

Journal of Analog Innovation

2013年7月

第23期第2号

この号の内容

電源の優先順位の適正化 8

高効率のスイッチングと低ノイズの
リニア・レギュレーションを兼ね備えた
μModule DC/DCコンバータ 18

帯域幅が30MHzを超える、SNRが
64dBでSFDRが80dBの325MHz
IFサンプリング・システムの
リファレンス・クロック分配 26

画像用のほぼノイズのない
A/Dコンバータ・ドライバ 31

自動車用DDR電源の スタンバイ電流を極力減らすには

David Gilbert

ノートPCやスマートフォンの電源を立ち上げるときには待つことができる人でも、車のエンジンをかけるときには待ちたくない方が多いようです。車の場合、ナビゲーション・システムやインフォテイメント・システムなどの機器をすぐに使いたいユーザが多いため、自動車メーカーはなるべく早く起動できるように設計するよう努力しています。そのための方策の1つが、イグニション・スイッチがオフの状態でもDRAM(ダイナミック・メモリ)を常に動作状態にしておくことです。

自動車に使われているDDR3メモリは1.5V電源で動作し、そのピーク負荷電流は2Aを超えています。このため、効率の高いDC/DCコンバータを用いて熱の発生を最小限に抑えることが望ましいです。これらのアプリケーションでは、自動車が走行していないときのバッテリの消費を抑えるため、軽負荷時の効率も同様に重要です。DDR

メモリはスタンバイ時に1.5V電源から1mA～10mAを消費することがあります。長期間の駐車中にバッテリから10mAが流れることは許されません。

この制約により、リニア・レギュレータは使用できません。入力電流と出力電流が等しいからです。これに対して、降圧スイッチング・レギュレータに流れる入力電流は降圧比に比例して負荷電流より少くなります。

$$I_{IN} = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{V_{OUT} \cdot I_{OUT}}{V_{IN}}$$

ここで、 η は効率(0～1)です。

LT®8610AB同期整流式降圧レギュレータが1mA負荷のとき約83%の効率を達成している様子を図1に示します。バッテリ電圧が12Vで1.5V出力の負荷電流が1mAの場合、入力電流の計算値はわずか151μAです。



LT8610は自動車用機器に常時オンの電源を供給します。

(4ページへ続く)

LT8610AおよびLT8610ABは、部品点数が少なく、最小入力電圧が低く、低静止電流で、広い負荷範囲で高い効率を備えています。これらの特長により、LT8610AおよびLT8610ABは、自動車アプリケーションでDDRメモリに予備電源を供給する用途に最適です。

(LT8610A/AB、1ページからの続き)

車載バッテリから1.5V DDRメモリへの直接のDC/DC変換

LT8610AおよびLT8610ABは、自動車システム専用に設計された、同期整流式モノリシック降圧レギュレータです。これらのデバイスは3.5Aを供給する一方で、消費する静止電流はわずか2.5 μ Aです。これらのデバイスを用いた回路を設計するのは簡単です。他の半導体を用いる必要はありません。これらのデバイスは安価なセラミック・コンデンサを取り付ければ動作します。また、MSOPパッケージのリードは半田付けと検査が容易です。最小オン時間が標準で30ns(保証最大値: 45ns)なので、スイッチング周波数が高く降圧比の大きな小型降圧レギュレータを設計できます。1.5V出力で3.5Aを供給するアプリケーションを図2に示します。効率を最適化し、AM無線帯域より低く保つため、動作周波数は475kHzです。

両デバイスとも、自動車環境に対する優れたフォルト耐性を備えています。42Vの最大入力電圧はロード・ダンプに対応します。堅牢なスイッチ設計と高速電流コンパレータにより、デバイスは出力短絡時に保護されます。最小入力電圧はワーストケースでも3.4V、最大デューティ・サイクルは99%を超えており、ドロップアウト電圧

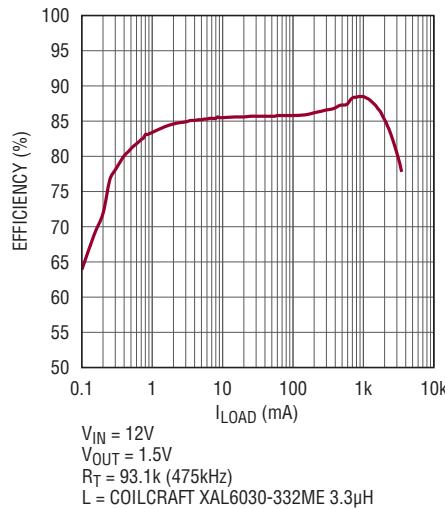


図1. LT8610ABの効率と負荷

は負荷1Aで標準200mVなので、コールドクランク時にも出力はレギュレーション状態に維持されます。最小入力電圧の標準値を図3に示します。

低リップルのBurst Mode動作および最小静止電流によるバッテリの節約

LT8610AおよびLT8610ABは、全負荷範囲にわたって出力電圧リップルを最小限に抑えるよう設計されています。軽負荷時には、動作周

波数を減らしてBurst Mode®動作に移行することにより、効率を維持します。高速トランジエント応答は、負荷が非常に少ないとても維持されます。この機能と非常に低い静止電流(2.5 μ A)を兼ね備えているので、負荷が数 μ Aの場合でも、LT8610AとLT8610ABは静止電流がゼロのリニア・レギュレータより効率的です。低周波動作を避ける必要があるシステムでは、ロジック“H”の信号またはクロック信号をSYNCピンに入力すれば、Burst Mode動作をオフにすることができます。

LT8610AとLT8610ABの違いは、LT8610ABの方が軽負荷時の効率が高いことです。これは、Burst Mode時の電流制限値を大きくし、スイッチ・サイクルごとにより多くのエネルギーを供給し、所定の負荷でのスイッチング周波数を低くすることで実現しています。MOSFETのオンとオフを切り替えるには一定量のエネルギーが必要なので、スイッチング周波数が低くなるとゲート充電損失が減少し、効率が高くなります。

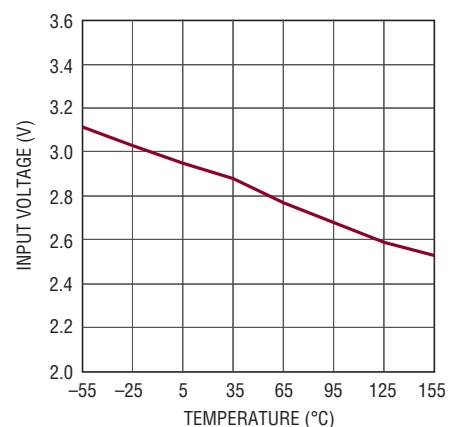
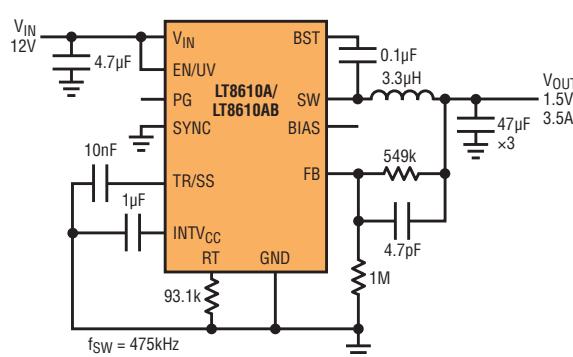


図3. コールドクランク時または起動/停止時にメモリを動作状態に維持。LT8610AおよびLT8610ABは、25°Cでは標準の最小入力電圧である2.9Vまで動作し、全温度範囲での保証最大値は3.4Vです。

図2. このLT8610AまたはLT8610AB降圧コンバータ回路は、自動車用バッテリで使用可能であり、3.5A負荷で1.5Vを出力します。低静止電流と同期整流により、全ての負荷範囲で高い効率が得られます。



LT8610AおよびLT8610ABは、全負荷範囲にわたって出力電圧リップルを最小限に抑えるよう設計されています。軽負荷時には、動作周波数を減らしてBurst Mode動作に移行することにより、効率を維持します。高速トランジエント応答は、負荷が非常に低いときにも維持されます。

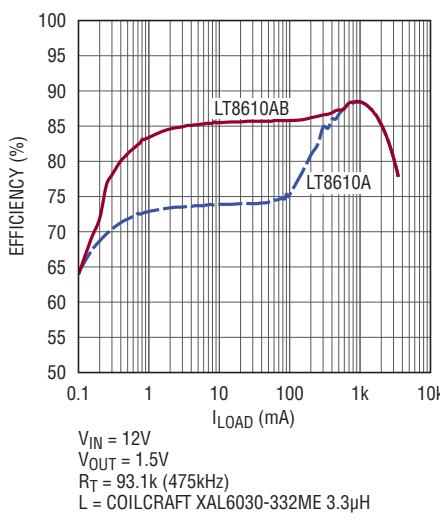


図4. LT8610ABのBurst Mode時の電流制限値を増やすと、軽負荷時の効率がLT8610Aと比較して大幅に向上します。

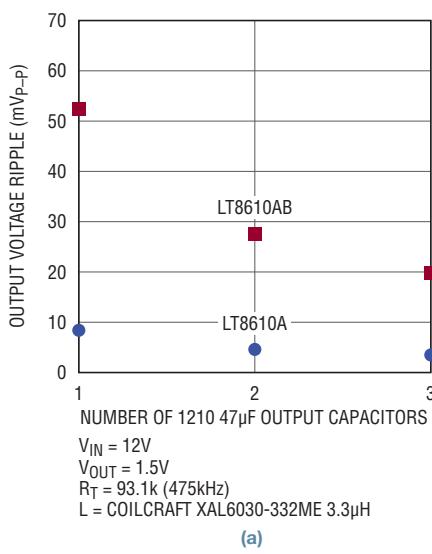
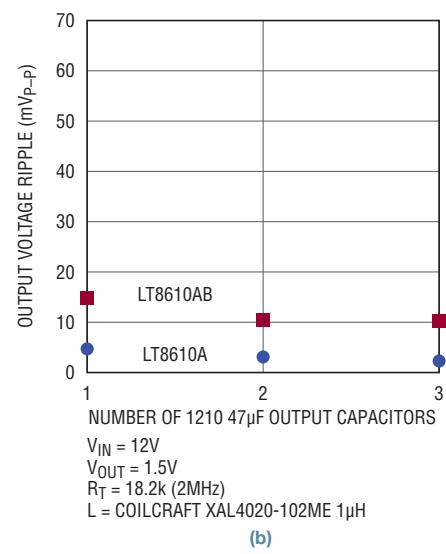


図5. 出力電圧リップルと1210 サイズの47\mu F出力コンデンサの数。2つのインダクタ値の場合で、負荷は10mA。
(a) 図2の475kHzアプリケーションでのリップル。(b) 図6の2MHzアプリケーションでのリップル。



LT8610AとLT8610ABの効率の差を図4に示します。1mA～100mAの負荷範囲では、LT8610ABはLT8610Aと比較して10%以上効率が高くなっています。Burst Mode時の電流制限値を増やすと、各スイッチ・サイクルで供給されるエネルギーが増えるという相反関係があるので、出力電圧リップルを低く保つには出力容量を大きくすることが必要です。図5では、

10mA負荷時に2つのインダクタ値について、LT8610AとLT8610ABの出力リップルを出力容量の関数として比較しています。

電流制限のほかに、インダクタ値をどう選ぶかはBurst Mode動作での効率とスイッチング周波数に影響します。これは、電流制限値が一定の場合、値の大きなインダクタの方が値の小さなインダクタより多くのエネルギーを蓄積できる

からです。軽負荷時の効率を高くすることが最も重要である場合は、データシートで推奨されている初期値より高い値までインダクタ値を増やしてもかまいません。

高速化によるソリューションの小型化

大半の自動車システムでは9V～16Vが標準的な入力電圧なので、アプリケーション回路は通常この範囲に合わせて最適化されます。図2の475kHzアプリケーションは、3.5V～42Vの全入力範囲にわたって目的の周波数で動作します。ただし、通常の動作電圧を16V（トランジエントは42V）に制限すると、動作周波数を高くてインダクタの値とサイズを小さくすることができます。ワーストケースの最小オン時間である45nsでは、図6に示すように、LT8610AおよびLT8610ABを2MHzに設定できます。

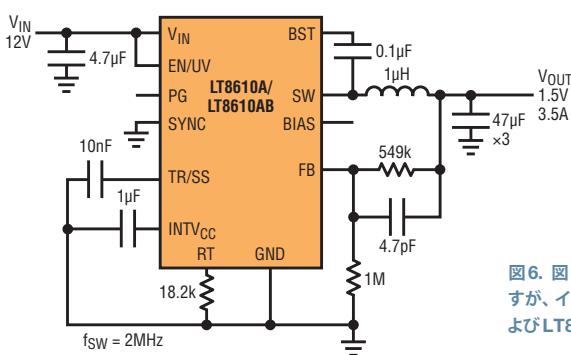


図6. 図2と同様の12V入力/1.5V出力のアプリケーションですが、インダクタの値およびサイズを下げるためにLT8610AおよびLT8610ABの動作周波数を2MHzに高めています。

重要な機能は、この内部レギュレータが V_{IN} ピンとBIASピンのいずれからも電流を流すことができることです。BIASピンに3.1V以上の電圧を接続すると、ゲート駆動電流はBIASピンから流れます。BIASピンの電圧が V_{IN} ピンの電圧より低い場合、内部リニア・レギュレータはより低い電圧の電源を使用して効率的に動作するので、全体的な効率が向上します。

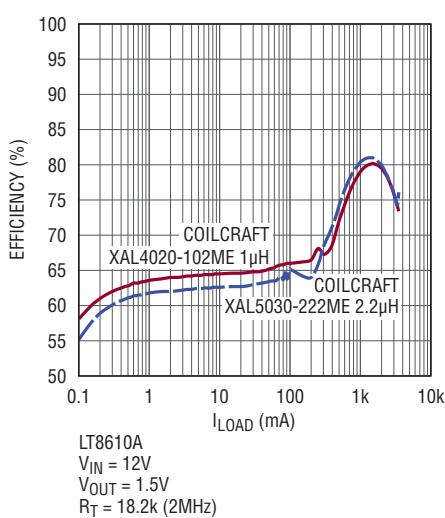
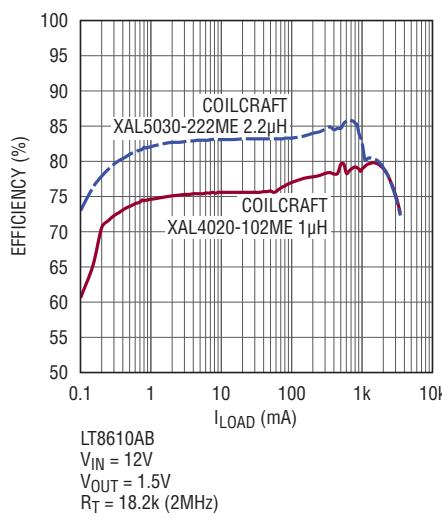


図7. LT8610AおよびLT8610ABの2MHzでの効率と負荷、2種類のインダクタ値の場合

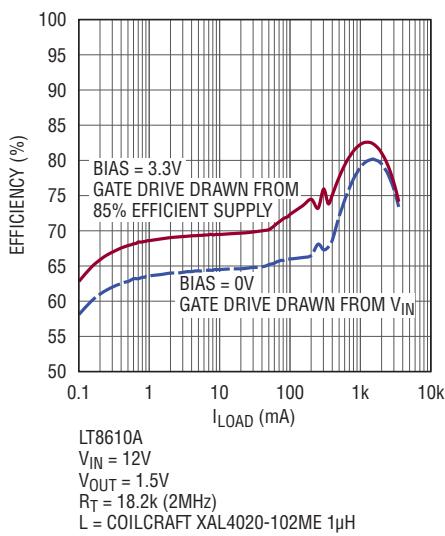
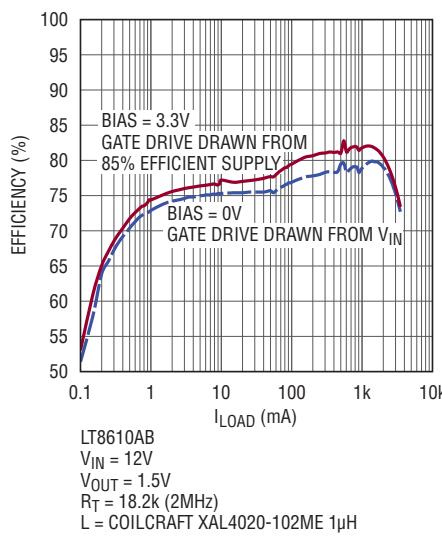


図8. BIASピンを3.3Vの外部電源に接続すると、効率を向上できます。(外部電源の効率は85%と仮定しており、ここに示す全効率の要素として考慮されています。)

入力電圧が16Vより高くなった場合、スイッチング周波数は減少して安全動作を維持しますが、出力はレギュレーション状態のままです。2MHzのソリューションは図2の回路と同一です。ただ

し、 R_T の抵抗値は18.2kΩに変更され、スペース節減のためインダクタの値とサイズは小さくなっています。選択した2つのインダクタについて効率と負荷のグラフを図7に示します。

BIASピンによる効率の最適化

LT8610AおよびLT8610ABは、特に自動車アプリケーションに合わせて最適化された2つの内蔵NチャネルMOSFETを使用します。特に、ゲート駆動回路は3V未満の電圧でFETを完全に導通させることができます。ゲート駆動電源を発生するため、LT8610A/ABにはリニア電圧レギュレータが内蔵されており、その出力がINTVCCピンになっています(INTVCCピンには外部回路による負荷はかけないでください)。

重要な機能は、この内部レギュレータが V_{IN} ピンとBIASピンのいずれからも電流を流すことができることです。BIASピンを開放状態のままにした場合、ゲート駆動電流は V_{IN} ピンから流れます。ただし、BIASピンに3.1V以上の電圧を接続すると、ゲート駆動電流はBIASピンから流れます。BIASピンの電圧が V_{IN} ピンの電圧より低い場合、内部リニア・レギュレータはより低い電圧の電源を使用して効率的に動作するので、全体的な効率が向上します。

図1、4および7の効率データはBIASピンを開放にして測定しました。結論として、1.5V出力が唯一の通電状態レールである場合は、BIASピンの適切な接続先はないと考えられます。ただし、3.3Vまたは5Vの電源がある場合は、たとえそれがスタンバイ状態やイグニッション・スイッチがオフで使用できない場合であってもBIASピンに接続してください。3.3V電源をBIASピンに接続した場合と接続しない場合の効率を図8に示します。全体の効率を計算する場合、3.3Vレールから供給された電力を計算に組み入れ、その電力は85%の効率で発生したと仮定しました。

BIASピンに外部から電源を供給する利点は、動作周波数が高い方が大きくなります。ゲート駆動電流が多くなるからです。外部バイアスによる利点は、LT8610ABと比較してLT8610A

自動車用の電源を考えるうえで大切なことは、コールドクランク時とアイドリング停止トランジント時の動作です。こうした状況では、12Vバッテリからの電圧が4Vより低い電圧に降下する場合があります。LT8610ABは最大99%のデューティ・サイクルで動作するので、可能な最低限の入力電圧で出力レギュレーションを維持します。

の方が大きくなります。LT8610ABでは、Burst Mode時の電流制限値を増やすと、所定の負荷での動作周波数が低くなるからです。

用途はメモリに限らない

図9に示すように、LT8610ABは、3.3V電源や5V電源などを90%以上の効率で生成するので、他の自動車用電源としても非常に優れたレギュレータです。

自動車用の電源を考えるうえで大切なことは、コールドクランク時とアイドリング停止トランジント時の動作です。こうした状況では、12Vバッテリからの電圧が4Vより低い電圧に降下する場合があります。LT8610ABは最大99%のデューティ・サイクルで動作するので、可能な最低限の入力電圧で出力レギュレーションを維持します。ドロップアウト電圧を図10(a)に示します。この電圧は、目的の出力レギュレーション電圧に向けて入力電圧が減少していくときの V_{IN} と V_{OUT} の差です。LT8610ABは起動時とドロップアウト時の動作も優れているので、入力電圧に対して予測可能で信頼できる出力電圧が得られます。入力電源電圧が0Vから10Vに次第に

上昇し、その後次第に低下して0Vに戻るまでの出力電圧を図10(b)に示します。

まとめ

LT8610AおよびLT8610ABは、部品点数が少なく、最小入力電圧が低く、低静止電流で、広い負荷範囲で高い効率を達成しています。これらの特長により、LT8610AおよびLT8610ABは、自動車アプリケーションでDDRメモリに予備電

源を供給する用途に最も適しています。LT8610ファミリの性能のまとめを表1に示します。

データシート、デモボード、およびその他のアプリケーション情報については、www.linear-tech.co.jp/LT8610にアクセスしてください。■

表1. モノリシック同期整流式降圧コンバータであるLT8610ファミリの特長の比較

パラメータ	条件	LT8610	LT8610A	LT8610AB
最大負荷電流(A)		2.5	3.5	3.5
最小オン時間(ns)(標準)		50	30	30
効率(%)	$V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 1.5V$ 、 $I_{LOAD} = 10mA$ 、 $f_{SW}=475kHz$ 、 $L = 3.3\mu H$	73.9	73.9	85.5
出力電圧リップル(mVp-p)	$I_{LOAD} = 10mA$ 、 $C_{OUT} = 47\mu F$ 、 $L = 3.3\mu H$	8.4	8.4	52.5

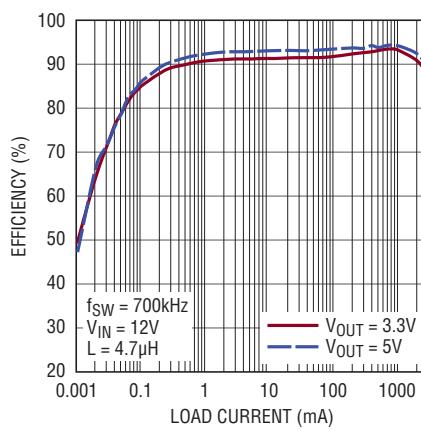


図9. 3.3V出力と5V出力の効率は90%より高いので、全電力損失が減少し、温度の上昇が抑えられています。

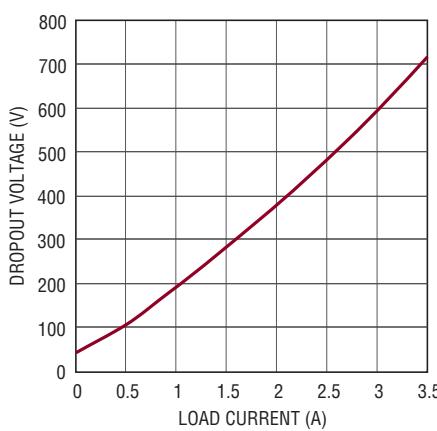
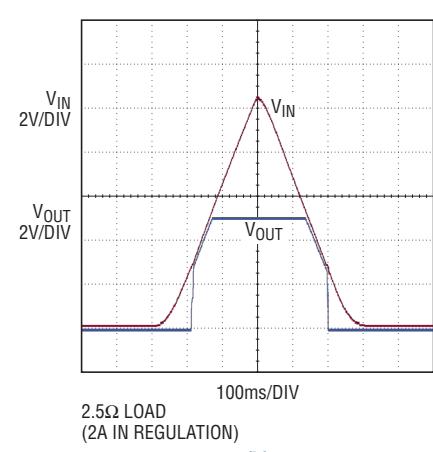


図10. LT8610ABは99%のデューティ・サイクルで動作するので、スムーズに起動し、ドロップアウト電圧が小さくて済みます。



(b)