



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ  
ΣΤΕΦ – ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ  
ΜΕ ARDUINO ΚΑΙ RFID

SECURITY SYSTEM AND ACCESS CONTROL WITH  
ARDUINO AND RFID



ΠΑΝΤΕΛΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ  
Α.Ε.Μ. 4835

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΟΓΙΑΣ

ΚΑΒΑΛΑ 2014

# Περίληψη

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός συστήματος ασφαλείας με αυτόματη αναγνώριση σε ραδιοσυχνότητες (RFID) κάνοντας χρήση της πλατφόρμας Arduino. Επιτυγχάνεται προσομοίωση του παραπάνω συστήματος και υπάρχει λεπτομερής περιγραφή για τον τρόπο κατασκευής και την λειτουργία του. Απώτερος στόχος είναι να μπορεί να εγκατασταθεί σε κάποια αίθουσα του Τεχνολογικού Ιδρύματος της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, ή σε οποιαδήποτε αίθουσα η πόρτα μιας επιχείρησης ώστε να υπάρχει πρόσβαση με ηλεκτρονική ταυτοποίηση.

Το κάθε εξουσιοδοτημένο άτομο το οποίο ορίζεται από τον διαχειριστή, θα έχει στην κατοχή του μια ετικέτα (tag), με μοναδικό κωδικό. Η πρόσβαση στην αίθουσα-πόρτα θα γίνεται περνώντας την ειδική κάρτα από τον αναγνώστη (reader). Έπειτα θα εμφανίζεται το όνομα του, και θα πραγματοποιείται ο έλεγχος για εγκυρότητα από έναν μικροελεγκτή.

Όλα τα αποτελέσματα θα εμφανίζονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή που θα είναι συνδεδεμένη η συσκευή, και εφόσον αναγνωριστεί και έχει δικαίωμα ο χρήστης θα μπορεί να εισέλθει ,θα ακουστεί ένας ήχος(pass) και τότε θα ανοίξει η πόρτα. Αν δεν έχει δικαίωμα πρόσβασης τότε θα ακουστεί ένας “λανθασμένος”(fail) ήχος και η πόρτα δεν θα ανοίξει.

# Abstract

The purpose of this project is the design and construction of a security system with automatic radio frequency (RFID) using the platform Arduino. Is accomplished simulation of the system and there is detailed description on how to build and function it. The ultimate goal is to be installed in any room of the Technological Institute of Eastern Macedonia and Thrace, or in any room or door of a company in order to have access with electronic identification.

Each authorized person designated by the administrator, will be in possession of a label (tag), with unique code. The access to the room-door will be made by passing the special card from the reader. Then the name of the individual will be displayed, and an audit for the validity will be performed from a microcontroller.

All the results will be displayed on the computer which is connected to the device, and if the user is identified and authorized will be able to enter, there will be a sound (pass) and then the door will open. If the person won't have access then there will be a "wrong" (fail) sound and the door will not open.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ.....	7
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ RFID.....</b>	<b>8</b>
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	8
1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ.....	9
1.2.1 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ(OCR) .....	9
1.2.2 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΜΕ ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ .....	10
1.2.3 ΕΞΥΠΝΕΣ ΚΑΡΤΕΣ.....	10
1.2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ BARCODE.....	11
1.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ RFID.....	11
1.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ-ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	12
1.3.1 ΕΤΙΚΕΤΑ(TAG).....	14
1.3.1.1 ΕΝΕΡΓΕΣ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΕΤΙΚΕΤΕΣ.....	14
1.3.1.2 ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΜΟΝΟ ΚΑΙ ΑΝΑΓΝΩΣΗ/ΕΓΓΡΑΦΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΕΤΙΚΕΤΩΝ.....	15
1.3.2 ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ.....	16
1.3.3 ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ/ΑΠΟΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	17
1.3.4 ΕΛΕΝΚΤΗΣ(CONTROLLER).....	17
1.4 ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ RFID.....	17
1.4.1 ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΑΝΑΓΝΩΣΗΣ.....	19
1.4.2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ.....	19
1.4.3 ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ RFID ΕΤΙΚΕΤΩΝ.....	20
1.5 ΧΡΗΣΗ RFID .....	21
1.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ RFID .....	23
1.6.1 ΕΞΥΠΝΕΣ ΚΑΡΤΕΣ ΧΩΡΙΣ ΕΠΑΦΕΣ.....	23
1.6.2 ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	25
1.6.3 ΑΡΧΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ.....	25
1.6.4 ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΝΑΛΛΑΓΗΣ.....	25
1.6.5 ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗΝ ΦΘΟΡΑ-ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ.....	26
1.7 ΟΦΕΛΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ RFID .....	26
1.7.1 ΕΛΕΝΧΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ.....	26
1.7.2 ONLINE ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	26
1.7.3 OFFLINE ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	27
1.7.4 ΚΑΡΤΕΣ- ΕΤΙΚΕΤΕΣ.....	28
1.7.5 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΑΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	29
1.7.6 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΟΝΤΕΙΝΕΡ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΩΝ.....	30
1.7.7 ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	30

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο</b> Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ ARDUINO.....	32
2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ.....	32
2.1.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ.....	32
2.1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ.....	33
2.1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ.....	34
2.1.4 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΕΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ.....	35
2.2 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ ARDUINO.....	36
2.3 Η ΠΛΑΚΕΤΑ ARDUINO .....	38
2.3.1 ΑΛΛΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ARDUINO .....	42
2.4 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ- Η ΚΑΡΔΙΑ ΤΟΥ ARDUINO .....	44
2.4.1 ΕΙΣΟΔΟΙ-ΕΞΟΔΟΙ .....	45
2.4.2 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ.....	48
2.4.3 ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΚΟΥΜΠΙΑ ΚΑΙ LED .....	50
2.5 ARDUINO ΙΔΕ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ.....	50
2.5.1 ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	52
2.5.2 ARDUINO (ΑΣΠΙΔΕΣ).....	61
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο</b> ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.....	63
3.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΠΛΑΚΕΤΑ Η ΡΑΣΤΕΡ.....	63
3.2 ΛΩΡΙΔΕΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ.....	65
3.3 ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ.....	66
3.4 ΔΙΟΔΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΦΩΤΟΣ.....	66
3.5 USB ΚΑΛΩΔΙΟ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ARDUINO.....	68
3.6 BUZZER.....	69
3.7 RFID – RC522.....	70
3.8 ΕΤΙΚΕΣ RFID .....	71
3.9 ΜΟΤΕΡ(SERVO).....	73
3.10 ΟΘΟΝΗ LCD.....	74
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο</b> ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	75
4.1 ΙΔΕΑ- ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	75
4.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.....	77
4.3 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	78
4.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΔΙΑΒΑΣΜΑΤΟΣ ΚΑΡΤΑΣ EM4102.....	79
4.5 ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	80
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο</b> ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	90
5.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	90
5.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	92
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ.....	93
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	94

# Εισαγωγή

Με την ανάπτυξη της ταυτοποίησης μέσω ραδιοκυμάτων( RFID) , καθίσταται δυνατή η αυτόματη αναγνώριση της ταυτότητας των υπαλλήλων μιας εταιρίας ,η και διδασκόντων ενός Τεχνολογικού η άλλου Ιδρύματος, και η πρόσβαση τους σε αυτήν, επιφέροντας έναν ασφαλέστερο τρόπο για τον έλεγχο και την διαφύλαξη του ενδιαφερόμενου χώρου.

Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων χαμηλού επιπέδου της ηλεκτρονικής πλατφόρμας Arduino σε συνδυασμό με την χρήση της τεχνολογίας των ραδιοκυμάτων, βοηθάει για την δημιουργία του συστήματος ασφαλείας. Στην διαδικασία της δημιουργίας είναι απαραίτητη η γνώση της προγραμματιστικής γλώσσας του Arduino (Wiring) , η οποία βασίζεται στην C++ , καθώς και η λειτουργία- συνδεσμολογία των μικροσυσκευών που χρησιμοποιήθηκαν. Παρόμοια εμπορικά συστήματα και εργαλεία διατίθενται ευρέως σε παγκόσμιο επίπεδο, και υπό την έννοια αυτή το κύριο ενδιαφέρον δεν εντοπίζεται μόνο στην εφαρμογή της τεχνολογίας RFID , αλλά και στις μεγάλες δυνατότητες που μας παρέχονται με την άμεση επέμβαση του χρήστη στο προγραμματιστικό περιβάλλον του ίδιου του υλικού (hardware) του Arduino.

## Παρακάτω αναφέρεται η περιγραφή των κεφαλαίων που θα ακολουθήσουν:

- > **Κεφάλαιο 1:** Θα γίνει μια ιστορική αναδρομή και μια γενική περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών της RFID τεχνολογίας και των εφαρμογών στις οποίες χρησιμοποιείται. Τα εξαρτήματα του συστήματος καθώς και τον τρόπο λειτουργίας τους.
  
- > **Κεφάλαιο 2 :** Παρουσιάζεται η αναπτυξιακή πλατφόρμα του Arduino, τα είδη των μικροεπεξεργαστών, οι λειτουργίες τους και το λειτουργικό (software) που χρησιμοποιήθηκε καθώς και η εγκατάσταση και το περιβάλλον του. Αναφορά γίνεται και στην γλώσσα που προγραμματίζεται η συγκεκριμένη πλατφόρμα και οι ιδιότητες του.
  
- > **Κεφάλαιο 3 :** Παρουσιάζονται αναλυτικά και με φωτογραφικό υλικό όλα τα εξαρτήματα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξη της υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας.
  
- > **Κεφάλαιο 4 :** Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύω, την συνύπαρξη των παραπάνω τεχνολογιών με αποτέλεσμα το τελικό στάδιο στο οποίο φτάνει η πτυχιακή εργασία, όλες τις παραμετροποιήσεις του υλικού και του λογισμικού, αναλυτική περιγραφή του κώδικα που εφαρμόστηκε, και την τελική του μορφή πάνω στην πλακέτα του ράστερ.
  
- > **Κεφάλαιο 5:** Στο τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται κάποια συμπεράσματα και συναντάμε κάποιες από τις μελλοντικές χρήσεις και τις επεκτασιμότητες του κυκλώματος.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ RFID

### 1.1 Ιστορική αναδρομή

Στα πρόσφατα χρόνια οι διαδικασίες αυτόματης αναγνώρισης (Auto-ID) έχουν γίνει πολύ διάσημες σε πολλούς κλάδους, όπως βιομηχανίες, σε εργοστάσια, σε κατασκευαστικές εταιρίες. Οι διαδικασίες αυτόματης αναγνώρισης υπάρχουν για να παρέχουν πληροφορίες για τους ανθρώπους ή τα ζώα, αλλά και για τη διακίνηση αγαθών και προϊόντων. Οι τόσο διαδεδομένες ετικέτες (barcode) οι οποίες είχαν προκαλέσει μια επανάσταση στα συστήματα αναγνώρισης μερικά χρόνια πριν, φαίνονται πλέον αρκετά ανεπαρκείς σε έναν αυξανόμενο αριθμό περιπτώσεων. Τα barcodes μπορεί να είναι εξαιρετικά φθηνά, αλλά το μεγαλύτερό τους ελάττωμα είναι η μικρή αποθηκευτική τους ικανότητα καθώς και το γεγονός ότι δεν μπορούν να επαναπρογραμματιστούν. Μια τεχνικά αισιόδοξη λύση θα ήταν η αποθήκευση πληροφοριών σε ένα chip πυριτίου.

Η πιο κοινή φόρμα ηλεκτρονικής συσκευής αποθήκευσης πληροφοριών σε χρήση στις μέρες μας είναι οι «έξυπνες κάρτες» (smart cards), βασισμένες σε ένα πεδίο επαφής (τηλεφωνικές έξυπνες κάρτες, τραπεζικές κάρτες). Όμως, η μηχανική επαφή που χρησιμοποιείται στις έξυπνες κάρτες δεν είναι συνήθως πρακτική. Μία μεταφορά πληροφοριών χωρίς επαφή ανάμεσα στη συσκευή μεταφοράς πληροφοριών και στον αναγνώστη της είναι μία πολύ περισσότερο ευέλικτη λύση. Στην ιδανική περίπτωση, η ισχύς που απαιτείται για να λειτουργήσει η ηλεκτρονική συσκευή μεταφοράς πληροφοριών θα προσφερόταν επίσης από τον αναγνώστη χρησιμοποιώντας τεχνολογία χωρίς επαφή.



Λόγω των διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της ισχύος και των πληροφοριών, τα συστήματα αυτόματης αναγνώρισης χωρίς επαφή καλούνται συστήματα RFID (Radio Frequency Identification). Μια υποσχόμενη λύση στο πρόβλημα που αναφέρθηκε είναι τα RFID. Η τεχνολογία αυτή, της αναγνώρισης χωρίς επαφής, συνδυάζει στοιχεία από πολλά ποικίλα πεδία: Τεχνολογία υψηλών συχνοτήτων (HF technology), τεχνολογία ημιαγωγών, προστασία πληροφοριών και κρυπτογράφηση, τηλεπικοινωνίες και πολλά άλλα σχετικά πεδία.

## **1.2 Συστήματα Αυτόματης Αναγνώρισης (Auto-id)**

Οι διαδικασίες αναγνώρισης που στηρίζονται στην τεχνολογία της αυτόματης αναγνώρισης είναι σημαντικά πιο αξιόπιστες και οικονομικότερες από αυτές που δεν αναγνωρίζουν αυτόματα. Παρακάτω παραθέτω μια γενική επισκόπηση διάφορων συστημάτων αυτόματης αναγνώρισης.

### **1.2.1 Αναγνώριση οπτικών χαρακτηριστικών (OCR)**

Η αναγνώριση οπτικών χαρακτηριστικών εμφανίστηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1960. Ειδικά τυπογραφικά διακριτικά αναπτύχθηκαν για αυτήν την εφαρμογή που διαμόρφωσαν χαρακτήρες έτσι ώστε αυτοί να μπορούν να διαβαστούν και από τους ανθρώπους και αυτόματα από τις μηχανές. Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της αναγνώρισης με οπτικά χαρακτηριστικά είναι η μεγάλη πυκνότητα των πληροφοριών και η πιθανότητα ανάγνωσης πληροφοριών οπτικά σε μια έκτακτη περίπτωση (ή απλά για έλεγχο).

Σήμερα, η αναγνώριση οπτικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιείται στην παραγωγή, στις υπηρεσίες και στα διοικητικά πεδία, όπως επίσης στις τράπεζες για την εγγραφή επιταγών (προσωπικές πληροφορίες, όπως όνομα και αριθμός λογαριασμού είναι τυπωμένα στην κάτω γραμμή της επιταγής). Όμως, τα συστήματα αναγνώρισης οπτικών χαρακτηριστικών έχουν αποτύχει να γίνουν καθολικά εφαρμόσιμα λόγω της υψηλής τους τιμής και των πολύπλοκων αναγνωστών που απαιτούν σε σύγκριση με τις άλλες διαδικασίες αυτόματης αναγνώρισης.

### **1.2.2 Αναγνώριση με υπέρυθρες**

Η τεχνολογία των υπέρυθρων είναι παρόμοια με αυτή των RFID. Η κύρια διαφορά είναι η συχνότητα λειτουργίας. Στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, οι υπέρυθρες είναι μακράν μεγαλύτερες από τις υψηλότερες που χρησιμοποιούνται στα RFID. Στις συχνότητες των υπέρυθρων η επικοινωνία μπορεί να χαθεί πολύ εύκολα, αφού δεν μπορούν να διαπεράσουν ούτε ένα απλό εμπόδιο. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι οι υπέρυθρες να χρησιμοποιούνται μόνο σε εφαρμογές εικόνας, όπως για παράδειγμα νυχτερινή λήψη.

### **1.2.3 Έξυπνες κάρτες (smart cards)**

Οι έξυπνες κάρτες διαθέτουν μικροεπεξεργαστές και μνήμες RAM και ROM. Τυπικά έχουν μνήμη περίπου 35 KB και έχουν το σημαντικό πλεονέκτημα της ενσωματωμένης υπολογιστικής ισχύος. Το κύριο πλεονέκτημά τους όμως είναι ότι παρέχουν φυσική προστασία των αποθηκευμένων δεδομένων. Οι επαφές με το εσωτερικό κύκλωμα έχουν τη μορφή επιχρυσωμένων περιοχών πάνω στην επιφάνεια της κάρτας (περιλαμβανομένων των επαφών για την τροφοδοσία από εξωτερική πηγή).

Μία από τις πλέον ενδιαφέρουσες ιδιότητες των έξυπνων καρτών είναι ότι είναι εξαιρετικά δύσκολο να αντιγραφούν. Στην πραγματικότητα, οι κατασκευαστές κρατούν καλά κρυμμένες τις λεπτομέρειες της εσωτερικής σχεδίασης προκειμένου να δυσκολέψουν ακόμη περισσότερο την αντιγραφή και την αναπαραγωγή τους. Επίσης, αυτές οι κάρτες διαθέτουν ενσωματωμένες λειτουργίες κρυπτογράφησης. Ένα μειονέκτημα των βασισμένων σε επαφές έξυπνων καρτών είναι ότι οι επαφές αυτές είναι ευάλωτες στη φθορά, τη διάβρωση και τη σκόνη. Οι αναγνώστες που χρησιμοποιούνται συχνά κοστίζουν ακριβά για να συντηρηθούν λόγω της προδιάθεσης για δυσλειτουργία. Επιπλέον, οι αναγνώστες που είναι ευπρόσιτοι στο κοινό (τηλεφωνικοί θάλαμοι) δεν μπορούν να προστατευτούν από βανδαλισμούς.

#### **1.2.4 Συστήματα Barcode**

Τα barcodes είχαν την τιμητική τους απέναντι σε άλλα συστήματα αναγνώρισης τα προηγούμενα χρόνια. Ουσιαστικά το barcode είναι ένας δυαδικός κώδικας που αποτελείται από ένα πεδίο από μπάρες και κενά, τοποθετημένα σε παράλληλη διάταξη. Αυτά τοποθετούνται με βάση ένα προκαθορισμένο πρότυπο και αντιπροσωπεύουν τα στοιχεία πληροφοριών που αναφέρονται σε ένα σχετικό σύμβολο. Η ακολουθία που φτιάχεται από φαρδιές ή στενές μπάρες και κενά μπορεί να ερμηνευτεί αριθμητικά και αλφαριθμητικά. Διαβάζεται αφού σαρώνεται με οπτικές ακτίνες, για παράδειγμα από τη διαφορετική ανάκλαση μιας δέσμης ακτίνας από τις μαύρες μπάρες και τα λευκά κενά. Όμως, παρόλο που είναι ιδανικά στο φυσικό τους σχεδιασμό, υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις διατάξεις κώδικα μεταξύ των δέκα περίπου διαφορετικών τύπων barcode που χρησιμοποιούνται σήμερα.

#### **1.2.5 Συστήματα RFID**

Τα συστήματα RFID σχετίζονται πιο πολύ με τις έξυπνες κάρτες που περιγράψαμε πιο πάνω. Όπως και στις έξυπνες κάρτες, η πληροφορία αποθηκεύεται σε μια ηλεκτρονική συσκευή μεταφοράς πληροφοριών, την ετικέτα (tag). Όμως, σε αντίθεση με τις έξυπνες κάρτες, η παροχή ισχύος στη συσκευή μεταφοράς πληροφοριών και η ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα σε αυτή τη συσκευή και στον αναγνώστη (reader) επιτυγχάνονται χωρίς τη χρήση γαλβανικών επαφών, αλλά με τη χρήση μαγνητικών και ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Η συντόμευση RFID προκύπτει από την αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων και πιο συγκεκριμένα πληροφοριών που μεταφέρονται με ραδιοκύματα (Radio Frequency Identification System). Λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων των συστημάτων RFID σε σύγκριση με τα άλλα συστήματα αναγνώρισης, τα συστήματα RFID έχουν ξεκινήσει να κατακτούν την παγκόσμια αγορά. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση των χωρίς επαφές έξυπνων καρτών σαν εισιτήρια στα μέσα μεταφοράς μικρών αποστάσεων (ΗΠΑ).

Μια σύγκριση μεταξύ των περισσότερων συστημάτων αναγνώρισης που περιγράφηκαν παραπάνω καταδεικνύει τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες των RFID σε σύγκριση με τα άλλα συστήματα (Σχήμα 1). Στον σχήμα επίσης φαίνεται η στενή σχέση που έχουν τα RFID με τις έξυπνες κάρτες που είναι βασισμένες σε

επαφές. Όμως, τα RFID παρακάμπτουν όλα τα μειονεκτήματα που οφείλονται σε λάθη των επαφών (δολιοφθορά, σκόνη κ.ά.)

Πίνακας 1: Σύγκριση συστημάτων αυτόματης αναγνώρισης

System parameters	Barcode	OCR	Voice recog.	Biometry	Smart Card	RFID systems
Typical data quantity (bytes)	1-100	1-100	-	-	16-64 k	16-64k
Data density	Low	Low	High	High	Very high	Very high
Machine readability	Good	Good	Expensive	Expensive	Good	Good
Readability by people	Limited	Simple	Simple	Difficult	Impossible	Impossible
Influence of dirt/damp	Very high	Very high	—	—	Possible (contacts)	No influence
Influence of (opt.) covering	Total failure	Total failure	—	Possible	—	No influence
Influence of direction and position	Low	Low	—	-	Unidirectional	No influence
Degradation/wear	Limited	Limited	—	—	Contacts	No influence
Purchase cost/reading electronics	Very low	Medium	Very high	Very high	Low	Medium
Operating costs (e.g. printer)	Low	Low	None	None	Medium (contacts)	None
Unauthorised copying/modification	Slight	Slight	Possible* (audio tape)	Impossible	Impossible	Impossible
Reading speed (including handling of data carrier)	Low ~4s	Low ~3s	Very low >5s	Very low >5-10s	Low ~4s	Very fast ~0.5s
Maximum distance between data carrier and reader	0-50 cm	<1 cm Scanner	0-50cm	Direct contact**	Direct contact	0-5-m microwave

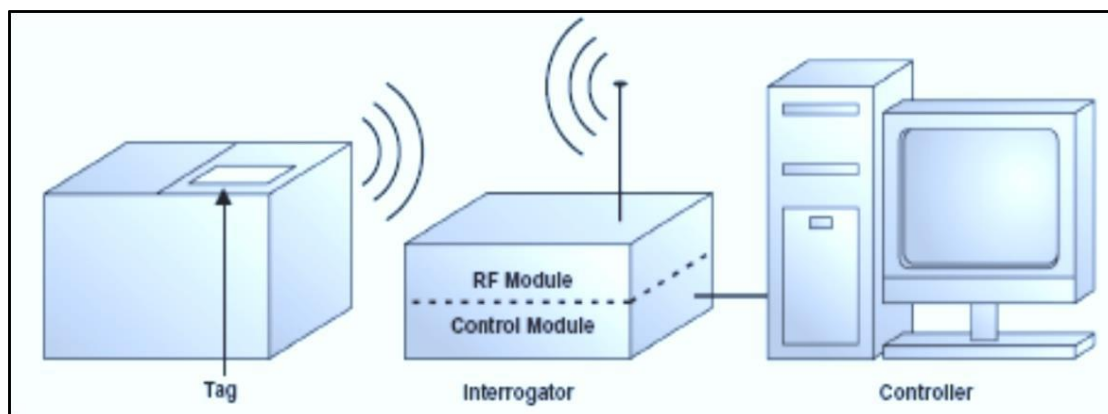
### 1.3 Χαρακτηριστικά - Εξαρτήματα

Ένα RFID σύστημα χρησιμοποιεί τεχνολογία ασύρματης ραδιοεπικοινωνίας για να αναγνωρίσει μοναδικές ετικέτες αντικείμενων (tagged-object). Τα τρία βασικά εξαρτήματα σε ένα RFID σύστημα είναι:

- **Η ετικέτα (tag ή transponder)**, η οποία αποτελείται από ένα ημιαγωγό τσιπ, την κεραία, και σε μερικές περιπτώσεις από μία μπαταρία
- **Ο αναγνώστης (reader ή interrogator)**, αποτελείται από μία κεραία, από μία ηλεκτρονική πλακέτα RF, και από ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου
- **Ο ελεγκτής (controller)**, σε πολλές περιπτώσεις παίρνει τη μορφή ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή (PC)

Η ετικέτα και ο αναγνώστης επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ραδιοκυμάτων. Μόλις μια ετικέτα εισέρχεται στη ζώνη ανάγνωσης ενός αναγνώστη, ο αναγνώστης στέλνει ένα σήμα επικοινωνίας στην ετικέτα για να εκπέμψει τα αποθηκευμένα δεδομένα του. Οι ετικέτες μπορούν να περιέχουν πολλά δεδομένα ανάλογα με τη χρήση τους, όπως σειριακούς αριθμούς, τιμές θερμοκρασίας και άλλα πολλά. Μόλις ο αναγνώστης δεχτεί τις πληροφορίες, τις αποστέλλει στον ελεγκτή μέσω μιας διασύνδεσης δικτύου, όπως ένα Ethernet LAN, ίντερνετ κλπ. Ο ελεγκτής μπορεί να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα για διάφορους σκοπούς.

Ένα RFID σύστημα μπορεί να αποτελείται από πολλούς αναγνώστες, για παράδειγμα διασκορπισμένους σε μία αποθήκη ή μια γραμμή παραγωγής. Εντούτοις όλα είναι δικτυωμένα σε έναν μόνο ελεγκτή. Παρομοίως ένας μόνο αναγνώστης μπορεί να επικοινωνεί με περισσότερες από μία ετικέτες ταυτόχρονα. Με την παρούσα τεχνολογία είναι εφικτό να επικοινωνεί με ρυθμό 1000 ετικέτες ανά δευτερόλεπτο, με ακρίβεια 98%. Τέλος, μία ετικέτα μπορεί να προσαρτηθεί “παντού”, από ένα κλειδί μέχρι ένα νεογέννητο μωρό.



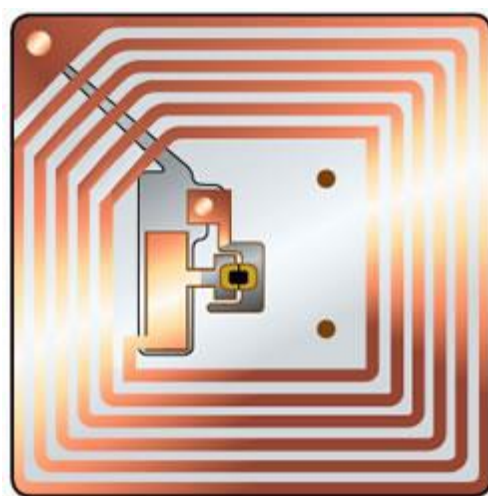
Σχήμα 1: Οι τρεις βασικές διατάξεις σε ένα RFID σύστημα

### 1.3.1 Ετικέτα (Tag)

Η κύρια λειτουργία μιας RFID ετικέτας είναι να αποθηκεύει δεδομένα και να τα αποστέλλει σε έναν αναγνώστη. Στην πιο απλή του μορφή περιλαμβάνει ένα ηλεκτρονικό τσιπ και μια κεραία ολοκληρωμένα σε μια εύχρηστη κατασκευή (Σχήμα 2). Γενικά μια ετικέτα, έχει μνήμη όπου μπορούν να αποθηκευτούν και να διαβαστούν δεδομένα και σε μερικές περιπτώσεις ακόμα και να εγγραφούν. Επίσης υπάρχουν και ετικέτες που έχουν ενσωματωμένη μπαταρία, αυτό είναι και το κριτήριο που διαχωρίζει τις ενεργές από τις παθητικές ετικέτες, που θα περιγράψουμε παρακάτω.

#### 1.3.1.1 Ενεργές και παθητικές ετικέτες

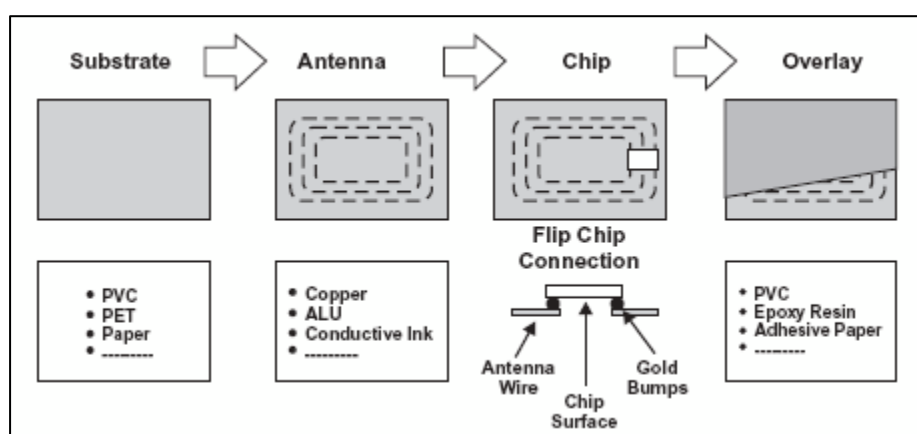
Ενεργές RFID ετικέτες ονομάζονται οι ετικέτες που έχουν στο τυπωμένο κύκλωμα πηγή τροφοδοσίας, όπως μια μπαταρία. Όταν μια ετικέτα χρειαστεί να αποστείλει δεδομένα στον αναγνώστη, η ενέργεια που απαιτείται για την μετάδοση προέρχεται από την τροφοδοσία. Για το λόγο αυτό, τέτοιου είδους ετικέτες μπορούν να επικοινωνούν με λιγότερο ισχυρούς (ενεργειακά) αναγνώστες και μεταδίδουν την πληροφορία από απόσταση μεγαλύτερης εμβέλειας. Επίσης, οι ενεργές ετικέτες συνήθως έχουν μνήμη που φτάνει τα 128Kbytes. Παρόλα αυτά, είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος και πιο πολύπλοκα σε σχέση με τους «ανταγωνιστές» του, τις παθητικές ετικέτες, γεγονός που τα κάνει ακριβότερα στην παραγωγή. Η μπαταρίες που περιέχουν αντέχουν χρονικό διάστημα από δύο έως επτά χρόνια.



Σχήμα 2: Ετικετα RFID

Οι παθητικές ετικέτες δεν περιέχουν καμία είδους τροφοδοσία. Την απαιτούμενη ενέργεια την παίρνουν από το σήμα που στέλνει ο αναγνώστης, φυσικά η ενέργεια αυτή είναι πολύ μικρότερη από το αν είχαν μπαταρία. Ως αποτέλεσμα αυτού, τα παθητικά είναι μικρότερα σε μέγεθος και φθηνότερα από ότι τα ενεργά. Ωστόσο, η εμβέλεια τους είναι αρκετά μικρότερη, στις περισσότερες περιπτώσεις μέχρι λίγα εκατοστά. Εκτός από αυτό, χρειάζονται ισχυρότεροι αναμεταδότες (reader) και περιέχουν μνήμη που δεν ξεπερνάει τα λίγα Kbyte.

Φυσικά υπάρχουν παθητικές ετικέτες που έχουν πηγή τροφοδοσίας αλλά δεν την χρησιμοποιούν για τη μετάδοση των δεδομένων. Αυτού του είδους, ονομάζονται υποστηριζόμενες ετικέτες από μπαταρία (battery-assisted tags) και η ενέργεια χρησιμοποιείται για τη λειτουργία διάφορων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που είναι τοποθετημένα στο ίδιο κύκλωμα.



Σχήμα 3: Κατασκευή RFID ετικέτας

### 1.3.1.2 Ανάγνωση μόνο και ανάγνωση/εγγραφή έξυπνων ετικετών

Μια άλλη κύρια διαφορά μεταξύ των ετικετών είναι ο τύπος της μνήμης που έχουν. Υπάρχουν δύο είδη ετικετών: ανάγνωση (Read-only, RO) και ανάγνωση/εγγραφή (read/write, RW). Οι RO ετικέτες είναι αυτό που λέει η λέξη, ανάγνωση μόνο. Είναι παρόμοια με τα barcode, προγραμματίζονται μια φορά μόνο και δεν αλλάζουν ποτέ. Αυτού του είδους οι ετικέτες, προγραμματίζονται με πολύ μικρή ποσότητα δεδομένα, όπως κάποιον σειριακό αριθμό. Οι RW ετικέτες συνήθως καλούνται και έξυπνες ετικέτες (smart-tags). Οι έξυπνες ετικέτες είναι πιο

προσαρμοστικές, μπορούν να αποθηκεύουν περισσότερα δεδομένα και τα περιεχόμενα της μνήμης μπορούν εύκολα να σβηστούν και να ξανά-εγγραφούν χιλιάδες φορές.

### 1.3.2 Αναγνώστης (Reader)

Ο αναγνώστης (reader) λειτουργεί ως μεσολαβητής ανάμεσα στην ετικέτα και τον ελεγκτή. Έχει λίγες βασικές λειτουργίες οι οποίες είναι οι εξής:

- Ανάγνωση των δεδομένων μιας ετικέτας
- Εγγραφή δεδομένων σε ετικέτα
- Μεταφορά δεδομένων από και προς τον ελεγκτή
- Τροφοδότηση παθητικών ετικετών



Εικόνα 1: Αναγνώστης RFID ετικέτας

Οι αναγνώστες ουσιαστικά είναι σαν μικροί υπολογιστές. Αποτελούνται σε γενικές γραμμές από μία κεραία, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα RF, το οποίο είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία με την ετικέτα, και ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα με ελεγκτή, το οποίο είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία με τον ελεγκτή. Επί πρόσθετα από τις τέσσερις βασικές λειτουργίες που περιγράψαμε παραπάνω, μερικοί πιο πολύπλοκοι αναγνώστες εκτελούν τρεις επιπλέον κρίσιμες λειτουργίες:

- Αποφυγή περιπλοκής σημάτων (anti-collision) για την εξασφάλιση της ταυτόχρονης ανάγνωσης/εγγραφής με περισσότερες ετικέτες
- Αυθεντικοποίηση ετικετών για την αποφυγή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης στο σύστημα
- Κρυπτογράφηση δεδομένων για την προστασία της ακεραιότητας των δεδομένων



### **1.3.3 Κρυπτογράφηση/Αποκρυπτογράφηση δεδομένων**

Η κρυπτογράφηση των δεδομένων είναι ένας ακόμα παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν για την προστασία του συστήματος από εξωτερικές απειλές. Η κρυπτογράφηση και η αποκρυπτογράφηση γίνεται με έναν αλγόριθμο και την βοήθεια κάποιων κλειδιών ώστε το σύστημα να είναι όσο το δυνατόν ασφαλέστερο γίνεται από κακόβουλες επιθέσεις. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι κρυπτογραφίας. Ταξινομούνται δε σε κατηγορίες ανάλογα με τα κλειδιά και τον τρόπο κρυπτογράφησης των δεδομένων. Με βάση τα κλειδιά χωρίζονται σε κρυπτογράφηση δημόσιου και μυστικού κλειδιού, ενώ με βάση τον τρόπο κρυπτογράφησης σε δέσμης και ροής.

### **1.3.4 Ελεγκτής (controller)**

Ο ελεγκτής σε ένα RFID είναι ο «εγκέφαλος» του συστήματος. Χρησιμοποιείται για την δικτύωση πολλών RFID και τον έλεγχο της ροής των δεδομένων. Μπορεί να είναι από ένα λογισμικό σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, μέχρι και ένα μικροελεγκτή σε υλικό, ανάλογα με τη χρήση κάθε φορά. Η λειτουργία των συστημάτων RFID είναι απλή και βασίζεται στη δυναμική και αμφίδρομη επικοινωνία των ετικετών και των αναγνώστων. Όταν οι ετικέτες RFID βρεθούν στην εμβέλεια της κεραίας του αναγνώστη, η μονάδα ελέγχου είναι αυτή που επικοινωνεί με ραδιοκύματα με την κεραία των ετικετών RFID.

Οι ετικέτες RFID ενεργοποιούνται με τη σειρά τους και επιστρέφουν τα αναζητούμενα δεδομένα στους αναγνώστες. Στη συνέχεια παρεμβαίνει ένα ενδιάμεσο λογισμικό, το οποίο κατανοεί τις πληροφορίες, οι οποίες αποστέλλονται από τη μονάδα ελέγχου του αναγνώστη. Τότε με την σειρά του ο αναγνώστης τις μεταφέρει στο εκάστοτε πληροφοριακό σύστημα.

## **1.4 Συχνότητες λειτουργίας RFID**

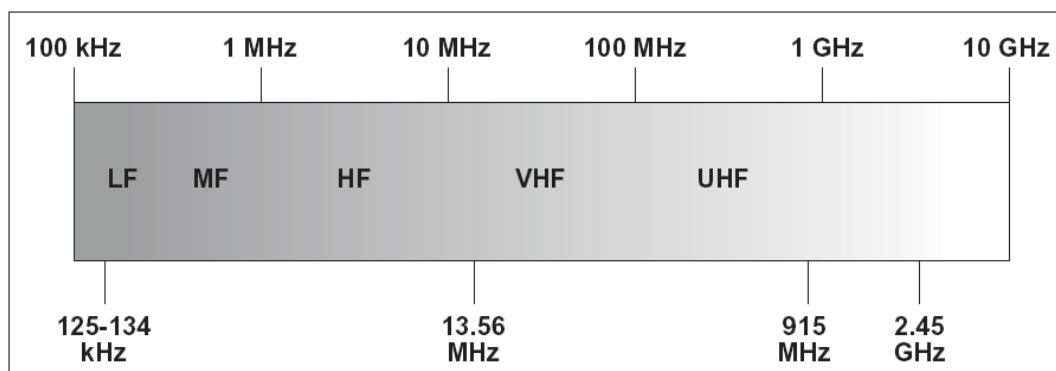
Επειδή τα συστήματα RFID παράγουν και ακτινοβολούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα, αυτά κατατάσσονται στην κατηγορία των ραδιοσυστημάτων. Η χρήση άλλων ραδιοσυστημάτων δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να διαταράσσεται ή να φθείρεται

από τη χρήση των RFID. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να εξασφαλίσουμε ότι τα συστήματα RFID δεν παρεμβάλλουν με κάποιο ραδιόφωνο ή τηλεόραση, με κάποια κινητή ραδιοσυσκευή (αστυνομία, υπηρεσίες ασφαλείας, βιομηχανία), ναυτικές και αεροναυτικές συσκευές και κινητά τηλέφωνα.

Εξαιτίας αυτής της πιθανής παρεμβολής με άλλα ραδιοσυστήματα, περιορίζει σημαντικά το εύρος συχνότητας λειτουργίας των RFID. Για το λόγο αυτό συνηθίζουμε να χρησιμοποιούμε συχνότητες που έχουν δεσμευτεί ειδικά για βιομηχανικούς, ιατρικούς και επιστημονικούς σκοπούς. Αυτές οι συχνότητες είναι παγκοσμίως γνωστές ως ISM συχνότητες και μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε RFID εφαρμογές.

Γενικά όμως οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι οι παρακάτω (Σχήμα 4):

- Χαμηλές Συχνότητες (LF): 125-134 KHz
- Υψηλές Συχνότητες (HF): 13.56 MHz
- Συχνότητες UHF: 860-960 MHz
- Μικροκύματα: 2.5 GHz και άνω



Σχήμα 4: Φάσμα ραδιοσυχνοτήτων

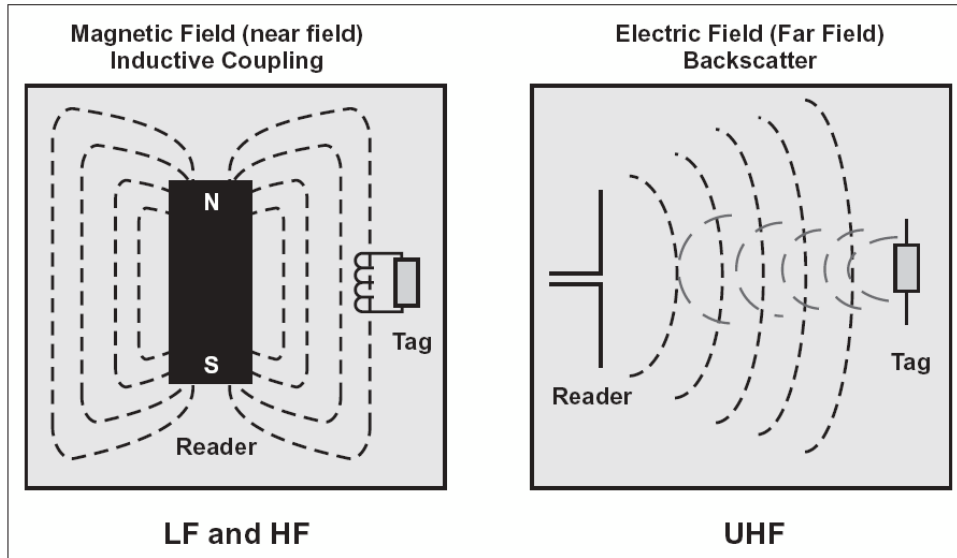
### 1.4.1 Εμβέλεια Ανάγνωσης

Στις χαμηλότερες συχνότητες, η εμβέλεια ανάγνωσης των παθητικών ετικετών δεν ξεπερνάει τα λίγα εκατοστά. Αυτό οφείλεται στην ασθενή ενίσχυση του σήματος της κεραίας. (Στις χαμηλές συχνότητες το μήκος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι πολύ μεγάλο και συνεπώς πολύ μεγαλύτερα από το μέγεθος των κεραιών που είναι τοποθετημένες στο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Η ενίσχυση του σήματος της κεραίας είναι ανάλογη του μεγέθους της κεραίας και σχετική με το μήκος κύματος.) Στις υψηλότερες συχνότητες η εμβέλεια αυξάνεται, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται ενεργές ετικέτες. Επειδή όμως οι πάρα πολύ υψηλές συχνότητες είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο, τέθηκε ένα άνω όριο, το οποίο είναι οι UHF συχνότητες και τα μικροκύματα, και η εμβέλεια μειώθηκε στα λίγα μέτρα στην περίπτωση των παθητικών ετικετών.

### 1.4.2 Μέγεθος και τύπος κεραίας

Το γεγονός ότι τα ραδιοσήματα στις χαμηλές συχνότητες έχουν μεγάλο μήκος κύματος, απαιτεί την κατασκευή μεγαλύτερου μεγέθους κεραιών σε LF και HF συστήματα από ότι σε UHF και μικροκύματα για να πετύχουμε ικανοποιητική ενίσχυση σήματος. Αυτό όμως, έρχεται σε αντίθεση με τον στόχο των RFID που είναι η δημιουργία μικρών και φθηνών ετικετών. Οι περισσότερη σχεδιαστές θυσιάζουν την ενίσχυση του σήματος της κεραίας στο όνομα του κόστους, με αποτέλεσμα η εμβέλεια των αναγνωστών να είναι μικρότερη σε LF και HF συστήματα. Υπάρχει όμως ένα κάτω όριο στο πόσο μικρά μπορεί να είναι οι ετικέτες. Συνέπεια αυτού, οι LF και HF ετικέτες να είναι πάντα μεγαλύτερα από τις ετικέτες σε UHF και μικροκύματα. Στο σχήμα 5 φαίνονται δύο τύποι ενός RFID ανάλογα με τη συχνότητα λειτουργίας.

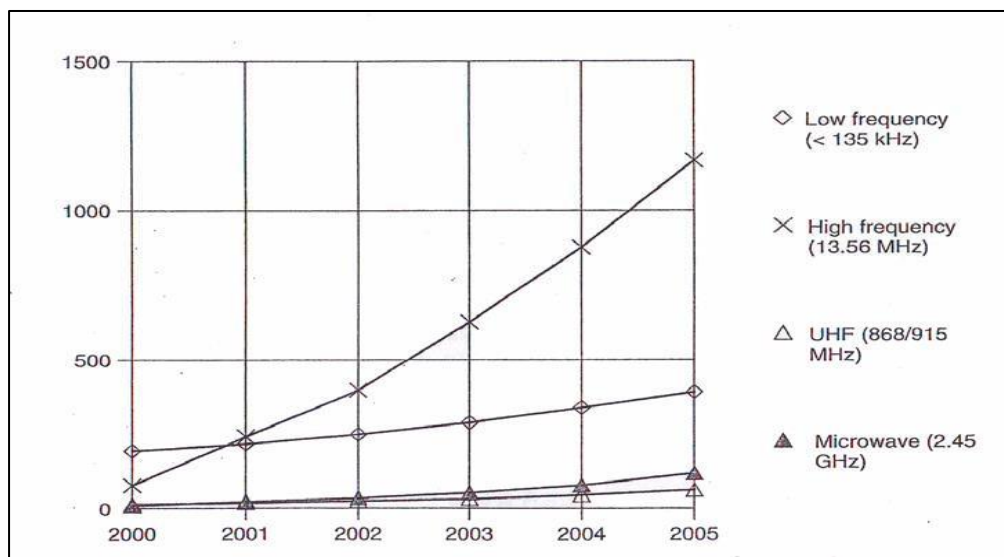
Η συχνότητα λειτουργίας επηρεάζει και τον τύπο της κεραίας που χρησιμοποιούνται σε RF συστήματα. Έτσι σε LF και HF συστήματα χρησιμοποιούνται επαγωγικές κεραίες ενώ σε συστήματα UHF και μικροκύματα χωρητικές κεραίες



Σχήμα 5: Δύο τύποι ετικετών σε διάφορα εύρη συχνοτήτων

### 1.4.3 Μέγεθος και κόστος RFID ετικετών

Τα πρώτα RFID συστήματα χρησιμοποιούσαν το εύρος ζώνης χαμηλών συχνοτήτων, για το λόγο ότι οι ετικέτες σε αυτές τις συχνότητες ήταν εύκολα στην κατασκευή. Έχουν όμως πολλά μειονεκτήματα, όπως μεγάλο μέγεθος το οποίο μεταφράζεται σε υψηλότερο κόστος. Σήμερα το εύρος ζώνης HF είναι το πιο διαδεδομένο παγκοσμίως και το κόστος είναι πολύ μικρότερο από ότι οι LF ετικέτες (Σχήμα 6). Πρόσφατες όμως εξελίξεις στην τεχνολογία των ολοκληρωμένων έχουν μειώσει δραματικά το κόστος για συστήματα σε UHF και μικροκύματα, γεγονός που τα κάνει άκρως ανταγωνιστικά.



Σχήμα 6: Παγκόσμια αγορά ετικετών σε εκατομμύρια κομμάτια

## 1.5 Χρήση Rfid

Το RFID είναι τα αρχικά του όρου Radio Frequency Identification που η μετάφραση του όρου στα ελληνικά είναι «ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων». Το RFID είναι ένα σύστημα ασύρματης αναγνώρισης αντικειμένων και ήρθε να αντικαταστήσει το Bar Code. Οι εφαρμογές του τεράστιες, με κλασικό παράδειγμα τα προϊόντα που έχουν συρμάτινες ταινίες στις αλυσίδες καταστημάτων. Αυτή η συρμάτινη ταινία ήταν ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα, το RFID tag. Στο RFID tag είναι αποθηκευμένο ο σειριακός αριθμός του αντικειμένου και οποιαδήποτε άλλη πληροφορία είναι απαραίτητη για την αναγνώριση του αντικειμένου.

Τα σημαντικά πλεονεκτήματα που προσφέρει το RFID είναι: Η αναγνώριση μπορεί να γίνει από απόσταση μιας και υπάρχουν RFID tags που είναι σε θέση παίρνοντας ενέργεια από κάποια πηγή που συνήθως είναι μπαταρία να στείλουν τις πληροφορίες στον δέκτη. Δυνατότητα αποθήκευσης περισσότερων δεδομένων σε σχέση με τα Bar Code. Μπορούν να μην είναι ορατά στο ανθρώπινο μάτι τα RFID tags μιας και για την αναγνώριση τους δεν χρειάζεται οπτικό μέσο. Δυνατότητα προγραμματισμού εξαποστάσεως. Αντίθετα μετά Bar Code αντέχουν την εργασία και της ακραίες θερμοκρασίες, Επιπρόσθετες λειτουργίες. π.χ. Παρακολούθηση και καταγραφή της θερμοκρασίας.

Η τεχνολογία RFID (Radio Frequency IDentification) είναι το τελευταίο επίτευγμα στην προσπάθεια που διεξάγεται εδώ για δεκαετίες για τη δημιουργία όλο και πιο μικρών ηλεκτρονικών υπολογιστών. Οι πομποδέκτες RFID είναι μικροσκοπικές συσκευές που λειτουργούν χωρίς μπαταρία και που στέλνουν και δέχονται πληροφορίες ασύρματα. Όταν ένας πομποδέκτης RFID ενεργοποιείται, δέχεται ένα σήμα το οποίο επεξεργάζεται, επανακωδικοποιεί και αποστέλλει πίσω στην πηγή του σήματος.

Οι συσκευές RFID χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τη σήμανση αγαθών, στη διαχείριση τροφοδοσιών και αποθηκών, ενώ το πιθανότερο είναι να τις έχετε συναντήσει ως αντικλεπτικά. Εμφυτεύσιμες συσκευές RFID χρησιμοποιούνται για να «μαρκάρουν» ζώα, συνήθως κατοικίδια. Ένας ιδιαίτερος τύπος εμφυτεύσιμου RFID είναι το Verichip, εγκεκριμένο από την αμερικάνικη υπηρεσία FDA για χρήση σε

άνθρωπο. Το Verichip έχει το μέγεθος ενός κόκκου ρυζιού και ήδη χρησιμοποιείται σε εμπορικές και ιατρικές εφαρμογές.

Σήμανση με κάρτες που περιέχουν πομποδέκτες RFID επιχειρήθηκε στους μαθητές ορισμένων αμερικανικών σχολείων με σκοπό να καταργήσει τα απουσιολόγια και να περιορίσει τις «κοπάνες», όμως η εφαρμογή της συνάντησε πολλά εμπόδια χάρη στις αντιδράσεις γονιών και μαθητών. Η πλέον αμφιλεγόμενη χρήση της τεχνολογίας RFID, όμως, είναι η χρήση της στα νέα ηλεκτρονικά διαβατήρια.

Στα ελληνικά διαβατήρια, όπως και στα αμερικάνικα, πρόκειται να ενσωματωθούν πομποδέκτες RFID, σύμφωνα με τις επιταγές του οργανισμού ICAO. Σε αυτά θα περιέχονται τα στοιχεία της ταυτότητας του ιδιοκτήτη του διαβατηρίου καθώς και βιομετρικά δεδομένα. Όλες οι πληροφορίες που περιέχονται στον πομποδέκτη προστατεύονται από μια – ασθενή και ανεπαρκή, όπως έχει ήδη αποδειχθεί – μορφή κρυπτογράφησης.

Στις ΗΠΑ επικρατεί σκεπτικισμός για το νέο μέτρο, ενώ ήδη εκδηλώνεται το πρώτο κύμα των αντιδράσεων. Οι ενστάσεις ξεκινούν από μια απλή απορία που μπορεί να έχει κανείς: Γιατί τα ευαίσθητα ηλεκτρονικά δεδομένα του διαβατηρίου να εκπέμπονται στο χώρο και να μην είναι αποθηκευμένα σε μια πιο απλή μορφή, π.χ. σε ένα γραμμωτό κώδικα (barcode) ή μια μαγνητική ταινία; Με το RFID τα στοιχεία του διαβατηρίου είναι αναγνώσιμα από μια οποιαδήποτε συσκευή στον κοντινό χώρο, που μπορεί να μην είναι εξουσιοδοτημένη και να ενεργεί σε άγνοια του ιδιοκτήτη του διαβατηρίου.

Τι επιπτώσεις όμως μπορεί να έχει αυτό; Καταρχάς, ας σκεφτούμε πως κάθε ένας μας κουβαλάει ένα μικροσκοπικό σήμα που προδίδει στοιχεία για το άτομό του, αρχίζοντας από την εθνικότητά του. Επιτήδριοι μπορούν να υποκλέπτουν και να αποκρυπτογραφούν στοιχεία από πομποδέκτες RFID χωρίς να γίνονται αντιληπτοί, απλά έχοντας τον κατάλληλο εξοπλισμό.

Από αυτό το σημείο και μετά, το πώς μπορεί κανείς να χρησιμοποιεί αυτά τα στοιχεία κακόβουλα αποτελεί το νέο μεγάλο κεφάλαιο στην ιστορία του

ηλεκτρονικού εγκλήματος που μέλλει να γραφτεί. Τα εγκλήματα του τύπου «κλοπής ταυτότητας» (identity theft), όπου παραχαράσσεται η ταυτότητα του θύματος για να εκτελεστούν π.χ. παράνομες συναλλαγές στο όνομά του είναι ένα μόνο απλό παράδειγμα. Θα μπορούσαν ακόμη και να κατασκευαστούν «έξυπνα» όπλα, νάρκες που να πυροδοτούνται από εκπομπές RFID, στοχεύοντας γενικά ή σε συγκεκριμένο άτομο του οποίου τα στοιχεία έχουν υποκλαπεί.

Με δεδομένο το «σπάσιμο» της κρυπτογράφησης των πομποδεκτών RFID των διαβατηρίων από την ολλανδική εταιρία Riscure εδώ και αρκετό καιρό ήδη, αναρωτιέται κανείς γιατί οι αρχές δεν παίρνουν μέτρα για να προστατεύσουν τα δεδομένα των πολιτών τους. Ο καθηγητής Andrew Tanenbaum, κορυφαία μορφή της πληροφορικής επιστήμης, είναι κατηγορηματικός: Τα ασφαλή συστήματα RFID κοστίζουν, και το κόστος αυτό οι κυβερνήσεις δεν είναι διατεθειμένες να το υποστούν.

Όσο λοιπόν οι κυβερνήσεις μας μειοδοτούν στο ζήτημα της ασφάλειας των δεδομένων μας, είναι υποχρέωση δική μας, των πολιτών, να αντιπαλέψουμε με όποιο τρόπο μπορούμε, τεχνικό και πολιτικό, ενάντια στον ψηφιακό πανοπτικισμό που δημιουργείται και τις συνεπαγόμενες επιπτώσεις στην ιδιωτικότητα και την κοινωνική μας υπόσταση.

## **1.6 Εφαρμογές RFID**

### **1.6.1 Έξυπνες κάρτες χωρίς επαφές**

Οι πρώτες πλαστικές κάρτες εμφανίστηκαν στην Αμερική στις αρχές της δεκαετίας του 1950. Στα χρόνια που ακολούθησαν, οι πλαστικές πιστωτικές κάρτες διαδόθηκαν παγκοσμίως. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των ημιαγωγών έκανε εύκολο να ενσωματώσουμε μνήμη δεδομένων και προστατευτική λογική σε ένα απλό chip πυριτίου στη δεκαετία του 1970. Η ιδέα της ενσωμάτωσης τέτοιων chip μνήμης σε μια κάρτα αναγνώρισης εμφανίστηκε το 1968 στη Γερμανία. Όμως, πέρασαν περίπου 15 χρόνια μέχρι η σπουδαία ανακάλυψη να πραγματοποιηθεί με την εισαγωγή τηλεφωνικών έξυπνων καρτών.

Αυτές οι έξυπνες κάρτες πρώτης γενιάς ήταν κάρτες μνήμης με επαφές. Μια σημαντική βελτίωση πραγματοποιήθηκε όταν ολόκληροι μικροεπεξεργαστές επιτυχώς ενσωματώθηκαν σε ένα chip πυριτίου και αυτά τα chip με τη σειρά τους ενσωματώθηκαν σε μια κάρτα αναγνώρισης. Αυτό το γεγονός έδωσε τη δυνατότητα να τρέξουμε λογισμικό σε μια έξυπνη κάρτα, δίνοντας τη δυνατότητα να υλοποιηθούν εφαρμογές υψηλής ασφάλειας.

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980, συνεχείς προσπάθειες έχουν γίνει για να προωθηθούν οι έξυπνες κάρτες στην αγορά. Η συχνότητα λειτουργίας των 135 KHz που ήταν φυσιολογική για την εποχή καθώς και η υψηλή κατανάλωση ισχύος των chip πυριτίου δημιούργησε την ανάγκη για πρόσθετα πηνία με αρκετές εκατοντάδες περιελίξεις. Σαν αποτέλεσμα, ο μεγάλος όγκος των πηνίων καθώς και οι πρόσθετοι πυκνωτές που απαιτούνταν συχνά, περιόρισαν τη βιομηχανία στη φόρμα των πλαστικών καρτών και οι ετικέτες συνήθως εμφανίζονταν σαν άβολα πλαστικά κύτταρα. Έτσι, για μεγάλο διάστημα οι έξυπνες κάρτες χωρίς επαφή έπαιξαν μηδαμινό ρόλο στην αγορά έξυπνων καρτών.

Στο πρώτο μισό της δεκαετίας του 1990, συστήματα ετικετών αναπτύχθηκαν με συχνότητα λειτουργίας 13.56 MHz. Οι ετικέτες που χρειαζόνταν για αυτά τα συστήματα απαιτούσαν μόνο πέντε περιελίξεις. Η μεγάλη ανακάλυψη έγινε στη Γερμανία το 1995 με την παρουσίαση της «Frequent Traveller» κάρτας πιστοποίησης πελατών χωρίς επαφές από τη γερμανική εταιρία Lufthansa AG. Σήμερα, οι έξυπνες κάρτες χωρίς επαφή διαιρούνται σε τρεις ομάδες με βάση τα πρότυπα εφαρμογών: έξυπνες κάρτες κοντινής σύζευξης, μακρινής σύζευξης (επαγωγικής) και επαφών γειννίαςσης.

Σήμερα, τα κύρια πεδία εφαρμογών των έξυπνων καρτών χωρίς επαφές είναι τα συστήματα πληρωμής (μέσα μεταφοράς, εισιτήρια) ή συστήματα πρόσβασης (ID κάρτες, πρόσβαση εταιριών). Στο άμεσο μέλλον μπορούμε να περιμένουμε ότι οι έξυπνες κάρτες χωρίς επαφές θα αντικαταστήσουν αυτές που έχουν επαφές στα κλασικά πεδία εφαρμογών τους (τηλεφωνικές κάρτες, EC κάρτες). Επιπρόσθετα, η τεχνολογία χωρίς επαφές θα επιτρέψει στις έξυπνες κάρτες να χρησιμοποιηθούν και σε νέα πεδία που ακόμα μπορεί να μην έχουμε καν φανταστεί.



### **1.6.2 Μέσα μεταφοράς**

Τα μέσα μεταφοράς είναι μια από τις εφαρμογές όπου υπάρχει η μεγαλύτερη προοπτική για τη χρήση συστημάτων RFID, ιδιαίτερα έξυπνων καρτών χωρίς επαφές. Λόγω της αυξανόμενης έλλειψης πόρων, μακροπρόθεσμες λύσεις πρέπει να αναζητηθούν οι οποίες θα περιορίσουν αυτές τις ελλείψεις μειώνοντας το κόστος και αυξάνοντας τα κέρδη. Η χρήση έξυπνων καρτών χωρίς επαφές σαν ηλεκτρονικά ταξιδιωτικά εισιτήρια θα μπορούσε να συνεισφέρει σημαντικά στη βελτίωση της κατάστασης.

### **1.6.3 Το αρχικό στάδιο**

Η προβληματική βιομηχανική κατάσταση των μεταφορικών εταιρειών έχει προφανώς πολλές διαφορετικές αιτίες. Όμως οι ακόλουθοι παράγοντες αξίζει να αναφερθούν σε σχέση με τα ηλεκτρονικά ταξιδιωτικά εισιτήρια:

- Οι ταξιδιωτικές εταιρείες επιβαρύνονται με υψηλά κόστη στην πώληση ταξιδιωτικών εισιτηρίων από τους αυτόματους διανομείς. Έτσι, περίπου 16% της τιμής πώλησης χάνεται μόνο από την παροχή του διανομέα, τη συντήρηση και τις επισκευές.
- Στα οχήματα επίσης απαιτούνται ακριβοί ηλεκτρονικοί εκτυπωτές εισιτηρίων ή κινητές συσκευές. Μερικές φορές τα εισιτήρια πωλούνται ακόμη και από τον οδηγό, το οποίο προκαλεί μεγάλους χρόνους αναμονής στους επιβάτες καθώς και το επιπρόσθετο ρίσκο ασφάλειας που υπάρχει από τη συνεχή απόσπαση της προσοχής του οδηγού.
- Τα χάρτινα εισιτήρια πετιούνται μετά τη χρήση παρόλο που η κατασκευή τους γίνεται ολοένα και πιο ακριβή.
- Οι σχετικές εκπτώσεις μπορούν να υπολογιστούν μόνο από τυχαίες μετρήσεις στο κόστος, οδηγώντας έτσι σε ανακρίβεια στον υπολογισμό.

### **1.6.4 Χρόνος συναλλαγής**

Ο χρόνος που απαιτείται για την αγορά ή την πιστοποίηση ενός ταξιδιωτικού εισιτηρίου είναι προφανώς κρίσιμος στα συστήματα μεταφοράς στα οποία το εισιτήριο μπορεί να ελεγχθεί μόνο μέσα στο όχημα. Αυτό είναι προφανώς πρόβλημα στα λεωφορεία και στα τραμ. Στο μετρό τα εισιτήρια μπορούν να ελεγχθούν σε

περιστροφικές θύρες ή με εισπράκτορες. Μία σύγκριση ανάμεσα στις διάφορες μεθόδους καταδεικνύει την καθαρή υπεροχή των συστημάτων RFID όσον αφορά στους χρόνους συναλλαγής.

### **1.6.5 Αντοχή στη φθορά, διάρκεια ζωής**

Οι έξυπνες κάρτες χωρίς επαφές σχεδιάζονται για διάρκεια ζωής 10 ετών. Η βροχή, το κρύο, η βρομιά και η σκόνη δεν είναι πρόβλημα ούτε για την έξυπνη κάρτα ούτε και για τον αναγνώστη. Επίσης αυτές οι κάρτες μπορούν να φυλαχτούν σε ένα χαρτοφύλακα ή μια τσάντα χειρός και είναι επομένως εξαιρετικά βολικές στη χρήση. Οι ετικέτες μπορούν επίσης να τοποθετηθούν σε ρολόγια χειρός.

## **1.7 Οφέλη συστημάτων RFID**

### **1.7.1 Έλεγχος πρόσβασης**

Τα συστήματα ηλεκτρονικού ελέγχου πρόσβασης που χρησιμοποιούν ετικέτες χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν αυτόματα την έγκριση πρόσβασης ατόμων σε κτίρια, στεγασμένους χώρους (εμπορικούς και μη) ή σε μεμονωμένα δωμάτια. Κατά το σχεδιασμό τέτοιων συστημάτων θα πρέπει πρώτα να διαχωρίσουμε δύο βασικά διαφορετικά συστήματα με τις αντίστοιχες ιδιότητες: τα online και τα offline συστήματα.

### **1.7.2 Online συστήματα**

Τα online συστήματα τείνουν να χρησιμοποιούνται εκεί που η έγκριση πρόσβασης μεγάλου αριθμού ανθρώπων πρέπει να ελέγχεται σε λίγες εισόδους. Για παράδειγμα, τέτοια είναι η περίπτωση των κεντρικών εισόδων σε κτίρια γραφείων και στεγασμένους εμπορικούς χώρους. Σε αυτόν τον τύπο συστήματος, όλα τα τερματικά συνδέονται σε έναν κεντρικό υπολογιστή μέσω ενός δικτύου.

Ο κεντρικός υπολογιστής τρέχει μια βάση δεδομένων στην οποία σε κάθε τερματικό ανατίθενται συγκεκριμένες ετικέτες που έχουν πρόσβαση σε αυτό. Τα δεδομένα αυθεντικοποίησης που παράγονται από τη βάση δεδομένων φορτώνονται στα τερματικά (ή σε μια ενδιάμεση μονάδα ελέγχου θυρών) μέσω του δικτύου και σώζονται εκεί σε έναν πίνακα. Αλλαγές στην αυθεντικοποίηση πρόσβασης ενός

ατόμου μπορούν να γίνουν με μια μόνο καταχώρηση στον κεντρικό υπολογιστή του συστήματος ελέγχου πρόσβασης.

Οι ετικέτες δε χρειάζεται εδώ, αφού πρέπει να επεξεργαστεί μόνο μια καταχώρηση στην κεντρική βάση δεδομένων. Αυτό είναι ένα πλεονέκτημα, μιας και ευαίσθητες περιοχές ασφαλείας μπορούν να προστατευτούν από μη εγκεκριμένες u960 προσβάσεις ακόμα και στην περίπτωση που χαθεί μια ετικέτα. Οι ετικέτες σε ένα online σύστημα χρειάζεται μόνο να αποθηκεύουν μια μικρή ποσότητα δεδομένων, για παράδειγμα έναν μοναδικό αριθμό εισόδου. Είναι δυνατή επίσης η χρήση ετικετών που είναι μόνο για ανάγνωση.

### **1.7.3 Offline συστήματα**

Τα offline συστήματα έχουν γίνει διαδεδομένα πρωτίστως σε καταστάσεις όπου πολλά μεμονωμένα δωμάτια, στα οποία μόνο λίγοι άνθρωποι έχουν πρόσβαση, πρόκειται να εξοπλιστούν με ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου πρόσβασης. Κάθε τερματικό έχει αποθηκευμένη μια λίστα όλων των ετικετών που έχουν πρόσβαση σε αυτό. Δεν υπάρχει δίκτυο που το συνδέει με άλλα τερματικά ή με κεντρικό υπολογιστή. Οι πληροφορίες που αφορούν τα δωμάτια στα οποία η ετικέτα μπορεί να παρέχει πρόσβαση είναι αποθηκευμένες στην ίδια την ετικέτα με τη μορφή ενός πίνακα (για παράδειγμα) αν είναι στο δωμάτιο, στη σάουνα ή στο γυμναστήριο).

Το τερματικό συγκρίνει όλα τα αναγνωριστικά κλειδιά που είναι αποθηκευμένα στην ετικέτα με εκείνα που είναι αποθηκευμένα στη δική του λίστα και επιτρέπει την πρόσβαση μόλις βρεθεί κάποια αντιστοίχιση. Η ετικέτα προγραμματίζεται σε έναν κεντρικό σταθμό, για παράδειγμα στο χώρο υποδοχής ενός ξενοδοχείου κατά την άφιξη του πελάτη. Εκτός από τα εγκεκριμένα δωμάτια, η ετικέτα μπορεί επίσης να προγραμματιστεί με τη διάρκεια παροχής της έγκρισης, έτσι ώστε, για παράδειγμα, τα κλειδιά του ξενοδοχείου να ακυρώνονται όταν αποχωρεί ο πελάτης.

Μόνο στην περίπτωση που χαθεί μια ετικέτα είναι ανάγκη να διαγραφεί ένα αναγνωριστικό κλειδί από το τερματικό που μας ενδιαφέρει με τη χρήση μιας κατάλληλης προγραμματιστικής συσκευής.

Τα offline συστήματα προσφέρουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα κλειδαριών:

- Δε υπάρχει εξ'αρχής η ανάγκη μέριμνας για το σύστημα κλειδώματος. Όταν παραδίδεται ο χώρος, τα τερματικά των θυρών κωδικοποιούνται ξανά για εμπορική χρήση μέσω ενός interface υπέρυθρων ακτίνων. Μεταγενέστερες αλλαγές και επεκτάσεις δεν αποτελούν πρόβλημα.
- Η δυνατότητα προγραμματισμού χρονικών περιθωρίων δημιουργεί επιπλέον επιλογές:

Προσωρινοί υπάλληλοι μπορούν να έχουν ένα κλειδί για τρίμηνη πρόσβαση, οι ετικέτες του συνεργείου καθαρισμού μπορούν έχουν ακριβή χρονικά όρια (π.χ. Δευτέρα ως Παρασκευή από 17.30 μέχρι 20.00).

- Η απώλεια ενός κλειδιού δεν αποτελεί πρόβλημα. Τα δεδομένα του χαμένου κλειδιού διαγράφονται από τους σταθμούς ανάγνωσης, προγραμματίζεται ένα νέο κλειδί και τα δεδομένα του νέου κλειδιού εισάγονται στα επιθυμητά τερματικά.

#### **1.7.4 Κάρτες - Ετικέτες**

Ο έλεγχος πρόσβασης με χρήση καρτών PVC χρησιμοποιείται εδώ και πολύ καιρό. Αρχικά χρησιμοποιούνταν διάτρητες κάρτες, οι οποίες μετά αντικαταστάθηκαν από υπέρυθρες κάρτες, κάρτες με μαγνητική λωρίδα, κάρτες Wiegand (με μεταλλική μαγνητική λωρίδα), και τελικά με έξυπνες κάρτες που περιλαμβάνουν microchip. Το πιο σοβαρό μειονέκτημα αυτών των καρτών είναι η δυσκολία χρήσης, καθώς πρέπει να εισαχθούν από τη σωστή πλευρά στον αναγνώστη. Ο έλεγχος πρόσβασης με συστήματα χωρίς επαφές επιτρέπει πολύ μεγαλύτερη ευελιξία, αφού αρκεί να περάσει η ετικέτα σε μικρή απόσταση από την κεραία του αναγνώστη.

Οι άδειες εισόδου μπορούν να έχουν τη μορφή έξυπνης κάρτας χωρίς επαφή, μπρελόκ, ακόμη και ρολογιών. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων ελέγχου πρόσβασης χωρίς επαφές είναι ότι ο αναγνώστης δε χρειάζεται συντήρηση και δεν επηρεάζεται από σκόνη, βρωμιά ή υγρασία. Η κεραία μπορεί να μη βρίσκεται σε κοινή θέα και έτσι είναι προστατευμένη από βανδαλισμούς. Σε περιστροφικές πόρτες ή όπου αλλού θέλουμε, χρησιμοποιούνται και hands-free αναγνώστες, με τη χρήση των οποίων δεν είναι ανάγκη να βγάλει κάποιος την ετικέτα

του από την τσέπη του ή από το σακάκι του. Οι ετικέτες μόνο για ανάγνωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης και ως αντικλεπτικοί αισθητήρες για το άνοιγμα και κλείσιμο πορτών και παραθύρων.

### **1.7.5 Ηλεκτρονική ακινητοποίηση**

Η μεγάλη αύξηση στις κλοπές αυτοκινήτων στις αρχές της δεκαετίας του '90 (κυρίως στη Γερμανία) έκανε επιτακτικότερη την ανάγκη για αποδοτικά αντικλεπτικά συστήματα. Συσκευές ελέγχου από απόσταση με μπαταρία με εύρος 5-20 μέτρα ήταν ήδη διαθέσιμες στην αγορά για χρόνια. Τέτοιες συσκευές είναι οι υπέρυθροι ή RF μεταδότες που λειτουργούν στη UHF συχνότητα των 433.92 MHz που χρησιμοποιούνται κυρίως στον έλεγχο του κεντρικού συστήματος κλειδώματος και του εσωτερικού συναγερμού. Ένας ηλεκτρονικός ακινητοποιητής μπορεί επίσης να συνδυαστεί με τη λειτουργία του ελέγχου από απόσταση.

Σε αυτό τον τύπο αντικλεπτικής συσκευής ωστόσο η μηχανική κλειδαριά μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί για να αποκτήσει κανείς πρόσβαση στο αυτοκίνητο – σε περίπτωση που η συσκευή ελέγχου από απόσταση χαλάσει ή εξαντληθεί η μπαταρία του μεταδότη. Αυτή είναι και η μεγαλύτερη αδυναμία αυτού του συστήματος καθώς δεν μπορεί να ελέγξει αν το μηχανικό κλειδί είναι αυθεντικό. Οχήματα ασφαλισμένα με αυτόν τον τρόπο επομένως μπορούν να ανοιχτούν με κατάλληλο εργαλείο και να εκκινήσουν από ένα μη εξουσιοδοτημένο άτομο.

Από τα μέσα της δεκαετίας του '90 η τεχνολογία των ετικετών έχει προσφέρει μια λύση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον έλεγχο της αυθεντικότητας, δηλαδή της γνησιότητας του κλειδιού. Αυτή η λύση έχει αποδειχθεί ιδανική για την υλοποίηση της λειτουργίας ηλεκτρονικής ακινητοποίησης μέσω της κλειδαριάς της μίζας του αυτοκινήτου. Σήμερα, η τεχνολογία των ετικετών συνδυάζεται συνήθως με το σύστημα ελέγχου από απόσταση που αναφέρθηκε παραπάνω: ο έλεγχος από απόσταση χρησιμοποιείται στο κεντρικό κλείδωμα του οχήματος και στο σύστημα συναγερμού, ενώ η ετικέτα υλοποιεί τη λειτουργία ακινητοποίησης.

### **1.7.6 Αναγνώριση «Κοντέινερ» δεξαμενών αερίων και χημικών**

Τα αέρια και τα χημικά μεταφέρονται σε υψηλής ποιότητας «κοντέινερ». Η επιλογή της λάθος δεξαμενής κατά τη διάρκεια της επαναγέμισης ή χρήσης μπορεί να έχει θανάσιμες συνέπειες. Πέρα από τα συστήματα σφραγίσματος που είναι ειδικά για κάθε προϊόν, ένα σύστημα αναγνώρισης μπορεί να βοηθήσει στο περιορισμό τέτοιων σφαλμάτων. Ένα μηχανικά αναγνώσιμο σύστημα αναγνώρισης προσφέρει επιπρόσθετη προστασία. Ένα μεγάλο ποσοστό των «κοντέινερ» που υπάρχουν σήμερα αναγνωρίζονται από τα barcodes. Ωστόσο, σε βιομηχανικές χρήσεις το γνωστό σύστημα barcode δεν είναι αρκετά αξιόπιστο και η μικρή διάρκεια ζωής του σημαίνει ότι η συντήρηση κοστίζει ακριβά.

Οι ετικέτες επίσης έχουν πολύ μεγαλύτερη αποθηκευτική ικανότητα σε σχέση με τα συμβατικά barcodes. Επομένως επιπλέον πληροφορία μπορεί να προστεθεί στα «κοντέινερ», όπως πληροφορίες του ιδιοκτήτη, περιεχόμενα, όγκοι, μέγιστες πιέσεις γεμίσματος και δεδομένα ανάλυσης. Τα δεδομένα της ετικέτας μπορούν να αλλάξουν κατά βούληση και μηχανισμοί ασφαλείας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αποτρέψουν μη εξουσιοδοτημένη εγγραφή ή ανάγνωση των αποθηκευμένων δεδομένων.

### **1.7.7 Ιατρικές εφαρμογές**

Η ικανότητα των παθητικών ετικετών να λειτουργούν αξιόπιστα για χρόνια χωρίς τη δικιά τους τροφοδοσία ισχύος – η οποία μπορεί να είναι επιρρεπής σε βλάβη – ήταν αυτή που έκανε την τεχνολογία αυτή κατάλληλη για εφαρμογές στην ιατρική. Το γλαύκωμα είναι μια κατάσταση κατά την οποία αυξημένη ενδοφθalmική πίεση αρχικά προκαλεί μείωση του εύρους όρασης και καταλήγει σε ολική τύφλωση. Οι τελευταίες έρευνες έχουν δείξει ότι η ενδοφθalmική πίεση υπόκειται σε έντονες ημερήσιες διακυμάνσεις και ότι όχι μόνο η απόλυτη πίεση αλλά και οι διακυμάνσεις της πίεσης επηρεάζουν σημαντικά την πιθανότητα τύφλωσης.

Επομένως η συνεχής μέτρηση της ενδοφθalmικής πίεσης υπό κανονικές συνθήκες και στο φυσιολογικό περιβάλλον του ασθενούς είναι απαραίτητη ώστε να βελτιωθεί η κατανόηση της πορείας της κατάστασης και να χρησιμοποιηθεί ένα ατομικό πρόγραμμα θεραπείας. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τη συνήθη πρακτική της

μέτρησης της ενδοφθalmικής πίεσης αποκλειστικά και μόνο κατά τη διάρκεια του χειρουργείου με τη βοήθεια ενός τονόμετρου.

Σε ασθενείς με καταρράκτη ο φυσιολογικός φακός αφαιρείται από το μάτι και αντικαθίσταται από ένα τεχνητό ενδοφθalmικό φακό. Έτσι δημιουργήθηκε η ιδέα της ενσωμάτωσης μιας ετικέτας μέσα στην κοιλότητα που δημιουργείται από αυτόν τον τεχνητό φακό. Για να είναι δυνατή η συνεχής αποστολή δεδομένων από την ετικέτα η κεραία του αναγνώστη είναι ενσωματωμένη στο πλαίσιο ενός ζεύγους γυαλιών. Ο έλεγχος του πηνίου και η αποθήκευση των δεδομένων λαμβάνει χώρα με τη βοήθεια ενός αναγνώστη, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με τα γυαλιά μέσω ενός καλωδίου.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

## Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ ARDUINO

### 2.1 Ιστορική αναδρομή των μικροελεγκτών

#### 2.1.1 Παρουσίαση των μικροελεγκτών

Ένας μικροελεγκτής είναι ένα ενσωματωμένο τσιπ (ολοκληρωμένο κύκλωμα) που αποτελεί συχνά μέρος ενός συστήματος. Ο μικροελεγκτής περιλαμβάνει CPU, RAM, ROM, θύρες εισόδου/εξόδου και χρονιστές σαν έναν απλό τυπικό υπολογιστή, αλλά επειδή είναι σχεδιασμένα να εκτελούν μόνο μία συγκεκριμένη εργασία για τον έλεγχο ενός απλού συστήματος, είναι πολύ μικρότερα και απλούστερα σχεδιασμένα ώστε να μπορούν να περιλαμβάνουν όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Ο μικροελεγκτής διαφέρει από τον μικροεπεξεργαστή στον οποίο του δόθηκε έμφαση στην υπολογιστική ισχύ. Έτσι αν συνδυαστεί με τις κατάλληλες εξωτερικές περιφερειακές συσκευές μπορεί να πραγματοποιήσει μία πληθώρα γενικών εργασιών. Σε αντίθεση ο μικροελεγκτής είναι σχεδιασμένος για πιο εξειδικευμένες εργασίες, έχει πολύ μικρότερες δυνατότητες συνεργασίας με τα εξωτερικά περιφερειακά αφού υστερεί κατά πολύ σε υπολογιστική ισχύ.

Στον σχεδιασμό των μικροελεγκτών δόθηκε περισσότερη έμφαση στο να απαιτούν πολύ μικρότερο αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για τη λειτουργία μίας συσκευής, το χαμηλό κόστολόγιο κατασκευής τους και τον εύκολο προγραμματισμό εξειδικευμένων εργασιών.



### 2.1.2 Πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών

- Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων. Επίσης, οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος μεγιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιώντας το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ο μικροελεγκτής.
- Μεγαλύτερη αξιοπιστία, και πάλι λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.
- Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και τις χαμηλές ταχύτητες λειτουργίας.
- Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους (για δεδομένο μέγεθος ολοκληρωμένου κυκλώματος), λόγω της μη δέσμευσης τους για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών συσκευών.
- Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.
- Η βασική αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών δεν διαφέρει από αυτή των κοινών μικροεπεξεργαστών, αν και στους πρώτους συναντάται συχνά η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Harvard, η οποία χρησιμοποιεί διαφορετικές αρτηρίες σύνδεσης της μνήμης προγράμματος και της μνήμης δεδομένων (π.χ. οι σειρές από την Microchip).

Στους κοινούς μικροεπεξεργαστές συνηθίζεται η ενιαία διάταξη μνήμης τύπου φον Νιούμαν.

### 2.1.3 Κατηγορίες μικροελεγκτών

Λόγω του ισχυρότατου ανταγωνισμού αλλά και της τάσης ενσωμάτωσης των μικροελεγκτών σε κάθε ηλεκτρική και ηλεκτρονική συσκευή, η βιομηχανία μικροελεγκτών έχει καταλήξει στην παραγωγή ανταγωνιστικών μοντέλων μαζικής παραγωγής καθώς και μικροελεγκτών για πιο εξειδικευμένες εφαρμογές. Έτσι διακρίνονται οι εξής κυρίως κατηγορίες:

- Μικροελεγκτές (καμιά φορά 4-bit αλλά συνήθως 8-bit) πολύ χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με πολύ μικρό αριθμό ακροδεκτών (ακόμη και λιγότερους από 8). Σχεδιάζονται με έμφαση στη χαμηλή κατανάλωση ισχύος και την αυτάρκεια, ώστε να χρειάζονται ελάχιστα ή και καθόλου εξωτερικά εξαρτήματα για να μην μπορεί να αντιγραφεί εύκολα το εσωτερικό λογισμικό τους. Απουσιάζει η δυνατότητα επέκτασης της μνήμης τους. Μερικά μοντέλα είναι ευρέως γνωστά στους ερασιτέχνες ηλεκτρονικούς, όπως για παράδειγμα οι περισσότεροι μικροελεγκτές των σειρών PIC (Microchip), AVR (Atmel) και 8051 (Intel, Atmel, Dallas κ.α.).
- Μικροελεγκτές (συνήθως 8-bit αλλά και 16 ή 32-bit) χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με μέτριο έως σχετικά μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Διαθέτουν μεγάλο αριθμό κοινών περιφερειακών, όπως θύρες UART, I2C, SPI ή CAN, μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό. Στους κατασκευαστές της Άπω Ανατολής (Ιαπωνία, Κορέα), συνηθίζεται η ενσωμάτωση ελεγκτών οθόνης υγρών κρυστάλλων και πληκτρολογίου. Μερικές φορές παρέχουν δυνατότητα εξωτερικής επέκτασης της μνήμης τους.
- Μικροελεγκτές (κυρίως 32-bit) μέσου κόστους, γενικής χρήσης, με μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Χαρακτηρίζονται από έμφαση στην ταχύτητα εκτέλεσης εντολών, υψηλή αυτάρκεια περιφερειακών και μεγάλες δυνατότητες εσωτερικής ή εξωτερικής μνήμης προγράμματος (FLASH) και RAM. Στο χώρο αυτό έχουν ισχυρή παρουσία οι αρχιτεκτονικές με υψηλή μεταφερσιμότητα λογισμικού (portability) από τον ένα στον άλλο κατασκευαστή.

Για παράδειγμα μεταξύ των μικροελεγκτών τύπου ARM ή MIPS, το σύνολο των βασικών εντολών που αναγνωρίζει η ALU είναι ακριβώς το ίδιο, μειώνοντας έτσι τις μεγάλες αλλαγές στο λογισμικό όταν στο μέλλον ο πελάτης υιοθετήσει ένα μικροελεγκτή άλλου κατασκευαστή (αρκεί φυσικά να υποστηρίζει κι αυτός το σύνολο εντολών ARM ή MIPS, αντίστοιχα).

- Μικροελεγκτές εξειδικευμένων εφαρμογών, οι οποίοι ενσωματώνουν συνήθως κάποιο εξειδικευμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο υλοποιείται πάντοτε σε hardware.

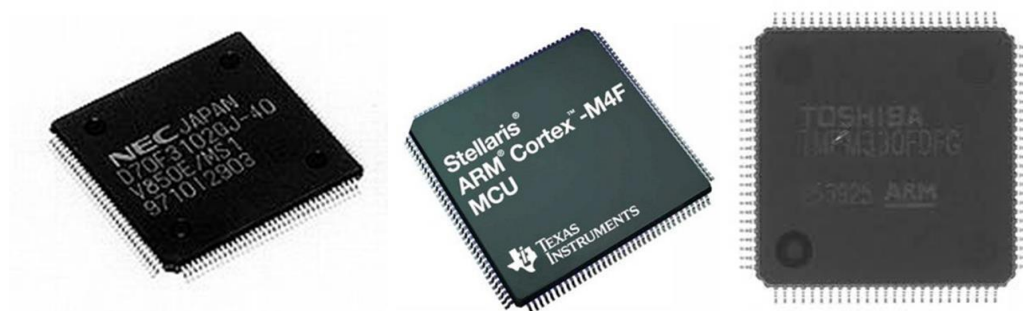
Τέτοιοι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακές συσκευές όπως τα μόντεμ.

#### **2.1.4 Εργαλεία ανάπτυξης και κατασκευαστές μικροελεγκτών**

Η επιτυχία μίας οικογένειας μικροελεγκτών καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα και την ευχρηστία των σχετικών εργαλείων ανάπτυξης, όπως μεταφραστές από γλώσσες υψηλού επιπέδου σε γλώσσα κατανοητή από τον μικροελεγκτή (assembly), τη δυνατότητα προγραμματισμού της εσωτερικής μνήμης και εργαλεία εκσφαλμάτωσης (debuggers). Στους μικροελεγκτές τα εργαλεία αυτά δεν αποτελούνται ποτέ μόνο από λογισμικό, καθώς δεν υπάρχει τυποποιημένος τρόπος επικοινωνίας μεταξύ τους. Στον τομέα των εργαλείων ανάπτυξης, δραστηριοποιούνται όχι μόνο οι ίδιοι οι κατασκευαστές μικροελεγκτών αλλά και εξειδικευμένες εταιρείες.

Η πιο διαδεδομένη γλώσσα προγραμματισμού των μικροελεγκτών είναι η C, η C++ και οι παραλλαγές τους. Σε τμήματα του λογισμικού όπου απαιτείται μεγαλύτερη ταχύτητα ή μικρότερο μέγεθος χρησιμοποιούμενης μνήμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η Assembly. Όμως οι μεγαλύτερες δυνατότητες σε λειτουργικότητα και η ευκολία προγραμματισμού σε C έναντι της assembly, σε συνδυασμό με την επάρκεια μνήμης των σύγχρονων μικροελεγκτών, έχουν γενικά εκτοπίσει την assembly από τις περισσότερες εφαρμογές.

Οι σημαντικότεροι κατασκευαστές μικροελεγκτών είναι η ARM η οποία δεν κατασκευάζει αλλά παραχωρεί δικαιώματα χρήσης του πυρήνα, η Atmel ,η Epson, η Freescale Semiconductor (πρώην Motorola), η Hitachi, η Maxim (μετά την εξαγορά της Dallas), η Microchip, η NEC, η Toshiba και η Texas Instrument.



Εικόνα 2 :Μικροεπεξεργαστές από τις εταιρίες NEC, Texas Instruments και Toshiba

## 2.2 Ιστορία του μικροελεγκτή Arduino

Το 2005, στην Ivrea της Ιταλίας (η ιστοσελίδα της εταιρείας υπολογιστών Olivetti), ένα έργο άρχισε να δημιουργείται, μια συσκευή για τον έλεγχο σχεδίων, χτισμένο από μαθητές με λιγότερα έξοδα από ό, τι με άλλα πρωτότυπα συστήματα που ήταν διαθέσιμα εκείνη τη στιγμή. Από τον Μάιο του 2011, περισσότερα από 300.000 Arduino ήταν «στην άγρια φύση». Εφευρέτες Massimo Banzi και David Cuartielles, ονόμασαν το έργο τους Arduin of Ivrea. Το «Arduino» είναι επίσης ένα ιταλικό όνομα, που σημαίνει «γενναίος φίλος».

Το έργο Arduino είναι μια παραγόμενη έκδοση της πλατφόρμας ανοικτού κώδικα Wiring Platform. Ο Κολομβιανός καλλιτέχνης και προγραμματιστής Hernando Barragán δημιούργησε συρμάτωση «Wiring» ως μια Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία στο Interaction Design Institute Ivrea υπό την εποπτεία του Massimo Banzi και του Casey Reas. Η Καλωδίωση «Wiring» βασίστηκε στην επεξεργασία και το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης που είχε δημιουργηθεί από τον Casey Reas και τον Ben Fry.

Το Arduino χτίστηκε γύρω από το έργο της καλωδίωσης «Wiring» του Hernando Barragan. Επρόκειτο να είναι μια ηλεκτρονική έκδοση της επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκε σε προγραμματιστικό περιβάλλον και ήταν η βάση για την

σύνταξη επεξεργασίας. Αυτό ήταν υπό την εποπτεία του Hernado και του Massimo Banzì, ιδρυτές ενός Arduino. Ήταν κομμάτι της φαντασίας ότι θα υπήρχαν Arduino χωρίς καλωδιώσεις και ότι δεν θα υπάρχει καλωδίωση χωρίς επεξεργασία. Η επεξεργασία σίγουρα δεν θα υπήρχε χωρίς τη γλώσσα προγραμματισμού Design By Numbers και τον John Maeda.

Μια πλακέτα που αποτελείται από έναν 8-bit μικροελεγκτής Atmel AVR με συμπληρωματικά στοιχεία για τη διευκόλυνση του προγραμματισμού και της ενσωμάτωσης σε άλλα κυκλώματα. Μια σημαντική πτυχή του Arduino είναι ο τυπικός τρόπος ότι σύνδεσμοι εκτίθενται, επιτρέποντας τη CPU να συνδεθεί με μια ποικιλία εναλλακτικές πρόσθετες λειτουργικές μονάδες, γνωστές ως ασπίδες “shield”.

Ορισμένες ασπίδες “shield” επικοινωνούν με την πλακέτα του Arduino άμεσα μέσω διαφόρων ακίδων, αλλά πολλές ασπίδες είναι μεμονωμένα καθορισμένες μέσω ενός σειριακού διαύλου I<sup>2</sup>C, επιτρέποντας πολλές ασπίδες, να στοιβάζονται και να χρησιμοποιούνται παράλληλα. Το επίσημο Arduino χρησιμοποίησε τη σειρά megaAVR, και ειδικά τους ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280 και ATmega2560.

Πολλοί από τους άλλους επεξεργαστές έχουν χρησιμοποιηθεί από συμβατά Arduino. Οι περισσότερες πλακέτες περιλαμβάνουν μια γραμμική ρύθμιση 5 volt και μια 16 MHz crystal oscillato (ή κεραμικό συντονιστή σε μερικές παραλλαγές), αν και μερικά σχέδια όπως το LilyPad εκτελείται στα 8 MHz και βασίζετε από τους ρυθμιστές τάσης πλακέτας λόγω ειδικής φόρμας-παράγοντα με περιορισμούς.

Ο Arduino μικροελεγκτής είναι επίσης προ-προγραμματισμένος με έναν φορτωτή εκκίνησης που απλοποιεί την αποστολή των προγραμμάτων στη on-chip flash memory, σε σύγκριση με άλλες συσκευές που χρειάζεται συνήθως ένας εξωτερικός προγραμματιστής.

Σε εννοιολογικό επίπεδο, όταν χρησιμοποιείτε λογισμικό στοίβας Arduino, όλες οι σανίδες “shield” προγραμματίζονται μέσω μιας σειριακής σύνδεσης RS-232, αλλά ο τρόπος που αυτό υλοποιείται διαφέρει από την έκδοση υλικού. Σειριακές πλακέτες Arduino περιέχουν ένα απλό κύκλωμα αντιστροφής για μετατροπή μεταξύ

επιπέδων RS- 232 και TTL-επίπεδου σημάτων. Αυτές οι πλακέτες Arduino προγραμματίζονται μέσω USB, και υλοποιείτε χρησιμοποιώντας τις μάρκες USB-σε-σειριακό προσαρμογέα όπως η FTDI FT232. Μερικές παραλλαγές, όπως το Arduino Mini και η ανεπίσημη Boarduino, χρησιμοποιούν ένα αποσπώμενο προσαρμογέα USB-σε-σειριακή ή καλώδιο, Bluetooth ή άλλες μεθόδους.

Συγκεκριμένα για την υλοποίηση αυτής της πτυχιακής εργασίας χρησιμοποίησα το Arduino Uno λόγω του χαμηλού κόστους και της άμεσης διαθεσιμότητας, διότι όσον αφορά την σύνδεση του μικροεπεξεργαστή θα χρησιμοποιούσα περίπου την ίδια διαδικασία.

## **2.3 Η πλακέτα Arduino**

Το arduino είναι μια πρωτότυπη ηλεκτρονική πλατφόρμα διαμόρφωσης ανοιχτού λογισμικού, βασισμένη στο υλικό ενός μικροεπεξεργαστή , καθώς και σε κατάλληλο για τον προγραμματισμό του λογισμικό.

Όπως το περιγράφει ο δημιουργός του, το Arduino είναι μια «ανοικτού κώδικα» πλατφόρμα «πρωτοτυποποίησης» ηλεκτρονικών βασισμένη σε ευέλικτο και εύκολο στη χρήση hardware και software που προορίζεται για οποιονδήποτε έχει λίγη προγραμματιστική εμπειρία, στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών και ενδιαφέρεται να δημιουργήσει διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα.



Εικόνα 3 :Μικροελεγκτής Arduino

Στην ουσία πρόκειται για ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega της Atmel και του οποίου όλα τα σχέδια καθώς και το software που χρειάζεται για την λειτουργία του , διανέμονται ελεύθερα και δωρεάν ώστε να μπορεί να κατασκευαστεί από τον καθέναν. Αφού κατασκευαστεί μπορεί να συμπεριφερθεί σαν ένας μικροσκοπικός υπολογιστής, αφού ο χρήστης μπορεί να συνδέσει επάνω του πολλαπλές μονάδες εισόδου/εξόδου και να προγραμματίσει τον μικροελεγκτή να δέχεται δεδομένα από τις μονάδες εισόδου, να τα επεξεργάζεται και να στέλνει κατάλληλες εντολές στις μονάδες εξόδου.

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά Arduino Uno

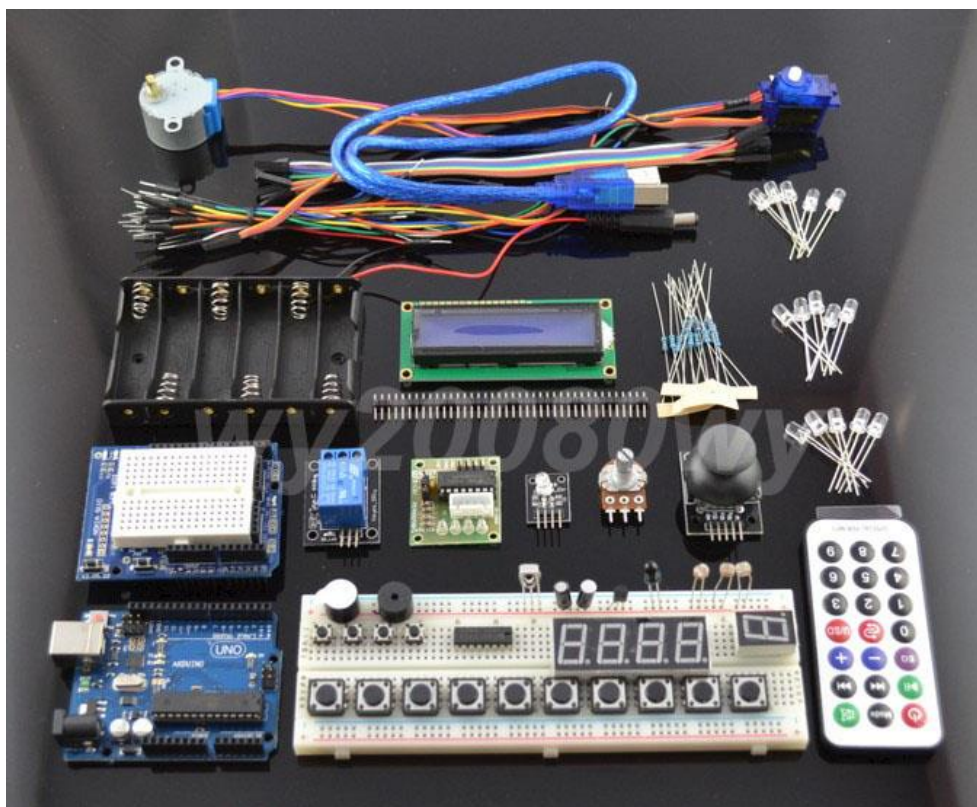
Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by boot loader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Το Arduino βέβαια, δεν είναι ούτε ο μοναδικός, ούτε και ο καλύτερος δυνατός τρόπος για την δημιουργία μιας οποιασδήποτε διαδραστικής ηλεκτρονικής συσκευής. Όμως το κύριο πλεονέκτημά του είναι η τεράστια κοινότητα που το υποστηρίζει και η οποία έχει δημιουργήσει, συντηρεί και επεκτείνει μια ανάλογου μεγέθους online γνωσιακή βάση. Έτσι, παρότι ένας έμπειρος ηλεκτρονικός μπορεί να προτιμήσει διαφορετική πλατφόρμα ή εξαρτήματα ανάλογα με την εφαρμογή που έχει στον νου του, το Arduino, με τις εκτενείς αναφορές του σε έγγραφα και σε αρκετά κατανοητά και εύκολα βιβλία, καταφέρνει να κερδίσει όλους αυτούς των οποίων οι γνώσεις στα ηλεκτρονικά περιορίζονται στα όσα λίγα έμαθαν στο σχολείο.

Ακριβώς επειδή απευθύνεται κυρίως σε αρχάριους των ηλεκτρονικών και επειδή, παρά τις αναλυτικότερες οδηγίες που υπάρχουν, δεν έχουν όλοι τις γνώσεις και τα μέσα να κατασκευάσουν μια ηλεκτρονική πλακέτα, κυκλοφορούν έτοιμες, προκατασκευασμένες πλακέτες Arduino που μπορείτε να προμηθευτείτε για περίπου €25.



Με λίγα χρήματα παραπάνω μάλιστα, οι περισσότεροι προμηθευτές διαθέτουν Arduino Starter Kit, τα οποία, εκτός από το ίδιο το Arduino, περιέχουν διάφορα άλλα εξαρτήματα και εργαλεία που μπορεί να χρειαστείτε για τις πρώτες σας εφαρμογές (όπως το απαραίτητο καλώδιο USB για την σύνδεση με τον υπολογιστή, ράστερ, καλώδια, LED, διακόπτες, ποτενσιόμετρα, αντιστάσεις, διόδους, τρανζίστορ κ.λπ.).



Εικόνα 4 :Starter Kit Μικροελεγκτή Arduino

Μπορείτε να βρείτε μια λίστα με προμηθευτές του Arduino σε όλο τον κόσμο, κάνοντας κλικ στον σύνδεσμο Buy στον επίσημο ιστότοπο του Arduino ([www.arduino.com](http://www.arduino.com)) . Στην λίστα δεν υπάρχει έλληνας προμηθευτής αλλά πολλά καταστήματα του εξωτερικού στέλνουν και στην Ελλάδα με αρκετά λογικά μεταφορικά κόστη. Επίσης μπορείτε να βρείτε αρκετά στο e-bay αλλά αν πάλι θέλετε οπωσδήποτε να το προμηθευτείτε από την Ελλάδα, το ελληνικό ηλεκτρονικό κατάστημα BuyARobot διαθέτει το Arduino αλλά δεν διαθέτει Starter Kit ή συνοδευτικά shield.

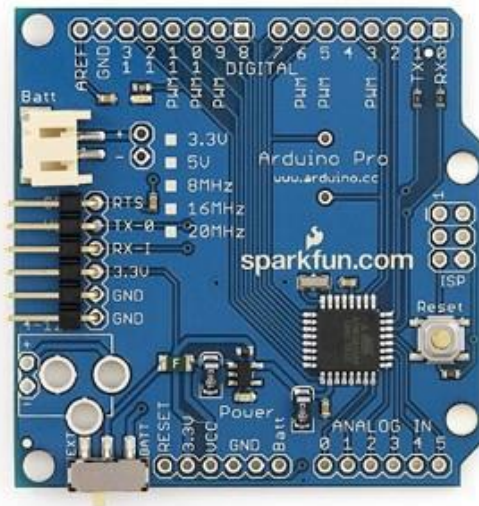
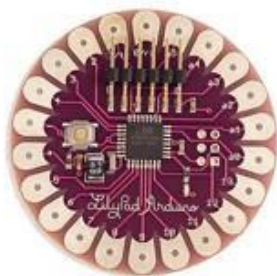
### 2.3.1 Άλλες εκδόσεις Arduino

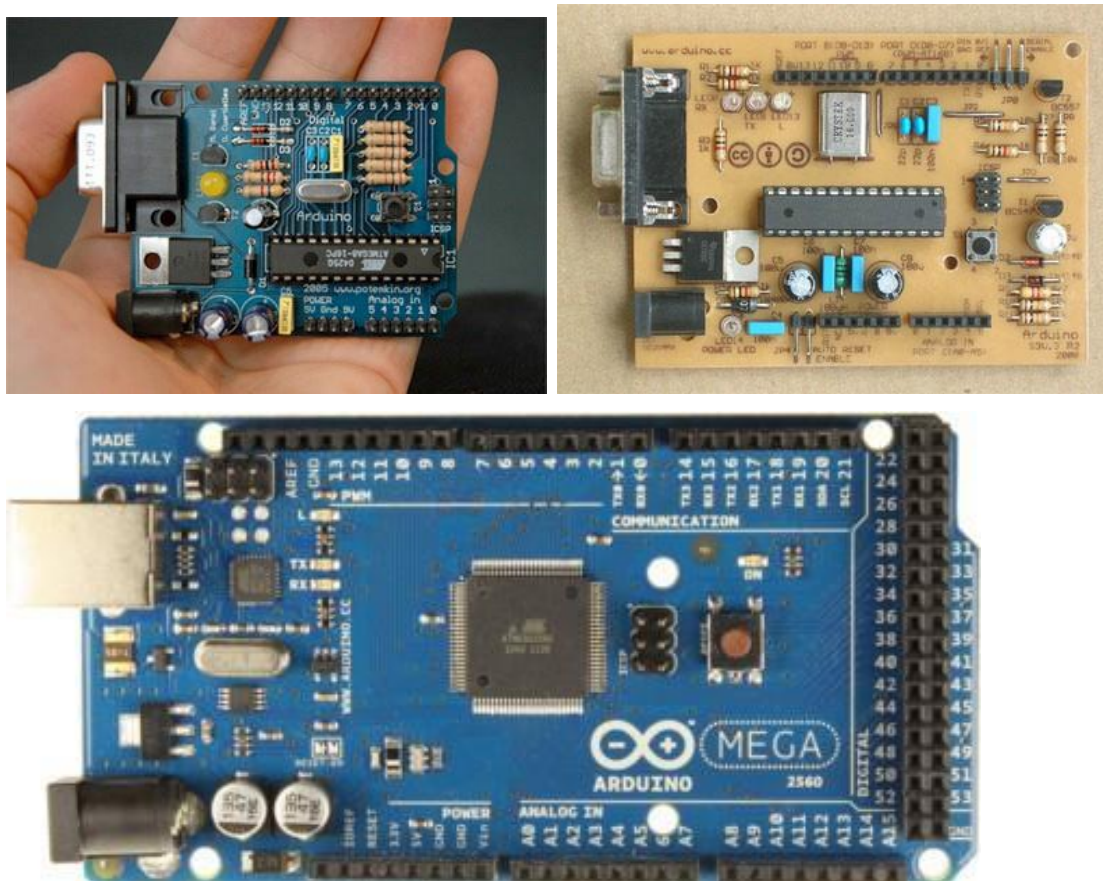
Αυτό που μπορεί να σας μπερδέψει ψάχνοντας να αγοράσετε το Arduino σε αυτά τα καταστήματα είναι οι διαφορετικές εκδόσεις στις οποίες κυκλοφορεί, επίσημες και ανεπίσημες. Από τις επίσημες εκδόσεις (Duemilanove/Uno , Diecimila, Nano, Mega, Bluetooth, LilyPad, Mini, Mini USB, Pro, Pro Mini, Serial και Serial SS) συνιστάται κυρίως η αγορά του Arduino Duemilanove και του Uno ή τουλάχιστον των Diecimila ή Mega επειδή διαθέτουν υποδοχή USB και είναι συμβατές με τα shield. Για τους ίδιους λόγους, από τις ανεπίσημες εκδόσεις (Freeduino, Boarduino, Sanguino, Seeeduino, BBB, RBBB κ.α.) συνιστάται μόνο το Freeduino v1.16 και το Seeeduino.

Σήμερα εκτός από την έκδοση arduino Duemilanove/UNO η οποία και αναλύθηκε παραπάνω, υπάρχουν άλλες οχτώ διαφορετικές πλακέτες arduino.

- Nano: Είναι μία μικρότερη έκδοση του arduino η οποία συνδέεται στον υπολογιστή μέσω καλωδίου mini USB B.
- Bluetooth: Ο ελεγκτής arduino BT περιέχει μία Bluetooth πλακέτα η οποία επιτρέπει την ασύρματη επικοινωνία και προγραμματισμό του μέσω του υπολογιστή.
- LilyPad: Αυτή η έκδοση είναι σχεδιασμένη για να χρησιμοποιείται στα ρούχα. Έχει μοβ χρώμα και μπορεί να ραφτεί εύκολα πάνω σε ύφασμα.
- Pro: Η συγκεκριμένη πλακέτα είναι σχεδιασμένη για προχωρημένους χρήστες που έχουν σκοπό να τη χρησιμοποιήσουν κάπου μόνιμα. Είναι φθηνότερη από την Duemilanove και συνδέεται εύκολα με μπαταρίες αλλά απαιτούνται επιπλέον ηλεκτρονικές διατάξεις για την χρήση της.
- Serial: Αυτή είναι η βασική έκδοση arduino που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο RS232 για την επικοινωνία και τον προγραμματισμό του. Το πλεονέκτημα της είναι ότι μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί από έναν χρήστη.

- Serial Single Sided: η έκδοση αυτή σχεδιάστηκε με σκοπό να κατασκευαστεί στο χέρι. Είναι λίγο μεγαλύτερο από τα προηγούμενα arduino, παρ' όλα αυτά παραμένει συμβατή με τις περισσότερες κατασκευές που σχεδιάστηκαν για να προεκτείνουν τις δυνατότητες της Duemilanove.
- Mega: Το Arduino mega όπως και το Duemilanove, συνδέεται μέσω USB και έχει το ίδιο μέγεθος. Η διαφορά τους είναι ότι ο μικροελεγκτής διαθέτει μεγαλύτερη μνήμη και έχει περισσότερες θύρες εισόδου/εξόδου.





Εικόνα 5: Από πάνω αριστερά προς τα κάτω: arduino nano, bluetooth, LiliPad, pro, serial, mega, serial single sided.

## 2.4 Μικροελεγκτής – η καρδιά του Arduino

Το Arduino βασίζεται στον ATmega328, έναν 8-bit RISC μικροελεγκτή, τον οποίο χρονίζει στα 16MHz. Ο ATmega328 διαθέτει ενσωματωμένη μνήμη τριών τύπων:

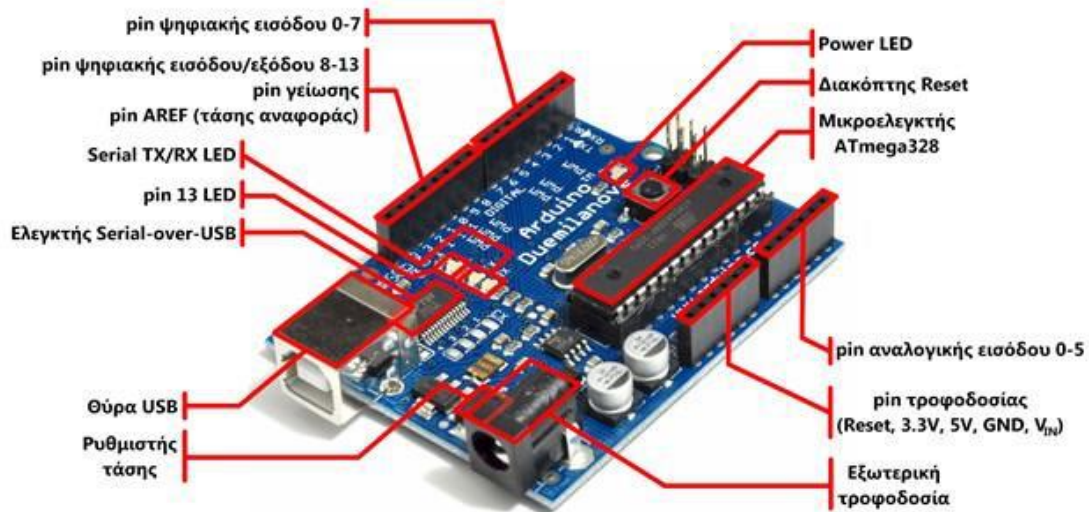
- 2Kb μνήμης SRAM που είναι η ωφέλιμη μνήμη που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα προγράμματά σας για να αποθηκεύουν μεταβλητές, πίνακες κ.λπ. κατά το runtime. Όπως και σε έναν υπολογιστή, αυτή η μνήμη χάνει τα δεδομένα της όταν η παροχή ρεύματος στο Arduino σταματήσει ή αν γίνει reset.

- 1Kb μνήμης EEPROM η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για «ωμή» εγγραφή/ανάγνωση δεδομένων (χωρίς datatype) ανά byte από τα προγράμματά σας κατά το runtime. Σε αντίθεση με την SRAM, η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset οπότε είναι το ανάλογο του σκληρού δίσκου.
- 32Kb μνήμης Flash, από τα οποία τα 0.5Kb χρησιμοποιούνται από το firmware του Arduino που έχει εγκαταστήσει ήδη ο κατασκευαστής του. Το firmware αυτό που στην ορολογία του Arduino ονομάζεται bootloader είναι αναγκαίο για την εγκατάσταση των δικών σας προγραμμάτων στον μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB, χωρίς δηλαδή να χρειάζεται εξωτερικός hardware programmer. Τα υπόλοιπα 30Kb της μνήμης Flash χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αυτών ακριβώς των προγραμμάτων, αφού πρώτα μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή σας.

Η μνήμη Flash, όπως και η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset. Επίσης, ενώ η μνήμη Flash υπό κανονικές συνθήκες δεν προορίζεται για χρήση runtime μέσα από τα προγράμματά σας, λόγω της μικρής συνολικής μνήμης που είναι διαθέσιμη σε αυτά (2Kb SRAM + 1Kb EEPROM), έχει σχεδιαστεί μια βιβλιοθήκη που επιτρέπει την χρήση όσου χώρου περισσεύει (30Kb μείον το μέγεθος του προγράμματός σας σε μεταγλωττισμένη μορφή).

#### **2.4.1 Είσοδοι – Έξοδοι**

Καταρχήν το Arduino διαθέτει σειριακό interface. Ο μικροελεγκτής ATmega υποστηρίζει σειριακή επικοινωνία, την οποία το Arduino προωθεί μέσα από έναν ελεγκτή Serial-over-USB ώστε να συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω USB. Η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται για την μεταφορά των προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τον υπολογιστή στο Arduino αλλά και για αμφίδρομη επικοινωνία του Arduino με τον υπολογιστή μέσα από το πρόγραμμα την ώρα που εκτελείται.



Εικόνα 6 :Αναλυτική περιγραφή

Επιπλέον, στην πάνω πλευρά του Arduino βρίσκονται 14 θηλυκά pin, αριθμημένα από 0 ως 13, που μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές εισοδοι και έξοδοι. Λειτουργούν στα 5V και καθένα μπορεί να παρέχει ή να δεχτεί το πολύ 40mA.

Ως ψηφιακή έξοδος, ένα από αυτά τα pin μπορεί να τεθεί από το πρόγραμμά σας σε κατάσταση HIGH ή LOW, οπότε το Arduino θα ξέρει αν πρέπει να διοχετεύσει ή όχι ρεύμα στο συγκεκριμένο pin. Με αυτόν τον τρόπο μπορείτε λόγω χάρη να ανάψετε και να σβήσετε ένα LED που έχετε συνδέσει στο συγκεκριμένο pin. Αν πάλι ρυθμίσετε ένα από αυτά τα pin ως ψηφιακή είσοδο μέσα από το πρόγραμμά σας, μπορείτε με την κατάλληλη εντολή να διαβάσετε την κατάστασή του (HIGH ή LOW) ανάλογα με το αν η εξωτερική συσκευή που έχετε συνδέσει σε αυτό το pin διοχετεύει ή όχι ρεύμα στο pin (με αυτόν τον τρόπο λόγω χάρη μπορείτε να «διαβάζετε» την κατάσταση ενός διακόπτη). Μερικά από αυτά τα 14 pin, εκτός από ψηφιακές εισοδοι/έξοδοι έχουν και δεύτερη λειτουργία.

Συγκεκριμένα:

Τα pin **0 και 1** λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής όταν το πρόγραμμά σας ενεργοποιεί την σειριακή θύρα. Έτσι, όταν λόγω χάρη το πρόγραμμά σας στέλνει δεδομένα στην σειριακή, αυτά προωθούνται και στην θύρα USB μέσω του ελεγκτή Serial-Over-USB αλλά και στο pin 0 για να τα διαβάσει ενδεχομένως μια

άλλη συσκευή (π.χ. ένα δεύτερο Arduino στο δικό του pin 1). Αυτό φυσικά σημαίνει ότι αν στο πρόγραμμά σας ενεργοποιήσετε το σειριακό interface, χάνετε 2 ψηφιακές εισόδους/εξόδους.

Τα pin **2 και 3** λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt (interrupt 0 και 1 αντίστοιχα). Με άλλα λόγια, μπορείτε να τα ρυθμίσετε μέσα από το πρόγραμμά σας 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.

Τα pin **3, 5, 6, 9, 10 και 11** μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές έξοδοι με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation), δηλαδή το ίδιο σύστημα που διαθέτουν οι μητρικές των υπολογιστών για να ελέγχουν τις ταχύτητες των ανεμιστήρων. Έτσι, μπορείτε να συνδέσετε λόγω χάρη ένα LED σε κάποιο από αυτά τα pin και να ελέγξετε πλήρως την φωτεινότητά του με ανάλυση 8bit (256 καταστάσεις από 0-σβηστό ως 255-πλήρως αναμμένο) αντί να έχετε απλά την δυνατότητα αναμμένο-σβηστό που παρέχουν οι υπόλοιπες ψηφιακές έξοδοι.

Είναι σημαντικό να καταλάβετε ότι το PWM δεν είναι πραγματικά αναλογικό σύστημα και ότι θέτοντας στην έξοδο την τιμή 127, δεν σημαίνει ότι η έξοδος θα δίνει 2.5V αντί της κανονικής τιμής των 5V, αλλά ότι θα δίνει ένα παλμό που θα εναλλάσσεται με μεγάλη συχνότητα και για ίσους χρόνους μεταξύ των τιμών 0 και 5V.

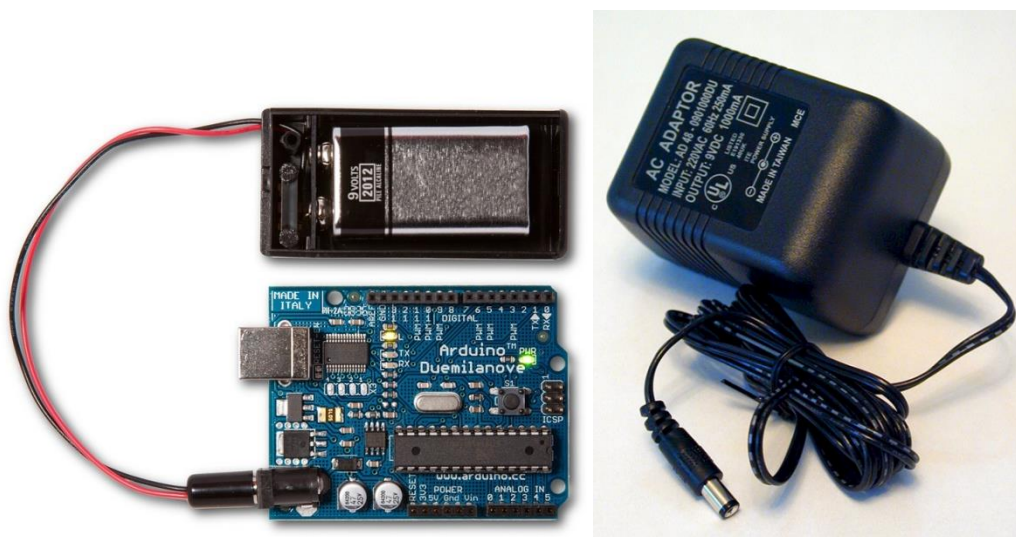
Στην κάτω πλευρά του Arduino, με τη σήμανση ANALOG IN, θα βρείτε μια ακόμη σειρά από 6 pin, αριθμημένα από το 0 ως το 5. Το καθένα από αυτά λειτουργεί ως αναλογική είσοδος κάνοντας χρήση του ADC (Analog to Digital Converter) που είναι ενσωματωμένο στον μικροελεγκτή. Για παράδειγμα, μπορείτε να τροφοδοτήσετε ένα από αυτά με μια τάση την οποία μπορείτε να κυμάνετε με ένα ποτενσιόμετρο από 0V ως μια τάση αναφοράς Vref η οποία, αν δεν κάνετε κάποια αλλαγή είναι προρυθμισμένη στα 5V. Τότε, μέσα από το πρόγραμμά σας μπορείτε να «διαβάσετε» την τιμή του pin ως ένα ακέραιο αριθμό ανάλυσης 10-bit, από 0 (όταν η τάση στο pin είναι 0V) μέχρι 1023 (όταν η τάση στο pin είναι 5V).

Η τάση αναφοράς μπορεί να ρυθμιστεί με μια εντολή στο 1.1V, ή σε όποια τάση επιθυμείτε (μεταξύ 2 και 5V) τροφοδοτώντας εξωτερικά με αυτή την τάση το pin με την σήμανση AREF που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά της πλακέτας. Έτσι, αν τροφοδοτήσετε το pin AREF με 3.3V και στην συνέχεια δοκιμάσετε να διαβάσετε κάποιο pin αναλογικής εισόδου στο οποίο εφαρμόζετε τάση 1.65V, το Arduino θα σας επιστρέψει την τιμή 512.

Τέλος, καθένα από τα 6 αυτά pin, με κατάλληλη εντολή μέσα από το πρόγραμμα μπορεί να μετατραπεί σε ψηφιακό pin εισόδου/εξόδου όπως τα 14 που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά και τα οποία περιγράφηκαν πριν. Σε αυτή την περίπτωση τα pin μετονομάζονται από 0~5 σε 14~19 αντίστοιχα.

## 2.4.2 Τροφοδοσία

Το Arduino μπορεί να τροφοδοτηθεί με ρεύμα είτε από τον υπολογιστή μέσω της σύνδεσης USB, είτε από εξωτερική τροφοδοσία που παρέχεται μέσω μιας υποδοχής φισ των 2.1mm (θετικός πόλος στο κέντρο) και βρίσκεται στην κάτω-αριστερή γωνία του Arduino.



Εικόνα 7 :ac adaptor

Για να μην υπάρχουν προβλήματα, η εξωτερική τροφοδοσία πρέπει να είναι από 7 ως 12V και μπορεί να προέρχεται από ένα κοινό μετασχηματιστή του εμπορίου, από μπαταρίες ή οποιαδήποτε άλλη πηγή DC. Δίπλα από τα pin



αναλογικής εισόδου, υπάρχει μια ακόμα συστοιχία από 6 pin με την σήμανση POWER. Η λειτουργία του καθενός έχει ως εξής:

Το πρώτο, με την ένδειξη RESET, όταν γειωθεί (σε οποιοδήποτε από τα 3 pin με την ένδειξη GND που υπάρχουν στο Arduino) έχει ως αποτέλεσμα την επανεκκίνηση του Arduino.

Το δεύτερο, με την ένδειξη 3.3V, μπορεί να τροφοδοτήσει τα εξαρτήματά σας με τάση 3.3V. Η τάση αυτή δεν προέρχεται από την εξωτερική τροφοδοσία αλλά παράγεται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και έτσι η μέγιστη ένταση που μπορεί να παρέχει είναι μόλις 50mA.

Το τρίτο, με την ένδειξη 5V, μπορεί να τροφοδοτήσει τα εξαρτήματά σας με τάση 5V. Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας του ίδιου του Arduino, η τάση αυτή προέρχεται είτε άμεσα από την θύρα USB (που ούτως ή άλλως λειτουργεί στα 5V), είτε από την εξωτερική τροφοδοσία αφού αυτή περάσει από ένα ρυθμιστή τάσης για να την «φέρει» στα 5V.

Το τέταρτο και το πέμπτο pin, με την ένδειξη GND, είναι φυσικά γειώσεις.

Το έκτο και τελευταίο pin, με την ένδειξη Vin έχει διπλό ρόλο. Σε συνδυασμό με το pin γείωσης δίπλα του, μπορεί να λειτουργήσει ως μέθοδος εξωτερικής τροφοδοσίας του Arduino, στην περίπτωση που δεν σας βολεύει να χρησιμοποιήσετε την υποδοχή του φισ των 2.1mm. Αν όμως έχετε ήδη συνδεδεμένη εξωτερική τροφοδοσία μέσω του φισ, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αυτό το pin για να τροφοδοτήσετε εξαρτήματα με την πλήρη τάση της εξωτερικής τροφοδοσίας (7~12V), πριν αυτή περάσει από τον ρυθμιστή τάσης όπως γίνεται με το pin των 5V.

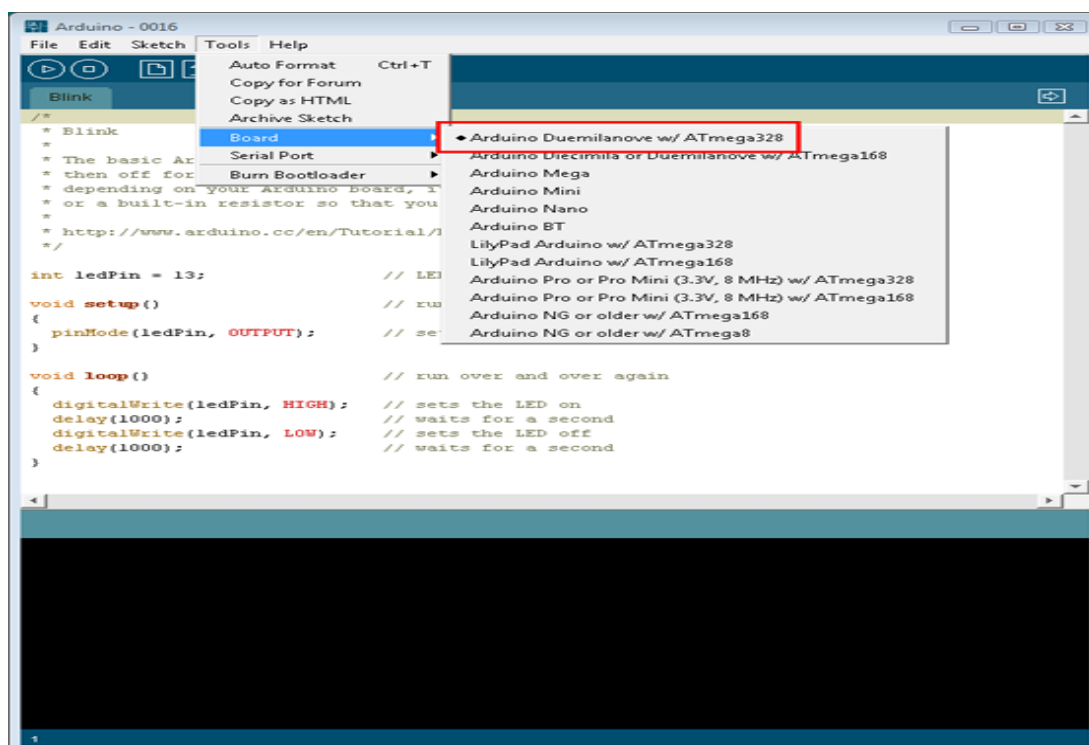
### 2.4.3 Ενσωματωμένα κουμπιά και LED

Πάνω στην πλακέτα του Arduino υπάρχει ένας διακόπτης micro-switch και 4 μικροσκοπικά LED επιφανειακής στήριξης.

Η λειτουργία του διακόπτη (που έχει την σήμανση RESET) και του ενός LED με την σήμανση POWER είναι μάλλον προφανής. Τα δύο LED με τις σημάνσεις TX και RX, χρησιμοποιούνται ως ένδειξη λειτουργίας του σειριακού interface, καθώς ανάβουν όταν το Arduino στέλνει ή λαμβάνει (αντίστοιχα) δεδομένα μέσω USB. Σημειώστε ότι τα LED αυτά ελέγχονται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και συνεπώς δεν λειτουργούν όταν η σειριακή επικοινωνία γίνεται αποκλειστικά μέσω των ψηφιακών pin 0 και 1.

### 2.5 Arduino IDE και σύνδεση με τον υπολογιστή

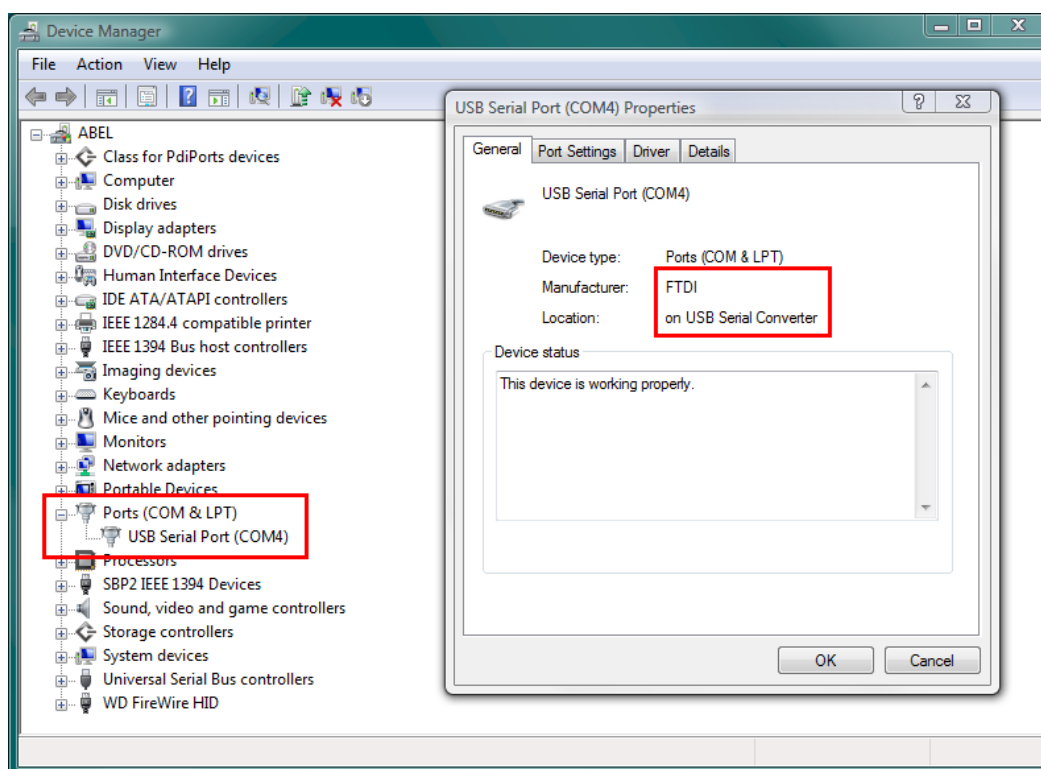
Ότι χρειάζεστε για την διαχείριση του Arduino από τον υπολογιστή σας το παρέχει το Arduino IDE, την τελευταία έκδοση του οποίου μπορείτε να κατεβάσετε από το επίσημο site ([www.arduino.com](http://www.arduino.com)) για καθένα από τα τρία δημοφιλέστερα λειτουργικά συστήματα. Στην εργασία χρησιμοποίησα την έκδοση (1.0.5) του arduino και ο κώδικας του είναι γραμμένος με τις κατάλληλες συναρτήσεις, όπως θα δούμε παρακάτω.



Εικόνα 8: Επιλογή κατάλληλης πλακέτας (Board)

Το Arduino IDE είναι βασισμένο σε Java και συγκεκριμένα παρέχει: ένα πρακτικό περιβάλλον για την συγγραφή των προγραμμάτων σας (τα οποία ονομάζονται sketch στην ορολογία του Arduino) με συντακτική χρωματική σήμανση, αρκετά έτοιμα παραδείγματα, μερικές έτοιμες βιβλιοθήκες για προέκταση της γλώσσας και για να χειρίζεστε εύκολα μέσα από τον κώδικά σας τα εξαρτήματα που συνδέετε στο Arduino, τον compiler για την μεταγλώττιση των sketch σας, ένα serial monitor που παρακολουθεί τις επικοινωνίες της σειριακής (USB), αναλαμβάνει να στείλει αλφαριθμητικά της επιλογής σας στο Arduino μέσω αυτής και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για το debugging των sketch σας και την επιλογή να ανεβάσετε το μεταγλωττισμένο sketch στο Arduino.

Για τα δύο τελευταία χαρακτηριστικά βέβαια, το Arduino πρέπει να έχει συνδεθεί σε μια από τις θύρες USB του υπολογιστή και, λόγω του ελεγκτή Serial over-USB, θα πρέπει να αναγνωριστεί από το λειτουργικό σας σύστημα ως εικονική σειριακή θύρα.



Εικόνα 9 :Αναγνώριση Συσσκευής

Για την σύνδεση θα χρειαστείτε ένα καλώδιο USB από Type A σε Type B, όπως αυτό των εκτυπωτών. Για την αναγνώριση από το λειτουργικό θα χρειαστεί να εγκαταστήσετε τον οδηγό του FTDI chip (δηλαδή του ελεγκτή Serial-over-USB) ο

οποίος υπάρχει στον φάκελο drivers του Arduino IDE που κατεβάσατε. Την τελευταία έκδοση αυτού του οδηγού μπορείτε επίσης να κατεβάσετε για κάθε λειτουργικό σύστημα από το site της FTDI. Σημειώστε ότι στους τελευταίους πυρήνες του Linux υπάρχει εγγενής υποστήριξη του συγκεκριμένου ελεγκτή.

Αν όλα έγιναν σωστά, το κεντρικό παράθυρο του Arduino IDE θα εμφανιστεί όταν το εκτελέσετε και στο μενού Tools → Serial Port θα πρέπει να εμφανίζεται η εικονική σειριακή θύρα (συνήθως COM# για τα Windows, /dev/ttyusbserial## για το MacOS και /dev/ttyusb## για το Linux). Επιλέξτε αυτή την εικονική θύρα και στην συνέχεια επιλέξτε τον τύπο του Arduino σας (Arduino Uno w/ ATmega328) από το μενού Tools → Board.

Το Arduino είναι πλέον έτοιμο να δεχτεί τα sketch σας. Αν εμφανίστηκε οποιοδήποτε πρόβλημα διαβάστε τις αναλυτικές οδηγίες εγκατάστασης για κάθε λειτουργικό σύστημα στη διεύθυνση <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>.

### **2.5.1 Γλώσσα προγραμματισμού**

Η γλώσσα του Arduino βασίζεται στη γλώσσα Wiring, 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 την C, στην γλώσσα του Arduino μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ουσιαστικά τις ίδιες βασικές εντολές και συναρτήσεις, με την ίδια σύνταξη, τους ίδιους τύπων δεδομένων και τους ίδιους τελεστές όπως και στην C. Πέρα από αυτές όμως, υπάρχουν κάποιες ειδικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που βοηθούν για την διαχείριση του ειδικού hardware του Arduino. Οι πιο σημαντικές από αυτές επεξηγούνται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 3: Εντολές, συναρτήσεις και σταθερές για τον προγραμματισμό του Arduino

Όρισμα	Είδος	Τύπος	Παράμετροι	Περιγραφή
<b>LOW</b>	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false.
<b>HIGH</b>	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 1 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
<b>INPUT</b>	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false.
<b>OUTPUT</b>	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 1 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
<b>pinMode</b>	Εντολή	-	(pin, mode)	Καθορίζει αν το συγκεκριμένο ψηφιακό pin θα είναι pin εισόδου ή pin εξόδου ανάλογα με την τιμή που δίνεται στην παράμετρο mode (INPUT ή OUTPUT αντίστοιχα).
<b>digitalWrite</b>	Εντολή	-	(pin, pinstatus)	Θέτει την κατάσταση pinstatus (HIGH ή LOW) στο συγκεκριμένο ψηφιακό pin.
<b>digitalRead</b>	Συνάρτηση	int	(pin)	Επιστρέφει την κατάσταση του συγκεκριμένου ψηφιακού pin (0 για LOW και 1 για HIGH) εφόσον αυτό είναι pin εισόδου.
<b>analogReference</b>	Εντολή	-	(type)	Δέχεται τις τιμές DEFAULT, INTERNAL ή EXTERNAL στην παράμετρο

				type για να καθορίσει την τάση αναφοράς (Vref) των αναλογικών εισόδων (5V, 1.1V ή η εξωτερική τάση με την οποία τροφοδοτείται το pin AREF αντίστοιχα)
<b>analogRead</b>	Συνάρτηση	int	(pin)	Επιστρέφει έναν ακέραιο από 0 έως 1023, ανάλογα με την τάση που τροφοδοτείται το συγκεκριμένο pin αναλογικής εισόδου στην κλίμακα 0 ως Vref.
<b>analogWrite</b>	Εντολή	-	(pin, value)	Θέτει το συγκεκριμένο ψηφιακό pin σε κατάσταση ψευδοαναλογικής εξόδου (PWM). Η παράμετρος value καθορίζει το πλάτος του παλμού σε σχέση με την περίοδο του παραγόμενου σήματος στην κλίμακα από 0 ως 255 (π.χ. με value 127, το πλάτος του παλμού είναι ίσο με μισή περίοδο).
<b>millis</b>	Συνάρτηση	unsigned long	()	Μετρητής που επιστρέφει το χρονικό διάστημα σε ms από την στιγμή που άρχισε η εκτέλεση του

				προγράμματος. Λάβετε υπόψη ότι λόγω του τύπου μεταβλητής (unsigned long δηλ. 32bit) θα γίνει overflow σε $2^{32}$ ms δηλαδή περίπου σε 50 μέρες, οπότε ο μετρητής θα ξεκινήσει πάλι από το μηδέν.
<b>delay</b>	Εντολή	-	(time)	Σταματά προσωρινά την ροή του προγράμματος για time ms. Η παράμετρος time είναι unsigned long (από 0 ως $2^{32}$ ). Σημειώστε ότι παρά την προσωρινή παύση, συναρτήσεις των οποίων η εκτέλεση ενεργοποιείται από interrupt θα εκτελεστούν κανονικά κατά την διάρκεια μιας delay.
<b>attachInterrupt</b>	Εντολή	-	(interrupt, function, triggermode)	Θέτει σε λειτουργία το συγκεκριμένο interrupt, ώστε να ενεργοποιεί την συνάρτηση function, κάθε φορά που ικανοποιείται η συνθήκη που ορίζεται από την παράμετρο triggermode: LOW (ενεργοποίηση

				<p>όταν η κατάσταση του pin που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο interrupt γίνει LOW)  RISING (όταν από LOW γίνει HIGH)  FALLING (όταν από HIGH γίνει LOW)  CHANGE (όταν αλλάξει κατάσταση γενικά)</p>
<b>detachInterrupt</b>	Εντολή	-	(interrupt)	Απενεργοποιεί το συγκεκριμένο interrupt.
<b>noInterrupts</b>	Εντολή	-	()	Σταματά προσωρινά την λειτουργία όλων των interrupt
<b>interrupts</b>	Εντολή	-	()	Επαναφέρει την λειτουργία των interrupt που διακόπηκε προσωρινά από μια εντολή noInterrupts.
<b>Serial.begin</b>	Μέθοδος κλάσης	-	(datarate)	Θέτει τον ρυθμό μεταφοράς δεδομένων του σειριακού interface (σε baud)
<b>Serial.println</b>	Μέθοδος κλάσης	-	(data)	Διοχετεύει τα δεδομένα data για αποστολή μέσω του σειριακού interface. Η παράμετρος data μπορεί να είναι είτε αριθμός είτε αλφαριθμητικό.



***Ενσωματώσεις βιβλιοθηκών, δηλώσεις μεταβλητών.***

```
void setup()
```

```
{
```

```
// ...
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
// ...
```

```
}
```

***Υπόλοιπες συναρτήσεις***

Η βασική ρουτίνα setup() εκτελείται μια φορά μόνο κατά την εκκίνηση του προγράμματος ενώ η βασική ρουτίνα loop() περιέχει τον βασικό κορμό του προγράμματος και η εκτέλεσή της επαναλαμβάνεται συνέχεια σαν ένας βρόγχος while(true).

Αν και πρόκειται μόνο για τις πιο βασικές λειτουργίες της γλώσσας του Arduino, με αυτές και με λίγες βασικές γνώσεις C θα μπορέσετε να δημιουργήσετε το sketch ακόμα και για κάποιο αρκετά περίπλοκο project .

*Παράδειγμα : Hello World!*

Έφτασε η στιγμή να δημιουργήσετε το πρώτο σας sketch, το οποίο - παραδοσιακά- πρέπει να εξάγει το μήνυμα «Hello World». Βέβαια -μέχρι να προσθέσετε εσείς μια- το Arduino δεν διαθέτει οθόνη ώστε να εμφανίσει κάποιο μήνυμα. Η μόνη συσκευή εξόδου που είναι ενσωματωμένη στην πλακέτα του Arduino είναι το LED του pin 13. Έτσι, το Arduino σας θα χαιρετίσει την οικουμένη αναβοσβήνοντας απλά το LED του.

Ανοίξτε το IDE του Arduino και -για να μην πληκτρολογείτε- επιλέξτε File → Sketchbook → Examples → Digital → Blink. Θα ανοίξει ένα sketch με τον παρακάτω κώδικα:

```
1) int ledPin = 13;
2) void setup()
3) {
4)   pinMode(ledPin, OUTPUT);
5) }
6) void loop()
7) {
8)   digitalWrite(ledPin, HIGH);
9)   delay(1000);
10)  digitalWrite(ledPin, LOW);
11)  delay(1000)
```

Αρχικά, στην ρουτίνα setup() ρυθμίζεται το pin στο οποίο είναι συνδεδεμένο το LED ως pin εξόδου (γραμμή 4). Στην συνέχεια η κύρια ρουτίνα loop(), η εκτέλεση της οποίας επαναλαμβάνεται συνέχεια, ανάβει το LED (γραμμή 8) και στην συνέχεια το σβήνει (γραμμή 10). Δύο εντολές delay ρυθμίζουν τον χρόνο που το LED θα μένει αναμμένο ή σβηστό στις γραμμές 9 και 11 (1000ms δηλαδή 1 δευτερόλεπτο).

Για να δείτε το πρόγραμμα στην πράξη, εφόσον έχετε ήδη συνδέσει το Arduino με τον υπολογιστή επιλέξτε File → Upload to I/O Board (εναλλακτικά πατήστε Ctrl-U ή κάντε κλικ στο ανάλογο εικονίδιο της toolbar). Με αυτή την ενέργεια, το sketch θα μεταγλωττιστεί και θα σταλεί αυτόματα στο Arduino, γεγονός που μπορείτε να επαληθεύσετε από την δραστηριότητα των TX και RX LED πάνω στην πλακέτα του Arduino.

Τα προγράμματα που «ανεβάζετε» στο Arduino εκτελούνται αυτόματα από τον bootloader αμέσως μετά την λήψη τους και έτσι, χωρίς καθυστέρηση, θα πρέπει να

δείτε το LED με τη σήμανση 13 να ανάβει και να σβήνει συνεχόμενα με περίοδο 2 δευτερολέπτων, δηλαδή όπως ακριβώς ορίζει το sketch.

Αν επιμένετε ότι ένα LED που αναβοσβήνει δεν αποτελεί πρόπον χαιρετισμό και θέλετε σώνει και καλά να δείτε το “Hello World” γραμμένο, υπάρχει μια λύση. Μπορείτε να το στείλετε μέσω της σειριακής (USB) στον υπολογιστή και να το δείτε στην οθόνη σας. Και σαν bonus, το Arduino θα στέλνει και την κατάσταση του LED στον υπολογιστή. Προσθέστε απλά τις γραμμές:

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

```
Serial.println("Hello World! - Are you happy now?");
```

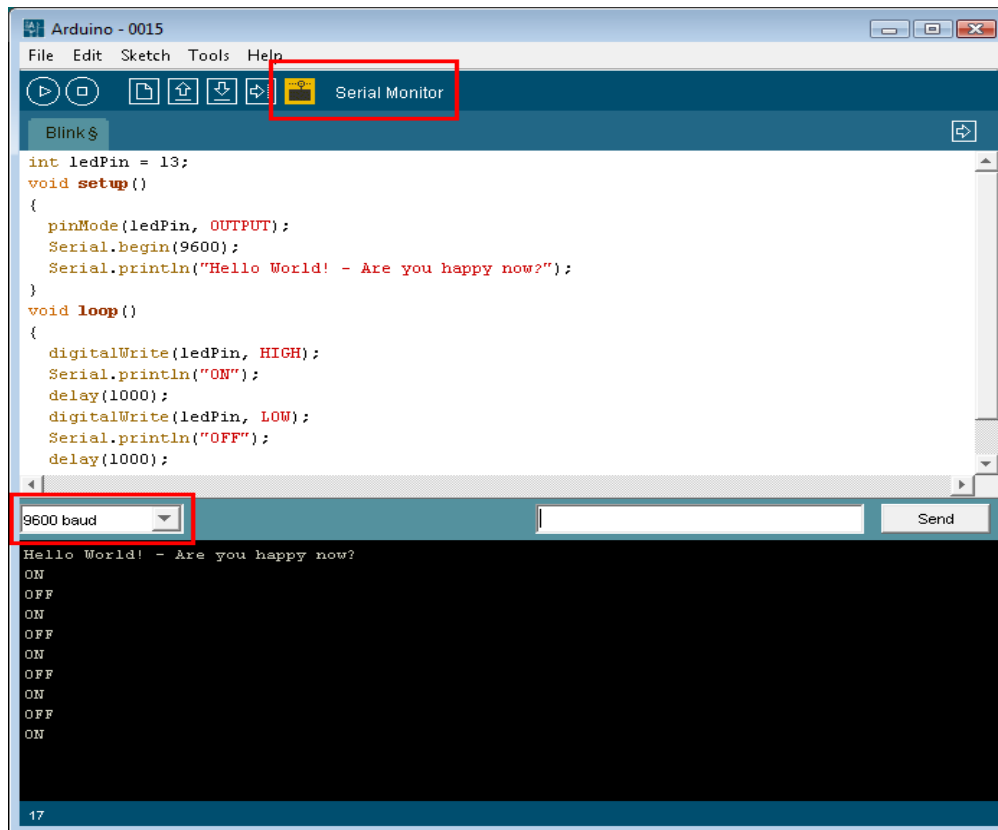
αμέσως μετά την γραμμή με την εντολή pinMode και πριν κλείσει το άγκιστρο της ρουτίνας setup(). Επίσης, προσθέστε την γραμμή:

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

και την γραμμή:

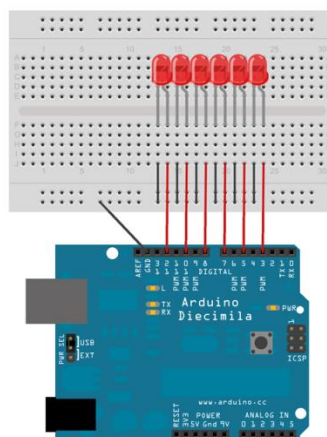
```
Serial.println("OFF")
```

 αμέσως μετά την πρώτη και την δεύτερη digitalWrite αντίστοιχα.



Εικόνα 10 :Παράδειγμα στο Λειτουργικό

Αφού κάνετε τις αλλαγές επιλέξτε όπως και πριν το Upload το I/O Board από το IDE για να γίνει ξανά μεταγλώττιση και να ανέβει το νέο binary στο Arduino. Αμέσως μετά, κάντε κλικ στο τελευταίο κουμπί της toolbar με επεξήγηση Serial Monitor για να μετατρέψετε το κάτω τμήμα του παραθύρου του IDE σε σειριακή κονσόλα και σύντομα θα δείτε το Arduino να σας στέλνει τα μηνυμάτά του.



Εικόνα 11: Παράδειγμα με λαμπάκια που αναβοσβήνουν

Μπορείτε να πειραματιστείτε με το sketch, να φτιάξετε ωραία pattern με τα οποία αναβοσβήνει το LED, να το βάλετε να στέλνει διαφορετικές πληροφορίες στην σειριακή κ.λπ. αλλά ακόμα και αν μάθετε στο Arduino να σας μιλάει με κώδικα Morse, δεν παύει να είναι ένα LED που αναβοσβήνει και ενίοτε φλυαρεί στην σειριακή – δεν έχει κάτι σημαντικό να σας πει. Αυτό φυσικά συμβαίνει επειδή δεν έχετε συνδέσει ακόμα περιφερειακά στο Arduino σας και έτσι είναι σαν να έχετε ένα υπολογιστή χωρίς οθόνη, ποντίκι και πληκτρολόγιο.

### 2.5.2 Arduino (ασπίδες) shields

Πέραν όμως της μεγάλης ποικιλίας των πλακετών arduino, υπάρχει και μία μεγάλη ποικιλία από πλακέτες οι οποίες μπορούν να “κουμπώσουν” και να συνδεθούν με την πλακέτα arduino, με σκοπό την προέκταση των δυνατοτήτων της. Κάποιες από αυτές είναι:

**Xbee shield.** Το Xbee είναι μία κατασκευή η οποία επιτρέπει σε ένα arduino να επικοινωνήσει ασύρματα με έναν υπολογιστή σε απόσταση έως και 100 μέτρων. Στην πραγματικότητα η ασύρματη αυτή επικοινωνία επιτυγχάνεται από δύο πομποδέκτες. Ο κάθε πομποδέκτης αποτελείται από μία πλακέτα XBee Explorer USB η οποία είναι ένας μετατροπέας της USB θύρας σε σειριακή και ένα Xbee antenna.

Το **xbee antenna** είναι υπεύθυνο για να εκπέμπει και να λαμβάνει σειριακά ηλεκτρικά σήματα τα οποία έχουν διαμορφωθεί σε ηλεκτρομαγνητικά στην συχνότητα των 2.4GHz.

**Motor Controller.** Η ελεγκτές κινητήρων είναι πλακέτες οι οποίες χρησιμοποιούνται με σκοπό τον έλεγχο των κινητήρων. Εξαιτίας του ότι η πλακέτα arduino δεν έχει την δυνατότητα να τροφοδοτήσει με την απαιτούμενη ισχύ τους κινητήρες, παρουσιάστηκε η ανάγκη κατασκευής κυκλώματος όπου θα «οδηγεί» τους κινητήρες αυτούς.

**Voice Recognition Shield.** Είναι μία shield η οποία μαζί με το κατάλληλο software έχει την δυνατότητα να αναγνωρίσει μία ποικιλία φωνητικών εντολών που δίνονται από κάποιον χρήστη και να τις προωθήσει για να πραγματοποιήσει το arduino συγκεκριμένες ενέργειες.

**LCD shield.** Το arduino σε συνδυασμό με μία LCD shield έχει την δυνατότητα να εμφανίσει διάφορα μενού ή μηνύματα σε μία οθόνη. Για παράδειγμα,

οι χρήστες μπορούν μέσω της LCD να ενημερώνονται για τα αποτελέσματα που λαμβάνει ένα arduino από τους αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι. Έτσι δε χρειάζεται να συνδεθεί το arduino με τον υπολογιστή για να διαβαστούν τα αποτελέσματα από το serial monitor.

**GPS shield.** Η συγκεκριμένη πλακέτα επικοινωνεί με τουλάχιστον 3 δορυφόρους και επιστρέφει στο arduino έναν αριθμό μεταβλητών που αντιστοιχούν σε συντεταγμένες.

**Wave shield.** Είναι και αυτή μία πολύ ενδιαφέρον κατασκευή που δίνει την δυνατότητα στο arduino να αναπαράγει μουσικά αρχεία μορφοποιημένα σε WAVE(.wav).

**BlinkM.** Το BlinkM είναι ένα RGB led. Στην πραγματικότητα αποτελείται από τρεις διόδους led (red, green, blue) και εκμεταλλεύοντας την PWD δυνατότητα του arduino πραγματοποιεί μία μίξη των τριών βασικών χρωμάτων. Το αποτέλεσμα είναι να εκπέμπει μία πολύ μεγάλη ποικιλία φωτεινών χρωμάτων.

Η λίστα των arduino shields είναι αρκετά μεγάλη για να καλύψει τις απαιτητικές ανάγκες των σχεδιαστών για την πραγματοποίηση νέων ιδεών. Παρόλα αυτά όμως συνεχίζονται να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται καινούρια shields από διάφορες εταιρείες, έτσι μέρα με την μέρα οι σχεδιαστές έχουν την δυνατότητα να κατασκευάσουν όλο και περισσότερες πρωτότυπες ιδέες.



Εικόνα 12 - Arduino Shields από πάνω αριστερά προς τα κάτω: Xbee shield, GPS shield, voice recognition shield, LCD shield , motor shield, wave shield

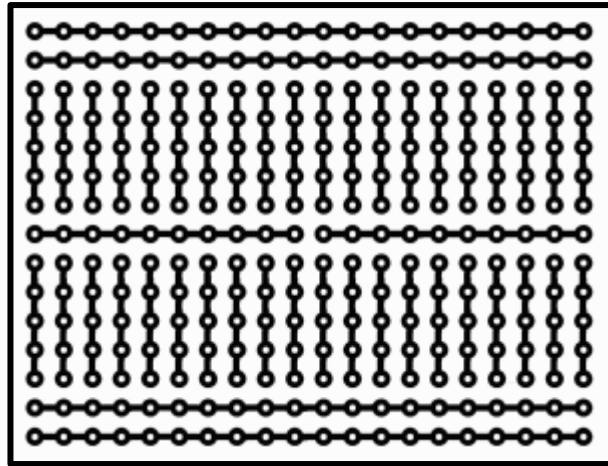
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

## ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

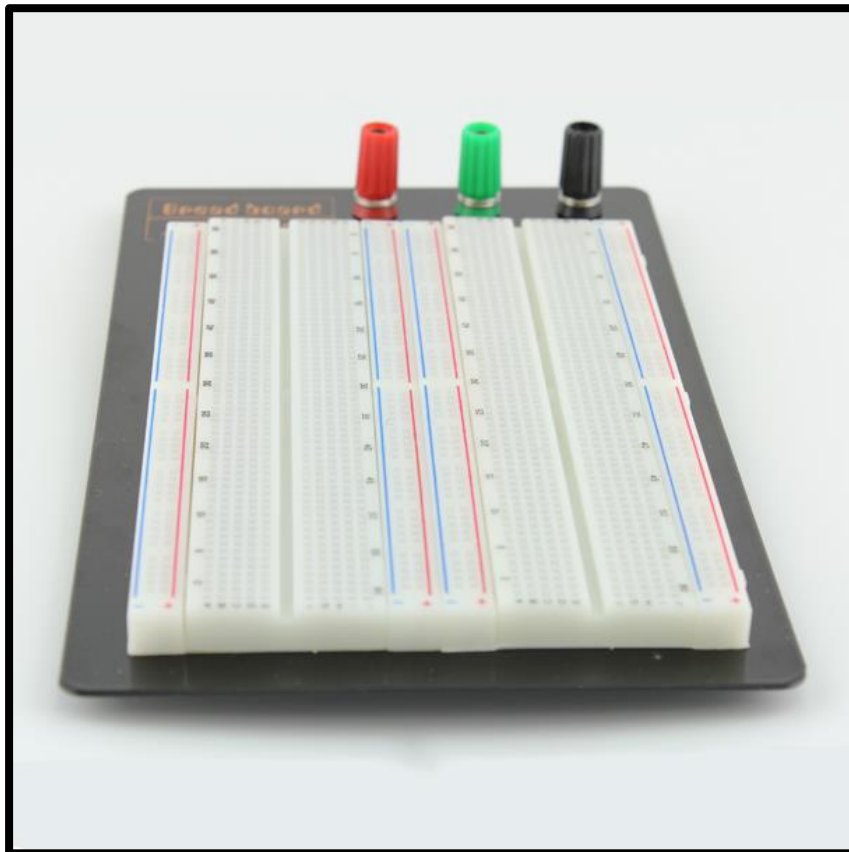
### 3.1 Ηλεκτρονική Πλακέτα ή raster

Η ηλεκτρονική πλακέτα αποτελεί κατά κάποιο τρόπο ένα ηλεκτρονικό «πίνακα» πάνω στον οποίο μπορούμε να κατασκευάσουμε το κύκλωμα. Για τον λόγο αυτό παρέχει την δυνατότητα να συνδέσουμε ηλεκτρικά διάφορα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, χωρίς να χρησιμοποιήσουμε καλώδια για τις συνδέσεις αυτές. Πιο συγκεκριμένα, το ράστερ είναι μια πλακέτα με πλαστικό εξωτερικό περίβλημα και διαθέτει αρκετά σημεία επαφής τα οποία απέχουν μεταξύ τους συνήθως 2.54mm.

Κάθε τελεία αποτελεί και μια θέση (οπή) ενώ οι γραμμές που συνδέουν μεταξύ τους τις θέσεις (οπές) αποτελούν αγωγίμες ηλεκτρικές συνδέσεις μεταξύ των οπών (βραχυκυκλώματα) έτσι ώστε να μπορούμε να συνδέσουμε ηλεκτρικά διάφορα ηλεκτρονικά στοιχεία μεταξύ τους. Παρατηρούμε ότι στις δύο πρώτες και στις δύο τελευταίες οριζόντιες γραμμές όλες οι οπές είναι βραχυκυκλωμένες μεταξύ τους, γιατί συνήθως στις γραμμές αυτές συνδέονται οι δύο πόλοι της πηγής που χρησιμοποιούμε για την τροφοδοσία του κυκλώματος. Οι κατακόρυφες γραμμές συνδέουν αγωγή πέντε οπές μεταξύ τους, ενώ υπάρχουν δύο σειρές κατακόρυφων γραμμών αποτελούμενες από πεντάδες βραχυκυκλωμένων θέσεων.



Σχήμα 7: Διάγραμμα ηλεκτρικών συνδέσεων ηλεκτρονικής πλακέτας (raster)



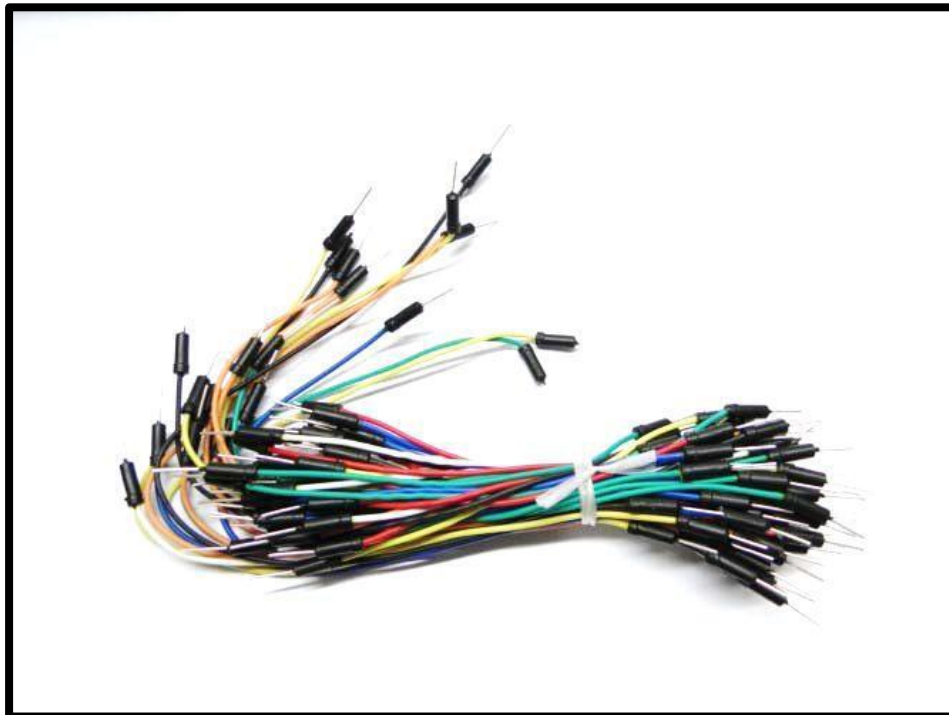
Εικόνα 13 : Ράστερ για την κατασκευή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων



### 3.2 Λωρίδες τροφοδοσίας

Οι λωρίδες τροφοδοσίας αποτελούνται μόνο από δύο παράλληλες στήλες με σημεία επαφής. Η μια στήλη σημαίνεται συνήθως με κόκκινο χρώμα και το σύμβολο “+” ή το γράμμα “V”, ενώ η άλλη στήλη σημαίνεται με μαύρο ή μπλε χρώμα και το σύμβολο “-“ ή το γράμμα “G”. Η βασική ιδιότητα αυτής της λωρίδας είναι ότι όλα τα σημεία επαφής καθεμιάς από τις δύο γραμμές της είναι βραχυκυκλωμένα. Ο ρόλος μιας λωρίδας τροφοδοσίας, λοιπόν, είναι να συνδεθεί σε αυτή μια τροφοδοσία και στη συνέχεια να τροφοδοτηθούν από αυτή τα διάφορα εξαρτήματα που είναι συνδεδεμένα στη λωρίδα τερματισμού.

Αφού τοποθετηθούν τα εξαρτήματα στη λωρίδα τερματισμού, η σύνδεση μεταξύ τους και με τη λωρίδα τροφοδοσίας μπορεί να γίνει με απλά καλώδια, οι γυμνές άκρες των οποίων μπορούν και αυτές να τερματιστούν στα σημεία επαφής του ράστερ.

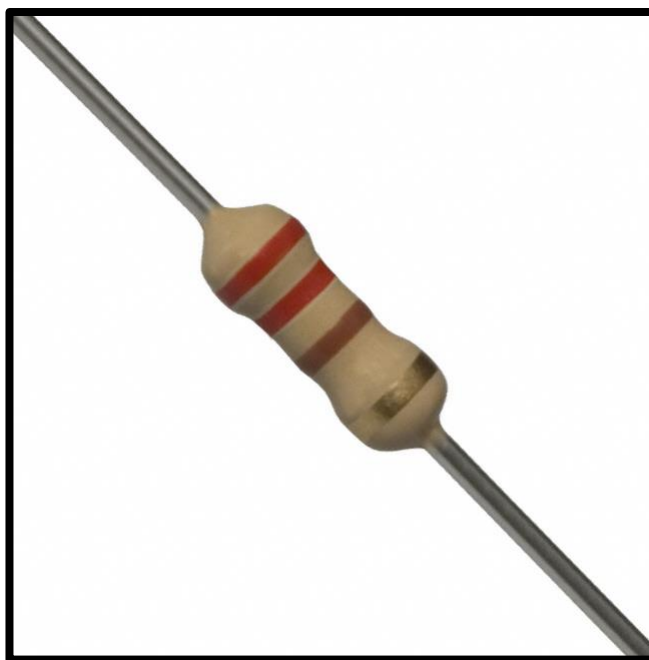


Εικόνα 14 : Λωρίδες Τροφοδοσίας

### 3.3 Αντιστάσεις

Ο αντιστάτης είναι ένα εξάρτημα το οποίο χρησιμοποιείται σε διάφορα κυκλώματα για τον έλεγχο της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι πιο κοινές συνδεσμολογίες αντιστατών που συναντά κανείς στα ηλεκτρονικά κυκλώματα είναι η σύνδεση αντιστατών σε σειρά και η σύνδεση αντιστατών παράλληλα. Επίσης, ο αντιστάτης μερικές φορές λέγεται και ηλεκτρική αντίσταση.

Ωστόσο η ηλεκτρική αντίσταση είναι απλώς φαινόμενο και όχι εξάρτημα. Πιο συγκεκριμένα, είναι το μέγεθος με το οποίο προσμετράτε τη δυσχέρεια στην έλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ένα υλικό, όταν το υλικό αυτό δε φέρει ιδιάζον σχήμα έτσι ώστε να μην αναπτύσσονται επιπλέον ηλεκτρικές ιδιότητες οφειλόμενες σε χωρητικά ή επαγωγικά φαινόμενα.



Εικόνα 15 : Αντίσταση 220 Ohm

### 3.4 Δίοδοι Εκπομπής Φωτός

Δίοδος εκπομπής φωτός αποκαλείται ένας ημιαγωγός ο οποίος εκπέμπει φωτεινή ακτινοβολία στενού φάσματος όταν του παρέχεται μία ηλεκτρική τάση κατά τη φορά ορθής πόλωσης. Επίσης, το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από

την χημική σύσταση του ημιαγωγικού υλικού που χρησιμοποιείται, και μπορεί να είναι υπεριώδες, ορατό ή υπέρυθρο.

Το μήκος κύματος του φωτός που εκπέμπεται και κατά συνέπεια το χρώμα του, εξαρτάται από το χάσμα ενέργειας των υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του περάσματος p-n, (όπου p : υλικό νοθευμένο με αποδέκτες και n : υλικό νοθευμένο με δότες) της διόδου. Επίσης, μια δίοδος εκπομπής φωτός είναι στην ουσία μια ένωση p-n που έχει κατασκευαστεί από ένα ημιαγωγό άμεσου ενεργειακού χάσματος και στην οποία η επανασύνδεση των ζευγών ηλεκτρονίων - οπών έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή φωτονίων.



Εικόνα 16 : Φωτοδίοδος LED

Η βασική αρχή μίας διόδου εκπομπής φωτός είναι μια επαφή p-n η οποία πολώνεται ορθά για να εγχέει ηλεκτρόνια και οπές μέσα στις p- και n- πλευρές αντίστοιχα. Το εγχεόμενο φορτίο μειονότητας επανασυνδέεται με το φορτίο πλειονότητας στην περιοχή απογύμνωσης ή στην ουδέτερη περιοχή.

Σε ημιαγωγούς άμεσου διάκενου η επανασύνδεση οδηγεί σε εκπομπή φωτός αφού η ακτινοβόλα επανασύνδεση κυριαρχεί σε υλικά υψηλής ποιότητας. Σε υλικά

έμμεσου χάσματος, η απόδοση εκπομπής φωτός είναι αρκετά φτωχή και οι περισσότερες από τις διαδρομές επανασύνδεσης είναι μη ακτινοβόλες με παραγωγή θερμότητας μάλλον παρά φωτός.

Στην πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκαν δύο φωτοдиодοι LED. Η λειτουργία τους είναι όταν ελεγχθεί η κάρτα και επιτραπεί η είσοδος ανάβει για κάποια δευτερόλεπτα το μπλε λαμπάκι. Αντιθέτως, όταν έχουμε μία μη καταγεγραμμένη και συνεπώς μη προσβάσιμη κάρτα μαζί με το μήνυμα ότι η είσοδος απαγορεύεται ανάβει και το πορτοκαλί λαμπάκι.

### **3.5 USB Καλώδιο Πλατφόρμας Arduino**

Στην χρησιμοποίηση της πλακέτας του Arduino και στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, κρίθηκε απαραίτητη η χρήση ειδικών καλωδίων USB για τον προγραμματισμό και την τροφοδοσία της πλατφόρμας Arduino. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε ένα καλώδιο τύπου A-B (αρσενικό σε αρσενικό).



Εικόνα 17 : Μπλέ καλώδιο USB 2.0 τύπου A-B (αρσενικό σε αρσενικό)

### 3.6 Buzzer

Χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της πτυχιακής εργασίας ένα buzzer το οποίο προγραμματίστηκε κατάλληλα ώστε να βγάζει ήχο σε κάθε πέρασμα της κάρτας, είτε είναι επιτυχής η πρόσβαση είτε όχι. Ο προγραμματισμός έγινε μέσω της γλώσσας wiring και για την αναπαραγωγή του ήχου και τονισμού του επιλέχτηκαν κατάλληλες νότες ώστε να γίνεται διακριτός ο ήχος της σωστής και της λάθος κάρτας, δηλαδή ποιος θα έχει πρόσβαση και ποιος όχι.

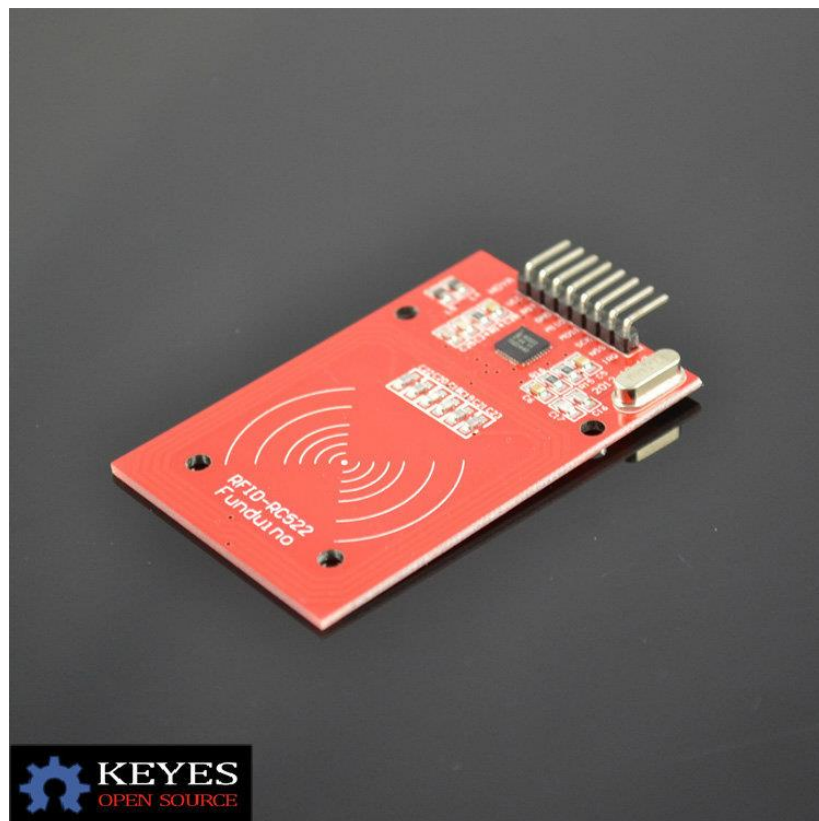
Το buzzer ή βομβητής είναι μια συσκευή που παράγει ήχο η οποία μπορεί να είναι μηχανική, ηλεκτρομηχανική ή πιεζοηλεκτρική. Το συναντάμε σε χρονόμετρα, ρολόγια, συστήματα συναγερμού και επίσης χρησιμοποιείται για την ηχητική επιβεβαίωση εισόδου του χρήστη σε έναν χώρο.



Εικόνα 18 : Buzzer

### 3.7 RFID - RC522

Το κύκλωμα Rfid – RC522 χρησιμοποιείται στην αναγνώριση των ετικετών – καρτών από τον πομπό. Δημιουργείται μια ηλεκτρομαγνητική περιοχή όπου οι παθητικές ετικέτες ενεργοποιούνται εφόσον πλησιάσουν το Rfid πομπό. Έτσι παίρνουν ρεύμα και μεταδίδουν τα δεδομένα στον υπολογιστή και αυτός με την σειρά του τα διαβάζει.



Εικόνα 19 : Rfid 13.56 MHz

#### **Χαρακτηριστικά:**

Ρεύμα λειτουργίας 13~26mA / DC 3.3V

Ρεύμα σε αδράνεια 10~13mA / DC 3.3V

Συχνότητα λειτουργίας: 13.56 MHz

### 3.8 Ετικέτες RFID

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες ετικετών , οι ενεργές , οι παθητικές και οι ημι-παθητικές.

- Οι ενεργές ετικέτες RFID διαθέτουν ένα πομπό και τη δική τους πηγή ενέργειας (συνήθως μια μπαταρία) που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του κυκλώματος του μικροεπεξεργαστή και τη μετάδοση του σήματος στον αναγνώστη.
- Οι παθητικές ετικέτες δεν έχουν μπαταρία και τροφοδοτούνται από το αναγνώστη, ο οποίος εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα που δημιουργούν πεδίο στην κεραία της ετικέτας.
- Υπάρχουν και οι ημι-παθητικές ετικέτες που χρησιμοποιούν μπαταρία για το μικροεπεξεργαστή, αλλά επικοινωνούν απορροφώντας ενέργεια από τον αναγνώστη.

Στην εργασία χρησιμοποιήθηκαν παθητικές ετικέτες οι οποίες τροφοδοτούνται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων όταν βρεθούν σε συγκεκριμένη απόσταση.



Εικόνα 20 : Ετικέτες και κάρτες RFID

Πίνακας 4: Byte πληροφορίας τα οποία αποτελούν μια ετικέτα

<b>header (1 byte):</b>	<b>Μας δείχνει την αρχή του πακέτου. Είναι πάντα 0xFF.</b>
<b>reserved (1 byte):</b>	Είναι πάντα 0x01.
<b>length (1 byte):</b>	Μας δείχνει το μήκος του πακέτου (command + data bytes).
<b>command (1 byte):</b>	Μας δείχνει ποια εντολή πρέπει να εκτελεστεί.
<b>data (N bytes):</b>	Περιέχει τις παραμέτρους που χρειάζονται για να εκτελεστεί η επιλεγμένη εντολή.
<b>checksum (1 byte):</b>	Είναι η προσθήκη όλων των bytes του πακέτου εκτός της κεφαλίδας.



### 3.9 Μοτέρ (servo)

Χρησιμοποιήθηκε ένα Μοτέρ της TowerPro Micro Servo sg 5010 mini για την προσομοίωση της επιτυχής πρόσβασης του χρήστη με συνέπεια την περιστροφή του μοτέρ και το υποτιθέμενο άνοιγμα της κλειδαριάς που δίνει πρόσβαση στην εταιρία. Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν αναγνωριστεί επιτυχώς, το μοτέρ δεν περιστρέφεται και δεν υπάρχει πρόσβαση.

Οι σερβοκινητήρες είναι κινητήρες με βελτιωμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά όπως πυκνότητα ισχύος, ροπή αδράνειας και βαθμό απόδοσης. Χρησιμοποιούνται σε κινητήρια συστήματα υψηλών απαιτήσεων, όπου υπάρχει ανάγκη για μεγάλη ακρίβεια και γρήγορη ταχύτητα απόκρισης του συστήματος σε έλεγχο ροπής, ταχύτητας και θέσης. Με λίγα λόγια, ένα σερβοκινητήριο σύστημα προϋποθέτει το βέλτιστο συνδυασμό κινητήρα και τεχνικής ελέγχου.



Εικόνα 21 : Μοτέρ (servo)

### Χαρακτηριστικά:

Διαστάσεις: 22x11.5x27mm

Ταχύτητα λειτουργίας (4.8V χωρίς φόρτωμα): 0.12sec/60 βαθμούς C

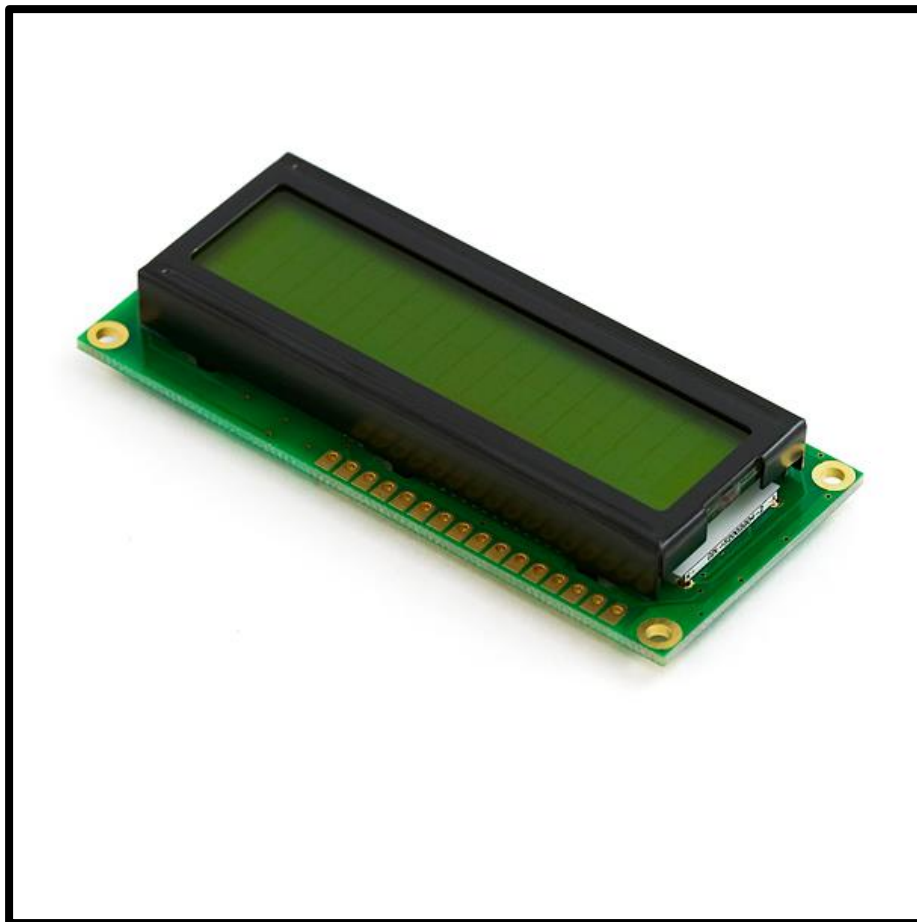
Δύναμη Περιστροφής : 1.2kg / 42.3oz(4.8V);1.6 kg / 56.4oz (6.0V)

Θερμοκρασία λειτουργίας : -30 to +60 βαθμούς C

Ρεύμα λειτουργίας : 3.0-7.2 Volts

### **3.10 Οθόνη LCD**

Για την ένδειξη των μηνυμάτων όπως το όνομα αυτού που εισέρχεται και ενδείξεις όπως καλωσορίσατε ή απαγορεύετε η είσοδος άλλα και για την πιο ρεαλιστική απεικόνιση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε μια οθόνη 16x2.



Εικόνα 22 : Οθόνη LCD 16x2

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

## ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

### ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

#### 4.1 Ιδέα - Σκοπός της Εργασίας

Στα χρόνια που ζούμε η τεχνολογία έχει πάρει μεγάλες διαστάσεις και τείνει να πάρει ακόμη μεγαλύτερες. Έχουμε ταύτιση της εξέλιξης του ανθρώπου, με αυτήν της τεχνολογίας. Η ιδέα αυτή επιρρέει μέσα από αυτήν την εξέλιξη, και την προσπάθεια να επιτευχθεί ένα ασφαλές σύστημα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην επιχείρηση , η ακόμη πολύ απλά στην πόρτα του σπιτιού μας.

Υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες για την ανάπτυξη αυτού του συστήματος, και πιστεύω ότι θα δημιουργηθούν στο μέλλον περισσότερες, για την καλύτερη ασφάλεια που μπορούμε να επιτύχουμε. Ο τρόπος που αποφάσισα να υλοποιήσω το δικό μου σύστημα ασφαλείας, είναι αυτό του μικροελεγκτικού συστήματος Arduino σε συνδυασμό με την τεχνολογία RFID, δηλαδή την τεχνολογία της αναγνώρισης μέσω ραδιοσυχνοτήτων.

Παρόμοια εμπορικά συστήματα και εργαλεία διατίθενται ευρέως σε παγκόσμιο επίπεδο, και υπό την έννοια αυτή το κύριο ενδιαφέρον δεν εντοπίζεται μόνο στην εφαρμογή της τεχνολογίας RFID , αλλά και στις μεγάλες δυνατότητες που μας παρέχονται με την άμεση επέμβαση του χρήστη στο προγραμματιστικό περιβάλλον του ίδιου του υλικού (hardware) του Arduino.



Εικόνα 23 :Ανάγνωση Rfid

Εν κατακλείδι δημιούργησα ένα σύστημα το οποίο μας δίνει την δυνατότητα, μιας ασύρματης ταυτοποίησης. Έτσι οι εγγεγραμμένοι χρήστες που έχουν περαστεί μέσα στο σύστημα, αυτοί και μόνο αυτοί θα μπορούν να πάρουν έγκριση ώστε να έχουν πρόσβαση. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η ταυτοποίηση και η ασφάλεια στο σημείο που θα επιλέξουμε να εγκαταστήσουμε το συγκεκριμένο υπολογιστικό σύστημα.

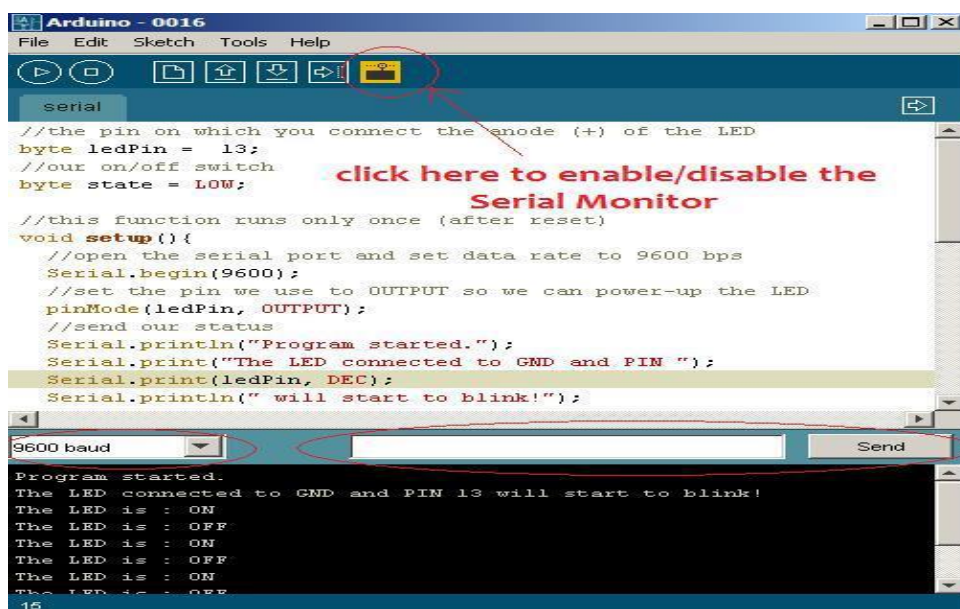


Εικόνα 24:Αναγνώστης Rfid

## 4.2 Παραμετροποίηση υλικού – λογισμικού

Όπως ανέφερα σε προηγούμενο κεφάλαιο, η έκδοση του λογισμικού που χρησιμοποίησα για την συγγραφή του προγράμματος καθώς και για την εκτέλεση αυτού, είναι το πρόγραμμα Arduino version 1.0.5. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι μια παραλλαγή της γνωστής C, C++ το οποίο διανέμεται δωρεάν μέσα από την επίσημη ιστοσελίδα [www.arduino.com](http://www.arduino.com)

Αρχικά πέρνουμε ένα καλώδιο usb, το οποίο μεταδίδει τα δεδομένα του σειριακά και τροφοδοτεί το Arduino με ρεύμα, ρυθμίζουμε μέσα από το πρόγραμμα στο μενού tools->serial port την αντίστοιχη θύρα που συνδέσαμε το Arduino με τον υπολογιστή, καθώς ρυθμίζουμε και την ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων (baud rate) που επιλέγουμε να είναι 19200 bps. Για να περάσουμε το πρόγραμμα στην μνήμη του Arduino, γράφουμε τον κώδικα πατάμε το κουμπί Verify ώστε να ελένξουμε για τυχόν ορθογραφικά λάθη ή σφάλματα που τυχόν έχουμε στον κώδικα, και το τελικό πέραςμα στο Arduino γίνεται πατώντας το κουμπί upload(ανέβασμα).



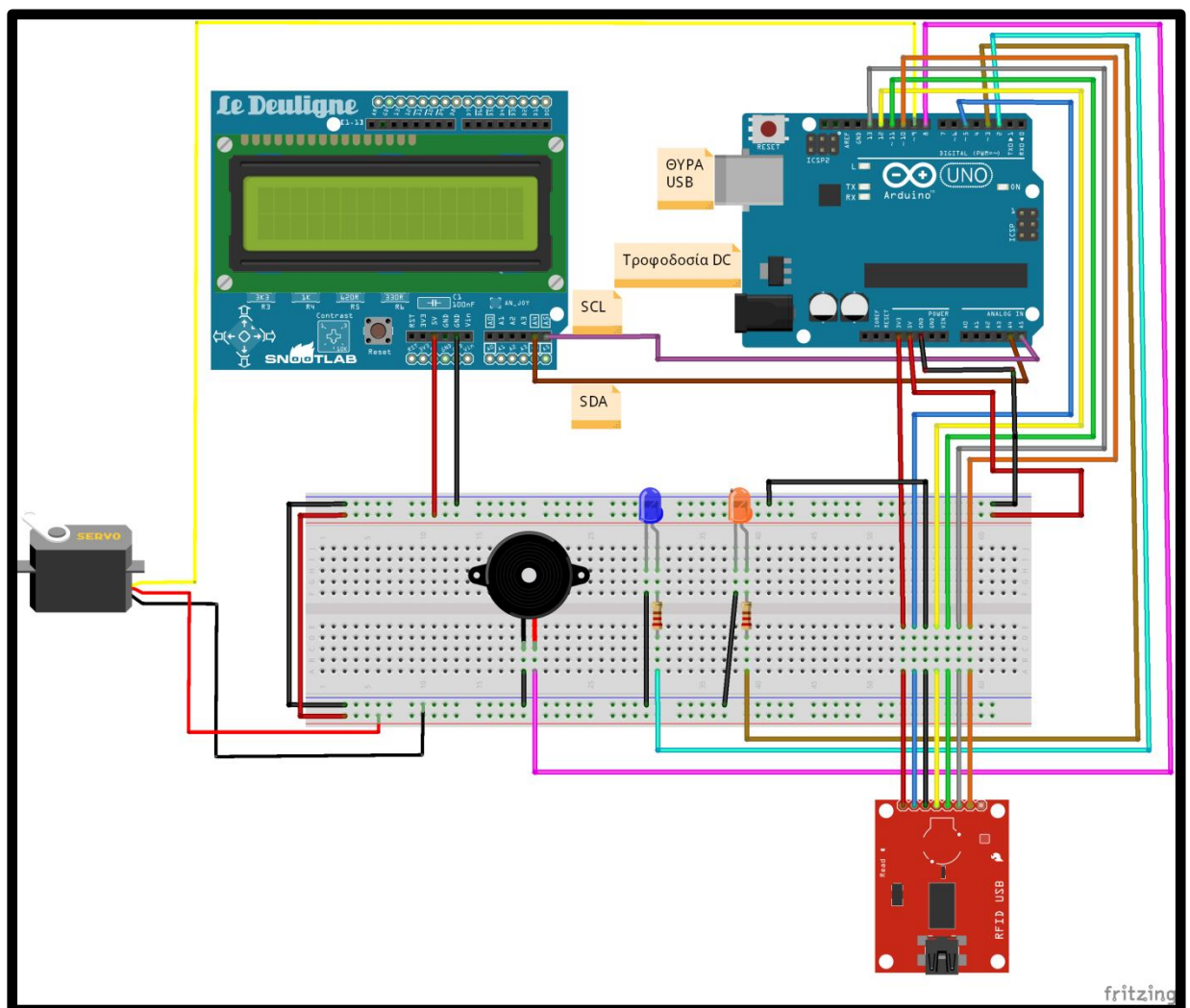
Εικόνα 25 :Παραμετροποίηση προγράμματος σύνδεσης

Ο πηγαίος κώδικας γράφεται μέσα στο λογισμικό, και με την εναλλαγή πάνω στο Arduino των jumper (βραχυκυκλωτήρας) επιτυγχάνουμε είτε την φόρτωση στην

μνήμη είτε την εκτέλεση του προγράμματος. Η εμφάνιση γίνεται μέσα από το Serial Monitor , η κύρια οθόνη του προγράμματος μας όπου μέσα από αυτό γίνεται εμφανής όλη διαδικασία εκτέλεσης.

### 4.3 Υλοποίηση συστήματος

Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα εμφανίζεται η συνδεσμολογία του κυκλώματος που υλοποίησα.( Το σχεδιάγραμμα σχεδιάστηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Fritzing, Το πρόγραμμα διανέμεται δωρεάν και παρέχετε μέσα στα αρχεία).



Εικόνα 26 :Σχεδιάγραμμα διασύνδεσης (Breadboard)

Στο σχεδιάγραμμα βλέπουμε την καρδιά του συστήματος το Arduino Uno . Όπως παρατηρούμε και στην παραπάνω φωτογραφία, υπάρχει η θύρα usb που παρέχει την τροφοδοσία στο σύστημά μας όπως και η θύρα για την τροφοδοσία DC. Επίσης υπάρχουν οι θύρες εισόδου και εξόδου, όπου εκεί επιτυγχάνονται οι συνδέσεις μεταξύ των υπόλοιπων εξαρτημάτων με το Arduino.

Ακόμη παρατηρούμε τον αναγνώστη RFID ο οποίος διαβάζει τις κάρτες μας (tags), την οθόνη LCD 16x2 η οποία μας εμφανίζει τα μηνύματα που έχουμε δηλώσει να εμφανίζει σε κάθε ανάλογη περίπτωση, τον σερβοκινητήρα ο οποίος παίρνοντας σήμα από τον μικροελεγκτή μας επιτρέπει την πρόσβαση ανοίγοντας την πόρτα, το Buzzer το οποίο μας δίνει τον ανάλογο ήχο όταν η πρόσβαση επιτρέπεται και όταν όχι, τα δυο LED μαζί με τις αντιστάσεις τους που επίσης ανάβουν ανάλογα με το αν επιτρέπεται η πρόσβαση η όχι και τέλος την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως και κάποιες σημειώσεις για την διευκόλυνση του αναγνώστη.

#### 4.4 Διαδικασία αυτόματου διαβάσματος κάρτας EM4102

Η κάρτα αποτελείται από ένα πλαίσιο UART frame που είναι το αναγνωριστικό της κάρτας. Αυτό το πλαίσιο καθορίζει το πώς θα διαβαστεί η κάρτα μας για να περαστούν και να αναγνωριστούν τα δεδομένα με την εισαγωγή τους στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το συγκεκριμένο πλαίσιο γίνεται εμφανές παρακάτω.

Πίνακας 5: UART frame

<b>Header</b>	<b>Reserved</b>	<b>Length</b>	<b>Command</b>	<b>Data</b>	<b>CSUM</b>
1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	N Byte	1 Byte

Περνώντας την κάρτα από το Rfid μηχανήμα γίνεται διάδοση μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και το αναγνωριστικό της κάρτας με το κύκλωμα είναι το παραπάνω πλαίσιο. Έτσι κάθε φορά που περνάμε την κάρτα από το κύκλωμά, αποστέλλονται τα δεδομένα στο παραπάνω πλαίσιο. Έχοντας αυτά τα δεδομένα τα

ενσωματώνουμε στον κώδικά για να μπορεί να επικοινωνήσει το κύκλωμα με τον υπολογιστή.

Εν κατακλείδι περνώντας την κάρτα, αποκωδικοποιούμε το παραπάνω πλαίσιο που μας μεταφέρει η κάρτα και το αντιστοιχούμε σε γλώσσα μηχανής μέσω του κώδικα. Έτσι μας εμφανίζονται οι 5 συστάδες από Byte Δεδομένων που βρίσκονται σε 16δική μορφή και μας απεικονίζεται ο μοναδικός κωδικός της κάρτας που κατέχει ο κάθε χρήστης.

#### **4.5 Κώδικας του προγράμματος**

Η εγγραφή του κώδικα στο σύστημα γεφυρώνει την επικοινωνία μεταξύ του υπολογιστικού συστήματος (μέσω του λογισμικού(software), όπου στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία χρησιμοποιείται η έκδοση Arduino – 1.0.5), και του υλικού(hardware), που αποτελείται από την αναπτυξιακή πλακέτα του Arduino Uno και τα περιφερειακά του. Όλοι οι τύποι των μεταβλητών που χρησιμοποιώ στο πρόγραμμα υποστηρίζονται από την παραπάνω έκδοση. Η γλώσσα στην οποία προγραμματίστηκε το σύστημα ασφαλείας είναι η γλώσσα Wiring, μια παραλλαγή της C,C++ όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2.

Στο πρόγραμμα χρησιμοποιούνται κάποιες βιβλιοθήκες – συναρτήσεις οι οποίες χρειάζονται για την αρχικοποίηση του κώδικα που σαν έξοδο θα έχει την σωστή τονική λειτουργία στο buzzer και επίσης την σωστή λειτουργία της οθόνης του σερβοκινητήρα και του αναγνώστη RFID. Η τονική λειτουργία του buzzer φαίνεται στο αρχείο Pitches.h που περιλαμβάνει όλες τις αρχικοποιήσεις για τις νότες που υποστηρίζει η γλώσσα wiring. Το συγκεκριμένο αρχείο κεφαλίδας ενσωματώνεται στο κυρίως πρόγραμμά και <<τρέχει>> μέσα σε αυτό.



# Pitches.h

```
#define NOTE_B0 31
#define NOTE_C1 33
#define NOTE_CS1 35
#define NOTE_D1 37
#define NOTE_DS1 39
#define NOTE_E1 41
#define NOTE_F1 44
#define NOTE_FS1 46
#define NOTE_G1 49
#define NOTE_GS1 52
#define NOTE_A1 55
#define NOTE_AS1 58
#define NOTE_B1 62
#define NOTE_C2 65
#define NOTE_CS2 69
#define NOTE_D2 73
#define NOTE_DS2 78
#define NOTE_E2 82
#define NOTE_F2 87
#define NOTE_FS2 93
#define NOTE_G2 98
#define NOTE_GS2 104
#define NOTE_A2 110
#define NOTE_AS2 117
#define NOTE_B2 123
#define NOTE_C3 131
#define NOTE_CS3 139
#define NOTE_D3 147
#define NOTE_DS3 156
#define NOTE_E3 165
#define NOTE_F3 175
```

#define NOTE\_FS3 185  
#define NOTE\_G3 196  
#define NOTE\_GS3 208  
#define NOTE\_A3 220  
#define NOTE\_AS3 233  
#define NOTE\_B3 247  
#define NOTE\_C4 262  
#define NOTE\_CS4 277  
#define NOTE\_D4 294  
#define NOTE\_DS4 311  
#define NOTE\_E4 330  
#define NOTE\_F4 349  
#define NOTE\_FS4 370  
#define NOTE\_G4 392  
#define NOTE\_GS4 415  
#define NOTE\_A4 440  
#define NOTE\_AS4 466  
#define NOTE\_B4 494  
#define NOTE\_C5 523  
#define NOTE\_CS5 554  
#define NOTE\_D5 587  
#define NOTE\_DS5 622  
#define NOTE\_E5 659  
#define NOTE\_F5 698  
#define NOTE\_FS5 740  
#define NOTE\_G5 784  
#define NOTE\_GS5 831  
#define NOTE\_A5 880  
#define NOTE\_AS5 932  
#define NOTE\_B5 988  
#define NOTE\_C6 1047  
#define NOTE\_CS6 1109  
#define NOTE\_D6 1175  
#define NOTE\_DS6 1245

```
#define NOTE_E6 1319
#define NOTE_F6 1397
#define NOTE_FS6 1480
#define NOTE_G6 1568
#define NOTE_GS6 1661
#define NOTE_A6 1760
#define NOTE_AS6 1865
#define NOTE_B6 1976
#define NOTE_C7 2093
#define NOTE_CS7 2217
#define NOTE_D7 2349
#define NOTE_DS7 2489
#define NOTE_E7 2637
#define NOTE_F7 2794
#define NOTE_FS7 2960
#define NOTE_G7 3136
#define NOTE_GS7 3322
#define NOTE_A7 3520
#define NOTE_AS7 3729
#define NOTE_B7 3951
#define NOTE_C8 4186
#define NOTE_CS8 4435
#define NOTE_D8 4699
#define NOTE_DS8 4978
```

# Κυρίως Κώδικας

```
/*
#####
# Μικρο-επεξεργαστής: Arduino UNO
# Γλώσσα: Wiring / C++ / Επεξεργασία / Fritzing / Arduino IDE
# Σκοπός : Arduino RFID - Σύστημα Ασφαλείας και Ελέγχου Πρόσβασης
# Operation : Χρήση RFID RC - 522 , έλεγχος της πρόσβασης των ατόμων.

#####
*/

// Ένταξη των βιβλιοθηκών
#include <SPI.h>
#include <RFID.h>
#include <Servo.h>
#include "pitches.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>

// Ορίζουμε το RFID
RFID rfid(10,5);

byte PANTELIDIS[5] = {0x04,0xCF,0xE8,0x04,0x27};
//byte KOGIAS[5] = {0xD5, 0x75, 0x6A, 0xD5, 0x1F};
// Εδώ μπορούμε να δώσουμε πρόσβαση και σε άλλες καρτες

// Δηλώνουμε την LCD, τη διεύθυνση και τον τύπο της
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

byte serNum[5];
byte data[5];

// Ορίζουμε την μελωδία πρόσβασης και την μελωδία απόρριψης / σφάλματος
```

```

int access_melody[] = {NOTE_G4,0,NOTE_A4,0,
NOTE_B4,0,NOTE_A4,0,NOTE_B4,0, NOTE_C5,0};
int access_noteDurations[] = {8,8,8,8,8,4,8,8,8,8,4};
int fail_melody[] = {NOTE_G2,0,NOTE_F2,0,NOTE_D2,0};
int fail_noteDurations[] = {8,8,8,8,8,4};

// Ρύθμιση LED, Buzzer και Σέρβο-κινητήρα
int LED_access = 2;
int LED_intruder = 3;
int speaker_pin = 8;
int servoPin = 9;

// Ρύθμιση του σερβοκινητήρα
Servo doorLock;

void setup(){
  doorLock.attach(servoPin); // Προετοιμασια σερβοκινητήρα
  Serial.begin(9600); // Αρχικοποίηση της σειριακής επικοινωνίας
  lcd.init(); // προετοιμασια της LCD
  lcd.backlight();
  lcd.clear();// "Καθαρίζουμε" την LCD
  SPI.begin(); // Προετοιμασία της επικοινωνίας SPI για RFID
  rfid.init(); // Εκκίνηση RFID
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print ("Arduino-RFID  ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print ("RFID ETIMO  ");
  Serial.println("Sustima asfaleias me Arduino RFID:AN-MFRC522");
  Serial.println("H monada RFID ksekinise stin automati anagnosi,perimenontas gia
mia karta");
  delay(5000);
  pinMode(LED_access,OUTPUT);
  pinMode(LED_intruder,OUTPUT);
  pinMode(speaker_pin,OUTPUT);

```

```

pinMode(servoPin,OUTPUT);
}

void loop(){
  lcd.clear();
  lcd.noBacklight();
  // Εδώ θα δημιουργήσουμε μια μεταβλητή για κάθε χρήστη
  // Όνομα_card ή κλειδί_card
  boolean PANTELIDIS_card = true; // Η κάρτα μου
  //boolean KOGIAS_card = true;
  if (rfid.isCard()){ // Αν βρεθεί η έγκυρη κάρτα
    if (rfid.readCardSerial()){ // διαβάζει την κάρτα
      delay(1000);
      data[0] = rfid.serNum[0]; // αποθηκεύει τον σειριακό αριθμό
      data[1] = rfid.serNum[1];
      data[2] = rfid.serNum[2];
      data[3] = rfid.serNum[3];
      data[4] = rfid.serNum[4];
    }

    //rfid.halt(); // RFID σε κατάσταση αναμονής
    lcd.backlight();
    //lcd.setCursor(0,0);
    //lcd.print("ID brethike:");
    Serial.print("Η KARTA BRETHIKE - KODIKOS:");
    //lcd.setCursor(0,0);
    Serial.print("  ");
    if(data[0] < 16){
      Serial.print("0");
    }
    Serial.print(data[0],HEX);
    if(data[1] < 16){
      Serial.print("0");
    }
  }
}

```

```

Serial.print(data[1],HEX);

if(data[2] < 16){
  Serial.print("0");
}
Serial.print(data[2],HEX);

if(data[3] < 16){
  Serial.print("0");
}
Serial.print(data[3],HEX);

if(data[4] < 16){
  Serial.print("0");
}
Serial.print(data[4],HEX);
for(int i=0; i<5; i++){
  if (data[i] != PANTELIDIS[i]) PANTELIDIS_card = false;
  //if (data[i] != KOGIAS[i]) KOGIAS_card = false;
  // Αν δεν είναι μια από τις ενεργές κάρτες,βγαζει "ψευδή κάρτα"
  // εδώ μπορούμε να ελέγξουμε τις άλλες κάρτες που επιτρέπονται, απλώς πρέπει να
βαλουμε ποιες υπάρχουν όπως η ενεργει παραπανω
}
Serial.println();
if (PANTELIDIS_card){ // Αν μια ενεργη κάρτα βρεθει
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Kos PANTELIDIS");
  Serial.println("GEIA SAS KYRIE PANTELIDI!"); // μήνυμα εκτύπωσης
  for (int i = 0; i < 12; i++){ // παίζει μουσική καλωσορίσματος
    int access_noteDuration = 1000/access_noteDurations[i];
    tone(speaker_pin, access_melody[i],access_noteDuration);
    int access_pauseBetweenNotes = access_noteDuration * 1.30;
    delay(access_pauseBetweenNotes);
    noTone(speaker_pin);
  }
}

```

```

    }
}
//ανάλυση των άλλων καρτών
/*
else if(KOGIAS_card){// θέτουμε τους άλλους χρήστες εδώ){
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Kos KOGIAS");
    Serial.println("GEIA SAS KYRIE KOGIA");
    for (int i = 0; i < 12; i++)
    {
        int access_noteDuration = 1000/access_noteDurations[i];
        tone(speaker_pin, access_melody[i],access_noteDuration);
        int access_pauseBetweenNotes = access_noteDuration * 1.30;
        delay(access_pauseBetweenNotes);
        noTone(speaker_pin);
    }
}
*/
else { // Αν η καρτα δεν αναγνωριζεται
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print ("LATHOS ID!  ");
    lcd.setCursor (0,1);
    lcd.print ("APAGOREBETE");
    Serial.println("H KARTA DEN ANAGNORIZETAI! EPIKINONEISTE ME TON
DIAXEIRISTHS!"); // μήνυμα εκτύπωσης
    DigitalWrite (LED_intruder, HIGH); // ανάβει το LED με το πορτοκαλι χρώμα
    for (int i = 0; i < 6; i++){ // παίζει τον ηχο απορριψης του χρηστη
        int fail_noteDuration = 1000/fail_noteDurations[i];
        tone(speaker_pin, fail_melody[i],fail_noteDuration);
        int fail_pauseBetweenNotes = fail_noteDuration * 1.30;
        delay(fail_pauseBetweenNotes);
        noTone(speaker_pin);
    }
    delay(1000);
    digitalWrite(LED_intruder, LOW); // Το πορτοκαλι LED σβήνει

```



```

}
if (PANTELIDIS_card){// Αν έχουμε προσθέσουμε και άλλους χρήστες
// Μήνυμα καλωσορίσματος και δικαιώματα πρόσβασης
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("PROSBASIMOS! ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("KALOSORISATE!");
Serial.println("EPITREPETAI H PROSBASH!...KALOSORISATE!");
digitalWrite(LED_access,HIGH); // Το μπλε LED ανάβει
doorLock.write(180); // Ανοιγμα εισόδου
delay(5000); // Καθυστερηση
doorLock.write(0); // Κλείσιμο εισόδου
digitalWrite(LED_access,LOW); // Το μπλε LED σβήνει
}
/*
if (KOGIAS_card){
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("PROSBASIMOS! ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("KALOSORISATE!");

digitalWrite(LED_access,HIGH); // Το μπλε LED ανάβει
doorLock.write(180); // Ανοιγμα εισόδου
delay(5000); // Καθυστερηση
doorLock.write(0); // Κλείσιμο εισόδου
digitalWrite(LED_access,LOW); // Το μπλε LED σβήνει
}
*/
Serial.println();
delay(500);
rfid.halt();
lcd.noBacklight();
}

```

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

## Συμπεράσματα – Μελλοντικές επεκτάσεις

### 5.1 Περίληψη

Όπως είδαμε το σύστημα που σχεδιάστηκε είναι κατάλληλο για εφαρμογές, όπου επιθυμούμε η πρόσβαση σε ένα χώρο να γίνεται ηλεκτρονικά και ασύρματα με τη βοήθεια της τεχνολογίας των RFID. Η τεχνική αυτή προσφέρει μεγαλύτερη αξιοπιστία και ασφάλεια σε χώρους όπου η πρόσβαση απαιτεί έλεγχο των ατόμων που έχουν εξουσιοδότηση για αποφυγή κλοπών, βανδαλισμών και άλλων παρόμοιων γεγονότων. Φυσικά το σύστημα μπορεί να αναπτυχθεί κι άλλο ή ακόμα και να τροποποιηθεί, ανάλογα με τις ανάγκες. Επίσης θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε ένα σύστημα ασφαλείας όπου υπάρχουν πραγματικές συνθήκες στον έλεγχο εξουσιοδότησης για τα άτομα που έχουν ή όχι πρόσβαση σε κάποιο χώρο.

### 5.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Μετά την περάτωση της εργασίας είμαι σε θέση να επισημάνω ορισμένες βελτιώσεις. Μια μελλοντική ανάπτυξη του συστήματος, θα μπορούσε να είναι η δημιουργία ενός κατάλληλου λογισμικού στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, το οποίο θα επικοινωνεί με τον μικροελεγκτή και θα κρατάει αρχείο εισόδου των ατόμων που έχουν ζητήσει πρόσβαση σε μια κάρτα μνήμης ή σε ένα σκληρό δίσκο. Επίσης το αρχείο εισόδου (βάση δεδομένων) θα μπορεί να κρατάει στατιστικά και να μας παρέχει πλήρες έλεγχο για τα άτομα που πήραν πρόσβαση από το σύστημα( Ωρα, Ημέρα, Μήνα).

Επίσης με προσθήκη ενός ακόμα RFID αναγνώστη μπορεί να επιτευχθεί και έλεγχος εξόδου, ώστε να γνωρίζουμε την ώρα και την ημερομηνία εισόδου και εξόδου των εξουσιοδοτημένων ατόμων. Με αυτόν τον τρόπο καλύπτουμε πλήρως και την είσοδο και την έξοδο όσων έχουν πρόσβαση στο σύστημα μας.

Μια αναπτυσσόμενη στις ημέρες μας τεχνολογία επίσης η οποία αξίζει να σημειωθεί είναι η επικοινωνία κοντινού πεδίου(near field communication, NFC), που αποτελεί μια πρωτότυπη τεχνολογία συνδεσιμότητας, η οποία διαδίδεται και εξελίσσεται ραγδαία με κύριο σκοπό τη λύση αρκετών προβλημάτων, σύγχρονων αλλά και μελλοντικών. Η λειτουργία της βασίζεται στην επαφή ή στη προσέγγιση, σε απόσταση 4 ή 5 εκατοστών της συσκευής που περιέχει το τσιπ NFC. Η τεχνολογία αυτή συνδυάζει παλαιότερες τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας όπως το Bluetooth και το RFID, οι οποίες εναρμονίζονται ώστε να παρέχονται υπηρεσίες στους χρήστες στις παρακάτω ενδεικτικές περιπτώσεις:

- Έλεγχος πρόσβασης
- Ηλεκτρονικές συναλλαγές
- Ανταλλαγή και συλλογή πληροφοριών
- Νομιμότητα
- Πληρωμές
- Μεταφορές/Διαβιβάσεις
- Πιστοποιήσεις

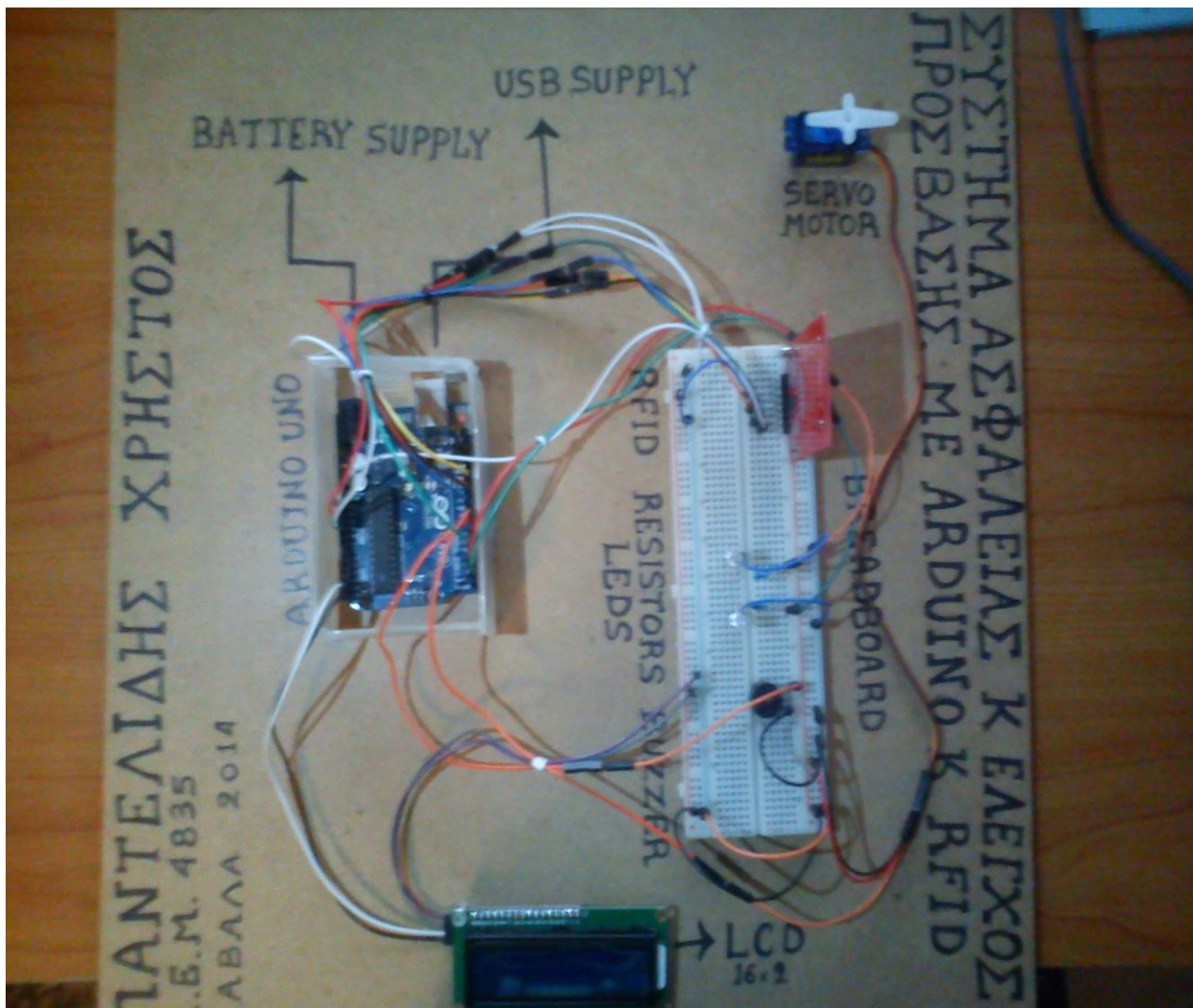
## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

- “Ηλεκτρονικά ΙΙ”, Γιάννη Χαριτάντη, Πανεπιστημιακές εκδόσεις “Αράκινθος”
  
- Michael Margolis "Arduino Cookbook, 2nd Edition 2012"
  
- Brian Evans "Beginning Arduino Programming 2011"
  
- Massimo Banzi "Getting Started with Arduino 2008"
  
- Klaus Finkenzeller, RFID HANDBOOK, Fundamentals and Applications in Contactless Smart Card Identification, Second Edition" , Wiley England ,2003
  
- “English for electrical engineering and electronics”. Μελίνα Κυριαζή – Παπακωσταντίνου Εκδοτικός όμιλος “ΙΩΝ” Ελλην
  
- “Σημειώσεις ψηφιακών συστημάτων”, Ανέστης Β. Μιχαίλ
  
- “Ηλεκτρονικά Ι” Λ. Μαγκαφάς
  
- “Σημειώσεις για τον προγραμματισμό Η/Υ” Στάυρος Βαλσαμίδης
  
- “Σημειώσεις εργαστηρίου μικροϋπολογιστών μικροελεγκτών” Ανέστης Β. Μιχαίλ

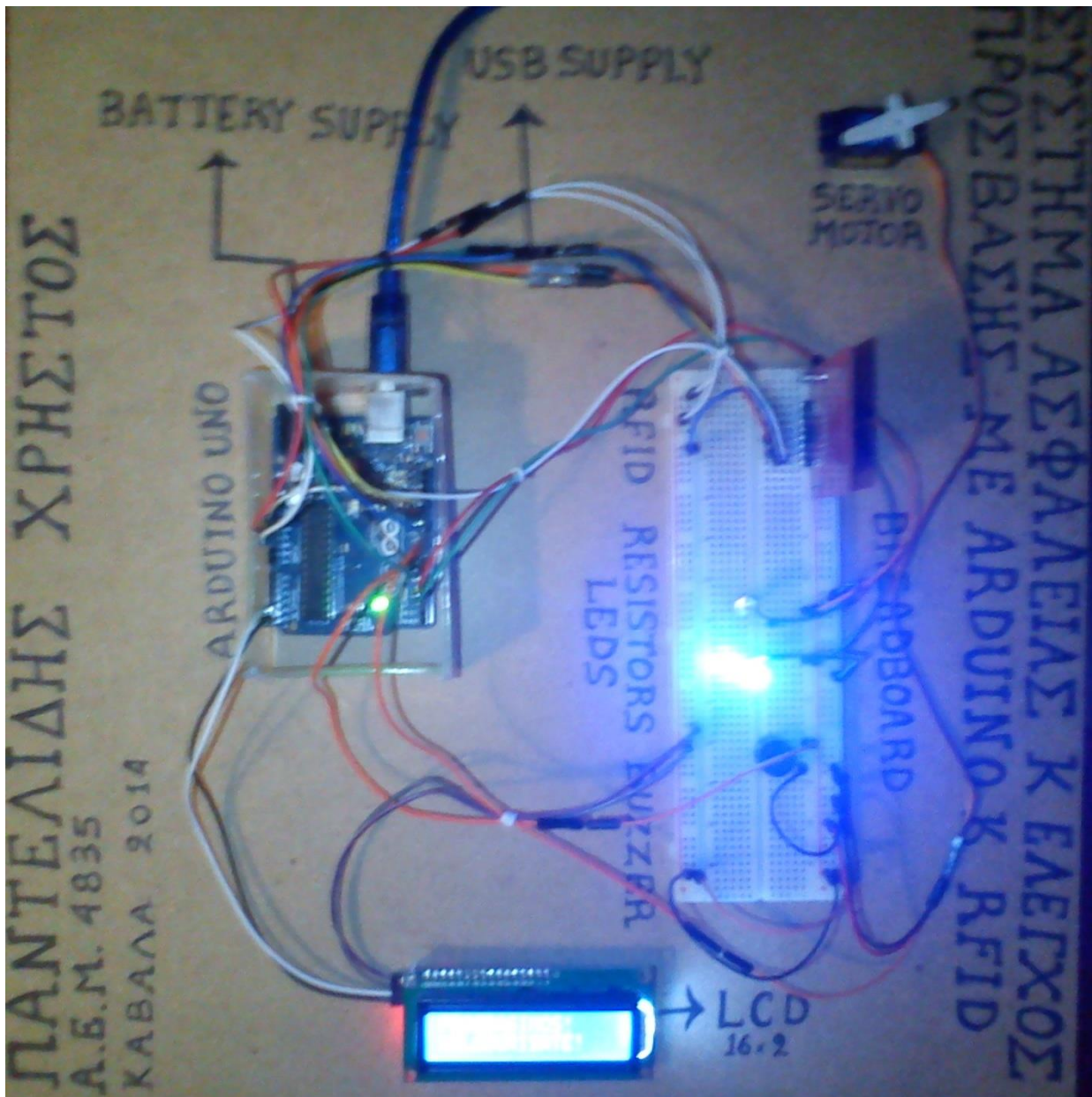
## ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- Datasheet ATmega328  
<http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/ATmega328.pdf>
  
- Επίσημη Σελίδα Arduino  
<http://www.arduino.cc/>
  
- Στοιχεία Για το Arduino Uno  
<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>
  
- Arduino 1.0.5 Software (Windows-Mac OS-Linux)  
<http://arduino.cc/en/Main/Software>
  
- Online Retail Store  
[www.sparkfun.com](http://www.sparkfun.com)
  
- Εταιρεία Κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων  
[www.libelium.com](http://www.libelium.com)
  
- [http://www.sonmicro.com/en/downloads/125/ds\\_SM125\\_V30.pdf](http://www.sonmicro.com/en/downloads/125/ds_SM125_V30.pdf)
  
- Πρόγραμμα Για Την Κατασκευή Σχεδιαγράμματος Του Συστήματος  
<http://fritzing.org/download/>
  
- Online Εγχειρίδιο Arduino  
<http://www.ladyada.net/learn/arduino/index.html>
  
- Open-source programming framework for microcontrollers  
<http://wiring.org.co/>

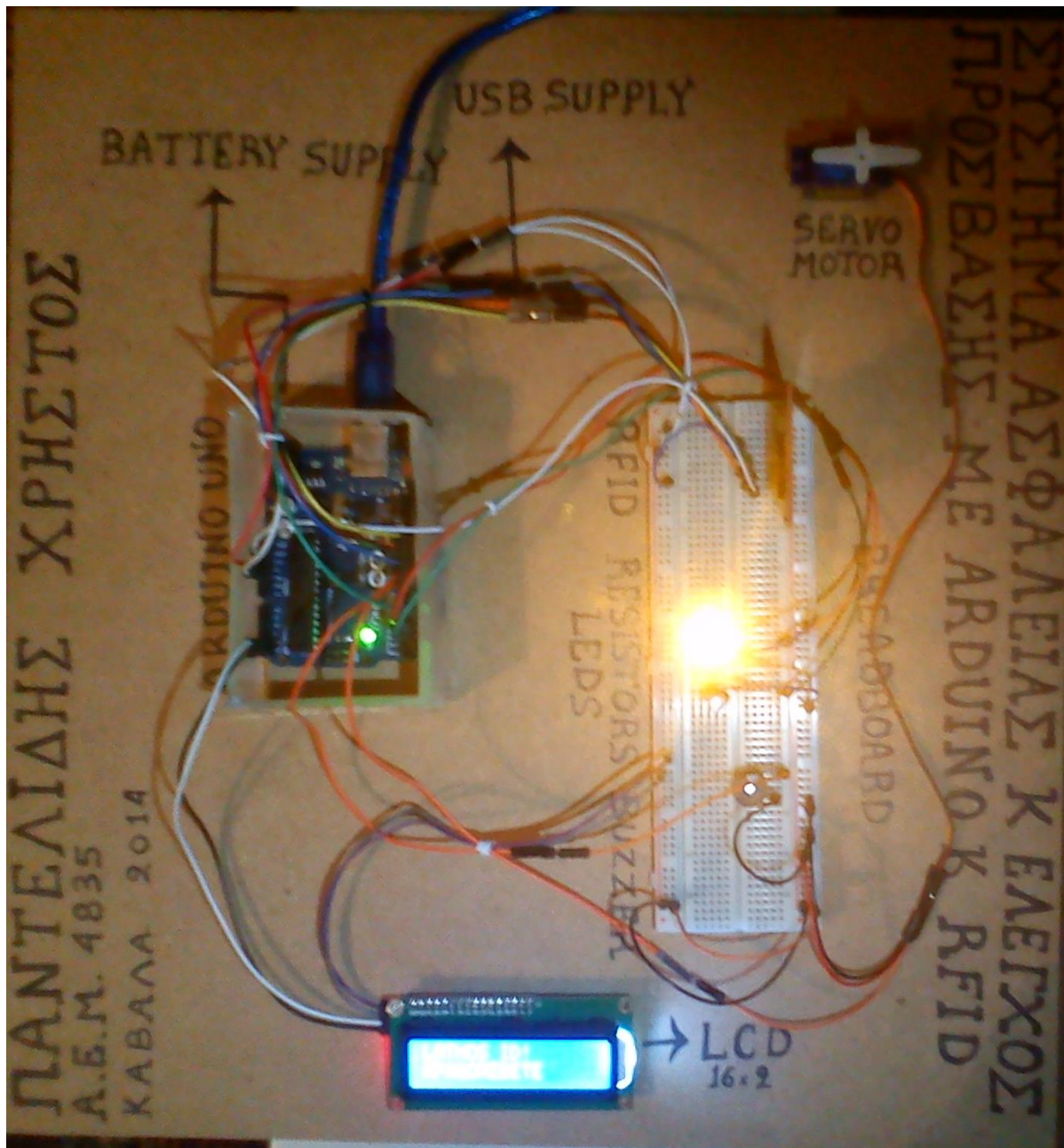
# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ



## ΚΑΤΟΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ



**ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**  
**(ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ)**



**ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**  
**(ΑΠΑΓΟΡΕΥΜΕΝΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ)**





**ΕΤΙΚΕΤΕΣ – ΚΑΡΤΕΣ**  
**(TAGS)**