		9	10	100	1.5
	9	10	20	2.5		12	10	20	0.62
	9	10	100	8.2		12	10	100	2
	12	10	20	3.5		20	10	20	1.1
	12	10	100	15		20	10	100	4.1

ADP1611

アプリケーション回路

図27の回路は、ステップアップ構成にしたADP1611です。ここではADP1611を使用して、以下のような仕様の15Vレギュレータを構成しています。

$$V_{IN} = 3.5 \sim 5.5V$$

$$V_{OUT} = 15V$$

$$I_{OUT} \leq 400mA$$

式2を使用すれば、出力を望ましい電圧に設定できます。また、式16と式17によって補償ネットワークを変更してください。

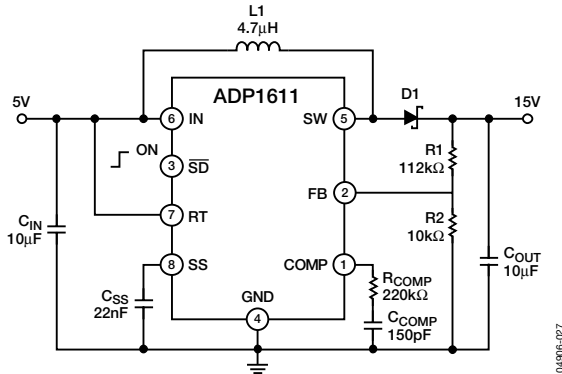


図27. 5Vを15Vにステップアップするレギュレータ

真のシャットダウンが可能なステップアップ DC/DCコンバータ

バッテリー駆動アプリケーションでは、スタンバイ電流を極力抑える必要があります。ADP1611はスタンバイ時の消費電流が10nA (typ)であるため、こうしたアプリケーションに適しています。ただし、インダクタと整流ダイオードを介して入力と出力が接続されているため、シャットダウン中に入力から負荷に電流が流れることになります。図28の回路では、シャットダウン時にADP1611で出力負荷の接続を切断できます。ADP1611をシャットダウンし、入力と出力の間の接続を切断するには、 \overline{SD} ピンを0.4V以下で駆動してください。

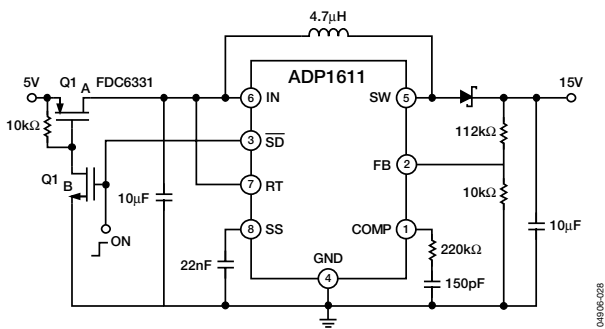


図28. 真のシャットダウンが可能なステップアップ・レギュレータ

TFT LCDバイアス電源

図29に、TFT LCDモジュール・アプリケーション向けの電源回路を示します。この回路には、+10V、-5V、+22Vの出力があります。+10Vの出力は、ステップアップ構成で生成します。-5Vと+22Vの出力は、チャージ・ポンプ回路で生成します。ステップアップ時に、SWノードが10Vとグラウンド電位の間で切り替わります（ダイオードの順方向電圧降下とスイッチのオン抵抗値は無視します）。SWノードがハイレベルのときに、C5が最大10Vまで充電します。C5は電荷を保持し、D8を順方向にバイアスし、C6を-10Vまで充電します。ツェナー・ダイオードのD9は、出力を-5Vにクランプし安定させます。

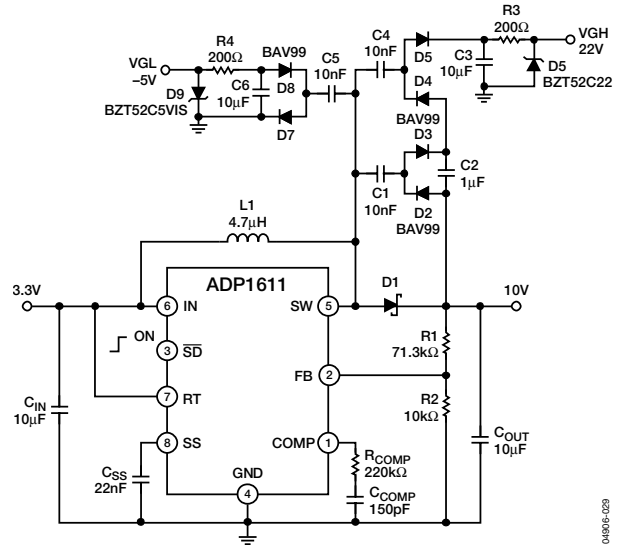


図29. TFT LCDバイアス電源

VGH出力は、チャージ・ポンプ用コンデンサC1、C2、C4によって同様の方法で生成されます。出力電圧が3倍され、ツェナー・ダイオードD5によって22Vに安定化されます。

SEPIC電源

図30の回路は、シングルエンドの一次インダクタンス・コンバータ（SEPIC）構成のADP1611を示しています。この回路構成は、入力電圧が2.7～5Vで変化するバッテリー駆動アプリケーションなどの非安定化入力電圧に利用でき、安定化した出力電圧は入力電圧の範囲内に収まります。

入力と出力は、カップリング・コンデンサ（C1）によってDC絶縁されています。定常状態では、C1の平均電圧は入力電圧に等しくなります。ADP1611のスイッチがオンになり、ダイオードがオフになると、入力電圧からL1にエネルギーが供給され、さらにC1からL2にエネルギーが供給されます。ADP1611のスイッチがオフになり、ダイオードがオンになると、L1とL2のエネルギーが放出され、出力コンデンサ（C_{OUT}）とカップリング・コンデンサ（C1）を充電し、負荷に電流を供給します。

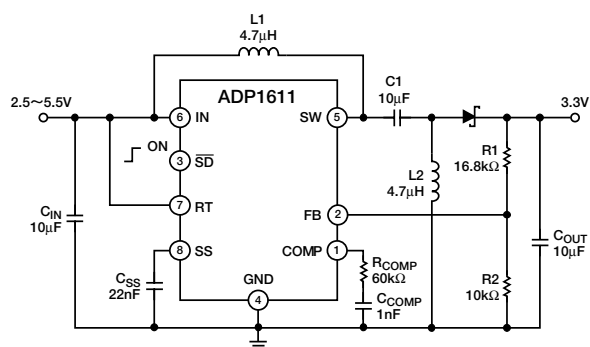


図30. 3.3VのDC/DCコンバータ

04908-030

ADP1611

レイアウトの手順

高い変換効率、良好なレギュレーション、安定性を得るには、優れたPCボードのレイアウトが必要です。できれば、アプリケーション・ボードのレイアウト例をモデルとして使用してください。

PCボードを設計するときは、以下のガイドラインに従ってください。

- ESRの低い入力コンデンサ C_{IN} をINとGNDの近くに配置してください。
- C_{IN} からインダクタのL1、SW、PGNDに至る高電流の信号経路はできる限り短くしてください。
- C_{IN} からL1、整流器のD1、出力コンデンサ (C_{OUT}) に至る高電流の信号経路はできる限り短くしてください。

- 高電流のパターンはできる限り短くし、太いものにしてください。
- ノイズのピックアップを防止するために、帰還抵抗はできる限りFBの近くに配置してください。
- 補償用部品はできる限りCOMPの近くに配置してください。
- 放散ノイズの混入を防止するために、SWに接続するノードやインダクタの近くに高インピーダンスのパターンが来ないようにしてください。

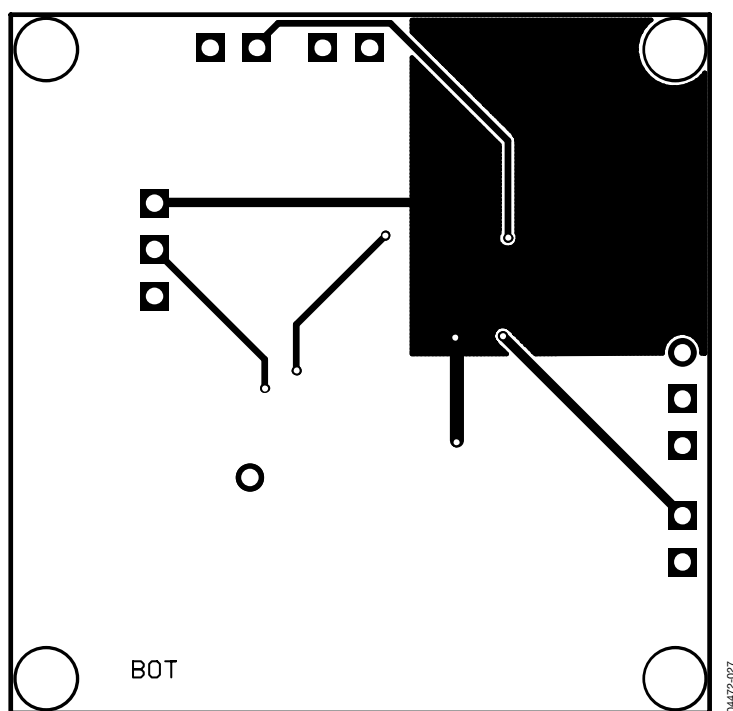
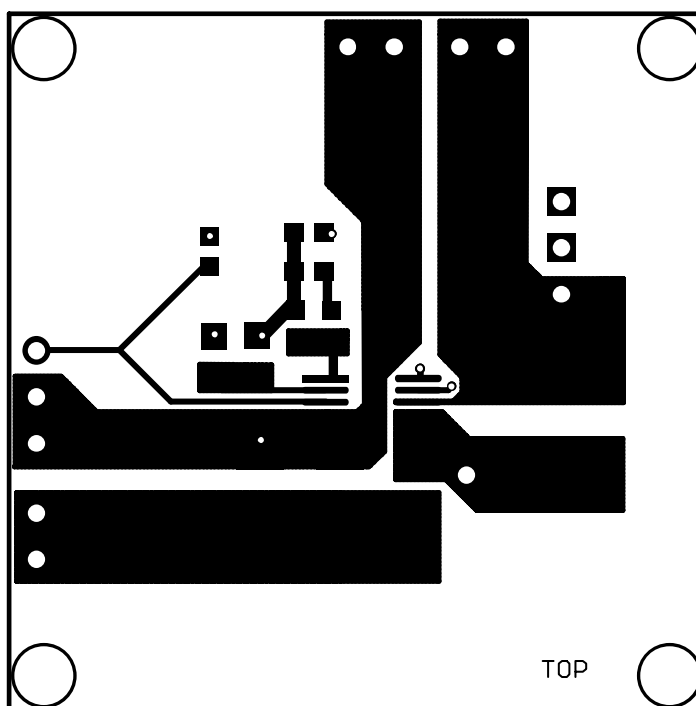
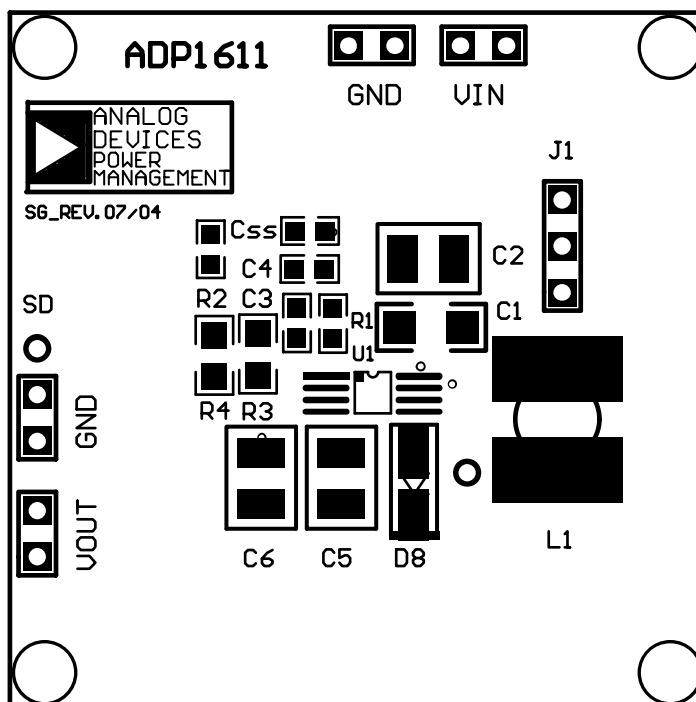


図31. アプリケーション・ボード例（裏面層）



04472-028

図32. アプリケーション・ボード例（上面層）

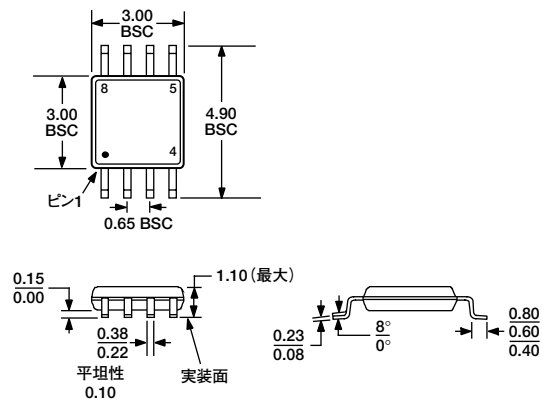


04906-033

図33. アプリケーション・ボード例（シルクスクリーン層）

ADP1611

外形寸法



JEDEC規格MO-187AAに準拠

図34. 8ピンMSOP
(RM-8)

寸法単位：mm

オーダー・ガイド

製品	温度範囲	パッケージ	パッケージ・オプション	ブランド・コード
ADP1611ARMZ-R7 ¹	-40~+85℃	8ピン・ミニ・スモール・アウトライン・パッケージ	RM-8	P11
ADP1611-EVAL		評価用ボード		

¹ Z=鉛フリー製品。

ADP1611

D04906-0-2/05(0)-J