



ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ Ι

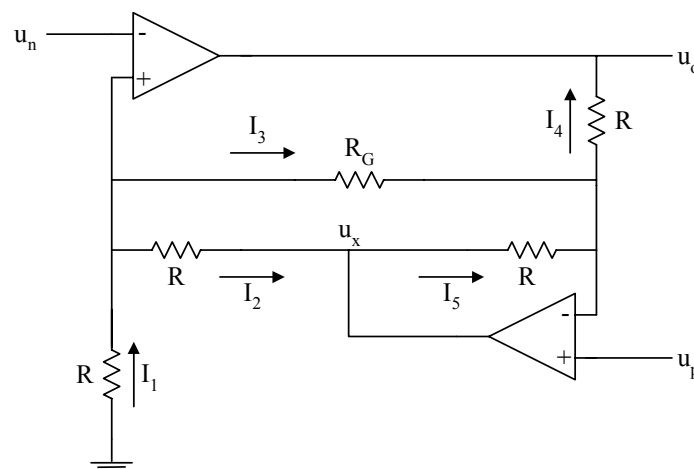
ΛΥΣΕΙΣ ΘΕΜΑΤΩΝ

Γραπτή εξέταση Οκτώβρης 2006

Τμήμα: Μ – Ω
Διδάσκων: Γιάννης Παπανάνος, Καθ. ΕΜΠ

Θέμα 1^ο

Οι τελεστικοί ενισχυτές είναι ιδανικοί, έτσι: α) το κέρδος ανοιχτού βρόχου είναι άπειρο και μεταξύ των εισόδων τους ισχύει το κατ' ουσίαν βραχυκύκλωμα, και β) η αντίσταση εισόδου τους είναι άπειρη με αποτέλεσμα τα ρεύματα στο αναστρέφοντα και μη-αναστρέφοντα ακροδέκτη να είναι μηδενικά.



Ισχύουν τα ακόλουθα:

$$I_1 = I_2 + I_3 \Rightarrow -\frac{u_n}{R} = \frac{u_n - u_x}{R} + \frac{u_n - u_p}{R_G} \Rightarrow \frac{u_x}{R} = 2\frac{u_n}{R} + \frac{u_n - u_p}{R_G} \quad (1)$$

$$I_4 = I_5 + I_3 \Rightarrow \frac{u_p - u_o}{R} = \frac{u_x - u_p}{R} + \frac{u_n - u_p}{R_G} \Rightarrow^{(1)}$$

$$\frac{u_p - u_o}{R} = 2 \frac{u_n}{R} + \frac{u_n - u_p}{R_G} - \frac{u_p}{R} + \frac{u_n - u_p}{R_G} \Rightarrow \frac{u_o}{R} = 2 \frac{u_p - u_n}{R} + 2 \frac{u_p - u_n}{R_G} \Rightarrow$$

$$\frac{u_o}{u_p - u_n} = 2 \cdot \left(1 + \frac{R}{R_G}\right)$$

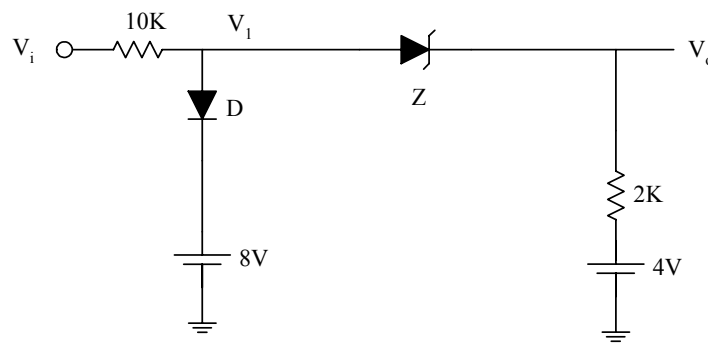
Θέμα 2^ο

α) Κατά τη dc ανάλυση το πηνίο ισοδυναμεί με βραχυκύκλωμα και το κύκλωμα παίρνει την ισοδύναμη μορφή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Οι συνθήκες αγωγής των διόδων είναι οι ακόλουθες:

Z ON (περιοχή zener): $V_1 \leq V_o - V_Z = V_o - 2$

Z ON (ορθά πολωμένη): $V_1 > V_o$

D ON: $V_1 > 8V$



Διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

1) Z ON (περιοχή zener) & D OFF: Η ισοδύναμη μορφή του κυκλώματος φαίνεται στο σχήμα (α) και η τάση εξόδου δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$V_o = \frac{1}{6} V_i + \frac{22}{6}$$

Το κύκλωμα βρίσκεται στην κατάσταση αυτή για κάθε $V_1 \leq V_o - 2$ και οριακά για $V_1 = V_i = V_o - 2$

$$\text{ή } V_i = \frac{1}{6} V_i + \frac{22}{6} - 2 \Rightarrow V_i = 2V$$

2) Z & D OFF: Η ισοδύναμη μορφή του κυκλώματος φαίνεται στο σχήμα (β) και η τάση εξόδου ισούται με:

$$V_o = 4V$$

για κάθε $2 < V_i \leq 4V$.

3) Z ON (ορθά πολωμένη) & D OFF: Η ισοδύναμη μορφή του κυκλώματος φαίνεται στο σχήμα (γ) και η τάση εξόδου δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$V_o = \frac{1}{6}V_i + \frac{20}{6}$$

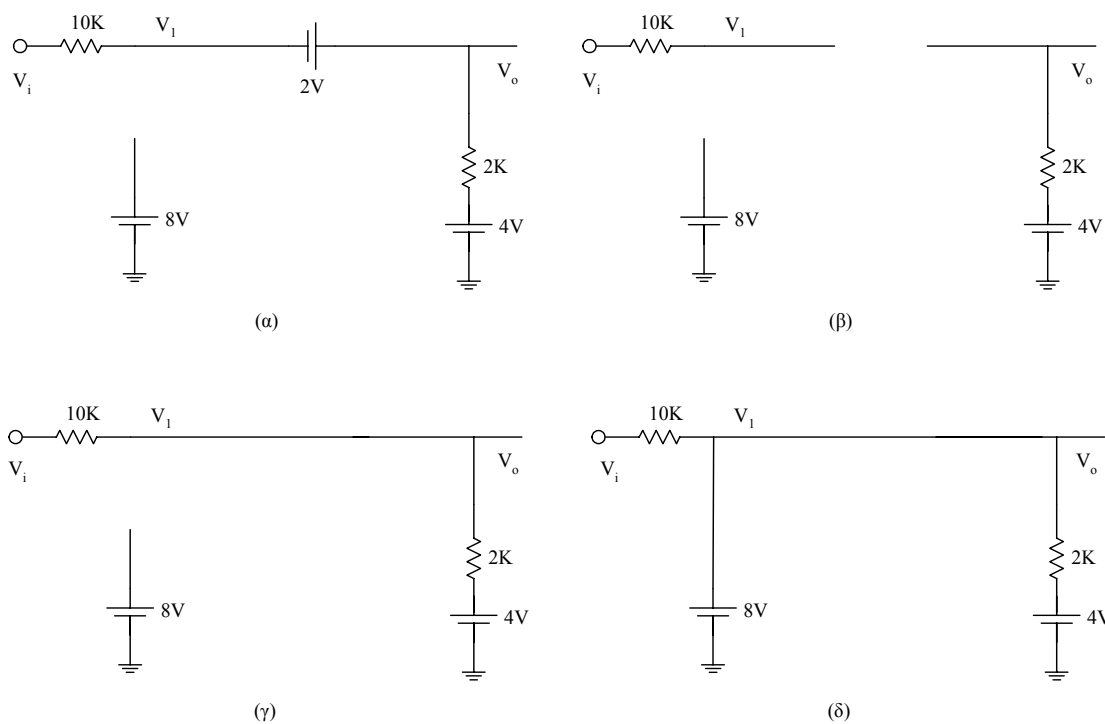
η οποία ισχύει για $V_i > 4V$ και μέχρις ότου $V_i = 8V$ ή $V_o = 8V$ ή $8 = \frac{1}{6}V_i + \frac{20}{6} \Rightarrow V_i = 28V$

και επομένως, τα όρια εφαρμογής της είναι: $4 < V_i \leq 28V$.

3) Z ON (ορθά πολωμένη) & D ON: Η ισοδύναμη μορφή του κυκλώματος φαίνεται στο σχήμα (δ) και η τάση εξόδου ισούται με:

$$V_o = 8V$$

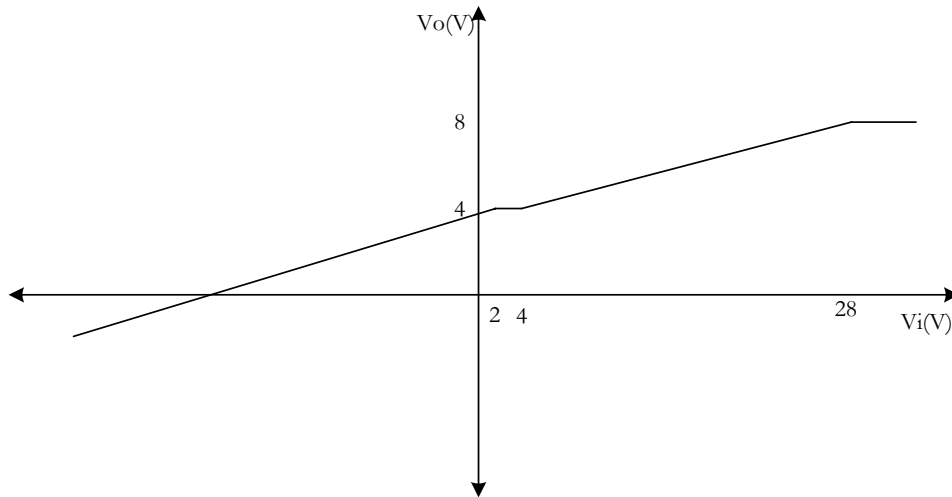
για κάθε $V_i > 28V$.



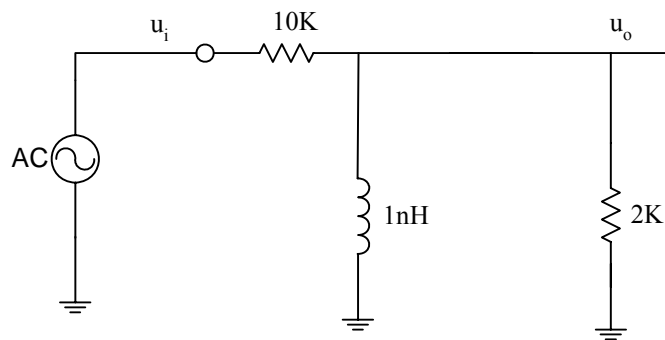
Συνοπτικά η dc χαρακτηριστική του κυκλώματος είναι:

$$V_o = \begin{cases} \frac{1}{6}V_i + \frac{22}{6} & V_i \leq 2V \\ 4V & 2 < V_i \leq 4V \\ \frac{1}{6}V_i + \frac{20}{6} & 4 < V_i \leq 28V \\ 8 & V_i > 28V \end{cases}$$

και η γραφική της αναπαράσταση φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



β) Όταν $V_{DC}=50V$ το κύκλωμα είναι πολωμένο στην τέταρτη περιοχή λειτουργίας και το ac ισοδύναμο του φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Το κέρδος τάσης υπολογίζεται ως εξής:

$$\frac{u_o}{u_i} = \frac{Z}{Z + 10K} = \frac{\frac{2K \cdot sL}{2K + sL}}{\frac{2K \cdot sL}{2K + sL} + 10K} = \frac{2K \cdot sL}{2K \cdot sL + 10K(2K + sL)} = \frac{sL}{10K + 6sL} \Rightarrow$$

$$\frac{u_o}{u_i} = \frac{10^{-9} j\omega}{10^4 + 6 \cdot 10^{-9} j\omega}$$

Θέμα 3^ο

A) DC ανάλυση:

α) Όπως φαίνεται στο σχήμα (α) το Q2 βρίσκεται, ούτως ή άλλως, στην ενεργό περιοχή λειτουργίας. Το Q1 παραμένει στην ενεργό περιοχή για $V_o \geq 1.4V$ ή οριακά $V_o = 1.4V$, τότε:

$$I' = \frac{V_o}{R_c} = \frac{1.4}{1K} = 1.4mA.$$

Ισχύουν, εξάλλου, τα ακόλουθα:

$$I_{C1} = aI_{E1} = aI_{C2} = a^2I$$

και

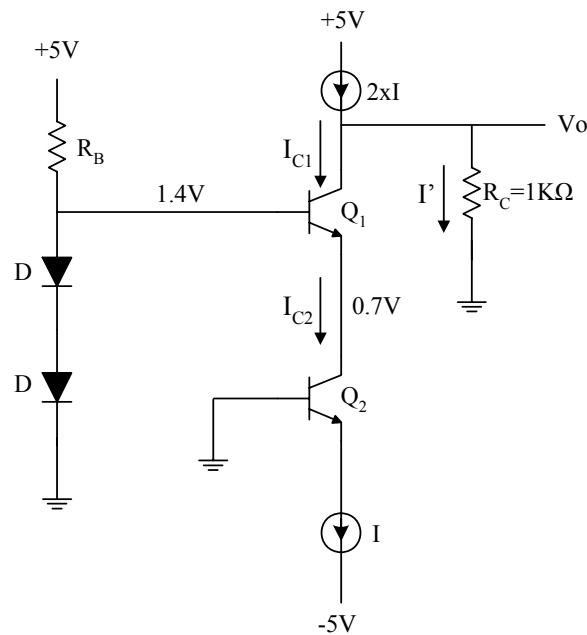
$$2I = I_{C1} + I' = a^2I + I' \Rightarrow I = \frac{I'}{2 - a^2} \cong 1.31mA \text{ και } I_{C1} = 1.22mA$$

β) Για να άγουν οι διόδους θα πρέπει:

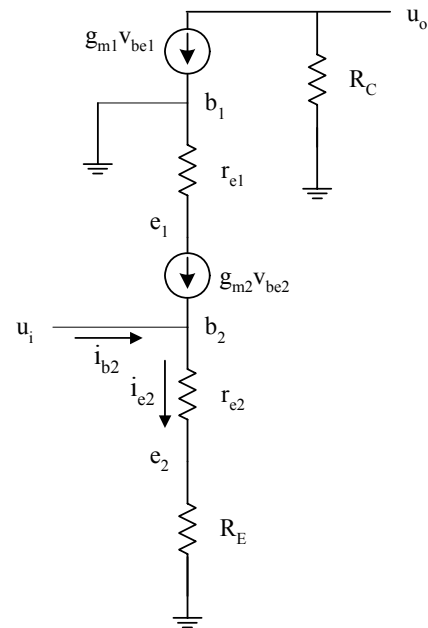
$V_{B1} \geq 1.4V$ και οριακά το ρεύμα αγωγής θα είναι μηδενικό, επομένως:

$$5 - I_{B1}R_B \geq 1.4 \Rightarrow R_B \leq \frac{3.6}{I_{B1}} = \frac{3.6}{I_{C1}/\beta} = 85.6K\Omega$$

άρα $R_{Bmin} = 85.6K\Omega$.



(α)



(β)

B) AC ανάλυση:

Ο πυκνωτής κατά ac ισοδυναμεί με βραχυκύκλωμα και το ισοδύναμο του κυκλώματος, βασισμένο στο υβριδικό μοντέλο-T, φαίνεται στο σχήμα (β) για το οποίο ισχύουν τα ακόλουθα:

$$\left. \begin{aligned} u_o &= -g_{m1} v_{be1} R_C \\ v_{be1} &= r_{e1} g_{m2} v_{be2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow u_o = -g_{m1} g_{m2} R_C r_{e1} v_{be2}$$

$$\left. \begin{aligned} u_i &= i_{e2} (r_{e2} + R_E) = v_{be2} + i_{e2} R_E \\ i_{e2} &= \frac{\beta + 1}{\beta} g_{m2} v_{be2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow u_i = v_{be2} + \frac{\beta + 1}{\beta} g_{m2} v_{be2} R_E \Rightarrow v_{be2} = \frac{u_i}{1 + \frac{\beta + 1}{\beta} g_{m2} R_E}$$

και

$$u_o = -g_{m1} g_{m2} R_C r_{e1} \frac{u_i}{1 + \frac{\beta + 1}{\beta} g_{m2} R_E} \Rightarrow \frac{u_o}{u_i} = -g_{m1} r_{e1} \frac{R_C}{\frac{1}{g_{m2}} + \frac{\beta + 1}{\beta} R_E} = -\frac{\beta}{\beta + 1} \frac{R_C}{\frac{1}{g_{m2}} + \frac{\beta + 1}{\beta} R_E}$$

$$\frac{u_o}{u_i} = -\frac{R_C}{\frac{1}{g_{m2}} + \left(\frac{\beta + 1}{\beta}\right)^2 R_E} = -7.9V/V$$