

## ワークショップ6-6

### ひずみまくり! 負帰還アンプのウイーク・ポイント

LTspiceデータ・フォルダ番号:499

#### ● 完璧な奴などいない…万能薬「負帰還」のいじわるテストを断行

トランジスタをつないでいくと、100 dB(10万倍)以上の大きなゲインをもつアンプを作ることができます。例えば、OPアンプです。

これらのトランジスタのベース-エミッタ間電圧とコレクタ電流の関係は非線形なので、正弦波を入力すると、波形がゆがみます。

そんなときはひずんでしまった出力信号を2本の抵抗で分圧した一部、または全部を取り出し入力部に戻し、きれいな入力信号と比べて、その差分をまた増幅回路に戻してやると、出力信号のひずみが小さくなります。

この技術を「負帰還」と呼び、OPアンプを始め、オーディオ・アンプから計測用アンプまで、多くのアンプが採用しています。

負帰還技術は、ひずみを低減する効果だけでなく、

- ゲイン一定の帯域が広がる
- 雑音が減る
- 入力インピーダンスが上がる
- 出力インピーダンスが下がる

など、アンプを理想的なものに仕上げる素晴らしい技術です。まさに万能に見える「負帰還」ですが、ある

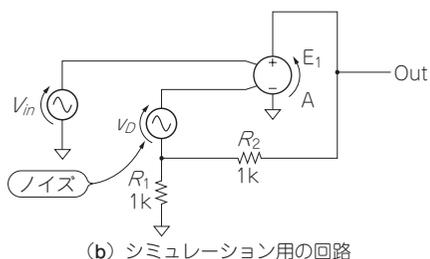
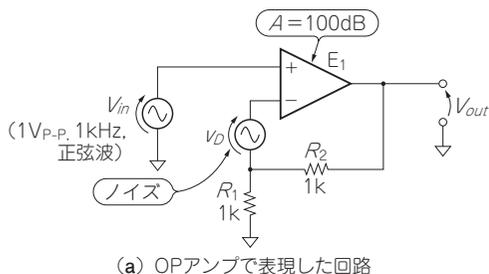


図1 OPアンプ(E<sub>1</sub>)の入力部にひずみを注入された非反転アンプ…いったいどんな信号が出力される?(LTspiceデータ・フォルダ番号:499, ファイル名:NFB\_A.asc)

箇所に発生するひずみはどうしても消すことができません。本稿では、負帰還のウイークポイントをつつく、いじわるテストをします。 (編集部)

#### ● 負帰還アンプにひずみ成分を注入する

図1と図2はどちらも100 dBの増幅率をもつOPアンプ(電圧制御電圧源)を使った非反転アンプです。1 kΩの抵抗器2本で、出力信号の1/2を入力に戻しているため、この非反転アンプのゲインは2倍(6 dB)です。

このアンプに、次の2つの信号を入力します。

- 増幅したい信号  $V_m$  (1 kHz, 1 V<sub>p-p</sub>の、正弦波)
- ひずみ信号  $v_D$  (3 kHz, 0.5 V<sub>p-p</sub>、正弦波)

図1と図2では、 $v_D$ の注入場所が違います。図1は反転入力端子側に、図2はE<sub>1</sub>の出力部に注入します。

#### ■ テスト① OPアンプの入力部でひずみ発生

図1の回路をLTspiceで動かします。ひずみ波形ははっきりと出るように、位相を反転させて、振幅-0.25の正弦波をひずみ成分( $v_D$ )として加えます。

図3(a)は出力信号の波形、図3(b)はスペクトラム、図3(c)は全高調波ひずみ率の計算結果です。

図3(c)のfourコマンドの結果は、回路図ウィンドウをアクティブにして、キーボードで「Ctrl + E」と入力すると表示されます。

波形は正弦波とはほど遠く、基本波(1 kHz)の-6 dBの3次高調波(3 kHz)が発生しています。1 kHz成分は1 V、3 kHz成分は0.5 Vです。入力の0.5 Vに、ひずみ成分として加えた0.25 Vがそのまま加算されて、2倍になっています。基本波と、すべての高調波の2乗和平方根の比である全高調波ひずみ率(THD: Total Harmonic Distortion)は、約50%もあります。

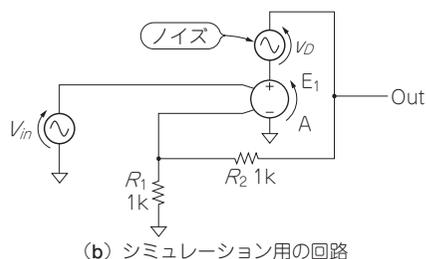
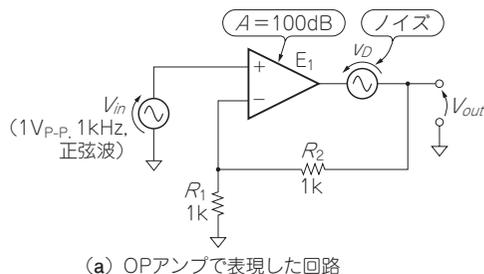


図2 OPアンプ(E<sub>1</sub>)の出力部にひずみを注入された非反転アンプ…いったいどんな信号が出力される?(LTspiceデータ・フォルダ番号:499, ファイル名:NFB\_B.asc)

【セミナー案内】実習・Linuxデバイス・ドライバ開発入門—— キャラクタ型デバイス・ドライバの基本的な考え方・作り方からPCIデバイスへの拡張まで

【講師】山際 伸一氏, 7/13(金) 39,000円(税込み) <http://seminar.cqpub.co.jp/>