

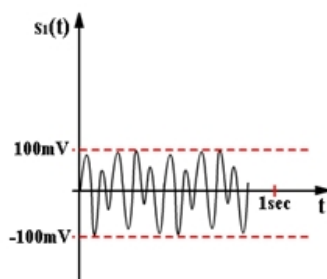
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

1^η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΧΑΜΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ:

Ορισμός του σήματος:

Σήμα είναι το βασικό ηλεκτρικό σήμα που αντιπροσωπεύει το αρχικό φυσικό μέγεθος της πληροφορίας μας. Είναι μεταβαλλόμενο μέγεθος και γι' αυτό το συμβολίζουμε ως συνάρτηση της τάσης (V) ή του ρεύματος (I) με τον χρόνο. Συμβολίζεται συνήθως $s(t)$.



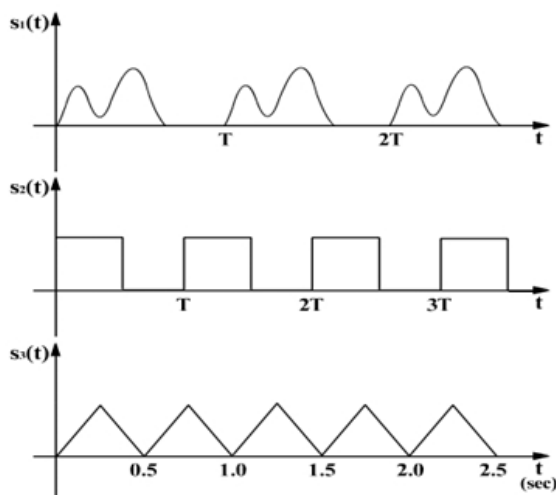
Εικόνα 1 Η μεταβολή του σήματος $s(t)$ στον χρόνο

Διάκριση των σημάτων

Για να διευκολύνουμε τη μελέτη των σημάτων στην ηλεκτρονική και ιδιαίτερα στις τηλεπικοινωνίες, τα διακρίνουμε σε:

- Περιοδικά σήματα και
- μη περιοδικά σήματα.

Περιοδικό σήμα: Ένα σήμα το αποκαλούμε περιοδικό, όταν επαναλαμβάνεται στο χρόνο (σχήμα 2), δηλαδή παίρνει μετά από συγκεκριμένο χρόνο (T) τις ίδιες τιμές.



Περίοδος είναι ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για να εκτελεστεί ένας πλήρης κύκλος του σήματος. Συμβολίζεται με T και μετριέται σε δευτερόλεπτα (sec).

Στο παράδειγμα του σχήματος η περίοδος του σήματος είναι

$$T = 0,5 \text{ sec} = 500 \text{ msec.}$$

Το αντίστροφο της περιόδου ενός περιοδικού σήματος ονομάζεται **συχνότητα**, συμβολίζεται F (ή f) και μετριέται σε Ερτζ (Hertz = sec^{-1} : Hz).

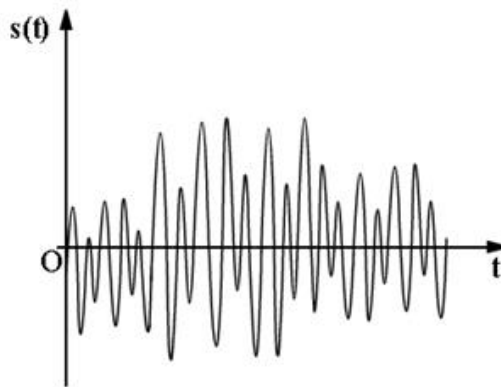
Για το παράδειγμα μας ισχύει:

$$F = 1/T = 1/(5 \cdot 10^{-1}) = 2 \text{ sec}^{-1} = 2 \text{ Hz.}$$

Η **συχνότητα** εκφράζει το ρυθμό επανάληψης του σήματος στη μονάδα του χρόνου. Συμβολίζεται με το f και μετριέται σε Hz.

Μη περιοδικά σήματα: Τα τυχαία σήματα που δεν παρουσιάζουν επαναληπτικότητα ονομάζονται μη περιοδικά σήματα (σχήμα 3.3.6). Για παράδειγμα η ομιλία μας είναι μη περιοδικό σήμα.

Το σήμα που θα προκύψει στην έξοδο του φωτο-κυττάρου από την σάρωση μιας εικόνας με την κάμερα είναι μη περιοδικό σήμα.

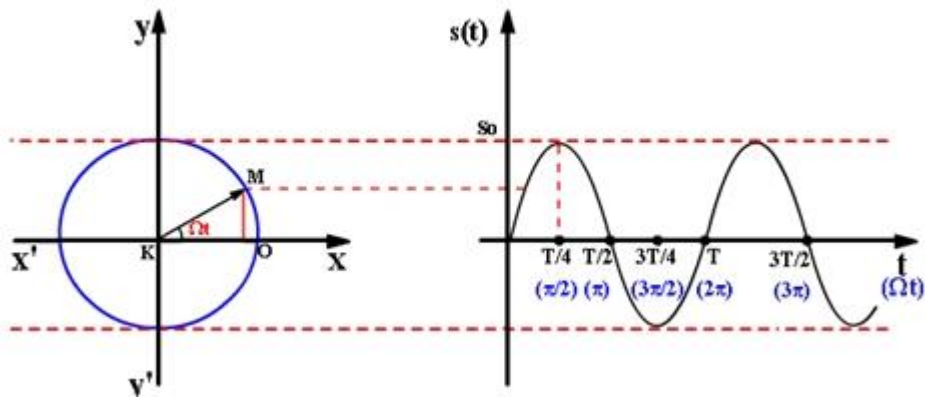


Εικόνα 3 Μη περιοδικό σήμα

Τα περισσότερα ηλεκτρικά σήματα στη φύση είναι μη περιοδικά σήματα

- Το ημιτονικό σήμα.

Το απλούστερο περιοδικό σήμα είναι το ημιτονικό σήμα. Είναι το βασικότερο σήμα στις τηλεπικοινωνίες και το χρησιμοποιούμε πάντοτε σαν σήμα αναφοράς, για να περιγράψουμε και να χαρακτηρίσουμε όλα τα άλλα ηλεκτρικά σήματα. Η εικόνα του ημιτονικού σήματος στον παλμογράφο είναι αυτή του σχήματος 4.



Εικόνα 4 Το ημιτονικό Σήμα. Αντιστοίχιση των τιμών του στον τριγωνομετρικό κύκλο.

Η Μαθηματική έκφραση του ημιτονικού σήματος είναι:

$$s(t) = S_0 * \sin(\omega t)$$

Όπου S_0 είναι η μέγιστη τιμή του σήματος και την ονομάζουμε πλάτος του σήματος (Volt)

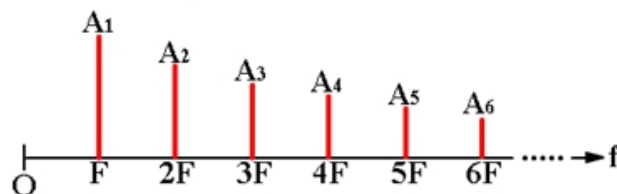
$$\omega = \text{κυκλική συχνότητα} = 2 * \pi * f \quad (\text{rad/sec})$$

Ανάλυση σημάτων κατά Fourier - φάσμα

Μπορεί να αποδειχθεί ότι οποιοδήποτε σήμα μπορεί να προκύψει από την επαλληλία (υπέρθηση) αρμονικών όρων κατάλληλης συχνότητας και πλάτους. Η μαθηματική διαδικασία με την οποία μπορούμε να βρούμε τις συχνότητες και τα πλάτη των αρμονικών συνιστωσών ενός σήματος ονομάζεται ανάλυση Fourier. Με τη βοήθεια της ανάλυσης Fourier οδηγούμαστε στην έννοια του φάσματος.

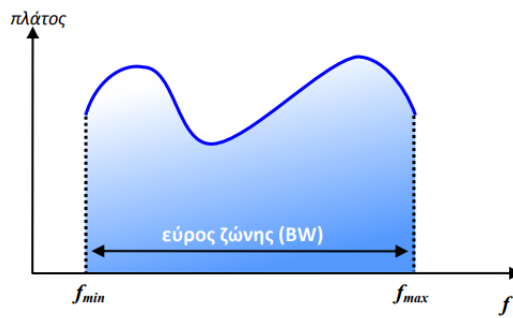
Φάσμα ενός σήματος είναι το σύνολο των συχνοτήτων των ημιτονικών σημάτων με συγκεκριμένα πλάτη που πρέπει να προστεθούν, ώστε να δώσουν ως αποτέλεσμα το αρχικό σήμα

Οποιοδήποτε **περιοδικό σήμα** $s(t)$ περιόδου T , ισοδυναμεί με το άθροισμα ημιτονικών σημάτων που καθένα έχει συχνότητα πολλαπλάσια της F . Οι συχνότητες αυτές λέγονται αρμονικές συχνότητες και το φάσμα λέγεται διακριτό φάσμα



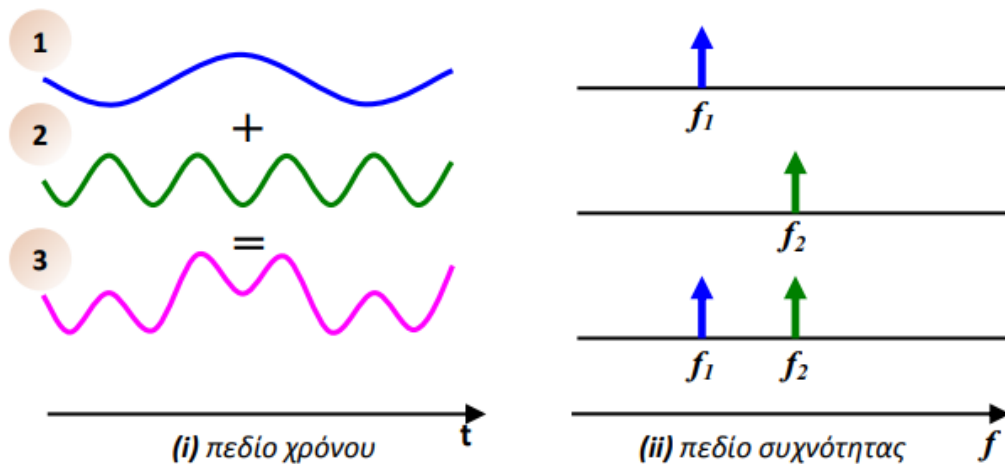
Εικόνα 5 Διακριτό φάσμα περιοδικού σήματος

Οποιοδήποτε **μη περιοδικό σήμα** έχει φάσμα που αποτελείται από άπειρο αριθμό ημιτονικών σημάτων, των οποίων οι συχνότητες είναι τυχαίες, δεν έχουν σχέση μεταξύ τους και περιλαμβάνονται μεταξύ δύο ακραίων συχνοτήτων F_{\min} (ελάχιστη) και F_{\max} (μέγιστη), οι οποίες εξαρτώνται από τη φύση του σήματος (σχήμα 6).



Εικόνα 6 Συνεχές φάσμα τυχαίου σήματος.

Σύνθεση αρμονικών σημάτων



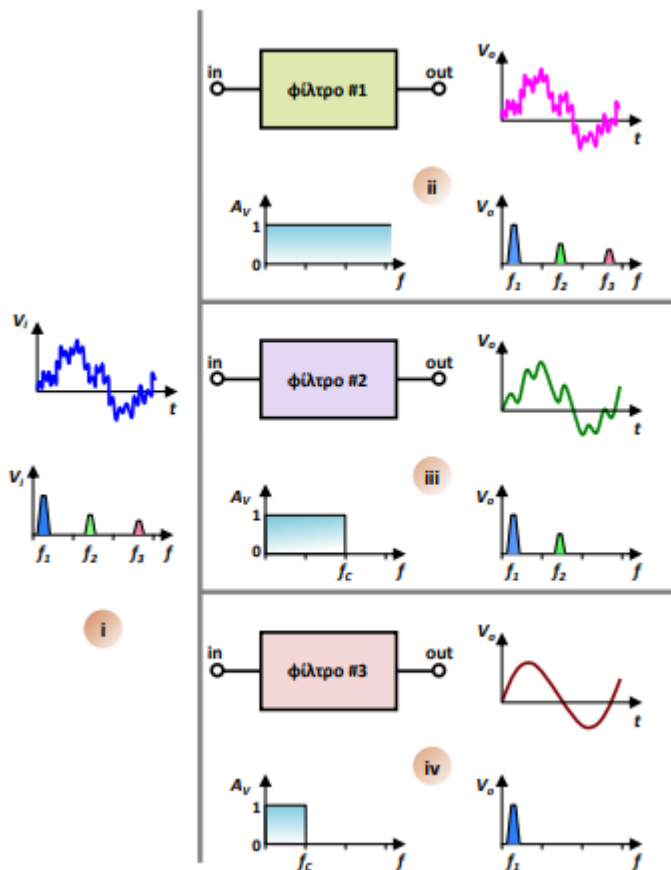
Εικόνα 7 Σύνθεση αρμονικών σημάτων και σχετικά φάσματα

Ας θεωρήσουμε τα ημιτονικά σήματα #1 συχνότητας f_1 και #2 συχνότητας f_2 του Σχήματος 7, η υπέρθεση (το άθροισμα) των οποίων δίνει το μη αρμονικό σήμα #3. Μπορούμε να πούμε ότι τα σήματα #1 και #2 αποτελούν τις φασματικές συνιστώσες του σήματος #3. Ο χειρισμός ενός σήματος μπορεί να γίνει είτε στο πεδίο του χρόνου (Σχήμα 7-i), είτε στο πεδίο της συχνότητας (Σχήμα 7-ii). Η μελέτη στο πεδίο της συχνότητας, η οποία πολλές φορές είναι ευκολότερη σε σχέση με την ανάλυση στο πεδίο του χρόνου, γίνεται με τη βοήθεια του φάσματος (spectrum) του σήματος. Πρόκειται για γράφημα ο οριζόντιος άξονας του οποίου αντιστοιχεί στη συχνότητα, ο δε κατακόρυφος αντιστοιχεί στο πλάτος (ή στην ισχύ) της αντίστοιχης αρμονικής συνιστώσας. Αν ο αριθμός των συνιστωσών είναι πεπερασμένος, τότε το αντίστοιχο φάσμα ονομάζεται διακριτό και οι φασματικές συνιστώσες παριστάνονται συνήθως με τη μορφή των βελών του Σχήματος 7.1-ii. Τα σήματα #1 και #2, για παράδειγμα, έχουν – ως αρμονικά – μοναδική συνιστώσα τη συχνότητα f_1 και f_2 , αντίστοιχα. Αντίθετα, το σήμα #3 – ως μη αρμονικό – έχει φάσμα που περιέχει τις συχνότητες f_1 και f_2 των συνιστωσών από τις οποίες προέκυψε.

Η έννοια του φίλτρου

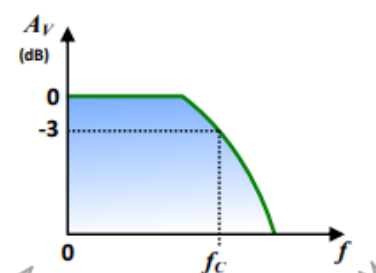
Ως φίλτρο (filter) μπορεί να χαρακτηριστεί, γενικά, κάθε ηλεκτρονικό κύκλωμα η απόκριση του οποίου εξαρτάται από τη συχνότητα του σήματος εισόδου του.

Αν το ίδιο σήμα εφαρμοστεί στις εισόδους διαφορετικών φίλτρων τα αντίστοιχα σήματα εξόδου θα είναι διαφορετικά. Η απολαβή τάσης του φίλτρου #2 του Σχήματος 8 μηδενίζεται πάνω από μια συχνότητα **fc**, η οποία ονομάζεται **συχνότητα αποκοπής** (cutoff frequency).

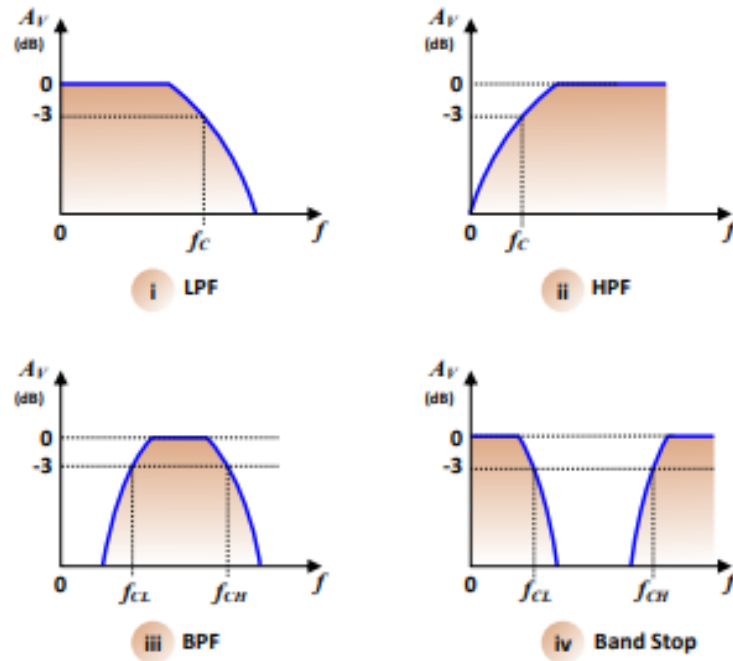


Εικόνα 8. Η Έξοδος των φίλτρων #1, #2 και #3 διαφέρει, παρόλο που εφαρμόζεται στην είσοδό τους το ίδιο σήμα.

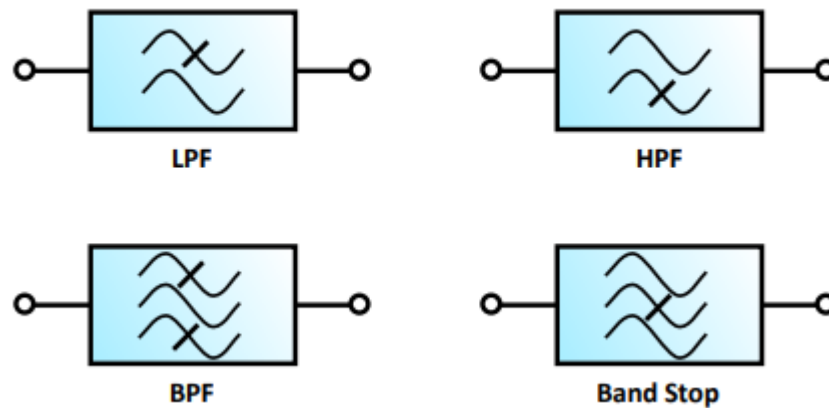
Συχνότητα αποκοπής f_c είναι η συχνότητα εντός της περιοχής απόρριψης όπου η απολαβή τάσης παίρνει τιμή κατά 3dB μικρότερη της αντίστοιχης απολαβής στην περιοχή διέλευσης. Η συχνότητα αυτή ονομάζεται και συχνότητα μισής ισχύος (half power frequency), επειδή η ισχύς του σήματος υποδιπλασιάζεται για τη συγκεκριμένη συχνότητα



Η συμπεριφορά ενός φίλτρου καθορίζεται από τη **συνάρτηση μεταφοράς** του. Πρόκειται για τη γραφική παράσταση του κέρδους A (gain) του φίλτρου για διαφορετικές συχνότητες.



Εικόνα 9. Τυπικές συναρτήσεις μεταφοράς (μέτρο) για τους συνηθέστερους τύπους φίλτρων

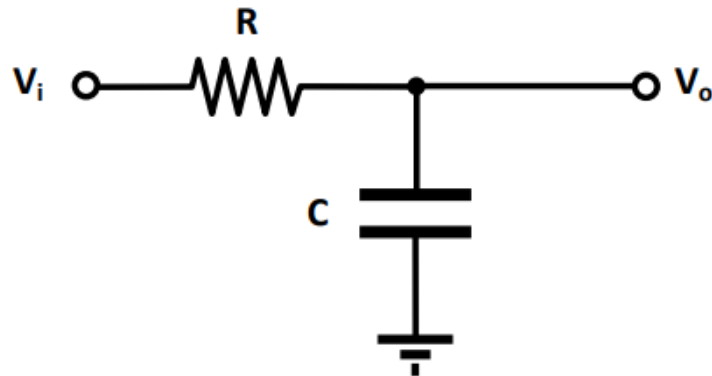


Εικόνα 10. Σύμβολα για τους συνηθέστερους τύπους φίλτρων

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ R-C ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΧΑΜΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ LPF

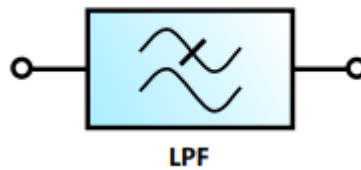
Το ακόλουθο κύκλωμα αποτελεί την πειραματική διάταξη που θα μελετήσουμε στο σημερινό εργαστήριο.



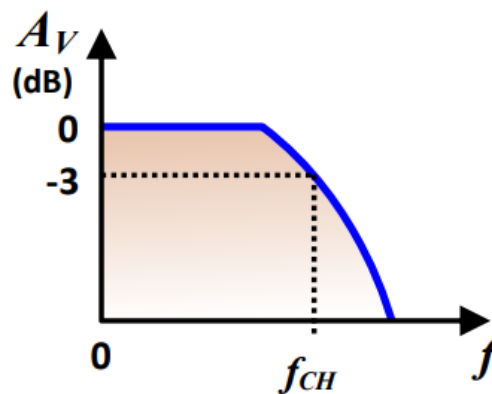
Εικόνα 11. Παθητικό φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων R-C πρώτης τάξης

- Υπενθύμιση: η αντίσταση ενός πυκνωτή είναι άπειρη για μηδενική συχνότητα σήματος (αποτελεί, δηλαδή, βραχυκύκλωμα για το DC) και μειώνεται όσο αυξάνεται η συχνότητα.

Σύμβολο LPF



Συνάρτηση μεταφοράς LPF



Συχνότητα Αποκοπής f_c :

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

ΒΗΜΑΤΑ:

1. Αρχικά θα υπολογίσουμε τις τιμές των εξαρτημάτων R, C που θα χρησιμοποιήσουμε, ώστε το φίλτρο μας να έχει συχνότητα αποκοπής $f_c = 160\text{Hz}$. Λαμβάνουμε υπόψη μας τις τιμές των εξαρτημάτων που έχουμε διαθέσιμα στο εργαστήριο.

2. Μεταβαίνουμε στην διεύθυνση:

<http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Low-pass-filter-calculator.php>

και καταχωρούμε τις τιμές των εξαρτημάτων που υπολογίσαμε και επαληθεύουμε τους υπολογισμούς μας.

Learning about Electronics



Home

Articles

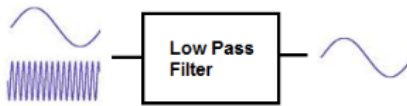
Projects

Programming

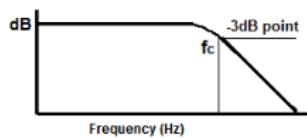
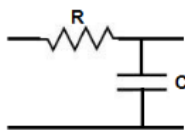
Calculators

Contact

Low Pass Filter Calculator



RC Low Pass Filter (Passive)



$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

RC Low Pass Filter Calculator

Enter in Any 2 Fields To Compute the Value of the 3rd Field

Enter the Resistance, R: Ω (ohms)

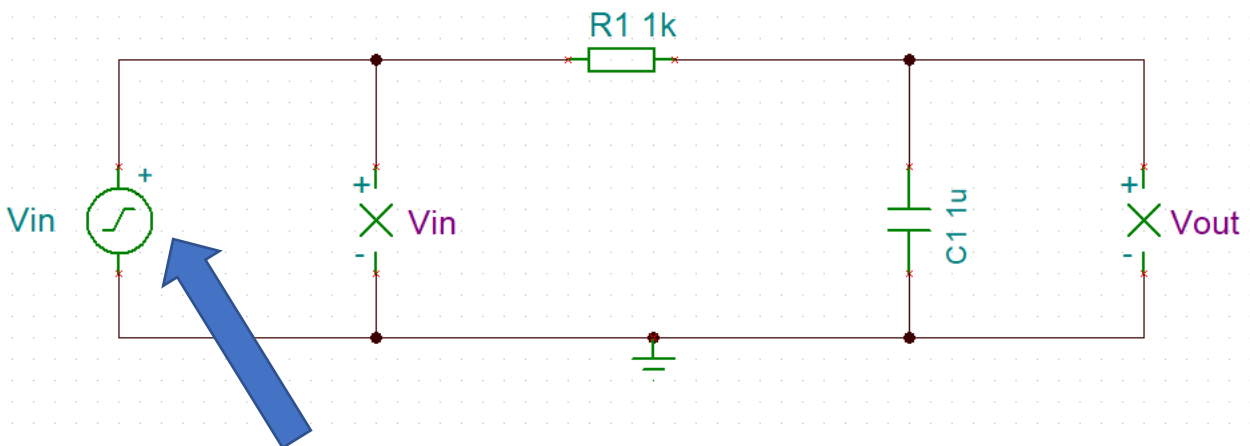
Enter the Capacitance, C: F (farads)

Enter the Cutoff Frequency Desired: Hz (hertz)

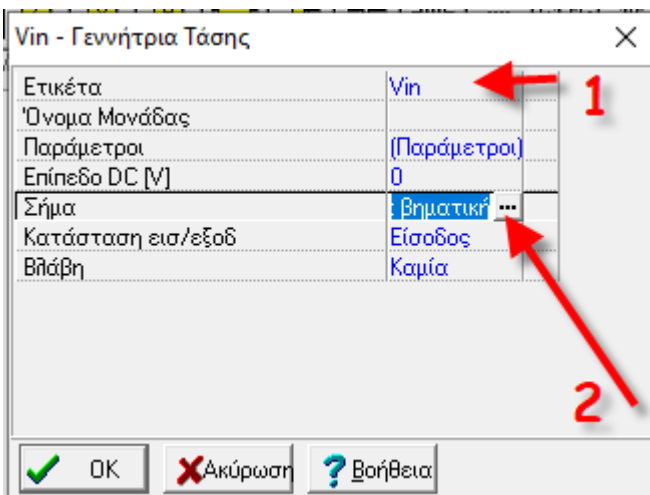
Calculate

3. Σχεδιάζουμε στο χαρτί το κύκλωμα του παθητικού φίλτρου διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων R-C πρώτης τάξης

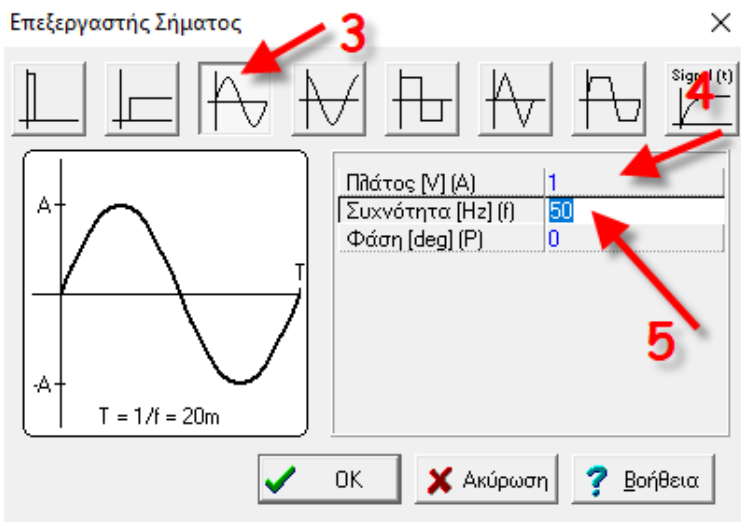
4. Στο πρόγραμμα προσομοίωσης TINA pro, σχεδιάζουμε το εξής κύκλωμα:



Με διπλό κλικ στο εξάρτημα Γεννήτρια Τάσης, θα ανοίξει το μενού:

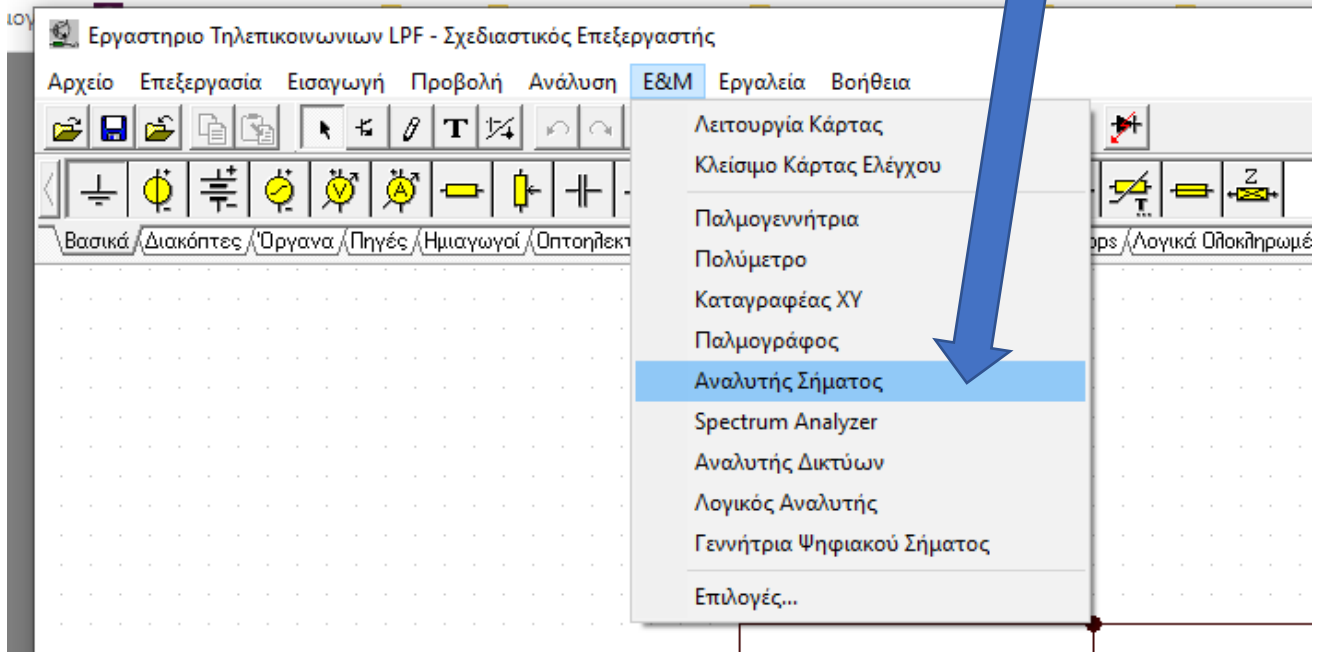


- 1) Στην Ετικέτα θα γράψουμε **Vin**
- 2) Στην επιλογή «Σήμα» επιλέγουμε τις τελίτσες δίπλα στη λέξη «Μοναδιαία βηματική»

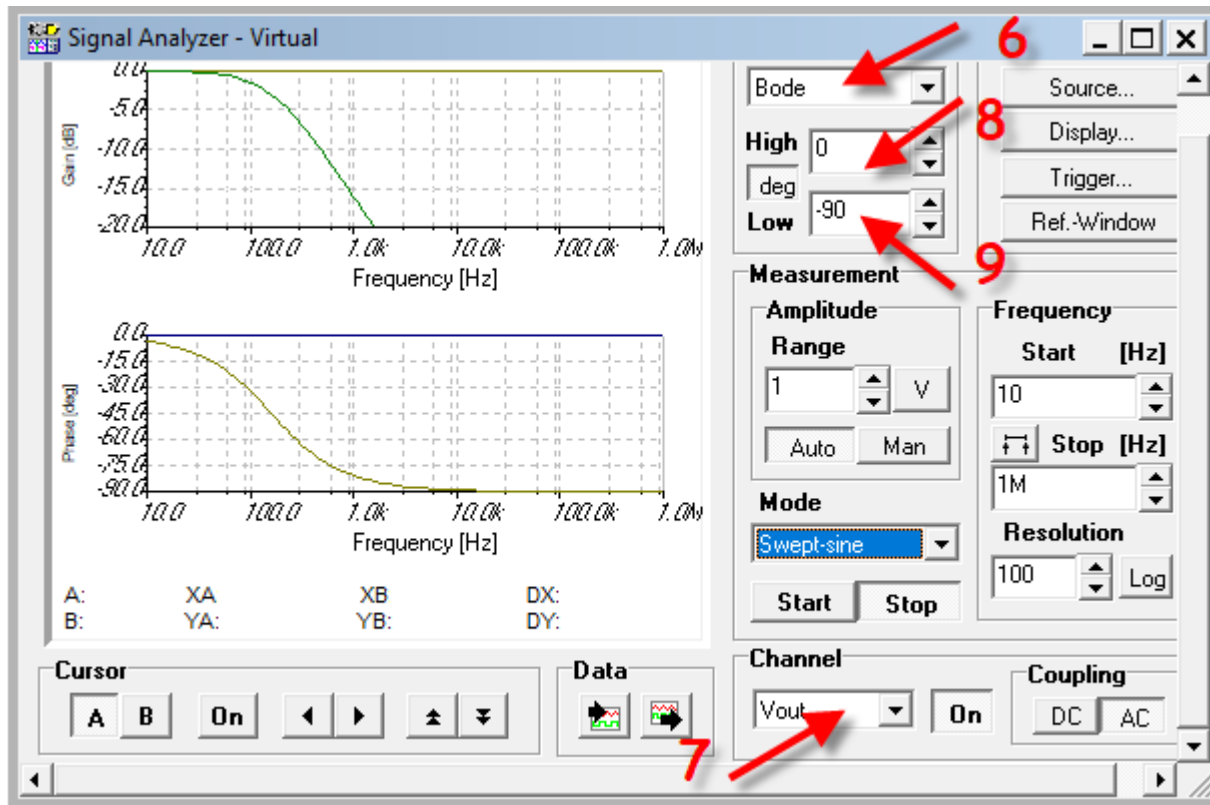


- 3) Θα επιλέξουμε «**ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΗΣ**»
- 4) Στην επιλογή «Πλάτος» θα θέσουμε 10V
- 5) Στην επιλογή «Συχνότητα» θα θέσουμε 100Hz

Στο μενού Ε&Μ επιλέγουμε «**Αναλυτή Σήματος**»



- 6 Bode
- 6) Vout
- 7) 0
- 8) -90



Και πατάμε START

5. Από το διάγραμμα της συνάρτησης μεταφοράς που εμφανίζεται, προσπαθούμε να υπολογίσουμε γραφικά τη συχνότητα αποκοπής f_c .
6. Σχεδιάζουμε πρόχειρα τη χαρακτηριστική μεταφοράς του φίλτρου.

