

# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

## 概要

MAX471/MAX472は、完全な双方向、ハイサイド電流検出アンプで、ポータブルPCや電話等の電池やDC電源ラインの監視が重要となるアプリケーションに適しています。ハイサイド電源ライン監視は、“スマート” バッテリー等で重要視されるバッテリー充電器や監視回路のグランド経路への干渉がないため、バッテリー駆動システム用として最適です。

MAX471は、35mΩの電流検出抵抗を内部に備え、±3Aまでのバッテリー電流を測定します。より高電流等の設計の自由度を広げるアプリケーション用としては、検出抵抗及びゲイン設定抵抗を外付けして用いるMAX472をご使用ください。どちらのデバイスも電流出力を備え、抵抗1本でグランドを基準とした電圧出力に変換することができるため、広範囲のバッテリー電圧及び電流に対応できます。

オープンコレクタのSIGN出力は電流の方向を示すため、バッテリーが充電中か放電中かのいずれかを知ることができます。どちらのデバイスも3V～36Vで動作し、全温度範囲で消費電流は100μA以下、シャットダウン電流は最大18μAです。

## 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/バームトップ  
スマートバッテリーパック  
セルラー電話  
携帯電話  
ポータブルのテスト/測定機器  
電池駆動機器  
エネルギー管理機器

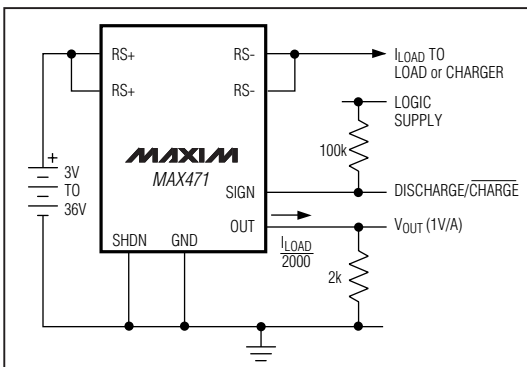
## 特長

- ◆ 完全ハイサイド電流検出
- ◆ 高精度内部検出抵抗 (MAX471)
- ◆ 精度：全温度範囲で2%
- ◆ 充電と放電の両方を監視
- ◆ 内部検出抵抗により3Aまで検出 (MAX471)
- ◆ 外部検出抵抗により高電流検出 (MAX472)
- ◆ 最大消費電流：100μA
- ◆ 最大シャットダウン電流：18μA
- ◆ 電源電圧：3V～36V
- ◆ パッケージ：8ピンDIP/SOP

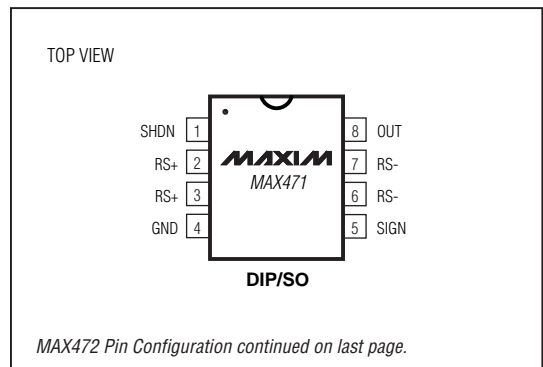
## 型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX471CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX471CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX471EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX471ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX472CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX472CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX472EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX472ESA	-40°C to +85°C	8 SO

## 標準動作回路



## ピン配置



# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

MAX471/MAX472

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage, RS+, RS-, VCC to GND.....	-0.3V, +40V
RMS Current, RS+ to RS- (MAX471 only).....	±3.3A
Peak Current, (RS+ to RS-).....	see Figure 5
Differential Input Voltage, RG1 to RG2 (MAX472 only) .....	±0.3V
Voltage at Any Pin Except SIGN	
MAX471 only .....	-0.3V to (RS+ - 0.3V)
MAX472 only .....	-0.3V to (VCC + 0.3V)
Voltage at SIGN .....	-0.3V to +40V
Current into SHDN, GND, OUT, RG1, RG2, VCC.....	±50mA
Current into SIGN.....	+10mA, -50mA

Continuous Power Dissipation (TA = +70°C)	
MAX471 (Note 1):	
Plastic DIP (derate 17.5mW/°C above +70°C) .....	1.4W
SO (derate 9.9mW/°C above +70°C).....	791mW
MAX472 :	
Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C) .....	727mW
SO (derate 5.88mW/°C above +70°C).....	471mW
Operating Temperature Ranges	
MAX47_C_A .....	0°C to +70°C
MAX47_E_A .....	-40°C to +85°C
Junction Temperature Range .....	-60°C to +150°C
Storage Temperature Range .....	-60°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) .....	+300°C

**Note 1:** Due to special packaging considerations, MAX471 (DIP, SO) has a higher power dissipation rating than the MAX472. RS+ and RS- must be soldered to large copper traces to achieve this dissipation rating.

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—MAX471

(RS+ = +3V to +36V, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted. Typical values are at TA = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Supply Voltage	VRS+		3		36	V	
Supply Current	IRS+	ILOAD = 0A, excludes ISIGN		50	113	μA	
Sense Current	ILOAD				±3	ARMS	
Sense Resistor	RSENSE			35	70	mΩ	
Current-Sense Ratio	IOUT/ ILOAD	ILOAD = 1A, RS+ = 10V	MAX471C		0.490	0.500	0.510
			MAX471E		0.4875	0.500	0.5125
No-Load OUT Error		ILOAD = 0A, RS+ = 10V	MAX471C			2.5	μA
			MAX471E			3.0	
Low-Level OUT Error		ILOAD = 30mA, RS+ = 10V	MAX471C			±2.5	μA
			MAX471E			±3.0	
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	3V ≤ RS+ ≤ 36V, ILOAD = 1A			0.1	%/V	
SIGN Threshold (ILOAD required to switch SIGN)		MAX471C		±4.0	±6.0	mA	
		MAX471E			±7.0		
SIGN Output Leakage Current		VSIGN = 36V			1.0	μA	
SIGN Sink Current	IOL	VSIGN = 0.3V	0.1			mA	
Shutdown Supply Current	IRS+(SHDN)	VSHDN = 2.4V; VCC = 3V to 20V		1.5	18.0	μA	
SHDN Input Low Voltage	VIL				0.3	V	
SHDN Input Low Current	IIL	VSHDN = 0V			1.0	μA	
SHDN Input High Voltage	VIH		2.4			V	
SHDN Input High Current	IIH	VSHDN = 2.4V			1.0	μA	
OUT Output Voltage Range	VOOUT		0	VRS+ - 1.5		V	
OUT Output Resistance	ROUT	ILOAD = 3.0A, VOOUT = 0V to (VRS+ - 1.5V)	1	3		MΩ	
OUT Rise, Fall Time	tr, tf	ILOAD = 50mA to 3.0A, ROUT = 2kΩ, COOUT = 50pF, 10% to 90%		4		μs	
OUT Settling Time to 1% of Final Value	ts	ILOAD = 100mA to 3.0A, ROUT = 2kΩ, COOUT = 50pF		15		μs	

# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

MAX471/MAX472

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX472

( $V_{CC} = +3V$  to  $+36V$ ,  $R_{G1} = R_{G2} = 200\Omega$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	$V_{CC}$		3		36	V
Supply Current	$I_{CC}$	$I_{LOAD} = 0A$ , excludes $I_{SIGN}$ ; $V_{CC} = 3V$ to $20V$		20	48	$\mu A$
Input Offset Voltage (Note 2)	$V_{OS}$	MAX472C			120	$\mu V$
		MAX472E			140	
Input Bias Current	$I_{RG1}$ , $I_{RG2}$			20	35	$\mu A$
Input Bias-Current Matching	$I_{OS}$	$I_{RG1} - I_{RG2}$		$\pm 0.4$	$\pm 3.0$	$\mu A$
OUT Current Accuracy	$I_{RG}/I_{OUT}$	$V_{SENSE} = 100mV$ , $V_{CC} = 10V$ (Note 3)	MAX472C		$\pm 2$	%
			MAX472E		$\pm 2.5$	
No-Load OUT Error		$V_{CC} = 10V$ , $V_{SENSE} = 0V$	MAX472C		2.5	$\mu A$
			MAX472E		3	
Low-Level OUT Error		$V_{CC} = 10V$ , $V_{SENSE} = 3mV$	MAX472C		$\pm 2.5$	$\mu A$
			MAX472E		$\pm 3.0$	
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	$3V \leq V_{CC} \leq 36V$ , $V_{SENSE} = 100mV$			0.1	%/V
SIGN Threshold ( $V_{SENSE}$ required to switch SIGN)		$V_{CC} = 10V$	MAX472C		60	$\mu V$
			MAX472E		60	
SIGN Output Leakage Current		$V_{SIGN} = 36V$			1.0	$\mu A$
SIGN Output Sink Current		$V_{SIGN} = 0.3V$	0.1			mA
Shutdown Supply Current	$I_{CC}(SHDN)$	$V_{SHDN} = 2.4V$ ; $V_{CC} = 3V$ to $20V$		1.5	18.0	$\mu A$
SHDN Input Low Voltage	$V_{IL}$				0.3	V
SHDN Input Low Current	$I_{IL}$	$V_{SHDN} = 0V$			1.0	$\mu A$
SHDN Input High Voltage	$V_{IH}$		2.4			V
SHDN Input High Current	$I_{IH}$	$V_{SHDN} = 2.4V$			1.0	$\mu A$
OUT Output Voltage Range	$V_{OUT}$		0		$V_{CC} - 1.5$	V
OUT Output Resistance	$R_{OUT}$	$I_{OUT} = 1.5mA$	1	3		$M\Omega$
OUT Rise, Fall Time	$t_R$ , $t_F$	$V_{SENSE} = 5mV$ to $150mV$ , $R_{OUT} = 2k\Omega$ , $C_{OUT} = 50pF$ , 10% to 90%		4		$\mu s$
OUT Settling Time to 1% of Final Value	$t_s$	$V_{SENSE} = 5mV$ to $150mV$ , $R_{OUT} = 2k\Omega$ , $C_{OUT} = 50pF$		15		$\mu s$
Maximum Output Current	$I_{OUT}$		1.5			mA

**Note 2:**  $V_{OS}$  is defined as the input voltage ( $V_{SENSE}$ ) required to give minimum  $I_{OUT}$ .

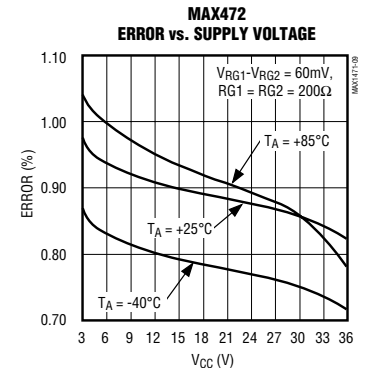
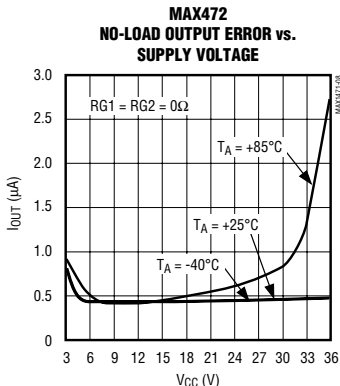
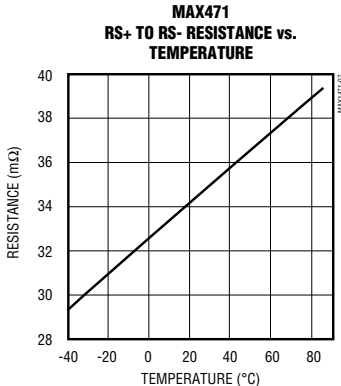
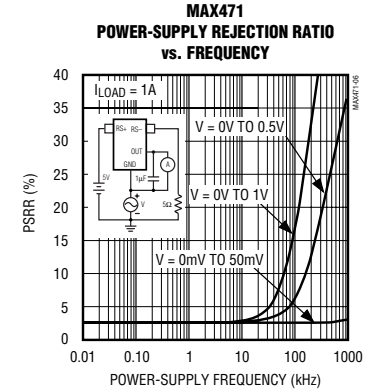
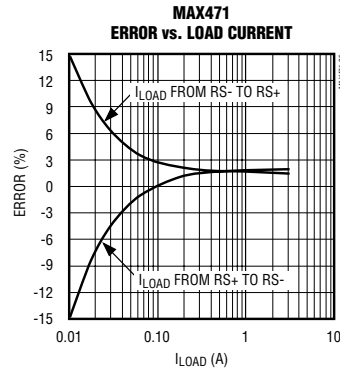
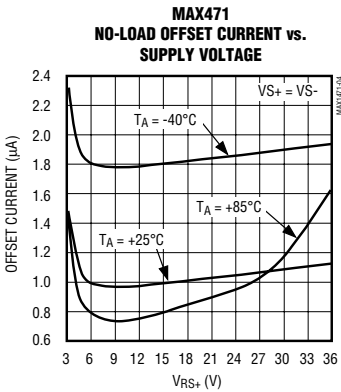
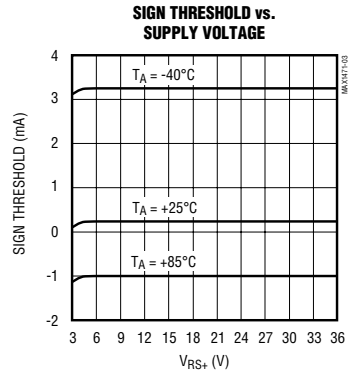
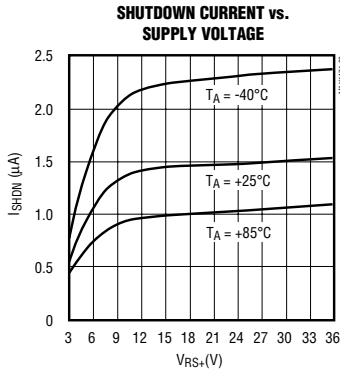
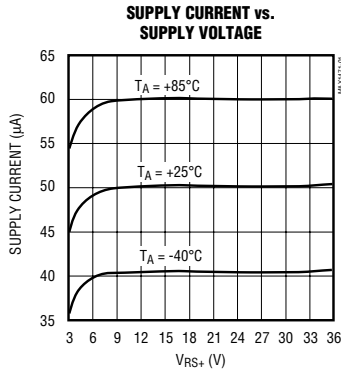
**Note 3:**  $V_{SENSE}$  is the voltage across the sense resistor.

# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

MAX471/MAX472

## 標準動作特性

(Typical Operating Circuit (MAX471) or circuit of Figure 4,  $R_{G1} = R_{G2} = 200\Omega$ ,  $R_{OUT} = 2k\Omega$  (MAX472),  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

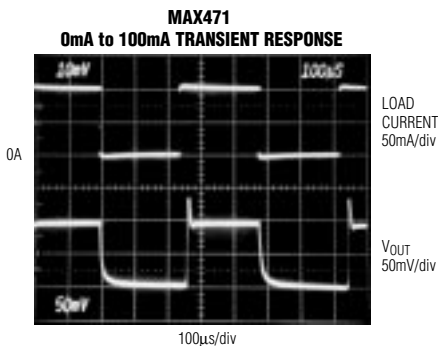
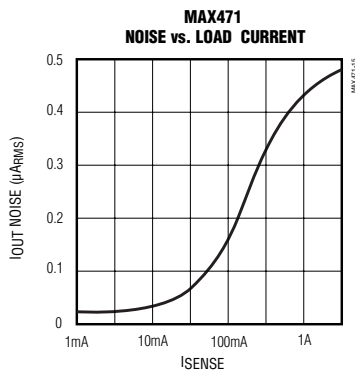
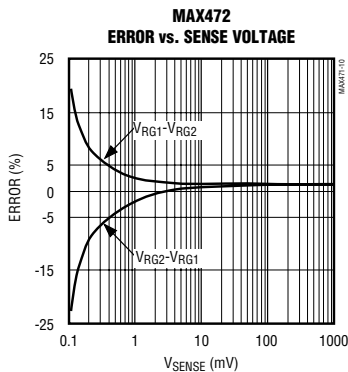


# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

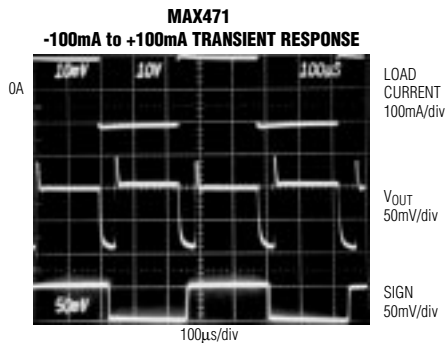
MAX471/MAX472

## 標準動作特性 (続き)

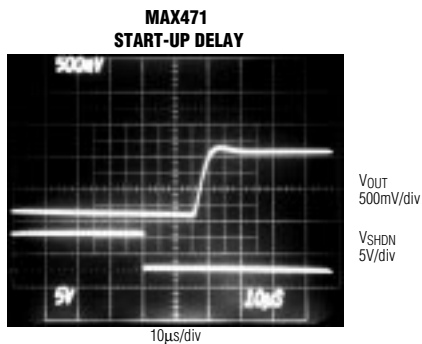
(Typical Operating Circuit (MAX471) or circuit of Figure 4,  $R_{G1} = R_{G2} = 200\Omega$ ,  $R_{OUT} = 2k\Omega$  (MAX472),  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)



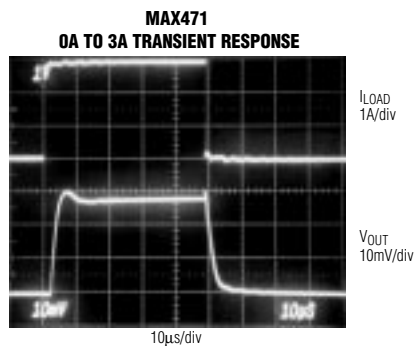
$V_{CC} = 10\text{V}$ ,  $R_{OUT} = 2k\Omega$  1%, SIGN PULL-UP =  $50k\Omega$  1%



$V_{CC} = 10\text{V}$ ,  $R_{OUT} = 2k\Omega$  1%, SIGN PULL-UP =  $50k\Omega$  1%



$I_{LOAD} = 1\text{A}$ ,  $R_{OUT} = 2k\Omega$  1%



$R_{OUT} = 2k\Omega$  1%

# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

MAX471/MAX472

## 端子説明

端子		名称	機能
MAX471	MAX472		
1	1	SHDN	シャットダウン。通常動作ではグラウンドに接続してください。ハイの状態では消費電流は5μA以下です。
2, 3	—	RS+	内部電流検出抵抗の電池(電源)側。「+」はSIGN出力のみの電流の方向を示します。端子2と3をパッケージの所で互いに接続してください。
—	2	N.C.	未接続。内部未接続。
—	3	RG1	ゲイン抵抗。ゲイン抵抗を介して電流検出抵抗の電池側に接続してください。
4	4	GND	グラウンド又は電池マイナス端子。
5	5	SIGN	オープンコレクタのロジック出力。MAX471の場合、ローレベルは電流がRS-からRS+に流れることを示します。MAX472の場合、ローレベルはマイナスのV <sub>SENSE</sub> を示します(図2参照)。SHDNがハイのときSIGNはハイインピーダンスになります。SIGNは、使用しない時はオープンのままにしてください。
6, 7	—	RS-	内部電流検出抵抗の負荷側。「-」はSIGN出力のみの電流の方向を示します。端子6と7をパッケージの所で互いに接続してください。
—	6	RG2	ゲイン抵抗。ゲイン抵抗を介して電流検出抵抗の負荷側に接続してください。
—	7	VCC	MAX472の電源入力。RG1と検出抵抗(R <sub>SENSE</sub> )の接続部に接続してください。
8	8	OUT	R <sub>SENSE</sub> を流れる検出電流の大きさに比例した電流出力。本端子とグラウンド間を2kΩの抵抗で接続すると、MAX471では検出された電流1Aに対して1Vの電圧出力になります。

## 詳細

MAX471とMAX472は、電流検出アンプとしてユニークな回路構成を採用しているため、高精度の電流監視回路が簡単にできます。MAX471/MAX472は、図1及び図2のように2個のアンプ回路を内蔵しています。電池/負荷電流はR<sub>SENSE</sub>を通過してRS+からRS-(あるいはその逆方向)に流れます。電流は検出抵抗の電流方向に依存してRG1とQ1又はRG2とQ2のどちらかを流れます。図1と図2には示されていない内部回路により、Q1とQ2が同時にオンにならないようになっています。MAX472は、R<sub>SENSE</sub>とゲイン設定抵抗RG1、RG2が外付であるほかは、MAX471と同一です(図2)。

図1の回路を解析するために、電流はRS+からRS-に流れ、OUTは抵抗を介してGNDに接続されていると仮定します。この場合、アンプA1はアクティブで、出力電流I<sub>OUT</sub>はQ1のエミッタから流れます。RG2には電流が流れないため(Q2はオフ)、A1のマイナス入力はV<sub>SOURCE</sub> - (I<sub>LOAD</sub> × R<sub>SENSE</sub>)に等しくなります。A1のオープンループゲインにより、A1のプラス入力はマイナス入力と実質的に同じレベルになります。このため、RG1の両端の電圧降下はI<sub>LOAD</sub> × R<sub>SENSE</sub>に等しくなります。また、I<sub>OUT</sub>はQ1とRGを通過して流れるため(ベース電流は非常に小さいので無視)、I<sub>OUT</sub> × RG1 = I<sub>LOAD</sub> × R<sub>SENSE</sub>、即ち

$$I_{OUT} = (I_{LOAD} \times R_{SENSE}) / RG1$$

となります。

## 電流出力

MAX471/MAX472の出力電圧の式は下記のとおりです。MAX471においては、電流ゲイン比は500μA/Aに予め設定されているため、出力抵抗(R<sub>OUT</sub>)が2kΩの場合は1V/Aとなり、±3Aで+3Vのフルスケール値となります。R<sub>OUT</sub>の値を変えればフルスケール電圧は変更できますが、MAX471では出力電圧をV<sub>RS+</sub> - 1.5V以上にはできませんし、MAX472ではV<sub>RG-</sub> - 1.5V以上にはできません。

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

ここでV<sub>OUT</sub>は目的のフルスケール出力電圧、I<sub>LOAD</sub>は検出されるフルスケール電流、R<sub>SENSE</sub>は電流検出抵抗、R<sub>OUT</sub>は電圧設定抵抗、RGはゲイン設定抵抗(RG = RG1 = RG2)です。

上式を変形すると、特定のフルスケールに対して必要なR<sub>OUT</sub>が得られます。

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

この式は、MAX471の場合には以下のように簡単になります。

$$R_{OUT} = V_{OUT} / (I_{LOAD} \times 500\mu A/A)$$

OUTはハイインピーダンス電流ソース出力で、ほかのMAX471/MAX472のOUT端子に接続して電流を加算することができます。複数のデバイスからのOUT電流を加算する場合には1本の設定抵抗が必要です(図3)。OUTを容量性負荷に接続すれば、電流を積分することができます。

# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

MAX471/MAX472

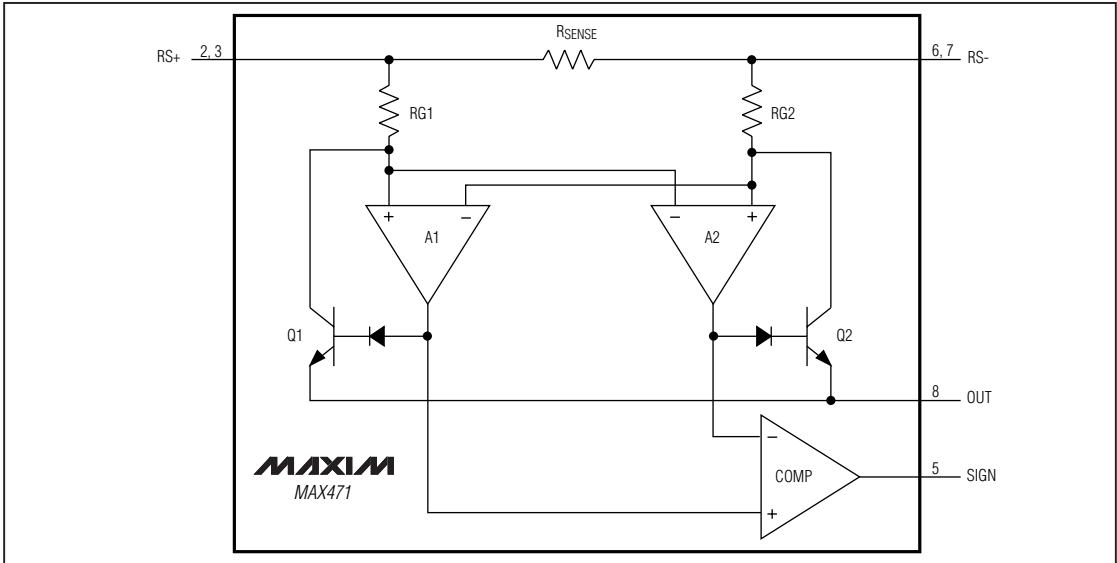


図1. MAX471のブロック図

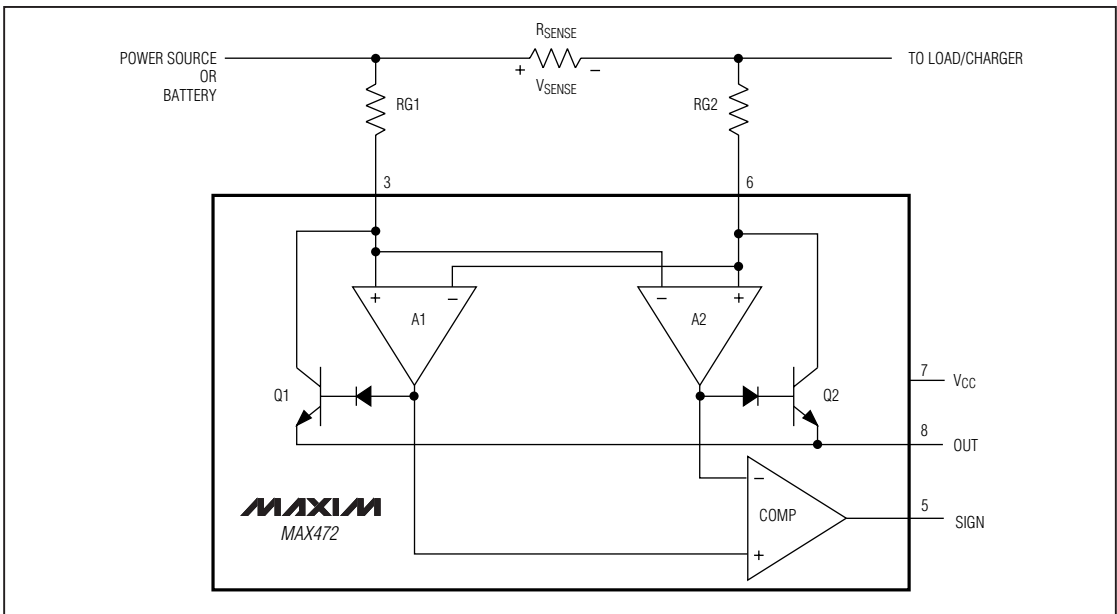


図2. MAX472のブロック図

# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

MAX471/MAX472

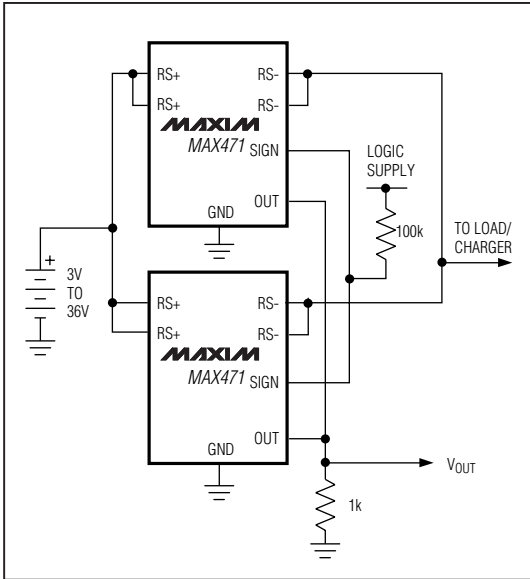


図3. 高負荷電流を検出するためにMAX471を並列接続

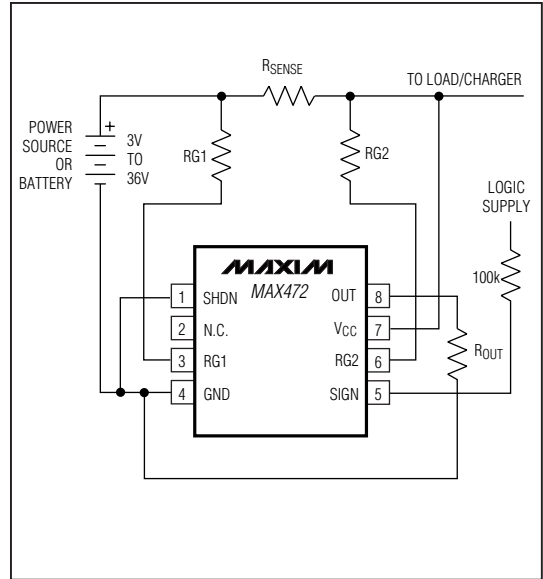


図4. MAX472の標準アプリケーション回路

## SIGN出力

OUTの電流は検出される電流の大きさを示し、SIGN出力が電流の方向を示します。SIGNコンパレータの動作は単純です。即ち、Q1(図1、図2)が導通状態の場合はA1の出力がハイになり、A2の出力がゼロになります。この状態ではSIGN出力はハイになり電流はプラス方向(RS+からRS-)になります。電池駆動機器では、この機能によりバッテリーが充電中か放電中かを簡単に知ることができます。負荷電流 $I_{OUT}$ が $3.5\mu A$ よりも小さくなると、SIGN出力が電流方向を正しく示さないことがあります。MAX471のSIGN出力は、負荷電流が $7mA$ 以上の場合に電流の方向を正しく示します。

SIGNはオープンコレクタ出力(シンクのみ)であるため、任意の電圧で駆動されるロジック回路と簡単にインターフェースできます。SIGNとロジック電源の間を $100k$ のプルアップ抵抗で接続してください。SIGN出力の極性表示法はバッテリー放電中に電流が流れないように選択されています。電流方向が必要ない場合は、SIGN端子をフローティングにしてください。

## シャットダウン

SHDNがハイのときMAX471/MAX472はシャットダウンされ、消費電流は $18\mu A$ 以下になります。シャットダウンモード

ではSIGNはハイインピーダンスとなり、OUTはオフになります。

## アプリケーション情報

### MAX471

MAX471はRS-端子から電源を得ています。このため、MAX471で消費する電流もMAX471が測定する総システム電流に含まれます。R<sub>SENSE</sub>の両端の僅かな電圧降下は、MAX471の性能に影響しません。

### 抵抗の選択

OUTは電流出力であるため、電圧出力を得るにはOUT端子に外部電圧設定抵抗(R<sub>OUT</sub>とグランド間に接続)が必要になります。MAX471ではR<sub>SENSE</sub>が内蔵されています。RG1とRG2は、出力電流比(出力電流対負荷電流)が $500\mu A/A$ になるように内部トリミングされています。RG1とRG2は同じ材料で製造され、チップ上で近接しているため温度安定性が極めて優れています。R<sub>OUT</sub>は求めるフルスケール出力電圧に合わせて設定してください。最大値はRS- -  $1.5V$ です(“電流出力”の項を参照)。



# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

MAX471/MAX472

## ピーク検出電流

MAX471の最大検出電流は $3A_{RMS}$ です。パワーアップ、異常時等での短時間の大きなピーク電流は許容されます。即ち、図5に示す安全動作領域内であれば可能です。

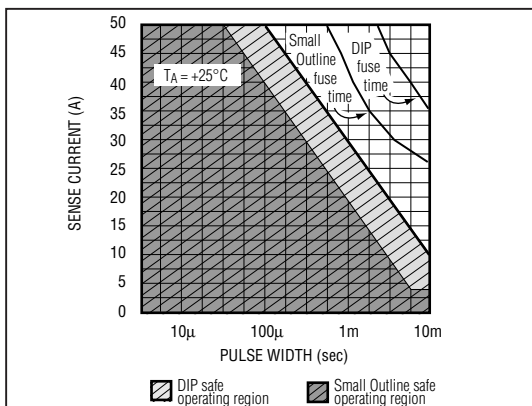


図5. MAX471のパルス電流安全動作範囲(1万パルス)及び連続電流時のヒューズタイム。パルステストは平均消費電力250mWで実施。

## MAX472

MAX472では、 $R_{SENSE}$ 、 $RG1$ 及び $RG2$ は外付です。 $V_{CC}$ は検出抵抗の電源/電池側あるいは負荷/充電側に接続できます。MAX472の消費電流を測定電流に含めたい場合は $V_{CC}$ を $R_{SENSE}$ の負荷/充電側に接続してください。

## 各種アプリケーションにおける推奨部品

図4の汎用回路は広範囲のアプリケーションで使用できます。3A以上の高電流アプリケーションにも使用でき、フルスケール負荷電流がMAX471の3Aよりも小さい場合にも使用できます。

表1は推奨部品定数と共に、各種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を示しています。

10A以上または100mA以下の電流検出回路を作ることができます。以下のガイドラインに従って部品を選択し、回路誤差を計算してください。

## $R_{SENSE}$

$R_{SENSE}$ は以下の基準で選択してください。

- 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 $R_{SENSE}$ の値をできるだけ小さくしてください。
- 精度**： $R_{SENSE}$ の値が大きいと低い電流を正確に測定できるようになります。これは、検出電圧が大きくなるとオフセットの影響が小さくなるためです。
- 効率と消費電力**：電流レベルが高いと、 $R_{SENSE}$ 内の $I^2R$ 損失の影響が大きくなります。抵抗値と消費電力(ワット数)定格を選ぶとき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、抵抗値が変動することがあります。
- インダクタンス**： $I_{SENSE}$ に大きな高周波成分が含まれている場合は、インダクタンスを低く抑えるべきです。巻線抵抗は最もインダクタンスが高く、金属被膜抵抗はやや良好です。金属被膜抵抗にも低インダクタンスタイプがあります。これは普通の金属被膜抵抗や巻線抵抗のようにコアの周りに抵抗体を螺旋状に巻いたものではなく、まっすぐな金属バンド状になっていて、抵抗値は1以下です。
- コスト**： $R_{SENSE}$ のコストが問題になる場合は、図6のような代替回路を使用することができます。この回路ではPCボードのトレースを使って検出抵抗を形成しています。この銅箔の“抵抗”は不正確なため、ポテンショメータを使ってフルスケール電流を調節する必要があります。また、銅抵抗の温度係数は比較的大きいので(約0.4%/°C)、温度変化の大きいシステムではこの点を考慮する必要があります。

表1. MAX472用の推奨部品定数

フルスケール 負荷電流 $I_{SENSE}$ (A)	電流検出抵抗 $R_{SENSE}$ (m $\Omega$ )	ゲイン 設定抵抗 $RG1=RG2$ (k $\Omega$ )	出力抵抗 $R_{OUT}$ (k $\Omega$ )	フルスケール 出力電圧 $V_{OUT}$ (V)	スケール ファクター $V_{OUT}/I_{SENSE}$ (V/A)	最大負荷のX%での 標準誤差(%)		
						1%	10%	100%
0.1	500	200	10	2.5	25	14	2.5	0.9
1	50	200	10	2.5	2.5	14	2.5	0.9
5	10	100	5	2.5	0.5	13	2.0	1.1
10	5	50	2	2	0.2	12	2.0	1.6

# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

図6においては測定される負荷電流を10Aと仮定し、巾7.6mm、重量56gの銅を使用します。巾2.5mm、重量56gの銅の比抵抗は100mΩ/mです(注4参照)。10Aでは、フルスケールでの電圧降下を50mVとして $R_{SENSE}=5m\Omega$ が妥当です。この抵抗を作るには巾2.5mm、長さ約5cmの銅トレースが必要です。

## RG1及びRG2

$R_{SENSE}$ を選択したら、次にRG1とRG2を選択して電流ゲイン比( $R_{SENSE}/RG$ )を決めます。以下の基準に基づいて $RG = RG1 = RG2$ を選んでください。

- 入力抵抗1** : RGの最小値は1Ωの入力抵抗と出力電流リミットによって制限されます(以下を参照)。RGが小さくなると、入力抵抗がトータルゲイン設定抵抗の中で占める割合が大きくなります。RG=50Ωの場合、入力抵抗による電流ゲイン比の予想値と実際値の差は2%になります。このゲイン誤差は直線性には影響せず、RG又は $R_{OUT}$ を調節することにより取り除けます。
- 効率** : RGが小さくなると、同じ負荷電流に対して $I_{OUT}$ が大きくなります。 $R_{OUT}$ で消費される電力は負荷の方には行かないため、全体的な効率が低下します。これが問題になるのは検出電流が小さい場合だけです。
- 最大出力電流制限** :  $I_{OUT}$ は1.5mAに制限されるため、 $RG \geq V_{SENSE}/1.5mA$ が必要条件です。 $V_{SENSE}=60mV$ であるには、RGが40Ω以上でなければなりません。
- 電圧範囲** : MAX472では、RG1とRG2の低い方の電圧( $V_{RG-}$ )と $V_{OUT}$ 間に少なくとも1.5Vの電圧差が必要です。RGが大きくなると、同じ $I_{OUT}$ に対してRGの両端の電圧降下も大きくなります。この電圧降下により最大フルスケール $V_{OUT}$ がさらに制限されます。 $R_{SENSE}$ の両端の電圧降下が小さくて $V_{CC}$ が $R_{SENSE}$ に接続されていると仮定すると、 $V_{OUT(max)} = V_{CC} - (1.5V + I_{OUT(max)} \times RG)$ となります。
- 低負荷電流における出力オフセット誤差** : RGの値が大きいと、同じ負荷電流に対する $I_{OUT}$ が小さくなります。 $I_{OUT}$ が小さくなると、最大出力オフセット誤差電流(2.5μA)が出力電流全体に占める割合が大きくなります。RGの値を小さくしてゲインを高くすればこのオフセット誤差を最小にできます。
- 入力バイアス電流及び入力バイアス電流の不整合** : RGの値は入力バイアス及び入力バイアス不整合電流による誤差にも影響します。比率を選択した後、 $I_B$ と $I_{OS}$ によって誤差が余り増大しない程度にRGが小さいことを確認してください。フルスケール誤差は次の式で与えられます。

$$\%誤差 = \frac{(RG1 - RG2) \times I_B + I_{OS} \times RG}{I_{FS} \times R_{SENSE}} \times 100$$

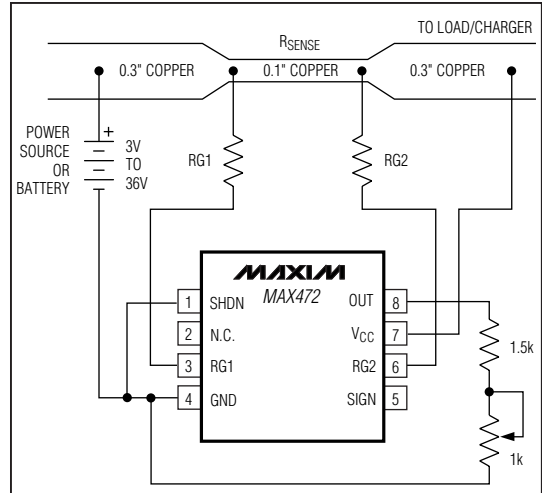


図6. MAX472の接続図、PCボードのトレースを利用

ここで、RG1とRG2はゲイン抵抗、 $I_B$ はバイアス電流、 $I_{OS}$ はバイアス電流不整合、 $I_{FS}$ はフルスケール電流、 $R_{SENSE}$ は検出抵抗です。

負荷電流は5A、 $R_{SENSE}$ は10mΩ、RGは100Ωと仮定した場合、電流ゲイン比は100μA/Aとなり、フルスケール $I_{OUT}$ は500μAとなります。 $I_B$ の最大値を20μA、 $I_{OS}$ の最大値を2μAとし、RG1とRG2に1%の抵抗を使用した場合(RG1-RG2=2%)、フルスケールにおける最大誤差は次のようになります。

$$\frac{2\Omega \times 20\mu A + 100\Omega \times 2\mu A}{5m\Omega \times 5A} = 0.48\%$$

この誤差は、a)RG1とRG2のマッチングの改善、b) $R_{SENSE}$ の増大、あるいはc)RGの減少により低減することができます。

## 電流検出調節(抵抗範囲、出力調節)

$R_{SENSE}$ 及びRG1、RG2を設定したら、次に $R_{OUT}$ を選択します。 $R_{OUT}$ は、 $R_{SENSE}$ 及びRG1、RG2によって決まるフルスケール $I_{OUT}$ に基づいて、求めるフルスケール電圧が得られるように設定してください。OUTの追従性が高いため、 $R_{OUT}$ の値が10kΩまで増えても誤差を最小限に抑えることができます。10kΩ以上の値は通常お勧めできません。測定精度の劣化を防ぐために、OUTの負荷(例えばオペアンプ又はADCの入力)のインピーダンスは、 $R_{OUT}$ よりもずっと大きくする必要があります(例えば100× $R_{OUT}$ )。

# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

## 高電流測定

MAX472はMAX471よりも大きな電流の測定が可能です。抵抗値の小さな検出抵抗を並列に接続してさらに抵抗値を低くしたり、PCボードトレースを調節して抵抗値を自由に決めることができます。

また、MAX471をいくつか並列に接続してハイインピーダンス電流ソースのOUT端子をまとめて接続することによって、総システム電流を測定する方法もあります(図3)。並列接続ではレイアウトに注意してIR電圧降下が等しくなるようにしてください。これは電流を均等に分配するために必要です。

## 電源のバイパスとグラウンド

MAX471は“ハイサイド”(プラス端子)電流モニタとして設計されているため、バッテリーパックに付属しているバッテリー充電器、サーミスタ等の接地が簡単にできます。MAX471の接地には特別な注意は必要なく、システム全体に対する注意事項に従うだけで十分です。高電流システムではグラウンド面の両端で大きな電圧降下が生じることがあり、このために $V_{OUT}$ が増加あるいは減少します。電流測定の精度を良くするには、一点“スターグラウンド”を用いてください。

MAX471/MAX472は特別なバイパスを必要とせず、ライン電流の変動に迅速に応答します。こうした変動によってOUTに生じるノイズが問題となる場合は、対策としてOUT端子とグラウンド間に $1\mu\text{F}$ のコンデンサを接続する方法があります。また、RS-端子(あるいはMAX472の“負荷”側)に大きなコンデンサを接続して負荷をデカップリングすることにより、電流変動を低減する方法もあります。これらのコンデンサはMAX471/MAX472の動作や安定性には不要であり、これらの使用によって性能が劣化することはありません。

MAX472の場合は、RG1とRG2入力の間にはフィルタリング用のコンデンサ(例えば $1\mu\text{F}$ )を取り付けることによって検出電流を平均化することができます。

## MAX471のレイアウト

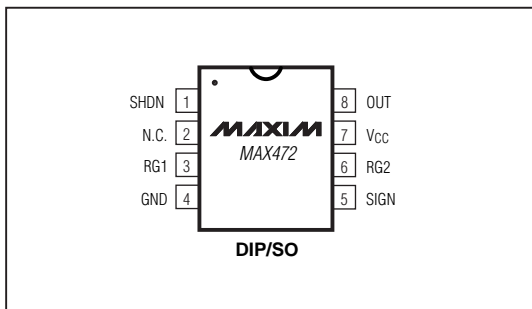
MAX471はハンダを用いて直接基板に取り付けてください。ソケットを使用すると、RS+端子(端子2と3)とRS-端子(端子6と7)の電流配分が均等でなくなり0.5%ぐらいの誤差が生じます。

大きな検出電流で検出抵抗が過熱するのを防ぐため、RS+端子とRS-端子を大きな銅箔面にハンダ付けしてください。また、この部品は他の発熱する部品から遠ざけてください。これにより連続電力消費定格が保証されます。

# 高精度、ハイサイド電流検出アンプ

MAX471/MAX472

ピン配置 ( 続き )



販売代理店

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。

12 \_\_\_\_\_ **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.