



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

## Ηλεκτρονική ΙΙΙ

Ακαδημαϊκό Έτος 2022-2023

2<sup>η</sup> Σειρά Θεωρητικών Ασκήσεων

Καθ. Παύλος-Πέτρος Σωτηριάδης  
Επικουρία: Νικόλαος Βουδούκης, ΕΔΙΠ  
Χρήστος Δήμας, Δρ.

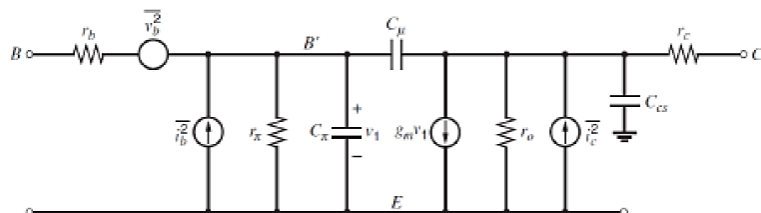
## Οδηγίες

- Οι ασκήσεις είναι αυστηρά ατομικές.
- Η παράδοση γίνεται στις εργασίες στο helios.
- Παραδοτέα: ένα αρχείο pdf με τις λύσεις των ασκήσεων.
- Αξιολογούνται η ορθότητα, η τεχνική και επιστημονική τεκμηρίωση, η ποιότητα και η πληρότητα των εργασιών.
- Προθεσμία παράδοσης μέχρι και Κυριακή 27 Νοεμβρίου 2022.
- Οι προθεσμίες παράδοσης είναι αυστηρές και δεν θα δοθούν παρατάσεις.
- Η βαθμολογία των θεωρητικών σειρών ασκήσεων συμμετέχει στο 20% του τελικού βαθμού, ανεξαρτήτως του αν θα επιλέξετε να ασχοληθείτε με τις εργαστηριακές ασκήσεις.

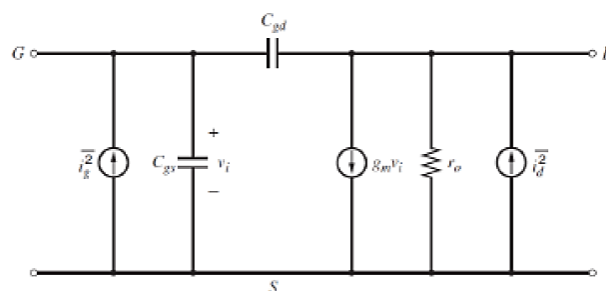
## Ύλη προς μελέτη

- Για τα τρανζίστορ χρησιμοποιείτε τα ακόλουθα μοντέλα θορύβου.

**Μοντέλο θορύβου BJT:**



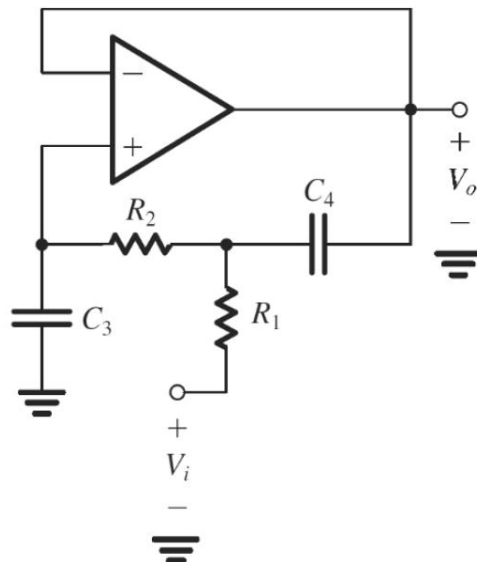
**Μοντέλο θορύβου MOSFET:**



Διαφάνειες	Θέμα	Κεφάλαιο(α)	Βιβλίο
PS_L4	Ανάλυση Θορύβου σε Γραμμικά Κυκλώματα	1	Noise in High-Frequency Circuits and Oscillators, B. Schiek, H.-J. Siweris, I. Rolfes 1st Edition (2006), JohnWiley& Sons
		11	Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, P. Gray,P. Hurst,S. Lewis,R. Meyer 5th Edition (2009), JohnWiley & Sons

## Άσκηση 1

Δίνεται το παρακάτω ενεργό φίλτρο τύπου Sallen-Key, του οποίου ο τελεστικός ενισχυτής **έχει θόρυβο** αλλά κατά τα άλλα είναι ιδανικός. Οι ισοδύναμες πηγές θορύβου στην είσοδο του τελεστικού ενισχυτή έχουν φασματική πυκνότητα  $I_{n+}^2 = I_{n-}^2 = I_{n0}^2/\text{Hz}$  και  $V_{n+}^2 = V_{n0}^2/\text{Hz}$ . Θεωρήστε για απλότητα ότι οι **αντιστάσεις ΔΕΝ** έχουν θόρυβο.



Σχήμα 1

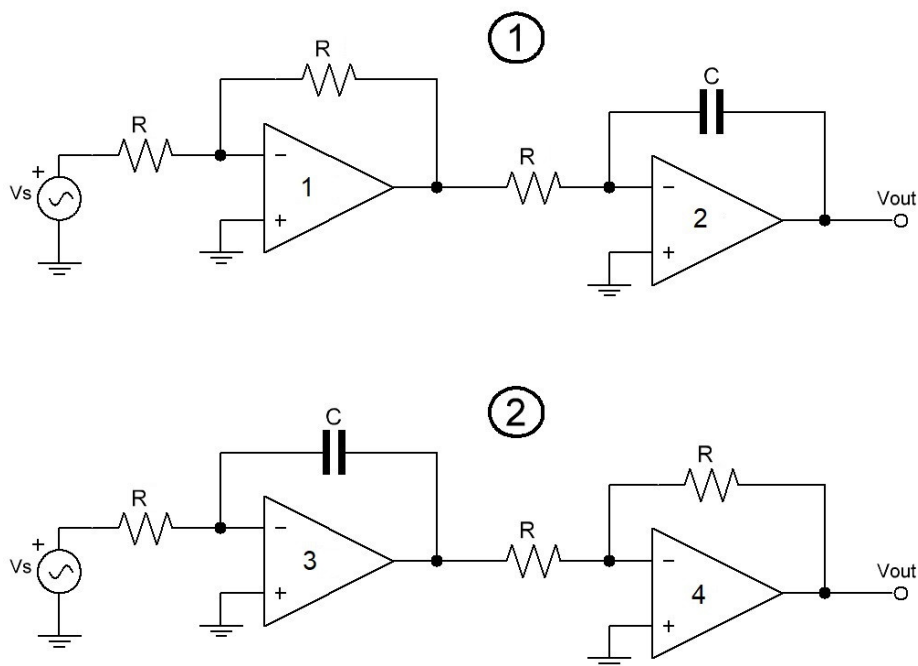
A) Βρείτε τη φασματική πυκνότητα ισχύος θορύβου στην έξοδο σε  $V^2/\text{Hz}$ , λόγω των ισοδύναμων πηγών ρεύματος θορύβου στην είσοδο του τελεστικού, δηλ. των  $I_{n+}$ ,  $I_{n-}$ .

B) Βρείτε τη φασματική πυκνότητα ισχύος θορύβου στην έξοδο σε  $V^2/\text{Hz}$ , λόγω της ισοδύναμης τάσης θορύβου στην είσοδο του τελεστικού,  $V_n$ .

Γ) Βρείτε τη συνολική φασματική πυκνότητα ισχύος θορύβου στην έξοδο σε  $V^2/\text{Hz}$ .

## Άσκηση 2

Δίνονται τα ακόλουθα δύο κυκλώματα, οι τελεστικοί ενισχυτές των οποίων είναι ιδανικοί αλλά έχουν θόρυβο τάσης εισόδου (μόνο). Η ισοδύναμη πηγή θορύβου τάσης στην είσοδο κάθε τελεστικού ενισχυτή έχει φασματική πυκνότητα ανεξάρτητη της συχνότητας  $V_n^2 (V_{RMS}^2/Hz)$ . Θεωρήστε ότι οι αντιστάσεις δεν έχουν θόρυβο.

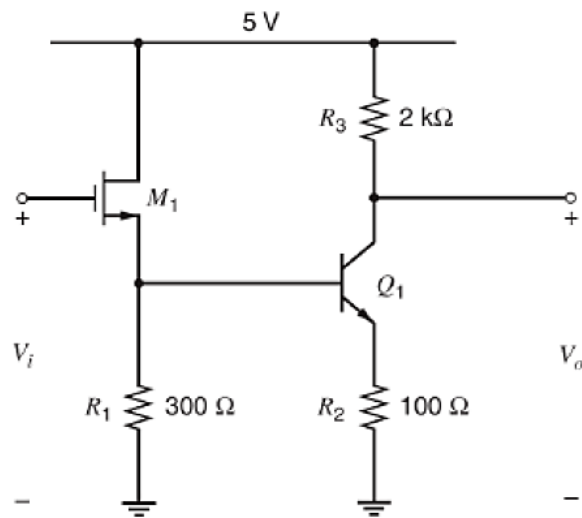


Σχήμα 2

- A) Βρείτε τη φασματική πυκν/τα ισχύος θορύβου στην έξοδο του τελεστικού ενισχυτή 1 σε  $V^2/Hz$ .
- B) Βρείτε τη φασματική πυκν/τα ισχύος θορύβου στην έξοδο του τελεστικού ενισχυτή 3 σε  $V^2/Hz$ .
- Γ) Βρείτε τη φασματική πυκν/τα ισχύος θορύβου στην έξοδο του κυκλώματος 1 σε  $V^2/Hz$ .
- Δ) Βρείτε τη φασματική πυκν/τα ισχύος θορύβου στην έξοδο του κυκλώματος 2 σε  $V^2/Hz$ .
- Ε) Ποιο από τα δύο κυκλώματα θα προτιμούσατε όσον αφορά λειτουργία σε χαμηλές/υψηλές συχνότητες; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

### Άσκηση 3

Στο Σχ 3 απεικονίζεται ένα BiCMOS Darlington. Αγνοώντας συχνοτικά φαινόμενα, υπολογίστε τις ισοδύναμες πηγές τάσης θορύβου και ρεύματος θορύβου για το κύκλωμα θεωρώντας ότι η dc τιμή της  $V_i$  είναι ρυθμισμένη για  $I_{C1} = 1 \text{ mA}$ . Ακόμη, ισχύουν:  $\mu_n C_{ox} = 60 \mu\text{A}/\text{V}^2$ ,  $V_t = 0.7 \text{ V}$ ,  $\lambda = 0$ ,  $\gamma = 0$ ,  $W = 100 \mu\text{m}$ ,  $L = 1 \mu\text{m}$  για το MOSFET και  $I_S = 10^{-16} \text{ A}$ ,  $V_A = \infty$ ,  $\beta = 100$ ,  $r_b = 100 \Omega$  για το BJT.



Σχήμα 3

### Άσκηση 4

Η άσκηση 11.4 του βιβλίου Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, 5th Edition, (και το LT SPICE).

### Άσκηση 5

Η άσκηση 1.8 του βιβλίου Noise in High-Frequency Circuits and Oscillators.

Υπόδειξη: Ζητείται η αυτοσυσχέτιση.