

# Παράρτημα Β΄

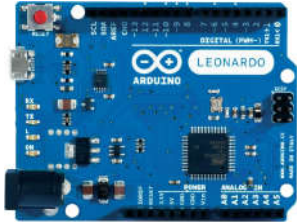
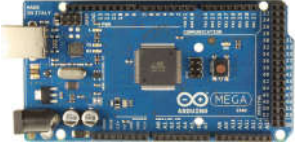
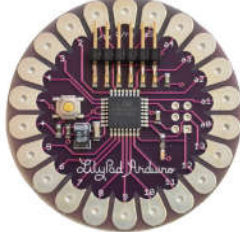
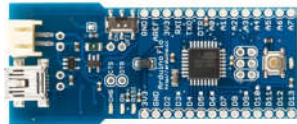



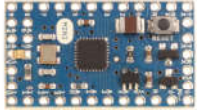
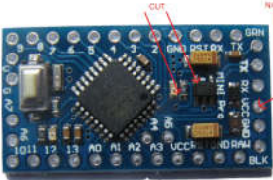
## Σχεδίαση με μικρο-ελεγκτή 8bit

Αν και οι επεξεργαστές που χρησιμοποιούνται στους τυπικούς σταθμούς εργασίας ή στους διακομιστές ή στα έξυπνα τηλέφωνα, είναι αρχιτεκτονικής 32 bit ή 64 bit, στα ενσωματωμένα συστήματα χρησιμοποιούνται αρχιτεκτονικές από 8 bit έως και 64bit. Ένας αρκετά δημοφιλής, αξιόπιστος και οικονομικός επεξεργαστής 8 bit είναι ο ATmega328P, που αποτελεί την καρδιά της αναπτυξιακής πλατφόρμας Arduino UNO. Σε αυτό το παράρτημα, θα γίνει η παρουσίαση του Arduino UNO και στη συνέχεια θα ακολουθήσουν οι ασκήσεις εμπάθυνσης σε αυτή την αρχιτεκτονική.

### Β΄.1 Η αναπτυξιακή πλατφόρμα ARDUINO

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζεται ο μικροελεγκτής Arduino που χρησιμοποιήθηκε, τα χαρακτηριστικά του και μερικά από τα διαθέσιμα εξαρτήματα που μπορούν να συνδεθούν απ' ευθείας με αυτό. Το Arduino [98] είναι μία ανοιχτού λογισμικού πλατφόρμα πρωτοτύπων ηλεκτρονικών συσκευών που βασίζονται στην ευελιξία και στην ευκολία χρήσης υλικού και λογισμικού. Το Arduino μπορεί να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον κάνοντας λήψη σημάτων μέσα από μια ποικιλία αισθητήρων. Το arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη διαλογικών λειτουργιών, με είσοδο από μια πληθώρα πηγών (διακόπτες, αισθητήρες,..) και έλεγχο φυσικών αντικειμένων (φώτα, κινητήρες,..). Το arduino μπορεί να είναι αυτόνομο ή να επικοινωνεί με άλλα arduino ή υπολογιστικά συστήματα. Τα έργα που βασίζονται σε αυτόν τον μικροελεγκτή, μπορούν να είναι αυτόνομα ή μπορούν να επικοινωνούν με το λογισμικό που τρέχει σε έναν υπολογιστή (π.χ. Flash, Processing, MaxMSP). Το arduino είναι ένα εργαλείο που μας επιτρέπει να κατασκευάσουμε υπολογιστικά συστήματα που μπορούν να αισθανθούν και να ελέγξουν το φυσικό κόσμο πολύ πιο εύκολα από ότι αν χρησιμοποιούσαμε έναν τυπικό υπολογιστή γραφείου. Είναι μια αρχιτεκτονική που


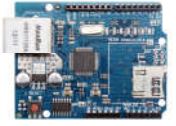
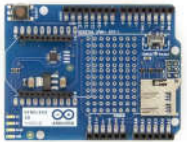
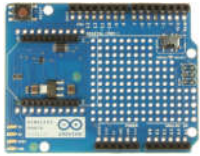

βασίζεται σε ανοιχτό κώδικα, μια πλακέτα μικρο-επεξεργαστή και ένα αναπτυξιακό περιβάλλον για τη συγγραφή προγράμματος για την πλακέτα. Η οικογένεια Arduino αποτελείται από πολλές αναπτυξιακές πλακέτες, διαφορετικών χαρακτηριστικών (Εικόνα Β΄.1). Η πιο δημοφιλή αναπτυξιακή πλακέτα είναι η Arduino UNO (Εικόνα Β΄.1).

<p>Arduino Leonardo</p> 	<p>Arduino Mega</p> 	<p>Arduino LilyPad</p> 
<p>Arduino Fio</p> 	<p>Arduino Ethernet</p> 	<p>Arduino Nano</p> 
<p>Arduino BT</p> 	<p>Arduino Mini</p> 	<p>Arduino Pro Mini</p> 

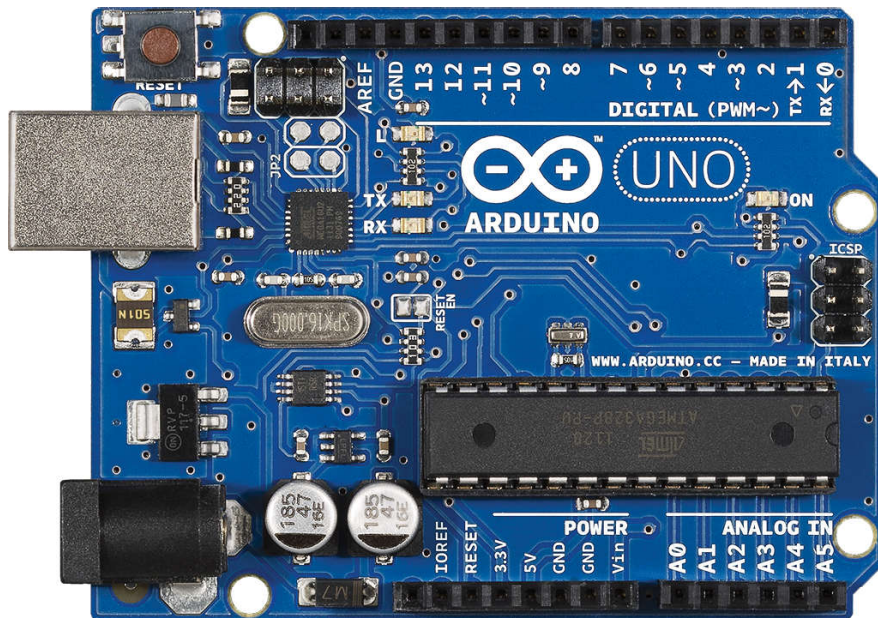
Πίνακας Β΄.1: Η οικογένεια αναπτυξιακών πλακετών Arduino

Η ευκολία σχεδίασης και χρήσης ενσωματωμένων συστημάτων που βασίζονται στην οικογένεια arduino, οφείλεται κατά μεγάλο ποσοστό στις δυνατότητες επέκτασης που παρέχονται με τη χρήση πλακετών επέκτασης (που ονομάζονται ως 'shields' στην αγγλική γλώσσα). Shields είναι τα εξαρτήματα που συνδέονται απευθείας με όλα τα pin του arduino. Μερικά από αυτά φαίνονται στην Εικόνα Β΄.2.

Στις εργαστηριακές ασκήσεις που βρίσκονται σε αυτό το παράρτημα, χρησιμοποιείται η αναπτυξιακή πλακέτα Arduino UNO. Τα χαρακτηριστικά αυτής

<p>Arduino Wifi Shield</p>		<p>Το Arduino WiFi Shield συνδέει το Arduino στο διαδίκτυο ασύρματα.</p>
<p>Arduino Ethernet Shield</p>		<p>Το Arduino Ethernet Shield συνδέει το Arduino στο διαδίκτυο με ένα RJ45 καλώδιο.</p>
<p>Wireless SD Shield</p>		<p>Το Wireless SD Shield επιτρέπει σε μια πλακέτα Arduino να επικοινωνεί ασύρματα με μια ασύρματη μονάδα. Η μονάδα μπορεί να επικοινωνήσει έως και 100 πόδια σε εσωτερικούς χώρους ή σε εξωτερικούς χώρους ως 300 πόδια. Η μονάδα περιλαμβάνει μια θύρα υποδοχής SD</p>
<p>Wireless Proto Shield</p>		<p>Το Wireless Proto Shield επιτρέπει στο Arduino να επικοινωνεί ασύρματα με μια ασύρματη μονάδα. Η μονάδα μπορεί να επικοινωνήσει έως και 100 πόδια σε εσωτερικούς χώρους ή σε εξωτερικούς χώρους ως 300 πόδια. Η μονάδα δεν περιλαμβάνει θύρα υποδοχής SD.</p>
<p>Arduino Motor Shield</p>		<p>Το Arduino Motor Shield επιτρέπει την οδήγηση δύο DC κινητήρων από την ίδια συσκευή, ελέγχοντας την ταχύτητα και την κατεύθυνση του καθενός ξεχωριστά.</p>

Πίνακας Β΄.2: Τυπικές πλακέτες επέκτασης (shields) arduino



Σχήμα Β΄.1: Η αναπτυξιακή πλατφόρμα Arduino αποτελείται από τον μικροεπεξεργαστή 8bit ATMEGA328P. Στην εικόνα φαίνεται η έκδοση UNO.

της πλακέτας εμφανίζονται στον Πίνακα Β΄.3.

Το Arduino UNO μπορεί να τροφοδοτηθεί με DC ρεύμα είτε από τον υπολογιστή μέσω της σύνδεσης USB, είτε από εξωτερική τροφοδοσία που παρέχεται μέσω μιας υποδοχής φινιρών των 2.1mm που βρίσκεται στην κάτω αριστερή γωνία. Για την αποφυγή προβλημάτων, η εξωτερική τροφοδοσία θα πρέπει να είναι από 7 ως 12V. Το Σχήμα Β΄.2 παρουσιάζει τις εισόδους και εξόδους τροφοδοσίας του Arduino UNO.

Οι ακροδέκτες τροφοδοσίας είναι οι ακόλουθοι:

**Vin** : Η τάση εισόδου της πλακέτας όταν χρησιμοποιεί εξωτερική πηγή ενέργειας. Η τροφοδοσία τάσης γίνεται μέσω αυτού του ακροδέκτη.

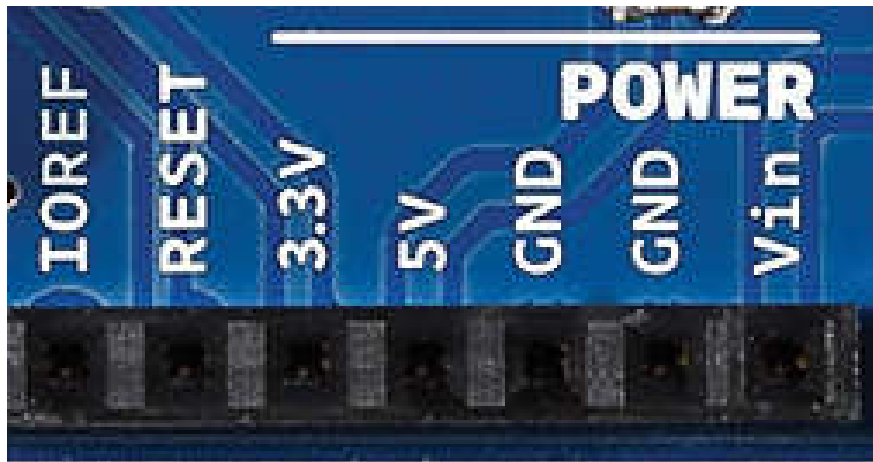
**5V** : Η τάση που χρησιμοποιείται από τα διάφορα μέρη της πλακέτας και το μικροελεγκτή είναι 5V. Η τάση αυτή, την οποία δίνει αυτός ο ακροδέκτης, είναι είτε η τάση 5V που δίνει η σύνδεση με USB, είτε η ρυθμισμένη τάση που δίνεται μέσω του Vin.

**GND** : Είσοδοι γείωσης.

Ο μικροεπεξεργαστής ATmega328 έχει τρεις ομάδες μνήμης. Διαθέτει flash memory, στην οποία αποθηκεύονται τα Arduino sketch, SRAM (static random

Πίνακας Β΄.3: Χαρακτηριστικά της αναπτυξιακής πλακέτας Arduino UNO R3

Μικροελεγκτής	ATMEGA328
Τάση λειτουργίας	5V DC
Τάση εισόδου	7-12V DC
Όρια τάσης εισόδου	6-20V DC
Ψηφιακοί ακροδέκτες I/O	14, (6 PWM έξοδοι)
Αναλογικοί ακροδέκτες εισόδου	6
Ισχύς συνεχόμενου ρεύματος ανά ακροδέκτη	40mA
Ισχύς συνεχόμενου ρεύματος για ακροδέκτη τάσης 3.3V	50mA
Μνήμη flash	32KB (ATMEGA328)
Μνήμη SRAM	2KB (ATMEGA328)
Μνήμη EEPROM	1KB (ATMEGA328)
Ταχύτητα ρολογιού	16MHz



Σχήμα Β΄.2: Είσοδοι/Έξοδοι Τροφοδοσίας Arduino UNO.



access memory), στην οποία δημιουργείται το sketch και χρησιμοποιεί τις μεταβλητές όταν τρέχει, και EEPROM, η οποία χρησιμοποιείται από τους προγραμματιστές για την αποθήκευση μακροχρόνιων πληροφοριών. **2KB μνήμης SRAM:** Η ωφέλιμη μνήμη που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα προγράμματα για να αποθηκεύουν μεταβλητές, πίνακες κλπ Η μνήμη χάνει τα δεδομένα της όταν η παροχή ρεύματος στο Arduino σταματήσει ή πατηθεί το κουμπί επανεκκίνησης. **1KB μνήμης EEPROM:** Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εγγραφή ή ανάγνωση δεδομένων από τα προγράμματα. Σε αντίθεση με την SRAM, δε χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή επανεκκίνησης. **32KB μνήμης Flash:** 2 KB χρησιμοποιούνται από το firmware του Arduino που έχει εγκαταστήσει ήδη ο κατασκευαστής του. Το firmware είναι αναγκαίο για την εγκατάσταση προγραμμάτων στο μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB. Τα υπόλοιπα 30KB της μνήμης Flash χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αυτών ακριβώς των προγραμμάτων, αφού πρώτα μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή. Η μνήμη Flash, δε χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή επανεκκίνησης.

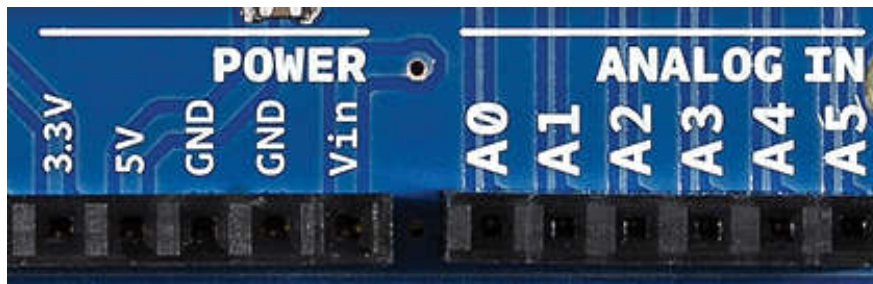
Η αναπτυξιακή πλακέτα Arduino UNO έχει 14 ψηφιακούς ακροδέκτες (Σχήμα Β΄.3).



Σχήμα Β΄.3: Οι ψηφιακοί ακροδέκτες του Arduino UNO.

Όλοι οι ψηφιακοί ακροδέκτες μπορεί να χρησιμοποιηθούν για είσοδο και έξοδο ψηφιακών τιμών. Το Arduino UNO χρησιμοποιεί 5V τάση στους ακροδέκτες, οπότε αν ένας ακροδέκτης εισόδου φέρει τάση 5V διαβάζεται ως '1' ενώ διαφορετικά διαβάζεται ως 0. Αντίστοιχα, ο ακροδέκτης εξόδου γράφει το λογικό '1' ως τάση +5V, ενώ το '0' αντιστοιχεί στη γείωση. Εκτός από τη γενική λειτουργία των ακροδεκτών εισόδου εξόδου, κάποιοι ακροδέκτες έχουν επιπρόσθετες λειτουργίες. Οι ακροδέκτες αυτοί περιγράφονται στη συνέχεια. **Ακροδέκτες 0 και 1:** λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής θύρας όταν το πρόγραμμα ενεργοποιεί τη σειριακή θύρα. Έτσι, όταν το πρόγραμμα στέλνει δεδομένα στη σειριακή θύρα, αυτά προωθούνται και στη θύρα USB μέσω του ελεγκτή Serial-Over-USB, αλλά και στον ακροδέκτη 0 για να τα διαβάσει ενδεχομένως μια άλλη συσκευή. Αυτό φυσικά σημαίνει ότι αν στο πρόγραμμα ενεργοποιήσει το σειριακό interface, χάνει 2 ψηφιακές εισόδους/εξόδους η πλατφόρμα. **Ακροδέκτες 2 και 3:** λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt (interrupt

0 και 1 αντίστοιχα). Ρυθμίζονται μέσα από το πρόγραμμά ώστε να λειτουργούν αποκλειστικά ως ψηφιακές εισοδοι στις οποίες όταν συμβαίνουν συγκεκριμένες αλλαγές, η κανονική ροή του προγράμματος σταματάει άμεσα και εκτελείται μια συγκεκριμένη συνάρτηση. Τα εξωτερικά interrupt είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε εφαρμογές που απαιτούν συγχρονισμό μεγάλης ακρίβειας. **Ακροδέκτες 3, 5, 6, 9, 10 και 11:** μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδο- αναλογικές έξοδοι με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation).



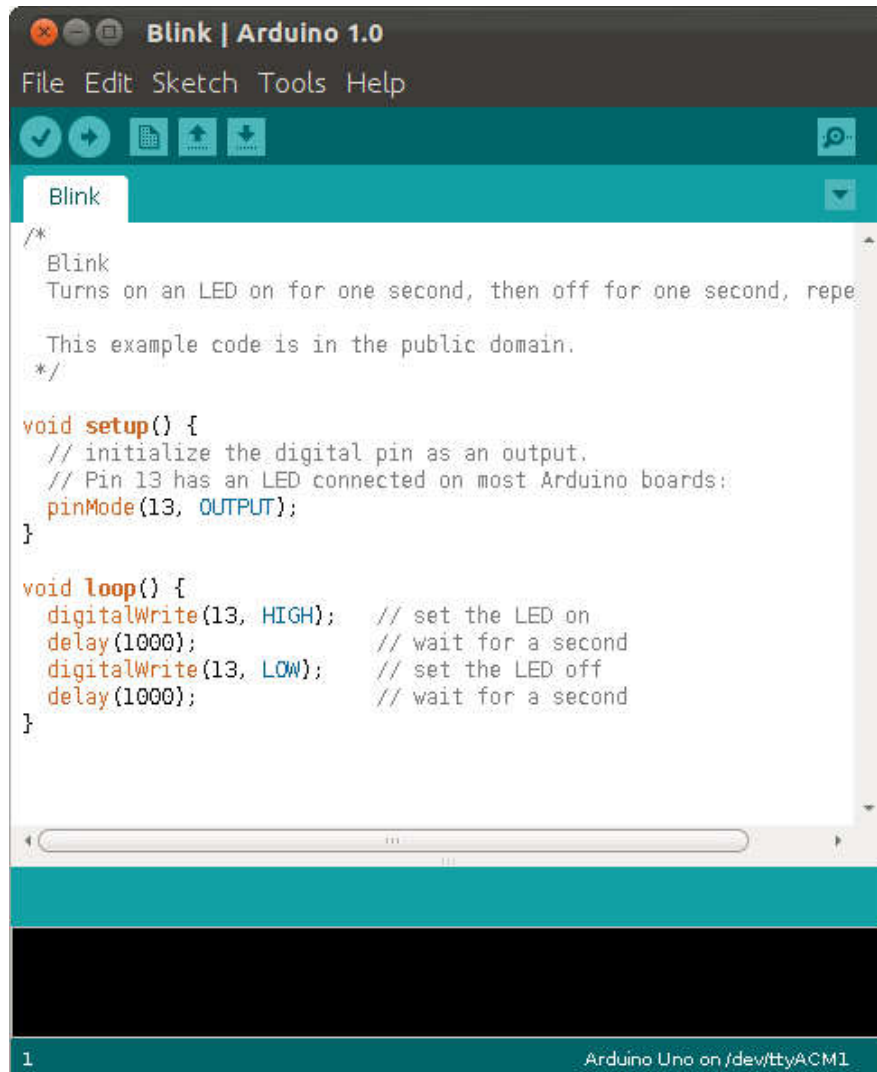
Σχήμα Β΄.4: Οι αναλογικοί ακροδέκτες του Arduino UNO.

Η αναπτυξιακή πλατφόρμα Arduino UNO μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη ανάγνωση αναλογικών σημάτων. Στην κάτω πλευρά του Arduino, με τη σήμανση ANALOG IN όπως φαίνεται και στο Σχήμα Β΄.4, υπάρχει μια ακόμη σειρά από 6 pin, αριθμημένα από το 0 ως το 5. Κάθε κανάλι εισόδου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα. Το κάθε κανάλι έχει διακριτική ικανότητα 10bit (1024 τιμές), δηλαδή διαιρείται η τάση αναφοράς σε 1024 εύρη. Η τάση αναφοράς μπορεί να ρυθμιστεί με μια εντολή (analogReference()) στο 1.1V, ενώ η προεπιλογή είναι στα 5V. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τάση που εφαρμόζεται στο pin με τη σήμανση AREF που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά της πλακέτας. Έτσι, αν τροφοδοτηθεί ο ακροδέκτης AREF με 3.3V και στη συνέχεια διαβάσει κάποιον ακροδέκτη αναλογικής εισόδου στο οποίο εφαρμόζεται τάση 1.65V, το Arduino θα επιστρέψει την τιμή 512 (γιατί,  $(1,65V/3,3V) * 1024 = 512$ ).

Η ανάπτυξη προγραμμάτων στην οικογένεια Arduino, γίνεται μέσω του προγράμματος Arduino IDE [99].

Το περιβάλλον ανάπτυξης Arduino περιέχει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου, για τη σύνταξη του κώδικα, μια περιοχή στην οποία εμφανίζονται μηνύματα, μία κονσόλα κειμένου και μια γραμμή εργαλείων υπό μορφή κουμπιών. Συνδέεται με το hardware μέρος του arduino για να φορτώσει προγράμματα και να επικοινωνεί μαζί τους. Ο κώδικας που έχει γραφεί για το Arduino ονομάζεται sketch. Στον Πίνακα Β΄.4 παρουσιάζονται τα εργαλεία του περιβάλλοντος ανάπτυξης, υπό μορφή κουμπιών και στο Σχήμα Β΄.5 το ίδιο το περιβάλλον.

Το Arduino IDE είναι βασισμένο σε Java και συγκεκριμένα παρέχει:

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "Blink | Arduino 1.0". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for saving, undo, redo, and uploading. The main workspace displays the code for the "Blink" sketch. The code includes a multi-line comment describing the sketch's purpose, a setup function that configures pin 13 as an output, and a loop function that toggles the LED on and off with 1000ms delays. The status bar at the bottom indicates "1" and "Arduino Uno on /dev/ttyACM1".

```
/*  
 * Blink  
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.  
 *  
 * This example code is in the public domain.  
 */  
  
void setup() {  
  // initialize the digital pin as an output.  
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:  
  pinMode(13, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on  
  delay(1000);           // wait for a second  
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off  
  delay(1000);           // wait for a second  
}
```

Σχήμα Β΄.5: Το ολοκληρωμένο πρόγραμμα ανάπτυξης προγραμμάτων σε Arduino.



- Ένα πρακτικό περιβάλλον για τη συγγραφή των προγραμμάτων, με συντακτική χρωματική σήμανση.
- Μερικές έτοιμες βιβλιοθήκες για προέκταση της.
- Τον compiler για τη μεταγλώττιση των sketch.
- Μία σειριακή οθόνη (serial monitor) που παρακολουθεί τις επικοινωνίες της σειριακής (USB), αναλαμβάνει να στείλει αλφαριθμητικά στο Arduino μέσω αυτής και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την αποσφαλμάτωση των sketch.
- Την επιλογή για ανέβασμα των μεταγλωττισμένων sketch στο Arduino.

**Γλώσσα Προγραμματισμού:** Η γλώσσα του Arduino βασίζεται στη γλώσσα Wiring [100] μια παραλλαγή C/C++ για μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής AVR όπως ο ATmega, και υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C καθώς και μερικά χαρακτηριστικά της C++. Για compiler χρησιμοποιείται ο AVR gcc και ως βασική βιβλιοθήκη C χρησιμοποιείται η AVR libc. Λόγω της καταγωγής της από τη C, στη γλώσσα του Arduino, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συσσιαστικά οι ίδιες βασικές εντολές και συναρτήσεις, με την ίδια σύνταξη, τους ίδιους τύπων δεδομένων και τους ίδιους τελεστές όπως και στη C. Πέρα από αυτές όμως, υπάρχουν κάποιες ειδικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που βοηθούν για τη διαχείριση του ειδικού hardware του Arduino. Τα προγράμματα του Arduino διαιρούνται σε τρία μέρη: δομή (structure), τιμές (values) και συναρτήσεις (functions).

Τα προγράμματα του Arduino διαιρούνται σε τρία μέρη: δομή (structure), τιμές (values) και συναρτήσεις (functions).

Ασφαλώς, σημαντικό στοιχείο της διαδικασίας συγγραφής προγραμμάτων στο Arduino, αποτελεί η αποσφαλμάτωση του συστήματος, είτε του λογισμικού (software) είτε του υλικού (hardware). Πολλές φορές θέλουμε να αποσφαλμάτωσουμε το κύκλωμά μας ή να επιβεβαιώσουμε ότι ένα κομμάτι του λειτουργεί σωστά. Για να το πετύχουμε αυτό, χρησιμοποιούμε τη σειριακή επικοινωνία σε συνδυασμό με εντολές εκτύπωσης στο σειριακό τερματικό.

1. Εμφανίζουμε τη σειριακή οθόνη, πατώντας το εικονίδιο με το μεγεθυντικό φακό στη εργαλειοθήκη με τα εικονίδια (τέρμα δεξιά).
2. Ρυθμίζουμε την ταχύτητα σε 9600 bps
3. Στο sketch του arduino στο setup() τοποθετούμε τη γραμμή `Serial.begin(9600);`

Πίνακας Β΄.4: Εργαλεία υπό μορφή κουμπιών στο Arduino IDE

	Verify	Ελέγχει για συντακτικά λάθη στον κώδικα.
	Upload	Μεταγλωττίζει τον κώδικα και τον φορτώνει στο Arduino.
	New	Δημιουργεί ένα νέο sketch.
	Open	Παραθέτει ένα μενού με όλα τα sketch για άνοιγμα σε νέο παράθυρο.
	Save	Αποθηκεύει ένα sketch.
	Serial Monitor	Ανοίγει την σειριακή οθόνη.

Σχήμα Β΄.6: Η τυπική δομή των προγραμμάτων Arduino.

<Δήλωση μεταβλητών>

```
void setup(){
```

<Δήλωση λειτουργιών που ισχύουν για όλο το πρόγραμμα>

```
}
```

```
void loop(){
```

<Δήλωση των λειτουργιών που επαναλαμβάνονται κατά

τη λειτουργία του προγράμματος>

```
}
```

4. Στο σημείο που θέλουμε να εμφανίσουμε κάποια τιμή, δίνουμε `Serial.println(value)`; ή `Serial.print(value)` (το `ln` κάνει και αλλαγή γραμμής).

Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να αποσφαλματώσουμε βήμα-προς-βήμα όλο το κύκλωμα. Εκτυπώνουμε τις τιμές από τις εισόδους, και τις τιμές που στέλνουμε στις εξόδους και έτσι προσδιορίζουμε το πρόβλημα.

## Β΄.2 Κανόνες Εργαστηρίου

Η εκπαίδευση πάνω στην ανάπτυξη εφαρμογών στο arduino γίνεται συνήθως σε κάποιο εργαστήριο. Παρακάτω παραθέτονται οι κανόνες που διέπουν το εργαστήριο του Ψηφιακών Συστημάτων και Αρχιτεκτονικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.

1. Πριν χρησιμοποιήσετε οποιοδήποτε εξοπλισμό, θα πρέπει να ακουμπήσετε μια γειωμένη επιφάνεια (π.χ. το κουτί ενός υπολογιστή) για να απομακρυνθεί ο στατικός ηλεκτρισμός. Αυτό θα πρέπει να το επαναλαμβάνετε κατά τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ. κάθε 20-30 λεπτά).
2. Απαγορεύεται η απομάκρυνση οποιουδήποτε εξοπλισμού από το εργαστήριο.
3. Να αναφέρετε αμέσως οποιοδήποτε πρόβλημα (χαμένο εξάρτημα, δυσλειτουργία εξαρτήματος) στους υπευθύνους.
4. Απαγορεύεται να σημειώνετε ή να τροποποιείτε μόνιμα τα εξαρτήματα.

5. Κατά την είσοδο στο εργαστήριο:
  - (α΄) Ενημερώνετε τον υπεύθυνο για τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιήσετε.
  - (β΄) Υπογράφετε την παραλαβή του εξοπλισμού και των εξαρτημάτων που το συνοδεύουν.
6. Κατά την έξοδο από το εργαστήριο:
  - (α΄) θα πρέπει να παραδώσετε τακτοποιημένο τον εξοπλισμό (μέσα στις πλαστικές σακούλες/κουτιά), ακριβώς όπως σας παραδόθηκε.
  - (β΄) Ο πάγκος να είναι καθαρός, η οθόνη, ο υπολογιστής, το πληκτρολόγιο και το mouse να είναι τακτοποιημένα.
  - (γ΄) Ο υπεύθυνος ελέγχει τον εξοπλισμό που του παραδίδετε και υπογράφει το φύλλο παραλαβής.
7. Πάντα να έχετε κλειστή την τροφοδοσία κατά τη σύνδεση ή αποσύνδεση εξαρτημάτων από μια πλακέτα.
8. Απαγορεύονται χυμοί, νερά, καφέδες, τρόφιμα στο εργαστήριο. Μπορείτε να τα αφήνετε έξω από το εργαστήριο.
9. Μην ασκείτε υπερβολική πίεση κατά τη συναρμολόγηση ενός κυκλώματος. Μπορείτε να χρησιμοποιείτε γειτονικές επαφές/connection points αν δείτε ότι ένα εξάρτημα δεν τοποθετείται χωρίς πίεση.
10. Κάποια εξαρτήματα, όπως η μεμβράνη πίεσης ή το ποτενσιόμετρο επαφής, είναι πολύ ευαίσθητα. Για να τα τοποθετήσετε στο breadboard πρέπει να τα πιάσετε από πολύ χαμηλά (δίπλα στις επαφές).
11. Οι αντιστάσεις και οι δίοδοι που έχουν λυγισμένες επαφές να τις αφήνετε σε αυτή τη μορφή και να μην τις ισιώνετε, διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος να κοπούν.
12. Σε περίπτωση που δεν ακολουθήσετε τις υποδείξεις ασφαλείας και προστασίας τόσο του εαυτού σας όσο και του εξοπλισμού, ή αν δεν είστε προσεκτικοί θα υπάρχουν κυρώσεις.
13. Ο υπεύθυνος του εργαστηρίου έχει τον τελευταίο λόγο. Οι υποδείξεις του θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψιν.