

Τμήμα Τεχνών Ήχου και Εικόνας
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Μάθημα: Τεχνολογία Ήχου

Εργαστηριακή Άσκηση 2
**«Αποτύπωση παραμορφώσεων της αλυσίδας ηχητικής
αναπαραγωγής»**

Διδάσκων: Φλώρος Ανδρέας
Δρ. Ηλ/γος Μηχ/κός & Τεχνολογίας Υπολογιστών

Κέρκυρα, 2015

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών» 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή	3
2. Θεωρία	3
2.1. Γραμμικές παραμορφώσεις και προσθετικός θόρυβος.....	3
2.2. Μη-γραμμικές παραμορφώσεις	4
3. Υλοποίηση της άσκησης.....	5
3.1. Εκτίμηση γραμμικών παραμορφώσεων και προσθετικού θορύβου	5
3.2. Εκτίμηση μη-γραμμικών παραμορφώσεων	6
4. Σημαντικές παρατηρήσεις.....	6

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 2

«Αποτύπωση παραμορφώσεων της αλυσίδας ηχητικής αναπαραγωγής»

1. Εισαγωγή

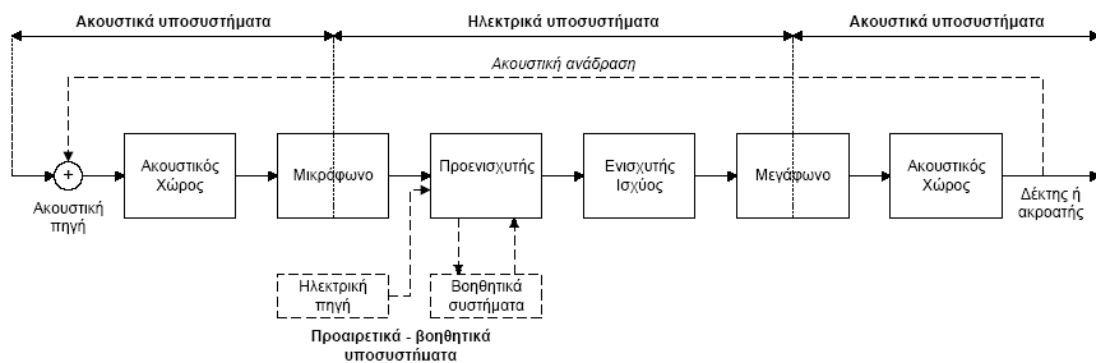
Όπως έχει αναφερθεί διεξοδικά στις διαλέξεις του μαθήματος, η δομή και ο τρόπος λειτουργίας της αλυσίδας ηχητικής αναπαραγωγής συνεπάγεται την εισαγωγή τριών τύπων παραμορφώσεων στο τελικά αναπαραγόμενο σήμα: α) γραμμικών παραμορφώσεων β) μη-γραμμικών παραμορφώσεων και γ) προσθετικού θορύβου.

Στόχος της συγκεκριμένης άσκησης είναι η αποτύπωση (ποιοτική και ποσοτική) των παραπάνω παραμορφώσεων. Για το λόγο αυτό, θα αναπαραχθεί σε κανονικές – συνθήκες συνθήκες ακρόασης ένα ηχητικό σήμα α) απλού αρμονικού περιεχομένου β) ομιλίας και γ) μουσικής, και παράλληλα θα ηχογραφηθεί εκ νέου και στο τελικά καταγεγραμμένο ηχητικό σήμα θα πραγματοποιηθούν μία σειρά από μετρήσεις οι οποίες θα αναδείξουν τα ιδιαίτερα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των παρατηρούμενων – εισαγόμενων παραμορφώσεων.

2. Θεωρία

2.1. Γραμμικές παραμορφώσεις και προσθετικός θόρυβος

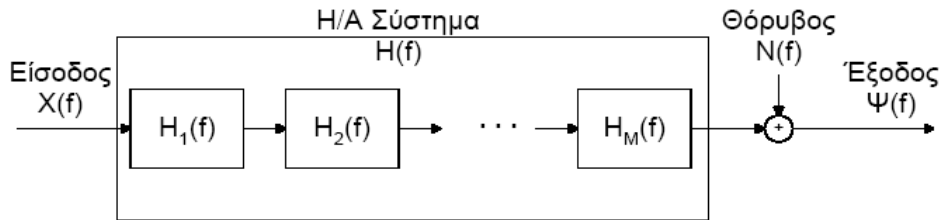
Οι ηλεκτροακουστικές συσκευές που απαρτίζουν μία τυπική αλυσίδα ηχητικής αναπαραγωγής (**Σχήμα 1**), εάν ήταν ιδανικές, θα λειτουργούσαν με όρους απόλυτης πιστότητας, δηλαδή θα παρήγαγαν σήματα στην έξοδό τους που δεν θα ήταν καθ' οιονδήποτε τρόπο αλλοιωμένα σε σχέση με τα σήματα που λαμβάνουν στην είσοδο τους. Στην πράξη όμως, καμία συσκευή δεν λειτουργεί ιδανικά, με αποτέλεσμα να εισάγονται παραμορφώσεις, οι οποίες μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες: α) γραμμικές παραμορφώσεις και β) παραμορφώσεις προσθετικού θορύβου.



Σχήμα 1: Τυπική αρχιτεκτονική της αλυσίδας ηχητικής αναπαραγωγής

Σε μία απόπειρα μοντελοποίησης των ανωτέρω παραμορφώσεων, η αλυσίδα της ηχητικής αναπαραγωγής μπορεί να αναπαρασταθεί ως μια διαδοχή επιμέρους συστημάτων, το καθένα εκ των οποίων έχει μία απόκριση συχνότητας $H_i(f)$, όπως ακριβώς απεικονίζεται στο **Σχήμα 2**. Με βάση την προσέγγιση αυτή, εάν το σήμα εισόδου έχει φάσμα ίσο προς $X(f)$, τότε η παρατηρούμενη έξοδος θα έχει φασματικό περιεχόμενο που δίνεται από την σχέση:

$$Y(f)=H(f)X(f)+N(f)=[H_1(f)H_2(f)\dots H_M(f)]X(f)+N(f) \quad (1)$$



Σχήμα 2: Μοντελοποίηση γραμμικών παραμορφώσεων και προσθετικού θορύβου

Στην εξίσωση (1), με $N(f)$ περιγράφεται το φασματικό περιεχόμενο του προσθετικού θορύβου. Από την εξίσωση αυτή είναι προφανές ότι το σήμα εξόδου είναι ίδιο με το σήμα εισόδου ($X(f)=Y(f)$), όταν ισχύει ταυτοχρόνως ότι:

$$N(f)=0 \quad (2)$$

και

$$H(f)=H_1(f)H_2(f)\dots H_M(f)=1 \quad (3)$$

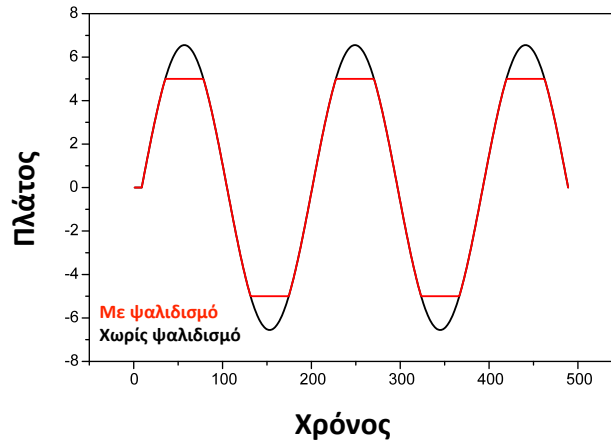
Από τις παραπάνω δύο συνθήκες, η πρώτη αναφέρεται στην απουσία οποιουδήποτε θορύβου (π.χ. κατά την ηχογράφιση). Αυτό στην πράξη επιτυγχάνεται με την πραγματοποίηση ηχογραφήσεων σε χώρους με κατάλληλη ηχητική μόνωση για την αποκοπή του θορύβου από το εξωτερικό περιβάλλον, εντός των οποίων η ύπαρξη πρόσθετων πηγών θορύβου (π.χ. κλιματιστικών ή άλλων ηλεκτρονικών μηχανημάτων) αποφεύγεται.

Η δεύτερη συνθήκη δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί στην πράξη, καθώς κάθε ηλεκτροακουστική συσκευή (καθώς επίσης και ο χώρος πραγματοποίησης μιας ηχογράφησης) έχει μία μη-ιδανική απόκριση συχνότητας, κάτι που συνεπάγεται ότι η εξίσωση (3) δεν ικανοποιείται ποτέ.

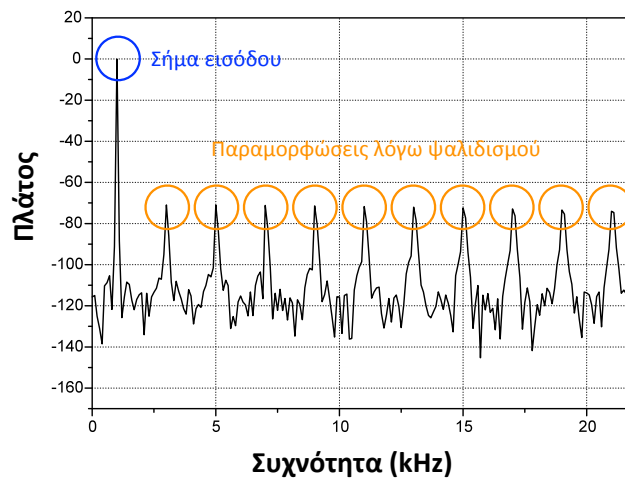
2.2. Μη-γραμμικές παραμορφώσεις

Οι μη-γραμμικές παραμορφώσεις αποτελούν ένα πρόσθετο είδος παραμόρφωσης το οποίο συνήθως οφείλεται στην κατάσταση λειτουργίας της αλυσίδας ηχητικής αναπαραγωγής και σε κάθε περίπτωση, στο μέτρο που αυτό είναι εφικτό, θα πρέπει να αποφεύγονται. Τυπικό παράδειγμα μη-γραμμικής παραμόρφωσης κατά την εγγραφή ηχητικού υλικού αποτελεί ο ψαλιδισμός, ο οποίος παρατηρείται όταν οι τιμές του καταγραφόμενου σήματος ξεπεράσουν κατ' απόλυτη τιμή τις τιμές που μπορεί να διαχειριστεί το σύστημα της ηχογράφησης. Στην περίπτωση αυτή, οι τιμές του σήματος που υπερβαίνουν το όριο αυτό, αποκόπτονται (**Σχήμα 3**), και η αρχική πληροφορία που σχετίζεται με την ακριβή μορφή της κυματομορφής του ακουστικού σήματος χάνεται οριστικά.

Στην πράξη, ο ψαλιδισμός των τιμών ενός σήματος στο πεδίο του χρόνου συνεπάγεται την εμφάνιση αρμονικών στο πεδίο της συχνότητας (**Σχήμα 4**), των οποίων μάλιστα το πλάτος μεγαλώνει, όσο μεγαλύτερο είναι και το ποσοστό του ψαλιδισμού που λαμβάνει χώρα. Το φαινόμενο αυτό προσδίδει μια χαρακτηριστική μεταλλική χροιά / τραχύτητα στον τελικά αναπαραγόμενο ήχο, η οποία ενισχύεται με την αύξηση του ποσοστού του ψαλιδισμού.



Σχήμα 3: Γραφική απεικόνιση του ψαλιδισμού στο πεδίο του χρόνου



Σχήμα 4: Γραφική απεικόνιση του ψαλιδισμού στο πεδίο της συχνότητας

Για την αποφυγή του φαινομένου του ψαλιδισμού, θα πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερη μέριμνα κατά την ηχογράφηση ώστε να μην ικανοποιηθεί η βασική συνθήκη εμφάνισής του που αναφέρθηκε προηγουμένως.

3. Υλοποίηση της άσκησης

3.1. Εκτίμηση γραμμικών παραμορφώσεων και προσθετικού θορύβου

Όπως προκύπτει από την εξίσωση (1), η εκτίμηση των γραμμικών παραμορφώσεων και των παραμορφώσεων προσθετικού θορύβου δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί μεμονωμένα, καθώς κάτι τέτοιο θα απαιτούσε την ικανοποίηση μίας εκ των δύο συνθηκών που περιγράφονται από τις εξισώσεις (2) και (3) αντίστοιχα. Κάτι τέτοιο όμως δεν είναι εφικτό στις πραγματικές συνθήκες υλοποίησης της παρούσας άσκησης. Για την υλοποίηση του παρόντος σκέλους της άσκησης, ακολουθήστε τα παρακάτω βήματα:

1. Με την χρήση μιας γεννήτριας ημιτονικών κυματομορφών δημιουργήστε δύο τόνους συχνότητας 500Hz και 5kHz. Ρυθμίστε το πλάτος του σήματος ώστε να είναι το μέγιστο δυνατό (0dB relative Full Scale).

2. Αναπαράγετε τους παραπάνω ήχους διαδοχικά μέσω ενός συστήματος προενισχυτή/ενισχυτή ισχύος/μεγαφώνου διατηρώντας το κέρδος της ηχογράφησης σταθερό. Συγκεκριμένα, ρυθμίστε το κέρδος της ηχογράφησης έτσι ώστε σε απόσταση 1 μέτρου από το μεγάφωνο / ηχείο που θα χρησιμοποιήσετε για την αναπαραγωγή, η στάθμη του ήχου για το αρμονικό σήμα των 500Hz να είναι ίση προς 85dB-SPL.
3. Τοποθετήστε ένα μικρόφωνο επί του άξονα του μεγαφώνου και σε απόσταση ενός μέτρου από αυτό. Ηχογραφήστε το σήμα που αναπαράγεται για τις δύο περιπτώσεις και αποθηκεύστε το σε κάποιο αρχείου ήχου υπολογιστή.
4. Για κάθε μια από τις δύο περιπτώσεις τονικών σημάτων, υπολογίστε το φάσμα του αρχικού σήματος $X(f)$ και του σήματος που ηχογραφήσατε $Y(f)$. Για τον υπολογισμό του φάσματος, χρησιμοποιήστε οποιοδήποτε σχετικού λογισμικού έχετε χρησιμοποιήσει στο παρελθόν για αυτό το σκοπό. Ενδεικτικά, μπορείτε να συμβουλευτείτε την διαδικασία που ακολουθήθηκε στα πλαίσια της δεύτερης εργαστηριακής άσκησης του μαθήματος της Ακουστικής και Ψυχοακουστικής.
5. Δώστε υπό μορφή διαγράμματος τις φασματικές απεικονίσεις $X(f)$ και $Y(f)$ για τις δύο παραπάνω περιπτώσεις αρμονικών σημάτων και προσπαθήστε να εξηγήσετε ποιοτικά τις διαφορές που παρατηρείτε.
6. Επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία για ένα α) σήμα ομιλίας και β) σήμα μουσικής. Τα αντίστοιχα αρχεία ήχου μπορείτε να τα μεταφορτώσετε από το e-class.

3.2. Εκτίμηση μη-γραμμικών παραμορφώσεων

Για την εκτίμηση των μη γραμμικών παραμορφώσεων θα πρέπει να επαναλάβετε την διαδικασία που περιγράφεται στην Ενότητα 3.1 με τις εξής διαφοροποιήσεις:

1. Στην περίπτωση των αρμονικών σημάτων συχνότητας 500Hz και 5kHz, πριν τα αναπαράγετε, ενισχύστε τα με επιπλέον κέρδος της τάξης των 3dB. Με τον τρόπο αυτό θα δημιουργηθεί ψαλιδισμός στο σήμα.
2. Στην περίπτωση των σημάτων ομιλίας και μουσικής, αρχικά κανονικοποιήστε τα (peak-normalization) ώστε να φτάσουν στην τιμή των 0dB-FS και στην συνέχεια ενισχύστε τα με επιπλέον κέρδος ίσο με 3dB. Με τον τρόπο αυτό θα δημιουργηθεί επίσης ψαλιδισμός.

4. Σημαντικές παρατηρήσεις

1. Δεδομένου ότι τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την εκτέλεση της εργαστηριακής άσκησης είναι καθορισμένα, παρακαλούνται οι συμμετέχοντες να προσέλθουν χωρίς καθυστέρηση την προβλεπόμενη ώρα, καθώς θα είναι αδύνατη η προς τα πίσω εξήγηση, η ερμηνεία επιμέρους λεπτομερειών και η παροχή πρόσθετων διευκρινίσεων.
2. Για την εκτέλεση της άσκησης στις συνθήκες του εργαστηρίου, απαραίτητη κρίνεται η τήρηση σημειώσεων που θα αφορούν στα δεδομένα της άσκησης. Για αυτό, παρακαλούνται όλοι οι φοιτητές να έχουν μαζί τους «χαρτί και μολύβι».

3. Κατά την ηχογράφηση θα πρέπει να απενεργοποιηθεί κάθε είδους εξοπλισμός (π.χ. υπολογιστές/κινητά τηλέφωνα) ο οποίος δεν χρησιμοποιείται για τους σκοπούς της άσκησης.