



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

UNIVERSITY OF THE AEGEAN

DEPARTMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING

321-3453– Τηλεπικοινωνίες

Διδάσκων: Βουγιούκας Δημοσθένης

3^η Εργαστηριακή Άσκηση

3212018107 Κυριαζής Ιωάννης

3212018161 Παπαδόπουλος Παναγιώτης

Σάμος, Δευτέρα 16 Νοεμβρίου, 2020



321-3453– Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 3^η Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

Κατάλογος Περιεχομένων

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u>	Βασική Θεωρητική Προετοιμασίασελ. 03
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u>	Υλοποίηση Ζητούμενου Κυκλώματοςσελ. 06
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</u>	Απαντήσεις στις Ερωτήσεις 8 έως 12σελ. 08
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u>	Απαντήσεις στις Ερωτήσειςσελ. 11



321-3453– Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 3^η Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Βασική Θεωρητική Προετοιμασία



Αρχικά, διαμόρφωση (modulation) ορίζεται η διαδικασία με την οποία κάποιο χαρακτηριστικό ενός σήματος (φέρων σήμα) μεταβάλλεται σύμφωνα με κάποιο άλλο σήμα (σήμα διαμόρφωσης). Σχεδόν πάντα σαν φέρων σήμα χρησιμοποιείται ημιτονοειδές σήμα, διότι φασματικά έχει την απλούστερη δυνατή μορφή (κρουστική συνάρτηση $\delta(f - f_c)$, όπου f_c η συχνότητα του ημιτονοειδούς σήματος). Με αυτό τον τρόπο αποφεύγονται οι παρεμβολές σε άλλες συχνότητες. Ένα ημιτονοειδές σήμα χαρακτηρίζεται από τρεις παραμέτρους: το πλάτος, τη συχνότητα και τη φάση. Η διαμόρφωση μπορεί να εφαρμόζεται σε μια από τις παραπάνω παραμέτρους οπότε αντίστοιχα έχουμε διαμόρφωση κατά πλάτος (AM), κατά συχνότητα (FM) ή κατά φάση (PM).

Σκοπός της διαμόρφωσης είναι η βελτίωση των χαρακτηριστικών μετάδοσης πληροφοριών από τον πομπό στο δέκτη. Έτσι επιτυγχάνουμε:

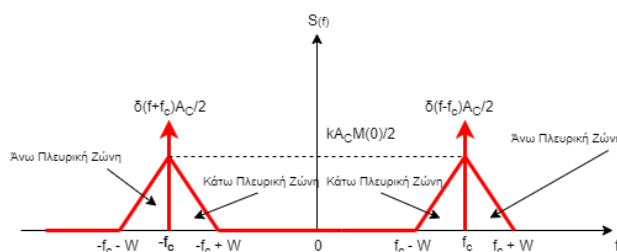
- Μετατόπιση του σήματος πληροφορίας σε περιοχή συχνοτήτων όπου το μέσο διάδοσης (γραμμή μεταφοράς, ατμόσφαιρα, οπτική ίνα) έχει βελτιωμένα χαρακτηριστικά.
- Μέχρι κάποιο όριο "ανοσία" του σήματος από θόρυβο και παρεμβολές
- Δυνατότητα ταυτόχρονης μετάδοσης πολλών σημάτων μέσα από το ίδιο μέσο μετάδοσης (πολυπλεξία).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να καταλάβουμε πως πραγματοποιείται η διαμόρφωση πλάτους (Amplitude Modulation, AM), να μάθουμε να σχεδιάζουμε το φάσμα DSB, DSB-SC, SSB καθώς και να δούμε πως δημιουργείται ένα κύκλωμα διαμορφωτή AM-DSB στην πράξη. Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε πως λειτουργεί κάθε κύκλωμα έτσι ώστε να κατανοήσουμε πλήρως τις απαιτήσεις των εργασιών αλλά και να μας βοηθήσει σε μελλοντικά μαθήματα ή υλοποιήσεις.

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

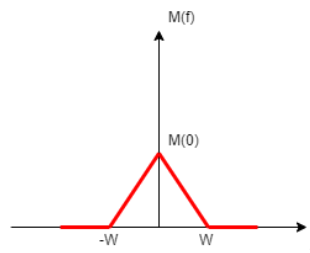
AM

ΦΑΣΜΑ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗΣ AM

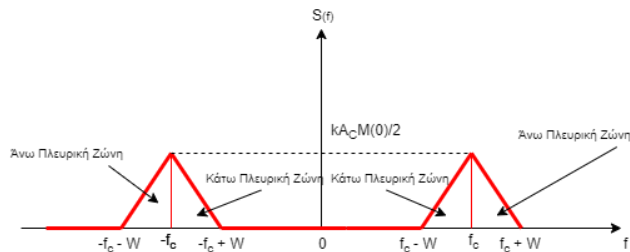


Για θετικές συχνότητες το τμήμα του φάσματος μιας κυματομορφής AM, που βρίσκεται πάνω από τη συχνότητα φέροντος σήματος f_c λέγεται άνω πλευρική ζώνη, ενώ το συμμετρικό τμήμα κάτω από την συχνότητα f_c λέγεται κάτω πλευρική ζώνη. Η υψηλότερη συνιστώσα συχνότητας κυματομορφής AM είναι ίση με $f_c + W$ και η χαμηλότερη $f_c - W$. Η διαφορά τους ορίζει το εύρος ζώνης μετάδοσης.

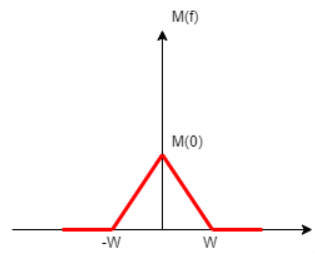
ΦΑΣΜΑ ΣΗΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ



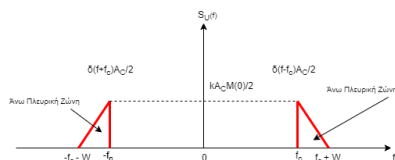
Για αρνητικές συχνότητες, η άνω πλευρική ζώνη απεικονίζεται από το τμήμα φάσματος κάτω από $-f_c$ και η κάτω πλευρική ζώνη από το τμήμα πάνω από $-f_c$. Η συνθήκη $f_c > W$ εξασφαλίζει ότι οι πλευρικές ζώνες δεν επικαλύπτονται.

**DSB-SC****ΦΑΣΜΑ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗΣ DSB-SC**

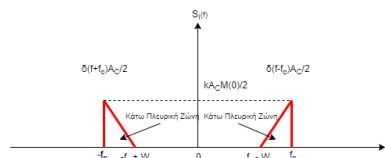
Για θετικές συχνότητες το τμήμα του φάσματος μιας κυματομορφής AM, που βρίσκεται πάνω από τη συχνότητα φέροντος σήματος f_c λέγεται άνω πλευρική ζώνη, ενώ το συμμετρικό τμήμα κάτω από την συχνότητα f_c λέγεται κάτω πλευρική ζώνη. Η υψηλότερη συνιστώσα συχνότητας κυματομορφής AM είναι ίση με f_c+W και η χαμηλότερη f_c-W . Η διαφορά τους ορίζει το εύρος ζώνης μετάδοσης.

ΦΑΣΜΑ ΣΗΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ

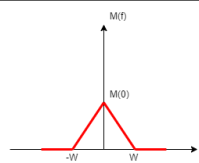
Για αρνητικές συχνότητες, η άνω πλευρική ζώνη απεικονίζεται από το τμήμα φάσματος κάτω από $-f_c$ και η κάτω πλευρική ζώνη από το τμήμα πάνω από $-f_c$. Η συνθήκη $f_c > W$ εξασφαλίζει ότι οι πλευρικές ζώνες δεν επικαλύπτονται.

SSB**ΦΑΣΜΑ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗΣ SSB (ΜΕ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΗ ΤΗΝ ΑΝΩ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΖΩΝΗ)**

Για θετικές συχνότητες το τμήμα του φάσματος μιας κυματομορφής AM, που βρίσκεται πάνω από τη συχνότητα φέροντος σήματος f_c λέγεται άνω πλευρική ζώνη, ενώ το συμμετρικό τμήμα κάτω από την συχνότητα f_c λέγεται κάτω πλευρική ζώνη. Η υψηλότερη συνιστώσα συχνότητας κυματομορφής AM είναι ίση με f_c+W και η χαμηλότερη f_c-W . Η διαφορά τους ορίζει το εύρος ζώνης μετάδοσης.

ΦΑΣΜΑ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗΣ SSB (ΜΕ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΗ ΤΗΝ ΚΑΤΩ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΖΩΝΗ)

Για αρνητικές συχνότητες, η άνω πλευρική ζώνη απεικονίζεται από το τμήμα φάσματος κάτω από $-f_c$ και η κάτω πλευρική ζώνη από το τμήμα πάνω από $-f_c$. Η συνθήκη $f_c > W$ εξασφαλίζει ότι οι πλευρικές ζώνες δεν επικαλύπτονται.

ΦΑΣΜΑ ΣΗΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ



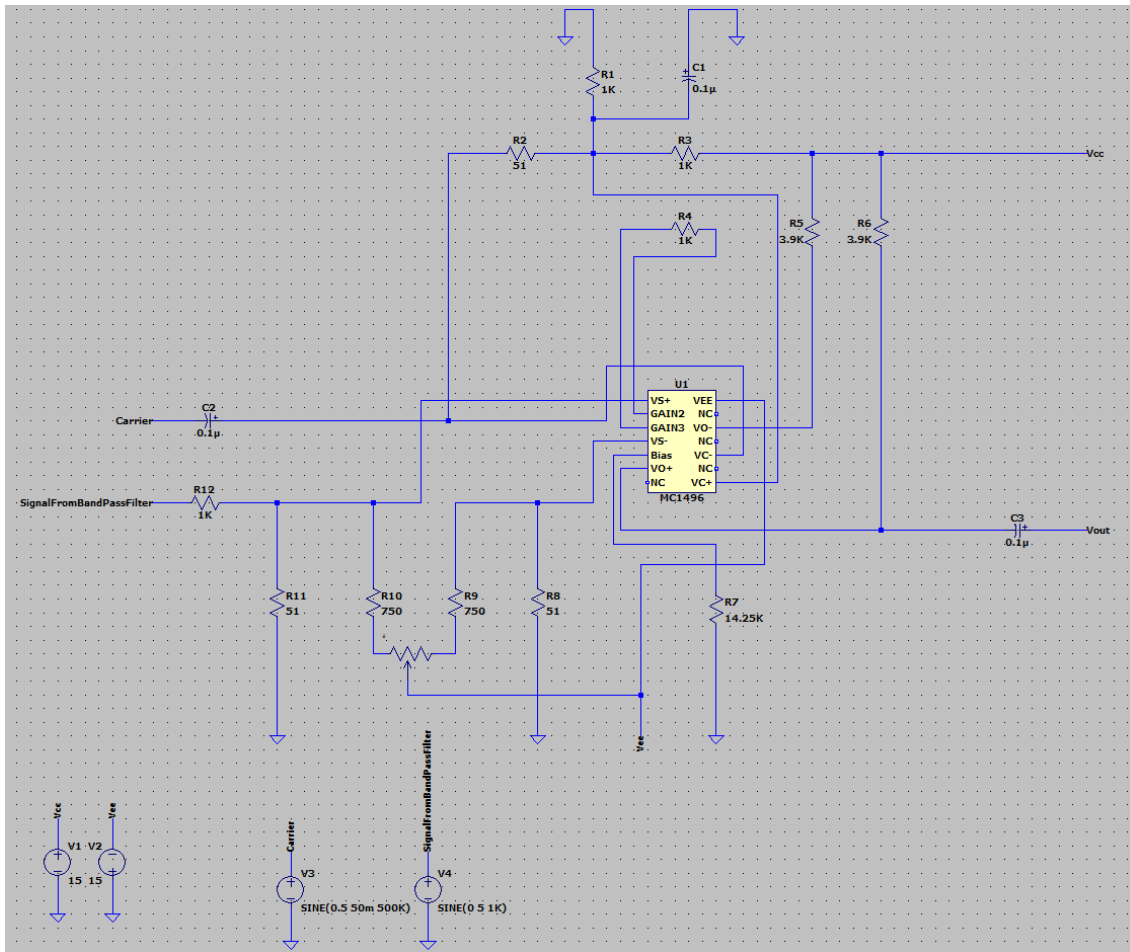
321-3453– Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 3^η Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Υλοποίηση Ζητούμενου Κυκλώματος



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

$V_1=15V$

$V_2=15V$

V_3 (Carrier)={DC-Offset=0.5V
Amplitude=50mV
Frequency=500KHz}

V_4 (SFBPF*)={DC-Offset=0V
Amplitude=5V
Frequency=1KHz}

$C_1=0.1\mu F$

$C_2=0.1\mu F$

$C_3=0.1Mf$

*SFBPF=SignalFromBandPassFilter

$R_1=1KHz$

$R_2=51Hz$

$R_3=1KHz$

$R_4=1KHz$

$R_5=3.9KHz$

$R_6=3.9KHz$

$R_7=14.25KHz$

$R_8=51Hz$

$R_9=750Hz$

$R_{10}=750Hz$

$R_{11}=51Hz$

Οι τιμές του ποτενσιόμετρου θα ρυθμιστούν αργότερα σύμφωνα με τα ερωτήματα της κάθε άσκησης.



321-3453– Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 3^η Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Απαντήσεις στις Ερωτήσεις 8 έως 12



ΕΡΩΤΗΣΗ 8

Για να απαντήσουμε σωστά στην τρέχουσα άσκηση, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι:

1. μ =ποσοστό διαμόρφωσης
2. $\max\{a(t)\}$, $\min\{a(t)\}$ =μέγιστη και ελάχιστη τιμή του πλάτους του διαμορφωμένου σήματος αντίστοιχα
3. $n=\max\{a(t)\} / \min\{a(t)\}$
4. $\mu=\{(n-1)/(n+1)\} \cdot 100\%$

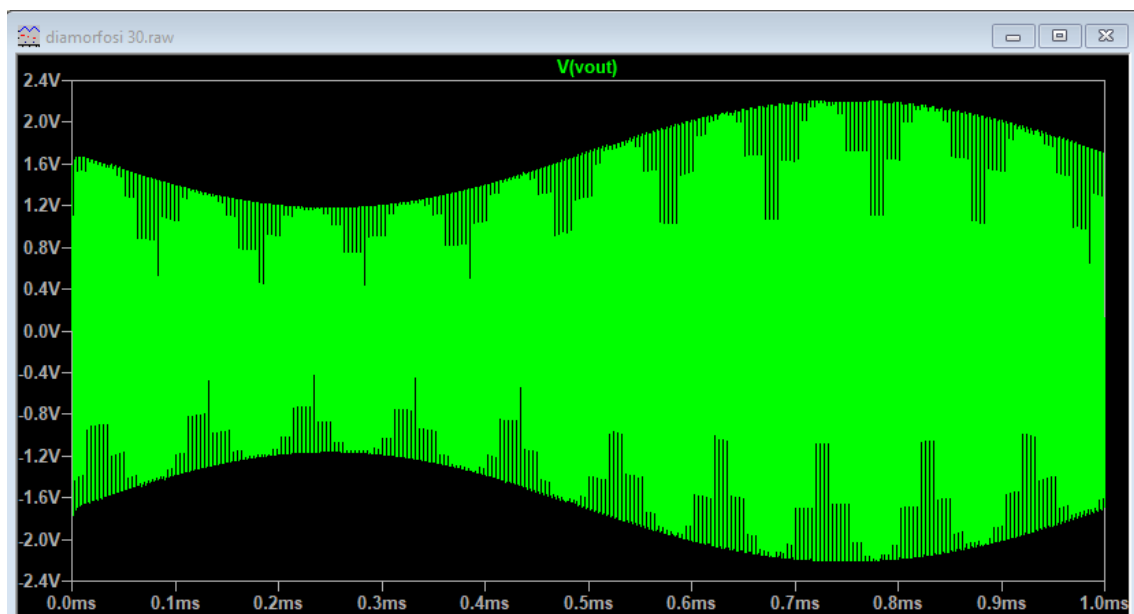
ΓΙΑ $\mu=30\%$

Σύμφωνα με υπολογισμούς, για να έχουμε 30% ποσοστό διαμόρφωσης πρέπει το $n=1,86$. Άρα με τον τύπο (3) όπως αριθμούνται παραπάνω, θα πρέπει να βρούμε τα $\max\{a(t)\}$ και $\min\{a(t)\}$. Επομένως, με $V_{a1}=0,37$ παίρνουμε τα εξής αποτελέσματα:

- $\min\{a(t)\} = 1188,919\text{mV}$ (1189mV)
- $\max\{a(t)\} = 2207,160\text{mV}$ (2207mV)

Το αποτέλεσμα της διαίρεσης (3) είναι 1,856 και με στρογγυλοποίηση 1,86

$$\frac{30}{100} = \frac{n-1}{n+1} \cdot \frac{100}{100} \Rightarrow 3n+3 = 10n-10 \Rightarrow n = 1.857 \Rightarrow n = 1.86$$



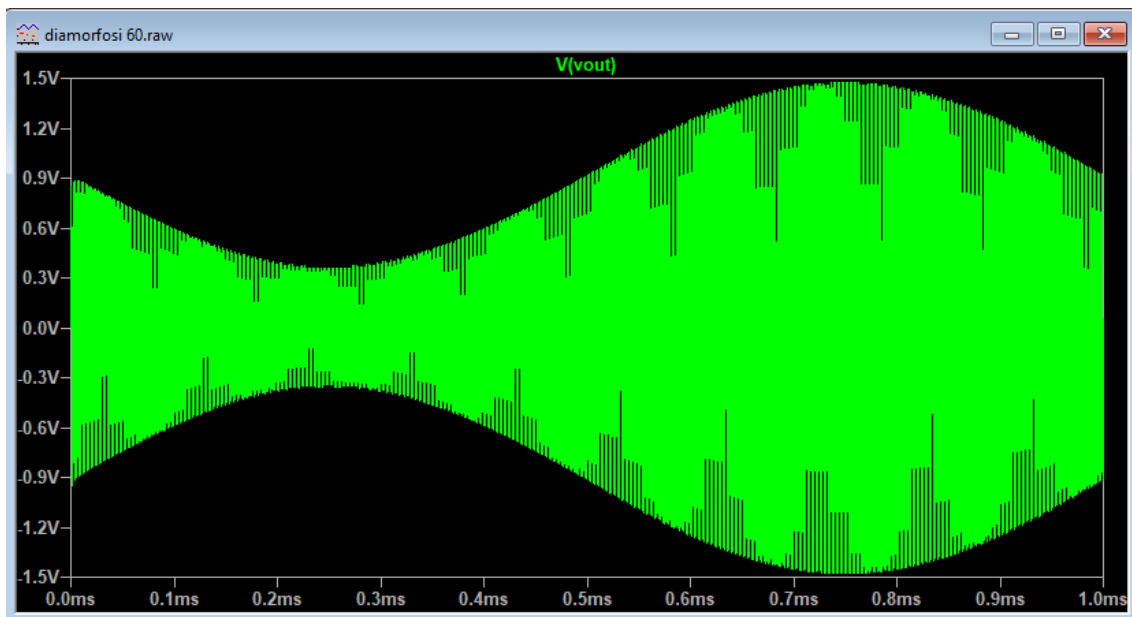
**ΓΙΑ $\mu=60\%$**

Σύμφωνα με υπολογισμούς, για να έχουμε 60% ποσοστό διαμόρφωσης πρέπει το $n=4$. Άρα με τον τύπο (3) όπως αριθμούνται παραπάνω, θα πρέπει να βρούμε τα $\max\{a(t)\}$ και $\min\{a(t)\}$. Επομένως, με $Val=2,03$ παίρνουμε τα εξής αποτελέσματα:

- $\min\{a(t)\} = 366,466\text{mV}$ (367mV)
- $\max\{a(t)\} = 1472,312\text{mV}$ (1472mV)

Το αποτέλεσμα της διαίρεσης (3) είναι 4,01 και με στρογγυλοποίηση 4

$$\frac{60}{100} = \frac{n-1}{n+1} \cdot \frac{100}{100} \Rightarrow 6n+6 = 10n-10 \Rightarrow n=4$$



**ΓΙΑ $\mu=100\%$**

Για να έχουμε διαμόρφωση 100%, θα πρέπει να βρούμε αρχικά το n:

$$\frac{100}{100} = \frac{n-1}{n+1} * \frac{100}{100} \Rightarrow n+1 = n-1 \Rightarrow \text{ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ}$$

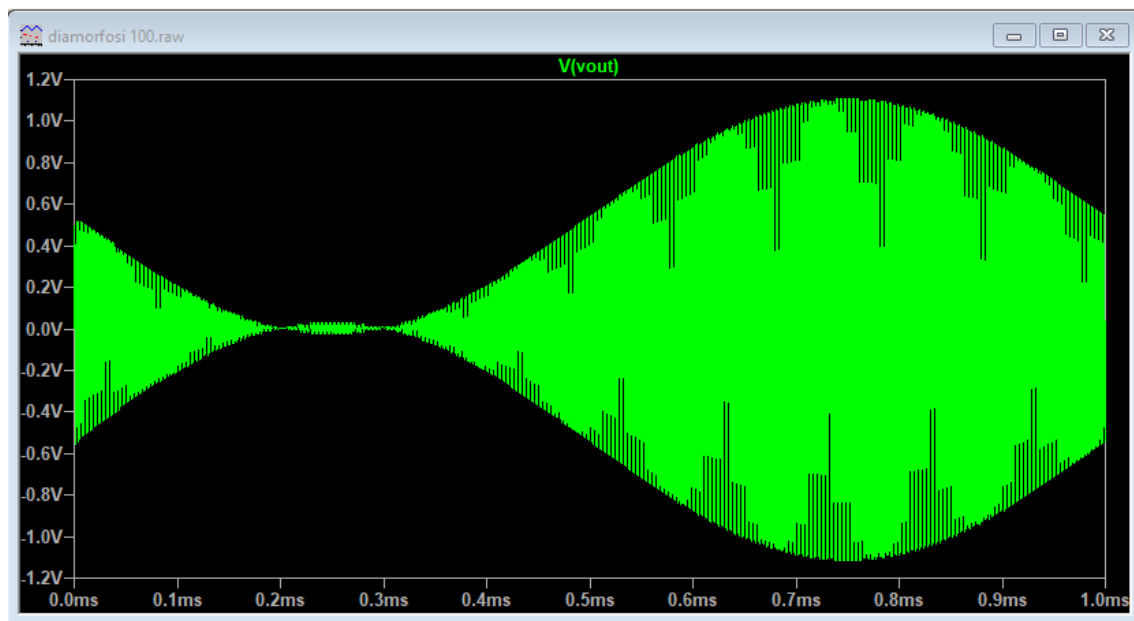
Επομένως δεν μπορούμε να βρούμε ακριβή τιμή για το n. Άρα δεν μπορούμε να βρούμε την συνδετική σχέση ανάμεσα στα $\max\{a(t)\}$ και $\min\{a(t)\}$ και στο Val του ποτενσιόμετρου. Συμπερασματικά, δεν μπορώ να ρυθμίσω κατάλληλα το Val.

Από την άλλη μεριά όμως έχουμε την εξής εξίσωση:

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

Το μ εκφράζει το ποσοστό διαμόρφωσης. Για να ισχύει η παραπάνω σχέση θα πρέπει $\min\{a(t)\}=0$. Άρα όποια τιμή και να πάρει το $\max\{a(t)\}$, το $\min\{a(t)\}=0$ για να ισχύει 100% διαμόρφωση. Προσπαθώντας να πετύχουμε $\min\{a(t)\}=0$ στο ltspice, βρήκαμε ότι Val=4,4 και έχουμε τα εξής:

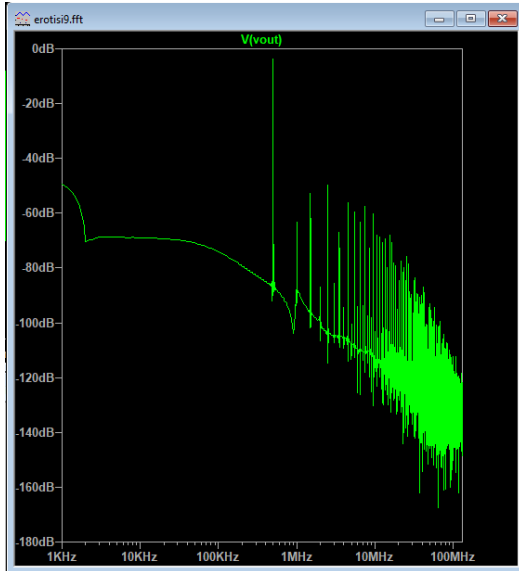
- $\min\{a(t)\} = 0\text{mV}$
- $\max\{a(t)\} = 1105,994\text{mV}$ (1106mV)





ΕΡΩΤΗΣΗ 9

Για να λάβουμε το διαμορφωμένο κατά AM σήμα στο πεδίο της συχνότητας, θα βάλουμε στο Val=2,03.



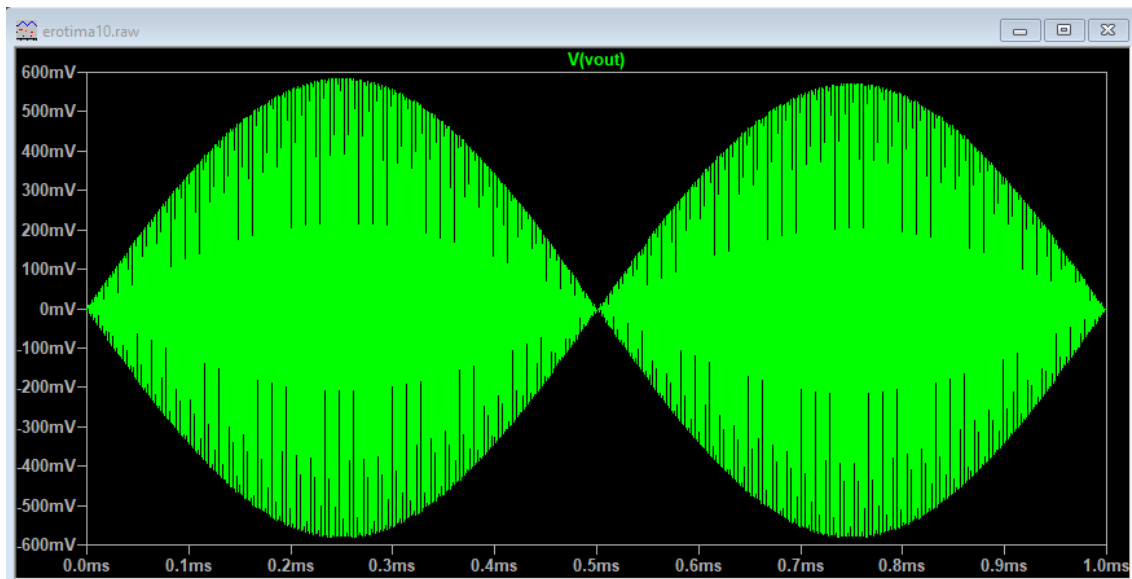
Από το διπλανό στιγμιότυπο, παρατηρούμε ότι, η κυματομορφή είναι AM (διαμόρφωση από απλό τόνο).

Βλέπουμε την έξοδο του μετασχηματισμού Fourier. Είναι αμέσως προφανές ότι μία συχνότητα, η μία αιχμή στο γράφημα, έχει πολύ ισχυρότερες εντάσεις από τις άλλες. Αυτή οι συχνότητα αντιπροσωπεύει πραγματικά την συχνότητα των δύο ημιτονοειδών κυμάτων που δημιούργησαν το σήμα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 10

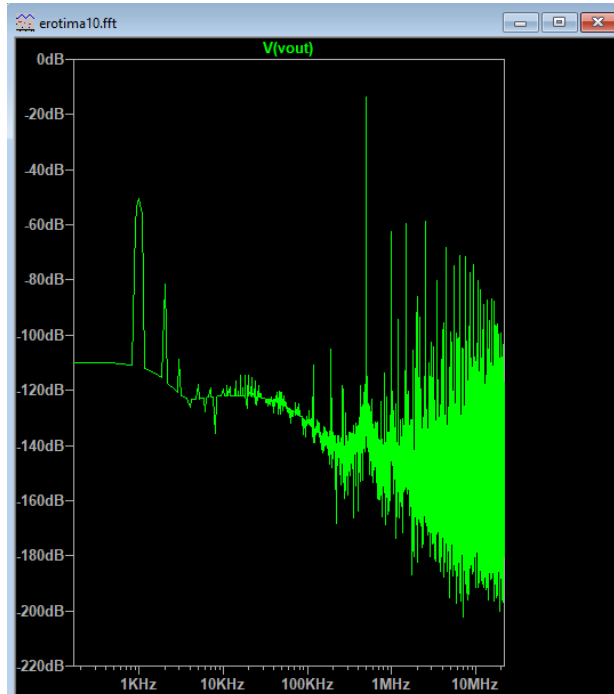
Για να λάβουμε το διαμορφωμένο κατά AM σήμα στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας, θα βάλουμε στο Val=50.

Σε συνάρτηση με τον χρόνο:





Σε συνάρτηση με την συχνότητα:



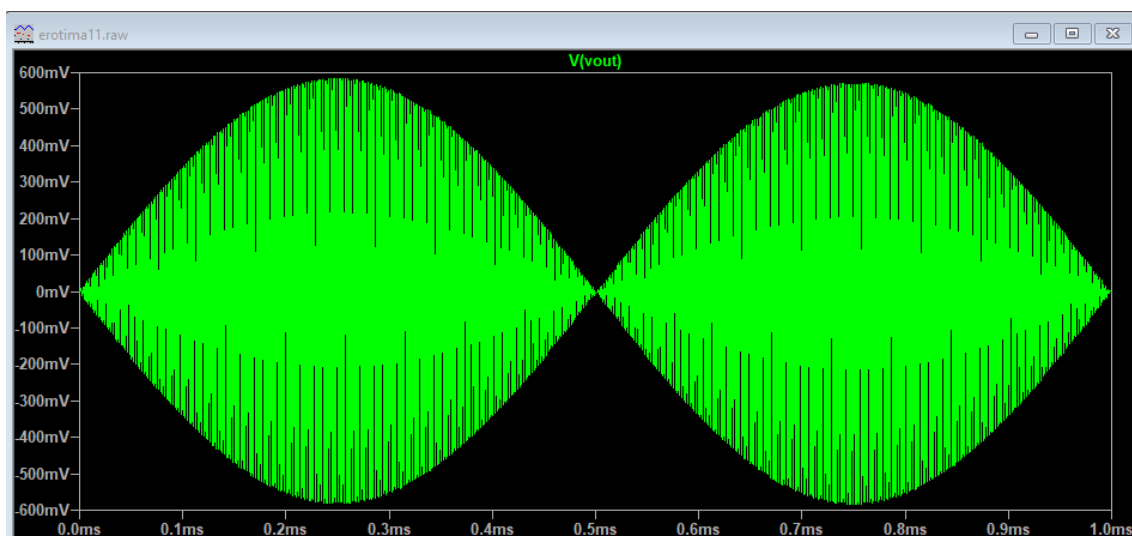
Από τα παραπάνω στιγμιότυπα, παρατηρούμε ότι η κυματομορφή που παρουσιάζεται σε συνάρτηση με τον χρόνο, είναι είδους DSB-SC (διαμόρφωση διπλής πλευρικής ζώνης με καταπιεσμένο φέρον).

Στο διπλανό σχήμα βλέπουμε την έξοδο του μετασχηματισμού Fourier. Είναι αμέσως προφανές ότι δύο συχνότητες, οι δύο αιχμές στο γράφημα, έχουν πολύ ισχυρότερες εντάσεις από τις άλλες. Αυτές οι συχνότητες αντιπροσωπεύουν πραγματικά τις συχνότητες των δύο ημιτονοειδών κυμάτων που δημιούργησαν το σήμα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 11

Για να απαντήσουμε στο ερώτημα, δώσαμε τις εξής τιμές:

- $R_9=10K\Omega$
- $R_{10}=10K\Omega$





Από αυτή την αλλαγή που κάναμε στις αντιστάσεις R_9 και R_{10} παρατηρούμε ότι η μέγιστη τιμή του πλάτους τείνει να γίνει ίση με την μικρότερη τιμή του πλάτους. Έχουμε κρατήσει το $V_{al}=50$ από το προηγούμενο ερώτημα και επομένως μπορούμε να βρούμε το ποσοστό της διαμόρφωσης. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς έχουμε:

- $\min\{a(t)\} = 571\text{mV}$
- $\max\{a(t)\} = 583\text{mV}$

$$n = \frac{583}{571} = 1.02$$

$$\frac{x}{100} = \frac{1.02 - 1}{1.02 + 1} \cdot \frac{100}{100} \Rightarrow x = \frac{200}{202} \Rightarrow x = 0.99$$

Επομένως το ποσοστό διαμόρφωσης είναι 99%. Άρα προκύπτει μία υπερδιαμορφωμένη κυματομορφή τύπου DSB-SC (διαμόρφωση διπλής πλευρικής ζώνης με καταπιεσμένο φέρον). Η ρυθμιστική αντίσταση TR1 χρησιμεύει για τη ρύθμιση του ποσοστού διαμόρφωσης.

ΕΡΩΤΗΣΗ 12

Αρχικά πρέπει να αντιληφθούμε τι χρειαζόμαστε για να φτιάξουμε ένα κύκλωμα στην πράξη (με τιμή και χρόνο παράδοσης). Ουσιαστικά θα υλοποιήσουμε έναν διαμορφωτή AM με πραγματικά υλικά. Θα χρειαστούμε τα εξής:

- 1 ποτενσιόμετρο
- 4 αντιστάσεις $1\text{K}\Omega$
- 3 αντιστάσεις 51Ω
- 2 αντιστάσεις $3.9\text{K}\Omega$
- 1 αντίσταση $14.25\text{K}\Omega$
- 2 αντιστάσεις $10\text{K}\Omega$
- 1 τρανζίστορ MC1496
- 3 πολωμένους πυκνωτές $0.1\mu\text{F } 100\text{V}$
- 2 πηγές τάσης 15V
- 1 πηγή εναλλασσόμενης τάσης 50mV
- 1 πηγή εναλλασσόμενης τάσης 5V
- Καλώδια
- breadboard



Επομένως έχουμε τα παρακάτω στοιχεία για το κάθε υλικό που θα χρειαστούμε:

No.	ΜΑΡΚΑ	ΚΩΔΙΚΟΣ	TEM.	ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ	ΤΙΜΗ/TEM.	ΣΥΝΟΛΟ	ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ
1	Nichicon (πυκνωτές)	UVR2A0R1MDD1TA	3	3-7 ημέρες	0.136€	0.41€	https://gr.mouser.com/ProductDetail/Nichicon/UVR2A0R1MDD1TA?qs=Jg0Bn5pVfory462PrcIAQ3D%3D
2	KOA Speer (αντιστάτες)	SPR1CT52R102J	4	3-7 ημέρες	0.252€	1.01€	https://gr.mouser.com/ProductDetail/KOA-Speer/SPR1CT52R102J?qs=4BKAa0e0LUBAcSLRh5gK3D%3D
3	Xicon (αντιστάτες)	294-51-RC	3	3-7 ημέρες	0.037€	0.11€	https://gr.mouser.com/ProductDetail/Xicon/294-51-RC?qs=sGAEpMZZMhQhM4LzcnVnvgEag9WtCEBcO3D%3D
4	Xicon (αντιστάτες)	294-3.9K-RC	2	3-7 ημέρες	0.037€	0.07€	https://gr.mouser.com/ProductDetail/Xicon/294-3.9K-RC?qs=sGAEpMZZMhQhM4LzcnVnvgEag9WtCEBcO3D%3D
5	Vishay Dale (αντιστάτες)	RN55D1422FRE6	1	3-7 ημέρες	0.094€	0.094€	https://www.digikey.com/en/products/detail/vishay-dale/RN55D1422FRE6/3333815
6	KOA Speer (αντιστάτες)	SPR1CT52R1002F	2	3-7 ημέρες	0.252€	0.50€	https://gr.mouser.com/ProductDetail/KOA-Speer/SPR1CT52R1002F?qs=sGAEpMZZMhQhM4LzcnVnvgEag9WtCEBcO3D%3D
7	ON Semiconductor (διαμορφωτής)	MC1496BDR2G	1	3-7 ημέρες	0.711€	0.71€	https://gr.mouser.com/ProductDetail/ON-Semiconductor/MC1496BDR2G?qs=sGAEpMZZMhQhM4LzcnVnvgEag9WtCEBcO3D%3D
8	MEAN WELL (πηγή τάσης)	MPM-45-15	2	3-7 ημέρες	19.57€	39.14€	https://gr.mouser.com/ProductDetail/MEAN-WELL/MPM-45-15?qs=GBL52Akuvqfm60MB8yK3D%3D
9	*		1		€	€	
10	*		1		€	€	
11	Amphenol Piher (ποτενσιόμετρο)	PC16SV07IP17503A2020TA	1	3-7 ημέρες	4.63€	4.63€	https://gr.mouser.com/ProductDetail/Amphenol-Piher/PC16SV07IP17503A2020TA?qs=Jg0Bn5pVfory462PrcIAQ3D%3D
12	BusBoard Prototype Systems (breadboard)	BB400T	1	3-7 ημέρες	5.53€	5.53€	https://gr.mouser.com/ProductDetail/BusBoard-Prototype-Systems/BB400T?qs=sGAEpMZZMhQhM4LzcnVnvgEag9WtCEBcO3D%3D
13	TE Connectivity (καλώδια)	400R0111-22-9	100	3-7 ημέρες	0.176€	17.6€	https://gr.mouser.com/ProductDetail/TE-Connectivity/400R0111-22-9?qs=sGAEpMZZMhQhM4LzcnVnvgEag9WtCEBcO3D%3D
Σ				10 ημέρες	69,8 EUR		

*: δεν μπορέσαμε να βρούμε την κατάλληλη πηγή εναλλασσόμενης τάσης με τα χαρακτηριστικά που παραθέτει η άσκηση. Πρόκειται για τις δύο πηγές εναλλασσόμενης τάσης Carrier και Signal from Bandpass Filter

ΠΕΡΑΣ 3^{ης} ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

UNIVERSITY OF THE AEGEAN
DEPARTMENT OF INFORMATION AND
COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING

Kyriazis Ioannis | Papadopoulos Panagiotis

Copyright © 2020 – All Rights Reserved