

安定化、125mA出力、 チャージポンプDC-DCインバータ

概要

MAX1673は、正電圧入力から安定化負電圧出力(最大125mA)を発生する低コストでコンパクトな手段を提供するチャージポンプインバータです。本素子は僅か3個の小型コンデンサのみを必要とし、僅か2個の抵抗で出力電圧を設定することができます。入力電圧範囲は2V~5.5Vです。安定化出力電圧はスキップレギュレーションモードで0V~ V_{IN} 、リニア(LIN)レギュレーションモードで-1.5V~ $-V_{IN}$ の範囲に設定できます。

スキップモードでは、MAX1673はスイッチング周波数を負荷電流の関数として変化させてレギュレーションを行います。このOn-Demand™スイッチングにより、超小型コンデンサと極めて低い自己消費電流を実現します。重負荷時には最大350kHzでスイッチングして、入力から出力にエネルギーを転送します。軽負荷ではスイッチングが遅くなり、自己消費電流が僅か35 μ Aに低減します。

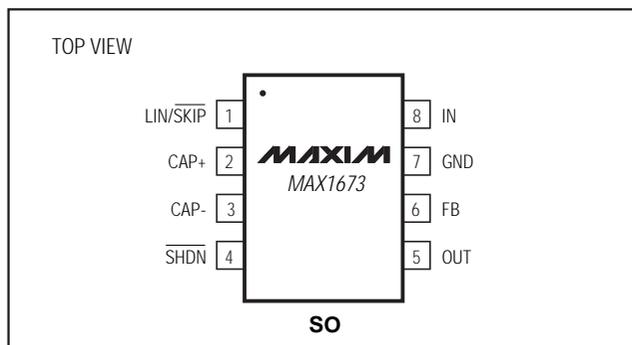
リニアモードではMAX1673は全ての負荷において一定の350kHzでスイッチングし、電流経路の抵抗を制御することでレギュレーションを行います。これにより、リップルが固定周波数になるため、簡単にフィルタリングして低ノイズアプリケーションに使用することができます。

本素子は1 μ Aのロジック制御シャットダウンモードも備えています。パッケージは標準8ピンSOPです。出力電流が約10mAで、さらに小型のパッケージにはMAX868を参照してください。

アプリケーション

ハードディスクドライブ	測定装置
カムコーダ	モデム
アナログ信号処理 アプリケーション	デジタルカメラ

ピン配置



On-Demand™はマキシム社の商標です。

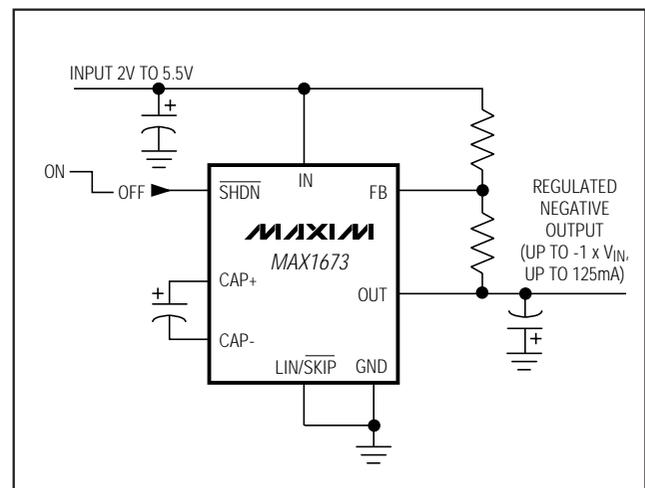
特長

- ◆ 安定化負出力電圧：最大-1 x V_{IN}
- ◆ 出力電流：125mA
- ◆ 自己消費電流：35 μ A
(スキップモードレギュレーション)
- ◆ 350kHz固定周波数、低ノイズ出力
(リニアモードレギュレーション)
- ◆ 入力電圧範囲：2V~5.5V
- ◆ 1 μ Aロジック制御シャットダウン

型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX1673ESA	-40°C to +85°C	8 SO

標準動作回路



安定化、125mA出力、 チャージポンプDC-DCインバータ

MAX1673

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

IN	-0.3V to +6V	Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$)	450mW
CAP+, FB, LIN/SKIP	-0.3V to ($V_{IN} + 0.3\text{V}$)	(derate 5.88mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$)	
SHDN	-0.3V to +6V	Operating Temperature Range	-40 $^\circ\text{C}$ to +85 $^\circ\text{C}$
OUT, CAP-	-6V to +0.3V	Junction Temperature	+150 $^\circ\text{C}$
Continuous Output Current	135mA	Storage Temperature Range	-65 $^\circ\text{C}$ to +160 $^\circ\text{C}$
Output Short-Circuit Duration to GND (Note 1)	1sec	Lead Temperature (soldering, 10sec)	+300 $^\circ\text{C}$

Note 1: Shorting OUT to IN may damage the device and should be avoided.

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

($V_{IN} = V_{SHDN} = +5\text{V}$, $C_{IN} = 10\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$, $C_{FLY} = 2.2\mu\text{F}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ\text{C}$.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage Range	V_{IN}	LIN/SKIP = GND (Skip mode)	2.0		5.5	V
		LIN/SKIP = IN (LIN mode)	2.7		5.5	
Minimum Output Voltage	V_{OUT}	LIN/SKIP = GND		0		V
		LIN/SKIP = IN	-1.5			
Maximum Output Current	$I_{OUT(MAX)}$		125			mA
Output Voltage	V_{OUT}	R1 = 100k Ω , $\pm 1\%$, R2 = 60.4k Ω , $\pm 1\%$, $I_{OUT} = 0\text{mA}$ to 125mA, Figure 1 LIN/SKIP = IN (LIN mode)	-2.90	-3.02	-3.15	V
		LIN/SKIP = GND (Skip mode)	-2.92	-3.02	-3.12	
Quiescent Current (I_{IN} Current)	I_Q	$V_{FB} = -100\text{mV}$, $V_{OUT} = -3\text{V}$, LIN/SKIP = IN (LIN mode)		8	16	mA
		$V_{FB} = -25\text{mV}$, $V_{OUT} = -3\text{V}$, LIN/SKIP = GND (Skip mode)		0.035	0.2	
Shutdown Current (I_{IN} Current)	I_{SHDN}	SHDN = GND		0.1	1	μA
Line Regulation	ΔV_{LNR}	$V_{IN} = 4.5\text{V}$ to 5.5V , Figure 4, $V_{REF} \neq V_{IN}$	LIN/SKIP = IN (LIN mode)	0.01		%V
			LIN/SKIP = GND (Skip mode)	1		
Load Regulation	ΔV_{LDR}	$I_{OUT} = 25\text{mA}$ to 125mA, Figure 1	LIN/SKIP = IN (LIN mode)	0.01		%mA
			LIN/SKIP = GND (Skip mode)	0.005		
Open-Loop Output Resistance (Dropout)	R_O	LIN/SKIP = GND (Skip mode)		3.5	10	Ω
Output Resistance to Ground in Shutdown Mode		SHDN = GND		1	5	Ω

安定化、125mA出力、 チャージポンプDC-DCインバータ

MAX1673

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{IN} = V_{\overline{SHDN}} = +5V$, $C_{IN} = 10\mu F$, $C_{OUT} = 22\mu F$, $C_{FLY} = 2.2\mu F$, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Switching Frequency (LIN Mode)	f_{OSC}	$T_A = +25^\circ C$		250	350	460	kHz
		$T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$		205		515	
FB Threshold	V_{FBT}	LIN/ \overline{SKIP} = GND (Skip mode)		-25	0	25	mV
FB Input Bias Current	I_{FB}	LIN/ \overline{SKIP} = IN (LIN mode)	$V_{FB} = -25mV$		150	600	nA
		LIN/ \overline{SKIP} = GND (Skip mode)			1	100	
Input Bias Current (\overline{SHDN} , LIN/ \overline{SKIP})						1	μA
Logic High Input (\overline{SHDN} , LIN/ \overline{SKIP})	V_{IH}	$2V \leq V_{IN} \leq 5.5V$		0.7 x V_{IN}			V
Logic Low Input (\overline{SHDN} , LIN/ \overline{SKIP})	V_{IL}	$2V \leq V_{IN} \leq 5.5V$				0.3 x V_{IN}	V

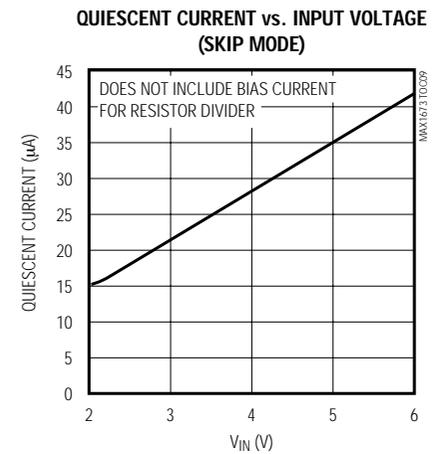
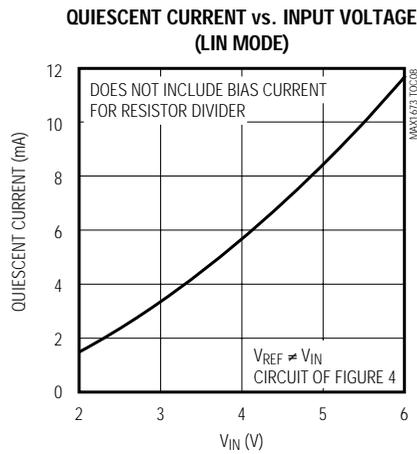
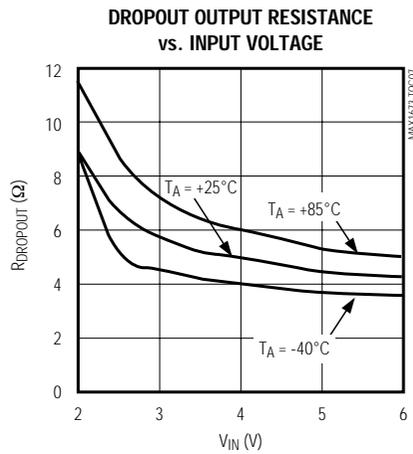
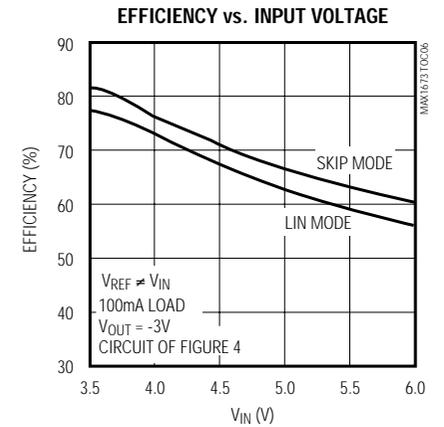
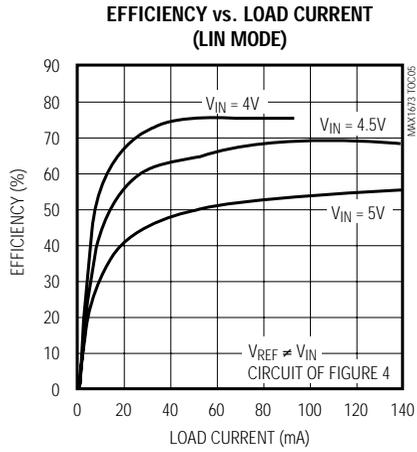
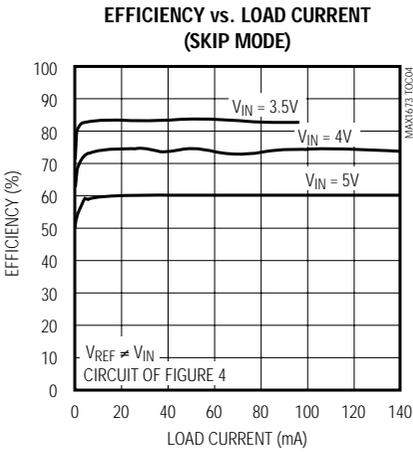
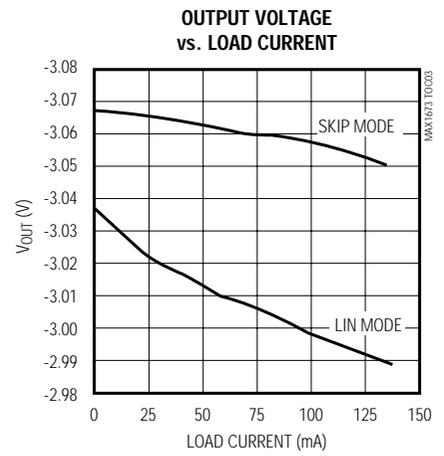
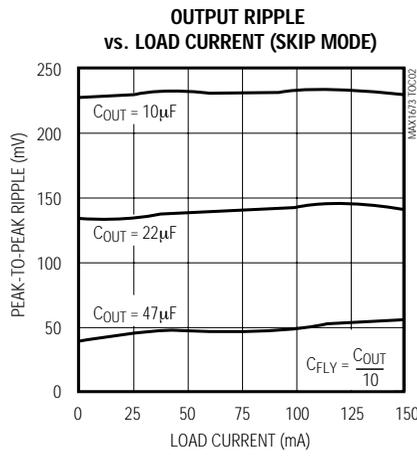
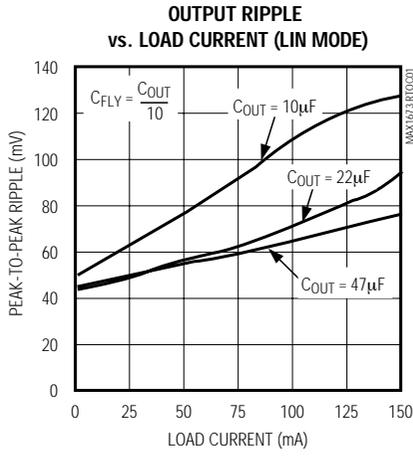
Note 2: Specifications to $-40^\circ C$ are guaranteed by design, not production tested.

安定化、125mA出力、 チャージポンプDC-DCインバータ

MAX1673

標準動作特性

(Circuit of Figure 1, $V_{IN} = +5V$, $C_{FLY} = 2.2\mu F$, $C_{OUT} = 22\mu F$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

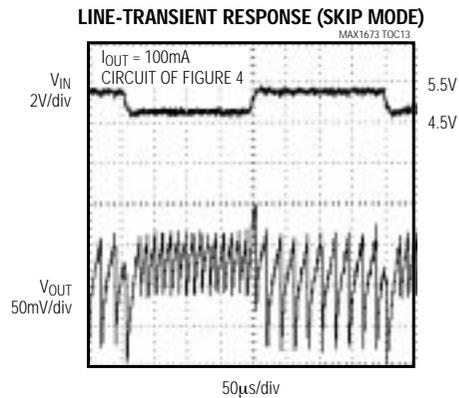
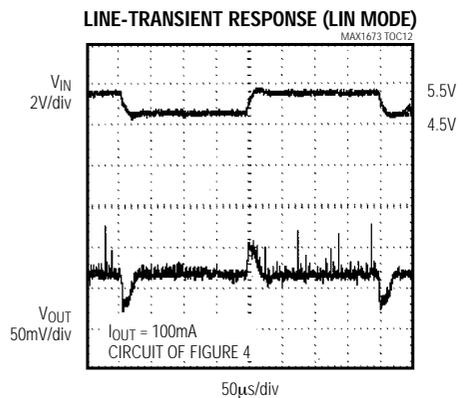
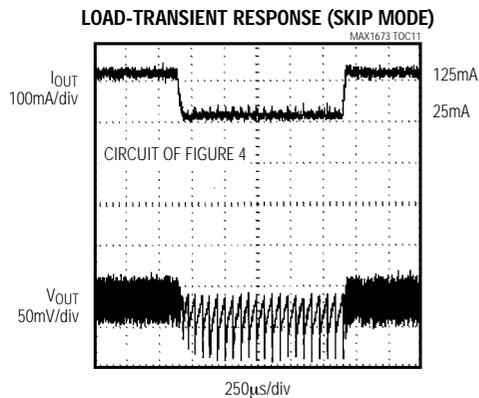
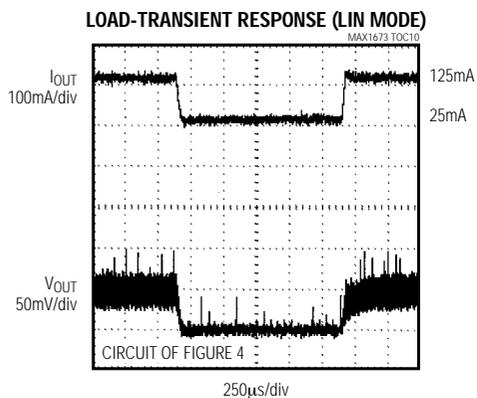


安定化、125mA出力、 チャージポンプDC-DCインバータ

MAX1673

標準動作特性(続き)

(Circuit of Figure 1, $V_{IN} = +5V$, $C_{FLY} = 2.2\mu F$, $C_{OUT} = 22\mu F$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



安定化、125mA出力、 チャージポンプDC-DCインバータ

MAX1673

端子説明

端子	名称	機能
1	LIN/SKIP	レギュレーションモード選択入力。LIN/SKIPをハイにするか、INに接続するとLINモードが選択されます。LINモードではスイッチの抵抗を変調することによってレギュレーションが行われます。LIN/SKIPをローにするか、あるいはGNDに接続するとスキップモードが選択されます。スキップモードではチャージポンプパルススキップすることによってレギュレーションが行われます。
2	CAP+	フライングコンデンサの正端子
3	CAP-	フライングコンデンサの負端子
4	SHDN	シャットダウン制御入力。SHDNをローにするとMAX1673がシャットダウンされます。SHDNをINに接続すると通常動作となります。シャットダウンモードにおいて、OUTは1 (typ)抵抗を通じてGNDに接続されます。
5	OUT	反転チャージポンプ出力
6	FB	フィードバック入力。FBをIN(又は他のリファレンスソース)とOUTの間の抵抗分圧器に接続することで安定化出力電圧が得られます(図1及び図4)。
7	GND	グラウンド
8	IN	電源正電圧入力

詳細

MAX1673は最大125mAを供給する新世代の高出力電流安定化チャージポンプDC-DCインバータです。コンパクトアプリケーション用に特別に設計されているため、完全レギュレーション回路が僅か3個の小型コンデンサと2個の抵抗で構成できます。MAX1673はOn-Demand™レギュレーション回路を採用しているため、超低出力ノイズ又は超低消費電流用に出力レギュレーションモードを最適化することができます。さらに、MAX1673はシャットダウン制御を備えています。

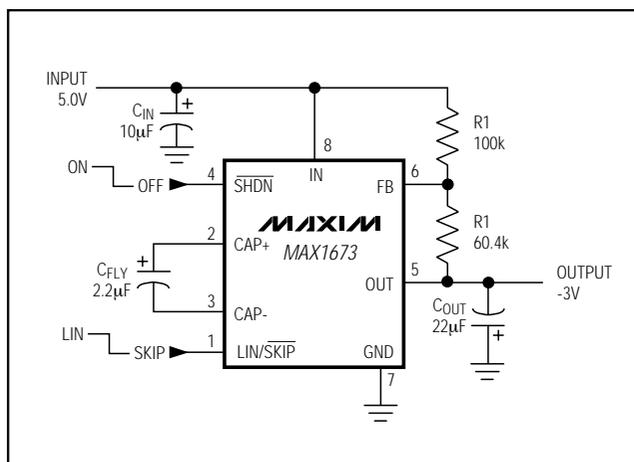


図1. 標準アプリケーション回路

リニア(LIN)モードのとき、あるいはスキップモードで負荷が大きいとき、チャージポンプは350kHzで連続的に作動します。発振器の半周期でスイッチS1とS2が閉じて(図2)、伝達コンデンサ(C_{FLY})を入力電圧まで充電します(CAP- = GND、CAP+ = IN)。次の半周期ではスイッチS3とS4が閉じて(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)。

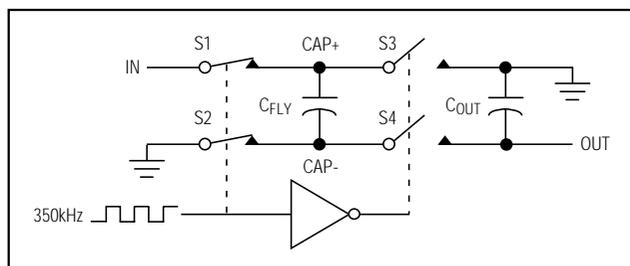


図2. C_{FLY}の充電

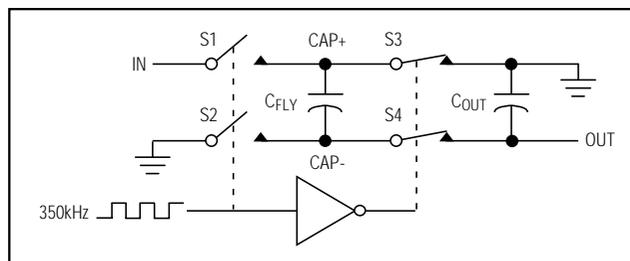


図3. C_{FLY}の電荷をC_{OUT}に転送

安定化、125mA出力、 チャージポンプDC-DCインバータ

MAX1673

リニアモード(固定周波数モード)

LINモード(LIN/ $\overline{\text{SKIP}}$ = IN)では、チャージポンプが350kHzで連続的に作動します。MAX1673はS1のゲートドライブを変えることによって C_{FLY} の電荷を制御します(図2)。出力電圧が低下すると、ゲートドライブが増加し、 C_{FLY} はより速く充電します。素子が連続的にスイッチングするため、このレギュレーション方式では出力リップルが最小限に抑えられ、出力ノイズがはっきりと決まった周波数成分を持ち、また同じ出力リップルに対して必要な外付コンデンサがスキップモードの場合よりもずっと小さくなります*。しかし、LINモードは動作電流が8mA(typ)と大きいため、スキップモードに比べて効率が低くなります。

スキップモード

スキップモード(LIN/ $\overline{\text{SKIP}}$ = GND)では、素子はFBのレギュレーションを維持するために必要なときにだけスイッチングします。FBの電圧がGNDよりも高くなるまでスイッチングサイクルはスキップされます。スキップモードは出力ノイズがLINモードよりも大きくなりますが、動作電流が最小限に抑えられます。

シャットダウンモード

$\overline{\text{SHDN}}$ (CMOSコンパチブル入力)をローにすると、MAX1673は低電力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が止まり、内部1 スイッチが V_{OUT} をグランドに引き下げます。 $\overline{\text{SHDN}}$ をINに接続するか、ハイにすると通常動作になります。

*「標準動作特性」の「Output Ripple vs. Load Current」を参照してください。

アプリケーション情報

抵抗の選択(出力電圧の選択)

V_{OUT} の精度は分圧器ネットワーク(R_1 、 R_2)をバイアスする電圧の精度に依存します。 V_{IN} が非安定化電圧であるか、あるいは精度を高める必要がある場合は独立のリファレンス電圧を使用してください(図4)。

図1及び図4に示すように外付抵抗 R_1 及び R_2 を使い、LINモードでは $-1.5\text{V} \sim -V_{\text{IN}}$ 、スキップモードでは $0\text{V} \sim -V_{\text{IN}}$ に出力電圧を調節してください。いずれのレギュレーションモード(LIN又はスキップ)でも、FBはサーボ動作で0Vになります。希望の出力電圧を得るために、次式で R_1 と R_2 を選択してください。

$$V_{\text{OUT}} = -V_{\text{REF}} \frac{R_2}{R_1}$$

ここで、 V_{REF} は V_{IN} 又はその他の正リファレンスソースです。

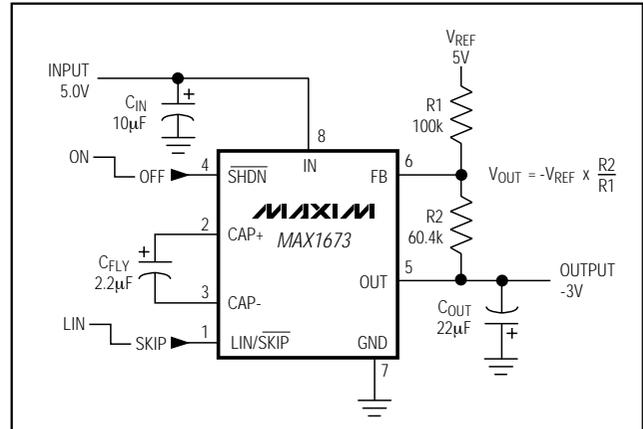


図4. 分圧器用の独立の V_{REF}

通常は分圧器電流を $50\mu\text{A}$ にしてFB入力電流の影響を最小限に抑えます。

$$R_1 = V_{\text{REF}}/50\mu\text{A}$$

$$R_2 = -V_{\text{OUT}}/50\mu\text{A}$$

コンデンサの選択

仕様の負荷電流を供給するためには C_{FLY} が $1\mu\text{F}$ 以上であれば十分ですが、スキップモードでのリップルを最小限に抑えるため、この値を増やす場合も考えられます。マキシム社の推奨値は $2.2\mu\text{F}$ です。

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、 C_{FLY} として最適です。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電流を負荷に供給します。通常、出力容量はフライングコンデンサの10倍以上にします。

スキップモードにおける出力リップルは、 C_{FLY} と C_{OUT} の容量の間での電荷の転送及び C_{OUT} のESRという2つのパラメータに主に依存します。ESRがリップルに寄与するのは C_{OUT} が充電されるときです。充電電流がコンデンサのESRの両端に負の電圧パルスを発生させます。これは C_{OUT} が充電していくと共に小さくなります。 C_{FLY} の電圧が C_{OUT} の電圧に達した平衡状態では、充電電流は流れません。コンデンサ間の電荷の転送に起因するリップルは、電荷が C_{OUT} に流れるときにパルスを発生させます。これら2つの項を足してもピークが同時に発生しないため、ピーク間リップルを得ることはできません。そのため、主要な項を使うのが最良の方法です。主に C_{OUT} のESRに起因するリップル成分は次式で表現されます。

安定化、125mA出力、 チャージポンプDC-DCインバータ

MAX1673

$$V_{\text{RIPPLE(ESR)}} = 8 \left(\frac{V_{\text{IN}} - |V_{\text{OUT}}|}{f_{\text{OSC}}} \right) \left(\frac{\text{ESR}_{\text{COUT}}}{R_{\text{OUT}}^2 C_{\text{FLY}}} \right)$$

主に電荷の転送に起因するリップル成分は次式で表現されます。

$$V_{\text{RIPPLE(ESR)}} = 2 \left(\frac{V_{\text{IN}} - |V_{\text{OUT}}|}{f_{\text{OSC}}} \right) \left(\frac{1}{R_{\text{OUT}} (C_{\text{FLY}} + C_{\text{OUT}})} \right)$$

ここで、 C_{FLY} 及び C_{OUT} はそれぞれのコンデンサの容量値、 ESR_{COUT} は C_{OUT} の等価直列抵抗、 R_{OUT} はMAX1673のオープンループ出力インピーダンス(3.5 typ)、 f_{OSC} はMAX1673のスイッチング周波数(350kHz typ)です。 ESR_{COUT} が極めて小さい場合(例えばセラミックコンデンサを使用した場合)、 $V_{\text{RIPPLE(TRANSFER)}}$ が主要な項になります。 ESR が比較的大きい場合(例えば低コストタンタルコンデンサを使用した場合)、 $V_{\text{RIPPLE(ESR)}}$ が主要な項になります。

LINモードで動作している場合、次式を用いてピーク間出力電圧リップルの近似値を得ることができます。

$$V_{\text{RIPPLE}} = \frac{I_{\text{OUT}}}{2 f_{\text{OSC}} C_{\text{OUT}}} + 2 I_{\text{OUT}} \text{ESR}_{\text{COUT}}$$

ここで、 C_{OUT} は出力コンデンサの値、 ESR_{COUT} は出力コンデンサのESR、 f_{OSC} はMAX1673の発振器周波数(350kHz typ)です。

LINモードを全温度範囲で安定させるには、次式を使用して低ESR(100m以下)の出力コンデンサを選んでください。

$$C_{\text{OUT}} = 75 \times 10^{-6} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \sqrt{I_{\text{OUT}}}$$

ここで、 C_{OUT} は出力コンデンサの値、 f_{MIN} は最小発振器周波数(250kHz)です。推奨コンデンサメーカーについては表1を参照してください。

レイアウト上の考慮

MAX1673は発振器周波数が高いため、安定性を確保し、重負荷時の出力電圧を維持するには適切なレイアウトを行う必要があります。以下の手順で適切なレイアウトを作成してください。

- 全ての部品を互いにできるだけ近く取り付けてください。
- フィードバック抵抗 R_1 と R_2 をFBピンに近くに配置し、FB回路ノードのPCトレースをできるだけ短くしてください。
- 寄生インダクタと寄生容量を最小限に抑えるため、トレースを短くしてください。
- グランドプレーンを使用してください。

チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 386

SUBSTRATE CONNECTED TO: IN

表1. コンデンサの部品メーカーリスト

PRODUCTION METHOD	MANUFACTURER	SERIES	PHONE	FAX
Surface-Mount Tantalum	AVX	TPS	(803) 946-0690	(803) 448-2170
	Matsuo	267	(714) 969-2491	(714) 960-6492
	Sprague	593D, 595D	(603) 224-1961	(603) 224-1430
Surface-Mount Ceramic	AVX	X7R	(803) 946-0590	(803) 626-3123
	Matsuo	X7R	(714) 969-2491	(714) 960-6492

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。

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