

Θ.Ε. ΠΛΗ22 (2020-21) – ΓΡΑΠΤΗ ΕΡΓΑΣΙΑ #3

Στόχος: Βασικός στόχος της 3ης εργασίας είναι η εξοικείωση σε θέματα επεξεργασίας σημάτων που συμπεριλαμβάνουν τη δειγματοληψία αναλογικών σημάτων, τις αναλογικές και τις ψηφιακές διαμορφώσεις. Επίσης, σε ορισμένα ερωτήματα εξετάζεται η εξοικείωση με βασικές λειτουργίες του υπολογιστικού πακέτου OCTAVE/MATLAB.

Περιγραφή

Η 3^η εργασία περιλαμβάνει έξι (6) θέματα που αναφέρονται στα κεφάλαια 3,4 του Τόμου Β των «Ψηφιακών Επικοινωνιών» (Μέρος Α) και στα κεφάλαια 3,5 του Τόμου Β «Ψηφιακές Επικοινωνίες II: Σήματα-Διαμόρφωση-Θόρυβος» (Μέρος Β).

Σημείωση: Για όλα τα θέματα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε χωρίς απόδειξη τις ιδιότητες των μετασχηματισμών *Fourier* και τους μετασχηματισμούς *Fourier* χαρακτηριστικών σημάτων από πίνακες. Οι σχετικές ασκήσεις που αναφέρονται στους στόχους του κάθε θέματος συμβολίζονται ως εξής:

ΓΕχ (Γραπτή Εργασία χ) ή ΕΞχ(Εξετάσεις έτους χ Α ή Β)/Ακαδημαϊκό Έτος/ Αριθμός θέματος

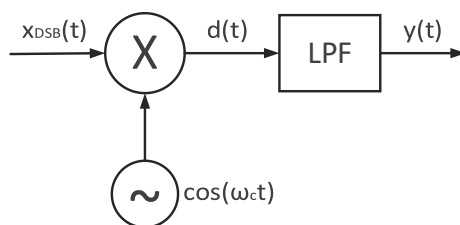
Σημείωση: Στις εκφωνήσεις μπορεί να χρησιμοποιούνται εναλλακτικά οι συμβολισμοί $rect(x)$ και $P(x)$ για τον τετραγωνικό παλμό και $tri(x)$ και $L(x)$ για τον τριγωνικό παλμό.

ΘΕΜΑ 1

Στόχος της άσκησης: είναι η μαθηματική μελέτη των σφαλμάτων φάσης και συχνότητας της τεχνικής σύγχρονης αποδιαμόρφωσης DSB (διπλο-πλευρικής ζώνης), σφάλματα τα οποία για να αντιμετωπιστούν απαιτούν τον συγχρονισμό μεταξύ των ταλαντωτών πομπού και δέκτη.

Σχετικές ασκήσεις: ΓΕ2/1617/Θ7, ΓΕ2/1516/Θ5

Για την αποδιαμόρφωση ενός σήματος διαμορφωμένου κατά DSB το διαμορφωμένο σήμα $x_{DSB}(t) = x(t) \cos(\omega_c t)$ πολλαπλασιάζεται με ένα φέρον $\cos(\omega_c t)$, το οποίο παράγεται από έναν τοπικό ταλαντωτή στον δέκτη και παράγεται το $d(t)$. Το σήμα $d(t)$ φιλτράρεται με ένα (ιδανικό) βαθυπερατό φίλτρο (LPF) ώστε να προκύψει το αποδιαμορφωμένο σήμα $y(t)$. Η τεχνική αυτή δείχνεται στο σχήμα και ονομάζεται σύγχρονη αποδιαμόρφωση.



(α) Θεωρώντας ότι το πληροφοριακό σήμα $x(t)$ έχει πεπερασμένο εύρος ζώνης συχνοτήτων f_m και ότι το φάσμα του διαμορφωμένου σήματος $x_{DSB}(t)$ είναι:

$$X_{DSB}(f) = \text{tri}\left(\frac{f + f_c}{f_m}\right) + \text{tri}\left(\frac{f - f_c}{f_m}\right)$$

ζητείται να σχεδιάσετε τα φάσματα $D(f)$, $H_{LPF}(f)$ και $Y(f)$ και $X(f)$. [Ισχύει $f_c \gg f_m$].

(β) Παρότι η σύγχρονη αποδιαμόρφωση είναι μαθηματικά απλή, στην πράξη αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα, τα οποία οφείλονται στην παραδοχή ότι ο ταλαντωτής του δέκτη παράγει ένα τοπικό φέρον πανομοιότυπο του φέροντος που παράγει ο ταλαντωτής του πομπού. Αυτό στην πραγματικότητα δεν είναι εύκολο να εξασφαλιστεί, καθώς είναι πολύ πιθανό μεταξύ των δύο φερόντων (πομπού και δέκτη) να υπάρχουν διαφορές στη φάση ή στη συχνότητα τους. Σε κάθε περίπτωση για να λειτουργήσει ο σύγχρονος αποδιαμορφωτής απαιτείται εξασφαλιστεί απόλυτος συγχρονισμός φάσης και συχνότητας μεταξύ των ταλαντωτών πομπού και δέκτη.

Για ένα οποιοδήποτε πληροφοριακό σήμα $x(t)$ ζητείται να υπολογίσετε το σήμα $y(t)$ στην έξοδο του LPF φίλτρου στις ακόλουθες περιπτώσεις:

(βi) Όταν υπάρχει διαφορά φάσης ανάμεσα στα δύο φέροντα (πομπού και δέκτη).

(βii) Όταν υπάρχει διαφορά συχνότητας ανάμεσα στα δύο φέροντα (πομπού και δέκτη).

Να σχολιάσετε τα αποτελέσματα.

Ενδεικτική μεθοδολογία: Να μελετήσετε τον διαμορφωτή DSB (σελ. 77-79, Τόμος Β, Μέρος Α') και τον σύγχρονο αποδιαμορφωτή (σελ. 79-80) και την Α.Α. 3.1. Κατόπιν να υπολογίσετε το σήμα $y(t)$ (στο πεδίο του χρόνου) για τις περιπτώσεις φέροντος σήματος στον δέκτη ίσο με $\cos(\omega_c t + \varphi) = \cos(2\pi f_c t + \varphi)$ (διαφορά φάσης) και $\cos[(\omega_c + \Delta\omega)t] = \cos[2\pi(f_c + \Delta f)t]$ (διαφορά συχνότητας), αντίστοιχα. Μεταξύ της κυκλικής και της γραμμικής συχνότητας ισχύει η σχέση $\omega = 2\pi f$. Χρήσιμες τριγωνομετρικές σχέσεις: $\cos^2(A) = \frac{1}{2}[1 + \cos(2A)]$, $\cos(A)\cos(B) = \frac{1}{2}[\cos(A - B) + \cos(A + B)]$

ΘΕΜΑ 2

Στόχος της άσκησης είναι να μελετηθούν οι διαμορφώσεις AM, DSB και PCM.

Ενδεικτικές ασκήσεις: ΓΕ3/1920/Θ2,4, ΓΕ3/1819/Θ6ε, ΓΕ3/1617/Θ1γ, ΓΕ5/1314/Θ7

Δίνεται το σήμα πληροφορίας $x(t) = 100 \text{sinc}^2(100t)$. Ζητούνται τα εξής:

(α) Το σήμα $x(t)$ διαμορφώνει κατά πλάτος (AM) συνημιτονοειδές φέρον μοναδιαίου πλάτους και συχνότητας 1000Hz. Να υπολογιστεί η έκφραση του διαμορφωμένου σήματος $x_{AM}(t)$ στα πεδία του χρόνου και των συχνοτήτων και να σχεδιαστεί το φάσμα πλάτους του.

Επίσης, να σχεδιάσετε στο Octave/MATLAB (δίνοντας και τον κατάλληλο κώδικα) το σήμα $x(t)$ και το διαμορφωμένο σήμα AM για το διάστημα $[0, 0.02]$ sec με βήμα 0.0001sec. Μπορεί το σήμα να ανακτηθεί με φωρατή περιβάλλουσας;

(β) Το σήμα $x(t)$ διαμορφώνει κατά πλάτος (DSB) συνημιτονοειδές φέρον μοναδιαίου πλάτους και συχνότητας 2000Hz και προκύπτει το διαμορφωμένο σήμα $x_{DSB}(t)$. Στη συνέχεια, με χρήση κατάλληλου βαθυπερατού φίλτρου λαμβάνεται το σήμα SSB κάτω πλευρικής $x_{SSB}(t)$. Να προσδιορίσετε την κρουστική απόκριση και τη συνάρτηση μεταφοράς του φίλτρου.

(γ) Το διαμορφωμένο DSB σήμα $x_{DSB}(t)$ του ερωτήματος (β) μπορεί να προκύψει με δειγματοληψία του $x(t)$ και χρήση κατάλληλου **βαθυπερατού ζωνοπερατού** φίλτρου. Να υπολογίσετε την κατάλληλη συχνότητα δειγματοληψίας **πρέπει να χρησιμοποιηθεί** και να προσδιορίσετε τη συνάρτηση μεταφοράς του αντίστοιχου ιδανικού **βαθυπερατού ζωνοπερατού** φίλτρου με την ελάχιστη ζώνη διέλευσης.

(δ) Το σήμα $x(t)$, προκειμένου να μεταδοθεί με διαμόρφωση PCM, δειγματίζεται με συχνότητα δειγματοληψίας 10-πλάσια της ελάχιστης κατά Nyquist και στη συνέχεια κβαντίζεται ώστε να επιτευχθεί σηματοθορυβικός λόγος κβάντισης τουλάχιστον ίσος με 75dB. Να υπολογίσετε τον απαιτούμενο αριθμό δυαδικών ψηφίων για την αναπαράσταση των σταθμών κβάντισης, το ελάχιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης του PCM σήματος, καθώς και το μέγιστο σφάλμα κβάντισης.

Ενδεικτική μεθοδολογία: Γενικά θα βοηθήσει η σχεδίαση των φασμάτων πλάτους των σημάτων που αναφέρονται σε κάθε ερώτημα για να προσδιορίσετε τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά των φίλτρων. Στο ερώτημα (γ) να συγκρίνετε το φάσμα εξόδου που λαμβάνεται από το φίλτρο (μετά τη δειγματοληψία) με το φάσμα του DSB σήματος του ερωτήματος (β) που έχει τα ίδια χαρακτηριστικά, ώστε να προσδιορίσετε τα ζητούμενα. Στο ερώτημα (δ) να θεωρήσετε ότι για τη μετάδοση σήματος με PCM (που προϋποθέτει τη δειγματοληψία του και την ομοιόμορφη κβάντισή του σε L στάθμες) ο απαιτούμενος σηματοθορυβικός λόγος κβάντισης (εκφρασμένος σε decibel) ισούται με $SNR = 10 \log_{10}(L^2)$ και ότι ο αριθμός δυαδικών ψηφίων για την αναπαράσταση κάθε στάθμης κβάντισης θα πρέπει να είναι ακέραιος. Επίσης, το πλάτος του σήματος $x(t)$ μετριέται σε μονάδες Volt.

ΘΕΜΑ 3

Στόχος της άσκησης είναι να μελετηθούν κυρίως οι βασικές παράμετροι της διαμόρφωσης συχνότητας (FM), καθώς και να γίνει μια σύγκριση με τη διαμόρφωση DSB/SC.

Ενδεικτικές Ασκήσεις: ΓΕ3/1819/Θ6δ, ΓΕ3/1617/Θ1

Ένα σήμα πληροφορίας με φάσμα $X(f) = \text{rect}\left(\frac{f}{100}\right) + 2\text{tri}\left(\frac{f}{100}\right)$ διαμορφώνει κατά συχνότητα (FM) ένα φέρον πλάτους 50V και συχνότητας $f_c = 100\text{MHz}$, με λόγο απόκλισης 9.

(α) Να σχεδιαστεί το φάσμα $X(f)$ και να υπολογιστεί το εύρος ζώνης του σήματος πληροφορίας. Επίσης, να υπολογιστεί το σήμα πληροφορίας στο πεδίο του χρόνου.

(β) Να υπολογιστεί η μέγιστη απόκλιση συχνότητας Δf_{\max} και η σταθερά απόκλισης συχνότητας k_f .

(γ) Να δοθεί η έκφραση του διαμορφωμένου FM σήματος στο πεδίο του χρόνου και να υπολογισθεί το εύρος ζώνης του.

(δ) Αν το σήμα $x(t)$ διαμορφώσει κατά DSB-SC το ανωτέρω συνημιτονικό φέρον, να προσδιορίσετε το εύρος ζώνης του διαμορφωμένου σήματος

Ενδεικτική μεθοδολογία: Στα ερωτήματα (β), (γ) Να εφαρμόσετε τις σχέσεις υπολογισμού των μεγεθών που σχετίζονται με τον προσδιορισμό του εύρους ζώνης ενός σήματος FM με τον κανόνα Carson.

ΘΕΜΑ 4

Στόχος της άσκησης είναι να μελετηθούν οι βασικές παράμετροι της διαμόρφωσης συχνότητας (FM).

Ενδεικτικές ασκήσεις: ΓΕ3/1718/Θ3,4, ΓΕ3/1819/Θ4

Ένα πληροφοριακό σήμα $x(t)$ έχει υποστεί διαμόρφωση συχνότητας FM με φέρουσα συχνότητα $\omega_c = 2\pi \cdot 10^5$ (rad/sec) και περιγράφεται από τη σχέση:

$$x_{FM}(t) = 10\cos(\omega_c t + 5\sin(3.000t) + 10\sin(2.000\pi t))$$

(α): Αν η σταθερά απόκλισης συχνότητας είναι $k_f = 10\pi$ να υπολογιστεί το πληροφοριακό σήμα $x(t)$.

(β): Να υπολογίσετε το εύρος ζώνης του πληροφοριακού σήματος $x(t)$.

(γ): Να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή της απόκλισης συχνότητας Δf .

(δ): Να υπολογίσετε τον λόγο απόκλισης D .

(ε): Να υπολογίσετε το εύρος ζώνης συχνοτήτων του διαμορφωμένου σήματος W_{FM} .

(στ): Να σχεδιάσετε σε MATLAB/OCTAVE το πληροφοριακό σήμα $x(t)$ και το σήμα $x_{FM}(t)$ στο χρονικό διάστημα $[0, 0.5]$ sec με βήμα υπολογισμού 0,0001 sec.

Ενδεικτική μεθοδολογία: Να εφαρμοστούν οι τύποι από τη θεωρία της διαμόρφωσης FM, όπως επίσης να χρησιμοποιηθεί η θεωρία υπολογισμού εύρους ζώνης με βάση τον κανόνα του Carson.

ΘΕΜΑ 5

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με την ιδανική δειγματοληψία, και τη διαμόρφωση PCM
Σχετικές ασκήσεις: ΓΕ3/1920/Θ1,2

$$\text{Δίνεται το σήμα } x(t) = \left[\delta(t) + \frac{1}{2} \delta\left(t - \frac{1}{400}\right) + \frac{1}{2} \delta\left(t + \frac{1}{400}\right) \right]$$

το οποίο διέρχεται από σύστημα με κρουστική απόκριση $h(t) = 400 \text{sinc}(400t)$ και λαμβάνεται στην έξοδό του το σήμα $y(t)$.

(α) Να υπολογιστεί η χρονική έκφραση του σήματος εξόδου $y(t)$ (χωρίς τον τελεστή της συνέλιξης) και να σχεδιαστούν τα φάσματα πλάτους $X(f)$, $Y(f)$.

(β) Να προσδιορίσετε την περίοδο και την ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας με το κριτήριο Nyquist για καθένα από τα σήματα $x(t)$, $y(t)$, αν υπάρχουν.

(γ) Το σήμα $y(t)$ υπόκειται σε διαμόρφωση PCM με συχνότητα δειγματοληψίας τη διπλάσια της ελάχιστης κατά Nyquist, με ομοιόμορφη κβάντιση και με σηματοθορυβικό λόγο κβάντισης 60.206dB. Να προσδιορίσετε το ελάχιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης του διαμορφωμένου σήματος.

Ενδεικτική Μεθοδολογία: Στο ερώτημα (α) να εργαστείτε στο πεδίο του χρόνου και να κάνετε χρήση της ιδιότητας της συνέλιξης ενός σήματος με την κρουστική συνάρτηση $\delta(t)$. Στο ερώτημα (β) να εφαρμόσετε τα κριτήρια περιοδικότητας και δειγματοληψίας κατά Nyquist αξιοποιώντας τα φάσματα πλάτους που προσδιορίσατε στο ερώτημα (α).

Για το ερώτημα (γ) διευκρινίζεται ότι στην περίπτωση της διαμόρφωσης PCM με L στάθμες κβάντισης ο σηματοθορυβικός λόγος κβάντισης σε μονάδες dB ισούται με $SQNR = 10 \log_{10}(L^2)$.

ΘΕΜΑ 6

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με την ιδανική δειγματοληψία, την ανακατασκευή αναλογικού σήματος καθώς και το πρόβλημα της επικάλυψης (aliasing).

Σχετικές ασκήσεις: ΓΕ3 /2019-20/Θ1, ΓΕ3 /2018-19/Θ1, ΓΕ3 /2017-18/Θ1

Δίδεται το σήμα βασικής ζώνης:

$$x(t) = 40 \cos(-100 \pi t) - 40 \cos(-100 \pi t) \sin^2(-40 \pi t) + 40 \text{sinc}^2[5(t - 0.5)]$$

(α). Να σχεδιαστεί το φάσμα πλάτους του σήματος και να προσδιοριστεί ο ρυθμός δειγματοληψίας Nyquist.

(β). Αν το παραπάνω σήμα δειγματοληπτηθεί με ρυθμό 160 samples/sec, να παραχθεί το γράφημα του φάσματος πλάτους του δειγματοληπτημένου σήματος. Υπάρχει ή όχι αλλοίωση; Αν το δειγματοληπτημένο σήμα φιλτραριστεί με ιδανικό φίλτρο χαρακτηριστικής συνάρτησης μεταφοράς $H(f) = \Pi(f/200)$, να προσδιοριστεί το αναλογικό σήμα ανασύστασης και να συγκριθεί με το $x(t)$.

(γ). Να επαναλάβετε το ερώτημα (β). για ρυθμό δειγματοληψίας 200 samples/sec.

Όπου στα παραπάνω ερωτήματα απαιτείται σχεδίαση, να δοθεί ο κώδικας σε GNU Octave.

Ενδεικτική Μεθοδολογία: Στο (α) να χρησιμοποιηθούν τριγωνομετρικές ταυτότητες, ώστε το $x(t)$ να γραφεί ως ένα άθροισμα από συναρτήσεις $\cos()$ (πέραν της $\text{sinc}^2()$). Επίσης, στη σχεδίαση του φάσματος πλάτους να προσέξετε ότι λαμβάνεται υπόψη το μέτρο/η απόλυτη τιμή των συντελεστών των όρων του αθροίσματος

Τρόπος – Ημερομηνία Παράδοσης

1. Την εργασία σας θα πρέπει να την ανεβάσετε στο σύνδεσμο <http://study.eap.gr> έως την **Τετάρτη, 3 Μαρτίου 2021, 23:59**. Δε θα γίνονται αποδεκτές και δε θα αξιολογούνται εργασίες που αποστέλλονται στον Καθηγητή-Σύμβουλο μέσω email.
2. Όλοι οι φοιτητές θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν το template που υπάρχει στο σύνδεσμο <http://study.eap.gr>
3. Την 5^η Μαρτίου 2021 θα δημοσιευθούν οι ενδεικτικές απαντήσεις των θεμάτων της 3^{ης} εργασίας στο <http://study.eap.gr>.

Βαθμολογία ανά Θέμα

ΘΕΜΑ 1 (13)	
Ερώτημα (α)	5
Ερώτημα (β-i)	4
Ερώτημα (β-ii)	4
ΘΕΜΑ 2 (18)	
Ερώτημα (α)	6
Ερώτημα (β)	4
Ερώτημα (γ)	4
Ερώτημα (δ)	4
ΘΕΜΑ 3 (12)	
Ερώτημα (α)	4
Ερώτημα (β)	3
Ερώτημα (γ)	3
Ερώτημα (δ)	2
ΘΕΜΑ 4 (24)	
Ερώτημα (α)	4
Ερώτημα (β)	3
Ερώτημα (γ)	4
Ερώτημα (δ)	3
Ερώτημα (ε)	3
Ερώτημα (στ)	7
ΘΕΜΑ 5 (12)	
Ερώτημα (α)	5
Ερώτημα (β)	3
Ερώτημα (γ)	4
ΘΕΜΑ 6 (21)	
Ερώτημα (α)	7
Ερώτημα (β)	7
Ερώτημα (γ)	7
ΣΥΝΟΛΟ	100

Οι συνολικές μονάδες θα διαιρεθούν με το 10, ώστε να προκύψει ο τελικός βαθμός της εργασίας.

Καλή Επιτυχία!!!