



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ

Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και Συστημάτων Πληροφορικής

Εργαστήριο Ηλεκτρονικής

Ηλεκτρονική Ι

4^ο Εξάμηνο, Ακαδημαϊκό Έτος 2021-2022

1^η Σειρά Ασκήσεων

Καθ. Παύλος-Πέτρος Σωτηριάδης

19 Μαρτίου 2022

Μελέτη: Επανάληψη των προαπαιτούμενων γνώσεων που βασίζονται στο μάθημα της Ανάλυσης Γραμμικών Κυκλωμάτων και το κομμάτι διδασκαλίας των κ. Ξανθάκη-Βουδούκη στις διόδους και τα τρανζίστορ BJT και MOSFET.

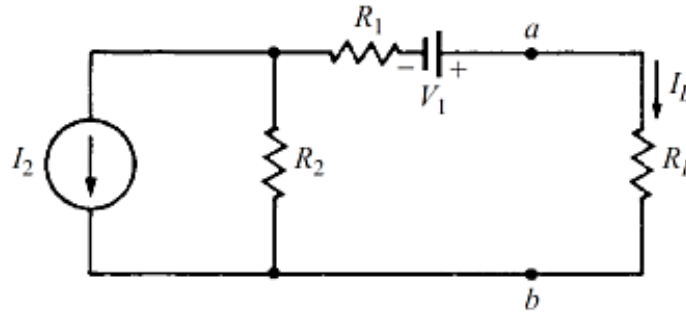
Διευκρινίσεις:

- Οι ασκήσεις είναι ατομικές και παραδίδονται **ηλεκτρονικά** στη σελίδα του μαθήματος στο helios, έως και την Κυριακή, **3 Απριλίου** 2022. Η μορφή του αρχείου να είναι μόνο **PDF**. Προτείνεται η συμπίεσή του.
- Χρησιμοποιήστε τα Θεωρήματα Thévenin, Norton, Επαλληλίας και Millman στις ασκήσεις που περιέχουν ανάλυση κυκλωμάτων όσο μπορείτε περισσότερο. Κάθε επιστημονικά τεκμηριωμένη λύση θα θεωρηθεί ορθή.
- Σε όλες τις ασκήσεις ζητείται χρήση **LT SPICE**, να παρουσιάσετε και σχολιάσετε συνοπτικά τις κατάλληλες γραφικές παραστάσεις για τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων.
- Σε όλες τις ασκήσεις δεν δίνονται τιμές στοιχείων βρείτε την απάντηση σε μορφή γενικού τύπου.
- Ορθή επίλυση **όλων των σειρών** ασκήσεων που θα δοθούν μέσα στο εξάμηνο προσδίδει βαθμολογική ενίσχυση ως και **1 μονάδα** στον τελικό βαθμό. Η παράδοσή τους **δεν** είναι υποχρεωτική, αλλά συνίσταται για την κατάλληλη προετοιμασία.

Άσκηση 1

Δίνεται το κύκλωμα του Σχήματος 1.

1. Βρείτε την κατά Thevenin ισοδύναμη πηγή και σύνθετη αντίσταση για το δικτύωμα αριστερά των σημείων A και B.
2. Χρησιμοποιώντας το ισοδύναμο Thevenin βρείτε το ρεύμα I_L .

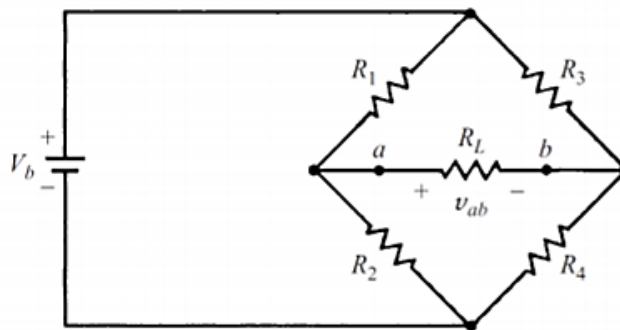


Σχήμα 1

Άσκηση 2

Για το κύκλωμα γέφυρας του Σχήματος 2.

1. Βρείτε το ισοδύναμο Thevenin όπως φαίνεται από την αντίσταση R_L .
2. Υποθέτοντας ότι $R_1=R_2=R_3=R_4=R$, βρείτε το ισοδύναμο Norton.
3. Θεωρώντας ότι $V_b=20V$, $R_1=1\Omega$, $R_2=2\Omega$, $R_3=3\Omega$, $R_4=4\Omega$ και $R_L=10\Omega$, βρείτε την τάση u_{ab} .

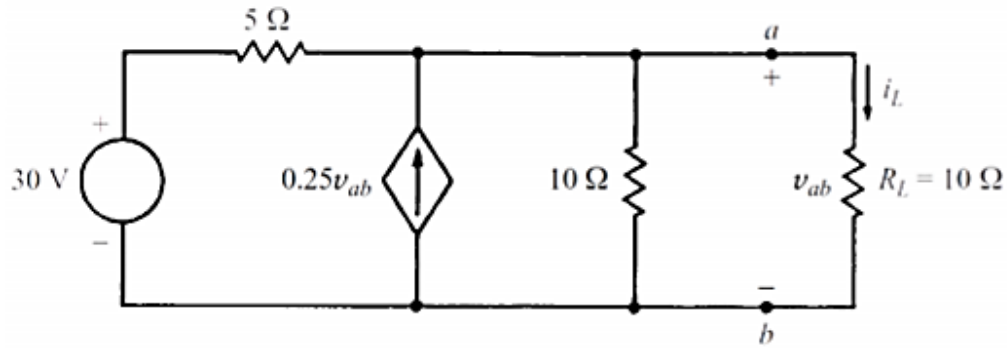


Σχήμα 2

Άσκηση 3

Δίνεται το κύκλωμα του Σχήματος 3.

1. Βρείτε το ισοδύναμο Thevenin για το δικτύωμα αριστερά των σημείων a και b
2. Βρείτε το ρεύμα I_L .

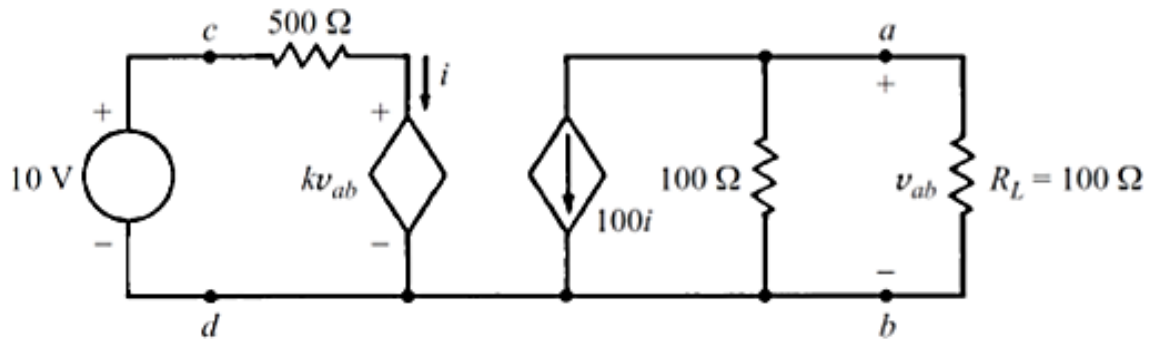


Σχήμα 3

Άσκηση 4

Βρείτε το ισοδύναμο Thevenin για το δικτύωμα αριστερά των σημείων a και b του κυκλώματος του σχήματος 4, στις περιπτώσεις όπου:

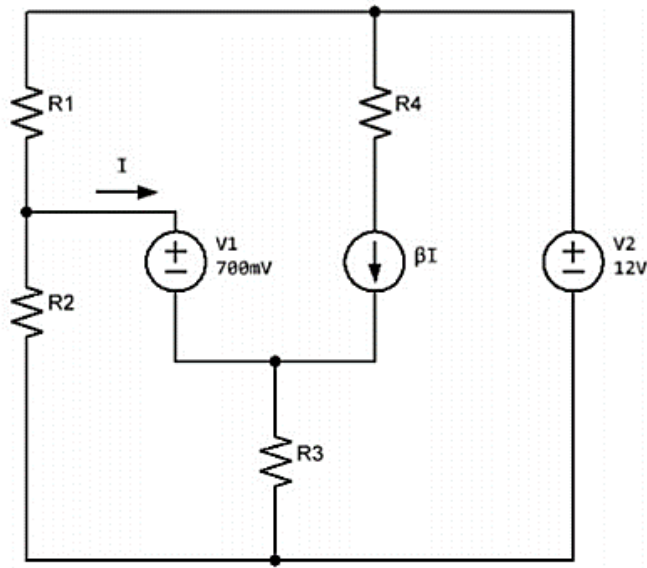
1. $k=0$
2. $k=0.1$



Σχήμα 4

Άσκηση 5 Spice

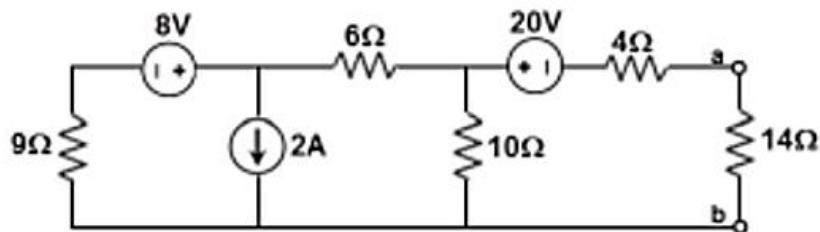
Στο κύκλωμα του Σχήματος 5, για τις τιμές $R_1=20\text{k}\Omega$, $R_2=10\text{k}\Omega$, $R_3=1\text{k}\Omega$, $R_4=2\text{k}\Omega$ και $\beta=50$, και χρησιμοποιώντας το θεώρημα Thevenin για τις αντιστάσεις R_1 και R_2 , βρείτε την τιμή της τάσης στα άκρα της αντίστασης R_4 . Ποια η λειτουργία του κυκλώματος αυτού; Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα LT SPICE να εκτελέσετε κατάλληλη προσομοίωση για την εύρεση της τάσης στα άκρα της R_4 .



Σχήμα 5

Άσκηση 6

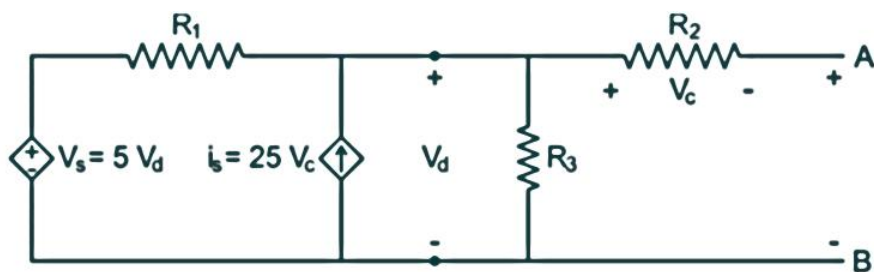
Στο κύκλωμα του σχήματος 6, να βρεθεί το ισοδύναμο Thevenin μεταξύ των ακροδεκτών a και b και να υπολογιστεί το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση 14Ω .



Σχήμα 6

Άσκηση 7

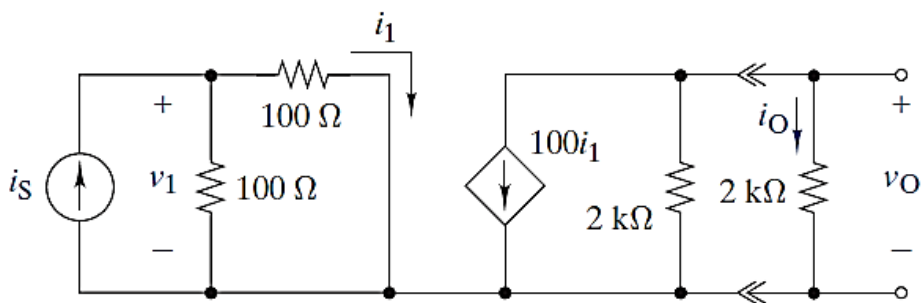
Στο κύκλωμα του σχήματος 7, να βρείτε το ισοδύναμο Thevenin μεταξύ των ακροδεκτών A και B



Σχήμα 7

Άσκηση 8

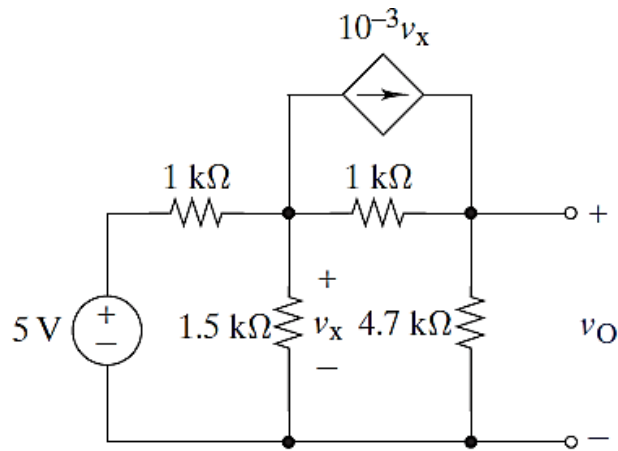
Για το κύκλωμα του σχήματος 8, βρείτε το κέρδος τάσης u_0/u_1 και το κέρδος ρεύματος i_o/i_s .



Σχήμα 8

Άσκηση 9 Spice

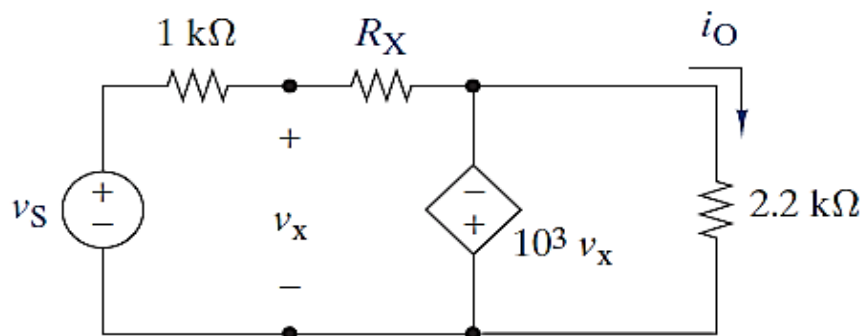
Για το κύκλωμα του σχήματος 9 να βρείτε την τάση εξόδου u_0 . Σχεδιάστε τη διάταξη στο πρόγραμμα LT SPICE και προσομοιώστε τη ζητούμενη τάση (.op).



Σχήμα 9

Άσκηση 10 Spice

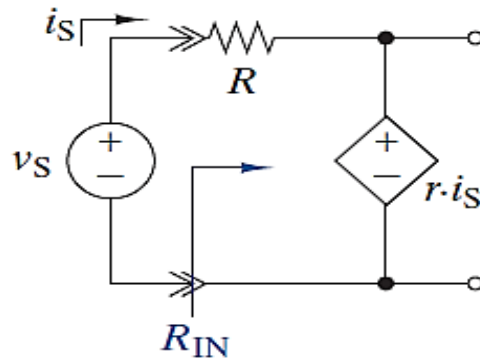
Στο κύκλωμα του σχήματος 10, να βρεθεί η τιμή της αντίστασης R_x , ώστε η τιμή του κέρδους I_O/u_s να είναι ίση με -0.227 Ampere/Volt. Για την τιμή της R_x που βρήκατε, υλοποιήστε το κύκλωμα στο πρόγραμμα LT SPICE και εκτελέστε DC sweep προσομοίωση του ρεύματος εξόδου για τιμές της πηγής από -10mV μέχρι 10mV. Έπειτα εκτελέστε παραμετρική προσομοίωση για 5 ακόμα τιμές της R_x της επιλογής σας.



Σχήμα 10

Άσκηση 11

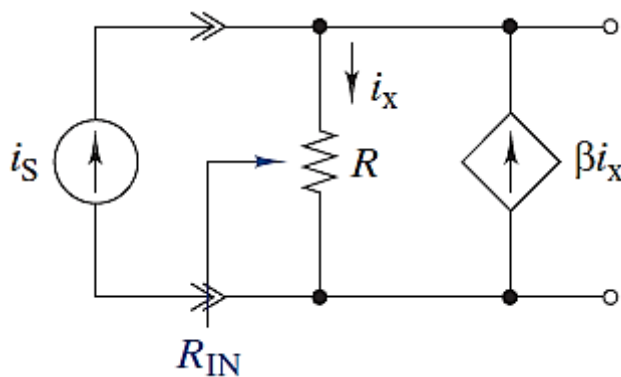
Στο κύκλωμα του σχήματος 11, να βρεθεί η αντίσταση εισόδου R_{in} που «βλέπουν» τα άκρα που είναι σηματοδοτημένα με \gg . Hint: Βρείτε το λόγο $R_{in}=v_s/i_s$.



Σχήμα 11

Άσκηση 12

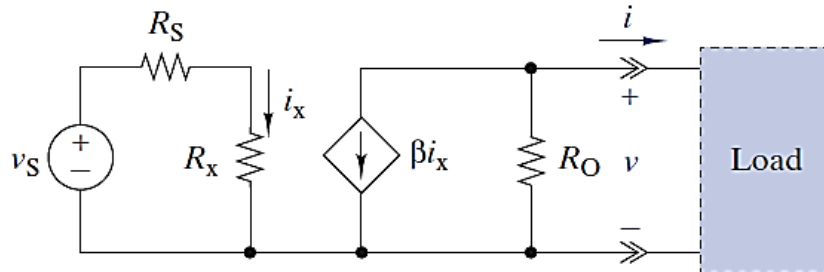
Στο κύκλωμα του σχήματος 12, να βρεθεί η αντίσταση εισόδου R_{in} που «βλέπουν» τα άκρα που είναι σηματοδοτημένα με \gg . Hint: Βρείτε το λόγο $R_{in}=v_s/i_s$. Όπου v_s η τάση στα άκρα της πηγής ρεύματος.



Σχήμα 12

Άσκηση 13

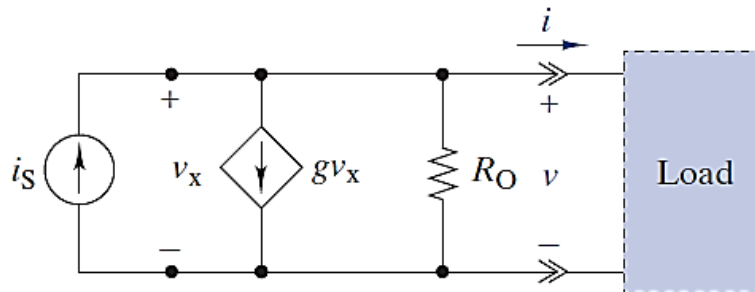
Στο κύκλωμα του σχήματος 13, να βρεθεί το ισοδύναμο Norton του δικτυώματος αριστερά των ακροδεκτών >> (χωρίς να συνυπολογιστεί το φορτίο Load).



Σχήμα 13

Άσκηση 14

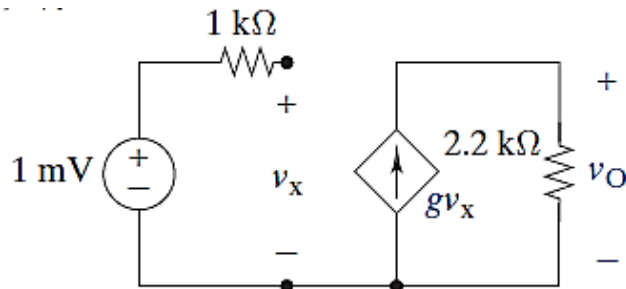
Στο κύκλωμα του σχήματος 14, να βρεθεί το ισοδύναμο Thevenin του δικτυώματος αριστερά των ακροδεκτών >> (χωρίς να συνυπολογιστεί το φορτίο Load).



Σχήμα 14

Άσκηση 15 Spice

Στο κύκλωμα του σχήματος 15, να βρεθεί η τιμή της διαγωγιμότητας g , έτσι ώστε η τάση εξόδου του κυκλώματος να είναι $v_o=10\text{Volts}$. Για την τιμή της g που βρήκατε, υλοποιείτε το κύκλωμα στο πρόγραμμα LT SPICE και εκτελέστε DC sweep προσομοίωση της τάσης εξόδου για τιμές της πηγής από -10mV μέχρι 10mV .

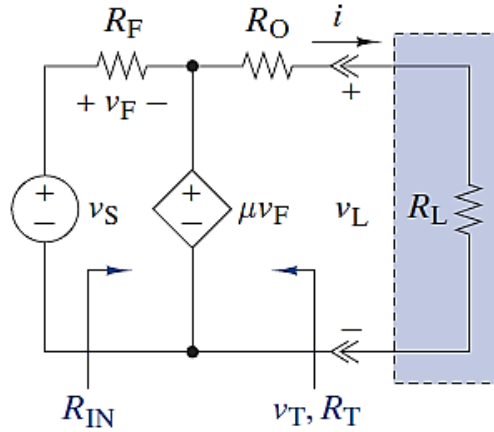


Σχήμα 15

Άσκηση 16

Στο κύκλωμα του σχήματος 16, βρείτε τα ακόλουθα:

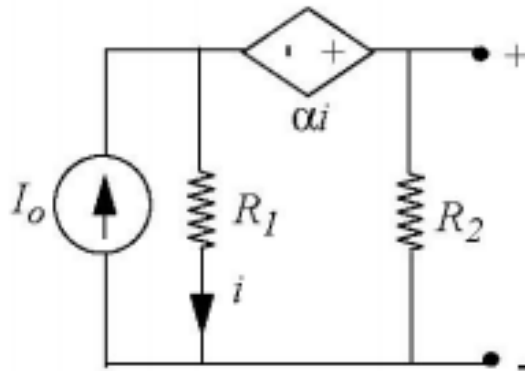
1. Το ισοδύναμο Thevenin για το δικτύωμα αριστερά των ακροδεκτών που είναι σηματοδοτημένοι με <<.
2. Την αντίσταση εισόδου που «βλέπει» η πηγή u_S στο κύκλωμα.



Σχήμα 16

Άσκηση 17

Στο κύκλωμα του σχήματος 17, βρείτε το ισοδύναμο Thevenin για το δικτύωμα αριστερά των ακροδεκτών που είναι σηματοδοτημένοι με +, -.

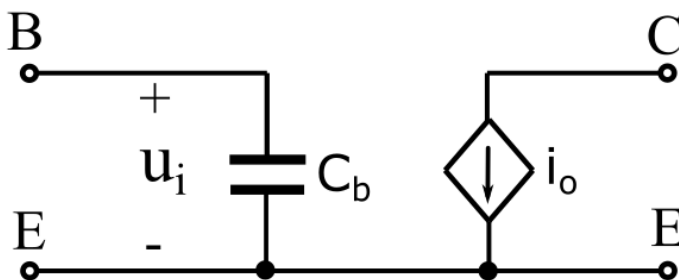


Σχήμα 17

Άσκηση 18

Στο κύκλωμα του σχήματος 18, δίνεται το ισοδύναμο κύκλωμα ενός διπολικού τρανζίστορ στην ενεργό περιοχή (αρχικά παραλείπονται οι αντιστάσεις r_π και r_o).

Δίνονται $u_i=10\text{mV}$, $C_b=0.1\text{nF}$, $i_o=0.5\text{mA}$, και $V_A=70\text{V}$. Θεωρείστε επίσης $V_T=25\text{mV}$.

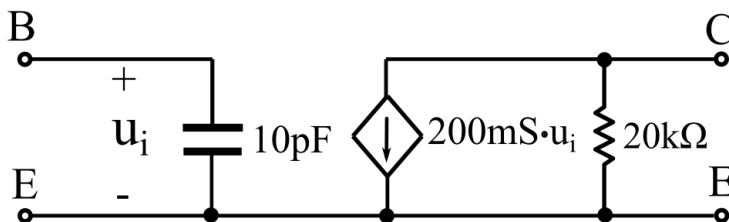


Σχήμα 18

1. Βρείτε το DC ρεύμα εξόδου του transistor I_C .
2. Εάν ο συντελεστής διάχυσης των ηλεκτρονίων στη βάση είναι $D_n=10\text{cm}^2/\text{sec}$ πόσο είναι το μήκος βάσης;
3. Αν το β_o του BJT είναι ίσο με 100, πόση είναι η παραλειφθείσα από το κύκλωμα αντίσταση (εισόδου) r_π ;
4. Βρείτε την αντίσταση (εξόδου) r_o .

Άσκηση 19

Από μετρήσεις βρέθηκε ότι το ισοδύναμο κύκλωμα ασθενούς σήματος (ΙΚΑΣ) ενός διπολικού pnp transistor, με συντελεστή $\alpha=0.995$ απ' το οποίο εξέρχεται DC ρεύμα 5mA , δίνεται από το ακόλουθο διάγραμμα. Δίνεται ότι $V_T=kT/q=25\text{mV}$ και ο συντελεστής διάχυσης των οπών είναι $10\text{cm}^2/\text{s}$.



Σχήμα 19

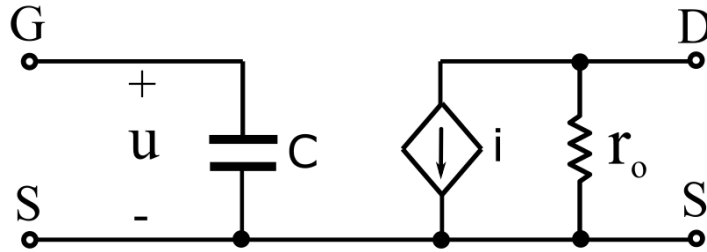
1. Βρείτε την τάση Early.
2. Βρείτε την τιμή της αντίστασης εισόδου (r_π) ενός πιο αντιπροσωπευτικού ΙΚΑΣ.
3. Το πλάτος της βάσης.

Άσκηση 20

Στο σχήμα 20, δίνεται ένα απλοποιημένο ισοδύναμο κύκλωμα μικρού σήματος MOSFET στον κόρο. Οι τιμές των στοιχείων και κάποια χαρακτηριστικά της τεχνολογίας δίνονται παρακάτω:

Πίνακας 1:

$u=0.1\text{mV}$	$C=0.1\text{pF}$	$i=5\mu\text{A}$	$\mu_n=450\text{cm}^2/\text{Vs}$
$L=200\text{nm}$	$V_A=30\text{V}$	$t_{\text{ox}}=8\text{nm}$	$\epsilon_{\text{ox}}=3.45 \cdot 10^{-11}\text{F/m}$



Σχήμα 20

Αγνοώντας την χωρητικότητα C_{gb} να βρείτε τα ακόλουθα:

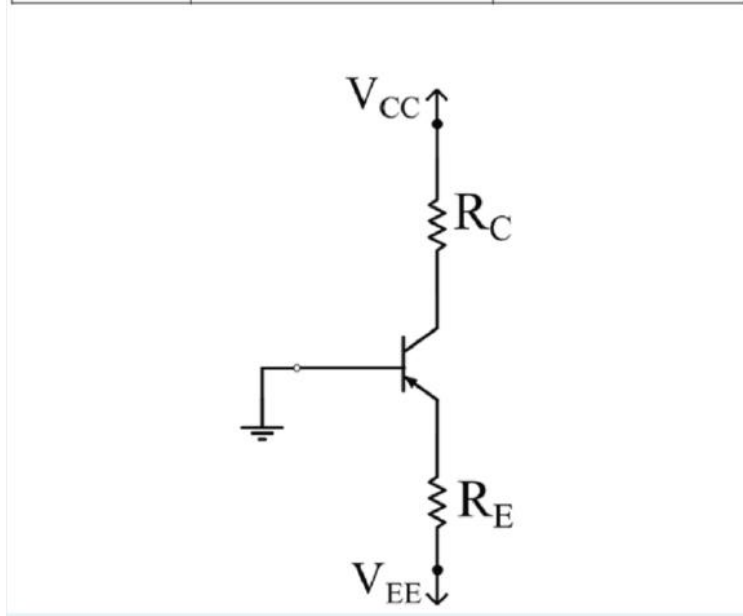
1. Την τάση υπεροδήγησης (overdrive voltage) V_{ov} .
2. Το πλάτος W του καναλιού.
3. Το ρεύμα I_{D} .
4. Την αντίσταση r_o .

Άσκηση 21

Για το κύκλωμα του σχήματος 21, δίνονται οι τιμές του πίνακα 2, ενώ για τη νόθευση του BJT ισχύει $N_A=100N_D$. Οι κινητικότητες οπών και ηλεκτρονίων θεωρούνται ίσες. Δίνονται επίσης: η σταθερά διάχυσης οπών $D_p=10\text{cm}^2/\text{s}$, το μήκος διάχυσης $L_n=1\mu\text{m}$ και ο χρόνος ζωής των οπών στην περιοχή της βάσης $\tau_h=250\text{ns}$.

Πίνακας 2:

$V_{EE} = 5.4\text{ V}$	$V_{EB} = 0.7\text{ V}$	
$I_B = 5\mu\text{A}$	$R_C = 5\text{ k}\Omega$	$R_E = 4.7\text{ k}\Omega$



Σχήμα 21

1. Να βρεθεί η τιμή του α για το τρανζίστορ.
2. Να βρεθεί το πλάτος της βάσης (σε nm), αγνοώντας την επανασύνδεση των φορέων στη βάση.
3. Να βρεθεί το πλάτος της βάσης (σε nm), λαμβάνοντας υπόψη την επανασύνδεση των φορέων στη βάση.