

مدارهای مخبراتی

حل تمرین دکتر شهروز اسدی
(نسرین کریمی، مهدی یادگاری)
دانشگاه شهید بهشتی - مهرماه ۱۴۰۰

• بخش اول: مرور

در سیستم های مخابراتی، ارسال اطلاعات در قابل سیگنال های الکتریکی صورت می گیرد که این سیگنال ها در حوزه فرکانس دارای مولفه فرکانس پایین هستند و نمی توان آن ها را به آن فرم ارسال کرد به همین دلیل از طریق مدولاسیون از باند پایه به باند میانی منتقل می شوند.

$$x_C(t) = A[1 + mf(t)] \cos \omega_0 t$$

مدولاسیون دامنه AM

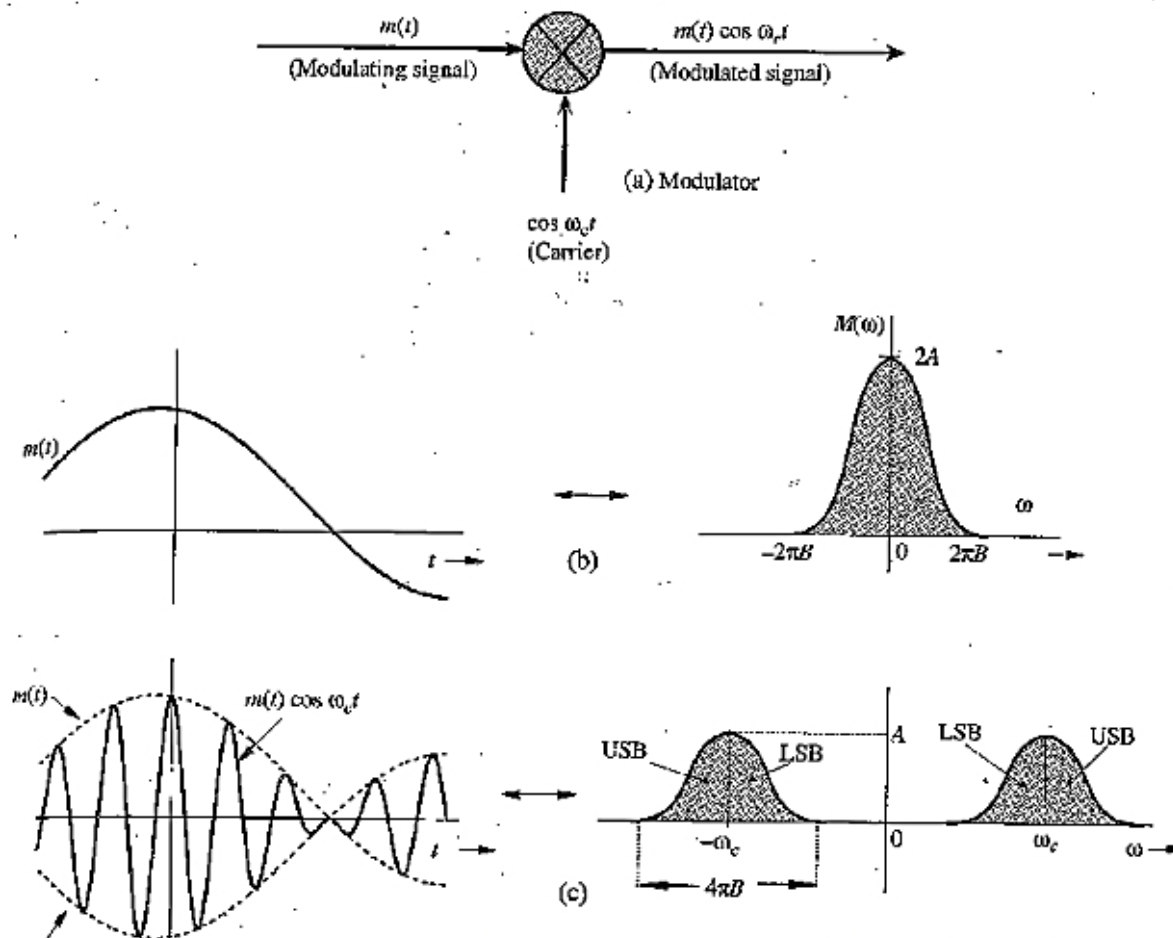
$$x_C(t) = A \cos[\omega_c t + \Delta\phi \cdot f(t)]$$

مدولاسیون فاز PM

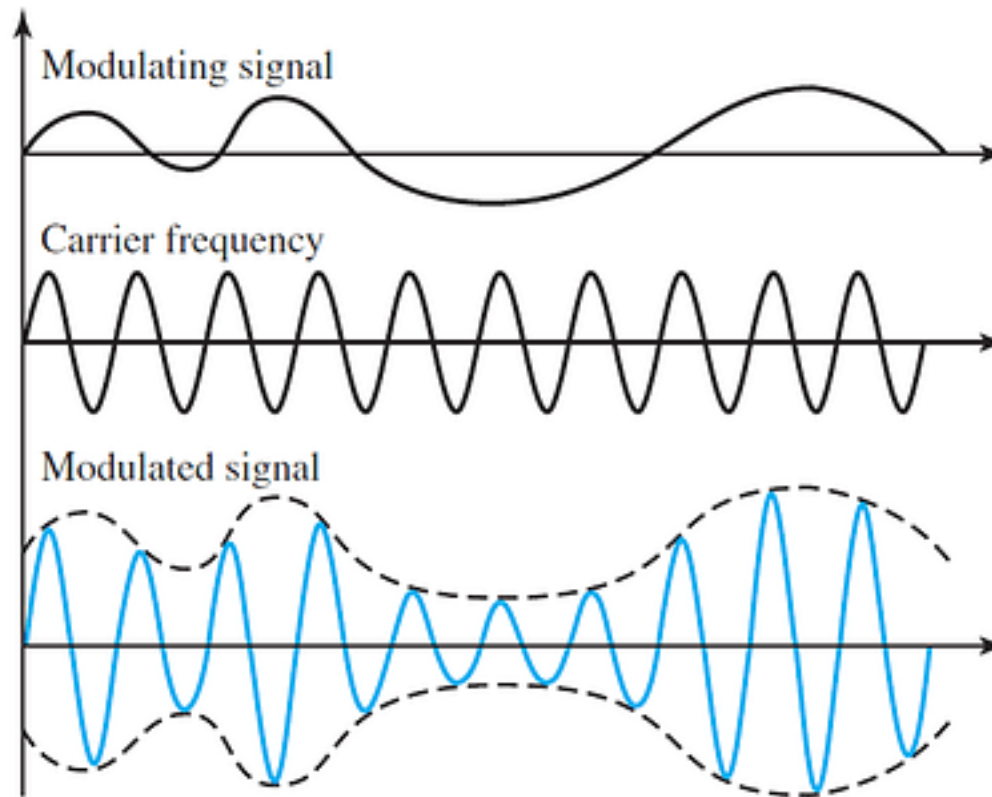
$$x_C(t) = A \cos \left[\omega_c t + \delta w \int f(\tau) d\tau \right]$$

مدولاسیون فرکانس FM

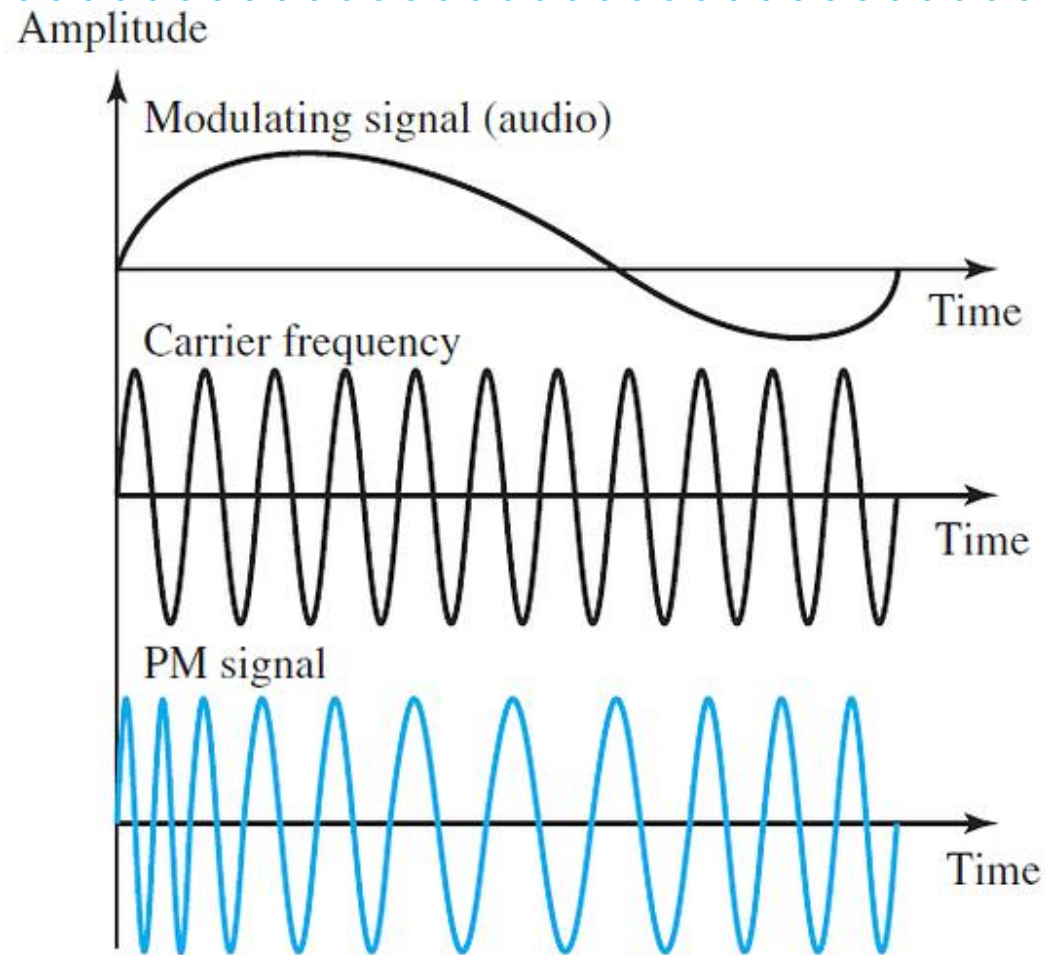
روند انتقال از باند پایین به باند میانی از طریق مدولاسیون



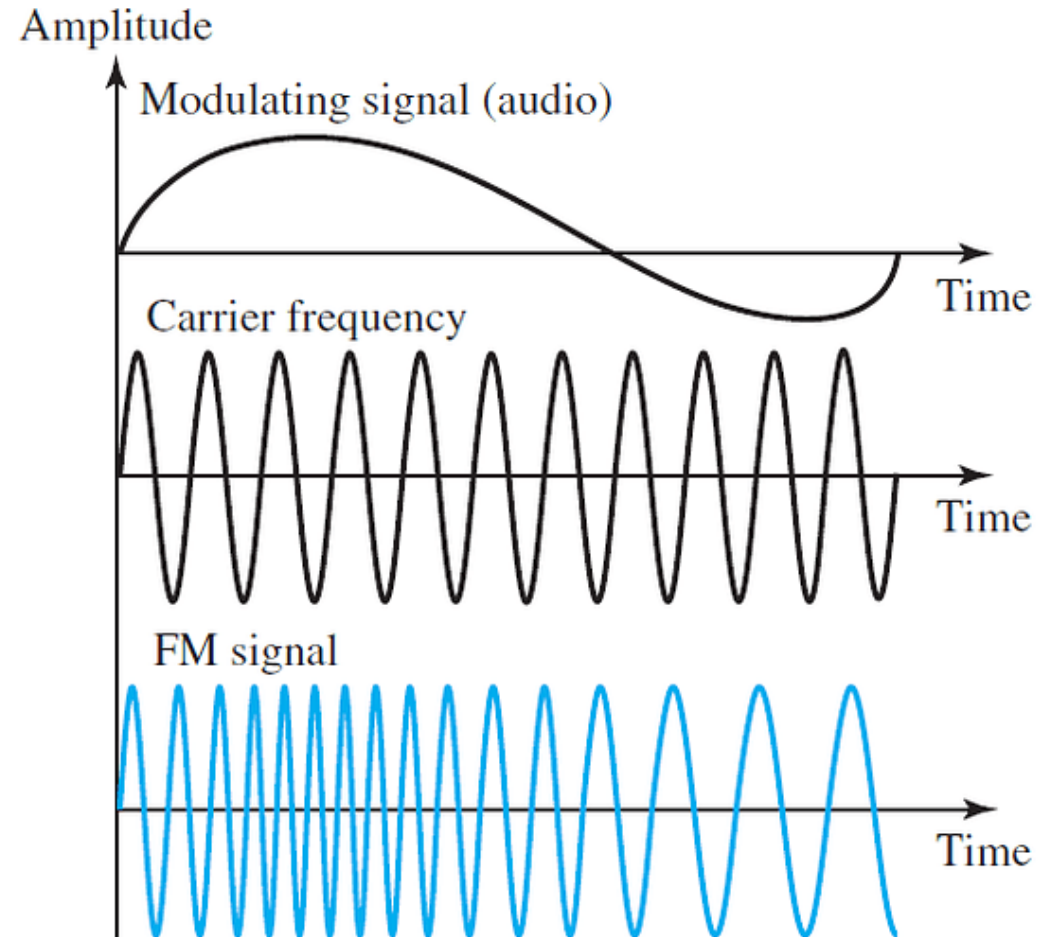
❖ مدولاسيون دامنه



مدولاسيون فاز ❖



❖ مدولاسیون فرکانس



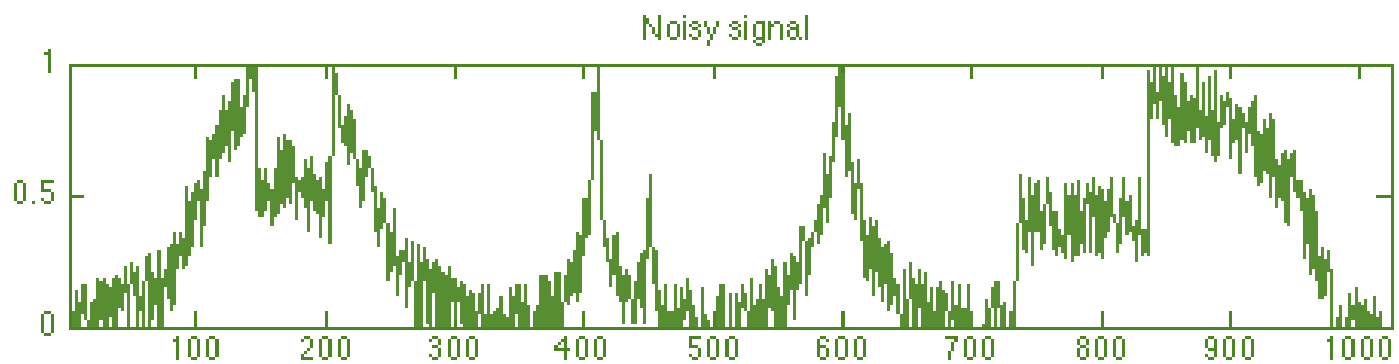
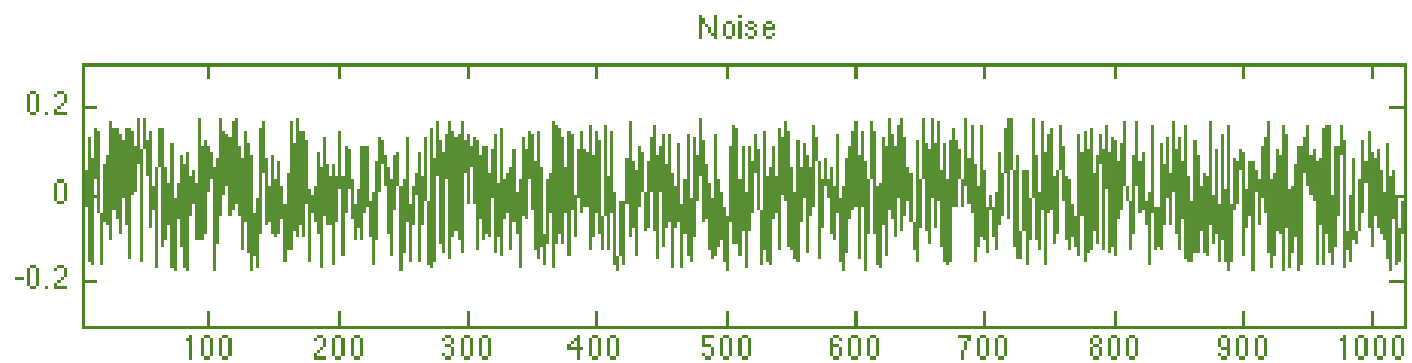
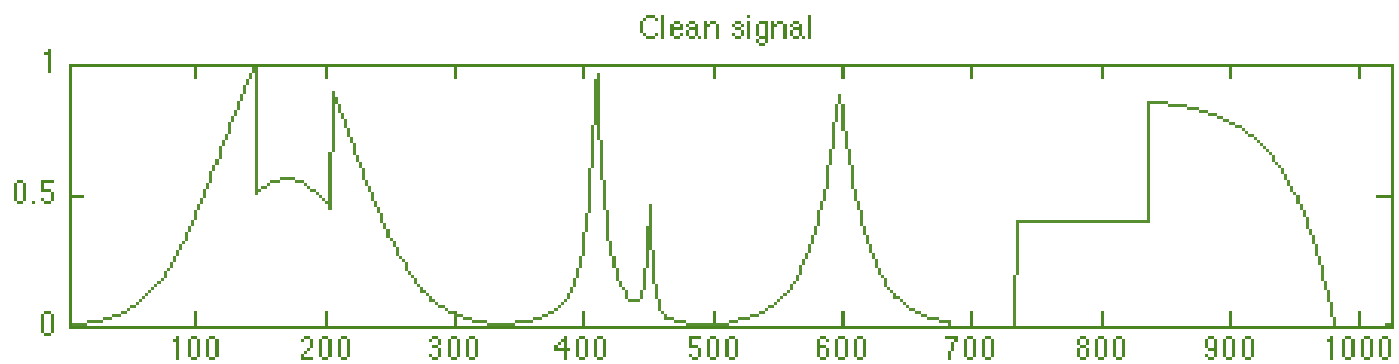
• بخش دوم: نویز

هر سیگنال ارادی یا تصادفی که حاوی اطلاعات مورد نظر نباشد و اطلاعات مفید را آشفته نماید نویز است.

نویز از لحاظ منشأ:

۱- منشأ خارجی: تشعشعات کیهانی، اثر سیگنال های خارج از باند و ... این نویز ها با شیلد کردن قابل کنترل هستند.

۲- منشأ داخلی: هر سیستمی که طراحی می کنیم خودش نویز ایجاد میکند. خود سیستم به علت حرکت نامنظم الکترون ها نویز تولید میکند.



❖ انواع نویزهای با منشأ داخلی

- ۱- نویز حرارتی (Noise Thermal) : برای تمام ادوات فعال و غیر فعال وجود دارد
- ۲- نویز دیفیوژن (Noise Diffusion) : صرفاً در نیمه هادی ها
- ۳- نویز شات (Noise Shot) : صرفاً در نیمه هادی ها
- ۴- نویز تولید و باز ترکیب (Noise Recombination And Generation) : صرفاً در نیمه هادی ها
- ۵- نویز فلیکر (Flicker noise) : نویز $\frac{1}{F}$: صرفاً در نیمه هادی ها

❖ نویز حرارتی (Noise Thermal)

مهمترین نویز با منشأ داخلی می باشد. در تمام ادوات اعم از پسیو و اکتیو وجود دارد. در اثر حرکت رندوم الکترونها در یک ماده هادی ایجاد میشود.

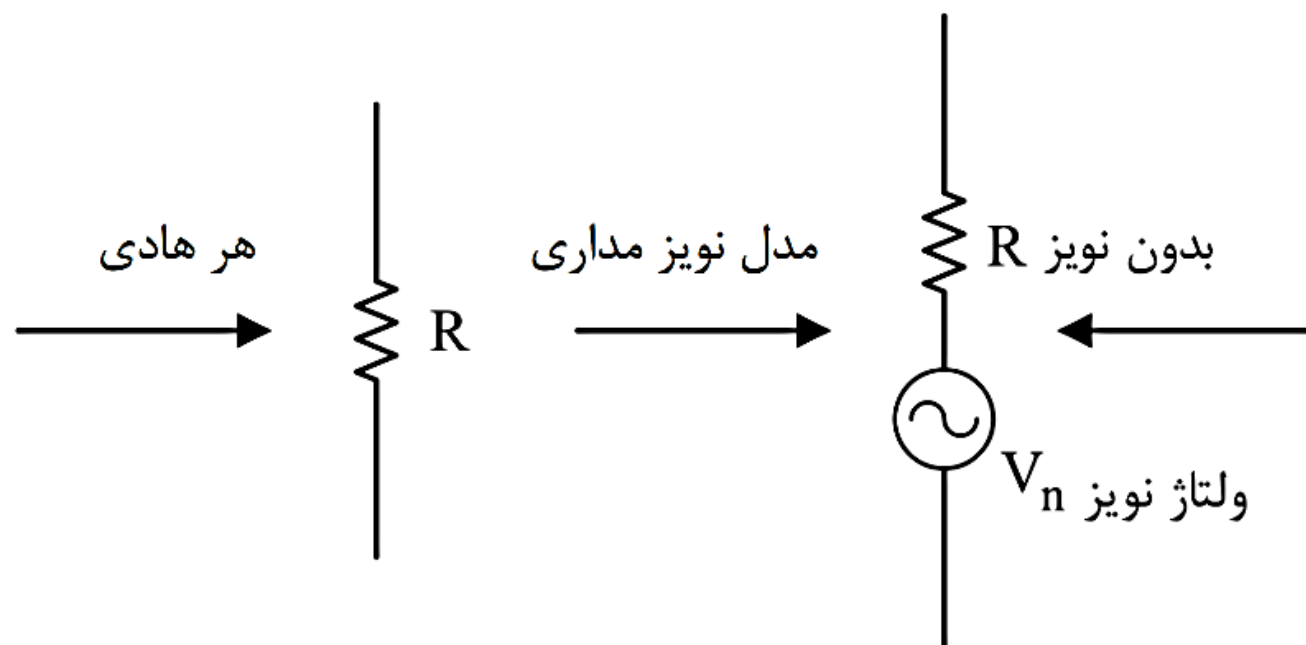
$$\bar{V}_n = \sqrt{4kTRB} \text{ : ولتاژ نویز حرارتی}$$

$$k = 1 / 38 \times 10^{-23} \text{ J / K} \text{ ، (Boltzmann)}$$

T: دما بر حسب کلوین R: مقاومت هادی بر حسب اهم B: پهنای باند بر حسب هرتز

✓ مقاومت R در دمای T، بصورت منبع نویز عمل می کند و درجه حرارت T ارتباطی با دمای اتاق یا دمای مقاومت ندارد و به آن درجه حرارت نویز می گویند.

✓ نویز حرارتی تقریباً یک نویز سفید است؛ یعنی این نویز در فرکانسهای مختلف تقریباً یکسان است.

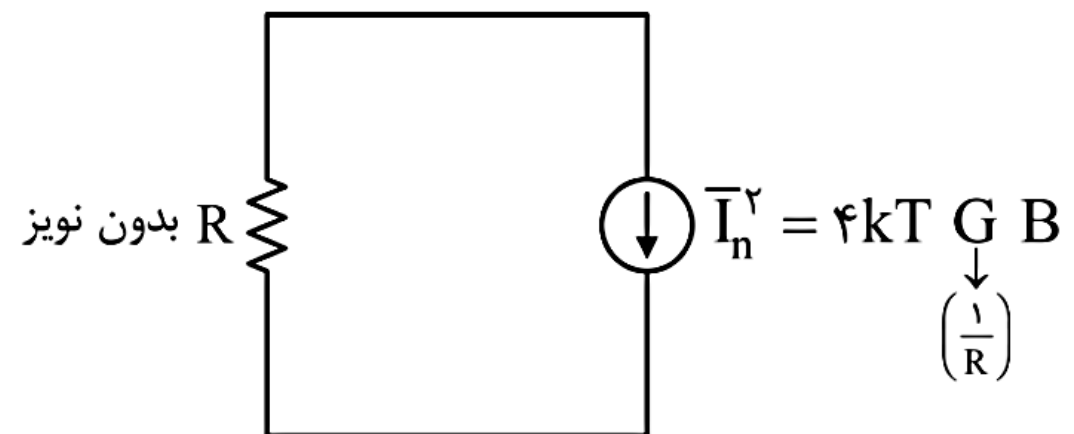


این مدل سازی باعث حل
راحت تر نویزها می شود:

$$\text{توان نویز} = 4kTRB$$

$$\bar{V}_n = \sqrt{4kTRB} \leftarrow \text{در نظر می گیریم} \Rightarrow \bar{V}_n^2 = 4kTRB$$

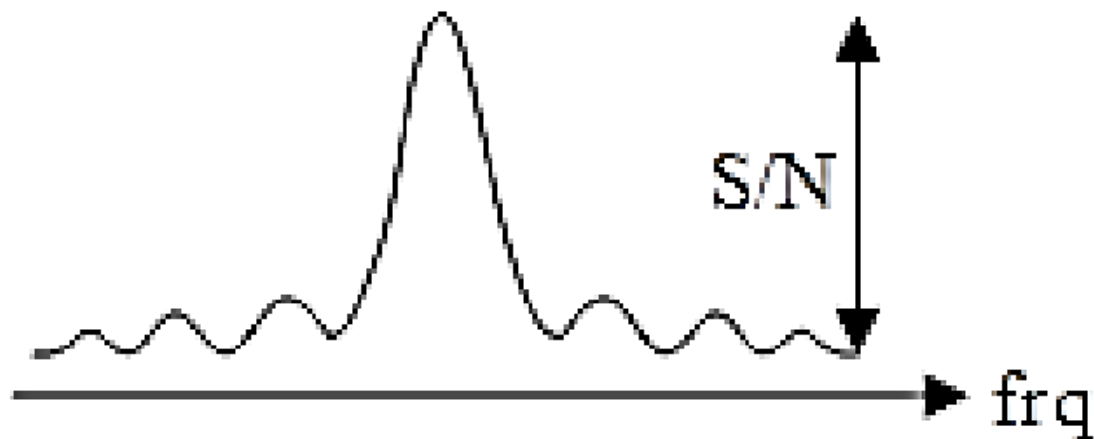
گاهی مدل جریانی نویز را استفاده می کنیم.



SNR

پارامتر مهم دیگر برای معرفی نویز، SNR است. (SNR: Signal to Noise Ratio)

$$\text{SNR} = \frac{S_i}{N_i} \quad (S_i : \text{توان سیگنال}, N_i : \text{توان نویز})$$

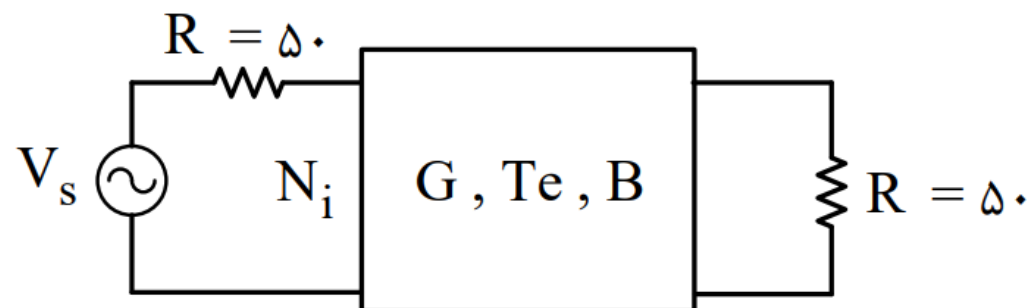


عدد نویز هر قطعه $F = \frac{\text{SNR}_{\text{in}}}{\text{SNR}_{\text{out}}} \geq 1 \Rightarrow \boxed{F \geq 1}$

نویز فیگر Noise figure $= 1 \cdot \log F = 1 \cdot \log \left(\frac{\left(\frac{S}{N} \right)_{\text{in}}}{\left(\frac{S}{N} \right)_{\text{out}}} \right)$

رابطه دمای نویز و عدد نویز

ورودی سیستم اندازه گیری در دمای اتاق یا T_0 (۲۹۰ درجه کلوین یا ۱۷ درجه سانتیگراد قرار دارد)



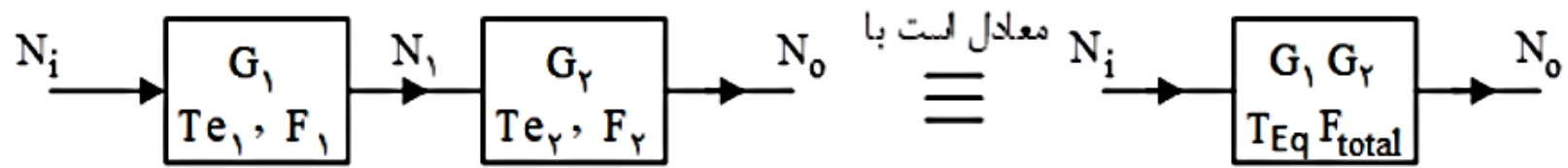
$F, T_e = ?$

$$N_i = kT_e B$$

$$NF = 1 + \log F \Rightarrow F = \frac{\left(\frac{S}{N}\right)_{in}}{\left(\frac{S}{N}\right)_{out}} = \frac{\frac{S_i}{kT_e B}}{\frac{S_i \times G}{G(kT_e B + kT_0 B)}}$$

$$F = \frac{T_e + T_0}{T_0} \Rightarrow \boxed{F = 1 + \frac{T_e}{T_0}}$$

نویز فیگر ساختارهای سری



$$F_{total} = ? \quad T_{Eq} = ?$$

$$N_1 = G_1(N_i + kTe_1B)$$

$$N_o = G_2(N_1 + kTe_2B) = G_2(G_1(N_i + kTe_1B) + kTe_2B)$$

$$\Rightarrow G_2G_1(N_i + kTe_1B) + kTe_2BG_2 = \overbrace{G_1G_2(kT_qB + N_i)}^{\text{از معادله ل}}$$

ساده کنید: $T_q = Te_1 + \frac{Te_2}{G_1}$

اگر N شبکه باشد: $T_{Eq} = Te_1 + \frac{Te_2}{G_1} + \frac{Te_3}{G_1 G_2} + \dots$

$$Te = T.(F - 1) \Rightarrow \text{جایگذاری در رابطه قبل} \Rightarrow F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2}$$

✓ مشاهده میکنیم که نویز طبقه اول به صورت ویژه مهم است و نویز بقیه طبقات تقسیم بر بهره طبقه اول میشود.

✓ طبقه اول را Low Noise Amplifier میگذاریم.

پایان مبحث اول.