

SPICE

実用電子回路講座

第13回 直流ぶんを除去できる レベル・シフト増幅回路の設計

遠坂 俊昭
Toshiaki Enzaka

図13-1に示すのは、アナログ回路設計の入門者が最初に学ぶ二つの増幅回路(非反転増幅回路と反転増幅回路)です。各回路のゲインを求める式は、図に示すとおりです。

さて、入力信号が0V中心に振れる交流信号の場合には、図13-1に示すゲインの式で簡単に抵抗の定数が求まります。しかし、図13-2に示すように入力信号に直流オフセットが含まれており、この直流ぶんを取り除きながら増幅したい場合には、どうしたらよいのでしょうか。

今回は、直流レベル・シフト機能をもつ増幅回路の設計法を紹介します。

設計に必要な二つの基礎知識

- その① ゲイン計算が簡単になる
「バーチャル・ショート」
- OPアンプICの+端子と-端子は繋がっていると仮定できる

通常、OPアンプICの直流域でのゲインは、100 dB (100000倍)前後もあります。したがって図13-3に示すように、OPアンプ回路が正常に動作し、出力に10Vが出力されているときには、OPアンプICの-入力端子と+入力端子の間の直流電位差 ΔV は、

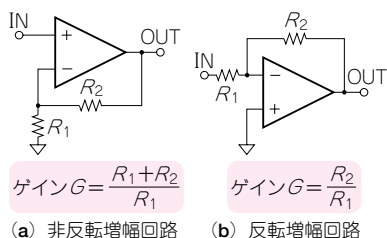


図13-1 OPアンプICを使った基本的な増幅回路

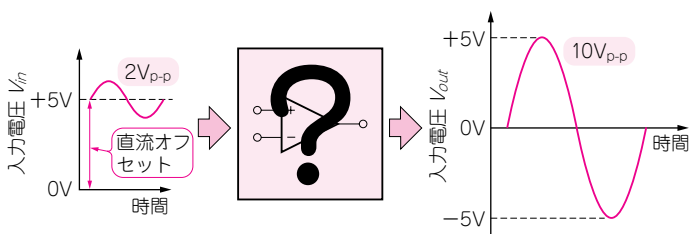


図13-2 信号から直流ぶんを取り除いて増幅するにはどうしたらよいか？

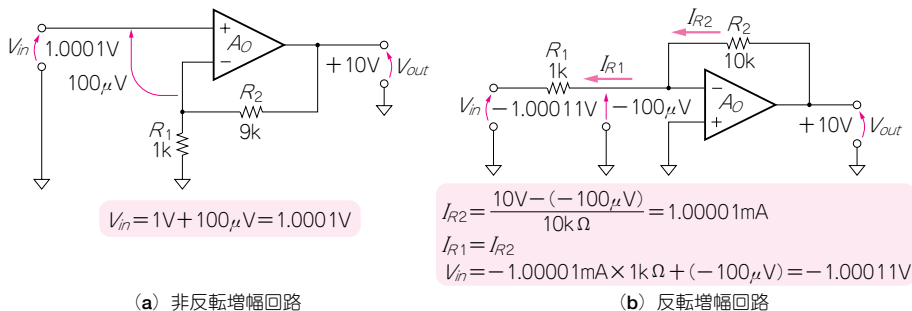


図13-3 出力電圧+10VのときOPアンプICの入力端子間の電位差はたったの100µV(OPアンプICの直流域のゲイン A_0 を100000倍と仮定)

+入力端子と-入力端子はショートしている(同電位)と考えてもよさそうだ！

$$\Delta V = \frac{V_{out}}{A_O} = \frac{10 \text{ V}}{100000 \text{ 倍}} = 100 \mu\text{V}$$

ただし、 V_{out} ：出力電圧、 A_O ：直領域のゲインと、ごく小さな値です。また、OPアンプICの二つの入力端子から流れ出る(流れ込む)バイアス電流は、図13-3の抵抗などに流れる電流(数mA)に比べて、数p~数nAととても小さな値です。

したがってOPアンプICが動作しているとき、-入力端子と+入力端子の間はほぼ同電位で、しかも-入力端子と+入力端子には電流が流れないという状態にあります。

これをバーチャル・ショートvirtual shortと言います。バーチャル・グラウンドvirtual groundまたはナレータnullatorとも言います。

● シミュレーションで確認する

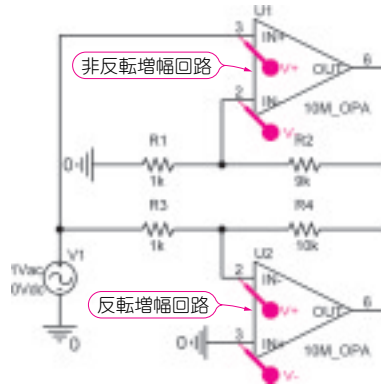
図13-4に示すのは、ゲイン10倍の非反転増幅回路と反転増幅回路の入力端子間の電圧の周波数特性です。OPアンプICの直流ゲインは100000倍、 GBW は10 MHzです。

このように入力端子間の電圧は信号周波数によって

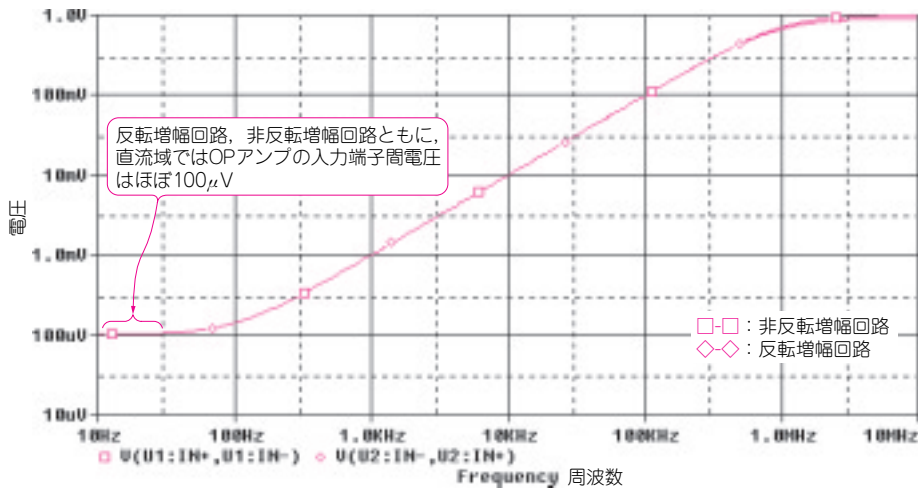
変化しますが、直領域ではほぼバーチャル・ショートが成立しています。

バイアス電圧を設計するときは直流での値なので、バーチャル・ショートは成立しており、その設計は簡単です。

細かく見ると、OPアンプIC自体の直流オフセット電圧やバイアス電流の影響があります。それらの値が無視できない場合は、半固定抵抗を挿入して微調整し



(a) シミュレーション回路



(b) 解析結果

図13-4 図13-3をシミュレーションで確認

OPアンプICの入力端子間の電圧差は直領域で確かに100 μV

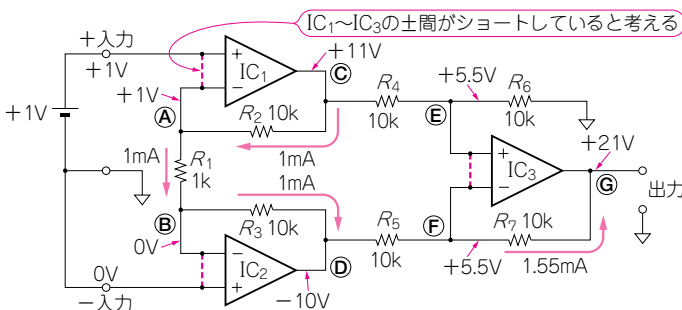


図13-5

バーチャル・ショートが成立していると仮定すれば差動増幅回路のゲイン計算も簡単