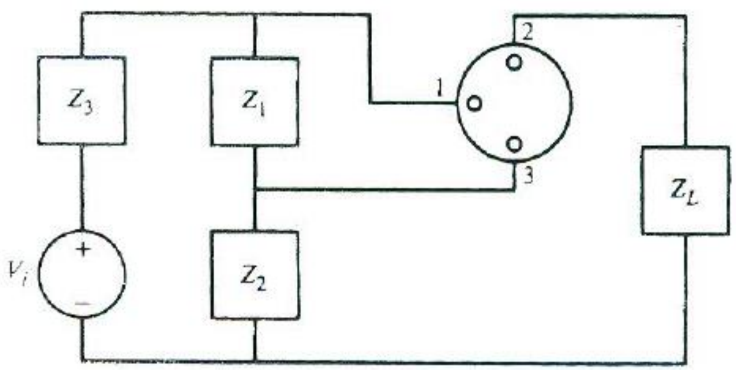
Θεώρηση 3-point oscillators

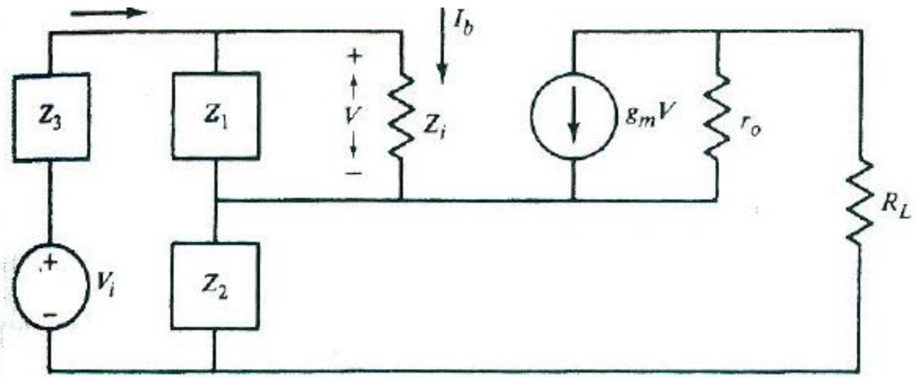
3-point oscillators

Θεωρούμε έναν ταλαντωτή με transistor που έχει την παρακάτω συνδεσμολογία.



Οι εξωτερικές εμπεδήσεις Z_1, Z_2, Z_3 αποτελούν στοιχεία ανάδρασης μεταξύ των ακροδεκτών του transistor.

3-point oscillators



Γιά νά απλοποιήσουμε τούς υπολογισμούς υποθέτουμε ότι ή αντίσταση εξόδου τού transistor είναι αρκούντως μεγάλη

3-point oscillators

$$V_i = I_i(Z_2 + Z_3) + V + g_m V Z_2$$

$$V = \frac{I_i Z_1 Z_i}{Z_1 + Z_i}$$

όπου Z_i είναι η εμπέδηση εισόδου του transistor.
Οι εξισώσεις υπό μορφήν συστήματος είναι ως εξής:

$$V_i = I_i\,(Z_2 + Z_3) + V\,(1 + g_m Z_2)$$

$$0 = I_i Z_1 - V\left(1 + \frac{Z_1}{Z_i}\right)$$

3-point oscillators

Αν $V_i = 0$, τα I_i και I_b πρέπει να είναι μη μηδενικά για να έχουμε ταλάντωση.
Άρα θα πρέπει η διακρίνουσα Δ να είναι ίση με μηδέν:

$$\Delta = \begin{vmatrix} (Z_2+Z_3) & (1+g_m Z_2) \\ Z_1 & -\left(1+\frac{Z_1}{Z_i}\right) \end{vmatrix} = 0$$

που μας δίνει:

$$(Z_1+Z_2+Z_3)Z_i + Z_1 Z_2 \beta + Z_1(Z_2+Z_3) = 0$$

3-point oscillators

Θα εξετάσουμε την περίπτωση όπου η Z_i είναι πραγματική

Για διπολικό transistor $Z_i = r_\pi$

Υποθέτουμε επίσης ότι οι Z_1, Z_2, Z_3 είναι όλες φανταστικές (δεν έχουν πραγματικό μέρος).

Υπό αυτές τις προϋποθέσεις η παραπάνω εξίσωση γίνεται:

$$r_\pi (Z_1 + Z_2 + Z_3) = 0$$

$$Z_1 \left[(1+\beta) Z_2 + Z_3 \right] = 0$$

3-point oscillators

Εφ' όσον το β είναι πραγματικό και θετικό η πρώτη εξίσωση λέει ότι οι Z_2 και Z_3 έχουν αντίθετα πρόσημα.
Επίσης:

$$(1+\beta)Z_2 = -Z_3$$

και η πρώτη εξίσωση γίνεται:

$$Z_1 + Z_2 - (1+\beta)Z_2 = 0 \Longrightarrow Z_1 = \beta Z_2$$

Έτσι Z_1 και Z_2 θα είναι αντιδράσεις του ίδιου τύπου.
Αν για παράδειγμα Z_1 και Z_2 είναι πυκνωτές, η Z_3 είναι επαγωγός.
Από δω προκύπτουν δύο γνωστές κατηγορίες ταλαντωτών:
Ο ταλαντωτής Colpitts όταν Z_1 και Z_2 είναι πυκνωτές και η Z_3 επαγωγός
Ο ταλαντωτής Hartley όταν Z_1 και Z_2 είναι επαγωγοί και η Z_3 πυκνωτής.

Ταλαντωτής Colpitts

Στο παρακάτω κύκλωμα οι πυκνωτές C_B και C_E είναι πυκνωτές ζεύξης και παρακάμψης και έχουν πολύ μεγάλες τιμές.

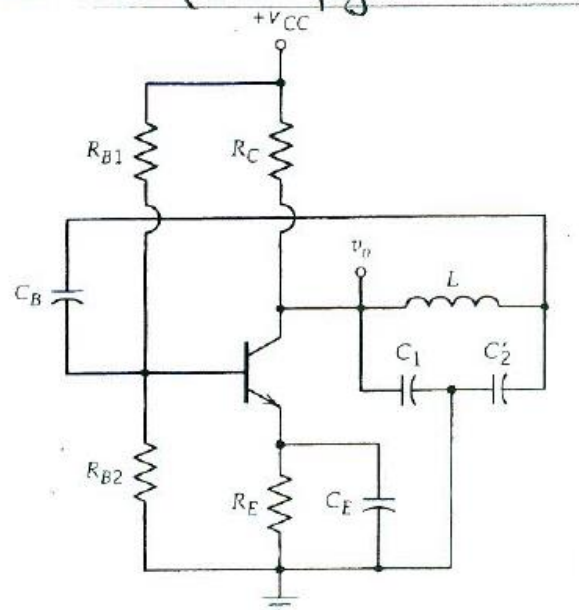
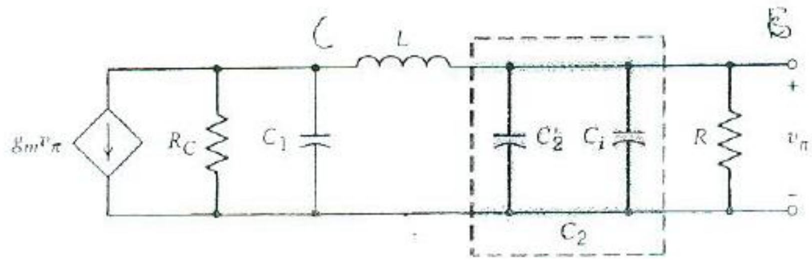


Figure 12.3-2
BJT-based Colpitts oscillator.



1

Ταλαντωτής Colpitts

Επίσης έχουμε $C_i = C_\pi + \left[1 + g_m(R \| R_C)\right] C_\mu$

$R = (r_b + r_\pi) \| R_B$ $\quad R_B = R_{B_1} \| R_{B2}$ και $C_2 = C_2' + C_i$

Τέλος υποθέτουμε ότι η αντίσταση εξόδου r_o του BJT έχει πολύ μεγάλη τιμή.

Το κέρδος του βρόχου $A(j\omega) \cdot F(j\omega)$ είναι:

$$A(j\omega) \cdot F(j\omega) = g_m \left\{ R_C \| -jX_{C_1} \| \left[jX_L + (-jX_{C_2} \| R) \right] \right\} \frac{-jX_{C_2} \| R}{(-jX_{C_2} \| R) + jX_L}$$

$$= \frac{g_m (R \| R_C)}{j\omega (R \| R_C) C_1 + \left[1 + j\omega (R \| R_C) C_2\right](1 - \omega^2 L C_1)}$$

Ταλαντωτής Colpitts

Για να έχουμε πραγματικό κέρδος (μετατόπιση φάσης 180°):

$$\omega_0^2 = \frac{C_1 + C_2}{L C_1 C_2} \quad , \quad 1 = \frac{-g_m (R_C \| R)}{1 - \omega_0^2 L C_1}$$

Αντικαθιστώντας στη δεύτερη εξίσωση την τιμή του ω_0^2 από την πρώτη έχουμε τη συνθήκη ταλάντωσης:

$$1 + g_m (R_C \| R) > 1 + \frac{C_1}{C_2}$$

Αν $R_B >> r_b + r_\pi$, τότε $R \simeq r_b + r_\pi$ και εφ' όσον το r_b είναι μικρό συγκρινόμενο με το r_π τότε $R \simeq r_\pi = \beta / g_m$

Έτσι η παραπάνω εξίσωση γίνεται:

$$\frac{\beta R_C}{R_C + r_\pi} > \frac{C_1}{C_2}$$

και η συχνότητα ταλάντωσης είναι:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L C_1 C_2}}$$