

## *Εισαγωγικό Εργαστήριο Ηλεκτρονικής και Τηλεπικοινωνιών*

**Εργαστηριακό τμήμα:** Τρίτη 11:00-13:00, B4

**Ομάδα:** Ομάδα 5

**Μέλη:** Αλεξοπούλου Γεωργία (el20164), Μπαλτά Αντωνία (el20873)

### **Πείραμα 5: Σχεδίαση ενισχυτή με χρήση τελεστικού: ένα απλό σύστημα ήχου.**

Σχεδίαση και έλεγχος ενός ενισχυτή τάσης.

1. Το πηλίκιο  $\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$  καλείται κέρδος τάσης. Εφόσον  $R_1 = 1k\Omega$  και αφού το κέρδος τάσης ισούται με  $(1 + \frac{R_2}{R_1})$ , μέγιστο κέρδος τάσης θα έχουμε όταν  $R_2 \gg R_1$ , ενώ ελάχιστο όταν  $R_2 \ll R_1$ . Δεδομένου της αντοχής των αντιστάσεων, μπορούμε :

- Να έχουμε μέγιστο κέρδος χρησιμοποιώντας  $R_2$  τουλάχιστον δεκαπλάσια της  $R_1$ , κι έτσι αναμένουμε  $\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \geq 11k\Omega$ .
- Να έχουμε ελάχιστο κέρδος χρησιμοποιώντας  $R_2$  τουλάχιστον υποδεκαπλάσια της  $R_1$ , κι έτσι αναμένουμε  $\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \approx 1k\Omega$ .

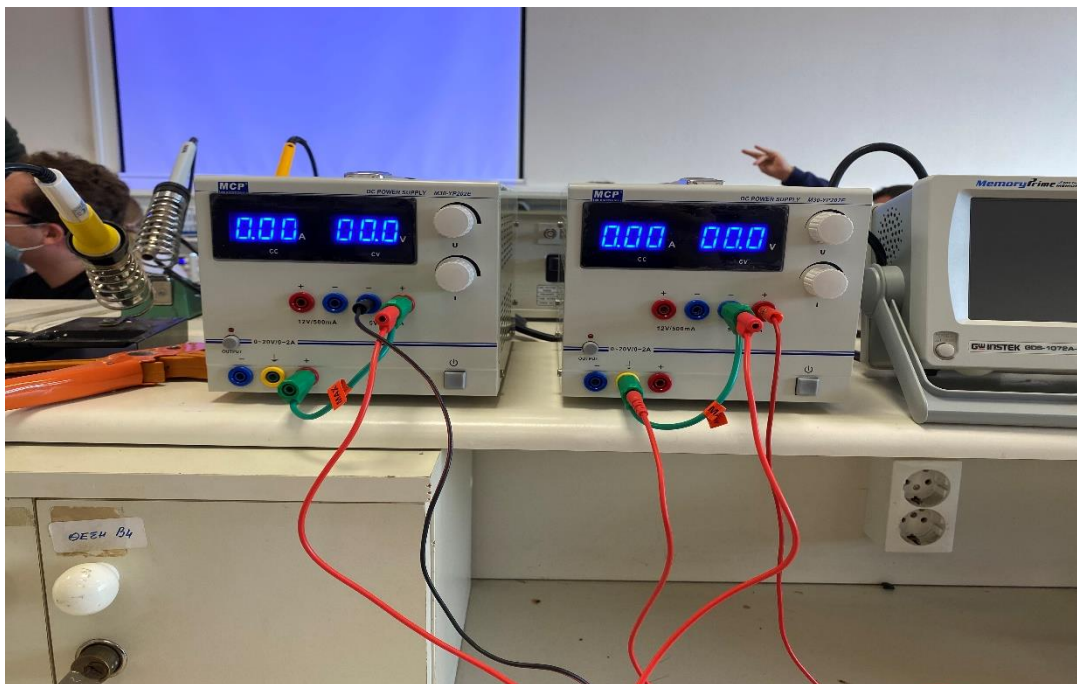
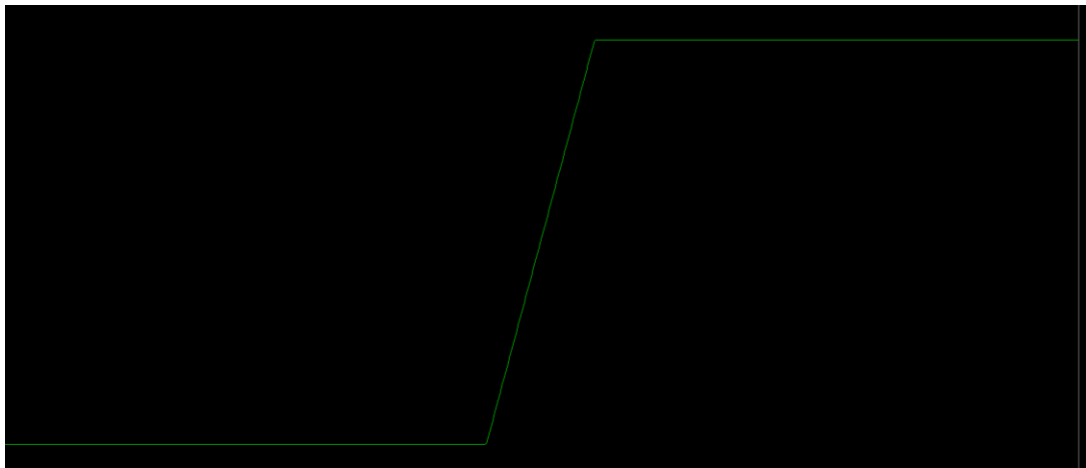
2. Για την κατασκευή του ζητούμενου κυκλώματος ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

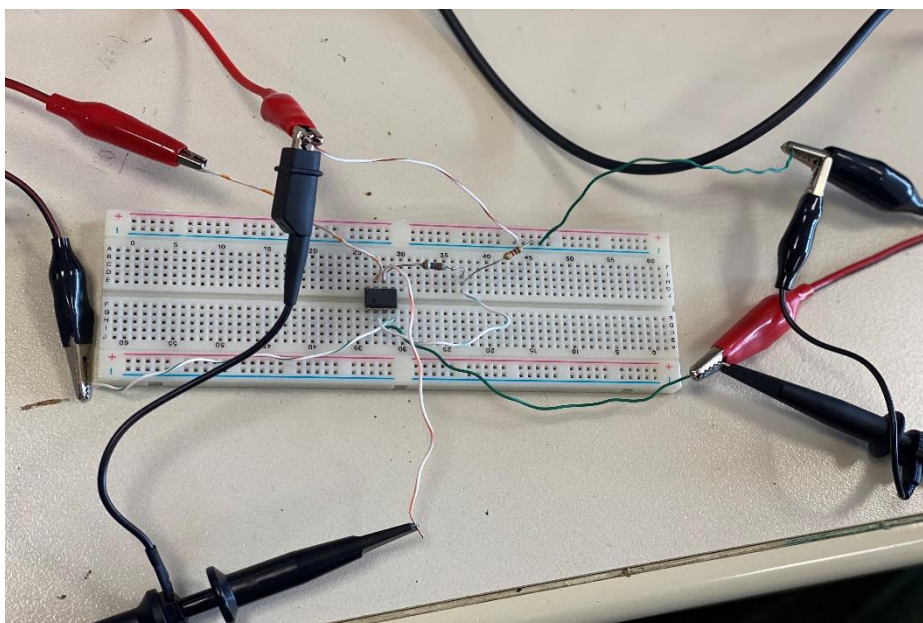
- Τοποθετούμε τον τελεστικό ενισχυτή στο κέντρο της πλακέτας, με κάθε τετράδα των ακροδεκτών του να βρίσκεται εκατέρωθεν του αυλακιού.
- Διαθέτουμε δύο τροφοδοτικά, A και B. Με τη χρήση καλωδίων, γειώνουμε την έξοδο -5Volt του τροφοδοτικού A και την έξοδο +5Volt του τροφοδοτικού B και συνδέουμε τη γείωση στην απώτερη λωρίδα (-) της πλακέτας. Στη συνέχεια, θεωρώντας ως VCC τη σταθερή τάση των +5/-5 Volt, συνδέουμε τα +5Volt του τροφοδοτικού A στον ακροδέκτη #7

του τελεστικού ενισχυτή, ενώ τα -5Volt του τροφοδοτικού B στον ακροδέκτη #4.

- Στη συνέχεια, θα συνδέσουμε τις δύο αντιστάσεις,  $R_1$  και  $R_2$  στο κύκλωμα. Συνδέουμε τον έναν ακροδέκτη της  $R_2$  με τον ακροδέκτη #6 του τελεστικού ενισχυτή, ενώ τον δεύτερο ακροδέκτη της  $R_2$  τον συνδέουμε σε σειρά με τη  $R_1$ . Ο άλλος ακροδέκτης της  $R_1$  συνδέεται με τη γείωση. Το κοινό σημείο των  $R_1$  και  $R_2$ , με τη χρήση καλωδίου, συνδέεται στον ακροδέκτη #2 του τελεστικού ενισχυτή.
- Τέλος, στον ακροδέκτη #3 του τελεστικού ενισχυτή οδηγείται ημιτονοειδές σήμα που παράγεται από τη γεννήτρια.

Η γραφική παράσταση που προκύπτει είναι η εξής:





3. Α) Το κύκλωμα συμπεριφέρεται γραμμικά μεταξύ των τιμών  $-0,2$  Volt και  $+0,2$  Volt.

Β) Σύμφωνα με εργαστηριακές μετρήσεις, η μέγιστη επιτεύξιμη τάση εξόδου είναι τα  $+4$  Volt, ενώ η ελάχιστη ισούται με  $3$  Volt.

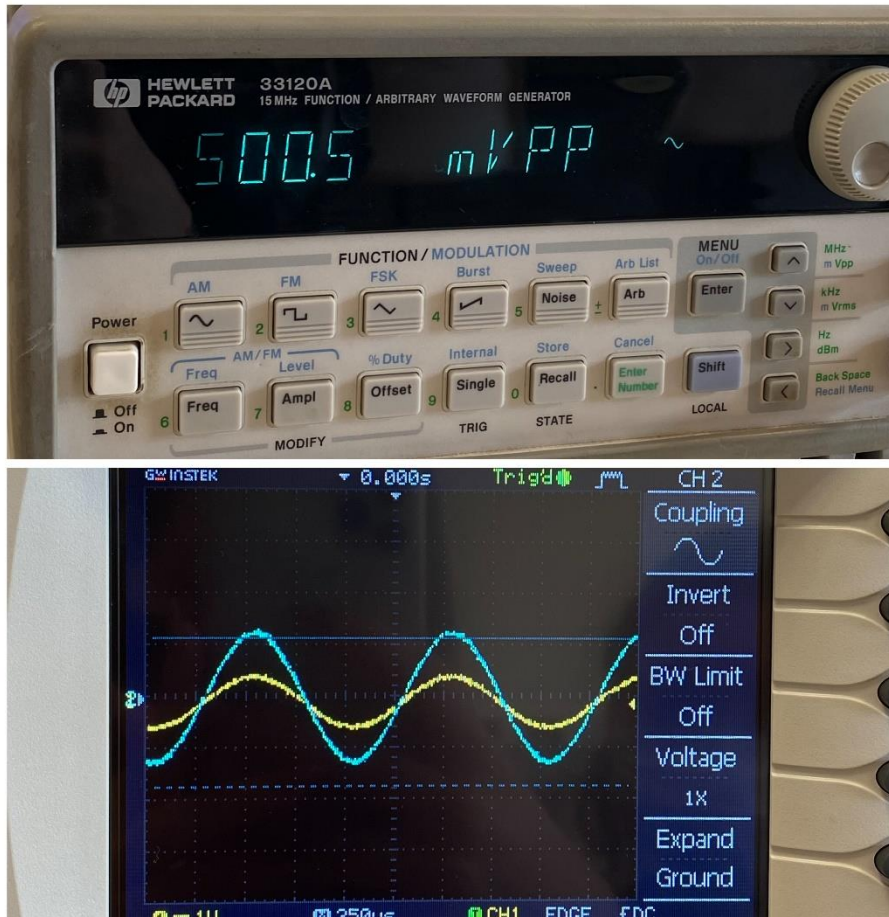
Γ) Για να είναι η γραφική παράσταση ημιτονοειδές σήμα, πριν οδηγηθεί σε μη-γραμμική περιοχή λειτουργίας, θα έπρεπε το πλάτος του να μην ξεπερνάει τα  $0,2$  Volt κατά απόλυτη τιμή.

Δ) Αν το πλάτος δεν ξεπερνούσε την τιμή αυτή, τότε το σήμα θα είχε ημιτονοειδή κυματομορφή.

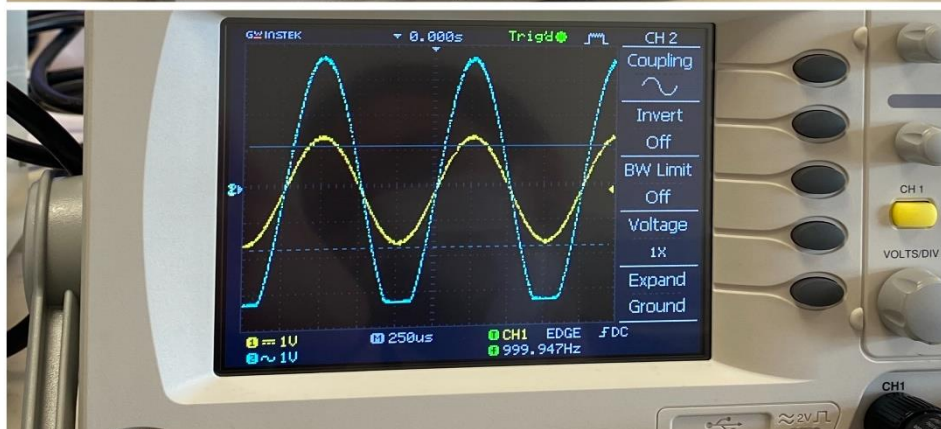
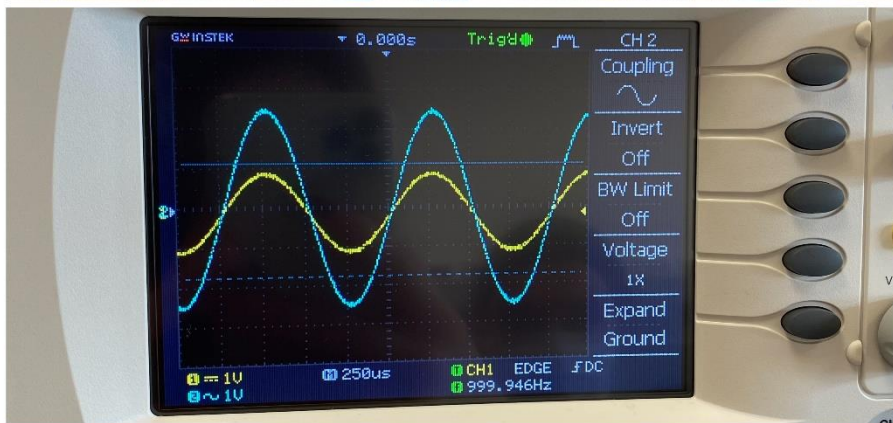
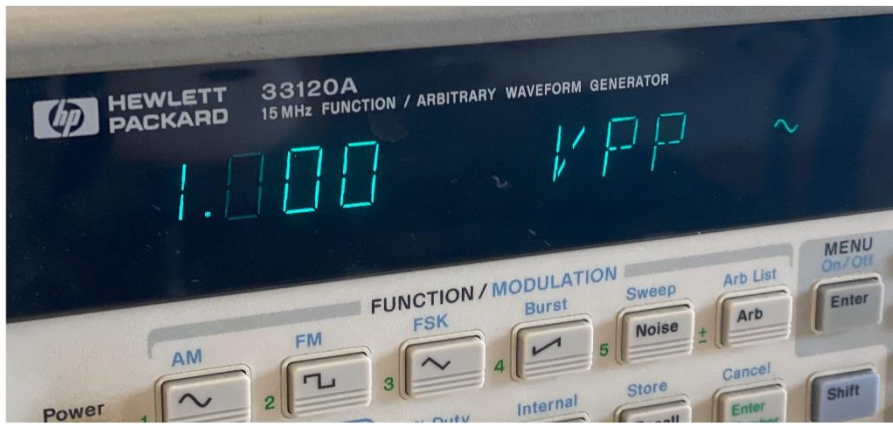
Ε) Αν την ξεπερνούσε, τότε το σήμα θα προσομοίαζε τον τετραγωνικό παλμό (με, ενδεχομένως, μια ελαφρά κλίση στα ευθύγραμμα τμήματα του παλμού).

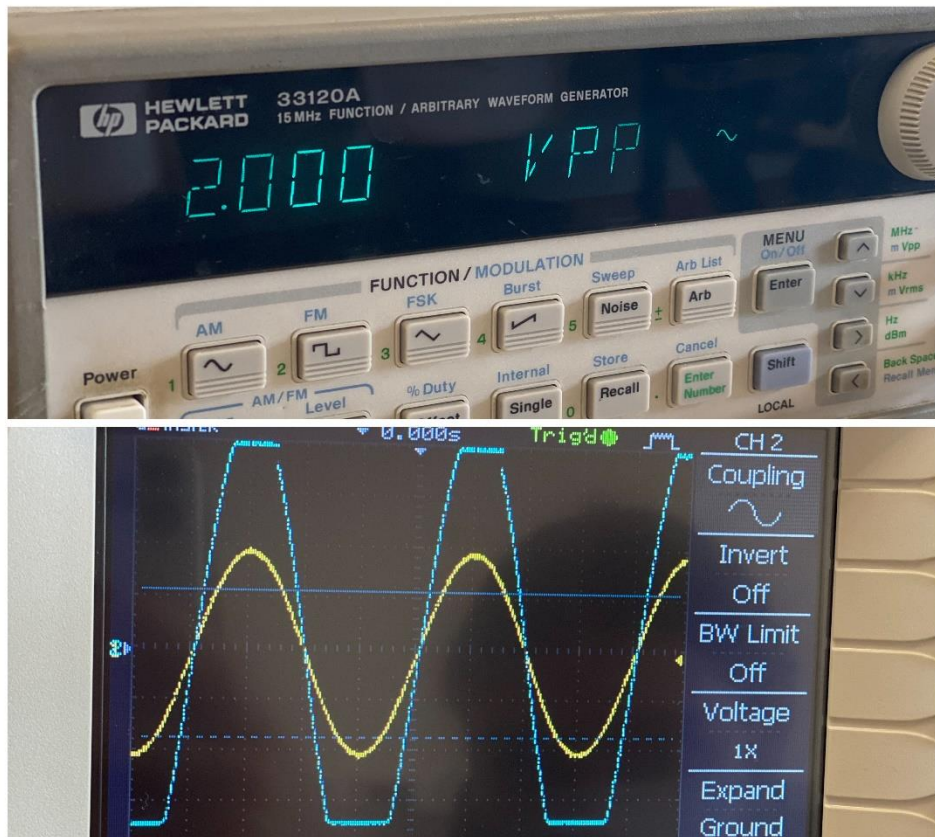
4. Χρησιμοποιώντας  $R_2 = 4k\Omega$  λαμβάνουμε κέρδος τάσης ίσο με 5. Ρυθμίζουμε τη γεννήτρια έτσι, ώστε το σήμα να έχει συχνότητα  $1$  kHz και πλάτος  $1V$ . Παρατηρώντας στον παλμογράφο το σήμα τόσο της γεννήτριας, όσο και της εξόδου  $V_{OUT}$  του τελεστικού ενισχυτή, βλέπουμε πως είναι και τα δύο ημιτονοειδή και έχουν ίδια συχνότητα, αλλά  $V_{OUT} = 5V_{IN}$  (όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο).

Όταν το  $V_{IN}$  αυξάνεται πολύ, το άνωθεν τμήμα του  $V_{OUT}$  οδηγείται σε κορεσμό, κι έτσι το σήμα του  $V_{OUT}$  σταδιακά τετραγωνίζεται όσο αυξάνεται το  $V_{IN}$ .





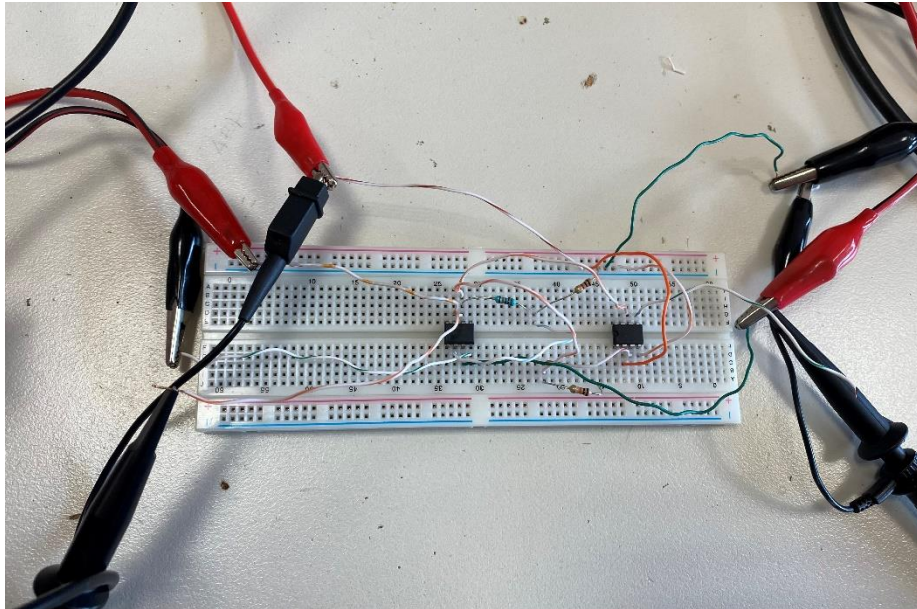




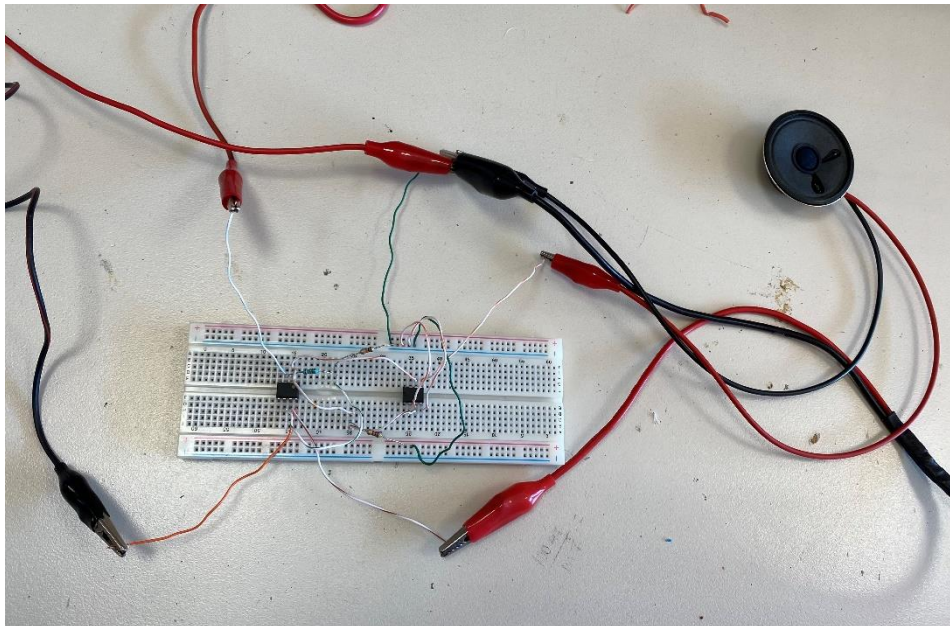
6. Στο ήδη υπάρχον κύκλωμα, θα φτιάξουμε ένα δεύτερο «υπο-κύκλωμα». Για τον σκοπό αυτό:

- Τοποθετούμε τον ενισχυτή ισχύος όμοια με τον τελεστικό ενισχυτή, με κάθε τετράδα ακίδων εκατέρωθεν του αυλακώματος της πλακέτας.
- Οι ακροδέκτες #2 και #4 του τελεστικού ενισχυτή συνδέονται με τη γείωση.
- Ο ακροδέκτης #3 συνδέεται με την είσοδο  $V_{IN}$  που χρησιμοποιήθηκε και προηγουμένως, στον τελεστικό ενισχυτή.
- Τέλος, ο ακροδέκτης #6 συνδέεται με την έξοδο  $V_{OUT}$  του τελεστικού ενισχυτή.





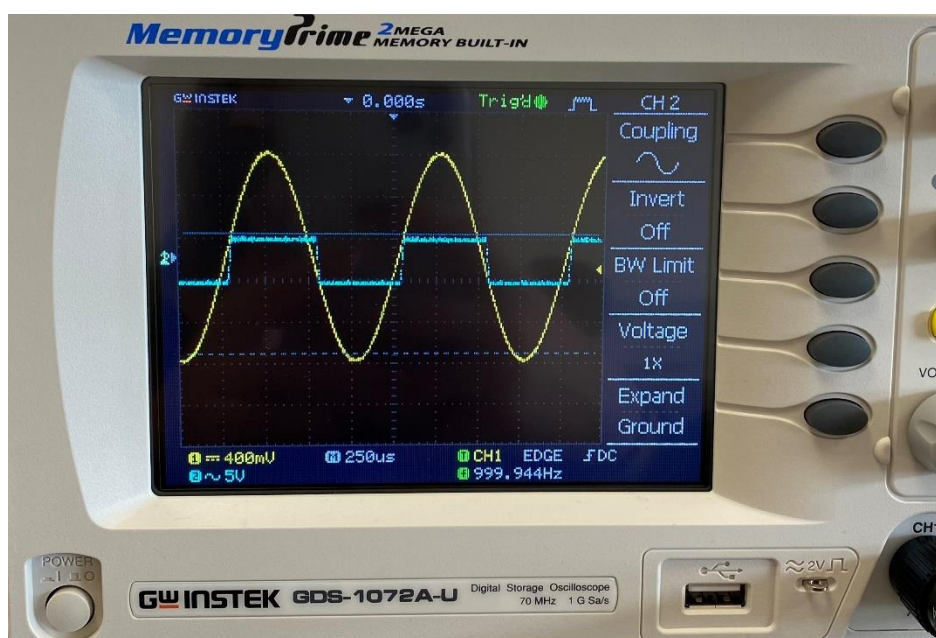
7. Συνδέοντας το ηχείο με τον ακροδέκτη #5 του ενισχυτή ισχύος, παρατηρούμε πως το κύκλωμά μας δουλεύει, αφού ακούμε ήχο.



8. Συνδέουμε αρχικά τον παλμογράφο, ώστε να δείχνει τα σήματα των  $V_{IN}$  και  $V_{OUT}$  και παρατηρούμε, όπως και στο βήμα 4, πως όσο

κι αν μεταβάλλουμε το  $V_{IN}$ , η διαφορά πλάτους του με το  $V_{OUT}$  παραμένει σταθερά 5Volt. Αντίθετα, όταν παρατηρούμε την έξοδο του ενισχυτή ισχύος, βλέπουμε πως πρόκειται για ένα σήμα που προσεγγίζει αρκετά καλά τον τετραγωνικό παλμό. Έχει ίδια συχνότητα με τα  $V_{IN}$  και  $V_{OUT}$ , όμως τόσο το πλάτος του, όσο και η κυματομορφή του, μεταβάλλονται ανάλογα με τη συχνότητα της  $V_{IN}$ . Όσο, δηλαδή, το πλάτος της τάσης εισόδου αυξάνεται, η κυματομορφή μετατρέπεται από ημιτονοειδές σήμα σε τετραγωνικό παλμό. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της  $V_{IN}$ , τόσο καλύτερα προσεγγίζει τον τετραγωνικό παλμό.

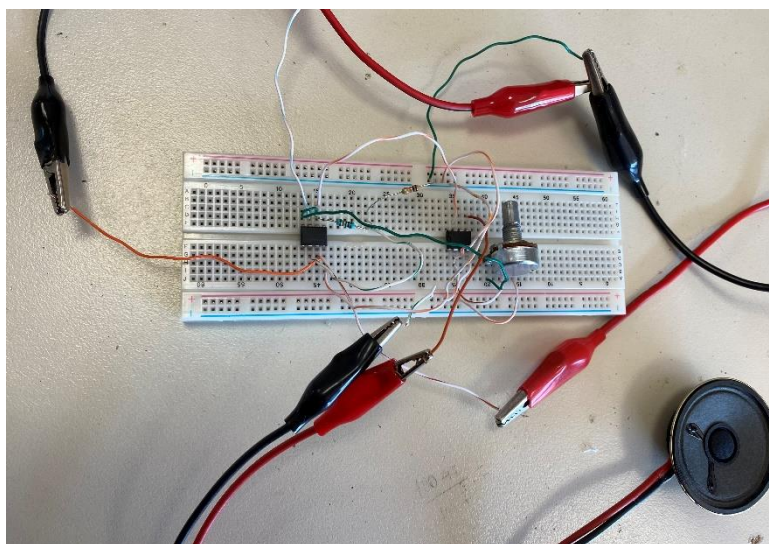
Επίσης, όταν ακούμε παραμόρφωση στον ήχο, παρατηρούμε ότι οι κυματομορφή του  $V_{OUT}$  παρουσιάζει μια ανωμαλία στον τετραγωνικό παλμό. Συγκεκριμένα, στο άνω αριστερό τμήμα του «προεξέχει» πάνω από την τιμή κορεσμού. Αυτό οφείλεται τόσο στη συχνότητα του ήχου (η οποία μεταβάλλεται από τη γεννήτρια), όσο και στην οξύτητά του (η οποία μεταβάλλεται καθώς μεταβάλλεται το πλάτος της  $V_{IN}$ ).



9. Σε αυτό το βήμα, θα τροποποιήσουμε το ήδη υπάρχον κύκλωμα. Αποσυνδέουμε τον ακροδέκτη #3 του ενισχυτή ισχύος. Τοποθετούμε στην πλακέτα το ποτενσιόμετρο, συνδέοντας τη μια ακριανή ακίδα του με το  $V_{OUT}$  του τελεστικού ενισχυτή (δηλαδή τον



ακροδέκτη #6) και την άλλη ακριανή ακίδα με τη γείωση. Έτσι, από τη μεσαία ακίδα του ποτενσιομέτρου θα λαμβάνουμε την τάση  $V_{IN}$ , την οποία τροφοδοτούμε με ένα καλώδιο στην είσοδο #3 του ενισχυτή ισχύος. Παρατηρούμε ότι όταν ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο έτσι, ώστε η παρεχόμενη τάση να είναι υπό του 0, το κύκλωμα δεν δουλεύει. Όταν, όμως, η τάση γίνεται θετική, το κύκλωμα δουλεύει, καθώς ακούμε ήχο από το ηχείο.



10. Καθώς οι συχνότητα του ήχου που παράγει το ηχείο είναι πολύ υψηλή για να την «αντιληφθεί» το ανθρώπινο αυτί, το ηχείο ναι μεν παράγει ήχο, τον οποίο ωστόσο δεν μπορούμε να ακούσουμε από ένα σημείο και μετά.

11. Το ηχείο είναι, στην πραγματικότητα, ο αντίστροφος μηχανισμός ενός μικροφώνου. Επομένως, αντιστρέφοντας το κύκλωμα που έχουμε κατασκευάσει παραπάνω, και με μικρές μετατροπές, πράγματι το ηχείο μπορεί να συμπεριφερθεί σαν μικρόφωνο.