

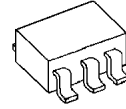
600mA, 500kHz 小型 PKG 降圧スイッチングレギュレータ

■概要

NJW1616 はパワーMOSFET を内蔵した降圧用スイッチングレギュレータです。カレントモード制御方式を採用し、出力セラミックコンデンサを容易に使用できます。位相補償回路を内蔵し、最小限の外付け部品で降圧アプリケーションを実現します。

SOT-23-6-1 パッケージで供給され、入力範囲が4.5V から 25V と広いこと、かつ動作周波数が高いので、小型で低コストのインダクタやセラミックコンデンサを使用することができるため、特に民生機器向け電源の安定化に適しています。

■外形

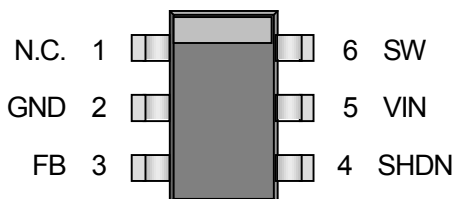


NJW1616F1

■特長

- LT1616 及び LM2736 とピンコンパチかつ外付け部品削減可能
- 入力電圧最大定格 25V
- 広動作電圧範囲 4.5V to 20V
- スイッチング電流 0.8A (min.)
- 発振周波数 500kHz fixed (Aバージョン)
- 小型コンデンサ(MLCC)及びインダクタ使用可能
- ソフトスタート機能
- 低シャットダウン電流 < 1 μ A
- 位相補償回路内蔵
- 低電圧誤動作防止回路内蔵
- 出力は 1.25V まで調整可能
- 過電流・熱遮断保護機能
- 外形 SOT-23-6-1

■端子配列



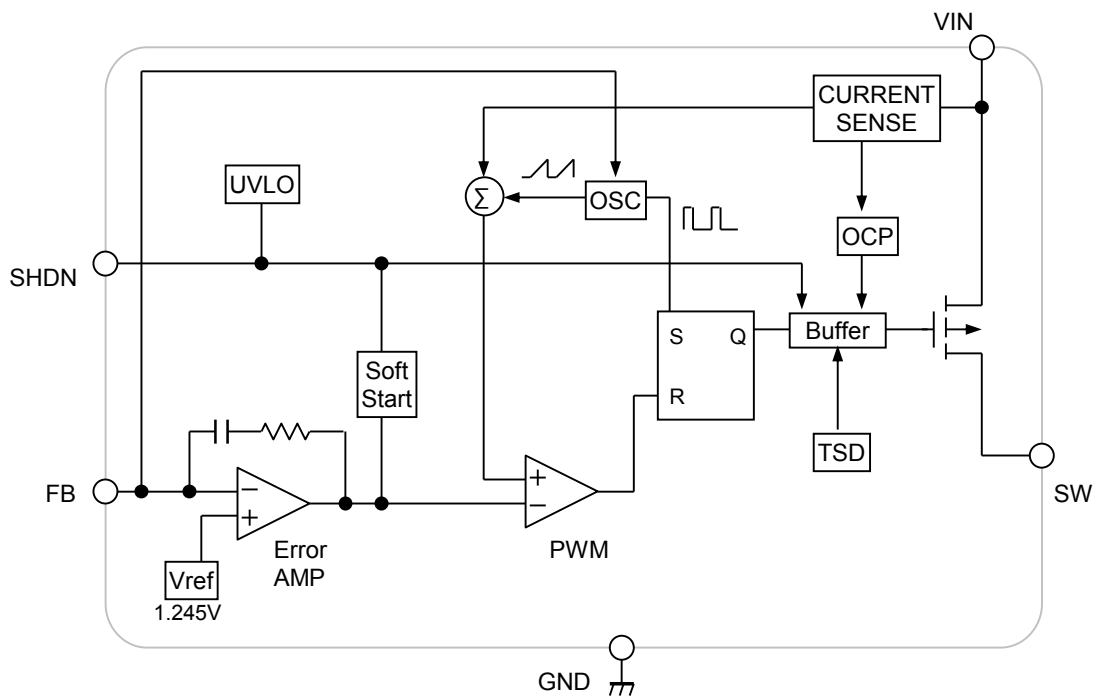
NJW1616F1

NJW1616-T

■ 端子説明

端子名称	端子番号	機能
N.C.	1	未使用端子
GND	2	接地
FB	3	出力電圧を検出する端子です。FB 端子電圧が基準電圧 1.245V (typ.)となるように出力電圧を抵抗分割して入力します。
SHDN	4	NJW1616 の動作・停止を制御する端子です。High レベルで動作、Low レベルもしくは Open でスタンバイモードとなります。
VIN	5	IC への電源供給端子です。電源供給のインピーダンスを下げるため、IC の近傍に入力コンデンサを接続してください。
SW	6	パワーMOSFET のスイッチ出力端子です。

■ ブロック図



■絶対最大定格 (Ta=25°C)

項目	記号	定格	単位
入力電圧	V _{IN}	-0.3 to +25	V
入力-SW端子間電圧	V _{V-SW}	-0.3 to +25	V
SHDN端子電圧	V _{SHDN}	-0.3 to +25	V
フィードバック端子電圧	V _{FB}	-0.3 to +6	V
消費電力	P _D	510 (*1) 710 (*2)	mW
接合部温度範囲	T _j	-40 to +150	°C
動作温度範囲	T _{opr}	-40 to +105	°C
保存温度範囲	T _{stg}	-50 to +150	°C

(*1): 基板実装時 76.2×114.3×1.6mm(2層 FR-4)でEIA/JEDEC 準拠による

(*2): 基板実装時 76.2×114.3×1.6mm(4層 FR-4)でEIA/JEDEC 準拠による (4層基板内箔: 74.2×74.2mm)

■推奨動作条件 (Ta=25°C)

項目	記号	最小	標準	最大	単位
入力電圧	V _{IN}	4.5	—	20	V

NJW1616-T

■ 電気的特性

(標準字体で記載された仕様は $T_a=25^\circ\text{C}$ の場合であり、太字で記載された上限または下限値は動作温度範囲が $T_a=-40^\circ\text{C}$ to $+105^\circ\text{C}$ のときに適用されます。最小リミット値および最大リミット値は、試験により保証されています。特記事項なき場合、 $V_{IN}=V_{SHDN}=12\text{V}$, $T_a=25^\circ\text{C}$)

項目	記号	条件	最小	標準	最大	単位
低電圧誤動作防止回路部						
ON スレッシュホールド電圧	V_{T_ON}	$V_{IN}=L \rightarrow H$	4.2	4.35	4.5	V
OFF スレッシュホールド電圧	V_{T_OFF}	$V_{IN}=H \rightarrow L$	4.1	4.25	4.4	V
ヒステリシス幅	V_{HYS}		—	100	—	mV
発振器部						
発振周波数 1	f_{OSC1}	$V_{FB}=1.1\text{V}$	400	500	600	kHz
発振周波数 2	f_{OSC2}	$V_{FB}=0\text{V}$	—	80	—	kHz
誤差増幅器部						
基準電圧	V_B		-1.6%	1.245	+1.6%	V
入力バイアス電流	I_B	$V_{FB}=1.3\text{V}$	—	10	100	nA
PWM 比較器部						
最大デューティサイクル	M_{AXDUTY}	$V_{FB}=1.1\text{V}$	88	94	—	%
最小 ON 時間	t_{ON-min}		—	100	160	ns
出力部						
スイッチング電流制限	I_{LIM}		0.8	1.1	1.5	A
出力 ON 抵抗	R_{ON}	$I_{SW}=400\text{mA}$	—	1	1.6	Ω
SW リーク電流	I_{LEAK}	$V_{SHDN}=0\text{V}$, $V^+=25\text{V}$, $V_{SW}=0\text{V}$	—	—	1	μA
SHDN 制御部						
SHDN ON 制御電圧	$V_{SHDN(ON)}$	$V_{SHDN}=L \rightarrow H$	2.3	—	V_{IN}	V
SHDN OFF 制御電圧	$V_{SHDN(OFF)}$	$V_{SHDN}=H \rightarrow L$	0	—	0.3	V
SHDN バイアス電流 1	I_{SHDN_BIAS1}	$V_{SHDN}=2.3\text{V}$	—	5	10	μA
SHDN バイアス電流 2	I_{SHDN_BIAS2}	$V_{SHDN}=0\text{V}$	—	0.01	0.1	μA
総合特性						
消費電流 1	I_{DD1}	$R_L=$ 無負荷, $V_{FB}=1.3\text{V}$	—	1.6	2.5	mA
消費電流 2	I_{DD2}	$R_L=$ 無負荷, $V_{FB}=1.1\text{V}$	—	2.2	3.2	mA
シャットダウン時消費電流	I_{DD_SHDN}	$V_{SHDN}=0\text{V}$	—	—	1	μA

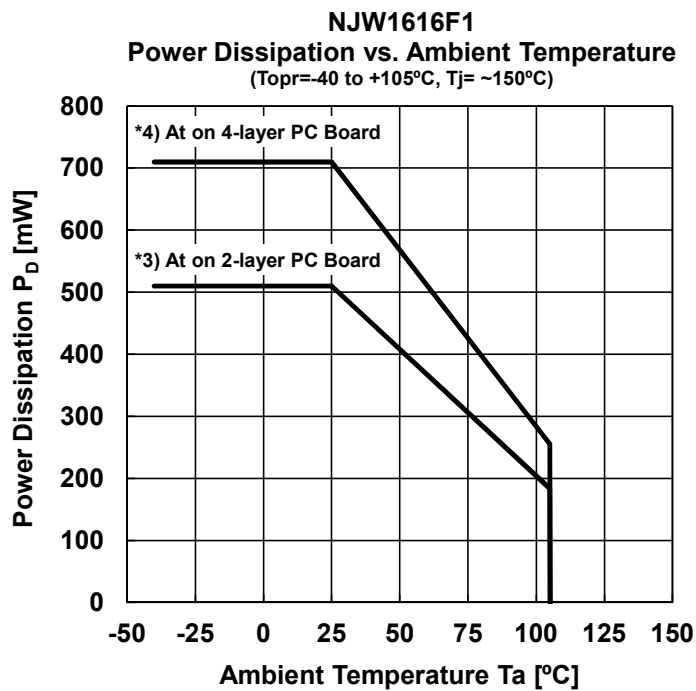
■ 熱特性

項目	記号	値	単位
接合部—周囲雰囲気間	θ_{ja}	245 (*3) 175 (*4)	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
接合部—ケース表面間	ψ_{jt}	70 (*3) 60 (*4)	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$

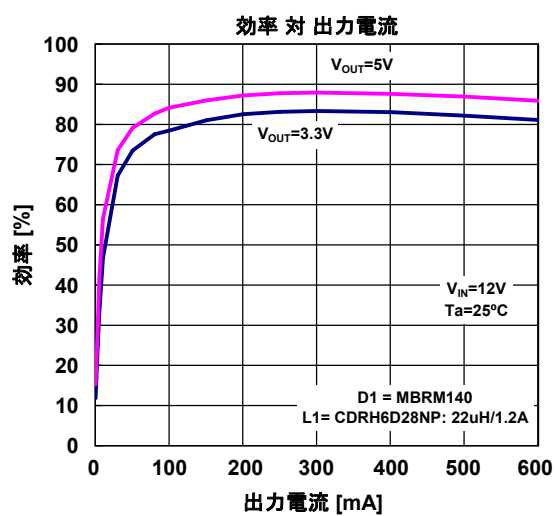
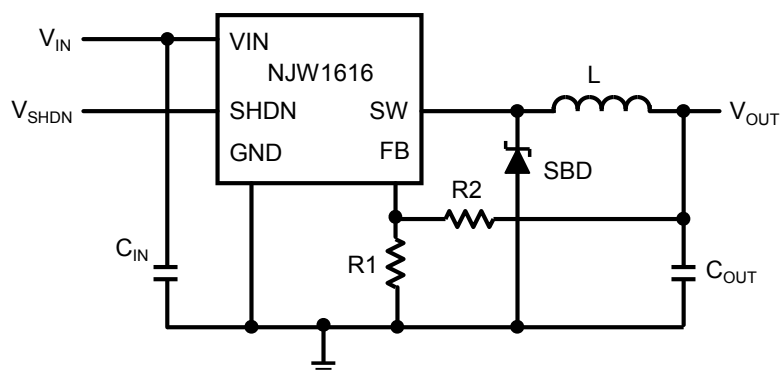
(*3): 基板実装時 76.2×114.3×1.6mm(2層 FR-4)で EIA/JEDEC 準拠による

(*4): 基板実装時 76.2×114.3×1.6mm(4層 FR-4)で EIA/JEDEC 準拠による (4層基板内箔 : 74.2×74.2mm)

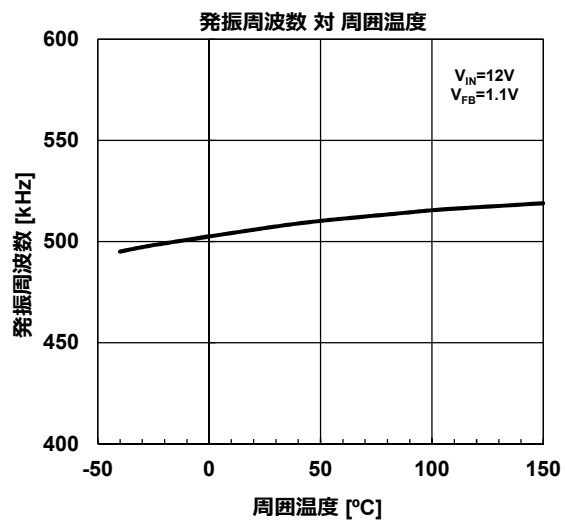
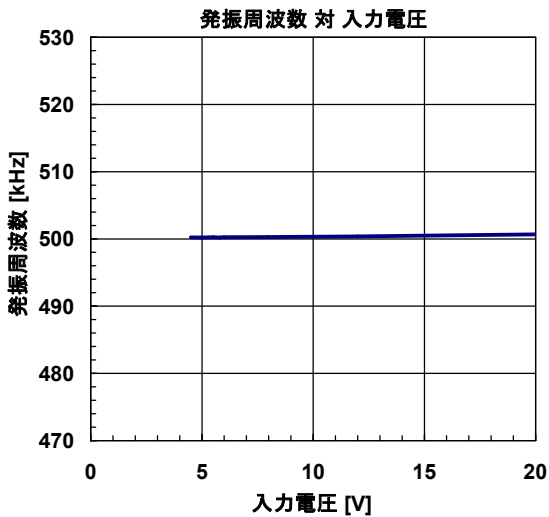
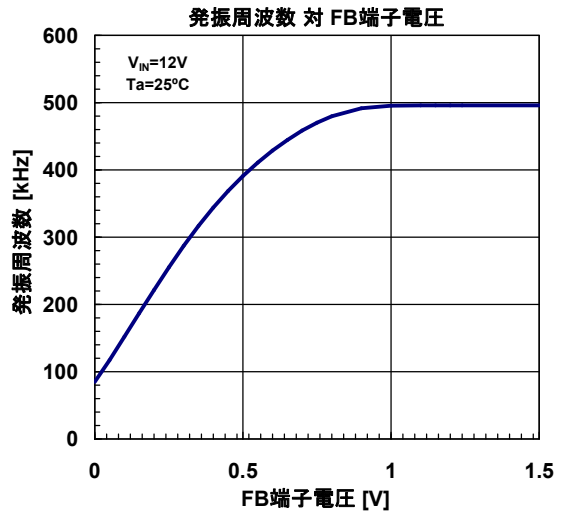
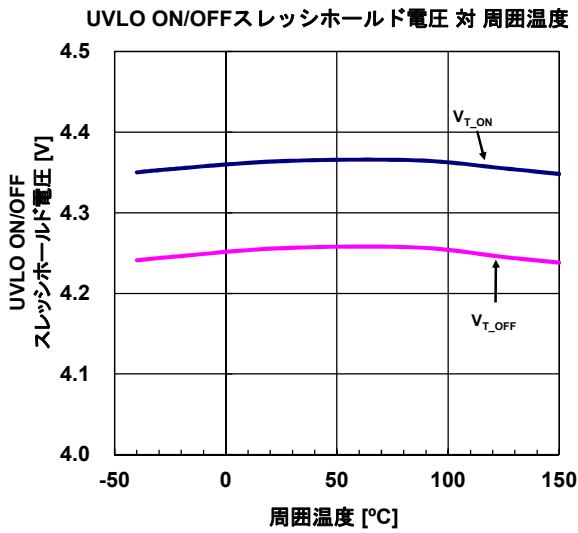
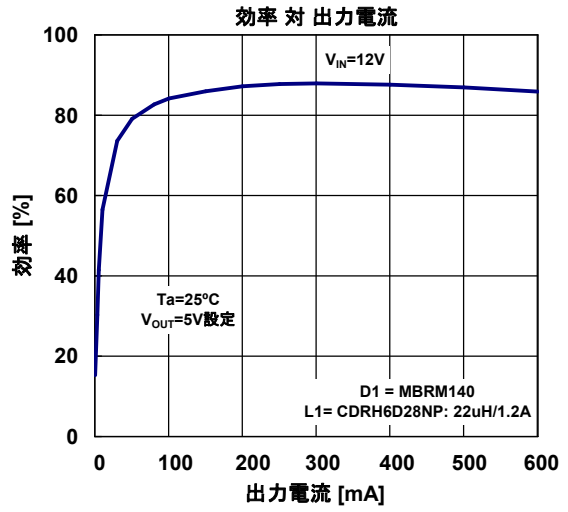
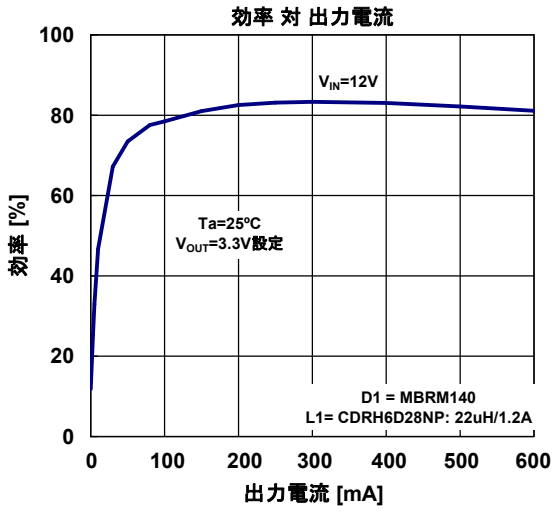
■ 消費電力—周囲温度特性例



■アプリケーション回路例

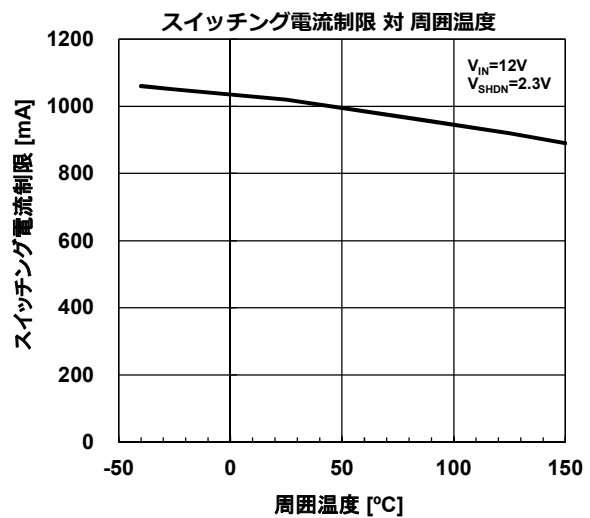
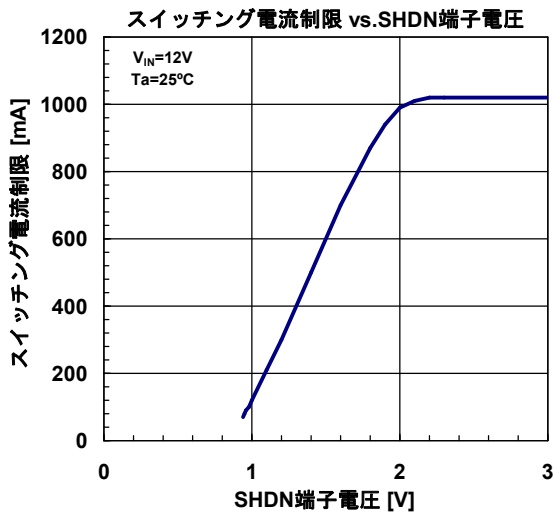
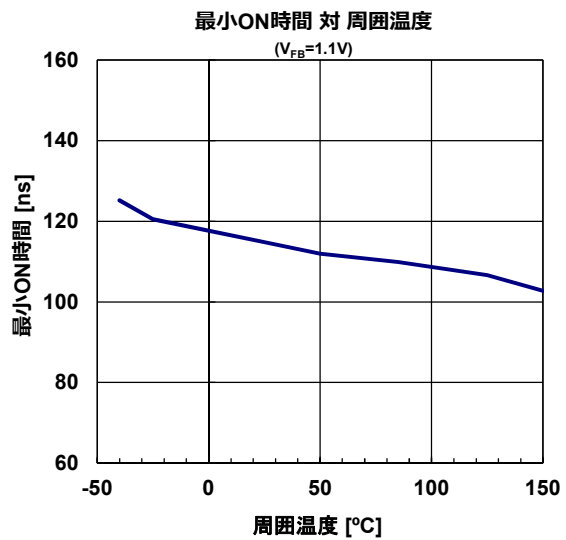
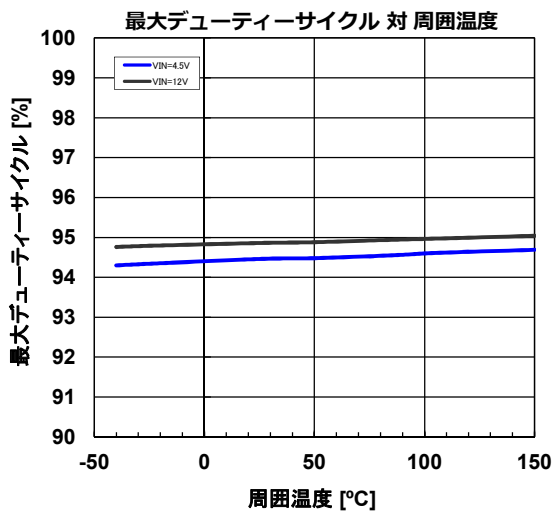
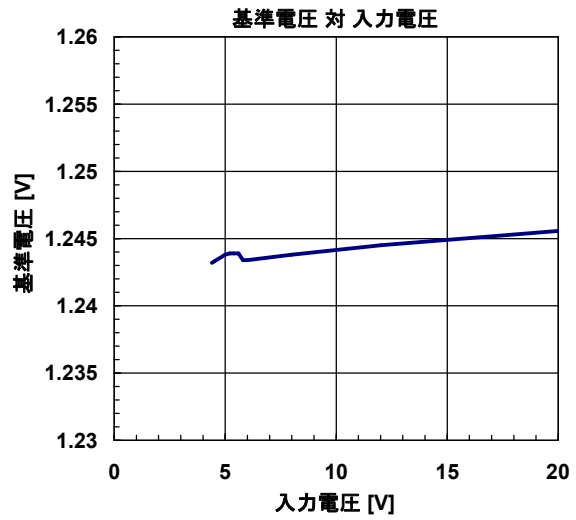
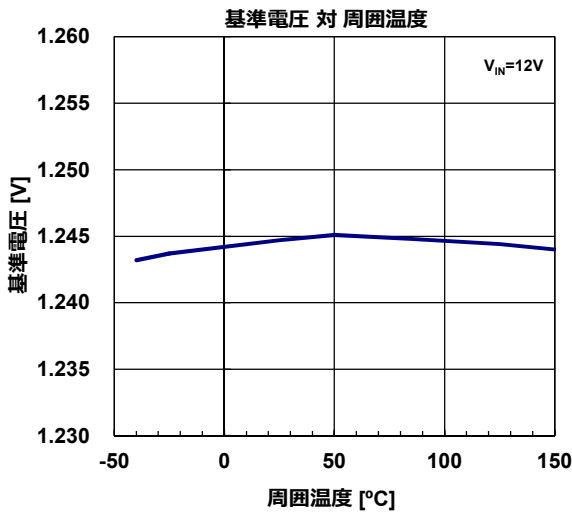


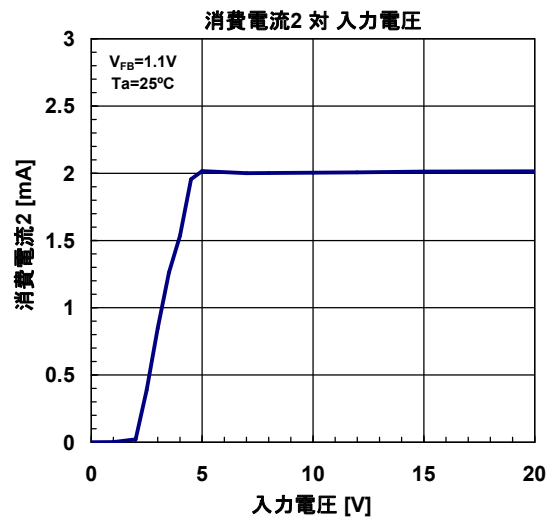
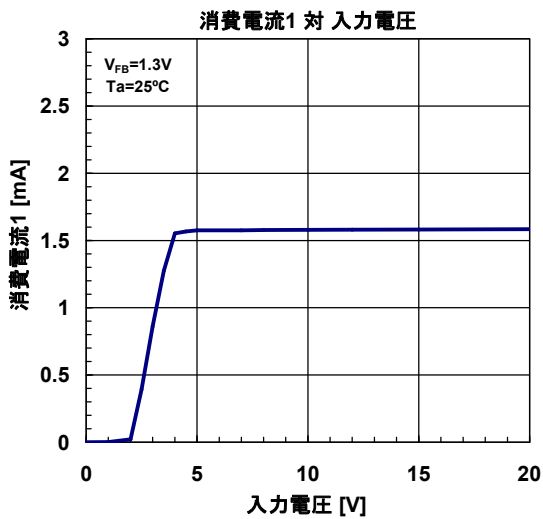
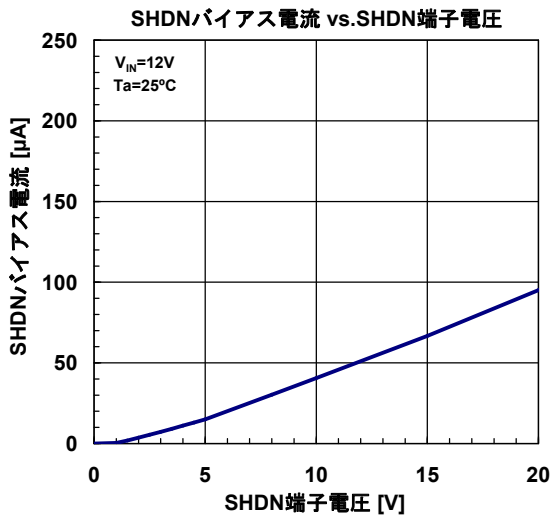
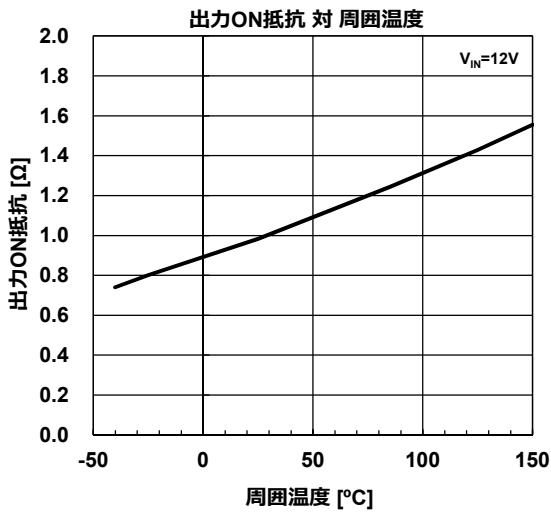
■ 特性例



NJW1616-T

■ 特性例





■ 各ブロックの機能説明

1. スイッチングレギュレータ基本機能

● エラーアンプ部 (ER-AMP)

エラーアンプ部の非反転入力は、 $1.245\text{V} \pm 1.6\%$ ($T_a = -40^\circ\text{C}$ to $+105^\circ\text{C}$) の高精度基準電圧が接続されています。

アンプの反転入力 (FB 端子) にコンバータの出力を入力することで、出力電圧 1.245V からのアプリケーション設計を容易にできます。出力電圧を 1.245V 以上にする場合は、出力電圧を抵抗分割することで設定します。

アンプ部では、最適なフィードバックが内蔵されているため、最小限の外付け部品でアプリケーション回路を構成できます。

● PWM 比較器部 (PWM)、発振回路部 (OSC)

NJW1616 は、固定周波数のカレントモード制御方式で動作します。

発振回路は、 500kHz (typ.) に設定されています (A バージョン)。

PWM 比較器部では、出力電圧とスロープ補償されたスイッチング電流のフィードバックにより、PWM 信号を出力します。最大デューティ比は、 94% (typ.) です。

表 1 NJW1616 の最小 ON 時間

製品名	NJW1616F1-AT ($f_{\text{osc}} = 500\text{kHz}$)
最小 ON 時間	100ns (typ.)

降圧回路の ON 時間は、下記式によって決まります。

$$t_{\text{on}} = \frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}} \times f_{\text{OSC}}} [\text{s}]$$

V_{IN} は入力電圧、 V_{OUT} は出力電圧を表します。ON 時間が $t_{\text{ON-min}}$ 以下となる場合は、出力電圧を安定状態に保つためにデューティの変動やパルススキップ動作を行う可能性があります。

● パワー-MOSFET

内蔵されたパワー-MOSFET のスイッチ動作によって、インダクタへ電力を供給します。過電流保護機能によって、パワー-MOSFET に流せる電流は、 $I_{\text{LIM}} = 0.8\text{A}$ (min.) に制限されます。降圧回路では、パワー-MOSFET の OFF 時にインダクタ電流が外付けの回生ダイオードに流れて、順方向バイアス電圧を発生します。SW 端子は、 $V_{\text{IN}} - \text{SW}$ 端子間電圧で 25V まで許容されますが、ショットキーダイオードの順方向飽和電圧が十分に低いものを使用してください。

● 電源、GND 端子 (V_{IN} , GND)

スイッチング動作に伴い、周波数に応じた電流が IC に流れます。電源ラインのインピーダンスが高いと電源供給が不安定になり、IC の性能を十分に引き出せません。 V_{IN} 端子-GND 端子間の近傍にバイパスコンデンサを挿入し、高周波インピーダンスを下げてください。

■ 各ブロックの機能説明

2. 保護機能、付加機能

● 低電圧誤動作防止(UVLO)回路

電源電圧が低い場合、UVLO 回路によって動作を停止し、電源電圧 4.35V (typ.)以上で UVLO 回路が解除されて IC の動作が開始します。電源電圧の立ち上がり立ち下がりに 100mV (typ.)のヒステリシス電圧幅を持たせています。これにより、UVLO の解除と動作のばたつきを防止し、NJW1616 を安定して動作させます。

● ソフトスタート機能

NJW1616 は SHDN 端子を使ってソフトスタート動作させることにより、起動時に発生する突入電流を低減することができます。RC フィルタを SHDN 端子に接続することで、個々のアプリケーションごとにソフトスタート動作を調整できます。SHDN 端子に印加される電圧に応じてスイッチング電流制限 I_{LM} が変調され、2.3V 印加時にスイッチング電流制限 I_{LM} は最大値となります。(特性例：スイッチング電流制限 vs.SHDN 端子電圧特性を参照)

これによって、出力電圧の立ち上がり時間と起動時の突入電流を制御します。

SHDN 端子電圧が 2.3V に達したとき 20 μ A 以上を供給できるような RC フィルタの抵抗値を選択する必要があります。

■ 各ブロックの機能説明 (続き)

● 過電流保護機能 (OCP)

NJW1616 は過電流保護機能を内蔵しており、過負荷時の発熱を低減するとともに、過電流の異常状態から回復にともない、スイッチングレギュレータの出力電圧を自動的に復帰させることができます。

内蔵のパワーMOSFETに I_{LIM} 以上の電流が流れると、過電流保護機能によってパワーMOSFETをOFFにし、次の周期でスイッチング動作を復帰します。

FB端子電圧が低下すると、NJW1616の動作発振周波数が低下します。この周波数フォールドバック特性により最小ONデューティが低下し、過負荷時の出力電圧を制御することができます。

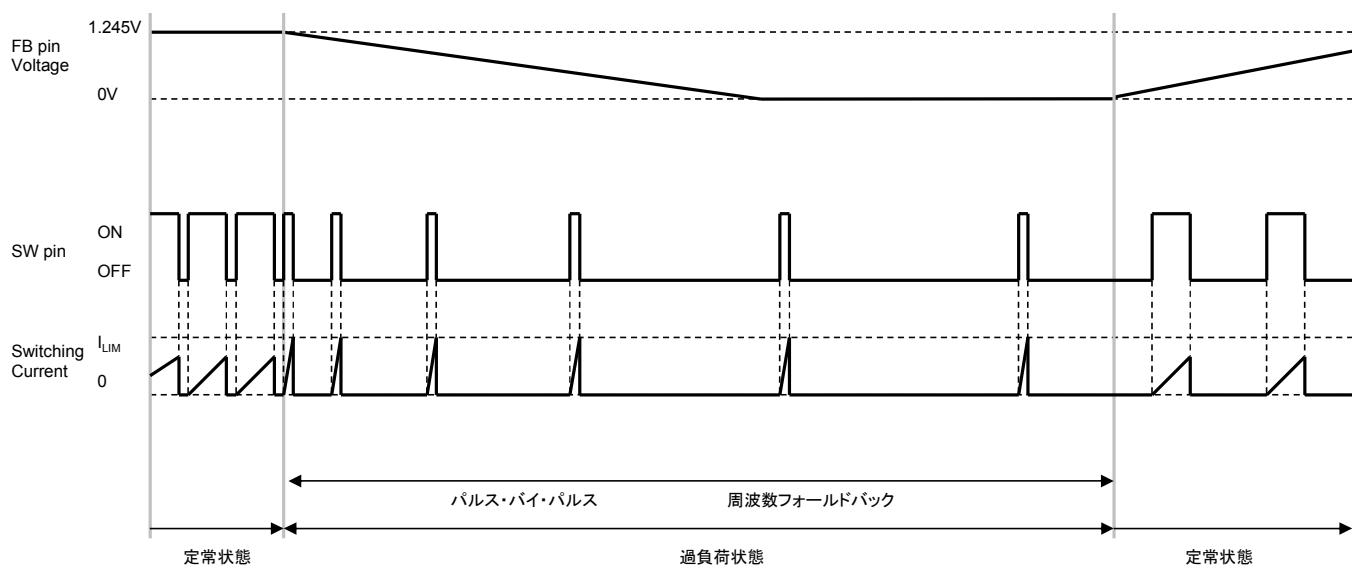


図1 過電流保護動作時のタイミングチャート

● サーマルシャットダウン機能 (TSD)

サーマルシャットダウン機能は、NJW1616のチップ温度が 175°C^* を超えると機能してSW動作を停止します。チップ温度が 145°C^* 以下になると、ソフトスタートによるSW動作が再始動されます。

なおサーマルシャットダウン機能は、高温時におけるICの熱暴走を防止するための予備回路であり、不適切な熱設計を補うためでは有りません。ICのジャンクション温度 ($\sim +150^{\circ}\text{C}$) 範囲内で動作させるように、十分な余裕を満たすことをお勧めします。(* 参考値)

● スタンバイ機能

SHDN端子を 0.3V (max.)以下にすることでNJW1616の機能を停止させスタンバイ状態にします。

SHDN端子オープン時はスタンバイモードに移行します。

スタンバイ機能を使用しない場合は、SHDN端子を V_N に接続してください。

■ アプリケーション情報

● インダクタ

インダクタには大電流が流れるため、飽和しない電流能力を持たせる必要があります。NJW1616 では、位相補償が内蔵されており、最適なL値は、入力電圧と出力電圧によって決まります。

L値を大きくする場合は、出力コンデンサの容量を大きくし、アプリケーションの安定性を確保する必要があります。Lの最小値は、ON デューティが50%を超える場合、下記計算式より制限されます。

$$L \geq \frac{V_{IN} \times (2 \times D_{ON} - 1)}{0.4} [\mu\text{H}]$$

L値が小さくなると、出力電流に対するピーク電流が大きくなり、変換効率が低下しやすくなります。(図2) また過電流リミットに掛かりやすくなるため、出力電流が制限される点に注意しなければいけません。ピーク電流は、下記式によって求められます。

$$\Delta I_L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \times V_{OUT}}{L \times V_{IN} \times f_{OSC}} [\text{A}]$$

$$I_{pk} = I_{OUT} + \frac{\Delta I_L}{2} [\text{A}]$$

アプリケーションの仕様、部品等によって最適な値は異なりますので、最終的には実機で微調整を行ってください。

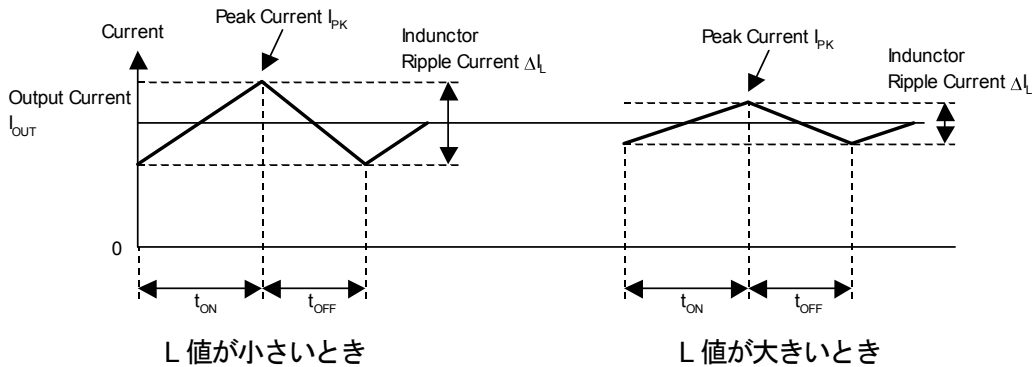


図2 インダクタ電流の状態（電流連続モード動作時）

■ アプリケーション情報 (続き)

● 入力コンデンサ

スイッチングレギュレータの入力部には、周波数に応じた過渡的な電流が流れます。電源回路に供給される電源インピーダンスが大きいと入力電圧の変動につながり、NJW1616 の性能を十分に引き出せません。よって入力コンデンサは、できる限り IC の近くに挿入してください。

NJW1616 の入力コンデンサには、セラミックコンデンサが適しており、リップル電流を容易に満たすことができます。入力実効電流は、下記計算式で表せます。

$$I_{\text{RMS}} = I_{\text{OUT}} \times \frac{\sqrt{V_{\text{OUT}} \times (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}})}}{V_{\text{IN}}} \text{ [A]}$$

上記計算式は、 $V_{\text{IN}}=2 \times V_{\text{OUT}}$ 時が最大になり、その時の結果は、 $I_{\text{RMS}}=I_{\text{OUT(MAX)}} \div 2$ です。

入力コンデンサの選定は、アプリケーションで評価の上、十分なマージンを持った物をご使用ください。

● 出力コンデンサ

出力コンデンサは、インダクタンスからの電力を蓄え、出力への供給電圧を安定させる役割をします。

NJW1616 は、低 ESR の出力コンデンサが使用できるように位相補償を設定しており、セラミックコンデンサが最適です。表 2 に出力コンデンサの設定例を示します。

表 2 コンデンサの設定例

入力電圧 V_{IN}	出力電圧 V_{OUT}	インダクタ L	コンデンサ C_{OUT}	部品例
12V	3.3V	22 μ H	$\geq 22\mu\text{F} \times 2 / 6.3\text{V}$	GRM31CB30J226ME18: Murata
	5.0V	22 μ H	$\geq 47\mu\text{F} / 6.3\text{V}$	GRM31CB30J476KE18: Murata
	8.0V	22 μ H	$\geq 22\mu\text{F} / 25\text{V}$	GRM32EB31E226KE15: Murata

コンデンサの容量は、表 2 よりも大きな容量をご検討ください。

セラミックコンデンサは、DC 電圧印加や温度変化によって容量が低下するため、スペックシート等で特性を確認してください。

出力コンデンサの選定には、ESR(等価直列抵抗 : Equivalent Series Resistance)の特性、リップル電流、耐圧を考慮に入れる必要が有ります。

低 ESR タイプのコンデンサであれば、リップル電圧を下げる事が出来ます。

出力リップル電圧は、下記計算式で表せます。

$$V_{\text{ripple (p-p)}} = \text{ESR} \times \Delta I_L \text{ [V]}$$

コンデンサに流れるリップル電流の実効値(I_{rms})は、下記計算式で表せます。

$$I_{\text{rms}} = \frac{\Delta I_L}{2\sqrt{3}} \text{ [Arms]}$$

■ アプリケーション情報 (続き)

● キャッチ・ダイオード

パワーMOSFETがOFFサイクルの時は、インダクタに蓄えられた電力がキャッチ・ダイオードを經由して出力コンデンサに流れます。そのためダイオードにはサイクル毎に、負荷電流に応じた電流が流れます。ダイオードの順方向飽和電圧と電流の積が電力損失となるため、順方向飽和電圧の低いSBD (Schottky Barrier Diode)が最適です。

また SBD は、逆回復時間が短い特徴を併せて持っています。逆回復時間が長くなると、スイッチングトランジスタがOFFからONサイクルに移行した時、貫通電流が流れてしまいます。この電流によって効率の低下、ノイズの発生等に影響を及ぼす可能性があります。

● 出力電圧設定抵抗、補償用コンデンサ

出力電圧 V_{OUT} は、 $R1, R2$ の抵抗比で決まります。 $R1, R2$ に流れる電流は、Error AMP に流れるバイアス電流を無視できるような値とします。

$$V_{OUT} = \left(\frac{R2}{R1} + 1 \right) \times V_B \text{ [V]}$$

$R2$ と並列に C_{FB} を追加することで、ゼロ点(f_{z1})が形成され、スイッチングレギュレータの位相余裕不足を改善することができます。

ゼロ点は、下記計算式で表せます。

$$f_{z1} = \frac{1}{2 \times \pi \times R2 \times C_{FB}} \text{ [Hz]}$$

f_{z1} は、40k~70kHz程度を目安に設定してください。

ただし、ESRの大きな電解コンデンサを使用する場合は注意が必要です。このESRと C_{OUT} により形成されるゼロ点が f_{z1} と同様の働きをもつため、この場合、 f_{z1} を新たに追加する必要はありません。

■ アプリケーション情報 (続き)

● 基板レイアウト

スイッチングレギュレータは、インダクタの充放電によって出力へ電力供給を行います。発振周波数に応じて電流が流れるため、基板のレイアウトは重要な項目です。大電流の流れるラインは太く、短くし、ループ面積を最小限にしてください。図3に降圧回路における電流ループを示します。

特にスイッチングにおける高速な電流変化を伴う C_{IN} -SW-SBD 間は、最優先でループを構成します。寄生インダクタによって発生するスパイクノイズを低減するのに効果的です。

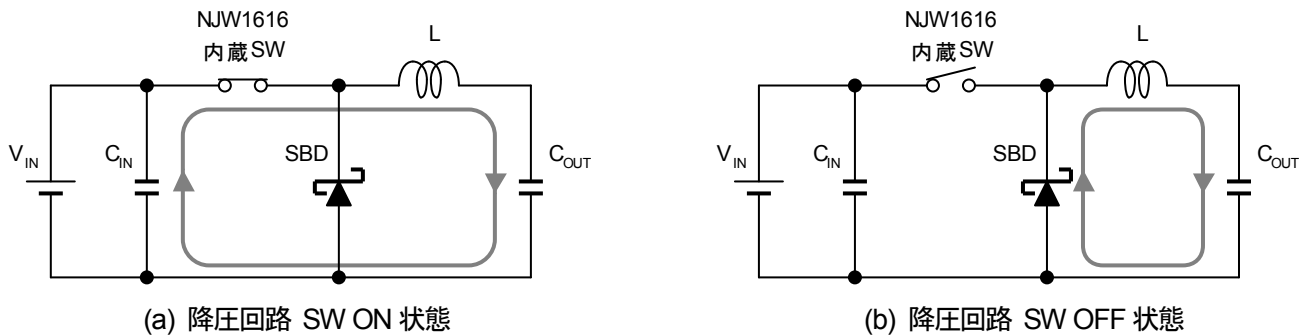


図3 降圧回路における電流ループ

GNDラインは、パワー系と信号系を分離した上で1点アースをとるのが望ましい接続です。

また電圧検出のフィードバックラインは、できるだけインダクタンスから離します。本ラインはインピーダンスが高いため、インダクタンスからの漏れ磁束でノイズの影響を避けるように配線します。

図4に降圧回路での配線例、図5にレイアウト例を示します。

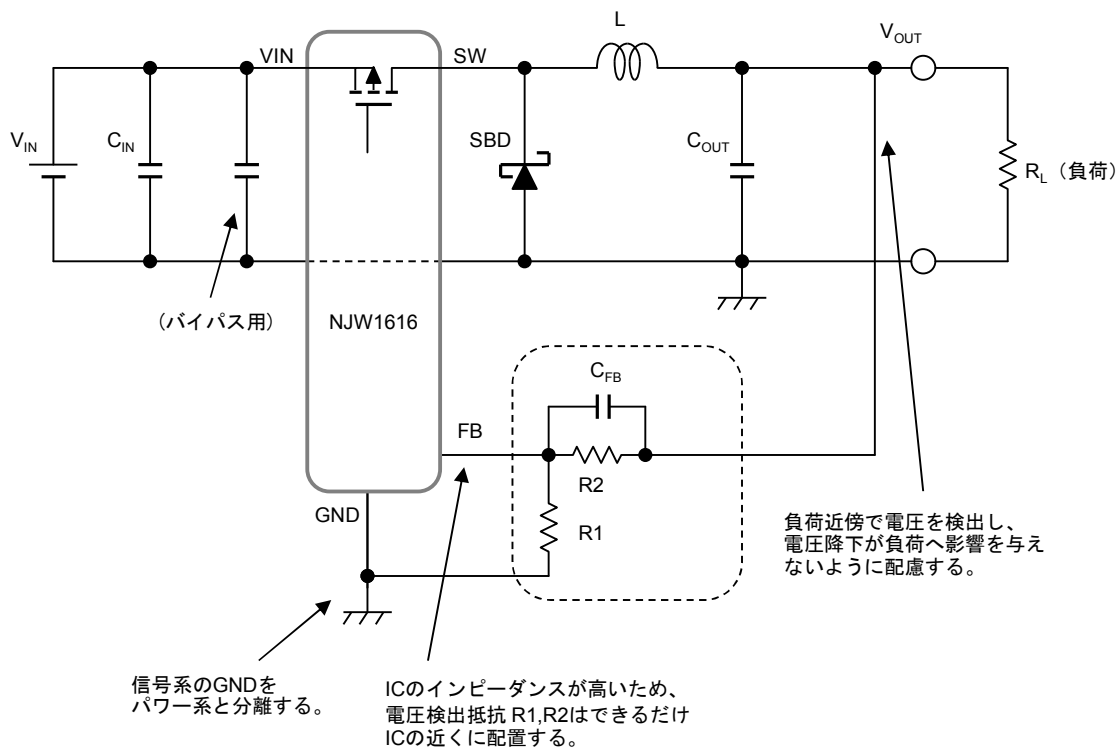
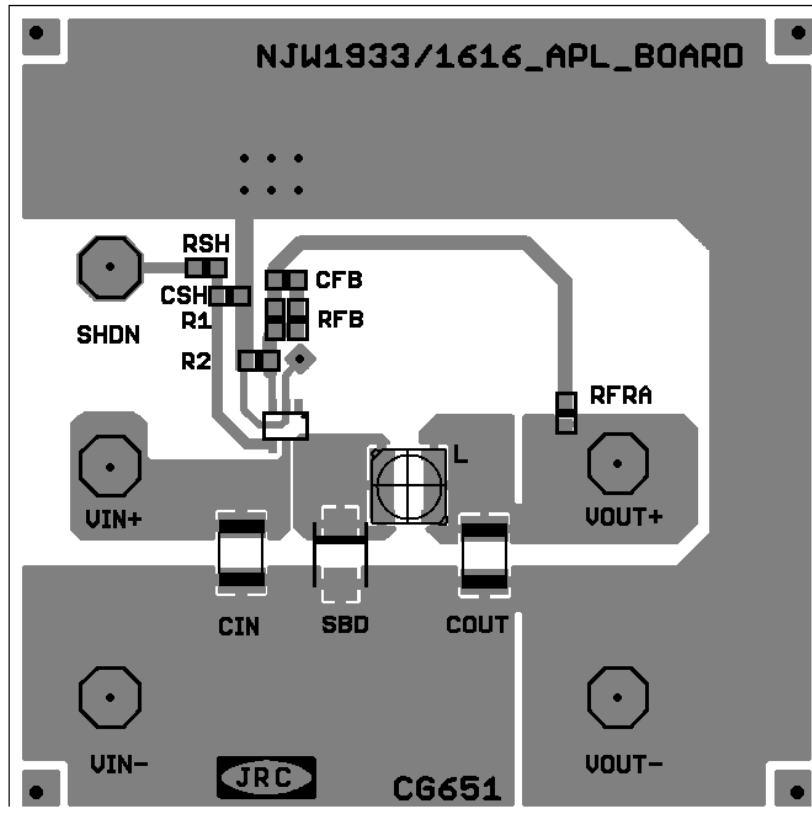


図4 降圧回路での配線例

■ アプリケーション情報 (続き)



裏面にてパワー系 GND と信号系 GND を接続

図5 レイアウト例 (上面パターン)

■ 損失の計算

降圧回路の損失の多くは、スイッチ動作を行う NJW1616 のパワーMOSFET によって発生します。そのため下記式を目安に NJW1616 の損失として考えます。

$$\begin{aligned} \text{入力電力} & : P_{\text{IN}} = V_{\text{IN}} \times I_{\text{IN}} \quad [\text{W}] \\ \text{出力電力} & : P_{\text{OUT}} = V_{\text{OUT}} \times I_{\text{OUT}} \quad [\text{W}] \\ \text{ダイオードの損失} & : P_{\text{DIODE}} = V_{\text{F}} \times I_{\text{L(avg)}} \times \text{OFF duty} \quad [\text{W}] \\ \text{NJW1616 の消費電力} & : P_{\text{LOSS}} = P_{\text{IN}} - P_{\text{OUT}} - P_{\text{DIODE}} \quad [\text{W}] \end{aligned}$$

ただし、

V_{IN}	: コンバータの入力電圧	I_{IN}	: コンバータの入力電流
V_{OUT}	: コンバータの出力電圧	I_{OUT}	: コンバータの出力電流
V_{F}	: ダイオードの順方向飽和電圧	$I_{\text{L(avg)}}$: インダクタ平均電流
OFF duty	: スイッチ OFF 時間		

変換効率 η は、下記式によって求められます。

$$\eta = (P_{\text{OUT}} \div P_{\text{IN}}) \times 100 \quad [\%]$$

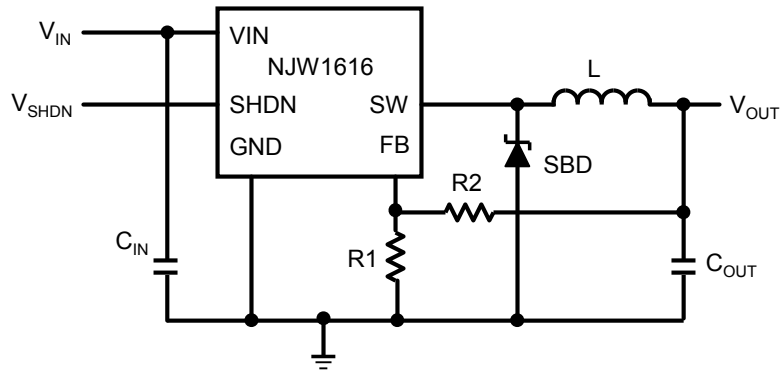
求めた消費電力 P_{D} に対して温度ディレーティングを考慮します。

「Power Dissipation vs. Ambient Temperature」特性例を参考に、定格内に収まるか確認してください。

■ アプリケーション設計例

● 降圧アプリケーション仕様

IC : NJW1616F1-AT
 入力電圧 : $V_{IN}=12V$
 出力電圧 : $V_{OUT}=3.3V$
 出力電流 : $I_{OUT}=0.6A$
 発振周波数 : $f_{osc}=500kHz$

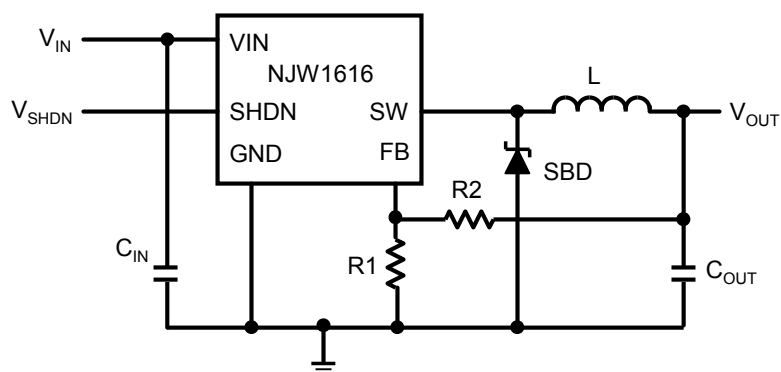


記号	数量	部品番号	概要	メーカー
IC	1	NJW1616F1-AT	0.6A MOSFET 内蔵 SW.REG. IC	New JRC
L	1	CDRH6D28NP-220NC	Inductor 22 μ H, 1.2A	Sumida
SBD	1	MBRM140T3G	Schottky Diode 40V, 1A	ON Semiconductor
C _{IN1}	1	GRM31CB31H225KA87	Ceramic Capacitor 3216 2.2 μ F, 50V, B	Murata
C _{OUT}	1	GRM32EB31C476ME15	Ceramic Capacitor 3225 47 μ F, 16V, B	Murata
R1	1	3.3k Ω	Resistor 1608 3.3k Ω , $\pm 1\%$, 0.1W	Std.
R2	1	5.6k Ω	Resistor 1608 5.6k Ω , $\pm 1\%$, 0.1W	Std.

■ アプリケーション設計例

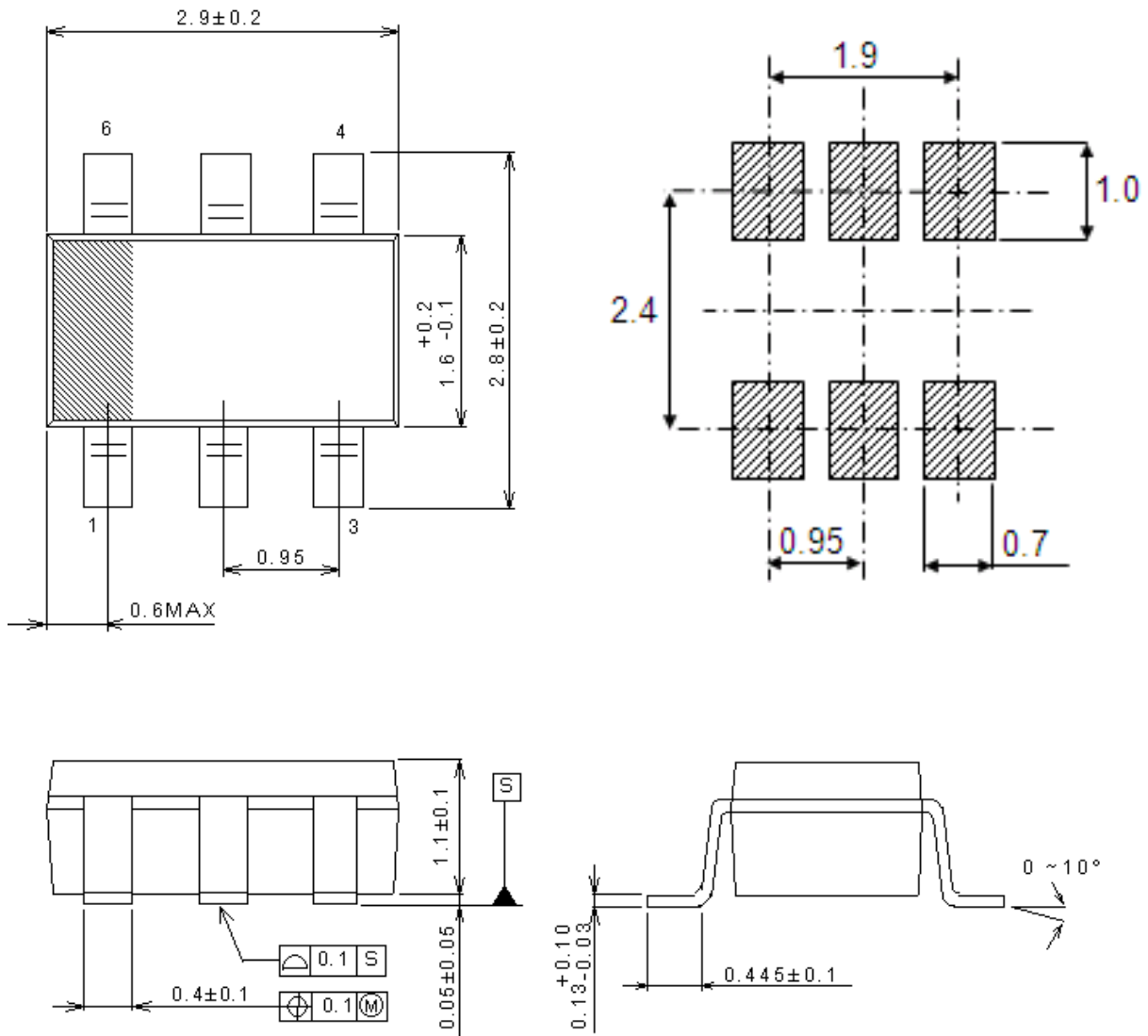
● 降圧アプリケーション仕様

IC : NJW1616F1-AT
 入力電圧 : $V_{IN}=12V$
 出力電圧 : $V_{OUT}=5V$
 出力電流 : $I_{OUT}=0.6A$
 発振周波数 : $f_{osc}=500kHz$



記号	数量	部品番号	概要	メーカー
IC	1	NJW1616F1-AT	0.6A MOSFET 内蔵 SW.REG. IC	New JRC
L	1	CDRH6D28NP-220NC	Inductor 22 μ H, 1.2A	Sumida
SBD	1	MBRM140T3G	Schottky Diode 40V, 1A	ON Semiconductor
C_{IN1}	1	GRM31CB31H225KA87	Ceramic Capacitor 3216 2.2 μ F, 50V, B	Murata
C_{OUT}	1	GRM32EB31C476ME15	Ceramic Capacitor 3225 47 μ F, 16V, B	Murata
R1	1	3.9k Ω	Resistor 1608 3.9k Ω , $\pm 1\%$, 0.1W	Std.
R2	1	12k Ω	Resistor 1608 12k Ω , $\pm 1\%$, 0.1W	Std.

PACKAGE OUT LINE
SOT-23-6-1



NOTES

All linear dimensions are in millimeters.

This drawing is subject to change without notice.

<注意事項>
このデータシートの掲載内容の正確さには
万全を期しておりますが、掲載内容について
何らかの法的な保証を行うものではありません。
とくに応用回路については、製品の代表
的な応用例を説明するためのものです。また、
工業所有権その他の権利の実施権の許諾を伴
うものではなく、第三者の権利を侵害しない
ことを保証するものでもありません。
本データシートに記載されている商標は、各社
に帰属します