

ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ



Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ



ΧΑΝΙΑ 2009

**Πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα
(εγχειρίδιο χρήσης)**

υπό

Ιωάννη Ν. Ζενάκο

Επιβλέπων: Γεώργιος Α. Αδαμίδης, Εργαστηριακός Συνεργάτης

Πτυχιακή Εργασία για το τμήμα Ηλεκτρονικής, Παραρτήματος Χανίων
του Τ.Ε.Ι. Κρήτης
Τομέας Τηλεπικοινωνιών

Χανιά Σεπτέμβρης 2009

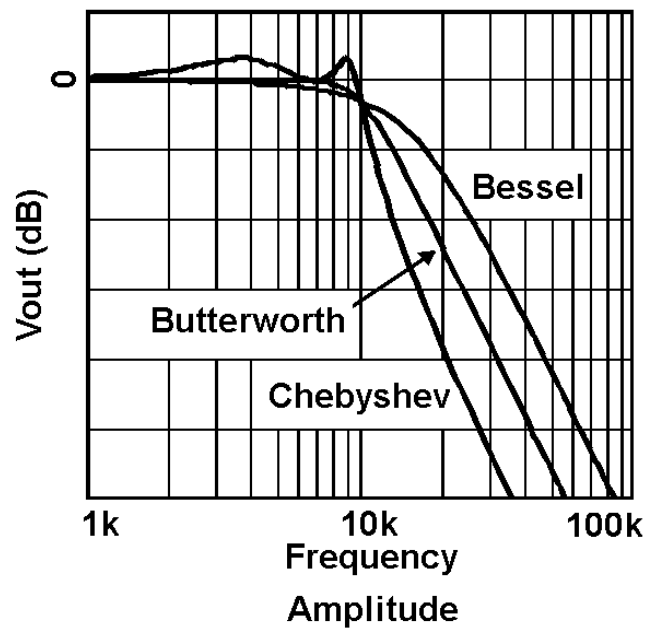
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία αυτή έχει εκπαιδευτικό χαρακτήρα πάνω στα ενεργά φίλτρα και προορίζεται για εργαστηριακή χρήση από φοιτητές. Περιλαμβάνει τα σχέδια, την κατασκευή 12 πλακετών PCBs (3 τμημάτων δημιουργίας τάσης VDD/2 και 9 τμημάτων ενεργών φίλτρων) και την συγγραφή ενός εγχειριδίου χρήσης της κατασκευής αυτής. Με την βοήθεια των πλακετών αυτών και του λειτουργικού προγράμματος FilterLab 2.0 μπορούμε να κατασκευάσουμε φίλτρα 1^{ης} έως 8^{ης} τάξης επιλέγοντας και την ενίσχυση του σήματος (στα όρια του τ.ε.) αν το επιθυμούμε. Οι πλακέτες διαθέτουν υποδοχές για τοποθέτηση αντιστάσεων ή πυκνωτών, συνδετήρες και την διαδοχική σύνδεση μεταξύ τους και δοκιμαστικά σημεία για σύνδεση εργαστηριακού εξοπλισμού. Το CD που παρέχεται περιέχει τα σχέδια της κατασκευής, το λειτουργικό πρόγραμμα FilterLab 2.0 (διανέμεται δωρεάν στην ιστοσελίδα της Microchip), καθώς και το σύγγραμμα αυτό σε ηλεκτρονική μορφή.

OVERVIEW

This project has educational purpose upon active filters and is compromised for laboratorial use by students. It includes the designs, the construction of 12 PCBs (3 sections to generate VDD/2 and 9 active filter sections) and the writing of a user manual for this construction. Having these PCBs and the freeware software program FilterLab 2.0 we are able to construct 1st up to 8th order filters choosing the amplitude of the signal (among op. amp. scope) if we desire. PCBs have pin sockets for placing resistors and capacitors, connectors for cascading the sections and test points for laboratorial use. The given CD includes the designs of the construction, the software program FilterLab 2.0 (It is free for downloading from Microchip's site), as well as this writing at digital form.

Πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα Εγχειρίδιο χρήσης



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ	3
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1.2 ΤΑ ΜΕΡΗ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ Η ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ.....	3
1.3 ΠΡΟΟΡΙΖΟΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ.....	4
1.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	4
1.5 ΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.....	4
1.6 ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	7
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ.....	7
2.3 ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΣ ΤΑ PCBs.....	7
2.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ VDD/2.....	8
2.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ.....	9
2.5.1 Η Κυκλωματική τοπολογία του FilterLab έναντι των Ονομαστικών Επιγραφών του PCB.....	11
2.5.2 Sallen-Key, τμήματα χαμηλοπερατών φίλτρων.....	12
2.5.3 Sallen-Key, τμήματα Υψηλοπερατών φίλτρων.....	13
2.5.4 Τμήματα συνδεσμολογίας Multiple Feedback, Χαμηλοπερατών και Ζωνοπερατών φίλτρων.....	13
2.6 ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΥΛΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΕΝΑ ΦΙΛΤΡΟ ΜΕ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ.....	17
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
3.2 ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ	17
3.3 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΩΝΤΑΣ ΤΟ ΦΙΛΤΡΟ.....	18
3.4 ΔΟΚΙΜΑΖΟΝΤΑΣ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ.....	19
3.4.1 DC Πόλωση	19
3.4.2 Διαφοροποίηση αποκρίσεων.....	19
3.4.3 Ελέγχοντας τα όρια της τάσης εξόδου.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΟΙΝΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ.....	23
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	23
4.2 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΕΣ.....	23
4.2.1 Διπλές Τροφοδοσίες	23
4.2.2 Αυξημένες τάσης τροφοδοσίας.....	24
4.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΦΙΛΤΡΩΝ ΓΙΑ ΘΟΡΥΒΟ ΚΑΙ ΟΡΙΑ ΤΑΣΗΣ ΕΞΟΔΟΥ.....	25
4.4 ΣΥΝΔΥΑΖΟΝΤΑΣ ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΑ ΚΑΙ ΥΨΗΠΕΡΑΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΧΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΑΝΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ.....	27
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	27
5.2 ΤΜΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ VDD/2.....	27
5.2.1 Κύκλωμα	27
5.2.2 Σχέδια πλακέτας τμήματος τροφοδοσίας VDD/2.....	29
5.3 ΤΜΗΜΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ.....	30
5.3.1 Κύκλωμα	30
5.3.2 Σχέδια πλακετών τμήματος Ενεργού Φίλτρου.....	32
5.4 ΣΑΚΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Η ΛΙΣΤΑ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.....	35
6.1 ΛΙΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ VDD/2.....	35
6.2 ΛΙΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ.....	36
6.3 ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΝΤΟΜΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ...38	
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	38
7.2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ 2ου ΒΑΘΜΟΥ SALLEN –KEY ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ FILTERLAB.....	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα θέματα που αναλύονται σε αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνουν:

- Τα μέρη που αποτελείται η πλατφόρμα
- Προοριζόμενη χρήση της Πλατφόρμας
- Υπο-κατηγορίες συγκρότησης
- Συσχετιζόμενα εργαλεία

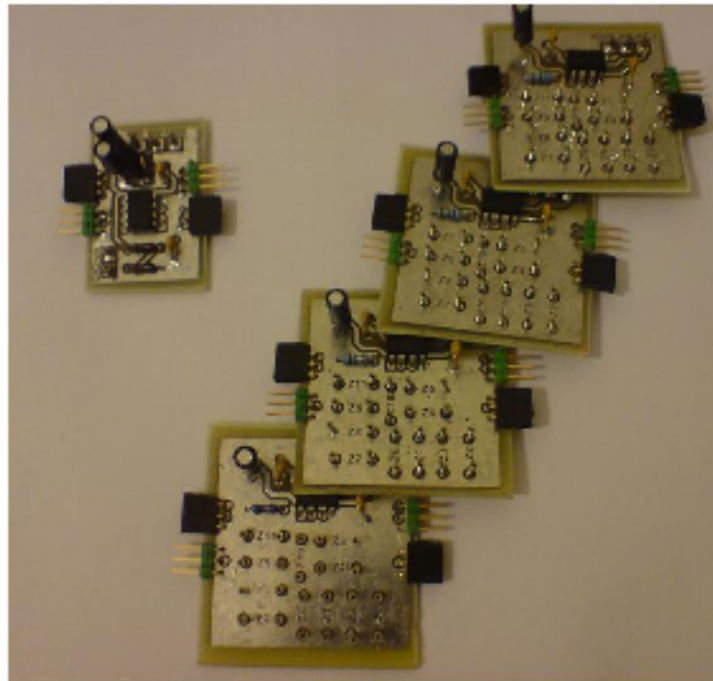
1.2 ΤΑ ΜΕΡΗ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ Η ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ

Τμήμα δημιουργίας τάσης $V_{DD}/2$ - Μια πλακέτα δημιουργίας τάσης $V_{DD}/2$

Τμήμα ενεργού φίλτρου - Τέσσερις πλακέτες Ενεργών Φίλτρων

Συσκευασία εξαρτημάτων - περιέχει εξαρτήματα που προορίζονται να χρησιμοποιηθούν στις πλακέτες του ενεργού φίλτρου

Σχήμα 1-1:Περιεχόμενα Πλατφόρμας Εξάσκησης στα Ενεργά Φίλτρα



Πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα (εγχειρίδιο χρήσης)

1.3 ΠΡΟΟΡΙΖΩΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ

Αυτή η πλατφόρμα προορίζεται να υποστηρίξει ενεργά φίλτρα σχεδιασμένα στο FilterLab® V2.0 (Βλέπε Ενότητα 1.6 “Συσχετιζόμενα εργαλεία”). Αυτά τα φίλτρα είναι όλα φίλτρα πόλων και φτιάχνονται συνδέοντας διαδοχικά βαθμίδες 1^{ης} και 2^{ης} τάξης.

1.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΕΞΑΣΚΗΣΗΣ

Οι τυπωμένες πλακέτες εξαρτημάτων (PCB) στην πλατφόρμα εξάσκησης ενεργών φίλτρων έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Όλες οι αντιστάσεις και οι πυκνωτές των φίλτρων αποτελούν προσαρμοζόμενα εξαρτήματα
- Οι πλακέτες περιέχουν δοκιμαστικά σημεία για σύνδεση εργαστηριακού εξοπλισμού
- Το σύστημα απαιτεί μια τάση τροφοδοσίας
- Οι πλακέτες λειτουργούν ως υπομονάδες του πλήρους συστήματος

1.5 ΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Η πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα αποτελείται από τρία τμήματα:

- Τμήμα δημιουργίας τάσης $V_{DD}/2$ (ήμισυ της τάσης τροφοδοσίας)

Ένα PCB το οποίο:

- Είναι σχεδιασμένο να παρέχει μια τροφοδοσία μεσαίας λήψης πολώνοντας τα άλλα PCBs
- Παρέχει δοκιμαστικά σημεία σύνδεσης για τροφοδοσία από εργαστηριακό εξοπλισμό
- Παρέχει δοκιμαστικά σημεία σύνδεσης ως είσοδοι για εργαστηριακή γεννήτρια συχνοτήτων

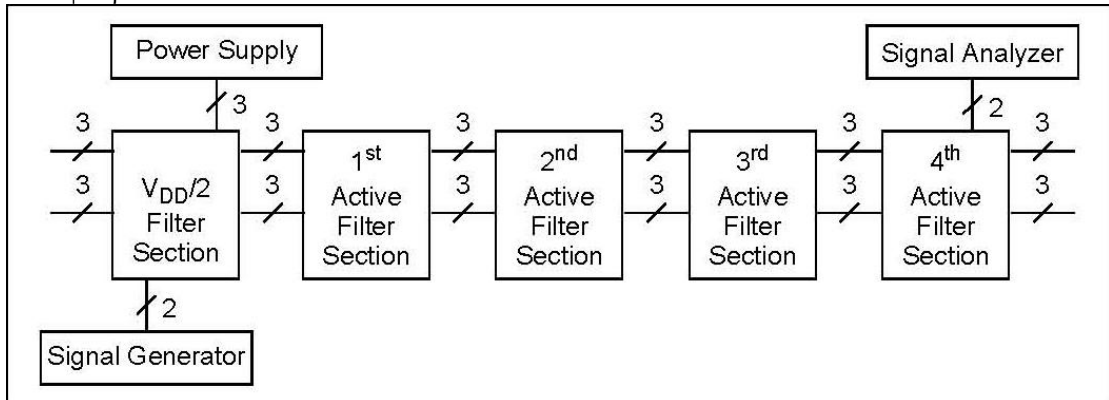
- Τμήμα ενεργών φίλτρων

Τέσσερα PCBs τα οποία:

- Είναι σχεδιασμένα να συνδέονται διαδοχικά
- Υποστηρίζουν την δημιουργία φίλτρων μεταξύ τάξης $n=1$ και $n=8$
- Παρέχουν δοκιμαστικά σημεία για εργαστηριακό εξοπλισμό

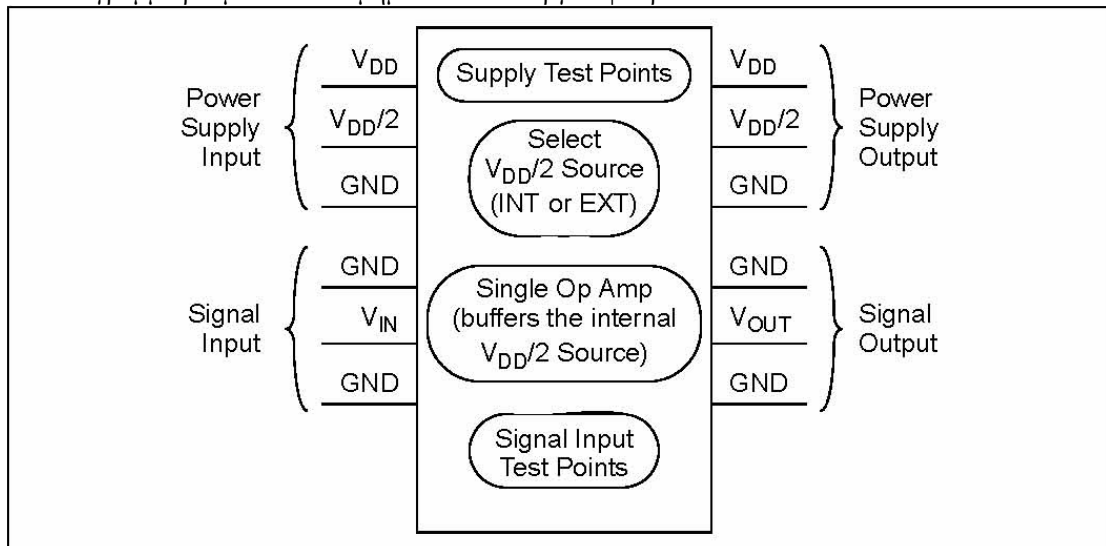
Πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα (εγχειρίδιο χρήσης)

Το Σχήμα 1-2 δείχνει τα πέντε PCBs της πλατφόρμας εξάσκησης. Ένα από τα PCBs είναι η βαθμίδα παροχής τάσης $V_{DD}/2$ και τα υπόλοιπα τέσσερα είναι ενεργά φίλτρα. Οι πλακέτες μπορούν να συνδεθούν διαδοχικά (χρησιμοποιώντας τους ακροδέκτες τους), και μπορεί να προσαρτηθεί εργαστηριακός εξοπλισμός σε αυτές (με την χρήση δοκιμαστικών σημείων λειτουργίας) για την μέτρηση της απόκρισης των φίλτρων.

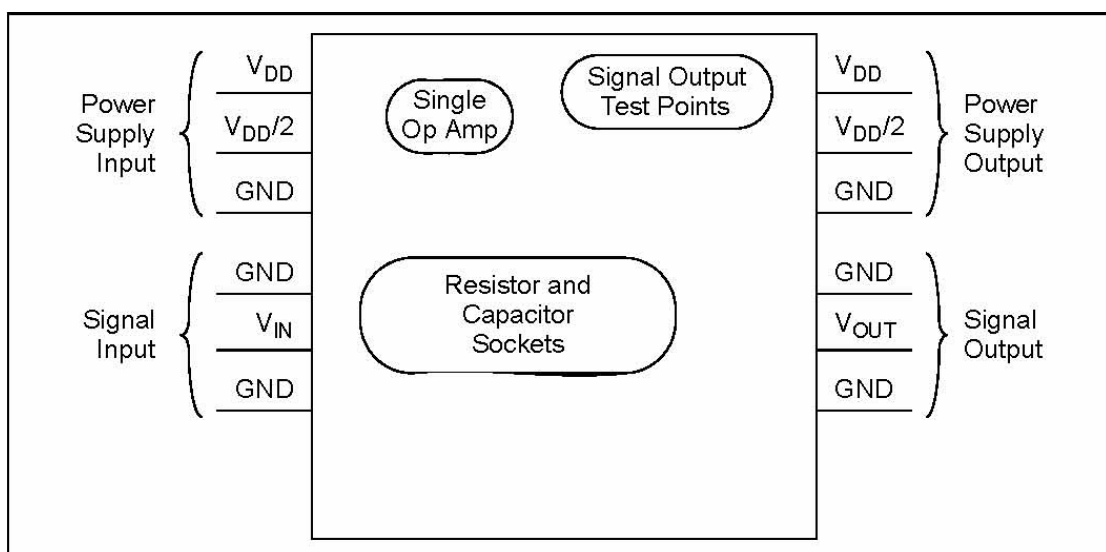


Σχήμα 1-2: Διάγραμμα βαθμίδων για διαδικασία μετρήσεων

Το Σχήμα 1-3 δείχνει το διάγραμμα βαθμίδων του τμήματος τροφοδοσίας $V_{DD}/2$, και το Σχήμα 1-4 δείχνει το διάγραμμα βαθμίδων των τμημάτων των ενεργών φίλτρων



Σχήμα 1-3: Διάγραμμα βαθμίδων τμήματος τροφοδοσίας $V_{DD}/2$



Σχήμα 1-4: Διάγραμμα βαθμίδων τμήματος ενεργού φίλτρου (ένα από τα τέσσερα)

1.6 ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Το FilterLab 2.0 © είναι ένα καινοτόμο λειτουργικό εργαλείο το οποίο απλοποιεί τον σχεδιασμό ενεργών (με τελεστικούς ενισχυτές) φίλτρων. Το FilterLab 2.0 είναι διαθέσιμο χωρίς κόστος από την ιστοσελίδα της Microchip (www.microchip.com), ως εργαλείο σχεδιασμού ενεργών φίλτρων παρέχει σχηματικά διαγράμματα του κυκλώματος του φίλτρου με τιμές εξαρτημάτων, προβάλει την απόκριση συχνότητας, και δίνει μια αναφορά spice που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω προσομοιώσεις. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν μια χαμηλοπερατή, ζωνοπερατή ή υψηλοπερατή απόκριση. Οι διαθέσιμες συναρτήσεις είναι οι Bessel, Butterworth, και Chebychev, για τάξεις μεταξύ $n=1$ και $n=8$

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αυτή η ενότητα παρέχει πληροφορίες για την διασύνδεση των επιμέρους βαθμίδων προκειμένου να υλοποιηθεί ένα ενεργό φίλτρο. Τα θέματα που αναπτύσσονται στην ενότητα αυτό περιλαμβάνουν:

- Απαιτούμενα εργαλεία
- Σύνδεση των PCBs
- Υλοποίηση ρυθμίσεων του τμήματος $V_{DD}/2$
- Υλοποίηση συνδέσεων του τμήματος του ενεργού φίλτρου
- Επιβεβαίωση συνδέσεων

2.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

- Τροφοδοτικό
- Γεννήτρια συχνοτήτων
- Εργαστηριακός εξοπλισμός μετρήσεων (π.χ. παλμογράφος)

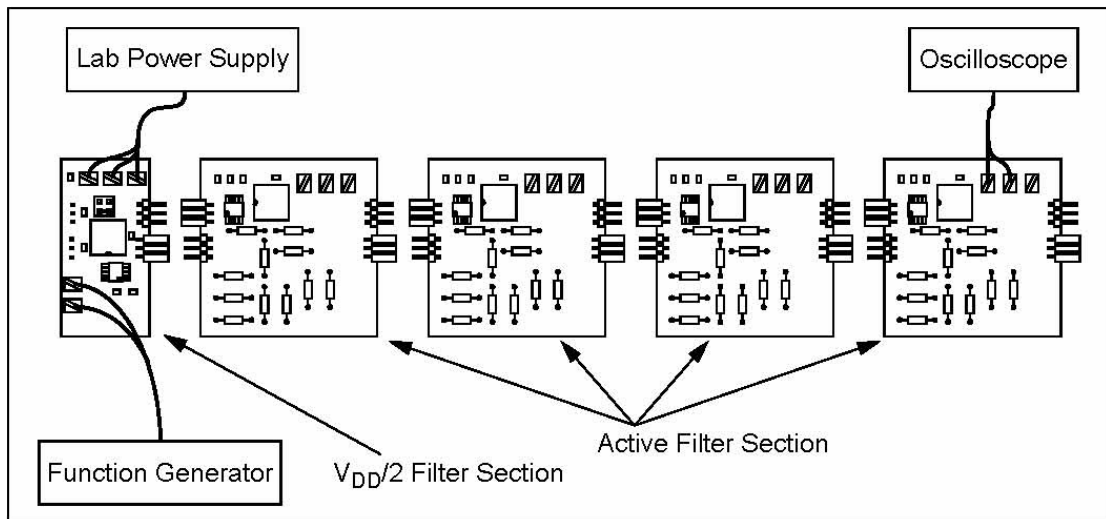
2.3 ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΣ ΤΑ PCBs

Αυτή η ενότητα αναφέρει την βασική μέθοδο για την σύνδεση της πλατφόρμας εξάσκησης ενεργών φίλτρων. Αναφέρει το πώς οι διάφορες πλακέτες συνδέονται φαίνεται στο Σχήμα 2-1 (βλέπε επίσης Σχήμα 1-2).

Ο βαθμός του φίλτρου θα καθορίσει το πόσες πλακέτες του τμήματος του ενεργού φίλτρου χρειάζονται να συνδεθούν σε σειρά (μια πλακέτα όταν $n=1$ ή 2, δύο πλακέτες όταν $n=3$ ή 4, ...).

Οι πλακέτες συνδέονται μεταξύ τους μέσω κατάλληλων βυσμάτων.

Τα δοκιμαστικά σημεία σύνδεσης επιτρέπουν στον εργαστηριακό εξοπλισμό να συνδεθεί στις πλακέτες. Ο χρήστης παρέχει το σήμα εισόδου και την ισχύ στο τμήμα της τροφοδοσίας $V_{DD}/2$, και μετράει το σήμα εξόδου στο τελευταίο τμήμα του ενεργού φίλτρου.



Σχήμα 2-1: Συνδέσεις πλακετών για την πλατφόρμα εξάσκησης ενεργών φίλτρων

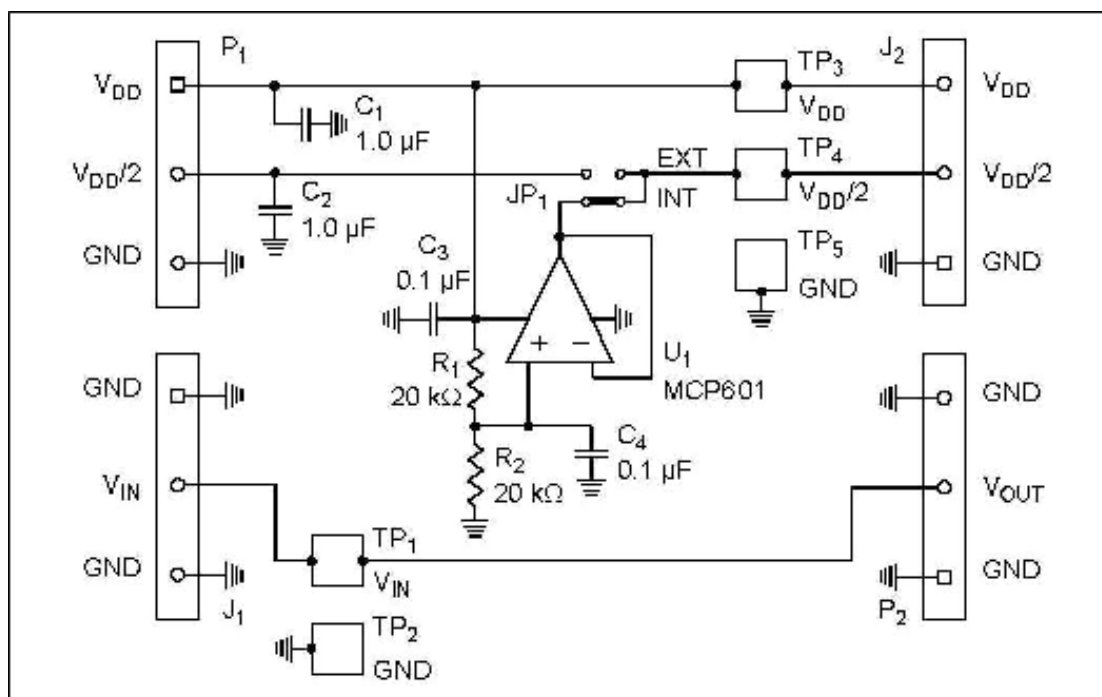
Πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα (εγχειρίδιο χρήσης)

Ο χρήστης παρέχει της τάσεις τροφοδοσίας, οι οποίες χρειάζεται να είναι στο επιτρεπόμενο εύρος για τους εγκατεστημένους τελεστικούς ενισχυτές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε τελεστικός ενισχυτής της Microchip ο οποίος λειτουργεί κάτω από τα 5.5V (βλέπε Ενότητα 4.2 “Τροφοδοσίες Ισχύος”).

Οι γραμμές μεταφοράς ρεύματος φιλτράρονται από πυκνωτές διέλευσης 1.0uF σε κάθε μια πλακέτα. Πυκνωτές διέλευσης για φιλτράρισμα υπάρχουν επίσης κοντά στην τροφοδοσία των τελεστικών.

2.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ $V_{DD}/2$

Το Σχήμα 2-2 μας δείχνει το κυκλωματικό διάγραμμα του τμήματος τροφοδοσίας $V_{DD}/2$. Δίνει την δυνατότητα παροχής της τάσης $V_{DD}/2$ είτε από μια ανεξάρτητη πηγή τροφοδοσίας (JP1 στο EXT) είτε εσωτερικά (JP1 στο INT) από τον ενσωματωμένο τελεστικό ενισχυτή (U1). Οι βάσεις των εξαρτημάτων και τα δοκιμαστικά σημεία πάνω στην πλακέτα δίνουν ευελιξία στον χρήστη.



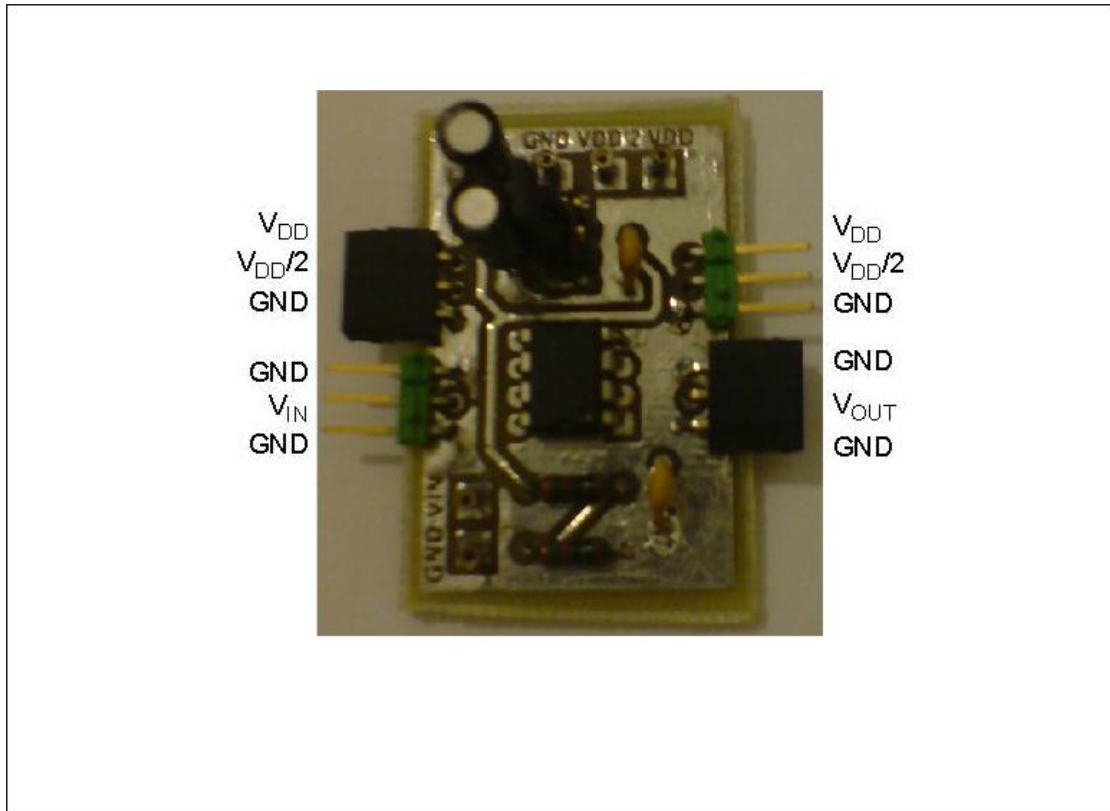
Σχήμα 2-2: $V_{DD}/2$ κυκλωματικό τμήμα του φίλτρου

Το PCB του τμήματος τροφοδοσίας $V_{DD}/2$ του φίλτρου φαίνεται στο Σχήμα 2-3.

Επιλογή τροφοδοσίας μεσαίας λήψης συνδέοντας το βραχυκυκλωτήρα JP1(βλέπε Σχήμα 2-3):

- Παροχή τάσης $V_{DD}/2$ εσωτερικά από τον U1 (INT κάτω όπως φαίνεται στο σχήμα)
 - Τροφοδοτούμε την πλακέτα (με 2,7 έως 5,5 V) μέσω του TP3 (ΔΕΝ τροφοδοτούμε την πλακέτα μέσω του P1 ή TR4)
 - Ο τ.ε. οδηγεί την $V_{DD}/2$ τάση σε όλα τα PCBs
- Παροχή τάσης $V_{DD}/2$ από ανεξάρτητη εξωτερική πηγή (EXT πάνω όπως φαίνεται στο σχήμα)
 - Τροφοδοτούμε την πλακέτα με διπλή τροφοδοσία είτε μέσω του P1 (2,7 έως 5,5 V στο VDD και την μίση τάση στο VDD/2), είτε μέσω του TP3 (2,7-5,5V) και του TP4 (VDD/2 δηλαδή την μίση τάση που θα εφαρμόσουμε στο TP3)
 - Ο τ.ε. U1 δεν έχει φορτίο

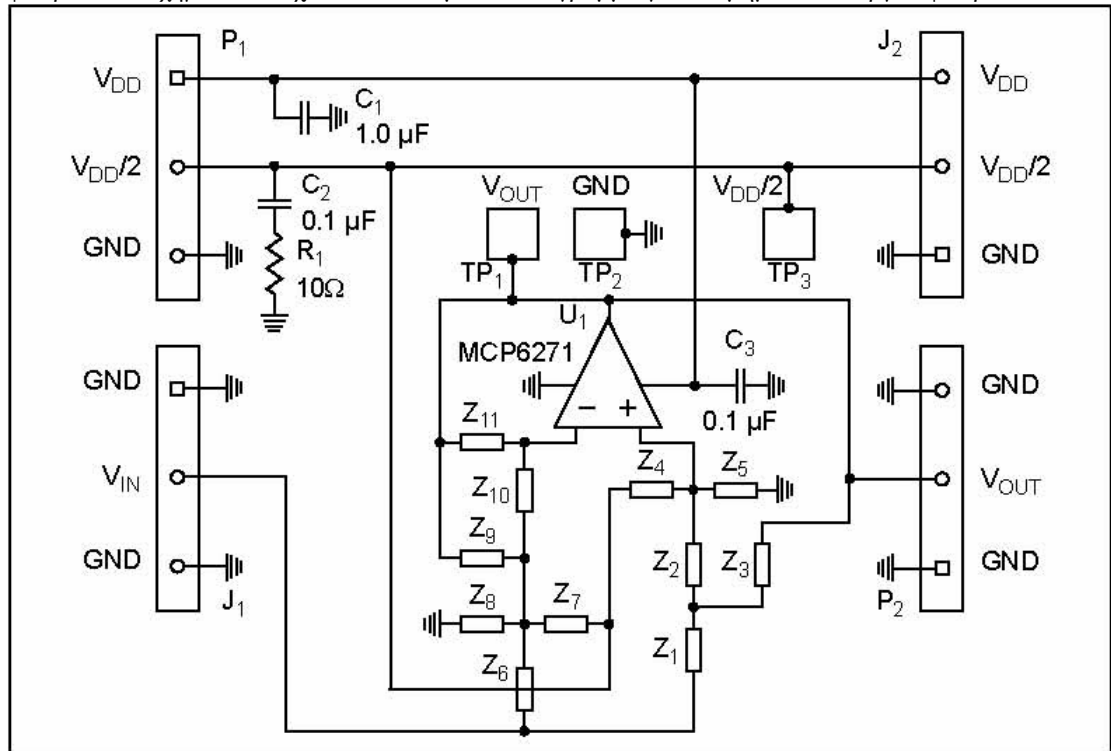
(Οι βάσεις των εξαρτημάτων P1 και J1 στα αριστερά της πλακέτας είναι άνευ σημασίας εάν δεν χρησιμοποιήσουμε την ανεξάρτητη εξωτερική πηγή τροφοδοσίας $V_{DD}/2$)



Σχήμα 2-3: Πάνο όψη του $V_{DD}/2$ τμήματος

2.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ

Το τμήμα του ενεργού φίλτρου σχεδιασμένου στο FilterLab V2.0 έχει διάφορες τοπολογίες. Σε αυτή την ενότητα αναλύεται η μεταφορά αυτών των τοπολογιών στη πλατφόρμα εξάσκησης των ενεργών φίλτρων. Το Σχήμα 2-4 δείχνει το κυκλωματικό διάγραμμα για το τμήμα του ενεργού φίλτρου.

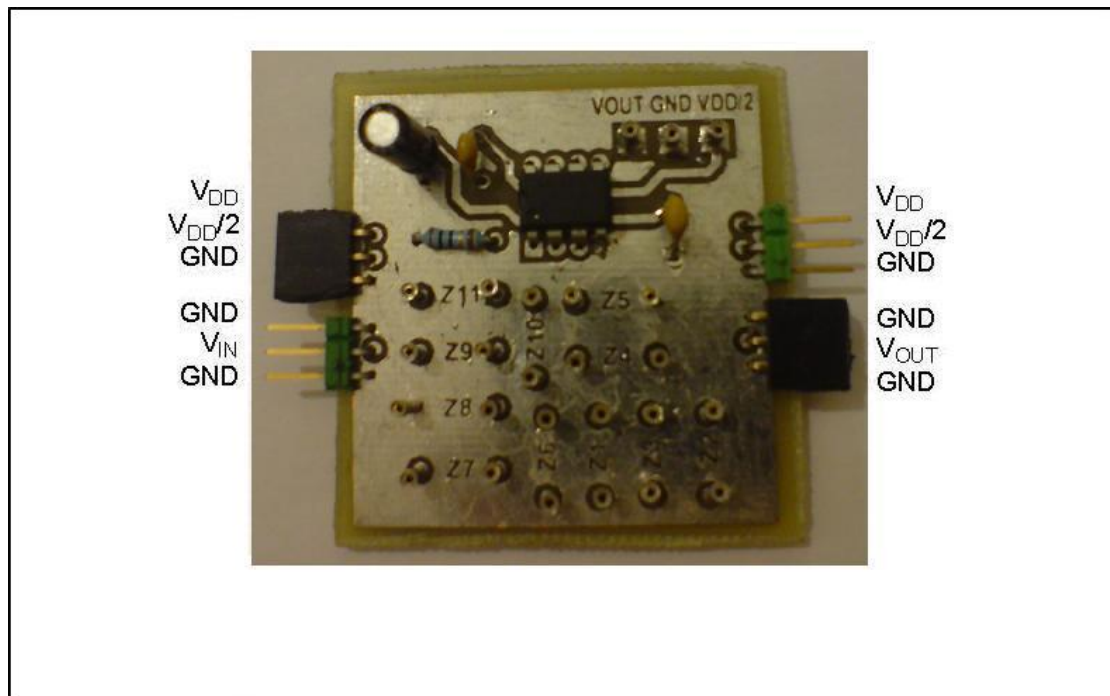


Σχήμα 2-4: Κύκλωμα ενεργού φίλτρου

Πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα (εγχειρίδιο χρήσης)

Το τμήμα του ενεργού φίλτρου φαίνεται στο Σχήμα 2-5.

- Τα ολοκληρωμένα τύπου PDIP-8 είναι συγκολλημένα πάνω στην πλακέτα. Οι αντιστάσεις και οι πυκνωτές που αποτελούν μέρος ενός τμήματος του ενεργού φίλτρου τοποθετούνται σε ακίδες υποδοχών (βλέπε Σχήμα 2-5)
- Τα ζευγάρια των υποδοχών αυτών αναγράφονται πάνω στην πλακέτα ως Z1 έως Z12
- Οι υπόλοιπες υποενότητες αναλύουν λεπτομερώς πως επιλέγονται και τοποθετούνται οι αντιστάσεις και οι πυκνωτές



Σχήμα 2-5: Άνω όψη τμήματος ενεργού φίλτρου.

2.5.1 Η Κυκλωματική τοπολογία του FilterLab έναντι των Ονομαστικών Επιγραφών του PCB

Το FilterLab V2.0 περιγράφει τους πυκνωτές και τις αντιστάσεις στο κυκλωματικό του διάγραμμα ως εξής:

- **R12** = Αντίσταση #**R**, Τμήμα ενεργού φίλτρου #**1**, Αντίσταση #**2** στο τμήμα αυτό
- **C31** = Πυκνωτής #**C**, Τμήμα ενεργού φίλτρου #**3**, Πυκνωτής #**1**
- **Ra** = Αντίσταση ρύθμισης κέρδους για τελεστικό ενισχυτή συνδεσμολογίας Sallen-key στο τμήμα #1 (ανοιχτή, δεν αναφέρεται, όταν δεν έχουμε ενίσχυση αφού η έξοδος συνδέεται απευθείας με την αναστρέφουσα είσοδο)
- **Rb** = Αντίσταση ανατροφοδότησης για τελεστικό ενισχυτή συνδεσμολογίας Sallen-key στο τμήμα #1 (0Ωhm, δεν αναφέρεται, όταν δεν έχουμε ενίσχυση αφού η έξοδος συνδέεται απευθείας με την αναστρέφουσα είσοδο)

Οι ονομαστικές τιμές των αντιστάσεων και πυκνωτών στην πλακέτα του τμήματος του ενεργού φίλτρου (Z1-Z11) πρέπει να επιλεγθούν σύμφωνα με το σχέδιο του FilterLab. Οι υποενότητες που ακολουθούν δείχνουν πώς να μεταφέρουμε το κυκλωματικό διάγραμμα του FilterLab στο PCB μας

Στη συνέχεια, τα PCBs αριθμούνται από το 0 έως 4:

- Τμήμα ενεργού φίλτρου #**0** – για τμήμα τροφοδοσίας $V_{DD}/2$ του φίλτρου
- Τμήμα ενεργού φίλτρου #**1** έως #**4** – για τα διαδοχικά τμήματα του ενεργού φίλτρου

Οι διαφορετικές κυκλωματικές τοπολογίες που αναφέρονται στην **Ενότητα 2.5.2 “Sallen-Key, τμήματα χαμηλοπερατών φίλτρων”**, **Ενότητα 2.5.3 “Sallen-Key, τμήματα υψηλοπερατών φίλτρων”**, και **Ενότητα 2.5.4 “Multiple Feedback, τμήματα χαμηλοπερατών και ζωνοπερατών φίλτρων”** θα ονομάζονται όπως φαίνεται στο Σχήμα 2-6

<u>AAA-BB#-C</u>
AAA: SK = Sallen-Key MFB = Multiple Feedback
BB: LP = Low-pass BP = Band-pass HP = High-pass
#: 1 = Single, Real Pole 2 = Double, Complex Poles
C: “blank” = Sallen-Key Unity Gain Buffer (K = 1) or Multiple Feedback K = Sallen-Key Non-unity Gain Amplifier (K > 1)

Σχήμα 2-6: Συντομογραφίες λέξεων του Ενεργού Φίλτρου

-Οι **AAA** χαρακτήρες μας δείχνουν στην τοπολογία του φίλτρου δηλαδή αν είναι Sallen-key ή Multiple FeedBack

-Οι **BB** χαρακτήρες μας δείχνουν αν τον τύπο του φίλτρου δηλαδή αν είναι Low Pass (χαμηλοπερατό), Band Pass (Ζωνοπερατό) ή High Pass (Υψηλοπερατό)

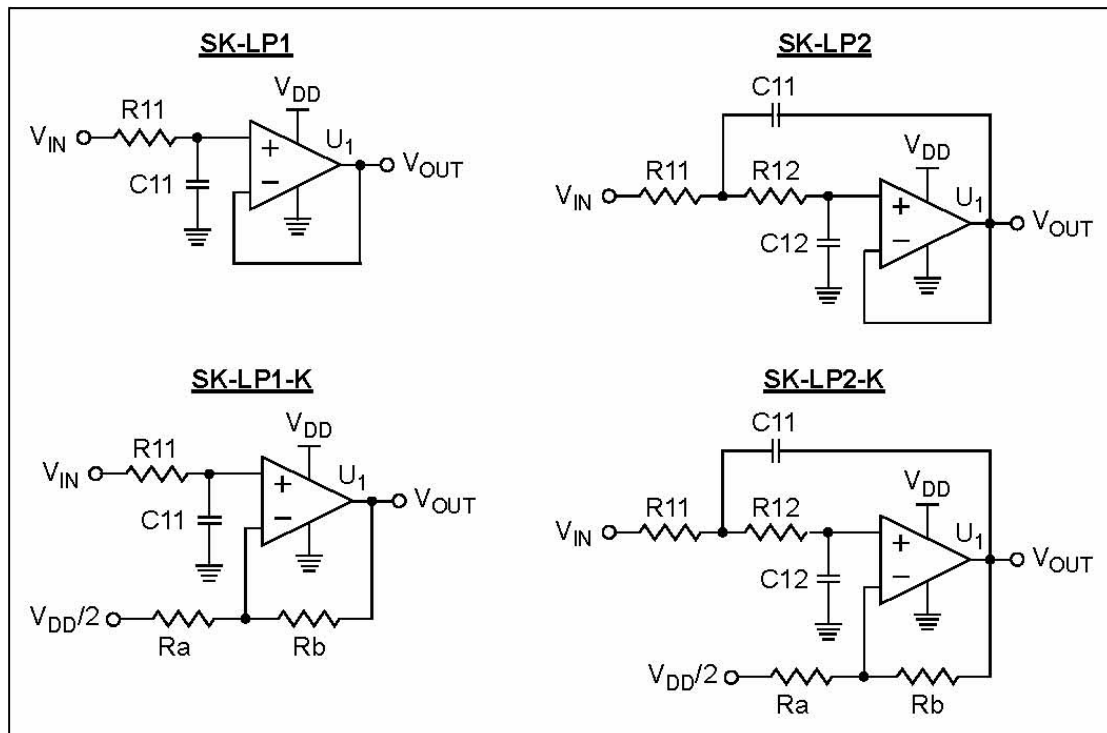
-Το # είναι αριθμός και μας δείχνει αν το φίλτρο είναι ενός ή δύο πόλων (# = 1 ή 2)

-Ο C είναι αριθμός και μας δείχνει το κέρδος του φίλτρου (όταν αφήνεται κενό το κέρδος είναι ένα)

2.5.2 Sallen-Key, τμήματα χαμηλοπερατών φίλτρων

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1: ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΜΗΜΑΤΑ SALLEN-KEY, ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ

Topology	SK-LP1	SK-LP2	SK-LP1-K	SK-LP2-K
Z_1	0Ω	R11	0Ω	R11
Z_2	R11	R12	R11	R12
Z_3	—	C11	—	C11
Z_4	—	—	—	—
Z_5	C11	C12	C11	C12
Z_6	—	—	—	—
Z_7	—	—	0Ω	0Ω
Z_8	—	—	—	—
Z_9	—	—	—	—
Z_{10}	—	—	Ra	Ra
Z_{11}	0Ω	0Ω	Rb	Rb

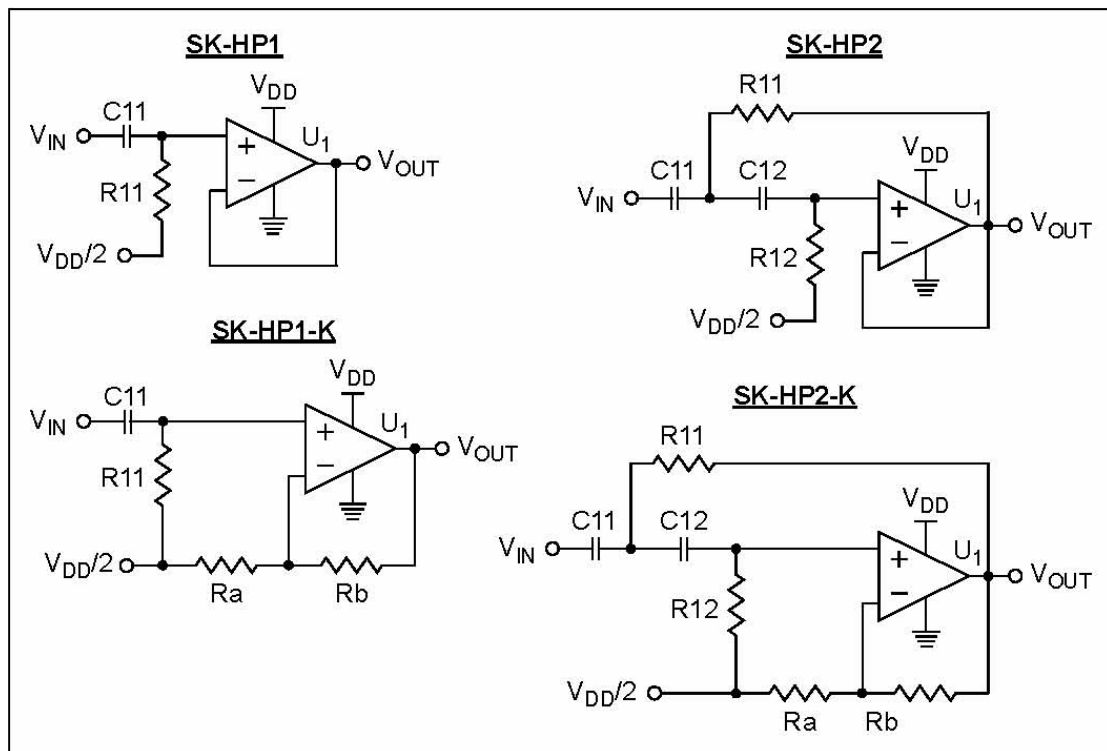


Σχήμα 2-7: Τοπολογίες συνδεσμολογίας Sallen-key, Χαμηλοπερατών (τροποποιημένων) φίλτρων

2.5.3 Sallen-Key, τμήματα Υψηλερατών φίλτρων

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1: ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΜΗΜΑΤΑ SALLEN-KEY, ΥΨΗΛΕΡΑΤΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ

Topology	SK-HP1	SK-HP2	SK-HP1-K	SK-HP2-K
Z_1	0Ω	C11	0Ω	C11
Z_2	C11	C12	C11	C12
Z_3	—	R11	—	R11
Z_4	R11	R12	R11	R12
Z_5	—	—	—	—
Z_6	—	—	—	—
Z_7	—	—	0Ω	0Ω
Z_8	—	—	—	—
Z_9	—	—	—	—
Z_{10}	—	—	Ra	Ra
Z_{11}	0Ω	0Ω	Rb	Rb

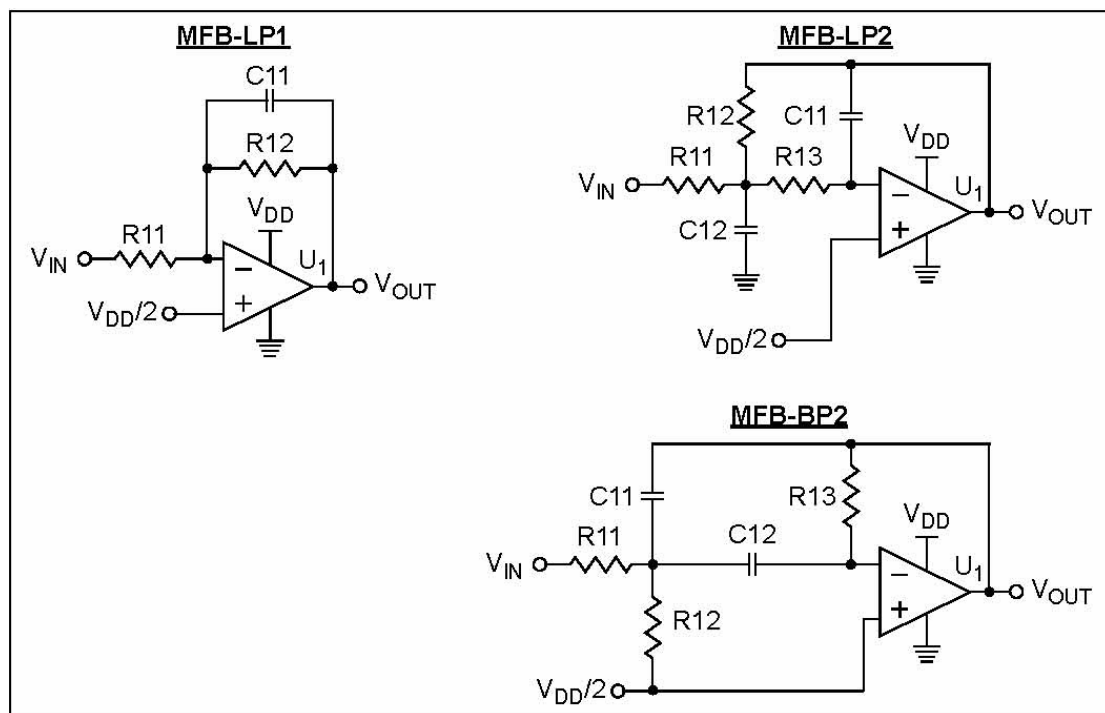


Σχήμα 2-8: Τοπολογίες συνδεσμολογίας Sallen-key, Υψηλερατών (τροποποιημένων) φίλτρων

2.5.4 Τμήματα συνδεσμολογίας Multiple Feedback, Χαμηλοπερατών και Ζωνοπερατών φίλτρων

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1: ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ MULTIPLE FEEDBACK, ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΩΝ ΚΑΙ ΖΩΝΟΠΕΡΑΤΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ

Topology	MFB-LP1	MFB-LP2	MFB-BP2
Z_1	—	—	—
Z_2	—	—	—
Z_3	—	—	—
Z_4	0Ω	0Ω	0Ω
Z_5	—	—	—
Z_6	R11	R11	R11
Z_7	—	—	R12
Z_8	—	C12	—
Z_9	R12	R12	C11
Z_{10}	0Ω	R13	C12
Z_{11}	C11	C11	R13



Σχήμα 2-9: Τοπολογίες συνδεσμολογίας Multiple Feedback, Χαμηλοπερατών και Ζωνοπερατών (τροποποιημένων) Φίλτρων

2.6 ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ

1. Συνδέστε τα εξαρτήματα (αντιστάσεις, πυκνωτές, και τελεστικούς ενισχυτές) για κάποιο σχέδιο φίλτρου (π.χ. το σχέδιο φίλτρου στην **Ενότητα 3.2 “Το Σχέδιο του φίλτρου”** και στην **Ενότητα 3.3 “Συναρμολογώντας το φίλτρο”**)
2. Επιβεβαιώστε τις τάσεις τροφοδοσίας, συμπεριλαμβανομένης και της $V_{DD}/2$, για όλες τις πλακέτες
3. Ελέγξτε την απόκριση του φίλτρου όπως περιγράφεται στην **Ενότητα 3.4 “Δοκιμάζοντας το φίλτρο”**.

Πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα (εγχειρίδιο χρήσης)

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παρακάτω περιγράφουμε ένα παράδειγμα υλοποίησης φίλτρου με εξαρτήματα που περιλαμβάνονται στην πλατφόρμα (το οποίο σχεδιάστηκε στο FilterLab V2.0). Τα θέματα που αναπτύσσονται στην ενότητα αυτή περιλαμβάνουν:

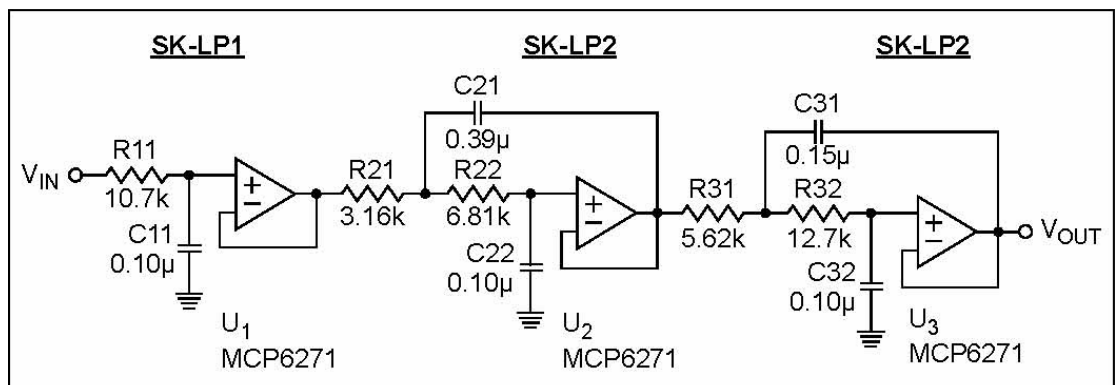
- Το σχέδιο του Φίλτρου
- Τη συναρμολόγηση του Φίλτρου
- Τον δοκιμαστικό έλεγχο του Φίλτρου

3.2 ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ

Βλέπε Σχήμα 3-1 για το κυκλωματικό διάγραμμα του φίλτρου που μπορεί να υλοποιηθεί με τα εξαρτήματα που παρέχονται στην συσκευασία.

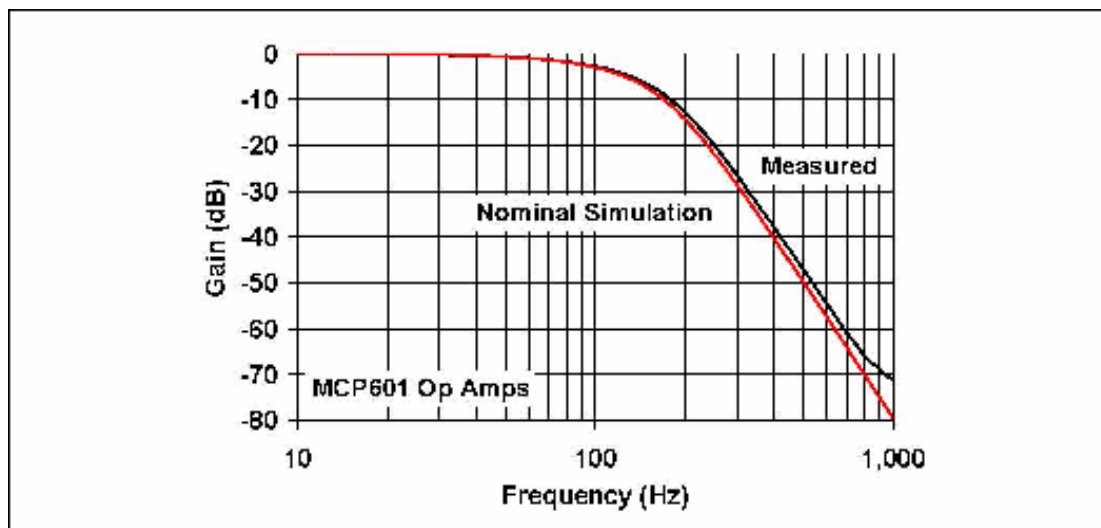
Τα χαρακτηριστικά αυτού του φίλτρου είναι τα εξής:

- Τύπου Bessel Χαμηλοπερατό
- $n = 5$, (τάξη φίλτρου)
- $f_c = 100$ Hz, (συχνότητα αποκοπής)
- Κέρδος = 1 V/V
- Τμήματα τοπολογίας Sallen-key
- Μονή τροφοδοσία



Σχήμα 3-1: Φίλτρο 5^{ης} τάξης, τύπου Bessel, Χαμηλοπερατό το οποίο μπορεί να υλοποιηθεί πάνω στην πλατφόρμα εξάσκησης ενεργών φίλτρων.

Το φίλτρο αυτό υλοποιήθηκε και μετρήθηκε η απόκριση συχνότητας του. Το αποτέλεσμα φαίνεται στο Σχήμα 3-2. Παρατηρήστε πόσο κοντά είναι τα δεδομένα που μετρήθηκαν με αυτά της προσομοίωσης. (Για την υλοποίηση του φίλτρου χρησιμοποιήθηκαν αντιστάσεις και πυκνωτές με ανοχές 1% και 5% αντίστοιχα.)



Σχήμα 3-2: Απόκριση συχνότητας του φίλτρου

3.3 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΩΝΤΑΣ ΤΟ ΦΙΛΤΡΟ

Όλα τα εξαρτήματα στο Σχήμα 3-1 τα οποία πρέπει να συνδεθούν σε υποδοχές της πλατφόρμας βρίσκονται στην λίστα του πίνακα 3-1. Αυτός ο πίνακας μας δείχνει σε ποιο τμήμα (βλέπε **Ενότητα 2.5 “Σχεδιασμός Τμήματος Ενεργού Φίλτρου)** και σε ποια εμπέδηση πάνω στο PCB αντιστοιχεί η εκάστοτε αναφορά. (Εφόσον το σχέδιο αυτό είναι 5^{ης} τάξης, δεν υπάρχουν εξαρτήματα για το τμήμα ενεργού φίλτρου #4)

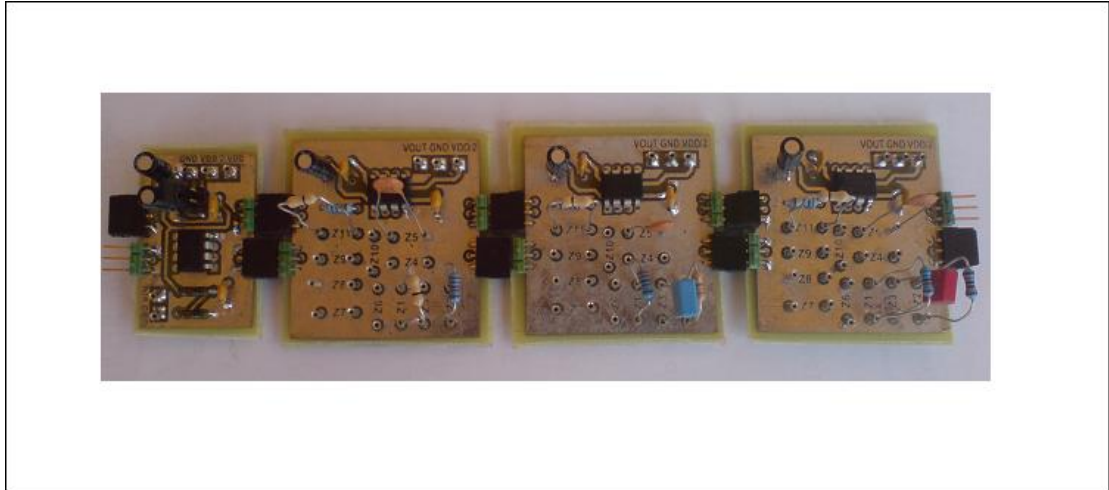
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1: ΛΙΣΤΑ ΤΟΥ ΣΑΚΟΥ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Τιμές Εξαρτημάτων	Ποσότητα	Τμήμα	Αναφορά	Εμπέδηση στο PCB
100 nF	1	1	C11	Z5
	1	2	C22	Z5
	1	3	C32	Z5
150 nF	1	3	C31	Z3
390 nF	1	2	C21	Z3
Βραχυκυκλωτήρας (0Ω) (Σημείωση 1)	2	1	—	Z1, Z11
	1	2	—	Z11
	1	3	—	Z11
3.16 kΩ	1	2	R21	Z1
5.62 kΩ	1	3	R31	Z1
6.81 kΩ	1	2	R22	Z2
10.7 kΩ	1	1	R11	Z2
12.7 kΩ	1	3	R32	Z2

Σημείωση 1: Οι υπόλοιποι 6 βραχυκυκλωτήρες στην συσκευασία των εξαρτημάτων είναι για ευκολία στην συναρμολόγηση άλλων φίλτρων. Απεικόνιση ποσότητα

Πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα (εγχειρίδιο χρήσης)

Το Σχήμα 3-3 είναι μια εικόνα από το συγκροτημένο φίλτρο που φαίνεται στο Σχήμα 3-1. Παρατηρήστε ότι η πλακέτα στα αριστερά (Τμήμα τροφοδοσίας $V_{DD}/2$) παρέχει έναν εύκολο τρόπο σύνδεσης του σήματος εισόδου και της τροφοδοσίας του φίλτρου. (Το JP1 στην πλακέτα αυτή μπορεί να συνδεθεί στην είτε στη θέση INT είτε στη θέση EXT)

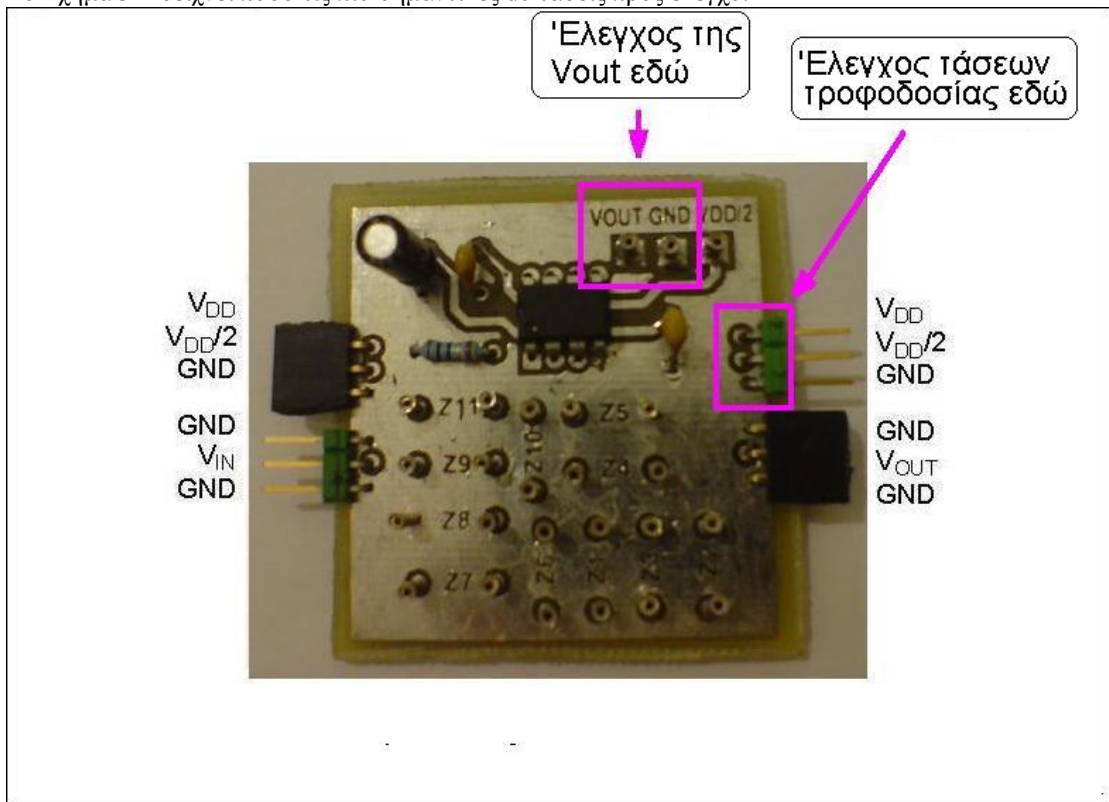


Σχήμα 3-3: Εικόνα του Φίλτρου που υποστηρίζεται από την Πλατφόρμα Εξάσκησης Ενεργών Φίλτρων

3.4 ΔΟΚΙΜΑΖΟΝΤΑΣ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΦΙΑΤΡΟΥ

3.4.1 DC Πόλωση

Το Σχήμα 3-4 δείχνει πόσο τις πιο σημαντικές dc τάσεις προς έλεγχο.

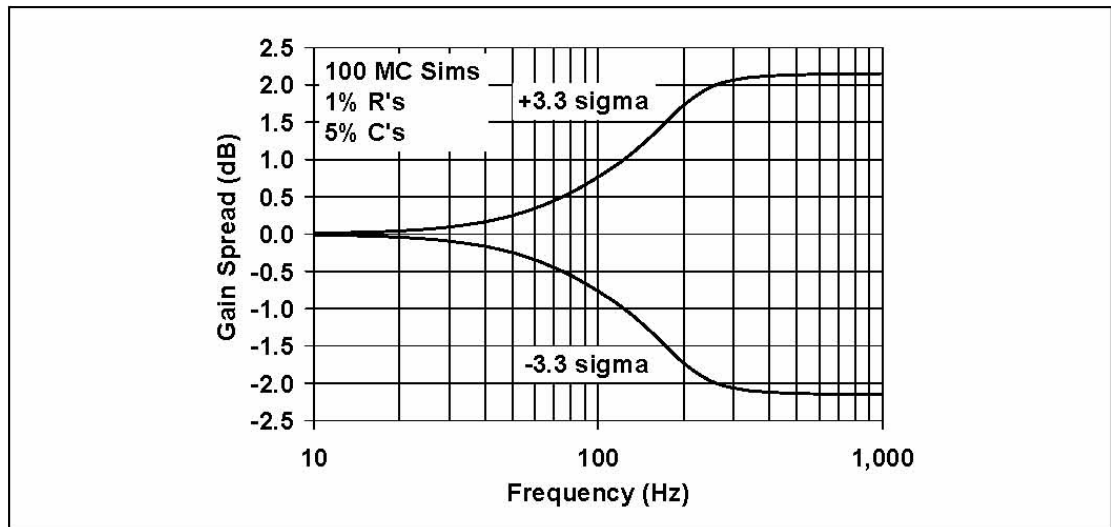


Σχήμα 3-4: Επισήμανση σημείων ελέγχου DC πόλωσης.

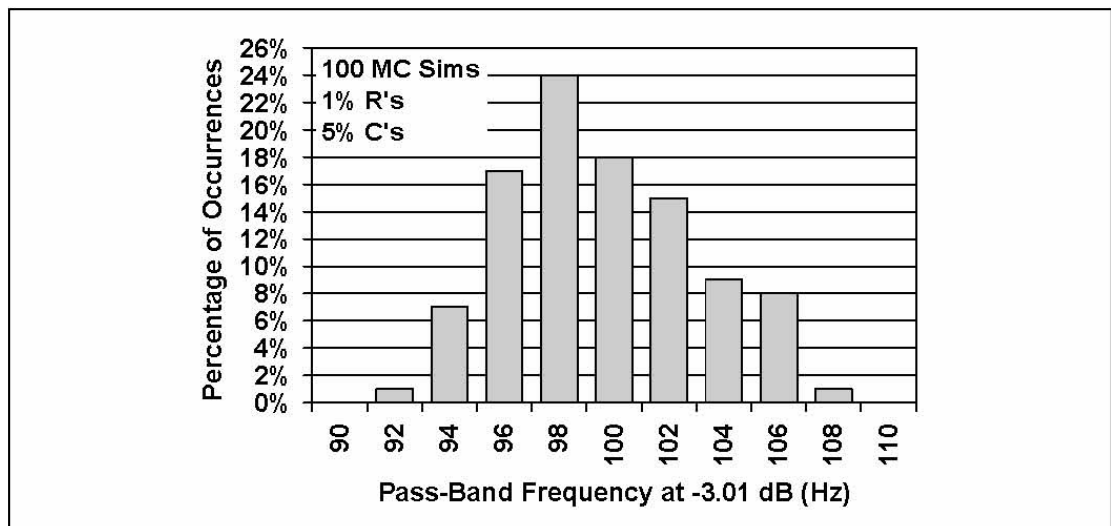
3.4.2 Διαφοροποίηση αποκρίσεων

Οι αντιστάσεις και οι πυκνωτές με μικρότερες ανοχές θα ελαχιστοποιήσουν τις διαφορές στην απόκριση των φίλτρων. Η διαφορά αυτή οφείλεται πολλές φορές στη θερμοκρασία. Το Σχήμα 3-5 δείχνει την προσομοίωση του ± 3.3 σφάλματος κέρδους τύπου sigma (σε dB) για κάθε συχνότητα (βασίζόμενο σε

για μια φόρμα τυχαίας κατανομής). Το Σχήμα 3-6 δείχνει ένα ιστόγραμμα από τη συχνότητα ζώνης διέλευσης (f_p) της ίδιας προσομοίωσης



Σχήμα 3-5: Σφάλμα κέρδους (Προσομοίωση με Monte Carlo) προς τη συχνότητα

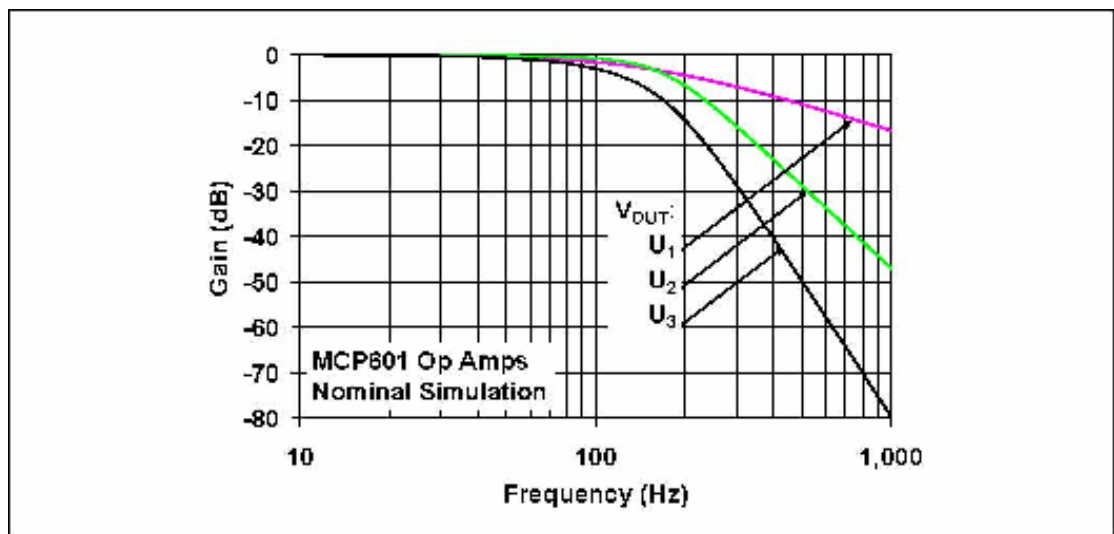


Σχήμα 3-6: Ιστόγραμμα Ζώνης Διέλευσης συχνότητας (Προσομοίωση με Monte Carlo)

Η χρησιμοποίηση εξαρτημάτων με μικρότερες ανοχές (π.χ. 2% πυκνωτές) θα βελτιώσει τη διαφοροποίηση της απόκρισης του φίλτρου. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για φίλτρα με χαρακτηριστική απότομη αποκοπής (π.χ. Chebyshev)

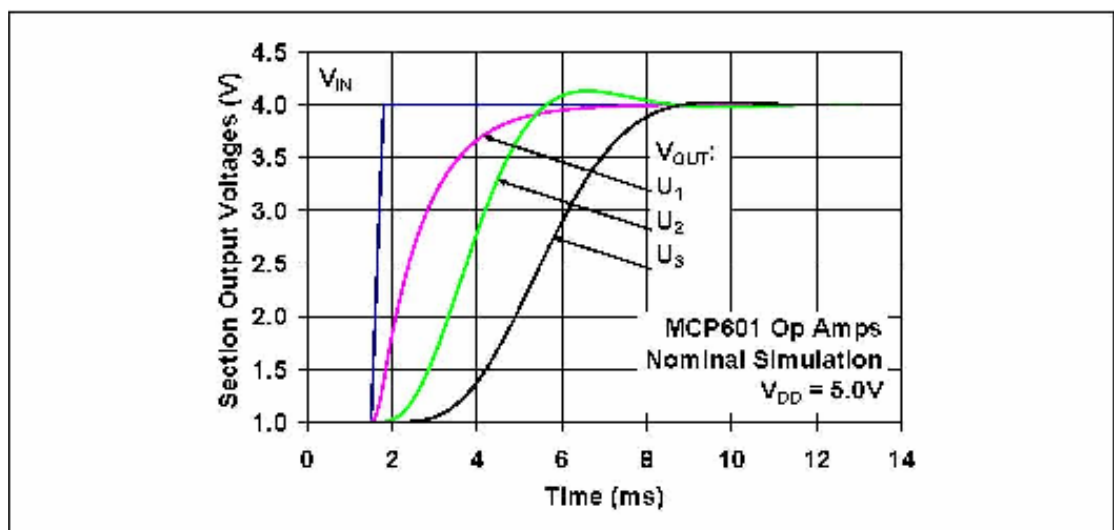
3.4.3 Ελέγχοντας τα όρια της τάσης εξόδου

Είναι απαραίτητο σε κάθε περίπτωση να γνωρίζουμε τη μέγιστη στάθμη σήματος στην είσοδο προκειμένου να μην έχουμε παραμόρφωση (ψαλιδισμό). Αν εξασφαλίσουμε ότι στην πρώτη βαθμίδα του φίλτρου δεν έχουμε παραμόρφωση τότε σημαίνει ότι δε θα έχουμε και σε καμία από τις επόμενες βαθμίδες για το συγκεκριμένο φίλτρο διότι όπως παρατηρούμε από το Σχήμα 3-7 καμία από τις βαθμίδες δεν έχει ενίσχυση πάνω από 1 (0dB).



Σχήμα 3-7: Απόκριση συχνότητας όλων των εξόδων

Το Σχήμα 3-8 δείχνει την βηματική απόκριση του φίλτρου του Σχήματος 3-1. Η έξοδος της U₂ (του δεύτερου τελεστικού ενισχυτή) εμφανίζει την μεγαλύτερη κλίση, έτσι περιορίζεται το εύρος της τάση εξόδου του φίλτρου. Η ονομαστική κλίση είναι 6.1% (0.18V για βήμα 3.0V)



Σχήμα 3-8: Βηματική απόκριση για Όλες τις Εξόδους.

Πολλοί προσομοιωτές SPICE υποστηρίζουν κατανομές Monte Carlo. Χρησιμοποιώντας αυτή την δυνατότητα στο σχέδιό σας θα βοηθήσει να διευκρινίσετε τι ανοχές χρειάζονται για το σχέδιό σας. Τα ίδια αποτελέσματα μπορούν να ληφθούν μετρώντας πολλά φίλτρα (π.χ. 30 έως 10.000), αλλά με μεγαλύτερο κόστος.

Πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα (εγχειρίδιο χρήσης)

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΟΙΝΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τροποποιήσεις που περιγράφονται σε αυτή την ενότητα περιλαμβάνουν:

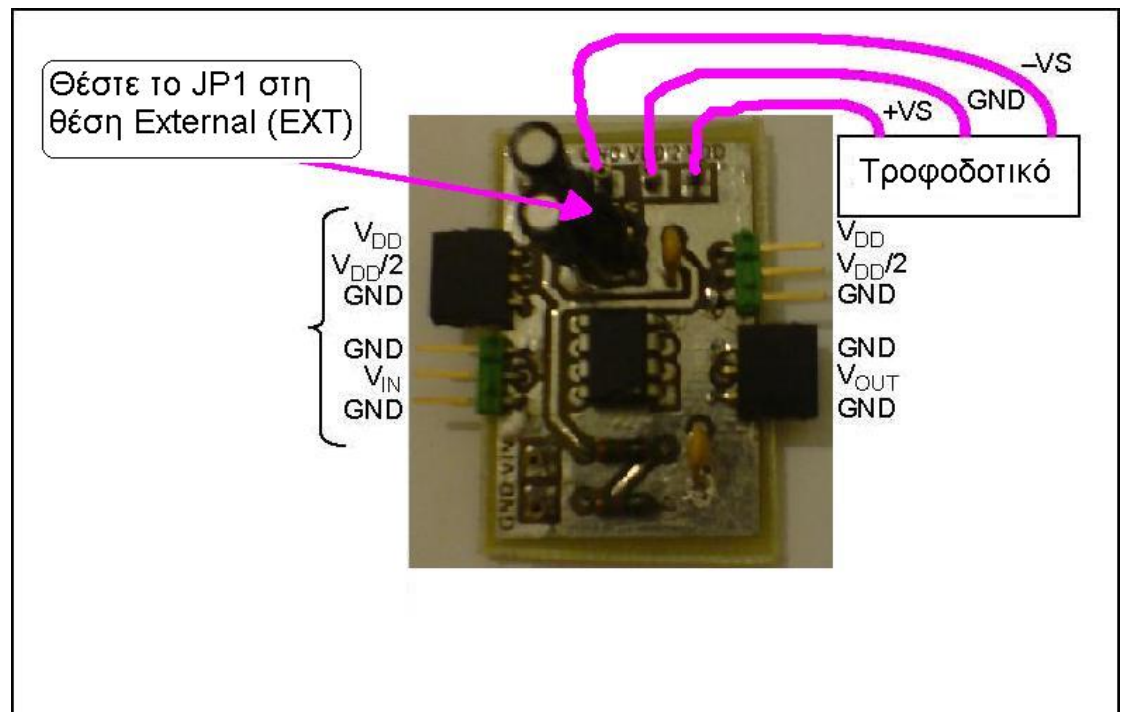
- Τροφοδοσίες
- Θέματα Θορύβου και Δυναμικής Περιοχής
- Συνδυάζοντας Χαμηλοπερατά και Υψηλοπερατά Τμήματα
- Φίλτρα μεγαλύτερων συχνοτήτων

4.2 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΕΣ

4.2.1 Συμμετρική Τροφοδοσία (Η συνδεσμολογία αυτή δεν συνίσταται να υλοποιηθεί)

Για την υλοποίηση συμμετρικής τροφοδοσίας, αλλάξτε τις ρυθμίσεις του Τμήματος τροφοδοσίας $V_{DD}/2$ (βλέπε Σχήμα 4-1):

- Οι πυκνωτές διέλευσης της πλακέτας (C1 και C2) πρέπει να αφαιρεθούν και να αντικατασταθούν
 - Συνδέστε το ένα μέρος από το $-VS$ (GND πλακέτας) στο GND (πλακέτα $V_{DD}/2$)
 - Συνδέστε το άλλο μέρος από το $+VS$ (VDD πλακέτας) στο GND (πλακέτα $V_{DD}/2$)
- Αφαιρέστε τις R1 και R2, και αντικαταστήστε την R2 με ένα βραχυκύκλωμα
- Θέστε το JP1 στη θέση External $V_{DD}/2$ (EXT, όπως αναγράφεται)
- Συνδέστε την τροφοδοσία εργαστηριακού εξοπλισμού
 - Τάση $+Vs$ στην είσοδο (TP3) VDD της πλακέτας
 - Τάση GND στη είσοδο (TP4) $V_{DD}/2$
 - Τάση $-Vs$ στην είσοδο (TP5) GND της πλακέτας



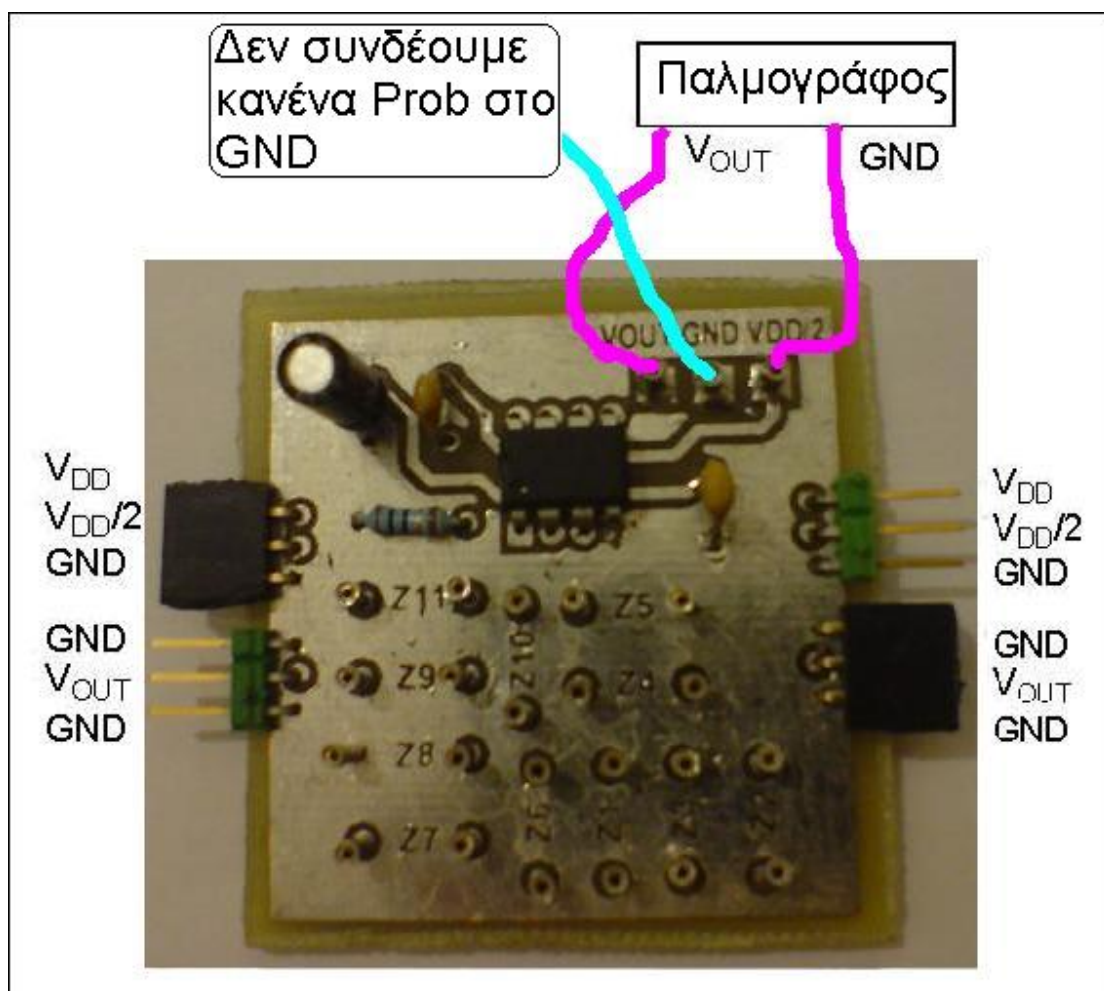
Σχήμα 4-1: Ρυθμίζοντας το Τμήμα $V_{DD}/2$ για λειτουργία διπλής τροφοδοσίας

Πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα (εγχειρίδιο χρήσης)

Για την υλοποίηση συμμετρικής τροφοδοσίας, είναι επίσης απαραίτητο να αλλάζουν και οι ρυθμίσεις του Τμήματος του Ενεργού Φίλτρου (βλέπε Σχήμα 4-2):

- Οι πυκνωτές διέλευσης (C1 και C3) πρέπει να αφαιρεθούν και να αντικατασταθούν
 - Συνδέστε το ένα μέρος από το $-VS$ (GND πλακέτας) στο GND (πλακέτα $V_{DD}/2$)
 - Συνδέστε το άλλο μέρος από το $+VS$ (V_{DD} πλακέτας) στο GND (πλακέτα $V_{DD}/2$)
- Εάν ζητηθεί, οι R1 και R2 μπορούν να αφαιρεθούν
- Συνδέστε τον παλμογράφο σύμφωνα με τα παρακάτω
 - Το prob του παλμογράφου για σήματα, στο V_{OUT} (TP1)
 - Το prob του παλμογράφου για το GND, στο $V_{DD}/2$ (TP3)

Σημείωση: Μην συνδέσετε το prob του GND του παλμογράφου στο GND της πλακέτας (TP2) όταν είναι ρυθμισμένη για συμμετρική τροφοδοσία. Αυτό μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στον εργαστηριακό εξοπλισμό.



Σχήμα 4-2: Ρυθμίζοντας το Τμήμα του Ενεργού Φίλτρου για συμμετρική τροφοδοσία

4.2.2 Αυξημένες τάσεις τροφοδοσίας

Η συνολική διαφορά τάσης μεταξύ θετικής και αρνητικής τάσης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε χρησιμοποιούμενου τελεστικού ενισχυτή (5.5V στην περίπτωση του MCP601). Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί κάποιος τ.ε. που δουλεύει σε μεγαλύτερα όρια τάσεων θα πρέπει να αντικατασταθούν οι πυκνωτές διέλευσης με κάποιους που θα αντέχουν τα νέα όρια τάσης.

4.3 ΘΕΜΑΤΑ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το FilterLab V2.0 υλοποιεί τα τμήματα των φίλτρων για το μέγιστο δυνατό δυναμικό εύρος με βάση τις παρακάτω προεπιλεγμένες παραδοχές:

- Ανάλογα με τον παράγοντα ποιότητας πόλων (Q_p) τα Τμήματα του ενεργού φίλτρου ταξινομούνται από το χαμηλότερο έως το μεγαλύτερο (από Τμήμα #1 έως το Τμήμα #4)
 - Με άλλα λόγια, ανάλογα με τον παράγοντα απωλειών ($\zeta = 0.5/Q_p$) τα Τμήματα πάνε από το μεγαλύτερο στο μικρότερο (από το Τμήμα #1 έως στο Τμήμα #4)
- Όταν επιδιώκουμε κέρδος μεγαλύτερο της μονάδας η υλοποίηση του γίνεται στο Τμήμα #1 (γιατί επιτυγχάνουμε καλύτερη ευαισθησία των εξαρτημάτων)

Μερικές εφαρμογές με ειδικές απαιτήσεις μπορεί να απαιτούν την αλλαγή των προεπιλογών.

Για σύγκριση διαφορετικών ταξινομήσεων θα πρέπει να κάνετε τα εξής βήματα:

- A) Ελέγξτε τα όρια του πλάτους της εξόδου για κάθε έξοδο Τμήματος (VOUT) εφαρμόζοντας την χειρότερη περίπτωση σήματος εισόδου.
Αυτά που θα πρέπει να παρατηρήσετε είναι τα εξής:
- Τα ελάχιστα και μέγιστα DC επίπεδα
 - Την σάρωση συχνότητας ημιτονοειδούς σήματος μέγιστης έντασης
 - Την βηματική τάση με μέγιστο βήμα
- B) Μετρήστε την απόδοση του θορύβου
- Μετρήστε την έξοδο εφαρμόζοντας ένα DC σήμα εισόδου (π.χ. της μεσαία λήψης), με έναν παλμογράφο, και με έναν ενισχυτή χαμηλού θορύβου και μεγάλου κέρδους
 - Υπολογίστε την σταθερή απόκλιση της εξόδου. Αυτός είναι ο προσθετικός θόρυβος V_{rms}
 - Ο θόρυβος μπορεί να μειωθεί αλλάζοντας τις αντιστάσεις ή αλλάζοντας τους τελεστικούς ενισχυτές
- Γ) Επανασυνδέστε τα τμήματα σε διαφορετική σειρά
- Συνήθως είναι καλύτερα να αφήνετε το τμήμα υψηλού κέρδους στην αρχή του φίλτρου
 - Ελέγξτε ξανά τα όρια της τάσης εξόδου και του θορύβου

4.4 ΣΥΝΔΥΑΖΟΝΤΑΣ ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΑ ΚΑΙ ΥΨΗΠΕΡΑΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ

Μερικά ζωνοπερατά και ζωνοφρακτικά φίλτρα μπορούν να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας διαδοχικά χαμηλοπερατά και υψηπερατά τμήματα φίλτρων. Αυτά τα φίλτρα έχουν τις δικές τους ζώνες διέλευσης (F_{PL} και F_{PH}) οι οποίες δεν υπερβαίνουν κάποια όρια (π.χ., $F_{PL}/F_{PH} > 5.8$). Τα χαμηλοπερατά και υψηπερατά φίλτρα συνήθως σχεδιάζονται χωριστά και στη συνέχεια συνδέονται σε σειρά.

Η Πλατφόρμα Εξάσκησης στα Ενεργά Φίλτρα επιτρέπει στον χρήστη να υλοποιήσει αυτά τα φίλτρα στον πάγκο με λίγη προσπάθεια. Επίσης βοηθάει στην επιδιόρθωση αυτού των τύπων των σχεδίων.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΧΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΑΝΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αυτό το κεφάλαιο περιέχει σχηματικά και σχέδια πλακών για τα διαφορετικά τμήματα των παρακάτω τμημάτων της Πλατφόρμας Εξάσκησης στα Ενεργών Φίλτρων:

- Τμήμα τροφοδοσίας $V_{DD}/2$
- Τμήμα Ενεργού Φίλτρου
- Συσκευασία Εξαρτημάτων

5.2 ΤΜΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ $V_{DD}/2$

5.2.1 Κύκλωμα

Στο Σχήμα 5-1 φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα του Τμήματος τροφοδοσίας $V_{DD}/2$ του Φίλτρου. Οι ακροδέκτες (J1, J2, P1 και P2) επιτρέπουν στα PCBs να συνδεθούν σε σειρά. Η τάξη του φίλτρου θα καθορίσει πόσες από τις πλακέτες των Τμημάτων του Ενεργού Φίλτρου θα χρειαστούν για τη σύνδεση σε σειρά.

Οι R1, R2 και C3 δημιουργούν την τάση $V_{DD}/2$. Ο τ.ε. οδηγεί αυτή την τάση (είναι σχεδιασμένος να έχει μοναδιαίο κέρδος) και πολώνει τις σύνθετες αντιστάσεις που είναι συνδεδεμένες. Ο τ.ε. U1 είναι συνήθως μονός, τύπου DIP-8.

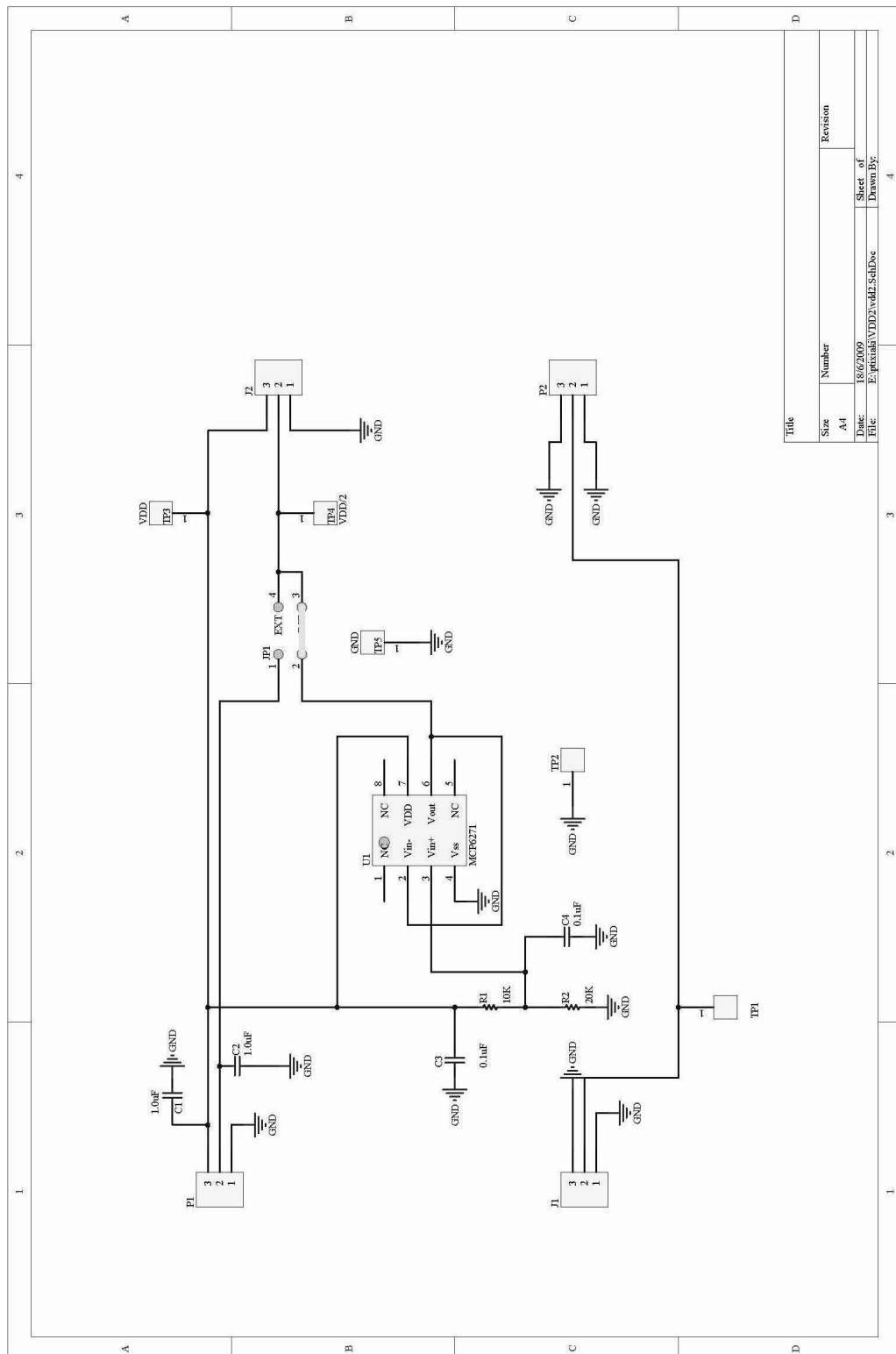
Οι C1 και C2 είναι πυκνωτές διέλευσης για τη $V_{DD}/2$

Η πλακέτα τροφοδοσίας $V_{DD}/2$ παρέχει πέντε δοκιμαστικά σημεία ελέγχου για την διευκόλυνση των εργαστηριακών δοκιμών. Τα TP1 και TP2 καθιστούν δυνατή τη σύνδεση μιας γεννήτριας συχνοτήτων στην είσοδο του φίλτρου. Αυτό το σήμα εισόδου μεταφέρεται και στις άλλες πλακέτες. Τα TP3 και TP5 αποτελούν σημεία σύνδεσης για εξωτερική τροφοδοσία, η οποία επίσης μεταφέρεται και στις άλλες πλακέτες.

Το JP1 επιτρέπει στον χρήστη να διαλέξει την πηγή της τάση αναφοράς της $V_{DD}/2$:

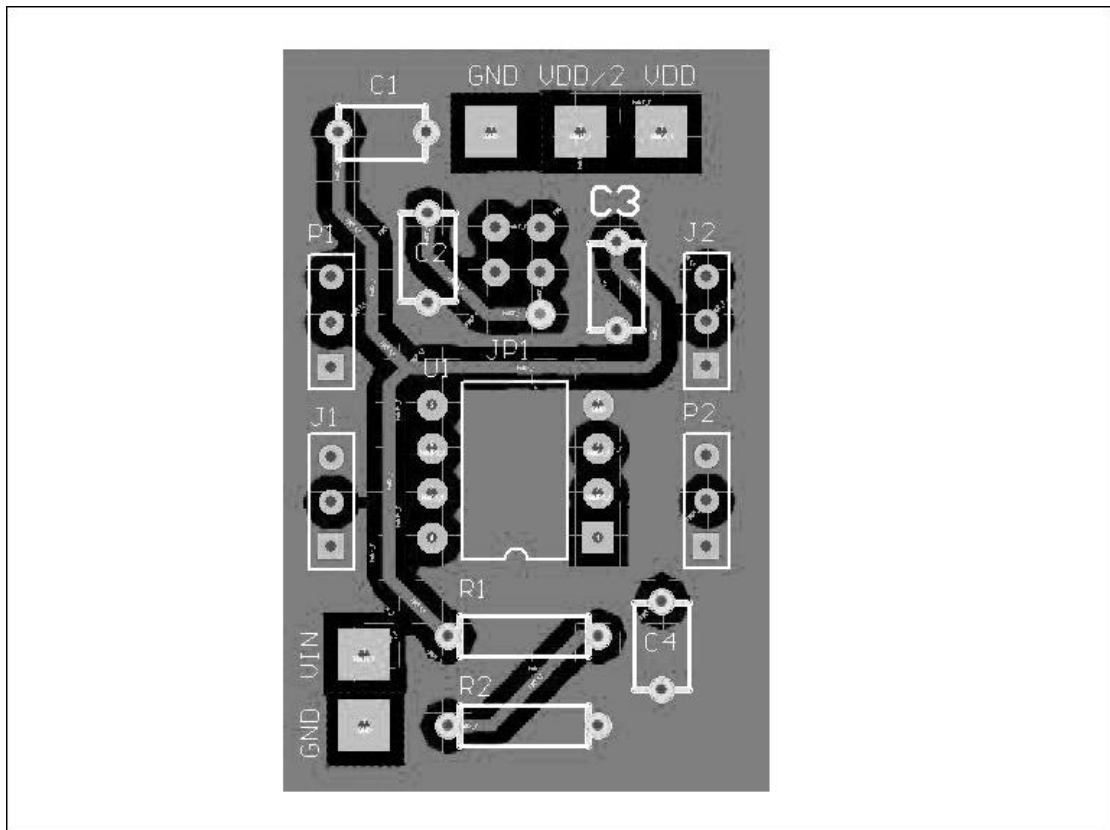
- Από εξωτερική ανεξάρτητη τροφοδοσία (EXT = Εξωτερική $V_{DD}/2$ πηγή)
- Από την έξοδο του τ.ε. (INT = Εσωτερική $V_{DD}/2$ πηγή)

Βλέπε Ενότητα 6.1 “Η λίστα των εξαρτημάτων του Τμήματος τροφοδοσίας $V_{DD}/2$ ”.

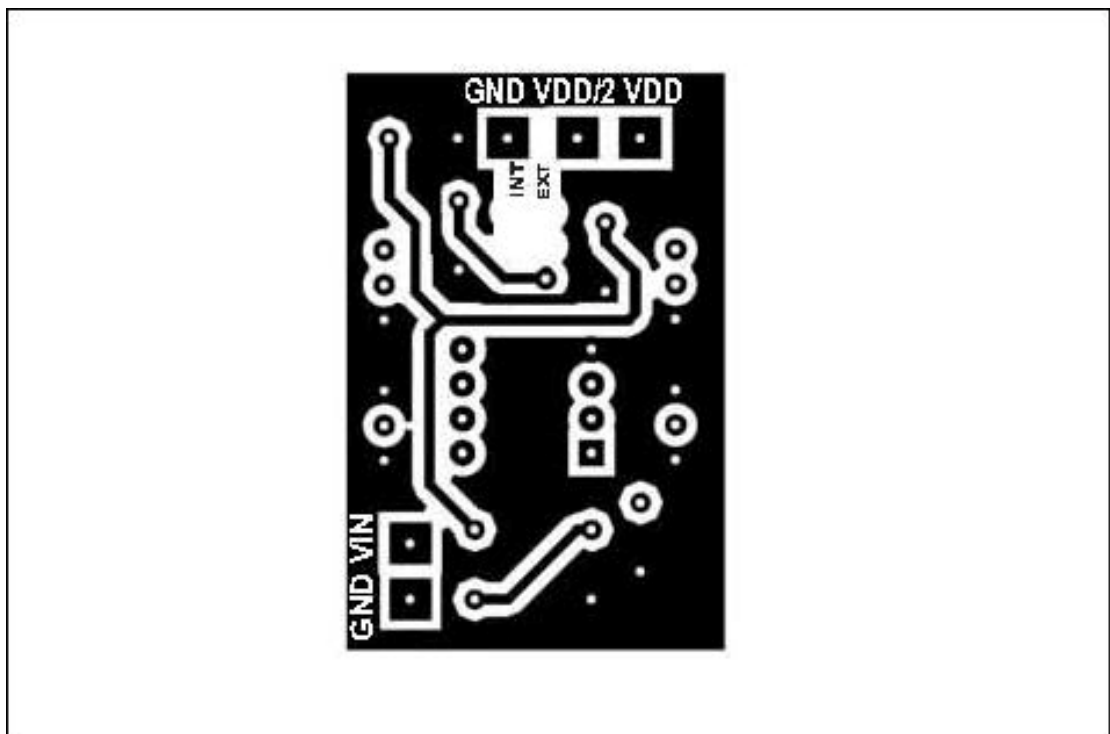


Σχήμα 5-1: Τμήμα τροφοδοσίας $V_{DD}/2$ – Σχηματικό.

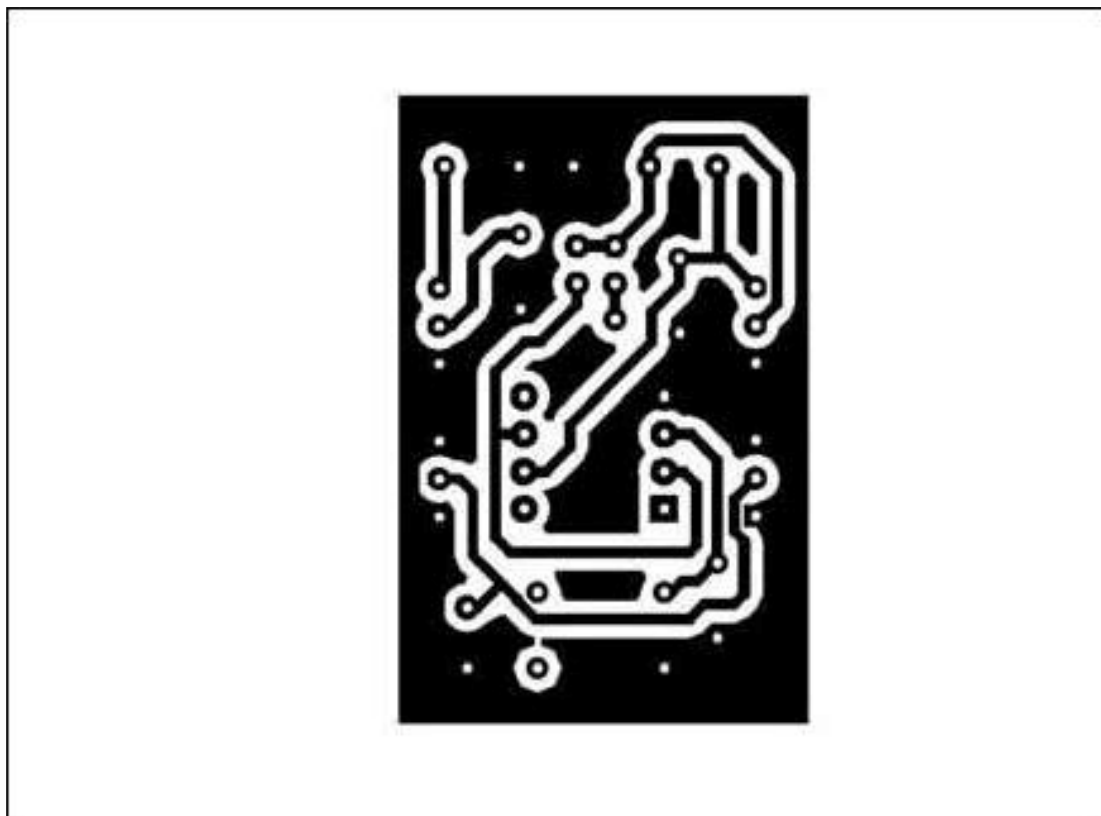
5.2.2 Σχέδια πλακέτας τμήματος τροφοδοσίας $V_{DD/2}$



Σχήμα 5-2: Τμήμα τροφοδοσίας $V_{DD/2}$ – Άνο μεταξοτυπία



Σχήμα 5-3: Τμήμα τροφοδοσίας $V_{DD/2}$ – Άνο μεταλλικό επίπεδο



Σχήμα 5-4: Τμήμα τροφοδοσίας $V_{DD}/2$ – Κάτω μεταλλικό επίπεδο

5.3 ΤΜΗΜΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ

5.3.1 Κύκλωμα

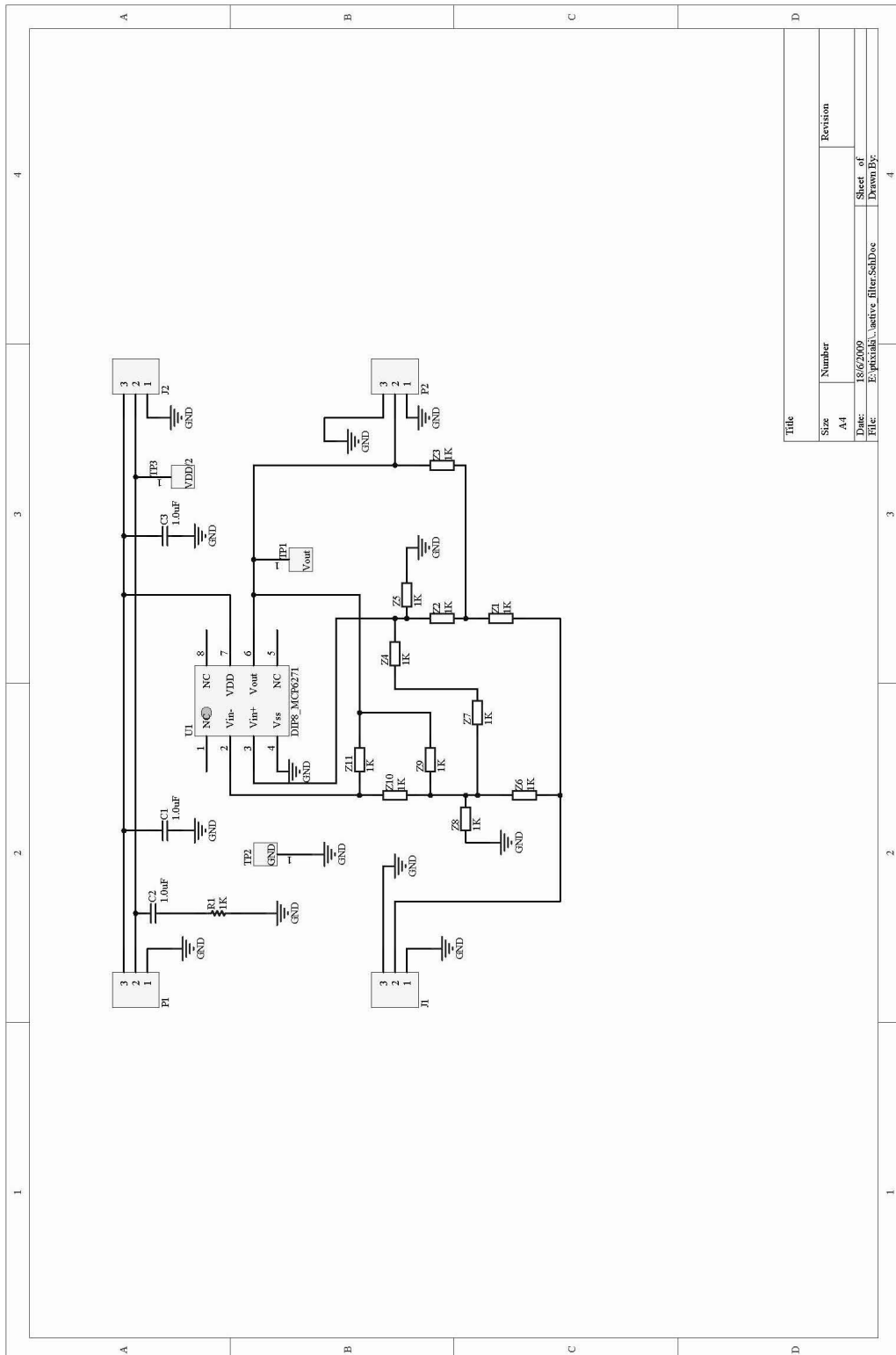
Στο Σχήμα 5-5 φαίνεται το κυκλωματικό διάγραμμα του Τμήματος του τροφοδοσίας $V_{DD}/2$. Οι ακροδέκτες εισόδου και εξόδου (J1, J2, P1, και P2) επιτρέπουν στα PCBs να συνδέονται σε σειρά όταν χρειάζεται. Η τάξη του φίλτρου θα καθορίσει πόσες πλακέτες θα χρειαστεί να συνδεθούν σε σειρά.

Οι εμπεδήσεις Z1 έως Z11 στην πραγματικότητα είναι αντιστάσεις, πυκνωτές, βραχυκυκλώματα η ανοιχτά κυκλώματα, εξαρτάται απ' την τοπολογία του τμήματος. Τα εξαρτήματα τοποθετούνται πάνω στην πλακέτα σε ζευγάρια ακίδων υποδοχών.

Ο τ.ε. U1 αλληλεπιδρά με τις σύνθετες αντιστάσεις Z1 έως Z11 για να σχηματίσουν ένα ενεργό τμήμα φίλτρου (ενός ή δύο πόλων).

Οι C1 και C3 είναι πυκνωτές διέλευσης για την V_{DD} . Ο C2 είναι πυκνωτής διέλευσης για την $V_{DD}/2$, και η R1 είναι αντίσταση απόσβεσης η οποία βοηθάει στην αποφυγή προβλημάτων χωρητικών φορτίων για τον τ.ε. στο Τμήμα τροφοδοσίας $V_{DD}/2$.

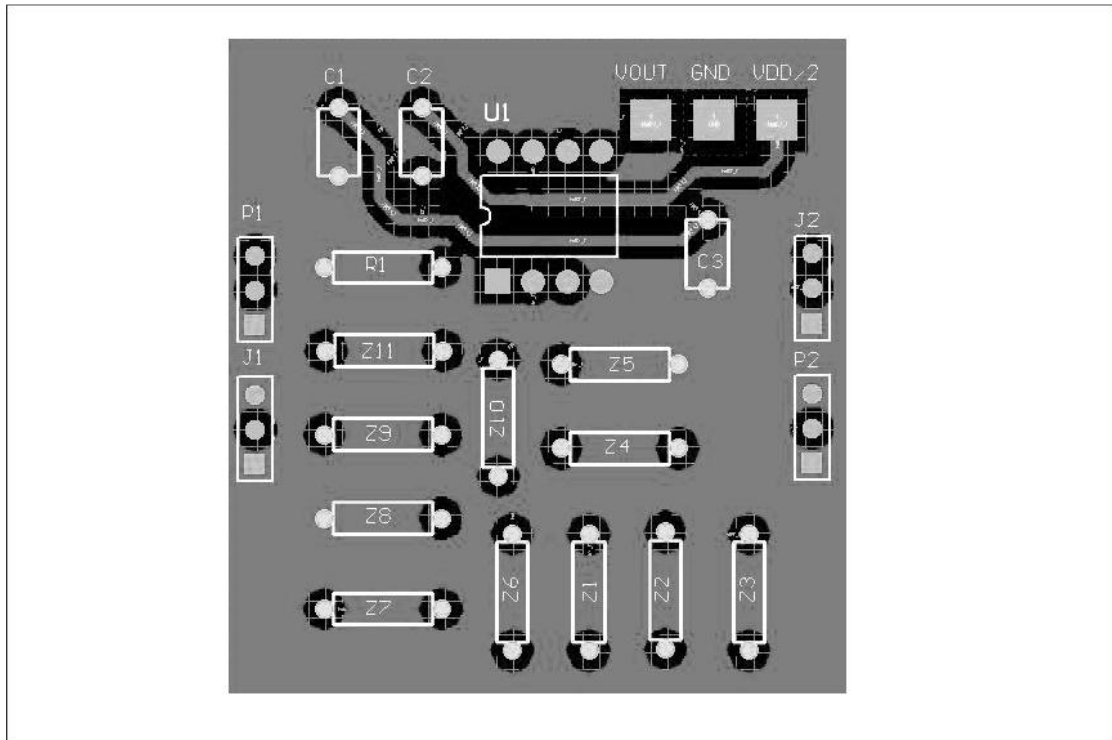
Η κάθε μια πλακέτα του ενεργού φίλτρου παρέχει δοκιμαστικά σημεία ελέγχου για την διευκόλυνση των εργαστηριακών δοκιμών. Τα TP1 και TP3 καθιστούν δυνατή την μέτρηση της τάσης εξόδου σε κάθε τμήμα του φίλτρου.



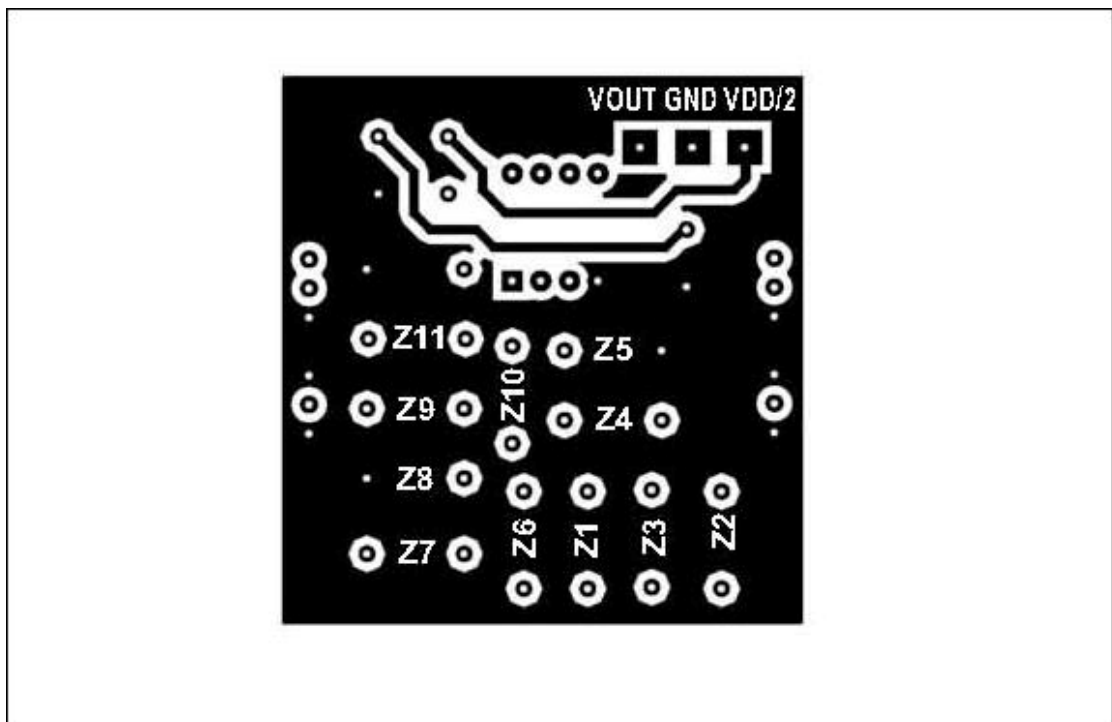
Σχήμα 5-5: Τμήμα Ενεργού Φίλτρου – Σχηματικό.

Title		Revision	
Size	Number		
A4			
Date:	18/6/2009	Sheet of	
File:	E:\piscislab\...active filter.schDoc	Drawn By:	

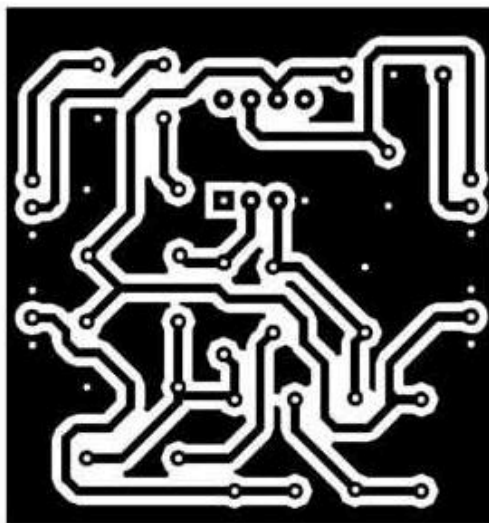
5.3.2 Σχέδια πλακετών τμήματος Ενεργού Φίλτρου



Σχήμα 5-6: Τμήμα Ενεργού Φίλτρου – Άνω μεταξοτυπία



Σχήμα 5-7: Τμήμα Ενεργού Φίλτρου – Άνω μεταλλικό επίπεδο



Σχήμα 5-8: Τμήμα Ενεργού Φίλτρου – Κάτω μεταλλικό επίπεδο

5.4 ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Στο *Σχήμα 3-1* φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα που μπορεί να υλοποιηθεί με τα εξαρτήματα που παρέχονται στη συσκευασία των εξαρτημάτων. Αυτό το Φίλτρο είναι Bessel χαμηλοπερατό με $n=5$, $f_c=100\text{Hz}$, και $\text{Gain}=1 \text{ V/V}$. Τροφοδοτείται με μια τάση και είναι σχεδιασμένο σε τοπολογία Sallen-Key.

Βλέπε **Ενότητα 6.1** “ΛΙΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ $V_{DD}/2$ ” για τα εξαρτήματα αυτού του φίλτρου..

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Η Λίστα των Εξαρτημάτων

6.1 ΛΙΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ $V_{DD}/2$

Η λίστα του Πίνακα 6-1 ανταποκρίνεται στο Σχήμα 2-2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-1: ΛΙΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Ποσότητα	Αναφορά	Περιγραφή
2	C_3, C_4	100 nF
2	C_1, C_2	1.0 μ F
1	JP_1	Header, 2 × 2, 0.100" Pitch,
1	(for JP_1)	Shunt, 1 × 2, With Handle
1	J_2	Header, Male, 1 × 3, 0.100",
1	P_2	Header, Female, 1 × 3, 0.100",
2	R_1, R_2	20.0 k Ω ,
5	$TP_1 - TP_5$	PC Test Point, Compact, Surface Mount
1	PCB	RoHS Compliant Bare PCB, $V_{DD}/2$ Filter Section 2,5cm x 4cm

6.2 ΛΙΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ

Η λίστα του Πίνακα 6-3 ανταποκρίνεται στο κύκλωμα του Σχήματος 2-4, το οποίο επαναλαμβάνεται τέσσερις φορές. Μη δημοφιλή εξαρτήματα βρίσκονται στον Πίνακα 6-4.

Πίνακας 6-3: ΛΙΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Ποσότητα (Σημείωση1)	Αναφορά	Περιγραφή
8	C ₂ , C ₃	100 nF
4	C ₁	1.0 μF
8	J ₁ , J ₂	Header, Male, 1 × 3, 0.100",
8	P ₁ , P ₂	Header, Female, 1 × 3, 0.100",
4	R ₁	10.0Ω
12	TP ₁ – TP ₃	PC Test Point, Compact, Surface Mount
88	(for Z ₁ to Z ₁₁)	Pin Recepticle, 0.015" to 0.025" dia., 0.057" hole dia.
4	PCB	RoHS Compliant Bare PCB, Active Filter Section 4cm x 4cm

Σημείωση 1 : Οι ποσότητες ανά πλακέτα όλες έχουν πολλαπλασιαστεί επί 4 γιατί υπάρχουν τέσσερα Τμήματα PCB's Ενεργού Φίλτρου στην Πλατφόρμα Εξάσκησης στα Ενεργά Φίλτρα

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-4: ΛΙΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ – ΜΗ ΔΗΜΟΦΙΛΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Αναφορά	Περιγραφή
Z ₁ – Z ₁₁	Impedances (resistors and capacitors) (Σημείωση 1)

Σημείωση 1 : Οι αντιστάσεις και οι πυκνωτές που αντιπροσωπεύονται από τα Z₁ έως το Z₁₁ παρέχονται από τον χρήστη. Δεν θα χρησιμοποιούνται όλα σε κάθε φίλτρο. Ο σάκος των εξαρτημάτων που περιγράφεται στον Πίνακα 6-5 περιλαμβάνει 10 βραχυκυκλωτήρες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ρύθμιση διαφορετικών σχεδίων φίλτρων.

6.3 ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Η λίστα στον Πίνακα 6-5 ανταποκρίνεται στην συλλογή από αντιστάσεις και πυκνωτές που παρέχονται στην συσκευασία των εξαρτημάτων της Πλατφόρμας Εξάσκησης στα Ενεργά Φίλτρα. Περιλαμβάνει αρκετούς τ.ε. και βραχυκυκλωτήρες για να υποστηρίξει οποιοδήποτε λογικό σχέδιο φίλτρου. Επίσης υποστηρίζει το κύκλωμα στο **“Κεφάλαιο 3. Υλοποιώντας ένα φίλτρο με εξαρτήματα που παρέχονται στην πλατφόρμα”**. Άλλα φίλτρα μπορεί να χρειαστούν μικρότερες ανοχές αντιστάσεων και πυκνωτών (1% ή 2%). Ο χρήστης παρέχει τις αντιστάσεις και τους πυκνωτές για οποιοδήποτε άλλο κύκλωμα φίλτρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-5: ΛΙΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Ποσότητα	Αναφορά	Περιγραφή
3	C11, C22, C32	100 nF, 50V
1	C31	150 nF, 50V
1	C21	390 nF, 50V
10	—	Jumper Wire, 0Ω, 1/4W Resistor” (Σημείωση 1)
1	R21	3.16 kΩ, 1/4W
1	R31	5.62 kΩ, 1/4W
1	R22	6.81 kΩ, 1/4W Metal Film
1	R11	10.7 kΩ, 1/4W
1	R32	12.7 kΩ, 1/4W

Σημείωση 1 : Τέσσερις από αυτές τις “αντιστάσεις” (βραχυκυκλωτήρες) χρησιμοποιούνται για βραχυκύκλωση του Z11 στο τμήμα του SK_LP1 (βλέπε Πίνακας 3-1), για το φίλτρο στο **“Κεφάλαιο 3. Υλοποιώντας ένα φίλτρο με εξαρτήματα που παρέχονται στην πλατφόρμα”**. Ωστόσο περιλαμβάνονται δέκα γιατί αυτό είναι το μέγιστο που μπορεί να χρειαστεί για οποιοδήποτε σχέδιο του FilterLab, με επιπλέον δυο εφεδρικές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Σύντομος οδηγός υλοποίησης εργαστηριακών ασκήσεων

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σ' αυτό το σύντομο σημείωμα σας δίνουμε μερικούς βασικούς κανόνες για το γράψιμο και την παρουσίαση του εργαστηριακών ασκήσεων.

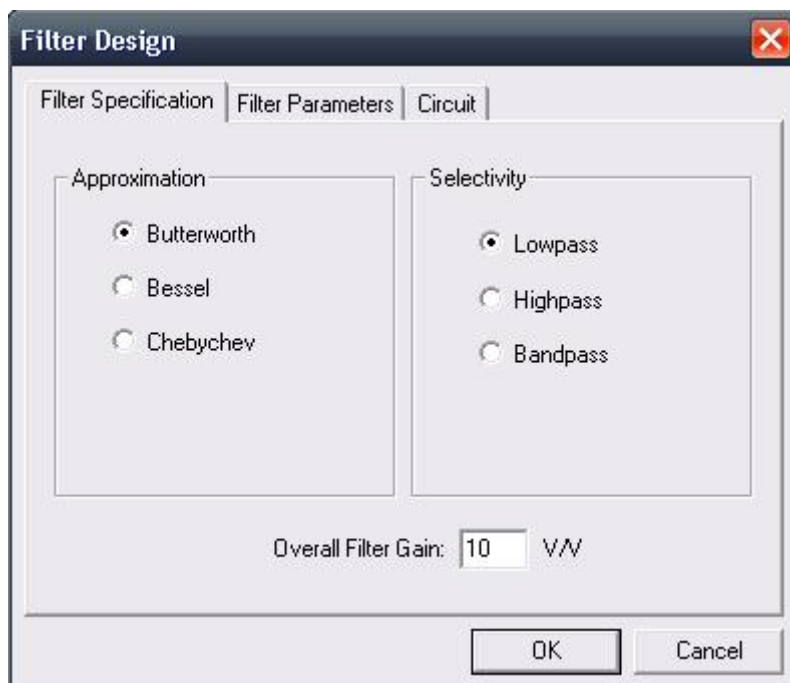
- Βεβαιωθείτε για τον σκοπό του πειράματος που πρόκειται να κάνετε.
- Ο κάθε σπουδαστής οφείλει να ξέρει καλά το θέμα της άσκησης.
- Σχεδιάστε με προσοχή κάθε κύκλωμα που χρησιμοποιείται.
- Ο σχεδιασμός των κυκλωμάτων γίνεται με την βοήθεια του filterlab (λειτουργικού της microchip)
- Η υλοποίηση των κυκλωμάτων γίνεται πάνω στην εργαστηριακή πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα
- Βεβαιωθείτε ότι κάνετε σωστά τη συνδεσμολογία.

7.2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ 2ου ΒΑΘΜΟΥ Sallen – Key με ενίσχυση με τη βοήθεια του Filterlab

Σκοπός

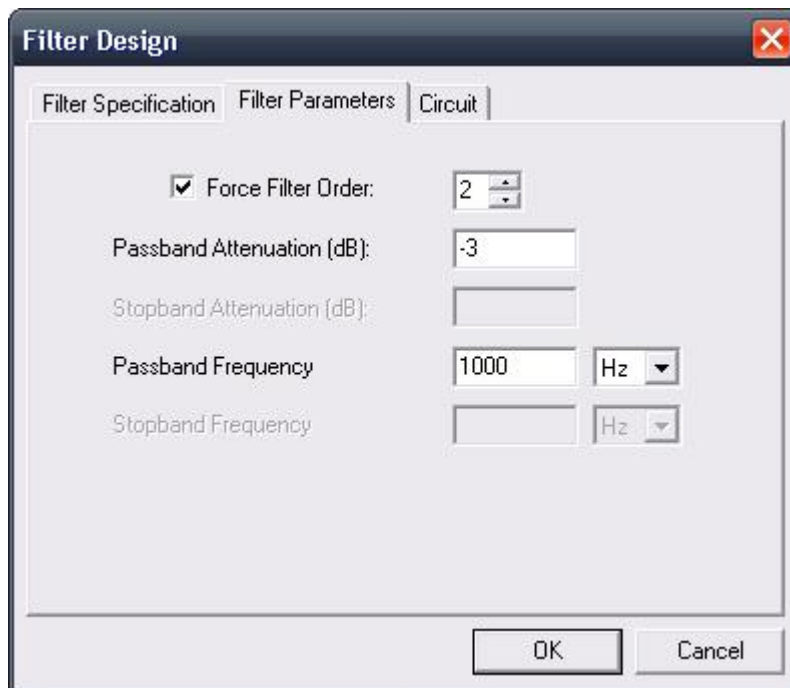
A) Σχεδιάστε με την βοήθεια του filterlab ένα χαμηλοπερατό φίλτρο 2^{ου} βαθμού sallen – key με ενίσχυση $K=10$ και συχνότητα αποκοπής $f_1=1\text{Khz}$

⇒ Ανοίγουμε την εφαρμογή του filterlab στον υπολογιστή, επιλέγουμε **filter > design**



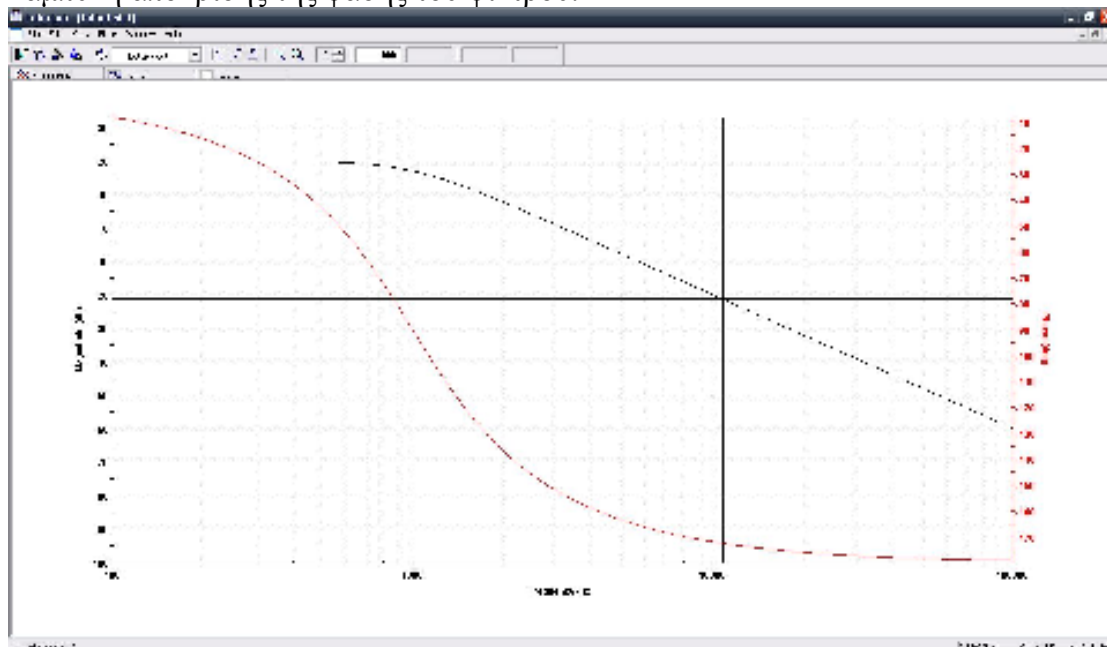
επιλέγουμε την προσέγγιση του φίλτρου που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε, στην προκειμένη περίπτωση το φίλτρο που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε ακολουθεί την προσέγγιση butterworth και στο πεδίο Overall Filter Gain γράφουμε 10 όπου είναι το κέρδος που επιδιώκουμε

⇒ Στην καρτέλα Filter Parameters μπορούμε να επιλέξουμε πολλές από τις παραμέτρους του φίλτρου.
Επισημαίνουμε η επιλογή Force Filter Order και επιλέγουμε εμείς την τάξη του φίλτρου:



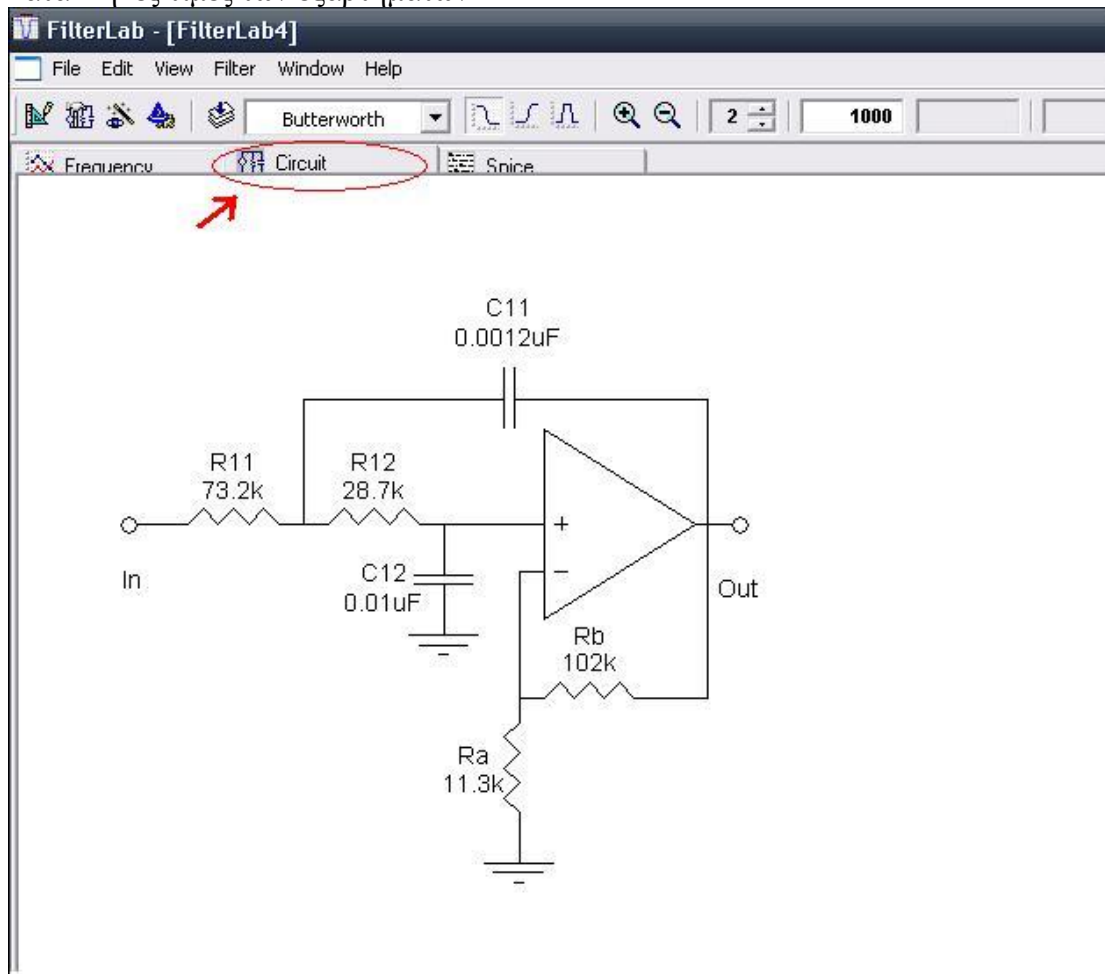
⇒ Επιλέγουμε 2 στην τάξη του φίλτρου και συχνότητα αποκοπής 1Khz και πατάμε Ok

Το πρόγραμμα θα μας δώσει την καμπύλη απόκρισης συχνότητας καθώς και την καμπύλη απόκρισης της φάσης του φίλτρου.



Πλατφόρμα εξάσκησης στα ενεργά φίλτρα (εγχειρίδιο χρήσης)

⇒ Πηγαίνουμε στην καρτέλα Circuit και βλέπουμε το σχέδιο του φίλτρου με τις κατάλληλες τιμές των εξαρτημάτων



Για να αντιστοιχήσουμε τις αντιστάσεις και τους πυκνωτές που θα χρησιμοποιήσουμε με τα Z της πλακέτας πάμε στο εγχειρίδιο της πλατφόρμας εξάσκησης στο κεφάλαιο «2.5.2 Sallen-Key, τμήματα χαμηλοπερατών φίλτρων» και από το σχήμα 2-7 βρίσκω την αντίστοιχη τοπολογία όπου στην προκειμένη περίπτωση είναι το **SK-LP2-K**. Στην συνέχεια από τον πίνακα 2-1 αντιστοιχίζουμε τις σύνθετες αντιστάσεις που θα χρησιμοποιήσουμε στην πράξη.