

# MAX1771

## 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、 ステップアップDC-DCコントローラ

### 概要

ステップアップスイッチングコントローラMAX1771は、30mA~2Aの負荷に対して90%の効率を提供します。独自の電流制限によるパルス周波数変調(PFM)制御方式により、パルス幅変調(PWM)コンバータ(重負荷時における高効率)の特長と、110μA以下(PWMコンバータでは2mA~10mA)という低消費電流の特長を兼ね備えています。

この製品は小型の外付け部品を使用します。また、スイッチング周波数が高い(最大300kHz)ため、高さが5mmで直径が9mmの表面実装コイルを使用することができます。入力電圧範囲は2V~16.5Vです。出力電圧は12Vにプリセットされており、また2つの抵抗を使用して可変にすることもできます。

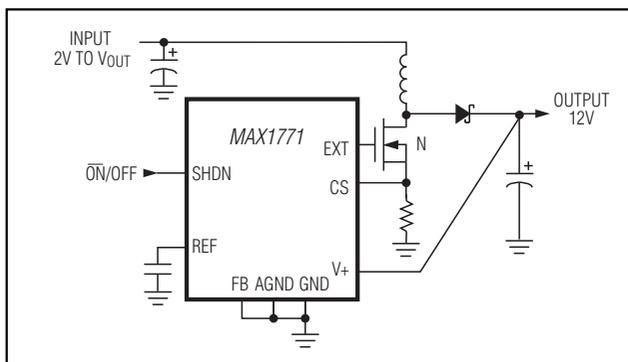
MAX1771は低入力電圧時での効率を最適化し、また全ての負荷条件下において100mVの固定電流制限スレッショルドを用いることでノイズを低減します。類似製品のMAX770~MAX773ファミリーは、電流制限が全負荷時に200mVで、軽負荷時に100mVに切替わり、全負荷時の効率とより高い電流制限精度とをトレードオフしています。

MAX1771は外付けのNチャンネルMOSFETスイッチを駆動し、24Wまでの電力を負荷に供給することができます。低電力しか必要としない場合には、MOSFETを内蔵したMAX756/MAX757またはMAX761/MAX762のステップアップスイッチングレギュレータを使用してください。評価キットも提供されています。

### アプリケーション

- 正のLCDバイアス生成器
- フラッシュメモリプログラマ
- 高電力RFパワーアンプ電源
- パームトップ/携帯端末
- バッテリー駆動アプリケーション
- 携帯用通信機

### 標準動作回路



### 特長

- ◆ 効率：90% (30mA~2Aの負荷電流)
- ◆ 最大出力電力：24W
- ◆ 消費電流：110μA (max)
- ◆ シャットダウン電流：5μA (max)
- ◆ 入力電圧範囲：2V~16.5V
- ◆ 固定12Vまたは可変出力電圧
- ◆ 電流制限によるPFM制御方式
- ◆ 最大300kHzのスイッチング周波数
- ◆ 評価キット提供中

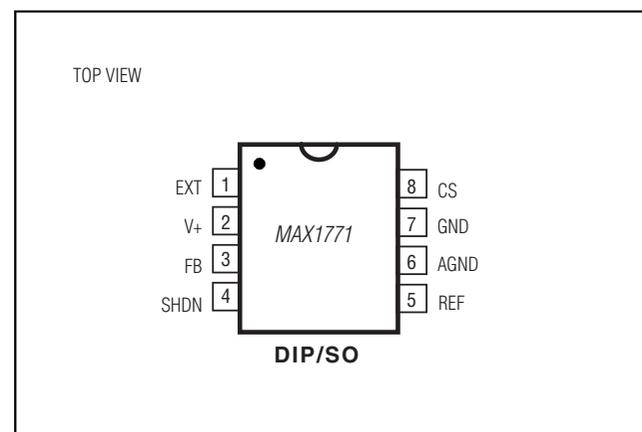
### 型番

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX1771CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX1771CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX1771C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX1771EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX1771ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX1771MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP**

\*ダイスの仕様についてはお問い合わせください。

\*\*入手性およびMIL-STD-883B対応品についてはお問い合わせください。

### ピン配置



本データシートは日本語翻訳であり、相違及び誤りのある可能性があります。設計の際は英語版データシートを参照してください。

価格、納期、発注情報についてはMaxim Direct (0120-551056)にお問い合わせいただくか、Maximのウェブサイト ([japan.maximintegrated.com](http://japan.maximintegrated.com))をご覧ください。

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、 ステップアップDC-DCコントローラ

MAX1771

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	
V+ to GND	-0.3V, 17V
EXT, CS, REF, SHDN, FB to GND	-0.3V, (V+ + 0.3V)
GND to AGND	0.1V, -0.1V
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)	
Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C)	727mW
SO (derate 5.88mW/°C above +70°C)	471mW
CERDIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	640mW

Operating Temperature Ranges	
MAX1771C_A	0°C to +70°C
MAX1771E_A	-40°C to +85°C
MAX1771MJA	-55°C to +125°C
Junction Temperatures	
MAX1771C_A/E_A	+150°C
MAX1771MJA	+175°C
Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec)	+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

(V+ = 5V, I<sub>LOAD</sub> = 0mA, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Input Voltage Range		MAX1771 (internal feedback resistors)	2.0		12.5	V	
		MAX1771C/E (external resistors)	3.0		16.5		
		MAX1771MJA (external resistors)	3.1		16.5		
Minimum Start-Up Voltage				1.8	2.0	V	
Supply Current		V+ = 16.5V, SHDN = 0V (normal operation)		85	110	μA	
Standby Current		V+ = 10V, SHDN ≥ 1.6V (shutdown)		2	5	μA	
		V+ = 16.5V, SHDN ≥ 1.6V (shutdown)		4			
Output Voltage (Note 1)		V+ = 2V to 12V, over full load range, Circuit of Figure 2a	11.52	12.0	12.48	V	
Output Voltage Line Regulation (Note 2)		V+ = 5V to 7V, V <sub>OUT</sub> = 12V I <sub>LOAD</sub> = 700mA, Circuit of Figure 2a		5		mV/V	
Output Voltage Load Regulation (Note 2)		V+ = 6V, V <sub>OUT</sub> = 12V, I <sub>LOAD</sub> = 0mA to 500mA, Circuit of Figure 2a		20		mV/A	
Maximum Switch On-Time	t <sub>ON(MAX)</sub>		12	16	20	μs	
Minimum Switch Off-Time	t <sub>OFF(MIN)</sub>		1.8	2.3	2.8	μs	
Efficiency		V+ = 5V, V <sub>OUT</sub> = 12V, I <sub>LOAD</sub> = 500mA, Circuit of Figure 2a		92		%	
Reference Voltage	V <sub>REF</sub>	I <sub>REF</sub> = 0μA	MAX1771C	1.4700	1.5	1.5300	V
			MAX1771E	1.4625	1.5	1.5375	
			MAX1771M	1.4550	1.5	1.5450	
REF Load Regulation		0μA ≤ I <sub>REF</sub> ≤ 100μA	MAX1771C/E		4	10	mV
			MAX1771M		4	15	
REF Line Regulation		3V ≤ V+ ≤ 16.5V		40	100	μV/V	
FB Trip Point Voltage	V <sub>FB</sub>	MAX1771C	1.4700	1.5	1.5300	V	
		MAX1771E	1.4625	1.5	1.5375		
		MAX1771M	1.4550	1.5	1.5450		

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、ステップアップDC-DCコントローラ

MAX1771

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>+</sub> = 5V, I<sub>LOAD</sub> = 0mA, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.)

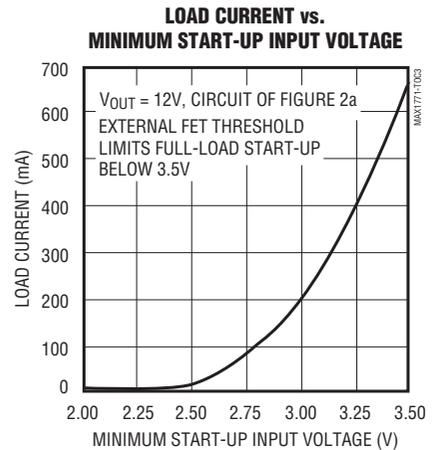
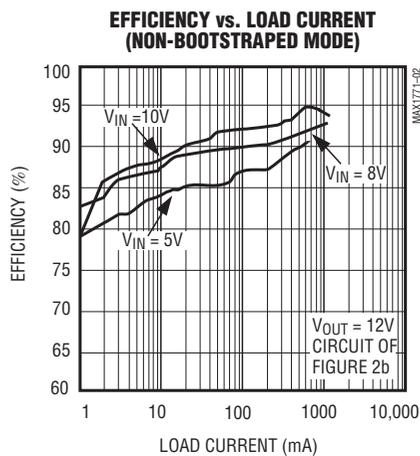
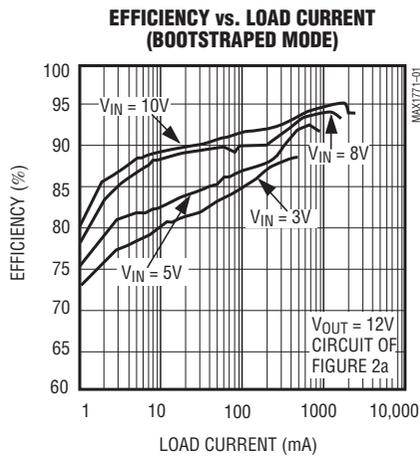
PARAMETERS	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
FB Input Current	I <sub>FB</sub>	MAX1771C			±20	nA	
		MAX1771E			±40		
		MAX1771M			±60		
SHDN Input High Voltage	V <sub>IH</sub>	V <sub>+</sub> = 2V to 16.5V	1.6			V	
SHDN Input Low Voltage	V <sub>IL</sub>	V <sub>+</sub> = 2V to 16.5V			0.4	V	
SHDN Input Current		V <sub>+</sub> = 16.5V, SHDN = 0V or V <sub>+</sub>			±1	μA	
Current-Limit Trip Level	V <sub>CS</sub>	V <sub>+</sub> = 5V to 16V	MAX1771C/E	85	100	115	mV
			MAX1771M	75	100	125	
CS Input Current				0.01	±1	μA	
EXT Rise Time		V <sub>+</sub> = 5V, 1nF from EXT to ground		55		ns	
EXT Fall Time		V <sub>+</sub> = 5V, 1nF from EXT to ground		55		ns	

**Note 1:** Output voltage guaranteed using preset voltages. See Figures 4a–4d for output current capability versus input voltage.

**Note 2:** Output voltage line and load regulation depend on external circuit components.

## 標準動作特性

(T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)

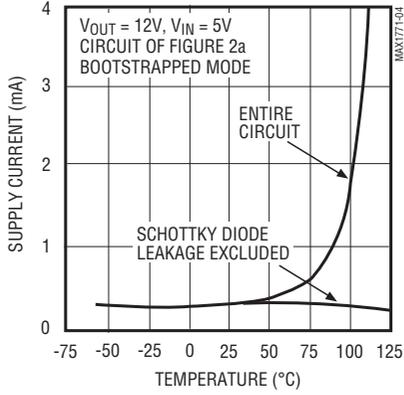


# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、 ステップアップDC-DCコントローラ

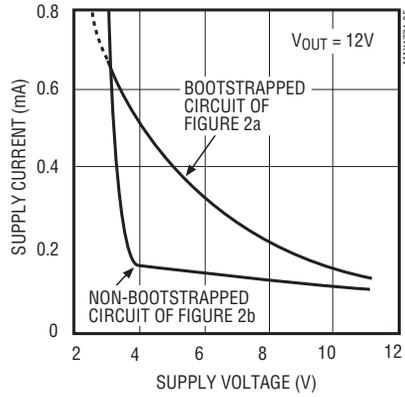
## 標準動作特性(続き)

(T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)

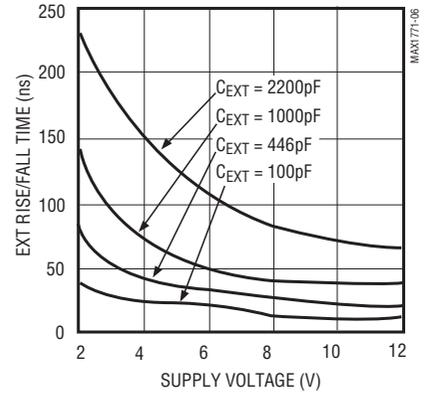
**SUPPLY CURRENT vs. TEMPERATURE**



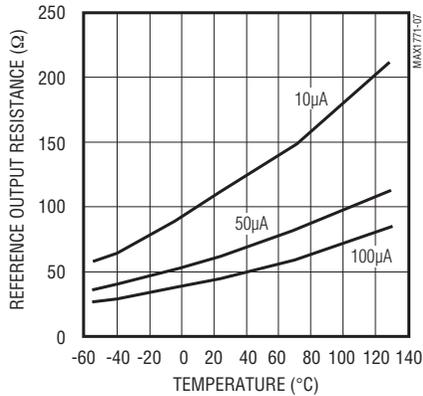
**SUPPLY CURRENT vs. SUPPLY VOLTAGE**



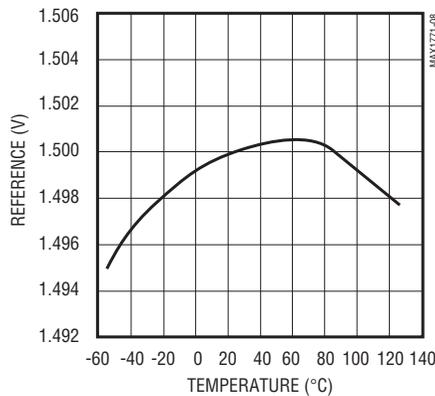
**EXT RISE/FALL TIME vs. SUPPLY VOLTAGE**



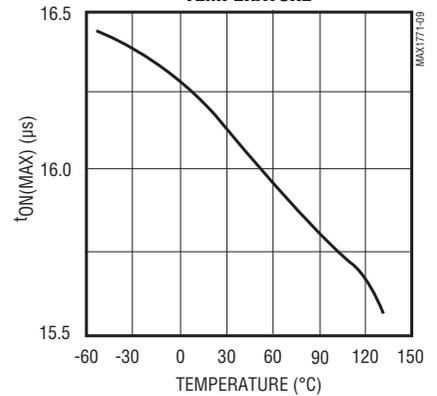
**REFERENCE OUTPUT RESISTANCE vs. TEMPERATURE**



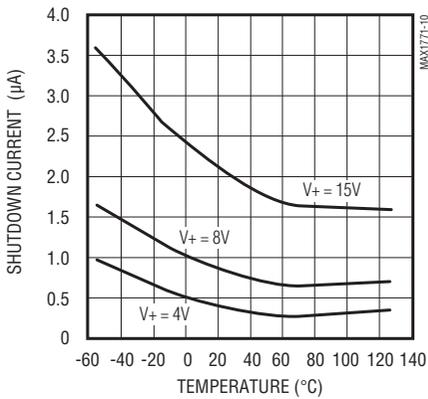
**REFERENCE vs. TEMPERATURE**



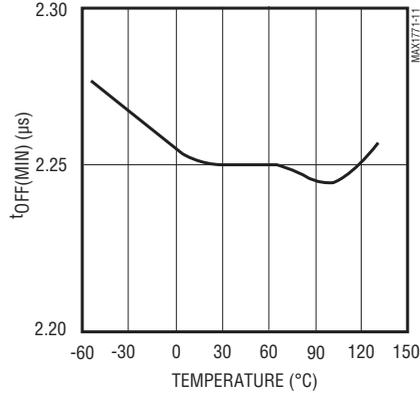
**MAXIMUM SWITCH ON-TIME vs. TEMPERATURE**



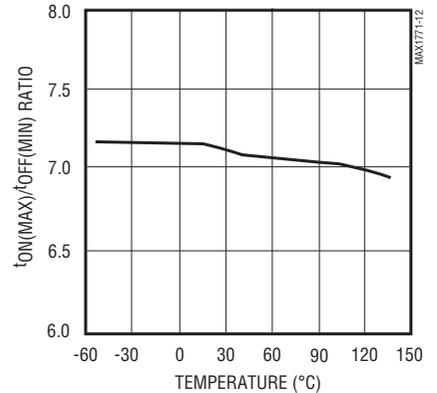
**SHUTDOWN CURRENT vs. TEMPERATURE**



**MINIMUM SWITCH OFF-TIME vs. TEMPERATURE**



**MAXIMUM SWITCH ON-TIME/ MINIMUM SWITCH OFF-TIME RATIO vs. TEMPERATURE**



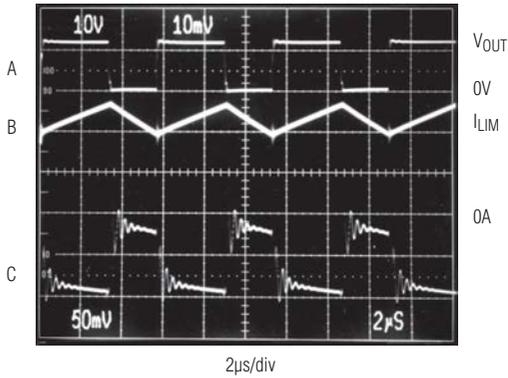
# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、ステップアップDC-DCコントローラ

MAX1771

## 標準動作特性(続き)

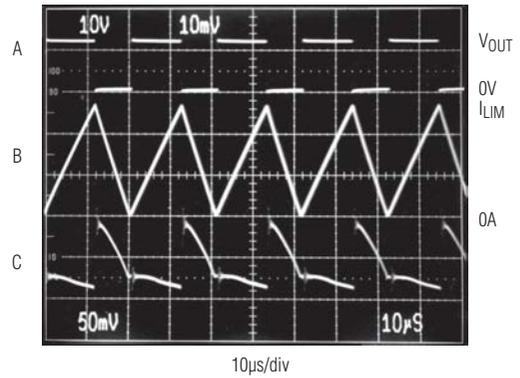
(Circuit of Figure 2a, T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)

### HEAVY-LOAD SWITCHING WAVEFORMS



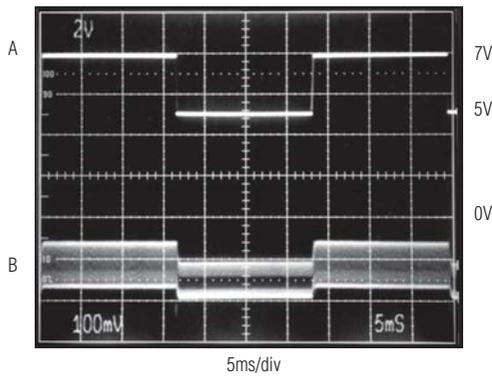
V<sub>IN</sub> = 5V, I<sub>OUT</sub> = 900mA, V<sub>OUT</sub> = 12V  
 A: EXT VOLTAGE, 10V/div  
 B: INDUCTOR CURRENT, 1A/div  
 C: V<sub>OUT</sub> RIPPLE, 50mV/div, AC-COUPLED

### MEDIUM-LOAD SWITCHING WAVEFORMS



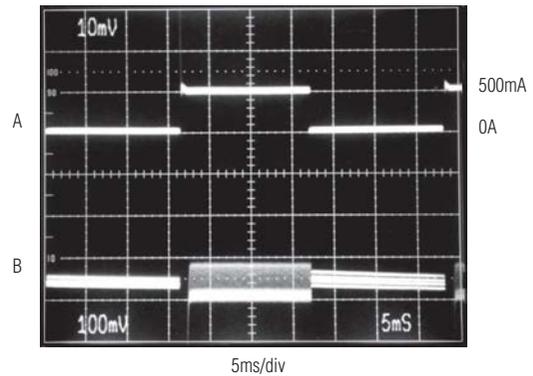
V<sub>IN</sub> = 5V, I<sub>OUT</sub> = 500mA, V<sub>OUT</sub> = 12V  
 A: EXT VOLTAGE, 10V/div  
 B: INDUCTOR CURRENT, 1A/div  
 C: V<sub>OUT</sub> RIPPLE, 50mV/div, AC-COUPLED

### LINE-TRANSIENT RESPONSE



I<sub>OUT</sub> = 700mA, V<sub>OUT</sub> = 12V  
 A: V<sub>IN</sub>, 5V to 7V, 2V/div  
 B: V<sub>OUT</sub> RIPPLE, 100mV/div, AC-COUPLED

### LOAD-TRANSIENT RESPONSE



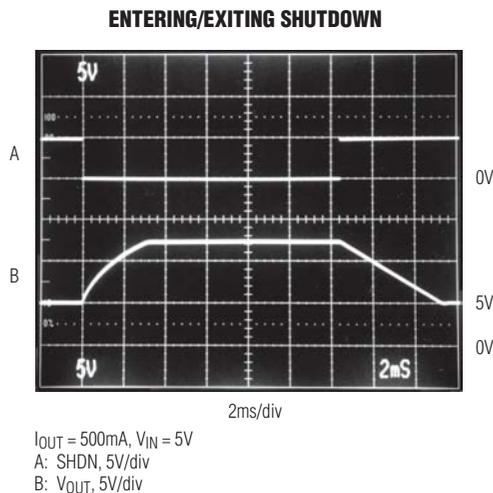
V<sub>IN</sub> = 6V, V<sub>OUT</sub> = 12V  
 A: LOAD CURRENT, 0mA to 500mA, 500mA/div  
 B: V<sub>OUT</sub> RIPPLE, 100mV/div, AC-COUPLED

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、 ステップアップDC-DCコントローラ

MAX1771

## 標準動作特性(続き)

(Circuit of Figure 2a, T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)



## 端子説明

端子	名称	機能
1	EXT	外付けNチャンネルパワートランジスタのゲートドライブ
2	V+	電源入力。ブートストラップモード時は電圧検出端子としても機能。
3	FB	可変出力動作時のフィードバック入力。固定出力動作時にはグランドに接続します。出力電圧を可変にするには抵抗分圧回路を使用します。「出力電圧の設定」の項を参照してください。
4	SHDN	アクティブハイのTTL/CMOSロジックレベルのシャットダウン入力。シャットダウンモードでは、V <sub>OUT</sub> はV+よりダイオード分だけ低下し(V+から出力へのDC経路による)、消費電流は最大で5μAに低下します。通常動作ではグランドに接続します。
5	REF	外部負荷に対して100μAをソース可能な1.5Vのリファレンス出力。0.1μFでGNDにバイパスします。シャットダウン時にはこのリファレンスは停止します。
6	AGND	アナロググランド
7	GND	出力ドライバ用の大電流グランドリターン
8	CS	電流検出アンプの正入力。CSとGND間に電流検出抵抗を接続します。

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、ステップアップDC-DCコントローラ

MAX1771

## 詳細

MAX1771は、BiCMOSでステップアップのスイッチモード電源コントローラで、12Vの固定出力に加えて可変出力動作も備えています。パルス周波数変調(低消費電流)とパルス幅変調(重負荷において高効率)の特長を兼ね備えた独自の制御方式を採用することで、従来のPFM製品と比べてより大きな出力電流能力を提供するとともに、広い出力電流範囲において高い効率を提供します。さらに、外付けの検出抵抗とパワートランジスタを使用することで、それぞれのアプリケーションに最適な出力電流能力を設定することができます。図1にMAX1771のファンクションダイアグラムを示します。

MAX1771は、従来のパルススキッピング制御方式に対して以下の3点で改善しています。1) 300kHzのスイッチング周波数により、小型の表面実装インダクタ(高さ5mm、直径9mm以下)を使用可能。2) 電流制限によるPFM制御方式により、広い負荷電流範囲において90%の高効率を実現。そして、3) 最大消費電流はわずか110 $\mu$ A。

このデバイスはシャットダウンモードを備えており、消費電流を5 $\mu$ A (max)に低減することができます。

## ブートストラップ/非ブートストラップモード

図2は、ブートストラップおよび非ブートストラップモードでの標準アプリケーション回路を示しています。ブートストラップモードでは、ICは出力(V<sub>+</sub>に接続されたV<sub>OUT</sub>)から給電され、入力電圧範囲は2V~V<sub>OUT</sub>です。外部パワートランジスタのゲートに印加される電圧はV<sub>OUT</sub>とグランド間でスイッチングし、より高いスイッチゲートドライブ電圧を与えることでトランジスタのオン抵抗を低減します。

非ブートストラップモードではICは入力電圧(V<sub>+</sub>)から給電され、最小の消費電流で動作します。このモードではFBは出力電圧の検出点になります。外付けパワートランジスタのゲートに印加される電圧スイングは減少する(ゲートはV<sub>+</sub>とグランド間をスイングする)ため、パワートランジスタのオン抵抗は低入力電圧において増加します。しかし、V<sub>+</sub>は低い方の電圧に接続され

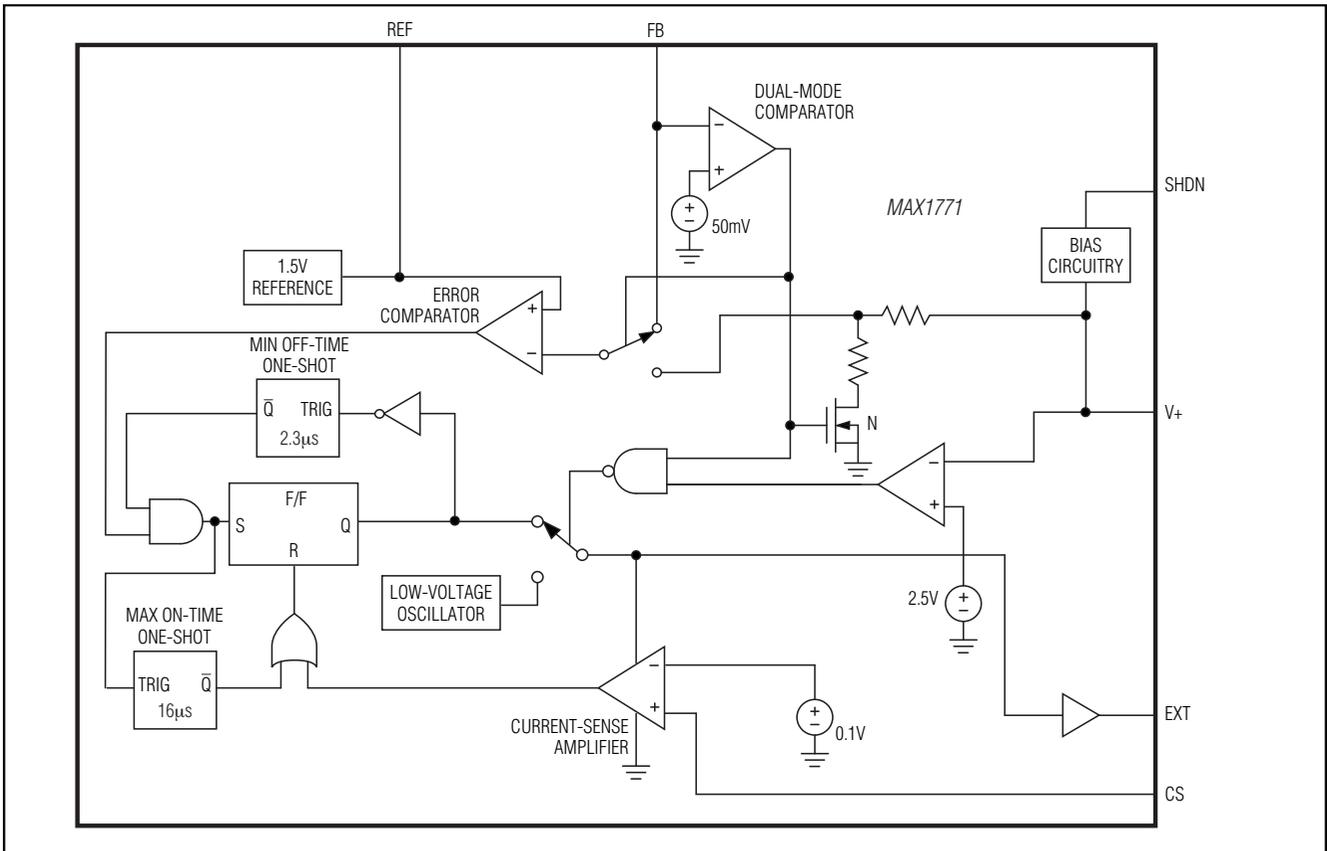


図1. ファンクションダイアグラム

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、 ステップアップDC-DCコントローラ

MAX1771

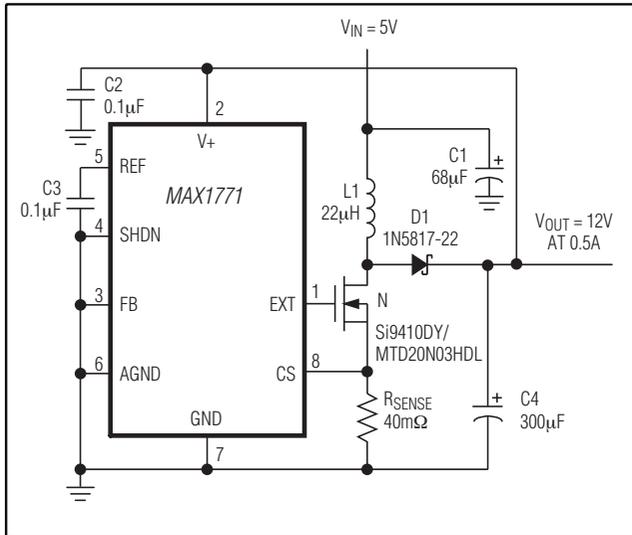


図2a. 12Vプリセット出力、ブートストラップモード

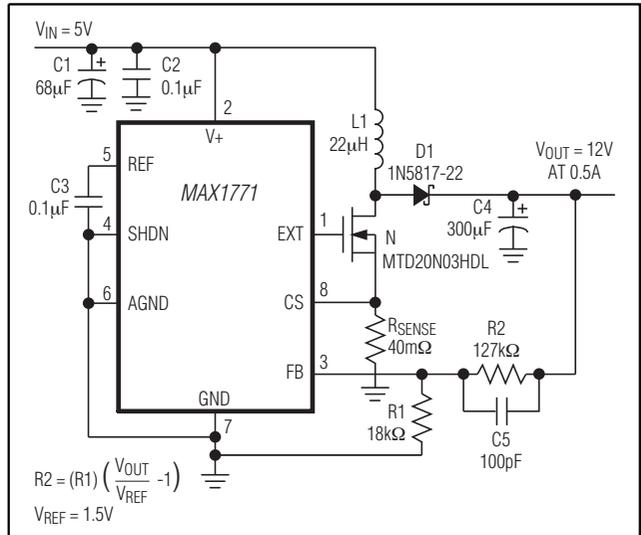


図2b. 12V出力、非ブートストラップモード

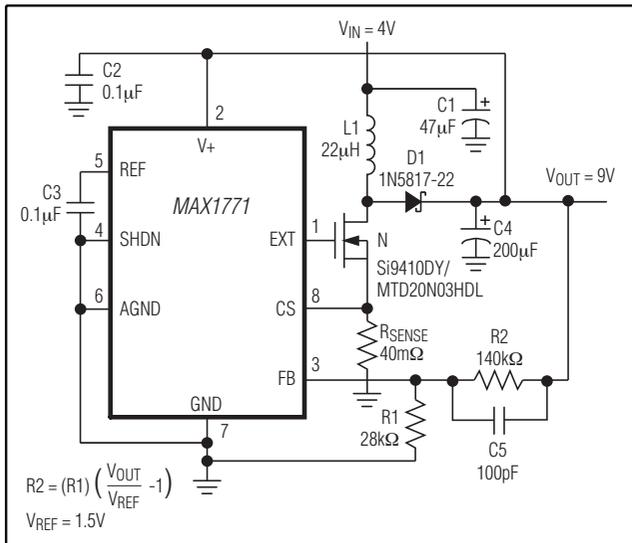


図2c. 9V出力、ブートストラップモード

ており、外付けMOSFETのゲート容量の充電や放電時に消費されるエネルギーが小さいため、電源電流も低減されます。外部フィードバック抵抗を使用した場合の最低入力電圧は3Vです。電源電圧が5V以下の場合にはブートストラップモードを推奨します。

**注：**MAX1771を非ブートストラップモードで使用する場合、V+が固定出力電圧動作での出力電圧の検出点でもあることから、固定出力電圧動作はありません。出力電圧の設定には必ず外付け抵抗が必要です。可変出力モード(図2b、2c)において全体の出力電圧精度を

±5%にするためには、1%の外付けフィードバック抵抗を使用してください。最高の効率を実現するためには、可能な限りブートストラップモードを使用してください。

## 外付けパワートランジスタの制御回路

### PFM制御方式

MAX1771は、独自の電流制限によるPFM制御方式を採用することで、広い負荷電流範囲にわたって高い効率を実現しています。この制御方式は、PFMコンバータ(またはパルススキップ)の極めて低い消費電流とPWMコンバータの重負荷時の高効率を兼ね備えています。

従来のPFMコンバータとは異なり、MAX1771はピークインダクタ電流を制御するために検出抵抗を使用しています。また、このデバイスは高いスイッチング周波数(最大300kHz)で動作するため、小型の外付け部品を使用することができます。

従来のPFMコンバータと同様に、電圧コンパレータが出力の非安定化状態を検出するまでパワートランジスタはオンになりません。しかし、従来のPFMコンバータとは異なりMAX1771は発振器を持っておらず、スイッチはピーク電流制限と最大オンタイム(16µs)および最低オフタイム(2.3µs)を設定する1組のワンショットの組合せを使用してスイッチングします。いったんオフになると、最低オフタイム用のワンショットは2.3µsの期間スイッチをオフに保持します。この最低時間後、スイッチは、1)出力が安定化状態の場合にはオフのまま、または、2)出力が安定化を外れる場合には再度オンになります。

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、ステップアップDC-DCコントローラ

この制御回路によりICを連続通電モード(CCM)で動作させることができ、重負荷においても高効率を維持します。パワースイッチがオンになると、スイッチは、1) 最大オンタイム用のワンショットがオフされるまで(標準で16μs後)、または2) 電流検出抵抗によって設定されるピーク電流に到達するまでオン状態を保ちます。

MAX1771のスイッチング周波数は(負荷電流および入力電圧に依存して)変化するため、スイッチングノイズも変化します。しかし、発生する高調波ノイズは、ピーク電流制限とフィルタコンデンサの等価直列抵抗(ESR)との積を越えません。たとえば、図2aの回路を使用して5V入力から12V/500mAの出力を生成する場合、出力リップルはわずか100mVです。

## 低電圧スタートアップ発振器

MAX1771は低入力電圧スタートアップ発振器を備えており、ブートストラップモード動作時および内部のフィードバック抵抗を使用する場合、負荷なしで2Vまでスタートアップを保証します。これらの低電圧では、供給電圧は正しいコンパレータ動作および内部のバイアス用には十分ではありません。スタートアップ発振器は50%のデューティサイクルに固定されており、供給電圧が2.5V以下の場合にはMAX1771はエラーコンパレータ出力を無視します。2.5V以上では、エラーコンパレータおよび通常のワンショットのタイミング回路が使用されます。低電圧スタートアップ回路は、非ブートストラップモードが選択されている場合(FBがグランドに接続されていない場合)には動作しません。

## シャットダウンモード

SHDNがハイの場合、MAX1771はシャットダウンモードに入ります。このモードでは、内部バイアス回路がオフになり(リファレンスも含めて)、V<sub>OUT</sub>はV<sub>IN</sub>よりダイオードによる低下分だけ低くなります(入力から出力へのDC経路による)。シャットダウンモードでは供給電流は5μA以下に低下します。SHDNはTTL/CMOSロジックレベル入力です。通常の動作ではSHDNをGNDに接続します。

## 設計手順

### 出力電圧の設定

出力電圧を設定するには、まず動作モードをブートストラップまたは非ブートストラップのいずれかに決めます。ブートストラップモードではより大きな出力電流能力が得られ、非ブートストラップモードでは供給電流が低くなります(「標準動作特性」を参照)。電圧が低下する電源(バッテリーなど)を使用する場合には、「低入力電圧動作」の項の注意を参照してください。

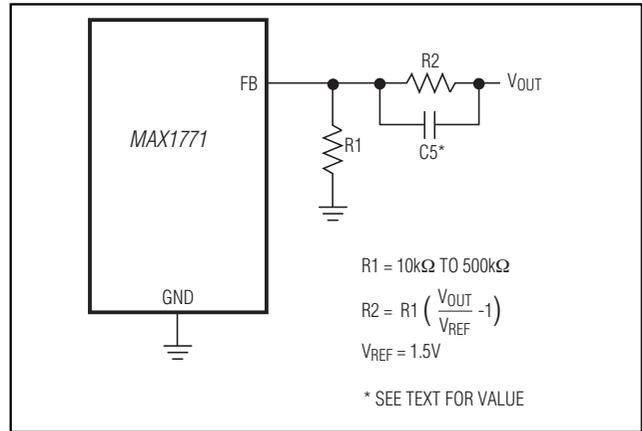


図3. 可変出力回路

MAX1771の出力電圧は、図3に示すように外付けの抵抗R1とR2の構成によって非常に高い電圧から3Vまで可変することができます。可変出力動作では、フィードバック抵抗R1を10kΩ~500kΩの範囲で選択します。R2の値は次式で与えられます。

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

ここで、V<sub>REF</sub>は1.5Vです。

固定出力動作ではFBをGNDに接続します(これによってブートストラップモードになります)。

ブートストラップ/非ブートストラップ、固定/可変動作の各種の回路構成を図2に示します。

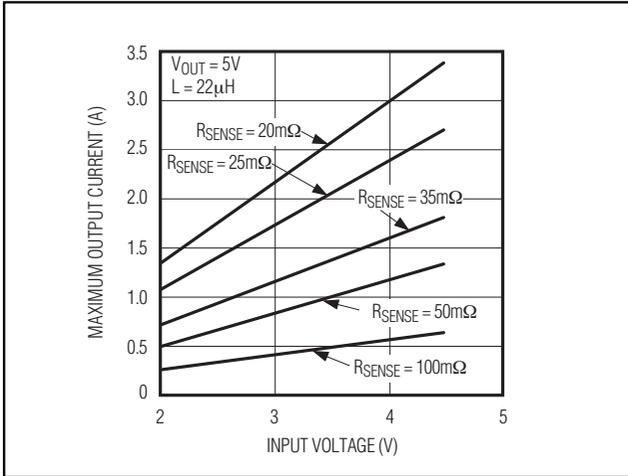
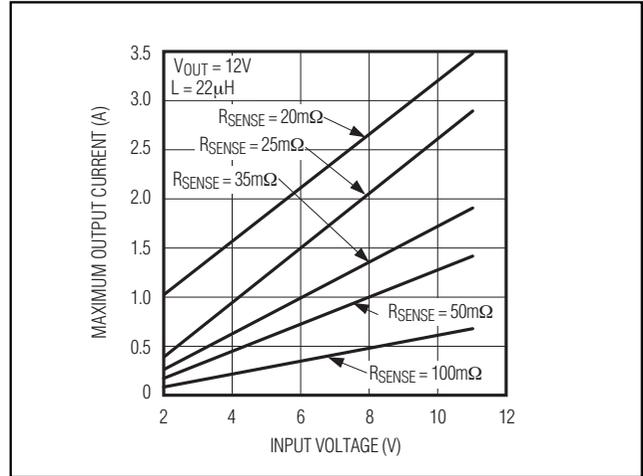
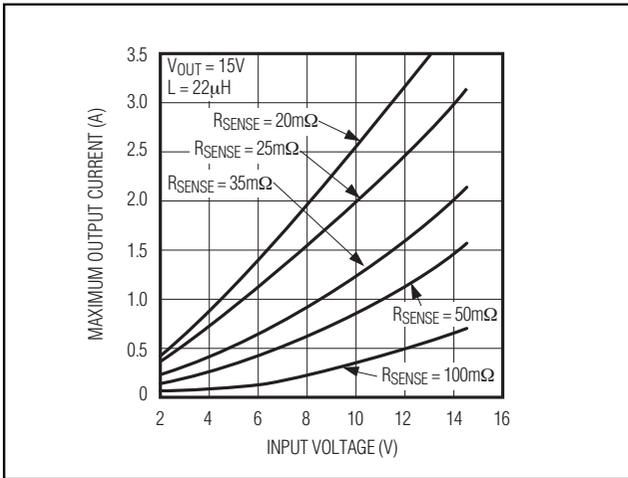
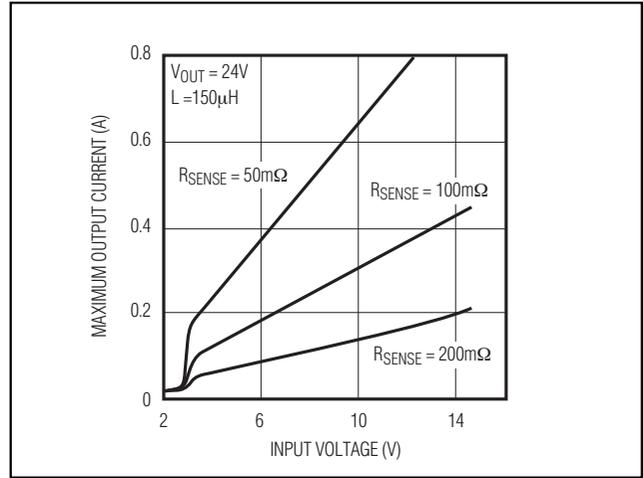
### R<sub>SENSE</sub>の決定

図4a~4dの理論的な出力電圧曲線を使用してR<sub>SENSE</sub>を選択します。これらは、拡張温度範囲(-40℃~+85℃)での最小(ワーストケース)電流制限コンパレータのスレッショルド値を用いて求めています。R<sub>SENSE</sub>には許容範囲を含めていません。ダイオード両端での電圧低下は0.5Vと仮定し、パワースイッチのr<sub>DS(ON)</sub>とコイルの抵抗による低下は0.3Vと仮定しています。

### インダクタ(L)の決定

実用的なインダクタ値の範囲は10μH~300μHです。ほとんどのアプリケーションでは22μHが適しています。入出力電圧差が大きいアプリケーションでは、インダクタンス値が小さすぎるとICは常に不連続モードで動作するため、ICの出力電流供給能力が低下します。インダクタの値が小さ過ぎる場合、電流制限コンパレータがスイッチをオフにする前に電流は高レベルまで上昇します。スイッチの最小オンタイム(t<sub>ON(MIN)</sub>)は約2μs

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、 ステップアップDC-DCコントローラ

図4a. 最大出力電流 対 入力電圧(V<sub>OUT</sub> = 5V)図4b. 最大出力電流 対 入力電圧(V<sub>OUT</sub> = 12V)図4c. 最大出力電流 対 入力電圧(V<sub>OUT</sub> = 15V)図4d. 最大出力電流 対 入力電圧(V<sub>OUT</sub> = 24V)

であるため、電流がI<sub>LIM</sub>まで上昇するようなインダクタを選択してください。

標準動作回路では22μHのインダクタを使用しています。異なるインダクタンス値が必要な場合は、次の式でLの値を選んでください。

$$L \geq \frac{V_{IN(max)} \times 2\mu s}{I_{LIM}}$$

インダクタンス値が大きいとスタートアップ時間が若干長くなり、一方小さいインダクタンス値の場合はスイッチがオフする前にコイル電流が高レベルまで上昇し、軽負荷時にリップルが増加します。

フェライトコアまたは同等品を使用したインダクタを推奨しており、スイッチング周波数が高い場合には粉末鉄コアは推奨できません。インダクタの飽和電流定格(コアが飽和を開始しインダクタンスが低下し始める電流)は、R<sub>SENSE</sub>で設定されるピーク電流定格よりも必ず大きくしてください。しかし、一般的にはインダクタを20%ぐらい過飽和(インダクタンスが公称値から20%低下する点)にバイアスしても問題ありません。最良の効率を得るためには、DC抵抗が低いコイル、特に20mΩ以下のコイルを使用してください。輻射ノイズを低減するためには、トロイダル、ポットコア、またはシールドコイルを使用してください。

表1にインダクタの供給メーカーと特に推奨するインダクタを示します。

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、ステップアップDC-DCコントローラ

## パワートランジスタの選択

MAX1771にはNチャンネルMOSFETパワートランジスタを使用してください。

外付けNチャンネルMOSFET (N-FET)を完全にオンさせるためには、入力駆動電圧が8V以下の場合には、ロジックレベルまたは低スレッショルドのN-FETを使用してください。これはブートストラップモードに対しても適用され、スタートアップを確実にします。N-FETはDCゲート駆動電流を流さないため、最高の効率を提供します。

N-FETを選択する際に重要な3つのパラメータは、全ゲートチャージ(Q<sub>g</sub>)、オン抵抗(r<sub>DS(ON)</sub>)、および逆伝達容量(C<sub>RSS</sub>)です。

Q<sub>g</sub>にはゲートの充電に関係するすべての容量が含まれます。最良の結果を得るためには標準値のQ<sub>g</sub>を使用しますが、最大値は通常保証上の限界値であり測定値ではないため、おおまかな過大仕様になっています。標準的な全ゲート電荷は50nC以下のはずです。これより大きな値の場合、EXT端子はゲートを十分に駆動できないことがあります。「標準動作特性」に示されているように、さまざまな容量性負荷におけるEXTの立上り/立下り時間が異なります。

N-FETの電力損失に寄与する2つの大きな損失は、I<sup>2</sup>R損失とスイッチング損失です。これらの損失を最小にするには、低r<sub>DS(ON)</sub>と低C<sub>RSS</sub>値を持つトランジスタを選んでください。

N-FETのデータシートのQ<sub>g</sub>仕様から、必要な最大ゲート駆動電流を決定します。

通常動作におけるMAX1771の最大スイッチング周波数は300kHzですが、スタートアップ時の最大周波数は500kHzになります。したがって、N-FETのゲートを充電するために必要な最大電流はf(max) × Q<sub>g</sub>(typ)となります。トランジスタのデータシートにあるQ<sub>g</sub>の標準値を使用してください。たとえば、Si9410DYのQ<sub>g</sub>(typ)は17nC (V<sub>GS</sub> = 5V)であることから、このゲートを充電するために必要な電流は、

$$I_{GATE}(\max) = (500\text{kHz}) (17\text{nC}) = 8.5\text{mA} \text{です。}$$

V<sub>+</sub>に接続されているバイパスコンデンサ(C2)は、過度の電圧低下(200mV以上)を起こすことなく瞬間的にゲート電荷を供給する必要があります。

$$\Delta V_+ = \frac{Q_g}{C_2}$$

上記の例で計算すると、 $\Delta V_+ = 17\text{nC}/0.1\mu\text{F} = 170\text{mV}$ となります。

図2aのアプリケーション回路は8ピンの表面実装N-FETのSi9410DYを使用しており、これは4.5VのV<sub>GS</sub>において50mΩのオン抵抗を持っていて3V以下のV<sub>TH</sub>を保証しています。図2bのアプリケーション回路は、2Vのスレッショルド電圧(V<sub>TH</sub>)が保証されたロジックレベルN-FETのMTD20N03HDLを使用しています。

## ダイオード選択

スイッチング周波数が高いMAX1771は高速の整流器を必要とします。1N5817~1N5822などのショットキダイオードを推奨します。ショットキダイオードの平均電流定格はR<sub>SENSE</sub>で設定されるピーク電流制限以上で、またブレークダウン電圧はV<sub>OUT</sub>以上となるようにします。高温のアプリケーションでは、ショットキダイオードは漏れ電流が大きいため適しておらず、その場合にはMUR105またはEC11FS1等の高速シリコンダイオードを使用してください。負荷が重く温度が高い場合、ショットキダイオードの低順方向電圧という利点は漏れ電流が高いという欠点を上回ります。

## コンデンサの選択

### 出力フィルタコンデンサ

出力フィルタコンデンサ(C4)を選択するための重要な基準は、等価直列抵抗(ESR)が低いことです。ピークインダクタ電流と出力フィルタコンデンサのESRの積により、出力電圧におけるリップル電圧が決まります。2つ並列に接続した150μF、16VのOS-CONは1つ当たり35mΩのESRを持っており、500mAで5Vから12Vにステップアップする場合のリップル電圧は標準で75mVです(図2a)。負荷が軽い場合やより高い出力リップルを許容できるアプリケーションでは、より小さなまたはより大きなESRのコンデンサを使用することができます。

出力フィルタコンデンサのESRは効率に影響を与えるため、最良の性能を得るためには低ESRのコンデンサを使用してください。部品選択に際しては表1を参照してください。

### 入力バイパスコンデンサ

入力バイパスコンデンサ(C1)は入力電圧源から流れ出るピーク電流を低減し、MAX1771のスイッチング動作に起因する入力電圧源でのノイズも軽減します。入力電圧源のインピーダンスによってV<sub>+</sub>入力に必要なコンデンサの容量が決まります。出力フィルタコンデンサと同様に低ESRコンデンサが推奨されます。1Aまでの出力電流では68μF (C1)で十分ですが、より小さなバイパスコンデンサを使用することもできます。

0.1μFのセラミックコンデンサ(C2)をV<sub>+</sub>とGND端子のできるだけ近くに配置し、ICをバイパスしてください。

### リファレンスコンデンサ

0.1μFのコンデンサ(C3)でREFをバイパスします。REFは外部負荷に対して100μAまでの電流をソースすることができます。

### フィードフォワードコンデンサ

可変出力電圧および非ブートストラップモードにおいては、図2および図3に示すように、R2と並列に47pF~220pFのコンデンサを接続してください。コンデンサの値は安定性が維持できる範囲で最小限にし、大き過ぎるとラインレギュレーションが悪化します。

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、 ステップアップDC-DCコントローラ

MAX1771

表1. 部品メーカー

PRODUCTION	INDUCTORS	CAPACITORS	TRANSISTORS	DIODES
Surface Mount	Sumida CD54 series CDR125 series Coiltronics CTX20 series Coilcraft DO3316 series DO3340 series	Matsuo 267 series Sprague 595D series AVX TPS series	Siliconix Si9410DY Si9420DY (high voltage) Motorola MTP3055EL MTD20N03HDL MMFT3055ELT1 MTD6N10 MMBT8099LT1 MMBT8599LT1	Central Semiconductor CMPSH-3 CMPZ5240 Nihon Inter EC11 FS1 series (high-speed silicon) Motorola MBRS1100T3 MMBZ5240BL
Through Hole	Sumida RCH855 series RCH110 series	Sanyo OS-CON series Nichicon PL series		Motorola 1N5817-1N5822 MUR115 (high voltage) MUR105 (high-speed silicon)

SUPPLIER	PHONE	FAX
AVX	USA: (803) 448-9411	(803) 448-1943
Central Semiconductor	USA: (516) 435-1110	(516) 435-1824
Coilcraft	USA: (708) 639-6400	(708) 639-1469
Coiltronics	USA: (516) 241-7876	(516) 241-9339
Matsuo	USA: (714) 969-2491 Japan: 81-6-337-6450	(714) 960-6492 81-6-337-6456
Motorola	USA: (800) 521-6274	(602) 952-4190
Nichicon	USA: (708) 843-7500	(708) 843-2798
Nihon Inter	USA: (805) 867-2555	(805) 867-2556
Sanyo	USA: (619) 661-6835 Japan: 81-7-2070-1005	(619) 661-1055 81-7-2070-1174
Siliconix	USA: (800) 554-5565	(408) 970-3950
Sprague	USA: (603) 224-1961	(603) 224-1430
Sumida	USA: (708) 956-0666 Japan: 81-3-3607-5111	(708) 956-0702 81-3-3607-5144

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、ステップアップDC-DCコントローラ

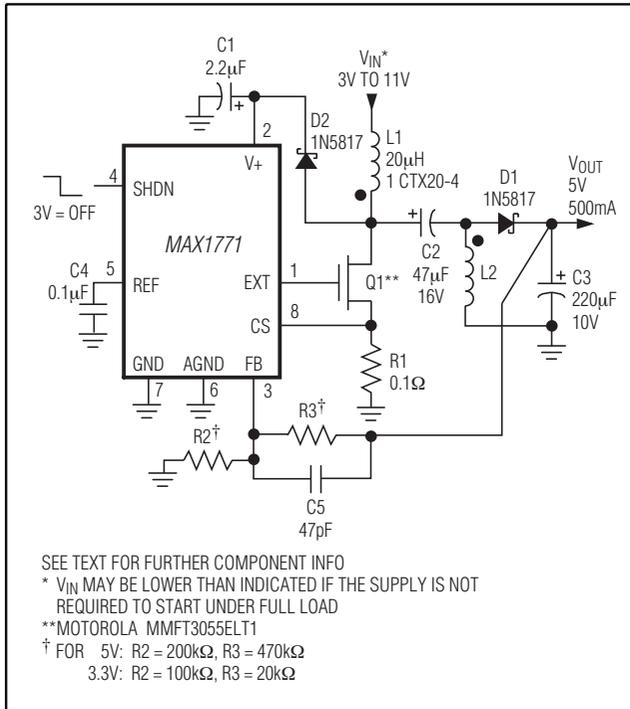


図5. 5V/3.3V出力用のステップアップ/ダウン回路

## アプリケーション情報

### 低入力電圧動作

時間の経過に伴って電圧が低下する電源(バッテリーなど)を使用する場合、EXTの電圧がN-FETのスレッショルド電圧に達すると、FETトランジスタはその線形領域で動作し、過度の電力を消費します。このモードでの動作が長引くとFETが損傷することがあります。この効果は、ブートストラップモードは通常はより高いV<sub>GS</sub>電圧を供給するため、ブートストラップモードよりも非ブートストラップモードにおいて顕著に表れます。この状態を避けるために、V<sub>EXT</sub>がFETのV<sub>TH</sub>よりも必ず高くなるようにするか、あるいは、電圧検出器(MAX8211など)を使用して、入力電圧があらかじめ設定された最小値よりも低下した時点でICをシャットダウンモードにするようにします。低入力電圧での過大な負荷もこの状態を起こす原因となります。

### 負荷状態でのスタートアップ

ブートストラップモード動作での「Load Current vs. Minimum Start-up Input Voltage (最小スタートアップ電圧 対 負荷電流)」のグラフを「標準動作特性」に示しています。このグラフは使用するパワースイッチの種類に依存しています。MAX1771は、ブートストラップモードでの低入力電圧において全負荷状態でスタートアップするように設計されていません。

### レイアウトについて

高電流レベルと高速スイッチング波形により放射ノイズを発生するため、適切なプリント基板のレイアウトが必要になります。スターグランド構成にして敏感なアナロググランドを保護してください。グランドノイズを最小にするため、GND、入力バイパスコンデンサのグランド側リード、および出力フィルタコンデンサのグランド側リードの接続は、すべて1点接続にしてください(スターグランド構成)。また、リード線の長さは最短にし、浮遊容量、配線抵抗および放射ノイズを最小にしてください。入力バイパスコンデンサC2は、V+とGNDのできるだけ近くに配置してください。

V+入力での過大なノイズはタイミング回路での誤ったトリガとなり、EXTに短いパルスが生じる原因となります。これが生じると回路の効率に無視できない影響を与えます。必要ならばV+とGND端子間に直接4.7µFのコンデンサを(C2の0.1µFバイパスコンデンサと並列に)配置し、V+におけるノイズを軽減してください。

### 他のアプリケーション回路

#### 4セルから5V(または3セルから3.3V)で500mAのステップアップ/ダウンコンバータ

図5に示す回路は、入力電圧が出力電圧より低くても高くても、5V(または3.3V)で500mAの出力を85%の効率で生成します。出力はコンデンサを介してスイッチング回路と結合しています。この回路は、フライバックトランスおよびステップアップ回路に比べて、入力が出力を通じて伝わるためになめらかな安定化になり、またシャットダウン時には出力が遮断されるなどの2つの利点を備えています。

この回路は2つのインダクタを必要とし、2つのインダクタはトランスとして動作していないため、結合させることなく1つのコアに巻くことができます。L1およびL2は一緒に巻くこともでき(Coiltronics社のCTX20-4)、また2つの独立したインダクタでも同等の特性が得られます。コンデンサC2およびC3は、最高の効率を得るために低ESRタイプを使用します。C2用に1µFのセラミックコンデンサを使用することができますが、効率が約3%低下します。C2の電圧定格は最大入力電圧以上にします。またLXスイッチの耐圧は、入力電圧と出力電圧の和以上に注意してください。たとえば、11Vから5V変換する場合には、スイッチの耐圧は16V以上にします。LXスイッチでのパルスはショットキダイオードD2で取り込まれ、V+を(V<sub>OUT</sub> + V<sub>IN</sub>)に昇圧します。これにより低入力電圧時における効率を改善しますが、最大入力電圧が11Vに制限されます。入力電圧が4V以下に低下しない場合およびQ1に3VのロジックスレッショルドのFETを使用する場合は、D2を削除してV+を入力電源に直接接続することができます。

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、 ステップアップDC-DCコントローラ

MAX1771

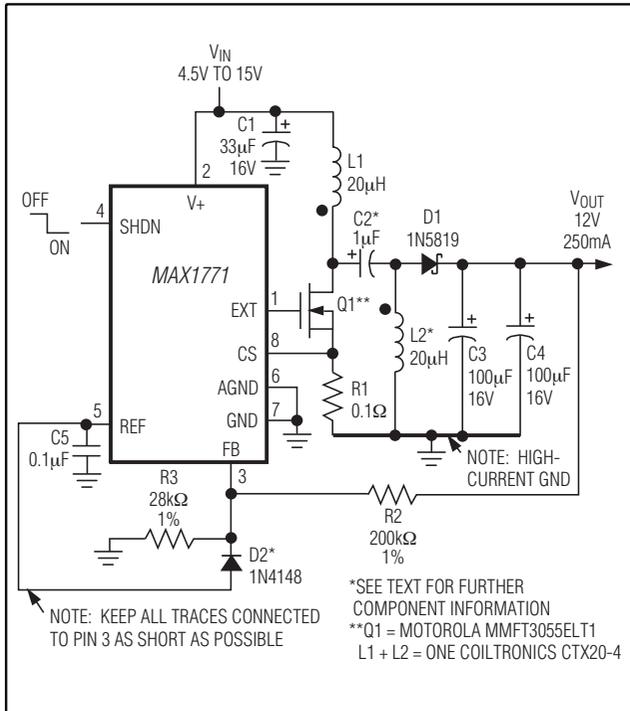


図6. 4.5V～15Vの入力から12Vのバック/ブースト

## 12V出力のバック/ブースト

図6の回路は、4.5V～16Vの入力電圧から12Vを生成します。部品によっては入力電圧と出力電圧の和(この回路では27V)以上の耐圧を備えていなければならないため、使用している部品の電圧定格を見直すことで入力電圧を高くすることができます。この回路はAC結合のブーストコンバータとして動作し、バックからブーストへ切り替わる際の動作モードの変化はありません。このため、12V付近の入力電圧での不安定性はありません。効率は中負荷で85%、全負荷で82%です。また、シャットダウン時(SHDNがハイ)には、出力電圧は0Vに低下し、電流の流出はありません。C2には1µFのセラミックコンデンサを使用しています。容量を増加することで約1%～3%の効率改善が得られます。

このAC結合構成では、D2は、内部固定あるいはユーザ設定の外部フィードバックを可能にするMAX1771のDual-Mode機能を停止させることで、スタートアップを

確実にしています。Dual-Modeで動作する場合には、ICは最初に内部フィードバックを用い、フィードバック信号としてV+を監視します。しかし、V+は内部設定されたフィードバック(MAX1771では12V)より高いため、出力電圧は充分高いと判断されてスタートしません。D2はFBをグランドレベルより高くし、外部フィードバックモードに強制します。通常の昇圧回路では(AC結合でない場合)、出力およびFBは入力電圧が印加された時点で立ち上がるため、D2は必要ありません。

## トランスレスの-48Vから+5V/300mA

図7の回路はトランスを使用しない設計で、-30V～-75Vの入力電圧から5V/300mAを供給します。MAX1771は、グランドが-48V入力に接続されることでバイアスされています。ICの電源電圧(V+における)は、ツェナーでバイアスされたエミッタフォロア(Q2)によって約9.4V(-48Vを基準として)に設定されています。NチャネルFET(Q1)は昇圧構成で駆動されます。出力はトランジスタ(Q3)により安定化されており、Q3はフィードバック信号を5V出力からICのFB入力にレベルシフトしています。変換効率は標準で82%です。

部品を選択する際には、D1、Q1、Q2、Q3およびC6の定格は、全入力電圧に安全性のマージンを加えたものにしてください。また、D1を変更する場合には、 $t_{rr}$ が30ns以下のファーストリカバリタイプを使用してください。R7、R9、C8およびD3はオプションで、電源投入時の過電流サージを防止するためのソフトスタート回路として使用します。

## 電池駆動のLCDバイアス電源

図8の回路は、LCDバイアスまたは他の正出力アプリケーション用に2セル(最低2V)を24Vに昇圧します。出力はバッテリー入力から昇圧され、一方MAX1771用のV+電圧は5Vまたは3.3Vのロジック電源によって供給されます。

## 5V/1Aのブーストコンバータ

図9の回路は、ロジック、RF電源またはPCMCIAアプリケーション用に2.7V～5.5Vの入力を安定化された5V/1A出力に昇圧します。効率対負荷電流を右横のグラフに示しています。

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、 ステップアップDC-DCコントローラ

MAX1771

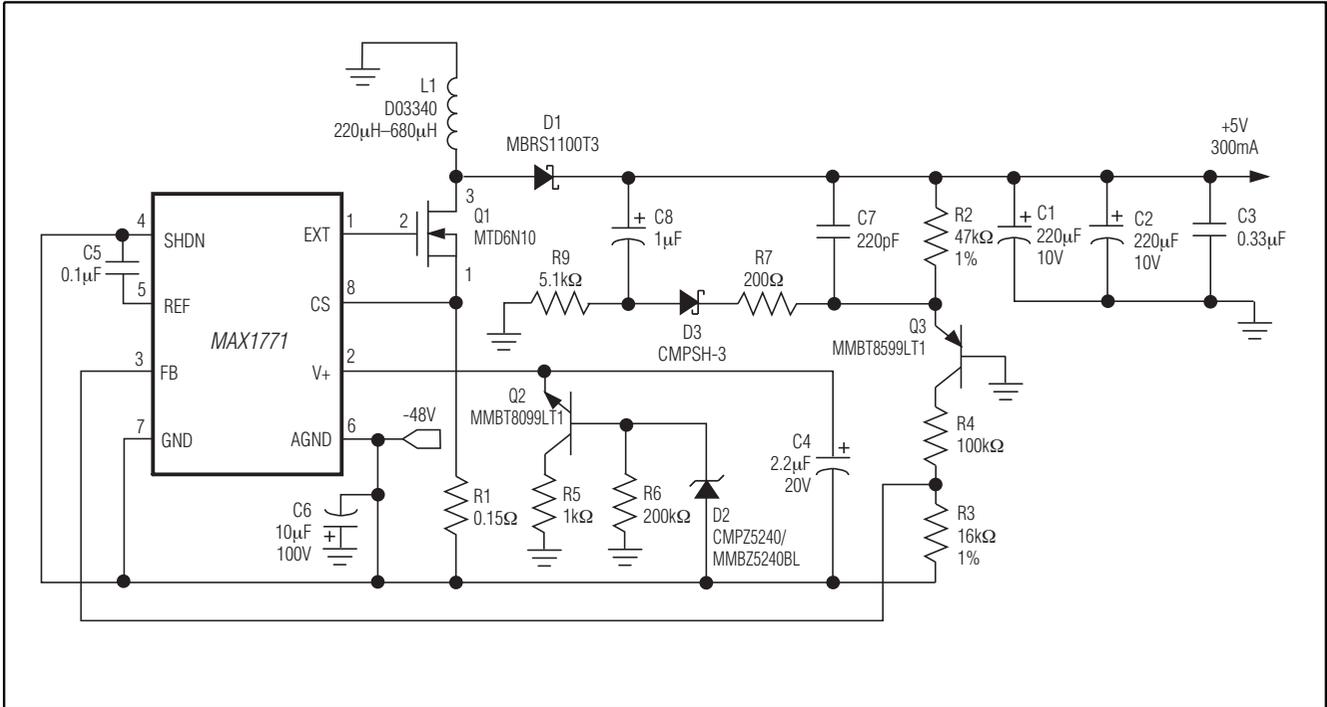


図7. -48V入力からトランスを使用しない5V/300mA出力

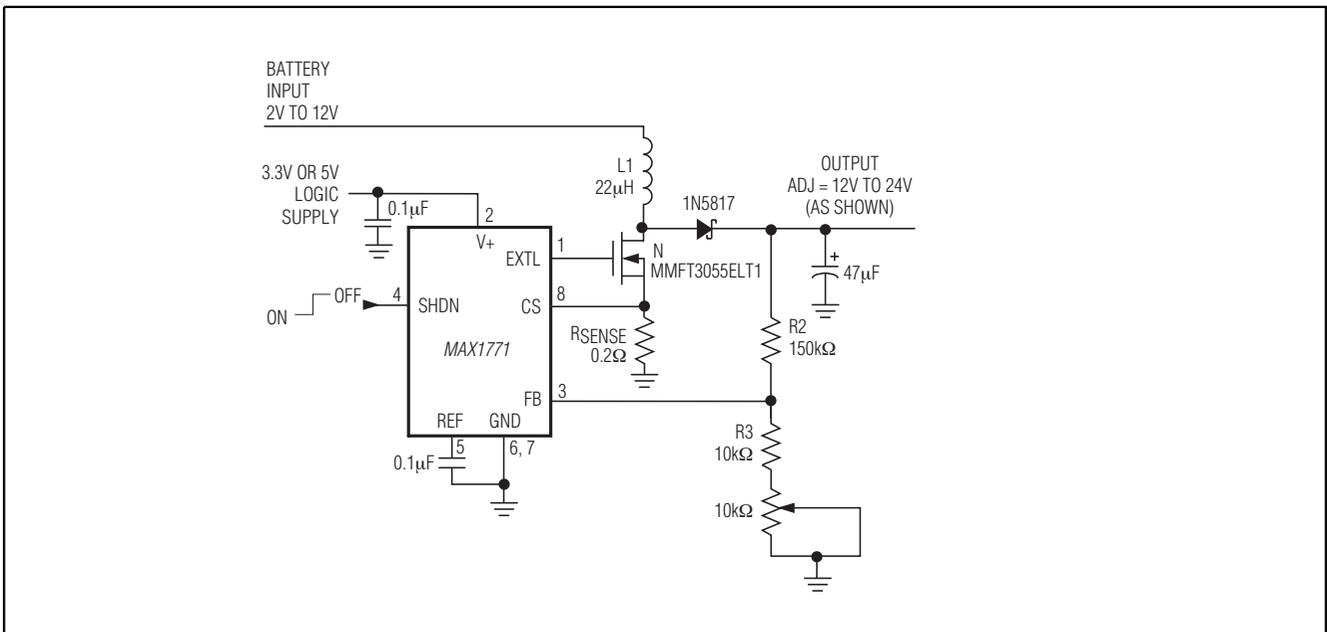


図8. 2V入力から24V出力のLCDバイアス

# 12Vまたは可変、高効率、低I<sub>Q</sub>、 ステップアップDC-DCコントローラ

MAX1771

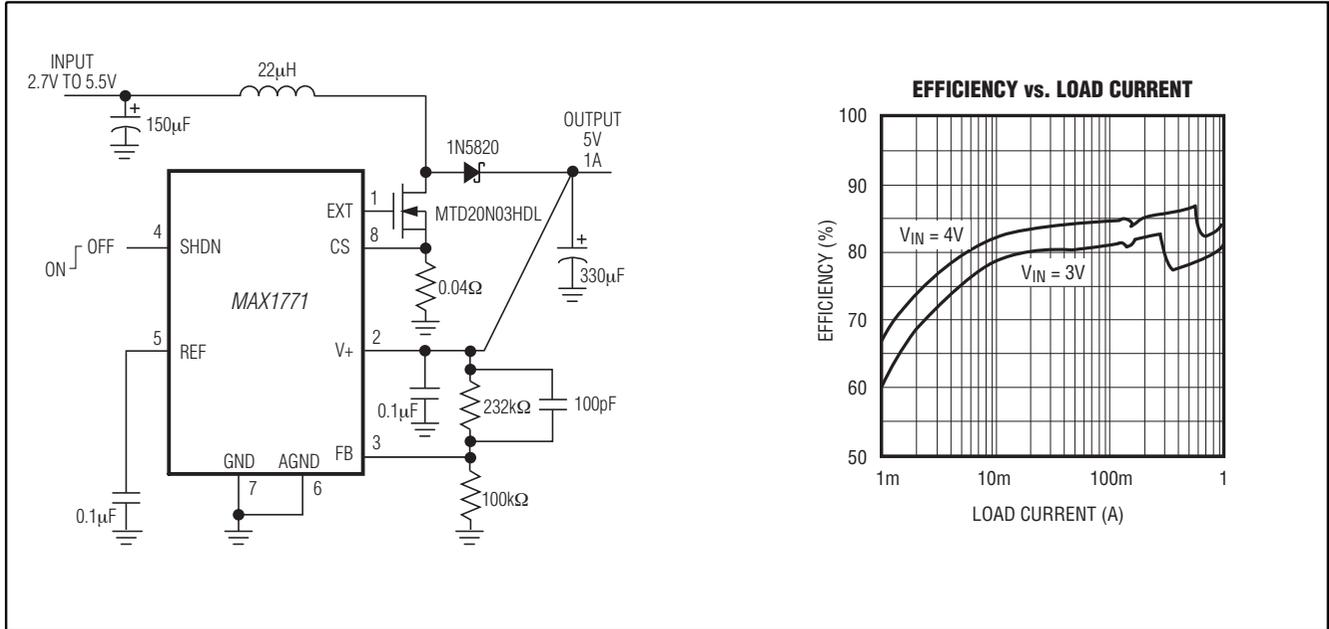
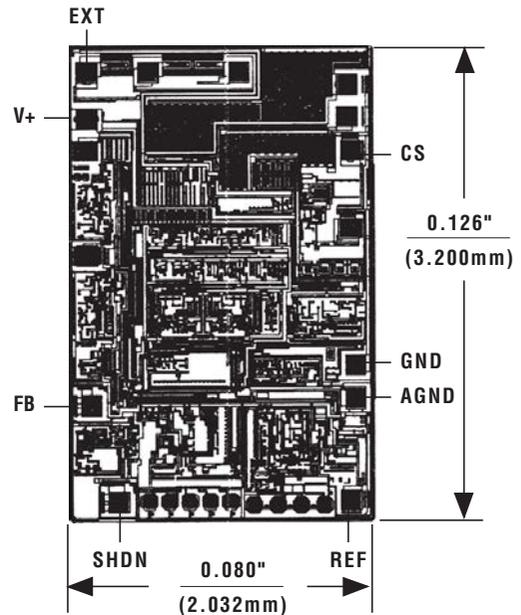


図9. 5V/1Aのブーストコンバータ

## チップ構造図



TRANSISTOR COUNT: 501  
SUBSTRATE CONNECTED TO V+



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製品に組み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。「Electrical Characteristics (電気的特性)」の表に示すパラメータ値(min, maxの各制限値)は、このデータシートの他の場所で引用している値より優先されます。

18 Maxim Integrated Products, Inc. 160 Rio Robles, San Jose, CA 95134 USA 1-408-601-1000

© 2002 Maxim Integrated Products

MaximはMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。