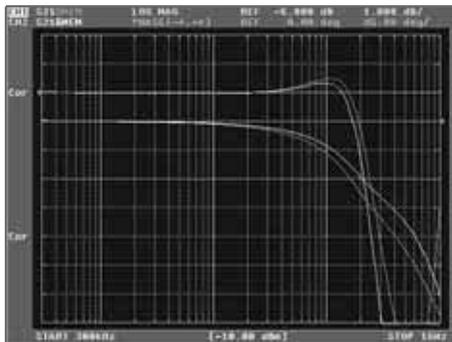


ICレビュー 実験室

6 高速OPアンプの位相補償テクニック

川田 章弘
Akihiro Kawata



高速OPアンプが内部で位相補償(発振対策)されているにもかかわらず発振してしまうのは、ほとんどの場合、**負荷容量や入力容量によって生じた位相遅れが原因**です。そこで、今回はこれらの容量が接続された状態でも、高速OPアンプを安定に動かすための位相補償の方法を回路シミュレーションを使いながら調べてみます。

● シミュレーションで位相補償の方法を検討する

▶ B²SPICEとMAX4108のSPICEモデルを利用する

位相補償を理解するには実験してみるのが一番です。実際にはんだごてを握り、手を汚しながらの実験も大切ですが、今回は、回路シミュレータを使って、少しスマートに検討してみましょう。

SPICE系シミュレータはHSPICEとPSpiceが業界標準ですが、ここでは、私が常用しているパソコンベースの回路シミュレータ B²SPICE A-D 2000を使います。B²SPICE A-D 2000の出力表示はちょっと見栄えが悪いので、ここで掲載した特性図は作り直して示しました。B²SPICEは、収斂性しゆうれんがあまりよくないのですが、価格も安く回路規模に制限がないため、個人で使用するには適当なシミュレータだと思います。ただ、解析結果の表示画面はどうにかならないもので

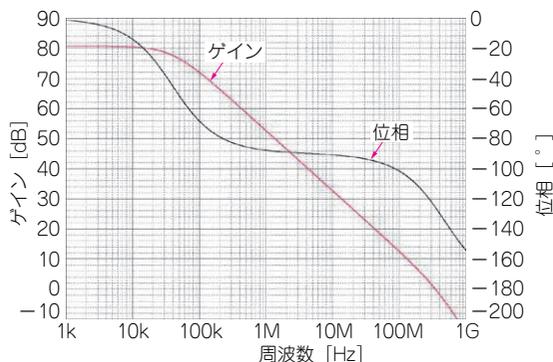


図6-1 高速OPアンプ MAX4108のオープン・ループ・ゲインの周波数特性(B²SPICEシミュレーション)

しょうか？

その点、PSpiceの出力表示は比較の見やすくなっています。PSpiceの規模限定版をおもちの方は、今回シミュレーションする回路程度の規模であれば実行可能だと思いますので試してみてください。PSpice評価版は、電子回路シミュレータPSpice入門編(CQ出版)の付属CD-ROMに収録されています。

シミュレーションに使用したMAX4108のモデルは、マキシム社のホーム・ページからダウンロードしたものです。このモデルを使ってオープン・ループ・ゲインの周波数特性を解析した結果を図6-1に示します。

OPアンプの入力端子部に存在する寄生容量を補償する方法

● プリント基板内層のベタ・グラウンドと端子の間にある容量が問題

図6-2に示すのは、OPアンプの非反転入力端子に存在する寄生容量が問題になる例です。

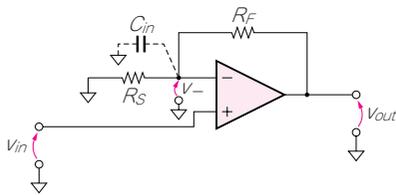
C_{in} は、多層基板にOPアンプを実装した場合などに問題になります。OPアンプの**非反転入力端子と内層のベタ・グラウンド間に浮遊容量が存在する**からです。

この入力容量の影響を軽減するためには、図に示したように、**フィードバック抵抗 R_F と並列にコンデンサ C_F を接続するか、 R_F と R_S の値を小さく**します。根本的に C_{in} を小さくするためには、内層のベタ・グラウンドを抜いてしまうことも行われます。

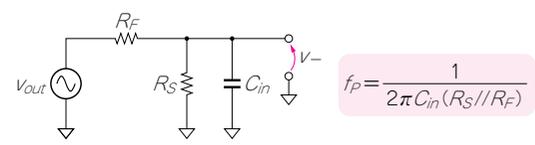
● 補償の効果を見てみよう！

図6-3にシミュレーション用の回路を、図6-4に解析結果を示します。

R_F と R_S が同じ値なので、 $C_{in} = C_F$ のとき、最も良好な平坦性が得られています。また、抵抗値を1kΩから330Ωに変更しただけでも、ピークが大幅に改善されます。高周波回路では、不必要に抵抗値を大きくしすぎないことも大切です。

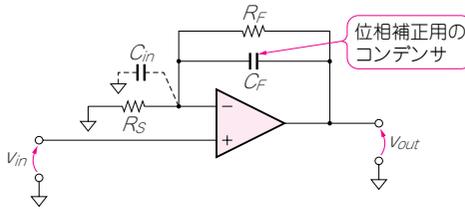


V_{out} 側から V_{-} 側を見ると、以下のように考えることができ、 C_{in} によって極が生じることがわかる。

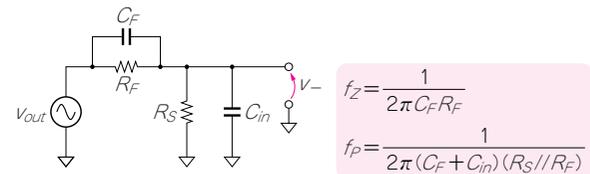


$$f_p = \frac{1}{2\pi C_{in}(R_S // R_F)}$$

(a) 入力容量による極の発生



R_F に並列に C_F を入れ、零点を作って補償する。
 $C_F R_F = C_{in} R_S$ とすれば、帰還回路の周波数特性をキャンセルできる。

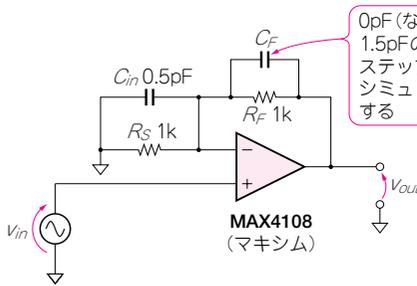


$$f_z = \frac{1}{2\pi C_F R_F}$$

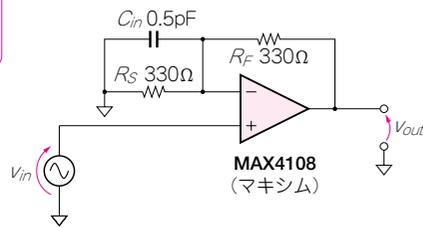
$$f_p = \frac{1}{2\pi (C_F + C_{in})(R_S // R_F)}$$

(b) 補償の方法

図6-2 高速OPアンプの入力容量を補償するテクニック



0pF(なし), 0.1pF~1.5pFの範囲で0.3pFステップで変えながらシミュレーション解析する



(a) C_F による補償

(b) R_S と R_F を低抵抗化する

図6-3 入力容量が出力ゲインに与える影響と位相補償コンデンサ C_F の効果をシミュレーションで調べる

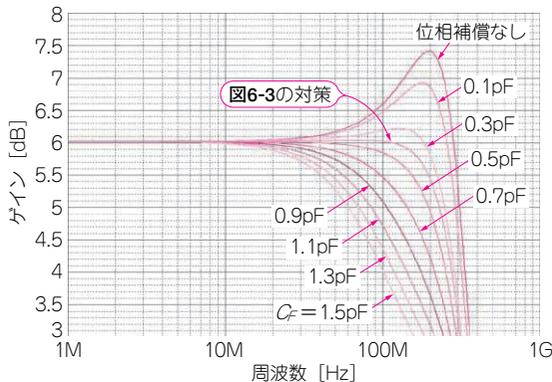
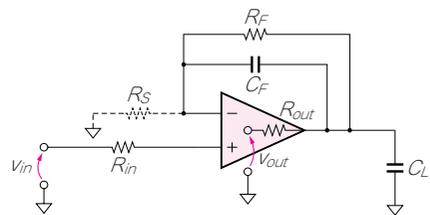


図6-4 図6-3のシミュレーション解析結果



R_S がないと V_{-} 端はハイ・インピーダンスであるため、 C_F と R_F による影響は表れない。つまり、 R_F と C_F は効かない。

図6-5 ボルテージ・フォロワの場合は C_F や R_F は効果が期待できない

