

# 1 $\mu$ A、 $\mu$ DFN/SC70、リチウムイオンバッテリー、高精度電流検出アンプ

## 概要

MAX9610ハイサイド電流検出アンプは500 $\mu$ V (max)以下の $V_{OS}$ と0.5% (max)以下の利得誤差の極めて高精度の仕様を提供します。このデバイスは1 $\mu$ Aの超低自己消費電流を備えています。MAX9610は小型、1mm x 1.5mmの $\mu$ DFNパッケージまたは5ピンSC70パッケージに收容されているため、このデバイスは精度、低自己消費電流、および小型サイズが重要となるノートブックコンピュータ、携帯電話、カメラ、PDA、およびリチウムイオン(Li+)バッテリーで動作するすべての携帯機器でのアプリケーションに最適です。

MAX9610は1.6V~5.5Vの入力電圧範囲(コモンモード)を備えています。この入力範囲は完全充電が4.2V、通常の使用時は標準値が3.6V、そして再充電の準備状態で2.9V以下である単一セルのリチウムイオンバッテリーの電流の監視用に優れています。これらの電流検出アンプは電圧出力を備え、3種の利得バージョン：25V/V (MAX9610T)、50V/V (MAX9610F)、および100V/V (MAX9610H)で提供されます。

この3種の利得バージョンは外付けの電流検出抵抗の選択が可能な柔軟性を備えています。非常に小さい500 $\mu$ V (max)の入力オフセット電圧によって、最大負荷電流測定用に非常に小さい電圧降下として、25mV~50mVフルスケールの $V_{SENSE}$ 電圧が可能です。

MAX9610は小型6ピン $\mu$ DFN (1mm x 1.5mm x 0.8mmの実装面積)および5ピンSC70パッケージで提供され、-40 $^{\circ}$ C~+85 $^{\circ}$ Cの温度範囲での動作が保証されています。

非常によく似た4ピンUCSP™パッケージ(1mm x 1mm x 0.6mm)の1.6V~28Vの入力電圧のデバイスについてはMAX9938のデータシートを参照してください。

## アプリケーション

- 携帯電話
- カメラ
- 携帯型Li+バッテリー給電システム
- 3.3Vおよび5Vパワーマネージメントシステム
- PDA
- USBポート

ピン配置はデータシートの最後に記載されています。  
UCSPはMaxim Integrated Products, Inc.の商標です。

## 特長

- ◆ 超低電源電流：1 $\mu$ A (max)
- ◆ 低入力オフセット電圧：500 $\mu$ V (max)
- ◆ 低利得誤差：< 0.5% (max)
- ◆ 入力コモンモード：+1.6V~+5.5V
- ◆ 電圧出力
- ◆ 3種の利得バージョンを利用可能
  - 25V/V (MAX9610T)
  - 50V/V (MAX9610F)
  - 100V/V (MAX9610H)
- ◆ 小型 $\mu$ DFN (1mm x 1.5mm x 0.8mm)およびSC70パッケージ

## 型番

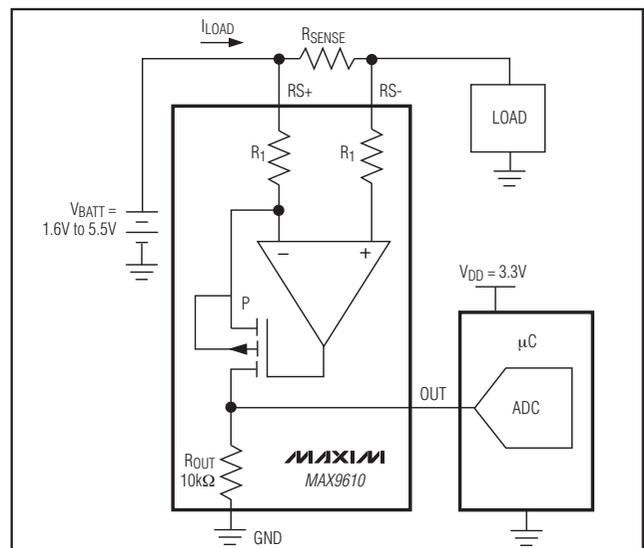
PART*	PIN-PACKAGE	GAIN (V/V)	TOP MARK
MAX9610TELT+T	6 $\mu$ DFN	25	OU
MAX9610FELT+T	6 $\mu$ DFN	50	OS
MAX9610HELT+T	6 $\mu$ DFN	100	OT
MAX9610TEXK+T	5 SC70	25	ATG
MAX9610FEXK+T	5 SC70	50	ATE
MAX9610HEXK+T	5 SC70	100	ATF

\*すべてのデバイスは-40 $^{\circ}$ C~+85 $^{\circ}$ Cの拡張温度範囲での動作が保証されています。

+は鉛フリー/RoHS準拠パッケージを示します。

T = テープ&リール

## 標準動作回路



# 1 $\mu$ A、 $\mu$ DFN/SC70、リチウムイオン 배터리、 高精度電流検出アンプ

MAX9610

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

RS+, RS- to GND .....	-0.3V to +6V
OUT to GND .....	-0.3V to +6V
RS+ to RS- .....	$\pm 6V$
Short-Circuit Duration: OUT to GND or RS+ .....	Continuous
Continuous Input Current (Any Pin) .....	$\pm 20mA$
Continuous Power Dissipation ( $T_A = +70^\circ C$ ) .....	
5-Pin SC70 (derate 3.1mW/ $^\circ C$ above $+70^\circ C$ ) .....	247mW
6-Pin $\mu$ DFN (derate 2.1mW/ $^\circ C$ above $+70^\circ C$ ) .....	168mW

Operating Temperature Range .....	$-40^\circ C$ to $+85^\circ C$
Junction Temperature .....	$+150^\circ C$
Storage Temperature Range .....	$-65^\circ C$ to $+150^\circ C$
Lead Temperature (soldering, 10s) .....	$+300^\circ C$
Package Reflow Soldering Temperature .....	$+260^\circ C$

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

( $V_{RS+} = V_{RS-} = 3.6V$ ,  $V_{SENSE} = (V_{RS+} - V_{RS-}) = 0$ ,  $T_A = -40^\circ C$  to  $+85^\circ C$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .)  
(Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Current (Note 2)	$I_{CC}$	$V_{RS+} = 3.6V$ , $T_A = +25^\circ C$		0.6	1.0	$\mu A$
		$V_{RS+} = 3.6V$ , $-40^\circ C < T_A < +85^\circ C$			1.4	
		$V_{RS+} = 5.5V$ , $T_A = +25^\circ C$		0.75	1.2	
		$V_{RS+} = 5.5V$ , $-40^\circ C < T_A < +85^\circ C$			1.6	
Common-Mode Input Range	$V_{CM}$	Guaranteed by CMRR, $-40^\circ C < T_A < +85^\circ C$	1.6		5.5	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$1.6V < V_{RS+} < 5.5V$ , $-40^\circ C < T_A < +85^\circ C$	80	104		dB
Input Offset Voltage	$V_{OS}$	$T_A = +25^\circ C$ , gain = 25, 50, 100 (Note 3)		$\pm 100$	$\pm 500$	$\mu V$
		$-40^\circ C < T_A < +85^\circ C$	Gain = 25, 50		$\pm 600$	
			Gain = 100		$\pm 700$	
Gain	G	MAX9610T		25		V/V
		MAX9610F		50		
		MAX9610H		100		
Gain Error	GE	$T_A = +25^\circ C$ , gain = 25, 50, 100 (Note 4)		$\pm 0.1$	$\pm 0.5$	%
		$-40^\circ C < T_A < +85^\circ C$	Gain = 25, 50		$\pm 0.8$	
			Gain = 100		$\pm 1$	
Output Resistance	$R_{OUT}$	$T_A = +25^\circ C$ (Note 5)	7.0	10	13.2	k $\Omega$
OUT Low Voltage	$V_{OL}$	G = 25		2.5	15	mV
		G = 50		5	30	
		G = 100		10	70	
OUT High Voltage	$V_{OH}$	$V_{OH} = V_{RS-} - V_{OUT}$ (Note 6)		0.1	0.2	V

# 1 $\mu$ A、 $\mu$ DFN/SC70、リチウムイオンバッテリー、高精度電流検出アンプ

MAX9610

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{RS+} = V_{RS-} = 3.6V$ ,  $V_{SENSE} = (V_{RS+} - V_{RS-}) = 0$ ,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^{\circ}C$ .) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Small-Signal Bandwidth	BW	$V_{SENSE} = 50mV$ , $G = 25$		170		kHz
		$V_{SENSE} = 50mV$ , $G = 50$		110		
		$V_{SENSE} = 50mV$ , $G = 100$		60		
Output Settling Time	$t_S$	1% final value, $V_{SENSE} = 25mV$		35		$\mu s$
Power-Up Time	$t_{ON}$	1% final value, $V_{SENSE} = 25mV$		100		$\mu s$

**Note 1:** All devices are 100% production tested at  $T_A = +25^{\circ}C$ . All temperature limits are guaranteed by design.

**Note 2:**  $V_{OUT} = 0V$ .  $I_{CC}$  is the total current into  $RS+$  plus  $RS-$ .

**Note 3:**  $V_{OS}$  is extrapolated from measurements for the Gain Error test.

**Note 4:** Gain Error is calculated by applying two values of  $V_{SENSE}$  and calculating the error of the slope, vs. the ideal:

G = 25:  $V_{SENSE}$  20mV and 120mV

G = 50:  $V_{SENSE}$  10mV and 60mV

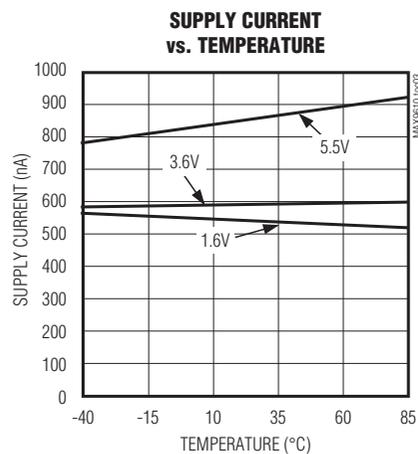
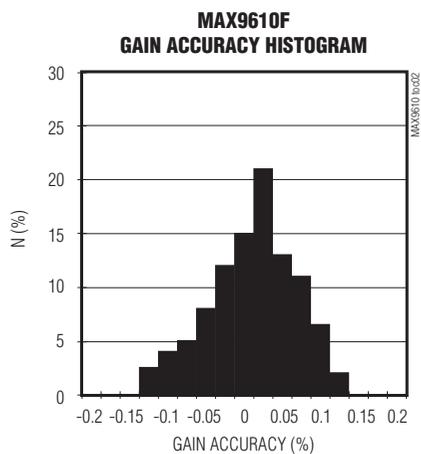
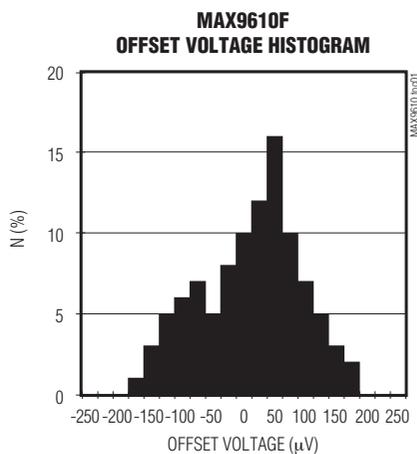
G = 100:  $V_{SENSE}$  5mV and 30mV

**Note 5:** The device is stable for any external capacitance value.

**Note 6:**  $V_{OH}$  is the voltage from  $V_{RS-}$  to  $V_{OUT}$  with  $V_{SENSE} = 3.6V/Gain$ .

## 標準動作特性

( $V_{RS+} = V_{RS-} = 3.6V$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ .)

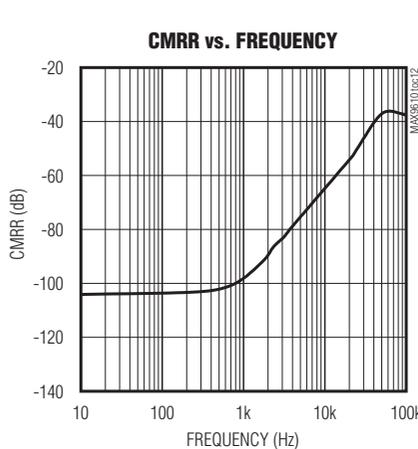
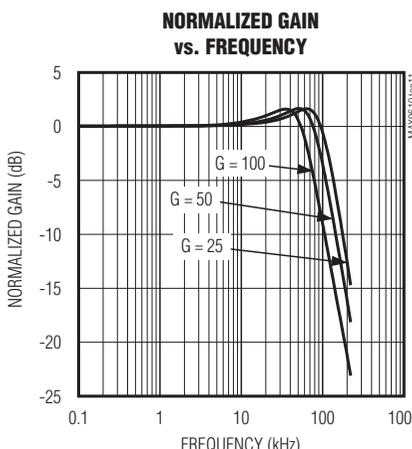
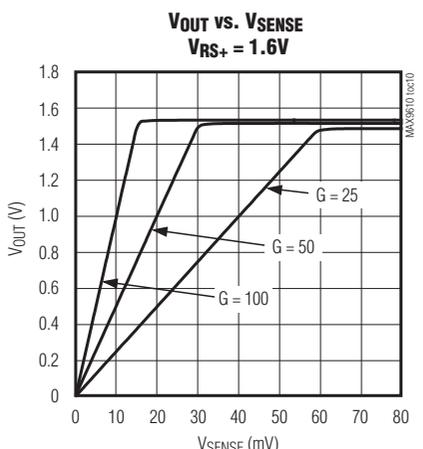
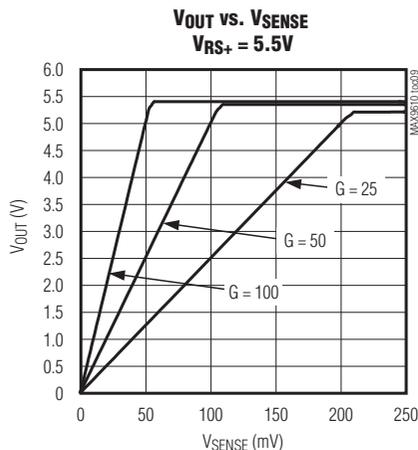
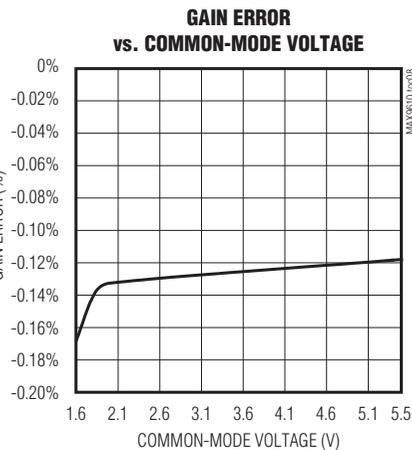
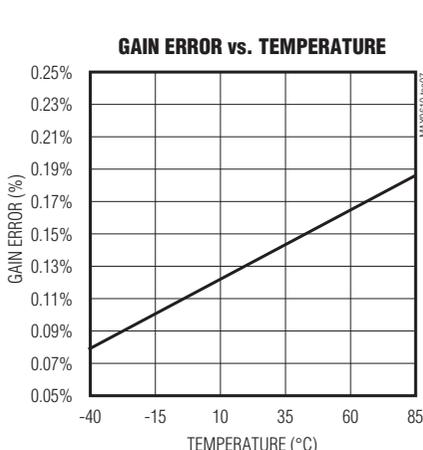
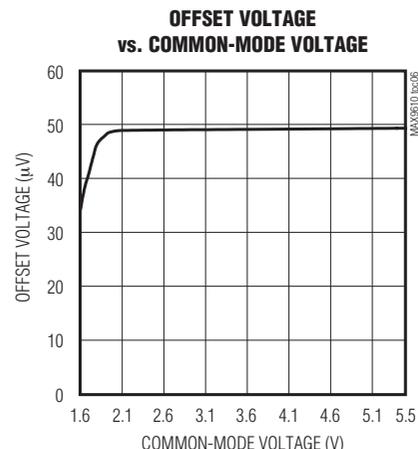
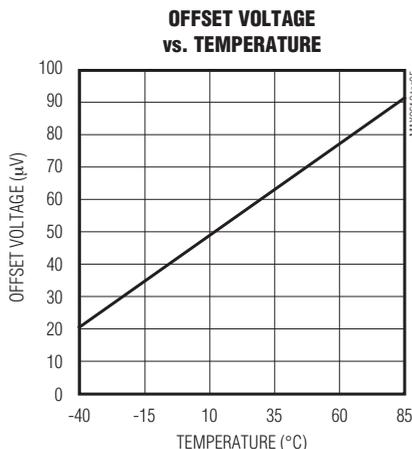
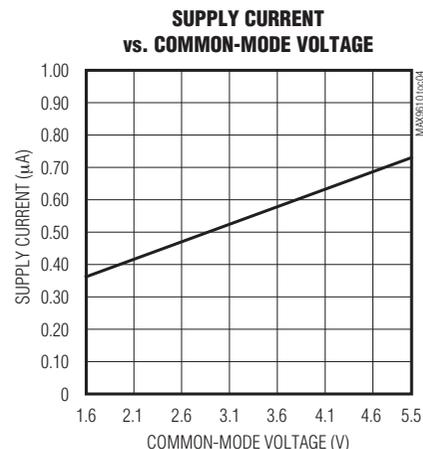


# 1 $\mu$ A、 $\mu$ DFN/SC70、リチウムイオン 배터리、高精度電流検出アンプ

MAX99610

## 標準動作特性(続き)

( $V_{RS+} = V_{RS-} = 3.6V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ .)

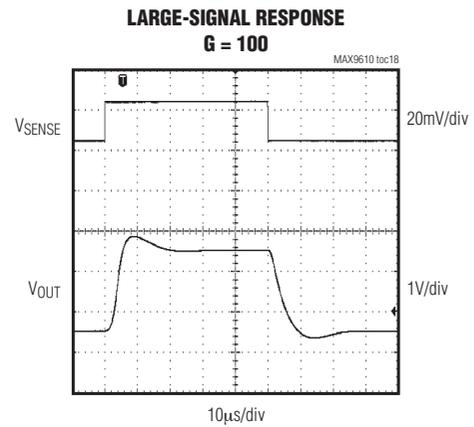
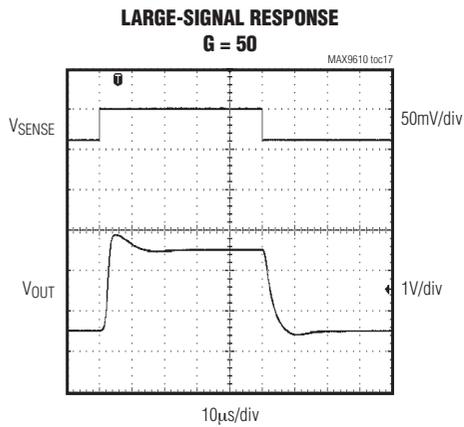
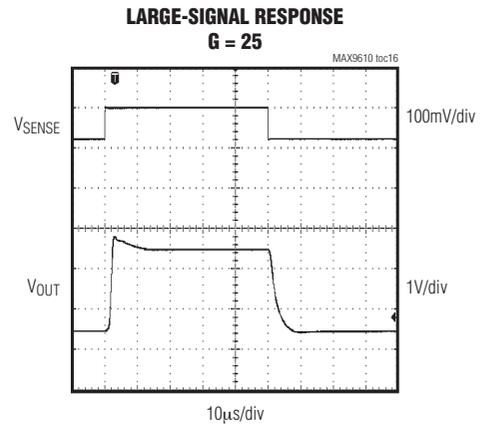
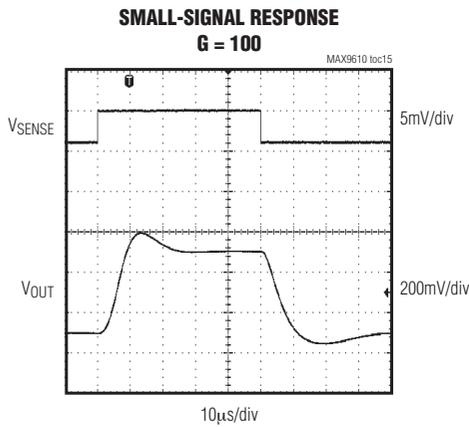
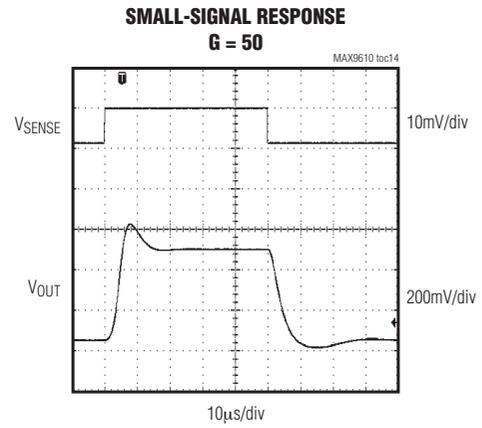
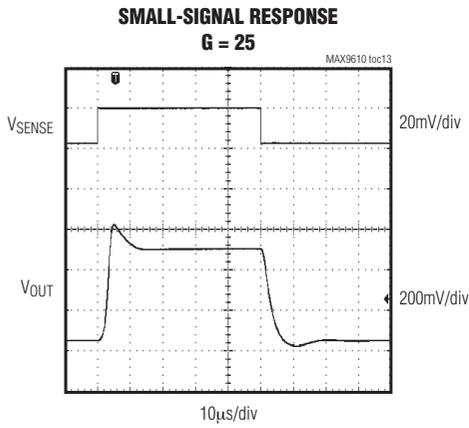


# 1 $\mu$ A、 $\mu$ DFN/SC70、リチウムイオンバッテリー、高精度電流検出アンプ

MAX9610

## 標準動作特性(続き)

( $V_{RS+} = V_{RS-} = 3.6V$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ .)



# 1 $\mu$ A、 $\mu$ DFN/SC70、リチウムイオンバッテリー、高精度電流検出アンプ

## 端子説明

端子		名称	機能
$\mu$ DFN	SC70		
1	1, 2	GND	グラウンド
2, 5	—	N.C.	無接続。内部で接続されていません。
3	3	OUT	出力
4	4	RS-	外部検出抵抗への負荷側接続
6	5	RS+	外部検出抵抗への電源側接続

## 詳細

単方向ハイサイド、電流検出アンプのMAX9610ファミリは1.6V~5.5Vの入力コモンモード範囲を備えています。この入力範囲は完全充電が4.2V、通常の使用時は標準値が3.6V、そして再充電の準備状態で2.9V以下である単一セル、リチウムイオンバッテリー(Li+)の電流の監視用に優れています。MAX9610は多くのバッテリー給電の携帯機器に理想的です。それはこのデバイスがわずか1 $\mu$ Aの自己消費電流を使用し、バッテリー寿命を延長するからです。MAX9610は電流検出抵抗によって電流を監視して、その抵抗の両端間の電圧を増幅します。1ページ目の「標準動作回路」を参照してください。

MAX9610は十分に確立された歴史を持つ単方向の電流検出アンプです。値が $R_1$ のRS+の内部利得抵抗を通して電流が強制的に流れるようにオペアンプが使用されるため、その電圧降下は外部の検出抵抗の $R_{SENSE}$ の両端間の電圧降下に等しくなります。RS-には $R_1$ と同じ値の内部抵抗があり、オフセット電圧が最小になります。 $R_1$ を流れる電流はpFETから供給されます。そのドレイン電流は2番目の利得抵抗 $R_{OUT}$ を通して流れるそのソース電流と同じです。このことによって、その大きさが $I_{LOAD} \times R_{SENSE} \times R_{OUT}/R_1$ に等しい出力電圧 $V_{OUT}$ を発生します。利得精度は2つの利得抵抗 $R_1$ と $R_{OUT}$ のマッチングに基づきます(表1を参照)。総利得はMAX9610Tでは25V/V、MAX9610Fでは50V/V、およびMAX9610Hでは100V/Vです。

## アプリケーション情報

### 検出抵抗の選択

$R_{SENSE}$ 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降下が生じます。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。

### OUT振幅 対 $V_{RS+}$ および $V_{SENSE}$

MAX9610は電源電圧が入力コモンモード電圧(RS+とRS-の平均電圧)であるため、ユニークです。 $V_{CC}$ 電圧入力は独立して存在しません。したがって、OUTの電圧振幅はRS+の最小電圧によって制限されます。

$$V_{OUT(MAX)} = V_{RS+(MAX)} - V_{SENSE(MAX)} - V_{OH}$$

および

$$R_{SENSE} = \frac{V_{OUT}}{G \times I_{LOAD(MAX)}}$$

$V_{SENSE}$ のフルスケールはRS+電圧が最小の場合、 $V_{OUT}/$ 利得よりも小さくしてください。3.6V電源で最良の性能を得るためには、各アプリケーションのフルスケール電流に対する検出電圧がおおよそ120mV (25V/Vの利得)、60mV (50V/Vの利得)、または30mV (100V/Vの利得)となるように $R_{SENSE}$ を選択してください。最小入力電圧を大きくすると、これらの検出電圧を大きくすることが可能です。

### 精度

線形領域( $V_{OUT} < V_{OUT(MAX)}$ )では、精度に関して2つの成分があります。入力オフセット電圧( $V_{OS}$ )と利得誤差(GE)です。MAX9610では $V_{OS} = 500\mu V$  (max)で利得誤差は0.5% (max)です。次の線形式を用いて総合誤差を計算します。

$$V_{OUT} = (Gain \pm GE) \times V_{SENSE} \pm (Gain \times V_{OS})$$

$R_{SENSE}$ の値が大きいと、小さい電流をより正確に測定することが可能です。それは検出電圧が大きいほど、オフセットが重要ではなくなるからです。

### 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。MAX9610の $V_{OS}$ の精度では小さい検出抵抗の値の使用が可能で、電力消費を低減し、ホットスポットを低減します。

表1. MAX9610の内蔵利得設定抵抗(標準値)

GAIN (V/V)	$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_{OUT}$ ( $\Omega$ )
100	100	10k
50	200	10k
25	400	10k

# 1 $\mu$ A、 $\mu$ DFN/SC70、リチウムイオン 배터리、高精度電流検出アンプ

MAX9610

## ケルビン接続

$R_{SENSE}$ には大電流が流れるために、寄生トレース抵抗によって検出電圧に誤差が生じることがないようにしてください。4端子電流検出抵抗またはケルビン(印加および検出)のPCBレイアウト技術を使用してください。

## オプションの出力フィルタコンデンサ

アナログ-デジタルコンバータにサンプルホールド段を使用するシステムを設計する場合、サンプリングコンデンサが瞬間的にOUTの負荷となり、出力電圧が低下する原因となります。サンプリング時間が非常に短い(1 $\mu$ s以下)場合、OUTとGND間にセラミックコンデンサ

を使用してサンプリングの間の $V_{OUT}$ を一定に保持してください。このことによって、電流検出アンプの小信号帯域幅が狭くなり、OUTのノイズが減少します。

## 標準アプリケーション回路

### 両方向性のアプリケーション

バッテリー給電システムがバッテリーの充電および放電電流を正確に監視するためには、正確な両方向性の電流検出アンプを必要とする場合があります。GND基準の2つの独立した出力の測定によって充電および放電電流を正確に測定することができます(図1)。

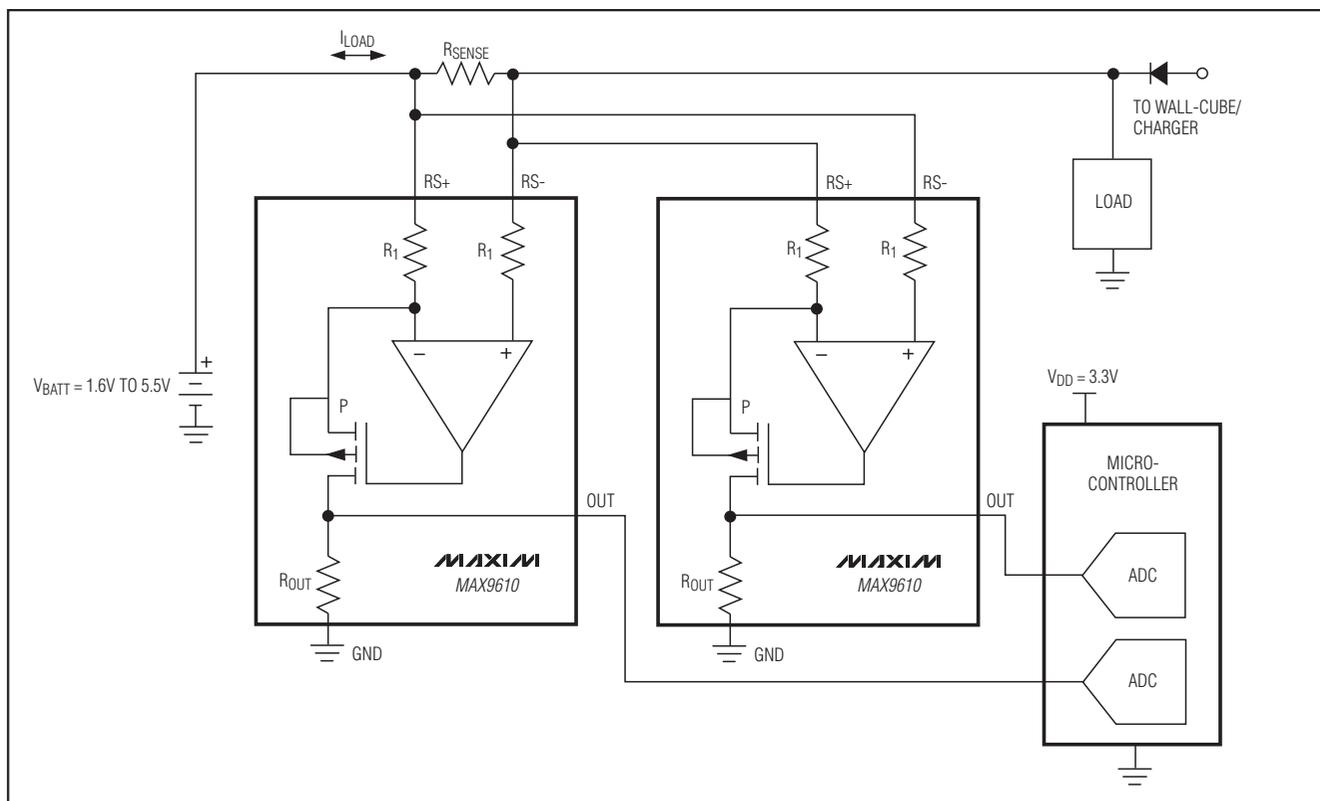
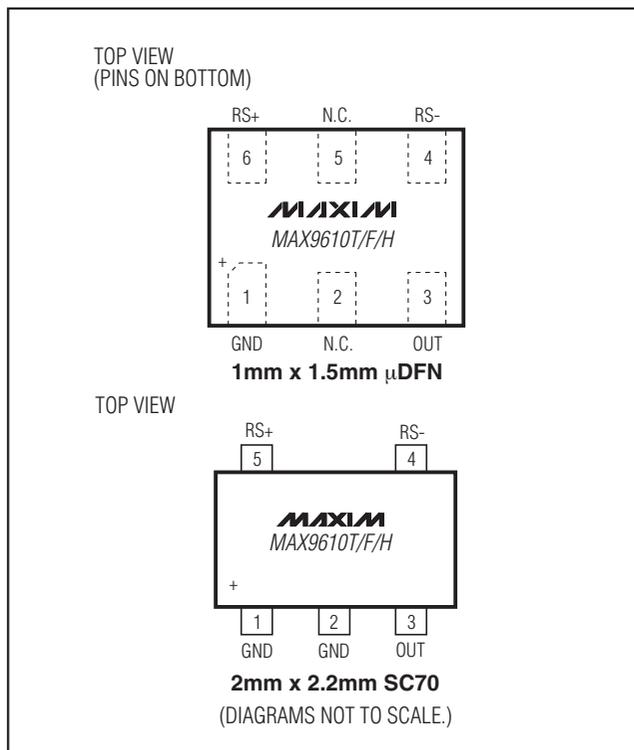


図1. 両方向性アプリケーション

# 1 $\mu$ A、 $\mu$ DFN/SC70、リチウムイオン 배터리、 高精度電流検出アンプ

MAX9610

## ピン配置



## チップ情報

PROCESS: BiCMOS

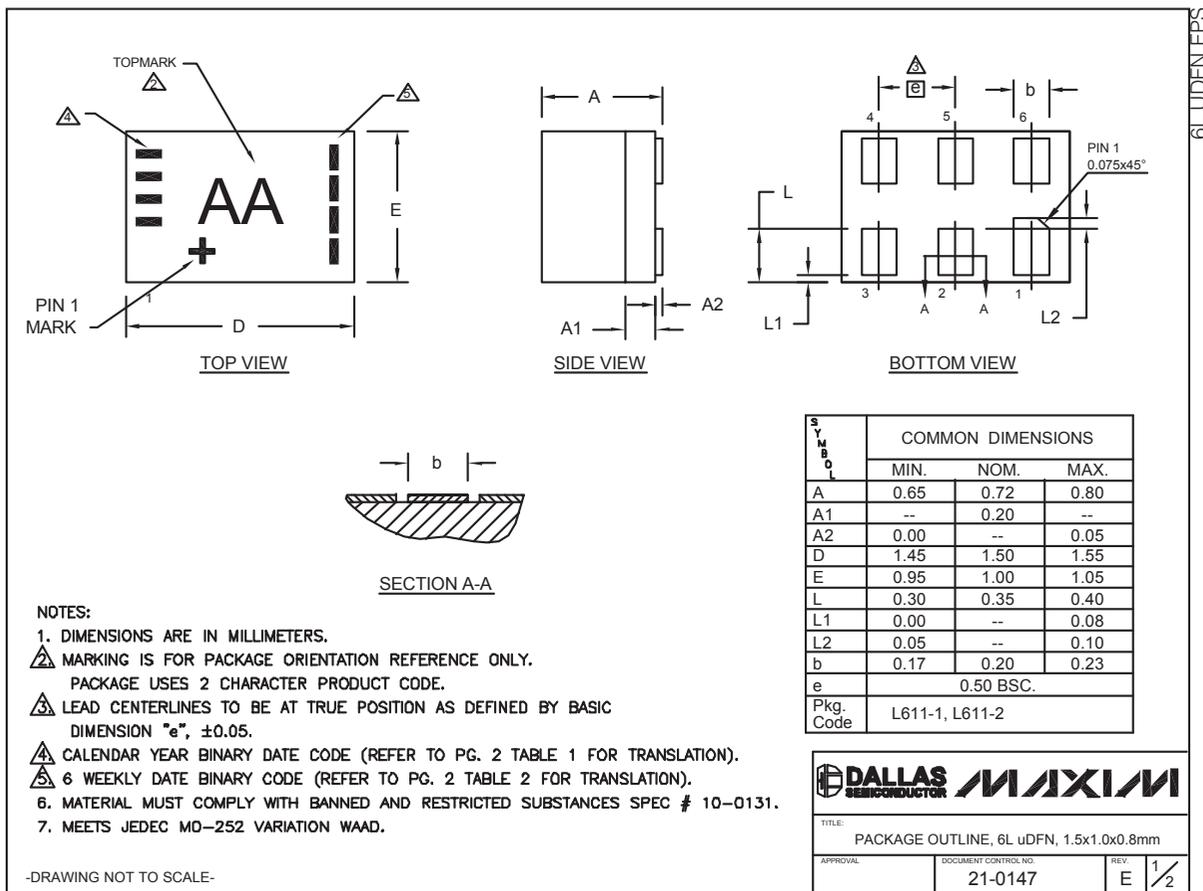
# 1 $\mu$ A、 $\mu$ DFN/SC70、リチウムイオン 배터리、高精度電流検出アンプ

MAX9610

## パッケージ

最新のパッケージ情報とランドパターンは、[japan.maxim-ic.com/packages](http://japan.maxim-ic.com/packages)をご参照ください。

パッケージタイプ	パッケージコード	ドキュメントNo.
6 $\mu$ DFN	L611+1	<b>21-0147</b>
5 SC70	X5+1	<b>21-0076</b>



# 1 $\mu$ A、 $\mu$ DFN/SC70、リチウムイオン 배터리、 高精度電流検出アンプ

MAX99610

## パッケージ(続き)

最新のパッケージ情報とランドパターンは、[japan.maxim-ic.com/packages](http://japan.maxim-ic.com/packages)をご参照ください。

**TABLE 1** Translation Table for Calendar Year Code

Calendar Year	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	□	□	□	■	□	□	■	□	■	■
	□	□	■	■	□	■	□	■	□	□
	□	■	□	□	■	□	□	■	■	■
	■	□	□	□	■	■	■	□	□	□

Legend: ■ Marked with bar □ Blank space - no bar required

**TABLE 2** Translation Table for Payweek Binary Coding

Payweek	06-11	12-17	18-23	24-29	30-35	36-41	42-47	48-51	52-05
	□	□	□	■	□	□	■	□	■
	□	□	■	□	□	■	□	■	□
	□	■	□	□	■	□	□	■	■
	■	□	□	□	■	■	■	□	□

Legend: ■ Marked with bar □ Blank space - no bar required

TITLE: PACKAGE OUTLINE, 6L uDFN, 1.5x1.0x0.8mm	
APPROVAL	DOCUMENT CONTROL NO. 21-0147
REV. E	2/2

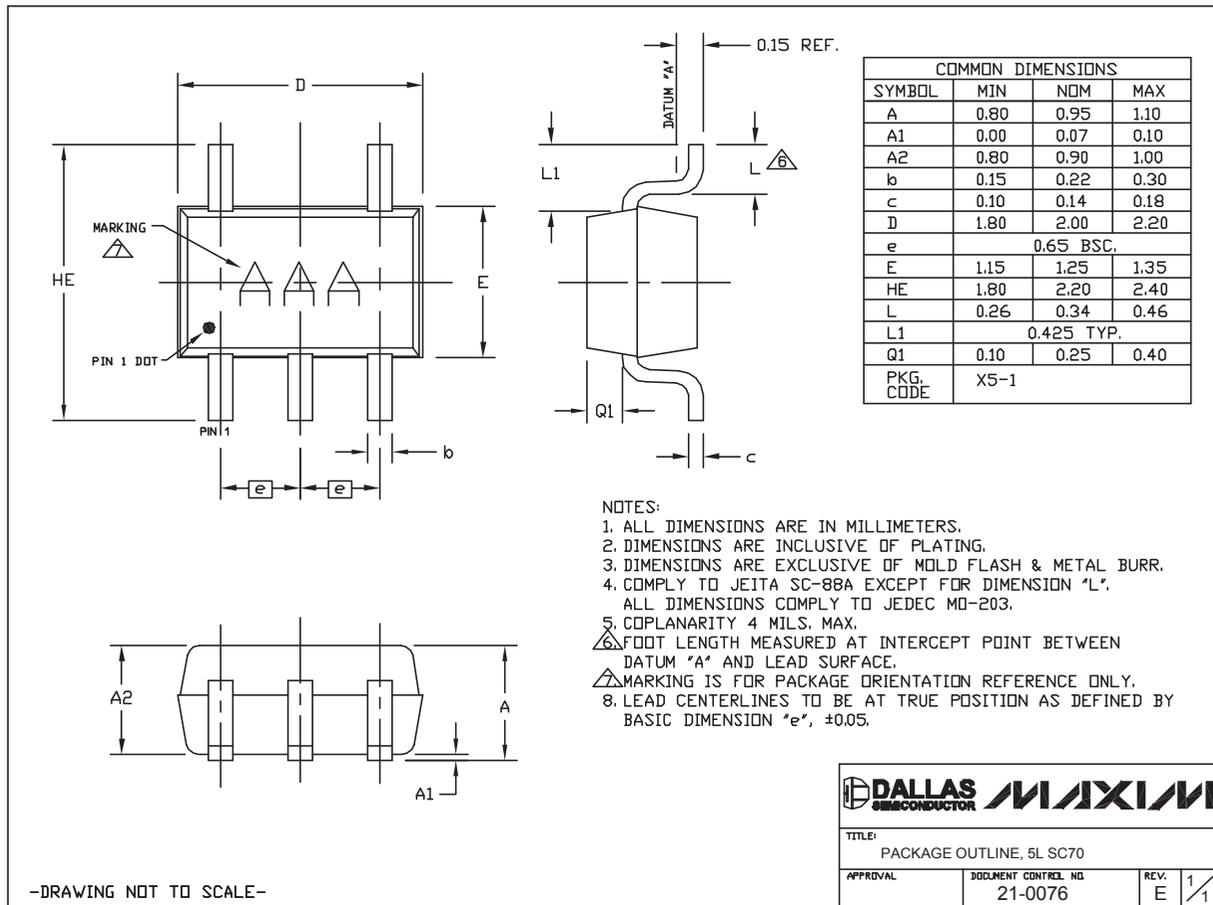
-DRAWING NOT TO SCALE-

# 1 $\mu$ A、 $\mu$ DFN/SC70、リチウムイオン 배터리、 高精度電流検出アンプ

## パッケージ(続き)

最新のパッケージ情報とランドパターンは、[japan.maxim-ic.com/packages](http://japan.maxim-ic.com/packages)をご参照ください。

MAX9610



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。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 11