



Έντυπο Υποβολής – Αξιολόγησης ΓΕ

Ο φοιτητής συμπληρώνει την ενότητα «Υποβολή Εργασίας» και αποστέλλει το έντυπο σε δύο μη συρραμμένα αντίγραφα (ή ηλεκτρονικά) στον Καθηγητή-Σύμβουλο. Ο Καθηγητής-Σύμβουλος συμπληρώνει την ενότητα «Αξιολόγηση Εργασίας» και στα δύο αντίγραφα και επιστρέφει το ένα στο φοιτητή μαζί με τα σχόλια επί της ΓΕ, ενώ κρατά το άλλο για το αρχείο του μαζί με το γραπτό σημείωμα του Συντονιστή, εάν έχει δοθεί παράταση.

Σε περίπτωση ηλεκτρονικής υποβολής του παρόντος εντύπου, το όνομα του ηλεκτρονικού αρχείου θα πρέπει να γράφεται υποχρεωτικά με λατινικούς χαρακτήρες και να ακολουθεί την κωδικοποίηση του παραδείγματος: Π.χ., το όνομα του αρχείου για τη χ^η ΓΕ του φοιτητή ΙΩΑΝΝΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ στη ΠΛΗ22 θα πρέπει να γραφεί: «PLH22_GEx_iwannou_panagiotis.doc».

ΥΠΟΒΟΛΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Όνοματεπώνυμο φοιτητή	Ευάγγελος Μπάτσας
-----------------------	-------------------

ΚωδικόςΘΕ	ΠΛΗ22	Όνοματεπώνυμο Καθηγητή -Σύμβουλου	Σπυρίδων Δανάζης
Κωδικός Τμήματος	ΗΛΕ46	Καταληκτική ημερομηνία παραλαβής σύμφωνα με το ακ. ημερολόγιο	07/03/2021
Ακ. Έτος	2020-2021	Ημερομηνία αποστολής ΓΕ από το φοιτητή	07/03/2021
α/α ΓΕ	3	Επισυνάπτεται (σε περίπτωση που έχει ζητηθεί) η άδεια παράτασης από το Συντονιστή;	

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη Θεματική Ενότητα..

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ημερομηνία παραλαβής ΓΕ από το φοιτητή	
Ημερομηνία αποστολής σχολίων στο φοιτητή	
Βαθμολογία (αριθμητικά, ολογράφως)	

Υπογραφή
Φοιτητή

Υπογραφή
Καθηγητή-Συμβούλου



3η ΓΡΑΠΤΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2020-2021

ΒΑΣΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΩΝ Η/Υ

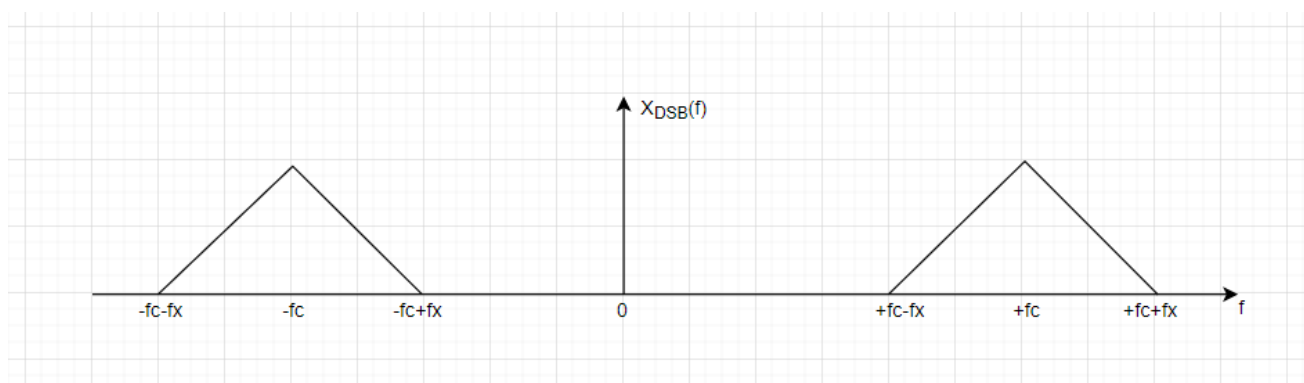
ΠΛΗ 22

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΜΠΑΤΣΑΛΗΣ ΑΜ: 119181

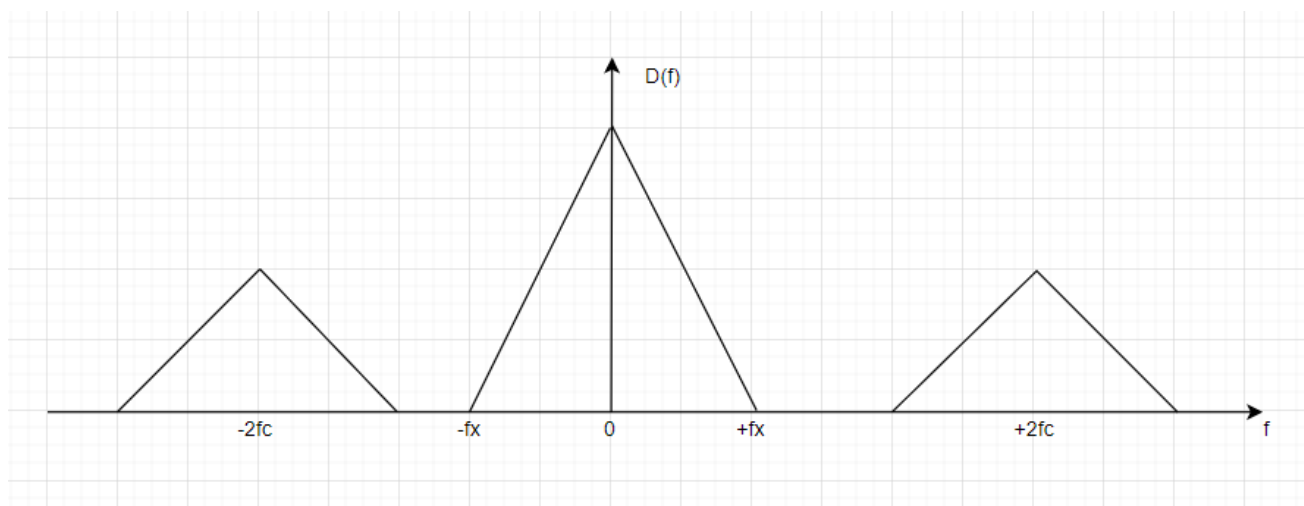
Θέμα 1

Υπό ερώτημα α):

Το σήμα $x_{\text{DSB}}(f)$ είναι:

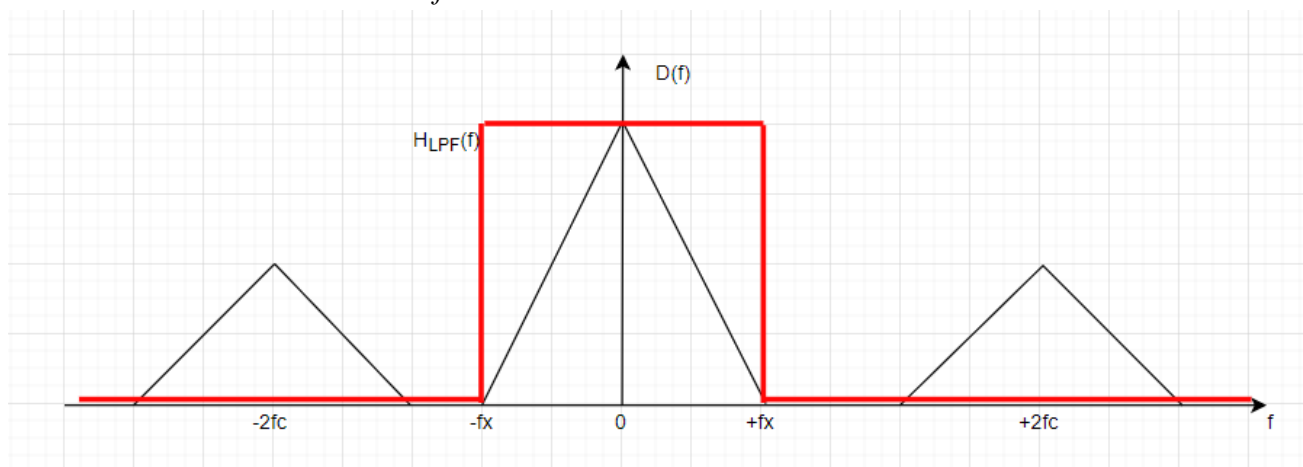


Γνωρίζω ότι για την αποδιαμόρφωση ενός DSB διαμορφωμένου σήματος σε μια σύγχρονη διαμόρφωση ξανά πολλαπλασιάζω το σήμα στον δέκτη

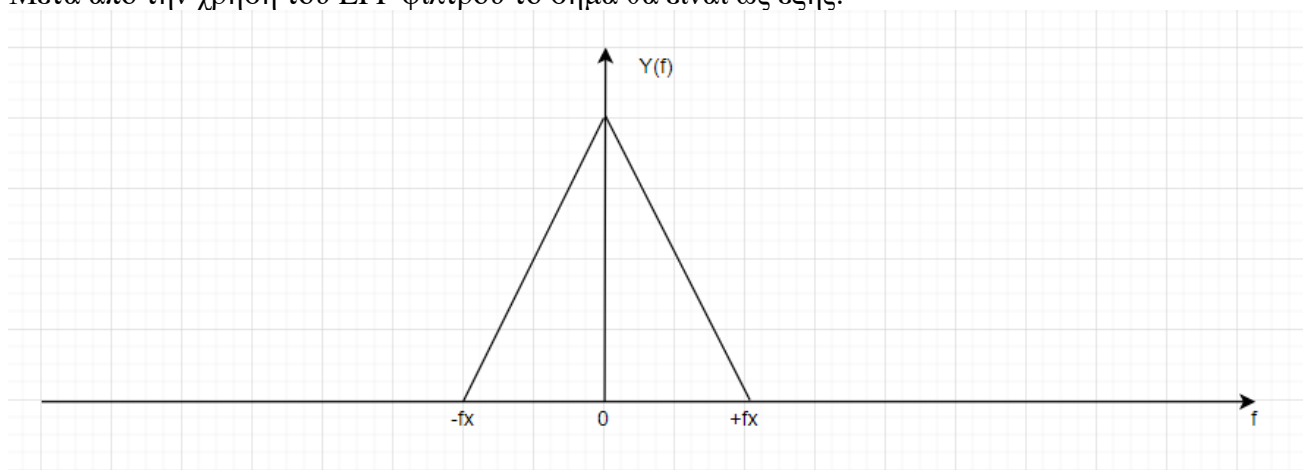




Το φίλτρο είναι: $H_{LPF}(f) = \Pi\left(\frac{f}{2fx}\right)$



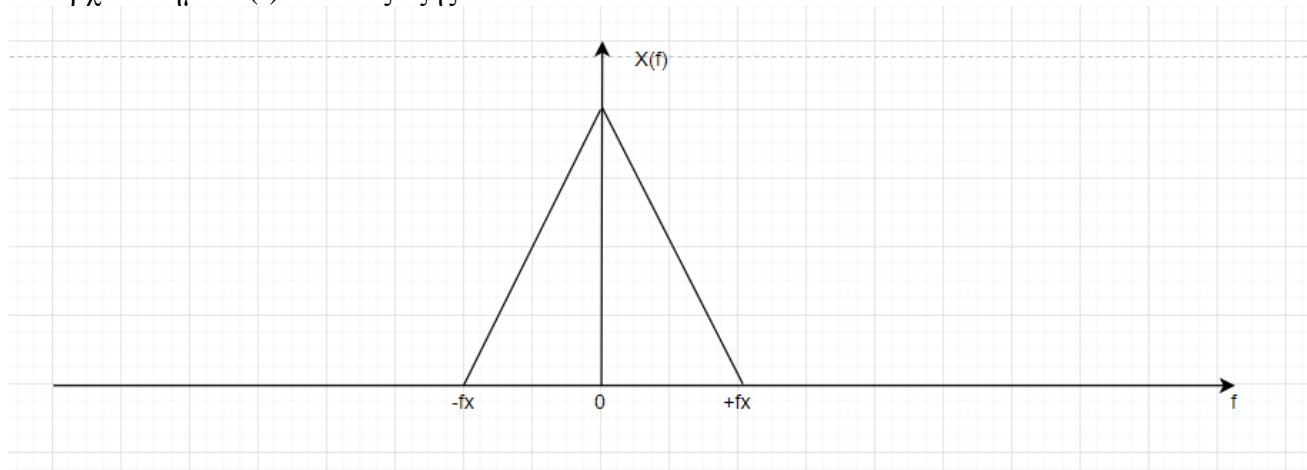
Μετά από την χρήση του LPF φίλτρου το σήμα θα είναι ως εξής:



Με ύψος όσο είναι το ύψος του φίλτρου



Το αρχικό σήμα $X(f)$ είναι ως εξής:



Με ύψος το διπλάσιο του σήματος X_{DSB} . Από τη θεωρία ενός σήματος $X(f)$ με ύψος T τότε το $X_{DSB}(f)$ το ύψος είναι $T/2$. Άρα με τη χρήση του φίλτρου παραμετροποιώντας το ύψος του θα επαναφέρω στο ύψος του αρχικού σήματος.



Θέμα 1

Υπό ερώτημα βι)

$$x_{DSB}(t) = x(t) \cdot \cos(\omega_c t) = x(t) \cos(2\pi f_c t) \text{ διότι βάση εκφώνησης } \omega = 2\pi f$$

Ξανά πολλαπλασιάζω για την αποδιαμόρφωση με το φέρον σήμα του δέκτη όπου έχει και διαφορά φάσης

$$d(t) = x(t) \cos(2\pi f_c t) \cos(2\pi f_c t + \phi) \Leftrightarrow \text{χρήση τριγωνομετρικής ιδιότητας}$$

$$d(t) = x(t) \frac{1}{2} [\cos(2\pi f_c t + 2\pi f_c t + \phi) + \cos(\cancel{2\pi f_c t} - \cancel{2\pi f_c t} - \phi)] \Leftrightarrow \text{πράξεις}$$

$$d(t) = x(t) \frac{1}{2} [\cos(2\pi 2f_c t + \phi) + \cos(-\phi)] \Leftrightarrow \text{επιμεριστική ιδιότητα}$$

$$d(t) = x(t) \frac{1}{2} \cos(2\pi 2f_c t + \phi) + x(t) \frac{1}{2} \cos(-\phi)$$

Βάση θεωρίας DSB το σήμα που θα δημιουργηθεί κατά την αποδιαμόρφωση θα περάσει από ένα βαθυπερατό φίλτρο όπου και τα σήματα $2f_c$ θα μηδενιστούν.

Άρα το τελικό σήμα θα είναι ως εξής:

$$y(t) = x(t) \frac{1}{2} \cos(-\phi)$$



Θέμα 1

Υπό ερώτημα βii)

$$x_{DSB}(f) = x(t) \cos(\omega_c t) = x(t) \cos(2\pi f_c t)$$

$$d(t) = x(t) \cos(2\pi f_c t) \cos(2\pi(f_c + \Delta f)t) \Rightarrow \text{τριγωνομετρική ιδιότητα}$$

$$d(t) = x(t) \frac{1}{2} [\cos(2\pi f_c t + 2\pi(f_c + \Delta f)t) + \cos(2\pi f_c t - 2\pi(f_c + \Delta f)t)]$$

$$d(t) = x(t) \frac{1}{2} \cos(2\pi f_c t + 2\pi(f_c + \Delta f)t) + x(t) \frac{1}{2} \cos(2\pi f_c t - 2\pi(f_c + \Delta f)t)$$

$$d(t) = x(t) \frac{1}{2} \cos(2\pi f_c t + 2\pi f_c t + 2\pi \Delta f t) + x(t) \frac{1}{2} \cos(\cancel{2\pi f_c t} - \cancel{2\pi f_c t} - 2\pi \Delta f t)$$

$$d(t) = x(t) \frac{1}{2} \cos(2\pi 2f_c t + 2\pi \Delta f t) + x(t) \frac{1}{2} \cos(-2\pi \Delta f t)$$

Βάση θεωρίας DSB το σήμα που θα δημιουργηθεί κατά την αποδιαμόρφωση θα περάσει από ένα βαθυπερατό φίλτρο όπου και τα σήματα $2f_c$ θα μηδενιστούν.
Άρα το τελικό σήμα θα είναι ως εξής:

$$d(t) = \cancel{x(t) \frac{1}{2} \cos(2\pi 2f_c t + 2\pi \Delta f t)} + x(t) \frac{1}{2} \cos(-2\pi \Delta f t)$$

$$d(t) = x(t) \frac{1}{2} \cos(-2\pi \Delta f t)$$



Σχόλια από ΣΕΠ

Αυτή η περιοχή χρησιμοποιείται για σχολιασμό από το ΣΕΠ



Θέμα 2

Υπό ερώτημα α)

Υπολογισμός έκφρασης ως προς τον χρόνο:

$$x_{AM}(t) = A_c[1 + x(t)]\cos(2\pi f_c t)$$

όπου βάση εκφώνησης $A_c = 1$ και $F_c = 1000\text{Hz}$ και $x(t) = 100\sin c^2(100t)$

$$x_{AM}(t) = 1[1 + x(t)]\cos(2\pi 1000t)$$

$$x_{AM}(t) = 1[1 + 100\sin c^2(100t)]\cos(2\pi 1000t)$$

$$x_{AM}(t) = 1 + 100\sin c^2(100t)\cos(2\pi 1000t)$$

Υπολογισμός έκφρασης ως προς τη συχνότητα:

Θα μετασχηματίσω το σήμα $100\text{sinc}^2(100t)$ με fourier για να υπολογίσω ως προς τη συχνότητα:

$$\sin c^2 \longleftrightarrow \text{tri}(f)$$

$$\sin c^2(100t) \longleftrightarrow \frac{1}{100} \text{tri}\left(\frac{f}{100}\right)$$

$$100\sin c^2(100t) \longleftrightarrow 100 \frac{1}{100} \text{tri}\left(\frac{f}{100}\right)$$

$$X(f) = 100 \frac{1}{100} \text{tri}\left(\frac{f}{100}\right) \Rightarrow \frac{100}{100} \text{tri}\left(\frac{f}{100}\right) \Rightarrow \text{tri}\left(\frac{f}{100}\right)$$

Βάση θεωρίας σελίδα 82 τόμος Β του βιβλίου

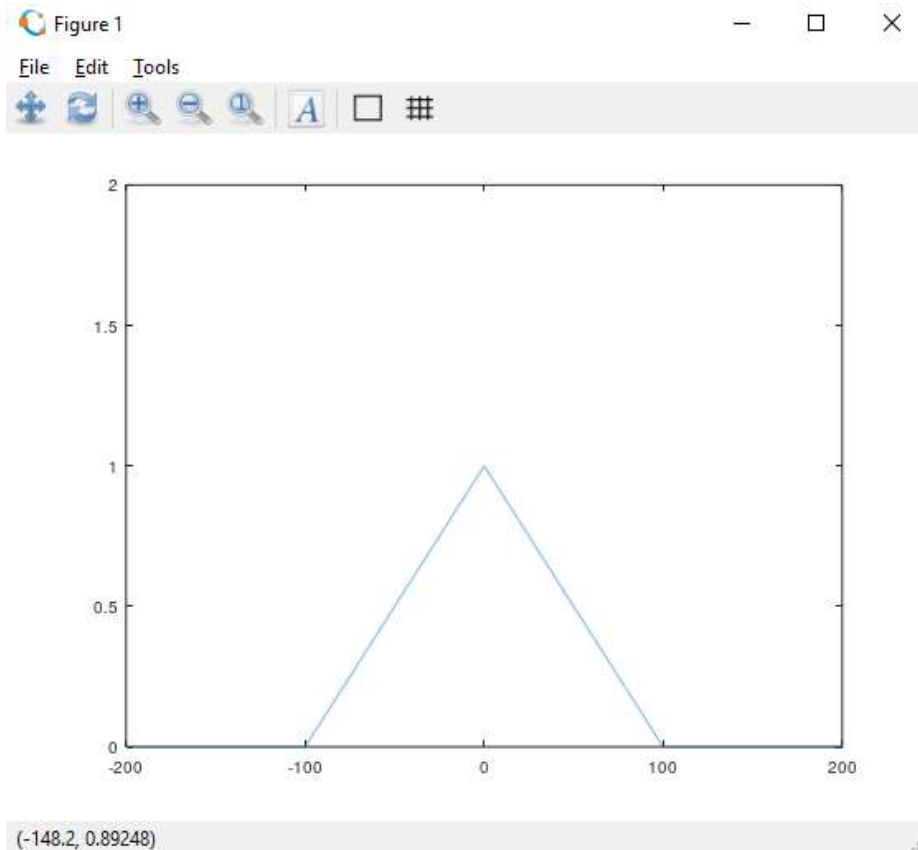
$$x_{AM}(t) = A_c[1 + x(t)]\cos(2\pi f_c t) = A(t)\cos(2\pi f_c t)$$

Η περιβάλλουσα είναι η συνάρτηση $A(t)$ όπου είναι:

$$x_{AM}(t) = 1[1 + 100\sin c^2(100t)]\cos(2\pi 1000t)$$

άρα :

$$A(t) = 1[1 + 100\sin c^2(100t)] = 1 + 100\sin c^2(100t)$$



Στη σελίδα 85 του βιβλίου για παραμόρφωση περιβάλλουσας:

$$\mu = \frac{\max\{A(t)\} - \min\{A(t)\}}{\max\{A(t)\} + \min\{A(t)\}}$$

Για να μπορεί να ανακτηθεί πρέπει να μην είναι υπέρ διαμορφωμένο δηλαδή να είναι $\mu < 1$

Γνωρίζω από τη θεωρία γραφημάτων το $\text{sinc}^2(t)$ παίρνει τιμές ως σταθερά μεταξύ $[0, 1]$

Άρα:

$$\min = 1 + 100 \sin^2(100t) = 1 + 100 \cdot 0 = 1 + 0 = 1$$

$$\max = 1 + 100 \sin^2(100t) = 1 + 100 \cdot 1 = 1 + 100 = 101$$

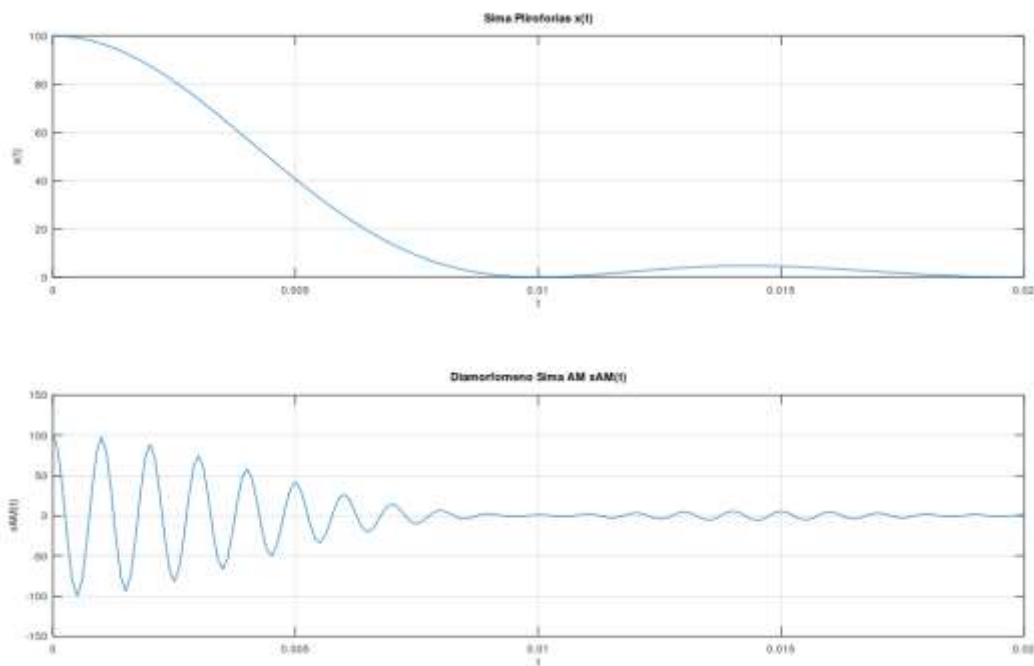
$$\mu = \frac{\max\{A(t)\} - \min\{A(t)\}}{\max\{A(t)\} + \min\{A(t)\}} = \frac{101 - 1}{101 + 1} = \frac{100}{102} = 0,9803$$

Μπορώ να αποφανθώ με λόγω ότι $\mu < 1$ ότι το σήμα μπορεί να ανακτηθεί με φωρατή περιβάλλουσας



Κώδικας Octave:

```
step = 0.0001;  
t = 0:step:0.02;  
  
xt=100*(sinc(100*t).*sinc(100*t));  
at=1+xt;  
feron=cos(2*pi*1000*t);  
xAMt=at.*feron;  
  
figure(1);  
  
subplot(211);  
plot(t,xt); grid on;  
xlabel('t');  
ylabel('x(t)');  
title('Sima Pliroforias x(t)');  
  
subplot(212);  
plot(t,xAMt); grid on;  
xlabel('t');  
ylabel('xAM(t)');  
title('Diamorfomeno Sima AM xAM(t)');
```





Θέμα 2

Υπό ερώτημα β)

$$x(t) = 100 \sin c^2(100t)$$

$$X(f) = \text{tri}\left(\frac{f}{100}\right)$$

Βάση εκφώνησης $A_c = 1$ και $f_c = 2000 \text{ Hz}$

-Υπολογισμός συνάρτησης μεταφοράς:

$$X_{DSB}(f) = \frac{1}{2} \left[\text{tri}\left(\frac{f-2000}{100}\right) + \text{tri}\left(\frac{f+2000}{100}\right) \right] \Rightarrow$$

$$X_{DSB}(f) = \frac{1}{2} \text{tri}\left(\frac{f-2000}{100}\right) + \frac{1}{2} \text{tri}\left(\frac{f+2000}{100}\right)$$

-Υπολογισμός Βαθυπερατό φίλτρου:

Βάση θεωρίας χρησιμοποιώ φίλτρο ώστε να λάβω το σήμα της κάτω πλευρικής.

Είναι ένα LFP με κέντρο το 0 και $f_0 = 2000$

$$H(f) = \text{rect}\left(\frac{f}{2f_0}\right) \Rightarrow \text{rect}\left(\frac{f}{2 \cdot 2000}\right) \Rightarrow \text{rect}\left(\frac{f}{4000}\right)$$

-Υπολογισμός κρουστικής απόκρισης:

Κατά την αντιστροφή του Μ/Σ Fourier έχουμε:

Εκ των προτέρων χρησιμοποιήσα βάση της ύλης της 2^{ης} έκτακτης ΟΣΣ αλλαγή κλίμακας

χρόνου και συχνότητας: $\frac{1}{|a|} x_1\left(\frac{t}{a}\right) \longleftrightarrow x_1(af)$

$$\sin c(t) \longleftrightarrow \text{rect}(f)$$

$$\frac{1}{4000} \sin c\left(\frac{t}{4000}\right) \longleftrightarrow \text{rect}\left(\frac{1}{4000} f\right)$$

Άρα:

$$\frac{1}{4000} \sin c\left(\frac{t}{4000}\right) = 4000 \sin c(4000t)$$



Θέμα 2

Υπό ερώτημα γ)

Περίπτωση 1:

$$x(t) = 100 \sin c^2(100t)$$

Από υπολογισμό Fourier: $X(f) = \text{tri} \frac{f}{100}$

Συχνότητα $f_{\max} = 100$

$$f_{\text{nyquist}} = 2 \cdot f_{\max} = 200 \text{ Hz}$$

Δειγματίζεται πολλαπλάσια συχνότητα ελάχιστης κατά f_{nyquist}

Βάση της εκφώνησης το βαθυπερατό φίλτρο θα χρησιμοποιηθεί στη συχνότητα αποκοπής με κέντρο $\pm 2000 \text{ Hz}$

Άρα:

$$H(f) = \text{rect}\left(\frac{f - 2000}{200}\right) + \text{rect}\left(\frac{f + 2000}{200}\right)$$

Περίπτωση 2:

Βάση της εκφώνησης του υπό ερωτήματος β θα μπορούσα να χρησιμοποιήσω συχνότητα δειγματοληψίας 2000.

Από τη θεωρία και παραδείγματα έκτακτης ΟΣΣ γνωρίζουμε ότι κατά τη διαμόρφωση του αρχικού σήματος το ύψος είναι $A_c/2$. Άρα το ύψος μετά τη διαμόρφωση είναι το μισό του αρχικού σήματος.

Επίσης από τη θεωρία γνωρίζω ότι το ύψος ενός δειγματοποιημένου σήματος πολλαπλασιάζεται επί την δειγματοληψία.

Από παράδειγμα (έκτακτης ΟΣΣ)

Θα χρησιμοποιήσω φίλτρο βαθυπερατό με ύψος $\frac{1}{4000}$ διότι $\frac{1}{4000} \cdot \frac{2000}{1} = 0.5$

Το αρχικό σήμα $x(t)$ έχει ύψος 1 άρα μετά τη διαμόρφωση θα έχει ύψος 0.5



Θέμα 2

Υπό ερώτημα δ)

$$x(t) = 100 \sin c^2(100t) \text{ από Μ/Σ Fourier } X(f) = \text{tri}\left(\frac{f}{100}\right)$$

Συχνότητα $f_{\max} = 100$

$f_{\text{nyquist}} = 2 \cdot f_{\max} = 200$ από εκφώνηση $200 \cdot 10 = 2000 \text{ Hz}$

Για

$SNR = 10 \log_{10}(L^2)$ σηματοθορυβικός λόγος = 75db

$$SNR \geq 75 \text{ db} \Leftrightarrow 10 \log_{10}(L^2) \geq 75 \Leftrightarrow 2 \cdot 10 \log_{10}(L) \geq 75 \Leftrightarrow 20 \log_{10}(L) \geq 75 \Leftrightarrow$$

$$\frac{20}{20} \log_{10}(L) \geq \frac{75}{20} \Leftrightarrow \log_{10}(L) \geq 3.75 \Leftrightarrow 10^{\log_{10}(L)} \geq 10^{3.75} \Leftrightarrow L \geq 10^{3.75} \Leftrightarrow L \geq 5623 \text{ στάθμες}$$

Άρα με $2^{13} = 8192$ byte καλύπτουμε τις 5623 στάθμες και θα χρειαστώ 13bit

Για το εύρος βάση της θεωρίας στη βιβλιογραφία στη σελίδα 130 παράδειγμα 4.5

$$B_{PCM} \geq \frac{1}{2} f_s \log_2 L \Leftrightarrow B_{PCM} \geq \frac{1}{2} 2 \log_2 8192 \text{ KHz} \Leftrightarrow$$

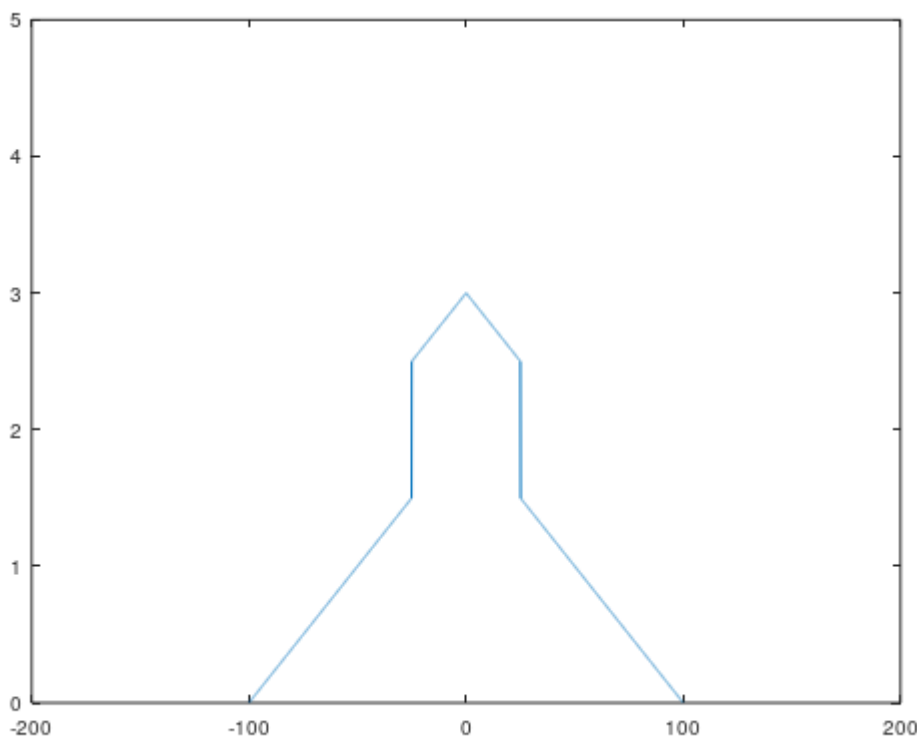
$$B_{PCM} \geq 13 \text{ KHz}$$



Θέμα 3

Υπό ερώτημα α)

Σχεδιασμός φάσματος $X(f) = \text{rect}(\frac{f}{100}) + 2\text{tri}(\frac{f}{100})$



Τετραφωνικός παλμός με κέντρο το 0 και εύρος 100 και ύψος 1 προστίθεται με έναν τριγωνικό παλμό με κέντρο το 0 και εύρος 200. Γιαυτό και το ύψος είναι 3. Εύρος ζώνης $f_x=100$

Για τον υπολογισμό στο πεδίο του χρόνου θα γίνει αντίστροφος μετασχηματισμός Fourier:

Εκ των προτέρων χρησιμοποιήσα βάση της ύλης της 2ης έκτακτης ΟΣΣ αλλαγή κλίμακας χρόνου και

συχνότητας: $\frac{1}{|a|} x_1(\frac{t}{a}) \longleftrightarrow x_1(af)$

$$\text{rect}(\frac{f}{100}) = \text{rect}(\frac{1}{100} f) \text{ και } \text{tri}(\frac{f}{100}) = \text{tri}(\frac{1}{100} f)$$



$$\sin c(t) \longleftrightarrow \text{rect}(f)$$

$$\frac{1}{\frac{1}{100}} \sin c\left(\frac{1}{\frac{1}{100}}\right) \longleftrightarrow \text{rect}\left(\frac{1}{100} f\right)$$

$$100 \sin c(100t)$$

$$\sin c^2 \longleftrightarrow \text{tri}(f)$$

$$\frac{1}{\frac{1}{100}} \sin c^2 \longleftrightarrow \text{tri}\left(\frac{1}{100} f\right)$$

$$2 \frac{1}{\frac{1}{100}} \sin c^2\left(\frac{1}{\frac{1}{100}}\right) \longleftrightarrow 2 \text{tri}\left(\frac{1}{100} f\right)$$

$$2 \frac{1}{\frac{1}{100}} \sin c^2\left(\frac{1}{\frac{1}{100}}\right) = 2 \cdot 100 \sin c^2(100t) = 200 \sin c^2(100t)$$

Άρα:

$$x(t) = 100 \sin c(100t) + 200 \sin c^2(100t)$$



Θέμα 3

Υπό ερώτημα β)

Για τη μέγιστη απόκλιση: $D = \frac{\Delta f_{\max}}{f_{\max}}$

Λόγο αναλογίας ισοδύναμων κλασμάτων θα λύσω ως προς σταυρωτό γινόμενο Δf_{\max}

F_{\max} είναι η μέγιστη συχνότητα του σήματος $X(f)$ επομένως: $F_{\max}=100$ και $D=9$

$$D = \frac{\Delta f_{\max}}{f_{\max}} \Leftrightarrow \frac{D}{1} = \frac{\Delta f_{\max}}{f_{\max}} \Leftrightarrow \Delta f_{\max} = D f_{\max} \Leftrightarrow \Delta f_{\max} = 9 \cdot 100 \Leftrightarrow \Delta f_{\max} = 900 \text{ Hz}$$

Kf: Σταθερά απόκλισης συγνότητας. Μέγιστη τιμή sinc και sinc^2 είναι το 1

$$\text{Max}(x(t)) = 100 \text{sinc}(100t) + 200 \text{sinc}^2(100t) = 100 \cdot 1 + 200 \cdot 1 = 100 + 200 = 300$$

$$\text{Άρα: } \text{Max}(x(t)) = 300$$

$$\begin{aligned} \Delta f_{\max} &= \frac{kf}{2\pi} \cdot \max(|x(t)|) \Leftrightarrow 900 = \frac{kf}{2\pi} \cdot 300 \Leftrightarrow 900 = \frac{300kf}{2\pi} \Leftrightarrow 900 = \frac{300kf}{2\pi} \Leftrightarrow \\ 900 &= \frac{150kf}{\pi} \Leftrightarrow 900\pi = \cancel{\pi} \frac{150kf}{\cancel{\pi}} \Leftrightarrow 900\pi = 150kf \Leftrightarrow \frac{900\pi}{150} = \frac{150kf}{150} \Leftrightarrow 6\pi = kf \Leftrightarrow \\ kf &= 6\pi \end{aligned}$$



Θέμα 3

Υπό ερώτημα γ)

Φέρον πλάτος $A_c=50$, Συχνότητα $F_c=100 \cdot 10^6$, Σταθερά απόκλισης συχνότητας $K_f=6\pi$

Έκφραση διαμορφωμένου σήματος:

$$x_{FM}(t) = A_c \cos[2\pi f_c t + kf \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda] \Leftrightarrow$$
$$x_{FM}(t) = 50 \cos[2\pi 100 \cdot 10^6 t + 6\pi \int_{-\infty}^t \{100 \sin c(100t) + 200 \sin c^2\} d\lambda]$$

Εύρος ζώνης:

$$W_{fm} = 2(D+1)f_x = 2(\Delta f_{\max} + f_x)$$

f_x =εύρος ζώνης μηνύματος. Άρα: $f_x=100\text{Hz}$

D =λόγος απόκλισης. Άρα: $D=9$

$$\Delta f_{\max}=900\text{Hz}$$

$$W_{fm} = 2(9+1)100 = 2(900+100) \Leftrightarrow$$

$$2 \cdot 10 \cdot 100 = 2 \cdot 1000 \Leftrightarrow$$

$$2000 = 2000$$

$$\text{Άρα: } W_{fm} = 2000\text{Hz}$$



Θέμα 3

Υπό ερώτημα δ)

$$X_{DSB}(f) = \frac{1}{2} X(f - f_c) + \frac{1}{2} X(f + f_c)$$

$$X_{DSB}(f) = \left\{ \frac{1}{2} \text{rect}(f - 100 \cdot 10^6) + \frac{1}{2} \text{rect}(f + 100 \cdot 10^6) \right\} + 2 \left\{ \frac{1}{2} \text{tri}(f - 100 \cdot 10^6) + \frac{1}{2} \text{tri}(f + 100 \cdot 10^6) \right\}$$

$$\frac{1}{2} \text{rect}(f - 100 \cdot 10^6) + \frac{1}{2} \text{rect}(f + 100 \cdot 10^6) + \text{tri}(f - 100 \cdot 10^6) + \text{tri}(f + 100 \cdot 10^6)$$

$$f = \text{από } \tau_0 - 100 \text{ έως } \tau_0 + 100$$

$$\text{άρα : εύρος ζώνης} = 200 \text{ Hz}$$



Θέμα 4

Υπό ερώτημα α)

$$x_{FM}(t) = A_c \cos[\omega_c t + kf \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda]$$

$$x_{FM}(t) = 10 \cos[2\pi \cdot 10^5 + kf \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda]$$

$\omega_c = 2\pi 10^5$ και $kf = 10\pi$ και $A_c = \text{πλάτος} = 10$

Λόγω τύπου γωνιακής συχνότητας $\omega = 2\pi f$ (rad/sec)

$$\omega_c = 2\pi f_c \Leftrightarrow \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{2\pi f_c}{2\pi} \Leftrightarrow \frac{\omega_c}{2\pi} = f_c \Leftrightarrow f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} \Leftrightarrow f_c = \frac{2\pi 10^5}{2\pi} \Leftrightarrow f_c = 10^5$$

$$\Phi(t) = 5 \sin(3000t) + 10 \sin(2000\pi t)$$

$$\frac{d\phi(t)}{dt} = kf \cdot x(t) \Leftrightarrow \phi(t) = kf \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda \Leftrightarrow$$

$$(5 \sin(3000t) + 10 \sin(2000\pi t))' = (kf \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda)' \Leftrightarrow$$

Για παράγωγο χρησιμοποίησα την ιδιότητα

$$\sin(\alpha t) \Rightarrow a \cos(\alpha t) \text{ , για } \alpha = \text{σταθερά}$$

$$5 \cdot 3000 \cos(3000t) + 10 \cdot 2000\pi \cos(2000\pi t) = kf \cdot x(t) \Leftrightarrow$$

$$15000 \cos(3000t) + 20000\pi \cos(2000\pi t) = 10\pi \cdot x(t) \Leftrightarrow$$

$$\frac{15000 \cos(3000t) + 20000\pi \cos(2000\pi t)}{10\pi} = \frac{10\pi \cdot x(t)}{10\pi} \Leftrightarrow$$

$$x(t) = \frac{15000 \cos(3000t)}{10\pi} + \frac{2000\cancel{10\pi} \cos(2000\pi t)}{10\cancel{\pi}} \Leftrightarrow$$

$$x(t) = \frac{1500 \cos(3000t)}{\pi} + 2000 \cos(2000\pi t)$$



Θέμα 4

Υπό ερώτημα β)

Για τον υπολογισμό εύρους ζώνης θα κάνω fourier ώστε να βρω το εύρος:

$$x(t) = \frac{1500 \cos(3000t)}{\pi} + 2000 \cos(2000\pi t) \Rightarrow$$

$$x(t) = \frac{1500}{\pi} \cos(3000t) + 2000 \cos(2000\pi t) \Rightarrow$$

$$x(t) = \frac{1500}{\pi} \cos(2\pi \frac{1500t}{\pi}) + 2000 \cos(2\pi 1000t)$$

$$\cos(2\pi \frac{1500t}{\pi}) \longleftrightarrow \frac{1}{2} \delta(f - \frac{1500}{\pi}) + \frac{1}{2} \delta(f + \frac{1500}{\pi})$$

$$\frac{1500}{\pi} \cos(2\pi \frac{1500t}{\pi}) \longleftrightarrow \frac{1}{2} \frac{1500}{\pi} \delta(f - \frac{1500}{\pi}) + \frac{1}{2} \frac{1500}{\pi} \delta(f + \frac{1500}{\pi})$$

$$\cos(2\pi 1000t) \longleftrightarrow \frac{1}{2} \delta(f - 1000) + \frac{1}{2} \delta(f + 1000)$$

$$2000 \cos(2\pi 1000t) \longleftrightarrow 2000 \frac{1}{2} \delta(f - 1000) + 2000 \frac{1}{2} \delta(f + 1000)$$

$$X(f) = \frac{1}{2} \frac{1500}{\pi} \delta(f - \frac{1500}{\pi}) + \frac{1}{2} \frac{1500}{\pi} \delta(f + \frac{1500}{\pi}) + 2000 \frac{1}{2} \delta(f - 1000) + 2000 \frac{1}{2} \delta(f + 1000) \Leftrightarrow$$

$$X(f) = \frac{1500}{2\pi} \delta(f - \frac{1500}{\pi}) + \frac{1500}{2\pi} \delta(f + \frac{1500}{\pi}) + \frac{2000}{2} \delta(f - 1000) + \frac{2000}{2} \delta(f + 1000) \Leftrightarrow$$

$$X(f) = \frac{750}{\pi} \delta(f - \frac{1500}{\pi}) + \frac{750}{\pi} \delta(f + \frac{1500}{\pi}) + 1000 \delta(f - 1000) + 1000 \delta(f + 1000) \Leftrightarrow$$

Άρα:

$$\frac{1500}{\pi} = \frac{1500}{3.1428} \approx 477.70 \text{ Hz}$$

Λόγω της $\delta(f \pm 1000)$ το εύρος ζώνης του $x_{\max}(t) = 1000 \text{ Hz}$



Θέμα 4

Υπό ερώτημα γ)

$$Kf = 6\pi$$

$$\Delta f_{\max} = \frac{kf}{2\pi} \cdot \max(|x(t)|)$$

Για να βρω το $\max(|x(t)|)$ γνωρίζοντας ως μέγιστη τιμή το \sin είναι 1 τότε:

$$x(t) = \frac{1500}{\pi} \cos(3000t) + 2000 \cos(2000\pi t)$$

$$\max(|x(t)|) = \frac{1500}{\pi} \cdot 1 + 2000 \cdot 1$$

$$\max(|x(t)|) = \frac{1500}{\pi} + 2000$$

$$\Delta f_{\max} = \frac{kf}{2\pi} \cdot f_{\max}(|x(t)|)$$

$$\Delta f_{\max} = \frac{6\cancel{\pi}}{2\cancel{\pi}} \cdot \frac{1500}{\pi} + 2000$$

$$\Delta f_{\max} = 3 \frac{1500}{\pi} + 2000$$

$$\Delta f_{\max} = \frac{4500}{\pi} + 2000$$



Θέμα 4

Υπό ερώτημα δ)

$$\text{Λόγος απόκλισης } D = \frac{\Delta f_{\max}}{f_{\max}} \Leftrightarrow$$

Από προηγούμενο υπό ερώτημα:

$$\Delta f_{\max} = \frac{4500}{\pi} + 2000 \quad \text{και} \quad f_{\max} = 1000 \text{ Hz}$$

$$D = \frac{\frac{4500}{\pi} + 2000}{1000} \Leftrightarrow D = \frac{\frac{4500}{\pi}}{1000} + \frac{2000}{1000} \Leftrightarrow D = \frac{4500}{1000\pi} + \frac{2000}{1000} \Leftrightarrow \boxed{D = \frac{9}{2\pi} + 2}$$



Θέμα 4

Υπό ερώτημα ε)

Από προηγούμενο υπό ερώτημα:

$$D = \frac{9}{2\pi} + 2 \text{ και } f_x = f_{\max} = 1000 \text{ Hz}$$

$$W_{FM} = 2(D+1)f_x \Leftrightarrow W_{FM} = 2\left(\frac{9}{2\pi} + 2\right)1000 \Leftrightarrow W_{FM} = \frac{18}{\pi} + 2 \cdot 1000 \Leftrightarrow \boxed{W_{FM} = \frac{18000}{2\pi} + 2000}$$

Άρα bandwidth: $\boxed{W_{FM} = \frac{18000}{2\pi} + 2000}$



Θέμα 4

Υπό ερώτημα στ)

$$x_{FM}(t) = 10 \cos(\omega_c t) + 5 \sin(3000t) + 10 \sin(2000\pi t)$$

$$\text{επειδή: } \omega_c t = 2\pi 10^5 \text{ τότε:}$$

$$x_{FM}(t) = 10 \cos(2\pi 10^5) + 5 \sin(3000t) + 10 \sin(2000\pi t)$$

$$\text{επειδή: } 10^5 = 100000 \text{ τότε:}$$

$$x_{FM}(t) = 10 \cos(2\pi 100000) + 5 \sin(3000t) + 10 \sin(2000\pi t)$$

Κώδικας Octave

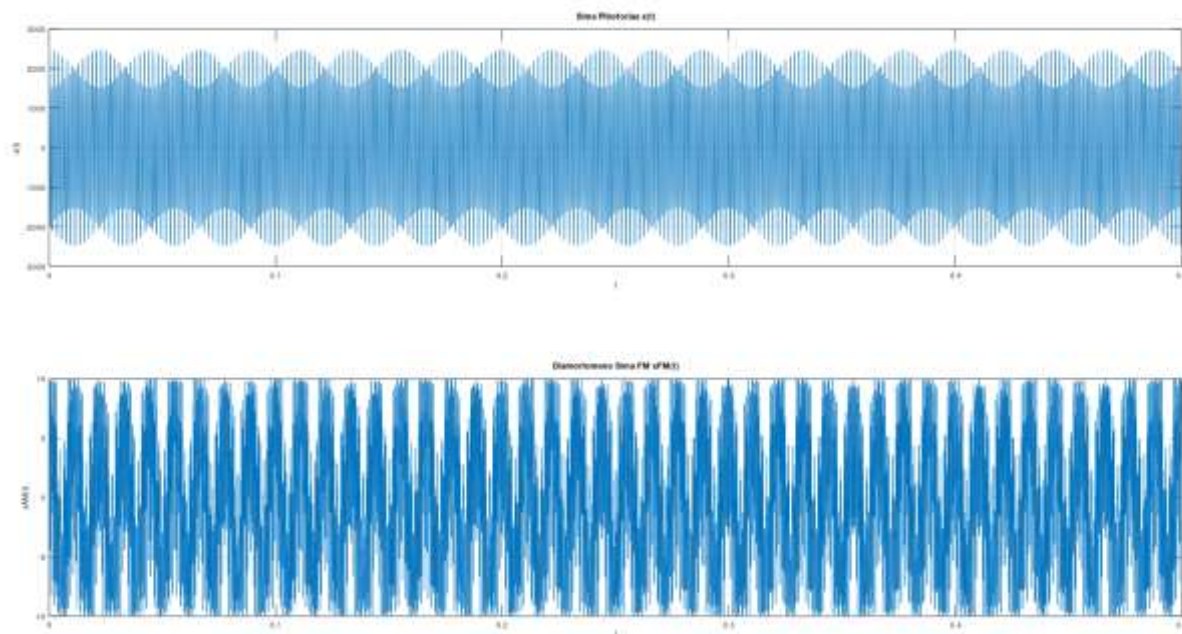
```
step = 0.0001;
t = 0:step:0.5;

xt=(1500/pi).*cos(3000*t)+2000*cos(2000*pi*t);
xFMt=10*cos(2*pi*100000+5*sin(3000*t)+10*sin(2000*pi*t));

figure(1);

subplot(211);
plot(t,xt); grid on;
xlabel('t');
ylabel('x(t)');
title('Sima Pliroforias x(t)');

subplot(212);
plot(t,xFMt); grid on;
xlabel('t');
ylabel('xAM(t)');
title('Diamorfomeno Sima FM xFM(t)');
```



Πέραν τα συγγράματα του ΕΑΠ και τις συμβουλευτικές διαφάνειες
Όπως και αναγράφει η εκφώνηση της εργασίας αναφέρω τις εξωτερικές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για την
συγγραφή αυτής της εργασίας:

Υπολογισμοί έγιναν με:

Συσκευή: Casio FX-991EX

Website: <https://www.cymath.com/> και <https://www.mathway.com/> και <https://www.wolframalpha.com/>

Για επιπλέον βοήθεια αναζήτησα ώστε να καλύψω κενά που είχα από πράξεις, τύπους, τριγωνομετρία κτλ:

<http://www.dpmath.gr/index.php/news/math/item/390-o-kanonas-tis-alycidas>

<https://www.g-physics.com/2012/06/blog-post.html>

http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2212/Mathimatika_G-Gymnasiou_html-empl/indexA3_3.html

<http://esxoleio.weebly.com/lambda972gammaomicroniota---alphanualphalambdaaomicrongamma943epsilonpsilonsigmaaf-kappaepsilonpsilonphi-30-44.html>

[https://math.libretexts.org/Bookshelves/Precalculus/Book%3A_Trigonometry_\(Sundstrom_and_Schlicker\)/02_%3A_Graphs_of_the_Trigonometric_Functions/2.01%3A_Graphs_of_the_Cosine_and_Sine_Functions](https://math.libretexts.org/Bookshelves/Precalculus/Book%3A_Trigonometry_(Sundstrom_and_Schlicker)/02_%3A_Graphs_of_the_Trigonometric_Functions/2.01%3A_Graphs_of_the_Cosine_and_Sine_Functions)

και συγγράματα από:

<https://www.kallipos.gr/el/>

αν χρειαστείτε να σας στείλω τα συγγράματα να με ενημερώσετε να σας τα στείλω είναι σε μορφή pdf



Σχόλια από ΣΕΠ

Αυτή η περιοχή χρησιμοποιείται για σχολιασμό από το ΣΕΠ