

ΕΚΦΩΝΗΣΕΙΣ

50 Δίνονται δύο ενισχυτές, A και B, για διαδοχική (cascade) σύνδεση μεταξύ μιας πηγής 10 mV, 100 kΩ κι ενός φορτίου 100 Ω. Οι ενισχυτές έχουν τα εξής χαρακτηριστικά κέρδους τάσης, αντίστασης εισόδου και αντίστασης εξόδου: 100 V/V, 10 kΩ, 10 kΩ για τον A· 1 V/V, 100 kΩ, 100 kΩ, για τον B. Το ζητούμενο είναι να αποφασίσετε με ποιο τρόπο πρέπει να συνδεθούν οι ενισχυτές. Ξεκινήστε διαμορφώνοντας τις εκτιμήσεις σας για τους δύο πιθανούς τρόπους σύνδεσης μεταξύ της πηγής S και του φορτίου L : δηλαδή, SABL και SBAL. Βρείτε το κέρδος τάσης και στις δύο περιπτώσεις, τόσο σαν λόγο μεγεθών όσο και σε dB. Ποια από τις δύο διατάξεις των ενισχυτών είναι καλύτερη;

53 Ζητείται να σχεδιάσετε έναν ενισχυτή τάσης ο οποίος θα οδηγείται από μια πηγή σήματος μέγιστου πλάτους 10 mV και αντίσταση πηγής 10 kΩ, με τρόπο ώστε να παρέχει μέγιστη έξοδο 3 V πάνω σε φορτίο 1 kΩ.

(α) Ποιο είναι το απαιτούμενο κέρδος τάσης από την πηγή στο φορτίο;

(β) Εάν το μέγιστο διαθέσιμο ρεύμα από την πηγή είναι 0.1 μ A, ποια είναι η μικρότερη επιτρεπτή αντίσταση εισόδου; Για τη σχεδίαση μ' αυτή την τιμή της R_i , βρείτε το συνολικό κέρδος ρεύματος και κέρδος ισχύος.

(γ) Εάν το τροφοδοτικό του ενισχυτή περιορίζει τη μέγιστη τιμή της τάσης εξόδου ανοικτού κυκλώματος στα 5 V, ποια είναι η μέγιστη επιτρεπτή αντίσταση εξόδου;

54 Ένας ενισχυτής τάσης με αντίσταση εισόδου $10\text{ k}\Omega$, αντίσταση εξόδου $200\ \Omega$ και κέρδος 1000 V/V είναι συνδεδεμένος μεταξύ μιας πηγής $100\text{ k}\Omega$ με τάση ανοικτού κυκλώματος 10 mV κι ενός φορτίου $100\ \Omega$. Γι' αυτή την περίπτωση:

- (α) Πόση είναι η προκύπτουσα τάση εξόδου;
- (β) Πόσο είναι το κέρδος τάσης από την πηγή στο φορτίο;
- (γ) Πόσο είναι το κέρδος τάσης από την είσοδο του ενισχυτή στο φορτίο;
- (δ) Εάν η τάση εξόδου στα άκρα του φορτίου είναι διπλάσια από την απαιτούμενη και υπάρχουν ενδείξεις εσωτερικής υπερφόρτωσης του ενισχυτή, προτείνετε τη θέση και την τιμή ενός αντιστάτη που θα παρήγαγε την επιθυμητή έξοδο. Επιλέξτε μια συνδεσμολογία η οποία θα προκαλεί την ελάχιστη δυνατή διατάραξη σ' ένα κύκλωμα που βρίσκεται σε λειτουργία. (Υπόδειξη: Χρησιμοποιήστε παράλληλες συνδέσεις αντί για συνδέσεις εν σειρά).

55 Ένας ενισχυτής ρεύματος για τον οποίο $R_i = 1\text{ k}\Omega$, $R_o = 10\text{ k}\Omega$ και $A_{is} = 100\text{ A/A}$ πρόκειται να συνδεθεί μεταξύ μιας πηγής 100 mV με αντίσταση $100\text{ k}\Omega$ κι ενός φορτίου $1\text{ k}\Omega$. Ποιες είναι οι τιμές κέρδους ρεύματος i_o/i_i , κέρδους τάσης v_o/v_s και κέρδους ισχύος, εκφρασμένες άμεσα (ως λόγοι) και σε dB;

56 Ένας ενισχυτής διαγωγιμότητας με $R_i = 2\text{ k}\Omega$, $G_m = 40\text{ mA/V}$ και $R_o = 20\text{ k}\Omega$ τροφοδοτείται από μια πηγή τάσης που έχει αντίσταση πηγής $2\text{ k}\Omega$ και δέχεται φορτίο στην έξοδο από μια αντίσταση $1\text{ k}\Omega$. Βρείτε το κέρδος τάσης που επιτυγχάνεται.

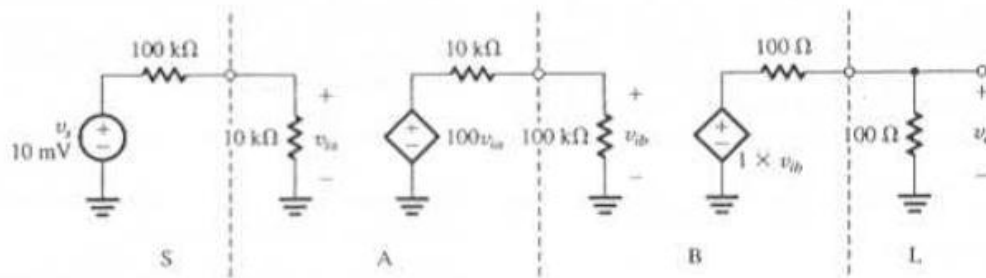
57 Ζητείται από ένα σχεδιαστή να παρέχει, στα άκρα ενός φορτίου $10\text{ k}\Omega$, το σταθμικό άθροισμα, $v_o = 10v_1 + 20v_2$, των σημάτων εισόδου v_1 και v_2 , έκαστο με αντίσταση πηγής $10\text{ k}\Omega$. Ο σχεδιαστής διαθέτει ορισμένους ενισχυτές διαγωγιμότητας των οποίων οι αντιστάσεις εισόδου και εξόδου είναι $10\text{ k}\Omega$ και $G_m = 20\text{ mA/V}$. Διαθέτει επίσης μια συλλογή από κατάλληλους αντιστάτες. Σχεδιάστε μια κατάλληλη τοπολογία ενισχυτή με επιλεγμένους πρόσθετους αντιστάτες, η οποία θα δίνει το επιθυμητό αποτέλεσμα. (Υπόδειξη: Στη σχεδίασή σας, φροντίστε να προστίθενται τα ρεύματα).

59 Ζητείται να σχεδιάσετε έναν ενισχυτή ο οποίος θα αναγνωρίζει την τάση εξόδου ανοικτού κυκλώματος ενός μετατροπέα και θα παρέχει ανάλογη τάση πάνω σε μια αντίσταση φορτίου. Η ισοδύναμη αντίσταση πηγής του μετατροπέα καθορίζεται μεταβλητή σε εύρος τιμών από $1\text{ k}\Omega$ έως $10\text{ k}\Omega$. Επίσης, η αντίσταση φορτίου καθορίζεται μεταβλητή σε εύρος τιμών από $1\text{ k}\Omega$ έως $10\text{ k}\Omega$. Η μεταβολή στην τάση φορτίου για την προδιαγεγραμμένη μεταβολή της R_s θα πρέπει να είναι το πολύ 10% . Παρόμοια, η μεταβολή στην τάση φορτίου για την προδιαγεγραμμένη μεταβολή της R_L θα πρέπει να περιορίζεται στο 10% . Επιπλέον, σε τάση εξόδου ανοικτού κυκλώματος του μετατροπέα 10 mV , ο ενισχυτής θα πρέπει να παρέχει κατ' ελάχιστον 1 V στο φορτίο. Τι τύπος ενισχυτή απαιτείται; Σχεδιάστε το κυκλωματικό μοντέλο του και καθορίστε τις τιμές των παραμέτρων του. Καθορίστε κατάλληλες τιμές για τις R_i και R_o , σε μορφή $1 \times 10^m\Omega$.

60 Ζητείται να σχεδιάσετε έναν ενισχυτή ο οποίος θα αναγνωρίζει το ρεύμα εξόδου βραχυκύκλωσης ενός μετατροπέα και θα παρέχει ανάλογο ρεύμα διαμέσου μιας αντίστασης φορτίου. Η ισοδύναμη αντίσταση πηγής του μετατροπέα καθορίζεται μεταβλητή σε εύρος τιμών από $1\text{ k}\Omega$ έως $10\text{ k}\Omega$. Παρόμοια, η αντίσταση φορτίου είναι γνωστό ότι είναι μεταβλητή σε εύρος τιμών από $1\text{ k}\Omega$ έως $10\text{ k}\Omega$. Η μεταβολή του ρεύματος φορτίου που αντιστοιχεί στην προδιαγεγραμμένη μεταβολή της R_s πρέπει να περιορίζεται στο 10%. Παρόμοια, η μεταβολή του ρεύματος φορτίου που αντιστοιχεί στην προδιαγεγραμμένη μεταβολή της R_L πρέπει να είναι το πολύ 10%. Επίσης, για ονομαστική τιμή ρεύματος εξόδου βραχυκύκλωσης του μετατροπέα $10\text{ }\mu\text{A}$, ο ενισχυτής πρέπει να παρέχει κατ' ελάχιστον 1 mA διαμέσου του φορτίου. Τι τύπος ενισχυτή απαιτείται; Σχεδιάστε το κυκλωματικό μοντέλο του ενισχυτή και καθορίστε τιμές για τις παραμέτρους του. Επιλέξτε κατάλληλες τιμές για τις R_i και R_o , στη μορφή $1 \times 10^m \Omega$.

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

5.50 Case (a) S-A-B-L

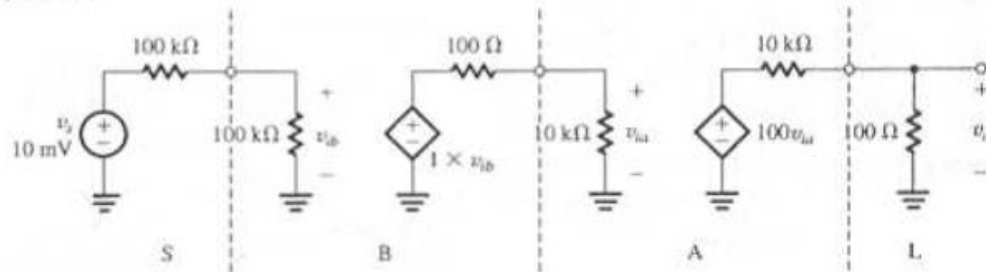


$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{10}{10 + 100} \times 100 \times \frac{100}{100 + 10} \times 1 \times \frac{100}{100 + 100}$$

$$= 4.1 \text{ V/V}$$

$$\text{or } 20 \log 4.1 = 12.3 \text{ dB}$$

Case (b) S-B-A-L



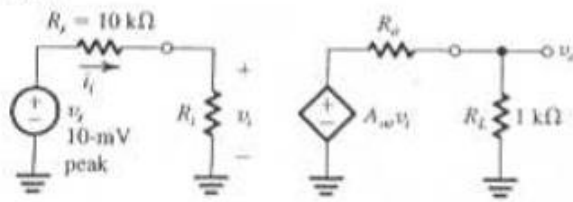
$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{100}{100 + 100} \times 1 \times \frac{10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 100 \Omega} \times 100 \times \frac{100 \Omega}{100 \Omega + 10 \text{ k}\Omega}$$

$$= 0.5 \times \frac{10}{10.1} \times 100 \times \frac{0.1}{10.1}$$

$$= 0.5 \text{ V/V or } -6 \text{ dB}$$

Thus, obviously case (a) i.e., SABL is preferred.

1.53



(a) Required voltage gain $= \frac{v_o}{v_i}$
 $= \frac{3 \text{ V}}{0.01 \text{ V}} = 300 \text{ V/V}$

(b) The smallest R_i allowed is obtained from

$$0.1 \mu\text{A} = \frac{10 \text{ mV}}{R_s + R_i} \Rightarrow R_s + R_i = 100 \text{ k}\Omega$$

Thus $R_i = 90 \text{ k}\Omega$.

For $R_i = 90 \text{ k}\Omega$, $i_i = 0.1 \mu\text{A}$ peak, and

Overall current gain $= \frac{v_o/R_L}{i_i}$
 $= \frac{3 \text{ mA}}{0.1 \mu\text{A}} = 3 \times 10^4 \text{ A/A}$

Overall power gain $= \frac{v_{o(\text{rms})}^2/R_L}{v_{i(\text{rms})} \times i_{i(\text{rms})}}$
 $= \frac{\left(\frac{3}{\sqrt{2}}\right)^2/1000}{\left(\frac{10 \times 10^{-3}}{\sqrt{2}}\right) \times \left(\frac{0.1 \times 10^{-6}}{\sqrt{2}}\right)}$
 $= 9 \times 10^6 \text{ W/W}$

(This takes into acct. the power dissipated in the internal resistance of the source.)

(c) If $(A_v v_i)$ has its peak value limited to 5 V, the largest value of R_o is found from

$$5 \times \frac{R_L}{R_L + R_o} = 3 \Rightarrow R_o = \frac{2}{3} R_L = 667 \Omega$$

(If R_o were greater than this value, the output voltage across R_L would be less than 3 V.)

(d) For $R_i = 90 \text{ k}\Omega$ and $R_o = 667 \Omega$, the required value of A_v can be found from

$$300 \text{ V/V} = \frac{90}{90 + 10} \times A_v \times \frac{1}{1 + 0.667}$$

$$\Rightarrow A_v = 555.7 \text{ V/V}$$

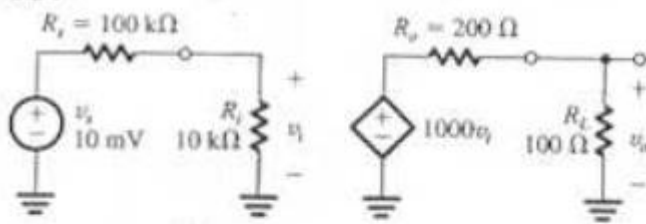
(e) $R_i = 100 \text{ k}\Omega$ ($1 \times 10^5 \Omega$)

$$R_o = 100 \Omega$$
 ($1 \times 10^2 \Omega$)

$$300 = \frac{100}{100 + 10} \times A_v \times \frac{1000}{1000 + 100}$$

$$\Rightarrow A_v = 363 \text{ V/V}$$

1.54

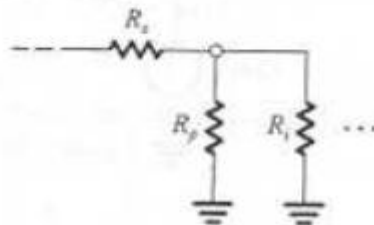


$$(a) \quad v_o = 10 \text{ mV} \times \frac{10}{10 + 100} \times 1000 \times \frac{100}{100 + 200} \\ = 303 \text{ mV}$$

$$(b) \quad \frac{v_o}{v_s} = \frac{303 \text{ mV}}{10 \text{ mV}} = 30.3 \text{ V/V}$$

$$(c) \quad \frac{v_o}{v_i} = 1000 \times \frac{100}{100 + 200} = 333.3 \text{ V/V}$$

(d)



Connect a resistance R_p in parallel with the input and select its value from

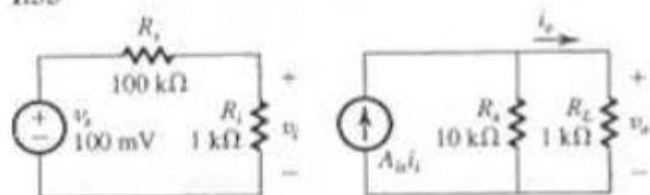
$$\frac{(R_p \parallel R_L)}{(R_p \parallel R_L) + R_s} = \frac{1}{2} \frac{R_L}{R_L + R_s}$$

$$\Rightarrow 1 + \frac{R_s}{R_p \parallel R_L} = 22 \Rightarrow R_p \parallel R_L = \frac{R_L}{21} = \frac{100}{21}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_L} = \frac{21}{100}$$

$$R_p = \frac{1}{0.21 - 0.1} = 9.1 \text{ k}\Omega$$

1.55

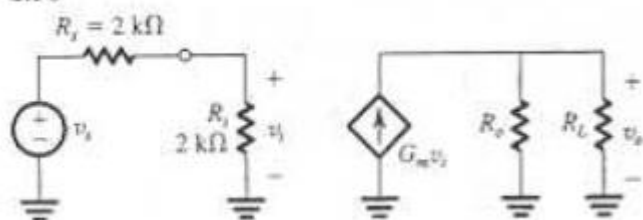


$$\begin{aligned}
 \text{(a) Current gain} &= \frac{i_o}{i_i} \\
 &= A_v \frac{R_o}{R_o + R_L} \\
 &= 100 \frac{10}{11} \\
 &= 90.9 \frac{\text{A}}{\text{A}} = 39.2 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(b) Voltage gain} &= \frac{v_o}{v_i} \\
 &= \frac{i_o}{i_i} \frac{R_L}{R_L + R_i} \\
 &= 90.9 \times \frac{1}{101} \\
 &= 0.9 \text{ V/V} = -0.9 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(c) Power gain} &= A_p = \frac{v_o i_o}{v_i i_i} \\
 &= 0.9 \times 90.9 \\
 &= 81.8 \text{ W/W} = 19.1 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

1.56



$$G_m = 40 \text{ mA/V}$$

$$R_o = 20 \text{ k}\Omega$$

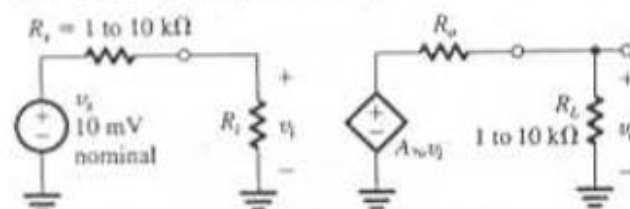
$$R_L = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\begin{aligned} v_i &= v_s \frac{R_i}{R_s + R_i} \\ &= v_s \frac{2}{2+2} = \frac{v_s}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_o &= G_m v_i (R_L \parallel R_o) \\ &= 40 \frac{20 \times 1}{20+1} v_i \\ &= 40 \frac{20}{21} \frac{v_s}{2} \end{aligned}$$

$$\text{Overall voltage gain} = \frac{v_o}{v_s} = 19.05 \text{ V/V}$$

1.57 A voltage amplifier is required.



To limit the change in v_o to 10% as R_i varies from 1 to 10 k Ω we select R_i sufficiently large;

$$R_i \geq 10R_{i,\max}$$

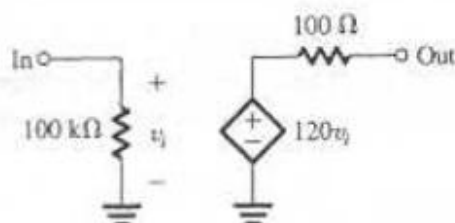
Thus $R_i = 100 \text{ k}\Omega$.

To limit the change in v_o , corresponding to R_L varying in the range 1 to 10 k Ω , to 10%, we select R_o sufficiently small;

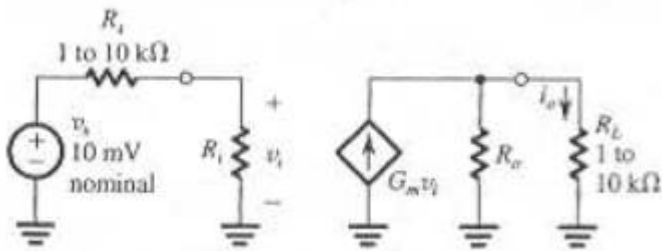
$$R_o \leq R_{L,\min}/10$$

Thus,

$$\begin{aligned} R_o &= 100 \Omega \\ v_{o,\min} &= v_s \frac{R_i}{R_i + R_{s,\max}} A_{v_o} \frac{R_{L,\min}}{R_{L,\min} + R_o} \\ 1 &= 0.01 \frac{100}{100+10} A_{v_o} \frac{1000}{1000+100} \\ \Rightarrow A_{v_o} &= 121 \text{ V/V} \end{aligned}$$



1.59 Transconductance amplifier.



For R_i varying in the range 1 to 10 k Ω , and Δi_o limited to 10% we have to select R_i sufficiently large;

$$R_i \geq 10 R_{i,\max}$$

$$R_i = 100 \text{ k}\Omega$$

For R_L varying in the range 1 to 10 k Ω , the change in i_o can be kept to 10% if R_o is selected sufficiently large;

$$R_o \geq R_{L,\max}$$

Thus $R_o = 100 \text{ k}\Omega$

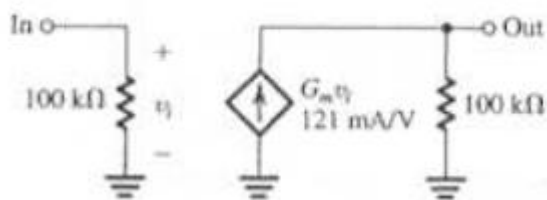
For $v_s = 10 \text{ mV}$,

$$i_{o,\min} = 10^{-2} \frac{R_i}{R_i + R_{i,\max}} G_m \frac{R_o}{R_o + R_{L,\max}}$$

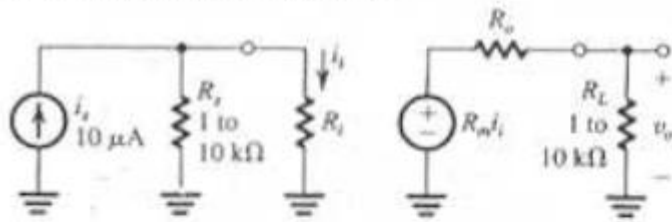
$$10^{-3} = 10^{-2} \frac{100}{100 + 10} G_m \frac{100}{100 + 10}$$

$$G_m = 1.21 \times 10^{-1} \text{ A/V}$$

$$= 121 \text{ mA/V}$$



1.60 Transresistance amplifier



To limit Δv_o to 10% corresponding to R_s varying in the range 1 to 10 k Ω , we select R_i sufficiently low;

$$R_i \leq \frac{R_{s \min}}{10}$$

Thus, $R_i = 100 \Omega$

To limit Δv_o to 10% while R_L varies over the range 1 to 10 k Ω , we select R_o sufficiently low;

$$R_o \leq R_{L \min} / 10$$

Thus, $R_o = 100 \Omega$

Now, for $i_s = 10 \mu\text{A}$,

$$\begin{aligned} v_{o \min} &= 10^{-5} \frac{R_{s \min}}{R_{s \min} + R_i} R_m \frac{R_{L \min}}{R_{L \min} + R_o} \\ 1 &= 10^{-5} \frac{1000}{1000 + 100} R_m \frac{1000}{1000 + 100} \\ \Rightarrow R_m &= 1.21 \times 10^5 \\ &= 121 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

