



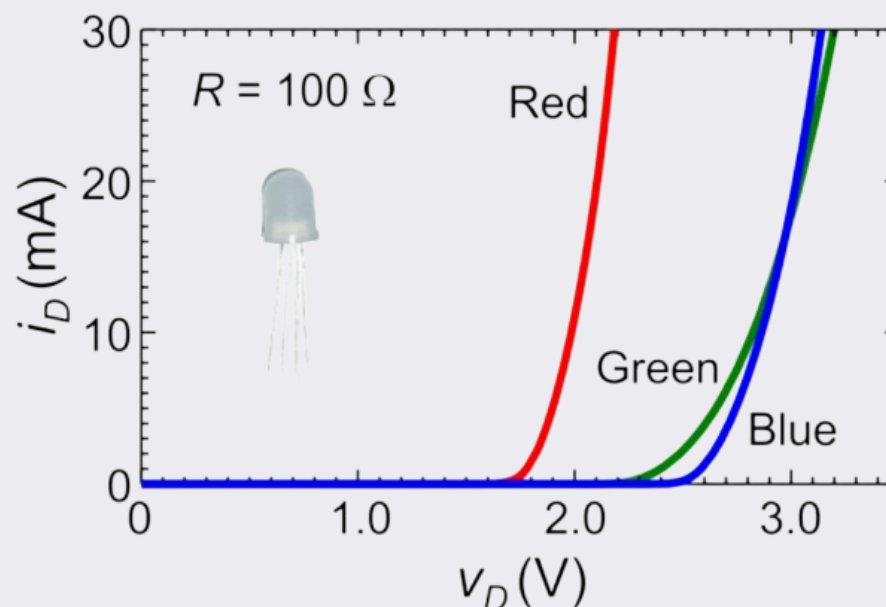
ΜΑΘΗΤΙΚΟ ΦΕΣΤΙΒΑΛ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ

16-20 Απριλίου 2024 | www.digifest.info

Κατασκευή I-V Χαρακτηριστικής Καμπύλης
με χρήση μικροελεγκτή ARDUINO

6° Γυμνάσιο Αγρινίου

Η I-V χαρακτηριστική καμπύλη



Η χαρακτηριστική καμπύλη τάσης ρεύματος (καμπύλη I-V), είναι μια γραφική αναπαράσταση της σχέσης μεταξύ της τάσης που εφαρμόζεται σε μια ηλεκτρική συσκευή και του ρεύματος που ρέει μέσω αυτής. Είναι μια από τις πιο κοινές μεθόδους για τον προσδιορισμό του τρόπου λειτουργίας μιας ηλεκτρικής συσκευής σε ένα κύκλωμα.

Ο σκοπός του Project

Η παραγωγή και απεικόνιση μιας I - V χαρακτηριστικής καμπύλης σε πραγματικό χρόνο για:

- Ένα LED

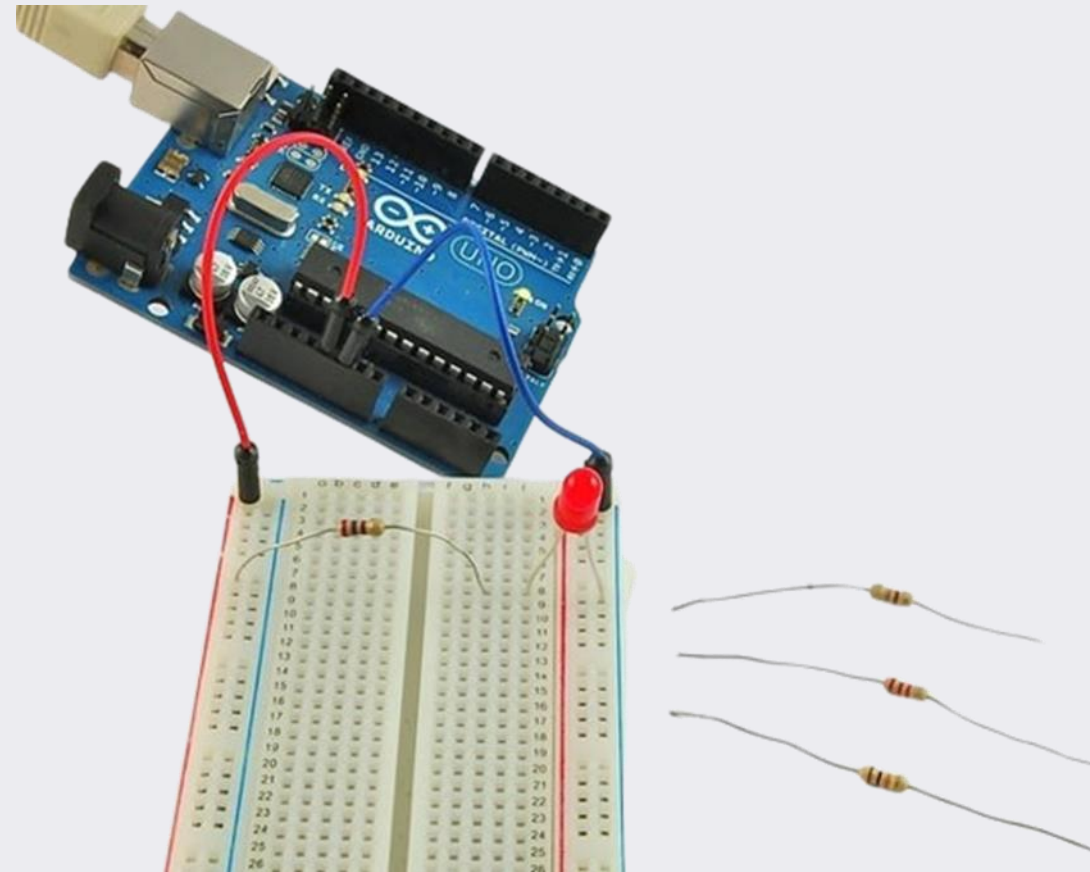


- Ένα Αντιστάτη χαμηλής ισχύος

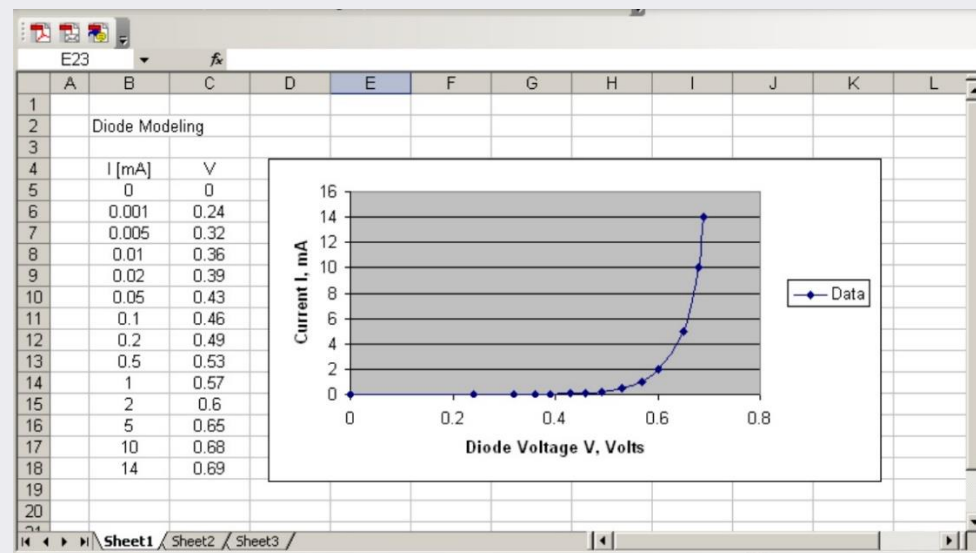


Για την επίτευξη του σκοπού μας χρησιμοποιήσαμε

- Ένα μικροελεγκτή ARDUINO
- Ένα breadboard
- Αντιστάτες
- LED
- Υπολογιστή



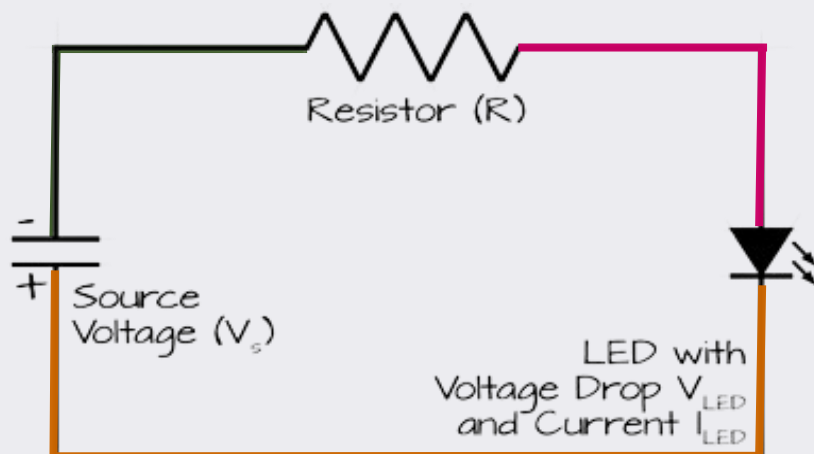
1^ο Ζητούμενο: Η παραγωγή μιας χαρακτηριστικής καμπύλης



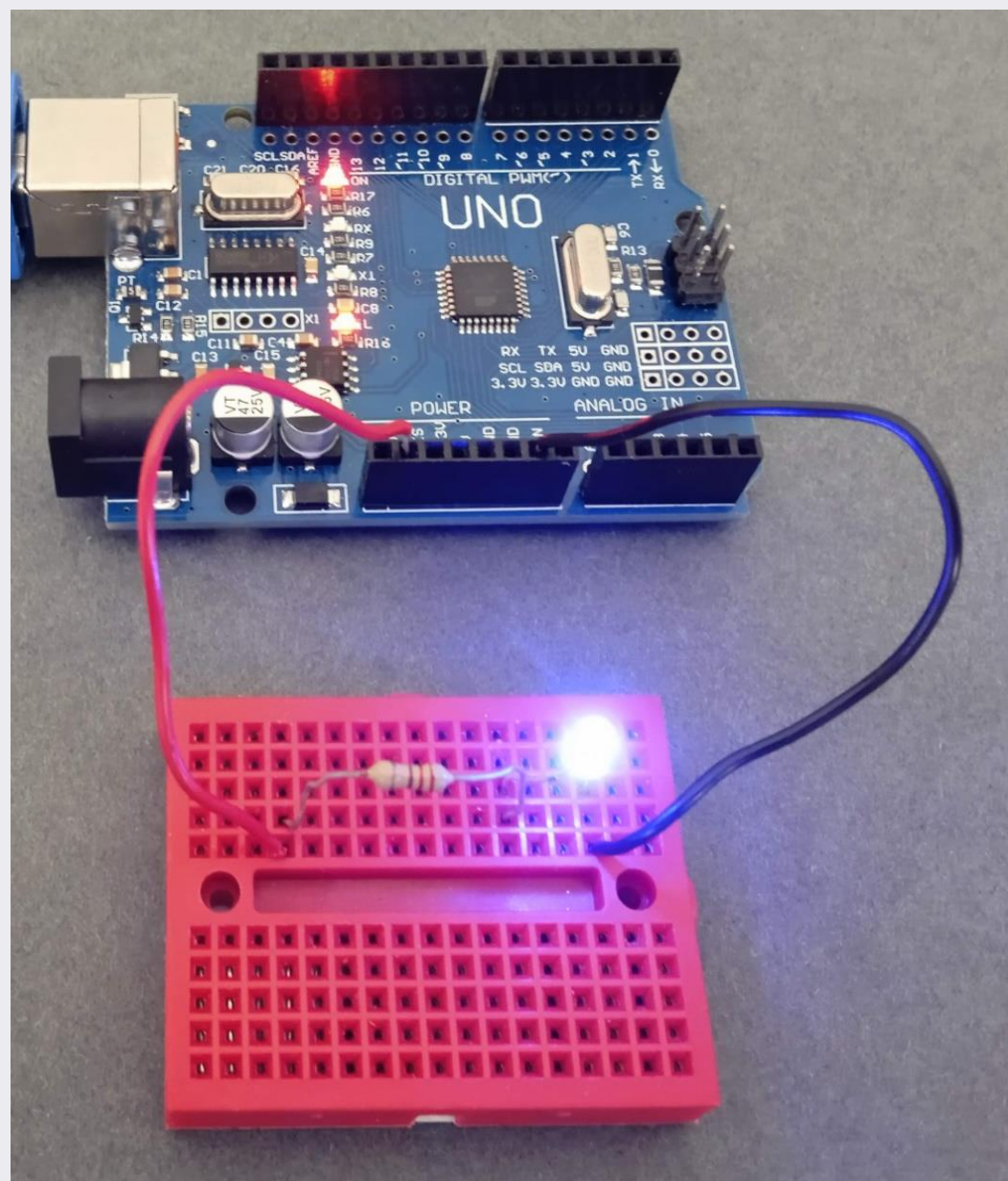
Για την παραγωγή της I - V καμπύλης χρειάζεται:

- Να κατασκευάσουμε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με πηγή, αντιστάτη και την ηλεκτρική συσκευή που μελετάμε.
- Να μεταβάλλουμε την τάση V_s της πηγής και για κάθε τιμή της V_s να μετράμε την τάση V στα άκρα του καταναλωτή, καθώς και το ρεύμα I που τον διαρρέει.
- Να καταγράφουμε τα δεδομένα.
- Να αναπαριστούμε τα δεδομένα σε ένα V - I διάγραμμα.

Το πρότυπο κύκλωμα

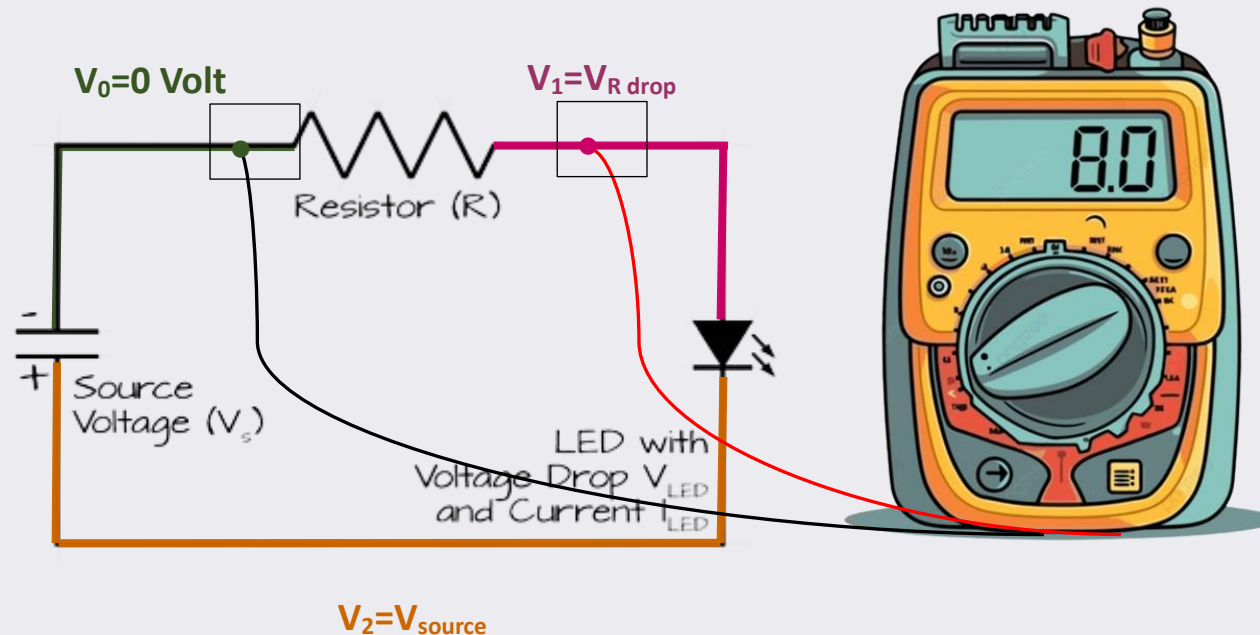


- Η πηγή (τροφοδοτικό) τροφοδοτεί με ενέργεια το κύκλωμα.
- Ο αντιστάτης μείωσης τάσης R_{drop} μειώνει την τάση στα άκρα του LED ή του δεύτερου αντιστάτη σε σχέση με την τάση της πηγής και μαζί με τα λοιπά στοιχεία του κυκλώματος ρυθμίζει την τιμή του ρεύματος.
- Το LED ή ο δεύτερος αντιστάτης αποτελούν την ηλεκτρική συσκευή τη χαρακτηριστική καμπύλη της οποίας μελετάμε.



Μετρήσαμε και υπολογίσαμε

Με την βοήθεια ενός πολύμετρου μετρήσαμε την μεταβολή του δυναμικού κατά μήκος του κυκλώματος. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις μας επέτρεψαν να κατανοήσουμε με ποιο τρόπο θα ενσωματωθεί το Arduino για την καταγραφή των τάσεων.



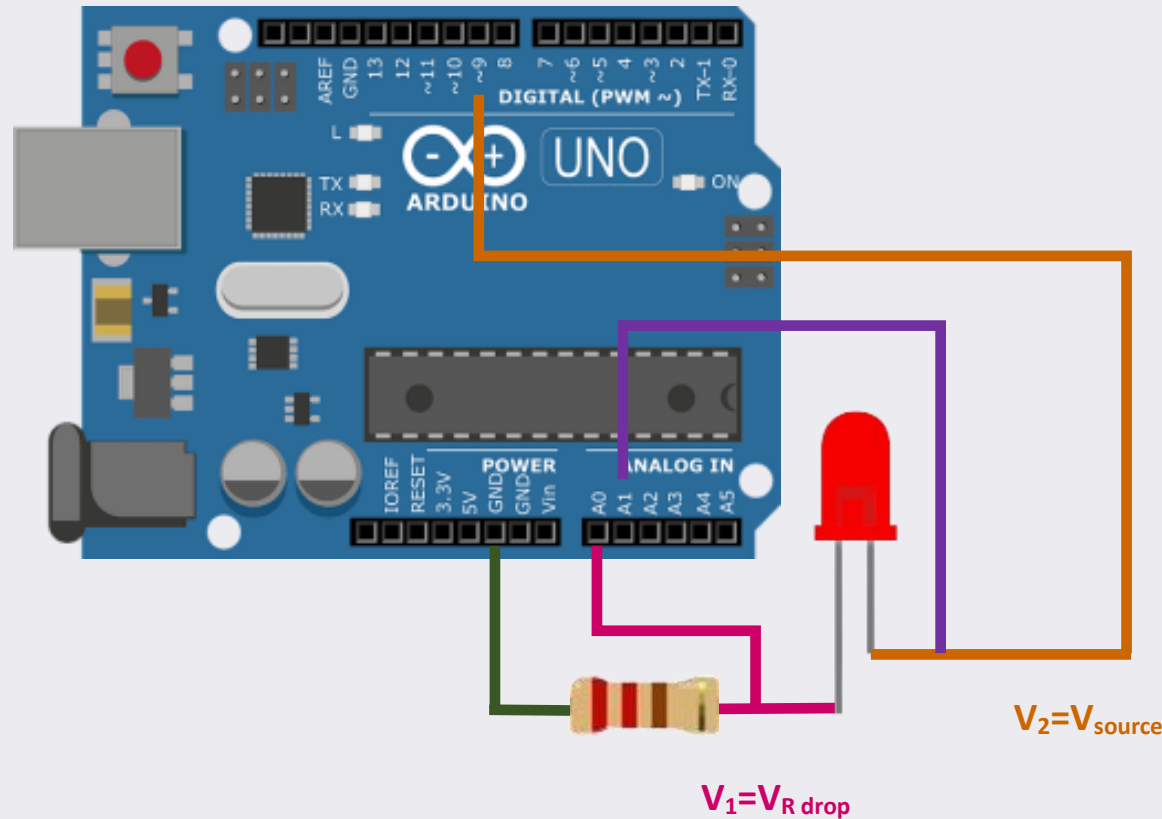
Μετρήσαμε

- Το δυναμικό στα σημεία **1** και **2** του κυκλώματος. $V_1 = V_{R \text{ drop}}$ και $V_2 = V_{\text{source}}$
- Την αντίσταση R_{drop}

Υπολογίσαμε

- Την ένταση του ρεύματος I από τον νόμο του $\Omega\mu$, $I = \frac{V_{R \text{ drop}}}{R_{\text{drop}}}$
- Την τάση στα άκρα του δεύτερου αντιστάτη ή του LED, $V_{LED} = V_2 - V_1$

2^ο Ζητούμενο: Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας



Επιδιώξαμε την αυτοματοποιημένη μεταβολής της τάσης της πηγής V_s και την αυτοματοποιημένη λήψη και απεικόνιση των δεδομένων της V - I καμπύλης σε πραγματικό χρόνο. Για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας ενσωματώσαμε ένα μικροελεγκτή ARDUINO και ένα υπολογιστή.

Το Arduino χρησιμοποιήθηκε ως:

- Πηγή μεταβαλλόμενης τάσης

Το Arduino μέσα από τις PWM (Pulse Width Modulation) εξόδους του μπορεί να δώσει αποτελεσματική τάση μεταξύ 0 και 5V ικανή να τροφοδοτήσει το εξωτερικό κύκλωμα. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε η ψηφιακή έξοδος 9 σε λειτουργία PWM.

- Καταγραφικό του δυναμικού σε επιμέρους σημεία του κυκλώματος

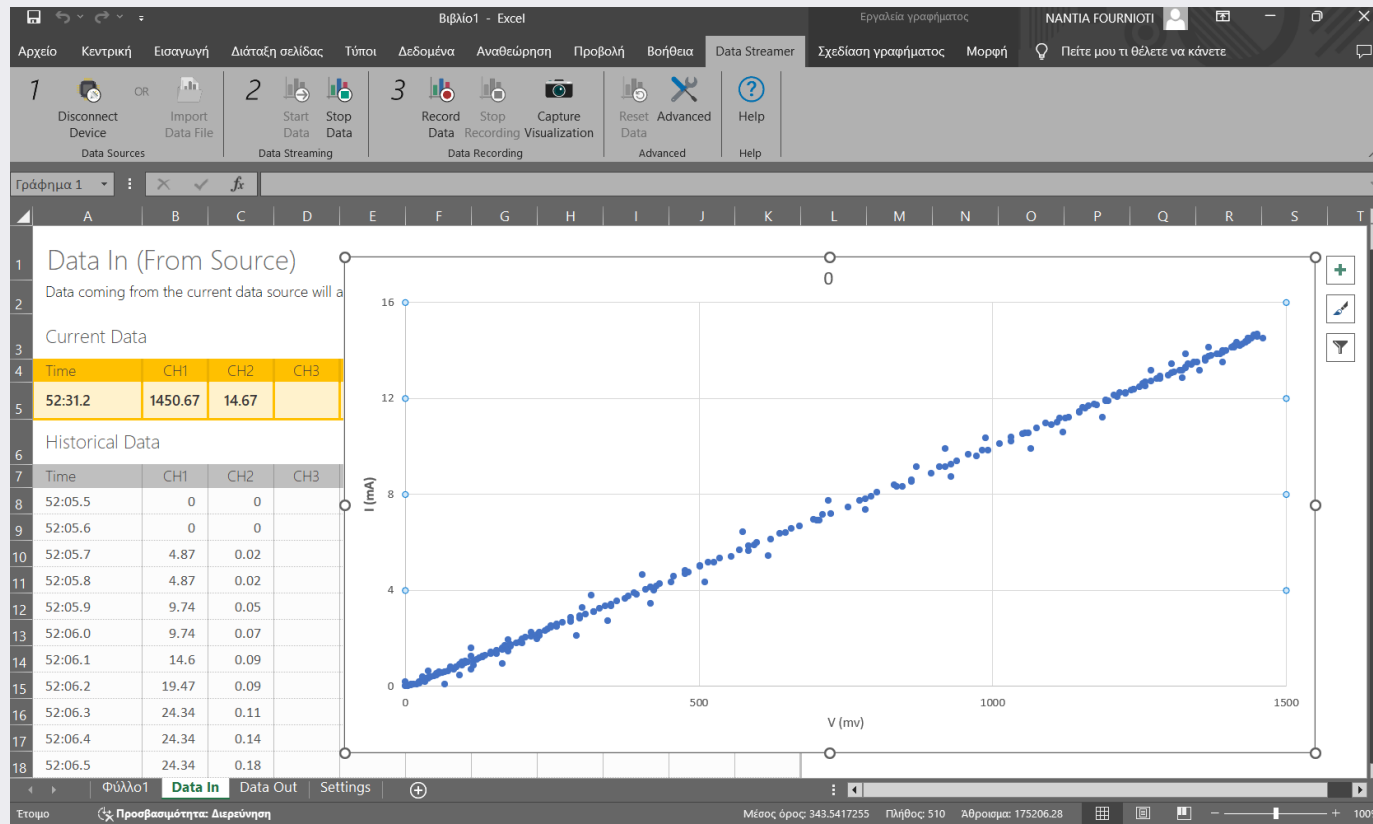
Το Arduino έχει εισόδους αναλογικού σήματος που μπορούν να ανιχνεύσουν σήματα τάσης μεταξύ 0 και 5V. Στην περίπτωση μας η αναλογική είσοδος A₀ διάβαζε την τάση $V_1 = V_{R\ drop}$ στα άκρα της R_{drop} και η αναλογική είσοδος A₁ την τάση τροφοδοσίας $V_2 = V_s$.

- Υπολογιστική μηχανή για τον προσδιορισμό του ρεύματος

Το Arduino μπορεί να κάνει υπολογισμούς σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από τις εισόδους του. Στην περίπτωση μας υπολογίσθηκαν η τάση στα άκρα του LED $V_{LED} = V_2 - V_1$ και το ρεύμα που το διαρρέει $I = V_{R\ drop} / R_{drop}$.

Το Arduino μπορεί να αποστέλλει σε πραγματικό χρόνο δεδομένα μέσω της σειριακής του θύρας σε υπολογιστή.

Ο υπολογιστής χρησιμοποιήθηκε ως:



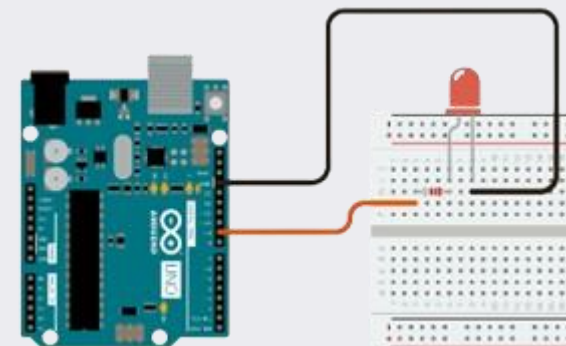
- Μέσο αποθήκευσης δεδομένων.

Τα δεδομένα μέσω της σειριακής θύρας καταχωρούνται αυτόματα, σε πραγματικό χρόνο σε ένα υπολογιστικό φύλλο excel με την βοήθεια του πρόσθετου Data Streamer της Microsoft.

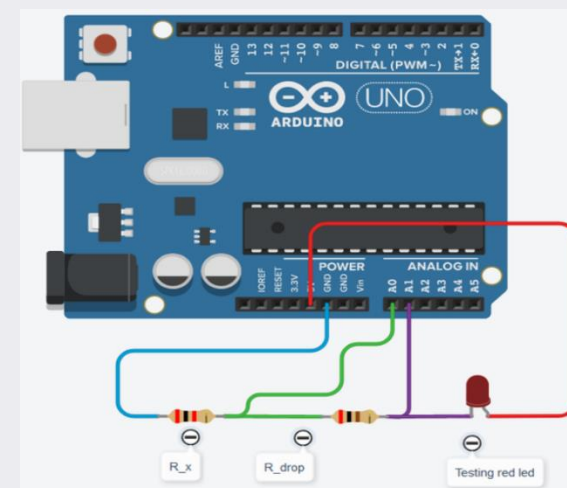
- Μέσο γραφικής αναπαράστασης των δεδομένων.

Για την υλοποίηση του project αντλήσαμε ιδέες από:

- Το **Fading LED project** όπου επιτυγχάνεται η σταδιακή μείωση της έντασης του ρεύματος σε ένα LED καθώς η ελεγχόμενη από το ARDUINO τάση τροφοδοσίας αυξομειώνεται ελεγχόμενα μεταξύ 0 και 5V.
<https://docs.arduino.cc/built-in-examples/basics/Fade/>



Το **I-V Curve with Arduino project** όπου επιτυγχάνεται η καταγραφή του δυναμικού σε επιμέρους σημεία του κυκλώματος και κατ' επέκταση ο υπολογισμός της τάσης σε ένα καταναλωτή και του ρεύματος που τον διαρρέει. <https://www.instructables.com/I-V-Curve-With-Arduino/>



Το **Fading LED project** δεν καταγράφει δυναμικό ενώ το **I-V Curve With Arduino project** δεν ελέγχει την τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος. Ο συνδυασμός των δύο project λειτουργεί συμπληρωματικά έχουμε τάση τροφοδοσίας που μεταβάλλεται με ελεγχόμενο αυτοματοποιημένο τρόπο και καταγραφή τάσεων για κάθε τιμή της τάσης τροφοδοσίας.

Συνδυάζοντας κώδικες

Ο κώδικας του *Fading LED project*

```
int led = 9; // the PWM pin the LED is attached to
int brightness = 0; // how bright the LED is
int fadeAmount = 5; // how many points to fade the LED by

void setup() {
  // declare pin 9 to be an output:
  pinMode(led, OUTPUT);
}

void loop() {
  // set the brightness of pin 9:
  analogWrite(led, brightness);
  // change the brightness for next time through the loop:
  brightness = brightness + fadeAmount;
  // reverse the direction of the fading at the ends of the fade:
  if (brightness == 0 || brightness == 255) {
    fadeAmount = -fadeAmount ;
  }
  // wait for 30 milliseconds to see the dimming effect
  delay(300);
}
```

Ο κώδικας του *I-V Curve with Arduino project*

```
float U = 4980; // voltage between GND and arduino VCC in mV = total voltage
float U1=0; // 1 probe
float U2=0; // 2 probe
float Ur=0; // voltage drop on shunt resistor
float U1=0; // voltage drop on led
float I =0; // total current in circuit
float R_drop=200; // resistance of shut resistor

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
}

void loop()
{
  U1 = float(analogRead(A0))/1023*U; // get voltage between GND and A0 in milliVolts
  U2 = float(analogRead(A1))/1023*U; // get voltage between GND and A1 in milliVolts
  Ur=U2-U1; // drop voltage on shunt resistor
  I=Ur/R_drop*1000; // total current in microAmps
  U1=U-U2; // voltage drop on led

  Serial.print("1 ");
  Serial.print(U1);
  Serial.print(" 2 ");
  Serial.print(U2);
  Serial.print(" //// ");
  Serial.print(" voltage drop on shunt resistor: ");
  Serial.print(Ur);
  Serial.print(" voltage drop on led: ");
  Serial.print(U1);
  Serial.print(" total current: ");
  Serial.println(I);

  // pause
  delay(500);
}
```

Ο δικός μας κώδικας

```
int led = 9; // the PWM pin the circuit is attached to
int brightness = 0; // how much voltage the circuit is applied, source voltage
int fadeAmount =1; // the increament step of source voltage

float U = 4980;
float U1=0; // Voltage probe 1
float U2=0; // Voltage probe 2
float UL=0; // voltage drop on led
float I =0; // total current in circuit
float R_drop=216; //Drop resistor value

// the setup routine runs once when you press reset:

void setup() {

  Serial.begin(9600) ;
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);}

void loop() {
```

```
    analogWrite(led, brightness); // set the brightness of pin 9:

    U1 = float(analogRead(A0))/1023*U; // get voltage between GND and A0 in milliVolts
    U2 = float(analogRead(A1))/1023*U; // get voltage between GND and A1 in milliVolts

    I=U1/R_drop; // total current in microAmps
    UL=U2-U1; // voltage on LED

Serial.print(UL);
Serial.print (",");
Serial.println (I);

    brightness = brightness + fadeAmount; // change the source voltage for next time through the
loop:

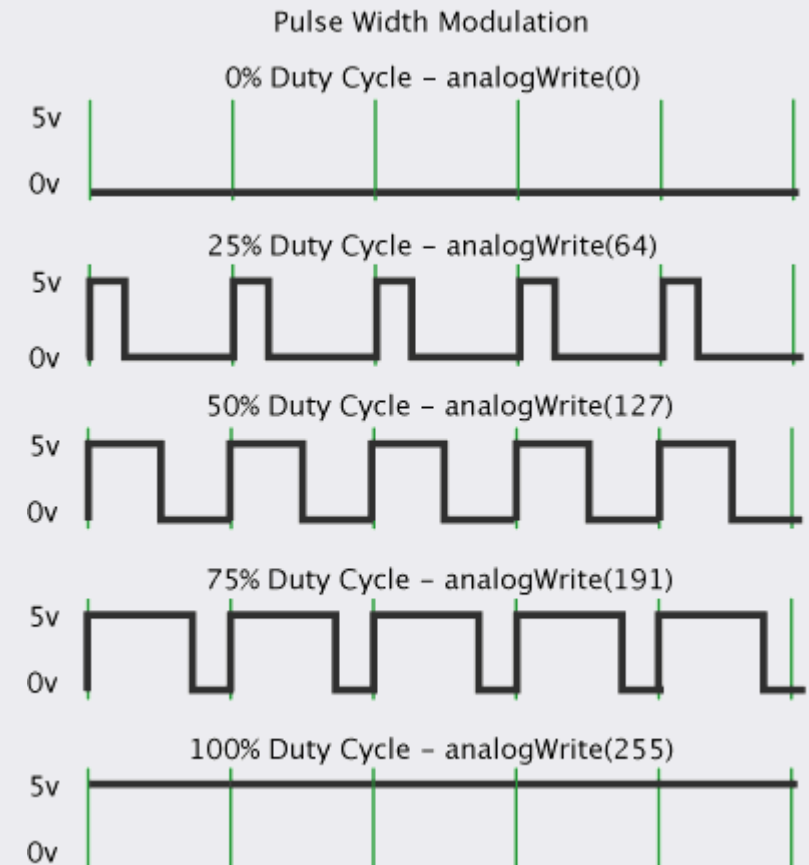
    //if the source voltage is in the upper limit zero the source voltage
    if (brightness == 255)
    brightness=0;
    analogWrite(led, brightness);

    while (brightness == 0) delay(10000); //at the end keep source voltage 0

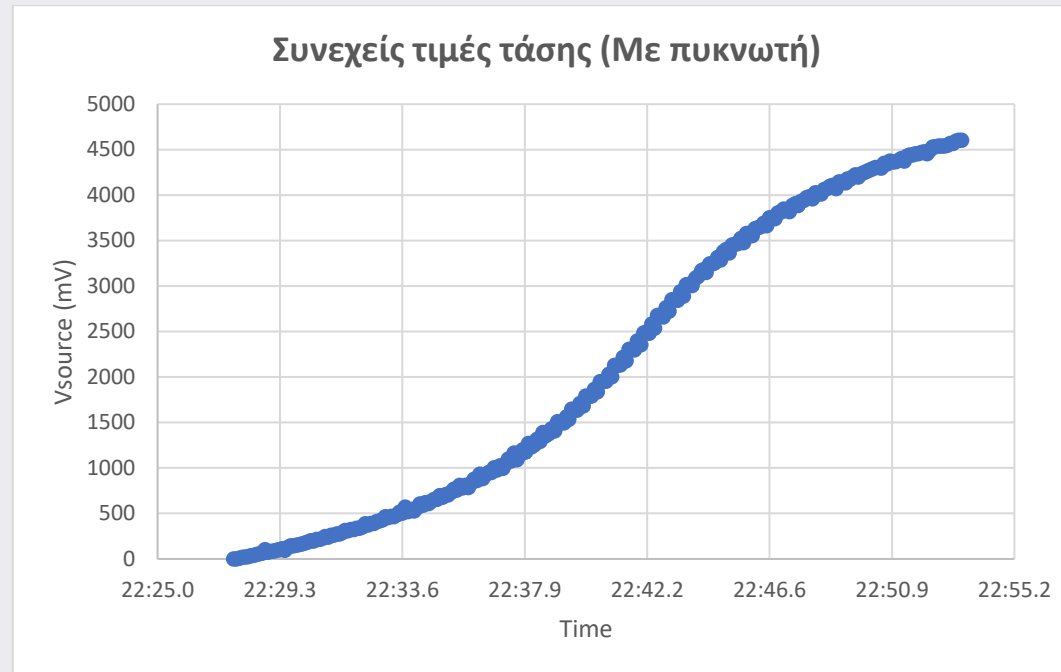
    delay(30); // wait for 30 milliseconds to see the values
}
```

Το πρόβλημα που συναντήσαμε

Η PWM τάση δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται πολύ γρήγορα την στιγμή της δειγματοληψίας και δεν μπορούμε να πάρουμε σταθερές τιμές δυναμικού στα επιμέρους σημεία του κυκλώματος.

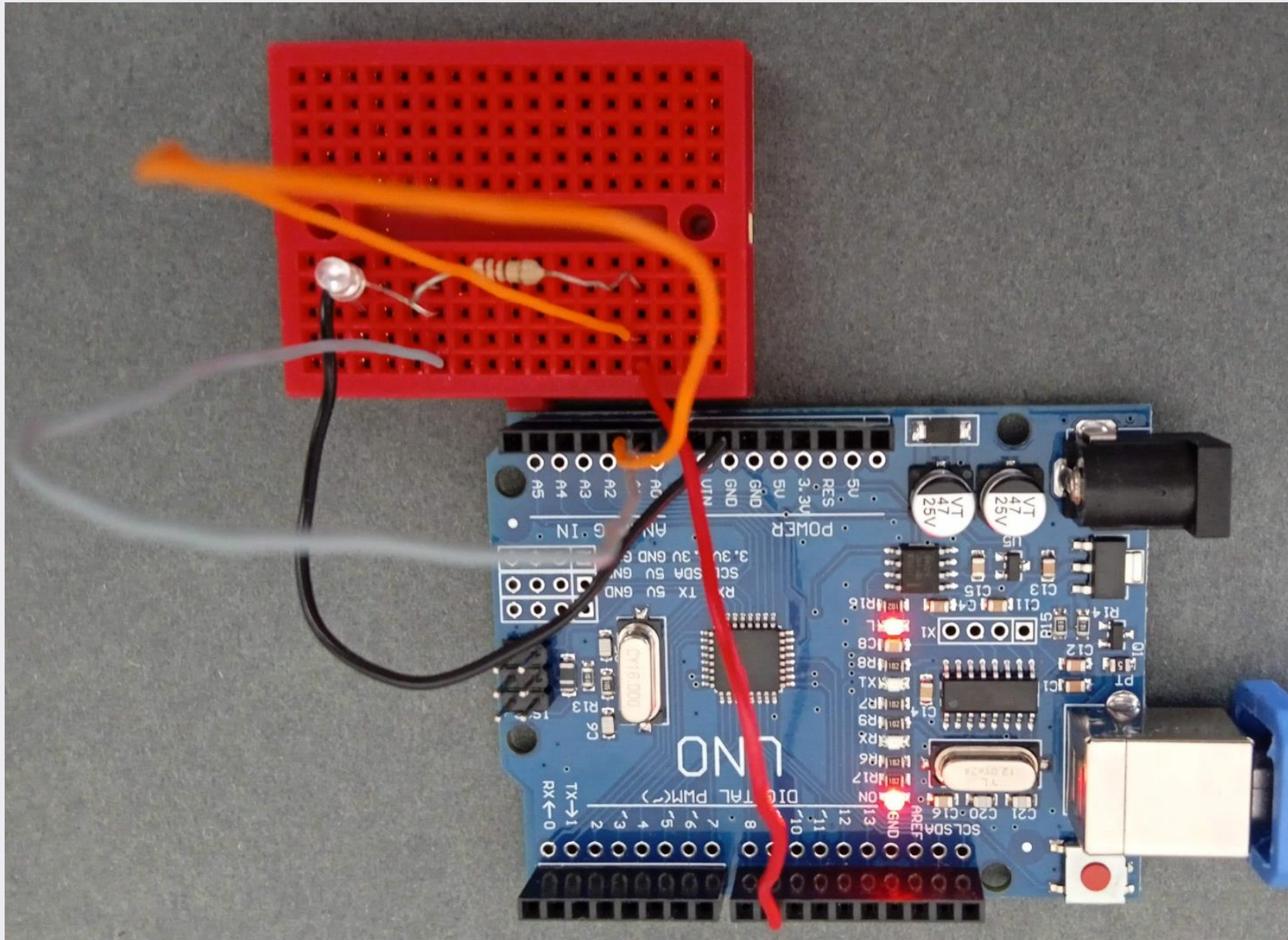


Για τον λόγο αυτό προσθέσαμε ένα πυκνωτή στην PWM τάση εξόδου του Arduino με σκοπό την εξομάλυνση και σταθεροποίηση της τάσης τροφοδοσίας του κυκλώματος και των τάσεων των επιμέρους στοιχείων του κυκλώματος.

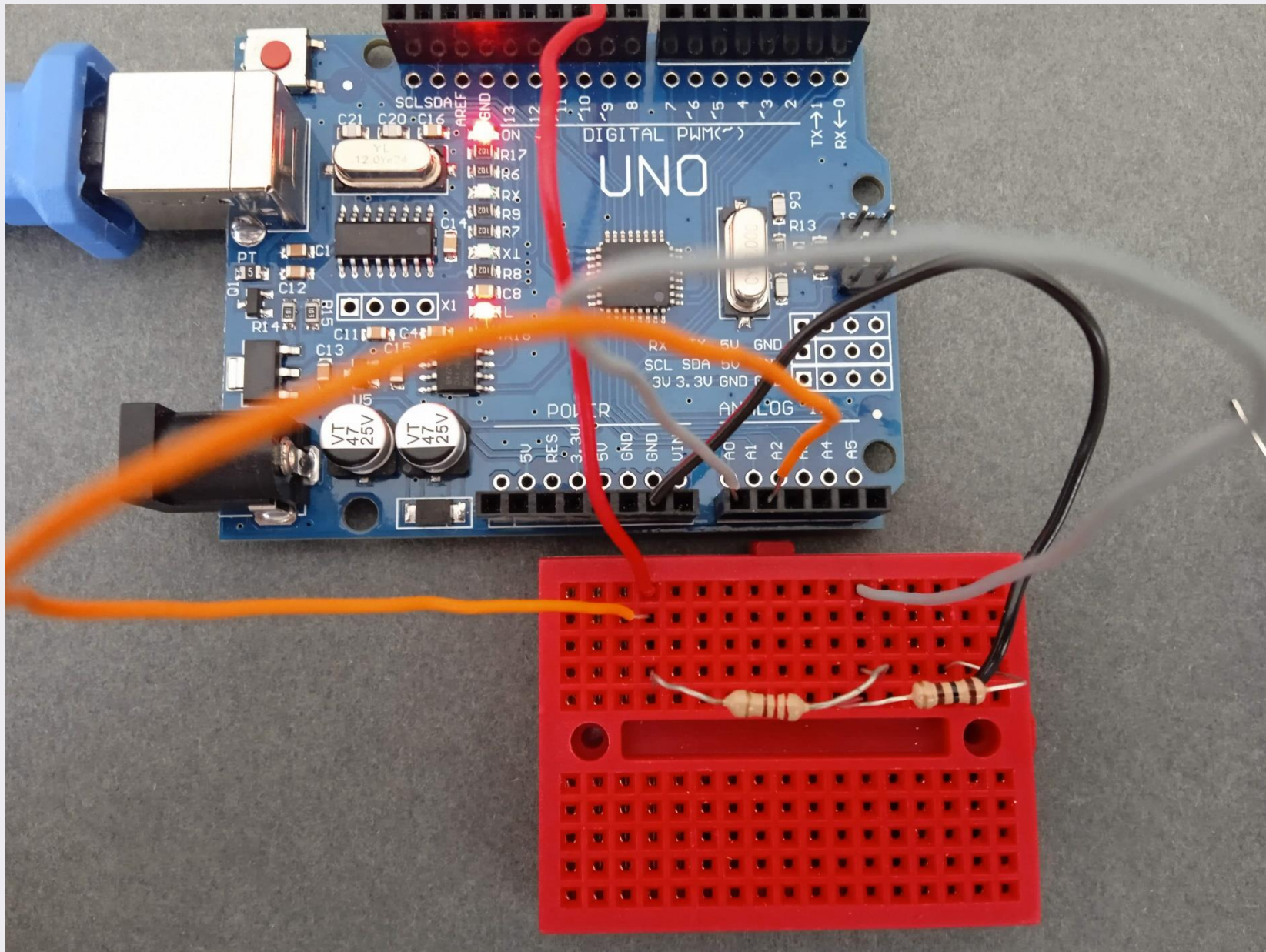


Οι $V-I$ χαρακτηριστικές που καταγράψαμε

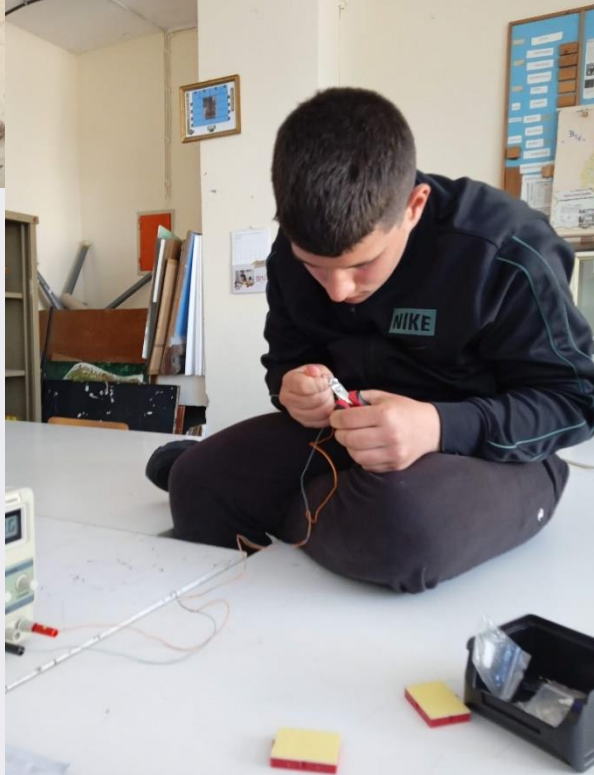
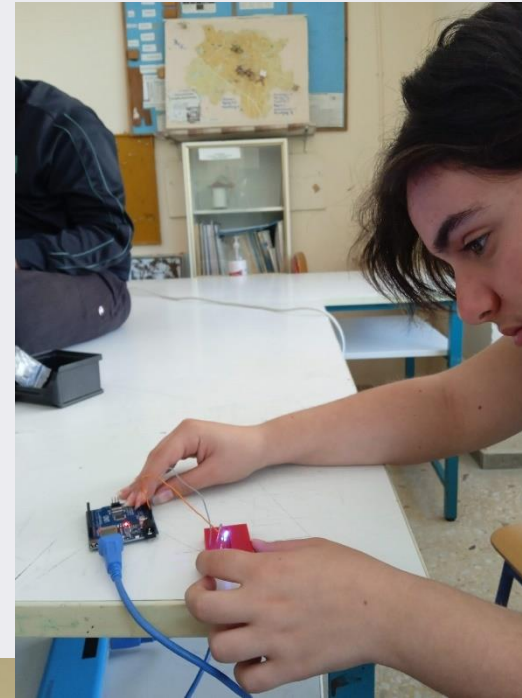
Χαρακτηριστική καμπύλη λυχνίας LED



Χαρακτηριστική καμπύλη Αντιστάτη



Φωτογραφικό Υλικό



ΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ

Ακαρέπης Σπυρίδων

Αναστασίου Παναγιώτης

Διώτης Ανδρέας

Κακαβά Όλγα

Καζάκος Ραφαήλ Χρήστος

Καλαμάρης Αλέξανδρος

Καντζούρος Δημήτριος

Κόλλαρης Παναγιώτης

Μέρκου Σπυριδούλα

Νάτσης Γεώργιος

Σβέρκα Παναγιώτα

Τσέτικα Νεφέλη Όλγα

Τσιρογιάννη Νεφέλη Κυριακή

Ψαρουδάκη Μαρία Ζουμπουλία

Οι εκπαιδευτικοί: Καρανάσος Ευάγγελος, Ανδρομανέτσικου Χρυσούλα, Ζαβιτζάνου Μαρία