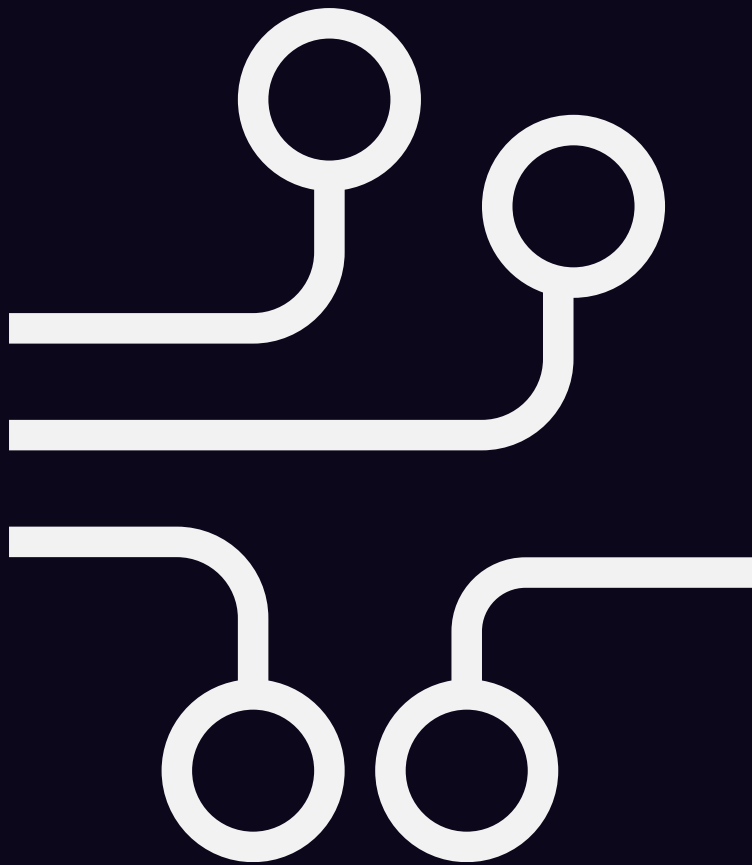


ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ II

Αναφορά 7ης Εργαστηριακής Άσκησης

«ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΑΞΗΣ A & B»



LAB31138249



Μπεχτσούδης Χρήστος 2016030005



Βαρδάκης Μιχάλης 2016030089








Γαλάνης Μιχάλης 2016030036

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Οι παρακάτω σύνδεσμοι είναι διαδραστικοί.

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

	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
	(7.2) ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΑΞΗΣ Α	2
	Θεωρητική Ανάλυση (DC Analysis)	2
	Πειραματική Διαδικασία	4
	Επεξεργασία Μετρήσεων	4
	Σύγκριση Θεωρητικών – Πειραματικών Τιμών	5
	Προσομοίωση SPICE	5
	Διαγράμματα (DC)	6
	Διαγράμματα (AC)	7
	(7.3) ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΑΞΗΣ Β	8
	Θεωρητική Ανάλυση (DC Analysis)	8
	Πειραματική Διαδικασία	9
	Επεξεργασία Μετρήσεων	9

	Σύγκριση Θεωρητικών – Πειραματικών Τιμών	10
	Προσομοίωση SPICE	10
	Διαγράμματα (DC).....	12
	Διαγράμματα (AC).....	14
	Διαγράμματα (Crossover Distortion)	15

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην τελευταία άσκηση του εργαστηρίου Ηλεκτρονικής II μελετάμε ενισχυτές ισχύος τάξης A και B. Οι ενισχυτές ισχύος κατατάσσονται σε τάξεις ανάλογα με τη χρονική διάρκεια που το ρεύμα διαρρέεται στην έξοδο τους. Συγκεκριμένα στη περίπτωση μας, σε έναν ενισχυτή ισχύος:

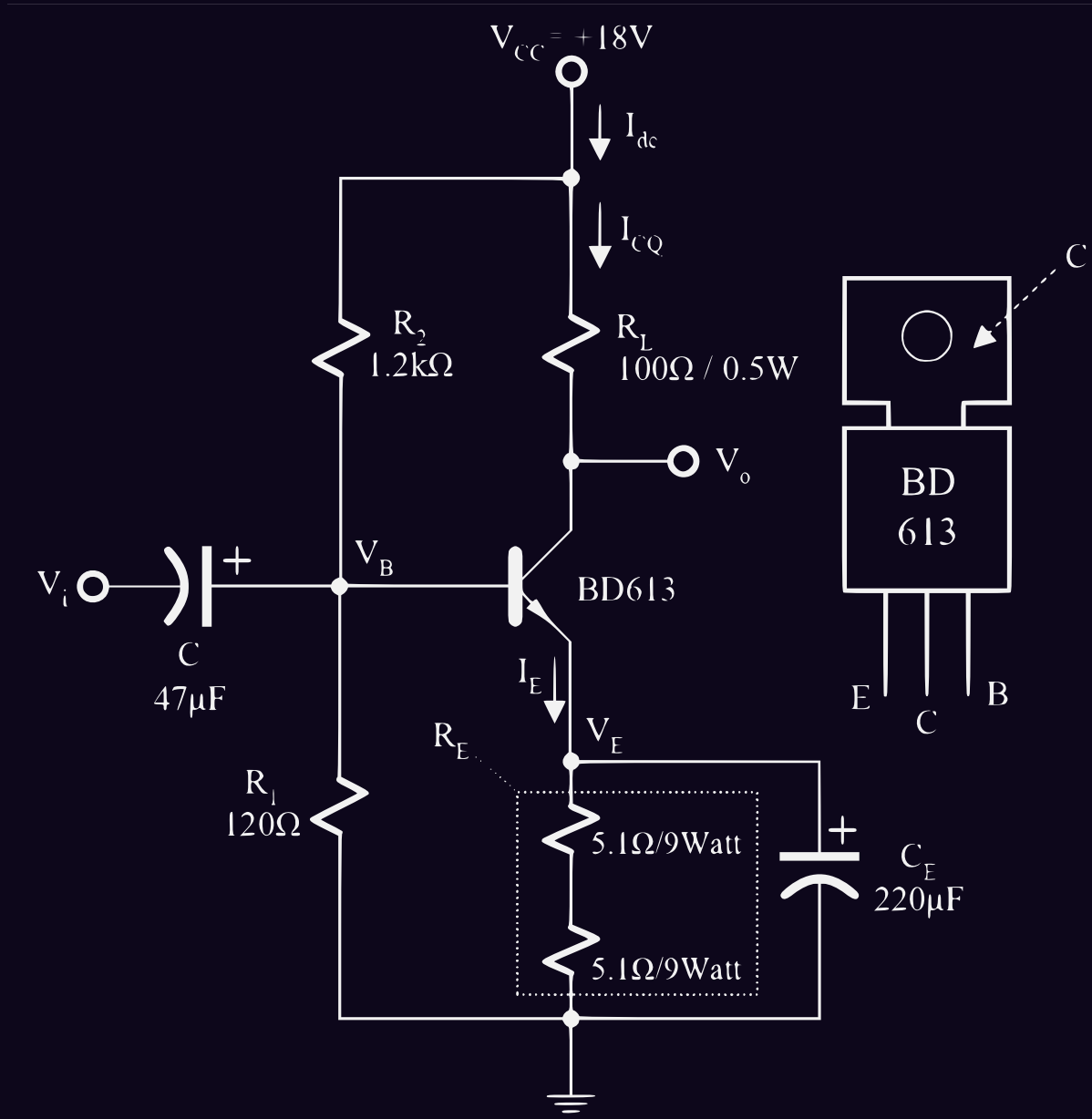
- **A ΤΑΞΗΣ:** χρησιμοποιείται το 100% του σήματος εισόδου (για 360° του κύκλου).
- **B ΤΑΞΗΣ:** το ρεύμα διαρρέεται για 180° του κύκλου της περιόδου.

⚠ Σημείωση: Στη διεξαγωγή του εργαστηρίου καθώς και στις προσωμοιώσεις που κατασκευάσαμε δε χρησιμοποιήθηκαν τα αναγραφόμενα τρανζίστορ, αλλά παρόμοιά τους. Συγκεκριμένα αντικαταστάθηκε το **BD613** → **BD243C**, καθώς και το **BD614** → **BD244C** των οποίων τα μοντέλα SPICE περιγράφονται σε ξεχωριστά αρχεία text που επισυνάπτονται μαζί με την αναφορά. Λόγω του παραπάνω, δύναται να υπάρξουν κάποιες αποκλίσεις στις μετρήσεις μας σε σχέση με την προσομοίωση.



(7.2) ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΑΞΗΣ Α

Το κύκλωμα του ενισχυτή παρουσιάζεται σε επόμενο σχήμα με τρανζίστορ *BD243C* και $\beta = 40$.



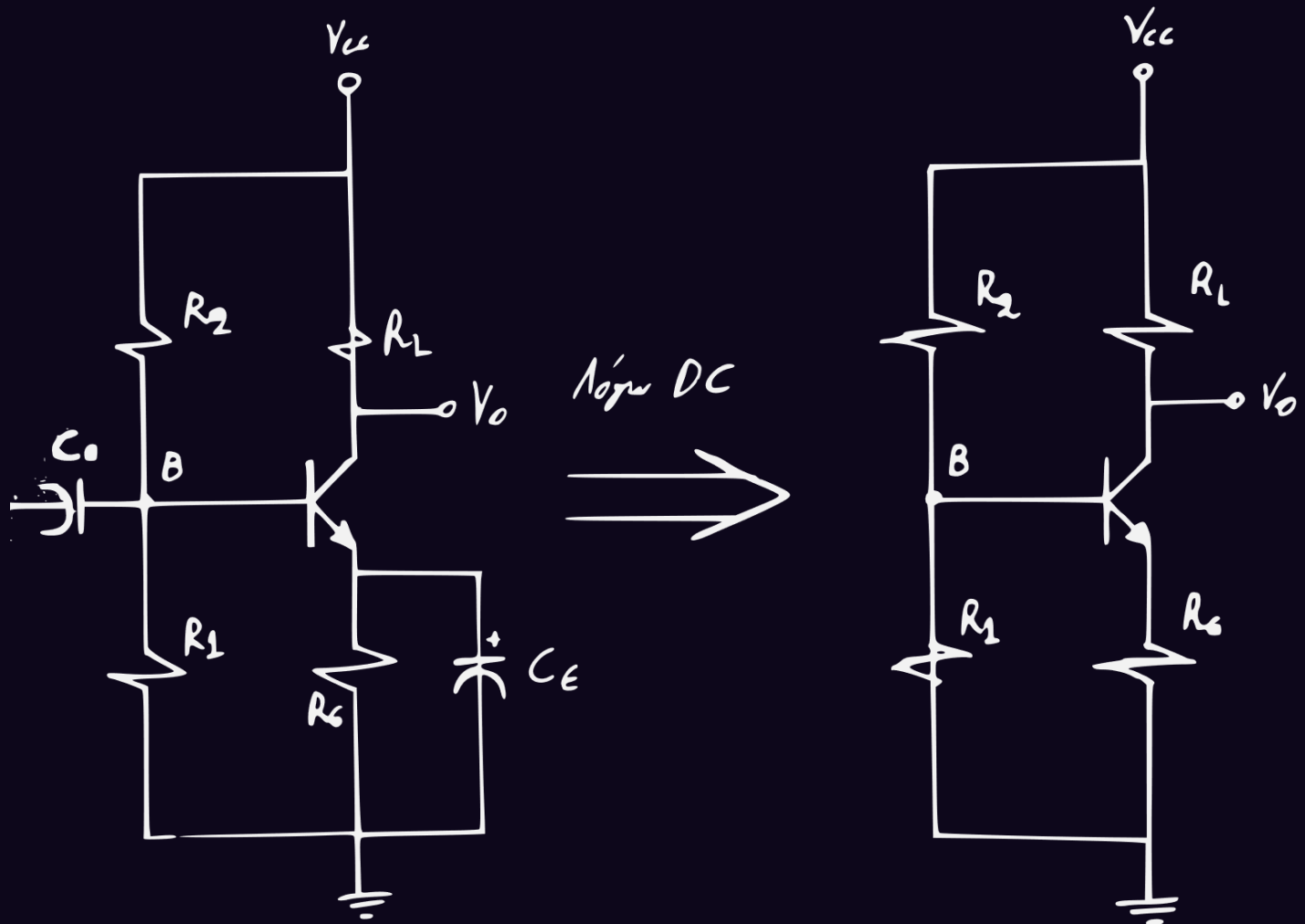
Θεωρητική Ανάλυση (DC Analysis)

Εφαρμόζουμε αρχικά διαιρέτη τάσης στο σημείο Β του επόμενου σχήματος και προκύπτει ότι:

$$V_B = \frac{V_{CC} R_1}{R_1 + R_2} = 1.63V$$

Η ένωση βάσης-εκπομπού είναι ορθά πολωμένη (forward biased) και επομένως ισχύει:

$$V_{BE} = 0.7V$$



Όμως:

$$V_{BE} = V_B - V_E \Leftrightarrow$$

$$V_E = V_B - V_{BE} \Leftrightarrow$$

$$V_E = 0.93V$$

Επιπλέον:

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = 91.1mA$$

$$I_C = \frac{\beta}{\beta + 1} I_E = 88.87mA$$

Οπότε:

$$V_C = I_C R_C = I_{CQ} R_L = 8.89V$$



Πειραματική Διαδικασία

Οι **DC** μετρήσεις μας του εργαστηρίου παραθέτονται παρακάτω:

$$V_E = 1.359V$$

$$V_B = 1.897V$$

$$V_C = 11.1V$$

Και:

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = 133.235mA$$

Ύστερα εφαρμόστηκε στην είσοδο V_i του κυκλώματος ημιτονοειδές σήμα συχνότητας $5kHz$ και ρυθμίστηκε το πλάτος του σήματος εισόδου έτσι ώστε να μη παρουσιάζεται οριακά παραμόρφωση:

$$V_{i(peak)} = 190mV$$

$$V_{o(peak)} = 3.5V$$

Αφού αργότερα μειώθηκε το σήμα εισόδου στο μισό, οι νέες τιμές τάσης μετρήθηκαν:

$$V_{i(peak)} = 80mV$$

$$V_{o(peak)} = 1.6V$$



Επεξεργασία Μετρήσεων

Αρχικά υπολογίζουμε το ρεύμα πόλωσης I_{CQ} και το συντελεστή β με βάση τις πειραματικές μετρήσεις μας. Ισχύει ότι:

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{2R_L + R_E} = \frac{18}{210.2} = 85.632mA$$

Επίσης:

$$\beta = \frac{I_C}{I_E - I_C} = 1.074 \cong 1$$

Για τις μέγιστες τιμές των ισχύων έχουμε:

$$P_{Lac(max)} = \frac{V_{CC}^2 R_L}{2(2R_L + R_E)^2}$$

$$P_{CC} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L + R_E}$$

Άρα:

$$\eta_{max}(\%) = \frac{\frac{V_{CC}^2 R_L}{2(2R_L + R_E)^2}}{\frac{V_{CC}^2}{2R_L + R_E}} = 23.8\%$$

Πριν μειωθεί το σήμα εισόδου στο μισό, υπολογίζουμε τα μεγέθη P_{CC} , P_L , $\eta(\%)$:

$$P_{CC} = V_{CC}I_{dc} \approx V_{CC}I_{CQ} = 18 \cdot 0.085 = 1.54W$$

$$P_L = \frac{V_{o(peak)}^2}{2R_L} = \frac{3.5^2}{200} = 0.06125W$$

$$\eta(\%) = \frac{P_L}{P_{CC}} 100\% = 3.97\%$$

Αφού μειώθηκε το σήμα εισόδου, οι ίδιες τιμές είχαν ως αποτέλεσμα:

$$P_{CC} = V_{CC}I_{dc} \approx V_{CC}I_{CQ} = 18 \cdot 0.085 = 1.54W$$

$$P_L = \frac{V_{o(peak)}^2}{2R_L} = \frac{1.6^2}{200} = 0.0128W$$

$$\eta(\%) = \frac{P_L}{P_{CC}} 100\% = 0.83\%$$



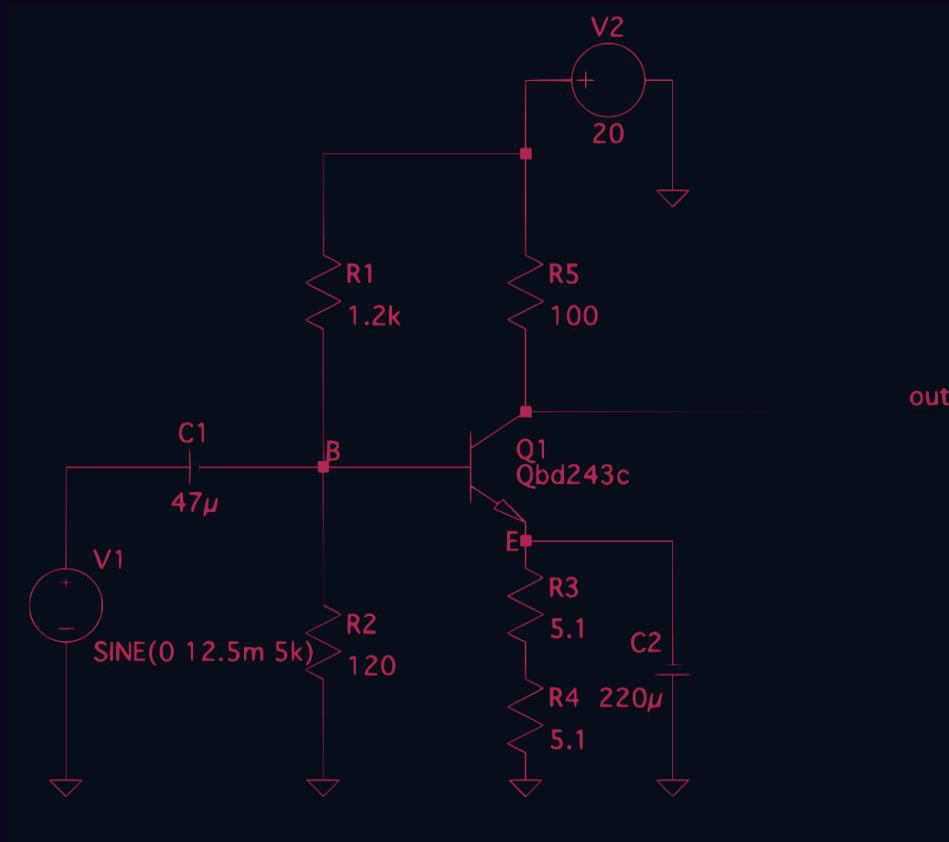
Σύγκριση Θεωρητικών – Πειραματικών Τιμών

Παρατηρούμε η διαφορά μεταξύ της μεγιστης θεωρητικής απόδοσης και αυτής που μετρήθηκε κατά τη πειραματική διαδικασία είναι σημαντική και επομένως καταλήγουμε στο γεγονός ότι ο ενισχυτής τελικά δεν είναι αποτελεσματικός.



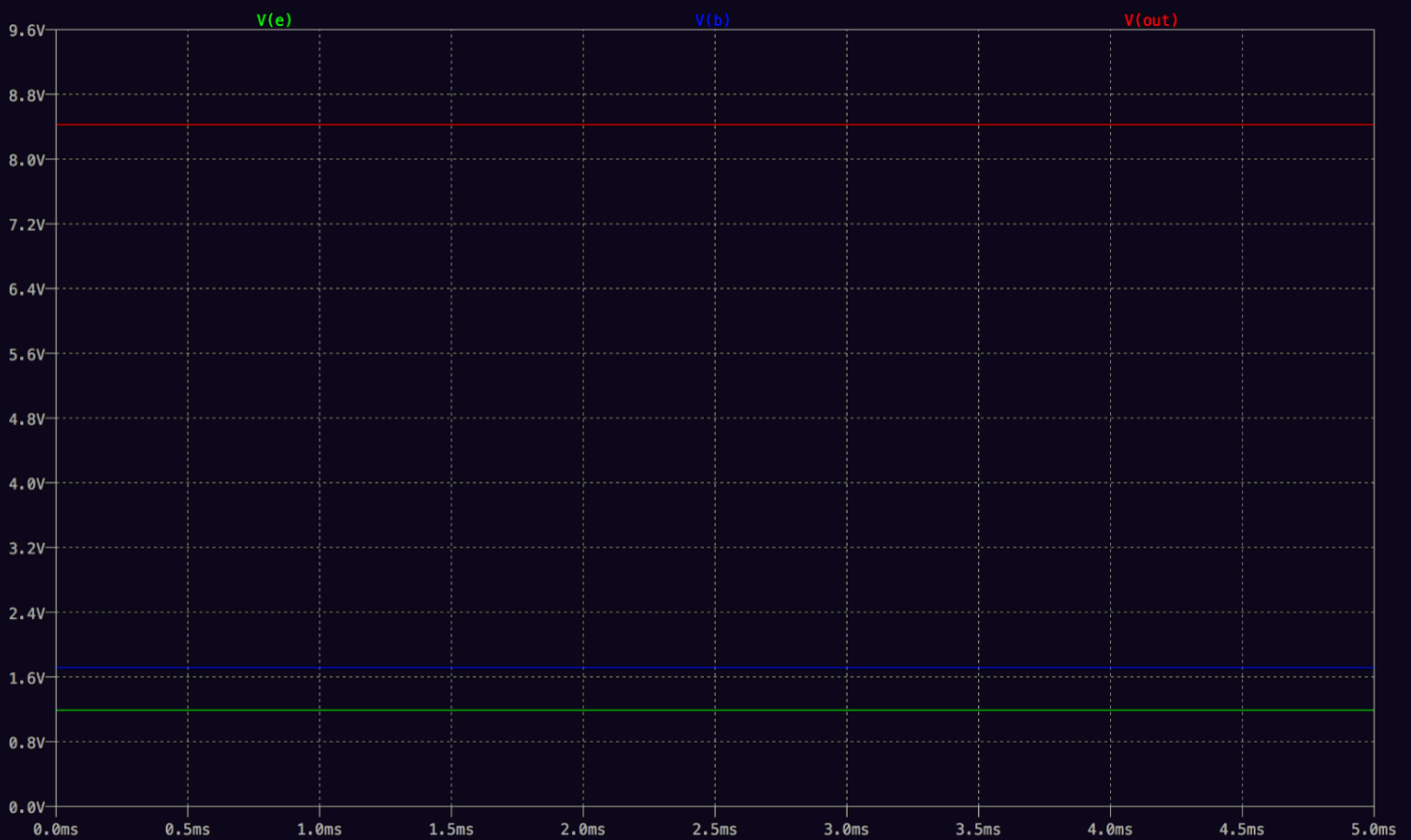
Προσομοίωση SPICE

Κατασκευάσαμε το κύκλωμα του ενισχυτή τάξης Α στο SPICE και το αποτέλεσμα φαίνεται στο σχήμα της επόμενης σελίδας:



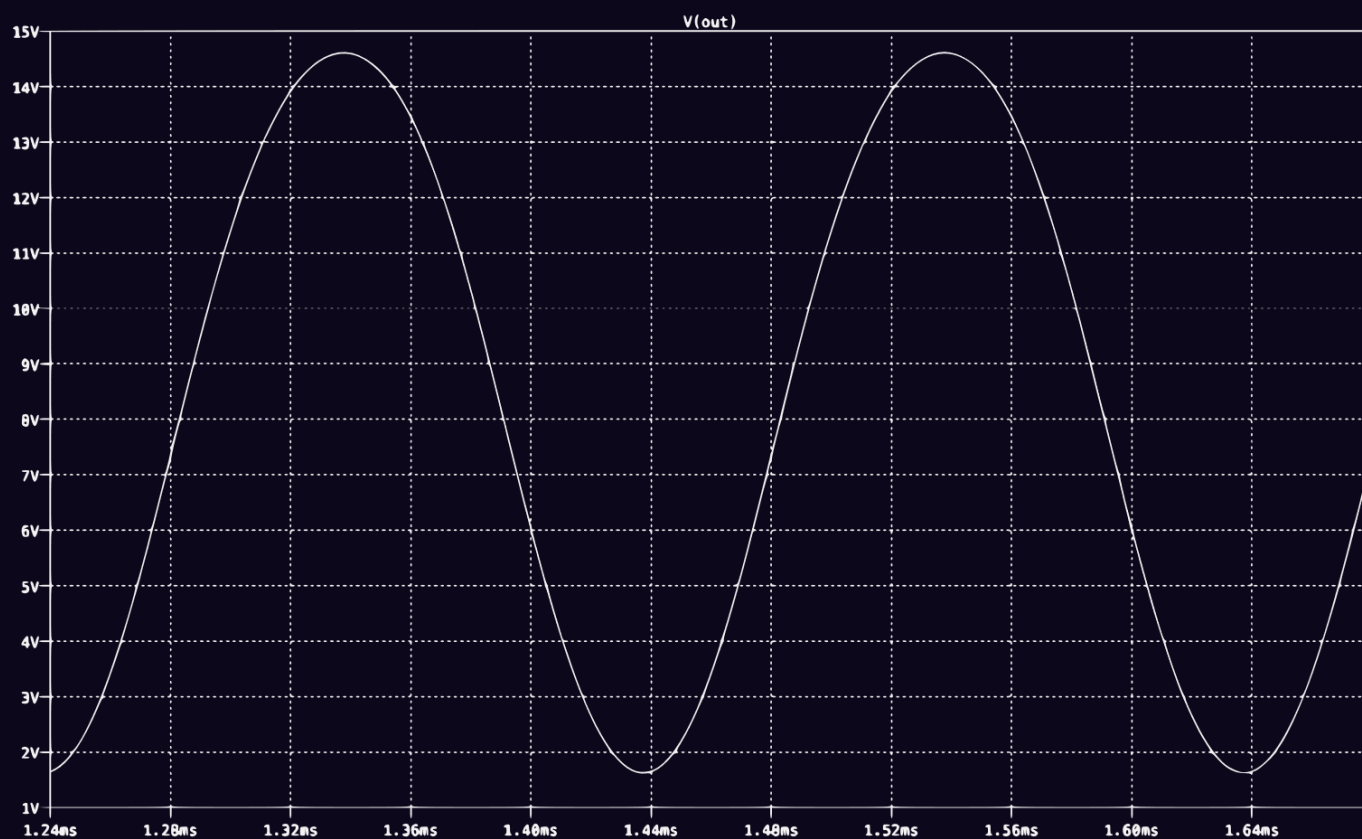
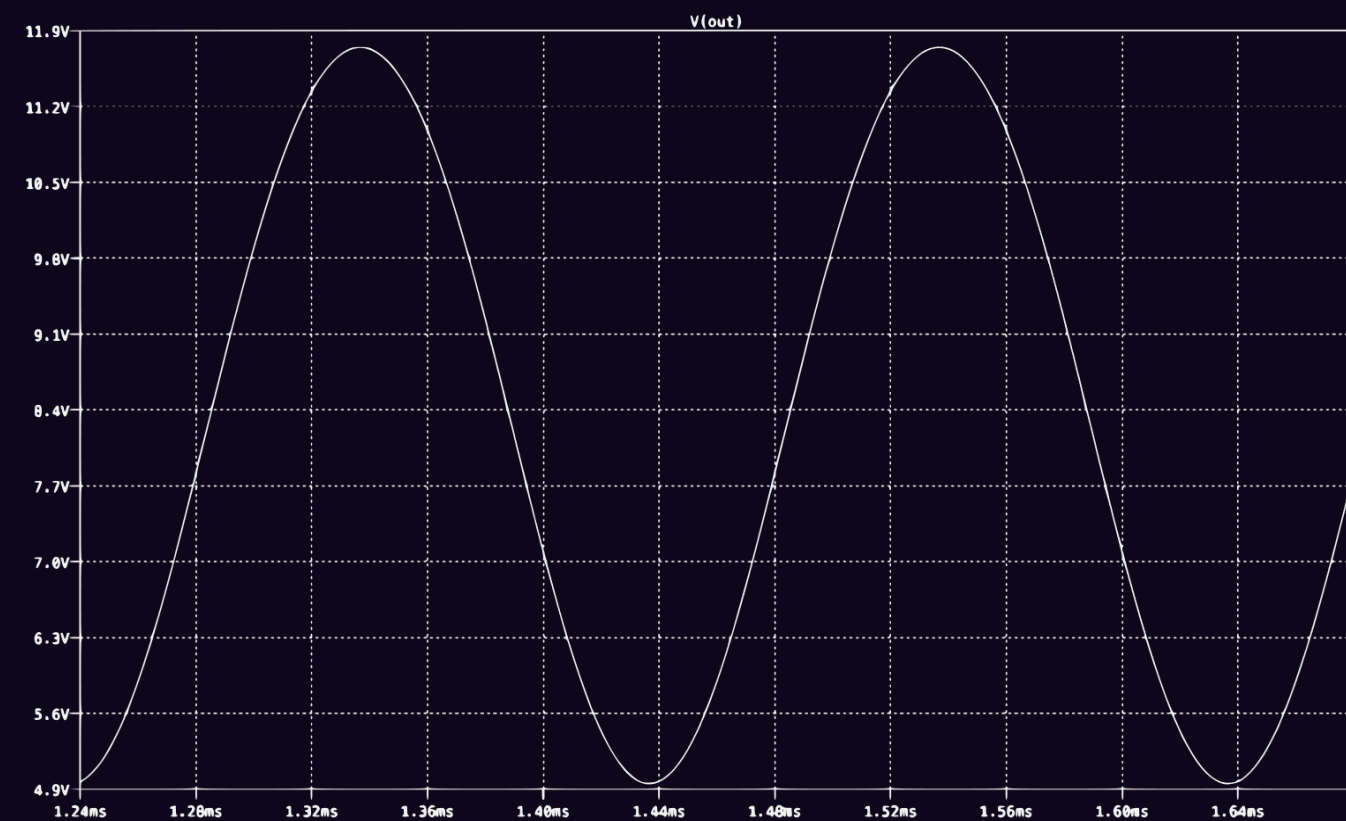
Διαγράμματα (DC)

Παρακάτω παρουσιάζεται το DC διαγράμμα του ενισχυτή με τάσεις V_E , V_B , V_{out} :



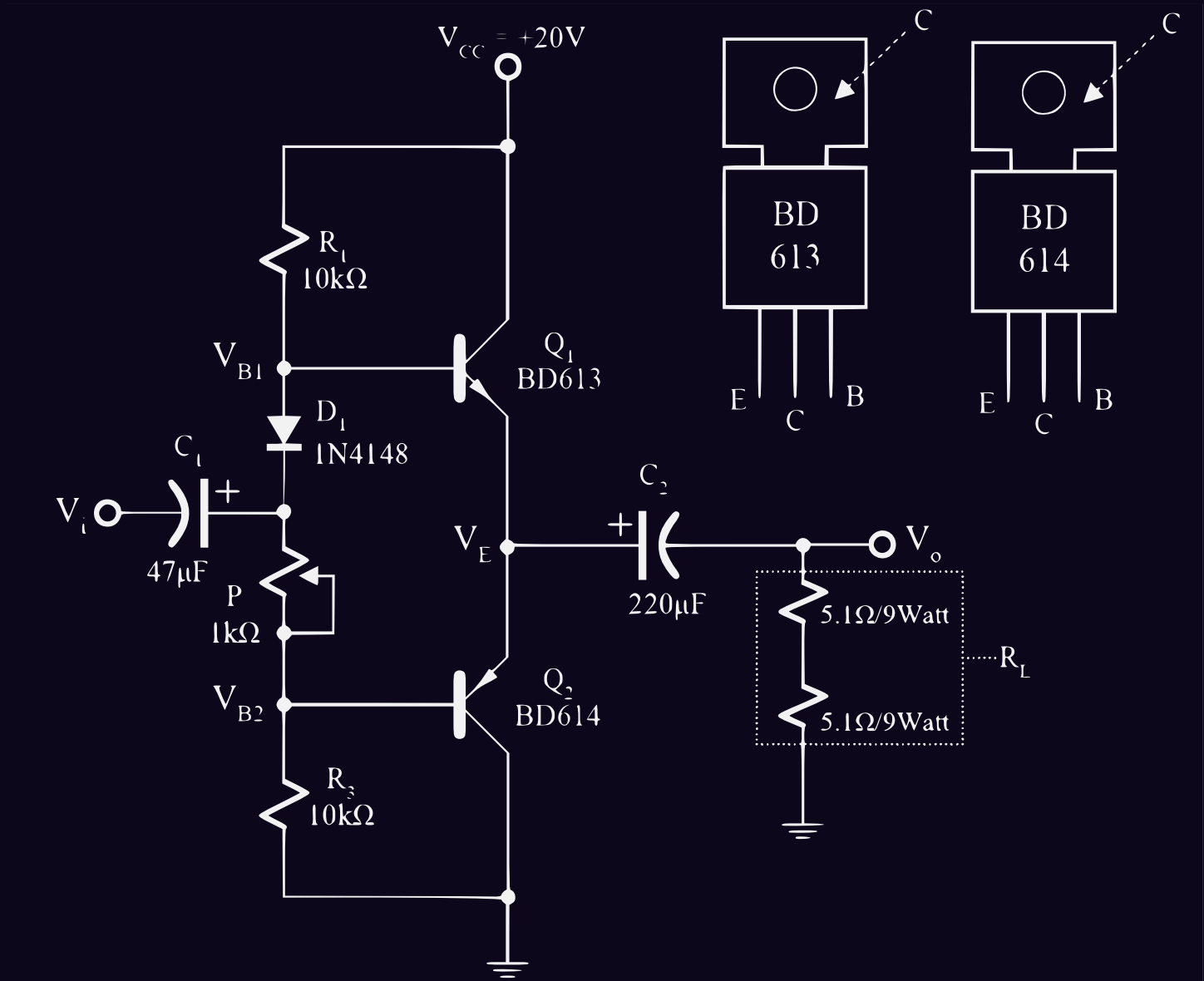
Διαγράμματα (AC)

Επίσης επισυνάπτονται οι κυματομορφές τάσεων εξόδου του ενισχυτή με τάση εισόδου V_i ίση με $12.5mV$ και $25mV$ αντίστοιχα:



(7.3) ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΑΞΗΣ Β

Σε επόμενο σχήμα φαίνεται η συνδεσμολογία του ενισχυτή ισχύος τάξης Β με τρανζίστορ *BD243C* και *BD244C*. Εφαρμόζουμε επίσης ημιτονοειδές σήμα συχνότητας $5kHz$ και πλάτους $1V$ ($p - p$).



Θεωρητική Ανάλυση (DC Analysis)

Στη DC λειτουργία τα transistor είναι biased off οπότε:

$$I_{out} = 0$$

Και επιπλέον:

$$V_E \cong \frac{V_{CC}}{2} = 10V$$



Πειραματική Διαδικασία

Σε σύζευξη AC μετρήθηκαν οι τάσεις:

$$V_{i(peak)} = 3V$$

$$V_{o(peak)} = 2.25V$$

Αφού μειώθηκε το πλάτος του σήματος εξόδου στο 0.6 της αρχικής του τιμής, έχουμε:

$$V_{i(peak)} = 1.85V$$

$$V_{o(peak)} = 1.35V$$

Στη συνέχεια μειώθηκε περαιτέρω το σήμα εξόδου, αυτή τη φορά στο 0.1 της αρχικής του τιμής:

$$V_{i(peak)} = 0.32V$$

$$V_{o(peak)} = 0.255V$$

Τέλος, αποσυνδέθηκε το σήμα εισόδου και μετρήσαμε με πολύμετρο στη θέση DC τις τιμές:

$$V_E = 10.03V$$

$$V_{B1} = 10.56V$$

$$V_{B2} = 10.06V$$



Επεξεργασία Μετρήσεων

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω μετρήσεις, υπολογίστηκαν και πάλι οι τιμές P_{CC} , P_L , $\eta(\%)$:

Για ενισχυτή ισχύος τάξης Β ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$P_{CC} = V_{CC}I_{dc} \approx 2V_{CC} \frac{V_{o(peak)}}{\pi R_L} \approx 1.248V_{o(peak)}$$

$$P_L = \frac{V_{o(peak)}^2}{2R_L} = 0.049V_{o(peak)}^2$$

Για $V_{o(peak)} = 2.25V$ έχουμε:

$$P_{CC} = 2.808W$$

$$P_L = 0.248W$$

$$\eta(\%) = 8.83\%$$

Για $V_{o(peak)} = 1.35V$ έχουμε:

$$P_{CC} = 1.6848W$$

$$P_L = 0.089W$$

$$\eta(\%) = 5.3\%$$

Για $V_{o(peak)} = 0.255V$ έχουμε:

$$P_{CC} = 0.3182W$$

$$P_L = 0.0031W$$

$$\eta(\%) = 1\%$$

Ισχύουν τα παρακάτω για τις μέγιστες τιμές των ισχύων:

$$P_{Lac(max)} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L} = 19.6W$$

$$P_{CC(max)} = \frac{2V_{CC}^2}{\pi R_L} = 25W$$

Άρα:

$$\eta_{max}(\%) = \frac{P_{Lac(max)}}{P_{CC(max)}} = 78.5\%$$



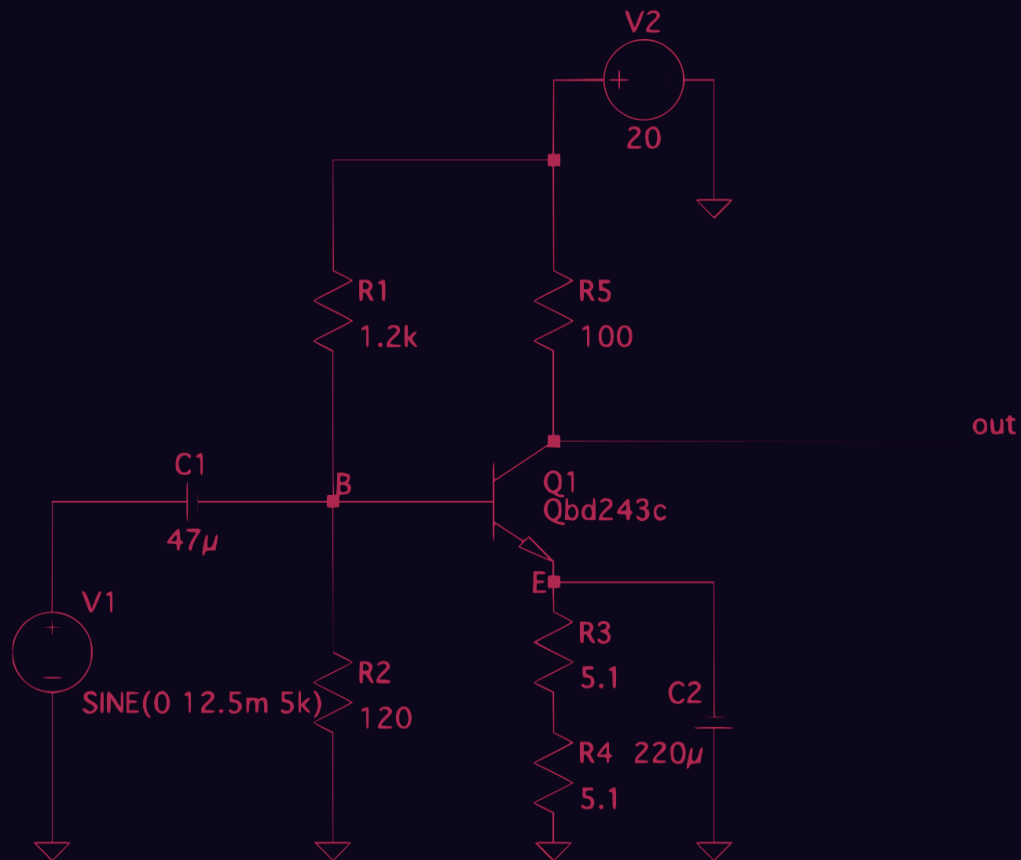
Σύγκριση Θεωρητικών – Πειραματικών Τιμών

Η απόδοση στον ενισχυτή ισχύος τάξης Β είναι προφανώς βελτιωμένη σε θεωρητικό επίπεδο, αλλά και πάλι παρατηρούμε ότι κατά την εφαρμογή του δε μπορεί να φτάσει τη θεωρητική μέγιστη απόδοση.



Προσομοίωση SPICE

Υλοποιήσαμε και την προσομοίωση του ενισχυτή τάξης Β και το κύκλωμα στο SPICE δίνεται παρακάτω:



Για τις τιμές του SPICE έχουμε:

$$P_{Lac(max)} = 19.6W$$

$$P_{CC(max)} = 25W$$

Για το αρχικό $V_{o(peak)}$:

$$V_{o(peak)} = 0.8V$$

$$P_{Lac} = 31.3mW$$

$$P_{CC} = 1W$$

$$\eta(\%) = 3.13\%$$

Για 0.6 του πλάτους της τάσης εξόδου:

$$V_{o(peak)} = 0.474V$$

$$P_{Lac} = 11mW$$

$$P_{CC} = 0.6W$$

$$\eta(\%) = 1.83\%$$

Για 0.1 του πλάτους της τάσης εξόδου:

$$V_{o(peak)} = 73.307mV$$

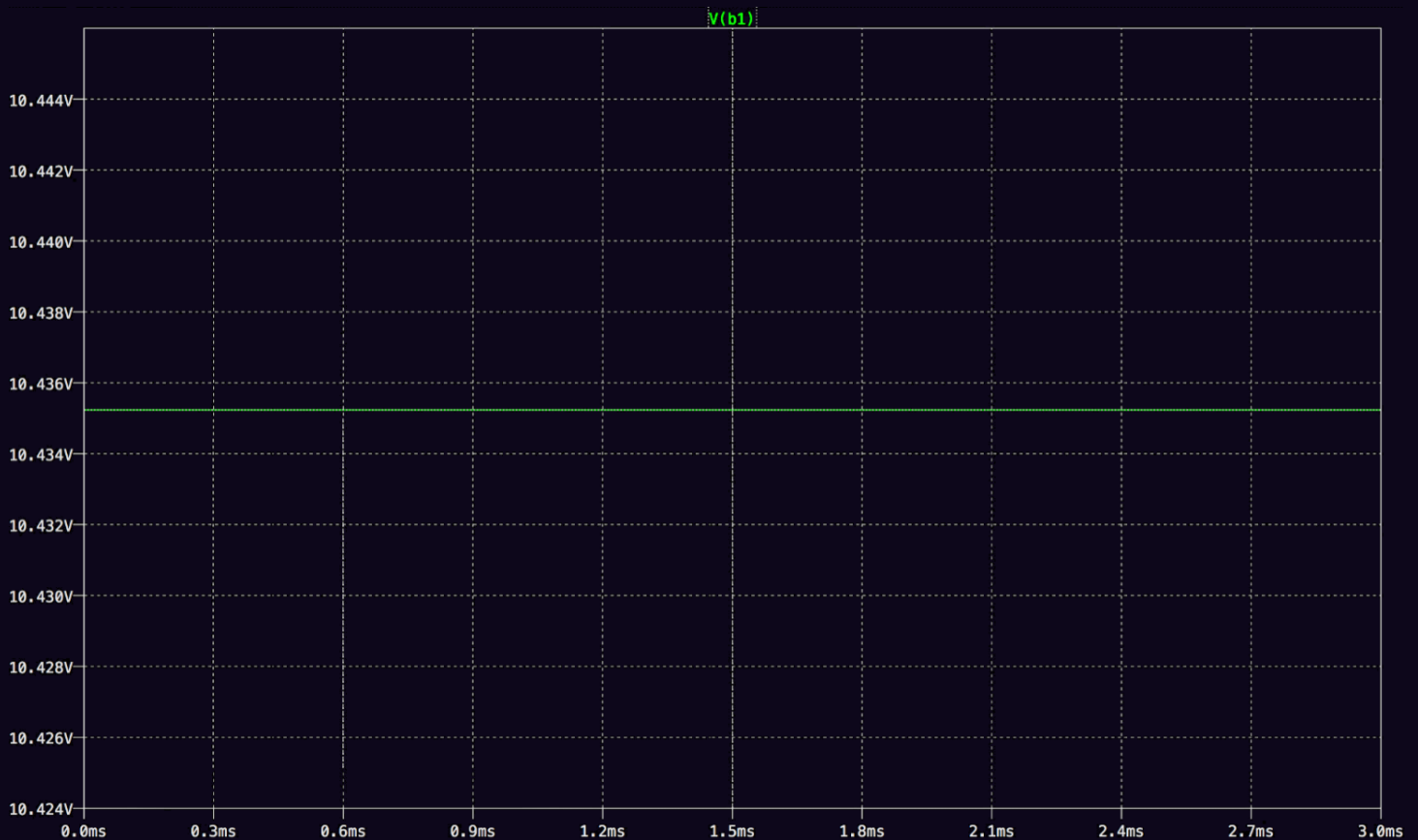
$$P_{Lac} = 0.2634mW$$

$$P_{CC} = 91mW$$

$$\eta(\%) = 0.289\%$$

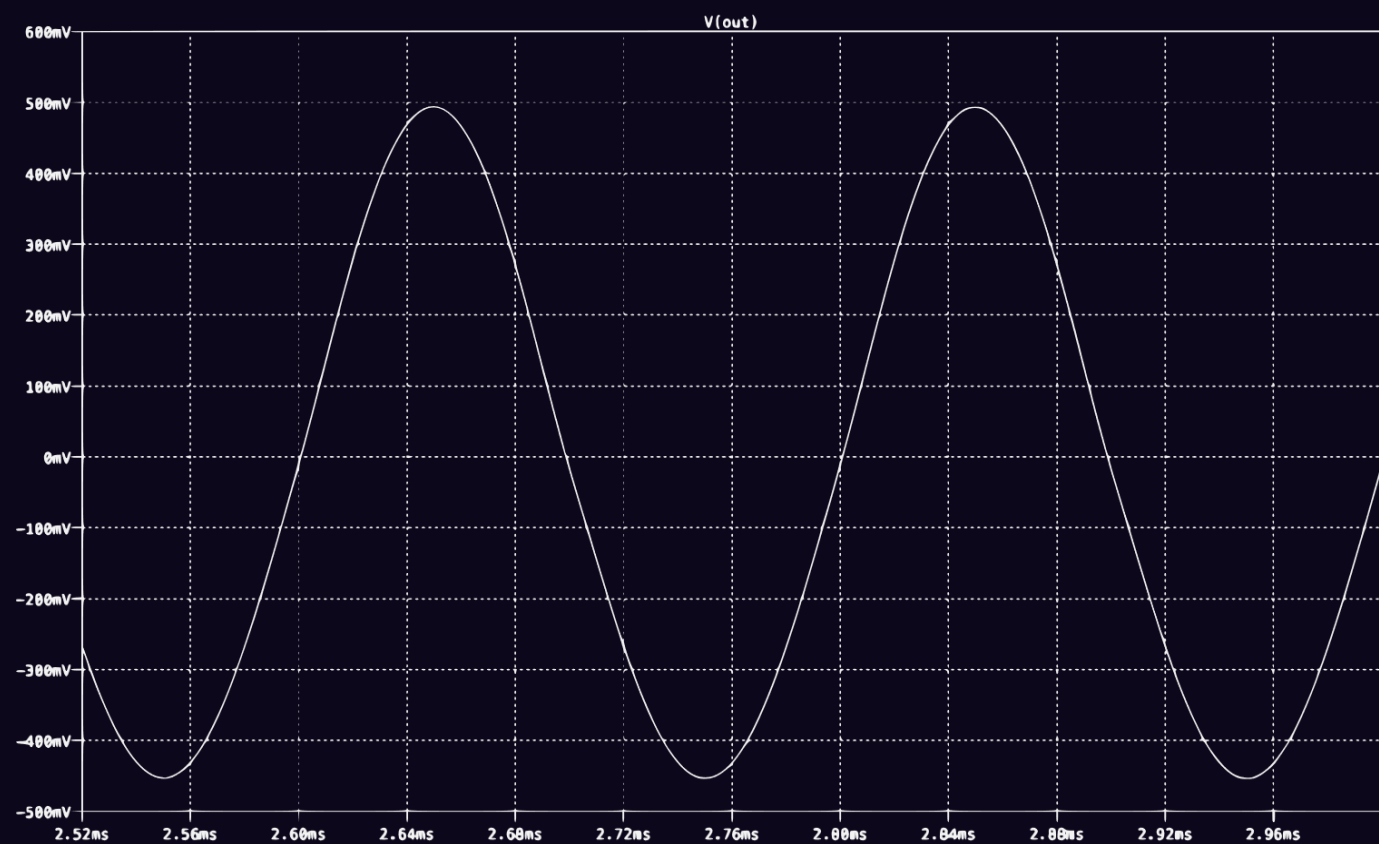
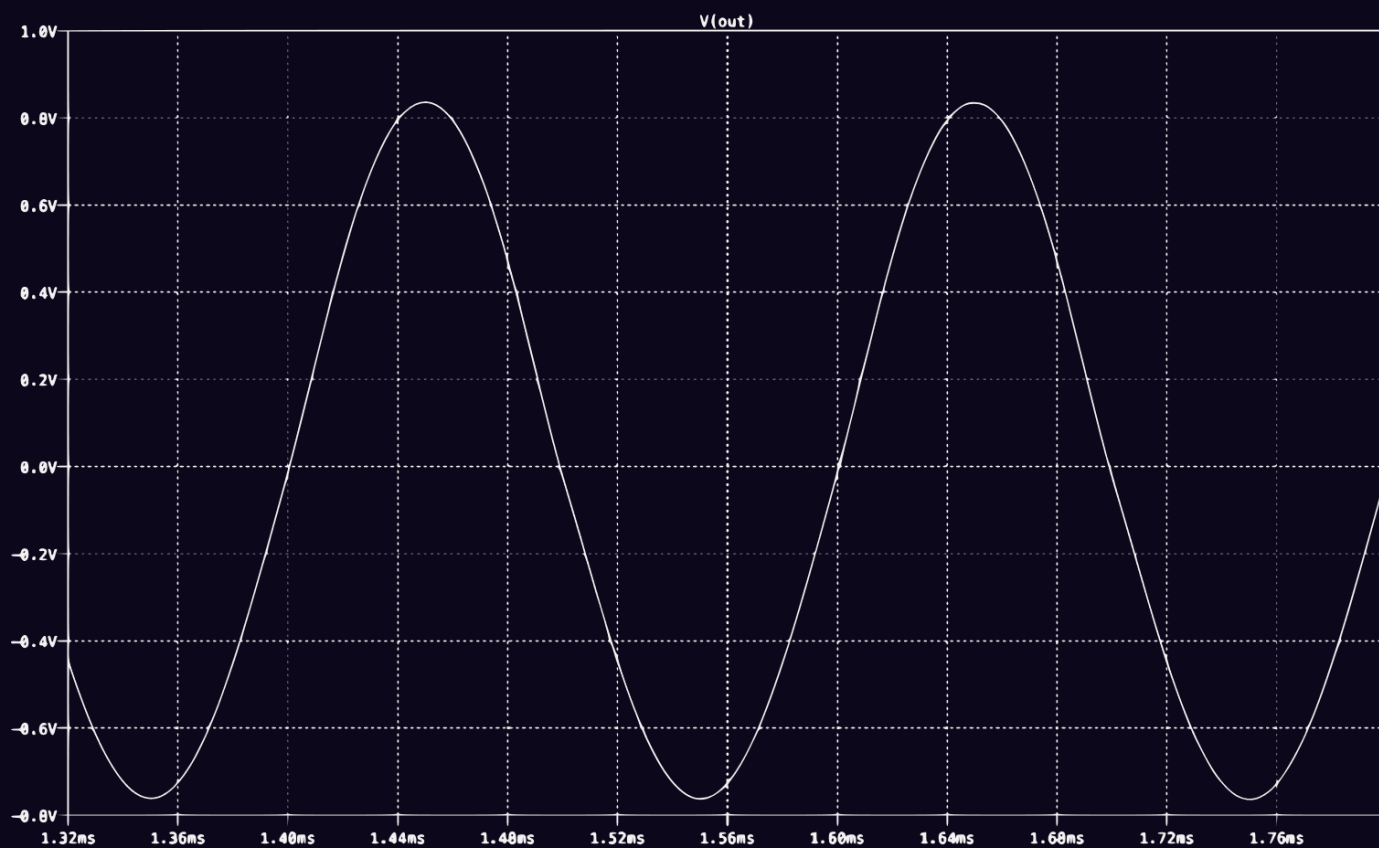
Διαγράμματα (DC)

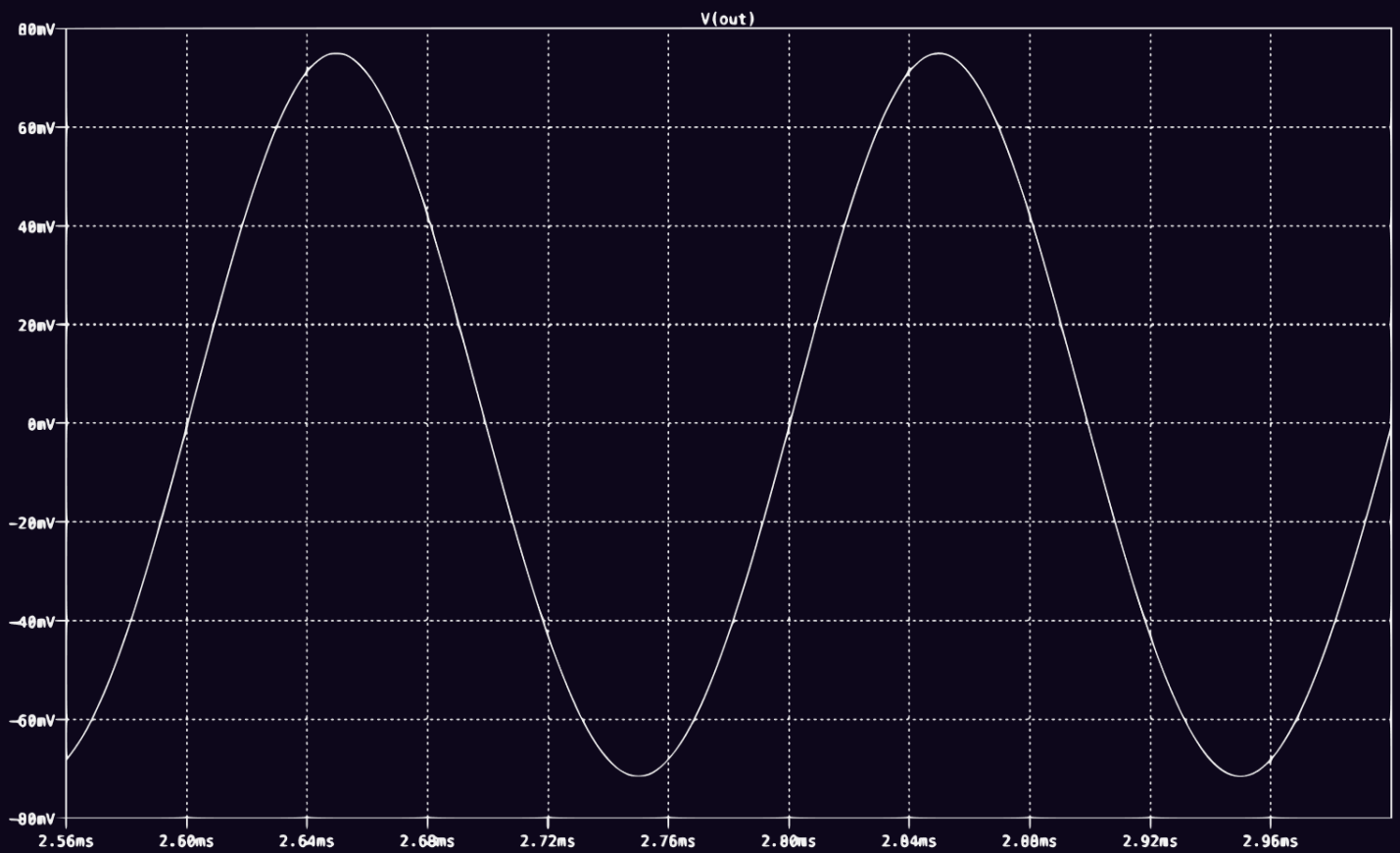
Οι τιμές τάσεων V_{B1} , V_{B2} , V_E για την DC ανάλυση παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα:



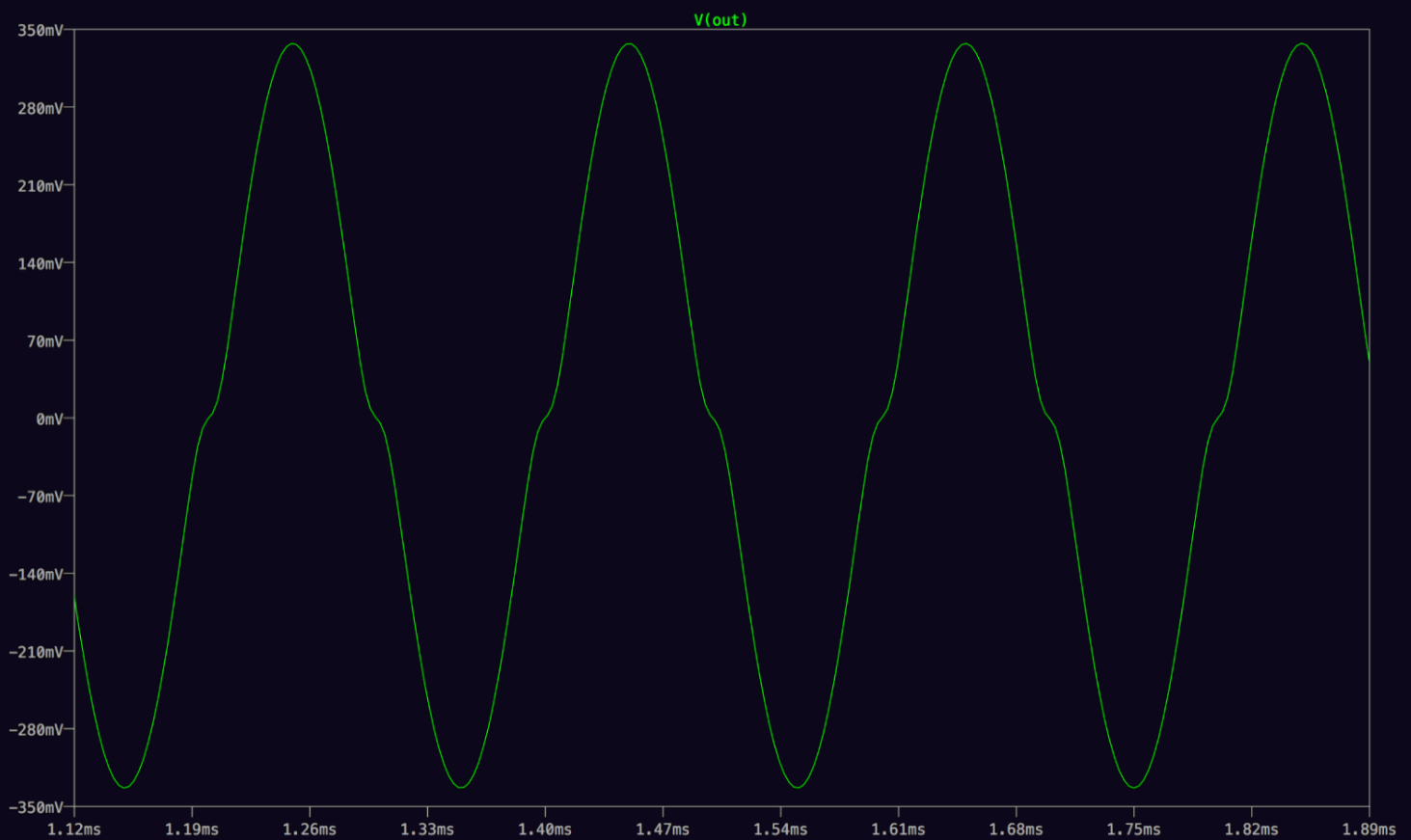
Διαγράμματα (AC)

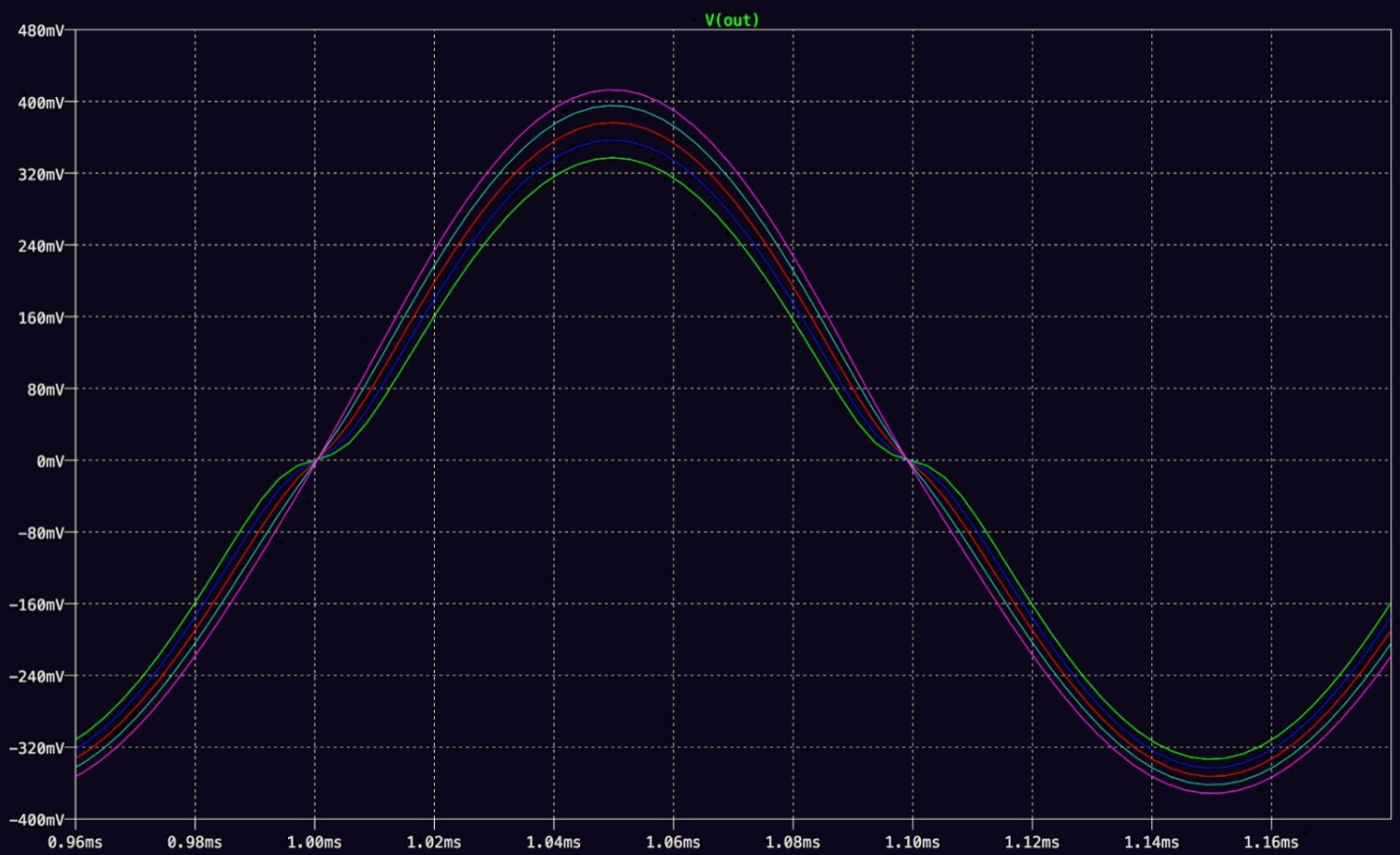
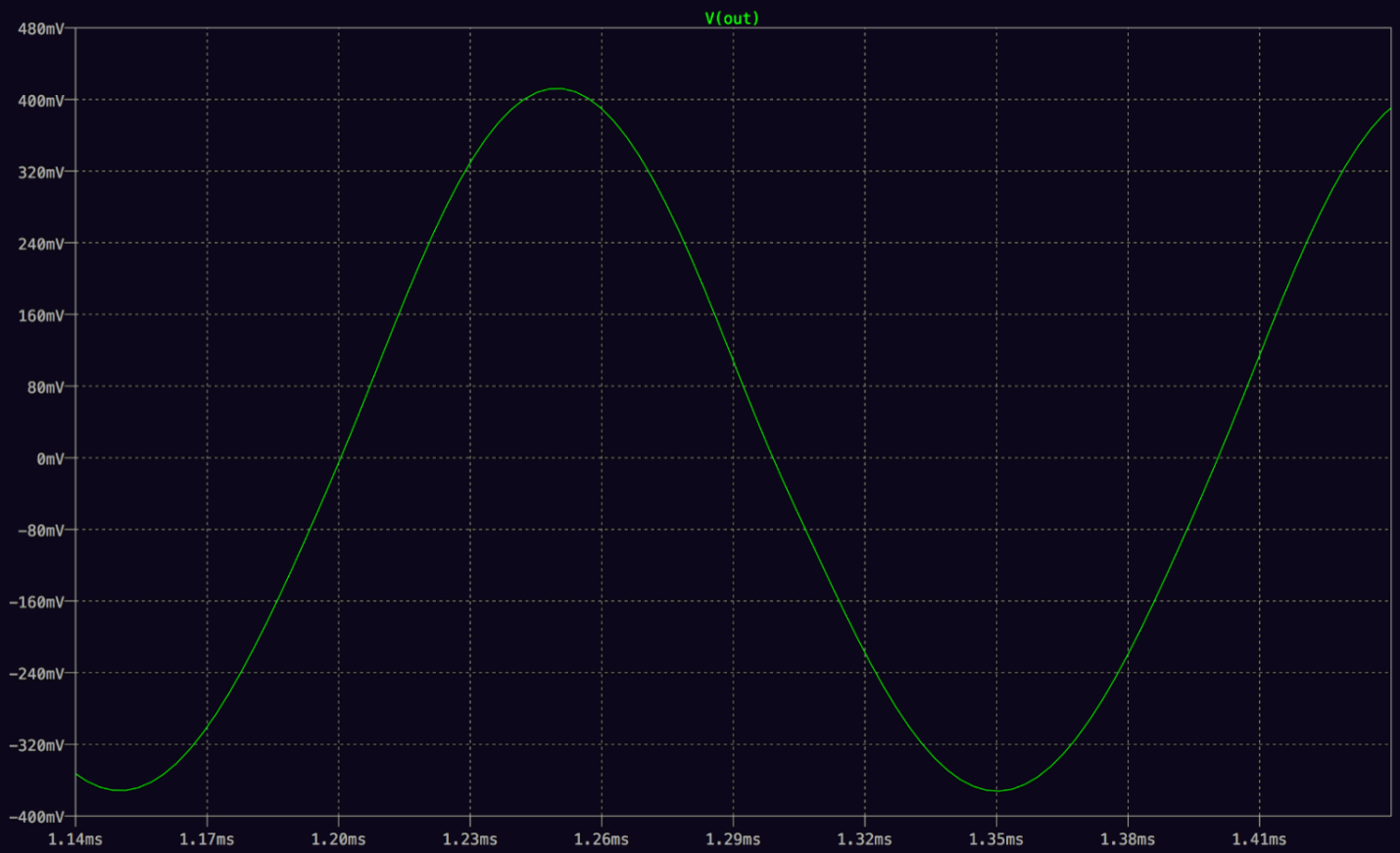
Ενώ στα 3 επόμενα διαγράμματα δίνονται οι τιμές τάσεων εξόδου για 100%, 60% και 10% της αρχικής τιμής τάσης εξόδου για την AC ανάλυση:






Διαγράμματα (Crossover Distortion)





Παρατηρείται ότι για χαμηλές τιμές της αντίστασης του ποτενσιόμετρου P , το crossover distortion είναι πιο έντονο ενώ εξαλείφεται αυξάνοντας την αντίσταση.

Στο πρώτο διάγραμμα έχουμε $P = 100\Omega$. Στο δεύτερο διάγραμμα έχουμε $P = 300\Omega$. Αυτή είναι η ελάχιστη αντίσταση που παίρνει το ποτενσιόμετρο ώστε να απαλειφθεί η παραμόρφωση. Στο τρίτο διάγραμμα έχουμε step param από $P = 100\Omega$ έως $P = 300\Omega$ με βήμα 50Ω (για να είναι αρκετά ευανάγνωστο). Εδώ φαίνεται βέλτιστα ο τρόπος με τον οποίο η ωμική αντίσταση επηρεάζει το notch.

 **Σημείωση:** Η τιμή του $P = 300\Omega$ έχει υπολογιστεί με ακρίβεια 10άδας ύστερα από προσωμοιώσεις.