

# ΕΡΓΑΣΙΑ SPICE 2023

Τμήμα 4 Ομάδα 3

Ονόματα και Α.Ε.Μ. φοιτητών:

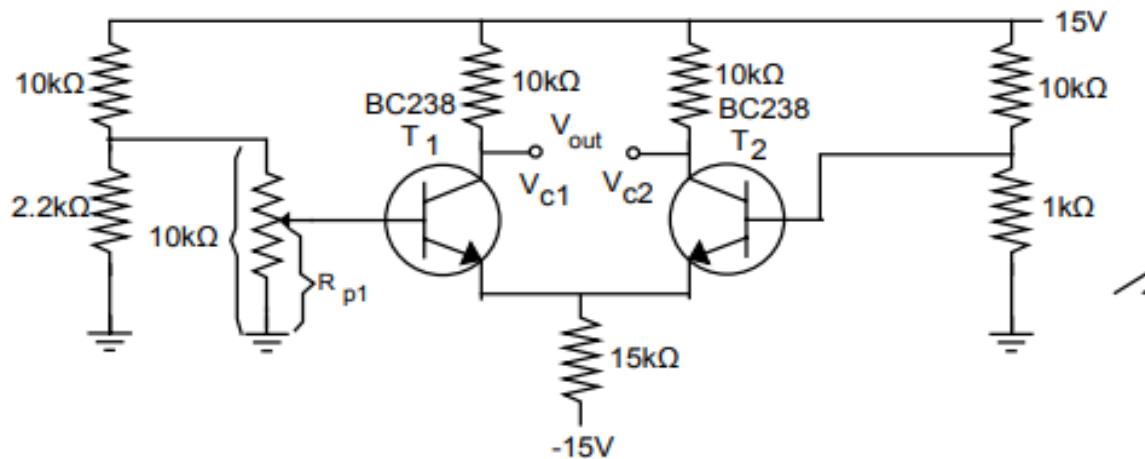
Γαλαζούλας Αλέξανδρος 10629

Ζηκοπούλου Ευγενία 10651

Καραμπεΐδης Ιωάννης 10878

## Εργαστηριακή Άσκηση 1

### Θεωρητική Ανάλυση



• Τια  $V_{in1}=0 \rightarrow T_1$  οποιοκοντανά

όπως  $V_{C1}=15V$

$$V_A = V_{CC} \cdot \frac{1}{1+10} = 15 \cdot \frac{1}{11} = 1,363V$$

Θεωρώ  $V_{BE} = 0,5V$

Πειραματικά:  $B=92$ .

$$I_{C2} = B I_{B2} = B \cdot \frac{V_A - V_{BE} - V_{EE}}{(B+1) \cdot R_S} = 92 \cdot \frac{1,363 - 0,5 + 15}{93 \cdot 15} = 1,046mA.$$

$$I_{E2} = \frac{B+1}{B} I_{C2} = \frac{93}{92} \cdot 1,046 = 1,057mA.$$

$$V_{CC} = V_{C2} + I_{C2} \cdot R_{C2} \Rightarrow V_{C2} = V_{CC} - I_{C2} \cdot R_{C2} \Rightarrow \\ \Rightarrow V_{C2} = 15 - 1,046 \cdot 10 = 4,54V.$$

$$V_{out} = V_{C1} - V_{C2} = 15 - 4,54 = 10,46V.$$

$$V_E = V_{EE} + I_{E2} R_S = -15 + 1,057 \cdot 15 = 0,855V.$$

Δηλαδή, με ελάχιστη  $V_{in1}$  θεωρείται  $Q_1$  να πρέπει από την αριθμητική έιναι:  $V_{BE} + V_E = 0,5 + 0,855 = 1,355V$ .

Ενοφένωση, για  $V_{in1}$  χαμό  $0$  είναι  $1,355V$  λεπτού  $V_{out} = 10,46V$ .

• Στα  $V_{in1} = V_A = 1,363V$ : Εξω  $I_{C1} = I_{C2}$

Αυτό συμβαίνει όταν:  $V_C = \frac{2,2}{2,2+10} \cdot 15 = 2,7V$ . Τότε:

$$I_{B1} = I_{B2} = \frac{V_{in1} - V_{BE} - V_{EE}}{2(B+1) \cdot R_S} = \frac{1,363 - 0,5 + 15}{2 \cdot 93 \cdot 15} = 5,68\mu A.$$

$$I_{C1} = I_{C2} = B I_B = 92 \cdot 5,68 = 0,522mA.$$

$$V_G = V_{C2} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 15 - 0,522 \cdot 10 = 9,78V.$$

$$\text{Εποκέντευση: } V_{\text{out}} = V_{C_1} - V_{C_2} = 0.$$

- Οι αριθμοί, λοιπόν, που ταύτισαν περιφέρειας είναι  $1,355 \text{ V}$  και  $1,363 \text{ V}$ , που ταύτισαν  $V_{C_1}$  μεταβάλλοντας από  $15 \text{ V}$  σε  $9,78 \text{ V}$ .

Για τη μεταβολή αυτή και τα δύο προστατευτικά βρίσκονται σεντερέροι προστατευτοί και λογικά:

$$V_{C_1} = \frac{\beta \cdot R_{C_1}}{2(R_{B_1} + R_B)} (V_{in2} - V_{in1}) = \frac{92 \cdot 10 \cdot 10^3}{2(9582,37 + 100,38)} (V_{in2} - V_{in1})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{B_1} \text{ δεν διέταξε όποια περιφέρεια} \\ R_B = r_n = \beta \left( \frac{V_T}{I_C} \right) = 92 \cdot \frac{26}{9582} = 4582,37 \Omega \end{array} \right.$$

Άρχισε:

$$\Delta V_{C_1} = -100,38 \Delta V_{in} \Rightarrow 9,78 - 15 = -100,38 \Delta V_{in} \Rightarrow \Delta V_{in} = \frac{5,22}{100,38}$$

$$\Rightarrow \Delta V_{in} = 0,052 \text{ V.}$$

$$\Delta \text{ηλεκτρόνιο} \text{ για } V_{in1} = 1,363 + 0,052 = 1,415 \text{ V.}$$

$$V_{C_1} = 9,78 - 5,22 = 4,56 \text{ V} \text{ (κατέρχεται κατώτερα 5,22 V.)}$$

$$V_{C_2} = 9,78 + 5,22 = 15 \text{ V} \text{ (κατέρχεται κατώτερα)}$$

$$\text{όπου } V_{\text{out}} = V_{C_1} - V_{C_2} = 4,56 - 15 = -10,44 \text{ V.}$$

Όσο που ταύτισαν  $V_{in1}$  αυτόν τον ΤΙ κάποια σημείωση στα πάντα στον κώδικα, Τότε:

$$\begin{aligned} V_{in1} &= V_{BE} + V_E = V_{BE} + \frac{R_S}{R_S + R_C} (V_{CC} - V_{EE}) + V_{EE} = \\ &= 0,5 + \frac{15}{15+10} (15+15) - 15 = 3,5 \text{ V.} \end{aligned}$$

Η τάση εισόδου δεν φτάνει τα  $3,5 \text{ V}$  αφού  $V_{in1, max} = 3,5 \text{ V}$ , δηλαδή το ΤΙ δεν απλεγείται ποτέ στον κώδικα. Δια ταύτη τηλείανταν τους σημειώσεις:

$$I_{C_1} = \beta \cdot \frac{V_{in} - V_{BE} - V_{EE}}{(B+1) \cdot R_S} = 92 \cdot \frac{2,7 - 0,5 + 15}{93 \cdot 15} = 1,134 \text{ mA.}$$

$$V_{C_1} = V_{CC} - I_{C_1} \cdot R_C = 15 - 1,134 \cdot 10 = 3,66 \text{ V.}$$

$$\text{όπου } V_{\text{out}} = V_{C_1} - V_{C_2} = 3,66 - 15 = -11,34 \text{ V.}$$

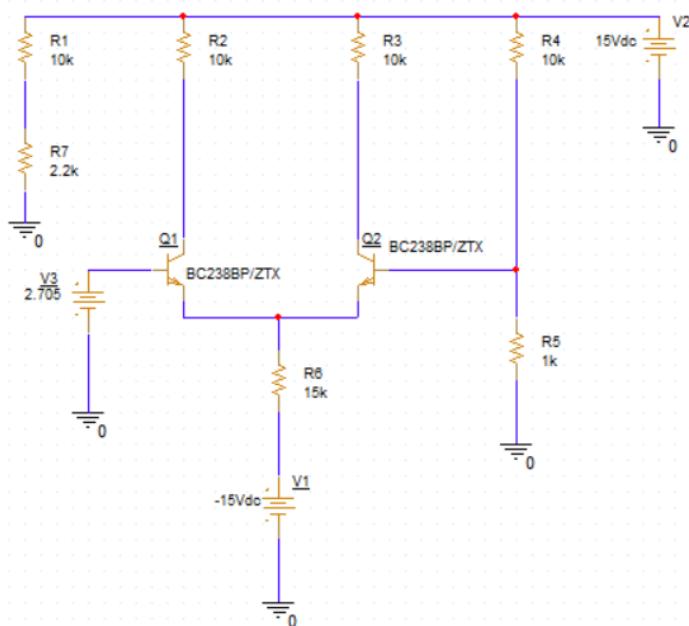
Τα αποτελέσματα αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

$V_{in}(V_{B_1})$	$V_{C_1}$	$V_{C_2}$	$V_{\text{out}}$
$0 - 1,355 \text{ V}$	$15 \text{ V}$	$4,54 \text{ V}$	$10,46 \text{ V}$
$1,363 \text{ V}$	$9,78 \text{ V}$	$9,78 \text{ V}$	$0 \text{ V}$
$1,415 \text{ V}$	$4,56 \text{ V}$	$15 \text{ V}$	$-10,44 \text{ V}$
$2,7 \text{ V}$	$3,66 \text{ V}$	$15 \text{ V}$	$-11,34 \text{ V}$

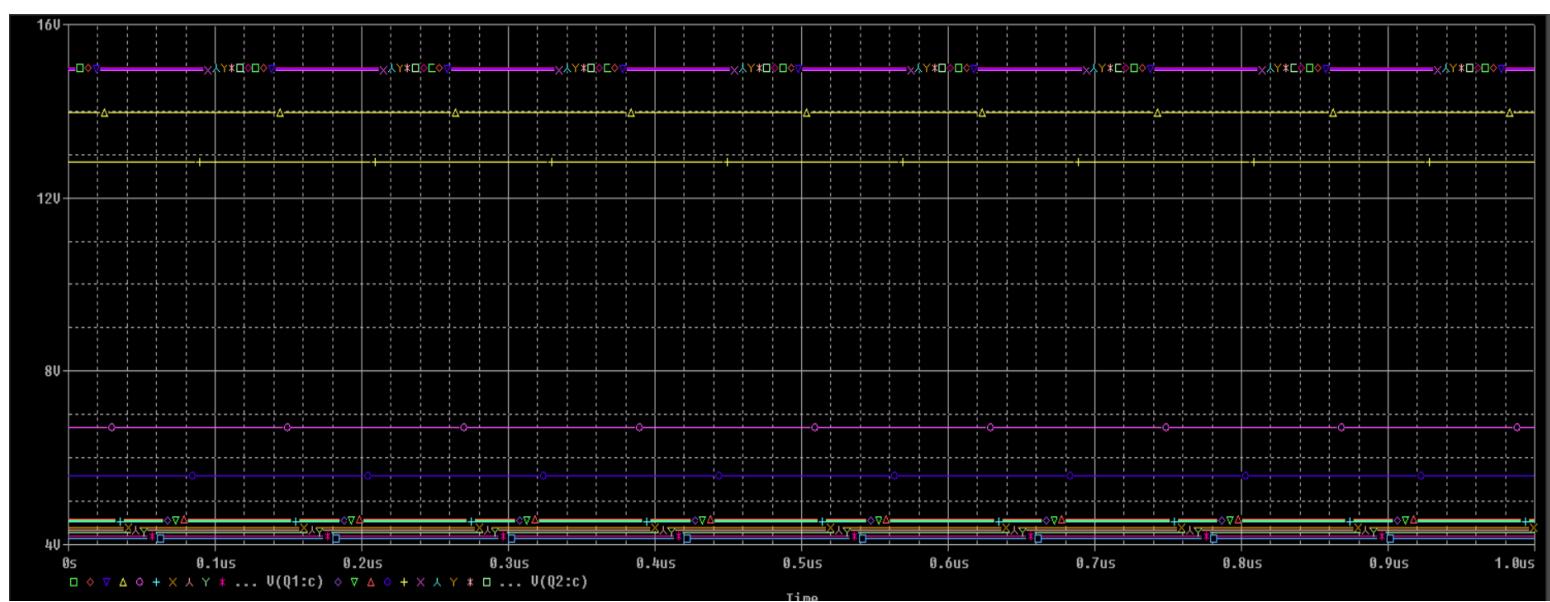
## Ανάλυση στον υπολογιστή

Βήμα 7

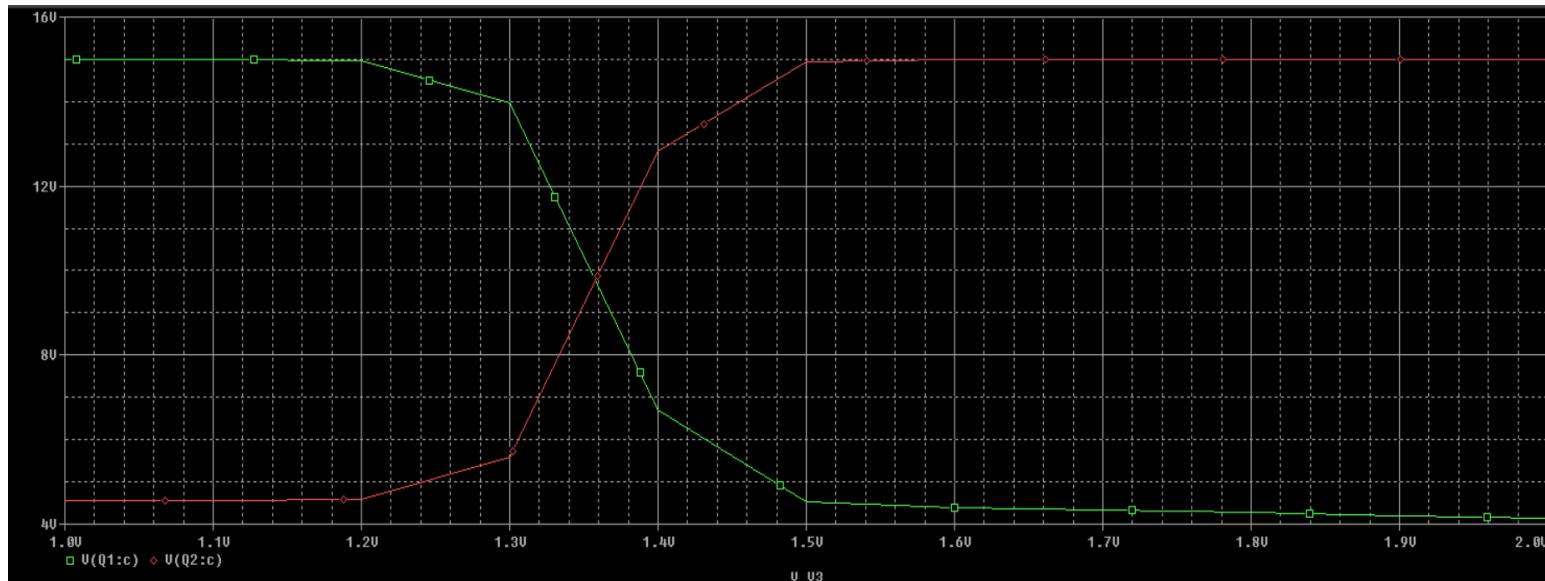
Σχήμα:



Χρονική Ανάλυση (Parametric Sweep V3:1V-2V, 100m Increment)



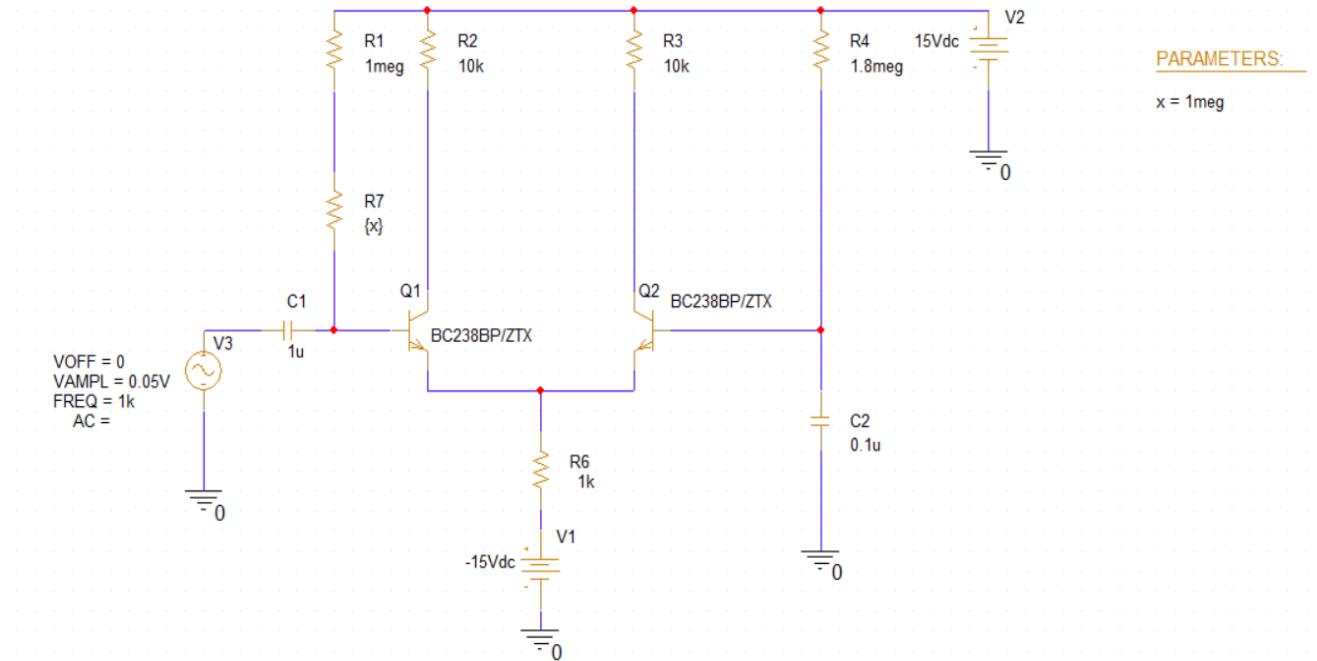
### DC Sweep (1V-2V, 100m Increment)



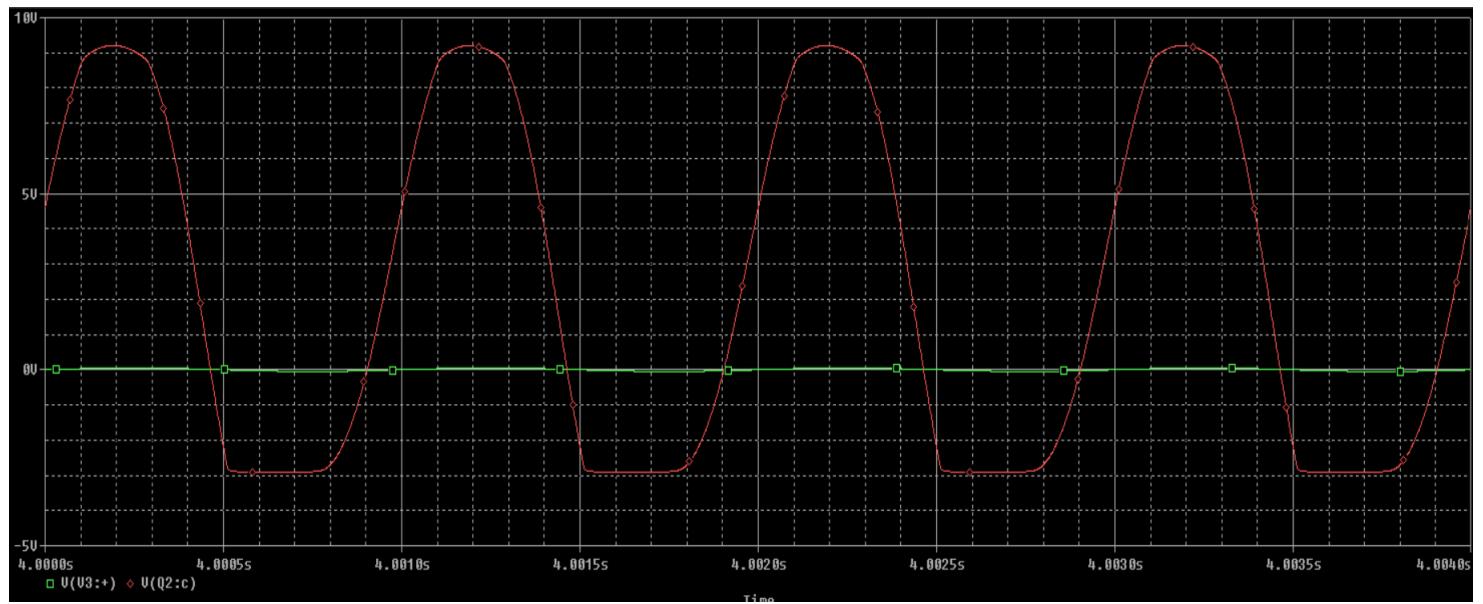
$V_{in}$ (Volt)	$V_{C1}$ (Volt)	$V_{C2}$ (Volt)
1	15	4,608
1,1	14,996	4,608
1,2	14,906	4,6977
1,3	13,401	6,2013
1,4	7,141	12,398
1,5	4,6895	14,923
1,6	4,4523	14,991
1,7	4,3778	15
1,8	4,3114	15
1,9	4,2453	15
2	4,1725	15

## Βήμα 8

Σχήμα:

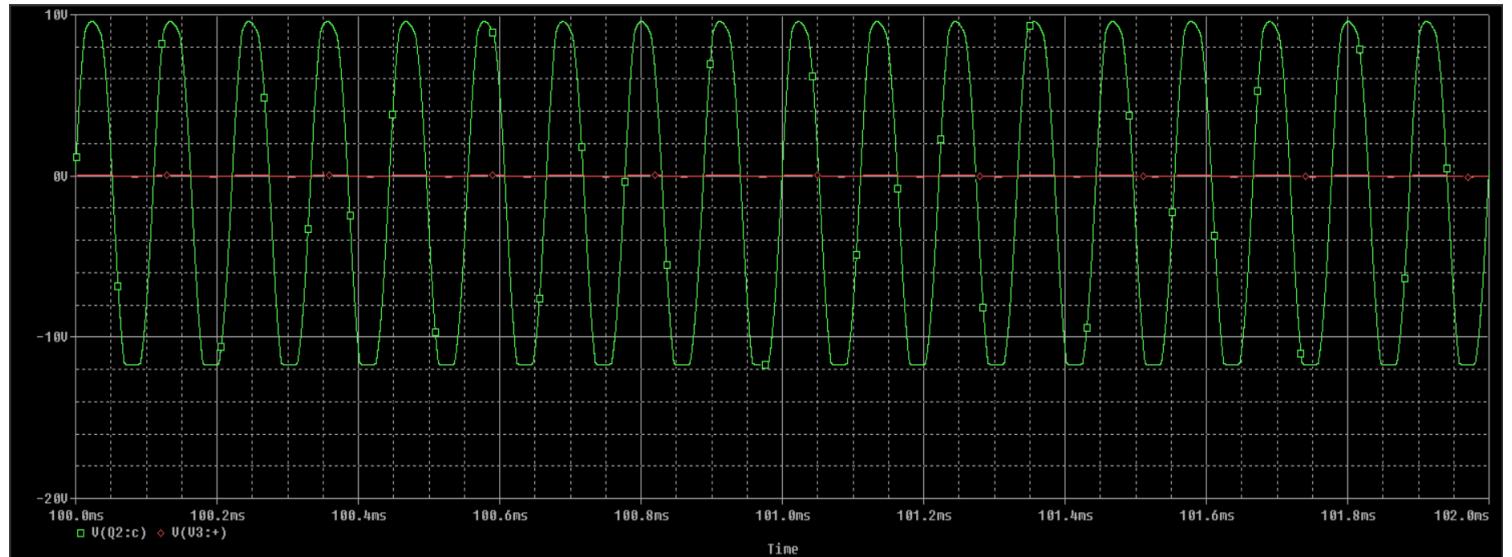


## Χρονική Ανάλυση

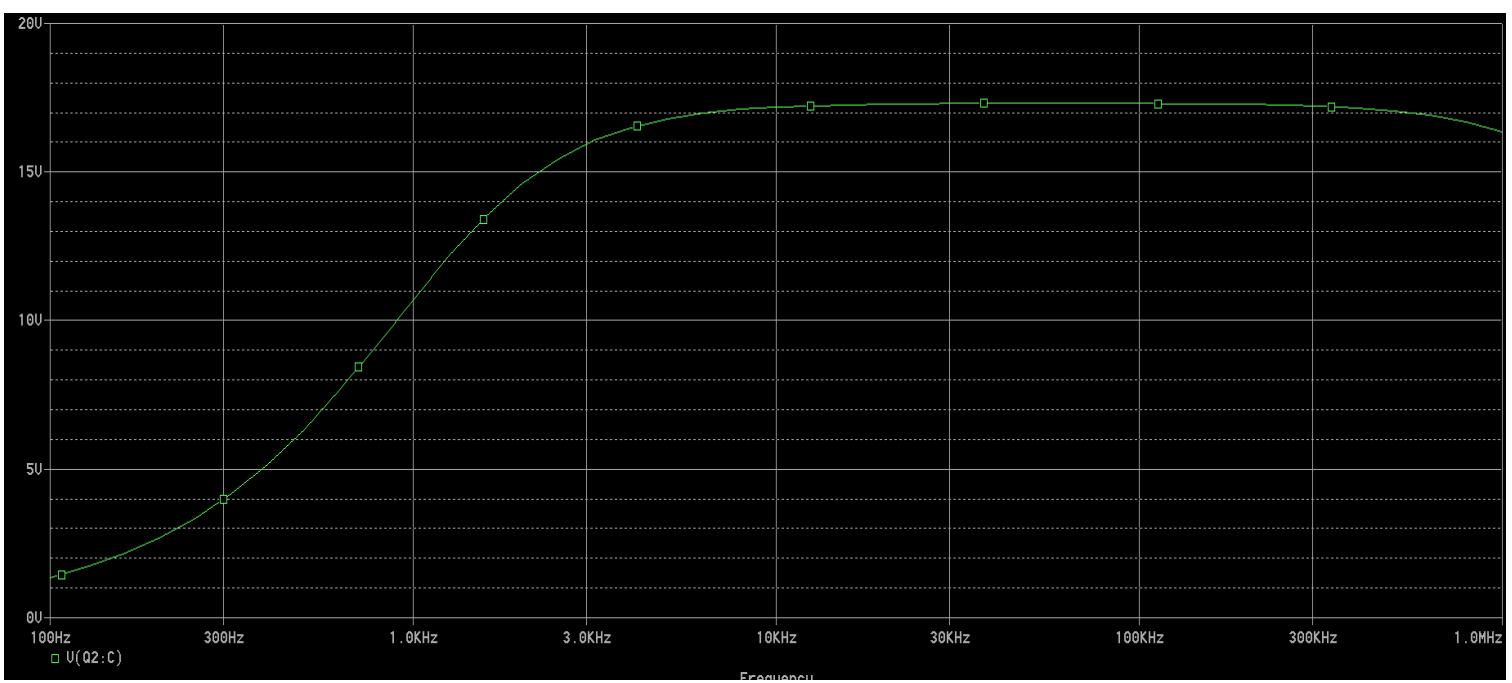


Για  $V_{in}=0.1mV$  p-p και  $f=1kHz$

**Παρατήρηση:** Το σήμα στην έξοδο φαίνεται να φτιάχνει αν μεταβάλουμε τη συχνότητα στα 9kHz και την τάση εισόδου στα 0,12mV p-p. Σε αυτή την περύπτωση πάρνουμε την παρακάτω γραφική με τη χρονική ανάλυση.



AC Sweep(100Hz-1MHz)



## Πειραματικά Αποτελέσματα

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 1: ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ

7

**ΑΣΚΗΣΗ 1: ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ**  
**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

ΕΠΩΝΥΜΟ : Γεώργιος  
ΟΝΟΜΑ : Αλεξανδρος  
ΑΕΜ : 10699

Ημερ/νία : 23/3/2023  
Ομάδα : 3.

**Βήμα 1:**  
 $\beta_1 = 80$        $\beta_2 = 94$       Μέσος όρος  $\beta = 92$   
 $V_{B1} = 7,70$  V       $V_{B2} = 7,70$  V  
 $V_{C1} = 7,75$  V       $V_{C2} = 7,76$  V

**Βήμα 2:**

$V_{in1}$ Volts	$V_{C1}$ Volts	$V_{C2}$ Volts
1	15,0	4,5
1.1	15	4,5
1.2	14,97	4,6
1.3	13,8	5,2
1.4	8,1	10,9
1.5	6,02	12,83
1.6	5,1	13,9
1.7	4,53	14,6
1.8	4,4	14,8
1.9	4,4	14,9
2	4,34	15...

**Βήμα 3:**  
 $R_{B1} = 0,57$  MΩ       $V_{C1} = 7,9$  V       $V_{C2} = 7,76$  V

**Βήμα 4:**  
 $f = 1kHz$ :  
 $V_{in1\ max} = 123$  mV pp       $V_{C2} = 9,9$  V pp  
 $Ενίσχυση = \frac{9,9}{0,123} = 78,049$

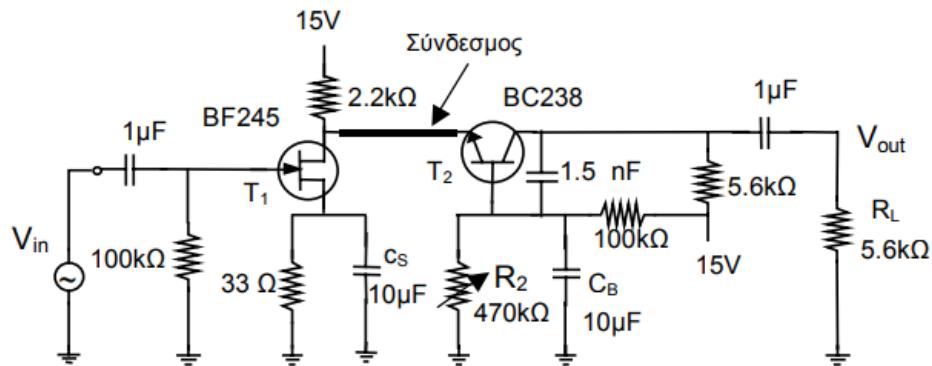
N: vergina.eng.auth.gr/kontoleon/

Συχνότητα $V_{in1}$ Hz	$V_{C2}$ m Volts pp	Συχνότητα $V_{in1}$ kHz	$V_{C2}$ Volts pp V
100	710	5k	15,8
200	1040	10k	2,38
300	133	50k	3,1
400	164,6	100k	3,10
500	196	150k	3,12
600	230	200k	3,10
700	264	300k	3,1
800	300	500k	3,04
900	339	600k	3,02
1k	368	700k	2,98
1.5k	540	800k	2,96
2k	710	900k	2,99
3k	1030	1MHz	2,88.

**Παρατήρηση:** Όπως γίνεται αντιληπτό, τα πειραματικά αποτελέσματα σε σχέση με τα θεωρητικά και τα αποτελέσματα με την βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος spice δε διαφέρουν τόσο, οπότε υπήρξε καλή προσέγγιση σε αυτό το εργαστήριο.

## Εργαστηριακή Άσκηση 2

### Θεωρητική Ανάλυση



• Για το nJFET.

Πρέπει:  $\begin{cases} V_{DS} \geq V_{GS} - V_P \\ V_{GS} \geq V_P \end{cases}$

$$V_{GS} = -I_D R_S \Rightarrow I_D = \frac{-V_{GS}}{R_S}$$

$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 \Rightarrow -\frac{V_{GS}}{R_S} = I_{DSS} \left( 1 - \frac{2V_{GS}}{V_P} + \frac{V_{GS}^2}{V_P^2} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -\frac{V_{GS}}{R_S} = I_{DSS} - \frac{2V_{GS}}{V_P} \cdot I_{DSS} + \frac{V_{GS}^2}{V_P^2} I_{DSS} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_{GS}^2}{V_P^2} I_{DSS} + V_{GS} \left( \frac{1}{R_S} - \frac{2}{V_P} \right) + I_{DSS} = 0.$$

Για  $I_{DSS} = 3,49 \text{ mA}$  →  $\text{Beta} = \frac{I_{DSS}}{V_P^2}$ , σίγου  $\text{Beta} = 1,754 \text{ m}$   
 $V_P = -1,4 \text{ V}$

Η παρατίκων εξίσωση γίνεται:

$$\frac{3,49 \cdot 10^{-3}}{(-1,4)^2} \cdot V_{GS}^2 + \left( \frac{1}{33} - \frac{2 \cdot 3,49 \cdot 10^{-3}}{(-1,4)} \right) \cdot V_{GS} + 3,49 \cdot 10^{-3} = 0$$

$$\Rightarrow V_{GS1} = -0,1 \text{ V} \quad \text{in} \quad V_{GS2} = -2,1 \text{ V} \quad \text{απορρίπτεται}$$

Σημ:  $V_{GS} = -0,1 \text{ V}$ .

$$I_D = -\frac{V_{GS}}{R_S} = -\frac{(-0,1)}{33} = 3,03 \text{ mA.}$$

Από κύκλωμα:

$$V_{CC} = I_D R_D + V_{DS} + I_D R_S \Rightarrow 15 = 3,03 \cdot 2,2 + V_{DS} + 3,03 \cdot 33 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow V_{DS} = 15 - 3,03 \cdot 2,2 - 3,03 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 8,93 \text{ V.}$$

• Για το BJT:

Εφαρμόζω Thévenin ως πηγούς σε βάση:

$$E_{Th} = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 15 \cdot \frac{284}{100 + 284} = 11,09V$$

οπου  $R_2$ :  $V_C = 10V$  (Περιφερτικά  $R_2 = 284k\Omega$ ).

$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2 = \frac{100 \cdot 284}{100 + 284} = 73,96k\Omega.$$

Έχω:  $V_{BE} = 0,54V$ ,  $B = 400$ .

$$I_C = B \cdot \frac{E_{Th} + I_D \cdot R_D - V_{DD} - V_{BE}}{R_{Th} + (B+1) \cdot R_D} = 400 \cdot \frac{11,09 + 3,03 \cdot 2,9 - 15 - 0,54}{73,96 + 401 \cdot 2,9} = 0,927mA.$$

$$I_E = \frac{B+1}{B} \cdot I_C = \frac{401}{400} \cdot 0,927 = 0,93mA.$$

• Για τον ενισχυτή:  $R_{SS} = 0$ :

$$g_{m0} = \frac{2 \cdot I_{DSs}}{V_{P1}} = \frac{2 \cdot 3,42}{1,4} = 4,88 \frac{mA}{V}$$

$$g_{m1} = g_{m0} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_{P1}} \right) = 4,88 \left( 1 - \frac{-0,1}{1,4} \right) = 5,23 \frac{mA}{V}$$

$$V_T = 26mV.$$

$$g_{m2} = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0,927}{26} = 35,65 \frac{mA}{V}$$

$$A_o = -g_{m1} \cdot (R_D \parallel R_{in2}) \cdot g_{m2} \cdot (R_C \parallel R_L) \cdot \frac{R_{in1}}{R_{in1} + R_{SS}} \quad ①$$

$$R_{in2} = [r_{bb'} + (B+1)r_d] \parallel \left( \frac{1}{g_{m2}} \right)$$

Η  $r_{bb'}$  δεν διέταξε από λεπτούς να την γράψει μαζί.

$$r_d = r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{26}{0,93} = 27,96\Omega.$$

$$\text{όπως } R_{in2} = (B+1)r_d \parallel \frac{1}{g_{m2}} = 401 \cdot 27,96 \parallel \frac{1}{35,65 \cdot 10^{-3}} = \\ = 27,98\Omega.$$

$$R_{in1} = R_C = 100k\Omega.$$

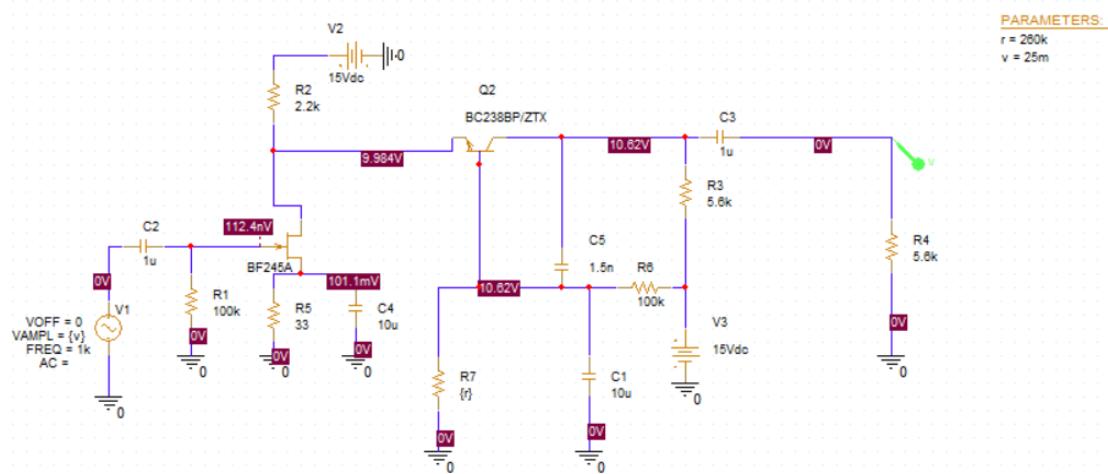
Επομένως, σε ① γίνεται:

$$A_o = -4,88 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2,2 \cdot 10^3 \cdot 27,98 \cdot 35,65 \cdot 5,6 / 5,6}{2,2 \cdot 10^3 + 27,98} = \\ = -13,46 \left( \frac{V}{V} \right).$$

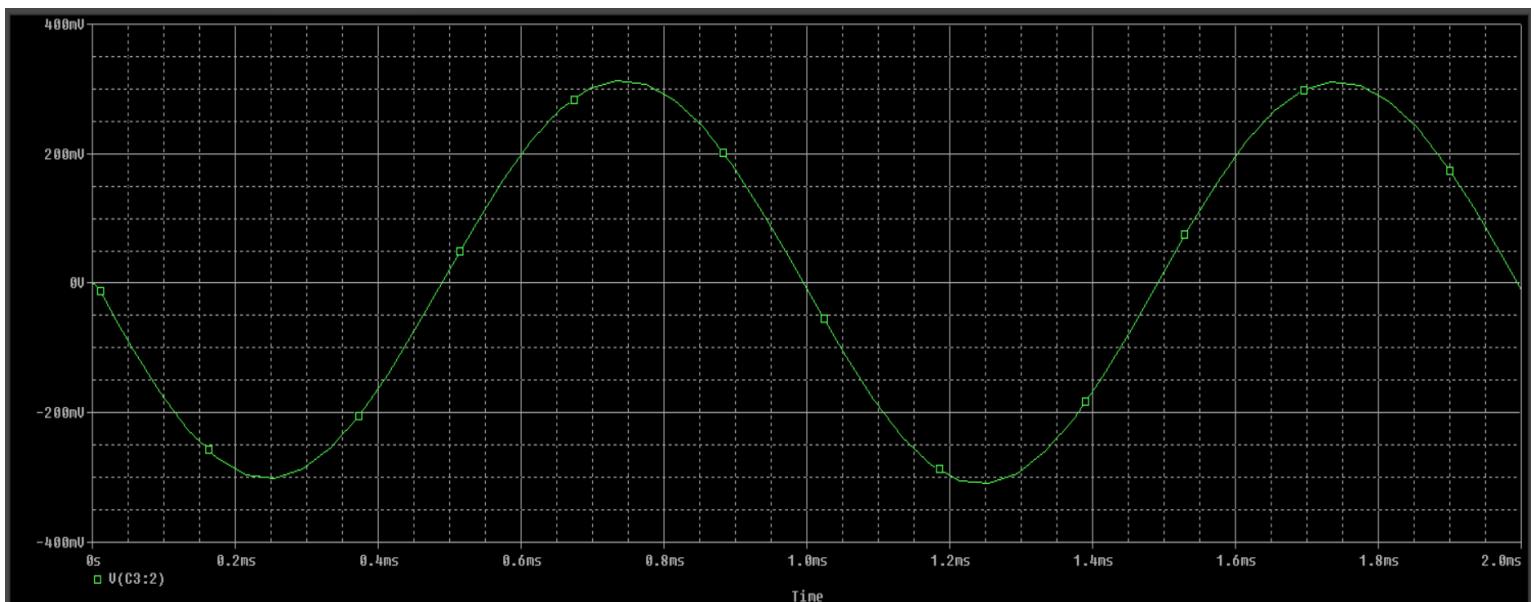
## Ανάλυση στον υπολογιστή

### Βήμα 8

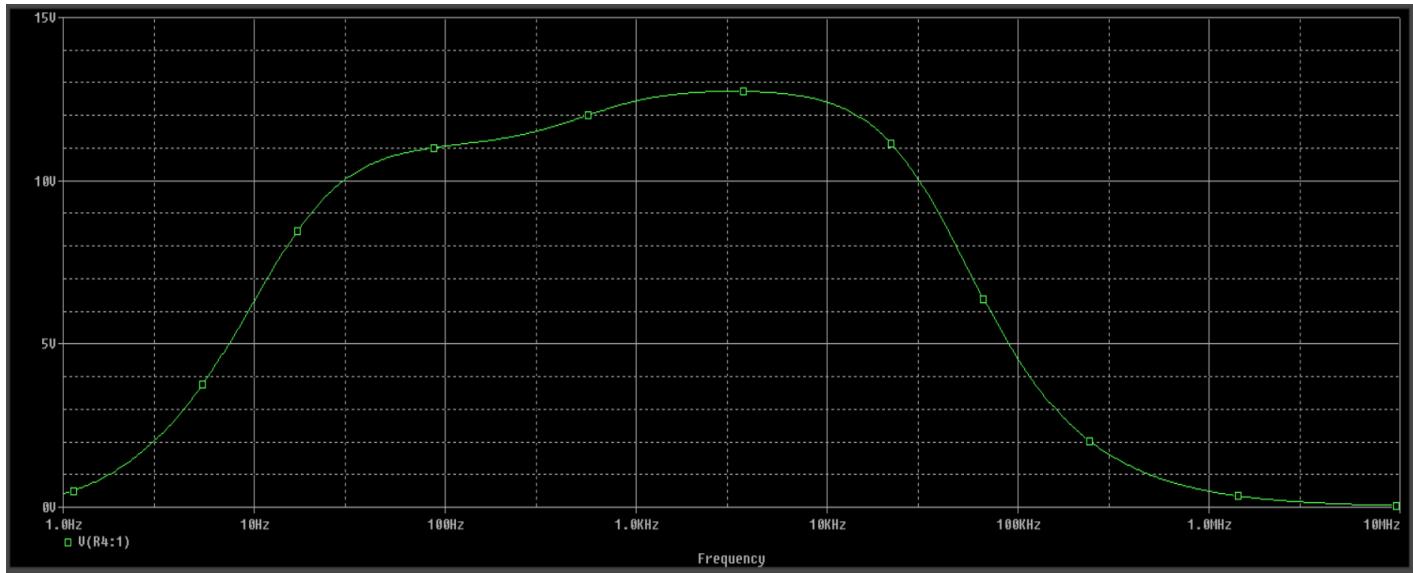
#### 1)DC Ανάλυση



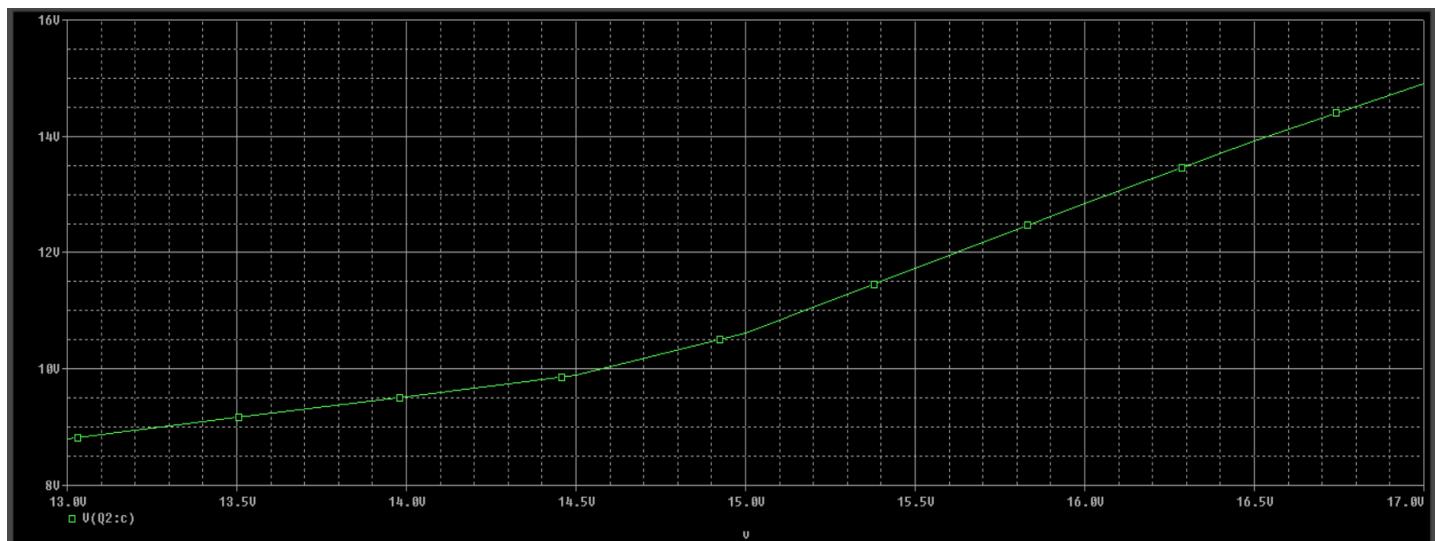
#### 2)Χρονική Ανάλυση



### 3)AC Sweep



Βήμα 9



Για  $VDD+1\% = 14,85V$  είναι  $Vc = 10,4V$ . Για  $VDD-1\% = 15,15V$  είναι  $Vc = 10,96V$ .

## Πειραματικά Αποτελέσματα

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 2: ΚΑΣΚΩΔΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ

ΑΣΚΗΣΗ 2: ΚΑΣΚΩΔΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΕΠΩΝΥΜΟ : Γαλαζίδης  
ΟΝΟΜΑ : Αλέξανδρος  
ΑΕΜ : 10694  
Ημερ/νία : 30/3/1993  
Ομάδα : 3.

Βήμα 1:

$V_D = 2 \text{ mV}$        $V_S = 290 \text{ mV}$   
 $V_{in} = 50 \text{ mV}, f = 1 \text{ kHz}$ :  
 $V_d = 80 \text{ mV pp}$   
Ενίσχυση =  $\frac{290}{50} = 16$

Βήμα 2:

$V_D = 7,5 \text{ V}$   
 $R_2 = 284 \text{ k}\Omega$

Βήμα 3:

$V_{in} = 50 \text{ mV}, f = 1 \text{ kHz}$ :

$R_{2 MIN} = 31 \text{ k}\Omega$        $R_{2 MAX} = 397 \text{ k}\Omega$

Βήμα 4:

$f = 1 \text{ kHz}$

$V_{in MAX} = 640 \text{ mV}$   
 $V_{out MAX} = 6,16 \text{ V}$   
Ενίσχυση =  $9,625$

Βήμα 5:

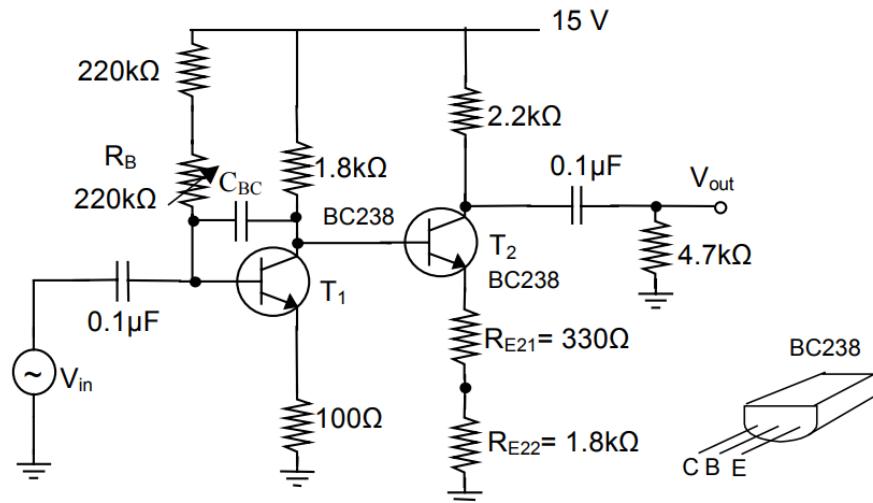
$f = 10 \text{ kHz}$

$R_{in} = 60 \text{ k}\Omega$   
 $R_{out} = 130 \text{ }\Omega$ .

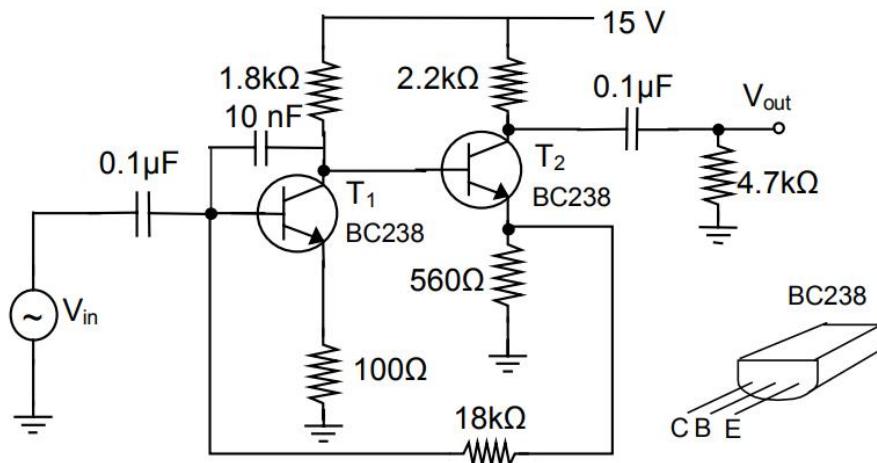
**Παρατήρηση:** Σε αυτό το εργαστήριο τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους και στις 3 αναλύσεις (πχ η ενίσχυση προέκυψε 9,625 στο εργαστήριο, 13,46 θεωρητικά και 12,42 με τη βοήθεια του spice και η  $V_D$  του βήματος 2, 7,5V, 8,13V και 9,98V αντίστοιχα).

# Εργαστηριακή Άσκηση 3

## Θεωρητική Ανάλυση



Σχ. 3-3



Σχ.3-4

Από τη περιθώρια αποστέλλεται βάσης:  $R_B = 540\text{ k}\Omega$ ,  
 $V_{BE} = 0,67\text{ V}$ ,  $\beta = 200$ , με το  $R_B$  να προκύπτει ~~από~~  
βάσει ενός 5V γενν ημίφορου και συλλεκτικής της πρώτης φασής.

$$\bullet I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{15 - 5}{1,8 \cdot 10^3} = 5,55\text{ mA}$$

$$\bullet I_{E1} = \frac{\beta + 1}{\beta} I_C = \frac{201}{200} \cdot 5,55 = 5,57\text{ mA}$$

$$\bullet I_{E1} = \frac{V_{E1}}{R_{E1}} \Rightarrow V_{E1} = 0,577\text{ V}$$

$$\bullet V_{BE} = V_B - V_E \Rightarrow V_B = 0,67 + 0,577 \Rightarrow V_B = 1,25\text{ V}$$

$$, I_{B1} = \frac{I_C}{\beta} = \frac{5,55\text{ mA}}{2 \cdot 100} = 0,027\text{ mA} \text{ ή } 27\mu\text{A}$$

$$\bullet \text{Όποιες: } 290 + R_B = \frac{V_{CC} - V_B}{I_{B1}} \Rightarrow R_B = 510 - 290 \Rightarrow$$

~~290~~  $\Rightarrow R_B = 290\text{ k}\Omega$

• Σχόλιο: Η διαφορά 600  
αποστέλλεται εμμέσω δύο γέγονων  
οι οποίοι σπέρνει χρηματοδότηση  
διαφορετικού βαθμού ή  
εξισώνονται

$$\bullet \text{Για το } Q_1: V_A = 5\text{ V}, V_{G1} = 0,577\text{ V}, V_{B1} = 1,25\text{ V}, \text{ ερχόμενο}  
V_{BE1} = 0,67\text{ V}, I_C = 5,55\text{ mA}, I_{B1} = 0,027\text{ mA}$$

$$\bullet \text{Für } Q_2: V_{B2} = V_A = 5V, V_{E2} - V_{B2} - V_{BE2} = 5 - 0,67 = 4,33V$$

$$I_{E2} = \frac{V_{E2}}{1800 + 330} = \frac{4,33}{2130} = 2,02 \text{ mA},$$

$$I_{C2} = \frac{\beta}{\beta + 1} I_{E2} = 2,01 \text{ mA}.$$

$$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{\beta} = 0,01 \text{ mA}.$$

• Für den ersten Oszilator:

$$g_{m1} = \frac{I_d}{V_T} = \frac{5,55 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 0,213 \text{ A/V}.$$

$$g_{m2} = \frac{I_{C2}}{V_T} = \frac{2,01 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 0,077 \text{ A/V}$$

$$r_{b'e1} = \frac{\beta}{g_{m1}} = \frac{200}{0,213} = 938,97 \Omega$$

$$r_{b'e2} = \frac{\beta}{g_{m2}} = \frac{200}{0,077} = 2697,4 \Omega$$

• H. eviguron des zweiten Oszillators:

$$A_1 = -\frac{R'_A}{R_E} = -\frac{18k\Omega / (r_{b'e2} + (\beta + 1) (4,7\Omega + 330\Omega))}{100\Omega / (4,7\Omega + 2,2k\Omega / 4,7k\Omega)}$$

$$= \frac{-1792,47}{90} = \textcircled{1} 18,82 \text{ V/V}$$

- Η ενίσχυση της 2<sup>ης</sup> βαθιδας:

$$A_2 = \frac{-BR_{C_2}}{R_{in_2}} = -\frac{200 \cdot (2,2k\Omega / (100+47))}{18k\Omega / (\alpha_{be_2} + (\beta_H)2,33k\Omega)} = \\ = -\frac{26773}{1783} = -14,93V/V.$$

- Για την ενίσχυση της αναδρομής ( $R_S=0$ ):

$$A_F = \frac{A_1 A_2}{1 + |A_1 A_2| F} = \frac{297,41}{203,94} = 1,46 V/V$$

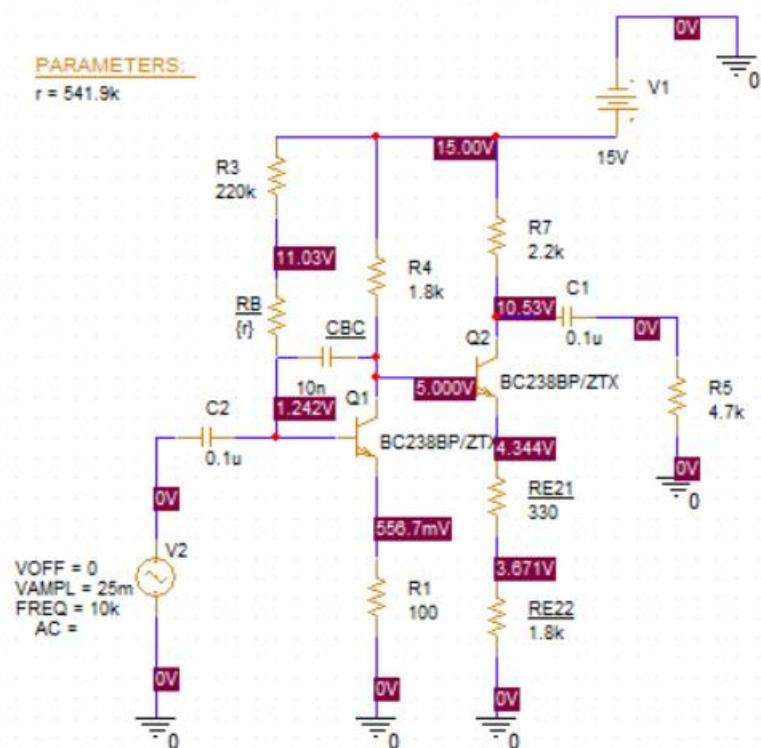
ιότου  $F = \frac{R_E}{R_E + R_F} = \frac{100}{147} = 0,68$ .

## Ανάλυση στον υπολογιστή

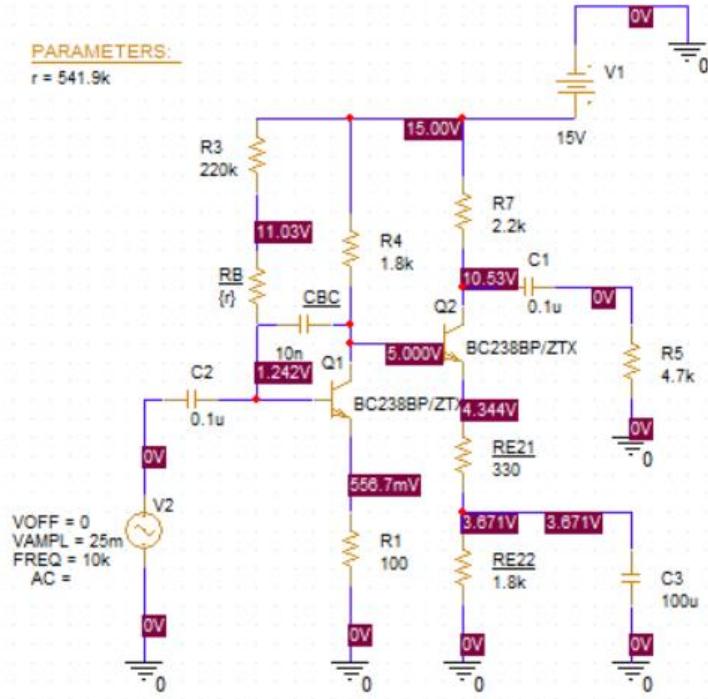
## Bήμα 10

DC Ανάλυση

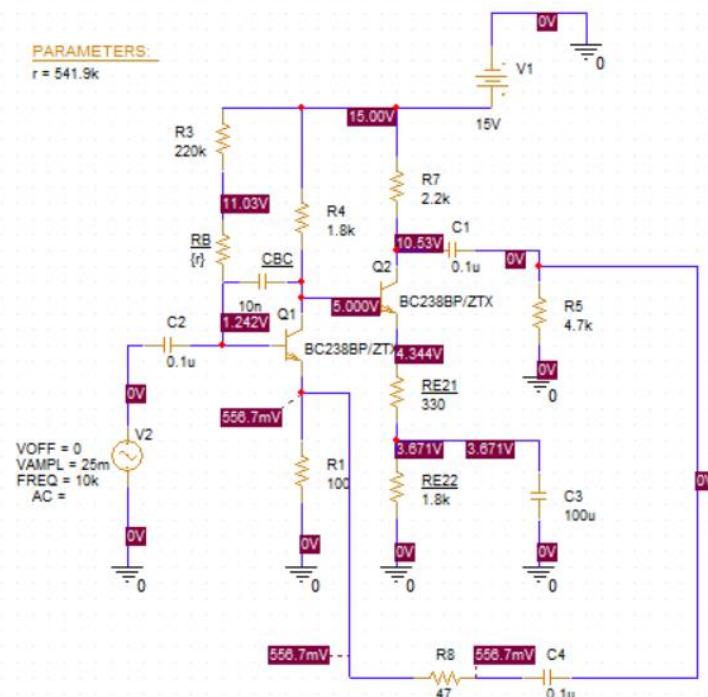
Κύκλωμα 1



Κύκλωμα 2

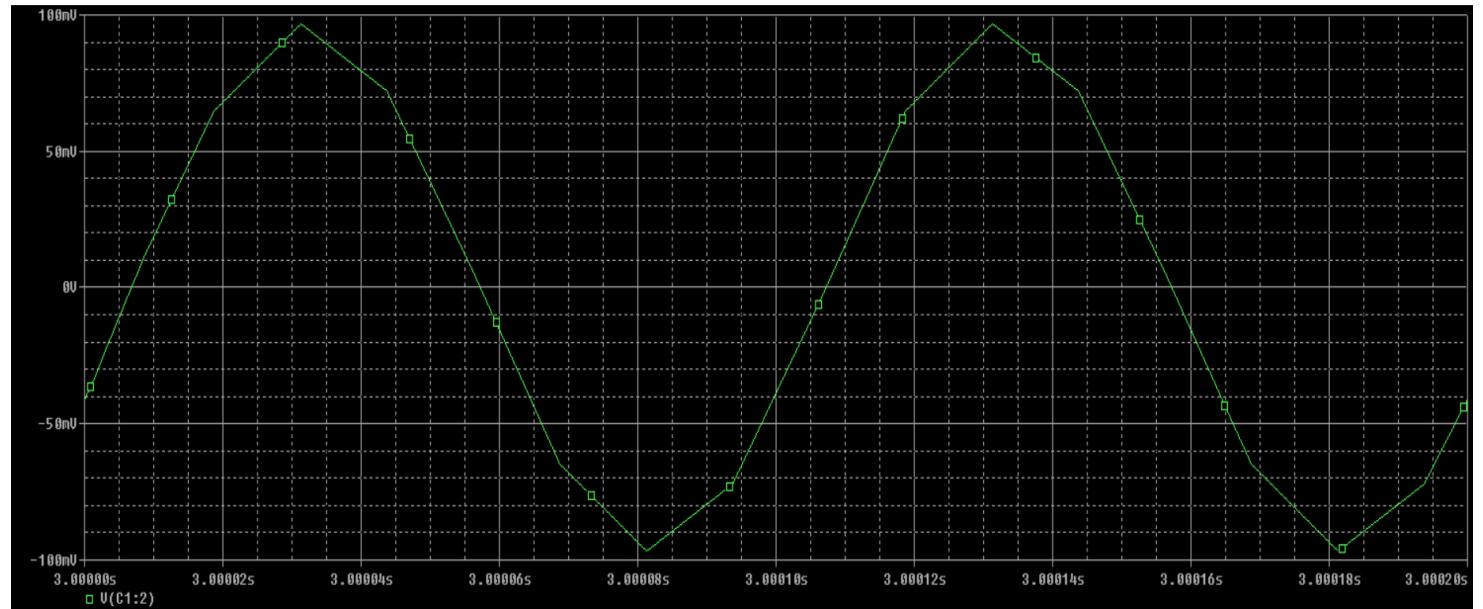


### Κύκλωμα 3

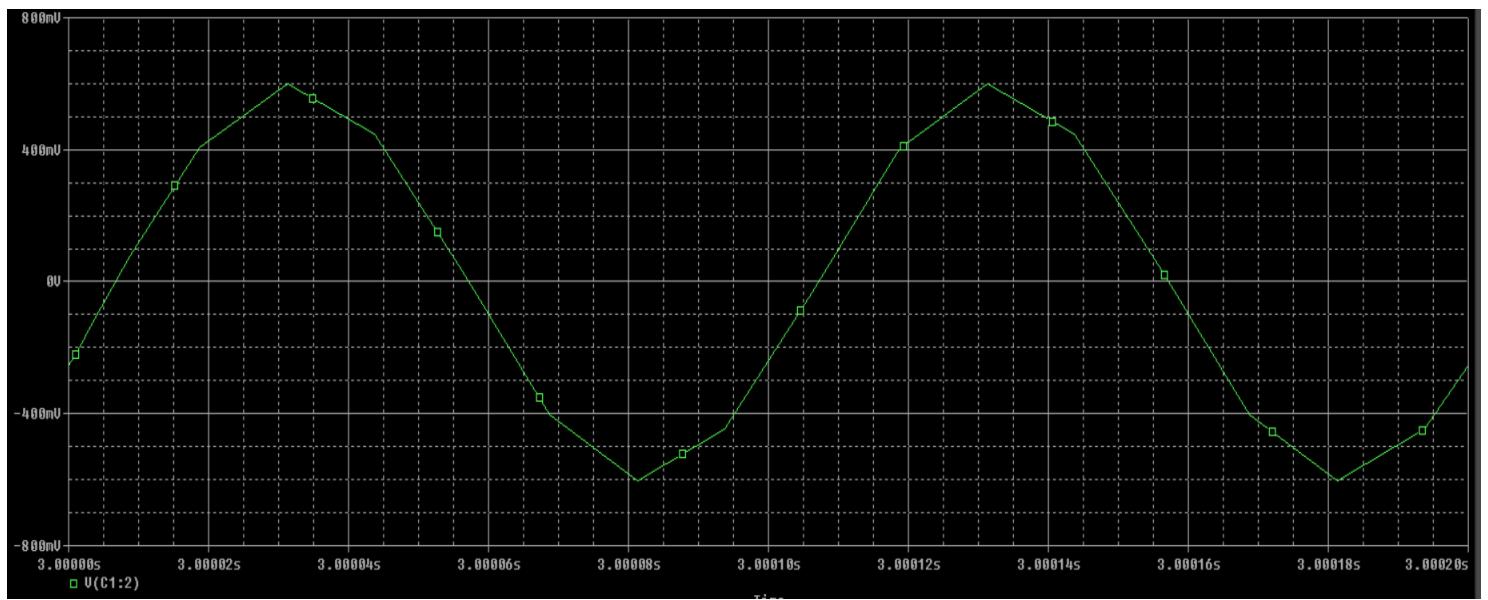


## Time Domain

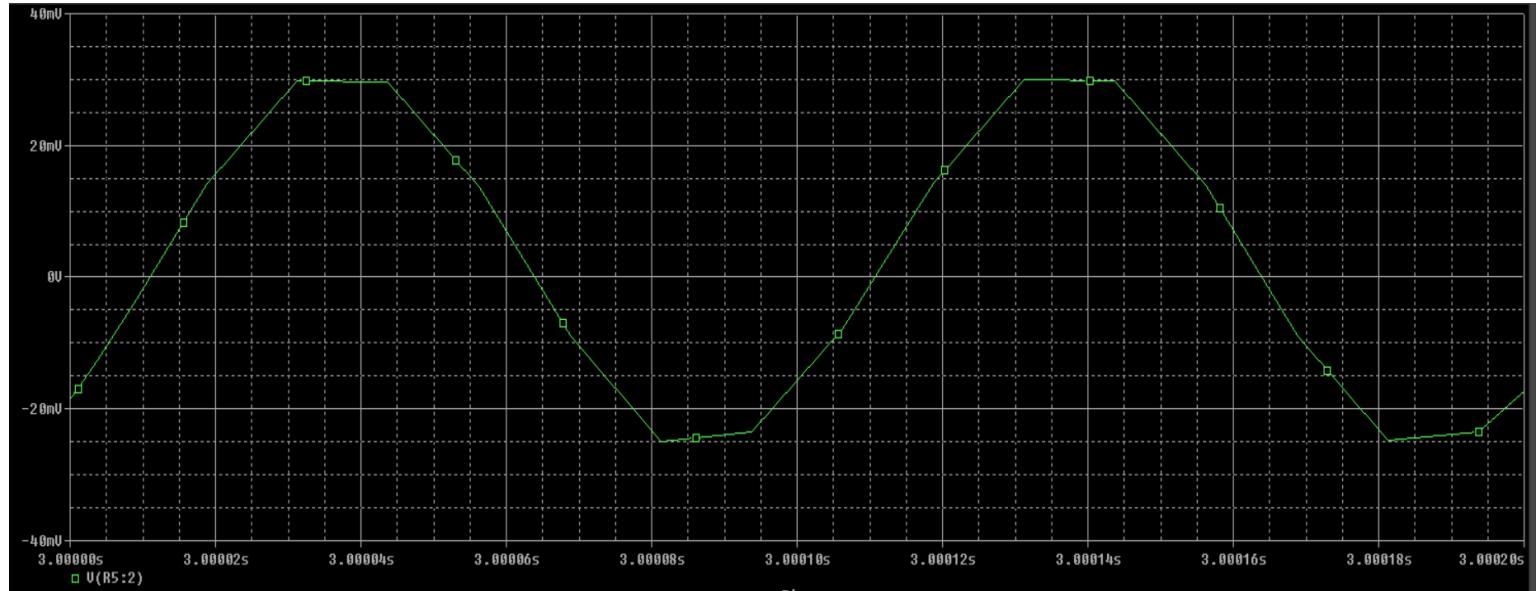
Κύκλωμα 1



Κύκλωμα 2

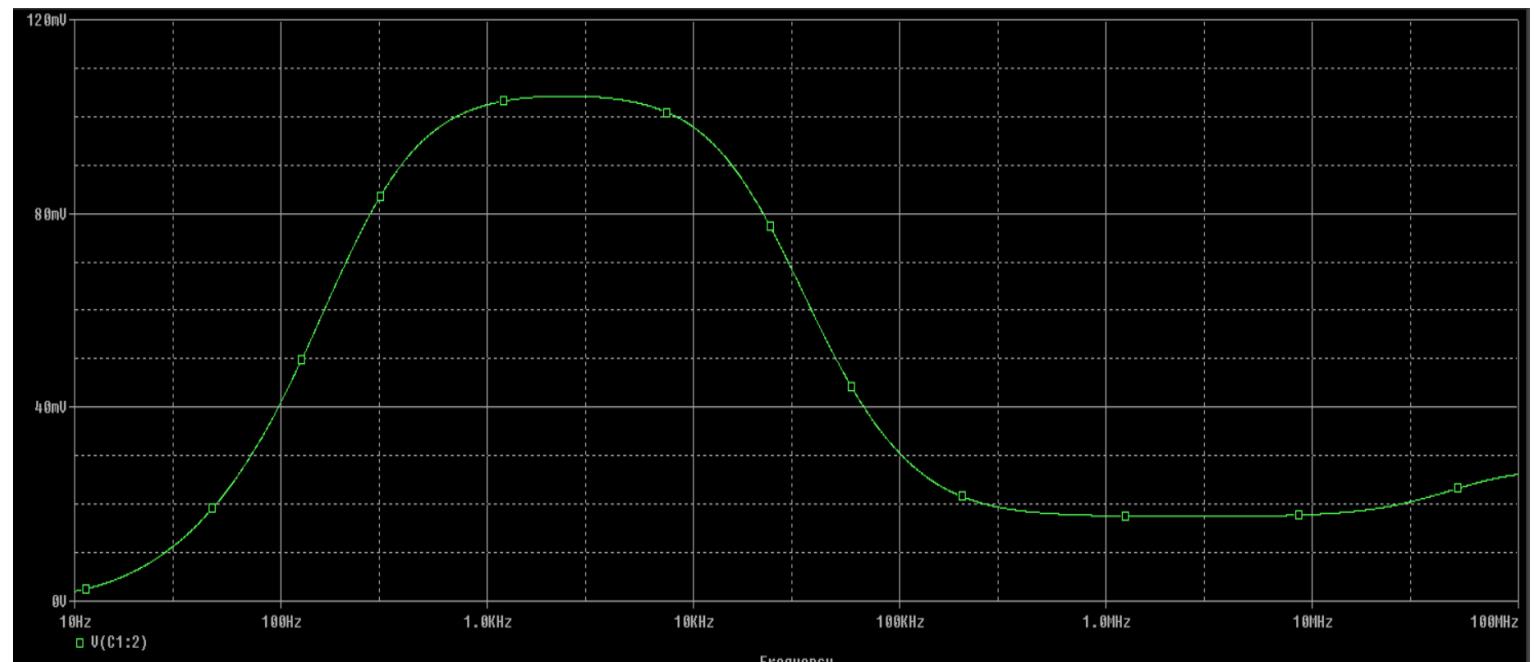


### Κύκλωμα 3

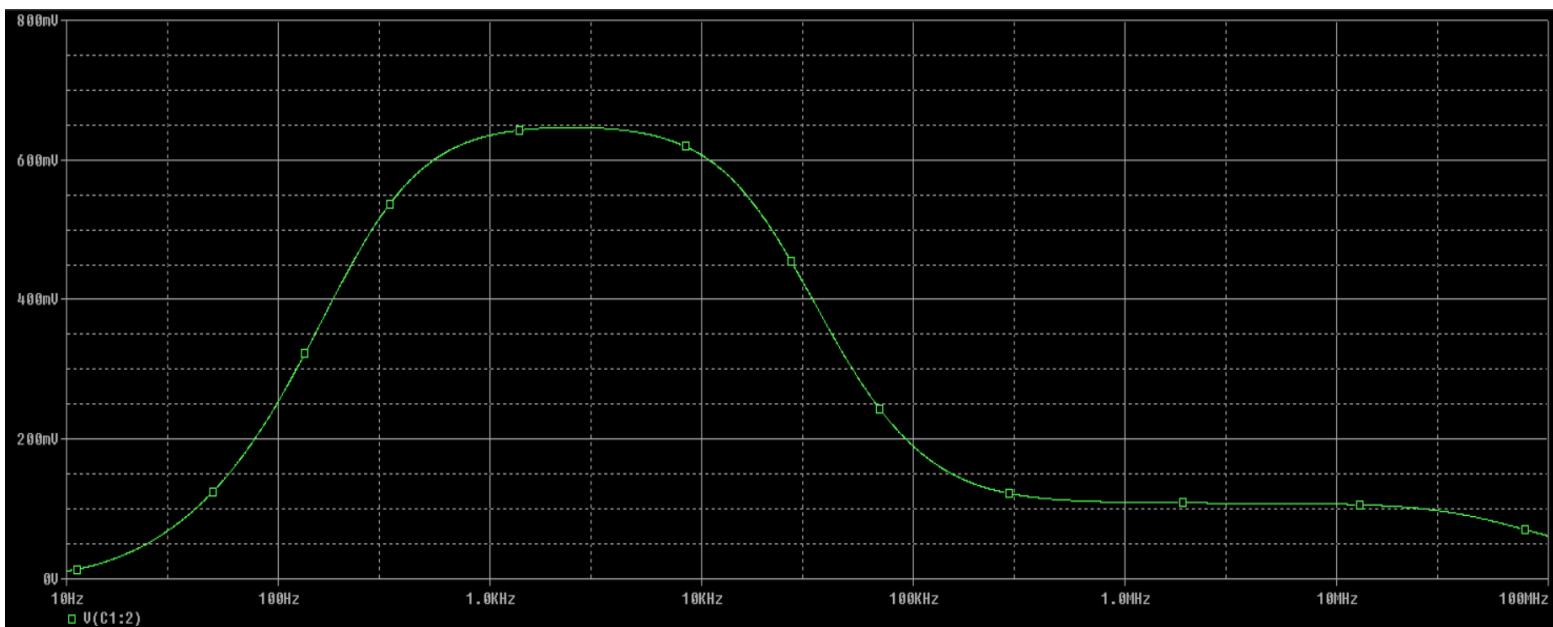


### AC Sweep

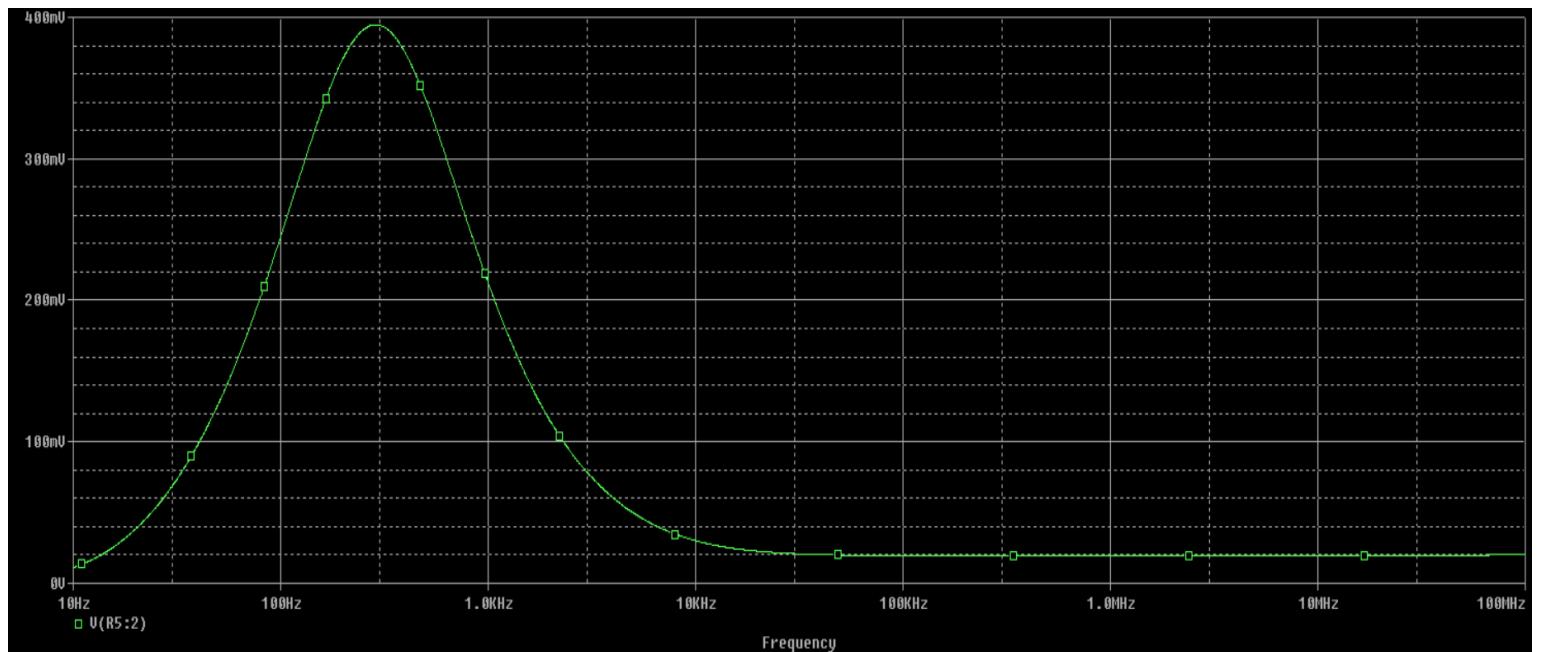
### Κύκλωμα 1



## Κύκλωμα 2



## Κύκλωμα 3



## Πειραματικά Αποτελέσματα

### ΑΣΚΗΣΗ 3: ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΑΝΑΔΡΑΣΗ

#### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΕΠΩΝΥΜΟ : Γαλαζής  
ΟΝΟΜΑ : Αλέξανδρος  
ΑΕΜ : 10629  
Ημερ/νία : 27/4/2023  
Ομάδα : 3

(K)

#### Βήμα 1:

$$\beta_1 = 182 \quad \beta_2 = 210 \quad \text{Μέσος όρος } \beta = 201$$

Πρόθυμηση  $R_B$  για  $V_{C1} = 5$  V

$$V_{B1} = 1,95 \text{ V} \quad V_{C1} = V_{B2} = 5 \text{ V} \quad V_{E1} = 0,58 \text{ V}$$
$$V_{C2} = 18 \text{ V} \quad V_{E2} = 1,05 \text{ V}$$
$$R_B = 440 \text{ k}\Omega$$

#### Βήμα 2:

$$V_{in} = 100 \text{ mV}, f=10 \text{ kHz}$$

$$V_{out} = 180 \text{ mV pp}$$
$$\text{Ενίσχυση} = \frac{18}{5} = 3,6$$

#### Βήμα 3:

Χωρίς τον πυκνωτή  $C_{E2}$ ,  $f=10\text{kHz}$

$$V_{in \text{ MAX}} = 1,32 \text{ V pp} \quad V_{out \text{ MAX}} = 5,28 \text{ V pp}$$

#### Βήμα 4:

Με τον πυκνωτή  $C_{E2}=100\mu\text{F}$ ,  $f=10\text{kHz}$

$$V_{in \text{ MAX}} = 220 \text{ mV pp} \quad V_{out \text{ MAX}} = 5,2 \text{ V pp}$$

#### Βήμα 5:

$$C_{E2} = 100 \mu\text{F}, f=10\text{kHz}, V_{in} = 100 \text{ mV}$$

$$R_{in} = 1,12 \text{ k}\Omega \quad R_{out} = 2,2 \text{ k}\Omega$$

$$V_{out} = 1,4 \text{ V}$$

$$\text{Ενίσχυση} = -\frac{1,4}{0,1} = 14$$

Με επεξεργαστής και διεύθυνση

## Βήματα 6 &amp; 7

$V_{in} = 100 \text{ mV pp}, C_F = 100 \mu\text{F}$		
Συχν. V <sub>in</sub> Hz	Χωρίς Ανάδραση (Βήμα 6) V <sub>out</sub> (Volts pp)	Με ανάδραση (Βήμα 7) C <sub>F</sub> =0,1 μF, R <sub>F</sub> = 47 Ω V <sub>out</sub> (Volts pp)
100		1,5V
500		0,94V
1kHz		1,2V
5kHz		1,95mV.
10kHz		130mV
50kHz		40mV
100kHz		98mV
500kHz		20mV
1MHz		7mV

## Βήμα 8:

$$V_{B1} = 5,4 \text{ mV} \quad V_{C1} = V_{B2} = -6,1 \text{ V} \quad V_{E1} = 5,3 \text{ mV} \quad V_{C2} = 3,2 \text{ V} \quad V_{E2} = 5,3 \text{ V}$$

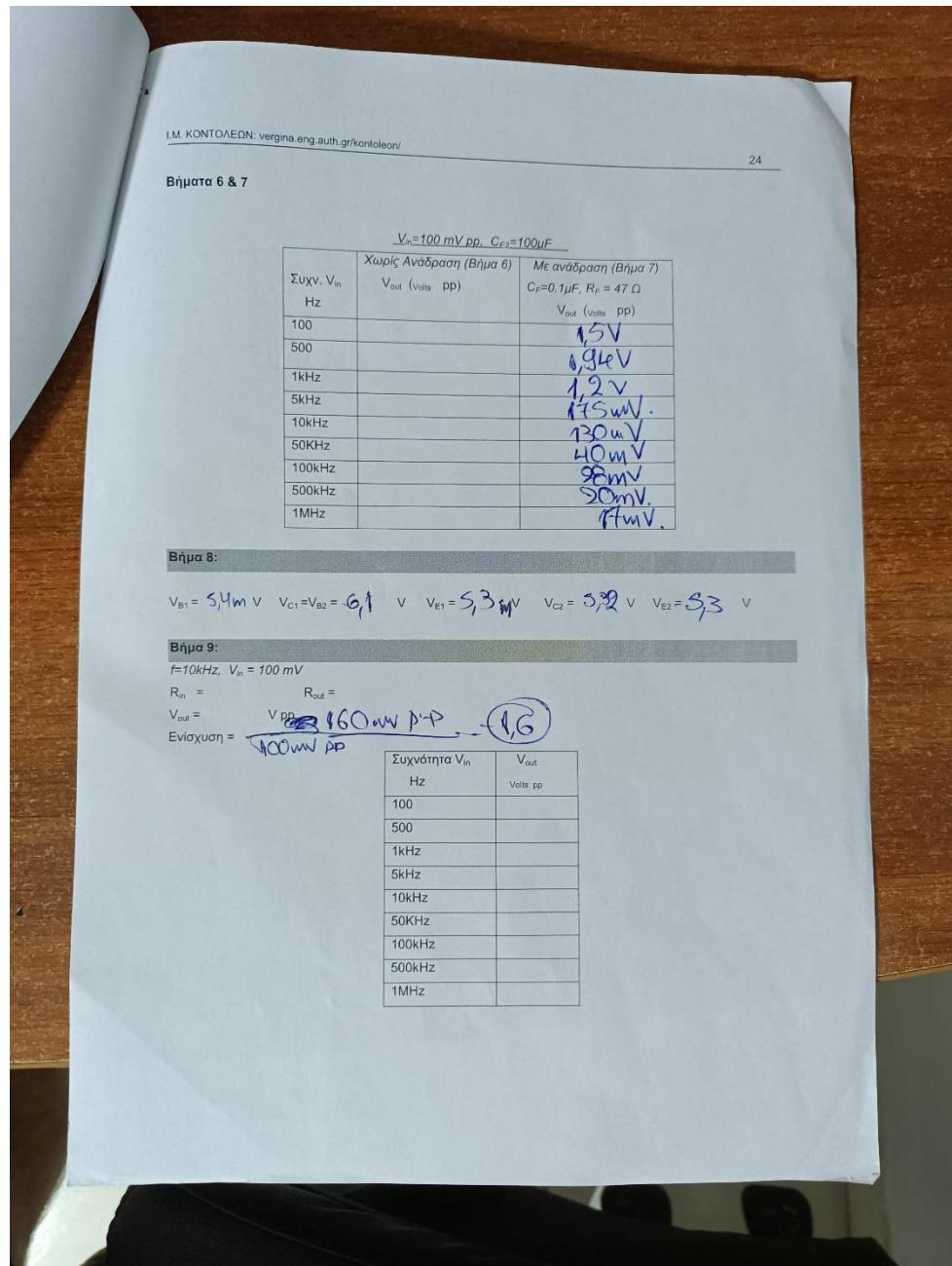
## Βήμα 9:

$$f=10 \text{ kHz}, V_{in} = 100 \text{ mV}$$

$$R_{in} = \quad R_{out} =$$

$$V_{out} = \frac{V_{pp}}{160 \text{ mV PP}} \cdot 16 \quad \text{Ενίσχυση} = \frac{160 \text{ mV PP}}{100 \text{ mV PP}}$$

Συχνότητα V <sub>in</sub> Hz	V <sub>out</sub> Volts pp
100	
500	
1kHz	
5kHz	
10kHz	
50kHz	
100kHz	
500kHz	
1MHz	



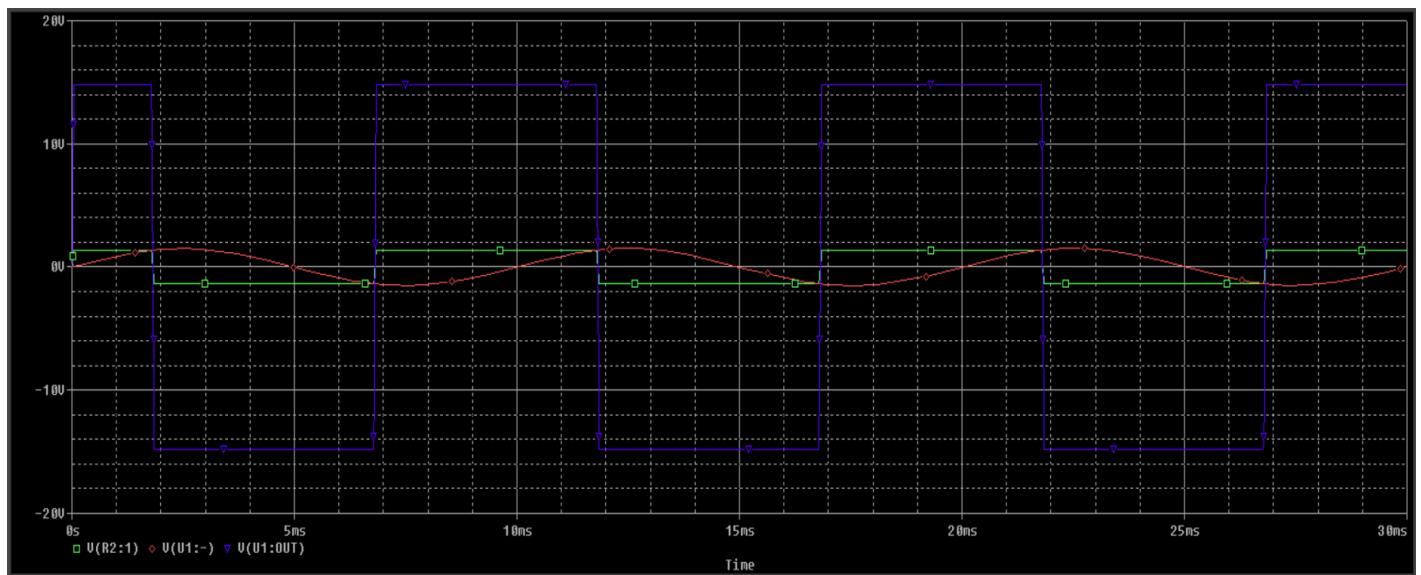
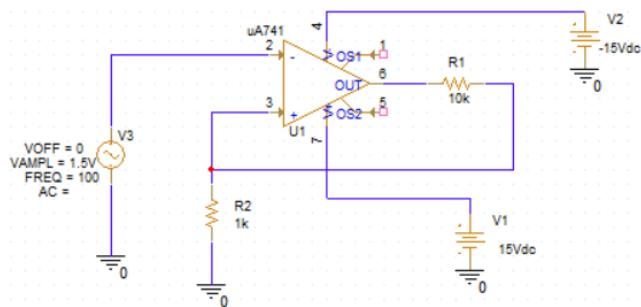
**Παρατήρηση:** Όπως διακρίνεται υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα αποτελέσματα από το spice και από τη θεωρητική ανάλυση καθώς χρησιμοποιήθηκε διαφορετικό β για τα τρανζίστορ (β=200 για το εργαστήριο και τη θεωρητική ανάλυση ενώ β=400 για την ανάλυση μέσω spice), εφόσον τα τρανζίστορ που είχαν β=200 από τις βιβλιοθήκες δε μπορούσαν να τρέξουν με τα συγκεκριμένα κυκλώματα. Επίσης, τα πειραματικά αποτελέσματα είναι αρκετά κοντά σε αυτά της θεωρητικής ανάλυσης.

# Εργαστηριακή Άσκηση 4

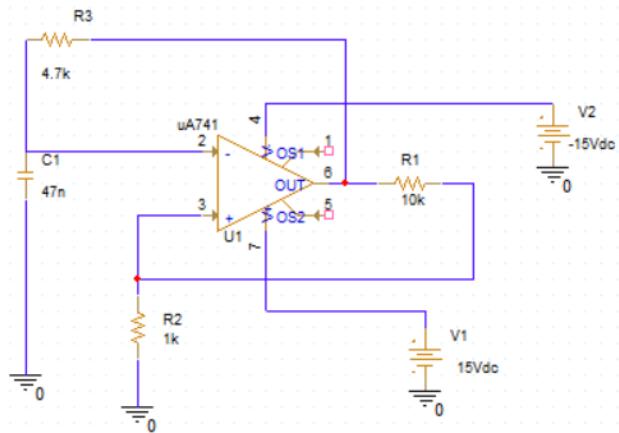
## Ανάλυση στον υπολογιστή

Βήμα 7

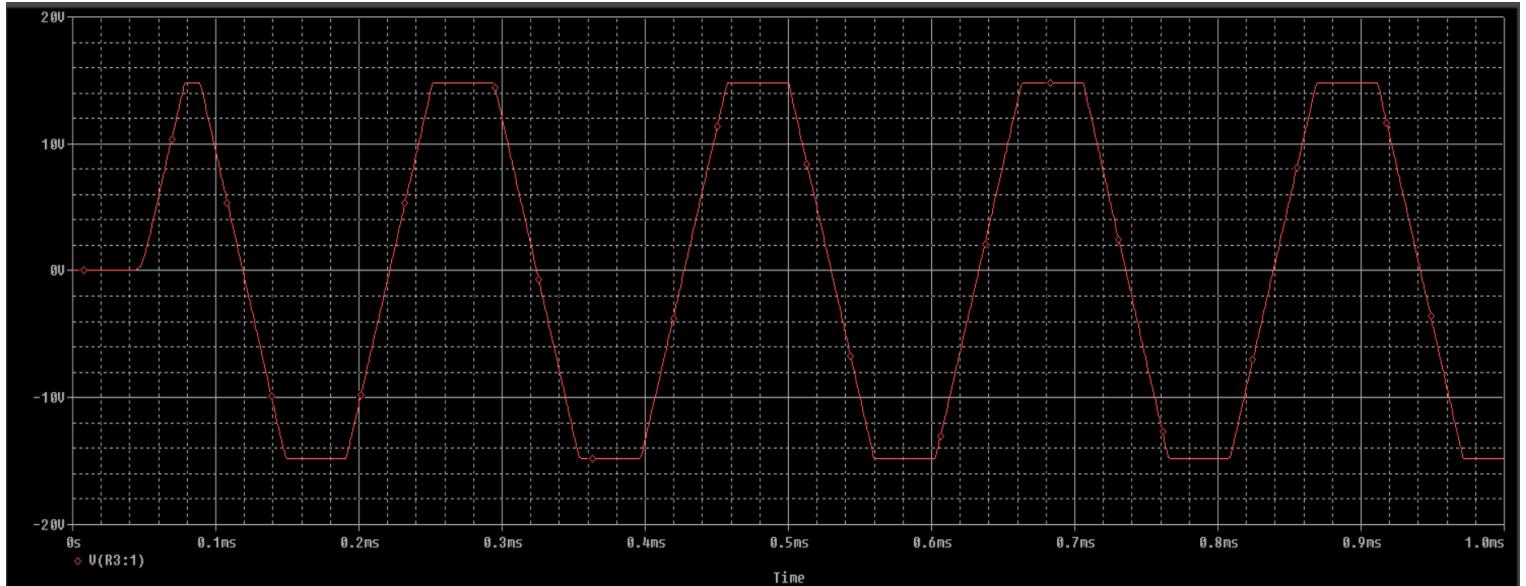
Σχήμα 4.7



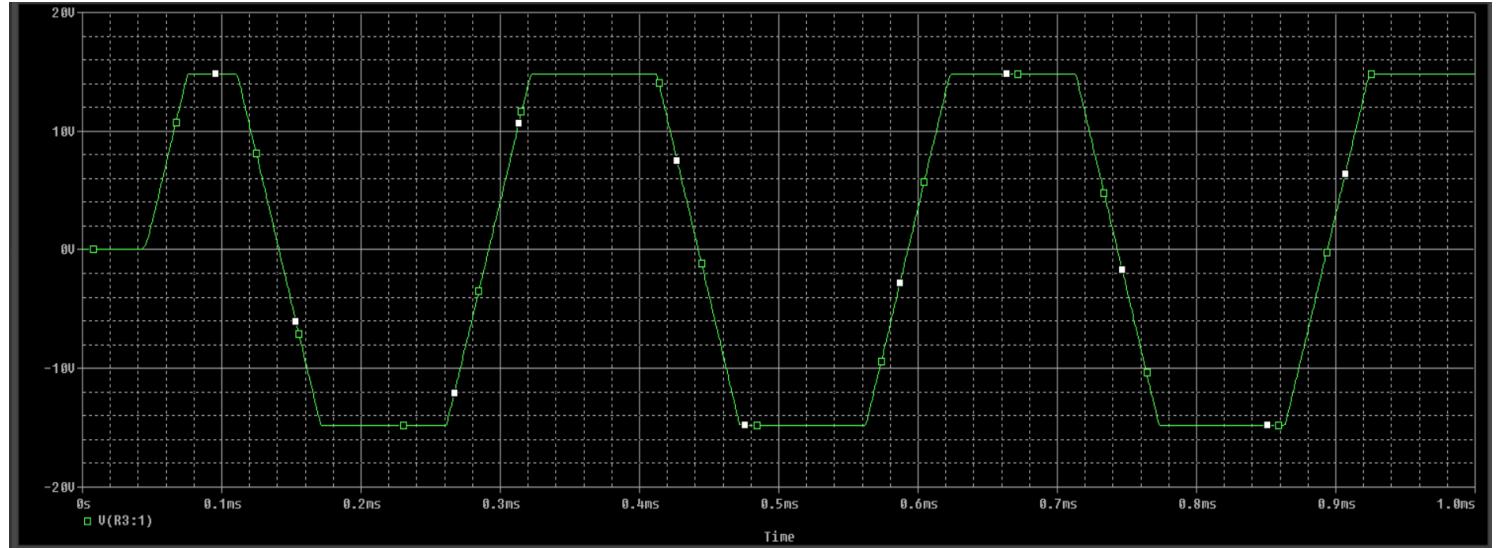
## Σχήμα 4.8



Για  $C_1=47\text{nF}$



Για  $C_1=100nF$



## Βήμα 8

- **Κύκλωμα συγκριτή(Σχήμα 4.7)**

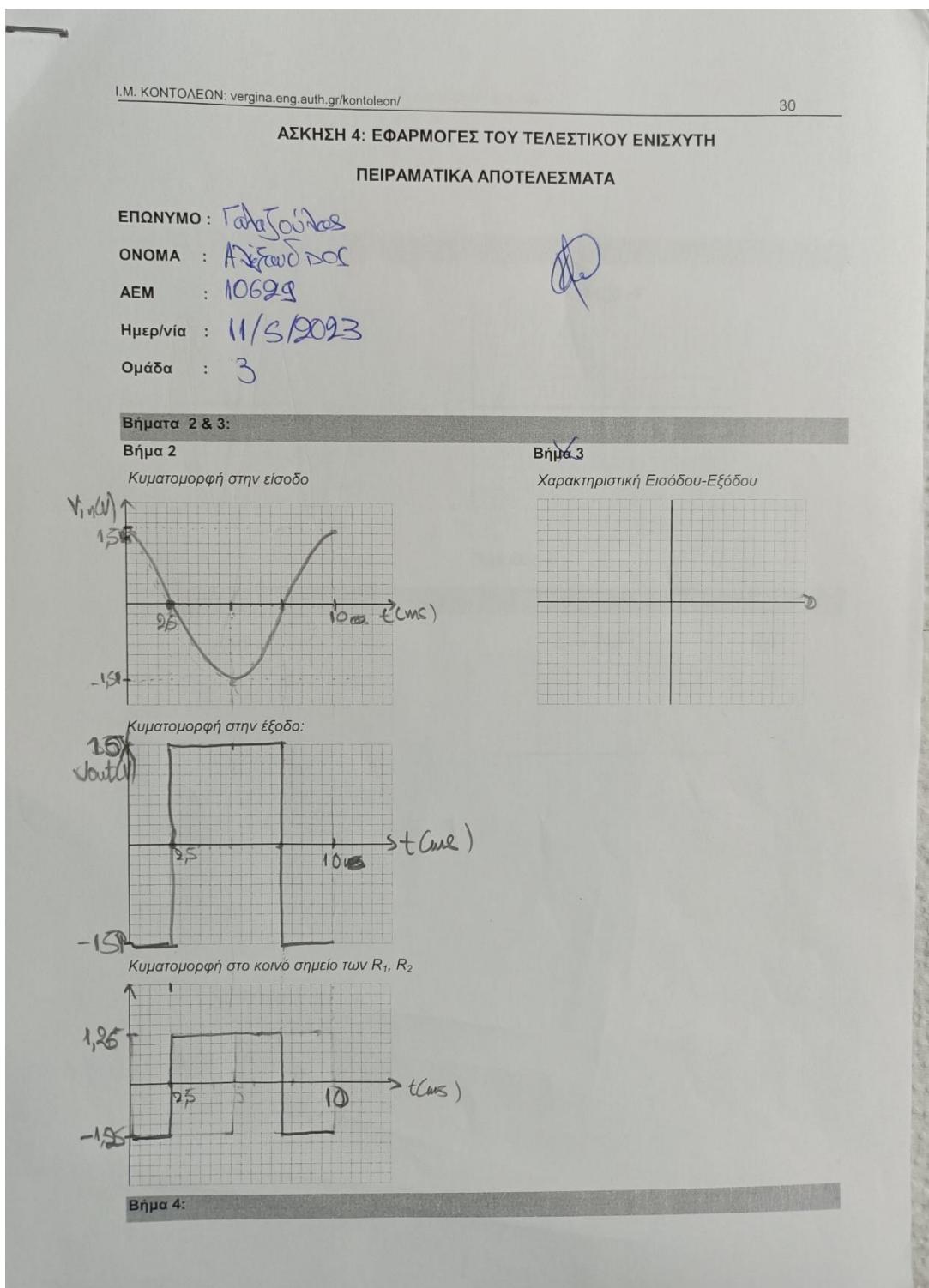
Για  $V_{in}=0$  παρατηρούμε ότι  $V_{out}=+15V$ . Μόλις η τάση εισόδου φτάσει περίπου στα  $1.8V$ , η τάση εξόδου του Τ.Ε. θα μεταπέσει σε κατάσταση  $-15V$  επειδή η διαφορά δυναμικού μεταξύ της εισόδου «+» και της γείωσης είναι αρνητική. Όταν η  $V_{in}$  πέσει πάλι ελαπτωμένη στα  $1.8V$ , η έξοδος θα παραμείνει σταθερή μέχρις ότου η τάση εισόδου να φτάσει στα  $-1.8V$  οπότε η  $V_{out}$  θα επιστρέψει ξανά στα  $+15V$ . Έπειτα η έξοδος θα επιστρέψει πάλι στα  $-15V$  όταν η είσοδος φτάσει ξανά τα  $+1.8V$  και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

- **Γεννήτρια παλμών(Σχήμα 4.8)**

Δημιουργεί παλμούς τάσης με χαμηλή στάθμη  $-14,7V$  και υψηλής στάθμης  $+14,7V$  για πυκνωτές χωρητικοτήτων  $47nF$ ,  $100nF$ . Η διαφορά που παρατηρείται στις δύο κυματομορφές είναι ότι για τον πυκνωτή με  $C=100nF$  το σήμα παραμένει τόσο στην υψηλή όσο και στην χαμηλή στάθμη για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από τον πυκνωτή των  $47nF$ . Για  $t<0,1ms$  τόσο το δυναμικό στα άκρα του πυκνωτή όσο και η έξοδος του Τ.Ε. έχουν μηδενική τιμή. Όταν  $Vc=482,79mA$ , η έξοδος του ενισχυτή θα αποκτήσει τιμή ίση με  $+14,7V$  η οποία παραμένει σταθερή έως ότου η τάση στα άκρα του πυκνωτή γίνει ίση με  $-1,5V$ . Έπειτα, από τη στιγμή που η τάση του πυκνωτή γίνει  $1,3V$ , η έξοδος μεταπέφτει σε κατάσταση  $-14,7V$  όπου και παραμένει αμετάβλητη

μέχρις ότου η διαφορά δυναμικού του πυκνωτή να ελαπτωθεί στα -1,3V. Η έξιδος αποκτάει τιμή ίση με +14,7V όταν η τάση του πυκνωτή επιστρέψει αυξανόμενη στα -1,3V, όπου και παραμένει σε σταθερή κατάσταση μέχρι να ισχύει  $V_C = +1,3V$ . Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται.

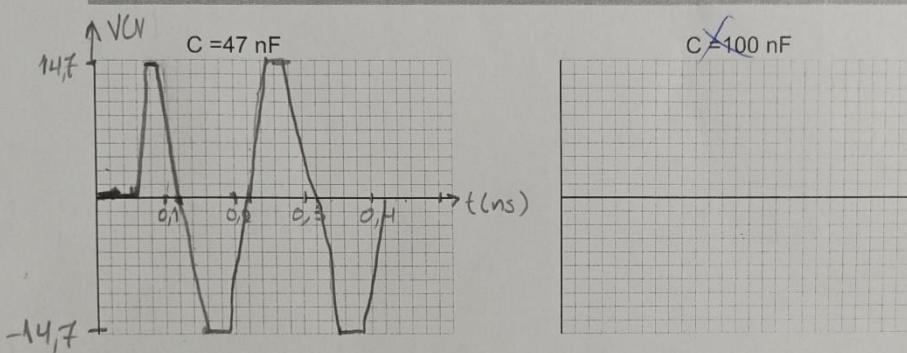
## Πειραματικά Αποτελέσματα



$$R_2 = 2.2 \text{ k}\Omega$$

$$E_{in \text{ MIN}} = 5 \text{ V pp}$$

Βήμα 5:



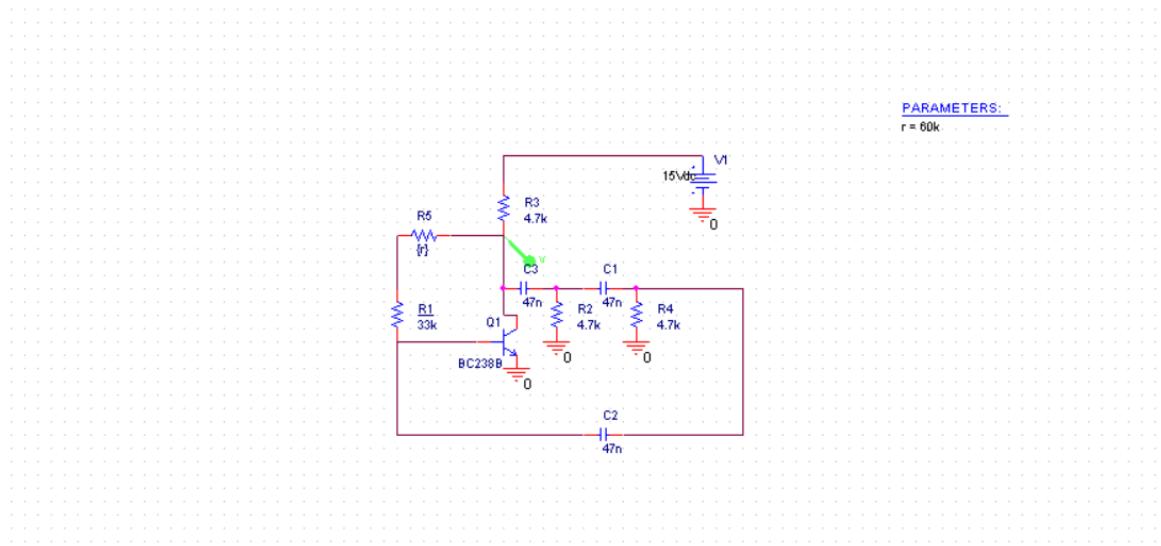
**Παρατήρηση:** Φαίνεται η ομοιότητα των κυματομορφών που ελήφθησαν στο εργαστήριο με αυτές από τη θεωρητική ανάλυση. Άρα και σε αυτό το εργαστήριο υπήρξε καλή προσέγγιση.

# Εργαστηριακή Άσκηση 5

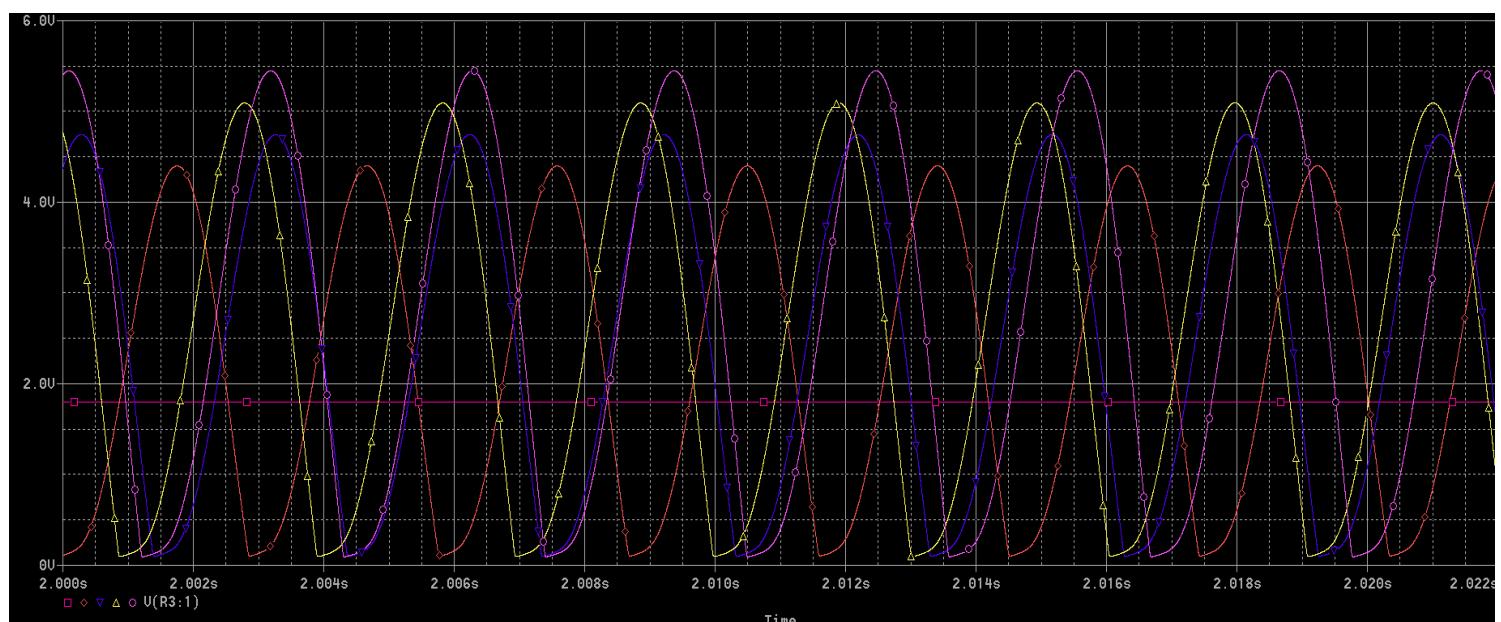
## Ανάλυση στον Υπολογιστή

### Βήμα 4

Σχήμα

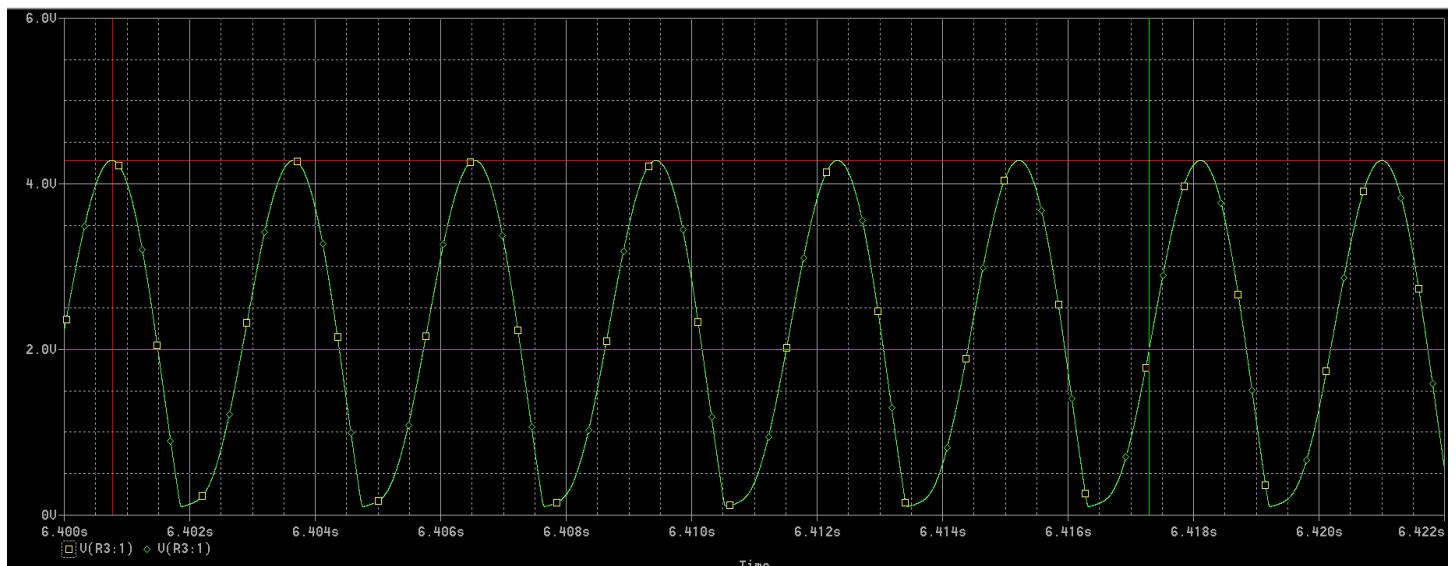


### Βήμα 6



- Εξετάστηκαν οι κυματομορφές για  $R_B$  ίσο με 50k, 60k, 70k, 80k και 90k και παρατηρήθηκε ότι για  $R_B=86,55k$  το σήμα της εξόδου αρχίζει και παραμορφώνεται.

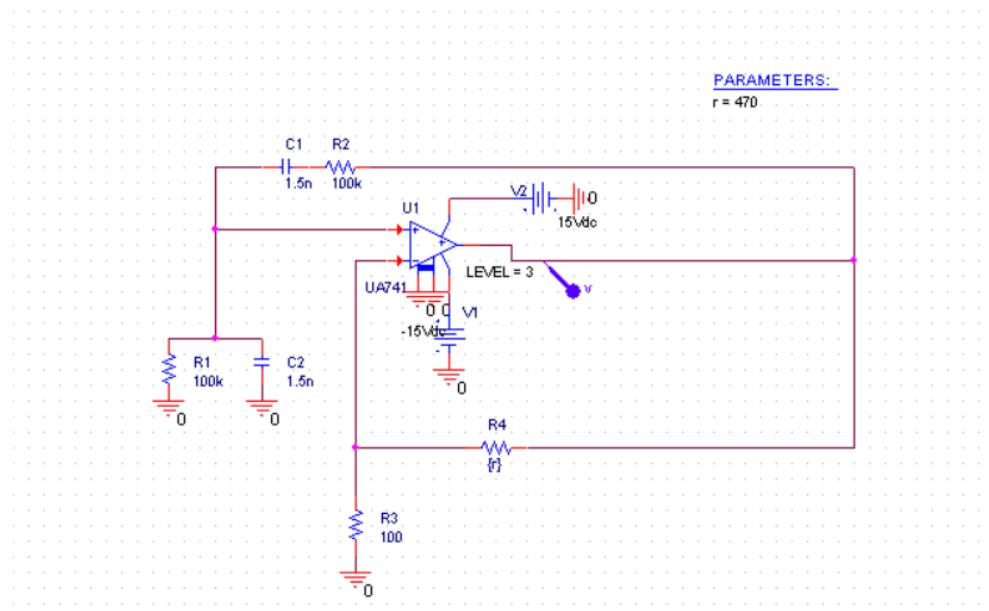
## Bήμα 7



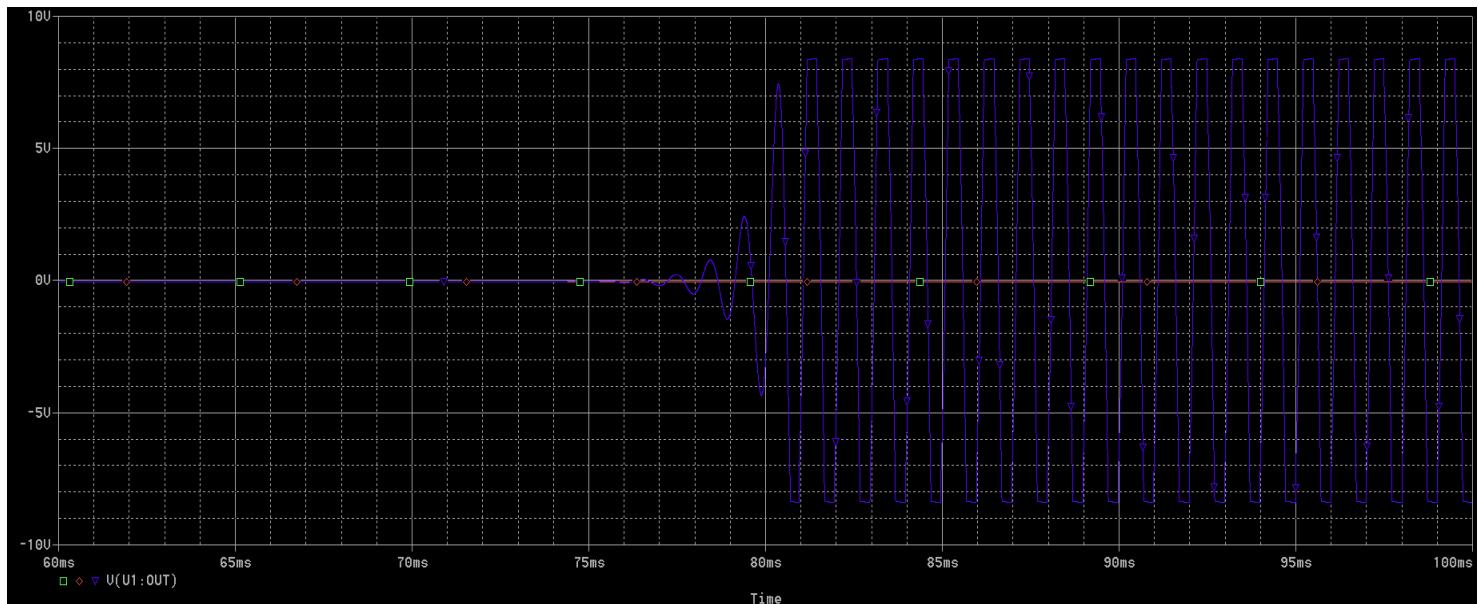
- $T=2,9\text{ms}$
  - $f=0,3448\text{kHz}$

Bníua 9

Σχήμα

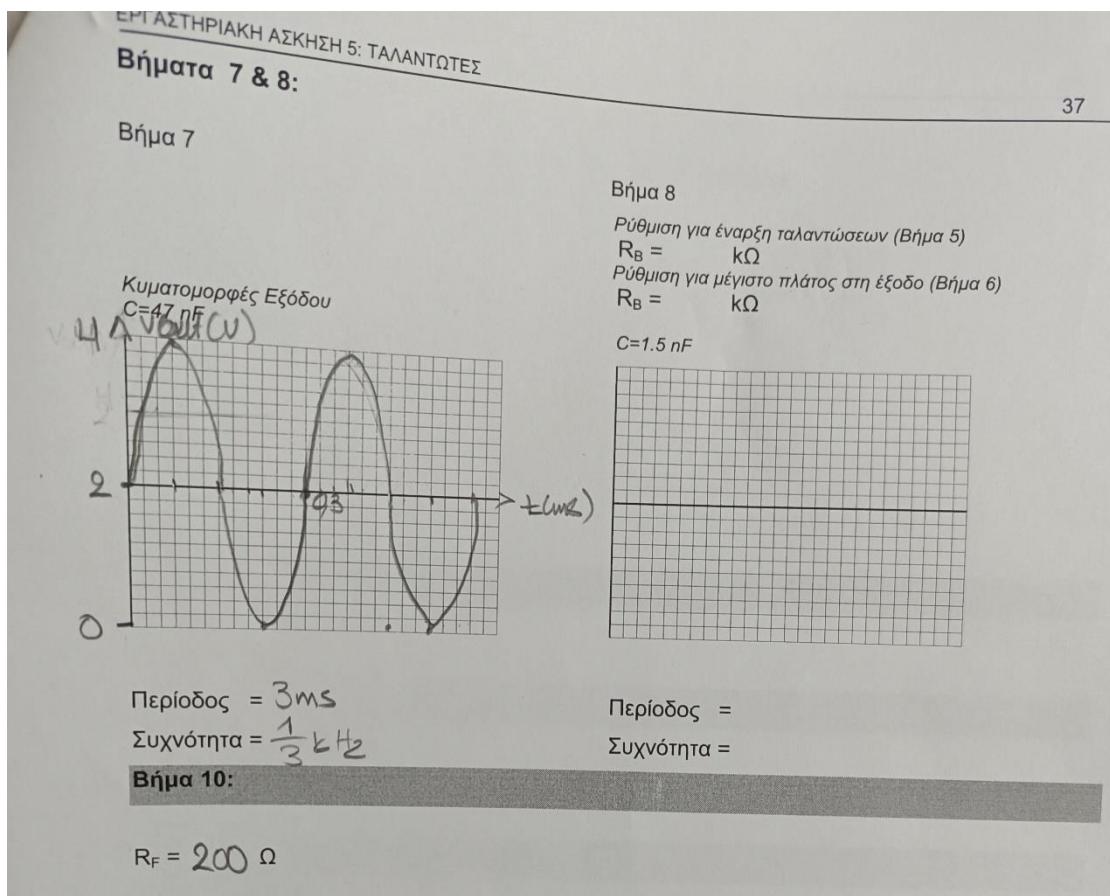


## Βήματα 10 και 11



- Για  $R_F=235\Omega$  ξεκινάνε να παράγονται σταθερού πλάτους ταλαντώσεις με  $T=1,003\text{ms}$  και  $f=0,997\text{kHz}$ .

## Πειραματικά Αποτελέσματα



**ΑΣΚΗΣΗ 5: ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ****ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

ΕΠΩΝΥΜΟ : Γελαζόπουλος  
 ΟΝΟΜΑ : Αλέξανδρος  
 ΑΕΜ : 10691  
 Ημερ/νία : 11/5/2023  
 Ομάδα : 3

**Βήμα 1:**

$$\beta = 300$$

**Βήμα 2:**

$$R_B = 100 \text{ k}\Omega$$

**Βήμα 3:**

$$V_{in} = 40 \text{ mV}, f=10\text{kHz}$$

$$V_{out} = 1.36 \text{ V pp}$$

$$\text{Ενίσχυση} = \frac{1.36}{40} = 34$$

$$V_{in MAX} = 50 \text{ mV pp}$$

$$V_{out MAX} = 1.56 \text{ V pp}$$

**Βήμα 4:**

$$R_C = 4.7 \text{ k}\Omega, V_{in} = 40 \text{ mV}, f = 10\text{kHz}, V_{out}/V_{in} = -100$$

$$R_B = 150 \text{ k}\Omega$$

**Βήμα 5:**

Με δίκτυο ανάδρασης ( $R=4.7 \text{ k}\Omega, C=47 \text{ nF}$ )  
 Ρύθμιση για έναρξη ταλαντώσεων

$$R_B = \text{ } \text{ k}\Omega$$

**Βήμα 6:**

Ρύθμιση για μέγιστο πλάτος στην έξοδο

$$R_B = 80 \text{ k}\Omega$$

**Παρατήρηση:** Τα πειραματικά αποτελέσματα είναι αρκετά κοντά στα αντίστοιχα του spice(πχ η ενίσχυση 34 και 39 αντίστοιχα για το βήμα 3 και  $R_B$  80k και 86,55k αντίστοιχα για το βήμα 6). Το μοναδικό πράγμα που δε μπορούσε να απεικονιστεί στο εργαστήριο ήταν η ταλάντωση στην έξοδο για τα βήματα 5 και 11, για αυτό και δεν έχουν συμπληρωθεί στο εργαστηριακό φύλλο.