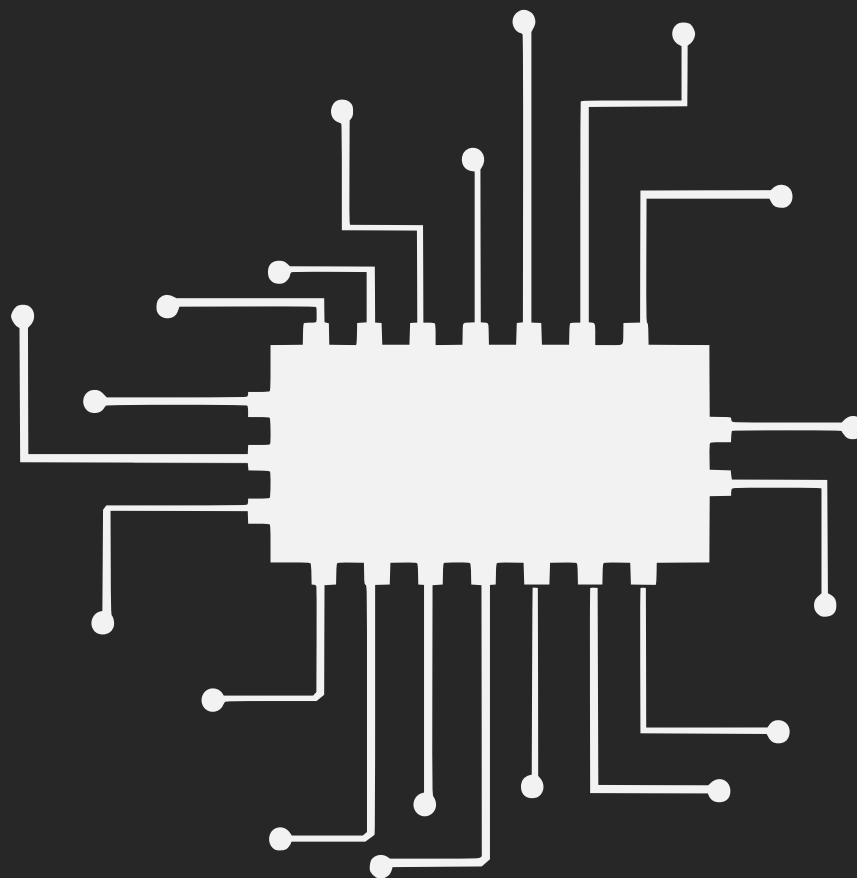


ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ II

Αναφορά 3^{ης} Εργαστηριακής Άσκησης «ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ»



















LAB31138249

Μπεχτσούδης Χρήστος 2016030005

Γάκης Κωσταντίνος 2011030066

Γαλάνης Μιχάλης 2016030036

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

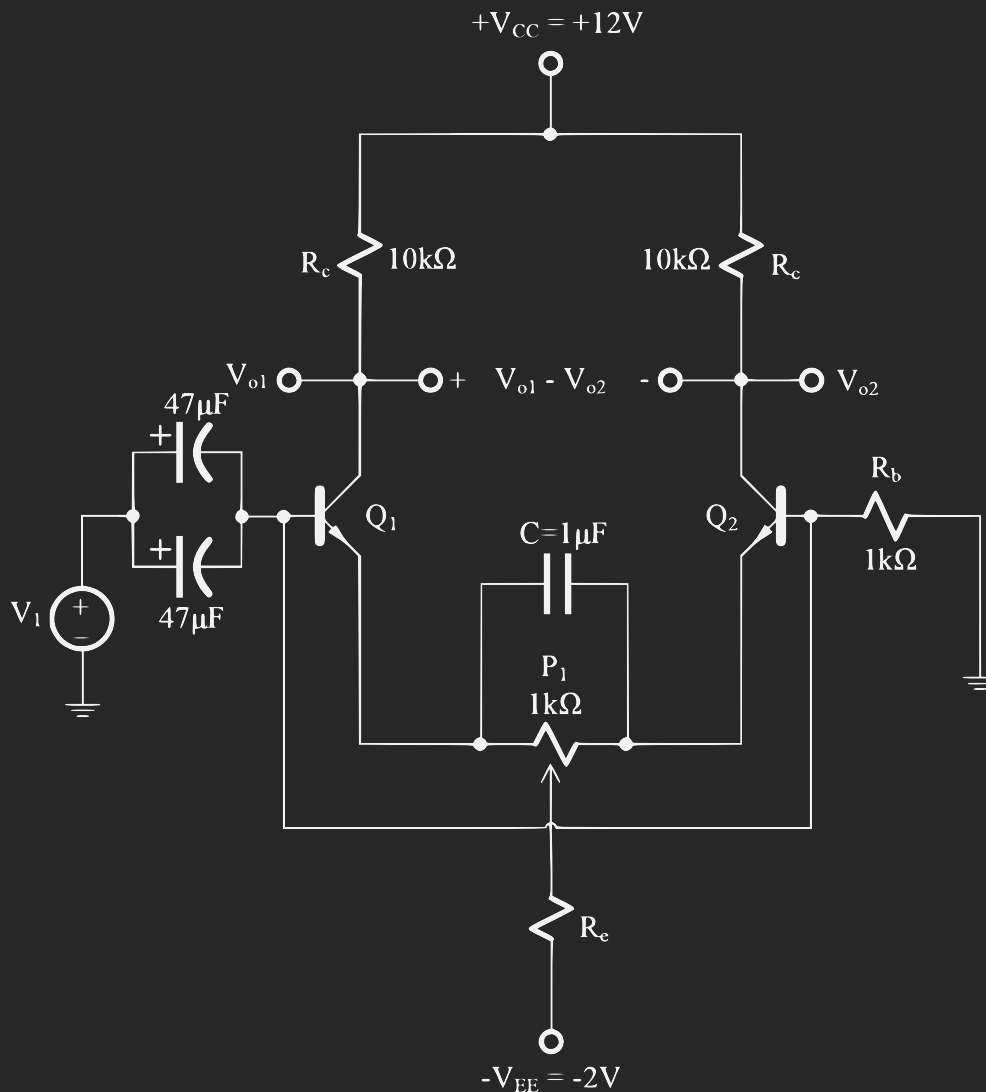
	ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ (1 ^ο ΜΕΡΟΣ)	1
	Θεωρητική Ανάλυση	2
	Πειραματική Διαδικασία	3
	Επεξεργασία Μετρήσεων	4
	Προσομοίωση	5
	Διαγράμματα Προσομοίωσης	5
	Σύγκριση Θεωρητικών – Πειραματικών Τιμών	7
	Σύγκριση Πειραματικών Τιμών – Τιμών QUCS	7
	ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ (2 ^ο ΜΕΡΟΣ)	8
	Θεωρητική Ανάλυση	8
	Πειραματική Διαδικασία	9
	Επεξεργασία Μετρήσεων	9
	Προσομοίωση	10
	Διαγράμματα Προσομοίωσης	11
	Σύγκριση Θεωρητικών – Πειραματικών Τιμών	12
	Σύγκριση Πειραματικών Τιμών – Τιμών QUCS	12

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Διαφορικός ενισχυτής είναι άλλη μια σημαντική διάταξη που χρησιμοποιείται ευρέως και ιδιαίτερος στους τελεστικούς ενισχυτές. Συγκεκριμένα θα μελετήσουμε και θα ασχοληθούμε με **2** παραλλαγές του είδους **Single Input Balanced Output** (1^ο και 2^ο μέρος αντίστοιχα) με αντίσταση στον εκπομπό των 2 τρανζίστορ.

ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ (1^ο ΜΕΡΟΣ)

Η διάταξη του διαφορικού ενισχυτή παρουσιάζεται παρακάτω με $R_e = 680\Omega$:





Θεωρητική Ανάλυση

Η DC ανάλυση για το 1^ο και το 2^ο μέρος είναι κοινή. Επίσης η ανάλυση ισχύει για οποιοδήποτε από τα δύο τρανζίστορ Q_1, Q_2 καθώς θεωρητικά αυτά ρυθμίζονται έτσι ώστε να έχουν ίσες τάσεις στους συλλέκτες τους.

Έστω ότι θα αναληθεί ο Q_1 (ο οποίος θεωρούμε ότι λειτουργεί στην ενεργό περιοχή). Τότε ισχύουν τα εξής:

$$\beta \cong \beta + 1 = 100$$

$$V_{BE} = 0.7V$$

- Από τη πλευρά του εκπομπού:

$$R_t = 2R_e + R_{potent} = 1.86k\Omega$$

$$V_{EE} = -2V$$

- Από τη πλευρά του συλλέκτη:

$$R_C = 10k\Omega$$

$$V_{CC} = 12V$$

- Απο τη πλευρά της βάσης:

$$R_B = 1k\Omega$$

Εφαρμόζοντας **KVL** στο διάστημα $GND \rightarrow V_{EE}$ έχουμε:

$$0 - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = -2 \Leftrightarrow$$

$$I_B R_B + 0.7 + I_E R_E = 2 \xLeftrightarrow{I_E \cong I_C = \beta I_B}$$

$$I_B R_B + \beta I_B R_E = 1.3 \Leftrightarrow$$

$$I_B (R_B + \beta R_E) = 1.3 \Leftrightarrow$$

$$I_B = 7\mu A = 0.007mA$$

Άρα και:

$$I_E = I_C = 0.7mA$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω υπολογίζουμε τα V_B, V_C, V_E :

$$V_B = -I_B R_B = 0.7mV$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 5V$$

$$V_E = V_B - 0.7V = 0.707mV$$



Πειραματική Διαδικασία

Εφαρμόστηκε αρχικά τάση τροφοδοσίας $V_{CC} = +12V$ και $V_{EE} = -2V$

Το ποτενσιόμετρο ρυθμίστηκε έτσι ώστε οι DC τάσεις στους συλλέκτες των δύο τρανζίστορ να έχουν διαφορά $\Delta V_o = 0.06V$ (για λόγους ακρίβειας).

Σύμφωνα με την παραπάνω διαφορά, οι τιμές τάσεων στους 3 ακροδέκτες των δύο τρανζίστορ Q_1, Q_2 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Μέγεθος (V)	Q_1	Q_2
V_C	5.098	5.104
V_B	-0.012	-0.012
V_E	-0.674	-0.675

Συνθέθηκε έπειτα σήμα V_1 συχνότητας 1kHz και αυξήσαμε ομαλά το πλάτος του σήματος εισόδου μέχρι να προκύψει το μέγιστο πλάτος χωρίς παραμόρφωση. Οι τιμές που μετρήθηκαν δίνονται παρακάτω και είναι _(peak-peak) με ενεργοποιημένη τη λειτουργία **differential mode** του παλμογράφου:

$$V_1 = 1.7V$$

$$V_{o1} = 7.88V$$

$$V_{o2} = 4 \text{ div} * 2 V/\text{div} = 8V$$

$$V_{out} = V_{o1} - V_{o2} = 0.12V$$



Επεξεργασία Μετρήσεων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου, υπολογίστηκε το παρακάτω:

- Κέρδος Κοινού Σήματος (Common-mode Gain) A_α :

$$V_{out} = V_{o1} - V_{o2} = A_\alpha * v_\alpha \Leftrightarrow$$

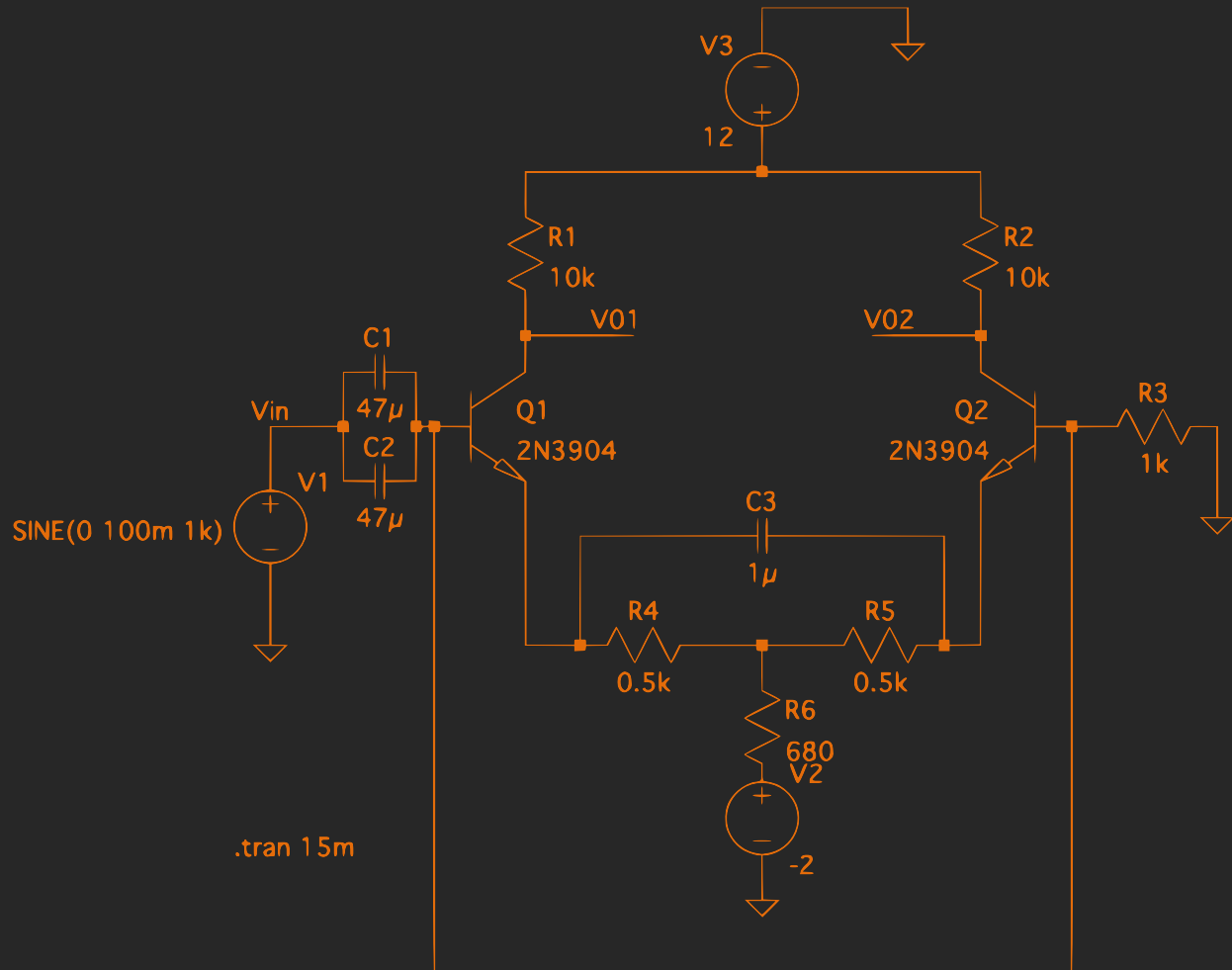
$$A_\alpha = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{v_\alpha} \quad \left\langle \begin{array}{l} v_\alpha = \frac{v_2 + v_1}{2} \\ \longleftrightarrow \end{array} \right.$$

$$A_\alpha = 2 \frac{V_{o1} - V_{o2}}{v_1} = 0.141$$

Επίσης, επειδή $V_C > V_B$ και στα δύο τρανζίστορ, αυτά βρίσκονται στην **ενεργό περιοχή** (active region).

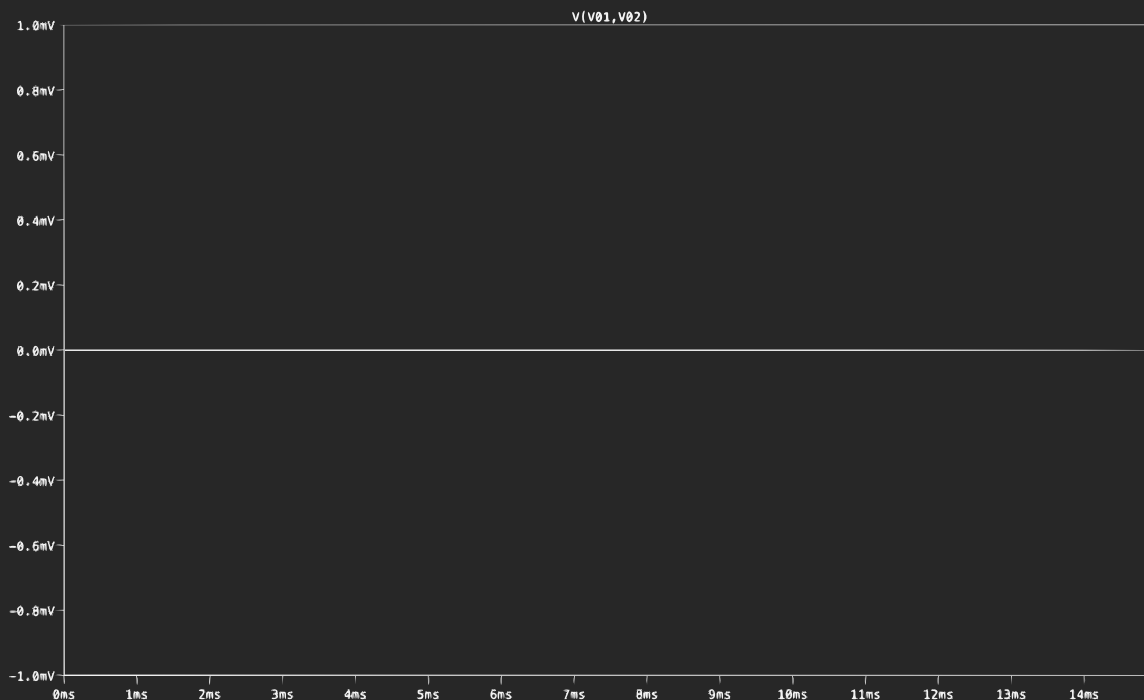
Προσομοίωση

Κατασκευάσαμε αρχικά το κύκλωμα σε **SPICE model**.



Διαγράμματα Προσομοίωσης

Από το κύκλωμα παράγονται οι εξής κυματομορφές $V(V_{o1})$, $V(V_{o2})$ και $V(V_{o1}, V_{o2})$ και παρουσιάζονται στην επόμενη σελίδα:



Σύγκριση Θεωρητικών – Πειραματικών Τιμών

Οι πειραματικές τιμές V_B , V_C , V_E έχουν πολύ μικρή απόκλιση από τις θεωρητικές. Η αμελητέες αυτές διαφορές οφείλονται σε ανοχές και στην δυσκολία να θέσουμε σωστή τιμή του ποτενσιόμετρου για να επαληθευτούν οι μετρήσεις.

Σύγκριση Πειραματικών Τιμών – Τιμών QUCS

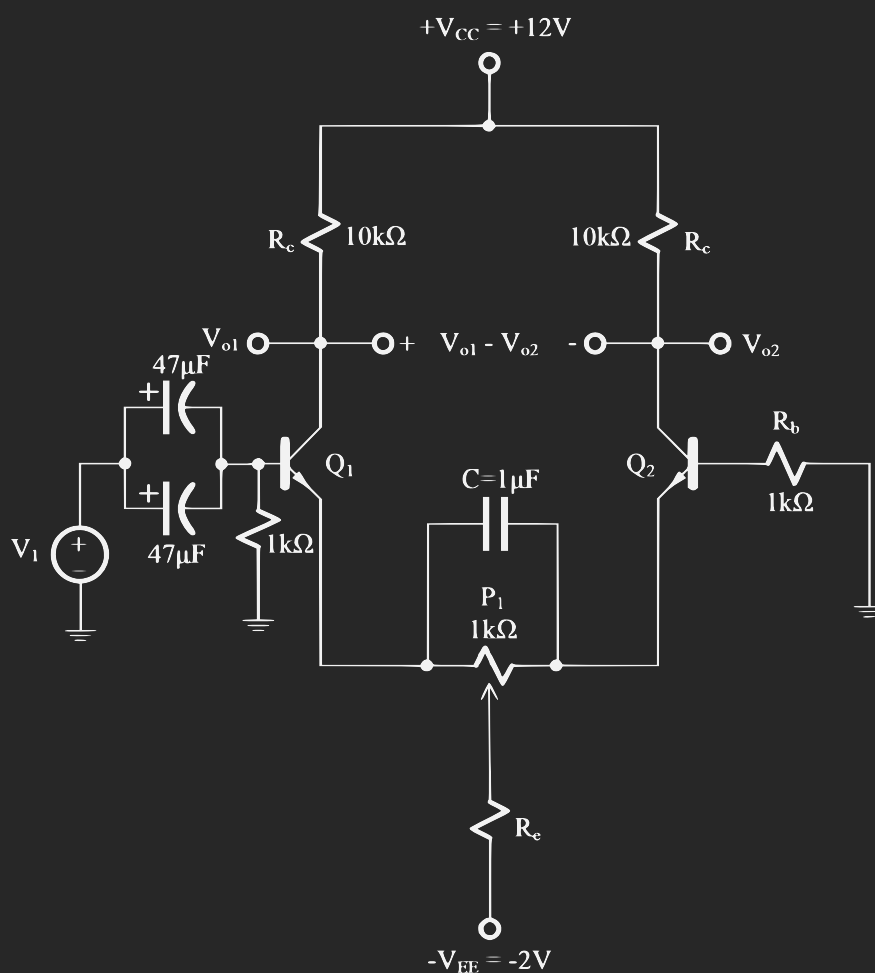
Παρατηρώντας τις κυματομορφές που παράγονται από τον προσωμοιωτή QUCS, παραθέτουμε τον επόμενο πίνακα με τις διαφορές μεταξύ τιμές αυτών και πειραματικών:

Μέγεθος (V)	Πειραματικές	QUCS	(%) Διαφορά
$V_{o1(p-p)}$	7.88	8.3	5.32
$V_{o2(p-p)}$	8	8.3	3.75
$ V_{out} _{(p-p)}$	0.12	0	N/A

Βλέπουμε ότι οι διαφορές είναι σχετικά μικρές και οφείλονται κυρίως στην έλλειψη ακρίβειας του παλμογράφου και του αθρώπινου σφάλματος. Άλλος ένας λόγος είναι ότι δε μπορούσε να επιτευχθεί ισότητα μεταξύ των συλλεκτών των δύο τρανζίστορ καθώς μια μικρή μεταβολή στο ποτενσιόμετρο ισοδυναμούσε με μια πολύ μεγάλη αλλαγή στις τιμές τάσεων.

ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ (2° ΜΕΡΟΣ)

Μια ελαφρώς διαφορετική παραλλαγή του διαφορικού ενισχυτή με αντίσταση στη βάση του Q_1 αντί για βραχυκύκλωση του με τη βάση του Q_2 :



Θεωρητική Ανάλυση

Παρομοίως με το 1° μέρος.



Πειραματική Διαδικασία

Αντίστοιχα με προηγουμένως οι ανανεωμένες τιμές του κυκλώματος είναι:

Μέγεθος (V)	Q ₁	Q ₂
V _C	5.04	5.06
V _B	-0.005	-0.006
V _E	-0.662	-0.667

Και οι τάσεις των μέγιστων πλάτων εισόδου (peak-peak) είναι:

$$V_1 = 4.3 \text{ div} * 0.05 \text{ V/div} = 0.215 \text{ V} = 215 \text{ mV}$$

$$V_{o1} = 5 \text{ div} * 2 \text{ V/div} = 10 \text{ V}$$

$$V_{o2} = 4.6 \text{ div} * 2 \text{ V/div} = 9.2 \text{ V}$$

$$V_{out} = V_{o1} - V_{o2} = 3.8 \text{ div} * 5 \text{ V/div} = 19 \text{ V}$$



Επεξεργασία Μετρήσεων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου, υπολογίστηκαν τα παρακάτω μεγέθη:

- Διαφορικό Κέρδος Σήματος (Differential-mode Gain) **A_d**:

$$V_{out} = V_{o1} - V_{o2} = A_d * v_d \Leftrightarrow$$

$$A_d = \frac{V_{out}}{v_d} \xleftrightarrow{v_d = v_2 - v_1}$$

$$A_d = \frac{V_{out}}{v_2 - v_1} = 88.37$$

- Λόγος Απόρριψης Κοινού Σήματος ρ (A_a από 1^ο μέρος):

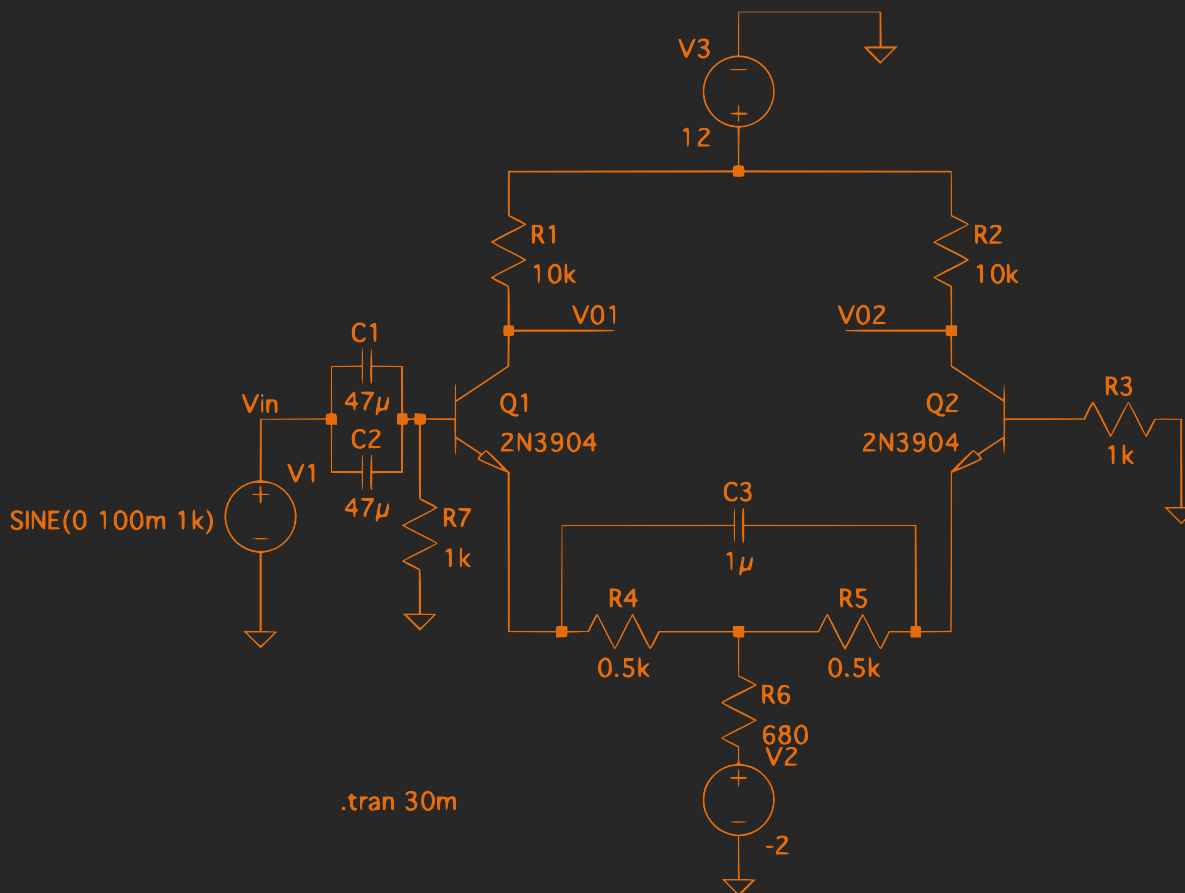
$$\rho = \frac{A_d}{A_a} = 626.73$$

Σημείωση: το ρ υποδηλώνει την αποτελεσματικότητα του διαφορικού ενισχυτή. Συνεπώς όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο πιο ποιοτικός θεωρείται ο ενισχυτής.

Επίσης, επειδή $V_C > V_B$ και στα δύο τρανζίστορ, αυτά βρίσκονται στην **ενεργό περιοχή** (active region).

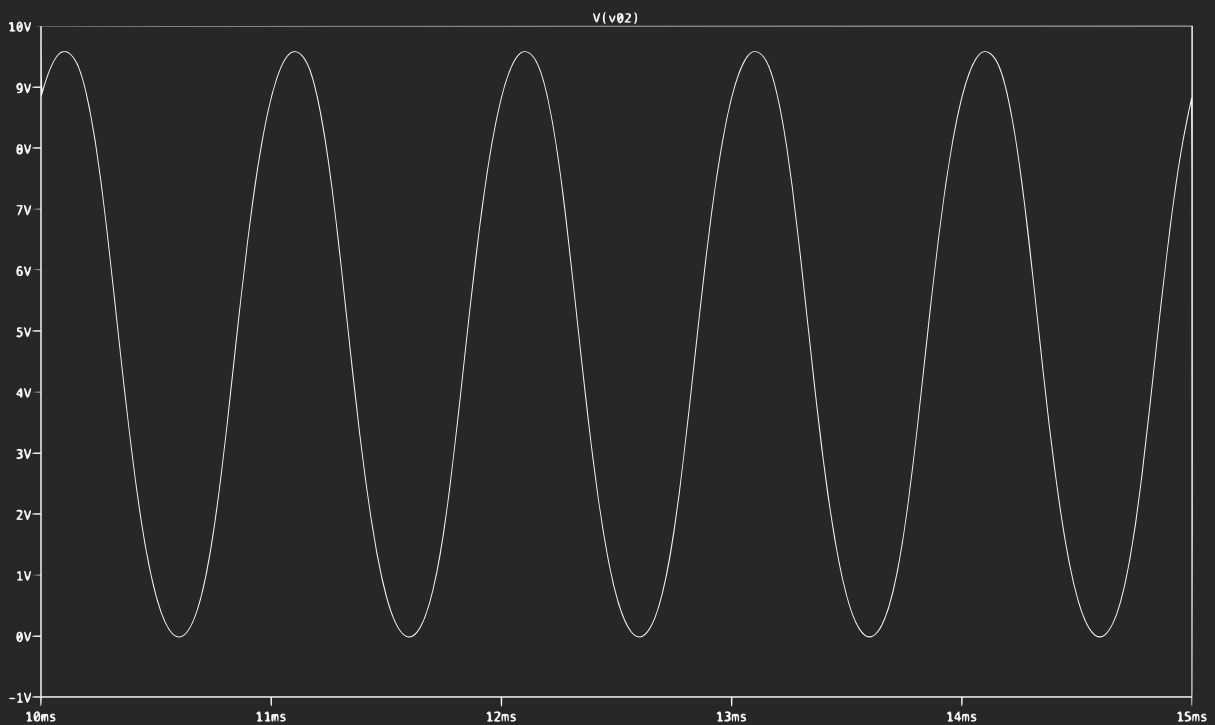
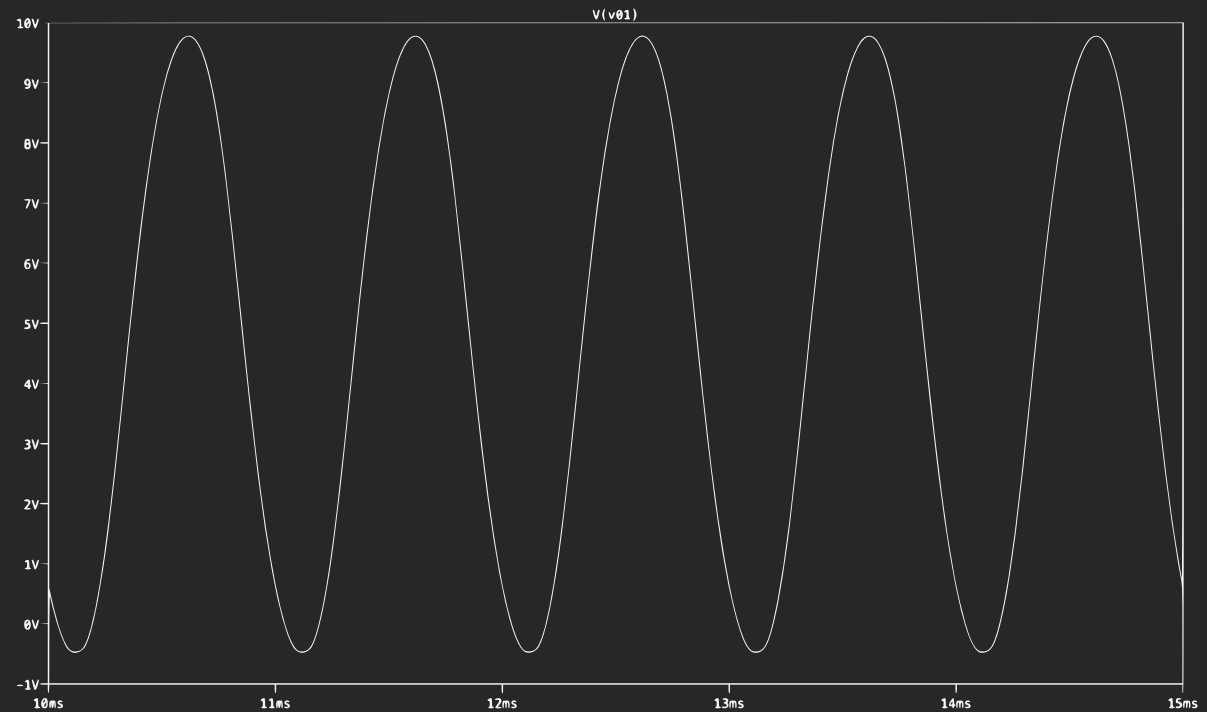
Προσομοίωση

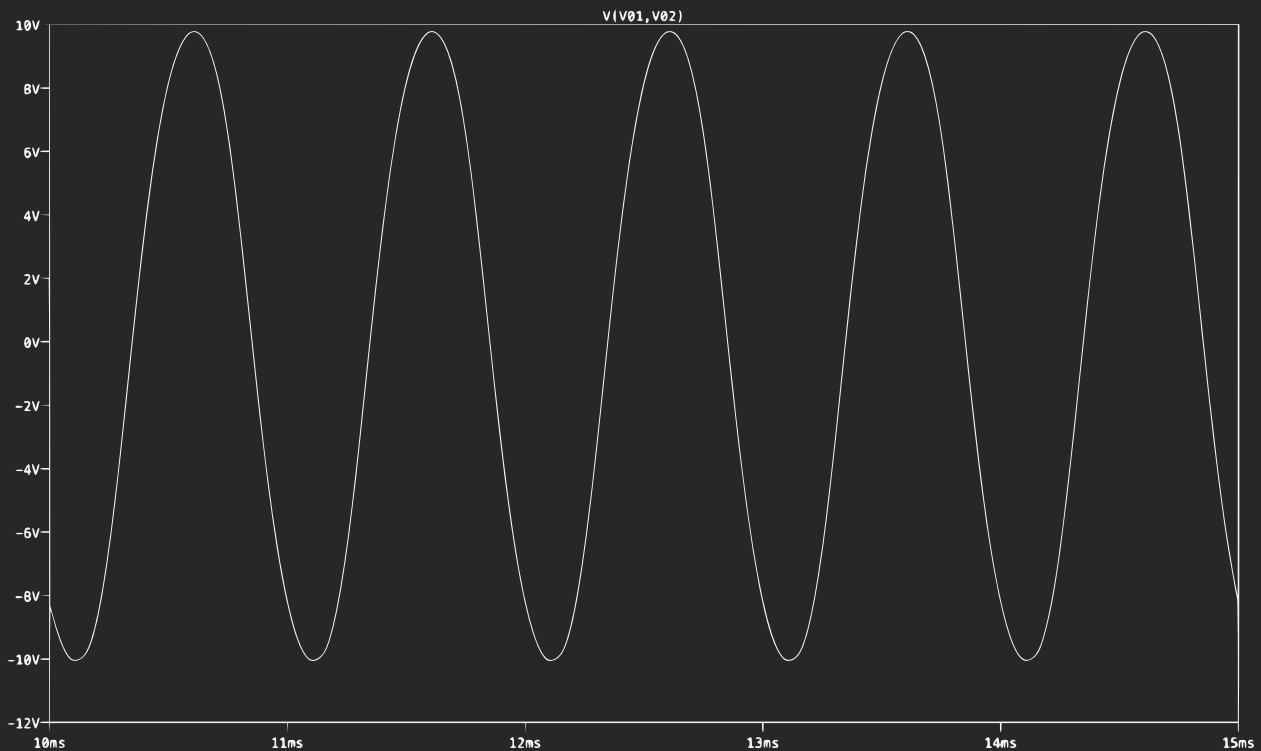
Αντίστοιχα για το δεύτερο μέρος, παρουσιάζεται το σχήμα του SPICE.



Διαγράμματα Προσομοίωσης

Από το κύκλωμα παράγονται οι εξής κυματομορφές $V(V_{o1})$, $V(V_{o2})$ και $V(V_{o1}, V_{o2})$:





Σύγκριση Θεωρητικών – Πειραματικών Τιμών

Οι πειραματικές τιμές V_B , V_C , V_E έχουν και πάλι αμελητέα διαφορά από τις αντίστοιχες θεωρητικές. Οι λόγοι αποκλίσεων έχουν ήδη περιγραφεί παραπάνω.

Σύγκριση

Όπως και στο προηγούμενο μέρος της άσκησης, ο πίνακας σχέσης πειραματικών και αποτελεσμάτων - προσωμοίωσης παρουσιάζεται παρακάτω:

Μέγεθος (V)	Πειραματικές	QUCS	(%) Διαφορά
$V_{o1(p-p)}$	10	9.25	7.5
$V_{o2(p-p)}$	9.2	9.5	3.26
$ V_{out} (p-p)$	19	19.75	3.94

Βλέπουμε ότι οι διαφορές και πάλι θεωρούνται μικρές. Οι λόγοι για τα σφάλματα αυτά παραμένουν οι ίδιοι με το πρώτο μέρος.