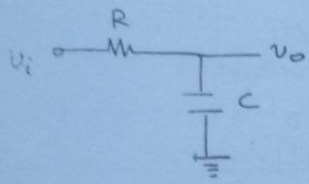
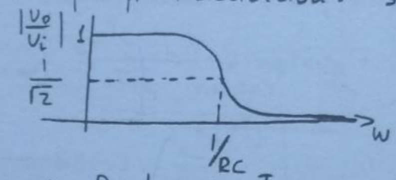
Bode Plots



$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{1}{1 + sRC}$$

οταν η μιγαδική συχνότητα $s = -\frac{1}{RC}$ (δηλ. $v(t) = ke^{-\frac{1}{RC}t}$)
η έξοδος είναι ∞ $\Rightarrow$ πόλος στο $s = -\frac{1}{RC}$ (πραγματικό, αρνητικό)
plot γιά ημιτονοειδή μόνιμη κατάσταση: $s = j\omega \Rightarrow$

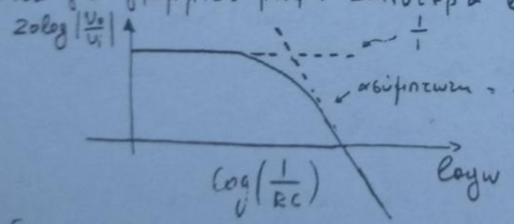
$\Rightarrow \dfrac{v_o}{v_i} = \dfrac{1}{1 + j\omega RC}$



οταν $\omega = \frac{1}{RC} \Rightarrow$ Real part = Imag. part

τότε $\left|\dfrac{v_o}{v_i}\right| = \dfrac{1}{\sqrt{1^2 + (\omega RC)^2}} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}$) Η συχνότητα πόλων έχει έννοια σε μόνιμη ημιτονοειδή κατάσταση. π.χ: Η συχνότητα οπου η απολαβή είναι $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

Επειδή η απόκριση αλλάζει σάν $1/s$ καθώς $\omega \to 0$ η πληροφορία χάνεται γιά γραφικό plot. Καλύτερα log-log plot



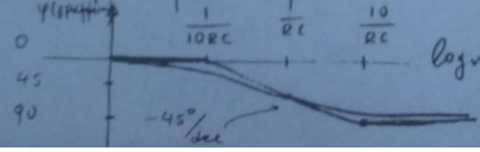
ασύμπτωτη $= \frac{1}{\omega RC} = -20\,\frac{dB}{dec}$

ιδιότητα log: πολλαπλασιασμός $\Leftrightarrow$ πρόσθεση
διαίρεση = αφαίρεση

$\left(20\log\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = -3\,dB\right)$

έτσι pole συχνότητα = 3 dB point (γιά απλούς πόλους)

Bode plot φάσης:



$\varphi = \tan^{-1}\left(\dfrac{Im}{Re}\right) =$

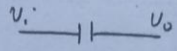
$= \tan^{-1}\left(\dfrac{\text{παρον. } Im}{\text{παρον. } Re}\right)$

Εάν υπάρχει μεσαία ζώνη (MB) τότε:

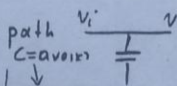
χαμηλή συχνότητα (LF) : όλοι LF C's Y.O.
HF C's ανακτοκυκλωμένοι

υψηλή συχνότητα (HF) : όλοι HF C's Y.O.
LF C's βραχυκλωμένοι

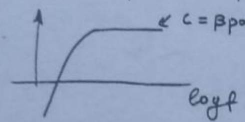
μεσαία ζώνη (MB) : όχι C's, LF C's βραχυκ.
HF C's ανοικτοί

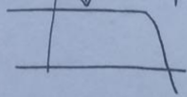
C's σε σειρά με το signal path 

=> LF

C's σε παράλληλα με το signal path 

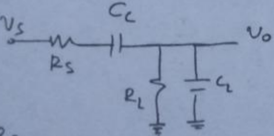
=> HL

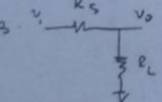




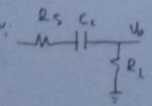
<u>άλλος τρόπος</u> : bypass C εκπομπού: αυξάνει το κέρδος βραχυκυκλώνοντας την αντίσταση εκπομπού => => βραχυκ. => LF C

<u>άλλος τρόπος</u> : μεγάλοι C's => LF(μF), μικροί C's => HF (pF)

παράδειγμα: 

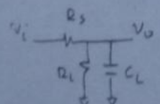
MB: 

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{R_L}{R_L + R_s} = A_{vmb}$$

LF: 

$$F_L'(s) = \frac{v_o}{v_s} = \frac{R_L}{R_L + R_s}\left(\frac{1}{1 + \frac{1}{sC_c(R_L + R_s)}}\right) = A_{vmb} \cdot F_L(s)$$

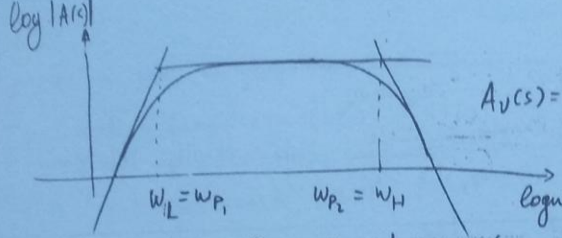
$$\omega_L = \frac{1}{C_c(R_L + R_s)}$$

HF: 

$$F_H'(s) = \frac{v_o}{v_s} = \frac{R_L}{R_L + R_s}\left(\frac{1}{1 + sC_L(R_L \| R_s)}\right) = A_{vmb} \cdot F_H(s)$$

$$\omega_H = \frac{1}{C_L(R_L \| R_s)}$$

$$A(s) = A_{vmb} \cdot F_L(s)\, F_H(s)$$



$$A_V(s) = A_{Vmb} \cdot F_L(s) \cdot F_H(s)$$

$$A_V(s) = \frac{R_L}{R_L + R_S} \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_{P_2}}} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{\omega_{P_1}}{s}} \right) \qquad \omega_{P_2} >> \omega_{P_1}$$

Ερώτημα: Δεδομένου του $A(s)$ => πώς παίρνουμε το 3dB ?

έστω $A(s) = A_m \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_{P_1}}} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_{P_2}}} \right) \cdots$ $\quad F_H(s)$

Θέλουμε $\omega = \omega_H$: $|A(s)| = \frac{A_m}{\sqrt{2}}$

$$\frac{A_m}{\sqrt{2}} = A_m \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_H}{\omega_{P_1}}\right)^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_H}{\omega_{P_2}}\right)^2}} \Rightarrow \left[1 + \left(\frac{\omega_H}{\omega_{P_1}}\right)^2\right] \left[1 + \left(\frac{\omega_H}{\omega_{P_2}}\right)^2\right] =$$

$\Rightarrow \omega_H \cdots$

το ίδιο $\omega_L \cdots$

Συνήθως θέλουμε να βρούμε προσεγγ. τιμές ω_L & ω_H =>

=> επικρατών (dominant) πόλος.

ω_H: εάν υπάρχει: $\omega_{Pdom} <<$ όλους τους άλλους $\Rightarrow \omega_H \cong \omega_{Pdom}$

ω_L: " " $\omega_{Pdom} >>$ όλους τους άλλους $\Rightarrow \omega_L \cong \omega_{Pdom}$

π.χ. θεώρηση ακριβή λύση: $F_L(s)$

ω_L: $2 = \left[1 + \left(\frac{\omega_{P_1}}{\omega_L}\right)^2\right] \cdot \left[1 + \left(\frac{\omega_{P_2}}{\omega_L}\right)^2\right] \cdots$

για τον dominant πόλο.

καθώς $\omega \to \omega_{Pdom}$ $\left(\frac{\omega_{Pdom}}{\omega_L}\right) \to 1 \Rightarrow$ ο όρος $\to 2$

όλοι οι άλλοι $\left(\frac{\omega_P}{\omega_L}\right)^2 << 1 \Rightarrow$ οι όροι $\to 1 \Rightarrow$

$\Rightarrow |A(s)| \cong A_m \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_{Pdom}}{\omega_L}\right)^2}} \Rightarrow \omega_L \cong \omega_{Pdom}$ ← κοντά στο MB

Άλλη τεχνική

$$\omega_L \cong \sqrt{\omega_{p_1}^2 + \omega_{p_2}^2 + \ldots - 2\omega_{z_1} - 2\omega_{z_2} - \ldots}$$

γιατί, $F_L(s) = \dfrac{(s+\omega_{z_1})(s+\omega_{z_2})\ldots}{(s+\omega_{p_1})(s+\omega_{p_2})\ldots} \Rightarrow |F_L(s)|^2 = \dfrac{1}{2}$, αγνοώντας $=$

$$\omega_H \cong \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\omega_{p_1}^2} + \frac{1}{\omega_{p_2}^2} + \ldots - \frac{2}{\omega_{z_1}^2} - \frac{2}{\omega_{z_2}^2} - \ldots}}$$

Μειονέκτημα όλων αυτών: πρέπει να ξέρουμε $F_H(s)$, $F_L(s)$. Εμείς όμως συνήθως χρησιμοποιούμε μόνο ω_H κ' ω_H.

Time constants:

$$\omega_H \cong (R_1C_1 + R_2C_2 + R_3C_3 + \ldots)^{-1}$$

$C_1, C_2, C_3 \ldots$ HF C's στο κύκλωμα, $R_1, R_2, R_3 \ldots$ είναι οι ισοδύναμες αντιστάσεις που βλέπουν οι C's (όλοι οι άλλοι C's αγνοούνται) στη m.b συνθήκη.

$$\omega_L \cong \left(\frac{1}{R_1C_1} + \frac{1}{RC_2} + \frac{1}{R_3C_3} + \ldots\right)$$

$C_1, C_2, C_3 \ldots$ LF C's στο κύκλωμα, R_1, R_2, R_3 είναι οι ισοδύναμες αντιστάσεις που βλέπουν οι C's (όλοι οι άλλοι C's αγνοούνται) στη m.b συνθήκη

Γιατί; π.χ. H.F $F_H(s) = \dfrac{1 + a_1 s + a_2 s^2 + \ldots}{1 + b_1 s + b_2 s^2 + \ldots}$

$$b_1 = \frac{1}{\omega_{p_1}} + \frac{1}{\omega_{p_2}} + \ldots$$