

## シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

## 概要

MAX1522/MAX1523/MAX1524は、ステップアップ、SEPIC、およびフライバックアプリケーション等の広範囲のDC-DC変換トポロジ向けに設計されたシンプルで小型のブーストコントローラです。これらのICは、低コストと小型のサイズを最優先とするアプリケーションに適しています。これらのデバイスは簡単なアプリケーション回路を提供すると共に、外付け部品のサイズと数を最小にするように設計されているため、PDA、デジタルカメラ、およびその他の低コスト民生電子アプリケーションに最適です。

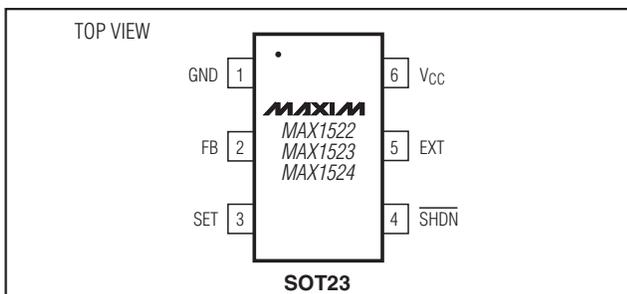
これらのデバイスは、独自の固定オンタイムと最小オフタイムのアーキテクチャを使用しており、広範囲な入力/出力電圧の組み合わせおよび負荷電流において優れた効率を提供します。固定オンタイムは0.5 $\mu$ s (50%の最大デューティサイクル)または3 $\mu$ s (85%の最大デューティサイクル)のいずれかに端子で選択することができるため、外付け部品のサイズを最適化することができます。広範囲の出力電圧に対する設計が容易になります。

MAX1522/MAX1523は+2.5V~+5.5Vの入力電圧範囲で動作し、広範囲の出力を生成することができます。MAX1524はブートストラップ動作に適しており、低い入力電圧でのスタートアップが可能です。すべてのデバイスはソフトスタートと短絡保護を内蔵しており、スタートアップの間および出力フォルトの状態での過度のスイッチング電流を防止します。MAX1522/MAX1524は短絡発生時にコントローラがシャットダウンされるラッチフォルトモードを備えています。MAX1523は出力フォルトの状態の間に再度ソフトスタートモードになります。MAX1522/MAX1523/MAX1524は、省スペースの6ピンSOT23パッケージで提供されます。

## アプリケーション

低コスト、大電流、または高電圧のブースト変換	低コスト、多出力のフライバックコンバータ
LCDバイアス電源	SEPICコンバータ
工業用+24Vおよび+28V電源	低コストのバッテリー駆動アプリケーション

## ピン配置



## 特長

- ◆ 簡単に順応性を持ったアプリケーション回路
- ◆ 2セルのNiMHまたはアルカリ電池で動作 (MAX1524)
- ◆ 低自己消費電流(25 $\mu$ A typ)
- ◆ 出力フォルト保護およびソフトスタート
- ◆ 1000:1のI<sub>OUT</sub>範囲において高効率
- ◆ 端子選択が可能な最大デューティ係数
- ◆ 極小電力のシャットダウンモード
- ◆ 小型6ピンのSOT23パッケージ
- ◆ 電流検出抵抗は不要

## 型番

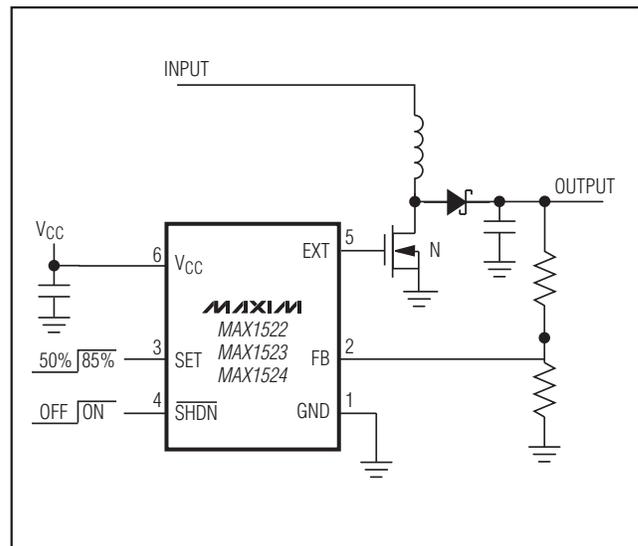
PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE	TOP MARK
MAX1522EUT-T	-40°C to +85°C	6 SOT23	AAOX
MAX1523EUT-T	-40°C to +85°C	6 SOT23	AAOY
MAX1524EUT-T	-40°C to +85°C	6 SOT23	AAOZ
MAX1522EUT+T	-40°C to +85°C	6 SOT23	+AAOX
MAX1523EUT+T	-40°C to +85°C	6 SOT23	+AAOY
MAX1524EUT+T	-40°C to +85°C	6 SOT23	+AAOZ

+は鉛(Pb)フリー/RoHS準拠パッケージを表します。

-は鉛(Pb)含有のパッケージを表します。

T = テープ&リール

## 標準動作回路



# シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

MAX1522/MAX1523/MAX1524

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V<sub>CC</sub>, FB,  $\overline{\text{SHDN}}$ , SET to GND .....-0.3V to +6V  
 EXT to GND .....-0.3V to (V<sub>CC</sub> + 0.3V)  
 Continuous Power Dissipation (T<sub>A</sub> = +70°C)  
     6-Pin SOT23 (derate 8.7mW/°C above +70°C) .....696mW  
 Operating Temperature Range .....-40°C to +85°C

Junction Temperature .....+150°C  
 Storage Temperature Range .....-65°C to +150°C  
 Lead Temperature (soldering, 10s) .....+300°C  
 Soldering Temperature (reflow) .....+260°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

(V<sub>CC</sub> =  $\overline{\text{SHDN}}$  = 3.3V, SET = GND, T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>CC</sub> Operating Voltage Range			2.5		5.5	V
V <sub>CC</sub> Minimum Startup Voltage	MAX1522/MAX1523				2.5	V
	f <sub>EXT</sub> > 100kHz, MAX1524 (Note 1), bootstrap required				1.5	
Undervoltage Lockout Threshold	V <sub>CC</sub> rising			2.37	2.47	V
	V <sub>CC</sub> falling		2.20	2.30		
V <sub>CC</sub> Supply Current	No load, nonbootstrapped			25	50	μA
V <sub>CC</sub> Shutdown Current	$\overline{\text{SHDN}}$ = GND			0.001	1	μA
Fixed t <sub>ON</sub> Time	V <sub>FB</sub> = 1.2V	SET = GND	0.4	0.5	0.6	μs
		SET = V <sub>CC</sub>	2.4	3.0	3.6	
Minimum t <sub>OFF</sub> Time	V <sub>FB</sub> > 0.675V			0.5		μs
	V <sub>FB</sub> < 0.525V			1.0		
Maximum Duty Factor	SET = GND		45	50	55	%
	SET = V <sub>CC</sub>		80	85	90	
FB Regulation Threshold (Note 2)	V <sub>CC</sub> = +2.5V to +5.5V		1.23	1.25	1.27	V
FB Undervoltage Fault Threshold (Note 2)	FB falling		525	575	625	mV
FB Input Bias Current	V <sub>FB</sub> = 1.3V			6	50	nA
EXT Resistance	I <sub>EXT</sub> = 20mA	EXT high		2	4	Ω
		EXT low		1.5	3	
Soft-Start Ramp Time			2.2	3.2	4.2	ms
Logic Input High	V <sub>CC</sub> = +2.5V to +5.5V, SET, $\overline{\text{SHDN}}$		1.6			V
Logic Input Low	V <sub>CC</sub> = +2.5V to +5.5V, SET, $\overline{\text{SHDN}}$				0.4	V
Logic Input Leakage Current	SET, $\overline{\text{SHDN}}$ = V <sub>CC</sub> or GND		-1		+1	μA

**Note 1:** Actual startup voltage is dependent on the external MOSFET's V<sub>GS(TH)</sub>.

**Note 2:** Specification applies after soft-start mode is completed.

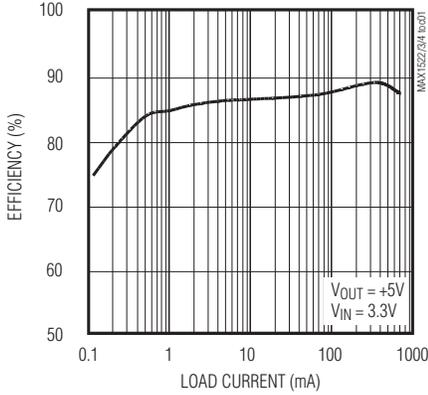
# シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

MAX1522/MAX1523/MAX1524

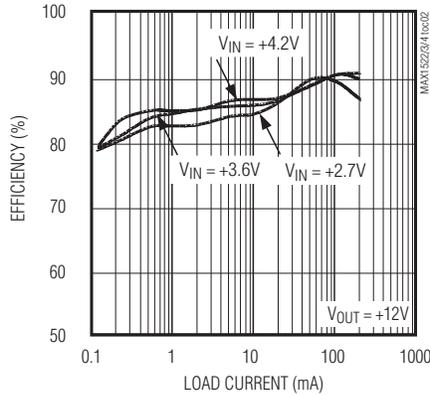
## 標準動作特性

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

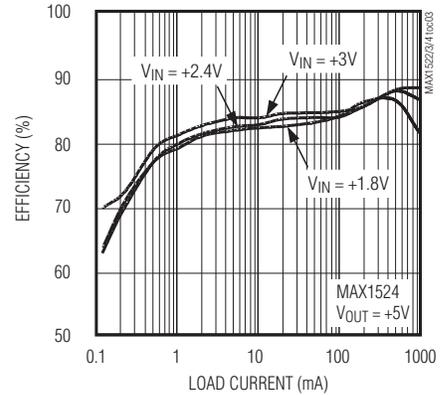
**EFFICIENCY vs. LOAD CURRENT  
(DESIGN EXAMPLE 1)**



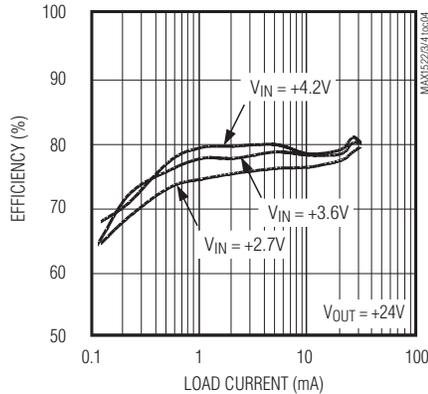
**EFFICIENCY vs. LOAD CURRENT  
(DESIGN EXAMPLE 2)**



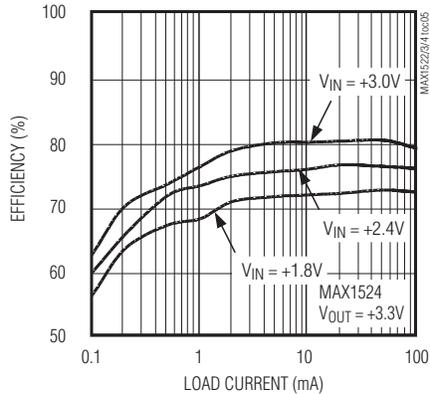
**EFFICIENCY vs. LOAD CURRENT  
(DESIGN EXAMPLE 3)**



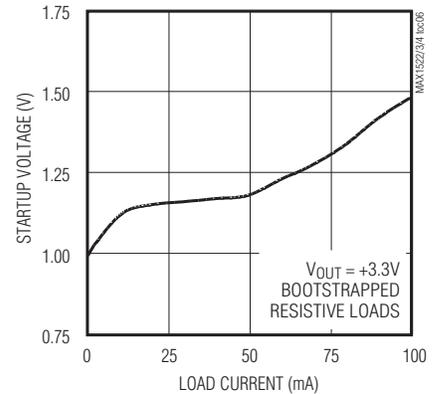
**EFFICIENCY vs. LOAD CURRENT  
(DESIGN EXAMPLE 4)**



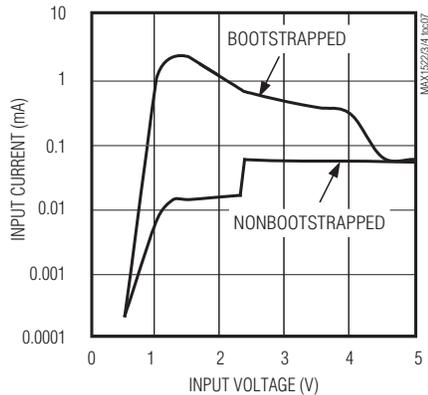
**EFFICIENCY vs. LOAD CURRENT  
(DESIGN EXAMPLE 5)**



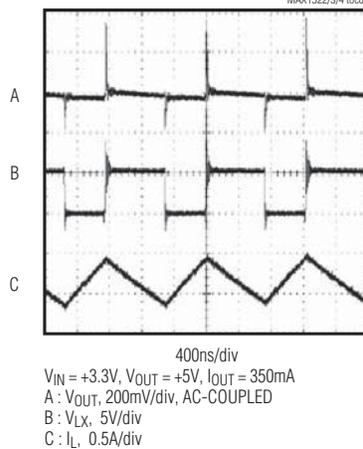
**STARTUP INPUT VOLTAGE  
vs. OUTPUT CURRENT**



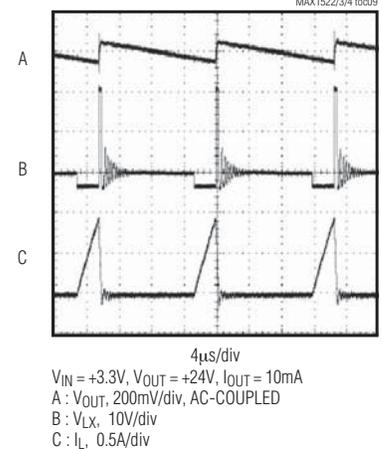
**NO-LOAD INPUT CURRENT  
vs. INPUT VOLTAGE**



**SWITCHING WAVEFORM  
(CONTINUOUS CONDUCTION)**



**SWITCHING WAVEFORM  
(DISCONTINUOUS CONDUCTION)**



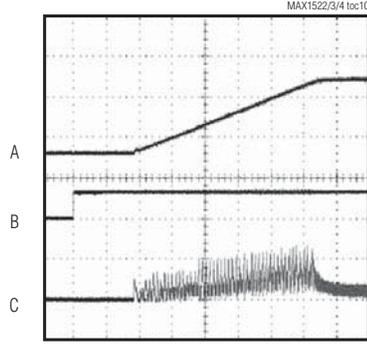
# シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

MAX1522/MAX1523/MAX1524

## 標準動作特性(続き)

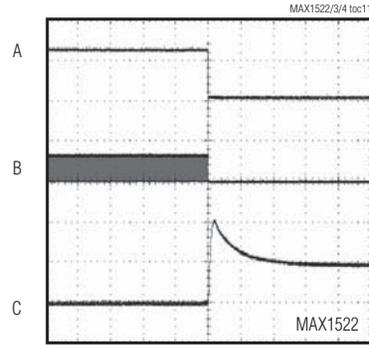
( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

### SOFT-START RESPONSE



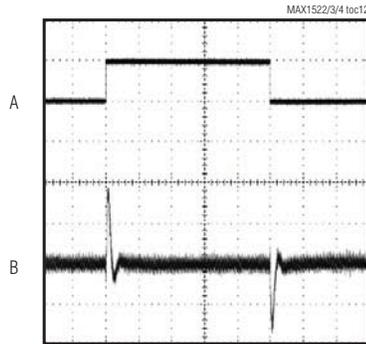
200Ω RESISTIVE LOAD  
 A:  $V_{OUT}$ , 5V/div  
 B:  $V_{SHDN}$ , 5V/div  
 C:  $I_L$ , 1A/div

### FAULT-DETECTION RESPONSE



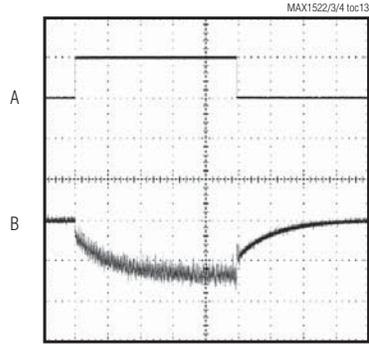
A:  $V_{OUT}$ , 10V/div  
 B:  $V_{EXT}$ , 5V/div  
 C:  $I_L$ , 5A/div

### LINE-TRANSIENT RESPONSE



$V_{IN} = +3.5\text{V TO } +4.0\text{V}$ ,  $V_{OUT} = +12\text{V}$ ,  $I_{OUT} = 60\text{mA}$   
 A:  $V_{IN}$ , 500mV/div, AC-COUPLED  
 B:  $V_{OUT}$ , 10mV/div, AC-COUPLED

### LOAD-TRANSIENT RESPONSE



$V_{IN} = +3.3\text{V}$ ,  $V_{OUT} = +12\text{V}$ ,  $I_{OUT} = 30\text{mA TO } 120\text{mA}$   
 A:  $I_{OUT}$ , 100mA/div  
 B:  $V_{OUT}$ , 100mV/div, AC-COUPLED

# シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

## 端子説明

端子	名称	機能
1	GND	グラウンド
2	FB	フィードバック入力。FBを外部の抵抗分圧器に接続してください。FBは1.25Vに安定化されます。
3	SET	オンタイム制御。3 $\mu$ sの固定オンタイム(85%のデューティサイクル)に設定するには、SETをV <sub>CC</sub> に接続します。0.5 $\mu$ sの固定オンタイム(50%のデューティサイクル)に設定するには、SETをGNDに接続します。詳細については「オンタイム設定入力」を参照してください。
4	$\overline{\text{SHDN}}$	シャットダウン制御入力。 $\overline{\text{SHDN}}$ をハイにすると通常動作になります。 $\overline{\text{SHDN}}$ をローにすると低電力シャットダウンモードになります。 $\overline{\text{SHDN}}$ をローにするとMAX1522およびMAX1524のフォルトラッチがクリアされます。
5	EXT	外部MOSFETの駆動。EXTは外部のNMOSパワーFETのゲートを駆動し、V <sub>CC</sub> からGNDまでスイングします。
6	V <sub>CC</sub>	ICへの電源電圧。0.1 $\mu$ FのコンデンサでV <sub>CC</sub> からGNDにバイパスして下さい。V <sub>CC</sub> は、V <sub>IN</sub> (非ブートストラップ)、V <sub>OUT</sub> (ブートストラップ)、または別のレギュレータの出力から供給される+2.5V~+5.5Vの電源に接続して下さい。ブートストラップ動作には、10 $\Omega$ の直列抵抗を介してV <sub>CC</sub> を出力に接続して下さい。

## 詳細

MAX1522/MAX1523/MAX1524は、ステップアップ、SEPIC、およびフライバックアプリケーションを含む様々なDC-DC変換トポロジ向けに設計されたシンプルで小型のブーストコントローラです。これらのデバイスは、外付け部品を最小限に抑えたシンプルなアプリケーション回路を提供するように設計されており、PDA、デジタルカメラ、およびその他の低コスト民生電子アプリケーションに最適です。

これらのデバイスは、独自の固定オンタイムと最小オフタイムのアーキテクチャを使用しているため、広範囲な入力/出力電圧の組み合わせと負荷電流における優れた効率を提供します。固定オンタイムは0.5 $\mu$ sまたは3 $\mu$ sのいずれかに端子選択ができるため、外付け部品サイズの最適化および広範囲の出力電圧に対する設計が容易になります。

## 制御方式

MAX1522/MAX1523/MAX1524は、独自の固定オンタイムと最小オフタイムのアーキテクチャを使用しており、広範囲な入力/出力電圧の組み合わせにおいて優れた効率を提供します。固定オンタイムは、それぞれ45%または80%の最大デューティ係数となる0.5 $\mu$ sまたは3 $\mu$ sのいずれかに端子選択ができます。インダクタの充電サイクルはEXTをハイに駆動することにより開始され、外部MOSFETをオンにします。MOSFETは固定オンタイムの間オンを維持し、その後EXTがMOSFETをオフにします。EXTは少なくとも最小オフタイムの間ローを維持し、FBが1.25Vの安定化点以下になると次のサイクルが始まります。

## ブートストラップと非ブートストラップ

MAX1522/MAX1523/MAX1524のV<sub>CC</sub>電源の電圧範囲は+2.5V~+5.5Vです。V<sub>CC</sub>用の電源は、入力電圧(非ブートストラップ)、出力電圧(ブートストラップ)、または独立のレギュレータから供給されます。

MAX1522/MAX1523は通常、非ブートストラップ構成で使用され、高出力電圧または低出力電圧で動作します。ただし、入力および出力電圧の双方が+2.5V~+5.5Vの範囲にある場合、MAX1522/MAX1523は非ブートストラップまたはブートストラップモードで動作することが可能になります。ブートストラップモードはMOSFETスイッチにより高いゲート駆動電圧を与えるため、スイッチのI<sup>2</sup>R損失が低減されますが、ゲートを充電および放電するためのV<sub>CC</sub>の供給電流も増加します。ブートストラップ構成と非ブートストラップ構成を比較した場合、選択したMOSFETによって効率と負荷と入力電圧の関係が若干変化します。

MAX1524は、入力電圧範囲が2.5V以下および出力電圧が2.5V~5.5Vであるアプリケーションにおいて常にブートストラップ構成で使用されます。V<sub>CC</sub>は出力に接続(10 $\Omega$ の直列抵抗を介して)され、入力からインダクタ、ダイオード、および10 $\Omega$ の抵抗を経由するDC電流経路を通じてスタートアップ電圧を得ます。MAX1524は、V<sub>CC</sub>で1.5Vという低い入力電圧までスタートアップを保証する、低電圧スタートアップ発振器を備えています。スタートアップ発振器は25%の固定のデューティサイクルを持っており、MOSFETのゲートを切り換えて出力電圧のブーストを開始します。出力電圧がUVLOスレッショルドを超えると通常の制御回路が使用され、スタートアップ発振器がディセーブルされます。ただし、Nチャ

# シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

ネルMOSFETが2.5V以下の $V_{GS}$ において $R_{DS(ON)}$ を保証することは稀なため、1.5V入力までのスタートアップ保証はMOSFETの仕様によって制約を受けます。それにも関わらず、MAX1524のEVキットのMAX1524ブートストラップ回路は、通常は1V以下の入力電圧および無負荷条件でスタートアップします。

MAX1522/MAX1523は、2.5V~5.5Vの独立した電圧レギュレータの出力に $V_{CC}$ を接続して使用することもでき、入力および出力電圧の高低を任意に組み合わせで動作させることができます。この場合、CCMまたはDCM設計の手順で計算された最大スイッチング周波数を考慮すると、この独立したレギュレータは、「パワーMOSFETの選択」で計算された $I_{GATE}$ 電流を満たすだけの電流を供給しなければなりません。

## オンタイム設定入力

MAX1522/MAX1523/MAX1524は端子選択が可能な固定オンタイム制御を備えており、様々な入力/出力電圧の組み合わせに対して動作を最適化することができます。SETを $V_{CC}$ に接続すると3 $\mu$ sの固定オンタイムになります。SETをGNDに接続すると0.5 $\mu$ sの固定オンタイムになります。

3 $\mu$ sのオンタイム設定( $SET = V_{CC}$ )によって80%以上の最大デューティ係数が保証され、高いステップアップ比(3.3Vを12Vにブーストする等)のアプリケーションにおいて高い効率が得られます。この設定は高いステップアップ比のアプリケーションに適しています。

0.5 $\mu$ sのオンタイム設定( $SET = GND$ )によって高い周波数での動作が可能になり、外付けのインダクタおよびコンデンサのサイズを最小にすることができます。最大デューティ係数は45%保証に制限されるため、この設定は3.3V~5Vのコンバータ等の低いステップアップ比に適しています。

## ソフトスタート

MAX1522/MAX1523/MAX1524はスタートアップの間のインダクタ電流を低減して、バッテリー、入力コンデンサ、MOSFET、およびインダクタのストレスを低減する独自のソフトスタートモードを備えています。ソフトスタート期間は3.2msに固定されており、外付け部品は不要です。

## フォルト検出

ソフトスタート期間が終了した後出力電圧が安定化値の50%以下に低下した場合、フォルトが検出されます。この状態の下では、MAX1522は、 $\overline{SHDN}$ がローに切り換わるかあるいは電源がオフにされて再び印加されるまでレギュレータをディセーブルし、その後ソフトスタートでパワーアップを再試行します。MAX1523の場合、フォ

ルト状態はラッチされず、有効な出力電圧が得られるまでソフトスタートを繰り返します。MAX1524はラッチされるフォルト検出を備えていますが、ブートストラップ時には $V_{CC}$ が2.37V以下になるとラッチがクリアされます。

## シャットダウンモード

MAX1522/MAX1523/MAX1524をシャットダウンモードにするには、 $\overline{SHDN}$ をGNDに駆動します。シャットダウンでは内部リファレンスおよび制御回路がオフになり、EXTがGNDに駆動され、消費電流が1 $\mu$ A以下に減少し、出力が入力電圧からダイオード1個分低下します。通常の動作には $\overline{SHDN}$ を $V_{CC}$ に接続してください。シャットダウンモードから抜ける時、必ず3.2msのソフトスタートが開始されます。

## 低電圧ロックアウト

MAX1522/MAX1523は低電圧ロックアウト(UVLO)回路を備えており、 $V_{CC}$ がUVLOスレッショルド(2.37V typ)以下の時には、回路動作およびMOSFETスイッチングを停止させます。UVLOコンパレータは70mVのヒステリシスを備えており、 $V_{CC}$ の入カインピーダンスによるチャタリングを排除します。

## アプリケーション情報

### 出力電圧の設定

出力電圧は、FBを出力とGND間の抵抗分圧器に接続することによって設定します(図1および図2)。フィードバック抵抗 $R_2$ を30k $\Omega$ ~100k $\Omega$ の範囲で選択して下さい。 $R_1$ は次式で与えられます。

$$R_1 = R_2 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right)$$

ここで $V_{FB} = 1.25V$ です。

## 設計手順

### 連続および断続導通

インダクタ電流がゼロまで低下することが許されない場合、スイッチングレギュレータは連続導通モード(CCM)で動作します。これは、インダクタのリプル電流が入力電流の半分以下になるような十分大きなインダクタ値を選択することによって達成されます。このモードの長所は、ピーク電流が小さくて $I^2R$ 損失と出力リップルが低減されることです。

通常、最大負荷においてリップル電流が入力電流の30%に低減されるような大きなインダクタンスを使用した場合、最適のトランジェント性能、大部分のリップル

# シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

低減、およびCCMの効率向上が実現します。軽負荷においては、CCM回路は断続導通モード(DCM)で動作することに注意して下さい。30%のリプル電流を選択すると、最大負荷の約1/6より少ない負荷でこれが起こる原因になります。

CCMで起こらない一般的な理由としては次の2つが挙げられます。

1) **高出力電圧**。この場合、出力～入力の電圧比は、MAX1522/MAX1523/MAX1524の最大デューティ係数によって得られるレベルを超えます。「最大デューティサイクルの計算」の項にある式を使用して、アプリケーションの最大デューティサイクルを計算して下さい。この数値が80%を超えた場合、DCM用の設計を行う必要があります。

2) **低出力電流**。最大出力電流が非常に小さい場合、CCMに必要なインダクタは極めて大きくて高価なものになります。 $I^2R$ 損失は問題にならないため、小さなインダクタを使用してDCMで実行する方が良いかもしれません。外付け部品によっても変化しますが、通常、これに当てはまるのは、負荷電流に出力～入力の電圧比を乗じた値が数百mA以下になる場合です。

## 最大デューティサイクルの計算

アプリケーションの最大デューティサイクルは次式で与えられます。

$$\text{DutyCycle}(\text{MAX}) = \frac{V_{\text{OUT}} + V_{\text{D}} - V_{\text{IN}(\text{MIN})}}{V_{\text{OUT}} + V_{\text{D}}} \times 100\%$$

ここで、 $V_{\text{D}}$ はショットキーダイオードの順方向電圧降下(約0.5V)です。

## CCM設計の手順

### オンタイムの選択

CCMを実現するには、MAX1522/MAX1523/MAX1524がアプリケーションの最大デューティサイクルを上回ることができる必要があります。45%のデューティサイ

クルまでのアプリケーションでは、高速スイッチングで小型のインダクタとするために、SETをGNDに接続して0.5 $\mu$ sのオンタイムにします。80%のデューティサイクルまでのアプリケーションでは、SETを $V_{\text{CC}}$ に接続して3.0 $\mu$ sのオンタイムにする必要があります。80%のデューティサイクル以上のアプリケーションでは、CCM動作は保証されませんので、「DCM設計の手順」の項を参照して下さい。

### スイッチング周波数

CCMの利点は、負荷が小さくてもスイッチング周波数は低下しないことですが、一方DCMの場合、スイッチング周波数は負荷によって直接変化します。これは、スイッチングノイズがオーディオ帯域より上に留まる必要があるアプリケーションにおいて重要です。CCM回路の中負荷および高負荷のスイッチング周波数は次式で与えられます。

$$f_{\text{SWITCHING}} = \frac{1}{t_{\text{ON}}} \times \frac{V_{\text{OUT}} + V_{\text{D}} - V_{\text{IN}}}{V_{\text{OUT}} + V_{\text{D}}}$$

$f_{\text{SWITCHING}}$ は負荷の関数ではなく、主に入力電圧によって変化することに注意して下さい。しかし、負荷が小さくなるとCCM回路はDCMになり、周波数は負荷に依存するようになります。

$$f_{\text{SWITCHING}}(\text{LIGHT-LOAD}) \approx \frac{1}{t_{\text{ON}}} \times \frac{V_{\text{OUT}} + V_{\text{D}} - V_{\text{IN}}}{V_{\text{OUT}} + V_{\text{D}}} \times \frac{I_{\text{LOAD}}}{0.18 \times I_{\text{LOAD}(\text{MAX})}}$$

### ピークインダクタ電流の計算

CCMの場合、ピークインダクタ電流は次式で与えられます。

$$I_{\text{PEAK}} = 1.15 \times \frac{V_{\text{OUT}} + V_{\text{D}}}{V_{\text{IN}(\text{MIN})}} \times I_{\text{LOAD}(\text{MAX})}$$

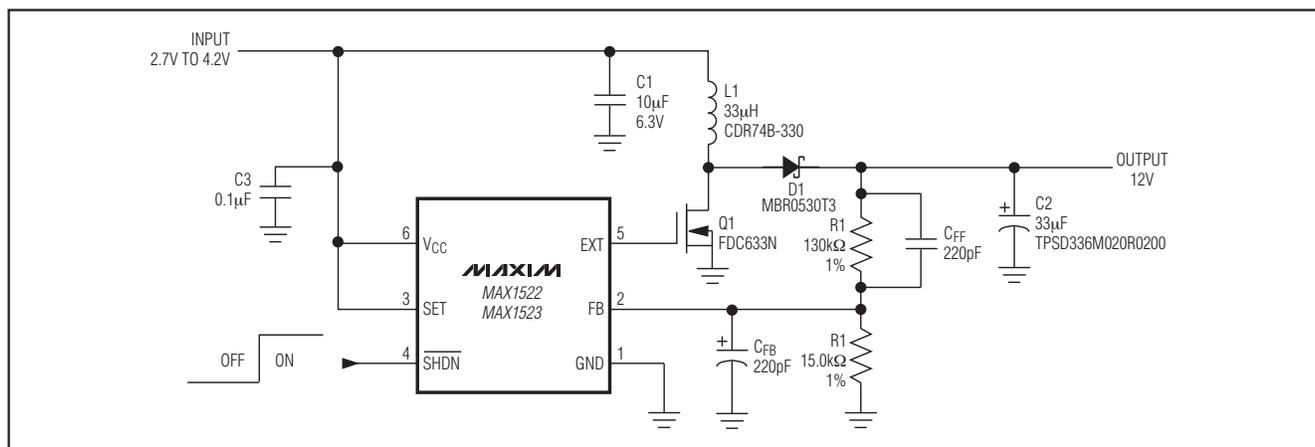


図1. MAX1522/MAX1523の標準動作回路

# シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

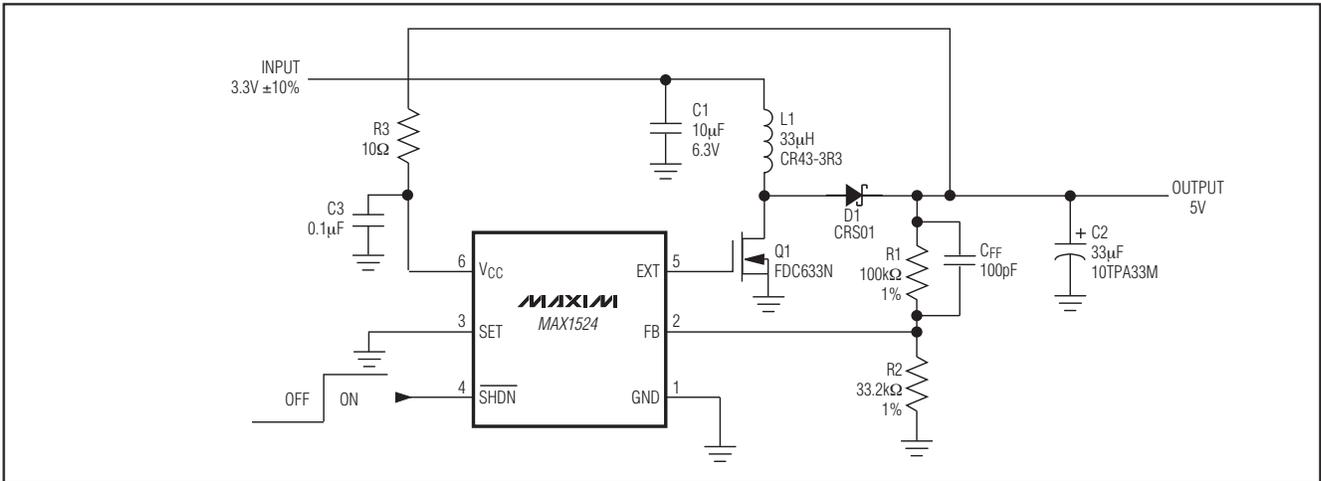


図2. MAX1524の標準動作回路

## インダクタの選択

CCMの場合、理想的なインダクタ値は次式で与えられます。

$$L_{IDEAL} = \frac{V_{IN(TYP)} \times t_{ON(TYP)}}{0.3 \times I_{PEAK}}$$

$L_{IDEAL}$ が標準値でない場合、最も近い値(高い側または低い側)を選択して下さい。50%以内の公称値は許容できます。理想値よりも小さい値ではピークインダクタ電流が僅かに大きくなり、理想値よりも大きい値ではピークインダクタ電流が僅かに小さくなります。

MAX1522/MAX1523/MAX1524のスイッチング周波数は高いため、フェライトコアまたはこれに相当するものを持つインダクタを推奨します。鉄粉コアは、50kHz以上の周波数において損失が大きいため**推奨されません**。

ほとんどのタイプのコイルは飽和定格を最大20%超えても問題なく動作しますが、選んだインダクタの飽和定格は $I_{PEAK}$ の計算値以上でなければなりません。飽和基準に加えて、インダクタはできるだけ低い直列抵抗を持っている必要があります。インダクタの抵抗における電力損失は次式で近似されます。

$$P_{LR} \approx \left( \frac{I_{LOAD} \times (V_{OUT} + V_D)}{V_{IN}} \right)^2 \times R_L$$

## 出力コンデンサの選択

CCMでは、安定した動作を提供してかつ出力サグを0.5%以下に抑えるには、出力の大容量コンデンサを次の値以上にする必要があります。

$$C_{OUT(MIN)} = \frac{I_{LOAD(MAX)} \times t_{ON}}{0.005 \times V_{OUT}}$$

3.2msのソフトスタートの間にピークインダクタ電流を適切に抑制するには、出力の大容量コンデンサを次の値以下にする必要があります。

$$C_{OUT(MAX)} = \frac{I_{LOAD(MAX)} \times t_{SS}}{V_{OUT}}$$

ここで、 $t_{SS} = 3.2ms$ です。

MAX1522/MAX1523/MAX1524は電圧モードのデバイスであるため(従って高価な電流検出抵抗は不要)、出力コンデンサの等価直列抵抗(ESR)によってサイクルツーサイクルの安定性が得られます。次の値以上の実効ESRを持つ出力コンデンサを選択して下さい。

$$ESR_{COUT} > \frac{L}{C_{OUT}} \times \frac{I_{LOAD(MAX)}}{V_{IN(MIN)}}$$

さらに、ソフトスタートの間にピークインダクタ電流を抑えるには、出力コンデンサのESRを次の値以上にする必要があります。

$$ESR_{COUT} > 60 \times 10^{-3} \times \frac{V_{FB}}{I_{PEAK}}$$

通常、これでCCMアプリケーションにセラミックコンデンサを使用する必要がなくなります。代用品としては、タンタル、電解、および三洋のPOSCAP等の有機タイプがあります。また、出力コンデンサは出力電圧と $I_{PEAK}$ に等しい出力リップル電流に耐える定格が必要です。ブーストDC-DC設計における出力リップルはコンデンサ

のESRによって決定されるため、通常は $C_{OUT(MIN)}$ よりも2~3倍大きい容量値が必要です。ESRによる出力リップルは次式で与えられます。

$$V_{RIPPLE(ESR)} \approx 0.3 \times I_{PEAK} \times ESR_{COUT}$$

これは軽負荷および中負荷においてであり、ピーク負荷においてはこの3倍になります。

「オプションのフィードフォワードコンデンサの選択」の項に進んで、CCM設計の手順を続行してください。

## DCM設計の手順

### オンタイムの選択

MAX1522/MAX1523/MAX1524は、アプリケーションの入力および出力電圧によって決まる所望のデューティサイクルでDCM動作することが可能です。しかし、アプリケーションの最大のデューティサイクルがSET入力を使用して設定されるMAX1522/MAX1523/MAX1524の最大のデューティ係数と似ている場合、最良の性能が提供されます。67%以下の最大デューティサイクルを持ったアプリケーションに対しては、SETをGNDに接続してください。67%~99%の最大デューティサイクルを持ったアプリケーションに対しては、SETを $V_{CC}$ に接続して下さい。

### インダクタの選択

DCMの場合の理想的なインダクタ値は次式で与えられます。

$$L_{IDEAL} = \frac{(V_{IN(MIN)})^2 \times t_{ON(MIN)}}{3 \times (V_{OUT} + V_D) \times I_{LOAD(MAX)}}$$

$L_{IDEAL}$ が標準値でない場合は次に低い公称値を選択して下さい。上の式は既に±30%のインダクタ誤差に対する係数を含んでいます。入力電圧が低い時には理想値よりも大きい値は最大負荷を供給しない可能性があります、一方、理想値よりもはるかに小さい値では効率が悪くなります。

### ピークインダクタ電流の計算

DCMの場合のピークインダクタ電流は次式で与えられます。

$$I_{PEAK} = \frac{V_{IN(MAX)} \times t_{ON(MAX)}}{L}$$

ほとんどのタイプのコイルは飽和定格を最大20%超えても問題なく動作しますが、選んだインダクタの飽和定格は $I_{PEAK}$ の計算値以上でなければなりません。飽和基準に加え、インダクタの直列抵抗はできるだけ低い値である必要があります。インダクタの抵抗における電力損失の近似値は次式で与えられます。

$$P_{LR} \approx \frac{2}{3} \left( I_{PEAK} \times I_{OUT} \times \left( \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN}} \right) \right) R_L$$

MAX1522/MAX1523/MAX1524のスイッチング周波数は高いため、フェライトコアまたはこれに相当するものを持つインダクタを推奨します。鉄粉コアは50kHz以上の周波数において損失が大きいため推奨できません。

### スイッチング周波数

DCMにおけるスイッチング周波数は負荷電流に比例しており、ほぼ次式で与えられます。

$$f_{SWITCHING} \approx 0.7 I_{OUT} \times \frac{(V_{OUT} + V_D - V_{IN})}{t_{ON}^2 \times V_{IN}^2} \times 2L$$

$f_{SWITCHING}$ が負荷と入力電圧の関数であることに注意して下さい。

### 出力コンデンサの選択

DCMの場合、MAX1522/MAX1523/MAX1524にはセラミック出力コンデンサ(非常に低いESR)または少し高いESRを持ったタンタルや有機等の他のコンデンサを使用することができます。出力リップルを2%以下にするには、セラミック出力コンデンサの最小値を次の値以上にする必要があります。

$$C_{OUT(MIN)} = \frac{1}{2L} \times \frac{t_{ON}^2 \times V_{IN}^2}{(V_{OUT} + V_D - V_{IN})} \times \frac{1}{0.02 V_{OUT}}$$

ソフトスタートの間のインダクタ電流を抑えるには、出力コンデンサのタイプに関係なく、その最大値を次の値より低くする必要があります。

$$C_{OUT(MAX)} = \frac{I_{LOAD(MAX)} \times t_{SS}}{V_{OUT}}$$

ここで、 $t_{SS} = 3.2\text{ms}$ です。

このコンデンサは、最小25mVと $V_{OUT}$ の最大値の2%の間に出カリップルが得られるように選ぶ必要があります。静電容量リップルとESRリップルによる出力リップルは次式で概算されます。

$$V_{RIPPLE(COUT+ESR)} \approx \left[ \frac{1}{2L} \times \frac{t_{ON}^2 \times V_{IN}^2}{(V_{OUT} + V_D - V_{IN})} \times \frac{1}{C_{OUT}} \right] + \left[ \frac{V_{IN} \times t_{ON}}{L} \times ESR_{COUT} \right]$$

$V_{OUT}$ の2%に近い出力リップルに対しては、オプションのフィードフォワードコンデンサは必ずしも必要ではありません。より小さな出力リップルに対しては、安定性とソフトスタートの間のインダクタ電流を抑制するためにフィードフォワードコンデンサが必要です。

# シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

## オプションのフィードフォワード コンデンサの選択

ソフトスタートの間のピークインダクタ電流を適正に抑制してかつスイッチングを安定化させるには、FBにおけるリップルは25mV以上でなければなりません。出力とFB間にフィードフォワードコンデンサを接続しない場合、この要件を満たすには少なくとも出力リップルが $V_{OUT}$ の2%以上でなければなりません。あるいは、小さな出力リップルが得られるように低ESRの出力コンデンサを選択した場合、フィードフォワードコンデンサを使用する必要があり、出力リップルを25mVまで小さくできます。フィードフォワードコンデンサの近似値は次式で与えられます。

$$C_{FF} \approx 3 \times 10^{-6} \left( \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} \right)$$

ラインランジェント性能が低下するため、これを大幅に超えるフィードフォワードコンデンサを使用しないで下さい。出力リップルが十分大きくてフィードフォワードコンデンサが無くても安定したスイッチングが得られる場合は、負荷制御が低下しますのでフィードフォワードコンデンサを決して使用しないで下さい。

## オプションのフィードバックコンデンサの選択

フィードフォワードコンデンサを使用する場合、FBにおけるリップルが大きくなり過ぎる可能性があります。この症状は、過度のラインと負荷の制御、およびパルスの集合または「バースト」の形の軽負荷での大きな出力リップルも含まれます。幸いにも、これは低ESRの出力コンデンサを選択するか、またはFBとグラウンド間にフィードバックコンデンサを追加することにより容易に修正することができます。このフィードバックコンデンサ( $C_{FB}$ )は、フィードフォワードコンデンサと共に出力とFB間のAC結合のリップル分圧器を形成します。

$$\text{Ripple}_{FB} = \text{Ripple}_{OUTPUT} \times \left( \frac{C_{FF}}{C_{FB} + C_{FF}} \right)$$

$C_{FB}$ の適正値を実験的に決めるのは比較的簡単です。最初にFBリップルが半分になるように $C_{FB} = C_{FF}$ とし、次いで必要に応じて $C_{FB}$ を増減します。FBにおける理想的なリップルは25mV~40mVで、これがスイッチングを安定にし、軽負荷および中負荷での出力リップルが小さくなり、適正なラインおよび負荷制御が行われます。フィードフォワードコンデンサを併用しない場合は、絶対にフィードバックコンデンサを使用しないでください。

## 入力コンデンサの選択

ブースト設計における入力コンデンサ( $C_{IN}$ )は、入力電源から供給される電流ピークを低減し、効率を高め、ノイズの流入を低減します。入力電源のソースインピー

ダンスは $C_{IN}$ の値を大きく左右します。高ソースインピーダンスは、特に入力電圧が低下した時に大きな入力容量を必要とします。ステップアップDC-DCコンバータは入力電源に対する「定電力」負荷として機能するため、入力電圧が低下すると入力電流が増加します。その結果、低入力電圧設計では、 $C_{IN}$ を大きくしたりそのESRを小さくしたりすると変換効率が5%も向上します。有効な着手点は、 $C_{IN}$ の容量値を $C_{OUT}$ と同じにすることです。入力コンデンサはスイッチング電流によって課せられるリップル電流要件も満たさなければなりません。これはCCM設計においてはおよそ $I_{PEAK}$ の30%で、DCM設計においては $I_{PEAK}$ の100%です。

大きな入力コンデンサに加えて、 $V_{CC}$ に0.1 $\mu$ Fのセラミックのバイパスコンデンサを取り付けることを推奨します。このコンデンサは、できるだけ $V_{CC}$ とGNDの近くに配置する必要があります。ブートストラップ構成では、出力と $V_{CC}$ 間に10 $\Omega$ の直列抵抗を入れて、バイパスコンデンサを出力コンデンサから分離することを推奨します。

## パワーMOSFETの選択

MAX1522/MAX1523/MAX1524は、多種多様なNチャネルパワーMOSFET (NFET)を駆動します。出力ゲート駆動は $V_{CC}$ に制限されるため、ロジックレベルのNFETが必要です。2.7V以下のゲート-ソース電圧( $V_{GS}$ )においてオン抵抗が規定された低スレッショルドのNFETを使用すると、特に $V_{CC}$ が4.5V以下の時に最良の性能が得られます。NFETを選択する際の重要なパラメータには以下のものがあります。

- 1) 総ゲート電荷( $Q_g$ )
- 2) 帰還容量または電荷( $C_{RSS}$ )
- 3) オン抵抗( $R_{DS(ON)}$ )
- 4) 最大ドレイン-ソース電圧( $V_{DS(MAX)}$ )
- 5) 最小スレッショルド電圧( $V_{TH(MIN)}$ )

高速のスイッチングでは、スイッチング損失を決定するダイナミック特性(上記のパラメータ1および2)は、 $I^2R$ 損失を決定する $R_{DS(ON)}$ よりも多くの影響を受けます。 $Q_g$ はゲートの充電に必要な全ての容量を含んでいます。さらにこのパラメータは、高い周波数でスイッチングを行う時にゲートの駆動に必要な電流を予測するのに役立ちます。ゲート駆動による連続 $V_{CC}$ 電流は次式で与えられます。

$$I_{GATE} = Q_g \times f_{SWITCHING}$$

通常、上式の $Q_g$ について、FETメーカーの最大値(提供されている場合)は $I_{GATE}$ の推定に使用するには控えめ過ぎるため、標準値(メーカーの $Q_g$ 対 $V_{GS}$ のグラフを参照)を使用して下さい。

## ダイオードの選択

MAX1522/MAX1523/MAX1524のスイッチング周波数は高いため、高速の整流器が必要になります。ショットキーダイオードはリカバリータイムが早くて順方向電圧が低いため、ほとんどのアプリケーションに推奨されます。ダイオードの電流定格がダイオードのRMS電流に十分耐えることを確認して下さい。

$$I_{DIODE(RMS)} < \sqrt{I_{OUT} \times I_{PEAK}}$$

また、ダイオードの逆ブレイクダウン電圧は $V_{OUT}$ 以上である必要があります。出力電圧が高い場合(50V以上)、ショットキーダイオードはこの電圧要求を十分に満たさないことがあります。このような場合は十分な逆電圧を持つ高速のシリコン整流器を使用して下さい。高い入力電圧に対する他の考慮すべき事項はダイオードの逆リークです。これはシステム効率に直接影響するため、メーカーの仕様を用いて検討する必要があります。

## レイアウトの検討

高いスイッチング周波数と大きなピーク電流のため、PCボードのレイアウトが非常に重要な設計部分になります。適切な設計により、不安定性または安定化エラーを生じさせるフィードバック経路上の過剰なEMIおよび

グラウンド領域内の電圧勾配が最小になります。インダクタ、入力フィルタコンデンサ、および出力フィルタコンデンサを互いにできるだけ近接して接続し、それらの配線パターンを短くてまっすぐでかつ広くなるようにして下さい。グラウンド端子はスターグラウンド構成で単一の共通ノードに接続して下さい。外部の電圧フィードバック回路は、FB端子に0.2インチ(5mm)以内となるように極めて近くする必要があります。ノイズの多い配線パターン(インダクタとMOSFETの接合点からの配線パターン等)は電圧フィードバック回路から離し、また、グラウンドに接続された銅箔パターンを使用して分離して下さい。MAX1522/MAX1523/MAX1524の評価キットのマニュアルに、PCボードレイアウトと配線方法の例を掲載しています。

## PCボードの配線パターンによる抵抗の生成

出力コンデンサのESRが小さすぎて適正な安定化が得られない場合、直接PCボード上で人為的に大きくすることができます。例えば、出力コンデンサに50mΩのESRを追加すると最適な安定化が得られます。1オンスの銅を使用した10ミルの配線パターンの抵抗率は1インチあたり約50mΩです。従って、必要な抵抗値は長さ1インチの10ミル幅の配線パターンによって得られます。

# シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

MAX1522/MAX1523/MAX1524

表1. CCMを使用した設計例

PARAMETER	EXAMPLE 1	EXAMPLE 2	EXAMPLE 3
V <sub>IN</sub>	3.3V ±10%	2.7V to 4.2V	1.8V to 3.0V
V <sub>OUT</sub>	5V	12V	5V
I <sub>OUT</sub> (MAX)	700mA	200mA	1.0A
R1, R2	274kΩ, 90.9kΩ	866kΩ, 100kΩ	274kΩ, 90.9kΩ
Duty Cycle (max)	45.5%	78.4%	67.3%
t <sub>ON</sub>	0.5μs (SET = GND)	3μs (SET = V <sub>CC</sub> )	3μs (SET = V <sub>CC</sub> )
f <sub>SWITCHING</sub>	691kHz to 909kHz when I <sub>OUT</sub> > 120mA	221kHz to 261kHz when I <sub>OUT</sub> > 35mA	152kHz to 224kHz when I <sub>OUT</sub> > 167mA
I <sub>PEAK</sub>	1.48A	1.06A	3.51A
L <sub>IDEAL</sub>	3.73μH	33.8μH	6.83μH
L <sub>ACTUAL</sub>	Sumida CR43-3R3 3.3μH, 86mΩ, 1.44A	Sumida CDR74B-330 33μH, 180mΩ, 0.97A	Sumida CDRH125-5R8 5.8μH, 17mΩ, 4.4A
P <sub>LR</sub>	29mW at I <sub>OUT</sub> = 350mA	22mW at I <sub>OUT</sub> = 100mA	22mW at I <sub>OUT</sub> = 500mA
C <sub>OUT</sub> (MIN) to C <sub>OUT</sub> (MAX)	14μF to 448μF	10μF to 53μF	120μF to 640μF
C <sub>OUT</sub>	33μF	33μF	150μF
ESR <sub>COUT</sub> (MIN)	23mΩ for stability, 51mΩ for soft-start	74mΩ for stability, 70mΩ for soft-start	21mΩ for stability, 21mΩ for soft-start
C <sub>OUT</sub> (ACTUAL)	Sanyo POSCAP 10TPA33M 33μF, 10V, 60mΩ, 100mΩ max	AVX TPSD336M020R0200 33μF, 20V, 150mΩ, 200mΩ max	Sanyo POSCAP 6TPB150M 150μF, 6.3V, 40mΩ, 55mΩ max
V <sub>RIPPLE</sub> (ESR)	27mV <sub>p-p</sub> at light loads, 81mV <sub>p-p</sub> at full load	48mV <sub>p-p</sub> at light loads, 144mV <sub>p-p</sub> at full load	42mV <sub>p-p</sub> at light loads, 126mV <sub>p-p</sub> at full load
C <sub>FF</sub>	100pF	100pF	100pF
C <sub>FB</sub>	100pF	330pF	220pF
C <sub>IN</sub>	10μF, 6.3V ceramic	10μF, 6.3V ceramic	10μF, 6.3V ceramic
MOSFET	Fairchild FDC633N	Fairchild FDC633N	Vishay Si3446DV
Q <sub>g</sub>	8nC at V <sub>gs</sub> = 3V 12nC at V <sub>gs</sub> = 5V	9nC at V <sub>gs</sub> = 3.6V	10nC at V <sub>gs</sub> = 5V
I <sub>GATE</sub>	7.3mA nonbootstrapped, 10.9mA bootstrapped	2.4mA nonbootstrapped	2.2mA bootstrapped
I <sub>DIODE</sub> (RMS)	0.96A	0.49A	1.84A
Diode	Nihon EP10QY03, 1A	Nihon EP10QY03, 1A	Nihon EC21QS03L, 2A

# シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

MAX1522/MAX1523/MAX1524

表2. DCMを使用した設計例

PARAMETER	EXAMPLE 4	EXAMPLE 5
V <sub>IN</sub>	2.7V to 4.2V	1.8V to 3.0V
V <sub>OUT</sub>	24V	3.3V
I <sub>OUT</sub> (MAX)	30mA	100mA
R1, R2	909k $\Omega$ , 49.9k $\Omega$	150k $\Omega$ , 93.1k $\Omega$
Duty Cycle (max)	89.0%	52.6%
t <sub>ON</sub>	3 $\mu$ s (SET = V <sub>CC</sub> )	0.5 $\mu$ s (SET = GND)
L <sub>IDEAL</sub>	11.9 $\mu$ H	1.14 $\mu$ H
L <sub>ACTUAL</sub>	Sumida CDRH5D28-100 10 $\mu$ H, 65m $\Omega$ , 1.3A	Sumida CDRH4D18-1R0 1 $\mu$ H, 45m $\Omega$ , 1.72A
I <sub>PEAK</sub>	1.51A	1.80A
P <sub>LR</sub>	4.5mW at I <sub>OUT</sub> = 10mA	5.7mW I <sub>OUT</sub> = 50mA
f <sub>SWITCHING</sub>	208kHz when I <sub>OUT</sub> = 20mA	737kHz when I <sub>OUT</sub> = 100mA
C <sub>OUT</sub> (MIN) to C <sub>OUT</sub> (MAX)	0.8 $\mu$ F to 2.7 $\mu$ F	3 $\mu$ F to 97 $\mu$ F
C <sub>OUT</sub> (ACTUAL)	Taiyo Yuden GMK325BJ225K 2.2 $\mu$ F, X5R, 35V, 1210	Taiyo Yuden TMK316BT106ML 10 $\mu$ F, X7R, 6.3V, 1206
ESR <sub>COUT</sub> (ACTUAL)	10m $\Omega$	10m $\Omega$
V <sub>RIPPLE</sub> (C <sub>OUT</sub> +ESR)	126mV <sub>p-p</sub>	40mV <sub>p-p</sub>
C <sub>FF</sub>	100pF	220pF
C <sub>FB</sub>	220pF	100pF optional
C <sub>IN</sub>	10 $\mu$ F, 6.3V	10 $\mu$ F, 6.3V
MOSFET	Fairchild FDC633N	Vishay Si2302DS
Q <sub>g</sub>	8nC at V <sub>gs</sub> = 3V	5nC at V <sub>gs</sub> = 3.3V
I <sub>GATE</sub>	1.7mA nonbootstrapped	3.7mA bootstrapped
I <sub>DIODE</sub> (RMS)	0.17A	0.42A
Diode	Nihon EP10QY03, 1A	Nihon EP10QY03, 1A

表3. 部品メーカー

MANUFACTURER	PHONE	WEB
Coilcraft	847-639-6400	www.coilcraft.com
Fairchild	800-341-0392	www.fairchildsemi.com
International Rectifier	310-322-3331	www.irf.com
Kemet	408-986-0424	www.kemet.com
NIC Components	408-954-8470	www.niccomp.com
Panasonic	847-468-5624	www.panasonic.com
Sumida	847-956-0666	www.sumida.com
Taiyo Yuden	408-573-4150	www.t-yuden.com

## チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 1302

## パッケージ

最新のパッケージ図面情報およびランドパターンは、[japan.maxim-ic.com/packages](http://japan.maxim-ic.com/packages)を参照してください。なお、パッケージコードに含まれる「+」、「#」、または「-」はRoHS対応状況を表したものでしかありません。パッケージ図面はパッケージそのものに関するものでRoHS対応状況とは関係がなく、図面によってパッケージコードが異なることがある点に注意してください。

パッケージ タイプ	パッケージ コード	外形図 No.	ランドパターン No.
6 SOT23	U6+1	21-0058	90-0175

# シンプル、SOT23、ブーストコントローラ

MAX1522/MAX1523/MAX1524

## 改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	2/01	初版	—
1	8/10	鉛フリー部品と半田付け温度を追加	1, 2

マキシム・ジャパン株式会社 〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ 4号館 20F TEL: 03-6893-6600

Maximは完全にMaxim製品に組込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。Maximは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。

14 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600**