

## Άσκηση 3

### Η ΔΙΟΔΟΣ ΩΣ ΗΜΙΑΓΩΓΟΣ



Αυτό έργο χορηγείται με άδεια [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike Greece 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/gr/).

Ονοματεπώνυμο: Μητρόπουλος Σπύρος

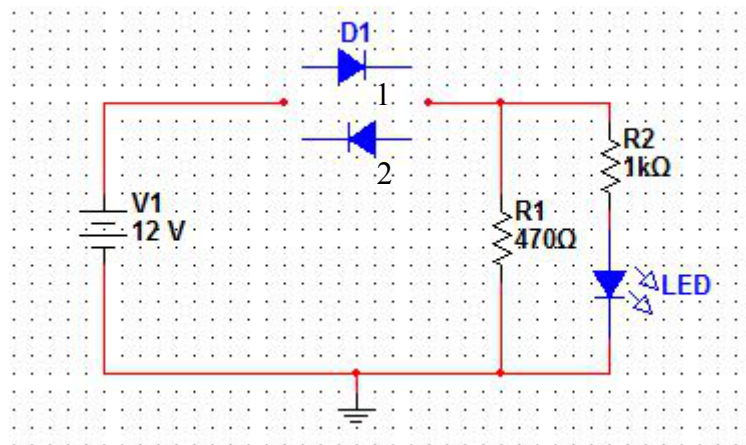
A.E.M.: 3215

Εξάμηνο: Β'

### Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης:

Η εργαστηριακή άσκηση 3 έχει ως σκοπό να μάθει στον φοιτητή την λειτουργία της διόδου κατά την ορθή και την ανάστροφη πόλωση. Επίσης να μπορεί να αναγνωρίσει πότε είναι ορθά πολωμένη και πότε ανάστροφα μέσα από το πρόγραμμα προσομοίωσης και σχεδίασης κυκλωμάτων Pspice και του κυκλώματος που δίνεται παρακάτω μέσα από την δίοδο led. Επιπλέον να μελετήσει την χαρακτηριστική της και πως αλληλεπιδρά αυτή στο κύκλωμα.

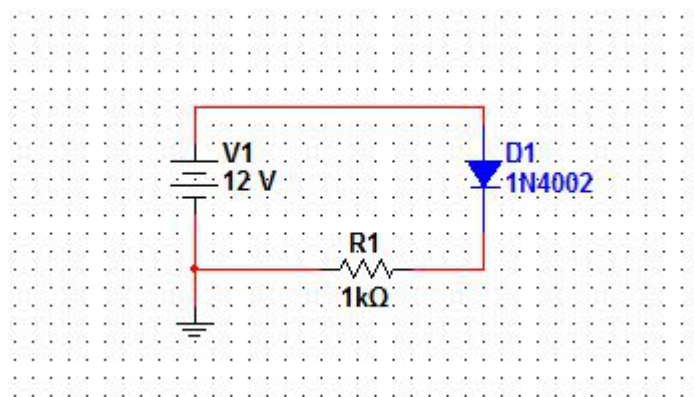
### Τα κυκλώματα:



Σχήμα 1

Στο σχήμα 1 έχουμε μια πηγή τάσης στα 12V. Στην συνέχεια μια δίοδο που για τα πειράματά μας στην μια περίπτωση είναι ορθά πολωμένη και στην άλλη ανάστροφα. Πέρα από αυτή τη δίοδο έχουμε και δύο αντιστάτες τους  $R_1$  και  $R_2$  που έχουν τιμές 470Ω και 1KΩ αντίστοιχα. Σε σειρά με τον  $R_2$  έχουμε και μια δίοδο led.

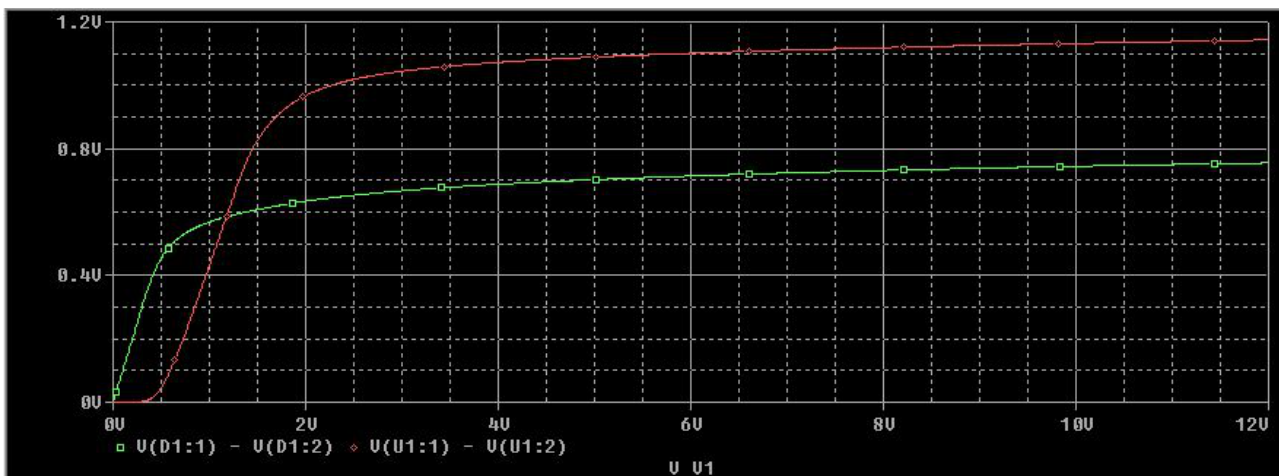
Για το σχήμα 2 έχουμε πάλι πηγή τάσης αλλά τώρα για λειτουργία από 0 – 30V. Σε σειρά έχουμε μια δίοδο και έναν αντιστάτη του 1KΩ.



Σχήμα 2

**Πειραματικά αποτελέσματα:**

Το πρώτο ερώτημα μας ζητά να κάνουμε την προσομοίωση του κυκλώματος (σχήμα 1 – δίοδος θέση 1), με τη βοήθεια του Pspice για τιμές της πηγής μας από 0V μέχρι 12V με βήμα 0.01V. Στην συνέχεια μας ζητείται να συγκρίνουμε τις καμπύλες τάσης που προκύπτουν από τη δίοδο και το led. Η γραφική παράσταση που βλέπουμε είναι η παρακάτω:



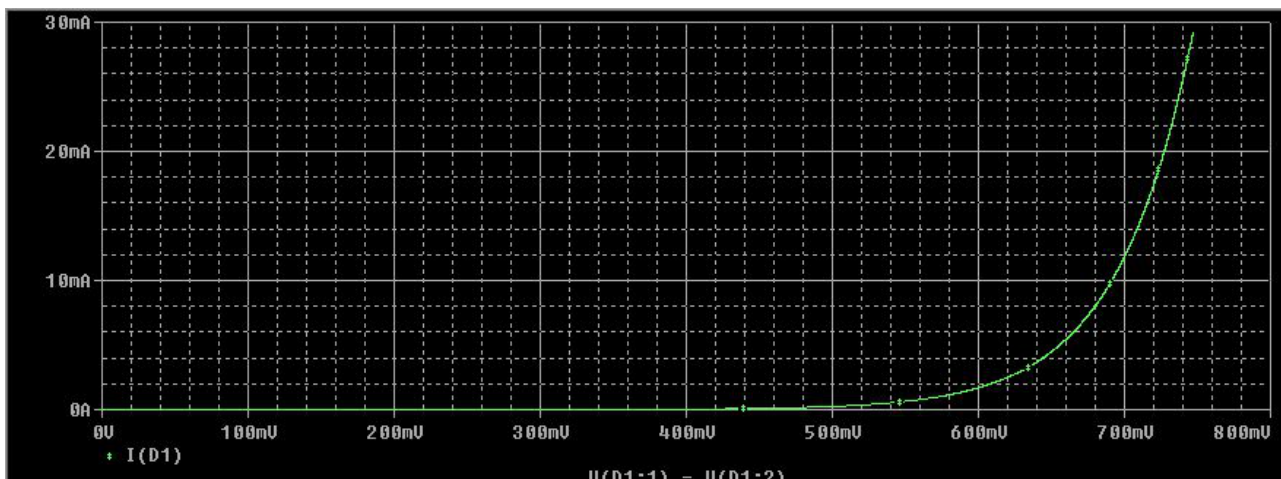
Με πράσινο χρώμα αναπαριστάται η καμπύλη της διόδου ενώ με κόκκινο η καμπύλη της διόδου led. Μπορούμε να παρατηρήσουμε βλέποντας την πράσινη καμπύλη πως περίπου στα 0,7V η δίοδος κάνει το “γόνατο” - καμπύλη – και αρχίζει να συμπεριφέρεται σαν κανονικός αγωγός ρεύματος. Η δίοδος led από την άλλη που παρίσταται με κόκκινο αρχίζει την λειτουργία της αφότου η δίοδος περάσει το 0,7V και άγει. Δηλαδή εκεί που είναι το “γόνατο” της διόδου αρχίζει να ανεβαίνει σιγά σιγά και η τάση του led καθώς η δίοδος αφήνει να περάσει όλο και πιο πολύ ρεύμα. Και οι δύο δίοδοι έχουν σταθεροποιηθεί εντελώς σχεδόν όταν η τάση πηγής έχει φτάσει τα 5V. Από εκεί και πέρα υπάρχουν μικρές αποκλίσεις.

Για το δεύτερο ερώτημα πρέπει στο σχήμα 1 να τοποθετήσουμε την δίοδο όπως φαίνεται στην θέση 2 και στην συνέχεια με τις ίδιες παραμέτρους προσομοίωσης να τρέξουμε το πρόγραμμα μας. Το αποτέλεσμα της γραφικής παράστασης που προκύπτει είναι:



Φαίνεται από το παραπάνω γράφημα ότι η τάση στα άκρα του led είναι 0V καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος, δηλαδή όσο έκανε η πηγή μας να πάει από τα 0V στα 12V, σε αντίθεση με την τάση στα άκρα της διόδου μας που είναι διαρκώς όση και η τάση της πηγής. Αυτό σημαίνει ότι είναι ανάστροφα πολωμένη και δεν αφήνει ρεύμα να περάσει. Λειτουργεί σαν μονωτής σε αυτή την περίπτωση. Η τάση λοιπόν της πηγής καταναλώνεται πάνω στην διόδο και σε κανένα άλλο εξάρτημα. (θεωρώντας πάντα ότι η διόδος είναι ιδανική)

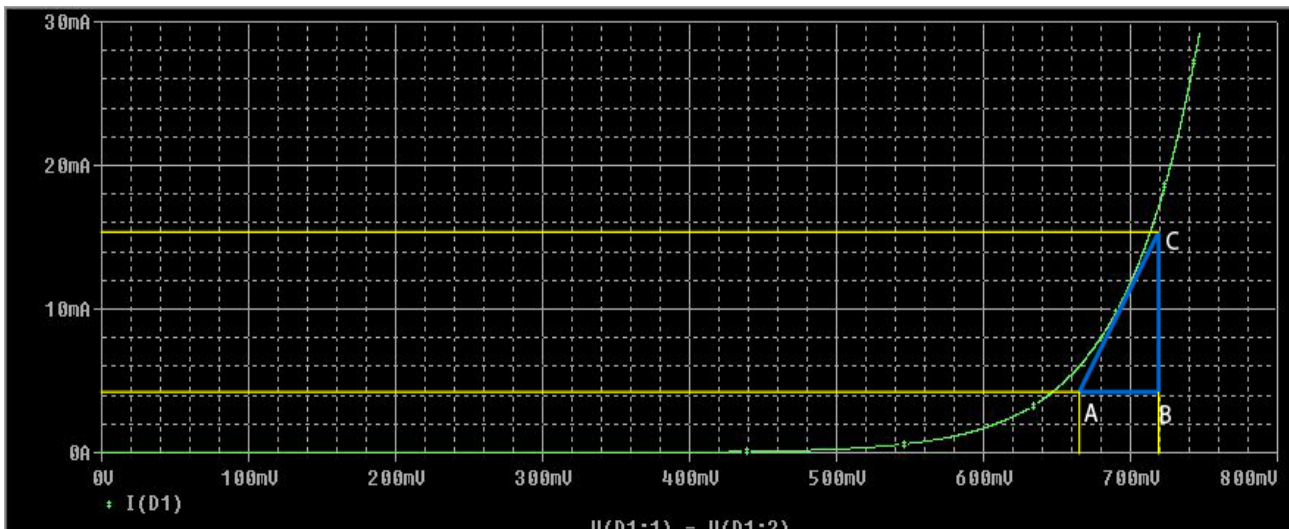
Το τρίτο ερώτημα έχει να κάνει με την πτώση τάσης στα άκρα της διόδου και του αντιστάτη. Αυτή τη φορά φτιάχνοντας το σχήμα 2 θέτουμε την προσομοίωση ως προς V1 να αρχίσει από 0V μέχρι 30V με βήμα επίσης 0.01V. Μπορούμε να βγάλουμε έτσι το γράφημα με το θετικό τμήμα της χαρακτηριστικής της διόδου.



Μας ζητάει λοιπόν να συμπληρώσουμε τον παρακάτω πίνακα με το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα αντλώντας τα στοιχεία από το παραπάνω γράφημα όπως και την τάση στα άκρα του αντιστάτη χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ohm. Επομένως προκύπτει:

| V<br>(mVolts)              | 0  | 300     | 450   | 500   | 550    | 600   | 625    | 650    | 675   | 700    | 725    | 740    |
|----------------------------|----|---------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| V <sub>R1</sub><br>(Volts) | 0V | 0,0049V | 0,09V | 0,24V | 0,639V | 1,7V  | 2,75V  | 4,49V  | 7,2V  | 11,8V  | 19,1V  | 25,5V  |
| I<br>(mA)                  | 0V | 4,9uA   | 90uA  | 240uA | 639uA  | 1,7mA | 2,75mA | 4,49mA | 7,2mA | 11,8mA | 19,1mA | 25,5mA |

Το επόμενο ερώτημα μας ζητάει να βρούμε τη δυναμική αντίσταση πάνω στην διόδο του σχήματος 2 με την βοήθεια του παραπάνω διαγράμματος. Αυτό θα γίνει φέρνοντας αν φέρουμε την εφαπτομένη σε ένα σημείο της τάσης γόνατος, με ίσες αποστάσεις από το κεντρικό σημείο δεξιά και αριστερά. Δημιουργούμε ένα ορθογώνιο τρίγωνο με την μια πλευρά παράλληλη προς τον άξονα του ρεύματος και την άλλη πλευρά παράλληλη προς το άξονα τάσης.



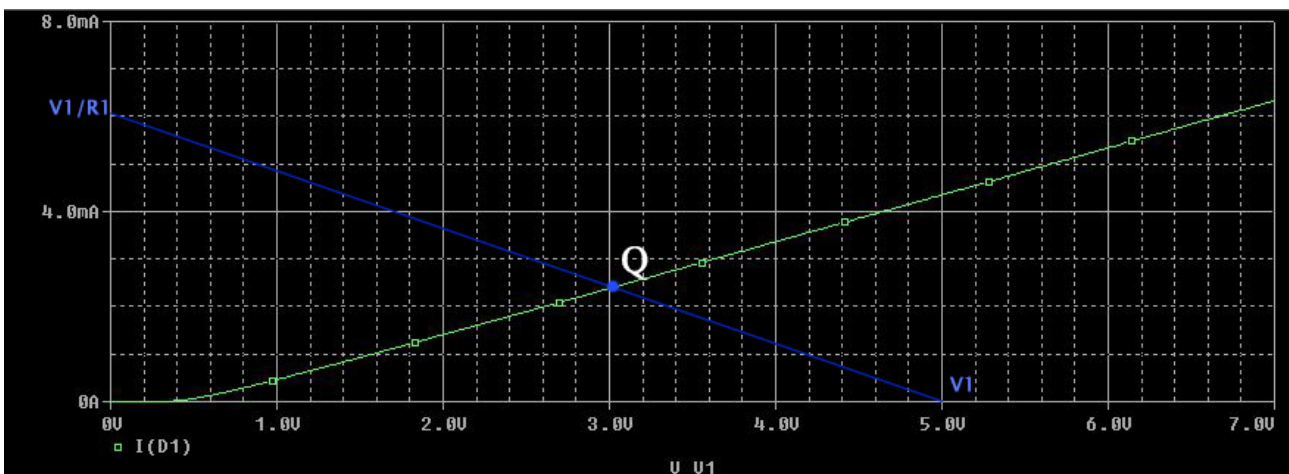
Η δυναμική αντίσταση δίνεται από τη παρακάτω σχέση:

$$r_d = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{V_{d2} - V_{d1}}{I_{d2} - I_{d1}}$$

Στην περίπτωσή μας τα σημεία είναι  $V_{d1} = 665\text{mV}$ ,  $V_{d2} = 719\text{mV}$  &  $I_{d1} = 4,2\text{mA}$ ,  $I_{d2} = 15,2\text{mA}$ .

$$r_d = \frac{719\text{mV} - 665\text{mV}}{15.2\text{mA} - 4.2\text{mA}} = \frac{54}{11} = 4.9\text{Ohms}$$

Τελευταία ερώτημα είναι να βρούμε το σημείο ηρεμίας Q της διόδου και να σχεδιάσουμε την ευθεία φόρτου πάνω στο γράφημα μας. Μας δίνεται τάση πηγής ίση με 5Volt.



Όπως μπορούμε να δούμε από το παραπάνω σχήμα έχουμε βάλει κάτω δεξιά την τάση της πηγής που μας έχει δοθεί (5V) και στο πάνω αριστερό μέρος του γραφήματος, στα 5mA, την εξίσωση για το I. Φέρνοντας μια ευθεία γραμμή προς το πρώτο σημείο, περνάει μόνο σε ένα σημείο πάνω από την καμπύλη της διόδου. Εκείνο το σημείο ονομάζεται και σημείο ηρεμίας, Q.

### Ερωτήσεις – Ασκήσεις:

- Γράψτε τις παρατηρήσεις σας από τον πειραματισμό σας με το πρώτο κύκλωμα (σχήμα 1). Ποια είναι η διαφορά της ορθής από την ανάστροφη πόλωση της διόδου στο κύκλωμα αυτό; Κατά την ορθή πόλωση της διόδου μετά από ποια τάση εξόδου του τροφοδοτικού άρχισε να φωτοβολεί η διόδος LED (ή διαφορετικά αρχίζει να εμφανίζεται τάση στα άκρα της διόδου LED);

Όταν η διόδος είναι ορθά πολωμένη μετά τα 0,7V (μιλώντας πάντα για πυριτίου διόδους) αρχίζει να άγει, δηλαδή συμπεριφέρεται σαν αγωγός. Έτσι όταν είναι ορθά πολωμένη και ξεπεράσει τα 0,7V τότε το led αρχίζει να ανάβει μετά από κάποια mV καθώς περνάει το ρεύμα μέσα από την διόδο. Στην περίπτωση που η διόδος είναι ανάστροφα πολωμένη δεν περνάει ρεύμα και δεν ανάβει το LED ποτέ.

- Πως μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το πρώτο κύκλωμα (σχήμα 1) για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας διόδων; Να αναφέρετε όλες τις πιθανές περιπτώσεις που μπορούν να εμφανιστούν. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το κύκλωμα αυτό για την εύρεση της ανόδου και της καθόδου σε μια άγνωστη διόδο; Εξηγήστε.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το παραπάνω κύκλωμα για να ελέγξουμε αν μια διόδος συμπεριφέρεται σωστά κοιτώντας την χαρακτηριστική που μας δίνει. Μπορεί να έχουμε μια διόδο που άγει και από τις δύο πλευρές που σημαίνει ότι είναι χαλασμένη, όπως και το ακριβώς αντίθετο, μια διόδο δηλαδή που δεν άγει καθόλου ποτέ. Η τελευταία περίπτωση είναι μια κανονική διόδος που θα άγει από την άνοδο προς κάθοδο και δεν θα άγει με το αντίστροφο. Περνώντας μια λειτουργική διόδο και έχοντας το σχήμα 1 υλοποιημένο στο εργαστήριο θα μπορούσαμε να βρούμε άμεσα την κάθοδο και την άνοδο απλά βάζοντας την δοκιμαστικά πάνω στο κύκλωμα. Αν ανάψει το LED είναι ορθά πολωμένη αν δεν ανάψει είναι ανάστροφα. Καλό είναι βέβαια να την βάλουμε και από τις δύο μεριές για να είμαστε σίγουροι ότι δεν θα πέσουμε σε μια από τις προαναφερθέν περιπτώσεις.

- Ποιος ο ρόλος της αντίστασης  $R_2$  στο πρώτο κύκλωμα;

Ο ρόλος που παίζει ο αντιστάτης  $R_2$  είναι να περιορίσει το ρεύμα που θα περάσει μέσα από την διόδο LED. Αν δεν υπήρχε τότε ο αντιστάτης στην ουσία θα είχαμε ένα βραχυκύκλωμα με τις 2 διόδους σε σειρά. Το αποτέλεσμα θα ήταν αν δεν ήτανε βατικές να λιώσουν από το ρεύμα που θα περάσει.

- Υπάρχουν κινούμενοι φορείς (οπές, ηλεκτρόνια) στην περιοχή γύρω από την επαφή p-n;

Κινούμενοι φορείς είναι τα ηλεκτρόνια στην N τύπου περιοχή που κυκλοφορούν ελεύθερα μέσα στο κρυσταλλικό πλέγμα του ημιαγωγού, ενώ στην P τύπου περιοχή υπάρχουν οπές που μεταπηδούν από άτομο σε άτομο.

- Ποιο είναι το σθένος των στοιχείων που περιέχουν οι περιοχές p και n σε μια διόδο επαφής;

Οι περιοχές τύπου P είναι τρισθενείς και έχουν οπές σε αντίθεση με τις τύπου N περιοχές που είναι πενταθενείς προσμίξεις και έχουν περίσσεια ηλεκτρονίων.

- Αν σε μια συσκευή που λειτουργεί με μπαταρίες, τοποθετηθούν οι μπαταρίες με λανθασμένη πολικότητα υπάρχει κίνδυνος να καταστραφεί η συσκευή. Μπορείτε να προτείνετε κάποια λύση με τη χρήση διόδου ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της;

Μπορούμε να βάλουμε παράλληλα με τις μπαταρίες μια δίοδο ανάστροφα. Έτσι αν βάλουμε τις μπαταρίες μας ανάποδα το ρεύμα να περάσει από την δίοδο. Βέβαια αν το κάνουμε αυτό θα πρέπει σε σειρά να υπάρχει και μια ασφάλεια γιατί αλλιώς το ρεύμα που θα περάσει από την δίοδο θα είναι αρκετά μεγάλο για να την λιώσει και υπάρχει και περίπτωση η μπαταρίες να υπερθερμανθούν και να σκάσουν.

- Πόση είναι η ανάστροφη επαναληπτική τάση κορυφής, το μέσο ρεύμα ορθής πόλωσης και η ισχύς της 1N4005; Πόση είναι η τάση ορθής πόλωσης και η συνολική χωρητικότητα για τη δίοδο 1N4002;

Η ανάστροφη επαναληπτική τάση κορυφής είναι 600V, το μέσο ρεύμα ορθής πόλωσης είναι 1 A και η ισχύς 3W. Η τάση ορθής πόλωσης για την 1N4002 είναι 1.1V και η συνολική χωρητικότητα 15pF.

- Αν το ρεύμα που διαρρέει το LED του κυκλώματος στο σχήμα 1 είναι περίπου 10mA, ποια πρέπει να είναι η καινούργια τιμή της αντίστασης  $R_2$ , ώστε το LED να διαρρέεται από ρεύμα η τιμή του οποίου είναι διπλάσια του αριθμού που αντιστοιχεί στο τρίτο γράμμα του επωνύμου σας;

Το τρίτο γράμμα του επωνύμου είναι το γράμμα “τ” άρα είναι το 19ο γράμμα επί 2 = 38. Άρα η δίοδος θα πρέπει να διαρρέεται από ρεύμα 38mA. Η τιμή της  $R_2$  πρέπει να υπερδιπλασιαστεί 3,8 φορές ώστε να έχουμε 3,8 φορές πάνω το ρεύμα. Άρα θα πρέπει να πάει περίπου 263Ωhm.

Μητρόπουλος Σπύρος, 2013