



ΜΑΘΗΤΙΚΟ ΦΕΣΤΙΒΑΛ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ

7-11 Μαΐου 2025 | www.digifest.info

Μέτρηση της χωρητικότητας μιας μπαταρίας
με χρήση μικροελεγκτή Arduino

6^ο Γυμνάσιο Αργινίου

Τι είναι η χωρητικότητα μιας μπαταρίας

Στην βιβλιογραφία κυκλοφορούν αρκετοί ορισμοί περισσότερο ή λιγότερο επιτυχημένοι, άλλοι περισσότερο προσανατολισμένοι στην **επιστήμη** και άλλοι στην **μηχανική**. Δύο πολύ καλοί ορισμοί είναι οι ακόλουθοι.

Χωρητικότητα μίας μπαταρίας είναι το συνολικό φορτίο που μπορεί να περάσει μέσα από μία μπαταρία, το φορτίο στο οποίο η μπαταρία μπορεί να δώσει την ενέργεια της, προτού αυτή εκφορτιστεί.

Χωρητικότητα μίας μπαταρίας είναι το μέγεθος που εκφράζει την μέγιστη ποσότητα του ρεύματος που μια μπαταρία μπορεί να εξασφαλίσει σε ένα κύκλωμα σε χρόνο μίας ώρας πριν αυτή εκφορτιστεί.

Μονάδα Χωρητικότητας

Μονάδα χωρητικότητας είναι το 1 Ah που ισούται με:

$$1Ah = 1A \bullet 1h = 1A \bullet 3600sec = 3600C$$

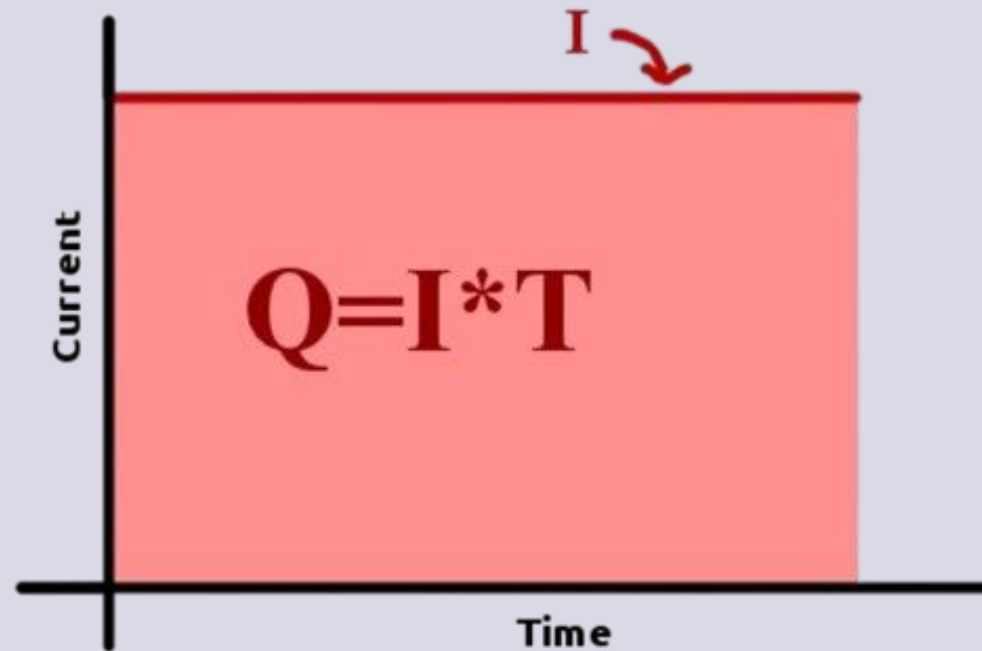
Συνήθης Μονάδα Χωρητικότητας για τις οικιακές μπαταρίες είναι το 1 mAh που ισούται με:

$$1mAh = 1mA \bullet 1h = 0.001A \bullet 3600sec = 3.6C$$

Για μια μπαταρία 1Ah = 1000mAh ισχύει ότι:

- Μπορεί να δώσει ενέργεια σε συνολικό φορτίο 3600C πριν αυτή εκφορτιστεί.
- Μπορεί να εξασφαλίσει ρεύμα στο κύκλωμα το πολύ 1A για μία ώρα 1h, 0,5A για 2h, 0,25A για 4h κ.ο.κ, πριν αυτή εκφορτιστεί.

Υπολογισμός Φορτίου Εκφόρτισης για Σταθερό Ρεύμα



Για σταθερό ρεύμα το φορτίο που διέρχεται από την μπαταρία, το φορτίο στο οποίο η μπαταρία δίνει ενέργεια σε χρόνο t , ισούται με

$$Q=I \cdot t$$

Το πρόβλημα

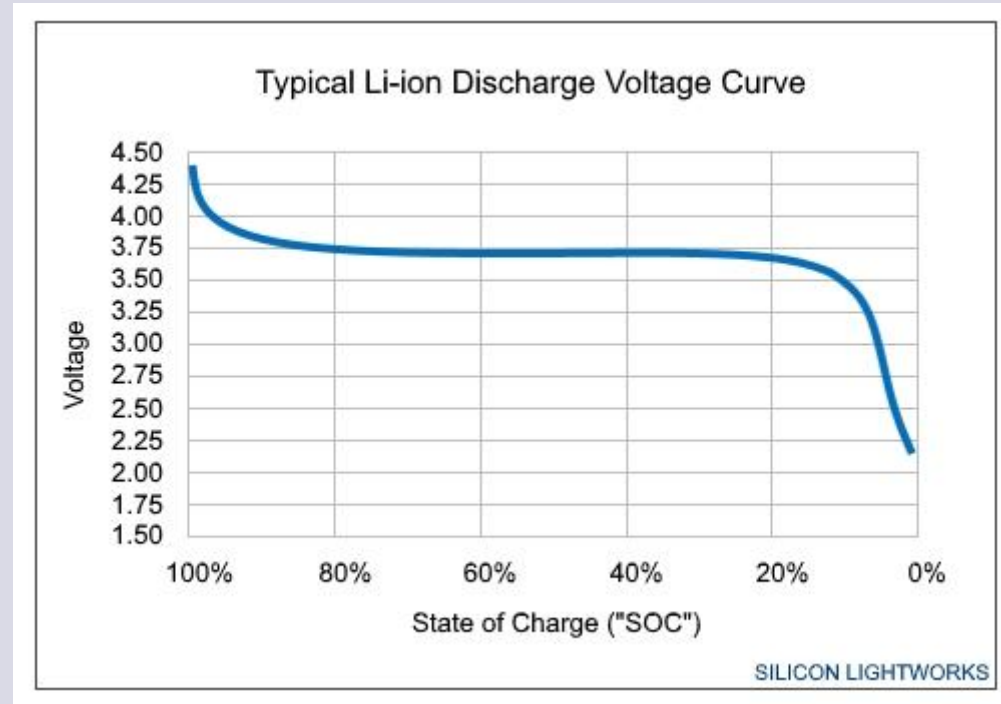
Σχεδόν πάντα το **ρεύμα** που διαρρέει μια μπαταρία, το φορτίο στο οποίο δίνει ενέργεια η μπαταρία στην μονάδα του χρόνου, **δεν είναι σταθερό**.

Το φορτίο δεν μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση $Q=I \cdot t$ αφού το ρεύμα I δεν έχει σταθερή τιμή

Τα αίτια

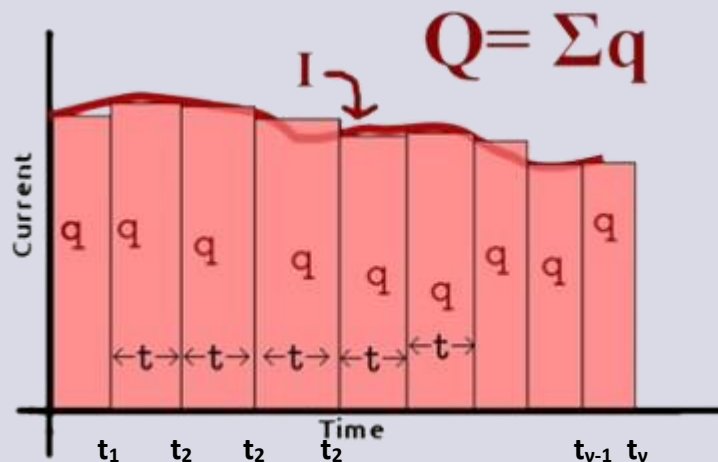
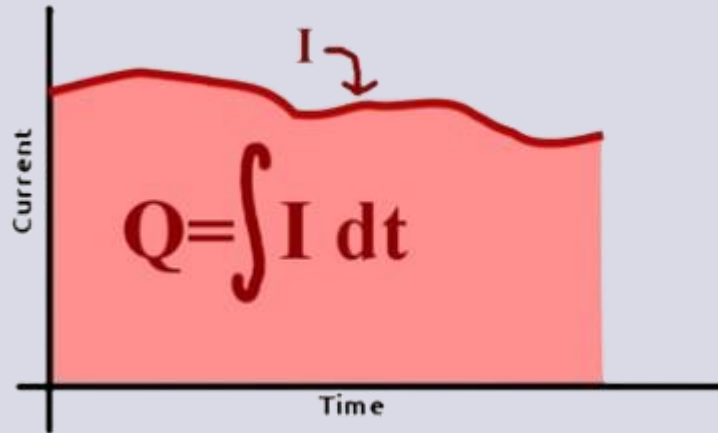
- Κατά την εκφόρτιση μιας μπαταρίας η τάση της, άρα και το ρεύμα που προσφέρει στο κύκλωμα, σταδιακά μειώνεται.
- Το ρεύμα που διαρρέει την συνδεδεμένη συσκευή γενικά μεταβάλλεται ανάλογα με τις εκάστοτε ενεργειακές ανάγκες της συσκευής.

Καμπύλη Εκφόρτισης Μπαταρίας



Η Καμπύλη εκφόρτισης δείχνει τον τρόπο με τον οποίο αλλάζει η τάση μιας μπαταρίας με την πάροδο του χρόνου καθώς αυτή αποφορτίζεται, καθώς δηλαδή δίνει την αποθηκευμένη ενέργειά της στο φορτίο. Είναι μια γραφική αναπαράσταση της σχέσης μεταξύ της κατάστασης φόρτισης της μπαταρίας (ή τα mAh που έχει αποθηκευμένα) και της τάσης εξόδου της κατά τη διαδικασία της εκφόρτισης.

Η λύση



Θεωρούμε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα τέτοια ώστε το ρεύμα να θεωρείται πρακτικά σταθερό

Για κάθε τέτοιο χρονικό διάστημα η μπαταρία δίνει σε φορτίο $q_v = I_v \cdot (t_v - t_{v-1})$

Το συνολικό φορτίο που έχει διέλθει από την πηγή είναι

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots$$

Το Project μας



Μετρήσαμε την χωρητικότητα μίας πραγματικής μπαταρίας τύπου 18650 όπως αυτές που χρησιμοποιούνται ως στοιχεία σε φορητούς υπολογιστές και ασύρματες ηλεκτρικές συσκευές.

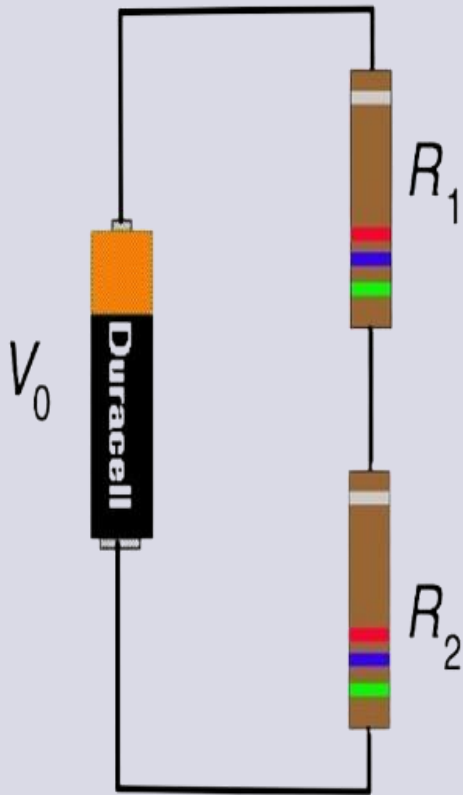
Φορτίσαμε πλήρως την μπαταρία και την υποβάλαμε σε εκφόρτιση μέσω ενός αντιστάτη. Σκοπός μας ήταν

- Η παρακολούθηση της εξέλιξης των τιμών του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα
- Ο σε πραγματικό χρόνο υπολογισμός του συνολικού φορτίου που έχει διέλθει από την πηγή σε διαδοχικές χρονικές στιγμές από την στιγμή της πλήρους φόρτισης μέχρι την στιγμή της εκφόρτισης

Για να επιτύχουμε τον στόχο μας χρησιμοποιήσαμε

- Ένα μικροελεγκτή ARDUINO
- Ένα breadboard
- Μία οθόνη LCD
- Αντιστάτη
- Μια μπαταρία τύπου 18650
- Ένα υπολογιστή

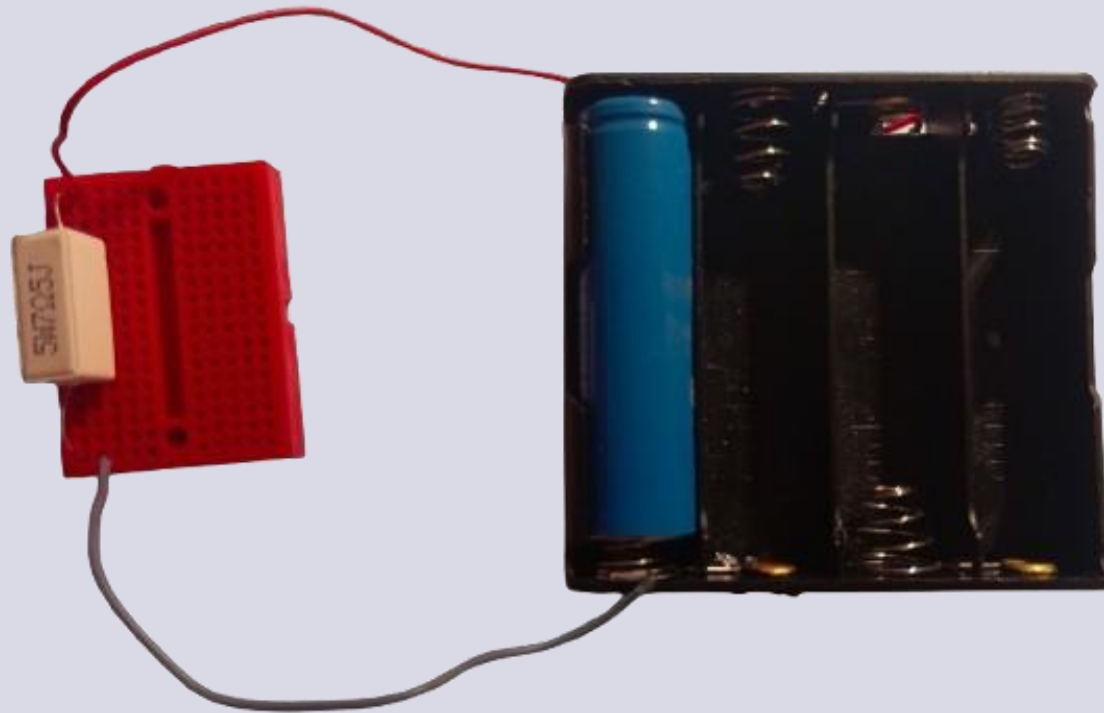
Το ρεύμα κατά την εκφόρτιση μέσω αντιστάτη



Σε αυτόν τον τρόπο εκφόρτισης, μια σταθερή αντίσταση συνδέεται με την μπαταρία καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας εκφόρτισης. Η τάση και το ρεύμα της μπαταρίας μειώνονται με τον ίδιο τρόπο καθώς η μπαταρία εκφορτίζεται, ενώ ο λόγος τους παραμένει σταθερός ίσος με την αντίσταση.

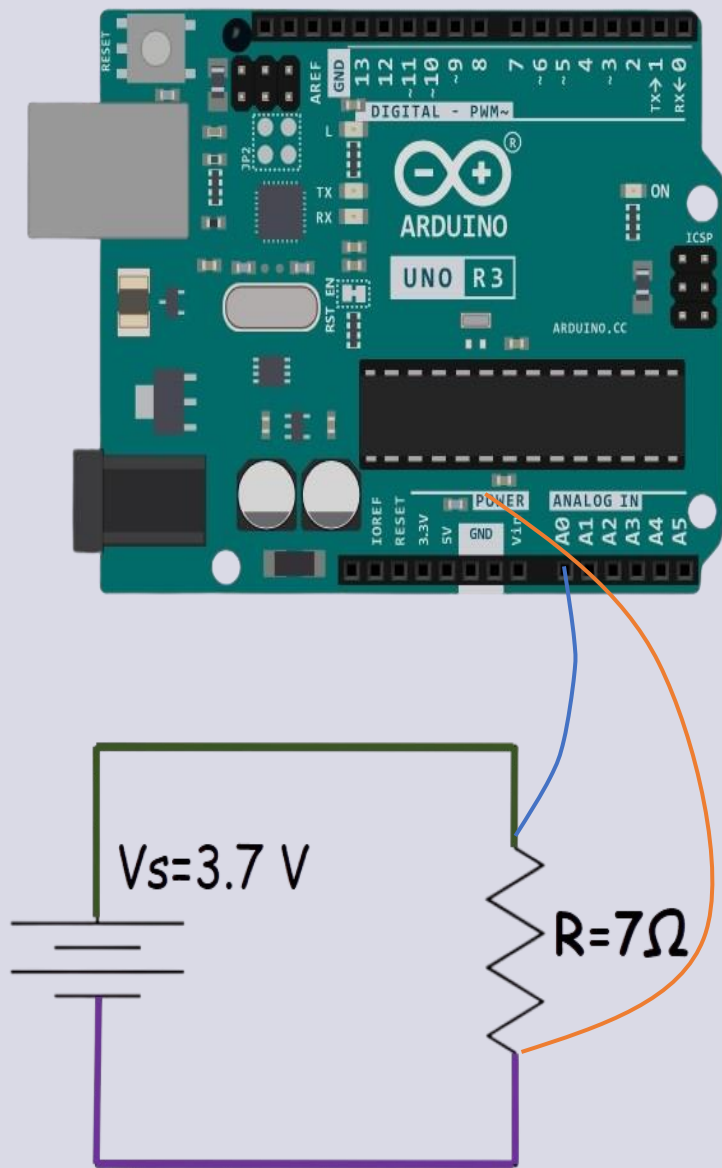
$$R = \frac{V}{I}$$

Το πρότυπο κύκλωμα



Η πηγή μας συνδέθηκε με αντιστάτη 7Ω ισχύος $5W$ ικανό να αντέξει τάσεις έως περίπου $6V$ πολύ πάνω από την εφαρμοζόμενη.

Το Arduino χρησιμοποιήθηκε ως καταγραφικό του δυναμικού στα άκρα του αντιστάτη



Το Arduino έχει εισόδους αναλογικού σήματος που μπορούν να ανιχνεύσουν σήματα τάσης μεταξύ 0 και 5V. Στην περίπτωση μας η αναλογική είσοδος A_0 μετράει την τάση V_R στο ένα άκρο του αντιστάτη ενώ το άλλο άκρο του αντιστάτη και ο αρνητικός πόλος της πηγής είναι συνδεδεμένα στην γείωση (GND $V=0\text{ Volt}$) του Arduino. Το Arduino επιτρέπει πολύ πυκνή δειγματοληψία τιμών, σε χρονικές στιγμές $t_1, t_2, t_3, \dots, t_{v-1}, t_v$

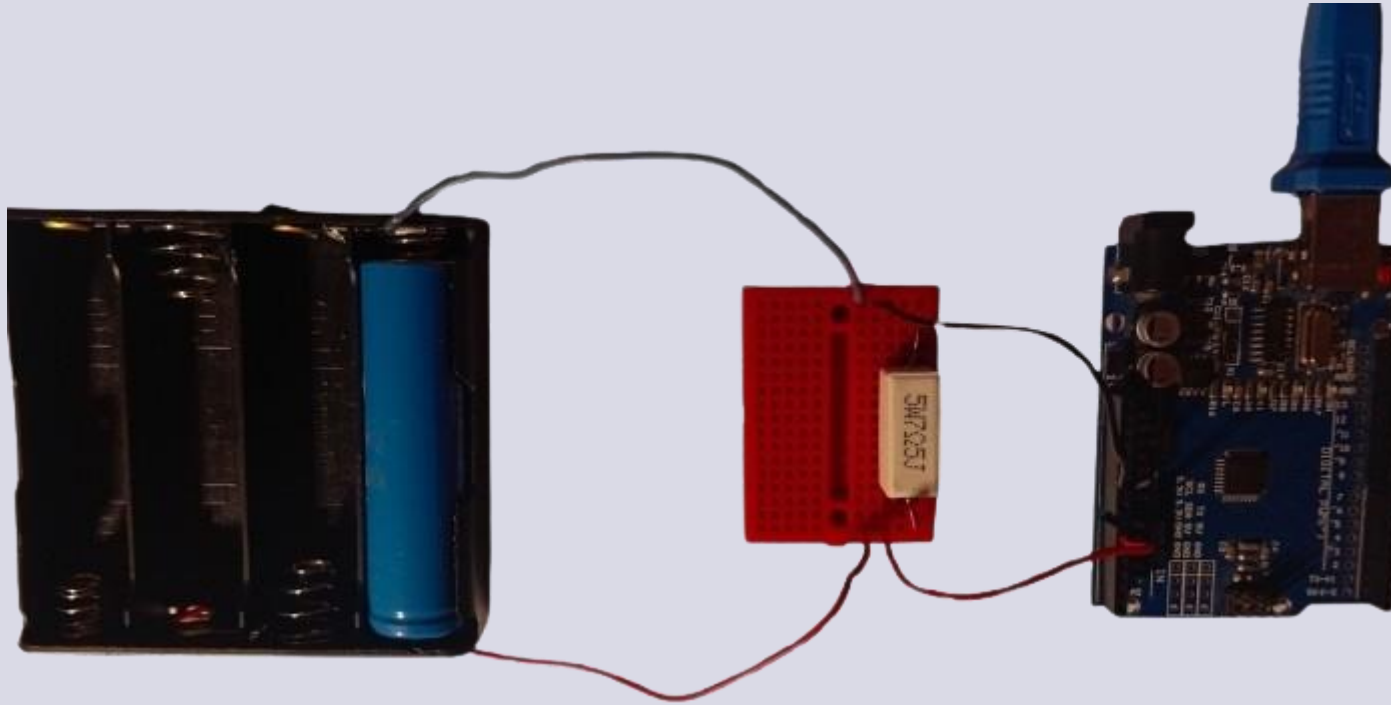
Το Arduino χρησιμοποιήθηκε ως Υπολογιστική μηχανή

Το Arduino μπορεί να κάνει υπολογισμούς σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από τις εισόδους του. Στην περίπτωση μας Μετρήθηκε

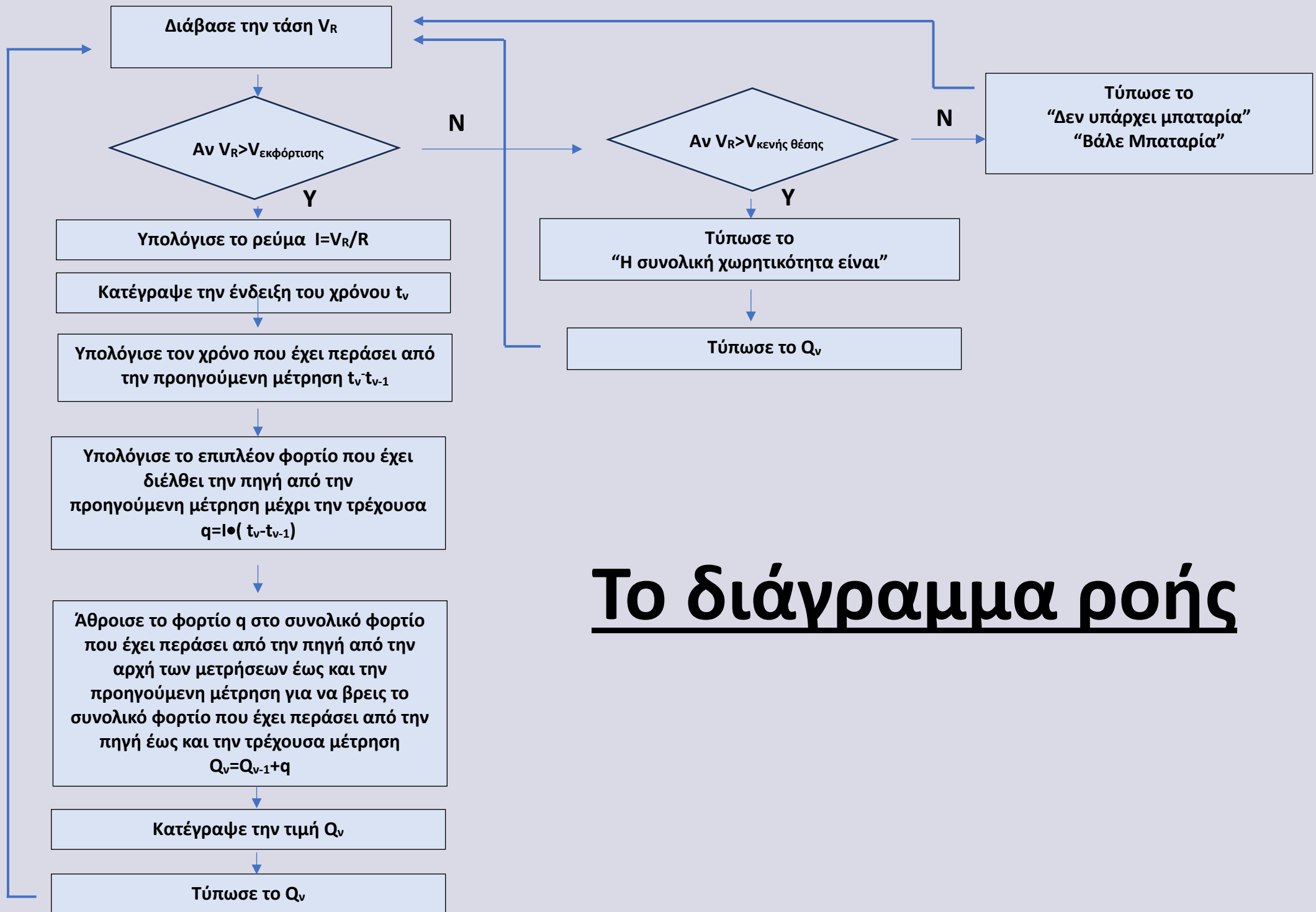
- η τάση στα άκρα του αντιστάτη $V_R = V_{A0}$

Υπολογίσθηκαν:

- το ρεύμα που διαρρέει την μπαταρία και τον αντιστάτη $I = V_R / R$
- το φορτίο $q_v = I_v \bullet (t_v - t_{v-1})$ που έχει διέλθει από την μπαταρία για τα χρονικά διαστήματα $t_2 - t_1, t_3 - t_2, \dots, t_v - t_{v-1}$.
- Το συνολικό φορτίο $Q = q_1 + q_2 + \dots + q_v$ που έχει διέλθει και πάρει ενέργεια από την μπαταρία την εκάστοτε χρονική στιγμή t_v .



Το Arduino μπορεί να παίρνει μετρήσεις και κάνει υπολογισμούς πάρα πολύ γρήγορα. Μεταξύ δύο μετρήσεων και των αντίστοιχων υπολογισμών η τάση και το ρεύμα δεν προλαβαίνουν να αλλάξουν. Ο τύπος $q_v = I_v \cdot (t_v - t_{v-1})$ δίνει με πολύ μεγάλη ακρίβεια το φορτίο που έχει διέλθει από την πηγή μεταξύ των χρονικών στιγμών t_{v-1} και t_v .



Το διάγραμμα ροής

Ο κώδικας

```
float U = 5; // measured with multimeter voltage between GND and arduino VCC
```

```
float Ur=0; // voltage drop on shunt resistor
```

```
float I =0; // total current in circuit
```

```
float R=7; // resistance of shunt resistor
```

```
float Capacity = 0.0; // Capacity in mAh
```

```
float Current = 0.0; // Current in Amp
```

```
float mA=0;
```

```
unsigned long previousMillis = 0; // Previous time in ms
```

```
unsigned long millisPassed = 0; // Current time in ms
```

```
float Bat_Low = 2.5; // Voltage of discharged battery
```

```
float Bat_No = 1; // Voltage is less than 1 volt in case of no battery
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  pinMode(A0, INPUT);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{  
  
Ur = float(analogRead(A0))/1023*U; // get voltage between GND and A0 in milliVolts  
  
  
if ( Ur > Bat_Low)  
{  
  
I=Ur/R; // total current in milliAmps  
  
millisPassed = millis() - previousMillis;  
  
Capacity = Capacity + I*1000*(millisPassed / 3600000.0); // 1 Hour = 3600000ms  
  
previousMillis = millis();  
  
  
Serial.print("V="); Serial.print(Ur); Serial.println("Volt");  
  
Serial.print("I="); Serial.print(I); Serial.println("A");  
  
Serial.print("Capacity="); Serial.print(Capacity); Serial.println("mAh");  
  
Serial.println("_____");  
  
  
delay(500);  
  
}  
  
  
if((Bat_No < Ur) && (Ur < Bat_Low))  
{  
  
Serial.println("Battery is discharged");  
  

```

```
Serial.print("The total Capacity of the battery is ");
```

```
Serial.print(Capacity);
```

```
Serial.println (" mAh");
```

```
while ((Bat_No < Ur) && (Ur < Bat_Low)) {Ur = float(analogRead(A0))/1023*U; Capacity=0; previousMillis = millis();}  
}
```

```
if(Ur < Bat_No)
```

```
{
```

```
Serial.println("There is no Battery to measure");
```

```
while (Bat_No > Ur) { Ur = float(analogRead(A0))/1023*U; Capacity=0; previousMillis = millis(); }
```

```
}
```

```
}
```

Οι μετρήσεις

```

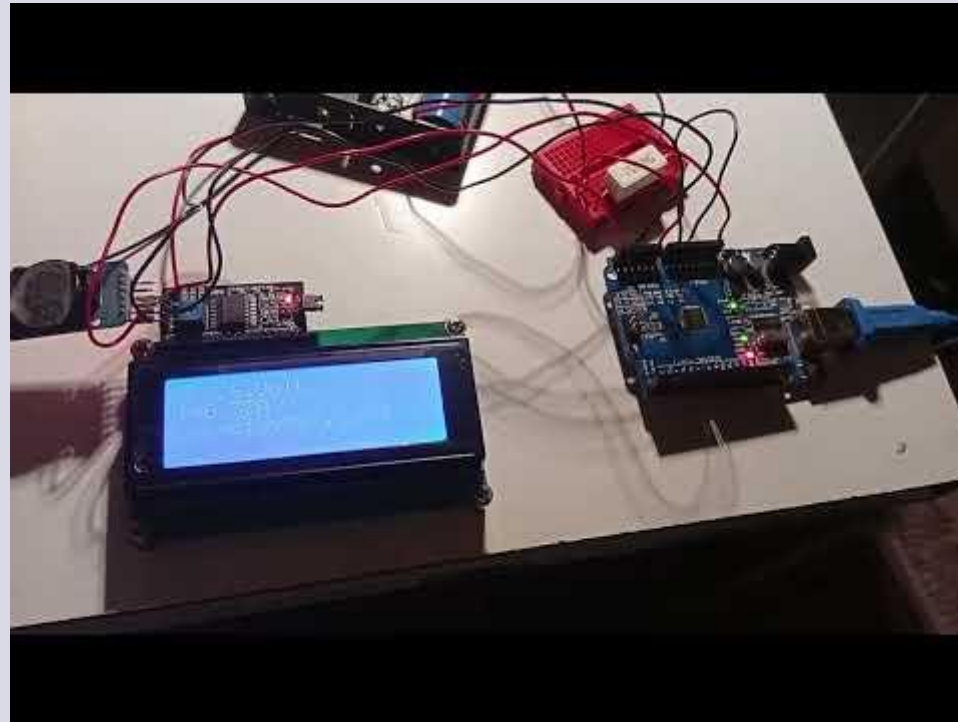
1 // C++ program to print first 10 Fibonacci numbers
2
3 #include <iostream>
4 using namespace std;
5
6 // Function to print first n Fibonacci numbers
7 void printFibonacci(int n)
8 {
9     // Initialize first two Fibonacci numbers
10    int a = 0, b = 1;
11
12    // Print the first n Fibonacci numbers
13    for (int i = 0; i < n; i++)
14    {
15        cout << a << " ";
16        // Calculate the next Fibonacci number
17        int c = a + b;
18        a = b;
19        b = c;
20    }
21 }
22
23 // Driver code
24 int main()
25 {
26     // Print first 10 Fibonacci numbers
27     printFibonacci(10);
28     return 0;
29 }

```

Output: 0 1 1 2 3 5 8 13 21 34

<https://youtu.be/rYVeq6CyhI4>

Το Arduino ως ανεξάρτητη συσκευή μέτρησης της χωρητικότητας μιας μπαταρίας



<https://youtu.be/RZCIV1GiAx0>

Οι συντελεστές

Κυριλή Ελευθερία

Μέι Γιου Τζούν

Πασχέντης Παύλος Νεκτάριος

Σουραβλιάς Δημήτριος Γεώργιος

Σοχωρίτη Άλκιστης

Τσάικου Μιχέλα

Καπέλης Χρήστος

Καράτσαλου Σωτηρία

Ο εκπαιδευτικός: Καρανάσος Ευάγγελος