

ΜΑΘΗΜΑ: ΙΑΤΡΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ (Θ)

ΕΞΑΜΗΝΟ: Δ'

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ: 2009-2010

ΠΕΡΙΟΔΟΣ: Α' ΕΑΡΙΝΟ

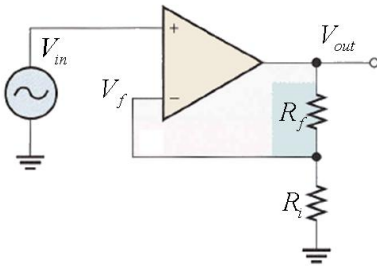
ΔΙΑΡΚΕΙΑ: 2 ΩΡΕΣ

Ημερομηνία: 25-06-2010

Εισηγητής: Π. Ασβεστάς

1. Να αποδειχτεί ο τύπος για το κέρδος κλειστού βρόχου για ένα μη αναστρέφοντα ενισχυτή; Θεωρείστε ότι ο τελεστικός ενισχυτής έχει πεπερασμένο κέρδος ανοιχτού βρόχου,  $A_{ol}$ , και άπειρη αντίσταση εισόδου. (0.5 μονάδα)

ΛΥΣΗ



Λόγω της άπειρης αντίστασης εισόδου, δεν εισέρχεται ρεύμα στους ακροδέκτες εισόδου του ΤΕ, οπότε από το διαίρετή τάσης των δύο αντιστάσεων έχουμε ότι:

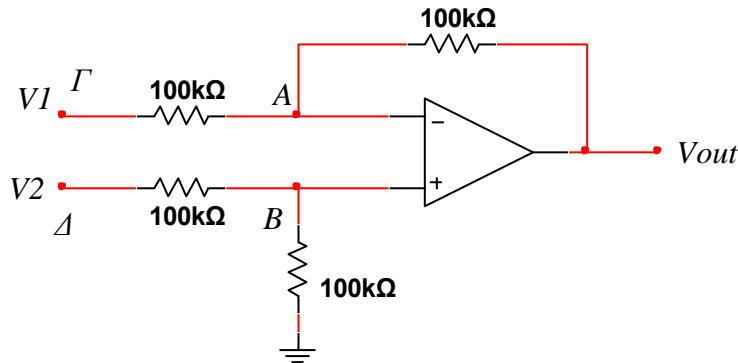
$$V_f = \frac{R_i}{R_i + R_f} V_{out} = B V_{out}$$

$$B = \frac{R_i}{R_i + R_f}$$

Η τάση εξόδου ισούται με:  $V_{out} = A_{ol} (V_{in} - V_f) = A_{ol} (V_{in} - B V_{out}) \Rightarrow (1 + A_{ol} B) V_{out} = A_{ol} V_{in}$ .

Το κέρδος (κλειστού βρόχου) του ενισχυτή είναι:  $A_{cl(NI)} \equiv \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_{ol}}{1 + A_{ol} B}$

2. (α) Για το επόμενο κύκλωμα να βρεθεί με τι ισούται το διαφορικό κέρδος, το κέρδος κοινού σήματος και ο λόγος απόρριψης κοινού σήματος. (β) Εάν θεωρηθεί ότι ο ενισχυτής λειτουργεί κανονικά όταν η τάση κοινού σήματος στα σημεία  $A, B$  είναι στο εύρος  $[-2,5V, 2,5V]$ , ποιο είναι το αντίστοιχο εύρος τιμών για την τάση κοινού σήματος στην είσοδο του κυκλώματος (σημεία  $\Gamma$  και  $\Delta$ ); (γ) Να επαναληφθούν τα ερωτήματα (α) και (β) όταν συνδεθεί μία αντίσταση  $10k\Omega$  μεταξύ του σημείου  $A$  και της γείωσης και μία άλλη αντίσταση  $10k\Omega$  μεταξύ του σημείου  $B$  και της γείωσης. (2,5 μονάδες)



ΛΥΣΗ

(α) Από την αρχή της υπέρθεσης έχουμε:

$$\left. \begin{aligned} V_2 = 0: V_{out(1)} &= -V_1 \text{ (αναστρέφουσα συνδεσμολογία)} \\ V_1 = 0: V_{out(2)} &= +V_2 \text{ (μη αναστρέφουσα συνδεσμολογία)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_{out} = V_{out(1)} + V_{out(2)} = V_2 - V_1$$

Το διαφορικό κέρδος ισούται με 1, το κέρδος κοινού σήματος είναι 0 και ο λόγος απόρριψης κοινού σήματος είναι  $\infty$ .

(β) Στο σημείο B ισχύει ότι  $V_B = 0,5V_2 \Rightarrow V_2 = 2V_B$ . Συνεπώς, όταν η τάση κοινού σήματος στα σημεία  $A, B$  είναι στο εύρος  $[-2,5V, 2,5V]$ , το αντίστοιχο εύρος τιμών για την τάση κοινού σήματος στην είσοδο του κυκλώματος είναι  $[-5V, 5V]$ .

(γ) Το διαφορικό κέρδος, το κέρδος κοινού σήματος και ο λόγος απόρριψης κοινού σήματος δεν αλλάζουν.

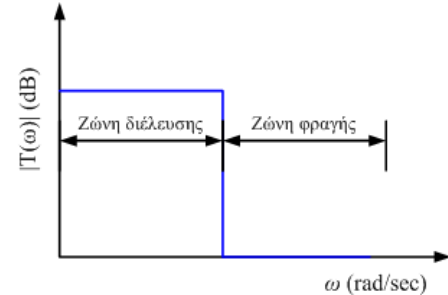
δ) Όταν συνδεθεί μία αντίσταση  $10\text{k}\Omega$  μεταξύ του σημείου  $B$  και της γείωσης, η συνολική αντίσταση μεταξύ  $B$  και γείωσης είναι  $10 \parallel 100 = \frac{10 \cdot 100}{10 + 100} = \frac{100}{11} \text{k}\Omega$ . Επομένως,:

$$V_B = \frac{10 \parallel 100}{100 + 10 \parallel 100} V_2 = \frac{100/11}{100 + 100/11} V_2 = \frac{1}{12} V_2 \Rightarrow V_2 = 12V_B$$

Όταν η τάση κοινού σήματος στα σημεία  $A, B$  είναι στο εύρος  $[-2,5\text{V}, 2,5\text{V}]$ , το αντίστοιχο εύρος τιμών για την τάση κοινού σήματος στην είσοδο του κυκλώματος είναι  $[-30\text{V}, 30\text{V}]$ .

3. Τι χαρακτηριστικά έχει ένα ιδανικό βαθυπερατό φίλτρο; Φτιάξτε το διάγραμμα του κέρδους (σε dB) ως προς τη συχνότητα. **(0,5 μονάδα)**

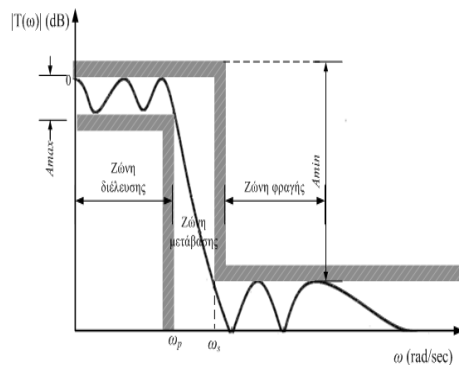
**ΛΥΣΗ**



Σταθερό κέρδος στη ζώνη διέλευσης.  
Μηδενικό κέρδος στη ζώνη φραγής.  
Απότομη μετάβαση από τη ζώνη διέλευσης στη ζώνη φραγής.

4. Τι χαρακτηριστικά έχει ένα πραγματικό βαθυπερατό φίλτρο; Φτιάξτε το διάγραμμα του κέρδους (σε dB) ως προς τη συχνότητα. **(0,5 μονάδα)**

**ΛΥΣΗ**



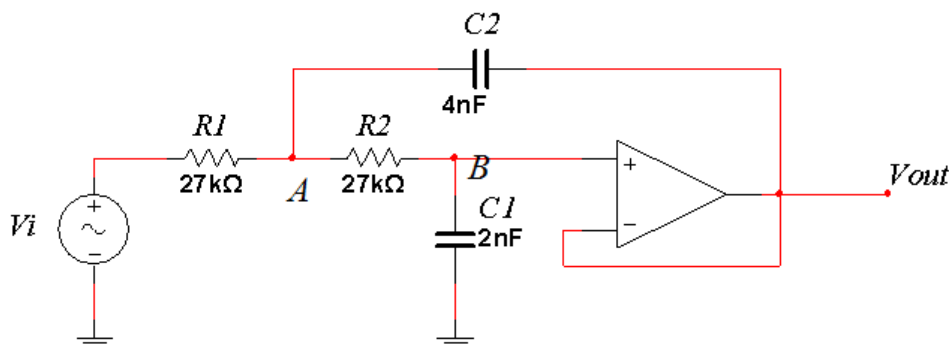
Το κέρδος δεν είναι σταθερό στη ζώνη διέλευσης.  
Η μετάβαση από τη ζώνη διέλευσης στη ζώνη φραγής γίνεται σταδιακά.  
Το κέρδος δεν είναι σταθερό στη ζώνη φραγής.

5. Σε τι διαφέρει η προσέγγιση Butterworth από τη προσέγγιση Chebyshev; **(0,5 μονάδα)**

**ΛΥΣΗ**

Η προσέγγιση Butterworth δίνει επίπεδη ζώνη μετάβασης. Η προσέγγιση Chebyshev δίνει απότομη μετάβαση από τη ζώνη διέλευσης στη ζώνη φραγής.

6. Για το κύκλωμα του σχήματος, να υπολογιστεί η συνάρτηση μεταφοράς  $T(s)$ . Ποια είναι η λειτουργία του κυκλώματος; Με τι ισούται ο συντελεστής ποιότητας  $Q$ ; Σε ποια συχνότητα η εξασθένιση είναι 3dB; **(3 μονάδες)**



**ΛΥΣΗ**

Έστω  $R_1 = R_2 = R = 27\text{k}\Omega$ ,  $C_2 = 2C_1 = 2C = 4\text{nF}$ . Στον κόμβο  $B$  ισχύουν ότι:

$$\left. \begin{aligned} V_B &= V_{out} \\ V_B &= \frac{1/sC}{R+1/sC} V_A = \frac{1}{1+sRC} V_A \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_A = (1+sRC)V_{out}$$

Στον κόμβο  $B$  ισχύει ότι:

$$\left(\frac{2}{R} + s2C\right)V_A - \frac{1}{R}V_B - s2CV_{out} - \frac{1}{R}V_i = 0 \Rightarrow (2+s2RC)(1+sRC)V_{out} - V_{out} - s2RCV_{out} = V_i \Rightarrow$$

$$\left[2R^2C^2s^2 + 2RCs + 1\right]V_{out} = V_i \Rightarrow T(s) = \frac{1}{2R^2C^2s^2 + 2RCs + 1} = \frac{1/2R^2C^2}{s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{2R^2C^2}}$$

Η συνάρτηση μεταφοράς είναι στη μορφή  $\frac{\omega_0^2}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2}$ , όπου  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{2RC}} = 13096\text{rad/s}$  και

$$Q = 0,707.$$

Αντικαθιστώντας  $s = j\omega$ , προκύπτει ότι:

$$T(\omega) = \frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2 + j(\omega_0/Q)\omega}$$

Η εξασθένιση (σε dB),  $A(\omega)$ , δίνεται από τη σχέση:

$$A(\omega) = -20\log_{10} |T(\omega)| = -20\log_{10} \frac{\omega_0^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (\omega_0/Q)^2 \omega^2}}$$

$$\text{Για } \omega = \omega_0, \text{ έχουμε ότι: } A(\omega_0) = -20\log_{10} \frac{\omega_0^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_0^2)^2 + (\omega_0/Q)^2 \omega_0^2}} = -20\log_{10} Q = 3\text{dB}$$

$$\text{Άρα η ζητούμενη συχνότητα είναι η } f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = 2084\text{Hz}.$$

7. Περιγράψτε αναλυτικά το κύκλωμα λήψης ενός μηχανήματος SPECT (γάμμα-κάμερα). (2.5 μονάδες)

**ΛΥΣΗ**

Διαφάνειες από διάλεξη 12.