

ΑΣΚΗΣΗ 1

1° ερώτημα: Ένας ενισχυτής με κέρδος 8, αναδρά το 10% της εξόδου του στην είσοδο. Καθορίστε το κέρδος του συστήματος (α) Αν η ανάδραση είναι θετική (β) Αν η ανάδραση είναι αρνητική.

$$\frac{V_f}{V_{out}} = 10\% = 0,1 \Rightarrow \beta = 0,1 \text{ για θετική ανάδραση ή } \beta = -0,1 \text{ για αρνητική ανάδραση (το κέρδος ανοικτού}$$

βρόχου είναι θετικό)

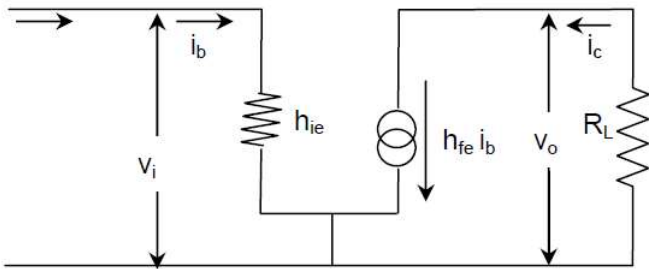
$$(α) A_f = \frac{A}{1-\beta A} = \frac{8}{1-0,8} = 40 \text{ και } (β) A_f = \frac{A}{1-\beta A} = \frac{8}{1+0,8} = 4,44$$

2° ερώτημα: Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο έχει κέρδος ανοικτού βρόχου 100, πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σαν δομικό στοιχείο μιας ενισχυτικής βαθμίδας που έχει κέρδος τάσης 20. Καθορίστε το ποσό της απαιτούμενης ανάδρασης.

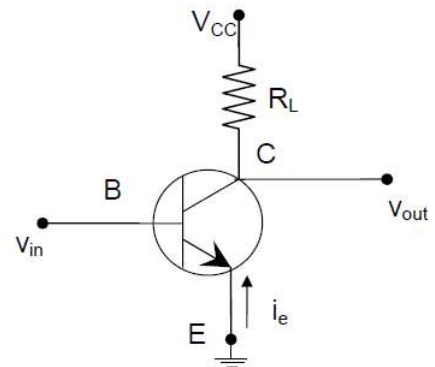
$$\text{Κέρδος μειώνεται, αρνητική ανάδραση, } A, \beta \text{ ετερόσημα στο βασικό τύπο: } 20 = \frac{100}{1-\beta \cdot 100} \Rightarrow \beta = -0,04 = 4\%$$

ΑΣΚΗΣΗ 2

Ένα τρανζίστορ έχει $h_{fe}=150$ και $h_{ie}=1.5 \text{ K}\Omega$. Υποθέτουμε ότι οι παράμετροι h_{re} και h_{oe} έχουν τόσο μικρή τιμή που μπορούν να αγνοηθούν. Να καθορίσετε την τιμή της αντίστασης φορτίου η οποία απαιτείται, ώστε το κέρδος τάσης να είναι 200.

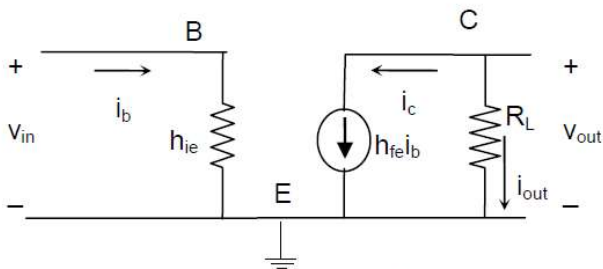
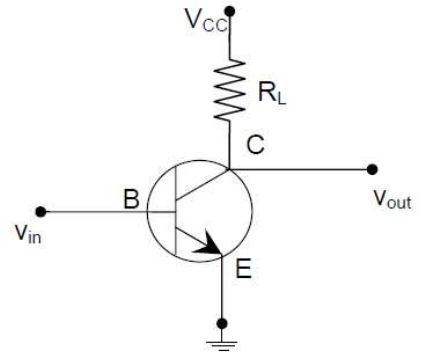


$$\left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| = 200 \Rightarrow \left| \frac{-i_c R_L}{h_{ie} i_b} \right| = 200 \Rightarrow \frac{h_{fe} i_b R_L}{h_{ie} i_b} = 200$$
$$\Rightarrow R_L = 2 \text{ K}\Omega$$



ΑΣΚΗΣΗ 3

(Α) Ένα τρανζίστορ έχει $h_{fe}=150$ και $h_{ie}=1.5\text{ k}\Omega$. Υποθέτουμε ότι οι παράμετροι h_{re} και h_{oe} έχουν τόσο μικρή τιμή που μπορούν να αγνοηθούν. Να καθορίσετε την τιμή της αντίστασης φορτίου R_L (όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα), η οποία απαιτείται, ώστε το κέρδος τάσης να είναι $A_0 = -200$.



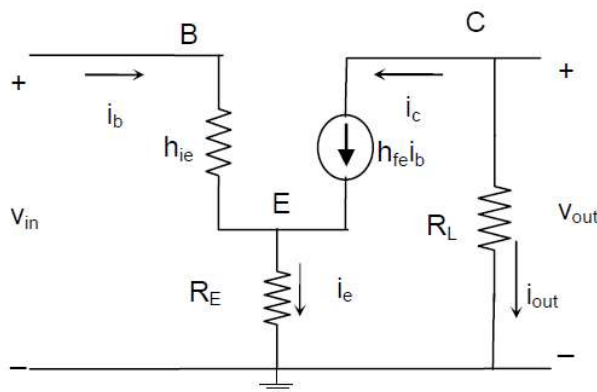
$$A_0 = -200 \Rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} = -200 \Rightarrow \frac{i_{out} \cdot R_L}{i_b \cdot h_{ie}} = -200 \Rightarrow \frac{-i_c \cdot R_L}{i_b \cdot h_{ie}} = -200 \Rightarrow \frac{-h_{fe} \cdot i_b \cdot R_L}{i_b \cdot h_{ie}} = -200 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_L = \frac{200 \cdot h_{ie}}{h_{fe}} \Rightarrow R_L = \frac{200 \cdot 1.5}{150} \text{ k}\Omega \Rightarrow R_L = 2 \text{ k}\Omega$$

(Β) Έστω, στο διπλανό σχήμα, μεταξύ Εκπομπού (E) και Γης παρεμβάλλουμε μία μεταβλητή αντίσταση R_E για να μεταβάλλουμε το κέρδος τάσης.

(α) Να βρεθεί το νέο κέρδος τάσης A_1 και ο συντελεστής ανάδρασης β_1 αν $R_{E1}=90\Omega$ και $R_L=2\text{ k}\Omega$.

(β) Δεδομένου ότι $R_L=2\text{ k}\Omega$ και δεδομένου του συντελεστή ανάδρασης $\beta_2=0.095$ να βρεθεί το νέο κέρδος τάσης A_2 και η τιμή της αντίστασης R_{E2} .



$$i_e = i_b + i_c = i_b(1 + h_{fe}) \approx h_{fe} \cdot i_b$$

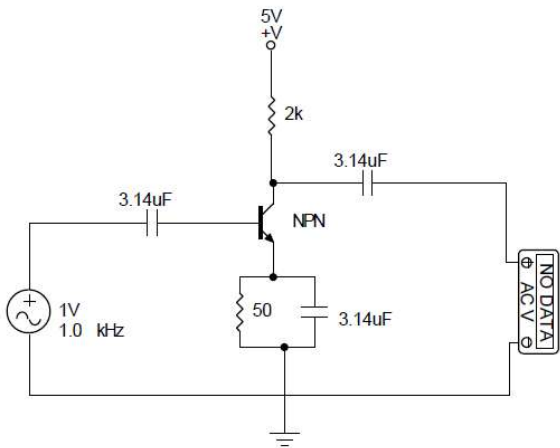
$$(\alpha) A_1 = \frac{i_{out} \cdot R_L}{i_b \cdot h_{ie} + i_e \cdot R_{E1}} = \frac{-h_{fe} \cdot i_b \cdot R_L}{i_b \cdot h_{ie} + h_{fe} \cdot i_b \cdot R_{E1}} = \frac{-h_{fe} \cdot R_L}{h_{ie} + h_{fe} \cdot R_{E1}} = \frac{-150 \cdot 2000}{1500 + 150 \cdot 90} = \frac{-150 \cdot 20}{15 + 15 \cdot 9} = -20$$

$$A_1 = \frac{A_0}{1 - \beta_1 \cdot A_0} \Rightarrow -20 = \frac{-200}{1 + \beta_1 \cdot 200} \Rightarrow 1 = \frac{10}{1 + \beta_1 \cdot 200} \Rightarrow 1 + \beta_1 \cdot 200 = 10 \Rightarrow \beta_1 = \frac{9}{200} \Rightarrow \beta_1 = 4,5\% = 0.045$$

$$(\beta) A_2 = \frac{A_0}{1 - \beta_2 \cdot A_0} = \frac{-200}{1 + 0.095 \cdot 200} = -10$$

$$A_2 = \frac{i_{out} \cdot R_L}{i_b \cdot h_{ie} + i_e \cdot R_{E2}} \Rightarrow -10 = \frac{-h_{fe} \cdot i_b \cdot R_L}{i_b \cdot h_{ie} + h_{fe} \cdot i_b \cdot R_{E2}} \Rightarrow 1 = \frac{15 \cdot 200}{150 + 15 \cdot R_{E2}} \Rightarrow 10 + R_{E2} = 200 \Rightarrow R_{E2} = 190\Omega$$

ΑΣΚΗΣΗ 4



2Α) Όπως φαίνεται στο κύκλωμα του ενισχυτή του διπλανού σχήματος όλοι οι πυκνωτές έχουν χωρητικότητα $\pi \mu\text{F}$. Η DC τάση τροφοδοσίας έχει τιμή 5 V και η αντίσταση που είναι συνδεδεμένη μεταξύ της DC πηγής και του Συλλέκτη του transistor είναι $R_C=2\text{K}\Omega$. Η αντίσταση που είναι συνδεδεμένη μεταξύ Εκπομπού του transistor και της γης (παράλληλα με τον πυκνωτή) έχει τιμή $R_E=50 \Omega$. Οι υβριδικές παράμετροι του transistor είναι :

$$h_{ie}=10\text{K}\Omega, h_{fe}=200, h_{re}=10, h_{oe}=10\Omega^{-1}$$

Στην είσοδο έχει τοποθετηθεί γεννήτρια AC και στην έξοδο ένα βολτόμετρο.

Θεωρώντας ότι:

$$100 \gg \gg \gg 1,$$

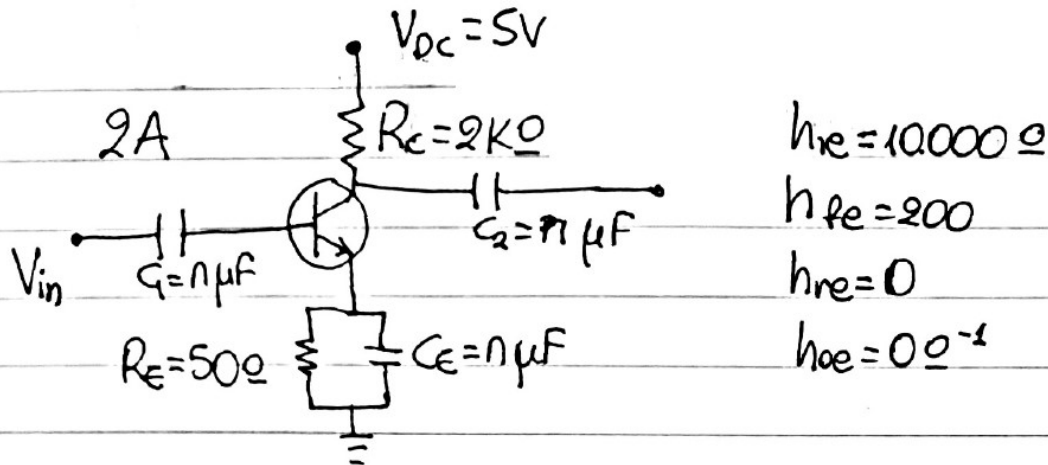
$$\pi^2=10$$

αντιστάσεις μικρότερες από 10Ω θεωρούνται βραχυκυκλώματα, κέρδος κλειστού βρόχου: $A_f=A/(1+\beta A)$

α) Να βρεθεί το κέρδος τάσης για $f=50\text{KHz}$ (B.A. 6)

β) Να βρεθεί το κέρδος τάσης για $f=1\text{KHz}$ (B.A. 6)

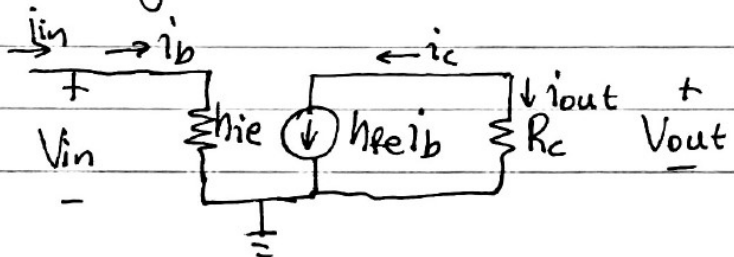
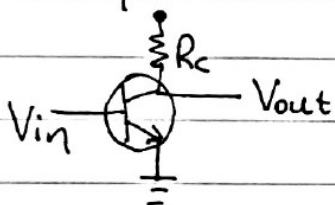
γ) Αν σε κάποια από τις δύο προηγούμενες συχνότητες εμφανίζεται ανάδραση, να βρεθεί ο συντελεστής ανάδρασης β . (B.A. 6)



a) $f=50\text{KHz}$ $|Z_c| = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot \pi \cdot 10^{-6}} = 1\Omega \approx 0$

Όλοι οι πυκνωτές είναι βραχυκυκλώματα

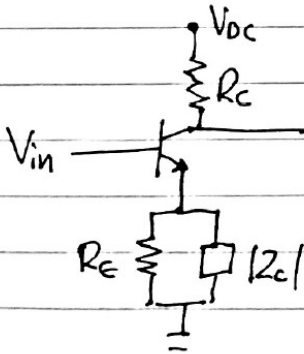
Επομένως ο εκπομπός μειώνεται.



$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{i_{out} \cdot R_c}{i_{in} \cdot h_{ie}} = \frac{-i_c R_c}{i_b \cdot h_{ie}} = \frac{-h_{fe} i_b R_c}{i_b \cdot h_{ie}} = -\frac{h_{fe} R_c}{h_{ie}} = \frac{-200 \cdot 2 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3}$$

$$A_v = -40$$

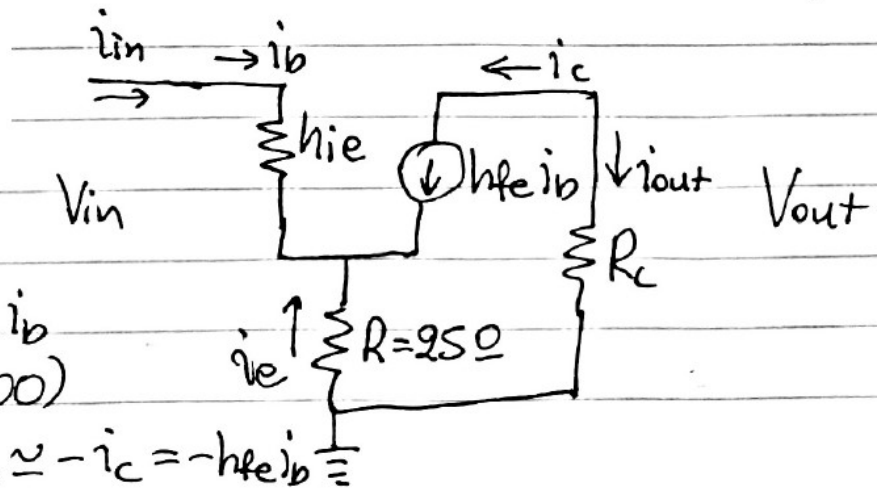
b) $f = 1 \text{ KHz}$ $|Z_c| = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^{-3}} = \frac{500}{\pi} \approx 50$



$$|Z_c| = 50 \Omega$$

Για το DC τα 50Ω είναι βραχυκύκλωμα. Άρα οι C1 και C2 βραχυκυκλώνονται ενώ ο Cε 1600μF φαίνεται με 50Ω

$$R_c \parallel |Z_c| = 25 \Omega$$



$$i_e = -i_b - i_c = -i_b - h_{fe} i_b = -i_b (1 + 200) \approx -200 i_b \approx -i_c = -h_{fe} i_b$$

$$A_{vf} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-i_c \cdot R_c}{i_b \cdot h_{ie} - i_e R} = \frac{-h_{fe} i_b R_c}{i_b h_{ie} + h_{fe} i_b R} = \frac{-h_{fe} R_c}{h_{ie} + h_{fe} R}$$

$$A_{vf} = \frac{-200 \cdot 2000}{10000 + 200 \cdot 25} = \frac{-4 \cdot 10^5}{10000 + 5000} = \frac{-4 \cdot 10^5}{15 \cdot 10^3} = \frac{-400}{15} = -\frac{80}{3}$$

$$A_{vf} = \frac{A}{1 + \beta A} \Leftrightarrow -\frac{80}{3} = \frac{-40}{1 - \beta \cdot 40} \Rightarrow 80 - \beta \cdot 3200 = 120$$

$$\Rightarrow \beta \cdot 3200 = -40$$

$$\Rightarrow \beta = -\frac{4}{320} \Rightarrow \beta = -\frac{1}{80}$$

$$A_{vf} = -\frac{80}{3}$$

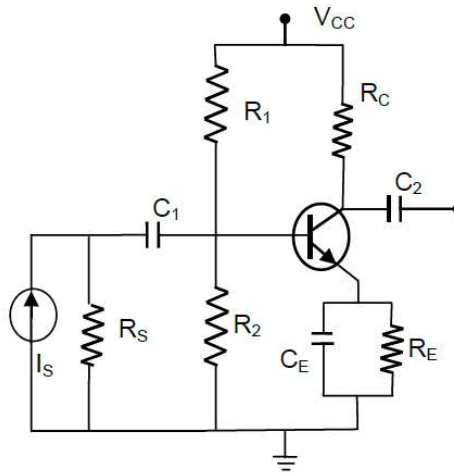
ΑΣΚΗΣΗ 5

Στο ακόλουθο κύκλωμα η πηγή I_S παράγει ημιτονικό σήμα (1mA, 1KHz). Θεωρώντας ότι αντιστάσεις τιμής μικρότερης από 20 Ω θεωρούνται βραχυκυκλώματα, να βρεθούν:

A1. Η τιμή της αντίστασης (μέτρο) των πυκνωτών C_1 , C_2 και C_E . (B.A. 10)

$$|Z_{C1}|=|Z_{C2}|=|Z_{C_E}|=\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}=\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 159 \cdot 10^{-3}}=1\Omega$$

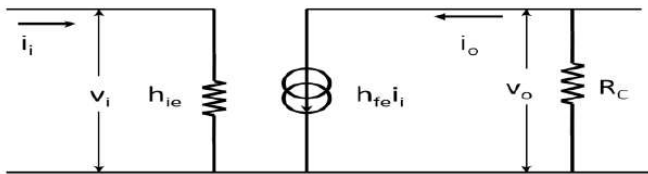
Επομένως, για τη συχνότητα 1KHz όλοι οι πυκνωτές θεωρούνται βραχυκυκλώματα. Ο εκπομπός γειώνεται εφόσον όλο το ρεύμα θα περάσει από το βραχυκύκλωμα. Από την R_E δεν θα περάσει ρεύμα. Άλλωστε παράλληλος συνδυασμός των αντιστάσεων 1 Ω και 5 KΩ δίνει συνολική αντίσταση πολύ μικρότερη από 1Ω)



$$\begin{aligned} h_{fe} &= 80 \\ h_{ie} &= 5 \text{ K}\Omega \\ h_{oe} &= 0 \text{ }\Omega^{-1} \\ h_r &= 0 \\ C_1=C_2=C_E &= 159 \mu\text{F} \\ R_c &= 20 \text{ K}\Omega \\ R_1 &= 10 \text{ K}\Omega \\ R_2 &= 20 \text{ K}\Omega \\ C_E &= 159 \mu\text{F} \\ R_S &= 1 \text{ M}\Omega \\ R_E &= 5 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

A2. Το κέρδος τάσης και το κέρδος ρεύματος χωρίς τις αντιστάσεις R_1 και R_2 . (B.A. 10)

Η αντίσταση R_S θεωρείται ανοικτοκύκλωμα λόγω της πολύ μεγάλης τιμής της. Το ισοδύναμο για τη συχνότητα 1 KHz είναι



$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}=\frac{-i_o \cdot R_c}{i_i \cdot h_{ie}}=\frac{-h_{fe} \cdot i_i \cdot R_c}{i_i \cdot h_{ie}}=-\frac{h_{fe} \cdot R_c}{h_{ie}}=-320=-10 \cdot 2^5=(20+5 \cdot 6) \text{ dB}=50 \text{ dB}$$

$$\frac{i_{OUT}}{i_{IN}}=\frac{-i_o}{i_i}=\frac{-h_{fe} \cdot i_i}{i_i}=-h_{fe}=-80=-10 \cdot 2^3=20+6 \cdot 3 \text{ dB}=38 \text{ dB}$$

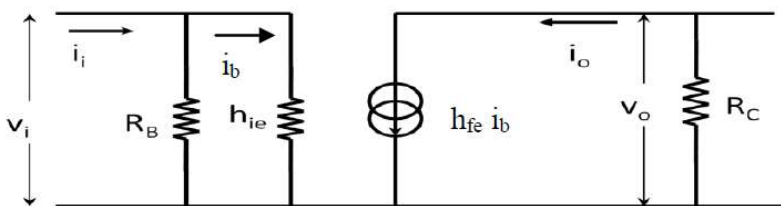
A3. Το κέρδος τάσης και το κέρδος ρεύματος με τις αντιστάσεις R_1 και R_2 και ο συντελεστής ανάδρασης ρεύματος β . (B.A. 20)

Θεωρώντας ότι η συχνότητα λειτουργίας είναι 1 KHz, οι πυκνωτές είναι βραχυκυκλώματα και ο εκπομπός συνεχίζει να είναι γειωμένος.

Εφόσον η πηγή DC τάσης γειώνεται, οι αντιστάσεις R_1 και R_2 είναι παράλληλα μεταξύ τους, με συνολική

αντίσταση $R_B=\frac{20 \cdot 10}{20+10}=\frac{20}{3} \text{ K}\Omega$. Η τάση εισόδου δεν άλλαξε, άρα το κέρδος τάσης παραμένει το ίδιο με το

προηγούμενο ερώτημα. Το κέρδος ρεύματος θα βρεθεί με διαιρέτη ρεύματος εφόσον οι αντιστάσεις h_{ie} και R_B έχουν στα άκρα τους το ίδιο δυναμικό.



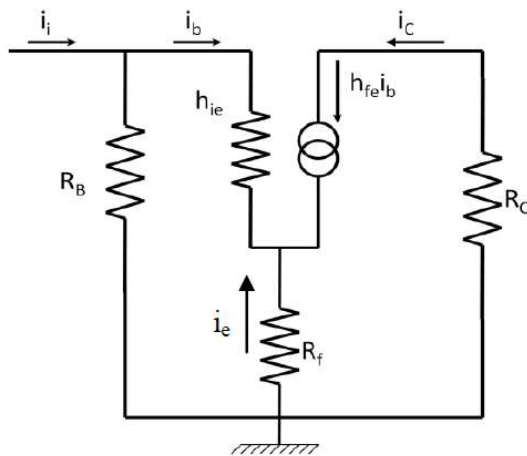
$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = -320 = 50\text{dB}$$

$$\frac{i_{OUT}}{i_{IN}} = \frac{-i_o}{i_i} = -h_{fe} \cdot \frac{i_b}{i_i} = -h_{fe} \cdot \frac{1}{\frac{1}{h_{ie}} + \frac{1}{R_B}} = -80 \cdot \frac{4}{7} = -46 = 33\text{dB}$$

A4. Η νέα τιμή του πυκνωτή C_E , αν επιθυμούμε ανάδραση τάσης με συντελεστή ανάδρασης $\beta=0.03125$. **(B.A. 10)**

Το κέρδος τάσης χωρίς ανάδραση είναι $A=-320$. Δεδομένου του συντελεστή ανάδρασης (A, β ετερόσημα), μπορούμε να βρούμε το κέρδος τάσης με ανάδραση

$$A_f = \frac{A}{1 - \beta \cdot A} = \frac{-320}{1 + 0,03125 \cdot 320} = -29$$



$\beta = \frac{V_f}{V_o} = \frac{i_e \cdot R_f}{-i_c \cdot R_c} = \frac{R_f}{R_c} \Rightarrow R_f = \beta \cdot R_c$ όπου θεωρήσαμε $V_i = V_b - V_f \Rightarrow V_b = V_i + V_f$ (το σήμα ανάδρασης προστίθεται στην είσοδο, ο τύπος ανάδρασης με το -). Επομένως, μπορούμε να βρούμε το $R_f=625\Omega$.

$$R_f = \frac{R_E \cdot Z_C}{R_E + Z_C} \Rightarrow 625 = \frac{5000 \cdot |Z_C|}{5000 + |Z_C|} \Rightarrow |Z_C| = 714\Omega \Rightarrow \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = 714 \Rightarrow C = 2,2 \cdot 10^{-7} = 220\text{nF}$$

A5. Για τη νέα αυτή τιμή του πυκνωτή C_E να βρεθεί η αντίσταση εισόδου του κυκλώματος του σχήματος με τις αντιστάσεις R_1 και R_2 . **(B.A. 10)**

$$R_i = \frac{V_i}{i_i} = \frac{i_b \cdot h_{ie} - i_e \cdot R_f}{i_b + \frac{V_i}{R_B}} \approx \frac{(h_{ie} + h_{fe} \cdot R_f) \cdot R_B}{h_{ie} + h_{fe} \cdot R_f + R_B} = 6\text{K}\Omega$$

A6. Να βρεθούν τα I_o και ο THD αν το σήμα εξόδου από το κύκλωμα με τις αντιστάσεις R_1 και R_2 είναι της μορφής: $i_{out}(t) = I_o \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot t) + \sin(4 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot t) + 0.1 \cdot \sin(16 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot t)$ **(B.A. 10)**

Το σήμα εισόδου έχει ενεργό τιμή 1mA και πλάτος $1,4\text{mA}$. Το κέρδος ρεύματος είναι -46 και επομένως το πλάτος του σήματος εξόδου είναι -65mA . Η θεμελιώδης συχνότητα είναι το 1KHz και εμφανίζεται η $8^{\text{η}}$

αρμονική με πλάτος $0,1\text{mA}$. Ο συντελεστής παραμόρφωσης είναι $\text{THD} = \frac{0,1}{65} \cdot 100\% = 0,15\%$

$$\text{(Δίνονται } A_f = \frac{A}{1 - \beta \cdot A} \text{ και } \text{THD} = \sqrt{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^2 + \dots})$$

ΑΣΚΗΣΗ 6

Ένα σύστημα με ανάδραση, με την αγορά του, βρέθηκε να έχει κέρδος ανοικτού βρόχου $A=-300$ και συντελεστή ανάδρασης $\beta=0,01$. Να βρεθεί η μεταβολή στο κέρδος κλειστού βρόχου A_f αν για κάποιον λόγο το κέρδος ανοικτού βρόχου μεταβλήθηκε σε $A'=-150$. (Ο συντελεστής ανάδρασης παραμένει ίδιος). **(B.A. 10)**

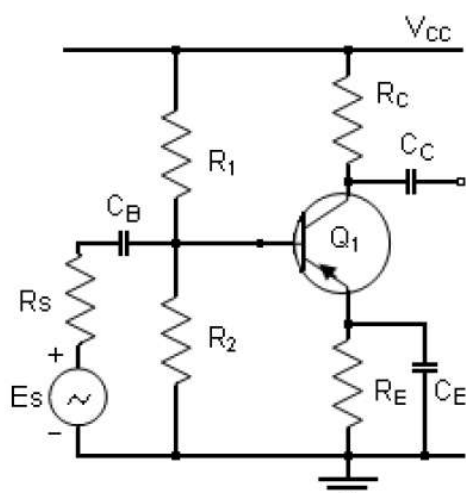
- a) 75%
- b) 60%
- c) 50%
- d) 20%**

$$A_{f1} = \frac{-300}{1+3} = -75$$

$$A_{f2} = \frac{-150}{2,5} = -60$$

$$\text{ανοχές} = \frac{15}{75} = 20\%$$

ΑΣΚΗΣΗ 7



$h_f=40$
 $h_i=10\text{K}\Omega$
 $h_o=0$
 $h_r=0$
 $R_C=1,2\text{K}\Omega$
 $R_E=1\text{K}\Omega$
 $R_1=30\text{K}\Omega$
 $R_2=15\text{K}\Omega$
 $R_s=0$
 $C_i=10\text{nF}$
 $C_B=C_C=C_E=10\mu\text{F}$

Υποδείξεις για το ερώτημα Β

- (i) Αποδεικνύεται ότι για συχνότητες $f > 1,6 \text{ KHz}$ θεωρούμε τον εκπομπό γειωμένο.
 (ii) Σε υψηλές συχνότητες η τιμή του h_f δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται - μεταξύ άλλων και - από την τιμή του πυκνωτή C_i (ο οποίος είναι παράλληλα συνδεδεμένος στην εσωτερική αντίσταση εισόδου):

$$h_f(\omega) = \frac{h_f}{1 + j\omega C_i h_i}$$

- (iii) Ισχύει $A_f = \frac{A}{1 - \beta A}$ και $\text{THD} = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots}}{V_1}$

- (iv) Θεωρείστε $\frac{10}{2\pi} \cong 1,6$ και $\sqrt{26} \cong 5$

Β) α) Να σχεδιαστεί το AC υβριδικό ισοδύναμο κύκλωμα ($f \gg 1,6 \text{ KHz}$), για δύο περιπτώσεις: (i) Χωρίς αντίσταση πόλωσης της βάσης και (ii) Με αντίσταση πόλωσης της βάσης. Στη συνέχεια να αποδειχθεί ότι το κέρδος ρεύματος είναι:

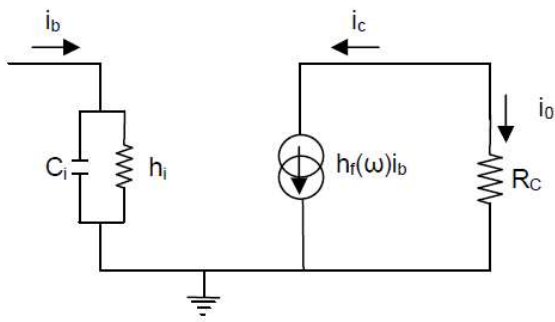
Χωρίς αντίσταση πόλωσης βάσης $A = \frac{A_0}{1 + j\frac{f}{f_0}}$ όπου $A_0 = h_f$ και $f_0 = \frac{1}{2\pi h_i C_i}$

Με αντίσταση πόλωσης βάσης $A' = \frac{A_0'}{1 + j\frac{f}{f_0'}}$ όπου $A_0' = \frac{h_f R_{TH}}{h_i + R_{TH}}$ και $f_0' = \frac{h_i + R_{TH}}{2\pi h_i C_i R_{TH}}$

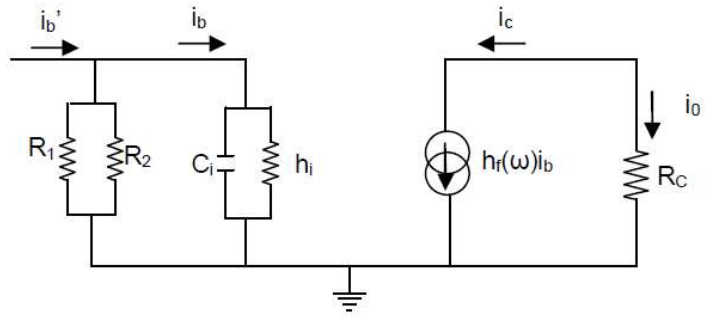
και τέλος, αφού βρεθούν αριθμητικές τιμές, να σχεδιαστούν τα διαγράμματα κέρδους συναρτήσει της συχνότητας. Τι παρατηρείτε; **(B.A.20)**

β) Θεωρούμε τις αντιστάσεις πόλωσης της βάσης ως κύκλωμα ανάδρασης. (i) Να βρεθεί ο συντελεστής ανάδρασης β_1 . (ii) Για $\beta_2 = -\beta_1$ τι θα συμβεί στο κύκλωμα; (iii) Αν υποτριπλασιάσουμε τις R_1 και R_2 να βρεθούν αριθμητικά: ο νέος συντελεστής ανάδρασης β_3 , το νέο κέρδος χαμηλών συχνοτήτων A_{03} και η νέα συχνότητα αποκοπής f_{03} . **(B.A.10)**

γ) Έστω σήμα $i_{in}(t) = 0,1 \cos(10^5 t)$ εισέρχεται στην είσοδο του ενισχυτή. Το σήμα εξόδου είναι $i_{out}(t) = x \cos(10^5 t + \frac{3\pi}{4}) + 0,05 \cos(2 \cdot 10^5 t + \frac{3\pi}{4}) + 0,02 \cos(3 \cdot 10^5 t + \frac{3\pi}{4})$. Να βρεθεί το x και ο συνολικός συντελεστής αρμονικής παραμόρφωσης. **(B.A.10)**



(i) Χωρίς Ανάδραση



(ii) Με Ανάδραση

α) (i) $A = \frac{i_o}{i_b} = \frac{-i_c}{i_b} = \frac{-h_f(\omega) \cdot i_b}{i_b} = -h_f(\omega) = -\frac{h_f}{1 + j\omega C_i h_i} = \frac{-h_f}{1 + jf \frac{2\pi C_i h_i}{f_0}} = \frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_0}}$ όπου $A_0 = -h_f$ και $f_0 = \frac{1}{2\pi h_i C_i}$

Αριθμητικές τιμές

$A_0 = -40$ και $f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot 10^4 \cdot 10^{-8}} = \frac{10}{2\pi \cdot 10^{-3}} = 3,2 \text{ KHz}$ οπότε $A = \frac{-40}{1 + j \frac{f}{3,2}}$, f σε KHz

(ii)

$A' = \frac{i_o}{i_b'} = \frac{i_c}{i_b} \frac{i_b}{i_b'} = -\frac{h_f}{1 + j\omega C_i h_i} \frac{i_b}{i_b'} \quad (1)$

Διαίρετης ρεύματος: $\frac{i_b}{i_b'} = \frac{Z_R}{Z_R + Z_i} \quad (2)$

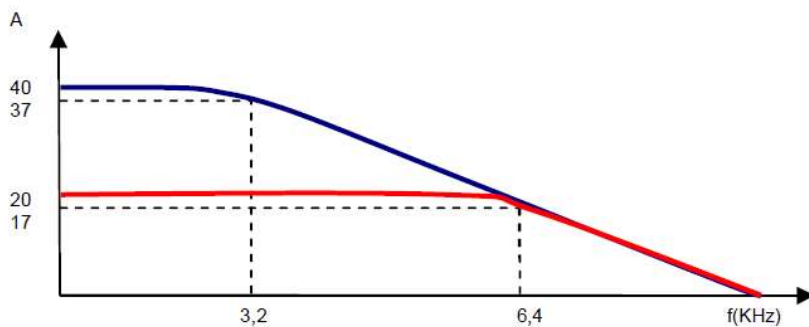
Αντικαθιστώντας (2), (3), (4) στην (1) προκύπτει

$Z_R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 10 \text{ K}\Omega \quad (3) \Rightarrow A' = -\frac{h_f}{1 + j\omega C_i h_i} \frac{R_{TH}}{R_{TH} + \frac{h_i}{1 + j\omega h_i C_i}} = -\frac{h_f}{1 + j\omega C_i h_i} \frac{(1 + j\omega h_i C_i) R_{TH}}{(1 + j\omega h_i C_i) R_{TH} + h_i}$

$Z_i = \frac{h_i \frac{1}{j\omega C_i}}{h_i + \frac{1}{j\omega C_i}} = \frac{h_i}{1 + j\omega h_i C_i} \quad (4)$

$\Rightarrow A' = \frac{-h_f R_{TH}}{h_i + R_{TH} + j\omega h_i C_i R_{TH}} = \frac{-\frac{h_f R_{TH}}{h_i + R_{TH}}}{1 + j\omega \frac{h_i C_i R_{TH}}{h_i + R_{TH}}} = \frac{-\frac{h_f R_{TH}}{h_i + R_{TH}}}{1 + jf \frac{2\pi C_i R_{TH}}{h_i + R_{TH}}} = \frac{A_0'}{1 + j \frac{f}{f_0'}}$ όπου

$A_0' = \frac{-h_f R_{TH}}{h_i + R_{TH}} = \frac{-40 \cdot 10^4}{10^4 + 10^4} = -20$ και $f_0' = \frac{h_i + R_{TH}}{2\pi C_i R_{TH}} = \frac{2 \cdot 10^4}{2\pi} = 6,4 \text{ KHz}$ οπότε $A' = \frac{-20}{1 + j \frac{f}{6,4}}$, f σε KHz



Παρατηρούμε ότι $A_0 \Delta f = 40 \times 3,2 = 20 \times 6,4 = \text{σταθερό}$

β) (i) $A_f = \frac{A}{1 - \beta_1 A} \Rightarrow \beta_1 = \frac{A_f - A}{A_f A} = \frac{-20 + 40}{800} = \frac{1}{40} = 0,025$

(ii) Αν $\beta_2 = -0,025$ τότε $\beta_2 A = -\beta_1 A_0 = -\frac{1}{40}(-40) = 1$ και θα αρχίσουν ταλαντώσεις

(iii) Αν υποτριπλασιάσουμε τις R_1 και R_2 τότε

$$Z_{TH} = \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{3} = \frac{10}{3} \text{ K}\Omega \text{ και } A_{03}' = \frac{\frac{h_f R_{TH}}{h_i + \frac{R_{TH}}{3}}}{10^4 + \frac{10^4}{3}} = \frac{40 \cdot \frac{10^4}{3}}{10^4 + \frac{10^4}{3}} = 10 \text{ και } f_{03}' = 2f_0' = 12,8 \text{ KHz και } \beta_3 = 3\beta_1 = -0,075$$

γ) Η συχνότητα είναι $\omega = 10^5$, $f = 32 \text{ KHz}$ και επομένως $|A'(32)| = \left| \frac{20}{1 + j \frac{32}{6,4}} \right| = \frac{20}{\sqrt{26}} = 4$

Αρα η ενίσχυση της θεμελιώδους είναι $40,1 = 0,4$ και $THD = \frac{\sqrt{(25 + 4) \cdot 10^{-4}}}{0,4} = \frac{\sqrt{29}}{40}$

ΑΣΚΗΣΗ 8

α) Στο διπλανό σχήμα, δίνονται $R_1 = R_2 = 20 \text{ K}\Omega$, $R_C = 10 \text{ K}\Omega$, $R_E = 2 \text{ K}\Omega$, $C_B = C_C = C_E = 3,14 \mu\text{F}$, $h_{fe} = 200$, $h_{ie} = 10 \text{ K}\Omega$, $h_{oe} = 0 \Omega^{-1}$, $h_{re} = 0$. Θεωρήστε $\pi^2 = 10$. Να βρεθεί το κέρδος τάσης για $f = 10 \text{ KHz}$ **(B.A. 10)**

β) Ένα σύστημα με ανάδραση, με την αγορά του, βρέθηκε να έχει κέρδος ανοικτού βρόχου $A = -300$ και συντελεστή ανάδρασης $\beta = 0,01$. Για κάποιο λόγο το κέρδος ανοικτού βρόχου μεταβλήθηκε σε $A' = -150$. (Ο συντελεστής ανάδρασης παραμένει ίδιος). Η μεταβολή στο κέρδος κλειστού βρόχου είναι: **(B.A. 5)**

- (I) 75%
- (II) 60%
- (III) 50%
- (IV) 20%

Θεωρήστε $A_f = \frac{A}{1 - \beta \cdot A}$

