

Εισαγωγικό Εργαστήριο Ηλεκτρονικής και Τηλεπικοινωνιών

Εργαστηριακό τμήμα: Τρίτη 11:00-13:00, B4

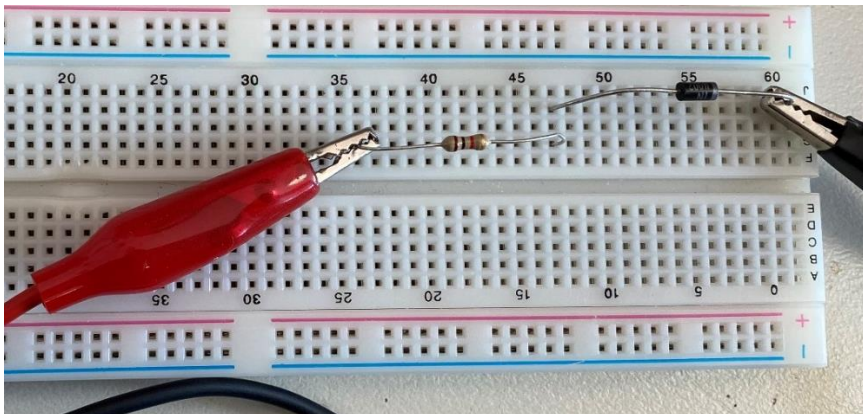
Ομάδα: Ομάδα 5

Μέλη: Αλεξοπούλου Γεωργία (el20164), Μπαλτά Αντωνία (el20873)

Πείραμα 9: Δίοδοι και εφαρμογές τους.

Χαρακτηριστική I-V της διόδου.

1. Θα ξεκινήσουμε κατασκευάζοντας το ζητούμενο κύκλωμα. Τοποθετούμε εν σειρά στο breadboard την αντίσταση ($1k\Omega$) και τη διόδο. Συνδέουμε το ελεύθερο άκρο της αντίστασης με τη θετική τάση του τροφοδοτικού και το ελεύθερο άκρο της διόδου με τη γείωση (έχοντας γειώσει και την αρνητική έξοδο του τροφοδοτικού, προφανώς). Το κύκλωμα που προκύπτει απεικονίζεται παρακάτω:

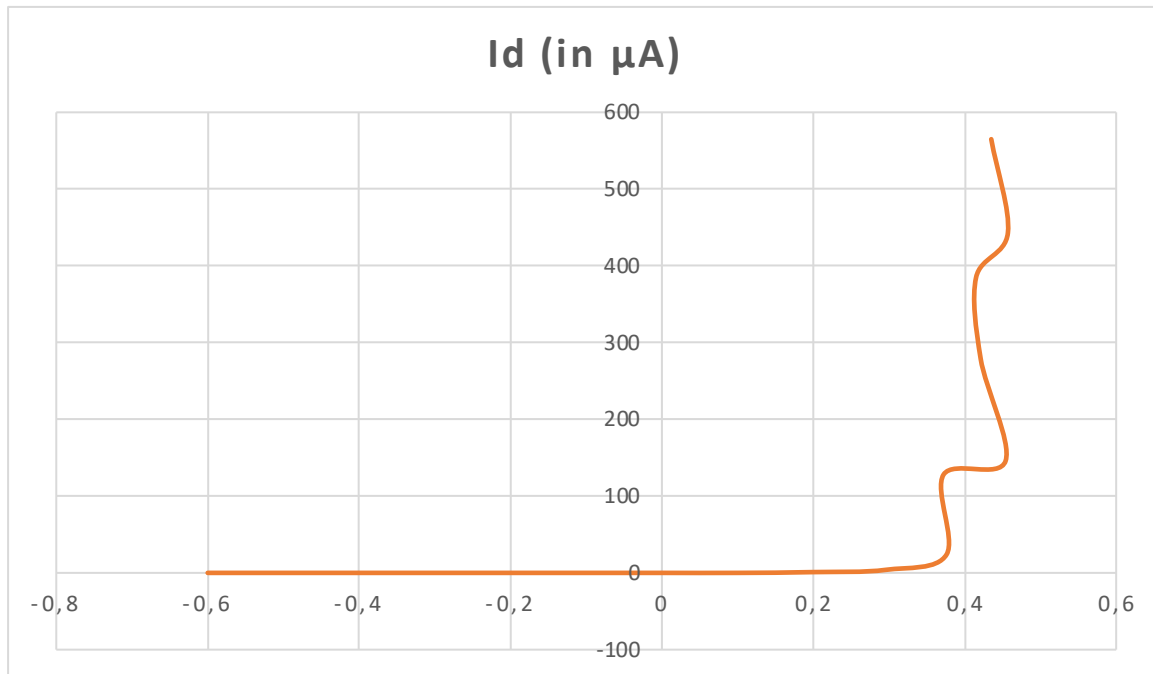


2. Στη συνέχεια, μεταβάλλουμε διαρκώς την τάση εισόδου του τροφοδοτικού και μετράμε, με τη βοήθεια του πολυμέτρου, την τάση εξόδου (δηλ. την τάση στα άκρα της διόδου). Οι μετρήσεις φαίνονται στο παρακάτω πίνακάκι. $R = v/I \Rightarrow I = v/r$ $r = 10^3 \text{ Ohm}$

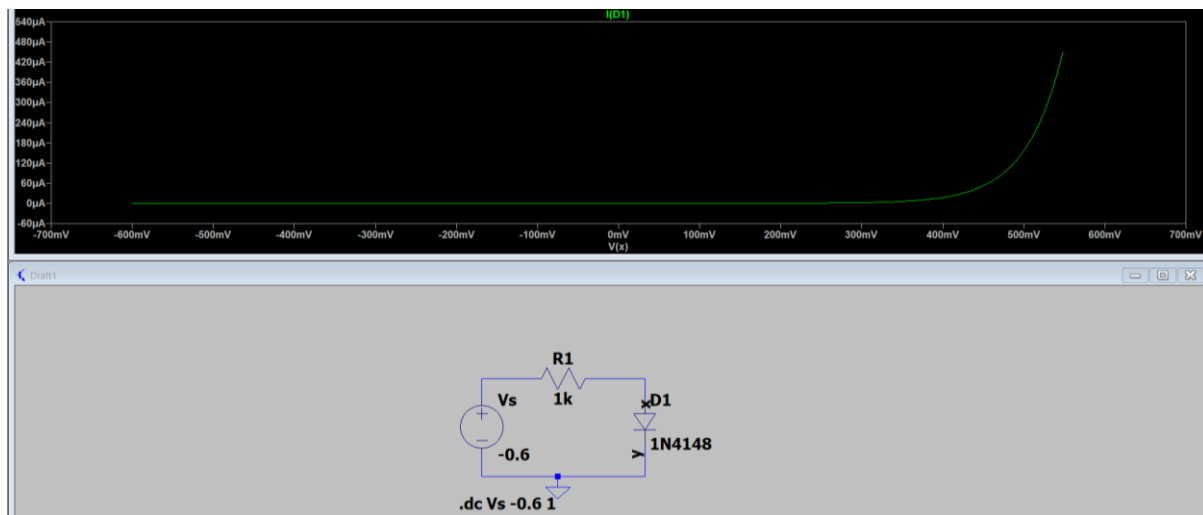
V_s	I_d	$V_d = V_s - V_r$
-0.6 Volt – 0.1 Volt	0	$V_d = V_s$
0.2 Volt	1 μA	199 mV
0.3 Volt	4 μA	296 mV
0.4 Volt	24 μA	376 mV
0.5 Volt	128 μA	372 mV
0.6 Volt	146 μA	454 mV
0.7 Volt	279 μA	421 mV
0.8 Volt	385 μA	415 mV

0.9 Volt	443 μA	457 mV
1 Volt	565 μA	435 mV

Χαράσσοντας την παραπάνω γραφική παράσταση έχουμε το εξής αποτέλεσμα:

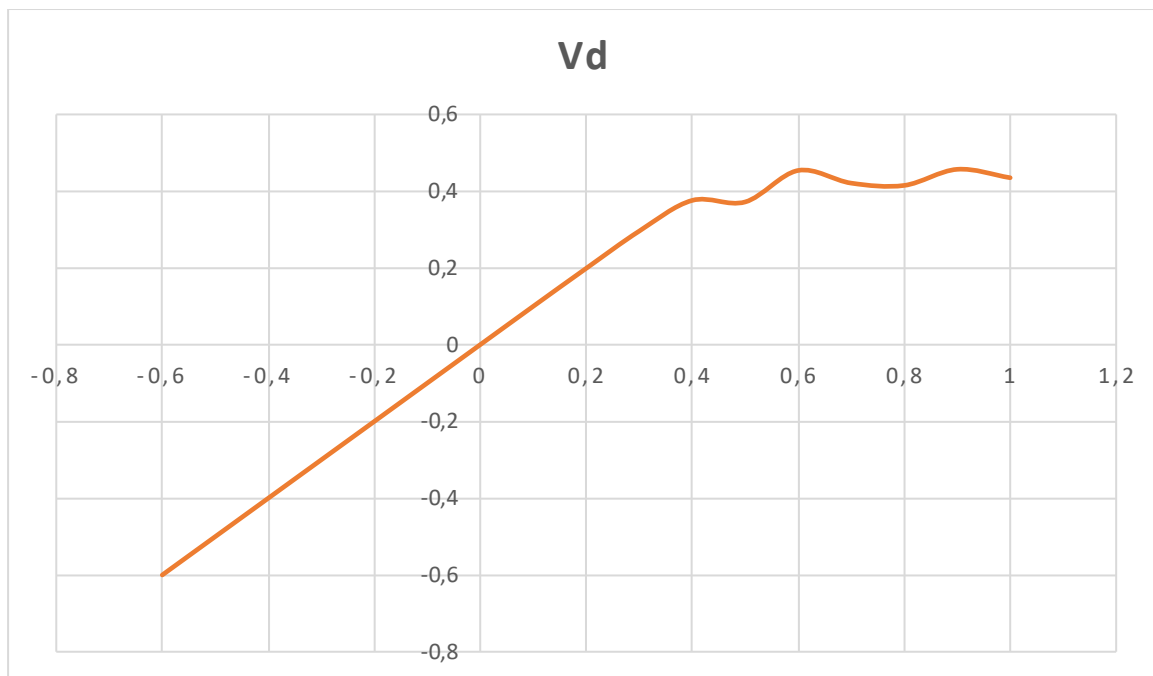


Παρατηρούμε πως το ρεύμα της διόδου παραμένει μηδέν μέχρι η τάση εισόδου να ισούται με 0.2 Volt. Ακόμη και τότε, ωστόσο, η τιμή του είναι τόσο μικρή που προσεγγίζει το μηδέν κι έτσι στην ουσία η διόδος διαρρέεται από ρεύμα όταν η τάση εισόδου ξεπερνάει τα 0.3 Volt. Κάτι τέτοιο το αναμέναμε από τη θεωρία της διόδου και οφείλεται στην πτώση τάσης μεταξύ των ακροδεκτών της. Το πειραματικό αποτέλεσμα αποκλίνει από το θεωρητικό βέβαια, καθώς, αφενός, η πτώση τάσης ισούται θεωρητικά με 0.7 Volt και, αφετέρου, οι πειραματικές μετρήσεις δεν μπορούν να είναι απόλυτα ακριβείς. Ας δούμε και το θεωρητικό αποτέλεσμα:



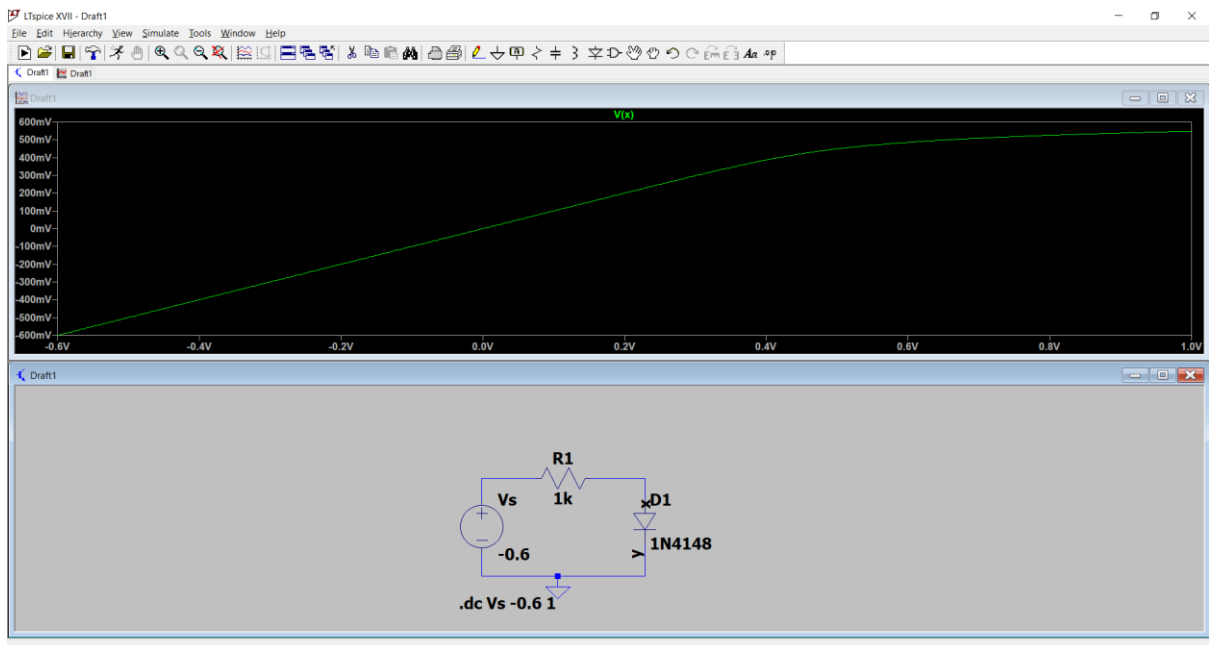
3. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η περιοχή απότομης κλίσης της I_d - V_d (πειραματικής) βρίσκεται μεταξύ των 0.3 και 0.5 Volt. Θα μελετήσουμε τη συμπεριφορά της διόδου για το διάστημα αυτό. Επαναφέρουμε το πινακάκι του βήματος 2 και κατασκευάζουμε τη γραφική συνάρτηση V_s - V_d .

V_s	I_d	$V_d = V_s - V_r$
-0.6 Volt – 0.1 Volt	0	$V_d = V_s$
0.2 Volt	1 μ A	199 mV
0.3 Volt	4 μ A	296 mV
0.4 Volt	24 μ A	376 mV
0.5 Volt	128 μ A	372 mV
0.6 Volt	146 μ A	454 mV
0.7 Volt	279 μ A	421 mV
0.8 Volt	385 μ A	415 mV
0.9 Volt	443 μ A	457 mV
1 Volt	565 μ A	435 mV



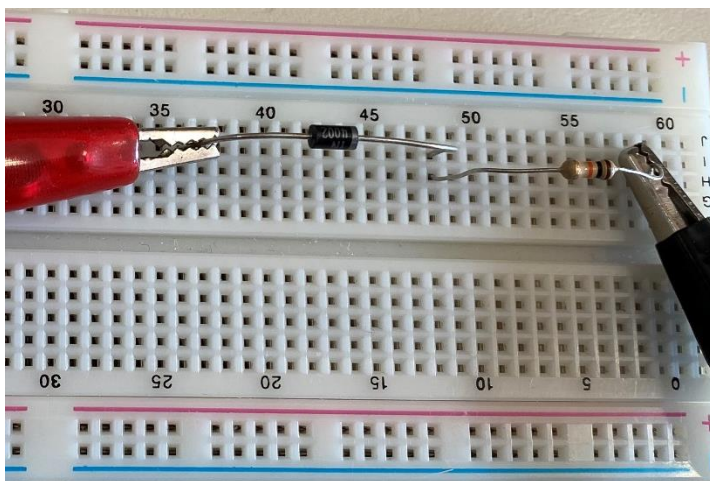
Καθώς η v_s αυξάνεται από τα -0.5 Volt έως τα 0.3 Volt, η v_d μεταβάλλεται γραμμικά. Όταν, όμως, η v_s ξεπερνάει τα 0.3 Volt, η v_d παρουσιάζει μια αύξηση μη ομαλή, η οποία μπορεί να εξηγηθεί πολύ εύκολα, από τον τύπο του Ωμ, $R = \frac{V}{I}$. Γνωρίζουμε πως η αντίσταση της διόδου, R_d , παραμένει σταθερή. Γνωρίζουμε, επίσης, από το παραπάνω διάγραμμα, πως η περιοχή απότομης κλίσης του ρεύματος της διόδου, i_d , βρίσκεται μεταξύ 0.3 και 0.5 Volt. Καθώς σε αυτό το διάστημα το i_d αυξάνεται εκθετικά, για να παραμείνει η R_d σταθερή πρέπει να παραμείνει σταθερό και το πηλίκο $\frac{V_d}{I_d}$, επομένως είναι λογικό η v_d να αυξάνεται. Όσον αφορά την εναπομένουσα περιοχή, όταν το v_s κυμαίνεται μεταξύ -0.6 και 0.3 Volt, παρατηρούμε ότι το i_d παραμένει 0. Όσο η τάση v_s είναι αρνητική, προφανώς από τη θεωρία της διόδου, το ρεύμα που τη διαρρέει θα είναι μηδενικό. Παραμένει, ωστόσο, μηδενικό για ακόμη 0.3 Volt, λόγω πτώσης τάσης στα άκρα της διόδου. Σε όλο αυτό το διάστημα, βέβαια, η τα άκρα της διόδου διαθέτουν τάση v_s (εφόσον η διόδος συμπεριφέρεται ως ανοιχτοκύκλωμα), επομένως, μέχρι εκείνο το σημείο, ισχύει $v_d = v_s$. Το αποτέλεσμα αυτό παρεκκλίνει από το θεωρητικό, στο οποίο αφενός η περιοχή απότομης κλίσης του γραφήματος $I_d - V_d$ τοποθετείται μεταξύ των 0.5 και 0.6 Volt και αφετέρου η αύξηση του V_d στην περιοχή αυτή είναι λογαριθμική, με το V_d να προσεγγίζει τα 0.6 Volt, καθώς αυξάνεται

το V_s .



Κυκλώματα ανορθωτών.

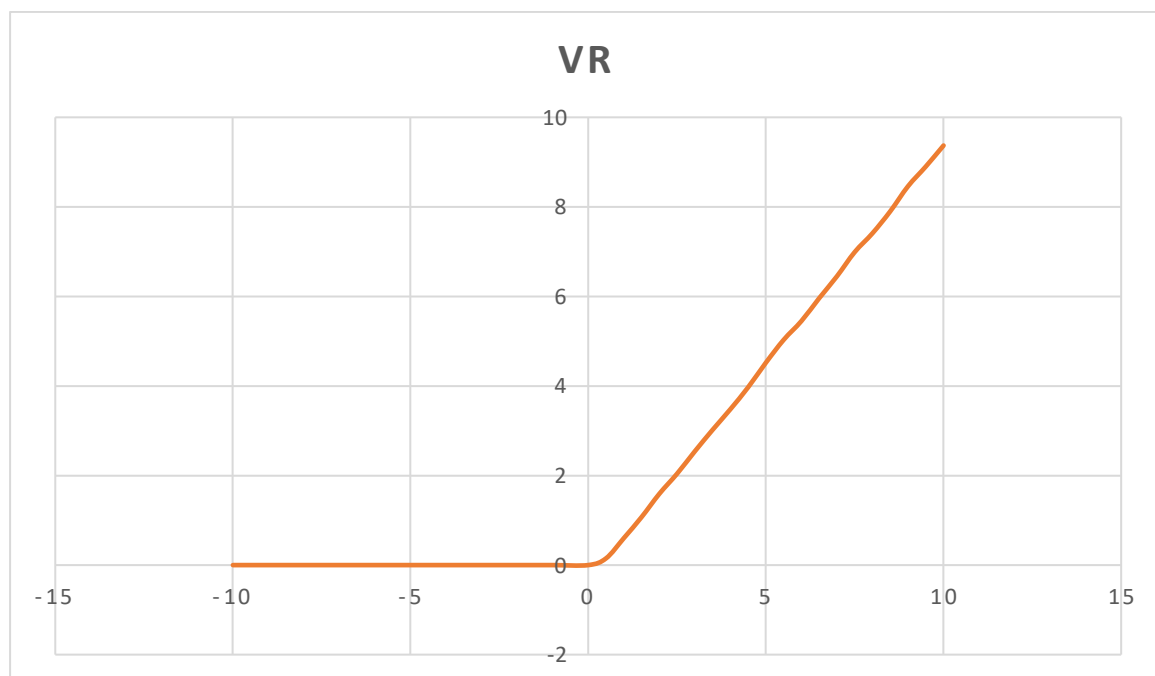
4. Στη συνέχεια, θα κατασκευάσουμε το δεύτερο κύκλωμα που ζητείται. Για τον σκοπό αυτό, συνδέουμε και πάλι στο breadboard μία δίοδο και μια αντίσταση ($1\text{ k}\Omega$) εν σειρά. Η θετική τάση του τροφοδοτικού συνδέεται με το ελεύθερο άκρο της διόδου, ενώ το ελεύθερο άκρο της αντίστασης γειώνεται (εφόσον έχουμε πρώτα γειώσει την αρνητική έξοδο του τροφοδοτικού). Το κύκλωμα που προκύπτει έχει την εξής μορφή:



Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του πολυμέτρου, μετράμε την τάση στα άκρα της αντίστασης, καθώς μεταβάλλουμε την τάση εισόδου από το τροφοδοτικό.

V_s	V_r
-10 – 0 Volt	0 Volt
0.5 Volt	0.15 Volt
1 Volt	0.6 Volt
1.5 Volt	1.07 Volt
2 Volt	1.59 Volt
2.5 Volt	2.04 Volt
3 Volt	2.54 Volt
3.5 Volt	3.02 Volt
4 Volt	3.48 Volt
4.5 Volt	3.97 Volt
5 Volt	4.52 Volt
5.5 Volt	5.03 Volt
6 Volt	5.45 Volt
6.5 Volt	5.96 Volt
7 Volt	6.45 Volt
7.5 Volt	6.99 Volt
8 Volt	7.41 Volt
8.5 Volt	7.9 Volt
9 Volt	8.46 Volt
9.5 Volt	8.9 Volt
10 Volt	9.37 Volt

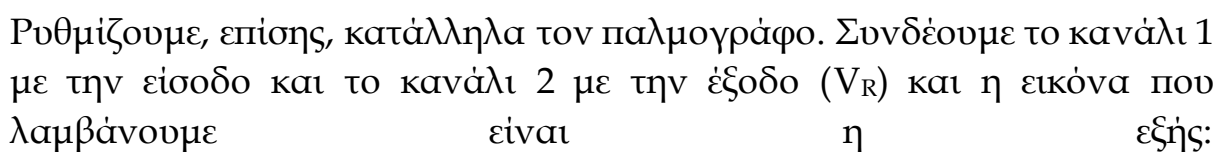
Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, προκύπτει το εξής γράφημα $V_d - V_s$:

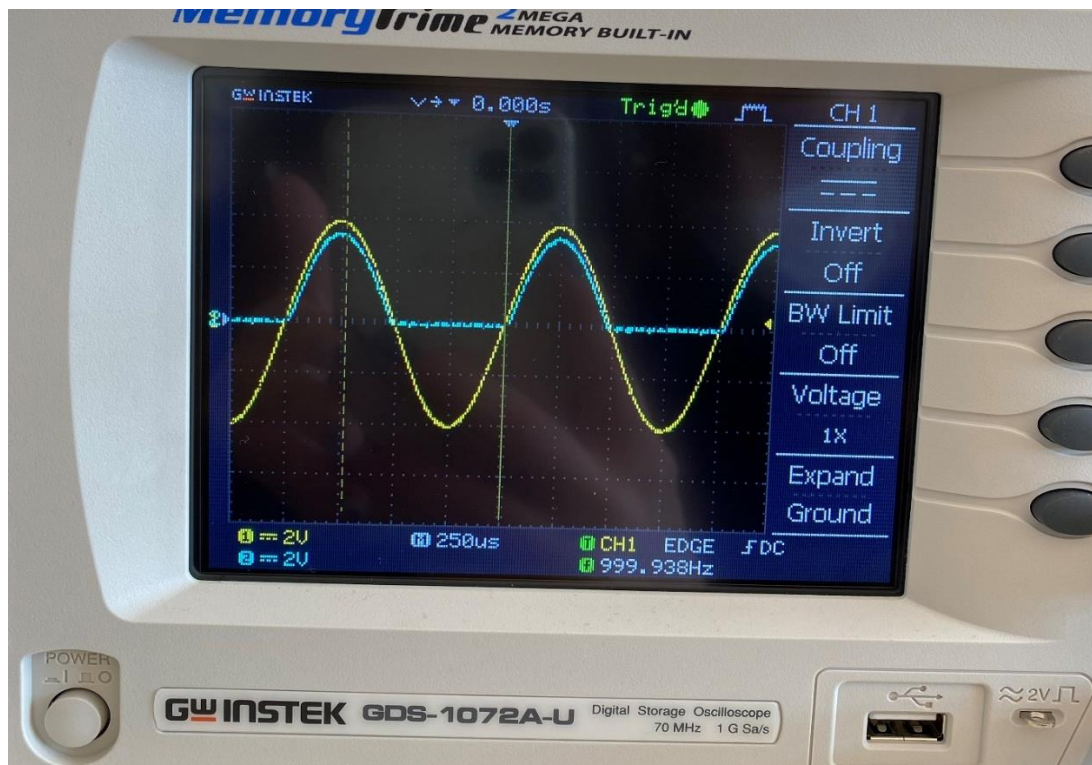


Θα εξηγήσουμε το διάγραμμα που λαμβάνουμε για την τάση στα άκρα της αντίστασης. Αρχικά, είναι προφανές πως, για αρνητικές τιμές της v_s , η διόδος δεν διαρρέεται από ρεύμα, εξ' ου και η μηδενική τάση στα άκρα του αντιστάτη. Παρατηρούμε, ωστόσο, πως η τάση αυξάνεται λίγο αργότερα από το σημείο στο οποίο η τάση v_s ισούται με μηδέν. Αυτό

5. Σύμφωνα με τα παραπάνω, αν η πηγή τάσης παρείχε ημιτονοειδές σήμα, τότε η κυματομορφή της V_r συναρτήσει του V_s θα είχε διαφορετική μορφή. Πιο συγκεκριμένα, όταν το σήμα εισόδου λαμβάνει μη θετικές τιμές, τότε η διόδος δεν διαρρέεται από ρεύμα, επομένως η τάση στα άκρα της αντίστασης είναι μηδενική. Όταν, ωστόσο, η τάση εισόδου είναι θετική, τότε η έξοδος ακολουθεί την είσοδο, με πλάτος κυματομορφής μειωμένο περίπου κατά 0.6 Volt, λόγω πτώσης τάσης στα άκρα της διόδου.

The breadboard circuit consists of a 100Ω resistor and a 10kΩ potentiometer. The potentiometer is connected to a power source (represented by the red and black clips) and the 100Ω resistor is connected to the wiper of the potentiometer. The potentiometer is also connected to ground (represented by the blue clip).

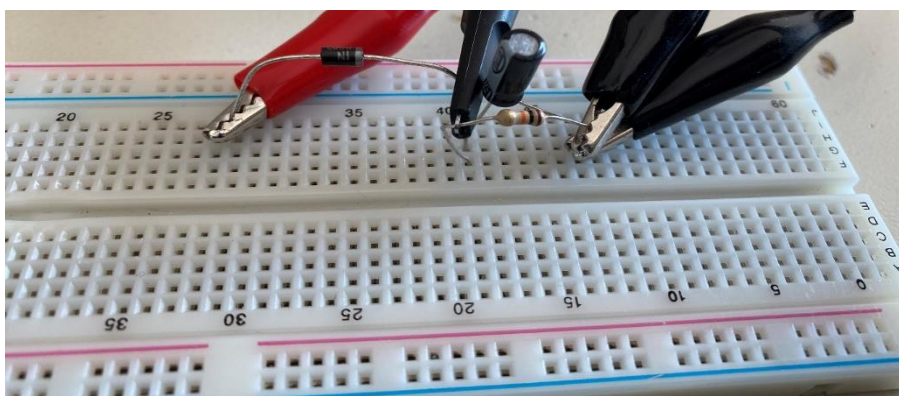




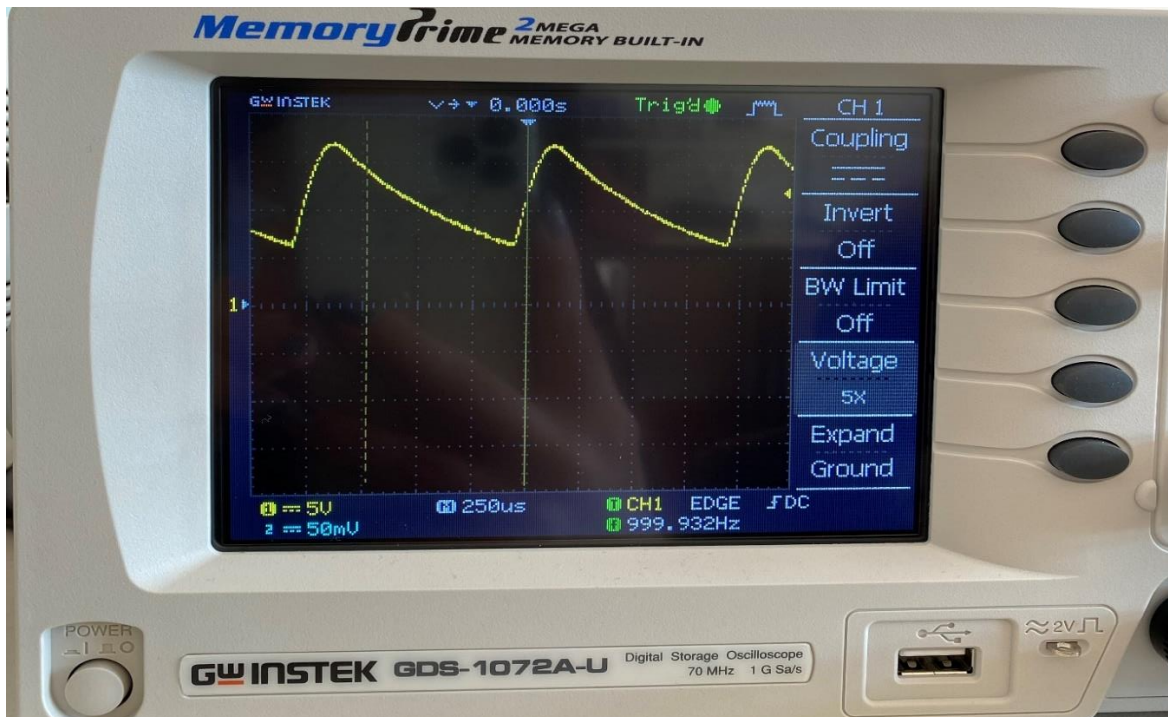
Πράγματι, βλέπουμε πως οι υποθέσεις που κάναμε στο βήμα 5 επιβεβαιώνονται.

Μετατροπείς AC-σε-DC και τροφοδοτικά.

7. Αποσυνδέουμε πλήρως το παραπάνω κύκλωμα και κατασκευάζουμε το ζητούμενο. Συνδέουμε παράλληλα έναν πυκνωτή $1\mu\text{F}$ και μια αντίσταση $10\text{k}\Omega$. Σε σειρά με τον πυκνωτή συνδέουμε τη δίοδο. Ρυθμίζουμε τη γεννήτρια συχνοτήτων έτσι, ώστε να έχει συχνότητα 1 kHz και πλάτος peak-to-peak 8 Vpp . Το ελεύθερο άκρο της εισόδου συνδέεται με τη θετική έξοδο της γεννήτριας συχνοτήτων. Η γείωση συνδέεται με τα κοινά άκρα του πυκνωτή και της αντίστασης. Το κύκλωμα που προκύπτει έχει την εξής μορφή:



8. Ρυθμίζουμε κατάλληλα τον παλμογράφο. Συνδέουμε το κανάλι 1 με την έξοδο του κυκλώματος (δηλ. την τάση στα άκρα της αντίστασης). Η εικόνα που λαμβάνουμε στον παλμογράφο είναι η παρακάτω:



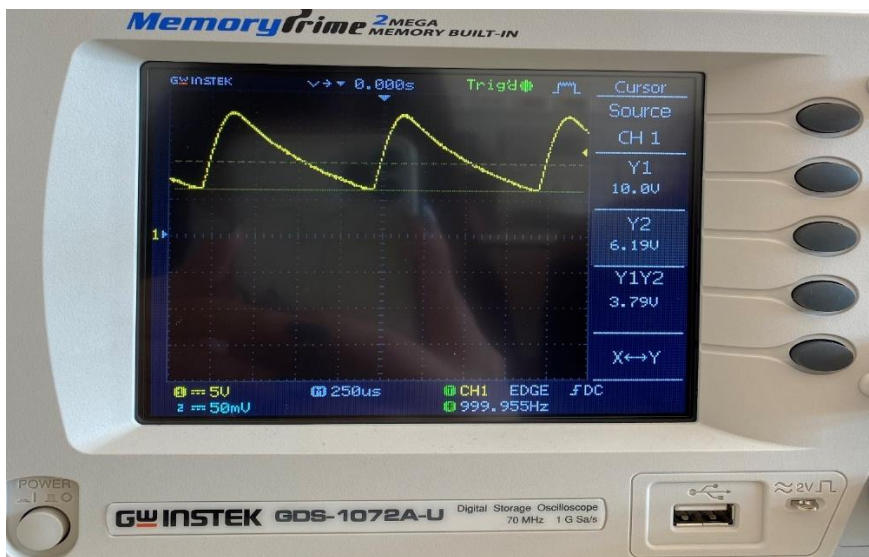
Για την κυματομορφή αυτή, η μέση τιμή της κυματομορφής ισούται με:

$$V_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt = f \int_0^T V(t) dt = 10^3 \int_0^T V_s * \sin t dt = 10^3 \int_0^{10^{-3}} 4 \sin t dt$$

$$= 4 \cdot 10^3 \cdot [-\cos t]_0^{10^{-3}} = 4 \cdot 10^3 \cdot (-\cos 10^{-3} + 1),$$

Άρα $V_{avg} = 4 \cdot 10^3 (1 - \cos 10^{-3})$ Volt.

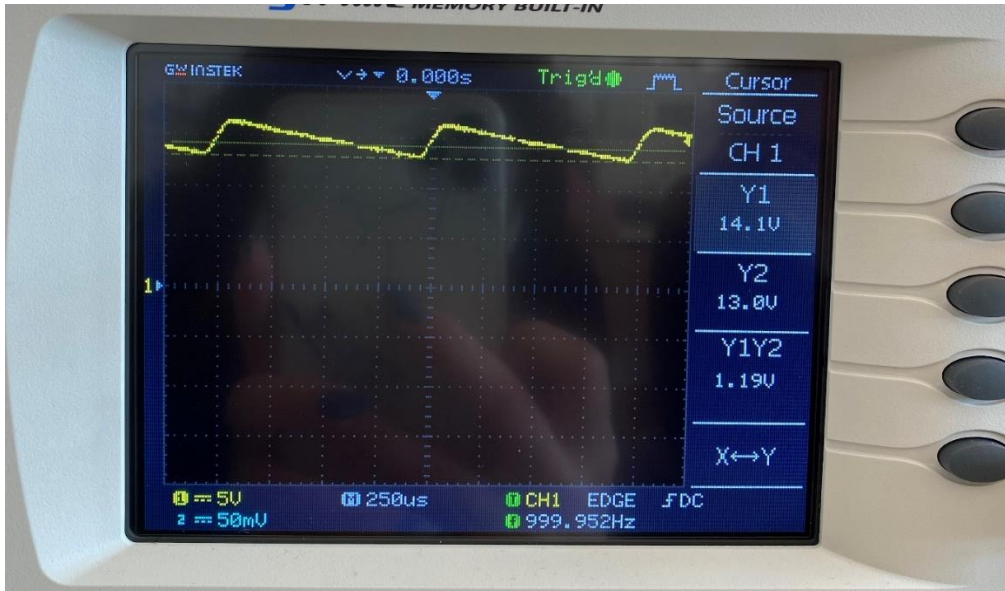
9. Αντίστοιχα, υπολογίζουμε την κυμάτωση της παραπάνω κυματομορφής:



Συμβολίζουμε την κυμάτωση ως $\Delta v = 3.8 \text{ Volt}$. Όσον αφορά το ποσοστό της σε σχέση με τη μέση τιμή της κυματομορφής:

$$\Pi = \Delta v * \frac{100}{V_{avg}} = \frac{3.8}{4 * 10^3 [1 - \cos 10^{(-3)}]} \%$$

10. Μεταβάλλοντας το πλάτος της τάσης εισόδου, παρατηρούμε πως μεταβάλλεται και η κυμάτωση του σήματος εξόδου. Για παράδειγμα, για πυκνωτή $15\mu\text{F}$, η εικόνα που λαμβάνουμε στον παλμογράφο είναι η εξής:

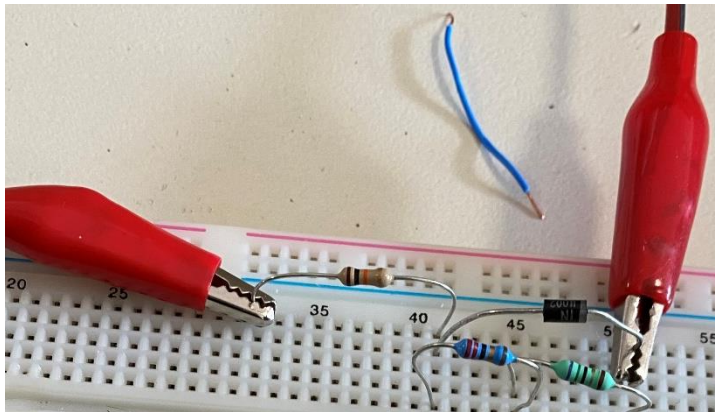


Παρατηρούμε πως η κυμάτωση έχει συρρικνωθεί σημαντικά. Συνεπώς, το μέγεθος του πυκνωτή και η κυμάτωση του σήματος εξόδου είναι αντιστρόφως ανάλογα μεγέθη.

11. Το V_{OUT} θα ισούται με το $V_{DV} + 0.7 \text{ Volt}$ (λόγω της διόδου). Επομένως, για να περιορίζεται η έξοδος στα 2 Volt , θα πρέπει $0 \leq V_{DC} \leq 1.3$.

12. Σε αυτό το βήμα θα κατασκευάσουμε το απαιτούμενο κύκλωμα, ώστε να επαληθευθεί η παραπάνω θεωρία. Αρχικά αποσυνδέουμε πλήρως το παραπάνω κύκλωμα. Έπειτα, συνδέουμε στο breadboard μια αντίσταση $10\text{k}\Omega$. Το ένα άκρο της αντίστασης συνδέεται με τη θετική έξοδο του τροφοδοτικού A (V_{IN}). Το ελεύθερο άκρο της αντίστασης συνδέεται με τη διόδο. Το εναπομένον άκρο της διόδου συνδέεται με τη θετική έξοδο του τροφοδοτικού B (V_{DC}). Τοποθετούμε μια δεύτερη αντίσταση στο breadboard, με τιμή 100Ω , το ένα άκρο της οποίας συνδέεται, κι αυτό, με τη θετική έξοδο του τροφοδοτικού B. Οι αρνητικές έξοδοι των δύο τροφοδοτικών γειώνονται από κοινού, ενώ, τέλος, η γείωση οδηγείται στο

ελεύθερο άκρο της αντίστασης 100 Ω. Το κύκλωμα που προκύπτει φαίνεται παρακάτω.

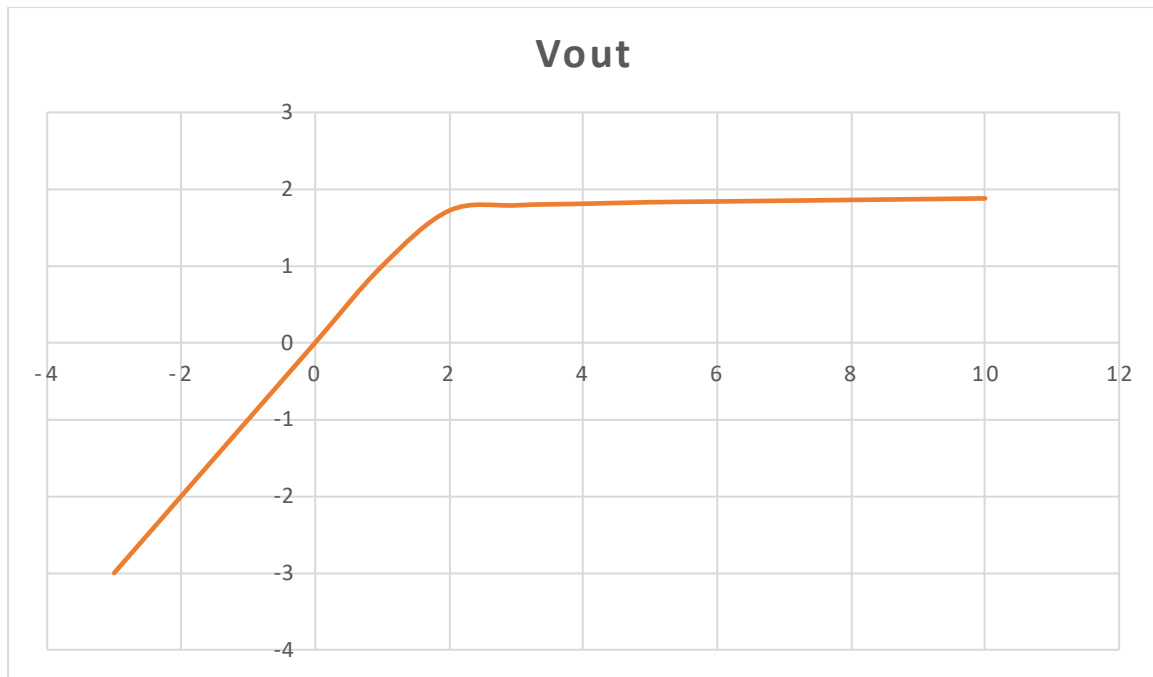


(εν προκειμένω, επειδή στα εργαστηριακά εργαλεία δεν παρέχεται αντίσταση 100Ω, έχουμε συνδέσει εν σειρά μια αντίσταση 25Ω και μια αντίσταση 75Ω)

13. Στη συνέχεια, για τις διάφορες τιμές της V_{IN} λαμβάνουμε, με τη χρήση του ποτενσιόμετρου, τις τιμές της τάσης εξόδου. Θέτουμε τη V_{DC} στην οριακή τιμή 1.3 Volt.

V_{in}	V_{out}
-3 Volt	-3 Volt
-2 Volt	-2 Volt
-1 Volt	-1 Volt
0 Volt	0 Volt
1 Volt	1 Volt
2 Volt	1.72 Volt
3 Volt	1.79 Volt
4 Volt	1.81 Volt
5 Volt	1.83 Volt
6 Volt	1.84 Volt
7 Volt	1.85 Volt
8 Volt	1.86 Volt
9 Volt	1.87 Volt
10 Volt	1.88 Volt

Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, χαράσσουμε τη γραφική παράσταση $V_{IN} - V_{OUT}$:



Στο σχήμα φαίνεται η γραφική παράσταση της V_{OUT} συναρτήσει της V_{IN} , στο διάστημα $-3 \leq V_{IN} \leq 10$ Volt. Όταν η είσοδος ξεπερνάει την τιμή των 2 Volt, η πολικότητα της διόδου αντιστρέφεται κι έτσι το V_{OUT} περιορίζεται στα 2 Volt. Καθώς το αποτέλεσμα αυτό ισχύει για την ανώτατη οριακή τιμή της V_{DC} , θα ισχύει για κάθε τιμή $0 \leq V_{DC} \leq 1.3$.