



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ηλεκτρονική III
4^η Εργαστηριακή Άσκηση

Κωνσταντίνος Ιωάννου (ΑΜ: 03119840)

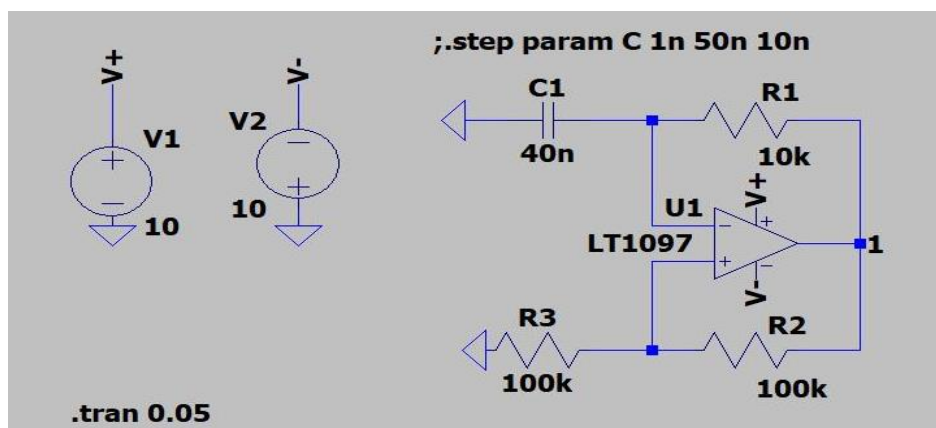
Ημερομηνία υποβολής: Δευτέρα 6 Φεβρουαρίου 2023

Άσκηση 1

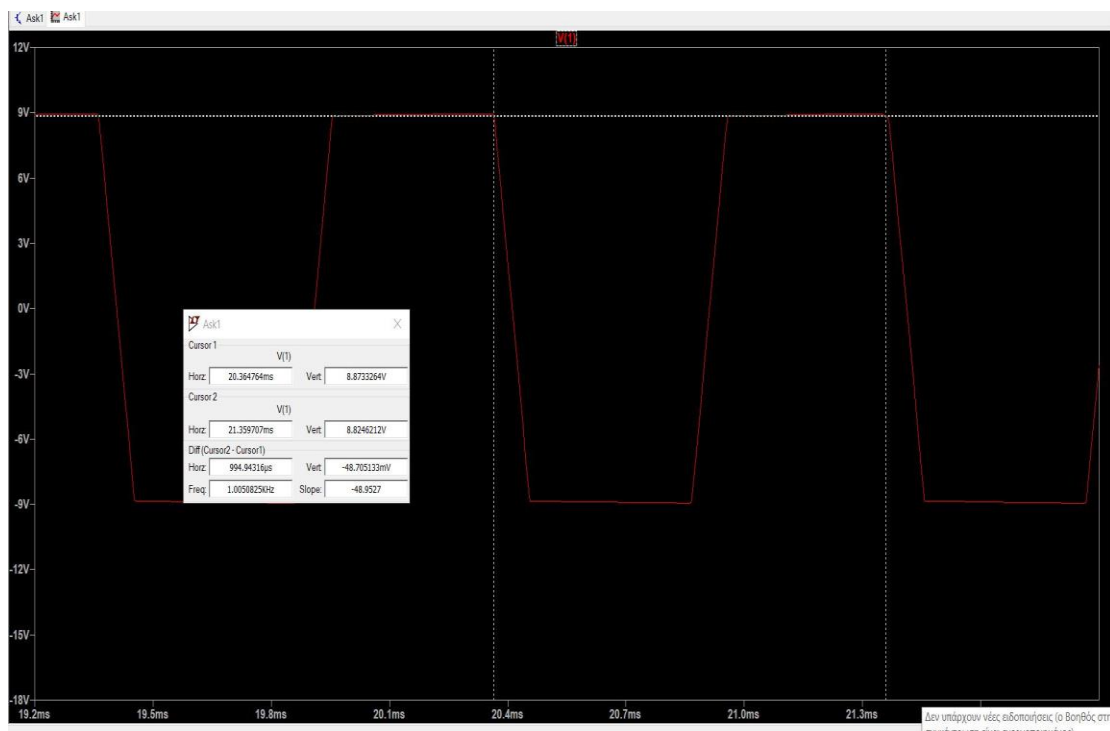
- 1) Στο πρώτο ζητούμενο ψάχνουμε την κατάλληλη τιμή του πυκνωτή $C1$ ώστε ο ταλαντωτής μας να έχει συχνότητα ταλάντωσης 1kHz .

Κάνοντας λοιπόν διάφορες δοκιμές αλλά και με την βοήθεια της εντολής `step param` για την χωρητικότητα του πυκνωτή $C1$, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι για $C1=40\text{n}$ έχουμε την επιθυμητή συχνότητα ταλάντωσης.

Στην εικόνα αποκάτω παρουσιάζουμε τόσο το κύκλωμα μας στο Ltspice όσο και την `transient` (στον χρόνο) προσομοίωση του:



Κάνοντας ανάλυση στον χρόνο για ένα μικρό χρονικό διάστημα (ώστε να είναι σε μεγέθυνση η κυματομορφή μας) έχουμε το παρακάτω διάγραμμα. Για την τάση $V1(t)$:

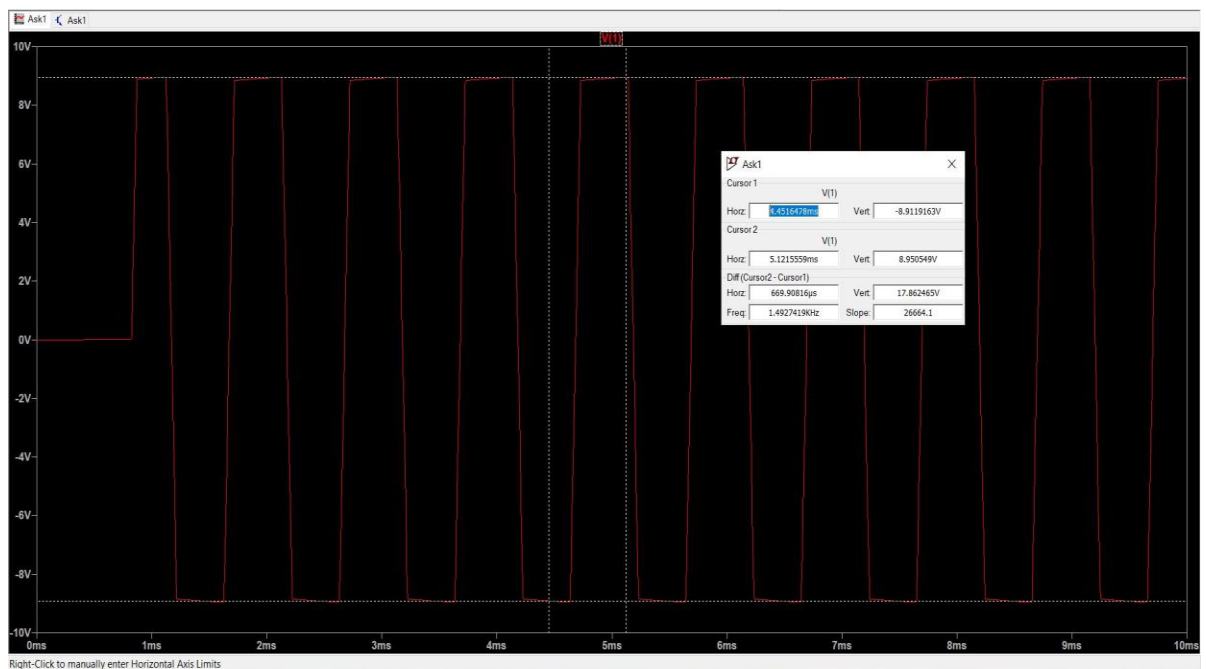


Συνεπώς η $V_1(t)$ είναι μια περιοδική κυματομορφή σχεδόν τετραγωνική, αν παραλείψουμε τους χρόνους ανόδου και καθόδου. Τοποθετώντας τους κέρσορες 1 και 2 έτσι ώστε να σηματοδοτούν το τέλος και την αρχή της περιόδου βλέπουμε ότι έχουμε $f_0 \approx 1\text{kHz}$, οπότε η τιμή του πυκνωτή $C_1=40\text{n}$ είναι η κατάλληλη.

2) Πλάτος ($V_{\text{peak-peak}}$) για την τάση $V_1(t)$

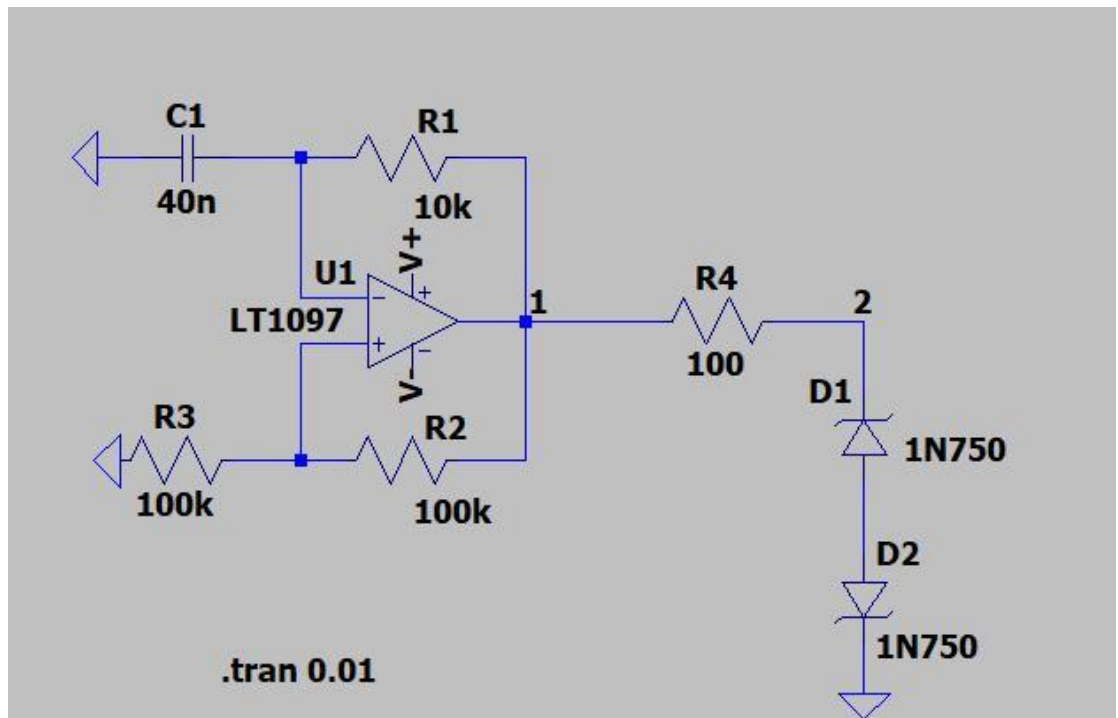
Χρησιμοποιώντας και πάλι τους κέρσορες 1 και 2 τοποθετώντας τον έναν στην υψηλότερη τιμή τάσης $V_1(t)$ και τον άλλο στην χαμηλότερη τιμή της τάσης $V_1(t)$, έχουμε την διαφορά τους δηλαδή το πλάτος peak-to-peak της τάσης του σήματος στον κόμβο 1.

Παρακάτω φαίνεται αυτή η διαδικασία, αφού πρώτα κάνουμε ανάλυση στον χρόνο για την τάση $V_1(t)$:



Παρατηρούμε λοιπόν ότι $V_{1\text{peak-peak}} = 17\text{V}$.

3) Στην συνέχεια αφού κλείσει ο διακόπτης όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα αναζητάμε την τάση peak-peak στον κόμβο 2

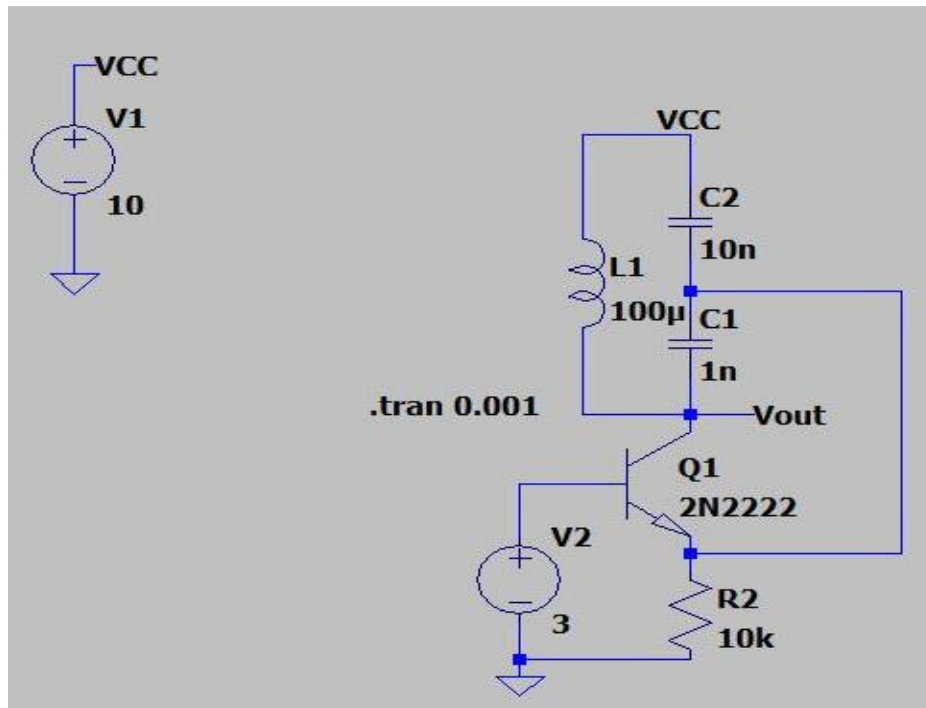


Ομοίως με το ζητούμενο 2 αυτής της άσκησης κάνουμε προσομοίωση στον χρόνο για την τάση στον κόμβο 2 ($V_2(t)$) και τοποθετώντας και πάλι τον έναν κέρσορα στην μέγιστη τιμή της τάσης και τον άλλον στην ελάχιστη έχουμε ότι η διαφορά τους μας δίνει **$V_{2\text{peak-peak}} = 10.93\text{V}$** ,όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



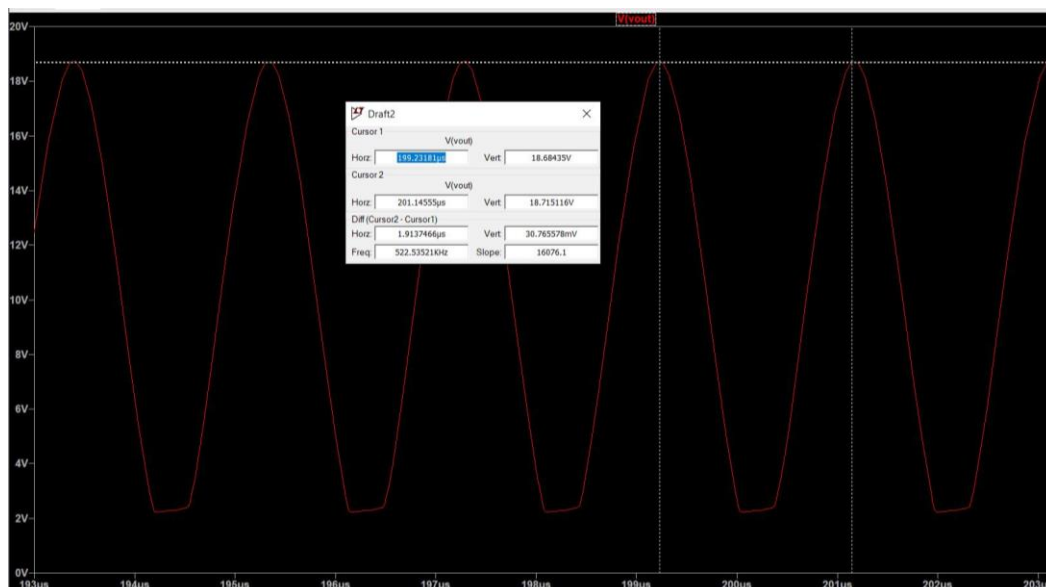
Άσκηση 2

Θεωρούμε το κύκλωμα που φαίνεται παρακάτω(σχεδιασμένο στο LTspice)



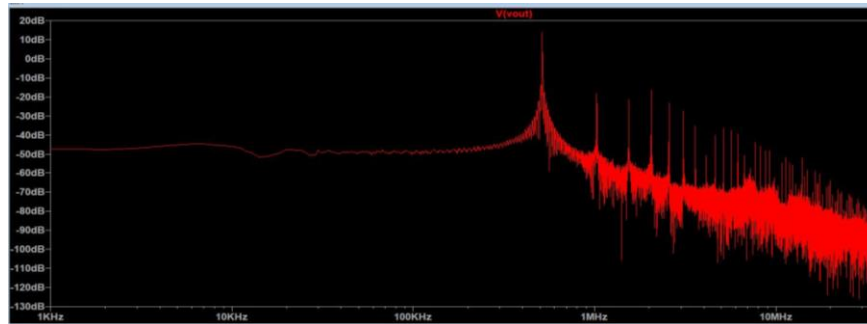
1) Συχνότητα ταλάντωσης του παραπάνω κυκλώματος.

Κάνοντας προσομοίωση στο πεδίο του χρόνου και στην συνέχεια τοποθετώντας τους κέρσορες 1 και 2 στην αρχή και στο τέλος μια περιόδου αντίστοιχα βρίσκουμε ότι $f_0 \approx 522 \text{ kHz}$, όπως φαίνεται από την κυματομορφή που ακολουθεί για την τάση $V_{out}(t) = V_C$ τάση συλλέκτη.

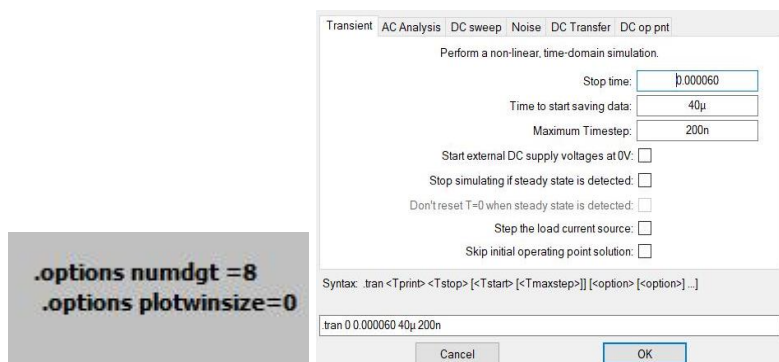


2) Αναζητούμε το πλάτος της πρώτης αρμονικής της $V_{out}(t)$.

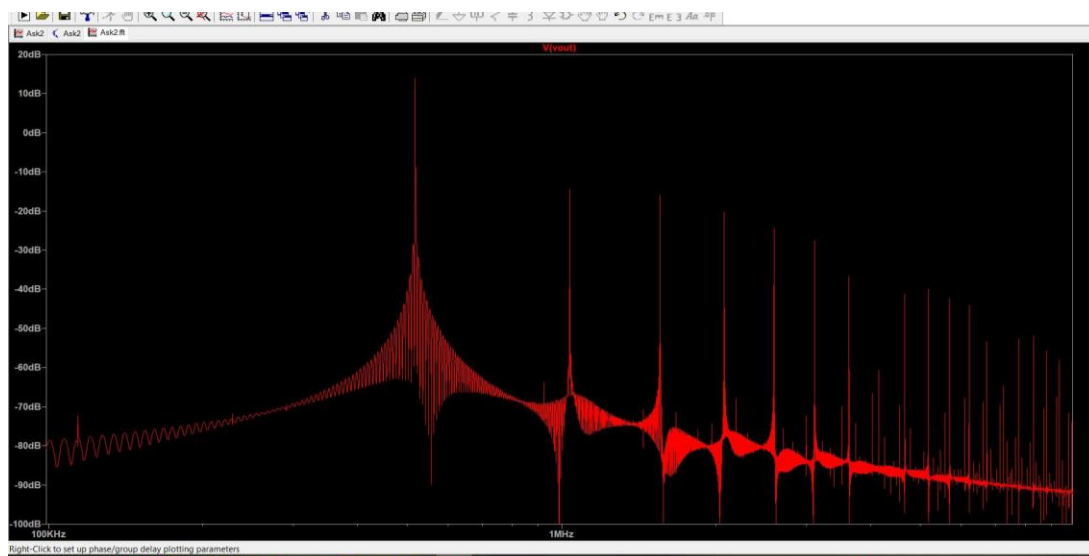
Αρχικά κάνουμε FFT για να δούμε τις αρμονικές αλλά και πόσο συνεισφέρει η κάθε μια και παίρνουμε το παρακάτω διάγραμμα:



Το διάγραμμα FFT είναι αρκετά “θολό” λόγω διάφορων θορύβων που επικρατούν, οπότε με την χρήση των παρακάτω εντολών αλλάζουμε τις ρυθμίσεις ώστε να μειώσουμε τον θόρυβο, επίσης μειώνουμε το Maximum step (στην transient ανάλυση) στα 10n sec ώστε να έχει περισσότερα δείγματα και ο FFT να έχει περισσότερα σημεία και να είναι διακριτά τα peaks στο διάγραμμα.



Ξανακάνουμε λοιπόν FFT και έχουμε το ακόλουθο διάγραμμα:

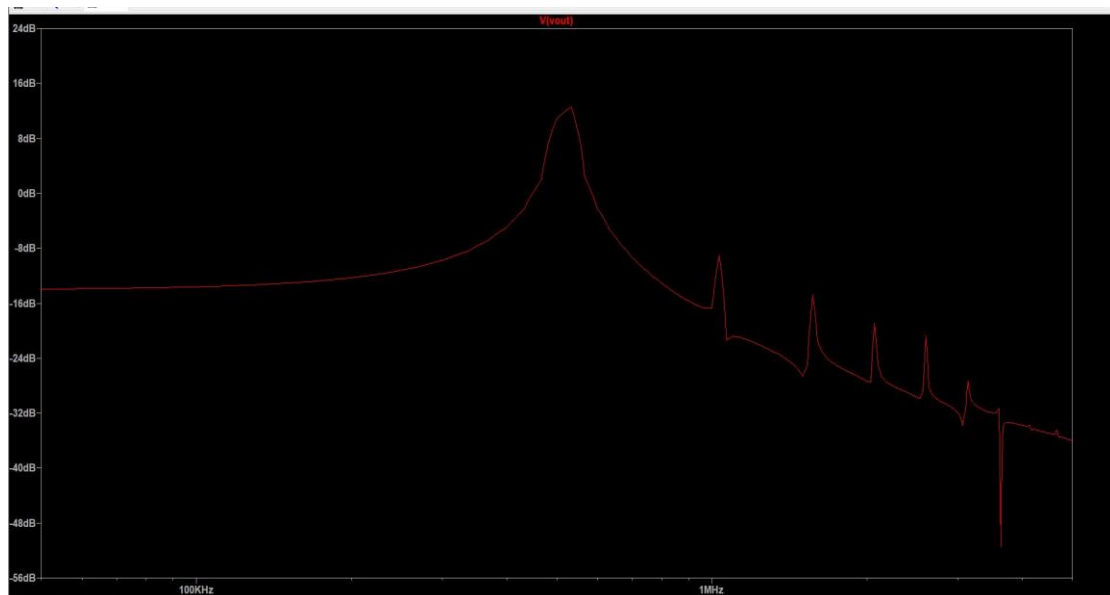


Αν και εμφανώς καλύτερο από το προηγούμενο αλλάζουμε ξανά τις συνθήκες transient παρομοίωσης και έχοντας τώρα μόνο 30u sec για την προσομοίωση(λιγότερη πληροφορία) ώστε κρατήσουμε μόνο τις πρώτες αρμονικές στον FFT έχουμε το ακόλουθο διάγραμμα.

Stop time: 230u

Time to start saving data: 200u

Maximum Timestep: 10n



Παρατηρούμε ότι και αν το FFT δεν είναι ιδανικό είναι εμφανώς καλύτερο από πριν και τώρα φαίνονται τόσο οι συχνότητες των αρμονικών όσων και τα πλάτη τους. Επίσης μέσω της εντολής **.four 1000 3 100 V(Vout)** παίρνουμε δεδομένα για τις πρώτες τρεις αρμονικές. Όπως την συνεισφορά της κάθε αρμονικής καθώς τις συχνότητες κάθε αρμονικής.

```

SPICE Error Log: C:\Users\User\Desktop\LT\Ask2.log
Circuit: * C:\Users\User\Desktop\LT\Ask2.asc
.OP point found by inspection.
N-Period=100
Fourier components of V(vout)
DC component:10.1402

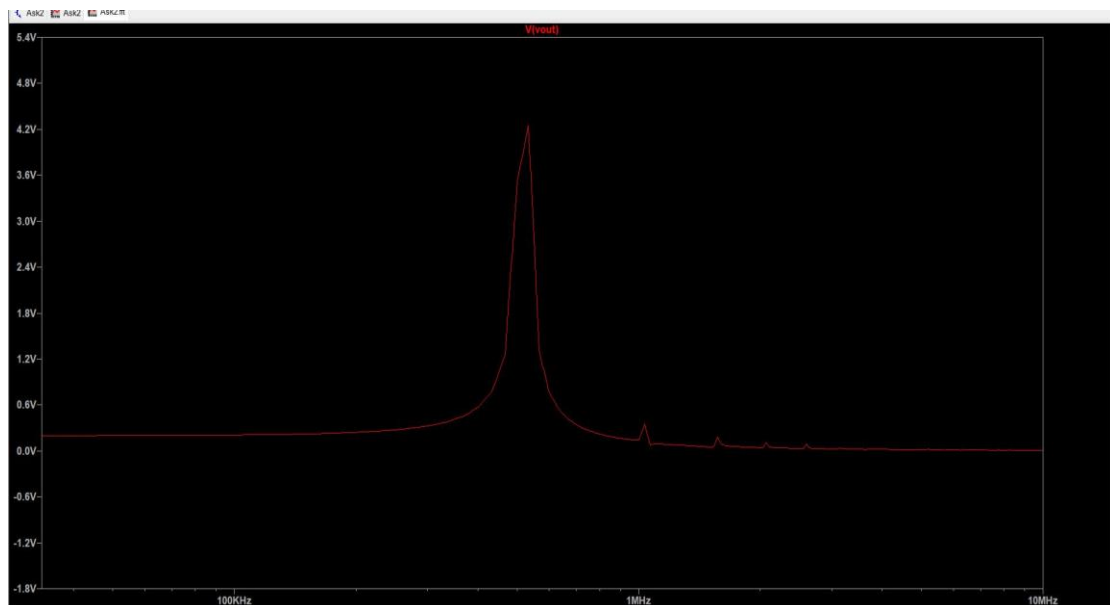
Harmonic      Frequency      Fourier      Normalized      Phase
Number        [Hz]          Component    Component       [deg]
1             1.000e+03     1.684e-01    1.000e+00       -0
2             2.000e+03     7.945e-02    4.717e-01       -1
3             3.000e+03     4.773e-02    2.833e-01       -6
Total Harmonic Distortion: 55.026127% (209126.381459%)

Date: Mon Jan 30 16:45:36 2023
Total elapsed time: 0.146 seconds.

tnom = 27
temp = 27
method = modified trap
totiter = 48075
traniter = 48075
tranpoints = 23585
accept = 23365
rejected = 220
matrix size = 9

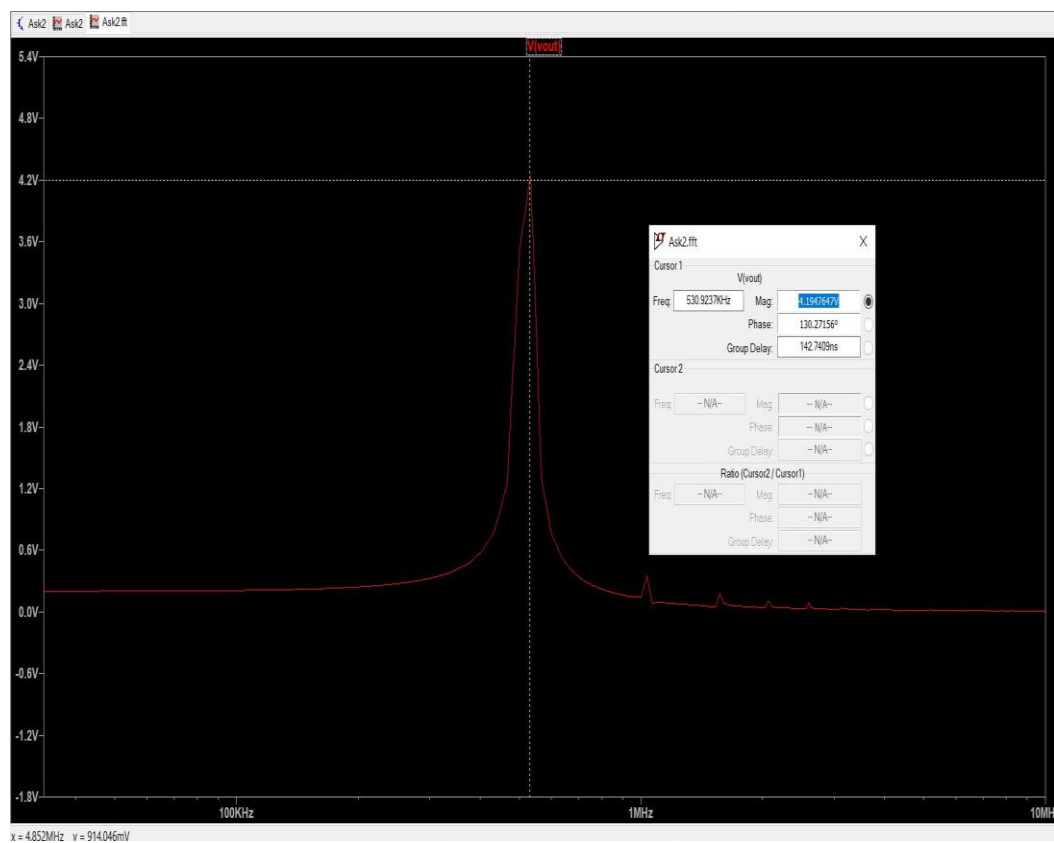
```

Κάνοντας λοιπόν FFT αλλά τώρα απο decibel σε γραμμικό έχουμε το ακόλουθο διάγραμμα :



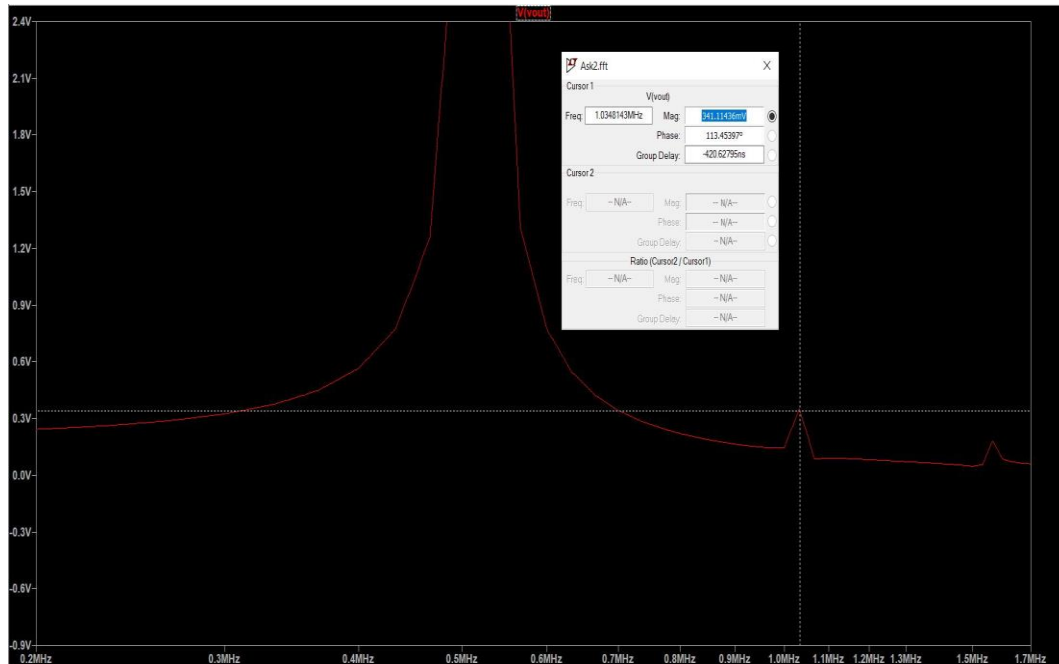
Οπότε βλέπουμε το πλάτος τόσο για την πρώτη όσο και για την δεύτερη αρμονική .

Πλάτος της 1^{ης} αρμονικής της Vout είναι 4.2V



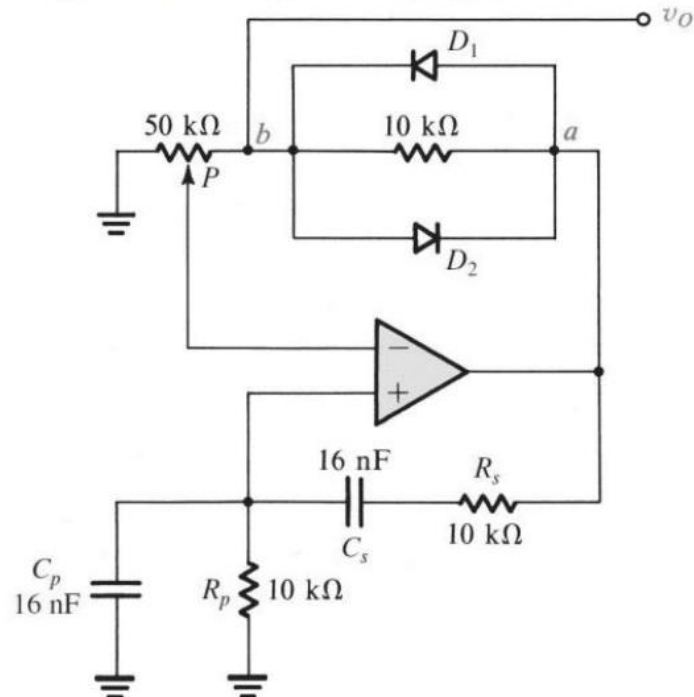
3) Αναζητούμε το πλάτος της πρώτης αρμονικής της $V_{out}(t)$.

Πλάτος της 2^{ης} αρμονικής της V_{out} είναι 341mV



Άσκηση 3

Στο παρακάτω σχήμα δίνεται ένα κύκλωμα ταλαντωτή τύπου Wien. Χρησιμοποιήστε έναν τελεστικό τύπου JFET με τροφοδοσία $\pm 10V$.



1) Μέγιστη τιμή της R_x ώστε να αρχίσουν οι ταλαντώσεις

Αρχικά διαχωρίζουμε το ποτενσιόμετρο σε δύο μέρη : $R_p = R_1 + R_{2a} = 50k$

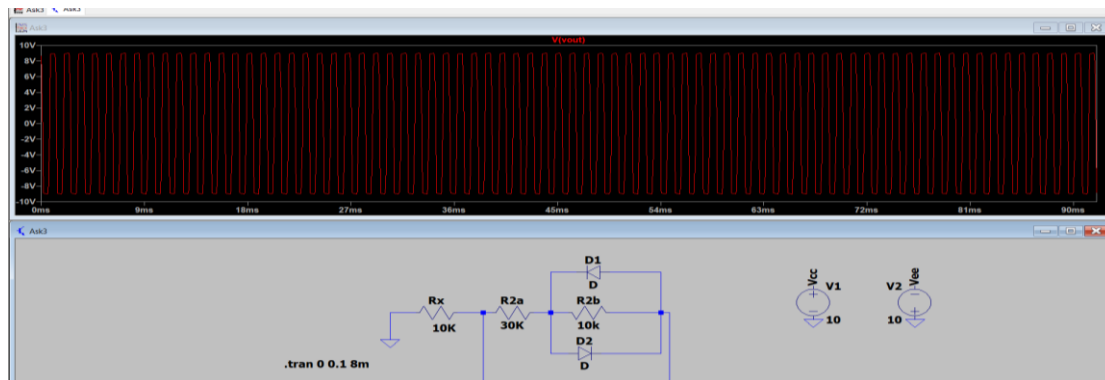
Άρα $R_{2a} = 50k - R_1$, γνωρίζουμε όμως από την θεωρητική ανάλυση του βιβλίου για τον ταλαντωτή γέφυρας Wien (άσκηση 18.6) ότι $\frac{R_2}{R_1} > 2$ οπότε στην οριακή περίπτωση $R_{2a} + R_{2b} = 2R_1 \rightarrow (50k - R_1) + R_{2b} = 2R_1$

όμως δίνεται $R_{2b} = 10k$ άρα $(50k - R_1) + 10 = 2R_1 \rightarrow R_1 = 20k$

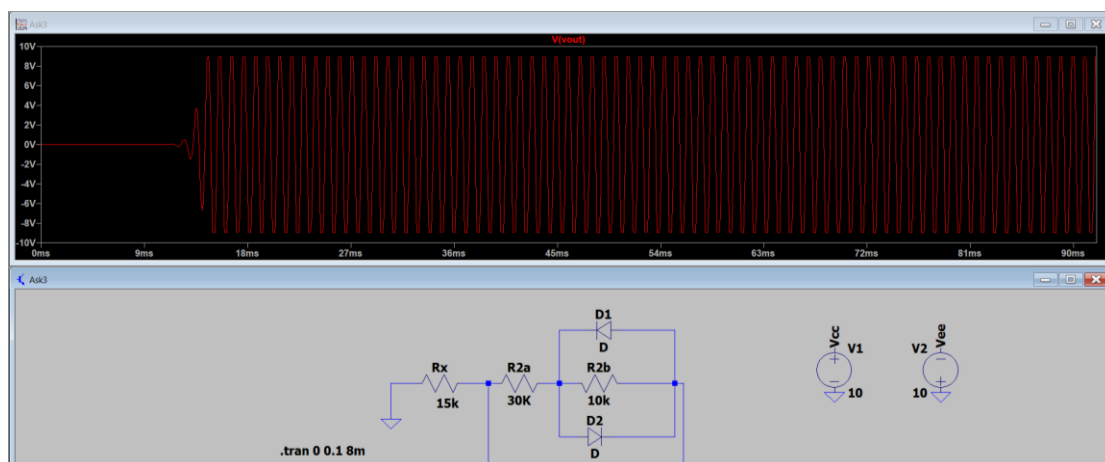
και προφανώς **$R_{2a} = 30k$** (Αυτή ήταν η θεωρητική ανάλυση)

Κρατάμε την $R_{2a} = 30k$ σταθερή και μεταβάλλουμε την τιμή της R_x για να βρούμε την μέγιστη τιμή της για να αρχίζουν ταλαντώσεις :

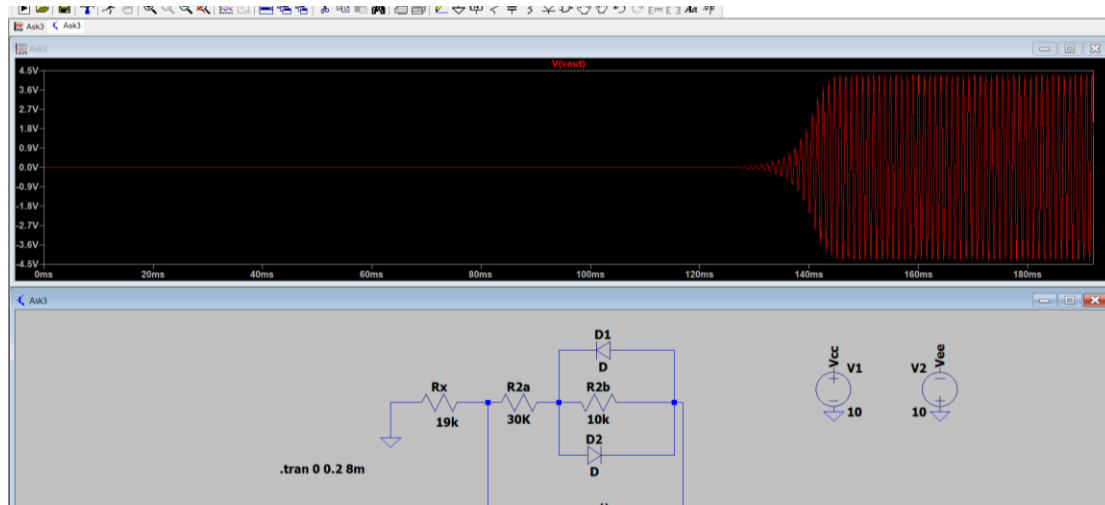
Αρχικά δοκιμάζουμε $R_x = 10k$ και όπως βλέπουμε υπάρχουν ταλαντώσεις



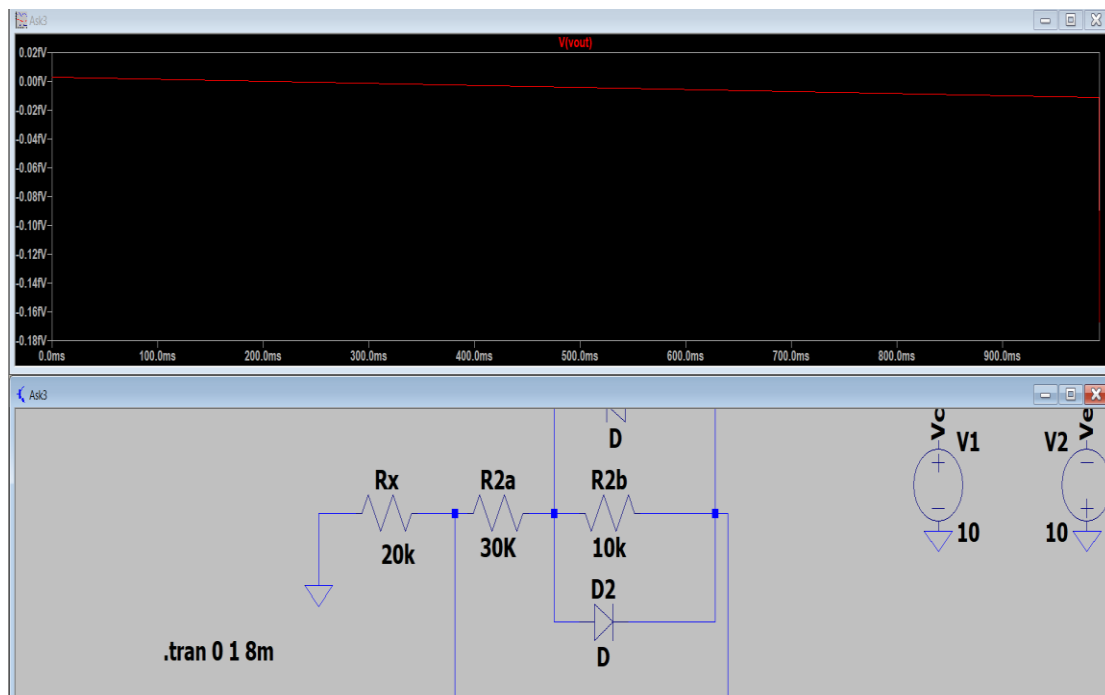
Στην συνέχεια δοκιμάζουμε $R_x = 15k$ και παρατηρούμε ότι μετά από ένα διάστημα 16m sec αρχίζουν οι ταλαντώσεις οπότε θα αυξήσουμε και άλλο την τιμή της R_x :



Για $R_x = 19k$ οι ταλαντώσεις στο κύκλωμα μας ξεκινούν μετά από 140 ms :



Ενώ για $R_x = 20k$ ΔΕΝ έχουμε ταλαντώσεις στο κύκλωμα όπως φαίνεται από την παρακάτω εικόνα :



Συνεπώς βλέπουμε ότι $R_{x\max} = 19k$ ώστε να έχουμε ταλάντωση

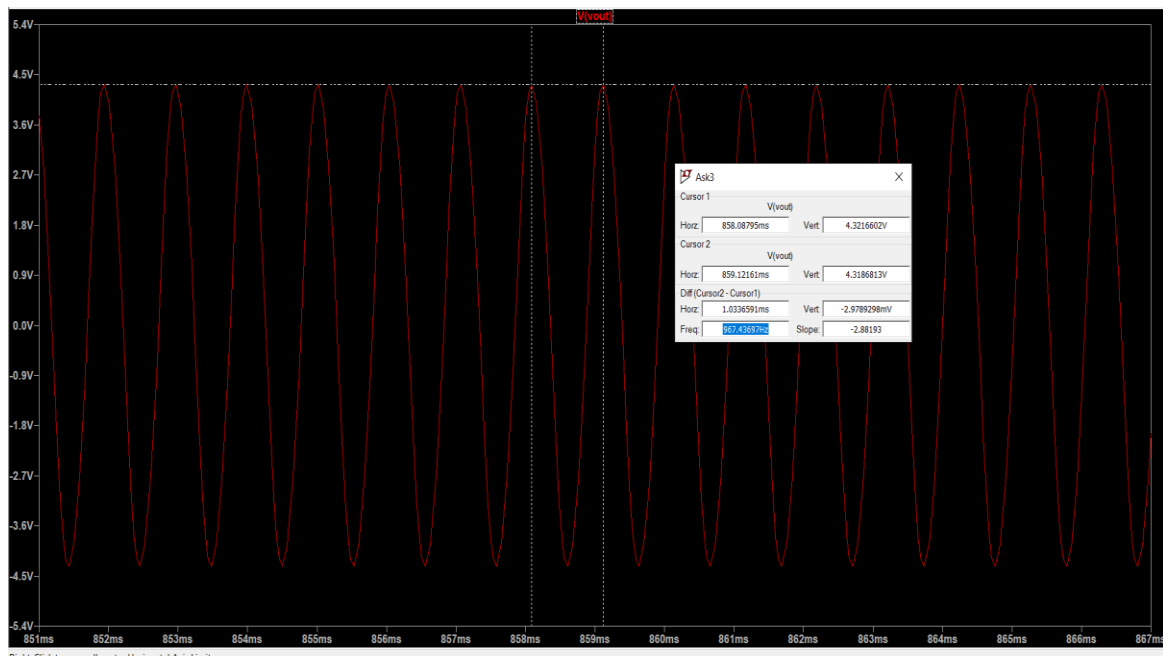
Παρατηρούμε ότι η θεωρητική τιμή με την πρακτική τιμή είναι αρκετά κοντά αλλά έχουν $1k\text{ Ohm}$ διαφορά , με την θεωρητική τιμή να είναι μεγαλύτερη.

2) Συχνότητας ταλάντωσης του κυκλώματος.

Οπότε όπως γνωρίζουμε από τον τύπο 18.12 του βιβλίου για ταλαντωτή της γέφυρας Wien $f_o = \frac{1}{2\pi * R_p * C_p} = \frac{1}{2\pi * 10k * 16n} \rightarrow f_o = 994.72Hz$

fo=994.72Hz (Θεωρητική τιμή)

Στο Ltspice κάνουμε προσομοίωση στο πεδίο του χρόνου και με την μέθοδο με τους κέρσορες βρίσκουμε όπως φαίνεται παρακάτω στην εικόνα την συχνότητα ταλάντωσης. Οπότε **fo = 967.43k Ohm (Τιμή στη προσομοίωση)**



Παρατηρούμε ότι η θεωρητική τιμή της συχνότητας ταλάντωσης είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από την συχνότητα ταλάντωσης που βρήκαμε στην προσομοίωση.

