

USBオーディオ・アンプ・キット LV-1.0 製品化プロジェクト 〈第6回〉

ヘッドホン・アンプの設計②

低消費と低ひずみの両立

川田 章弘
Akihiro Kawata

本誌2月号特集「製作研究! USBオーディオ」で試作したUSBオーディオ・アンプLV-1.0の試作1号機には、完全ディスクリートのヘッドホン・アンプが搭載されています。今回は、終段トランジスタに流れる電流がカットオフしないように採用した回路方式「トランスリニア・バイアス」の原理などを説明します。

〈編集部〉

アンプの構成

● 差動アンプ+増幅段+バッファ

図1に設計するアンプの構成を示します。一般的なモノリシックOPアンプと同じ構成です。入力段の差動アンプと2段目のアンプ(g_m 段)でゲインを稼ぎ、最終段のバッファ・アンプでヘッドホンを駆動する方式を採用しました。

位相補償は、ミラー補償によってできるRHPゼロ(Right Half Plane Zero)をできるだけ高域周波数へ移動させるため、負帰還経路にバッファ・アンプを挿入する方式を使っています。

RHPゼロ周波数は、図2に示すように、ミラー補償用のコンデンサと2段目のアンプの出力抵抗によって決まります。帰還経路にバッファを追加することでコンデンサからの信号の伝達を防止できます。これは、一部のモノリシックOPアンプに使われている基本的

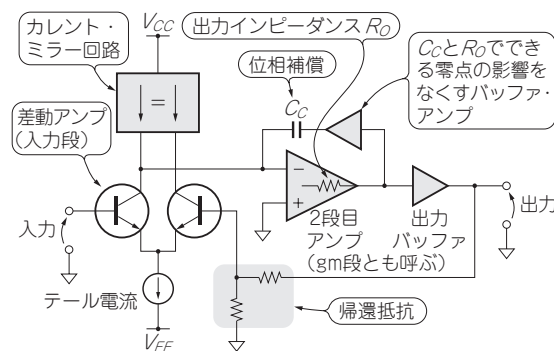


図1⁽⁶⁾ LV-1.0のヘッドホン・アンプの回路構成

な技術です。追加するバッファ・アンプは、安定性を損なわないように十分に広帯域なゲイン-周波数特性を持っている必要があります。

ヘッドホン・アンプ全体の回路を図3に示します。

設計の詳細

● 出力段

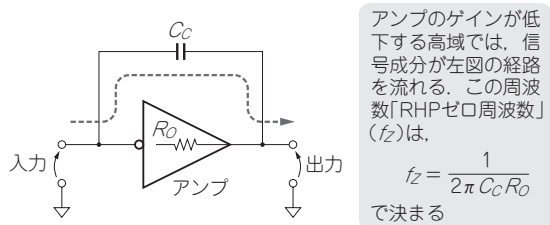
出力段は、図4に示す回路です。

コンプリメンタリSEPPのバイアス回路には、図5(a)に示す一般的なダイオードの順方向電圧降下や図5(b)のようなBJTの V_{BE} 電圧を使用した温度補償型バイアスではなく、トランスリニア原理に基づいたバイアス回路を採用しました(p.162コラム参照)。このバイアス回路は、私のオリジナルではなく、文献(1)から拝借したものです。

出力段のトランジスタには通常エミッタ抵抗を挿入します。このバイアス方式を使うことで、エミッタ抵抗を除去しても温度変化による V_{BE} の変動の影響を補償できます。

トランスリニア・バイアス回路は、NPNトランジスタとPNPトランジスタを常に動作している状態にできます。通常のアンプでは、BJTのバイアス電流がカットオフすることでひずみ(スイッチングひずみ)が出ますが、これを軽減できると言われています。

Q_1 と Q_2 のトランジスタはコレクタ接地回路として動作します。出力段のバイアス電流(アイドリング電



アンプのゲインが低下する高域では、信号成分が左図の経路を流れる。この周波数「RHPゼロ周波数」(f_z)は、
$$f_z = \frac{1}{2\pi C_C R_O}$$
で決まる

図2 RHPゼロ周波数は2段目アンプの出力抵抗と位相補償容量で決まる