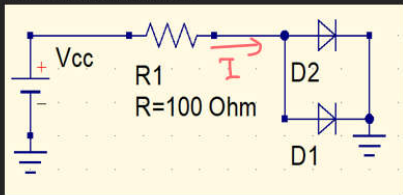


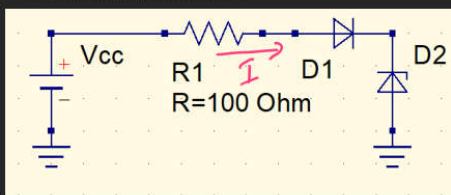
Θέμα 1. (Μονάδες 3). Στα κυκλώματα που ακολουθούν, η τάση τροφοδοσίας είναι $V_{cc} = 1\psi 3.\psi 4 V$. Υπολογίστε το ρεύμα I σε mA. Αγνοείτε τις εσωτερικές αντιστάσεις των διόδων τόσο στην ορθή όσο και στην αντίστροφη πόλωση. Η αντίστροφη πόλωση κατάρρευσης της Zener είναι 5V.

ΚΥΚΛΩΜΑ 1



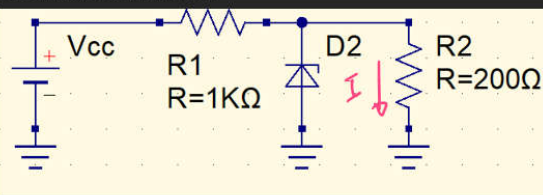
D1: Δίοδος Γερμανίου
 D2: Δίοδος Πυριτίου

ΚΥΚΛΩΜΑ 2.



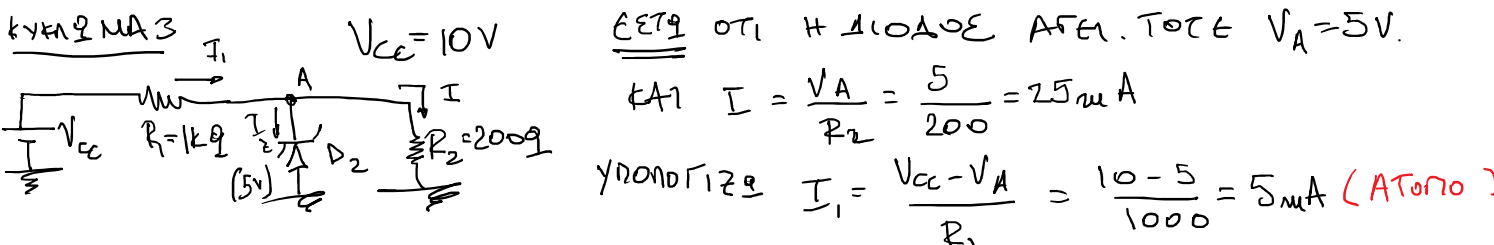
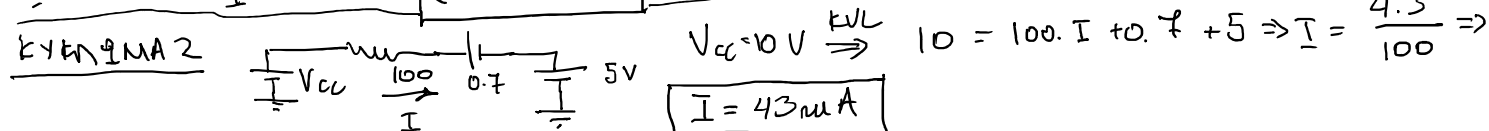
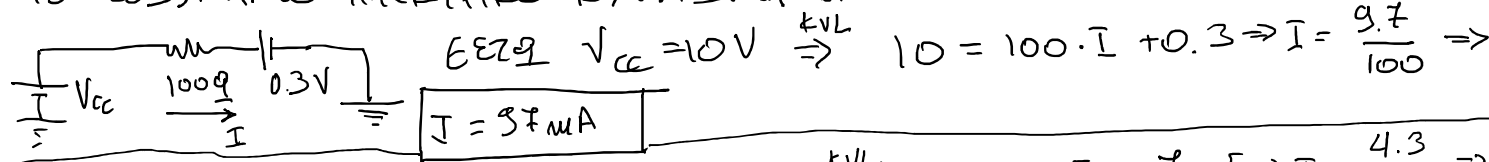
D1: Δίοδος Πυριτίου
 D2: Δίοδος Ζένερ (5V)

ΚΥΚΛΩΜΑ 3.



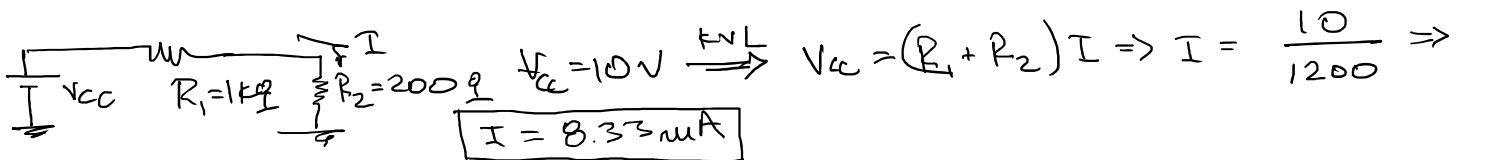
D2: Δίοδος Ζένερ (5V)

ΚΥΚΛΩΜΑ 1. Η ΕΥΝΗΘΗ ΠΤΩΧΗ ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΔΙΟΔΟ ΠΥΡΙΤΙΟΥ ΕΙΝΑΙ 0.7V ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΔΙΟΔΟ ΓΕΡΜΑΝΙΟΥ 0.3V ΟΤΑΝ ΕΙΝΑΙ ΠΟΛΩΜΕΝΕΣ ΟΡΘΑ ΚΑΙ ΑΓΟΥΝ ΡΕΥΜΑ. ΕΙΣΑΔΗ ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΕΥΝΕΔΕΜΕΝΕΣ ΟΛΟ ΤΟ ΡΕΥΜΑ ΘΑ ΔΙΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΔΙΟΔΟ ΓΕΡΜΑΝΙΟΥ ΓΙΑΤΙ ΕΧΕΙ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΠΤΩΧΗ ΤΑΣΗ. ΤΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΙΝΑΙ:



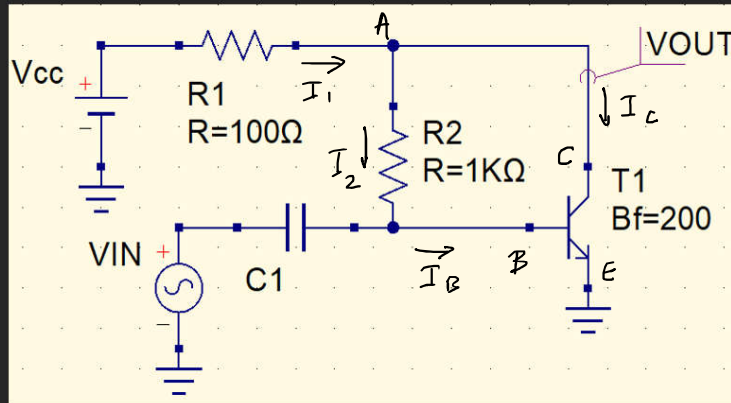
ΤΟ ΡΕΥΜΑ I_1 ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ I ΔΙΟΤΙ ΙΣΧΥΕΙ $I_1 = I_2 + I$ ΕΥΝΗΘΩΣ Η ΔΙΟΔΟΣ ΖΕΝΕΡ ΔΕΝ ΑΓΕΙ ΡΕΥΜΑ ΔΗΛΑΔΗ $V_A < 5V$.

ΕΘΟΕΩΝ Η ΖΕΝΕΡ ΔΕΝ ΑΓΕΙ ΕΧΩ ΤΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ:



Θέμα 2. (Μονάδες 3). Στο κύκλωμα που ακολουθεί υπολογίστε το σημείο λειτουργίας DC του τρανζίστορ T1, δηλαδή την τάση V_{CE} και το ρεύμα I_C , όταν η τάση $V_{IN} = 0V$. Η τάση $V_{CC} = 10V$. Το τρανζίστορ έχει στην ενεργό περιοχή κέρδος ρεύματος $I_C/I_B = \beta = 200$. Η εσωτερική αντίσταση στους ακροδέκτες Βάσης-Εκπομπού είναι 50Ω .

Θεωρώντας ότι ο πυκνωτής C1 είναι βραχυκύκλωμα στην λειτουργία AC, υπολογίστε το κέρδος τάσης (V_{OUT}/V_{IN}) του κυκλώματος.



Από το κύκλωμα έχω $V_A = V_C > V_B > V_E = \phi$. Το T1 είναι στην ενεργό περιοχή ή ετών κορο. ($V_{CE} = 10V$)

Υποθέτουμε ότι T1 λειτουργεί στην ενεργό περιοχή: $V_{CE} > 0.2V$, $I_C = \beta I_B$

$$\text{έχω } I_1 = I_2 + I_C = I_B + I_C = I_B + \beta I_B = 201 I_B \Rightarrow I_1 = 201 I_B$$

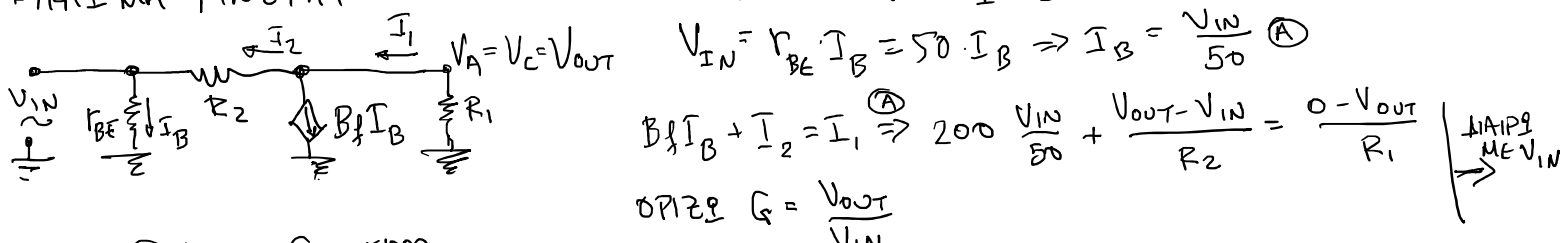
$$KVL \Rightarrow V_{CC} = R_1 I_1 + R_2 I_2 + V_{BE} + r_{BE} I_B \Rightarrow 10 = 100 \times 201 \times I_B + 1000 \times I_B + 0.7 + 50 \cdot I_B \Rightarrow$$

↑ εσωτερική αντίσταση διαδίου B → E.

$$I_B = \frac{9.6}{21150} A \Rightarrow \boxed{I_B \approx 454 \mu A} \text{ στην DC λειτουργία.}$$

$V_C = V_A = V_{CC} - R_1 \cdot I_1 = 10 - 100 \times 201 \times I_B = 10 - 20100 \times 454 \times 10^{-6} \approx 10 - 9.1254 = 0.8746 > 0.2V$
 Ενώθηκε το T1 οριακά λειτουργεί στην ενεργό περιοχή για $V_{CE} = 10V$.

Αγνοώντας τον πυκνωτή C1 στην AC λειτουργία το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα γίνεται:



$$V_{IN} = r_{BE} I_B = 50 \cdot I_B \Rightarrow I_B = \frac{V_{IN}}{50} \text{ (A)}$$

$$\beta I_B + I_2 = I_1 \Rightarrow 200 \frac{V_{IN}}{50} + \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{R_2} = \frac{0 - V_{OUT}}{R_1}$$

$$\text{Ορίζω } G = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

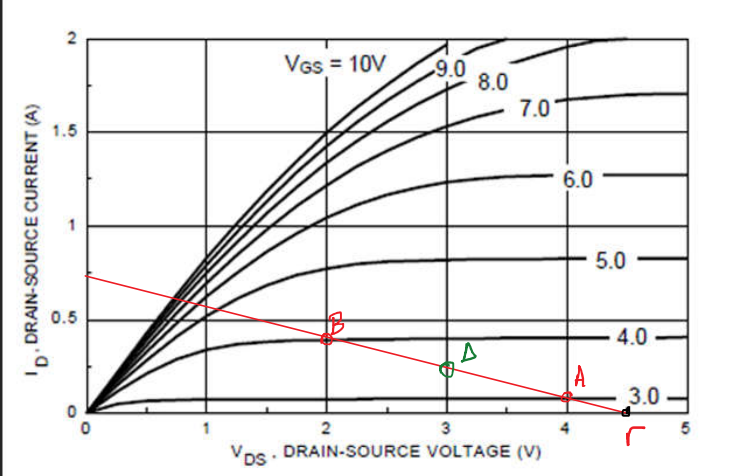
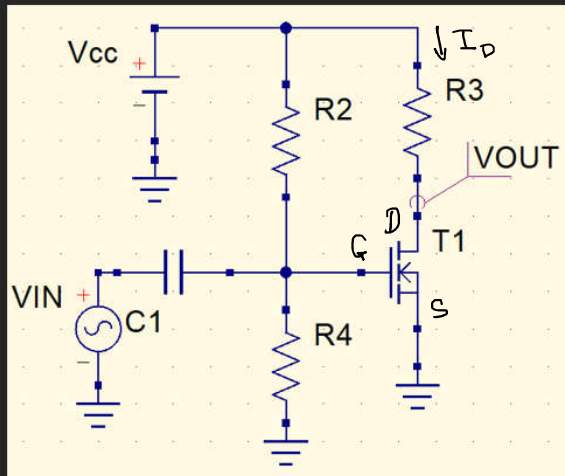
$$\Rightarrow 4 + \frac{G-1}{1000} = -\frac{G}{100} \xrightarrow{\times 1000} 4000 + G - 1 = -10G \Rightarrow 11G = -3999 \Rightarrow G = -\frac{3999}{11} = -363 \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = -363}$$

Θέμα 3. (Μονάδες 3). Θέλετε να κατασκευάσετε έναν ενισχυτή τάσης ο οποίος θα χρησιμοποιεί ένα τρανζίστορ nMOSFET, το BS170, και την τοπολογία του σχηματικού ηλεκτρικού κυκλώματος που ακολουθεί. Η τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος V_{CC} είναι 4.5V. Για την ηλεκτρική συμπεριφορά του τρανζίστορ γνωρίζετε μόνο το διάγραμμα που ακολουθεί.

Θεωρώντας ότι ο πυκνωτής C1 είναι βραχυκύκλωμα στην λειτουργία AC, υπολογίστε τις αριθμητικές τιμές των αντιστάσεων R2,R3,R4 έτσι ώστε να έχετε κέρδος τάσης $V_{OUT}/V_{IN} = -2$.

Υπολογίστε την αριθμητική τιμή της χωρητικότητας C1 έτσι ώστε η αποκοπή των χαμηλών συχνοτήτων στο κύκλωμα που σχεδιάσατε να είναι μικρότερη του -3dB στα 10KHz.



Απο το κυκλωμα παρατηρω $V_{OUT} = V_{DS}$, $V_{IN} = V_{GS}$ αν αγνοησω τον πυκνωτη C1. ετην AC λειτουργια.

Απο ενλ ετο κυκλωμα εχω $V_{CC} = R_3 \cdot I_D + V_{DS} \Rightarrow 4.5V = R_3 \cdot I_D + V_{DS}$ (1)

Θηνη ενισχη $\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} = -2 = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}}$ (2) ετο διαγραμμα λειτουργιας του nMOSFET

κατασκευαζω την κοκκινη εγθεια λειτουργιας του nMOSFET ετσι ωστε να ικανοποιη και τωιε δυο περιορισμωε (1)+(2). αλλαδη για $I_D = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow V_{DS} = 4.5V \Rightarrow \Gamma (V_{DS} = 4.5V, I_D = 0A)$

και ταυτοχρονα οταν ετην AC λειτουργια το nMOSFET λειτουργηει ελιανη ετην κοκκινη εγθεια, ανανεεα ετα εημελια A, B εχω $\Delta V_{DS} = 4-2V$ και αντιεωινο

V_{GS} (μαυρεσ κωμωηλεε) = 3-4V $\Rightarrow \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} = \frac{4-2}{3-4} = -2$

η κοκκινη εγθεια τεμνωει τον κατακορυφο αξωνα (I_D) ετην τιμη $I_D = 0.75A$

εγνηθη εε αγω το εημηλο εχω (1) $\Rightarrow 4.5 = R_3 \times 0.75 + 0 \Rightarrow R_3 = \frac{4.5}{0.75} \Rightarrow \boxed{R_3 = 6\Omega}$

ετην DC κατασταση ($V_{IN} = 0$) το nMOSFET βρισκεται ετην βεση λειτουργιας του εημηλοδ. εγνηθη $V_{GS} \approx 3.5V$.

επειδη $I_G = 0$ απο τον διαιρετη ταεηε που εχηματιζωυν οι αντιετα εηλε

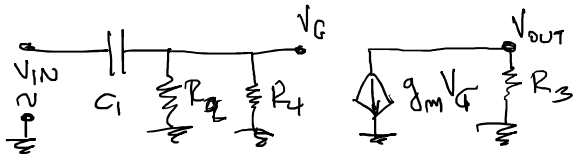
R_2, R_4 εχω $V_{GS} = 3.5 = \frac{R_4}{R_2 + R_4} \cdot V_{CC} = \frac{R_4}{R_2 + R_4} \cdot 4.5$ (2)

$$R_2, R_4 \text{ ΕΞΩ} \quad V_{GS} = 3.5 = \frac{K_4}{R_2 + R_4} \cdot V_{CC} = \frac{R_4}{R_2 + R_4} \cdot 9.5 \text{ (2)}$$

ΕΞΩ ΕΝΑΝ ΠΕΡΙΩΡΙΣΜΟ ΜΕ ΔΥΟ ΑΓΩΓΩ ΕΞΩΣΕ, ΟΠΩΣΤΕ ΕΠΙΛΕΓΩ ΑΙΘΑΡΑΡΕΤΑ $R_4 = 100k\Omega$
 (ΜΕΤΑΛΗ ΤΙΜΗ ΓΙΑ ΝΑ ΜΗΝ ΔΙΑΤΡΕΙ ΤΙΣ R_3, R_4 ΠΟΛΥ ΠΕΡΑ)

$$\text{(2)} \Rightarrow \frac{R_2 + 100k}{100k} = \frac{9.5}{3.5} \Rightarrow R_2 = 28.57k\Omega$$

ΤΟ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΗΝ AC ΛΕΓΙΤΟΥΡΓΙΑ ΘΑ ΕΙΝΑΙ:



Η ΕΥΧΝΟΣΤΗΤΑ ΑΠΟΚΟΛΗΣ ΧΑΜΗΛΩΝ ΕΥΧΝΟΣΤΗΤΩΝ ΔΙΝΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΞΕΣΗ.

$$f = \frac{1}{2\pi C_1 (R_2 \parallel R_4)} \Rightarrow C_1 = \frac{1}{2\pi f (R_2 \parallel R_4)} \approx \frac{1}{6.28 \times 10^4 \times 22 \times 10^3} = 724 \text{ pF}$$

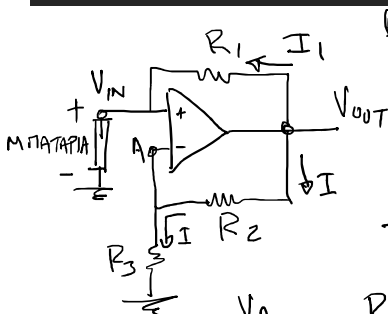
ΕΥΝΕΩΣ $C_1 = 724 \text{ pF}$

Θέμα 4. (Μονάδες 3).

A. Να αποδείξετε ότι το κύκλωμα που ακολουθεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να φορτίζετε μπαταρίες διαφορετικών ονομαστικών τάσεων. Θεωρείστε ότι ο τελεστικός ενισχυτής έχει τα ιδανικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά.

B. Τι τάση θα μετρήσετε στο V_{OUT} και στο V_{IN} αν αφαιρέσετε την μπαταρία από το κύκλωμα;

Γ. Να υπολογίσετε τις αριθμητικές τιμές των αντιστάσεων R_1, R_2, R_3 έτσι ώστε όταν τοποθετήσετε στην είσοδο μια μπαταρία NiMH που έχει τάση $V_{IN} = 1.0V$, το ρεύμα φόρτισης να είναι 100mA.



Ⓐ ΕΦΟΣΩΝ Ο ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΕΙΝΑΙ ΙΔΑΝΙΚΟΣ

$$\text{ΤΟΤΕ } \Delta V = (V_+) - (V_-) = \phi \Rightarrow V_{IN} = V_A \text{ ΚΑΙ ΤΑ}$$

ΡΕΥΜΑΤΑ ΕΙΣΟΔΟΣ ΣΤΟΥΣ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΥΣ ΕΙΝΑΙ ΜΗΔΕΝ

ΠΑΡΑΤΗΡΩ ΟΤΙ ΟΙ R_2, R_3 ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΦΕΤΕΣ ΤΑΣΗΣ:

$$\frac{V_A}{V_{OUT}} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \Rightarrow \frac{V_{OUT}}{V_A} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{R_2 + R_3}{R_3} = k > 1 \Rightarrow V_{OUT} > V_{IN} \Rightarrow$$

$$I_1 = \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{R_1} \Rightarrow \underline{\underline{I_1 > 0}} \quad \text{ΕΥΝΕΩΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ } V_{IN} \text{ ΕΞΩ}$$

ΕΙΣΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΩΝ ΘΕΤΙΚΟ ΠΟΛΟ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΓΕΙΦΕΙΑ, Η ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΦΟΡΤΙΖΕΤΑΙ

Ⓑ ΑΝ ΑΦΑΙΡΕΣΩ ΤΗΝ ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΕΞΩ $I_1 = \phi = \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{R_1} = \frac{kV_{IN} - V_{IN}}{R_1} =$

$$= \frac{k-1}{R_1} V_{IN} = \phi \Rightarrow \underline{\underline{V_{IN} = \phi = V_{OUT}}} \quad \text{(A)}$$

Ⓒ ΔΕΝΩ $I_1 = 100 \text{ mA} = \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{R_1} = \frac{k-1}{R_1} V_{IN} \Rightarrow k-1 = R_1 \cdot 0.1 \Rightarrow k = \frac{R_2 + R_3}{R_3} = 0.1R_1 + 1$

ΜΠΟΡΩ ΝΑ ΕΠΙΛΕΞΩ ΟΠΩΣ ΔΗΛΩΣΕΤΕ ΤΡΙΑΔΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΙΚΑΝΟΝΟΜΕΙ ΤΗΝ
ΕΞΕΣΗ (Α)

ΓΙΑ ΕΥΚΟΛΙΑ ΥΠΟΝΟΤΙΣΜΩΝ ΘΕΤΩ $R_2 = R_3 = 10 \text{ K}\Omega \Rightarrow 2 = 0.1 \cdot R_1 + 1 \Rightarrow$
 $\Rightarrow R_1 = 10 \Omega$