

**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα**

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας**

Ιατρικά Ηλεκτρονικά - Ε

**Ενότητα 4: Άσκηση 4 – Ενισχυτής Οργανολογίας**

Δρ. Παντελής Ασβεστάς

Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής Τεχνολογίας T.E.

|  |  |
| --- | --- |
| Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια CreativeCommons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά | Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους. |

|  |  |
| --- | --- |
| ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 4 | Ενισχυτήσ Οργανολογίας |

|  |  |
| --- | --- |
| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: | ΔΙΩΡΟ: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ΕΠΩΝΥΜΟ: | ΟΝΟΜΑ: | ΑΜ: |
| ΕΠΩΝΥΜΟ: | ΟΝΟΜΑ: | ΑΜ: |
| ΕΠΩΝΥΜΟ: | ΟΝΟΜΑ: | ΑΜ: |

Περιεχόμενα

[1. Στόχος 3](#_Toc401660629)

[2. Θεωρητικό υπόβαθρο 3](#_Toc401660630)

[2.1 Γενικά 3](#_Toc401660631)

[2.2 Το ολοκληρωμένο AD620 4](#_Toc401660632)

[3. Εργαστηριακή διαδικασία 6](#_Toc401660633)

[3.1 Υλικά 6](#_Toc401660634)

[3.2 Μετρήσεις 6](#_Toc401660635)

# Στόχος

Στην παρούσα εργαστηριακή άσκηση θα μελετηθεί η λειτουργία ενός ενισχυτή οργανολογίας.

# Θεωρητικό υπόβαθρο

## Γενικά

Ο ενισχυτής οργανολογίας (instrumentation amplifier) είναι ένα κύκλωμα δύο εισόδων και μίας εξόδου. Η λειτουργία του είναι να ενισχύει τη διαφορά των σημάτων στις δύο εισόδους του και να απορρίπτει κοινά σήματα. **Οι ενισχυτές οργανολογίας χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε κυκλώματα βιοενισχυτών (ηλεκτροκαρδιογράφος, ηλεκτροεγκεφαλογράφος, ηλεκτρομυογράφος, κ.λπ.)**.

Η γενική δομή ενός ενισχυτή οργανολογίας φαίνεται στην Εικόνα 1. Οι τελεστικοί ενισχυτές U1 και U2 προσδίδουν μεγάλη αντίσταση εισόδου στο κύκλωμα, ενώ ο τελεστικός ενισχυτής U3 μαζί με τις αντιστάσεις $R\_{3}$ και $R\_{4}$ σχηματίζουν έναν ενισχυτή διαφορών για την απόρριψη του κοινού σήματος.



Εικόνα 1. Δομή ενισχυτή οργανολογίας.

Αποδεικνύεται ότι η τάση εξόδου δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

 

Συνεπώς στο συγκεκριμένο κύκλωμα, το **διαφορικό κέρδος ,**  το οποίο ορίζεται ως ο λόγος της τάσης εξόδου $V\_{out}$ προς τη διαφορά $V\_{2}-V\_{1}$ των δύο τάσεων εισόδου, δίνεται από τη σχέση:

 

Από την προηγούμενη σχέση και τη συνδεσμολογία του ενισχυτή οργανολογίας, προκύπτει ότι το διαφορικό κέρδος μπορεί να τροποποιηθεί μεταβάλλοντας μόνο την αντίσταση . Οποιοσδήποτε άλλος συνδυασμός για μεταβολή του κέρδους θα απαιτούσε την ταυτόχρονη μεταβολή περισσοτέρων αντιστάσεων.

Αν στις δύο εισόδους του ενισχυτή οργανολογίας εφαρμοστεί ένα κοινό σήμα , δηλαδή , τότε από την εξίσωση προκύπτει ότι , δηλαδή ο ενισχυτής οργανολογίας απορρίπτει το κοινό σήμα. Επομένως, στην περίπτωση αυτή το κέρδος κοινού σήματος, , είναι μηδέν και κατ’ επέκταση ο λόγος απόρριψης κοινού σήματος, , είναι άπειρος. Στην πράξη, όμως λόγω της ανοχής που παρουσιάζουν οι αντιστάσεις, το κέρδος κοινού σήματος είναι μη μηδενικό.

## Το ολοκληρωμένο AD620

Το ολοκληρωμένο AD620 (Εικόνα 2) είναι ένας χαμηλού κόστους, υψηλής ακρίβειας μονολιθικός ενισχυτής οργανολογίας που απαιτεί μόνο μία εξωτερική αντίσταση για τη ρύθμιση του διαφορικού κέρδους μεταξύ 1 και 1000. Συγκεκριμένα, αν συνδεθεί μία αντίσταση  μεταξύ των ακροδεκτών 1 και 8, τότε το διαφορικό κέρδος, , δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

 



Εικόνα 2. Το ολοκληρωμένο AD620.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του AD620 είναι:

* Τάση τροφοδοσίας από ±2,3V έως ±18V.
* Κατανάλωση ρεύματος: 1,3mA.
* Τάση εκτροπής εισόδου: 30μV (τυπική τιμή)
* Λόγος απόρριψης κοινού σήματος: μεγαλύτερος από 110dB (για διαφορικό κέρδος 100)
* Εύρος ζώνης: 120kHz (για διαφορικό κέρδος 100)
* Ρυθμός ανταπόκρισης: 1,2V/μs

# Εργαστηριακή διαδικασία

**Όσα ερωτήματα έχουν την ένδειξη Π πρέπει να έχουν προετοιμαστεί και απαντηθεί πριν την εκτέλεση της άσκησης.**

## **Υλικά**

1 ολοκληρωμένο OP177

1 ολοκληρωμένο AD620

2 αντιστάσεις 10kΩ ανοχής 0,1%

1 μεταβλητή αντίσταση (trimmer) 1kΩ

4 πυκνωτές παράκαμψης 100nF

## Μετρήσεις

.

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | Μέτρηση διαφορικού κέρδους |
| Π | * Για τον ενισχυτή οργανολογίας που δείχνει η Εικόνα 1, για ποιες τιμές των αντιστάσεων μπορεί να προκύψει διαφορικό κέρδος 100;
* Έστω ένας ενισχυτής οργανολογίας με διαφορικό κέρδος 100. Εάν η τάση εισόδου στην αναστρέφουσα είσοδο και στη μη αναστρέφουσα είσοδο έχει τιμή -50mV και 50mV αντίστοιχα, με τι θα ισούται το διαφορικό σήμα, το κοινό σήμα και η τάση εξόδου;

Διαφορικό σήμα = Κοινό σήμα = Τάση εξόδου = * Για ποιες τιμές της εξωτερική αντίστασης $R\_{G}$ το διαφορικό κέρδος, $A\_{d}$, του AD620 είναι 20dB, 34dB, 40dB, 54dB;

|  |  |
| --- | --- |
| $A\_{d}$ **(dB)** | $R\_{G}$ **(kΩ)** |
| 20 |  |
| 34 |  |
| 40 |  |
| 54 |  |

* Για το κύκλωμα που δείχνει η Εικόνα 4 παρακάτω, προτείνετε μία πιθανή υλοποίηση σε breadboard με χρήση του προγράμματος Fritzing (Για χάρη απλοποίησης μην βάλετε τους πυκνωτές παράκαμψης).
 |
| Ε | * Επιβεβαιώστε ότι οι τάσεις τροφοδοσίας είναι **±15V**.
* Υλοποιήστε αρχικά έναν **αναστρέφοντα** ενισχυτή με κέρδος τάσης **-1**, χρησιμοποιώντας το ολοκληρωμένο OP177 και τις δύο αντιστάσεις 10kΩ ανοχής 0,1%, όπως δείχνει η Εικόνα 3.

Εικόνα 3. Αναστρέφων ενισχυτής με κέρδος τάσης -1.* Συνδέστε τη γεννήτρια σήματος, $v\_{in}$, στην είσοδο του αναστρέφοντος ενισχυτή, όπως δείχνει η Εικόνα 3.
* Ρυθμίστε τη γεννήτρια σήματος ώστε να παράγει **ημιτονοειδή τάση, πλάτους περίπου 100mV από κορυφή σε κορυφή και συχνότητας 100Hz.**
* Εμφανίστε στον παλμογράφο την τάση εισόδου και την τάση εξόδου. Επιβεβαιώστε ότι το κέρδος είναι πράγματι -1.
* Αποθηκεύστε την κυματομορφή.
* Συνδέστε στην έξοδο του προηγούμενου κυκλώματος έναν ενισχυτή οργανολογίας με διαφορικό κέρδος περίπου **100**. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήστε το ολοκληρωμένο **AD620** και τη μεταβλητή αντίσταση **1kΩ**. Συγκεκριμένα:
	+ Αρχικά, χρησιμοποιώντας την εξίσωση , υπολογίστε την τιμή που πρέπει να έχει η εξωτερική αντίσταση $R\_{G}$:

$$R\_{G}=$$* + Στη συνέχεια, ρυθμίστε τη μεταβλητή αντίσταση στην τιμή που υπολογίσατε.
	+ Συνδέστε την έξοδο του αναστρέφοντος ενισχυτή στην αναστρέφουσα είσοδο του AD620 και τη γεννήτρια σήματος στη μη αναστρέφουσα είσοδος του AD620 (Εικόνα 4).

Εικόνα 4. Κύκλωμα για μέτρηση διαφορικού κέρδους.**Με την παραπάνω συνδεσμολογία πετυχαίνουμε να δημιουργείται στις εισόδους του ενισχυτή οργανολογίας ένα αμιγώς διαφορικό σήμα χωρίς συνιστώσα κοινού σήματος.*** Προαιρετικά, φωτογραφίστε την υλοποίηση και εισάγετε την εικόνα
* Ρυθμίστε τη γεννήτρια κυματομορφών ώστε να παράγει **ημιτονοειδή τάση πλάτους περίπου 100mV από κορυφή σε κορυφή**. Μετρήστε το διαφορικό κέρδος, , του ενισχυτή οργανολογίας για συχνότητες του σήματος εισόδου **10Hz, 100Hz, 1kHz, 10kHz, 50kHz και 100kHz** και συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί. Συγκεκριμένα:
	+ Διατηρήστε το πλάτος της τάσης εισόδου, $v\_{in}$, περίπου στα 100mV (από κορυφή σε κορυφή)
	+ Το διαφορικό σήμα, $v\_{d}$, που δέχεται ως είσοδο το AD620 είναι δύο φορές η τάση εισόδου, δηλαδή $v\_{d}=2v\_{in}$
	+ Συνδέστε το ένα κανάλι του παλμογράφου στο σημείο σύνδεσης της γεννήτριας κυματομορφών με το κύκλωμα και το άλλο κανάλι στην έξοδο του κυκλώματος
	+ Ρυθμίστε τη συχνότητα της γεννήτριας στην επιθυμητή τιμή
	+ Καταγράψτε τις τιμές από **κορυφή σε κορυφή** στα δύο κανάλια του παλμογράφου και συμπληρώστε τον πίνακα.
	+ Επίσης, υπολογίστε τη θεωρητική τιμή του διαφορικού κέρδους, , χρησιμοποιώντας τη σχέση:

  όπου  είναι η συχνότητα σε Hz.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *f* (Hz) | $v\_{d}$ (Vpp) | $v\_{out}$ (Vpp) | *Ad* | *Ad(Τ)* |
| 10 |  |  |  |  |
| 100 |  |  |  |  |
| 103 |  |  |  |  |
| 10×103 |  |  |  |  |
| 50×103 |  |  |  |  |
| 100×103 |  |  |  |  |

 |
| Α | Τι παρατηρείτε για τη μεταβολή του διαφορικού κέρδους του ενισχυτή οργανολογίας ως προς τη συχνότητα; Δικαιολογείται αυτή η συμπεριφορά του ενισχυτή οργανολογίας και γιατί; Επίσης, δικαιολογήστε την παραμόρφωση που παρατηρείται στο σήμα εξόδου για συχνότητες μεγαλύτερες από 20kHz. |

|  |  |
| --- | --- |
| 3 | Ενίσχυση καρδιακού σήματος |
| Ε | * Αφαιρέστε τη γεννήτρια σήματος καθώς και τον αναστρέφοντα ενισχυτή, διατηρώντας μόνο τον ενισχυτή οργανολογίας.
* Συνδέστε το κύκλωμα προσομοίωσης καρδιακού ρυθμού. Σχετικές οδηγίες θα δοθούν την ημέρα διεξαγωγής της άσκησης.
* Εμφανίστε στον παλμογράφο την τάση εξόδου και αποθηκεύστε την κυματομορφή.
 |

|  |
| --- |
| **Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα****Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας** |
| **Τέλος Ενότητας** |
| **Χρηματοδότηση*** Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
* Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
* Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

 |

**Σημειώματα**

**Σημείωμα Αναφοράς**

Copyright ΤΕΙ Αθήνας, Παντελής Ασβεστάς, 2014.Παντελής Ασβεστάς. «Ιατρικά Ηλεκτρονικά. Ενότητα 4: Άσκηση 4 – Ενισχυτής Οργανολογίας». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: [ocp.teiath.gr](https://ocp.teiath.gr/).

**Σημείωμα Αδειοδότησης**

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης CreativeCommons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

* που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
* που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
* που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

**Διατήρηση Σημειωμάτων**

* Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
* Το Σημείωμα Αναφοράς
* Το Σημείωμα Αδειοδότησης
* Τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
* Το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.