

**MAXIM****安定化出力、可変 -2x  
反転チャージポンプ**

MAX868

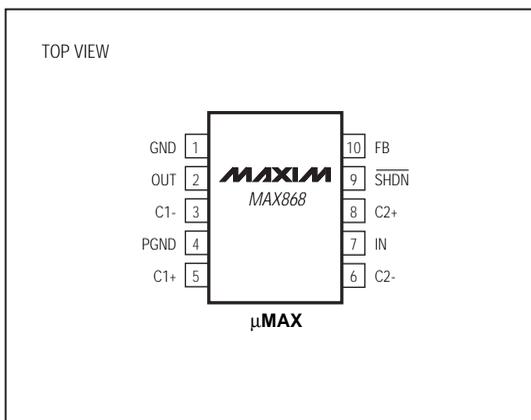
**概要**

MAX868は、低コストかつ小型回路で1.8V～5.5Vの正入力電圧から最大-2 x  $V_{IN}$ の安定化負電圧を生成する反転チャージポンプです。安定化負出力電圧を生成するために、パルス周波数変調(PFM)制御方式を採用しています。PFM動作は、出力電圧レギュレーションを維持するために、必要に応じて内部450kHz発振器をゲートでオン/オフすることにより実現されています。このユニークなオンディマンドスイッチング方式により、MAX868は完全負荷(最大30mA)時の動作を劣化させることなく優れた軽負荷効率を達成しています。また、発振器のスイッチング周波数が高いことから小型コンデンサを使用することができます。

MAX868はインダクタを必要とせず、4つのコンデンサだけで完全DC-DCコンバータを形成できます。出力電圧レギュレーションは、2つの抵抗を追加するだけで達成できます。MAX868は、10ピン $\mu$ MAXパッケージ(高さ僅か1.11mm、面積は8ピンSOPの半分)で提供されています。

**アプリケーション**

小型LCDパネル  
携帯電話  
コードレス電話  
カムコーダ  
ハンディターミナル、PDA  
医療機器  
バッテリー駆動機器

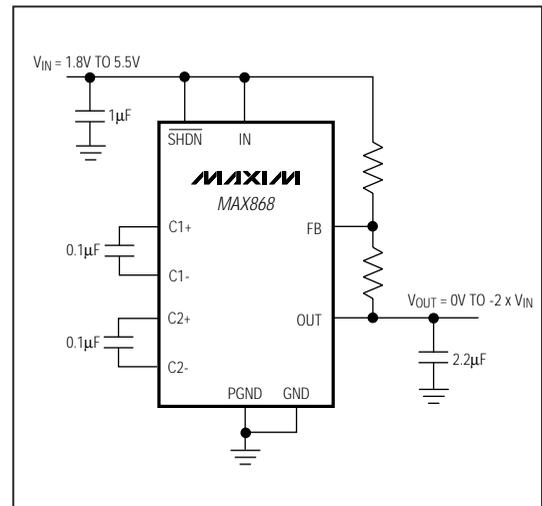
**ピン配置****特長**

- ◆ 安定化負出力電圧(最大-2 x  $V_{IN}$ )
- ◆ パッケージ: 超小型10ピン $\mu$ MAX
- ◆ オンディマンドスイッチング: 最大450kHz
- ◆ 自己消費電流: 30 $\mu$ A
- ◆ 4つの小型外部コンデンサのみで動作
- ◆ 入力電圧範囲: 1.8V～5.5V
- ◆ ロジック制御シャットダウン: 0.1 $\mu$ A
- ◆ 出力電流: 最大30mA

**型番**

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX868C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX868EUB	-40°C to +85°C	10 $\mu$ MAX

\*Dice are tested at  $T_A = +25^\circ\text{C}$ .

**標準動作回路**

# 安定化出力、可変-2x 反転チャージポンプ

MAX868

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

IN to GND .....-0.3V to +6V  
 OUT to GND .....+0.3V to -12V  
 IN to OUT .....-0.3V to -17V  
 C1+ to GND .....(VIN - 12V) to (VIN + 0.3V)  
 C1- to GND .....+0.3V to -12V  
 C2+ to GND .....(VIN + 0.3V) to -6V  
 C2- to GND .....+0.3V to -6V  
 SHDN, FB to GND .....-0.3V to (VIN + 0.3V)  
 PGND to GND .....-0.3V to +0.3V

Output Current .....35mA  
 Short-Circuit Duration.....Continuous  
 Continuous Power Dissipation (TA = +70°C)  
 10-pin  $\mu$ MAX (derate 5.6mW/°C above +70°C) .....444mW  
 Operating Temperature Range  
 MAX868EUB .....-40°C to +85°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

(VIN = +3.3V, SHDN = IN, C1 = C2 = 0.22 $\mu$ F, CIN = 1 $\mu$ F, COU = 10 $\mu$ F, TA = 0°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at TA = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply-Voltage Range	VIN	RL = 3k $\Omega$ to GND		1.8		5.5	V
Supply Current	IIN	No load, VFB = -50mV			30	50	$\mu$ A
		FB = IN			5		mA
Shutdown Current	IIN,SHDN	No load, SHDN = GND			0.1	1	$\mu$ A
Oscillator Frequency	fOSC	VFB = 50mV	TA = +25°C	293	450	607	kHz
			TA = 0°C to +85°C	270		630	
Closed-Loop Output Resistance	ROUT,CL	VOUT = -5V			0.2		$\Omega$
Open-Loop Output Resistance	ROUT	IOUT = 5mA, FB = IN	TA = +25°C		70	100	$\Omega$
			TA = 0°C to +85°C			125	
		SHDN = GND (OUT pulls to GND)				15	
FB Trip Point		VIN = 1.8V to 5.5V	TA = +25°C	-30		30	mV
			TA = 0°C to +85°C	-40		40	mV
Output Current	IOUT	Closed loop	VIN = 3.3V, VOUT = -5V		12		mA
			VIN = 5V, VOUT = -3.3V		30		
FB Input Bias Current		VIN = 1.8V to 5.5V, TA = +25°C		-50	1	50	nA
SHDN Input Threshold	VIL	VIN = 1.8V to 5.5V		0.3VIN			V
	VIH			0.7VIN			
SHDN Input Bias Current		VIN = 5.5V, SHDN = IN or GND		-100	1	100	nA

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

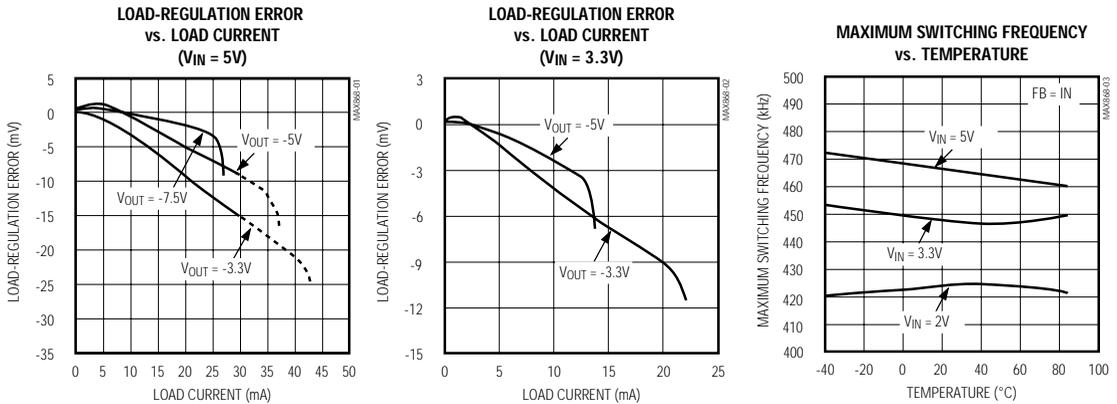
( $V_{IN} = +3.3V$ ,  $C_1 = C_2 = 0.22\mu F$ ,  $C_{IN} = 1\mu F$ ,  $C_{OUT} = 10\mu F$ ,  $T_A = -40^\circ C$  to  $+85^\circ C$ , unless otherwise noted. (Note 1))

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply-Voltage Range	$V_{IN}$	$R_L = 3k\Omega$ to GND	1.8		5.5	V
Supply Current	$I_{IN}$	No load, $V_{FB} = -50mV$			55	$\mu A$
Shutdown Current	$I_{IN,SHDN}$	No load, $\overline{SHDN} = GND$			1	$\mu A$
Oscillator Frequency	$f_{OSC}$	$V_{FB} = 50mV$	270		630	kHz
Open-Loop Output Resistance	$R_{OUT}$	$I_{OUT} = 5mA$ , $FB = IN$			125	$\Omega$
		$\overline{SHDN} = GND$ (OUT pulls to GND)			50	
FB Trip Point		$V_{IN} = 1.8V$ to $5.5V$	-40		40	mV
FB Input Bias Current		$V_{IN} = 1.8V$ to $5.5V$	-100		100	nA
$\overline{SHDN}$ Input Threshold	$V_{IL}$	$V_{IN} = 1.8V$ to $5.5V$	0.3 $V_{IN}$			V
	$V_{IH}$		0.7 $V_{IN}$			
$\overline{SHDN}$ Input Bias Current		$V_{IN} = 5.5V$ , $\overline{SHDN} = IN$ or GND	-100		100	nA

**Note 1:** Specifications to  $-40^\circ C$  are guaranteed by design, not production tested.

## 標準動作特性

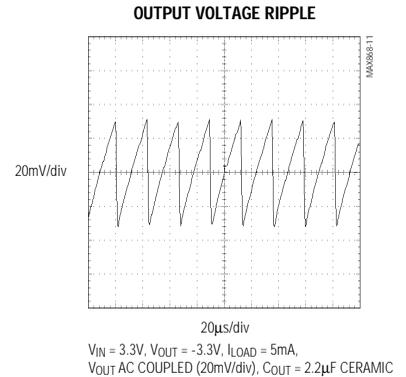
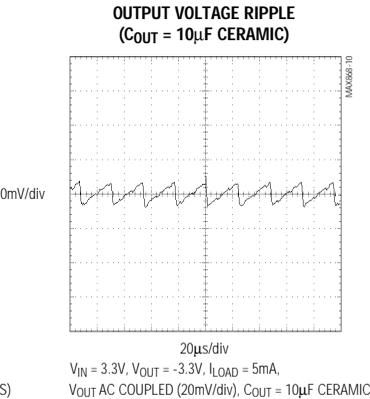
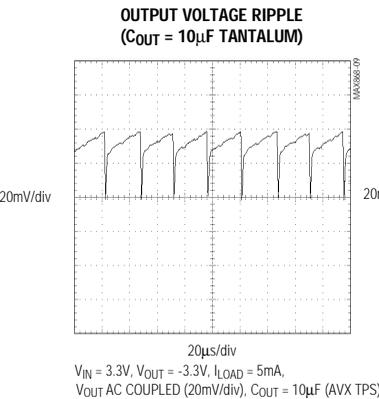
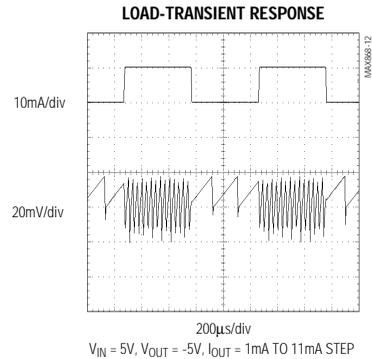
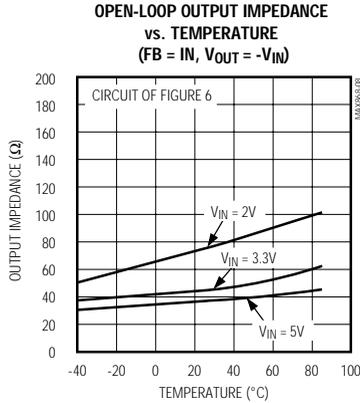
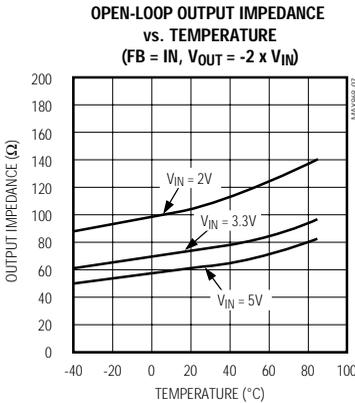
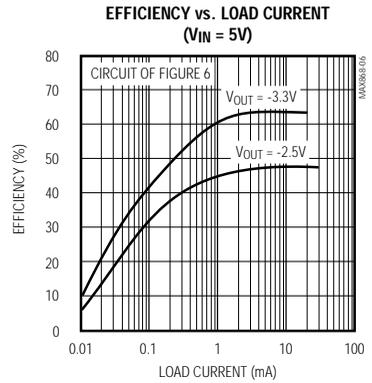
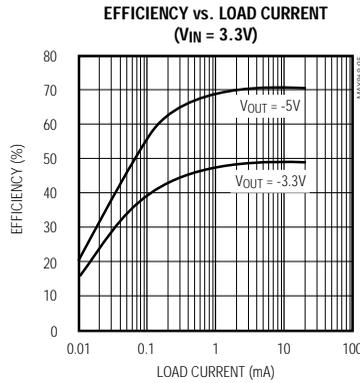
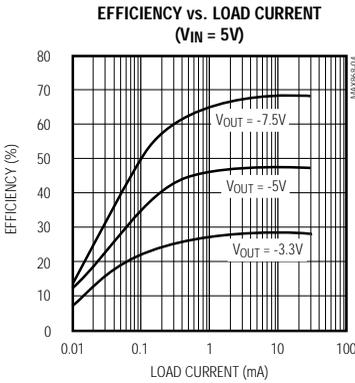
(Circuit of Figure 5,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)



# 安定化出力、可変-2x 反転チャージポンプ

## 標準動作特性(続き)

(Circuit of Figure 5,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)



## 端子説明

端子	名称	機能
1	GND	アナロググランド
2	OUT	チャージポンプ出力
3	C1-	フライングコンデンサC1の負端子
4	PGND	パワーグランド
5	C1+	フライングコンデンサC1の正端子
6	C2-	フライングコンデンサC2の負端子
7	IN	電源電圧入力。入力電圧範囲は1.8V ~ 5.5V。
8	C2+	フライングコンデンサC2の正端子
9	SHDN	アクティブローのシャットダウン入力。SHDNをGNDに接続するとMAX868はシャットダウンモードになり、消費電流が0.1 $\mu$ Aに減少します。INに接続すると通常動作になります。シャットダウン中、OUTは能動的にGNDにプルダウンされます。
10	FB	フィードバック入力。FBを抵抗分圧器に接続すると、安定化出力電圧が得られます。INに接続すると、非安定化-2 x $V_{IN}$ 出力電圧が得られます。

## 詳細

MAX868反転チャージポンプは、パルス周波数変調(PFM)方式で最大-2 x  $V_{IN}$ の安定化負出力電圧を生成します。PFM動作は、出力電圧レギュレーションを維持するために、必要に応じて内部450kHz発振器をイネールすることにより実現されます。この制御方式により、軽負荷での消費電流を低く抑え、その上小型コンデンサの使用が可能になっています。

図1のファンクションダイアグラムには、MAX868の2つの動作フェーズである充電フェーズ( $\Phi 1$ )及び放電フェーズ( $\Phi 2$ )が示されています。充電フェーズでは、左側のスイッチが閉じて、右側のスイッチが開いています。放電フェーズではその逆になります。

図2に示すように、充電フェーズでは両方のフライングコンデンサが並列に充電されます。負荷への電流の供給は、出力コンデンサに保存されている電荷だけでまかなわれています。図3は、放電フェーズでフライングコンデンサが直列に接続される様子を示しています。直列に接続されたフライングコンデンサが出力コンデンサに接続されると、電荷が出力に転送されて出力電圧レギュレーションを維持します。MAX868は、通常動作の場合、主に充電フェーズで動作し、安定化出力を維持するために必要な場合のみ放電フェーズに切り替わります。

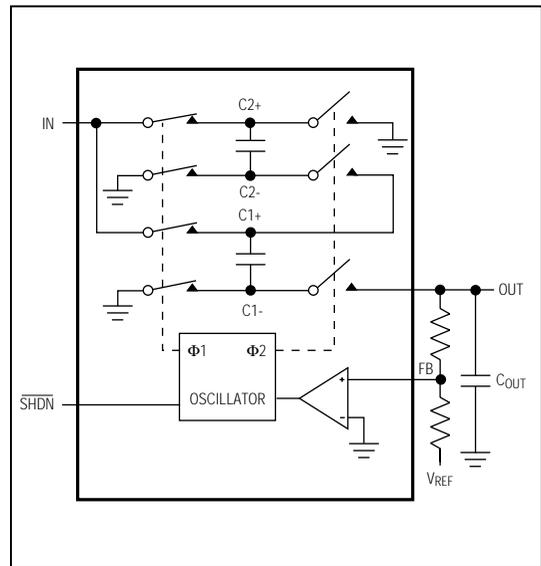


図1. ファンクションダイアグラム

# 安定化出力、可変-2x 反転チャージポンプ

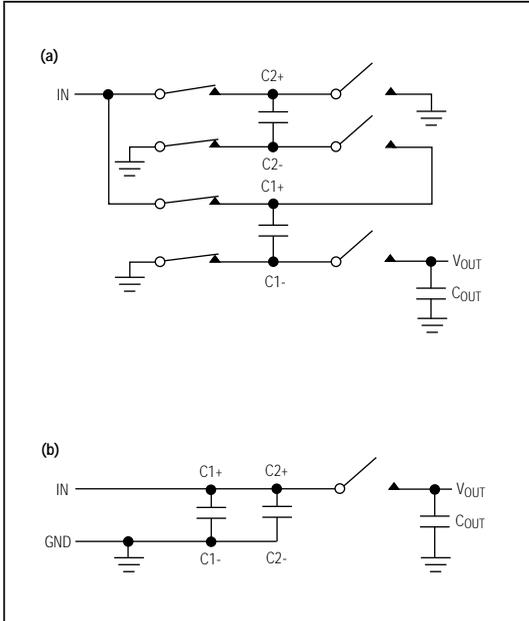


図2. a) 充電フェーズでは左側のスイッチは閉じ、右側のスイッチは開いてフライングコンデンサ(C1及びC2)を充電します。この間、出力コンデンサ(C<sub>OUT</sub>)が負荷に電流を供給します。b) 充電フェーズの等価回路。

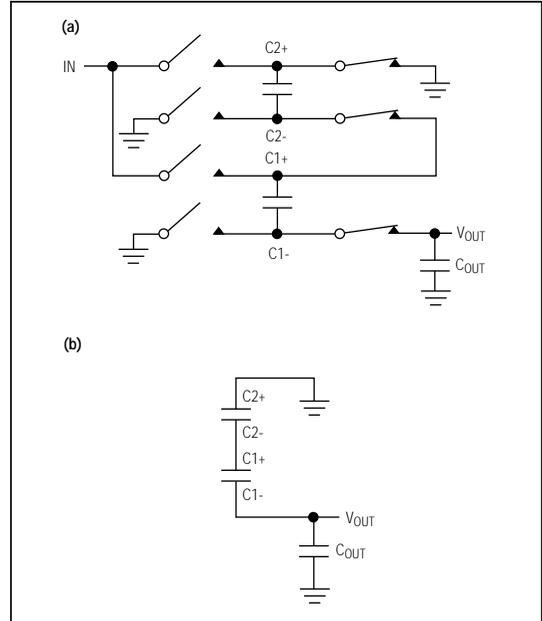


図3. a) 放電フェーズでは、左側のスイッチは開き、右側のスイッチは閉じてフライングコンデンサ(C1及びC2)のエネルギーを出力コンデンサ(C<sub>OUT</sub>)に転送します。b) 放電フェーズの等価回路。

## 設計手順

### 出力電圧の設定

図4に示す2つの外付抵抗R1及びR2により、出力電圧を設定します。FBにおける入力バイアス電流の最大値は50nAであるため、フィードバックループ内の抵抗値が大きくても精度がそれほど低下しません。まずR2を100k ~ 500k の範囲で選択し、それから次式でR1を計算してください。

$$R1 = R2 \times \frac{|V_{OUT}|}{V_{REF}}$$

ここで、V<sub>OUT</sub>は希望の出力電圧、V<sub>REF</sub>は利用可能な外部基準電圧で任意の安定化正電圧です。MAX868が安定化電圧で駆動されている場合は、出力電圧設定用のリファレンスとしてV<sub>IN</sub>を使用することができます。

MAX868が非安定化電源で駆動されている場合(例えばバッテリーによる直接駆動)は、システム内で利用できる

任意の正リファレンス電圧を使用してください。MAX868の倍圧反転チャージポンプ動作により、出力電圧が-2 x V<sub>IN</sub>に制限されることに注意してください。

MAX868をシンプルな非安定化ダブルインバータ(V<sub>OUT</sub> = -2 x V<sub>IN</sub>)として構成する場合は、FBをINに接続してください。この構成のMAX868は最大発振器周波数で動作し、標準的なオープンループチャージポンプとして動作します。

出力を安定化するために複数の発振器サイクルが必要な場合は、R1及びR2の値を小さくするか、R1の両端に小型コンデンサ(C<sub>C</sub>)を並列に接続してフィードバックループを補償し、安定性を確保してください。安定性を確保するために必要な最小のコンデンサ値を選ぶようにしてください。47pF以下の値で殆どのアプリケーションに対応できます。

# 安定化出力、可変-2x 反転チャージポンプ

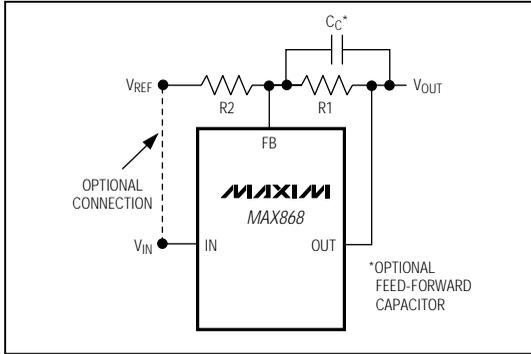


図4. 2つの外付抵抗を使用して出力電圧を設定

## コンデンサの選択

### フライングコンデンサの選択

フライングコンデンサの選択は、主に希望する出力電流で決まります。フライングコンデンサが0.1μF～0.33μFの範囲である場合、おおよその最大出力電流は次式で求めます。

$$I_{OUT(MAX)} = \frac{2 \times V_{IN} - |V_{OUT}|}{4} \times \frac{10V}{f_{MAX} \times (C1 + C2) + R_{OUT} \times \sqrt{V_{IN} + |V_{OUT}|}}$$

ここで、 $f_{MAX}$ は最大発振器周波数(450kHz typ)、 $R_{OUT}$ はMAX868のオープンループ出力インピーダンス(70 typ)、 $C1$ 及び $C2$ はフライングコンデンサの値です。原則として、希望の出力電流を提供できる最小のフライングコンデンサを選択してください。これは出力電圧リップルを最小限に抑えるためです(「出力コンデンサの選択」の項を参照)。

表面実装セラミックコンデンサは、小型、低コストで等価直列抵抗(ESR)が低いために最適です。全温度範囲で適正な動作を保証するため、X7R(又は相当品)低温温度係数誘電体を使ったセラミックコンデンサを使用してください。表1の推奨コンデンサメーカーのリストを参照してください。

### 出力コンデンサの選択

出力コンデンサは、フライングコンデンサから転送された電荷を保存し、発振器のサイクルとサイクルの間に負荷に電流を供給します。通常、出力容量はフライングコンデンサの10倍以上にしてください。

出力電圧リップルは、フライングコンデンサの容量、及び出力コンデンサの容量とESRに依存します。閉ループモード(MAX868が安定化出力電圧を生成している時)では、次式を使用することによりピーク間出力電圧リップルを計算できます。

$$V_{RIPPLE} = (2 \times V_{IN} - |V_{OUT}|) \times \left( \frac{1}{1 + \frac{4 \times C_{OUT}}{C1 + C2}} + \frac{R_{ESR}}{R_{OUT}} \right)$$

ここで、 $C1$ 及び $C2$ はフライングコンデンサ、 $R_{ESR}$ は出力コンデンサのESR、 $R_{OUT}$ はMAX868のオープンループ出力インピーダンス(70 typ)です。

出力リップルを最小限に抑えるために、低ESR出力コンデンサを選んでください。表面実装セラミックコンデンサは、小型、低コストでESRが低いために最適です。低ESRタンタル電解コンデンサも使用できます。セラミックコンデンサを使用する場合は、全温度範囲で適正な動作を保証するため、X7R(又は相当品)低温温度係数誘電体を使ったコンデンサを使用してください。表1の推奨コンデンサメーカーのリストを参照してください。

表1. 表面実装低ESRコンデンサのメーカー

タイプ	MANUFACTURER	PART	PHONE	FAX
表面実装タンタル	AVX	TPS series	(803) 946-0690	(803) 626-3123
	Matsuo	267 series	(714) 969-2491	(714) 960-6492
	Sprague	593D, 595D series	(603) 224-1961	(603) 224-1430
表面実装セラミック	AVX	X7R type	(803) 946-0690	(803) 626-3123
	Matsuo	X7R type	(714) 969-2491	(714) 960-6492

# 安定化出力、可変-2x 反転チャージポンプ

## アプリケーション情報

### 低出力電圧動作

直列接続のフライングコンデンサの電圧と出力電圧の間の電圧差がデバイス内で消費されるため、MAX868の効率はリニアレギュレータの効率と非常によく似ています。効率は、次式で見積もります。

$$\eta = \frac{|V_{OUT}|}{k \times V_{IN}}$$

ここで、kは定数で、図5の構成では2、図6の回路では1になります。この式の分母は、フライングコンデンサの直列接続によって生じる電圧(-2 x V<sub>IN</sub>、図3b参照)で、分子は安定化出力電圧です。

出力電圧が -|V<sub>IN</sub>| よりも負にならないアプリケーションでは、図6の回路を使用することにより、図5の回路に比べて効率を2倍にすることができます。図6ではC2+とC1-の間に1つのフライングコンデンサが接続され、C2-とC1+は未接続のまま残されています。さらに、標準構成と同じフライング容量を提供するためにフライングコンデンサを2倍にする(つまり、C<sub>F</sub> = C1 + C2

に設定する)ことにより、標準構成と同じ負荷電流能力が得られ、MAX868のオープンループ出力抵抗が1/2に減ります(これは電流経路内のスイッチの数が減るためです)。

### レイアウト及び接地

最高の性能を発揮させるには、適正なレイアウトが重要です。できるだけ短いトレースでGNDをPGNDとまとめて接続し、同様にこれらのピンをグランドプレーンに接続してください。全てのコンデンサはできるだけMAX868の近くに接続し、トレースを短く保つことによって寄生因子を最小限に抑えてください。FBへの接続は、全てできるだけ短くしてください。特に、R1及びR2はFBに隣接させてください(図7及び図8)。最終設計でフィードフォワードコンデンサが必要になる場合に備えて、R1の両端にコンデンサを接続できるようにしておいてください。

## チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 96

SUBSTRATE CONNECTED TO IN

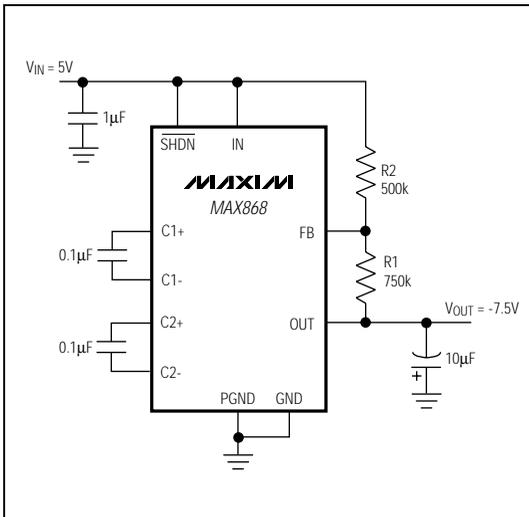


図5. 最大-2 x V<sub>IN</sub>までの出力電圧を発生する標準構成

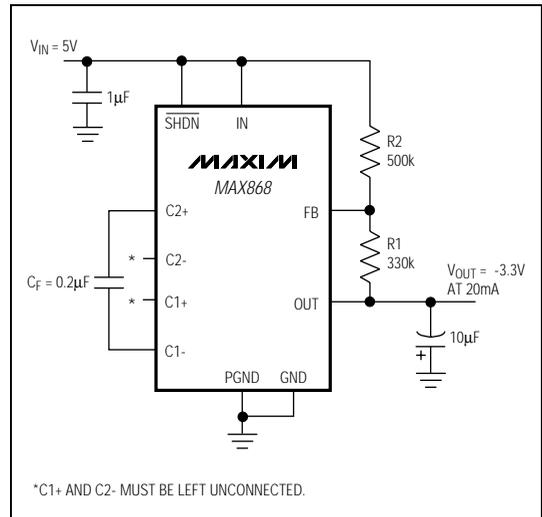


図6. |V<sub>OUT</sub>| < V<sub>IN</sub>の代替構成

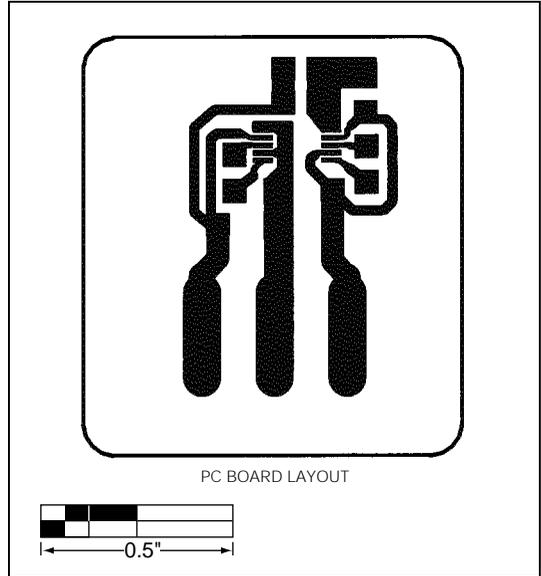
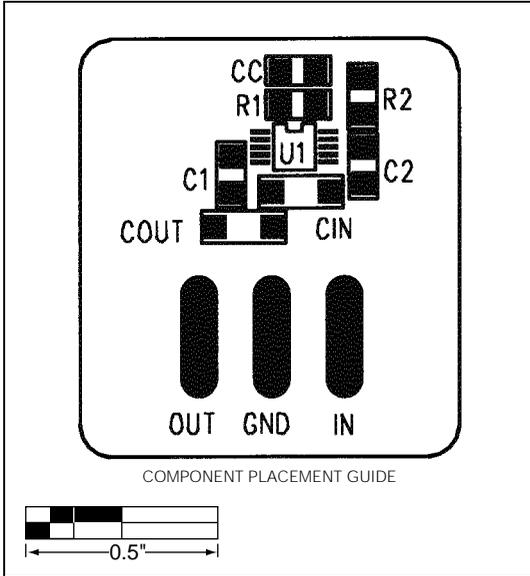


図7a. 図5の回路の推奨レイアウト

図7b. 図5の回路の推奨レイアウト

# 安定化出力、可変-2x 反転チャージポンプ

MAX868

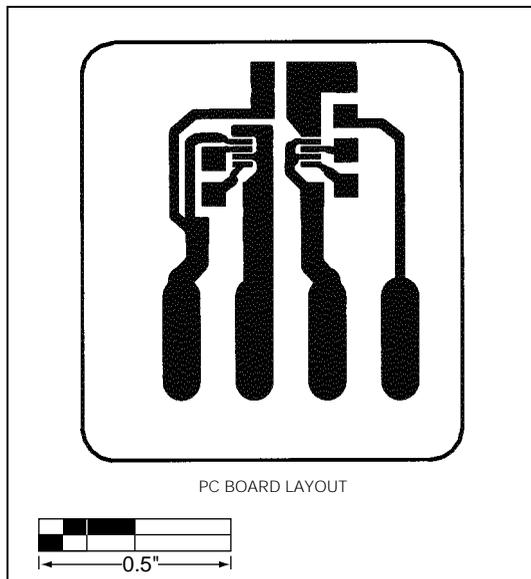
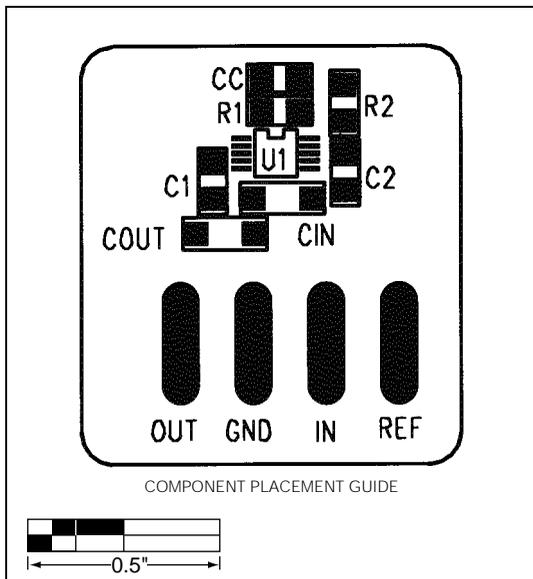


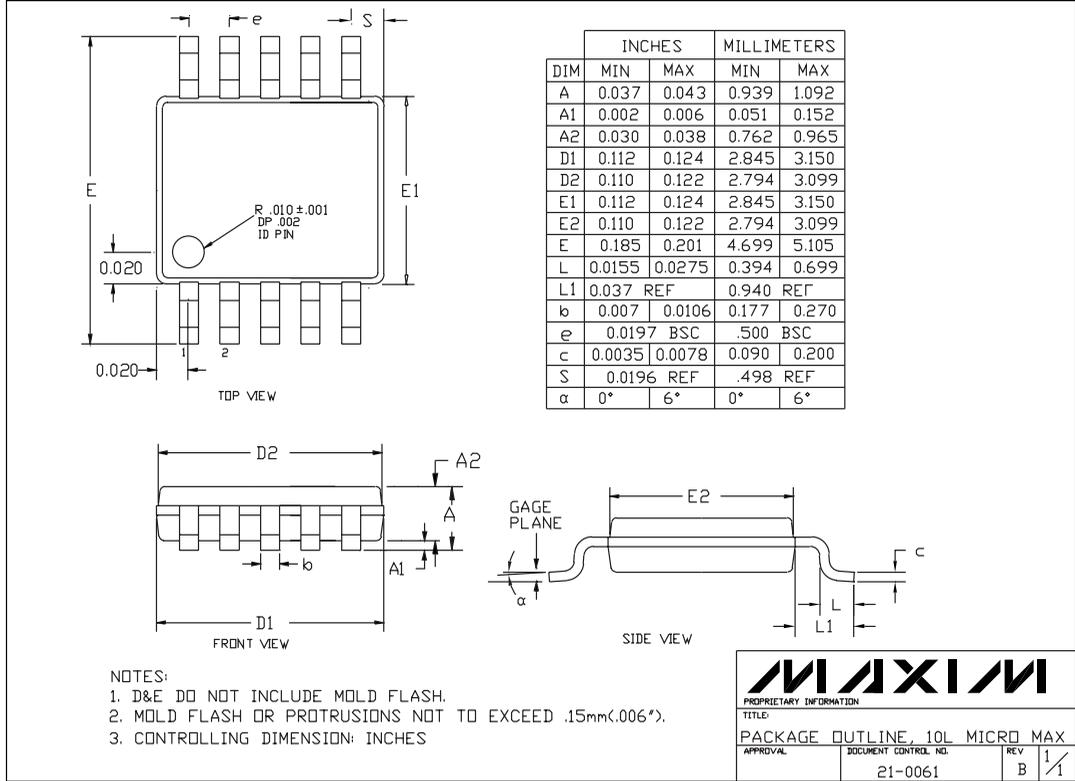
図 8a. 外部リファレンスアプリケーション用の推奨レイアウト

図 8b. 外部リファレンスアプリケーション用の推奨レイアウト

# 安定化出力、可変-2x 反転チャージポンプ

パッケージ

MAX868



# 安定化出力、可変-2x 反転チャージポンプ

MAX868

## NOTES

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。

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

© 1998 Maxim Integrated Products

**MAXIM** is a registered trademark of Maxim Integrated Products.