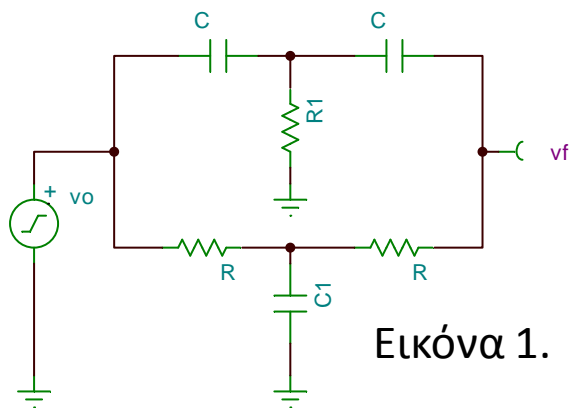


Σημειώσεις στα Ηλεκτρονικά Κυκλώματα Αρμονικών Ταλαντωτών με Διακριτά Στοιχεία

Γ. Π. ΠΑΤΣΗΣ,
ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

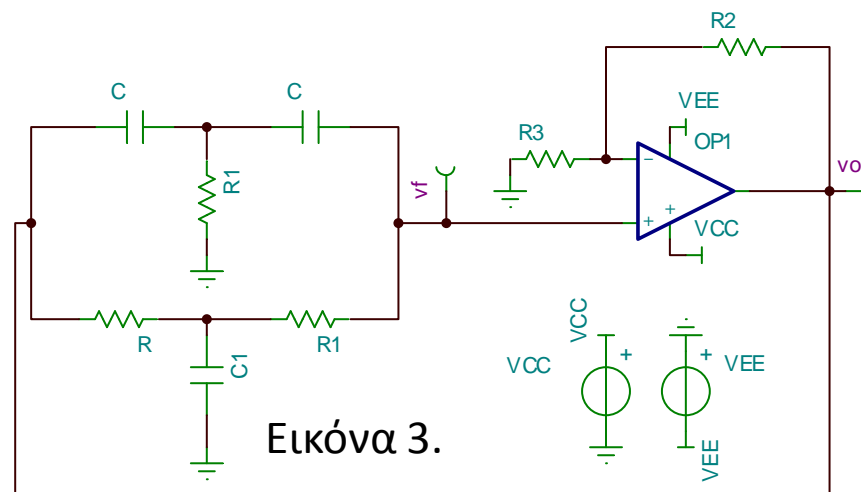
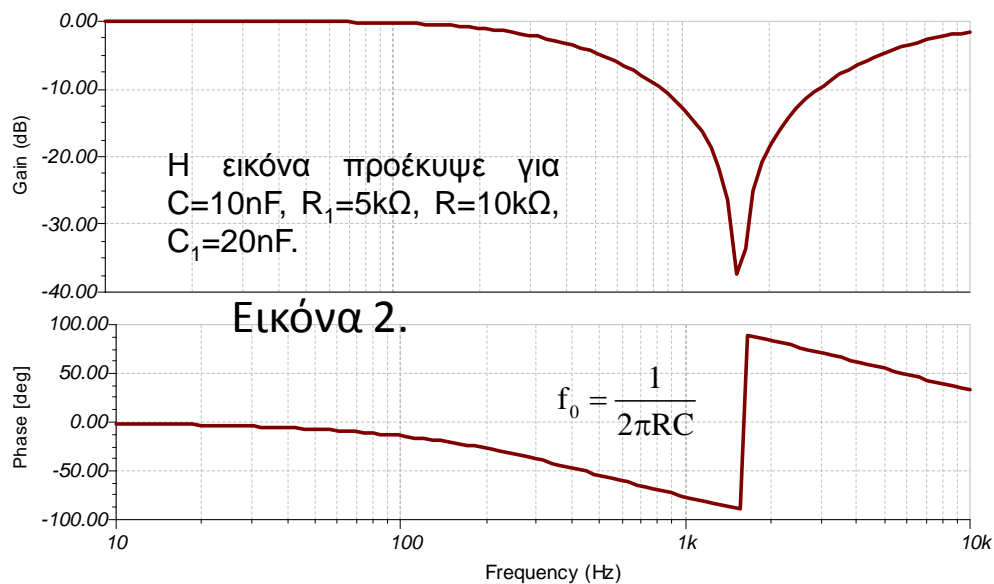
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
ΑΘΗΝΑΣ

•Ταλαντωτής διπλού T με τελεστικό ενισχυτή



Εικόνα 1.

$$\beta(s) = \frac{v_f(s)}{v_o(s)} = \frac{C_1 R^2 R_1 C^2 s^3 + 2 R R_1 C^2 s^2 + 2 R_1 C s + 1}{C_1 R^2 R_1 C^2 s^3 + (C_1 R + 2 C_1 R_1 + 2 R_1 C) R C s^2 + (C_1 R + 2 R C + 2 R_1 C) s + 1} \quad (1)$$



Εικόνα 3.

Το TINA υπολογίζει τη συνάρτηση μεταφοράς (1) για το κύκλωμα της εικόνας 1. (α) Απλοποιήστε τη σχέση αυτή αν $R_1=R/2$ και $C_1=2C$. (β). Υπολογίστε τη συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος. (γ) Σχεδιάστε τη συνάρτηση μεταφοράς του (μέτρο και φάση) κάνοντας υπολογισμούς για 5 τιμές συχνότητας (στο συντονισμό και 2 κάτω και δύο πάνω από αυτόν). Χρησιμοποιήστε τις τιμές στοιχείων που φαίνονται στην εικόνα 2. (δ). Υλοποιήστε κατάλληλη συνδεσμολογία ταλαντωτή διπλού T για το κύκλωμα αυτό, με χρήση τελεστικού ενισχυτή. (ε). Σχεδιάστε μερικές περιόδους της εξόδου του ταλαντωτή που υλοποιήσατε.

$$\beta(s) = \frac{v_f(s)}{v_o(s)} = \frac{C^3R^3s^3 + C^2R^2s^2 + CRs + 1}{C^3R^3s^3 + 5C^2R^2s^2 + 5CRs + 1} = \frac{-jC^3R^3\omega^3 - C^2R^2\omega^2 + jCR\omega + 1}{-jC^3R^3\omega^3 - 5C^2R^2\omega^2 + j5CR\omega + 1} =$$

$$\frac{(1 - C^2R^2\omega^2) + (j\omega CR - \omega^3C^3R^3)}{(1 - 5C^2R^2\omega^2) + (j5\omega CR - \omega^3C^3R^3)} = \frac{A + jB}{C + jD}$$

$$A = 1 - C^2R^2\omega^2, B = \omega CR - \omega^3C^3R^3$$

$$C = 1 - 5C^2R^2\omega^2, D = 5\omega CR - \omega^3C^3R^3$$

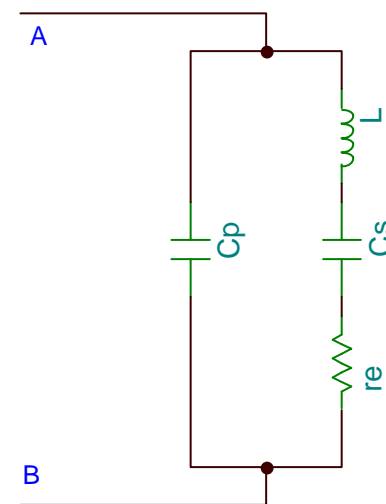
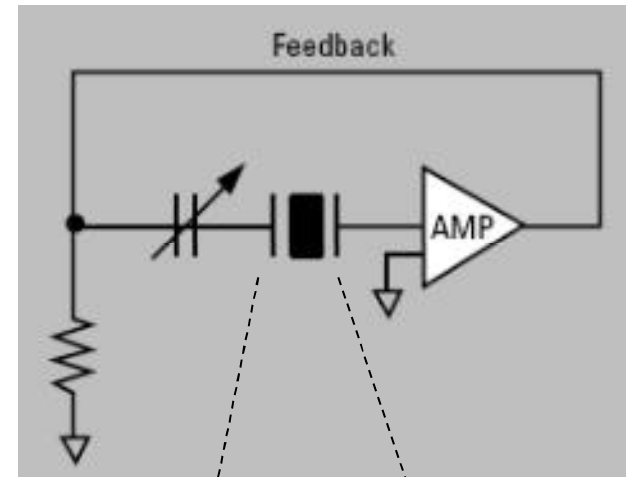
(α) Περιγράψτε το ηλεκτρονικό ισοδύναμο ενός κρυστάλλου.

(β) Πώς ορίζεται το Q του κρυστάλλου.

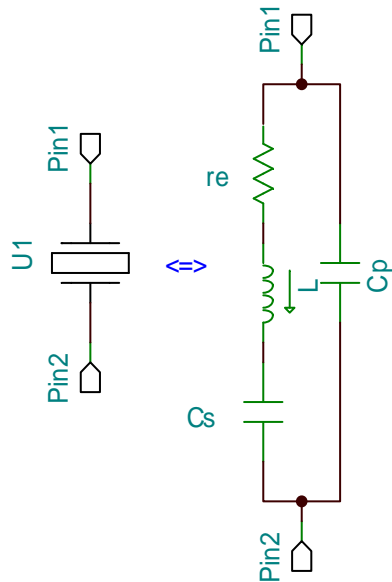
(γ) Γιατί χρησιμοποιούμε κρυστάλλους στους ηλεκτρονικούς ταλαντωτές;

(δ) Ποιο στοιχείο αντικαθιστούν;

- Η αυτεπαγωγή L αντιστοιχεί στη μηχανική αδράνεια του κρυστάλλου (μάζα).
- Η χωρητικότητα C_s αντιπροσωπεύει την ελαστικότητά του.
- Η αντίσταση r_e τις απώλειές του.
- Η χωρητικότητα C_p αντιπροσωπεύει τη χωρητικότητα που δημιουργούν τα δύο ηλεκτρόδια με διηλεκτρικό που περιβάλλουν τον κρύσταλλο.
- Τυπικές τιμές των στοιχείων αυτών για κρύσταλλο $30 \times 4 \times 1.5 \text{ mm}$ στα 90 kHz είναι $L=137 \text{ H}, C_s=0.0235 \text{ pF}, r_e=15 \text{ k}\Omega, C_p=3.5 \text{ pF}$.
- Το Q του κρυστάλλου θα είναι 500.



- (α) Θεωρώντας το $r_e=0$ να υπολογίσετε τη μορφή της εμπέδησης του κρυστάλλου, συναρτήσει των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του.
- (β) Πώς ορίζεται ο συντονισμός σειράς και ποια η σχέση της συχνότητας αυτής;
- (γ) Πώς ορίζεται ο παράλληλος συντονισμός και ποια η σχέση της συχνότητας αυτής;



Αγνοώντας το r_e (γιατί το Q του κρυστάλλου είναι πολύ μεγάλο) θα έχουμε ότι

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{j\omega C_p} + \frac{1}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C_s}}$$

$$Z = \frac{1}{j\omega C_p - \omega^2 LC_p C_s + C_s}$$

- Σε γενικές γραμμές ο κρύσταλλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τρεις τρόπους:
- 1. Τρόπος συντονισμού σειράς, f_{0s}
- 2. Τρόπος παράλληλου συντονισμού, f_{0p}
- 3. Περιοχή συντονισμού μεταξύ f_{0s} και f_{0p} που ο κρύσταλλος έχει επαγωγική συμπεριφορά και διαθέτει γρήγορη μεταβολή αυτεπαγωγής με τη συχνότητα.
- Αν συνδέσουμε κρύσταλλο σε έναν ταλαντωτή LC ο ταλαντωτής θα ταλαντωθεί στη συχνότητα του κρυστάλλου και θα έχει μεγαλύτερη σταθερότητα συχνότητας.

Παρατηρούμε ότι έχουμε δύο ειδών συντονισμό.

Συντονισμός σειράς

$$|Z| \rightarrow 0$$

$$1 - \omega_{0s}^2 LC_s = 0$$

$$\omega_{0s} = \frac{1}{\sqrt{LC_s}}$$

Συντονισμός παράλληλα

$$|Z| \rightarrow \infty \quad X_L - X_{C_s} = X_{C_p}$$

$$C_p + C_s - \omega_{0p}^2 C_p C_s = 0$$

$$\omega_{0p} = \sqrt{1 / \left(L \frac{C_p C_s}{C_p + C_s} \right)}$$

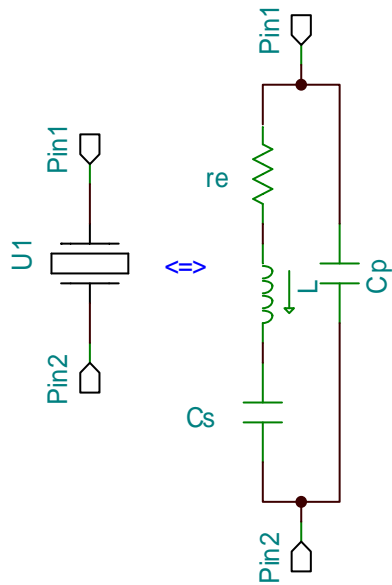
(α) Θεωρώντας το $r_e=0$ να υπολογίσετε τη μορφή της εμπέδησης του κρυστάλλου, συναρτήσει των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του.

(β) Πώς ορίζεται ο συντονισμός σειράς και ποια η σχέση της συχνότητας αυτής;

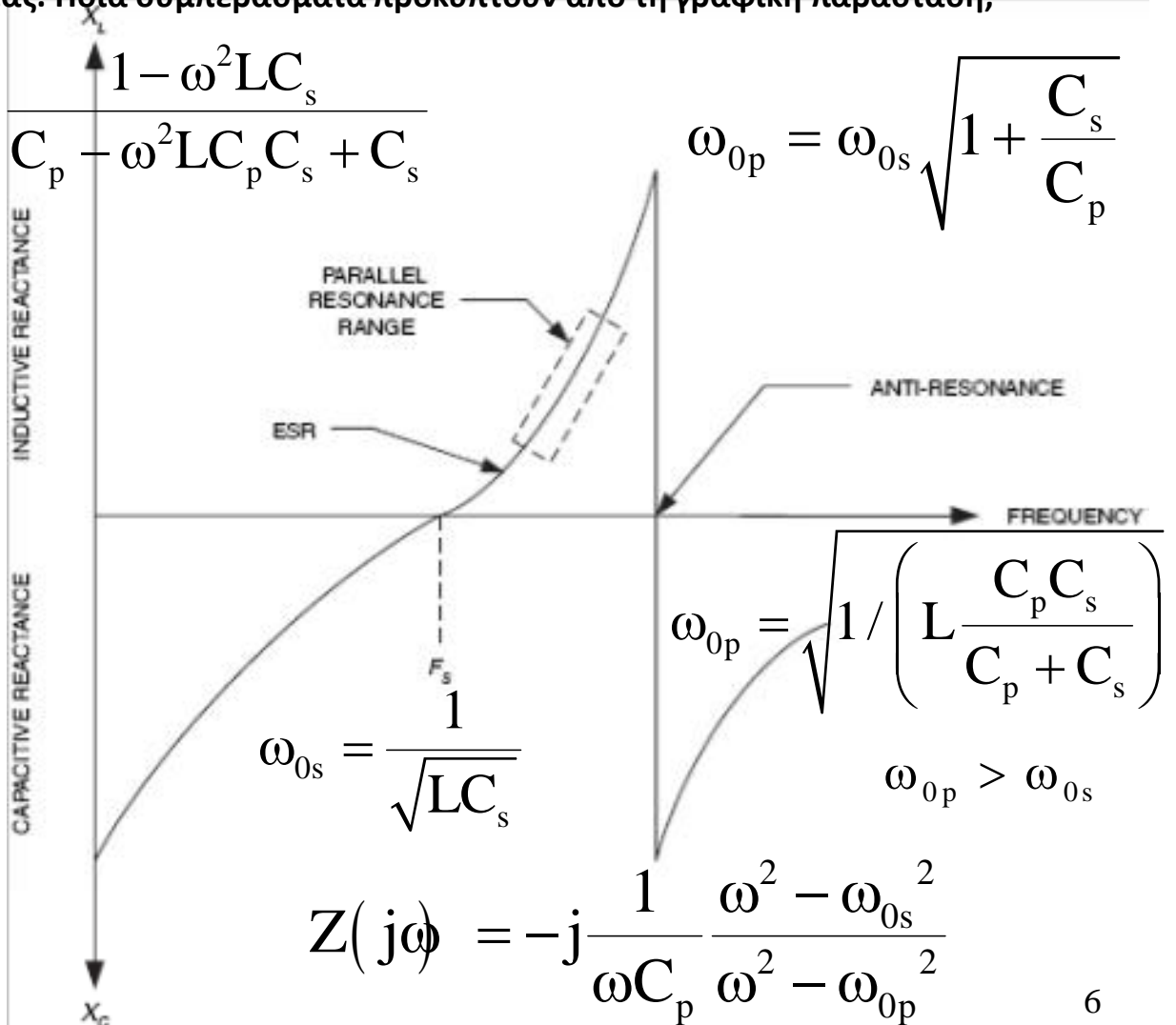
(γ) Πώς ορίζεται ο παράλληλος συντονισμός και ποια η σχέση της συχνότητας αυτής;

(δ) Ποια η σχέση μεταξύ της συχνότητας παράλληλου συντονισμού και συντονισμού σειράς;

(ε) Γράψτε την έκφραση του Z συναρτήσει των συχνοτήτων συντονισμού και σχεδιάστε ποιοτικά τη γραφική παράσταση συναρτήσει της συχνότητας. Ποια συμπεράσματα προκύπτουν από τη γραφική παράσταση;



$$Z = \frac{1}{j\omega C_p - \omega^2 LC_p C_s + C_s}$$



- Παρατηρούμε ότι η συμπεριφορά του κρυστάλλου είναι επαγωγική για $\omega_{0s} < \omega < \omega_{0p}$ που είναι μια στενή περιοχή καλά καθορισμένη και εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.
- Έτσι, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον κρύσταλλο για να αντικαταστήσουμε ένα πηνίο π.χ. σε έναν ταλαντωτή Colpitts.
- Στη ρεαλιστική περίπτωση όπου $r_e \neq 0$, η εμπέδηση του κυκλώματος είναι μιγαδική.