

Come risolvere gli esercizi sull'analisi armonica e i diagrammi di Bode

1. Calcolo il guadagno/termine costante
 $G_0 = \lim_{s \rightarrow 0} G(s)$ e poi $|G(j\omega_c)| = 20 \log|G_0|$
2. Analisi armonica: calcolo δ, ω_n , grado relativo
Grado relativo = X \Rightarrow Ampiezza finale = - X
Fase finale = - 90 X
3. Considero le radici, e metto O o X per segnare la presenza di uno zero o di un polo (NB: $0,2 = 2 \cdot 10^{-1}$)
4. Inizio a tracciare il grafico: mi posiziono a 0 dB
 - a. Per il termine costante traccio una retta orizzontale a livello del guadagno (in dB)
 - b. Zero nell'origine: traccio per tutto il grafico una retta con pendenza + 20dB/decade
 - c. Zero qualunque: mi metto sul punto di rottura, mi sposto di una decade salendo di 20dB e traccio la riga. Alla sinistra del punto, traccio una semiretta orizzontale passante per 0 dB
 - d. Polo nell'origine: traccio per tutto il grafico una retta con pendenza - 20dB/decade
 - e. Polo qualunque: mi metto sul punto di rottura, mi sposto di una decade scendendo di 20dB e traccio la riga. Alla sinistra del punto, traccio una semiretta orizzontale passante per 0 dB
 - f. Coppia di poli reali: mi metto sul punto di rottura, mi sposto di una decade scendendo di 40dB e traccio la riga. Alla sinistra del punto, traccio una semiretta orizzontale passante per 0 dB
 - g. Coppia di poli complessi coniugati: a sinistra del punto di rottura traccio la semiretta orizzontale passante per 0; a destra scendo di 40 dB/decade
5. Costruisco il diagramma complessivo per pendenze
 - a. Sommo il guadagno alla retta con pendenza fino al primo punto di rottura
 - b. Calcolo le pendenze (+ 20 - 20 = 0)
 - c. Arrivo dove dovevo arrivare (- X, X = grado relativo)

Un po' più complicata è la costruzione del diagramma delle fasi: mentre il diagramma delle ampiezze si costruisce per pendenze, il diagramma delle fasi si costruisce per somme

1. Mi segno a quanto corrisponde $\log(4,81)$, che nel diagramma è 4,81 (mi posiziono a 1 rad/sec e traccio il segmento). NB: Fai attenzione alle scale: $\log(4,81)$ non è uguale per tutti gli esercizi, ma cambia in relazione alla scala utilizzata.
2. Nel caso ci siano anche una coppia di poli complessi coniugati, mi occorre anche $4,81^\delta \cong 2,2$
3. Traccio due rette sottili a $\pm 45^\circ$
4. Considero le singolarità (questa volta non considero il guadagno)
 - a. Zero nell'origine: traccio una retta orizzontale a $+90^\circ$
 - b. Zero qualunque: mi metto a livello dello zero, nella retta dei 45° , mi sposto di 4,81 e salgo di 45° . Ora ho i due punti per cui tracciare la linea obliqua (crescente) tra 0° e $+90^\circ$
 - c. Polo nell'origine: traccio una retta orizzontale a -90°
 - d. Polo qualunque: mi metto a livello del polo, nella retta dei -45° , mi sposto di 4,81 e scendo di 45° . Ora ho i due punti per cui tracciare la linea obliqua (decrescente) tra 0° e -90°
 - e. Coppia di poli: mi posiziono a -90° ($-45-45$), metto il righello a -180° spostato di 4,81 e traccio il segmento tra 0° e -180°
 - f. Poli complessi coniugati: vado a -90° , mi sposto di $4,81^\delta \cong 2,2$ a destra, e scendo fino a -180° , poi traccio il segmento tra 0° e 180°
5. Costruisco il diagramma per somme.
 - a. Individuo tutti i punti di rottura e traccio delle righe verticali in corrispondenza di questi (ricorda che per ogni polo/zero ci sono 2 punti di rottura, uno all'inizio e uno alla fine)
 - b. Sommo i contributi
 - c. Alla fine verifica che finisca asintoticamente a - 90 X (X = grado relativo del sistema)

N.B.: Il diagramma asintotico è multiplo di 90° all'inizio e alla fine.

Ricorda che alla fine di un segmento che cresce/cala, la funzione continua costante al valore raggiunto, quindi fai bene attenzione che possono esserci rette a (per esempio) $\pm 90^\circ$ che si elidono.