



SM73308

2011年6月

低オフセット、低ノイズ、出力フルスイング・オペアンプ

概要

SM73308 は、低ノイズのシングル高精度オペアンプで、広範なアプリケーションを対象としています。そのほか、拡張された動作温度範囲(-40°C~125°C)、超小型 SC70-5 パッケージ、低入力バイアス電流などの特長があります。

SM73308 は広い動作温度範囲(-40°C~125°C)を持っているので、さまざまなアプリケーションに適しており、小型パッケージ、動作速度、省電力を特長としています。SM73308 で保証されている電源電圧範囲は 2.7V ~ 5.0V と広く、かつフルスイング出力が得られます。

SM73308 は、高精度、低ノイズ、低電圧が必要な小型システム用に開発されています。このオペアンプは、重負荷に対してもフルスイングの出力振幅を与えます。最大入力オフセット電圧は室温で 850 μV です。入力同相電圧範囲にはグラウンドが含まれます。

SM73308 は、超小型の SC70-5 パッケージで供給されます。

特長

(特記のない限り、 $V_S = 2.7V$ における代表値)

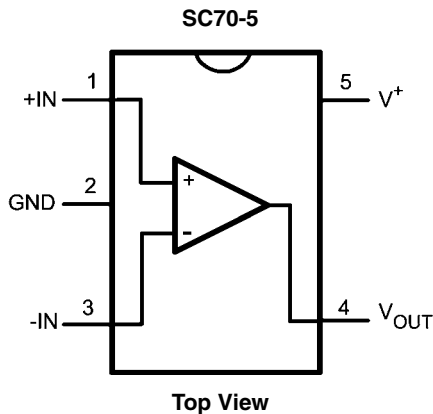
- リニューアブル・エナジー・グレード
- 2.7V と 5V 動作時の仕様を保証
- 最大 V_{OS} 850 μV (リミット値)
- 電圧ノイズ
 - $f = 100Hz$ 12.5nV/√Hz
 - $f = 10kHz$ 7.5nV/√Hz
- 出力フルスイング振幅
 - $R_L = 600\Omega$ 正負電源電圧の 100mV 以内
 - $R_L = 2k\Omega$ 正負電源電圧の 50mV 以内
- 開ループ・ゲイン ($R_L = 2k\Omega$) 100dB
- V_{CM} 0 ~ $V^+ - 0.9V$
- 消費電流 550 μA
- GB 積 3.5MHz
- 温度範囲 -40°C ~ 125°C

アプリケーション

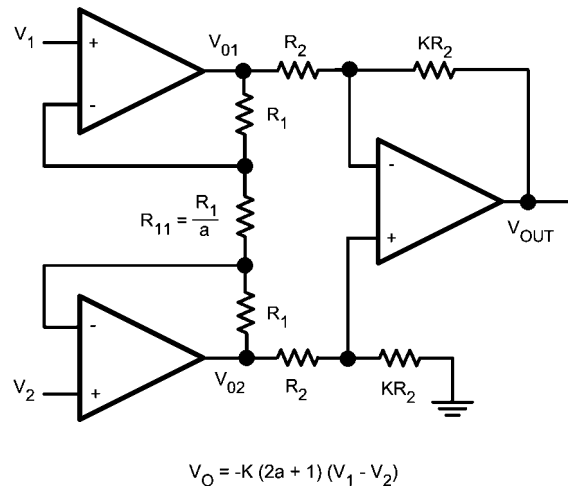
- トランスデューサ・アンプ
- 計装アンプ
- 高精度電流センス
- データ・アキュイジション・システム
- アクティブ・フィルタとバッファ
- サンプル/ホールド
- ポータブル/バッテリー駆動電子機器
- 自動車



ピン配置図



計装アンプ



SM73308 低オフセット、低ノイズ、出力フルスイング・オペアンプ

絶対最大定格 (Note 1)

本データシートには軍用・航空宇宙用の規格は記載されていません。
関連する電気的信頼性試験方法の規格を参照ください。

ESD 耐圧 (Note 2)

マシン・モデル	200V
人体モデル	2000V

差動入力電圧	±電源電圧
入力ピン電圧	(V ⁺) + 0.3V、(V ⁻) - 0.3V
入力ピン電流	± 10mA
電源電圧 (V ⁺ - V ⁻)	5.75V
V ⁺ への出力短絡	(Note 3)
V ⁻ への出力短絡	(Note 4)

実装温度

赤外線または対流方式 (20 秒)	235 °C
流動ハンダ付けリード温度 (10 秒)	260 °C
保存温度範囲	- 65 °C ~ 150 °C
接合部温度 (Note 5)	150 °C

動作定格 (Note 1)

電源電圧	2.7V ~ 5.5V
温度範囲	- 40 °C ~ 125 °C
熱抵抗 (θ_{JA})	440 °C /W

2.7V DC 電気的特性 (Note 11)

特記のない限り、リミット値はすべて $T_A = 25\text{ °C}$ 、 $V^+ = 2.7\text{V}$ 、 $V^- = 0\text{V}$ 、 $V_{CM} = V^+ / 2$ 、 $V_O = V^+ / 2$ 、 $R_L > 1\text{M}\Omega$ に対して保証されます。太字のリミット値は、全温度範囲に対して適用されます。

Symbol	Parameter	Condition	Min (Note 7)	Typ (Note 6)	Max (Note 7)	Units
V_{OS}	Input Offset Voltage			0.3	0.85 1.0	mV
TCV_{OS}	Input Offset Voltage Average Drift			-0.45		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_B	Input Bias Current (Note 8)	$V_{CM} = 1\text{V}$		-0.1	100 250	pA
I_{OS}	Input Offset Current (Note 8)			0.004	100	pA
I_S	Supply Current			550	900 910	μA
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$0.5 \leq V_{CM} \leq 1.2\text{V}$	74 72	80		dB
PSSR	Power Supply Rejection Ratio	$2.7\text{V} \leq V^+ \leq 5\text{V}$	82 76	90		dB
V_{CM}	Input Common-Mode Voltage Range	For CMRR $\geq 50\text{dB}$	0		1.8	V
A_V	Large Signal Voltage Gain (Note 9)	$R_L = 600\Omega$ to 1.35V, $V_O = 0.2\text{V}$ to 2.5V	92 80	100		dB
		$R_L = 2\text{k}\Omega$ to 1.35V, $V_O = 0.2\text{V}$ to 2.5V	98 86	100		
V_O	Output Swing	$R_L = 600\Omega$ to 1.35V $V_{IN} = \pm 100\text{mV}$	0.11 0.14	0.084 to 2.62	2.59 2.56	V
		$R_L = 2\text{k}\Omega$ to 1.35V $V_{IN} = \pm 100\text{mV}$	0.05 0.06	0.026 to 2.68	2.65 2.64	
I_O	Output Short Circuit Current	Sourcing, $V_O = 0\text{V}$ $V_{IN} = 100\text{mV}$	18 11	24		mA
		Sinking, $V_O = 2.7\text{V}$ $V_{IN} = -100\text{mV}$	18 11	22		

2.7V AC 電氣的特性 (Note 11)

特記のない限り、リミット値はすべて $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V^+ = 5.0\text{V}$ 、 $V^- = 0\text{V}$ 、 $V_{CM} = V^+ / 2$ 、 $V_O = V^+ / 2$ 、 $R_L > 1\text{M}\Omega$ に対して保証されます。太字のリミット値は、全温度範囲に対して適用されます。

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 7)	Typ (Note 6)	Max (Note 7)	Units
SR	Slew Rate (Note 10)	$A_V = +1$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$		1.4		V/ μs
GBW	Gain-Bandwidth Product			3.5		MHz
Φ_m	Phase Margin			79		Deg
G_m	Gain Margin			-15		dB
e_n	Input-Referred Voltage Noise (Flatband)	$f = 10\text{kHz}$		7.5		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
e_n	Input-Referred Voltage Noise (1/f)	$f = 100\text{Hz}$		12.5		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
i_n	Input-Referred Current Noise	$f = 1\text{kHz}$		0.001		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
THD	Total Harmonic Distortion	$f = 1\text{kHz}$, $A_V = +1$ $R_L = 600\Omega$, $V_{IN} = 1\text{ V}_{PP}$		0.007		%

5.0V DC 電氣的特性 (Note 11)

特記のない限り、リミット値はすべて $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V^+ = 5.0\text{V}$ 、 $V^- = 0\text{V}$ 、 $V_{CM} = V^+ / 2$ 、 $V_O = V^+ / 2$ 、 $R_L > 1\text{M}\Omega$ に対して保証されます。太字のリミット値は、全温度範囲に対して適用されます。

Symbol	Parameter	Condition	Min (Note 7)	Typ (Note 6)	Max (Note 7)	Units
V_{OS}	Input Offset Voltage			0.25	0.85 1.0	mV
TCV_{OS}	Input Offset Voltage Average Drift			-0.35		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_B	Input Bias Current (Note 8)	$V_{CM} = 1\text{V}$		-0.23	100 250	μA
I_{OS}	Input Offset Current (Note 8)			0.017	100	μA
I_S	Supply Current			600	950 960	μA
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$0.5 \leq V_{CM} \leq 3.5\text{V}$	80 79	90		dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$2.7\text{V} \leq V^+ \leq 5\text{V}$	82 76	90		dB
V_{CM}	Input Common-Mode Voltage Range	For CMRR $\geq 50\text{dB}$	0		4.1	V
A_V	Large Signal Voltage Gain (Note 9)	$R_L = 600\Omega$ to 2.5V, $V_O = 0.2\text{V}$ to 4.8V	92 89	100		dB
		$R_L = 2\text{k}\Omega$ to 2.5V, $V_O = 0.2\text{V}$ to 4.8V	98 95	100		
V_O	Output Swing	$R_L = 600\Omega$ to 2.5V $V_{IN} = \pm 100\text{mV}$	0.15 0.23	0.112 to 4.9	4.85 4.77	V
		$R_L = 2\text{k}\Omega$ to 2.5V $V_{IN} = \pm 100\text{mV}$	0.06 0.07	0.035 to 4.97	4.94 4.93	
I_O	Output Short Circuit Current (Note 8, Note 12)	Sourcing, $V_O = 0\text{V}$ $V_{IN} = 100\text{mV}$	35 35	75		mA
		Sinking, $V_O = 2.7\text{V}$ $V_{IN} = -100\text{mV}$	35 35	66		

5.0V AC 電氣的特性 (Note 11)

特記のない限り、リミット値はすべて $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V^+ = 5.0\text{V}$ 、 $V^- = 0\text{V}$ 、 $V_{CM} = V^+ / 2$ 、 $V_O = V^+ / 2$ 、 $R_L > 1\text{M}\Omega$ に対して保証されます。太字のリミット値は、全温度範囲に対して適用されます。

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 7)	Typ (Note 6)	Max (Note 7)	Units
SR	Slew Rate (Note 10)	$A_V = +1$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$		1.4		V/ μs
GBW	Gain-Bandwidth Product			3.5		MHz
Φ_m	Phase Margin			79		Deg
G_m	Gain Margin			-15		dB
e_n	Input-Referred Voltage Noise (Flatband)	$f = 10\text{ kHz}$		6.5		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
e_n	Input-Referred Voltage Noise (1/f)	$f = 100\text{ Hz}$		12		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
i_n	Input-Referred Current Noise	$f = 1\text{ kHz}$		0.001		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
THD	Total Harmonic Distortion	$f = 1\text{ kHz}$, $A_V = +1$ $R_L = 600\Omega$, $V_{IN} = 1\text{ V}_{PP}$		0.007		%

Note 1: 「絶対最大定格」とは、デバイスが破壊する可能性のあるリミット値をいいます。「動作定格」とは、デバイスが機能する条件を示しますが、性能のリミット値を保証するものではありません。保証された仕様、試験条件については「電氣的特性」を参照してください。

Note 2: 使用した試験回路は、人体モデルに基づき 100pF のコンデンサから直列抵抗 1.5k Ω を通して各ピンに放電されます。マシン・モデルでは、0 Ω と 20pF を直列に接続します。

Note 3: 出力と V^+ を短絡させると信頼性に悪影響を及ぼすことがあります。

Note 4: 出力と V^- を短絡させると、信頼性に悪影響を及ぼすことがあります。

Note 5: 最大消費電力は、 $T_{J(\text{MAX})}$ 、 θ_{JA} 、 T_A の関数です。任意の周囲温度における最大許容消費電力は、 $P_D = (T_{J(\text{MAX})} - T_A) / \theta_{JA}$ で表されます。すべての数値は、プリント基板に直接ハンダ付けするパッケージに適用されます。

Note 6: Typ 値は最も標準的な値を示しています。

Note 7: すべてのリミット値は、テストまたは統計解析によって保証されています。

Note 8: リミット値は設計保証値です。

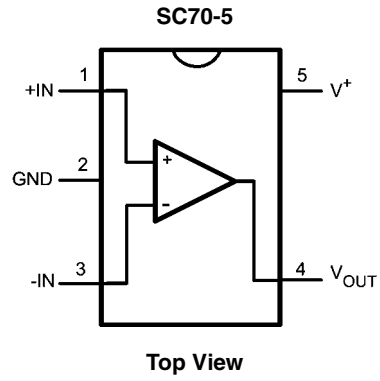
Note 9: R_L は電源電圧の midpoint の電位へ接続しています。出力電圧は電源レールから 200mV のレベルに設定されています。 $V_O = \text{GND} + 0.2\text{V}$ および $V_O = V^+ - 0.2\text{V}$ 。

Note 10: 規格値は正または負のスルーレートのいずれか遅い方です。

Note 11: 「電氣的特性」の値は、記載温度における工場出荷試験条件にのみ適用されます。工場試験条件で生じる自己発熱は、 $T_J = T_A$ となる程度にきわめてわずかです。

Note 12: 35mA を超える出力短絡電流が流れる状態でデバイスを連続動作させると、デバイスに恒久的損傷を与えるおそれがあります。

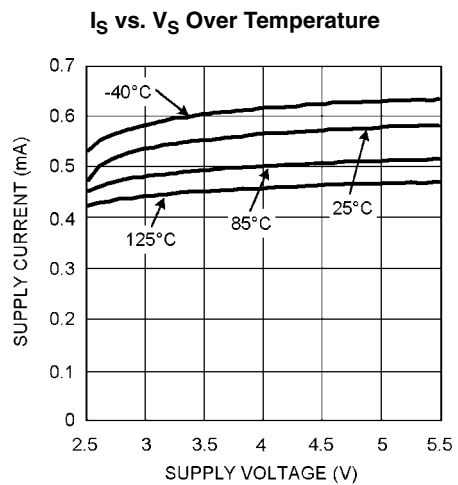
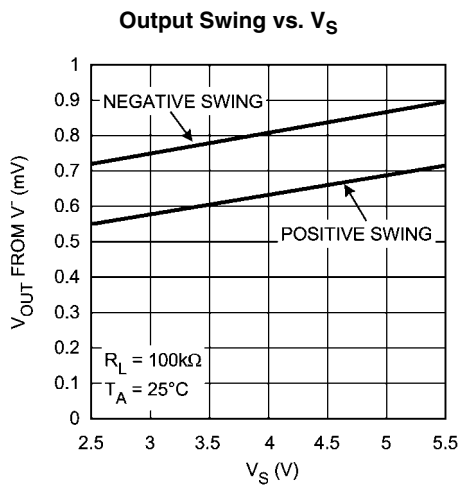
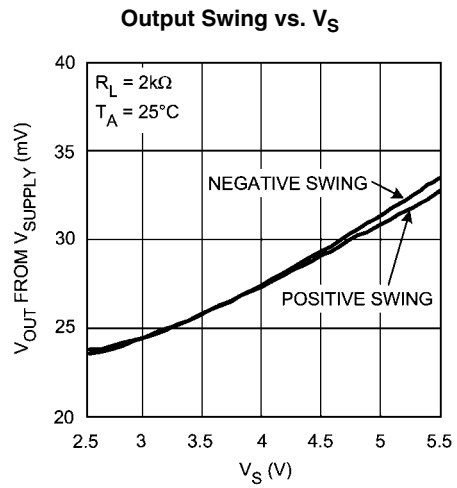
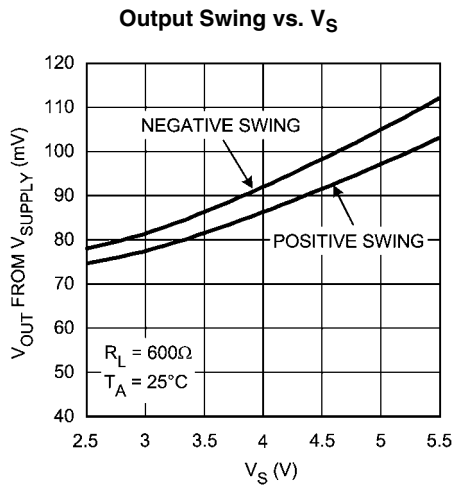
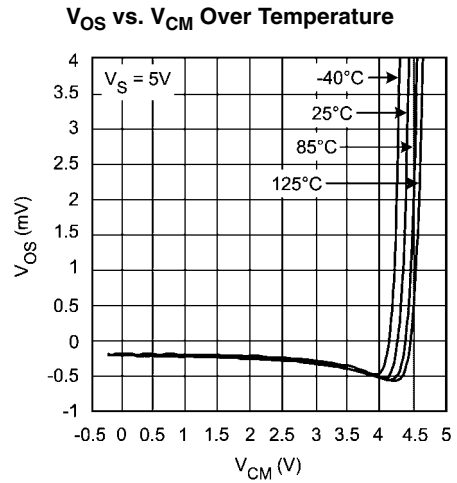
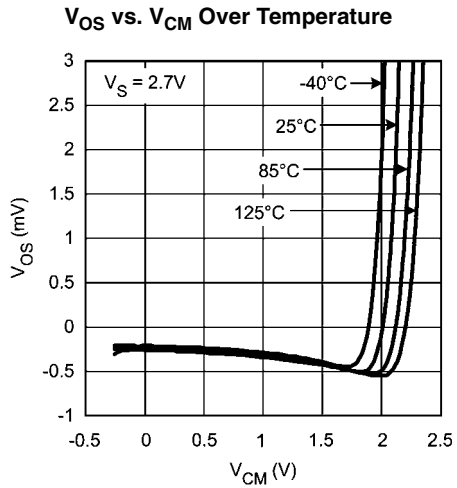
ピン配置図



製品情報

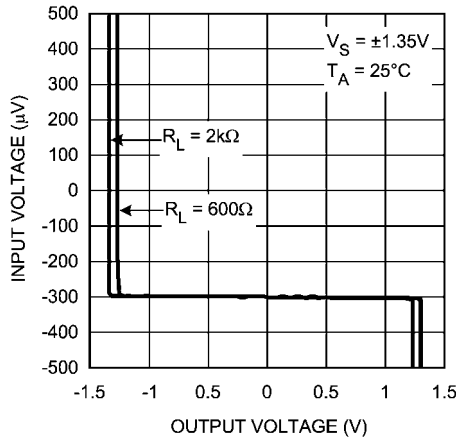
Package	Part Number	Package Marking	Transport Media	NSC Drawing
SC70-5	SM73308MG	S08	1k Units Tape and Reel	MAA05A
	SM73308MGX		3k Units Tape and Reel	
	SM73308MGE		250 Units Tape and Reel	

代表的な性能特性

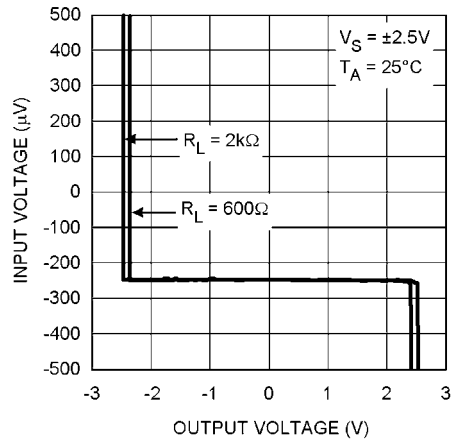


代表的な性能特性 (つづき)

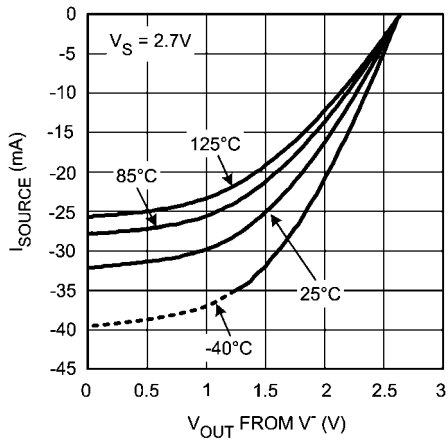
V_{IN} vs. V_{OUT}



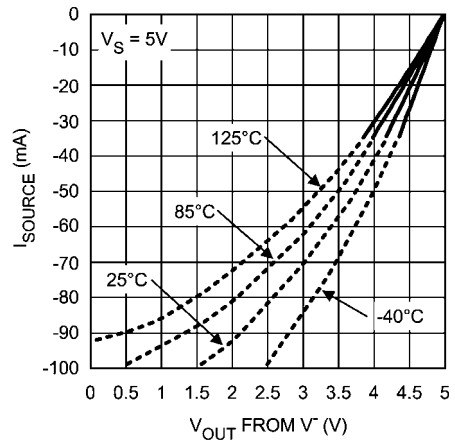
V_{IN} vs. V_{OUT}



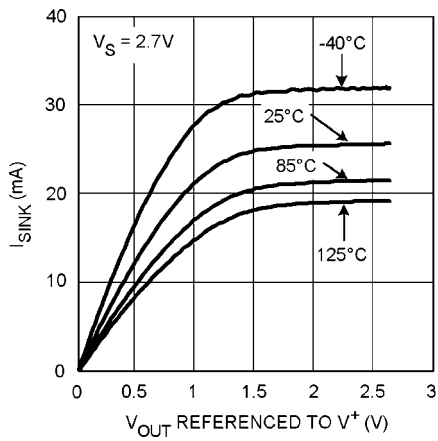
Sourcing Current vs. V_{OUT} (Note 12)



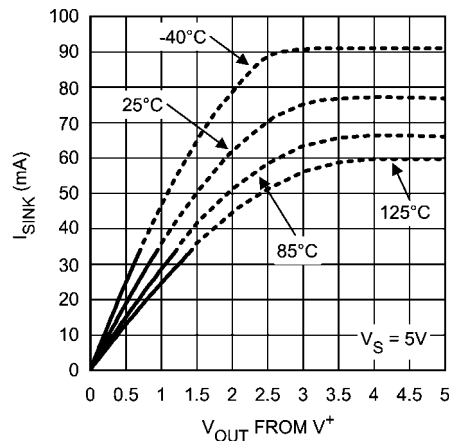
Sourcing Current vs. V_{OUT} (Note 12)



Sinking Current vs. V_{OUT} (Note 12)

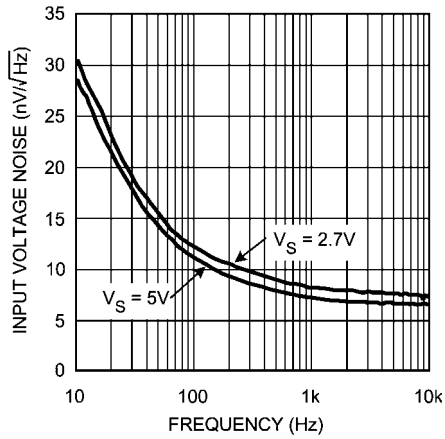


Sinking Current vs. V_{OUT} (Note 12)

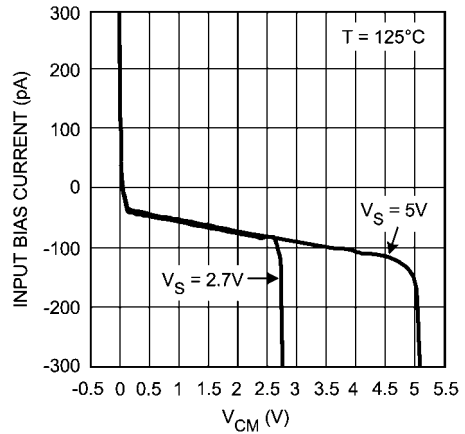


代表的な性能特性 (つづき)

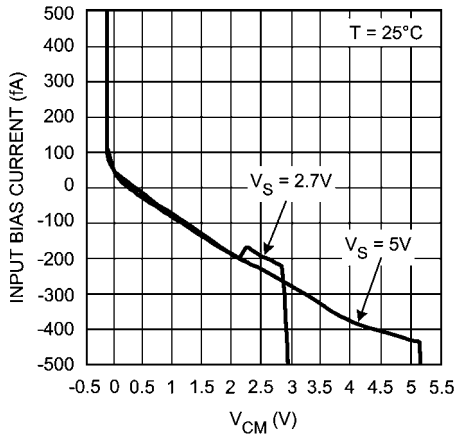
Input Voltage Noise vs. Frequency



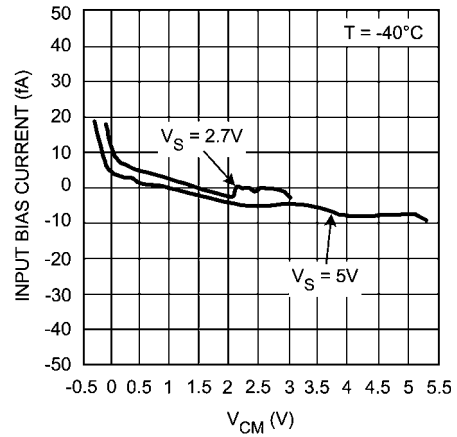
Input Bias Current Over Temperature



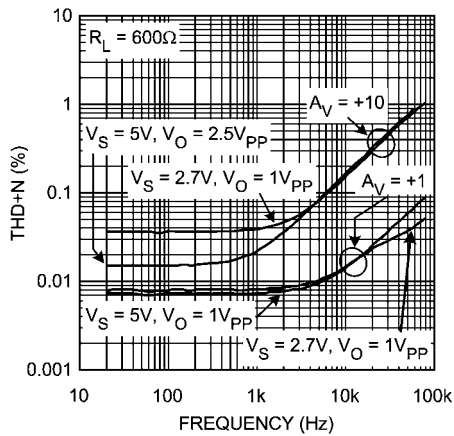
Input Bias Current Over Temperature



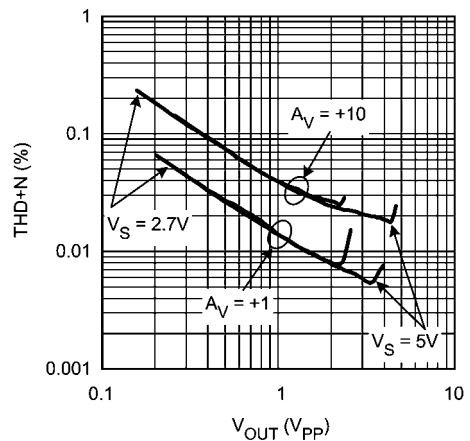
Input Bias Current Over Temperature



THD+N vs. Frequency

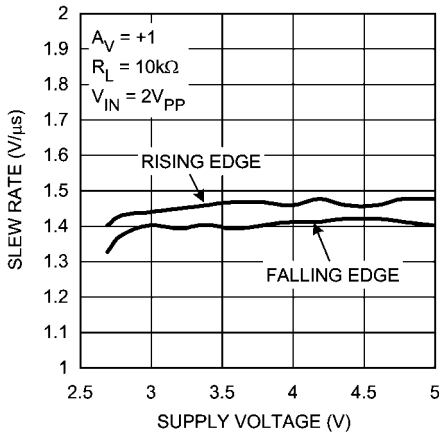


THD+N vs. VOUT

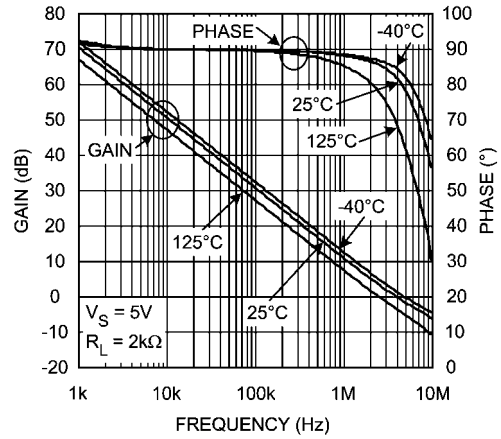


代表的な性能特性 (つづき)

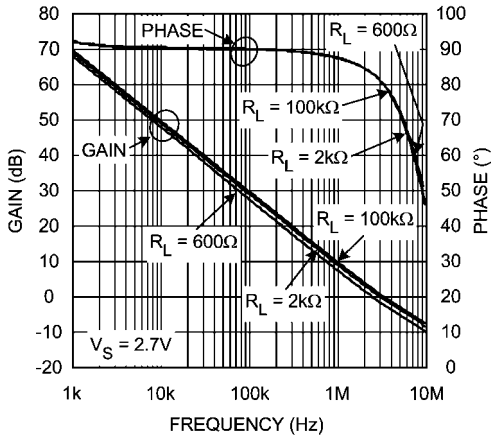
Slew Rate vs. Supply Voltage



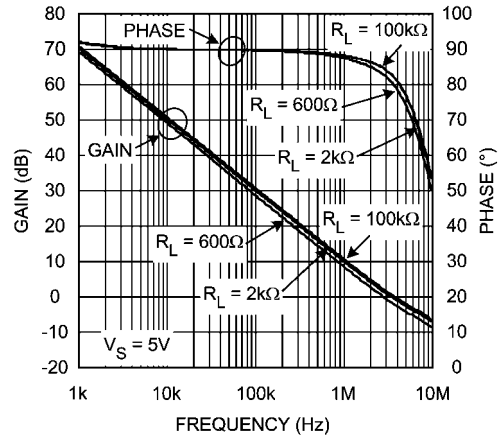
Open Loop Frequency Response Over Temperature



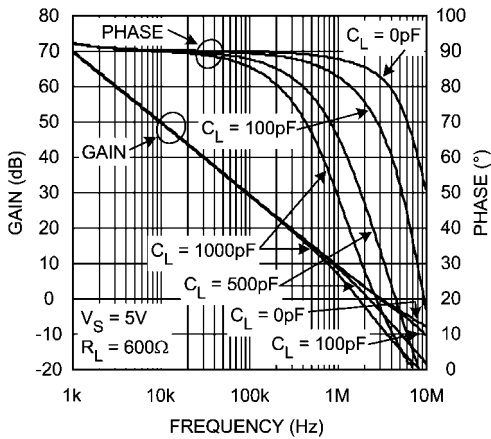
Open Loop Frequency Response



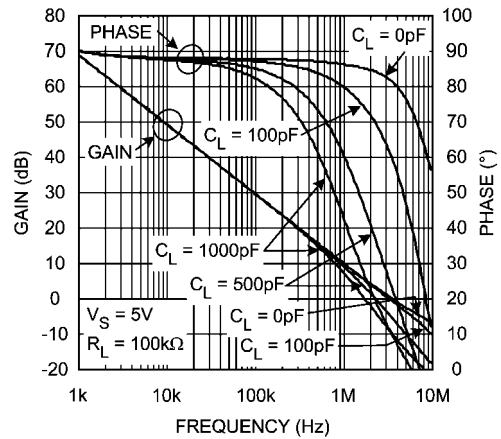
Open Loop Frequency Response



Open Loop Gain & Phase with Cap. Loading

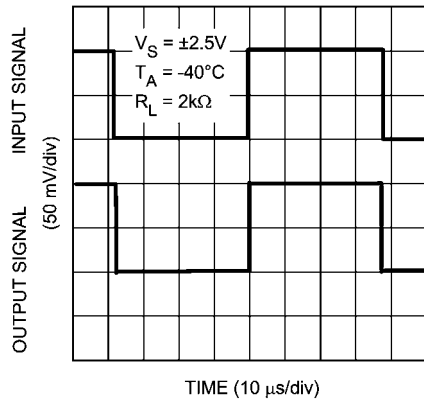


Open Loop Gain & Phase with Cap. Loading

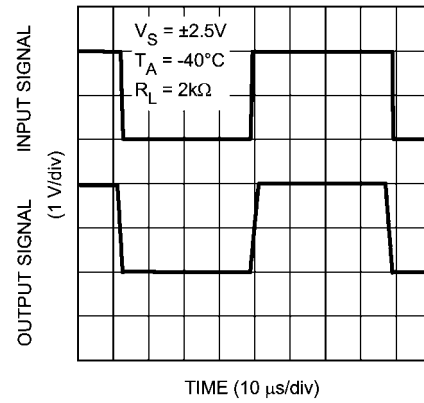


代表的な性能特性 (つづき)

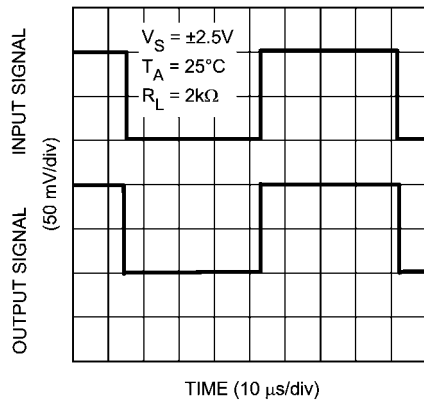
Non-Inverting Small Signal Pulse Response



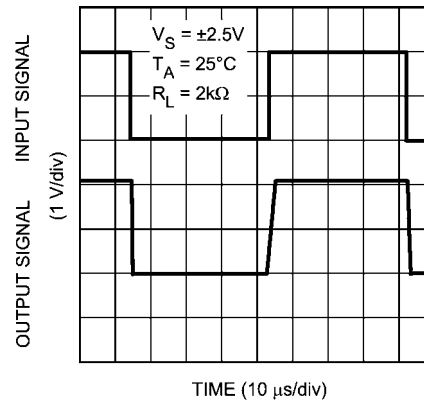
Non-Inverting Large Signal Pulse Response



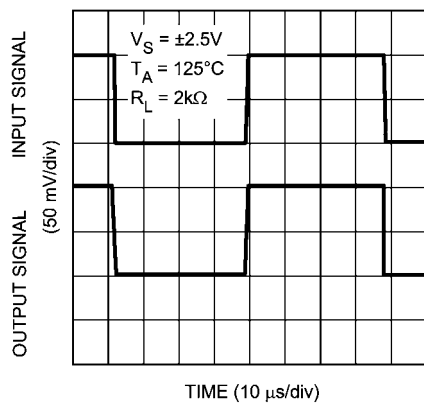
Non-Inverting Small Signal Pulse Response



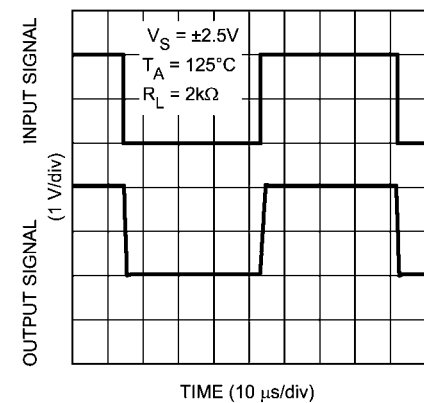
Non-Inverting Large Signal Pulse Response



Non-Inverting Small Signal Pulse Response

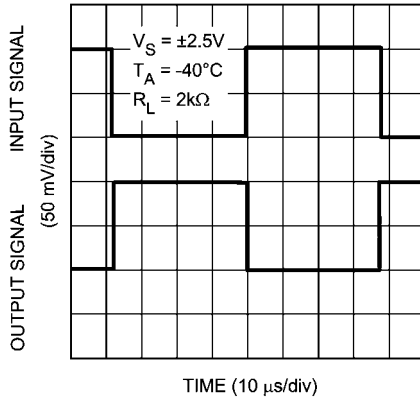


Non-Inverting Large Signal Pulse Response

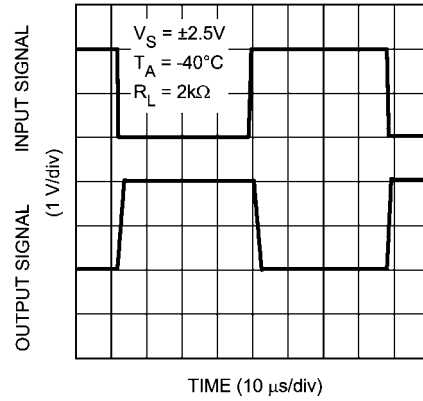


代表的な性能特性 (つづき)

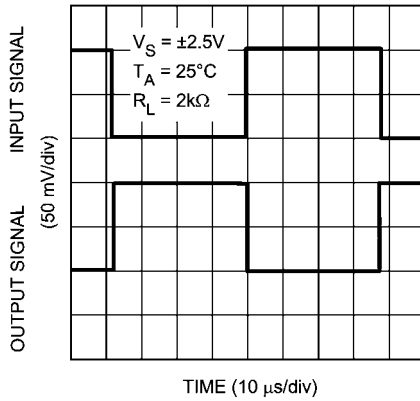
Inverting Small Signal Pulse Response



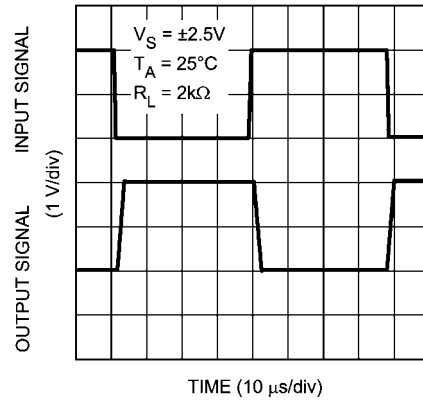
Inverting Large Signal Pulse Response



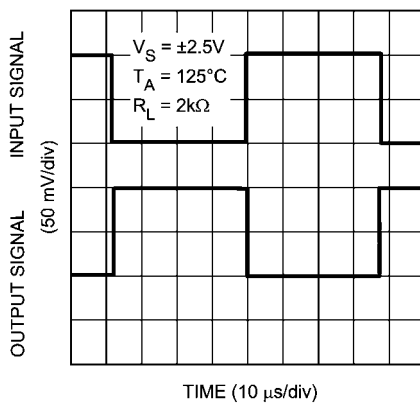
Inverting Small Signal Pulse Response



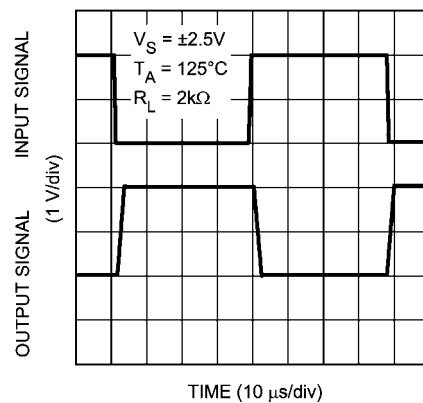
Inverting Large Signal Pulse Response



Inverting Small Signal Pulse Response

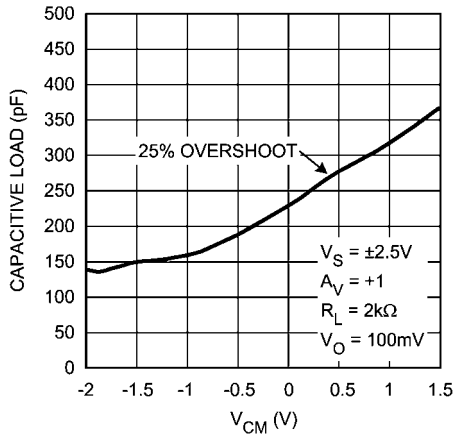


Inverting Large Signal Pulse Response

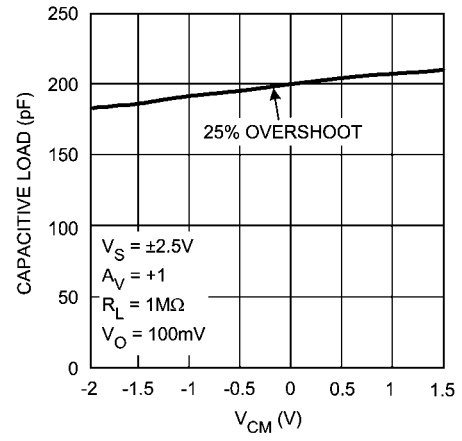


代表的な性能特性 (つづき)

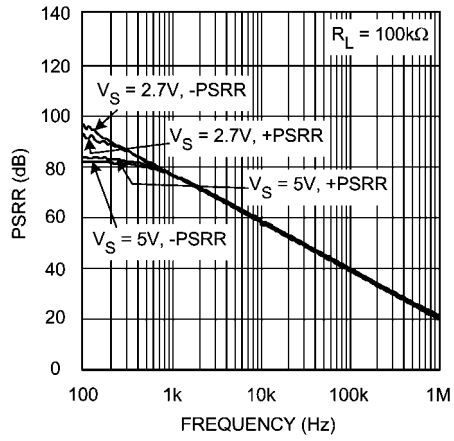
Stability vs. V_{CM}



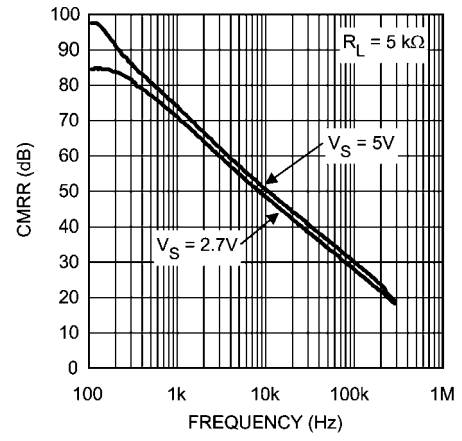
Stability vs. V_{CM}



PSRR vs. Frequency



CMRR vs. Frequency



アプリケーション・ノート

SM73308

SM73308 は、高精度、低ノイズ、超低オフセット電圧を特長とするアンプです。SM73308 は広い動作温度範囲 (- 40 °C ~ 125 °C) を持っているので、自動車などさまざまなアプリケーションの設計に利用できます。

SM73308 の最大オフセット電圧は、幅広い温度範囲にわたって 1mV です。このため、SM73308 は精度が重要なアプリケーションに最適です。

計装アンプ

アンプを使用して微小信号を測定するには、アンプの入力インピーダンス、入力信号全域に対するゲイン、2 入力系統の差のみが重要で同相信号はノイズと考えられることから各入力系統のゲインのそれぞれに十分な配慮が必要です。古くから知られるソリューションは計装アンプです。計装アンプは有限で正確、かつ安定したゲインを持っています。入力インピーダンスはきわめて高く、出力インピーダンスはきわめて低くなっています。さらに、差動信号のみに応答するように、非常に高い CMRR 特性を備えます。代表的な計装アンプを Figure 3 に示します。

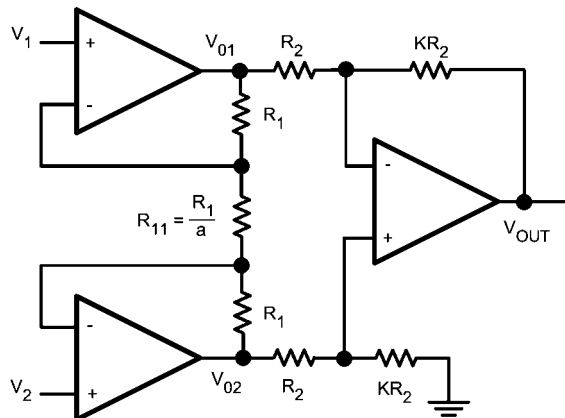


FIGURE 1. Instrumentation Amplifier

このアンプは 2 段で構成されています。最終段、すなわち出力段は差動アンプです。初段の 2 個のアンプ、すなわち入力段は、理想的な条件では入力を分離するバッファとして動作します。しかし実際にはアンプの不整合により、完全なフォロワ回路を構成することはありません。2 系統のアンプ間にバランス抵抗が挿入されている理由はそのためです。初段と出力段のゲインの積が計装アンプの総合ゲインになります。理想的には CMRR は無限となります。しかし出力段は抵抗の不整合により、ゼロではない微小な同相ゲインを持ちます。

回路の入力段の各抵抗には同じ電流が流れます。その理由は、SM73308 の入力インピーダンスが高く入力バイアス電流が小さいためです。節点方程式から、

$$\text{GIVEN: } I_{R_1} = I_{R_{11}} \quad (1)$$

オームの法則により、

$$\begin{aligned} V_{O1} - V_{O2} &= (2R_1 + R_{11}) I_{R_{11}} \\ &= (2a + 1) R_{11} \cdot I_{R_{11}} \\ &= (2a + 1) V_{R_{11}} \end{aligned} \quad (2)$$

ただし

$$V_{R_{11}} = V_1 - V_2 \quad (3)$$

ゆえに、

$$V_{O1} - V_{O2} = (2a + 1) (V_1 - V_2) \quad (4)$$

以上から計装アンプの出力は、

$$\begin{aligned} V_O &= \frac{KR_2}{R_2} (V_{O2} - V_{O1}) \\ &= -K (V_{O1} - V_{O2}) \end{aligned} \quad (5)$$

式 4 を代入すると、

$$V_O = -K(2a + 1) (V_1 - V_2) \quad (6)$$

これから、計装アンプのゲインは以下になります。

$$-K(2a + 1)$$

$a = 12$ 、 $K = 4$ と置くと、この回路の代表的な値が得られます。総合ゲインは -100 となります。

Figure 2 に、周波数の変化に対するこの計装アンプの代表的な CMRR 特性を示します。抵抗の不整合を最小限に抑えるために、SM73308 の 3 つのアンプは 1% の抵抗とともに使用されます。 $K = 40$ や $a = 12$ の場合、この回路に使用される抵抗は $R_1 = 21.6k\Omega$ 、 $R_{11} = 1.8k\Omega$ 、 $R_2 = 2.5k\Omega$ となります。その結果、総合ゲインは $-1,000$ ($-K(2a + 1) = -1,000$) となります。

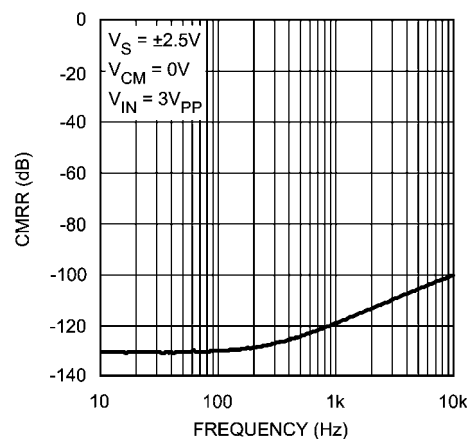


FIGURE 2. CMRR vs. Frequency

アプリケーション・ノート (つづき)

アクティブ・フィルタ

アクティブ・フィルタは、アンプ、抵抗、コンデンサで構成された回路です。パッシブ・フィルタで使用されるインダクタの代わりにアンプを使用して、回路性能を高めるとともに回路サイズを小型化し複雑性を低減します。

最も簡単なアクティブ・フィルタは、反転オペアンプ回路に1個以上のリアクタンス性素子を加えて構成します。リアクタンス性素子は周波数依存デバイスなので、オペアンプは「周波数依存」の増幅を行うことを意味します。

ローパス・フィルタ

次図に単純なローパス・フィルタを示します。

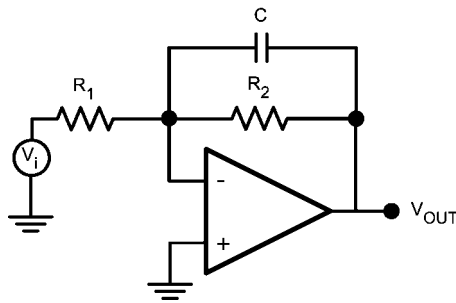


FIGURE 3. Lowpass Filter

伝達関数は次のように表現できます。

キルヒホッフの電流則から、

$$\frac{-V_i}{R_1} - \frac{V_O}{\left[\frac{1}{j\omega C}\right]} - \frac{V_O}{R_2} = 0 \quad (7)$$

この式を整理すると、

$$V_O = \frac{-R_2}{R_1} \left[\frac{1}{j\omega C R_2 + 1} \right] V_i \quad (8)$$

または

$$\frac{V_O}{V_i} = \frac{-R_2}{R_1} \left[\frac{1}{j\omega C R_2 + 1} \right] \quad (9)$$

$\omega = 2\pi f$ を代入すると、式の単位は ω (rad/s) ではなく f (Hz) となります。さらに、DCゲインを $H_0 = -R_2/R_1$ と $H = V_O/V_i$ に設定します。

$$H = H_0 \left[\frac{1}{j2\pi f C R_2 + 1} \right] \quad (10)$$

$f_0 = 1/(2\pi R_1 C)$ に設定します。

$$H = H_0 \left[\frac{1}{1 + j(f/f_0)} \right] \quad (11)$$

ローパス・フィルタは高周波のみで積分器として働くため、不完全積分回路とも呼ばれています。伝達関数をよく見ればボデ線図の一般的形状の予測がつかます。 f/f_0 の比が小さいときコンデンサは開回路として働き、アンプはDCゲインを設定する役割を担います。 -3dB コーナ周波数である f_0 からコンデンサは支配的となり、回路は積分器として動作を始め、信号は減衰され、やがてゼロになります。このフィルタに対するボデ線図のプロットを次図に示します。

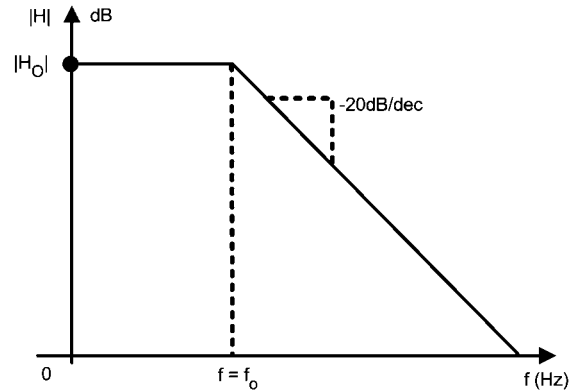


FIGURE 4. Lowpass Filter Transfer Function

アプリケーション・ノート (つづき)

ハイパス・フィルタ

同様の手法でハイパス・フィルタの伝達関数を求められます。代表的な一次のハイパス・フィルタを次図に示します。

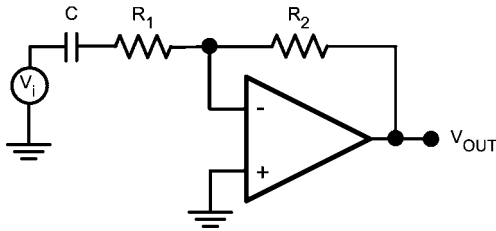


FIGURE 5. Highpass Filter

この回路にキルヒホッフの電流則を適用すると、(CとR₁間の電圧をV₁とします)

$$\frac{V_1 - V_i}{\frac{1}{j\omega C}} = \frac{V_1 - V}{R_1} \quad (12)$$

$$\frac{V + V_1}{R_1} = \frac{V + V_O}{R_2} \quad (13)$$

伝達関数を求めるために2つの式を解き、以下を代入すると、

$$f_0 = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

(高周波ゲイン)

$$H_O = \frac{-R_2}{R_1} \quad \text{および} \quad H = \frac{V_O}{V_i}$$

以上から、

$$H = H_O \frac{j(f/f_0)}{1 + j(f/f_0)} \quad (14)$$

伝達関数から、 f/f_0 が小さいときコンデンサは開回路となり、信号はアンプに入力されません。周波数が高くなるに伴いアンプは動作を始めます。 $f = f_0$ でコンデンサは短絡と同じ状態になり、アンプは一定の高周波ゲイン H_O で動作します。Figure 6に、このハイパス・フィルタの伝達関数を示します。

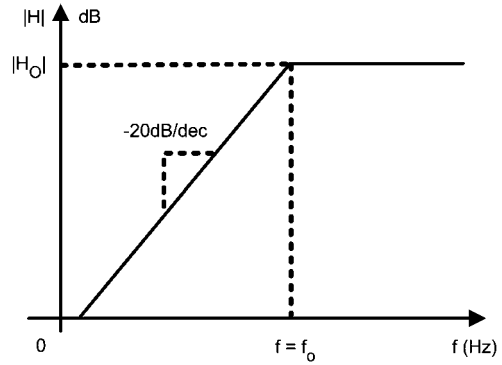


FIGURE 6. Highpass Filter Transfer Function

バンドパス・フィルタ

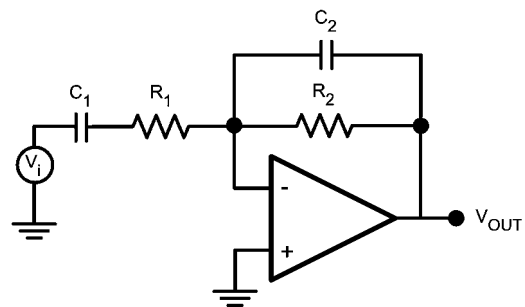


FIGURE 7. Bandpass Filter

ローパス・フィルタとハイパス・フィルタを組み合わせるとバンドパス・フィルタを構成できます。このネットワークでは、入力インピーダンスはハイパス・フィルタが形成し、帰還インピーダンスはローパス・フィルタが形成します。 $f_1 < f_2$ となるようにコーナ周波数を選べば、その間の周波数帯 $f_1 \leq f \leq f_2$ はフィルタを通過しますが、 f_1 より低い周波数や f_2 より高い周波数は遮断されます。

伝達関数は前述と同じ手順で容易に求められます。

$$H = H_O \frac{j(f/f_1)}{[1 + j(f/f_1)] [1 + j(f/f_2)]} \quad (15)$$

ここで、

$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

$$H_O = \frac{-R_2}{R_1}$$

ボーデ線図は次図のようになります。

アプリケーション・ノート (つづき)

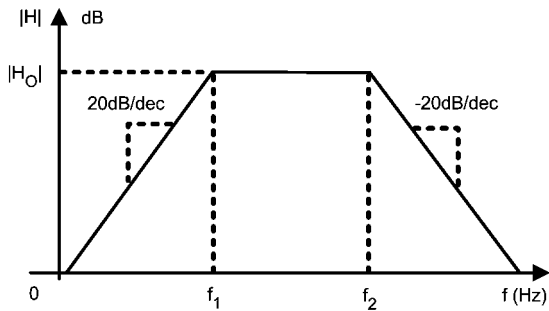


FIGURE 8. Bandpass filter Transfer Function

状態可変アクティブ・フィルタ

状態可変アクティブ・フィルタは、同時にハイパス・フィルタ、バンドパス・フィルタ、ローパス・フィルタとして機能できる回路です。この機能の実行には、3つの個別アンプが使用されます。Figure 9に、代表的な状態可変アクティブ・フィルタを示します。回路内の最初のアンプは、ゲイン段として接続されており、ローパス・フィルタの役割を果たします。3番目のアンプの出力から最初のアンプへの帰還パスを通じ、かなり低い有限の閉ループ・ゲインのもとで低周波信号を帰還できます。これは、入力の高周波信号がまだ最初のアンプの開ループ・ゲインによって増加している状態で行われます。そのため、最初のアンプはハイパス・フィルタとして機能します。ハイパス信号は、ローパス・フィルタに入力されます。その出力結果はバンドパス信号となるので、2番目のアンプはバンドパス・フィルタとしても機能します。バンドパス信号は3番目のアンプに入力され、3番目のアンプは単なるローパス・フィルタとして機能します。

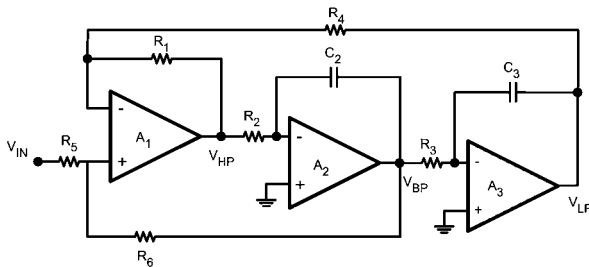
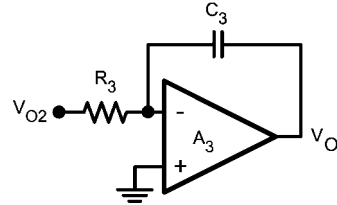
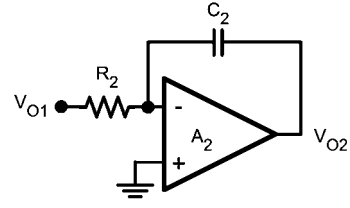
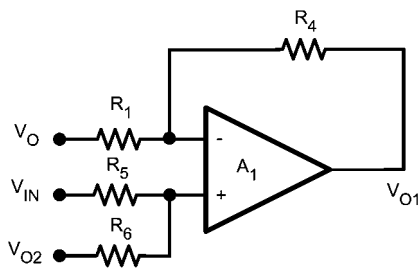


FIGURE 9. State Variable Active Filter

伝達関数は、フィルタごとに計算する必要があります。フィルタの各段が個別に示されている場合は、導出過程がより細かくなります。

計算には以下の3つの要素が使用されます。



A₁ における入力と出力の関係は、次のようになります。

$$V_{O1} = \frac{-R_4}{R_1} V_0 + \left[\frac{R_6}{R_5 + R_6} \right] \left[\frac{R_1 + R_4}{R_1} \right] V_{IN} + \left[\frac{R_5}{R_5 + R_6} \right] \left[\frac{R_1 + R_4}{R_1} \right] V_{O2}$$

この関係は、すべてのフィルタの出力に依存しています。A₂ における入力と出力の関係は、次のようになります。

$$V_{O2} = \frac{-1}{s C_2 R_2} V_{O1}$$

また、A₃ におけるこの関係は次のように表現できます。

$$V_0 = \frac{-1}{s C_3 R_3} V_{O2}$$

上記の式を整理すると、V₀とV_{IN}(ローパス・フィルタの伝達関数)、V_{O1}とV_{IN}(ハイパス・フィルタの伝達関数)、V_{O2}とV_{IN}(バンドパス・フィルタの伝達関数)の関係が明らかになります。それぞれの関係は次のように表現できます。

ローパス・フィルタ

$$\frac{V_0}{V_{IN}} = \frac{\left[\frac{R_1 + R_4}{R_1} \right] \left[\frac{R_6}{R_5 + R_6} \right] \left[\frac{1}{C_2 C_3 R_2 R_3} \right]}{s^2 + s \left[\frac{1}{C_2 R_2} \right] \left[\frac{R_5}{R_5 + R_6} \right] \left[\frac{R_1 + R_4}{R_1} \right] + \left[\frac{1}{C_2 C_3 R_2 R_3} \right]}$$

ハイパス・フィルタ

$$\frac{V_{O1}}{V_{IN}} = \frac{s^2 \left[\frac{R_1 + R_4}{R_1} \right] \left[\frac{R_6}{R_5 + R_6} \right]}{s^2 + s \left[\frac{1}{C_2 R_2} \right] \left[\frac{R_5}{R_5 + R_6} \right] \left[\frac{R_1 + R_4}{R_1} \right] + \left[\frac{1}{C_2 C_3 R_2 R_3} \right]}$$

アプリケーション・ノート (つづき)

バンドパス・フィルタ

$$\frac{V_{O2}}{V_{IN}} = \frac{s \left[\frac{1}{C_2 R_2} \right] \left[\frac{R_1 + R_4}{R_1} \right] \left[\frac{R_6}{R_5 + R_6} \right]}{s^2 + s \left[\frac{1}{C_2 R_2} \right] \left[\frac{R_5}{R_5 + R_6} \right] \left[\frac{R_1 + R_4}{R_1} \right] + \left[\frac{1}{C_2 C_3 R_2 R_3} \right]}$$

すべてのフィルタの中心周波数と品質係数は同じです。それぞれの値は次式で求められます。

$$\omega_c = \sqrt{\frac{1}{C_2 C_3 R_2 R_3}}$$

and

$$Q = \sqrt{\frac{C_2 R_2}{C_3 R_3} \left[\frac{R_5 + R_6}{R_6} \right] \left[\frac{R_1}{R_1 + R_4} \right]}$$

設計例を以下に示します。

中心周波数 10kHz、品質係数 5.5 のバンドパス・フィルタを設計する場合を見てください。

設計に当たっては、まず品質係数について検討します。コンデンサに適切な値を選ぶことが重要です (この場合は $C_2 = C_3 = 1,000\text{pF}$)。また、 $R_1 = R_4 = 30\text{k}\Omega$ とします。次に、 R_5 と R_6 の値を計算する必要があります。コンデンサおよび抵抗に対して選んだ値を代入すると、 Q を求める式は次のようになります。

$$Q = \frac{11}{2} = \frac{1}{2} \left[\frac{R_5 + R_6}{R_6} \right]$$

または

$$\begin{aligned} R_5 &= 10R_6 \\ R_6 &= 1.5\text{k}\Omega \\ R_5 &= 15\text{k}\Omega \end{aligned}$$

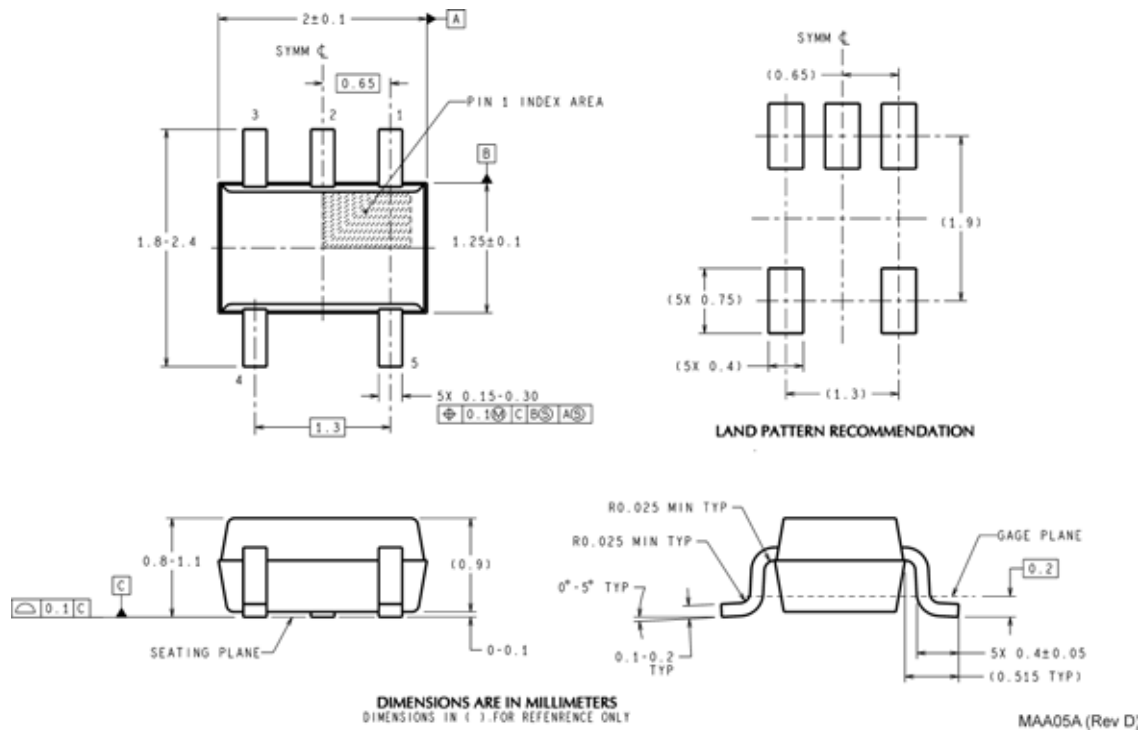
また、 $f = 10\text{kHz}$ の場合、中心周波数は $\omega_c = 2\pi f = 62.8\text{kHz}$ になります。

上記の式を使用すると、適切な抵抗値は $R_2 = R_3 = 16\text{k}\Omega$ になります。

各フィルタの伝達関数はグラフに示しています。この回路の DC ゲインは次のようになります。

$$\text{DC GAIN} = \left[\frac{R_1 + R_4}{R_1} \right] \left[\frac{R_6}{R_5 + R_6} \right] = -14.8 \text{ dB}$$

外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



SC70-5
NS Package Number MAA05A

すべて商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

この資料は、Texas Instruments Incorporated (TI) が英文で記述した資料を、皆様のご理解の一助として頂くために日本テキサス・インスツルメンツ (日本TI) が英文から和文へ翻訳して作成したものです。資料によっては正規英語版資料の更新に対応していないものがあります。日本TIによる和文資料は、あくまでもTI正規英語版をご理解頂くための補助的参考資料としてご使用下さい。製品のご検討およびご採用にあたりましては必ず正規英語版の最新資料をご確認下さい。TIおよび日本TIは、正規英語版にて更新の情報を提供しているにもかかわらず、更新以前の情報に基づいて発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。



ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated (TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしておりません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えたり、保証もしくは是認するということを含みません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータブックもしくはデータシートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されておられません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されておられません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしているとして特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2012, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
 - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
 4. 機械的衝撃
 - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
 5. 熱衝撃
 - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
 6. 汚染
 - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
 - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上