

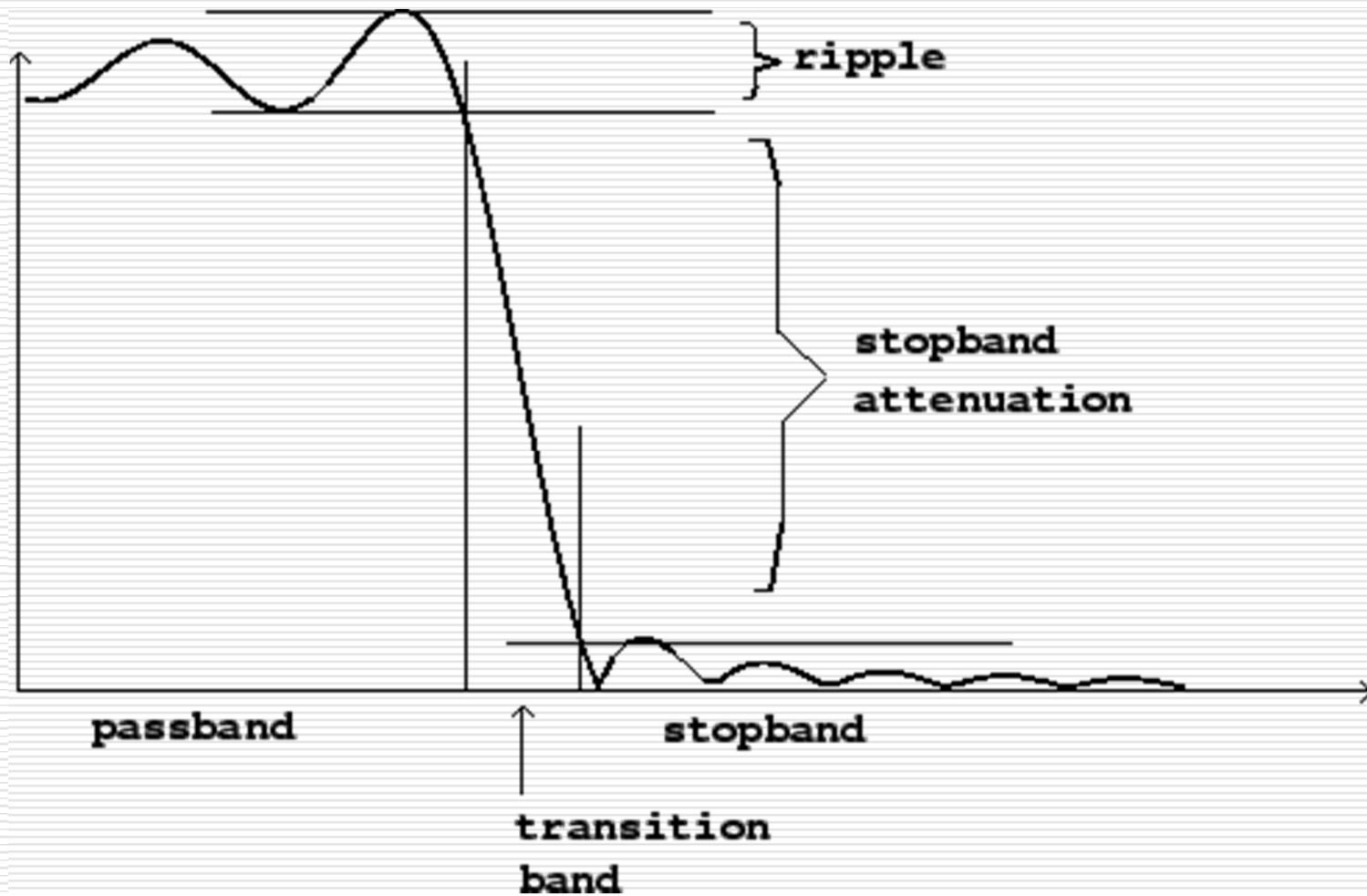


Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος

Εργαστήριο 9

Αλέξανδρος Μανουσάκης

Φίλτρα χαμηλών συχνοτήτων



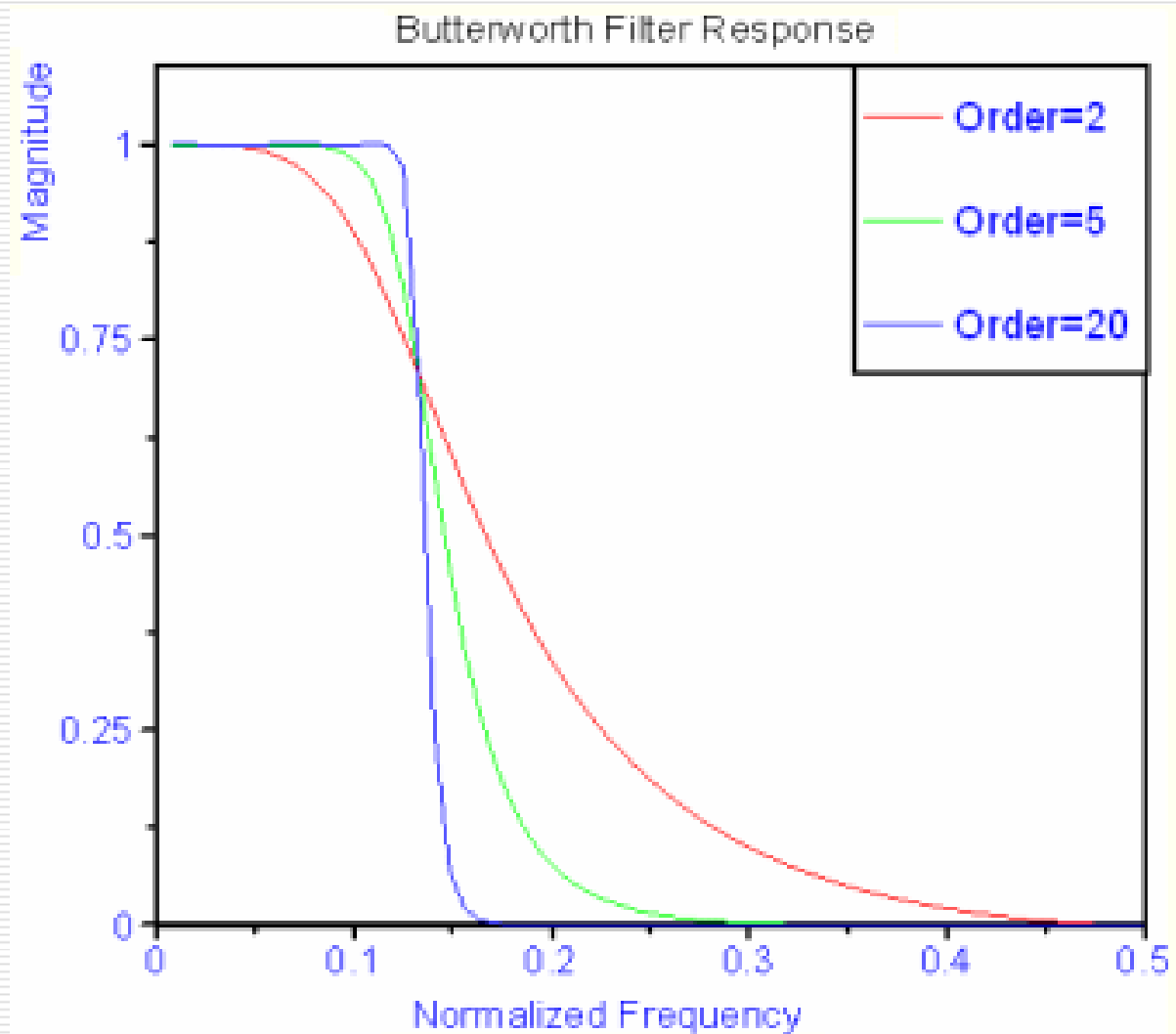
Αναλογικά φίλτρα χαμηλών συχνοτήτων Butterworth

- Η γενική μορφή του τετραγώνου του πλάτους του φίλτρου δίνεται από τη σχέση:

$$|H_a(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + (\Omega/\Omega_0)^{2N}}$$

- Αυξάνοντας το N (τάξη του φίλτρου) βελτιώνεται η απόδοση του σαν φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων σε σχέση με το ιδανικό
 - Το φίλτρο επιτρέπει τη διέλευση συχνοτήτων μέχρι τη συχνότητα αποκοπής Ω_0 (η συχνότητα στην οποία η εξασθένιση είναι -3db).
 - Ένα φίλτρο καθορίζεται πλήρως από την τάξη N και τη συχνότητα αποκοπής Ω_0 .
-

φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων



Κατασκευή φίλτρου

- Η ανάπτυξη της θεωρητικής υποδομής για την κατασκευή φίλτρων Butterworth χωρίζεται σε **2 μέρη**:

1. Δημιουργία των εξισώσεων για τον υπολογισμό των N και Ω_0
 2. Υπολογισμός της συνάρτησης μεταφοράς $H(s)$ του αναλογικού φίλτρου.
-

Προδιαγραφές φίλτρου

Οι προδιαγραφές του φίλτρου δίνονται συνήθως σε μορφή συχνοτήτων και εξασθένησης σήματος σε **db** ως εξής:

- **Ζώνη διέλευσης (passband):** Ω_{pass}
- **Ζώνη αποκοπής (stopband):** Ω_{stop}
- **Μέγιστη εξασθένηση (σε db) στη ζώνη διέλευσης:** A_{pass}
- **Ελάχιστη εξασθένηση (σε db) στη ζώνη αποκοπής:** A_{stop}

Αφού καθοριστούν τα N και Ω η συνάρτηση μεταφοράς μπορεί να βρεθεί με φασματική παραγοντοποίηση (spectral factorization).

Υλοποίηση στο Matlab

Στο Matlab η συνάρτηση που μας δίνει την τάξη του φίλτρου και τη συχνότητα αποκοπής από τις προδιαγραφές είναι η

$$[N, W_o] = \text{buttord}(W_{\text{pass}}, W_{\text{stop}}, A_{\text{pass}}, A_{\text{stop}}, 's')$$

Αφού υπολογίσουμε τα N και W_o χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση :

$$[\text{num}, \text{den}] = \text{butter}(N, W_o, 's')$$

η οποία μας δίνει τους συντελεστές του αριθμητή και του παρονομαστή της συνάρτησης μεταφοράς του βαθυπερατού φίλτρου που θέλουμε να κατασκευάσουμε.

Άσκηση 1

- Να κατασκευάσετε ένα αναλογικό βαθυπερατό φίλτρο που να επιτρέπει τη διέλευση συχνοτήτων μέχρι 4 KHz με μεγίστη εξασθένιση 1db στη ζώνη αυτή, ενώ από 8 KHz και πάνω να έχει εξασθένιση τουλάχιστον 40db.

Οι προδιαγραφές του φίλτρου είναι:

$$A_{pass}=1db,$$

$$A_{stop}=40db,$$

$$\Omega_{pass}=4000Hz=2\pi\cdot 4000 \text{ rad/sec}$$

$$\Omega_{stop}=8000Hz=2\pi\cdot 8000 \text{ rad/sec}$$

Άσκηση 1

```
[N,Wo]=buttord(2*pi*(4000),2*pi*(8000),1,40,'s')  
[num,den]=butter(N,Wo,'s');  
[H,W]=freqs(num,den);  
plot(W/(2*pi), 20*log10(abs(H)))
```

