

# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

## 概要

MAX774/MAX775/MAX776は、30倍以上の負荷電流範囲で高効率を発揮するインバーティングスイッチングレギュレータです。独自の電流制限パルス周波数変調(PFM)制御方式により、パルス幅変調コンバータの利点(重負荷での高効率)を保ちつつ、消費電流を100 $\mu$ A以下に抑えています(PWMコンバータの消費電流は2mA~10mA)。このため、広範囲の負荷で高効率が実現されます。

これらの製品は小型の外付部品を使用します。スイッチング周波数が最大300kHzと高いため、直径5mm以下の表面実装インダクタが使用できます。

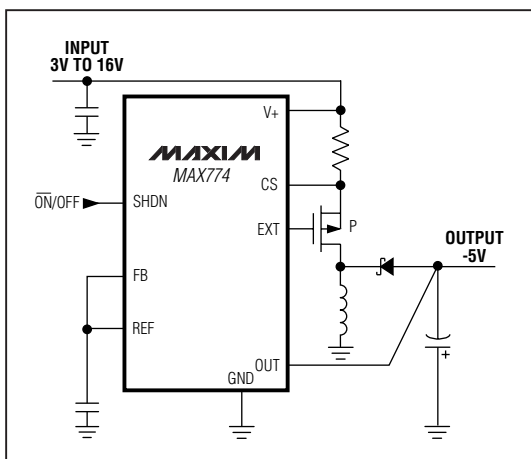
MAX774/MAX775/MAX776の入力電圧範囲は3V~16.5V、出力電圧はそれぞれ-5V、-12V、-15Vに設定されています。外部抵抗を2個用いることで-1V~-16Vの可変出力にすることもできます。最大電圧差( $V_{IN} - V_{OUT}$ )は、外部スイッチトランジスタのブレイクダウン電圧によってのみ制限されます。

これらのインバータは外部PチャネルMOSFETスイッチを使用するため、最大5Wまでの負荷を駆動できます。省電力にはMOSFETを内蔵したMAX764/MAX765/MAX766のインバーティングスイッチングレギュレータを使用してください。

## アプリケーション

- LCDバイアスジェネレータ
- 高効率のDC-DCコンバータ
- バッテリー駆動アプリケーション
- データ通信機器

## 標準動作回路



## 特長

- ◆ 効率: 85%(負荷電流5mA~1A)
- ◆ 出力電力: 5W(max)
- ◆ 消費電流: 100 $\mu$ A(max)
- ◆ シャットダウン電流: 5 $\mu$ A(max)
- ◆ 入力電圧範囲: 3V~16.5V
- ◆ 出力電圧: -5V(MAX774)、-12V(MAX775)、-15V(MAX776)又は可変
- ◆ 電流制限PFM制御方式
- ◆ スwitching周波数: 300kHz

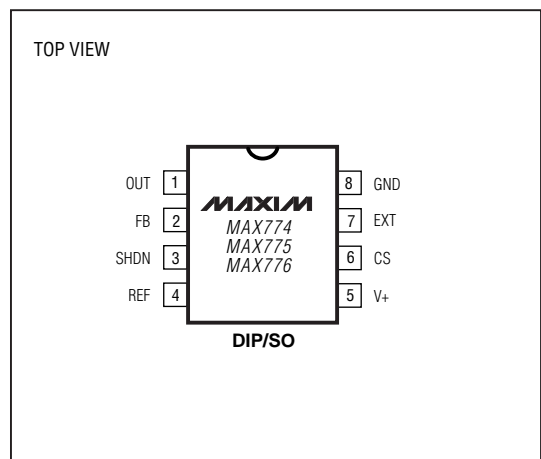
## 特長

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX774CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX774CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX774C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX774EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX774ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX774MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP

Ordering Information continued on last page.

\* Contact factory for dice specifications.

## ピン配置



# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

MAX774/MAX775/MAX776

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltages	
V+ to OUT .....	21V
V+ to GND .....	-0.3V, +17V
OUT to GND .....	-0.3V, to -17V
REF, SHDN, FB, CS .....	-0.3V to (V+ + 0.3V)
EXT .....	(V <sub>OUT</sub> - 0.3V) to (V+ + 0.3V)
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:	
MAX77_C_ .....	0°C to +70°C
MAX77_E_ .....	-40°C to +85°C
MAX77_MJA .....	-55°C to +125°C
Maximum Junction Temperatures:	
MAX77_C_/E_ .....	+150°C
MAX77_MJA .....	+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, C<sub>REF</sub> = 0.1μF, 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	
V+ Input Voltage Range	V+		3.0		16.5	V	
Supply Current		V+ = 16.5V, SHDN ≤ 0.4V (operating)			100	μA	
		V+ = 10V, SHDN ≥ 1.6V (shutdown)		2	5		
		V+ = 16.5V, SHDN ≥ 1.6V (shutdown)		4			
FB Trip Point		3V ≤ V+ ≤ 16.5V	-10		10	mV	
FB Input Current	I <sub>FB</sub>	MAX77_C			±50	nA	
		MAX77_E			±70		
		MAX77_M			±90		
Output Voltage	V <sub>OUT</sub>	MAX774	-4.80	-5	-5.20	V	
		MAX775	-11.52	-12	-12.48		
		MAX776	-14.40	-15	-15.60		
Reference Voltage	V <sub>REF</sub>	I <sub>REF</sub> = 0μA	MAX77_C	1.4700	1.5	1.5300	V
			MAX77_E	1.4625	1.5	1.5375	
			MAX77_M	1.4550	1.5	1.5450	
REF Load Regulation		0μA ≤ I <sub>REF</sub> ≤ 100μA	MAX77_C/E	4	10	mV	
			MAX77_M	4	15		
REF Line Regulation		3V ≤ V+ ≤ 16.5V		40	100	μV/V	
Output Voltage Line Regulation (Circuit of Figure 2— Bootstrapped)		MAX774, 4V ≤ V+ ≤ 15V, I <sub>LOAD</sub> = 0.5A		0.035		mV/V	
		MAX775, 4V ≤ V+ ≤ 8V, I <sub>LOAD</sub> = 0.2A		0.088			
		MAX776, 4V ≤ V+ ≤ 6V, I <sub>LOAD</sub> = 0.1A		0.137			
Output Voltage Load Regulation (Circuit of Figure 2— Bootstrapped)		MAX774, 0A ≤ I <sub>LOAD</sub> ≤ 1A, V+ = 5V		1.5		mV/A	
		MAX775, 0mA ≤ I <sub>LOAD</sub> ≤ 500mA, V+ = 5V		1.5			
		MAX776, 0mA ≤ I <sub>LOAD</sub> ≤ 400mA, V+ = 5V		1.0			

-5V/-12V/-15V/可変出力、高効率  
低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)**

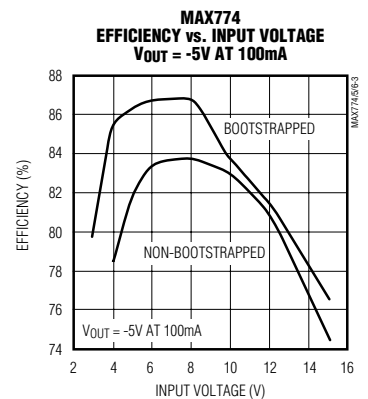
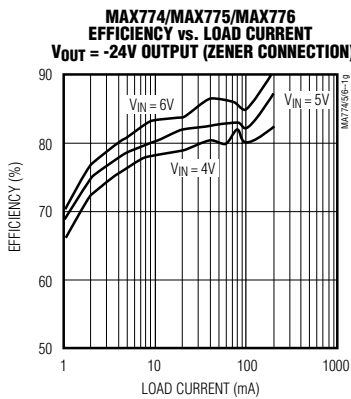
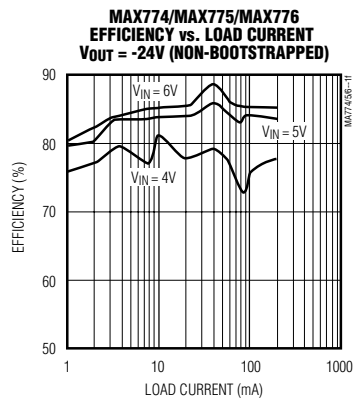
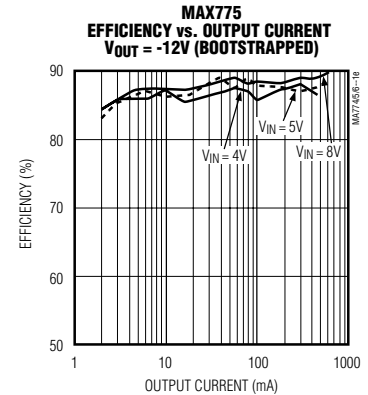
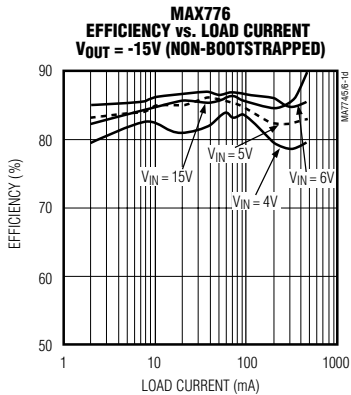
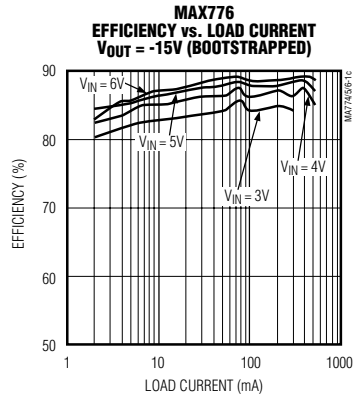
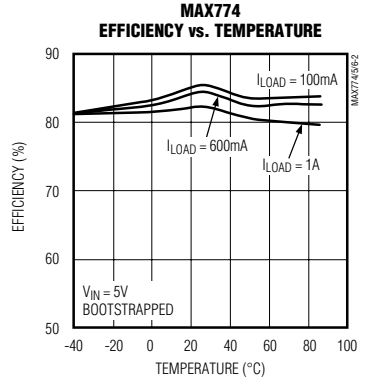
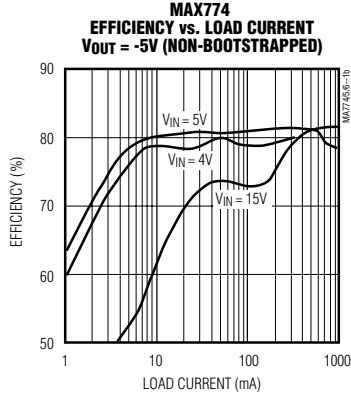
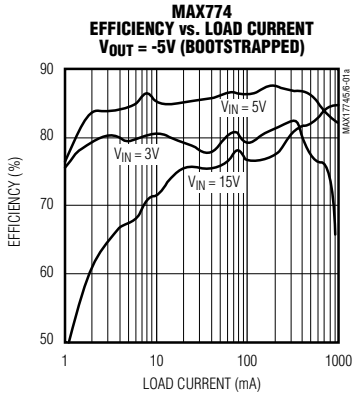
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Efficiency (Circuit of Figure 2— Bootstrapped)		MAX774, $V_+ = 5V, I_{LOAD} = 1A$	82			%	
		MAX775, $V_+ = 5V, I_{LOAD} = 500mA$	88				
		MAX776, $V_+ = 5V, I_{LOAD} = 400mA$	87				
SHDN Input Current		$V_+ = 16.5V, SHDN = 0V$ or $V_+$	$\pm 1$			$\mu A$	
SHDN Input Voltage High	$V_{IH}$	$3V \leq V_+ \leq 16.5V$	1.6			V	
SHDN Input Voltage Low	$V_{IL}$	$3V \leq V_+ \leq 16.5V$	0.4			V	
Current-Limit Trip Level ( $V_+ - CS$ )	$V_{CS}$	$3V \leq V_+ \leq 16.5V$	MAX77_C/E	180	210	240	mV
			MAX77_M	160	210	260	
CS Input Current			$\pm 1$			$\mu A$	
Switch Maximum On-Time	$t_{ON(max)}$	$V_+ = 12V$	12	16	20	$\mu s$	
Switch Minimum Off-Time	$t_{OFF(max)}$	$V_+ = 12V$	1.8	2.3	2.8	$\mu s$	
EXT Rise Time		$C_{EXT} = 1nF, V_+ = 12V$	50			ns	
EXT Fall Time		$C_{EXT} = 1nF, V_+ = 12V$	50			ns	

MAX774/MAX775/MAX776

# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

## 標準動作特性

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

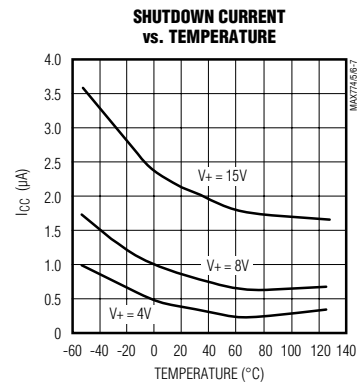
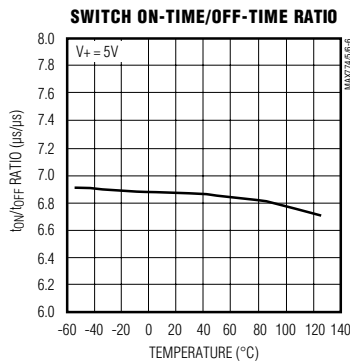
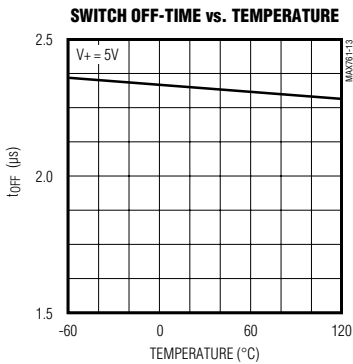
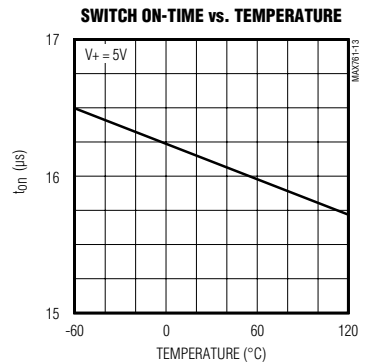
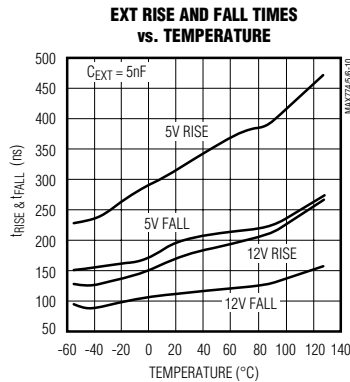
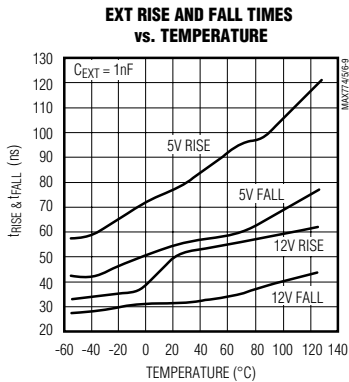
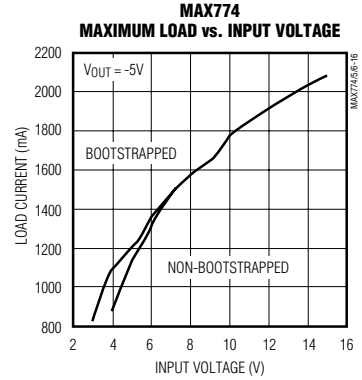
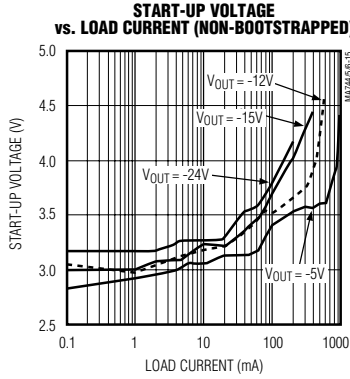
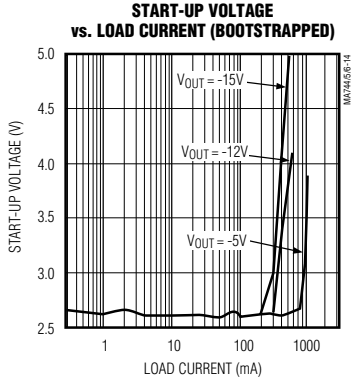


# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

MAX774/MAX775/MAX776

## 標準動作特性(続き)

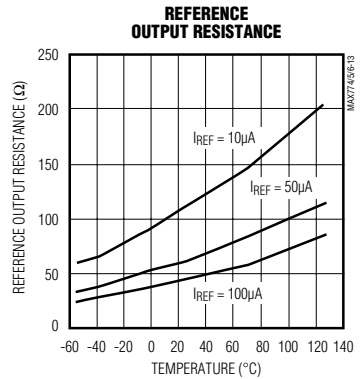
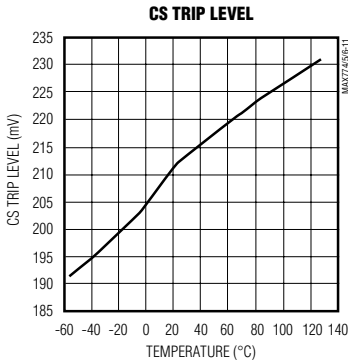
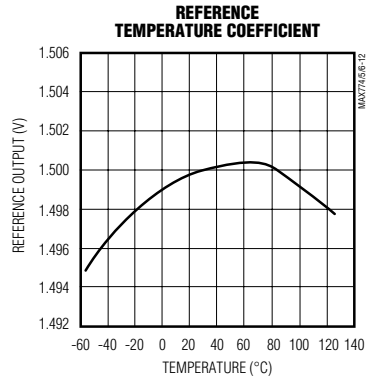
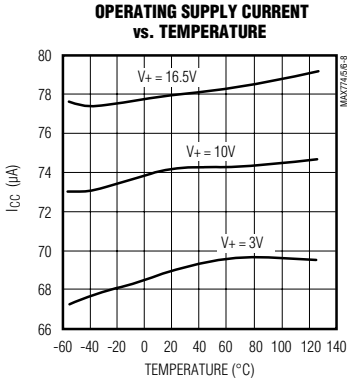
( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)



# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

## 標準動作特性(続き)

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



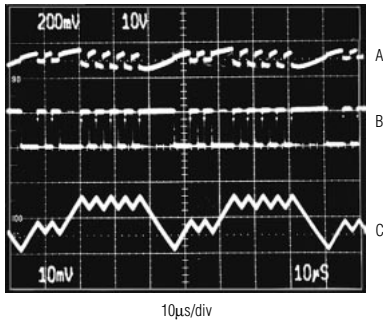
# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

MAX7774/MAX7775/MAX7776

## 標準動作特性(続き)

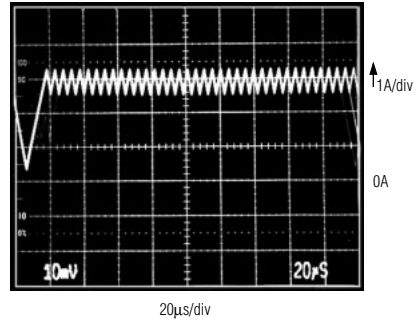
( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

### OPERATING WAVEFORMS



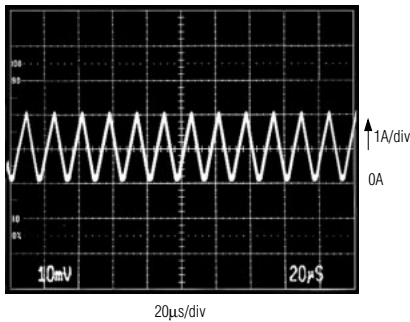
CIRCUIT OF FIGURE 2  
 $V_+ = 6.5\text{V}$ ,  $I_{\text{LOAD}} = 1\text{A}$ ,  $V_{\text{OUT}} = -5\text{V}$   
 A: OUTPUT RIPPLE, 200mV/div  
 B: EXT WAVEFORM, 10V/div  
 C: INDUCTOR CURRENT, 2A/div

### INDUCTOR CURRENT NEAR FULL LOAD



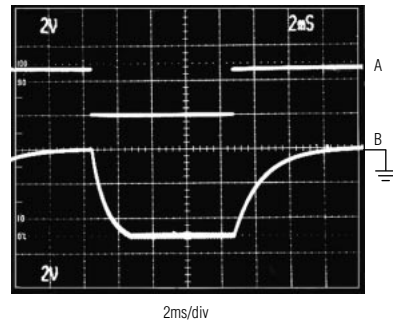
CIRCUIT OF FIGURE 2  
 $V_{\text{OUT}} = -5\text{V}$ ,  $V_+ = 4.7\text{V}$   
 $I_{\text{LOAD}} = 1.05\text{A}$  (1A/div)

### CONTINUOUS CONDUCTION AT ONE-HALF CURRENT LIMIT



CIRCUIT OF FIGURE 2  
 $I_{\text{LOAD}} = 300\text{mA}$ ,  $V_{\text{OUT}} = -5\text{V}$   
 $V_+ = 8\text{V}$ ,  $L = 22\mu\text{H}$

### ENTRY/EXIT FROM SHUTDOWN



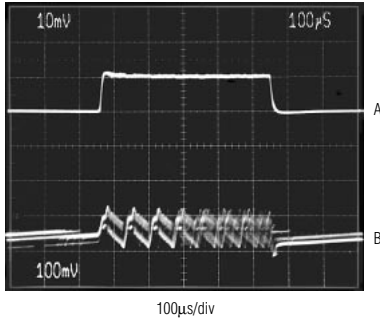
CIRCUIT OF FIGURE 2  
 $V_+ = 6\text{V}$ ,  $I_{\text{LOAD}} = 1\text{A}$ ,  $V_{\text{OUT}} = -5\text{V}$   
 A: SHUTDOWN PULSE, 0V TO  $V_+$ , 5V/div  
 B:  $V_{\text{OUT}}$ , 2V/div

# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

## 標準動作特性(続き)

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

### LOAD-TRANSIENT RESPONSE



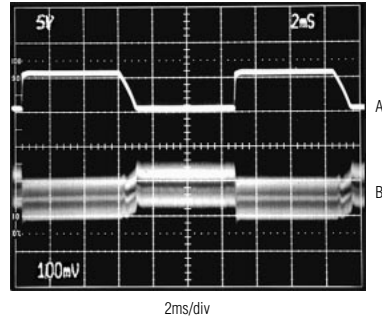
CIRCUIT OF FIGURE 2

$V_+ = 6\text{V}$ ,  $V_{\text{OUT}} = -5\text{V}$

A:  $I_{\text{LOAD}}$ , 30mA TO 1A, 1A/div

B:  $V_{\text{OUT}}$ , 100mV/div, AC-COUPLED

### LINE-TRANSIENT RESPONSE



CIRCUIT OF FIGURE 2

$V_{\text{OUT}} = -5\text{V}$ ,  $I_{\text{LOAD}} = 1\text{A}$

A:  $V_+$ , 3V TO 8V, 5V/div

B:  $V_{\text{OUT}}$ , 100mV/div, AC-COUPLED

## 端子説明

端子	名称	機能
1	OUT	固定出力動作の検出入力( $V_{\text{FB}} = V_{\text{REF}}$ )。OUTは内部分圧器に接続され、EXTドライバのマイナス電源入力となります。
2	FB	フィードバック入力。 $V_{\text{FB}} = V_{\text{REF}}$ の場合、出力は出荷時の設定値。可変動作では「可変出力」の項で説明されている外部分圧器を使用してください。
3	SHDN	アクティブハイのシャットダウン入力。SHDNがハイの場合、この素子はシャットダウンモードに入り、消費電流は $5\mu\text{A}$ 以下になります。通常動作時はGNDに接続してください。
4	REF	外部負荷を $100\mu\text{A}$ まで駆動できる1.5Vのリファレンス出力。0.1 $\mu\text{F}$ のコンデンサでグラウンドにバイパスしてください。
5	V+	プラス電源入力
6	CS	電流検出コンパレータへの非インバーティング入力。トリップレベルは210mV typ ( $V_+$ に対して)。
7	EXT	外部Pチャンネルパワー-MOSFETへのゲート駆動出力。EXTはOUTから $V_+$ までスイングします。
8	GND	グラウンド



# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

MAX774/MAX775/MAX776

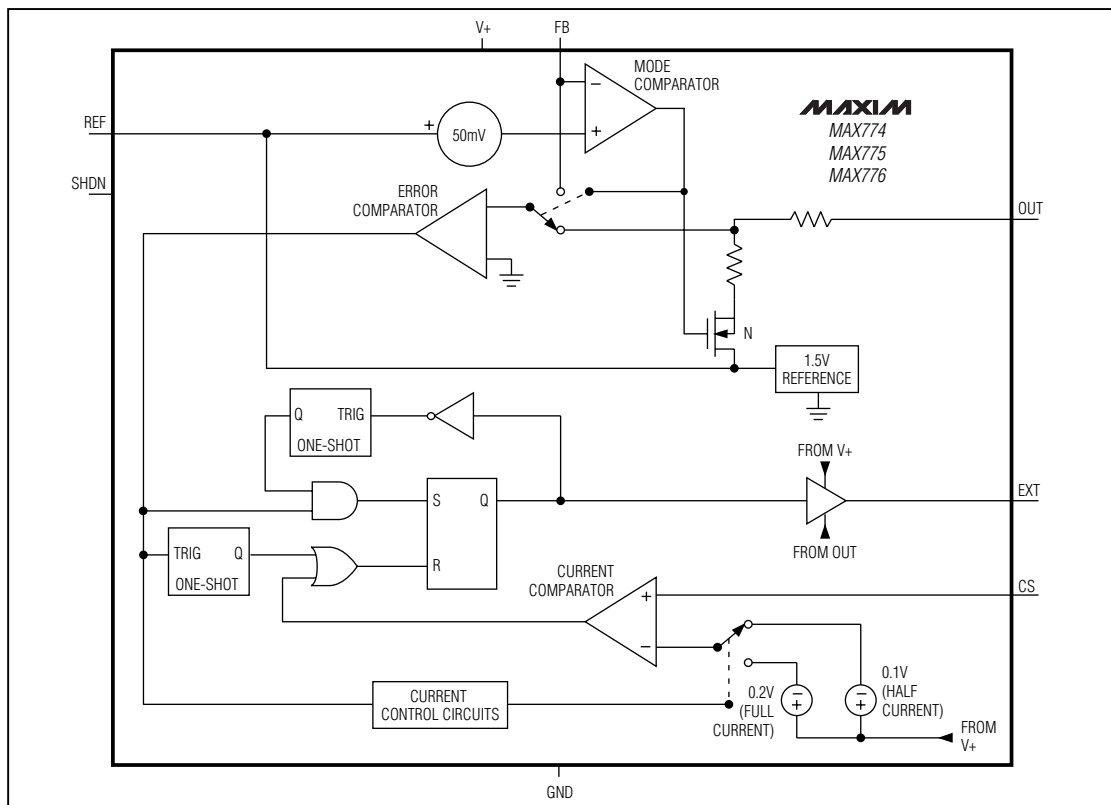


図1. ブロックダイアグラム

## 詳細

MAX774/MAX775/MAX776は、外部PチャネルMOSFETを駆動できるマイナス出力のインバーティングパワーコントローラです。出力電圧は-5V(MAX774)、-12V(MAX775)、-15V(MAX776)に予め設定されています。また、どの製品も外部抵抗分圧器を用いることで任意の出力電圧に設定することができます。

MAX774/MAX775/MAX776はパルススキッピング式のパルス周波数変調(PFM)コンバータの利点(超低消費電流)とパルス幅変調(PWM)の利点(重負荷での高効率)を兼ね備えた独自の制御方式を採用しています(図1)。この制御方式により、5mA~1Aの負荷で85%の効率が実現されます。

従来のPFMコンバータと同様、出力がリファレンス電圧より低いことを電圧コンパレータが検出すると、

外部PチャネルパワーMOSFETがオンになります。しかし、従来のPFMコンバータとは異なり、スイッチングはスイッチ電流制限( $210\text{mV}/R_{\text{SENSE}}$ )及び単安定マルチバイブレータで設定されるオン時間/オフ時間制限の組合せによって制御されます。一旦オンになったMOSFETは以下のいずれかの条件が満たされるまでオンに留まります。

- 1) 最大オン時間制限( $16\mu\text{s}$ )に到達、あるいは
- 2) スイッチ電流が(電流検出抵抗で設定された)制限に到達。

一旦オフになると、通常スイッチは $2.3\mu\text{s}(\text{min})$ 間オフの状態を保ちます。そして、出力が $V_{\text{REF}}$ 及びフィードバック分圧器ネットワークで決定されたレベルより低くなるまでオフに留まります。

# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

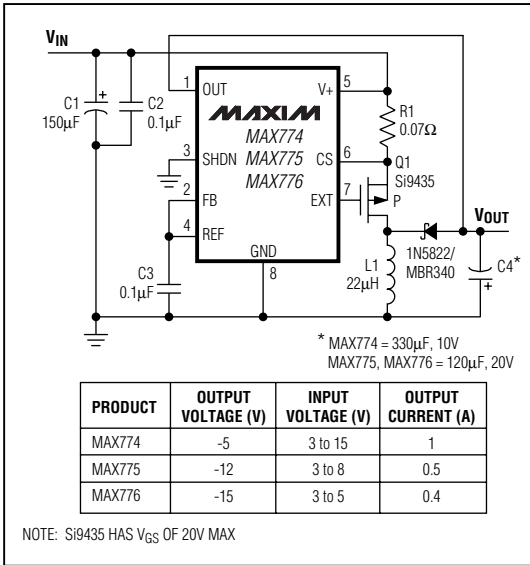


図2. 固定出力電圧を用いたブートストラップ接続

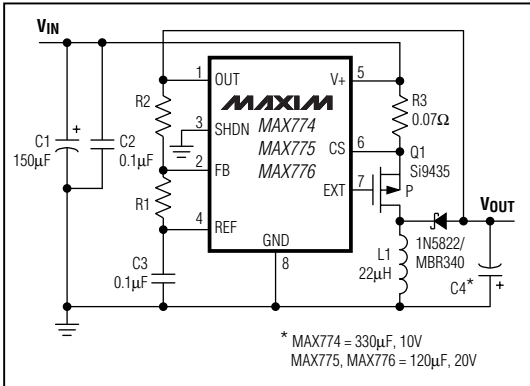


図3. 外部フィードバック抵抗を用いたブートストラップ接続

軽負荷の場合、MOSFETは従来のPFMコンバータ同様、1サイクル以上オンを維持した後にオフになります。軽負荷時の効率を上げるために、最初の2パルスの電流制限はピーク時の電流制限の半分に設定されています。これらのパルスによって出力電圧が安定化範囲に入った場合、MOSFETは電圧コンパレータによってオフに保たれ、電流制限はピーク時の電流制限の半分に留まります。2つの連続したパルスの後で出力電圧が安定化範囲外であった場合、次のパルスの電流制限はフル電

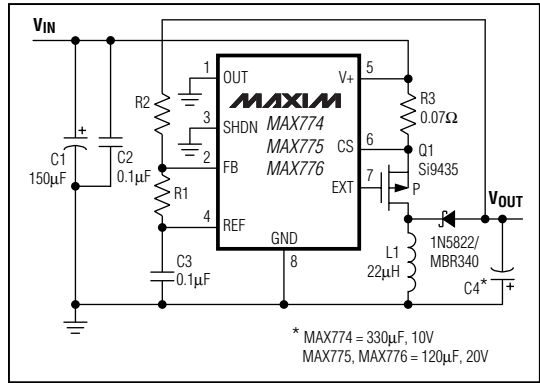


図4. 非ブートストラップ動作 ( $V_{IN} > 4.5V$ )

流制限に等しくなります。

重負荷の場合、MOSFETはまずピーク電流値の半分で2度スイッチングします。その後はスイッチ電流がフル電流制限に達するまでオンに留まり、それからオフになります。2.3µs間オフを保った後、MOSFETは再度オンになり、スイッチ電流が再びフル電流制限に達するまでオンに留まります。そして、出力が安定化範囲に収まるまでこのサイクルが繰り返されます。

この制御方式の利点は、広範囲の入出力比及び広範囲の負荷電流に渡って高効率を実現できることです。さらに、PFMコンバータの動作は一定周波数スイッチングではなく、安定性の基準も(PWMコンバータとは異なり)ゆるくなっています。この結果、値の小さな外付部品を用いることができます。

PFMコンバータの場合、PWMコンバータとは異なり、出力電圧リップルがオシレータ周波数に集中していません。したがって、リップル周波数が重要なアプリケーションではPWM制御方式を使用する必要があります。しかし、その他の多くのアプリケーションではコンデンサの容量が小さく、消費電流も低いPFM制御方式の方が賢い選択といえます。MAX774/MAX775/MAX776の出力電圧リップルはかなり低く抑えることができ、例えば、図2の回路で+5V入力から-5V、1Aを出力した場合の出力リップルは僅か100mVです。

## ブートストラップ動作と非ブートストラップ動作

図2及び図3はブートストラップモードの標準的なアプリケーション回路であり、図4は非ブートストラップモードの回路です。EXTはOUTで駆動されるため、ブートストラップ動作を用いるか非ブートストラップ動作を用いるかがFETのゲート駆動電圧に直接影響します。EXTはV<sub>+</sub>とV<sub>OUT</sub>の間でスイングします。ブート

# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

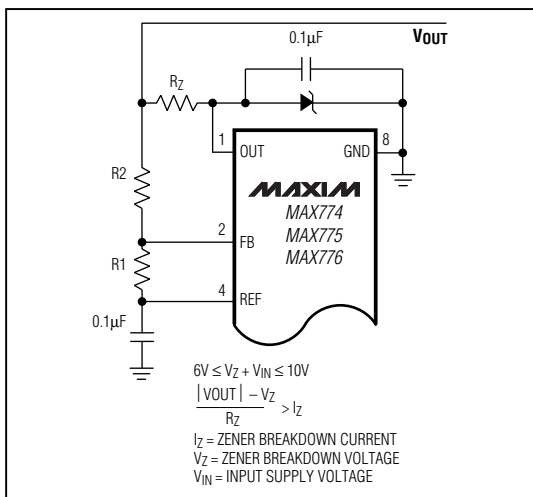


図5. ベース駆動電圧を昇圧するためにツェナーダイオードを用いた接続

ストラップ動作ではOUTが出力電圧(-5V、-12V、-15V)に接続されます。非ブートストラップ動作ではOUTはグラウンドに接続され、EXTはV+とグラウンドの間でスイングします。

入出力電圧差が大きい場合には、V+とV<sub>OUT</sub>間の最大定格電圧21Vを超えないために非ブートストラップモードを用いる必要があるかもしれません。また、外部トランジスタのV<sub>GS</sub>の最大定格にも注意してください。中間的な電圧/電流ではブートストラップと非ブートストラップの差は殆どありません。入力電圧が約4V以下の場合には必ずブートストラップ回路を使用してください。

### シャットダウンと自己消費電流

MAX774/MAX775/MAX776はバッテリー駆動アプリケーションの電力を節約するように設計されています。超低電力アプリケーション用にTTL/CMOSロジックレベルシャットダウン入力(SHDN)を備えており、シャットダウン時(SHDN=V+)には殆どの内部バイアス電流源及びリファレンスがターンオフし、消費電流は僅か5µA以下に低減します。

通常動作時における自己消費電流は100µA以下です。ただし、この電流は外部スイッチトランジスタを強制的にオフにした状態で測定されたものです。実際のアプリケーションでは無負荷時でもフィードバック抵抗、ダイオード及びコンデンサの漏れ電流による消費電流が生じるため、これよりも電流が増加します。無負荷時にはピーク電流の半分の短い電流パルスが約100ms毎に生じます(正確な周期は実際の回路の漏れに依存します)。

### EXT駆動電圧

EXTはOUT~V+の範囲でスイングし、外部パワーMOSFETの駆動出力を提供します。内蔵されたフィードバック抵抗を用いて設定された出力電圧で動作を行う場合は、OUTの電圧は出力電圧と等しくなります。外部フィードバック抵抗を用いる場合は、OUTはGNDあるいはV<sub>OUT</sub>とGNDの間のいずれかの電位に設定されます。

V+とOUTの電圧差の絶対最大定格21Vは必ず守ってください。V+と出力の差が21Vを超える場合、OUTの電位は出力よりもプラス側に設定されなければなりません。このため、出力電圧は外部抵抗分圧器で設定する必要があります。

低入力電圧(<4V)の非ブートストラップ動作の場合には、外部MOSFETの性能を十分に発揮させるためにOUTをマイナス電圧に設定してください。これはツェナーダイオードを用いてV<sub>OUT</sub>用の中間電圧を作ることで実現します(図5)。

### 設計手順

#### 出力電圧の設定

MAX774/MAX775/MAX776の出力電圧はそれぞれ-5V、-12V、-15Vに設定されていますが、外部分圧器を用いてその他の値に調節することもできます。固定された出力電圧を用いる場合はFBをREFに、そしてOUTを出力に接続してください(図3)。この場合、出力電圧はOUTによって検出されます。

可変出力(図3及び図4)の場合には、外部抵抗分圧器を出力電圧とFBの間、及びFBとREFの間に接続してください。この場合、分圧された出力電圧はFBピンを通じて検出されます。

外部抵抗分圧器は次の3つの場合に使用されます。

- 1) 固定値以外の出力電圧を希望する場合、
- 2) 入出力電圧差が21Vを超える場合、あるいは
- 3) 出力電圧(V<sub>OUT</sub>からGNDまで)が-15Vを超える場合。

可変動作については図3及び図4を参照してください。フィードバックネットワークのインピーダンスは、FBの入力バイアス電流が問題にならない程度に低くしてください。ネットワークに10µAの電流を流した時に最高の効率と精度が得られます。(V<sub>REF</sub> - V<sub>FB</sub>)/R1=10µAの式でV<sub>REF</sub>=1.5V、V<sub>FB</sub>=0Vであれば、R1は150kになります。次に以下の手順でR2を算出します。

$$\frac{R2}{R1} = \frac{VOUT}{VREF}$$

(あるいは  $\frac{VOUT}{R2} = 10\mu A$ )

# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

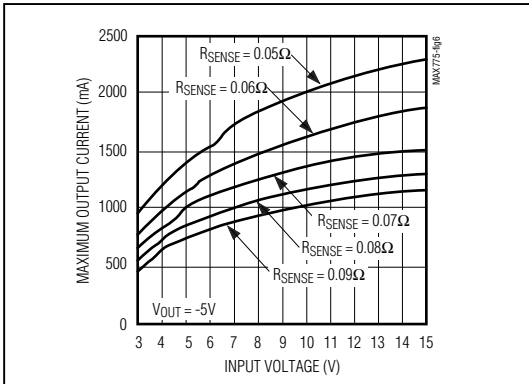


図6. MAX774の最大出力電流対入力電圧( $V_{OUT} = -5V$ )

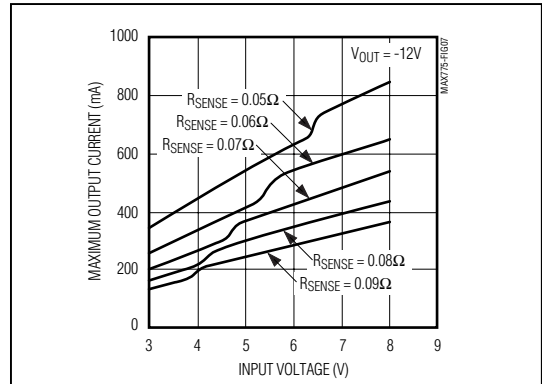


図7. MAX775の最大出力電流対入力電圧( $V_{OUT} = -12V$ )

## インダクタの選択

実用的なインダクタ値の範囲は $10\mu H \sim 50\mu H$ です。最大インダクタ値は特に重要ではありません。 $V_{OUT}$ と $V+$ の比が大きく、電流も最大の場合、ピーク電流が電流制限に達しないほど大型のインダクタを使用するのは好ましくありません。すなわち、

$$L(\max) \leq \frac{[V_+(\min) - V_{SW}(\max)] \times 12\mu s}{I_{LIM}(\max)}$$

これは次の式が成立つ場合のみ重要です。

$$\left| \frac{V_{IN}}{V_{OUT}} \right| < \frac{1}{6} = \frac{t_{OFF}(\min)}{t_{ON}(\max)}$$

これよりもさらに重要なのは、電流制限コンパレータが応答できる速さをはるかに超えて電流が増加してしまうほど小型のインダクタを使用するのは望ましくないということです。こういった場合、無駄が増えて効率が低下します。最小インダクタ値は次式で計算してください。

$$L(\min) \geq \frac{[V_+(\max) - V_{SW}(\min)] \times 0.3\mu s}{\delta(I) \times I_{LIM}(\min)}$$

ここで $L$ の単位は $\mu H$ 、 $0.3\mu s$ はコンパレータが応答するために十分な時間、 $I_{LIM}$ は電流制限(「電流検出抵抗」の項を参照)、そして $\delta(I)$ はオーバーシュートの許容値(%)です。例えば、図2の回路は3Aのピーク電流を用いています。15%のオーバーシュートを許容し、最大入力電圧が15Vであるとすると、 $L(\min)$ は $16\mu H$ になります。 $L$ の実際値がこの制限より高くてもこの回路の動作には殆ど影響ありません。

DC抵抗の低いコイルを用いることで効率を向上させることができます。抵抗が $30m\Omega$ 以下のコイルも入手可能

です。放射ノイズを最小限に抑えるためにトロイド、ポットコアあるいはシールドピンインダクタを使用してください。フェライトコア(あるいは相当品)を備えたインダクタが推奨されます。インダクタの飽和電流定格は $I_{LIM}(\max)$ よりも大きくしてください。

## ダイオードの選択

これらのICはスイッチング周波数が高いため、高速整流器を必要とします。1N5817～1N5822ファミリ等のショットキーダイオードが推奨されます。平均電流定格が $I_{LIM}(\max)$ に等しいかそれ以上で電圧定格が $V_{IN}(\max) + V_{OUT}$ よりも高いダイオードを使用してください。

ショットキーは漏れ電流が大きいと、高温のアプリケーションには不適切な場合があります。このような場合は、高速シリコンダイオードを使用することができます。高温でかつ重負荷のアプリケーションでは、ショットキーの利点である順方向電圧の低さが、高漏れ電流の欠点を十分に補う場合があります。

## 電流検出抵抗

電流検出抵抗はピークスイッチ電流を $210mV/R_{SENSE}$ に制限します。ここで $R_{SENSE}$ は電流検出抵抗の値、 $210mV$ は電流検出コンパレータのスレッシュホールドです(「電気特性」の項の「電流制限トリップレベル」を参照)。

ピーク電流を低くすることで最大限の効率を達成し、外付部品のサイズとコストを低減することができます。しかし、出力電流はピーク電流の関数になっているため、制限値をあまり低く設定しないでください。必要な負荷電流に対応する検出抵抗については図6～図9を参照してください。検出抵抗を決定することでピーク電流も決まります。

# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

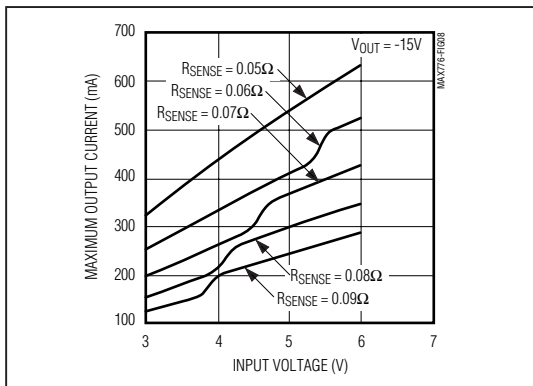


図8. MAX776の最大出力電流と入力電圧の関係 ( $V_{OUT} = -15V$ )

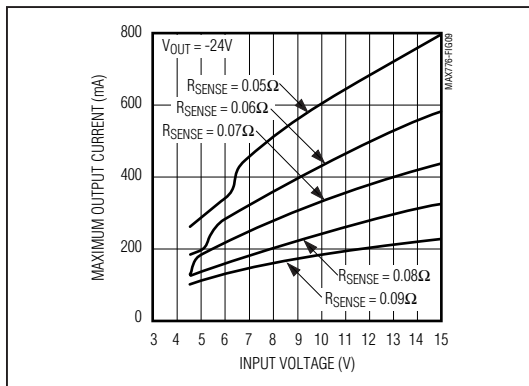


図9. MAX774/MAX775/MAX776の最大出力電流と入力電圧の関係 ( $V_{OUT} = -24V$ )

適切な電流検出抵抗を選択するためには以下の2段階の手順に従ってください。

1) 次の各項目を決定します。

- 入力電圧範囲、 $V+$
- 最大(絶対)出力電圧、 $V_{OUT}$
- 最大出力電流、 $I_{LOAD}$

例えば、 $V+$ の範囲を4V ~ 6Vとし、 $V_{OUT} = -24V$ 、 $I_{OUT} = 150mA$ を選択するとします。

2) 次に、図9を参照して出力電流が(最低の入力電圧で)必要条件を満たす最低の電流制限の曲線を見つけてみます。

この例では4V入力、-24V出力で $I_{OUT} > 150mA$ の曲線が必要です。

$R_{SENSE} = 80m\Omega$ の曲線(図9)では、4V入力での出力電流は約125mAにしかありません。したがって、次の $R_{SENSE} = 70m\Omega$ の曲線を見てみます。この曲線は $V+ = 4V$ 、 $V_{OUT} = -24V$ で $I_{OUT} > 150mA$ です。この場合の電流制限は $0.210V/0.070 = 3A$ です。これらの曲線はワーストケースのインダクタ( $\pm 10\%$ )及び電流検出トリップレベルを考慮に入れていますが、検出抵抗の許容誤差は考慮していません。スイッチのオン抵抗は70mΩです。

標準的な巻線及び金属皮膜抵抗はインダクタンスが高いため、性能に悪影響を与えます。金属皮膜抵抗は通常セラミック棒の上に螺旋上に蒸着されるため、インダクタンスが比較的高くなります。表面実装(又はチップ)抵抗はインダクタンスが非常に小さく、電流検出抵抗に適しています。スルーホール抵抗を使用する場合

は、金属バンドをU字形にしてインダクタンスを10nH以下(金属皮膜抵抗の10分の1)に抑えたワイヤ抵抗がIRC社から提供されています。これらの抵抗は5mΩ ~ 0.1Ωの範囲で提供されています。

### 外部スイッチングトランジスタ

MAX774/MAX775/MAX776が駆動できるのは、PチャネルのエンハンスメントモードMOSFETトランジスタのみです。パワートランジスタの選択は入出力電圧、ピーク電流定格、オン抵抗、ゲート・ソース間スレッシュホールド及びゲート容量に基づいて行われます。ドレインからソースへの電圧定格は、 $V+ - V_{OUT}$ (入出力電圧差)よりも大きくなければなりません。ゲートからソースへの電圧定格は $V+$ (ソース電圧)とEXTの最大マイナススイングの絶対値の和よりも大きくなければなりません。ブートストラップ動作では、EXTのマイナスの最大スイングは $V_{OUT}$ です。非ブートストラップ動作では、これはグランドあるいはその他のマイナス電圧になります。ゲート容量は通常は問題になりませんが、最大の効率を得るためには1nF以下が望ましいです。最大限の効率を実現するためには、ピーク電流でのオン抵抗が非常に低く、しかもその電流に対応できるだけの能力を持っているMOSFETが必要です。標準動作回路で使用されているトランジスタは $V_{GS} = -10V$ でのドレイン・ソース間のオン抵抗が0.07Ω、ドレイン・ソース電圧制限が30Vです。

表1にMAX774/MAX775/MAX776に適したスイッチングトランジスタのメーカーが記載されています。

# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

MAX774/MAX775/MAX776

表1. 部品メーカー

SUPPLIER	PHONE	FAX
<b>INDUCTORS</b>		
Coiltronics	(407) 241-7876	(407) 241-9339
Gowanda	(716) 532-2234	(716) 532-2702
Sumida USA	(708) 956-0666	(708) 956-0702
Sumida Japan	81-3-3607-5111	81-3-3607-5144
<b>CAPACITORS</b>		
Kemet	(803) 963-6300	(803) 963-6322
Matsuo	(714) 969-2491	(714) 960-6492
Nichicon	(708) 843-7500	(708) 843-2798
Sanyo USA	(619) 661-6835	(619) 661-1055
Sanyo Japan	81-7-2070-6306	81-7-2070-1174
Sprague	(603) 224-1961	(603) 224-1430
United Chemi-Con	(714) 255-9500	(714) 255-9400
<b>DIODES</b>		
Motorola	(800) 521-6274	(602) 952-4190
Nihon USA	(805) 867-2555	(805) 867-2556
Nihon Japan	81-3-3494-7411	81-3-3494-7414
<b>POWER MOSFETS</b>		
Harris	(407) 724-3729	(407) 724-3937
International Rectifier	(310) 322-3331	(310) 322-3332
Siliconix	(408) 988-8000	(408) 970-3950
<b>CURRENT-SENSE RESISTORS</b>		
IRC	(704) 264-8861	(704) 264-8866

## コンデンサ

出力コンデンサ(図2、3、4のC4)はサイズ、リップル及び出力電圧の必要条件を満たしたものを選択してください。必要なサイズがない場合はコンデンサを並列に接続してください。こうすることで容量を増加させることができるだけでなく、コンデンサのESR(リップルの主因)を低減させることができます。ESRが0.07の330µFタンタル出力フィルタを用いて5V入力から-5V、1Aを出力したときの出力リップルは120mVp-p(typ)です。軽負荷のアプリケーションあるいは大きな出力リップルに耐えることのできるアプリケーションではより小さなコンデンサを使用することができます。

C4の値はスイッチオン時に蓄積する電荷ができるだけ少なくなるように選択します。リップルの大きさを容量の関数として表現すると次式のようになります。

$$\Delta V_{p-p} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT} \times ESR}{V_{IN}} + \frac{I_{OUT} \times t_{OFF(min)}}{C}$$

この式を使用するときは必ずスイッチング周波数での容量を使用して計算してください。図2、図3及び図4の330µFタンタルコンデンサは、200kHzでの容量が10分の1に低下することがあり、そうなった場合にリップル電圧の計算に大きく影響してきます。

バイパス及びフィルタコンデンサのESRも効率に影響を与えます。フィルタコンデンサを2倍にするか、あるいは低ESRコンデンサを用いることで高性能を実現できます。コンデンサのリップル電流定格はピーク電流に等しくなければなりません。

現在提供されている最小の低ESR SMTコンデンサはSpragueの595Dシリーズです。SanyoのOS-CON有機半導体スルーホールコンデンサもESRが低く、特に低温で効果的です。表1にメーカーの電話番号が記載されています。

## PCボードのレイアウトと接地

電流レベルが高く、スイッチング波形が高速であるため、適切なPCボードのレイアウトが重要です。次のようにして星型接地方式を使用してください。MAX774/MAX775/MAX776のGNDピン、インダクタ、出力コンデンサ及び入力バイパスコンデンサのグランドリードを、素子にできるだけ近い一点にまとめて接続します。また、入力C2(図3及び図4)も素子にできるだけ近いところに取付けてください。

外部抵抗分圧器(図3及び図4)を用いる場合は、FBから抵抗へのトレースをできるだけ短くする必要があります。

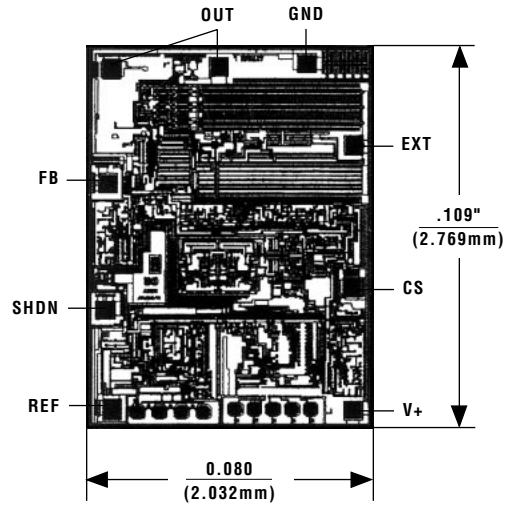
# -5V/-12V/-15V/可変出力、高効率 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

## 型番( 続き )

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
<b>MAX775CPA</b>	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX775CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX775C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX775EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX775ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX775MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP
<b>MAX776CPA</b>	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX776CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX776C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX776EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX776ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX776MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP

\* Contact factory for dice specifications.

## チップ構造図



TRANSISTOR COUNT: 442;  
SUBSTRATE CONNECTED TO V+.

MAX774/MAX775/MAX776

## パッケージ

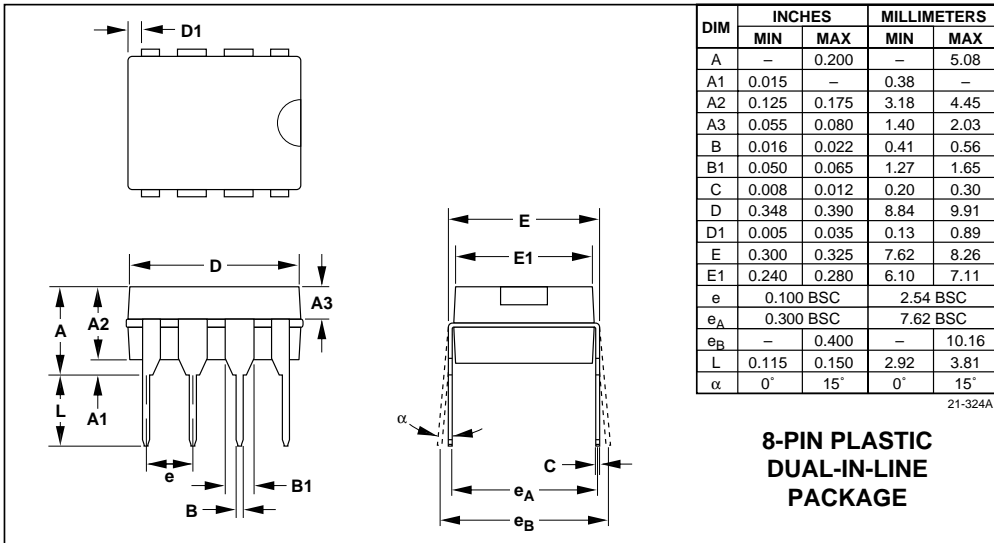
DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.053	0.069	1.35	1.75
A1	0.004	0.010	0.10	0.25
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.007	0.010	0.19	0.25
D	0.189	0.197	4.80	5.00
E	0.150	0.157	3.80	4.00
e	0.050 BSC		1.27 BSC	
H	0.228	0.244	5.80	6.20
h	0.010	0.020	0.25	0.50
L	0.016	0.050	0.40	1.27
α	0°	8°	0°	8°

21-325A

**8-PIN PLASTIC  
SMALL-OUTLINE  
PACKAGE**

-5V/-12V/-15V/可変出力、高効率  
 低消費、インバーティングDC-DCコントローラ

パッケージ



販売代理店

マキシム・ジャパン株式会社

〒169 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

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.