

**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα**

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας**

Ιατρικά Ηλεκτρονικά - Ε

**Ενότητα 5: Άσκηση 5 – Συνάρτηση Μεταφοράς**

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 5 | Συνάρτηση Μεταφοράς |

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

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

Περιεχόμενα

[1. Στόχος 3](#_Toc401661159)

[2. Θεωρητικό υπόβαθρο 3](#_Toc401661160)

[2.1 Περιγραφή σημάτων στο πεδίο της συχνότητας 3](#_Toc401661161)

[2.2 Συνάρτηση μεταφοράς 4](#_Toc401661162)

[3. Εργαστηριακή διαδικασία 6](#_Toc401661163)

[3.1 Υλικά 6](#_Toc401661164)

[3.2 Μετρήσεις 6](#_Toc401661165)

# Στόχος

Στην εργαστηριακή άσκηση αυτή γίνεται εισαγωγή στη συνάρτηση μεταφοράς ενός κυκλώματος.

# Θεωρητικό υπόβαθρο

## Περιγραφή σημάτων στο πεδίο της συχνότητας

Πολλές φορές η ανάλυση ενός κυκλώματος μπορεί να γίνει πιο εύκολα στο πεδίο της συχνότητας. Στην περίπτωση αυτή, τα σήματα περιγράφονται με χρήση του μετασχηματισμού Fourier. Ο μετασχηματισμός Fourier επιτρέπει την ανάλυση ενός σήματος ως άθροισμα συνημιτόνων διαφορετικών πλατών, συχνοτήτων και φάσεων, δηλαδή ένα **πραγματικό** σήμα  μπορεί να γραφτεί ως ακολούθως:



όπου  και  είναι το πλάτος και η φάση αντίστοιχα του συνημιτόνου με συχνότητα . Συνήθως, το  ονομάζεται **πλάτος του μετασχηματισμού Fourier** και το  ονομάζεται **φάση του μετασχηματισμού Fourier**.

Για παράδειγμα, εάν , τότε  και .

Το **μιγαδικό** σήμα:



ονομάζεται **μετασχηματισμός Fourier του σήματος** .

Συνήθως, η οπτική παρουσίαση του μετασχηματισμού Fourier ενός σήματος γίνεται με χρήση δύο διαγραμμάτων, του διαγράμματος πλάτους και του διαγράμματος φάσης. Το διάγραμμα πλάτους παρουσιάζει το πλάτος, , του μετασχηματισμού Fourier ως συνάρτηση της συχνότητας, ενώ το διάγραμμα φάσης παρουσιάζει τη φάση, , του μετασχηματισμού Fourier ως συνάρτηση της συχνότητας.

## Συνάρτηση μεταφοράς

Η ανάλυση κυκλωμάτων στο πεδίο της συχνότητας αποσκοπεί κατά κύριο λόγο στην εύρεση της **συνάρτησης μεταφοράς** **(transfer function)**, , του κυκλώματος, η οποία εξ ορισμού είναι ο λόγος του μετασχηματισμού Fourier του σήματος εξόδου, , προς τον μετασχηματισμό Fourier του σήματος εισόδου, :



Η συνάρτηση μεταφοράς είναι μιγαδική συνάρτηση της συχνότητας και μπορεί να γραφτεί στην ακόλουθη μορφή:



όπου  και είναι το πλάτος και η φάση της συνάρτησης μεταφοράς, αντίστοιχα. **Στην ουσία, το πλάτος της συνάρτηση μεταφοράς δίνει το κέρδος ενός κυκλώματος σε διάφορες συχνότητες**.

Η εύρεση της συνάρτησης μεταφοράς ενός κυκλώματος γίνεται ως ακολούθως:

* Εάν το κύκλωμα περιέχει πυκνωτές με χωρητικότητα *C*, θεωρείται ότι στο πεδίο της συχνότητας παρουσιάζουν σύνθετη αντίσταση 
* Εάν το κύκλωμα περιέχει πηνία με αυτεπαγωγή, θεωρείται ότι στο πεδίο της συχνότητας παρουσιάζουν σύνθετη αντίσταση 
* Εφαρμόζονται αυτούσιοι όλοι οι νόμοι της ηλεκτροτεχνίας (νόμος του Ohm, νόμοι Kirchhoff θεώρημα Thevenin κ.λπ.)

Για παράδειγμα, έστω το κύκλωμα που φαίνεται στην Εικόνα 1. Στο πεδίο της συχνότητας, ο πυκνωτής παρουσιάζει σύνθετη αντίσταση . Εφαρμόζοντας τον τύπο του διαιρέτη τάσης θα ισχύει ότι . Επομένως, για το συγκεκριμένο κύκλωμα η συνάρτηση μεταφοράς είναι 

Από τη συνάρτηση μεταφοράς του συγκεκριμένου κυκλώματος μπορεί εύκολα να προκύψει ότι για χαμηλές τιμές της συχνότητας η συνάρτηση μεταφοράς τείνει στο μηδέν, ενώ για υψηλές της συχνότητας η συνάρτηση μεταφοράς τείνει στη μονάδα. Επομένως, μπορεί να ειπωθεί ότι το συγκεκριμένο κύκλωμα αποκόπτει χαμηλές συχνότητες του σήματος εισόδου, ενώ δεν επηρεάζει τις υψηλές συχνότητές του. Το όριο κάτω από το οποίο γίνεται η αποκοπή των συχνοτήτων του σήματος εξαρτάται από τις τιμές της αντίστασης και του πυκνωτή.



Εικόνα 1.

# Εργαστηριακή διαδικασία

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

## Υλικά

1 αντίσταση 10kΩ

2 πυκνωτές ηλεκτρολυτικοί 1μF

1 αντίσταση 22kΩ

1 αντίσταση 33kΩ

1 πυκνωτής 220nF

1 μεταβλητή αντίσταση 1kΩ

2 ολοκληρωμένα LF411

1 ολοκληρωμένο AD620

πυκνωτές παράκαμψης 100nF

## Μετρήσεις

|  |  |
| --- | --- |
| 1 |  |
| Π | Υλοποιήστε στο ΤΙΝΑ-ΤΙ το κύκλωμα που δείχνει η Εικόνα 2 πιο κάτω. Παράγετε το διάγραμμα με τη μεταβολή του πλάτους της συνάρτησης μεταφοράς ως προς τη συχνότητα για συχνότητες 1Hz έως 100Ηz (επιλέξτε Analysis->AC Analysis->AC Transfer Characteristic->Diagram amplitude). |
| Ε | Συνδέστε τον παλμογράφο με τη γεννήτρια σήματος. Βάλτε ως **είσοδο ημιτονοειδής τάση 1V από κορυφή σε κορυφή και συχνότητα 1kHz**. Εμφανίστε στον παλμογράφο το πλάτος του μετασχηματισμού Fourier του σήματος της γεννήτριας (θα δοθούν σχετικές οδηγίες την ημέρα διεξαγωγής του εργαστηρίου).  Αποθηκεύστε την κυματομορφή.  Επαναλάβατε για είσοδο **τετραγωνική παλμοσειρά**.  Επαναλάβατε για **τριγωνική** είσοδο. |
| Ε | * Επιβεβαιώστε ότι οι τροφοδοσίες είναι **±15V**. * Υλοποιήστε τι κύκλωμα που δείχνει το σχήμα. **Αφήστε χώρο στο αριστερό μέρος του breadboard για να τοποθετηθεί ένα ακόμα ολοκληρωμένο.**     Εικόνα 2.   * Συνδέστε τα δύο κανάλια του παλμογράφο στην είσοδο και στην έξοδο του κυκλώματος. * Εφαρμόστε **ημιτονοειδή τάση πλάτους 1V από κορυφή σε κορυφή**. Μετρήστε την τάση εισόδου και την τάση εξόδου από κορυφή σε κορυφή για τις συχνότητες που δείχνει ο ακόλουθος πίνακας. * Με βάση τις μετρήσεις, υπολογίστε το πλάτος της συνάρτησης μεταφοράς, |*T*(*f*)|, σε κάθε συχνότητα, *f*, σε καθαρό αριθμό και σε dB.  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **f (Hz)** | **Vin (Vpp)** | **Vout (Vpp)** | **|T(f)|** | **20log10|T(f)|** | | 4 |  |  |  |  | | 6 |  |  |  |  | | 8 |  |  |  |  | | 10 |  |  |  |  | | 12 |  |  |  |  | | 14 |  |  |  |  | | 16 |  |  |  |  | | 18 |  |  |  |  | | 20 |  |  |  |  | | 30 |  |  |  |  | | 40 |  |  |  |  | | 50 |  |  |  |  | | 60 |  |  |  |  | | 80 |  |  |  |  | | 100 |  |  |  |  |  * Με βάση τις προηγούμενες μετρήσεις, κάντε το διάγραμμα του πλάτους της συνάρτησης μεταφοράς σε dB ως προς τη συχνότητα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε Matlab ή Excel. * Αφαιρέστε τη γεννήτρια από το κύκλωμα. * Τοποθετήστε αριστερά του προηγούμενου κυκλώματος τον ενισχυτή οργανολογίας AD620 και χρησιμοποιώντας τη μεταβλητή αντίσταση ρυθμίστε το **διαφορικό του κέρδος στην τιμή 500**. * Συνδέστε την έξοδο του ενισχυτή οργανολογίας στην είσοδο του προηγούμενου κυκλώματος. * Συνδέστε στις δύο εισόδους του ενισχυτή οργανολογίας τη συσκευή προσομοίωσης καρδιακής λειτουργίας * Συνδέστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στην έξοδο του ενισχυτή οργανολογία και το κανάλι 2 στην έξοδο του προηγούμενου κυκλώματος * Ρυθμίστε τη συσκευή προσομοίωσης καρδιακής λειτουργίας ώστε να υπάρχει θόρυβος γραμμής 50Hz. * Αποθηκεύστε τις κυματομορφές από τα δύο κανάλια του παλμογράφου * Αποθηκεύστε το πλάτος του μετασχηματισμού Fourier από τα δύο κανάλια του παλμογράφου * Ρυθμίστε τη συσκευή προσομοίωσης καρδιακής λειτουργίας ώστε να υπάρχει τυχαίος θόρυβος (random noise) * Αποθηκεύστε τις κυματομορφές από τα δύο κανάλια του παλμογράφου * Αποθηκεύστε το πλάτος του μετασχηματισμού Fourier από τα δύο κανάλια του παλμογράφου. |

|  |
| --- |
| **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 5: Άσκηση 5 – Συνάρτηση Μεταφοράς». 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 Creative Commons 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».

[](file:///C:\Users\pantelis\Downloads\%5b1%5d%20http:\creativecommons.org\licenses\by-nc-sa\4.0\)

[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.