

1) Ενισχυτής $n=3$ όμοιων βαθμίδων με $A_v=60$ db

- Ποια η μέγιστη τιμή του σήματος εισόδου και εξόδου αν γνωρίζουμε ότι οι παράμετροι μικρού σήματος ισχύουν για $V_{i(\max)} = 5\text{mV}$?
- Να επαναληφθεί για $n=2$

Απάντηση

a) $A_v = 60\text{db} \rightarrow A_v = 1000$

$$\Rightarrow A_{v_1} = A_{v_2} = A_{v_3} = \sqrt[3]{1000} = 10$$

$$V_{i,3(\max)} = 5\text{mV} \Rightarrow V_{o,3} = V_o = 5\text{mV} * 10 = 50\text{mV}$$

$$V_{i,2(\max)} = \frac{5\text{mV}}{A_{v_2}} = \frac{5\text{mV}}{10} = 0.5\text{mV} = 500\mu\text{V}$$

$$V_{o,1(\max)} = 500\mu\text{V}$$

$$V_{i,1(\max)} = \frac{500\mu\text{V}}{A_1} = 50\mu\text{V}$$

b) $V_{i,2(\max)} = 5\text{mV}$

$$A_{v_1} = A_{v_2} = \sqrt{1000} = 31,62$$

$$V_o = 31,62 * V_{i,2(\max)} = 158\text{mV}$$

$$V_{o,1} = 5\text{mV} \rightarrow V_{i,1(\max)} = \frac{V_{o,1(\max)}}{A_{v_1}} = \frac{5\text{mV}}{31,62} = 0,158\text{mV} = 158\mu\text{V}$$

2) Ενισχυτής 3 βαθμίδων με 1^η και 2^η βαθμίδα όμοιες ($V_{i,(\max)} = 5\text{mV}$) ενώ η 3^η

$V_{i,3(\max)} = 250\text{mV}$. Αν $A_v=10000$:

- Τι A_v έχει ο καθένας?
- $V_{i(\max)} = ?$
- $V_{o(\max)} = ?$
- Αν επιθυμώ $V_{o(\max)} = 3\text{V}$ τι απολαβή τάσης θα χρειαζόταν? Είναι εφικτό έχοντας υπόψη τους άνω περιορισμούς?

Απάντηση

a) $A_v = 10000$

Από 2→3 έχω $V_{i,3} = 250\text{mV}$

Άρα $V_{o,2(\max)} = 250\text{mV}$ εφόσον $V_{i,2(\max)} = 5\text{mV}$

$$A_{v_2} = \frac{V_{o,2(\max)}}{V_{i,2(\max)}} = \frac{250\text{mV}}{5\text{mV}} = 50$$

Εφόσον 1,2 όμοιες $A_{v_1} = A_{v_2} = 50$

Έτσι

$$A_v = A_{v_1} * A_{v_2} * A_{v_3} \Rightarrow A_{v_3} = \frac{A_v}{A_{v_1} * A_{v_2}}$$

$$\Rightarrow A_{v_3} = \frac{10000}{50 * 50} = 4$$

b) Εφόσον

$$Av_1 = 50 \Rightarrow V_{i,(\max)} = V_{i,1(\max)} = \frac{5\text{mV}}{50} = 0,1\text{mV} = 100\mu\text{V}$$

c) $V_{o(\max)} = V_{o,3(\max)} = Av_3 * 0,25\text{V} = 1\text{V}$

d) $Av_3 = \frac{V_{o3}}{V_{i3(\max)}} = \frac{3\text{V}}{0,25\text{V}} = 12$

Τότε

$$Av_1 * Av_2 = \frac{Av}{Av_3} = \frac{10000}{12} \approx 833 \Rightarrow$$

$$Av_1 = Av_2 = \sqrt{833} \approx 28,86$$

Από 2→3 θέλω 250mV,

Αρα

$$V_{i,2} = \frac{250\text{mV}}{28,86} \approx 8,66\text{mV} > 5\text{mV} \Rightarrow \text{ΔΕΝ ΓΙΝΕΤΑΙ ΑΠΟΔΕΚΤΟ}$$

Διερεύνηση

Αν αλλάξω Av_1, Av_2 $V_{i,2(\max)} \rightarrow 5\text{mV}$

για $V_{o2(\max)} = 250\text{mV}$

Θέλω $Av_2 = 50$

Έτσι θα είχα $Av' = Av'_1 * Av'_2 * Av'_3 = 50 * 50 * 12 = 30000$

(ΔΕΝ ΓΙΝΕΤΑΙ ΑΠΟΔΕΚΤΟ, διότι υπερβαίνει τη αρχική Av)

Υπάρχουν άλλες λύσεις (TRIAL + ERROR) ?

Αν θέσω $V_{i,3} = 100\text{mV}$, για $V_o = 3\text{V}$ χρειάζομαι

$$Av_3 = 30 \Rightarrow Av_1 = Av_2 = 18,25$$

Για $V_{i,2} = 5\text{mV} \rightarrow V_{o,2} = V_{i,3} = 18,25 * 5 = 91,28\text{mV} < 250\text{mV}$ (Δεκτό)

Άλλη περίπτωση

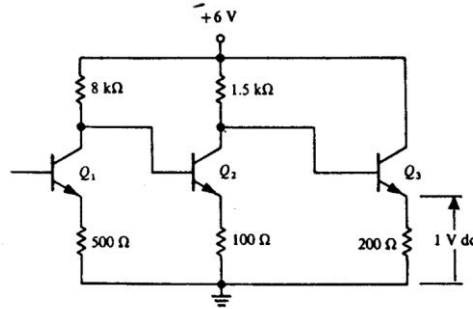
Για $V_{i,3} = 40\text{mV} \rightarrow Av = 75 \Rightarrow Av_1 = Av_2 = 11,54$

Για $V_{o,2} = 40\text{mV} \Rightarrow V_{i,2} = \frac{40\text{mV}}{11,54} \approx 3,56\text{mV}$ (Δεκτό)

Για την είσοδο καταλήγουμε ότι

$$V_{i,\max} = \frac{3,5\text{mV}}{11,54} \approx 308\mu\text{V}$$

3) Στον ενισχυτή με άμεση σύζευξη του σχήματος, η τάση στα άκρα της αντίστασης εκπομπου του Q3 είναι 1V. Να βρεθούν οι τάσεις στους ακροδέκτες του κάθε τρανζίστορ (Θεωρήστε ρεύμα βάσης αμελητέο και $V_{BE}=0.7V$)



Απάντηση

$$V_{C_2} = V_{BE_3} + V_{E_3} = 0.7V + 1V = 1.7V$$

Το ρεύμα συλλέκτη του Q2 είναι

$$I_{C_2} = \frac{V_{CC} - V_{C_2}}{R_{C_2}} = \frac{6V - 1.7V}{1.5K\Omega} = 2,87mA$$

Θεωρώ $I_{C_2} \approx I_{E_2}$ και έτσι έχω

$$V_{E_2} \approx I_{C_2} * R_{E_2} \approx 0.1K\Omega * 2.87mA \approx 0.29V$$

Η τάση συλλέκτη Q1 ισούται με την τάση της βάσης Q2 οπότε έχουμε

$$V_{C_1} = V_{BE_2} + V_{E_2} = 0.7V + 0.29 \approx 1V$$

$$I_{C_1} = \frac{V_{CC} - V_{C_1}}{R_{C_1}} = \frac{6V - 1V}{8K\Omega} = 0.625mA$$

Και

$$V_{E_1} \approx I_{C_1} * R_{E_1} \approx 0.625mA * 0.5K\Omega \approx 0.31V$$

$$V_{B_1} = V_{BE_1} + V_{E_1} = 0.7V + 0.31V \approx 1V$$

29 Διατυπώστε τις εκφράσεις για ημιτονοειδή σήματα τάσης που έχουν:

- (α) μέγιστο πλάτος 10 V και συχνότητα 10 kHz
- (β) rms τάση 120 V και συχνότητα 60 Hz
- (γ) τάση 0.2 V από κορυφή σε κορυφή και συχνότητα 1000 rad/s
- (δ) μέγιστο 100 mV και περίοδο 1 ms

Απάντηση

1.29 (a) $v = 10 \sin (2\pi \times 10^4 t)$, V

(b) $v = 120\sqrt{2} \sin (2\pi \times 60 t)$, V

(c) $v = 0.1 \sin (1000t)$, V

(d) $v = 0.1 \sin (2\pi \times 10^3 t)$, V

31 Μετρήσεις που έχουν ληφθεί από ένα σήμα τετραγωνικής κυματομορφής με τη χρήση ενός βολτόμετρου επιλεκτικής συχνότητας (αποκαλείται αναλυτής φάσματος) δείχνουν ότι το φάσμα του περιέχει γειτονικές συνιστώσες (φασματικές γραμμές) στα 98 kHz και 126 kHz για πλάτη 63 mV και 49 mV, αντίστοιχα. Γι' αυτό το σήμα, τι τιμές θα έδινε για τη συχνότητα και το πλάτος μια απευθείας μέτρηση της θεμελιώδους; Ποια είναι η rms τιμή της θεμελιώδους; Πόσο είναι το πλάτος από κορυφή σε κορυφή, καθώς και η περίοδος του αρχικού τετραγωνικού κύματος;

Απάντηση

Οι δύο αρμονικές έχουν λόγο $126/98 = 9/7$.

Συνεπώς είναι η 7^η και η 9^η αρμονική

Ετσι και τα πλάτη τους θα έχουν λόγο 7 προς 9, το οποίο επιβεβαιώνεται από τις μετρήσεις.

Αρα η θεμελιώδης συχνότητα θα έχει τιμή $98/7$ η αλλιώς 14KHz και

πλατος $63 \times 7 = 441\text{mV}$. Η rms τιμή της θα είναι $441/\sqrt{2} = 312\text{mV}$

Για να βρούμε την τιμή p-p του τετραγωνικού σήματος, παρατηρούμε ότι

$4\text{V} / \pi = 441\text{mV}$. Αρα

Πλάτος p-p = $2\text{V} = 441\text{mV} \times \pi/2 = 693\text{mV}$

Περίοδος $T = 1/f = 1/14000 = 71.4\mu\text{s}$

39 Διάφοροι συνδυασμοί ενισχυτή-φορτίου δίνουν τις ακόλουθες μετρήσεις σε rms τιμές. Για κάθε μία, βρείτε τα κέρδη τάσης, ρεύματος και ισχύος (A_v , A_i και A_p , αντίστοιχα) τόσο σαν λόγους μεγεθών όσο και σε dB:

(α) $v_I = 100 \text{ mV}$, $i_I = 100 \mu\text{A}$, $v_O = 10 \text{ V}$, $R_L = 100 \Omega$

(β) $v_I = 10 \mu\text{V}$, $i_I = 100 \text{ nA}$, $v_O = 2 \text{ V}$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$

(γ) $v_I = 1 \text{ V}$, $i_I = 1 \text{ mA}$, $v_O = 10 \text{ V}$, $R_L = 10 \Omega$

$$1.39 \text{ (a) } A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{10 \text{ V}}{100 \text{ mV}} = 100 \text{ V/V}$$

$$\text{or, } 20 \log 100 = 40 \text{ dB}$$

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{v_o/R_L}{i_i} = \frac{10 \text{ V}/100 \Omega}{100 \mu\text{A}} = \frac{0.1 \text{ A}}{100 \mu\text{A}} \\ = 1000 \text{ A/A}$$

$$\text{or, } 20 \log 1000 = 60 \text{ dB}$$

$$A_p = \frac{v_o i_o}{v_i i_i} = \frac{v_o}{v_i} \times \frac{i_o}{i_i} = 100 \times 1000 \\ = 10^5 \text{ W/W}$$

$$\text{or } 10 \log 10^5 = 50 \text{ dB}$$

$$\text{(b) } A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{2 \text{ V}}{10 \mu\text{V}} = 2 \times 10^5 \text{ V/V}$$

$$\text{or, } 20 \log 2 \times 10^5 = 106 \text{ dB}$$

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{v_o/R_L}{i_i} = \frac{2 \text{ V}/10 \text{ k}\Omega}{100 \text{ nA}} \\ = \frac{0.2 \text{ mA}}{100 \text{ nA}} = \frac{0.2 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-9}} = 2000 \text{ A/A}$$

$$\text{or } 20 \log A_i = 66 \text{ dB}$$

$$A_p = \frac{v_o i_o}{v_i i_i} = \frac{v_o}{v_i} \times \frac{i_o}{i_i} \\ = 2 \times 10^5 \times 2000 \\ = 4 \times 10^8 \text{ W/W}$$

$$\text{or } 10 \log A_p = 86 \text{ dB}$$

$$\text{(c) } A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{10 \text{ V}}{1 \text{ V}} = 10 \text{ V/V}$$

$$\text{or, } 20 \log 10 = 20 \text{ dB}$$

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{v_o/R_L}{i_i} = \frac{10 \text{ V}/10 \Omega}{1 \text{ mA}} \\ = \frac{1 \text{ A}}{1 \text{ mA}} = 1000 \text{ A/A}$$

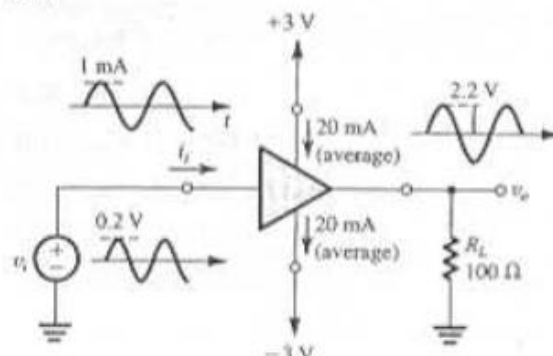
$$\text{or, } 20 \log 1000 = 60 \text{ dB}$$

$$A_p = \frac{v_o i_o}{v_i i_i} = \frac{v_o}{v_i} \times \frac{i_o}{i_i} \\ = 10 \times 1000 = 10^4 \text{ W/W}$$

$$\text{or } 10 \log_{10} A_p = 40 \text{ dB}$$

40 Ένας ενισχυτής που λειτουργεί με τροφοδοτικά ± 3 V αποδίδει ημιτονοειδές σήμα $2.2 V_{\text{peak}}$ πάνω σε φορτίο 100Ω όταν δέχεται είσοδο $0.2 V_{\text{peak}}$ από την οποία τραβάει ρεύμα $1.0 \text{ mA}_{\text{peak}}$. Η μέση τιμή ρεύματος σε κάθε τροφοδοτικό έχει μετρηθεί ότι είναι 20 mA . Βρείτε το κέρδος τάσης, το κέρδος ρεύματος και το κέρδος ισχύος εκφρασμένα σαν λόγους μεγεθών και σε dB, καθώς και την ισχύ τροφοδοσίας, την κατανάλωση ισχύος του ενισχυτή και την αποδοτικότητα του ενισχυτή.

1.40



$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{2.2}{0.2} = 11 \text{ V/V}$$

or $20 \log 11 = 20.8 \text{ dB}$

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{2.2 \text{ V} / 100 \Omega}{1 \text{ mA}} = \frac{22 \text{ mA}}{1 \text{ mA}} = 22 \text{ A/A}$$

or, $20 \log A_i = 26.8 \text{ dB}$

$$A_p = \frac{P_o}{P_i} = \frac{(2.2/\sqrt{2})^2 / 100}{\frac{0.2}{\sqrt{2}} \times \frac{10^{-3}}{\sqrt{2}}} = 242 \text{ W/W}$$

or, $10 \log A_p = 23.8 \text{ dB}$

$$\text{Supply power} = 2 \times 3 \text{ V} \times 20 \text{ mA} = 120 \text{ mW}$$

$$\text{Output power} = \frac{v_{\text{rms}}^2}{R_L} = \frac{(2.2/\sqrt{2})^2}{100 \Omega} = 24.2 \text{ mW}$$

$$\text{Input power} = \frac{24.2}{242} = 0.1 \text{ mW (negligible)}$$

$$\begin{aligned} \text{Amplifier dissipation} &= \text{Supply power} - \text{Output power} \\ &= 120 - 24.2 = 95.8 \text{ mW} \end{aligned}$$

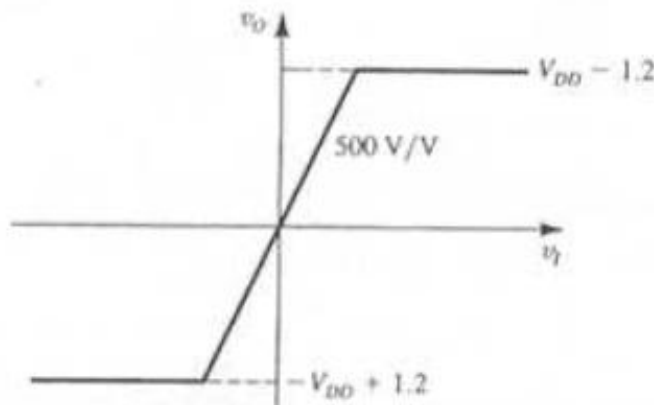
$$\begin{aligned} \text{Amplifier efficiency} &= \frac{\text{Output power}}{\text{Supply power}} \times 100 \\ &= \frac{24.2}{120} \times 100 = 20.2\% \end{aligned}$$

41 Ένας ενισχυτής που χρησιμοποιεί εξισορροπημένα τροφοδοτικά είναι γνωστό ότι περνά στον κορεσμό για σήματα που εκτείνονται εντός 1.2 V οποιουδήποτε από τα τροφοδοτικά. Για γραμμική λειτουργία, το κέρδος του είναι 500 V/V. Ποια είναι η rms τιμή της μεγαλύτερης διαθέσιμης μη παραμορφωμένης ημιτονοειδούς εξόδου και της απαιτούμενης εισόδου, με τροφοδοτικά ± 5 V, ± 10 V και ± 15 V;

L41 For $V_{DD} = 5$ V:

The largest undistorted sine-wave output is of 3.8-V peak amplitude or $3.8/\sqrt{2} = 2.7$ V_{rms}. Input needed is 5.4 mV_{rms}.

Supplies are V_{DD} and $-V_{DD}$

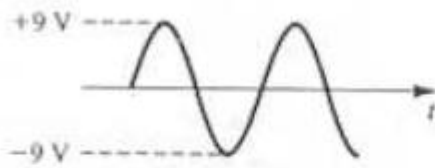


For $V_{DD} = 10$ V, the largest undistorted sine-wave output is of 8.8-V peak amplitude or 6.2 V_{rms}. Input needed is 12.4 mV_{rms}.

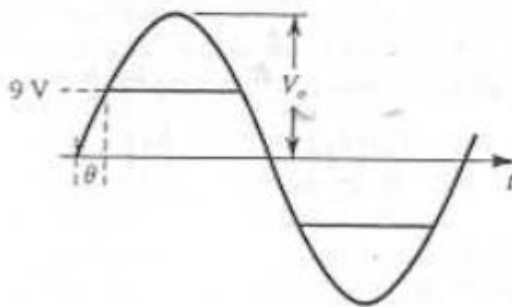
For $V_{DD} = 15$ V, the largest undistorted sine-wave output is of 13.8-V peak amplitude or 9.8 V_{rms}. The input needed is 9.8 V / 500 = 19.6 mV_{rms}.

42 Ενισχυτές που περνούν συμμετρικά στον κορεσμό, οι οποίοι λειτουργούν στην αποκαλούμενη κατάσταση ψαλιδισμού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετατροπή ημιτονοειδών σημάτων σε ψευδο-τετραγωνικά. Για έναν ενισχυτή με κέρδος ασθενούς σήματος 1000 και επίπεδα ψαλιδισμού ± 9 V, ποια τιμή κορυφής του ημιτονοειδούς εισόδου απαιτείται για να παραχθεί έξοδος της οποίας οι ακραίες τιμές βρίσκονται ακριβώς στο όριο ψαλιδισμού; Ψαλιδίζονται κατά το 90% του χρόνου; Ψαλιδίζονται κατά το 99% του χρόνου;

1.42 (a) For an output whose extremes are just at the edge of clipping, i.e., an output of $9\text{-}V_{\text{peak}}$, the input must have $9\text{ V}/1000 = 9\text{ m}V_{\text{peak}}$.



(b) For an output that is clipping 90% of the time, $\theta = 0.1 \times 90^\circ = 9^\circ$ and $V_p \sin 9^\circ = 9\text{ V} \Rightarrow V_p = 57.5\text{ V}$ which of course does not occur as the output saturates at $\pm 9\text{ V}$. To produce this result, the input peak must be $57.5/1000 = 57.5\text{ mV}$.



(c) For an output that is clipping 99% of the time, $\theta = 0.01 \times 90^\circ = 0.9^\circ$

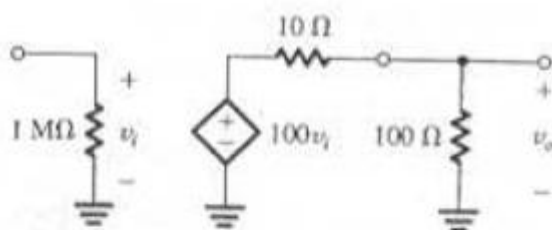
$$V_p \sin 0.9^\circ = 9\text{ V}$$

$$\Rightarrow V_p = 573\text{ V}$$

and the input must be $573\text{ V}/1000$ or $0.573\text{ V}_{\text{peak}}$.

46 Ένας ενισχυτής σε λειτουργία ασθενούς σήματος με κέρδος τάσης ανοικτού κυκλώματος 40 dB, αντίσταση εισόδου 1 MΩ και αντίσταση εξόδου 10 Ω, οδηγεί ένα φορτίο 100 Ω. Πόσο κέρδος τάσης και κέρδος ισχύος (σε dB) αναμένετε με συνδεδεμένο το φορτίο; Εάν ο ενισχυτής έχει περιορισμό μέγιστου ρεύματος εξόδου στα 100 mA, ποια είναι η rms τιμή του μεγαλύτερου ημιτονοειδούς σήματος εισόδου για την οποία αποδίδεται μη παραμορφωμένη έξοδος; Ποια είναι η αντίστοιχη διαθέσιμη ισχύς εξόδου;

1.46 $20 \log A_{v_s} = 40 \text{ dB} \Rightarrow A_{v_s} = 100 \text{ V/V}$



$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_o}{v_i} \\
 &= 100 \times \frac{100}{100 + 10} \\
 &= 90.9 \text{ V/V}
 \end{aligned}$$

or, $20 \log 90.9 = 39.1 \text{ dB}$

$$A_p = \frac{v_o^2 / 100 \Omega}{v_i^2 / 1 \text{ M}\Omega} = A_v^2 \times 10^4 = 8.3 \times 10^7 \text{ W/W}$$

or $10 \log (8.3 \times 10^7) = 79.1 \text{ dB}$.

For a peak output sine-wave current of $100 \mu\text{A}$, the peak output voltage will be $100 \mu\text{A} \times 100 \Omega = 10 \text{ V}$. Correspondingly v_i will be a sine wave with a peak value of $10 \text{ V}/A_v = 10/90.9$ or an rms value of $10/(90.9 \times \sqrt{2}) = 0.08 \text{ V}$.

$$\begin{aligned}
 \text{Corresponding output power} &= (10/\sqrt{2})^2 / 100 \Omega \\
 &= 0.5 \text{ W}
 \end{aligned}$$