

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

## 概要

MAX1801は、MAX1800(ステップアップ)又はMAX1802(ステップダウン)マスタDC-DCコンバータと共に使用して、デジタルスチルカメラ及びデジタルビデオカメラ用の完全な電源ソリューションを提供するステップアップスレーブDC-DCコントローラです。マスタコンバータのリファレンス電圧と発振器を使用することで、スレーブコントローラのサイズとコストを削減するほか、コンバータは全て同じ周波数で切り替わることが保証されています。

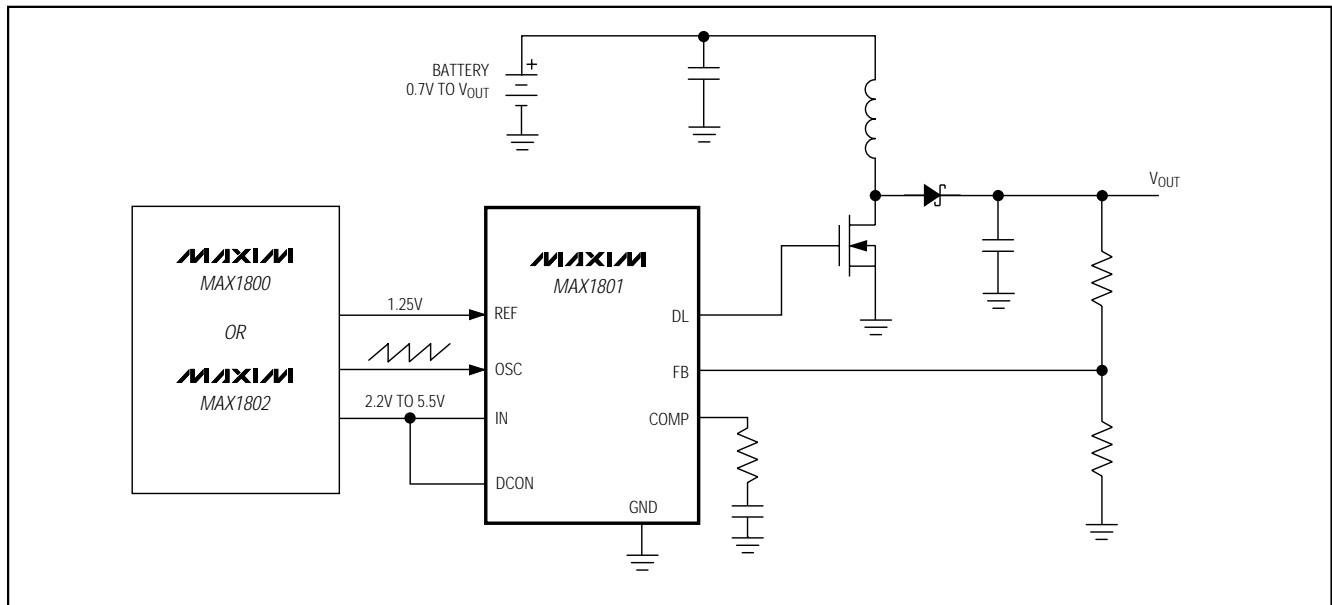
MAX1801は外部NチャネルMOSFETを駆動し、ステップアップ、シングルエンドの一次インダクタンスコンバータ(SEPIC)及びフライバック構成で使用できます。追加の電源が必要な場合は、最小限の再設計で既存のマスタ回路にスレーブコントローラを追加でき、コストと時間の両方を節約できます。MAX1801にはソフトスタート、短絡保護、及び可変デューティサイクル制限機能が組み込まれています。

MAX1801は省スペースの8ピンSOT23パッケージで提供されています。設計作業を促進するため、MAX1800/MAX1801(MAX1800EVキット)及びMAX1802/MAX1801(MAX1802EVキット)の評価キットがそれぞれ用意されています。

## アプリケーション

デジタルスチルカメラ	インターネット
デジタルビデオカメラ	アクセスタブレット
ポータブルDVDプレーヤ	PDA
	ハンドヘルドデバイス

## 標準動作回路



## 特長

- ◆ MAX1800及びMAX1802マスタコンバータにシンプルな拡張性を提供
- ◆ ステップアップ、SEPIC、及びフライバック構成で動作
- ◆ 可変動作周波数：100kHz～1MHz
- ◆ 可変デューティサイクル制限：40%～90%
- ◆ ソフトスタート
- ◆ 短絡保護
- ◆ シャットダウンモードの消費電流：0.01µA
- ◆ パッケージ：小型8ピンSOT23

## 型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX1801EKA-T	-40°C to +85°C	8 SOT23-8

ピン配置はデータシートの最後に記載されています。

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

IN, DCON, REF, OSC, FB to GND.....	-0.3V to +6.0V	Operating Temperature Range .....	-40°C to +85°C
DL, COMP to GND.....	-0.3V to (V <sub>IN</sub> + 0.3V)	Junction Temperature .....	+150°C
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)		Storage Temperature Range.....	-65°C to +150°C
8-Pin SOT23 (derate 6mW/°C above+70°C).....	480mW	Lead Temperature (soldering, 10s) .....	+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Circuit of Figure 1, V<sub>IN</sub> = +3.3V, V<sub>DCON</sub> = +1.25V, V<sub>REF</sub> = +1.25V, T<sub>A</sub> = 0°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>GENERAL</b>					
V <sub>IN</sub> Supply Voltage Operating Range		2.7		5.5	V
V <sub>IN</sub> Undervoltage Lockout Threshold	V <sub>IN</sub> rising	2.2	2.35	2.5	V
REF Input Range		1.19	1.25	1.31	V
REF Undervoltage Lockout Threshold	V <sub>REF</sub> rising	0.9	1.0	1.1	V
Shutdown Supply Current	V <sub>IN</sub> = 5.5V, V <sub>DCON</sub> = 0, V <sub>REF</sub> = 0		0.01	1	μA
Sleep-Mode Supply Current	V <sub>IN</sub> = 3.3V, V <sub>DCON</sub> = 0, V <sub>REF</sub> = 1.25V		5	10	μA
Quiescent Supply Current	V <sub>OSC</sub> = 0, V <sub>FB</sub> = 0		124	300	μA
<b>OSCILLATOR INPUT</b>					
OSC Input Leakage Current	V <sub>OSC</sub> = 1.5V		0.04	1	μA
Oscillator Frequency Range		100		1000	kHz
OSC Clock Low Trip Level		0.20	0.25	0.30	V
OSC Clock High Trip Level		1.00	1.05	1.10	V
	V <sub>DCON</sub> = 0.625V	0.575	0.625	0.675	
Maximum Duty Cycle Adjustment Range (Note 2)	f <sub>OSC</sub> = 100kHz	40		90	%
Maximum Duty Cycle (Note 2)	V <sub>DCON</sub> = 0.625V, f <sub>OSC</sub> = 100kHz		50		%
Default Maximum Duty Cycle (Note 2)	V <sub>DCON</sub> = 1.25V, f <sub>OSC</sub> = 100kHz		84		%
<b>INPUTS/OUTPUTS</b>					
DCON Input Leakage Current	V <sub>DCON</sub> = 5.5V		9	100	nA
DCON Input Sleep-Mode Threshold	I <sub>IN</sub> ≤ 10μA	0.35	0.4	0.45	V
REF Input Current	V <sub>DCON</sub> = 0		0.5	1.1	μA
	V <sub>DCON</sub> = V <sub>REF</sub>		3.3	10	
	V <sub>DCON</sub> = V <sub>REF</sub> , during soft-start		13	30	
<b>ERROR AMPLIFIER</b>					
FB Regulation Voltage		1.238	1.250	1.263	V
FB to COMP Transconductance	-5μA < I <sub>COMP</sub> < 5μA	70	100	160	μS
FB to COMP Maximum Voltage Gain			2000		V/V
FB Input Leakage Current	V <sub>FB</sub> = 1.35V		30	100	nA

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = +3.3V$ ,  $V_{DCON} = +1.25V$ ,  $V_{REF} = +1.25V$ ,  $T_A = 0^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^{\circ}C$ . (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>DRIVER</b>					
DL Driver Resistance			2.5	5	$\Omega$
DL Drive Current			0.5		A
<b>SOFT-START</b>					
Soft-Start Interval			1024		OSC cycles
<b>SHORT-CIRCUIT PROTECTION</b>					
Fault Interval			1024		OSC cycles

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = +3.3V$ ,  $V_{DCON} = +1.25V$ ,  $V_{REF} = +1.25V$ ,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>GENERAL</b>					
$V_{IN}$ Supply Voltage Operating Range		2.7		5.5	V
$V_{IN}$ Undervoltage Lockout Threshold	$V_{IN}$ rising	2.15		2.55	V
REF Input Range		1.19		1.31	V
REF Undervoltage Lockout Threshold	$V_{REF}$ rising	0.85		1.15	V
Shutdown Supply Current	$V_{IN} = 5.5V$ , $V_{DCON} = 0$ , $V_{REF} = 0$			1	$\mu A$
Sleep-Mode Supply Current	$V_{IN} = 3.3V$ , $V_{DCON} = 0$ , $V_{REF} = 1.25V$			10	$\mu A$
Quiescent Supply Current	$V_{OSC} = 0$ , $V_{FB} = 0$			300	$\mu A$
<b>OSCILLATOR INPUT</b>					
OSC Input Leakage Current	$V_{OSC} = 1.5V$			1	$\mu A$
Oscillator Frequency Range		100		1000	kHz
OSC Clock Low Trip Level		0.20		0.30	V
OSC Clock High Trip Level		1.00		1.10	V
	$V_{DCON} = 0.625V$	0.575		0.675	
Maximum Duty Cycle Adjustment Range (Note 2)	$f_{OSC} = 100kHz$	40		90	%
<b>INPUTS/OUTPUTS</b>					
DCON Input Leakage Current	$V_{DCON} = 5.5V$			100	nA
DCON Input Sleep-Mode Threshold	$I_{IN} \leq 10\mu A$	0.35		0.45	V
REF Input Current	$V_{DCON} = 0$			1.1	$\mu A$
	$V_{DCON} = V_{REF}$			10	
	$V_{DCON} = V_{REF}$ , during soft-start			30	

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = +3.3V$ ,  $V_{DCON} = +1.25V$ ,  $V_{REF} = +1.25V$ ,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>ERROR AMPLIFIER</b>					
FB Regulation Voltage		1.238		1.263	V
FB to COMP Transconductance	$-5\mu A < I_{COMP} < 5\mu A$	70		160	$\mu S$
FB Input Leakage Current	$V_{FB} = 1.35V$			100	nA
<b>DRIVER</b>					
DL Driver Resistance				5	$\Omega$

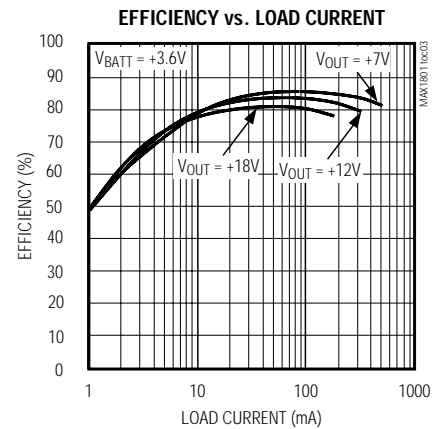
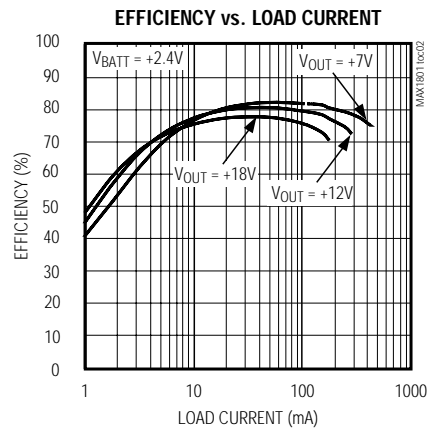
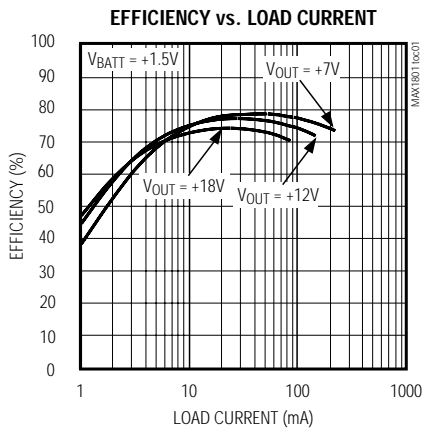
**Note 1:** All devices are 100% tested at  $T_A = +25^{\circ}C$ . All limits over the temperature range are guaranteed by design.

**Note 2:** Oscillator signal is generated by the MAX1800 or MAX1802.

MAX1801

## 標準動作特性

(Circuit of Figure 1,  $T_A = +25^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

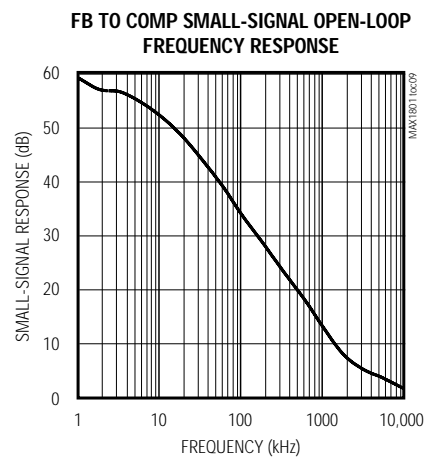
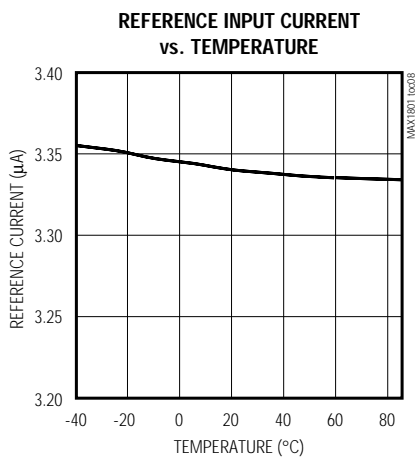
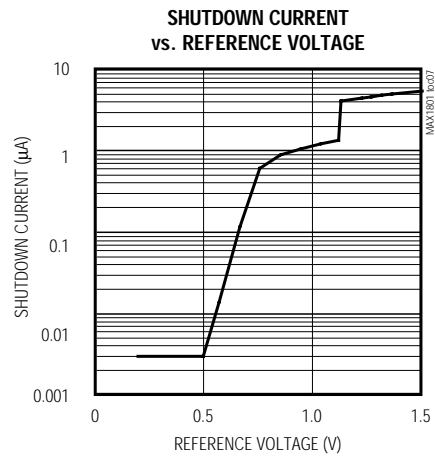
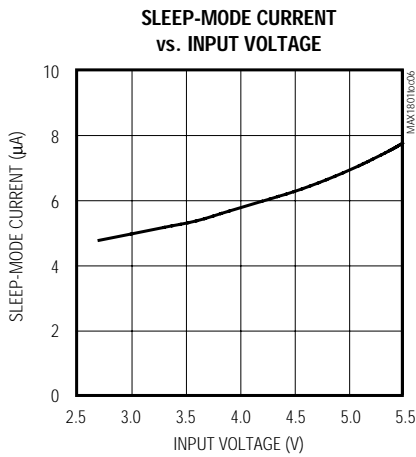
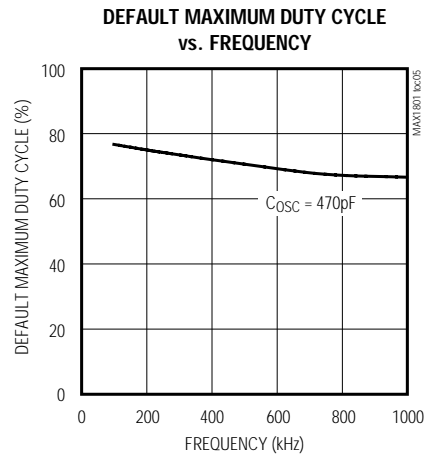
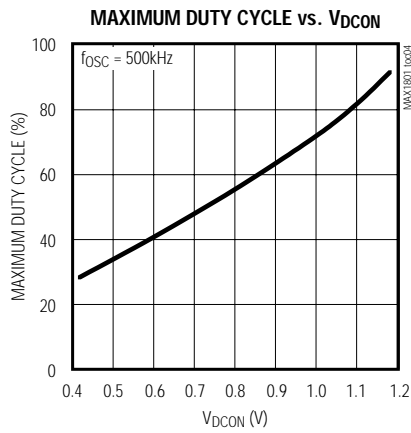


# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

## 標準動作特性

(Circuit of Figure 1,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

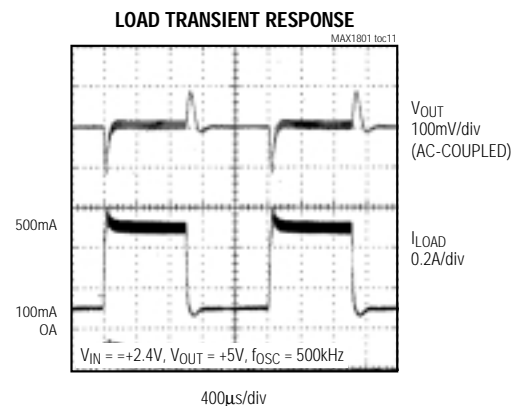
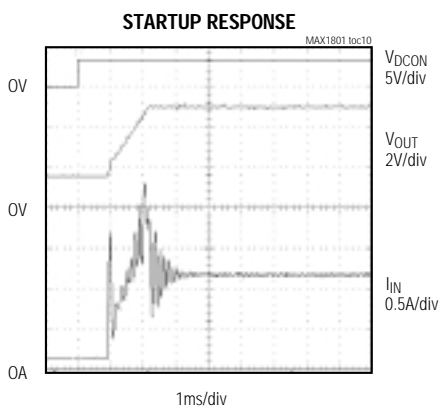


# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

## 標準動作特性(続き)

(Circuit of Figure 1,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)



## 端子説明

端子	名称	機能
1	OSC	発振器入力。OSCをMAX1800又はMAX1802のOSCに接続します。発振器の周波数は100kHz～1MHzの範囲になる必要があります。
2	GND	グランド
3	REF	1.25Vリファレンス入力。REFをMAX1800又はMAX1802のREFに接続します。コントローラがターンオンするにはREFが1V以上である必要があります。0.1µF以上のコンデンサでREFをGNDにバイパスして下さい。
4	DCON	最大デューティサイクル制御入力。REF又はINに接続してデフォルトの最大デューティサイクルを設定します。REFとDCONの間に抵抗分圧器を接続し、40%～90%の最大デューティサイクルを設定します。コントローラをオフにするには、DCONを0.35V以下に引き下げます。
5	COMP	コントローラ補償。トランスコンダクタンスエラーアンプの出力。直列抵抗とコンデンサをGNDに接続して制御ループを補償します。「補償設計」を参照。
6	FB	コントローラフィードバック入力。出力とFBの間にフィードバック抵抗分圧器を接続し、出力電圧を設定します。レギュレーション電圧は $V_{REF}$ (1.25V)です。
7	IN	IC電源バイアス入力。0.1µF以上のセラミックコンデンサでINからGNDにバイパスします。電源範囲は2.7V～5.5Vです。
8	DL	外部MOSFETゲートドライブ出力。DLは500mA(typ)の駆動電流能力でINとGNDの間をスイングします。DLを外部スイッチングNチャネルMOSFETのゲートに接続します。

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

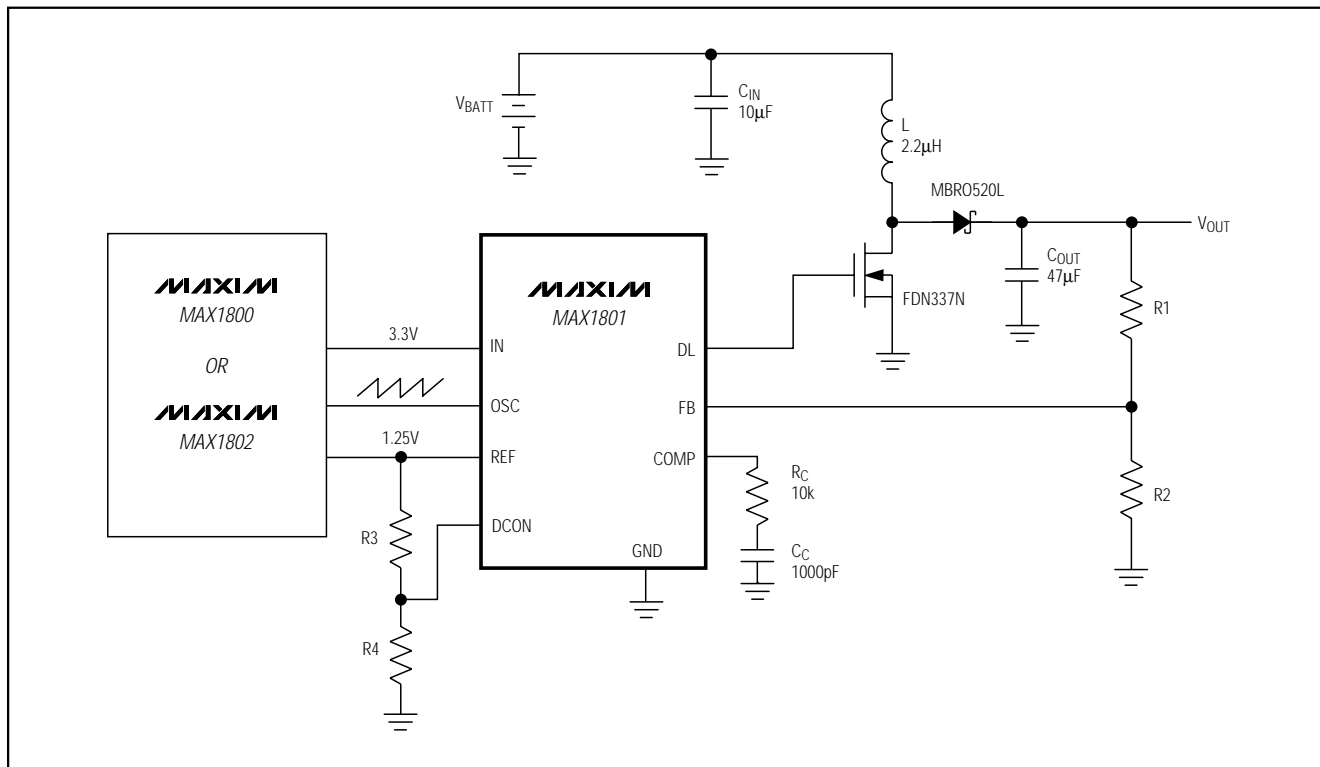


図1. 標準アプリケーション回路

## 詳細

### マスタ/スレーブ構成

MAX1801は、それ自身の入力電力、電圧リファレンス、及び発振器信号をMAX1800又はMAX1802マスタDC-DCコンバータから直接取得するステップアップスレーブDC-DCコントローラです(図1)。このマスタ/スレーブ構成は、冗長回路を取り除くことでシステムのコストを削減し、コンバータのスイッチングを同期させることでノイズの高調波成分を制御します。

### ステップアップDC-DCコントローラ

MAX1801コントローラは低ノイズの固定周波数PWMモードで動作します。出力電力は外付部品により制限されます。このコントローラは外部NチャネルMOSFETスイッチ用駆動信号のパルス幅を変調させることで出力電圧を安定化させます。ユーザの調整可能なスイッチング周波数は一定(100kHz~1MHz)で、値はマスタコンバータにより設定されます。

図2に、MAX1801 PWMコントローラのブロック図を示します。OSCにおけるマスタコンバータからのこのぎり波発振器信号が内部のタイミングを制御します。各サイクルの始めでは、DLが高くなって外部MOSFETスイッチをオンにします。内部でレベルシフトされたこのぎり波波形電圧がCOMPにおける電圧より高くなるか、最大デューティサイクルを超過すると、MOSFETスイッチはオフになります。スイッチは次のサイクルの始めまでオフのままになります。内部トランスコンダクタンスアンプはCOMPにおいて集積誤差電圧を確立し、ループ利得を増加させてレギュレーション精度と補償制御を改善します。

### リファレンス

MAX1801は、MAX1800又はMAX1802からの1.25Vのリファレンス電圧を必要とします。REFは通常シャットダウンモードでは0.5µAシンクし、アクティブモードでは3µAシンクし、スタートアップ中は最大30µAシンクします。複数のMAX1801コントローラが同時にオンになる場合は、マスタ電圧リファレンスが十分な電流を供給できるか、又は適切なユニティゲインアンプでリファレンスをバッファするか判断して下さい。

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

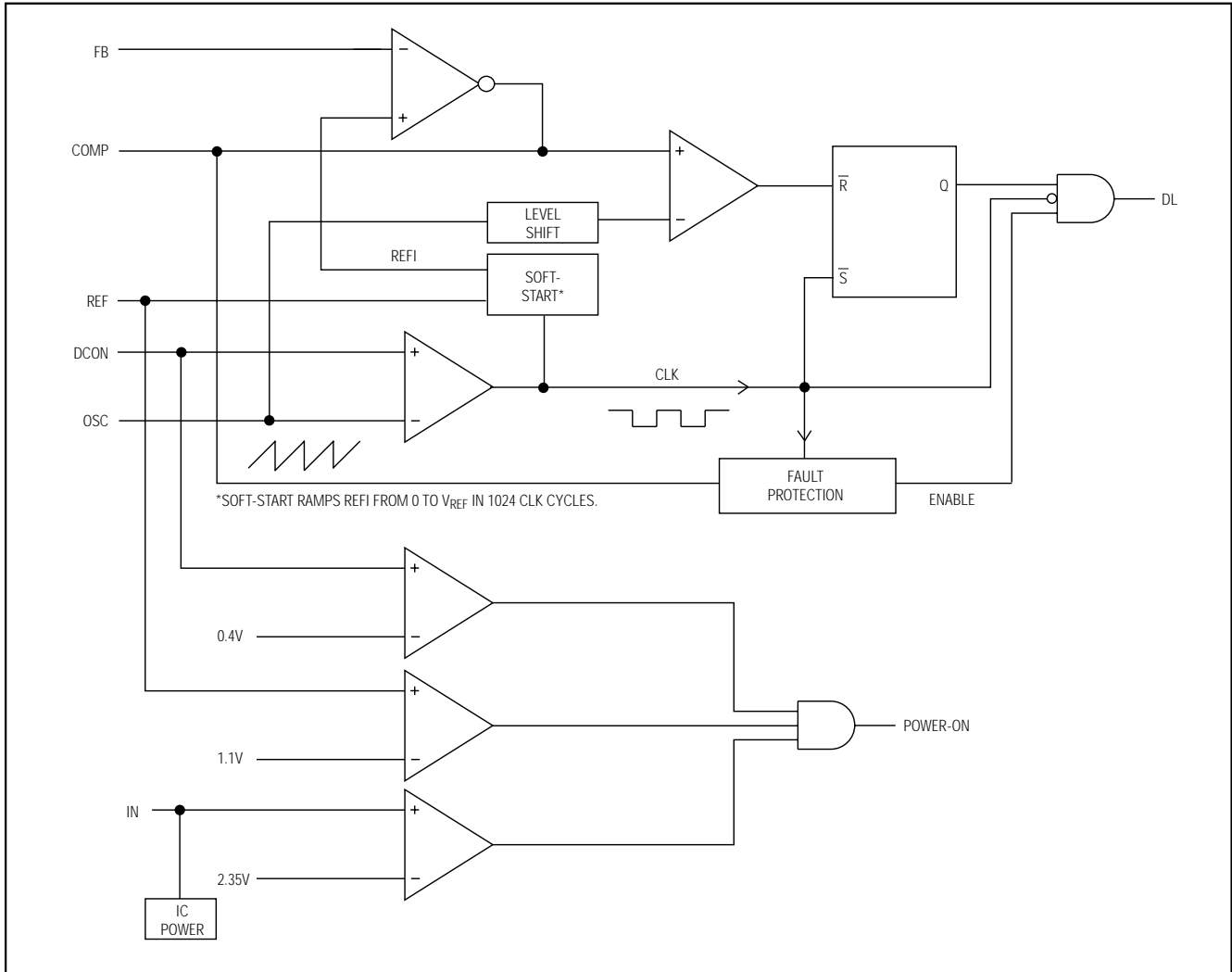


図2. PWMコントローラのブロック図

## 発振器

MAX1801は、OSCにおいてMAX1800又はMAX1802からの0V~1.25Vのこぎり波発振器信号を必要とします。100kHz~1MHzの発振器信号はコンバータのスイッチング周波数を設定し、パルス幅変調と最大デューティサイクルを制御します。

## 最大デューティサイクル

MAX1801はマスタが生成したOSCにおける発振器信号、DCONにおける電圧、及び内部コンパレータを使用して、その最大スイッチングデューティサイクルを制限します(「最大デューティサイクルの設定」を参照)。デューティサイクルを制限すると、一部の磁気部品における飽和を避けることができます。又、最大デューティサイクルを

低くすることにより、コンバータを断続電流モードで動作させ、効率を若干犠牲にしながらも容易に安定した設計を行うことができます。

## ソフトスタート

MAX1801は、出力電圧をレギュレーション電圧に合わせて上昇させることでスタートアップ時の流入電流を制限し、過剰なバッテリー負荷を回避するソフトスタート機能を備えています。これは、初期電力が印可された時、又はデバイスのシャットダウンモード又はスリープモードが解除された時に、1024の発振器サイクルに渡ってトランスコンダクタンスアンプへの内部リファレンスを0~1.25Vに増加させることで達成されます。



# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

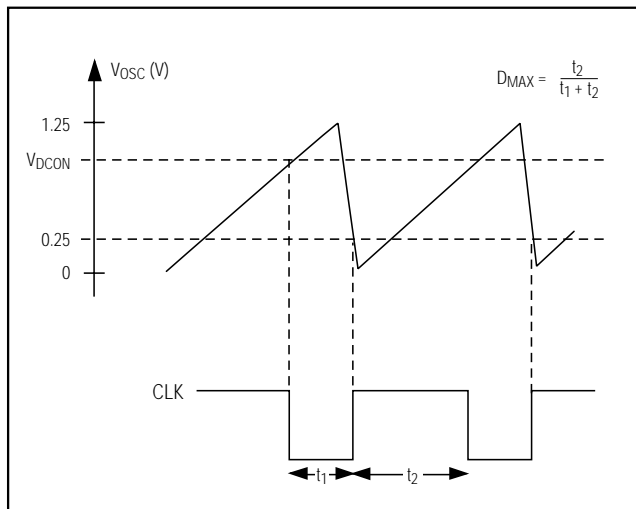


図3. 最大デューティサイクルの設定

## シャットダウン

$V_{DCON}$ を0.35V以下に設定すると、MAX1801がスリープモードになります。このモードでは、消費電流が5 $\mu$ Aに低下します。消費電流を10nAに低減するには、 $V_{REF}$ を0.4V以下に設定してMAX1801をシャットダウンモードにします。MAX1801は、 $V_{DCON}$ と $V_{REF}$ の両方が通常のレベルになるとソフトスタートを実行します。

## 短絡保護

MAX1801は、出力の短絡が原因で、トランスカプplingされた回路又はSEPIC回路に障害が発生するのを防ぐ機能を備えています。出力電圧がレギュレーションレベルより下がると、COMPにおける電圧が2.7Vにクランプされます。ソフトスタート後にこの状態が1024の発振器クロック期間維持されると、MAX1801は過剰な出力電流を避けるためにディセーブルされます。DCON又はINからGNDへの電圧を循環させて標準の状態に戻すと、コントローラが再起動します。ステップアップアプリケーションに対しては、DC電流経路はインダクタ及び出力整流器を介して短絡回路に接続されているため、短絡電流は制限されません。ステップアップ構成で短絡保護が必要な場合は、ヒューズ等の保護デバイスを使用して短絡電流を制限する必要があります。

## 設計手順

MAX1801は、ステップアップ、SEPIC、フライバックを含む数多くのDC-DCコンバータ構成で動作できます。以下の設計に関する記述は、図1に示すステップアップ構成に限定されています。SEPIC及びフライバックの例は、「アプリケーション情報」の項で説明しています。

## スイッチング周波数

MAX1801のスイッチング周波数は、MAX1800又はMAX1802のマスタコンバータで設定されます(設計手順については該当するデータシートを参照)。各MAX1801アプリケーションにおいて外付部品サイズ又は効率を最適化するようなスイッチング周波数を選択して下さい。通常400kHz~500kHzのスイッチング周波数は、部品サイズと効率のバランスが取れた最適な値です。周波数を更にも高くすると、一般的に部品が小さくなり、周波数を低くすると、変換効率が向上します。

## 出力電圧の設定

MAX1801の出力電圧は、図1に示すように出力とFBの間に抵抗分圧器を接続することで設定します。FB入力バイアス電流は100nA以下であるため、R2の値を100kにしてFBにおける入力バイアス電流の影響を最小限に抑えて下さい。R1は次式に従って選択します。

$$R1 = R2 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right)$$

ここで、 $V_{FB}$ はMAX1801のレギュレーション設定点である1.25Vです。

## 最大デューティサイクルの設定

OSCにおけるマスタ発振器信号とDCONにおける電圧は、内部クロック信号(図2のCLK)を生成します。内部クロックの立下りエッジは、抵抗分圧器によって設定されたDCONにおける電圧である $V_{DCON}$ より、 $V_{OSC}$ の方が高くなった時に発生します。内部クロックの立上りエッジは、 $V_{OSC}$ が0.25V以下になった時に発生します(図3)。最大デューティサイクルは次式で与えられます。

$$D_{MAX} = \frac{R4}{R3 + R4} (1 - f_{OSC} t_{FALL})$$

ここで、 $f_{OSC}$ 及び $t_{FALL}$ はそれぞれ発振器の周波数(Hz)と下降時間(100ns typ)です。

100kHzでは、可変最大デューティサイクル範囲は通常28%~92%です(「標準動作特性」の「Maximum Duty Cycle vs.  $V_{DCON}$ 」を参照)。 $V_{DCON}$ が $V_{REF}$ における電圧(1.25V)以上である場合、最大デューティサイクルは通常デフォルトにより100kHzで78%に設定され、 $V_{DCON}$ が0.4V以下の場合コントローラはシャットダウンします。DCONにおいて抵抗分圧器を使用する場合は、外部抵抗からのオープンドレイン信号でDCONをローに引き下げてMAX1801をシャットダウンします。デフォルトのデューティサイクル制限を使用した場合にMAX1801をオン又はオフにするには、DCONを適切なロジックレベルで駆動します。

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

## インダクタの選択

連続電流又は断続電流用のインダクタを選択します。通常、連続電流の方が効率的です。ステップアップ比 ( $V_{OUT} / V_{IN}$ ) が  $1 / (1 - D_{MAX})$  より大きい場合は、断続電流を使用して下さい。

## 連続インダクタ電流

殆どのMAX1801ステップアップ設計では、適切なインダクタ値 ( $L_{IDEAL}$ ) を次式で求めることができます。次式は、DCインダクタ電流の1/3における連続ピーク間インダクタ電流を設定します。

$$L_{IDEAL} = \frac{3(V_{IN} - V_{SW})D(1-D)}{I_{OUT} f_{OSC}}$$

ここで、デューティサイクルDは次式で与えられます。

$$D \approx 1 - \frac{V_{IN}}{V_{OUT} + V_D}$$

これらの式では、 $V_{SW}$ はNチャンネルMOSFETスイッチの両端における電圧ドロップで、 $V_D$ は整流器の両端における順方向電圧ドロップです。 $L_{IDEAL}$ が与えられると、一定ピーク間インダクタ電流は  $0.333 I_{OUT} / (1-D)$  になります。最大インダクタ電流は  $1.167 I_{OUT} / (1-D)$  です。

$L_{IDEAL}$ よりも小さいインダクタンス値を使用することもできますが、Lが小さくなるにつれて最大インダクタ電流が上昇し、出力リップルを維持するためにより大きな出力容量が必要になります。

$L_{IDEAL}$ を決定するために使用される値より6分の1以上  $I_{OUT}$ が低減すると、インダクタ電流は断続的になります。

## 断続インダクタ電流

断続モードの動作では、MAX1801コントローラはデューティサイクルを調整して十分な電力が負荷に送られるようにすることで、出力電圧を安定化させます。最悪の負荷条件(最大  $I_{OUT}$ )でのレギュレーションを保証するには、次式でLを選択します。

$$L \leq \frac{V_{OUT} D_{MAX}}{2 I_{OUT} f_{OSC}}$$

ピークインダクタ電流は  $V_{IN} D_{MAX} / (L f_{OSC})$  です。

インダクタの飽和電流定格は、算出されたピークインダクタ電流以上になる必要があります。

## 入力及び出力フィルタコンデンサ

ステップアップ設計における入力コンデンサ ( $C_{IN}$ ) は、バッテリー又は入力電源からの電流ピークを低減し、コントローラのスイッチングノイズを削減します。スイッチング周波数における入力コンデンサのインピーダンスは入力ソースのインピーダンスよりも小さくして、高周波数スイッチング電流が入力ソースに流れないようにする必要があります。

出力コンデンサは出力電圧リップルを小さく維持し、レギュレーション制御ループの安定性を保証するために必要です。出力コンデンサはスイッチング周波数において低インピーダンスになっている必要があります。タンタル及びセラミックコンデンサが好適です。タンタルコンデンサは通常高容量で、中～低レベルの等価直列抵抗(ESR)を保持するため、ESRがスイッチング周波数におけるインピーダンスを支配します。この場合の出力リップルは次式で与えられます。

$$V_{RIPPLE} \approx I_L(PEAK) ESR$$

ここで、 $I_L(PEAK)$ はピークインダクタ電流です。

セラミックコンデンサは通常タンタルコンデンサよりも低いESRを持っていますが、スイッチング周波数におけるインピーダンスを支配する容量が比較的小さくなっています。この場合の出力リップルは次式で与えられます。

$$V_{RIPPLE} \approx I_L(PEAK) Z_C$$

ここで、 $I_L(PEAK)$ はピークインダクタ電流で、 $Z_C \approx 1 / (2 \pi f_{OSC} C_{OUT})$ です。

レギュレーション制御ループの安定性に対する出力容量とESRの影響については、「補償設計」の項を参照して下さい。

コンデンサの電圧定格は最大印可コンデンサ電圧を超える必要があります。殆どのタンタルコンデンサでは、定格の70%を超えない電圧で使用するようディレーティングが推奨されています。セラミックコンデンサは通常コンデンサの電圧定格までで使用されます。コンデンサの性能の適切なディレーティングは、メーカーの仕様を参照して下さい。

## バイパスコンデンサ

MAX1801をMAX1800又はMAX1802マスタから大きく離して配置する場合、スイッチング回路からのノイズがMAX1801に影響を及ぼす可能性があります。この場合は、0.1µF以上のセラミックコンデンサを使用してREF及びINをバイパスします。ノイズに問題がない場合、又はMAX1801をマスタICの近くに配置する場合、追加のバイパスは必要ありません。

## MOSFETの選択

MAX1801コントローラは外部ロジックレベルNチャンネルMOSFETを回路スイッチ素子として駆動します。主要な選択パラメータは次の通りです。

- オン抵抗 ( $R_{DS(ON)}$ )
- 最大ドレインソース間電圧 ( $V_{DS(MAX)}$ )
- 最小スレシヨルド電圧 ( $V_{TH(MIN)}$ )
- 全ゲート電荷 ( $Q_g$ )
- 逆伝送コンデンサ ( $C_{RSS}$ )

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

外部ゲートドライブ(DL)はINとGNDの間でスイングするため、 $V_{IN}$ 以下のオン抵抗仕様を持つMOSFETを使用します。ゲート電荷 $Q_g$ はゲートの充電に必要な容量全てを含んでおり、MOSFETをオン又はオフ状態に切り替えるために必要な遷移時間の予測に役立ちます。MOSFETにおける消費電力は、オン抵抗と遷移損失によって決まります。オン抵抗損失は次式で与えられます。

$$P_1 \approx D I_L^2 R_{DS(ON)}$$

ここで、 $D$ はデューティサイクル、 $I_L$ は平均インダクタ電流 $R_{DS(ON)}$ はMOSFETのオン抵抗です。遷移損失は次式で与えられます。

$$P_2 \approx \frac{V_{OUT} I_L f_{OSC} t_T}{3}$$

ここで、 $V_{OUT}$ は出力電圧、 $I_L$ は平均インダクタ電流、 $f_{OSC}$ はコンバータのスイッチング周波数、 $t_T$ は遷移時間です。遷移時間は約 $Q_g / I_G$ です。ここで、 $Q_g$ は全ゲート電荷、 $I_G$ はゲート駆動電流(0.5A typ)です。

MOSFETにおける全消費電力は次式で与えられます。

$$P_{MOSFET} = P_1 + P_2$$

## ダイオードの選択

低出力電圧アプリケーションに対しては、ショットキダイオードを使用し、ダイオードの低順方向電圧及び高速回復時間を利用して出力電圧を整流させます。ショットキダイオードは高逆方向電圧及び高温ではリーク電流が大きくなるため、高電圧、高温のアプリケーションに対しては高速接合部整流器を使用します。

## 補償設計

MAX1801コンバータは電圧モードを使用してMAX1801の出力電圧を安定化させます。以下では、最適な性能を発揮するために制御システムを補償する方法について説明します。補償は、インダクタ電流が連続であるか、断続であるかによって異なります。

### 断続インダクタ電流

断続インダクタ電流に対しては、PWMコンバータは単極です。PWMコントローラの極周波数とDC利得は次の動作デューティサイクルによって異なります。

$$D = (2 L f_{OSC} / R_E)^{1/2}$$

ここで、 $R_E$ は等価負荷抵抗で、次式で表されます。

$$R_E = V_{IN}^2 R_{LOAD} / (V_{OUT} (V_{OUT} - V_{IN}))$$

PWMコントローラによる単極の周波数は次式で与えられます。

$$P_O = (2 V_{OUT} - V_{IN}) / (2 \pi (V_{OUT} - V_{IN}) R_{LOAD} C_{OUT})$$

そしてPWMコントローラのDC利得は次式で与えられます。

$$A_{VO} = 2 V_{OUT} (V_{OUT} - V_{IN}) R_{LOAD} / ((2 V_{OUT} - V_{IN}) D)$$

負荷抵抗( $R_{LOAD}$ )の増加に比例して極周波数が減少し、DC利得が増加することに注意して下さい。クロスオーバー周波数は極周波数とDC利得の積であるため、負荷には影響を受けません。

分圧器を介した利得は次の通りです。

$$A_{VDV} = V_{REF} / V_{OUT}$$

エラーアンプのDC利得は $A_{VEA} = 2000V/V$ です。従って、DCループ利得は次式で与えられます。

$$A_{VDC} = A_{VDV} A_{VEA} A_{VO}$$

COMPにおける補償抵抗とコンデンサの組み合わせは、以下の周波数(Hz)において極とゼロを発生させます。

$$P_C = G_{EA} / (4000 \pi C_C) = 1 / (4 \times 10^7 \pi C_C)$$

$$Z_C = 1 / (2 \pi R_C C_C)$$

出力フィルタコンデンサのESRは以下の周波数(Hz)においてループ応答でゼロを発生させます。

$$Z_O = 1 / (2 \pi C_{OUT} ESR)$$

図4のボード線図に、DC利得及び極とゼロを示します。

図4のボード線図において安定した回路を実現するには、次の手順を実行します。

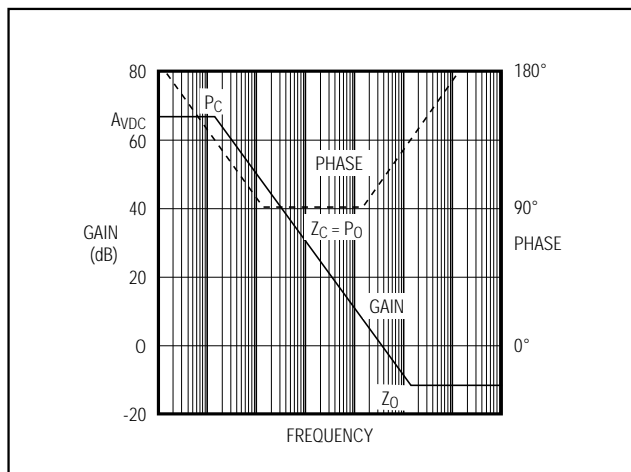


図4. MAX1801断続電流、電圧モード、ステップアップコンバータのボード線図

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

- 1) エラーアンプのトランスコンダクタンス、 $1 / R_C = G_{EA} = 100\mu S$ 又は $R_C = 10k$  の逆数に相当する補償抵抗 $R_C$ を選択します。これにより、エラーアンプの高周波数電圧利得が0dBに設定されます。

- 2) 最大出力極周波数を次式で求めます。

$$P_{O(MAX)} = \frac{2V_{OUT} - V_{IN}}{2\pi(V_{OUT} - V_{IN}) R_{LOAD(MIN)} C_{OUT}}$$

ここで、 $R_{LOAD(MIN)} = V_{OUT} / I_{OUT(MAX)}$ です。

- 3) 最大出力極周波数(Hz)と同じ周波数にゼロの補償を配置します。

$$Z_C = \frac{1}{2\pi R_C C_C} = \frac{2V_{OUT} - V_{IN}}{2\pi(V_{OUT} - V_{IN}) R_{LOAD(MIN)} C_{OUT}}$$

$C_C$ を求めます。

$$C_C = C_{OUT} V_{OUT} \left[ \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{R_C I_{OUT(MAX)} (2V_{OUT} - V_{IN})} \right]$$

10nF以下の $C_C$ 値を使用します。上記の計算でコンデンサ値を10nF以上にすべきであると判断した場合は、 $C_C = 10nF$ を使用し、ステップ4を省いてステップ5に進みます。

- 4) クロスオーバー周波数(Hz)を次式で求めます。

$$f_c = V_{REF} / (\pi D C_{OUT})$$

更に、少なくとも10dBの利得マージンを確保し、以下のように、クロスオーバー周波数がESRゼロ周波数の1/3以下になるようにします。

$$3f_c \leq Z_0$$

又は

$$ESR \leq D / 6 V_{REF}$$

これが成り立たない場合は、ステップ5に進んでエラーアンプの高周波数利得を低減し、クロスオーバー周波数を低下させます。

- 5) 高周波数利得、つまりクロスオーバー周波数は、補償ネットワークによるゼロがクロスオーバー周波数以下である限り、低減できます。

$$ESR \leq D / (G_{EA} R_C 6 V_{REF})$$

及び

$$f_c = (G_{EA} R_C) 2 V_{REF} / (2\pi D C_{OUT}) \geq 1 / (2\pi R_C C_C)$$

上の両方の式を同時に満たす $C_{OUT}$ 、 $R_C$ 、及び $C_C$ を選択します。

## 連続インダクタ電流

連続インダクタ電流に対しては2つの条件があり、補償を必要とします。制御ループの応答は、インダクタ及び出力コンデンサによる右半分のゼロと複極の組み合わせとなります。動作を安定させるため、コントローラのループ利得は右半分のゼロ周波数よりもはるかに低い周波数においてユニティ(0dB)以下に低下する必要があります。出力コンデンサのESRから生じるゼロは、通常クロスオーバー周波数付近の位相を増加して位相マージンを増加することで制御回路を補償するために使用されます。低い値及び低ESRを持つ出力コンデンサ(セラミックコンデンサ等)を使用する場合、ESR関連のゼロが発生するのは周波数が極めて高い場合のみであるため、位相マージンが増加しません。この場合は、より低い値のインダクタを使用して、断続電流モードで動作させる必要があります(「断続インダクタ電流」の項を参照)。

連続インダクタ電流では、分圧器の利得は $A_{VDV} = V_{REF}/V_{OUT}$ で、エラーアンプのDC利得は $A_{VEA} = 2000$ です。連続電流モードにおけるPWMコントローラの利得は次の通りです。

$$A_{VO} = (1 / V_{REF}) (V_{OUT}^2 / V_{IN})$$

従って、全DCループ利得は次のようになります。

$$A_{VDC} = 2000 V_{OUT} / V_{IN}$$

インダクタ及び出力コンデンサによる複極の組み合わせは、以下の周波数(Hz)で発生します。

$$P_O = (V_{OUT} / V_{IN}) / (2\pi (L \times C_{OUT})^{1/2})$$

COMPの補償ネットワークによる極とゼロは、以下の周波数(Hz)で発生します。

$$P_C = G_{EA} / (4000 \pi C_C) = 1 / (4 \times 10^7 \pi C_C)$$

$$Z_C = 1 / (2\pi R_C C_C)$$

出力コンデンサのESRによるゼロの周波数(Hz)は次の通りです。

$$Z_0 = 1 / (2\pi C_{OUT} ESR)$$

及び右半分のゼロ周波数(Hz)は次の通りです。

$$Z_{RHP} = \frac{(1-D)^2 R_{LOAD}}{2\pi L}$$

図5に、この制御回路のループ利得のボード線図を示します。

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

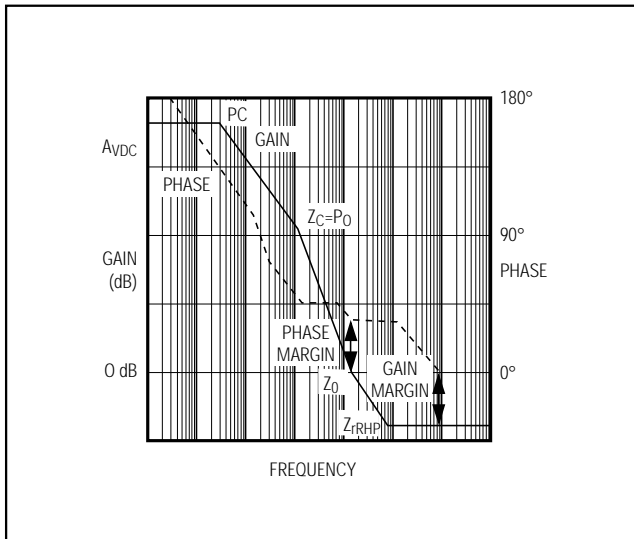


図5. MAX1801連続電流、電圧モード、ステップアップコンバータボード線図

安定した制御ループを得るための補償ネットワークを構成するには、出力コンデンサのESRによるゼロの周波数にクロスオーバー周波数を設定します。次の手順に従って下さい。

- 1) 右半分のゼロの周波数を次式で求めます。

$$Z_{RHP} = \frac{(1-D)^2 R_{LOAD}}{2\pi L}$$

- 2) DCループ利得を次式で求めます。

$$A_{VDC} = 2000 V_{OUT} / V_{IN}$$

- 3) インダクタ及び出力コンデンサによる複極の組み合わせの周波数を次式で求めます。

$$f_0 = (V_{OUT} / V_{IN}) / (2\pi (L C_{OUT})^{1/2})$$

- 4) 応答は複極の組み合わせとESRゼロの間の2次応答(10当たり-40dB)であるため、複極の組み合わせにおける目的の振幅を求めて強制的にクロスオーバー周波数をESRゼロ周波数と等しくするようにします。従って次式が成り立ちます。

$$A(P_0) = (Z_0 / P_0)^2 = L V_{IN}^2 / (C_{OUT} ESR^2 V_{OUT}^2)$$

- 5) 目的の補償極を求めます。補償極と複極の組み合わせ間の応答は1次応答(10当たり-20dB)であるため、周波数の比率は該当周波数における振幅の比率に等しくなります。従って、次式が成り立ちます。

$$(P_0 / P_c) = (A_{DC} / A(P_0))$$

この式を使用して $C_c$ を求めます。

$$C_c = V_{OUT} (C_{OUT})^{3/2} ESR^2 / (20M\Omega V_{IN} (L)^{1/2})$$

- 6) 補償ゼロ周波数に対する補償抵抗 $R_c$ が複極の組み合わせの周波数と等しいことを判断します。

$$Z_c = P_0$$

$R_c$ を求めます。

$$R_c = (V_{IN} / V_{OUT}) ((L C_{OUT})^{1/2} / C_c)$$

## アプリケーション情報

### MAX1800ステップアップマスタ DC-DCコンバータとMAX1801の併用

MAX1801は独自のリファレンス又は発振器を生成しません。その代わりに、MAX1800ステップアップマスタコンバータ等のマスタDC-DCコンバータからのリファレンスと発振器を使用します。MAX1800は1.25Vのリファレンスと100kHz~1MHzの発振器信号を生成する回路を備えています。MAX1800は1.5V~5.5Vの入力電圧で動作するため、2セル又は3セルのアルカリ、NiCd、又はNiMHバッテリー、あるいは1セルのリチウム一次又はリチウムイオン(Li+)バッテリーを使用したアプリケーションに適しています。リファレンス及び発振器のほか、MAX1800は1つの内部スイッチ、同期整流ステップアップDC-DCコンバータ、3つの補助ステップアップDC-DCコンバータコントローラ、及びリニアレギュレータコントローラを備えています。詳細については、MAX1800のデータシートを参照して下さい。

### MAX1802ステップダウンマスタ DC-DCコンバータとMAX1801の併用

MAX1801は独自のリファレンス又は発振器を生成しません。その代わりに、MAX1802ステップダウンマスタコンバータ等のマスタDC-DCコンバータからのリファレンスと発振器を使用します。MAX1802は1.25Vのリファレンスと100kHz~1MHzの発振器信号を生成する回路を備えています。MAX1802は2.7V~11Vの入力電圧で動作するため、4セルの直列アルカリ、NiCd、又はNiMH、あるいは2セルの直列リチウム一次又はリチウムイオン(Li+)バッテリーに適しています。MAX1802は同期整流ステップダウンDC-DCコンバータコントローラ、内部スイッチ同期整流ステップダウンDC-DCコンバータ、及び3つの補助ステップアップDC-DCコンバータコントローラを備えています。詳細については、MAX1802のデータシートを参照して下さい。

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

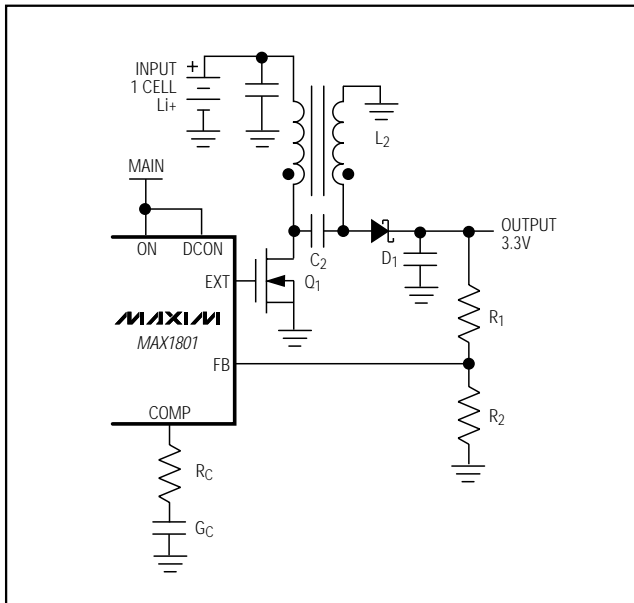


図6. MAX1801補助コントローラ、SEPIC構成

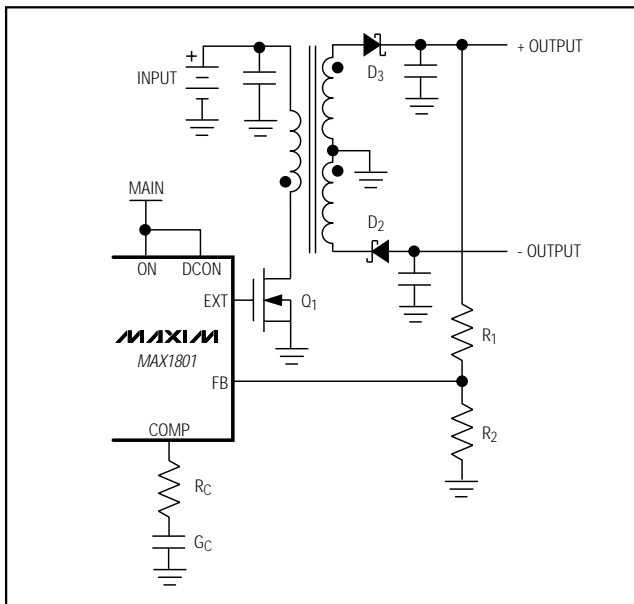


図7. MAX1801補助コントローラ、フライバック構成

## SEPIC構成でのMAX1801コントローラの使用

バッテリー電圧が目的の出力電圧よりも高いか低い場合は、ステップアップコンバータもステップダウンコンバータも適していません。代わりにステップアップ/ステップダウンコンバータを使用して下さい。図6に、ステップアップ/ステップダウンコンバータの一種であるSEPICの例を示します。インダクタL1及びL2は個別のインダクタを使用することも、単一のコアにまとめてトランス

のようにカップリングすることもできます。通常は、カップリングされたインダクタを使用すると効率が改善されます。これは、カップリングを通じて一部の電力が伝達されるため、カップリングコンデンサC2を通る電力が少なくなるためです。同様に、C2はESRの低いコンデンサを使用して効率を改善して下さい。カップリングコンデンサのリプル電流定格は、入力及び出力電流のうち大きい方よりも高くなる必要があります。MOSFET(Q1)ドレインソース電圧定格及び整流器(D1)の逆電圧定格は、入力電圧及び出力電圧の合計を超える必要があります。その他の種類のステップアップ/ステップダウン回路に、フライバックコンバータ、及びリニアレギュレータとステップアップコンバータの組み合わせがあります。

## 複数出力フライバック回路用 MAX1801コントローラの使用

アプリケーションの中には、フライバックトランスを備えた単一コンバータから複数の電圧出力を必要とするものがあります。図7に、2つの出力フライバック構成のMAX1801補助コントローラを示します。このコントローラは一次トランスを切り替える外部MOSFETを駆動し、2つの二次トランスが出力を生成します。フィードバック抵抗分圧器を使用して安定させることのできる正出力電圧は1つだけであるため、その他の電圧は二次トランスの回転比によって設定されます。その他の二次電圧のレギュレーションは、トランスのリークインダクタンス及びワインディング抵抗により劣化します。電圧レギュレーションは、負荷電流が小さな範囲に収まるよう制限されている時に最適になります。特定のアプリケーションに対して適切な設計を行うには、トランスのメーカーに問い合わせして下さい。

## 負出力電圧を生成するための チャージポンプの使用

負出力電圧は、図8に示すように、補助コントローラ付チャージポンプ回路を使用して、トランス無しで生成できます。MOSFET Q1がオフになると、そのドレインの電圧が上昇して電流を $V_{OUT+}$ に供給します。同時に、C1がD1を介して $V_{OUT+}$ における電圧まで充電されます。MOSFETがオンになると、C1がD3を介して放電し、従ってC3が $V_{OUT-}$ からD3の両端のドロップを差し引いた値まで充電し、 $V_{OUT-}$ には極が反対で $V_{OUT+}$ と同じ電圧が生成されます。正及び負にそれぞれ異なる電圧が必要な場合は、出力の1つでリニアレギュレータを使用して目的の電圧を達成します。MAX1801が他方より高い電圧を安定化させることができます。

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

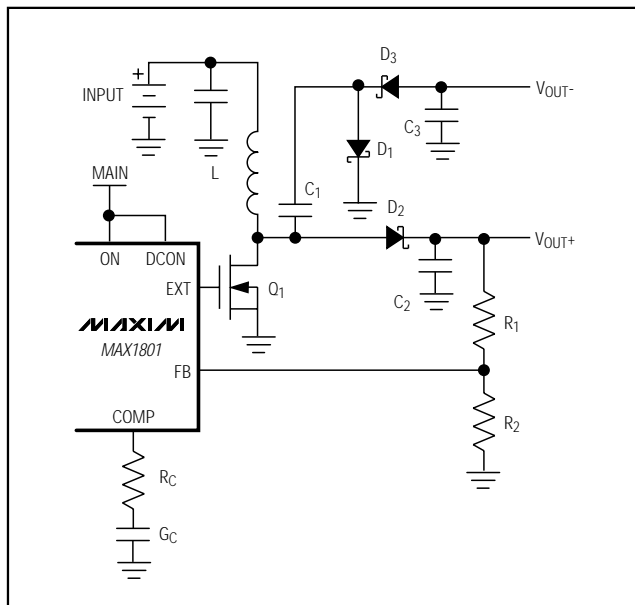


図8. 補助コントローラ、チャージポンプ構成

## PCボードの設計

良好なPCボードレイアウトは、MAX1801の最適な性能を達成する上で重要です。不適切な設計は過剰な伝導ノイズや放散ノイズの原因となり、不安定な動作やレギュレーションエラーを発生させます。

断続電流を伝導する導線はできるだけ短くし、高電流を伝導する導線はできるだけ幅を広くして下さい。リファレンス及び信号グランドを含む個別の低ノイズグランドプレーンは、1点のみにおいてパワーグランドプレーンに

接続し、パワーグランド電流の影響を最小限に抑える必要があります。

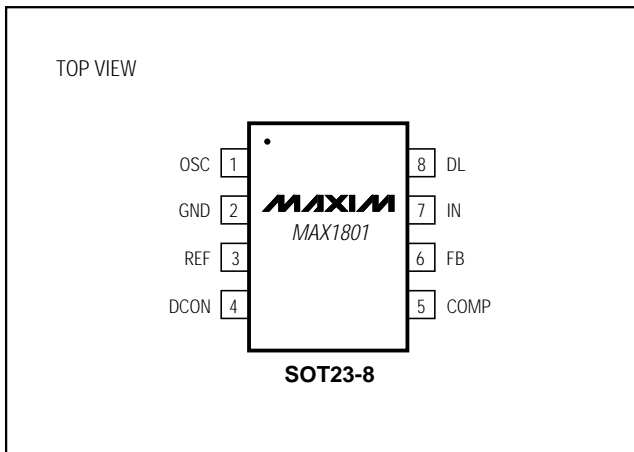
電圧フィードバックネットワークはICのできるだけ近く、できればFBピンの0.2インチ(5mm)以内に保ちます。高いdv/dtを持つノード(スイッチングノード)はできるだけ小さくしてFB等のハイインピーダンスノードから遠ざけて下さい。

電気ノイズに敏感な回路基板のレイアウトには、OSC、及びREFとINにおけるバイパスにローパスRCフィルタが必要となることがあります。OSCでRCフィルタを使用する場合は、極周波数を発振器周波数の少なくとも20倍にして、OSC信号の歪みを避ける必要があります。マスタ発振器の負荷を最小限に抑えて発振器の周波数のシフトが発生しないようにするには、 $C_{OSC}/(100N)$ より小さいフィルタコンデンサを選択します。ここで、 $C_{OSC}$ はマスタ発振器のタイミングコンデンサで、Nはマスタに接続されているMAX1801スレーブの数です。次に、 $R_{FILTER} = 1/(40 f_{OSC} C_{FILTER})$ を選択します。

バイパスコンデンサがIN及びREFに必要な場合は、高周波数で低インピーダンスを示す0.1μFセラミックコンデンサを使用します。バイパス及びフィルタ部品はMAX1801ピンの5mm(0.2インチ)以内に配置して下さい。

完全なPCボードの例については、MAX1800評価キット(EVキット)又はMAX1802EVキットデータシートを参照して下さい。

## ピン配置



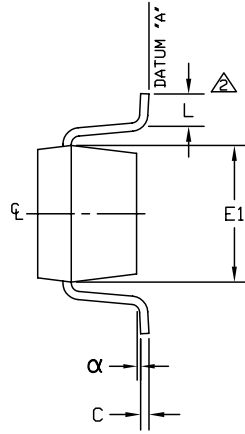
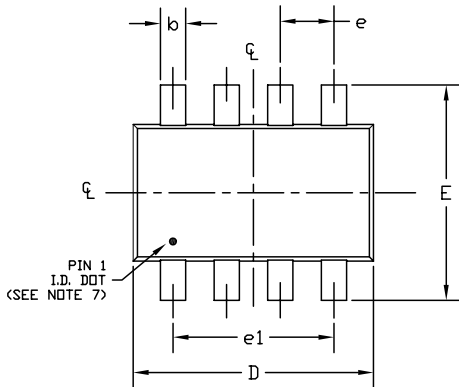
## チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 1130

# デジタルカメラ用ステップアップスレーブ DC-DCコントローラ

MAX1801

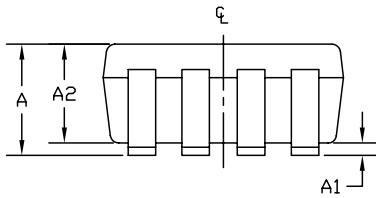
パッケージ



SYMBOL	MIN	MAX
A	0.90	1.45
A1	0.00	0.15
A2	0.90	1.30
b	0.28	0.45
C	0.09	0.20
D	2.80	3.00
E	2.60	3.00
E1	1.50	1.75
L	0.10	0.60
e	0.65 ref	
e1	1.95 ref	
$\alpha$	0°	10°

NOTE:

1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2. FOOT LENGTH MEASURED REFERENCE TO FLAT FOOT SURFACE PARALLEL TO DATUM "A".
3. PACKAGE OUTLINE EXCLUSIVE OF MOLD FLASH & METAL BURR.
4. PACKAGE OUTLINE INCLUSIVE OF SOLDER PLATING.
5. EIAJ REF. NUMBER\* SC-74 (6 LEAD VERSION)
6. COPLANARITY 4 MILS. MAX.
7. PIN 1 I.D. DOT IS 0.3 MM  $\phi$  MIN. LOCATED ABOVE PIN 1.
8. MEETS JEDEC MO178.



<b>MAXIM</b>			
PROPRIETARY INFORMATION			
TITLE: PACKAGE OUTLINE, SOT-23, 8L			
APPROVAL	DOCUMENT CONTROL NO. 21-0078	REV C	1/1

SOT23-8LEPS

販売代理店

## マキシム・ジャパン株式会社

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田3-30-16(ホリゾン1ビル)  
TEL. (03)3232-6141 FAX. (03)3232-6149

マキシム社では全体がマキシム社製品で実現されている回路以外の回路の使用については責任を持ちません。回路特許ライセンスは明言されていません。マキシム社は随時予告なしに回路及び仕様を変更する権利を保留します。

16 \_\_\_\_\_ Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600