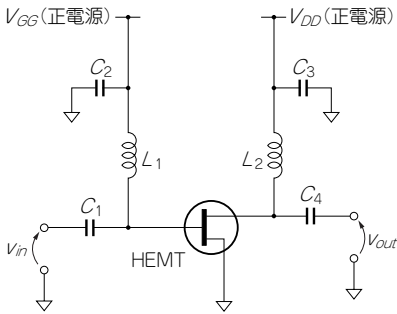
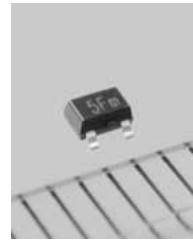




〈図 7-13〉 エンハンスメント型 HEMT の
バイアス回路例

単電源で使える



〈写真 7-1〉HEMT ATF-55143
[アジレント・テクノロジー(株)]

す。ATF-55143 の電気的特性を表 7-1 に、外観を写真 7-1 に示します。

半導体製造技術が進歩して、高性能なエンハンスメント型が出てきました。これまでの HEMT は、ゲートに負のバイアス電圧を加えるのが当たり前でしたが、状況が変わりつつあるようです。エンハンスメント型は、単電源で動作可能、ソースをグラウンドに直接と接地して使えるなど、回路設計上のメリットが多いので、今後メジャーになる可能性があります。

■ LNA のゲインや NF を調べてみよう

● マッチングしていない単体での特性

シミュレーションを行うには、半導体の S パラメータとノイズ・パラメータが必要です。ノイズ・パラメータはその半導体の雑音特性を表したもので、 NF のシミュレーションを行うために必要です (p. 159 の Column 3 参照)。シミュレータに読み込ませるパラメータをリスト 7-1 に示します。

ATF-55143 の $V_{DS}=2.0\text{ V}$ 、 $I_{DS}=15\text{ mA}$ の S パラメータ、ノイズ・パラメータをシミュレータに入力して、ATF-55143 だけの特性を確認してみましょう。

図 7-14 にシミュレーション回路を、図 7-15 に解析結果を示します。ATF-55143 のゲートとドレインを特性インピーダンス $50\ \Omega$ 系につないで、理想的なバイアス回路でバイアスを加えて解析します。

図 7-15(a) は $S_{11}\sim S_{22}$ を dB スケールで表示したもの、図 7-15(b) は NF 特性、図 7-15(c) は S_{11} と S_{22} のスミス・チャート表示、そして図 7-15(d) は S_{11} と S_{22} を $VSWR$ で表示したものです。

マッチング回路なしでも、目標仕様を越える約 18 dB のゲイン (S_{21}) と、約 0.6

<リスト 7-1> HEMT ATF-55143 をシミュレーションで使うときに必要な S パラメータとノイズ・パラメータのテキスト・ファイル(データシートに掲載された数値表を参照して作成し、付属 CD-ROM に収録)

I ATF-55143.HMT
 #TAG(AGILENT, 2, 15m, 2001)
 #CON(50, S, E)
 #PARA

S_{11} の位相 [°]
 S_{21} の位相 [°]
 S_{22} の振幅
 S_{11} の振幅
 S_{21} の振幅
 S_{12} の振幅
 S_{12} の位相 [°]
 S_{22} の位相 [°]

0.1G	0.997	-7.1	13.074	174.4	0.006	85.7	0.752	-4.6
0.5G	0.953	-34.5	12.333	153.0	0.027	69.4	0.712	-22.1
0.9G	0.873	-58.8	11.042	134.4	0.044	56.3	0.654	-36.7
1.0G	0.856	-64.6	10.693	130.3	0.047	53.3	0.636	-39.6
1.5G	0.759	-89.3	9.059	112.2	0.060	41.6	0.560	-51.8
1.9G	0.695	-106.2	7.998	100.0	0.068	34.4	0.509	-59.0
2.0G	0.681	-110.2	7.762	97.2	0.070	32.8	0.498	-60.5
2.5G	0.621	-129.3	6.773	83.9	0.076	25.6	0.443	-67.5
3.0G	0.578	-147.4	5.985	71.8	0.082	19.4	0.390	-73.6
4.0G	0.536	177.3	4.850	49.4	0.091	7.9	0.295	-87.3
5.0G	0.541	145.1	4.020	28.4	0.096	-3.0	0.225	-104.3
6.0G	0.554	119.1	3.384	9.0	0.101	-12.7	0.183	-120.8
7.0G	0.574	97.0	2.917	-9.1	0.105	-23.0	0.150	-138.4
8.0G	0.594	75.5	2.549	-27.0	0.106	-33.1	0.101	-149.7
9.0G	0.630	55.9	2.271	-44.6	0.113	-40.4	0.047	-175.2
10.0G	0.703	37.3	2.028	-63.5	0.121	-53.2	0.078	82.0

周波数 [Hz]

(a) S パラメータ

*Freq
 #NF

NFmin
 Gmag
 Gang
 Rn

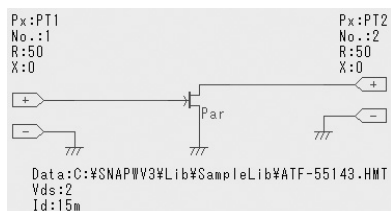
0.5G	0.21	0.63	18.7	0.10
0.9G	0.25	0.56	23.6	0.10
1.0G	0.26	0.53	27.3	0.10
1.9G	0.40	0.51	49.7	0.09
2.0G	0.41	0.50	52.6	0.09
2.4G	0.48	0.41	62.3	0.09
3.0G	0.57	0.35	80.4	0.08
3.9G	0.70	0.22	118.4	0.06
5.0G	0.86	0.20	-176.5	0.06
5.8G	0.99	0.23	-140.5	0.08
6.0G	1.03	0.23	-134.6	0.08
7.0G	1.16	0.29	-99.3	0.14
8.0G	1.35	0.35	-69.3	0.25
9.0G	1.49	0.43	-47.9	0.39
10.0G	1.62	0.54	-30.8	0.57

#End

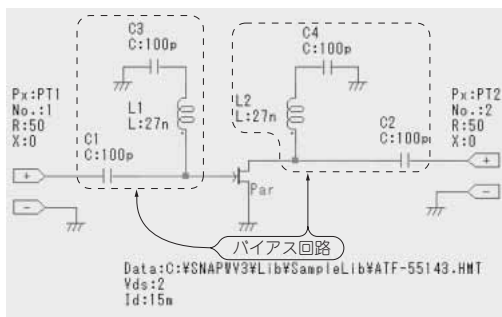
周波数 [Hz]

最適信号源インピーダンス
 (Γ_{opt}) の振幅
 最適信号源インピーダンス
 (Γ_{opt}) の位相 [°]
 $R_n/50$
 最小雑音指数 [dB]

(b) ノイズ・パラメータ



〈図 7-14〉 HEMT ATF-55143 単体の入出力特性を調べるシミュレーション回路
(シミュレーション用ファイルは Cir_7_1)



〈図 7-16〉 図 7-14 にバイアス回路を追加(シミュレーション用ファイルは Cir_7_2)

dB の NF が得られています。マッチングを取っていないので、入出力の反射 (S_{11} , S_{22}) が大きく、図 7-15(c) のスミス・チャートの軌跡を見るとどちらも中心から離れています。特に S_{11} の $VSWR$ 特性がよくありません。

● バイアス回路を追加する

図 7-14 では、理想的な直流電源でバイアスを供給していると仮定しましたが、実際にはバイアス回路が必要です。ATF-55143 のデータシートを参考にして、図 7-16 のようにバイアス回路を追加しました。

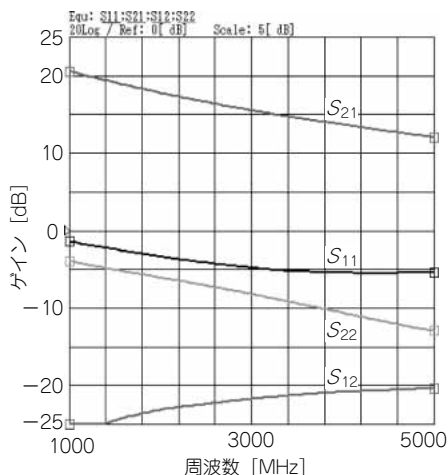
L_1 と L_2 は直流を通して高周波をしゃ断するためのチョーク・コイルです。2 GHz で高いインピーダンス (約 $j 339 \Omega$ @ 2 GHz) をもつように 27 nH に設定します。

C_1 と C_2 は、HEMT に加えている直流バイアスが入出力ポートに流れないようにするための、直流カット用コンデンサです。カップリング・コンデンサと呼びます。2 GHz で低いインピーダンス (約 $-j 0.8 \Omega$) をもつように、100 pF に設定しました。

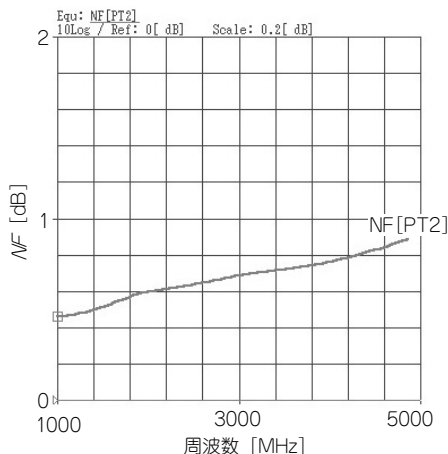
C_3 と C_4 は、高周波的にグラウンドにショートするためのコンデンサです。デカップリング・コンデンサと呼びます。

C_1 と C_2 と同様に 100 pF にしました。電源ラインは、 L_1 と C_3 の交点、 L_2 と C_4 の交点に接続されますが、 C_3 と C_4 で高周波的にグラウンドにショートされているので、影響がないものとして配置していません。

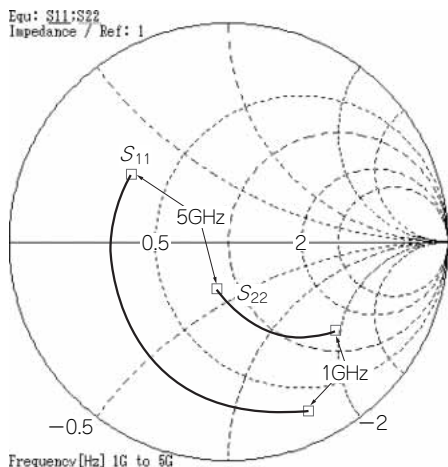
図 7-16 のシミュレーション結果を図 7-17 に示します。バイアス回路のない図 7-15 の特性とほとんど変化はありません。



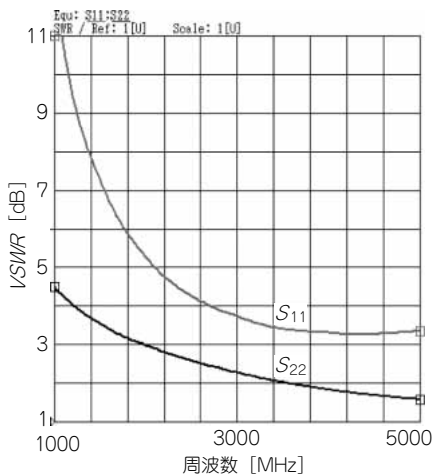
(a) Sパラメータの周波数特性



(b) NFの周波数特性



(c) 反射係数の周波数特性



(d) 反射係数 $|S_{11}|$ と $|S_{22}|$ の周波数特性

〈図 7-15〉 HEMT 単体(図 7-14)の解析結果

ゲイン (S_{21}) と NF (約 0.6 dB) は OK だが反射 (S_{11} と S_{22}) は改善が必要

● プリント・パターンを盛り込む

LNA の特性に大きな影響を与える部分をここで追加しておきます。

回路図上ではソースがグラウンドにつながっているだけですが、実際の基板では