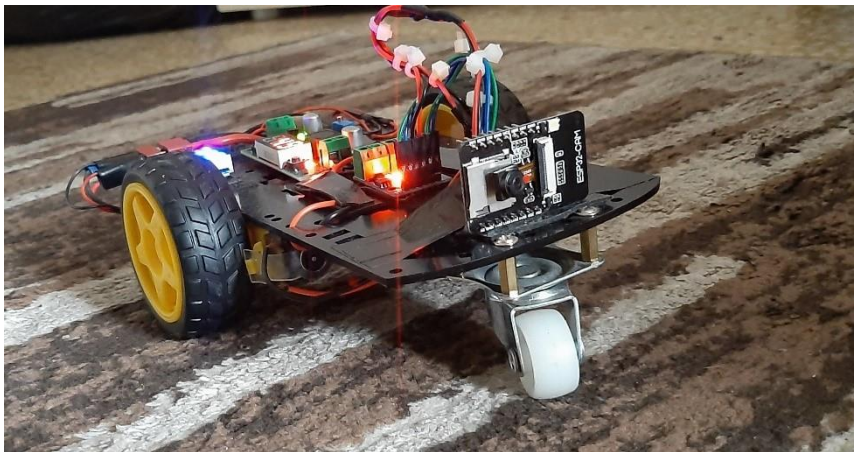


ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**«Μελέτη και κατασκευή ενός τροχοφόρου ρομπότ ελεγχόμενο από
απομακρυσμένη τοποθεσία μέσω διαδικτύου με βάση τον
μικροελεγκτή esp32»**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΨΑΛΛΙΔΑΚΗ Π. ΜΑΡΚΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Δρ. Τσιακμάκης Κυριάκος

Copyright ©-All rights reserved

Τίτλος Δ.Ε.: Μελέτη και κατασκευή ενός τροχοφόρου ρομπότ ελεγχόμενο από απομακρυσμένη τοποθεσία μέσω διαδικτύου με βάση τον μικροελεγκτή esp32

Κωδικός Π.Ε 19109

Όνοματεπώνυμο φοιτητή : Μάρκος Ψαλλιδάκης

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Δρ. Τσιακμάκης Κυριάκος

Ημερομηνία ανάληψης Π.Ε 12/03/2019

Ημερομηνία περάτωσης Π.Ε 26/05/2020

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως πτυχιακή εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή ΜΑΡΚΟΥ ΨΑΛΛΙΔΑΚΗ που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βασικό αντικείμενο ,αυτής της εργασίας , όπως μαρτυρά και ο τίτλος της είναι η ανάλυση και η κατασκευή ενός τροχοφόρου ρομπότ το οποίο θα ελέγχεται από απομακρυσμένη θέση μέσω του μικροελεγκτή ESP32. Ωστόσο η παραπάνω κατασκευή χωρίζεται σε δύο μέρη , πρώτον τον έλεγχο από απομακρυσμένη θέση με την χρήση mb data και τον άμεσο έλεγχο με την χρήση Wi-Fi. Συγκεκριμένα γίνεται ανάλυση της γενικότερης ιστορίας των τροχοφόρων ρομπότ (και μη) καθώς και η εξέλιξη τους στην διάρκεια του χρόνου.

Επιπλέον γίνονται αναφορές στην σχέση ρομπότ –διαδικτύου και πως αυτή μπορεί να βοηθήσει τον άνθρωπο σε διάφορες διεργασίες. Επιπροσθέτως γίνεται μια αναλυτική αναφορά στην δομή , την λειτουργία και τα χαρακτηριστικά των μικροελεγκτών-μικροεπεξεργαστών καθώς και στις μεταξύ τους διαφορές.

Τέλος στην εν λόγω πτυχιακή εργασία περιγράφεται αναλυτικά η κατασκευαστική διαδικασία του τροχοφόρου , ο προγραμματισμός του ESP32 , ο έλεγχος και τέλος η λειτουργία του. Σκοπός της πτυχιακής εργασίας ήταν η δημιουργία ενός καινοτόμου και ευέλικτου έργου το οποίο θα μπορεί να ανταπεξέρχεται στις τρέχουσες συνθήκες και να λειτουργεί αναλόγως στις απαιτήσεις του χρήστη.

ABSTRACT

This object of this study, as its title suggests is the analysis and the construction of a robot car which will be remotely controlled by the microcontroller ESP32. However, this construction is divided into two parts, namely the control from a remote position with the use of mobile data and the direct control with the use of Wi-Fi. In particular the general history of non and car robot is analyzed, as well as their development throughout time.

Moreover, the relationship between robots and internet and how this can help man in various processes are briefly discussed. Furthermore, the structure, the function and the characteristics of the microcontrollers and microprocessors are analyzed, as well as their differences.

Finally, the constructional process, the programming, the control and the circuit of ESP32 are also being described in this undergraduate paper. The aim of this paper was the construction of an innovative and flexible project, which will be able to correspond at the current circumstances and function according to the user's needs.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Τσιακμάκη Κυριάκο για την επίβλεψη αυτής της πτυχιακής εργασίας καθώς και της εμπιστοσύνης που μου επέδειξε. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Γιάννη για την πολύτιμη και ουσιαστική στήριξη καθώς και την οικογένεια μου για την καθοδήγηση και ηθική συμπαράσταση σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	3
Abstract	4
Ευχαριστίες	5

Κεφάλαιο 1^ο

Μελέτη ρομπότ

1.1 Ιστορική αναδρομή	8
1.2 Ετυμολογία	13
1.3 Είδη των ρομπότ	13
1.4 Δομή ρομπότ	17
1.5 Εξέλιξη	17
1.6 Χρησιμότητα	18
1.7 IoT(διαδίκτυο των πραγμάτων)	19
1.7.1 Τρόπος λειτουργίας	20
1.7.2 Εφαρμογή χρήστη	21
1.7.3 Ασφάλεια	21
1.7.4 Χρησιμότητα	22
1.7.5 Σύνδεση με τα ρομπότ	22

Κεφάλαιο 2^ο

Μικροεπεξεργαστές (Microprocessors)

2.1 Ορισμός	23
2.2 Ιστορική αναδρομή	23
2.3 Δομή	24
2.4 Χρησιμότητα	25
2.5 Εξέλιξη	25
2.6 Μικροελεγκτές	33
2.7 Διαφορές από μικροεπεξεργαστές	34
2.8 Πλεονεκτήματα -μειονεκτήματα μικροελεγκτών	35
2.9 Συνήθη υποσυστήματα	37
2.10 Πρόσθετες λειτουργίες	38
2.11 Είδη κατασκευαστών	39
2.12 Είδη μικροελεγκτών	40
2.13 Γλώσσες προγραμματισμού και εργαλεία ανάπτυξης	42
2.14 Ο μικροελεγκτής ESP32	43
2.14.1 Ορισμός	43
2.14.2 Δομή	44
2.14.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά	45

2.15 ESP32 –CAM.....	50
2.15.1 Ορισμός.....	50
2.15.2 Δομή το ESP32-CAM.....	50
2.15.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	52
2.15.4 Η κάμερα.....	53
2.15.5 Pinout Diagram.....	54

Κεφάλαιο 3^ο

Κατασκευή τροχοφόρου ρομπότ

3.1 Δυνατότητες της κατασκευής	55
3.2 Κατασκευαστική δομή	55
3.3 Έλεγχος τροχοφόρου μέσω AP(Access Point)	58
3.3.1 Τι είναι το Access Point (Ap)	58
3.3.2 Τι είναι ο Webserver	59
3.3.3 Προγραμματισμός του ESP32 για AP(Access Point)	59
3.3.4 Διαδικασία προγραμματισμού.....	64
3.4 Ανάλυση της λειτουργίας του Control Panel.....	68
3.5 Έλεγχος τροχοφόρου μέσω απομακρυσμένης σύνδεσης	71
3.5.1 Τι είναι το Remote Control.....	71
3.5.2 Τι είναι το Port Forward.....	71
3.5.3 Προγραμματισμός του ESP32 για Remote Control (Via laptop).....	71

Κεφάλαιο 4^ο

Επίλογος

4.1 Προβληματισμοί	77
4.2 Μελλοντικές επεκτάσεις.....	77
4.3 Συμπέρασμα.....	78

Βιβλιογραφία.....	79
-------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 Ιστορική αναδρομή.

Η ρομποτική είναι μία από τις πιο σύγχρονες επιστήμες. Κι αυτό, γιατί δεν θα μπορούσε να αναπτυχθεί χωρίς την ύπαρξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της υψηλής τεχνολογίας. Παρόλα αυτά, η ιδέα ενός μηχανήματος που θα μπορούσε να αντικαταστήσει τον άνθρωπο σε διάφορες εργασίες είναι πολύ παλιά. Οι ρίζες της βρίσκονται στα βάθη των αρχαίων χρόνων. Το πρώτο ρομπότ το συναντούμε στην ελληνική μυθολογία και συγκεκριμένα στην Κρήτη. Ο μύθος έλεγε ότι ο θεός Ήφαιστος δημιούργησε ένα τεράστιο χάλκινο ανθρωπόμορφο ον και το έκανε δώρο στο βασιλιά Μίνωα για να προστατεύει την Κρήτη.

Ο Τάλως είχε καθήκον να επισκέπτεται τα χωριά του νησιού και να φροντίζει να εφαρμόζουν τους νόμους.

Επίσης, είχε αναλάβει να κάνει καθημερινά το γύρο του νησιού και να εκσφενδονίζει πέτρες στα εχθρικά πλοία που ήθελαν να καταλάβουν την Κρήτη. Είναι πολύ πιθανό, αυτός ο μύθος να αποτέλεσε την έμπνευση για πολλούς μηχανικούς της αρχαιότητας, που προσπάθησαν να κατασκευάσουν «έξυπνες» μηχανές, που θα έλυαν τα χέρια των ανθρώπων της εποχής. Μία από τις πρώτες τέτοιες μηχανές θεωρείται η πετομηχανή, ένα ιπτάμενο αντικείμενο -στο οποίο βέβαια δεν έμπαιναν άνθρωποι- που μπορούσε να διανύσει μέχρι και απόσταση 200 μέτρων.

Η εφεύρεση αυτή μπορεί να μην εντυπωσιάζει, μιας και τα αεροπλάνα είναι μέρος της ζωής μας εδώ και χρόνια. Είναι όμως εντυπωσιακό το ότι αυτή τη μηχανή τη δημιούργησε ο Αρχύτας ο Ταραντίνος γύρω στο 400 π.Χ. Αρκετά χρόνια μετά τον Αρχύτα, κάπου στο 1.200 μ.Χ., ο Άραβας Αλ Τζαζάρι δημιούργησε το πρώτο ρομπότ με μορφή ανθρώπου. Τι έκανε αυτό το ρομπότ; Έπαιζε μουσική και συγκεκριμένα, τύμπανο. Δυστυχώς τα ακριβή σχέδια του Αλ Τζαζάρι δεν έχουν σωθεί στις μέρες μας.

Έχουμε όμως τα σχέδια ενός άλλου σπουδαίου καλλιτέχνη και μηχανικού, του Λεονάρντο Ντα Βίντσι. Ο Πρόκειται για ιδιαίτερα μικρών διαστάσεων ρομποτικού μηχανισμού. Ανήκει στην κατηγορία των νανορομπότ και σύμφωνα με τις φιλοδοξίες των επιστημόνων θα είναι ικανό να μπαίνει στο ανθρώπινο σώμα μέσω της κυκλοφορίας του αίματος και θα συμβάλει στην ίαση ασθενειών. Ο Ντα Βίντσι (1452-1519) σχεδίασε ένα ανθρωπόμορφο ρομπότ που έμοιαζε με ιππότη με πανοπλία και μπορούσε να κουνά τα χέρια και το κεφάλι του.

Στη σύγχρονη εποχή τα πρώτα Robot φτιάχτηκαν κάπου στα 1950 και δεν έχουν καμία σχέση με τα ρομπότ που χρησιμοποιούμε στις μέρες μας και σίγουρα, ούτε με αυτά που θα έχουμε στο μέλλον.

Όμως κάθε ένα από αυτά ήταν η έμπνευση αλλά και μία πολύτιμη πηγή πληροφοριών, ώστε να κατασκευαστούν ακόμα πιο εξελιγμένα μοντέλα που θα μπορούσαν να πραγματοποιήσουν ακόμα πιο πολύπλοκες εργασίες.

Έτσι δημιουργήθηκαν τα:

UNIMATE 1961 Πρόκειται για το πρώτο ρομπότ που χρησιμοποιήθηκε στη βιομηχανία και συγκεκριμένα, στην κατασκευή αυτοκινήτων .



Εικόνα 1.1 «UNIMATE 1961»

¹ [media.timetoast]

RANCHO ARM 1963 («Ράντσο αρμ»): Το συγκεκριμένο ρομπότ είναι μία από τις πρώτες προσπάθειες των επιστημόνων του νοσοκομείου Λος Αμίγκος στην Καλιφόρνια να δημιουργήσουν τεχνητά μέλη για άτομα με ειδικές ανάγκες. **SHAKY 1970** («Σέικι»): Το Shakey είναι το πρώτο κινούμενο ρομπότ που μπορούσε να πραγματοποιεί λογικές διεργασίες.



Εικόνα 1.2 «RANCHO ARM1963»

² [helleniccollege]

DANTE I 1992 («Δάντης»): Είναι το ρομπότ που επέτρεψε στον άνθρωπο να μελετήσει για πρώτη φορά από πολύ κοντά τον κρατήρα ενός ενεργού ηφαιστείου .



Εικόνα 1.3 «DANTE I 1992»

³[helleniccollege]

P2 1996: Το πρώτο ανθρωπόμορφο ρομπότ, το P2 αποτέλεσε τον θεμέλιο λίθο των ερευνών της εταιρείας Honda πάνω στην δημιουργία ανδρείδων (ανθρωπόμορφα ρομπότ που θα μπορούν να μιμούνται τον άνθρωπο σε εμφάνιση και συμπεριφορά). Είχε ύψος 1.80 μέτρα και οι κινήσεις του ήταν πολύ κοντά στις ανθρώπινες.



Εικόνα 1.5 «P2 1996»

⁴[researchgate.net]

Το 1997 συμβαίνει κάτι μοναδικό για τα τότε δεδομένα. Το σκακιστικό πρόγραμμα Deep Blue της εταιρείας λογισμικού IBM, κερδίζει τον παγκόσμιο πρωταθλητή σκακιού Gary Kasparov, στο προχωρημένο επίπεδο. Πολλοί εκφράζουν τότε ανησυχίες για την ραγδαία αύξηση της AI (Artificial Intelligence) και τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει στον άνθρωπο. Ο σούπερ αυτός υπολογιστής είχε την ικανότητα να επεξεργάζεται 200000000 κινήσεις το δευτερόλεπτο! Η Honda παρουσιάζει το 1998 το P3.

AIBO 1999: η Sony «μπαίνει» δυναμικά στο παιχνίδι της ρομποτικής με τον AIBO, έναν ρομποτικό σκύλο ικανό να αλληλεπιδρά με τον άνθρωπο σαν κανονικό κατοικίδιο.



Εικόνα 1.4 «AIBO 1999»

⁵[robots.ieee.org]

ASIMO 2000: Το 2000 αποτελεί σταθμό στην επιστήμη της ρομποτικής. Η διαρκώς δραστήρια Honda, παρουσιάζει την πρώτη έκδοση του ASIMO (Advanced Step in Innovative MObility), ενός ρομπότ που είναι σε θέση να τρέχει, να περπατά, να επικοινωνεί με τους ανθρώπους, να αναγνωρίζει εκφράσεις και περιβάλλοντα και να αλληλεπιδρά με αυτά. Το ύψος του είναι 1.30 μέτρα ενώ ζυγίζει 54 κιλά . Η όψη του θυμίζει έναν μίνι αστροναύτη και αποτελεί εξέλιξη παλαιότερων ρομποτικών μοντέλων της ίδιας εταιρείας.



Εικόνα 1.6 «ASIMO 2000»

⁶[global.honda]

Την ίδια χρονιά η Sony παρουσιάζει και αυτή με την σειρά της ανθρωπόμορφα ρομπότ με το όνομα Sony Dream Robots.

Σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη, τον Οκτώβριο του 2000 υπήρχαν 742.500 βιομηχανικά ρομπότ στον κόσμο, με περισσότερο από τα μισά αυτών να χρησιμοποιούνται μόνο στην Ιαπωνία. Έκτοτε, οι εξελίξεις στον χώρο των ανθρωπόμορφων ρομπότ παραμένουν στάσιμες. Με

εξαίρεση την διαρκή κινητικότητα της Honda, με τα νέα μοντέλα του Asimo (πραγματικά εντυπωσιακό στον τρόπο κίνησής του), και το καινούργιο δημιούργημα της NASA, τον Robonaut , ένα τηλεκατευθυνόμενο ρομπότ-αστροναύτη που θα βοηθήσει αρκετά στην συλλογή στοιχείων από πλανήτες.



Εικόνα 1.7 «Robonaut»
7[airandspace.si.edu]

Προφανώς και θα πρέπει να περάσουν αρκετά χρόνια ακόμα για να φτάσουμε έστω κοντά στην εικόνα που έχουμε σχηματίσει για τα ρομπότ μέσα από τις ταινίες και τα βιβλία επιστημονικής φαντασίας. Μπορεί και κάτι τέτοιο να μην γίνει ποτέ. Οι ραγδαίες εξελίξεις όμως στον τομέα της τεχνολογίας, είναι αδύνατον να μην επηρεάσουν και την ρομποτική, η οποία πιθανότατα θα στραφεί περισσότερο στην μελέτη για την δημιουργία μηχανών που θα βοηθήσουν τον άνθρωπο στις βασικές του ανάγκες.

Τα τελευταία χρόνια η έρευνα προσανατολίζεται στη δημιουργία ρομπότ που θα έχουν την ικανότητα να μαθαίνουν από τους ανθρώπους και να ανταποκρίνονται κοινωνικά και συναισθηματικά με έναν δέοντα τρόπο. Οι λόγοι που οι εταιρείες αναπτύσσουν τα Robot είναι πως με αυτό τον τρόπο αποκτούν τεχνογνωσία ώστε να παράγουν ολοένα και πιο πολύπλοκα μηχανήματα αλλά κυρίως γιατί εκτιμούν πως σε λίγα χρόνια, τα Robot θα βγουν στην ευρεία κατανάλωση για διάφορες χρήσεις, χωρίς απαραίτητα να είναι με την ανθρώπινη μορφή. Συστήματα Robot αναμένεται να εξοπλίζουν στο μέλλον και την πιο μικρή βιοτεχνία, ενώ δεν είναι απίθανο να τα δούμε και στο οικιακό μας περιβάλλον σε καθημερινές ανθρώπινες ανάγκες.

Έτσι οι εταιρείες αναπτύσσοντας τεχνολογία και τεχνογνωσία, δεν κερδίζουν μόνο τις εντυπώσεις, αλλά είναι έτοιμες να προσφέρουν προϊόν όταν η αγορά το ζητήσει.

1.2 Ετυμολογία.

Σύμφωνα με τον ορισμό του Ινστιτούτου Ρομπότ των ΗΠΑ, "ρομπότ είναι μια επαναπρογραμματιζόμενη πολυλειτουργική χειριστική διάταξη, σχεδιασμένη για τη μετακίνηση υλικών, εξαρτημάτων, εργαλείων και εξειδικευμένων διατάξεων, μέσω μεταβλητών, προγραμματισμένων κινήσεων για την εκτέλεση μιας σειράς εργασιών". Ένα ρομπότ συγκροτείται από δύο συστήματα, το μηχανικό (στο οποίο περιλαμβάνεται το σύστημα κίνησης) και το ηλεκτρονικό (στο οποίο υπάγεται και η επαναπρογραμματιζόμενη μνήμη του). Υπάρχουν διάφορα κριτήρια διάκρισης και αντίστοιχες κατηγοριοποιήσεις των ρομπότ. Μία από αυτές είναι η διάκρισή τους σε τρεις, επί του παρόντος, "γενιές". Στην πρώτη γενιά κατατάσσονται ρομπότ με περιορισμένη ευελιξία, που διευθύνονται από τον άνθρωπο, όπως, για παράδειγμα, οι απλοί "χειριστές", σχετικά απλά εργαλεία που επιτρέπουν, για παράδειγμα, τη μετακίνηση επικίνδυνων αντικειμένων (π.χ. ραδιενεργών υλικών). Στη δεύτερη γενιά κατατάσσονται τα ρομπότ που είναι εφοδιασμένα με σταθερό πρόγραμμα δράσης και ρομπότ που λαμβάνουν εντολές από κάποιο σύστημα αριθμητικού ελέγχου. Στην τρίτη γενιά κατατάσσονται ρομπότ που είναι εφοδιασμένα:

- με αισθητήριες "πληροφορίες" από το περιβάλλον,
- με διάταξη επεξεργασίας των πληροφοριών και
- με κινητήριο σύστημα εκτέλεσης εργασιών.

1.3 Είδη των ρομπότ.

Βιομηχανικά ρομπότ (ή ρομποτικοί βραχίονες) έχουν τη μορφή ενός ανθρώπινου βραχίονα με αρθρώσεις (ώμο, αγκώνα, καρπό) και παλάμη (αρπάγη/δαγκάνα, δάκτυλα). Η επιλογή του τύπου της κίνησής τους (γραμμική, κυλινδρική, σφαιρική, αρθρωτή) εξαρτάται από το είδος της εργασίας που πρέπει να εκτελέσουν. Τα βιομηχανικά ρομπότ είναι κατάλληλα για επαναλαμβανόμενες εργασίες σε πλήρως δομημένα και σταθερά περιβάλλοντα. Τέτοιες εργασίες είναι: φόρτωμα/ξεφόρτωμα μηχανών, συναρμολόγηση, συγκόλληση, πρεσάρισμα, βαφή, γυάλισμα. Τα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα βιομηχανικά ρομπότ είναι: απαλλαγή των εργαζομένων από κουραστικές, ανιαρές και επικίνδυνες εργασίες ευελιξία, υψηλή παραγωγικότητα, καλύτερη ποιότητα προϊόντος και βελτιωμένη ποιότητα ζωής.



Εικόνα 1.8 «Βιομηχανικό ρομπότ»

⁸[www.orgi.gr]

Τα κινητά ρομπότ αποτελούνται από μια πλατφόρμα (όχημα) με ρόδες (3 ή 4) η οποία κινείται με κατάλληλο πρόγραμμα ελέγχου και είναι εφοδιασμένη με αισθητήρες όρασης (κάμερες), υπερήχων, απόστασης κ.α. Πάνω στην πλατφόρμα μπορεί να είναι προσαρμοσμένοι ρομποτικοί βραχίονες (ένας ή περισσότεροι) για την εκτέλεση εργασιών. Τα ρομπότ του είδους αυτού, που καλούνται «*κινούμενοι ρομποτικοί χειριστές*», χρησιμοποιούνται για προσφορά υπηρεσιών, όπως μεταφορά υγειονομικού και λοιπού υλικού στα νοσοκομεία, μεταφορά φαρμάκων σε μεγάλες φαρμακαποθήκες, συλλογή φρούτων από δέντρα, κούρεμα προβάτων. Χρησιμοποιούνται επίσης σε υποθαλάσσιες έρευνες για τη συλλογή οργανισμών, καθιζημάτων και άλλων αντικειμένων σε βάθη ωκεανών που είναι απαγορευτικά για τον άνθρωπο, αλλά και σε έρευνες στο εσωτερικό ηφαιστειών.



Εικόνα 1.9 «Κινητό ρομπότ με τέσσερις τροχούς»

⁹[www.agronews.gr]

Τα ιατρικά ρομπότ διακρίνονται σε «*μάκρο-ρομπότ*» (χειρουργικά ρομπότ, ρομπότ αποκατάστασης ΑΜΕΑ, αυτόνομες ρομποτικές καρέκλες) και «*μίκρο-ρομπότ*» (για καθοδηγούμενη από εικόνες χειρουργική, ελάχιστης επέμβασης/ενδοσκοπική χειρουργική, αγγειοπλαστική, εμβολισμός (γέμισμα) εγκεφαλικών ανευρυσμάτων κ.α.). Τα ιατρικά ρομπότ ενισχύονται σημαντικά από τηλεχειριστές και εικονική πραγματικότητα, ιδιαίτερα όταν ο ασθενής δεν μπορεί να μεταφερθεί στον τόπο του ειδικευμένου χειρουργού (τραυματίες πολέμου, ασθενείς απομακρυσμένων νησιών κ.λπ.). Ένα ιατρικό ρομπότ ευρείας χρήσης είναι το χειρουργικό ρομπότ Da Vinci.



Εικόνα 1.10 «Ιατρικό ρομπότ»

¹⁰[www.kontranews.gr]

Τα Τηλερομπότ συνδυάζουν τηλεχειρισμό από τον άνθρωπο και αυτονομία και μπορούν να λειτουργήσουν τόσο σε ημιδομημένα όσο και σε πλήρως αδόμητα περιβάλλοντα. Μπορούν να εκτελούν μη επαναλαμβανόμενες εργασίες χωρίς να έχουν τέλεια γνώση του χώρου εργασίας τους. Το μεγαλύτερο πρόβλημά τους είναι οι μεταβαλλόμενες χρονικές καθυστερήσεις ανάμεσα στο ρομπότ και το χειριστή, που οφείλονται κυρίως στα συστήματα επικοινωνίας. Οι κυριότερες εφαρμογές τους είναι οι ιατρικές, οι υποθαλάσσιες και οι διαστημικές εφαρμογές.



Εικόνα 1.11 «Τηλερομπότ»

¹¹[www.kathimerini.gr]

Κοινωνικό ρομπότ είναι ένα αυτόνομο ρομπότ που επικοινωνεί και αλληλοεπιδρά με τον άνθρωπο ακολουθώντας κανόνες κοινωνικής συμπεριφοράς τους οποίους έχει διδαχθεί και μάθει. Οι τρεις βασικοί κανόνες τους οποίους πρέπει να ακολουθεί ένα κοινωνικό ρομπότ (πέρα από τους ειδικούς κανόνες ανθρώπινης συμπεριφοράς) είναι οι τρεις ρομποτικοί νόμοι του Ρώσου συγγραφέα Isaac Asimov που δημοσίευσε το 1941 στο μυθιστόρημα επιστημονικής φαντασίας (I, Robot). Οι νόμοι αυτοί είναι: (1) Ένα ρομπότ δεν πρέπει να βλάψει τον άνθρωπο ενεργά ή παθητικά, (2) Ένα ρομπότ πρέπει να υπακούει στον άνθρωπο εκτός εάν αυτό αντίκειται στο νόμο 1, (3) Ένα ρομπότ πρέπει να προστατεύει την ύπαρξή του εφόσον τούτο δεν αντιβαίνει στους δύο προηγούμενους νόμους.

Στα κοινωνικά ρομπότ ανήκουν και τα ανθρωποειδή ρομπότ που μπορούν να βαδίζουν και πολλά απ'αυτά έχουν ανθρώπινη μορφή (πρόσωπο, χέρια, κ.λπ.). Οι ικανότητές τους εξαρτώνται από τις εργασίες που πρέπει να εκτελέσουν. Για παράδειγμα, ένα ρομπότ σερβιτόρος πρέπει να ακολουθεί τους κανόνες καλής εξυπηρέτησης. Τρία γνωστά κοινωνικά ρομπότ είναι το ρομπότ «Kismet» (μοίρα/ειμαρμένη στην Τουρκική), το ρομπότ «μουσικός» και το ρομπότ «Asimo» της Honda. Το Kismet, είναι ένα ρομποτικό κεφάλι με στόμα, μάτια και αυτιά που μπορεί να αποκρίνεται με συναισθηματικούς μορφασμούς (χαράς, θαυμασμού, έκπληξης, θυμού) ανάλογα με την περίπτωση που αντιμετωπίζει.



Εικόνα 1.12 «Κοινωνικό ρομπότ»

¹²[www.lifo.gr]

1.4 Δομή των ρομπότ

Η δομή των ρομπότ συνοψίζεται σε :

- **Το μηχανικό μέρος σασί:** Σε αυτό συνδέονται όλα τα μέρη του ρομπότ και φυσικά διαθέτει τους κατάλληλους κινητήρες για να μπορεί να κινείται στον χώρο. Οι κινητήρες που μπορούν να περιστραφούν είναι ρόδες, έλικες, αρθρώσεις (βραχίονες, πόδια)
- **Αισθητήρες και μονάδες εξόδου:** Είναι τα εξαρτήματα που επιτρέπουν στο ρομπότ να επικοινωνεί και να αλληλοεπιδρά με τον εξωτερικό κόσμο. Κάποια είδη αισθητήρων είναι οι αισθητήρες επαφής, υπερήχων, υπέρυθρων, φωτός, θερμοκρασίας, ήχου, πίεσης, επιταχυνσιόμετρα. Κάποιες μονάδες εξόδου είναι οι φωτεινές λυχνίες-οθόνες, βομβητές, μεγάφωνα.
- **Μονάδα επεξεργασίας:** Η μονάδα επεξεργασίας ενός ρομπότ, αποτελεί τον ηλεκτρονικό του εγκέφαλο και μπορεί να είναι μικρής ή μεγάλης υπολογιστικής ισχύος. Είναι αυτή που λαμβάνει όλες τις αποφάσεις με βάση τα δεδομένα που παίρνει από τους αισθητήρες, στέλνει τα αποτελέσματα στους κινητήρες και στις άλλες μονάδες εξόδου.
- **Η πηγή ενέργειας:** Κατά κύριο λόγο ρεύμα ή μπαταρίες.

1.5 Εξέλιξη.

Μπορεί το τελειότερο που γνώρισε ποτέ η ανθρωπότητα να αποτελεί προϊόν της φαντασίας του Ισαάκ Ασίμοφ, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι η ρομποτική επιστήμη (robotics) των τελευταίων χρόνων δεν έχει σημειώσει μεγάλη πρόοδο. Σύμφωνα με εκτιμήσεις επιστημόνων που ασχολούνται με την ρομποτική και γενικότερα με την Τεχνητή Νοημοσύνη, το 2050 ο γρήγορος ρυθμός ανάπτυξης της πληροφορικής θα οδηγήσει στη δημιουργία ρομπότ τα οποία θα είναι πιο έξυπνα από τον άνθρωπο. Η αλήθεια είναι μία τέτοια εξέλιξη όντως θα προκαλούσε θύελλα συζητήσεων με πολλά υπέρ και κατά.

Τα σημερινά ρομπότ έχουν τις υπολογιστικές ικανότητες του εγκεφάλου ενός εντόμου. Με βάση το γεγονός ότι η ισχύς των υπολογιστών διπλασιάζεται κάθε δεκαοκτώ μήνες περίπου, τα ρομπότ θα προσεγγίσουν τη νοημοσύνη των ζώων και, στη συνέχεια, αυτήν του ανθρώπου πολύ γρήγορα. Η ανεξέλεγκτη δύναμη των μηχανών έχει απασχολήσει τον άνθρωπο από πολύ παλιά και συνεχίζει να τον απασχολεί μέχρι σήμερα. Τα ρομπότ στο μέλλον θα έχουν εξελιχτεί σε επίπεδο στο οποίο θα μπορούν να αναπαριστούν τον άνθρωπο σε μεγάλο βαθμό σχεδόν θα είναι άνθρωποι χωρίς βιολογικές ανάγκες, θα μπορούν να έχουν συναισθήματα και κριτική σκέψη.

Οι άνθρωποι χρειάστηκαν εκατομμύρια χρόνια για να εξελιχτούν από αμφίβιους οργανισμούς σε θηλαστικά με πολύπλοκους εγκεφάλους. Τώρα, όμως οι νόμοι της εξέλιξης φαίνεται να ξαναγράφονται, καθώς εμφανίζονται πια τα πρώτα ρομπότ που όχι μόνο εξελίσσονται, αλλά το κάνουν μέσα σε λίγες μόνο ώρες, χάρη σε ένα «εγκέφαλο» προγραμματισμένο με τρόπο τέτοιο που αυτόματα μεγαλώνει σε μέγεθος και πολυπλοκότητα όσο το φυσικό του σώμα αναπτύσσεται.

Τα ρομπότ μέχρι τώρα δεν μπορούν μόνο τους να τα βγάλουν πέρα με μια φυσική αλλαγή, όπως την προσθήκη ενός νέου αισθητήρα ή ενός νέου μέλους στο σώμα τους. Αναγκαστικά πρέπει να γίνει πλήρης επανασχεδίαση του λογισμικού ελέγχου τους, διαδικασία ακριβή και χρονοβόρα. Το ρομπότ ελέγχεται από ένα νευρωνικό δίκτυο-λογισμικό που μιμείται τη μαθησιακή διαδικασία του εγκεφάλου. Το ρομπότ απέδειξε ότι μπορεί μόνο του, χωρίς συμπληρωματική έξωθεν επέμβαση από τον προγραμματιστή, να μαθαίνει, όσο περνά ο χρόνος, να περπατά όλο και καλύτερα.

1.6 Χρησιμότητα.

Η χρήση των ρομπότ εξυπηρετεί τους ανθρώπους ώστε να γίνονται εργασίες οι οποίες είτε είναι ανθυγιεινές ή επικίνδυνες για να γίνουν απευθείας από έναν άνθρωπο. Σε άλλες περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται για να εκτελέσουν εργασίες ταχύτερα ή φθηνότερα απ' ό,τι ο άνθρωπος και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Έτσι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην μαζική παραγωγή αλλά και σε ιατρικές επεμβάσεις. Ένα ρομπότ είναι μια μηχανική συσκευή η οποία μπορεί να υποκαθιστά τον άνθρωπο σε διάφορες εργασίες. Ένα ρομπότ μπορεί να δράσει κάτω από τον απευθείας έλεγχο ενός ανθρώπου ή αυτόνομα κάτω από τον έλεγχο ενός προγραμματισμένου υπολογιστή. Σε άλλες περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται για να εκτελέσουν εργασίες ταχύτερα ή φθηνότερα απ' ό,τι ο άνθρωπος. Έτσι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αυτόματη παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων κάποιου προϊόντος και με χαμηλότερο κόστος (για παράδειγμα, στις *αλυσίδες παραγωγής*).

Ευρύτατη χρήση ρομπότ γίνεται σε πάρα πολλούς παραγωγικούς τομείς και κυρίως στη βιομηχανία (βιομηχανική ρομποτική), στην ιατρική, την αεροναυπηγική, αεροδιαστημική, και γεγονός που έδωσε περεταίρω ώθηση στην παράγωγη των ρομπότ, ιδιαίτερα στην Ιαπωνία και στις Η.Π.Α.

Οι κυριότερες εφαρμογές των βιομηχανικών ρομπότ μέχρι σήμερα ήταν οι ηλεκτροσυγκολλήσεις, οι εφαρμογές σε εργασίες πρεσαρίσματος, οι συναρμολογήσεις, οι βαφές με ψεκασμό, και η επεξεργασία επιφανειών σε τροφοδοτήσεις εργαλειομηχανών.

1.7.1 Τρόπος λειτουργίας.

Στις συζητήσεις γύρω από το IoT, έχει αναγνωρισθεί ότι οι τεχνολογίες analytics είναι ζωτικής σημασίας για τη μετατροπή αυτής της «πλημμύρας» streaming data σε κατατοπιστική και χρήσιμη γνώση. Αλλά πώς αναλύουμε τα δεδομένα καθώς «ρέουν» ασταμάτητα μέσα από τους αισθητήρες και τις συσκευές; Πώς αυτή η διαδικασία διαφέρει από τις άλλες κοινές μεθόδους ανάλυσης που υπάρχουν σήμερα;

Στην παραδοσιακή ανάλυση, τα δεδομένα αποθηκεύονται και μετά αναλύονται. Ωστόσο, στην περίπτωση των δεδομένων συνεχούς ροής (streaming data) όπως αυτά του IoT, τα μοντέλα και οι αλγόριθμοι είναι αυτοί που αποθηκεύονται και τα δεδομένα περνούν μέσα από αυτά για ανάλυση. Αυτό το είδος της ανάλυσης καθιστά δυνατό τον εντοπισμό και την εξέταση μοτίβων καθώς τα δεδομένα δημιουργούνται, σε πραγματικό χρόνο.

Έτσι, πριν αποθηκευτούν τα δεδομένα, στο cloud ή σε οποιοδήποτε άλλον χώρο αποθήκευσης, υπόκειται σε επεξεργασία. Έπειτα, χρησιμοποιείτε analytics ώστε να αποκρυπτογραφήσετε τα δεδομένα, ενώ όλοι οι συσκευές σας θα συνεχίσουν να εκπέμπουν και να λαμβάνουν δεδομένα.

Με τεχνικές advanced analytics, τα data stream analytics μπορούν να πάνε πέρα από την απλή παρακολούθηση των υπάρχουσών συνθηκών και την αξιολόγηση των κατώτατων ορίων στην πρόβλεψη μελλοντικών σεναρίων και στην εξέταση πολύπλοκων ερωτημάτων.

Για να εκτιμηθεί το μέλλον με τη χρήση αυτών των ροών δεδομένων (data streams), θα πρέπει να έχετε τεχνολογίες υψηλής απόδοσης που μπορούν να προσδιορίζουν μοτίβα στα δεδομένα σας τη στιγμή που αυτά δημιουργούνται. Μόλις ένα μοτίβο αναγνωρίζεται, μετρήσεις ενσωματωμένες στη ροή δεδομένων, οδηγούν στην αυτόματη προσαρμογή των συνδεδεμένων συστημάτων ή δημιουργούν ειδοποιήσεις για άμεσες δράσεις και λήψη καλύτερων αποφάσεων.

Ουσιαστικά, αυτό σημαίνει ότι μπορείτε να προχωρήσουμε πέρα από την απλή παρακολούθηση συνθηκών και ορίων στην εκτίμηση πιθανών μελλοντικών γεγονότων και στον προγραμματισμό τους για αμέτρητα what-if σεσνάρια.

1.7.2 Εφαρμογή Χρήστη.

Η εφαρμογή χρήστη αποτελεί το βασικό περιβάλλον όπου ο άνθρωπος μπορεί να παρακολουθεί και να χειρίζεται τις «έξυπνες» συσκευές. Για αυτές τις διαδικασίες απαιτείται η ανάπτυξη ενός εξειδικευμένου λογισμικού για τη κάθε συσκευή, ώστε να μπορεί να μεταφράζει και να επεξεργάζεται τα δεδομένα που μεταφέρονται από και προς αυτήν. Οι εφαρμογές αυτές πρέπει να έχουν σύνδεση στο διαδίκτυο και να τρέχουν πάνω σε κάποιον εξυπηρετητή (Server διεθνώς), ώστε να είναι εφικτή η επικοινωνία.

Σήμερα ωστόσο, οι περισσότερες μεγάλες εταιρείες κατασκευής «έξυπνων» συσκευών προσφέρουν δικούς τους εξυπηρετητές που αναλαμβάνουν την επικοινωνία με τις συσκευές και ο τελικός χρήστης χρειάζεται απλώς να εγκαταστήσει μόνο μία εφαρμογή στο κινητό του τηλέφωνο ή στον προσωπικό του υπολογιστή. Στη συνέχεια η εφαρμογή αναλαμβάνει την επικοινωνία με τον εξυπηρετητή της εταιρείας. Έτσι, δεν χρειάζεται κάθε φορά που κάνουμε μια αγορά μιας τέτοιας συσκευής να ρυθμίζουμε ένα ολόκληρο δίκτυο επικοινωνίας για να λειτουργήσει. Αντιθέτως, για μεγάλες βιομηχανικές εφαρμογές χρειάζεται να κατασκευαστεί από την αρχή τόσο το δίκτυο, όσο και το λογισμικό. Πράγμα εξαιρετικά χρονοβόρο και δαπανηρό.

1.7.3 Ασφάλεια.

Η διασυνδεσιμότητα των συσκευών που χαρακτηρίζει το οικοσύστημα του IoT μπορεί να ενθαρρύνει τη διαμόρφωση παράνομων ή ανεπιθύμητων τεχνολογικών πρακτικών και να το μετατρέψει σε ένα περιβάλλον με δεδομένα εύκολα προσπελάσιμα και ταχύτατα διαδιδόμενα. Για τον λόγο αυτόν απαιτείται να εδραιωθεί με ολοκληρωμένο τρόπο η ασφάλεια, σε καθένα ξεχωριστά και σε όλα μαζί τα στοιχεία του συστήματος.

Η προσφορά προϊόντων και επικαιροποιήσεων που συνδέονται με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο πρέπει να αιτιολογείται και να καλύπτει όχι μόνο τις μεμονωμένες συσκευές, αλλά να παρέχει και κάλυψη έναντι των κινδύνων για την ασφάλεια που ενέχει η διασυνδεσιμότητα με άλλες συσκευές στο IoT, ενώ ο αριθμός των συσκευών δεν πρέπει να οδηγεί σε έκπτωση των προτύπων ποιότητας της ασφάλειας αυτή.

Τα μέτρα ασφάλειας στον κυβερνοχώρο θα πρέπει να καλύπτουν από κινδύνους λόγω προσβλητότητας, ιδίως από την υποκλοπή (hacking), τη μη επιτρεπόμενη πρόσβαση ή την αθέμιτη χρήση, καθώς και από κινδύνους σχετικούς με τον τρόπο πληρωμής και τις οικονομικές απάτες.

1.7.4 Χρησιμότητα.

Η μετάβαση στην ψηφιακή εποχή είναι γεγονός. Η χρησιμότητα του IoT είναι μεγάλη και η ζήτηση από τους υποψήφιους αγοραστές ακόμα μεγαλύτερη. Ως επί το πλείστον, οι άνθρωποι αποζητούν την αυτονομία σε πολλά πράγματα γύρω τους. Από ένα αυτόματο ξυπνητήρι μέχρι το έξυπνο ψυγείο που ενημερώνει το χρήστη για βασικές ελλείψεις ή ακόμα και την δυνατότητα ενεργοποίησης κλιματισμού πριν ακόμα ο χρήστης εισέλθει στο σπίτι. Είναι μερικές από τις δυνατότητες που προσφέρει το IoT.

Η χρήση του δεν παραμένει μόνο εκεί, αλλά επεκτείνεται και στις επιχειρήσεις οι οποίες εκμεταλλεύονται την δυνατότητα αποθήκευσης και επεξεργασίας των δεδομένων από cloud συστήματα.

1.7.5 Σύνδεση με τα ρομπότ.

Αν και πολλοί άνθρωποι συχνά σκέφτονται ότι το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και η τεχνολογία ρομποτικής ως ξεχωριστά πεδία, αυτές οι δύο θέσεις φαίνονται να αυξάνονται ταυτόχρονα, καθώς βρίσκουμε νέους τρόπους να σχεδιάσουμε το καθένα.

Οι κοινότητες IoT και ρομποτικής έρχονται μαζί για να δημιουργήσουν το Διαδίκτυο των ρομποτικών πραγμάτων (IoRT). Το IoRT είναι μια ιδέα στην οποία οι έξυπνες συσκευές μπορούν να παρακολουθήσουν τα γεγονότα που συμβαίνουν γύρω τους, να συγχωνεύσουν τα δεδομένα των αισθητήρων τους, να χρησιμοποιήσουν τοπική και κατανεμημένη νοημοσύνη για να αποφασίσουν για τις κινήσεις δράσης και στη συνέχεια να συμπεριφέρονται για χειρισμό ή έλεγχο αντικειμένων στον φυσικό κόσμο.

Οι συσκευές IoT και τα ρομπότ εξαρτώνται από τους αισθητήρες για να κατανοήσουν το περιβάλλον γύρω τους, να επεξεργάζονται γρήγορα δεδομένα και να καθορίζουν τον τρόπο απόκρισης. Τα ρομπότ μπορούν να χειριστούν τις αναμενόμενες καταστάσεις, ενώ οι περισσότερες εφαρμογές IoT μπορούν να χειριστούν μόνο καλά καθορισμένες εργασίες.

Η κύρια διαφορά μεταξύ του IoT και της ρομποτικής κοινότητας είναι ότι τα ρομπότ παίρνουν πραγματική δράση και βρίσκονται στον φυσικό κόσμο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 Ορισμός.

Ένας μικροεπεξεργαστής περιλαμβάνει τις περισσότερες ή όλες τις λειτουργίες μιας κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (ΚΜΕ) ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC). Οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και χρησιμοποιήθηκαν σε ηλεκτρονικές αριθμομηχανές. Η ενσωμάτωση των μικροεπεξεργαστών σε άλλες συσκευές, όπως τερματικά, εκτυπωτές κλπ, ακολούθησε σχετικά γρήγορα. Με χρήση ενός οκτάμπιτου μικροεπεξεργαστή, κατασκευάστηκε ο πρώτος μικροϋπολογιστής γενικού σκοπού στα μέσα της δεκαετίας του 1970. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των μικροεπεξεργαστών που ακολούθησε συνδέεται με τις αυξημένες απαιτήσεις από γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου.

2.2 Ιστορική αναδρομή

Πριν την εμφάνιση των μικροεπεξεργαστών, η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU) ήταν υπεύθυνη για την εκτέλεση των εντολών σε έναν υπολογιστή. Οι κεντρικές μονάδες επεξεργασίας ήταν ογκώδη σε μέγεθος, αποτελούνταν από πολλά ολοκληρωμένα κυκλώματα και είχαν περιορισμένη ισχύ. Ένας μικροεπεξεργαστής περιλαμβάνει τις περισσότερες ή και όλες τις λειτουργίες μιας Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC). Ονομάστηκαν μικροεπεξεργαστές λόγω της μείωσης του μεγέθους τους.

Οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές εμφανίστηκαν στις αρχές του 1970 και η χρήση τους περιοριζόταν σε αριθμομηχανές (calculators) για αριθμητικές πράξεις με δεκαδικούς αριθμούς σε δυαδική αναπαράσταση των 4 bits αλλά σχετικά γρήγορα ακολούθησαν ενσωματωμένοι μικροεπεξεργαστές των 4 και 8 bits σε τερματικά συστήματα (terminals), εκτυπωτές (printers) και διάφορα αυτοματοποιημένα συστήματα. Προς τα τέλη της δεκαετίας του 1970 το κόστος των μικροεπεξεργαστών μειώθηκε σημαντικά και η εμφάνιση μικροεπεξεργαστών 8 bits με 16 bits διευθυνσιοδότηση οδήγησε στην δημιουργία του πρώτου μικροϋπολογιστή γενικής χρήσης (microcomputer).

Για μεγάλο χρονικό διάστημα οι μικροεπεξεργαστές αποτελούσαν απλά ολοκληρωμένα κυκλώματα (ICs) μικρού και μεσαίου μεγέθους των μερικών εκατοντάδων τρανζίστορς (transistor). Η ενσωμάτωση όμως ολόκληρης της CPU σε ένα κύκλωμα μείωσε σημαντικά το κόστος παραγωγής και η διαρκώς αυξανόμενη υπολογιστική τους ισχύς, είχε ως αποτέλεσμα οι μικροεπεξεργαστές να χρησιμοποιούνται οπουδήποτε. Από οποιοδήποτε μικρό ενσωματωμένο σύστημα μέχρι σε μεγάλα τερματικά συστήματα (mainframes) και υπερυπολογιστές (supercomputers).

Ο μικροεπεξεργαστής αναλαμβάνει την εκτέλεση των εντολών οι οποίες είναι εντολές σε γλώσσα μηχανής και είναι αποθηκευμένες στην κύρια μνήμη. Μια εντολή σε γλώσσα μηχανής είναι μια σειρά από δυαδικά ψηφία, ένα πλήθος των οποίων ψηφίων χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση της εντολής. Το σύνολο αυτών των εντολών χρησιμεύει ως μία διασύνδεση ανάμεσα στο λογισμικό (software) και το υλικό (hardware), δηλαδή ανάμεσα στα προγράμματα και στους επεξεργαστές. Η λειτουργικότητα ενός μικροεπεξεργαστή εξαρτάται πλήρως από το σύνολο εντολών που είναι ικανός να εκτελέσει. Ο μικροεπεξεργαστής είναι υπεύθυνος για όλη τη λειτουργία του υπολογιστή.

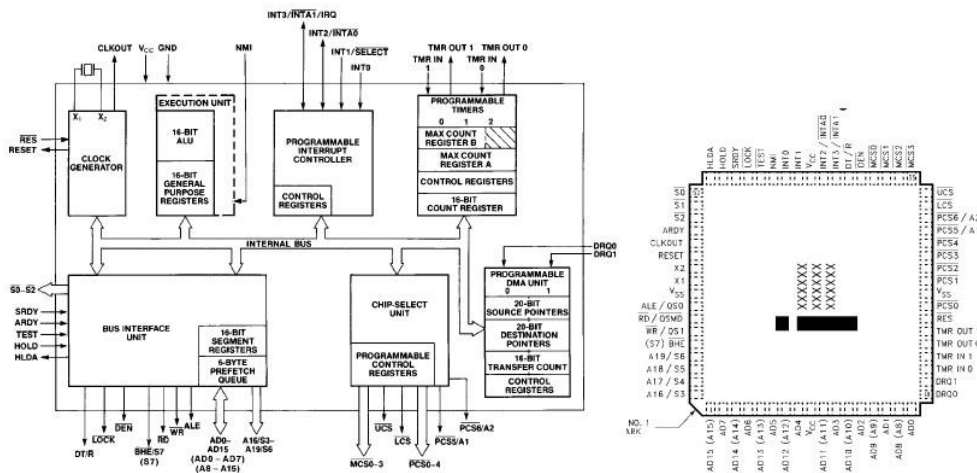
2.3 Δομή

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας επεξεργαστής είναι τα εξής:

Η Μονάδα Ελέγχου (Counter Unit), η οποία είναι υπεύθυνη για την ανάκτηση των εντολών από την κύρια μνήμη και για τον προσδιορισμό του τύπου τους.

Η Αριθμητική και Λογική Μονάδα (Arithmetic Logic Unit), η οποία εκτελεί αποκλειστικά πράξεις, που χρειάζονται για την εκτέλεση των εντολών.

Καταχωρητές (Registers), οι οποίοι είναι μια μικρή μνήμη υψηλής ταχύτητας, που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση προσωρινών αποτελεσμάτων και ορισμένων πληροφοριών ελέγχου. Καθένας από αυτούς τους καταχωρητές, επιτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία. Ο πιο σημαντικός καταχωρητής είναι ο *μετρητής προγράμματος* (Programme Counter - PC), ο οποίος δείχνει την επόμενη εντολή που πρόκειται να εκτελεστεί, ενώ πολύ σημαντικός επίσης είναι ο *καταχωρητής εντολών* (Instruction register - IR), που περιέχει την εντολή που εκτελείται εκείνη τη στιγμή.



Διάγραμμα εσωτερικής δομής και εξωτερικής επικοινωνίας του επεξεργαστή 16 bit (υψηλής ολοκλήρωσης για ενσωματωμένες εφαρμογές) 80186.

¹⁴[dmst.aueb.gr]

2.4 Χρησιμότητα

Απόδοση: Ο επεξεργαστής είναι ίσως ο πλέον καθοριστικός παράγοντας της απόδοσης του συστήματος. Ενώ και αρκετοί άλλοι παράγοντες έχουν σημαντική θέση στον καθορισμό της απόδοσης, οι ικανότητες του επεξεργαστή υπαγορεύουν τη μέγιστη απόδοση του συστήματος. Τα άλλα μέρη του υπολογιστή απλά επιτρέπουν στον επεξεργαστή να φτάσει στο μέγιστο των δυνατοτήτων του.

Υποστήριξη λογισμικού: Καινούριοι, πιο γρήγοροι επεξεργαστές κάνουν ικανή τη χρήση καινούριου λογισμικού. Επιπρόσθετα νέοι επεξεργαστές όπως ο Pentium με τεχνολογία MMX, καθιστούν ικανή τη χρήση ειδικού λογισμικού που δεν μπορούσε να τρέξει σε προηγούμενους επεξεργαστές.

Αξιοπιστία και Σταθερότητα: Η ποιότητα του επεξεργαστή είναι ένας παράγοντας που καθορίζει πόσο αξιόπιστο είναι το σύστημα. Κάποιοι επεξεργαστές είναι αξιόπιστοι, ενώ άλλοι όχι.

Κατανάλωση ενέργειας και ψύξη: Οι πρώτοι επεξεργαστές κατανάλωναν μικρή ποσότητα ενέργειας σε σχέση με τα άλλα μέρη του υπολογιστή. Οι σημερινοί υπολογιστές καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας έχει καθοριστική σημασία σε όλα, από την επιλογή της μεθόδου ψύξης του επεξεργαστή, έως τη συνολική αξιοπιστία του υπολογιστή.

Υποστήριξη μητρικής πλακέτας: Ο επεξεργαστής που θα επιλέξουμε για το σύστημα μας είναι ένας βασικός καθοριστικός παράγοντας για το είδος του chipset που θα χρησιμοποιήσουμε και συνεπώς για το τί είδους μητρική πλακέτα θα αγοράσουμε. Η μητρική πλακέτα με τη σειρά της, καθορίζει πολλές διαστάσεις των δυνατοτήτων και της απόδοσης του συστήματος.

2.5 Εξέλιξη

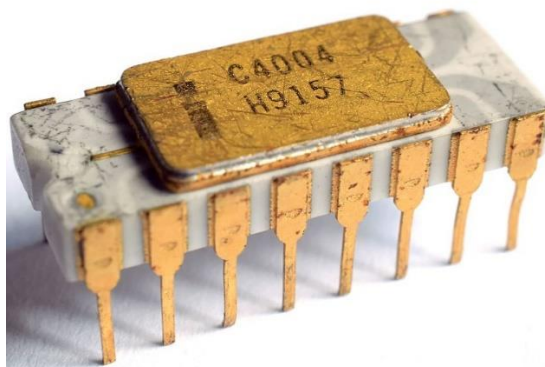
Η εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών συνοψίζεται στα παρακάτω:

4 bit Μικροεπεξεργαστές

Θεωρείται ότι ο Intel 4004 είναι ο πρώτος μικροεπεξεργαστής, αν και στις αρχές τις δεκαετίας του 1970 τρεις μικροεπεξεργαστές έκαναν την εμφάνισή τους, κατασκευασμένοι από τρεις διαφορετικές εταιρείες. Οι μικροεπεξεργαστές αυτοί ήταν ο 4004 της Intel, ο TMS 1000 της Texas Instruments (TI) και ο Central Air Data Computer (CADC) της Garrett AiResearch. Ο Intel 4004 παρουσιάστηκε το 1971 από τον Ted Hoff και το συνεργάτη του Stan Mazor, μηχανικούς της Intel, στους οποίους ανατέθηκε η ανάπτυξή του. Η Ιαπωνική εταιρεία Busicom είχε ζητήσει από την Intel την ανάπτυξη του για χρήση σε αριθμομηχανές.

Ο Intel 4004 ήταν ένας 4bit επεξεργαστής (ο μικροεπεξεργαστής λαμβάνει 4 bit από την μνήμη κάθε φορά με σκοπό να τα επεξεργαστεί), που αποτελούταν από περίπου 2300 τρανζίστορες με συχνότητα ρολογιού 108 KHz. Επιπλέον, εκτελούσε 60000 πράξεις το δευτερόλεπτο και μπορούσε να δει 640 bytes μνήμης. Επιπλέον, το 1971, η Intel ανακοίνωσε τον πρώτο μικροϋπολογιστή, το σύστημα MCS-4, στο οποίο χρησιμοποιήθηκε ο 4004, το 4001 ROM chip, το 4002 RAM chip και το 4003 shift register chip για σειριακή επικοινωνία. Ο 4004 ήταν ένα τεχνολογικό αποκορύφωμα για την εποχή του παρότι ήταν πολύ περιορισμένων δυνατοτήτων. Σχεδόν ταυτόχρονα το 1971, το The Smithsonian Institution ισχυρίζονταν ότι οι μηχανικοί Gary Boone και Michael Cochran είχαν επίσης ολοκληρώσει τον πρώτο μικροεπεξεργαστή, ο οποίος ονομάστηκε TMS 1000 και διατέθηκε στην αγορά το 1974. Λίγα χρόνια πιο πριν, το 1968, ο Ray Holt, απόφοιτος του California Polytechnical University, είχε φτιάξει τον F14 CADC.

Αυτό όμως έγινε γνωστό 30 χρόνια αργότερα, το 1998, όταν το Αμερικανικό Ναυτικό (US Navy) έκανε γνωστά δημοσίως έγγραφα που αποδείκνυαν τη χρήση του μικροεπεξεργαστή σε πολεμικά αεροπλάνα. Ωστόσο επιστημονικές δημοσιεύσεις και βιβλιογραφία αναφέρουν ότι ο MP944 ήταν ο πρώτος μικροεπεξεργαστής, ο οποίος χρησιμοποιούνταν στο F-14 Tomcat πολεμικό αεροσκάφος, αλλά δεν αποτελούνταν από ένα μοναδικό chip και δεν ήταν γενικής χρήσης.



Εικόνα 1.15 A processor Intel C4004 with grey traces (no gray trace version).

¹⁵[en.wikipedia.org]

8 bit Μικροεπεξεργαστές

Τους 4 bits επεξεργαστές ακολούθησαν οι 8 bits, με τον σημαντικότερο από αυτούς τον Intel 8008 ο οποίος ήταν ο πρώτος εμπορικός 8 bit μικροεπεξεργαστής. Η ανάπτυξή του ξεκίνησε το 1971 με επικεφαλής τον Federico Faggin και ολοκληρώθηκε το 1972, αφού ξανασχεδιάστηκε καθώς η αρχική σχεδίαση είχε διαρροές ηλεκτρικού φορτίου από τις συσκευές μνήμης. Η συχνότητα ρολογιού ήταν στα 200 KHz, ενώ το chip χρησιμοποιούσε 3500 κρυσταλλολυχνίες και μπορούσε να δει 16 Kbytes μνήμης.

Χρησιμοποιήθηκε στον Micral το 1973, ο οποίος ήταν ο πιο σύγχρονος υπολογιστής που τροφοδοτήθηκε από έναν μικροεπεξεργαστή 8008 ενώ ένα χρόνο αργότερα η Scelbi χρησιμοποιεί τον 8008 στον υπολογιστή 8H. Με τον 8008 ξέσπασε μεγάλο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη μικροεπεξεργαστών το οποίο είχε αποτέλεσμα να αυξηθούν οι απαιτήσεις στην ταχύτητα, επικοινωνία με το περιβάλλον, και πιο πολλές εντολές και εισόδους δεδομένων.

Το 1974 ακολούθησε η κυκλοφορία του Intel 8080, ο οποίος έτρεχε στα 2 MHz, μπορούσε να δει 64 Kbytes μνήμης και περιείχε 6.000 τρανζίστορ. Σημαντικά γεγονότα που ακολούθησαν ήταν η ανάπτυξη του λειτουργικού συστήματος CP/M για τον Intel 8080 από τον Gary Kildall της εταιρίας Microcomputer Applications Associates, η σχεδίαση του υπολογιστή Altair 8800 ο οποίος χρησιμοποιούσε Intel 8080 με 256 bytes RAM και η ανάπτυξη της γλώσσας Microsoft Basic, από τον Bill Gates και τον Paul Allen, για τους μικροεπεξεργαστές της Intel. Τα γεγονότα αυτά θεωρούνται από πολλούς ότι οδήγησαν στη ραγδαία ανάπτυξη των προσωπικών υπολογιστών.

Σύντομα μετά τη κυκλοφορία του 8080, η Motorola κυκλοφόρησε τον 6800, 8 bit επεξεργαστή. Είχε 4000 τρανζίστορ, 78 εντολές, σήμα χρονισμού στα 1 ή 2 MHz με 16 bit πλάτος διαύλου διευθύνσεων και ήταν ένας από τους πρώτους μικροεπεξεργαστές με καταχωρητή δείκτη (index register). Ο 6800 ήταν καλοσχεδιασμένος, παρόλα τα προβλήματα με την παραγωγή και γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκε σε πολλά συστήματα. Έτσι η εταιρία MITS ξεκίνησε την σχεδίαση ενός Altair βασισμένου στον Motorola 6800 και λίγο αργότερα παρουσιάστηκε ο υπολογιστής Sphere I, με επεξεργαστή τον Motorola 6800, 4Kbytes RAM, πρόγραμμα ROM monitor, πληκτρολόγιο και διασύνδεση βίντεο.

Προς τα τέλη του 1970 η Tektronix σχεδίασε τον 4051 βασισμένο στον επεξεργαστή της Motorola με 32 Kbytes RAM πληκτρολόγιο και high speed data cartridge. Ο 4051 προοριζόταν για χρήστες που προγραμματίζουν σε BASIC.

Τον 6800 ακολούθησε ο 6809, ένα από τα πιο ισχυρά σχέδια μικροεπεξεργαστή και επίσης ένα από τον πιο σύνθετα σχέδια λογικής που έγιναν ποτέ στην παραγωγή οποιουδήποτε μικροεπεξεργαστή. Αρχικά χρησιμοποιούσε σήμα χρονισμού στο 1 MHz στο μοντέλο 68A09, ύστερα στο 1.5 MHz στο μοντέλο 68A09 και στα 2 MHz στο 68B09. Ο 6809 χρησιμοποιήθηκε, μεταξύ άλλων συστημάτων και στη κονσόλα παιχνιδιών Vectrex.



Εικόνα 1.16 Intel microprocessor 8008

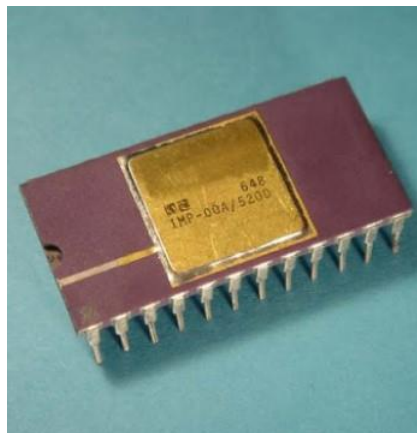
¹⁶[en.wikipedia.org]

16 bit Μικροεπεξεργαστές

Ο πρώτος 16bit μικροεπεξεργαστής multi-chip ήταν ο IMP 16 της National, που εισήχθη στις αρχές του 1973. Το 1974 εισήχθη η 8 bit έκδοσή του IMP-8. Δύο χρόνια αργότερα, η National εισήγαγε το πρώτο 16bit single-chip μικροεπεξεργαστή, τον PACE, ο οποίος ακολουθήθηκε αργότερα από μια NMOS έκδοση, το INS8900. Το 1976, εμφανίζεται ο TMS 9900 της Texas Instruments, ένας από τους πρώτους καθαρά 16bit μικροεπεξεργαστές. Ο TMS 9900 δεν είχε καθόλου εσωτερικούς καταχωρητές, εκτός από έναν που όριζε την θέση των καταχωρητών του στην RAM, όπου αποθηκεύονται. Η σχεδίαση επέτρεπε την ταχύτερη αλλαγή context, αφού για να αλλάξουν όλοι οι καταχωρητές και να κληθεί μια συνάρτηση, πρέπει να αλλάξει ο μοναδικός εσωτερικός καταχωρητής. Η συγκεκριμένη σχεδίαση είχε νόημα για την εποχή της, διότι η εσωτερική μνήμη ήταν πιο αργή από την εξωτερική.

Η Intel επανέρχεται στο προσκήνιο αναβαθμίζοντας το σχέδιο του 8080 στον 16bit Intel 8086, το πρώτο μέλος της x86 οικογένειας που χρησιμοποιούν οι περισσότεροι σύγχρονοι υπολογιστές. Ο 8086 είχε 10 φορές καλύτερη απόδοση από τον 8080. Η Intel εισήγαγε τον 8086 ως οικονομικώς αποδοτικό τρόπο μεταφοράς του λογισμικού από τον 8080, και πέτυχε κερδίζοντας την εμπιστοσύνη πολλών επιχειρήσεων με εκείνη την προϋπόθεση. Ο 8086 είχε 29.000 τρανζίστορ, ταχύτητα λειτουργίας στα 10 MHz, ενώ χρησιμοποιούσε καταχωρητές των 16 bit και δίαυλο δεδομένων των 16 bit. Επιπλέον, μπορούσε να δει 1 Mbyte μνήμης. Τον Ιούνιο του 1979, αποκαλύφθηκε ο μικροεπεξεργαστής 8088, που ήταν μια παραλλαγή του 8086.

Πρόκειται για έναν 16bit επεξεργαστή εσωτερικά, του οποίου ο εξωτερικός δίαυλος δεδομένων ήταν των 8 bits. Η σχεδίαση αυτή είχε σκοπό τη χρήση των υπαρχόντων 8bit controller chips για συσκευές. Ο 8088 περιείχε 29000 τρανζίστορς και μπορούσε να δει 1 Mbyte μνήμης. Μετά τον 8088 η Intel απελευθέρωσε τους 16bit μικροεπεξεργαστές 80186 και 80286, παγιώνοντας την κυριαρχία της στην αγορά προσωπικών υπολογιστών. Ο 80286 παρουσιάστηκε το 1982, και είχε συχνότητα λειτουργίας αρχικά στα 6 MHz και έπειτα στα 12 MHz. Ο ιστορικός αυτός μικροεπεξεργαστής ανήκε στην οικογένεια x86 και περιελάμβανε δίαυλο δεδομένων 16 bit, δίαυλο διευθύνσεων 24 bit. Επιπλέον, μπορούσε να δει μέχρι 16 MBytes μνήμης και περιείχε 130000 τρανζίστορ. Ο 80286 αποτελεί τον πρώτο μικροεπεξεργαστή που είχε τη δυνατότητα να λειτουργεί στην κατάσταση Protected Mode (προστατευμένη κατάσταση λειτουργίας).



Εικόνα 1.17 Ο πρώτος 16bit μικροεπεξεργαστής multi-chip ήταν ο IMP 16 της National.

¹⁷[antiquetech.com]

32 bit Μικροεπεξεργαστές

Πολύ σύντομα μετά τη κυκλοφορία των 16 bit επεξεργαστών εμφανίστηκαν οι 32 bit επεξεργαστές. Το 1979 εισήχθη ο MC68000, Ο διασημότερος 32bit μικροεπεξεργαστής και το πρώτο μέλος της οικογένειας m68k. Είχε 32bit καταχωρητές αλλά χρησιμοποίησε 16bit διαδρομές δεδομένων, καθώς και έναν 16bit εξωτερικό δίαυλο δεδομένων. Η Motorola το περιέγραψε γενικά ως 16bit επεξεργαστή, αν και είχε 32bit αρχιτεκτονική.

Ο συνδυασμός της υψηλής ταχύτητας, του μεγάλου χώρου αποθήκευσης (16 Mbyte) και του αρκετά χαμηλού κόστους τον έκανε τον δημοφιλέστερο μικροεπεξεργαστή της κατηγορίας του, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί στους υπολογιστές Apple Lisa και η Macintosh. Τον MC68000 ακολούθησε ο MC68010, ο οποίος πρόσθεσε την υποστήριξη της εικονικής μνήμης ενώ το 1985 ακολούθησε ο MC68020, είχε 200000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας στα 16 MHz. Τα 68020 έγιναν ιδιαίτερα δημοφιλή στη super microcomputer Unix αγορά, ενώ πολλές μικρές επιχειρήσεις, όπως η Altos, παρήγαγαν τα συστήματα desktop.

Έπειτα, ακολούθησε ο MC68030, ο οποίος πρόσθεσε τη μονάδα διαχείρισης μνήμης (MMU) στο τσιπ, ο 68040, ο οποίος περιέλαβε τη μονάδα υπολογισμού κινητής υποδιαστολής (FPU) για καλύτερη απόδοση ενώ ο 68050 δεν κατάφερε να επιτύχει τους στόχους απόδοσής του και έτσι δεν απελευθερώθηκε. Το ακόλουθο MC68060 βγήκε στην αγορά την ίδια περίοδο που κυκλοφορούσαν και τα πολύ γρηγορότερα σχέδια RISC όπως οι MIPS R2000 (1984) και R3000 (1989) που ήταν πολύ πετυχημένοι 32-bit RISC επεξεργαστές. Χρησιμοποιήθηκαν σε high-end σταθμούς εργασίας και servers από την SGI, μεταξύ άλλων. Η οικογένεια m68k εξασθένησε από την αγορά υπολογιστή γραφείου στις αρχές της δεκαετίας του 90.

Ο παγκόσμιος πρώτος single-chip 32bit μικροεπεξεργαστής ήταν ο BELLMAC 32A της AT&T Bell Labs, ο οποίος παρουσιάστηκε το 1980 και κυκλοφόρησε το 1982. Μετά από την αποστέρηση του AT&T το 1984 και την αλλαγή της επωνυμίας της εταιρίας, ο BELLMAC 32A μετονομάστηκε σε WE 32000 (WE είναι τα αρχικά της Western Electric). Η επόμενη γενιά μικροεπεξεργαστών που στηρίχτηκε στον WE 32000, είναι ο WE 32100 και ο WE 32200. Αυτοί οι μικροεπεξεργαστές χρησιμοποιήθηκαν στους μίνι-υπολογιστές AT&T 3B5, 3B15 στο 3B2, τον πρώτο super microcomputer γραφείου. Όλα αυτά τα συστήματα έτρεξαν το αρχικό λειτουργικό σύστημα Unix των Bell Labs.

Ο πρώτος 32bit μικροεπεξεργαστής της Intel ήταν το iAPX 432, ο οποίος εισήχθη το 1981 αλλά δεν ήταν μια εμπορική επιτυχία. Παρόλο που είχε μια προηγμένη αντικειμενοστραφή αρχιτεκτονική, είχε κακή απόδοση σε σχέση με άλλες ανταγωνιστικές αρχιτεκτονικές όπως το Motorola 68000. Ένα άλλο ενδιαφέρον σχέδιο ήταν ο Zilog Z8000, ο οποίος εισήχθη πολύ αργά στην αγορά και εξαφανίστηκε από αυτή πολύ γρήγορα. Από το 1985 έως το 2003, η 32-bit x86 αρχιτεκτονική έγινε η κυρίαρχη αρχιτεκτονική στην αγορά desktops, laptop, και server και οι επεξεργαστές έγιναν γρηγορότεροι και πιο ισχυροί. Η σειρά Pentium της Intel είναι πιθανότατα η πιο αναγνωρίσιμη σειρά 32 bit επεξεργαστών.

Πριν τη σειρά Pentium προηγήθηκαν αρκετές σειρές επεξεργαστών. Ξεκινώντας τον Οκτώβριο του 1985, η Intel παρουσιάζει τον απόγονο του 80286 τον μικροεπεξεργαστή 80386. Είχε συχνότητα λειτουργίας αρχικά στα 16 MHz. και χρησιμοποιούσε καθαρούς 32bit καταχωρητές και 32bit διαύλους δεδομένων και διευθύνσεων. Περιείχε 275000 τρανζίστορ, υποστήριζε πολυδιεργασία (multitasking) εικονικής μνήμης με δυνατότητα σελιδοποίησης (paging). Το 1989, εμφανίζεται ο μικροεπεξεργαστής Intel 80486, ο οποίος είχε 1200000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας 50 MHz. Τη δεκαετία του 1990 έκαναν την εμφάνισή τους οι μικροεπεξεργαστές Intel Pentium, οι οποίοι αποτελούσαν τη συνέχεια του 80486 ενώ είχαν υπερβαθμισμένη (superscalar) αρχιτεκτονική και 32bit δίαυλο δεδομένων.

Το 1993 εμφανίζεται ο Intel Pentium της οικογένειας P5, ο οποίος περιείχε 3100000 τρανζίστορ και λειτουργούσε στα 60 και 66 MHz. Το 1995, η Intel παρουσιάζει τον Pentium Pro, τον πρώτο στην οικογένεια των P6. Είχε 5500000 τρανζίστορ και ανήκε στην έκτη γενιά των επεξεργαστών της οικογένειας x86. Δύο χρόνια αργότερα, η Intel εισάγει τον μικροεπεξεργαστή Pentium II, έναν Pentium Pro με τεχνολογία MMX (MMX εντολές) για την υποστήριξη πολυμέσων.

Ο Pentium II είχε 7500000 τρανζίστορ και η συχνότητα λειτουργίας του βρισκόταν στα 300 MHz. Το 1999, ακολούθησε ο Pentium III με 9500000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας στα 450 MHz. Την επόμενη χρονιά, εμφανίστηκε ο Pentium IV ο οποίος ήταν σχεδιασμένος σύμφωνα με την μικροαρχιτεκτονική NetBurst, η οποία συνεχίζει να αποτελεί την τεχνολογική καρδιά του Pentium IV και των παραλλαγών του κυκλοφόρησαν αργότερα. Ο Pentium D ήταν ο τελευταίος μικροεπεξεργαστής της σειράς Pentium, η οποία σταμάτησε να κυκλοφορεί το 2008. Λόγω του μεγάλου κόστους παραγωγής του Pentium II η Intel ανέπτυξε και κυκλοφόρησε μια νέα σειρά, τη σειρά Celeron. Ο Celeron είχε πιο προσιτή τιμή, αλλά δεν μπορούσε να λειτουργήσει σε πολύ υψηλές συχνότητες.

Η ανταγωνίστρια της Intel, AMD μπήκε δυναμικά στο χώρο το 1997. Η αρχή έγινε με τους επεξεργαστές της σειράς K6, οι οποίοι ήταν εφάμιλλοι αυτών της Intel σε τιμή και επιδόσεις. Το 1999, η AMD προώθησε την καινούργια οικογένεια μικροεπεξεργαστών, Athlon. Ο Athlon Classic, που αποτελεί τον πρώτο επεξεργαστή της σειράς και μεγάλο ανταγωνιστή των Pentium, εισήγαγε την έβδομη γενιά επεξεργαστών της οικογένειας x86.



Εικόνα 1.18 Pre-release XC68000 chip manufactured in 1979

¹⁸[commons.wikimedia.org]

64 bit Μικροεπεξεργαστές

Αν και οι πρώτοι 64bit επεξεργαστές εμφανίστηκαν στις αρχές του 1990, άρχισαν να εφαρμόζονται στους υπολογιστές γραφείου το 2003. Μέχρι το 2003, οι 64bit επεξεργαστές απευθύνονταν αποκλειστικά στην αγορά των ακριβών σταθμών εργασίας και των διακομιστών. Τον Σεπτέμβριο του 2003 η AMD εισήγαγε “την καλύτερη καινοτομία στους επεξεργαστές για το έτος 2003”, τον Athlon 64 για να ακολουθήσει η Intel με τον Intel 64. Και οι 2 επεξεργαστές μπορούσαν να τρέξουν 32 και 64bit εντολές.

Με τη κυκλοφορία των επεξεργαστών αυτών, η γνώμη του ευρύτερου χώρου ήταν ότι θα έβρισκαν εφαρμογή μόνο σε ακαδημαϊκά ή ερευνητικά προγράμματα καθώς εκεί χρειαζόνταν μεγάλοι υπολογισμοί, γρήγορες προσβάσεις σε μεγάλες βάσεις δεδομένων αλλά και επίλυση σύνθετων προβλημάτων που μπορούσαν να προσφέρουν οι 64bit επεξεργαστές.

Ο Athlon 64 αποτελεί διαφοροποίηση της αρχιτεκτονικής AMD64 για να μειωθεί το κόστος του. Το 2005, η AMD ανακοίνωσε τους διπλοπύρηνους επεξεργαστές Opteron για servers και workstations, καθώς και τους διπλοπύρηνους επεξεργαστές Athlon 64 για προσωπικούς υπολογιστές. Τον Φεβρουάριο του 2009, η AMD παρουσίασε τον τετραπύρηνο επεξεργαστή Phenom II με το κωδικό όνομα Deneb. Οι πιο πρόσφατοι επεξεργαστές της AMD ανακοινώθηκαν τον Ιούλιο. Συγκεκριμένα η εταιρία ενημέρωσε για τη διάθεση πέντε νέων εξαπύρηνων επεξεργαστών Istanbul, με πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Όσον αφορά στην απόδοση, τα καινούργια μοντέλα δεν καταφέρνουν να φτάσουν τους Xeon E5504 και E5520 της Intel.

Το 2006, η Intel αλλάζει τα δεδομένα στην απόδοσης και κατανάλωσης των υπολογιστών ανακοινώνοντας τις αρχιτεκτονικές Intel Core 2 Duo και Intel Core 2 Extreme. Οι αρχιτεκτονικές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επεξεργαστές για σταθερούς, φορητούς και servers και παρέχουν ισχυρή απόδοση με παράλληλη εξοικονόμηση ενέργειας. Η χρήση των 2 ή 4 πυρήνων διευκολύνει τη ομαλότερη και γρηγορότερη εκτέλεση περισσότερων διεργασιών. Το 2008, κυκλοφόρησε ο Atom, ο μικρότερος σε μέγεθος επεξεργαστής της Intel που υλοποιήθηκε με τα μικρότερα τρανζίστορ του κόσμου. Δημιουργήθηκε ως μία εντελώς νέα σχεδίαση, ειδικά για φθηνές συσκευές, όπως πολύ μικρά notebooks και φορητές συσκευές με πρόσβαση στο Internet. Για τη σχεδίαση του Atom χρησιμοποιήθηκε η μικροαρχιτεκτονική Core, η ίδια δηλαδή τεχνολογία με την οποία η Intel κατασκευάζει τους γνωστούς Core 2 Duo επεξεργαστές για επιτραπέζιους και φορητούς υπολογιστές. Την ίδια χρονιά η Intel ανακοίνωσε τη νέα σειρά επεξεργαστών της με το όνομα Core i7.



Εικόνα 1.19 AMD Athlon 64 3200+ (2.0 GHz) *Clawhammer*, Socket 754

¹⁹[commons.wikimedia.org]

Συνοπτικά ο σχεδιασμός των μικροεπεξεργαστών ξεκίνησε με στόχο τη δημιουργία απλών συστημάτων αυτόματου ελέγχου και τη χρήση τους σε διάφορες συσκευές. Να βελτιστοποιηθεί η απόδοση και να μειωθεί ο όγκος των αρχικών μονάδων. Η ενασχόληση των σχεδιαστών μικροεπεξεργαστών με την ανάπτυξη ολοκληρωμένων ήταν η αρχή καθώς στα επόμενα χρόνια, η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων έδωσε τη δυνατότητα ενσωμάτωσης εκατομμυρίων τρανζίστορ μέσα σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα.

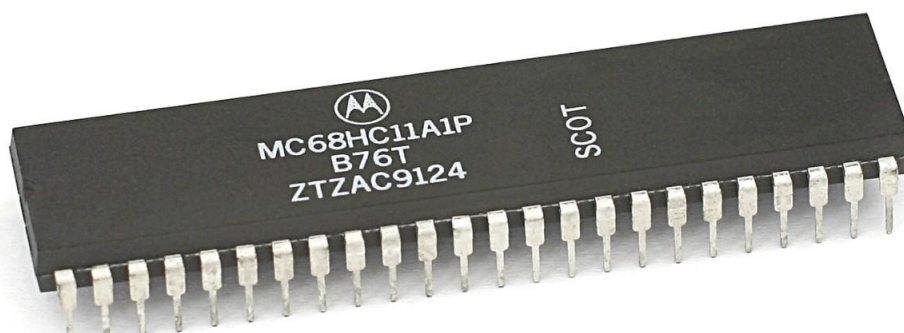
Αυτό οδήγησε σε μικρότερους και ισχυρότερους μικροεπεξεργαστές και ως αποτέλεσμα τη χρήση του σχεδόν σε όλες τις ηλεκτρονικές συσκευές από αριθμομηχανές μέχρι πανίσχυρους υπερυπολογιστές. Ενδεικτικά στοιχεία της εξέλιξης των σύγχρονων μικροεπεξεργαστών είναι τα εξής:

- οι σύγχρονοι μικροεπεξεργαστές να υλοποιούν άμεσα και γρήγορα μεγάλους αριθμητικούς υπολογισμούς αφού το μήκος λέξης του μικροεπεξεργαστή μεγάλωσε από τα 16 δυαδικά ψηφία στα 32 και έπειτα στα 64 δυαδικά ψηφία.
- Αυξήθηκε το πλήθος των θέσεων μνήμης που μπορεί να προσπελάσει ο μικροεπεξεργαστής.
- Οι μικροεπεξεργαστές άρχισαν να υποστηρίζουν συστήματα ιεραρχίας μνήμης με κρυφές μνήμες.
- Παράλληλα στην εκτέλεση των εντολών των προγραμμάτων (Instruction Level Parallelism) με στόχο την πιο γρήγορη εκτέλεσή των εντολών. Για το σκοπό αυτό πολλοί μικροεπεξεργαστές εφαρμόζουν διοχέτευση (pipeline) ή διαθέτουν πολλαπλούς καταχωρητές και αριθμητικές και λογικές μονάδες (multiple execution units) για να μπορούν να εκτελέσουν περισσότερες από μία εντολές ταυτόχρονα.

Η ραγδαία αυτή εξέλιξη φαίνεται να συνεχίζεται και σύντομα στο μέλλον θα δούμε ακόμη πιο ισχυρούς επεξεργαστές. Η «αλλαγή κατεύθυνσης» σε πολυπύρηνους επεξεργαστές συνέβη γιατί η συνεχής αύξηση της συχνότητας χρονισμού και του αριθμού των τρανζίστορ όπως ορίζει ο Νόμος του Μούρ οδήγησαν τους κατασκευαστές σε εμπόδια που έχουν να κάνουν με την αδυναμία των υπολοίπων κυκλωμάτων να ακολουθήσουν τους ρυθμούς του επεξεργαστή και λόγω της θερμότητας που παράγεται. Οι επεξεργαστές σύντομα θα έχουν καλύτερες επιδόσεις και η χρήση τους θα επεκταθούν σε ακόμη περισσότερες εφαρμογές.

2.6 Μικροελεγκτές .

Ο **μικροελεγκτής** (*microcontroller*) είναι ένας τύπος επεξεργαστή, ουσιαστικά μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα, λόγω των πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διαθέτει. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems) ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα (από ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές έως παιχνίδια), ηλεκτρικές συσκευές και κάθε είδους αυτοκινούμενα τροχοφόρα οχήματα.



Εικόνα 1.20 Motorola MC68HC11

²⁰[en.wikipedia.org]



Εικόνα 1.21 ATmega 169

²¹[worddisk.com]

2.7 Διαφορές από μικροεπεξεργαστές .

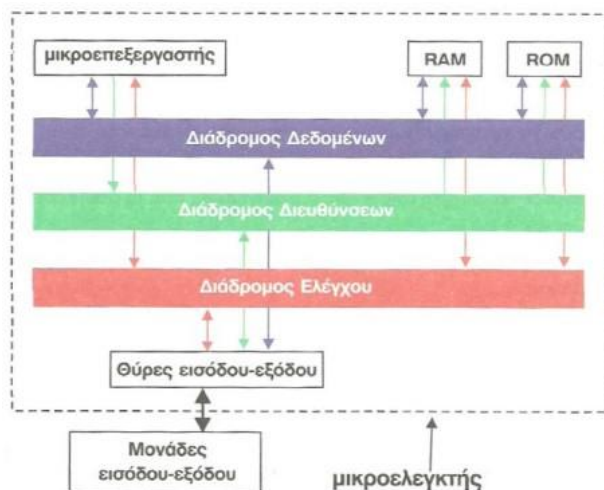
Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές για μη ενσωματωμένα συστήματα (πχ τους μικροεπεξεργαστές των προσωπικών υπολογιστών), δίνεται έμφαση στην υπολογιστική ισχύ. Η ευελιξία ανάπτυξης διαφορετικών εφαρμογών είναι μεγάλη, καθώς η λειτουργικότητα του τελικού συστήματος καθορίζεται από τα εξωτερικά περιφερειακά τα οποία διασυνδέονται με την κεντρική μονάδα (μικροεπεξεργαστή), η οποία δεν είναι εξειδικευμένη.

Αντίθετα, στους μικροεπεξεργαστές για ενσωματωμένα συστήματα (μικροελεγκτές), οι οποίοι έχουν μικρότερες ή και μηδαμινές δυνατότητες συνεργασίας με εξωτερικά περιφερειακά, αυτού του είδους, η ευελιξία είναι περιορισμένη, καθώς και η υπολογιστική ισχύς. Οι μικροελεγκτές δίνουν έμφαση στο μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής, το χαμηλό κόστος και την εξειδίκευση.

Αναλυτικά, τα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι:

- Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων. Επίσης, οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος, μεγιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιεί το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ο μικροελεγκτής.
- Χαμηλό κόστος.
- Μεγαλύτερη αξιοπιστία, και πάλι λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.
- Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και τις χαμηλότερες ταχύτητες λειτουργίας.
- Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους (για δεδομένο μέγεθος ολοκληρωμένου κυκλώματος), λόγω της μη δέσμευσής τους για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών.
- Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.

Η βασική αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών δεν διαφέρει από αυτή των κοινών μικροεπεξεργαστών, αν και στους πρώτους απαντάται συχνά η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Harvard , η οποία χρησιμοποιεί διαφορετικές αρτηρίες σύνδεσης της μνήμης προγράμματος και της μνήμης δεδομένων (πχ οι σειρές AVR από την Atmel και PIC από την Microchip).



Εικόνα 1.22 Διαφορά μικροελεγκτή –μικροεπεξεργαστή

²²[worddisk.com]

2.8 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα μικροελεγκτών.

Το «πακέτο» ενός μικροελεγκτή φέρει κάποια βασικά χαρακτηριστικά που τον καθιστά προτιμότερο για την χρήση του σε εφαρμογές έναντι της χρήσης των επιμέρους στοιχείων που τον απαρτίζουν ξεχωριστά (επεξεργαστής , μνήμες , συσκευές εισόδου – εξόδου , διεπαφές) . Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να συνοψισθούν σε:

- **Χαμηλό κόστος.** Είναι ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά που κάποιος σχεδιαστής λαμβάνει υπόψη . Η συνεχής απελευθέρωση στην αγορά μικροελεγκτών από διάφορες εταιρίες βελτίωσαν την ποιότητα αυτών και μείωσαν τις τιμές λόγω ανταγωνισμού.
- **Μικρότερο μέγεθος.** Η ολοκλήρωση των βασικών στοιχείων από τα οποία απαρτίζεται μείωσε τις διαστάσεις σε σχέση με την χρήση των επιμέρους στοιχείων ως σύνολο.
- **Χαμηλή κατανάλωση ισχύος.** Το γεγονός ότι οι μικροελεγκτές λειτουργούν σε συγκριτικά χαμηλές συχνότητες που φτάνουν τα 32 KHZ , οδηγεί στην κατανάλωση μικρών ποσών ισχύος της τάξης των mW ακόμα και μW. Επιπλέον έχουν την δυνατότητα να εισέρχονται σε κατάσταση αναμονής – sleep mode , καταστέλλουν προσωρινά την λειτουργία της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας και των περιφερειακών , οπότε αυτό μπορεί να γίνει μειώνοντας κατά πολύ την κατανάλωση

ισχύος του μικροελεγκτή . Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές με αυστηρές απαιτήσεις ως προς την παράμετρο.

- **Αυτονομία.** Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας . Έτσι πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- **Επίτευξη ελέγχου ή μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο.** Ενώ οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές πρέπει να τρέχουν λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου , για να το επιτύχουν , οι μικροελεγκτές δεν απαιτούν επιπλέον λογισμικό.
- **Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές.** Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και των χαμηλότερων ταχυτήτων λειτουργίας.
- **Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους- εξόδους(για δεδομένο μέγεθος ολοκληρωμένου κυκλώματος)** λόγω της μη δέσμευσης του για την σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών.
- **Η βασική αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών δεν διαφέρει από αυτή των κοινών μικροεπεξεργαστών,** αν και στους πρώτους συναντάται συχνά η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Harvard , η οποία χρησιμοποιεί διαφορετικές αρτηρίες σύνδεσης της μνήμης προγράμματος και της μνήμης δεδομένων. Στους κοινούς μικροεπεξεργαστές συνηθίζεται η ενιαία διάταξη μνήμης τύπου Von -Neuman .
- **Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων .** Επιπλέον έχουμε μεγαλύτερη αξιοπιστία λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων και μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.

Παρόλο αυτά κάποια από τα **μειονεκτήματα** του μικροελεγκτή είναι :

- **Η μη αλλαγή του προγράμματος** για τον λόγω ότι είναι γραμμένο στην ROM .
- **Η δυσκολία του προγραμματισμού του.**
- **Έχει μεγάλο χρόνο ανάπτυξης .** Για να ολοκληρωθεί ένα προϊόν μπορεί να απαιτηθεί από μία εβδομάδα ως και ένα χρόνο.

2.9 Συνήθη υποσυστήματα

Στον μικροεπεξεργαστή, το ολοκληρωμένο κύκλωμα που τον αποτελεί περιέχει μόνο την λογική και αριθμητική μονάδα (ALU), στοιχειώδεις καταχωρητές (registers), προσωρινή μνήμη RAM πολύ υψηλής ταχύτητας (cache memory) και κάποιες φορές, τον ελεγκτή μνήμης (memory controller). Όμως, για τη λειτουργία ενός πλήρους ενσωματωμένου υπολογιστικού συστήματος, απαιτούνται πολλά εξωτερικά υποσυστήματα και περιφερειακά. Τέτοια είναι:

- **Κύκλωμα συνδετικής λογικής (glue logic)** για τη σύνδεση των εξωτερικών μνημών και άλλων περιφερειακών παράλληλης σύνδεσης στην αρτηρία δεδομένων (data bus) του επεξεργαστή.
- **Μνήμη προγράμματος** (τύπου ROM, FLASH, EPROM) η οποία περιέχει το λογισμικό του συστήματος. Σε κάποια μοντέλα, είναι δυνατό το κλείδωμα αυτής της μνήμης, μετά την εγγραφή της, ώστε να προστατευτεί το περιεχόμενό της από αντιγραφή.
- **Μεγάλο μέγεθος μνήμης RAM.**
- **Μόνιμη μνήμη αποθήκευσης** παραμέτρων λειτουργίας (τύπου EEPROM ή NVRAM) η οποία να μπορεί να γράφεται στον πυρήνα του μικροελεγκτή. Αυτή η μνήμη έχει, έναντι της FLASH, το πλεονέκτημα της δυνατότητας διαγραφής και εγγραφής οποιουδήποτε μεμονωμένου byte.
- **Κύκλωμα αρχικοποίησης (reset).**
- **Διαχειριστή αιτήσεων διακοπής** (interrupt request controller) από τα περιφερειακά.
- **Κύκλωμα επιτήρησης τροφοδοσίας** (brown-out detection) το οποίο παρακολουθεί την τροφοδοσία και αρχικοποίηση ολόκληρο το σύστημα όταν αυτή πέσει κάτω από τα ανεκτά όρια, προλαμβάνοντας έτσι την αλλοίωση των δεδομένων.
- **Κύκλωμα επιτήρησης λειτουργίας** (watchdog timer) το οποίο αρχικοποιεί το σύστημα, αν αυτό εμφανίσει σημάδια δυσλειτουργίας λόγω κολλήματος (hang).
- **Τοπικό ταλαντωτή** για την παροχή παλμών χρονισμού (clock).
- **Έναν ή περισσότερους χρονιστές-απαριθμητές** υψηλής ταχύτητας (hardware timer-Counter) για τη δημιουργία καθυστερήσεων, μέτρηση διάρκειας γεγονότων, απαρίθμηση γεγονότων και άλλων λειτουργιών ακριβούς χρονισμού.
- **Ρολόι πραγματικού χρόνου** (Real Time Clock, RTC) το οποίο τροφοδοτείται από ανεξάρτητη μπαταρία και για αυτό πρέπει να έχει πολύ χαμηλή κατανάλωση ρεύματος.
- **Σειρά ανεξάρτητων ψηφιακών** εισόδων και εξόδων (Parallel Input-Output, PIO).

Γενικά, όλες οι οικογένειες μικροελεγκτών ενσωματώνουν τα περισσότερα από τα παραπάνω περιφερειακά, με διαφοροποιήσεις κυρίως στην ύπαρξη ή μη εσωτερικής μνήμης προγράμματος και στο είδος της. Έτσι, υπάρχουν:

- **Μικροελεγκτές χωρίς μνήμη προγράμματος**, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως *ROM-less*. Αυτοί παρέχουν πάντοτε μια παράλληλη αρτηρία (bus) δεδομένων, πάνω στην οποία συνδέονται εξωτερικές μνήμες προγράμματος και RAM. Τέτοιοι τύποι μικροελεγκτών προορίζονται για πιο ισχυρά υπολογιστικά συστήματα ελέγχου, με μεγαλύτερες απαιτήσεις μνήμης.
- **Μικροελεγκτές με μνήμη ROM**, η οποία κατασκευάζεται με το λογισμικό της (Mask ROM) ή γράφεται μόνο μια φορά (One Time Programmable, OTP). Παρέχουν τη δυνατότητα πολύ χαμηλού κόστους, όταν αγοράζονται σε πολύ μεγάλες ποσότητες.
- **Μικροελεγκτές με μνήμη FLASH**, οι οποία μπορούν συνήθως να προγραμματιστεί πολλές φορές. Αυτή είναι η πιο διαδεδομένη κατηγορία. Συχνά ο προγραμματισμός της μνήμης μπορεί να γίνει ακόμη και πάνω στο κύκλωμα της ίδιας της ενσωματωμένης (embedded) εφαρμογής (δυνατότητα In Circuit Programming, ISP). Αυτοί οι μικροελεγκτές έχουν ουσιαστικά αντικαταστήσει τους παλαιότερους τύπους EPROM που έσβηναν με υπεριώδη ακτινοβολία (από το ειδικό τζαμάκι).

2.10 Πρόσθετες λειτουργίες

Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζεται ένας μικροελεγκτής, μπορεί να περιέχει και:

- **Μία ή περισσότερες ασύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας** (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART).
- **Σύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας** (πχ I2C, SPI, Ethernet).
- **Ολόκληρα υποσυστήματα** για την άμεση υποστήριξη από υλικολογισμικό
- **(firmware)** των πιο σύνθετων πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως CAN, HDLC, ISDN, ADSL.
- **Μονάδα άμεσης εκτέλεσης πράξεων κινητής υποδιαστολής** (Floating Point Processing Unit, FPU), η οποία είναι πάντοτε πιο γρήγορη από την ALU του επεξεργαστή. Τέτοιες μονάδες χαρακτηρίζουν τους μικροελεγκτές με δυνατότητες ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (Digital Signal Processing, DSP). Τα τελευταία χρόνια, με την ευρύτατη διάδοση των φορητών συσκευών ήχου και εικόνας, παρατηρείται μια τάση σύγκλισης των μικροελεγκτών με τους DSP.
- **Περισσότερες από μία εισόδους** για μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Analog to Digital converter, ADC).
- **Μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό σήμα** (Digital to Analog converter, DAC)
- **Ελεγκτή οθόνης υγρών κρυστάλλων** (Liquid Crystal Display, LCD)

- **Υποσύστημα προγραμματισμού πάνω στο κύκλωμα** .Χάρη σε αυτό το κύκλωμα, είναι δυνατός ο επαναπρογραμματισμός (αναβάθμιση λογισμικού) της εφαρμογής, συνδέοντας στη συσκευή μια εξωτερική συσκευή προγραμματισμού (συνήθως σε θύρα UART RS-232) ή ακόμη και από το διαδίκτυο. Αυτή η δυνατότητα απαιτεί την προϋπαρξη λογισμικού υποδοχής (bootstrap) μέσα στη μνήμη προγράμματος και επομένως δεν μπορεί να γίνει σε τελείως άδεια μνήμη προγράμματος.
- **Υποσύστημα προγραμματισμού** (τύπου ISP) και διάγνωσης (συνήθως είναι το καθιερωμένο πρότυπο JTAG). Χάρη σε αυτό, είναι δυνατός ο προγραμματισμός της μνήμης προγράμματος χωρίς να προαπαιτείται κάποιο πρόγραμμα υποδοχής. Για αυτό το λόγο, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στον αρχικό προγραμματισμό, πχ κατά τη συναρμολόγηση, ή σε περίπτωση σφάλματος (bug) στο λογισμικό υποδοχής το οποίο να καθιστά αδύνατη την κανονική αναβάθμιση.

2.11 Είδη κατασκευαστών

Μερικοί από τους γνωστότερους κατασκευαστές μικροελεγκτών είναι οι

- **ARM** (δεν κατασκευάζει αλλά παραχωρεί δικαιώματα χρήσης του πυρήνα)
- **Atmel**
- **Epson**
- **Freescale Semiconductor** (πρώην Motorola)
- **Hitachi**
- **Maxim** (μετά την εξαγορά της Dallas)
- **Microchip**
- **NEC**
- **Toshiba**
- **Texas Instruments**

2.12 Είδη μικροελεγκτών.

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

- Μικροελεγκτές (καμιά φορά 4-bit αλλά συνήθως 8-bit) **πολύ χαμηλού κόστους**, γενικής χρήσης, με πολύ μικρό αριθμό ακροδεκτών (ακόμη και λιγότερους από 8). Σχεδιάζονται με έμφαση στη χαμηλή κατανάλωση ισχύος και την αυτάρκεια, ώστε να χρειάζονται ελάχιστα ή και καθόλου εξωτερικά εξαρτήματα και να μη μπορεί να αντιγραφεί εύκολα το εσωτερικό λογισμικό τους. Απουσιάζει η δυνατότητα επέκτασης της μνήμης τους. Μερικά μοντέλα είναι ευρέως γνωστά στους ερασιτέχνες ηλεκτρονικούς, όπως πχ οι περισσότεροι μικροελεγκτές των σειρών PIC (Microchip), AVR (Atmel) και 8051 (Intel, Atmel, Dallas).



Εικόνα 1.23 «Μικροελεγκτής PIC18F4550»

²³[microchip.com]

- **Μικροελεγκτές (συνήθως 8-bit αλλά και 16 ή 32-bit)** χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με μέτριο έως σχετικά μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Διαθέτουν μεγάλο αριθμό κοινών περιφερειακών, όπως θύρες UART, I²C, SPI ή CAN, μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό. Στους κατασκευαστές της Άπω Ανατολής (Ιαπωνία, Κορέα), συνηθίζεται η ενσωμάτωση ελεγκτών οθόνης υγρών κρυστάλλων και πληκτρολογίου. Μερικές φορές παρέχουν δυνατότητα εξωτερικής επέκτασης της μνήμης τους.



Εικόνα 1.24 «8BIT Microcontroller»

²⁴[worddisk.com]

- **Μικροελεγκτές (κυρίως 32-bit) μέσου κόστους**, γενικής χρήσης, με μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Χαρακτηρίζονται από έμφαση στην ταχύτητα εκτέλεσης εντολών, υψηλή αυτάρκεια περιφερειακών και μεγάλες δυνατότητες εσωτερικής ή εξωτερικής μνήμης προγράμματος (FLASH) και RAM. Στο χώρο αυτό έχουν ισχυρή παρουσία οι αρχιτεκτονικές με υψηλή μεταφερσιμότητα λογισμικού (portability) από τον ένα στον άλλο κατασκευαστή. Πχ μεταξύ των μικροελεγκτών τύπου ARM ή MIPS, το σύνολο των βασικών εντολών που αναγνωρίζει η ALU είναι ακριβώς το ίδιο, μειώνοντας έτσι τις μεγάλες αλλαγές στο λογισμικό.



Εικόνα 1.25 « 32Bit Microcontroller»

²⁵[eu.mouser.com]

- **Μικροελεγκτές εξειδικευμένων εφαρμογών**, οι οποίοι ενσωματώνουν συνήθως κάποιο εξειδικευμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο υλοποιείται πάντοτε σε hardware. Τέτοιοι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακές συσκευές όπως τα μόντεμ.

Η μεγάλη μερίδα πωλήσεων των μικροελεγκτών εξακολουθεί να αφορά αυτούς των 8-bit, καθώς είναι η κατηγορία με το χαμηλότερο κόστος και το μικρότερο μέγεθος λογισμικού για το ίδιο αποτέλεσμα, ιδίως επειδή οι σύγχρονες οικογένειες μικροελεγκτών 8-bit έχουν πολύ βελτιωμένες επιδόσεις σε σχέση με το παρελθόν.

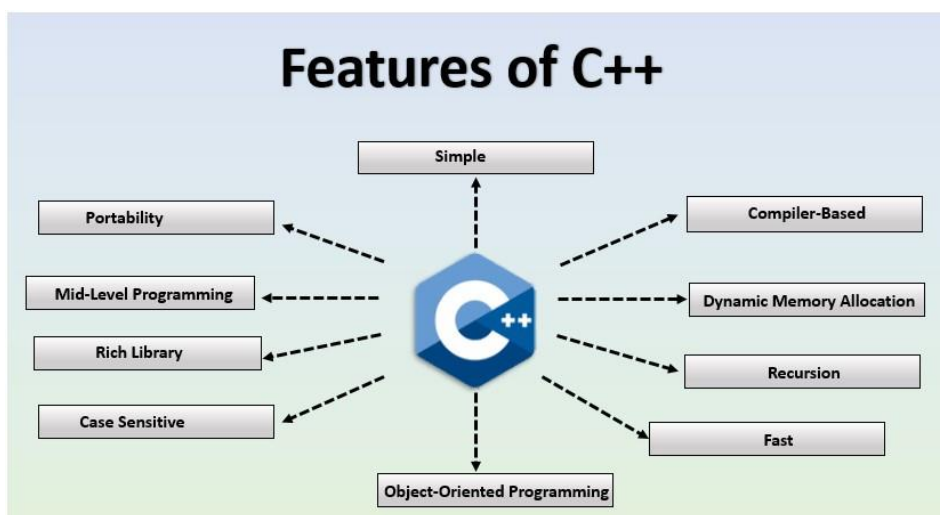
2.13 Γλώσσες προγραμματισμού και εργαλεία ανάπτυξης.

Η επιτυχία μιας οικογένειας μικροελεγκτών καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα και την ευχρηστία των σχετικών εργαλείων ανάπτυξης, όπως μεταφραστές από γλώσσες υψηλού επιπέδου σε γλώσσα κατανοητή από τον μικροελεγκτή (assembly), προγραμματιστές της εσωτερικής μνήμης και εργαλεία εκσφαλμάτωσης (debuggers).

Στους μικροελεγκτές, τα εργαλεία αυτά δεν αποτελούνται μόνον από λογισμικό, καθώς δεν υπάρχει τυποποιημένος τρόπος επικοινωνίας με αυτούς. Έτσι διατίθενται προγραμματιστές της εσωτερικής μνήμης (συνήθως μέσω θύρας JTAG ή USB) καθώς και έτοιμες πλακέτες (evaluation boards) με ψηφιακές ή και αναλογικές εξόδους.

Οι πλακέτες αυτές έχουν ως κεντρική τους μονάδα τον εκάστοτε μικροελεγκτή, δυνατότητα εύκολου προγραμματισμού και συνήθως συνοδεύονται από λογισμικό ανάπτυξης εφαρμογών με έτοιμα παραδείγματα. Έτσι ο χρήστης μπορεί να δοκιμάσει τις περισσότερες δυνατότητες του μικροελεγκτή πριν καν σχεδιάσει τη δική του πλακέτα. Στον τομέα των εργαλείων ανάπτυξης, δραστηριοποιούνται όχι μόνο οι ίδιοι οι κατασκευαστές μικροελεγκτών αλλά και εξειδικευμένες εταιρείες.

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



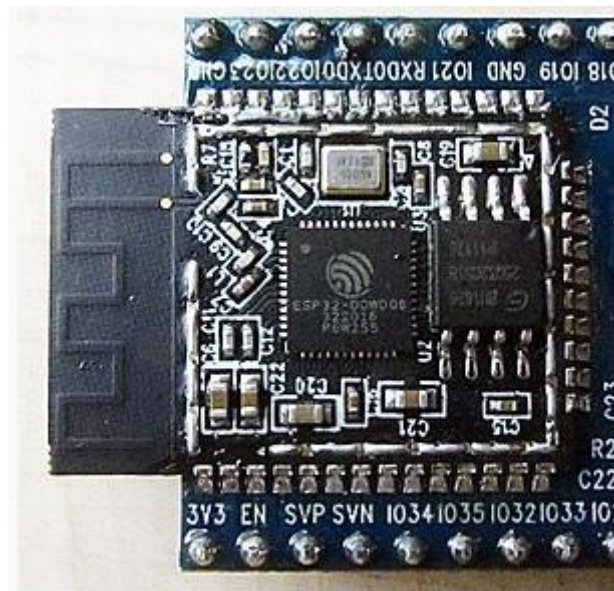
Εικόνα 1.26 «Πλεονεκτήματα χρήσης C++»

²⁶[ducba.com]

2.14 Μικροελεγκτής ESP32

2.14.1 Ορισμός

Το ESP32 είναι μια σειρά συστημάτων χαμηλού κόστους, χαμηλής κατανάλωσης με ενσωματωμένο Wi-Fi και διπλής λειτουργίας Bluetooth. Το esp32 δημιουργήθηκε και αναπτύχθηκε από την Espressif Systems μια κινέζικη εταιρεία που εδρεύει στην Σαγκάη. Η σειρά ESP32 χρησιμοποιεί μικροεπεξεργαστή Tenselica Xtensa LX6 τόσο σε παραλλαγές διπλού πυρήνα (dual core) όσο και μονού πυρήνα (single core) . Επιπλέον περιλαμβάνει ενσωματωμένους διακόπτες κεραίας , ενισχυτή ισχύος , ενισχυτή ισχύος χαμηλού θορύβου, φίλτρα και μονάδες διαχείρισης ενέργειας .



Εικόνα 1.27 «ESP-WROOM-32 module with ESP32-D0wDQ6 Chip.»

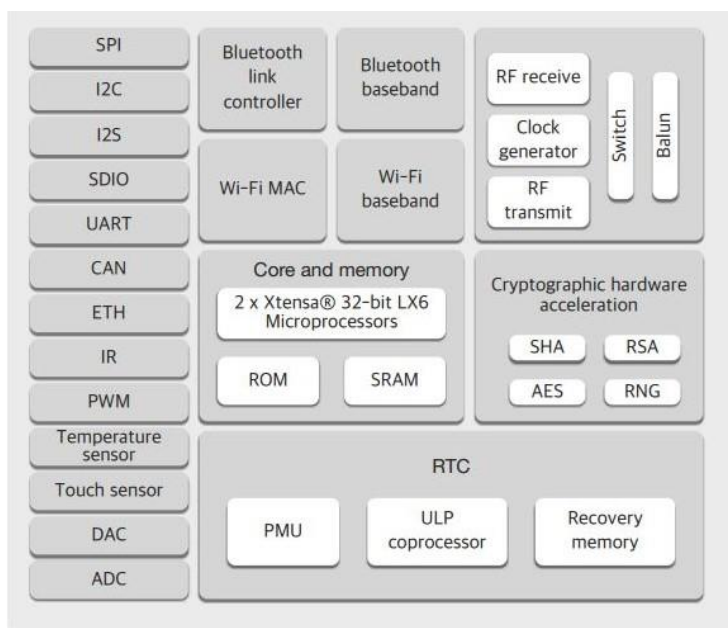
²⁷[en.wikipedia.org]

2.14.2 Δομή

Ο προκάτοχος του ESP32, ο ESP8266 διαθέτει ενσωματωμένο επεξεργαστή. Ωστόσο, λόγω της πολυλειτουργίας που αφορά την ενημέρωση της στοίβας WiFi, οι περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιούν ξεχωριστό μικροελεγκτή για επεξεργασία δεδομένων, διεπαφή αισθητήρων και ψηφιακή έξοδο-εισόδo. Με το ESP32 συνήθως δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί επιπλέον μικροελεγκτής. Το ESP32 διαθέτει μικροεπεξεργαστές Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6, ο οποίος λειτουργεί μέχρι 600 DMIPS.

Οι δύο πυρήνες ονομάζονται πρωτόκολλο CPU (PRO_CPU) και CPU εφαρμογής (APP_CPU). Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι ο επεξεργαστής PRO_CPU χειρίζεται το WiFi, το Bluetooth και άλλα εσωτερικά περιφερειακά όπως SPI, I2C, ADC κλπ. Το APP_CPU παραμένει έξω για τον κώδικα εφαρμογής. Αυτή η διαφοροποίηση γίνεται στο πλαίσιο ανάπτυξης του Internet Espressif (ESP-IDF). Το ESP-IDF είναι το επίσημο πλαίσιο ανάπτυξης λογισμικού για το τσιπ. Το Arduino και άλλες αναπτυξιακές υλοποιήσεις θα βασίζονται στο ESP-IDF.

Το ESP-IDF χρησιμοποιεί το freertos για την εναλλαγή μεταξύ των επεξεργαστών και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ τους.



Εικόνα 1.28 «Βασική Δομή ESP32»

²⁸[exploreembedded.com]

2.14.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Εσωτερική Μνήμη

Οι επεξεργαστές έχουν στενά συνδεδεμένη εσωτερική μνήμη για την ακόλουθη χρήση:

- 448 KBytes ROM για εκκίνηση και βασικές λειτουργίες.
- 520 KBytes on-chip SRAM για δεδομένα και οδηγίες.
- 8 KBytes SRAM στο RTC, το οποίο ονομάζεται RTC SLOW Memory και είναι προσβάσιμο από τον συν-επεξεργαστή.
- Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας Deep-sleep.
- 8 KBytes SRAM στο RTC, το οποίο ονομάζεται RTC FAST Memory και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποθήκευση δεδομένων. (είναι προσβάσιμο).
- από την κύρια CPU κατά την εκκίνηση RTC από τη λειτουργία Deep-sleep.
- 1 Kbit του EFUSE, εκ των οποίων 256 bits χρησιμοποιούνται για το σύστημα (διεύθυνση MAC και διαμόρφωση τσιπ) και τα υπόλοιπα 768 bits προορίζονται για εφαρμογές πελατών, συμπεριλαμβανομένων των Flash Encryption και Chip-ID.

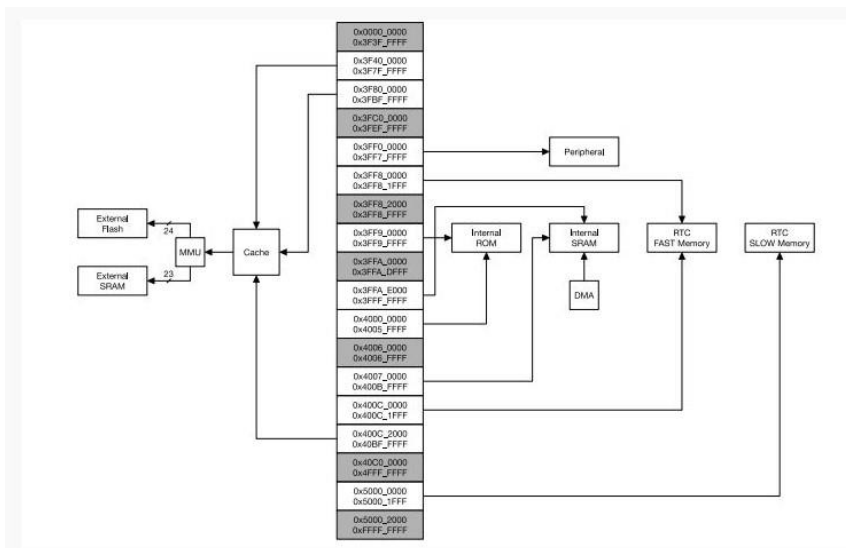
Εξωτερική μνήμη

Οι περισσότερες μονάδες όπως το ESP32 Wroom χρησιμοποιούν εξωτερικό Flash-W25Q32 (4M Bytes) για την αποθήκευση του κώδικα εφαρμογής. Το τσιπ υποστηρίζει 4 x 16 MBytes εξωτερικού QSPI flash και SRAM με υλικό κρυπτογράφησης που βασίζεται σε AES.

Το ESP32 αποκτά πρόσβαση στο εξωτερικό QSPI flash και SRAM μέσω κρυφής μνήμης υψηλής ταχύτητας.

- Μέχρι 16 MBytes εξωτερικού φλας είναι χαρτογραφημένα στη μνήμη του χώρου κώδικα της CPU, υποστηρίζοντας πρόσβαση 8, 16 και 32-bit. (Υποστηρίζεται η εκτέλεση κώδικα).
- Έως 8 MBytes εξωτερικού SRAM χαρτογραφούνται με μνήμη στο χώρο δεδομένων CPU, υποστηρίζοντας πρόσβαση 8, 16 και 32-bit. Η ανάγνωση δεδομένων υποστηρίζεται από το φλας και το SRAM. Η εγγραφή δεδομένων υποστηρίζεται από το SRAM.

Δεδομένου ότι η αρχιτεκτονική του επεξεργαστή είναι 32 bit ,τα εσωτερικά περιφερειακά, WiFi, Bluetooth, εξωτερικές μνήμες , αντιστοιχίζονται σε χώρο διευθύνσεων (4GB).



Διάγραμμα 1.1 «Διάγραμμα μνήμης ES32»

²⁹[exploreembedded.com]

Κεραία Wi-Fi

Το ESP32 υλοποιεί πρωτόκολλο MAC TCP / IP, πλήρες πρωτόκολλο WLAN 802.11 b / g / n / e / i και προδιαγραφές Wi-Fi Direct. Αυτό σημαίνει ότι ο ESP32 μπορεί να μιλήσει με τους περισσότερους WiFi δρομολογητές εκεί έξω όταν χρησιμοποιείται ως client. Επίσης, είναι σε θέση να δημιουργήσει ένα σημείο πρόσβασης με πλήρη 802.11 b / g / n / e / i.

Το Wifi-Direct είναι μια καλή επιλογή για σύνδεση peer-to-peer χωρίς την ανάγκη για σημείο πρόσβασης. Το Wifi-Direct είναι ευκολότερο να ρυθμιστεί και οι ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων είναι πολύ καλύτερες από το Bluetooth. Αυτό θα μπορούσε ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί για τη διαμόρφωση των προγραμμάτων που βασίζονται στο ESP32 από ένα τηλέφωνο / tablet που υποστηρίζει απευθείας WiFi. Η υλοποίηση του ESP-IDF WiFi έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά στην ανάπτυξη:

- Υποδομή λειτουργία BSS Stations / λειτουργία P2P / softAP υποστήριξη
- P2P Discovery, ιδιοκτήτης ομάδας P2P, P2P Group Client και P2P Power Management.
- WPA / WPA2-Enterprise και WPS.
- Πρόσθετα χαρακτηριστικά ασφαλείας 802.11i, όπως προ-έλεγχος ταυτότητας και TSN.
- Ανοικτή διεπαφή για διάφορα σχήματα επικάλυψης ανώτερου στρώματος πάνω από το EAP όπως TLS, PEAP, LEAP, SIM, AKA ή ειδικά για τον client.
- Ρολόι / τροφοδοσία ισχύος σε συνδυασμό με τη διαχείριση ενέργειας σύμφωνα με το πρότυπο 802.11, προσαρμοσμένη δυναμικά στις τρέχουσες συνθήκες σύνδεσης που παρέχουν ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.
- Ο αλγόριθμος προσαρμογής, προσαρμοσμένου ρυθμού ρυθμίζει τον βέλτιστο ρυθμό μετάδοσης και τη μετάδοση ισχύος με βάση τον τρέχοντα λόγο θορύβου σήματος (SNR) και τις πληροφορίες απώλειας πακέτου.
- Αυτόματη επαναμετάδοση και απόκριση σε MAC για αποφυγή αποσύνδεσης πακέτων σε περιβάλλον αργού κεντρικού υπολογιστή.

Classic /Low Energy Bluetooth

Το ESP32 δεν υποστηρίζει μόνο το τελευταίο Bluetooth BLE 4.2, υποστηρίζει επίσης κλασικό Bluetooth. Βασικά σημαίνει ότι μπορεί να μιλήσει με παλιά και νέα τηλέφωνα. Αυτό θα μπορούσε να είναι ένα από τα καλύτερα χαρακτηριστικά, σε περίπτωση που πρέπει να λειτουργήσει με υπάρχοντα καθώς και νέα τηλέφωνα / tablet στην αγορά.

Το σήμα και ζώνη βάσης ESP32 Bluetooth υποστηρίζει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Οι εξόδους εκπομπής κλάσης 1, τάξης 2 και κλάσης 3 και δυναμικό εύρος ελέγχου άνω των 30 dB
- $\pi / 4$ DQPSK και 8 DPSK διαμόρφωση
- Υψηλή απόδοση σε ευαισθησία δέκτη NZIF με δυναμικό εύρος άνω των 98 dB
- Λειτουργία κλάσης 1 χωρίς εξωτερική συσκευή PA
- Το εσωτερικό SRAM επιτρέπει πλήρη μεταφορά δεδομένων, μικτή φωνή και δεδομένα και πλήρη λειτουργία risonet
- Λογική για διόρθωση σφαλμάτων προς τα εμπρός, έλεγχος σφαλμάτων κεφαλίδας, συσχέτιση κωδικού πρόσβασης, CRC, αποδιαμόρφωση, δημιουργία ρεύματος δυαδικών ψηφίων κρυπτογράφησης, διαμόρφωση λεύκανσης και μετάδοσης παλμών
- ACL, SCO, eSCO και AFH
- A-law, μ -law και CVSD ψηφιακού ήχου CODEC σε διεπαφή PCM
- ΚΩΔΙΚΟΣ ήχου SBC
- Διαχείριση ενέργειας για εφαρμογές χαμηλής ισχύος
- SMP με AE 128-bit

Χαρακτηριστικά Classic Bluetooth

- Ανακάλυψη συσκευής (σάρωση ερωτήματος και ερώτησης)
- Δημιουργία σύνδεσης (σάρωση σελίδας και σελίδας)
- Πολλές συνδέσεις
- Ασύγχρονη λήψη και μετάδοση δεδομένων
- Σύγχρονοι σύνδεσμοι (SCO / eSCO)
- Master / Slave
- Adaptive Frequency Hopping και αξιολόγηση καναλιών
- Κρυπτογράφηση εκπομπής
- Έλεγχος ταυτότητας και κρυπτογράφηση
- Ασφαλή και απλή σύνδεση
- Διαχείριση πολλαπλών σημείων και scatternet
- Λειτουργία Sniff
- Σύνδεση ασύρματης μετάδοσης (πομπός και δέκτη)
- Ενισχυμένος έλεγχος ισχύος
- Ping

Χαρακτηριστικά low energy Bluetooth

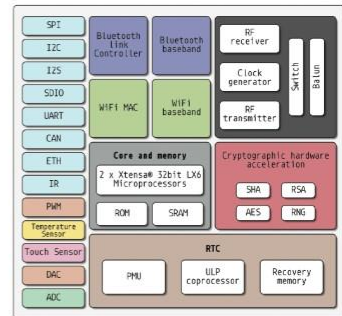
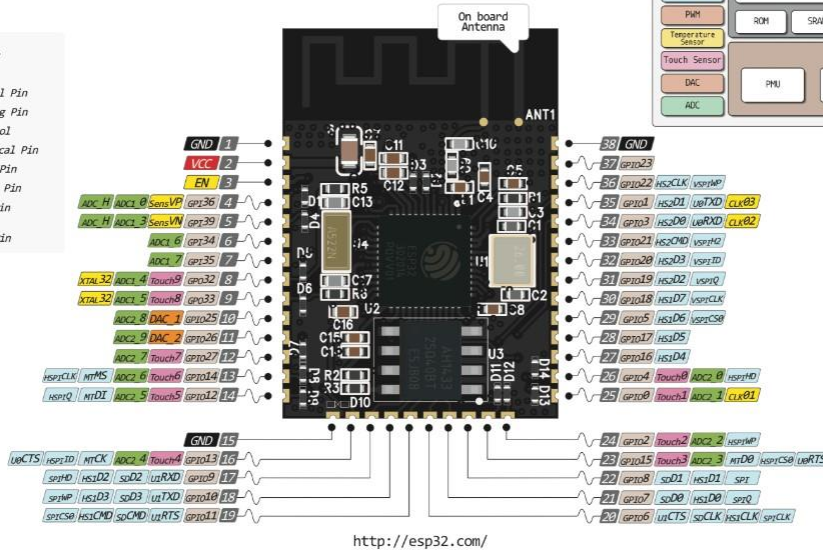
- Advertising
- Scanning
- Πολλαπλές συνδέσεις
- Ασύγχρονη λήψη και μετάδοση δεδομένων
- Adaptive Frequency Hopping και αξιολόγηση καναλιών
- Ενημέρωση παραμέτρων σύνδεσης
- LE Ping

Ενσωματωμένα περιφερειακά

- Χρονοδιακόπτες και παρατηρητής
- Ρολόι πραγματικού χρόνου
- ADC και ενσωματωμένους αισθητήρες
- Μετατροπέας ψηφιακού σε αναλογικό (DAC)
- Αισθητήρας αφής
- Τεχνικός επεξεργαστής Ultra Low Power (ULP)
- Διασύνδεση MAC Ethernet
- Έλεγχος κεντρικού υπολογιστή SD / SDIO / MMC
- Δέκτης ασύγχρονου λήπτη γενικής χρήσης (UART)
- Διασύνδεση I2C
- Διασύνδεση I2S
- SPI διασύνδεση
- Υπέρυθρο τηλεχειριστήριο
- Μετρητής παλμών
- Ρύθμιση πλάτους παλμού (PWM)
- Επιταχυντής υλικού

ESP32 PINOUT

- Power
- GND
- Serial Pin
- Analog Pin
- Control
- Physical Pin
- Port Pin
- Touch Pin
- DAC Pin
- ~ PWM Pin



Εικόνα 1.30 «ESP32 PINOUT»

³⁰[exploreembedded.com]

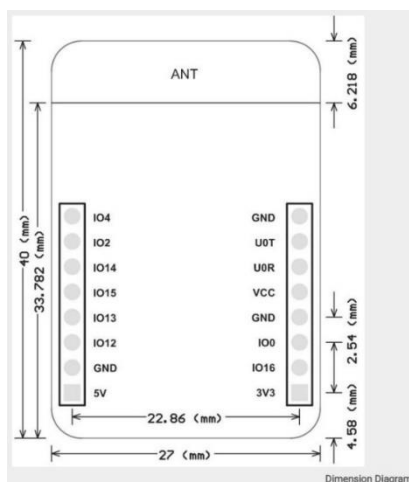
2.15 ESP32 –CAM

2.15.1 Ορισμός

Το ESP32-CAM είναι μια αναπτυξιακή πλακέτα με μέγεθος 27 × 40mm. Το ESP32-CAM μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως σε διάφορες εφαρμογές IoT. Είναι κατάλληλο για οικιακές έξυπνες συσκευές, βιομηχανικό ασύρματο έλεγχο, ασύρματη παρακολούθηση, ασύρματη αναγνώριση QR, σήματα ασύρματου συστήματος εντοπισμού θέσης και άλλες εφαρμογές IoT.



Εικόνα 1.31 «ESP32 –CAM MODULE «



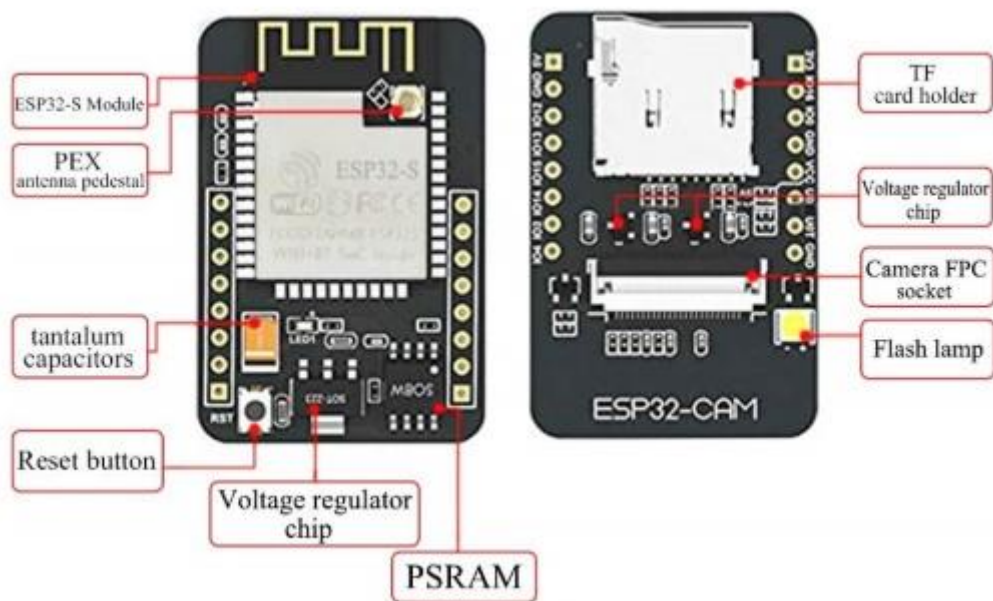
Εικόνα 1.32 «ESP3 DIMENSION DIAGRAM»

³¹[grobotronics.com]

³²[loboris.eu]

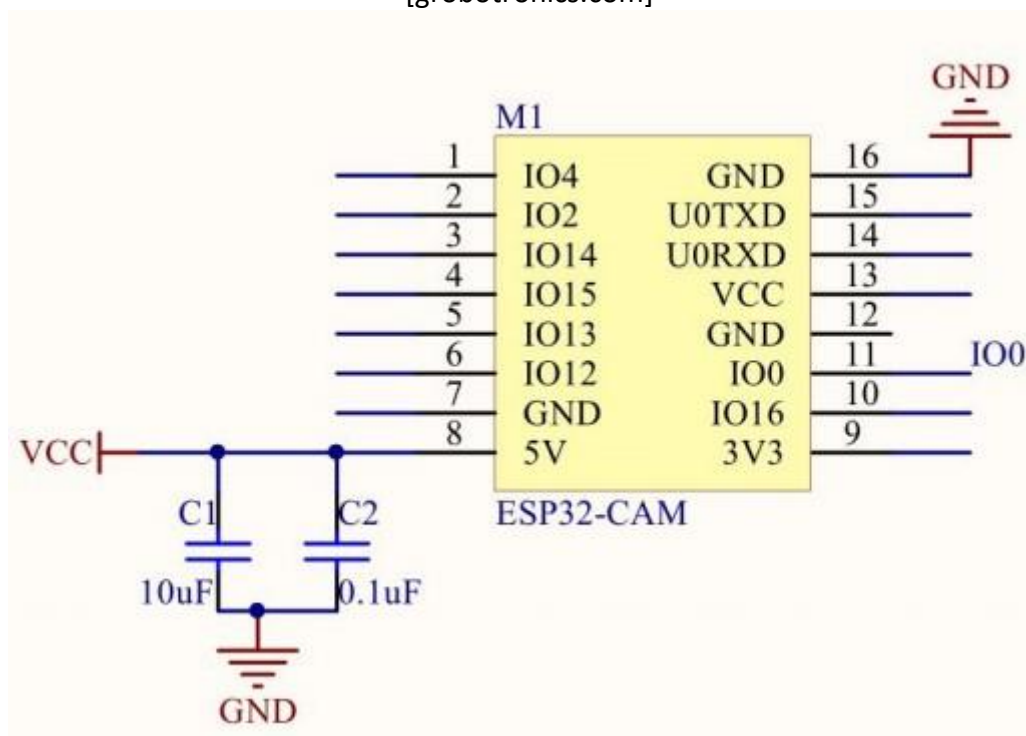
2.15.2 Δομή το ESP32-CAM

Η μονάδα συνδυασμού Wifi Bluetooth παρέχει το Firmware SDK για γρήγορο προγραμματισμό που υποστηρίζεται από εργαλεία ανοιχτού κώδικα βασισμένα στο GCC για ανάπτυξη. Έχει σχεδιαστεί για καταγραφείς, βιντεοσκοπήσεις για κάμερες, συσκευές Wi-Fi και Bluetooth, Home Automation, εφαρμογές δικτύου mesh, ασύρματο σύστημα μουσικής, αναγνώριση προσώπου. Η πλακέτα αυτή έχει σχεδιαστεί με ένα τσιπ συνδυασμού Wi-Fi και Bluetooth με τεχνολογία TSMC εξαιρετικά χαμηλής ισχύος 40 nm. Έχει σχεδιαστεί και βελτιστοποιηθεί για βέλτιστη απόδοση, υψηλή απόδοση, ευρωστία, ευελιξία και αξιοπιστία, για μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και διαφορετικά προφίλ ισχύος.



Εικόνα 1.33 «ESP32-CAM DEV BOARD»

³³[grobotronics.com]



Εικόνα 1.34 «ESP32-CAM SCHEMATIC»

³⁴[loboris.eu]

2.15.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Module Model	ESP32-CAM
Package	DIP-16
Size	27*40.5*4.5 (±0.2) mm
SPI Flash	Default 32Mbit
RAM	520KB SRAM +4M PSRAM
Bluetooth	Bluetooth 4.2 BR/EDR and BLE standards
Wi-Fi	802.11 b/g/n/
Support interface	UART、SPI、I2C、PWM
Support TF card	Maximum support 4G
IO port	9
UART Baudrate	Default 115200 bps
Image Output Format	JPEG(OV2640 support only),BMP,GRAYSCALE
Spectrum Range	2412 ~2484MHz
Antenna	Onboard PCB antenna, gain 2dBi
Transmit Power	802.11b: 17±2 dBm (@11Mbps) 802.11g: 14±2 dBm (@54Mbps) 802.11n: 13±2 dBm (@MCS7)
Receiving Sensitivity	CCK, 1 Mbps : -90dBm CCK, 11 Mbps: -85dBm 6 Mbps (1/2 BPSK): -88dBm 54 Mbps (3/4 64-QAM): -70dBm MCS7 (6.5 Mbps, 72.2 Mbps): -67dBm
Power Dissipation	Turn off the flash lamp:180mA@5V Turn on the flash lamp and turn on the brightness to the maximum:310mA@5V Deep-sleep: Minimum power consumption can be achieved 6mA@5V Moderm-sleep: Minimum up to 20mA@5V Light-sleep: Minimum up to 6.7mA@5V
Security	WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
Power Supply Range	5V
Operating Temperature	-20 ℃ ~ 85 ℃
Storage Environment	-40 ℃ ~ 90 ℃ , < 90%RH

Πίνακας 1.1 «Τεχνικά χαρακτηριστικά του ESP-32CAM»

³⁵[loboris.eu]

2.15.4 Η κάμερα.

Το OV2640 είναι το δημοφιλές τσιπ κάμερας και ο πρώτος αισθητήρας κάμερας ¼ ιντσών 2MP που διανέμεται σε ολόκληρο τον κόσμο από το 2003. Το OV260 είναι ένα πλήρως ενσωματωμένο τσιπ φωτογραφικών μηχανών που βασίζεται στην αρχιτεκτονική OmniPixel2 Omni Visions 2.2-micron και τοποθετείται εύκολα στις υποδοχές 8 × 8 mm . Αυτό το τσιπ φωτογραφικής μηχανής είναι ενσωματωμένο με μηχανισμό συμπίεσης που είναι κατάλληλο για έργα μικρής ή μεγάλης κλίμακας όπως ενσωματωμένα συστήματα, ανίχνευση αντικειμένων, παιχνίδια και αναγνώριση προσώπου.



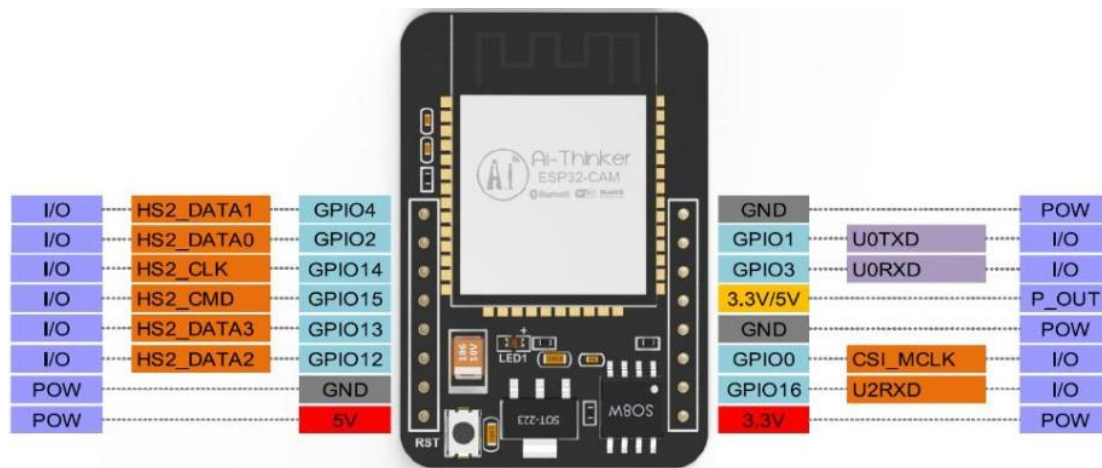
Εικόνα 1.36 «ESP32 CAM SENSOR»
³⁶[google.gr/esp32cam]

Format Size	QQVGA	QVGA	VGA	SVGA
JPEG	6	7	7	8
BMP	9	9	-	-
GRAYSCALE	9	8	-	-

Πίνακας 1.2 «ESP32 CAM module picture output format rate»

³⁷[loboris.eu]

2.15.5 ESP32-CAM Pinout Diagram



Εικόνα 1.38 «ESP32-CAM PINOUT DIAGRAM»

³⁸[zerozone.it]

- Υπάρχουν **τρία pins GND** και δύο pins για **τροφοδοσία** είτε **3.3V** είτε **5V**.
- Οι GPIO 1 και GPIO 3 είναι οι σειριακοί ακροδέκτες. Αυτά τα pins είναι απαραίτητα για τον προγραμματισμό του ESP32 .
- Επιπλέον, το GPIO 0 διαδραματίζει επίσης σημαντικό ρόλο, καθώς καθορίζει εάν το ESP32 βρίσκεται σε κατάσταση blinking ή όχι. Όταν το GPIO 0 είναι συνδεδεμένο στο GND, το ESP32 βρίσκεται σε blinking mode.

Επίσης τα pins :

- GPIO 14: CLK
- GPIO 15: CMD
- GPIO 2: Data 0
- GPIO 4: Data 1 (also connected to the on-board LED)
- GPIO 12: Data 2
- GPIO 13: Data 3

είναι εσωτερικά συνδεδεμένα με την microSD card Reader .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Δυνατότητες της κατασκευής

Η κατασκευή δημιουργήθηκε με σκοπό να εξυπηρετεί δύο καταστάσεις. Η πρώτη να λειτουργεί σε κλειστό χώρο , ελεγχόμενο μέσω Access Point με την βοήθεια ενός Webserver που δημιουργεί το ESP32(η απόσταση του χειριστή με το όχημα δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 5~6 μέτρα) και δεύτερον , εντελώς απομακρυσμένα δίνοντας την δυνατότητα στον χειριστή να ελέγχει το τροχοφόρο από οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη πάλι με την βοήθεια ενός Webserver.

3.2 Κατασκευαστική δομή

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή του τροχοφόρου είναι :

- Camera module based on ESP32



Εικόνα 1.39 «ESP32-CAM »
³⁹[grobotronics.com]

- Robot smart car 2WD



Εικόνα 1.40 «Robot smart car »
⁴⁰[grobotronics.com]

- LM2596 DC-DC Buck Step Down Converter Module (Voltage Regulator)



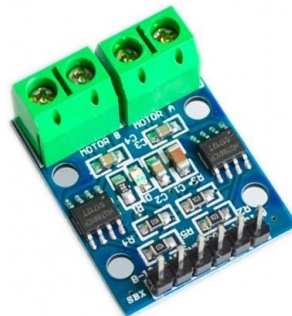
Εικόνα 1.41 «LM2596 »
⁴¹[cableworks.com]

- Voltmeter Led Mini Dc 2.5V-30 V



Εικόνα 1.42 «LM2596 »
⁴²[cableworks.com]

- H-bridge Stepper Motor Dual DC Motor Driver Controller Board HG7881



Εικόνα 1.43 « Board HG7881 »
⁴³[topelectronics.gr]

- VAPEX Li-Po Battery 2S 7.4V 1800mAh 30C T-Connector



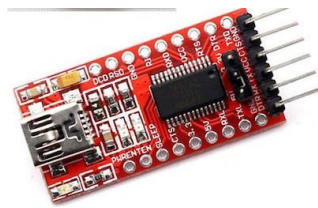
Εικόνα 1.44 « Li-Po Battery »
⁴⁴[technokap.gr]

- Βραχυκυκλωτήρες 22τεμ.



Εικόνα 1.45 « Βραχυκυκλωτήρες »
⁴⁵[dme.gr]

- Σειριακός μετατροπέας FT232RL



Εικόνα 1.46 « FT232RL FTDI SERIAL ADAPTER MODULE »
⁴⁶[hellasdigital.gr]

- USB 2.0

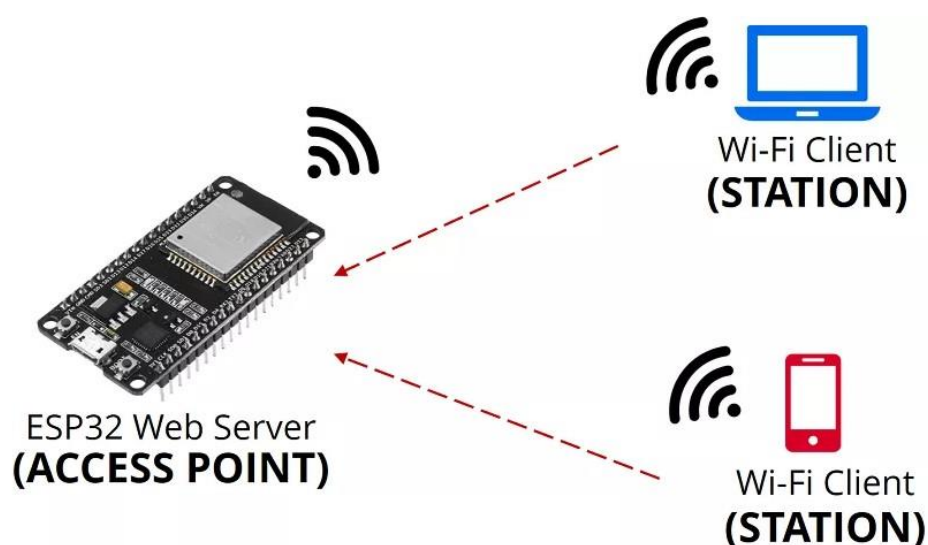


Εικόνα 1.47 « USB 2.0 cable »
⁴⁷[cableworks.gr]

3.3 Έλεγχος τροχοφόρου μέσω AP(Access Point)

3.3.1 Τι είναι το Access Point;

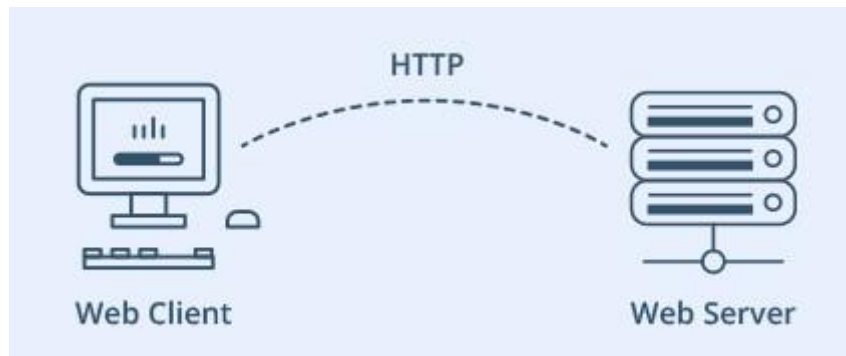
Αρχικά να επισημάνουμε πως το ESP32 μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως Wi-Fi station είτε ως Access Point . Στις περισσότερες των περιπτώσεων χρησιμοποιούμε τον ESP32 ως Wi-fi Station (client) και το ρούτερ μας ως AP έτσι ώστε να γίνει η μεταξύ τους σύνδεση. Όμως όταν ορίσουμε τον ESP32 ως σημείο πρόσβασης (AP) τότε έχουμε την δυνατότητα να συνδεθούμε με οποιαδήποτε συσκευή στο δίκτυο που δημιουργεί ο ESP32 δίχως την μεσολάβηση του router μας, με αυτό τον τρόπο δημιουργούμε ένα «κινητό» router δίχως την μεσολάβηση καλωδίου.



Εικόνα 1.48 «ESP32 as AP»
⁴⁸[randomnerdtutorials.com]

3.3.2 Τι είναι ο Webserver;

Πρακτικά ο Webserver είναι ένα μέρος που αποθηκεύει , επεξεργάζεται και παραδίδει ιστοσελίδες (Web pages) σε πελάτες (clients). Οι πελάτες (clients) δεν είναι τίποτα άλλο από ένα πρόγραμμα περιήγησης ιστού που έχουμε στους φορητούς υπολογιστές και τα smartphone μας. Η επικοινωνία μεταξύ πελάτη (client) και διακομιστή πραγματοποιείται με ένα ειδικό πρωτόκολλό που ονομάζεται Hypertext Transfer Protocol (HTTP).



Εικόνα 1.49 «Communication Web client and Web server»
⁴⁹[lastminuteengineers.com]

3.3.3 Προγραμματισμός του ESP32 για AP (Access Point)

Για τον προγραμματισμό χρησιμοποιήσαμε το προγραμματιστικό περιβάλλον Arduino IDE .Ο κώδικας που δημιουργήθηκε είναι ο εξής:

```
#include "esp_camera.h"  
#include <WiFi.h>  
#include <WifiAP.h>  
  
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER  
  
const char* ssid = "ESP32";  
const char* password = "123456789";  
IPAddress apIP (192, 168, 4, 1);  
  
#if defined (CAMERA_MODEL_WROVER_KIT)  
#define PWDN_GPIO_NUM -1  
#define RESET_GPIO_NUM -1  
#define XCLK_GPIO_NUM 21  
#define SIOD_GPIO_NUM 26  
#define SIOC_GPIO_NUM 27  
  
#define Y9_GPIO_NUM 35  
#define Y8_GPIO_NUM 34
```

```

#define Y7_GPIO_NUM  39
#define Y6_GPIO_NUM  36
#define Y5_GPIO_NUM  19
#define Y4_GPIO_NUM  18
#define Y3_GPIO_NUM   5
#define Y2_GPIO_NUM   4
#define VSYNC_GPIO_NUM 25
#define HREF_GPIO_NUM  23
#define PCLK_GPIO_NUM  22

#elif defined (CAMERA_MODEL_AI_THINKER)
#define PWDN_GPIO_NUM  32
#define RESET_GPIO_NUM -1
#define XCLK_GPIO_NUM   0
#define SIOD_GPIO_NUM  26
#define SIOC_GPIO_NUM  27

#define Y9_GPIO_NUM  35
#define Y8_GPIO_NUM  34
#define Y7_GPIO_NUM  39
#define Y6_GPIO_NUM  36
#define Y5_GPIO_NUM  21
#define Y4_GPIO_NUM  19
#define Y3_GPIO_NUM  18
#define Y2_GPIO_NUM   5
#define VSYNC_GPIO_NUM 25
#define HREF_GPIO_NUM  23
#define PCLK_GPIO_NUM  22

#else
#error "Camera model not selected"
#endif

// GPIO Setting
extern int gpLb = 2; // Left Wheel Back
extern int gpLf = 14; // Left Wheel Forward
extern int gpRb = 15; // Right Wheel Back
extern int gpRf = 13; // Right Wheel Forward
extern int gpLed = 4; // Light
extern String WiFiAddr ="192.168.4.1";

void startCameraServer ();

void setup () {

  Serial.begin(115200);
  Serial.setDebugOutput(true);
  Serial.println();

```

```

pinMode (gpLb, OUTPUT); //Left Backward
pinMode (gpLf, OUTPUT); //Left Forward
pinMode (gpRb, OUTPUT); //Right Forward
pinMode (gpRf, OUTPUT); //Right Backward
pinMode (gpLed, OUTPUT); //Light

//initialize
digitalWrite (gpLb, LOW);
digitalWrite (gpLf, LOW);
digitalWrite (gpRb, LOW);
digitalWrite (gpRf, LOW);
digitalWrite (gpLed, LOW);

camera_config_t config;
config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
config.xclk_freq_hz = 20000000;
config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
//init with high specs to pre-allocate larger buffers
if (psramFound ()) {
    config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
    config.jpeg_quality = 10;
    config.fb_count = 2;
} else {
    config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
    config.jpeg_quality = 12;
    config.fb_count = 1;
}

// camera init
esp_err_t errs = esp_camera_init(&config);
if (err! = ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
}

```

```
return;  
}
```

```
//drop down frame size for higher initial frame rate
```

```
sensor_t * s = esp_camera_sensor_get ();  
s->set_framesize (s, FRAMESIZE_CIF);
```

```
// Connect to Wi-Fi network with SSID and password
```

```
Serial.print("Setting AP (Access Point) ...");  
// Remove the password parameter, if you want the AP (Access Point) to be open  
WiFi.softAP(ssid, password);
```

```
IPAddress IP = WiFi.softAPIP();  
Serial.print("AP IP address: ");  
Serial.println(IP);
```

```
startCameraServer ();
```

```
}
```

```
void loop () {  
}
```

Συνοπτικά τα **κυριότερα** σημεία του κώδικα ήταν :

1. ο ορισμός του ονόματος δικτύου και ο κωδικός πρόσβασης .

```
const char* ssid = "ESP32";  
const char* password = "123456789";
```

Εικόνα 1.50 «SSID – Password»

2. Ο ορισμός των pin του ESP32 για την κίνηση – κατεύθυνση του οχήματος

```
// GPIO Setting
extern int gpLb = 2; // Left Wheel Back
extern int gpLf = 14; // Left Wheel Forward
extern int gpRb = 15; // Right Wheel Back
extern int gpRf = 13; // Right Wheel Forward
extern int gpLed = 4; // Light
```

Εικόνα 1.51 «GPIO Setting»

3. Ο ορισμός για την λειτουργία του ESP32 ως Access Point (Σημείο πρόσβασης)

```
Serial.print("Setting AP (Access Point)...");
// Remove the password parameter, if you want
WiFi.softAP(ssid, password);

IPAddress IP = WiFi.softAPIP();
Serial.print("AP IP address: ");
Serial.println(IP);
```

Εικόνα 1.52 «ESP32 set as AP»

4. Ορισμός της Ip για την δημιουργία του Webserver

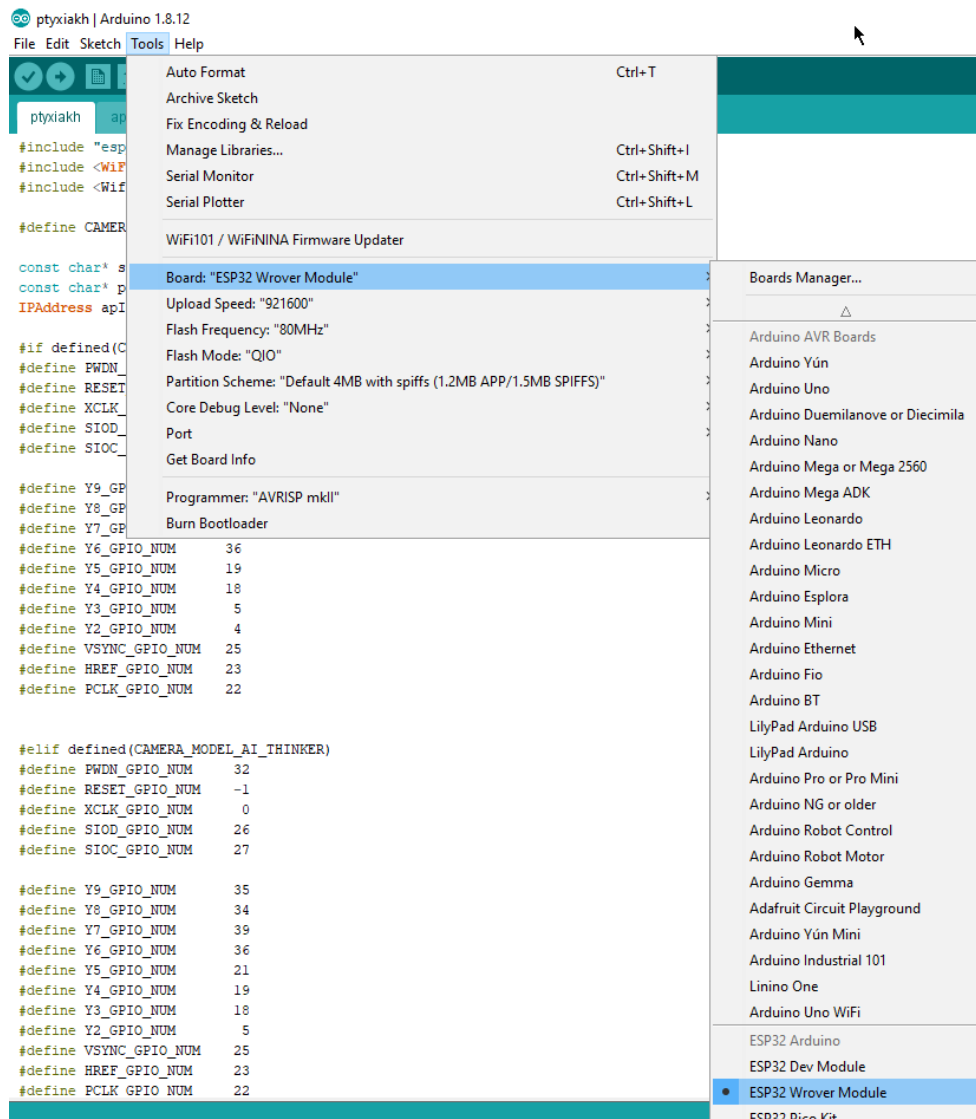
```
IPAddress apIP(192, 168, 4, 1);
```

Εικόνα 1.53 «fixed ip»

3.3.4 Διαδικασία προγραμματισμού

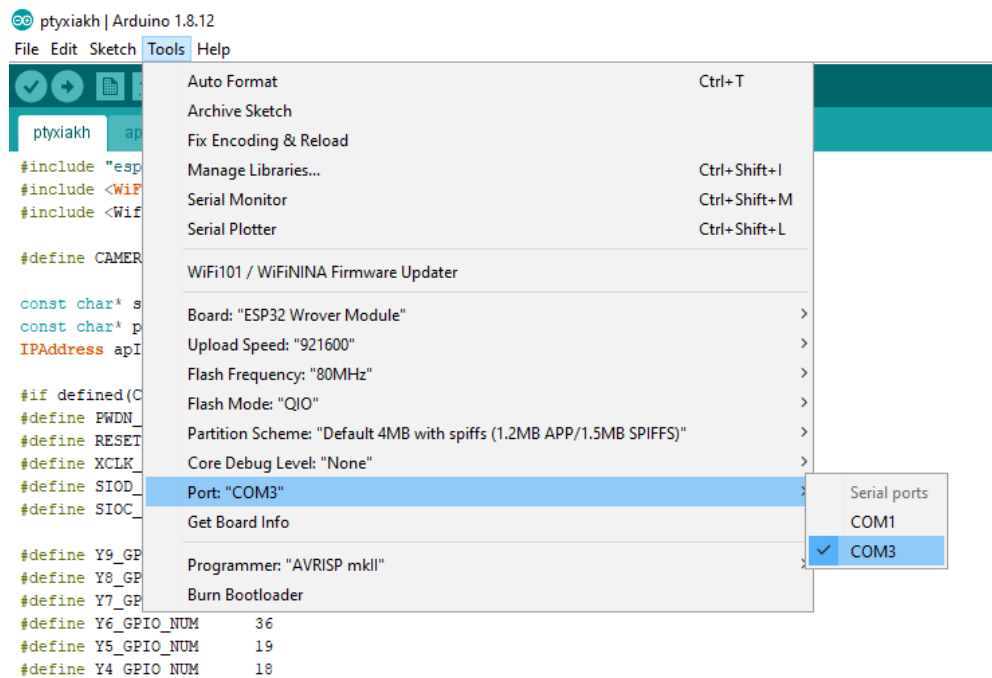
Η διαδικασία προγραμματισμού του ESP32 έχει ως εξής :

- Σύνδεση του ESP32 με τον υπολογιστή
- Από το πάνελ του Arduino επιλέξαμε το μοντέλο του ESP που χρησιμοποιούμε



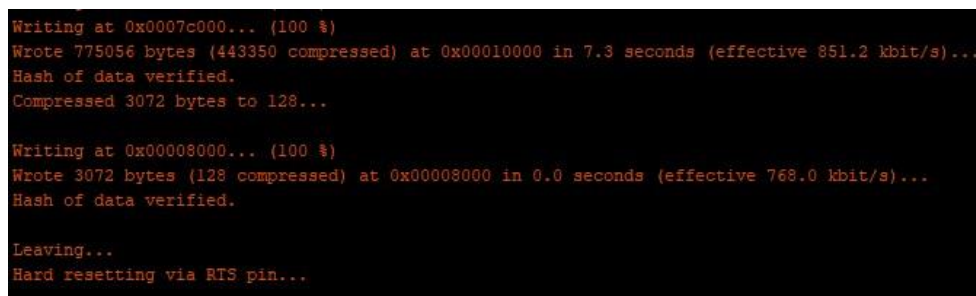
Εικόνα 1.54 «Model of esp32»

- Επιλογή θύρας προγραμματισμού



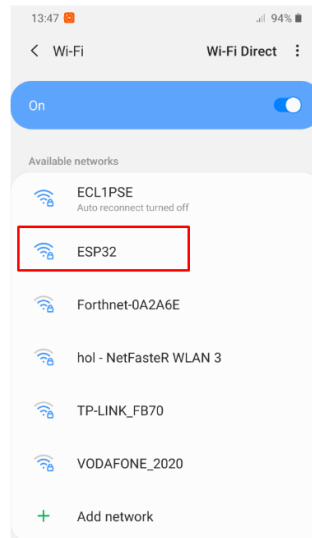
Εικόνα 1.55 «Port for programming »

- Ανέβασμα κώδικα



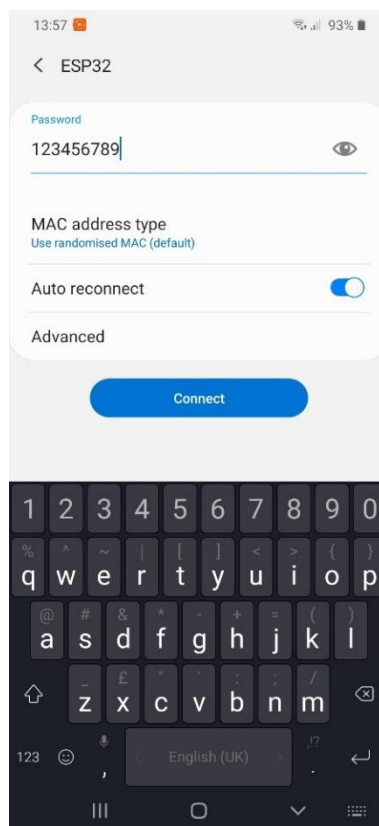
Εικόνα 1.56 «Programming »

- Επιλογή του δικτύου



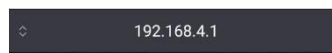
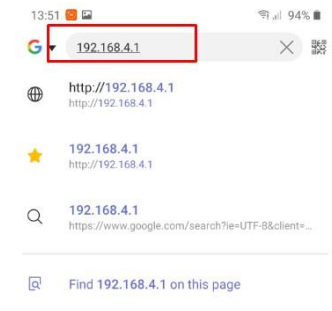
Εικόνα 1.57 «Επιλογή δικτύου ESP32 »

- Εισαγωγή κωδικού



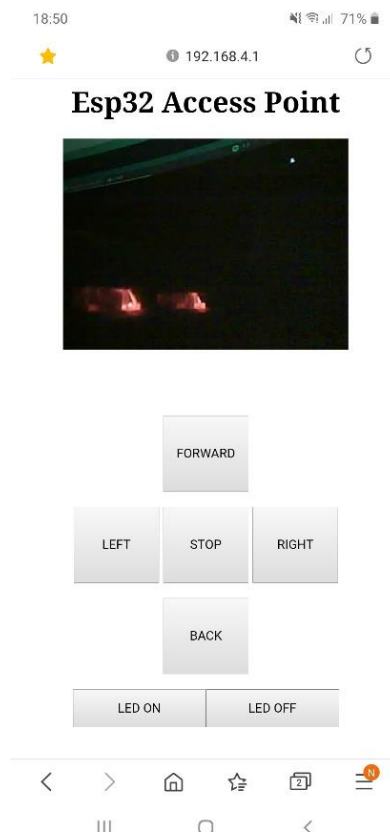
Εικόνα 1.58«Εισαγωγή Password »

- Χρήση της custom ip για σύνδεση στον Webserver .



Εικόνα 1.59 «Εισαγωγή custom ip για είσοδο στον Webserver »

- Και το αποτέλεσμα είναι η είσοδος στον Webserver και η εμφάνιση της live εικόνας και του Control panel του οχήματος.



Εικόνα 1.60 «ESP32 Access Point »

Στον Webserver διακρίνονται στο πάνω μέρος το live streaming της κάμερας και στο κάτω μέρος το πάνελ χειρισμού. Στο πάνελ χειρισμού παρατηρούμε πέντε πλήκτρα push τα οποία είναι υπεύθυνα για την κατεύθυνση του οχήματος. Στο κάτω μέρος βλέπουμε άλλα δύο πλήκτρα ελέγχου του flashlight της κάμερας. Συνεπώς πλέον ο χρήστης μπορεί να κατευθύνει το τροχοφόρο οπουδήποτε και οποτεδήποτε χωρίς την μεσολάβηση κάποιου καλωδίου.

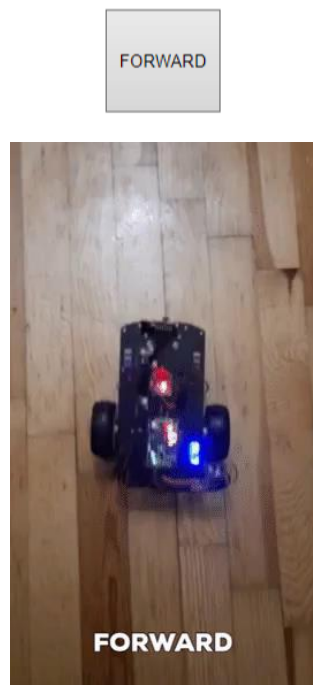
3.4 Ανάλυση της λειτουργίας του Control Panel

Στο Control Panel διακρίνουμε 5 πλήκτρα πλοήγησης και αλλά δυο πλήκτρα για τον έλεγχο του flashlight .

Συγκεκριμένα τα πλήκτρα είναι διαμορφωμένα ως Key released , δηλαδή κατά την πίεση του πλήκτρου το όχημα εκτελεί την εκάστοτε πορεία συνεχόμενα μέχρι να γίνει η απελευθέρωση (Release) του πλήκτρου από τον χρήστη όπου το όχημα σταματά.

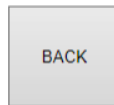
Αναλυτικά. ***(διπλό κλικ στην φωτογραφία για κίνηση του οχήματος)***

- **Forward move key**



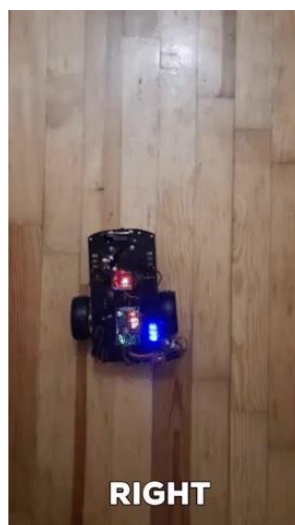
Εικόνα 1.61 «Κατεύθυνση μπρος τα εμπρός »

- **Backward move Key**



Εικόνα 1.62 « Κατεύθυνση μπρος τα πίσω»

- **Right move key**



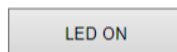
Εικόνα 1.63 « Κατεύθυνση μπρος τα δεξιά»

- **Left key move**



Εικόνα 1.64 « Κατεύθυνση μπρος τα αριστερά»

- **LED ON key**



Εικόνα 1.65 « Ενεργοποίηση Flashlight»

3.5 Έλεγχος τροχοφόρου μέσω απομακρυσμένης σύνδεσης (Port Forward and Remote Control via Laptop)

3.5.1 Τι είναι το Remote Control ;

Απομακρυσμένος έλεγχος κάποιας συσκευής , ή αλλιώς remote control, μας επιτρέπει να έχουμε τον πλήρη έλεγχο του συστήματός μας από όπου και αν βρισκόμαστε. Έχουμε δηλαδή την δυνατότητα να ελέγχουμε την συσκευή μας στην παρούσα φάση το τροχοφόρο από οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη ανά πάσα στιγμή και ώρα το οποίο μας δίνει μεγάλη ευελιξία στον χειρισμό και τον έλεγχο.

3.5.2 Τί είναι το Port Forward ;

Το port forwarding είναι μια εφαρμογή μετάφρασης δικτύου (NAT) που ανακατευθύνει ένα αίτημα επικοινωνίας από έναν συνδυασμό διεύθυνσης και μια συγκεκριμένη πύλη σε μια άλλη , ενώ τα πακέτα διασχίζουν μια πύλη δικτύου , όπως είναι το router μας. Πρακτικά το Port forward μας δίνει την δυνατότητα να συνδεόμαστε σε διάφορες συσκευές κάνοντας τις ip των συσκευών αυτών «δημόσιες» και έτσι έχουμε την δυνατότητα να έχουμε πρόσβαση σε αυτές. Εδώ έγκειται ένας μεγάλος προβληματισμός , καθώς από την στιγμή που μια διεύθυνση γίνεται «δημόσια» δίνει την δυνατότητα και σε άλλους να έχουν πρόσβαση σε αυτήν . Σε αυτή την περίπτωση άμεσα τίθεται το θέμα της ασφάλειας και η δημιουργία ενός «τείχους» ικανό να αποτρέψει πιθανούς παραβάτες από πιθανή χρήση της public ip μας.

3.5.3 Προγραμματισμός του ESP32 για Remote Control (Via laptop)

Ο κώδικας που χρησιμοποιήσαμε είναι ο παρακάτω:

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>

#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER

const char* ssid = "ECLIPSE";
const char* password = "psallis.1";

WiFiServer server (80);

////STATIC IP FOR ESP32////
IPAddress local_IP (192, 168, 1, 2);

IPAddress gateway (192, 168, 1, 254);

IPAddress subnet (255, 255, 0, 0);
```

```

#if defined (CAMERA_MODEL_WROVER_KIT)
#define PWDN_GPIO_NUM  -1
#define RESET_GPIO_NUM  -1
#define XCLK_GPIO_NUM  21
#define SIOD_GPIO_NUM  26
#define SIOC_GPIO_NUM  27

#define Y9_GPIO_NUM  35
#define Y8_GPIO_NUM  34
#define Y7_GPIO_NUM  39
#define Y6_GPIO_NUM  36
#define Y5_GPIO_NUM  19
#define Y4_GPIO_NUM  18
#define Y3_GPIO_NUM  5
#define Y2_GPIO_NUM  4
#define VSYNC_GPIO_NUM  25
#define HREF_GPIO_NUM  23
#define PCLK_GPIO_NUM  22

#elif defined (CAMERA_MODEL_AI_THINKER)
#define PWDN_GPIO_NUM  32
#define RESET_GPIO_NUM  -1
#define XCLK_GPIO_NUM  0
#define SIOD_GPIO_NUM  26
#define SIOC_GPIO_NUM  27

#define Y9_GPIO_NUM  35
#define Y8_GPIO_NUM  34
#define Y7_GPIO_NUM  39
#define Y6_GPIO_NUM  36
#define Y5_GPIO_NUM  21
#define Y4_GPIO_NUM  19
#define Y3_GPIO_NUM  18
#define Y2_GPIO_NUM  5
#define VSYNC_GPIO_NUM  25
#define HREF_GPIO_NUM  23
#define PCLK_GPIO_NUM  22

#else
#error "Camera model not selected"
#endif

// GPIO Setting
extern int gpLb = 2; // Left Wheel Back
extern int gpLf = 14; // Left Wheel Forward
extern int gpRb = 15; // Right Wheel Back
extern int gpRf = 13; // Right Wheel Forward
extern int gpLed = 4; // Light

```

```

extern String WiFiAddr = "";

void startCameraServer ();

void setup () {

    if (! WiFi.config(local_IP, gateway, subnet)) {
        Serial.println("STA Failed to configure");
    }
    Serial.begin(115200);
    Serial.setDebugOutput(true);
    Serial.println();

    pinMode (gpLb, OUTPUT); //Left Backward
    pinMode (gpLf, OUTPUT); //Left Forward
    pinMode (gpRb, OUTPUT); //Right Forward
    pinMode (gpRf, OUTPUT); //Right Backward
    pinMode (gpLed, OUTPUT); //Light

    //initialize
    digitalWrite (gpLb, LOW);
    digitalWrite (gpLf, LOW);
    digitalWrite (gpRb, LOW);
    digitalWrite (gpRf, LOW);
    digitalWrite (gpLed, LOW);

    camera_config_t config;
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
    config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
    config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
    config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
    config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
    config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
    config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
    config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
    config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
    config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
    config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
    config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
    config.xclk_freq_hz = 20000000;
    config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
    //init with high specs to pre-allocate larger buffers
    if (psramFound ()) {

```

```

    config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
    config.jpeg_quality = 10;
    config.fb_count = 2;
} else {
    config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
    config.jpeg_quality = 12;
    config.fb_count = 1;
}

// camera init
esp_err_t errs = esp_camera_init(&config);
if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
    return;
}

//drop down frame size for higher initial frame rate
sensor_t * s = esp_camera_sensor_get ();
s->set_framesize (s, FRAMESIZE_CIF);

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay (500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");

startCameraServer ();

Serial.print("Camera Ready! Use 'http://");
Serial.print(WiFi.localIP());
WiFiAddr = WiFi.localIP(). toString ();
Serial.println("' to connect");
}

void loop(void){};

```

Ο παραπάνω κώδικας παρουσιάζει μικρές διαφοροποιήσεις σε σχέση με τον προηγούμενο ωστόσο κύριες διαφορές **εντοπίζονται**:

- **Σύνδεση του ESP32 σε δίκτυο το οποίο θα βρίσκεται στον ίδιο χώρο με το τροχοφόρο.**

```
const char* ssid = "MYROUTER";  
const char* password = "psallis.1";
```

Εικόνα 1.66 «SSID – Password»

Εικόνα 1.63 « Ορισμός του SSID -Password του δικτύου στο οποίο θα βρίσκεται το τροχοφόρο»

- **Δημιουργία Static ip , έτσι ώστε σε περίπτωση αποσύνδεσης του EPS32 από το δίκτυο να μην χρειαστεί να κάνουμε port forwarding κάθε φορά την νέα ip .**

```
////STATIC IP FOR ESP32////  
IPAddress local_IP(192, 168, 1, 2);  
  
IPAddress gateway(192, 168, 1, 254);  
  
IPAddress subnet(255, 255, 0, 0);
```

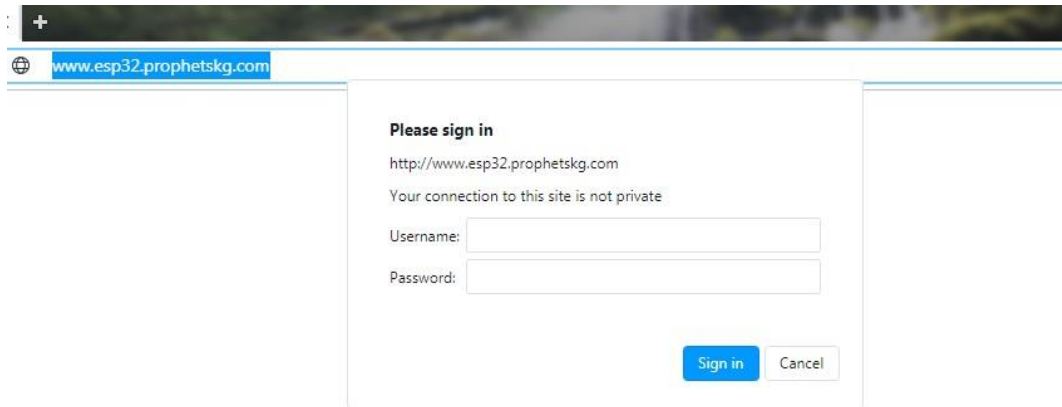
Εικόνα 1.67 « Δημιουργία Static ip»

- **Ορισμός του ESP32 ως Station (client)**

```
WiFi.begin(ssid, password);  
  
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {  
  delay(500);  
  Serial.print(".");  
}  
Serial.println("");  
Serial.println("WiFi connected");
```

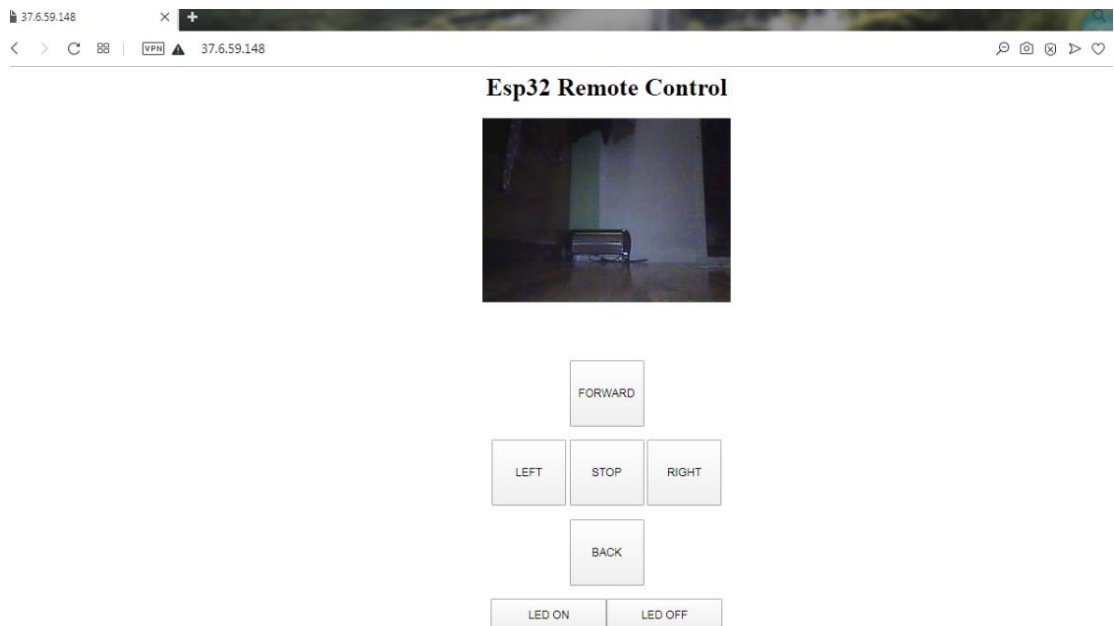
Εικόνα 1.68 « Ορισμός του ESP32 ως client»

- Και χρήση εξωτερικού επιπέδου ασφαλείας για αποφυγή σύνδεσης αγνώστων.



Εικόνα 1.69 « Χρήση sing in page για ασφάλεια του Webserver»

- Εισάγοντας το σωστό SSID και Password που ορίσαμε, έχουμε πρόσβαση στον έλεγχο του τροχοφόρου.



Εικόνα 1.70 « ESP32 Remote Control»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 Προβληματισμοί

Κάποια από τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν κατά την τέλεση αυτής της πτυχιακής ήταν αρχικά η **συνδεσιμότητα**. Όταν λεμέ συνδεσιμότητα εννοούμε την σύνδεση του ESP32 με το router μας ώστε να λειτουργεί αποκλειστικά μέσω Wi-Fi. Συγκεκριμένα το πρόβλημα εντοπίστηκε όταν και άλλοι χρήστες χρησιμοποιούσαν το συγκεκριμένο router με αποτέλεσμα η σύνδεση ESP32 -ROUTER να είναι αργή, οι εντολές κίνησης να εκτελούνται με μεγάλη καθυστέρηση (delay στα πακέτα μετάδοσης) και πρακτικά ο χειρισμός να παρουσιάζει προβλήματα και το live streaming της κάμερας να κολλάει.

Άλλο ένα πρόβλημα που εμφανίστηκε ήταν η **αυτονομία**. Στην κατασκευή χρησιμοποιήθηκε μια LIPO battery 1800 mah όπου ήταν αρκετή για 15-20 λεπτά συνεχόμενου χειρισμού και ελέγχου, ωστόσο με την ενεργοποίηση της έξτρα λειτουργίας του τροχοφόρου που ήταν το φλάς, ο χρόνος χειρισμού περιοριζόταν σε 8-10 λεπτά. Αυτό προφανώς καθιστά αδύνατο τον απομακρυσμένο έλεγχο ενός χώρου για παραπάνω από 20 λεπτά καθώς ο χρόνος ζωής της μπαταρίας μειωνότανε αρκετά γρήγορα.

4.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Η κατασκευή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής εργασίας θα μπορούσε να βελτιωθεί και να επεκταθεί περαιτέρω τουλάχιστον ως προς δύο κατευθύνσεις :

- Ενσωμάτωση αισθητήρα κίνησης (PIR). Η προσθήκη του συγκεκριμένου αισθητήρα θα μπορούσε να λειτουργεί ως μια λειτουργία αφύπνισης του ESP32. Συγκεκριμένα όταν κάτι θα περνούσε μπροστά από τον αισθητήρα και θα τον ενεργοποιούσε θα έθετε αυτόματα τον ESP32 σε κατάσταση EMERGENCY στέλνοντας ειδοποίηση (push) στο κινητό του χρήστη ότι ανιχνεύθηκε παρουσία στον χώρο.
- Η αντικατάσταση της lipo battery με ηλιακά πάνελ. Βέβαια αυτό περιορίζει την κατασκευή μόνο για εξωτερική χρήση και με τις κατάλληλες καιρικές συνθήκες. Επιπλέον θεωρείται αναγκαία η επέκταση της κατασκευής ως προς τον όγκο της για την εφαρμογή της παραπάνω ιδέας. Ωστόσο με αυτόν τον τρόπο θα υπήρχε η δυνατότητα το τροχοφόρο να λειτουργεί με την χρήση της ηλιακής ενέργειας ή ακόμα την ηλιακή αυτή ενέργεια να την αποθηκεύει (κυρίως τις πρωινές ώρες) σε μπαταρίες με δυνατότητα χρήσης την νύκτα.

4.3 Συμπέρασμα

Το αποτέλεσμα της εμφάνισης της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ήταν η ενσωμάτωση σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα όλης της Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας, η οποία βέβαια θα έπρεπε να προγραμματίζεται για να περιέχει τις βασικότερες λειτουργίες ενός ψηφιακού υπολογιστή. Το κύκλωμα αυτό ονομάστηκε μικροεπεξεργαστής. Η μνήμη του βρίσκεται σε αρκετά ολοκληρωμένα κυκλώματα περιορισμένων αποθηκευτικών δυνατοτήτων, τα οποία το συνοδεύουν. Επίσης υποστηρίζεται και από μια πλειάδα α) ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για να διασυνδέεται κατάλληλα και με τον εξωτερικό κόσμο μιας και δεν έχει ενσωματωμένες αυτές τις δυνατότητες και β) ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, που επιτελούν τις λειτουργίες χρονισμού και προώθησης δεδομένων στον τελικό τους προορισμό.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων τις τελευταίες δεκαετίες έδωσε τη δυνατότητα να μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα όλο και πιο πολύπλοκα κυκλώματα με αποτέλεσμα τη γρήγορη ανάπτυξη των μικροεπεξεργαστών και την ολοένα και πιο συχνή χρήση τους τόσο σε πολύπλοκες υπολογιστικές συσκευές όσο και σε απλές οικιακές συσκευές ή συστήματα ελέγχου.

Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές για μη ενσωματωμένα συστήματα (πχ τους μικροεπεξεργαστές των προσωπικών υπολογιστών), δίνεται έμφαση στην υπολογιστική ισχύ. Η ευελιξία ανάπτυξης διαφορετικών εφαρμογών είναι μεγάλη, καθώς η λειτουργικότητα του τελικού συστήματος καθορίζεται από τα εξωτερικά περιφερειακά τα οποία διασυνδέονται με την κεντρική μονάδα (μικροεπεξεργαστή), η οποία δεν είναι εξειδικευμένη. Αντίθετα, στους μικροεπεξεργαστές για ενσωματωμένα συστήματα (μικροελεγκτές), οι οποίοι έχουν μικρότερες ή και μηδαμινές δυνατότητες συνεργασίας με εξωτερικά περιφερειακά, αυτού του είδους, η ευελιξία είναι περιορισμένη, καθώς και η υπολογιστική ισχύς. Οι μικροελεγκτές δίνουν έμφαση στο μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής, το χαμηλό κόστος και την εξειδίκευση.

Με βάση τα παραπάνω η παρούσα πτυχιακή βασίστηκε στην κατασκευή ενός τροχοφόρου ρομπότ ελεγχόμενο από τον μικροελεγκτή-μικροεπεξεργαστή ESP32. Η χρήση του ESP32 διακρίνεται σε δύο σημεία: α) χρήση του τροχοφόρου μέσω σύνδεσης Wi-Fi για την εποπτεία ενός συγκεκριμένου χώρου (με την παρουσία του χρήστη στον ίδιο χώρο με το τροχοφόρο) και β) τον εντελώς απομακρυσμένο έλεγχο του τροχοφόρου από οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη.

- http://www.antiquetech.com/?page_id=696
- <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:XC68000.agr.jpg>
- <https://www.zerozone.it/tecnologia-privacy-e-sicurezza/primi-passi-con-il-modulo-esp32-cam/14233/attachment/esp32-cam-pinout>
- <https://randomnerdtutorials.com/esp32-access-point-ap-web-server/>
- <https://lastminuteengineers.com/creating-esp32-web-server-arduino-ide/>
- <https://grobotronics.com/robot-smart-car-2wd.html>
- <https://grobotronics.com/camera-module-based-on-esp32.html>
- <https://www.cableworks.gr/ilektronika/arduino-and-microcontrollers/buck-and-boost-converters/buck-converter-step-down-dc-dc/lm2596-dc-dc-buck-step-down-converter-module-voltage-regulator-with-red-voltmeter/>
- <https://www.cableworks.gr/ilektronika/arduino-and-microcontrollers/mcu-and-components/current-voltage/led-mini-digital-voltmeter-dc-2.5v-30v-0.28-inch-voltage-meter-blue/>
- <https://technokap.gr/?product=vapex-li-po-battery-2s-7-4v-1800mah-30c-t-connector>
- https://dme.gr/product/braxykyklvthres_gia_raster_set_65t/
- <http://cgi.di.uoa.gr/~std06100/Welcome.html>
- <https://airandspace.si.edu/multimedia-gallery/4569640jpg>