

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیکی

الکترونیک ۳

درس: سعید رضا افرنچه

یادآوری: Bode Diagrams

□ اگر فرض کنیم تابع تبدیل یک سیستم به صورت زیر می باشد:

$$\mathbf{T(s)} = \frac{\mathbf{K \prod \left(1 + \frac{s}{\alpha_i} \right)}}{s^N \prod \left(1 + \frac{s}{\beta_j} \right) \prod \left(1 + \left(\frac{2\zeta_k}{\omega_{nk}} \right) s + \left(\frac{s}{\omega_{nk}} \right)^2 \right)}$$

□ رسم نمودار اندازه و فاز بر حسب $\log \omega$ را نمودار بود می نامیم.

□ بدیهی است:

$$\mathbf{|T(j\omega)|_{dB} = 20 \log |T(j\omega)|}$$

۱- در رابطه ی فوق به جای s می بایست $j\omega$ قرار دهیم.

۲- تابع \log عملیات ضرب و تقسیم را به جمع و تفریق تبدیل می کند.

یادآوری: Bode Diagrams

□ عدد (بهره) ثابت k

$$20 \log |k| \quad , \quad \varphi = 0^\circ$$

بهره منحنی دامنه را بالا یا پائین می برد ولی بر فاز اثری ندارد.

□ قطب (یا صفر) در مبدأ

$$G(s) = \frac{1}{s^N} \Rightarrow G(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^N}$$

$$20 \log \left| \frac{1}{(j\omega)^N} \right| = -20 \log |(j\omega)^N| = -20N \log |j\omega|$$

$$\Rightarrow |G(j\omega)|_{dB} = -20N \log \omega \quad dB$$

یادآوری: Bode Diagrams

□ قطب (یا صفر) در مبدأ

$$\varphi = \angle \frac{1}{(j\omega)^N} = \angle 1 - \angle (j\omega)^N \quad \Rightarrow \quad \varphi = -90^\circ N$$

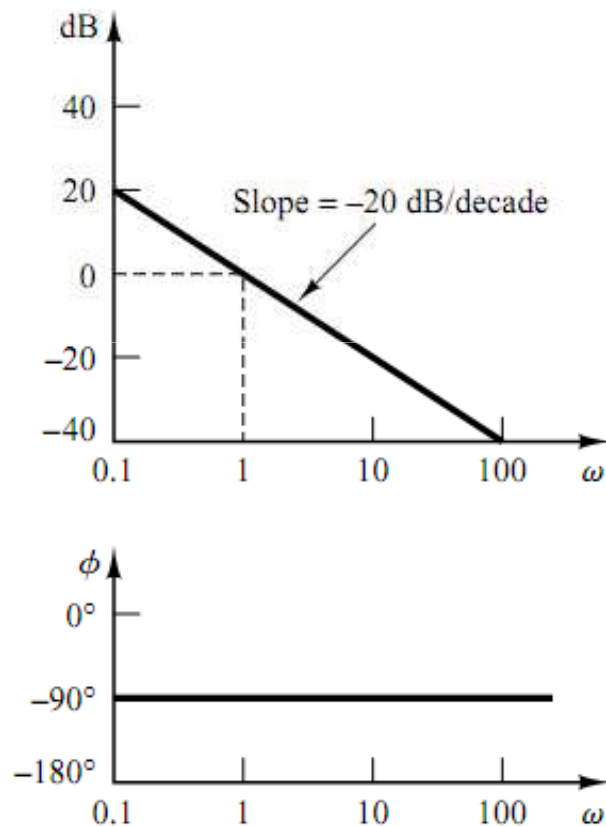
$$G(s) = s^N$$

$$20 \log |(j\omega)^N| = 20N \log |j\omega|$$

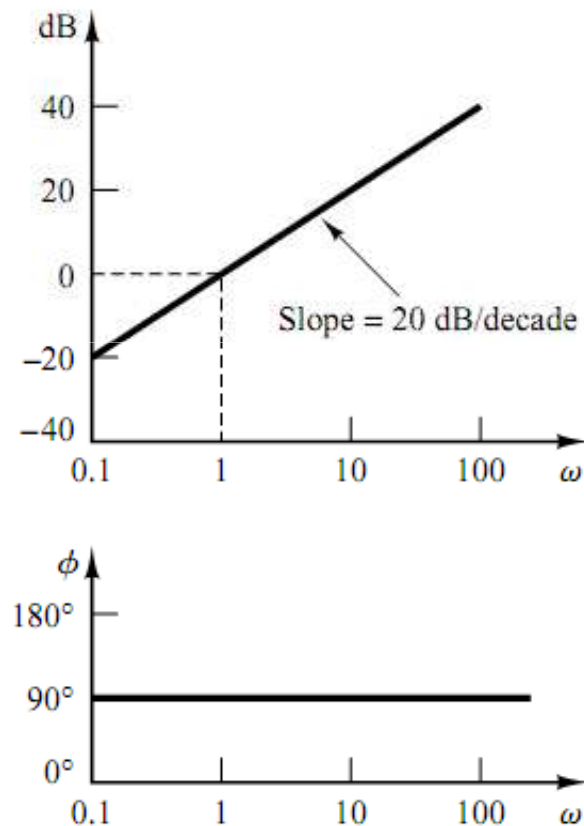
$$\Rightarrow |G(j\omega)|_{dB} = 20N \log \omega \quad dB$$

$$\varphi = \angle (j\omega)^N = 90^\circ N$$

یادآوری: Bode Diagrams



Bode diagram of
 $G(j\omega) = 1/j\omega$



Bode diagram of
 $G(j\omega) = j\omega$

یادآوری: Bode Diagrams

□ قطب (یا صفر) حقیقی

$$G(s) = \frac{1}{1 + Ts} \Rightarrow G(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega T}$$

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20 \log \left| \frac{1}{1 + j\omega T} \right| = -20 \log |1 + j\omega T|$$

$$|G(j\omega)|_{dB} = -20 \log \sqrt{1 + \omega^2 T^2}$$

$$\text{if } \omega T \ll 1 \Rightarrow |G(j\omega)|_{dB} = 0 \text{ dB}$$

$$\text{if } \omega T \gg 1 \Rightarrow |G(j\omega)|_{dB} = -20 \log |\omega T| \text{ dB}$$

یادآوری: Bode Diagrams

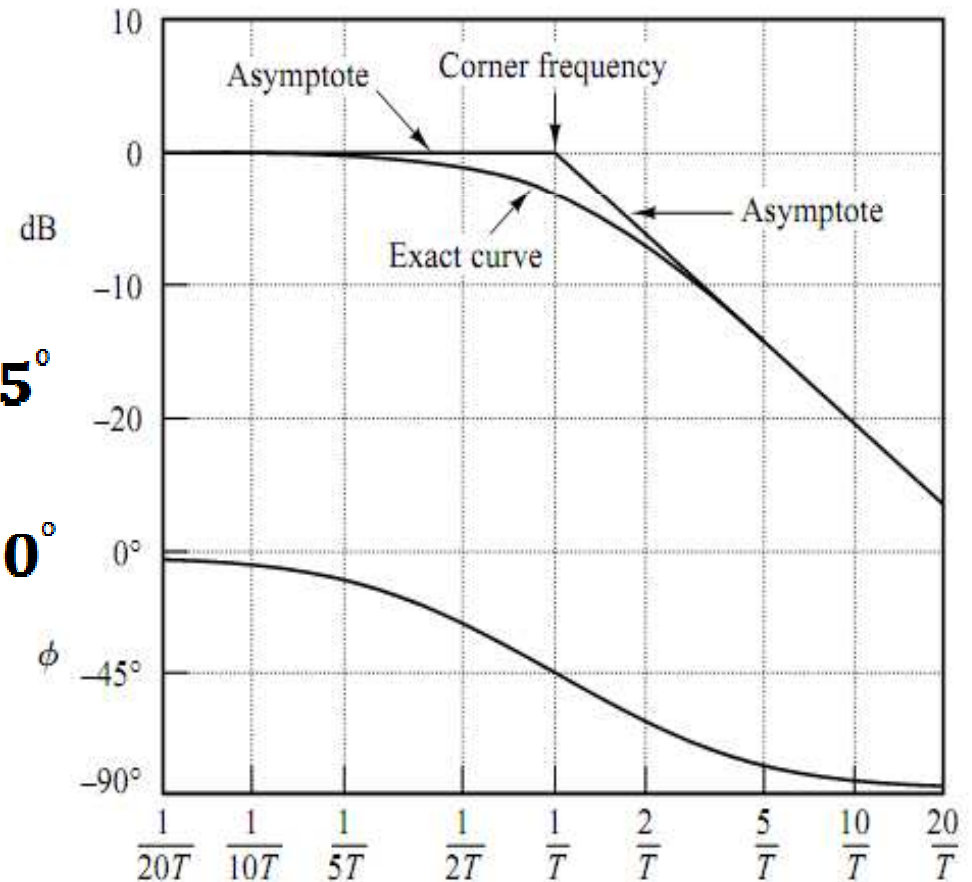
□ قطب (یا صفر) حقیقی

$$\varphi = -\tan^{-1} \omega T$$

$$\text{if } \omega T \ll 1 \quad \Rightarrow \quad \varphi = 0^\circ$$

$$\text{if } \omega = \frac{1}{T} \quad \Rightarrow \quad \varphi = -45^\circ$$

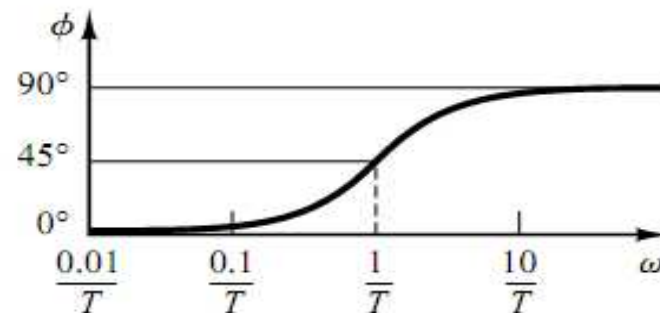
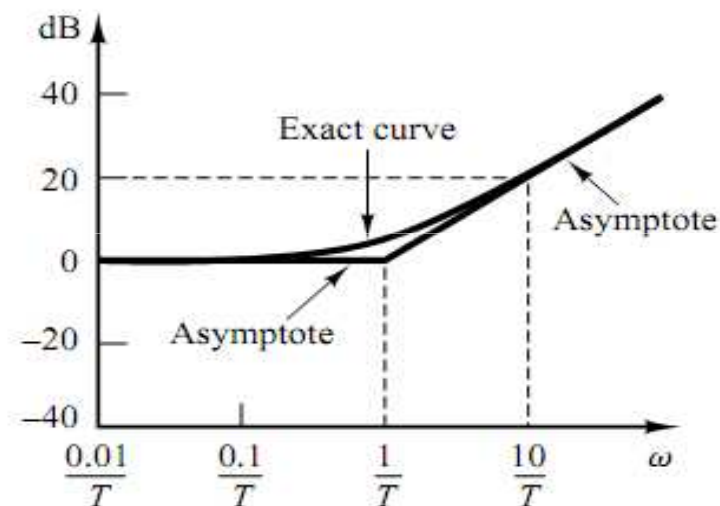
$$\text{if } \omega T \gg 1 \quad \Rightarrow \quad \varphi = -90^\circ$$



یادآوری: Bode Diagrams

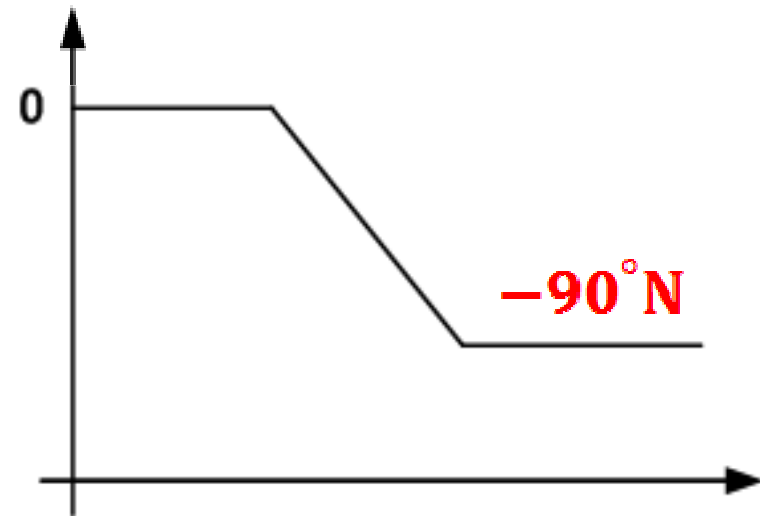
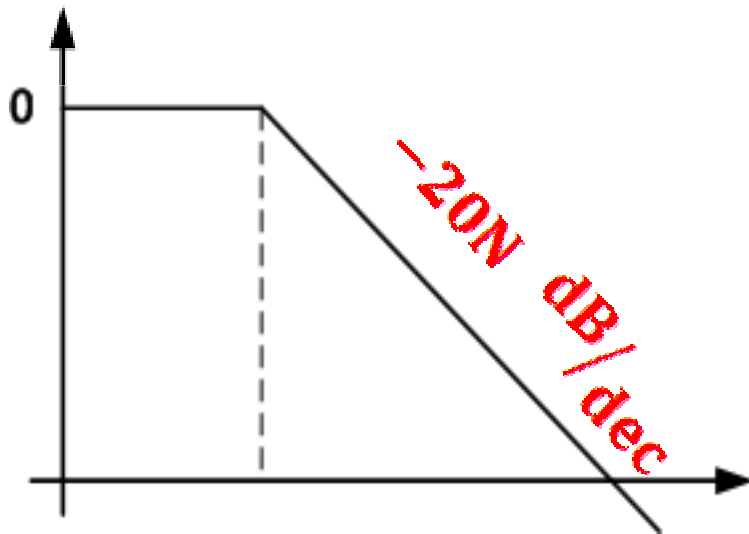
با روشی مشابه به راحتی می توان نمودار بود یک صفر را نیز مطابق شکل زیر بدست

آورد.

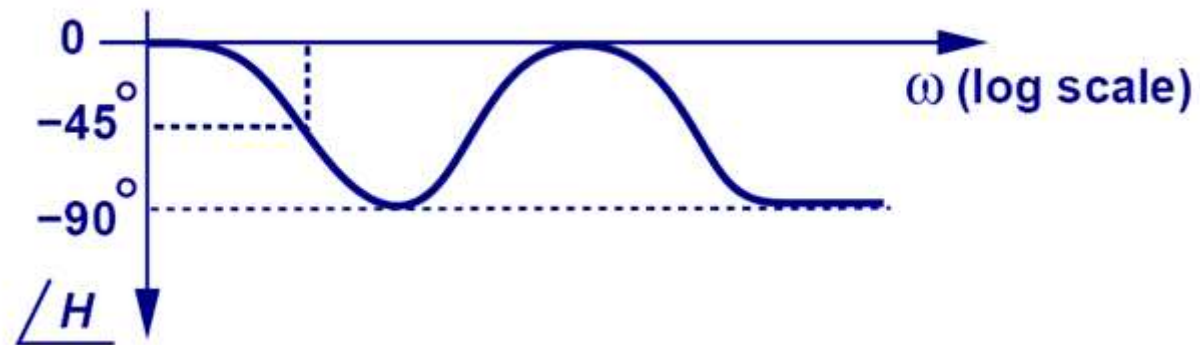
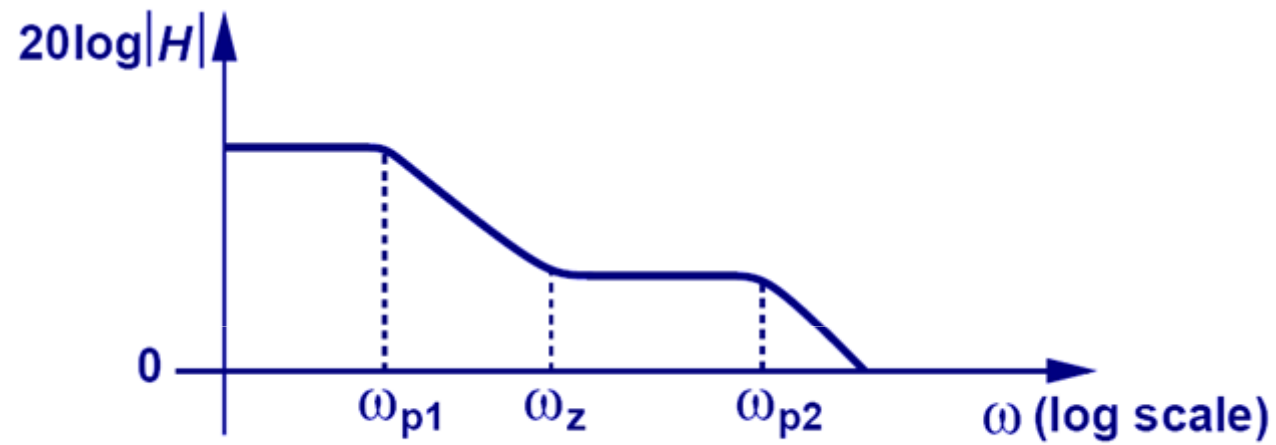


یادآوری: Bode Diagrams

□ با روشی مشابه به راحتی می توان نمودار بود قطب (یا صفر) حقیقی تکراری را نیز مطابق شکل زیر بدست آورد.

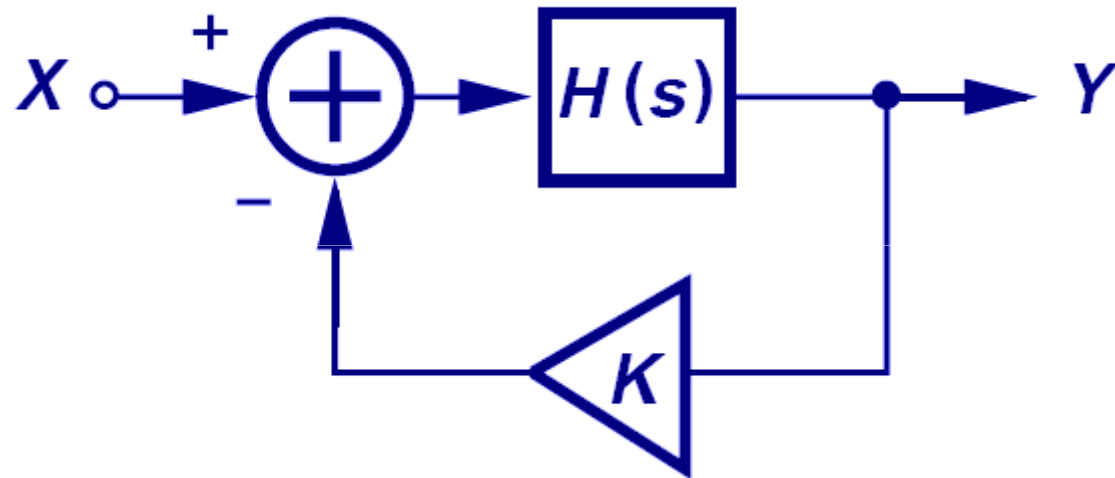


مثال:



مثال: سیستم تک قطبی

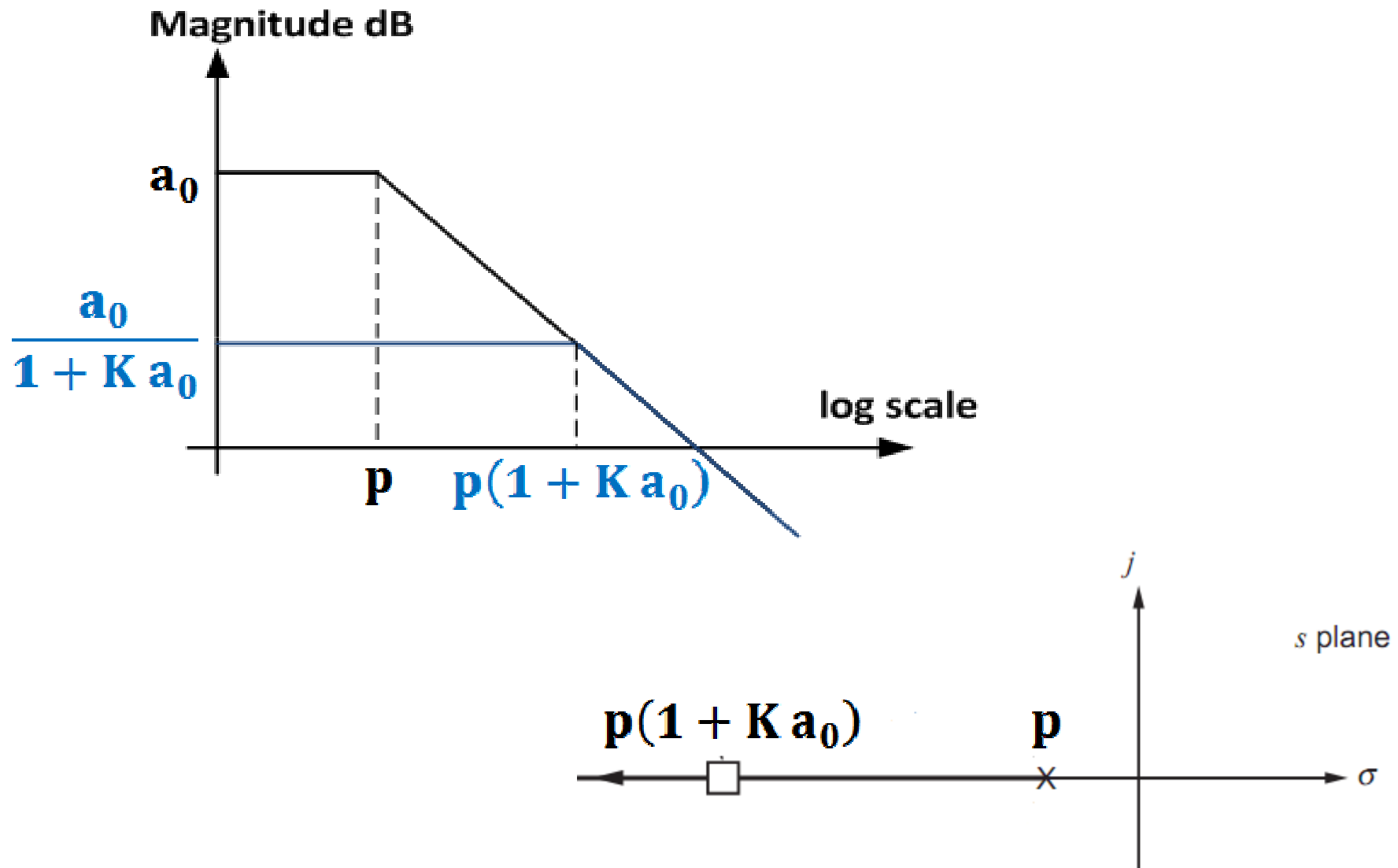
$$H(s) = \frac{a_0}{1 + \frac{s}{p}}$$



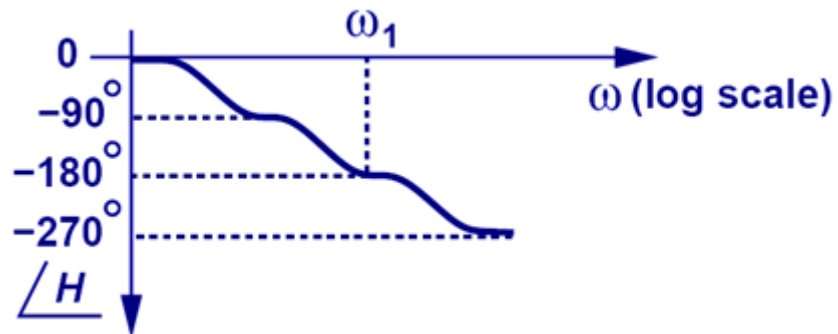
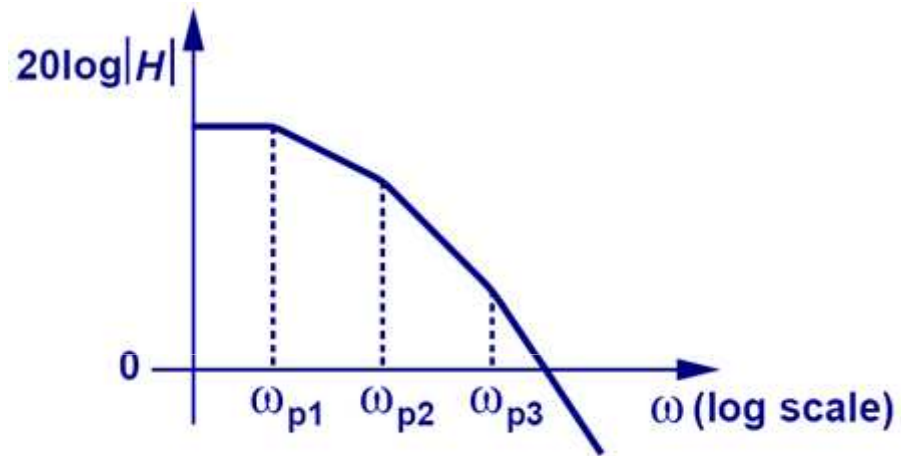
$$\frac{Y}{X}(s) = \frac{\frac{a_0}{1 + \frac{s}{p}}}{1 + K \frac{a_0}{1 + \frac{s}{p}}} = \frac{a_0}{1 + \frac{s}{p} + K a_0}$$

$$\Rightarrow \frac{Y}{X}(s) = \frac{\frac{a_0}{1 + K a_0}}{1 + \frac{s}{p(1 + K a_0)}}$$

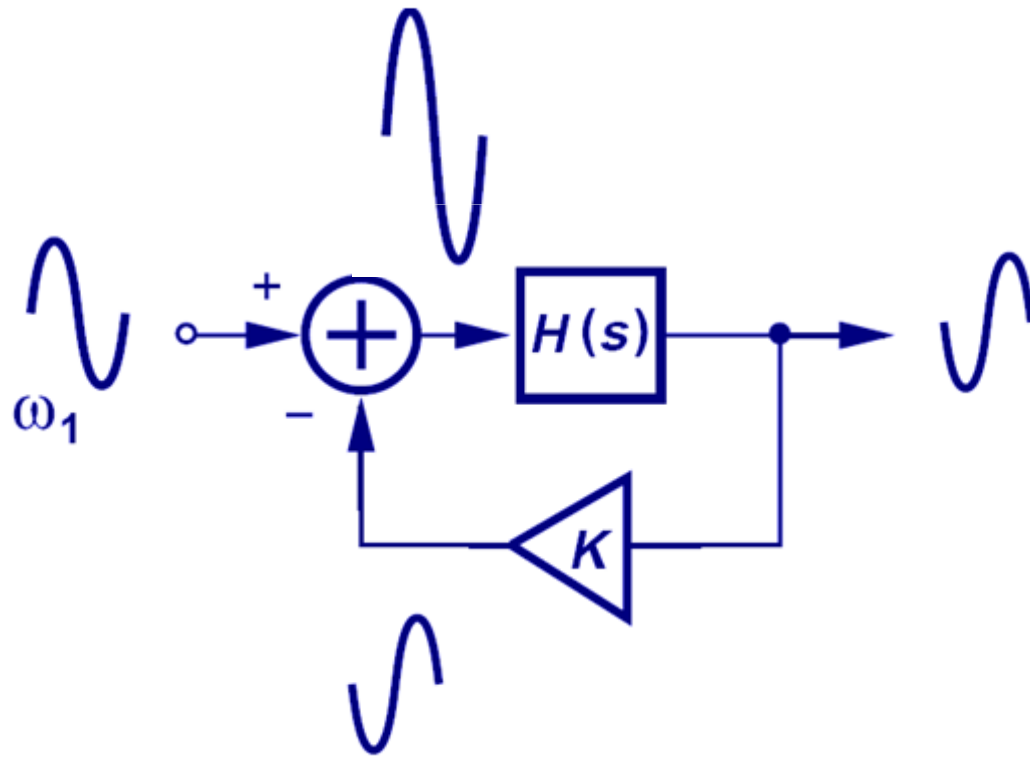
مثال: سیستم تک قطبی (ادامه)



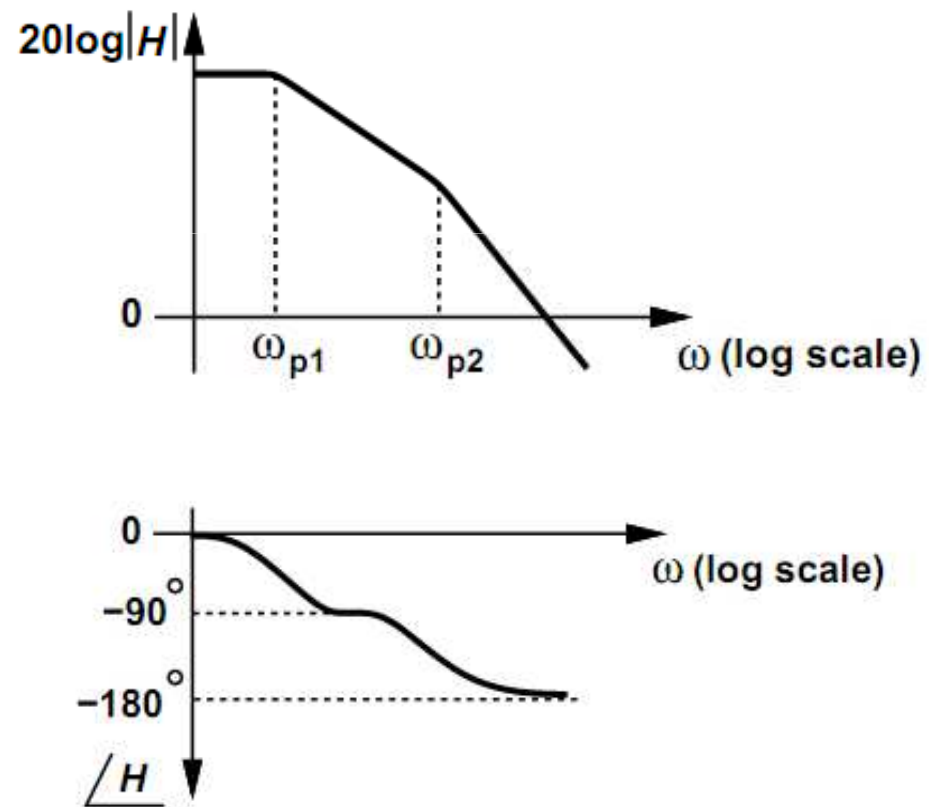
مثال: سیستم سه قطبی



مثال: سیستم سه قطبی (ادامه)



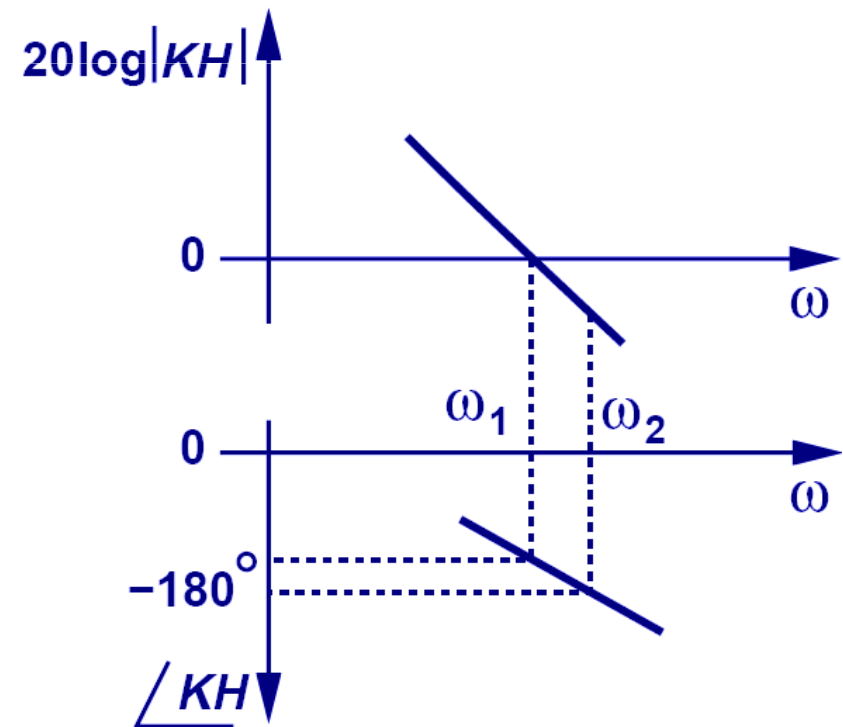
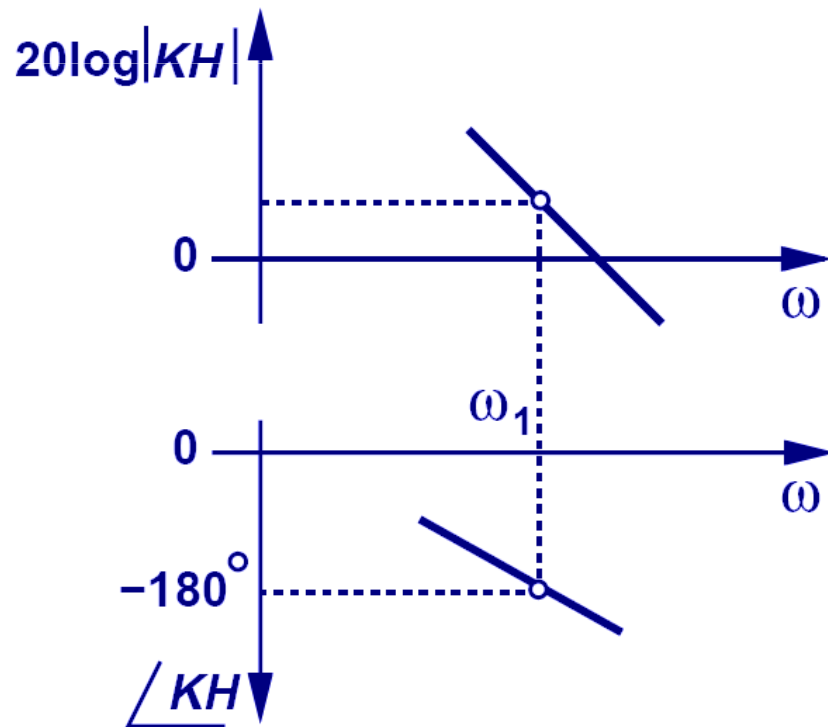
مثال: سیستم دو قطبی



معیار بارکهازن (barkhausen's criteria)

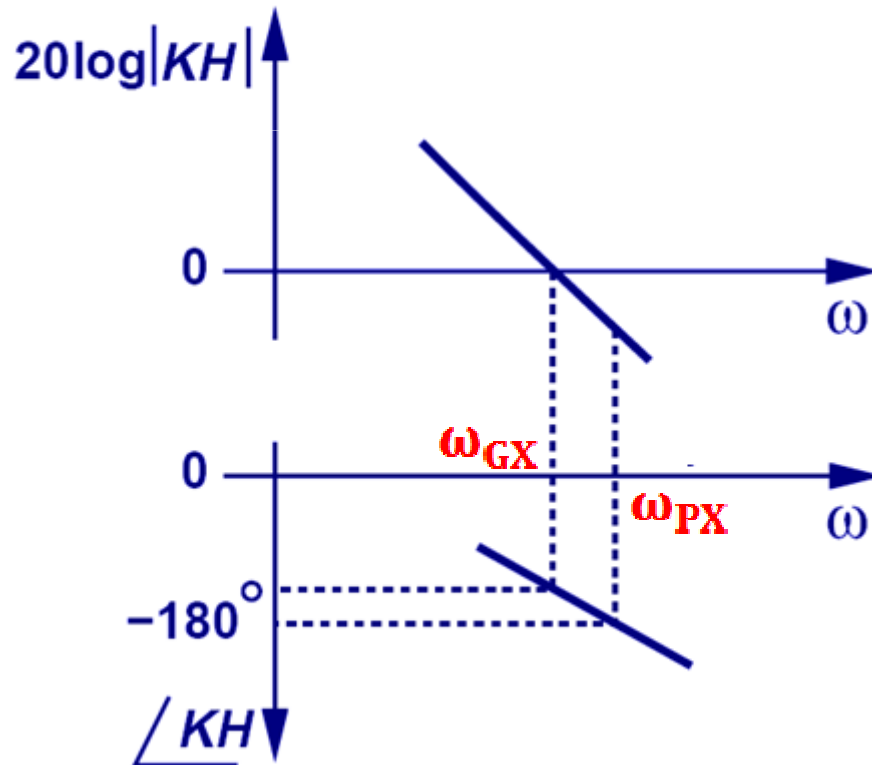
$$|KH(j\omega_1)| = 1$$

$$\angle KH(j\omega_1) = -180^\circ$$



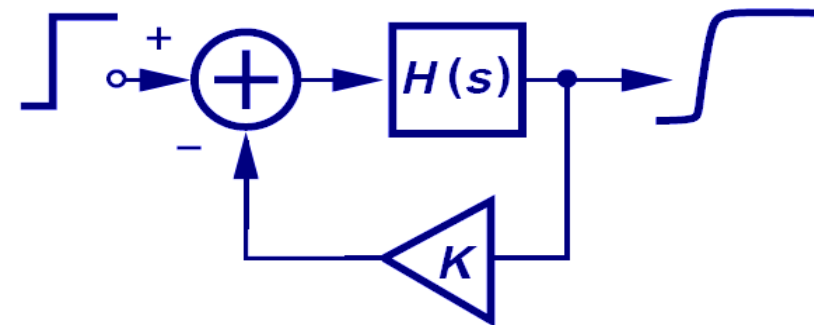
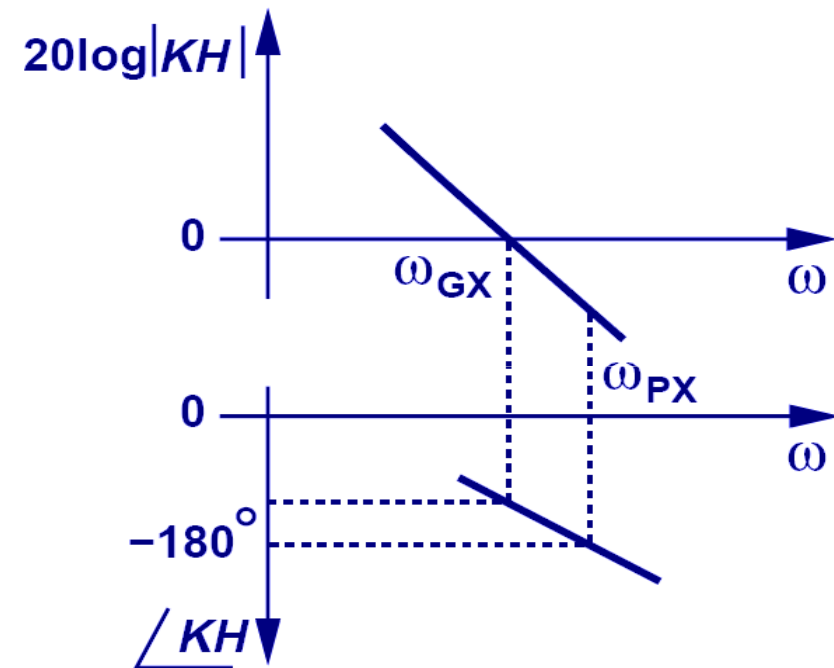
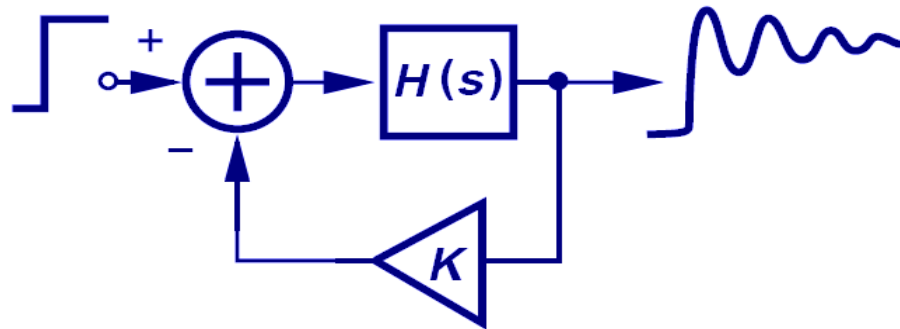
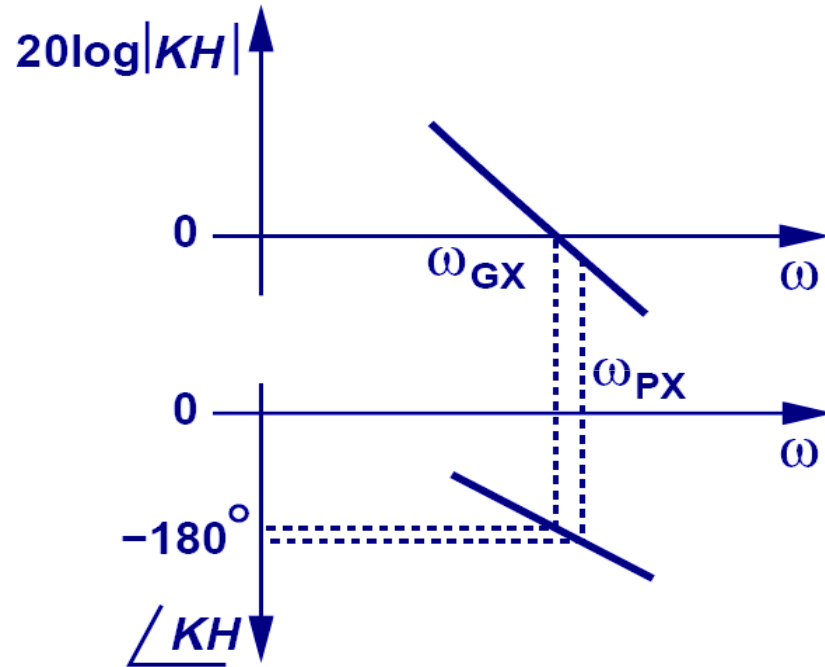
شرط پایداری

□ برای تضمین پایدار بودن سیستم دارای فیدبک منفی باید بهره ی حلقه قبل از رسیدن به تغییر فاز -180 درجه یک شود تا شرط معیار بارکهازن نتواند در فرکانس یکسانی برآورده شود.

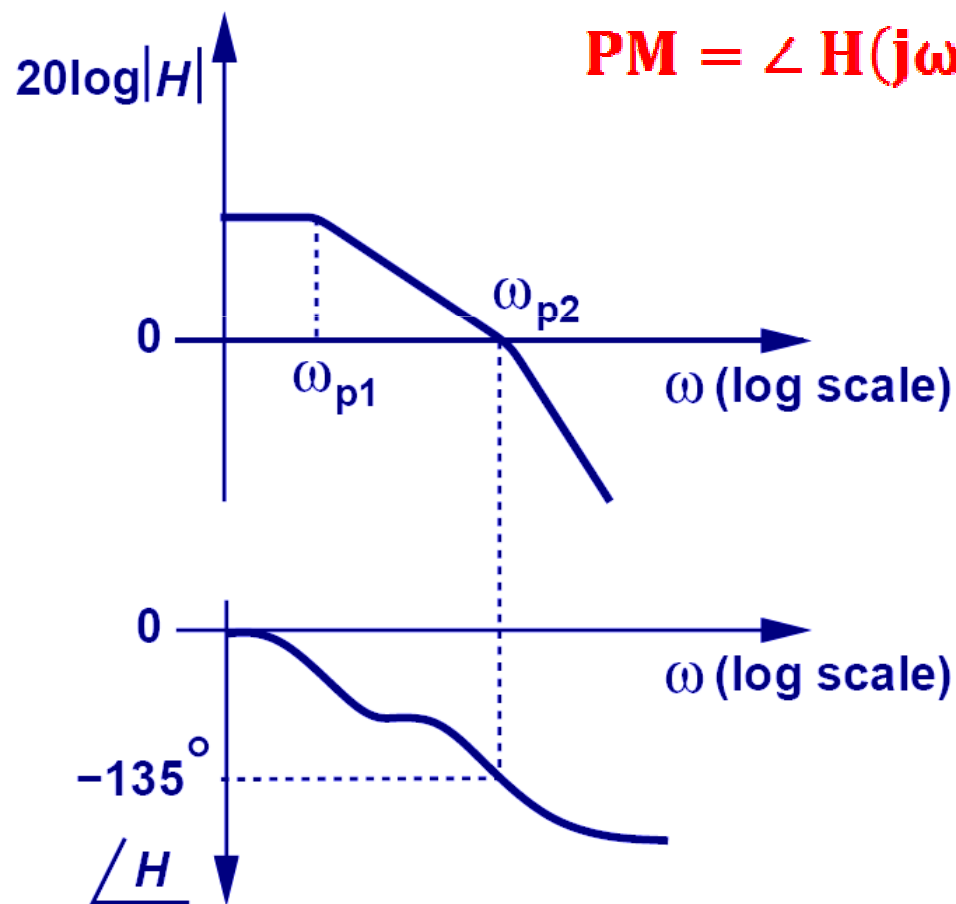


$$\omega_{GX} < \omega_{PX}$$

حاشیه فاز (Phase Margin)



حاشیه فاز (ادامه)



$$\text{PM} = \angle H(j\omega_{GX}) + 180^\circ$$

$$\Rightarrow \text{PM} = 45^\circ$$