

第3章 高性能パワー回路の製作に向けて

アンプのためのトランジスタ回路テクニック

加藤 大 Dai Katoh

1
2
3
4
1
2
3

「アナログはアンプに始まりアンプに終わる」と言われます。高性能なオーディオ・パワー・アンプへの応用を狙って、さらにトランジスタの性能を高める回路のテクニックについて紹介します。

● 高性能アンプのための今回の回路コンセプト

パワー・アンプは、出力から入力に対して全体帰還（オーバーオール・フィードバック）をかけて、ひずみや出力インピーダンスを低減するのが一般的です。フィードバックのゲインが十分にあれば、電圧増幅段や出力電力増幅段の各段の性能を追求しなくても、全体で良好な性能が得られるという考えに基づきます。これは、あらゆる条件でフィードバックが十分に働くという前提を満たさなければなりません。とくに、フィードバック・ループが大きいと、位相の遅れが気になります。また、可聴帯域20kHzにおいても、十分なループ・ゲインを有していなければなりません。

そこで本稿では、各段の性能を十分に高める回路技術を適用し、全体帰還なしのいわゆる無帰還パワー・アンプ構成にこだわることにします。もちろん、各部の局所帰還はバッチリ効かせます。各段の性能を高めておけば、さらにオーバーオール帰還をかけても、その要求緩和や性能向上が容易になるはずです。

回路テクニック①：βを増やす

● なぜβを増やすのか

一般小信号用トランジスタの直流電流増幅率βは100～200程度で、パワー・トランジスタは1桁小さいのが普通です。コレクタ電流に応じて流れるベース電流は、1/βと小さいようですが、増幅素子としての能力を左右する場合があります。トランジスタは電流増幅素子と捉えるべきではないと述べましたが、理想的でない側面としてβを意識する必要があります。

まず、エミッタ・フォロワについて検討してみます。エミッタ・フォロワの入力抵抗R_iは、

$$R_i \approx \beta(R_L + 1/g_m) \dots \dots \dots (7)$$

と表され、βの値が直接R_iを左右することがわかります(図1)。一方、エミッタ・フォロワの出力抵抗r_oは、

$$r_o = 1/g_m = V_T/I_C \dots \dots \dots (8)$$

です。出力電圧は、r_oが負荷抵抗と分圧されて低下するので、r_oを負荷抵抗より小さく設定するのが通例です。r_o=R_Lとしても、入力抵抗は高々R_i=2βR_Lにとどまります。

● βを増やすダーリントン接続

オーディオ・アンプのように低インピーダンス負荷を駆動する場合は、1つのエミッタ・フォロワではなく、多段につないで入力抵抗を高くする方法が使われます [図2(a)]。

1段目のTr₁のエミッタには電流源がつながれていますが、それを省いてすべてエミッタ電流を2段目のTr₂のベースに流し込んでも、エミッタ・フォロワとして動作します。Tr₁、Tr₂をまとめて図2(b)のようにすれば、Tr₁、Tr₂トータルのβが、β_d=β₁・β₂である、高βトランジスタとして見なすことができます。

これをダーリントン接続と呼びます。βの増加に加えて、Tr₂に電流/電力定格の大きな品種を用いることができます。

なお、ダーリントン接続の場合はTr₁のエミッタ電流が低くなり、Tr₁の周波数特性が低下したり、βの変動を強く受ける場合があるので、図2(a)のようにエミッタに多めに電流を流すこともよく行われます。

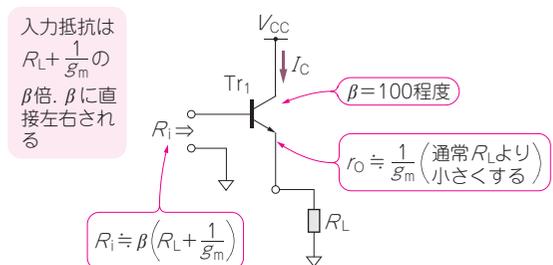


図1 エミッタ・フォロワに対するβの影響