

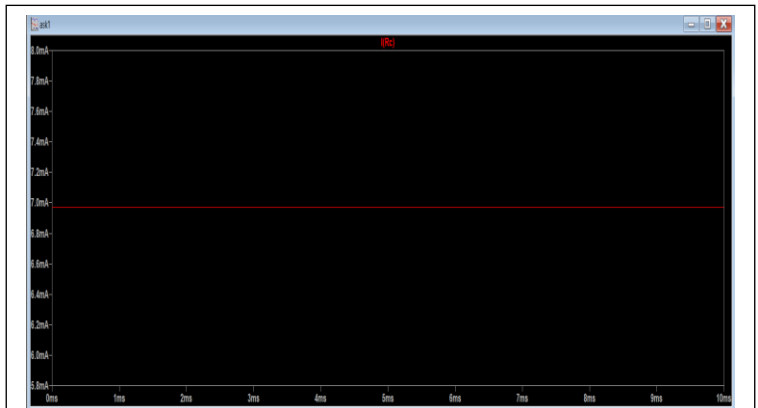
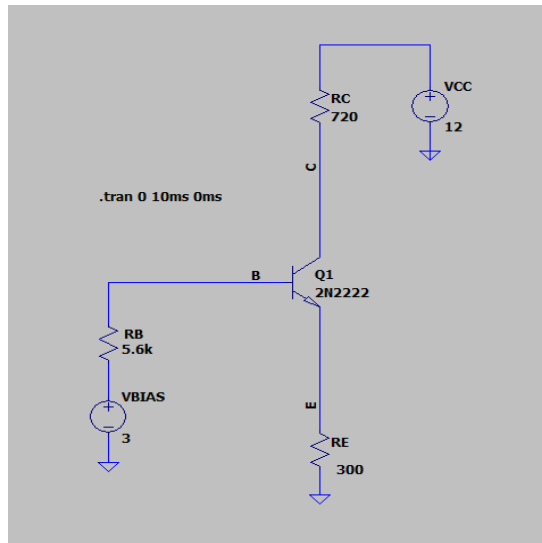
1^η Εργαστηριακή Σειρά Ασκήσεων (2022-2023) – Ηλεκτρονική ΙΙΙ

Κωνσταντίνος Ιωάννου AM:03119840

Προσομοιώσεις στο LTspice

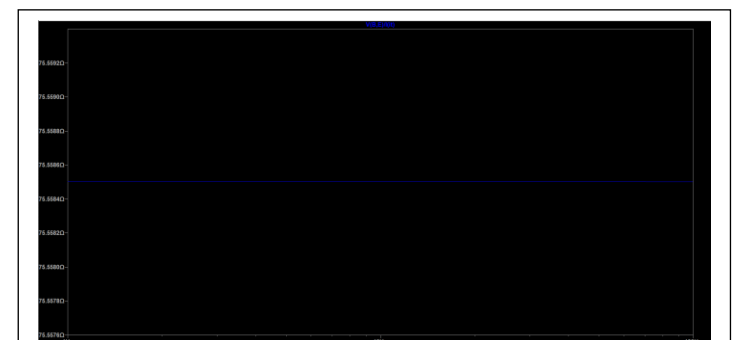
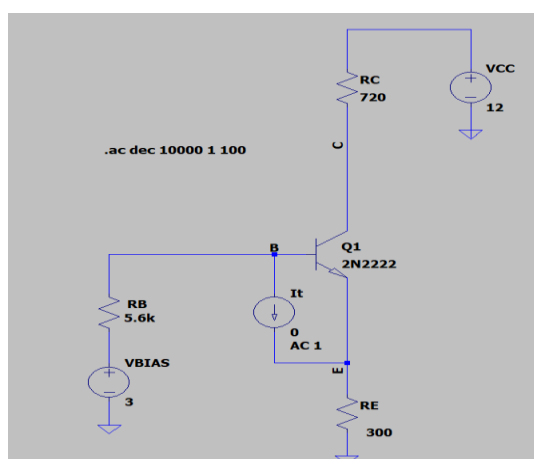
Άσκηση 1

α) Δοκιμάζοντας σταδιακά μερικές τιμές με την εντολή step για την τάση της V_{bias} προκύπτει ότι για $V_{bias} = 3V$ έχουμε $I_c = 7\text{ mA}$



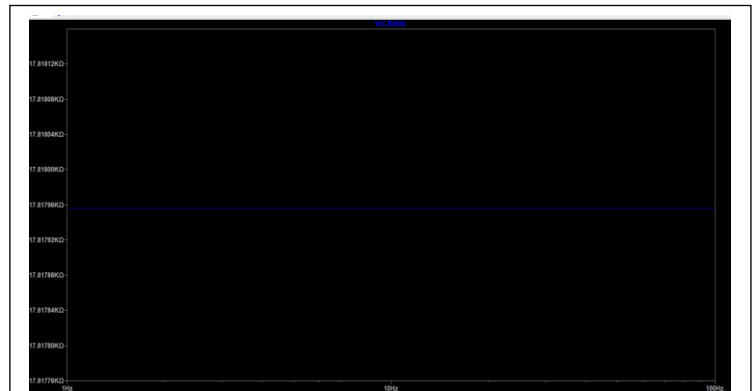
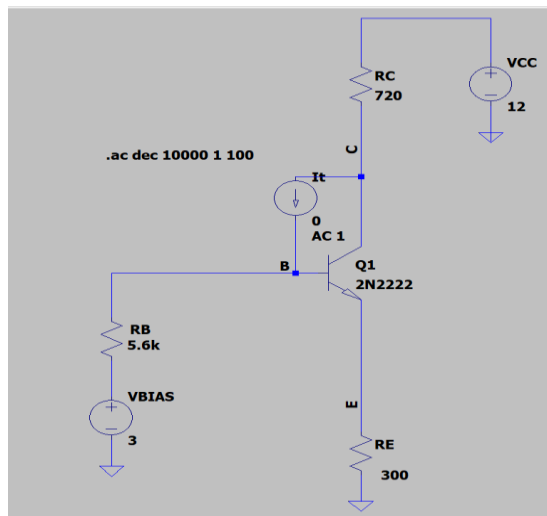
Για tran προσομοίωση στον χρόνο μετράμε το το ρεύμα που περνάει από την αντίσταση R_c .

β) Αντίσταση βάσης -εκπομπού R_{be} : Τοποθετούμε μια δοκιμαστική πηγή ρεύματος με 0 DC ρεύμα και 1 mA AC ρεύμα και κάνοντας AC ανάλυση υπολογίζουμε $R_{be} = (V_{be})/i_t$



Άρα $R_{be} = 75.55\text{ Ohm}$

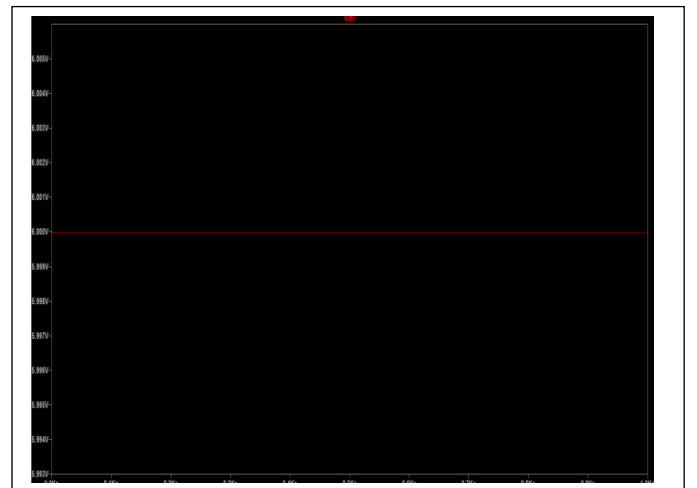
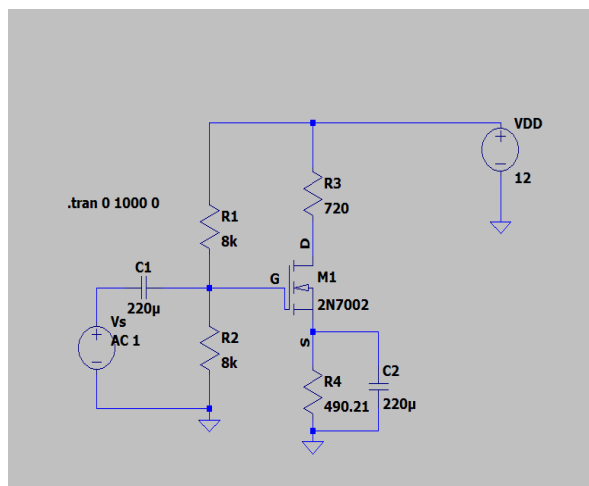
γ) Ομοίως για αντίσταση βάσης –συλλέκτη βρίσκουμε R_{bc}



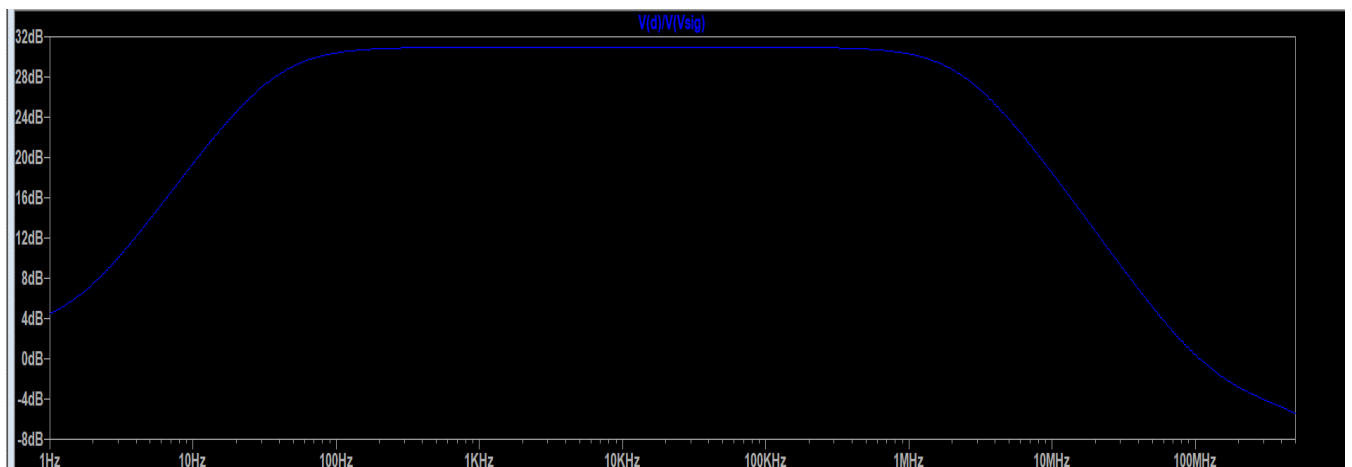
$R_{bc} = 17,81793 \text{ k ohm}$, όπως περιμέναμε από τις θεωρητικές τιμές .

Άσκηση 2

α) Με την εντολή step param δοκιμάζουμε διάφορες τιμές της αντίστασης R_4 με tran προσομοίωση και παρατηρούμε ότι για $R_4 = 490.21 \text{ Ohm}$ έχουμε $V_d = 6V$.



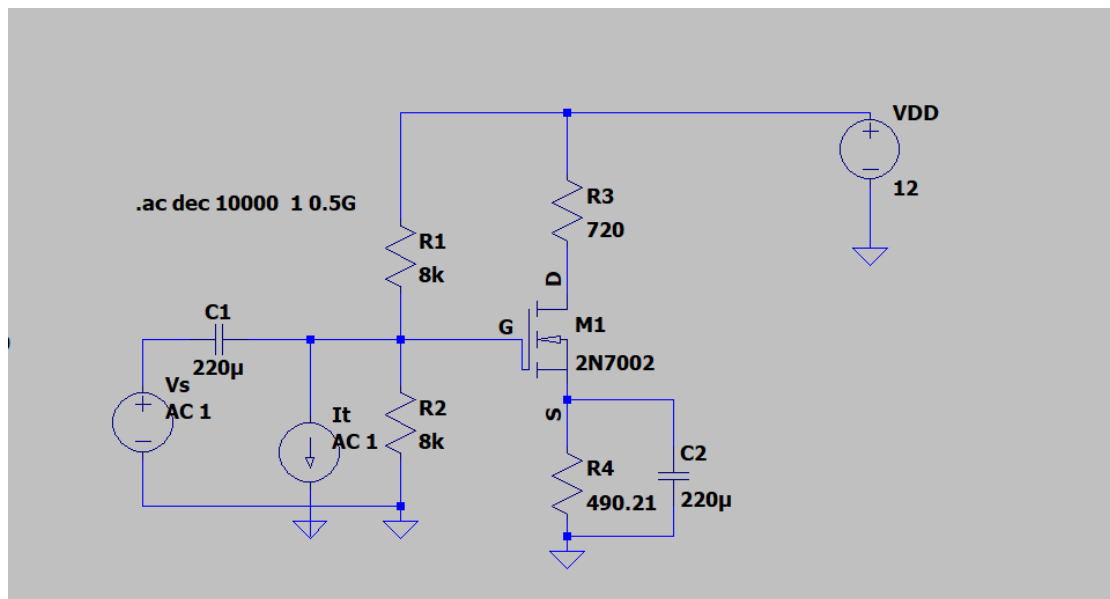
β) Διάγραμμα Bode του ενισχυτή



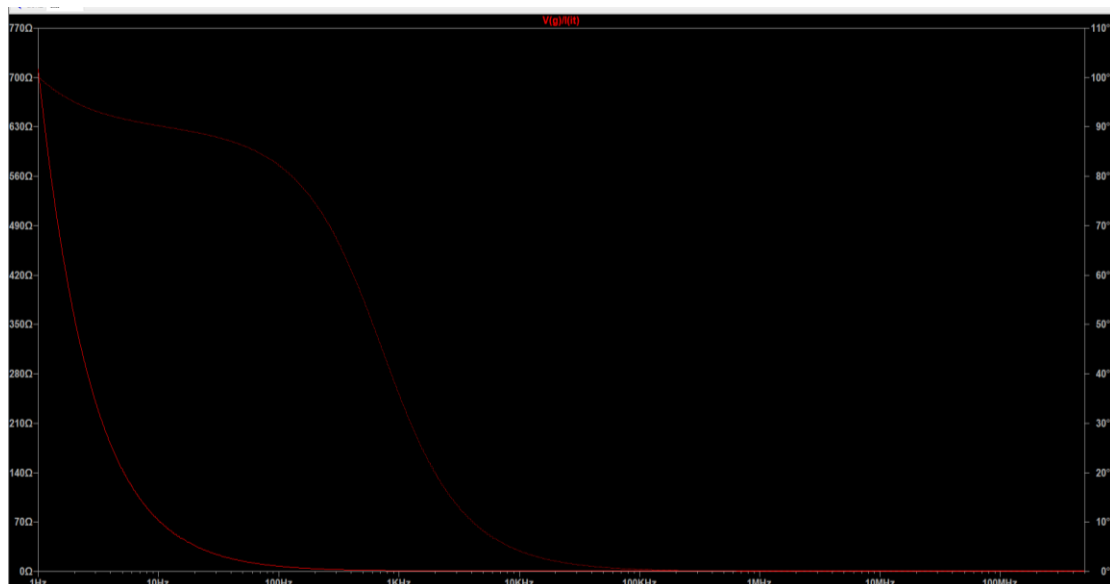
Έχουμε ένα **Ζωνοπερατό** φίλτρο με συχνότητες περίπου από 90Hz ως 6MHz. Για να λάβουμε το bode διάγραμμα στο Ltspice στο παραπάνω κύκλωμα κάνουμε AC προσομοίωση (**.ac dec 10000 1 0.5G**) και κοιτάζουμε τον λόγο $V_{out}/V_{in} = V_d/V_{sig}$.

γ) Αντίσταση εισόδου διάγραμμα Μέτρου και φάσης (R_{in})

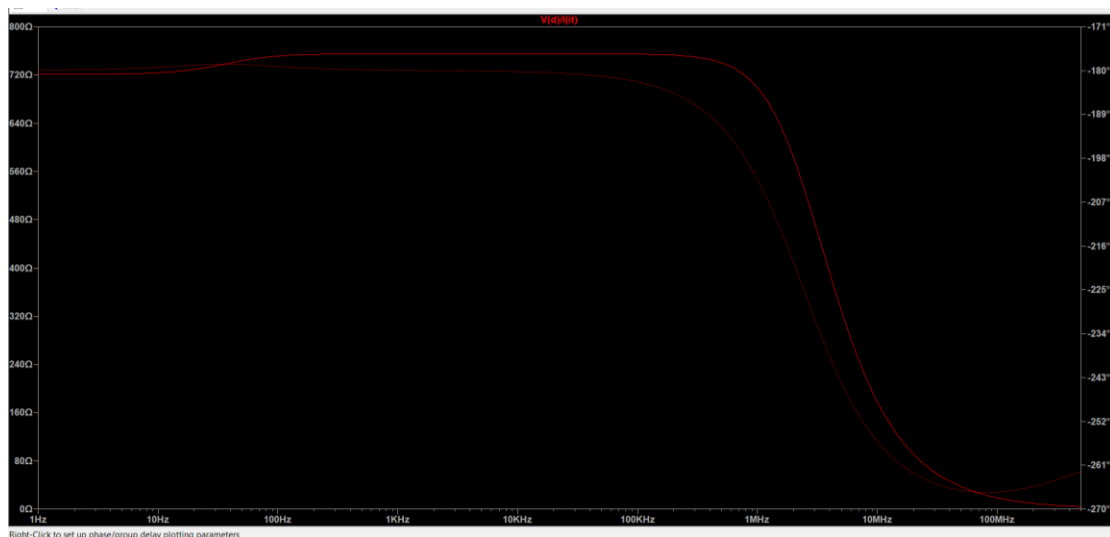
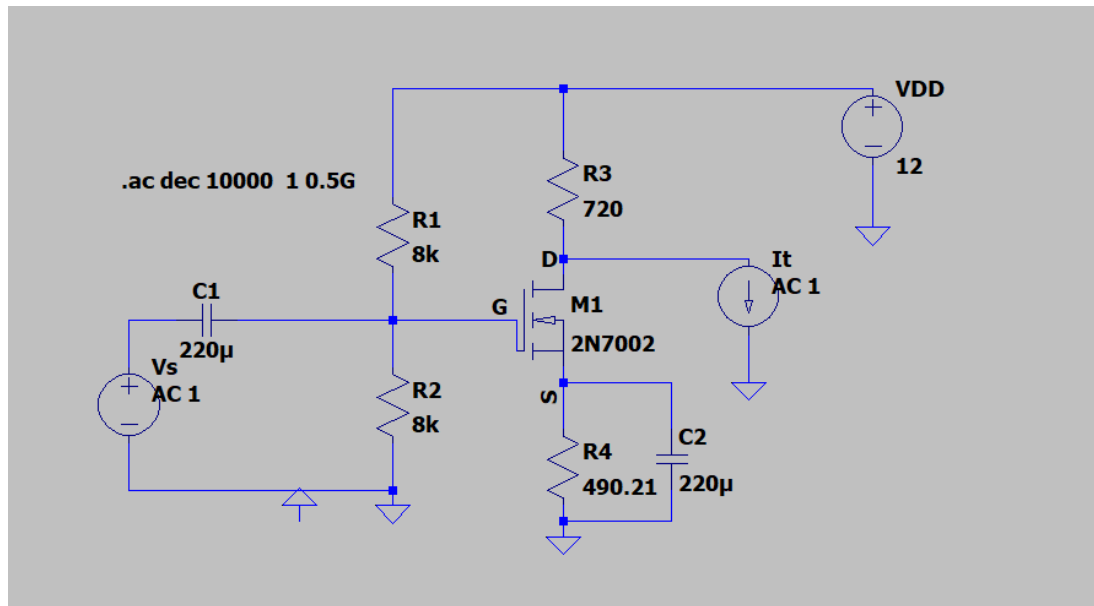
Ομοίως με την άσκηση 1 βάζουμε στην είσοδο μια δοκιμαστική πηγή ρεύματος AC 1 mA και μετράμε την τάση στα άκρα της .



Οπότε για την R_{in} έχουμε (bold το μέτρο και διακεκομμένη η φάση της αντίστασης εισόδου)



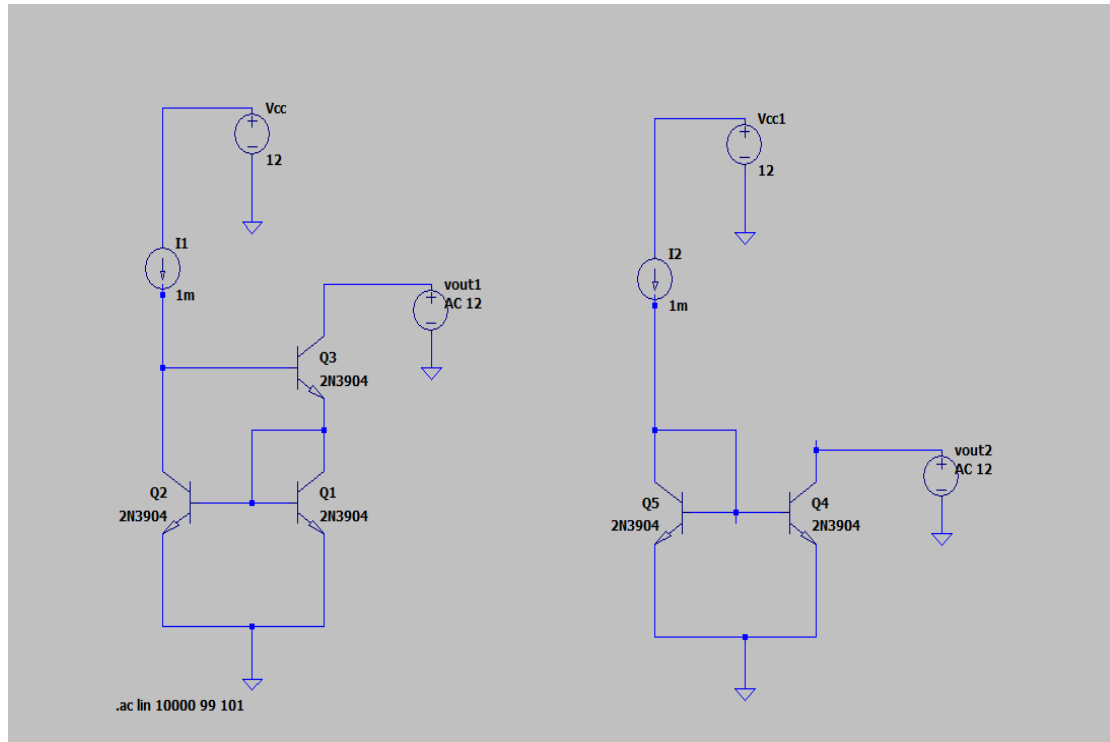
δ) Ομοίως λοιπόν για την αντίσταση εξόδου βάζουμε μια AC πηγή 1 mA και μετράμε την τάση στα άκρα της.



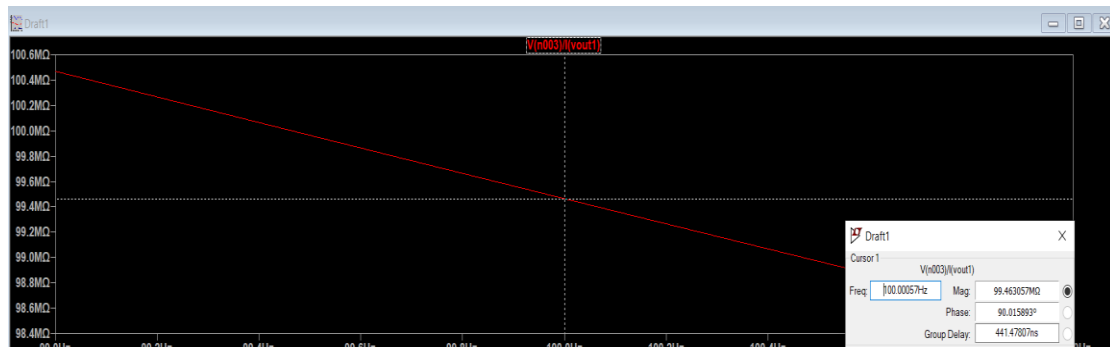
Παρατηρούμε ότι για μεγάλες συχνότητες τόσο η αντίσταση εισόδου όσο και η αντίσταση εξόδου μειώνονται και προσεγγίζουν το 0. Βέβαια η αντίσταση εισόδου R_{in} μειώνεται με μεγαλύτερο ρυθμό καθώς προσεγγίζει το 0 στα 100Hz ενώ η R_{out} μειώνεται κοντά στο 0 στα 100 MHz. Δηλαδή η R_{out} έχει πολύ μεγαλύτερο φάσμα συχνοτήτων στο οποίο δεν χάνει τις ιδιότητες της.

Άσκηση 3

α) Όπως φαίνεται στο σχήμα βάζουμε δοκιμαστική πηγή τάσης 12V AC χωρίς DC τάση και κάνουμε AC προσομοίωση



Αρχικά για $r_{out1} = 99.46 \text{ M}\Omega$ έχουμε ότι η αντίσταση επηρεάζεται από την συχνότητα και μάλιστα καθώς αυξάνει η συχνότητά μειώνει η r_{out1} .



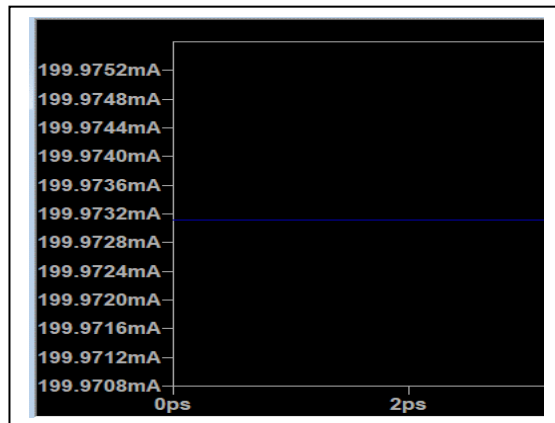
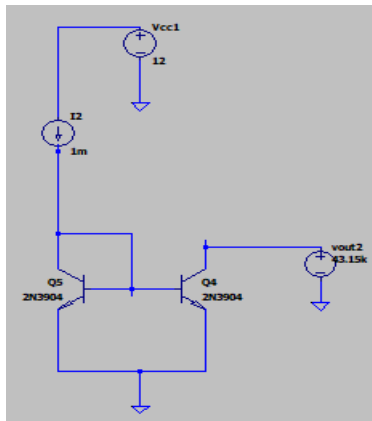
Αντίθετα για την $r_{out2} = 0.94989 \text{ }\Omega$ έχουμε ότι δεν επηρεάζεται από την συχνότητα όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα. $r_{out1} \gg r_{out2}$ Ουσιαστικά η πρώτη συνδεσμολογία έχει άπειρη αντίσταση εξόδου.



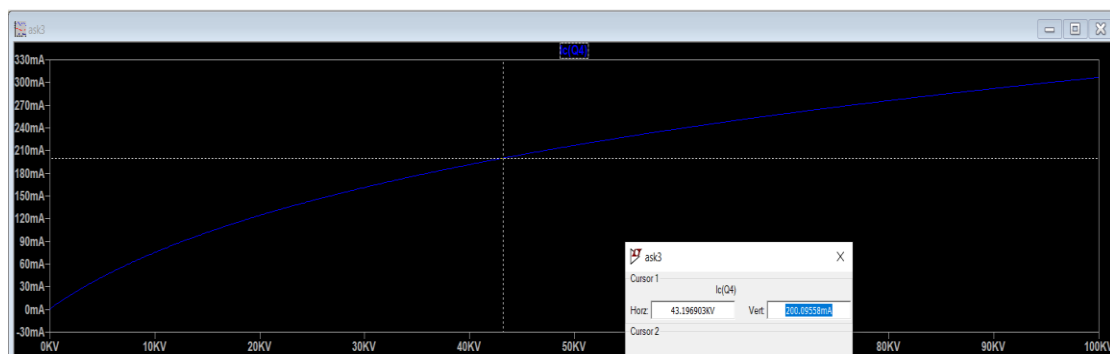
➔ Το ονομαστικό ρεύμα $I_c = 200 \text{ mA}$ για BJT 2N3904

β)

γ) Με την εντολή `step param` δοκιμάζουμε διάφορες τιμές και καταλήγουμε στο ότι για να έχει το Q4 $I_c = 200 \text{ mA}$ η ελάχιστη τάση που μπορούμε να έχουμε είναι 43.15 k Ohm

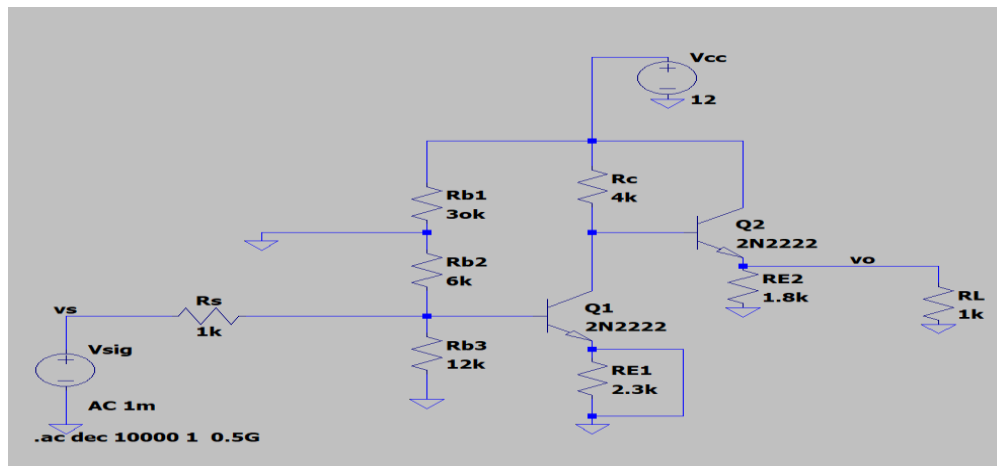


Με DC sweep:

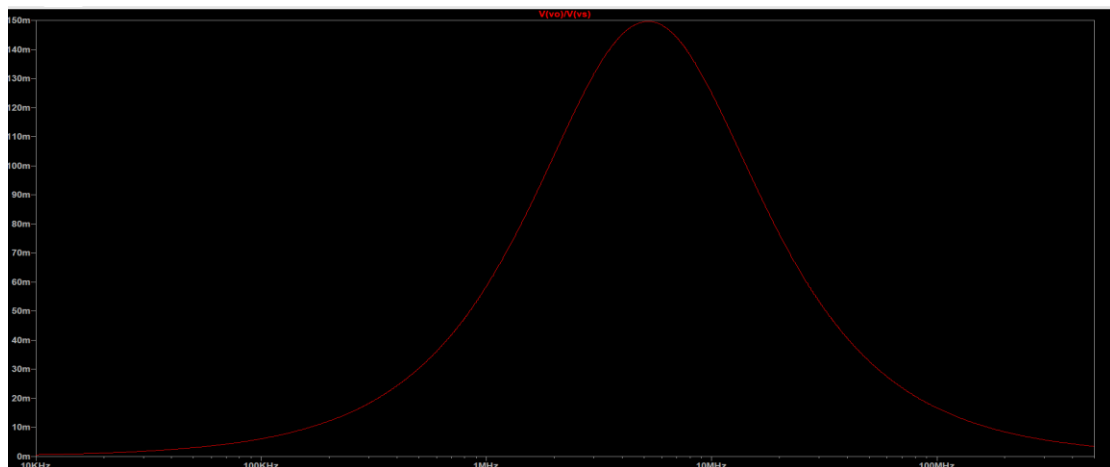


Άσκηση 4

Αρχικά σημειώνουμε ότι τους άπειρους πυκνωτές τους αντικαθιστούμε με βραχυκυκλώματα αφού έτσι και αλλιώς θα ασχοληθούμε μόνο με AC ανάλυση .

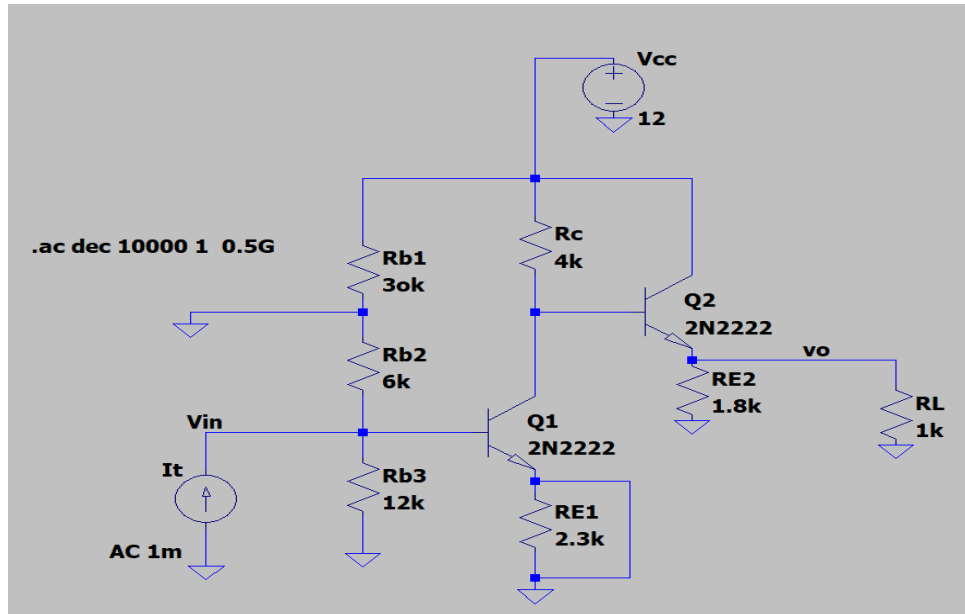


α) Για το διάγραμμα Bode απλώς κάνουμε μια AC ανάλυση από 1 HZ ως 500 Mhz και κοιτάζουμε τον λόγο v_{out}/v_{sig} .

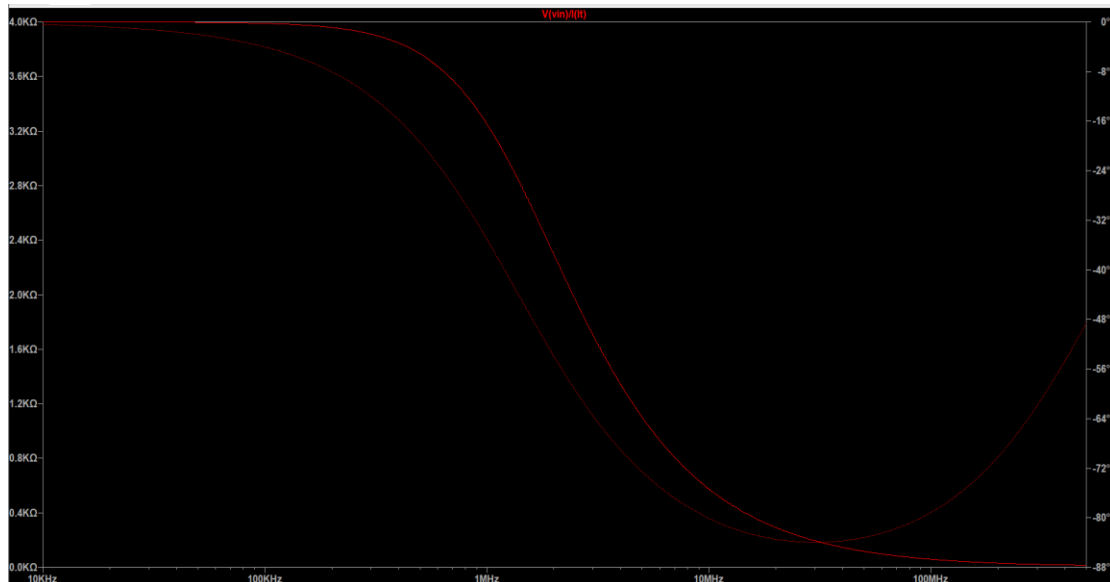


Παρατηρούμε ότι έχουμε ένα ζωνοπερατό φίλτρο το οποίο έχει το μέγιστο του (περίπου) στο διάστημα 4.6MHz έως 5.7 MHz , δηλαδή έχει σχετικά ένα μικρό εύρος συχνοτήτων το οποίο το φίλτρο μας είναι χρήσιμο.

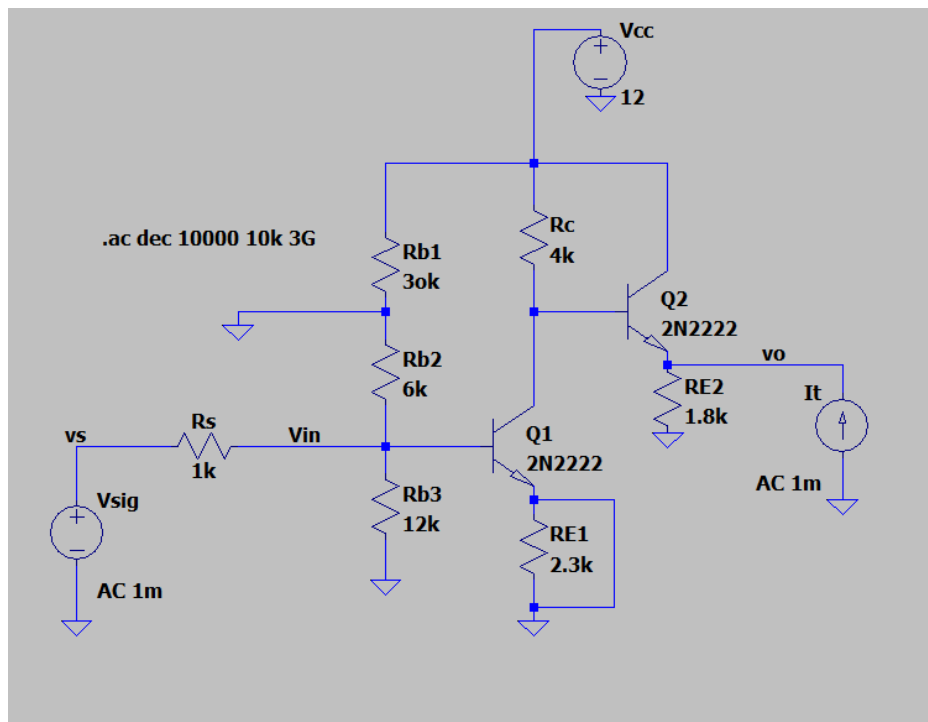
β) Για να βρούμε την R_{in} θα τοποθετήσουμε μια δοκιμαστική πηγή ρεύματος AC στην είσοδο και θα μετρήσουμε την τάση στα άκρα της . Προφανώς το DC ρεύμα είναι μηδέν στην δοκιμαστική πηγή.



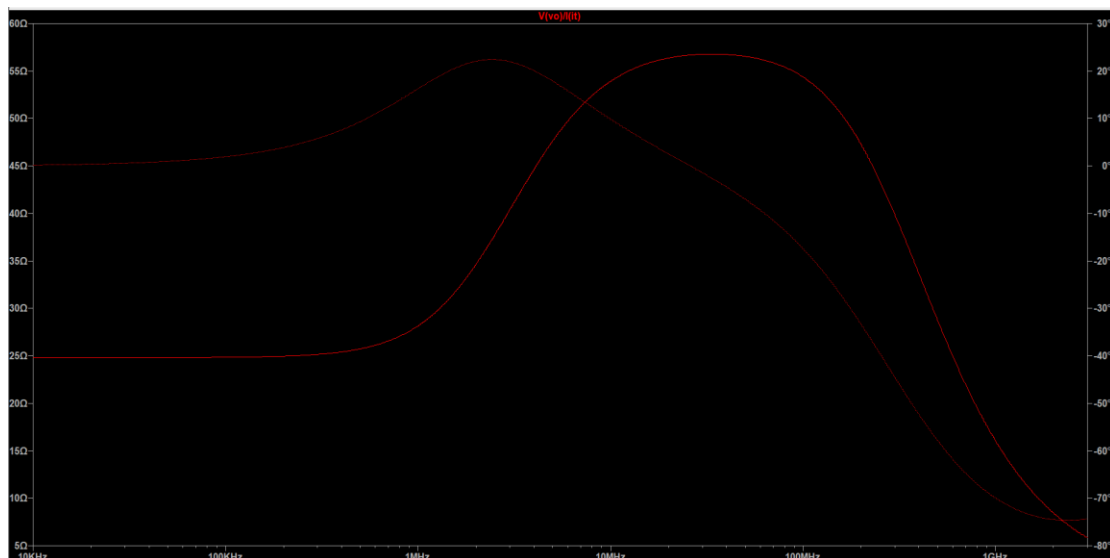
Και το διάγραμμα bode πλάτους και φάσης φαίνεται στο από κάτω διάγραμμα.



γ) Ομοίως θα τοποθετήσουμε μια δοκιμαστική πηγή ρεύματος AC στην έξοδο για να βρούμε την R_{out}



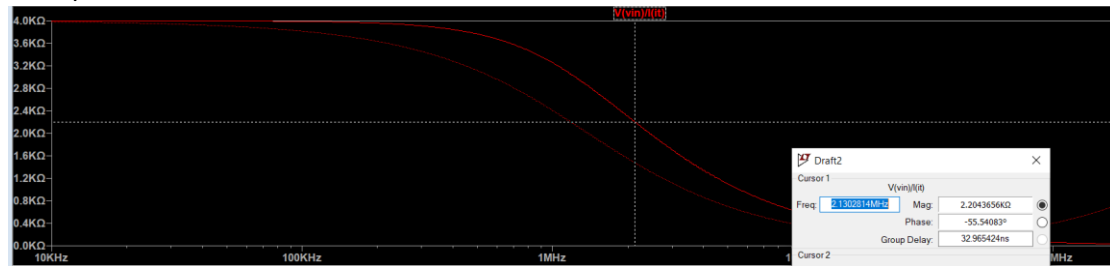
Στην συνέχεια βλέπουμε το διάγραμμα Bode φάσης και πλάτους της R_{out} .



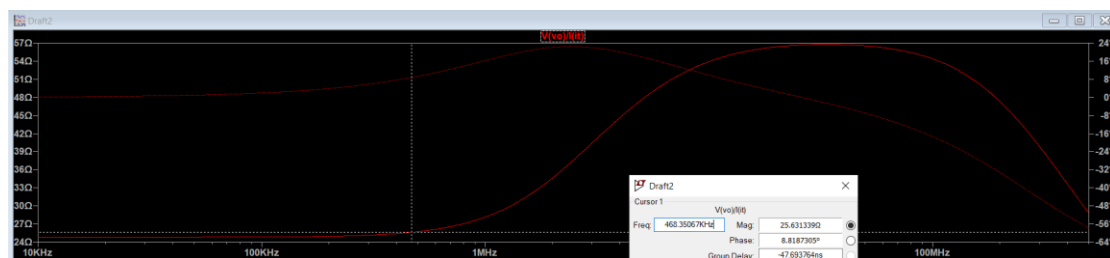
Παρατηρήσεις και συγκρίσεις με τις λύσεις που υπολογίσαμε στο θεωρητικό μοντέλο.

Αρχικά το f_{3db} είναι αρκετά μικρό όπως είδαμε και στην ανάλυση στο «χαρτί». Επίσης η R_{out} είχε βρεθεί θεωρητικά 25.7 Ohm που όπως βλέπουμε από το διάγραμμα πλάτους της R_{out} είναι μια λογική τιμή που παίρνει η R_{out} γύρο στα 470 kHz. Τέλος την R_{in} την είχαμε υπολογίσει θεωρητικά 2.22kOhm το οποίο συμφωνεί με το bode πλάτους κοντά στα 2MHz.

Για την R_{in} :

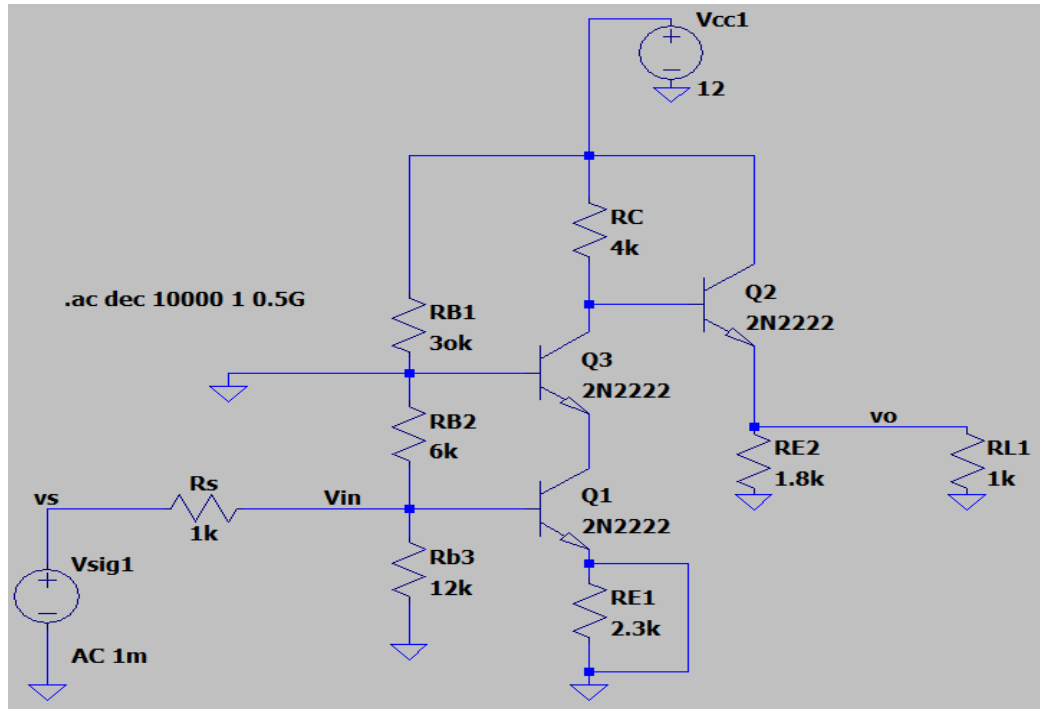


Για την R_{out} :



Άσκηση 5

Στο προηγούμενο κύκλωμα προσθέτουμε ένα ηρη bjt τρανζίστορ Q3 ανάμεσα στα Q1 και στα Q2 εξακολουθούμε να αναπαριστούμε τους άπειρους πυκνωτές ως βραχυκυκλώματα.

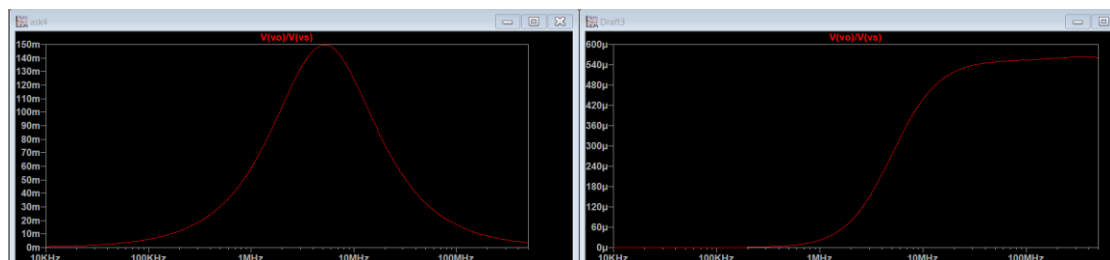


α) Αρχικά με AC ανάλυση κοιτάζουμε τον λόγο V_{out}/V_s και έχουμε το διάγραμμα bode , το οποίο εμφανώς δείχνει ότι το εύρος συχνοτήτων που είναι χρήσιμος ο παραπάνω ενισχυτής

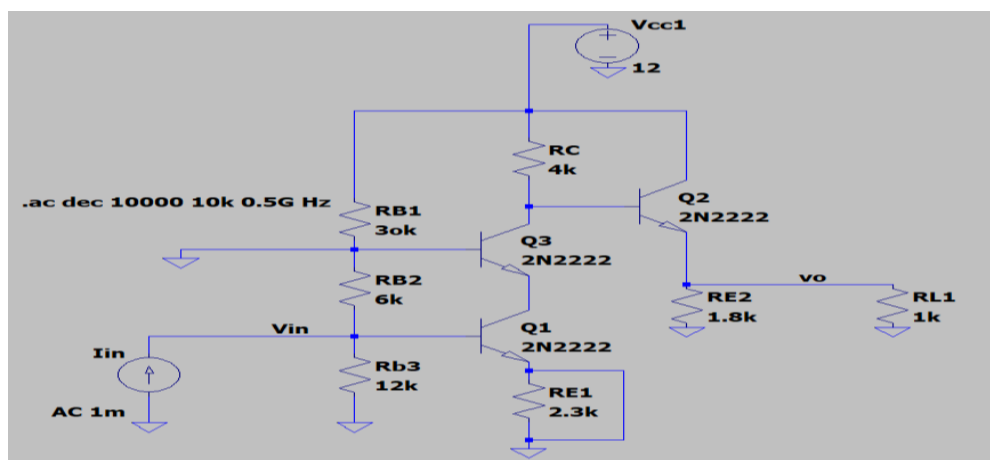
έχει αυξηθεί σημαντικά. Συγκεκριμένα από 1 Hz μέχρι 0.5GHz βλέπουμε ότι από περίπου 20MHz και μέχρι 600MHz είμαστε σε επιθυμητές συχνότητες .



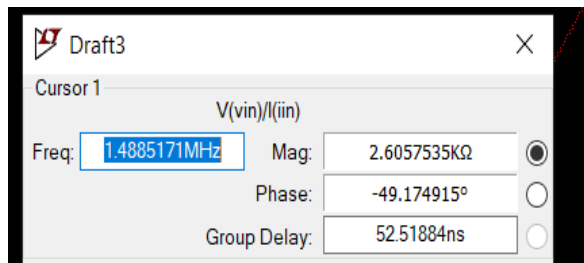
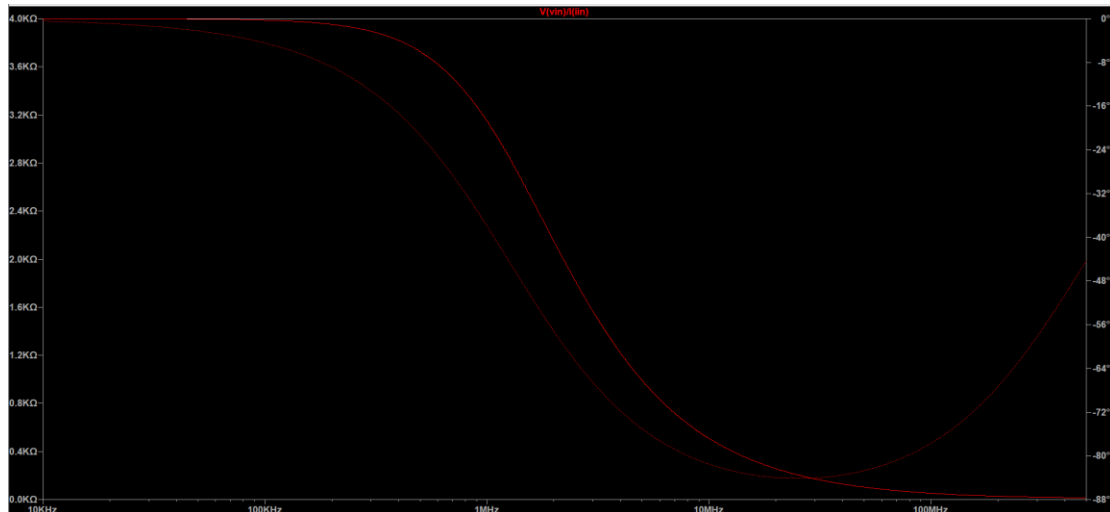
Συγκριτικά η βελτίωση είναι αισθητή .



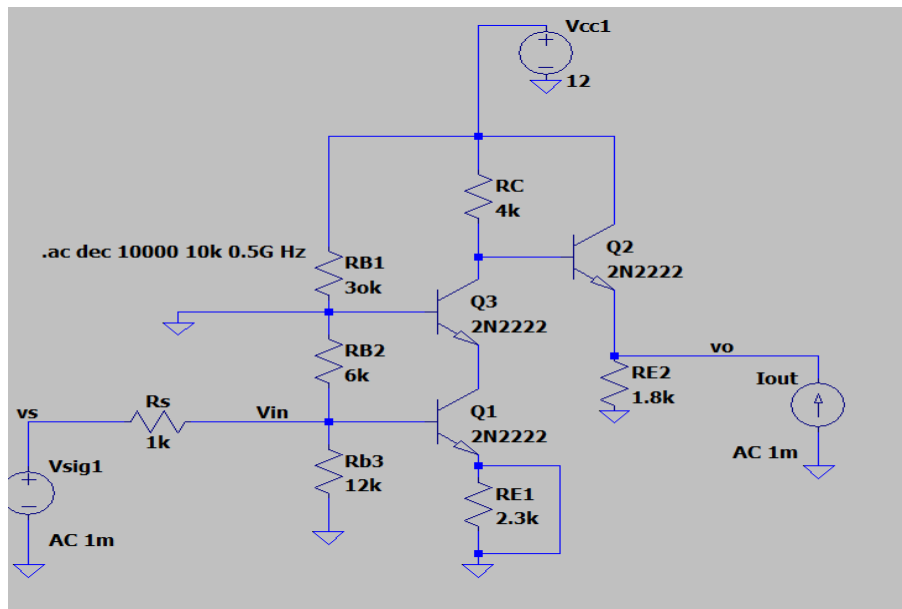
β) Για να βρούμε την R_{in} θα τοποθετήσουμε μια δοκιμαστική πηγή ρεύματος AC στην είσοδο και θα μετρήσουμε την τάση στα άκρα της . Προφανώς το DC ρεύμα είναι μηδέν στην δοκιμαστική πηγή.



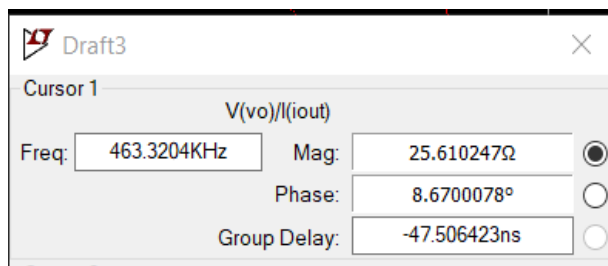
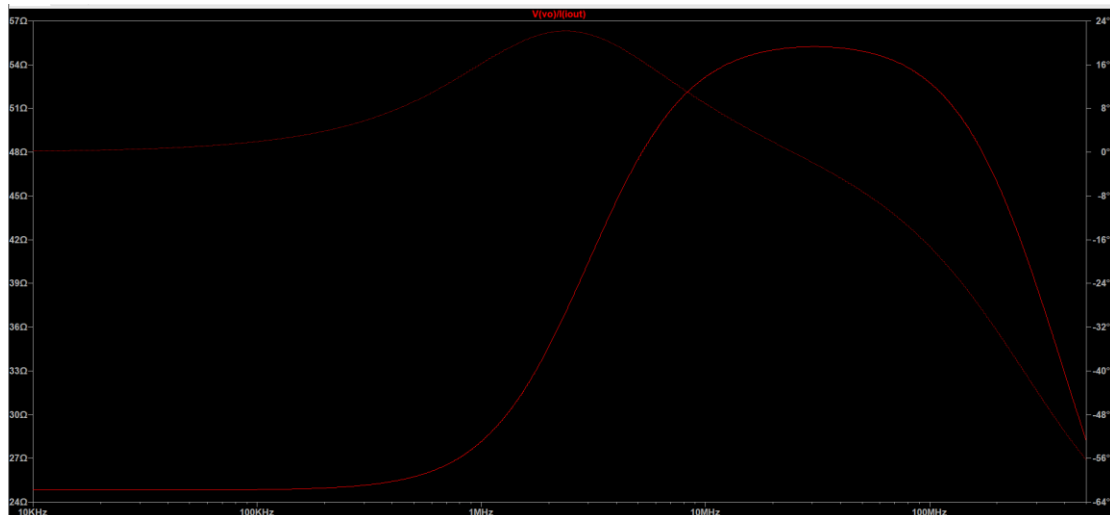
Το διάγραμμα φάσης και μέτρου της R_{in} , στην θεωρητική άσκηση είχαμε βρει την αντίσταση εισόδου 2.26kOhm τιμή που εμφανίζεται για συχνότητα 1.58MHz



γ) Ομοίως θα τοποθετήσουμε μια δοκιμαστική πηγή ρεύματος AC στην έξοδο για να βρούμε την R_{out} .



Το διάγραμμα φάσης-πλάτους για την R_{out} , στην θεωρητική εργασία η αντίσταση εξόδου είχε βρεθεί 25.6kΩm μια τιμή που βλέπουμε από το παρακάτω διάγραμμα παίρνει για συχνότητα περίπου 460kHz.



Παρατηρούμε ότι η αντιστάσεις εισόδου και εξόδου δεν επηρεάζονται σημαντικά από την προσθήκη του Q3 εν αντίθεση με το διάγραμμα Bode το οποίο βελτιώθηκε πολύ. Όπως είδαμε και στην θεωρητική άσκηση το κέρδος ουσιαστικά του κυκλώματος τόσο στην άσκηση 5 όσο και στην άσκηση 6 πρακτικά παραμένει το ίδιο. Οπότε η προσθήκη ενός pnp BJT κοινής πύλης ανάμεσα στο Q1 και Q2 αυξάνει το bandwidth του ενισχυτή μας χωρίς να χαλάει το κέρδος του.

