Σημειώσεις στα Ηλεκτρονικά Κυκλώματα Αρμονικών Ταλαντωτών με Διακριτά Στοιχεία

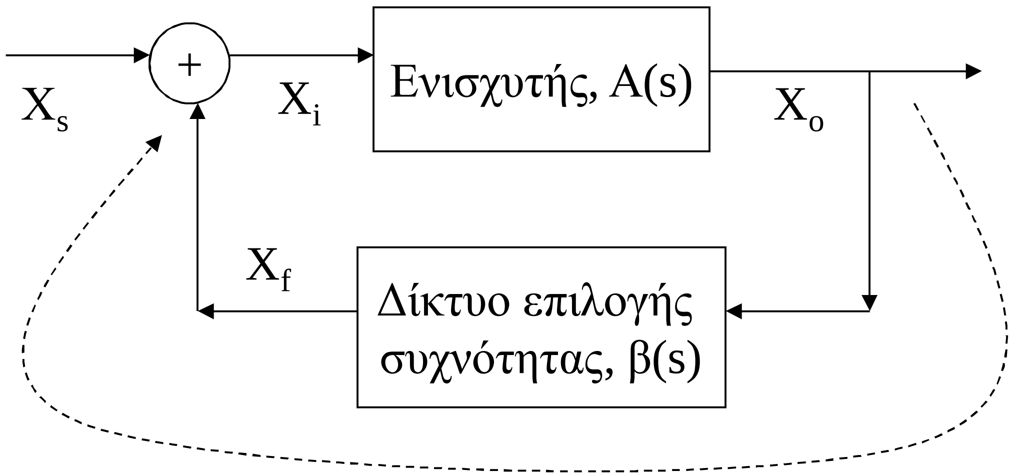
Γ. Π. ΠΑΤΣΗΣ,
ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ιδρυμα
ΑΘΗΝΑΣ

Υπολογίστε την ενίσχυση κλειστού βρόγχου για το κύκλωμα.

Είναι ένα κύκλωμα ενισχυτή με έναν βρόγχο θετικής ανάδρασης

Στη γενική περίπτωση, τα A και β είναι συνάρτηση της συχνότητας



Ανάδραση: Η έξοδος επανατροφοδοτεί την είσοδο.

$$X_i = X_s + X_f = X_s + \beta X_o$$

$$X_o = A\left(X_s + \beta X_o\right)$$

$$X_o - \beta A X_o = A X_s$$

$$X_o = \frac{A}{1-\beta A} X_s$$

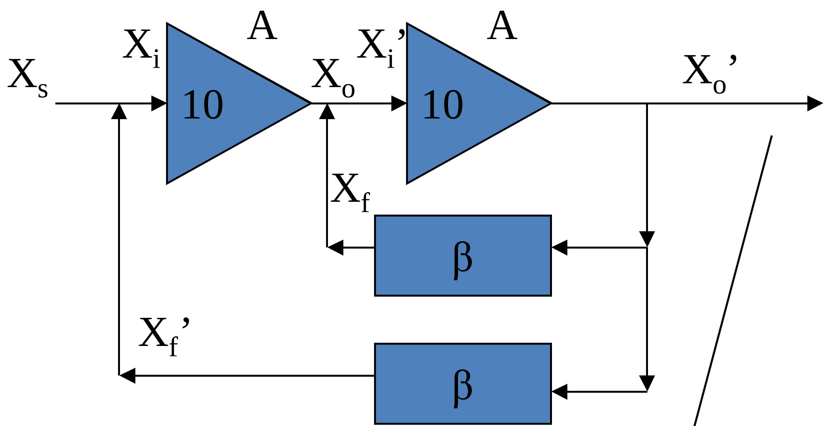
$$A_f = \frac{A(s)}{1-\beta(s)A(s)}$$

Ο **ταλαντωτής** αποτελεί μια ειδική περίπτωση κυκλώματος θετικής ανάδρασης με X_s=0.

A_f<A ➔ Αρνητική ανάδραση (Χρησιμοποιείται σε ενισχυτές)

A_f>A ➔ Θετική ανάδραση (Χρησιμοποιείται σε ταλαντωτές)

Για ποια τιμή β το σύστημα ταλαντώνεται;



$$X_i = X_s + X_f'$$
$$X_o = AX_i$$
$$X_i' = X_o + X_f$$
$$X_o' = AX_i'$$
$$X_f' = \beta X_o'$$
$$X_f = \beta X_o'$$

1.Δώσε ονόματα στα σήματα εισόδου/εξόδου κάθε μπλόκ

2.Γράψε την έξοδο κάθε μπλόκ συναρτήσει της εισόδου

3.Ξεκίνα από τη σχέση που δίνει την τελική έξοδο

4.Αντικατέστησε κατάλληλα ώστε να προκύψει το σήμα εισόδου στο 2ο μέλος

$$X_o' = AX_i' = A\left(X_o + X_f\right) = A\left(AX_i + \beta X_o'\right) =$$
$$A\left[A\left(X_s + X_f'\right) + \beta X_o'\right] = A\left(AX_s + AX_f' + \beta X_o'\right) =$$
$$A^2X_s + A^2X_f' + A\beta X_o' = A^2X_s + A^2\beta X_o' + A\beta X_o'$$

$$X_o'\left(1 - A^2\beta - A\beta\right) = A^2X_s$$

$$\boxed{A_f' \equiv \frac{X_o'}{X_s} = \frac{A^2}{1 - A^2\beta - A\beta}}$$

Συνθήκη για ταλαντώσεις:

$$A^2\beta + A\beta = 1$$
$$110\beta = 1$$
$$\beta = \frac{1}{110}$$

10. Συνθήκες εκκίνησης ταλαντώσεων

10.1. Άσκηση 1

Σε ένα κύκλωμα ταλαντωτή, η ενίσχυση του ενισχυτή δίνεται από τη σχέση (1) και η συνάρτηση μεταφοράς του δικτυώματος συντονισμού από τη σχέση (2). (α) Υπολογίστε τη συχνότητα συντονισμού. (β) Επαληθεύστε ότι ισχύει το κριτήριο Barkhausen.

Λύση.

Από τις πληροφορίες, (1) και (2), θα πρέπει να επαληθεύσουμε αν ισχύει η σχέση (3) σε κάποια συχνότητα που να ισχύει και η (4).

$$A = -16\cdot 10^6 / j\omega \qquad (1) \qquad |A\beta| = 1 \qquad (3)$$

$$\beta = 10^3 / \left(2\cdot 10^3 + j\omega\right)^2 \qquad (2) \qquad \angle A\beta = 0^o \qquad (4)$$

Πρέπει να εκφράσουμε το γινόμενο της ενίσχυσης επί τη συνάρτηση μεταφορά του δικτυώματος ανάδρασης σε τετραγωνική μορφή. Αυτό γίνεται μέσω των πράξεων (5) και μέσω της ρητοποίησης του παρονομαστή με πολλαπλασιασμό αριθμητή και παρονομαστή με τη συζυγή ποσότητα του παρονομαστή (6). Κάνοντας χρήση της ταυτότητας (7), θα προκύψει η (8). Επειδή τώρα ισχύει η (4), το φανταστικό μέρος του Αβ θα είναι πρέπει να είναι μηδέν. Για να ισχύει αυτό θα πρέπει να ισχύει η (9), η λύση της οποίας δίνει την συχνότητα συντονισμού. Σε αυτή ακριβώς τη συχνότητα το μέτρο του |Αβ| υπολογίζεται από την (10).

$$A\beta = -\frac{16\cdot 10^6\cdot 10^3}{j\omega\left(2\cdot 10^3 + j\omega\right)^2} = -\frac{16\cdot 10^9}{-4\cdot 10^3\cdot\omega^2 + j\omega\left(4\cdot 10^6 - \omega^2\right)} \qquad (5)$$

$$A\beta = -\frac{16\cdot 10^9\left[-4\cdot 10^3\cdot\omega^2 - j\omega\left(4\cdot 10^6 - \omega^2\right)\right]}{\left[-4\cdot 10^3\cdot\omega^2 + j\omega\left(4\cdot 10^6 - \omega^2\right)\right]\cdot\left[-4\cdot 10^3\cdot\omega^2 - j\omega\left(4\cdot 10^6 - \omega^2\right)\right]} \qquad (6)$$

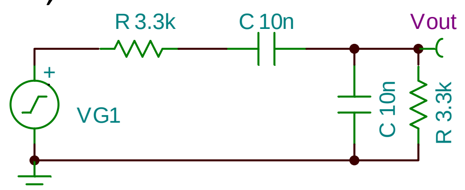
$$\left(a+b\right)\left(a-b\right) = a^2 - b^2 \qquad (7)$$

$$A\beta = \frac{16\cdot 10^9\cdot\left[-4\cdot 10^3\cdot\omega^2 - j\omega\left(4\cdot 10^6 - \omega^2\right)\right]}{16\cdot 10^6\cdot\omega^4 + \omega^2\left(4\cdot 10^6 - \omega^2\right)^2} \qquad (8)$$

$$\omega(4\cdot 10^6 - \omega^2) = 0 \Leftrightarrow \omega = 0 \vee \omega = 2\cdot 10^3 \mathrm{rad/sec} \qquad (9)$$

$$\left|A\beta\right| \overset{\omega=2\cdot 10^3\,\mathrm{rad/sec}}{=} \frac{16\cdot 10^9\cdot\left[4\cdot 10^3\cdot\omega^2\right]}{16\cdot 10^6\cdot\omega^4 + \omega^2\left(4\cdot 10^6 - \omega^2\right)^2} = 1 \qquad (10)$$

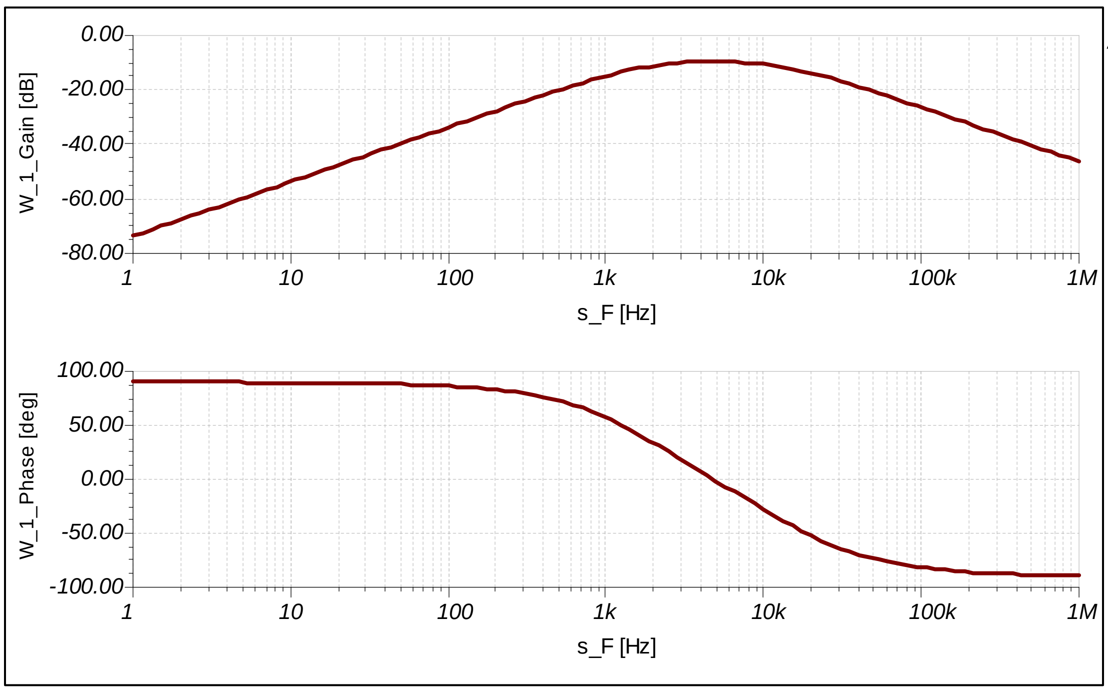
(a) Ξεκινήστε από τη σχέση του β(s) και γράψτε τη στη μορφή x+jy. (b) Υπολογίστε τη συχνότητα συντονισμού. (c) Υπολογίστε μέτρο και φάση για τις τιμές στοιχείων του κυκλώματος και για συχνότητες 10, 100, 1k, ω0/2π, 10k, 100k.




```
f0 := 1/(2.pi.R.C)
f0=[4.8229k]
```

Transfer function:

$$W(s)=\frac{C\cdot R\cdot s}{1+3\cdot C\cdot R\cdot s+C^2\cdot R^2\cdot s^2}$$



$$\beta=\frac{RCs}{1+3RCs+R^2C^2s^2}$$

$$\beta=\frac{jRC\omega}{1+j3RC\omega-R^2C^2\omega^2}$$

$$\beta=\frac{jRC\omega}{\left(1-R^2C^2\omega^2\right)+j3RC\omega}$$

$$\beta=\frac{jRC\omega}{\left(1-R^2C^2\omega^2\right)+j3RC\omega}\frac{\left(1-R^2C^2\omega^2\right)-j3RC\omega}{\left(1-R^2C^2\omega^2\right)-j3RC\omega}$$

$$\beta=\frac{jRC\omega-jR^3C^3\omega^3+3R^2C^2\omega^2}{\left(1-R^2C^2\omega^2\right)^2+9R^2C^2\omega^2}$$

$$\beta=\frac{3R^2C^2\omega^2+j\omega RC\left(1-RC\omega^2\right)}{\left(1-R^2C^2\omega^2\right)^2+9R^2C^2\omega^2}$$

$$\beta=\frac{3R^2C^2\omega^2}{\left(1-R^2C^2\omega^2\right)^2+9R^2C^2\omega^2}+j\frac{\omega RC\left(1-RC\omega^2\right)}{\left(1-R^2C^2\omega^2\right)^2+9R^2C^2\omega^2}$$

$$\beta=x(\omega)+jy(\omega)$$

$$|\beta|=\sqrt{x^2+y^2}$$

$$\angle\beta=\arctan\frac{y}{x}$$

$$\beta\in R:\mathrm{Im}[\beta]=0:\frac{\omega RC\left(1-RC\omega^2\right)}{\left(1-R^2C^2\omega^2\right)^2+9R^2C^2\omega^2}=0:$$

$$\omega RC\left(1-RC\omega^2\right)=0\Leftrightarrow\begin{Bmatrix}\omega_0=0\\ \omega_0=\dfrac{1}{RC}\end{Bmatrix}$$