

# LM3478,LM3488

*Application Note 1484 Designing A SEPIC Converter*



Literature Number: JAJA298

# SEPIC コンバータの設計

National Semiconductor  
Application Note 1484  
Wei Gu, Dongbing Zhang  
2008 年 4 月



## はじめに

SEPIC (Single Ended Primary Inductance Converter) 回路は、出力に入力電圧よりも高い電圧あるいは低い電圧が得られます。Figure 1 に示すように SEPIC コンバータは 2 個のインダクタ L1 と L2 を使用します。いずれのインダクタにもスイッチング・サイクル全体にわたって同一電圧が印加されるため、2 つが同一のコアに巻かれてあっても構いません。

結合型インダクタを使えば PCB 上の実装面積を小さくできるほか、別々のインダクタを使用するよりも一般にコストを抑えられます。コンデンサ Cs は入力と出力とを分離するとともに、負荷短絡に対して保護の役割を担います。Figure 2 と Figure 3 に SEPIC コンバータの電流フローとスイッチング波形をそれぞれ示します。

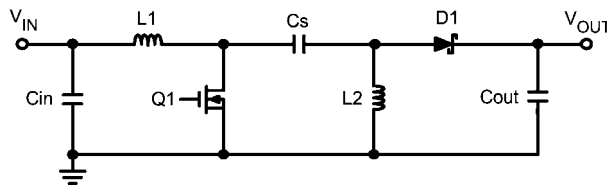


FIGURE 1. SEPIC Topology

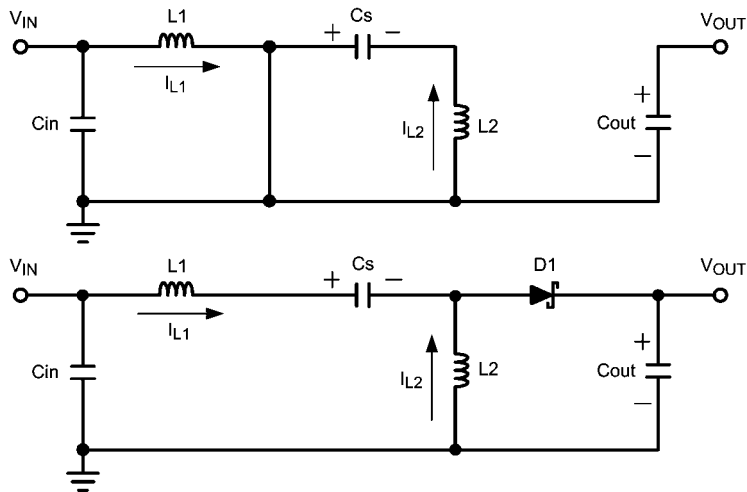


FIGURE 2. SEPIC Converter Current Flow  
Top: During Q1 On-Time,  
Bottom: During Q1 Off-Time

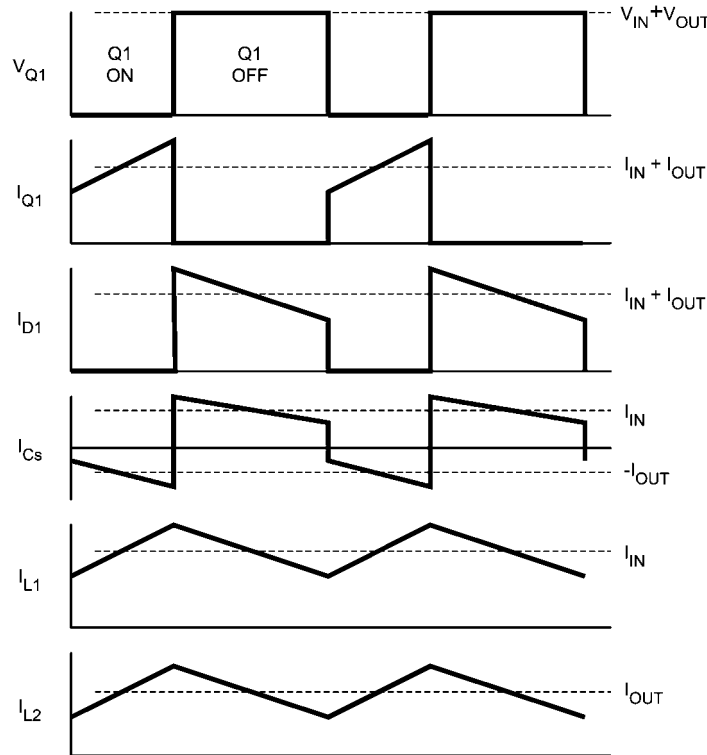


FIGURE 3. SEPIC Converter Switching Waveforms  
(V<sub>Q1</sub>: Q1 Drain to Source Voltage)

### デューティ・サイクルの検討

SEPIC コンバータが連続導通モード (CCM) で動作しているとき、デューティ・サイクルは次式で与えられます。

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

V<sub>D</sub> はダイオード D1 の順方向電圧です。最大デューティ・サイクルは次のとおりです。

$$D_{max} = \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN(min)} + V_{OUT} + V_D}$$

### インダクタの選択

インダクタ値を決める指針の 1 つが、入力電圧が最低のときインダクタのピーク・ツー・ピーク・リップル電流が最大入力電流の 40% になるように決める方法です。インダクタンスが等しい L1 と L2 に流れるリップル電流は次の式で与えられます。

$$\Delta I_L = I_{IN} \times 40\% = I_{OUT} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN(min)}} \times 40\%$$

インダクタンス値は次式から求めます。

$$L1 = L2 = L = \frac{V_{IN(min)}}{\Delta I_L \times f_{sw}} \times D_{max}$$

f<sub>sw</sub> はスイッチング周波数、D<sub>max</sub> は最低 V<sub>in</sub> におけるデューティ・サイクルです。インダクタが飽和してはならないピーク電流は次式で与えられます。

$$I_{L1(peak)} = I_{OUT} \times \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN(min)}} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right)$$

$$I_{L2(peak)} = I_{OUT} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right)$$

L1 と L2 が同一コアに巻かれている場合、相互インダクタンスによって上式のインダクタンスを 2L に置き換えます。インダクタンス値は次式で求めます。

$$L1' = L2' = \frac{L}{2} = \frac{V_{IN(min)}}{2 \times \Delta I_L \times f_{sw}} \times D_{max}$$

### パワー MOSFET の選択

MOSFET の選択で中心的となるパラメータは、スレッシュホールド電圧の最小値 V<sub>th(min)</sub>、オン抵抗 R<sub>DS(ON)</sub>、ゲート・ドレイン電荷 Q<sub>GD</sub>、ドレインとソース間電圧の最大値 V<sub>DS(max)</sub> です。与えられるゲート・ドライブ電圧によって、ロジック・レベルまたはサブロジック・レベルのスレッシュホールドを持つ MOSFET を選択します。

## パワー MOSFET の選択 (つづき)

ピーク・スイッチ電圧は  $V_{in} + V_{out}$  に等しくなります。ピーク・スイッチ電流は次の式で与えられます。

$$I_{Q1(\text{peak})} = I_{L1(\text{peak})} + I_{L2(\text{peak})}$$

スイッチを流れる RMS 電流は次式で与えられます。

$$I_{Q1(\text{rms})} = I_{OUT} \sqrt{\frac{(V_{OUT} + V_{IN(\text{min})}) \times (V_{OUT} + V_D)}{V_{IN(\text{min})}^2}}$$

MOSFET の消費電力  $P_{Q1}$  は次式で与えられます。

$$P_{Q1} = I_{Q1(\text{rms})}^2 \times R_{DS(\text{ON})} \times D_{\text{max}} + (V_{IN(\text{min})} + V_{OUT}) \times I_{Q1(\text{peak})} \times \frac{Q_{GD} \times f_{sw}}{I_G}$$

MOSFET の総消費電力  $P_{Q1}$  は、上式の第一項に示されている導通損失と、第二項に示されるスイッチング損失の合計です。  $I_G$  はゲート・ドライブ電流です。  $R_{DS(\text{ON})}$  は接合部温度が最大のときの値を使用しなければなりません。一般にこの値は MOSFET のデータシートに示されています。導通損失とスイッチング損失の合計が、パッケージ定格または総サーマル・バジェットを超えないようにしてください。

## 出力ダイオードの選択

ピーク電流と逆電圧を扱える出力ダイオードを選択します。 SEPIC の場合、ダイオードのピーク電流はスイッチのピーク電流  $I_{Q1(\text{peak})}$  と等しくなります。ダイオードが耐えなければならないピーク逆電圧の最小値は次のとおりです。

$$V_{RD1} = V_{IN(\text{max})} + V_{OUT(\text{max})}$$

平均ダイオード電流は昇圧コンバータと同様に出力電流と等しくなります。ダイオードの消費電力は、出力電流にダイオードの順方向電圧降下を乗じて求めます。効率の低下を抑えるためにショットキ・ダイオードを推奨します。

## SEPIC 結合コンデンサの選択

SEPIC コンデンサ  $C_s$  は次式で与えられる RMS 電流に基づいて選択します。

$$I_{Cs(\text{rms})} = I_{OUT} \times \sqrt{\frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN(\text{min})}}}$$

SEPIC コンデンサの定格は負荷電流ではなく負荷電流の RMS 値によって考えます。この性質によって、SEPIC は、コンデンサを流れる RMS 値が (コンデンサ・テクノロジーに比べて) 相対的に小さい低電力アプリケーションにも適合します。SEPIC コンデンサの電圧定格は最大入力電圧よりも高くなければなりません。面実装のアプリケーションには、サイズに比べて大きな RMS 電流定格を有するタンタル・コンデンサかセラミック・コンデンサが最適です。スルーホール基板を用いるサイズに制約の少ないアプリケーションには、必要とする RMS 電流定格に対応できる電解コンデンサも適します。

$C_s$  に印加されるピーク・ツー・ピーク・リップル電圧は次のとおりです (ESR はゼロと仮定)。

$$\Delta V_{Cs} = \frac{I_{OUT} \times D_{\text{max}}}{C_s \times f_{sw}} \quad (1)$$

RMS 電流要件を満たすコンデンサを使用すれば、 $C_s$  に生じる電圧リップルはたいいていの場合小さくなります。すなわち、ピーク電圧は一般に入力電圧に近づきます。

## 出力コンデンサの選択

SEPIC コンバータでは、パワー・スイッチ Q1 がターンオンしている間はインダクタの充電が行われるため、出力電流は出力コンデンサから供給されます。そのため出力コンデンサに大きなリップル電流が流れます。したがって、最大 RMS 電流を取り扱うことのできる出力コンデンサを選択しなければなりません。出力コンデンサの最大 RMS 電流は次のとおりです。

$$I_{Cout(\text{rms})} = I_{OUT} \times \sqrt{\frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN(\text{min})}}} \quad (2)$$

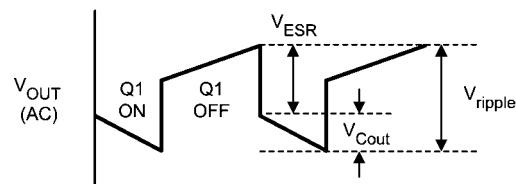


FIGURE 4. Output Ripple Voltage

出力リップルには、出力コンデンサの ESR、ESL、バルク容量が直接関係します。Figure 4 に示すように、リップルの半分は ESR で発生し、残りの半分は容量値で発生すると仮定します。すなわち、

$$ESR \leq \frac{V_{\text{ripple}} \times 0.5}{I_{L1(\text{peak})} + I_{L2(\text{peak})}} \quad (3)$$

$$C_{out} \geq \frac{I_{OUT} \times D}{V_{\text{ripple}} \times 0.5 \times f_{sw}} \quad (4)$$

出力コンデンサは、RMS 電流、ESR、容量の各要件を満たさなければなりません。面実装アプリケーションでは、出力にタンタル、高分子電解、高分子タンタル、または積層セラミック・コンデンサを推奨します。

## 入力コンデンサの選択

昇圧コンバータと同じく SEPIC は入力にインダクタを用います。そのため入力電流波形は連続した三角波になります。インダクタは入力コンデンサから見えるリップル電流を相対的に小さくする働きがあります。入力コンデンサの RMS 電流は次のとおりです。

$$I_{Cin(\text{rms})} = \frac{\Delta I_L}{\sqrt{12}} \quad (5)$$

入力コンデンサはこの RMS 電流を扱うことができなければなりません。SEPIC アプリケーションでは入力コンデンサはそれほど重要ではありませんが、 $10 \mu\text{F}$  以上の品質の良いコンデンサを使用すれば、入力電源との間でインピーダンスの相互作用が生じることはないでしょう。

SEPIC コンバータの設計例

入力電圧 (V<sub>IN</sub>) : 3.0V ~ 5.7V

出力電圧 (V<sub>OUT</sub>) : 3.3V

出力電流 (I<sub>OUT</sub>) : 2.5A

スイッチング周波数 (f<sub>sw</sub>) : 330kHz

LM3478 コントローラを例として使用します。回路図を Figure 5 に示します。

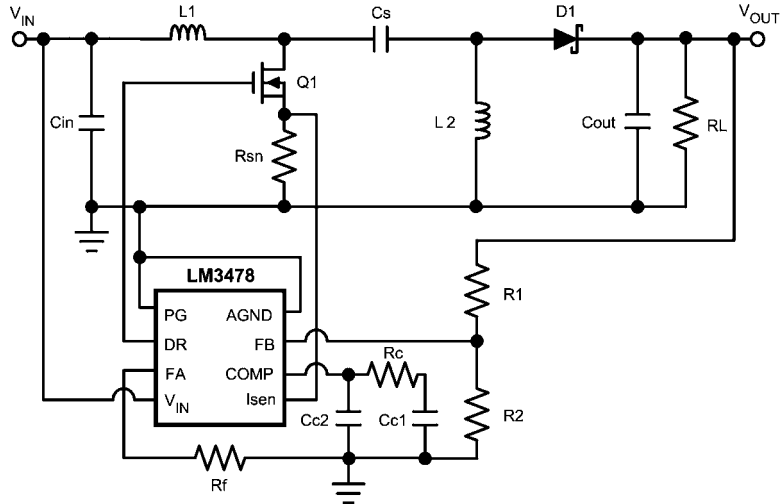


FIGURE 5. Schematic

ステップ 1: デューティ・サイクルの計算  
V<sub>D</sub> を 0.5V とすると、

$$D_{max} = \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN(min)} + V_{OUT} + V_D} = \frac{3.3 + 0.5}{3.0 + 3.3 + 0.5} = 0.56 \quad (6)$$

$$D_{min} = \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN(max)} + V_{OUT} + V_D} = \frac{3.3 + 0.5}{5.7 + 3.3 + 0.5} = 0.40 \quad (7)$$

ステップ 2: インダクタの選択  
入力インダクタ L1 のリップル電流は、

$$\Delta I_L = I_{OUT} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN(min)}} \times 40\% = 2.5 \times \frac{3.3}{3.0} \times 0.4 = 1.1A \quad (8)$$

L1 と L2 のインダクタンスは、

$$L1 = L2 = L = \frac{V_{IN(min)}}{\Delta I_L \times f_{sw}} \times D_{max} = \frac{3.0}{1.1 \times 330k} \times 0.56 = 4.6 \mu H \quad (9)$$

市販のインダクタで最も近い値から 4.7 μH を選択します。

ピーク・インダクタ電流は、

$$I_{L1(peak)} = I_{OUT} \times \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN(min)}} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) = 2.5 \times \frac{3.3 + 0.5}{3.0} \times 1.2 = 3.8A \quad (10)$$

L2 のピーク電流は、

$$I_{L2(peak)} = I_{OUT} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) = 2.5 \times 1.2 = 3A \quad (11)$$

ステップ 3 : パワー MOSFET の選択

MOSFET のピーク電流は、

$$I_{Q1(peak)} = I_{L1(peak)} + I_{L2(peak)} = 3.8 + 3 = 6.8A \quad (12)$$

RMS 電流は、

$$I_{Q1(rms)} = I_{OUT} \sqrt{\frac{(V_{OUT} + V_{IN(min)} + V_D) \times (V_{OUT} + V_D)}{V_{IN(min)}^2}} = 2.5 \times \sqrt{\frac{(3.3 + 3.0 + 0.5) \times (3.3 + 0.5)}{3.0^2}} = 4.2A \quad (13)$$

MOSFET のドレイン電圧定格は V<sub>IN</sub> + V<sub>OUT</sub> よりも高くなければなりません。ここでは Si4442DY (R<sub>DS(ON)</sub> = 8mΩ、Q<sub>GD</sub> = 10nC) を選択します。LM3478 のゲート・ドライブ電流 I<sub>G</sub> は 0.3A です。

## SEPIC コンバータの設計例 (つづき)

電力損失の推定は、

$$\begin{aligned} P_{Q1} &= I_{Q1(\text{rms})}^2 \times R_{DS(\text{ON})} \times D_{\text{max}} + (V_{\text{IN}(\text{min})} \\ &\quad + V_{\text{OUT}}) \times I_{Q1(\text{peak})} \times \frac{Q_{\text{GD}} \times f_{\text{sw}}}{I_{\text{G}}} \\ &= 4.2^2 \times 8\text{m} \times 0.56 + (3 + 3.3) \times 6.8 \\ &\quad \times \frac{10\text{n} \times 330\text{k}}{0.3} = 0.55\text{W} \end{aligned} \quad (14)$$

ステップ 4: 出力ダイオードの選択

ダイオードの逆電圧定格は  $V_{\text{IN}} + V_{\text{OUT}}$  よりも高くなければなりません。また、ダイオードの平均電流はフル負荷時に出力電流と等しくなります。

ステップ 5: SEPIC 結合コンデンサの選択

$C_s$  の RMS 電流は、

$$\begin{aligned} I_{\text{Cs}(\text{rms})} &= I_{\text{OUT}} \times \sqrt{\frac{V_{\text{OUT}} + V_{\text{D}}}{V_{\text{IN}(\text{min})}}} \\ &= 2.5 \times \sqrt{\frac{3.3 + 0.5}{3.0}} = 2.8\text{A} \end{aligned}$$

リップル電圧は、

$$\Delta V_{\text{Cs}} = \frac{I_{\text{OUT}} \times D_{\text{max}}}{C_s \times f_{\text{sw}}} = \frac{2.5 \times 0.56}{10\mu\text{F} \times 330\text{k}} = 0.42\text{V}$$

10  $\mu\text{F}$  のセラミック・コンデンサを選択します。

ステップ 6: 出力コンデンサの選択

出力コンデンサの RMS 電流は、

$$I_{\text{Cout}(\text{rms})} = I_{\text{Cs}(\text{rms})} = 2.8\text{A}$$

ピーク・ツー・ピーク・リップルを出力電圧 3.3V の 2% とすると、出力コンデンサの ESR は、

$$\begin{aligned} \text{ESR} &\leq \frac{V_{\text{ripple}} \times 0.5}{I_{\text{L1}(\text{peak})} + I_{\text{L2}(\text{peak})}} = \frac{0.02 \times 3.3 \times 0.5}{3.8 + 3} \\ &= 4.8\text{m}\Omega \end{aligned}$$

また、その容量は、

$$\begin{aligned} \text{Cout} &\geq \frac{I_{\text{OUT}} \times D_{\text{max}}}{V_{\text{ripple}} \times 0.5 \times f_{\text{sw}}} = \frac{2.5 \times 0.56}{0.02 \times 3.3 \times 0.5 \times 300\text{k}} \\ &= 141\mu\text{F} \end{aligned}$$

2 個の 100  $\mu\text{F}$  (ESR 6m ) セラミック・コンデンサを選択して構成します。コストが重要なアプリケーションでは、電解コンデンサとセラミック・コンデンサを組み合わせても構いません。ノイズが重要なアプリケーションではフィルタと組み合わせても構いません。

ステップ 7: 入力コンデンサの選択

入力コンデンサの RMS 電流は、

$$I_{\text{Cin}(\text{rms})} = \frac{\Delta I_{\text{L}}}{\sqrt{12}} = \frac{1.1}{\sqrt{12}} = 0.32\text{A}$$

ステップ 8: 帰還抵抗と電流センス抵抗の計算、および周波数設定抵抗の選択

$R_1$  は分圧回路の上側抵抗、 $R_2$  は下側抵抗です。帰還リファレンス電圧は 1.26V です。

$R_1 = 20\text{k}$  とすると、

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{V_{\text{REF}}}{V_{\text{OUT}} - V_{\text{REF}}} \times R_1 = \frac{1.26}{3.3 - 1.26} \times 20\text{k} \\ &= 12.4\text{k}\Omega \end{aligned}$$

LM3478 の場合、電流保護をトリガするスレッシュホールド電圧はデューティ・サイクルによって異なります。スレッシュホールドは、0%のデューティ・サイクルでは  $V_{\text{sense}}$  によって、100%のデューティ・サイクルでは  $V_{\text{sense}} - V_{\text{sl}}$  によって規定されるランプです。 $V_{\text{sense}}$  と  $V_{\text{sl}}$  の値は LM3478 のデータシートの「電気的特性」を参照してください。データシートには代表的な電流センス電圧とデューティ・サイクルの関係を示すグラフも掲載されています。例では、デューティ・サイクルをおよそ 50% で計算しており、次の計算を簡単にするために電流制限スレッシュホールドの値に 130mV を使用します。ゆえに、センス抵抗値は、

$$R_{\text{sn}} = \frac{130\text{mV}}{I_{\text{Q1}(\text{peak})}} = \frac{130\text{m}}{6.8} = 19\text{m}\Omega$$

330kHz 動作に必要な  $R_f$  はおよそ 50k です。

ステップ 9: 補償回路

ピーク電流モード制御の SEPIC コンバータの場合、制御信号から出力に至る伝達関数に存在する負荷ポールの周波数は  $1/(2 \times R_L \times \text{Cout})$  と見込まれます。また、出力コンデンサの ESR ゼロの周波数は  $1/(2 \times \text{ESR} \times \text{Cout})$  です。ここで、 $R_L$  は負荷抵抗、 $\text{Cout}$  は出力容量、ESR は出力コンデンサの等価直列抵抗です。また、周波数 ( $f_{\text{RHPZ}}$ ) が次式で与えられる右半面ゼロも存在します。

$$\begin{aligned} f_{\text{RHPZ}} &= \frac{(1 - D_{\text{max}})^2 \times V_{\text{OUT}}}{2\pi \times D_{\text{max}} \times L_2 \times 0.5 \times I_{\text{OUT}}} \\ &= \frac{(1 - 0.56)^2 \times 3.3}{2\pi \times 0.56 \times 4.7\mu\text{H} \times 0.5 \times 2.5} = 31\text{kHz} \end{aligned}$$

さらに、SEPIC コンデンサ  $C_s$  とインダクタ  $L_2$  によって形成されるネットワークの共振周波数に「グリッチ」が生じます。

$$\begin{aligned} f_{\text{R}} &= \frac{1}{2\pi \times \sqrt{L_2 \times C_s}} = \frac{1}{2\pi \times \sqrt{4.7\mu\text{H} \times 10\mu\text{F}}} \\ &= 23\text{kHz} \end{aligned}$$

クロスオーバー周波数を  $f_{\text{RHPZ}}$  または  $f_{\text{R}}$  の低いほうの  $1/6$  の周波数に設定します。

$$f_{\text{c}} = \frac{f_{\text{R}}}{6} = \frac{23\text{k}}{6} = 3.8\text{kHz}$$

部品  $C_{\text{c1}}$ 、 $C_{\text{c2}}$ 、 $R_{\text{c}}$  は補償ネットワークを構成し、このネットワークのゼロは  $1/(2 \times R_{\text{c}} \times C_{\text{c1}})$ 、ポール 1 はローloffの開始周波数、もうひとつのポール 2 は  $1/(2 \times R_{\text{c}} \times C_{\text{c2}})$  に存在します。

ここで、 $V_{\text{REF}}$  は 1.26V のリファレンス電圧、 $V_{\text{OUT}}$  は出力電圧、 $G_{\text{CS}}$  は電流センス・ゲインで  $100\text{A/V}$  (およそ  $1/R_{\text{sn}}$ )、 $G_{\text{ma}}$  は誤差アンプのトランスコンダクタンス ( $800\mu\text{mho}$ ) です。

所望のクロスオーバー周波数が得られるよう  $R_{\text{c}}$  を選択します。

## SEPIC コンバータの設計例 (つづき)

$$R_c = \frac{2\pi \times f_c \times C_{OUT} \times V_{OUT}^2 \times (1 + D_{max})}{G_{cs} \times G_{ma} \times V_{REF} \times V_{IN(min)} \times D_{max}}$$

$$= \frac{2\pi \times 3.8k \times 200\mu \times 3.3^2 \times (1 + 0.56)}{91 \times 800\mu \times 1.26 \times 3.0 \times 0.56}$$

$$= 523\Omega$$

補償ネットワークのゼロがクロスオーバー周波数の 1/4 になるように Cc1 を選択します。

$$C_{c1} = \frac{4}{2\pi \times f_c \times R_c} = \frac{4}{2\pi \times 3.8k \times 523} = 330 \text{ nF}$$

1/(2 R<sub>c</sub>\*C<sub>c2</sub>) に生じるポールで 1/(2 ESR\*C<sub>out</sub>) に生じる ESR ゼロを打ち消します。

$$C_{c2} = \frac{C_{OUT} \times ESR}{R_c} = \frac{200\mu \times 3m}{523} = 1.2 \text{ nF}$$

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は負いかねます。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](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、それを超過し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。
- マウンタやはんだ付け設備等、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