

アンプおよびBUF634の組み合わせ

オペアンプとバッファの組み合わせによる出力の増大と高速化の実現

技術者は、アンプが出現してからずっと“理想の”オペアンプを夢想してきました。どのようなアプリケーションにも望まれる仕様は、可能な限り低雑音、高帯域幅、高精度、無限大の入力インピーダンス、ほぼ0Ωの出力インピーダンスなどです。残念ながら、現実的な価格でこれらの要件をすべて満たすようなオペアンプはありません。したがって、2つの部品を組み合わせ、両方の部品の優れた点を活用して望ましい仕様を実現することが良い解決策になります。

このアプリケーション・ノートでは、オペアンプの帰還ループに高速バッファBUF634を組み合わせた回路について説明します(図1参照)。オペアンプの選択によって、MHzレンジで出力電流500mA以上の大信号を得ることができます。

このような回路のアプリケーションとして、ケーブル・ドライバ、ダイナミック負荷の仮想グランド・ドライバ、オーディオやビデオ信号ジェネレータの低歪最終段などが考えられます。この回路構成では、オペアンプが精度を受け持ち、バッファが必要な電流を供給するように作業が分担されます。この組み合わせは、消費電力をバッファによって制御できるという重要な利点をもっています。オペアンプの負荷はバッファ・アンプの小さい入力電流だけになり、オペアンプの温度は負荷のない状態からわずかに上昇するだけです。オフセット、ドリフト、雑音、高調波歪などの回路パラメータは、ほとんどが回路のオペアンプによって決まり、バッファの温度が上昇した場合でも構成に対する影響は実質的にありません。組み合わせ回路のテストは、4種類のオペアンプを使用して行いました。各組み合わせ回路の性能を図3～図15のグラフに示します。

ロー・エンドのオーディオ回路では、周波数が100kHzまでの低雑音、低歪のアプリケーションにOPA604を使用します。これより高い周波数のアプリケーションにはOPA627、OPA671、OPA603を使用します。すでに述べたように、オペアンプの帰還ループにバッファを配置します。この構成では、回路全体の出力抵抗がほぼゼロになるようにバッファの内部抵抗が補償されます。しかし、高周波で負荷が大きい場合は、バッファの内部抵抗が増大し、歪も増大します。500mAの出力電流を得るには2個のBUF634Tで十分ですが、上記の理由から、同じ電流を得るために回路には3個のBUF634Tを並列に接続しています(図2参照)。

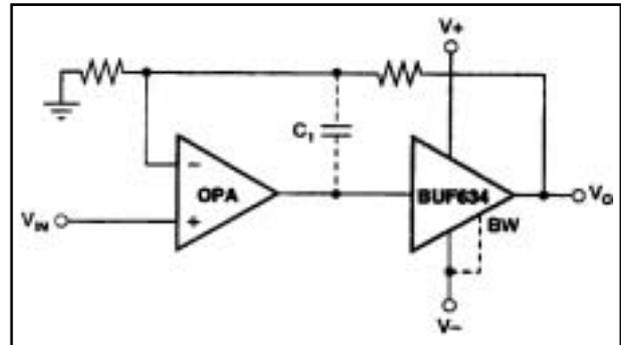


図1. BUF634を使用した複合アンプ

出力電流500mAの場合の負荷抵抗(R_{LOAD})の計算

オペアンプの動作範囲をリニアな領域に制限するため、すべての測定でバッファの出力電圧を $15V_{P-P}$ に固定しました。高周波測定用に入力が 50Ω で終端されているため、回路はゲイン2で構成しています。ゲイン2で $15V_{P-P}$ の出力電圧を得るには、次のrmsの入力電圧が必要です。

$$V_{IN} = \frac{V_{OUT_{rms}}}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \text{Gain}} = \frac{15V_{P-P}}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot 2} = 2.652V_{rms}$$

ピーク出力電流500mAに対応する負荷抵抗は、次式によって計算されます。

$$\frac{15V_{P-P}}{2 \cdot 500mA} = 15\Omega$$

バッファの出力の 50Ω 直列抵抗により、高周波のレンジで無反射の終端が得られます。オペアンプ A_1 の出力とバッファの入力の間には直列抵抗を使用しません。直列抵抗がバッファの入力キャパシタンスとともにローパス・フィルタを形成するからです。このローパス・フィルタによって位相シフトが発生すると、特にOPA603のようなオペアンプを使用するとき、回路全体が発振することがあります。

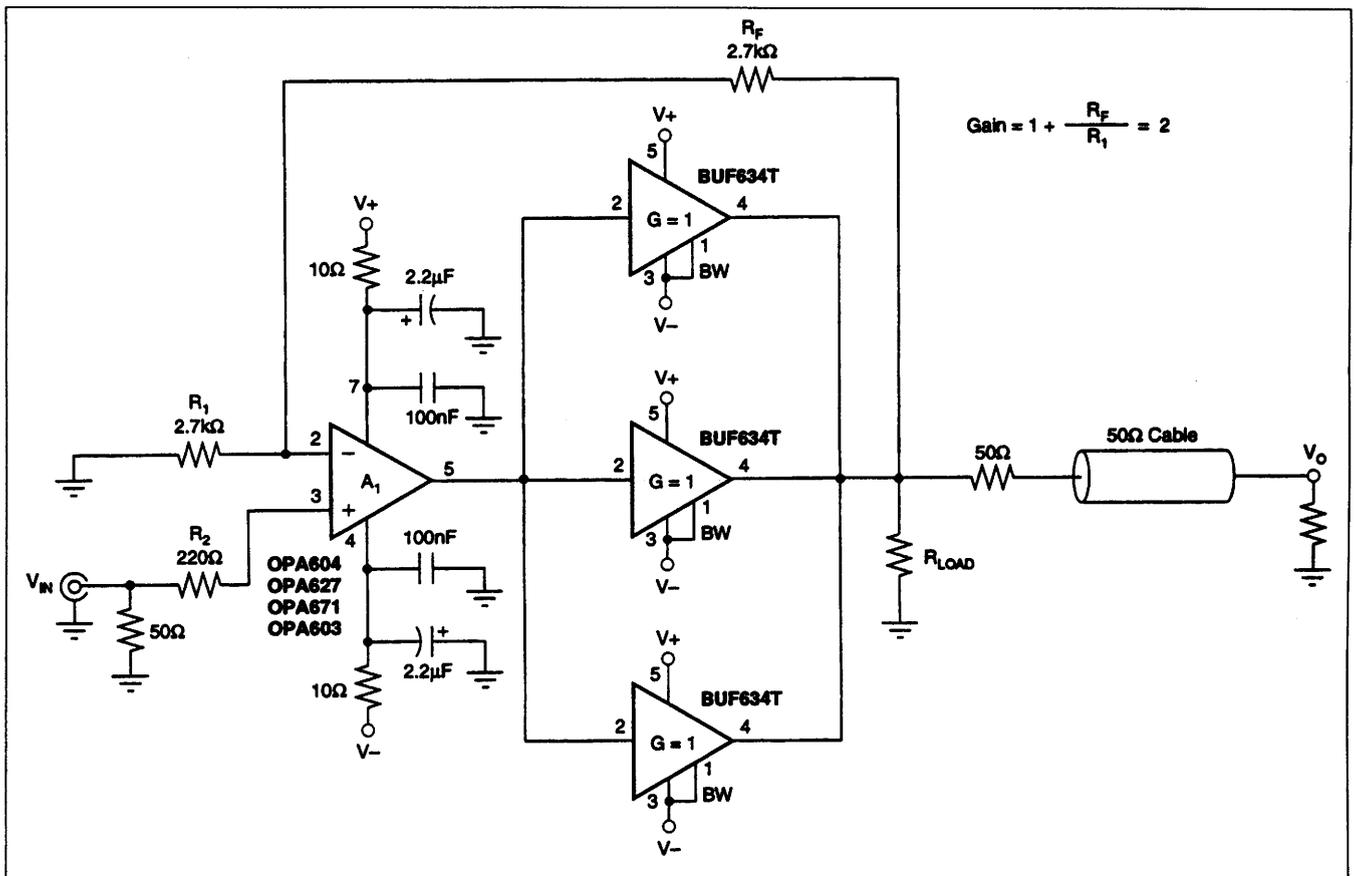


図2 最終的な複合アンプの回路図

ゲインを決める抵抗 R_F と R_1 の値を選択するときは、 R_F によって電流帰還型オペアンプの帯域幅と安定性および開ループ・ゲインが決まることにも注意して下さい。この回路では抵抗値を $2.7k\Omega$ とするのが適しています。

2個の抵抗を 820Ω に小さくしても、開ループ・ゲインは次式の値のままになります。

$$G = 1 + \left(\frac{820\Omega}{820\Omega} \right) = 2$$

電流帰還型アンプでは、開ループ・ゲインが増加し、発振の可能性が高くなります。電圧帰還型オペアンプ (OPA604、OPA627およびOPA671) では、抵抗は開ループ・ゲインに影響しないため、それほど重要ではありません。

図1のような複合アンプ回路では、オペアンプの出力とその反転入力の間にはしばしばコンデンサ (C1) が置かれます。このコンデンサは、 R_1 および R_F とともに、高周波回路の発振を防止するローパス・フィルタを形成します。高帯域幅 (180MHz) のBUF634では、群遅延時間と位相シフトの両方が小さく保たれるため、コンデンサは必要ありません。この構成の利点は、カットオフ周波数がオペアンプだけで決まることです。OPA603などの電流帰還型オペアンプでは、帰還ループのコンデンサのために安定性の問題が生じることがあります。BUF634の出力抵抗は約 10Ω です。このため、個々のバッファのデカップリング用直列出力抵抗は不要になっています。異なるオフセット電圧では、各バッファが互いに並列であるために補償電流が流れます。標準のオフセット電

圧を $\pm 30mV$ とすると、バッファ間の補償電流 (I_C) は次式のようにになります。

$$I_C = \frac{60mV}{2 \cdot 10\Omega} = 3mA$$

最大オフセット電圧 $200mV$ の場合、補償電流は次式のようにになります。

$$I_C = \frac{200mV}{2 \cdot 10\Omega} = 10mA$$

4種類のオペアンプを使用した測定では、予想された通り、オーディオ・レンジでオペアンプOPA627、OPA671およびOPA604の高調波歪がOPA603より低いことが示されました。高調波歪は周波数とともに増加するため、OPA604を $50kHz$ 以上で使用したり、OPA627を $100kHz$ 以上で使用することは避けて下さい。 $100kHz \sim 1MHz$ では、OPA671がOPA627やOPA604よりもずっと低歪になります。しかし、 $1MHz$ 以上では高速オペアンプOPA603が最も適しています。

4種類のオペアンプの高調波歪を図3~15に、周波数応答を図16~19に示します。正弦波ジェネレータの高調波歪を図3、7、11および14に示します。この歪みも、特に $1MHz$ 以上の周波数で測定値のグラフに影響します。

回路のAC性能

各オペアンプを使用した回路のAC性能は、スペクトルアナライザにより15Ωの負荷で測定しました。

アナライザの最大出力は50Ωで0dBm (223mVrmsの電圧に相当)です。このため、オペアンプの反転入力抵抗 R_i を2.7kΩから120Ωに下げ、ゲインを次の値にしています。

$$G = 1 + \left(\frac{2.7k\Omega}{120\Omega} \right) = 23.5$$

入力電圧が223mVrmsでゲイン係数が23.5のとき、バッファの出力電圧は5.241Vrmsになります。ピーク値は、次式によって計算されます。

$$V_p = 5.241V \cdot \sqrt{2} = 7.4V_p \text{ (or } 14.8V_{p-p})$$

R_{LOAD} が15Ωのとき、ピーク電流は494mAになります。高周波 ($f_g = 23MHz$) では電流帰還型オペアンプOPA603のみ使用可能なことが明らかです。

オーディオレンジで出力を高くする場合は、BUF634の代わりにOPA541を使用することができます。

保護回路

BUF634には短絡保護および過熱保護回路が内蔵されているため、保護回路を付加する必要はありません。

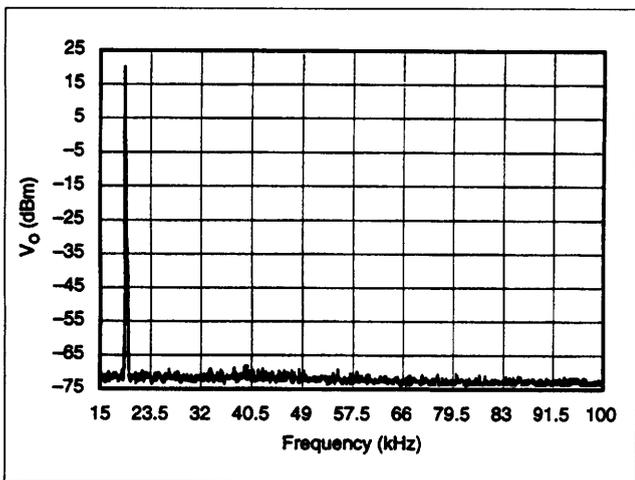


図3. 正弦波ジェネレータのスペクトル (20kHz)

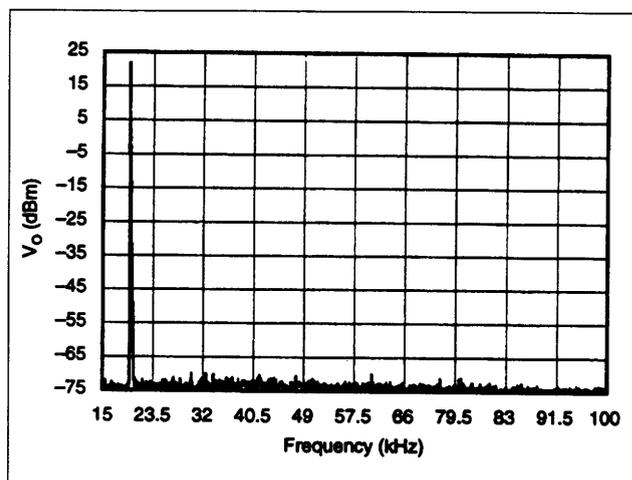


図4. BUF634TおよびOPA604/627のスペクトル (20kHz、G = 2)

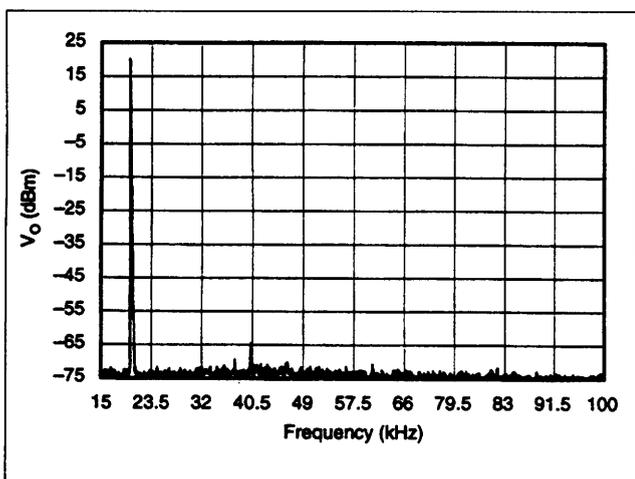


図5. BUF634T/OPA671のスペクトル (20kHz、G = 2)

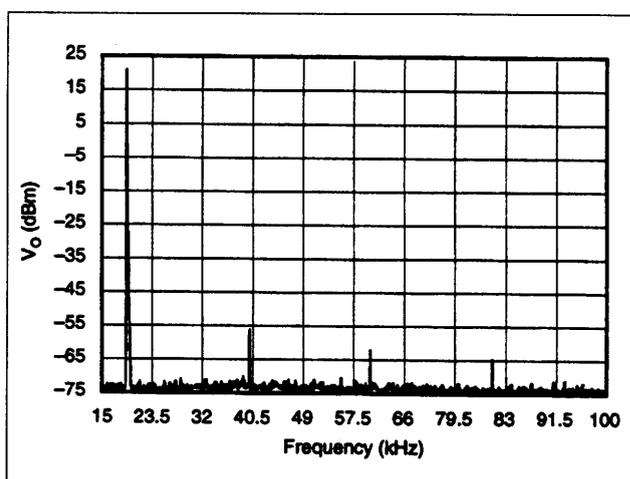


図6. BUF634T/OPA603のスペクトル (20kHz、G = 2)

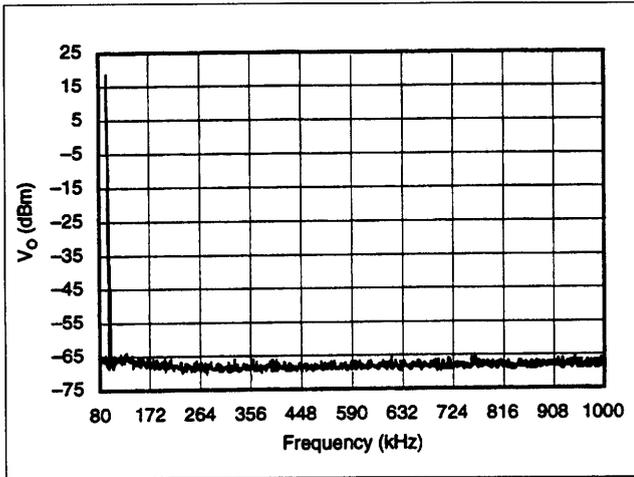


図7. 正弦波ジェネレータのスペクトル (100kHz)

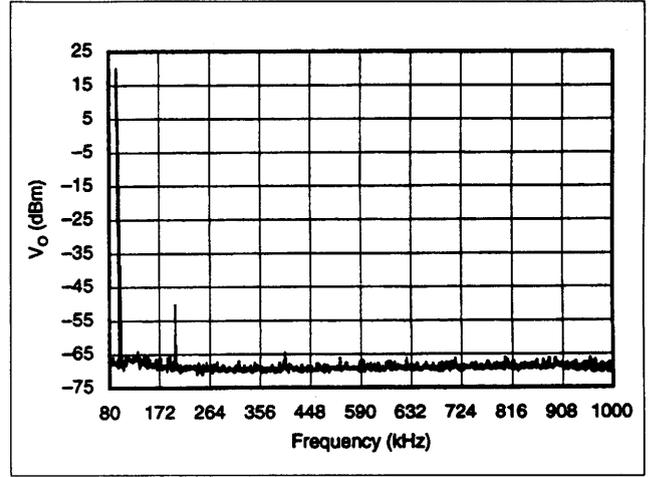


図8. BUF634T/OPA627のスペクトル (100kHz、G=2)

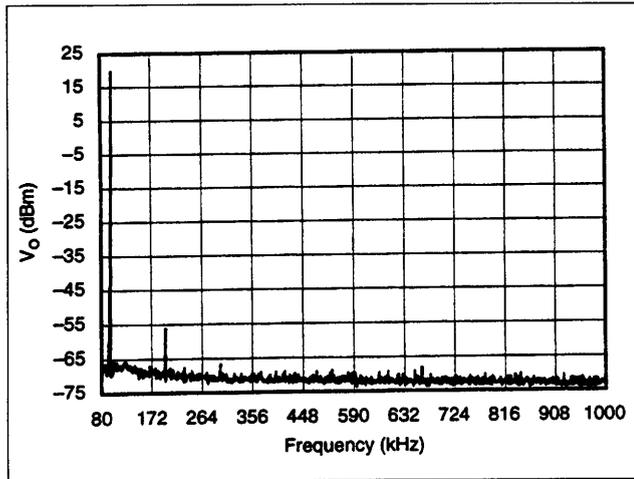


図9. BUF634T/OPA671のスペクトル (100kHz、G=2)

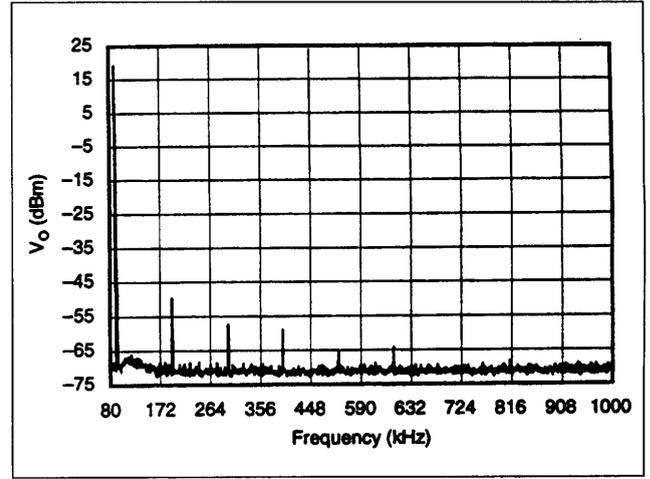


図10. BUF634T/OPA603のスペクトル (100kHz、G=2)

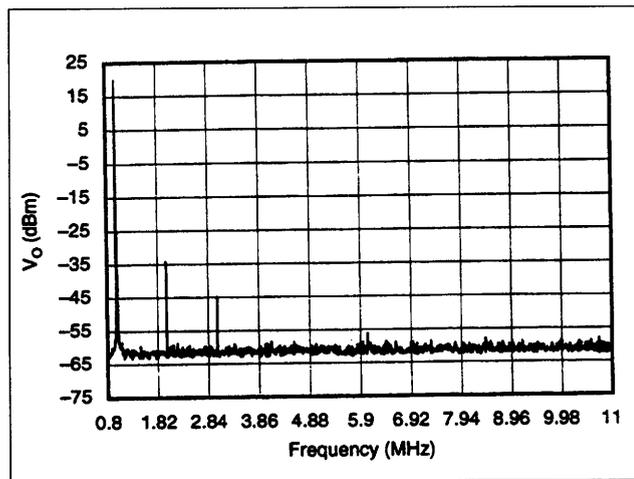


図11. 正弦波ジェネレータのスペクトル (1MHz)

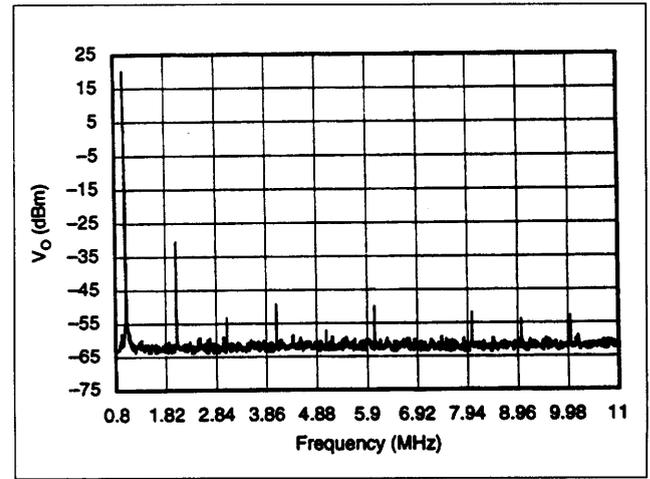


図12. BUF634T/OPA671のスペクトル (1MHz、G=2)

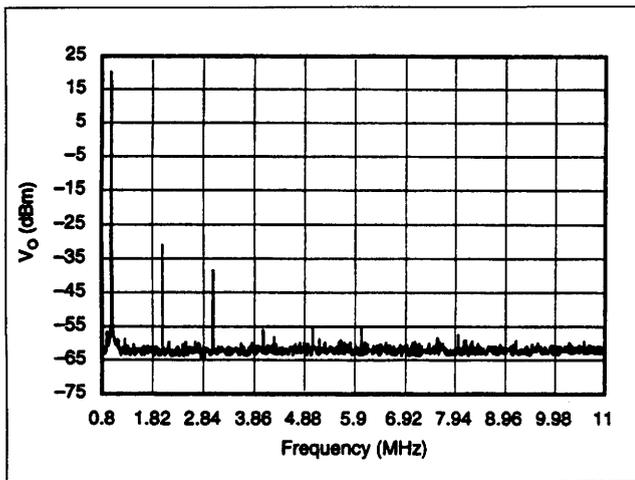


図13. BUF634T/OPA603のスペクトル (1MHz、G = 2)

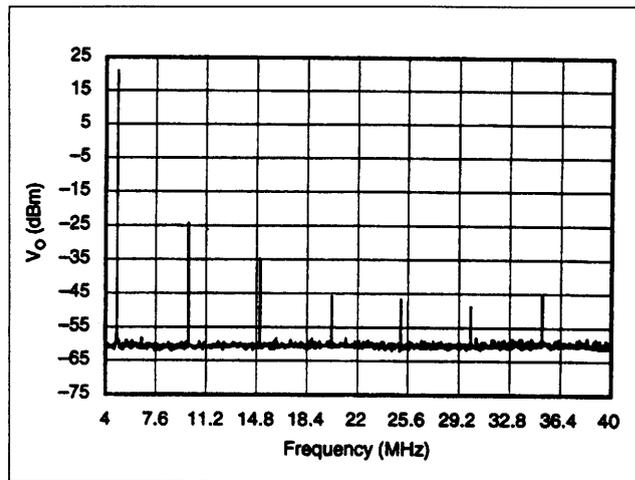


図14. 正弦波ジェネレータのスペクトル (5MHz)

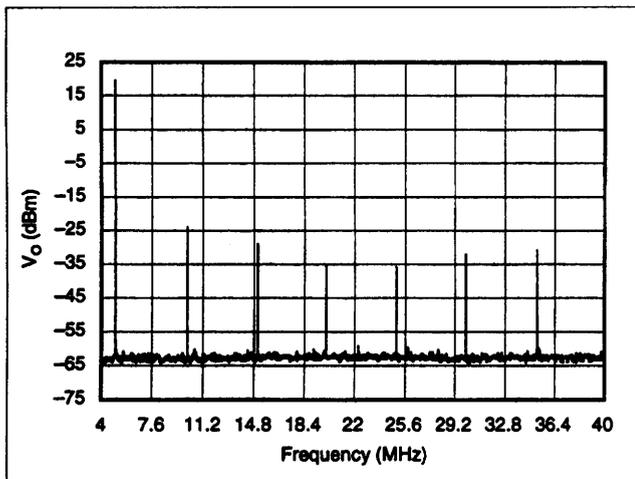


図15. BUF634T/OPA603のスペクトル (5MHz、G = 2)

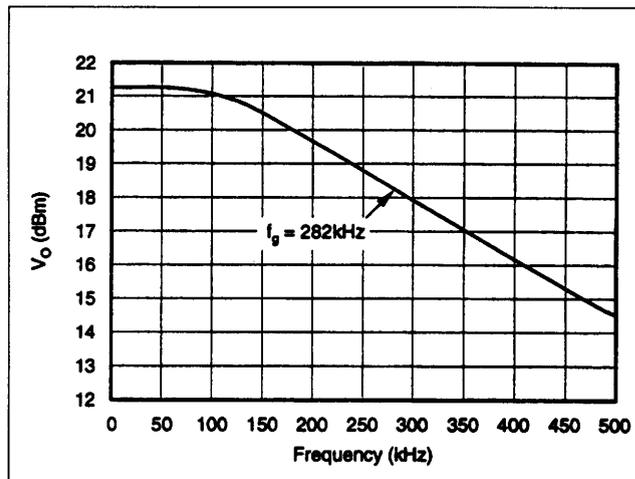


図16. OPA604の周波数応答 (G = 23)

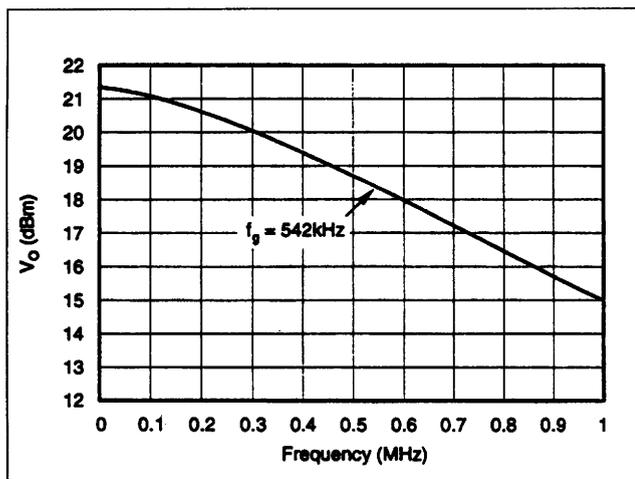


図17. OPA627の周波数応答 (G = 23)

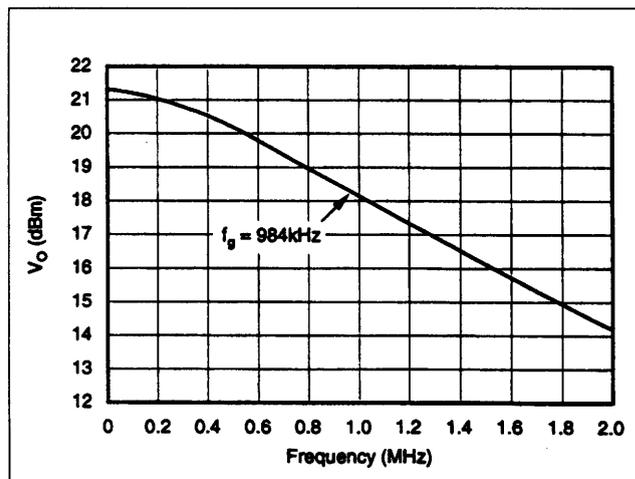


図18. OPA671の周波数応答 (G = 23)

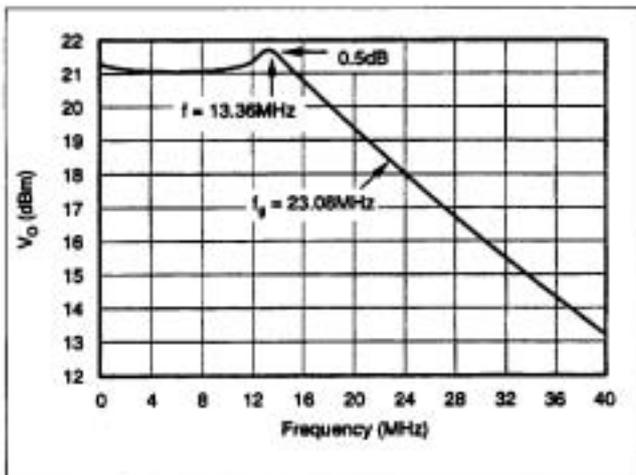


図19. OPA603の周波数応答 ($G = 23$)

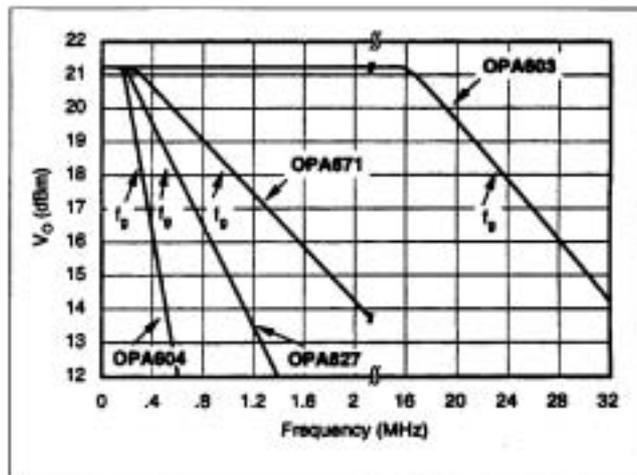


図20. 4つのオペアンプの周波数応答 ($G = 23$)

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)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といひます)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をご確認下さい。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いません。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るとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。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いません。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いません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定した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 © 2009, 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 °C、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 °C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