

EVALUATION KIT  
AVAILABLE

MAXIM

# 高周波、安定化、 200mA、反転チャージポンプ

MAX889

## 概要

MAX889は、200mAまでの負荷に対して安定化負出力を供給する反転チャージポンプです。本デバイスは2.7V~5.5V入力で動作し、-2.5V~-V<sub>IN</sub>の可変安定化出力を生成します。

MAX889は、動作周波数2MHz(Tバージョン)、1MHz(Sバージョン)又は0.5MHz(Rバージョン)のものが用意されています。スイッチング周波数の高いデバイスは、スペースの制限されたアプリケーションにおいて小さなコンデンサの使用を可能にします。周波数の低いデバイスは自己消費電流が小さくなっています。

MAX889は0.1μAロジック制御シャットダウンモードも備えています。パッケージは8ピンSOPです。評価キットMAX889SEVKITが提供されています。

## アプリケーション

TFTパネル

ハードディスクドライブ

カムコーダ

デジタルカメラ

測定機器

バッテリー駆動アプリケーション

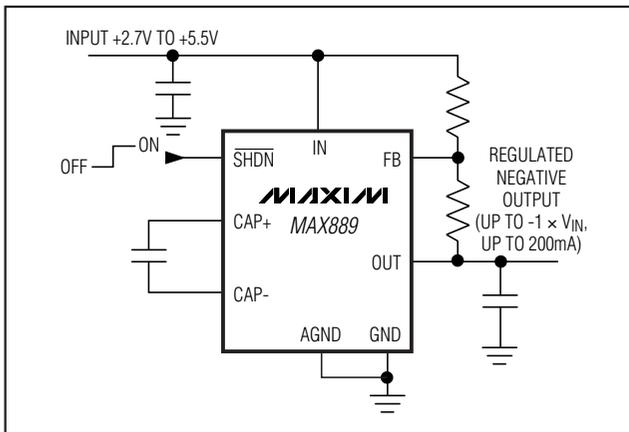
## 特長

- ◆ 出力電流：200mA
- ◆ スwitchング周波数：最大2MHz
- ◆ 小型コンデンサ：1μF
- ◆ 入力電圧範囲：+2.7V~+5.5V
- ◆ 可変安定化負出力：-2.5V~-V<sub>IN</sub>
- ◆ 0.1μAロジック制御シャットダウン
- ◆ 低出力抵抗(安定化範囲内)：0.05Ω
- ◆ ソフトスタート及びブフの字電流制限
- ◆ 短絡及びサーマルシャットダウン保護
- ◆ パッケージ：8ピンSOP

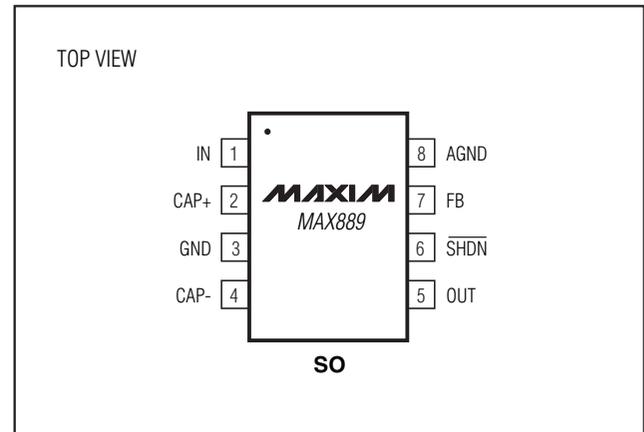
## 型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE	SWITCHING FREQUENCY
MAX889TESA	-40°C to +85°C	8 SO	2MHz
MAX889SESA	-40°C to +85°C	8 SO	1MHz
MAX889RESA	-40°C to +85°C	8 SO	0.5MHz

## 標準動作回路



## ピン配置



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

本データシートに記載された内容はMaxim Integrated Productsの公式な英語版データシートを翻訳したものです。翻訳により生じる相違及び誤りについては責任を負いかねます。正確な内容の把握には英語版データシートをご参照ください。

無料サンプル及び最新版データシートの入手には、マキシムのホームページをご利用ください。 <http://japan.maxim-ic.com>

# 高周波、安定化、 200mA、反転チャージポンプ

MAX889

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

IN to GND .....	-0.3V to +6V
FB, $\overline{\text{SHDN}}$ , CAP+ to GND .....	-0.3V to ( $V_{\text{IN}} + 0.3\text{V}$ )
AGND to GND .....	-0.3V to +0.3V
OUT to GND .....	-6V to +0.3V
CAP- to GND .....	( $V_{\text{OUT}} - 0.3\text{V}$ ) to +0.3V
Continuous Output Current .....	250mA
Output Short-Circuit Duration .....	Indefinite

Continuous Power Dissipation ( $T_A = +70^\circ\text{C}$ )	
8-Pin SO (derate 5.88mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$ ) .....	471mW
Operating Temperature Range .....	$-40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$
Junction Temperature .....	$+150^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range .....	$-65^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$
Lead Temperature (soldering, 10s) .....	$+300^\circ\text{C}$

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

( $V_{\text{IN}} = V_{\overline{\text{SHDN}}} = +5\text{V}$ , capacitors from Table 1,  $T_A = 0^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^\circ\text{C}$ .)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage Range	$V_{\text{IN}}$	$R_{\text{LOAD}} = 100\Omega$	2.7		5.5	V
Output Voltage Range	$V_{\text{OUT}}$	$R_{\text{LOAD}} = 100\Omega$	-2.5		$-V_{\text{IN}}$	V
Maximum Output Current	$I_{\text{OUT(MAX)1}}$	$V_{\text{IN}} = 5\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = -3.3\text{V}$	200			mA
	$I_{\text{OUT(MAX)2}}$	$V_{\text{IN}} = 3.3\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = -2.5\text{V}$	145			
Quiescent Supply Current (Free-Run Mode)	$I_{\text{Q(FREE-RUN)}}$	No load, $V_{\text{FB}} = V_{\text{IN}}$	MAX889R	6	12	mA
			MAX889S	12	24	
			MAX889T	24	48	
Quiescent Supply Current (Regulated Mode)	$I_{\text{Q(REGULATED)}}$	No load, $V_{\text{OUT}}$ regulated to $-3.3\text{V}$	MAX889R	3.3	7	mA
			MAX889S	5.5	12	
			MAX889T	11	22	
Shutdown Supply Current	$I_{\overline{\text{SHDN}}}$	$V_{\overline{\text{SHDN}}} = 0$		0.1	50	$\mu\text{A}$
Open-Loop Output Resistance (Free-Run Mode)	$R_{\text{O}}$	$V_{\text{FB}} = V_{\text{IN}}$		2.0	4.5	$\Omega$
Output Resistance	$R_{\text{O(REG1)}}$	$V_{\text{OUT}}$ regulated to $-3.3\text{V}$		0.05		$\Omega$
$\overline{\text{SHDN}}$ , FB Input Bias Current					$\pm 1$	$\mu\text{A}$
FB Input Offset Voltage		$I_{\text{LOAD}} = 0$		$\pm 3$	$\pm 35$	mV
Load Regulation		$I_{\text{OUT}} = 0$ to $200\text{mA}$		10		mV
IN Undervoltage Lockout Threshold		$V_{\text{IN}}$ rising (30mV hysteresis)	2.3		2.6	V
$\overline{\text{SHDN}}$ Logic High	$V_{\text{IH}}$	$V_{\text{IN}} = +2.7\text{V}$ to $+5.5\text{V}$	$0.7 \times V_{\text{IN}}$			V
$\overline{\text{SHDN}}$ Logic Low	$V_{\text{IL}}$		$0.3 \times V_{\text{IN}}$			
Switching Frequency	$f_{\text{OSC}}$	MAX889R	0.375	0.5	0.62	MHz
		MAX889S	0.75	1	1.25	
		MAX889T	1.5	2	2.5	
Thermal Shutdown Threshold		Junction temperature rising (15 $^\circ\text{C}$ hysteresis)		160		$^\circ\text{C}$

# 高周波、安定化、 200mA、反転チャージポンプ

MAX889

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

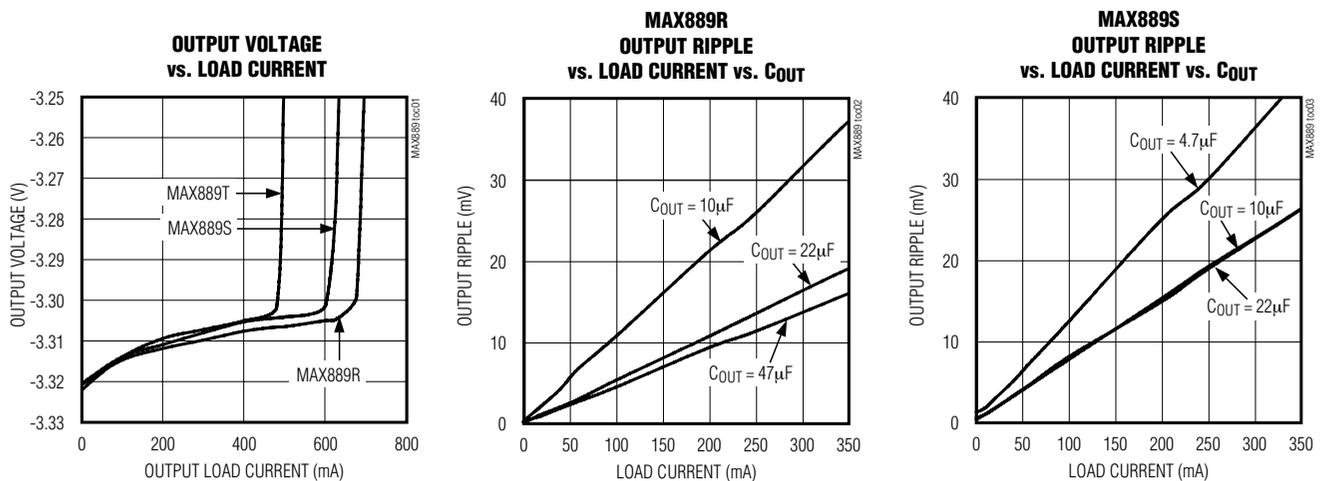
( $V_{IN} = V_{SHDN} = +5V$ , capacitors from Table 1,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	MAX	UNITS
Supply Voltage Range	$V_{IN}$	$R_{LOAD} = 100\Omega$	2.7	5.5	V
Output Voltage Range	$V_{OUT}$	$R_{LOAD} = 100\Omega$	-2.5	$-V_{IN}$	V
Maximum Output Current	$I_{OUT(MAX)1}$	$V_{IN} = 5V, V_{OUT} = -3.3V$	200		mA
	$I_{OUT(MAX)2}$	$V_{IN} = 3.3V, V_{OUT} = -2.5V$	145		
Quiescent Supply Current (Free-Run Mode)	$I_{Q(FREE-RUN)}$	No load, $V_{FB} = V_{IN}$	MAX889R	12	mA
			MAX889S	24	
			MAX889T	48	
Quiescent Supply Current (Regulated Mode)	$I_{Q(REGULATED)}$	No load, $V_{OUT}$ regulated to -3.3V	MAX889R	7	mA
			MAX889S	12	
			MAX889T	22	
Shutdown Supply Current	$I_{SHDN}$	$V_{SHDN} = 0$		50	$\mu A$
Open-Loop Output Resistance (Free-Run Mode)	$R_O$	$V_{FB} = V_{IN}$		4.5	$\Omega$
SHDN FB Input Bias Current				$\pm 1$	$\mu A$
FB Input Offset Voltage		$I_{LOAD} = 0$		$\pm 35$	mV
IN Undervoltage Lockout Threshold		$V_{IN}$ rising (30mV hysteresis)	2.3	2.6	V
SHDN Logic High	$V_{IH}$	$V_{IN} = +2.7V$ to $+5.5V$	$0.7 \times V_{IN}$		V
SHDN Logic Low	$V_{IL}$		$0.3 \times V_{IN}$		
Switching Frequency	$f_{OSC}$	MAX889R	0.375	0.62	MHz
		MAX889S	0.75	1.25	
		MAX889T	1.5	2.5	

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

## 標準動作特性

(Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = V_{SHDN} = +5V$ , capacitors from Table 1,  $T_A = +25^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

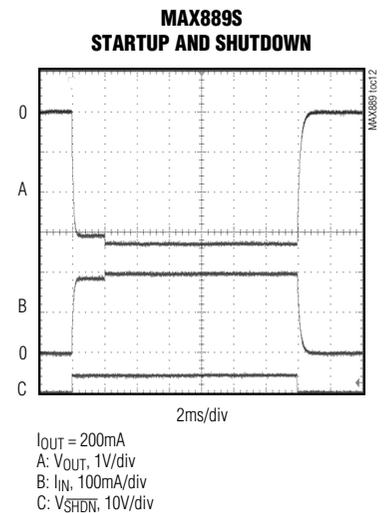
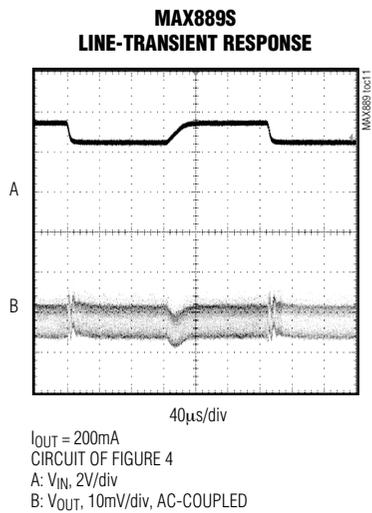
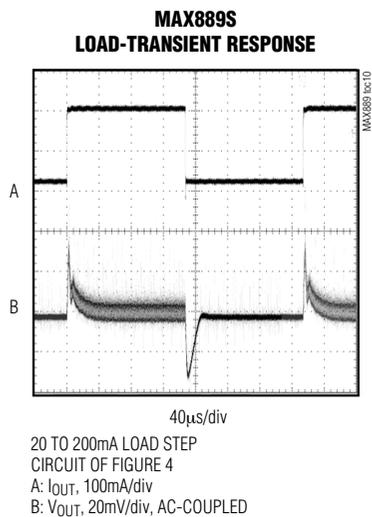
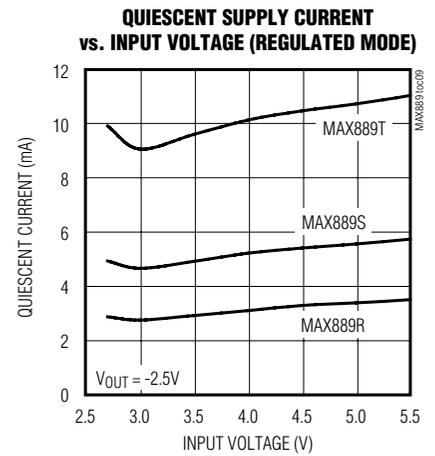
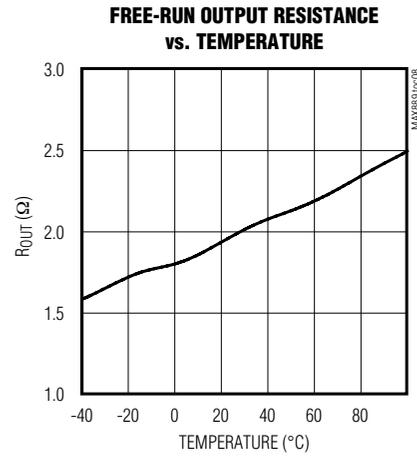
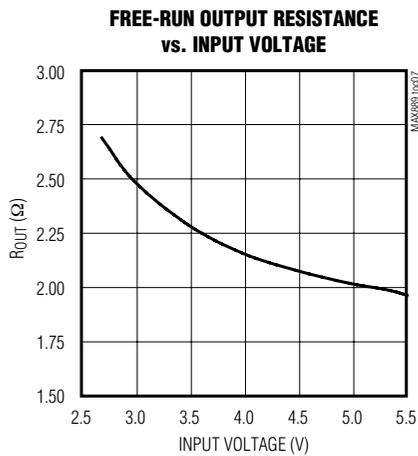
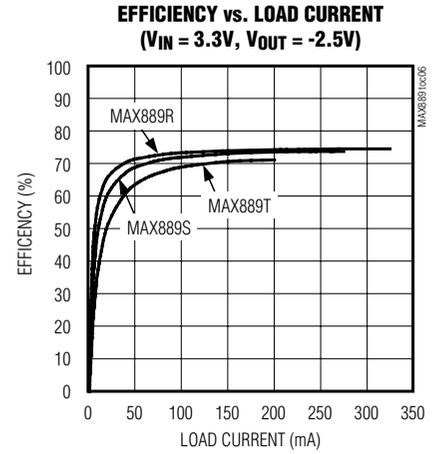
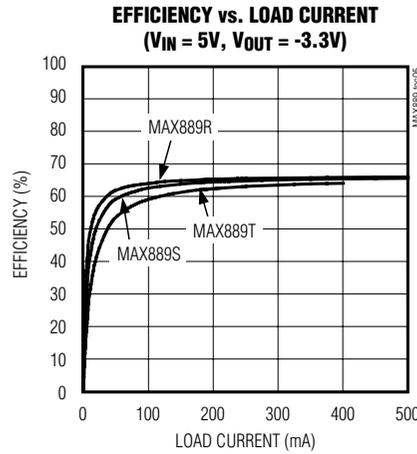
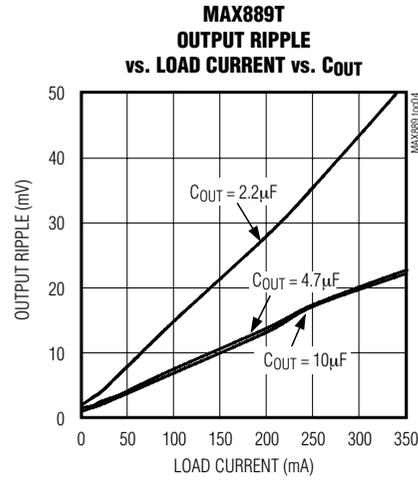


# 高周波、安定化、 200mA、反転チャージポンプ

MAX889

## 標準動作特性(続き)

(Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = V_{SHDN} = +5V$ , capacitors from Table 1,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)



# 高周波、安定化、 200mA、反転チャージポンプ

MAX889

## 端子説明

端子	名称	機能
1	IN	電源正電圧入力
2	CAP+	フライングコンデンサの正端子
3	GND	電源グランド
4	CAP-	フライングコンデンサの負端子
5	OUT	反転チャージポンプ出力
6	SHDN	シャットダウン制御入力。SHDNをローにするとMAX889がシャットダウンします。SHDNをINに接続すると通常動作になります。
7	FB	フィードバック入力。FBをIN(又はその他の正リファレンス電圧ソース)とOUTの間の抵抗分圧器に接続することにより、安定化出力電圧が得られます。INに接続するとフリーランニングモードになります。
8	AGND	アナロググランド

## 詳細

MAX889は、最大200mAを供給する大電流安定化チャージポンプDC-DCインバータです。本製品は小型コンデンサを使用してできる限り大きな電流を提供します(表1)。スイッチング周波数( $f_{OSC}$ )の異なる3つのバージョンが用意されています(MAX889R/MAX889S/MAX889T、 $f_{OSC} = 500\text{kHz}/1\text{MHz}/2\text{MHz}$ )。周波数が高いほど小さな部品を使用できます(表1)。負荷が定格出力電流よりも小さい場合は、表1に記載されている値よりもさらに小さなコンデンサ値を使用できます。本製品は特にコンパクトなアプリケーション用に設計されているため、僅か3つの小型コンデンサ及び2つの抵抗だけで安定化回路を完成することができます(図1)。さらに、MAX889はソフトスタート、シャットダウンコントロール、短絡及びサーマル保護機能を備えています。

発振器、制御回路及び4つのパワーMOSFETスイッチがチップに内蔵されています。チャージポンプは動作周波数において連続的に動作します。発振器周期の前半においてはスイッチS1とS2が閉じ(図2)、転送コンデンサ( $C_{FLY}$ )を入力電圧まで充電します( $CAP- = GND$ 、 $CAP+ = IN$ )。サイクルの後半においては、スイッチS3とS4が閉じ(図3)、 $C_{FLY}$ の電荷を出力コンデンサに転送します( $CAP+ = GND$ 、 $CAP- = OUT$ )。

## 電圧レギュレーション

電圧レギュレーションは、フライングコンデンサの充電レートを制御することによって達成されます。MAX889はS1のゲートドライブを変調することによって $C_{FLY}$ の電荷を制御し(図2)、これにより出力レギュレーションを維持するために必要な電荷を供給します。出力電圧がドループすると、ゲートドライブが増えるために $C_{FLY}$ がより高く充電されます。このレギュレーション方式においてはデバイスが連続的にスイッチング

するため、出力リップルが最小限に抑えられ、また出力ノイズスペクトルは決まった周波数成分を含んでいます。フィードバック電圧は、外部から供給された正リファレンス又は電源電圧と負の反転出力の間の抵抗分圧器によって検出されます。フィードバックループはサーボ動作でFBをGNDに駆動します。安定化状態の実効出力インピーダンスは $0.05\Omega$ です。出力は、ドロップアウトになるまで安定化状態に留まります。ドロップアウトは出力電圧設定と負荷電流に依存します(「標準動作特性」の「Output Voltage vs. Load Current」を参照)。

## フリーランモード (非安定化電圧インバータ)

MAX889は非安定化電圧インバータモードで使用できます。このモードは外部フィードバック抵抗を必要としないため、基板スペースが最小限になります。FBをINに接続するとMAX889はフリーランモードになります。このモードにおいては、チャージポンプは入力電源電圧を直接反転するように動作します( $V_{OUT} = -(V_{IN} - I_{OUT} \times R_O)$ )。出力抵抗は $2\Omega$ (typ)で、次式で近似することができます。

$$R_O = [1 / (f_{OSC} \times C_{FLY})] + 2R_{SW} + 4ESR_{CFLY} + ESR_{COUT}$$

第1項は理想的なスイッチトキャパシタ回路の実効抵抗(図2及び3)、 $R_{SW}$ はチャージポンプの内部スイッチ抵抗の和( $V_{IN} = 5V$ の時に $0.8\Omega$ (typ))です。最後の2項ではフライングコンデンサ及び出力コンデンサの等価直列抵抗(ESR)を考慮に入れています。より正確な標準出力インピーダンスは「標準動作特性」から決まります。

# 高周波、安定化、 200mA、反転チャージポンプ

MAX889

## 電流リミット及びソフトスタート

MAX889は、スタートアップ、過負荷及び出力短絡条件における突入電流を制限するフの字電流リミット/ソフトスタート方式を備えています。さらに、障害条件からの安全なタイマ付リカバリが可能になっています。これにより、MAX889が保護されると共に、低電流又は高出力インピーダンスの入力電源(アルカリ電池等)がスタートアップ又は短絡条件で過負荷になることが防止されます。

MAX889は2つの電流リミット/ソフトスタートレベルを備えており、立上がり及び立下がり出力電圧スレッシュホールドが-0.6V及び-1.5Vとなっています。出力電圧が低下して-1.5Vをよぎると(例えば過負荷条件)、チャージポンプスイッチングを弱くすることによって入力電流が直ちに400mAに制限されます。出力電圧がさらに低下して-0.6Vをよぎると(例えば短絡条件)、MAX889はチャージポンプスイッチをさらに弱くして、入力電流を直ちに200mAに制限します。

スタートアップ又は短絡リカバリ時には、MAX889はチャージポンプスイッチを最も弱いレベルにして入力電流を200mAに制限します。出力電圧が立ち上がって-0.6Vをよぎると、2mAタイマが起動し、その後MAX889はスイッチの強さを次のレベルに上げます。出力電圧がさらに立ち上がって-1.5Vをよぎると、2mAタイマが起動し、その後MAX889は最も強い動作になります。

## シャットダウン

$\overline{\text{SHDN}}$ (CMOSコンパチブル入力)がローに駆動されると、MAX889は0.1 $\mu\text{A}$ シャットダウンモードに入ります。チャージポンプのスイッチングは停止します。

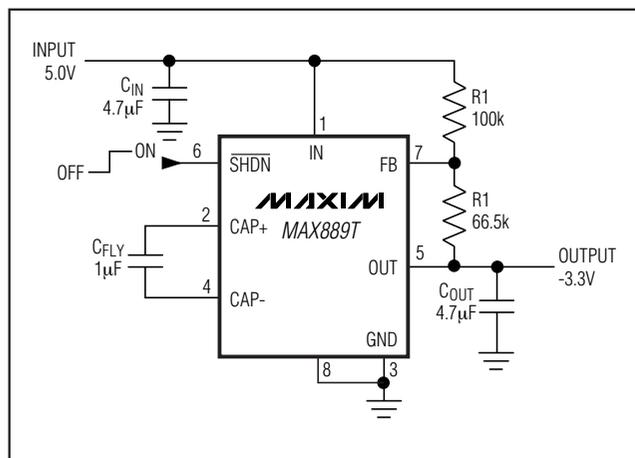


図1. 標準アプリケーション回路

$\overline{\text{SHDN}}$ をINに接続するか、ハイに駆動すると通常動作になります。

## サーマルシャットダウン

MAX889は、障害条件からの保護を強めるためにヒステリシス付のサーマルシャットダウンを備えています。チップ温度が160°Cを超えると、内部発振器が停止し、デバイスの動作をサスペンドします。MAX889は、チップ温度が15°C低下すると動作を再開します。これにより、デバイスが温度トリップポイント付近で高速発振することが防止されます。

## アプリケーション情報

### 抵抗の選択(出力電圧の設定)

$V_{\text{OUT}}$ の精度は、図1の電圧バイアスR1の精度に依存します。 $V_{\text{IN}}$ によって提供される精度よりも高い精度が必要な場合は、独立のリファレンス電圧を使って下さい(図4)。フィードバックノードはできるだけ小さくして下さい。また、抵抗はFBピンの近くに取り付けして下さい。

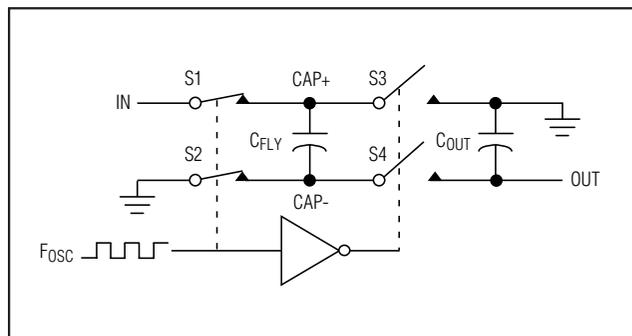


図2.  $C_{\text{FLY}}$ の充電

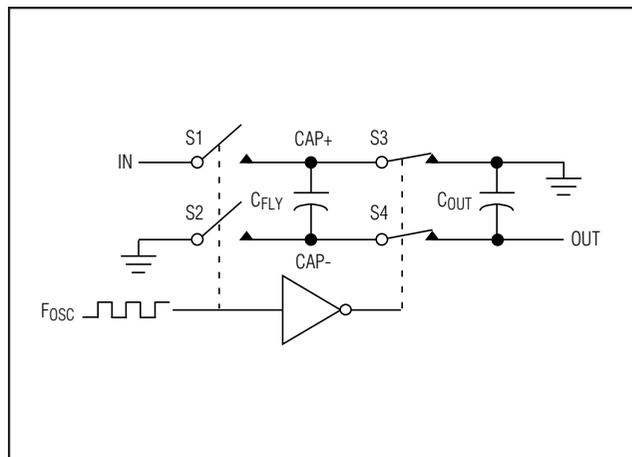


図3.  $C_{\text{FLY}}$ の電荷を $C_{\text{OUT}}$ に転送

# 高周波、安定化、 200mA、反転チャージポンプ

図1と図4に示すように、外部抵抗R1及びR2を使用して出力電圧を $-2.5V \sim -V_{IN}$ の範囲の負電圧に調整して下さい。FBはサーボ動作でGNDになります。R1には $100k\Omega$ 以下を選んで下さい。希望の出力電圧を与えるR2は次式で計算して下さい。

$$V_{OUT} = -V_{REF} (R2 / R1)$$

$$R2 = R1 (V_{OUT} / -V_{REF})$$

ここで、 $V_{REF}$ は $V_{IN}$ 又は正リファレンスソースのいずれかです。

標準的には、分圧器の電流を少なくとも $30\mu A$ にすることにより、FBの入力電流と容量の影響を最小限に抑えて下さい。

$$R1 \leq V_{REF} / 30\mu A$$

$$R2 < -V_{OUT} / 30\mu A$$

## コンデンサの選択

MAX889と共に使用するコンデンサの選択はスイッチング周波数に依存します。表1に $C_{IN}$ 、 $C_{FLY}$ 及び $C_{OUT}$ の推奨値を示します。

$C_{IN}$ 、 $C_{FLY}$ 及び $C_{OUT}$ には、小型、低コストでしかもESRが小さい表面実装セラミックコンデンサを推奨します。全温度範囲において適正な動作を保証するために、X7R(又は相当品)低温度係数誘電体を使ったセラミックコンデンサを選んで下さい。表2に推奨コンデンサメーカーのリストを示します。

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、発振器のサイクルの合間に負荷に電流を供給します。目安としては、出力容量をフライングコンデンサの少なくとも5倍にして下さい。

出力電圧リップルは主に $C_{OUT}$ に依存します。ピーク間出力電圧リップルを最小限に抑えるには、十分な容量を持った低ESRコンデンサを選ぶことが重要です。ピーク間出力電圧リップルは次式で近似されます。

$$V_{RIPPLE} = \frac{I_{OUT}}{2 \times f_{OSC} C_{OUT}} + 2 \times I_{OUT} ESR_{C_{OUT}}$$

ここで、 $C_{OUT}$ は出力コンデンサの値、 $ESR_{C_{OUT}}$ は出力コンデンサのESR、そして $f_{OSC}$ はMAX889のスイッチング周波数です。セラミックコンデンサはESRが最小で、 $C_{OUT}$ として推奨できます。低コストで大きな容量が必要な場合は、 $C_{OUT}$ に低ESRのタンタルコンデンサを使用することも可能です。推奨コンデンサメーカーのリストを表2に示します。

全動作温度範囲における安定性を保証するために、次式を使って低ESR出力コンデンサを選んで下さい。

$$C_{OUT} \geq \left( \frac{15.5}{f_{MIN}} \right) \left( \frac{R1}{R1 + R2} \right) \sqrt{I_{OUT}}$$

ここで、 $C_{OUT}$ は出力コンデンサ値、 $f_{MIN}$ は「Electrical Characteristics」の表の最小発振器周波数です。

安定化出力モードにおける安定性を保証するために適当な出力コンデンサESRは、次式で計算して下さい。

$$R_{ESR} \leq \left( \frac{19.2 \times 10^{-3}}{\sqrt{I_{OUT}}} \right) \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right)$$

## 電力消費

MAX889で消費される電力は入力電圧、出力電圧及び出力電流に依存します。デバイスの電力消費は次式で正確に記述されます。

$$P_{DISS} = I_{OUT} (V_{IN} - (-V_{OUT})) + (I_Q \times V_{IN})$$

ここで、 $I_Q$ はデバイスの自己消費電流です。 $P_{DISS}$ はパッケージの電力消費定格(「Absolute Maximum Ratings」を参照)よりも小さい必要があります。大きな正入力電圧から小さな負電圧を生成する時には、電力消費リミットに特に注意して下さい。

## レイアウトの考慮

MAX889は発振器周波数が高いために、安定性を保証し、重負荷時に出力電圧を維持するために良好なレイアウト技法を必要とします。以下の手順で最適なレイアウトを実現して下さい。

- 1) 全ての部品を互いにできるだけ近く取り付けて下さい。
- 2) フィードバック抵抗R1とR2をFBピンの近くに取り付けて下さい。FB回路ノードにおけるプリント回路トレースをできるだけ短くして下さい。
- 3) 寄生インダクタンスと寄生容量を最小限に抑えるため、トレースを短くして下さい。
- 4) グランドプレーンを使用し、 $C_{IN}$ と $C_{OUT}$ をスターグランド構成で配置して下さい(MAX889SEVKITのレイアウトを参照して下さい)。

# 高周波、安定化、 200mA、反転チャージポンプ

MAX889

表1. コンデンサの選択表

PART	FREQUENCY	C <sub>FLY</sub>	C <sub>OUT</sub>	C <sub>IN</sub> REGULATED	C <sub>IN</sub> FREE-RUN
MAX889R	0.5MHz	4.7μF	22μF	22μF	4.7μF
MAX889S	1MHz	2.2μF	10μF	10μF	2.2μF
MAX889T	2MHz	1μF	4.7μF	4.7μF	1μF

表2. 低ESRコンデンサのメーカ

PRODUCTION METHOD	MANUFACTURER	SERIES	PHONE	FAX
Surface-Mount Tantalum	AVX	TPS series	803-946-0690	803-626-3123
	Kemet	494 series	864-963-6300	864-963-6521
	Matsuo	267 series	714-969-2491	714-960-6492
	Sprague	593D, 595D series	603-224-1961	603-224-1430
Surface-Mount Polymer	Sanyo	POSCAP-APA	619-661-6835	619-661-1055
Surface-Mount Ceramic	AVX	X7R	803-946-0690	803-626-3123
	Kemet	X7R	864-963-6300	864-963-6521
	Matsuo	X7R	714-969-2491	714-960-6492
	Murata	GRM X7R	814-237-1431	814-238-0490

## チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 1840

PROCESS: BiCMOS

## パッケージ

最新のパッケージ情報は、[japan.maxim-ic.com/packages](http://japan.maxim-ic.com/packages)を  
ご参照ください。

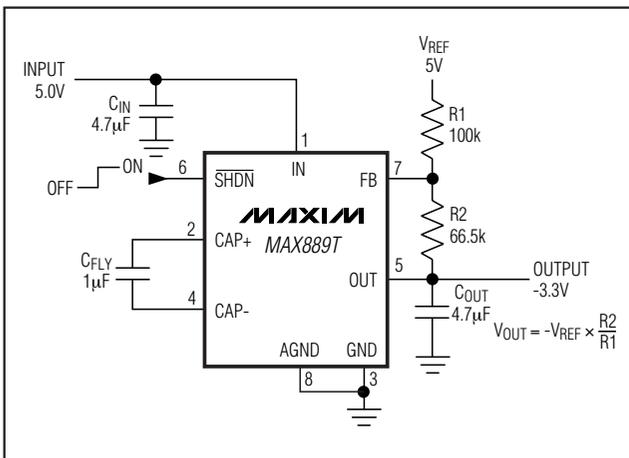
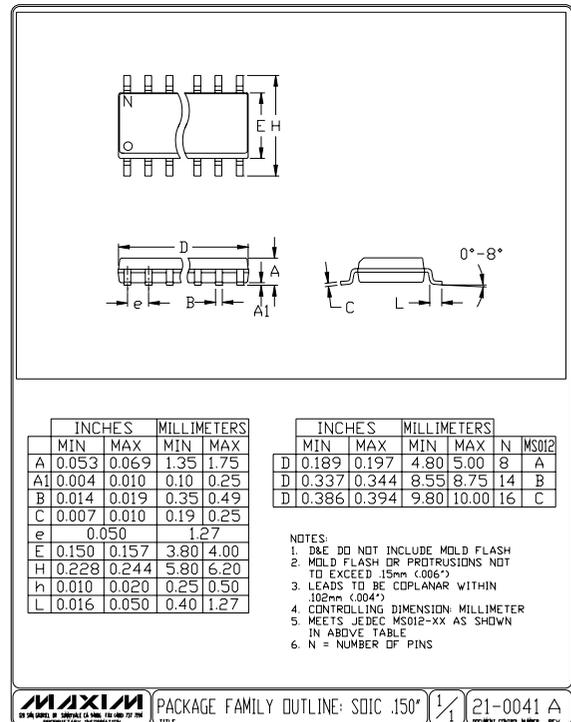


図4. 分圧器用の独立VREF



## 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

マキシムは完全にマキシム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。マキシム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。

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

© 2000 Maxim Integrated Products, Inc. All rights reserved. MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.