

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、可能な限りの低雑音、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ウンド・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、周波数が約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）。

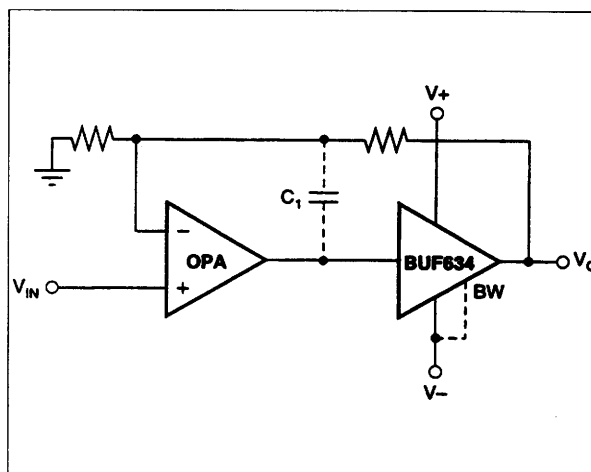


図1. BUF634 を使用した複合アンプ

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。

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

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したとき、回路全体が発振することがあります。

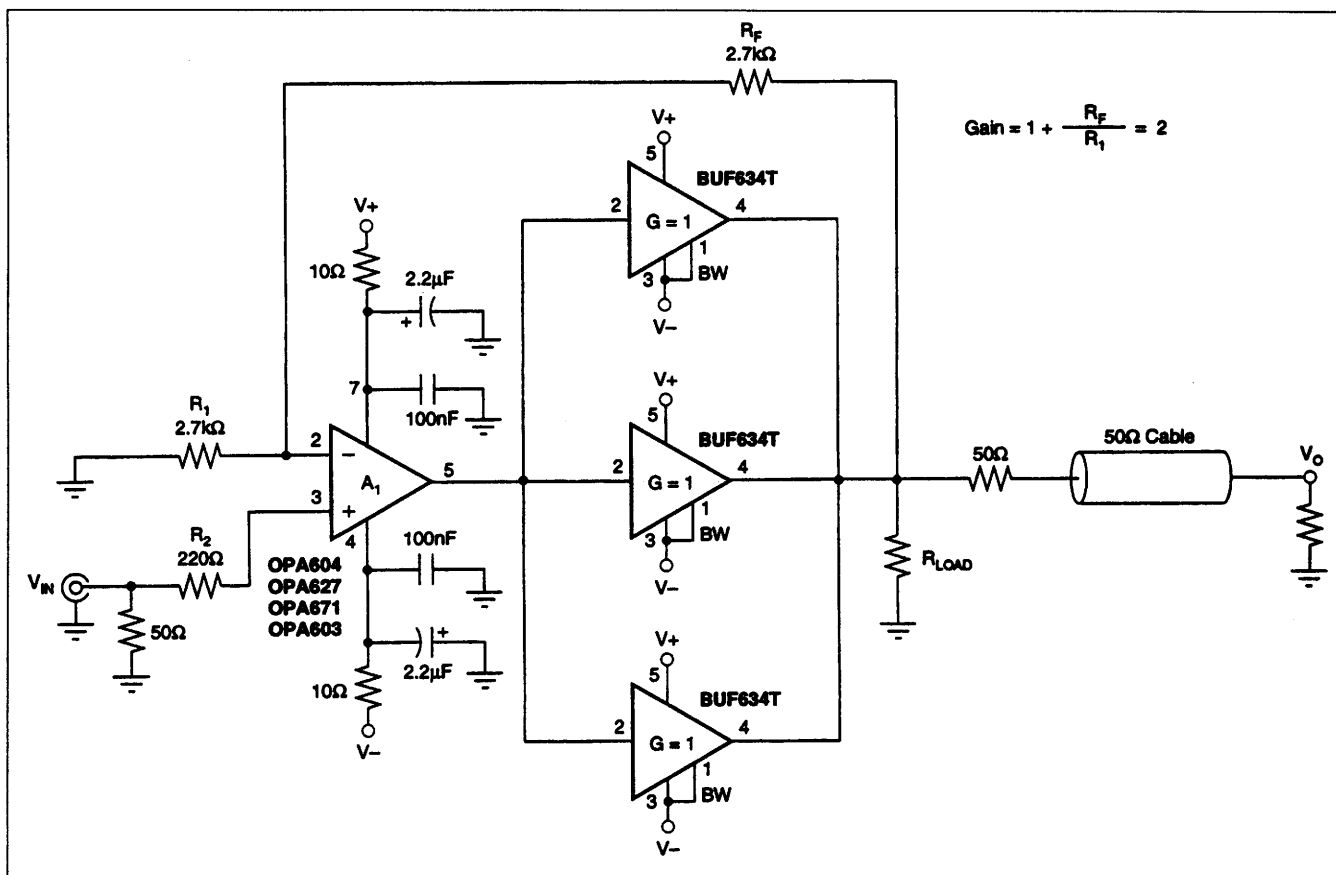


図2 最終的な複合アンプの回路図

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に抵抗 R_1 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 ($f_g = 23\text{MHz}$) 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。

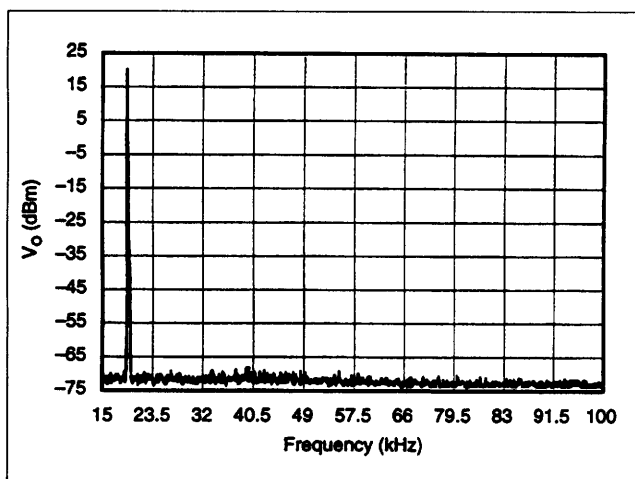


図3. 正弦波ジェネレータのスペクトル (20kHz)

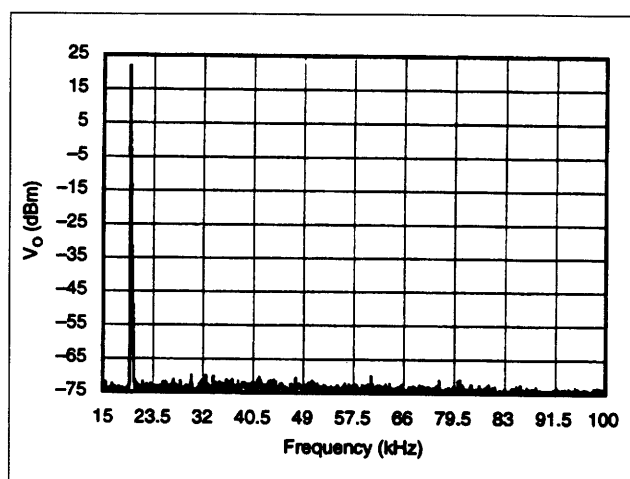


図4. BUF634TおよびOPA604/627のスペクトル (20kHz、G = 2)

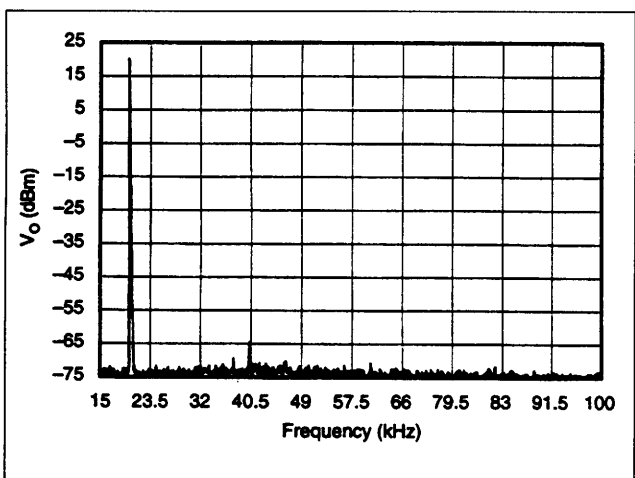


図5. BUF634T/OPA671のスペクトル (20kHz、G = 2)

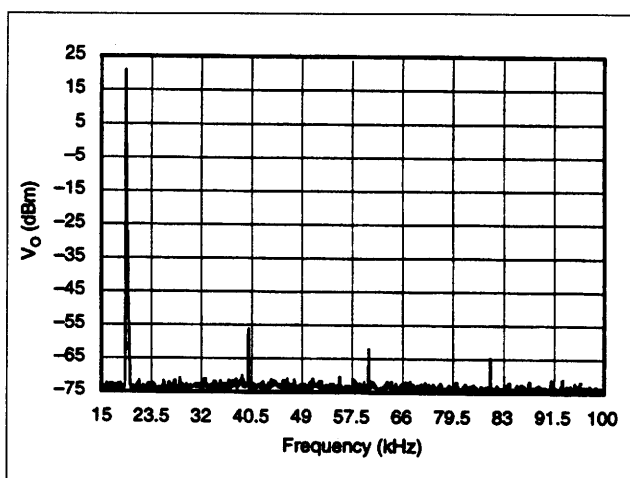


図6. BUF634T/OPA603のスペクトル (20kHz、G = 2)

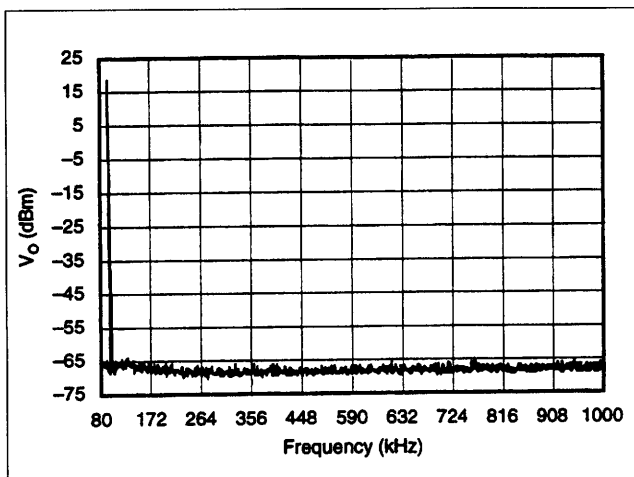


図7. 正弦波ジェネレータのスペクトル (100kHz)

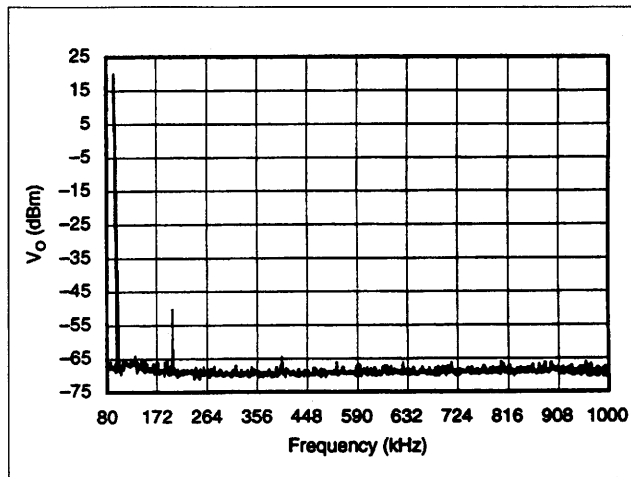


図8. BUF634T/OPA627のスペクトル (100kHz、G=2)

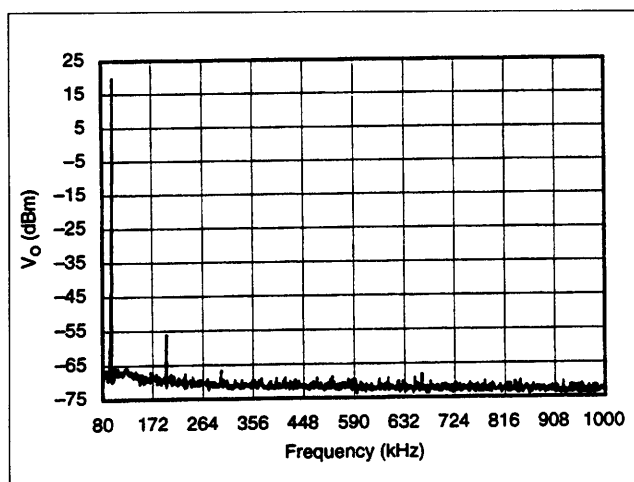


図9. BUF634T/OPA671のスペクトル (100kHz、G=2)

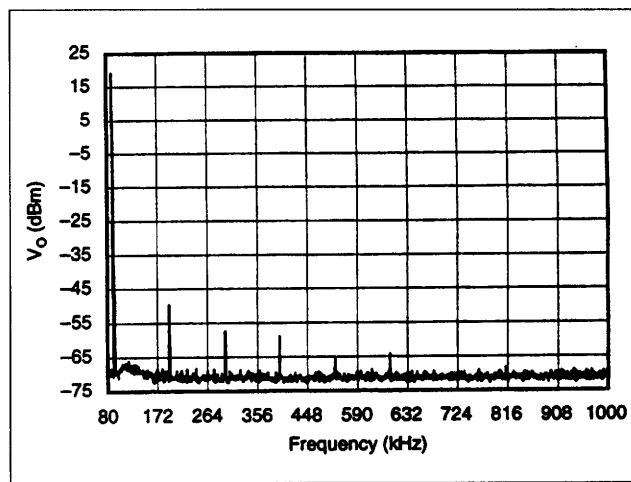


図10. BUF634T/OPA603のスペクトル (100kHz、G=2)

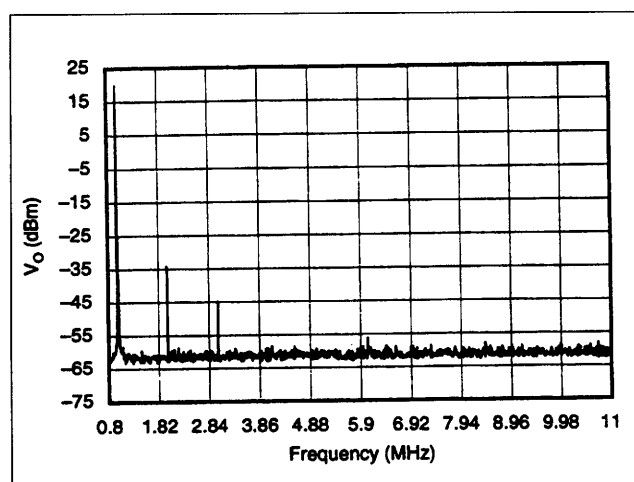


図11. 正弦波ジェネレータのスペクトル (1MHz)

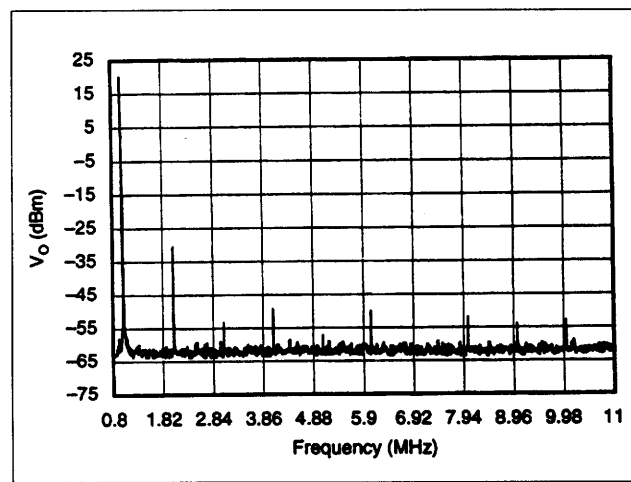


図12. BUF634T/OPA671のスペクトル (1MHz、G=2)

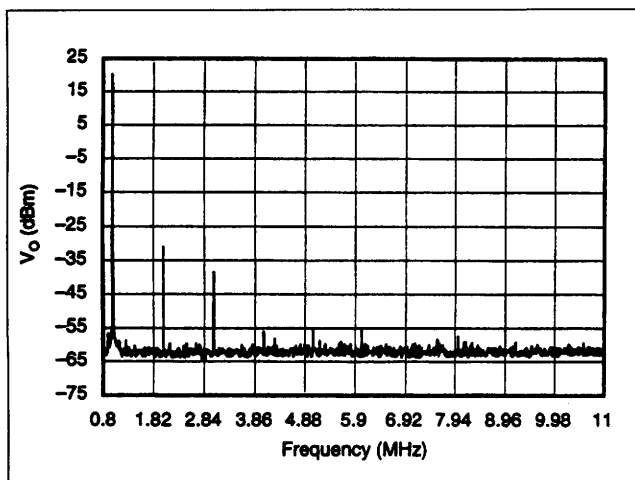


図13. BUF634T/OPA603 のスペクトル (1MHz、G = 2)

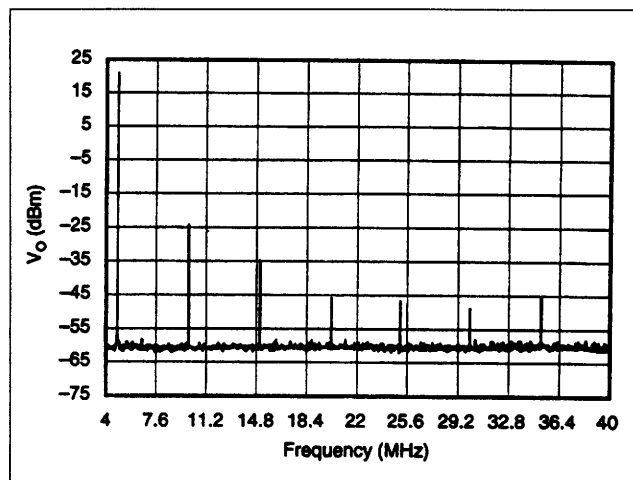


図14. 正弦波ジェネレータのスペクトル (5MHz)

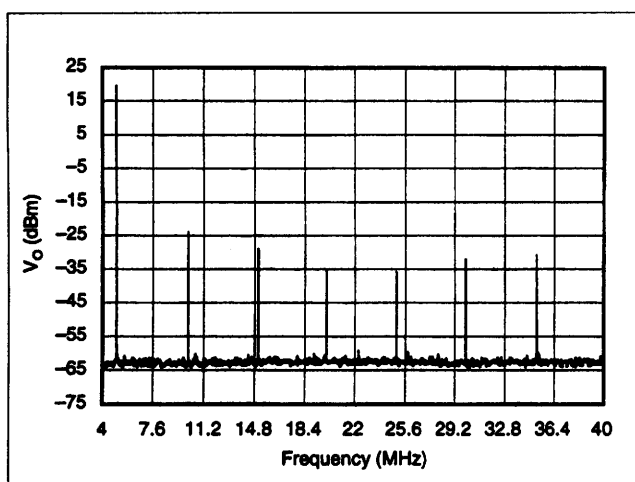


図15. BUF634T/OPA603 のスペクトル (5MHz、G = 2)

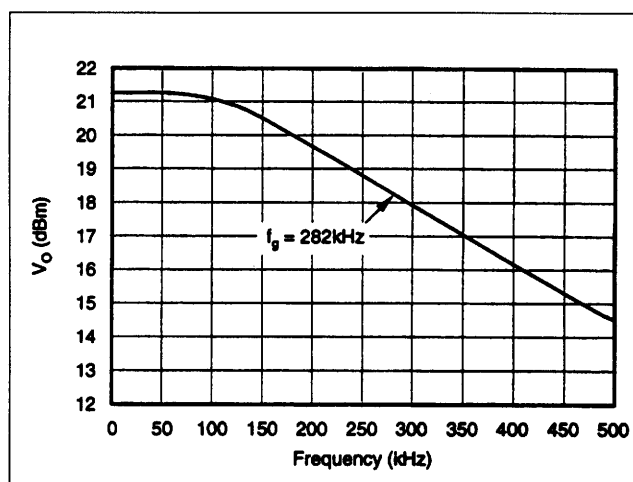


図16. OPA604 の周波数応答 (G = 23)

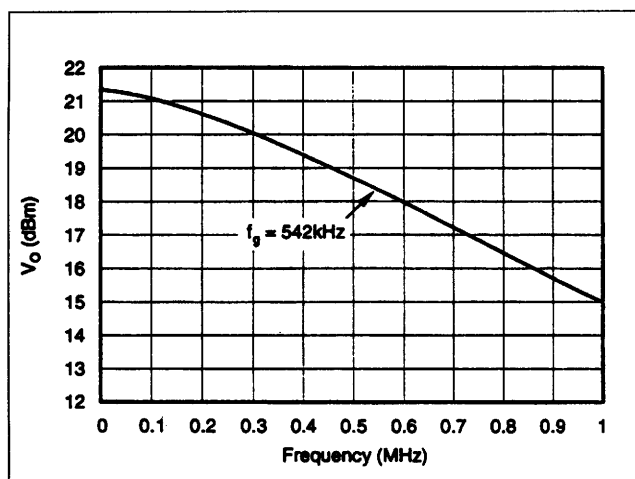


図17. OPA627 の周波数応答 (G = 23)

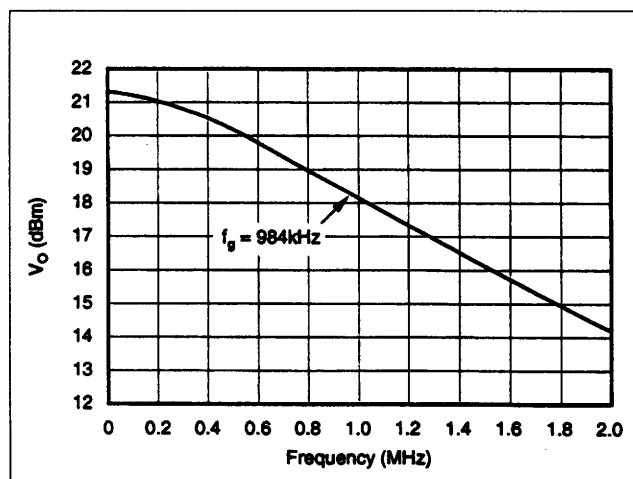


図18. OPA671 の周波数応答 (G = 23)

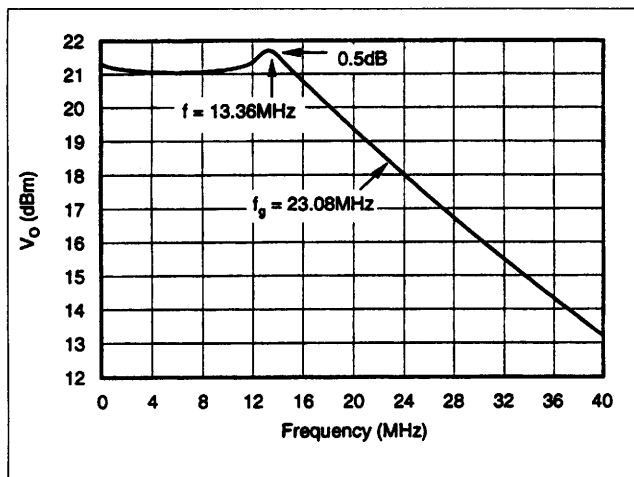


図 19. OPA603 の周波数応答 ($G = 23$)

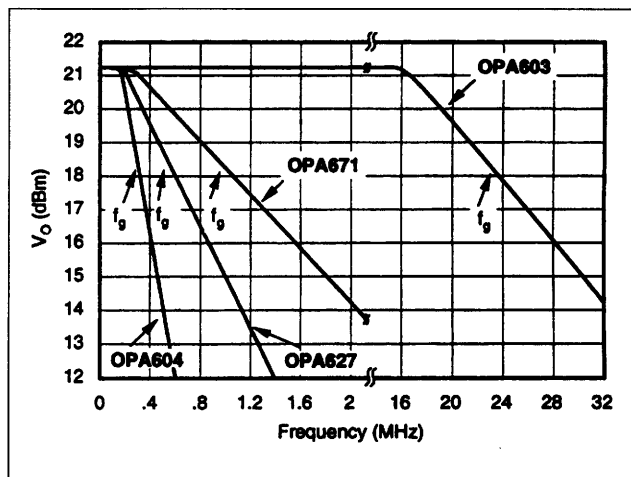


図 20. 4つのオペアンプの周波数応答 ($G = 23$)

このアプリケーションノートに記載されている情報は、信頼し得るものと考えておりますが、不正確な情報や記載漏れ等に関して弊社は責任を負うものではありません。情報の使用について弊社は責任を負えませんので、各ユーザーの責任において御使用下さい。価格や仕様は予告なしに変更される場合がありますのでご了承下さい。ここに記載されているいかなる回路についても工業所有権その他の権利またはその実施権を付与したり承諾したりするものではありません。弊社は弊社製品を生命維持に関する機器またはシステムに使用することを承認しまたは保証するものではありません。

日本バー・ブラウン株式会社

本 社 〒222 横浜市港北区新横浜2-3-12 新横浜スクエアビル
大阪営業所 〒532 大阪市淀川区西中島6-1-1 新大阪プライムタワー
名古屋営業所 〒465 名古屋市名東区本郷2-175 サニーホワイト藤

☎045-476-7870
☎06-305-3287
☎052-775-6761

フリーダイヤル ホットラインFAX

本社  FAX.0120-068801

大阪  FAX.0120-068805