



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

高周波DC-DCコンバータをポータブル・デザインに利用する方法

APPLICATION NOTE

はじめに

リチウムイオン・バッテリー1個から給電されるポータブル・デザインでは、デジタル集積回路に電力を供給するためのレギュレータの数が増加する一方です。携帯電話では複雑な電源管理を行っていますが、メイン・パワーICでは電力が供給できない多数の電話機能や、MP3プレイヤー、デジタル・カメラ、ワイヤレス・モデム、DSLモデム、USBパワード・デバイスなどのアプリケーション用として、単一出力コンバータが別に必要になることがよくあります。

一般的なコア電圧は、すでに1.8 V、1.5 V、1.3 V、さらには0.9 Vまでも低下しましたが、標準的なI/O電圧も3.3 Vから2.5 Vまたは1.8 Vに低下しています。したがって、低い出力電圧でも高効率を維持するには、リニア・レギュレータの代わりにバック・コンバータ・アーキテクチャを選択しなければなりません。

この効果的なソリューションは簡単に組み込むことができそうですが、高速スイッチング周波数で非常に効率的な解決策を得るには、設計に細心の注意を払う必要があります。本資料では、外付部品の要件と基板レイアウトに関する推奨事項について検討します。

外付LCフィルタの最適化

ハンドヘルド機器の設計者はスペース要件の問題に常に悩んでいます。そのため、ポータブル・デザインでは降圧コンバータのサイズが重要な要件になります。インダクタ値を下げるとインダクタは小さく薄くなり、アプリケーションを小型化することができます。その代わりに、コンバータのスイッチング周波数は必ず上昇します。現在この周波数の上限は高効率を維持するために、集積回路技術により3 MHzに制限されており、これもポータブル・デザインでバッテリーの寿命を延ばすための重要なパラメータの1つです。

NCP1522Bはスイッチング周波数が3MHzと最も高い降圧DC-DCレギュレータの1つです。インダクタとコンデンサ1個ずつで形成される2~3個のパッシブ・フィルタ(いわゆるLCフィルタ)と組み合わせて使用します。降圧コンバータのDC特性およびAC特性において高効率を維持するには、高周波数時の外付部品の選択が重要です。以下、いくつか例を示します。

- 効率：動作周波数が高いとインダクタ値を小さくできます。それによって、寄生直列抵抗成分および付随する損失も減少します。極端な小型化が必要な場合のために、NCP1522Bには0.55 mm厚のμDFNパッケージも用意されています。薄型インダクタが市販されていますが、全体の効率を高く維持するには、直列抵抗成分を慎重に確認する必要があります。
- 最大出力電流：インダクタのDC電流の最大定格に従って、インダクタがアプリケーションに必要な最大電流に耐えられることを確認してください。
- 負荷トランジェント：DC-DCコンバータでの出力コンデンサの働きはエネルギーを蓄えることです。負荷トランジェントに対する要件が厳しい場合は、出力コンデンサの容量を倍にして、十分な負荷過渡応答が得られるようにします。
- ループ安定性：製品のサイズを最適化して実装しやすくするために、補償回路が内蔵されています。この種の部品は、使用するのも実装するのも非常に簡単ですが、規則に従って外付LCフィルタを選択しなければなりません。3 MHzにおいて、内蔵の補償回路はタンク周波数50 kHz (NCP1522Bの場合)に合わせて内部で固定され最適化されています。式1の条件を満たすどのインダクタ/コンデンサの組み合わせでも使用できます。

$$f_t = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \times C_{OUT}}} = 50 \text{ kHz} \quad (\text{eq. 1})$$

Table 1. NCP1522B μDFN, OUTPUT L-C FILTER RECOMMENDED

Inductance (L)	Output Capacitor (C _{OUT})
2.2 μH	4.7 μF
1.0 μH	10 μF

- リップル電圧：リップル電圧はインダクタと出力コンデンサの選択値に左右されます。最初に、式2および式3で出力リップルを計算して、インダクタンスに流れるインダクタ電流を求めてください。

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{L \times f_{SW}} \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \quad (\text{eq. 2})$$

$$\Delta V_{OUT} = \Delta I_L \times \left(\frac{1}{4 \times f_{SW} \times C_{OUT}} + \text{ESR} \right) \quad (\text{eq. 3})$$

各記号の意味は以下のとおりです。

- ΔV_{OUT} : PWMモード時の出力電圧リップル
- ΔI_L : インダクタ・リップル電流のピーク・ツーン・ピーク値
- L : インダクタの値
- C_{OUT} : 出力コンデンサ
- ESR : 出力コンデンサの直列抵抗成分
- f_{SW} : スイッチング周波数

式2および3から分かるように、高速DC-DCコンバータほどリップルは小さくなります。また、低ESR値のセラミック・コンデンサは、出力リップル電圧が最小になるため強く推奨されます。

最小のポータブル・デザインでは、スイッチング周波数の高いDC-DCコンバータを組み込まなければなりません。出力LCフィルタを構成する際は、サイズ、価格、性能について適切なバランスを図る必要があります。

出力電圧を設定する

適正に動作させるには、アプリケーションには4.7 μF のデカップリング・コンデンサと外付抵抗ブリッジも必要であり、部品は全部で5個になります。一般的な出力電圧値がいくつか内部で固定されている場合でも、幅広い範囲でいくつかの出力電圧を設定できるよう、DC-DCコンバータは一般に外付抵抗ブリッジで調整できるようになっています。

NCP1522Bは0.9~3.3 Vの範囲で調整可能です。この場合、フィードバック電圧(FB)は内部で0.6 Vに設定された電圧リファレンスと比較されます。 V_{OUT} の値は、R1、R2の値に応じて以下の式で求められます。

$$V_{OUT} = V_{FB} \times \left(1 + \frac{R1}{R2} \right) \quad (\text{eq. 4})$$

- V_{OUT} : 出力電圧(V)
- V_{FB} : フィードバック電圧 = 0.6 V
- R1 : V_{OUT} とFB間のフィードバック抵抗
- R2 : FBとGND間のフィードバック抵抗

電力消費を抑えかつノイズ耐性も確保したい場合、FBとGND間の抵抗(R2)は、100~600 k Ω の範囲にしてください。R2が300 k Ω の場合は、分圧器を流れる電流は2.0 μA です。

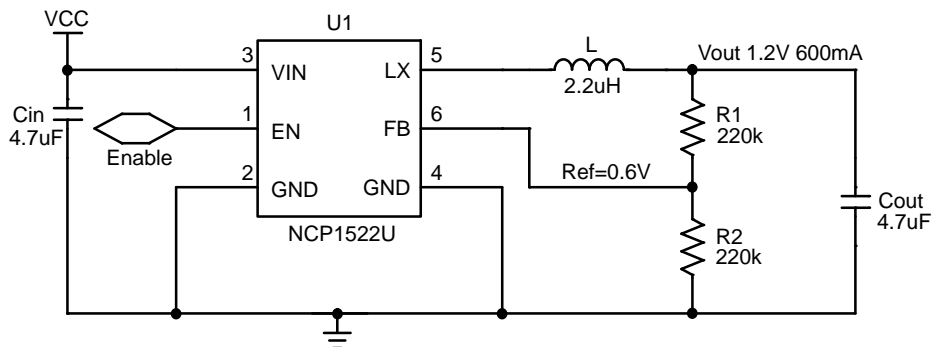


Figure 1. NCP1522B μDFN -6, Output Voltage Setting at 1.2 V

R1 = 220 k Ω 、R2 = 220 k Ω のように、両方の抵抗を同じ値にすれば出力電圧は1.2 Vに設定されます。電圧の精度を上げるには、誤差が1%未満の抵抗値が推奨されます。

ダイナミック・ボルテージ・マネジメントを使用する

機能および性能に対する要求が高まっている中、今まで以上に優れた手段で携帯機器のバッテリー寿命を延長する必要があります。PFMモードのような最新技術で静止電流を低く抑えてバッテリー寿命を延長することは可能ですが、動作時の電力消費を低減するために、DC-DCコンバータから電力が供給されているデジタルICの大半がダイナミック・パワー・マネジメントをサポートできます。これを実装する方法は2つあります。ダイナミック・クロック・マネジメントとダイナミック・ボルテージ・マネジメントです。状況に応じて出力電圧を調整するための単純な方法は、抵抗ネットワークの値を変更することです。

Figure 2に、NCP1522Bで出力電圧を1.2 Vと1.5 Vで切り替える簡単な方法を示します。

デジタル信号“Select”によりQ1はR3の状態を切り替え、それによって分圧器ネットワーク値を1.2 Vと1.5 Vとの間で調整します。“Select”信号が“L”のときQ1がターンオンするため、出力電圧は1.5 Vに設定されます。“Select”信号が“H”になるとQ1がターンオフし、出力電圧は1.2 Vに設定されます。インバータU2が必要なのは、“Select”電圧I/Oが不十分でQ1を切り替えることができない場合だけです。“H”から“L”および“L”から“H”への電圧遷移中にも適切な動作を行わせ、電圧上昇時または下降時に電圧が上がりすぎないまたは下がりすぎないようにするために、R4/C4回路網を追加することによって、Q1のターンオン/ターンオフ・エッジを鈍くしてあります。この回路網は調整できるので、最終的な部品値は、具体的なアプリケーションの要件に応じて選択してください。

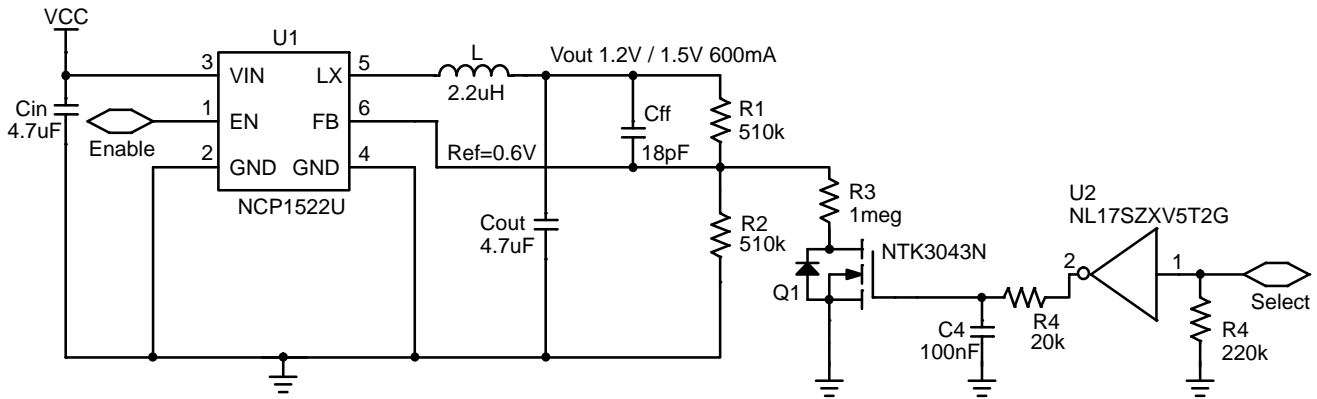


Figure 2. NCP1522B μ DFN-6, 1.2 V to 1.5 V Dynamic Voltage Management

出力電圧は、式1のR2を下のREQに置き換えれば求まります。

$REQ = FB$ とGND間の等価抵抗値

式1を使用すれば、各電圧でのR1およびREQの値が簡単に求まります。100~600 k Ω の範囲で標準的な抵抗値を使用すると、REQの値は以下のようになります。

- $REQ = 510 \text{ k}\Omega$ のとき $V_{out} = 1.2 \text{ V}$
- $REQ = 330 \text{ k}\Omega$ のとき $V_{out} = 1.5 \text{ V}$

これらの値から、R2 = 510 k Ω とします。R3も簡単に求まります。REQ = 330 k Ω 、R2 = 510 k Ω なので、R3 = 1 M Ω となります。

出力電圧の精度を最適化するために、誤差が1%未満の抵抗値を推奨します。

基板レイアウトに関する推奨事項

高周波DC-DCコンバータを実装するには、いくつかのルールを遵守する必要があります。

スイッチング・レギュレータが内部およびアプリケーション・ノイズを発生しないようにするために、優れた基板レイアウトが重要となります。どのクローズ・ループ・システムにも言えることですが、外部からの寄生信号がフィードバック端子に結合しないよう、細心の注意が必要です。携帯機器のデジタル回路は大量の電流を消費するので、バッテリーからグラウンド層への大電流経路で形成されるループと、いわゆる電流ループを、当該デバイスの入力から出力まで設計者が入念にチェックしなければなりません。

一般に携帯電話には、グラウンド・プレーンを1層と電源プレーンを1層持つ4層基板が使用されます。しかしそれだけでは、大電流を消費するデジタル回路を組み込んだその他のアプリケーションはこれらの推奨事項に適合できません。この場合は、以下に列挙するように、基板レイアウトに特に注意する必要があります。

- できれば電源プレーンとグラウンド・プレーンを別々に設け、寄生成分について常に検討を怠らないこと。
- 1点アースを使用すること。
- 入力コンデンサは、低インダクタンスのトレースを使用し、ICの近くに配置すること。
- バイア・ホールは電流ループ上には設けないこと。バイア・ホールはインダクタンスおよび抵抗成分が大きくなります。バイア・ホールが必要な場合は、寄生成分を減少させるために必ず複数のバイア・ホールを並列に設けること。
- di/dt が高い信号(V_{IN} & V_{OUT})：トレースを短く広くし、かつ間隔を狭めること。これにより、浮遊インダクタンスが減少し、電流ループの面積が小さくなってEMIの影響を受けなくなります。
- dv/dt が高い信号(SW)：銅トレースを最小限にして、他のトレースとの間やグラウンド・プレーンとの間に、意図しないコンデンサが形成されないようにすることです。最良の方法は、信号とリターンを同じ層で配線することです。
- スwitching・ノード端子からインダクタまでのトレースを短くすること。
- 大電流が流れる場合は、短く広いトレースを使用すること。
- 出力電圧のフィードバック・サンプリングは出力コンデンサ部分で行い、シールドで保護すること。
- アナログ信号経路と電源経路を分離すること。
- オートルータ機能は使用しないこと。
- 熱について検討すること。

NCP1522B μ DFN-6に実装される4層の評価基板での推奨レイアウトをFigure 3に示します。

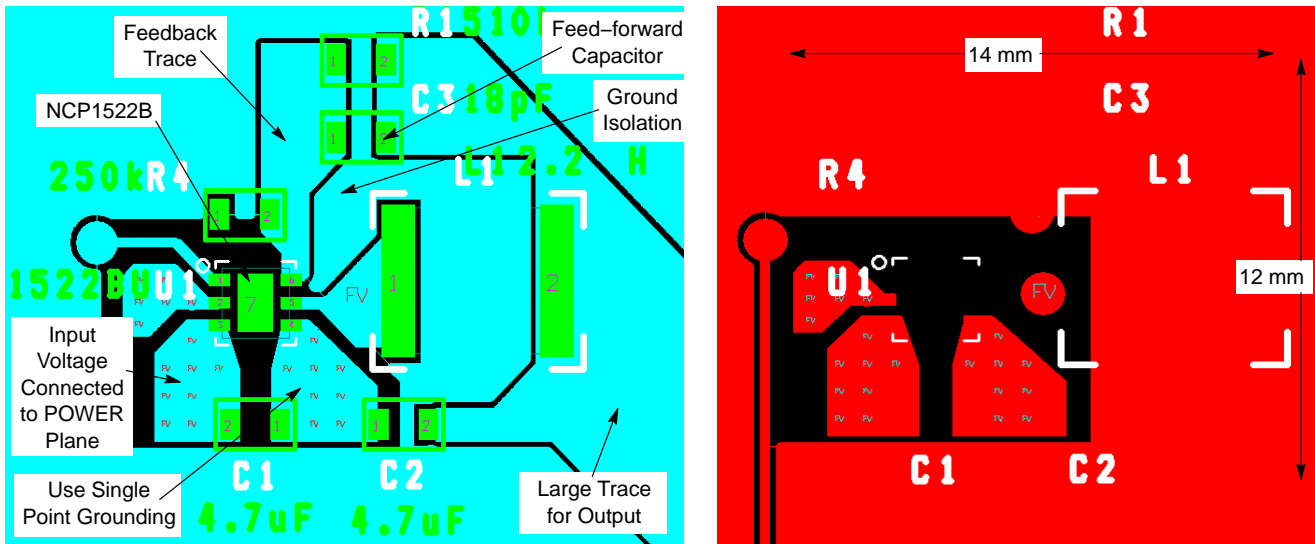


Figure 3. NCP1522B μDFN-6, Top & Bottom Layout Routing

これらの図は、3 MHzスイッチング・レギュレータNCP1522Bの周辺に5個の部品を実装する基板レイ

アウトを示します。インダクタを小さくすれば(最小1 μH)、さらなる小型化が可能です。

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起こり得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:
Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com
Order Literature: http://www.onsemi.com/orderlit
For additional information, please contact your local Sales Representative