



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

© Εισαγωγή

Εμμανουήλ Ζ. Ψαράκης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 1

Υλοποίηση FIR Φίλτρων

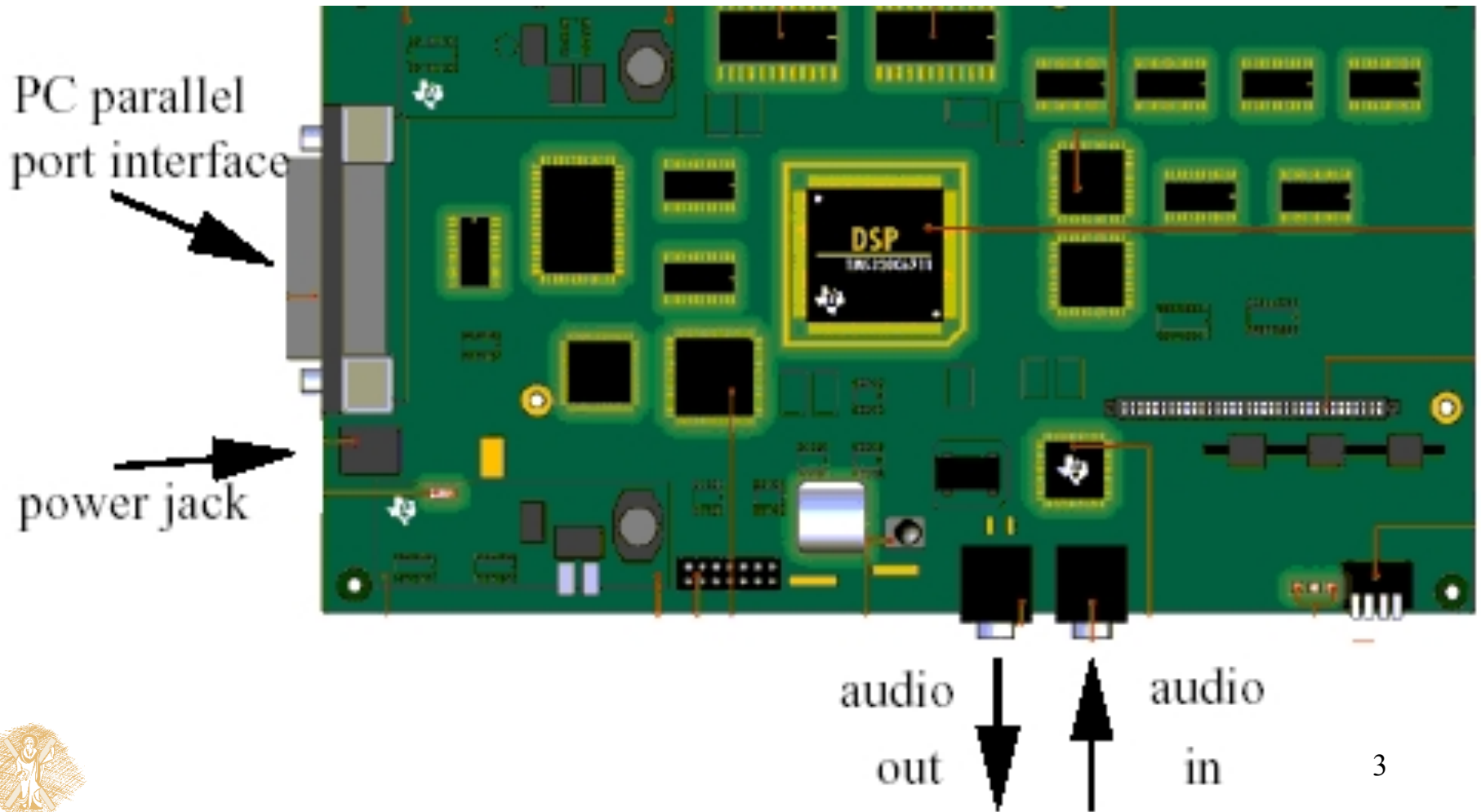
Στα πλαίσια αυτής της άσκησης θα υλοποιηθούν ψηφιακά FIR φίλτρα στην αναπτυξιακή κάρτα *TMS320C6711 DSK*. Ο σκοπός της άσκησης συνοψίζεται στα ακόλουθα σημεία :

- Εξοικείωση με το περιβάλλον προγραμματισμού του επεξεργαστή σήματος κινητής υποδιαστολής TMS320C6711.
- Εξοικείωση με τον προγραμματισμό και το χειρισμό των περιφερειακών συσκευών του.
- Υλοποίηση FIR φίλτρων σε πραγματικό χρόνο.



Άποψη DSK TMS320C6711

Άποψη της Αναπτυξιακής κάρτας DSP Starter Kit (DSK).



Simulink

Τι είναι το Simulink;

Το Simulink είναι ένα διαδραστικό περιβάλλον που χρησιμοποιείται για την:

- Μοντελοποίηση
- Εξομοίωση και
- Ανάλυση

Δυναμικών συστημάτων.



Simulink

Πέρα από την μοντελοποίηση την εξομοίωση και την ανάλυση δυναμικών συστημάτων, το **Simulink** συνεργάζεται με άλλα προϊόντα όπως είναι το:

- **Real-Time Workshop** και
- **Real-Time Workshop Embedded Coder**

παρέχοντας έτσι την δυνατότητα γέννησης κώδικα σε ANSI C και ISO C για μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ενσωματωμένα συστήματα.



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 2

Υλοποίηση Προσαρμοστικών Φίλτρων

Στα πλαίσια αυτής της άσκησης θα υλοποιηθούν στην αναπτυξιακή κάρτα *TMS320C6711 DSK* προσαρμοστικά φίλτρα FIR που βασίζονται στον αλγόριθμο **Least Mean Squares** (LMS). Τα προσαρμοστικά φίλτρα θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση συστημάτων που άπτονται των παρακάτω βασικών εφαρμογών:

- Βελτίωση φασματικής γραμμής.
- Ισοστάθμιση τηλεπικοινωνιακού καναλιού.



Εκτίμηση Τυχαίων Σημάτων

Nothing in nature is *random*. A thing appears *random* only through the incompleteness of our knowledge.

Spinoza

I do not believe that *God* rolls dice.

attributed to Einstein



Εκτίμηση Τυχαίων Σημάτων

Το πρόβλημα που θέλουμε να λύσουμε είναι το ακόλουθο:

Μας διατίθεται ένα *στοχαστικό* σήμα $\{X_n\}$ με τη βοήθεια του οποίου καλούμαστε να εκτιμήσουμε ένα άλλο *στοχαστικό* σήμα $\{S_n\}$.

Η διαδικασία εκτίμησης του σήματος $\{S_n\}$ από το σήμα $\{X_n\}$, στην ορολογία της επεξεργασίας σημάτων, καλείται *φιλτράρισμα* του σήματος $\{X_n\}$ και το σύστημα *φίλτρο*.



Εκτίμηση Τυχαίων Σημάτων

Αν χρησιμοποιήσουμε σαν κριτήριο το Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα

$$\mathbf{E} \left\{ (\varsigma_n - \hat{\varsigma}_n)^2 \right\}$$

όπου η εκτίμηση $\hat{\varsigma}_n$ θα πρέπει να είναι συνάρτηση του σήματος $\{\mathcal{X}_n\}$, δηλαδή

$$\hat{\varsigma}_n = \Phi \left\{ \dots, \mathcal{X}_{-1}, \mathcal{X}_0, \mathcal{X}_1, \dots \right\}$$

τότε, η βέλτιστη μη γραμμική εκτίμηση της ακολουθίας $\{\varsigma_n\}$ είναι η ακολουθία των δεσμευμένων μέσων όρων:

$$\hat{\varsigma}_n = \mathbf{E} \left\{ \varsigma_n \mid \dots, \mathcal{X}_{-1}, \mathcal{X}_0, \mathcal{X}_1, \dots \right\}$$



Γραμμική Εκτίμηση Τυχαίων Σημάτων

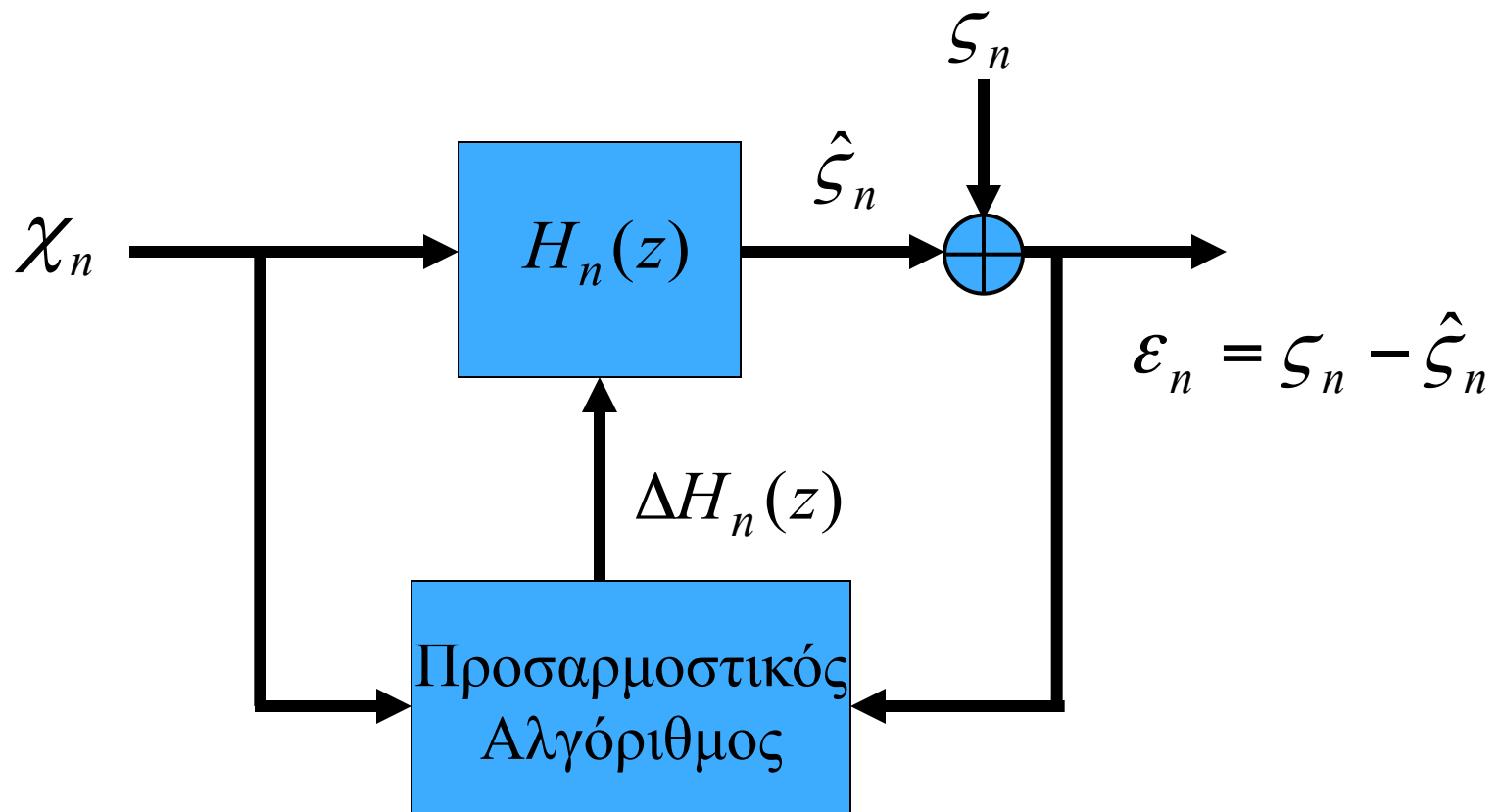
Εκτίμηση κάθε όρου $\hat{\zeta}_n$ της ακολουθίας $\{\zeta_n\}$ από γραμμικό συνδυασμό των δειγμάτων του σήματος $\{\chi_n\}$. Δηλαδή:

$$\hat{\zeta}_n = d_n + \sum_k h_{n,k} \chi_{n-k}$$

όπου $\{d_n\}$ και $\{h_{n,k}\}$ ντετερμινιστικές ακολουθίες τις οποίες και θα πρέπει να προσδιορίσουμε.



Προσαρμοστικά Φίλτρα



Αναδρομικοί Αλγόριθμοι

Θεωρήστε το ακόλουθο πρόβλημα ελαχιστοποίησης:

$$\min_{\mathcal{V}} \Phi(\mathcal{V})$$

όπου $\Phi(\cdot)$ γνωστή συνάρτηση.

Η λύση του προβλήματος είναι τα σημεία εκείνα στα οποία:

$$\nabla_{\mathcal{V}} \Phi(\mathcal{V}^*) = 0$$



Αναδρομικοί Αλγόριθμοι

Ας ορίσουμε τη ντετερμινιστική αναδρομική σχέση:

$$\vartheta_n = \vartheta_{n-1} - \mu \nabla_{\vartheta} \Phi(\vartheta_{n-1})$$

όπου ϑ_n ντετερμινιστικές ποσότητες.

Αν η παραπάνω αναδρομική σχέση συγκλίνει με κάποια έννοια, τότε:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \vartheta_n = \vartheta_{\infty} = \vartheta_{\infty} - \mu \nabla_{\vartheta} \Phi(\vartheta_{\infty})$$

και επομένως $\nabla_{\vartheta} \Phi(\vartheta_{\infty}) = 0$. Δηλαδή, το $\vartheta_{\infty} = \vartheta^*$ είναι η λύση του προβλήματος ελαχιστοποίησης.



Αναδρομικοί Αλγόριθμοι

Ας υποθέσουμε τη ντετερμινιστική αναδρομική σχέση:

$$\vartheta_n = \vartheta_{n-1} - \mu \Psi(\vartheta_{n-1})$$

όπου ϑ_n ντετερμινιστικές ποσότητες.

Τα ερωτήματα στα οποία θα πρέπει να δώσουμε απάντηση είναι:

1. Ποια είναι τα πιθανά σημεία σύγκλισης;
2. Είναι ευσταθή, ολικά, τοπικά;
3. Ποια η ταχύτητα σύγκλισης της αναδρομής στα σημεία αυτά;



Αναδρομικοί Αλγόριθμοι

1. Ποια είναι τα πιθανά σημεία σύγκλισης;

Τα πιθανά σημεία σύγκλισης είναι τα σημεία ισορροπίας της συνάρτησης $\Psi(\cdot)$, δηλαδή τα σημεία στα οποία $\Psi(\vartheta) = 0$.

Στη συνέχεια θα δώσουμε απάντηση στα υπόλοιπα ερωτήματα διακρίνοντας τις ακόλουθες περιπτώσεις:

A. Η διανυσματική συνάρτηση $\Psi(\cdot)$ είναι γραμμική συνάρτηση του ϑ .

B. Η διανυσματική συνάρτηση $\Psi(\cdot)$ είναι μη γραμμική συνάρτηση του ϑ .



Προσαρμοστικοί Αλγόριθμοι

Πώς μπορούμε από τη ντετερμινιστική αναδρομική σχέση

$$\bar{\vartheta}_n = \bar{\vartheta}_{n-1} - \mu \nabla_{\vartheta} \Phi(\bar{\vartheta}_{n-1})$$

όπου $\bar{\vartheta}_n$ ντετερμινιστικές ποσότητες, να ορίσουμε μια αντίστοιχη στοχαστική αναδρομική σχέση;

Αν, για παράδειγμα, θεωρήσουμε ότι $\Phi(\vartheta) = E_{\mathcal{X}} \{ \Theta(\vartheta, \mathcal{X}_n) \}$ και διώξουμε τον τελεστή αναμενόμενης τιμής από τη ντετερμινιστική αναδρομική σχέση θα πάρουμε την ακόλουθη στοχαστική αναδρομική σχέση:

$$\vartheta_n = \vartheta_{n-1} - \mu \nabla_{\vartheta} \Theta(\vartheta_{n-1}, \mathcal{X}_n) = \vartheta_{n-1} - \mu \mathcal{H}(\vartheta_{n-1}, \mathcal{X}_n)$$

Σκοπός μας είναι τώρα να δούμε πώς σχετίζονται οι $\bar{\vartheta}_n$ με τις ϑ_n .



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 3

Σύστημα Σηματοδότησης Dual Tone Multi Frequency

Στα πλαίσια αυτής της άσκησης θα υλοποιηθεί στο προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab το σύστημα σηματοδότησης Dual Tone Multi Frequency.



Σύστημα Σηματοδότησης DTMF

Όταν πατάμε το πλήκτρο μιας τηλεφωνικής συσκευής δημιουργείται, όπως φαίνεται στο πίνακα, ένα Dual Tone Multiple Frequency σήμα

DTMF Κωδικοποίηση			
Συχνότητα	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz
697 Hz	1	2	3
770 Hz	4	5	6
852 Hz	7	8	9
941 Hz	*	0	#

$$x(n) = \cos(2\pi 697n/fs) + \cos(2\pi 1336n/fs) \quad n=0,1,2,\dots,N-1$$

f_s : η συχνότητα δειγματοληψίας

N : η χρονική διάρκεια (σε πλήθος δειγμάτων) του **DTMF** σήματος



Σύστημα Σηματοδότησης DTMF

- Υπολογίζοντας τον Διακριτό Μετασχηματισμό Fourier (DFT) του DTMF σήματος.

Η ιδέα είναι απλή, αφού το DTMF σήμα συντίθεται από δύο ημιτονικά σήματα περιμένουμε το ενεργειακό του περιεχόμενό του να είναι συγκεντρωμένο γύρω από δύο συγκεκριμένες συχνότητες. Για τον υπολογισμό του DFT μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε FFT είτε τον αλγόριθμο του Goertzel.

- Χρησιμοποιώντας Συστοιχία Φίλτρων (Filter Bank).

Ένας άλλος τρόπος με τον οποίο μπορούμε να υλοποιήσουμε τον αποκωδικοποιητή είναι να περάσουμε το DTMF σήμα μέσα από μία συστοιχία φίλτρων (Filter Bank)



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 4

Τεχνικές Εκτίμησης Συχνοτικού Περιεχομένου Σημάτων

Στα πλαίσια αυτής της άσκησης θα εξεταστούν τεχνικές εκτίμησης του συχνοτικού περιεχομένου ντετερμινιστικών και στοχαστικών σημάτων διακριτού χρόνου πεπερασμένης χρονικής διάρκειας και θα υλοποιηθούν στην αναπτυξιακή κάρτα DSK TMS320C6711. Συγκεκριμένα, οι τεχνικές που θα εξεταστούν και θα υλοποιηθούν θα βασίζονται στον Ταχύ Μετασχηματισμό Fourier (FFT). Σκοπός της άσκησης είναι η φασματική ανάλυση σημάτων σε πραγματικό χρόνο και η διερεύνηση θεμάτων, όπως η παραθύρωση και η κατάτμηση του σήματος. Τέλος υλοποιείται η τεχνική της φασματικής αφαίρεσης, με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας σημάτων ομιλίας σε πραγματικό χρόνο.



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 5

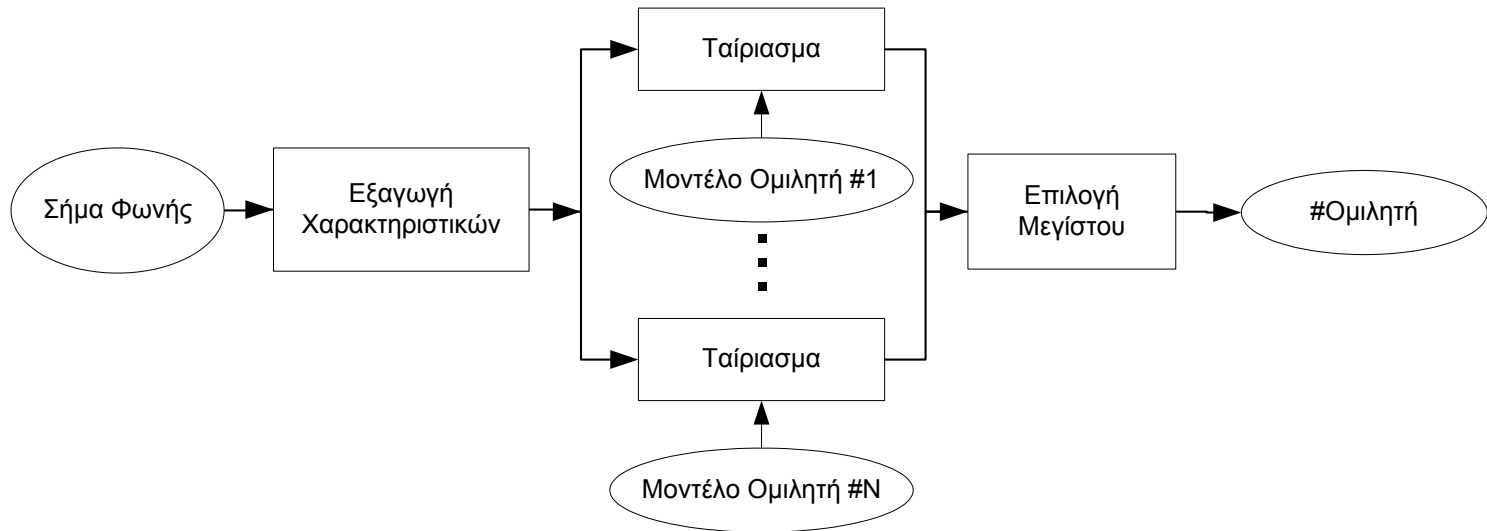
Αυτόματη Αναγνώριση Ομιλητή

Με τον όρο «*αυτόματη αναγνώριση ομιλητή*» (automatic speaker recognition) εννοούμε την αυτόματη διαδικασία αναγνώρισης του προσώπου που μιλάει χρησιμοποιώντας την ιδιαίτερη πληροφορία που κρύβεται στην κυματομορφή της ομιλίας του. Με την τεχνική αυτή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την φωνή προκειμένου να εξακριβώσουμε ή να επιβεβαιώσουμε την ταυτότητα ενός ομιλητή, και επομένως να του παρέχουμε πρόσβαση σε διάφορες υπηρεσίες, όπως για παράδειγμα πρόσβαση εισόδου σε χώρους ασφαλείας, παροχή υπηρεσιών μέσω διαδικτύου (web-banking), απομακρυσμένη πρόσβαση σε υπολογιστές κ.α..

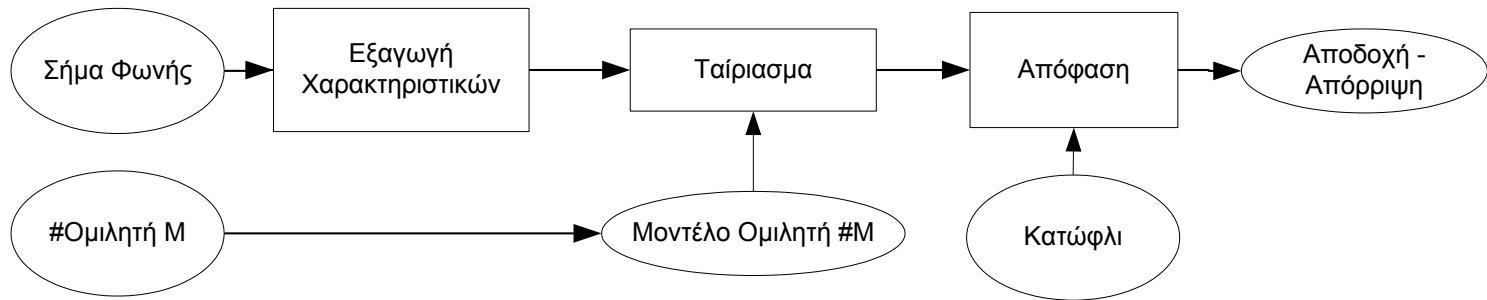
Στόχος της συγκεκριμένης άσκησης είναι να δημιουργήσουμε ένα απλό αλλά ωστόσο αντιπροσωπευτικό σύστημα αυτόματης αναγνώρισης ομιλητή.



Σύστημα Ταυτοποίησης & Επιβεβαίωσης Ομιλητή



(α) Εξακρίβωση Ομιλητή
(Speaker Identification)

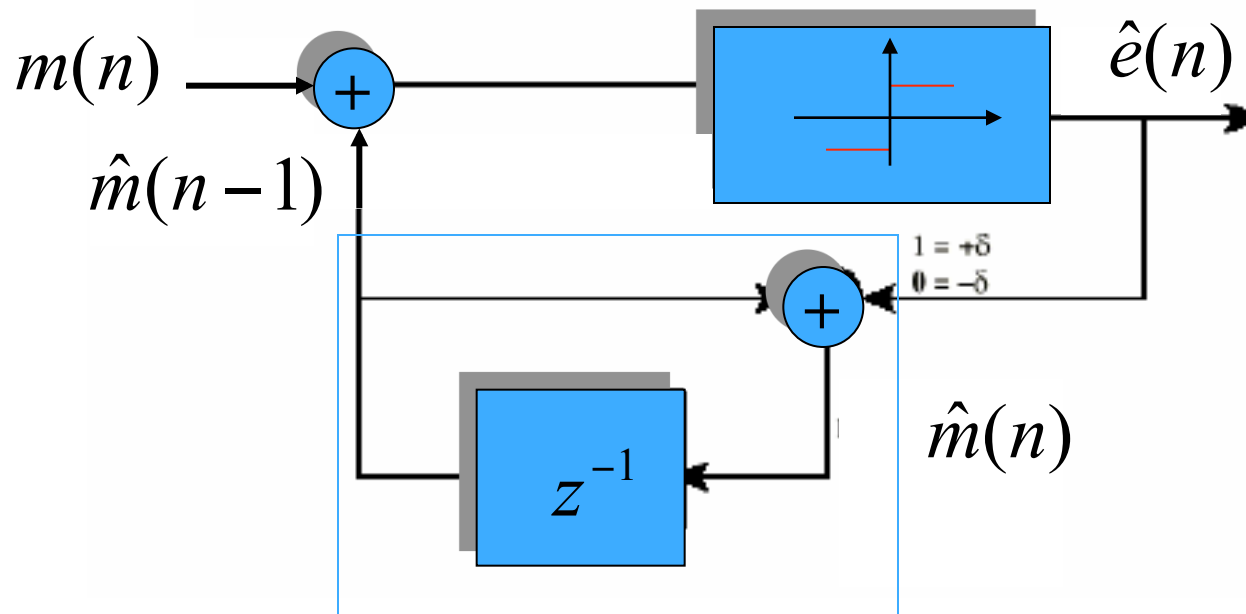


(β) Επιβεβαίωση Ομιλητή
(Speaker Verification)



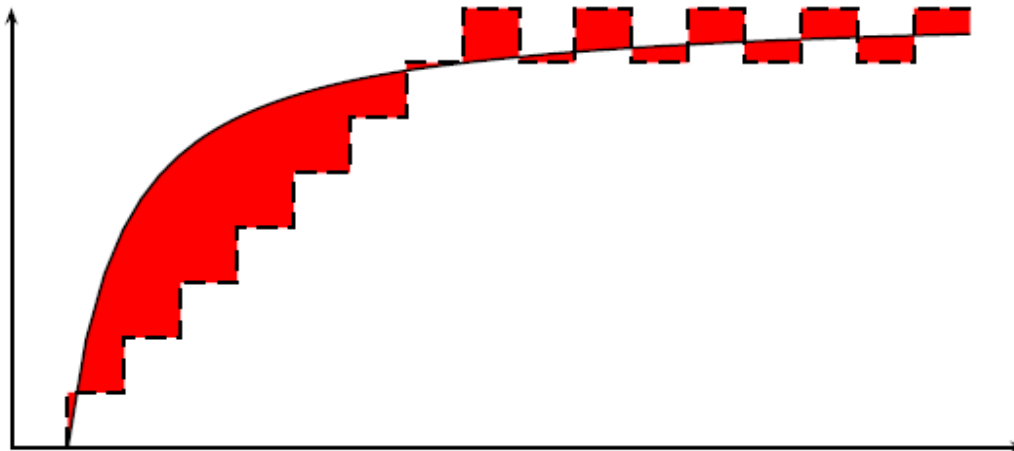
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 6

Συμπίεση Εικόνων με Χρήση των Κωδικοποιήσεων Δέλτα & CVSD



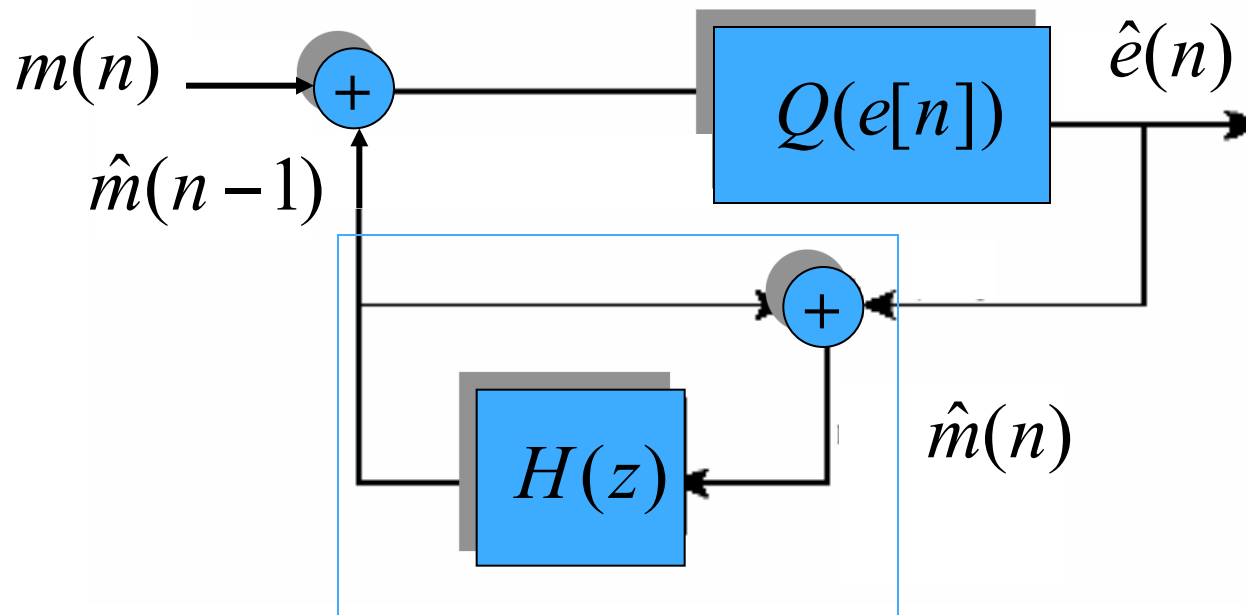
Διαμόρφωση Δέλτα

Υπερφόρτωση κλίσης & Κοκκώδης θόρυβος



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 7

Συμπίεση Εικόνων με Χρήση των Κωδικοποιήσεων (A)DPCM



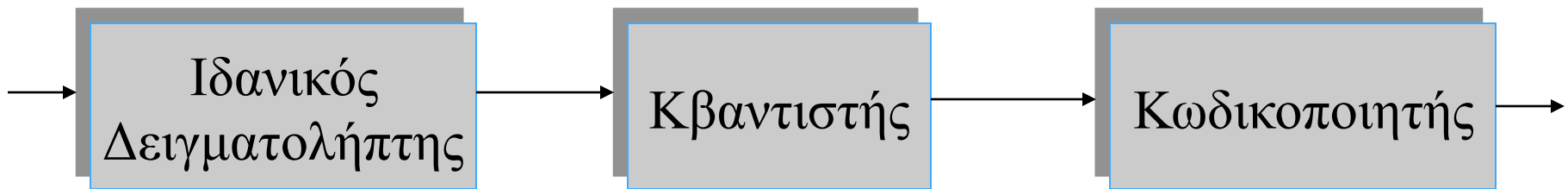
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 8

Μετατροπείς A/D Τεχνική Σίγμα-Δέλτα

$$x[n] = x_a(nT_s)$$

$$\hat{x}[n] = Q(x[n])$$

$$\hat{x}_{eq}[n]$$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 9

Επεξεργασία Σήματος VIDEO σε Πραγματικό Χρόνο

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι η υλοποίηση-επίδειξη αλγορίθμων επεξεργασίας σημάτων video σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας το Simulink. Είναι προφανές ότι εξαιτίας της απαίτησης επεξεργασίας σε πραγματικό χρόνο τίθενται εύλογοι περιορισμοί σχετικά με την ανάλυση του σήματος εισόδου. Για την συγκεκριμένη άσκηση χρησιμοποιούμε στη θέση του αισθητήρα όρασης, μια τυπική ψηφιακή βιντεοκάμερα, που διατίθεται στο εργαστήριο.

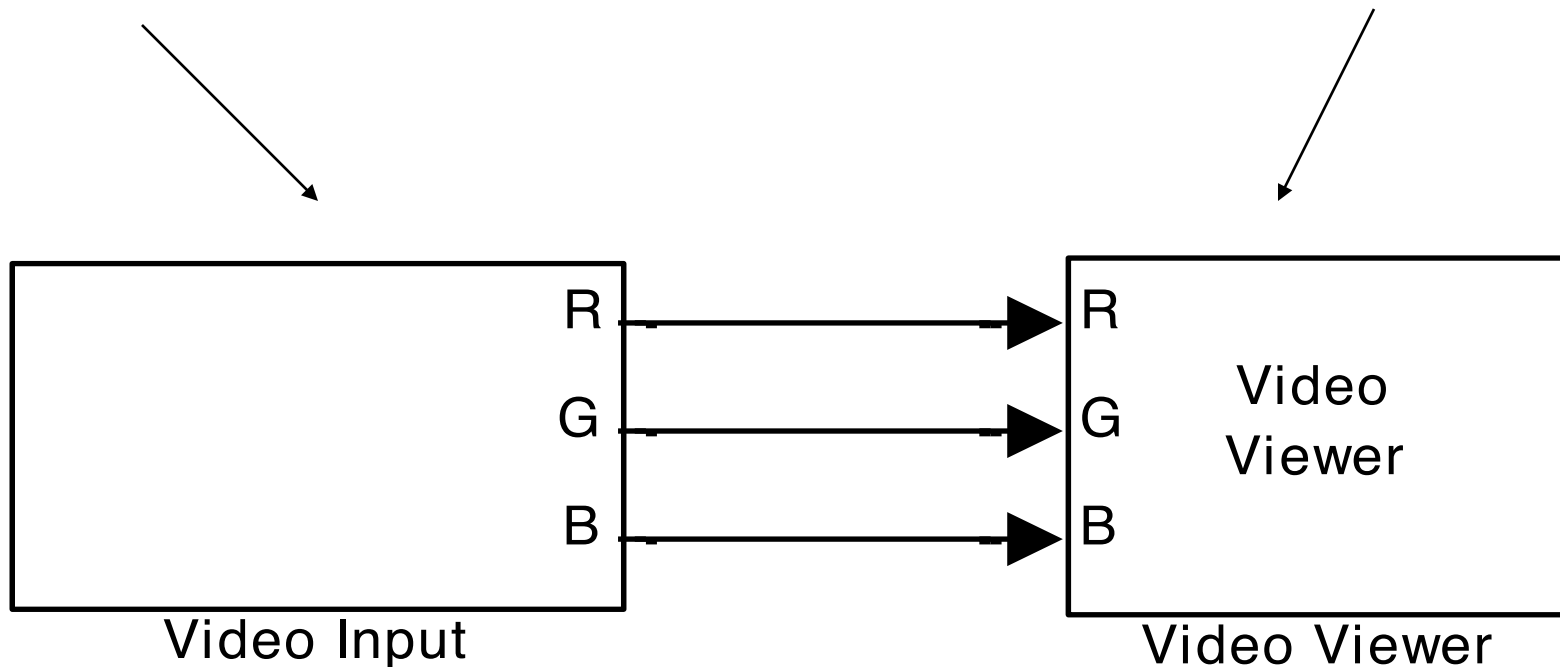


Επεξεργασία Σήματος Βίντεο σε Πραγματικό Χρόνο

Καταγραφή και Απεικόνιση σήματος:

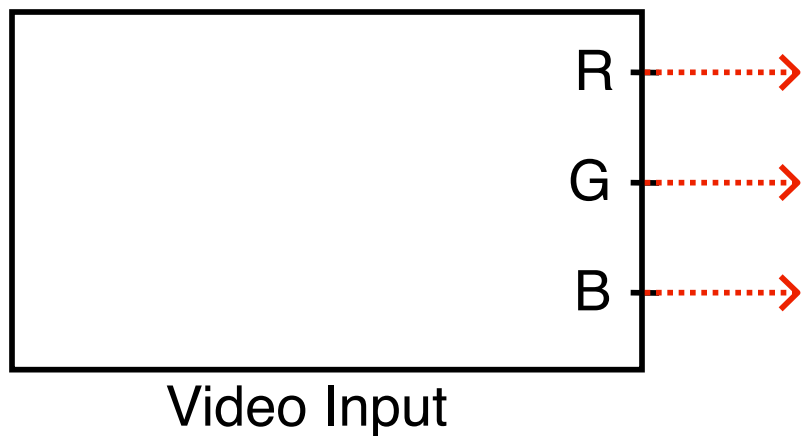
Library Image Acquisition Blockset

Library Video and Image Processing Blockset/Sinks



Επεξεργασία Σήματος Βίντεο σε Πραγματικό Χρόνο

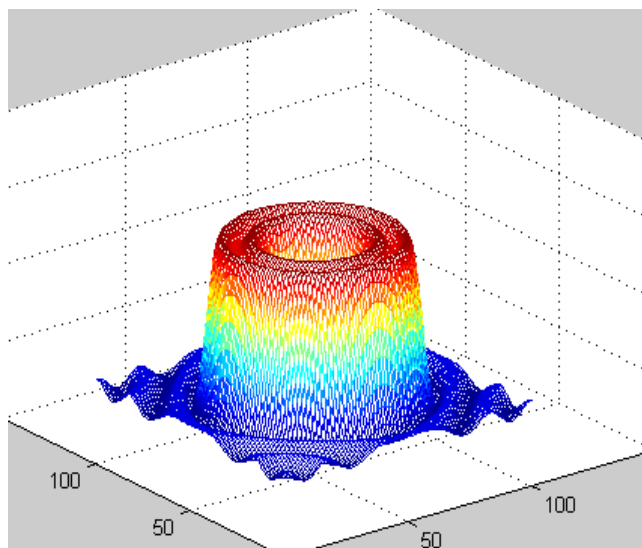
Μετατροπές Χρωματικών Συστημάτων



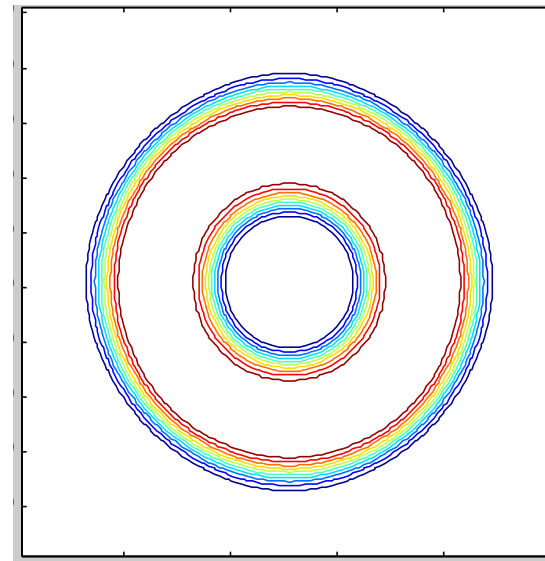
Επεξεργασία Σήματος Βίντεο σε Πραγματικό Χρόνο

Γραμμικά Συστήματα: Φίλτρα

Πλάτος Απόκρισης Συχνότητας



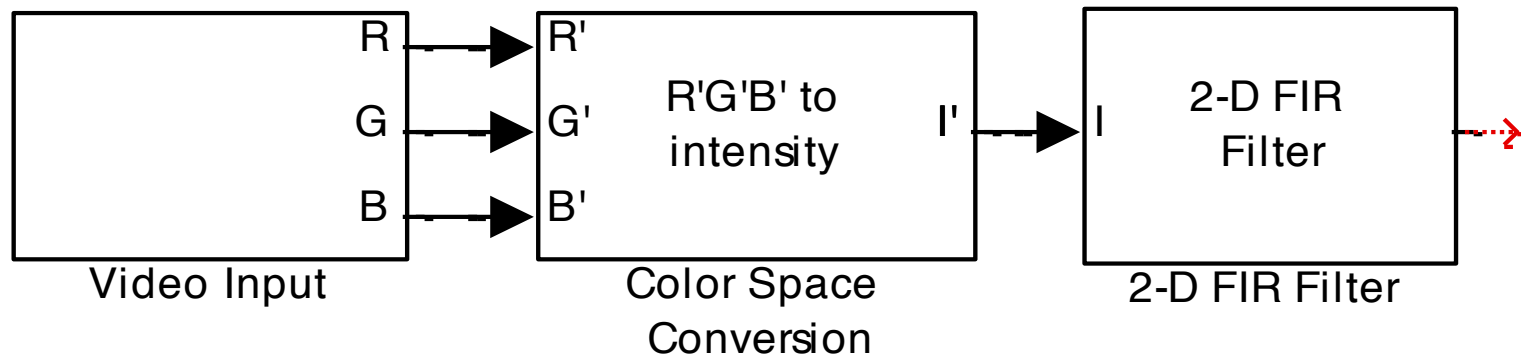
Ισοϋψείς Απόκρισης Συχνότητας



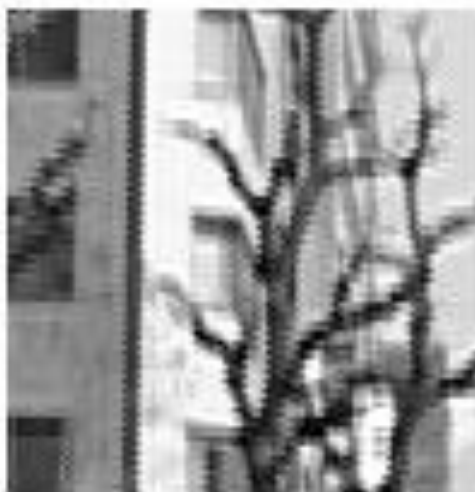
Επεξεργασία Σήματος Βίντεο σε Πραγματικό Χρόνο

Γραμμικά Συστήματα: Φίλτρα

Video and Image Processing Blockset/Filtering



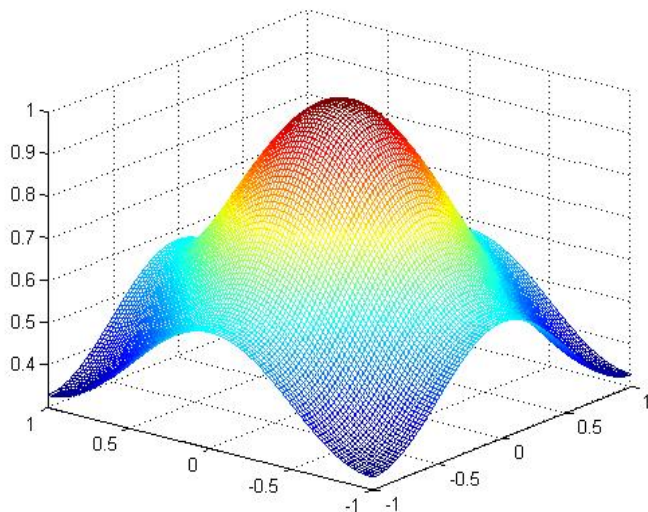
Επεξεργασία Σήματος Βίντεο σε Πραγματικό Χρόνο



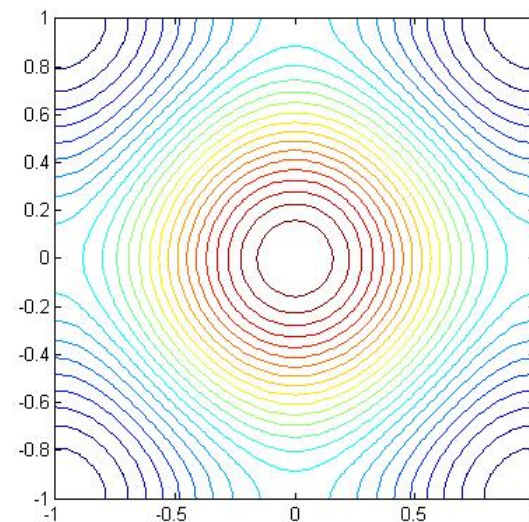
Επεξεργασία Σήματος Βίντεο σε Πραγματικό Χρόνο

Γραμμικά FIR Φίλτρα: Μέσου όρου $h = fspecial('gaussian',[3,3],0.5)$

Απόκριση Πλάτους

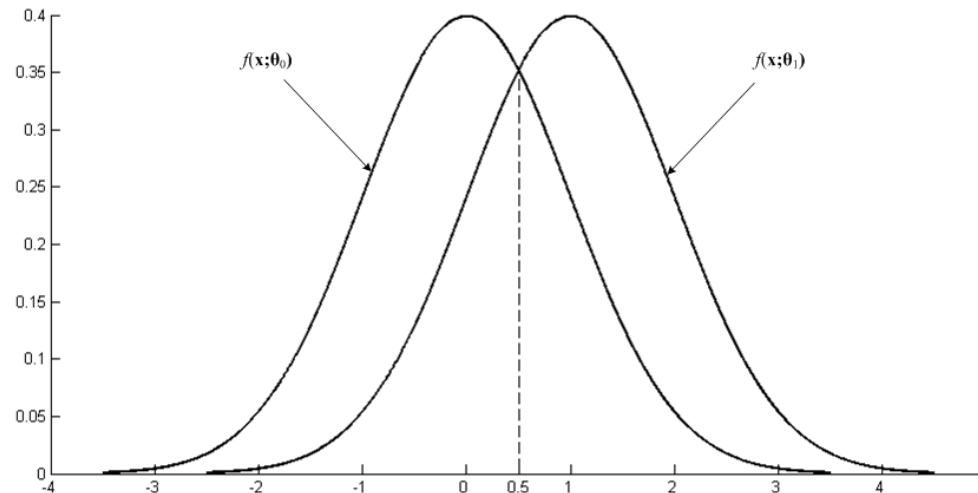


Ισοϋψείς Απόκρισης Πλάτους

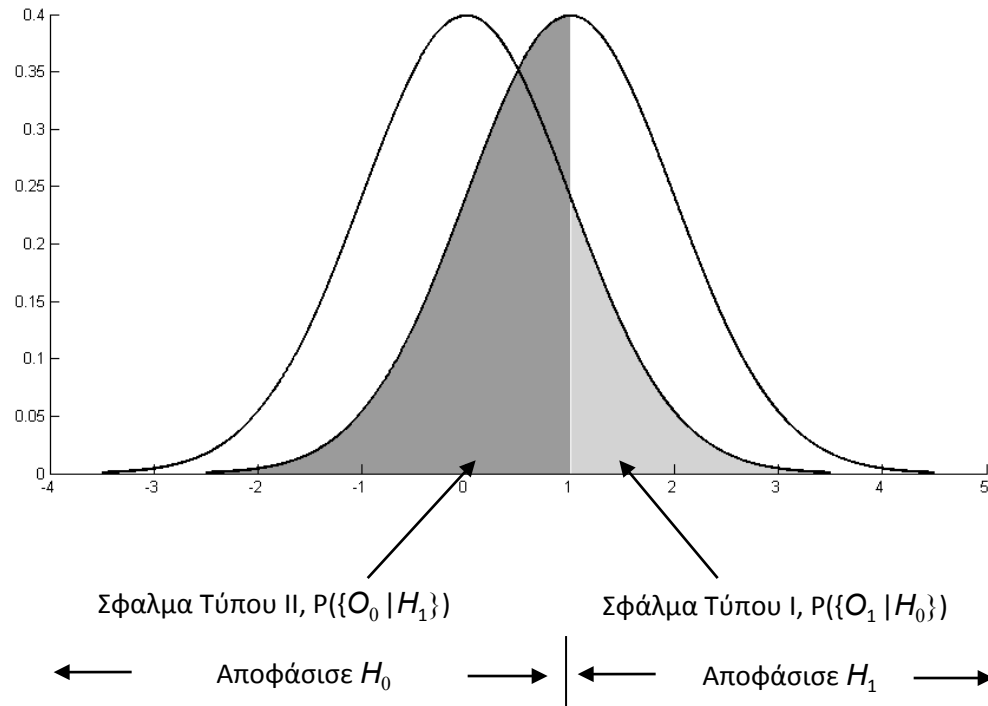


ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 10

Στοιχεία Θεωρίας Στατιστικού Ελέγχου Υποθέσεων και Συμπερασματολογίας

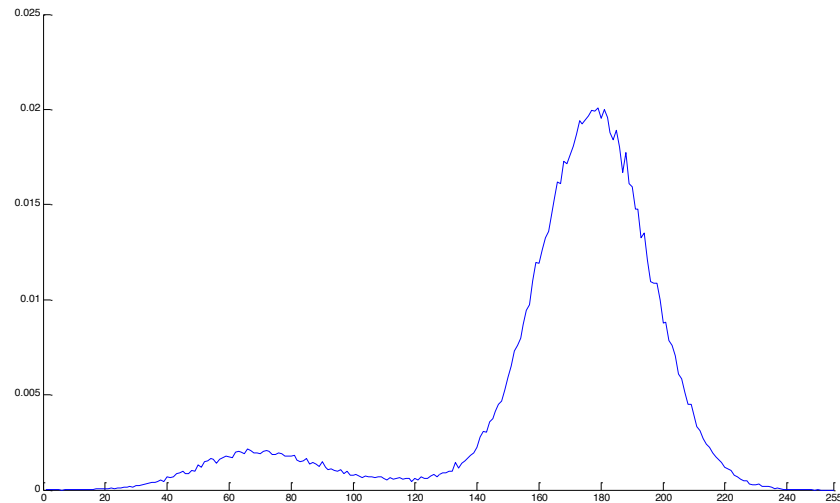
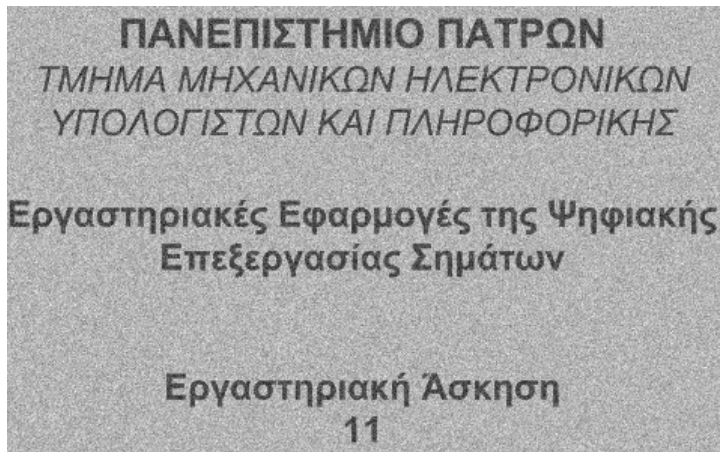


Στοιχεία Θεωρίας Στατιστικού Ελέγχου Υποθέσεων & Συμπερασματολογίας



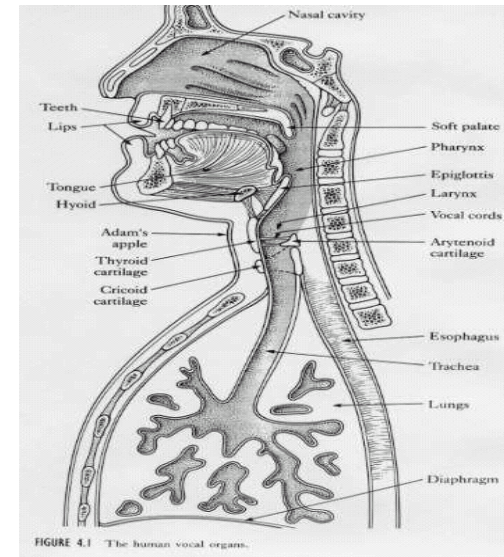
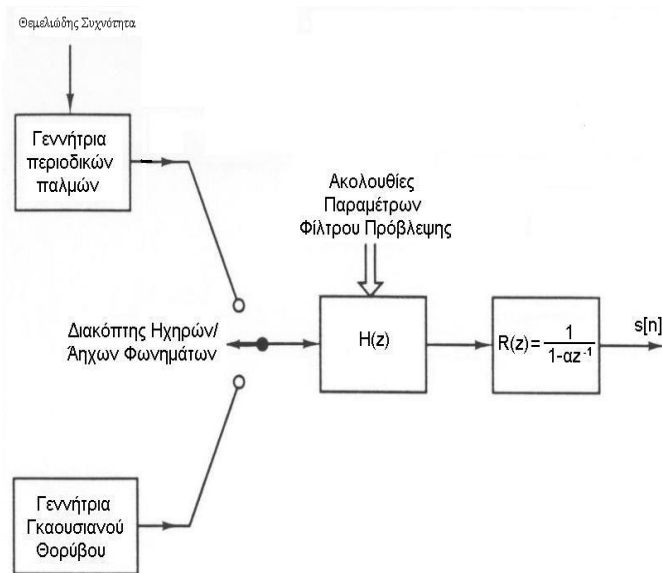
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 11

Τεχνικές Κατωφλίωσης Εικόνας



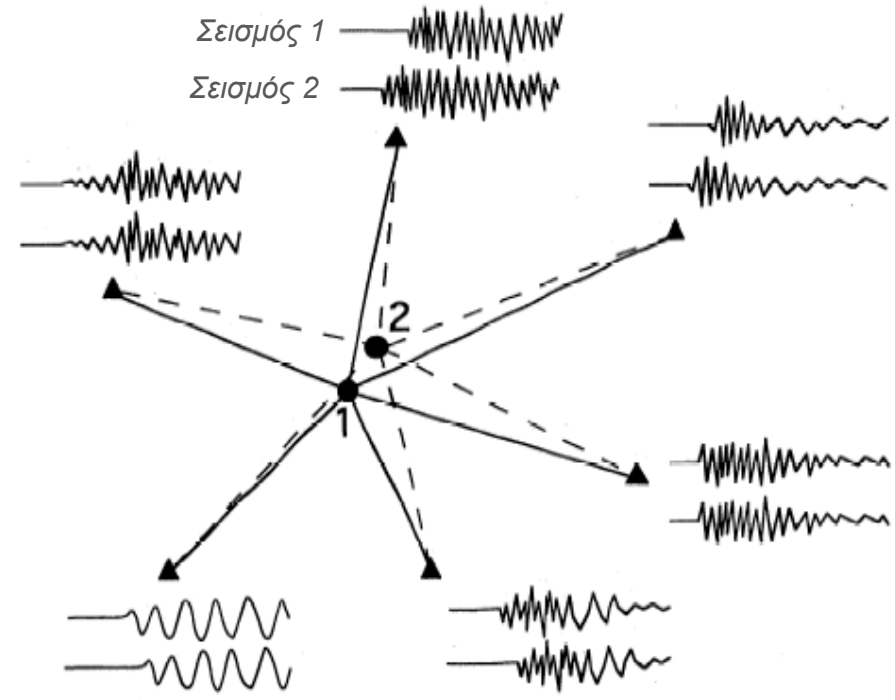
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 12

Ψηφιακή Επεξεργασία Σημάτων Ομιλίας



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 13

Ταξινόμηση Καταλόγου Σεισμικών Γεγονότων



Ταξινόμηση Καταλόγου Σεισμικών Γεγονότων

Το πρόβλημα της αντιστοίχισης

