

SPICE

実用電子回路講座



第2回 狙いどおりのf特をもつ増幅器を作る

遠坂 俊昭
Toshiaki Enzaka

OPアンプを使用して、希望の周波数までゲインが平坦な特性で、その周波数範囲で出力がフルスイングする増幅器を設計するためには、次の二つの特性がとても重要です。

- OPアンプのゲイン帯域幅積
GBW(Gain - Band Width product)
- OPアンプのスルー・レート(Slew Rate)

今回は、SPICEを使いながら、これらのうちGBWに対する理解を深めます。使用するOPアンプのGBWが大きいほど、増幅回路を構成したときの周波数特性の平坦な部は広くなり、高域まで使用することが可能になります。

ゲインの周波数特性を解析するための前準備

● シミュレーションの設定

図2-1に示すのは、連載第1回(2005年3月号)で説明した非反転増幅器です。この回路でAC解析を実行します。

R2の値を変化させ、ゲインを10倍、100倍、1000倍、そしてR2の値を1TΩととても大きくしています。SPICEが扱える単位の最大はT(テラ10¹²)です。

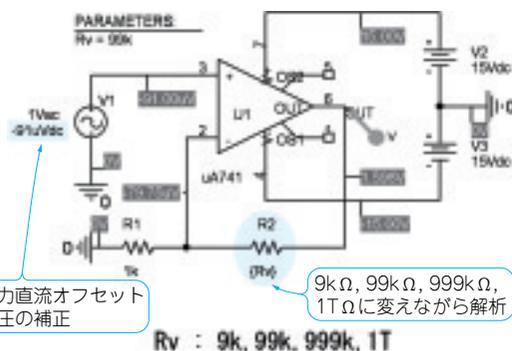


図2-1 OPアンプを使った増幅器のゲイン-周波数特性をシミュレーションしてみる

PSpiceに登録されている部品ライブラリからμA741を選んで使用

信号源V1には、AC解析に使える信号源Vacを使用します。Vacには直流バイアス電圧と交流振幅の二つを設定できます。Vacは過渡解析には使用できません。

AC解析は、入出力の相対的なゲインと位相をシミュレーションするだけなので、V1の交流振幅の単位が実効値なのかピーク値なのかは問いません。

● 直流オフセット電圧を補正しておく

AC解析する際に配慮しなくてはならないのは、前回説明した直流オフセット電圧の影響です。

直流オフセットのあるOPアンプの帰還抵抗(図2-1のR2)に、1TΩなどの大きな抵抗値を設定すると、出力が飽和してしまい、正しく解析できません。

図2-1では、第1回の結果から、直流オフセット電圧を補正するために、V1に-91μVの直流電圧(バイアス電圧)を設定しています。

直流動作点を解析するには、PSpice ver.9.2の場合、AC解析実行後、回路図を表示させます。そしてツール・バーにあるアイコンVを選択すると、図2-1に示すように各点の直流動作電圧が示されます。パラメトリック解析をした場合には、最後のパラメトリック値(図2-1ではR2が1TΩのとき)での直流動作電圧が表示されます。

直流オフセット電圧が補正されている図2-1の回路では、出力電圧表示が1.598Vとなっているので、R2が1TΩでも出力は飽和していないことがわかります。μA741のモデルでは、電源電圧が±15Vのとき、±14V程度まで飽和せずに動作します。

● AC解析後に表示される電圧の絶対値には意味がない

図2-2(a)に示すのは、OPアンプの出力に電圧マーカーを配置してシミュレーションした結果です。電源電圧は±15Vなので、実際の回路ではそれ以上大きな電圧が出力されるはずがありませんが、なんと200kVもの高圧が発生するという結果が得られてい

ます。これはなぜでしょう？

SPICEのAC解析では、交流信号がゼロの静止状態(直流動作)において、ゲインと位相の特性が、入力された交流電圧の大きさにかかわらず一定、つまり飽和もひずみも発生しないと仮定しています。したがってAC解析のときは、出力電圧がクリップすることはないのです。

図2-2(a)で表示された約200kVという大きな電圧値は、1Hzでのゲインが、200000倍(=200kV/1V)であるということを示しているだけです。

というわけで、AC解析時に表示される電圧の絶対値には意味がありません。

● ゲインはdBで表示させる

図2-2(a)では、ゲイン軸がリニア・スケールなので、ゲインが小さい領域のようすがわかりません。そこで次のように設定を変更します。

回路図のウィンドウに戻り [PSpice] - [Markers] -

[Advanced] - [dB Magnitude of Voltage] の順に選択し、VdBマーカーをOPアンプ出力に配置して出力電圧をシミュレーションします。あるいは、グラフ表示のウィンドウで [Trace] - [Add Trace] を選択してVDB(OUT)を追加し、V(OUT)を消去しても同じ表示が得られます。

解析結果を図2-2(b)に示します。dB(デシベル)は電子回路では必ず登場する単位で、対数値での比を表します。

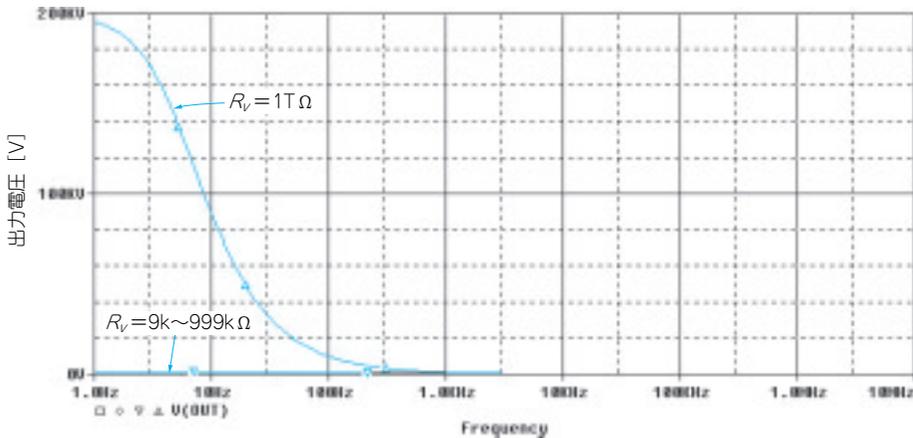
図2-2(b)の電圧ゲイン G [dB] は、入力電圧 v_{in} [V] と出力電圧 v_{out} [V] の比で、次式で表されます。

$$G = 20 \log(v_{out}/v_{in})$$

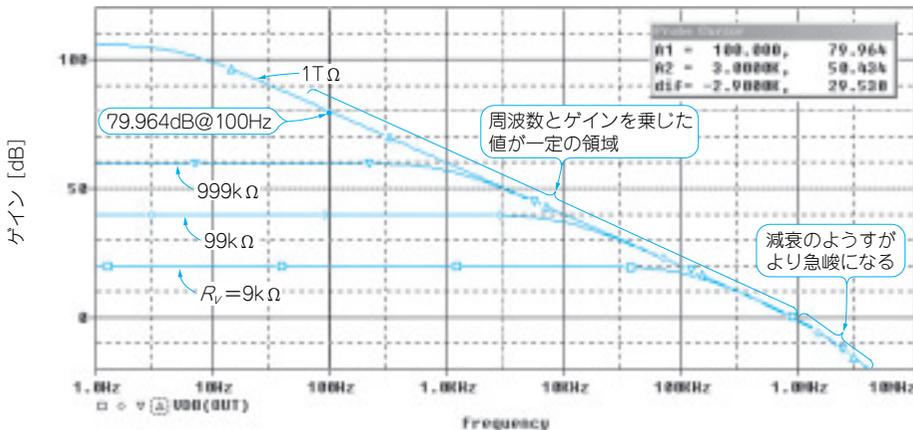
G [dB] をリニア値 g [倍] に変換するときは、

$$g = 10^{(G/20)}$$

となります。ゲインの単位がdBになった図2-2(b)では、-20dB(0.1倍)から+120dB(1000000倍)までが、1枚のグラフに見やすく表示されています。



(a) 縦軸をリニア・スケールに設定



(b) 縦軸をログ・スケール(dB)に設定

図2-2 図2-1のゲイン-周波数特性を解析した結果

