

## Ψηφιακά Συστήματα Μετρήσεων

Arduino # Raspberry Pi  
Processing # Python # MATLAB

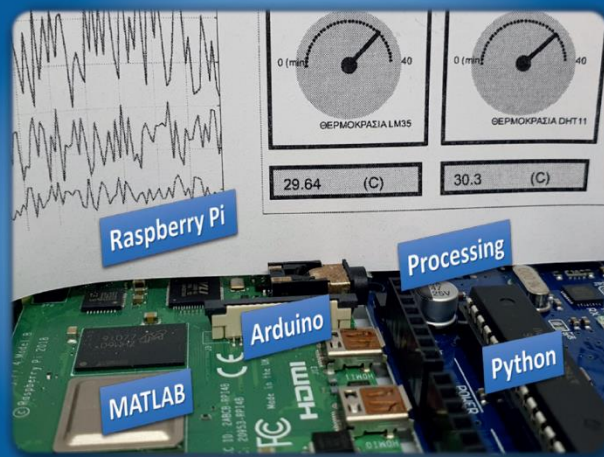
Το βιβλίο αυτό «απαντά» στις πραγματικές ανάγκες ενός μηχανικού, στην κατεύθυνση της ανάπτυξης ενός λειτουργικού και ολοκληρωμένου ψηφιακού συστήματος μετρήσεων. Παρουσιάζει τις επικρατέστερες τεχνολογίες και μεθοδολογίες για την ανάπτυξη των εφαρμογών. Δηλαδή, συγκεντρώνει γνώσεις με μια ενιαία αντίληψη και όχι αποσπασματικά, όπως έχουν συνηθίσει οι μηχανικοί σήμερα, που καλούνται να ανατρέξουν σε τελείως διαφορετικά βιβλία μεταξύ τους, μη γνωρίζοντας ακριβώς ποια εργαλεία θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν.

Το βιβλίο είναι εστιασμένο στην ανάπτυξη λογισμικού, εκεί δηλαδή που βρίσκεται ο πυρήνας των σύγχρονων ψηφιακών συστημάτων μέτρησης.

Το βιβλίο συνοδεύεται από πλούσιο υλικό που είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα [panosparazoglou.gr](http://panosparazoglou.gr)

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΑΠΑΖΟΓΛΟΥ

## Ψηφιακά Συστήματα Μετρήσεων



# Διαφάνειες

# Υλικό βιβλίου

Περισσότερο υλικό στο  
[panosparazoglou.gr](http://panosparazoglou.gr)

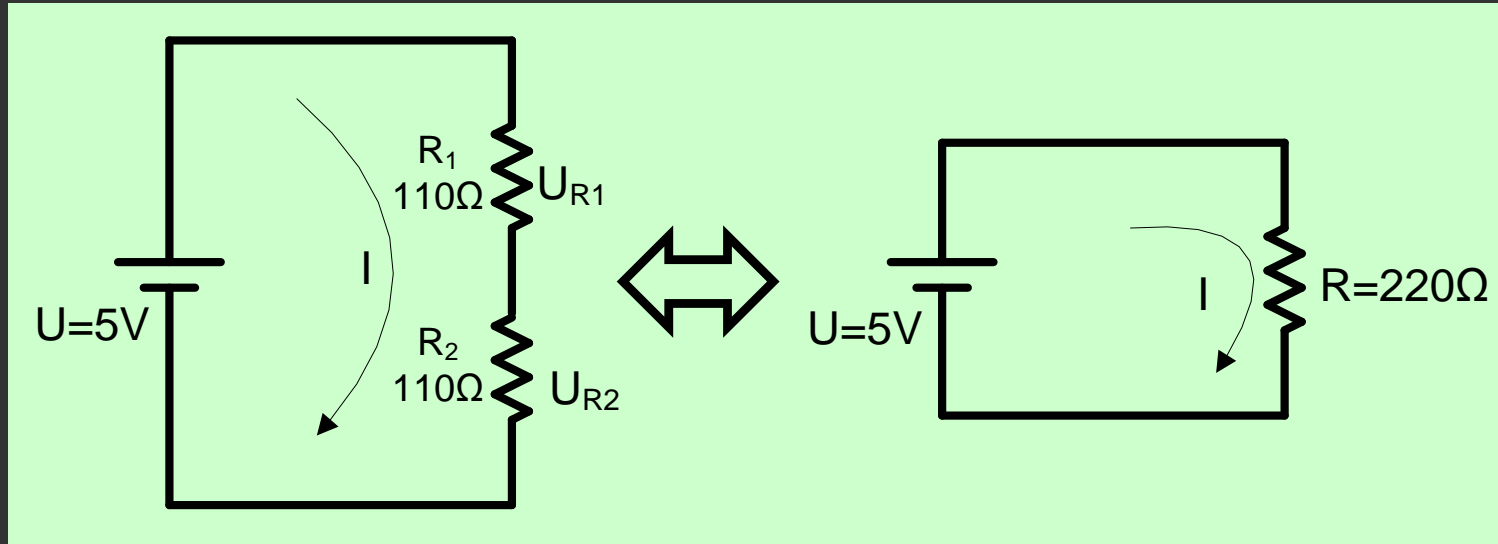
# Κεφάλαιο 4



# Απλά κυκλώματα και υπολογισμοί με το Arduino



# Απλά κυκλώματα

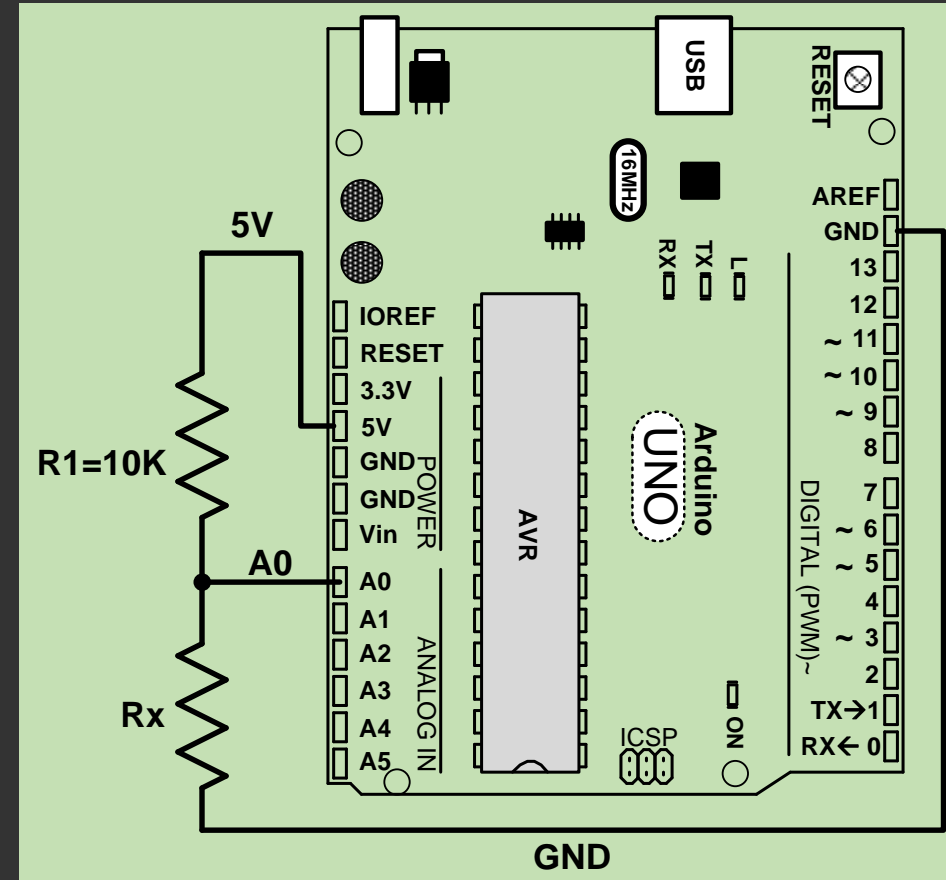
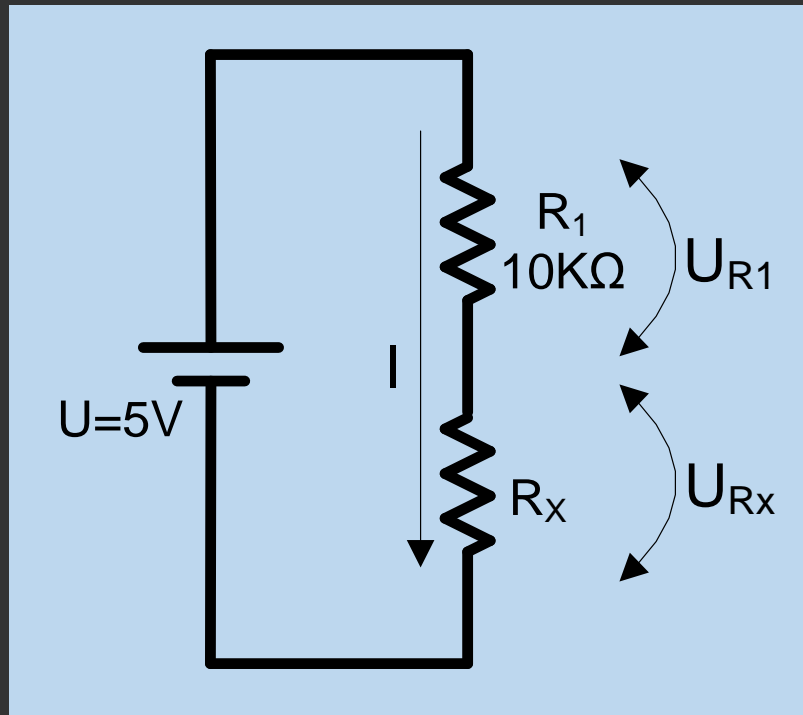


$$U_{R1} = I * R_1 = 22.72mA * 110\Omega \cong 2.5V$$

$$U_{R2} = I * R_2 = 22.72mA * 110\Omega \cong 2.5V$$

# Μελέτη διαιρέτη τάσης

## Εύρεση άγνωστης αντίστασης



```
int U=5, R1=10000;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  int a=analogRead(0);
  Serial.println(a);
  double Ux=((double)a*4.88)/1000;
  float UR1=U-Ux;
  double I=UR1/R1;
  double Rx=Ux/I;
  Serial.print("Ux="); Serial.print(Ux,6); Serial.println("V");
  Serial.print("I="); Serial.print((I*1000),6);
  Serial.println(" mA");
  Serial.print("Rx="); Serial.print(Rx,6);
  Serial.println(" Ohm");
  Serial.println("=====");

  delay(3000);
}
```

## Μελέτη διαιρέτη τάσης Εύρεση άγνωστης αντίστασης Κώδικας

# Δοκιμή στο MATLAB

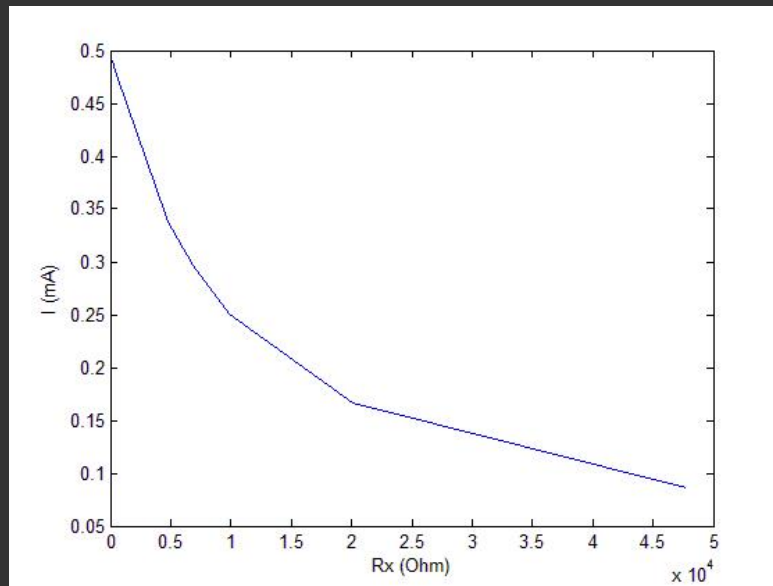
## Εισαγωγή υποθετικής μέτρησης $UR_x$

```
U=5;  
R1=10000;  
ux=input('URx=');  
UR1=U-ux;  
fprintf('UR1=%.3fV\n',UR1)  
I=UR1/R1;  
fprintf('I=%.3f mA\n',I*1000)  
Rx=ux/I;  
fprintf('Rx=%.3f Ohm, Rx=%.3f KOhm\n',Rx,Rx/1000)
```

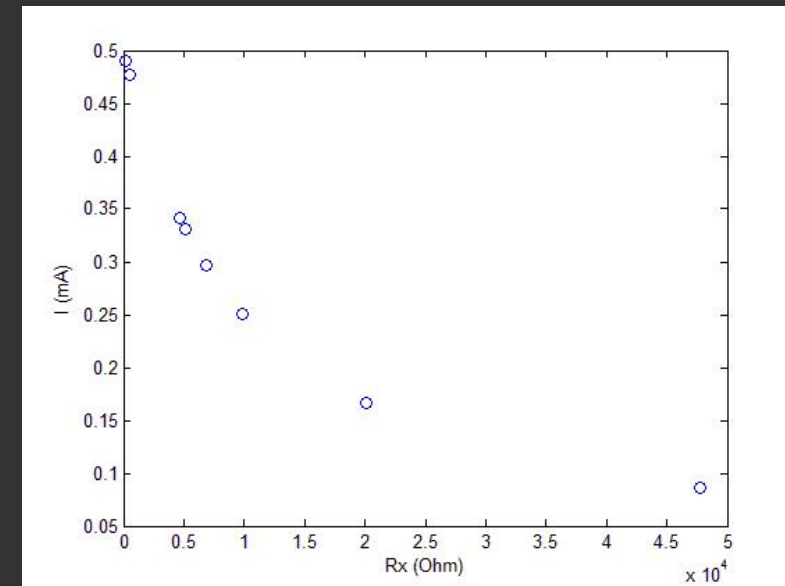
# Μελέτη καμπύλης στο MATLAB (1)

## Υποθετικοί πίνακες

```
Rx=[188.94; 480.77; 4660; 5100; 6810; 9870; 20100; 47700];  
I=[0.490; 0.477; 0.341; 0.331; 0.297; 0.251; 0.166; 0.086];
```



```
plot(Rx,I)  
xlabel('Rx (Ohm)');  
ylabel('I (mA)');
```



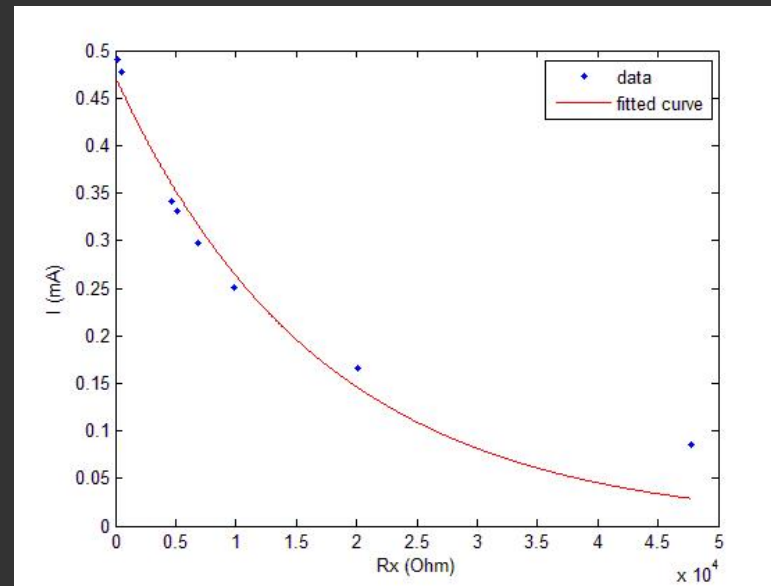
```
figure; plot(Rx,I,'o')  
xlabel('Rx (Ohm)');  
ylabel('I (mA)');
```



# Μελέτη καμπύλης στο MATLAB (2)

## Υποθετικοί πίνακες

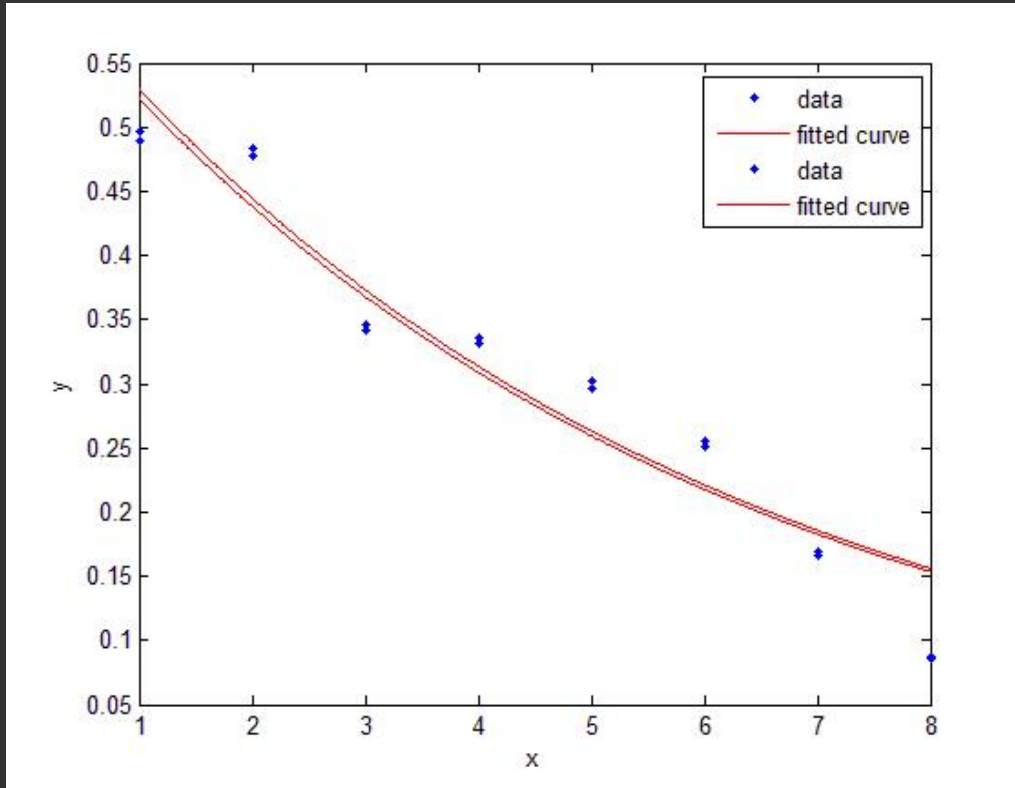
```
Rx=[188.94; 480.77; 4660; 5100; 6810; 9870; 20100; 47700];  
I=[0.490; 0.477; 0.341; 0.331; 0.297; 0.251; 0.166; 0.086];
```



```
f=fit(Rx,I,'exp1');  
figure; plot(f,Rx,I)  
xlabel('Rx (Ohm)');  
ylabel('I (mA)');
```

# Μελέτη καμπύλης στο MATLAB (3)

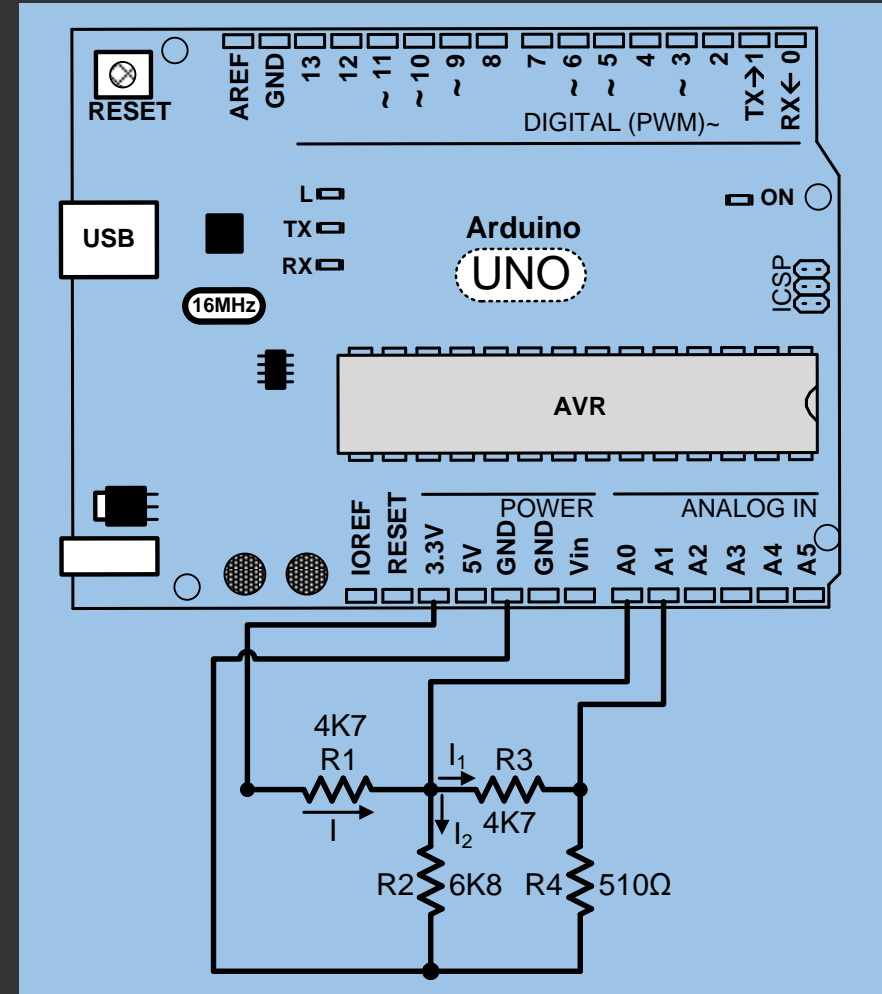
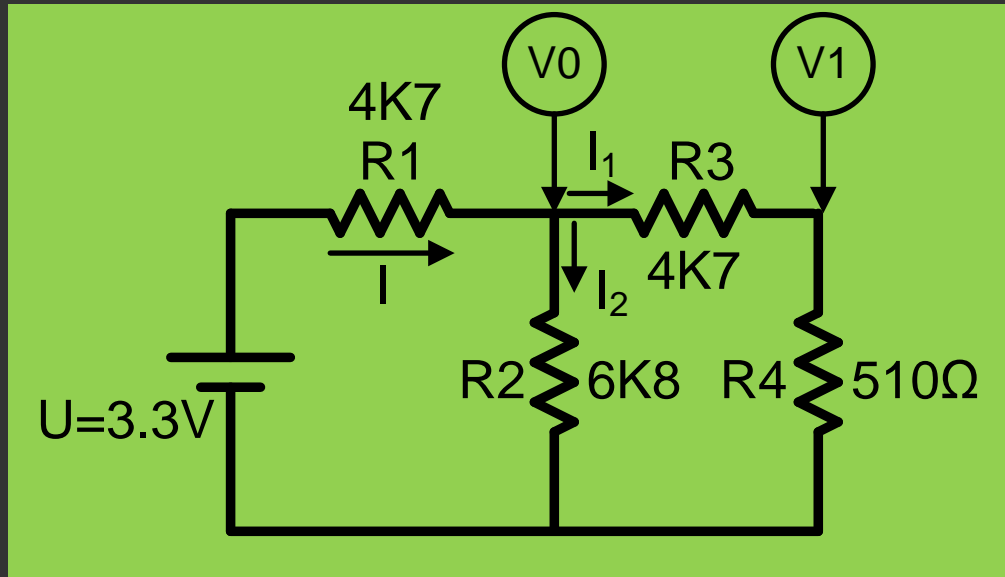
## Συστηματικό σφάλμα



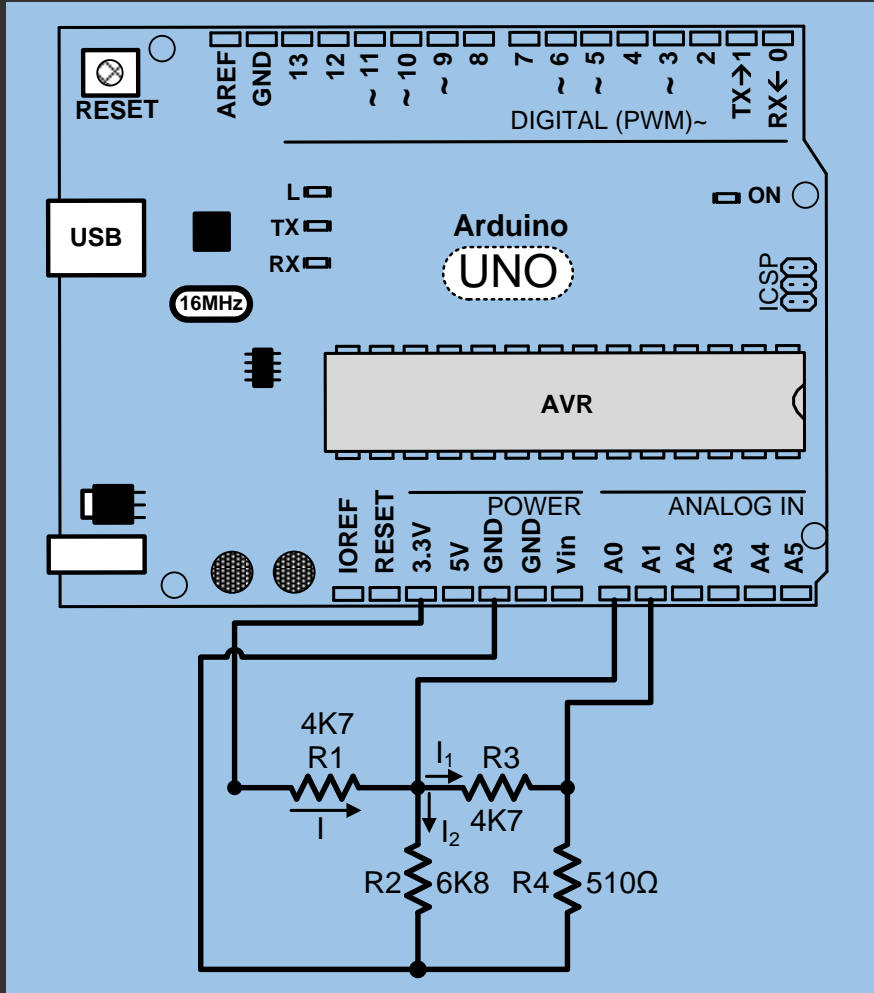
**Παλιός υπολογισμός:** βάσει **ονομαστικής** τιμής αντίστασης  
**Νέος υπολογισμός:** βάσει **μετρούμενης** τιμής αντίστασης

| A/A | $R_x$ ( $\Omega$ )<br>ονομαστική | $U_{Rx}$ (V)<br>μέτρηση | I (mA)<br>ΠΑΛΙΟΣ<br>υπολογισμός             | I (mA)<br>ΝΕΟΣ<br>υπολογισμός             |
|-----|----------------------------------|-------------------------|---|---|
| 1   | 220                              | 0.097                   | 0.490                                       | 0.497                                     |
| 2   | 510                              | 0.229                   | 0.477                                       | 0.484                                     |
| 3   | 4K7                              | 1.591                   | 0.341                                       | 0.346                                     |
| 4   | 5K1                              | 1.688                   | 0.331                                       | 0.336                                     |
| 5   | 6K8                              | 2.025                   | 0.297                                       | 0.302                                     |
| 6   | 10K                              | 2.483                   | 0.251                                       | 0.255                                     |
| 7   | 20K                              | 3.338                   | 0.166                                       | 0.169                                     |
| 8   | 47K                              | 4.138                   | 0.086                                       | 0.087                                     |
| A/A | $R_x$ ( $\Omega$ )<br>ονομαστική | $U_{Rx}$ (V)<br>μέτρηση | $R_x$ ( $\Omega$ )<br>ΠΑΛΙΟΣ<br>υπολογισμός | $R_x$ ( $\Omega$ )<br>ΝΕΟΣ<br>υπολογισμός |
| 1   | 220                              | 0.097                   | 188.94                                      | 194.1                                     |
| 2   | 510                              | 0.229                   | 480.77                                      | 473.3                                     |
| 3   | 4K7                              | 1.591                   | 4.66K                                       | 4.60K                                     |
| 4   | 5K1                              | 1.688                   | 4.10K                                       | 4.03K                                     |
| 5   | 6K8                              | 2.025                   | 6.81K                                       | 6.71K                                     |
| 6   | 10K                              | 2.483                   | 9.87K                                       | 9.7K                                      |
| 7   | 20K                              | 3.338                   | 20.1K                                       | 19.8K                                     |
| 8   | 47K                              | 4.138                   | 47.7K                                       | 47.3K                                     |

# Υπολογισμός ρεύματος και τάσης σε κύκλωμα (1)



# Υπολογισμός ρεύματος και τάσης σε κύκλωμα (2)



```
float Q=4.88;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  int A0=analogRead(0);
  int A1=analogRead(1);

  float V0=((float)A0*Q)/1000;
  float V1=((float)A1*Q)/1000;

  Serial.print("V0="); Serial.print(V0,4); Serial.println(" V");
  Serial.print("V2="); Serial.print(V1,4); Serial.println(" V");

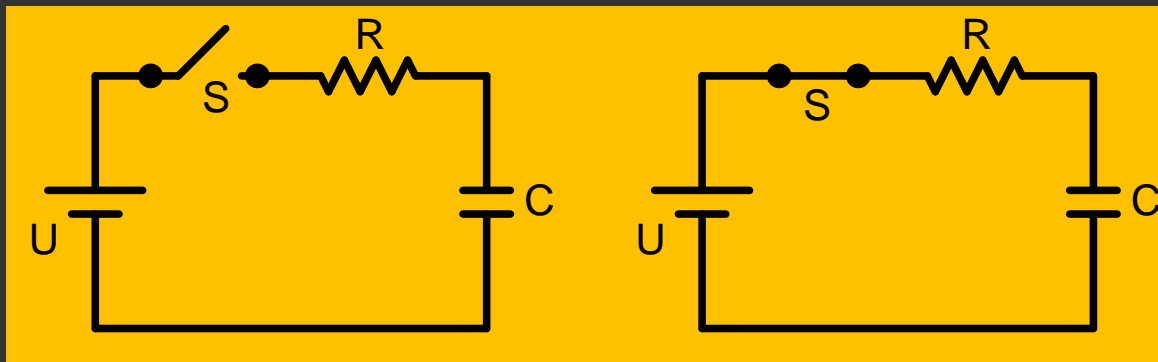
  Serial.println("=====");
  delay(3000);
}
```

# Υπολογισμός ρεύματος και τάσης σε κύκλωμα (3)

## Επαλήθευση στο MATLAB

```
clc;
clear;
U=input('U (V)=');
R1=input('R1 (Ohm)=');
R2=input('R2 (Ohm)=');
R3=input('R3 (Ohm)=');
R4=input('R4 (Ohm)=');
R34=R3+R4;
R234=(R2*R34)/(R2+R34);
I=U/(R1+R234);
UR1=I*R1;
V0=U-UR1;
I2=V0/R2;
I1=I-I2;
V1=I1*R4;
fprintf('I (mA)=%.4f\n',I*1000);
fprintf('V0 (V)=%.4f\n',V0);
fprintf('V1 (V)=%.4f\n',V1);
```

# Κύκλωμα RC (1)



## Φόρτιση

$$I(t) = I(0)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$V_C(t) = U\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

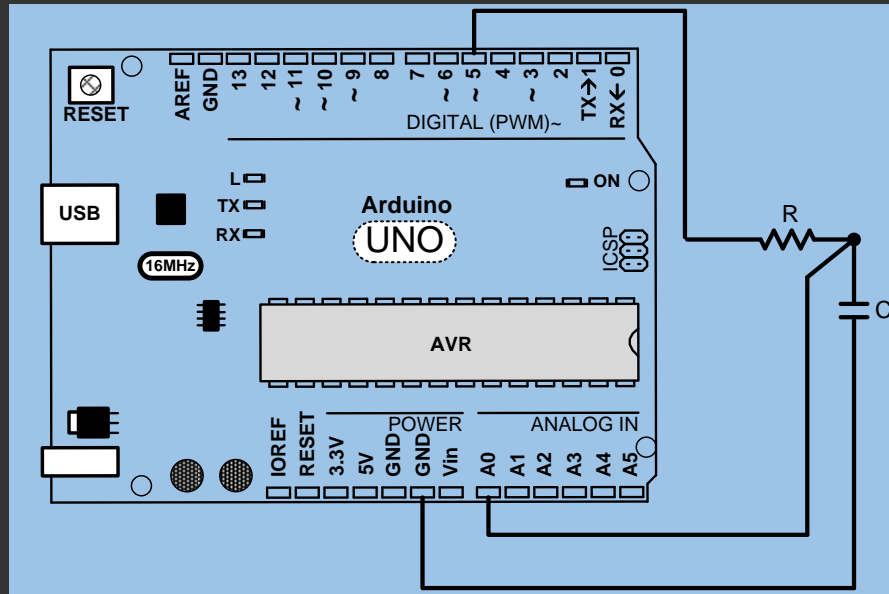
## Εκφόρτιση

$$I(t) = -\frac{Q(0)}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$V_C(t) = \frac{Q(0)}{C}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

## Κύκλωμα RC (2)

### Πειραματικό κύκλωμα



```
float Q=4.88;
unsigned long time0;
int U=HIGH;
void setup()
{
  pinMode(5,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  unsigned long time0=millis();
}
void loop()
{
  int A0=analogRead(0);
  float VC=(A0*4.88)/1000;
  if ((millis()-time0) >=1296)
  {
    U=!U;
    digitalWrite(5,U);
    time0=millis();
  }
  Serial.print(VC);
  Serial.print(" ");
  Serial.println(U*5);
}
```

# Κύκλωμα RC (3)

## Απεικόνιση στο σειριακό σχεδιογράφο (Serial Plotter)

