

### 特長

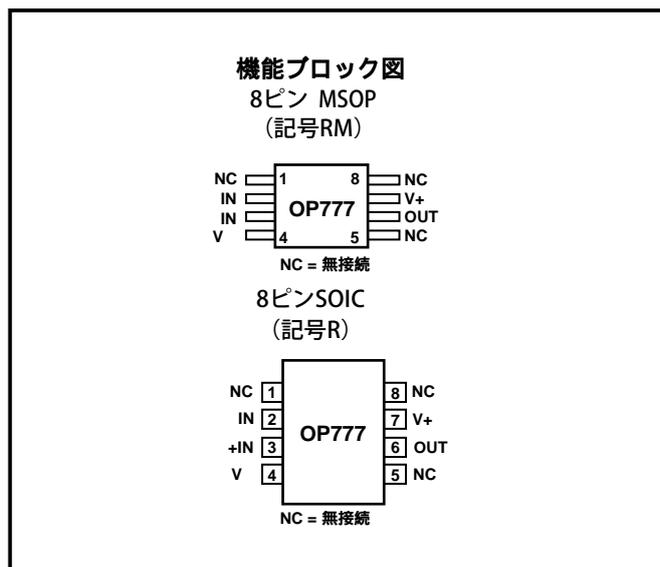
- 低オフセット電圧：100  $\mu$ V max
- 低入力バイアス電流：10nA max
- 単電源動作：2.7 ~ 30V
- 両電源動作： $\pm 1.35 \sim \pm 15$ V
- 低電源電流：1アンペアあたり270  $\mu$ A
- ユニティ・ゲイン安定
- 位相反転なし

### アプリケーション

- 高精度電流測定
- ラインまたはバッテリー駆動機器
- リモート・センサー
- 高精度フィルタ

### 概要

OP777は、マイクロパワー動作でレールtoレール出力を実現する、高精度の単電源アンプです。 $\pm 15$ V電源の工業用アンプの標準OP07より優れた特性を持ち、最低2.7Vまでの真の単電源動作が可能で、しかもあらゆる高電圧高精度のバイポーラ・アンプより小型パッケージであるという利点を備えています。出力は1000pFを超える容量性の負荷について安定しています。電源電流は、5V電源で1アンペア当たり300  $\mu$ A未満です。500  $\Omega$ の直列抵抗が入力を保護するため、入力信号が双方の電源レールを最高3Vまで超えても出力信号に位相反転を生ずることがなく、アンプに損傷も生じません。また、独自の生産プロセスにより、10Hzを下回る非常に低い低電圧ノイズ・コーナー周波数を達成し、OP07など他のアンプに比べて低周波ノイズ特性を大きく改善しています。OP777用に特別に生産された入力PNPトランジスタは、非常に低い入力バイアス電流で動作し、大きな差動電圧での動作が可能です。従って、OP777は、多くの高精度アンプに共通する制約をなくすとともに、高精度コンパレータおよび整流回路のアプリケーションでの使用が可能です。この大きな差動電圧性能により、クランプ用のダイオードなどの外部保護回路



の必要性が大きく減少しています。OP777を使用するアプリケーションとしては、ライン電源および携帯機器の両方での機器、またリモート・センサー信号整形および高精度フィルタなどが含まれます。OP777は、拡張工業温度範囲(-40 ~ +85  $^{\circ}$ C)で仕様規定され、8ピンMSOPと8ピンSOICパッケージで供給されます。OP777は標準的なオペアンプのピン出力を備えており、ほとんどの回路において低性能のアンプから置き換え可能です。MSOPパッケージの表面実装型デバイスは、テープおよびリールのみにより供給可能です。

# OP777－仕様

電気的特性 (特に指示のない限り、 $V_S = 5.0V$ 、 $V_{CM} = 2.5V$ 、 $T_A = 25$  )

パラメータ	記号	条件	Min	Typ	Max	単位
入力特性						
オフセット電圧	$V_{OS}$	- 40 $T_A$ + 85			100 200	$\mu V$ $\mu V$
入力バイアス電流	$I_B$	- 40 $T_A$ + 85			11	nA
入力オフセット電流	$I_{OS}$	- 40 $T_A$ + 85			2	nA
入力電圧範囲			0		4	V
コモン・モード除去比	CMRR	$V_{CM} = 0 \sim 4V$	104	110		dB
大信号電圧ゲイン	$A_{VO}$	$R_L = 10k$ 、 $V_O = 0.5 \sim 4.5V$	300	500		V/mV
オフセット電圧ドリフト	$V_{OS}/T$	- 40 $T_A$ + 85		0.3	1.3	$\mu V/$
出力特性						
オフセット電圧ハイレベル	$V_{OH}$	$I_L = 1mA$ 、- 40 $T_A$ + 85	4.88			V
オフセット電圧ロー	$V_{OL}$	$I_L = 1mA$ 、- 40 $T_A$ + 85			140	mV
短絡制限	$I_{OUT}$	$V_{DROPOUT} < 1V$		$\pm 10$		mA
電源						
電源除去比	PSRR	$V_S = 3 \sim 30V$	120	130		dB
電源電流 / アンプ	$I_{SY}$	$V_O = 0V$ - 40 $T_A$ + 85		270 320	270 320	$\mu A$ $\mu A$
ダイナミック特性						
スルーレート	SR	$R_L = 2k$		0.2		V/ $\mu s$
GB積	GBP			0.7		MHz
ノイズ特性						
電圧ノイズ	$e_n p-p$	0.1 ~ 10Hz		0.4		$\mu V p-p$
電圧ノイズ密度	$e_n$	$f = 1kHz$		15		nV/ $\sqrt{Hz}$
電流ノイズ密度	$i_n$	$f = 1kHz$		0.13		pA/ $\sqrt{Hz}$

仕様は予告なく変更されることがあります。

## 電気的特性 (特に指示のない限り、 $V_S = \pm 15.0V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $T_A = 25$ )

パラメータ	記号	条件	Min	Typ	Max	単位
入力特性						
オフセット電圧	$V_{OS}$	- 40 $T_A$ + 85			100	$\mu V$
入力バイアス電流	$I_B$	- 40 $T_A$ + 85			200	$\mu V$
入力オフセット電流	$I_{OS}$	- 40 $T_A$ + 85			10	nA
入力電圧範囲			- 15		+ 14	V
コモン・モード除去比	CMRR	$V_{CM} = - 15 \sim + 14V$	110	120		dB
大信号電圧ゲイン	$A_{VO}$	$R_L = 10k$ 、 $V_O = - 14.55 \sim + 14.5V$	1,000	2,500		V/mV
オフセット電圧ドリフト	$V_{OS}/T$	- 40 $T_A$ + 85		0.3	1.3	$\mu V/$
出力特性						
オフセット電圧ハイレベル	$V_{OH}$	$I_L = 1mA$ 、- 40 $T_A$ + 85	14.9			V
オフセット電圧ローレベル	$V_{OL}$	$I_L = 1mA$ 、- 40 $T_A$ + 85			- 14.9	V
短絡制限	$I_{OUT}$			$\pm 30$		mA
電源						
電源除去比	PSRR	$V_S = \pm 1.5 \sim \pm 15V$	120	130		dB
電源電流 / アンプ	$I_{SY}$	$V_O = 0V$ - 40 $T_A$ + 85		350	350	$\mu A$
				350	400	$\mu A$
ダイナミック特性						
スルーレート	SR	$R_L = 2k$		0.2		V/ $\mu s$
GB積	GBP			0.7		MHz
ノイズ特性						
電圧ノイズ	$e_n$ p-p	0.1 ~ 10Hz		0.4		$\mu V$ p-p
電圧ノイズ密度	$e_n$	f = 1kHz		15		nV/ $\sqrt{Hz}$
電流ノイズ密度	$i_n$	f = 1kHz		0.13		pA/ $\sqrt{Hz}$

仕様は予告なく変更されることがあります。

# OP777

## 絶対最大定格\*

電源電圧	36V
入力電圧	$V_{S-} - 3 \sim V_{S+} + 3V$
差動入力電圧	$\pm$ 電源電圧
グラウンドに対する出力短絡期間	不定
保管温度範囲	
R, RMパッケージ	- 65 ~ + 150
動作温度範囲	
OP777	- 40 ~ + 85
接合温度範囲	
R, RMパッケージ	- 65 ~ + 150
ピン温度範囲(ハンダ付け、60秒)	300
ESD( HBM )	2kV

\*上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えると、デバイスに永久的な損傷を与えることがあります。この定格はストレス定格の規定のみを目的とするものであり、この仕様の動作セクションに記載する規定値以上でのデバイス動作を定めたものではありません。デバイスを長期間絶対最大定格条件に置くと、デバイスの信頼度に影響を与えることがあります。

パッケージ	$\theta_{JA}$ <sup>1</sup>	$\theta_{JC}$	単位
8ピンMSOP ( RM )	190	44	/W
8ピンSOIC ( R )	158	43	/W

### 注

<sup>1</sup>  $\theta_{JA}$ は最悪条件についての仕様、つまり JAを表面実装型パッケージを基板にハンダ付けした場合の仕様です。

## オーダー・ガイド

モデル	温度範囲	パッケージ	パッケージ ・オプション	ブランド情報
OP777ARM	- 40 ~ + 85	8ピンMSOP	RM-8	A1A
OP777AR	- 40 ~ + 85	8ピンSOIC	SO-8	

### 注意

ESD ( 静電放電 ) の影響を受けやすいデバイスです。4000Vもの高圧の静電気が人体やテスト装置に容易に帯電し、検知されることなく放電されることがあります。本製品には当社独自のESD保護回路を備えていますが、高エネルギーの静電放電を受けたデバイスには回復不可能な損傷が発生することがあります。このため、性能低下や機能喪失を回避するために、適切なESD予防措置をとるようお奨めします。



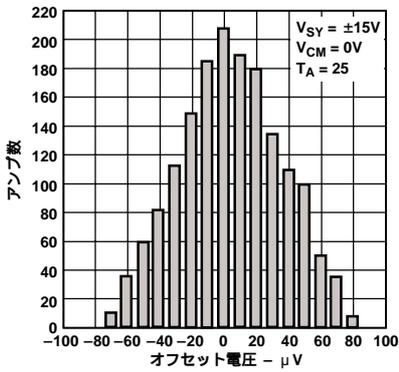


図1 入力オフセット電圧分布

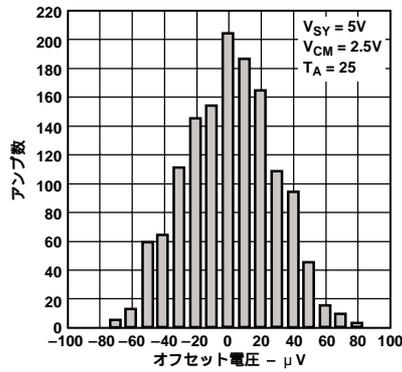


図2 入力オフセット電圧分布

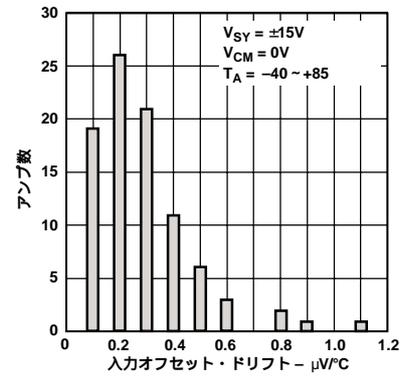


図3 入力オフセット電圧ドリフト分布

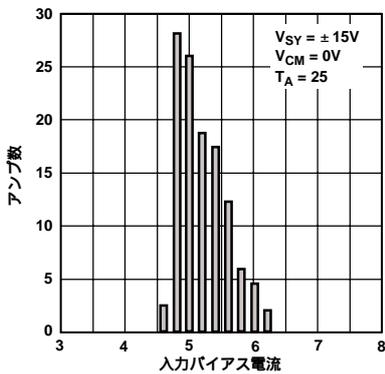


図4 入力バイアス電流分布

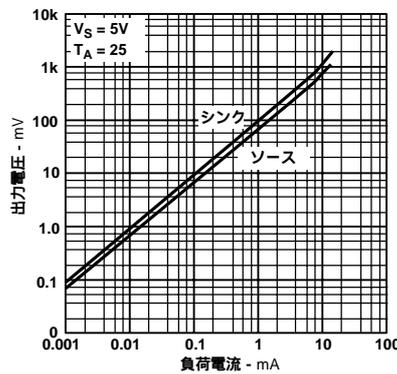


図5 電源レールへの出力電圧対負荷電流

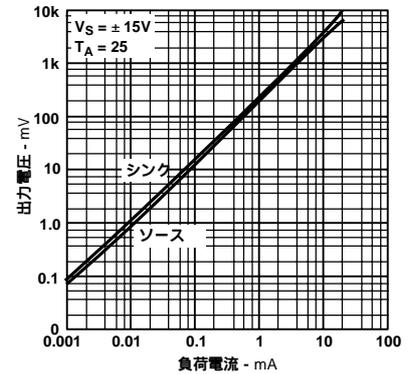


図6 電源レールへの出力電圧対負荷電流

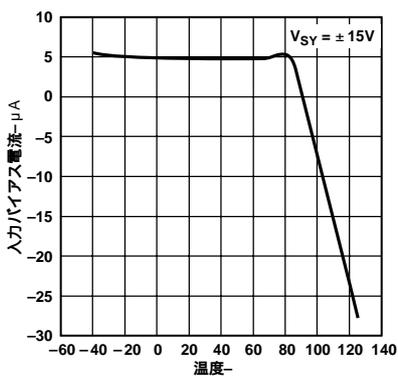


図7 入力バイアス電流対温度

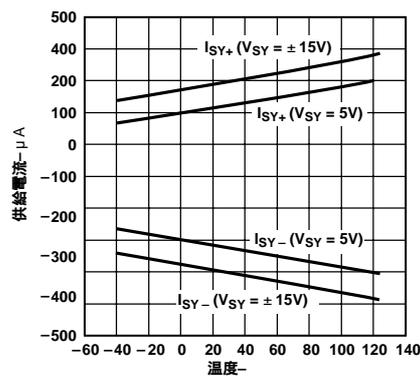


図8 供給電流対温度

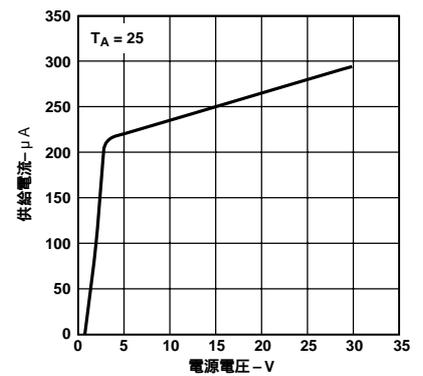


図9 供給電流対電源電圧

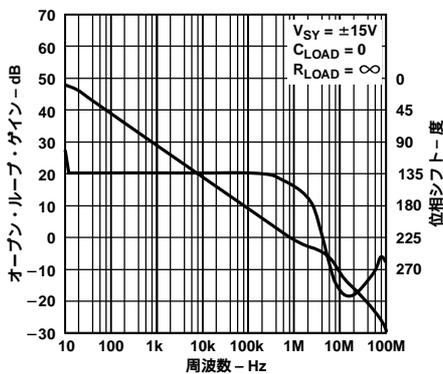


図10 オープン・ループ・ゲインおよび位相シフト 対 周波数

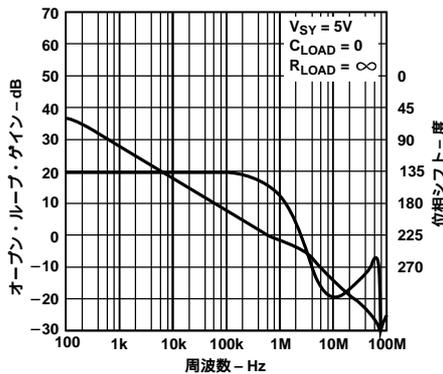


図11 オープン・ループ・ゲインおよび位相シフト 対 周波数

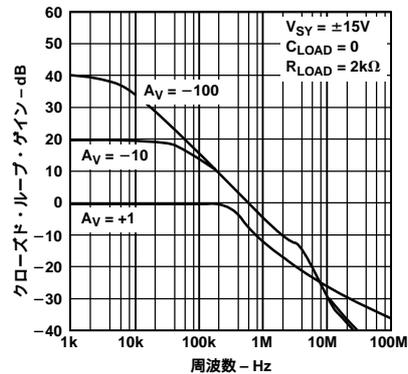


図12 クローズド・ループ・ゲイン 対 周波数

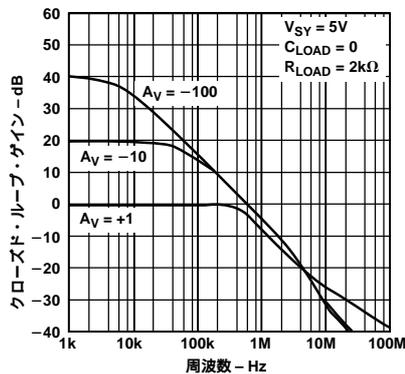


図13 クローズド・ループ・ゲイン 対 周波数

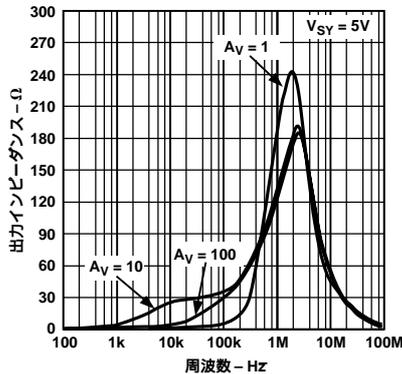


図14 出力インピーダンス 対 周波数

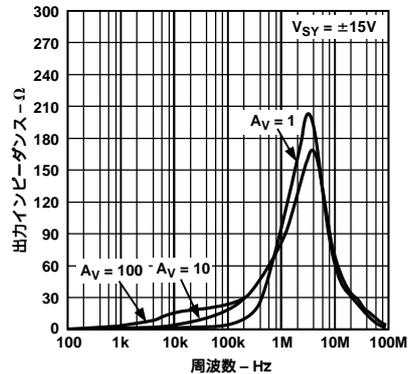


図15 出力インピーダンス 対 周波数

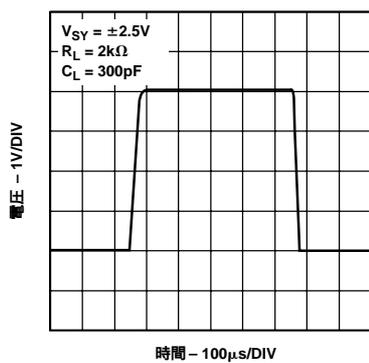


図16 大信号過渡応答

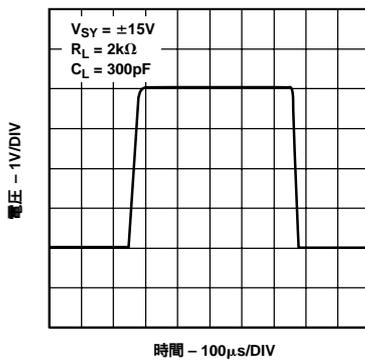


図17 大信号過渡応答

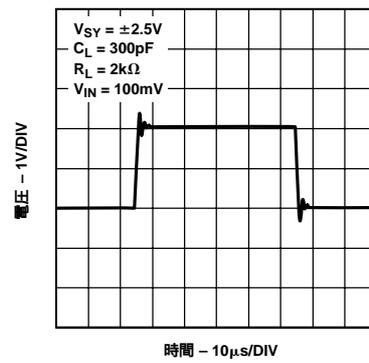


図18 小信号過渡応答

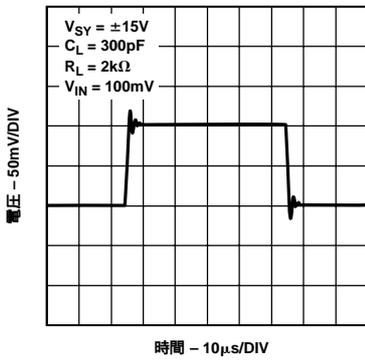


図19 小信号過渡応答

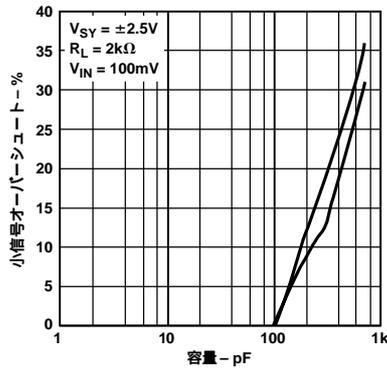


図20 小信号オーバーシュート  
対 負荷容量

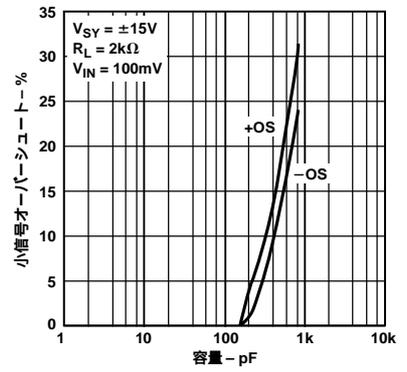


図21 小信号オーバーシュート  
対 負荷容量

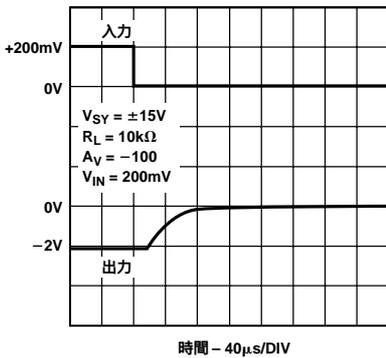


図22 正極性過電圧リカバリ

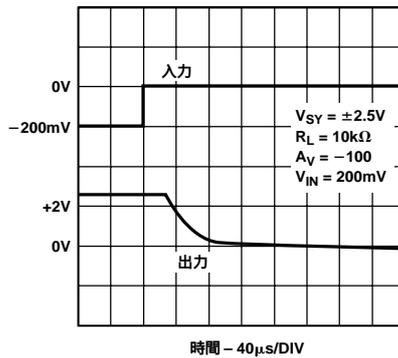


図23 負極性過電圧リカバリ

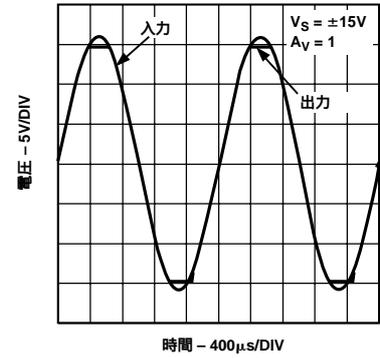


図24 位相反転なし

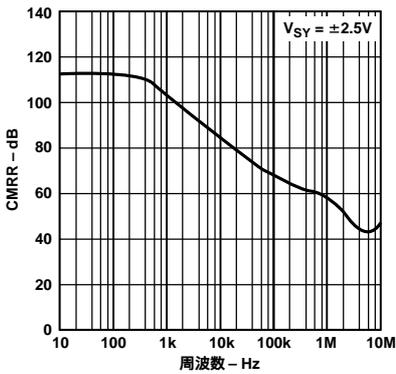


図25 CMRR 対 周波数

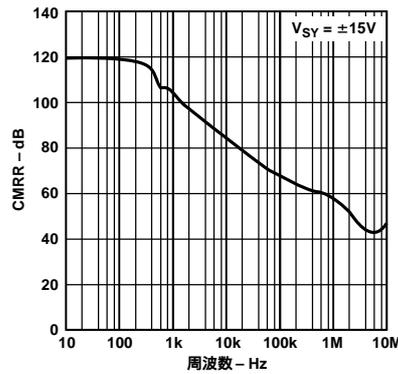


図26 CMRR 対 周波数

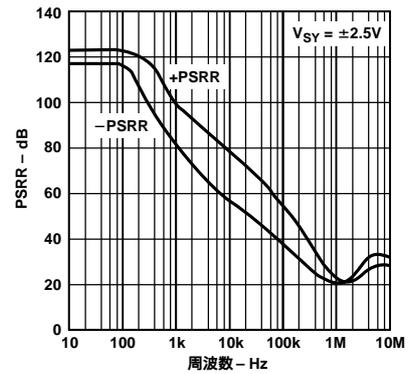


図27 PSRR - dB

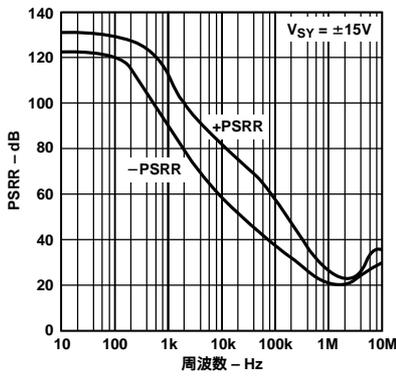


図28 PSRR対周波数

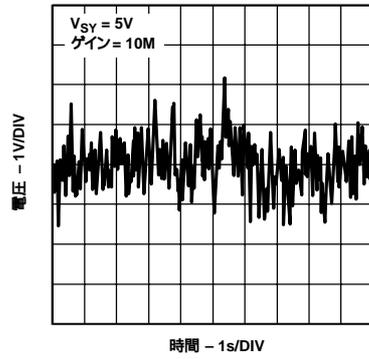


図29 0.1~10Hz入力電圧ノイズ

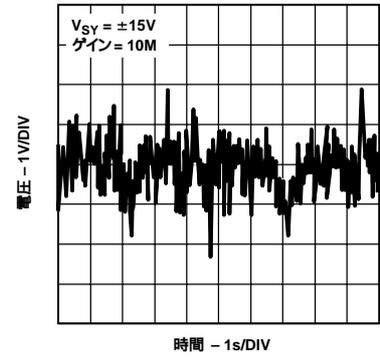


図30 0.1~10Hz入力電圧ノイズ

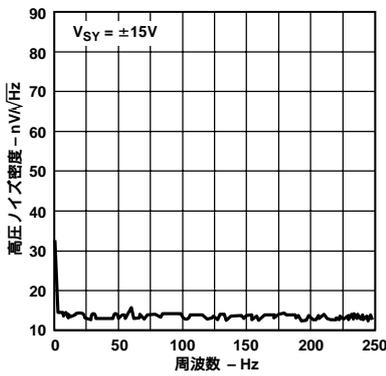


図31 電圧ノイズ密度

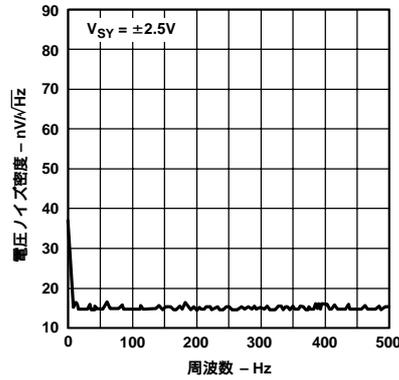


図32 電圧ノイズ密度

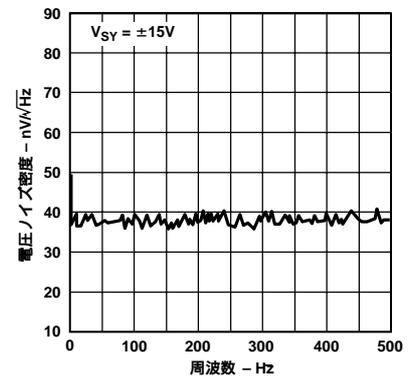


図33 電圧ノイズ密度

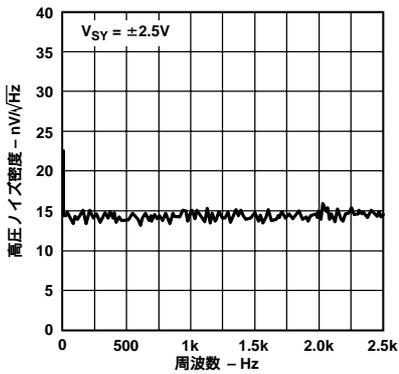


図34 電圧ノイズ密度

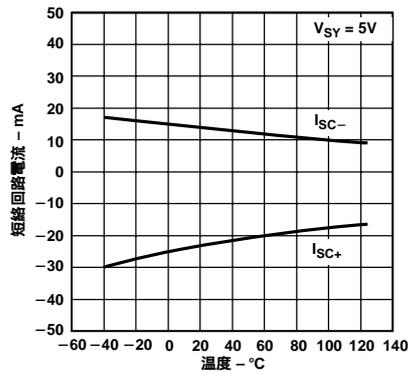


図35 短絡電流対温度

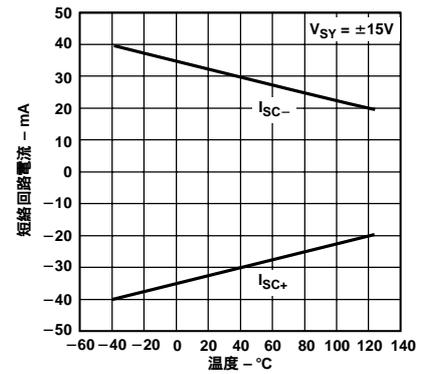


図36 短絡電流対温度

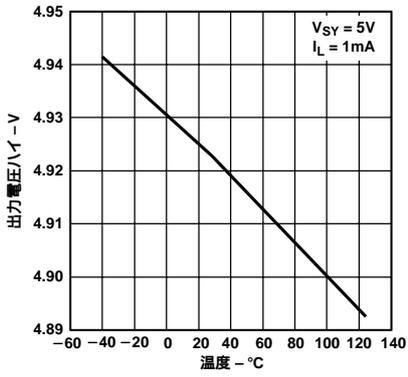


図37 出力電圧ハイ 対 温度

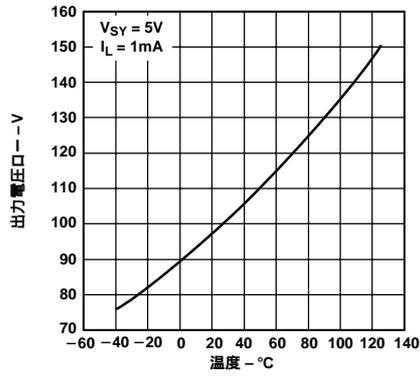


図38 出力電圧ロー 対 温度

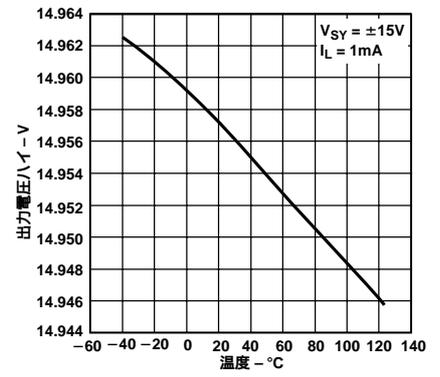


図39 出力電圧ハイ 対 温度

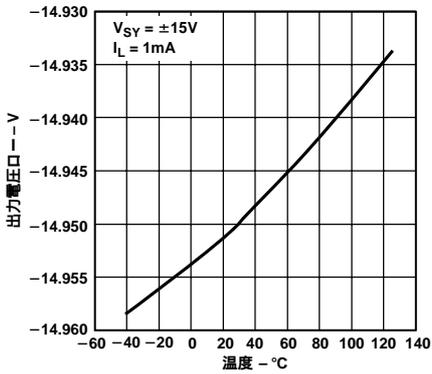


図40 出力電圧ロー 対 温度

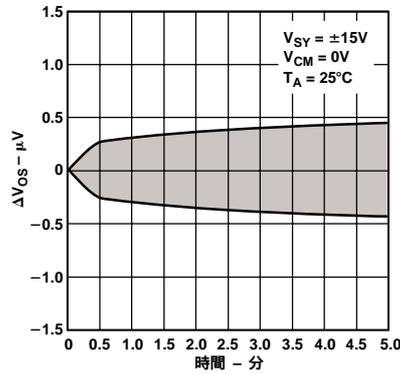


図41 ウォームアップ・ドリフト

# OP777

## 基本動作

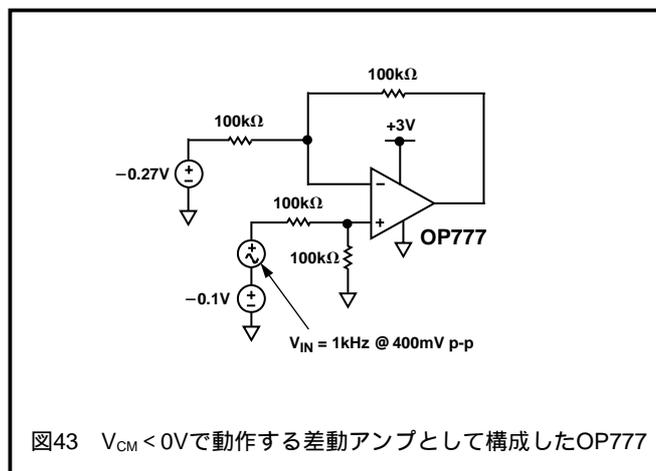
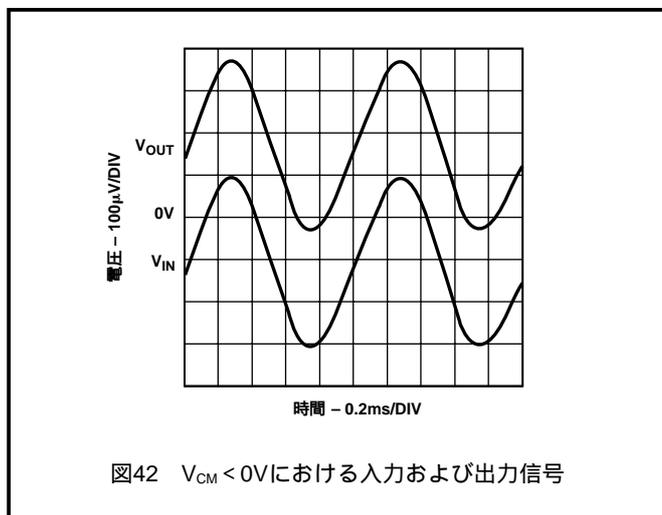
OP777アンプは、高電圧CMOS出力段と組み合わせた高精度バイポーラPNP入力段を採用しています。これにより、アンプは負極性電源電圧（しばしば、グラウンド入力単電源システムのアプリケーション）を含む入力電圧範囲を持ち、さらに、出力レールから1mV以内のスイングが可能です。さらに、入力電圧範囲が正極性電源レールの1V以内に達しています。このエピタキシャルPNP入力構造は不都合（すなわち、入力電圧範囲、オフセット、ドリフトおよびノイズに関する大きな劣化）なしで、「ダーリントン」入力段アンプで得られるのと同様の大ブレイクダウン電圧、大ゲイン、入力バイアス電流値を実現します。また、PNP入力構造は、ノイズを大幅に低減しDC入力誤差を低減します。

## 電源電圧

OP777アンプは、5V単電源電圧で完全に仕様規定され、また、設計とプロセスを革新して2.7~30Vまでの電源電圧範囲で動作可能です。これにより、現在の産業界で用いられている大部分のスプリット電源において動作が可能であり、既存のスプリット電源アンプに比べて実質的に優れた入出力電圧範囲を実現します。OP777シリーズは、単電源のアプリケーションに最も適した、 $V_{SY} = 5V$ 、 $V^- = 0V$ 、 $V_{CM} = 2.5V$ の仕様を備えています。130dB(0.3 $\mu V/V$ )のPSRRと110dB(3 $\mu V/V$ )のCMRRオフセットにより、電源およびコモン・モードの電圧の影響が最小に抑えられています。両電源、 $\pm 15V$ 動作についても完全に仕様規定されています。

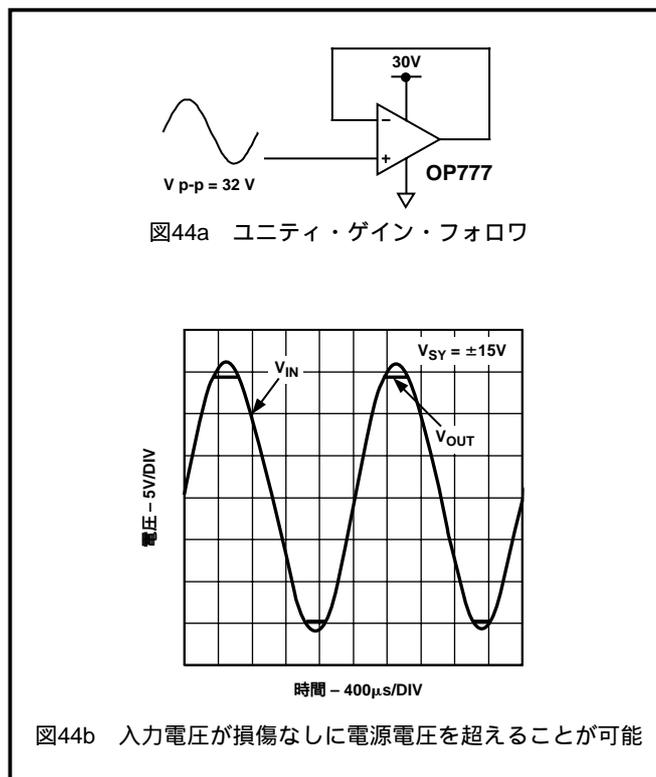
## 入力コモン・モード電圧範囲

OP777は、負極の電源から正極の1Vまでの入力コモン・モード電圧について定格が規定されています。しかし、アンプは $V_{EE}$ をわずかに下回った入力電圧に対しても動作可能です。図43では、OP777は2.7V単電源で入力端子に与えられる負極のDCコモン・モード電圧の差動アンプとして構成されています。この場合、400mp-pの入力が非反転入力に与えられます。以下のグラフから出力に歪みが生じていないことがわかります。マイクロパワーでの動作は、大きな入力およびフィードバック抵抗を用いて維持されています。



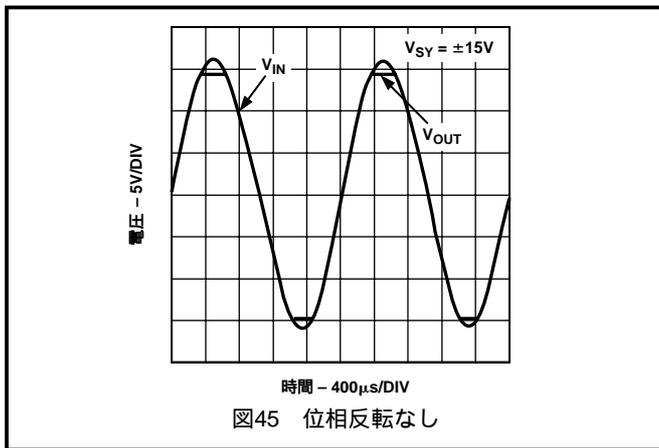
## 入力過電圧保護

アンプの入力が $V_{EE}$ からダイオードによる電圧降下を超えて大きくなる場合、大きな電流がサブストレート(V-pin)から入力ピンに流れ込み、デバイスが破壊されることがあります。OP777の場合には、電源電圧に等しい差動電圧では何の問題も発生しません(図44参照)。OP777には500 $\Omega$ の内部電流制限抵抗が入力と直列接続で組み込まれており、損傷が生じる可能性を最小に抑えています。入力に流れ込む電流は5mA以下にすることを推奨します。上記の理由から、入力トランジスタの大きなブレイクダウンにより、アンプの入力間におけるクランプ・ダイオードも不要となっています。これは、高精度アンプにおいては必須事項です。残念なことに、このようなクランプ・ダイオードは、高精度な整流器やコンパレータなどの多くのアプリケーション回路に大きな妨害を与えます。OP777シリーズは、このような制約を受けません。



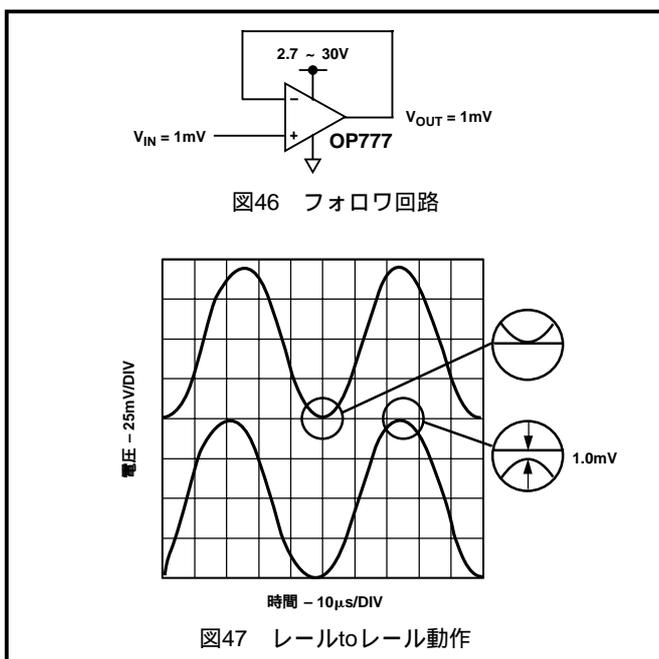
## 位相反転

多くのアンプでは、一方または双方の入力がコモン・モード電圧範囲を超えた場合、動作に異常が生じます。位相反転はアンプの伝達関数に特徴的なもので、事実上、アンプの伝達極性を反転させます。場合によっては、サーボ・システムにロックアップを生じさせ、永久的な損傷または回復不能なパラメータのシフトがアンプに生じます。ほとんどのアンプでは、このような効果に対処するための補償回路を設けていますが、その一部は反転入力についてのみ有効です。さらに、このような構造は電源レールから200～300mV程度の範囲についてしか効果がありません。OP777は、入力的一方または双方がこれらの入力コモン・モード電圧範囲を超えたときの位相反転を防止するための保護回路を持っています。しかし、継続的にレールを3V以上超えるような条件でドライブすることは推奨できません。



## 出力段

CMOSの出力段は優れた(また、かなジスマチックな)出力ドライブを持っており、軽い負荷で双方の電源レールの1mV以内までスイングすることが可能です。これは、(いわゆる)レールtoレールのバイポーラ出力段を持った同様のアンプに比べて相当に優れたものです。OP777は、電圧フォロワの構成でも安定しており、単電源動作でグラウンドよりわずかに1mVだけ高い電圧の信号にも応答します。



## 出力短絡

OP777の出力は、ダイの温度が長時間にわたって最大温度を超えない限り、全電源電圧範囲でのアクシデントによる短絡による損傷からも保護されます(絶対最大定格の項参照)。30mAまでの電流では損傷を生じることはありません。

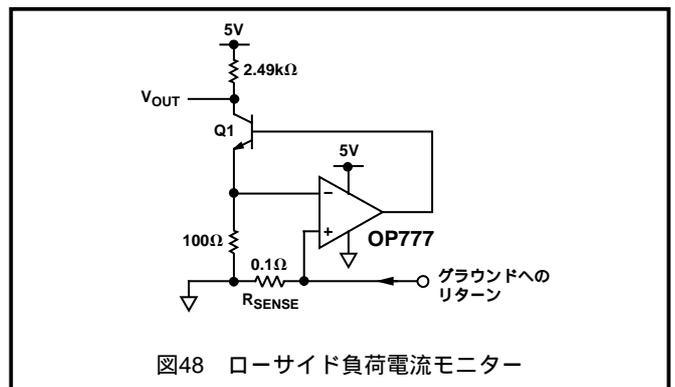
## ローサイド電流モニター

電源制御回路の設計では、広い負荷電流範囲についてのパストランジスタの、長期間にわたる信頼性の確保に設計に大きな労力が費やされます。その結果、設計におけるデバイスの消費電力の監視と制限が主要な事項となります。図48は5V単電源での電流監視の例であり、折り返し電流制限を備えた電圧レギュレータ、またはクローバ保護を備えた大電流電源と組み合わせることができます。設計では、グラウンドに達するOP777のコモン・モード範囲を利用しています。電流は、電源のフィードバック経路での電圧降下が極めて小さい10.1Ωのシャント抵抗RSENSEによって監視されます。反転端子における電圧は、2N2222または同等のQ1によるフィードバックを通じて、非反転末端における電圧と等しくなります。これにより、R1の両端での電圧降下はRSENSEの両端での電圧降下に等しくなります。このため、Q1を通る電流はRSENSEを通る電流に正比例し、出力電

$$V_{OUT} = 5V - \left( \frac{R2}{R1} \times R_{SENSE} \times I_L \right)$$

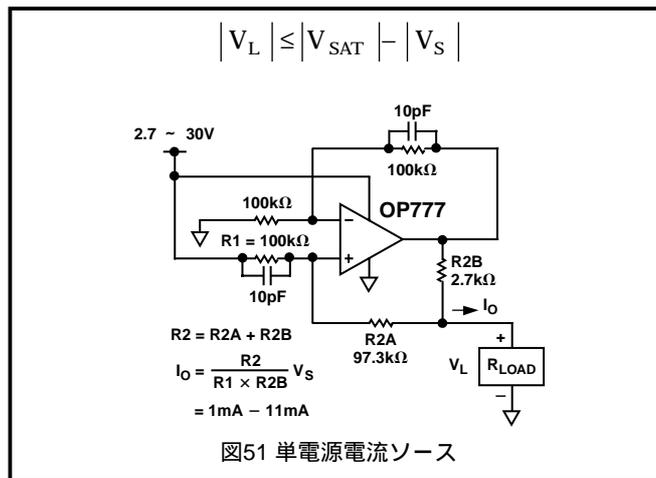
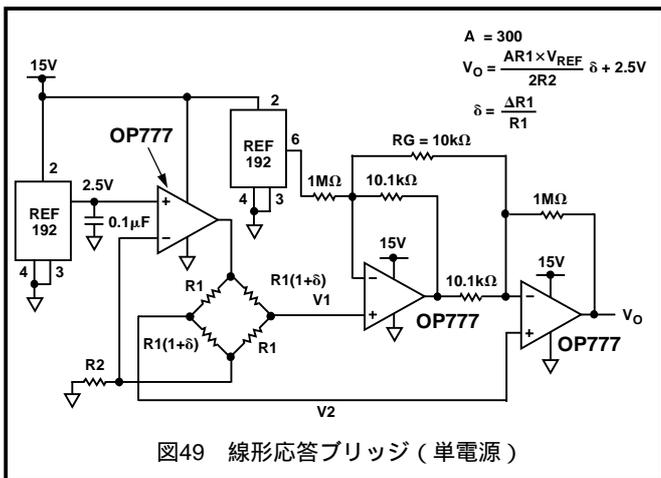
圧は以下のように得られます。

R2の両端における電圧降下はILの増加とともに増加するため、大きな電源電流が検出されるとVOUTが減少します。図示された構成要素の値に対して、VOUTの伝達特性は-2.5V/Aであり、VEEから減少します。



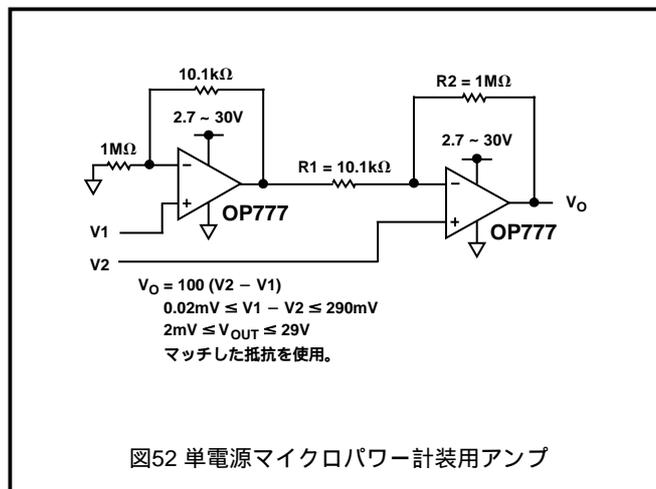
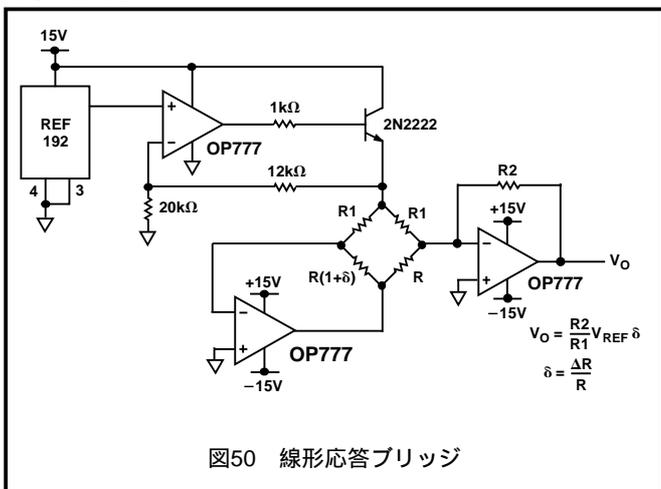
OP777は、ほとんどの単電源ブリッジ・アプリケーションに非常に有用です。図49に、出力がブリッジの微小変移( )に比例して線形に変化する単電源のブリッジ回路を示します。 = R/Rであることを注意してください。

図51に、単電源の電流ソースを示します。マイクロパワーでの動作を維持するために大きな抵抗値が用いられています。出力電流はR2B抵抗を変更することにより調整できます。コンプライアンス電圧は次のようになります。



両電源が利用可能なシステムの場合、図50の回路はブリッジの微小な変化に線形に連動するブリッジ出力を検出するために使用できます。

図52に、2つのOP777アンプを用いた単電源の計装用アンプを示します。



## 外形寸法

サイズはインチと(mm)で示します。

8ピン μSOIC  
(記号RM)

8ピンSOIC  
(記号R)

