

コンパクト デジタルカメラ用 電源に求められる 高度な集積化

デジタルカメラは写真を撮影する手段としてフィルムカメラに取って代わり、最も人気があります。デジタルカメラではボディに35mmフィルムやAPSフィルムを収める必要がないため、形状もサイズも、消費者の好みに合わせてどのようにでも作ることができます。また、カメラ機能だけを携帯電話やPDAなど、他の製品に搭載することも可能になりました。このようにカメラが超小型化した結果、バッテリーや電源管理に新たな課題が登場しました。カメラが新しくなるほど、このような機能はより小型でより高い効率で実現しなければなりません。

デジタルカメラを動作させるためには、一般に、6種類以上の電圧が必要です。たとえば、システムロジック用、低電圧DSPコア用、シャッターアクチュエータやレンズモーター用、CCDバイアス用、LCDバイアス用、LCDバックライト用などがあります。コンパクトデジタルカメラの標準的なブロックダイアグラムは、図1のように

なります。初期のデジタルカメラに搭載され、今も多少使われている電源用ICは、マルチチャンネルPWMコントローラICで、それにMOSFETとトランスを外付けしてカメラの動作に必要なさまざまな電圧を生成するタイプです。このような回路は、効率が低く、外付部品の点数が多く、回路サイズが大きいという問題があります。コントローラIC自体は安価ですが、限られたバッテリー容量を効率よく使うために高性能なMOSFETとトランスを使用すると、総合的な回路コストが高くなってしまいます。

集積技術の進歩

過去数年の間にICプロセスが大幅に進歩し、パワースイッチとさまざまな機能を1つのICに集積することができるようになりました。ICのパッケージング技術の進歩と共に、この集積化によって、高集積多機能電源用ICが提供されています。これらのチップは、デジタルカメラが必要とするすべての電圧を供給するだけでなく、バッテリー寿命の大幅な延長と部品点数の削減を実現することができます。設計面で特に重要なのは、トランスが不要になった点です。この結果、コストを削減するだけでなく、設計時間を短縮することができるというメリットもあります。標準インダクタと異なり、トランスはベンダに在庫がなく、特注しなければいけないことが多い部品だからです。

トランスが不要になっただけでなく、動作周波数も高くなっています。これには、1秒間当りのスイッチングサイクル数が増えるため、1スイッチングサイクル当りに

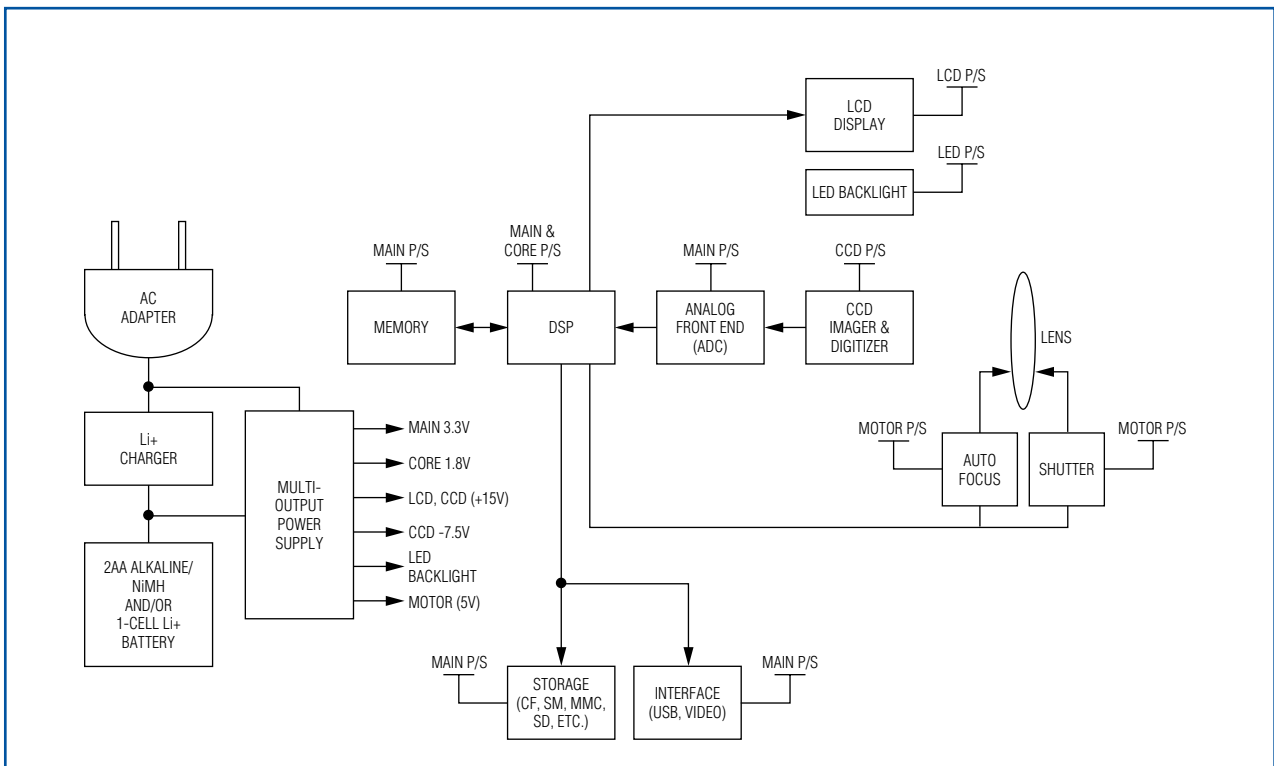


図1. さまざまな動作電圧を使うコンパクトデジタルカメラのブロックダイアグラム

蓄えなければならないエネルギー量を小さくし、部品サイズを小型化することができます。その結果インダクタンスやフィルタコンデンサの容量値を小さくし小型化することができます。コンデンサ容量が小さくなった結果、500kHz以上の周波数では、セラミックコンデンサが使用可能という利点も生まれました。セラミックコンデンサは、電解コンデンサよりも信頼性が高く、超低ESRで、リップルが少なくなるといった利点があります。

最適な電源用IC設計

コンパクトサイズやポケットサイズのデジタルカメラによく使われている電源の例を図2に示します。ICは、6個のDC-DCコンバータを搭載したマルチ出力タイプです。デジタルカメラのように複雑なシステムで使う大型ICを開発する際の問題点として、PCと異なり、デジタルカメラごとに微妙に異なる電源が必要になることがあげられます。バッテリーやCCDサイズ、ディスプレイ、機能などが異なるため、必要な電源電圧、それぞれの電圧の必要電力も異なります。このようにカメラごとに大きな違いがあるため、最適な電源IC設計は、内蔵と外付けMOSFETのコンバータを使うハイブリッド型です。大電力が必要な電圧にはオンチップMOSFETを使用し、他の電圧には外付けのMOSFET PWMチャンネルで対応します。

図2に示す回路では、高効率の内蔵MOSFETチャンネルを、カメラのメイン3.3Vロジック電源、低電圧DSPコア、5Vモーター電源で使用しています。これらの電源は、使用時間が最も長い電源であり、また、バッテリーパワーの主な消費元です。そのため、このような電圧を、内蔵MOSFETパワースイッチングと同期整流で高効率に供給して、効果を上げます。この部分の電力変換効率は、95%近くに達しています。CCDイメージセンサやLCDディスプレイ、LEDバックライトなど、この他に供給しなければならない電圧は製品によって異なります。そのため、外付けFETチャンネルを使用して、CCDピクセル数やLCDスクリーンサイズに応じた最適化が可能です。

CCDバイアス用電源では、通常、トランスを用いて正(+15Vが多い)と負(-7.5V)の電圧を生成します。しかしトランスはスペースをとり、特に高さの制限がある場合に問題になります。コンパクトカメラのようにスペースに制限がある場合は、インダクタベースのインバータとブーストコンバータが採用されます。特に、3メガピクセル以上にピクセル数が増加し、必要電流が増えると、この問題が大きくなります。トランスの効率やサイズが重要になります。設計例では、LCDバイアスとCCDバイアス用+15Vを外付けFETブーストチャンネル(AUX1)で生成し、CCD用負バイアス-7.5Vを外付けFETインバータチャンネル(AUX2)で生成しています。

ハイエンドモデルと比較してコンパクトデジタルカメラは、機能を絞り込む傾向があります。一方、より小型のポケットカメラは、光学ズームや自動焦点機能や、高画素数化などの高機能化が始まっています。いずれの機能も、特に自動焦点のようにモーターを必要とする機械的機能は通常5V電源を使用し、ピーク負荷で数百ミリアンペア以上を消費します。平均負荷はピークの1/10にすぎませんが、低電流電源と大容量コンデンサの組み合わせではピークの持続時間が長すぎます。コンデンサのサイズも、また、モーターのピーク負荷電流(1Aに達することも多い)に合わせなければならないブーストコンバータも、サイズが大きくなりすぎます。負荷にこれほど高い効率(最大95%)で電源を供給するには、高出力のオンチップMOSFETが必要です。

バック/ブースト問題

2種類のバッテリーが、小型デジタルカメラでよく使われます。2セルのAAバッテリー(アルカリ電池やニッケル水素電池)と、1セルのリチウムイオンバッテリーです。どちらのバッテリーでも使えるようにしたカメラもあります。これは、電源の設計技術者を悩ませる課題です。なぜなら、動作電圧(3.3Vなど)までバッテリー電圧を昇圧したり、同じ電圧まで降圧しなければならないからです。これには、ステップアップ/ダウン(バック/ブースト)設計が必要です。古いカメラでは、トランスを使ったフライバック回路によってこれを行っていましたが、この回路には大型で扱いにくく、効率が悪い(70%に達しないことが多い)という問題がありました。

マルチ出力の高集積設計によって、ステップアップ出力をステップダウンすることが可能であるため、ステップダウンを簡単に構成することができます。ただし、十分に高い総合効率を得るためには、バック段とブースト段が両方とも非常に高い効率を持っていないといけないため、今までこのような方法は使用されませんでした。それが、電流モードのステップアップコンバータやステップダウンコンバータで95%という効率が可能になったことから、総合効率は、フライバック方式やSEPIC回路よりもはるかに高い90%に達する効率を得ることができるようになりました。

どのような場合にどのようにステージを組み合わせるとバック/ブースト動作をさせるべきかは、バッテリーの種類によって変化します。2個のAAセルからなるバッテリーの電圧は1.8V~3.6V、リチウムイオンバッテリーは2.7V~4.2Vです。リチウムイオンバッテリーを使用する場合、3.3Vの生成にバック/ブーストコンバータが必要となる場合があります。2個のAAセルを使用する場合も、DSPコア(1.5Vか1.8Vが多い)のヘッドルームが不十分で、バッテリー負荷が大きいときに問題が生じ、

バック/ブーストコンバータを必要とすることが考えられます。いずれの場合も、DC-DCコンバータ段をカスケード接続して、高効率のバック/ブーストコンバータを構成します。3.3V電源は、まず、5V(図2のV_{SU} 5V)にブーストし、3.3V(図2のV_M 3.3V)にステップダウン

します。1.8V電源も、同様に、5V出力をステップダウン入力(PVSD)に接続して生成します。もちろん、リチウムイオンセルを使用する場合には、コアステップダウンにバッテリーを直結します(図2の例を参照)。

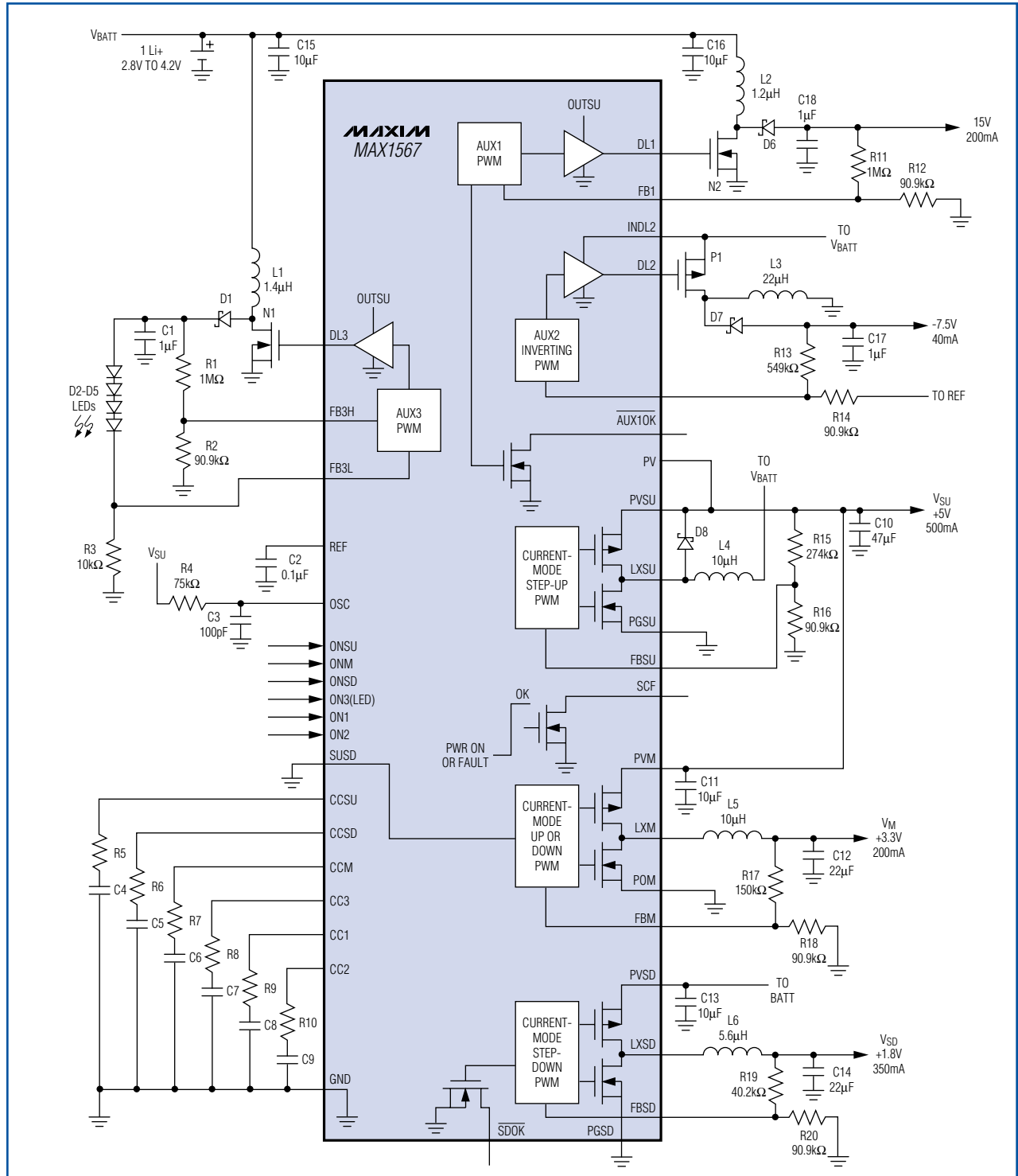


図2. 6種類のDC-DCコンバータのある小型デジタルカメラ用高集積電源

コンパクトデジタルカメラでは、バッテリーも小型になります。もちろん、バッテリーが小型になるほど高い効率が必要になります。また、バッテリーが小さくなると、その見返りとして、ピーク負荷への対応能力が低下します。そのため、システム電源管理側で不要な電源を頻繁にオフにして、バッテリー寿命を伸ばす必要があります。オフにした電源を再投入するとき、大電流が流れてバッテリー電圧が下がる事態を避けなければなりません。図2に示す電源ICでは、電源投入時の入力電流サージが最小になるように、入力のランプアップレートをコントロールします。また、この方法は、出力が決められた手順で立上ることが保証されます。

信頼性と安全性の向上

集積化電源回路には、1個のICで必要な電圧をすべて供給することができることに加えて、通常であれば、数多くの外付部品を必要とする電圧と障害のモニタリング機能があります。この結果、信頼性と安全性が向上します。図2では、重要な3種類の電圧についてステータスを示す出力が3本あります。SDOKは、DSPコア用電源のステータスを示します。設計によっては、DSPコア電圧がレギュレーション状態に入ってからでなければ、DSPチップに3.3Vを供給してはならない場合もあります。SDOKのシグナルをプロセッサに入力するか、3.3V電源をオンオフするpチャンネルMOSFETに直接つなぎます。PWMコントローラ用のAUX1OKも同じ機能を持ち、CCDバイアスやLCDバイアスに対するOKフラグとして使用します。

コンパクトデジタルカメラのようなポータブル機器は、苛酷な使用環境にさらされることがあります。落としたり濡らしたり、高温・低温にさらしたりすることがあります。苛酷な環境によるダメージを電源によって防止することは不可能ですが、悪条件になると機器をシャットダウンし、ダメージを抑えて安全性を高めることができます。ただし、あまり敏感にならないようにします。さもないと、通常の負荷遷移でシャットダウンする可能性があります。高度な集積化のICによって、すべての電源チャンネルをモニタリングし、優れた安全性を実現することができます。200ms以上の間、過負荷や短絡が続いたチャンネルがあれば、すべての電源をシャットダウンします。遅延時間が200msもあれば、負荷遷移による誤ったトリガーの発生はありません。障害フラグ(SCF)によってシステムの障害発生を知ることができます。また、オンチップMOSFETには、サーマルシャットダウンによる保護機能がついています。

まとめ

デジタルカメラのような小型機器で高性能なパワーマネジメントを行うには、集積度を高めることが最重要であることは明らかです。ICが1つですむだけでなく、受動素子数の削減や大幅な高効率化、バック/ブーストポロジや信頼性向上などのさまざまな利点があります。