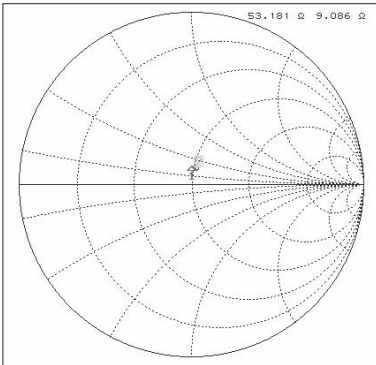


誰でもワイヤレス時代！



# 高周波アナログ技術 センスアップ講座

プロの回路をパソコンで体感してみよう！

## 第1回 最初が肝心！プリアンプのバイアス技術 ～ひずみ, 雑音, 周波数特性…仕上がり性能は一歩目で決まる～

川田 章弘  
Akihiro Kawata

### ● 高周波アンプ作りの第一歩「バイアス設計」

回路の基準電位(各部の電位)で仕上がり性能は大きく変わります。

本誌2014年12月号 第6章で無線通信機器/受信機などの高周波回路を作るための第一歩「インピーダンス・マッチング技術」を紹介しました。

本連載では、もう一歩踏み込んで2.4 GHz帯のロー・ノイズ・アンプ(LNA: Low Noise Amplifier)の基本的な設計方法を説明します。

第1回目の今回は、高周波LNAのバイアス回路の作り方を解説します。

温度が変化してもトランジスタの動作点が変わらないようにするのが基本的な考え方です。バイアス電流を決めるときは、アンプの線形性(ひずみの少なさ)や雑音電圧の大きさなども考慮します。バイアス回路の設計後は、高周波バイポーラ・トランジスタのSPICEモデルをシミュレータ(LTspice)に組み込み、設計どおりに直流動作点が一致しているか、シミュレーションで確認します。

### バイアス回路の机上計算

高周波LNAで使用する能動素子は、バイポーラ・トランジスタです。バイポーラ・トランジスタを動作させるにはバイアス回路が必要です。

### ● アンプは熱雑音小さくなる回路構成とする

図1は、教科書でよく説明されているバイポーラ・トランジスタのバイアス方法(電流帰還バイアス回路)です。このようなバイアス回路を高周波LNAにそのまま適用すると、エミッタ抵抗( $R_E$ )から発生した熱雑音は、コレクタ側に増幅されて現れます。

最初に、図1の回路で入力信号源が存在しない場合、ベースの電位は固定されていると考えることができます。熱雑音源の存在するエミッタ側を入力、コレクタを出力ととらえ直すと、図1の回路はベース接地増幅

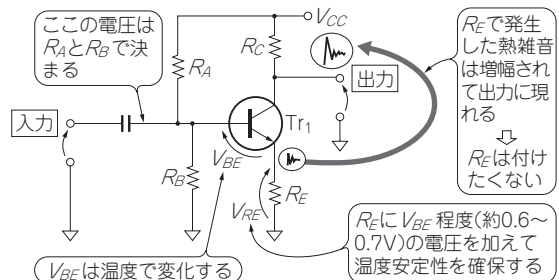


図1 バイアスを安定化させるためにはエミッタ抵抗が必要だけど、この抵抗は熱雑音を発生する<sup>(1)</sup>  
エミッタ抵抗から発生した熱雑音が増幅されるため、雑音指数が悪化する

回路と考えることができます。抵抗 $R_E$ から発生する熱雑音は、ゲイン $G$ だけ増幅されます。

$$G = \frac{1}{\frac{1}{g_m} + R_E} \times (R_C // r_O)$$

$g_m$ は、相互コンダクタンスであり、絶対温度が300 K(摂氏温度27℃)のとき、次式のとおり計算できます。

$$g_m = \frac{I_C}{26 \text{ mV}}$$

$I_C$ はバイアスとして流しているコレクタ電流です。  
 $r_O$ は、バイポーラ・トランジスタの出力抵抗であり、アーリー電圧を $V_A$ とすると、次式のとおり計算できます。

$$r_O = \frac{V_A}{I_C}$$

通常の設計では、 $R_E$ は $R_C$ よりも小さい値です。図1の回路では $R_E$ から発生した熱雑音が増幅されるため、雑音指数(NF)が増加してしまいます。

図1の回路で高周波LNAを実現したいときは、 $R_E$ から発生する熱雑音を小さくするために、 $R_E$ に対して、並列にコンデンサを付けます。