



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ

# Εισαγωγή στο Arduino

## Μέρος Α: Υλικό





# Εισαγωγή

# Επεξεργασία πληροφορίας



**Μικροεπεξεργαστής**  
*(microprocessor):*

Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που περιλαμβάνει έναν επεξεργαστή (CPU).

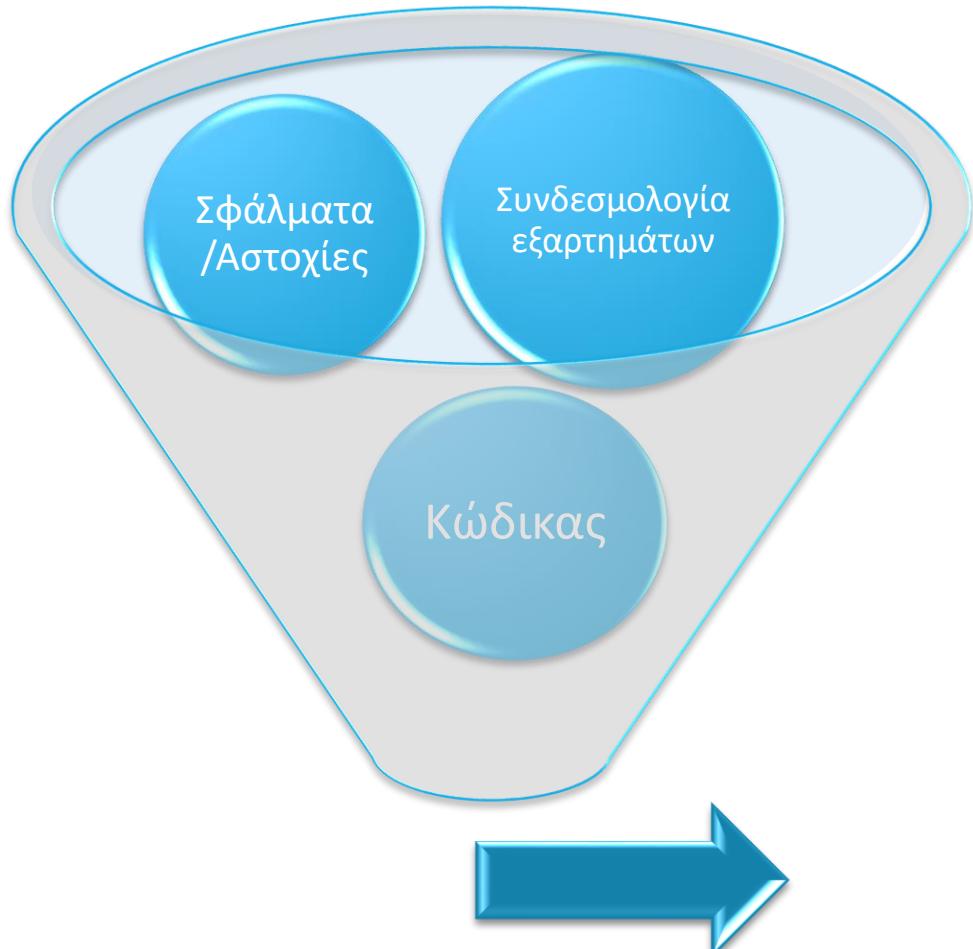


**Μικροελεγκτής**  
*(microcontroller - MCU):*

Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που περιλαμβάνει CPU, RAM, ROM και άλλα περιφερειακά, ενσωματωμένα σε ένα chip.



# Το πρόβλημα



# Η λύση

## Προσθήκη στοιχείων

- Υποδοχές εισόδου/εξόδου, τροφοδοσίας
- LEDs ενδείξεων

## Απλοποίηση Προγραμματισμού

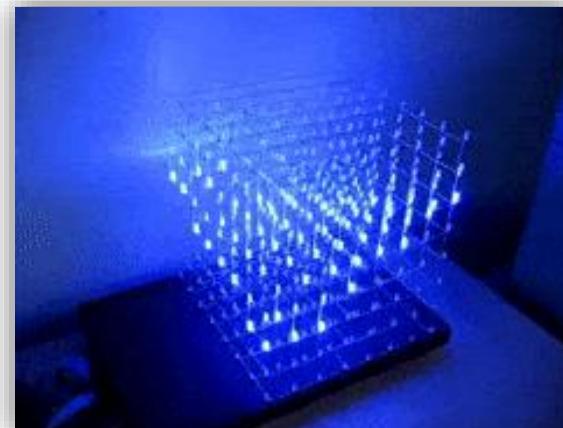
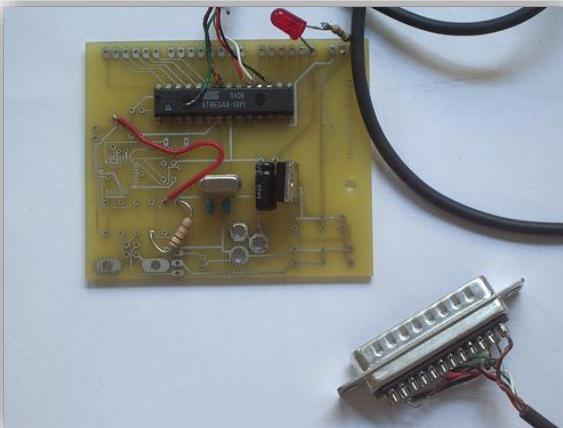
- Χρήση γνωστής γλώσσας προγραμματισμού
- Υποστήριξη από μεγάλη κοινότητα

## Μείωση πιθανότητας σφαλμάτων

- Χρήση ασφαλειών, διόδων, σταθεροποιητών

# To Arduino

- Κατασκευάστηκε το **2005** στο Interaction Design Institute Ivrea (IDI) της Ιταλίας, από τους M. Banzi, D. Cuartielles, T. Igoe, G. Martino και D. Mellis.
- Προοριζόταν για μαθητές/φοιτητές, δημιουργούς και καλλιτέχνες που **δεν είναι εξοικειωμένοι** με Ηλεκτρονική & Πληροφορική.
- Αναπτύχθηκε τόσο το **υλικό**, όσο και το **λογισμικό** (open source).
- Το όνομα **Arduino** προήλθε από bar της περιοχής!

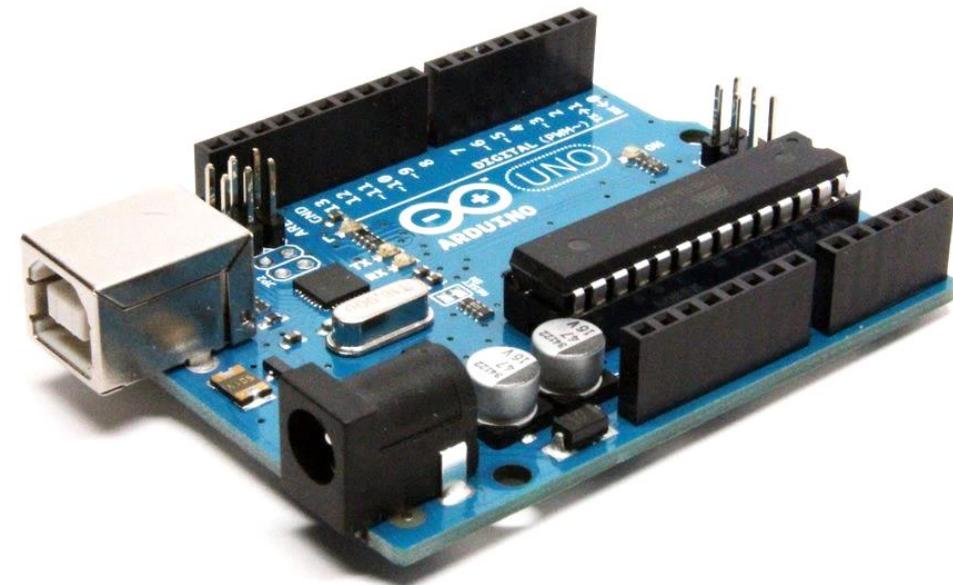




ΥΛΙΚΟ

# Χαρακτηριστικά Arduino UNO R3

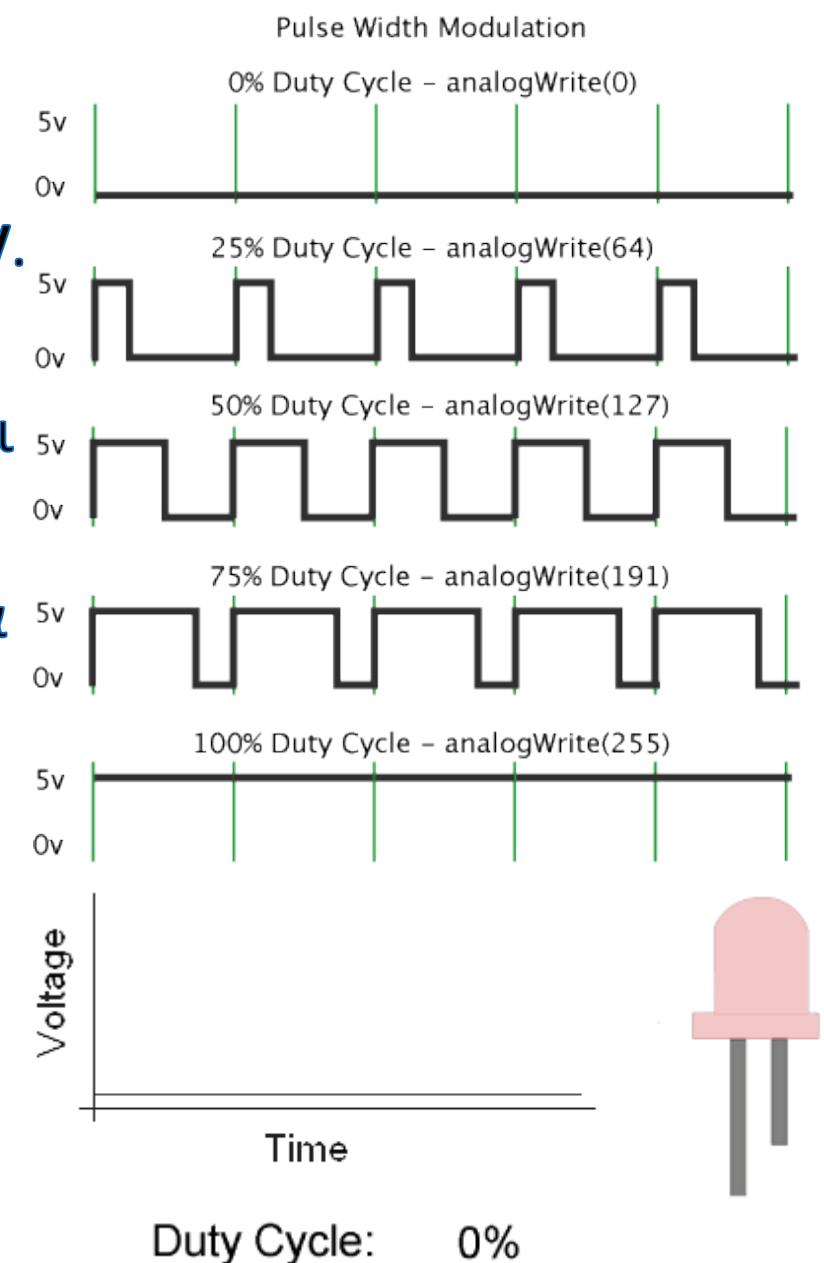
Μικροελεγκτής	ATmega328P
Συχνότητα λειτουργίας	16MHz
Τάση λειτουργίας	5V
Τάση τροφοδοσίας	7-12 V
Ψηφιακές Είσοδοι/Εξοδοι	14 (6 PWM)
Αναλογικές είσοδοι	6
Παροχή DC ρεύματος ανά pin	20mA
Μνήμη Flash	32KB
Μνήμη SRAM	2KB
Μνήμη EEPROM	1KB



- Αποθήκευση του κώδικα  
Διατήρηση των τιμών των μεταβλητών κατά την τροφοδοσία του Arduino  
Διατήρηση των τιμών των μεταβλητών μετά τη διακοπή της τροφοδοσίας του Arduino

# Pulse Width Modulation (PWM)

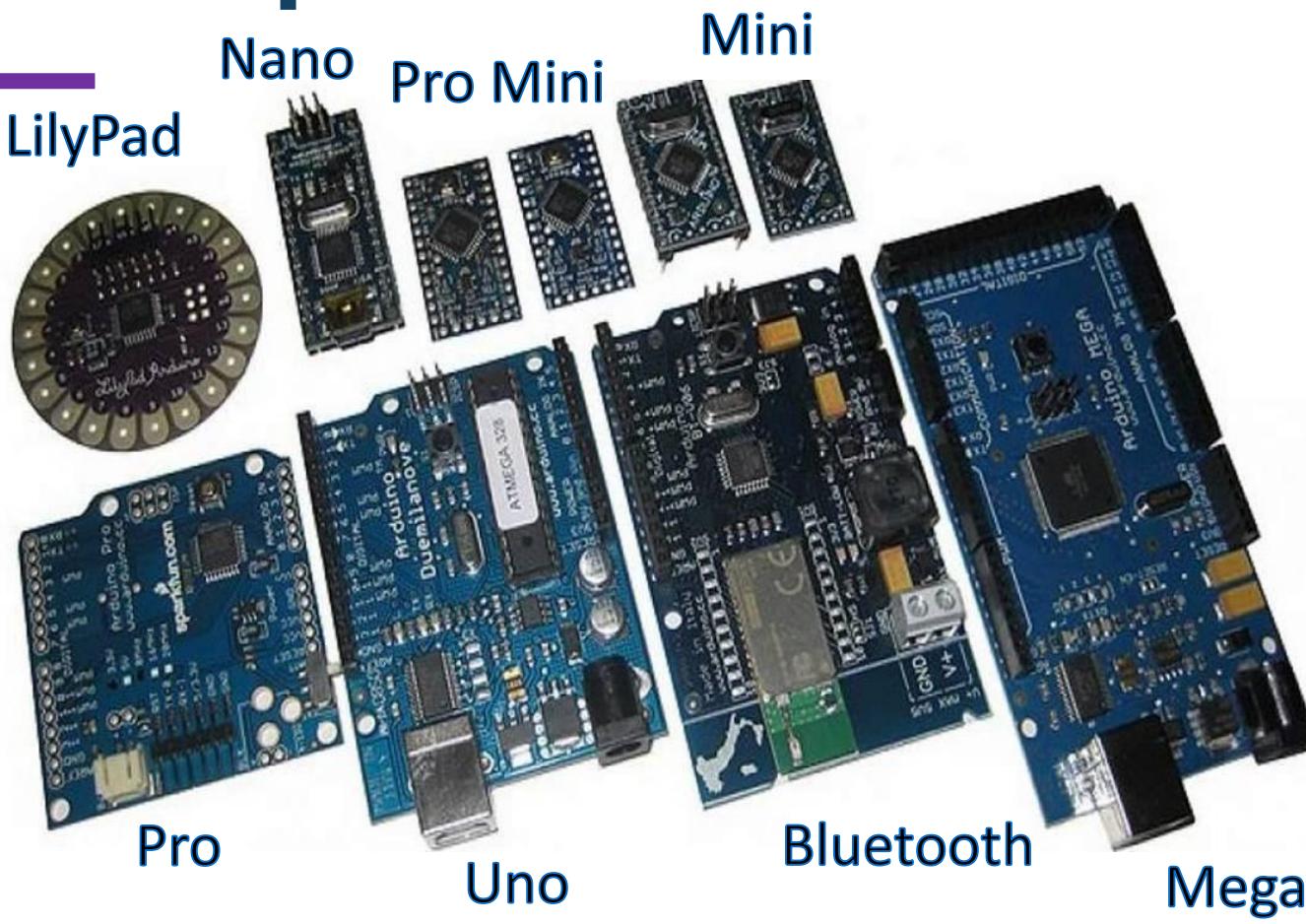
- Το Arduino έχει μόνο ψηφιακές εξόδους.
- Συνεπώς, η τάση εξόδου του μπορεί να είναι μόνο 0 ή 5 V.
- Με την τεχνική PWM, μεταβάλλεται το **duty cycle** του παλμικού σήματος εξόδου, ώστε να προσομοιώνονται και οι ενδιάμεσες τιμές τάσης.
- Η συνάρτηση **analogWrite(pin, value)** χρησιμοποιείται για αυτόν τον σκοπό.
- Προσοχή: Μόνο τα ψηφιακά pins **3, 5, 6, 9, 10** και **11** μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τεχνική PWM.
- Συχνές εφαρμογές της **analogWrite**:
  - LED που ανάβει και σβήνει σταδιακά.
  - Έλεγχος ταχύτητας DC κινητήρα.



# Πλακέτες Arduino

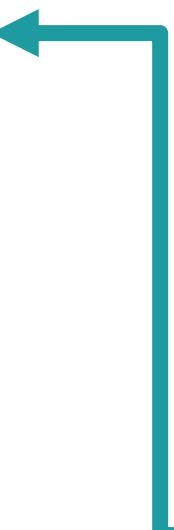
## LilyPad

- ATmega168V/328V
- 8MHz
- 5V
- 14 D\_Pins
- 6 A\_Pins
- Flash 16KB
- RAM 1KB
- ROM 512B



## Uno

- ATmega328
- 16MHz
- 5V
- 14 D\_Pins
- 6 A\_Pins
- Flash 32KB
- RAM 2KB
- ROM 1KB
- USB type-A



## Nano

- ATmega328
- 16MHz
- 5V
- 14 D\_Pins
- 8 A\_Pins
- Flash 32KB
- RAM 2KB
- ROM 1KB
- Mini USB

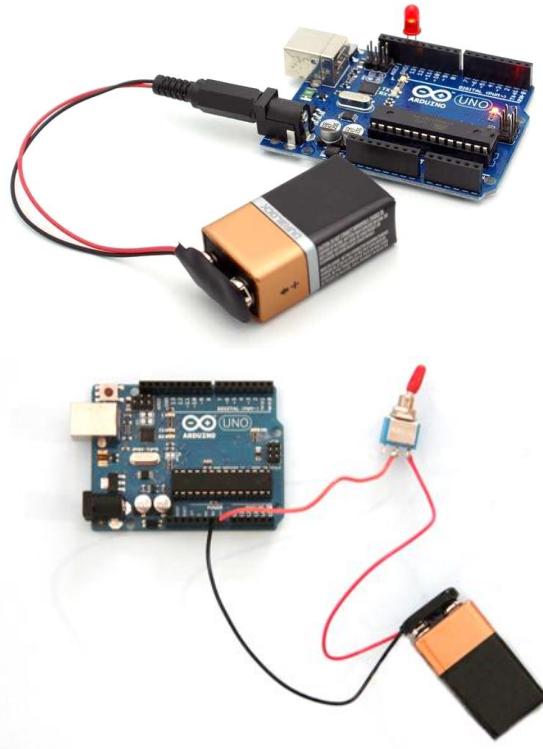
## Mega

- ATmega2560
- 16MHz
- 5V
- 54 D\_Pins
- 14 A\_Pins
- Flash 256KB
- RAM 8KB
- ROM 4KB
- USB type-A

# Τρόποι τροφοδοσίας Arduino UNO



Καλώδιο USB  
(type A-B)



Μπαταρία 9V

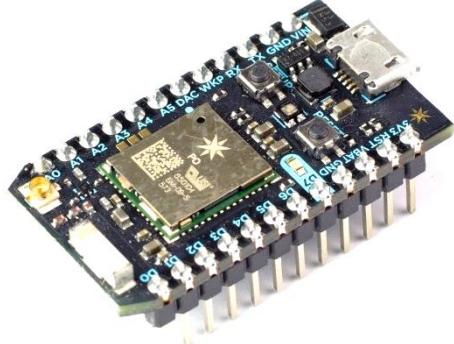


Τροφοδοτικό με  
υποδοχή 2.1mm  
(9-12 V)

# Σύγκριση χαρακτηριστικών

Boards	Microcontroller	Operating Voltage/s (V)	Digital I/O Pins	PWM Enabled Pins	Analog I/O Pins	DC per I/O (mA)	Flash Memory (KB)	SRAM (KB)	EEPROM (KB)	Clock (MHz)	Length (mm)	Width (mm)	Cable	Native Network Support
Uno	ATmega328	5	14	6	6	20	32	2	1	16	68.6	53.4	USB A-B	None
Leonardo	ATmega32u4	5	20	7	12	40	32	2.5	1	16	68.6	53.3	micro-USB	None
Micro	ATmega32u4	5	20	7	12	40	32	2.5	1	16	48	18	micro-USB	None
Nano	ATmega328	5	22	6	8	40	32	1	0.51	16	45	18	mini-B USB	None
Mini	ATmega328	5	14		6	20	32	2	1	16	30	18	USB-Serial	None
Due	Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU	3.3	54	12	12	800	512	96	X	84	102	53.3	micro-USB	None
Mega	ATmega2560	5	54	15	16	20	256	8	4	16	102	53.3	USB A-B	None
M0	Atmel SAMD21	3.3	20	12	6	7	256	32	X	48	68.6	53.3	micro-USB	None
Yun Mini	ATmega32u4	3.3	20	7	12	40	32	2.5	1	400	71.1	23	micro-USB	Ethernet/Wifi
Uno Ethernet	ATmega328p	5	20	4	6	20	32	2	1	16	68.6	53.4	Ethernet	Ethernet
Tian	Atmel SAMD21	5	20	12	0	7	16000	64000	X	560	68.5	53	micro-USB	Ethernet/Wifi
Mega ADK	ATmega2560	5	54	15	16	40	256	8	4	16	102	53.3	USB A-B	None
M0 Pro	Atmel SAMD21	3.3	20	12	6	7	256	32	X	48	68.6	53.3	micro-USB	None
Industrial 101	ATmega32u4	5	7	2	4	40	16000	64000	1	400	51	42	micro-USB	Ethernet/Wifi
Uno Wifi	ATmega328	5	20	6	6	20	32	2	1	16	68.6	53.4	USB A-B	Wifi
Leonardo Ethernet	ATmega32u4	5	20	7	12	40	32	2.5	1	16	68.6	53.3	USB A-B	Ethernet
MKR1000	Atmel SAMD21	3.3	8	12	7	7	256	32	X	48	64.6	25	micro-USB	Wifi

# Εναλλακτικές επιλογές



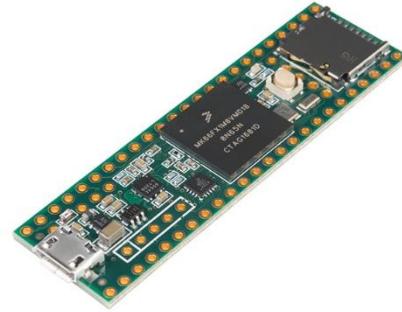
**Particle Photon**

- ARM Cortex M3
- 3.3V
- 120MHz
- Flash 1MB
- RAM 128KB
- Wi-Fi



**NodeMCU**

- ESP8266
- 3.3V
- 80 (160) MHz
- Flash 4MB
- RAM 128KB
- Wi-Fi



**Teensy 3.6**

- ARM Cortex M4
- 3.3V
- 180MHz
- Flash 1MB
- RAM 256KB
- 87pins



**MSP430  
Launchpad**

- MSP430
- 3.3V/5V
- 16MHz
- Flash 16KB
- RAM 4KB
- Low power

# Διαφορετικές επιλογές



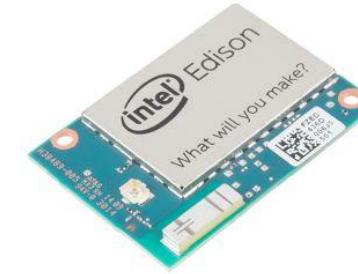
Raspberry Pi 3B+

- ARM Cortex A53
- 1.4GHz 64-Bit
- RAM 1GB
- Wi-Fi/Ethernet
- Bluetooth
- 4 θύρες USB
- Θύρα HDMI
- ...



BeagleBone

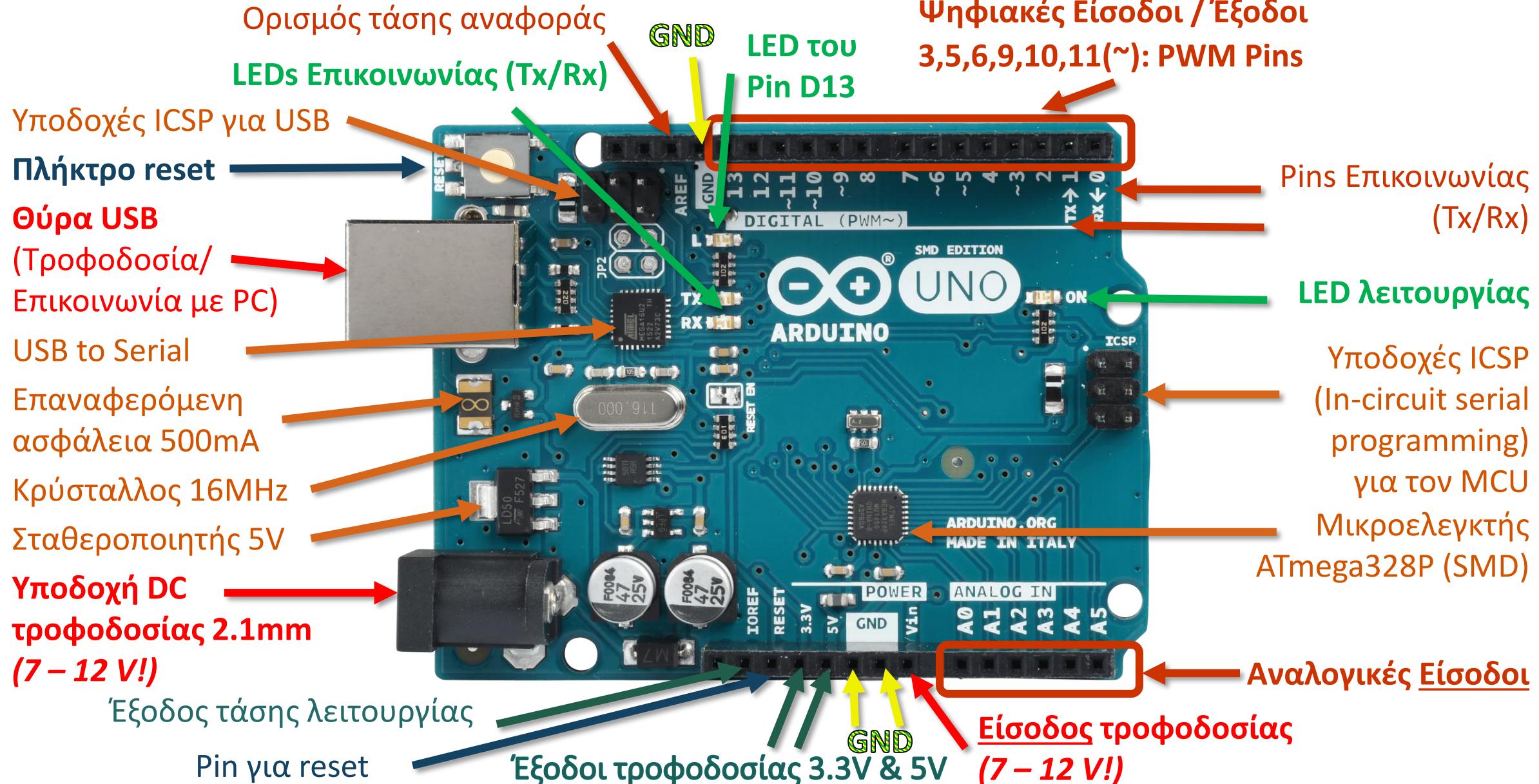
- ARM Cortex A8
- 1GHz
- Flash 4GB
- RAM 512MB
- Wi-Fi
- Bluetooth
- Θύρα HDMI
- ...



Intel Edison

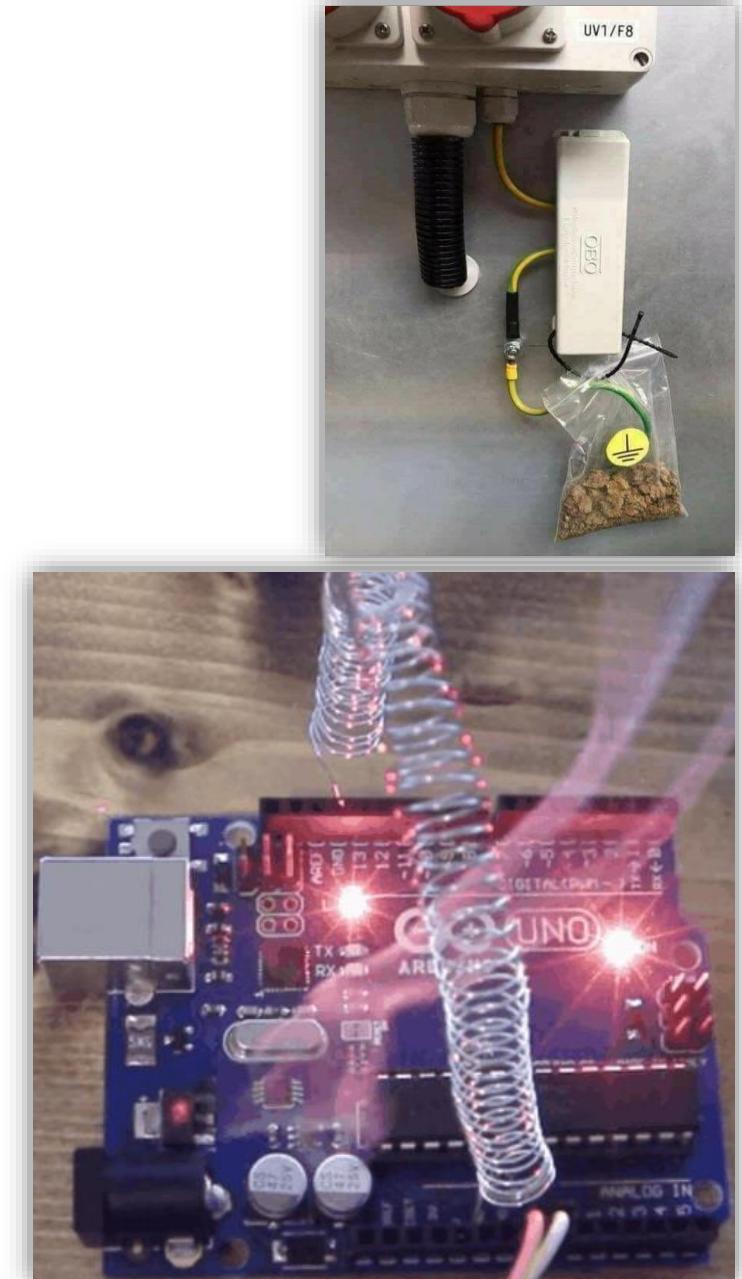
- CPU: Atom Dual core 500MHz
- MCU: Quark 100MHz
- Flash 4GB
- RAM 1GB
- Wi-Fi
- Bluetooth
- ...

# Στοιχεία πλακέτας Arduino UNO R3



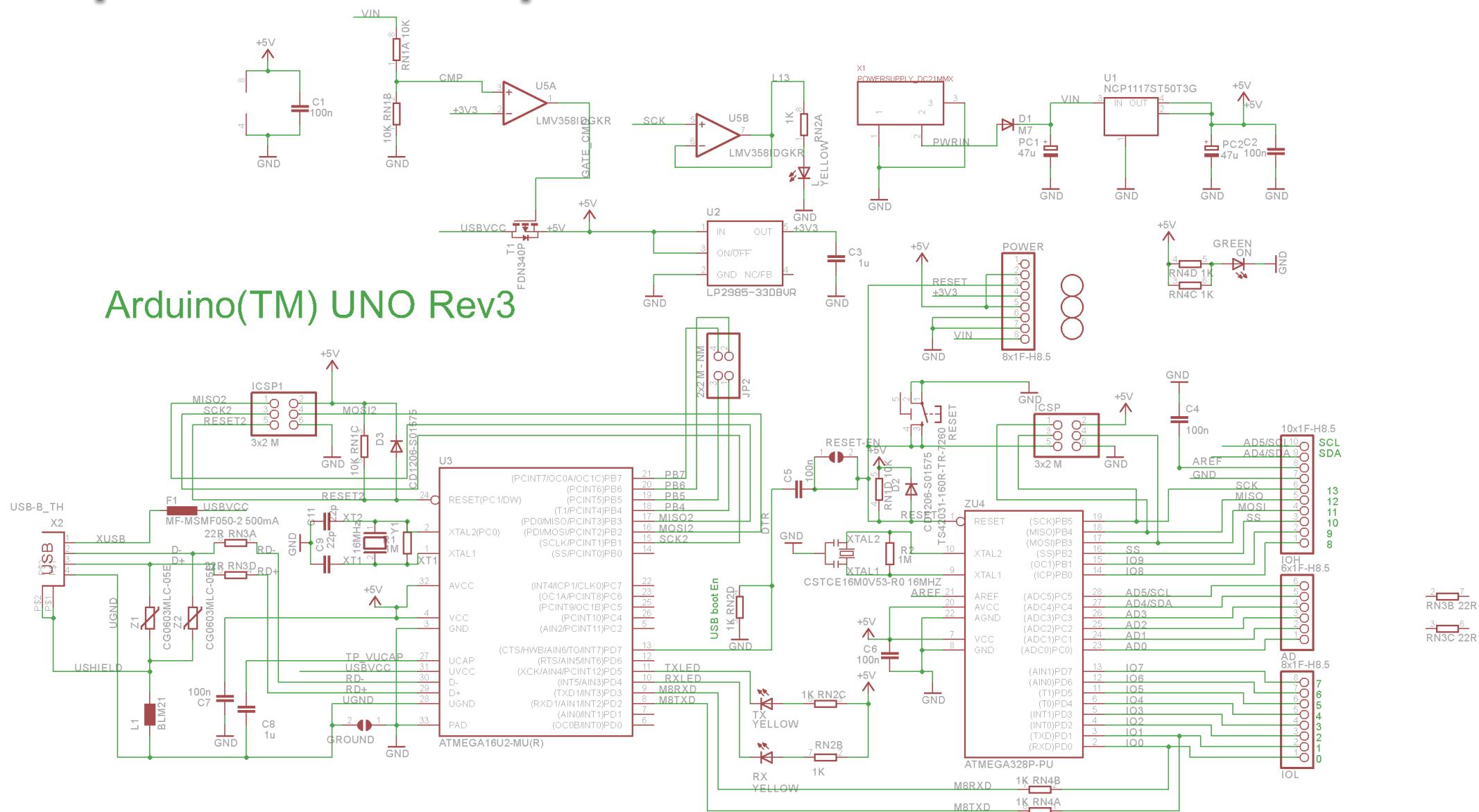
# Τρόποι καταστροφής ενός Arduino

- 🔥 Σύνδεση του **Vin** με τη γείωση.
- 🔥 Τροφοδοσία του Arduino από το **Vin** με τάση **<0V** ή **>12V**.
- 🔥 Τάση **>5V** στο **pin 5V** ή τάση **>3.3V** στο **pin 3.3V**.
- 🔥 Είσοδος σήματος τάσης **>5.5V** σε οποιοδήποτε **pin** εισόδου.
- 🔥 Σύνδεση ενός **pin** κατάστασης **HIGH (5V)** με τη γείωση.
- 🔥 Σύνδεση ενός **pin** κατάστασης **HIGH (5V)**  
με ένα **pin** κατάστασης **LOW (0V)**.



# Ηλεκτρονικό κύκλωμα Arduino

Arduino(TM) UNO Rev3





# Πρόσθετα

# Πλακέτες επέκτασης (Shields)



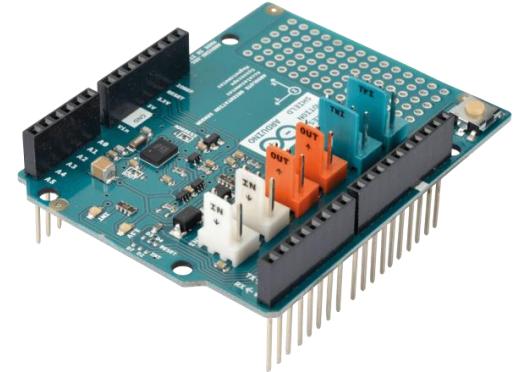
Οθόνη αφής



Relays



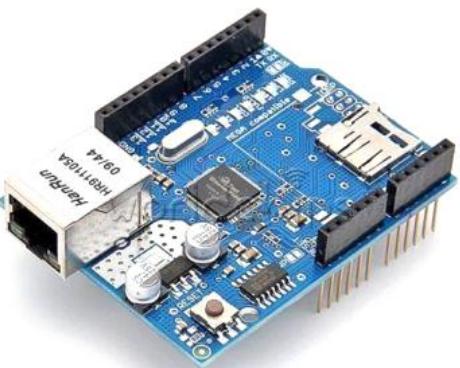
Τροφοδοσία κινητήρα



Αισθητήρες  
κίνησης



Wi-Fi



Ethernet



Bluetooth



GSM

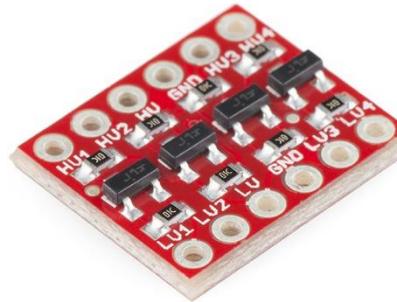
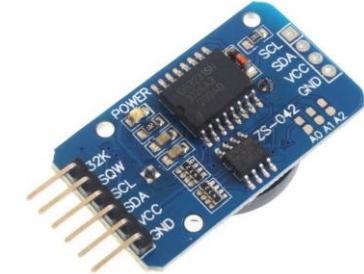
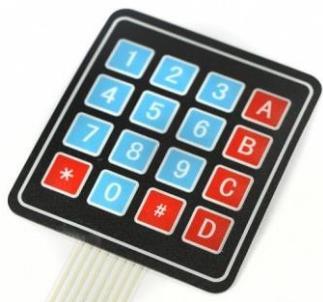
# Άλλα πρόσθετα



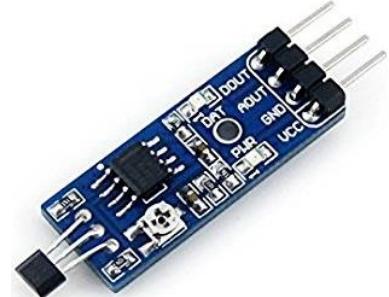
LCD



Micro SD

Logic Level Converter  
(3.3V↔5V)Real Time Clock  
(RTC)

Πληκτρολόγιο



Αισθητήρας Hall

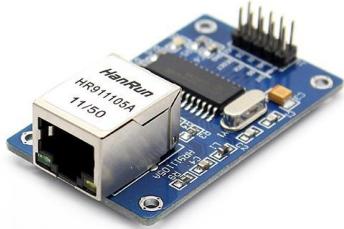


NFC



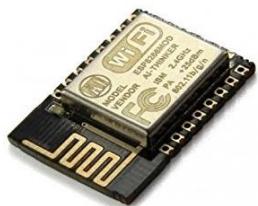
RFID

# Επικοινωνία



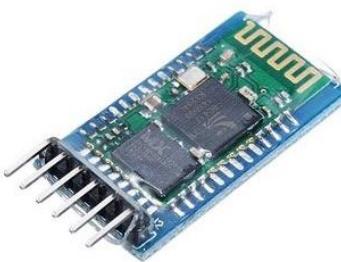
## Ethernet

- Ενσύρματο
- Υψηλή ταχύτητα
- Δυνατότητες δικτύων



## Wi-Fi

- Ικανοποιητική εμβέλεια
- Υψηλή ταχύτητα
- Ασφάλεια
- Αρκετή κατανάλωση



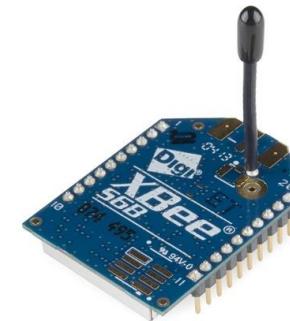
## Bluetooth/BLE

- Ελάχιστη κατανάλωση
- Εύκολη επικοινωνία με κινητά κ.λπ.
- Μικρή εμβέλεια
- Χαμηλή ταχύτητα



## RF/nRF

- Μεγάλη εμβέλεια
- Ευκολία στη χρήση
- Ευπάθεια στις παρεμβολές



## Xbee

- Χαμηλή κατανάλωση
- Ικανοποιητική εμβέλεια
- Εύκολη επικοινωνία συσκευών
- Χαμηλή ταχύτητα

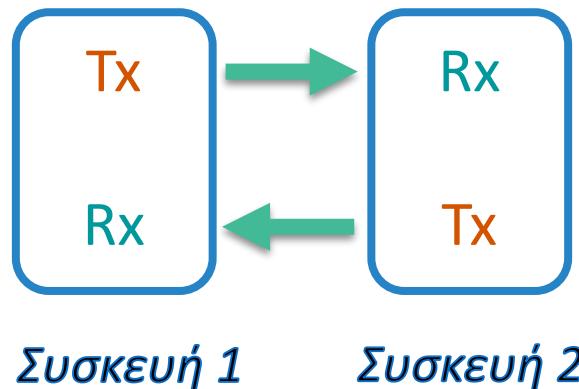


## GSM/GPRS

- «Απεριόριστη» εμβέλεια
- Υψηλή κατανάλωση
- Υψηλό κόστος (SIM)

# Πρωτόκολλα επικοινωνίας

**UART** - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter



- *Tx: Transmit data*
- *Rx: Receive data*

- ✓ Απλό, διαδεδομένο
- ✗ Μόνο για 2 συσκευές

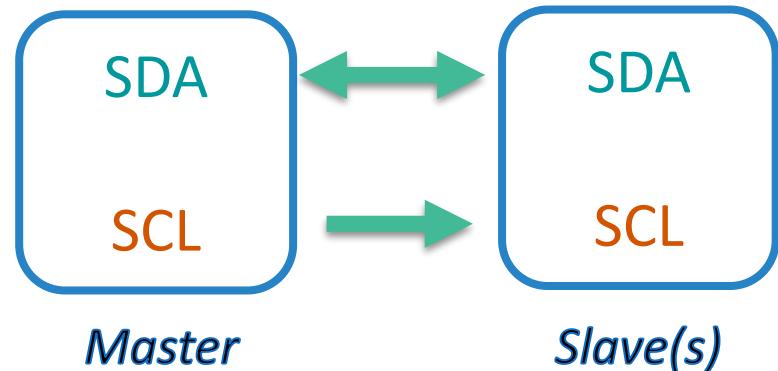
**SPI** - Serial Peripheral Interface



- *SCLK: Serial Clock*
- *MOSI: Master Output, Slave Input*
- *MISO: Master Input, Slave Output*
- *SS: Slave Select*

- ✓ Υψηλή ταχύτητα,
- ✓ Αμφίδρομη επικοινωνία
- ✓ Χαμηλή κατανάλωση
- ✗ Πιο σύνθετη συνδεσμολογία

**I<sup>2</sup>C** - Inter-Integrated Circuit



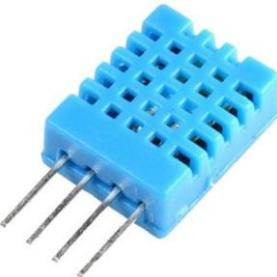
- *SDA: Serial Data*
- *SCL: Serial Clock*

- ✓ Απλή σύνδεση
- ✓ Εύκολη επικοινωνία με πολλαπλές συσκευές
- ✗ Ημι-αμφίδρομη επικοινωνία
- ✗ Υψηλότερη κατανάλωση από το SPI

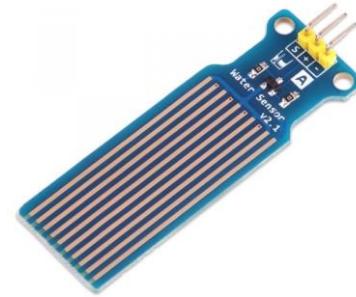
# Αισθητήρες (1/2)



Hall

Επιταχυνσιόμετρο/  
Γυροσκόπιο

Υγρασίας



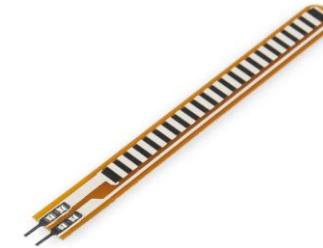
Στάθμης νερού



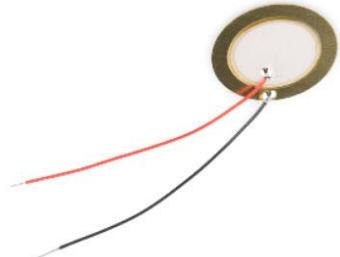
Θερμοκρασίας

Απόστασης  
(υπερήχων)Απόστασης  
(LIDAR)

Δύναμης

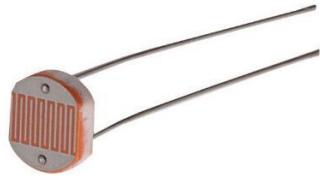


Κάμψης



Πιεζοηλεκτρικός

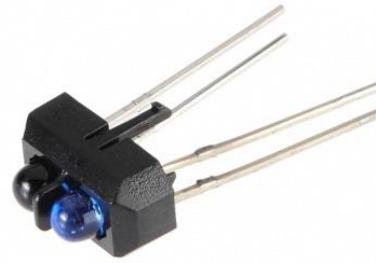
# Αισθητήρες (2/2)



Φωτός  
(photoresistor)



Φωτός  
(phototransistor)



Υπερύθρων



CMOS



Κλίσης



Καρδιακών παλμών



Μυϊκού τόνου



Αποτυπωμάτων

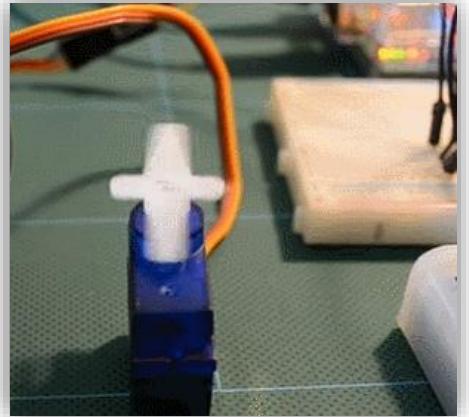


Αφής



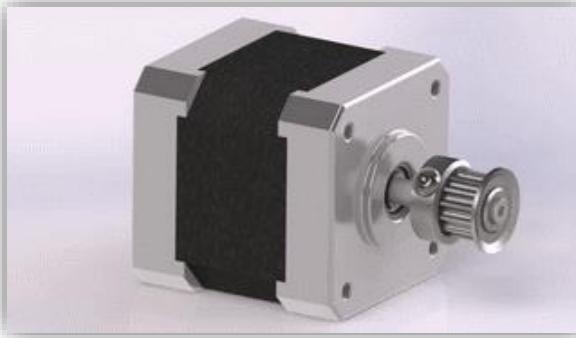
Αερίων

# Κινητήρες



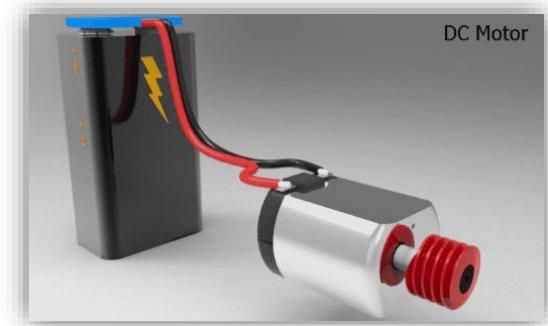
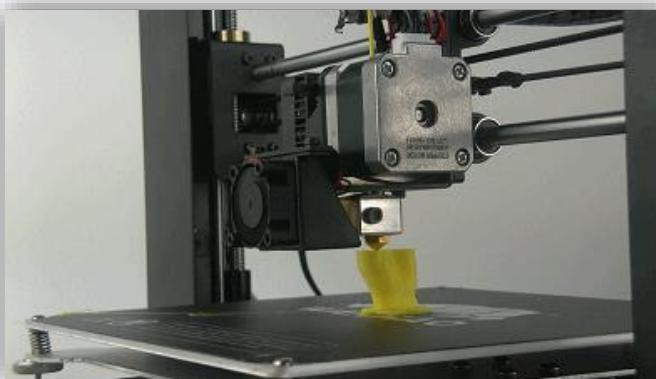
## Servo

- Υψηλή ταχύτητα
- Μεγάλη ροπή κίνησης
- Μεγάλη ακρίβεια



## Stepper

- Χαμηλότερη ταχύτητα
- Μεγάλη ροπή συγκράτησης
- Μεγάλη ακρίβεια



## DC

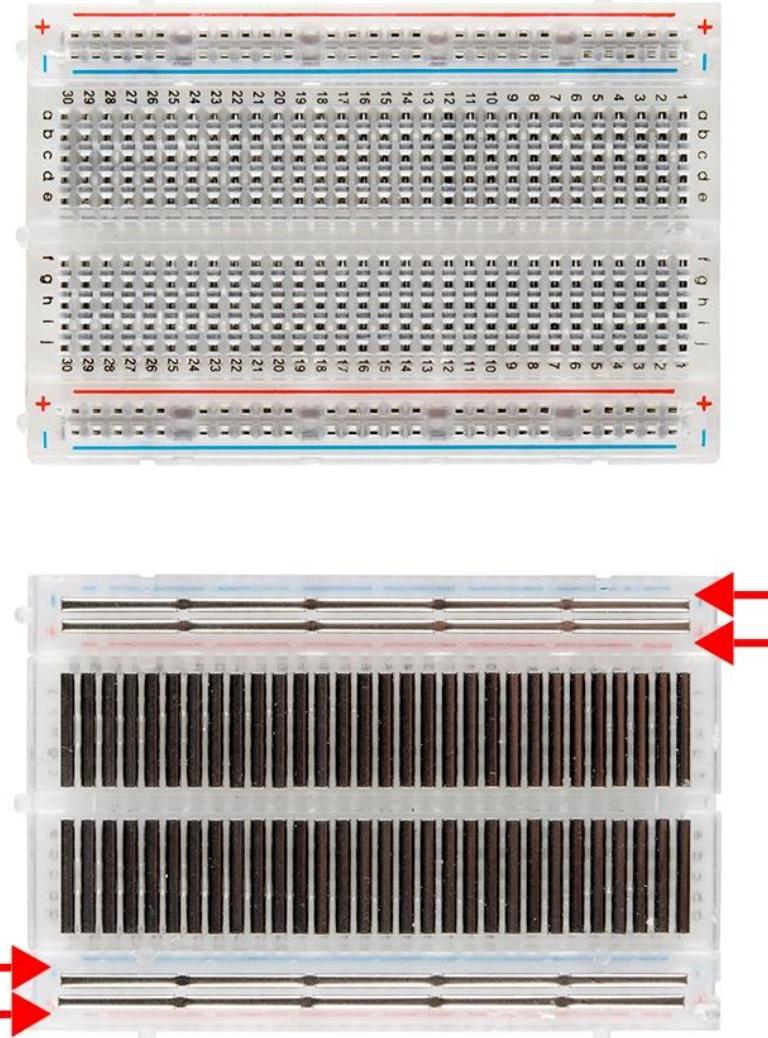
- Συνεχής περιστροφή
- Μικρή ακρίβεια



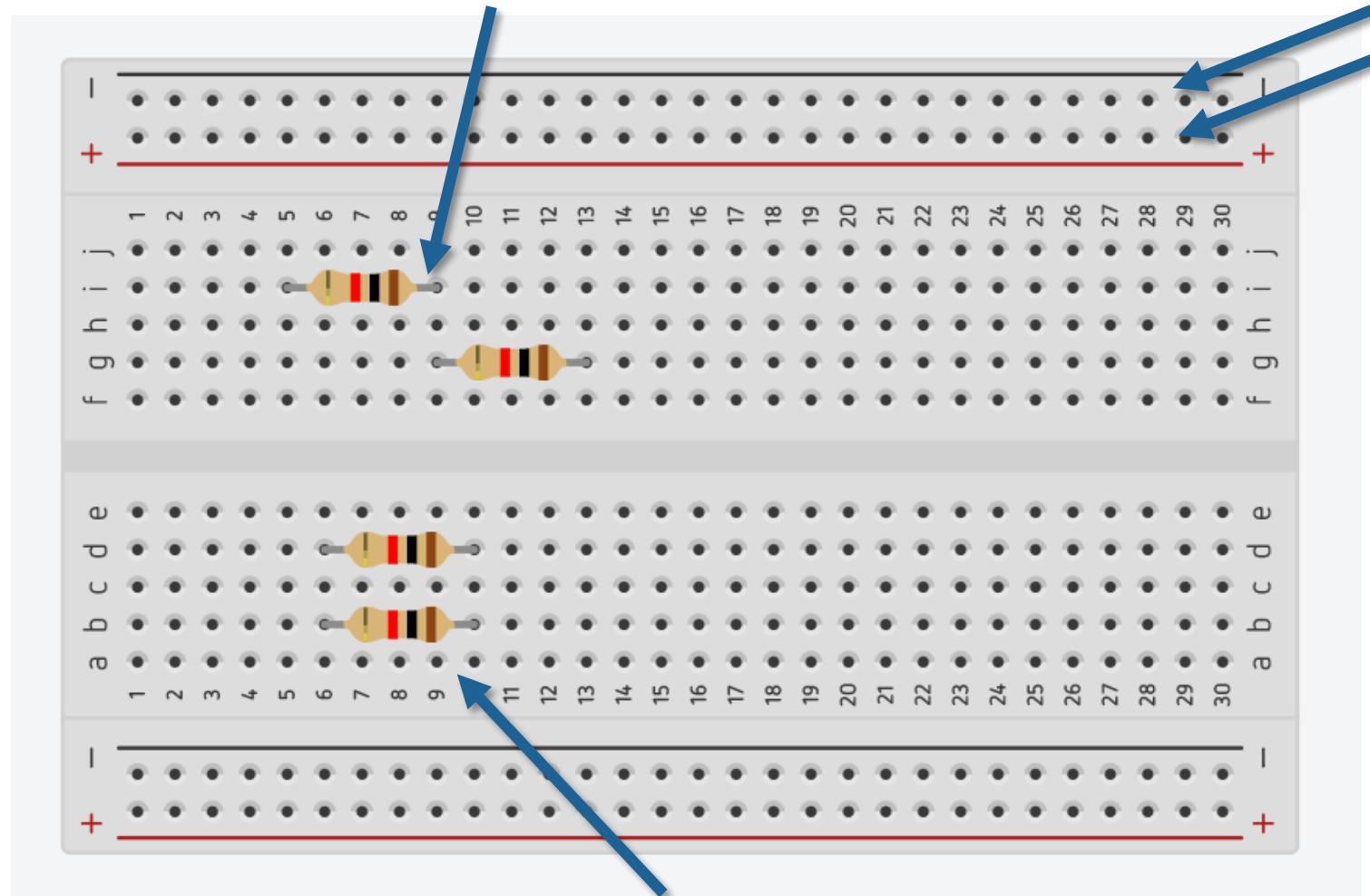


# Παραδείγματα

# Breadboard



Σύνδεση εν σειρά Γραμμές τροφοδοσίας

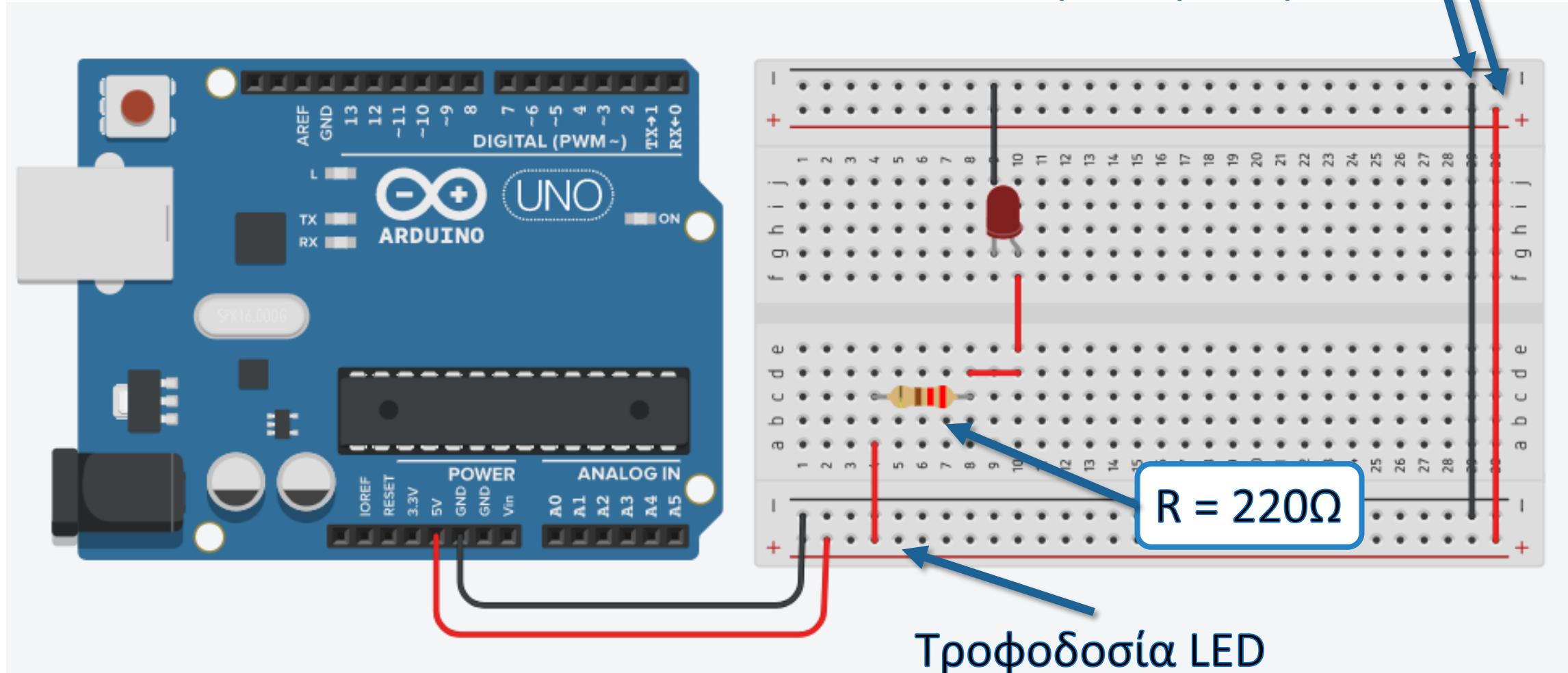


Σύνδεση εν παραλλήλω

# Σύνδεση LED

LED που ανάβει μέσω του Arduino.

Μεταφορά γραμμών τροφοδοσίας και στην άλλη πλευρά



# Σύνδεση LED

Γιατί  $R = 220\Omega$ ;

- Μέγιστη ένταση ρεύματος στο LED:  $I_{max} = 20mA$
- Τάση τροφοδοσίας από το Arduino:  $V_s = 5V$
- Πτώση τάσης στο LED:  $V_{Drop} = 1.8V$

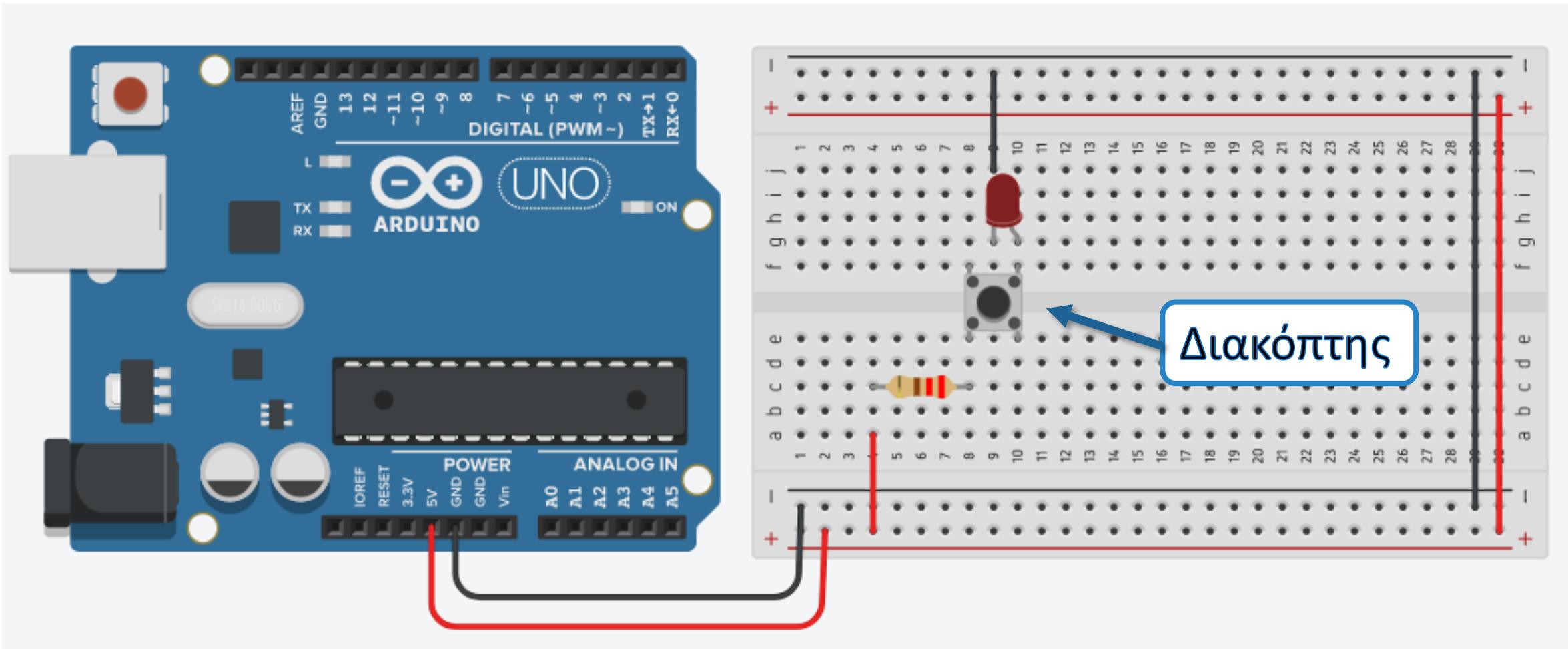
Άρα:

$$R_{min} = \frac{V_s - V_{Drop}}{I_{max}} = \frac{5.0 - 1.8}{0.020} = 160\Omega$$

- Πλησιέστερες (μεγαλύτερες) τιμές αντιστάσεων εμπορίου (E12):  $R = 180\Omega$  &  $220\Omega$

# Σύνδεση LED με διακόπτη

To LED ανάβει μόνο όταν πατηθεί το pushbutton.



# Τροφοδοσία από μπαταρία

Σύνδεση μπαταρίας για την τροφοδοσία του Arduino.

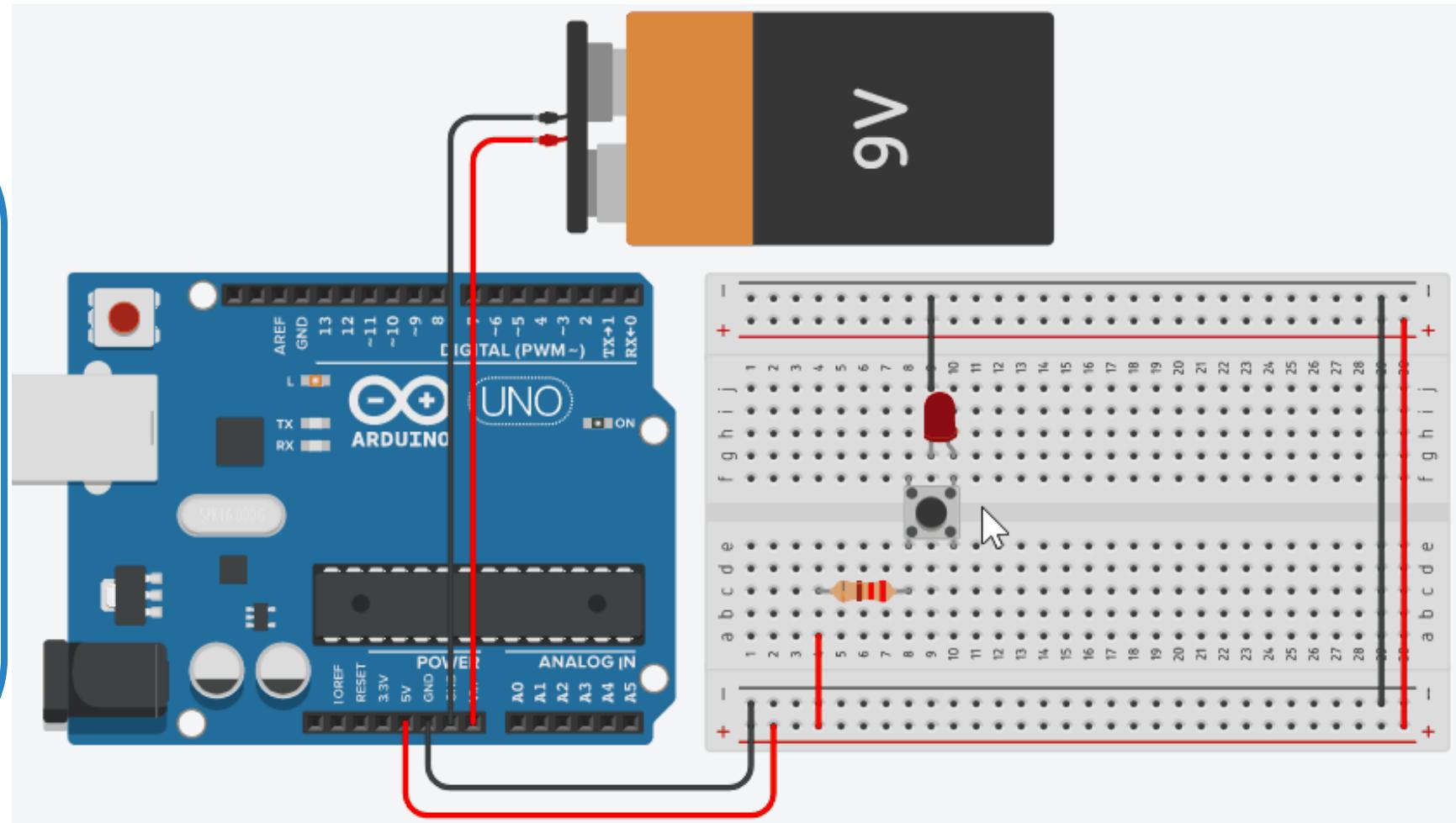
Προσοχή στις υποδοχές:

**3.3V & 5V:**

Τροφοδοσία από το Arduino (προς τα συνδεδεμένα εξαρτήματα)

**Vin:**

Τροφοδοσία του Arduino



# Περισσότερα...

Προσομοίωση κυκλωμάτων και του Arduino:

<https://www.tinkercad.com/circuits>

Σύνδεση αισθητήρων και άλλων εξαρτημάτων με το Arduino:

<https://www.circuito.io/>

Σχεδίαση συνδεσμολογίας Arduino με αισθητήρες κ.λπ. και κατασκευή σε PCB:

<http://fritzing.org>