



**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

---

## **5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση**

---

3212018107 Κυριαζής Ιωάννης

3212018161 Παπαδόπουλος Παναγιώτης

Σάμος, Δευτέρα 14 Δεκεμβρίου, 2020



321-3453– Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

## **Κατάλογος Περιεχομένων**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1** Θεωρητική Προετοιμασία.....σελ. 03

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2** Υλοποίηση Ζητούμενου Κυκλώματος.....σελ. 06

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3** Απαντήσεις στις Ερωτήσεις 1 έως 6 .....σελ. 08



321-3453–Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

Θεωρητική Προετοιμασία

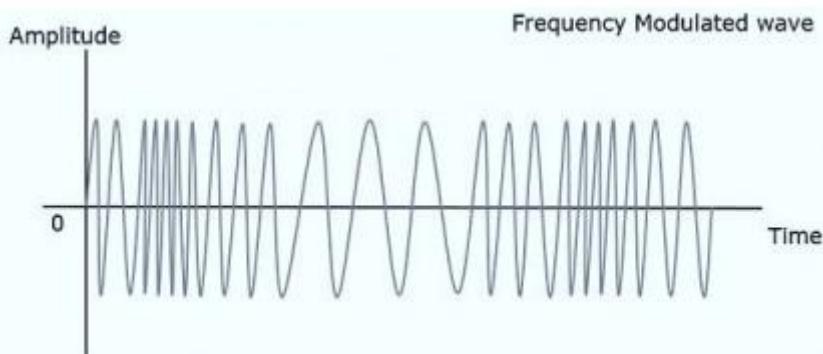


## ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ FM

Σε κάθε διαμόρφωση έχουμε τελικά ένα σήμα που πρέπει να μεταδώσουμε. Κάθε σήμα έχει ως χαρακτηριστικά το πλάτος, τη φάση και τη συχνότητα. Στο είδος διαμόρφωσης που θα μελετήσουμε σε αυτήν την άσκηση, το χαρακτηριστικό του σήματος που μεταβάλλεται είναι η συχνότητα. Η FM διαμόρφωση ανήκει στο είδος των Διαμορφώσεων Γωνίας. Σε αυτό το είδος διαμορφώσεων ανήκει και η διαμόρφωση φάσης.

Η φάση συνδέεται με τη κυκλική συχνότητα από τον τύπο  $\omega = 2\pi f$

Η μορφή ενός διαμορφωμένου κατά συχνότητα σήμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

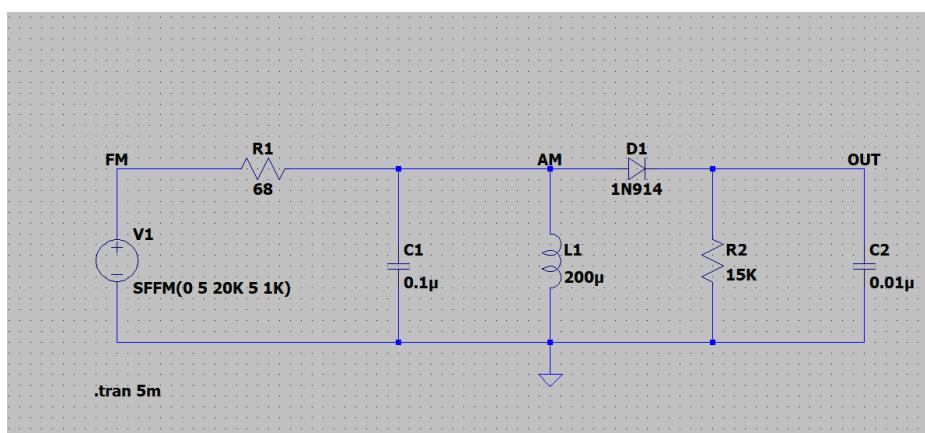


Ορίζουμε ως απόκλιση συχνότητας ( $\Delta f$ ) την ποσότητα  $\Delta f = k_f A_m$

Η απόκλιση συχνότητας αντιστοιχεί στη μέγιστη απομάκρυνση της στιγμιαίας συχνότητας του διαμορφωμένου σήματος από τη συχνότητα του φέροντος σήματος.

$$\beta_f = \frac{k_f A_m}{f_m} = \frac{\Delta f}{f_m}$$

Το συγκεκριμένο κύκλωμα χρησιμοποιείται για την αποδιαμόρφωση FM σημάτων. Αναλυτικότερα αποτελείται από ένα συντονισμένο LC κύκλωμα, ακολουθούμενο από έναν αποδιαμορφωτή περιβάλλουσας. Ο αποδιαμορφωτής περιβάλλουσας, σαν αποκλειστικό κύκλωμα χρησιμοποιείται για την αποδιαμόρφωση σημάτων AM.





321-3453–Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

Η έξοδος του συντονισμένου κυκλώματος θα είναι ένα σήμα που θα έχει μεταβλητό πλάτος. Όμως σε αυτό το σήμα εξόδου θα έχει εναπομείνει και μια μεταβολή στη συχνότητα. Αν μετά από το συντονισμένο κύκλωμα συνδέσουμε τον Αποδιαμορφωτή Περιβάλλουσας τότε μπορούμε να ανακτήσουμε το αρχικό σήμα. Ένα σημαντικό σχόλιο που πρέπει να γίνει είναι ότι για τη χρήση του ανιχνευτή κλίσης πρέπει η συχνότητα του φέροντος που εφαρμόζετε στην είσοδο του, να βρίσκεται αρκετά πιο κάτω Τάση στα άκρα του C<sub>1</sub> από τη συχνότητα συντονισμού, ούτως ώστε να εκμεταλλευτούμε το σχεδόν γραμμικό κομμάτι της συνάρτησης μεταφοράς. Η συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος RLC δίνεται από τον τύπο:

$$\omega_{oRLC} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Θυμόμαστε ότι η συχνότητα αποκοπής του χαμηλοπερατού (Low Pass) φίλτρου 1ης τάξης που δομείται από αντίσταση (R) και πυκνωτή (C) είναι:

$$\omega_{oLP} = \frac{1}{R_l C_l}$$



321-3453–Τηλεπικοινωνίες  
Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση  
Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

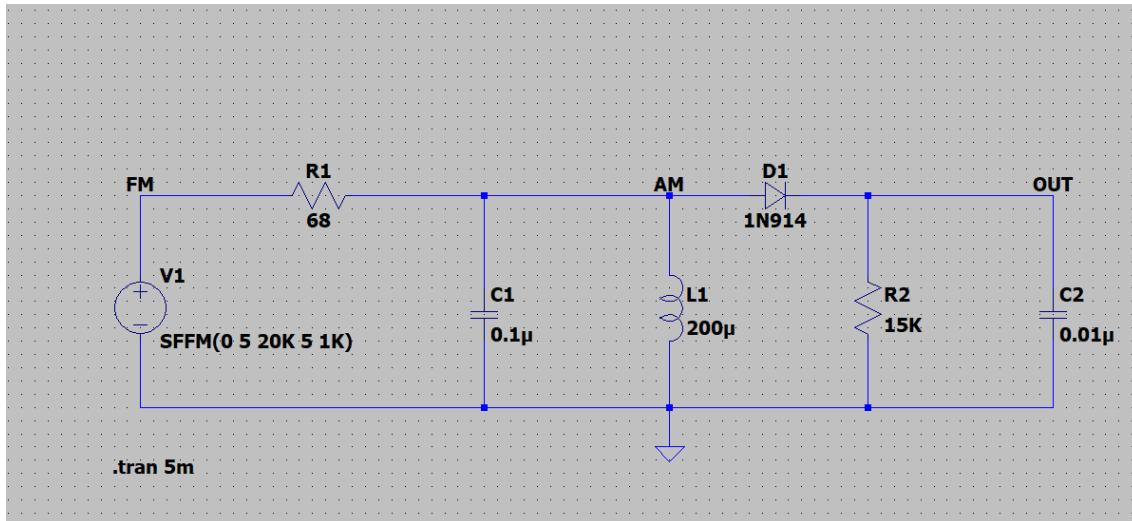
Υλοποίηση Ζητούμενου Κυκλώματος



321-3453–Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

$V_1$  (SFFM) = {DC-Offset=0V  
Amplitude=5V  
Carrier Frequency=1KHz  
Modulation Index=5  
Signal Frequency=1KHz}

$$R_1 = 68\text{Hz}$$

$$R_i = 15\text{KHz}$$

$$F_i = 1\text{KHz}$$

$$C_1 = 0.1\mu\text{F}$$

$$C_i = 0.1\mu\text{F}$$

$$L_1 = 200 \mu\text{H}$$



321-3453–Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

Απαντήσεις στις Ερωτήσεις 1 έως 6



321-3453– Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

## **ΕΡΩΤΗΣΗ 1**

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

$$\omega = 2\pi f \quad (1)$$

$$\omega_{oRLC} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2)$$

Όπως δείξαμε και στο υπόμνημα του κυκλώματος στην σελίδα 4, έχουμε τις εξής τιμές:

- ❖  $C_1=0.1\mu F$
- ❖  $L_1=200\mu H$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις (1) και (2), έχουμε:

$$2\pi f_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \implies$$

$$\implies f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,1*10^{-6}*200*10^{-6}}} \implies$$

$$\implies f_r \simeq 35,58 \text{ kHz}$$

Άρα η συχνότητα του συντονισμένου κυκλώματος είναι περίπου 35,58kHz.



$$1 / (2 * \pi * \sqrt{0.1 * (10^{-6}) * 200 * (10^{-6})}) = \\ 35588.1271709$$



321-3453– Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

## ΕΡΩΤΗΣΗ 2

Για να υπολογίσουμε την μέγιστη απόκλιση συχνότητας για το σήμα πληροφορίας που αντιστοιχεί στην ομάδα μας (ΟΜΑΔΑ 1, ΠΙΝΑΚΑΣ 2), θα χρειαστούμε τον εξής τύπο:

$$\beta_f = \frac{k_f A_m}{f_m} = \frac{\Delta f}{f_m} \quad (1)$$

$$f_r + \Delta_f < f_C \quad (2)$$

Όπως δείξαμε και στο υπόμνημα του κυκλώματος στην σελίδα 4, έχουμε τις εξής τιμές:

- ❖  $\beta_f=5$
- ❖  $f_m=F_i=1\text{KHz}$

Έτσι, ακολουθώντας τον τύπο (1) που προαναφέραμε, θα έχουμε:

$$\begin{aligned}\beta_f &= \frac{\Delta f}{f_m} \implies \\ \implies \Delta_f &= \beta_f * f_m \implies \\ \implies \Delta_f &= 5 * 1000 = 5\text{kHz}\end{aligned}$$

Άρα από τον τύπο (2) μπορούμε να δούμε αν είναι επαρκές το περιθώριο για την λειτουργία του ανιχνευτή κλίσης:

$$20\text{kHz} + 5\text{kHz} < 35,58\text{kHz} \rightarrow 25\text{kHz} < 35,58\text{kHz}$$

Ισχύει η ανίσωση και επομένως υπάρχει επαρκές περιθώριο για την λειτουργία του ανιχνευτή κλίσης.



321-3453–Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

### **ΕΡΩΤΗΣΗ 3**

Για να υπολογίσουμε την συχνότητα αποκοπής που αντιστοιχεί στην ομάδα μας (ΟΜΑΔΑ 1, ΠΙΝΑΚΑΣ 2), θα χρειαστούμε τους εξής τύπους:

$$\omega = 2\pi f \quad (1)$$

$$\omega_{OLP} = \frac{1}{R_i C_i} \quad (2)$$

Πριν αρχίσουμε να υπολογίζουμε, θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν ότι η  $f_{\text{αποκοπής}}$  που θέλουμε να υπολογίσουμε θα πρέπει να είναι περίπου ίση με την συχνότητα της ομάδας μας  $F_i=1\text{kHz}$ . Επομένως, για να επιτευχθεί αυτό, κρατήσαμε σταθερή την τιμή του πυκνωτή  $C_i=0,01\mu\text{F}$  και μεταβάλλαμε συνεχώς την αντίσταση  $R_i$  έως ότου πετύχουμε  $f_{\text{αποκοπής}} \approx F_i$ . Άρα βρήκαμε ότι  $R_i=15\text{k}\Omega$ . Από τους τύπους (1) και (2), έχουμε

$$2\pi f_{\text{αποκοπής}} = \frac{1}{R_i * C_i} \implies$$

$$\implies f_{\text{αποκοπής}} = \frac{1}{2\pi * R_i * C_i} = \frac{1}{2\pi * 15000 * 0,01 * 10^{-6}} \implies$$

$$\implies f_{\text{αποκοπής}} \approx 1,06 \text{ kHz}$$

Παρατηρούμε ότι, η συχνότητα αποκοπής είναι σχεδόν ίση με την συχνότητα που αντιστοιχεί στην ομάδα μας  $f_{\text{αποκοπής}} \approx F_i \rightarrow 1,06\text{kHz} \approx 1\text{kHz}$ .

1 / (2 \* pi \* 15 000 \* 0.01 \* (10<sup>-6</sup>)) =  
1061.03295395



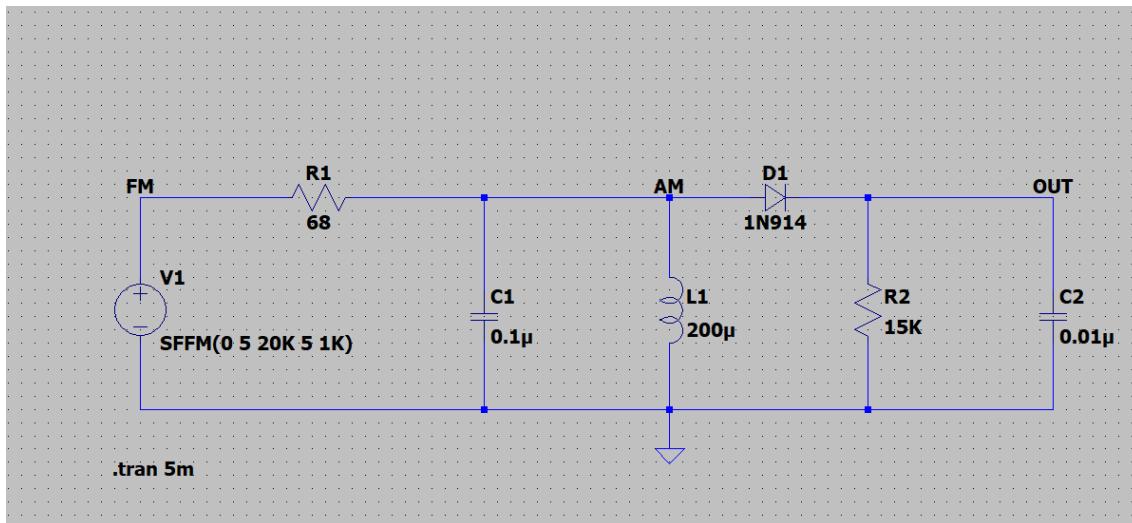
321-3453–Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

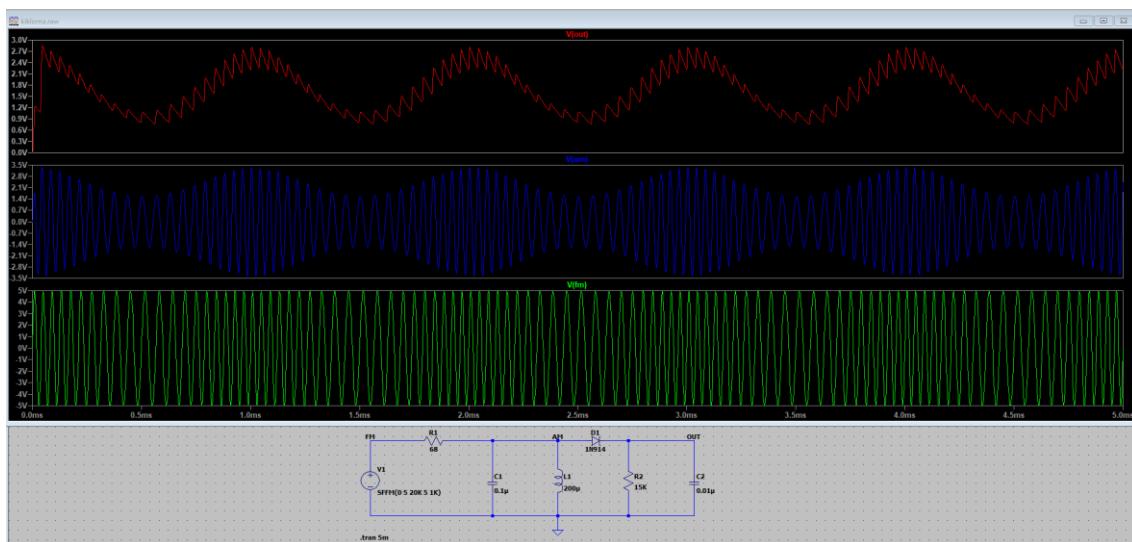
Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

## ΕΡΩΤΗΣΗ 4

Υλοποιήσαμε προσεκτικά το κύκλωμα που μας ζητείται και σύμφωνα με τα αποτελέσματα των προηγούμενων ερωτήσεων:



## ΕΡΩΤΗΣΗ 5



Στο 1<sup>ο</sup> Διάγραμμα βλέπουμε την έξοδο του κυκλώματος,  $V_{out}$ .

Στο 2<sup>ο</sup> Διάγραμμα βλέπουμε την έξοδο του κυκλώματος,  $V_{AM}$ .

Στο 3<sup>ο</sup> Διάγραμμα βλέπουμε την είσοδο του κυκλώματος,  $V_{FM}$ .



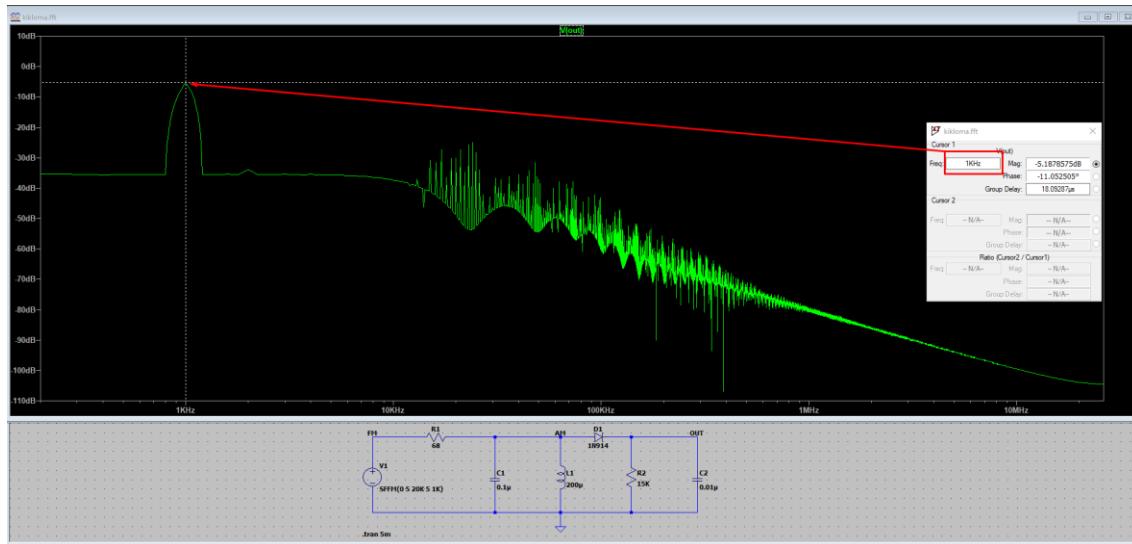
321-3453–Τηλεπικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

## ΕΡΩΤΗΣΗ 6

Βλέποντας το FFT από το διάγραμμα της  $V_{out}$ , παρατηρούμε ότι η συχνότητα του ανακτημένου σήματος είναι ίσο με το  $F_i$  που έχει η ομάδα μας. Αυτό μπορούμε να το δούμε στο παρακάτω στιγμιότυπο:



# **ΠΕΡΑΣ 5<sup>ης</sup> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**



**Kyriazis Ioannis | Papadopoulos Panagiotis**

Copyright © 2020 – All Rights Reserved