

低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

概要

MAX4172は、ポータブルPC、電話その他のバッテリー/DCパワーライン監視を必要とする機器を対象とした低コスト、高精度のハイサイド電流検出アンプです。電源ライン監視をハイサイドで行うとバッテリー充電器のグランド経路に干渉しないため、バッテリー駆動機器で特に有効です。MAX4172は、広帯域幅でグランド検出機能を備えているため、閉ループバッテリー充電器及び汎用電流ソースアプリケーションに適しています。入力同相電圧範囲は0V~32Vで、電源電圧には影響されません。このため、消耗したバッテリーに接続した場合でも電流検出フィードバックが有効です。

MAX4172では柔軟性を高くするため、監視する負荷電流の範囲を設定するために外付検出抵抗を使用します。本素子の電流出力は、抵抗1個でグランドを基準とした電圧に変換できます。このため、広範囲のバッテリー電圧及び電流に使用できます。

オープンコレクタのパワーグッド出力(PG)は、電源電圧が電流検出アンプの適正動作に十分なレベルに達したことを知らせます。MAX4172は3.0V~32Vの電源で動作し、省スペースの8ピン μ MAX又はSOPパッケージで提供されています。

アプリケーション

ポータブルPC：ノートブック/サブノートブック/
パームトップ

バッテリー駆動/ポータブル機器

閉ループバッテリー充電器/電流ソース

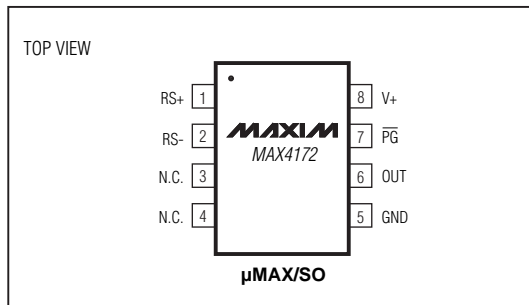
スマートバッテリーパック

ポータブル/携帯電話

携帯試験/測定機器

エネルギー管理機器

ピン配置



特長

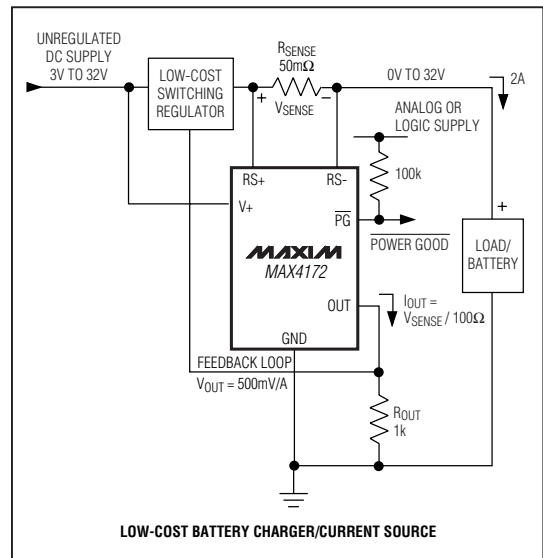
- ◆ 低コスト、ハイサイド電流検出アンプ
- ◆ フルスケール精度：全温度範囲で $\pm 0.5\%$ (typ)
- ◆ 電源電圧：3V~32V
- ◆ 入力電圧範囲：0V~32V(電源電圧に影響されず)
- ◆ 帯域幅：800kHz[$V_{SENSE} = 100\text{mV}(1\text{C})$]
200kHz[$V_{SENSE} = 6.25\text{mV}(C/16)$]
- ◆ パッケージ：省スペースの μ MAX及びSOP

型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX4172ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX4172EUA	-40°C to +85°C	8 μ MAX*

*Contact factory for availability.

標準動作回路



低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

MAX4172

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V+, RS+, RS-, \overline{PG} -0.3V to +36V
 OUT -0.3V to (V+ + 0.3V)
 Differential Input Voltage, V_{RS+} - V_{RS-} ±700mV
 Current into Any Pin ±50mA
 Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
 SO (derate 5.88mW/°C above +70°C) 471mW
 μMAX (derate 4.10mW/°C above +70°C) 330mW

Operating Temperature Range
 MAX4172E_A -40°C to +85°C
 Storage Temperature Range -65°C to +150°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+ = +3V to +32V; RS+, RS- = 0V to 32V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted. Typical values are at V+ = +12V, RS+ = 12V, T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Voltage Range	V+			3		32	V
Input Voltage Range	V _{RS-}			0		32	V
Supply Current	I _{V+}	I _{OUT} = 0mA			0.8	1.6	mA
Input Offset Voltage	V _{OS}	V+ = 12V, V _{RS+} = 12V V _{RS+} ≤ 2.0V	MAX4172ESA	±0.1	±0.75		mV
			MAX4172EUA	±0.2	±1.6		
Positive Input Bias Current	I _{RS+}	V _{RS+} > 2.0V, I _{OUT} = 0mA		0	27	42.5	μA
		V _{RS+} ≤ 2.0V, I _{OUT} = 0mA		-325		42.5	
Negative Input Bias Current	I _{RS-}	V _{RS+} > 2.0V		0	50	85	μA
		V _{RS+} ≤ 2.0V		-650		85	
Maximum V _{SENSE} Voltage				150	175		mV
Low-Level Current Error		V _{SENSE} = 6.25mV, V+ = 12V, V _{RS+} = 12V (Note 1)	MAX4172ESA			±8.0	μA
			MAX4172EUA			±15	
Output Current Error		V _{SENSE} = 100mV, V+ = 12V, V _{RS+} = 12V	MAX4172ESA, T _A = -40°C to 0°C			±20	μA
			MAX4172EUA, T _A = -40°C to 0°C			±50	
			MAX4172ESA, T _A = 0°C to +85°C			±10	
			MAX4172EUA, T _A = 0°C to +85°C			±15	
OUT Power-Supply Rejection Ratio	ΔI _{OUT} / ΔV+	3V ≤ V+ ≤ 32V, V _{RS+} > 2.0V			0.2		μA/V
OUT Common-Mode Rejection Ratio	ΔI _{OUT} / ΔV _{RS+}	2.0V < V _{RS+} < 32V			0.03		μA/V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V+ = +3V to +32V; RS+, RS- = 0V to 32V; TA = TMIN to TMAX; unless otherwise noted. Typical values are at V+ = +12V, RS+ = 12V, TA = +25°C.)

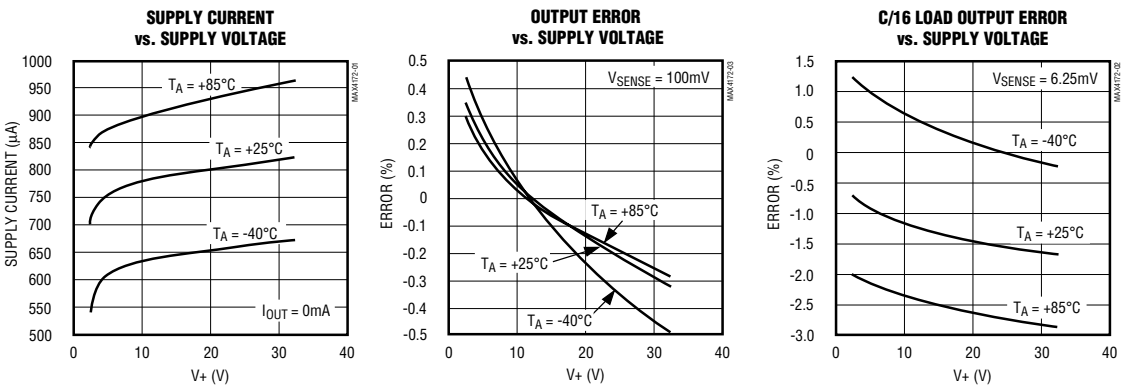
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Maximum Output Voltage (OUT)		$I_{OUT} \leq 1.5\text{mA}$			V+ - 1.2	V	
Bandwidth		VSENSE = 100mV		800		kHz	
		VSENSE = 6.25mV (Note 1)		200			
Maximum Output Current	IOUT		1.5	1.75		mA	
Transconductance	Gm	Gm = IOUT / (VRS+ - VRS-), VSENSE = 100mV, VRS+ > 2.0V	TA = 0°C to +85°C		9.8	10	10.2
			TA = -40°C to 0°C		9.7	10	10.3
V+ Threshold for $\overline{\text{PG}}$ Output Low (Note 2)		V+ rising		2.77		V	
		V+ falling		2.67			
$\overline{\text{PG}}$ Output Low Voltage	VOL	ISINK = 1.2mA, V+ = 2.9V, TA = +25°C			0.4	V	
Leakage Current into $\overline{\text{PG}}$		V+ = 2.5V, TA = +25°C			1	μA	
Power-Off Input Leakage Current (RS+, RS-)		V+ = 0V, VRS+ = VRS- = 32V		0.1	1	μA	
OUT Rise Time		VSENSE = 0mV to 100mV, 10% to 90%		400		ns	
OUT Fall Time		VSENSE = 100mV to 0mV, 90% to 10%		800		ns	
OUT Settling Time to 1%		VSENSE = 5mV to 100mV	Rising	1.3		μs	
			Falling	6			
OUT Output Resistance		VSENSE = 150mV		20		M Ω	

Note 1: 6.25mV = 1/16 of typical full-scale sense voltage (C/16).

Note 2: Valid operation of the MAX4172 is guaranteed by design when $\overline{\text{PG}}$ is low.

標準動作特性

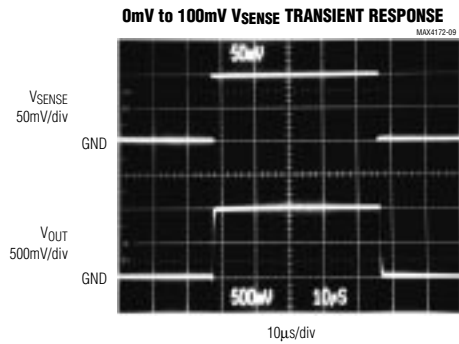
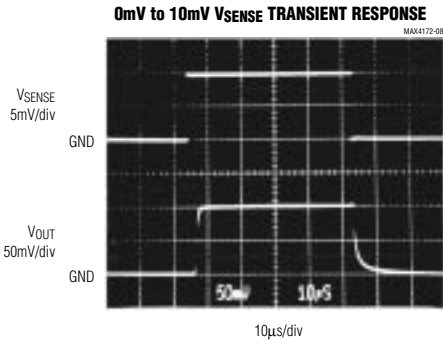
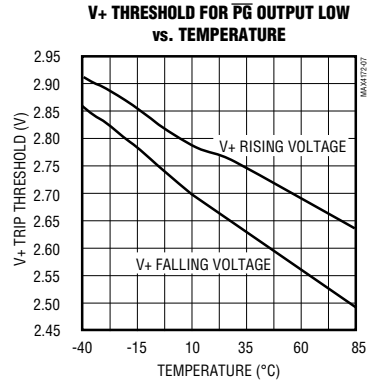
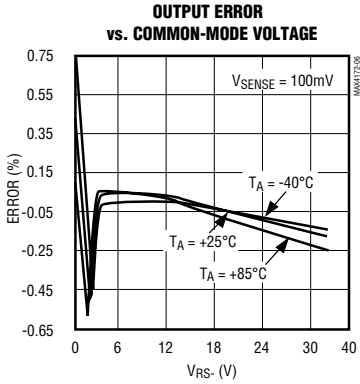
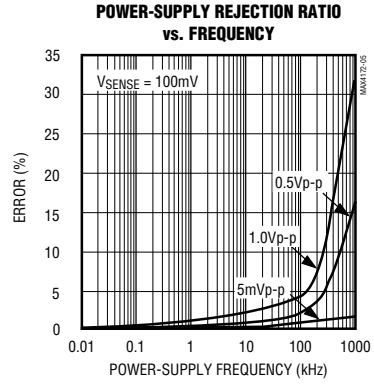
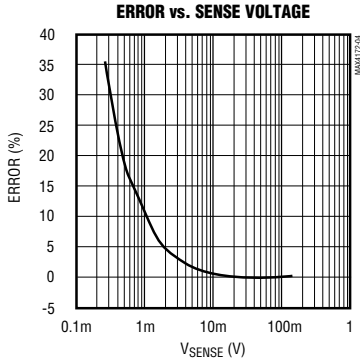
(V+ = +12V, VRS+ = 12V, ROUT = 1k Ω , TA = +25°C, unless otherwise noted.)



低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

標準動作特性(続き)

($V_+ = +12V$, $V_{RS+} = 12V$, $R_{OUT} = 1k\Omega$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

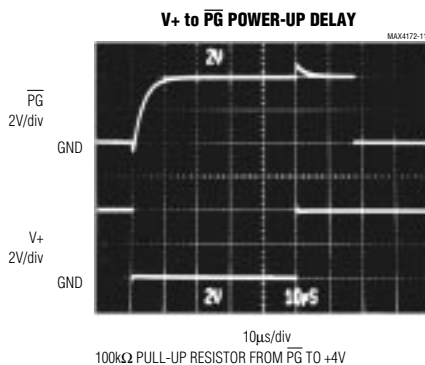
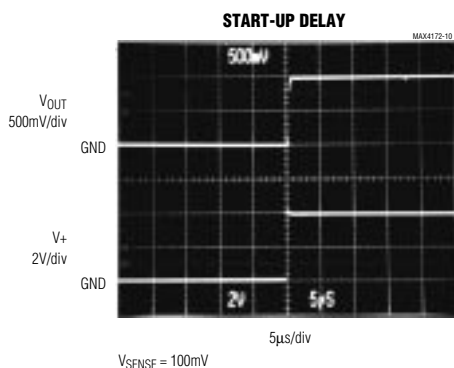


低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

MAX4172

標準動作特性(続き)

(V+ = +12V, V_{RS+} = 12V, R_{OUT} = 1kΩ, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



端子説明

端子	名称	機能
1	RS+	外付検出抵抗の電源側接続点。「+」は電流の方向を示します。
2	RS-	外付検出抵抗の負荷側接続点。「-」は電流の方向を示します。
3, 4	N.C.	無接続。内部接続されていません。オープンのままにするか、GNDに接続してください。
5	GND	グラウンド
6	OUT	電流出力。OUTは検出電圧(V _{RS+} - V _{RS-})の大きさに比例します。OUTとグラウンドの間に1k の抵抗を接続すると、電圧は検出電圧の10V/Vに等しくなります。
7	PG	パワーグッド・オープンコレクタロジック出力。ローレベル時は、V+がMAX4172を駆動するのに十分であり、パワーオントランジェントが落ち着くのに十分な時間が経過したことを意味します。
8	V+	MAX4172の電源電圧入力。

詳細

MAX4172は、入力同相電圧範囲が電源電圧に依存しない一方向性ハイサイド電流検出アンプです。この機能により、消耗しきったバッテリーへの電流を監視できるばかりでなく、電源電圧(V+)よりも大幅に高い電圧でのハイサイド電流検出も可能になっています。

MAX4172電流検出アンプは、ユニークなトポロジーにより電流の監視と制御がシンプルになっています。MAX4172のアンプの動作を図1に示します。バッテリー/負荷電流はRS+ノードとRS-ノードの間の外付検出抵抗(R_{SENSE})を通じて流れます。電流はR_{G1}及びQ1を流れ、さらに電流ミラーに流れ込みます。電流ミラーで50倍にされた電流は、OUTに出ます。

図1の回路を解析する時は、電流がRS+からRS-に流れ、OUTは抵抗を通じてGNDに接続されていると仮定してください。A1の反転入力にはハイインピーダンスであることから、R_{G2}には(入力バイアス電流を無視すれば)電流は流れません。このため、A1の負入力はV_{SOURCE} - (I_{LOAD} × R_{SENSE})と等しくなります。A1のオープンループ利得の働きにより、正入力は強制的に負入力と実質的に同じ電圧レベルになります。このため、R_{G1}の両端の電圧降下はI_{LOAD} × R_{SENSE}に等しくなります。また、I_{RG1}はR_{G1}を流れるため、I_{RG1} × R_{G1} = I_{LOAD} × R_{SENSE}となります。内部電流ミラーはI_{RG1}を50倍に増倍してI_{OUT} = 50 × I_{RG1}とします。I_{RG1}にI_{OUT}/50を代入すると、(I_{OUT}/50) × R_{G1} = I_{LOAD} × R_{SENSE}又は次式が成り立ちます。

$$I_{OUT} = 50 \times I_{LOAD} \times (R_{SENSE}/R_{G1})$$

低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

内部電流利得50と出荷時にトリミングされた R_{G1} の組み合わせにより、MAX4172のトランスコンダクタンス(G_m)は10mA/Vとなります。 G_m は、 $I_{OUT}/(V_{RS+} - V_{RS-})$ に等しいものとして定義されます。 $(V_{RS+} - V_{RS-}) = I_{LOAD} \times R_{SENSE}$ ですから、出力電流(I_{OUT})は次式で計算できます。

$$I_{OUT} = G_m \times (V_{RS+} - V_{RS-}) = (10\text{mA/V}) \times (I_{LOAD} \times R_{SENSE})$$

電流出力

MAX4172の出力電圧は、次式で与えられます。

$$V_{OUT} = (G_m) \times (R_{SENSE} \times R_{OUT} \times I_{LOAD})$$

ここで、 V_{OUT} = 希望のフルスケール出力電圧、 I_{LOAD} = 検出されるフルスケール電流、 R_{SENSE} = 電流検出抵抗、 R_{OUT} = 電圧設定抵抗及び $G_m = \text{MAX4172}$ のトランスコンダクタンス(10mA/V)です。

フルスケール出力電圧範囲は R_{OUT} 抵抗の値を変更することによって設定できますが、出力電圧は($V_+ - 1.2\text{V}$)以下でなければなりません。上の式を移項することによって、特定のフルスケール範囲を得るために必要な R_{OUT} を求めることができます。

$$R_{OUT} = (V_{OUT}) / (I_{LOAD} \times R_{SENSE} \times G_m)$$

OUTはハイインピーダンスの電流ソースで、容量性負荷に接続して積分することができます。

$\overline{\text{PG}}$ 出力

$\overline{\text{PG}}$ 出力は、MAX4172の V_+ 電源の状態を示すオープンコレクタロジック出力です。 $\overline{\text{PG}}$ がロジックローの時、 V_+ がMAX4172を駆動するのに十分な電圧であることを意味します。このレベルは温度に依存し、「標準動作特性」のグラフを参照)、室温で2.7V(typ)です。内部PGコンパレータは、100mV(typ)のヒステリシスを持っています。これにより、 $\overline{\text{PG}}$ 出力が繰り返しトグルされることによる発振を防ぐことができるため、本素子はソフトスタート能力を持たない電源管理システムに最適です。 $\overline{\text{PG}}$ コンパレータ内の内部ディレー(15 μs typ)により、パワーオントランジェントが落ち着くのに十分な時間が与えられます。 $\overline{\text{PG}}$ 状態インジケータにより、制御ループの中の部品が適正に動作するために十分な電圧を与えられることを保証できるため、閉ループシステムの設計が非常にシンプルになります。

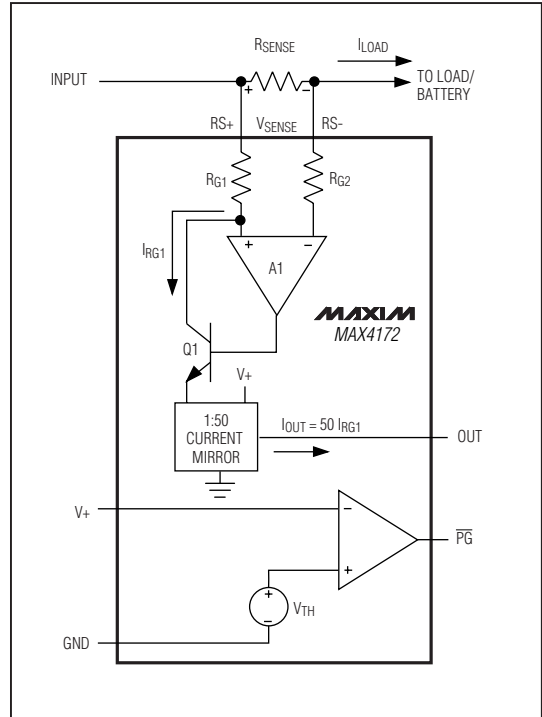


図1. ファンクションダイアグラム

アプリケーション情報

様々なアプリケーションにおける推奨部品定数

「標準動作回路」は、広範囲のアプリケーションに有用です。表1に、推奨部品定数及び様々なアプリケーションで100mA ~ 10Aの電流を検出するために必要なスケールファクターを示します。

電流の大小に合わせて R_{SENSE} 値を調節してください。次節で説明するガイドラインと式を使用して R_{SENSE} を選択してください。

検出抵抗 R_{SENSE}

R_{SENSE} は、以下の基準に従って選択してください。

- 電圧損失： R_{SENSE} の値が大きいと、IR損失のために電源電圧が低下します。電圧損失を小さくするには、 R_{SENSE} 値をできるだけ小さくしてください。

表1. 推奨部品定数

FULL-SCALE LOAD CURRENT (A)	CURRENT-SENSE RESISTOR, R_{SENSE} (m Ω)	OUTPUT RESISTOR, R_{OUT} (k Ω)	FULL-SCALE OUTPUT VOLTAGE, V_{OUT} (V)	SCALE FACTOR, V_{OUT}/I_{SENSE} (V/A)
0.1	1000	3.48	3.48	34.8
1	100	3.48	3.48	3.48
5	20	3.48	3.48	0.696
10	10	3.48	3.48	0.348

- 精度： R_{SENSE} の値が大きければ、小さな電流を正確に測定することができます。これは検出電圧が大きいとオフセットの影響が小さくなるためです。最高の性能を得るには、各アプリケーションのフルスケール電流に対して検出電圧が約100mVになるように R_{SENSE} を選択してください。
- 効率及び電力消費：電流が大きい場合、 R_{SENSE} での I^2R 損失が顕著になってきます。抵抗の値と電力消費(ワット数)定格を選ぶ時はこのことを考慮してください。また、検出抵抗が過熱すると抵抗値がドリフトすることがあります。
- インダクタンス： I_{SENSE} の高周波成分が大きい場合は、インダクタンスを小さくしてください。巻線抵抗はインダクタンスが最も大きく、金属皮膜抵抗はそれよりも多少良好です。低インダクタンス金属膜抵抗も入手可能です。普通の金属皮膜や巻線抵抗ではコアの周りに螺旋状に巻いてあるのに対して、これらの抵抗では金属がまっすぐなバンドになっており、1以下のもが入手できます。
- コスト： R_{SENSE} のコストが問題になる場合は、図2に示す別法が使えます。この解決法ではPCボードのトレースを使用して検出抵抗を形成します。銅抵抗は不正確であることから、フルスケール電流値はポテンショメータで調節する必要があります。また、銅抵抗の温度係数はかなり大きくなっています(約0.4%/)。

図2では、測定する負荷電流は10Aで、0.3インチ(0.76cm)幅の2オンス銅を使用すると仮定しています。幅0.1インチ(0.25cm)の2オンス(70ミクロン厚)銅の抵抗率は、30m /フィートです。10Aの場合、フルスケールでの電圧降下50mVを得るために $R_{SENSE} = 5m$ が必要です。この抵抗は、0.1インチ幅の銅トレース約2インチ(5cm)を必要とします。

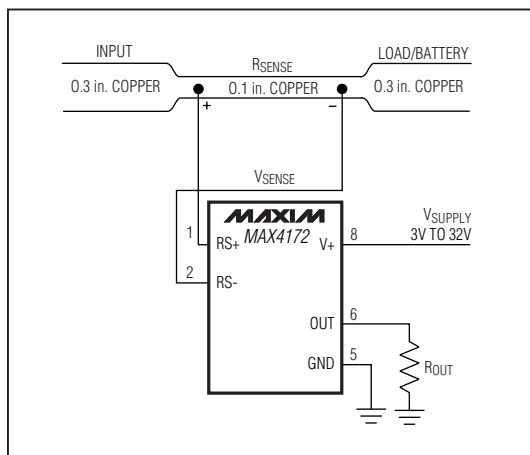


図2. PCボードを使う場合のMAX4172の接続

電流検出の調節(抵抗範囲、出力調節)

R_{SENSE} を選択した後に R_{OUT} を選択します。 R_{SENSE} によって決まるフルスケール I_{OUT} に基づき、必要なフルスケール電圧が得られるように R_{OUT} を決めてください。OUTはインピーダンスが高いため、 R_{OUT} を最大200kにしても最小限の誤差で済みます。測定精度の低下を防ぐには、OUTの負荷インピーダンス(例えばオペアンプ又はADCの入力)を R_{OUT} よりも大幅に大きくする必要があります(例えば100 x R_{OUT})。

大電流の測定

MAX4172では、抵抗値の小さな検出抵抗を使用することにより、大きな電流を測定できます。抵抗を並列に接続すると、さらに検出リミットを増やすことができます。別法として、PCボードのトレースを広範囲に調節することもできます。

低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

MAX4172

電源バイパス及びグランド

殆どのアプリケーションでは、MAX4172の接地に際して特別な注意は必要ありません。但し、大電流システムではグランドプレーン上での電圧降下が大きくなり、 V_{OUT} が上下にずれることがあります。電流測定の精度を上げるため、シングルポイントのスターグランドを使用してください。

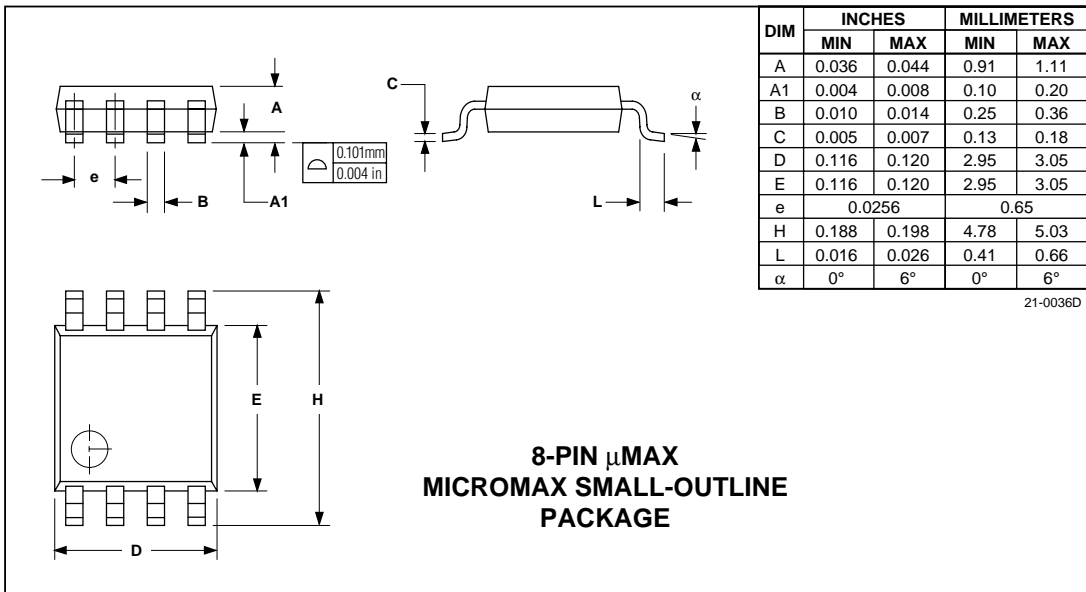
MAX4172は特別なバイパスを必要とせず、ライン電流の過渡変動に素早く応答します。これらの変動に起因するOUTのノイズが問題になる場合は、OUTピンとグランドの間に $1\mu F$ のコンデンサを取り付けてください。RS端子(又はMAX4172の負荷側)に大きなコンデンサを取り付けることによって、負荷をデカップリングして電流変動を低減できます。これらのコンデンサがなくてもMAX4172は安定に動作します。RS+とRS-入力間にコンデンサ(例えば $1\mu F$)を入れて検出された電流を平均し、フィルタリングできます。

チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 177

SUBSTRATE CONNECTED TO GND

パッケージ



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

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**

© 1996 Maxim Integrated Products

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.