

**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα**

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας**

Ιατρικά Ηλεκτρονικά - Ε

**Ενότητα 1: Άσκηση 1 - Συγκριτής**

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 1 | ΣΥΓΚΡΙΤΗΣ |

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

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

Περιεχόμενα

[1. Στόχος 3](#_Toc411255276)

[2. Θεωρητικό υπόβαθρο 3](#_Toc411255277)

[3. Εργαστηριακή διαδικασία 6](#_Toc411255278)

[3.1 Υλικά 6](#_Toc411255279)

[3.2 Κύκλωμα παρακολούθησης θερμοκρασίας 6](#_Toc411255280)

[3.2.1 Αισθητήρας θερμοκρασίας AD22100 7](#_Toc411255281)

[3.2.2 Δημιουργία τάσης αναφοράς 9](#_Toc411255282)

[3.2.3 Σύγκριση τάσεων 9](#_Toc411255283)

[3.2.4 Ερωτήσεις κατανόησης 11](#_Toc411255284)

[3.3 Κύκλωμα ανίχνευσης καρδιακού ρυθμού 12](#_Toc411255285)

# Στόχος

Στην εργαστηριακή άσκηση αυτή θα μελετηθεί η λειτουργία ενός τελεστικού ενισχυτή ως συγκριτή, με χρήση ενός κυκλώματος μέτρησης και παρακολούθησης της τιμής της θερμοκρασίας ενός χώρου καθώς και ενός κυκλώματος ανίχνευσης καρδιακού ρυθμού.

# Θεωρητικό υπόβαθρο

Ένας τελεστικός ενισχυτής (Τ.Ε.) είναι ένα στοιχείο δύο εισόδων και μίας εξόδου (Σχήμα **1**(α)), τo οποίο τροφοδοτείται συνήθως με δύο συμμετρικές dc τάσεις (Σχήμα **1**(β)).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (α) | (β) |
| Σχήμα 1. (α) Κυκλωματικό σύμβολο ΤΕ. (β) Κυκλωματικό σύμβολο μαζί με ακροδέκτες τροφοδοσίας. |

Σκοπός του είναι να ενισχύει τη διαφορά των τάσεων που εφαρμόζονται στις δύο εισόδους του, δηλαδή:

 

όπου  είναι η τάση εξόδου,  είναι η τάση στη μη **αναστρέφουσα είσοδο**,  είναι η τάση στην **αναστρέφουσα είσοδο** και  είναι το **κέρδος τάσης ανοιχτού βρόχου (ή κέρδος τάσης μεγάλου σήματος)**.

Καθώς εκ κατασκευής το κέρδος τάσης ανοιχτού βρόχου, , είναι πολύ μεγάλο (ξεπερνάει συνήθως το 105 και μπορεί να φτάσει στο 106 ή και παραπάνω) και συνυπολογίζοντας το γεγονός ότι η τάση εξόδου δεν υπερβαίνει τις τάσεις τροφοδοσίας, προκύπτει ότι **για σχεδόν οποιεσδήποτε τάσεις εισόδου, η τάση εξόδου θα είναι περίπου ίση με τη θετική ή την αρνητική τάση τροφοδοσίας (Αντίστοιχα, εάν η τροφοδοσία είναι μονή η τάση εξόδου θα είναι μεταξύ 0V και της τάσης τροφοδοσίας).**

Το γεγονός αυτό χρησιμοποιείται για τη σύγκριση δύο τάσεων. Συγκεκριμένα, εάν είναι επιθυμητό να συγκριθούν δύο τάσεις και ανάλογα με το αποτέλεσμα της σύγκρισης να εκτελεστεί κάποια λειτουργία, τότε οι δύο τάσεις εφαρμόζονται στις δύο εισόδους ενός τελεστικού ενισχυτή και ανάλογα με το πρόσημο της τάσης εξόδου εκτελείται η αντίστοιχη λειτουργία. Για παράδειγμα, έστω ότι στη μη αναστρέφουσα είσοδο ενός Τ.Ε. έχει συνδεθεί ένας αισθητήρας θερμοκρασίας, ο οποίος παράγει τάση ανάλογη της θερμοκρασίας και στην αναστρέφουσα είσοδο υπάρχει μία τάση που αντιστοιχεί σε μία θερμοκρασία αναφοράς. Θεωρώντας ότι ο Τ.Ε. τροφοδοτείται με διπλή συμμετρική τροφοδοσία, τότε όταν η τάση του αισθητήρα είναι μικρότερη (μεγαλύτερη) από την τάση αναφοράς, η έξοδος θα είναι αρνητική (θετική). Στη συνέχεια, η έξοδος του Τ.Ε. θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ενεργοποίηση κάποιου συστήματος ειδοποίησης αύξησης θερμοκρασίας ή/και κάποιου συστήματος ψύξης.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ενός κυκλώματος σύγκρισης, όπου υπάρχει μία τάση αναφοράς $V\_{REF}=1V$ και μία ημιτονοειδής τάση εισόδου πλάτους 2V και συχνότητας 100Ηz. Ο Τ.Ε. λαμβάνει διπλή συμμετρική τροφοδοσίας $\pm 15V$.



Σχήμα 2. Παράδειγμα συγκριτή.

Η κυματομορφή εισόδου (κόκκινο χρώμα) και η κυματομορφή εξόδου (πράσινο χρώμα) παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα. Όπως φαίνεται, όταν η τάση εισόδου είναι μεγαλύτερη από 1V η τάση εξόδου είναι περίπου ίση με 15V, ενώ όταν η τάση εισόδου είναι μικρότερη από 1V η τάση εξόδου είναι περίπου -15V.



Γενικά για έναν συγκριτή, όπως ο προηγούμενος, ισχύει ότι:

 

όπου  και  είναι η μέγιστη και ελάχιστη τιμή της τάσης εξόδου αντίστοιχα.

Σε αναλογία με τα παραπάνω, εάν η τάση εισόδου  συνδεθεί στην αναστρέφουσα είσοδο και η τάση αναφοράς  συνδεθεί στη μη αναστρέφουσα είσοδο, θα ισχύει ότι:

 

Η δημιουργία μίας θετικής τάσης αναφοράς, $V\_{REF}$, όταν είναι διαθέσιμη μία σταθερή τάση τροφοδοσίας  μπορεί να γίνει με χρήση μίας μεταβλητής αντίστασης ή μίας διόδου Zener, όπως δείχνει το επόμενο σχήμα.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (α) | (β) |
| Σχήμα 3. Δημιουργία τάσης αναφοράς με χρήση (α) μεταβλητής αντίστασης και (β) διόδου Zener. |

Αντίστοιχα κυκλώματα χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μίας αρνητικής τάσης αναφοράς.

# Εργαστηριακή διαδικασία

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

## **Υλικά**

* 1 συγκριτής μονής τροφοδοσίας AD8561
* 1 αισθητήρας θερμοκρασίας AD22100
* 1 πυκνωτής 100nF
* 1 αντίσταση 1kΩ
* 1 αντίσταση 100Ω
* 1 πολύστροφο ποτενσιόμετρο 10kΩ
* 1 ερυθρό LED

## Κύκλωμα παρακολούθησης θερμοκρασίας

**Σε αυτό το τμήμα της εργαστηριακής διαδικασίας θα δημιουργηθεί ένα κύκλωμα το οποίο θα συγκρίνει την τρέχουσα θερμοκρασία περιβάλλοντος με μία θερμοκρασία αναφοράς. Μόλις η τρέχουσα θερμοκρασία υπερβεί τη θερμοκρασία αναφοράς θα ανάβει ένα ερυθρό LED.**

### Αισθητήρας θερμοκρασίας AD22100

Το AD22100 είναι ένας μονολιθικός αισθητήρας θερμοκρασίας, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση θερμοκρασιών στο εύρος $-50℃$ έως $+150℃$ (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας AD22100.

H τάση εξόδου του αισθητήρα κυμαίνεται ανάμεσα στα 0,25V για τους $-50℃$ και στα 4,75V για τους $+150℃$. Γενικά, όταν ο αισθητήρας τροφοδοτείται με τάση 5V, υπάρχει η ακόλουθη σχέση μεταξύ θερμοκρασίας  και τάσης εξόδου  :

 

Συνεπώς, μία μεταβολή της θερμοκρασίας κατά $1℃$ προκαλεί μεταβολή 22,5mV στην τάση εξόδου.

|  |  |
| --- | --- |
| 1 |  |
| Π | Αν ο αισθητήρας τροφοδοτείται με τάση 5V, να υπολογιστεί η τάση που παράγει ο αισθητήρας όταν η θερμοκρασία είναι 15$℃$, 20$℃$, 25$℃$, 30$℃$ και 35$℃$

|  |  |
| --- | --- |
| Θερμοκρασία ($℃$) | Τάση εξόδου (V) |
| 15 |  |
| 20 |  |
| 25 |  |
| 30 |  |
| 35 |  |

 |
| Ε | Υλοποιήστε το κύκλωμα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Η αντίσταση και ο πυκνωτής σχηματίζουν ένα βαθυπερατό φίλτρο με σκοπό να μην επηρεάζεται η τάση εξόδου του αισθητήρα από εξωτερικές παρεμβολές. Μετρήστε με το πολύμετρο την τάση εξόδου του αισθητήρα, (κόμβος σύνδεσης αντίστασης και πυκνωτή). Σε τι θερμοκρασία αντιστοιχεί;Κρατήστε με τα δάκτυλα σας για μερικά δευτερόλεπτα την κεφαλή του αισθητήρα. Μετρήστε πάλι την τάση εξόδου και υπολογίστε τη θερμοκρασία: |

### Δημιουργία τάσης αναφοράς

Στο παρόν βήμα θα δημιουργηθεί μία τάση αναφοράς ως προς την οποία θα συγκριθεί η τάση εξόδου του αισθητήρα. Για τον σκοπό αυτόν, θα χρησιμοποιηθεί η προσέγγιση που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3(α).

|  |  |
| --- | --- |
| 2 |  |
| Π |  |
| Ε | Συνδέστε στο υπάρχον κύκλωμα μία μεταβλητή αντίσταση (trimmer) 10kΩ, όπως δείχνει το επόμενο σχήμα.Ρυθμίστε τη μεταβλητή αντίσταση ώστε στον μεσαίο ακροδέκτη να δημιουργηθεί μία τάση αναφοράς που να είναι περίπου ίση με . Καταγράψτε την τιμή της τάσης αναφοράς που δημιουργήσατε: |

### Σύγκριση τάσεων

Στο βήμα αυτό, γίνεται η σύγκριση της τάσης εξόδου του αισθητήρα με την τάση αναφοράς. ‘Όταν η τάση εξόδου του αισθητήρα ξεπεράσει την τάση αναφοράς, δηλαδή με άλλα λόγια η θερμοκρασία υπερβεί ένα κατώφλι, θα ανάβει ένα ερυθρό LED. Το LED θα σβήνει μόλις η τάση εξόδου του αισθητήρα γίνει μικρότερη από την τάση αναφοράς. Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθεί το ολοκληρωμένο AD8561 το οποίο είναι ένας συγκριτής μονής τροφοδοσίας (Σχήμα 5). Συγκεκριμένα, το AD8561 δέχεται θετική τροφοδοσία (συνήθως 5V) στον ακροδέκτη 1 (V+). Ο ακροδέκτης 4 (V-) συνδέεται στη γη. Η μη αναστρέφουσα είσοδος (+IN) είναι ο ακροδέκτης 2 και η αναστρέφουσα είσοδος είναι ο ακροδέκτης 3 (-IN). Η έξοδος είναι ο ακροδέκτης 7 (OUT). Επιπλέον, o ακροδέκτης 8 ($\overline{OUT}$) αποτελεί μία δεύτερη έξοδο, η οποία είναι συμπληρωματική της εξόδου OUT.

Το AD8561 παράγει υψηλή θετική τάση εξόδου, με μέγιστη τιμή περίπου 3,5V, όταν η τάση στη μη αναστρέφουσα είσοδο είναι μεγαλύτερη από την τάση στην αναστρέφουσα είσοδο. Αντίστοιχα, το AD8561 παράγει χαμηλή θετική τάση εξόδου, με ελάχιστη τιμή περίπου 0,25V, όταν η τάση στη μη αναστρέφουσα είσοδο είναι μικρότερη από την τάση στην αναστρέφουσα είσοδο:

$$OUT=\left\{\begin{array}{c}3,5V, (+IN)>(-IN)\\0,25V, \left(+IN\right)<(-IN)\end{array}\right.$$



Σχήμα 5. Ο συγκριτής AD8561.

|  |  |
| --- | --- |
| 3 |  |
| Π | Στο κύκλωμα που δείχνει το επόμενο σχήμα υπολογίστε το ρεύμα που διαρρέει το LED όταν η τάση εξόδου του AD8561 είναι 3,5V. Δίνεται ότι η τάση ορθής πόλωσης του LED είναι 1,8V περίπου. |
| Ε | Συνδέστε στο υπάρχον κύκλωμα το AD8561 και ένα ερυθρό LED, όπως δείχνει το σχήμα.Έχοντας ρυθμίσει στο προηγούμενο βήμα την τάση αναφοράς στην τιμή , το LED θα είναι σβηστό. Κρατώντας με τα δάκτυλα για μερικά δευτερόλεπτα την κεφαλή του αισθητήρα η θερμοκρασία θα αυξηθεί και θα ενεργοποιηθεί το led. |

### Ερωτήσεις κατανόησης

Μπορείτε να σκεφτείτε κάποιο μειονέκτημα του κυκλώματος; Αν ναι, πως μπορεί να αντιμετωπιστεί;

Πως πρέπει να τροποποιηθεί το κύκλωμα ώστε το LED να ανάβει όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από $10℃$;

## Κύκλωμα ανίχνευσης καρδιακού ρυθμού

Σε αυτό το τμήμα της εργαστηριακής διαδικασίας θα δημιουργηθεί ένα κύκλωμα το οποίο θα ανιχνεύει τον καρδιακό ρυθμό και θα αναβοσβήνει ένα LED σύμφωνα με αυτόν.

|  |  |
| --- | --- |
| 4 |  |
| Ε | Στο προηγούμενο κύκλωμα, αφαιρέστε τον αισθητήρα θερμοκρασίας, την αντίσταση 1kΩ και τον πυκνωτή 100nF. Συνδέστε στον ακροδέκτη 2 του AD8561 τη συσκευή παραγωγής καρδιακών σημάτων. Οδηγίες για τον τρόπο σύνδεσης της συσκευής αυτής θα δοθούν την ημέρα διεξαγωγής του εργαστηρίου.Ρυθμίστε την μεταβλητή αντίσταση ώστε να προκύψει μία τάση αναφοράς περίπου **1,4V**.Εμφανίστε στον παλμογράφο το σήμα εισόδου και το σήμα εξόδου του AD8561. Αποθηκεύστε την εικόνα. |

|  |
| --- |
| **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**

CopyrightΤΕΙ Αθήνας, Παντελής Ασβεστάς, 2014.Παντελής Ασβεστάς. «Ιατρικά Ηλεκτρονικά. Ενότητα 1: Άσκηση 1 - Συγκριτής». 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.