Πανεπιστήμιο Πατρών

Τμήμα Φυσικής

Εργαστήριο Ηλεκτρονικής

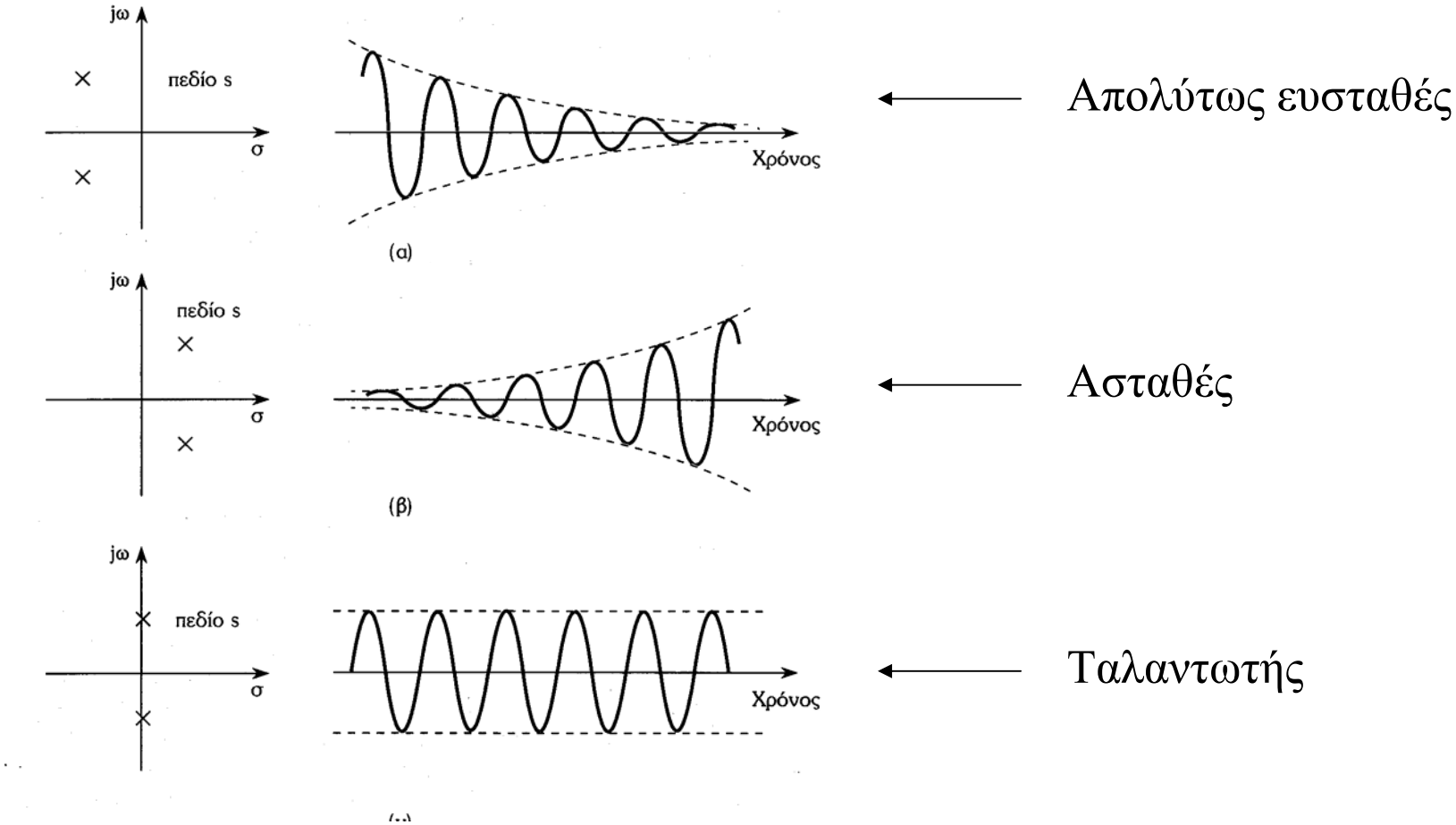
ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ

Κ. Ψυχαλίνος

Πάτρα 2005

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

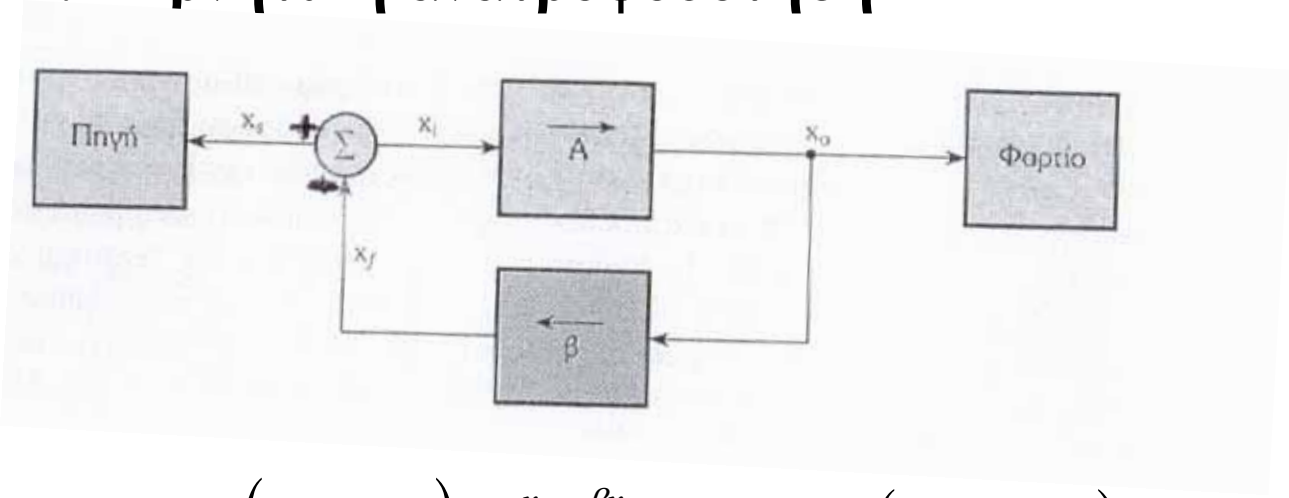
<u>Επίδραση της θέσης των πόλων στην μορφή της impulse response</u>



•Οταν ένα σύστημα έχει πόλους στον $j\omega$ άξονα, με μία τυχαία διέγερση δημιουργούνται αμείωτες ταλαντώσεις

2. ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ

2.1 Αρνητική ανατροφοδότηση



$$x_o = A\left(x_s - x_f\right) \xrightarrow{x_f = \beta x_o} x_o = A\left(x_s - \beta x_o\right)$$

$$A_f \equiv \frac{x_o}{x_s} = \frac{\mathrm{A}}{1+\beta A}$$

A: κέρδος ανοιχτού βρόχου A_f: κέρδος κλειστού βρόχου

βA: κέρδος βρόχου ανατροφοδότησης

•Οταν $|A| >> 1$, τότε $A_f \cong 1/\beta$

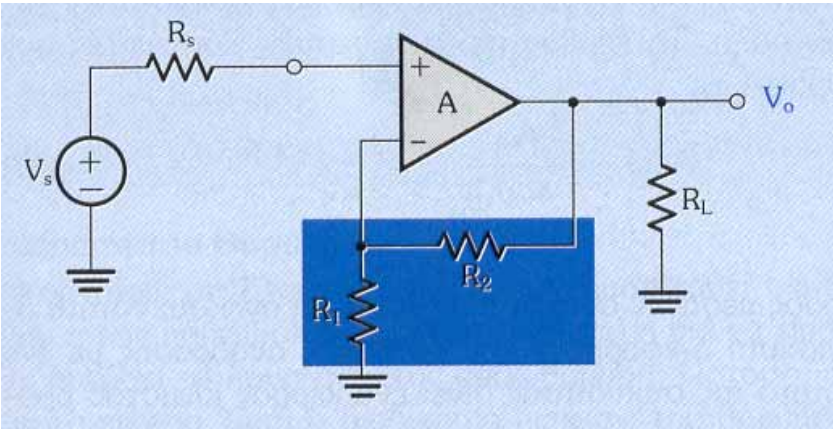
- <u>Κύρια πλεονεκτήματα αρνητικής ανατροφοδότησης</u>
  - Μείωση της ευαισθησίας του ενισχυτή.
  - Επέκταση του εύρους ζώνης ενός ενισχυτή.
  - Μείωση του θορύβου.
  - Ελάττωση της παραμόρφωσης.
- <u>Μειονέκτημα αρνητικής ανάδρασης</u>
  - Ελάττωση της ενίσχυσης.

•Προσδιορισμός κέρδους βρόχου (βA).

- Θεωρούμε ότι η πηγή σήματος είναι βραχυκυκλωμένη (πηγή τάσης) ή ανοιχτό κύκλωμα (πηγή ρεύματος).
- Διακόπτουμε το δίκτυο ανάδρασης σε ένα σημείο Α και εφαρμόζουμε μια τάση V_t στο σημείο A_1. Το σημείο A_2 τερματίζεται με μια αντίσταση ίση με αυτή που "φαινόταν" στο Α προς την μεριά του A_1.
- Αν V_r η τάση στο A_2, το κέρδος βρόχου θα είναι:

$$\beta A = \frac{V_r}{V_t} \qquad (15)$$

Παράδειγμα αρνητικής ανατροφοδότησης



Ενισχυτής τάσης

Σήμα εισόδου: τάση

Σήμα εξόδου: τάση

$$V_o = A\left[V_s - \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o\right] \qquad (16)$$

- Από την (16) προκύπτει ότι

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

- Επειδή A→∞, θα είναι:

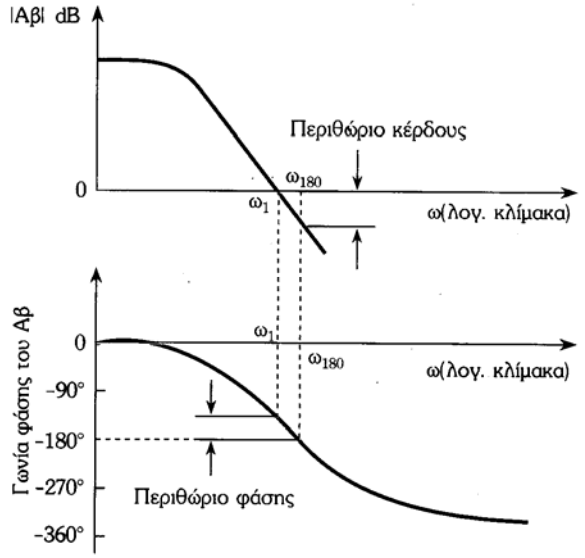
$$A_f \cong \frac{1}{\beta} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Έλεγχος ευστάθειας ενός συστήματος

•Με εύρεση της θέσης των πόλων της συνάρτησης του συστήματος, στο πεδίο s.

✓Για να είναι ευσταθές το σύστημα, πρέπει οι πόλοι να βρίσκονται στο αριστερό ημιεπίπεδο του πεδίου s.

•Με την βοήθεια των διαγραμμάτων Bode.

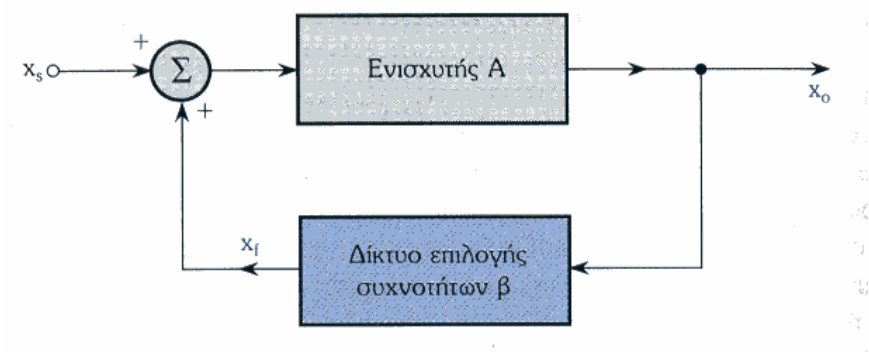


Διαγράμματα Bode για αρνητική ανάδραση (*Αβ<0)*

✓Για να είναι ευσταθές ένα σύστημα με αρνητική ανάδραση, πρέπει στη συχνότητα $\boldsymbol{\omega_{180}}$,το κέρδος βρόχου <1.

✓Για να είναι ευσταθές ένα σύστημα με αρνητική ανάδραση, πρέπει στη συχνότητα $\boldsymbol{\omega_0}$,το κέρδος βρόχου <1.

2.2 Θετική ανατροφοδότηση



$$A_f(s) = \frac{A(s)}{1 - \beta(s) \cdot A(s)} \qquad (1)$$

•Η σχέση $1 - \beta(s)A(s) = 0$ (2)

ονομάζεται <u>χαρακτηριστική εξίσωση του συστήματος</u>.

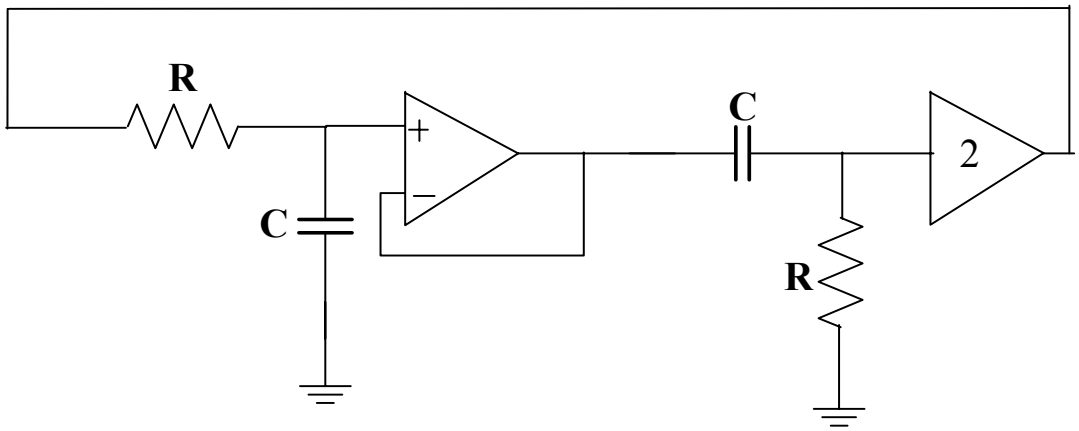
•Η συχνότητα ω_o για την οποία ισχύει ότι:

$$L(j\omega_o) = 1 \Rightarrow \begin{cases} \left|\beta(j\omega_o) \cdot A(j\omega_o)\right| = 1 \\ \arg\left[\beta(j\omega_o) \cdot A(j\omega_o)\right] = 0 \end{cases} \qquad (3)$$

αποτελεί τη <u>συχνότητα ταλαντώσεων</u> του συστήματος.

•<u>Η σχέση (3) ονομάζεται κριτήριο του Barkhausen</u>.

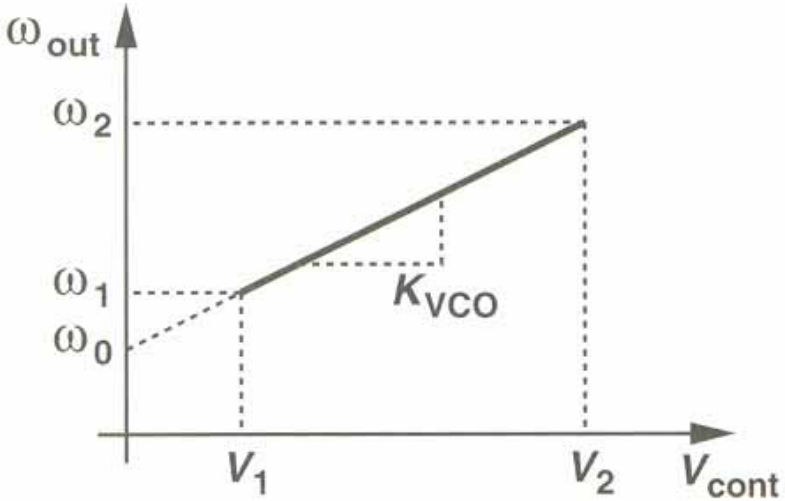
3. ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ RC



•Η συχνότητα ταλάντωσης υπολογίζεται από την συνθήκη:

$$\arg L(j\omega_o) = 0 \Rightarrow \omega_o = \frac{1}{RC}$$

4. Voltage Controlled Oscillators (VCOs)



$$\omega_{out} = \omega_0 + K_{VCO} V_{cont}.$$

Έκφραση για την τάση εξόδου ενός VCO

$$\omega = \frac{d\phi}{dt}. \tag{14.73}$$

$$\phi = \int \omega dt + \phi_0. \tag{14.74}$$

In particular, since for a VCO, $\omega_{out} = \omega_0 + K_{VCO} V_{cont}$, we have

$$V_{out}(t) = V_m \cos(\int \omega_{out} dt + \phi_0) \tag{14.75}$$

$$= V_m \cos(\omega_0 t + K_{VCO} \int V_{cont} dt + \phi_0). \tag{14.76}$$

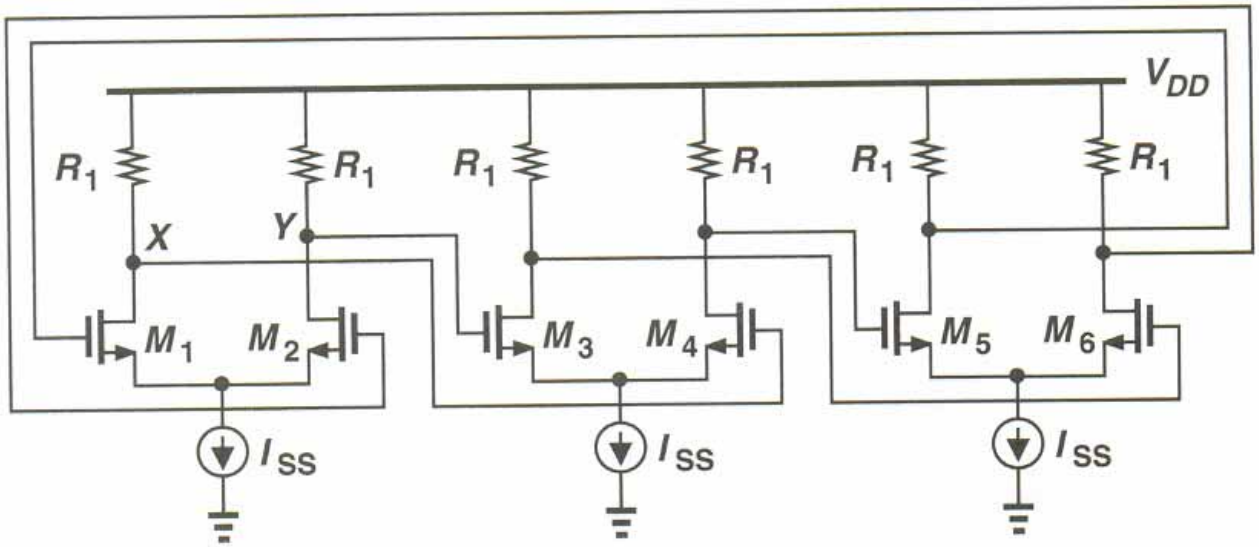
Equation (14.76) proves essential in the analysis of VCOs and PLLs.[13] The initial phase ϕ_0 is usually unimportant and is assumed zero hereafter.

$$\phi_{ex} = K_{VCO} \int V_{cont} dt. \tag{14.77}$$

the VCO operates as an *ideal* integrator, providing a transfer function:

$$\frac{\Phi_{ex}}{V_{cont}}(s) = \frac{K_{VCO}}{s}. \tag{14.78}$$

Παράδειγμα VCO



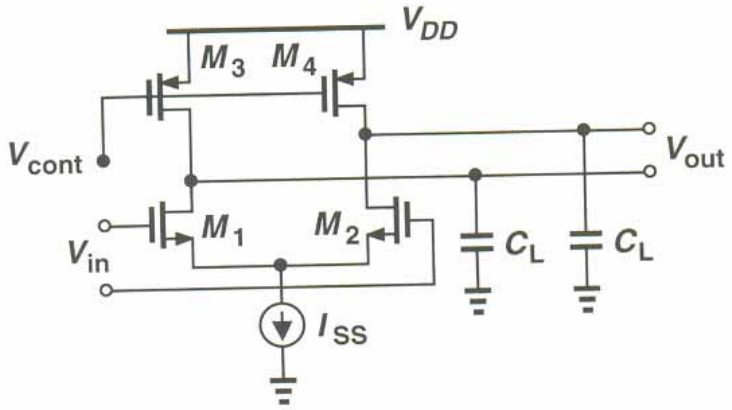


Figure 14.42 Differential pair with variable output time constant.

$$f_{osc} \propto \frac{1}{T_D} \tag{14.64}$$

$$\propto \frac{\mu_p C_{ox}(\frac{W}{L})_{3,4}(V_{DD} - V_{cont} - |V_{THP}|)}{C_L}. \tag{14.65}$$

Interestingly, f_{osc} is linearly proportional to V_{cont}.