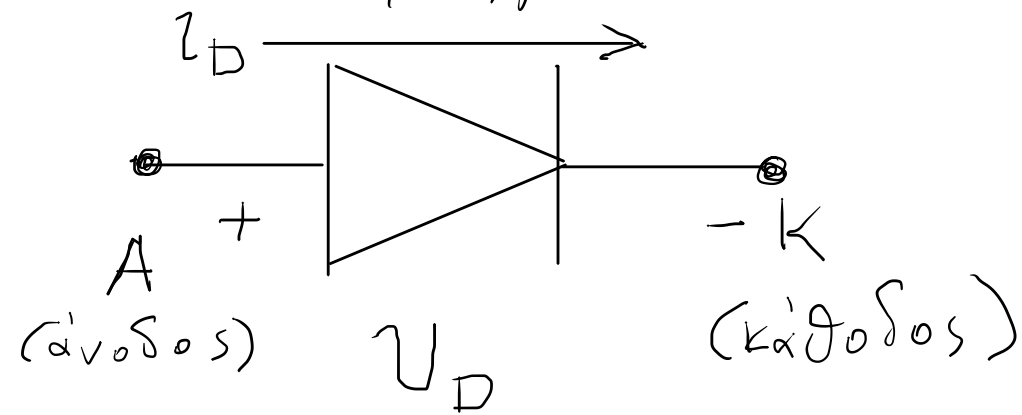


ΔΙΟΔΟΣ

Κυκλωματικό στοιχείο 2 ακροδευτών
με σύμβολο



Μέ δάβη τις διευθύνσεις αναφοράς

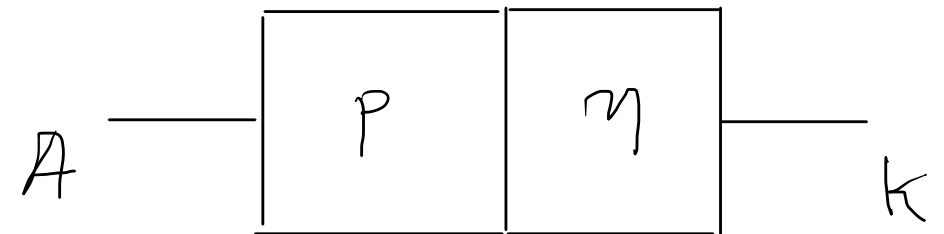
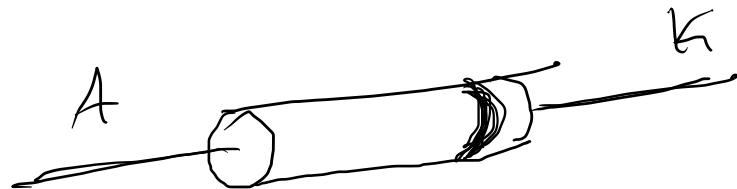
$$V_D > 0 \text{ όταν } V_A - V_K > 0 \text{ δηλ } V_A > V_K$$

$I_D > 0$ όταν η φορά του ρεύματος είναι

από Α προς Κ

Η διόδος φτιάχνεται όταν ένας ημιαγωγός τύπου Ρ είναι σε επαφή με έναν ημιαγωγό τύπου Ν δηλ. η διόδος είναι!

Στο εργατήριο



Σχέση ρεύματος - Τάσης για την Δίοδο

Όταν $V_D \geq 0$ τότε $I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{\eta \cdot k T / q_e}} - 1 \right)$

Όταν $V_D < 0$ τότε $I_D \approx 0$ (πολύ μικρό)

Το I_S έχει διαστάσεις ρεύματος. Η τιμή του εξαρτάται:

(α) Από τον βαθμό νόθευσης του ημιαγωγού τύπου p

(β) Από τον βαθμό νόθευσης του ημιαγωγού τύπου n

(γ) Από την επιφάνεια της διεπαφής μεταξύ των p και n

Τα (α), (β), (γ) καθορίζουν το είδος της δίοδου

(δ) Το I_S εξαρτάται από την θερμοκρασία (αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας)

Στον νόμο υπάρχει ο όρος e^x όπου $x = \frac{V_D}{\eta k T / q_e}$

$k =$ σταθερά Boltzmann: $1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

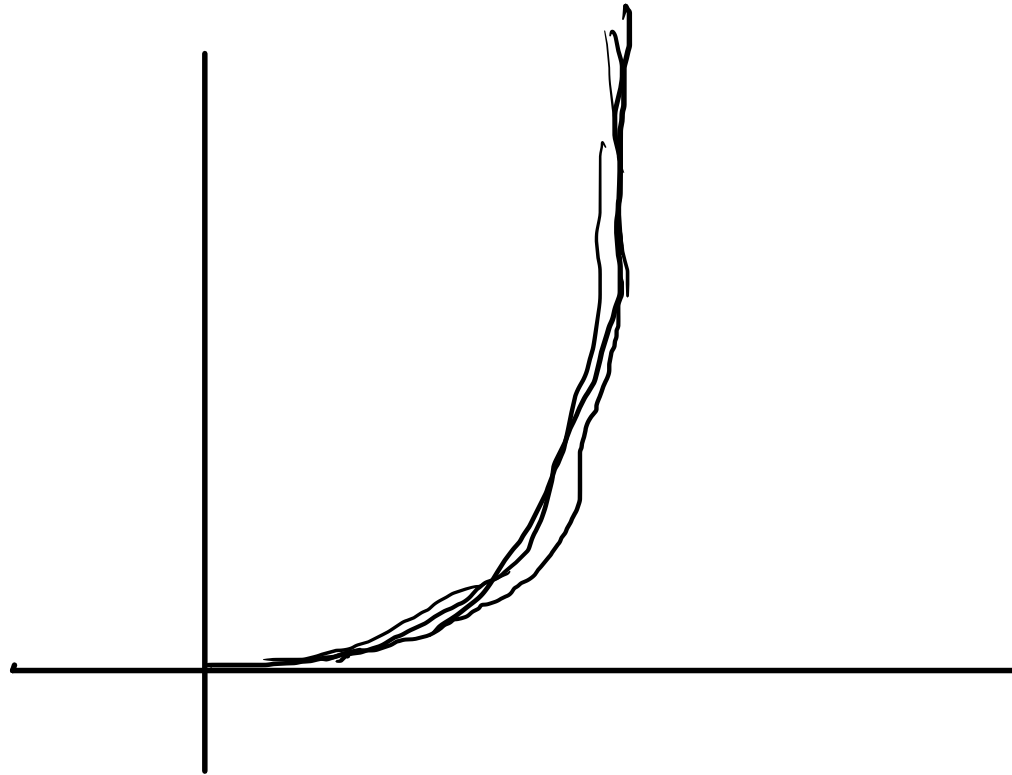
$q_e =$ φορτίο ηλεκτρονίου (απόλυτη τιμή): $1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $T =$ θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{K}$

$\eta =$ μία σταθερά που παίρνει τιμές στο $[1, 2]$.

Θα υπολογίσουμε το $k \frac{T}{q_e}$ για 27°C δηλ για $(27 + 273)^\circ\text{K} = 300^\circ\text{K}$

$$k \cdot \frac{T}{q_e} = \frac{1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot 300 \text{ K}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = \frac{1.38 \cdot 3}{1.6} \cdot 10^{-23} \cdot 10^{19} \cdot 10^2 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 2.587 \times 10^{-2} \text{ V}$$

$$= 25.87 \cdot 10^{-3} \text{ V} = 25.87 \text{ mV} \simeq \underline{\underline{26 \text{ mV}}}$$



A_V το $I_S = 100 \text{ pA} = 0,1 \cdot 10^{-9} \text{ A}$ και αν το $n=1$ οπότε 27°C
 το $\frac{kT}{q} = 26 \text{ mV}$ οπότε το

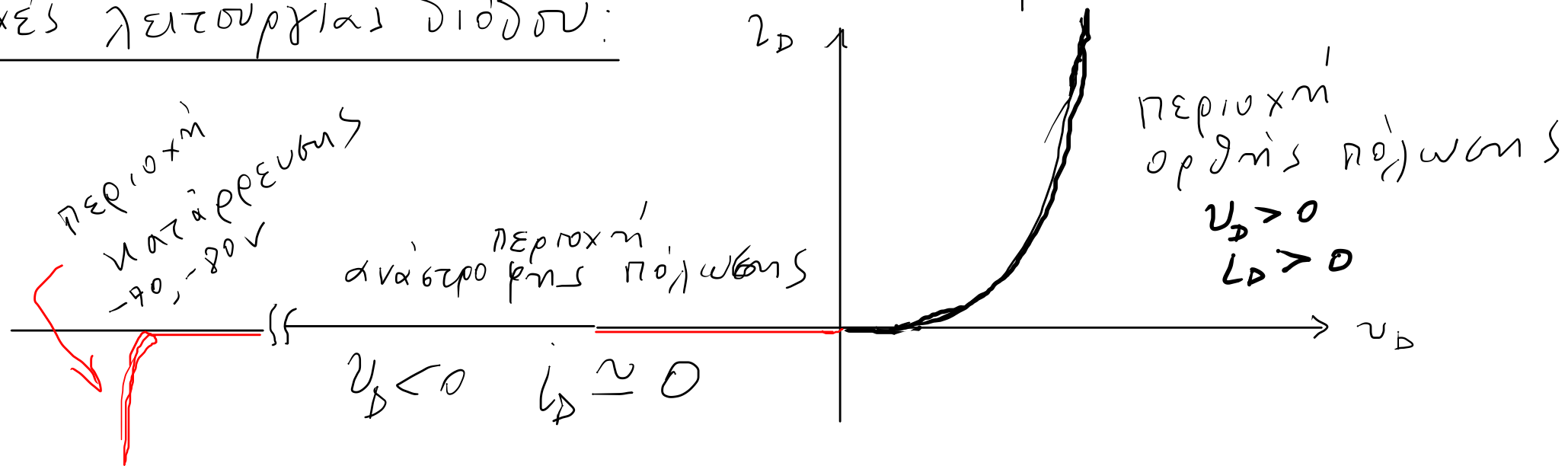
$$I_D = 0,1 \cdot 10^{-9} \text{ A} \cdot \left(e^{\frac{V_D}{26 \text{ mV}}} - 1 \right)$$

για $\frac{V_D}{26 \text{ mV}} = 20$ δηλ για $V_D = 520 \text{ mV}$ το

$$e^{20} = 465165195,41 \text{ οπότε το}$$

$$I_D = 0,046516519441 \text{ A} \approx 46,5 \text{ mA}$$

Είναι προφανές ότι για $V_D \gg \frac{n k T}{q}$ το $e^{\frac{V_D}{n k T / q}} - 1 \approx e^{\frac{V_D}{n k T / q}}$
Περιοχές λειτουργίας διόδου:



Παράδειγμα: Μια διόδος παρουσιάζει πτώση τάσης $V_D = 0.7V$ όταν διαρρέεται από ρεύμα $1mA$. Μια άλλη διόδος για την ίδια πτώση τάσης διαρρέεται από ρεύμα $1A$. Πόσο είναι το I_S της κάθε διόδου με δεδομένο ότι η θερμοκρασία είναι $27^\circ C$ και $\eta = 2$

Λύση: $\eta \frac{kT}{q} \approx 2 \cdot 26 mV = 52 mV$ άρα $\frac{V_D}{\eta kT/q} = \frac{700 mV}{52 mV} = 13,46 \gg 1$

άρα μπορούμε να βάλουμε ότι $I_D = I_S (e^{\frac{V_D}{\eta kT/q}} - 1) \approx I_S e^{\frac{V_D}{\eta kT/q}}$

$$\left. \begin{aligned} \text{Επομένως } 1mA &= I_{S1} e^{\frac{700}{52}} = I_{S1} e^{13,46} \\ 1A &= I_{S2} e^{13,46} \end{aligned} \right\} \text{επομένως}$$

$$I_{S1} = 10^{-3} A \cdot e^{-13,46} = 1.427 \mu A$$

$$I_{S2} = 1 A \cdot e^{-13,46} = 1.427 \mu A$$

Παράδειγμα: Μια διόδος έχει $I_D = 0.1 \text{ mA}$ για $V_D = 0.590 \text{ V}$. Αν ξανουμε

Το V_D και το I_D γίνεται 10 mA . Πόσο αυξήθηκε το V_D ; ($n=1$, $V_T = 26 \text{ mV}$)

Λύση:
$$\begin{aligned} I_{D1} &= I_S e^{\frac{V_{D1}}{nV_T}} \\ I_{D2} &= I_S e^{\frac{V_{D2}}{nV_T}} \end{aligned} \Rightarrow \frac{I_{D2}}{I_{D1}} = \frac{\cancel{I_S} e^{\frac{V_{D2}}{nV_T}}}{\cancel{I_S} e^{\frac{V_{D1}}{nV_T}}} \Leftrightarrow \frac{I_{D2}}{I_{D1}} = e^{\frac{V_{D2} - V_{D1}}{nV_T}} \Leftrightarrow$$

$$\ln \frac{I_{D2}}{I_{D1}} = \ln \left(e^{\frac{V_{D2} - V_{D1}}{nV_T}} \right) = \frac{V_{D2} - V_{D1}}{nV_T} \Leftrightarrow V_{D2} - V_{D1} = nV_T \ln \left(\frac{I_{D2}}{I_{D1}} \right)$$

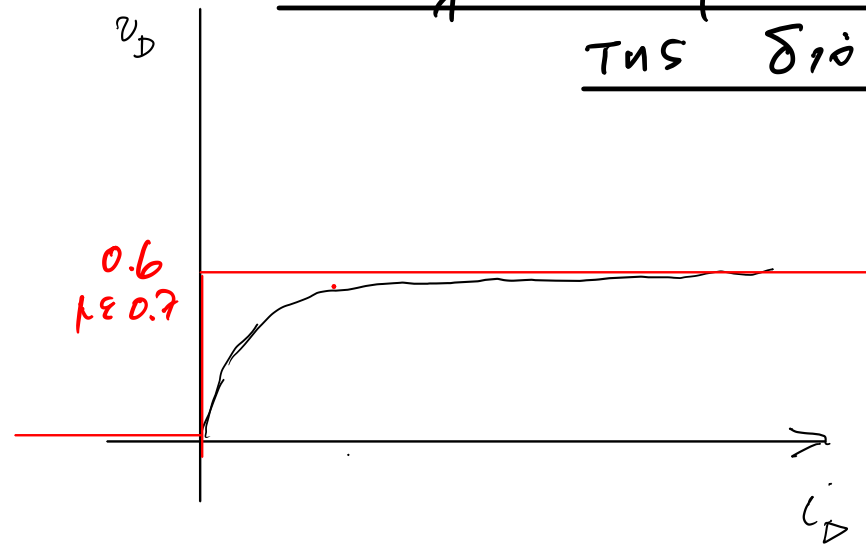
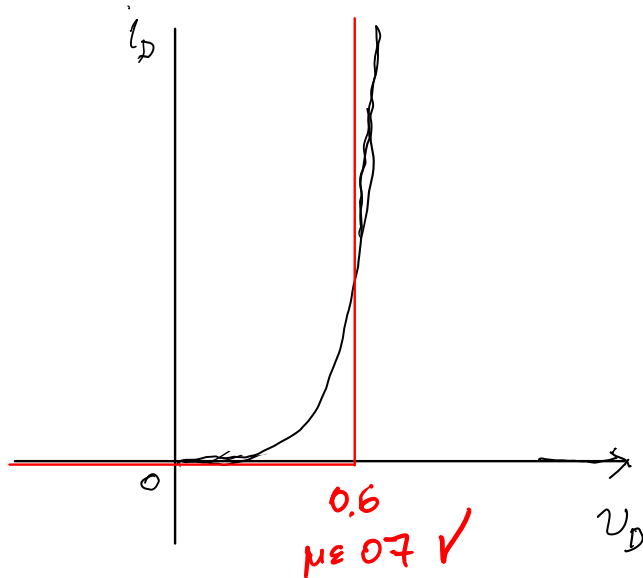
$$V_{D2} - V_{D1} = 26 \text{ mV} \cdot \ln \frac{10^{-2} \text{ A}}{10^{-4} \text{ A}} = 26 \text{ mV} \cdot \ln 100 \approx 26 \text{ mV} \cdot 4.6 \approx 120 \text{ mV}$$

Σηχ το $V_{D2} = (0.59 + 0.12) \text{ V} = 0.71 \text{ V}$ Βλέπουμε ότι η ποσοστιαία μεταβολή του ρεύματος I_D είναι: $\frac{10^{-2} - 10^{-4}}{10^{-4}} \cdot 100 = \frac{0.0099}{0.0001} = 99 \cdot 100 = 9900\%$

και προκύπτει από ποσοστιαία μεταβολή της τάσης: $\frac{0.12}{0.59} \cdot 100 = 20.3\%$

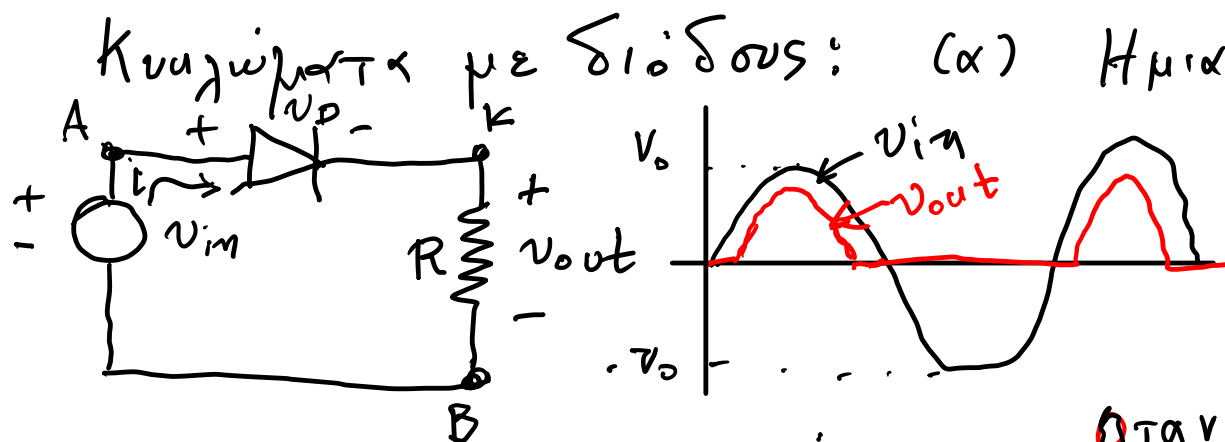
Δηλαδή μια πολύ μεγάλη μεταβολή ρεύματος δίνει μια πολύ μικρή μεταβολή τάσης. Αυτή η παρατήρηση μας οδηγεί στο ημολόγο σταθερής πώσης τάσης της διόδου.

Μοντέλο σταθερής πτώσης τάσης της διόδου



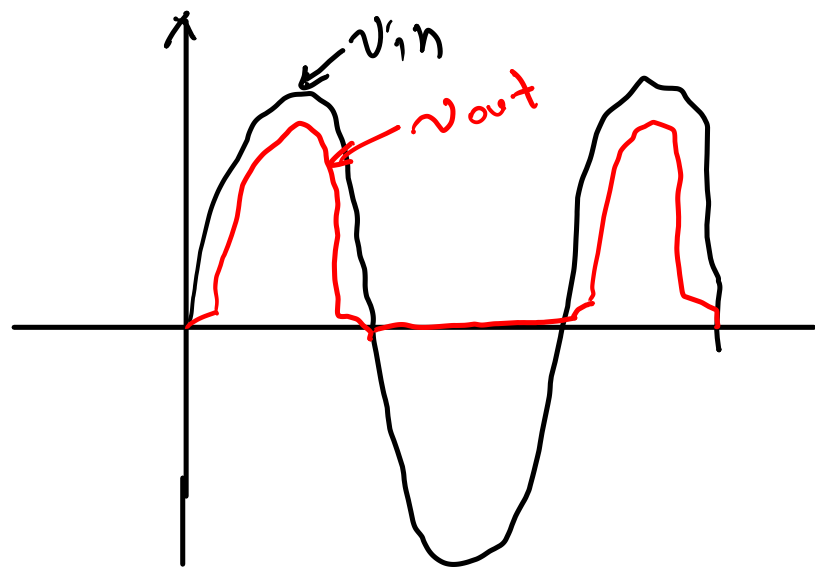
(α) Όταν η διόδος είναι αναστρεφόμενη ή ορθά προσωφόμενη με $v_D < 0.6 - 0.7V$ τότε η διόδος δεν άγει ($i_D = 0$)

(β) Όταν η διόδος άγει, τότε το v_D παραμένει σταθερό (0.6 - 0.7V) όσο και αν είναι το ρεύμα που την διαρρέει



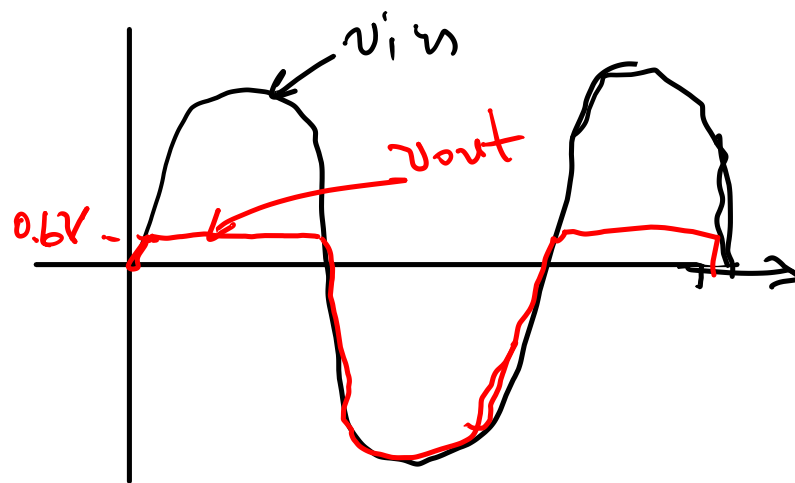
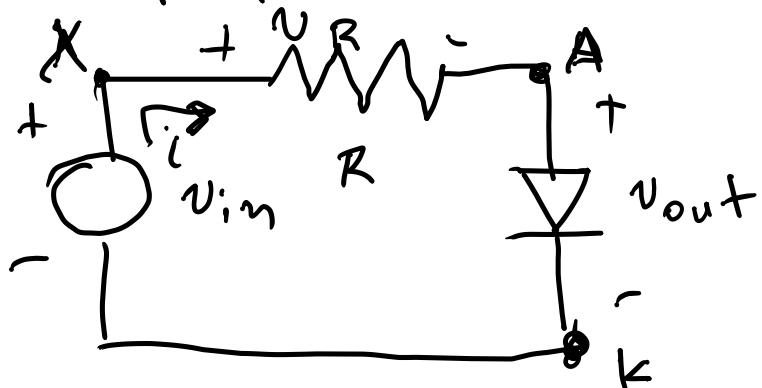
Για $v_{in} > 0 \Leftrightarrow v_A > v_K > v_B$
 Όταν $v_A - v_B > 0.6V$
 $-v_{in} + v_D + v_{out} = 0 \Leftrightarrow v_{out} = v_{in} - v_D$
 $v_D = 0.6V$ άρα $v_{out} = v_{in} - 0.6V$

Όταν $v_{in} < 0 \Leftrightarrow v_A < v_K < v_B$. Η διόδος είναι αναστρεφόμενη. $i_D = 0$ άρα $v_{out} = i_D \cdot R = 0$



Η πραγματική είσοδος
(που θα δούτε στον μαθητή σας)

Περιοριστής (1)

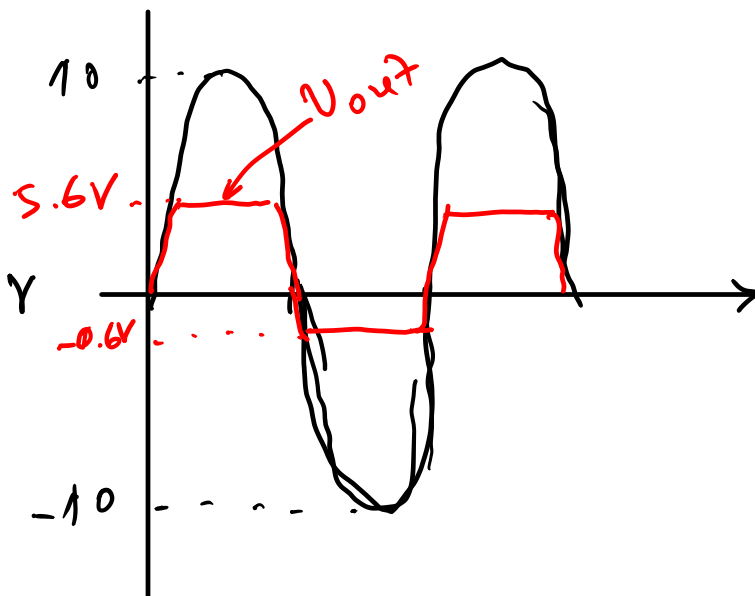
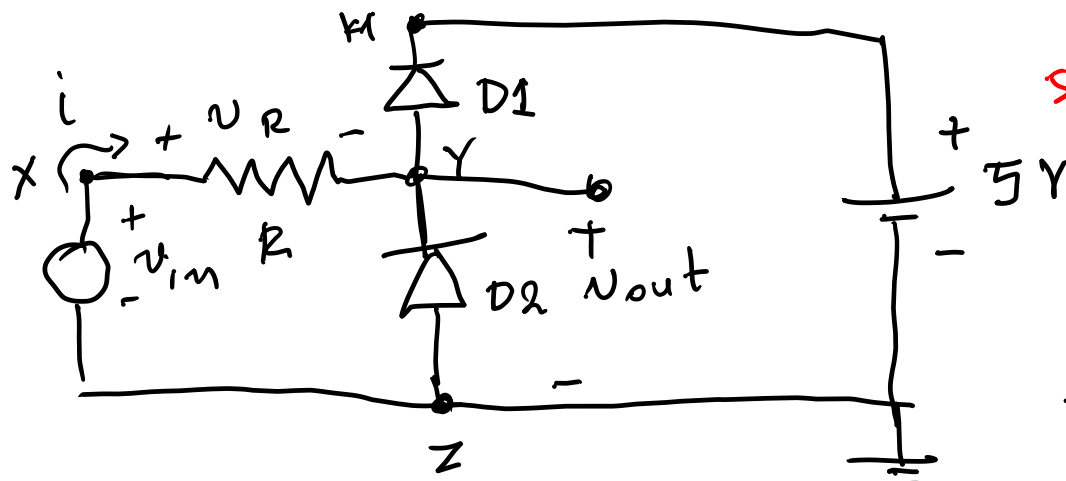


για $v_{in} > 0$
 $v_x > v_A > v_K$
 Η διαίοδος άγει
 άρα $v_{out} = v_D = 0.6V$

για $v_{in} < 0$
 $v_x < v_A < v_K$

η διαίοδος είναι ανάστροφα προσωμένη και δεν άγει, άρα
 $i = 0$. Άρα $v_R = i \cdot R = 0$ άρα $v_{out} = v_{in} - v_R = v_{in}$

Περιοριστής (2)

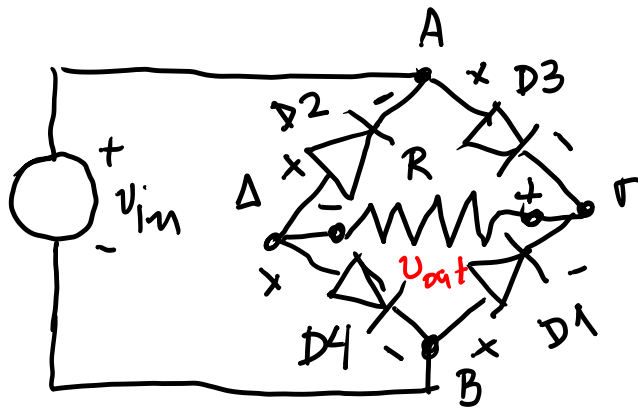


Όταν $v_{in} > 0 \Leftrightarrow v_x > v_y > v_z$ η διόδος $D2$ είναι προωφένη ανάερογ & κα δέν άχει. Επίςης όταν $v_{in} < 5V$ κα η $D1$ είναι προωφένη ανάερογ & εποφένως $i = 0$, $v_R = i \cdot R = 0$ κα $v_{out} = v_{in}$

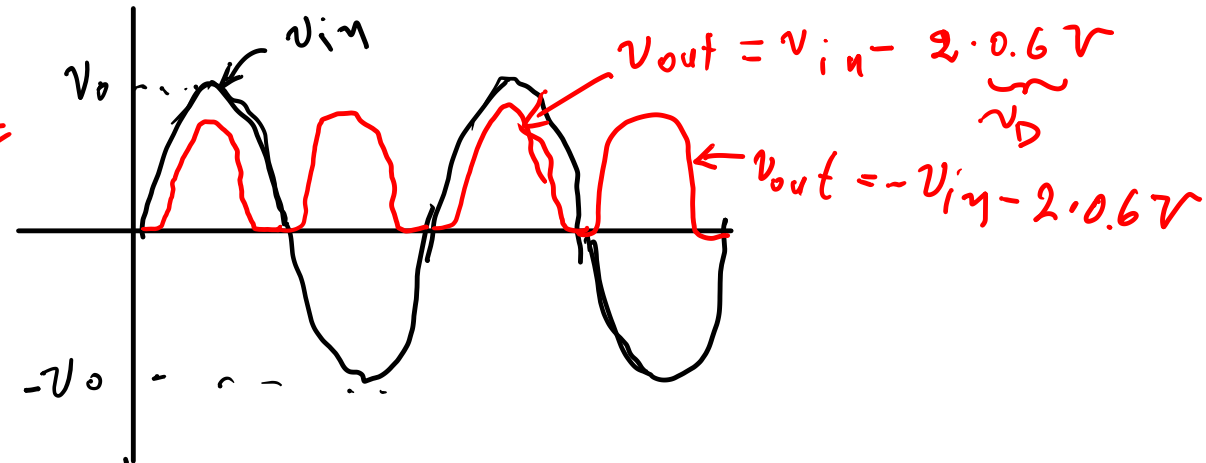
Όταν $v_{in} > 5V$ τότε το $v_y > V_{K1} = 5V$ άρα η $D1$ έχει $i_{D1} \approx 0$ κα v_y άπό 5 ως 5.6 κα μετά άχει κα έχει πώση τάσης 0.6V όσο κα αν εωκα τώ ρεύα που την διαρρέει, άηλ. $v_{out} = 5.6V$
 Προφανως η $D2$ είναι ανάερογ & προωφένη κα δέν διαρρέεται από ρεύα

Όταν $v_{in} < 0$ τότε $v_x < v_y < v_z$ εποφένως η $D2$ άχει ενώ η $D1$ είναι ανάερογ & προωφένη κα δέν άχει. Άφου η $D2$ άχει, η πώση τάσης της θα είναι 0.6V άρα $v_{out} = -0.6V$

Γέφυρα πηρώνας ανάρθεσης



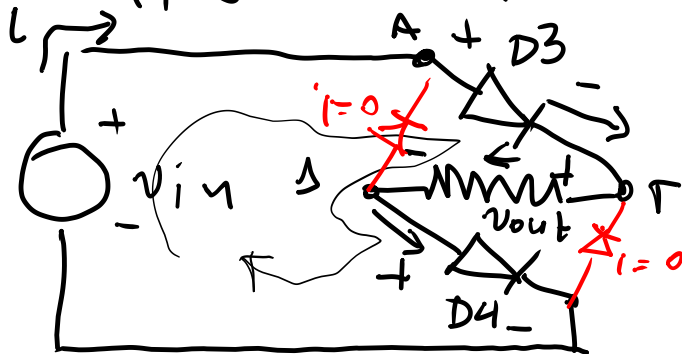
$$v_R = v_{\Gamma} - v_{\Delta} = v_{out}$$



Όταν $v_{in} > 0 \Leftrightarrow v_A > v_{\Gamma}, v_{\Delta} > v_B$ άρα D3 ορθά πολωμένη,

D1 ανάποδα πολωμένη, D4 ορθά πολωμένη, D2 ανάεργα πολωμένη

Εφαρμογή Kirchhoff στα τρία τμήματα



$$-v_{in} + v_{D3} + v_{out} + v_{D4} = 0 \text{ άρα}$$

$$v_{out} = v_{in} - v_{D3} - v_{D4}$$

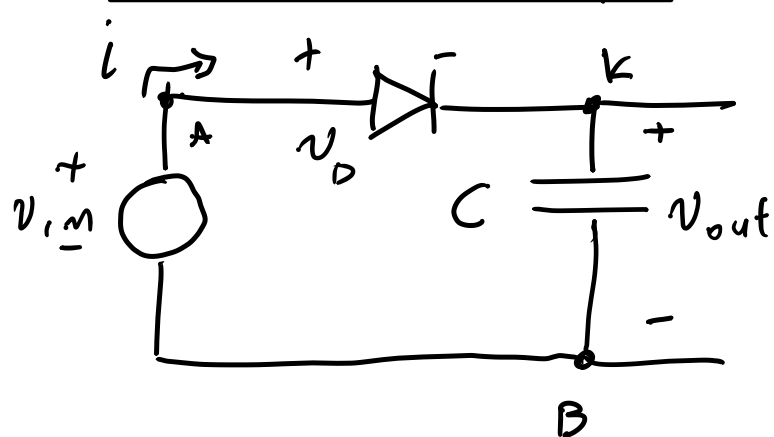
Όταν $v_{in} < 0 \Leftrightarrow v_A < v_{\Gamma}, v_{\Delta} < v_B$ άρα D3 ανάεργα

πολωμένη, D1 ορθά πολωμένη, D4 ανάεργα πολωμένη, D2 ορθά πολωμένη

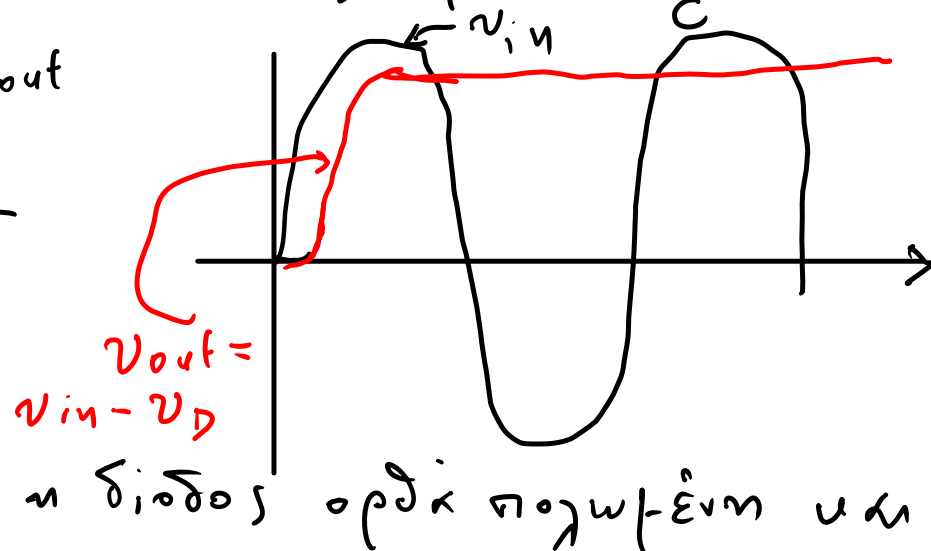


$$v_{in} + v_{D1} + v_{out} + v_{D2} = 0 \Leftrightarrow v_{out} = -v_{in} - v_{D1} - v_{D2}$$

Ανιχνευτής κορυφής



Υποθέτουμε ότι για $t=0$, ο πυκνωτής είναι αγόρευτος
 ($Q=0$) άρα $V = \frac{Q}{C} = 0$ για $t=0$



Για $v_{in} > 0$
 $v_A > v_K > v_B$ η διόδος ορθογώνως και άγει

Όμως $i = C \frac{dv_C}{dt}$ Αν $\frac{dv_C}{dt} < 0$ δηλ. το v_C μειώνεται, το ρεύμα είναι αρνητικό

Όπως αυτό φαίνεται ότι η διόδος δεν άγει. Έτσι το ρεύμα i γίνεται μηδέν και ο πυκνωτής παραμένει φορτισμένος.