

低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

概要

MAX4172は携帯型PC、電話、およびその他のバッテリー/DC電源ラインの監視が重要なシステム用の低コスト、高精度、ハイサイド電流検出アンプです。ハイサイド電源ラインの監視はバッテリーチャージャのグラウンド経路に干渉しないため、バッテリー給電システムには特に有用です。広い帯域幅とグラウンド検出の機能によってMAX4172は閉ループバッテリーチャージャや汎用電流供給アプリケーションに好適になっています。0~32Vの入力コモンモード範囲は電源電圧とは関係がなく、深く放電したバッテリーに接続した場合でも電流検出のフィードバックが有効であることが保証されます。

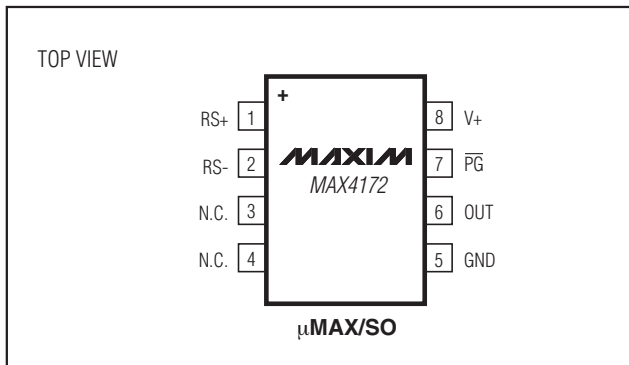
高い柔軟性を提供するために、MAX4172は監視される負荷電流の範囲の設定に外付け検出抵抗を使用して機能します。MAX4172は1個の抵抗を使用してグラウンド基準の電圧に変換可能な電流出力を提供し、広範なバッテリー電圧および電流に対応します。

オープンコレクタのパワーグッド出力(PG)は電源電圧が十分なレベルに達して電流検出アンプの正常な動作が保証される場合に表示されます。MAX4172は3.0V~32Vの電源電圧で動作し、省スペースの8ピン μ MAX[®]またはSOパッケージでご利用頂けます。

アプリケーション

- 携帯PC：ノートブック/サブノートブック/パームトップ
- バッテリー給電/携帯型機器
- 閉ループバッテリーチャージャ/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/測定システム
- エネルギー管理システム

ピン配置



μ MAXはMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。



特長

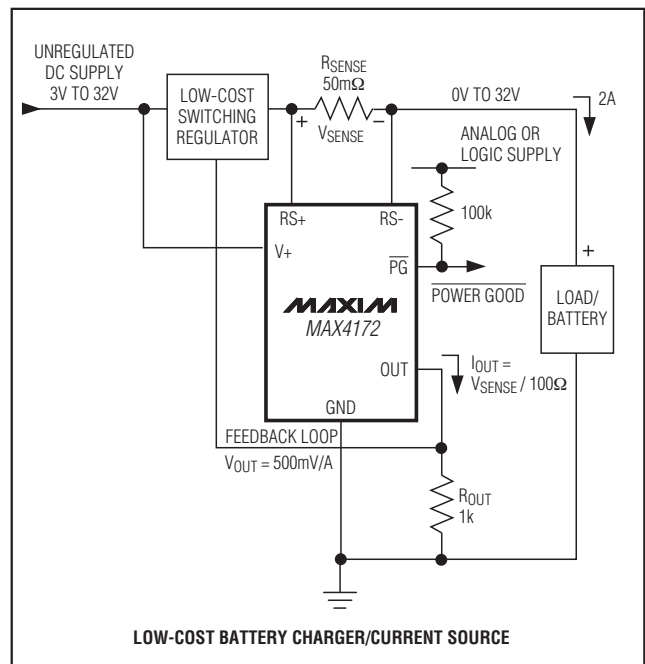
- ◆ 低コスト、ハイサイド電流検出アンプ
- ◆ フルスケール精度：全温度範囲で $\pm 0.5\%$ (typ)
- ◆ 電源電圧：3V~32V
- ◆ 高精度の+2V~+32Vのコモンモード範囲、最低0Vまで動作、電源電圧と無関係
- ◆ 帯域幅：800kHz [$V_{SENSE} = 100\text{mV}$ (1C)]
帯域幅：200kHz [$V_{SENSE} = 6.25\text{mV}$ (C/16)]
- ◆ 省スペースの μ MAXおよびSOパッケージで動作

型番

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

+は鉛(Pb)フリー/RoHS準拠パッケージを示します。

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, VRS+ - VRS-	±700mV
Current into Any Pin	±50mA
Continuous Power Dissipation (TA = +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, 10s)	+300°C
Soldering Temperature (reflow)	+260°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; VRS+, VRS- = 0V to 32V; TA = TMIN to TMAX; unless otherwise noted. Typical values are at V+ = +12V, VRS+ = 12V, TA = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Voltage Range	V+		3		32	V
Input Voltage Range	VRS-		0		32	V
Supply Current	Iv+	IOUT = 0mA		0.8	1.6	mA
Input Offset Voltage	VOS	V+ = 12V, VRS+ = 12V	MAX4172ESA	±0.1	±0.75	mV
			MAX4172EUA	±0.2	±1.6	
		VRS+ ≤ 2.0V		4		
Positive Input Bias Current	IRS+	VRS+ > 2.0V, IOUT = 0mA	0	27	42.5	μA
		VRS+ ≤ 2.0V, IOUT = 0mA	-325		42.5	
Negative Input Bias Current	IRS-	VRS+ > 2.0V	0	50	85	μA
		VRS+ ≤ 2.0V	-650		85	
Maximum VSENSE Voltage			150	175		mV
Low-Level Current Error		VSENSE = 6.25mV, V+ = 12V, VRS+ = 12V (Note 1)	MAX4172ESA		±8.0	μA
			MAX4172EUA		±15	
Output Current Error		VSENSE = 100mV, V+ = 12V, VRS+ = 12V	MAX4172ESA, TA = -40°C to 0°C		±20	μA
			MAX4172EUA, TA = -40°C to 0°C		±50	
			MAX4172ESA, TA = 0°C to +85°C		±10	
			MAX4172EUA, TA = 0°C to +85°C		±15	
OUT Power-Supply Rejection Ratio	ΔIOUT / ΔV+	3V ≤ V+ ≤ 32V, VRS+ > 2.0V		0.2		μA/V
OUT Common-Mode Rejection Ratio	ΔIOUT / ΔVRS+	2.0V < VRS+ < 32V		0.03		μA/V

低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

MAX4172

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_+ = +3V$ to $+32V$; V_{RS+} , $V_{RS-} = 0V$ to $32V$; $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} ; unless otherwise noted. Typical values are at $V_+ = +12V$, $V_{RS+} = 12V$, $T_A = +25^\circ C$.)

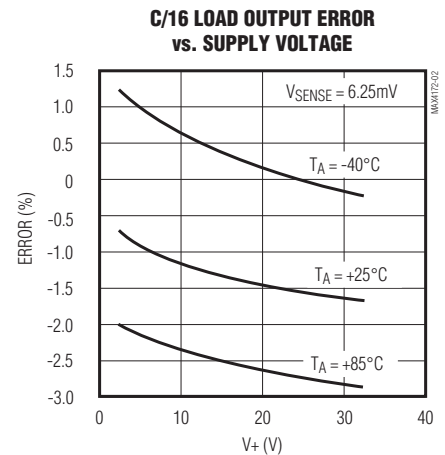
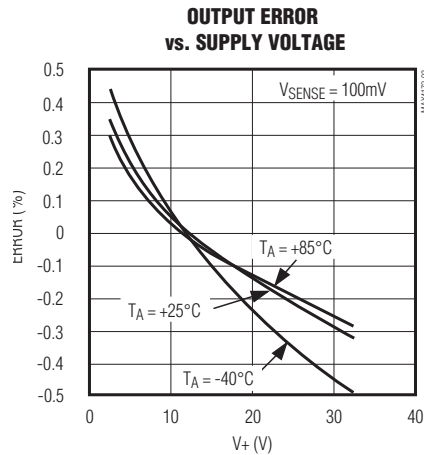
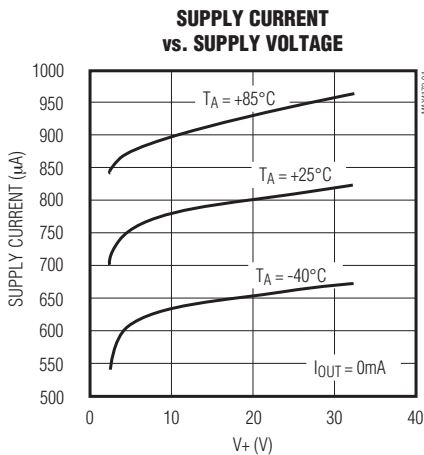
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Maximum Output Voltage (OUT)		$I_{OUT} \leq 1.5mA$			$V_+ - 1.2$	V	
Bandwidth		$V_{SENSE} = 100mV$		800		kHz	
		$V_{SENSE} = 6.25mV$ (Note 1)		200			
Maximum Output Current	I_{OUT}		1.5	1.75		mA	
Transconductance	G_m	$G_m = I_{OUT} / (V_{RS+} - V_{RS-})$,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

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{PG} is low.

標準動作特性

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

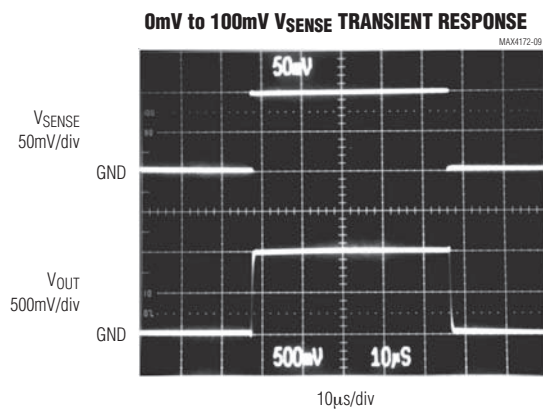
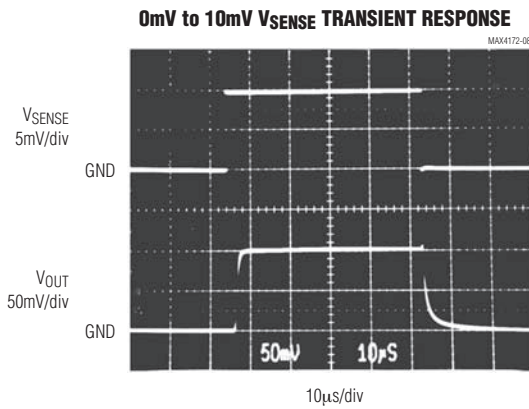
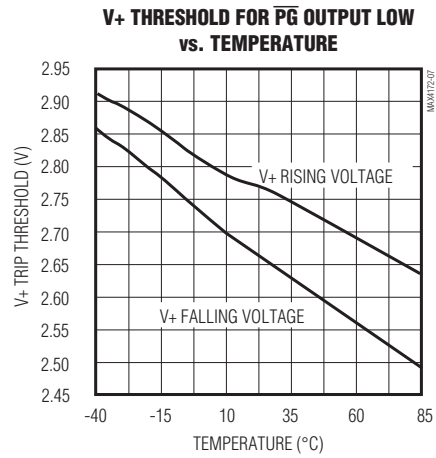
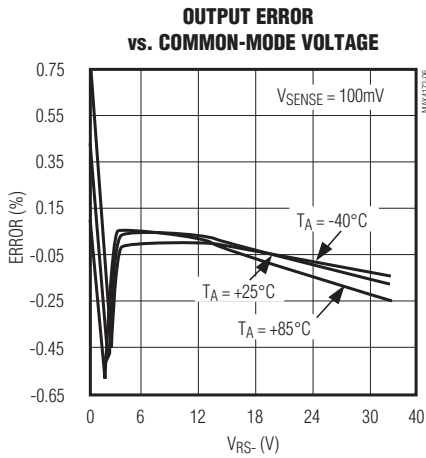
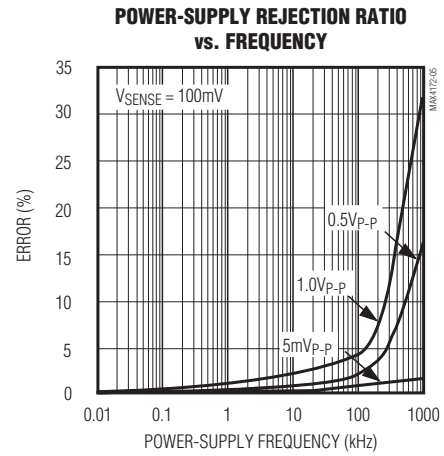
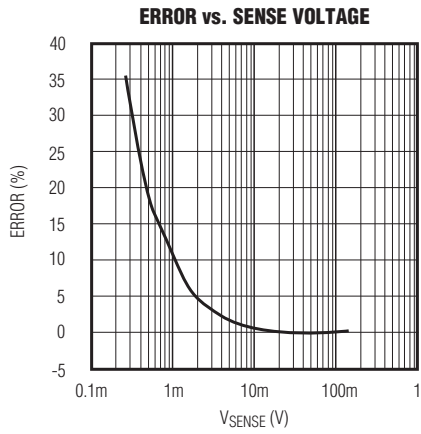


低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

MAX4172

標準動作特性(続き)

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

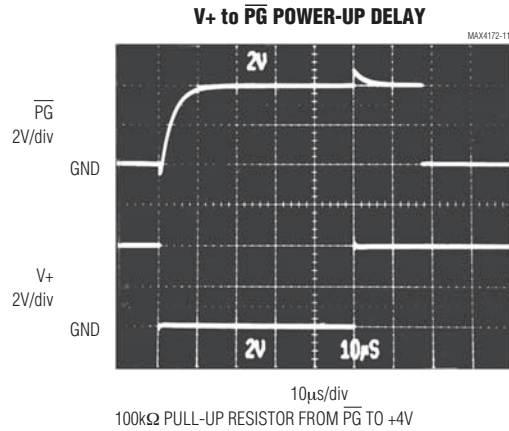
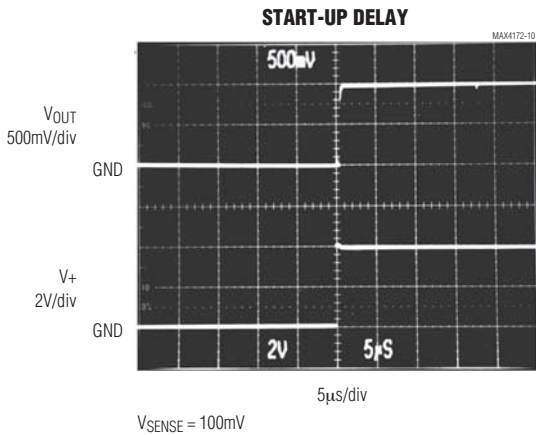


低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

MAX4172

標準動作特性(続き)

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



端子説明

端子	名称	機能
1	RS+	外部検出抵抗への電源側接続。「+」は電流の方向を示します。
2	RS-	外部検出抵抗への負荷側接続。「-」は電流の方向を示します。
3, 4	N.C.	無接続。内部で接続されていません。オープンにするか、またはGNDに接続します。
5	GND	グランド
6	OUT	電流出力。OUTは検出電圧の大きさ($V_{RS+} - V_{RS-}$)に比例します。OUTとグランド間の1kΩの抵抗によって10V/Vの検出電圧に等しい電圧が得られます。
7	\overline{PG}	パワーグッドオープンコレクタロジック出力。ローレベルはV+がMAX4172の給電に充分で、電源オンのトランジェントが静定するのに充分な時間が経過したことを示します。
8	V+	MAX4172への電源電圧入力

詳細

MAX4172は電源電圧と独立な入力コモンモード範囲を備えた単方向のハイサイド電流検出アンプです。この機能によって深く放電したバッテリーに流入する電流の監視が可能であるばかりでなく、電源電圧(V+)をはるかに超える電圧のハイサイド電流の検出も可能になります。

MAX4172の電流検出アンプの独特な技術により電流の監視と制御が簡単になります。MAX4172のアンプは図1に示すように動作します。バッテリー/負荷電流はRS+ノードとRS-ノード間の外付け検出抵抗(R_{SENSE})を通して

流れます。電流は R_{G1} およびQ1を通して流れ、したがって、電流ミラーに流れ、OUTに現れる前にそこで50倍に増幅されます。

図1の回路を解析するために、電流はRS+からRS-に流れ、OUTは抵抗を通してGNDに接続されていると仮定します。A1の反転入力にはハイインピーダンスであるため、 R_{G2} を通して電流は流れず(入力バイアス電流を無視します)、したがって、A1の負入力には $V_{SOURCE} - (I_{LOAD} \times R_{SENSE})$ に等しくなります。A1の開ループゲインによってその正入力には必然的に負入力と同じ電圧

低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

MAX4172

レベルに強制されます。したがって、 R_{G1} の電圧降下は $I_{LOAD} \times R_{SENSE}$ に等しくなります。また、 I_{RG1} は R_{G1} を通して流れるため、 $I_{RG1} \times R_{G1} = I_{LOAD} \times R_{SENSE}$ になります。内部電流ミラーは I_{RG1} を50倍に増倍して、 $I_{OUT} = 50 \times I_{RG1}$ になります。 $I_{OUT} / 50$ を I_{RG1} に代入して、 $(I_{OUT} / 50) \times R_{G1} = I_{LOAD} \times R_{SENSE}$ 、または次の式になります。

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

内部電流利得50と出荷時調整の抵抗 R_{G1} を組み合わせると、10mA/VのMAX4172のトランスコンダクタンス(G_m)になります。 G_m は $I_{OUT} / (V_{RS+} - V_{RS-})$ に等しいと定義されます。 $(V_{RS+} - V_{RS-}) = I_{LOAD} \times R_{SENSE}$ であるため、出力電流(I_{OUT})は次の式で計算することができます。

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

電流出力

MAX4172の出力電圧の式が次によって与えられます。

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

ここで V_{OUT} = 所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、および G_m = MAX4172のトランスコンダクタンス(10mA/V)。

フルスケール出力電圧は R_{OUT} 抵抗の値を変更して設定可能ですが、出力電圧は V_+ - 1.2Vより大きくしてはなりません。特定のフルスケール範囲に対して必要な R_{OUT} を決定するために、上述の式は次のように変更することができます。

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

OUTはハイインピーダンスの電流源であるため、それを容量性負荷に接続して組み込むことができます。

PG出力

PG出力はオープンコレクタのロジック出力で、MAX4172の V_+ 電源の状態を表示します。PG出力がロジックローであることは V_+ が十分にMAX4172に給電していることを示します。このレベルは温度依存(「標準動作特性」のグラフを参照)で、標準的には室温で2.7Vです。内部のPGコンパレータは100mV (typ)のヒステリシスを備え、PG出力を繰り返してトグルすることに起因して生じる可能性がある発振を防止するため、ソフトスタート機能がない電源管理システムにとってこのデバイスは理想的です。PGコンパレータの内部遅延(15 μ s, typ)は電源オンのトランジェントが静定するのに十分な時間を与えます。PGの状態インジケータは、コントロールループ内の部品が正しく動作するために十分な電圧を保証することによって、閉ループシステムの設計を大幅に簡素化します。

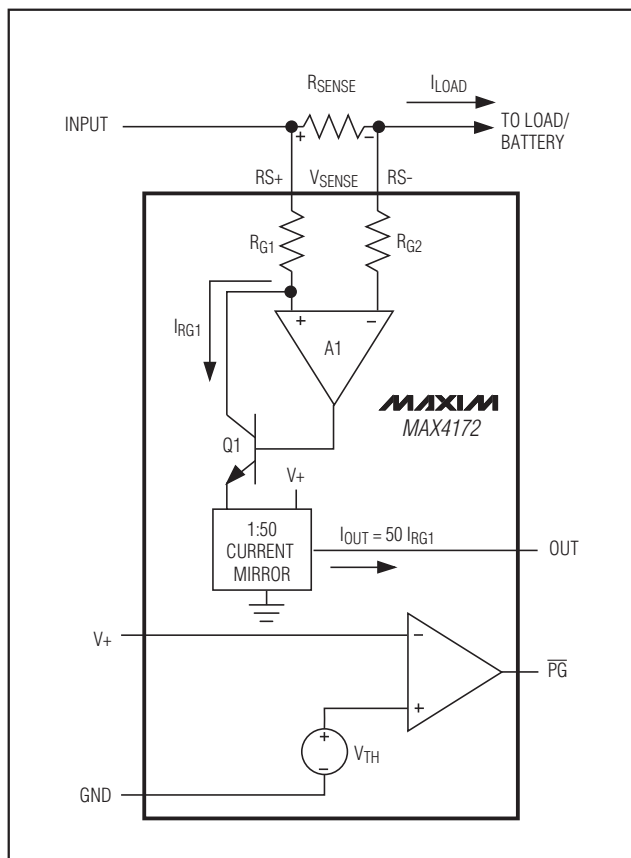


図1. ファンクションダイアグラム

アプリケーション情報

さまざまなアプリケーションにおいて 推奨する部品

「標準動作回路」はさまざまなアプリケーションに有用です。表1は提案する部品値を示し、100mA~10Aの電流を検出するために必要なさまざまなアプリケーション用のスケールファクタの結果が示されています。

より大きいまたは小さい電流レベルを監視するためには、 R_{SENSE} の値を調整します。 R_{SENSE} は以下の項のガイドラインおよび式を使用して選択してください。

検出抵抗、 R_{SENSE}

R_{SENSE} は次の判定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損失による電源電圧の低下が生じます。最小の電圧損失とするためには、最小の R_{SENSE} の値にしてください。

低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

MAX4172

表1. 推奨する部品の値

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} の値を大きくすると、小さい電流の測定が正確になります。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からです。最良の性能を得るために、各アプリケーションでフルスケール電流に対しておよそ100mVの検出電圧を得るように R_{SENSE} を選択してください。
- 効率と電力消費**：電流レベルが高いと、 R_{SENSE} の I^2R 損失が大きくなります。抵抗の値とその電力消費(ワット)定格を選択する場合はこのことを考慮してください。また、検出抵抗の値は、それが過剰に発熱した場合には、ドリフトする可能性があります。
- インダクタンス**： I_{SENSE} の周波数成分が高い場合、インダクタンスを小さくしてください。巻き線抵抗は最大のインダクタンスを持ち、金属フィルムが幾分良好です。低インダクタンスの金属フィルムも入手可能です。金属フィルムまたは巻き線抵抗のように、コアの回りに螺旋状に巻かれる代わりに、低インダクタンスの抵抗は、金属の直線の帯状になっており、1 Ω を下回る値を入手可能です。
- コスト**： R_{SENSE} 抵抗のコストが問題になる場合、図2に示すように、別のソリューションを求めたい場合があります。このソリューションは検出抵抗をPCボードのトレースによって作ります。銅抵抗は不正確であるため、フルスケール電流値はポテンシオメータで調整しなければなりません。また、銅の抵抗温度係数はかなり大きい値です(およそ0.4%/ $^{\circ}\text{C}$)。

図2において、測定する負荷電流を10A、0.3インチ(0.76cm)幅の2オンス銅が適切であると仮定します。0.1インチ(0.25cm)幅、2オンス(70 μm 厚)の銅の抵抗は30m Ω /フィートです。10Aの場合、フルスケールで50mVの電圧降下を得るためには $R_{SENSE} = 5\text{m}\Omega$ を要します。この抵抗を得るためには、0.1インチ幅で2インチ(5cm)長の銅トレースが必要です。

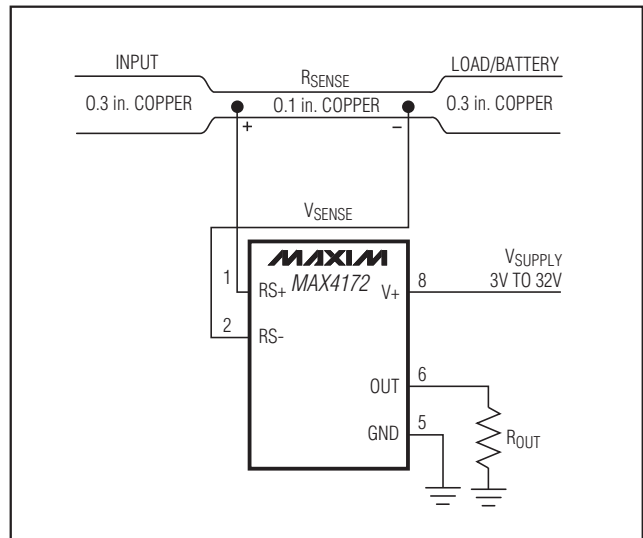


図2. PC基板の使用を示すMAX4172の接続

電流検出調整(抵抗範囲、出力調整)

R_{SENSE} を選択した後に R_{OUT} を選択します。 R_{SENSE} によって決定されるフルスケールの I_{OUT} に基づき、 R_{OUT} は必要とするフルスケール電圧が得られるように選択します。OUTはハイインピーダンスであるため、 R_{OUT} の値は最大200k Ω までは最小の誤差となります。OUTの負荷インピーダンス(例、オペアンプの入力またはADC)は R_{OUT} よりもずっと大きくして(例、100 x R_{OUT})測定精度を悪化させないようにします。

大電流の測定

MAX4172は小さい値の検出抵抗を使用すると大電流の測定が達成されます。さらにそれを並列にすると、電流検出限界が増大します。別の方法として、PC基板のトレースは広い範囲で調整することが可能です。

低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

MAX4172

電源バイパスおよびグラウンド

ほとんどのアプリケーションでは、MAX4172のグラウンド接続は特別な注意は不要です。しかし、大電流のシステムでは、グラウンドプレーンに大きな電圧降下が生じる可能性があり、それは V_{OUT} に対して加わるか、または減少させます。最高の電流測定精度を得るためにはシングルポイントのグラウンドを使用してください。

MAX4172は特別なバイパスは不要で、ライン電流の過渡変化に高速で応答します。これらのトランジェントに起因するOUTのノイズが問題となる場合は、OUTピンとグラウンド間に1 μ Fのコンデンサを配置することができます。RS端子(またはMAX4172の負荷側)に大きいコンデンサを配置すると、負荷がデカップルされて、電流トランジェントを減少させることができます。これらのコンデンサはMAX4172の動作および安定性には不要です。RS+およびRS-入力はコンデンサ(例、1 μ F)をその間に配置してフィルタとし、検出電流を平均化することができます。

チップ情報

SUBSTRATE CONNECTED TO GND

パッケージ

最新のパッケージ図面情報およびランドパターンは、japan.maxim-ic.com/packagesを参照してください。なお、パッケージコードに含まれる「+」、「#」、または「-」はRoHS対応状況を表したものでしかありません。パッケージ図面はパッケージそのものに関するものでRoHS対応状況とは関係がなく、図面によってパッケージコードが異なることがある点に注意してください。

パッケージタイプ	パッケージコード	外形図No.	ランドパターンNo.
SO	S8+4	21-0042	90-0096
μ MAX	U8+1	21-0036	90-0092

低コスト、高精度、ハイサイド 電流検出アンプ

MAX4172

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	12/96	初版	—
1	6/10	0V~2Vはデバイスの高精度レンジでないことを明確化、計画中の製品を削除、鉛フリーオプションおよびはんだ温度を追加	1, 2

マキシム・ジャパン株式会社 〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ 4号館 20F TEL: 03-6893-6600

Maximは完全にMaxim製品に組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。Maxim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。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 _____ 9