

400MHz 広帯域差動アンプの構築： ダイヤモンド・トランジスタOPA660により容易に実現

無線周波数(RF)技術では、オシロスコープ、モニタ、過渡レコーダ、およびその他多くの装置からの信号は、一般に同軸線路を通してセンサやジェネレータに接続されます。しかし、信号を伝送する場合、特に高感度で広帯域の信号伝送の場合は、送信器と受信器間の電位差や電磁干渉によって発生する干渉電圧のために、伝送される信号が歪みます。この種の伝送システムを設計するには、ハムや無線干渉のない信号を伝送するために、シールドを施した対称形線路および高同相モード除去特性を備えた入力差動アンプが必要です。

この種の差動アンプ設計には広範に及ぶ複雑なハードウェアが伴うため、かなり面倒な仕事でした。しかし、ダイヤモンド・トランジスタOPA660などの新型モノリシックICが開発されたため、状況が一変しました。OPA660を使用すれば、1MHzの周波数で-60dBの同相モード除去を有する400MHz差動アンプを容易に設計できます。このアンプは、2つの同じ高インピーダンス入力を持ち、帰還ループのない開ループ・アンプ構造を使用しています。広帯域幅、安定動作、すぐれたパルス処理、同相モード除去、および高調波歪などのパラメータがその性能を物語っています。

基本伝送構造

図1に信号電圧 V_s とケーブル終端抵抗 R_{IN} および R_t を接続した対称線路を示します。一般に、対称電圧源では相補出力またはトランスを接続したアンプを使用して、回路を平衡または適応させます。比較的高インピーダンスの入力抵抗 R_b が、入力バイアス電流(I_{BIAS})により入力電位のドリフトを制限し、対称差動アンプ入力が入力信号よりファレン

ス電位に重畳された干渉電圧を除去します。電圧制御電流源が対称入力電圧 V_{IN} を出力電流、または出力電流による電圧降下が外部抵抗 R_{OUT} に現われる場合は非対称電圧 V_{OUT} に変換します。 V_{IN} と V_{OUT} の関係は、 $V_{OUT} = V_{IN} \cdot gm \cdot R_{OUT}$ です。ただし、 gm はオペレーショナル・トランス・コンダクタンス・アンプ(OTA)の相互コンダクタンスです。入力アンプの次段のバッファは、高インピーダンスのOTA出力から低インピーダンスの負荷抵抗をデカップリングします。

対称信号励起の代わりに、多くのアプリケーションでは、図2に示す伝送線路を使用しています。シングルエンド信号電圧 V_{IN} は、両端が終端された非対称同軸ケーブルを駆動します。この構造の場合も同様に、対称差動アンプ入力が信号に重畳された干渉電圧を除去します。

帰還ループ付き計測アンプ

OTAおよびバッファは従来から、図3に示すような差動アンプ構成に設計されています。オペアンプ出力から R_4 を経由した帰還路は、 R_3 と抵抗値の等しい比較的低インピーダンスの反転入力を形成します。バッファ・アンプBUF2を挿入すると、低入力インピーダンスが高インピーダンスに変換され、一方バッファ・アンプBUF1を挿入すると入力の対称性が最適化され、すぐれたDCおよび対周波数の同相モード除去が実現されます。

ゲインは信号が反転入力が増幅されるときは R_4/R_3 になり、信号が非反転入力が増幅されるときは $1 + R_4/R_3$ になります。これらのゲイン差を補償するために、 R_1 と R_2 の間にデバイダを挿入しています。バッファ1は2入力間の信号遅延時間の同期も行っていますが、これは高周波数ですぐれた同相モード除去を実現するために重要です。全周波数で

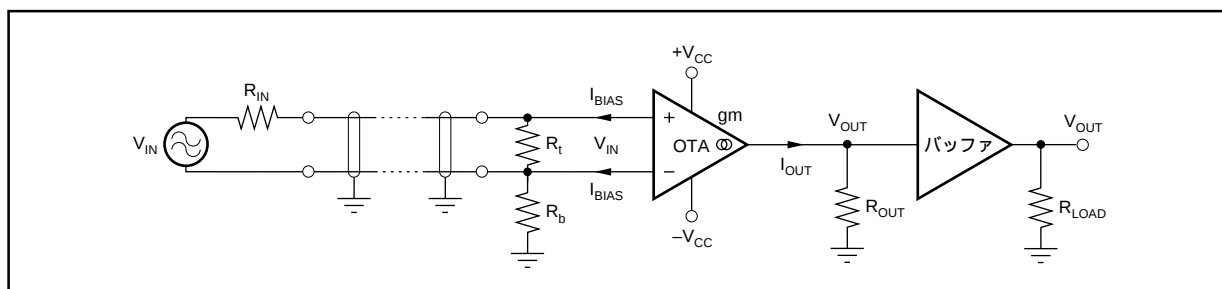


図1. 対称伝送路の基本構造

高い同相モード除去を実現するには、2個の入力バッファのゲイン曲線をできる限り一致させることが重要です。

この種のシステムでは多くのハードウェアが必要になるだけでなく、アンプの帰還ループの遅延時間(位相シフト)によって、帯域幅が図2に示す開ループ・アンプの帯域幅より狭くなります。

合成：ダイヤモンド・トランジスタを使用した開ループ・アンプ

ダイヤモンド・トランジスタOPA660とバッファ・アンプBUF601を使用した開ループ・アンプは、双方の長所を最適に組み合わせたもので、通常の開ループ・アンプより帯域幅が広く、パルス応答の立ち上がり/立ち下がり時間も最小1nsと優秀であり、ハードウェアも削除されます。この基本概念を図4に示します。

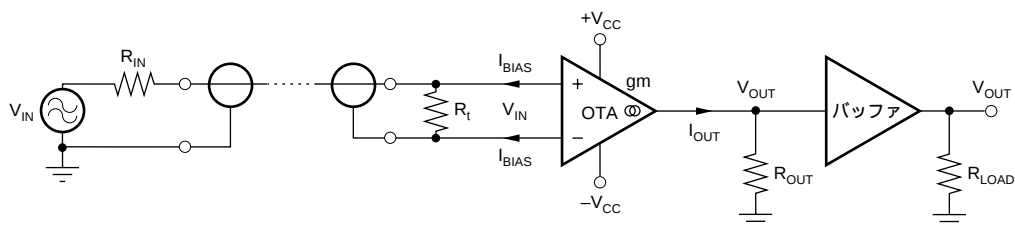


図2. 非対称同軸ケーブルおよびグランド基準の信号電圧を使用した信号伝送

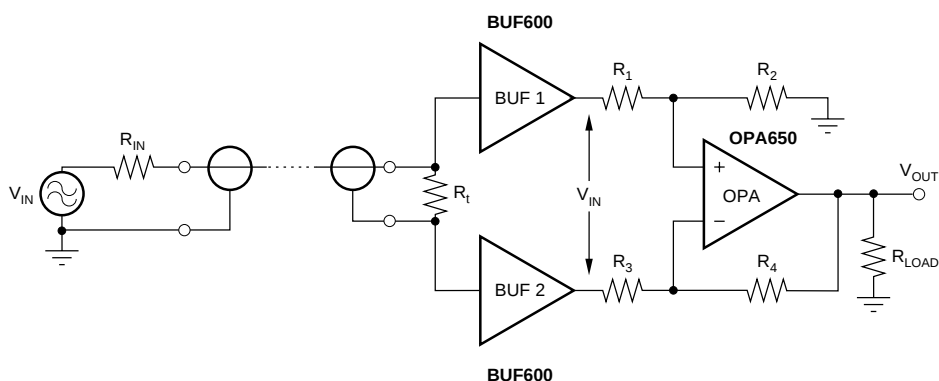


図3. 帰還付き計測アンプ

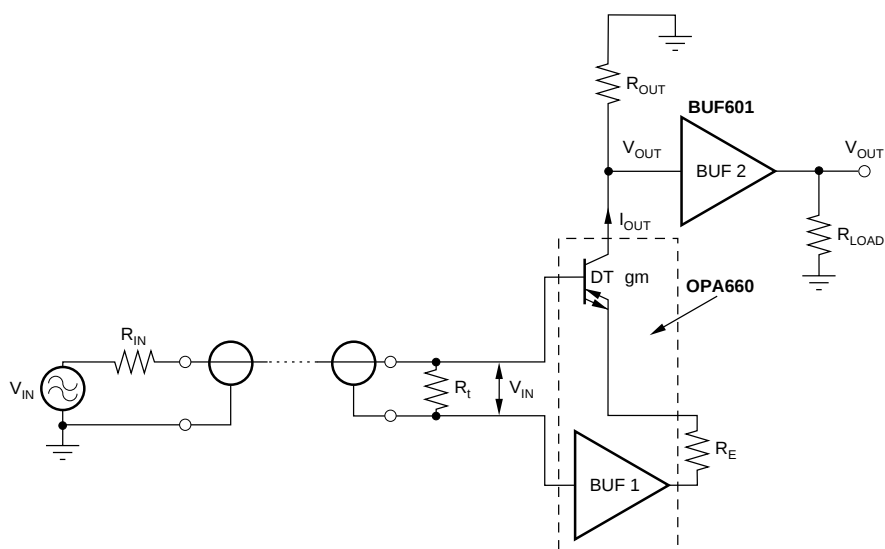


図4. 広帯域開ループ・アンプ

ゲインは次式から求めることができます。

$$V_{OUT} = V_{IN} \frac{R_{OUT}}{R_E + 2/g_m}$$

回路レイアウトが実際に対称的になっていることが帯域幅や同相モード除去に大きく影響を与えるため、デモボードを使用してこの構造が実際に示す特性伝送パラメータを決定しました。図5にデモボードを詳細に示します。シルクスクリーンおよびレイアウトのヒントは、レイアウトを設計する際には非常に役立ちます。

OPA660は8ピン・パッケージの中に、ダイヤモンド・トランジスタというニックネームを持つ相互コンダクタンス・アンプと、ダイヤモンド・バッファと呼ぶバッファを1個ずつ内蔵しています。ダイヤモンド・トランジスタ自体はダイヤモンド・バッファと同じバッファで構成され、次段に電流ミラーが接続されています。バッファは出力側では抵抗 R_8 を通して互いに接続され、差動入力段を形成しています。入力電圧が差動であれば、 R_8 を流れる電流は高インピーダンス経路で反射してピン8に流れ、 R_9 に出力電圧を生じます。バッファ・アンプBUF601は、低インピーダンス伝送線路または入力抵抗を駆動するために、比較的高インピーダンスの差動アンプ出力をデカップリングします。両入力と出力は50Ωシステムとしてレイアウトされていますが、これらは抵抗 R_3 、 R_7 、および R_{11} を置き換えることによって、他の特性インピーダンスに適合させることもできます。 R_8 と並列に接続されているコンデンサ C_5 は、OPA660のピン8の寄生容量を補償することによって、達成可能な帯域幅を拡大します。

回路の前に高インピーダンス入力と直列に抵抗 R_4 、 R_6 、 R_{10} を配置すれば、帯域幅末端における周波数応答を平坦にすることができます。OPA660の無言信号時電流は、560Ωの R_{16} では±20mAです。

テスト結果

アンプ段は240Ωの R_9 と43Ωの R_8 で、ゲインが+4になるように設定されています。出力デバイダ R_{11}/R_L を含めて、入力から出力までの全ゲインは+2です。図6に2入力 $IN+$ および $IN-$ の周波数応答を示します。−3dB周波数(f_g)は400MHzです。図7にコンデンサ C_5 が帯域幅に及ぼす影響を示します。

図8に示す周波数対同相モード・ゲイン曲線は、両入力電圧の干渉電圧除去を表します。干渉は−68dBの同相モード・ゲインから始まる全帯域幅で、−18dB以下に維持されています。400MHzの差動アンプは差動信号を4倍に増幅するのにに対し、出力に現れる同じ周波数のモード・ノイズはわずか0.125倍に増幅されるに過ぎません。表 いくつかの周波数レベルに対する同相モード・ゲインを示します。

f_{IN}	CG
1MHz	−60dB
10MHz	−45dB
100MHz	−23dB

表 同相モード・ゲイン

全周波数範囲での2つの差動出力電圧に対する図9および表に記載した高調波歪は、400MHzの差動アンプですぐれたパラメータであり、OPA660とBUF601が帰還なしでも、すぐれた広帯域入力信号の再生が可能であることを実証しています。その上、ノイズ電圧密度が7.7nV/√Hzときわめて低いため、非常に小さな信号でも処理できます。

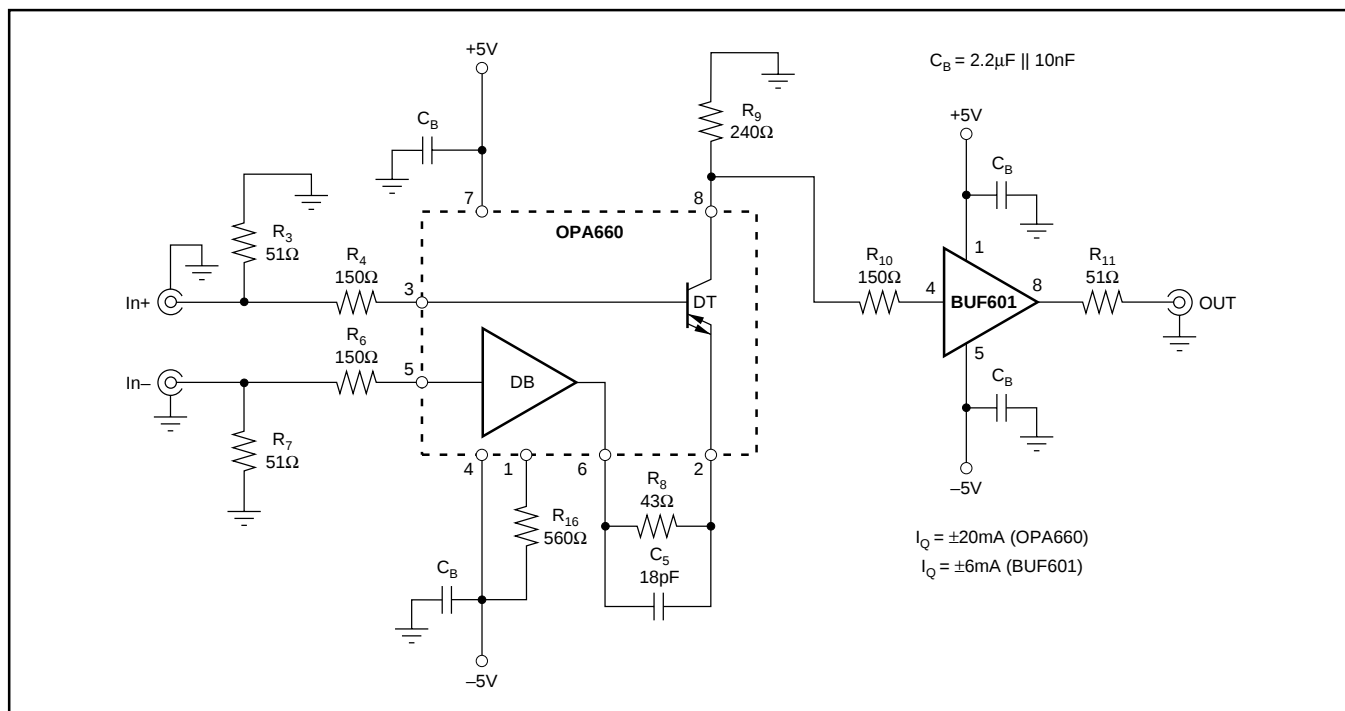


図5. デモボードの回路図

高処理電力、低消費電力の要求

差動アンプの最も重要な役割は、アナログ信号の伝送中に発生する同相モード干渉を除去することです。OPA660を用いた400MHz差動アンプを使用すれば、試験装置、モニタ、過渡レコーダ、および他のRF装置用の広帯域入力アンプを簡単に設計できます。OPA660およびBUF601は、帯域幅、同相モード除去、および周波数応答に対してすぐれたパラメータを実現するとともに低消費電力も実現しており、差動アンプを分離したバッテリー電源から供給する真にコンパクトで高性能な方法を選択することができます。

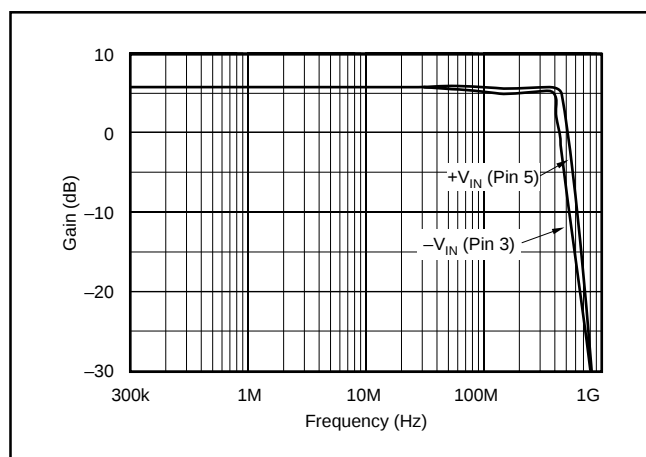


図6. 入力IN+およびIN-の周波数応答

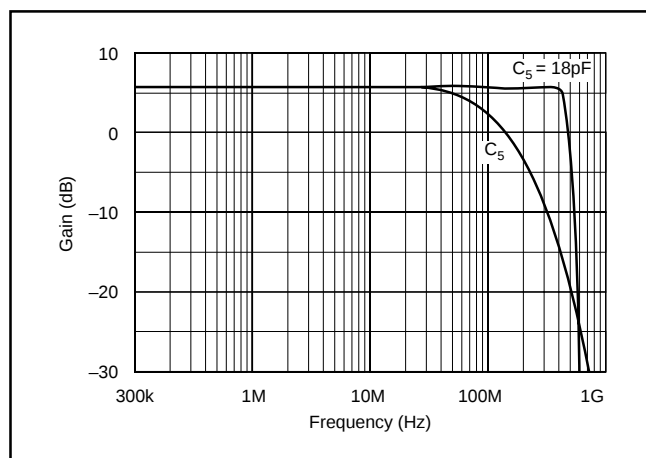


図7. 帯域幅におけるコンデンサC₅の影響

f	V _{OUT}	高調波歪
10MHz	1Vp-p第1高調波	-61dB
10MHz	1Vp-p第2高調波	-64dB
10MHz	2Vp-p第1高調波	-57dB
10MHz	2Vp-p第2高調波	-55dB

表 . 高調波歪

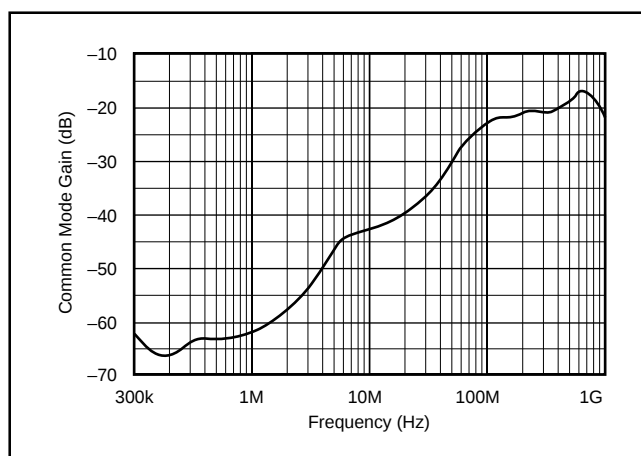


図8. 同相モード・ゲイン

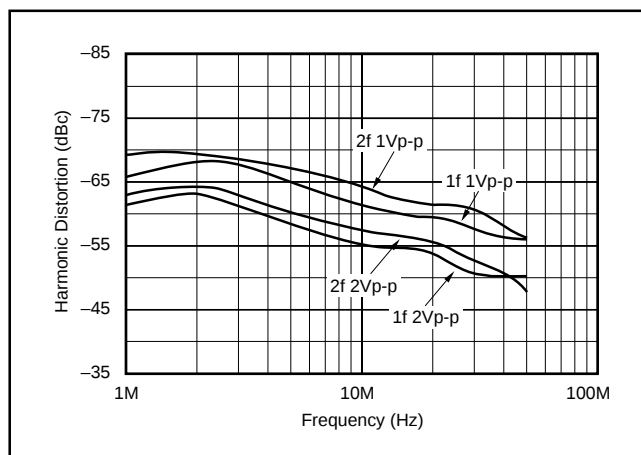


図9. 高調波歪

このアプリケーションノートに記載されている情報は、信頼しう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いませんので、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

<http://www.bbj.co.jp/>

本 社 〒222-0033 横浜市港北区新横浜2-3-12 新横浜スクエアビル ☎ 045-476-7870

大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島6-1-1 新大阪プライムタワー ☎ 06-6305-3287

フリーラインFAX

本社 ☎ FAX.0120-068801
大阪 ☎ FAX.0120-068805

万一つながらない場合は、お手数ですが弊社営業部FAX045-476-7889（有料）までご連絡くださるか、あるいはTELにてお問い合わせください。

©BBJ990902K