

電子計測 第12回目 講義資料

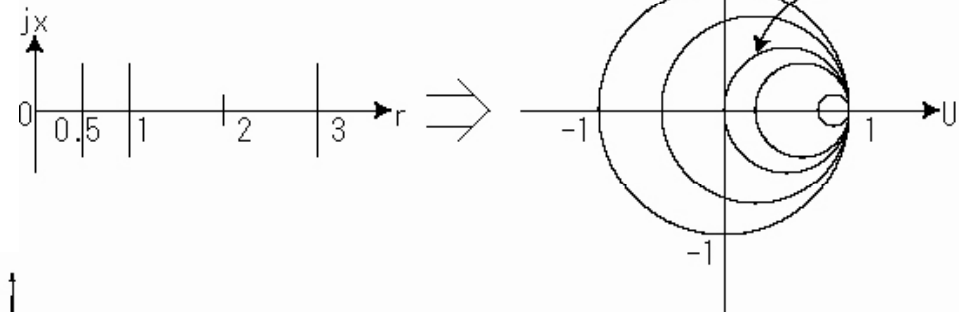
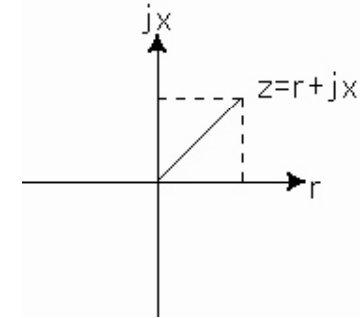
杉本 泰博

スミスチャート1

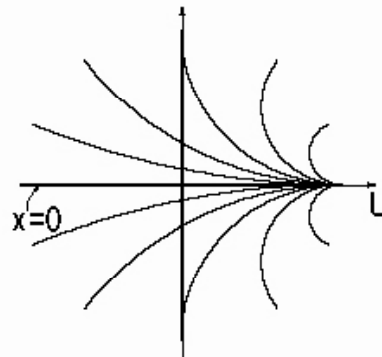
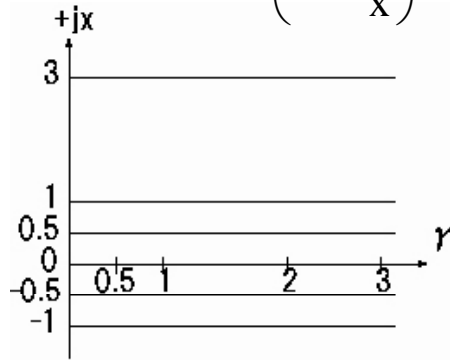
$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad \rightarrow \quad \text{規格化して} \quad \rightarrow \quad = \frac{z-1}{z+1}$$

$z = r + jx$ を代入。

$$\Gamma_L = U + jV = \frac{(r-1) + jx}{(r+1) + jx} \quad \begin{cases} \rightarrow U = \frac{r^2 - 1 + x^2}{(r+1)^2 + x^2} \\ \rightarrow V = \frac{2x}{(r+1)^2 + x^2} \end{cases}$$

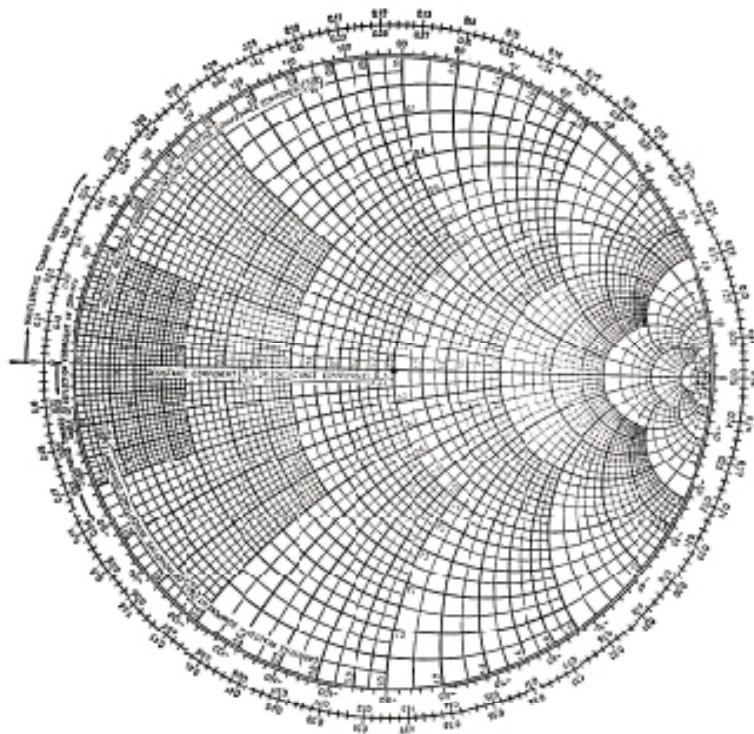


$$(U-1)^2 + \left(V - \frac{1}{x}\right)^2 = \left(\frac{1}{x}\right)^2$$

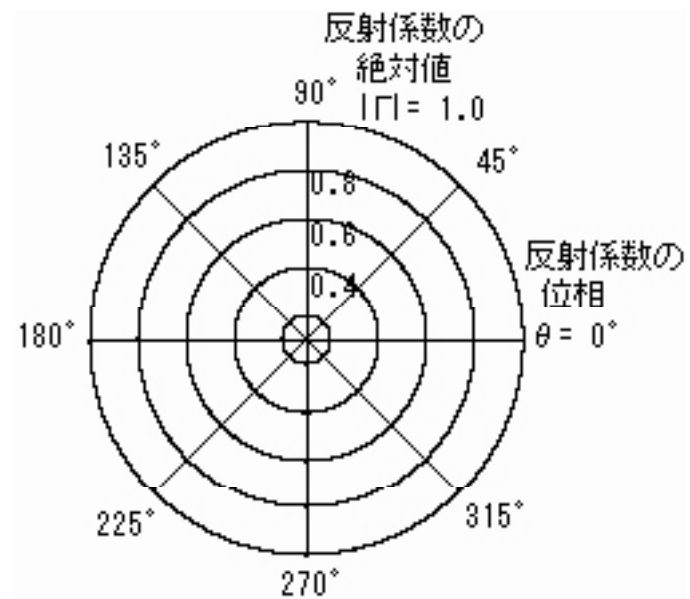


$$\left(U - \frac{r}{r+1}\right)^2 + V^2 = \left(\frac{1}{r+1}\right)^2$$

スミスチャート2

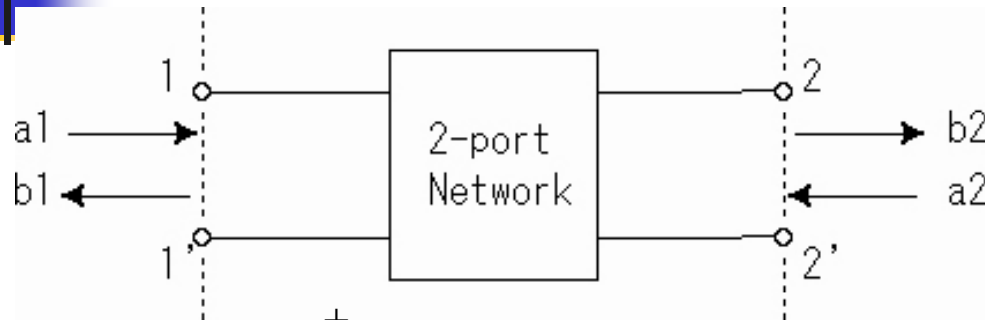


スミスチャート



極座標表示

S行列



Z_0 : 2-portが接続する系の
特性インピーダンス

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{V_1^+}{\sqrt{Z_0}} \\ a_1 &= \frac{V_2^+}{\sqrt{Z_0}} \end{aligned} \right\} \text{入射波}$$

$$\left. \begin{aligned} b_1 &= \frac{V_1^-}{\sqrt{Z_0}} \\ b_1 &= \frac{V_2^-}{\sqrt{Z_0}} \end{aligned} \right\} \text{反射波}$$

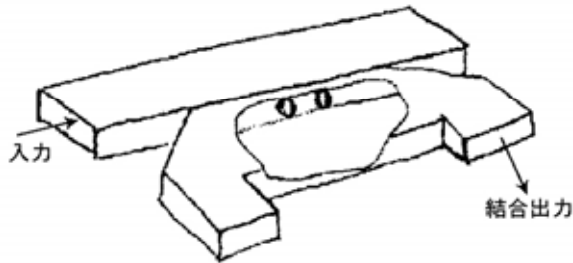
$$\begin{aligned} b_1 &= S_{11}a_1 + S_{12}a_2 \\ b_2 &= S_{21}a_1 + S_{22}a_2 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \longleftarrow \text{S行列}$$

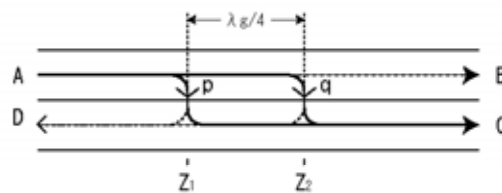
$$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} \quad S_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0} \quad S_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0} \quad S_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0}$$

$a_2=0$ とは、出力端で整合をとること。

Sパラメータ測定



Aから入力する。



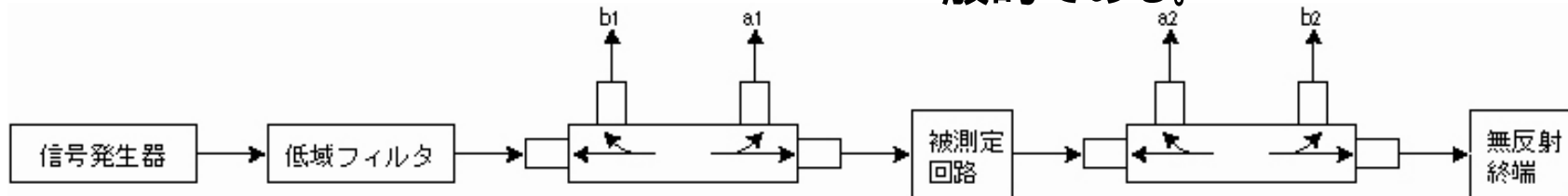
Z_2 では、p,qからの結合波は等しい線路長で交会う。

→ 同相で重畳しあう。

Z_1 では、qからの結合波はpからの結合波より $\lambda_g/2$ だけ長い線路を経て到達。

→ Dに結合波は現れない。

方向性で、20 ~ 30 dBの値が一般的である。



$$S_{11} = \left(\frac{b_1}{a_1} \right)_{a_2=0}$$

$a_2 = 0$

$$S_{21} = \left(\frac{b_2}{a_1} \right)_{a_2=0}$$

$$S_{12} = \left(\frac{b_1}{a_2} \right)_{a_1=0}$$

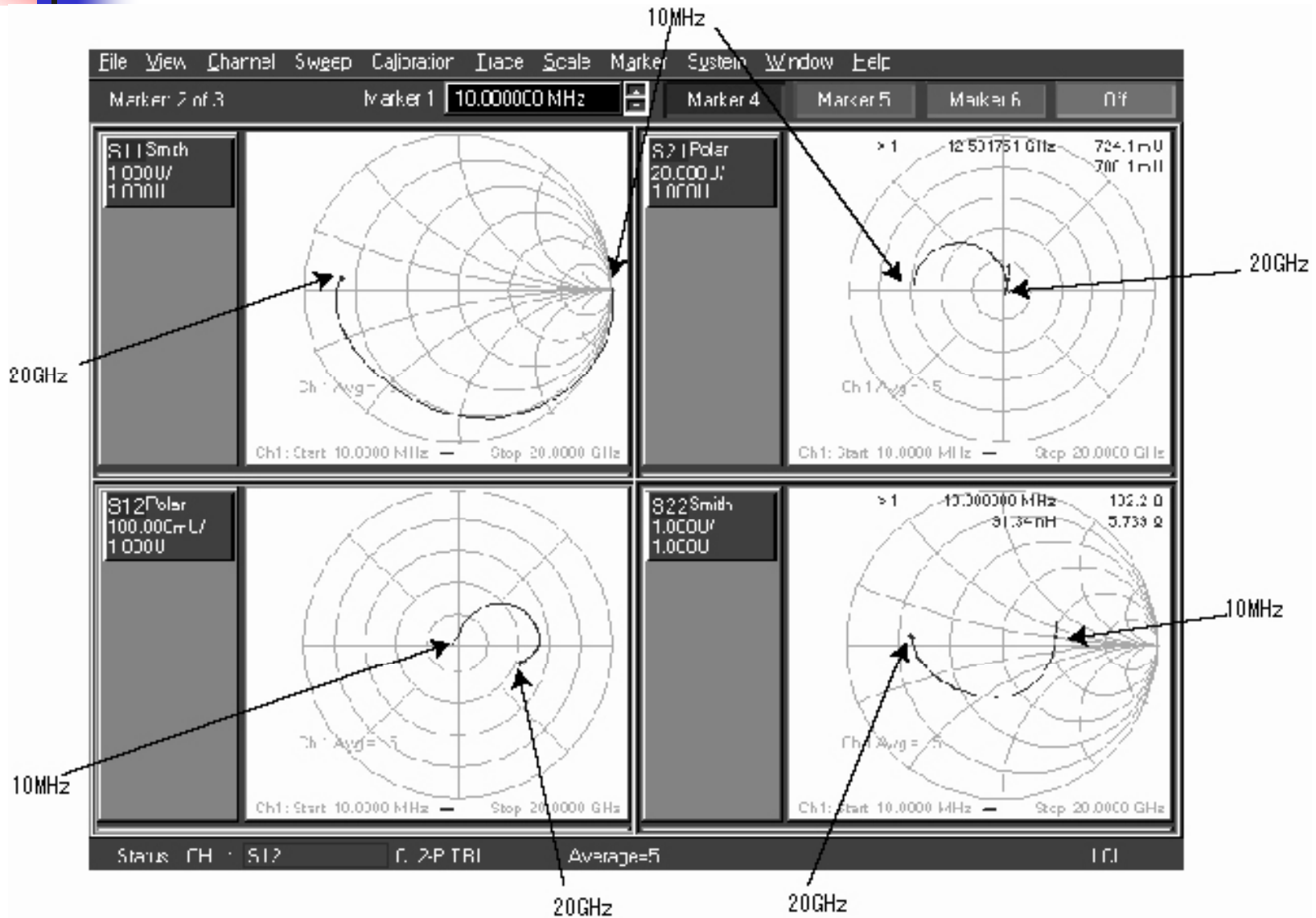
$$S_{22} = \left(\frac{b_2}{a_2} \right)_{a_1=0}$$

a_1 と b_1 の振幅比と位相差を測定 - > S_{11}

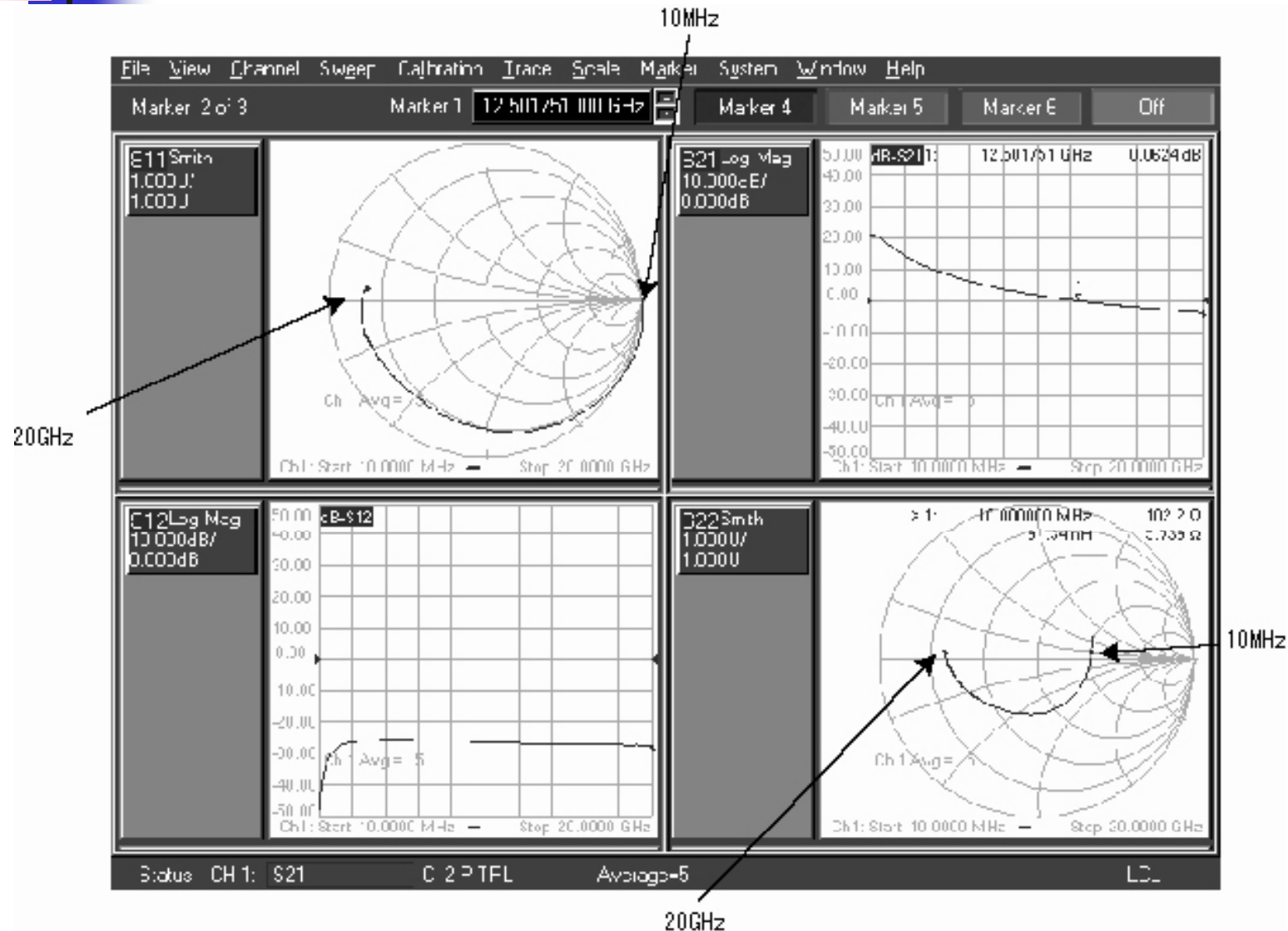
a_1 と b_2 の振幅比と位相差を測定 - > S_{21}

被測定回路の入・出力端子を入れ替えて測定 → S_{22} , S_{12}

Sパラメータ測定例その1



Sパラメータ測定例その2





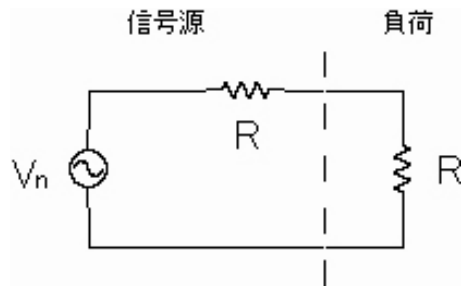
電気長

位相については、方向性結合器の各成分出力端と被測定回路の基準面との間の電気長を補正する必要がある。

1. V_{REL} : 相対伝搬速度 = $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$
2. 電気長 : (経路の物理的長さ) $\times \frac{1}{V_{REL}}$
3. 移動時間 : (電気長) \div (自由空間での光速)

雑音測定

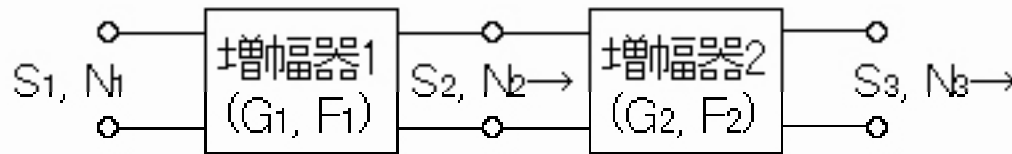
雑音指数とは？ $F = \frac{S_i/N_i}{S_o/N_o} = \frac{\text{入力端でのS/N}}{\text{出力端でのS/N}}$ 、dB表示にすると、 $F_{dB} = 10 \log_{10} F$
 $S_o/S_i = G$ (available power gain)とすれば、 $F = \frac{N_o}{GN_i} = \frac{\text{入力端でのS/N}}{\text{出力端でのS/N}}$



熱雑音： $\overline{v_n^2} = 4kTRB$ [V²]

$$N = \left(\frac{v_n}{2} \right)^2 / R = \frac{v_n^2}{4R}$$

N：抵抗素子から取り出しうる最大の雑音電力
 = 有能雑音電力 = kTB



多段増幅の場合：

1段の増幅器から発生する雑音の電力をNAとすれば、

$$F = \frac{S_i/N_i}{S_o/N_o} = \frac{GN_i + N_A}{GN_i} = 1 + \frac{N_A}{GN_i} \text{ の関係より、 } N_A = (F-1)GN_i \text{ と表されるので、}$$

$$\left. \begin{aligned} N_2 &= G_1 N_1 + (F_1 - 1)G_1 N_1 \\ N_3 &= G_2 N_2 + (F_2 - 1)G_2 N_2 \end{aligned} \right\} \text{ 一方、 } S_3 = G_1 G_2 S_1 \text{ であるから、}$$

$$F = \frac{S_1/N_1}{G_1 G_2 S_1/N_3} = \frac{N_3}{G_1 G_2 N_1} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1}$$

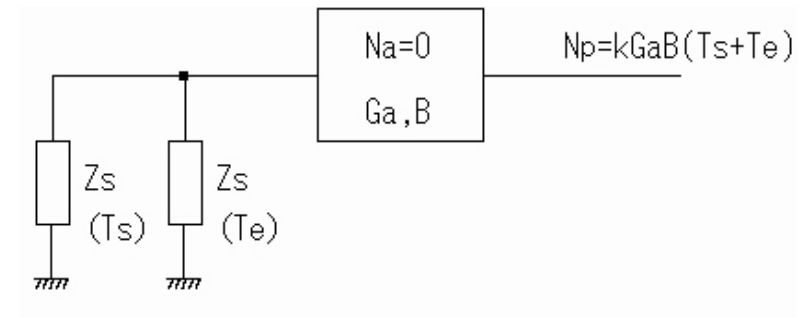
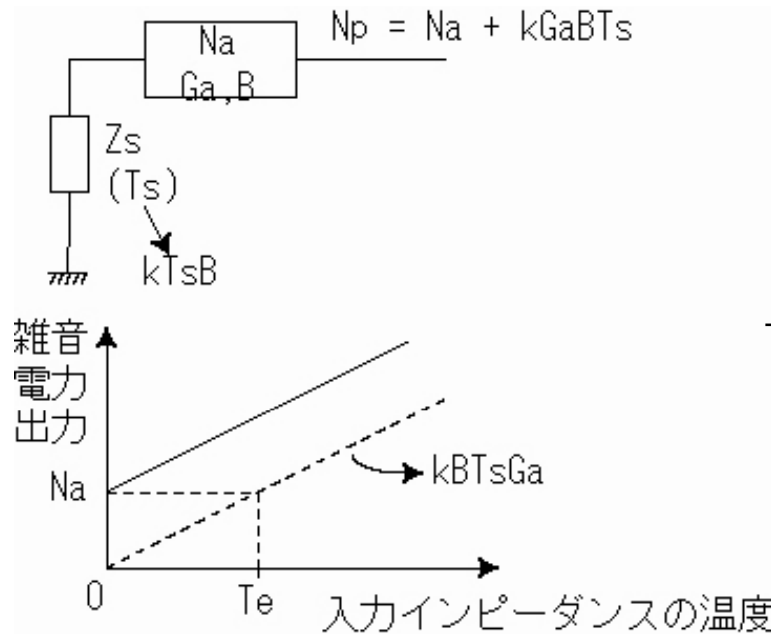


練習問題 12.1

$F_{1dB} = 3dB$ 、 $F_{2dB} = 10dB$ 、 $G_{1dB} = 10dB$ の2段増幅器がある。

全体の F_{dB} を求めなさい。

雑音温度



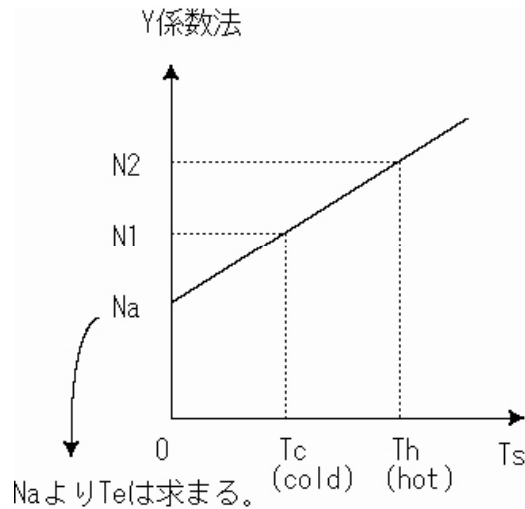
$$F = \frac{S_i / N_i}{S_o / N_o} \Big|_{\text{at } 290\text{K}} = \frac{S_i / N_i}{G_a S_i / (N_A + G_a N_i)} = \frac{N_A + G_a N_i}{G_a N_i}$$

$$= \frac{N_A + kT_0 B G_a}{kT_0 B G_a} = \frac{kB G_a (T_e + T_0)}{kT_0 B G_a} = \frac{T_e + T_0}{T_0}$$

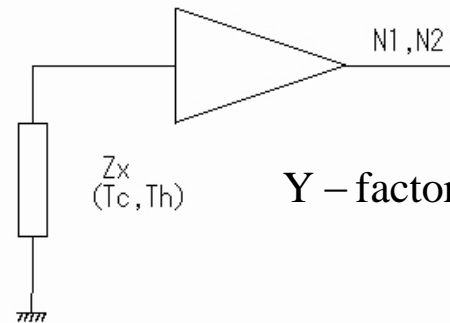
$$N_i = kT_0 B,$$

$$T_0 = 290[\text{°K}]$$

Y係数法



N1, N2を測定。Naは外挿で求める



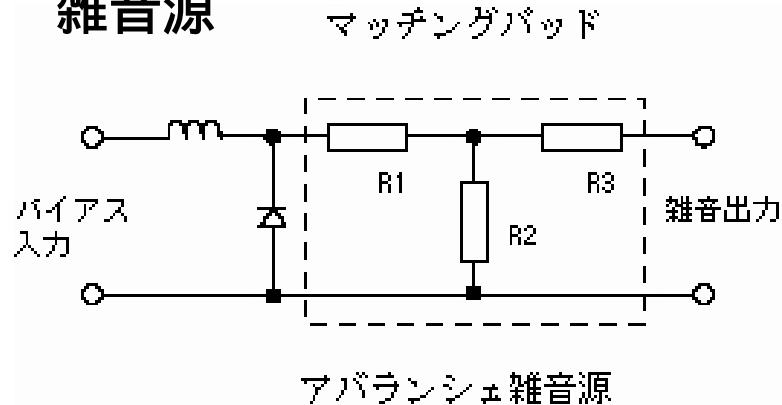
$$\begin{aligned} N_1 &= kG_a B(T_c + T_e) \\ N_2 &= kG_a B(T_h + T_e) \end{aligned}$$

$$Y\text{-factor} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{T_h + T_e}{T_c + T_e} \text{より、} T_e = \frac{T_h - Y T_c}{Y - 1}$$

$$F = \frac{T_e + T_0}{T_0} \text{であるから、} F = \frac{\left(\frac{T_h}{T_0} - 1\right) - \left(\frac{T_c}{T_0} - 1\right)}{Y - 1}$$

N1, N2を測定することで (Tc, Thの温度で) F, Teがわかる。

雑音源



バイアス正 → T_{hot} (アバランシェブレイクダウン)

負 → T_{cool} (順方向バイアス)