



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Εργαστήριο Μικροηλεκτρονικής – Εργασία 2

Χρήστος Μαργιώλης – 19390133

Απρίλιος 2022

Περιεχόμενα

1	Θεωρητικό μέρος	2
2	Υλοποίηση της εργασίας	2
3	Συνδεσμολόγηση κυκλώματος	2
4	Εφαρμογή σήματος	3
4.1	Γράφημα εξόδου ως προς είσοδο	3
4.2	Θεωρητικό και πρακτικό κέρδος	4
4.3	Διαφορά φάσης	5
5	Αύξηση συχνότητας	6
6	Υλοποίηση σε breadboard	7

1 Θεωρητικό μέρος

Ο μη-αναστρέφων τελεστικός ενισχυτής είναι μία από τις διάφορες συνδεσμολογίες τελεστικών ενισχυτών που υπάρχουν. Οι κύριες διαφορές του με τον αναστρέφοντα ενισχυτή, είναι ότι, ο μη-αναστρέφων ενισχυτής παρουσιάζει πολύ μεγάλη αντίσταση εισόδου, έχει υποχρεωτικά κέρδος μεγαλύτερο του 1, και το σήμα εξόδου είναι σε φάση με το σήμα εισόδου.

Επιπλέον, ο μη-αναστρέφων ενισχυτής, έχει πολύ παρόμοια συνδεσμολογία με τον buffer, με την διαφορά ότι ο buffer δεν περιέχει αντιστάσεις.

2 Υλοποίηση της εργασίας

Για την υλοποίηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω εργαλεία:

- Tina-TI για την συνδεσμολογία και τις μετρήσεις του κυκλώματος.
- Tinkercad για την υλοποίηση του κυκλώματος σε breadboard.
- L^AT_EX για την συγγραφή της εργασίας.

3 Συνδεσμολόγηση κυκλώματος

- Συνδεσμολογήστε το παρακάτω κύκλωμα με $R_1 = R_2 = 10\text{ k}\Omega$ και $V_1 = 15\text{ V}$, $V_2 = -15\text{ V}$.

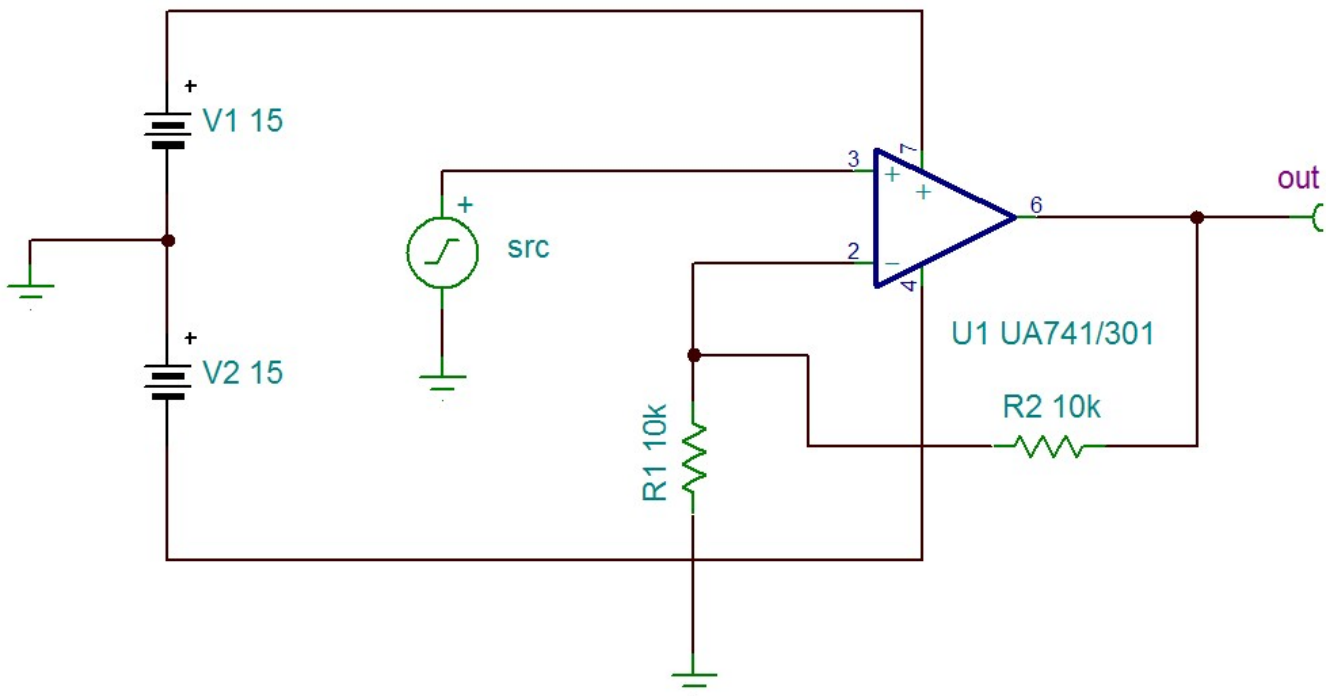


Figure 1: Μη-αναστρέφων τελεστικός ενισχυτής

4 Εφαρμογή σήματος

- Εφαρμόστε ημιτονικό σήμα $1\text{ kHz}/1V_{pp}$ στην είσοδο.
 - Αναπαραστήσετε σε γράφημα την έξοδο του κυκλώματος ως προς την είσοδο.
 - Υπολογίστε το θεωρητικό και πρακτικό κέρδος του ενισχυτή, στη συνέχεια συγκρίνατε τα δύο κέρδη. Υπάρχουν διαφορές; Πού οφείλονται;
 - Μετρήστε την διαφορά φάσης που παρατηρείται μεταξύ εισόδου και εξόδου.

4.1 Γράφημα εξόδου ως προς είσοδο

Το σήμα εξόδου είναι ενισχυμένο, και βρίσκεται σε φάση με το σήμα εισόδου.

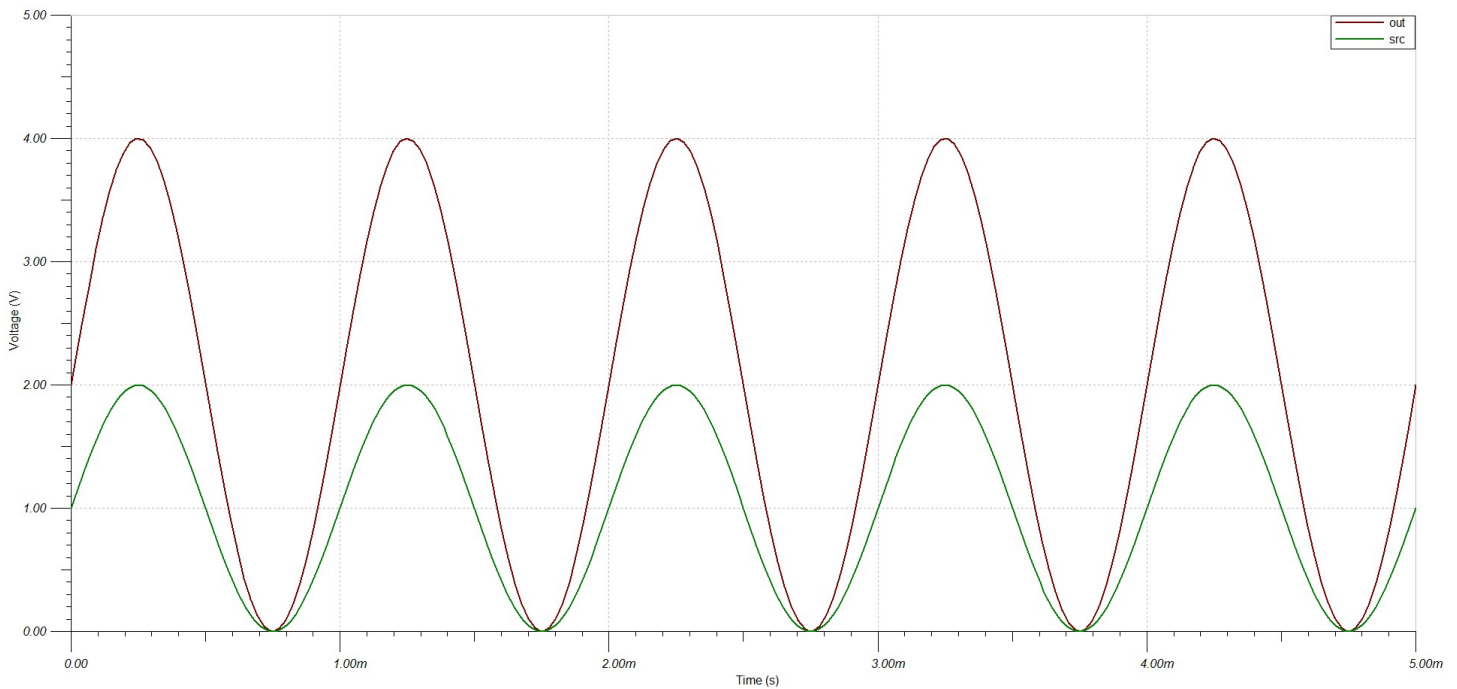


Figure 2: Καμπύλες στο ίδιο γράφημα

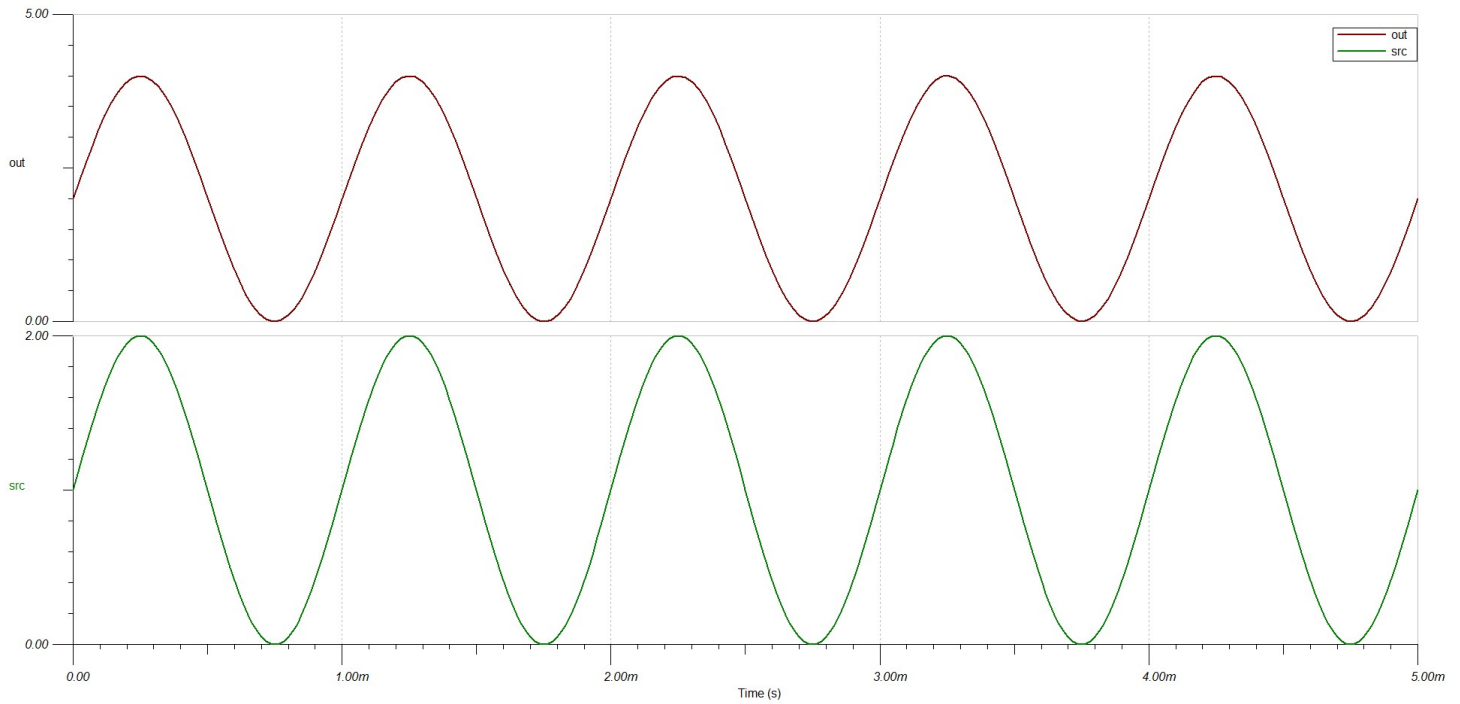


Figure 3: Καμπύλες σε ξεχωριστό γράφημα

4.2 Θεωρητικό και πρακτικό κέρδος

Το θεωρητικό κέρδος του μη-αναστρέφοντα τελεστικού ενισχυτή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Οπότε, αντικαθιστώντας τις τιμές των αντιστάσεων, έχουμε ότι:

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow A_v = 1 + \frac{10\text{ k}\Omega}{10\text{ k}\Omega} \Rightarrow A_v = 1 + 1 \Rightarrow A_v = 2$$

Μετατρέπουμε το γραμμικό κέρδος σε dB:

$$A_v(\text{dB}) = 20 \log_{10} |A_v| \Rightarrow A_v(\text{dB}) = 20 \log_{10} 2 \Rightarrow A_v(\text{dB}) = 6.02 \text{ dB}$$

Μελετώντας την μέτρηση του πρακτικού κέρδους στις παρακάτω εικόνες, παρατηρούμε ότι οι υπολογισμοί συμπίπτουν. Επίσης, παρατηρούμε ότι μετά από μία συγκεκριμένη συχνότητα, το κέρδος αρχίζει και πέφτει. Αυτό οφείλεται στο ότι η συχνότητα του σήματος εισόδου ξεπερνάει την ταχύτητα με την οποία ο ενισχυτής μπορεί να επεξεργαστεί το σήμα.

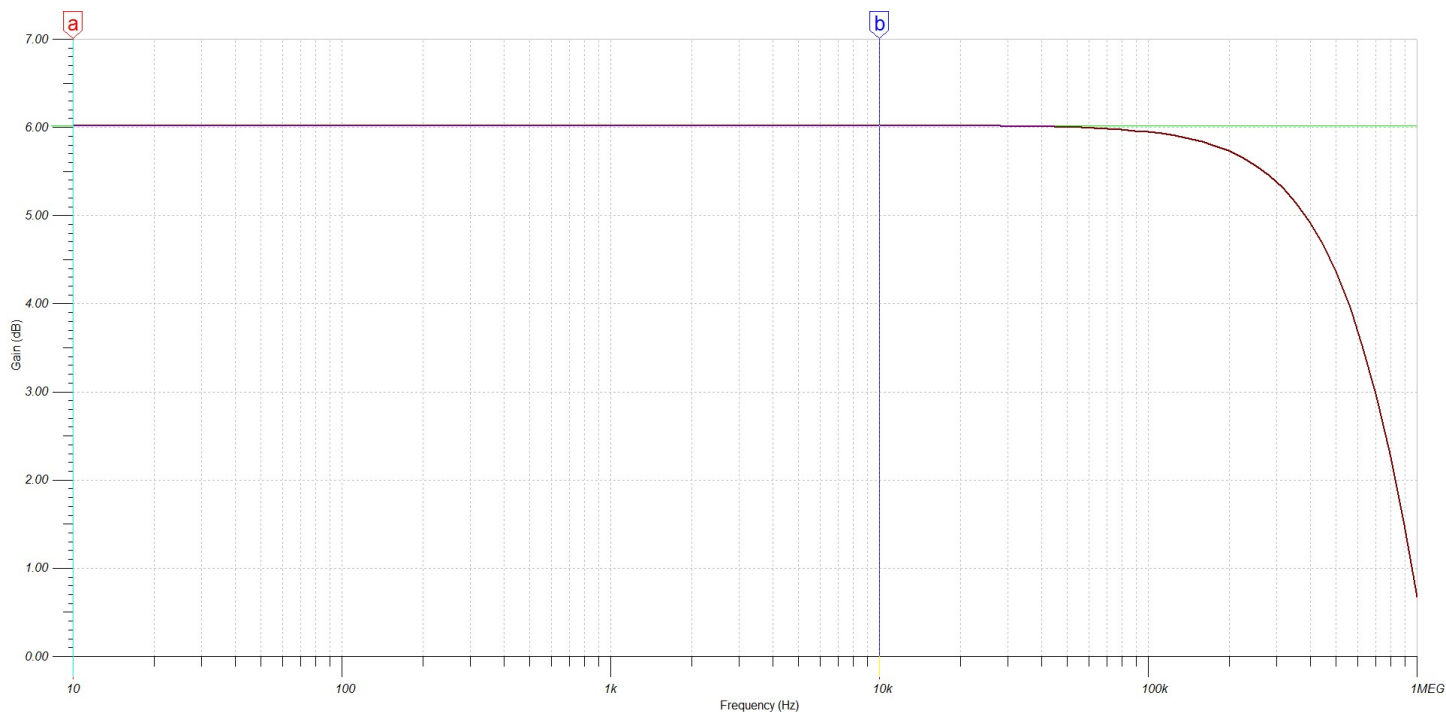


Figure 4: Γράφημα πρακτικού κέρδους

A	
x: 10	y: 6.02
B	
x: 10k	y: 6.02
A - B	
x: -9.99k	y: 731.95u

Figure 5: Υπολογισμός πρακτικού κέρδους

4.3 Διαφορά φάσης

Με βάση την παρακάτω μέτρηση, παρατηρούμε ότι η διαφορά φάσης είναι πολύ κοντά στο 0° . Με άλλα λόγια, το σήμα εισόδου είναι σε φάση με το σήμα εξόδου, το οποίο είναι λογικό, εφόσον το κύκλωμα είναι ένας μη-αναστρέφων ενισχυτής.

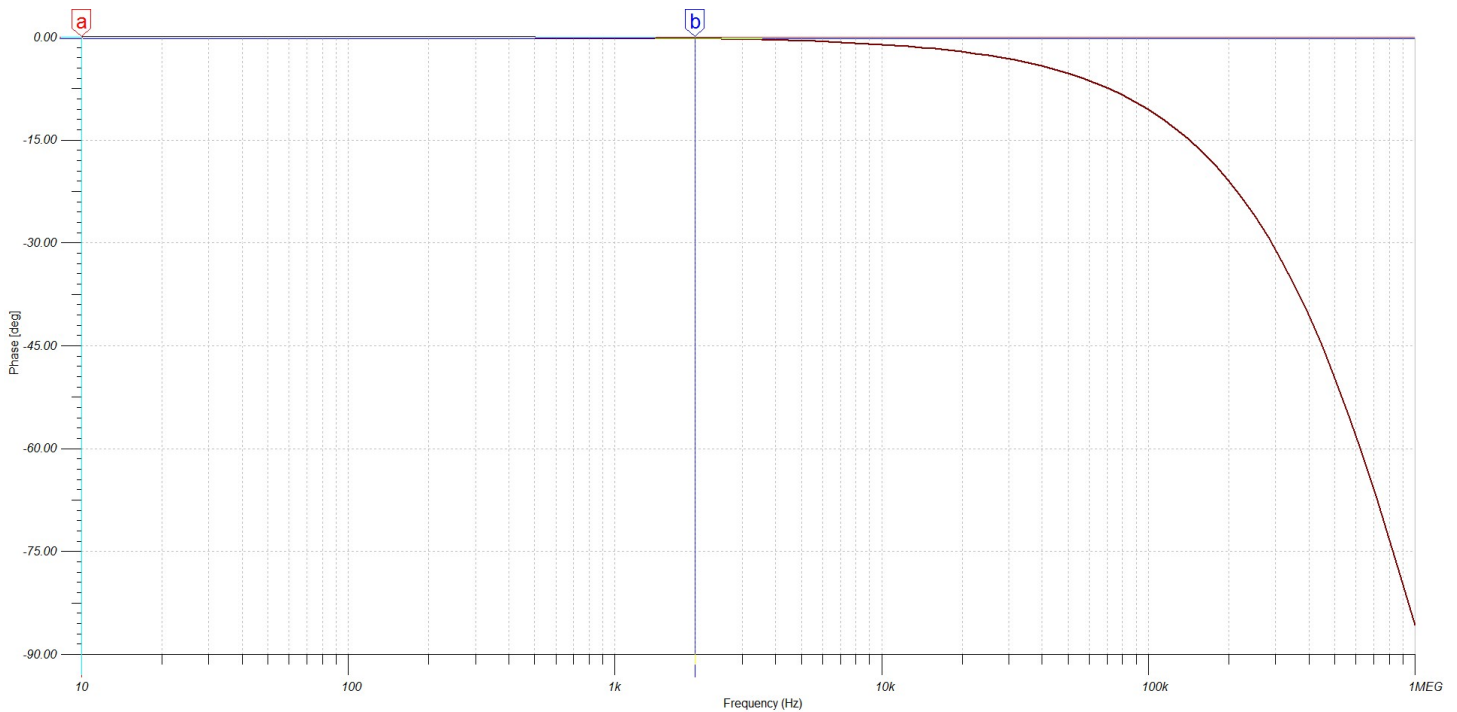


Figure 6: Γράφημα φάσης

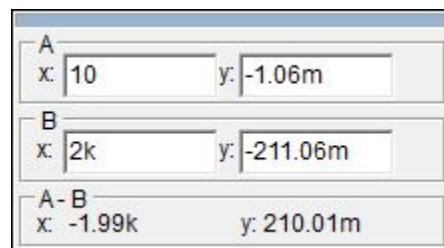


Figure 7: Υπολογισμός διαφοράς φάσης

5 Αύξηση συχνότητας

- Διατηρώντας το πλάτος του σήματος εισόδου σταθερό αυξήστε την συχνότητα εισόδου σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα. Τι παρατηρείτε; Πού οφείλεται;

Παρατηρούμε ότι το κέρδος μένει ίδιο όσο και να αυξήσουμε την συχνότητα εισόδου. Αυτό οφείλεται στο ότι για να αυξηθεί το κέρδος, πρέπει να αυξηθεί και το πλάτος του σήματος.

$F(\text{Hz})$	$A(\text{dB})$
1 kHz	6.02 dB
10 kHz	6.02 dB
50 kHz	6.02 dB
100 kHz	6.02 dB
500 kHz	6.02 dB
1 MHz	6.02 dB
1.5 MHz	6.02 dB
2 MHz	6.02 dB

6 Υλοποίηση σε breadboard

- Παρουσιάστε το κύκλωμά σας υλοποιημένο σε breadboard μέσω της εφαρμογής Tinkercad.

Για την συνδεσμολογία χρησιμοποιούμε το pinout του τελεστικού ενισχυτή ως reference:

LM741 Pinout Diagram

