



Πανεπιστήμιο Πειραιά

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

Μεταπτυχιακό πρόγραμμα “Ψηφιακά Συστήματα & Υπηρεσίες”

Κατεύθυνση: Ψηφιακές Επικοινωνίες & Δίκτυα

# Προγραμματισμός του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) με την χρήση του Μικροϋπολογιστή Raspberry Pi 2

Διπλωματική εργασία

Δημήτριος Τ. Σφούνης

Επιβλέπων: Απόστολος Μηλιώνης, Επίκουρος Καθηγητής



Αθήνα, Δεκέμβριος 2016





Πανεπιστήμιο Πειραιά

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

Μεταπτυχιακό πρόγραμμα “Ψηφιακά Συστήματα & Υπηρεσίες”

Κατεύθυνση: Ψηφιακές Επικοινωνίες & Δίκτυα

## Προγραμματισμός του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) με την χρήση του Μικροϋπολογιστή Raspberry Pi

Μεταπτυχιακό πρόγραμμα Διπλωματική εργασία

Δημήτριος Γ. Σφούνης

Επιβλέπων: Απόστολος Μηλιώνης, Επίκουρος Καθηγητής

Η διπλωματική εξετάστηκε και εγκρίθηκε από την 3μελή επιτροπή στις 16 του Δεκεμβρίου, 2016.

.....  
Απόστολος Μηλιώνης  
Επίκουρος Καθηγητής

.....  
Γεώργιος Ευθύμογλου  
Αναπληρωτής Καθηγητής

.....  
Δημοσθένης Κυριαζής  
Επίκουρος Καθηγητής

# Πνευματικά δικαιώματα

Πνευματικά δικαιώματα © 2016 από Δημήτριος Σφούνης

Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται. Κανένα μέρος αυτής της διατριβής δεν μπορεί να αναπαραχθεί, διανεμηθεί, ή να μεταδοθεί σε οποιαδήποτε μορφή ή με οποιοδήποτε μέσο, συμπεριλαμβανομένων της φωτοτύπησης, ηχογράφησης ή άλλες ηλεκτρονικές ή μηχανικές μεθόδους, χωρίς την προηγούμενη γραπτή άδεια του εκδότη, εκτός από την περίπτωση των σύντομων αποσπάσματος που ενσωματώνονται σε σχόλια και ορισμένες άλλες μη εμπορικές χρήσεις που επιτρέπονται από το νόμο δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Για τις αιτήσεις άδειας, γράψτε στον εκδότη, στη διεύθυνση ταχυδρομείου παρακάτω.

Δημήτριος Σφούνης  
Αθήνα, Ελλάδα  
dsfounis@gmail.com

# Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή μου Απόστολο Μηλιώνη για την στήριξη που μου επέδειξε αυτά τα χρόνια.

Ειδικά θέλω να εκφράσω την εκτίμηση μου στον φίλο και συνάδελφό μου, κατά την περίοδο που εργαζόμουν στην NXP semiconductors στην Αυστρία, Ηλεκτρολόγο μηχανικό ΕΜΠ, Ανδρέα Κυρίτη για την στήριξη που μου παρείχε σε όλα τα επίπεδα.

Τον φίλο και συνάδελφο Ευάγγελο Λογαρά για τις ιδέες και τις προτάσεις που έκανε για την υλοποίηση αυτής της διπλωματικής.

Τέλος την οικογένεια μου που ήταν εκεί όταν χρειάστηκε.



## Περίληψη

Ο σκοπός της διπλωματικής είναι να εξετάσει την εξέλιξη του Internet μέσα στην πάροδο του χρόνου, έτσι ώστε να οδηγηθούμε σε αυτό που σήμερα ορίζουμε ως IoT (Internet of Things). Αυτό θα επιτευχθεί εξετάζοντας τη χρήση των προγραμματιζόμενων ενσωματωμένων συστημάτων και την εφαρμογή τους σε διάφορους τομείς. Επιπρόσθετα, το κύριο σώμα της διπλωματικής περιλαμβάνει μια περιγραφή των διαφορετικών κατηγοριών μικρό-ελεγκτών, όπως επίσης και των λειτουργικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται κυρίως στο σχεδιασμό ενός ενσωματωμένου συστήματος.

Προκειμένου να κατανοήσουμε καλύτερα την τεχνολογία και το σύστημα που εξετάζουμε, θα γίνει περιγραφή μιας μελέτης περιπτώσεων που βασίζεται στη χρήση της πλατφόρμας ενσωματωμένου συστήματος, Raspberry Pi. Το Raspberry Pi, είναι ένας γενικής χρήσεως υπολογιστής, που συνήθως λειτουργεί με το λειτουργικό σύστημα Linux και έχει την ικανότητα να εκτελεί πολλαπλά προγράμματα. Σκοπός του συστήματος είναι η δημιουργία μιας εφαρμογής παρακολούθησης με στόχο την επιθεώρηση και προστασία μιας συγκεκριμένης περιοχής. Θα γίνει μια ανάλυση όλων των σχετικών προδιαγραφών και λειτουργικών διαδικασιών που επιτρέπουν στην πλατφόρμα να εκτελεί τα καθήκοντά της, όπως επίσης και των λεπτομερειών σχεδιασμού του hardware μαζί με μια οικονομοτεχνική μελέτη σε πραγματική εγκατάσταση, υπολογίζοντας τα πραγματικά κόστη που προκύπτουν.

Η διπλωματική καταλήγει με μια αξιολόγηση του σχεδιασμένου ενσωματωμένου συστήματος, μέσα από την οποία θα προκύψει μια γενική επισκόπηση της εποχής του IoT, παραθέτοντας τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς της, στοιχεία πολύ σημαντικά για την περαιτέρω βελτίωση και συνεισφορά στην εξέλιξη αυτού του ευρύτατου οικοσυστήματος.

**Λέξεις κλειδιά:** Raspberry Pi 2, IoT, αισθητήρες, ενεργοποιητές, μικροελεγκτής, λειτουργικά συστήματα, ενσωματωμένα συστήματα





## **Thesis Abstract**

The purpose of this thesis is to examine the development of the Internet throughout the years in order to be led to what we call today the famous IoT (Internet of Things). This will be achieved by investigating the use of programmable embedded systems and their application in different domains. Furthermore, the main body of this thesis includes the description of the different categories of micro-controllers as well as the right operating systems that apply when designing an embedded system.

To gain a better understanding of the technology and system in subject, the thesis will elaborate on a case study based on the use of the Raspberry Pi. The Raspberry Pi is a general-purpose computer, usually with a Linux operating system, and the ability to run multiple programs. The purpose of this system is the implementation of a surveillance application that targets the protection and inspection of a specific area. An analysis will be given on all the relevant requirements and operational procedures that make the system perform its tasks as well as the design specifications of its hardware together with a feasibility study on a real installation calculating the real costs incurred.

The thesis will conclude with an assessment of the designed embedded system, through which, a general overview of the IoT era will be given quoting its benefits and constraints that are very important to further improve and contribute in the development of this vast ecosystem.

**Key words:** Raspberry Pi 2, IoT, sensors, actuators, microcontrollers, operating systems, embedded systems

# Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή .....	13
1.1 Το χρονικό του ΔτΠ (Internet of Things-IoT).....	13
1.2 Ενσωματωμένα Συστήματα .....	20
1.2.1 Χαρακτηριστικά ενός Ενσωματωμένου Συστήματος .....	22
1.2.2 Βασική Δομή ενός Ενσωματωμένου Συστήματος .....	24
1.2.3 Οι Επεξεργαστές σε ένα σύστημα .....	25
1.2.4 Τύποι Επεξεργαστών .....	26
1.2.5 Μικροεπεξεργαστής .....	26
1.2.6 Μικροελεγκτής.....	27
1.2.7 Μικροεπεξεργαστής έναντι Μικροελεγκτή .....	29
1.2.8 Δύο τύποι Αρχιτεκτονικής Ενσωματωμένων Συστημάτων .....	30
1.3 Εφαρμογές Ενσωματωμένων Συστημάτων .....	31
1.4 Σύνοψη και Ανάλυση των επόμενων Κεφαλαίων .....	34
2. Επιλογή Υλικού (Hardware).....	35
2.1 Τύποι Μικροελεγκτών .....	35
2.1.1 Ο 8-bit μικροελεγκτής.....	36
2.1.2 Ο 16-bit μικροελεγκτής.....	37
2.1.3 Ο 32-bit μικροελεγκτής.....	38
2.2 Δημοφιλείς Πλατφόρμες Ανάπτυξης Ενσωματωμένων Συστημάτων.....	38
2.2.1 Αναπτυξιακή πλατφόρμα Arduino .....	38
2.2.2 Το Υλικό (Hardware) του Arduino.....	39
2.2.3 Ακροδέκτες του μικροελεγκτή Arduino .....	40
2.2.4 Σχηματικό Διάγραμμα του Arduino .....	41
2.2.5 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Arduino MEGA.....	41
2.2.6 Τροφοδοσία .....	42
2.2.7 Επικοινωνία.....	43
2.2.8 Γλώσσα προγραμματισμού .....	43
2.3 Αναπτυξιακή πλατφόρμα Beagleboard .....	43

2.3.1 Το Υλικό (Hardware) του BeagleBone Black .....	44
2.3.2 Ακροδέκτες του μικροελεγκτή Beaglebone Black.....	44
2.3.3 Σχηματικό Διάγραμμα του Beaglebone Black .....	45
2.3.4 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Beaglebone Black .....	46
2.3.5 Γλώσσα προγραμματισμού .....	46
2.4 Αναπτυξιακή πλατφόρμα Raspberry Pi 2 .....	47
2.4.1 Το Υλικό (Hardware) του RPi 2.....	47
2.4.2 Ακροδέκτες του Raspberry Pi 2 .....	48
2.4.3 Σχηματικό Διάγραμμα του Raspberry Pi 2 .....	49
2.4.4 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Raspberry Pi 2 .....	50
2.4.5 Γλώσσα προγραμματισμού .....	51
3. Επιλογή Λειτουργικού Συστήματος (Operation System).....	51
3.1 Λειτουργικό Σύστημα .....	51
3.1.1 Ενσωματωμένα λειτουργικά συστήματα.....	51
3.2 Πυρήνας Linux .....	52
3.2.1 Debian Λειτουργικό Σύστημα .....	53
3.2.2 Android Λειτουργικό Σύστημα .....	54
4. Υλοποίηση Μελέτης.....	55
4.1 Περιγραφή Εφαρμογής – Σκοπός .....	55
4.1.1 Ανάλυση συμπεριφοράς συστήματος από την πλευρά του χρήστη.....	56
4.1.2 Ανάλυση συμπεριφοράς συστήματος από την πλευρά του σχεδιαστή.....	57
4.2 Σχεδιασμός συστήματος .....	57
4.2.1 Υλικό – Hardware .....	58
4.2.2 Λειτουργικό σύστημα και λογισμικό .....	58
4.2.3 Εγκατάσταση Raspbian OS.....	59
4.3 Υπέρθρο παθητικός αισθητήρας κίνησης (PIR motion sensor) .....	60
4.3.1 Αρχή Λειτουργίας .....	60
4.3.2 Συνδεσμολογία .....	63
4.3.3 Κώδικας.....	63
4.4 Μονάδα κάμερας .....	65
4.4.1 Αρχή λειτουργίας και Συνδεσμολογία .....	65

4.4.2 Κώδικας.....	66
4.5 Αποστολή Email .....	68
4.5.1 SSMTP πρωτόκολλο.....	68
4.5.2 Κώδικας.....	68
4.6 Υλοποίηση server για εκτέλεση εντολών από το χρήστη .....	69
4.6.1 Εγκατάσταση Apache web server .....	70
4.7 Τελικός Κώδικας Εφαρμογής .....	72
5. Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις .....	76
5.1 Μελλοντικές Επεκτάσεις .....	76
6. Βιβλιογραφία & Ιστοσελίδες.....	78

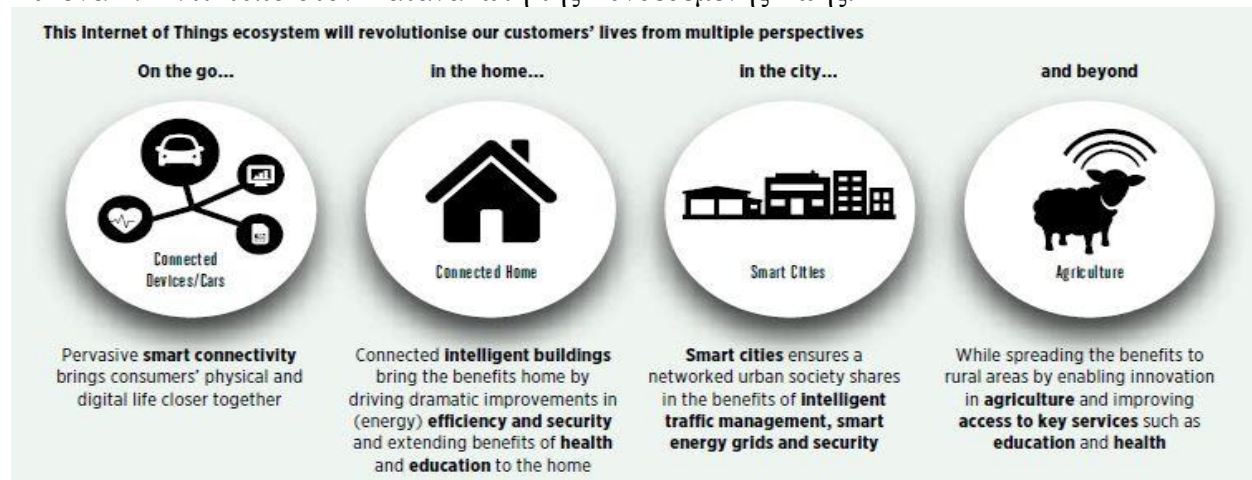
## **1. Εισαγωγή**

### **1.1 Το χρονικό του ΔτΠ (Internet of Things-IoT)**

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (ΔτΠ) αναφέρεται στη χρήση των έξυπνα συνδεδεμένων συσκευών και συστημάτων για τη μόχλευση δεδομένων που συλλέγονται από ενσωματωμένους αισθητήρες και ενεργοποιητές σε μηχανήματα και άλλα φυσικά αντικείμενα. Ολοένα και περισσότερο, ο συνδεδεμένος κόσμος περιλαμβάνει φυσικά αντικείμενα. Τα μηχανήματα, οι μεταφορές, οι υποδομές και οι συσκευές είναι εξοπλισμένες με δικτυωμένους αισθητήρες και ενεργοποιητές που τους επιτρέπουν να παρακολουθούν το περιβάλλον τους, να αναφέρουν την κατάστασή τους, να λαμβάνουν οδηγίες και ακόμη να αναλαμβάνουν δράση με βάση τις πληροφορίες που λαμβάνουν. Ακόμη και οι άνθρωποι μπορεί να είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρα – συσκευές που παρέχουν τη δυνατότητα - για να παρακολουθούν την κατάσταση της υγείας τους, για παράδειγμα. Αυτό είναι που εννοείται με τον όρο «το Διαδίκτυο των Πραγμάτων», και αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς.

Για τους καταναλωτές, το ΔτΠ έχει τη δυνατότητα να προσφέρει λύσεις που βελτιώνουν σημαντικά την ενεργειακή απόδοση, την ασφάλεια, την υγεία, την εκπαίδευση και πολλές άλλες πτυχές της καθημερινής ζωής. Για τις επιχειρήσεις, το ΔτΠ μπορεί να υποστηρίξει λύσεις που βελτιώνουν τη λήψη αποφάσεων και την παραγωγικότητα στον τομέα της μεταποίησης, του λιανικού εμπορίου, της γεωργίας και σε άλλους τομείς. (Ένωση GSM, Understanding the Internet of Things, 2014, σ. 1).

## Εικόνα 1: Αντίκτυπο στον Καταναλωτή της Συνδεδεμένης Ζωής:



Πηγή: McKinsey & Company, 2013.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων αναφέρεται στη χρήση της τεχνολογίας αισθητήρων, ενεργοποιητών και επικοινωνιών δεδομένων χτισμένο σε φυσικά αντικείμενα - από δρόμους μέχρι βηματοδότες - που επιτρέπουν αυτά τα αντικείμενα να εντοπίζονται, να συντονίζονται, ή να ελέγχονται μέσω ενός δικτύου δεδομένων ή στο Διαδίκτυο. Υπάρχουν τρία βήματα στις εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων: η συλλογή δεδομένων από το αντικείμενο (για παράδειγμα, απλά δεδομένα τοποθεσίας ή πιο σύνθετες πληροφορίες), η συγκέντρωση πληροφοριών σε ένα δίκτυο δεδομένων, και το να ενεργήσουμε για αυτές τις πληροφορίες - ανάληψη άμεσης δράσης ή συλλογή δεδομένων σταδιακά για το σχεδιασμό βελτιώσεων της διαδικασίας. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αξίας με διάφορους τρόπους. Εκτός από τη βελτίωση της παραγωγικότητας σε τρέχουσες εργασίες, το των πραγμάτων μπορεί να ενεργοποιήσει νέους τύπους προϊόντων και υπηρεσιών και νέες στρατηγικές: απομακρυσμένοι αισθητήρες, για παράδειγμα, να είναι δυνατό ένα μοντέλο τιμολόγησης καταβολής παροχών(διανεμητικό), όπως Zipcar. Η τεχνολογία του Διαδικτύου των πραγμάτων κυμαίνεται από απλές ετικέτες αναγνώρισης μέχρι πολύπλοκους αισθητήρες και ενεργοποιητές. Οι ετικέτες RFID μπορούν να συνδεθούν με σχεδόν οποιοδήποτε αντικείμενο.

Εξελιγμένες συσκευές πολλαπλών αισθητήρων και ενεργοποιητών που επικοινωνούν δεδομένα σχετικά με την τοποθεσία, τις επιδόσεις, το περιβάλλον, και την κατάσταση είναι όλο και πιο συνηθισμένα. Με νεότερες τεχνολογίες, όπως μικρό-ηλεκτρομηχανικά συστήματα (MEMS), καθίσταται δυνατή η τοποθέτηση πολύ εξελιγμένων αισθητήρων σε σχεδόν οποιοδήποτε αντικείμενο (ακόμα και σε ανθρώπους). Και, επειδή κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας μια διαδικασία κατασκευής όπως-ημιαγωγοί, τα MEMS έχουν ραγδαία πτώση στην τιμή. Με ολοένα

και πιο εξελιγμένες τεχνολογίες Διαδικτύου των πραγμάτων να καθίστανται διαθέσιμες, οι εταιρείες μπορούν όχι μόνο να παρακολουθούν τη ροή των προϊόντων ή να παρακολουθούν τα υλικά περιουσιακά στοιχεία, αλλά μπορούν επίσης να διαχειριστούν την απόδοση μεμονωμένων μηχανών και συστημάτων-μια γραμμή συναρμολόγησης γεμάτη από ρομπότ και άλλες μηχανές, για παράδειγμα. Οι αισθητήρες μπορούν επίσης να ενσωματωθούν σε έργα υποδομής, για παράδειγμα, μαγνητικοί αισθητήρες σε δρόμους μπορούν να υπολογίζουν τα οχήματα που περνούν από εκεί, επιτρέποντας προσαρμογές σε πραγματικό χρόνο στο χρονοδιάγραμμα του σήματος κυκλοφορίας. Εξίσου σημαντικοί, όπως οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές είναι οι σύνδεσμοι επικοινωνίας δεδομένων που μεταδίδουν αυτά τα δεδομένα και τον προγραμματισμό - συμπεριλαμβανομένων των αναλύσεων μεγάλων δεδομένων - που έχουν νόημα από όλα. (McKinsey Global Institute, Μάιος 2013, σ. 52).

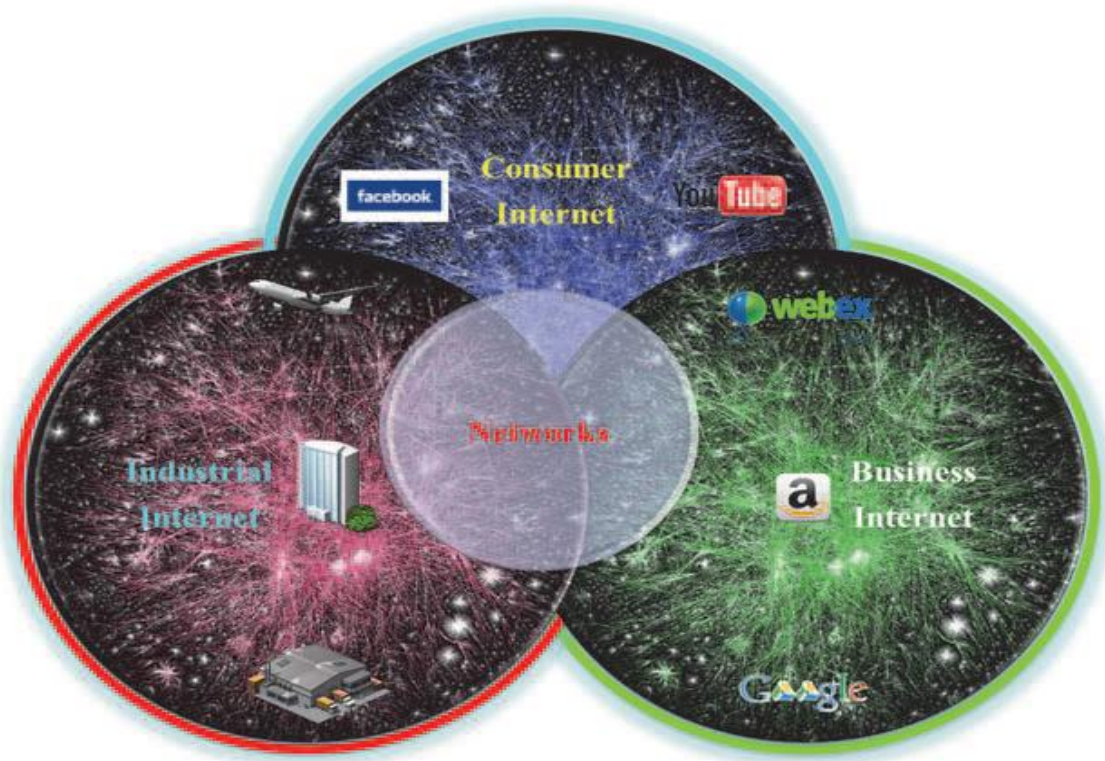
Όλο και περισσότερο, οι εφαρμογές του Διαδικτύου των πραγμάτων περιλαμβάνουν κλειστού-βρόχου ρυθμίσεις στις οποίες οι ενέργειες μπορούν να ενεργοποιηθούν αυτόματα με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες. Για παράδειγμα, σε μεταποιητικές βιομηχανίες, συστήματα που βασίζονται σε αισθητήρες μπορεί να αντιδράσουν αυτόματα σε εισερχόμενα σήματα και να προσαρμόσει τη ροή μεταποίησης ανάλογα. Μπορούν να αλλάξουν ένα φανάρι σε πράσινο, όταν ένας αισθητήρας στο πεζοδρόμιο δίνει σήμα ότι αυτοκίνητα έχουν κολλήσει στη διασταύρωση, ή να ειδοποιηθεί ένας γιατρός, όταν ο καρδιακός ρυθμός του ασθενούς με μια απομακρυσμένη οθόνη έχει άνοδο.

Καθώς η Συνδεδεμένη Ζωή, θα έχει ουσιαστικό αντίκτυπο στον τρόπο που ζούμε και εργαζόμαστε, θα υπάρχουν επίσης, σημαντικά κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη, όπως η βελτιωμένη υγειονομική περίθαλψη, ασφαλέστερες και αποτελεσματικότερες μεταφορές και εφοδιαστική αλυσίδα, καλύτερη εκπαίδευση και πιο αποτελεσματική χρήση της ενέργειας. Με την ικανότητα να συλλάβει πληροφορίες χρήσης σε πραγματικό χρόνο και να παρέχει τηλεχειριστήριο, η ενσωματωμένη κινητή συνδεσιμότητα μπορεί να κάνει μια μεγάλη γκάμα συσκευών, μηχανημάτων και οχημάτων πιο αποδοτική και αποτελεσματική, μειώνοντας δραματικά τα απορρίμματα και να βελτιώσει την παραγωγικότητα του χρόνου. Νέοι τύποι εφαρμογών μπορεί να περιλαμβάνουν το ηλεκτρικό όχημα και το έξυπνο σπίτι, στο οποίο οι συσκευές και οι υπηρεσίες που παρέχουν ειδοποιήσεις, ασφάλεια, εξοικονόμηση ενέργειας, αυτοματισμό, τηλεπικοινωνία, ηλεκτρονικούς υπολογιστές και ψυχαγωγία ενσωματώνονται σε ένα ενιαίο οικοσύστημα με μια κοινή διεπαφή χρήστη. Προφανώς, δεν θα είναι όλα στη θέση τους

αμέσως. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας στην Ευρώπη αυτή τη στιγμή - επίδειξη, έλεγχος και ανάπτυξη προϊόντων - θα είναι πολύ πιο κοντά στην υλοποίηση έξυπνων περιβαλλόντων μέχρι το 2020. Στο μέλλον οι υπηρεσίες υπολογισμού, αποθήκευσης και επικοινωνιών θα είναι πολύ διάχυτες και θα διανέμονται: οι άνθρωποι, τα έξυπνα αντικείμενα, οι μηχανές, πλατφόρμες και ο περιβάλλον χώρος (π.χ., με ασύρματους / ενσύρματους αισθητήρες, συσκευές M2M, ετικέτες RFID, κλπ.) θα δημιουργήσουν μια ιδιαίτερα αποκεντρωμένη κοινή δεξαμενή πόρων (μέχρι την άκρη του "δικτύου") που διασυνδέεται με ένα δυναμικό δίκτυο δικτύων. Η "γλώσσα επικοινωνίας" θα βασίζεται σε δια λειτουργικά πρωτόκολλα, που λειτουργούν σε ετερογενή περιβάλλοντα και πλατφόρμες. Το ΔτΠ(IoT) σε αυτό το πλαίσιο είναι ένας γενικός όρος και όλα τα αντικείμενα μπορούν να διαδραματίσουν ενεργό ρόλο χάρη στη σύνδεσή τους με το Διαδίκτυο, με τη δημιουργία έξυπνων περιβαλλόντων, όπου ο ρόλος του Διαδικτύου έχει αλλάξει. Αυτό το ισχυρό εργαλείο επικοινωνίας παρέχει πρόσβαση στις πληροφορίες, τα μέσα ενημέρωσης και τις υπηρεσίες, μέσω ενσύρματων και ασύρματων ευρυζωνικών συνδέσεων. (Ovidiu Vermesan, Peter Friess, 2013, σ. 8).

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων κάνει χρήση των συνεργιών που δημιουργούνται από τη σύγκλιση του Καταναλωτή, της Επιχείρησης και του Βιομηχανικού Διαδικτύου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2 παρακάτω.

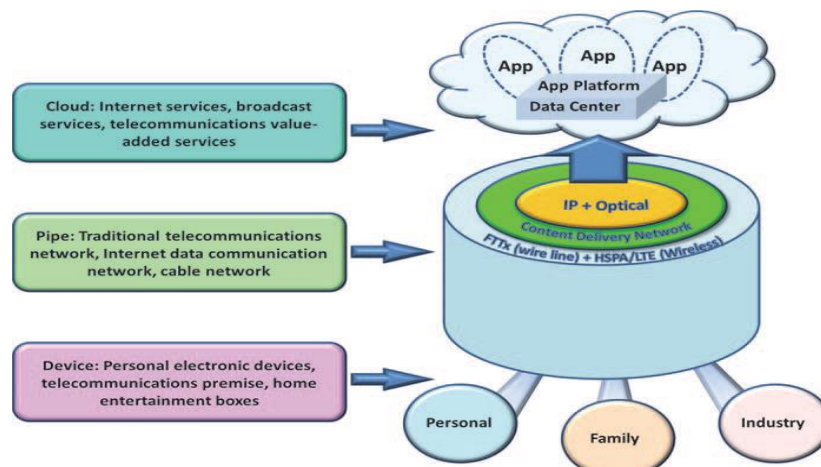




**Σχήμα 2:** Σύγκλιση του Καταναλωτή, της Επιχείρησης και του Βιομηχανικού Διαδικτύου. (Ovidiu Vermesan, Peter Friess, 2013)

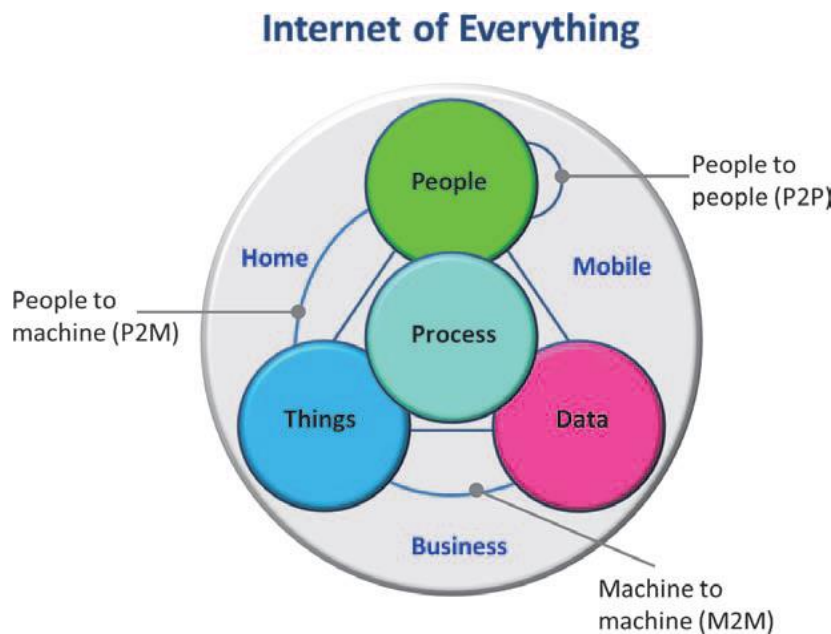
Η σύγκλιση δημιουργεί το ανοιχτό, παγκόσμιο δίκτυο που συνδέει τους ανθρώπους, τα δεδομένα και τα πράγματα. Αυτή η σύγκλιση αξιοποιεί το σύννεφο (cloud) για να συνδεθούν ευφυή πράγματα που αισθάνονται και μεταδίδουν ένα ευρύ φάσμα δεδομένων, βοηθώντας να δημιουργηθούν υπηρεσίες που δεν θα ήταν προφανές, χωρίς αυτό το επίπεδο συνδεσιμότητας και αναλυτικών πληροφοριών (νοημοσύνης). Η χρήση των πλατφόρμων οδηγείται από μετασχηματιστικές τεχνολογίες όπως το cloud, τα πράγματα, και τα κινητά. Το cloud επιτρέπει μια παγκόσμια υποδομή για τη δημιουργία νέων υπηρεσιών, που επιτρέπει σε οποιονδήποτε να δημιουργήσει περιεχόμενο και εφαρμογές για παγκόσμιους χρήστες. Δίκτυα πραγμάτων συνδέουν τα πράγματα σε παγκόσμιο επίπεδο και διατηρούν την ταυτότητά τους σε απευθείας σύνδεση. Το κινητό επιτρέπει τη σύνδεση με αυτή την παγκόσμια υποδομή, οποιαδήποτε ώρα, οπουδήποτε. Το αποτέλεσμα είναι ένα παγκοσμίως προσιτό δίκτυο πραγμάτων, χρηστών και καταναλωτών, οι οποίοι είναι διαθέσιμοι να δημιουργήσουν επιχειρήσεις, να συνεισφέρουν περιεχόμενο, να παράγουν και να αγοράσουν νέες υπηρεσίες. (Ovidiu Vermesan, Peter Friess, 2013, σ. 24).

Με το Διαδίκτυο των πραγμάτων η επικοινωνία επεκτείνεται μέσω του Διαδικτύου σε όλα τα πράγματα που μας περιβάλλουν. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι πολύ περισσότερο από επικοινωνία M2M, ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, 2G / 3G / 4G, RFID, κ.λπ. Τα στοιχεία αυτά θεωρούνται ως οι τεχνολογίες γενικής εφαρμογής, που κάνουν τις εφαρμογές του «Διαδικτύου των Πραγμάτων» δυνατές. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων προσφέρει λύσεις που βασίζονται στην ενσωμάτωση της τεχνολογίας των πληροφοριών, η οποία αναφέρεται σε υλικό και λογισμικό που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση, την ανάκτηση και την επεξεργασία της τεχνολογίας δεδομένων και επικοινωνίας η οποία περιλαμβάνει ηλεκτρονικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ ατόμων ή ομάδων. Η ταχεία σύγκλιση της τεχνολογίας των πληροφοριών και των επικοινωνιών λαμβάνει χώρα σε τρία στρώματα της καινοτομίας της τεχνολογίας: το cloud, δεδομένα και σωλήνες επικοινωνίας/δικτύων, και τη συσκευή, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3. (Ovidiu Vermesan, Peter Friess, 2013, σελ 31).



**Σχήμα 3:** Παράγοντες που ωθούν τη σύγκλιση και συμβάλλουν στην ενσωμάτωση και τον μετασχηματισμό των cloud, σωλήνων, και τεχνολογιών συσκευής. (Πηγή: Huawei Technologies). Η συνέργεια της πρόσβασης και της δυναμικής ανταλλαγής δεδομένων ανοίγει τεράστιες νέες δυνατότητες για εφαρμογές ΔτΠ. Ήδη πάνω από το 50% των συνδέσεων με το Διαδίκτυο είναι μεταξύ πραγμάτων ή με πράγματα. Το 2011 υπήρχαν πάνω από 15 δισεκατομμύρια πράγματα στο Διαδίκτυο, με 50 δις + διαλείπουσες συνδέσεις. Μέχρι το 2020, πάνω από 30 δισεκατομμύρια συνδεδεμένα πράγματα, με πάνω από 200 δις με διαλείπουσες συνδέσεις να είναι πρόβλεψη. Βασικές τεχνολογίες εδώ περιλαμβάνουν ενσωματωμένους αισθητήρες, αναγνώρισης εικόνας και NFC. Έως το 2015, σε πάνω από το 70% των επιχειρήσεων, ένα ενιαίο εκτελέσιμο θα επιβλέπει όλα τα συνδεδεμένα πράγματα του Διαδικτύου. Αυτό γίνεται το Διαδίκτυο των Πάντων. Ως

αποτέλεσμα αυτής της σύγκλισης, οι εφαρμογές ΔτΠ απαιτούν ότι οι κλασικές βιομηχανίες θα τις υιοθετήσουν και η τεχνολογία θα δημιουργήσει ευκαιρίες για νέες βιομηχανίες να αναδυθούν και να παραδώσουν εμπλουτισμένες και νέες εμπειρίες και υπηρεσίες στον χρήστη. Επιπλέον, για να είναι σε θέση να χειριστεί τον απόλυτο αριθμό των πραγμάτων και των αντικειμένων που θα πρέπει να συνδεθούν στο ΔτΠ, οι γνωστικές τεχνολογίες και η σχετική με τα συμφοραζόμενα νοημοσύνη είναι ζωτικής σημασίας. Αυτό ισχύει επίσης και για την ανάπτυξη του ενημερωμένου πλαισίου εφαρμογών που πρέπει να φθάσει στα άκρα του δικτύου μέσω έξυπνων συσκευών που ενσωματώνονται στην καθημερινή μας ζωή. Το Διαδίκτυο δεν είναι μόνο ένα δίκτυο υπολογιστών, αλλά έχει εξελιχθεί σε ένα δίκτυο συσκευών όλων των τύπων και μεγεθών, οχημάτων, smartphones, οικιακών συσκευών, παιχνίδια, φωτογραφικές μηχανές, ιατρικά εργαλεία και βιομηχανικά συστήματα, όλα συνδέονται, όλα επικοινωνούν και ανταλλάσσουν πληροφορίες όλη την ώρα, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4. (Ovidiu Vermesan, Peter Friess, 2013, σ. 31).



**Σχήμα 4:** Διαδίκτυο των Πάντων. (Πηγή: Cisco).

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων υπόσχεται να παραδώσει μια αλλαγή στην ποιότητα της ζωής των ατόμων και την παραγωγικότητα των επιχειρήσεων. Μέσα από ένα ευρέως καταναμημένο, τοπικά ευφυές δίκτυο έξυπνων συσκευών, το ΔτΠ έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιήσει επεκτάσεις και βελτιώσεις σε θεμελιώδεις υπηρεσίες στις μεταφορές, εφοδιαστική, ασφάλεια, επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, εκπαίδευση, υγειονομική περίθαλψη και σε άλλους τομείς, ενώ παρέχει

ταυτόχρονα ένα νέο οικοσύστημα για την ανάπτυξη εφαρμογών. Η αγορά αυτή έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στους τομείς της διανομής των υπηρεσιών, των επιχειρήσεων και των μοντέλων χρέωσης, των ικανοτήτων που απαιτούνται για την παροχή υπηρεσιών ΔτΠ, και των διαφορετικών απαιτήσεων που αυτές οι υπηρεσίες θα θέσουν σε κινητά δίκτυα.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων συνεχίζει να επιβεβαιώνει τη σημαντική θέση του στο πλαίσιο των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών και της ανάπτυξης της κοινωνίας. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι έννοιες και βασικές αρχές έχουν εκπονηθεί και ωριμάσει, απαιτούνται περαιτέρω προσπάθειες για την αποδέσμευση του πλήρους δυναμικού και συσπείρωση των συστημάτων και φορέων. (GSM Association, Understanding the Internet of Things, 2014, σ. 15).

## **1.2 Ενσωματωμένα Συστήματα**

Για την Έκθεση McKinsey Global Institute: "Οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές που είναι ενσωματωμένοι σε φυσικά αντικείμενα συνδέονται μέσω ενσύρματων και ασύρματων δικτύων, συχνά χρησιμοποιώντας την ίδια IP (Internet Protocol=Πρωτόκολλο Διαδικτύου) που συνδέει το Διαδίκτυο. "Από τη φράση αυτή μπορούμε να καταλάβουμε ότι στον κόσμο του ΔτΠ η ύπαρξη των ενσωματωμένων συστημάτων είναι θεμελιώδης.

Τι σημαίνει ενσωματωμένο σύστημα; Ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι ένα ειδικό σύστημα υπολογιστή σχεδιασμένο για ένα ή δύο συγκεκριμένες λειτουργίες. Αυτό το σύστημα είναι ενσωματωμένο ως μέρος ενός πλήρους συστήματος συσκευής που περιλαμβάνει το υλικό, όπως ηλεκτρικά και μηχανικά εξαρτήματα. Το ενσωματωμένο σύστημα είναι σε αντίθεση με τον υπολογιστή γενικής χρήσης, ο οποίος έχει σχεδιαστεί για να διαχειρίζεται ένα ευρύ φάσμα εργασιών επεξεργασίας.

Επειδή ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι σχεδιασμένο για να εκτελεί μόνο ορισμένες εργασίες, οι μηχανικοί σχεδιασμού μπορούν να βελτιστοποιήσουν το μέγεθος, το κόστος, την κατανάλωση ενέργειας, την αξιοπιστία και την απόδοση. Τα ενσωματωμένα συστήματα συνήθως παράγονται σε ευρείες κλίμακες και μοιράζονται λειτουργίες σε μια ποικιλία από περιβάλλοντα και εφαρμογές. (Tammy Noergaard, "The Embedded Systems Architecture", Elsevier, έκδοση 2 Δεκέμβριος 28, 2012).

Τα ενσωματωμένα συστήματα είναι διαχειρίσιμα από ενιαίους ή πολλαπλούς πυρήνες επεξεργασίας με τη μορφή των μικροελεγκτών ή επεξεργαστών ψηφιακού σήματος (DSP), συστοιχίες επιτόπιες προγραμματιζόμενων πυλών (FPGA), ολοκληρωμένα κυκλώματα συγκεκριμένων εφαρμογών (ASIC) και συστοιχίες πυλών. Αυτά τα στοιχεία επεξεργασίας ενσωματώνονται με εξαρτήματα αφιερωμένα στον χειρισμό των ηλεκτρικών ή/και μηχανικής διεπαφής.

Βασικό χαρακτηριστικό ενός ενσωματωμένου συστήματος είναι η αφοσίωση σε συγκεκριμένες λειτουργίες που συνήθως απαιτούν ισχυρούς επεξεργαστές γενικής χρήσης. Για παράδειγμα, ο δρομολογητής (router) και τα συστήματα διακόπτη είναι ενσωματωμένα συστήματα, ενώ ένας υπολογιστής γενικής χρήσης χρησιμοποιεί ένα κατάλληλο λειτουργικό σύστημα για τη λειτουργικότητα της δρομολόγησης. Ωστόσο, οι ενσωματωμένοι δρομολογητές λειτουργούν πιο αποτελεσματικά από ό, τι οι υπολογιστές με βάση τα λειτουργικά συστήματα για τις λειτουργίες δρομολόγησης.

Εμπορικά ενσωματωμένα συστήματα κυμαίνονται από ψηφιακά ρολόγια και MP3 players μέχρι γιγαντιαίους δρομολογητές και διακόπτες. Οι περιπλοκές ποικίλλουν από ενιαίο τσιπ επεξεργαστή σε προηγμένες μονάδες με πολλαπλά τσιπ επεξεργασίας.

Ένα ενσωματωμένο τσιπ είναι κάθε επεξεργαστής που δεν είναι μέσα σε έναν υπολογιστή. Δουλειά του είναι να κάνει την παρουσία του ελάχιστα γνωστή. Μπορεί να βρίσκεται στην καρδιά οτιδήποτε τόσο ασήμαντου όσο μια μουσική ευχετήρια κάρτα ή τόσο ζωτικής σημασίας για τη ζωή όπως ένας βηματοδότης, ο οποίος χρησιμοποιεί έναν επεξεργαστή για να αναλύσει τα σήματα από την καρδιά και να καθορίσει εάν η καρδιά χρειάζεται κάποια βοήθεια.

"Σχεδόν οτιδήποτε με ένα διακόπτη ισχύος έχει τώρα ένα μικροεπεξεργαστή μέσα σε αυτό," είπε ο Peter N. Glaskowsky, ένας ανώτερος αναλυτής της Micro Design Resources, η οποία δημοσιεύει Έκθεση Μικροεπεξεργαστή, ένα ενημερωτικό δελτίο. ("Honey, I programmed the blanket," K. Hafner, The New York Times, Μαΐος 27, 1999).

Όπως υποδηλώνει το όνομά του, Ενσωματωμένο σημαίνει κάτι που είναι συνδεδεμένο με ένα άλλο πράγμα. Ένα ενσωματωμένο σύστημα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύστημα υλικού υπολογιστή με ενσωματωμένο λογισμικό σε αυτό. Ένα ενσωματωμένο σύστημα μπορεί να είναι ένα ανεξάρτητο σύστημα ή μπορεί να είναι ένα μέρος ενός μεγάλου συστήματος.

Ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι ένα σύστημα που βασίζεται σε μικροελεγκτή ή μικροεπεξεργαστή το οποίο έχει σχεδιαστεί για να εκτελέσει μια συγκεκριμένη εργασία. Για παράδειγμα, ένας συναγερμός πυρκαγιάς είναι ένα ενσωματωμένο σύστημα, θα αισθανθεί μόνο καπνό.

Ένα ενσωματωμένο σύστημα έχει τρεις συνιστώσες:

- Έχει υλικό.
- Έχει λογισμικό εφαρμογής.
- Διαθέτει Λειτουργικό σύστημα σε Πραγματικό Χρόνο (RTOS), που εποπτεύει την εφαρμογή λογισμικού και παρέχει μηχανισμό για να αφήσει τον επεξεργαστή να τρέξει μια διαδικασία σύμφωνα με τον προγραμματισμό, ακολουθώντας ένα σχέδιο για τον έλεγχο των αδρανειών. Το RTOS καθορίζει τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος. Θέτει τους κανόνες κατά την εκτέλεση του προγράμματος εφαρμογής. Μια μικρής κλίμακας ενσωματωμένου συστήματος δεν μπορεί να έχει RTOS.

Έτσι, μπορούμε να ορίσουμε ένα ενσωματωμένο σύστημα ως ένα σύστημα ελέγχου Μικροελεγκτή που οδηγείται από λογισμικό, αξιόπιστο, σε πραγματικό χρόνο.

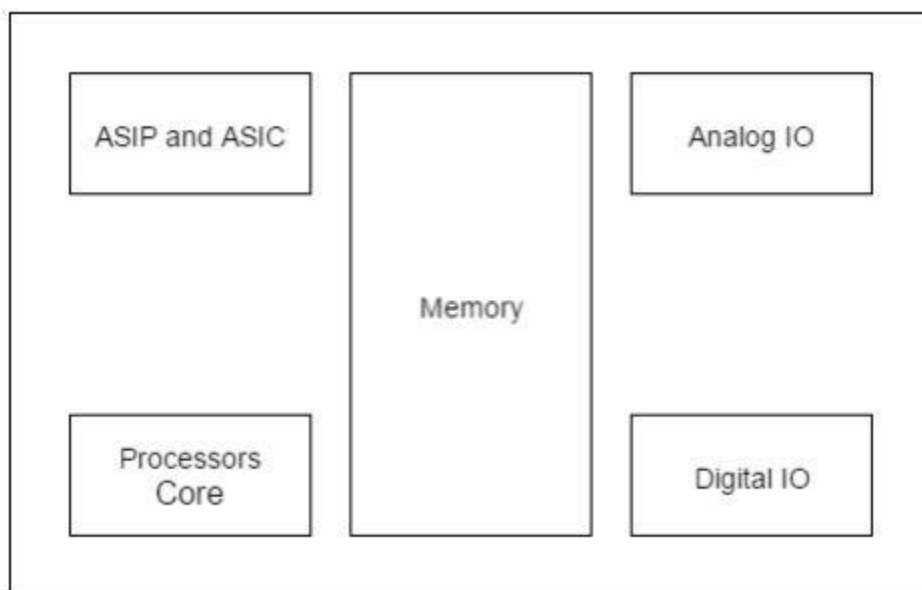
### 1.2.1 Χαρακτηριστικά ενός Ενσωματωμένου Συστήματος

- Ενιαία λειτουργία - Ένα ενσωματωμένο σύστημα συνήθως εκτελεί μια εξειδικευμένη λειτουργία και κάνει το ίδιο κατ' επανάληψη. Για παράδειγμα: Μια συσκευή τηλεειδοποίησης λειτουργεί πάντα ως ένα βομβητής.
- Ερμητικά περιορισμένο - Όλα τα συστήματα υπολογιστών έχουν περιορισμούς στη μέθοδο μέτρησης σχεδιασμού, αλλά αυτά σε ένα ενσωματωμένο σύστημα μπορεί να είναι ιδιαίτερα στενά. Η μέθοδος μέτρησης του σχεδιασμού είναι μία μέτρηση των χαρακτηριστικών μιας εφαρμογής, όπως του κόστους, του μεγέθους, της δύναμης και των επιδόσεων. Θα πρέπει να είναι ένα ενός μεγέθους για να χωράει σε ένα μόνο chip, πρέπει να εκτελεί αρκετά γρήγορα για να επεξεργάζεται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να καταναλώνει ελάχιστη ενέργεια για να παρατείνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.
- Αντιδραστικό και σε πραγματικό χρόνο - Πολλά ενσωματωμένα συστήματα πρέπει να αντιδρούν συνεχώς σε αλλαγές στο περιβάλλον του συστήματος και πρέπει να

υπολογίζουν ορισμένα αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο, χωρίς καμία καθυστέρηση. Εξετάστε ένα παράδειγμα ενός ελεγκτή ρύθμισης της ταχύτητας κίνησης του αυτοκινήτου. Συνεχώς παρακολουθεί και αντιδρά στην ταχύτητα και τους αισθητήρες φρένων. Πρέπει να υπολογίζει την επιτάχυνση ή επιβράδυνση κατ' επανάληψη μέσα σε ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα, ένας καθυστερημένος υπολογισμός μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία για τον έλεγχο του αυτοκινήτου.

- Με βάση τους Μικροεπεξεργαστές - Πρέπει να βασίζεται σε μικροεπεξεργαστή ή μικροελεγκτή.
- Μνήμη - Θα πρέπει να έχει μια μνήμη, μιας και το λογισμικό του ενσωματώνει συνήθως στη ROM. Δεν χρειάζεται καμία δευτερεύουσα μνήμη στον υπολογιστή.
- Συνδεδεμένο – Θα πρέπει να έχει συνδεδεμένο περιφερειακό εξοπλισμό για να συνδεθούν συσκευές εισόδου και εξόδου.
- HW-SW συστήματα – Λογισμικό χρησιμοποιείται για περισσότερες δυνατότητες/χαρακτηριστικά και ευελιξία. Υλικό/εξοπλισμός χρησιμοποιείται για την απόδοση και την ασφάλεια.

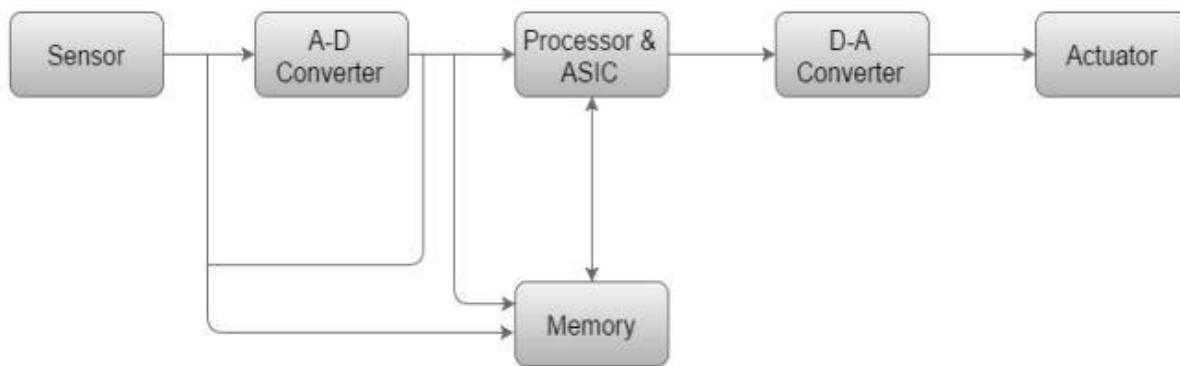
(Tammy Noergaard, “The Embedded Systems Architecture”, Elsevier, έκδοση 2 (Δεκέμβριος 28, 2012)).



**Σχήμα 5:** Διάγραμμα δομής ενός Ενσωματωμένου Συστήματος. (Πηγή: [https://www.tutorialspoint.com/embedded\\_systems/embedded\\_systems\\_tutorial](https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/embedded_systems_tutorial)).

### 1.2.2 Βασική Δομή ενός Ενσωματωμένου Συστήματος

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τη βασική δομή ενός ενσωματωμένου συστήματος:



**Σχήμα 6:** Βασική Δομή ενός Ενσωματωμένου Συστήματος. (Πηγή: [https://www.tutorialspoint.com/embedded\\_systems/embedded\\_systems\\_tutorial](https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/embedded_systems_tutorial)).

- Αισθητήρας - Μετρά την φυσική ποσότητα και τη μετατρέπει σε ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο μπορεί να διαβαστεί από έναν παρατηρητή ή από ένα οποιοδήποτε ηλεκτρονικό μέσο όπως ένα μετατροπέα A2D. Ένας αισθητήρας αποθηκεύει τη μετρημένη ποσότητα στη μνήμη.
- Μετατροπέας A-D - Ένας μετατροπέας αναλογικού σε ψηφιακό μετατρέπει το αναλογικό σήμα που αποστέλλεται από τον αισθητήρα σε ένα ψηφιακό σήμα.
- Επεξεργαστής & ASICs – Οι επεξεργαστές επεξεργάζονται τα δεδομένα για να μετρήσουν το αποτέλεσμα και να το αποθηκεύσουν στη μνήμη.



- Μετατροπέας D-A - Ένας μετατροπέας αναλογικού σε ψηφιακό μετατρέπει τα ψηφιακά δεδομένα που τροφοδοτούνται από τον επεξεργαστή σε αναλογικά δεδομένα.
- Ενεργοποιητής - Ένας ενεργοποιητής συγκρίνει το αποτέλεσμα που δίνεται από τον Μετατροπέα D-A με την πραγματική (αναμενόμενη) απόδοση που είναι αποθηκευμένη σε αυτό και αποθηκεύει το εγκεκριμένο αποτέλεσμα.

Ο επεξεργαστής είναι η καρδιά ενός ενσωματωμένου συστήματος. Είναι η βασική μονάδα που λαμβάνει εισαγωγές και παράγει ένα αποτέλεσμα μετά την επεξεργασία των δεδομένων. Για ένα σχεδιαστή ενσωματωμένου συστήματος, είναι απαραίτητο να έχει τη γνώση των μικροεπεξεργαστών αλλά και των μικροελεγκτών.

(Tammy Noergaard, “The Embedded Systems Architecture”, Elsevier, έκδοση 2, Δεκέμβριος 28 2012).

(Elicia White, “Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software”, O’Reilly, Έκδοση 1η, 2012).

(Ed Lipiansky, “Embedded Systems Hardware for Software Engineers”, McGraw-Hill books, Έκδοση 1η, 2012).

### 1.2.3 Οι Επεξεργαστές σε ένα σύστημα

Ένας επεξεργαστής έχει δύο βασικά τμήματα:

- Μονάδα Ελέγχου Πρόγραμμα Ροής (CU)
- Μονάδα εκτέλεσης (EU)

Το CU περιλαμβάνει μια μονάδα λήψης για την τροφοδότηση εντολών από τη μνήμη. Η ΕΕ έχει κυκλώματα που υλοποιούν τις οδηγίες που σχετίζονται με τη λειτουργία μεταφοράς δεδομένων και τη μετατροπή των δεδομένων από τη μία μορφή στην άλλη.

Η ΕΕ περιλαμβάνει την Αριθμητική και Λογική Μονάδα (ALU), καθώς και τα κυκλώματα που εκτελούν εντολές για μια εργασία ελέγχου του προγράμματος, όπως η διακοπή, ή η μετάβαση σε ένα άλλο σύνολο οδηγιών. Ένας επεξεργαστής λειτουργεί τους κύκλους της λήψης και εκτελεί τις εντολές με την ίδια σειρά όπως αυτά ελήφθησαν από τη μνήμη.

### 1.2.4 Τύποι Επεξεργαστών

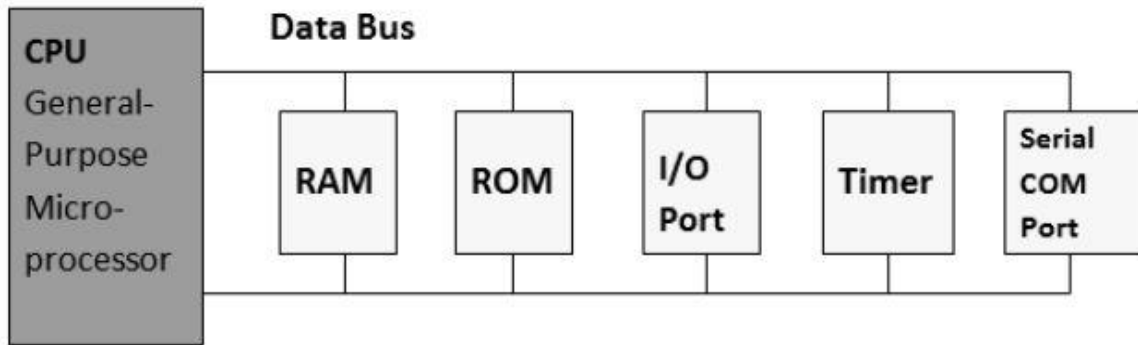
Οι επεξεργαστές μπορούν να είναι των ακόλουθων κατηγοριών:

- Γενικής Χρήσης Επεξεργαστής(GPP)
  - ο Μικροεπεξεργαστής
  - ο Μικροελεγκτής
  - ο Ενσωματωμένος Επεξεργαστής
  - ο Επεξεργαστής Ψηφιακού Σήματος
  - ο Επεξεργαστής Πολυμέσων
- Ειδικός Επεξεργαστής Συστήματος Εφαρμογής (ASSP)
- Ειδικός Επεξεργαστής Εντολών/Οδηγιών Εφαρμογής (ASIPs)
- Πυρήνας (εξ)GPP ή πυρήνας(εξ) ASIP που έγκειται είτε σε Ειδικά Ολοκληρωμένο Κύκλωμα Εφαρμογής (ASIC) ή σε Κύκλωμα Πολύ Μεγάλης Κλίμακας Ολοκλήρωσης (VLSI)

(Ed Lipiansky, “Embedded Systems Hardware for Software Engineers”, McGraw-Hill books, 1η έκδοση, 2012).

### 1.2.5 Μικροεπεξεργαστής

Ένας μικροεπεξεργαστής είναι ένα ενιαίο VLSI chip(κύκλωμα) με μία CPU. Επιπλέον, μπορεί επίσης να έχει και άλλες μονάδες, όπως λεωφορεία, μονάδα αριθμητικής επεξεργασίας κυμαινόμενου σημείου, και μονάδες αγωγών που βοηθούν στην ταχύτερη επεξεργασία των οδηγιών. Οι κύκλος –φέρω-και εκτελώ των μικροεπεξεργαστών προηγούμενης γενιάς καθοδηγήθηκε από μια συχνότητα ρολογιού της τάξης του ~ 1 MHz. Οι επεξεργαστές τώρα λειτουργούν σε συχνότητα χρονισμού των 2GHz.



**Σχήμα 7:** Ένα διάγραμμα δομής ενός Μικροεπεξεργαστή. (Πηγή: [https://www.tutorialspoint.com/embedded\\_systems/embedded\\_systems\\_tutorial](https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/embedded_systems_tutorial)).

Ένα ενιαίο κύκλωμα(chip) επεξεργαστή ονομάζεται μικροεπεξεργαστής. Λέγεται επίσης Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU). Είναι ο εγκέφαλος του συστήματος ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Χρησιμοποιείται επίσης σε πολλές ηλεκτρονικές συσκευές. Πολλαπλά CPU μπορούν να συνεργαστούν έτσι ώστε η υπολογιστική ισχύ του συστήματος να αυξηθεί.

Ο μικροεπεξεργαστής είναι μια συσκευή ημιαγωγού που αποτελείται από ηλεκτρονικά λογικά κυκλώματα που κατασκευάζονται με τεχνικές όπως η ολοκλήρωση μεγάλης κλίμακας (LSI) ή ολοκλήρωση πολύ μεγάλης κλίμακας. Είναι σε θέση να εκτελεί λειτουργίες υπολογιστή και να λαμβάνει λήψη αποφάσεων για να αλλάξει την αλληλουχία της εκτέλεσης του προγράμματος. Ένας υπολογιστής που κατασκευάζεται με ένα μικροεπεξεργαστή ονομάζεται μικροϋπολογιστής.

Το CPU δεν επηρεάζει μόνο τη συνολική υπολογιστική ισχύ, αλλά επίσης διαχειρίζεται τις περισσότερες από τις λειτουργίες ενός συστήματος υπολογιστή. Σε έναν προσωπικό υπολογιστή, οι λειτουργίες του επεξεργαστή είναι συνήθως σε ένα μόνο κύκλωμα(chip), ενώ σε μεγάλους και υπερυπολογιστές οι λειτουργίες εκτείνονται σε πολλά κυκλώματα(chip).

(Elecia White, “Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software”, O’Reilly, 1η έκδοση, 2012).

### 1.2.6 Μικροελεγκτής

Ένας μικροελεγκτής είναι μια ενιαία μονάδα VLSI (που ονομάζεται επίσης μικροϋπολογιστής), η οποία, αν και έχει περιορισμένες υπολογιστικές δυνατότητες, διαθέτει βελτιωμένη ικανότητα εισόδου/εξόδου και έναν αριθμό από on-chip (επί κυκλώματος) λειτουργικές μονάδες.

CPU	RAM	ROM
I/O Port	Timer	Serial COM Port

**Σχήμα 8:** Κύκλωμα μικροελεγκτή. (Πηγή:

[https://www.tutorialspoint.com/embedded\\_systems/embedded\\_systems\\_tutorial](https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/embedded_systems_tutorial)).

Οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα σε ενσωματωμένα συστήματα για εφαρμογές ελέγχου σε πραγματικό χρόνο με on-chip προγράμματα μνήμης και συσκευών. Ένας μικροελεγκτής είναι ένας συμπαγής μικροϋπολογιστής σχεδιασμένος να διέπει τη λειτουργία των ενσωματωμένων συστημάτων στα μηχανοκίνητα οχήματα, ρομπότ, μηχανές γραφείου, πολύπλοκες ιατρικές συσκευές, κινητούς πομποδέκτες ραδιοφώνου, μηχανήματα αυτόματης πώλησης, οικιακές συσκευές, καθώς και διάφορες άλλες συσκευές. Ένας τυπικός μικροελεγκτής περιλαμβάνει έναν επεξεργαστή, τη μνήμη και περιφερειακά. Οι απλούστεροι μικροελεγκτές διευκολύνουν τη λειτουργία των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που έχουμε σε είδη εξυπηρέτησης καθημερινής χρήσης. Αρχικά, η εν λόγω χρήση περιορίζεται μόνο σε μεγάλα μηχανήματα, όπως φούρνοι και μηχανές αυτοκινήτων για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και των επιδόσεων. Τα τελευταία χρόνια, μικροελεγκτές έχουν χρήση σε κοινά προϊόντα όπως φούρνοι, ψυγεία, τοστιέρες, ραδιόφωνα με ρολόι και συστήματα ποτίσματος γκαζόν. Οι μικροϋπολογιστές είναι επίσης κοινοί σε μηχανές γραφείου, όπως φωτοτυπικά μηχανήματα, σαρωτές, συσκευές φαξ και εκτυπωτές.

Οι πιο εξελιγμένοι μικροελεγκτές εκτελούν κρίσιμες λειτουργίες σε αεροσκάφη, διαστημόπλοια, ποντοπόρα πλοία, συστήματα υποστήριξης της ζωής, και ρομπότ όλων των ειδών. Ειδικά η ιατρική τεχνολογία προσφέρει υποσχόμενο ρόλο στο μέλλον. Για παράδειγμα, ένας μικροελεγκτής θα μπορούσε να ρυθμίζει τη λειτουργία μιας τεχνητής καρδιάς, τεχνητού νεφρού, ή άλλο τεχνητό όργανο του σώματος. Οι μικροϋπολογιστές μπορεί επίσης να λειτουργήσουν με προσθετικές συσκευές (τεχνητά μέλη). Μερικοί φουτουριστές της ιατρικής επιστήμης έχουν

προτείνει ότι σιωπηλοί ασθενείς θα μπορούσαν κάποια μέρα να είναι σε θέση, στην πραγματικότητα, να μιλήσουν δυνατά μέσω της σκέψης των λέξεων που θέλουν να προφέρουν, ενώ ένας μικροελεγκτής διέπει την παραγωγή των σημάτων ήχου για να κατευθύνει έναν ενισχυτή και μεγάφωνο.

(Tammy Noergaard, “The Embedded Systems Architecture”, Elsevier, 2η έκδοση, Δεκέμβριος 28 2012).

(Elecia White, “Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software”, O’Reilly, 1η έκδοση, 2012).

(Margaret Rouse, DEFINITION microcontroller, March 2012, <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/microcontroller>).

### 1.2.7 Μικροεπεξεργαστής έναντι Μικροελεγκτή

Ας ρίξουμε μια ματιά στην πιο αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ ενός μικροεπεξεργαστή και μικροελεγκτή.

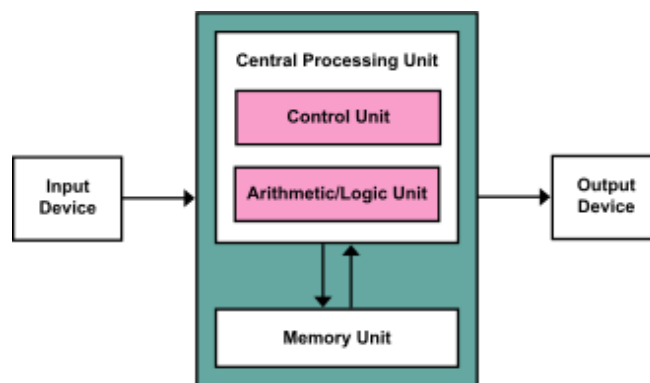
Μικροεπεξεργαστής	Μικροελεγκτής
Οι μικροεπεξεργαστές είναι multitasking (πολλαπλών καθηκόντων) στη φύση τους. Μπορούν να εκτελούν πολλαπλές εργασίες ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, στον υπολογιστή που μπορούμε να παίζουμε μουσική, ενώ γράφουμε κείμενο σε ένα πρόγραμμα επεξεργασίας.	Προσανατολισμένος για ένα καθήκον. Για παράδειγμα, ένα πλυντήριο ρούχων είναι σχεδιασμένο για να πλένει ρούχα μόνο.
RAM, ROM, I/O Θύρες και χρονόμετρα μπορούν να προστεθούν εξωτερικά και μπορούν να ποικίλουν σε αριθμούς.	RAM, ROM, I/O Θύρες και χρονοδιακόπτες δεν μπορούν να προστεθούν εξωτερικά. Αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να ενσωματωθούν μαζί σε ένα chip και να σταθεροποιηθούν σε αριθμούς.
Οι σχεδιαστές μπορούν να αποφασίσουν τον αριθμό της μνήμης ή των I/O θυρών που απαιτούνται.	Σταθερός αριθμός για τη μνήμη ή I/O κάνει ένα μικροελεγκτή ιδανικό για μια περιορισμένη αλλά συγκεκριμένη εργασία.

Εξωτερική υποστήριξη της εξωτερικής μνήμης και θύρες I/O κάνει ένα σύστημα βασισμένο σε μικροεπεξεργαστή βαρύτερο και ακριβότερο.	Οι μικροελεγκτές είναι ελαφριοί και φθηνότεροι από ένα μικροεπεξεργαστή.
Οι εξωτερικές συσκευές απαιτούν περισσότερο χώρο και η κατανάλωση ενέργειας τους είναι υψηλότερη.	Ένα σύστημα με βάση μικροελεγκτή καταναλώνει λιγότερη ενέργεια και καταλαμβάνει λιγότερο χώρο.

### 1.2.8 Δύο τύποι Αρχιτεκτονικής Ενσωματωμένων Συστημάτων

Υπάρχουν 2 αρχιτεκτονικές υπολογιστών, οι οποίες είναι διαφορετικές στον τρόπο πρόσβασης μνήμης: η **Αρχιτεκτονική von Neumann** (επίσης ονομάζεται "Αρχιτεκτονική Princeton") και η **Αρχιτεκτονική Harvard**. Η Αρχιτεκτονική von Neumann διακρίνεται για τα εξής:

1. Οι οδηγίες και τα δεδομένα είναι αποθηκευμένα στην ίδια μνήμη.
2. Οδηγίες και δεδομένα μοιράζονται ένα σύστημα μνήμης. (Το Μήκος του bit, την ίδια μορφή της διεύθυνσης).



Σχήμα 9: Σχέδιο Αρχιτεκτονικής Von Neumann.

Και η **Αρχιτεκτονική Χάρβαρντ** έχει τους ακόλουθους παράγοντες:

1. Επιστημονικά χωρίζει την αποθήκευση και το σήμα διάβαση για οδηγίες και δεδομένα.

2. Σε γενικές γραμμές, το κομμάτι των Οδηγιών είναι ευρύτερο από ό,τι των Δεδομένων.
3. Για ορισμένους υπολογιστές, η μνήμη Οδηγιών είναι μόνο για ανάγνωση.
4. Σε περιπτώσεις χωρίς κρυφή μνήμη (cache), η αρχιτεκτονική Harvard είναι πιο αποτελεσματική από ό,τι η von-Neumann.



**Σχήμα 10:** Σχέδιο Αρχιτεκτονικής Harvard.

Οι δομές των διαύλων επικοινωνίας και των δύο είναι επίσης διαφορετικές: η αρχιτεκτονική του Χάρβαρντ έχει ξεχωριστά δεδομένα και διαύλους οδηγιών, επιτρέποντας μεταφορές ταυτόχρονα και στους δύο διαύλους. Η αρχιτεκτονική Von Neumann έχει μόνο ένα δίαυλο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται και για τη μεταφορά δεδομένων αλλά και τη λήψη εντολών, και ως εκ τούτου η μεταφορά δεδομένων και λήψη οδηγιών πρέπει να προγραμματιστεί - δεν μπορούν να εκτελεστούν ταυτόχρονα.

(En.wikipedia.org, “αρχιτεκτονικές von Neumann”).

(En.wikipedia.org, “αρχιτεκτονικές Harvard”).

### **1.3 Εφαρμογές Ενσωματωμένων Συστημάτων**

Τα Ενσωματωμένα Συστήματα έχουν γνωρίσει τεράστια ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία. Σχεδόν όλοι οι ταχέως αναπτυσσόμενοι τομείς όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, η αεροναυπηγική, το διάστημα, οι σιδηρόδρομοι, οι κινητές επικοινωνίες και λύσεις ηλεκτρονικών πληρωμών έχουν γνωρίσει αυξημένη χρήση των Ενσωματωμένων τεχνολογιών. Μεγαλύτερη αξία στην

κινητικότητα είναι ένας από τους εξέχοντες λόγους για την άνοδο και την ανάπτυξη Ενσωματωμένων τεχνολογιών.

Η έρευνα και ανάπτυξη των Ενσωματωμένων Συστημάτων ασχολείται τώρα με ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των προηγμένων προϊόντων που έχουν σχεδιαστεί στον κόσμο. Κατά κάποιο τρόπο, οι Ενσωματωμένες τεχνολογίες λειτουργούν την παγκόσμια βιομηχανία των μεταφορών που περιλαμβάνει αεροηλεκτρονική, διάστημα, αυτοκίνητα, και τρένα. Αλλά, είναι οι ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές όπως φωτογραφικές μηχανές, παιχνίδια, τηλεοράσεις, οικιακές συσκευές, συστήματα ήχου και κινητά τηλέφωνα που πραγματικά είναι η οπτική διασύνδεση των Ενσωματωμένων Συστημάτων για το κοινό καταναλωτή.

Προηγμένες Ενσωματωμένες Τεχνολογίες αξιοποιούνται στην ανάπτυξη

- Ελέγχων διαδικασίας (παραγωγής και διανομής ενέργειας, αυτοματισμού εργοστασίων και βελτιστοποίηση) Τηλεπικοινωνιών (δορυφόροι, κινητά τηλέφωνα και δίκτυα τηλεπικοινωνιών),
- Η διαχείριση της ενέργειας (παραγωγή, διανομή και βελτιστοποιημένη χρήση)
- Ασφάλεια (e-commerce, smart cards-έξυπνες κάρτες)
- Υγεία (νοσοκομειακός εξοπλισμός και παρακολούθηση κινητών)

Κατά τα τελευταία χρόνια, η έμφαση των Ενσωματωμένων τεχνολογιών ήταν στην επίτευξη εφαρμοσιμότητας, αλλά τώρα η τάση είναι προς την επίτευξη βελτιστοποίησης. Βελτιστοποίηση ή βέλτιστος σχεδιασμός ενσωματωμένων συστημάτων σημαίνει

- Στόχευση σε ένα δεδομένο τμήμα της αγοράς με το χαμηλότερο κόστος και ο χρόνος παράδοσης είναι δυνατός.
- Απρόσκοπτη ενσωμάτωση με το φυσικό και ηλεκτρονικό περιβάλλον
- Η κατανόηση των πραγματικών περιορισμών, όπως οι σκληρές προθεσμίες, η αξιοπιστία, η διαθεσιμότητα, η αντοχή, η κατανάλωση ενέργειας και το κόστος

Παρακάτω, υπάρχει μια λίστα με τους τομείς όπου οι ενσωματωμένες τεχνολογίες κυρίως ευδοκιμούν:

- Τομέας αυτοκινήτων
  - Σύστημα αντιμπλοκής των τροχών (ABS)



- Ηλεκτρονικός Έλεγχος Ευστάθειας (ESC/ESP)
- Σύστημα ελέγχου πρόσφυσης (TCS)
- Αυτόματη κίνηση στους τέσσερις τροχούς
- Αεροδιαστημική & Αεροηλεκτρονική
- Τηλεπικοινωνίες
- Ηλεκτρονικές συσκευές

Στην σημερινή εποχή, λύσεις οικιακού αυτοματισμού κατασκευάζονται όλο και περισσότερο πάνω σε ενσωματωμένες τεχνολογίες. Ο οικιακός αυτοματισμός περιλαμβάνει ενσύρματη και ασύρματη δικτύωση για τον έλεγχο των φώτων, του κλίματος, την ασφάλεια, ήχου / εικόνας, την επιτήρηση, κλπ, όλα από τα οποία χρησιμοποιούν ενσωματωμένες συσκευές για την ανίχνευση και τον έλεγχο.

- Σιδηροδρομική γραμμή
- Τομέας λύσεων Ηλεκτρονικής πληρωμής

Στην παρούσα περίοδο δεν υπάρχει σκληρός ανταγωνισμός μεταξύ των παρόχων Ενσωματωμένων λύσεων για την παροχή καινοτόμων και υψηλής απόδοσης ηλεκτρονικών λύσεων πληρωμής που είναι εύκολες στη χρήση και εξαιρετικά ασφαλείς. Ενσωματωμένοι μηχανικοί γνώστες σε αξιόπιστη ιδιόκτητη τεχνολογία αναπτύσσουν τις ασφαλείς, κρυπτογραφημένες συναλλαγές μεταξύ των συστημάτων πληρωμών και των μεγάλων χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων.

Η αγορά για τα συστήματα πληρωμών μέσω κινητών τηλεφώνων αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς. Οδηγείται από τους λιανοπωλητές, τα εστιατόρια και άλλες επιχειρήσεις που θέλουν να εξυπηρετήσουν τους πελάτες οπουδήποτε, οποτεδήποτε. Με τη χρήση των κινητών συσκευών, ως επί το πλείστον τα κινητά τηλέφωνα γίνονται πολύ δημοφιλή, Ενσωματωμένες τεχνολογίες συμβατές με τα κινητά έχουν αναπτυχθεί για την προώθηση των συστημάτων πληρωμών.

- Βιομηχανία Έξυπνων καρτών

Οι έξυπνες κάρτες, αν και ξεκίνησαν από περίοπτη θέση είτε ως χρεωστική ή πιστωτική κάρτα, σήμερα εισάγονται σε προσωπικά συστήματα αναγνώρισης και δικαιώματος σε περιφερειακό, εθνικό και διεθνές επίπεδο. Οι έξυπνες κάρτες εμφανίζονται τώρα ως κάρτες του Πολίτη, άδειες οδήγησης και κάρτες ασθενούς.

(Abhi Sharma, “Applications of Embedded System”, Open Scholar Library, 18 Φεβρ, 2013)

## **1.4 Σύνοψη και Ανάλυση των επόμενων Κεφαλαίων**

Στις προηγούμενες παραγράφους έγινε μία εισαγωγή στον ορισμό και τις λειτουργίες του ΔτΠ. Επιπλέον, μια εκτενής ανάλυση σχετικά με τα ενσωματωμένα συστήματα και τα στοιχεία που τα καθορίζουν. Οι έννοιες και εφαρμογές στην καθημερινή ζωή όλων των σχετικών στοιχείων των εν λόγω συστημάτων δόθηκαν, σε μια προσπάθεια να είναι κανείς σε θέση να κατανοήσει πλήρως και να αντιληφθεί τα κεφάλαια που θα ακολουθήσουν.

Ως εκ τούτου, το κεφάλαιο 2 θα ασχοληθεί με όλες τις διαφορετικές οικογένειες και άλλες κατηγορίες μικρο-ελεγκτών και θα γίνει αναφορά στις πιο διάσημες πλατφόρμες ανάπτυξης ενσωματωμένων συστημάτων, όπως το Arduino Board, Raspberry Pi και Beagleboard.

Το Κεφάλαιο 3 ασχολείται με τη σημασία των διαφόρων κοινών ενσωματωμένων λειτουργικών συστημάτων και θα δώσει μια εικόνα των λειτουργικών συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση της συγκεκριμένης μελέτης. Το κεφάλαιο 4 θα ασχοληθεί αποκλειστικά με την ανάλυση, τον σχεδιασμό και την υλοποίηση της εφαρμογής που θα αναπτύξουμε. Ένας από τους στόχους του συγκεκριμένου κεφαλαίου αλλά και της διπλωματικής εργασίας γενικότερα είναι να αποκτηθεί ρεαλιστική εμπειρία στο σχεδιασμό και υλοποίηση εφαρμογών χρησιμοποιώντας και συνδυάζοντας γνώσεις γύρω από τα ενσωματωμένα συστήματα και το Internet of Things. Έτσι, κύριος στόχος αυτής της διπλωματικής είναι να σχεδιαστεί ένα σύστημα χαμηλού προϋπολογισμού, για μια εφαρμογή στον πραγματικό κόσμο. Τα βασικά βήματα για τη δημιουργία της εφαρμογής «Σύστημα παρακολούθησης ιδιωτικού χώρου» με χρήση του μικροϋπολογιστή Raspberry Pi είναι τα εξής: Προδιαγραφές του συστήματος (Requirements), Σχεδιασμός (Design), να διερευνηθούν οι επιλογές σχεδιασμού και, τελικά.

Τέλος, το Κεφάλαιο 5, θα επικεντρωθεί στα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εργασία και κυρίως από την μελέτη της εφαρμογής που υλοποιήσαμε. Επιπλέον, θα γίνει μια οικονομοτεχνική μελέτη της υλοποίησης μας ώστε να υπάρχει μια σαφή εικόνα του κόστους για την υλοποίηση αυτού του συστήματος στην πραγματική ζωή.

## 2. Επιλογή Υλικού (Hardware)

### 2.1 Τύποι Μικροελεγκτών

Οι μικροελεγκτές χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη μνήμη, την αρχιτεκτονική, τα κομμάτια τους(bit) και σύνολα οδηγιών. Έτσι, ας συζητήσουμε τύπους μικροελεγκτών:

#### Bits:

- 8 bits μικροελεγκτή εκτελεί λογικές και αριθμητικές λειτουργίες. Παραδείγματα των 8 bits μικροελεγκτών είναι το Intel 8031/8051.
- 16 bits μικροελεγκτή εκτελεί με μεγαλύτερη ακρίβεια και απόδοση σε αντίθεση με 8-bit. Παράδειγμα του μικροελεγκτή 16-bit είναι το Intel 8096.
- 32 bit μικροελεγκτή χρησιμοποιείται κυρίως σε αυτόματα ελεγχόμενες συσκευές όπως μηχανές γραφείου, εμφυτεύσιμες ιατρικές συσκευές, κ.λπ. Απαιτεί οδηγίες 32-bit για να πραγματοποιήσει οποιαδήποτε λογική ή αριθμητική λειτουργία.

#### Μνήμη:

- Εξωτερικός Μικροελεγκτής Μνήμης - Όταν μια ενσωματωμένη δομή είναι χτισμένη με ένα μικροελεγκτή που δεν περιλαμβάνει όλες τις λειτουργικές μονάδες που υπάρχουν σε ένα τσιπ τότε ονομάζεται ως εξωτερικός μικροελεγκτής μνήμης. Για illustration- 8031 ο μικροελεγκτής δεν έχει μνήμη προγράμματος πάνω στο τσιπ.
- Ενσωματωμένος Μικροελεγκτής μνήμης - Όταν μια ενσωματωμένη δομή είναι χτισμένη με ένα μικροελεγκτή, που αποτελείται από όλες τις λειτουργικές μονάδες που υπάρχουν σε ένα τσιπ που ονομάζεται ως ενσωματωμένος μικροελεγκτής μνήμης. Για illustration- 8051 ο μικροελεγκτής έχει όλα πρόγραμμα και τα δεδομένα της μνήμης, μετρητές και χρονοδιακόπτες, διακοπές, I/O θύρες και ως εκ τούτου είναι ενσωματωμένος μικροελεγκτής μνήμης.

### **Σύνολο οδηγιών:**

- CISC- CISC σημαίνει πολύπλοκο σύνολο εντολών του υπολογιστή, επιτρέπει στον χρήστη να εφαρμόσει μία εντολή ως εναλλακτική λύση για πολλές απλές οδηγίες.

(A. K. Singh, “Microcontrollers and Embedded Systems”, Δεκ 2008)

- RISC- RISC σημαίνει Μειωμένο σύνολο Οδηγιών Υπολογιστών. Το RISC μειώνει το χρόνο λειτουργίας με μείωση του κύκλου ρολογιού ανά εντολή.

### **Αρχιτεκτονική Μνήμης:**

- Μικροελεγκτής Αρχιτεκτονικής Μνήμης Harvard
- Μικροελεγκτής Αρχιτεκτονικής Μνήμης Princeton

#### **2.1.1 Ο 8-bit μικροελεγκτής**

Όταν η αριθμητική λογική μονάδα, ALU (arithmetic logic unit) εκτελεί αριθμητικές και λογικές πράξεις σε ένα byte (8-bits) σε μια εντολή, ο μικροελεγκτής είναι ένας 8-bit μικροελεγκτής. Το μέγεθος του εσωτερικού διαύλου επικοινωνίας του κυκλώματος του μικροελεγκτή 8-bit είναι 8-bit. Παραδείγματα 8-bit μικροελεγκτών είναι η Intel 8051 οικογένεια και η οικογένεια Motorola MC68HC11.

#### **8051:**

Το 8051 κατασκευάστηκε το 1985. Αυτός είναι ένας 8-bit μικροελεγκτής. Το πλάτος των καταχωρητών αντιπροσωπεύει τον αριθμό bit του μικροελεγκτή. Για παράδειγμα, ο 89C51 έχει 8-bit καταχωρητές, έτσι το 89C51 είναι 8-bit μικροελεγκτής. Σε αυτό μπορούμε να αποθηκεύσουμε τους αριθμούς 0-255, σε δεκαεξαδική μορφή είναι της μορφής 0x00 σε 0xFF. Το σύνολο των εντολών στον 8051 είναι 250 εντολές και χρειάζονται 1-4 κύκλους μηχανής για να εκτελεστούν. Η ταχύτητα του 8051 μικροελεγκτή είναι 1 εκατομμύριο εντολές ανά δευτερόλεπτο. Ο 8051 διαθέτει ισχυρό σύνολο εντολών, έχει εντολές που εκτελούν πιο σύνθετους υπολογισμούς. Η ALU του 8051 κάνει απλούς υπολογισμούς. Στην 8051 οικογένεια, δεν υπάρχει εγγενές δίαυλος μνήμης

και αναλογικός / ψηφιακός μετατροπέας A/D. Ο 8051 μικροελεγκτής έχει 32 εισόδους/ εξόδους (I/O) ακροδέκτες, χρονόμετρα / μετρητές, διακοπές και UART.

### **AVR:**

Ο AVR είναι ένας 8-bit RISC αρχιτεκτονικής μικροελεγκτής. Είναι διαθέσιμος από το 1996 και μετά μόνο. Υπάρχουν 16-bit και 32-bit μικροελεγκτές επίσης διαθέσιμοι στην ίδια οικογένεια. Ο AVR διαθέτει 140 συνολικά εντολές, οι οποίες βασίζονται στον 1 κύκλο μηχανής για να εκτελεστούν. Από προεπιλογή, οι μικροελεγκτές AVR λειτουργούν στο 1 MHz κύκλο ρολογιού. Η ταχύτητα του AVR μικροελεγκτή είναι 12 εκατομμύρια εντολές ανά δευτερόλεπτο. Η AVR οικογένεια μικροελεγκτή έχει on-chip boot-loader. Με αυτό μπορούμε να προγραμματίσουμε τον μικροελεγκτή μας εύκολα χωρίς οποιοδήποτε εξωτερικό προγραμματιστή. Οι ελεγκτές AVR διαθέτουν αρκετές I/O θύρες, χρονόμετρα/μετρητές, διακοπές, μετατροπείς A/D, USART, διεπαφές I2C, κανάλια PWM, on-chip αναλογικούς συγκριτές.

### **PIC:**

Οι PIC (Προγραμματιζόμενος ελεγκτής διασύνδεσης) μικροελεγκτές είναι διαθέσιμοι σε 3 διαφορετικές αρχιτεκτονικές. Αυτές είναι των 8-bit, 16-bit και 32-bit μικροελεγκτές. Οι PIC έχουν κοντά 40 εντολές όπου για να εκτελεστούν χρειάζεται 4 κύκλοι ρολογιού. Η ταχύτητα του PIC ελεγκτή είναι 3 εκατομμύρια εντολές – πράξεις το δευτερόλεπτο. Το προγραμματιστικό κομμάτι του PIC μικροελεγκτή είναι αρκετά δύσκολο για κάποιον που είναι «νέος» στα ενσωματωμένα συστήματα. Διαθέτει περιφερειακά όπως SPI, ADC, I2C, UART, αναλογικό συγκριτή, εσωτερικό RC ταλαντωτή κ.α..

### **2.1.2 Ο 16-bit μικροελεγκτής**

Όταν η αριθμητική λογική μονάδα, ALU (arithmetic logic unit) εκτελεί αριθμητικές και λογικές πράξεις σε μία λέξη (word) (8-bits) σε μια εντολή, ο μικροελεγκτής είναι ένας 16-bit μικροελεγκτής. Το εσωτερικό πλάτος του διαύλου επικοινωνίας ενός 16-bit μικροελεγκτή είναι 16-bit. Παραδείγματα 16-bit μικροελεγκτών είναι η Intel 8096 οικογένεια και η Motorola MC68HC12 και MC68332. Η απόδοση και η ικανότητα των 16 μικροελεγκτών είναι μεγαλύτερη και πιο ακριβής συγκρινόμενη με τους 8-bit μικροελεγκτές.

### **8096:**

Ο 8096 είναι ένας 16-bit μικροελεγκτής με αποκλειστικές εισόδους/ εξόδους ( I/O), υποσυστήματα και ένα ολοκληρωμένο σετ από 16-bit αριθμητικές πράξεις – εντολές συμπεριλαμβανομένου τον πολλαπλασιασμό και την διαίρεση σαν λειτουργίες. Ο Intel 8048 βελτιστοποιήθηκε για γενικού ελέγχου καθήκοντα ενώ ο 8051 βελτιστοποιήθηκε για 8-bit μαθηματικές και απλές Boolean πράξεις. Η αρχιτεκτονική του 8096 διαφέρει από αυτές των 8048 και 8051. Υπάρχουν δύο βασικά τμήματα στον 8096, η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU) και το τμήμα εισόδου/ εξόδου (I/O).

### **2.1.3 Ο 32-bit μικροελεγκτής**

Όταν η αριθμητική λογική μονάδα, ALU (arithmetic logic unit) εκτελεί αριθμητικές και λογικές πράξεις σε μία διπλή λέξη (word) (32-bits) σε μια εντολή, ο μικροελεγκτής είναι ένας 32-bit μικροελεγκτής. Παραδείγματα 32-bit μικροελεγκτών είναι η Intel 80960 οικογένεια, η Motorola M683xx και οι Intel/Atmel 251.

(A. K. Singh, “Microcontrollers and Embedded Systems”, Dec 2008)

## **2.2 Δημοφιλείς Πλατφόρμες Ανάπτυξης Ενσωματωμένων Συστημάτων**

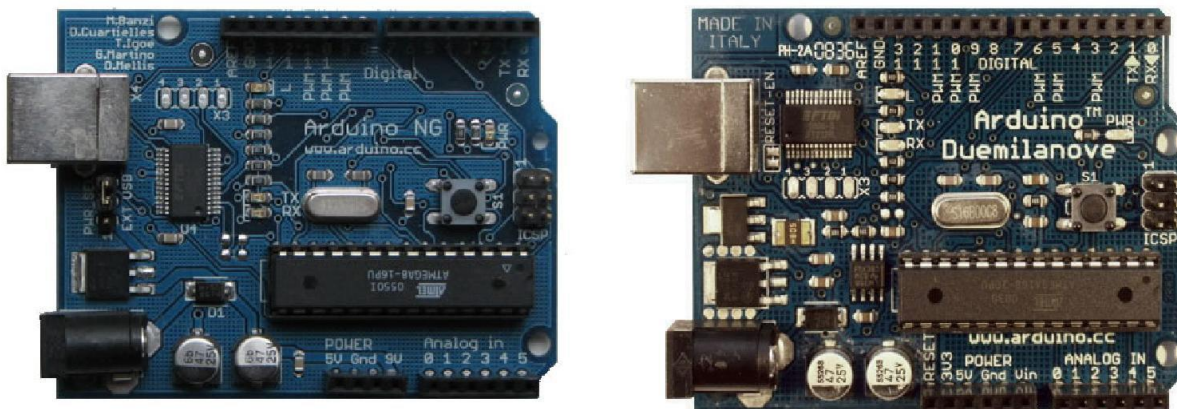
### **2.2.1 Αναπτυξιακή πλατφόρμα Arduino**

Ο Arduino είναι ένα εργαλείο για να κατασκευάσουμε ένα υπολογιστικό σύστημα με την έννοια ότι αυτό θα ελέγχει συσκευές του φυσικού κόσμου, σε αντίθεση με τον κοινό Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Είναι ανοιχτού υλικού και λογισμικού και βασίζεται σε μια αναπτυξιακή πλακέτα που ενσωματώνει επάνω έναν μικροελεγκτή και συνδέεται με τον Η/Υ για να τον προγραμματίσουμε μέσα από ένα απλό περιβάλλον ανάπτυξης. Ένας Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναπτύξουμε διαδραστικά αντικείμενα, να δεχτούμε εισόδους από πληθώρα αισθητηρίων οργάνων και διακόπτες, αλλά και να ελέγχουμε διάφορα φώτα, κινητήρες και άλλες συσκευές εξόδου του φυσικού κόσμου. Τα Projects στον εν λόγω Μικροελεγκτή μπορούν να είναι αυτόνομα (σε επίπεδο hardware) ή να επικοινωνούν με κάποιο software στον Η/Υ του προγραμματιστή (προγράμματα όπως τα Flash, Processing, MaxMSP). Το περιβάλλον ανάπτυξης του λογισμικού βασίζεται στην γλώσσα προγραμματισμού Processing και την γλώσσα προγραμματισμού Wiring, οι οποίες είναι ανοιχτού κώδικα (open source) και μπορεί κάποιος να τις "κατεβάσει δωρεάν". Η Γλώσσα προγραμματισμού του Arduino αποτελεί μια εφαρμογή σε

software επίπεδο της καλωδίωσης. Εξομοιώνει θα λέγαμε απόλυτα το φυσικό περιβάλλον του μικροελεγκτή.

## 2.2.2 Το Υλικό (Hardware) του Arduino

Ο μικροελεγκτής Arduino Mega είναι στην ουσία μια αναπτυξιακή πλακέτα που ενσωματώνει έναν ATmega1280. Υπάρχουν πολλές εκδόσεις του μικροελεγκτή. Στα παρακάτω σχήματα βλέπετε την έκδοση NG και την έκδοση Duemilanove. Μια έκδοση είναι αυτή του Arduino MEGA2560 . Οι κατασκευαστές του Arduino έχουν τοποθετήσει στις πλακέτες όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα για την τροφοδοσία και την διασύνδεση των μικροελεγκτών με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Η πλακέτα μπορεί να τροφοδοτηθεί είτε με τροφοδοτικό των 9Volt, είτε απευθείας από την USB θύρα του Υπολογιστή.



Σχήμα 11: Πλατφόρμες Arduino.

Arduino NG

Arduino Duemilanove

### 2.2.3 Ακροδέκτες του μικροελεγκτή Arduino

Το Arduino έχει 54 ψηφιακούς ακροδέκτες Εισόδου/Εξόδου. Αυτοί μπορούν να τεθούν ως είσοδοι ή ως έξοδοι με τις εντολές - συναρτήσεις pinMode(), digitalWrite(), and digitalRead().

Λειτουργούν στα 5 Volts και έχουν την δυνατότητα να παρέχουν ή να καταβυθίζουν ένταση της τάξεως των 40mA. Σε κάθε Pin υπάρχει εσωτερικά ένας Pull-up αντιστάτης στα 20 - 50KΩ. Επιπλέον έχει 16 Αναλογικούς ακροδέκτες Εισόδου. Αυτοί μπορούν να διαβάσουν αναλογικές τιμές όπως η τάση μιας μπαταρίας κτλ. και να τις μετατρέψουν σε έναν αριθμό από 0 - 1023. Η μέτρηση της τάσης γίνεται από προκαθορισμένα από 0 έως 5 volts. Εκτός αυτού 15 εκ των 54 ψηφιακών ακροδεκτών οι P2 - 13 και 44 - 46 έχουν την δυνατότητα να προγραμματιστούν ώστε να λειτουργούν ως Αναλογικές Έξοδοι.

#### **Ακροδέκτες με συγκεκριμένες λειτουργίες.**

**Σειριακή Λειτουργία:** 0 (RX) and 1 (TX). Χρησιμοποιούνται για λήψη (RX) και εκπομπή (TX) TTL σειριακών δεδομένων. Αυτοί οι ακροδέκτες είναι συνδεδεμένοι με τους αντίστοιχους του ολοκληρωμένου FTDI USB-to-TTL Serial.

**Εξωτερικές Διακοπές:** 2 και 3. Αυτοί οι ακροδέκτες μπορούν να ενεργοποιούν διακοπές αν ανιχνευθεί παλμός χαμηλής τάσης. Με την συνάρτηση attachInterrupt().

**PWM:** 2 μέχρι 13 και 44 μέχρι 46. Παρέχουν Έξοδο 8-bit PWM με την συνάρτηση analogWrite().

**SPI:** 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Αυτοί οι ακροδέκτες επιτρέπουν επικοινωνία SPI, η οποία αν και παρέχεται από το hardware δεν είναι ακόμα διαθέσιμη στην γλώσσα προγραμματισμού του Arduino.

**LED:** 13. Στον ακροδέκτη 13 υπάρχει ένα ενσωματωμένο LED. Όταν ο ακροδέκτης έχει τιμή HIGH, το LED φωτοβολεί..

**I2C:** 4 (SDA) and 5 (SCL). Υποστηρίζει το πρωτόκολλο I2C (TWI) χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες της Γλώσσας προγραμματισμού Wiring.

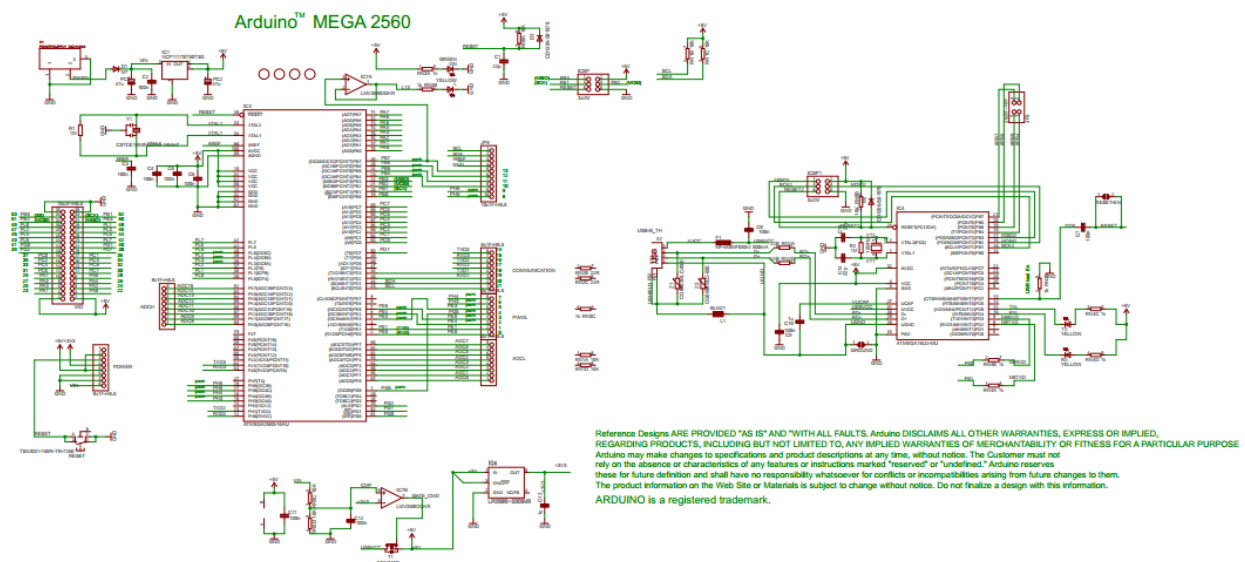
**AREF:** Reference voltage for the analog inputs. Χρησιμοποιείται με την συνάρτηση analogReference().

**Reset:** Αν τεθεί σε κατάσταση LOW τότε επανενεκινεί τον Μικροελεγκτή. Σε αυτή τη γραμμή τοποθετείται ένας διακόπτης.



## 2.2.4 Σχηματικό Διάγραμμα του Arduino

Το παρακάτω αρχείο βρίσκεται στο επίσημο site <https://www.arduino.cc>



Σχήμα 12: Schematic of Arduino MEGA (Source: <https://www.arduino.cc>)

## 2.2.5 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Arduino MEGA

Μικροελεγκτής	ATmega2560
Τάση Λειτουργίας	5V
Τάση εισόδου (Προτεινόμενη)	7 – 12V

Τάση Εισόδου (Όριο)	6 – 20V
Ψηφιακοί Ακροδέκτες I/O Pins	54 (15 από τους οποίους διατίθενται για PWM έξοδο)
Ψηφιακοί Ακροδέκτες Εισόδου	16
DC ρεύμα ανά I/O Ακροδέκτη	20mA
DC ρεύμα για 3.3V Ακροδέκτη	50mA
Μνήμη Flash	256KB (8KB χρησιμοποιούνται για τον Bootloader)
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Ταχύτητα Ρολογιού	16KB
LED ενσωματωμένο	13

### 2.2.6 Τροφοδοσία

Το αναπτυξιακό Arduino MEGA τροφοδοτείται είτε από εξωτερική τροφοδοσία είτε απευθείας από την θύρα USB. Η επιλογή της πηγής γίνεται αυτόματα από το αναπτυξιακό. Ως εξωτερική τροφοδοσία ορίζεται είτε μια μπαταρία, είτε μετασχηματιστής των 9Volt από 220V. Η μπαταρία μπορεί να συνδεθεί στις υποδοχές του Arduino Vin και GND όπου τοποθετούνται ο θετικός πόλος και ο αρνητικός αντίστοιχα. Από την άλλη αν τροφοδοτήσουμε με μετασχηματιστή απλά τοποθετούμε το βύσμα στην υποδοχή που υπάρχει με τον θετικό πόλο στο κέντρο. Η πλακέτα μπορεί να λειτουργήσει με εξωτερική πηγή από 6 έως 20 Volts. Αν ωστόσο τροφοδοτηθεί με λιγότερα από 7 Volt τα pin εξόδου 5Volt δεν θα καταφέρουν να εξάγουν τάση 5 Volts. Αν από

την άλλη δώσουμε πάνω από 12 Volts θα υπερθερμανθεί ο σταθεροποιητής τάσης στην πλακέτα και ενδεχομένως να καταστραφεί. Συνεπώς μια ιδανική τάση είναι τα 9 Volts.

Οι ακροδέκτες τροφοδοσίας είναι οι εξής:

**VIN:** Ακροδέκτης για μη σταθεροποιημένη τάση. Συνήθως εδώ συνδέεται μια εξωτερική πηγή τροφοδοσίας.

**5V:** Ακροδέκτης σταθεροποιημένης τάσης 5Volt. Χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του μικροελεγκτή ή άλλων ηλεκτρονικών στοιχείων.

**3V3:** Το ολοκληρωμένο FTDI που βρίσκεται στην πλακέτα του Arduino παράγει τάση των 3.3V με μέγιστο ρεύμα 50mA.

**GND:** Ακροδέκτες Γείωσης

### 2.2.7 Επικοινωνία

Ο Arduino MEGA έχει την δυνατότητα να επικοινωνεί με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή, έναν άλλον Arduino ή άλλους μικροελεγκτές. Το ολοκληρωμένο ATmega1280 παρέχει σειριακή επικοινωνία TTL 5Volt UART, η οποία είναι διαθέσιμη από τους ακροδέκτες (λήψη RX) 0 και (εκπομπή TX) 1 του ολοκληρωμένου. Επιπλέον στην αναπτυξιακή πλακέτα του Arduino είναι ενσωματωμένο ένα ολοκληρωμένο το FTDI FT232RL το οποίο παρέχει σειριακή επικοινωνία με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή για προγραμματισμό, πάνω από την θύρα USB με την βοήθεια των ανάλογων FTDI drivers.

### 2.2.8 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 AVRlibc. Λόγω της καταγωγής της από την C, στην γλώσσα του Arduino χρησιμοποιούνται ίδιες βασικές εντολές και συναρτήσεις, με την ίδια σύνταξη, τους ίδιους τύπων δεδομένων και τους ίδιους τελεστές όπως και στην C.

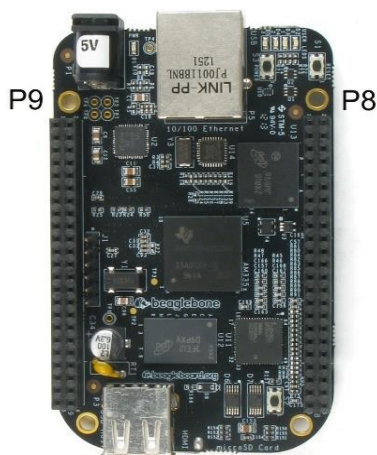
## 2.3 Αναπτυξιακή πλατφόρμα Beagleboard

Το Beagleboard είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού λογισμικού και χαμηλής κατανάλωσης που παράγεται από την Texas Instruments σε συνεργασία με την Digi – Key και την Newark element

14. Το Beagleboard σχεδιάστηκε από μια μικρή ομάδα μηχανικών ως ένας μικροελεγκτής για εκπαιδευτικούς σκοπούς ώστε να διδάξει τις δυνατότητες του ανοιχτού υλικού και λογισμικού. Είναι πλήρως λειτουργικό όπως ένας Η/Υ καθώς περιέχει επεξεργαστή ARM Cortex – A8 που μπορεί να “τρέξει” Linux, FreeBSD, OpenBSD, RISC OS ή Android, κάρτα γραφικών της Imagination Technologies PowerVR SGX530 για να παρέχει την δυνατότητα επεξεργασίας 2D και 3D, έξοδο βίντεο που παρέχει συνδέσεις S-video και HDMI, κάρτα SD/MMC καθώς και δυνατότητα δικτύωσης μέσω Ethernet.

### 2.3.1 Το Υλικό (Hardware) του BeagleBone Black

Το BeagleBone Black, είναι ένα είδος Beagleboard, είναι στην ουσία μια αναπτυξιακή πλακέτα που ενσωματώνει έναν AM3358/9 1000MHz ARM Cortex-A8 επεξεργαστή. Οι κατασκευαστές του Beagleboard έχουν τοποθετήσει στις πλακέτες όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα για την τροφοδοσία και την διασύνδεση των μικροελεγκτών με τον Η/Υ. Η πλακέτα μπορεί να τροφοδοτηθεί είτε με τροφοδοτικό των 5Volt, είτε απευθείας από την USB θύρα του Η/Υ.



Σχήμα 13: Beaglebone black

### 2.3.2 Ακροδέκτες του μικροελεγκτή Beaglebone Black

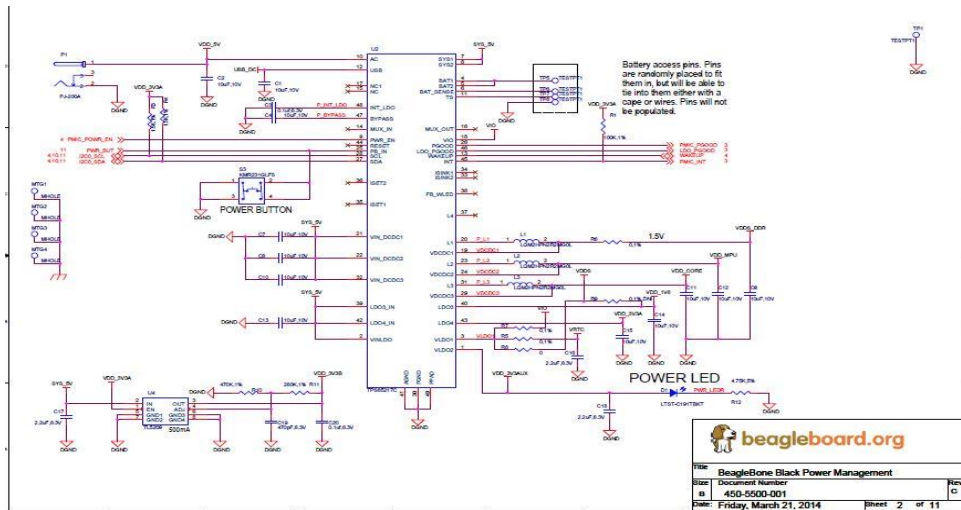
Το BeagleBone Black διαθέτει μεγάλο αριθμό ψηφιακών ακροδεκτών. Η τροφοδοσία της πλακέτας πραγματοποιείται, είτε μέσω της θύρας USB, είτε μέσω εξωτερικής τροφοδοσίας 5 V που καταλήγει σε βύσμα διαμέτρου 5,5 mm με θετικό πόλο. Διαθέτει δύο Header, P8 και P9

(σχήμα 13), με το κάθε ένα να περιλαμβάνει 46 ακροδέκτες, οι οποίοι μπορούν να διαμορφωθούν ως εξής:

- Έως 65 ψηφιακοί ακροδέκτες εισόδου/εξόδου οι οποίοι λειτουργούν στα 3,3 V και μπορούν να διαχειριστούν μέγιστο ρεύμα 6 mA.
- Έως 8 μπορούν να λειτουργήσουν χρησιμοποιώντας την διαμόρφωση PWM .
- Έως 7 αναλογικοί είσοδοι με ακρίβεια 12 bit (λαμβάνει δηλαδή 4096 διαφορετικές τιμές), με μέγιστη επιτρεπτή τάση τα 1,8 V.
- Έως 5 ακροδέκτες UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, Καθολικού Ασύγχρονου Πομποδέκτη).
- Έως 2 ακροδέκτες I2C (Inter-Integrated Circuit, Ενδιάμεσο Ολοκληρωμένο Κύκλωμα).
- Έως 2 ακροδέκτες SPI.
- Έως 25 ακροδέκτες χαμηλής καθυστέρησης PRU (Programmable Real-time Unit, Προγραμματιζόμενες Μονάδες Πραγματικού Χρόνου)

### 2.3.3 Σχηματικό Διάγραμμα του Beaglebone Black

Το παρακάτω αρχείο βρίσκεται στο επίσημο site <http://beagleboard.org/hardware/design>



Σχήμα 14: Σχηματικό Διάγραμμα Beaglebone Black

### 2.3.4 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Beaglebone Black

Μικροελεγκτής	Sitara AM3358BZCZ100, 1GHz, 2000 MIPS
Μηχανή Γραφικών	SGX530 3D, 20M Polygons/S
SDRAM Memory	512MB DDR3L 800MHz
Onboard Flash	4GB, 8bit Embedded MMC
PMIC	TPS65217C PMIC ρυθμιστής και επιπλέον έναν LDO
Υποστήριξη Σφαλμάτων (Debug Support)	Προαιρετικό onboard 20 ακροδεκτών CTI JTAG, Serial Header
Πηγή εισόδου	Mini USB, USB, DC Jack
Σειριακή Πόρτα	UART0 πρόσβαση μέσω του ακροδέκτη 6, 3.3V TTL Header.
Δικτύωση	Ethernet 10/100, RJ45
SD/MMC	microSD, 3.3V
Έξοδος Βίντεο	16b HDMI, 1280x1024 (MAX), 1024x768. 1280x720. 1440x900. 1920x1080@24Hz, w/EDID Support
Ήχος	Μέσω HDMI Interface, Stereo
Τάση Λειτουργίας	5V, 3.3V, VDD_ADC(1.8V) 3.3V I/O on all signals

<http://elinux.org/Beagleboard:BeagleBoneBlack>

### 2.3.5 Γλώσσα προγραμματισμού

Η αναπτυξιακή πλατφόρμα Beaglebone Black είναι συμβατή με ποικιλία λειτουργικών συστημάτων όπως Linux, Android κ.α.. Οι γλώσσες προγραμματισμού που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για τον προγραμματισμό της συγκεκριμένης πλατφόρμας είναι αρκετές. Μερικές από τις γλώσσες προγραμματισμού είναι οι C, C++, Python, Perl, Ruby, Java, ή και shell script.

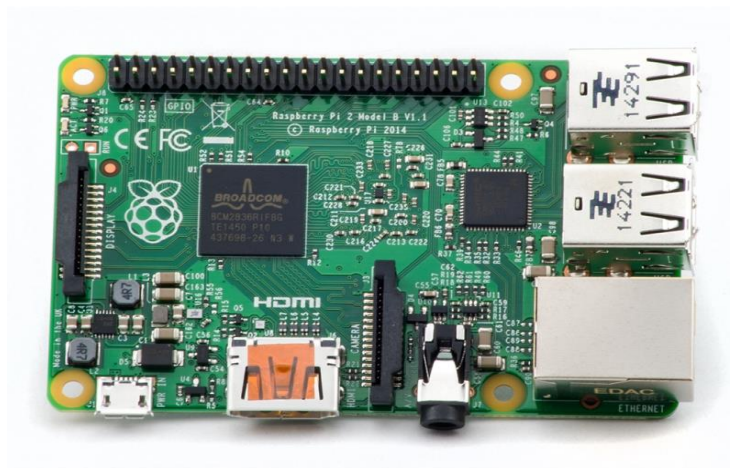
## 2.4 Αναπτυξιακή πλατφόρμα Raspberry Pi 2

Το Raspberry Pi 2 (RPi) είναι ένας Η/Υ στο μέγεθος πιστωτικής κάρτας, το οποίο αρχικά σχεδιάστηκε για εκπαιδευτικό σκοπό, εμπνευσμένο από τον 8-bit BBC μικροϋπολογιστή της εταιρείας Acorn Computer. Σκοπός του RPi αρχικά ήταν να είναι μια συσκευή οικονομική η οποία θα βοηθούσε στην καλύτερη κατανόηση και βελτίωση των γνώσεων σε επίπεδο προγραμματισμού και υλικού (Hardware). Γρήγορα όμως κατέκλυσε την αγορά λόγω του μικρού μεγέθους του, της χαμηλής τιμής του, όπως επίσης για τις δυνατότητες και τις εφαρμογές που απαιτούν κάτι πιο ικανό από έναν απλό μικροελεγκτή όπως για παράδειγμα είναι το Arduino. Το RPi 2 είναι πιο αργό από έναν σύγχρονο Η/Υ ή Laptop. Είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα Linux με πολλές δυνατότητες το οποίο λειτουργεί σε χαμηλά επίπεδα κατανάλωσης ισχύος.

### 2.4.1 Το Υλικό (Hardware) του RPi 2

Το RPi 2 χρησιμοποιεί chip της Broadcom και συγκεκριμένα ARM αρχιτεκτονικής BCM2836 με επεξεργαστή έναν quad-core Cortex-A7. Είναι ανοιχτού υλικού και λογισμικού με εξαίρεση το βασικό chip της Broadcom SoC, που είναι υπεύθυνο για τα περισσότερα στοιχεία του συστήματος RPi 2, όπως επεξεργαστής, γραφικά, μνήμη, USB ελεγκτές κ.α. Παρακάτω δείτε το RPi 2 στο σχήμα Σχ. 15..

<https://www.raspberrypi.org>



Σχήμα 15: Raspberry Pi 2

### 2.4.2 Ακροδέκτες του Raspberry Pi 2

Το RPi 2 διαθέτει 40 γενικού χρήσης εισόδου/εξόδου ακροδέκτες (GPIO pins), Serial Peripheral Interface Bus (SPI), I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S, I2C IDC ακροδέκτες, Universal asynchronous receiver/transmitter (UART). Λειτουργούν στα 3.3V και το μέγιστο επιτρεπτό ρεύμα κατανάλωσης είναι 50mA. Σε κάθε Pin υπάρχει εσωτερικά ένας Pull-up αντιστάτης στα 50kOhm – 65kOhm. Η λογική των 3.3 Volt χρησιμοποιείται ώστε το Raspberry Pi 2 να ερμηνεύει οποιαδήποτε τάση κοντά στα 0V ως «λογική» 0 και οποιαδήποτε τάση λίγο ανώτερη από τα 2V ως «λογική» 1. Είσοδοι πέρα από τα 3.3V μπορούν να χαλάσουν την συσκευή. Αντίστοιχα, εάν τα GPIO Pins ρυθμιστούν ώστε να λειτουργούν ως έξοδοι, το Raspberry Pi 2 θα ορίσει το pin σε μια τάση είτε κοντά στα 0V είτε κοντά στα 3.3V. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται λεπτομερώς ο ρόλος των 40 ακροδεκτών γενικής χρήσης GPIO.

Πέραν αυτών το Raspberry Pi 2 διαθέτει 4 θύρες USB 2.0 όπως επίσης και θύρα HDMI (rev 1.3), composite video (3.5 mm TRRS jack). Για την σύνδεση στο internet διαθέτει μια υποδοχή Ethernet. Εκτός από αυτά, διαθέτει 2 σειριακές θύρες για καλωδιωταινία, που εξυπηρετούν ανάγκες display (Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane) και camera (15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)).

[https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi#cite\\_note-77](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#cite_note-77)

<https://www.element14.com/community/docs/DOC-78315/1/raspberry-pi-gpio-explained>

<http://elinux.org/>

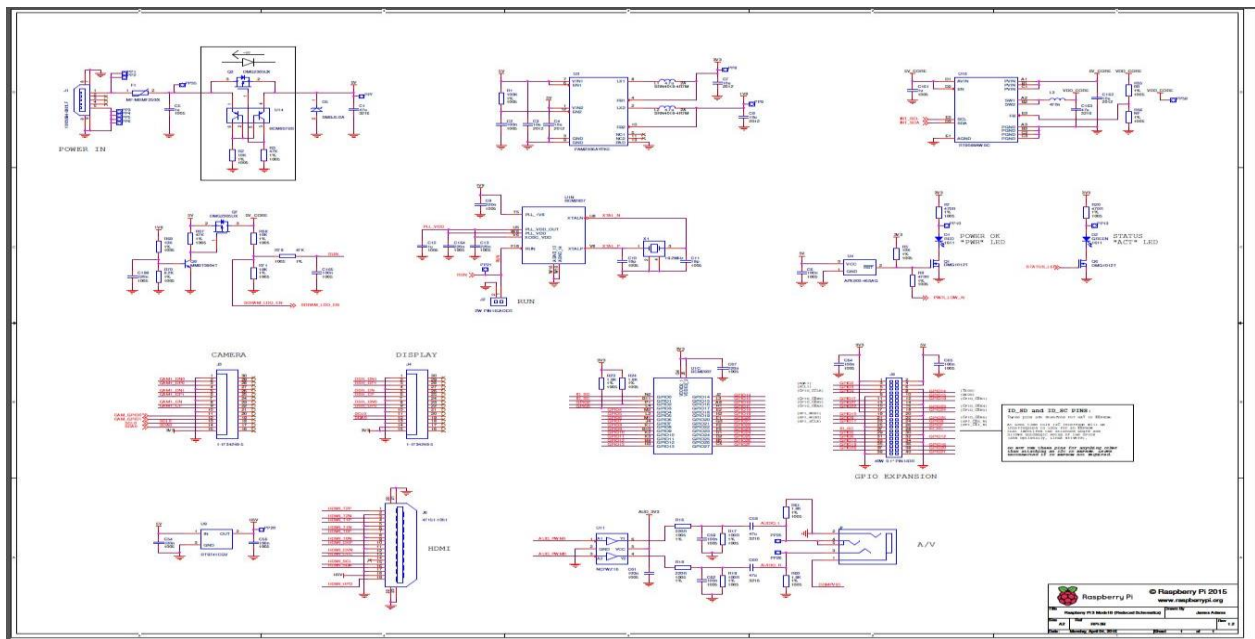


GPIO#	2nd func.	Pin#	Pin#	2nd func.	GPIO#
	+3.3 V	1	2	+5 V	
2	SDA1 (I <sup>2</sup> C)	3	4	+5 V	
3	SCL1 (I <sup>2</sup> C)	5	6	GND	
4	GCLK	7	8	TXD0 (UART)	14
	GND	9	10	RXD0 (UART)	15
17	GEN0	11	12	GEN1	18
27	GEN2	13	14	GND	
22	GEN3	15	16	GEN4	23
	+3.3 V	17	18	GEN5	24
10	MOSI (SPI)	19	20	GND	
9	MISO (SPI)	21	22	GEN6	25
11	SCLK (SPI)	23	24	CE0_N (SPI)	8
	GND	25	26	CE1_N (SPI)	7
(Pi 1 Models A and B stop here)					
EEPROM	ID_SD	27	28	ID_SC	EEPROM
5	N/A	29	30	GND	
6	N/A	31	32		12
13	N/A	33	34	GND	
19	N/A	35	36	N/A	16
26	N/A	37	38	Digital IN	20
	GND	39	40	Digital OUT	21

Σχήμα 16: Raspberry Pi 2 GPIO Pins

### 2.4.3 Σχηματικό Διάγραμμα του Raspberry Pi 2

Το παρακάτω αρχείο βρίσκεται στο επίσημο site <https://github.com/raspberrypi/documentation>.



### Σχήμα 17: Σχηματικό Διάγραμμα Raspberry Pi 2

#### 2.4.4 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Raspberry Pi 2

Μικροελεγκτής	BCM2836 σύστημα της Broadcom, 900 MHz 32-bit quad-core ARM Cortex-A7
Μηχανή Γραφικών	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Πηγή εισόδου	Micro USB socket 5V, 2A
Σειριακή Πόρτα	UART0 πρόσβαση μέσω του ακροδέκτη 6, 3.3V TTL Header.
Δικτύωση	10/100 BaseT Ethernet socket
SD/MMC	microSD, 3.3V
Έξοδος Βίντεο	HDMI (rev 1.3 & 1.4)
Ήχος	3.5mm jack, HDMI

## 2.4.5 Γλώσσα προγραμματισμού

Το ίδρυμα Raspberry Pi παρέχει το λειτουργικό Raspbian, είναι βασισμένο σε Debian Linux διανομή και μπορεί να βρεθεί ελεύθερο στο διαδίκτυο για «κατέβασμα» όπως επίσης διατίθενται third party Ubuntu, Windows 10 IOT Core, RISC OS. Προωθεί την Python και Scratch σαν κύριες γλώσσες προγραμματισμού και υποστηρίζει αρκετές άλλες γλώσσες. Το προεπιλεγμένο firmware είναι κλειστού λογισμικού, ενώ μία ανεπίσημη έκδοση είναι διαθέσιμη σαν ανοιχτού λογισμικού.

## 3. Επιλογή Λειτουργικού Συστήματος (Operation System)

### 3.1 Λειτουργικό Σύστημα

Λειτουργικό σύστημα ή ΛΣ (αγγλικά: Operating System ή OS) ονομάζεται στην επιστήμη της πληροφορικής το λογισμικό του υπολογιστή που είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση και τον συντονισμό των εργασιών, καθώς και την κατανομή των διαθέσιμων πόρων. (*Σύγχρονα Λειτουργικά Συστήματα, Tanenbaum Andrew S., Εκδ. Κλειδάριθμος*). Το λειτουργικό σύστημα παρέχει ένα θεμέλιο, ένα μεσολαβητικό επίπεδο λογικής διασύνδεσης μεταξύ λογισμικού και υλικού, διαμέσου του οποίου οι εφαρμογές αντιλαμβάνονται εμμέσως τον υπολογιστή. (*Αρχιτεκτονική Υπολογιστών: Μια Δομημένη Προσέγγιση, Tanenbaum Andrew S., Εκδ. Κλειδάριθμος*). Μια από τις κεντρικές αρμοδιότητες του λειτουργικού συστήματος είναι η διαχείριση του υλικού, απαλλάσσοντας έτσι το λογισμικό του χρήστη από τον άμεσο και επίπονο χειρισμό του υπολογιστή και καθιστώντας ευκολότερο τον προγραμματισμό τους. Σχεδόν όλοι οι υπολογιστές (παλάμης, επιτραπέζιοι, υπερυπολογιστές, ακόμη και παιχνιδιομηχανές) χρησιμοποιούν έναν τύπο λειτουργικού συστήματος. Ορισμένα παλαιότερα μοντέλα ωστόσο βασίζονται σε ένα ενσωματωμένο λειτουργικό σύστημα, το οποίο περιέχεται σε έναν οπτικό δίσκο ή άλλες συσκευές αποθήκευσης δεδομένων.

#### 3.1.1 Ενσωματωμένα λειτουργικά συστήματα

Ως λειτουργικό σύστημα (ΛΣ) χαρακτηρίζεται μία συλλογή βασικών προγραμμάτων, η οποία ελέγχει τη λειτουργία του υπολογιστή συνολικά και χρησιμοποιείται ως υπόβαθρο για την εκτέλεση όλων των υπόλοιπων προγραμμάτων, τη διαχείριση των περιφερειακών συσκευών και την εξασφάλιση της επικοινωνίας μεταξύ χρήστη και υπολογιστή. Στην πράξη πρόκειται για ένα επίπεδο λογισμικού που μεσολαβεί μεταξύ του υλικού και των εκτελούμενων προγραμμάτων σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αποτελείται από ένα σύνολο μηχανισμών μέσω των οποίων

επιτυγχάνεται αυτόματη διαχείριση των πόρων ενός υπολογιστή και ελεγχόμενη κατανομή τους στις εκτελούμενες εφαρμογές, έτσι ώστε οι τελευταίες να είναι σε θέση να προσπελάσουν εύκολα τους πόρους και τις συσκευές του συστήματος χωρίς να χρειάζεται να γνωρίζουν με ακρίβεια τη δομή του υποκείμενου υλικού, αλλά και ώστε πολλαπλές εφαρμογές να μπορούν να εκτελούνται ταυτόχρονα χωρίς να έρχονται σε διένεξη μεταξύ τους ή με τον υπολογιστή.

Οι πρώτοι υπολογιστές στερούνταν λειτουργικού συστήματος. Ένας άνθρωπος 'χειριστής' (operator) φόρτωνε τα προγράμματα στη μνήμη του υπολογιστή και φρόντιζε για την εκτέλεσή τους, εξ ου και το όνομα του λογισμικού συστήματος το οποίο αντικατέστησε τις ανθρώπινες αυτές ενέργειες (Operating System). Με το μεσολαβητικό επίπεδο διασύνδεσης που προσφέρει το ΛΣ, οι εφαρμογές μπορούν να αξιοποιούν εύκολα τη μνήμη, τον επεξεργαστή, το σύστημα αρχείων και τις περιφερειακές συσκευές. Δηλαδή το ΛΣ δημιουργεί ένα απλουστευμένο εικονικό περιβάλλον μέσα στο οποίο εκτελούνται οι εφαρμογές. Οι τελευταίες, μέσα από κάποια συγκεκριμένη και τυποποιημένη προγραμματιστική διασύνδεση που τους προσφέρει το ΛΣ, τις κλήσεις συστήματος, διαμορφώνουν αυστηρά συμμορφούμενα με αυτήν τη διασύνδεση αιτήματα για να αποκτήσουν πόρους, προκειμένου να φέρουν εις πέρας τις εργασίες που ζητά ο χρήστης.

Στα PC το ΛΣ είναι το πρώτο λογισμικό που «φορτώνεται» στη μνήμη του υπολογιστή μετά την εκτέλεση του BIOS. Οποιοδήποτε λογισμικό φορτωθεί στη συνέχεια βασίζεται στο ΛΣ για την παροχή όλων των υπηρεσιών οι οποίες απαιτούν πρόσβαση στο υλικό.

### **3.2 Πυρήνας Linux**

Το Linux (Λίνουξ) ή GNU/Linux (Γκνού/Λίνουξ), είναι ένα λειτουργικό σύστημα που αποτελείται από ελεύθερο λογισμικό. Η χρήση του είναι παρόμοια με αυτή του Unix, αλλά όλος ο πηγαίος κώδικας του έχει γραφτεί από την αρχή ως ελεύθερο λογισμικό υπό την ελεύθερη άδεια χρήσης GNU General Public License.

Το Linux μπορεί να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει σε μεγάλη ποικιλία υπολογιστικών συστημάτων, από μικρές συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα μέχρι μεγάλα υπολογιστικά συστήματα και υπερυπολογιστές. Τον Ιούνιο του 2014, 97% των 500 ισχυρότερων υπερυπολογιστών χρησιμοποιούν κάποια διανομή Linux. Το Linux χρησιμοποιείται κατά κόρον σε διακομιστές, αφού η καταγεγραμμένη χρήση του σε αυτούς για το 2008 ανέρχεται σε 60% του συνόλου της αγοράς. Σε ότι αφορά τους προσωπικούς υπολογιστές, η δημοφιλία των λειτουργικών

συστημάτων Mac OS X ή Microsoft Windows είναι υψηλότερη, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό του Linux είναι σχεδόν 2%. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται άνοδος του Linux και σε προσωπικούς υπολογιστές, χάρη στην πολύ καλύτερη υποστήριξη και συμβατότητα με τα διάφορα συστήματα και υλικά υπολογιστών απ'ότι στο παρελθόν, καθώς και την αναβαθμισμένη αισθητικά και χρηστικά λειτουργικότητα των διάφορων διανομών. Επίσης διανομές Linux είναι εξαιρετικά δημοφιλής στα παλαιότερα ή μικρής επεξεργαστικής ισχύς μηχανήματα (όπως netbook, καθώς συχνά έχει πολύ χαμηλότερες απαιτήσεις επεξεργαστικής ισχύς, μνήμης, και αποθηκευτικού χώρου σε σχέση με άλλα λειτουργικά συστήματα. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Linux\\_kernel](https://en.wikipedia.org/wiki/Linux_kernel))

Το Linux συχνά προσφέρεται στο χρήστη σε διάφορες διανομές Linux. Χαρακτηριστικό των διανομών είναι η μεγάλη δυνατότητα παραμετροποίησης και επιλογής που προσφέρουν καθώς κάθε μια απευθύνεται σε διαφορετικό τύπο χρηστών. Ανάλογα με την φιλοσοφία που ακολουθεί κάθε διανομή μπορεί να δίνει μεγαλύτερη βάση στη φιλικότητα προς τον χρήστη, στις εφαρμογές πολυμέσων, την ευκολία παραμετροποίησης, απλότητα του συστήματος, μόνο ελεύθερο λογισμικό, χαμηλές απαιτήσεις σε πόρους, και άλλα.

Δημιουργός του πυρήνα Linux είναι ο Λίνους Τόρβαλντς, από το όνομα του οποίου προήλθε και η ονομασία Linux. Ο Τόρβαλντς άρχισε να αναπτύσσει ένα αρχικό πυρήνα το 1991 χρησιμοποιώντας κώδικα από το ακαδημαϊκό λειτουργικό σύστημα MINIX του Άντριου Τάνενμπάουμ, το οποίο και μετεξέλιξε ανεξάρτητα, και κατόπιν υιοθέτησε τα προγράμματα και βιβλιοθήκες του λειτουργικού συστήματος GNU του Ρίτσαρντ Στάλλμαν. Πάνω στον αρχικό πυρήνα του Τόρβαλντς έχουν εργαστεί χιλιάδες χρήστες, κοινότητες αλλά και εταιρείες. Λόγω της συνύπαρξης του πυρήνα Linux και του συστήματος GNU στο σχηματισμό του Linux ως λειτουργικό σύστημα, συχνά το σύστημα αυτό αναφέρεται ως GNU/Linux, όπως προτιμά το Ίδρυμα Ελεύθερου Λογισμικού.

(<https://el.wikipedia.org/wiki/Linux>)

### **3.2.1 Debian Λειτουργικό Σύστημα**

Το Debian, αποτέλεσμα του Debian Project, είναι μια δημοφιλής διανομή Linux, ελεύθερο λογισμικό που αναπτύσσεται μέσω της συνεργασίας εθελοντών από όλο τον κόσμο. Βασίζεται στον πυρήνα linux και στην ομάδα βασικών εργαλείων του εγχειρήματος GNU.

Το Debian είναι γνωστό για την αφοσίωσή του στη φιλοσοφία του Unix και του ελεύθερου λογισμικού. Είναι επίσης γνωστό για το πλήθος επιλογών και δυνατοτήτων που προσφέρει: Η τρέχουσα έκδοση περιλαμβάνει πάνω από 29.000 πακέτα λογισμικού για δώδεκα αρχιτεκτονικές υπολογιστών που το φάσμα τους κυμαίνεται από αρχιτεκτονική ARM, που διαθέτουν συνήθως τα ενσωματωμένα συστήματα και αρχιτεκτονική κεντρικού υπολογιστή IBM s390 μέχρι τις πιο κοινές αρχιτεκτονικές x86 και PowerPC που υπάρχουν στους σύγχρονους προσωπικούς υπολογιστές.

Το Debian είναι επίσης πολύ γνωστό για το σύστημα διαχείρισης πακέτων του και για το APT (Advanced Packaging Tool, προηγμένο εργαλείο πακέτων) που διαθέτει· συγκεκριμένα, για τις αυστηρές πολιτικές που υιοθετεί ως προς την ποιότητα των πακέτων και των εκδόσεων του και την ανοιχτή διαδικασία ανάπτυξης και ελέγχου που υιοθετεί. Αυτές οι πρακτικές κάνουν πιο εύκολες τις αναβαθμίσεις και την εγκατάσταση ή αφαίρεση πακέτων. Το Debian υποστηρίζεται από δωρεές που γίνονται μέσω οργανισμών που προωθούν το ελεύθερο λογισμικό. Το Debian δεν υποστηρίζεται από κάποια εταιρία, αλλά από το Debian Project και τον οργανισμό Software in the Public Interest.

### **3.2.2 Android Λειτουργικό Σύστημα**

Το Android είναι λειτουργικό σύστημα για συσκευές κινητής τηλεφωνίας το οποίο τρέχει τον πυρήνα του λειτουργικού Linux. Αρχικά αναπτύχθηκε από την Google και αργότερα από την Open Handset Alliance. Επιτρέπει στους κατασκευαστές λογισμικού να συνθέτουν κώδικα με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Java, ελέγχοντας την συσκευή μέσω βιβλιοθηκών λογισμικού ανεπτυγμένων από την Google. Το Android είναι κατά κύριο λόγο σχεδιασμένο για συσκευές με οθόνη αφής, όπως τα έξυπνα τηλέφωνα και τα τάμπλετ, με διαφορετικό περιβάλλον χρήσης για τηλεοράσεις (Android TV), αυτοκίνητα (Android Auto) και ρολόγια χειρός (Android Wear). Παρόλο που έχει αναπτυχθεί για συσκευές με οθόνη αφής, έχει χρησιμοποιηθεί σε κονσόλες παιχνιδιών, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, συνηθισμένους Η/Υ (π.χ. το HP Slate 21) και σε άλλες ηλεκτρονικές συσκευές.

Το Android είναι το πιο ευρέως διαδεδομένο λογισμικό στον κόσμο. Οι συσκευές με Android έχουν περισσότερες πωλήσεις από όλες τις συσκευές Windows, iOS και Mac OS X μαζί.

Η πρώτη παρουσίαση της πλατφόρμας Android έγινε στις 5 Νοεμβρίου 2007, παράλληλα με την ανακοίνωση της ίδρυσης του οργανισμού Open Handset Alliance, μιας κοινοπραξίας 48 τηλεπικοινωνιακών εταιριών, εταιριών λογισμικού καθώς και κατασκευής hardware, οι οποίες είναι αφιερωμένες στην ανάπτυξη και εξέλιξη ανοιχτών προτύπων στις συσκευές κινητής τηλεφωνίας. Η Google δημοσίευσε το μεγαλύτερο μέρος του κώδικα του Android υπό τους όρους της Apache License, μιας ελεύθερης άδειας λογισμικού. Το λογότυπο για το λειτουργικό σύστημα Android είναι ένα ρομπότ σε χρώμα πράσινου μήλου και σχεδιάστηκε από τη γραφίστρια Ιρίνα Μπλόκ. (<https://el.wikipedia.org/wiki/Android>).

Άλλα δημοφιλή λειτουργικά συστήματα, Linux διανομές γνωστές για την χρησιμοποίησή τους σε εφαρμογές ενσωματωμένων συστημάτων είναι και οι **Fedora, Busybox, Moblinux, Raspbian**.

## 4. Υλοποίηση Μελέτης

### 4.1 Περιγραφή Εφαρμογής – Σκοπός

Η παρούσα διπλωματική εργασία θα εξετάσει την υλοποίηση μιας εφαρμογής παρακολούθησης ιδιωτικού εσωτερικού/εξωτερικού χώρου με IoT (Internet of Things) δυνατότητες.

Είναι εμφανές πως στις μέρες μας τα κοινά συστήματα παρακολούθησης (Συναγερμός, Πόρτες ασφαλείας, μπάρες ασφαλείας κ.α) δεν είναι ικανά από μόνα τους να αποτρέψουν τους επίδοξους κλέφτες από την περιουσία μας. Για αυτό τον λόγο θα σχεδιάσουμε και θα υλοποιήσουμε αυτό το καινοτόμο, χαμηλού κόστους και εύκολο στην εγκατάσταση σύστημα παρακολούθησης. Η παρούσα υλοποίηση αφορά το σενάριο της παρακολούθησης ενός ιδιωτικού χώρου στάθμευσης. Το σύστημα θα μπορεί να αντιλαμβάνεται την παρουσία κίνησης ανθρώπου ή αντικειμένου με την χρήση συγκεκριμένου αισθητήρα κίνησης, να ενεργοποιεί μια πηγή φωτός, παράλληλα να ενεργοποιείται μια πηγή ήχου (buzzer) στην συνέχεια θα υπάρχει η δυνατότητα λήψης φωτογραφίας για την καταγραφή του χώρου και ακολούθως θα ενημερώνει τον χρήστη για το συμβάν μέσω αποστολής ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Το σύστημα έχει περιθώρια περαιτέρω

ανάπτυξης αλλά λόγω περιορισμένου προσωπικού χρόνου για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής θα υλοποιηθεί το παρόν βασικό σύστημα.

#### 4.1.1 Ανάλυση συμπεριφοράς συστήματος από την πλευρά του χρήστη

Το σύστημα κάνει χρήση ενός αισθητήρα κίνησης ο οποίος αντιλαμβάνεται κίνηση στο χώρο όπου ο χρήστης το έχει εγκαταστήσει. Αυτόματα θα ενεργοποιείται μια φωτιστική πηγή, μπορεί να είναι και ένα LED, και μια πηγή ήχου (buzzer). Ακολούθως μια κάμερα που θα έχει εγκατασταθεί στο σύστημα μας θα μπορεί να κάνει λήψη φωτογραφίας και στην συνέχεια η IoT πλατφόρμα μας θα μπορεί μέσω ασύρματης δικτύωσης (WiFi) ή ενσύρματης (LAN) να την προωθεί στον χρήστη είτε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή κάποιας εφαρμογής κοινωνικής δικτύωσης (facebook, twitter κ.α.) οπουδήποτε και αν βρίσκεται στον κόσμο με την βοήθεια πάντα του διαδικτύου. Ύστερα ο χρήστης θα μπορεί, χρησιμοποιώντας έναν απλό διαδικτυακό περιηγητή, να χειρίζεται βασικές λειτουργίες του συστήματος απομακρυσμένα. Συνοψίζοντας, αφού το σύστημα έχει εγκατασταθεί στο σημείο που επιθυμεί ο χρήστης και κάτι ανεπιθύμητο λαμβάνει χώρα, θα πρέπει να συμπεριφέρεται ως εξής:

- Ο αισθητήρας κίνησης αντιλαμβάνεται κίνηση στον χώρο
- Το buzzer ενεργοποιείται
- Το LED ανάβει
- Η κάμερα αρχίζει την λήψη
- Ένα email (η/ν ταχυδρομείο) αποστέλλεται στον χρήστη με επισυναπτόμενη την φωτογραφία που έχει ληφθεί από την κάμερα. Αμέσως μετά θα ξεκινάει εγγραφή βίντεο. Στη συνέχεια ο χρήστης θα έχει δυνατότητα να επιλέξει μια από τις παρακάτω λειτουργίες, όπως αυτές έχουν οριστεί από τον προγραμματιστή, θα έρχονται μαζί με το email.

Οι λειτουργίες αυτές στην συγκεκριμένη διπλωματική θα είναι:

- Διακοπή και αποστολή βίντεο
- Σίγαση Buzzer
- Απενεργοποίηση LED
- Επανεκκίνηση συστήματος



#### **4.1.2 Ανάλυση συμπεριφοράς συστήματος από την πλευρά του σχεδιαστή**

Το πιο σύνηθες σενάριο για ο σύστημα μας είναι αυτό που αναλύθηκε στο κεφάλαιο 4.1.1. Υπάρχουν όμως κάποια «ακραία» σενάρια όπου οι σχεδιαστές τέτοιων συστημάτων θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν τους πρώτου προχωρήσουν στο σχεδιασμό και μετά στην υλοποίηση του συστήματος – εφαρμογής. Για παράδειγμα ο αισθητήρας κίνησης να ενεργοποιηθεί με την παρουσία ενός κατοικίδιου αντί για κάποιον πραγματικό κλέφτη. Ακόμη και σε αυτή την περίπτωση ο χρήστης θα πρέπει να έχει τον έλεγχο του συστήματος, και αυτό συμβαίνει. Ο σχεδιαστής έχει φροντίσει να δώσει την επιλογή στον χρήστη να επιλέξει κάποια από τις λειτουργίες (επανεκκίνηση κ.α.) που του αποστέλλονται μέσω του email που λαμβάνει στο εκάστοτε τερματικό του. Ένα άλλο σπάνιο σενάριο είναι ο ίδιος αισθητήρας να ‘χει καταστραφεί για κάποιο λόγο. Άλλος ένας λόγος που θέλουμε να υπάρχει διά δράση μεταξύ χρήστη – συστήματος ώστε να μπορεί ο χρήστης να μπορεί να ελέγξει από μόνος του την κατάσταση του συστήματος.

#### **4.2 Σχεδιασμός συστήματος**

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του συστήματος μας θα γίνει με την χρήση του μικροϋπολογιστή Raspberry Pi 2. Οι λόγοι που καταλήξαμε σε αυτή την πλατφόρμα ανάπτυξης έναντι των βασικών ανταγωνιστών Arduino Mega/Uno και Beagleboard είναι οι εξής:

- Ιδιαίτερη εξοικείωση με τον συγκεκριμένο μικροϋπολογιστή
- Εύκολη δικτύωση ασύρματα μέσω WiFi dongle και μέσω της κάρτας δικτύου Ethernet
- Λειτουργικό Σύστημα Linux
- Χαμηλής κατανάλωσης ρεύματος
- Σχέση δυνατοτήτων/τιμής
- Ιδιαίτερα εύκολο στην λειτουργία
- Ιδανικό για IoT εφαρμογές
- Γλώσσα προγραμματισμού υλοποίησης του project (Python)

Εκτός του Raspberry Pi 2 (Rpi) ως βασική πλατφόρμα ανάπτυξης της εφαρμογής θα χρειαστεί να αγοράσουμε μέσω κάποιου καταστήματος με ηλεκτρονικά είδη ή κάποιας ιστοσελίδας τα στοιχεία – υλικό (HW) που θα χρειαστούμε για την εφαρμογή μας. Προσωπικά χρησιμοποίησα το διαδίκτυο για τις αγορές μου παρακάτω θα επισημάνω τις σελίδες στο διαδίκτυο όπου βρήκα και προμηθεύτηκα το κάθε εξάρτημα. Το συνολικό κόστος της εφαρμογής θα υπολογιστεί.

#### 4.2.1 Υλικό – Hardware

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της εφαρμογής, καθώς και το κατάστημα από το οποίο αγοράστηκαν.

- Ένα starter Kit Raspberry Pi 2 (<http://www.ebay.com/itm/Raspberry-Pi-2-Model-B-1GB-Starter-Kits-40-Pin-GPIO-SD-Case-Power-Supply-WIFI-/351423505243>)  
Αυτό περιλαμβάνει τροφοδοσία, αντάπτορα ασύρματης δικτύωσης, καλώδιο HDMI και ένα breadboard.
- LED υπάρχει μεγάλη ποικιλία στο διαδίκτυο ανάλογα την εφαρμογή
- Buzzer Piezo Electronic Buzzer 3-24VDC 12V Effect Tone Alarm (<https://www.adafruit.com/products/189?q=buzzer&>)
- Έναν Pyroelectric ("Passive") InfraRed αισθητήρα κίνησης (<https://www.adafruit.com/products/189>)
- Waveshare Raspberry Pi Camera Module OV5647 Night Vision 5MP Webcam Video 1080p for Any Version of Raspberry-pi A/A+/B/B+/2 B ([https://www.amazon.de/gp/product/B00N9YWI1I/ref=oh\\_aui\\_detailpage\\_o08\\_s01?ie=UTF8&psc=1](https://www.amazon.de/gp/product/B00N9YWI1I/ref=oh_aui_detailpage_o08_s01?ie=UTF8&psc=1))
- Ο χρήστης θα χρειαστεί να έχει στην κατοχή του κάποιο τερματικό είτε φορητή συσκευή, κινητό τηλέφωνο, tablet, είτε σταθερό υπολογιστή. Φυσικά θα πρέπει να υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο.

#### 4.2.2 Λειτουργικό σύστημα και λογισμικό

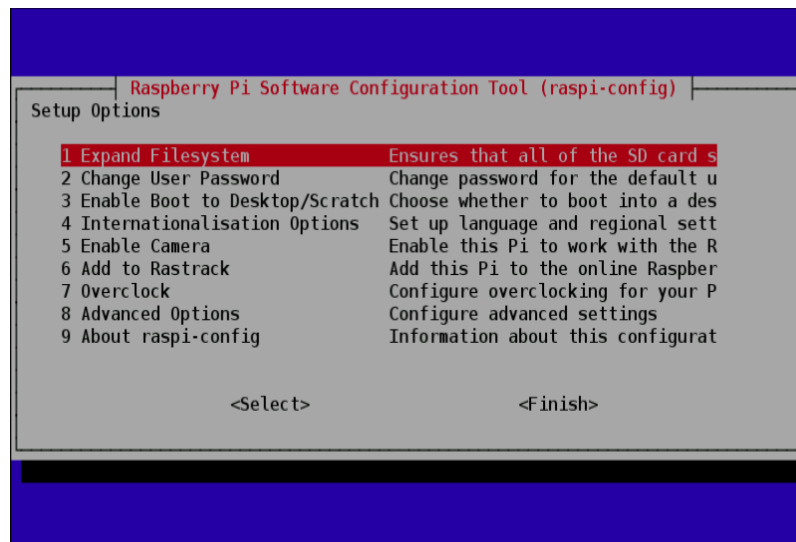
Έχουμε εγκαταστήσει στο Raspberry Pi 2 Raspbian για λειτουργικό σύστημα. Το Raspbian πρόκειται για ένα λειτουργικό σύστημα (operating system OS), ελεύθερου λογισμικού βασισμένο στο Debian OS βελτιστοποιημένο για Rpi. Το Raspbian παρέχει πολλά περισσότερα από ένα κοινό OS, έρχεται με περισσότερα από 35.000 πακέτα προ μεταγλωττισμένα προγράμματα

ομαδοποιημένα σε ένα εύκολο περιβάλλον έτοιμα για εγκατάσταση από τον χρήστη. Το Raspbian είναι έργο μιας κοινότητας υπό ενεργό ανάπτυξη, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην βελτίωση της σταθερότητας και της επίδοσης του λειτουργικού συστήματος. (<https://www.raspberrypi.org/documentation/raspbian/>)

Το Raspbian OS έρχεται όπως αναφέραμε με προ εγκατεστημένα προγράμματα, εκτός από μεταγλωττιστές, για εκπαιδευτικούς σκοπούς, για προγραμματισμό και γενική χρήση. Μερικά από αυτά είναι η γλώσσα προγραμματισμού Python, το Sonic Pi, Scratch, Java, Mathematica κ.α..

### 4.2.3 Εγκατάσταση Raspbian OS

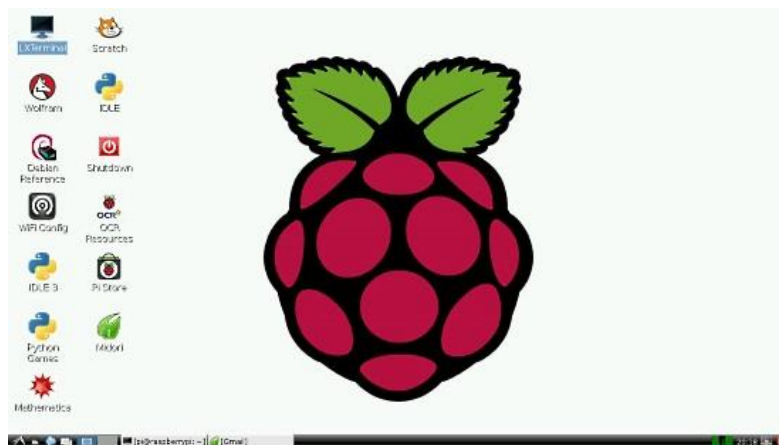
Ελλείψει εσωτερικής μονάδας μνήμης στο Rpi θα χρειαστεί να κατεβάσουμε στον Η/Υ μας αρχικά τη τελευταία έκδοση του Raspbian απο εδώ <https://www.raspberrypi.org/downloads/>. Αφού ολοκληρωθεί η λήψη από το ιντερνετ, ψάχνουμε ένα αρχείο της μορφής (Raspbian.img) και το μεταφέρουμε στην κάρτα μνήμης του Rpi μέσω του Η/Υ μας. Στην συνέχεια τοποθετούμε την micro SD κάρτα στο Rpi και το ενεργοποιούμε (boot). Ενδέχεται να ζητηθούν τα διαπιστευτήρια χρήστη (όνομα χρήστη, κωδικός πρόσβασης). Το Rpi εκκινεί για πρώτη φορά και κατευθυνόμαστε σε μια οθόνη που ονομάζεται “Setup Options”, σχ.18.



Σχήμα 18: Raspbian σελίδα ρυθμίσεων

Από αυτό το μενού μπορούμε να ρυθμίσουμε το Rpi ανάλογα με τις ανάγκες μας, για παράδειγμα μπορούμε να επιλέξουμε αν θέλουμε κατά την εκκίνηση του να ξεκινάει σε γραφικό περιβάλλον

(GUI), επιφάνεια εργασίας ή σε μορφή απλού τερματικού (terminal) ή να ενεργοποιήσουμε/ απενεργοποιήσουμε την camera. Μετά από αυτό το βήμα το Rpi επανεκκινεί και θα πρέπει να εμφανιστεί η παρακάτω εικόνα της επιφάνειας εργασίας.



**Σχήμα 19:** Επιφάνεια εργασίας

Τέλος, ανοίγουμε ένα terminal και πραγματοποιούμε ενημέρωση του firmware του Rpi, με την εντολή:

***sudo rpi-update***

Ο μικροϋπολογιστής μας Rpi 2 είναι έτοιμος προς χρήση. Παρακάτω θα αναφερθούμε σε κάθε στοιχείο, είτε είναι αισθητήρας (sensor) είτε ενεργοποιητής (actuator), που θα χρησιμοποιήσουμε για την υλοποίηση του συστήματος μας ξεχωριστά παραθέτοντας τον κώδικα που δημιουργήσαμε. Έπειτα θα γίνει το integration του όλου συστήματος, δηλαδή η ενσωμάτωση όλου του κώδικα που δημιουργήσαμε σε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού Python.

### **4.3 Υπέρυθρος παθητικός αισθητήρας κίνησης (PIR motion sensor)**

#### **4.3.1 Αρχή Λειτουργίας**

Όπως το δηλώνει και η ονομασία τους οι παθητικοί ανιχνευτές υπέρυθρων ονομάζονται παθητικοί γιατί δεν εκπέμπουν ένα σήμα αλλά απλά λαμβάνουν την υπέρυθη ακτινοβολία του χώρου, οι παθητικοί υπέρυθροι αισθητήρες (μερικές φορές λέγονται και πυροηλεκτρικοί αισθητήρες) έχουν την ιδιότητα το αισθητήριο στοιχείο τους συνήθως να διαιρείτε σε πολλούς τομείς. Η ανίχνευση

κίνησης προκαλείται όταν μια πηγή θερμότητας (π.χ. η θερμότητα του ανθρώπινου σώματος) διασχίσει δύο γειτονικά όρια του τομέα ή διασχίσει το ίδιο όριο δύο φορές σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι παθητικοί υπέρυθροι αισθητήρες ανιχνεύουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται από την θερμοκρασία των σωμάτων που ονομάζεται και υπέρυθη ακτινοβολία και βρίσκεται χαμηλότερα του οπτικού φάσματος. Οι παθητικοί υπέρυθροι αισθητήρες δεν μετρούν το ποσό της λαμβανόμενης υπέρυθρης ενέργειας ανά δευτερόλεπτο, αλλά τις αλλαγές της θερμικής ακτινοβολίας. Οι παθητικοί υπέρυθροι αισθητήρες ανιχνεύουν τις «θερμές» απεικονίσεις αντιλαμβανόμενοι την διαφορά που υπάρχει στην «θερμή» λαμβανόμενη εικόνα και στο «ψυχρό» φόντο κάτι που απορρέει από την λαμβανόμενη υπέρυθη ακτινοβολία του χώρου. Το μήκος κύματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας μετράτε σε μικρόμετρα, με την παραγόμενη υπέρυθη ακτινοβολία να βρίσκεται στην περιοχή μεταξύ 7 έως 14 μικρομέτρων. Οι περισσότεροι υπέρυθροι παθητικοί αισθητήρες επικεντρώνονται σε αυτό το στενό εύρος ζώνης. Προκειμένου να αποφύγουμε τις θερμικές αποκλίσεις λόγω των περιβαλλοντικών αλλαγών χρησιμοποιείται ένα κύκλωμα μέτρησης του ρυθμού αλλαγής της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την θερμότητα των σωμάτων ή ένα κύκλωμα σύγκρισης της διαφοροποίησης της ακτινοβολίας των επιμέρους ζωνών των τομέων του αισθητήρα. Το κύκλωμα επεξεργασίας αξιολογεί το μετρούμενο ρυθμό αλλαγής της υπέρυθρης ακτινοβολίας στο οπτικό πεδίο του αισθητήρα και το συγκρίνει με το αρχικό μοτίβο της θερμοκρασίας στον χώρο. Η κίνηση ενός εισβολέα προκαλεί ένα πολύ γρήγορο ρυθμό αλλαγής ενώ η σταδιακή διακύμανση της θερμοκρασίας προκαλεί ένα πολύ αργό ρυθμό αλλαγής της λαμβανόμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας. Στην τεχνική της μέτρησης διαφοροποίησης ελέγχεται στην πραγματικότητα αν ένας εισβολέας ή ένα αντικείμενο είναι στην πραγματικότητα εκεί ή δεν είναι. Διαφορετικοί τομείς του αισθητήρα δημιουργούν επιμέρους ζώνες ανίχνευσης και ανάλογα από τον χώρο τα λαμβανόμενα σήματα παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις μεταξύ τους σε σχέση με τις ζώνες από τις οποίες εκπέμπονται και αυτές τις ζώνες χρησιμοποιεί ο αισθητήρας συγκρίνοντας τις για την ανίχνευση κίνησης. Ένας ακάλυπτος άνθρωπος που εισέρχεται στο οπτικό πεδίο του αισθητήρα με μια συνήθη ταχύτητα (με μια ταχύτητα βαδίσματος ή και παραπάνω) υπό κανονικές συνθήκες θα εκπέμψει κάποια σήματα τα οποία ανιχνεύονται. Έτσι η αλλαγή της ακτινοβολίας λαμβάνεται από τους φακούς του αισθητήρα και αν η ποσότητα της λαμβανόμενης ακτινοβολίας ξεπερνά μια προκαθορισμένη τιμή ο θερμικός αισθητήρας παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο στέλνεται στο κύκλωμα επεξεργασίας για αξιολόγηση και την πιθανή δημιουργία συναγερμού.



**Σχήμα 20:** Παθητικός Αισθητήρας Κίνησης

Ο αισθητήρας που προμηθευτήκαμε είναι ο εικονιζόμενος μαζί με το κύκλωμα ελέγχου. Η ευαισθησία και ο χρόνος ενεργοποίησης μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με τις ανάγκες από τα δυο ποτενσιόμετρα πάνω στον αισθητήρα.

Εύρος ανίχνευσης: 7m

Ανίχνευση γωνίας: Λιγότερο από 120 μοίρες.

Εύρος τάσης λειτουργίας : DC 5V-20V.

Τάση εξόδου: 3V High / Low 0V.

Ρεύμα ηρεμίας : 65uA

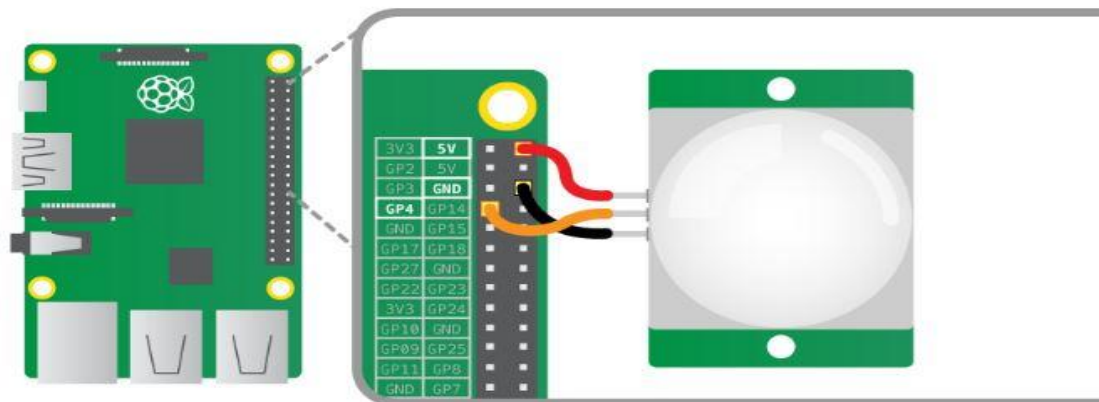
Θερμοκρασία λειτουργίας: -15 έως +70 ° C

Κατά την πρώτη φορά λειτουργίας η μετά από επανεκκίνηση του συστήματος ο χρόνος σωστής λειτουργίας είναι 3 λεπτά. Πρέπει να αποφευχθεί ο άμεσος φωτισμός στον αισθητήρα και άλλες πηγές παρεμβολής κοντά στο φακό. Για να είναι όσο πιο αποτελεσματική η ανίχνευση του

κινούμενου ατόμου πρέπει ο αισθητήρας να τοποθετηθεί έτσι ώστε ο άνθρωπος να περνά παράλληλα σε αυτόν και όχι κατάθετα.

(<https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor.pdf>)

### 4.3.2 Συνδεσμολογία



Σχήμα 21: Συνδεσμολογία Αισθητήρα Κίνησης

Τροφοδοτούμε τον αισθητήρα με τάση 5V συνδέοντας το VCC pin του αισθητήρα στο 5V pin του Raspberry Pi. Την γείωση GND στο RPi, και σε ένα από τα GPIO pins του RPi τον ψηφιακό ακροδέκτη του PIR αισθητήρα. Όταν ανιχνευθεί κίνηση από τον PIR μέσω των ακροδεκτών γενικής χρήσης εισόδου/ εξόδου του Rpi2 παράγεται σήμα 5V. Ουσιαστικά μπορούμε να «διαβάσουμε» την έξοδο του αισθητήρα όπου κατά την ανίχνευση κίνησης ο αισθητήρας παράγει ένα ψηφιακό σήμα 5V. Όταν λοιπόν το output του αισθητήρα κίνησης είναι High (5V) μέσω του κώδικα μας και των GPIO Pins του Rpi2 ελέγχουμε τα LED και Buzzer τα οποία τα θέτουμε και αυτά High (1), GPIO.output (3, 1) με αποτέλεσμα να παράγεται ήχος και φως από τους ενεργοποιητές (actuators). Η αντίστροφη διαδικασία συμβαίνει όταν ο αισθητήρας κίνησης είναι Low (0V) δηλαδή σε κατάσταση ηρεμίας.

### 4.3.3 Κώδικας

```
import RPi.GPIO as GPIO
```

```

motionSensorPin = 11
ledPin = 3
def setup():
    GPIO.setwarnings(False)
    GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
    GPIO.setup(motionSensorPin, GPIO.IN)      #Read output from PIR motion sensor
    GPIO.setup(ledPin, GPIO.OUT)             #LED output pin
    GPIO.setup(buzzerPin, GPIO.OUT)         #Buzzer output pin
    reset()

def reset():
    setLedoutput(0)
    setBuzzeroutput(0)

def getMotionInput():
    return GPIO.input(motionSensorPin)

def setLedoutput(output):
    print("LEDOn")
    GPIO.output(ledPin, output)

def setBuzzeroutput(output):
    GPIO.output(buzzerPin, output)

setup()
while True:
    i=getMotionInput()
    j=getUserCommand()
    if i==1:                                  #When output from motion sensor is HIGH
        print("Intruder detected")

```



setLedoutput(1)

#Turn ON LED

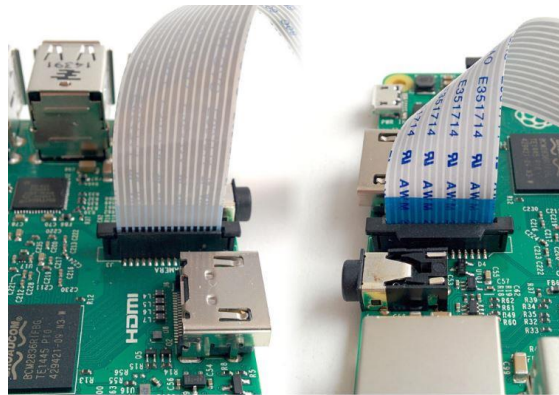
setBuzzeroutput(1)

#Turn ON Buzzer

## 4.4 Μονάδα κάμερας

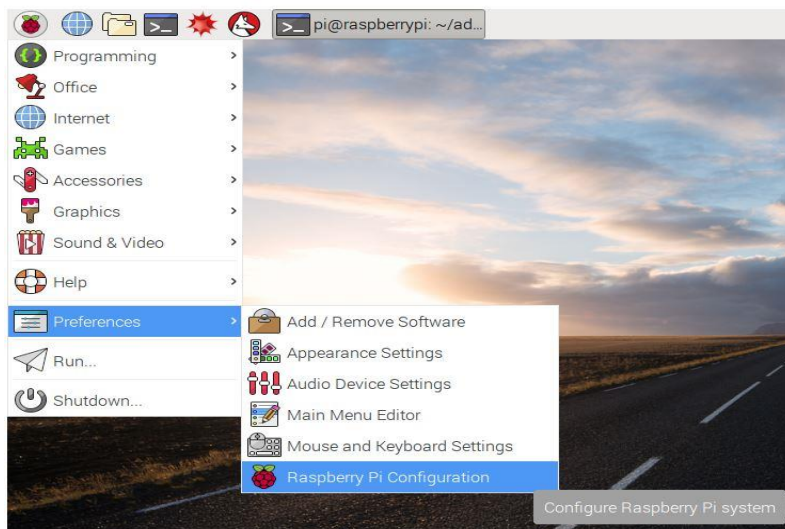
### 4.4.1 Αρχή λειτουργίας και Συνδεσμολογία

Η χρήση της Raspberry Pi camera είναι ιδιαίτερα εύκολη. Αρκεί να συνδέσουμε την κάμερα μας στην σειριακή διεπαφή του Rpi2 (CSI).



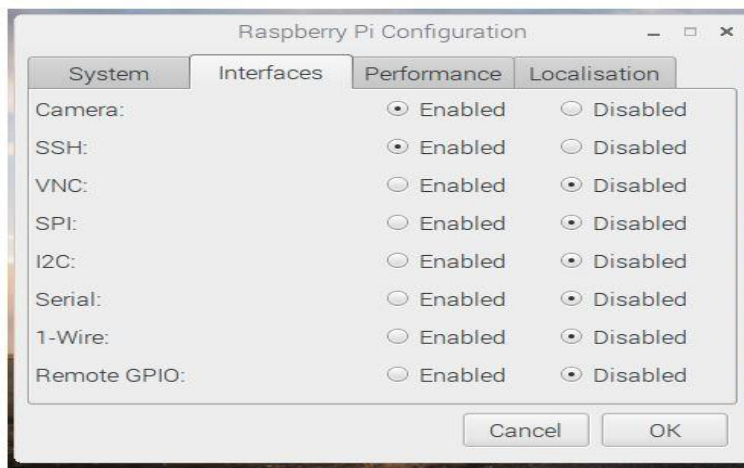
Σχήμα 22: Συνδεσμολογία Κάμερας

Στην συνέχεια ενεργοποιούμε από τις ιδιότητες του Rpi2 το πρόγραμμα οδήγησης της κάμερας από τον πίνακα ελέγχου του μικροϋπολογιστή.



### Σχήμα 23: Μενού Ιδιοτήτων Rpi2

Η κάμερα θα είναι σε θέση να «τραβήξει» ένα καρτέ αφού εκτελεστούν τα παραπάνω βήματα όπως έγινε η περιγραφή στο κεφάλαιο 4.2 και 4.3. Δηλαδή αφού ο αισθητήρας κίνησης γίνει High και το LED και buzzer σαν actuators (ενεργοποιητες) γίνουν και αυτά High με τον κατάλληλο κώδικα σε Python η κάμερα απαθανατίζει το συμβάν, δηλαδή αν υπάρχει εισβολή στον χώρο φύλαξης.



Σχήμα 24: Μενού ενεργοποίησης κάμερας

Στο πρόγραμμα μας θα χρησιμοποιήσουμε την βιβλιοθήκη της Picamera προκειμένου να χειριζόμαστε την Picamera, `import Picamera`.

[https://picamera.readthedocs.io/en/release-1.12/\\_modules/picamera/camera.html#PiCamera](https://picamera.readthedocs.io/en/release-1.12/_modules/picamera/camera.html#PiCamera)

#### 4.4.2 Κώδικας

```
import RPi.GPIO as GPIO
```

```
import time
```

```
import datetime as dt
```

```
from picamera import PiCamera
```

```
def cameraCapture():
```

```
    camera = PiCamera()
```

```

camera.resolution = (1024, 768)

camera.start_preview()
#Camera warm-up time
time.sleep(2)

moment = dt.datetime.now()

filename = str("/home/pi/thesis/") + str(moment.date()) + '_' + str(moment.time()) + '.jpg'

camera.capture(filename)

camera.stop_preview()

time.sleep(5)

camera.close()

reset()

return filename

def streamVideo(file):
    pass

def getUserCommand():
    command = 0
    if command == 1:
        reset()
    elif command == 2:
        streamVideo()

setup()
while True:
    i=getMotionInput()
    j=getUserCommand()
    if i==1:

```

#When output from motion sensor is HIGH

```
print("Intruder detected")
setLedoutput(1)                #Turn ON LED
setBuzzeroutput(1)            #Turn ON Buzzer
fname = cameraCapture()
```

## 4.5 Αποστολή Email

### 4.5.1 SSMTP πρωτόκολλο

Για να μπορέσει ο μικροϋπολογιστής μας Raspberry Pi να στείλει μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου την στιγμή που ο αισθητήρας κίνησης είναι High θα χρειαστεί το SMTP πρωτόκολλο μετάδοσης μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. (<https://tools.ietf.org/html/rfc2821>). Η εγκατάσταση και η παραμετροποίηση του SMTP πρωτοκόλλου είναι σχετικά εύκολη. Αρχικά καλό είναι να ελέγξουμε αν τα repositories μας είναι ενημερωμένα με τις τελευταίες ενημερώσεις. Στο Terminal του Rpi γράφουμε:

```
apt-get update
```

Έπειτα εγκαθιστούμε τις SSMTP, mail utilities και mpack βιβλιοθήκες της python για να μπορούμε εκτός από το mail που θα στέλνουμε να επισυνάπτουμε και ένα αρχείο στην περίπτωση μας θα είναι μια φωτογραφία.

```
sudo apt-get install ssmtp
sudo apt-get install mailutils
sudo apt-get install mpack
```

### 4.5.2 Κώδικας

Στο Python εκτελέσιμο αρχείο μας **thesis.py** ρυθμίζουμε τον SMTP client ως εξής:

```
def sendMail(to, subject, text, files=[]):
    assert type(to)==list
    assert type(files)==list
    msg = MIMEMultipart()
    msg['From'] = USERNAME
```

```

msg['To'] = COMMASPACE.join(to)
msg['Date'] = formatdate(localtime=True)
msg['Subject'] = subject
    msg.attach( MIMEText(text) )
for file in files:
    part = MIMEBase('application', "octet-stream")
    part.set_payload( open(file,"rb").read() )
    Encoders.encode_base64(part)
    part.add_header('Content-Disposition', 'attachment; filename="%s"'
        % os.path.basename(file))
msg.attach(part)
    server = smtplib.SMTP('smtp.gmail.com:587')
    server.ehlo_or_helo_if_needed()
    server.starttls()
    server.ehlo_or_helo_if_needed()
    server.login(USERNAME,PASSWORD)
    server.sendmail(USERNAME, to, msg.as_string())
    server.quit()

```

#### **4.6 Υλοποίηση server για εκτέλεση εντολών από το χρήστη**

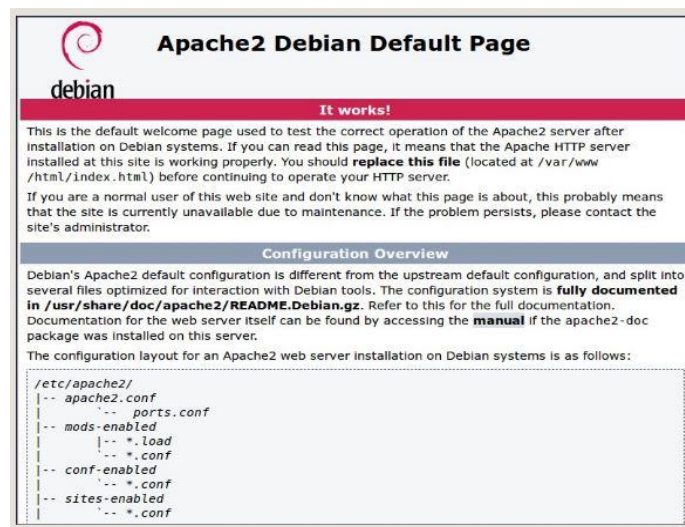
Προκειμένου η εφαρμογή αυτή να παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να επεμβαίνει στην λειτουργία του συστήματος απομακρυσμένα θα πρέπει το Rpi 2 να λειτουργεί και ως server ώστε να απαντά και να αντιδρά σε http requests. Για τον σκοπό αυτό κατά την χρήση της εφαρμογής θα εκτελεί ταυτόχρονα δύο λειτουργίες. Η πρώτη είναι η εκτέλεση του python script thesis.py το οποίο χειρίζεται τα GPIO's pins όπου αισθητήρες και ενεργοποιητές ελέγχονται και η δεύτερη λειτουργία είναι ο Apache web server ο οποίος είναι υπεύθυνος για την μετατροπή του Rpi σε server.

#### 4.6.1 Εγκατάσταση Apache web server

Ο Apache είναι μια δημοφιλής web server εφαρμογή με την οποία μπορούμε να εξυπηρετούμε ιστοσελίδες. Η εγκατάσταση της στο Raspberry Pi2 είναι εύκολη. Θα πρέπει να εγκαταστήσουμε την apache2 βιβλιοθήκη πληκτρολογώντας στο terminal του Pi2 την ακόλουθη εντολή:

```
sudo apt-get install apache2 -y
```

Για να τεστάrouμε ότι η εγκατάσταση πήγε καλά αρκεί να πληκτρολογήσουμε την IP του Rpi 2 σε έναν περιηγητή διαδικτύου και από προεπιλογή ο Apache τοποθετεί ένα HTML αρχείο στον φάκελο του διαδικτύου. Στην οθόνη μας θα εμφανιστεί η ακόλουθη εικόνα.



**Σχήμα 24:** σελίδα επιβεβαίωσης σωστής λειτουργίας Apache web server

Προκειμένου ο Apache να μπορεί να εκτελεί python scripts με κατάληξη “.py”, διότι απο προεπιλογή εκτελεί “.cgi” θα χρειαστεί να παραμετροποιήσουμε ένα configuration αρχείο. Στο terminal πληκτρολογούμε:

```
sudo leafpad /etc/apache2/sites-available/ default-ssl.conf
```

Κατά αυτό τον τρόπο ο Apache είναι ικανός να εκτελέσει όταν ο χρήστης το αποφασίσει το 2<sup>ο</sup> αρχείο μας **thesisServer.py**.

Στο `thesis.py` θα χρησιμοποιήσουμε δύο βιβλιοθήκες της python που μας δίνουν την δυνατότητα να εξάγουμε τις παραμέτρους από `http GET requests` και να τις χρησιμοποιήσουμε στο **`thesisServer.py`** (`import cgi, import cgi`).

Στη συνέχεια για να μπορέσει να μεταδοθεί η πληροφορία αυτή στο `thesis.py` αρχείο θα εφαρμόσουμε την ακόλουθη μέθοδο. Θα χρησιμοποιήσουμε ως `buffer` ένα αρχείο `buffer.txt` προσβάσιμο και από τα δύο εκτελέσιμα αρχεία μας. Το **`thesisServer.py`** θα ανοίγει το αρχείο σε `write mode` και θα γράφει την επιλογή του χρήστη. Το **`thesis.py`** θα ανοίγει το αρχείο σε `read mode` και θα διαβάζει την πληροφορία που έγραψε το `web_thesisserver.py` αρχείο μας. Τέλος, το **`thesis.py`** θα εκτελεί την επιλογή του χρήστη.

## 4.7 Τελικός Κώδικας Εφαρμογής

Ο κώδικας της εφαρμογής μας διαμορφώνεται ως εξής:

### Thesis.py script

```
1 import RPi.GPIO as GPIO
2 import time
3 import datetime as dt
4 from picamera import PiCamera
5 import smtplib
6 from email.mime.multipart import MIMEMultipart
7 from email.mime.base import MIMEBase
8 from email.mime.text import MIMEText
9 from email.utils import COMMASPACE, formatdate
10 from email import encoders
11 import os
12 motionSensorPin = 11
13 ledPin = 3
14 buzzerPin = 5
15 USERNAME = "xxxx@xxxxxxxx"
16 PASSWORD = "xxxxxxxxxxxx"
17
18 def deleteBuffer(fname):
19     with open(fname, "w"):
20         pass
21
22 def setup():
23     GPIO.setwarnings(False)
24     GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
25     GPIO.setup(motionSensorPin, GPIO.IN)           #Read output from PIR motion sensor
26     GPIO.setup(ledPin, GPIO.OUT)                  #LED output pin
27     GPIO.setup(buzzerPin, GPIO.OUT)               #Buzzer output pin
28     reset()
29     deleteBuffer("buffer.txt")
30     print("Surveillance system started")
31
32 def reset():
33     setLedoutput(0)
34     setBuzzeroutput(0)
35
36 def getMotionInput():
37     return GPIO.input(motionSensorPin)
38
39 def setLedoutput(output):
40     GPIO.output(ledPin, output)
41
42
43 def setBuzzeroutput(output):
44     GPIO.output(buzzerPin, output)
45
46 def cameraCapture():
47     photcamera = PiCamera()
48     photcamera.resolution = (1024, 768)
49     # Camera warm-up time
50     time.sleep(5)
51     moment = dt.datetime.now()
```



```

52     filename = str("/home/pi/thesis/") + str(moment.date()) + '_' + str(moment.time()) + '.jpg'
53     while True:
54         try:
55             photocamera.capture(filename)
56             break
57         except:
58             photocamera.close()
59             photocamera = PiCamera()
60             photocamera.resolution = (1024, 768)
61             time.sleep(2)
62             print("kolise")
63             photocamera.capture(filename)
64     time.sleep(5)
65     photocamera.close()
66     return filename
67
68 def sendvideo(file):
69     print("sendVideo function called")
70     sendMail( ["dsfounis@gmail.com"], "intruder alert message 2", "Here is your video. Open it with VLC", [file] )
71
72 def startvideo(camera):
73     camera.resolution = (1024, 768)
74     moment = dt.datetime.now()
75     filename = str("/home/pi/thesis/") + str(moment.date()) + '_' + str(moment.time()) + '.h264'
76     camera.start_recording(filename)
77     time.sleep(2)
78     return filename
79
80
81 #Read user command from buffer.txt
82 def readUserCommand(linenum):
83     f = open('buffer.txt', 'r')
84     lines = f.readlines()
85     f.close()
86     if linenum < len(lines):
87         return lines[linenum][0]
88     return 0
89
90 def sendMail(to, subject, text, files=[]):
91     assert type(to)==list
92     assert type(files)==list
93
94     msg = MIMEMultipart()
95     msg['From'] = USERNAME
96     msg['To'] = COMMASPACE.join(to)
97     msg['Date'] = formatdate(localtime=True)
98     msg['Subject'] = subject
99     msg.attach( MIMEText(text) )

```

```

101     for file in files:
102         part = MIMEBase('application', "octet-stream")
103         part.set_payload( open(file,"rb").read() )
104         encoders.encode_base64(part)
105         part.add_header('Content-Disposition', 'attachment; filename="%s"'
106                        % os.path.basename(file))
107         msg.attach(part)
108
109     server = smtplib.SMTP('smtp.gmail.com:587')
110     server.ehlo_or_helo_if_needed()
111     server.starttls()
112     server.ehlo_or_helo_if_needed()
113     server.login(USERNAME,PASSWORD)
114     server.sendmail(USERNAME, to, msg.as_string())
115     server.quit()
116

```

```

118 setup()
119 inputcounter = 0
120 while True:
121     i=getMotionInput()
122
123     if i==1:                                     #When output from motion sensor is HIGH
124         print("Intruder detected")
125         setLedoutput(1)                         #Turn ON LED
126         setBuzzeroutput(1)                     #Turn ON Buzzer
127         fname = cameraCapture()
128         emailbody = "Dimis surveillance system has detected an intruder. \n A photo at the moment that the movement detector was active is attached. \n"
129         sendMail( ["dsfounis@gmail.com"], "intruder alert", emailbody, [fname] )
130         time.sleep(0.1)
131         videocamera = PiCamera()
132         videofile = startvideo(videocamera)
133         recording = True
134         while True:
135             j=readUserCommand(inputcounter)
136             print(j)
137             if j=="3":
138                 print("Option 3: reset system selected by user")
139                 reset()
140                 deleteBuffer("buffer.txt")
141                 inputcounter = 0
142                 if recording:
143                     videocamera.stop_recording()
144                     videocamera.close()
145                     time.sleep(5)
146                 break
147             if j=="1":
148                 print("Option 1: send video selected by user")
149                 videocamera.stop_recording()
150                 videocamera.close()
151                 recording = False
152                 time.sleep(5)
153                 sendvideo(videofile)
154                 inputcounter += 1
155             if j=="2":
156                 print("Option 2: stop buzzer and light")
157                 reset()
158                 inputcounter += 1
159
160

```

Η γραμμή 128 γράφει το παρακάτω:

```
emailbody = "Dimis survailance system has detected an intruder. \n A photo at the moment that  
the movement detector was active is attached. \n After that we have started video recording. \n  
Please choose quickly on of the below actions to secure your area. \n\n Call the police:  
http://www.astynomia.gr/index.php?option=ozo_content&perform=view&id=148&Itemid=275  
&langEN \n Send me the video: http://192.168.1.81/cgi-bin/thesisServer.py?command=1 \n Stop  
buzzer and Light: http://192.168.1.81/cgi-bin/thesisServer.py?command=2 \n Reset system:  
http://192.168.1.81/cgi-bin/thesisServer.py?command=3"
```

### thesisServer.py script

```
1  #!/usr/bin/env python
2  import os
3
4  def deleteBuffer(fname):
5      with open(fname, "w"):
6          pass
7
8  print("Content-type: text/html\n\n")
9  print("<h1>Dimis Survailance System</h1>")
10 command = os.environ["QUERY_STRING"].split('=')[1]
11 print(command)
12 f = open("buffer.txt", 'a')
13
14 if command == "1":
15     f.write("1\n")
16     print("We sent you the video and stopped capturing")
17 elif command == "2":
18     f.write("2\n")
19     print("Buzzer and light stopped")
20 elif command == "3":
21     f.write("3\n")
22     print("The System has been Restarted")
23 else:
24     f.close()
25     deleteBuffer("buffer.txt")
26     print("Command not Suported:")
27
28 f.close()
29
```

## **5. Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις**

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής ήταν ο σχεδιασμός και υλοποίηση ενός συστήματος ασφαλείας για ιδιωτικό χώρο με συγκεκριμένες λειτουργίες και IoT ικανότητες, δηλαδή να μπορεί ο χρήστης να ελέγχει το σύστημα απομακρυσμένα μέσω κάποιας συσκευής χειρός είτε είναι κινητό ή tablet ή και κάποιος σταθερός υπολογιστής, βασική προϋπόθεση πάντα είναι να υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο.

Για την δημιουργία του συστήματος μας χρησιμοποιήσαμε τον μικροϋπολογιστή Raspberry Pi2. Πρόκειται για ένα ευέλικτο σύγχρονο σύστημα φύλαξης και μπορεί και συνδυάζει λειτουργίες αντίστοιχες με ένα κοινό εμπορικό σύστημα συναγερμού πολλαπλάσιου κόστους καθώς και ενός καταγραφικού συστήματος. Ο λόγος που επιλέξαμε την συγκεκριμένη υλοποίηση ήταν πρωτίστως το χαμηλό κόστος του Raspberry Pi2 και δευτερευόντως η ευελιξία που μας δίνει το ίδιο το Rpi. Ο χρήστης ανάλογα με το πόσο εξοικειωμένος είναι με τον προγραμματισμό και με τα υλικά (HW) μπορεί να αναπτύξει τα δικά του σενάρια χρήσης και να ρυθμίσει διαφορετικούς χρόνους ενεργοποίησης, καθυστέρησης δράσης και διάρκεια δράσης για κάθε συσκευή εισόδου και εξόδου.

Βασικό πλεονέκτημα της υλοποίησης μας είναι ο μεγάλος αριθμός συσκευών και μονάδων απομακρυσμένου ελέγχου που το Rpi 2 έχει την δυνατότητα να υποστηρίξει. Έτσι πέραν της δικής μας βασικής υλοποίησης το σύστημα μας μπορεί να πάρει αρκετές επεκτάσεις. Θα μπορούσε να έχει πέραν των αισθητήρων που χρησιμοποιήθηκαν, αισθητήρες πυρανίχνευσης ή διαρροής αερίου ή ακόμη και ο έλεγχος της θερμοκρασίας, όλα αυτά ο χρήστης μπορεί να τα ελέγχει απομακρυσμένα.

Τέλος, ακόμη και στην δική μας βασική έκδοση του συστήματος το γεγονός ότι ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ελέγξει το σύστημα εξ ολοκλήρου απομακρυσμένα και να πάρει απόφαση σε πραγματικό χρόνο το καθιστά αρκετά καινοτόμο.

### **5.1 Μελλοντικές Επεκτάσεις**

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται κάποιες επεκτάσεις που θα βελτίωναν το σύστημα και θα του πρόσθεταν νέα χαρακτηριστικά. Μια χρήσιμη επέκταση που θα μπορούσε να υλοποιηθεί, η οποία θα διασφάλιζε την αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος, είναι η προσθήκη μπαταρίας ή συστοιχίας μπαταριών για την τροφοδοσία της κεντρικής μονάδας Rpi 2 και των συσκευών, σε

περίπτωση διακοπής ρεύματος. Επιπλέον, ο χρήστης θα μπορεί να προγραμματίσει κάποιες ενέργειες προς εκτέλεση, όταν υπάρξει διακοπή ρεύματος και όταν επανέλθει η τροφοδοσία.

Μία εξίσου σημαντική επέκταση είναι η χρήση ενός 3g modem, το οποίο θα αναλαμβάνει την επικοινωνία της κεντρικής μονάδας με το διαδίκτυο, σε περίπτωση διακοπής της ασύρματης σύνδεσης της κεντρικής μονάδας. Αντίστοιχα με την διακοπή της παροχής ρεύματος, ο χρήστης θα μπορεί να ορίσει κάποιες ενέργειες που θα εκτελούνται όταν η κεντρική μονάδα χάσει τη συνδεσιμότητα με το διαδίκτυο, και όταν την ανακτήσει.

## 6. Βιβλιογραφία & Ιστοσελίδες

1. ‘Understanding the Internet of Things’, GSM Association, 2014.
2. ‘Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy’, McKinsey & Company, 2013.
3. Peter Friess, ‘Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems’, River Publishers, 2013.
4. Tammy Noergaard, ‘The Embedded Systems Architecture’, Elsevier, έκδοση 2, 2012.
5. Elecia White, ‘Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software’, O’Reilly, 1η έκδοση, 2012.
6. Margaret Rouse, ‘DEFINITION microcontroller’, 2012.
7. Abhi Sharma, ‘Applications of Embedded System’, Open Scholar Library, 2013.
8. A. K. Singh, ‘Microcontrollers and Embedded Systems’, 2008
9. Roberto Minerva, Abyi Biru, Domenico Rotondi, ‘Towards a definition of the Internet of Things (IoT)’, 2015.
10. Μηνάς Δασύγενης, Δημήτριος Σούντρης, ‘Ενσωματωμένα Συστήματα – Ο αθέατος ψηφιακός κόσμος’, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, 2015.
11. Tanenbaum, Andrew S, ‘Σύγχρονα λειτουργικά συστήματα’, μετάφραση: Κώστας Καρανικολός, Κώστας Φρυσήρας, επιμέλεια Δημήτρης Γκιζόπουλος, Αθήνα: Κλειδάριθμος, 2009.
12. Simon Monk, ‘Programming the Raspberry Pi, Second Edition: Getting Started with Python’, McGraw-Hill, 2015.
13. Tim Wilmshurst, ‘Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers Principles and applications’, Elsevier Ltd., 2007.
14. Rick Golden, ‘Raspberry Pi Networking Cookbook’, Packt Publishing, 2013.
15. Ed Lipiansky, ‘Embedded Systems Hardware for Software Engineers’, McGraw-Hill, 2012.
16. [https://www.tutorialspoint.com/embedded\\_systems/embedded\\_systems\\_tutorial](https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/embedded_systems_tutorial).
17. <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/microcontroller>.
18. [https://en.wikipedia.org/wiki/Von\\_Neumann\\_architecture](https://en.wikipedia.org/wiki/Von_Neumann_architecture).
19. [https://en.wikipedia.org/wiki/Harvard\\_architecture](https://en.wikipedia.org/wiki/Harvard_architecture).
20. <https://www.arduino.cc>.
21. <http://elinux.org/Beagleboard:BeagleBoneBlack>.

22. <https://www.raspberrypi.org>.
23. [https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi#cite\\_note-77](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#cite_note-77).
24. <https://www.element14.com/community/docs/DOC-78315/1/raspberry-pi-gpio-explained>.
25. <http://elinux.org/>.
26. <https://github.com/raspberrypi/documentation>.
27. [https://en.wikipedia.org/wiki/Linux\\_kernel](https://en.wikipedia.org/wiki/Linux_kernel).
28. <https://el.wikipedia.org/wiki/Android>.
29. <https://www.raspberrypi.org/documentation/raspbian/>.