

# ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ II

## Αναφορά 6ης Εργαστηριακής Άσκησης «ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΟΥΣ ΣΗΜΑΤΟΣ»



LAB31138249



Μπεχτσούδης Χρήστος 2016030005



Γάκης Κωσταντίνος 2011030066



Γαλάνης Μιχάλης 2016030036


# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

*Οι παρακάτω σύνδεσμοι είναι διαδραστικοί.*

*Πατήστε σε κάποιο από αυτούς για τη μετάβαση στο κατάλληλο τμήμα της αναφοράς.*

	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
---	-----------------------	----------

	<b>(6.1) ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ ΦΑΣΗΣ .....</b>	<b>1</b>
---	---	----------

	Θεωρητική Ανάλυση .....	2
---	-------------------------	---


	Πειραματική Διαδικασία .....	5
---	------------------------------	---

	Προσομοίωση .....	5
--	-------------------	---


	Διαγράμματα .....	6
---	-------------------	---

	<b>(6.2) ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ WIEN .....</b>	<b>7</b>
---	--	----------

	Θεωρητική Ανάλυση .....	7
---	-------------------------	---

	Πειραματική Διαδικασία .....	9
---	------------------------------	---

	Προσομοίωση .....	9
---	-------------------	---

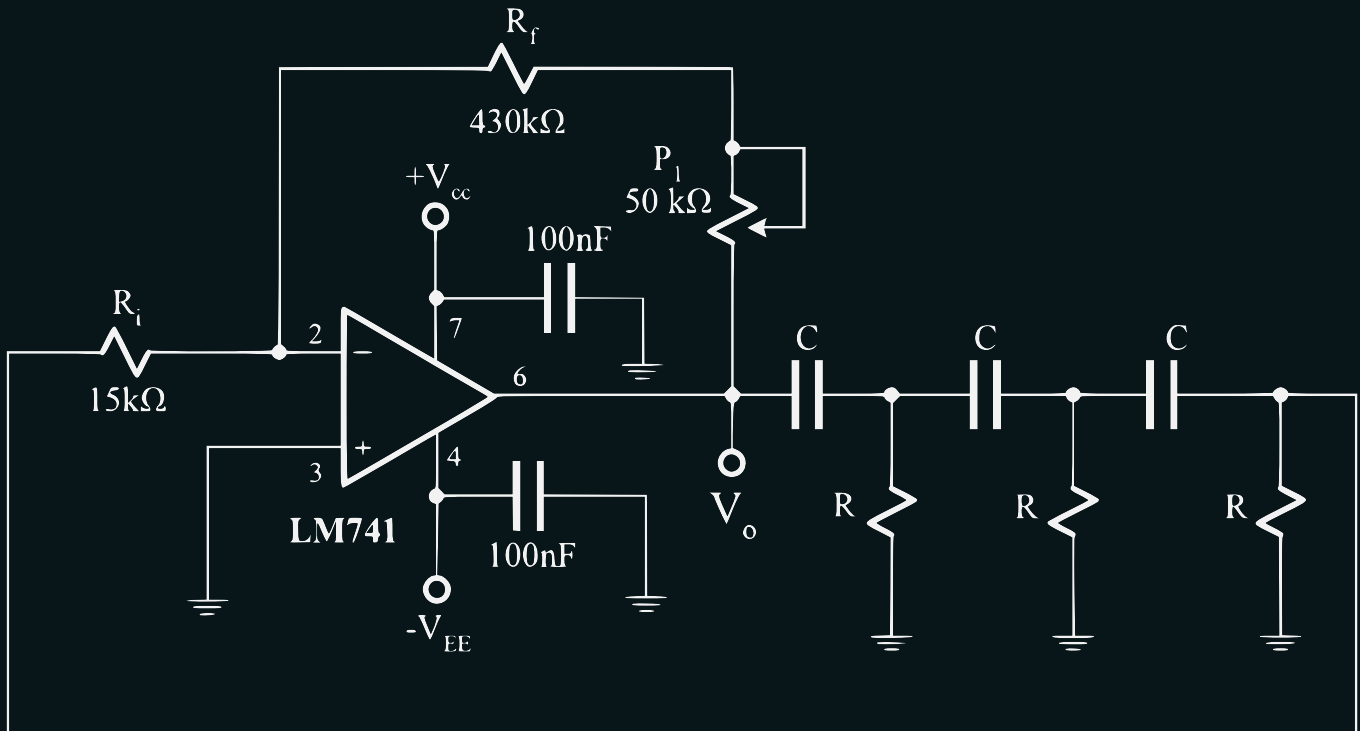
	Διαγράμματα .....	10
---	-------------------	----

Σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση ασχοληθήκαμε με ταλαντωτές ημιτονοειδούς σήματος. Πιο συγκεκριμένα θα μελετήσουμε δύο ειδών αυτών:

- Ταλαντωτής μετατόπισης φάσης (6.1)
- Ταλαντωτής γέφυρας Wien (6.2)

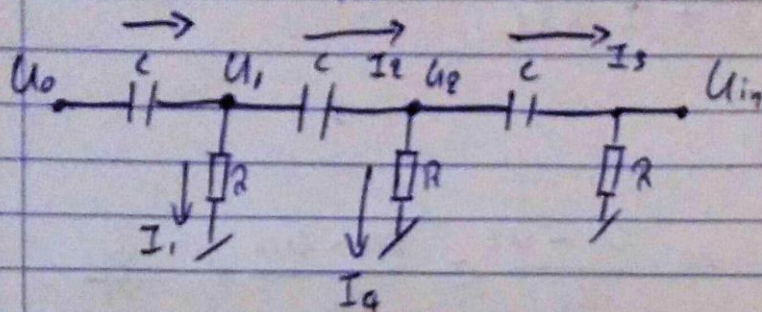
## (6.1) ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ ΦΑΣΗΣ

Παρακάτω παρουσιάζεται το κύκλωμα του ταλαντωτή μετατόπισης φάσης με  $R_f = 430k\Omega$ ,  $R_i = 15k\Omega$ ,  $C = 1\mu F$  και  $R = 150k\Omega$  και τάσεις τροφοδοσίας  $+V_{CC} = +15V$  και  $-V_{CC} = -15V$ .



$$I(s) = A(s) - B(s)$$

$$A(s) = - \left( \frac{R_o + P_i}{R_i} \right), \quad B(s) = \frac{U_{in}}{U_o}$$



$$I = I_1 + I_2 \quad (1)$$

$$I_2 = I_3 + I_4 \quad (2)$$

$$I = (U_0 - U_1) / Z_c \quad (3)$$

$$I_1 = U_1 / R \quad (4)$$

$$I_2 = (U_1 - U_2) / Z_c \quad (5)$$

$$I_4 = U_2 / R \quad (6)$$

$$I_3 = (U_2 - U_{in}) / Z_c \quad (7)$$

$$I_3 = U_{in} / R \quad (8)$$

$$\text{Από } (7), (8) \quad \frac{U_2 - U_{in}}{Z_c} = \frac{U_{in}}{R} \Rightarrow R \cdot s \cdot C (U_2 - U_{in}) = U_{in} \Rightarrow$$

$$U_2 = \frac{U_{in} \cdot (R s C + 1)}{R s C} \quad (9)$$

$$\text{Από } (1), (3), (2), (4) \Rightarrow I = I_1 + I_2 \Rightarrow \frac{U_0 - U_1}{Z_c} = \frac{U_1}{R} + \frac{U_1 - U_2}{Z_c}$$

$$\Rightarrow (U_0 - U_1) s C = \frac{U_1}{R} + (U_1 - U_2) s C \Rightarrow$$

$$U_1 = \frac{(U_0 + U_2) R s C}{1 + 2 R s C} \quad (10)$$



Ans (9), (10)

$$U_1 = \frac{R_{SC} \cdot U_0 + U_{in}(R_{SC} + 1)}{1 + 2R_{SC}} \quad (11)$$

Ans (1), (6), (7)

$$I_2 = I_3 + I_4 \Rightarrow \frac{U_1 - U_2}{Z_C} = \frac{U_2 - U_{in}}{Z_C} + \frac{U_2}{R} \Rightarrow$$

$$SC(U_1 - U_2) = SC(U_2 - U_{in}) + \frac{U_2}{R} \Rightarrow$$

$$R_{SC} \cdot U_1 + R_{SC} U_{in} = U_2 (1 + 2R_{SC}) \quad (9), (11) \Rightarrow$$

$$R_{SC} \cdot \left( \frac{R_{SC} U_0 + U_{in}(R_{SC} + 1)}{1 + 2R_{SC}} \right) + R_{SC} U_{in} =$$

$$\frac{(R_{SC} + 1)}{R_{SC}} \cdot U_{in} (1 + 2R_{SC}) \quad \text{Given } R_{SC} = X$$

$$\Rightarrow X \cdot \left( \frac{U_0 \cdot X + U_{in}(X + 1)}{1 + 2X} \right) + X \cdot U_{in} = \frac{X + 1}{X} \cdot U_{in} (1 + 2X)$$

$$\Rightarrow \frac{U_{in}}{U_0} = \frac{1}{1 + \frac{5}{X} + \frac{5}{X^2} + \frac{1}{X^3}} = \frac{1}{1 + \frac{5}{R_{SC}} + \frac{5}{(R_{SC})^2} + \frac{1}{(R_{SC})^3}}$$



Από Barkhausen

$$|L(s)| = 1$$

$$\text{άρα } \frac{(R_v + P_i)}{R_i} \cdot \frac{1}{2g} = 1 \quad (\Rightarrow)$$

$$\frac{(R_v + P_i)}{R_i} = 2g \quad (\Rightarrow) \quad 2g R_i = R_v + P_i$$

$$\text{Άρα } G(s) = \frac{1}{1 + \frac{6}{Rsc} + \frac{5}{R^2 s^2 c^2} + \frac{1}{R^3 s^3 c^3}}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{6}{j\omega R c} + \frac{5}{j^2 \omega^2 R^2 c^2} + \frac{1}{j^3 \omega^3 R^3 c^3}}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{6}{j\omega R c} - \frac{5}{\omega^2 R^2 c^2} - \frac{1}{j\omega^3 R^3 c^3}} = \frac{1}{1 - \frac{5}{(\omega R c)^2} + j\left(\frac{1}{(\omega R c)^3} - \frac{6}{\omega R c}\right)}$$

Από Barkhausen  $\angle L(s) = 0 \Rightarrow L(s) = A(s) \cdot G(s) =$

$$= \frac{(R_v + P_i)}{R_i} \cdot G(s) \quad (\text{το } A(s) \text{ πραγματικός αριθμός άρα η φάση είναι } 0 \text{ και μόνο από το } G)$$

$$\text{Άρα } \frac{1}{(\omega R c)^3} - \frac{6}{\omega R c} = 0 \quad (\Rightarrow) \quad \omega = \frac{1}{R c \sqrt{6}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot R c \sqrt{6}}$$

$$\text{Άρα } B = \frac{1}{1 - \frac{5}{\frac{1}{R^2 c^2 6}}} = -\frac{1}{2g}$$

$$L(s) = -\frac{1}{2g} \cdot \left(-\frac{R_v + P_i}{R_i}\right) = \frac{(R_v + P_i)}{2g R_i}$$



## Πειραματική Διαδικασία

Αρχικά, ρυθμίστηκε το ποτενσιόμετρο  $P_1$  έτσι ώστε η τάση εξόδου  $V_o$  να είναι καθαρή ημιτονοειδής κυματομορφή (χωρίς παραμόρφωση).

Με το κανάλι παλμογράφου στη σύζευξη AC, η τάση εξόδου  $V_o$  είχε ως peak to peak τιμή:

$$V_o = 3.6 \text{ div} \cdot 5 \text{ V/div} = 18 \text{ V}$$

Η συχνότητα του σήματος εξόδου του ταλαντωτή βρέθηκε ίση με:

$$f_{V_o} = \frac{1}{T_{V_o}} = \frac{1}{4.8 \cdot 500 \mu\text{s/div}} = \frac{1}{2.4 \text{ ms}} = 416.7 \text{ Hz}$$

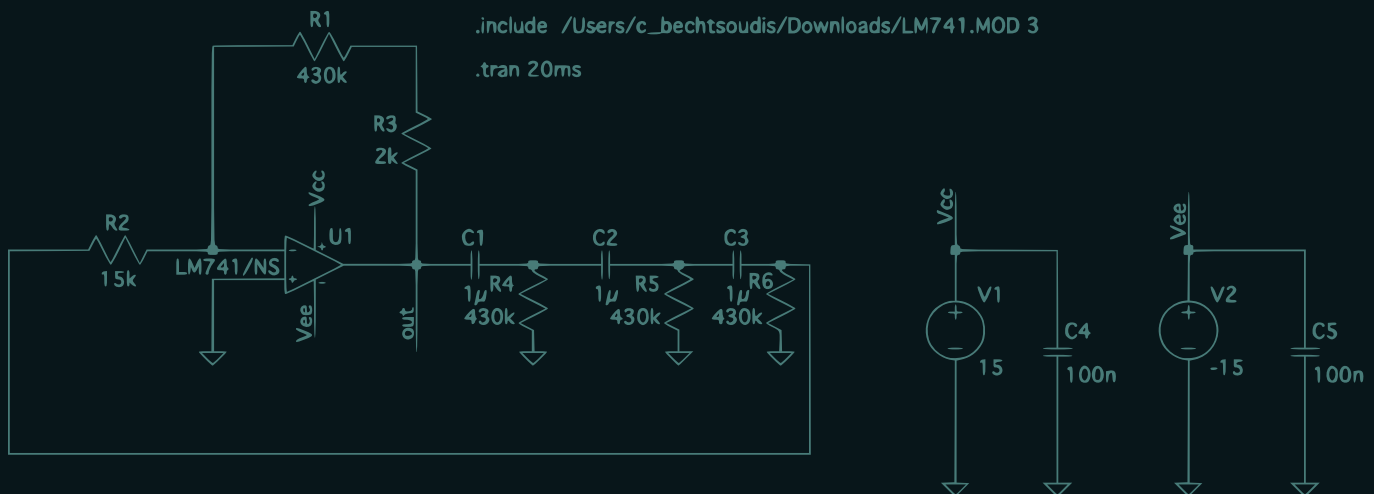
Ύστερα αυξήσαμε την τιμή της αντίστασης του ποτενσιόμετρου και παρατηρήσαμε ότι το σήμα αρχίζει να παρουσιάζει ψαλιδισμό.

Απ'την άλλη, μειώνοντας την τιμή της αντίστασης του ποτενσιόμετρου παρατηρήσαμε ότι το σήμα μηδενίστηκε (μια ευθεία γραμμή).



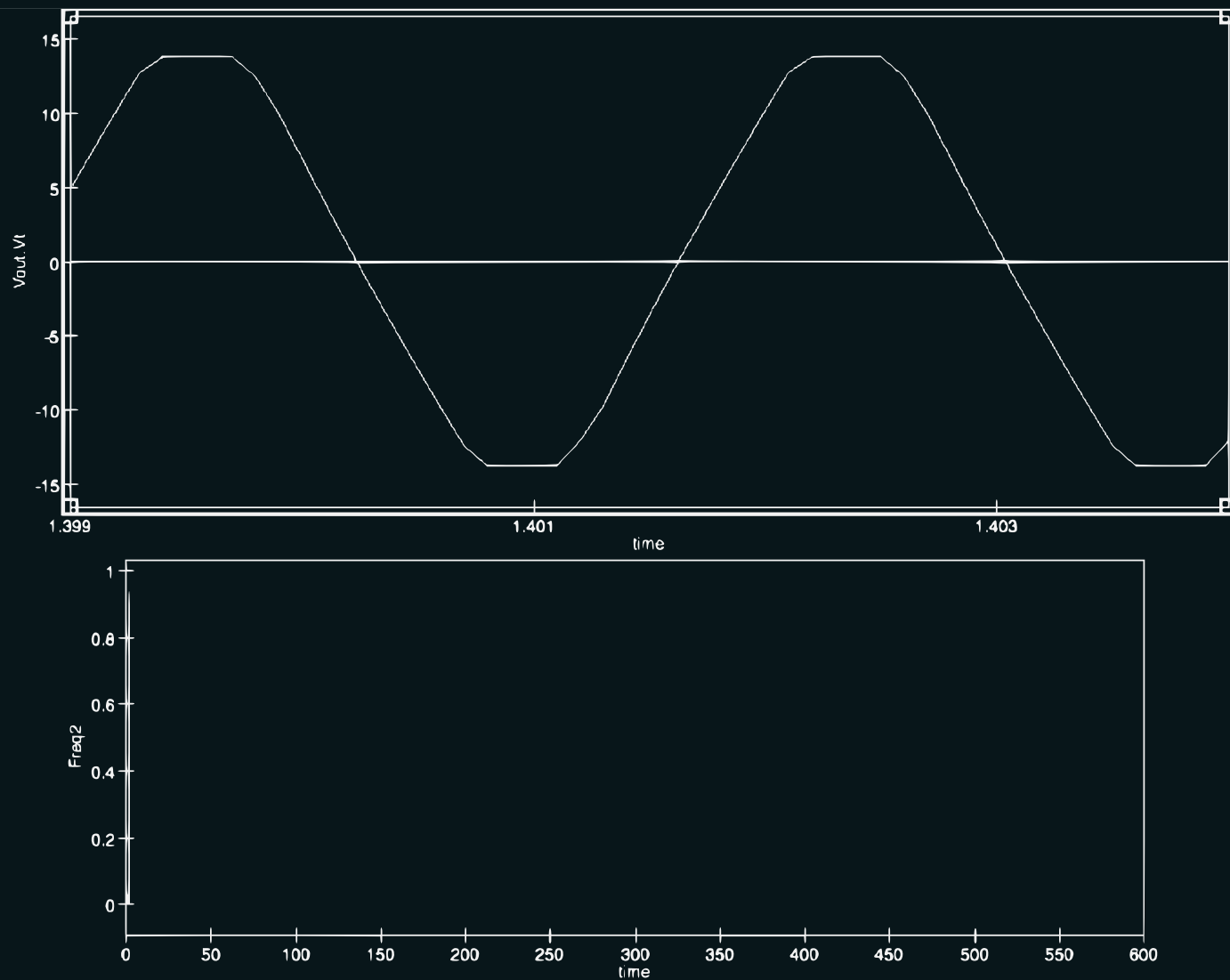
## Προσομοίωση

Συναρμολογήσαμε στο κύκλωμα το κύκλωμα του ταλαντωτή στο LT Spice και παράχθηκε το παρακάτω αποτέλεσμα:



## Διαγράμματα

Τα διαγράμματα της προσωμοίωσης παρουσιάζονται παρακάτω:

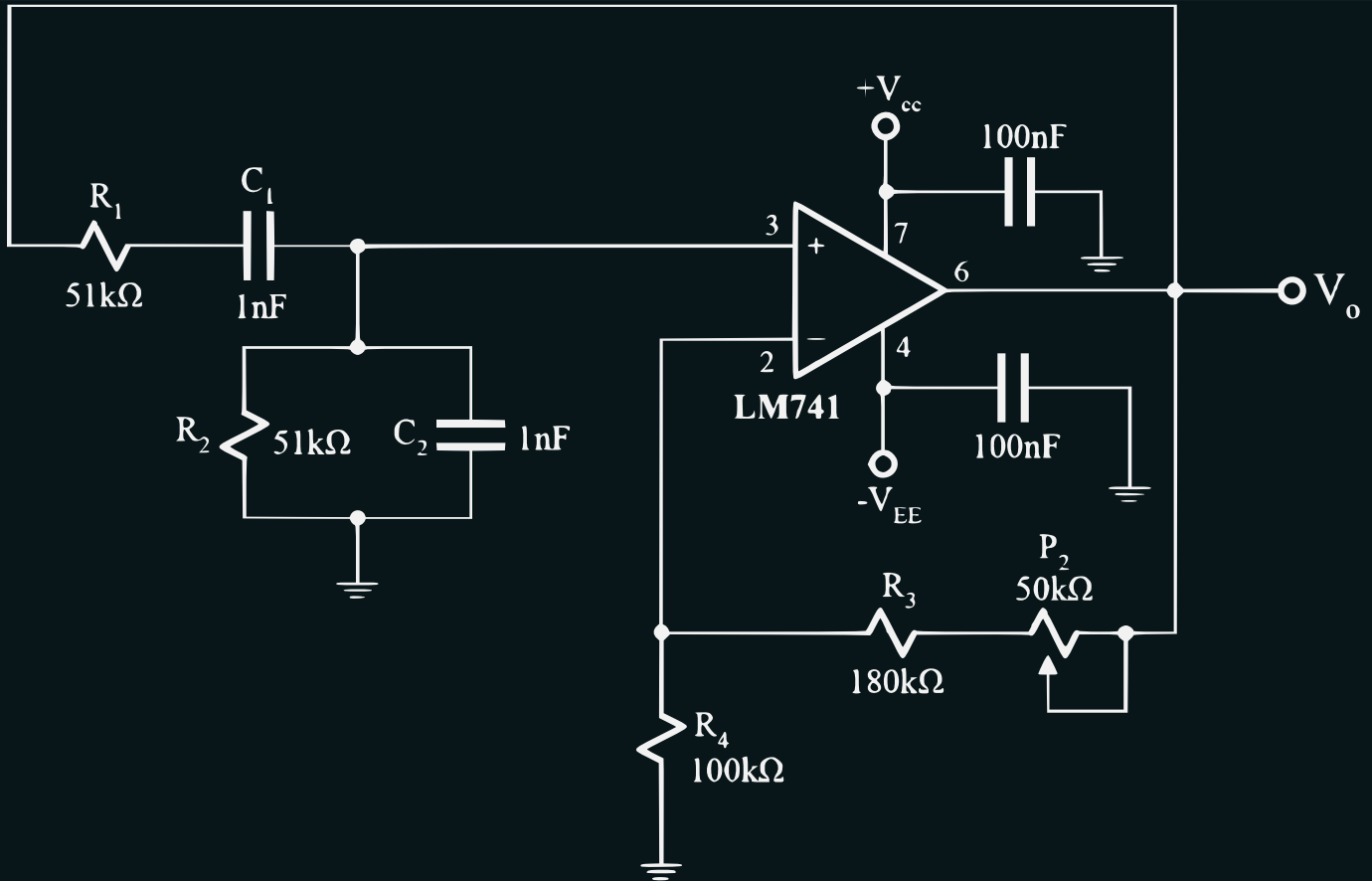






## (6.2) ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ WIEN

Στο δεύτερο μέρος της άσκησης θα ασχοληθούμε με τον ταλαντωτή γέφυρας Wien, του οποίου το κύκλωμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



### Θεωρητική Ανάλυση

Το κέρδος κλειστού βρόγχου είναι ίσο με:

$$A = 1 + \frac{R_3 + R_{P_2}}{R_4}$$

Εφαρμόζοντας διαιρέτη τάσης στον μη αναστρέφοντα ακροδέκτη του ενισχυτή προκύπτει ότι:

$$V_+(s) = \frac{Z_p}{Z_p + Z_S} V_{out}(s) \Leftrightarrow$$

$$\frac{V_+(s)}{V_{out}(s)} = \frac{Z_p}{Z_p + Z_S}$$

Επομένως για τον κέρδο βρόγχου ισχύει:

$$L(s) = A(s)\beta(s) \Rightarrow L(s) = \left[1 + \frac{R_3 + R_{P_2}}{R_4}\right] \frac{Z_p}{Z_p + Z_S}$$

Για τις ισοδύναμες αντιστάσεις  $Z_p, Z_S$  ισχύουν (με  $C_1 = C_2 = C$ ):

$$Z_p = \frac{R_2 \frac{1}{sC}}{R_2 + \frac{1}{sC}} \Rightarrow Z_p = \frac{R_2}{1 + sCR_2}$$

$$Z_S = R_2 + \frac{1}{sC}$$

Σύμφωνα με τις παραπάνω σχέσεις έχουμε:

$$L(s) = \left[1 + \frac{R_3 + R_{P_2}}{R_4}\right] \frac{Z_p}{Z_p + Z_S} \Rightarrow$$

$$L(s) = \left[1 + \frac{R_3 + R_{P_2}}{R_4}\right] \frac{\frac{R_2}{1 + sCR_2}}{\frac{R_2}{1 + sCR_2} + R_2 + \frac{1}{sC}} \Rightarrow$$

$\therefore$

$$L(s) = \left[1 + \frac{R_3 + R_{P_2}}{R_4}\right] \frac{1}{3 + sCR_2 + \frac{1}{sCR_2}}$$

Αν αντικαταστήσουμε το  $s$  με  $j\omega$  τότε τελικά έχουμε:

$$L(j\omega) = \frac{1 + \frac{R_3 + R_{P_2}}{R_4}}{3 + j(\omega CR_2 - \frac{1}{\omega CR_2})}$$

Εφαρμόζουμε το κριτήριο **Barkhausen** για να βρούμε τις συνθήκες ταλάντωσης. Πρέπει να ισχύουν:

1.  $|L(j\omega)| = 1$
2.  $\angle L(j\omega) = 0$

Άρα:

$$\omega_{osc} = \frac{1}{CR_2} = 19.608 \text{ rad/s}$$

Οπότε η συχνότητα των ταλαντώσεων είναι:

$$f_{osc} = \frac{\omega_{osc}}{2\pi} = 3.12kHz$$



## Πειραματική Διαδικασία

Για άλλη μια φορά, όταν έχουμε καθαρή ημιτονοειδή μορφή σήματος στη τάση εξόδου, τότε (p-p):

$$V_o = 5.5div \cdot 5^v/div = 27.5V$$

Ενώ η συχνότητα των ταλαντώσεων βρέθηκε ίση με:

$$f_{V_o} = \frac{1}{T_{V_o}} = \frac{1}{3.3 \cdot 100\mu s/div} = \frac{1}{0.33ms} = 3.03kHz$$

Όταν αυξήσαμε την τιμή της αντίστασης του ποτενσιόμετρου, παρατηρήσαμε ότι το σήμα αρχίζει να παρουσιάζει ψαλιδισμό, ενώ μειώνοντας την τιμή της αντίστασης του, το σήμα μηδενίστηκε (μια ευθεία γραμμή).



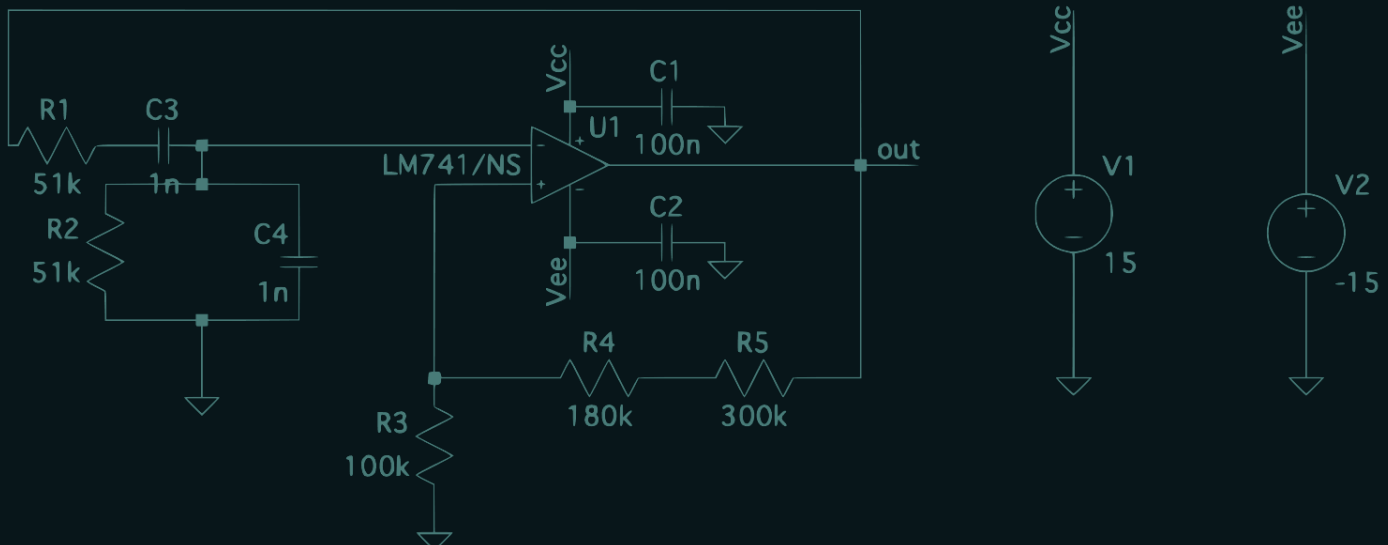
## Σύγκριση

Παρατηρούμε ότι τα πειραματικά αποτελέσματα δεν αποκλείουν από τα θεωρητικά.



## Προσομοίωση

Ο ταλαντωτής γέφυρας Wien στο SPICE φαίνεται παρακάτω:





## Διαγράμματα

Τα διαγράμματα της προσωμοίωσης παραθέτονται παρακάτω:

