

電圧帰還アンプと電流帰還アンプ 帯域幅と歪の検討

回路設計者は特定の主要パラメータを基にアンプを選定しますが、その中の一つが帯域幅です。従来、小信号のAC性能に関する必要な情報は、すべてアンプのゲイン・バンド幅積（GWB）から得ることができました。アンプの有効な帯域幅は、ゲイン・バンド幅積を任意の閉ループ・ゲインで除算して求めることができますが、この簡単な式は電流帰還アンプには適用できません。

電流帰還アンプの場合、異なる閉ループ・ゲインに対してもほぼ一定した帯域幅が得られます。これは、開ループ・ポールに影響を与えずに、フィードバック回路を変更して電流帰還アンプの開ループ・ゲインを調整できるからです。このことは、図1に示す電流帰還アンプの簡略ACモデル回路から容易に理解できます。

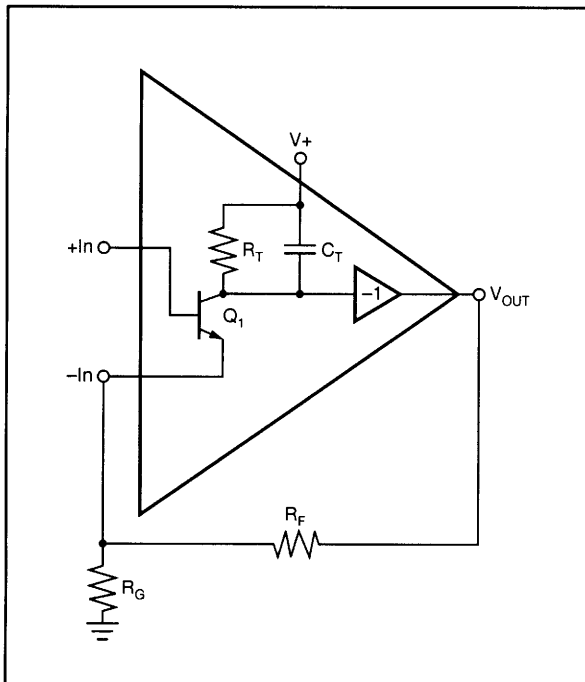


図1. AC解析用に簡略化した電流帰還アンプ

電流帰還アンプのAC性能は、主にトランスレジスタンス (R_T) とトランスキャパシタンス (C_T) によって決まります。詳しく仕様が規定された電流帰還アンプのデータシートには、これらのパラメータが記載されています。図1に入力段をバイポーラ・トランジスタで表した電流帰還アンプを示します。このバイポーラ・トランジスタは低インピーダンスの反転入力（エミッタ）と高インピーダンスの非反転入力（ベース）を備えているため、解析に便利です。この解析では、バイポーラ・トランジスタを理想的なものとして想定しています（すなわち、電流増幅率 β が無限大、ベース - エミッタ間電圧がゼロ、ベース - コレクタ間キャパシタンスがゼロ）。コレクタは R_T 、 C_T および反転バッファに終端されており、帰還回路は R_F と R_G から構成されています。

図2に解析用に簡略化し再構成した同一回路を示します。ここでは、帰還回路を入力トランジスタのエミッタ負荷としています。開ループ電圧ゲインは以下の式から求めることができます：

$$\begin{aligned} A_{OL} &= \frac{R_T \parallel (j2\pi f C_T)^{-1}}{R_F \parallel R_G} \\ &= \frac{R_F + R_G}{R_G} \frac{R_T}{R_F} \frac{1}{1 + j2\pi f R_T C_T} \\ &= A_{CL} \frac{R_T}{R_F} \frac{1}{1 + j2\pi f R_T C_T} \end{aligned}$$

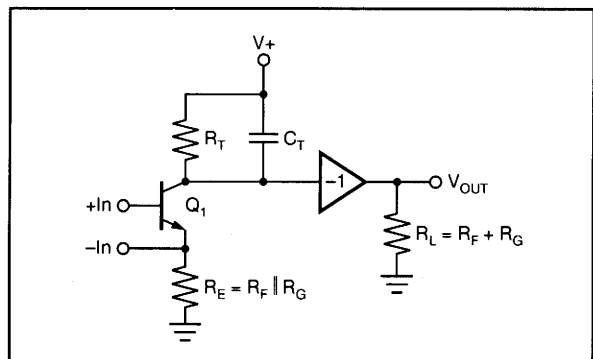


図2. 解析用に簡略・再構成した電流帰還アンプ

前述の式から、電流帰還アンプの開ループ・ゲインが（一定の R_F のもとで）閉ループ・ゲインに比例して変化することがわかります。したがって、電流帰還アンプの帯域幅はゲインに依存しないことがわかります。この簡単な解析は、低ゲインから適度な大きさのゲインまで（25V/V以下）は適用できますが、2次的な効果が大きくなると制約を受けます。

このため、回路設計者はアンプの仕様を十分検討しなければなりません。ゲイン・バンド幅は、電流帰還アンプを評価する場合に役立ちませんが、従来の電圧帰還オペアンプを評価する場合に便利です。回路を設計する際には、まず必要なゲインを決定してから帯域幅を比較するのが良いでしょう。

例えば、10MHz信号を処理するアプリケーションでOPA621とOPA603を使用するものとします。OPA621は500MHzのゲイン・バンド幅を持つ電圧帰還オペアンプです。OPA603は100MHzの有効帯域幅に構成可能な電流帰還アンプです。一見して、両アンプとも申し分ないように思えますが、この仮定ではゲインについて考慮されていません。図3の回路構成に、+2V/Vと+10V/Vの各ゲインに対する抵抗値を示します。これらのゲインに対するOPA621の開ループ帯域幅は、それぞれ250MHzと50MHzです。

各アンプのデータシートを参照することで、開ループ・ゲインの適切な比較を行うことができます。OPA621のデータシートでは、 $A_{OL} = 60\text{dB} = 1,000\text{V/V}$ を規定しており、この値とGBWから開ループ・ゲイン対周波数特性について十分なデータを得ることができます：

$$A_{OL} = \frac{1,000}{1 + jf / (500\text{MHz} / 1,000)} = \frac{1,000}{1 + jf / 500\text{kHz}}$$

OPA603のデータシートでは、 $R_T = 400\text{k}\Omega$ 、 $C_T = 1.8\text{pF}$ を規定しています。図3の応用回路では、OPA603は $R_F = 1\text{k}\Omega$ で構成されています。この構成による開ループ・ゲイン曲線のプロットを図4に示します。

ループ・ゲインは、開ループ・ゲイン曲線から任意の開ループ・ゲインまでの領域で示されます。ループ・ゲインは、アンプの性能（誤差の低減、オリジナル信号との忠実度）を判断する尺度となるので重要です。+2V/V (6dB) のゲインの場合、10MHz帯域において、OPA621のループ・ゲインはOPA603よりも9dB高くなっています。+10V/V (20dB) のゲインの場合、逆にOPA603のループ・ゲインのほうがOPA621よりも5dB高くなっています。このことは、下記の表に示す歪率の測定値により確認できます。

	$A_{CL} = +2\text{V/V}$		$A_{CL} = +10\text{V/V}$	
	OPA603	OPA621	OPA603	OPA621
2次高調波	-65dBc	-68dBc	-63dBc	-50dBc
3次高調波	-78dBc	< -90dBc	-62dBc	-70dBc
有効ビット	10.5	11	10	8

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は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または保証するものではありません。

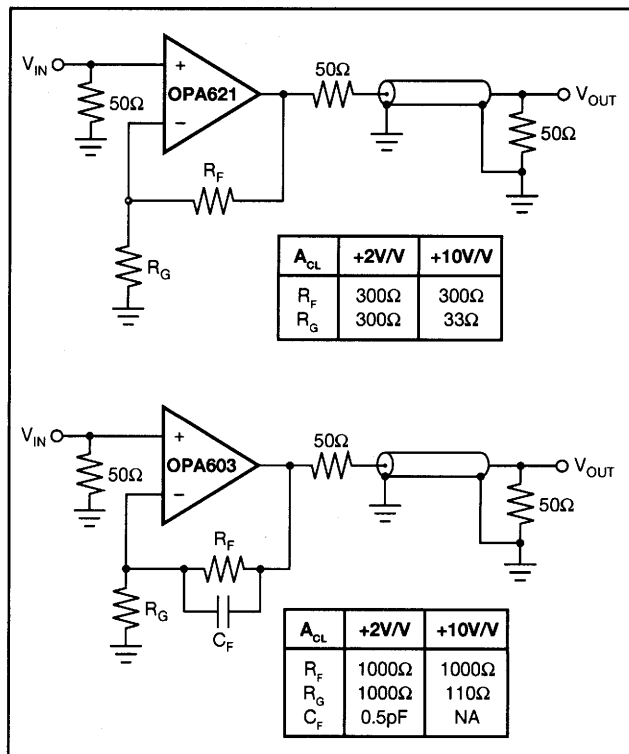


図3. OPA621およびOPA603の応用回路

この方法を用いれば、電圧帰還アンプと電流帰還アンプの有効帯域幅を容易に比較することができます。まず、必要な開ループ・ゲインを決定し、次にデータシートの規格値を前述の式に代入し、低ひずみを求めるうえで最適なオペアンプの大体の目安となる開ループ特性の比較を行います。

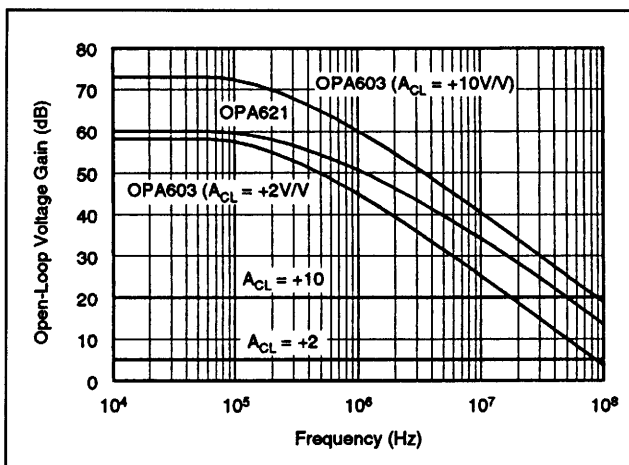


図4. OPA621およびOPA603の開ループ・ゲイン比較

日本バー・ブラウン株式会社

本社 〒107 東京都港区赤坂7-10-20 アカサカセブンスアヴェニュービル ☎03-3586-8141
 大阪営業所 〒532 大阪市淀川区西中島4-5-1 新栄ビル ☎06-305-3287
 名古屋営業所 〒465 名古屋市東区本郷2-175 サニーホワイト藤 ☎052-775-6761

ホットラインFAX
 東京 FAX.0120-068801
 大阪 FAX.0120-068805