



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Έλεγχος servo κινητήρα και αισθητήρα κλίσης μέσω
διαδικτύου

«Εικόνα»

Του φοιτητή
Γεωργιάδη Άγγελου
Αρ. Μητρώου: 516017

Επιβλέπων
Κος Γιακουμής Άγγελος
Βαθμίδα Λέκτορας

Ημερομηνία 25/01/2023

Τίτλος Δ.Ε. Έλεγχος servo κινητήρα και αισθητήρα κλίσης μέσω διαδικτύου

Κωδικός Δ.Ε. 22240

Όνοματεπώνυμο φοιτητή Γεωργιάδης Άγγελος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή Γιακουμής Άγγελος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 14 Αυγούστου 2022

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 26/01/2023

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 διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Γεωργιάδη Άγγελου που την εκτόνησε/αν. 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 διπλωματικής 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.

«Αφιέρωση»

Πρόλογος

Το περιεχόμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί προσωπικό ενδιαφέρον μου καθώς μέσα από τις σπουδές μου στο τμήμα ηλεκτρονικής ανακάλυψα πως τα ενσωματωμένα συστήματα με συναρπάζουν ως αντικείμενο διότι συνδυάζουν αρμονικά τον προγραμματισμό σε επίπεδο μηχανής με τον σχεδιασμό ηλεκτρονικών κυκλωμάτων μικτού σήματος. Συγκεκριμένα οι εφαρμογές ενσωματωμένων συστημάτων οι οποίες υλοποιούν στο σύνολο τους ένα ρομποτικό σύστημα το οποίο αισθάνεται το περιβάλλον του και μπορεί να αλληλοεπιδράσει με αυτό είναι ακριβώς αυτό που με έχει μαγνητίσει περισσότερο από οτιδήποτε άλλο στο πεδίο της ηλεκτρονικής.

Η κατηγορία του απομακρυσμένου ελέγχου τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον αποτελεί σημαντικό κομμάτι της ενασχόλησης κάθε ηλεκτρονικού μηχανικού καθώς σχετίζεται με τις τεχνολογίες του διαδικτύου των πραγμάτων οι οποίες ήδη υιοθετούνται και ενσωματώνονται στους χώρους της βιομηχανίας, της εκπαίδευσης, του οικιακού και του εργασιακού, γεγονός που καθιστά την κατηγορία αυτή σημαντική ως μέρος του γνωστικού περιεχομένου ενός μηχανικού.

Μέσα από το σύνολο της παρούσας εργασίας είχα την ευκαιρία να ασχοληθώ έμπρακτα με την ανάπτυξη υλικολογισμικού στην γλώσσα προγραμματισμού C, την μελέτη αισθητηρίων και την ενσωμάτωσή τους σε σύστημα μικροελεγκτή, την εφαρμογή και τον έλεγχο ηλεκτροκινητήρα servo διαμέσου συστήματος μικροελεγκτή, την ανάπτυξη μίας ιστοσελίδας και το πρωτόκολλο ασύρματης διαδικτυακής επικοινωνίας Wi-Fi.

Περίληψη

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε τρία κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο ασχολείται με την παρουσίαση των διάφορων τεχνολογικών ανακαλύψεων στις οποίες οφείλεται η περάτωση της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα γίνεται λόγος για τα ενσωματωμένα συστήματα, για το διαδίκτυο μία ιστορική αναδρομή, για τους ηλεκτροκινητήρες και την εφαρμογή του ελέγχου τόσο στην επιστήμη, όσο και στην μηχανική. Σκοπός του κεφαλαίου είναι η επεξήγηση σε γενικό πλαίσιο των εννοιών αυτών ώστε ο αναγνώστης να μην έχει δυσκολία στην συνέχεια της εργασίας ως προς το σε βάθος περιεχόμενο της. Το επόμενο κεφάλαιο ασχολείται με τον σχεδιασμό και μελέτη της περάτωσης της κατασκευής. Περιλαμβάνει κυρίως μία θεωρητική προσέγγιση κατά την οποία εξετάζεται σε βάθος κάθε πτυχή της. Περιγράφονται τα διάφορα μέρη της ως της την λειτουργία τους όπως τα συστήματα μικροελεγκτών, τα διάφορα ηλεκτρονικά στοιχεία, τεχνολογίες όπως το διαδίκτυο των πραγμάτων, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, ο απομακρυσμένος έλεγχος, οι σερβοκινητήρες και το υλικολογισμικό. Έπειτα περιγράφεται στο τρίτο κεφάλαιο το κατασκευαστικό κομμάτι της εργασίας. Εξηγείται αρχικά ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζεται στην πράξη το θεωρητικό πλαίσιο και επεξηγείται συγκεκριμένα το κάθε στοιχείο της κατασκευής όπως ο μικροελεγκτής ESP32 ο οποίος ελέγχει το ενσωματωμένο σύστημα, η εφαρμογή του σερβοκινητήρα, η κατασκευή μίας ιστοσελίδας ως γραφικό περιβάλλον διεπαφής χρήστη, ο τρόπος εφαρμογής ενός αισθητήρα κλίσης και το ασύρματο πρωτόκολλο το οποίο εφαρμόστηκε για τον απομακρυσμένο έλεγχο του σερβοκινητήρα. Η εργασία ολοκληρώνεται στο τέταρτο κεφάλαιο με την εισαγωγή των συμπερασμάτων και των προτάσεων βελτίωσης της κατασκευής αυτής.

Servo and tilt sensor control via the Internet

Aggelos Georgiadis

Abstract

This work is divided into three chapters. The first chapter deals with the presentation of the various technological discoveries that led to the completion of this work. In particular, there is talk about integrated systems, about the internet a historical review, about electric motors and the application of control in both science and engineering. The purpose of the chapter is to explain these concepts in a general context so that the reader has no difficulty in continuing the work in terms of its in-depth content. The next chapter deals with the design and study of the completion of the construction. It mainly includes a theoretical approach in which every aspect of it is examined in depth. Its various parts are described as well as their operation such as microcontroller systems, various electronic components, and technologies such as internet of things, communication protocols, remote control, servo motors and firmware. Then the construction part of the work is described in the third chapter. First, the way in which the theoretical framework is applied in practice is explained, and each component of the construction is specifically explained, such as the ESP32 microcontroller that controls the embedded system, the application of the servo motor, the construction of a web page as a graphical user interface, the application method of a tilt sensor and the wireless protocol which was implemented for the remote control of the servo motor. The work is completed in the fourth chapter with the introduction of the conclusions and suggestions for improvement of this construction.

Ευχαριστίες

Σε αυτήν την ενότητα ο φοιτητής/ φοιτήτρια προαιρετικά μπορεί να ευχαριστήσει όσους αισθάνεται ότι συνέβαλαν (επιστημονικά, ηθικά, οικονομικά κτλ) στην ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	v
Περίληψη.....	vi
Abstract	vii
Ευχαριστίες	viii
Περιεχόμενα	ix
Κατάλογος Σχημάτων	xi
Κατάλογος Πινάκων.....	xi
Συνομογραφίες.....	xii
Κεφάλαιο 1ο: Εφαρμογές απομακρυσμένου ελέγχου	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	2
1.3 Ενσωματωμένα συστήματα.....	3
1.4 Διαδίκτυο.....	5
1.5 Ο πραγματικός χρόνος στα ηλεκτρονικά συστήματα.....	7
1.6 Έλεγχος	10
1.7 Επίλογος.....	13
Κεφάλαιο 2ο: Σχηματισμός θεωρητικού πλαισίου.....	15
2.1 Εισαγωγή.....	15
2.2 Αποσαφήνιση των ζητούμενων της εργασίας	16
2.3 Μονάδες μικροελεγκτών	17
2.4 Υλικολογισμικό.....	19
2.5 Περιφερειακές συσκευές.....	22
2.5.1 Αισθητήρια.....	22
2.5.2 Κινηματικά στοιχεία.....	23
2.6 Πρωτόκολλα επικοινωνιών	24
2.6.1 Ασύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας.....	25
2.6.2 Ενσύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας.....	25
2.7 Ιστοσελίδες.....	27
2.8 Επίλογος.....	27
Κεφάλαιο 3ο: Εφαρμογή απομακρυσμένου ελέγχου	29
3.1 Εισαγωγή.....	29
3.2 Μακροσκοπική περιγραφή κατασκευής.....	30

3.3	Το σύστημα μικροελεγκτή ESP32	32
3.4	Η περιφερειακή συσκευή αισθητήρα κλίσης	35
3.5	Η περιφερειακή συσκευή σερβοκινητήρα.....	38
3.6	Το λογισμικό	40
3.6.1	Το υλικολογισμικό	41
3.6.2	Κατασκευή ιστότοπου	43
3.7	Διαδίκτυο των πραγμάτων	45
3.8	Πρακτική εφαρμογή και σύνολο υλικών μακροσκοπικά	46
3.9	Ολοκλήρωση του ενσωματωμένου συστήματος και ανάπτυξη του.....	47
3.9.1	ESP32, servo, ενδείκτης και αισθητήρας διακόπτη.....	47
3.9.2	Υλικολογισμικό μέρος της κατασκευής.....	51
3.9.3	Σύνθεση και λειτουργία του ενσωματωμένου συστήματος	53
3.10	Επίλογος.....	65
Κεφάλαιο 4ο:	Συμπεράσματα ή/και προτάσεις βελτίωσης	67
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		69
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΤΙΤΛΟΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ		72

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 3-1: Μπλοκ διάγραμμα ενσωματωμένου συστήματος απομακρυσμένου ελέγχου.....	31
Σχήμα 3-2: Λογικό διάγραμμα ροής αλγόριθμου εφαρμογής.....	42
Σχήμα 3-3: Σύστημα μικροελεγκτή ESP32.....	48
Σχήμα 3-4: Ο σερβοκινητήρας SG90.....	50
Σχήμα 3-5: Ιστοσελίδα απομακρυσμένου ελέγχου σερβοκινητήρα.....	53
Σχήμα 3-6: Ιστοσελίδα ελέγχου σερβοκινητήρα στην θέση 0 μοιρών.....	54
Σχήμα 3-7: Το ESP32 και ο σερβοκινητήρας στην προκαθορισμένη θέση.....	55
Σχήμα 3-8: Παρεχόμενα δεδομένα συστήματος μικροελεγκτή.....	56
Σχήμα 3-9: Ιστοσελίδα ελέγχου σερβοκινητήρα στην θέση 45 μοιρών.....	56
Σχήμα 3-10: Το ESP32 και ο σερβοκινητήρας στην θέση γωνίας 45 μοιρών.....	57
Σχήμα 3-11: Παρεχόμενα δεδομένα συστήματος μικροελεγκτή.....	58
Σχήμα 3-12: Ιστοσελίδα ελέγχου σερβοκινητήρα στην θέση 90 μοιρών.....	58
Σχήμα 3-13: Το ESP32 και ο σερβοκινητήρας στην θέση γωνίας 90 μοιρών.....	59
Σχήμα 3-14: Παρεχόμενα δεδομένα συστήματος μικροελεγκτή.....	60
Σχήμα 3-15: Ιστοσελίδα ελέγχου σερβοκινητήρα στην θέση 135 μοιρών.....	61
Σχήμα 3-16: Το ESP32 και ο σερβοκινητήρας στην θέση γωνίας 135 μοιρών.....	62
Σχήμα 3-17: Παρεχόμενα δεδομένα συστήματος μικροελεγκτή.....	63
Σχήμα 3-18: Ιστοσελίδα ελέγχου σερβοκινητήρα στην θέση 180 μοιρών.....	63
Σχήμα 3-19: Το ESP32 και ο σερβοκινητήρας στην θέση γωνίας 180 μοιρών.....	64
Σχήμα 3-20: Παρεχόμενα δεδομένα συστήματος μικροελεγκτή.....	65

Κατάλογος Πινάκων

Δεν βρέθηκαν καταχωρήσεις πίνακα εικόνων.

Συντομογραφίες

Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΙΠΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
Π.Ε.	Πτυχιακή Εργασία

Κεφάλαιο 1ο: Εφαρμογές απομακρυσμένου ελέγχου

1.1 Εισαγωγή

Ο έλεγχος στα ηλεκτρονικά συστήματα αποτελεί ένα εργαλείο το οποίο προωθεί την βελτιστοποίηση των αυτοματοποιημένων διεργασιών παντός τύπου και μορφής. Στο περιεχόμενο της παρούσας εργασίας συγκεκριμένα απασχολεί ο έλεγχος τόσο των πληροφοριών που παράγει ένα ηλεκτρονικό αισθητήριο και ο τρόπος με τον οποίο ερμηνεύονται από το σύστημα μικροελεγκτή από το οποίο λαμβάνονται, όσο και ο έλεγχος επί της κίνησης ενός ηλεκτροκινητήρα ακριβείας βηματικής περιστροφής του άξονα του (servo), ο οποίος θα πρέπει να πραγματοποιείται με την μέθοδο του απομακρυσμένου ελέγχου. Αναλυτικά ο έλεγχος αφορά δύο πολύ συγκεκριμένες κατηγορίες υλικού μέρους, αυτού του αισθητηρίου και αυτού του βηματικού ηλεκτροκινητήρα. Τα μέρη αυτά θα ελέγχονται από έναν τύπο υλικολογισμικού το οποίο θα είναι αποθηκευμένο στην μνήμη προγράμματος μιας αυτόνομης μονάδας μικροελεγκτή η οποία θα αποτελεί μέρος ενός συστήματος μικροελεγκτή. Το σύνολο των ανωτέρω τελικά θα αποτελεί ένα ενσωματωμένο σύστημα το οποίο με την σειρά του θα ελέγχεται απομακρυσμένα μέσω του διαδικτύου με συνδυασμό συγκεκριμένων πρωτοκόλλων του από μία ιστοσελίδα η οποία θα παράγεται από το ενσωματωμένο σύστημα. Η εφαρμογή σε γενικές γραμμές συνδυάζει μία ρομποτική σύνθεση βασικής μορφής μέσω του ενσωματωμένου συστήματος η οποία περιλαμβάνει παροχή του διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things - IoT).

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και ο σχεδιασμός ενός σύνθετου ενσωματωμένου συστήματος, καθώς και η εν μέρει ανάπτυξη του, κάνοντας χρήση και συνδυάζοντας αρκετούς τομείς του πεδίου της ηλεκτρονικής μηχανικής έτσι που να σχηματιστεί ένα αρμονικό ως προς την λειτουργία του τελικό προϊόν του οποίου σκοπός είναι να περιλαμβάνει στο περιεχόμενο του όσο το δυνατόν γίνεται το πλήρες υπόβαθρο των τεχνολογικών εφαρμογών που προβλέπεται ότι θα υπάρχουν στην καθημερινότητα της ανθρωπότητας στο εγγύς μέλλον οι οποίες ενδέχεται να οδηγήσουν σε μία νέα κοινωνική δομή.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας θα παραδοθεί ένα πλήρες πλαίσιο σχετικά με τα ενσωματωμένα συστήματα, τα πρωτόκολλα που καθιστούν δυνατό τον απομακρυσμένο έλεγχο, την ρομποτική ως έννοια, το διαδίκτυο των πραγμάτων, μία πλήρη μελέτη γύρω από το θεωρητικό πλαίσιο ως προς τα μέρη τα οποία θα συνθέτουν το σύνολο της παρούσας εργασίας, την ανάπτυξη και λειτουργία της παρούσας εργασίας αναλυτικά ως προς τα μέρη της, προτάσεις συνέχισης και βελτίωσης της και το παράρτημα στο οποίο θα περιλαμβάνεται ο κώδικας του υλικολογισμικού, ο κώδικας της ιστοσελίδας και τα υλικά όπως αυτά συμπεριλήφθηκαν στο κατασκευαστικό μέρος.

Η πλήρης δομή της παρούσας εργασίας περιλαμβάνει τέσσερα κύρια κεφάλαια όπου το πρώτο περιγράφεται ως το εισαγωγικό κεφάλαιο στο οποίο θα περιγραφούν γενικές οντότητες όπως η εισαγωγή της παρούσας εργασίας, η ιστορική αναδρομή όλων των σχετικών ιστορικών ανακαλύψεων οι οποίες αποτέλεσαν ορόσημο για την ανάπτυξη των τεχνολογιών οι οποίες αποτέλεσαν την βάση της κατασκευής της παρούσας εργασίας, τα υλικά μέρη όπως είναι οι μικροελεγκτές και τα μέρη λογισμικού όπως το διαδίκτυο, το υλικολογισμικό και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η σύλληψη της κεντρικής ιδέας και ο ορισμός του θεωρητικού πλαισίου το οποίο θα μπορέσει να οδηγήσει στην ανάπτυξη του τελικού προϊόντος. Στο τρίτο κεφάλαιο θα περιγραφούν αναλυτικά οι ιδιότητες του υλικού και λογισμικού μέρους και το πώς ακριβώς θα προετοιμαστούν ώστε να μπορέσουν να λειτουργήσουν ως ένα ενιαίο σύστημα. Στο τέταρτο κεφάλαιο θα δοθούν προτάσεις βελτιστοποίησης και συνέχισης της παρούσας εργασίας.

1.2 Ιστορική αναδρομή

300 π.Χ.: Οι λαοί των Ελλήνων και των Αράβων έχουν κάνει ενασχόληση τους την ακριβή καταγραφή και μέτρηση του χρόνου χρησιμοποιώντας αυτοματοποιημένες μορφές ελέγχου σε μηχανισμούς οι οποίοι αποτέλεσαν τα πρώτα ρολόγια.

270 π.Χ.: Στην Αίγυπτο της δυναστείας των Πτολεμαίων ο Κτησίβιος περιέγραψε έναν μηχανισμό ανάδρασης παρόμοιο με αυτόν που χρησιμοποιείται στα καζανάκια, ο οποίος αποτέλεσε την πιο πρώιμη καταγραφή συστήματος αυτομάτου ελέγχου.

850 μ.Χ.: Οι Περσικής καταγωγής αδερφοί Μπάνου Μούσα περιέγραψαν στο σύγγραμμα τους με τίτλο “Το βιβλίο των ιδιοφυών συσκευών” ένα πλήθος από διαφόρων ειδών αυτόματων ελέγχων, συμπεριλαμβανομένου και ενός συστήματος αυτόματου ελέγχου με ανατροφοδότηση. Καθώς όλα αυτά τα συστήματα ελέγχου κατασκευάζονταν κατά προσέγγιση δοκιμών και σφαλμάτων μέχρι τα μέσα του 19^{ου} αιώνα, θεωρούνταν περισσότερο μορφή τέχνης παρά επιστήμη. Από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα η ακρίβεια της σταθερότητας τέτοιων συστημάτων ξεκίνησε να περιγράφεται με μαθηματικό τρόπο και έκτοτε θεωρούνται πεδίο της επιστήμης και της μηχανικής.

1624 μ.Χ.: Ο Cornelius Drebbel εφευρίσκει τους ρυθμιστές θερμοκρασίας ως σύστημα αυτομάτου ελέγχου για διάφορες ατμομηχανές.

19^{ος} μ.Χ. αιώνας: Ο James Clerk Maxwell εκδίδει στα μέσα του 19^{ου} αιώνα μία δημοσίευση σχετικά με τους φυγόκεντρους κυβερνήτες ως συστήματα αυτομάτου ελέγχου η οποία θέτει τις βάσεις ευρύτερης κατανόησης της θεωρίας του αυτόματου ελέγχου.

1872-1873 μ.Χ.: Παρουσιάζονται διάφορα πρωτότυπα απομακρυσμένου ελέγχου για καθοδήγηση τορπίλων.

1897 μ.Χ.: Διευκρινίζεται ο ορισμός του ηλεκτρονίου εισάγοντας στην επιστήμη της Φυσικής το πεδίο της ηλεκτρονικής.

1898 μ.Χ.: Ο Nikola Tesla παρουσιάζει ένα τηλεχειριζόμενο σκάφος μέσω ασύρματης τεχνολογίας ραδιοκυμάτων.

1900-1920 μ.Χ.: Εισάγεται η λογική των ηλεκτρονόμων παράλληλα με την ηλεκτροδότηση των εργοστασιακών εγκαταστάσεων επιτρέποντας την εφαρμογή αυτόματου ελέγχου μέρους των διεργασιών.

16 Νοεμβρίου 1904 μ.Χ.: Ο John Ambrose Fleming παρουσιάζει την πρώτη λειτουργική δίοδο λυχνία εγκαινιάζοντας την εποχή των ενεργών ηλεκτρονικών στοιχείων.

1950 μ.Χ.: Στην δεκαετία αυτήν εισάγονται οι πρώτοι δίοδοι επαφής πυριτίου οι οποίοι θεμελιώνουν τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

1958 μ.Χ.: Ο Jack Kilby εφευρίσκει το ολοκληρωμένο κύκλωμα πυριτίου για το οποίο βραβεύτηκε με το βραβείο Nobel το 2000.

1971 μ.Χ.: Οι Gary Boone και Michael Cochran αναπτύσσουν τον πρώτο μικροελεγκτή, τον TMS 1000, ο οποίος έγινε διαθέσιμος στην αγορά το 1974 και κατασκευάστηκε με την προοπτική να λειτουργεί σε ενσωματωμένα συστήματα.

1974 μ.Χ.: Πρωτοχρησιμοποιείται ο όρος διαδίκτυο (Internet) για το πρώτο σταθερό διεθνές μη τοπικό δίκτυο υπολογιστών πραγματικού χρόνου το οποίο περιλαμβάνει πρωτόκολλα απομακρυσμένων επικοινωνιών όπως το TCP/IP το οποίο χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα.

1.3 Ενσωματωμένα συστήματα

Ο ορισμός της έννοιας ενός συστήματος περιγράφεται ως μια διάταξη η οποία αποτελείται από διακριτές μονάδες και όλες οι μονάδες του είναι συνδεδεσολογημένες με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεργάζονται μεταξύ τους σύμφωνα με ένα σύνολο συγκεκριμένων κανόνων οι οποίοι καθορίζουν το σύνολο των λειτουργιών του σε συγκεκριμένο πλαίσιο. Μπορεί επίσης να καθοριστεί ως ένας τρόπος διεργασίας, οργάνωσης ή εκτέλεσης μιας ή πολλών εργασιών σύμφωνα με ένα σταθερό προκαθορισμένο σχέδιο. Για παράδειγμα ένα ρολόι αποτελεί στο σύνολο του ένα πλήρες σύστημα ένδειξης χρόνου, το οποίο, σε κάθε περίπτωση, τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται ως ενιαίο σύστημα ακολουθούν ένα σύνολο κανόνων για την εμφάνιση του χρόνου. Συμπερασματικά εάν ένα από τα μέρη του αποτύχει στην διεργασία του τότε το ρολόι ή θα δυσλειτουργεί ή θα σταματήσει να λειτουργεί. Είναι ασφαλές λοιπόν να προκύψει το συμπέρασμα πως σε ένα σύστημα όλες οι διακριτές μονάδες του εξαρτώνται είτε άμεσα, είτε έμμεσα η μία από την άλλη.

Στην πράξη στην σύγχρονη εποχή υπάρχουν πολλά είδη συστημάτων τα οποία μπορούν να αναλυθούν τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Για παράδειγμα σε μια ανάλυση της δυναμικής των αστικών συστημάτων ορίστηκαν πέντε διασταυρούμενα συστήματα συμπεριλαμβανομένου του φυσικού υποσυστήματος και του συστήματος συμπεριφοράς. Επίσης για τα κοινωνιολογικά μοντέλα τα οποία επηρεάζονται από τη θεωρία των συστημάτων ορίστηκαν τα συστήματα με τους όρους των εννοιολογικών, των συγκεκριμένων και των αφηρημένων συστημάτων τα οποία διακρίνονται είτε στα μεμονωμένων, είτε στα κλειστών, είτε στα ανοιχτών συστημάτων. Επίσης ορίστηκαν τα συστήματα στην κοινωνιολογία με όρους μηχανικών, οργανικών και διεργασιακών μοντέλων. Από όλα τα παραπάνω συνεπάγεται ότι για οποιαδήποτε έρευνα σε ένα σύστημα η κατανόηση και ταυτοποίηση ως προς την ερμηνεία του είδους του είναι κρίσιμης σημασίας και για τον λόγο αυτόν η αρχική τους διάκριση αρχίζει με το αν ένα σύστημα είναι φυσικό ή αν είναι σχεδιασμένο όπου για παράδειγμα η δομή ενός οικοσυστήματος παραπέμπει στα φυσικά δομημένα συστήματα ενώ μία εργοστασιακή δομή παραπέμπει στα τεχνητά δομημένα συστήματα. Πιο συγκεκριμένα η διάκριση αυτή προκύπτει έτσι ώστε να μην συγχέονται μεταξύ αυτών των αφηρημένων ορισμών οι αναλυτές όπου για παράδειγμα τα φυσικά συστήματα συμπεριλαμβάνουν τα υποατομικά συστήματα, τα ζωντανά συστήματα, το ηλιακό σύστημα, τους γαλαξίες και το σύμπαν, ενώ αντίστοιχα τα τεχνητά συστήματα περιλαμβάνουν ανθρωπογενείς φυσικές δομές, υβρίδια φυσικών και τεχνητών συστημάτων και εννοιολογική γνώση. Τα ανθρώπινα στοιχεία της οργάνωσης και των λειτουργιών των συστημάτων τονίζονται με τα σχετικά αφηρημένα συστήματα και αναπαραστάσεις τους. Τα τεχνητά συστήματα έχουν εγγενώς ένα σημαντικό ελάττωμα, ότι πρέπει δηλαδή να βασίζονται σε μία ή περισσότερες θεμελιώδεις παραδοχές στις οποίες βασίζεται η πρόσθετη γνώση. Το τεχνητό σύστημα μπορεί επίσης να οριστεί ως ένα συνεπές επισημοποιημένο σύστημα το οποίο μπορεί να συμπεριλαμβάνει και την στοιχειώδη αριθμητική. Αυτές οι θεμελιώδεις παραδοχές δεν είναι εγγενώς επιβλαβείς, αλλά πρέπει εξ ορισμού να θεωρηθούν ως αληθείς και εάν είναι πραγματικά ψευδείς τότε το σύστημα δεν είναι τόσο δομικά συμπαγές και στιβαρό όσο υποτίθεται ότι είναι, δηλαδή προκύπτει προφανές ότι εάν η αρχική τοποθέτηση προκύπτει τελικά ως ψευδής τότε και το τεχνητό σύστημα το οποίο εξετάζεται θα προκύπτει ως ένα μη συνεπές επισημοποιημένο σύστημα. Για παράδειγμα στη γεωμετρία αυτό προκύπτει αρκετά ξεκάθαρο κατά την τοποθέτηση των θεωρημάτων και στην παρέκταση των αποδείξεων από αυτά. Καμία ταξινόμηση δεν είναι πλήρης και τέλεια έτσι που τελικά να προκύπτει κατάλληλη για όλους τους σκοπούς και για αυτό ορίζονται τα συστήματα ως αφηρημένα, πραγματικά και εννοιολογικά φυσικά συστήματα, οριοθετημένα και απεριόριστα συστήματα, διακριτά έως συνεχή, παλμικά σε υβριδικά συστήματα κ.λπ. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ συστημάτων και των περιβαλλόντων στα οποία λειτουργούν κατηγοριοποιούνται σε σχετικά κλειστά και ανοιχτά συστήματα. Φαίνεται πολύ απίθανο να μπορεί να

υπάρξει ένα απολύτως κλειστό σύστημα ή ακόμη και αν υπήρχε να μπορούσε αυτό να γίνει γνωστό από τον άνθρωπο. Σημαντικές διακρίσεις έχουν επίσης γίνει μεταξύ των σκληρών συστημάτων τεχνικού χαρακτήρα και επιδεικτικών μεθόδων όπως είναι η μηχανική συστημάτων, η επιχειρησιακή έρευνα και η ποσοτική ανάλυση συστημάτων και των μαλακών συστημάτων τα οποία περιλαμβάνουν ανθρώπους και οργανισμούς, που συνήθως συνδέονται με έννοιες που αναπτύχθηκαν μέσω της Μεθοδολογίας των μαλακών συστημάτων η οποία περιλαμβάνει μεθόδους όπως η έρευνα δράσης και η έμφαση σε συμμετοχικούς σχεδιασμούς. Όπου τα σκληρά συστήματα θα μπορούσαν να αναγνωριστούν ως πιο επιστημονικά, αλλά τελικά η διάκριση μεταξύ τους προκύπτει να είναι συχνά ασαφής [1].

Όταν γίνεται αναφορά σε ενσωματωμένα συστήματα εννοείται συγκεκριμένα το σύνολο μιας ή περισσότερων συσκευών οι οποίες ελέγχονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να εκτελούν μία ενιαία λειτουργία. Το σύστημα γενικότερα περιεγράφηκε παραπάνω όμως με την προσθήκη της λέξης ενσωματωμένο, όρος ο οποίος γενικά σημαίνει κάτι το οποίο διασυνδέεται με ένα άλλο πράγμα ή αντικείμενο ή συσκευή, μετατρέπεται σε μία άλλη έννοια η οποία περιγράφει μία ειδική κατηγορία αυτομάτων συστημάτων ειδικού σκοπού και λειτουργιών. Επομένως ένα ενσωματωμένο σύστημα μπορεί να θεωρηθεί για την περίπτωση της παρούσας εργασίας ως ένα σύστημα υλικού υπολογιστή ή ενός ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος το οποίο έχει αποθηκευμένο στην μνήμη του λογισμικό συγκεκριμένης λειτουργίας σε αυτό. Ένα ενσωματωμένο σύστημα μπορεί να είναι είτε ένα ανεξάρτητο μεμονωμένο σύστημα, είτε μπορεί να είναι μέρος ενός μεγαλύτερης κλίμακας συστήματος. Γενικότερα ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι ένα σύστημα του οποίου ο βασικός σχεδιασμός του συμπεριλαμβάνει την ύπαρξη ενός μικροελεγκτή ή μικροεπεξεργαστή και έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εκτελεί μια συγκεκριμένη εργασία. Για παράδειγμα ένας συναγερμός πυρκαγιάς είναι ένα ενσωματωμένο σύστημα το οποίο είναι σχεδιασμένο να ανιχνεύσει μέσω της συστοιχίας αισθητηρίων που ελέγχει καπνό ή υψηλή θερμοκρασία και αν όντως ανιχνεύσει κάτι από αυτά τα δύο να ενεργοποιήσει τον συναγερμό [2].

Πιο συγκεκριμένα ένα ενσωματωμένο σύστημα ουσιαστικά αποτελεί ένα ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα, έναν συνδυασμό συστήματος ο οποίος περιλαμβάνει ως κέντρο ελέγχου έναν επεξεργαστή με τα περιφερειακά του όπως την μνήμη, την λογική μονάδα και την περιφερειακή μονάδα είτε ως περιεχόμενο ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος, είτε ως σύστημα κυκλώματος διασυνδεδεμένο σε μία τυπωμένη πλακέτα έτσι ώστε να μπορεί να εκτελεί ικανοποιητικά έναν ελάχιστο αριθμό διεργασιών, καθώς και τις περιφερειακές συσκευές οι οποίες διασυνδέονται στις εισόδους/εξόδους του και έχει μια αποκλειστική λειτουργία σε ένα μεγαλύτερο μηχανικό ή ηλεκτρονικό σύστημα. Κατά συνέπεια αποκαλείται ενσωματωμένο ως μέρος μιας πλήρους συσκευής που συχνά περιλαμβάνει ηλεκτρικό ή ηλεκτρονικό υλικό και μηχανικά μέρη. Επειδή ένα ενσωματωμένο σύστημα ελέγχει συνήθως τις φυσικές λειτουργίες του μηχανήματος εντός του οποίου είναι ενσωματωμένο, συχνά έχει υπολογιστικούς περιορισμούς σε πραγματικό χρόνο. Τα ενσωματωμένα συστήματα ελέγχουν πολλές συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούνται σήμερα. Η πιο ουσιαστική των λειτουργιών τους αφορά την αύξηση του επιπέδου αξιόπιστου ελέγχου η οποία μπορεί να εφαρμοστεί στο πλαίσιο των λειτουργιών που καλείται να ελέγχει η μονάδα μικροελεγκτή ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή ελέγχου του ενσωματωμένου συστήματος.

Τα σύγχρονα ενσωματωμένα συστήματα τα οποία καλούνται να πραγματοποιήσουν διεργασίες ελέγχου εκ των πλείστων σχεδιάζονται έτσι ώστε να ελέγχονται από μονάδα μικροελεγκτή, δηλαδή μικροεπεξεργαστές με ενσωματωμένη μνήμη και περιφερειακές διεπαφές σε μορφή ολοκληρωμένου κυκλώματος, αλλά μπορούν να σχεδιαστούν και με τέτοιο τρόπο ώστε να ελέγχονται από συνηθισμένους μικροεπεξεργαστές οι οποίοι χρησιμοποιούν εξωτερικά διακριτά ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία βρίσκονται τοποθετημένα στην επιφάνεια μιας τυπωμένης πλακέτας (Printed

Circuit Board - PCB) των οποίων ο σχεδιασμός τους αποδίδει συγκεκριμένες λειτουργίες όπως για παράδειγμα τα ολοκληρωμένα κυκλώματα για μνήμη και για κυκλώματα περιφερειακής διασύνδεσης είναι επίσης συνηθισμένοι και ειδικά σε πιο πολύπλοκα συστήματα. Σε κάθε περίπτωση οι επεξεργαστές που χρησιμοποιούνται μπορούν να διακρίνονται σε τύπους οι οποίοι κυμαίνονται από γενικής χρήσης έως αυτούς που ειδικεύονται σε μια συγκεκριμένη κατηγορία υπολογισμών ή ακόμη και προσαρμοσμένοι σχεδιασμένοι για την παρούσα εφαρμογή στην οποία θα πρόκειται να λειτουργήσουν. Μια κοινή τυπική κατηγορία αποκλειστικών επεξεργαστών είναι ο ψηφιακός επεξεργαστής σήματος (Digital Signal Processor - DSP). Δεδομένου ότι το ενσωματωμένο σύστημα είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να αποδώσει κατά την λειτουργία του σε εργασίες συγκεκριμένου σκοπού, οι μηχανικοί σχεδιασμού συνηθίζουν κατά τον σχεδιασμό του συστήματος να εστιάζουν στην βελτιστοποίηση του με σκοπό την μείωση του μεγέθους και του κόστους του προς παραγωγή προϊόντος αλλά και την παράλληλη αύξηση της αξιοπιστίας και την απόδοσής του, διότι πολλά από τα ενσωματωμένα συστήματα καταλήγουν να παράγονται μαζικά καθώς η μαζική παραγωγή ωφελεί από άποψη οικονομικού κόστους. Το εύρος μεγέθους των ενσωματωμένων συστημάτων κυμαίνεται από φορητές προσωπικές συσκευές όπως είναι τα έξυπνα ψηφιακά ρολόγια και τις συσκευές αναπαραγωγής οπτικοακουστικών μέσων έως και μεγαλύτερες συσκευές όπως οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, οι βιομηχανικές γραμμές συναρμολόγησης, τα ρομπότ, τα οχήματα μεταφοράς, οι ελεγκτές φωτεινών σηματοδοτών της τροχαίας για την αυτόματη ρύθμιση της κυκλοφορίας και τις συσκευές απεικόνισης ιατρικών εφαρμογών. Συνήθως αποτελούν υποσυστήματα του συνόλου άλλων περίπλοκων μηχανών όπως είναι ο ηλεκτρονικός έλεγχος στα αεροσκάφη ή στα οχήματα εδάφους και θάλασσας. Εγκαταστάσεις οι οποίες ανήκουν σε μεγάλες κλίμακες από άποψη μεγέθους όπως είναι οι εργοστασιακές δομές, τα δίκτυα αγωγών και τα ηλεκτρικά δίκτυα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας εφαρμόζουν τον έλεγχο διαμέσου πολλαπλών ενσωματωμένων συστημάτων τα οποία είναι μεταξύ τους δικτυωμένα. Γενικευμένα μέσω της προσαρμογής λογισμικού, τα ενσωματωμένα συστήματα όπως οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (Programmable Logic Controllers - PLCs) αποτελούν συχνά τις λειτουργικές τους μονάδες. Τα ενσωματωμένα συστήματα κυμαίνονται από αυτά χαμηλής πολυπλοκότητας, με ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα μονάδας μικροελεγκτή, έως πολύ υψηλής περιπλοκότητας τα οποία περιλαμβάνουν στο σύνολο τους πολλαπλές μονάδες μικροελεγκτών, περιφερειακά και δίκτυα, τα οποία μπορεί να βρίσκονται τοποθετημένα σε συστοιχίες υλικού ελέγχου, τακτική οι οποία εφαρμόζεται ευρέως σε βιομηχανικής κλίμακας εγκαταστάσεις ή σε κλίμακα μεγάλων σε έκταση γεωγραφικών περιοχών οι οποίες διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω γραμμών επικοινωνίας μεγάλων αποστάσεων [3][4].

1.4 Διαδίκτυο

Ένα από τα μεγαλύτερα τεχνολογικά επιτεύγματα της ανθρωπότητας είναι χωρίς καμία αμφιβολία η ανάπτυξη της εφεύρεσης του διαδικτύου (Internet) το οποίο ερμηνεύεται ως το παγκόσμιο σύστημα διασυνδεδεμένων δικτύων υπολογιστών το οποίο χρησιμοποιεί μία πρότυπη συλλογή πρωτοκόλλων Διαδικτύου (TCP/IP) για την εδραίωση επικοινωνίας μεταξύ δικτύων αλλά και συσκευών. Πρακτικά είναι ένα δίκτυο δικτύων το οποίο αποτελείται από ιδιωτικά, δημόσια, ακαδημαϊκά, επιχειρηματικά και κυβερνητικά δίκτυα τοπικής έως και παγκόσμιας εμβέλειας τα οποία διασυνδέονται μέσω ενός ευρέως φάσματος ηλεκτρονικών, ασύρματων και οπτικών τεχνολογιών δικτύωσης. Το διαδίκτυο διαθέτει ένα εξίσου ευρύ φάσμα πόρων και παροχών πληροφοριών όπως για παράδειγμα τα διασυνδεδεμένα έγγραφα υπερκειμένου (Hypertext Transfer Protocol Secure - HTTPS) και οι εφαρμογές του

Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web - WWW), το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (email), η τηλεφωνία και η κοινή χρήση αρχείων [5].

Η πρώτη απόπειρα εφαρμογής μια μορφής του διαδικτύου χρονολογείται περίπου την ίδια περίοδο κατά την οποία πραγματοποιήθηκε η ανάπτυξη της μεταγωγής πακέτων και της έρευνας η οποία ανατέθηκε από το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών τη δεκαετία του 1960 για να καταστεί δυνατή η χρονομεριστική χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων. Το πρωτεύον δίκτυο το οποίο λειτούργησε αρχικά ήταν το ARPANET το οποίο αρχικά λειτούργησε ως η πρωτεύουσα εγκατάσταση με σκοπό την διασύνδεση περιφερειακών ακαδημαϊκών και στρατιωτικών δικτύων στη δεκαετία του 1970. Η χρηματοδότηση του National Science Foundation Network ως της νέας αναβαθμισμένης έκδοσης του ARPANET κατά την δεκαετία του 1980 αλλά καθώς και η ιδιωτική χρηματοδότηση με σκοπό επέκτασης των δυνατοτήτων για εμπορικούς σκοπούς και εφαρμογές είχαν ως αποτέλεσμα την παγκόσμια συμμετοχή στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών δικτύωσης και στη συγχώνευση πολλών δικτύων, οδηγώντας στο συμπέρασμα πως το έργο ανάπτυξης του διαδικτύου μπορεί να χαρακτηριστεί ως η πρώτη συλλογική προσπάθεια στην παγκόσμια ιστορία. Η διασύνδεση των εμπορικών δικτύων και επιχειρήσεων στις αρχές της δεκαετίας του 1990 σηματοδότησε τελικά την αρχή της μετάβασης στο σύγχρονο διαδίκτυο όπως αυτό είναι γνωστό και δημιούργησε μια διαρκή εκθετική ανάπτυξη καθώς γενιές θεσμικών, προσωπικών και κινητών ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων διασυνδέθηκαν στο διαδίκτυο. Αν και το διαδίκτυο χρησιμοποιήθηκε ευρέως από τον ακαδημαϊκό κόσμο κατά τη δεκαετία του 1980, η εμπορευματοποίηση του ήταν τελικά ο καταλύτης ο οποίος κατόρθωσε να ενσωματώσει τις υπηρεσίες και τις τεχνολογίες του σε σχεδόν κάθε πτυχή της σύγχρονης ζωής του ανθρώπου.

Τα περισσότερα παραδοσιακά μέσα επικοινωνίας, είτε απλής είτε αμφίδρομης επικοινωνίας, συμπεριλαμβανομένου του τηλεφώνου, του ραδιοφώνου, της τηλεόρασης, του έντυπου ταχυδρομείου και των εφημερίδων, αναδιαμορφώνονται, επαναπροσδιορίζονται ή ακόμα και παρακάμπτονται από το διαδίκτυο το οποίο και παρέχει νέες υπηρεσίες όπως το είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, το διαδικτυακό τηλέφωνο, την διαδικτυακή τηλεόραση, την διαδικτυακή μουσική, τις ψηφιακές διαδικτυακές εφημερίδες και ιστοσελίδες διαδικτύου παροχής ροής βίντεο. Τα έντυπα μέσα όπως οι εφημερίδες, τα βιβλία και άλλες έντυπες εκδόσεις επίσης προσαρμόζονται τελικά στην διαδικτυακή τεχνολογία ιστότοπων ή αναδιαμορφώνονται σε ιστολόγια, ροές ιστοσελίδων και διαδικτυακούς συγκεντρωτές ειδήσεων. Το διαδίκτυο επίσης παρέχει ενεργά και με επιτάχυνση νέες μορφές προσωπικών αλληλεπιδράσεων όπως μέσω άμεσων μηνυμάτων, διαδικτυακά φόρουμ και υπηρεσιών μέσω κοινωνικής δικτύωσης. Οι αγορές ηλεκτρονικού τύπου και μορφής έχουν αυξηθεί εκθετικά σε αριθμό από την δεκαετία του 1980 μέχρι σήμερα για τους μεγάλους λιανοπωλητές, τις μικρές επιχειρήσεις και τους επιχειρηματίες, καθώς επιτρέπει στις εταιρείες να επεκτείνουν την παρουσία τους για να εξυπηρετήσουν μια μεγαλύτερη αγορά ή ακόμα και να πουλήσουν αγαθά και υπηρεσίες είτε εν μέρει, είτε εξ ολοκλήρου στον χώρο του διαδικτύου. Οι υπηρεσίες και οι παροχές από επιχείρηση σε επιχείρηση και χρηματοοικονομικές υπηρεσίες στο διαδίκτυο επηρεάζουν τις αλυσίδες εφοδιασμού σε ολόκληρους κλάδους. Το διαδίκτυο χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι δεν έχει ενιαία κεντρική διακυβέρνηση, ούτε στην τεχνολογική εφαρμογή αλλά και ούτε σε πολιτικές πρόσβασης και χρήσης. Κάθε υποδεέστερο δίκτυο ορίζει τις δικές του πολιτικές. Οι υπερβολικοί ορισμοί των δύο κύριων χώρων ονομάτων στο διαδίκτυο, του χώρου διεύθυνσης πρωτοκόλλου διαδικτύου (Internet Protocol - IP) και του συστήματος ονομάτων τομέα (Domain Name System - DNS), διαχειρίζονται από έναν οργανισμό συντήρησης, την Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN). Το τεχνικό υπόβαθρο και η τυποποίηση των βασικών πρωτοκόλλων είναι μια δραστηριότητα της Ομάδας Εργασίας Μηχανικής Διαδικτύου (IETF), ενός μη κερδοσκοπικού οργανισμού από χαλαρά συνδεδεμένους

διεθνείς συμμετέχοντες με τους οποίους οποιοσδήποτε μπορεί να συνδεθεί συνεισφέροντας τεχνική εμπειρογνωμοσύνη. Τον Νοέμβριο του 2006, το Διαδίκτυο συμπεριλήφθηκε στη λίστα των Νέων Επτά Θαυμάτων του περιοδικού USA Today. Η χρήση της λέξης διαδικτυωμένο αναφέρεται ήδη χρονολογικά στο έτος 1849 η οποία ερμηνεύεται ως διασυνδεδεμένο ή συνυφασμένο, ενώ η λέξη διαδίκτυο αναφέρεται ήδη χρονολογικά στο έτος 1974 ως η συντομογραφία της λέξης Internetwork. Στην σύγχρονη εποχή ο όρος διαδίκτυο αναφέρεται συνήθως στο παγκόσμιο σύστημα διασυνδεδεμένων δικτύων υπολογιστών, αν και μπορεί επίσης να αναφέρεται σε οποιαδήποτε ομάδα μικρότερων υπολογιστικών δικτύων [6].

Μερικές από τις σύγχρονες εφαρμογές οι οποίες έχουν γνωρίσει μεγάλη δημοτικότητα σε παγκόσμια κλίμακα είναι οι υπηρεσίες cloud και το διαδίκτυο των πραγμάτων, οι οποίες ήταν δυνατόν να αναπτυχθούν χάρη στην ύπαρξη του διαδικτύου και συνέβαλλαν στην διευκόλυνση της καθημερινότητας των ανθρώπων. Συγκεκριμένα, οι παροχές υπηρεσιών cloud, μεταξύ άλλων, επιτρέπουν στους χρήστες του διαδικτύου να αποθηκεύσουν πολύτιμα για αυτούς δεδομένα (π.χ. αρχεία, φωτογραφίες) αλλά και να τα μοιραστούν εύκολα με άλλους χρήστες του διαδικτύου και η παροχή του διαδικτύου των πραγμάτων επιτρέπει πρόσθετες λειτουργίες και έλεγχο σε διάφορες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές μέσω απομακρυσμένου ελέγχου. Οι δυνατότητες αυτές των δύο αυτών τεχνολογιών βρίσκουν εφαρμογές τόσο στο οικιακό περιβάλλον στο οποίο ο καθένας μπορεί να θέσει σε λειτουργία κάποιες ηλεκτρικές συσκευές όπως τον θερμοσίφωνα, την κεντρική θέρμανση, το κλιματιστικό ή την τηλεόραση, αλλά και να ελέγξει το οικιακό περιβάλλον ως προς την κατάσταση του, όπως έναν θερμοστάτη, ένα θερμόμετρο, το αντικλεπτικό σύστημα ή το σύστημα πυρασφάλειας, όσο και στο βιομηχανικό περιβάλλον συμβάλλοντας στην αύξηση της απόδοσης του πραγματοποιώντας συλλογή δεδομένων από τις μηχανές παραγωγής και αναλύοντας τα.

1.5 Ο πραγματικός χρόνος στα ηλεκτρονικά συστήματα

Με την χρήση της έννοιας πραγματικός χρόνος μπορεί κανείς να περιγράψει ένα εύρος λειτουργιών σε ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα ή σε άλλες διεργασίες οι οποίες θα πρέπει να μπορούν να εγγυώνται χρόνους απόκρισης εντός ενός καθορισμένου χρόνου, γνωστού και ως προθεσμία, η οποία συνήθως περιορίζεται σε ένα σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Μια διαδικασία σε πραγματικό χρόνο είναι γενικά αυτή που συμβαίνει σε καθορισμένα χρονικά βήματα μέγιστης διάρκειας και αρκετά γρήγορη ώστε να επηρεάσει το περιβάλλον στο οποίο λαμβάνει χώρα, όπως ακριβώς οι εισοδοί σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα. Ο υπολογισμός σε πραγματικό χρόνο (Real Time Computing - RTC) είναι ο όρος της επιστήμης των ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων για συστήματα είτε υλικού τύπου, είτε λογισμικού τύπου τα οποία υποχρεωτικά για την ορθή και ομαλή λειτουργία τους υπόκεινται σε έναν περιορισμό πραγματικού χρόνου ο οποίος καθορίζεται κατάλληλα ώστε να ανταποκρίνεται στις ταχύτητες των λειτουργιών του κάθε συστήματος, όπως για παράδειγμα από την χρονική στιγμή κατά την οποία πραγματοποιείται ένα συμβάν, μέχρι την χρονική στιγμή κατά την οποία πραγματοποιείται η αντίστοιχη απόκριση του συστήματος σε αυτό. Τα προγράμματα λογισμικού τα οποία έχουν ως προϋπόθεση την λειτουργία τους η οποία θα πρέπει να εκτελείται σε περιορισμό πραγματικού χρόνου θα πρέπει να εγγυώνται την σχέση μεταξύ πραγματοποίησης συμβάντος και πραγματοποίηση της απόκρισης προς το σχετικό συμβάν εντός συγκεκριμένων και καθορισμένων χρονικών περιορισμών οι οποίοι συχνά αναφέρονται και ως προθεσμίες [7].

Οι ανταποκρίσεις σε πραγματικό χρόνο είναι συχνά κατανοητό από άποψη κοινής αποδοχής από ειδικούς του συγκεκριμένου τομέα ότι είναι της τάξης των χιλιοστών ή και εκατομμυριστών (ms ή μs) του δευτερολέπτου. Ένα σύστημα το οποίο δεν προσδιορίζεται με κάποιες προϋποθέσεις ότι λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο είναι αυτονόητο ότι δεν μπορεί συνήθως να εγγωηθεί μια απόκριση εντός

οποιοδήποτε χρονικού πλαισίου, αν και μπορεί να δοθούν τυπικοί ή αναμενόμενοι χρόνοι απόκρισης βασισμένοι σε κάποιο θεωρητικό υπόβαθρο. Όμως η επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο αποτυγχάνει εάν αυτή δεν ολοκληρωθεί εντός μιας προκαθορισμένης προθεσμίας σε σχέση με ένα συμβάν. Οι προθεσμίες είναι ζωτικής σημασίας για την ισορροπία ενός συστήματος και πρέπει πάντα να τηρούνται, ανεξάρτητα από το φορτίο εργασίας του συστήματος. Ένα σύστημα σε πραγματικό χρόνο τελικά έχει περιγραφεί ως αυτό το οποίο είναι ικανό να ελέγχει ένα περιβάλλον λαμβάνοντας από αυτό δεδομένα, να εκτελεί την επεξεργασία τους και να τα επιστρέφει σε μορφή επεξεργασμένων αποτελεσμάτων εντός ενός μέγιστου χρονικού περιθωρίου έτσι ώστε να επηρεάσει το περιβάλλον φαινομενικά ακαριαία. Τελικά ο όρος “εντός πραγματικού χρόνου” χρησιμοποιείται επίσης στις εφαρμογές προσομοιώσεων πραγματικών μοντέλων έτσι ώστε να ερμηνεύεται ότι το ρολόι της προσομοίωσης κατά την εκτέλεση της λειτουργεί με την ίδια ταχύτητα κατά την οποία λειτουργεί ένα πραγματικό ρολόι και αποδίδει το συμπέρασμα για τα συστήματα ελέγχου διεργασιών, αλλά και στα εταιρικά συστήματα την έννοια “αμελητέα χρονική καθυστέρηση” [8].

Ένα λογισμικό το οποίο εκτελείται σε πραγματικό χρόνο έχει την επιλογή να χρησιμοποιεί σύγχρονες γλώσσες προγραμματισμού, λειτουργικά συστήματα σε πραγματικό χρόνο (Real Time Operating System - RTOS) αλλά και δίκτυα πραγματικού χρόνου, καθένα από τα οποία παρέχει ουσιαστικά πλαίσια για τη δημιουργία μιας εφαρμογής λογισμικού σε πραγματικό χρόνο. Τα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για πολλές κρίσιμες για την ασφάλεια εφαρμογές πρέπει να είναι οπωσδήποτε σε πραγματικό χρόνο, όπως είναι στον έλεγχο αεροσκαφών το σύστημα fly-by-wire ή το σύστημα το οποίο εκτελεί τα αντιμπλοκαρίσματα πέδησης, τα οποία απαιτούν άμεση έως ακαριαία και ακριβή μηχανική απόκριση. Η επεξεργασία σήματος ή σημάτων σε πραγματικό χρόνο προκύπτει απαραίτητη, αλλά όχι επαρκής από μόνη της, όπως για παράδειγμα για την επεξεργασία ζωντανού σήματος όπως αυτό που απαιτείται στην υποστήριξη ζωντανών εκδηλώσεων. Στο παράδειγμα αυτό η επεξεργασία ψηφιακού σήματος ζωντανού ήχου απαιτεί λειτουργία σε πραγματικό χρόνο αλλά και επαρκές όριο καθυστέρησης απόδοσης έτσι ώστε να είναι ανεκτή στους καλλιτέχνες οι οποίοι χρησιμοποιούν οθόνες σκινης ή ακουστικά εντός του αυτιού και θα πρέπει να μην γίνεται αντιληπτό το σφάλμα συγχρονισμού των χειλιών από το κοινό που παρακολουθεί απευθείας τους ερμηνευτές. Τα ακριβή ανεκτά όρια καθυστέρησης στην ζωντανή επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο αποτελούν αντικείμενο έρευνας και μελέτης, αλλά από γενικής αποδοχής εκτιμάται ότι είναι μεταξύ έξι και είκοσι χιλιοστών (ms) του δευτερολέπτου. Καθυστερήσεις οι οποίες μπορεί να προκύψουν σε συστήματα αμφίδρομων τηλεπικοινωνιών τα οποία πραγματοποιούνται σε πραγματικό χρόνο οι οποίες μπορεί να είναι μικρότερες από 300 ms, τεχνικές γνωστές και ως μετάβαση μετ' επιστροφής ή διπλάσια της καθυστέρησης μονής κατεύθυνσης, θεωρούνται αμελητέες ως προς την πρόθεση αποφυγής της ανεπιθύμητης παρασιτικής επανάληψης κατά την διάρκεια της συνομιλίας. Τα ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα τα οποία πραγματοποιούν το σύνολο των λειτουργιών τους σε πραγματικό χρόνο μερικές φορές εσφαλμένα γίνονται αντιληπτά ως ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα υψηλών επιδόσεων αλλά αυτή η περιγραφή δεν αποτελεί ακριβή ταξινόμηση. Για παράδειγμα ένα ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα με πόρους υπέρ πολλαπλάσιους ο οποίος θα εκτελεί μια προσομοίωση επιστημονικού περιεχομένου μπορεί να παρέχει εντυπωσιακή απόδοση αλλά ωστόσο δεν μπορεί να εκτελεί υπολογισμό σε πραγματικό χρόνο. Αντίθετα από τη στιγμή που το υλικό και το λογισμικό, για παράδειγμα για ένα σύστημα αντιμπλοκαρίσματος πέδησης, έχουν σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να τηρούν τις απαιτούμενες χρονικές προθεσμίες αλλά και περιορισμούς τότε δεν είναι υποχρεωτικό ή ακόμη και χρήσιμο περαιτέρω απολαβές απόδοσης. Περαιτέρω εάν ένας διακομιστής δικτύου διαχειρίζεται σε μία δεδομένη χρονική στιγμή έναν όγκο δεδομένων ο οποίος αγγίζει τα όρια ανοχής περιορισμού του δικτύου τότε ο χρόνος απόκρισής του ενδέχεται να αποδειχτεί τελικά πιο αργός,

αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις τουλάχιστον θα συνεχίσει να πραγματοποιεί επιτυχώς την λειτουργία του προτού να ξεπεράσει το χρονικό του όριο και να πληροί την προθεσμία του όπως αυτή ορίζεται στις παραμέτρους και προϋποθέσεις του συστήματος. Αντιθέτως ένας διακομιστής δικτύου ο οποίος παραβιάζει τα χρονικά περιθώρια δεν θα μπορούσε να θεωρηθεί σύστημα το οποίο εκτελείται σε πραγματικό χρόνο. Τα προσωρινά σφάλματα όπως είναι οι καθυστερήσεις, χρονικά διαστήματα αδράνειας και άλλα, είναι συνήθως μικρά και κατακεραματισμένα και περιορισμένα σε ισχύ αλλά δεν είναι καταστροφικές και μπορούν να θεωρηθούν αμελητέα. Σε ένα σύστημα το οποίο λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο μια επιβράδυνση πέραν των ορισμένων ορίων ανοχής θα μπορούσε άνετα να θεωρηθεί καταστροφική, αναλόγως το πλαίσιο της εφαρμογής του.

Η πιο σημαντική απαίτηση ενός συστήματος σε πραγματικό χρόνο είναι η σταθερή και όχι η υψηλή απόδοση του. Ορισμένα είδη λογισμικού όπως για παράδειγμα τα προγράμματα ηλεκτρονικών παιχνιδιών γραφικών μπορούν να εμπίπτουν σε οποιαδήποτε κατηγορία. Για παράδειγμα ένα πρόγραμμα ηλεκτρονικού παιχνιδιού για σκάκι που έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε έναν διαγωνισμό με ρολόι θα πρέπει να μπορεί να αποφασίσει για μια κίνηση πριν από μια ορισμένη χρονική προθεσμία ή, αν αποτύχει στην χρονική προθεσμία, να χάσει το παιχνίδι και επομένως προκύπτει να είναι ένας υπολογισμός ο οποίος πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο, αλλά αντίστοιχα ένα πρόγραμμα ηλεκτρονικού παιχνιδιού για σκάκι το οποίο επιτρέπεται να εκτελείται χωρίς κάποιον χρονικό περιορισμό πριν πραγματοποιήσει την κίνηση του δεν ανήκει στην κατηγορία εκτελέσιμης εφαρμογής πραγματικού χρόνου. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις ωστόσο παρατηρείται πως είναι επιθυμητή η υψηλή απόδοση. Όσο περισσότερο έργο μπορεί να αποδώσει ένα πρόγραμμα ηλεκτρονικού παιχνιδιού για σκάκι διαγωνισμού στον προκαθορισμένο χρόνο, τόσο καλύτερες θα προκύψουν στο σύνολο τους οι κινήσεις του και όσο πιο υψηλή η ταχύτητα εκτέλεσης ενός προγράμματος χωρίς κάποιους χρονικούς περιορισμούς, τόσο γρηγορότερη η απόδοση τελικής απόφασης της κίνησης. Αυτό το συγκεκριμένο παράδειγμα απεικονίζει επίσης την ουσιαστική διαφορά μεταξύ υπολογισμών σε πραγματικό χρόνο και άλλων υπολογισμών οι οποίοι δεν πραγματοποιούνται σε πραγματικό χρόνο. Εάν το πρόγραμμα ηλεκτρονικού παιχνιδιού για σκάκι το οποίο θα προορίζεται για διαγωνισμό δεν κατορθώσει να πάρει την τελική απόφαση για την επόμενη κίνησή του εντός του προκαθορισμένου διαθέσιμου χρόνου του τότε καταλήγει να χάνει το παιχνίδι, δηλαδή αποτυγχάνει ως εκτέλεση έργου υπολογισμού σε πραγματικό χρόνο, ενώ στην περίπτωση που η τήρηση της προθεσμίας θεωρείται ότι δεν είναι απαραίτητη είναι αχρείαστη και η λειτουργία σε πραγματικό χρόνο. Η υψηλή απόδοση η οποία δεν πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο είναι ενδεικτική του όγκου της επεξεργασίας που εκτελείται σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, ενώ όταν εκτελείται λειτουργία σε πραγματικό χρόνο τότε είναι η δυνατότητα να ολοκληρωθεί η επεξεργασία έτσι ώστε να μπορεί να αποφέρει χρήσιμα αποτελέσματα στον διαθέσιμο δυνατό χρόνο. Ο όρος “σχεδόν σε πραγματικό χρόνο” (Near Real Time - NRT) στα συστήματα τηλεπικοινωνιών και στα ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα αναφέρεται στη χρονική καθυστέρηση η οποία εισάγεται από την αυτοματοποιημένη επεξεργασία δεδομένων ή την δυνατότητα μετάδοσης ενός δικτύου, μεταξύ του χρονικού σημείου της εμφάνισης ενός γεγονότος και του χρονικού σημείου της χρήσης των επεξεργασμένων δεδομένων όπως ακριβώς θα συνέβαινε για λόγους προβολής ή ανατροφοδότησης και ελέγχου. Για παράδειγμα, σε μια οθόνη η οποία προβάλλει την εικόνα της από το σημείο παραγωγής της σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και απεικονίζει ένα γεγονός ή μια κατάσταση όπως υπήρχε την τρέχουσα ώρα μείον τον χρόνο επεξεργασίας, σχεδόν ως την ώρα της ζωντανής εκδήλωσης. Η διάκριση μεταξύ των όρων “σε σχεδόν σε πραγματικό χρόνο” και “σε πραγματικό χρόνο” είναι κάπως ασαφής, το λιγότερο, και πρέπει να οριστεί με μία ελάχιστη σαφήνεια για την υπό εξέταση κατάσταση κατά περίπτωση. Ο όρος γενικά υπονοεί ότι δεν υπάρχουν μεν σημαντικές καθυστερήσεις, αλλά υπάρχουν δε αντιληπτές καθυστερήσεις. Σε πολλές πάντως περιπτώσεις η επεξεργασία που

περιγράφεται ως προς το χρονικό της χαρακτηριστικό ότι συμβαίνει “σε πραγματικό χρόνο” θα πρέπει να περιγράφεται με μεγαλύτερη ακρίβεια ως προς το τυπικό ως “σχεδόν σε πραγματικό χρόνο”. Ο σχεδόν λοιπόν πραγματικός χρόνος αναφέρεται επίσης στην καθυστερημένη μετάδοση φωνής και βίντεο σε πραγματικό χρόνο. Αφενός επιτρέπει την αναπαραγωγή εικόνων βίντεο σε σχεδόν πραγματικό χρόνο χωρίς να είναι απαραίτητη η αναμονή της πλήρους λήψης ενός ολόκληρου και μεγάλου σε όγκο δεδομένων αρχείο εικόνας βίντεο. Οι μη συμβατές βάσεις δεδομένων μπορούν να εξάγουν ή/και να εισάγουν σε κοινά επίπεδα αρχεία που η άλλη βάση δεδομένων μπορεί να εισάγει ή/και να εξάγει σε προγραμματισμένη βάση δεδομένων έτσι ώστε να μπορούν να συγχρονίζονται ή/και να μοιράζονται τα κοινά δεδομένα σε “σχεδόν πραγματικό χρόνο” μεταξύ τους. Η διάκριση μεταξύ του “σχεδόν σε πραγματικό χρόνο” και του “σε πραγματικό χρόνο” ποικίλλει και η καθυστέρηση εξαρτάται από τον τύπο και την ταχύτητα της μετάδοσης. Η καθυστέρηση σε σχεδόν πραγματικό χρόνο είναι συνήθως σε εύρος ενός έως δέκα δευτερολέπτων [9].

1.6 Έλεγχος

Το επιστημονικό αντικείμενο το οποίο ασχολείται με την θεωρία ελέγχου ασχολείται γενικότερα με τον έλεγχο των δυναμικών συστημάτων σε μηχανικές διεργασίες και μηχανές. Ο στόχος της επιστήμης αυτής είναι να αναπτυχθεί ένα μοντέλο ή ένας αλγόριθμος ο οποίος να διαχειρίζεται την εφαρμογή των εισόδων του συστήματος τις οποίες εξετάζει έτσι ώστε να μπορεί να οδηγήσει το σύστημα στην επιθυμητή κατάσταση ελαχιστοποιώντας κάθε καθυστέρηση, υπέρβαση ή σφάλμα της σταθερής του κατάστασης και διασφαλίζοντας ένα επίπεδο σταθερότητας του συνολικού ελέγχου. Συχνά η διαχείριση αυτή πραγματοποιείται με στόχο την επίτευξη ενός ελάχιστου ποσοστού βελτιστοποίησης του συστήματος στο οποίο πραγματοποιείται. Προκειμένου να γίνει έμπρακτα αυτή εφαρμογή απαιτείται ένας ελεγκτής ο οποίος μπορεί να παρέχει στο σύστημα την απαιτούμενη διορθωτική συμπεριφορά. Για τον λόγο αυτόν αυτός ο ελεγκτής πραγματοποιεί την συγκεκριμένη λειτουργία κατά την οποία παρακολουθεί συνεχώς μία συγκεκριμένη μεταβλητή, την μεταβλητή ελεγχόμενης διεργασίας (Process Variable - PV), την οποία τελικά συγκρίνει με ένα συγκεκριμένο δεδομένο το οποίο εκτελεί την λειτουργία ενός σημείου αναφοράς ή ως σημείου ρύθμισης (Steady Point - SP). Η διαφορά η οποία κάποια στιγμή παρατηρείται μεταξύ της πραγματικής τιμής και της επιθυμητής τιμής της μεταβλητής διεργασίας η οποία ονομάζεται και σήμα σφάλματος ή σφάλμα SP-PV ανατροφοδοτείται ως ανάδραση στην είσοδο του συστήματος ελέγχου το οποίο αναγνωρίζει την διαφορά ως σφάλμα για τη δημιουργία μιας ενέργειας ελέγχου έτσι ώστε να επαναφέρει την ελεγχόμενη μεταβλητή διεργασίας στην ίδια τιμή με το σημείο ρύθμισης [10].

Άλλες πτυχές δυνατοτήτων οι οποίες επίσης μελετώνται είναι η δυνατότητα ελέγχου και παρατήρησης. Αυτή αποτελεί την βάση για τον προηγμένο τύπο αυτοματισμού που έφερε επανάσταση στον κατασκευαστικό τομέα, στα αεροσκάφη, στις επικοινωνίες και άλλες βιομηχανίες. Αυτός είναι ο έλεγχος ανάδρασης ο οποίος περιλαμβάνει τη λήψη μετρήσεων χρησιμοποιώντας έναν αισθητήρα και την πραγματοποίηση υπολογισμένων προσαρμογών έτσι ώστε να διατηρείται η μετρούμενη μεταβλητή εντός ενός καθορισμένου εύρους μέσω ενός “τελικού στοιχείου ελέγχου” όπως για παράδειγμα μια βαλβίδα ελέγχου. Η εκτεταμένη χρήση γίνεται συνήθως από ένα διαγραμματικό στυλ απεικόνισης το οποίο είναι γνωστό ως μπλοκ διάγραμμα. Σε αυτήν η συνάρτηση μεταφοράς, επίσης γνωστή ως συνάρτηση συστήματος ή συνάρτηση δικτύου, είναι ένα μαθηματικό μοντέλο της σχέσης μεταξύ της εισόδου και της εξόδου που βασίζεται στις διαφορικές εξισώσεις οι οποίες περιγράφουν το σύνολο του συστήματος. Η θεωρία ελέγχου χρονολογείται από τον 19ο αιώνα όταν δημιουργήθηκε η θεωρητική βάση για τη λειτουργία των συσκευών αυτομάτου ελέγχου των κυβερνητών, η οποία περιεγράφηκε για πρώτη φορά από τον James Clerk Maxwell. Η θεωρία ελέγχου στην συνέχεια προωθήθηκε περαιτέρω

από τον Edward Routh το 1874, τον Charles Sturm και το 1895 από τον Adolf Hurwitz όπου όλοι τους συνέβαλαν στη δημιουργία και θέσπιση των κριτηρίων σταθερότητας αυτομάτου ελέγχου. Από το 1922 και μετά προστέθηκε και η ανάπτυξη της θεωρίας ελέγχου PID από τον Nicolas Minorsky. Αν και μια σημαντική εφαρμογή της θεωρίας μαθηματικού ελέγχου εντοπίζεται στη μηχανική συστημάτων ελέγχου η οποία ασχολείται με το σχεδιασμό συστημάτων ελέγχου διεργασιών για τον χώρο της βιομηχανίας, άλλες εφαρμογές κυμαίνονται σε πολύ μεγαλύτερο εύρος από αυτό. Όπως είναι για παράδειγμα η γενική θεωρία των συστημάτων ανάδρασης, όπου η θεωρία ελέγχου προκύπτει να είναι χρήσιμη οπουδήποτε και σε οποιοδήποτε σύστημα συμβαίνει ανάδραση, επομένως η θεωρία ελέγχου προκύπτει να έχει επίσης εφαρμογές στις βιοεπιστήμες, τη μηχανική υπολογιστών, την κοινωνιολογία και την επιχειρησιακή έρευνα [11].

Ουσιαστικά υπάρχουν δύο τύποι βρόχων ελέγχου. Ο ένας αφορά τον τύπο ο οποίος ονομάζεται έλεγχος ανοιχτού βρόχου, ενώ ο δεύτερος αφορά τον τύπο ο οποίος ονομάζεται έλεγχος κλειστού βρόχου (με ανάδραση). Στον έλεγχο ανοιχτού βρόχου η ενέργεια ελέγχου από τον ελεγκτή είναι ανεξάρτητη από την “έξοδο διεργασίας” ή αλλιώς “μεταβλητή ελεγχόμενης διεργασίας” (Process Variable - PV). Ένα καλό παράδειγμα το οποίο μπορεί να κάνει πιο κατανοητή αυτήν την έννοια είναι αυτού ενός λέβητα κεντρικής θέρμανσης ο οποίος ελέγχεται μόνο από μία συσκευή χρονοδιακόπτη έτσι ώστε η θερμότητα να μπορεί να εφαρμόζεται σχετικά σε σταθερό επίπεδο για μεγάλο χρονικό διάστημα ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του κτιρίου. Η ενέργεια ελέγχου είναι η χρονική ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της λειτουργίας του λέβητα, η μεταβλητή διεργασίας είναι η εκάστοτε τιμή της θερμοκρασίας του κτιρίου χωρίς απαραίτητα να υπάρχει κάποιος συσχετισμός μοτίβου μεταξύ τους. Στον έλεγχο τύπου κλειστού βρόχου η ενέργεια ελέγχου από τον ελεγκτή εξαρτάται από τη διαδικασία λειτουργίας της ανάδραση με τη μορφή της τιμής της μεταβλητής διεργασίας. Αν για παράδειγμα ληφθεί υπόψη η περίπτωση της αναλογίας του λέβητα τότε ένας βρόχος κλειστού τύπου θα περιλαμβάνει ως μέρος του συστήματος του έναν θερμοστάτη για τη σύγκριση της θερμοκρασίας του κτιρίου σε σχέση με την θερμοκρασία η οποία έχει ρυθμιστεί στον θερμοστάτη το σημείο ρύθμισης της. Η περιγραφόμενη αυτή διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα μια έξοδο του συστήματος ελεγκτή με την οποία πραγματοποιείται η διατήρηση του κτιρίου στην επιθυμητή θερμοκρασία ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας τον λέβητα. Ένας ελεγκτής κλειστού βρόχου επομένως έχει έναν βρόχο ανάδρασης με τον οποίο διασφαλίζει ότι ο ελεγκτής ασκεί άμεσα και επεμβατικά μια ενέργεια ελέγχου έτσι που να μπορεί να χειριστεί τη μεταβλητή διεργασίας με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρείται ίδια με την “είσραγωγή αναφοράς” ή το “σημείο ρύθμισης”. Για τον λόγο αυτόν οι ελεγκτές κλειστού βρόχου ονομάζονται επίσης και ελεγκτές ανάδρασης.

Ο ορισμός ενός συστήματος ελέγχου κλειστού βρόχου σύμφωνα με το Βρετανικό ινστιτούτο προτύπων δηλώνει πως “ένα σύστημα ελέγχου το οποίο διαθέτει ένα σήμα αναφοράς αλλά και ανάδραση παρακολούθησης τότε το σήμα απόκλισης το οποίο σχηματίζεται ως αποτέλεσμα αυτής της ανάδρασης χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της δράσης ενός τελικού στοιχείου ελέγχου με τέτοιον τρόπο έτσι ώστε και τα δύο σήματα να τείνουν να μειώνουν τελικά την μεταξύ τους απόκλιση στο μηδέν”. Επίσης ξανά σύμφωνα με το Βρετανικό ινστιτούτο προτύπων, δηλώνει πως “ένα σύστημα ελέγχου ανατροφοδότησης είναι ένα σύστημα το οποίο τείνει να διατηρεί μια προδιαγεγραμμένη σχέση μιας μεταβλητής συστήματος με μια άλλη συγκρίνοντας τις λειτουργίες αυτών των μεταβλητών και χρησιμοποιώντας την διαφορά τους ως μέσο ελέγχου”. Ένα παράδειγμα συστήματος ελέγχου είναι το σύστημα cruise control το οποίο συναντάται ως παροχή ενός αυτοκινήτου, το οποίο είναι μια συσκευή σχεδιασμένη να διατηρεί την ταχύτητα του οχήματος σε μια σταθερή επιθυμητή ταχύτητα ή ταχύτητα αναφοράς η οποία παρέχεται και ορίζεται απευθείας από τον οδηγό του οχήματος. Στο παράδειγμα αυτό αν ληφθεί υπόψη ως αναλογία αντιστοιχίας τότε ο ελεγκτής είναι το σύστημα cruise control, το εργοστάσιο είναι το

αυτοκίνητο και τελικά το σύστημα είναι το αυτοκίνητο και το cruise control. Η έξοδος αυτού του συστήματος θα είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου και ο ίδιος ο έλεγχος είναι το πετάλιο του γκαζιού του κινητήρα το οποίο καθορίζει τελικά το πόση ισχύ θα αποδίδει ο κινητήρας. Ένας υπεραπλουστευμένος τρόπος για να εφαρμοστεί η λειτουργία του συστήματος cruise control είναι απλώς να κλειδώσει κανείς τη θέση του γκαζιού όταν ο οδηγός ενεργοποιεί το σύστημα cruise control. Ωστόσο εάν το σύστημα πλοήγησης cruise control είναι ενεργοποιημένο σε ένα τμήμα μη επίπεδου δρόμου τότε το αυτοκίνητο θα ταξιδεύει πιο αργά ανηφορίζοντας και πιο γρήγορα όταν κατηφορίζει [12].

Το σφάλμα αυτό το οποίο περιεγράφηκε στο ανωτέρω παράδειγμα είναι τυπικό της περίπτωσης ενός συστήματος τύπου ανοιχτού βρόγχου. Αυτός ο τύπος ελεγκτή λοιπόν ονομάζεται ελεγκτής τύπου ανοιχτού βρόγχου επειδή δεν υπάρχει ανάδραση στον σχεδιασμό του συστήματος του. Επομένως κατά συνέπεια δεν χρησιμοποιείται καμία μέτρηση της εξόδου του συστήματος (ταχύτητα του αυτοκινήτου) για την αλλαγή του χειριστήριου (τη θέση του γκαζιού.) Ως αποτέλεσμα ο ελεγκτής δεν μπορεί να αντισταθμίσει τις αλλαγές που επιδρούν στο αυτοκίνητο, όπως μια αλλαγή στην κλίση του δρόμου. Σε ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόγχου, τα δεδομένα από έναν αισθητήρα που παρακολουθεί την ταχύτητα του αυτοκινήτου (η έξοδος του συστήματος) εισάγονται σε έναν ελεγκτή που συγκρίνει συνεχώς την ποσότητα που αντιπροσωπεύει την ταχύτητα με την ποσότητα αναφοράς που αντιπροσωπεύει την επιθυμητή ταχύτητα. Η διαφορά, που ονομάζεται σφάλμα, καθορίζει τη θέση του γκαζιού (το χειριστήριο). Το αποτέλεσμα είναι να ταιριάζει η ταχύτητα του αυτοκινήτου με την ταχύτητα αναφοράς (διατηρήστε την επιθυμητή απόδοση συστήματος). Τώρα, όταν το αυτοκίνητο ανηφορίζει, η διαφορά ανάμεσα στην είσοδο (την αισθητή ταχύτητα) και την αναφορά καθορίζει συνεχώς τη θέση του γκαζιού. Καθώς η ανιχνευόμενη ταχύτητα πέφτει κάτω από την αναφορά, η διαφορά αυξάνεται, το γκάζι ανοίγει και η ισχύς του κινητήρα αυξάνεται, επιταχύνοντας το όχημα. Με αυτόν τον τρόπο, το χειριστήριο αντισταθμίζει δυναμικά τις αλλαγές στην ταχύτητα του αυτοκινήτου. Η κεντρική ιδέα αυτών των συστημάτων ελέγχου είναι ο βρόχος ανάδρασης, ο ελεγκτής επηρεάζει την έξοδο του συστήματος, η οποία με τη σειρά της μετριέται και ανατροφοδοτείται στον ελεγκτή.

Για να ξεπεραστούν οι περιορισμοί του ελεγκτή ανοιχτού βρόγχου, η θεωρία ελέγχου εισάγει την ανάδραση. Ένας ελεγκτής κλειστού βρόγχου χρησιμοποιεί ανάδραση για να ελέγξει καταστάσεις ή εξόδους ενός δυναμικού συστήματος. Το όνομά του προέρχεται από τη διαδρομή πληροφοριών στο σύστημα: οι είσοδοι διεργασίας (π.χ. τάση που εφαρμόζεται σε έναν ηλεκτροκινητήρα) επηρεάζουν τις εξόδους της διεργασίας (π.χ. ταχύτητα ή ροπή του κινητήρα), η οποία μετράται με αισθητήρες και επεξεργάζεται ελεγκτής; το αποτέλεσμα (το σήμα ελέγχου) "ανατροφοδοτείται" ως είσοδος στη διαδικασία, κλείνοντας τον βρόχο. Οι ελεγκτές κλειστού βρόγχου έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα έναντι των ελεγκτών ανοιχτού βρόγχου: απόρριψη διαταραχών (όπως λόφους στο παραπάνω παράδειγμα cruise control) εγγυημένη απόδοση ακόμη και με αβεβαιότητες μοντέλου, όταν η δομή του μοντέλου δεν ταιριάζει απόλυτα με την πραγματική διαδικασία και οι παράμετροι του μοντέλου δεν είναι ακριβείς ασταθείς διαδικασίες μπορούν να σταθεροποιηθούν μειωμένη ευαισθησία στις διακυμάνσεις των παραμέτρων βελτιωμένη απόδοση παρακολούθησης αναφοράς Σε ορισμένα συστήματα, ο έλεγχος κλειστού βρόγχου και ο έλεγχος ανοιχτού βρόγχου χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα. Σε τέτοια συστήματα, ο έλεγχος ανοιχτού βρόγχου ονομάζεται feedforward και χρησιμεύει στην περαιτέρω βελτίωση της απόδοσης παρακολούθησης αναφοράς. Μια κοινή αρχιτεκτονική ελεγκτή κλειστού βρόγχου είναι ο ελεγκτής PID [13].

1.7 Επίλογος

Η εισαγωγή περιγράφει το περιεχόμενο του παρόντος κεφαλαίου αλλά και του συνόλου όλης της εργασίας ως προς το γενικό πεδίο ταξινόμησης της, τους στόχους της, τους σκοπούς της, τα παραδοτέα της και τα αποτελέσματα της.

Μία ιστορική αναδρομή η οποία εστιάζει αποκλειστικά στα γεγονότα και ανακαλύψεις οι οποίες σχετίζονται με το περιεχόμενο της παρούσας εργασίας, των οποίων το σύνολο τους συγκεντρωτικά έκανε εφικτή την υλοποίηση της παρούσας εργασίας.

Τα ενσωματωμένα συστήματα αποτελούνται στο σύνολο τους από ένα δίκτυο αλληλοεπιδρούμενων μονάδων οι οποίες ελέγχονται όλες μαζί από τουλάχιστον μία μονάδα ή ένα σύστημα μικροελεγκτή.

Διάφορες μορφές κατασκευής συστημάτων μικροελεγκτών τα οποία συνθέτουν ενσωματωμένα συστήματα καθιστούν δυνατή την εφαρμογή τους εντός συγκεκριμένων εφαρμογών οι οποίες καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα, από πολύ απλές εφαρμογές όπως η μέτρηση και απεικόνιση θερμοκρασίας οικιακού περιβάλλοντος, αλλά και υψηλής πολυπλοκότητας εφαρμογές βιομηχανικού τύπου όπως η εκτέλεση των λειτουργιών μιας εργαλειομηχανής.

Το διαδίκτυο αποτέλεσε την πρώτη συλλογική απόπειρα ανάπτυξης μιας πραγματικά διεθνούς κατασκευής διασύνδεσης όλων. Αποτέλεσε τον καταλύτη έρευνας και ανάπτυξης διάφορων πρωτόκολλων επικοινωνίας πολλά από τα οποία χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα και αποτελεί ένα παγκοσμίου εύρους δίκτυο το οποίο συνθέτει το σύνολο του από μικρότερα τοπικά δίκτυα.

Με την εφεύρεση του διαδικτύου δόθηκε η δυνατότητα στα ενσωματωμένα συστήματα να μπορούν να εφαρμόσουν απομακρυσμένο έλεγχο στις περιφερειακές τους συσκευές.

Προκειμένου να μπορέσει να σχεδιαστεί ένα αποδοτικό και λειτουργικό σύστημα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ο παράγοντας του χρόνου ως έννοια συγχρονισμού μεταξύ των διάφορων διατάξεων, μία λειτουργία η οποία λαμβάνει κρίσιμο ρόλο ειδικά σε συστήματα επικοινωνιών, είτε ενσύρματων, είτε ασύρματων.

Ο πραγματικός χρόνος αφορά συνήθως κάποιου είδους σύστημα μετάδοσης και λήψης πληροφοριών μεταξύ συστημάτων σε κλίμακα μεγάλων μεταξύ τους αποστάσεων, καθώς λαμβάνει υπόψιν τον ελάχιστο απαραίτητο χρόνο που λαμβάνει μέρος μεταξύ εκπομπής και λήψης της πληροφορίας.

Ο πραγματικός χρόνος αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στον σχεδιασμό συστημάτων που αποτελούν τμήμα κάποιας εφαρμογής λειτουργίας απομακρυσμένου ελέγχου. Συνήθως συνυπολογίζεται με τον όγκο δεδομένων και την περιπλοκότητα τους σε κάθε δεδομένο χρονικό σημείο.

Ως έλεγχος στον χώρο της τεχνολογίας λαμβάνεται υπόψιν ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ικανό να εκτελεί μία ορισμένη συλλογή λειτουργιών χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Συνήθως υλοποιείται με την συμπερίληψη ενός συστήματος μικροελεγκτή γύρω από τον οποίο τελικά σχηματίζεται ένα ενσωματωμένο σύστημα.

Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου διακρίνονται σε ανοιχτού και κλειστού βρόγχου. Τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου προορίζονται για εφαρμογές οι οποίες είναι αμετάβλητες και έχουν ανοχή σε κάποιο περιθώριο σφάλματος ακρίβειας της εξόδου τους. Τα συστήματα κλειστού βρόγχου προορίζονται για εφαρμογές υψηλής ακρίβειας και έχουν την δυνατότητα να διορθώνουν αυτούσια το τυχόν σφάλμα εξόδου το οποίο μπορεί να παρατηρηθεί κάποια στιγμή κατά την εκτέλεση της λειτουργίας του συστήματος.

Κεφάλαιο 2ο: Σχηματισμός θεωρητικού πλαισίου

2.1 Εισαγωγή

Το θεωρητικό πλαίσιο μιας εργασίας προσδιορίζει σε γενικές γραμμές τα όρια μέσα στα οποία θα πρέπει να αναπτυχθεί το σύνολο της εργασίας. Τα όρια αυτά αρχικά προκύπτουν λαμβάνοντας υπόψιν το ζητούμενο ή τα ζητούμενα τα οποία θα πρέπει να ικανοποιούν έπειτα από την ανάπτυξη τους τα διάφορα μέρη που θα αποτελούν το σύνολο της εργασίας. Γενικά ο σχηματισμός ενός θεωρητικού πλαισίου αποτελεί ένα ζωτικής σημασίας στάδιο κατά την υλοποίηση μιας εργασίας καθώς αναφέρονται μέσα σε αυτό οι τεχνολογίες και η επιστημονικοί περιορισμοί οι οποίοι προσδιορίζουν το περιεχόμενο της συνολικής υλοποίησης η οποία θα πραγματοποιηθεί στην συνέχεια βασιζόμενη ακριβώς σε αυτό το θεωρητικό πλαίσιο. Γενικά αποτελεί μία καλή πρακτική στην μεθοδολογία των μηχανικών καθώς επιτρέπει ακόμη και την πρόβλεψη κάποιων ανεπιθύμητων καταστάσεων αλλά προνοεί ακόμη και στην ανοχή των ορίων αντοχής και τεχνικών προστασίας από καταστροφικές αστοχίες οι οποίες αν παραλειπόντουσαν θα μπορούσαν ίσως και να οδηγήσουν σε ανθρώπινη απώλεια.

Συγκεκριμένα στο παρών κεφάλαιο θα αναφερθούν σε γενικές γραμμές τα ζητούμενα της παρούσας πτυχιακής καθώς και η αρχική ανάλυση τους ως προς το ποιες τεχνολογίες θα εφαρμοστούν ώστε να τα αποδώσουν στην τελική κατασκευή. Θα περιγραφούν οι μονάδες μικροελεγκτών, το πώς αυτές οι μονάδες μικροελεγκτών σχηματίζουν συστήματα μικροελεγκτή με την τοποθέτηση τους σε τυπωμένες πλακέτες βακελίτη στις οποίες υποστηρίζονται με διάφορες διατάξεις διαχείρισης των εισόδων και εξόδων τους και πως τελικά με την σύνδεση σε αυτές υπό τον έλεγχο τους κάποιες αυτόνομες μονάδες σχηματίζουν τελικά στο σύνολο τους το ενσωματωμένο σύστημα της παρούσας εργασίας. Θα περιγραφεί με λεπτομέρεια η έννοια του υλικολογισμικού και σε τι ακριβώς αυτό διαφοροποιείται από την γενικότερη έννοια του λογισμικού, καθώς και το ποια θα είναι σε γενικές γραμμές η λειτουργία του στο συγκεκριμένο ενσωματωμένο σύστημα. Θα περιγραφούν οι γενικές έννοιες των αισθητηρίων και ειδικότερα όταν αυτά προορίζονται να συνδεσμοποιηθούν ως περιφερειακές συσκευές ενός συστήματος μικροελεγκτή. Θα περιγραφούν γενικότερα τα πρωτόκολλα επικοινωνίας τα οποία διατίθενται από το διαδίκτυο ώστε να επιτρέπεται ο απομακρυσμένος έλεγχος από ένα ενσωματωμένο σύστημα. Θα περιγραφεί σε γενικές γραμμές επίσης η έννοια του σήματος. Θα αναφερθούν οι ιστοσελίδες και το πώς ακριβώς συμβάλουν στην επίτευξη του απομακρυσμένου ελέγχου. Τέλος θα περιγραφούν οι ηλεκτροκινητήρες ως κινηματικά ηλεκτρικά στοιχεία και πως ακριβώς μετατρέπονται σε σερβοκινητήρες και ποιες είναι οι μεταξύ τους διαφορές.

Απώτερος σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι με την ολοκλήρωση του να μπορέσει να αποτελέσει έναν οδηγό μέσω του οποίου να μπορέσει ο μηχανικός να αντιληφθεί σε γενικές γραμμές το θεωρητικό τεχνικό περιεχόμενο που πρέπει να περιέχει στο σύνολο της η κατασκευή αυτής της εργασίας έτσι ώστε να μπορέσει να σχηματίσει την κατάλληλη μεθοδολογία σχεδιασμού και υλοποίησης της. Γενικότερα ο σχεδιασμός ενός ενσωματωμένου συστήματος περιλαμβάνει στο περιεχόμενο του σχεδιασμού του την προσωπική αντίληψη και φιλοσοφία του σχεδιαστή που ανέλαβε την ανάπτυξη του, γεγονός το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα πως ουσιαστικά το κάθε ενσωματωμένο σύστημα όταν ολοκληρώνεται η κατασκευή του και λαμβάνοντας υπόψιν ότι μπορεί να είναι είτε προϊόν ομάδας, είτε ενός μηχανικού, καταλήγει να είναι ένα μοναδικό προϊόν που αντικατοπτρίζει τις υλοποιημένες ιδέες και εμπνεύσεις ενός συγκεκριμένου ανθρώπου ή ομάδας ανθρώπων, επομένως στο συγκεκριμένο αντικείμενο σημαντικό παράγοντα αποτελεί και η αντίληψη του σχεδιαστή του ενσωματωμένου συστήματος.

2.2 Αποσαφήνιση των ζητούμενων της εργασίας

Το κύριο ζητούμενο της παρούσας εργασίας θα προκύπτει απευθείας από τον τίτλο της, ο οποίος είναι ο έλεγχος μοτέρ servo και αισθητήρα κλίσης μέσω διαδικτύου. Ο τίτλος λοιπόν παρέχει διακριτά την έννοια του ελέγχου, του σερβοκινητήρα, του αισθητήρα και συγκεκριμένα αυτού που αντιλαμβάνεται την διαφορά κλίσεων και τέλος το διαδίκτυο. Επομένως αν αναλυθούν αυτά τα διακριτά μέρη ως προς την έννοια τους θα μπορέσει να αποδοθεί ήδη ένα αρχικό πλαίσιο ως προς το περιεχόμενο της παρούσας εργασίας. Καθαρά από ζήτημα απλοποίησης του συστήματος, όλα τα ανωτέρω μπορούν να υλοποιηθούν μέσω ενός ενσωματωμένου συστήματος με σχετική ευκολία και για αυτόν τον λόγο επιλέχθηκε αυτή ακριβώς η προσέγγιση για την υλοποίηση των ζητούμενων της παρούσας εργασίας.

Αρχικά η έννοια του ελέγχου. Ο έλεγχος ως έννοια έχει πολύ γενική εφαρμογή και μπορεί να εφαρμοστεί σε συστήματα τα οποία προέρχονται από όλους τους τομείς και πεδία της μηχανικής αλλά και της επιστήμης. Λαμβάνοντας όμως υπόψιν και τον υπόλοιπο τίτλο γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι ο έλεγχος της κατασκευής που ζητείται να αναπτυχθεί αφορά την μηχανική, τον κλάδο της ηλεκτρονικής και συγκεκριμένα το πεδίο των ενσωματωμένων. Επίσης, καθώς ο έλεγχος αυτός επιβάλλεται να πραγματοποιείται μέσω του διαδικτύου, συμπαιρένεται ότι ο έλεγχος αυτός θα προσδιορίζεται ουσιαστικά κατά την φύση του ως απομακρυσμένος. Αφού λοιπόν τελικά διακρίνονται ως μέρη ο σερβοκινητήρας ως κινηματικό στοιχείο, αλλά και ο αισθητήρας κλίσεως ως περιφερειακές συσκευές, ο έλεγχος περιορίζεται αποκλειστικά ως λειτουργία και ως συνάρτηση απευθείας μεταξύ των δύο, όπου προφανώς το ένα θα παρέχει κάποιο σήμα εισόδου στο σύστημα μικροελεγκτή και το άλλο θα ελέγχεται από ένα αντίστοιχο σήμα εξόδου του συστήματος μικροελεγκτή. Και έτσι ορίζεται το πλαίσιο λειτουργίας μέσα στο οποίο θα μπορεί να επιβάλλεται ο έλεγχος του συνολικού συστήματος.

Έπειτα διακρίνεται το μέρος το οποίο αναφέρεται στην ύπαρξη ενός σερβοκινητήρα. Γενικά η περιγραφή ενός σερβοκινητήρα αποδίδεται ως υλικό το οποίο είναι ένας ηλεκτροκινητήρας ο οποίος με την προσθήκη ενός αυτόνομου ελέγχου μπορεί να περιστρέφει τον άξονα του σε συγκεκριμένες θέσεις με υψηλή ακρίβεια σύμφωνα με τις απαιτήσεις οι οποίες έχουν τεθεί ως παράμετροι στο σύνολο του συστήματος. Καθώς είναι δεδομένο ότι το σύνολο της παρούσας εργασίας θα πραγματοποιηθεί ως ενσωματωμένο σύστημα αυτό σημαίνει πως ο σερβοκινητήρας θα αποτελεί περιφερειακή συσκευή του συστήματος μικροελεγκτή από το οποίο τελικά θα ελέγχεται ως προς την συνολική λειτουργία του.

Έπειτα διακρίνεται το μέρος το οποίο αναφέρεται στην ύπαρξη ενός αισθητήρα κλίσεως, ο οποίος ως λειτουργία θα του δοθεί ένα συγκεκριμένο σημείο αναφοράς και οι αποκλίσεις του από αυτό το σημείο θα προκαλούν την διαφορά κάποιου ηλεκτρικού μεγέθους, του οποίου η κατάλληλη συνάρτηση μεταφοράς θα ερμηνεύεται από τον έλεγχο γενικότερα ώστε να γίνεται αντιληπτό το φυσικό μέγεθος κατά το οποίο αντιστοιχείται. Όπως και με τον σερβοκινητήρα, αφού αποτελεί δεδομένο ότι ως συσκευή αποτελεί μέρος ενός ενσωματωμένου συστήματος, τότε ο αισθητήρας θα αποτελεί περιφερειακή συσκευή ενός συστήματος μικροελεγκτή.

Τελικά διακρίνεται το μέρος το οποίο αναφέρεται ως διαδίκτυο. Σε αντίθεση με τα δύο προηγούμενα μέρη, το συγκεκριμένο μέρος δεν αποτελεί φυσική οντότητα, γεγονός το οποίο σημαίνει πως δεν γίνεται λόγος για κάτι το υλικό αλλά για λογισμικό. Το συγκεκριμένο μέρος θα αποτελεί το μέσο το οποίο μέσω των πρωτόκολλων απομακρυσμένης επικοινωνίας το οποίο παρέχει καθιστά εφικτή την περίληψη στο σύνολο του ενσωματωμένου συστήματος της δυνατότητας του απομακρυσμένου ελέγχου. Συγκεκριμένα εννοείται πως ο απομακρυσμένος έλεγχος θα πραγματοποιείται από άνθρωπο ο οποίος μέσω μιας ιστοσελίδας, η οποία θα λειτουργεί ως γραφικό περιβάλλον διεπαφής, θα μπορεί να περιστρέφει τον άξονα του σέρβο κινητήρα.

2.3 Μονάδες μικροελεγκτών

Το κύριο μέρος του ενσωματωμένου συστήματος της παρούσας εργασίας βασίζεται σε ένα σύστημα μικροελεγκτή το οποίο διαχειρίζεται το σύνολο του συστήματος. Για να γίνει πιο σαφής η δομή της συγκεκριμένης μονάδας θα πρέπει να εξηγηθεί η λειτουργία της αυτόνομης μονάδας μικροελεγκτή η οποία συνήθως διατίθεται στην μορφή ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος (Integrated Circuit - IC). Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα ή αλλιώς μονολιθικό ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο αναφέρεται επίσης και ως τσιπ ή μικροτσιπ, προσδιορίζεται ως ένα σύνολο ηλεκτρονικών διατάξεων οι οποίες συνθέτουν ένα κύκλωμα σε ένα μικρό επίπεδο κομμάτι υλικού ημιαγωγού ο οποίος συνήθως είναι από υλικό πυριτίου. Συνήθως στην εσωτερική δομή τους ενσωματώνονται μεγάλα πλήθη σε αριθμό μικροσκοπικών ηλεκτρονικών στοιχείων τρανζίστορ πεδίου δράσης μετάλλου-οξειδίου-ημιαγωγού (Mono-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor - MOSFET) σε ένα μικρών διαστάσεων ηλεκτρονικό στοιχείο το οποίο έχει την ικανότητα να μπορεί να λειτουργήσει ως αυτόνομη συσκευή. Το ηλεκτρονικό στοιχείο αυτό μπορεί να περιλαμβάνει αριθμούς κυκλωμάτων τα οποία να εκτείνονται σε τάξεις μεγέθους μικρότερα από τις συμβατικές ανοιχτές διατάξεις ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, να είναι ταχύτερα και πιο οικονομικά σε σχέση με αυτά τα οποία κατασκευάζονται από διακριτά ηλεκτρονικά στοιχεία. Η δυνατότητα της μαζικής παραγωγής τους, η αξιοπιστία και η προσέγγιση του δομικού στοιχείου του ολοκληρωμένου κυκλώματος έχουν διασφαλίσει την ταχεία υιοθέτηση των τυποποιημένων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων στη θέση των σχεδίων που χρησιμοποιούν διακριτά μεμονωμένα ηλεκτρονικά στοιχεία τρανζίστορ. Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα χρησιμοποιούνται πλέον σχεδόν σε όλον τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό και έχουν φέρει επανάσταση στον κόσμο των ηλεκτρονικών συσκευών και κατασκευών. Οι κινητές συσκευές τηλεφωνίας, τα ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα, οι ηλεκτρονικές συσκευές αναπαραγωγής οπτικοακουστικών μέσων αλλά και άλλες οικιακές ηλεκτρονικές και ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες αποτελούν πλέον αναπόσπαστα μέρη της οικιακής δομής των σύγχρονων κοινωνιών τα οποία γίνονται εφικτά εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους αλλά και του χαμηλού κόστους των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων όπως ακριβώς είναι οι σύγχρονοι επεξεργαστές των ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων αλλά και των αυτόνομων μονάδων μικροελεγκτών. Η ενσωμάτωση ακόμη μεγαλύτερης κλίμακας προέκυψε πρακτική χάρη στις τεχνολογικές εξελίξεις στην κατασκευή συσκευών ημιαγωγών μετάλλου-οξειδίου-πυριτίου (Mono-Oxide Silicon - MOS) [14].

Από την αρχική τους ανάπτυξη στη δεκαετία του 1960 τα χαρακτηριστικά του μεγέθους, της ταχύτητας και της χωρητικότητας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων έχουν αυξηθεί πάρα πολύ λόγω της τεχνικής προόδου η οποία επιτρέπει την κατανομή σε όλο και περισσότερων τρανζίστορ μετάλλου οξειδίου πυριτίου σε συσκευές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων του ίδιου μεγέθους, για παράδειγμα πλέον μία σύγχρονη συσκευή ολοκληρωμένου κυκλώματος μπορεί να περιέχει αρκετά δισεκατομμύρια τρανζίστορ τύπου μετάλλου οξειδίου πυριτίου σε μία περιοχή η οποία περιορίζεται κατά προσέγγιση στο μέγεθος ενός ανθρώπινου νυχιού. Αυτές οι εξελίξεις οι οποίες επιβεβαιώνουν χονδρικά την πρόβλεψη που τέθηκε κατά τον νόμο του Moore, έχουν οδηγήσει τις συσκευές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων των ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων της σύγχρονης εποχής να διαθέτουν στην συνολική δομή τους εκατομμύρια φορές την χωρητικότητα και χιλιάδες φορές την ταχύτητα από τις συσκευές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων των ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων τα οποία ήταν διαθέσιμα κατά τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα έχουν δύο βασικά πλεονεκτήματα έναντι των διακριτών κυκλωμάτων σε ότι αφορά το κόστος και την απόδοση. Το χαρακτηριστικό πλεονέκτημα του κόστους προκύπτει χαμηλό σε σχέση με τα κυκλώματα διακριτών ηλεκτρονικών στοιχείων επειδή τα ολοκληρωμένα κυκλώματα, με όλα τα στοιχεία τους, τυπώνονται ως αυτόνομες μονάδες με την μέθοδο της φωτολιθογραφίας αντί να κατασκευάζονται με την εναπόθεση

του ενός τρανζίστορ μετά του άλλου. Επιπλέον, τα συσκευασμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα χρησιμοποιούν πολύ λιγότερο υλικό από τα διακριτά κυκλώματα. Η απόδοση τους προκύπτει υψηλή επειδή τα εξαρτήματα ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος έχουν την ικανότητα να αλλάζουν την κατάσταση τους σε πολύ υψηλότερες ταχύτητες, δηλαδή η απόκριση τους είναι πάρα πολύ υψηλή, ενώ παράλληλα καταναλώνουν σχετικά μικρή ισχύ λόγω του μικρού μεγέθους τους και της μεταξύ τους εγγύτητάς, μεταξύ άλλων. Από την άλλη το κύριο μειονέκτημα των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων είναι το υψηλό κόστος που παρουσιάζουν κατά το στάδιο σχεδιασμού τους και κατασκευής της απαιτούμενης φωτομάσκας για την παραγωγή τους. Αυτό το υψηλό αρχικό κόστος σημαίνει ότι τα ολοκληρωμένα κυκλώματα προκύπτουν εμπορικά βιώσιμα μόνο όταν αναμένονται υψηλοί όγκοι παραγωγής ή πιο συγκεκριμένα, όταν η σχέση ποσότητα παραγωγής προς περιθώριο κέρδους αποφέρει ως αποτέλεσμα οικονομική επιτυχία.

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα τον σχεδιασμό τους οι οποίες είναι σε αναλογικό, σε ψηφιακό και σε μικτό σήμα που αποτελούνται από αναλογική και ψηφιακή σηματοδότηση στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Τα ψηφιακά ολοκληρωμένα κυκλώματα μπορούν να περιέχουν δισεκατομμύρια ηλεκτρονικά κυκλώματα λογικών πυλών, flip-flops, πολυπλεκτών καθώς και άλλα διάφορα κυκλώματα σε επιφάνεια η οποία μετράει λίγα μόλις τετραγωνικά χιλιοστά. Το μικρό μέγεθος αυτών των κυκλωμάτων επιτρέπει υψηλή ταχύτητα, χαμηλή απαγωγή ισχύος και μειωμένο κόστος κατασκευής σε σύγκριση με την ενσωμάτωση διατάξεων σε συμβατική κλίμακα σε επίπεδο τυπωμένης πλακέτας. Αυτά τα ψηφιακά ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία συνήθως είναι μικροεπεξεργαστές, επεξεργαστές ψηφιακού σήματος (Digital Signal Processors – DSP) και μικροελεγκτές, κάνουν πρακτική εφαρμογή της άλγεβρας boolean για την επεξεργασία σημάτων δύο καταστάσεων τα οποία χαρακτηρίζονται ως μηδενικά και άσοι. Μεταξύ των πιο προηγμένων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων διακρίνονται οι μικροεπεξεργαστές ή πυρήνες οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε οικιακά ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα, συσκευές κινητής τηλεφωνίας καθώς και σε διάφορες άλλες ηλεκτρονικές και ηλεκτρικές οικιακές συσκευές. Διάφοροι διακριτοί πυρήνες κατασκευάζονται έτσι ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν όλοι μαζί σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να αυξήσουν την συνολική απόδοση του. Τα ψηφιακά ολοκληρωμένα κυκλώματα τύπου μνήμης και τα ολοκληρωμένα κυκλώματα για συγκεκριμένες εφαρμογές (Application Specific Integrated Circuits - ASIC) αποτελούν κάποια παραδείγματα οικογενειών των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Στη δεκαετία του 1980 αναπτύχθηκαν προγραμματιζόμενες λογικές συσκευές (Programmable Logic Devices - PLD) όπου οι συσκευές αυτές περιέχουν διατάξεις κυκλωμάτων των οποίων ο σχεδιασμός τους επιτρέπει την λογική λειτουργία και η μεταξύ τους συνδεσιμότητα επιτρέπει να προγραμματιστούν από τον χρήστη, αντί να τυπωθούν απλά από τον κατασκευαστή του ολοκληρωμένου κυκλώματος. Αυτού του είδους σχεδιασμός επιτρέπει σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα να προγραμματιστεί για να κάνει διάφορες λειτουργίες τύπου μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (Large Scale Integrations – LSI), όπως λογικές πύλες, αθροιστές και καταχωρητές. Η δυνατότητα προγραμματισμού παρέχεται σε διάφορες μορφές συσκευών οι οποίες για παράδειγμα μπορούν να προγραμματιστούν μόνο μία φορά, συσκευές οι οποίες μπορούν να διαγραφούν και στη συνέχεια να επαναπρογραμματιστούν με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας, συσκευές οι οποίες μπορούν να επαναπρογραμματιστούν με χρήση μνήμης flash και τέλος συσκευές οι οποίες είναι προγραμματιζόμενες στο πεδίο συστοιχίας πύλης (Field Programmable Gate Arrays - FPGA) οι οποίες έχουν την δυνατότητα να προγραμματιστούν σε οποιαδήποτε στιγμή, ακόμη και κατά την διάρκεια λειτουργίας τους. Οι συσκευές προγραμματιζόμενου πεδίου συστοιχίας πύλης που χρησιμοποιούνται σήμερα μπορούν να υλοποιούν το ισοδύναμο εκατομμυρίων πυλών και να λειτουργούν σε συχνότητες έως και 1 GHz [15].

Τα αναλογικά ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία συνθέτουν ηλεκτρονικές διατάξεις όπως είναι οι αισθητήρες, τα κυκλώματα διαχείρισης ισχύος και οι τελεστικοί ενισχυτές (Operational Amplifiers ή op-amps), είναι σχεδιασμένα να επεξεργάζονται συνεχή στον χρόνο ηλεκτρικά σήματα και εκτελούν αναλογικές λειτουργίες όπως η ενίσχυση, το ενεργό φιλτράρισμα, την αποδιαμόρφωση και μίξη. Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα μπορούν ακόμη και να συνδυάσουν αναλογικά και ψηφιακά κυκλώματα σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα με σκοπό την επεξεργασία και διαχείριση και αναλογικών αλλά και ψηφιακών σημάτων ώστε να δημιουργήσουν διατάξεις ικανές να εκτελέσουν λειτουργίες όπως μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό σήμα (Analog to Digital Converters - ADC) και μετατροπείς ψηφιακού σε αναλογικό σήμα (Digital to Analog Converters - DAC). Τέτοια κυκλώματα μικτού σήματος παρέχουν πλεονεκτήματα μικρότερου μεγέθους κατασκευής και χαμηλότερου κόστους αλλά είναι επιτακτικό κατά την διαδικασία του σχεδιασμού τους να λαμβάνεται υπόψη οι παρεμβολές σήματος. Πριν από τα τέλη της δεκαετίας του 1990 τα ραδιοφωνα δεν μπορούσαν να κατασκευαστούν με τις ίδιες χαμηλού κόστους διαδικασίες εφαρμογής συμπληρωματικού μετάλλου οξειδίου πυριτίου (Complementary Metal Oxide Silicon – CMOS) όπως οι μικροεπεξεργαστές, αλλά από το 1998 τα ολοκληρωμένα κυκλώματα ραδιοφώνου αναπτύχθηκαν τεχνολογικά χρησιμοποιώντας εφαρμογές τεχνολογίας RF CMOS, για παράδειγμα το ασύρματο τηλέφωνο DECT της Intel ή το ολοκληρωμένο κύκλωμα 802.11 για το πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας Wi-Fi τα οποία δημιουργήθηκαν από την εταιρεία Atheros και άλλες εταιρείες [16].

Οι σύγχρονοι διανομείς ηλεκτρονικών εξαρτημάτων συχνά υποκατηγοριοποιούν περαιτέρω τα ολοκληρωμένα κυκλώματα ως μέρος καλύτερης τακτικής ταξινόμησης τους. Τα ψηφιακά ολοκληρωμένα κυκλώματα κατηγοριοποιούνται ως λογικά ολοκληρωμένα κυκλώματα συσκευών, όπως είναι οι μικροεπεξεργαστές και οι μικροελεγκτές, τα ολοκληρωμένα κυκλώματα μνήμης όπως είναι η τεχνολογία μνήμης μετάλλου οξειδίου πυριτίου και η μνήμη μετακινούμενης πύλης, τα ολοκληρωμένα κυκλώματα διασύνδεσης, τα ολοκληρωμένα κυκλώματα διαχείρισης ενέργειας και προγραμματιζόμενες συσκευές. Τα αναλογικά ολοκληρωμένα κυκλώματα κατηγοριοποιούνται ως γραμμικά ολοκληρωμένα κυκλώματα και κυκλώματα ραδιοσυχνότητων. Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα μικτού σήματος κατηγοριοποιούνται ως ολοκληρωμένα κυκλώματα απόκτησης δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των μετατροπέων αναλογικού σε ψηφιακού σήματος, των μετατροπέων ψηφιακού σε αναλογικού σήματος και των ψηφιακών ποτενσιόμετρων), κυκλώματα ρολογιού/χρονισμού, κυκλωμάτων μεταγωγής πυκνωτών και κυκλωμάτων RF CMOS. Τα τρισδιάστατα ολοκληρωμένα κυκλώματα (3D IC) κατηγοριοποιούνται σε ολοκληρωμένα κυκλώματα μέσω πυριτίου μέσω (TSV) και σε ολοκληρωμένα κυκλώματα σύνδεσης Cu-Cu [17].

2.4 Υλικολογισμικό

Με τον όρο λογισμικό περιγράφεται το γενικό σύνολο προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος αλλά και σχετικής τεκμηρίωσης και δεδομένων το οποίο ως οντότητα παρέχει ουσιαστικά τις οδηγίες προς το υλικό ως προς την μορφή λειτουργίας του. Γενικότερα με τον όρο λογισμικό εννοείται μία ολόκληρη κατηγορία ενασχόλησης η οποία ερευνάται από τον χώρο της υπολογιστικής επιστήμης. Η ύπαρξη του πηγαιίνει ως ζεύγος με κάποιου τύπου υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το εκάστοτε σύστημα και το οποίο εκτελεί πραγματικά τον όγκο των διεργασιών. Το πλήρες σύνολο του λογισμικού στην βάση του διαμορφώνεται ως μία μορφή αλληλουχιών δυαδικού κώδικα ο οποίος έχει συγκεκριμένο μήκος το οποίο έχει οριστεί εξ' αρχής από τον σχεδιαστή του. Ο κώδικας αυτός αποκαλείται γλώσσα μηχανής. Επειδή όμως είναι πρακτικά δύσκολο να έναν μηχανικό να γράφει τον κώδικα απευθείας σε αυτήν την μορφή, έχει υιοθετηθεί η πρακτική να γίνεται χρήση μιας γλώσσας προγραμματισμού η οποία είναι ευκολότερο να γράφεται στο πλαίσιο ενός

κειμενογράφου και έπειτα με την βοήθεια βοηθητικών προγραμμάτων να μεταγλωττίζεται σε γλώσσα μηχανής. Στο χαμηλότερο επίπεδο προγραμματισμού, ο εκτελέσιμος κώδικας αποτελείται από οδηγίες γλώσσας μηχανής που υποστηρίζονται από έναν μεμονωμένο επεξεργαστή ο οποίος είναι συνήθως μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας ή μια μονάδα επεξεργασίας γραφικών. Η γλώσσα μηχανής αποτελείται από ομάδες δυαδικών τιμών οι οποίες δηλώνουν οδηγίες του επεξεργαστή οι οποίες αλλάζουν την κατάσταση του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος από την προηγούμενη κατάστασή του. Για παράδειγμα μια εντολή μπορεί να αλλάξει την τιμή η οποία είναι αποθηκευμένη σε μια συγκεκριμένη θέση μνήμης στο ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα, ένα αποτέλεσμα το οποίο δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμο από τον χρήστη του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος. Μια εντολή μπορεί επίσης να επικαλείται μία από τις πολλές λειτουργίες εισόδου ή εξόδου, για παράδειγμα την εμφάνιση κάποιου κειμένου σε μια οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος, προκαλώντας αλλαγές κατάστασης οι οποίες θα πρέπει να είναι ορατές στον χρήστη. Η κεντρική μονάδα επεξεργαστή εκτελεί τις εντολές με τη σειρά που της παρέχονται, εκτός και εάν έχει εντολή να μεταπηδήσει σε διαφορετική εντολή ή να διακοπεί ολοκληρωτικά από το λειτουργικό σύστημα. Από το 2015 τα περισσότερα οικιακά ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα, έξυπνες συσκευές κινητής τηλεφωνίας αλλά και διακομιστές διαδικτύου διαθέτουν μονάδες επεξεργαστών με πολλαπλές μονάδες εκτέλεσης ή πολλαπλούς επεξεργαστές στην μορφή πυρήνων μονάδων επεξεργαστών οι οποίες εκτελούν υπολογισμούς συνεργατικά και τα ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα έχουν εξελιχθεί σε πολύ πιο ταυτόχρονη δραστηριότητα από ό,τι ήταν στο παρελθόν. Η πλειοψηφία του λογισμικού είναι γραμμένο σε γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, οι οποίες είναι ευκολότερες και πιο αποτελεσματικές για τους προγραμματιστές επειδή είναι πιο κοντά σε φυσικές γλώσσες παρά σε γλώσσες μηχανής. Οι γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου μεταφράζονται σε γλώσσα μηχανής χρησιμοποιώντας έναν μεταγλωττιστή ή έναν διερμηνέα ή ακόμη και συνδυασμό των δύο. Το λογισμικό μπορεί επίσης να είναι γραμμένο και στην γλώσσα assembly η οποία είναι γλώσσα προγραμματισμού χαμηλού επιπέδου, η οποία έχει ισχυρή αντιστοιχία με τις οδηγίες της γλώσσας μηχανής του υπολογιστή και μεταφράζεται στη γλώσσα μηχανής χρησιμοποιώντας έναν συναρμολογητή [18][19].

Για το σύνολο της παρούσας εργασίας θα πρέπει να αναπτυχθεί μία ειδική κατηγορία λογισμικού η οποία έχει αναπτυχθεί ειδικά για τα συστήματα μικροελεγκτών ή τις αυτόνομες μονάδες μικροελεγκτών η οποία είναι γνωστή στον χώρο αυτών των υλικολογισμικών (firmware). Στα ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα το υλικολογισμικό γενικότερα είναι μια συγκεκριμένη κατηγορία λογισμικού υπολογιστή το οποίο μπορεί να παρέχει τον έλεγχο χαμηλού επιπέδου για το συγκεκριμένο υλικό μιας συσκευής. Το υλικολογισμικό όπως είναι για παράδειγμα το BIOS ενός οικιακού ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος μπορεί να περιέχει τις βασικές λειτουργίες μιας συσκευής και μπορεί να παρέχει υπηρεσίες άμεσης διαχείρισης του υλικού αφαιρώντας τον φόρτο διεργασίας του υλικού από λογισμικό υψηλότερου επιπέδου όπως είναι τα λειτουργικά συστήματα. Για λιγότερο σύνθετες ηλεκτρονικές συσκευές το υλικολογισμικό μπορεί να λειτουργεί ως το πλήρες λειτουργικό σύστημα της συσκευής εκτελώντας όλες τις λειτουργίες ελέγχου του, παρακολούθησης του και χειρισμού των δεδομένων του. Τυπικά παραδείγματα ηλεκτρονικών συσκευών οι οποίες περιέχουν στην μνήμη προγράμματος τους υλικολογισμικό είναι τα ενσωματωμένα συστήματα, οι οικιακές συσκευές προσωπικής χρήσης, τα ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα και οι περιφερειακές συσκευές των ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων. Το υλικολογισμικό διατηρείται σε μη πτητικές συσκευές μνήμης διαφόρων τύπων όπως ROM, EPROM, EEPROM και μνήμη Flash. Η ενημέρωση του υλικολογισμικού απαιτεί τη φυσική αντικατάσταση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων μνήμης ROM ή τον επαναπρογραμματισμό του ολοκληρωμένου κυκλώματος μνήμης EPROM ή της μνήμης flash μέσω ειδικής και συγκεκριμένης διαδικασίας η οποία ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του υλικού του κάθε

συστήματος όπως αυτό έχει σχεδιαστεί και αναπτυχθεί. Ορισμένες ηλεκτρονικές συσκευές μνήμης υλικολογισμικού είναι μόνιμα εγκατεστημένες και δεν μπορούν να αλλάξουν μετά την κατασκευή. Οι συνήθειες λόγοι για την ενημέρωση του υλικολογισμικού περιλαμβάνουν την διόρθωση διάφορων σφαλμάτων ή την προσθήκη λειτουργιών στην ηλεκτρονική συσκευή. Από ορισμένες απόψεις τα διάφορα στοιχεία υλικολογισμικού είναι εξίσου σημαντικά με το λειτουργικό σύστημα σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα το οποίο εκτελεί. Ωστόσο σε αντίθεση με τα περισσότερα σύγχρονα λειτουργικά συστήματα το υλικολογισμικό σπάνια έχει έναν καλά εξελιγμένο αυτόματο μηχανισμό ενημέρωσης για να διορθώσει τυχόν προβλήματα λειτουργικότητας που εντοπίστηκαν μετά την ολοκλήρωση κατασκευής της μονάδας. Το BIOS για παράδειγμα μπορεί να ενημερώνεται χειροκίνητα από έναν χρήστη μέσω ενός μικρού βοηθητικού προγράμματος. Αντίθετα, το υλικολογισμικό σε συσκευές μαζικής αποθήκευσης όπως οι μονάδες σκληρού δίσκου, μονάδες οπτικού δίσκου, αποθήκευση μνήμης flash και οι μονάδες στερεάς κατάστασης ενημερώνεται λιγότερο συχνά, ακόμη και όταν χρησιμοποιείται μονάδα αποθήκευσης μνήμης flash και όχι ROM ή EEPROM για το υλικολογισμικό. Οι περισσότερες περιφερειακές συσκευές ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων είναι τα ίδια ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα ειδικού σκοπού. Οι περιφερειακές συσκευές όπως οι εκτυπωτές, οι σαρωτές, οι κάμερες για χρήση διαδικτύου και οι μονάδες μνήμης flash USB έχουν εσωτερικά αποθηκευμένο υλικολογισμικό το οποίο παρέχει τις πολύ βασικές οδηγίες λειτουργίας του μόλις τροφοδοτηθεί η συσκευή. Ορισμένες ηλεκτρονικές συσκευές ενδέχεται επίσης να επιτρέπουν την αναβάθμιση πεδίου του υλικολογισμικού τους [20][21].

Η γλώσσα προγραμματισμού C είναι μια γλώσσα προγραμματισμού ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων γενικής χρήσης. Δημιουργήθηκε τη δεκαετία του 1970 από τον Dennis Ritchie και παραμένει ως η ευρέως χρησιμοποιούμενη και επιδραστική γλώσσα προγραμματισμού επιλογής από τους περισσότερους μηχανικούς ενσωματωμένων συστημάτων στον πλανήτη. Σχεδιαστικά τα χαρακτηριστικά της γλώσσας προγραμματισμού C αντικατοπτρίζουν καθαρά τις δυνατότητες των στοχευμένων μονάδων κεντρικής επεξεργασίας. Χρησιμοποιείται μόνιμα σε λειτουργικά συστήματα, προγράμματα οδήγησης συσκευών, στοιβες πρωτοκόλλων, ακόμη και για λογισμικό εφαρμογών. Η γλώσσα προγραμματισμού C χρησιμοποιείται συνήθως σε αρχιτεκτονικές ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων τα οποία κυμαίνονται από τα μεγαλύτερα σε δυνατότητες ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα έως τις μικρότερες αυτόνομες μονάδες μικροελεγκτών και ενσωματωμένα συστήματα. Σχεδιάστηκε ως ο διάδοχος της γλώσσας προγραμματισμού B. Η γλώσσα προγραμματισμού C αναπτύχθηκε αρχικά στα εργαστήρια Bell από τον Dennis Ritchie μεταξύ των χρονολογιών 1972 και 1973 με σκοπό την κατασκευή βοηθητικών προγραμμάτων τα οποία λειτουργούν σε λειτουργικά συστήματα Unix. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκε για την εκ νέου υλοποίηση του πυρήνα του λειτουργικού συστήματος Unix. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980 η γλώσσα προγραμματισμού C κέρδισε σταδιακά δημοτικότητα. Έχει γίνει μια από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες γλώσσες προγραμματισμού με μεταγλωττιστές γλώσσας προγραμματισμού C διαθέσιμους σχεδόν για όλες σχεδόν τις σύγχρονες αρχιτεκτονικές και λειτουργικά συστήματα υπολογιστών. Η γλώσσα προγραμματισμού C αποτελεί πρότυπο από το ANSI από το 1989 ως ANSI C και από τον Διεθνή Οργανισμό Προτύπων (ISO). Η γλώσσα προγραμματισμού C είναι μια επιτακτική διαδικαστική γλώσσα η οποία υποστηρίζει τον δομημένο προγραμματισμό ο οποίος αποτελεί διακριτή φιλοσοφία μεθόδου δόμησης ενός προγράμματος, εύρος λεξικών μεταβλητών και αναδρομή, με σύστημα στατικού τύπου. Σχεδιάστηκε για να μεταγλωττιστεί προκειμένου να παρέχει πρόσβαση χαμηλού επιπέδου στη μνήμη και τις γλωσσικές κατασκευές που αντιστοιχίζονται αποτελεσματικά σε οδηγίες μηχανής, όλα με ελάχιστη υποστήριξη χρόνου εκτέλεσης. Παρά τις χαμηλού επιπέδου δυνατότητες της η γλώσσα προγραμματισμού C σχεδιάστηκε για να ενθαρρύνει τον προγραμματισμό

πολλαπλών λογισμικών δομών. Ένα πρόγραμμα γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού C το οποίο είναι συμβατό με τα ορισμένα πρότυπα, γραμμένο με γνώμονα τη φορητότητα, μπορεί να μεταγλωττιστεί για μια μεγάλη ποικιλία λογισμικών δομών ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων και λειτουργικών συστημάτων με λίγες αλλαγές στον πηγαίο κώδικα. Από το έτος 2000 η γλώσσα προγραμματισμού C κατατάσσεται σταθερά μεταξύ των δύο κορυφαίων γλωσσών στον δείκτη TIOBE, ο οποίος αποτελεί ένα μέτρο ένδειξης της δημοτικότητας των γλωσσών προγραμματισμού [22][23].

2.5 Περιφερειακές συσκευές

Παρόλο που ο όρος περιφερειακές συσκευές είναι αρκετά γνωστός στην καθημερινότητα του ανθρώπου στην συγκεκριμένη περίπτωση κατά την οποία αναφέρεται συγκεκριμένα στα συστήματα μικροελεγκτών, οι περιφερειακές συσκευές έχουν τελείως διαφορετική μορφή και λειτουργία από τις συμβατικές περιφερειακές συσκευές οι οποίες υπάρχουν στο σύνολο ενός οικιακού ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος. Αυτό συμβαίνει γιατί η κάθε περιφερειακή συσκευή η οποία προορίζεται να λειτουργεί και να ελέγχεται από ένα σύστημα μικροελεγκτή με την πρόθεση να αποτελέσει μέρος ενός ενσωματωμένου συστήματος απαιτεί μία ελάχιστη προετοιμασία και το κατάλληλο τμήμα υλικολογισμικού το οποίο θα την διαχειρίζεται συγκεκριμένα για την εφαρμογή στην οποία πρόκειται να λειτουργήσει. Και με την σειρά του αυτό συμβαίνει γιατί οι περισσότερες περιφερειακές συσκευές είναι επί της ουσίας απλά κομμάτια υλικού χωρίς συγκεκριμένο τρόπο λειτουργίας τους, το οποίο σημαίνει πως δεν μπορεί να συνδεθεί απλά σε κάποια είσοδο του συστήματος μικροελεγκτή, να αναγνωριστεί από αυτό και να αρχίσει να λειτουργεί από μόνο του όπως συμβαίνει με τις περιφερειακές συσκευές ενός οικιακού ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος. Επομένως για τις περιφερειακές συσκευές οι οποίες πρόκειται να λειτουργήσουν και να ελεγχθούν από ένα σύστημα μικροελεγκτή πρέπει αρχής εξ αρχής να είναι γνωστό το πλαίσιο στο οποίο πρόκειται να λειτουργήσουν, τα χαρακτηριστικά του, είτε φυσικά, είτε ηλεκτρικά και το εύρος τους [24].

2.5.1 Αισθητήρια

Τα αισθητήρια μπορούν να περιγραφούν ως υλικά τα οποία αντιδρούν σε κάποια φυσικά μεγέθη ως συνάρτηση τους, όπως το φως και η θερμοκρασία, μεταβάλλοντας κάποιο συγκεκριμένο ηλεκτρικό χαρακτηριστικό τους μέγεθος. Περιοριζόμενοι κατά τον ευρύτερο τους ορισμό ένας αισθητήρας είναι μια συσκευή, μονάδα, μηχανή ή υποσύστημα το οποίο μπορεί να ανιχνεύει γεγονότα ή αλλαγές στο περιβάλλον του και να στέλνει σε μορφή ηλεκτρικής πληροφορίας σε άλλα ηλεκτρονικά συστήματα ή διατάξεις, συχνά σε μία κεντρική μονάδα επεξεργασίας ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος. Οι ηλεκτρονικές συσκευές αισθητήρων χρησιμοποιούνται πάντα σε συνδυασμό άλλων ηλεκτρονικών στοιχείων. Οι ηλεκτρονικές συσκευές αισθητήρων χρησιμοποιούνται σε καθημερινά αντικείμενα, όπως είναι τα κουμπιά ενός ανελκυστήρα και λαμπτήρων οι οποίοι χαμηλώνουν ή φωτίζονται αγγίζοντας το κουμπί τα οποία αντιδρούν απευθείας στην ανθρώπινη επαφή ως αισθητήρας αφής ο οποίος δεν διαθέτει μηχανικά μέρη αλλά και σε αναρίθμητες εφαρμογές τις οποίες οι περισσότεροι άνθρωποι δεν γνωρίζουν ποτέ. Με την πρόοδο στον κλάδο της μικρομηχανικής και τις εύχρηστες πλατφόρμες συστημάτων μικροελεγκτών οι χρήσεις των αισθητήρων έχουν επεκταθεί πέρα από τα παραδοσιακά πεδία της μέτρησης θερμοκρασίας, πίεσης και ροής υγρών, όπως για παράδειγμα σε αισθητήρες MARG. Οι αναλογικοί αισθητήρες όπως τα ποτενσιόμετρα και οι αντιστάσεις ανίχνευσης δύναμης εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ευρέως. Οι εφαρμογές τους περιλαμβάνουν την κατασκευή και τα μηχανήματα, τα αεροπλάνα και την αεροδιαστημική, τα αυτοκίνητα, την ιατρική, τη ρομποτική και πολλές άλλες πτυχές της καθημερινής μας ζωής. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα άλλων αισθητήρων που μετρούν τις χημικές και φυσικές ιδιότητες των υλικών, συμπεριλαμβανομένων των οπτικών αισθητήρων για τη

μέτρηση του δείκτη διάθλασης, των αισθητήρων δόνησης για τη μέτρηση του ιξώδους του υγρού και των ηλεκτροχημικών αισθητήρων για την παρακολούθηση του pH των υγρών. Η ευαισθησία ενός αισθητήρα υποδεικνύει πόσο αλλάζει η έξοδός του όταν αλλάζει η ποσότητα εισόδου που μετρά. Για παράδειγμα, εάν ο υδράργυρος σε ένα θερμόμετρο κινείται 1 cm όταν η θερμοκρασία αλλάζει κατά 1 °C, η ευαισθησία του είναι 1 cm/°C (βασικά είναι η κλίση dy/dx υποθέτοντας ένα γραμμικό χαρακτηριστικό). Μερικοί αισθητήρες μπορούν επίσης να επηρεάσουν αυτό που μετρούν. Για παράδειγμα, ένα θερμόμετρο θερμοκρασίας δωματίου που εισάγεται σε ένα ζεστό φλιτζάνι υγρού ψύχει το υγρό ενώ το υγρό θερμαίνει το θερμόμετρο. Οι αισθητήρες συνήθως σχεδιάζονται για να έχουν μικρή επίδραση σε αυτό που μετρείται. Το να κάνετε τον αισθητήρα μικρότερο συχνά το βελτιώνει και μπορεί να εισάγει άλλα πλεονεκτήματα. Η τεχνολογική πρόοδος επιτρέπει την κατασκευή ολοένα και περισσότερων αισθητήρων σε μικροσκοπική κλίμακα ως μικροαισθητήρες χρησιμοποιώντας την τεχνολογία MEMS. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένας μικροαισθητήρας επιτυγχάνει σημαντικά ταχύτερο χρόνο μέτρησης και υψηλότερη ευαισθησία σε σύγκριση με τις μακροσκοπικές προσεγγίσεις. Λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για γρήγορες, οικονομικά προσιτές και αξιόπιστες πληροφορίες στον σημερινό κόσμο, οι αισθητήρες μιας χρήσης—χαμηλού κόστους και εύχρηστες συσκευές για βραχυπρόθεσμη παρακολούθηση ή μετρήσεις με μία λήψη—έχουν αποκτήσει πρόσφατα αυξανόμενη σημασία. Χρησιμοποιώντας αυτήν την κατηγορία αισθητήρων, κρίσιμες αναλυτικές πληροφορίες μπορούν να ληφθούν από οποιονδήποτε, οπουδήποτε και ανά πάσα στιγμή, χωρίς να χρειάζεται κάποια μορφή επαναβαθμονόμησης και να ανησυχείτε για μόλυνση [25].

2.5.2 Κινηματικά στοιχεία

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλες οι περιφερειακές συσκευές οι οποίες παρέχουν την δυνατότητα σε ένα σύστημα μικροελεγκτή να αλληλοεπιδράσει με κάποιον τρόπο με το τριγύρω περιβάλλον του. Η συντριπτική τους πλειοψηφία εκτελεί την λειτουργία του κάνοντας χρήση του ηλεκτροκινητήρα. Ο ηλεκτροκινητήρας είναι μια ηλεκτρική μηχανή που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Οι περισσότεροι ηλεκτρικοί κινητήρες λειτουργούν μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ του μαγνητικού πεδίου του κινητήρα και του ηλεκτρικού ρεύματος σε μια περιέλιξη σύρματος για να δημιουργήσουν δύναμη με τη μορφή ροπής που εφαρμόζεται στον άξονα του κινητήρα. Μια ηλεκτρική γεννήτρια είναι μηχανικά πανομοιότυπη με έναν ηλεκτρικό κινητήρα αλλά λειτουργεί με αντίστροφη ροή ισχύος μετατρέποντας τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες μπορούν να τροφοδοτούνται από πηγές συνεχούς ρεύματος (DC), όπως από μπαταρίες ή ανορθωτές, ή από πηγές εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), όπως από το ηλεκτρικό δίκτυο, μετατροπείς ή ηλεκτρικές γεννήτριες. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες μπορούν να ταξινομηθούν βάσει εκτιμήσεων όπως ο τύπος της πηγής ισχύος, η κατασκευή, η εφαρμογή και ο τύπος απόδοσης κίνησης. Μπορούν να τροφοδοτούνται από AC ή DC, να είναι εξοπλισμένοι με απαγωγείς θερμότητας τύπου χτένας ή χωρίς απαγωγείς θερμότητας, μονοφασικοί, διφασικοί ή τριφασικοί, αξονικοί ή ακτινικοί και μπορεί να είναι αερόψυκτοι ή υδρόψυκτοι. Οι τυποποιημένοι κινητήρες παρέχουν αρκετή μηχανική ισχύ ώστε να αποδίδουν για βιομηχανική χρήση. Οι μεγαλύτεροι ηλεκτροκινητήρες χρησιμοποιούνται για εφαρμογές πρόωσης πλοίων, συμπίεσης αγωγών και αντλίας αποθήκευσης με ισχύ άνω των 100 μεγαβάτ. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν βιομηχανικούς ανεμιστήρες, φυσητήρες και αντλίες, εργαλειομηχανές, οικιακές συσκευές, ηλεκτρικά εργαλεία, οχήματα και μονάδες δίσκου. Μικροί ηλεκτροκινητήρες μπορούν να βρεθούν σε ηλεκτρικά ρολόγια. Σε ορισμένες εφαρμογές, όπως στην αναγεννητική πέδηση με κινητήρες έλξης, οι ηλεκτροκινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντίστροφα ως γεννήτριες για την ανάκτηση ενέργειας που διαφορετικά θα μπορούσε να χαθεί ως θερμότητα και τριβή. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες παράγουν γραμμική ή περιστροφική δύναμη (ροπή) που προορίζεται να προωθήσει κάποιον εξωτερικό μηχανισμό, όπως έναν ανεμιστήρα ή έναν ανελκυστήρα. Ένας ηλεκτροκινητήρας είναι

γενικά σχεδιασμένος για συνεχή περιστροφή ή για γραμμική κίνηση σε σημαντική απόσταση σε σύγκριση με το μέγεθός του. Οι μαγνητικές ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες είναι επίσης μορφομετατροπείς οι οποίοι μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική κίνηση, αλλά μπορούν να παράγουν κίνηση μόνο σε περιορισμένη απόσταση.

Ένας σερβοκινητήρας είναι ένας περιστροφικός ενεργοποιητής ή γραμμικός ενεργοποιητής ο οποίος επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο της γωνιακής ή γραμμικής θέσης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Αποτελείται από έναν κατάλληλο κινητήρα συνδεδεμένο με έναν αισθητήρα για ανάδραση θέσης. Απαιτεί επίσης έναν σχετικά εξελιγμένο ελεγκτή, συχνά μια ειδική μονάδα που έχει σχεδιαστεί ειδικά για χρήση με σερβοκινητήρες. Οι σερβοκινητήρες δεν είναι μια συγκεκριμένη κατηγορία κινητήρα, αν και ο όρος σερβοκινητήρας χρησιμοποιείται συχνά για να αναφέρεται σε έναν κινητήρα κατάλληλο για χρήση σε ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου. Οι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως η ρομποτική, τα μηχανήματα CNC και η αυτοματοποιημένη κατασκευή [26][27].

2.6 Πρωτόκολλα επικοινωνιών

Όταν προκύπτει η αναγκαιότητα ανταλλαγής δεδομένων και οδηγιών μεταξύ διάφορων μονάδων ενός συστήματος είναι απαραίτητη η εξασφάλιση της ίδιας γλώσσας επικοινωνίας μεταξύ των μονάδων ώστε να υπάρχει σαφής κατανόηση ως προς το πώς θα πρέπει να λειτουργούν μεταξύ τους. Η γλώσσα αυτή αποτελεί το εκάστοτε πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο είναι κοινό σε όλες τις μονάδες ενός συστήματος. Ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας είναι ένα σύστημα κανόνων που επιτρέπει σε δύο ή περισσότερες οντότητες ενός συστήματος επικοινωνιών να μεταδίδουν πληροφορίες μέσω οποιουδήποτε είδους παραλλαγής μιας φυσικής ποσότητας. Το πρωτόκολλο ορίζει τους κανόνες, τη σύνταξη, τη σημασιολογία και τον συγχρονισμό της επικοινωνίας και πιθανές μεθόδους ανάκτησης σφαλμάτων. Τα πρωτόκολλα μπορούν να υλοποιηθούν από υλικό, λογισμικό ή συνδυασμό και των δύο. Τα συστήματα επικοινωνίας χρησιμοποιούν καλά καθορισμένες μορφές για την ανταλλαγή διαφόρων μηνυμάτων. Κάθε μήνυμα έχει ένα ακριβές νόημα το οποίο προορίζεται να προκαλέσει μια απάντηση από μια σειρά πιθανών απαντήσεων οι οποίες έχουν προκαθοριστεί από τον σχεδιασμό του για τη συγκεκριμένη κατάσταση. Η προκαθορισμένη αυτή συμπεριφορά είναι συνήθως ανεξάρτητη από τον τρόπο κατά τον οποίο πρόκειται να εφαρμοστεί. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας πρέπει να συμφωνηθούν από τα εμπλεκόμενα μέρη και για να επιτευχθεί αυτή η συμφωνία ένα πρωτόκολλο μπορεί και συνιστάται να αναπτυχθεί σε κάποιο τεχνικό πρότυπο. Μια γλώσσα προγραμματισμού περιγράφει με την ίδια μεθοδολογία την διαδικασία για τους υπολογισμούς τους οποίους καλείται να εκτελέσει, επομένως υπάρχει μια στενή αναλογία μεταξύ των πρωτοκόλλων επικοινωνίας και των γλωσσών προγραμματισμού, δηλαδή τα πρωτόκολλα επικοινωνιών είναι για την επικοινωνία ό,τι οι γλώσσες προγραμματισμού για τους υπολογισμούς. Μια εναλλακτική διατύπωση δηλώνει ότι τα πρωτόκολλα επικοινωνιών είναι για την επικοινωνία ότι είναι οι αλγόριθμοι για τον υπολογισμό. Τα πολλαπλά πρωτόκολλα επικοινωνιών συχνά περιγράφουν διαφορετικές πτυχές μιας ενιαίας επικοινωνίας. Μια ομάδα πρωτοκόλλων επικοινωνιών τα οποία έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να συνεργάζονται μεταξύ τους είναι γνωστή και ως συλλογή πρωτοκόλλων επικοινωνιών τα οποία όταν υλοποιούνται σε λογισμικό αποτελούν μία στοίβα πρωτοκόλλου επικοινωνιών. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας του διαδικτύου δημοσιεύονται από την Ομάδα Εργασίας Μηχανικής Διαδικτύου (IETF). Το IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) χειρίζεται ενσύρματα και ασύρματα δίκτυα και ο Διεθνής Οργανισμός Προτύπων (ISO) χειρίζεται άλλους τύπους. Το ITU-T χειρίζεται πρωτόκολλα τηλεπικοινωνιών και μορφές για το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής (PSTN). Καθώς το PSTN και το Διαδίκτυο συγκλίνουν, τα πρότυπα οδηγούνται επίσης προς τη σύγκλιση. Επίσης το σήμα ως έννοια ορίζεται ως μία συνεχή στον χρόνο ηλεκτρική δραστηριότητα η οποία μπορεί να μεταφέρει μέσω

μοτίβων των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών της πληροφορία και μπορεί να διακρίνεται είτε σε αναλογικό σήμα, είτε σε ψηφιακό σήμα στην φύση του ενώ μπορεί να μεταδίδεται είτε με ενσύρματα, είτε με ασύρματα μέσα και μεθόδους [28].

2.6.1 Ασύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας

Όταν ο σχεδιασμός του συστήματος περιλαμβάνει ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ των μονάδων του χωρίς απαραίτητα να απαιτείται η χρήση της μεταξύ τους καλωδίωσης τότε η μέθοδος επικοινωνίας θα πραγματοποιείται με ασύρματα μέσα. Με τον όρο ασύρματη επικοινωνία ή απλώς ασύρματη όταν το επιτρέπει το πλαίσιο όταν εξυπακούεται εννοείται η μεταφορά πληροφοριών μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων χωρίς τη χρήση κάποιου ηλεκτρικού αγωγού, οπτικής ίνας ή άλλου υλικού συνεχούς κατευθυνόμενου μέσου για την μεταφορά δεδομένων και πληροφοριών. Οι πιο κοινές μέθοδοι ασύρματων τεχνολογιών πραγματοποιούνται με την χρήση ραδιοκυμάτων. Με τα ραδιοκύματα οι προβλεπόμενες αποστάσεις ικανοποιητικής επικοινωνίας μπορεί να προκύπτουν περιορισμένης απόστασης, μόλις μερικά μέτρα όπως για παράδειγμα για το πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας Bluetooth ή έως και εκατομμύρια χιλιόμετρα για ραδιοεπικοινωνίες στα βάθη του διαστήματος. Περιλαμβάνει διάφορους τύπους σταθερών, κινητών και φορητών εφαρμογών, όπως αμφίδρομη ραδιοφωνία, συσκευές κινητής τηλεφωνίας, προσωπικούς ψηφιακούς βοηθούς (PDA) και ασύρματη δικτύωση μεταξύ ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων και άλλων ηλεκτρονικών συσκευών. Άλλα παραδείγματα εφαρμογών της ασύρματης τεχνολογίας ραδιοφώνου περιλαμβάνουν αυτόνομες μονάδες GPS, τηλεχειριστήρια θυρών γκαράζ, τα ασύρματα ποντίκια, πληκτρολόγια και ακουστικά ως περιφερειακές συσκευές των ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων, ακουστικά, ραδιοφωνικούς δέκτες, δορυφορική τηλεόραση, τηλεόραση εκπομπής και ασύρματα τηλέφωνα. Κάπως λιγότερο κοινές μέθοδοι για την επίτευξη ασύρματων επικοινωνιών περιλαμβάνουν άλλα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα, όπως είναι το φως και τα μαγνητικά ή τα ηλεκτρικά πεδία ή τη χρήση ήχου. Ο όρος ασύρματη έχει χρησιμοποιηθεί δύο φορές στην ιστορία των επικοινωνιών, με ελαφρώς διαφορετική σημασία. Χρησιμοποιήθηκε αρχικά από το 1890 περίπου για την πρώτη τεχνολογία εκπομπής και λήψης ραδιοφώνου, όπως στην ασύρματη τηλεγραφία, έως ότου η νέα λέξη ραδιόφωνο το αντικατέστησε γύρω στο 1920. Οι ραδιοφωνικές συσκευές στο ΗΒ και στον αγγλόφωνο κόσμο οι οποίες δεν ήταν φορητές συνέχισαν να αναφέρονται ως ασύρματη σύνδεση στη δεκαετία του 1960. Ο όρος ασύρματη αναβίωσε τις δεκαετίες του 1980 και του 1990 κυρίως για να διακρίνει τις ψηφιακές συσκευές οι οποίες επικοινωνούν χωρίς την χρήση και εφαρμογή καλωδίων όπως ακριβώς τα ανάλογα παραδείγματα τα οποία αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο, από εκείνες οι οποίες απαιτούν καλώδια. Αυτό έγινε η κύρια χρήση του στη δεκαετία του 2000 λόγω της εμφάνισης τεχνολογιών όπως η ευρυζωνική σύνδεση για συσκευές κινητής τηλεφωνίας, το Wi-Fi και το Bluetooth. Οι ασύρματες λειτουργίες επιτρέπουν υπηρεσίες όπως είναι οι κινητές και οι διαπλανητικές επικοινωνίες οι οποίες είναι αδύνατο ή μη πρακτικό να εφαρμοστούν με τη χρήση καλωδίων. Ο όρος χρησιμοποιείται συνήθως στη βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών για να αναφέρεται σε συστήματα τηλεπικοινωνιών όπως για παράδειγμα οι πομποί και οι δέκτες ραδιοφώνου, τα τηλεχειριστήρια και άλλα τα οποία χρησιμοποιούν κάποια μορφή ενέργειας. Οι πληροφορίες μεταφέρονται με αυτόν τον ασύρματο τρόπο τόσο σε μικρές όσο και σε μεγάλες αποστάσεις [29].

2.6.2 Ενσύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας

Αντίστοιχα με τα ασύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας, όταν ο σχεδιασμός του συστήματος περιλαμβάνει ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ των μονάδων του στο οποίο προκύπτει απαραίτητα να απαιτείται η χρήση της μεταξύ τους καλωδίωσης. Ο όρος ενσύρματη επικοινωνία αναφέρεται στη

μετάδοση δεδομένων μέσω μιας ενσύρματης τεχνολογίας επικοινωνίας η οποία απαιτεί για την πραγματοποίηση της κάποιο ενσύρματο μέσο όπως χάλκινους αγωγούς ή οπτικές ίνες. Παραδείγματα περιλαμβάνουν τα τηλεφωνικά δίκτυα, την καλωδιακή τηλεόραση ή την πρόσβαση στο διαδίκτυο και την επικοινωνία με οπτικές ίνες. Τα περισσότερα ενσύρματα δίκτυα χρησιμοποιούν ειδικά σχεδιασμένα καλώδια για το ενσύρματο πρωτόκολλο επικοινωνίας Ethernet για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ συνδεδεμένων ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων. Επίσης ο κυματοδηγός ή ηλεκτρομαγνητισμός ο οποίος χρησιμοποιείται για εφαρμογές υψηλής ισχύος θεωρείται ενσύρματη γραμμή. Τα τοπικά τηλεφωνικά δίκτυα αποτελούν συχνά τη βάση για ενσύρματες επικοινωνίες και χρησιμοποιούνται τόσο από οικιακούς όσο και από επαγγελματίες πελάτες στην περιοχή για την οποία διατίθεται. Πολλά δίκτυα σήμερα βασίζονται στη χρήση της τεχνολογίας επικοινωνίας οπτικών ινών ως μέσο παροχής σαφούς σηματοδότησης τόσο για εισερχόμενες όσο και για εξερχόμενες μεταδόσεις και αντικαθιστούν τη μετάδοση η οποία πραγματοποιείται με καλώδια χαλκού. Η τεχνολογία οπτικών ινών είναι ικανή να διαχειρίζεται πολύ περισσότερα σήματα από την καλωδίωση υλικού χαλκού, ενώ διατηρεί την ακεραιότητα του σήματος σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις. Εναλλακτικά οι τεχνολογίες επικοινωνίας οι οποίες δεν βασίζονται σε καλώδια για τη μετάδοση πληροφοριών, είτε φωνή, είτε δεδομένα, θεωρούνται ασύρματες και γενικά θεωρούνται ότι έχουν υψηλότερη καθυστέρηση και χαμηλότερη αξιοπιστία. Αν δεν υπήρχαν πραγματικές φυσικού υλικού ενσύρματες επικοινωνίες σήμερα, δεν θα υπήρχαν και πραγματικού χρόνου συστήματα και δεν θα υπήρχαν οι συσκευές κινητής τηλεφωνίας. Οι δορυφορικές επικοινωνίες θα ήταν η μόνη τρέχουσα τεχνολογία η οποία θα θεωρούνταν ασύρματη. Γενικότερα οι ενσύρματες επικοινωνίες θεωρούνται οι πιο σταθερές από όλους τους τύπους υπηρεσιών επικοινωνιών. Είναι σχετικά αδιαπέραστα και ανεπηρέαστα ως προς αντίξοες καιρικές συνθήκες σε σύγκριση με τις λύσεις ασύρματης επικοινωνίας. Αυτά τα χαρακτηριστικά επέτρεψαν στις ενσύρματες επικοινωνίες ως μέθοδοι να παραμείνουν δημοφιλείς ακόμα και όταν οι ασύρματες λύσεις συνέχισαν να εξελίσσονται σε σημείο που τα προφανή πλεονεκτήματα τους υπερτερούν έναντι των ενσύρματων εφαρμογών.

Στον χώρο των ενσωματωμένων συστημάτων τα πρωτόκολλα ενσύρματων επικοινωνιών αποτελούν σημαντικό λειτουργικό παράγοντα για την επικοινωνία του αυτόνομου συστήματος μικροελεγκτή με τις περιφερειακές συσκευές του με τις οποίες σχηματίζει ένα σύστημα μικροελεγκτή, όπως είναι η διατάξεις μνήμης, οι μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό σήμα και οι μονάδες εισόδων/εξόδων. Τα πρωτόκολλα ενσύρματων επικοινωνιών πρέπει να πληρούν έναν συνδυασμό προϋποθέσεων για την ορθή λειτουργία τους όπως από άποψη υλικού θα πρέπει να υπάρχει η ανάλογη κατασκευή και από άποψη λογισμικού να διεκπεραιώνεται σωστή εκτέλεση ενεργειών. Τα πρωτόκολλα ενσύρματων επικοινωνιών διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, αυτές της παράλληλης σύνδεσης και της σειριακής σύνδεσης στις οποίες μπορεί το πρωτόκολλο να μεταδίδει τα δεδομένα είτε ταυτόχρονα σε όγκο είτε τμηματικά αντίστοιχα. Στα κατά παραλληλία συστήματα ενσύρματης επικοινωνίας το κύριο πλεονέκτημα είναι η μεγάλη σε όγκο μετάδοση δεδομένων σε ελάχιστο χρόνο όμως κοστίζει περισσότερο η κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος ενώ στα σειριακά συστήματα μετάδοσης δεδομένων τα δεδομένα χρειάζονται περισσότερο χρόνο για την μετάδοση τους αλλά προκύπτουν οικονομικότερα από άποψη κατασκευής τους. Για τον λόγο αυτόν προτιμάται η χρήση σειριακών πρωτοκόλλων επικοινωνίας στα ενσωματωμένα συστήματα καθώς κατά κανόνα είναι οικονομικά στην κατασκευή και ανάπτυξη τους συστήματα, καθώς και η εγγύτητα των διατάξεων και συσκευών είναι τόσο μικρή που για λόγους πρακτικότητας προκύπτουν ακόμη καλύτερη επιλογή. Τυπικά παραδείγματα πρωτοκόλλων ενσύρματης επικοινωνίας σε ένα ενσύρματο ενσωματωμένο σύστημα είναι τα UART, SPI, I2C και CAN [30].

2.7 Ιστοσελίδες

Οι ιστοσελίδες ή ιστότοποι είναι στην σύγχρονη εποχή η πιο γνωστή έννοια προς τον μέσο χρήστη του διαδικτύου Ένας ιστότοπος είναι μια συλλογή ιστοσελίδων και σχετικού περιεχομένου το οποίο προσδιορίζεται από ένα κοινό όνομα τομέα και δημοσιεύεται σε τουλάχιστον έναν διακομιστή ιστού. Παραδείγματα αξιοσημείωτων ιστότοπων είναι το Google, το Facebook, το Amazon και η Wikipedia. Όλοι οι ιστότοποι οι οποίοι είναι προσβάσιμοι από το κοινό αποτελούν συλλογικά τον Παγκόσμιο Ιστό ή αλλιώς διαδίκτυο. Υπάρχουν επίσης ιδιωτικοί ιστότοποι στους οποίους είναι δυνατή η πρόσβαση μόνο μέσω ιδιωτικού δικτύου, όπως είναι για παράδειγμα ο εσωτερικός ιστότοπος μιας εταιρείας για τους υπαλλήλους της. Οι ιστότοποι είναι συνήθως αφιερωμένοι σε ένα συγκεκριμένο θέμα ή σκοπό, όπως οι ειδήσεις, η εκπαίδευση, το εμπόριο, η ψυχαγωγία ή η κοινωνική δικτύωση. Η υπερσύνδεση μεταξύ ιστοσελίδων καθοδηγεί την εσωτερική δομή και πλοήγηση στο σύνολο του ιστότοπου, η οποία συχνά ξεκινά με μια αρχική κεντρική σελίδα. Οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε διάφορους ιστότοπους μέσα από μια ποικιλία συσκευών, όπως είναι τα επιτραπέζια οικιακά ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα, τα φορητά ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα, τα tablet και οι έξυπνες ηλεκτρονικές συσκευές κινητής τηλεφωνίας. Η εφαρμογή η οποία χρησιμοποιείται σε αυτές τις συσκευές ώστε να παρέχεται η δυνατότητα εμφάνισης και πλοήγησης στο περιεχόμενο αυτών των ιστότοπων ονομάζεται πρόγραμμα περιήγησης ιστού ή πρόγραμμα περιήγησης διαδικτύου. Αρχικά η εταιρεία ανάπτυξης λογισμικού Microsoft είχε καταφέρει μάλιστα να επιτύχει μονοπώλιο στην παροχή προγράμματος περιήγησης διαδικτύου, συγκεκριμένα του Internet explorer, μαζί με το λειτουργικό σύστημα των Windows, το οποίο κατάφερε να το διατηρήσει για αρκετές εκδόσεις του λειτουργικού συστήματος κάνοντας το συγκεκριμένο πρόγραμμα περιήγησης διαδικτύου να παραμείνει το επικρατέστερο πρόγραμμα περιήγησης διαδικτύου για περισσότερο από μία δεκαετία. Έπειτα αυτόνομα προγράμματα περιήγησης διαδικτύου άρχισαν να εμφανίζονται και να γίνονται δημοφιλή μεταξύ των χρηστών του διαδικτύου όπως το Mozilla της Firefox, το Opera και το Google Chrome.

Παρόλο που στο ευρύτερο κοινό των χρηστών του διαδικτύου στον κόσμο χρησιμοποιεί τους όρους ιστοσελίδα και ιστότοπος εννοώντας το όνομα ενός συγκεκριμένου χώρου στο διαδίκτυο, έμπρακτα είναι δύο διαφορετικές έννοιες οι οποίες περιγράφουν δύο οντότητες του διαδικτύου οι οποίες είναι σε σχέση μεταξύ τους. Συγκεκριμένα με τον όρο ιστοσελίδα περιγράφεται μόνο το “φύλλο” ή “σελίδα” το οποίο είναι συνήθως ενεργό στην επιφάνεια της οθόνης του κάθε χρήστη του διαδικτύου και του οποίου έχει πρόσβαση στις πληροφορίες του εκείνη την στιγμή. Εάν μία ιστοσελίδα καταλαμβάνει χώρο στο διαδίκτυο και αποτελεί ταυτοχρόνως τομέα του, τότε η ιστοσελίδα αυτή αποτελεί και ιστότοπο στο διαδίκτυο. Όμως ένας ιστότοπος μπορεί να αποτελείται από ένα σύνολο ιστοσελίδων οι οποίες είναι μεταξύ τους διασυνδεδεμένες μέσω ενός διαδικτυακού εργαλείου το οποίο ονομάζεται υπερσύνδεση, με το οποίο ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε αυτές απλά ενεργοποιώντας το με το ποντίκι του. Στην περίπτωση που ένας ιστότοπος αποτελείται από έναν αριθμό ιστοσελίδων μεγαλύτερο του ένα, τότε ο ιστότοπος συνήθως σχεδιάζεται έτσι ώστε να έχει μία προκαθορισμένη κύρια ή “αρχική” σελίδα η οποία παρέχει με έναν διακριτό οπτικό σχεδιασμό στο γραφικό της περιβάλλον ένα σύνολο επιλογών ή “μενού” έτσι ώστε να μπορεί ο χρήστης της να έχει πρόσβαση στο σύνολο των ιστοσελίδων του ιστότοπου.

2.8 Επίλογος

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί ουσιαστικά την θεωρητική μελέτη του συνόλου της παρούσας εργασίας η οποία πλαισιώνει το θεωρητικό περιεχόμενο κατά το οποίο θα αναπτυχθεί το πλήρες περιεχόμενο της από άποψη κατασκευής.

Σημαντικό βήμα αποτελεί η αποσαφήνιση των μερών τα οποία συνθέτουν το συνολικό σύστημα της παρούσας εργασίας ως οντότητα. Τα μέρη αυτά είναι οι αυτόνομες μονάδες μικροελεγκτών και τα συστήματα μικροελεγκτών, το υλικολογισμικό, οι περιφερειακές συσκευές συστημάτων μικροελεγκτών, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και το διαδίκτυο.

Οι αυτόνομες μονάδες μικροελεγκτών κατασκευάζονται σε μορφή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων έτσι ώστε στο σύνολο τους να μπορούν να λαμβάνονται υπόψιν ως ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα περιορισμένων πόρων και δυνατοτήτων. Σχεδιάστηκαν με σκοπό να εφαρμόζονται σε ενσωματωμένα συστήματα.

Τα συστήματα μικροελεγκτών αφορούν την τοποθέτηση μίας αυτόνομης μονάδας μικροελεγκτή σε τυπωμένη πλακέτα βακελίτη με βοηθητικές ηλεκτρονικές διατάξεις υποστήριξης για την ευκολότερη πρόσβαση στις εισόδους και εξόδους της αυτόνομης μονάδας μικροελεγκτή. Πολλά από αυτά τα συστήματα παράγονται τυποποιημένα και είναι σχετικά γενικού σκοπού, όμως πολλές εταιρείες συνηθίζουν να αναπτύσσουν συστήματα μικροελεγκτών ειδικού σκοπού σύμφωνα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται.

Το υλικολογισμικό είναι ένας συγκεκριμένος τύπος λογισμικού το οποίο αναπτύσσεται έτσι ώστε να διαχειρίζεται το υλικό μέρος της αυτόνομης μονάδας μικροελεγκτή, του συστήματος μικροελεγκτή ή/και ακόμη του ενσωματωμένου συστήματος για το οποίο προορίζεται να λειτουργήσει. Σχεδιάζεται αποκλειστικά με τέτοιο τρόπο ώστε να αξιοποιεί όσο πιο αποδοτικά και βέλτιστα γίνεται τους περιορισμένους πόρους του υλικού.

Οι περιφερειακές συσκευές οι οποίες προορίζονται να λειτουργήσουν σε ένα σύστημα μικροελεγκτή ή σε ένα ενσωματωμένο σύστημα διακρίνονται σε δύο τύπους. Τα αισθητήρια και τις κινηματικές συσκευές. Τα αισθητήρια αποτελούν τα μέσα αντίληψης του περιβάλλοντος χώρου για το σύστημα μικροελεγκτή ή το ενσωματωμένο σύστημα και οι κινηματικές συσκευές αποτελούν τα μέσα με τα οποία κατορθώνει να μετακινείται ή να διαμορφώνει κατά τις οδηγίες του το τριγύρω περιβάλλον. Ορισμένοι τύποι ενσωματωμένων συστημάτων κατά την περιπλοκότητα της σύνθεσης τους σχηματίζουν ρομποτική κατασκευή.

Ο τρόπος κατά τον οποίο γίνεται μεταφορά ή ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των αυτόνομων μονάδων ενός συστήματος ή και μεταξύ διακριτών συστημάτων, είτε μικροελεγκτών, είτε ενσωματωμένων ορίζεται ως πρωτόκολλα επικοινωνίας. Τα πρωτόκολλα επικοινωνιών διακρίνονται σε ενσύρματα και ασύρματα.

Το διαδίκτυο αποτελεί κατά βάση μία οντότητα η οποία είναι λογισμικού τύπου και σχεδιασμού με κεντρικό σκοπό να εξυπηρετεί ως ένα διεθνές κλίμακας δίκτυο το οποίο διασυνδέει όσο το δυνατόν περισσότερα τοπικής κλίμακας δίκτυα μεταξύ τους. Εφαρμόζει έναν ελάχιστο αριθμό από πρότυπα πρωτοκόλλων για την ορθή λειτουργία του και είναι προσβάσιμο από ειδικά λογισμικά τα οποία ονομάζονται περιηγητές διαδικτύου.

Κεφάλαιο 3ο: Εφαρμογή απομακρυσμένου ελέγχου

3.1 Εισαγωγή

Με τον καθορισμό του απαραίτητου θεωρητικού πλαισίου το οποίο θα λειτουργήσει ως οδηγός τόσο των ορίων της κατασκευής, όσο και για τις ακριβείς τεχνολογίες οι οποίες θα πρέπει να συμπεριληφθούν και προσαρμοστούν έτσι ώστε να αναπτυχθεί τόσο η κατασκευή, όσο και το λογισμικό μέρος τα οποία στο σύνολο τους θα αποδώσουν τελικά ένα πλήρες και λειτουργικό σύστημα το οποίο κατά την εκτέλεση της λειτουργίας του θα εκπληρώνει το σύνολο των ζητούμενων όπως αυτά τέθηκαν κατά τον ορισμό του θεωρητικού πλαισίου. Το παρών κεφάλαιο αφορά καθαρά την ανάπτυξη και υλοποίηση της κατασκευής η οποία θα πραγματοποιεί τον απομακρυσμένο έλεγχο ενός ενσωματωμένου συστήματος με την χρήση του διαδικτύου.

Το περιεχόμενο του παρόντος κεφαλαίου θα περιλαμβάνει αρχικά μία μακροσκοπική περιγραφή του συνολικού ενσωματωμένου συστήματος κατά την οποία θα εξηγείται το σύνολο των λειτουργιών του ως συσκευή, η οποία περιγραφεί θα επιτρέψει την ανάλυση του σε ένα μπλοκ διάγραμμα του υλικού του μέρους και έπειτα σε ένα διάγραμμα ροής του λογισμικού του μέρους. Θα περιλαμβάνει λεπτομερώς όλα τα μέρη του υλικού τα οποία θα σχηματίσουν το μέρος της κατασκευής τα οποία θα περιγράφονται στο σύνολο τους. Θα περιγραφούν ξεχωριστά οι περιφερειακές του συσκευές οι οποίες θα ελέγχονται από το σύστημα μικροελεγκτή και οι οποίες θα περιγραφούν συγκεκριμένα και με λεπτομέρεια. Επίσης θα περιλαμβάνει την περιγραφή όλων των μερών του λογισμικού τα οποία θα είναι υπεύθυνα για την πλήρη υποστήριξη και εκτέλεση των ζητούμενων εκτελέσιμων ενεργειών του συνολικού ενσωματωμένου συστήματος. Θα περιλαμβάνει την περιγραφή και διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης μίας ιστοσελίδας μέσω της οποίας θα πραγματοποιείται ο απομακρυσμένος έλεγχος του ενσωματωμένου συστήματος. Θα περιγραφούν τα πρωτόκολλα ασύρματων επικοινωνιών στο σύνολο τους ως γενική περιγραφή και θα περιγραφεί το πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί με λεπτομέρεια. Τέλος θα παρουσιαστεί η ολοκληρωμένη κατασκευή η οποία θα αποτελεί στο σύνολο της ένα ενσωματωμένο σύστημα και θα παρουσιαστεί η συμπεριφορά της κατά την εκτέλεση των λειτουργιών της ώστε να διαπιστωθεί ότι εκπληρώνει τους στόχους της όπως αυτοί έχουν οριστεί ως τα ζητούμενα της.

Απώτερος σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι με την ολοκλήρωση του να μπορέσει να αποτελέσει έναν εγχειρίδιο περιγραφής της συνολικής κατασκευής μέσω του οποίου να μπορέσει ο μηχανικός να περιγράψει σε ορισμένες πτυχές του σε γενικές γραμμές το πρακτικό τεχνικό περιεχόμενο το οποίο πρέπει να περιέχει στο σύνολο της η κατασκευή αυτής της εργασίας, αλλά και σε ορισμένες πτυχές του συγκεκριμένα τα μέρη τα οποία την συνθέτουν έτσι ώστε να μπορέσει ο αναγνώστης να σχηματίσει την κατάλληλη εικόνα σχετικά με την ανάπτυξη και υλοποίησης της. Γενικότερα η διαδικασία ανάπτυξης ενός ενσωματωμένου συστήματος περιλαμβάνει στο περιεχόμενο του τόσο την ικανότητα του μηχανικού να μπορεί να διαχειριστεί το υλικό μέρος με επιδεξιότητα, όσο και κατά την προσωπική του αντίληψη και ευρηματικότητα την ανάπτυξη του λογισμικού μέρους έτσι που να προκύψει όσο το δυνατόν βέλτιστο κατά το τελικό του αποτέλεσμα, γεγονός το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα πως ουσιαστικά το κάθε ενσωματωμένο σύστημα όταν ολοκληρώνεται η κατασκευή του και λαμβάνοντας υπόψιν ότι μπορεί να είναι είτε προϊόν ομάδας, είτε ενός μηχανικού, καταλήγει να είναι ένα μοναδικό προϊόν που αντικατοπτρίζει τις υλοποιημένες ιδέες και εμπνεύσεις ενός συγκεκριμένου ανθρώπου ή ομάδας ανθρώπων, επομένως στο συγκεκριμένο αντικείμενο σημαντικό παράγοντα αποτελεί και η αντίληψη του σχεδιαστή του ενσωματωμένου συστήματος

3.2 Μακροσκοπική περιγραφή κατασκευής

Η παρούσα εργασία περιλαμβάνει στο σύνολο της την ανάπτυξη μίας κατασκευής η οποία κατά την εκτέλεση της λειτουργίας της θα μπορεί να πραγματοποιεί τα ζητούμενα της. Η κατασκευή αυτή γενικότερα κατατάσσεται στην κατηγορία των ενσωματωμένων συστημάτων διότι ελέγχεται από ένα σύστημα μικροελεγκτή το οποίο με την σειρά του ελέγχει περιφερειακές συσκευές, όπου η μία διακρίνεται ως είσοδος του συστήματος μικροελεγκτή και αφορά ένα αισθητήριο ενώ η άλλη ως έξοδος του συστήματος μικροελεγκτή και αφορά ένα σερβοκινητήρα. Κατ' επέκταση στο σύνολο του ενσωματωμένου συστήματος περιλαμβάνεται το λογισμικό μέρος της συνολικής κατασκευής το οποίο περιλαμβάνει ως κεντρικό ρόλο το υλικολογισμικό το οποίο θα ελέγχει το σύνολο του ενσωματωμένου συστήματος και ως υποστήριξη περιλαμβάνει το λογισμικό της ιστοσελίδας η οποία θα λειτουργήσει ως διαδικτυακή διεπαφή γραφικών χρήστη (Graphics User Interface - GUI).

Όπως γίνεται άμεσα αντιληπτό το σύνολο του ενσωματωμένου συστήματος περιλαμβάνει δύο κύριες διακριτές οντότητες, αυτήν του υλικού και αυτήν του λογισμικού οι οποίες μέσω της αλληλεπίδρασης τους μπορούν να αποδώσουν την πλήρη, ορθή και ομαλή λειτουργία του ενσωματωμένου συστήματος. Αρχικά να αναφερθεί πως το κύριο ζητούμενο των λειτουργιών του ενσωματωμένου συστήματος συνοψίζεται στην ανάπτυξη μίας κατασκευής η οποία περιλαμβάνει ένα επίπεδο του οποίου η κλίση θα μπορεί να ελεγχθεί απομακρυσμένα μέσω του διαδικτύου με την χρήση ενός σερβοκινητήρα και θα μπορεί να παρέχει ειδοποίηση την στιγμή που το επίπεδο θα ξεπερνάει μία ορισμένη κλίση, σχηματίζοντας μία εφαρμογή διαδικτύου των πραγμάτων.

Το υλικό μέρος της κατασκευής θα περιλαμβάνει το σύστημα μικροελεγκτή, το οποίο για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας θα είναι το ESP32 με την ονομασία προϊόντος LOIN32 το οποίο φέρει την αυτόνομη μονάδα μικροελεγκτή ESP – WROOM – 32, η συσκευή σερβοκινητήρα Servo micro 9g το οποίο αφορά επί της ουσίας έναν ηλεκτροκινητήρα ο οποίος φέρει αυτόνομο ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου το οποίο μπορεί να αποδώσει υψηλή ακρίβεια στην περιστροφή του άξονα του και τελικά την αυτόνομη συσκευή αισθητήρα κλίσης η οποία αφορά έναν διακοπτικό αισθητήρα ο οποίος όταν ξεπεράσει κάποια κλίση σε σχέση με την βαρυτική έλξη του πλανήτη γη τότε αλλάζει από την κατάσταση ηρεμίας στην μεταβατική του κατάσταση κατά την οποία ενημερώνει με την αποκοπή του σήματος του ότι το επίπεδο του ενσωματωμένου συστήματος δεν βρίσκεται πια στην παράλληλη θέση του με την επιφάνεια του πλανήτη.

Το λογισμικό μέρος της κατασκευής θα αποτελείται στον πυρήνα του από ένα υλικολογισμικό το οποίο θα ελέγχει αρχικά τα σήματα από και προς τις περιφερειακές συσκευές του με αποτέλεσμα να τις ελέγχει, θα διαχειρίζεται μία ιστοσελίδα η οποία θα αποτελεί το διαδικτυακό γραφικό περιβάλλον διεπαφής χρήστη από το οποίο θα μπορεί να παρεμβαίνει το ανθρώπινο στοιχείο έτσι ώστε να αλλάζει την κλίση του επιπέδου κατά βούληση του και από το πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο θα διασυνδέει τον ιστότοπο με το σύστημα μικροελεγκτή μέσω διαδικτύου επιτυγχάνοντας τον διαδικτυακό έλεγχο.

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας θα είναι για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας ασύρματου τύπου και συγκεκριμένα θα είναι το ασύρματο πρωτόκολλο επικοινωνίας Wi-Fi, επιτρέποντας το σύστημα μικροελεγκτή να μπορεί να συνδέεται στο διαδίκτυο μέσω ενός οικιακού δρομολογητή. Μεταξύ άλλων θα υπάρξει και η περαιτέρω χρήση άλλων πρωτοκόλλων τα οποία αφορούν την διαδικτυακή διασύνδεση όπως είναι το IP, το TCP και το HTTP, ενώ για την ανάπτυξη του ιστότοπου της παρούσας εφαρμογής θα γίνει με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού HTML, μία γλώσσα υψηλού επιπέδου η οποία είναι πολύ εύχρηστη και προτιμάται από τους προγραμματιστές λογισμικού που ειδικεύονται στην ανάπτυξη ιστοσελίδων και ιστότοπων.

Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα ανωτέρω το σύνολο της κατασκευής μπορεί να περιγραφεί σε συγκεκριμένες διακριτές αυτόνομες οντότητες οι οποίες μπορούν να διασυνδεθούν μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίσουν ένα ενσωματωμένο σύστημα. Οι αυτόνομες οντότητες είναι ονομαστικά το σύστημα μικροελεγκτή, ο σερβοκινητήρας, το αισθητήριο κλίσης, το υλικολογισμικό, ο ιστότοπος και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Όλα μαζί μπορούν να παρουσιαστούν σε ένα μπλοκ διάγραμμα έτσι που να μπορεί να απεικονιστεί με σαφήνεια και ευκολία το σύνολο των αυτόνομων μονάδων του συνολικού ενσωματωμένου συστήματος, όπως ακριβώς απεικονίζεται παρακάτω στο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3-1: Μπλοκ διάγραμμα ενσωματωμένου συστήματος απομακρυσμένου ελέγχου.

Όπως διακρίνεται στο μπλοκ διάγραμμα, τα βελάκια ορίζουν τον τρόπο με τον οποίο η κάθε αυτόνομη μονάδα επιδρά σε μία άλλη με συγκεκριμένο τρόπο. Το σύστημα μικροελεγκτή φαίνεται πως βρίσκεται στο επίκεντρο του συνολικού ενσωματωμένου συστήματος. Αυτό συνήθως είναι και ο κανόνας στα ενσωματωμένα συστήματα, να περιέχουν δηλαδή τουλάχιστον ένα σύστημα μικροελεγκτή το οποίο θα ελέγχει με κάποιον τρόπο τις υπόλοιπες αυτόνομες μονάδες. Στα ενσωματωμένα συστήματα τα οποία απαιτούν την ύπαρξη τουλάχιστον δύο ή και περισσότερων συστημάτων μικροελεγκτών τότε υπάρχει καταμερισμός εργασίας στο σύνολο του ελέγχου του το οποίο ορίζεται από τον σχεδιαστή μηχανικό του συστήματος. Από το συγκεκριμένο μπλοκ διάγραμμα προκύπτει πως με κάποιον τρόπο, είτε έμμεσα, είτε άμεσα, όλες οι αυτόνομες μονάδες ελέγχονται από το σύστημα μικροελεγκτή.

Συγκεκριμένα διακρίνεται αρχικά η αυτόνομη μονάδα η οποία αφορά το υλικολογισμικό και που θα παρέχει το σύνολο οδηγιών με το οποίο θα μπορέσει το σύστημα μικροελεγκτή συγκεκριμένα να διαχειριστεί τις λειτουργίες των υπόλοιπων οντοτήτων. Επομένως θα πρέπει να αποθηκευτεί στην μνήμη προγράμματος της αυτόνομης μονάδας μικροελεγκτή η οποία είναι τοποθετημένη στο σύστημα μικροελεγκτή για να μπορέσει να εκτελέσει το σύνολο οδηγιών του.

Παρόμοια διακρίνεται η αυτόνομη μονάδα η οποία αφορά το αισθητήριο κλίσης το οποίο κατά τις οδηγίες του υλικολογισμικού θα αναγνωρίζεται ως περιφερειακή συσκευή ελεγχόμενη από το σύστημα μικροελεγκτή και θα εκτελεί την διεργασία ελέγχου κλίσης ενός επιπέδου. Συγκεκριμένα το αισθητήριο θα διατηρεί ένα σήμα υψηλού δυναμικού τάσης το οποίο θα οδηγεί σε μία από τις εισόδους του συστήματος μικροελεγκτή και το οποίο θα αντιπροσωπεύει την σταθερή κατάσταση του αισθητηρίου ή αλλιώς την κατάσταση ηρεμίας του κατά την οποία η επιθυμητή κλίση θα είναι η παράλληλη σε σχέση με την επιφάνεια του πλανήτη ή η κάθετη σε σχέση με την βαρυτική έλξη του πλανήτη. Όταν η κλίση του επιπέδου θα αλλάζει σε σχέση με την προκαθορισμένη του τότε θα αλλάζει η κατάσταση του σήματος του αισθητηρίου κλίσης από αυτήν της ηρεμίας του στην μεταβατική του η οποία θα είναι ένα σήμα χαμηλού δυναμικού τάσης το οποίο θα είναι ιδανικά ίσο με το μηδέν και θα έχει σκοπό να βοηθήσει το σύστημα μικροελεγκτή να αναγνωρίσει αυτήν την αλλαγή κατάστασης ώστε να εκτελεί σε κάθε μία από αυτές τις καταστάσεις τις αντίστοιχες λειτουργίες σύμφωνα με το πρόγραμμα του.

Διακρίνεται στην συνέχεια η αυτόνομη μονάδα του σερβοκινητήρα ο οποίος κατά τις οδηγίες του υλικολογισμικού θα αναγνωρίζεται από το σύστημα μικροελεγκτή από το οποίο θα ελέγχεται ως περιφερειακή συσκευή και θα εκτελεί την διεργασία περιστροφής του άξονα του όπως θα ορίζεται από το λογισμικό μέσω της αυτόνομης μονάδας μικροελεγκτή.

Έπειτα διακρίνεται η αυτόνομη μονάδα η οποία είναι λογισμικού τύπου και αφορά το σύνολο των πρωτοκόλλων επικοινωνίας του ενσωματωμένου συστήματος, είτε αυτά είναι διαδικτυακά για τον απομακρυσμένο έλεγχο, είτε τοπικά για το Wi-Fi μέσω του οποίου θα συνδέεται το σύστημα μικροελεγκτή στο διαδίκτυο.

Τελικά διακρίνεται η αυτόνομη μονάδα η οποία είναι πάλι λογισμικού τύπου και αφορά τον ιστότοπο ο οποίος θα αποτελείται στο σύνολο του από μία ιστοσελίδα και θα υλοποιεί την γραφική διεπαφή χρήστη, μέσω της οποίας θα μπορεί ένας χειριστής να εφαρμόζει απομακρυσμένο έλεγχο στον σερβοκινητήρα ώστε να μεταβάλλει την κλίση του επιπέδου κατά την προσωπική του προτίμηση από οπουδήποτε θέλει χωρίς να βρίσκεται στον ίδιο χώρο απαραίτητα με την συσκευή του ενσωματωμένου συστήματος.

3.3 Το σύστημα μικροελεγκτή ESP32

Με τον όρο ESP32 περιγράφεται ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο περιλαμβάνει δυνατότητες ασύρματης επικοινωνίας με χρήση των πρωτοκόλλων Wi-Fi και Bluetooth στην συχνότητα των 2,4GHz και το οποίο έχει σχεδιαστεί από την TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) έτσι που να προκύπτει μία συσκευή με τεχνολογία εξαιρετικά χαμηλής κατανάλωσης ισχύος 40 στην κλίμακα των νανόμετρων. Έχει σχεδιαστεί για να επιτυγχάνει την βέλτιστη απόδοση ισχύος και απόδοση κυκλωμάτων υψηλών συχνοτήτων επιδεικνύοντας στιβαρότητα, ευελιξία και αξιοπιστία σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και σχεδιασμών ισχύος. Το ενιαίο αυτό ολοκληρωμένο κύκλωμα έχει σχεδιαστεί για να εφαρμόζεται σε συσκευές κινητής τηλεφωνίας, σε φορητές ηλεκτρονικές συσκευές, ακόμη και σε εφαρμογές οι οποίες προορίζονται για τεχνολογίες της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης όπως το διαδίκτυο των πραγμάτων. Η αυτόνομη αυτή συσκευή μικροελεγκτή διαθέτει όλα τα υπερσύγχρονα χαρακτηριστικά των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων χαμηλής κατανάλωσης, συμπεριλαμβανομένης της λεπτής πύλης ρολογιού, πολλαπλών λειτουργιών ισχύος, και δυναμική κλιμάκωση ισχύος. Για παράδειγμα σε ένα σενάριο εφαρμογής διανομέα αισθητήρα σχεδιασμένο για το διαδίκτυο των πραγμάτων χαμηλής κατανάλωσης, το αυτόνομο ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα μικροελεγκτή ενεργοποιείται και ανεβαίνει περιοδικά μόνο όταν ανιχνεύεται από αυτό μια προκαθορισμένη συνθήκη. Ο κύκλος χαμηλής χρήσης χρησιμοποιείται για την ελαχιστοποίηση της ποσότητας ενέργειας την οποία καταναλώνει το ολοκληρωμένο κύκλωμα. Η έξοδος του ενισχυτή ισχύος είναι επίσης ρυθμιζόμενη συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο σε μία βέλτιστη αντιστάθμιση μεταξύ του εύρους επικοινωνίας, του ρυθμού δεδομένων και της κατανάλωσης της συνολικής ενέργειας. Το ενιαίο αυτό ολοκληρωμένο κύκλωμα είναι μια εξαιρετικά ενσωματωμένη λύση για εφαρμογές οι οποίες αφορούν ασύρματες επικοινωνίες μέσω των πρωτοκόλλων Wi-Fi και Bluetooth για πιο σύνθετες εφαρμογές απομακρυσμένου ελέγχου μέσω της τεχνολογίας του διαδικτύου των πραγμάτων, με περίπου είκοσι εξωτερικά ηλεκτρονικά στοιχεία. Το ενιαίο αυτό ολοκληρωμένο κύκλωμα συμπεριλαμβάνει διακόπτη κεραίας, ένα RF balun, έναν ενισχυτή ισχύος, έναν ενισχυτή λήψης χαμηλού θορύβου, φίλτρα, και αυτόνομες μονάδες διαχείρισης ενέργειας. Ως εκ τούτου ολόκληρο το κύκλωμα καταλαμβάνει τελικά ελάχιστη επιφάνεια στην συνολική περιοχή της πλακέτας τυπωμένου κυκλώματος. Το ενιαίο αυτό ολοκληρωμένο κύκλωμα κατασκευάζεται με τεχνολογία συμπληρωματικών μόνο οξειδίου πυριτίου για πλήρως ενσωματωμένο ραδιόφωνο και βασική ζώνη ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος ενώ παράλληλα ενσωματώνει προηγμένα κυκλώματα

βαθμονόμησης τα οποία επιτρέπουν στο σύνολο της συγκεκριμένης λύσης να αφαιρεί τις ατέλειες οι οποίες μπορούν να υπάρχουν στο εξωτερικό κύκλωμα ή ακόμη και να προσαρμόζεται στις αλλαγές των εξωτερικών συνθηκών. Ως εκ τούτου η μαζική παραγωγή ενιαίων αυτόνομων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων δεν απαιτεί ακριβό και εξειδικευμένο εξοπλισμό δοκιμών του ασύρματου πρωτόκολλου επικοινωνίας Wi-Fi [31].

Το ενιαίο αυτό ολοκληρωμένο κύκλωμα μικροελεγκτή εφαρμόζεται επί μίας πλακέτας τυπωμένου κυκλώματος (Printed Circuit Board - PCB). Αυτή η τυπωμένη πλακέτα περιλαμβάνει έπειτα όλα τα απαραίτητα κυκλώματα έτσι ώστε να πραγματοποιείται μια χρήσιμη διεργασία ελέγχου. Τα κυκλώματα και ηλεκτρονικά στοιχεία τα οποία συμπεριλαμβάνονται στην τυπωμένη πλακέτα μπορεί να είναι ένας μικροεπεξεργαστής ως διακριτή συσκευή ολοκληρωμένου κυκλώματος η οποία συσκευή αναλαμβάνει τον ρόλο του ελέγχου στο σύνολο της κατασκευής. Η συσκευή αυτή επίσης μπορεί να είναι ένα FPGA, ASIC, CPLD και άλλες. Είναι αναγκαιότητα αυτές οι συσκευές να πλαισιώνονται από κυκλώματα διαχείρισης και πρόσβασης στις εισόδους και εξόδους, μια γεννήτρια ρολογιού, επιπλέον μνήμη τυχαίας πρόσβασης, μνήμη αποθήκευσης προγράμματος και κάθε απαραίτητο ολοκληρωμένο κύκλωμα υποστήριξης της αυτόνομης μονάδας μικροελεγκτή οι οποίες θα λειτουργούν ως περιφερειακές συσκευές. Η πρόθεση είναι με την κατασκευή αυτής της τυπωμένης πλακέτας να είναι άμεσα χρήσιμη σε έναν μηχανικό ή προγραμματιστή εφαρμογών ενσωματωμένων συστημάτων χωρίς να απαιτείται από αυτούς να διαθέσουν χρόνο και προσπάθεια για την ανάπτυξη του υλικού μέρους ενός αυτοματοποιημένου ελεγκτή. Οι κατασκευές αυτές προκύπτουν συνήθως χαμηλού κόστους μαζικής παραγωγής και έχουν ιδιαίτερα χαμηλό κόστος κεφαλαίου για την ανάπτυξη τους. Τα συστήματα μικροελεγκτών μιας τυπωμένης πλακέτας είναι δημοφιλή σε αρκετούς τομείς, όπως είναι για παράδειγμα στον χώρο της εκπαίδευσης, στον χώρο της βιομηχανίας και ακόμη και στον χώρο της ψυχαγωγίας. Είναι επίσης ένα δημοφιλές μέσο για τους προγραμματιστές οι οποίοι είναι εξειδικευμένοι στην ανάπτυξη υλικολογισμικών για να αποκτήσουν πρακτική εμπειρία με μια νέα οικογένεια επεξεργαστών.

Τα συστήματα μικροελεγκτών μιας τυπωμένης πλακέτας εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στα τέλη της δεκαετίας του 1970 όταν είχαν ήδη αναπτυχθεί οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές όπως για παράδειγμα ο 6502 και ο Z80, γεγονός το οποίο κατέστησε πρακτική την ανάπτυξη και κατασκευή ενός ελεγκτή σε μορφή ενιαίου ολοκληρωμένου κυκλώματος ως αυτόνομης μονάδας μικροελεγκτή έτσι που να μπορεί υπό συγκεκριμένα πρότυπα κατασκευής να μπορεί με ευκολία να ενσωματωθεί σε μία τυπωμένη πλακέτα. Ταυτόχρονα η έλευση των πρώτων μικροεπεξεργαστών κατέστησε και οικονομικά προσιτή την αγορά ενός ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος περιορισμένων δυνατοτήτων και πόρων σε ένα σχετικά μικρό έργο. Τον Μάρτιο του 1976, η Intel ανακοίνωσε ένα προϊόν υπολογιστή κατάλληλα σχεδιασμένο έτσι που να μπορεί να εφαρμοστεί σε μία τυπωμένη πλακέτα, ο οποίος ενσωμάτωσε όλες τις ηλεκτρονικές διατάξεις υποστήριξης οι οποίες απαιτούνται για την λειτουργία του μικροεπεξεργαστή 8080, δηλαδή την ηλεκτρονική διάταξη μίας μνήμης RAM χωρητικότητας 1 kB, την ηλεκτρονική διάταξη μίας μνήμης ROM χωρητικότητας 4 kB προγραμματιζόμενη από τον χρήστη και παράλληλη θύρα 48 ακίδων ψηφιακών εισόδων/εξόδων. Η τυπωμένη πλακέτα πρόσφερε επίσης επέκταση μέσω μιας υποδοχής διαύλου, αλλά μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και χωρίς αυτήν όταν οι προς ανάπτυξη εφαρμογές δεν απαιτούσαν πρόσθετο υλικό για την υλοποίησή τους. Η ανάπτυξη του λογισμικού για αυτό το σύστημα πραγματοποιήθηκε στο σύστημα ανάπτυξης μικροϋπολογιστών Intellec MDS της Intel. Αυτό παρείχε υποστήριξη compiler αλλά και ενός προσομοιωτή ο οποίος επέτρεπε την προσομοίωση του προς ανάπτυξη κυκλώματος για τον εντοπισμό σφαλμάτων. Οι επεξεργαστές αυτής της εποχής κατασκευαζόντουσαν ως διακριτά ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία απαιτούσαν την διασύνδεση τους με ένα σύνολο από εξίσου διακριτά ολοκληρωμένα κυκλώματα

υποστήριξης τα οποία έπρεπε να είναι συμβατά με τον τρόπο σχεδιασμού του διακριτού ολοκληρωμένου κυκλώματος του επεξεργαστή. Τα διακριτά ολοκληρωμένα κυκλώματα των μνημών RAM, ROM και EPROM για παράδειγμα ήταν ξεχωριστά, διακριτά ολοκληρωμένα κυκλώματα (τα οποία ακόμη και σήμερα διατίθενται στην αγορά υπό την μορφή σύγχρονων εκδόσεων τους) τα οποία συχνά απαιτούσαν από πλευράς σχεδιασμού του υλικολογισμικού διαχείριση μνήμης ή ανανέωση κυκλώματος για δυναμική μνήμη. Η διαχείριση των εισόδων/εξόδων του μικροεπεξεργαστή πραγματοποιούνταν είτε από ένα διακριτό ολοκληρωμένο κύκλωμα όπως το 8255, αλλά συχνά ήταν απαραίτητη η αναγκαιότητα συμπερίληψης στο σύστημα πολλών περισσότερων διακριτών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Τις δυσκολίες αυτές τις εξάλειψε η ανάπτυξη των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων μικροελεγκτών. Ένα αυτόνομο διακριτό σύστημα μικροελεγκτή σε μορφή ολοκληρωμένου κυκλώματος ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί στην επιφάνεια μίας πλακέτας διαφέρει από ένα διακριτό ολοκληρωμένο κύκλωμα μικροεπεξεργαστή το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί στην επιφάνεια μίας πλακέτας ως προς το ότι δεν διαθέτει τη διεπαφή χρήστη γενικής χρήσης και τις διεπαφές μαζικής αποθήκευσης που θα είχε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα γενικού σκοπού. Σε σύγκριση με μια πλακέτα ανάπτυξης μικροεπεξεργαστή, μια πλακέτα μικροελεγκτή θα δώσει έμφαση στις ψηφιακές και αναλογικές διασυνδέσεις ελέγχου σε κάποιο ελεγχόμενο σύστημα, ενώ μια πλακέτα ανάπτυξης μπορεί να έχει μόνο λίγες ή καθόλου διακριτές ή αναλογικές συσκευές εισόδου/εξόδου. Ο πίνακας ανάπτυξης υπάρχει για να παρουσιάζει ή να εκπαιδεύει σε κάποια συγκεκριμένη οικογένεια επεξεργαστών και, επομένως, η εσωτερική υλοποίηση είναι πιο σημαντική από την εξωτερική λειτουργία. Ο διάυλος των πρώιμων συσκευών επεξεργαστών μονής πλακέτας, όπως οι Z80 και 6502, ήταν γενικά ένας τύπος αρχιτεκτονικής γνωστή ως Von Neumann. Η πρόσβαση στην μνήμη μόνο ανάγνωσης ή μνήμη προγράμματος πραγματοποιούνταν μέσω του ίδιου κοινόχρηστου διαύλου, παρόλο που τα δεδομένα του προγράμματος ήταν αποθηκευμένα σε διαφορετικά ολοκληρωμένα κυκλώματα και τύπους μνήμης, την μνήμη ROM για τα προγράμματα υλικολογισμικού και την μνήμη RAM για τα πρόχειρα δεδομένα. Αυτή η αρχιτεκτονική διαύλου παρείχε με τον σχεδιασμό της καλύτερη αξιοποίηση του υλικού της προκειμένου να εξοικονομήσει τον αριθμό των ακίδων που απαιτούνται από τις σαράντα διαθέσιμες του συγκεκριμένου ολοκληρωμένου κυκλώματος τύπου DIP του οποίου οι ακροδέκτες είναι διπλής σειράς και ελεγχόμενες από τον επεξεργαστή. Ήταν επίσης σύνηθες να προσφέρεται πρόσβαση στον εσωτερικό δίαυλο μέσω ενός συνδέσμου επέκτασης ή τουλάχιστον να παρέχεται χώρος για τη συγκόλληση ενός συνδέσμου. Αυτή ήταν μια διαθέσιμη για τον μηχανικό του υλικού επιλογή χαμηλού κόστους και πρόσφερε τη δυνατότητα επέκτασης, ακόμα κι αν χρησιμοποιήθηκε σπάνια. Τυπικές επεκτάσεις ή περιφερειακές συσκευές του επεξεργαστή μπορούν να είναι συσκευές εισόδου/εξόδου ή πρόσθετη μνήμη ή κάποιου είδους χρονιστής. Από την άλλη, ήταν ασυνήθιστο να προστεθούν ως περιφερειακές συσκευές στο σύστημα του μικροελεγκτή συσκευές όπως μέσο αποθήκευσης μαγνητικής ταινίας ή δίσκου βινυλίου ή οθόνη CRT. Αργότερα, όταν οι μικροελεγκτές ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος, όπως ο 8048, έγιναν διαθέσιμοι, ο δίαυλος δεν χρειαζόταν πλέον να εκτίθεται εκτός της συσκευασίας, καθώς όλη η απαραίτητη μνήμη μπορούσε να συμπεριληφθεί μέσα στη συσκευασία του ολοκληρωμένου κυκλώματος. Αυτή η γενιά μικροελεγκτών χρησιμοποιούσε μια διαφορετικού τύπου αρχιτεκτονική γνωστή ως Harvard οι οποία λειτουργούσε με ξεχωριστούς διαύλους προγραμμάτων και δεδομένων και συμπεριλαμβανόντουσαν και οι δύο στο εσωτερικό του ολοκληρωμένου κυκλώματος μικροελεγκτή. Πολλοί από αυτούς τους επεξεργαστές αξιοποιούσαν μια τροποποιημένη μορφή της αρχιτεκτονικής του Harvard όπου κάποια πρόσβαση εγγραφής ήταν δυνατή στο χώρο δεδομένων του προγράμματος, επιτρέποντας έτσι τον προγραμματισμό εντός του κυκλώματος. Κανένας από αυτούς τους επεξεργαστές δεν απαιτούσε ή δεν υποστήριζε ένα δίαυλο Harvard σε έναν μικροελεγκτή μίας πλακέτας. Όταν υποστήριζαν ένα δίαυλο για την προσθήκη διάφορων περιφερειακών, χρησιμοποιήθηκε ένας αποκλειστικός δίαυλος εισόδων/εξόδων ο οποίος αξιοποιούσε κάποιο συγκεκριμένο πρωτόκολλο

ενσύρματης επικοινωνίας όπως τα I²C, 1-Wire ή κάποιον άλλον σειριακό δίαυλο. Ορισμένες αυτόνομες συσκευές μικροελεγκτών οι οποίες χρησιμοποιούν μικροεπεξεργαστή γενικής χρήσης μπορούν να φέρουν τον δίαυλο διευθύνσεων και τον δίαυλο δεδομένων του επεξεργαστή σε μια περιφερειακή συσκευή επέκτασης, επιτρέποντας την προσθήκη επιπλέον μνήμης ή περιφερειακών. Αυτό παρέχει την δυνατότητα επιπλέον πόρων οι οποίοι δεν υπάρχουν στο σύστημα της τυπωμένης ηλεκτρονικής πλακέτας. Δεδομένου βέβαια ότι δεν απαιτείται επέκταση σε κάθε σύστημα, ένας τέτοιος σύνδεσμος επέκτασης μπορεί να είναι προαιρετικός, με μια θέση τοποθέτησης που παρέχεται για εγκατάσταση από τον χρήστη εάν αυτός το επιθυμεί. Τα συστήματα μικροελεγκτών παρέχουν πολλαπλές μορφές σημάτων εισόδου και εξόδου για να επιτρέψουν στο λογισμικό εφαρμογής να ελέγχει ένα εξωτερικό σύστημα πραγματικού κόσμου. Το διακριτό ψηφιακό σήμα εισόδων/εξόδων παρέχει ένα μόνο bit δεδομένων το οποίο μπορεί να πάρει μόνο τις δύο διακριτές τιμές ενεργό ή απενεργοποιημένο. Τα αναλογικά σήματα, τα οποία αντιπροσωπεύουν ένα συνεχές μεταβλητό και άπειρο εύρος πραγματικών φυσικών μεγεθών, όπως θερμοκρασία ή πίεση, μπορούν επίσης να είναι εισοδοί/έξοδοι για τους μικροελεγκτές. Οι διακριτές ψηφιακές εισοδοί και έξοδοι ενδέχεται να αποθηκευτούν στην προσωρινή μνήμη από το δίαυλο δεδομένων του μικροεπεξεργαστή μόνο με ένα διευθυνσιοδοτούμενο μάνταλο ή μπορεί να λειτουργούν από ένα εξειδικευμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα εισόδου/εξόδου. Σε πιο σύγχρονα σχέδια οι μικροελεγκτές ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος έχουν διαθέσιμους ακροδέκτες εισόδου/εξόδου. Αυτά τα ολοκληρωμένα κυκλώματα εισόδου/εξόδου συνήθως δεν παρέχουν αρκετό ρεύμα για να λειτουργήσουν απευθείας συσκευές όπως λαμπτήρες ή κινητήρες, επομένως τα ρελέ στερεάς κατάστασης λειτουργούν από τις ψηφιακές εξόδους του μικροελεγκτή και οι εισοδοί απομονώνονται με κυκλώματα αλλαγής επιπέδου κλίμακας και προστασίας. Συνήθως στα συστήματα μικροελεγκτών περιλαμβάνονται ολοκληρωμένα κυκλώματα στα οποία μία ή περισσότερες αναλογικές εισοδοί με αναλογικό πολυπλέκτη δέχονται τα αναλογικά σήματα και επεξεργάζονται από έναν μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό σήματος, το οποίο έπειτα το προωθεί στον επεξεργαστή του μικροελεγκτή. Αντίστοιχα οι αναλογικές έξοδοι χρησιμοποιούν έναν μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό σήμα ή ακόμη μπορεί να ελέγχονται με διαμόρφωση πλάτους παλμού (Pulse Width Modulation - PWM). Για διακριτές εισόδους, ενδέχεται να απαιτούνται εξωτερικά κυκλώματα για την κβαντοποίηση των εισόδων ή για την παροχή λειτουργιών όπως διέγερση γέφυρας ή αντιστάθμιση ψυχρής διασταύρωσης. Για τον έλεγχο του κόστους των εξαρτημάτων, πολλές πλακέτες σχεδιάστηκαν με επιπλέον κυκλώματα διεπαφής υλικού, αλλά χωρίς να έχουν εγκατασταθεί τα εξαρτήματα για αυτά τα κυκλώματα, αφήνοντας την πλακέτα γυμνή. Το κύκλωμα προστέθηκε ως επιλογή κατά την παράδοση ή θα μπορούσε να συμπληρωθεί αργότερα. Είναι κοινή πρακτική των κατασκευαστριών εταιρειών τις τυπωμένες ηλεκτρονικές πλακέτες να τις σχεδιάζουν ώστε να περιλαμβάνουν περιοχές πρωτοτύπων, δηλαδή περιοχές της τυπωμένης ηλεκτρονικής πλακέτας οι οποίες ορίζονται ως συγκολλησίμη περιοχή με διαθέσιμο δίαυλο και αγωγούς ηλεκτρικής ισχύος αλλά χωρίς καθορισμένο κύκλωμα ή ηλεκτρονικά στοιχεία. Αρκετοί ελεγκτές, ιδιαίτερα εκείνοι που προορίζονται για εκπαίδευση, περιλαμβάνουν επίσης παροχή από το ηλεκτρικό δίκτυο και επαναχρησιμοποιήσιμη πλακέτα για την εύκολη δημιουργία πρωτοτύπων επιπλέον κυκλωμάτων εισόδων/εξόδων τα οποία θα μπορούσαν να αλλάξουν ή να αφαιρεθούν για μεταγενέστερα έργα.

3.4 Η περιφερειακή συσκευή αισθητήρα κλίσης

Ένα από τα ζητούμενα της παρούσας εργασίας είναι η ενσωμάτωση ενός αισθητήρα κλίσης ως λειτουργικό στοιχείο του ενσωματωμένου συστήματος. Ο τρόπος με τον οποίο θα επιλεγεί το συγκεκριμένο αισθητήριο εξαρτάται από την λειτουργία που θα εκτελεί στο σύνολο της εφαρμογής της παρούσας εργασίας. Καθώς λοιπόν το ζητούμενο στην παρούσα εργασία είναι η ειδοποίηση απόκλισης από ένα καθορισμένο επίπεδο, τότε στην περίπτωση αυτή ο αισθητήρας μπορεί να περιοριστεί σε μία

καθαρά διακοπτική λειτουργία. Επομένως θα πρέπει να επιλεγθεί ένα αισθητήριο του οποίου η λειτουργία θα ανταποκρίνεται σε αυτές τις προδιαγραφές.

Στην αγορά υπάρχει μία ποικιλία από αισθητήρια τα οποία μπορούν να παρέχουν αυτήν ακριβώς την λειτουργία. Για παράδειγμα, ένας διακόπτης υδραργύρου είναι ένας ηλεκτρικός διακόπτης ο οποίος ανοίγει και κλείνει ένα κύκλωμα όταν μια μικρή ποσότητα υγρού μετάλλου υδραργύρου συνδέει μεταλλικά ηλεκτρόδια για να κλείσει το κύκλωμα. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά βασικά σχέδια (κλίση, μετατόπιση, ακτινική κ.λπ.) αλλά όλα μοιράζονται την κοινή σχεδιαστική αντοχή των επαφών διακόπτη που δεν διαβρώνονται. Ο πιο συνηθισμένος είναι ο διακόπτης κλίσης υδραργύρου. Βρίσκεται σε μία κατάσταση (ανοιχτό ή κλειστό) όταν έχει κλίση προς τη μία κατεύθυνση ως προς την οριζόντια και στην άλλη κατάσταση όταν έχει κλίση προς την άλλη κατεύθυνση. Τον διακόπτη αυτόν χρησιμοποιούσαν οι παλαιότεροι θερμοστάτες για να ενεργοποιήσουν ή να απενεργοποιήσουν μια θερμάστρα ή ένα κλιματιστικό ή το σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Ο διακόπτης μετατόπισης υδραργύρου χρησιμοποιεί ένα έμβολο το οποίο βυθίζεται σε μια δεξαμενή υδραργύρου, αυξάνοντας τη στάθμη στο δοχείο ώστε να έρθει σε επαφή με τουλάχιστον ένα ηλεκτρόδιο. Αυτός ο σχεδιασμός χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε ρελέ σε βιομηχανικές εφαρμογές τα οποία έπρεπε να αλλάζουν συχνά φορτία υψηλού ρεύματος. Αυτά τα ρελέ χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά πηνία με σκοπό να έλξουν τις αστάλινες επαφές μέσα σε ερμητικά σφραγισμένα δοχεία. Οι διακόπτες υδραργύρου έχουν ένα ή περισσότερα σετ ηλεκτρικών επαφών σε σφραγισμένη γυάλινη λυχνία η οποία περιέχει μικρή ποσότητα υδραργύρου. Το περίβλημα μπορεί επίσης να περιέχει υδρογόνο υπό πίεση, αδρανές αέριο ή κενό. Η βαρύτητα τραβά συνεχώς τη σταγόνα υδραργύρου στο χαμηλότερο σημείο της λυχνίας. Όταν ο διακόπτης μεταβάλλει την κατάσταση του προς την κατάλληλη κατεύθυνση, ο υδράργυρος αγγίζει ένα σύνολο επαφών, ολοκληρώνοντας έτσι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Αντίστοιχα η κλίση του διακόπτη προς την αντίθετη κατεύθυνση απομακρύνει τον υδράργυρο από αυτό το σύνολο επαφών, ανοίγοντας αυτό το κύκλωμα. Ο διακόπτης μπορεί να περιέχει πολλαπλά σετ επαφών, κλείνοντας διαφορετικά σετ σε διαφορετικές γωνίες, επιτρέποντας, για παράδειγμα, τη λειτουργία ενός πόλου διπλής ρίψης.

Η πιο γνωστή μορφή διακόπτη είναι μια χειροκίνητη ηλεκτρομηχανική συσκευή με ένα ή περισσότερα σετ ηλεκτρικών επαφών, οι οποίες συνδέονται με εξωτερικά κυκλώματα. Κάθε σετ επαφών μπορεί να είναι σε μία από δύο πιθανές καταστάσεις. Είτε στην κλειστή η οποία σημαίνει ότι οι επαφές βρίσκονται σε μεταξύ τους επαφή με φυσικό αποτέλεσμα να μπορεί να ρέει ηλεκτρισμός μεταξύ τους, είτε στην ανοιχτή η οποία μπορεί να σημαίνει ότι οι επαφές είναι διαχωρισμένες και ο διακόπτης είναι μη αγωγίσιμος. Ο μηχανισμός που ενεργοποιεί τη μετάβαση μεταξύ αυτών των δύο καταστάσεων (ανοιχτή ή κλειστή) είναι συνήθως (υπάρχουν και άλλοι τύποι ενεργειών) είτε μια εναλλακτική ενέργεια (γυρίστε τον διακόπτη για συνεχές "on" ή "off") είτε "στιγμιαία" (ώθηση για "on" και απελευθέρωση για "off") τύπου. Ένας διακόπτης μπορεί να χειριστεί απευθείας από έναν άνθρωπο ως σήμα ελέγχου σε ένα σύστημα, όπως ένα κουμπί πληκτρολογίου υπολογιστή, ή για έλεγχο της ροής ισχύος σε ένα κύκλωμα, όπως ένας διακόπτης φώτων. Οι διακόπτες που λειτουργούν αυτόματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο των κινήσεων των μηχανών, για παράδειγμα, για να υποδείξουν ότι μια γκαραζόπορτα έχει φτάσει στη θέση της πλήρως ανοιχτή ή ότι μια εργαλειομηχανή είναι σε θέση να δεχτεί ένα άλλο τεμάχιο εργασίας. Οι διακόπτες μπορούν να λειτουργούν από μεταβλητές διεργασίας όπως πίεση, θερμοκρασία, ροή, ρεύμα, τάση και δύναμη, που λειτουργούν ως αισθητήρες σε μια διαδικασία και χρησιμοποιούνται για τον αυτόματο έλεγχο ενός συστήματος. Για παράδειγμα, ένας θερμοστάτης είναι ένας διακόπτης που λειτουργεί με θερμοκρασία και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο μιας διαδικασίας θέρμανσης. Ένας διακόπτης που λειτουργεί από άλλο ηλεκτρικό κύκλωμα ονομάζεται ρελέ. Οι μεγάλοι διακόπτες μπορούν να λειτουργούν εξ αποστάσεως από έναν μηχανισμό κίνησης κινητήρα. Ορισμένοι διακόπτες χρησιμοποιούνται για την απομόνωση ηλεκτρικής ενέργειας από ένα σύστημα, παρέχοντας

ένα ορατό σημείο απομόνωσης που μπορεί να κλειδωθεί εάν είναι απαραίτητο για την αποφυγή τυχαίας λειτουργίας ενός μηχανήματος κατά τη συντήρηση ή για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας. Ένας ιδανικός διακόπτης δεν θα είχε καμία πτώση τάσης όταν ήταν κλειστός και δεν θα είχε όρια στην ονομαστική τάση ή ρεύμα. Θα είχε μηδενικό χρόνο ανόδου και πτώσης κατά τις αλλαγές κατάστασης και θα άλλαζε κατάσταση χωρίς να "αναπηδά" μεταξύ των θέσεων ενεργοποίησης και απενεργοποίησης. Οι πρακτικοί διακόπτες υπολείπονται αυτού του ιδανικού. Ως αποτέλεσμα των μεμβρανών τραχύτητας και οξειδίου, παρουσιάζουν αντίσταση επαφής, όρια στο ρεύμα και την τάση που μπορούν να χειριστούν, πεπερασμένος χρόνος μεταγωγής, κ.λπ. Ο ιδανικός διακόπτης χρησιμοποιείται συχνά στην ανάλυση κυκλώματος, καθώς απλοποιεί σημαντικά το σύστημα των εξισώσεων που πρέπει να λυθούν, αλλά αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια λιγότερο ακριβή λύση. Απαιτείται θεωρητική αντιμετώπιση των επιπτώσεων των μη ιδανικών ιδιοτήτων στο σχεδιασμό μεγάλων δικτύων μεταγωγέων, όπως για παράδειγμα χρησιμοποιούνται σε τηλεφωνικά κέντρα.

Για την υλοποίηση της παρούσας εφαρμογής ένας κατάλληλος διακόπτης θα ήταν ένας διακόπτης κλίσης κυλιόμενης μπάλας ο οποίος είναι σχεδιασμένος σε σχήμα χοάνης ώστε να παρέχει υψηλή ακρίβεια σε μοίρες κατά την αλλαγή των καταστάσεων του. Για παράδειγμα ο διακόπτης κλίσης κυλιόμενης μπάλας RB-231 είναι ειδικά σχεδιασμένος για έλεγχο ασφαλείας. Ο διακόπτης κλίσης κυλιόμενης μπίλιας RB-231 διαθέτει συμπαγή, θωρακισμένο σχεδιασμό ο οποίος παρέχει γωνία ανίχνευσης αλλαγής κλίσης στις 10° όπου από την συγκεκριμένη κλίση και πέρα αλλάζει την κατάσταση του ανοίγοντας το κύκλωμα καθώς οι ακροδέκτες του δεν έρχονται πλέον σε επαφή διαμέσου της μεταλλικής μπίλιας. Δηλαδή με άλλα λόγια, η αγώγιμη σφαίρα μπορεί να κινείται μέσα στο σωλήνα για να παράγει το σήμα και την επαφή. Αυτός ο διακόπτης παρέχει διάρκεια ζωής 100.000 κύκλων. Η σειρά διακόπτη κλίσης κυλιόμενης μπίλιας της εταιρείας C&K είναι ιδανική για εφαρμογές οι οποίες αφορούν την ανίχνευση κίνησης, συσκευές ασφαλείας, λευκές ηλεκτρικές οικιακές συσκευές και ηλεκτρονικές εφαρμογές ευρείας κατανάλωσης, όπως σίδερα, φορητές συσκευές θέρμανσης, παιχνίδια και διάφορες συσκευές χειρός. Ο εξαιρετικά αξιόπιστος διακόπτης κλίσης κυλιόμενης σφαίρας αφορά μια οικονομική επιλογή για ανταγωνιστικές εφαρμογές οι οποίες απαιτούν υψηλή απόδοση, ποιότητα και μεγάλη διάρκεια ζωής. Ένας αισθητήρας κλίσης μπορεί να μετρήσει την κλίση συχνά σε δύο άξονες ενός επιπέδου αναφοράς δύο αξόνων. Αντίστοιχα μια πλήρης κίνηση προς όλον τον χώρο θα χρησιμοποιούσε τουλάχιστον τρεις άξονες και πιθανότατα πρόσθετους αισθητήρες. Ένας ακόμη τρόπος μέτρησης της γωνίας κλίσης σε σχέση με το επίπεδο της γης, είναι η χρήση ενός επιταχυνσιόμετρου. Τυπικές εφαρμογές οι οποίες κάνουν χρήση επιταχυνσιόμετρου μπορούν να βρεθούν στη βιομηχανία και στα χειριστήρια παιχνιδιών. Στα αεροσκάφη η σφαίρα με την οποία διαπιστώνεται ο ορίζοντας ως προς το αν είναι ορθός ή όχι, αναφέρεται μερικές φορές και ως κλισιόμετρο. Οι αισθητήρες κλίσης και τα κλισιόμετρα δημιουργούν έναν τεχνητό ορίζοντα και μετρούν τη γωνιακή κλίση σε σχέση με αυτήν του πραγματικού ορίζοντα. Χρησιμοποιούνται ακόμη και σε κάμερες, χειριστήρια πτήσης αεροσκαφών, συστήματα ασφαλείας αυτοκινήτου και ειδικούς διακόπτες και χρησιμοποιούνται επίσης για οριζοντίωση πλατφόρμας, ένδειξη γωνίας μπούμας και σε άλλες εφαρμογές που απαιτούν μέτρηση κλίσης. Σημαντικοί παράμετροι οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη για τους αισθητήρες κλίσης και τα κλισιόμετρα είναι το εύρος γωνίας κλίσης και ο αριθμός των αξόνων. Οι άξονες είναι συνήθως, αλλά όχι πάντα, ορθογώνιοι. Το εύρος γωνίας κλίσης είναι το εύρος της επιθυμητής γραμμικής εξόδου. Συνήθεις εφαρμογές αισθητήρων κλίσης και κλισιόμετρων είναι το επιταχυνσιόμετρο, το υγρό χωρητικό, το ηλεκτρολυτικό, η φυσαλίδα αερίου σε υγρό και το εκκρεμές.

Αντίστοιχα σε περίπτωση που μπορεί να υπάρξει δυσκολία στην εύρεση του συγκεκριμένου ή παρόμοιου ηλεκτρονικού στοιχείου λόγω περιορισμένης διαθεσιμότητας, όπως ακριβώς παρατηρήθηκε στην περίπτωση της Ελληνικής αγοράς, είναι διαθέσιμη για εφαρμογή στο συγκεκριμένο

ενσωματωμένο σύστημα μία ευρηματική εναλλακτική πρόταση η οποία είναι προϊόν παρατήρησης και συλλογισμού επί της λειτουργίας του συγκεκριμένου ηλεκτρονικού στοιχείου. Ένας αισθητήρας κλίσης όπως αυτός ο οποίος προορίζεται να εγκατασταθεί στην παρούσα εργασία εκτελεί διακοπτική λειτουργία προκειμένου να δώσει το κατάλληλο ηλεκτρικό ερέθισμα σε μία εκ των εισόδων του συστήματος μικροελεγκτή ESP32, δηλαδή το σήμα το οποίο αποστέλλεται είναι τύπου δύο δυνατών καταστάσεων το οποίο είναι έμπρακτα ψηφιακής λογικής. Η μέθοδος με την οποία εκτελείται η λειτουργία αυτή αφορά αυτήν του ανοιχτού ή κλειστού αγωγού, όπως είναι για παράδειγμα οι ηλεκτρικοί διακόπτες οικιακών εφαρμογών για την ενεργοποίηση ή αποκοπή των ηλεκτρικών λαμπτήρων. Επομένως, συμπερασματικά μία προσαρμογή ενός τέτοιου είδους διακόπτη στο ενσωματωμένο σύστημα μπορεί να εκτελέσει ακριβώς την ίδια λειτουργία αισθητήρια έτσι που να αποδίδει το πότε το ενσωματωμένο σύστημα βρίσκεται στην προκαθορισμένη θέση του ή όχι.

3.5 Η περιφερειακή συσκευή σερβοκινητήρα

Οι σερβοκινητήρες επί της ουσίας είναι κανονικοί ηλεκτροκινητήρες στους οποίους έχει προστεθεί μία αυτόνομη μονάδα ελέγχου για την ακριβή περιστροφή των αξόνων τους με ψηφιακό τρόπο. Συγκεκριμένα, ένας σερβοκινητήρας είναι ένας σερβομηχανισμός συστήματος κλειστού βρόχου ο οποίος χρησιμοποιεί ανάδραση θέσης για να ελέγξει την κίνηση και την τελική του θέση. Η είσοδος στον έλεγχο του είναι ένα σήμα (είτε αναλογικό είτε ψηφιακό) που αντιπροσωπεύει τη θέση που έχει δοθεί εντολή για τον άξονα εξόδου. Ο συγκεκριμένος τύπος ηλεκτροκινητήρα συνδυάζεται με κάποιο τύπο κωδικοποιητή θέσης για να παρέχει την ανάδραση θέσης και ταχύτητας. Στην απλούστερη περίπτωση μετριέται μόνο η θέση. Η μετρούμενη θέση της εξόδου συγκρίνεται με τη θέση εντολής η οποία γίνεται η εξωτερική είσοδος στον ελεγκτή. Εάν η θέση εξόδου διαφέρει από αυτή που απαιτείται, δημιουργείται ένα σήμα σφάλματος το οποίο στη συνέχεια υποχρεώνει τον ηλεκτροκινητήρα να περιστραφεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση όπως απαιτείται προκειμένου να φέρει τον άξονα εξόδου στην κατάλληλη θέση. Καθώς πλησιάζουν οι θέσεις απαίτησης και πραγματικής, το σήμα σφάλματος μειώνεται στο μηδέν και ο ηλεκτροκινητήρας ακινητοποιείται. Οι απλούστεροι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούν ανίχνευση θέσης μόνο μέσω ενός ποτενσιόμετρου και ελέγχου των βημάτων του ηλεκτροκινητήρα τους. Ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να περιστρέφεται είτε σε πλήρη ταχύτητα ή να είναι ακινητοποιημένος, εκτελώντας λειτουργία δύο καταστάσεων. Αυτός ο τύπος σερβοκινητήρα δεν χρησιμοποιείται ευρέως στον βιομηχανικό έλεγχο κίνησης, αλλά αποτελεί τη βάση των απλών και φθηνών σερβοκινητήρων που χρησιμοποιούνται για τηλεχειριζόμενα μοντέλα. Οι πιο εξελιγμένοι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούν οπτικούς περιστροφικούς κωδικοποιητές για τη μέτρηση της ταχύτητας του άξονα εξόδου και μια κίνηση μεταβλητής ταχύτητας για τον έλεγχο της ταχύτητας του κινητήρα. Και οι δύο αυτές βελτιώσεις, συνήθως σε συνδυασμό με έναν αλγόριθμο ελέγχου PID, επιτρέπουν στον σερβοκινητήρα να φέρεται στη θέση εντολής του πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ακρίβεια, με λιγότερη υπέρβαση.

Οι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούνται γενικά ως εναλλακτική λύση υψηλής απόδοσης έναντι του βηματικού κινητήρα. Οι βηματικοί κινητήρες έχουν κάποια εγγενή ικανότητα ελέγχου της θέσης, καθώς έχουν ενσωματωμένα βήματα εξόδου. Αυτό τους επιτρέπει συχνά να χρησιμοποιούνται ως χειριστήριο θέσης ανοιχτού βρόχου, χωρίς κωδικοποιητή ανάδρασης, καθώς το σήμα κίνησης καθορίζει τον αριθμό των βημάτων κίνησης κατά τα οποία θα πρέπει να περιστραφούν, αλλά για αυτό ο ελεγκτής πρέπει να «γνωρίζει» τη θέση του βηματικού κινητήρα κατά την ενεργοποίηση. Επομένως, κατά την πρώτη ενεργοποίηση, ο ελεγκτής θα πρέπει να ενεργοποιήσει τον βηματικό κινητήρα και να τον γυρίσει σε μια γνωστή θέση, όπως για παράδειγμα μέχρι να ενεργοποιήσει έναν τερματικό διακόπτη. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί κατά την λειτουργία ενός εκτυπωτή inkjet. Στους εκτυπωτές αυτούς ο ελεγκτής θα

μετακινήσει τον φορέα εκτόξευσης μελάνης προς τα αριστερά και δεξιά για να καθορίσει τις τελικές θέσεις. Ένας σερβοκινητήρας θα στραφεί αμέσως σε όποια γωνία του υποδεικνύει ο ελεγκτής, ανεξάρτητα από την αρχική θέση κατά την ενεργοποίηση. Η έλλειψη ανάδρασης ενός βηματικού κινητήρα περιορίζει την απόδοσή του, καθώς ο βηματικός κινητήρας μπορεί να οδηγήσει μόνο ένα φορτίο που είναι αρκετά εντός της χωρητικότητάς του, διαφορετικά τα χαμένα βήματα υπό φορτίο μπορεί να οδηγήσουν σε σφάλματα τοποθέτησης και το σύστημα μπορεί να χρειαστεί επανεκκίνηση ή επαναβαθμονόμηση. Ο κωδικοποιητής και ο ελεγκτής ενός σερβοκινητήρα είναι ένα πρόσθετο κόστος, αλλά βελτιστοποιούν την απόδοση του συνολικού συστήματος (για όλη την ταχύτητα, την ισχύ και την ακρίβεια) σε σχέση με τη χωρητικότητα του βασικού κινητήρα. Με μεγαλύτερα συστήματα, όπου ένας ισχυρός κινητήρας αντιπροσωπεύει ένα αυξανόμενο ποσοστό του κόστους του συστήματος, οι σερβοκινητήρες έχουν το πλεονέκτημα. Υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση στους βηματικούς κινητήρες κλειστού βρόχου τα τελευταία χρόνια. Λειτουργούν σαν σερβοκινητήρες, αλλά έχουν κάποιες διαφορές στον έλεγχο του λογισμικού τους για να έχουν ομαλή κίνηση. Το κύριο πλεονέκτημα ενός βηματικού κινητήρα κλειστού βρόχου είναι το σχετικά χαμηλό κόστος του. Επίσης, δεν χρειάζεται να συντονιστεί ο ελεγκτής PID σε ένα βηματικού κινητήρα σύστημα κλειστού βρόχου. Πολλές εφαρμογές, όπως οι μηχανές κοπής με λέιζερ, μπορούν να προσφέρονται σε δύο εκδοχές κατασκευής τους, την εκδοχή κατασκευής με την χαμηλή τιμή η οποία χρησιμοποιεί βηματικούς κινητήρες και την εκδοχή κατασκευής υψηλής απόδοσης με χρήση σερβοκινητήρων.

Οι πρώτοι σερβοκινητήρες αναπτύχθηκαν με τους συγχρονιστές ως κωδικοποιητές τους. Τα συστήματα αυτά επικράτησαν γρήγορα στην ανάπτυξη ραντάρ και αντιαεροπορικού πυροβολικού κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου και υπήρξαν καταλύτης στην σημαντική τους πρόοδο καθώς ήταν πολύτιμη η συνεισφορά τους στις στρατιωτικές επιχειρήσεις και έτσι ως αναγνώριση της προοπτικής τους είχαν σημαντική χρηματοδότηση για την συνεχή ανάπτυξη και βελτίωση αυτών των συστημάτων. Οι απλοί σερβοκινητήρες μπορούν να χρησιμοποιούν ποτενσιόμετρα αντίστασης ως κωδικοποιητή θέσης τους. Αυτός ο τύπος σερβοκινητήρα χρησιμοποιείται μόνο ως πολύ απλή και φθηνή επιλογή για απλές εφαρμογές οι οποίες δεν είναι υψηλών απαιτήσεων και ανταγωνίζονται σε κόστος τους βηματικούς κινητήρες. Τα κύρια μειονεκτήματα τους είναι ότι υποφέρουν από φθορά στο υλικό τους και έχουν σχετικά υψηλά επίπεδα ηλεκτρικού θορύβου στο σύνολο του ποτενσιόμετρου. Αν και θα ήταν δυνατό να διαφοροποιηθεί ηλεκτρικά το σήμα θέσης τους για να ληφθεί ένα σήμα ταχύτητας, οι ελεγκτές PID που μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα τέτοιο σήμα ταχύτητας γενικά απαιτούν την χρήση ενός πιο ακριβούς κωδικοποιητή. Οι σύγχρονοι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούν περιστροφικούς κωδικοποιητές, είτε απόλυτους είτε αυξητικούς. Οι απόλυτοι κωδικοποιητές μπορούν να καθορίσουν τη θέση τους κατά την ενεργοποίηση, αλλά είναι πιο περίπλοκοι και ακριβοί. Οι επαυξητικοί κωδικοποιητές είναι απλούστεροι, φθηνότεροι και λειτουργούν με μεγαλύτερες ταχύτητες. Τα αυξητικά συστήματα, όπως οι βηματικοί κινητήρες, συχνά συνδυάζουν την εγγενή τους ικανότητα να μετρούν διαστήματα περιστροφής με έναν απλό αισθητήρα μηδενικής θέσης για να ρυθμίσουν τη θέση τους κατά την εκκίνηση. Αντί για σερβοκινητήρες, μερικές φορές χρησιμοποιείται ένας κινητήρας με ξεχωριστό, εξωτερικό γραμμικό κωδικοποιητή. Αυτά τα συστήματα κινητήρα και γραμμικού κωδικοποιητή αποφεύγουν ανακρίβειες στο σύστημα μετάδοσης κίνησης μεταξύ του κινητήρα και του γραμμικού φορέα, αλλά ο σχεδιασμός τους γίνεται πιο περίπλοκος καθώς δεν είναι πλέον ένα προσυσκευασμένο εργοστασιακό σύστημα. Ο τύπος του κινητήρα δεν είναι κρίσιμος για έναν σερβοκινητήρα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί τύποι. Στην πιο απλή περίπτωση, χρησιμοποιούνται κινητήρες συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη με βούρτσα, λόγω της απλότητας και του χαμηλού κόστους τους. Οι μικροί βιομηχανικοί σερβοκινητήρες είναι συνήθως ηλεκτρονικά εναλλάξιμοι κινητήρες χωρίς ψήκτες. Για μεγάλους βιομηχανικούς σερβοκινητήρες,

χρησιμοποιούνται συνήθως κινητήρες επαγωγής εναλλασσόμενου ρεύματος, συχνά με κινητήρες μεταβλητής συχνότητας που επιτρέπουν τον έλεγχο της ταχύτητάς τους. Για την απόλυτη απόδοση σε ένα συμπαγές πακέτο, χρησιμοποιούνται κινητήρες AC χωρίς ψήκτρες με μόνιμα μαγνητικά πεδία, ουσιαστικά μεγάλες εκδόσεις ηλεκτρικών κινητήρων συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες. Οι μονάδες μετάδοσης κίνησης για σερβοκινητήρες είναι ένα τυπικό βιομηχανικό εξάρτημα. Ο σχεδιασμός τους είναι ένας κλάδος των ηλεκτρονικών ισχύος, που συνήθως βασίζεται σε τριφασική γέφυρα MOSFET ή IGBT Η. Αυτές οι τυπικές μονάδες δέχονται μια μόνο κατεύθυνση και πλήθος παλμών (απόσταση περιστροφής) ως είσοδο. Μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν λειτουργίες παρακολούθησης υπερβολικής θερμοκρασίας, υπερβολικής ροπής και ανίχνευσης ακινητοποίησης. Καθώς ο τύπος κωδικοποιητή, η αναλογία ταχυτήτων και η συνολική δυναμική του συστήματος εξαρτώνται από την εφαρμογή, είναι πιο δύσκολο να παραχθεί ο συνολικός ελεγκτής ως μονάδα εκτός ραφίου και έτσι αυτά συχνά υλοποιούνται ως μέρος του κύριου ελεγκτή. Οι περισσότεροι σύγχρονοι σερβοκινητήρες σχεδιάζονται και παρέχονται γύρω από μια ειδική μονάδα ελέγχου από τον ίδιο κατασκευαστή. Οι ελεγκτές μπορούν επίσης να αναπτυχθούν γύρω από μικροελεγκτές προκειμένου να μειωθεί το κόστος για εφαρμογές μεγάλου όγκου.

3.6 Το λογισμικό

Καθώς δεν μπορεί να αμφισβητηθεί το γεγονός ότι χωρίς το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος δεν μπορεί να υπάρξει ενσωματωμένο σύστημα, το ίδιο αδιανόητο είναι και η ύπαρξη ενσωματωμένου συστήματος χωρίς το λογισμικό μέρος. Το λογισμικό αποτελεί αναπόσπαστο μέρος κάθε ενσωματωμένου συστήματος καθώς αποτελεί το μισό σύστημα. Ως λογισμικό γενικότερα το λογισμικό υπολογιστή πρέπει να εγγραφεί στο χώρο αποθήκευσης του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος, όπως είναι ο σκληρός δίσκος ή η μνήμη. Μόλις το λογισμικό εγγραφεί με επιτυχία στην μνήμη του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος τότε αυτό μπορεί πλέον εκτελέσει τις οδηγίες του όπως ακριβώς περιγράφονται ως συνάρτηση των δεδομένων των εξόδων του σε σχέση με τα δεδομένα των εισόδων του. Αυτό περιλαμβάνει την μετάδοση των οδηγιών από το λογισμικό το οποίο εκτελείται στο επίπεδο των εφαρμογών, μέσω του λειτουργικού συστήματος, στο επίπεδο της μηχανής το οποίο τελικά λαμβάνει την οδηγία ως κώδικα μηχανής, δηλαδή οδηγίες σε ακολουθίες του δυαδικού συστήματος. Κάθε εντολή αναγκάζει τον υπολογιστή να πραγματοποιήσει μια λειτουργία, μετακίνηση δεδομένων, εκτέλεση υπολογισμών ή αλλαγή της ροής ελέγχου των οδηγιών. Η μετακίνηση των δεδομένων γίνεται συνήθως από μία ορισμένη διεύθυνση μνήμης σε μία άλλη. Άλλες φορές περιλαμβάνει τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ της μνήμης και των καταχωρητών, οι οποίοι μεταξύ άλλων επιτρέπουν την πρόσβαση δεδομένων υψηλής ταχύτητας στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας. Η μετακίνηση δεδομένων, ιδιαίτερα μεγάλων ποσοτήτων τους, μπορεί να είναι μία διαδικασία δαπανηρή ως προς τους διαθέσιμους πόρους του συστήματος, περίπλοκη ή ακόμη και μη αποδοτική. Αυτό μερικές φορές αποφεύγεται με την χρήση του εργαλείου του δείκτη στον χώρο του προγραμματισμού.

Οι υπολογισμοί στο επίπεδο του προγραμματισμού ουσιαστικά περιλαμβάνουν απλές αριθμητικές ή λογικές πράξεις όπως η αύξηση της τιμής ενός στοιχείου δεδομένων μίας μεταβλητής. Οι πιο περίπλοκοι υπολογισμοί μπορεί να περιλαμβάνουν πολλές λειτουργίες και στοιχεία δεδομένων μαζί. Το λογισμικό είναι ένα σύνολο προγραμμάτων υπολογιστή, σχετικής τεκμηρίωσης και δεδομένων. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένο το σύστημα και το οποίο εκτελεί πραγματικά την εργασία στο σύνολο της. Στο χαμηλότερο επίπεδο προγραμματισμού, ο εκτελέσιμος κώδικας αποτελείται από οδηγίες γλώσσας μηχανής οι οποίες υποστηρίζονται από έναν μεμονωμένο επεξεργαστή ο οποίος είναι συνήθως μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας ή μια μονάδα επεξεργασίας

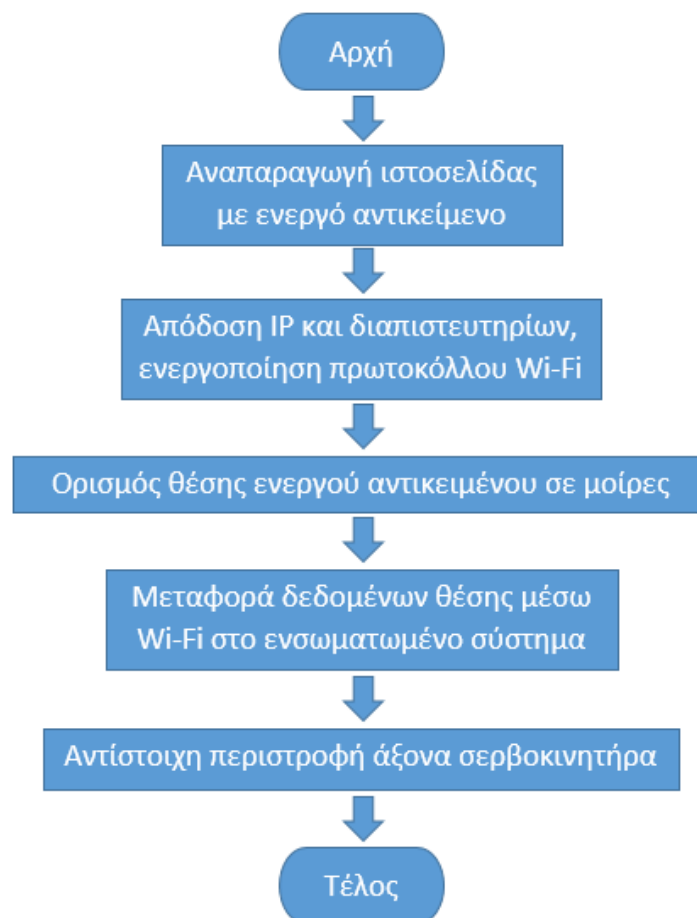
γραφικών. Η γλώσσα μηχανής αποτελείται από ομάδες δυαδικών τιμών οι οποίες αντιστοιχούν στις οδηγίες οι οποίες απευθύνονται στον επεξεργαστή οι οποίες αλλάζουν την κατάσταση του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος από την προηγούμενη κατάστασή του σε μία νέα εσκεμμένη κατάσταση. Για παράδειγμα, μια εντολή μπορεί να αλλάξει την τιμή η οποία είναι αποθηκευμένη σε μια συγκεκριμένη θέση αποθήκευσης δεδομένων στο ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα, μία πράξη η οποία έμπρακτα δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμη από τον χρήστη του. Μια εντολή μπορεί επίσης να επικαλείται μία από τις πολλές λειτουργίες εισόδου ή εξόδου, για παράδειγμα εμφάνιση κάποιου κειμένου σε μια οθόνη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος και γενικά προκαλώντας αλλαγές καταστάσεων οι οποίες θα πρέπει να είναι ορατές στον χρήστη. Ο επεξεργαστής εκτελεί τις εντολές με τη σειρά που του παρέχονται, εκτός και εάν έχει λάβει εντολή να μεταπηδήσει σε διαφορετική εντολή ή λάβει μία εντολή προτεραιότητας έτσι ώστε να διακοπεί η διεργασία από το λειτουργικό σύστημα. Στην σύγχρονη εποχή τα περισσότερα οικιακά ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα, συσκευές έξυπνης τηλεφωνίας και συσκευές διακομιστών διαθέτουν επεξεργαστές με πολλαπλές μονάδες εκτέλεσης ή πολλαπλούς επεξεργαστές οι οποίοι εκτελούν διάφορους υπολογισμούς ταυτόχρονα και τα ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα πραγματοποιούν πολλές περισσότερες ταυτόχρονες δραστηριότητες από ό,τι τα προκατοχικά ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα. Η πλειοψηφία του λογισμικού μέρους είναι πλέον γραμμένο σε γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου. Είναι ευκολότερες στην μάθηση και χρήση τους και πιο αποδοτικές για τους προγραμματιστές επειδή η σύνταξη τους είναι πιο κοντά σε φυσικές γλώσσες παρά σε γλώσσες μηχανής. Οι γλώσσες υψηλού επιπέδου μεταφράζονται σε γλώσσα μηχανής χρησιμοποιώντας ένα ειδικό τύπο λογισμικού το οποίο ονομάζεται μεταγλωττιστής ή διερμηνέας ή συνδυασμός των δύο. Το λογισμικό μπορεί επίσης να είναι γραμμένο σε γλώσσες assembly χαμηλού επιπέδου, η οποία έχει ισχυρή αντιστοιχία με τις οδηγίες της γλώσσας μηχανής του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος και μεταφράζεται στη γλώσσα μηχανής χρησιμοποιώντας έναν assembler.

3.6.1 Το υλικολογισμικό

Όταν γίνεται λόγος για υλικολογισμικό, εννοείται ως αναφορά σε έναν ιδιαίτερο τύπο λογισμικού ο οποίος αναπτύσσεται ειδικά για τους επεξεργαστές των ενσωματωμένων συστημάτων. Η ιδιαιτερότητα του υλικολογισμικού στα ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα είναι ότι το υλικολογισμικό είναι μια συγκεκριμένη και ειδική κατηγορία λογισμικού ενός ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος το οποίο παρέχει τον έλεγχο επιπέδου μηχανής για το συγκεκριμένο υλικό μιας συσκευής. Το υλικολογισμικό, όπως είναι το BIOS ενός οικιακού ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος, περιέχει τις βασικές οδηγίες λειτουργίας μιας συσκευής σε γλώσσα προγραμματισμού είτε assembly είτε σε C η οποία επικοινωνεί απευθείας με την μηχανή και μπορεί να παρέχει υπηρεσίες αφαιρετικότητας υλικού σε λογισμικό υψηλότερου επιπέδου, όπως είναι τα λειτουργικά συστήματα. Για λιγότερο σύνθετες συσκευές, όπως είναι τα βασικής μορφής ενσωματωμένα συστήματα, το υλικολογισμικό λειτουργεί ως το πλήρες λειτουργικό σύστημα της συσκευής, εκτελώντας όλες τις λειτουργίες ελέγχου, παρακολούθησης και χειρισμού δεδομένων. Τυπικά παραδείγματα συσκευών που περιέχουν υλικολογισμικό είναι τα ενσωματωμένα συστήματα όπως οι οικιακές συσκευές και οι συσκευές προσωπικής χρήσης, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και τα περιφερειακά των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Το υλικολογισμικό διατηρείται σε μη πτητικές συσκευές μνήμης όπως ROM, EPROM, EEPROM και μνήμη Flash. Η ενημέρωση του υλικολογισμικού απαιτεί τη φυσική αντικατάσταση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ROM ή τον επαναπρογραμματισμό του EPROM ή της μνήμης flash μέσω ειδικής διαδικασίας. Ορισμένες συσκευές μνήμης υλικολογισμικού είναι μόνιμα εγκατεστημένες και δεν μπορούν να αλλάξουν μετά την κατασκευή. Οι συνήθεις λόγοι για την ενημέρωση του υλικολογισμικού περιλαμβάνουν τη διόρθωση σφαλμάτων ή την προσθήκη λειτουργιών στη συσκευή.

Το υλικολογισμικό της παρούσας εργασίας περιλαμβάνει τις οδηγίες λειτουργίας της προς το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος και όταν γίνεται λόγος για το υλικό μέρος, αρχής εξαρχής εννοείται ο επεξεργαστής ο οποίος περιλαμβάνεται στην συγκεκριμένη μονάδα μικροελεγκτή. Συγκεκριμένα η μονάδα μικροεπεξεργαστή που συμπεριλαμβάνεται στο ολοκληρωμένο κύκλωμα του μικροελεγκτή είναι ο Xtensa 32-bit LX6 ο οποίος έχει σχεδιαστεί με την σύγχρονη αρχιτεκτονική τύπου RISC. Οπότε το υλικολογισμικό αρχικά αρχικοποιεί τον επεξεργαστή μαζί με όλες του τις εσωτερικές περιφερειακές συσκευές, όπως είναι οι καταχωρητές και η εσωτερική του μνήμη. Στην συνέχεια εκκινεί την επικοινωνία με τις εξωτερικές περιφερειακές συσκευές όπως είναι οι μνήμες (προγράμματος και προσωρινή), οι μετατροπείς αναλογικών σε ψηφιακών σημάτων, οι είσοδοι/έξοδοι και οι μετατροπείς ψηφιακών σε αναλογικών σημάτων. Η επικοινωνία μεταξύ του μικροεπεξεργαστή με αυτές τις περιφερειακές συσκευές, λόγω της εγγύτητας τους, πραγματοποιείται με την χρήση ενσύρματων πρωτοκόλλων. Όταν έχουν εκκινηθεί όλες αυτές οι συσκευές τότε μπορεί να εκτελέσει το υλικολογισμικό την λειτουργία του εντός του ενσωματωμένου συστήματος όπως αυτό έχει τεθεί.

Στην παρούσα περίπτωση το υλικολογισμικό έχει αναπτυχθεί με την χρήση της γλώσσας wiring C, μία παραλλαγή της C έτσι ώστε να μπορεί κανείς να αναπτύσει το υλικολογισμικό με μία σχετική ευκολία στο περιβάλλον του Arduino IDE, μία εφαρμογή υπολογιστή η οποία επιτρέπει την ανάπτυξη υλικολογισμικού βασισμένη στην ύπαρξη έτοιμων βιβλιοθηκών συναρτήσεων και εντολών προσαρμοσμένη για αρκετά συστήματα μικροελεγκτών. Το υλικολογισμικό αναπτύσσεται με την βοήθεια του διαγράμματος ροής το οποίο απεικονίζει τον αλγόριθμο του προγράμματος σε μορφή μπλοκ διαγράμματος. Έχει σκοπό την διευκόλυνση και φαίνεται στο σχήμα 3-2.



Σχήμα 3-2: Λογικό διάγραμμα ροής αλγόριθμου εφαρμογής.

3.6.2 Κατασκευή ιστότοπου

Η ανάπτυξη ενός ιστότοπου απαιτεί. Οι ιστότοποι μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διάφορους τρόπους: έναν προσωπικό ιστότοπο, έναν εταιρικό ιστότοπο για μια εταιρεία, έναν κυβερνητικό ιστότοπο, έναν ιστότοπο οργανισμού κ.λπ. συγκεκριμένο θέμα ή σκοπό. Οποιοσδήποτε ιστότοπος μπορεί να περιέχει έναν υπερσύνδεσμο προς οποιονδήποτε άλλο ιστότοπο, επομένως η διάκριση μεταξύ μεμονωμένων τοποθεσιών, όπως γίνεται αντιληπτή από τον χρήστη, μπορεί να είναι ασαφής. Ορισμένοι ιστότοποι απαιτούν εγγραφή χρήστη ή συνδρομή για πρόσβαση στο περιεχόμενο. Παραδείγματα συνδρομητικών ιστότοπων περιλαμβάνουν πολλούς επιχειρηματικούς ιστότοπους, ειδησεογραφικούς ιστότοπους, ιστότοπους ακαδημαϊκών περιοδικών, ιστότοπους τυχερών παιχνιδιών, ιστότοπους κοινής χρήσης αρχείων, πίνακες μηνυμάτων, email που βασίζονται στο δίκτυο, ιστότοπους κοινωνικής δικτύωσης, ιστότοπους που παρέχουν δεδομένα χρηματιστηρίου σε πραγματικό χρόνο, καθώς και ιστότοπους που παρέχουν διάφορες άλλες υπηρεσίες. Ενώ ο ιστότοπος ήταν η αρχική ορθογραφία (μερικές φορές με κεφαλαία Ιστότοπος, καθώς το Ιστός είναι ένα σωστό ουσιαστικό όταν αναφέρεται στον Παγκόσμιο Ιστό), αυτή η παραλλαγή χρησιμοποιείται σπάνια και ο ιστότοπος έχει γίνει η τυπική ορθογραφία. Όλοι οι κύριοι οδηγοί στυλ, όπως το Chicago Manual of Style και το AP Stylebook, αντικατοπτρίζουν αυτήν την αλλαγή. Στατικός ιστότοπος είναι αυτός που έχει ιστοσελίδες αποθηκευμένες στον διακομιστή με τη μορφή που αποστέλλεται σε πρόγραμμα περιήγησης ιστού πελάτη. Κωδικοποιείται κυρίως σε Hypertext Markup Language (HTML). Τα Cascading Style Sheets (CSS) χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της εμφάνισης πέρα από το βασικό HTML. Οι εικόνες χρησιμοποιούνται συνήθως για τη δημιουργία της επιθυμητής εμφάνισης και ως μέρος του κύριου περιεχομένου. Ο ήχος ή το βίντεο μπορεί επίσης να θεωρηθεί "στατικό" περιεχόμενο εάν αναπαράγεται αυτόματα ή είναι γενικά μη διαδραστικό. Αυτός ο τύπος ιστότοπου εμφανίζει συνήθως τις ίδιες πληροφορίες σε όλους τους επισκέπτες. Παρόμοια με τη διανομή ενός έντυπου φυλλαδίου σε πελάτες ή πελάτες, ένας στατικός ιστότοπος θα παρέχει γενικά συνεπείς, τυπικές πληροφορίες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Παρόλο που ο κάτοχος του ιστότοπου μπορεί να κάνει ενημερώσεις περιοδικά, είναι μια μη αυτόματη διαδικασία για την επεξεργασία του κειμένου, των φωτογραφιών και άλλου περιεχομένου και ενδέχεται να απαιτούνται βασικές δεξιότητες σχεδιασμού ιστότοπου και λογισμικό. Οι απλές φόρμες ή παραδείγματα μάρκετινγκ ιστότοπων, όπως ο κλασικός ιστότοπος, ένας ιστότοπος πέντε σελίδων ή ένας ιστότοπος μπροσούρας είναι συχνά στατικοί ιστότοποι, επειδή παρουσιάζουν προκαθορισμένες, στατικές πληροφορίες στον χρήστη. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με μια εταιρεία και τα προϊόντα και τις υπηρεσίες της μέσω κειμένου, φωτογραφιών, κινούμενων εικόνων, ήχου/βίντεο και μενού πλοήγησης. Οι στατικοί ιστότοποι ενδέχεται να εξακολουθούν να χρησιμοποιούν τα στοιχεία διακομιστή (SSI) ως ευκολία επεξεργασίας, όπως η κοινή χρήση μιας κοινής γραμμής μενού σε πολλές σελίδες. Καθώς η συμπεριφορά του ιστότοπου στον αναγνώστη εξακολουθεί να είναι στατική, αυτός δεν θεωρείται δυναμικός ιστότοπος. Ένας δυναμικός ιστότοπος είναι αυτός που αλλάζει ή προσαρμόζεται συχνά και αυτόματα. Οι δυναμικές σελίδες από την πλευρά του διακομιστή δημιουργούνται "on the fly" από κώδικα υπολογιστή που παράγει το HTML (τα CSS είναι υπεύθυνα για την εμφάνιση και επομένως είναι στατικά αρχεία). Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα συστημάτων λογισμικού, όπως CGI, Java Servlets και Java Server Pages (JSP), Active Server Pages και ColdFusion (CFML) που είναι διαθέσιμα για τη δημιουργία δυναμικών συστημάτων web και δυναμικών τοποθεσιών. Διάφορα πλαίσια εφαρμογών ιστού και συστήματα προτύπων ιστού είναι διαθέσιμα για γλώσσες προγραμματισμού γενικής χρήσης όπως η Perl, η PHP, η Python και η Ruby, ώστε να είναι πιο γρήγορη και εύκολη η δημιουργία πολύπλοκων δυναμικών ιστοσελίδων. Ένας ιστότοπος μπορεί να εμφανίζει την τρέχουσα κατάσταση ενός διαλόγου μεταξύ των χρηστών, να παρακολουθεί μια μεταβαλλόμενη κατάσταση ή να παρέχει πληροφορίες κατά κάποιο τρόπο εξατομικευμένες στις απαιτήσεις του κάθε χρήστη. Για παράδειγμα,

όταν ζητείται η πρώτη σελίδα ενός ιστότοπου ειδήσεων, ο κώδικας που εκτελείται στον διακομιστή ιστού μπορεί να συνδυάσει αποθηκευμένα τμήματα HTML με ειδήσεις που ανακτήθηκαν από μια βάση δεδομένων ή άλλο ιστότοπο μέσω RSS για να δημιουργήσει μια σελίδα που περιλαμβάνει τις πιο πρόσφατες πληροφορίες. Οι δυναμικοί ιστότοποι μπορούν να είναι διαδραστικοί χρησιμοποιώντας φόρμες HTML, αποθήκευση και ανάγνωση cookie του προγράμματος περιήγησης ή δημιουργώντας μια σειρά σελίδων που αντικατοπτρίζουν το προηγούμενο ιστορικό κλικ. Ένα άλλο παράδειγμα δυναμικού περιεχομένου είναι όταν ένας ιστότοπος λιανικής πώλησης με βάση δεδομένων προϊόντων πολυμέσων επιτρέπει σε έναν χρήστη να εισάγει ένα αίτημα αναζήτησης, π.χ. για τη λέξη-κλειδί Beatles. Ως απόκριση, το περιεχόμενο της ιστοσελίδας θα αλλάξει αυθόρμητα τον τρόπο που φαινόταν πριν και στη συνέχεια θα εμφανίσει μια λίστα με προϊόντα Beatles όπως CD, DVD και βιβλία. Το Dynamic HTML χρησιμοποιεί κώδικα JavaScript για να καθοδηγήσει το πρόγραμμα περιήγησης στο web πώς να τροποποιεί διαδραστικά τα περιεχόμενα της σελίδας. Ένας τρόπος για την προσομοίωση ενός συγκεκριμένου τύπου δυναμικού ιστότοπου, αποφεύγοντας παράλληλα την απώλεια απόδοσης από την εκκίνηση του δυναμικού κινητήρα ανά χρήστη ή ανά σύνδεση, είναι η περιοδική αυτόματη αναγέννηση μιας μεγάλης σειράς στατικών σελίδων.

Ο σχεδιασμός της οπτικής σύνθεσης και της χρονικής συμπεριφοράς ενός GUI είναι ένα σημαντικό μέρος του προγραμματισμού εφαρμογών λογισμικού στον τομέα της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή. Στόχος του είναι να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα και την ευκολία χρήσης για τον υποκείμενο λογικό σχεδιασμό ενός αποθηκευμένου προγράμματος, ενός κλάδου σχεδιασμού που ονομάζεται ευχρηστία. Μέθοδοι σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη χρησιμοποιούνται για να διασφαλιστεί ότι η οπτική γλώσσα που εισάγεται στο σχέδιο είναι καλά προσαρμοσμένη στις εργασίες. Τα ορατά χαρακτηριστικά γραφικής διεπαφής μιας εφαρμογής αναφέρονται μερικές φορές ως chrome ή GUI (προφέρεται gooey). Συνήθως, οι χρήστες αλληλοεπιδρούν με πληροφορίες χειραγωγώντας οπτικά γραφικά στοιχεία που επιτρέπουν αλληλεπιδράσεις κατάλληλες για το είδος των δεδομένων που διατηρούν. Τα γραφικά στοιχεία μιας καλά σχεδιασμένης διεπαφής επιλέγονται για να υποστηρίζουν τις απαραίτητες ενέργειες για την επίτευξη των στόχων των χρηστών. Ένας ελεγκτής μοντέλου-προβολής-ελεγκτής επιτρέπει ευέλικτες δομές στις οποίες η διεπαφή είναι ανεξάρτητη και συνδέεται έμμεσα με τις λειτουργίες της εφαρμογής, έτσι ώστε το GUI να μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να επιλέξουν ή να σχεδιάσουν ένα διαφορετικό δέρμα κατά βούληση και διευκολύνει το έργο του σχεδιαστή να αλλάξει τη διεπαφή καθώς εξελίσσονται οι ανάγκες του χρήστη. Ο καλός σχεδιασμός GUI σχετίζεται περισσότερο με τους χρήστες και λιγότερο με την αρχιτεκτονική του συστήματος. Τα μεγάλα γραφικά στοιχεία, όπως τα παράθυρα, συνήθως παρέχουν ένα πλαίσιο ή κοντέινερ για το κύριο περιεχόμενο της παρουσίασης, όπως μια ιστοσελίδα, ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή ένα σχέδιο. Τα μικρότερα λειτουργούν συνήθως ως εργαλείο εισαγωγής χρήστη. Ένα GUI μπορεί να σχεδιαστεί για τις απαιτήσεις μιας κάθετης αγοράς ως GUI για συγκεκριμένες εφαρμογές. Παραδείγματα περιλαμβάνουν αυτόματες ταμειακές μηχανές (ATM), οθόνες αφής σημείων πώλησης (POS) σε εστιατόρια, ταμεία αυτοεξυπηρέτησης που χρησιμοποιούνται σε κατάσταση λιανικής, αεροπορικά εισιτήρια και check-in, περίπτερα πληροφοριών σε δημόσιο χώρο, όπως σιδηροδρομικός σταθμός ή μουσείο και οθόνες ή οθόνες ελέγχου σε μια ενσωματωμένη βιομηχανική εφαρμογή που χρησιμοποιούν λειτουργικό σύστημα σε πραγματικό χρόνο (RTOS). Τα κινητά τηλέφωνα και τα συστήματα παιχνιδιών χειρός χρησιμοποιούν επίσης γραφικά περιβάλλοντος αφής για συγκεκριμένες εφαρμογές. Τα νεότερα αυτοκίνητα χρησιμοποιούν GUI στα συστήματα πλοήγησης και στα κέντρα πολυμέσων τους ή συνδυασμούς κέντρων πολυμέσων πλοήγησης. Ένα GUI χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό τεχνολογιών και συσκευών για να παρέχει μια πλατφόρμα με την οποία οι χρήστες μπορούν να αλληλοεπιδρούν, για τις εργασίες συλλογής και παραγωγής πληροφοριών. Μια σειρά

στοιχείων που συμμορφώνονται με μια οπτική γλώσσα έχουν εξελιχθεί για να αντιπροσωπεύουν πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες σε υπολογιστές. Αυτό διευκολύνει τα άτομα με λίγες δεξιότητες υπολογιστών να εργάζονται και να χρησιμοποιούν λογισμικό υπολογιστή. Ο πιο συνηθισμένος συνδυασμός τέτοιων στοιχείων στα GUI είναι τα παράθυρα, τα εικονίδια, τα πεδία κειμένου, οι καμβάδες, τα μενού, το παράδειγμα δείκτη (WIMP), ειδικά σε προσωπικούς υπολογιστές. Το στυλ αλληλεπίδρασης WIMP χρησιμοποιεί μια εικονική συσκευή εισόδου για να αναπαραστήσει τη θέση της διεπαφής μιας συσκευής κατάδειξης, τις περισσότερες φορές ενός ποντικιού, και παρουσιάζει πληροφορίες οργανωμένες σε παράθυρα και αντιπροσωπευόμενες με εικονίδια. Οι διαθέσιμες εντολές συγκεντρώνονται μαζί σε μενού και εκτελούνται ενέργειες κάνοντας χειρονομίες με τη συσκευή κατάδειξης. Ένας διαχειριστής παραθύρων διευκολύνει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραθύρων, των εφαρμογών και του συστήματος παραθύρων. Το σύστημα παραθύρου χειρίζεται συσκευές υλικού, όπως συσκευές κατάδειξης, υλικό γραφικών και τοποθέτηση του δείκτη. Στους προσωπικούς υπολογιστές, όλα αυτά τα στοιχεία μοντελοποιούνται μέσω μιας μεταφοράς επιτραπέζιου υπολογιστή για να παραχθεί μια προσομοίωση που ονομάζεται περιβάλλον επιφάνειας εργασίας στο οποίο η οθόνη αντιπροσωπεύει μια επιφάνεια εργασίας, στην οποία μπορούν να τοποθετηθούν έγγραφα και φάκελοι εγγράφων. Οι διαχειριστές παραθύρων και άλλο λογισμικό συνδυάζονται για να προσομοιώσουν το περιβάλλον επιφάνειας εργασίας με διάφορους βαθμούς ρεαλισμού. Οι καταχωρήσεις μπορεί να εμφανίζονται σε μια λίστα για να δημιουργηθεί χώρος για κείμενο και λεπτομέρειες ή σε ένα πλέγμα για συμπαγή και μεγαλύτερα εικονίδια με μικρό χώρο από κάτω για κείμενο. Υπάρχουν ενδιάμεσα παραλλαγές, όπως μια λίστα με πολλές στήλες στοιχείων και ένα πλέγμα στοιχείων με σειρές κειμένου που εκτείνονται πλάγια από το εικονίδιο. Οι διατάξεις πολλών σειρών και πολλών στηλών που βρίσκονται συνήθως στον ιστό είναι "ράφι" και "καταρράκτης". Το πρώτο βρίσκεται σε μηχανές αναζήτησης εικόνων, όπου οι εικόνες εμφανίζονται με σταθερό ύψος αλλά μεταβλητό μήκος, και συνήθως υλοποιείται με την ιδιότητα CSS και την εμφάνιση παραμέτρων: `inline-block`; Μια διάταξη καταρράκτη που βρίσκεται στο Imgur και στο Tweetdeck με σταθερό πλάτος αλλά μεταβλητό ύψος ανά στοιχείο εφαρμόζεται συνήθως καθορίζοντας το πλάτος στήλης:.

3.7 Διαδίκτυο των πραγμάτων

Με την τεχνολογική ανάπτυξη η οποία οδήγησε στην σύγχρονη εποχή πλέον γίνεται συχνά λόγος για την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση η οποία στον συγκεκριμένο τομέα των ενσωματωμένων συστημάτων περιλαμβάνει την αναβάθμιση των οικιακών ηλεκτρικών συσκευών της καθημερινότητας του ανθρώπου σε έξυπνες συσκευές οι οποίες διαθέτουν την ικανότητα διασύνδεσης τους στο διαδίκτυο έτσι που να επιτρέπεται σε αυτές η εφαρμογή του απομακρυσμένου τους ελέγχου. Το σύνολο της λειτουργίας αυτής είναι γνωστό ως διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things - IoT) Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) περιγράφει φυσικά αντικείμενα (ή ομάδες τέτοιων αντικειμένων) με αισθητήρες, ικανότητα επεξεργασίας, λογισμικό και άλλες τεχνολογίες που συνδέουν και ανταλλάσσουν δεδομένα με άλλες συσκευές και συστήματα μέσω του Διαδικτύου ή άλλων δικτύων επικοινωνιών. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων θεωρείται λανθασμένη ονομασία επειδή οι συσκευές δεν χρειάζεται να είναι συνδεδεμένες στο δημόσιο Διαδίκτυο, πρέπει μόνο να είναι συνδεδεμένες σε ένα δίκτυο και να μπορούν να διευθυνσιοδοτηθούν μεμονωμένα. Το πεδίο έχει εξελιχθεί λόγω της σύγκλισης πολλαπλών τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένων των πανταχού παρών υπολογιστών, των αισθητήρων εμπορευμάτων, των ολοένα και πιο ισχυρών ενσωματωμένων συστημάτων και της μηχανικής μάθησης. Τα παραδοσιακά πεδία των ενσωματωμένων συστημάτων, των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, των συστημάτων ελέγχου, του αυτοματισμού (συμπεριλαμβανομένου του αυτοματισμού σπιτιού και κτιρίου), επιτρέπουν ανεξάρτητα και συλλογικά το Διαδίκτυο των πραγμάτων. Στην καταναλωτική αγορά, η τεχνολογία IoT είναι πιο συνώνυμη με προϊόντα που σχετίζονται με την έννοια του «έξυπνου

σπιτιού», συμπεριλαμβανομένων συσκευών και συσκευών (όπως φωτιστικά, θερμοστάτες, συστήματα οικιακής ασφάλειας, κάμερες και άλλες οικιακές συσκευές) που υποστηρίζουν ένα ή πιο κοινά οικοσυστήματα και μπορεί να ελεγχθεί μέσω συσκευών που σχετίζονται με αυτό το οικοσύστημα, όπως smartphone και έξυπνα ηχεία. Το IoT χρησιμοποιείται επίσης σε συστήματα υγειονομικής περίθαλψης. Υπάρχουν πολλές ανησυχίες σχετικά με τους κινδύνους στην ανάπτυξη των τεχνολογιών και προϊόντων IoT, ειδικά στους τομείς της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας, και κατά συνέπεια, έχουν ξεκινήσει κινήσεις της βιομηχανίας και της κυβέρνησης για την αντιμετώπιση αυτών των ανησυχιών, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης διεθνών και τοπικών προτύπων, κατευθυντήριων γραμμών, και κανονιστικά πλαίσια. Ένα αυξανόμενο μέρος των συσκευών IoT δημιουργείται για χρήση από καταναλωτές, συμπεριλαμβανομένων των συνδεδεμένων οχημάτων, του οικιακού αυτοματισμού, της τεχνολογίας φορητών συσκευών, της συνδεδεμένης υγείας και των συσκευών με δυνατότητες απομακρυσμένης παρακολούθησης. Οι συσκευές IoT αποτελούν μέρος της ευρύτερης έννοιας του οικιακού αυτοματισμού, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει φωτισμό, θέρμανση και κλιματισμό, συστήματα πολυμέσων και ασφάλειας και συστήματα κάμερας. Τα μακροπρόθεσμα οφέλη θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν την εξοικονόμηση ενέργειας διασφαλίζοντας αυτόματα τα φώτα και τα ηλεκτρονικά είδη που απενεργοποιούνται ή ενημερώνοντας τους κατοίκους του σπιτιού σχετικά με τη χρήση. Ένα έξυπνο σπίτι ή ένα αυτοματοποιημένο σπίτι θα μπορούσε να βασίζεται σε μια πλατφόρμα ή κόμβους που ελέγχουν έξυπνες συσκευές και συσκευές. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας το HomeKit της Apple, οι κατασκευαστές μπορούν να ελέγχουν τα προϊόντα και τα αξεσουάρ του σπιτιού τους από μια εφαρμογή σε συσκευές iOS όπως το iPhone και το Apple Watch. Αυτή θα μπορούσε να είναι μια αποκλειστική εφαρμογή ή εγγενείς εφαρμογές iOS, όπως το Siri. Αυτό μπορεί να αποδειχθεί στην περίπτωση της Lenovo's Smart Home Essentials, η οποία είναι μια σειρά έξυπνων οικιακών συσκευών που ελέγχονται μέσω της εφαρμογής Home της Apple ή του Siri χωρίς να απαιτείται γέφυρα Wi-Fi. Υπάρχουν επίσης αποκλειστικοί κόμβοι έξυπνων κατοικιών που προσφέρονται ως αυτόνομες πλατφόρμες για τη σύνδεση διαφορετικών προϊόντων έξυπνου σπιτιού, όπως το Amazon Echo, το Google Home, το HomePod της Apple και το SmartThings Hub της Samsung. Εκτός από τα εμπορικά συστήματα, υπάρχουν πολλά μη ιδιόκτητα οικοσυστήματα ανοιχτού κώδικα. συμπεριλαμβανομένων των Home Assistant, OpenHAB και Domoticz. Μια βασική εφαρμογή ενός έξυπνου σπιτιού είναι η παροχή βοήθειας σε ηλικιωμένα άτομα και σε άτομα με αναπηρίες. Αυτά τα οικιακά συστήματα χρησιμοποιούν υποβοηθητική τεχνολογία για την αντιμετώπιση των ειδικών αναπηριών ενός ιδιοκτήτη. Ο φωνητικός έλεγχος μπορεί να βοηθήσει τους χρήστες με περιορισμούς όρασης και κινητικότητας, ενώ τα συστήματα προειδοποίησης μπορούν να συνδεθούν απευθείας με κοχλιακά εμφυτεύματα που φορούν χρήστες με προβλήματα ακοής. Μπορούν επίσης να εξοπλιστούν με πρόσθετα χαρακτηριστικά ασφαλείας, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων που παρακολουθούν για ιατρικά επείγοντα περιστατικά όπως πτώσεις ή επιληπτικές κρίσεις. Η τεχνολογία έξυπνου σπιτιού που εφαρμόζεται με αυτόν τον τρόπο μπορεί να προσφέρει στους χρήστες περισσότερη ελευθερία και υψηλότερη ποιότητα ζωής. Ο όρος "Enterprise IoT" αναφέρεται σε συσκευές που χρησιμοποιούνται σε επιχειρηματικές και εταιρικές ρυθμίσεις. Μέχρι το 2019, εκτιμάται ότι το EIoT θα αντιπροσωπεύει 9,1 δισεκατομμύρια συσκευές.

3.8 Πρακτική εφαρμογή και σύνολο υλικών μακροσκοπικά

Μεταξύ των διαφόρων τμημάτων μίας εργασίας είναι και αυτό της πρακτικής εφαρμογής. Η πρακτική εφαρμογή απευθύνεται στο τι είδους κοινό θα μπορούσε να την χρησιμοποιήσει και τι θα μπορούσε να του προσφέρει. Η εφαρμογή των ενσωματωμένων συστημάτων στην καθημερινότητα, όπως αναφέρθηκε και στο δεύτερο κεφάλαιο, έχει διευκολύνει την καθημερινότητα του ανθρώπου με πολλούς τρόπους. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας το ζητούμενο είναι η ανάπτυξη ενός ενσωματωμένου συστήματος το οποίο θα ελέγχεται απομακρυσμένα μέσω του διαδικτύου έτσι που να

παρουσιαστεί ένα πλήρες σύστημα το οποίο να ανταποκρίνεται στις ανάγκες ενός συστήματος εφαρμογής διαδικτύου των πραγμάτων. Το ενσωματωμένο σύστημα επικεντρώνεται στον ακριβή έλεγχο περιστροφής ενός σερβοκινητήρα μέσω του διαδικτύου. Μπορεί επίσης να επιβεβαιώνει για το εάν βρίσκεται σε μία συγκεκριμένη θέση ενεργοποιώντας έναν διακόπτη κλίσης. Αυτού του είδους έλεγχος έχει αρκετές χρήσεις όπως τον ορισμό θέσης ενός encoder, ενός πολυδιακόπτη ο οποίος σε κάθε θέση του μπορεί να οδηγεί και ένα συγκεκριμένο σήμα. Επίσης μπορεί το συγκεκριμένο σύστημα να χρησιμοποιηθεί για την περιστροφή ενός τροχού, όπως ενός μικρού οχήματος και να επιβεβαιώνει την θέση περιστροφής του σε συνδυασμό με τον αισθητήρα κλίσης, δεδομένου ότι θα χρησιμοποιηθεί το κατάλληλο σερβοκινητήριο καθώς αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην υλοποίηση της παρούσας εργασίας κατορθώνει περιστροφή 180°.

Ως εφαρμογή η έννοια της έχει σκοπό να αναπτυχθεί ως ένα σύστημα το οποίο να μπορεί να εφαρμοστεί ως απλή λύση σε αρκετές εφαρμογές, εξού και η απλότητα της στο σύνολο της ανάπτυξης της. Γιατί, η απλότητα της δεν είναι απλώς επιθυμητή ως ιδιότητα, αλλά προκύπτει απαραίτητη για την ευκολία της ενσωμάτωσης της σε πιο περίπλοκα και σύνθετα συστήματα. Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου υλικού ήταν ένα σερβοκινητήριο SG-90, το σύστημα μικροελεγκτή ESP-32 της εταιρείας Espressif και ένας απλός διακόπτης ο οποίος πραγματοποίησε την λειτουργία του αισθητήρα κλίσης.

3.9 Ολοκλήρωση του ενσωματωμένου συστήματος και ανάπτυξη του

Εφόσον ληφθούν υπόψιν όλα τα ανωτέρω μπορεί ο μηχανικός να προχωρήσει πλέον στην ανάπτυξη της κατασκευής του ενσωματωμένου συστήματος έτσι ώστε αυτό τελικά να μπορέσει να εκτελέσει τις λειτουργίες του σύμφωνα με τον σχεδιασμό του και τα ζητούμενα της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα πλέον το ζητούμενο είναι να μπορεί μέσω μίας ιστοσελίδας να μπορεί να ελεγχθεί η κλίση σε μοίρες του άξονα ενός σερβοκινητήρα απομακρυσμένα έτσι ώστε να επιτευχθεί απομακρυσμένος έλεγχος. Το ενσωματωμένο σύστημα θα αποτελείται από ένα σύστημα μικροελεγκτή ESP32 το οποίο θα λειτουργήσει ως το κέντρο ελέγχου ολόκληρου του ενσωματωμένου συστήματος, θα ανιχνεύει το αισθητήριο κλίσης το οποίο θα είναι ένας κλασικός διακόπτης αποκοπής, θα παράγει μία ιστοσελίδα στην οποία με ένα βασικό σχέδιο διεπαφής γραφικών θα μπορεί να ανιχνεύει την επιθυμητή κλίση του σερβοκινητήρα και θα δίνει τελικά την εντολή να περιστρέφει τον άξονα του σερβοκινητήρα από μία συγκεκριμένη θέση αναφοράς στην ζητούμενη γωνία περιστροφής.

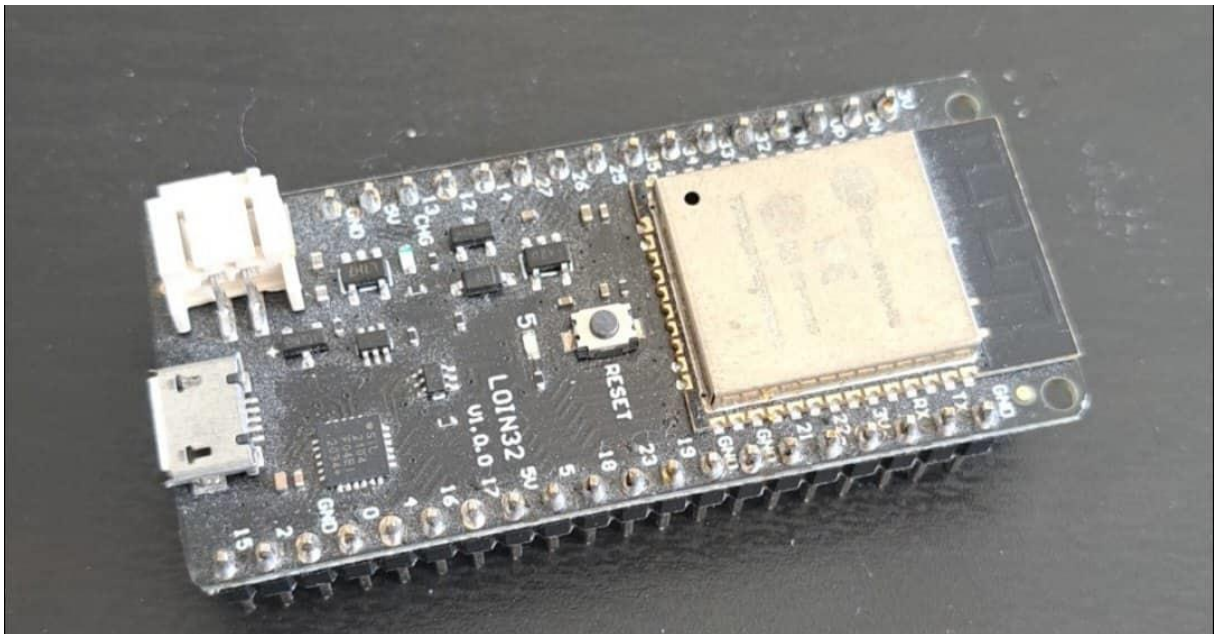
Επομένως η παρούσα ενότητα θα αποτελείται στο σύνολο της από έναν αριθμό υποενότητων ο οποίος θα αντιστοιχίζεται στα τμήματα τα οποία θα αποτελούν το ενσωματωμένο σύστημα. Δηλαδή θα διακρίνονται υποενότητα προς υποενότητα στο υλικό μέρος το οποίο θα περιγράφει το σύστημα μικροελεγκτή ESP32, τον διακόπτη κλίσης και το σερβοκινητήριο, αλλά και στο λογισμικό μέρος το οποίο θα περιγράφει το υλικολογισμικό το οποίο θα εκτελεί τον έλεγχο αλλά και την αναπαραγωγή της ιστοσελίδας. Τέλος σε μία ενότητα θα παρατεθεί το ενσωματωμένο κατά την διαδικασία λειτουργίας του.

3.9.1 ESP32, servo, ενδείκτης και αισθητήρας διακόπτη

Στην παρούσα υποενότητα θα παρατεθεί συγκεκριμένα το σύστημα μικροελεγκτή ESP32 εστιάζοντας συγκεκριμένα το πώς θα λειτουργήσει ως ο έλεγχος του συγκεκριμένου ενσωματωμένου συστήματος και το πώς ακριβώς θα συνδεσμοποιηθεί έτσι που να εκτελεί τα ζητούμενα της παρούσας εργασίας, καθώς τα γενικά χαρακτηριστικά, παροχές λειτουργιών και ιδιαιτερότητες του έχουν ήδη περιγραφεί νωρίτερα στην παρούσα εργασία. Για την εκτέλεση και υλοποίηση των επιθυμητών ζητούμενων της

παρούσας εργασίας το σύστημα μικροελεγκτή ESP32 αποτελεί ιδανική επιλογή καθώς παρέχει την λειτουργία ασύρματης επικοινωνίας μέσω του πρωτοκόλλου Wi-Fi μαζί με την απαραίτητη βιβλιοθήκη για την διαχείριση του. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας επιτρέπει στο σύστημα μικροελεγκτή να συνδεθεί αυτομάτως στον τοπικό δρομολογητή έτσι ώστε να μπορεί να επικοινωνήσει μέσω απομακρυσμένου ελέγχου με οποιαδήποτε άλλη συσκευή η οποία χρησιμοποιεί το ίδιο πρωτόκολλο επικοινωνίας είτε στο ίδιο τοπικό δίκτυο, είτε σε κάποιο άλλο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το ζητούμενο είναι αρχικά να λειτουργήσει το σύστημα μικροελεγκτή έτσι που να συνδεθεί αρχικά στο τοπικό δίκτυο, να παράγει και να παρέχει μία ιστοσελίδα στην οποία να μπορέσει να συνδεθεί ένα φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα και να μπορέσει να αποδίδει την επιθυμητή τιμή σε μοίρες ώστε να περιστραφεί ο άξονας του σερβοκινητήρα αντίστοιχα.

Ακριβώς για αυτήν του την ιδιότητα και δυνατότητα παροχής του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου ως λειτουργία επιλέχθηκε το συγκεκριμένο σύστημα μικροελεγκτή για να αναλάβει τον έλεγχο του συγκεκριμένου ενσωματωμένου συστήματος. Το σύστημα μικροελεγκτή αυτούσιο κατασκευάζεται και διατίθεται στο κοινό από την εταιρία Espressif η οποία πέρα από την υποστήριξη την οποία παρέχει σε όλες τις πτυχές του συγκεκριμένου προϊόντος έχει φροντίσει έτσι ώστε η ανάπτυξη του προγράμματος οδήγησης του το οποίο στο σύνολο του θα αποτελεί το υλικολογισμικό του να μπορεί να αναπτυχθεί σε αρκετές εφαρμογές ανάπτυξης οι οποίες είναι δημοφιλής στους φίλους της συγκεκριμένης απασχόλησης, μεταξύ αυτών μάλιστα είναι το γνωστό Arduino IDE της εταιρείας Arduino. Το γεγονός αυτό είναι ακόμη μία παράμετρος η οποία συγκλίνει στους λόγους επιλογής του συγκεκριμένου συστήματος μικροελεγκτή καθώς διευκολύνει την επιτυχή ανάπτυξη του υλικολογισμικού εξ' αιτίας της διαθεσιμότητας βιβλιοθηκών στο περιεχόμενο του επιτρέποντας του ακόμη γρηγορότερη ανάπτυξη του προγράμματος οδήγησης του. Στο σχήμα 3-3 απεικονίζεται το σύστημα μικροελεγκτή ESP32 το οποίο επιλέχθηκε για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας.



Σχήμα 3-3: Σύστημα μικροελεγκτή ESP32.

Το σύστημα μικροελεγκτή του σχήματος 3-3 είναι το μοντέλο LOLIN32 το οποίο φέρει στην επιφάνεια του την αυτόνομη μονάδα μικροελεγκτή ESP WROOM 32 το οποίο ανάμεσα στα κύρια χαρακτηριστικά του παρέχει τα πρωτόκολλα ασύρματης επικοινωνίας Wi-Fi, Bluetooth και ESP-NOW. Ανάμεσα στα υλικά του χαρακτηριστικά η πλακέτα στην οποία είναι τοποθετημένη η αυτόνομη μονάδα μικροελεγκτή

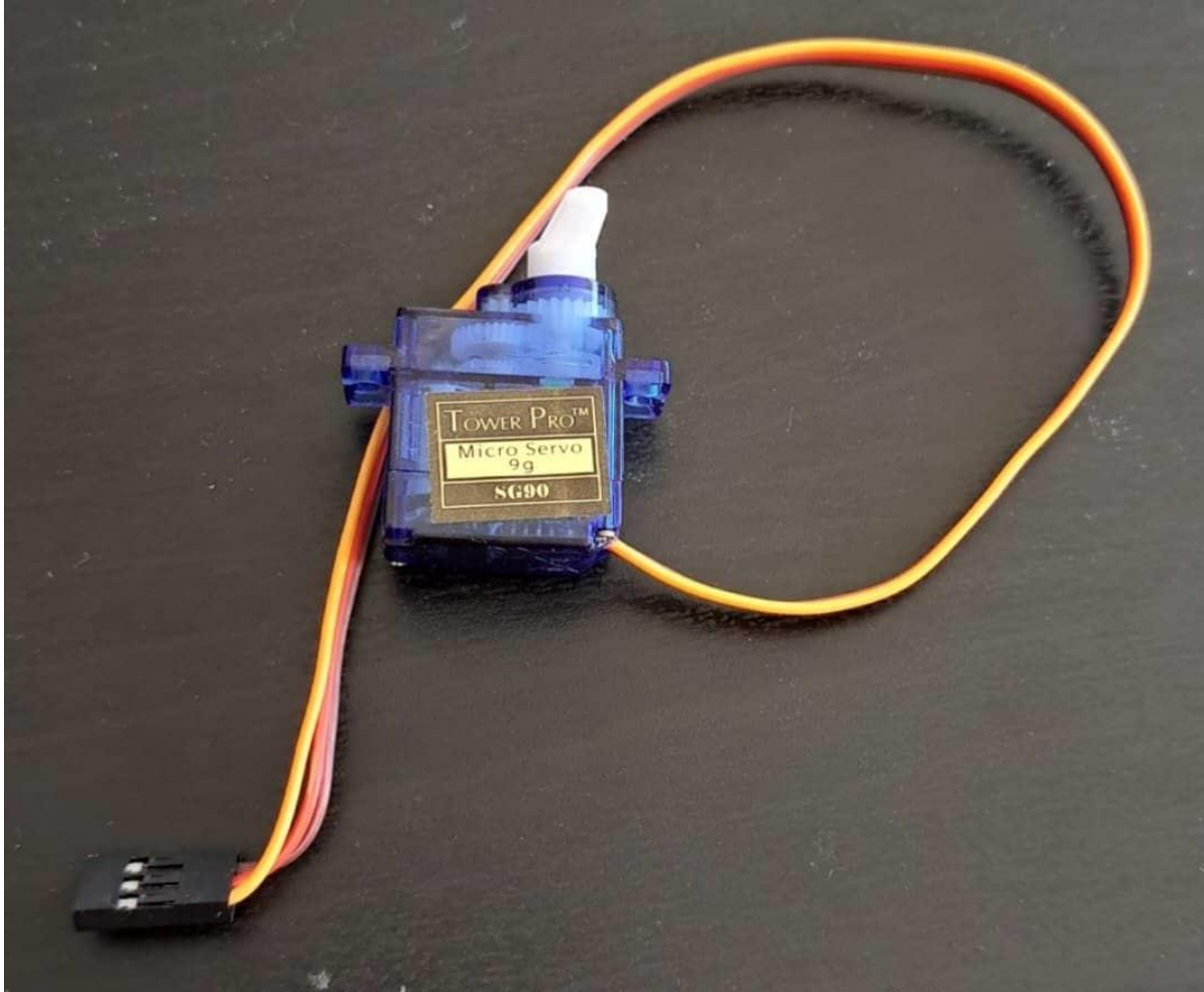
παρέχει έναν αριθμό επαφών για τις διάφορες εισόδους και εξόδους της, ένα βύσμα σύνδεσης τροφοδοσίας, μία σειριακή θύρα USB, έναν διακόπτη πίεσης για ενεργοποίηση της λειτουργίας επαναφοράς, διάφορες βοηθητικές ηλεκτρονικές διατάξεις και μία τυπωμένη κεραία για την ασύρματη επικοινωνία του. Από τις προσβάσιμες ακίδες που διαθέτει το συγκεκριμένο σύστημα μικροελεγκτή αξιοποιήθηκαν η GPIO ακίδα με τον αριθμό 13 ως ο πάροχος του σήματος ελέγχου για την περιστροφή του άξονα του σερβοκινητήρα, μία ακίδα παροχής διαφοράς δυναμικού τάσης ίσης με 5V, τρεις ακίδες γείωσης για τον τερματισμό των διατάξεων, η GPIO ακίδα με τον αριθμό 33 ως ο πάροχος του σήματος ελέγχου του διακοπτικού αισθητήρα κλίσης και άλλη μία ακίδα GPIO με τον αριθμό 21 ως ο πάροχος του σήματος ελέγχου για έναν ενδείκτη τύπου διόδου εκπομπής φωτός (Light Emitting Diode - LED) ο οποίος ενημερώνει για το αν ο αισθητήρας κλίσης βρίσκεται στην προκαθορισμένη του θέση ή όχι.

Το επόμενο τεμάχιο συσκευής του υλικού μέρους το οποίο συμβάλει στο σύνολο του ενσωματωμένου συστήματος το οποίο περιλήφθηκε στην υλοποίηση του κατασκευαστικού μέρους της παρούσας εργασίας είναι ο σερβοκινητήρας ο οποίος προορίζεται για να ελέγχεται από τον απομακρυσμένο έλεγχο μέσω της ιστοσελίδας. Ο σερβοκινητήρας ο οποίος επιλέχθηκε για την υλοποίηση της συγκεκριμένης κατασκευής είναι ένας κλασικός SG-90 ο οποίος απεικονίζεται στο σχήμα 3.3 και κατασκευάζεται από την εταιρεία TOWER PRO, η οποία έχει σχεδιάσει την συγκεκριμένη συσκευή έτσι ώστε να είναι οικονομικά προσιτή, να έχει καλή ακρίβεια και να μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα σε κάποια εφαρμογή ενσωματωμένου συστήματος. Για τα ανωτέρω χαρακτηριστικά του το συγκεκριμένο σερβοκινητήριο είναι εξαιρετικά δημοφιλές στον χώρο των φίλων των κατασκευών ενσωματωμένων συστημάτων για ψυχαγωγικούς σκοπούς και έτσι κατ' επέκταση υπάρχει μία πληθώρα έτοιμων διαθέσιμων βιβλιοθηκών οι οποίες μπορούν να διαχειριστούν εξαιρετικά την λειτουργία του. Ένας από τους αξιοσημείωτους περιορισμούς ο οποίος προκύπτει από την κατασκευή της συγκεκριμένης συσκευής είναι το γεγονός ότι ο άξονας μπορεί να πραγματοποιήσει μέγιστη γωνία περιστροφής ίση με 180°. Αυτό σημαίνει πως ως φυσικό υλικό δεν μπορεί να περιστρέφεται κυκλικά προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Τυπικά προκειμένου να ελεγχθεί ένας μικροελεγκτής με την βοήθεια ενός συστήματος μικροελεγκτή στο πλαίσιο ενός ενσωματωμένου συστήματος θα πρέπει ο σχεδιαστής να αναπτύξει ως μέρος του υλικολογισμικού του τον ακριβή τρόπο με τον οποίο θα μπορεί να λειτουργεί το σύστημα μικροελεγκτή μία ηλεκτρονική συσκευή αναλογικού τύπου όπως ακριβώς είναι ένας ηλεκτροκινητήρας. Για τον έλεγχο αυτόν και για βελτιστοποίηση της λειτουργίας των συσκευών ηλεκτροκινητήρων οι οποίες προορίζονται για να ελέγχονται από ένα σύστημα μικροελεγκτή, κατασκευάζονται ηλεκτροκινητήρες οι οποίοι ήδη διαθέτουν έναν έλεγχο μίας αυτόνομης μονάδας στο σύνολο της κατασκευής τους με την οποία μπορεί να επικοινωνεί το σύστημα μικροελεγκτή και που τελικά του επιτρέπει να λειτουργεί ως βηματικός σερβοκινητήρας.

Στο σχήμα 3.3 στο οποίο απεικονίζεται ο σερβοκινητήρας ο οποίος συμπεριλήφθηκε στο σύνολο της κατασκευής, διακρίνονται κάποια από τα μέρη τα οποία συνθέτουν την συγκεκριμένη συσκευή. Στην κεφαλή του άξονα περιστροφής έχει εφαρμοστεί μία πλαστική προεξοχή η οποία παρέχεται από τον κατασκευαστή με σκοπό να γίνει πιο εμφανής η ακρίβεια της περιστροφής του άξονα, αλλά ακόμη και για να στηρίζει σταθερά κάτι επάνω στον βραχίονα της. Στο ημιδιαφανές πλαστικό περιεχόμενο μπορεί κανείς να διακρίνει το σύστημα γραναζιών, ακριβώς κάτω από την κεφαλή του άξονα, το οποίο λειτουργεί ως κιβώτιο ταχυτήτων για την καλύτερη ακρίβεια περιστροφής του άξονα. Σε μη εμφανές σημείο πίσω από το αυτοκόλλητο του κατασκευαστή με τις πληροφορίες της συγκεκριμένης συσκευής εντοπίζεται ο ηλεκτροκινητήρας, ο οποίος είναι ένας DC κινητήρας μικρής κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος και απόδοσης μηχανικής ισχύος. Στην βάση της ημιδιαφανούς συσκευασίας διακρίνονται ελάχιστα τα ηλεκτρονικά μέρη του αυτόνομου ελέγχου του βηματικού αυτού σερβοκινητήρα. Το καλώδιο το οποίο εξέρχεται αποτελεί το μέσω τροφοδοσίας του σερβοκινητήρα με τα καλώδια

χρώματος κόκκινο και καφέ τα οποία αντίστοιχα πρέπει να συνδέονται στα 5V και στην γείωση, ενώ το καλώδιο με το χρώμα πορτοκαλί προορίζεται για το σήμα εντολών το οποίο θα περιστρέφει τελικά τον άξονα του σερβοκινητήρα. Το ακροφύσιο το οποίο τερματίζει το καλώδιο αυτό με χρώμα μαύρο, επιτρέπει την ευκολότερη αλλά και ανθεκτικότερη διασύνδεση των επαφών αυτό συγκεκριμένα με κάποιο σύστημα μικροελεγκτή.



Σχήμα 3-4: Ο σερβοκινητήρας SG90.

Το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος τελικά ολοκληρώνεται με την συμπερίληψη ενός διακόπτη αποκοπτικής λειτουργίας και μία κλασική διάταξη ενδείκτη αξιοποιώντας ένα τυπικό LED σε σειρά με μία ωμική αντίσταση. Συγκεκριμένα ο διακόπτης αυτός τοποθετείται έτσι που να μπορεί να τον ενεργοποιεί και να τον απενεργοποιεί η πλαστική προεξοχή η οποία εντοπίζεται στην κεφαλή του άξονα του σερβοκινητήρα. Όταν ο άξονας του σερβοκινητήρα θα βρίσκεται στην προκαθορισμένη του θέση τότε ο διακόπτης θα βρίσκεται στην ενεργό του κατάσταση και θα ενεργοποιείται ο ενδείκτης ενημερώνοντας έτσι ότι ο άξονας βρίσκεται στην προκαθορισμένη του θέση. Σε διαφορετική περίπτωση ο ενδείκτης θα παραμένει απενεργοποιημένος ενημερώνοντας έτσι ότι ο άξονας του σερβοκινητήρα δεν βρίσκεται στην προκαθορισμένη του θέση. Η διάταξη του ενδείκτη τελικά σχηματίζεται με την τοποθέτηση του διακόπτη αισθητήρα, του LED σε ορθή πόλωση και μίας αντίστασης ελέγχου του ρεύματος το οποίο θα ρέει μέσα από τον ενδείκτη LED. Η παρουσία της αντίστασης είναι υποχρεωτική καθώς το LED ως ηλεκτρονικό στοιχείο είναι τύπου ημιαγωγού και είναι επιρρεπές σε αστοχίες εάν δεν τηρηθούν κάποιες προϋποθέσεις ηλεκτρικών χαρακτηριστικών. Δηλαδή το γεγονός ότι ως προς την

πτώση τάσης στα άκρα της διόδου θα είναι συγκεκριμένη, επομένως η υπόλοιπη πτώση τάσης της πηγής θα πρέπει να συμβεί σε κάποιο ωμικό φορτίο και το ρεύμα θα πρέπει να οριστεί από την ωμική τιμή της αντίστασης προκειμένου να μην ξεπεράσει τα όρια αντοχής της διόδου ως φυσικό υλικό.

3.9.2 Υλικολογισμικό μέρος της κατασκευής

Στα προηγούμενα κεφάλαια πραγματοποιήθηκε εκτενής αναφορά στο αντικείμενο του προγραμματισμού, του λογισμικού και ακόμη και του υλικολογισμικού συγκεκριμένα έτσι που να υπάρχει πλέον μία ιδέα ως προς την φύση του συγκεκριμένου πεδίου, παρόλο που έγινε σε πολύ γενικές γραμμές έτσι που να μπορεί ίσα ίσα κανείς να κατανοήσει έστω επιφανειακά τον ρόλο του συγκεκριμένου πεδίου στο σύνολο της κατασκευής του ενσωματωμένου συστήματος το οποίο αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα το υλικολογισμικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος περιλαμβάνει ένα ελάχιστο επίπεδο περιπλοκότητας καθώς συνδυάζει υψηλού επιπέδου προγραμματισμό με επιφανειακού επιπέδου προγραμματισμό. Αυτό συμβαίνει καθώς το βασικό πρόγραμμα ή λογισμικό οδήγησης το οποίο παρέχει όλες της πληροφορίες λειτουργίας προς το υλικό μέρος της κατασκευής αναπτύχθηκε στην γλώσσα προγραμματισμού C και επίσης το λογισμικό αυτό περιλαμβάνει την επικοινωνία και διαχείριση των διάφορων μερών του υλικού, χαρακτηρίζοντας το ως προγραμματισμό υψηλού επιπέδου. Παράλληλα για την ανάπτυξη της ιστοσελίδας της οποίας η παραγωγή της προκύπτει αναγκαιότητα για την επιτυχή εκτέλεση της παρούσας εργασίας ο προγραμματισμός της πραγματοποιήθηκε με ένα σύνολο γλωσσών επιφανείας για διαδικτυακές εφαρμογές όπως η HTML, η CSS, η AJAX και η JAVASCRIPT γλώσσες οι οποίες παραπέμπουν σε ανάπτυξη προγραμματισμού επιφανειακού επιπέδου, ο οποίος είναι καταλληλότερος για διαδικτυακές εφαρμογές. Η ανάπτυξη του συνολικού προγράμματος το οποίο σχημάτισε το υλικολογισμικό πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον διεπαφής ανάπτυξης της εταιρείας ARDUINO αφού εγκαταστάθηκαν σε αυτό όλες οι απαραίτητες λογισμικές επεκτάσεις για τον προγραμματισμό του συστήματος μικροελεγκτή ESP32.

Συγκεκριμένα στο κομμάτι του προγραμματισμού, το οποίο έλαβε υπόψιν το υλικό μέρος της κατασκευής προκειμένου να αναπτυχθεί το κύριο σώμα του υλικολογισμικού, χρειάστηκε να συμπεριληφθούν εξειδικευμένες βιβλιοθήκες για την διαχείριση των συσκευών οι οποίες αποτέλεσαν περιφερειακές συσκευές του ενσωματωμένου συστήματος. Στην περίπτωση της παρούσας πτυχιακής οι βιβλιοθήκες αυτές είναι η WiFi.h και η ESP32Servo.h. Αρχικά να ειπωθεί το εξής για τις βιβλιοθήκες το οποίο ισχύει σε γενικές γραμμές για όλες τις βιβλιοθήκες, τουλάχιστον στην γλώσσα προγραμματισμού C. Εάν μπορεί να ειπωθεί πως υπάρχει κάποιου είδους ιεραρχία σχετικής κλίμακας στην φιλοσοφία της συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού, τότε αυτή θα ξεκινάει από τα πιο βασικά στοιχεία της τα οποία είναι οι απλές εντολές που μπορεί να δώσει, όπως είναι ο ορισμός των μεταβλητών που θα χρησιμοποιήσει, η απόδοση τελεστών αριθμητικών και λογικών πράξεων, οι εντολές ελέγχου κάποιας ή κάποιων συνθηκών και οι εντολές εκτέλεσης βρόγχων. Στο σύνολο τους οι εντολές αυτές μετριούνται σε σχετικά χαμηλό αριθμό, έτσι ώστε να μην είναι απαραίτητο για έναν προγραμματιστή της συγκεκριμένης γλώσσας να χρειαστεί να αποστηθίσει έναν μη πρακτικό αριθμό εντολών. Επομένως στην συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει τις εντολές αυτές για να δημιουργήσει οντότητες οι οποίες ονομάζονται συναρτήσεις και το περιεχόμενο τους αποτελείται από μία δομή των βασικών εντολών, οπότε αυτό που μπορεί να κάνει ο προγραμματιστής είναι να καλεί απλώς την συνάρτηση στο κυρίως πρόγραμμα του η οποία καλείται απλώς με το όνομα της αντί να χρειαστεί να γράφει κάθε φορά όλο το απαραίτητο σύνολο εντολών για να εκτελέσει μία λειτουργία. Όπως είναι κατανοητό σε αυτό το σημείο, η έννοια της συνάρτησης είναι πιο ψηλά σε κλίμακα σε σχέση με την έννοια των εντολών. Στην συγκεκριμένη γλώσσα

προγραμματισμού παρέχονται συλλογές με έναν αριθμό έτοιμων συναρτήσεων οι οποίες ανταποκρίνονται σε λειτουργίες γενικών εφαρμογών. Αντίστοιχα λοιπόν υπάρχει η έννοια της δομής στην συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού, στην οποία μπορεί ο προγραμματιστής να σχηματίσει ένα σύνολο τύπων μεταβλητών για πολύ συγκεκριμένη χρήση η οποία δομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κάποιες συναρτήσεις στο περιεχόμενο τους. Εάν λοιπόν ένας προγραμματιστής κρίνει πως είναι απαραίτητο να αναπτύξει το δικό του σύνολο συναρτήσεων και δομών το οποίο βρίσκεται σε μεταξύ του συνάφεια τότε μπορεί να τα συγκεντρώσει όλα μαζί σε ένα αρχείο συγκεκριμένου τύπου, σχηματίζοντας έτσι μία βιβλιοθήκη. Τα αρχεία βιβλιοθήκης στην γλώσσα προγραμματισμού C αποκτούν κατάληξη .h. Επομένως στην παρούσα εργασία αυτές οι δύο βιβλιοθήκες αποτελούν παράδειγμα εξειδικευμένων βιβλιοθηκών οι οποίες είναι αναγκαίες για το σύνολο του προγράμματος όταν αυτό πρόκειται να εκτελέσει συγκεκριμένες εργασίες. Συγκεκριμένα η βιβλιοθήκη WiFi.h πρέπει να συμπεριληφθεί στο σύνολο του προγράμματος ενός ενσωματωμένου συστήματος όταν αυτό πρόκειται να εκτελέσει ασύρματη επικοινωνία μέσω του πρωτοκόλλου Wi-Fi έτσι ώστε με την συλλογή εντολών, συναρτήσεων και δομών της να κάνει ευκολότερη την ανάπτυξη του προγράμματος το οποίο θα εκτελέσει την λειτουργία αυτήν και παράλληλα θα παρέχει το σύνολο οδηγιών το οποίο είναι απαραίτητο για την λειτουργία του πρωτοκόλλου. Στο παράρτημα Α της παρούσας εργασίας στο οποίο βρίσκεται το πλήρες πρόγραμμα του υλικολογισμικού μπορεί κανείς να εντοπίσει τις συναρτήσεις και δομές που περιλαμβάνονται στην συγκεκριμένη βιβλιοθήκη, όπως είναι η WiFiServer και η WiFi.begin(ssid, password);. Αντίστοιχα η βιβλιοθήκη ESP32Servo.h πρέπει να συμπεριληφθεί για να διευκολύνει με την συλλογή εντολών και οδηγιών της την ανάπτυξη του προγράμματος υλικολογισμικού ενός ενσωματωμένου συστήματος όταν αυτό πρόκειται να ελέγξει μία περιφερειακή συσκευή ενός σερβοκινητήρα.

Το τμήμα προγραμματισμού το οποίο έλαβε υπόψη την ανάπτυξη της ιστοσελίδας στο περιεχόμενο του υλικολογισμικού, προκύπτει πιο ομογενές ως λογισμικό γιατί δεν αναπτύχθηκε σε γλώσσα υψηλού επιπέδου αλλά σε ένα σύνολο γλωσσών προγραμματισμού επιφανειακού επιπέδου, κυρίως στην HTML αλλά συμπληρωματικά και οι γλώσσες CSS, Javascript και Ajax. Να σημειωθεί πως επί της ουσίας οι CSS και Ajax είναι πάλι HTML απλά με έννοιες οι οποίες διευκολύνουν την διαχείριση και ανάπτυξη των πιο αισθητικών οπτικά πτυχών του γραφικού σχεδιασμού μίας ιστοσελίδας. Μέσω των συγκεκριμένων γλωσσών αναπτύχθηκε τελικά η ιστοσελίδα μέσω της οποίας μπορεί ένας απομακρυσμένος χρήστης να ελέγχει την γωνία του άξονα περιστροφής του σερβοκινητήρα. Η τελική μορφή της ιστοσελίδας απεικονίζεται στο σχήμα 3-5.



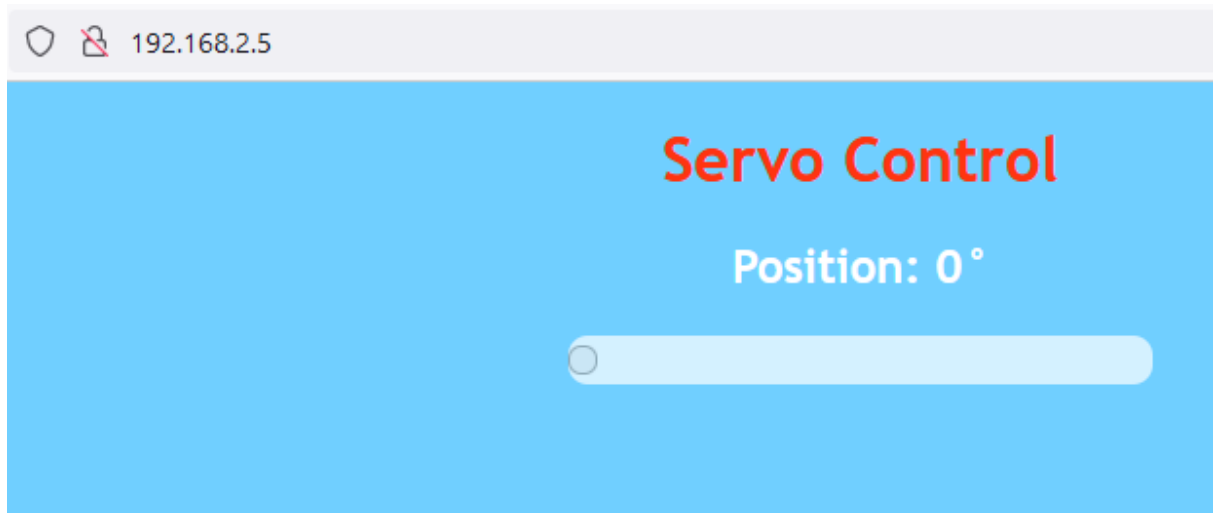
Σχήμα 3-5: Ιστοσελίδα απομακρυσμένου ελέγχου σερβοκινητήρα.

Όπως διακρίνεται στο σχήμα 3-5 η ιστοσελίδα έχει προγραμματιστεί έτσι ώστε το υπόβαθρο να είναι απόχρωση του γαλάζιου χρώματος, να φέρει ως τίτλο την επικεφαλίδα Servo Control το οποίο σημαίνει έλεγχος σερβοκινητήρα σε χρώμα κόκκινο ώστε να φέρνει καλή αντίθεση σε σχέση με το υπόβαθρο, ακριβώς από κάτω έναν μετρητή ο οποίος να παρέχει την πληροφορία της θέσης της γωνίας του άξονα σε μοίρες όπως αυτή θα οριστεί από τον χειριστή της διεπαφής γραφικών και αμέσως από κάτω διακρίνεται σε απόχρωση του γαλάζιου χρώματος αλλά πιο ανοιχτή σε σχέση με το υπόβαθρο η μπάρα ελέγχου με την οποία θα καθορίζονται τελικά οι επιθυμητές τιμές των μοιρών κατά των οποίων θα περιστρέφεται ο άξονας του σερβοκινητήρα. Συγκεκριμένα θα μετακινεί ο χρήστης το ποντίκι του στην μπίλια η οποία βρίσκεται εντός την μπάρα, θα πιέξει το πλήκτρο του ποντικιού και θα διατηρεί το πλήκτρο πιεσμένο καθώς θα μετακινεί την μπίλια στο εσωτερικό της μπάρας. Καθώς θα εκτελεί την ενέργεια αυτήν η τιμή των μοιρών στην από πάνω τιμή θα μεταβάλλεται συναρτήσει της θέσης της μπίλιας. Όταν η τιμή των μοιρών θα είναι η επιθυμητή του χρήστη, τότε θα απελευθερώνει το πλήκτρο του ποντικιού και ο άξονας του σερβοκινητήρα θα περιστρέφεται στην αιτούμενη γωνία.

3.9.3 Σύνθεση και λειτουργία του ενσωματωμένου συστήματος

Στην παρούσα υποενότητα θα περιλαμβάνεται το κατασκευασμένο ενσωματωμένο σύστημα στο οποίο έχει ήδη αποθηκευμένο στην μνήμη προγράμματος του το υλικολογισμικό το οποίο θα παρέχει της οδηγίες προς το υλικό μέρος έτσι που να εκτελεί την λειτουργία του με τρόπο κατάλληλο ώστε να ικανοποιεί τα ζητούμενα της παρούσας εργασίας. Ο τρόπος με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί αυτό θα είναι με οπτικά μέσα φωτογραφιών στις οποίες θα εξηγείται αναλυτικά το περιεχόμενο της κάθε εικόνας στις οποίες θα απεικονίζεται η ιστοσελίδα, η αντίστοιχη θέση του άξονα του σερβοκινητήρα και οι πληροφορίες που παρέχει το σύστημα μικροελεγκτή στον υπολογιστή με τον οποίο είναι συνδεδεμένο το σύστημα μικροελεγκτή.

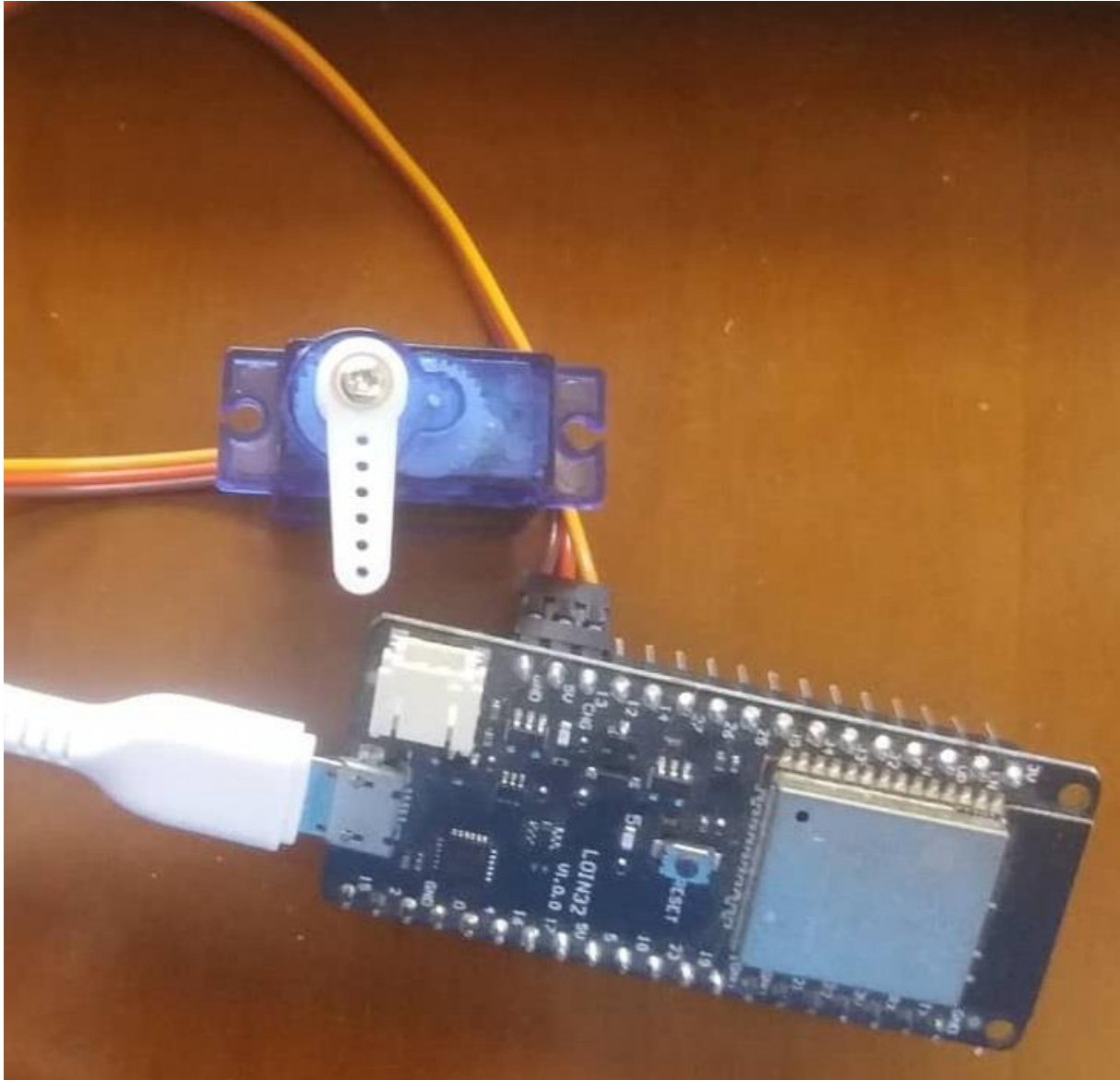
Ως αρχική κατάσταση του ενσωματωμένου συστήματος θα οριστεί η προκαθορισμένη στην οποία ο άξονας του σερβοκινητήρα θα είναι στις 0°, η ιστοσελίδα θα είναι ενεργή σε κατάσταση αναμονής και θα απεικονίζει την θέση 0° και το σύστημα μικροελεγκτή θα παρέχει πληροφορία ετοιμότητας και αναμονής, καθώς και ότι έχει συνδεθεί χρήστης στην ιστοσελίδα. Όλα αυτά μπορούν να διακριθούν στην συνέχεια ξεκινώντας με την ιστοσελίδα στο σχήμα 3-6.



Σχήμα 3-6: Ιστοσελίδα ελέγχου σερβοκινητήρα στην θέση 0 μοιρών.

Όπως απεικονίζεται στο σχήμα 3-6 η σελίδα είναι ενεργή, της έχει αποδοθεί η διεύθυνση IP 192.168.2.5, η μπίλια στην μπάρα είναι στην θέση τέρμα αριστερά και ο ενδείκτης των μοιρών βρίσκεται στην γωνία 0°, το οποίο υποδηλώνει πως το σύνολο του ενσωματωμένου συστήματος θα πρέπει να βρίσκεται στην προκαθορισμένη του κατάσταση.

Σύμφωνα λοιπόν με την πληροφορία που παρέχεται στο σχήμα 3-6 σχετικά με την αρχική προκαθορισμένη θέση του άξονα του σερβοκινητήρα, θα πρέπει και το υλικό μέρος της κατασκευής να βρίσκεται σε αντίστοιχη κατάσταση με αυτήν που φαίνεται στην ιστοσελίδα. Στο σχήμα 3-7 απεικονίζεται το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος.



Σχήμα 3-7: Το ESP32 και ο σερβοκινητήρας στην προκαθορισμένη θέση.

Όπως λοιπόν μπορεί κανείς να διακρίνει στο σχήμα 3-7, το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής στην προκαθορισμένη θέση του αναμένοντας να δεχτεί εντολή περιστροφής του άξονα του μέσω του απομακρυσμένου ελέγχου. Στην κατάσταση αυτή η θέση της πλαστικής προεξοχής βρίσκεται και αυτή στην θέση γωνίας των 0° ανταποκρινόμενη στην ένδειξη της ιστοσελίδας.

Συμπληρωματικά το σύστημα μικροελεγκτή παρέχει στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος ένα σύνολο πληροφοριών το οποίο έχει σκοπό την επαλήθευση και επιβεβαίωση της κάθε κατάστασης, όπως αυτή προκύπτει έπειτα από κάθε εκτέλεση ενέργειας από πλευράς του χρήστη ο οποίος εφαρμόζει τον απομακρυσμένο έλεγχο του ενσωματωμένου συστήματος. Στο σχήμα 3-8 εμφανίζεται το σύνολο των πληροφοριών αυτών.

```

New client.
GET /?value=0& HTTP/1.1
Host: 192.168.2.5
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64; rv:104.0) Gecko/20100101 Firefox/104.0
Accept: */*
Accept-Language: el-GR,en;q=0.8,en-US;q=0.5,en;q=0.3
Accept-Encoding: gzip, deflate
X-Requested-With: XMLHttpRequest
Connection: keep-alive
Referer: http://192.168.2.5/

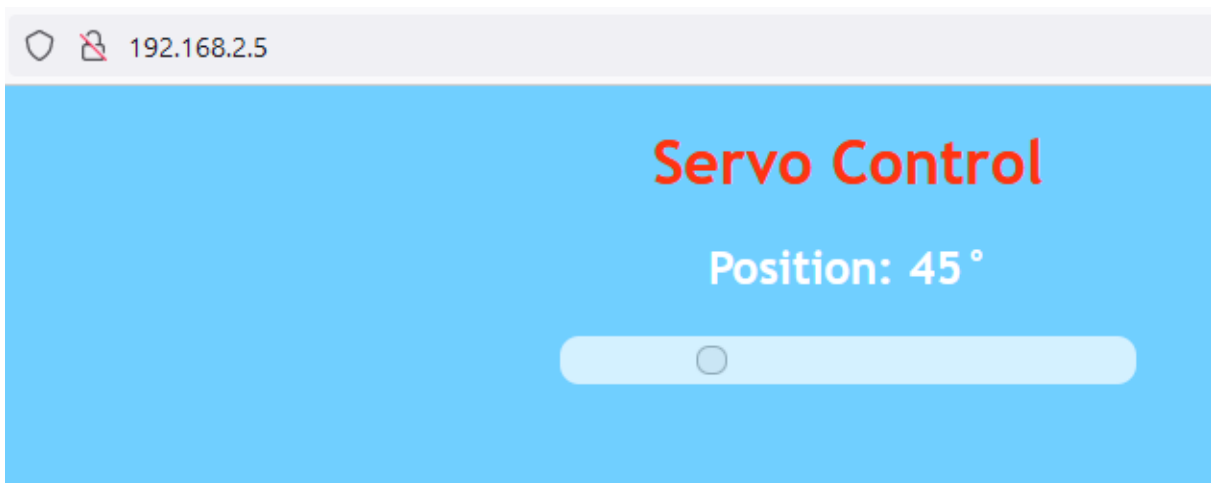
Val =0
Client disconnected.

```

Σχήμα 3-8: Παρεχόμενα δεδομένα συστήματος μικροελεγκτή.

Όπως μπορεί να διακριθεί στο σχήμα 3-8 η πρώτη γραμμή πληροφορεί πως έχει συνδεθεί στην ιστοσελίδα ένας νέος επισκέπτης. Στην δεύτερη γραμμή το πρόγραμμα αιτείται την διεύθυνση IP του και στην τρίτη γραμμή το πληροφορεί ως διαθέσιμο δεδομένο. Στις γραμμές τέσσερα έως και οκτώ το σύστημα μικροελεγκτή παρέχει ένα σύνολο πληροφοριών χρήσιμο προς τον προγραμματιστή. Στην ένατη γραμμή πληροφορεί πως ο επισκέπτης είναι ενεργός το οποίο σημαίνει πως είναι σε αναμονή προκειμένου να ορίσει νέα τιμή γωνίας περιστροφής του άξονα του σερβοκινητήρα. Η δέκατη γραμμή είναι εσκεμμένα κενή. Η ενδέκατη γραμμή πληροφορεί για την παρούσα τιμή γωνίας που αποδίδει η ιστοσελίδα και η δωδέκατη πληροφορεί πως ο επισκέπτης είναι σε αδράνεια, το οποίο σημαίνει ότι δεν εκτελεί καμία ενέργεια στην ιστοσελίδα.

Η επόμενη κατάσταση του ενσωματωμένου συστήματος θα οριστεί με μία εκούσια ενέργεια από πλευράς του χρήστη στην οποία ο άξονας του σερβοκινητήρα θα είναι στις 45°, η ιστοσελίδα θα είναι ενεργή σε κατάσταση αναμονής και θα απεικονίζει αντίστοιχα την θέση των 45° και το σύστημα μικροελεγκτή θα παρέχει πληροφορία ετοιμότητας και αναμονής, καθώς και ότι έχει συνδεθεί χρήστης στην ιστοσελίδα. Όλα αυτά μπορούν να διακριθούν στην συνέχεια ξεκινώντας με την ιστοσελίδα στο σχήμα 3-9.

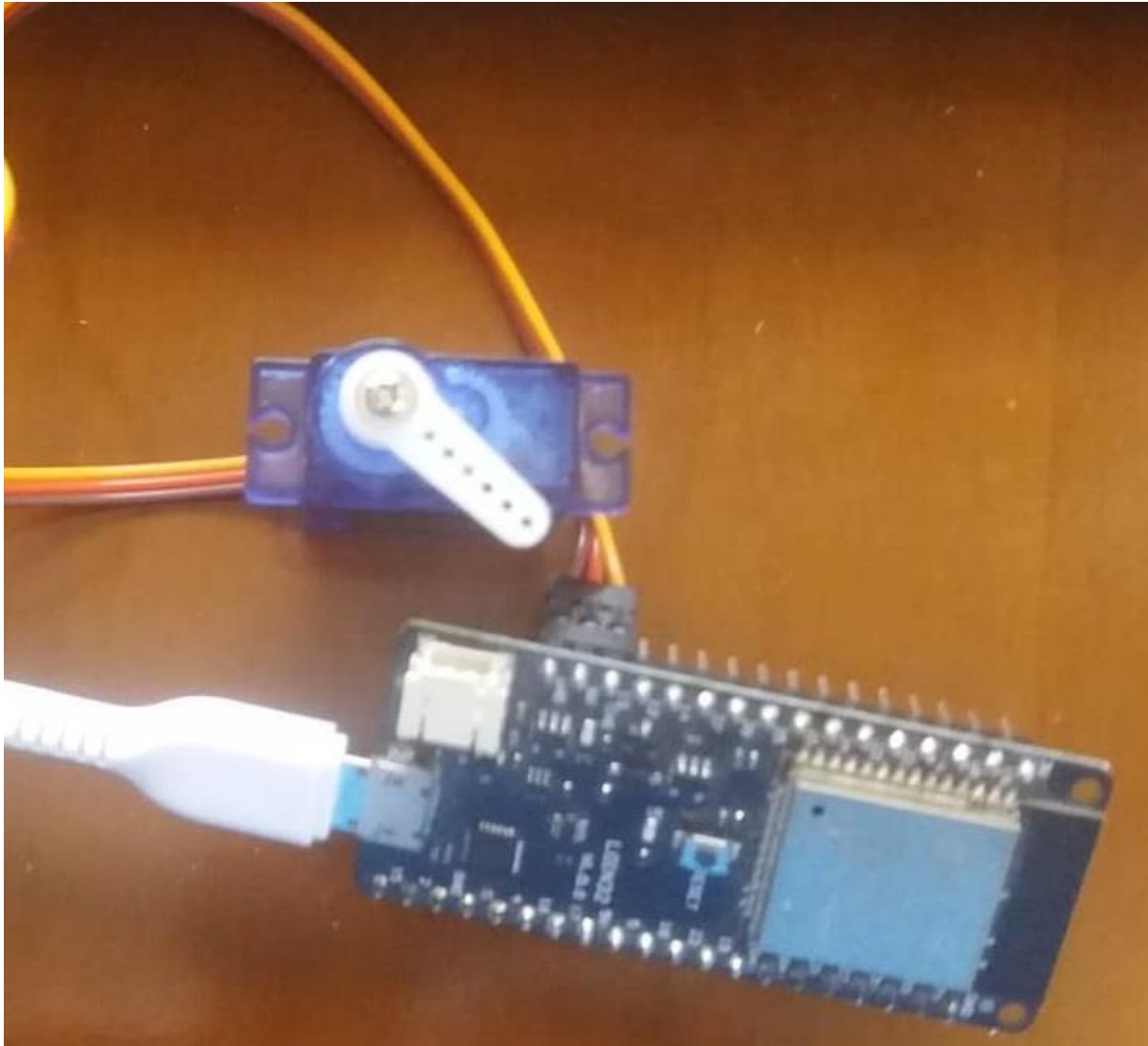


Σχήμα 3-9: Ιστοσελίδα ελέγχου σερβοκινητήρα στην θέση 45 μοιρών.

Όπως απεικονίζεται στο σχήμα 3-9 η σελίδα είναι ενεργή, η διεύθυνση IP 192.168.2.5 παραμένει σταθερή, η μπάρα στην μπάρα είναι τοποθετημένη πλέον στην θέση προς το δεξιό άκρο της από το τέρμα αριστερά και ο ενδείκτης των μοιρών βρίσκεται στην γωνία 45°, το οποίο υποδηλώνει πως το

σύνολο του ενσωματωμένου συστήματος θα πρέπει πλέον να αποκλίνει από την προκαθορισμένη του κατάσταση.

Σύμφωνα λοιπόν με την πληροφορία που παρέχεται στο σχήμα 3-9 σχετικά με την συγκεκριμένη πλέον θέση του άξονα του σερβοκινητήρα, θα πρέπει και το υλικό μέρος της κατασκευής να βρίσκεται σε αντίστοιχη κατάσταση με αυτήν που φαίνεται στην ιστοσελίδα. Στο σχήμα 3-10 απεικονίζεται το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος κατά την συγκεκριμένη κατάσταση.



Σχήμα 3-10: Το ESP32 και ο σερβοκινητήρας στην θέση γωνίας 45 μοιρών.

Όπως λοιπόν μπορεί κανείς να διακρίνει στο σχήμα 3-10, το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής στην νέα του πλέον θέση αναμένοντας να δεχτεί εντολή περιστροφής του άξονα του μέσω του απομακρυσμένου ελέγχου. Στην κατάσταση αυτή η θέση της πλαστικής προεξοχής βρίσκεται και αυτή στην θέση γωνίας των 45° ανταποκρινόμενη στην ένδειξη της ιστοσελίδας.

Συμπληρωματικά το σύστημα μικροελεγκτή παρέχει στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος ένα σύνολο πληροφοριών το οποίο έχει σκοπό την επαλήθευση και επιβεβαίωση της κάθε κατάστασης, όπως αυτή προκύπτει έπειτα από κάθε εκτέλεση ενέργειας από πλευράς του χρήστη ο

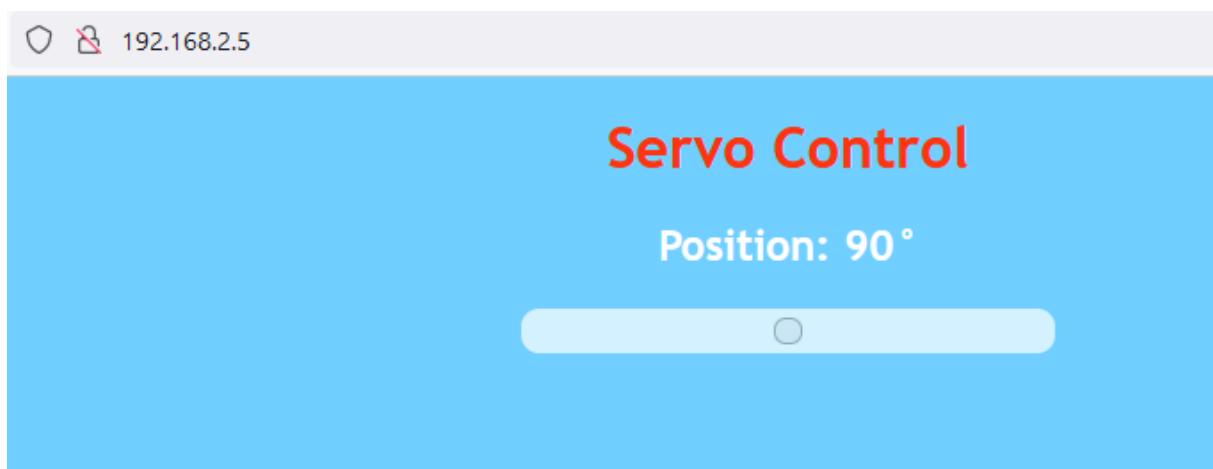
οποίος εφαρμόζει τον απομακρυσμένο έλεγχο του ενσωματωμένου συστήματος. Στο σχήμα 3-11 εμφανίζεται το σύνολο των πληροφοριών αυτών.

```
New client.  
GET /?value=45 HTTP/1.1  
Host: 192.168.2.5  
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64; rv:104.0) Gecko/20100101 Firefox/104.0  
Accept: */*  
Accept-Language: el-GR,el;q=0.8,en-US;q=0.5,en;q=0.3  
Accept-Encoding: gzip, deflate  
X-Requested-With: XMLHttpRequest  
Connection: keep-alive  
Referer: http://192.168.2.5/  
  
Val =45  
Client disconnected.
```

Σχήμα 3-11: Παρεχόμενα δεδομένα συστήματος μικροελεγκτή.

Όπως μπορεί να διακριθεί στο σχήμα 3-11 η πρώτη γραμμή πληροφορεί πως έχει συνδεθεί στην ιστοσελίδα ένας νέος επισκέπτης. Στην δεύτερη γραμμή το πρόγραμμα αιτείται την διεύθυνση IP του και στην τρίτη γραμμή το πληροφορεί ως διαθέσιμο δεδομένο. Στις γραμμές τέσσερα έως και οκτώ το σύστημα μικροελεγκτή παρέχει ένα σύνολο πληροφοριών χρήσιμο προς τον προγραμματιστή. Στην ένατη γραμμή πληροφορεί πως ο επισκέπτης είναι ενεργός το οποίο σημαίνει πως είναι σε αναμονή προκειμένου να ορίσει νέα τιμή γωνίας περιστροφής του άξονα του σερβοκινητήρα. Η δέκατη γραμμή είναι εσκεμμένα κενή. Η ενδέκατη γραμμή πληροφορεί για την παρούσα τιμή γωνίας που αποδίδει η ιστοσελίδα και η δωδέκατη πληροφορεί πως ο επισκέπτης είναι σε αδράνεια, το οποίο σημαίνει ότι δεν εκτελεί καμία ενέργεια στην ιστοσελίδα. Να παρατηρηθεί πως η τιμή της γωνίας σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση πλέον αποδίδεται στις 45°.

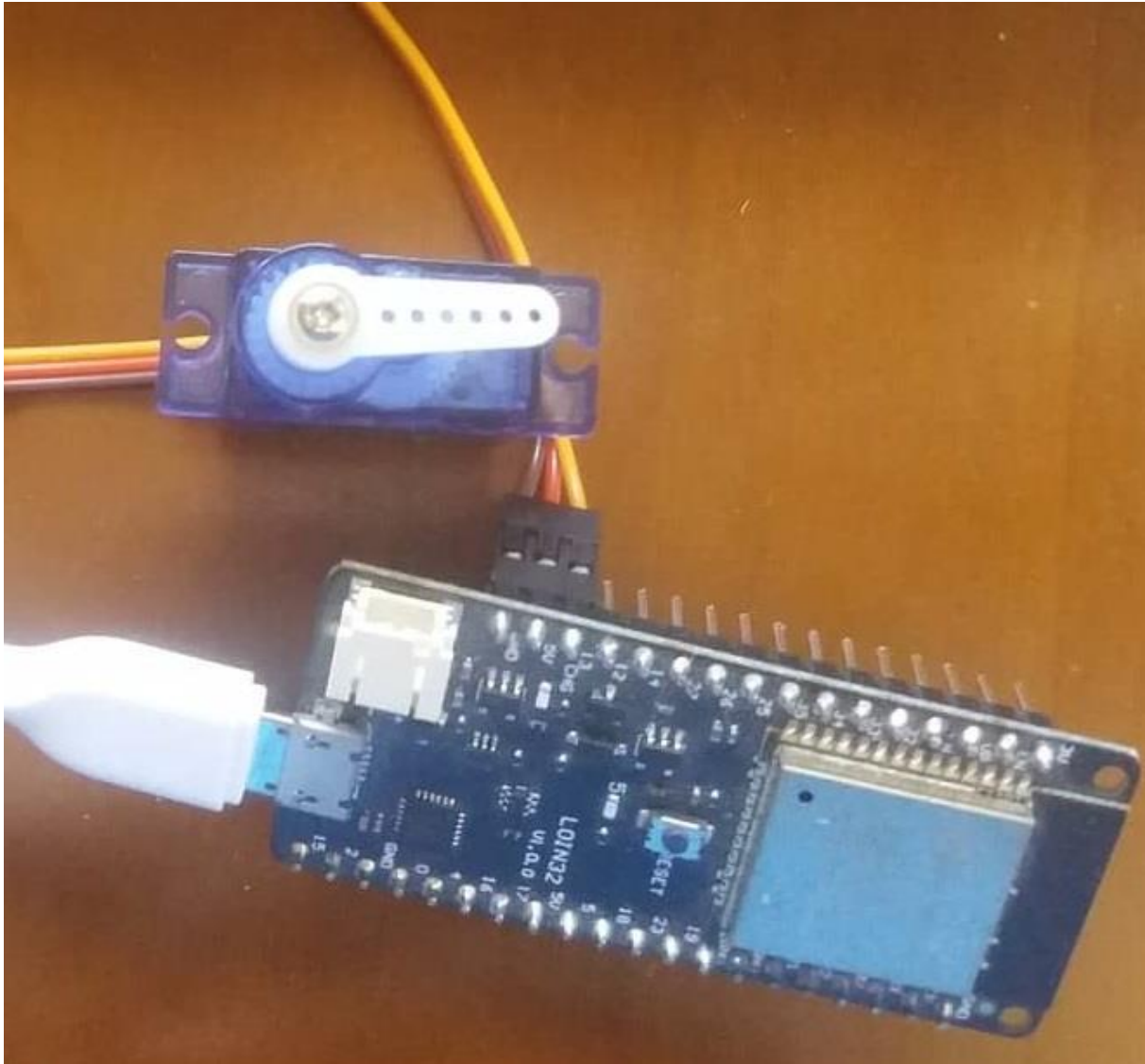
Η επόμενη κατάσταση του ενσωματωμένου συστήματος θα οριστεί με μία εκούσια ενέργεια από πλευράς του χρήστη στην οποία ο άξονας του σερβοκινητήρα θα είναι στις 90°, η ιστοσελίδα θα είναι ενεργή σε κατάσταση αναμονής και θα απεικονίζει αντίστοιχα την θέση των 90° και το σύστημα μικροελεγκτή θα παρέχει πληροφορία ετοιμότητας και αναμονής, καθώς και ότι έχει συνδεθεί χρήστης στην ιστοσελίδα. Όλα αυτά μπορούν να διακριθούν στην συνέχεια ξεκινώντας με την ιστοσελίδα στο σχήμα 3-12.



Σχήμα 3-12: Ιστοσελίδα ελέγχου σερβοκινητήρα στην θέση 90 μοιρών.

Όπως απεικονίζεται στο σχήμα 3-12 η σελίδα είναι ενεργή, η διεύθυνση IP 192.168.2.5 παραμένει σταθερή, η μπίλια στην μπάρα είναι τοποθετημένη πλέον στην θέση προς το κέντρο της απέχοντας από τα δύο άκρα της εξίσου και ο ενδείκτης των μοιρών βρίσκεται στην γωνία 90°, το οποίο υποδηλώνει πως το σύνολο του ενσωματωμένου συστήματος θα πρέπει πλέον να αποκλίνει από την προκαθορισμένη του κατάσταση.

Σύμφωνα λοιπόν με την πληροφορία που παρέχεται στο σχήμα 3-12 σχετικά με την συγκεκριμένη πλέον θέση του άξονα του σερβοκινητήρα, θα πρέπει και το υλικό μέρος της κατασκευής να βρίσκεται σε αντίστοιχη κατάσταση με αυτήν που φαίνεται στην ιστοσελίδα. Στο σχήμα 3-13 απεικονίζεται το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος κατά την συγκεκριμένη κατάσταση.



Σχήμα 3-13: Το ESP32 και ο σερβοκινητήρας στην θέση γωνίας 90 μοιρών.

Όπως λοιπόν μπορεί κανείς να διακρίνει στο σχήμα 3-13, το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής στην νέα του πλέον θέση αναμένοντας να δεχτεί εντολή περιστροφής του άξονα του μέσω του απομακρυσμένου ελέγχου. Στην κατάσταση αυτή η θέση της πλαστικής προεξοχής βρίσκεται και αυτή στην θέση γωνίας των 90° ανταποκρινόμενη στην ένδειξη της ιστοσελίδας.

Κεφάλαιο 3

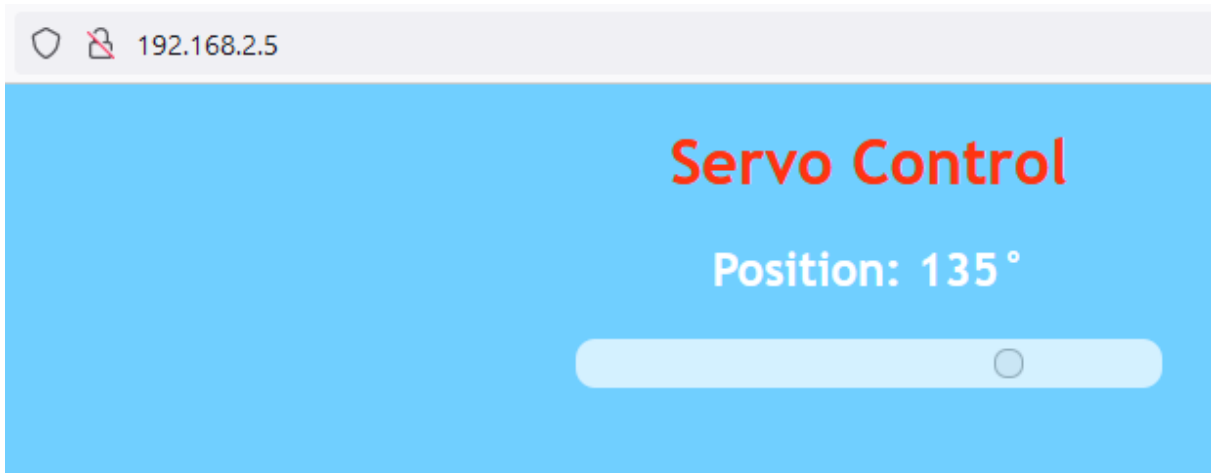
Συμπληρωματικά το σύστημα μικροελεγκτή παρέχει στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος ένα σύνολο πληροφοριών το οποίο έχει σκοπό την επαλήθευση και επιβεβαίωση της κάθε κατάστασης, όπως αυτή προκύπτει έπειτα από κάθε εκτέλεση ενέργειας από πλευράς του χρήστη ο οποίος εφαρμόζει τον απομακρυσμένο έλεγχο του ενσωματωμένου συστήματος. Στο σχήμα 3-14 εμφανίζεται το σύνολο των πληροφοριών αυτών.

```
New client.  
GET /?value=90& HTTP/1.1  
Host: 192.168.2.5  
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64; rv:104.0) Gecko/20100101 Firefox/104.0  
Accept: */*  
Accept-Language: el-GR,el;q=0.8,en-US;q=0.5,en;q=0.3  
Accept-Encoding: gzip, deflate  
X-Requested-With: XMLHttpRequest  
Connection: keep-alive  
Referer: http://192.168.2.5/  
  
Val =90  
Client disconnected.
```

Σχήμα 3-14: Παρεχόμενα δεδομένα συστήματος μικροελεγκτή.

Όπως μπορεί να διακριθεί στο σχήμα 3-14 η πρώτη γραμμή πληροφορεί πως έχει συνδεθεί στην ιστοσελίδα ένας νέος επισκέπτης. Στην δεύτερη γραμμή το πρόγραμμα αιτείται την διεύθυνση IP του και στην τρίτη γραμμή το πληροφορεί ως διαθέσιμο δεδομένο. Στις γραμμές τέσσερα έως και οκτώ το σύστημα μικροελεγκτή παρέχει ένα σύνολο πληροφοριών χρήσιμο προς τον προγραμματιστή. Στην ένατη γραμμή πληροφορεί πως ο επισκέπτης είναι ενεργός το οποίο σημαίνει πως είναι σε αναμονή προκειμένου να ορίσει νέα τιμή γωνίας περιστροφής του άξονα του σερβοκινητήρα. Η δέκατη γραμμή είναι εσκεμμένα κενή. Η ενδέκατη γραμμή πληροφορεί για την παρούσα τιμή γωνίας που αποδίδει η ιστοσελίδα και η δωδέκατη πληροφορεί πως ο επισκέπτης είναι σε αδράνεια, το οποίο σημαίνει ότι δεν εκτελεί καμία ενέργεια στην ιστοσελίδα. Να παρατηρηθεί πως η τιμή της γωνίας σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση πλέον αποδίδεται στις 90°.

Η επόμενη κατάσταση του ενσωματωμένου συστήματος θα οριστεί με μία εκούσια ενέργεια από πλευράς του χρήστη στην οποία ο άξονας του σερβοκινητήρα θα είναι στις 135°, η ιστοσελίδα θα είναι ενεργή σε κατάσταση αναμονής και θα απεικονίζει αντίστοιχα την θέση των 135° και το σύστημα μικροελεγκτή θα παρέχει πληροφορία ετοιμότητας και αναμονής, καθώς και ότι έχει συνδεθεί χρήστης στην ιστοσελίδα. Όλα αυτά μπορούν να διακριθούν στην συνέχεια ξεκινώντας με την ιστοσελίδα στο σχήμα 3-15.

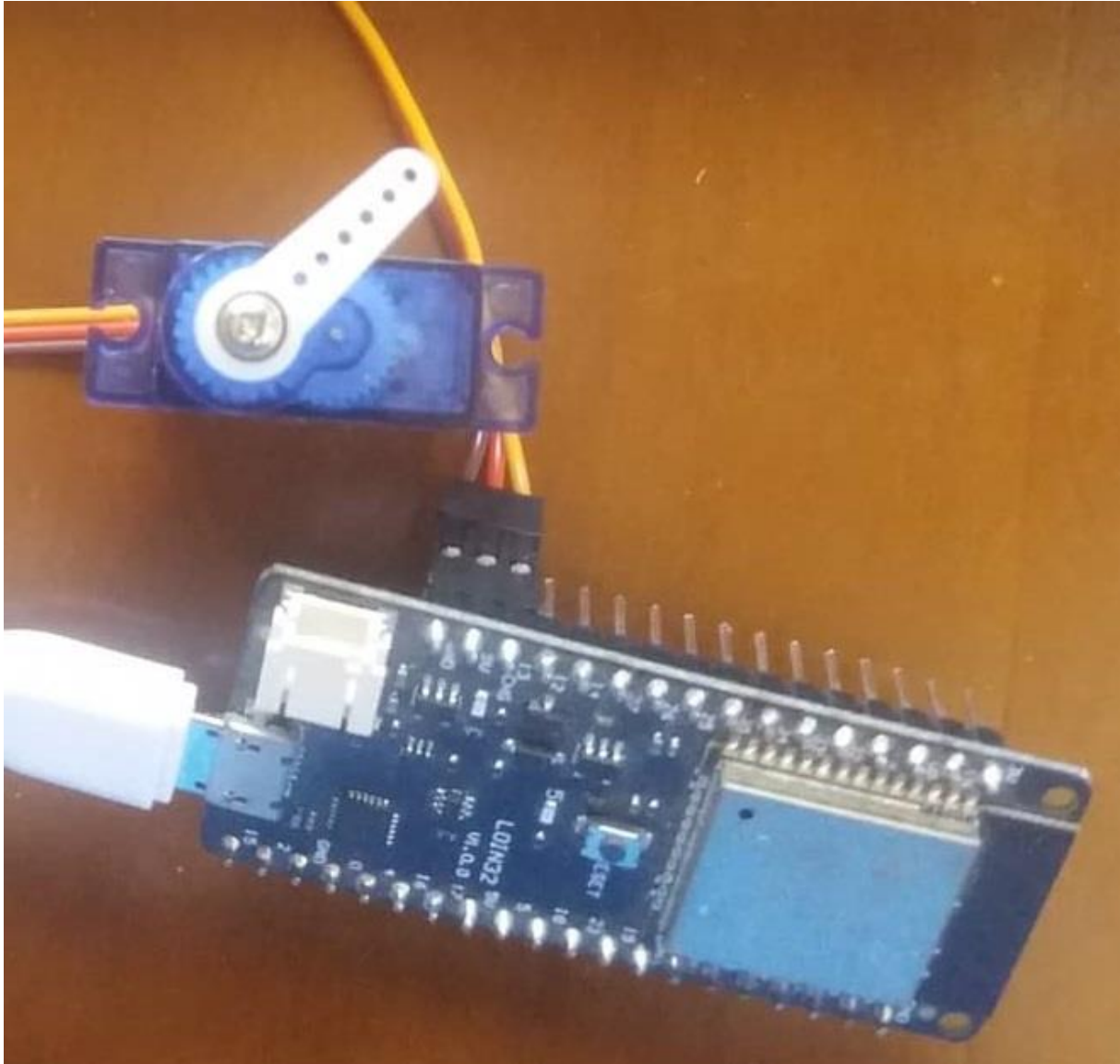


Σχήμα 3-15: Ιστοσελίδα ελέγχου σερβοκινητήρα στην θέση 135 μοιρών.

Όπως απεικονίζεται στο σχήμα 3-15 η σελίδα είναι ενεργή, η διεύθυνση IP 192.168.2.5 παραμένει σταθερή, η μπίλια στην μπάρα είναι τοποθετημένη πλέον στην θέση προς το δεξί της άκρο απέχοντας από το τέρμα αριστερό της άκρο ακόμη περισσότερο και ο ενδείκτης των μοιρών βρίσκεται στην γωνία 135°, το οποίο υποδηλώνει πως το σύνολο του ενσωματωμένου συστήματος θα πρέπει πλέον να αποκλίνει από την προκαθορισμένη του κατάσταση ακόμη περισσότερο.

Σύμφωνα λοιπόν με την πληροφορία που παρέχεται στο σχήμα 3-15 σχετικά με την συγκεκριμένη πλέον θέση του άξονα του σερβοκινητήρα, θα πρέπει και το υλικό μέρος της κατασκευής να βρίσκεται σε αντίστοιχη κατάσταση με αυτήν που φαίνεται στην ιστοσελίδα. Στο σχήμα 3-16 απεικονίζεται το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος κατά την συγκεκριμένη κατάσταση.

Όπως λοιπόν μπορεί κανείς να διακρίνει στο σχήμα 3-16, το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής στην νέα του πλέον θέση αναμένοντας να δεχτεί εντολή περιστροφής του άξονα του μέσω του απομακρυσμένου ελέγχου. Στην κατάσταση αυτή η θέση της πλαστικής προεξοχής βρίσκεται και αυτή στην θέση γωνίας των 135° ανταποκρινόμενη στην ένδειξη της ιστοσελίδας.



Σχήμα 3-16: Το ESP32 και ο σερβοκινητήρας στην θέση γωνίας 135 μοιρών.

Συμπληρωματικά το σύστημα μικροελεγκτή παρέχει στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος ένα σύνολο πληροφοριών το οποίο έχει σκοπό την επαλήθευση και επιβεβαίωση της κάθε κατάστασης, όπως αυτή προκύπτει έπειτα από κάθε εκτέλεση ενέργειας από πλευράς του χρήστη ο οποίος εφαρμόζει τον απομακρυσμένο έλεγχο του ενσωματωμένου συστήματος. Στο σχήμα 3-17 εμφανίζεται το σύνολο των πληροφοριών αυτών.

```

New client.
GET /?value=135& HTTP/1.1
Host: 192.168.2.5
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64; rv:104.0) Gecko/20100101 Firefox/104.0
Accept: */*
Accept-Language: el-GR,el;q=0.8,en-US;q=0.5,en;q=0.3
Accept-Encoding: gzip, deflate
X-Requested-With: XMLHttpRequest
Connection: keep-alive
Referer: http://192.168.2.5/

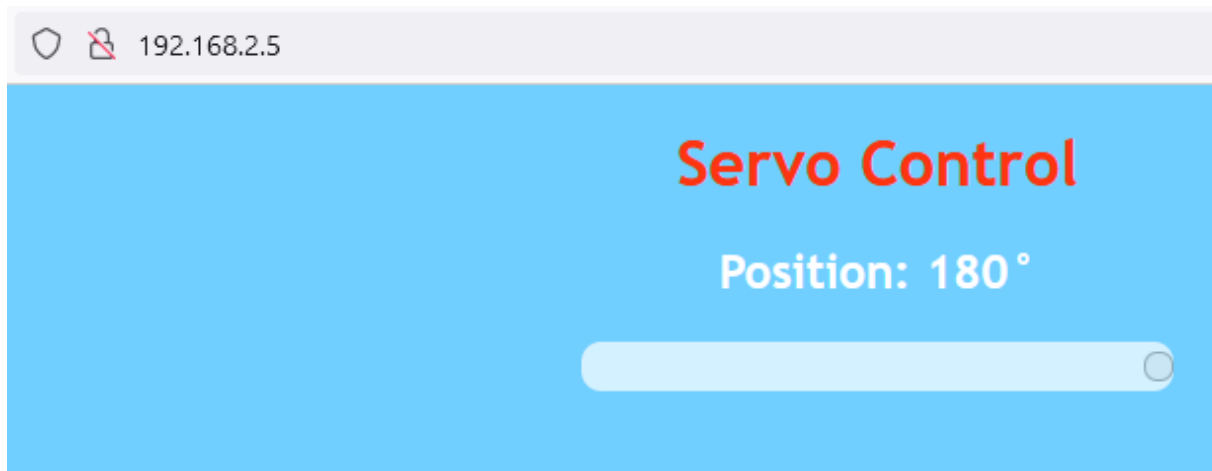
Val =135
Client disconnected.

```

Σχήμα 3-17: Παρεχόμενα δεδομένα συστήματος μικροελεγκτή.

Όπως μπορεί να διακριθεί στο σχήμα 3-17 η πρώτη γραμμή πληροφορεί πως έχει συνδεθεί στην ιστοσελίδα ένας νέος επισκέπτης. Στην δεύτερη γραμμή το πρόγραμμα αιτείται την διεύθυνση IP του και στην τρίτη γραμμή το πληροφορεί ως διαθέσιμο δεδομένο. Στις γραμμές τέσσερα έως και οκτώ το σύστημα μικροελεγκτή παρέχει ένα σύνολο πληροφοριών χρήσιμο προς τον προγραμματιστή. Στην ένατη γραμμή πληροφορεί πως ο επισκέπτης είναι ενεργός το οποίο σημαίνει πως είναι σε αναμονή προκειμένου να ορίσει νέα τιμή γωνίας περιστροφής του άξονα του σερβοκινητήρα. Η δέκατη γραμμή είναι εσκεμμένα κενή. Η ενδέκατη γραμμή πληροφορεί για την παρούσα τιμή γωνίας που αποδίδει η ιστοσελίδα και η δωδέκατη πληροφορεί πως ο επισκέπτης είναι σε αδράνεια, το οποίο σημαίνει ότι δεν εκτελεί καμία ενέργεια στην ιστοσελίδα. Να παρατηρηθεί πως η τιμή της γωνίας σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση πλέον αποδίδεται στις 135°.

Η επόμενη και τελική κατάσταση του ενσωματωμένου συστήματος θα οριστεί με μία εκούσια ενέργεια από πλευράς του χρήστη στην οποία ο άξονας του σερβοκινητήρα θα είναι στις 180°, ολοκληρώνοντας το διαθέσιμο εύρος γωνίας της συγκεκριμένης συσκευής σερβοκινητήρα η ιστοσελίδα θα είναι ενεργή σε κατάσταση αναμονής και θα απεικονίζει αντίστοιχα την θέση των 180° και το σύστημα μικροελεγκτή θα παρέχει πληροφορία ετοιμότητας και αναμονής, καθώς και ότι έχει συνδεθεί χρήστης στην ιστοσελίδα. Όλα αυτά μπορούν να διακριθούν στην συνέχεια ξεκινώντας με την ιστοσελίδα στο σχήμα 3-18.

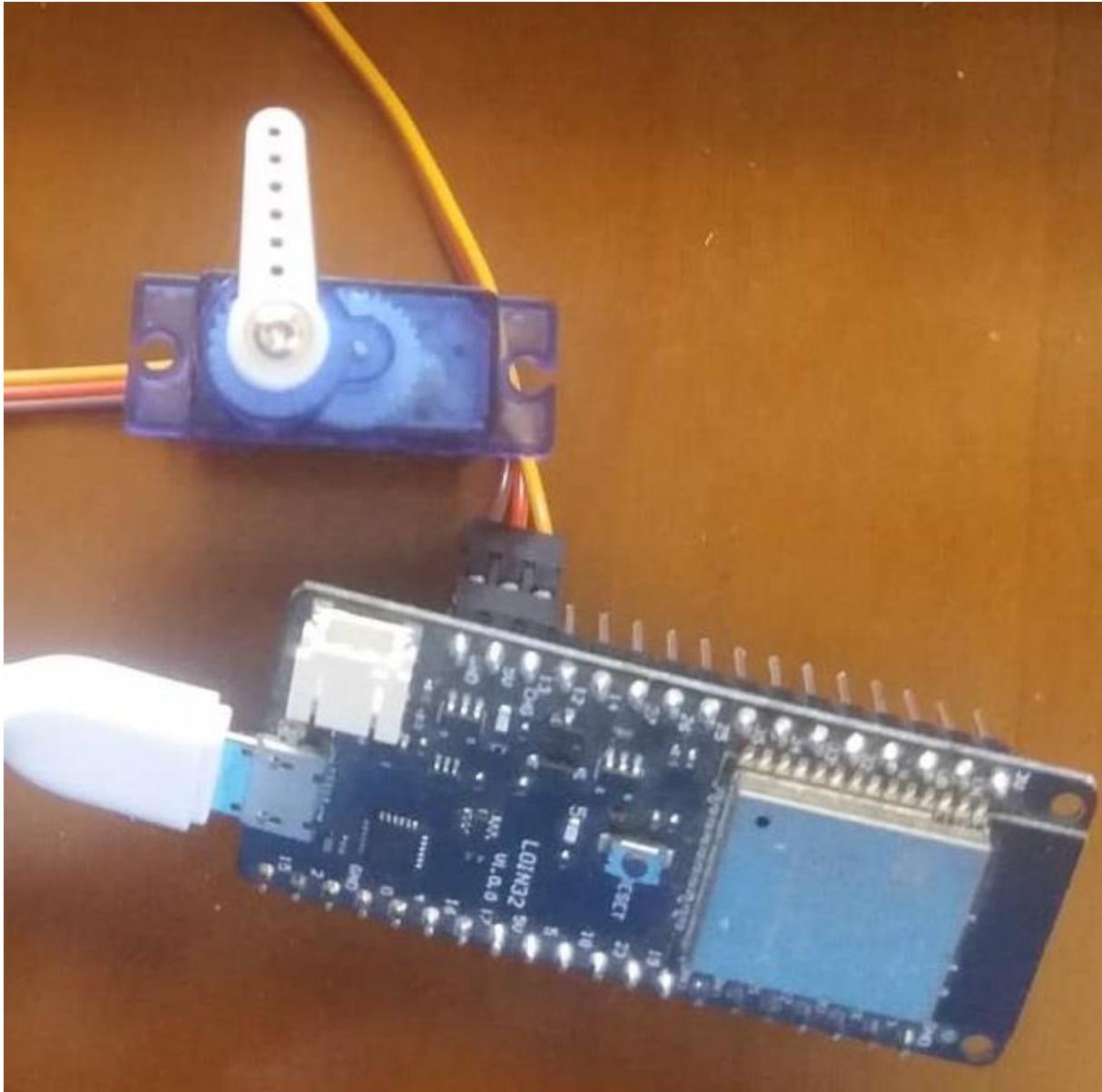


Σχήμα 3-18: Ιστοσελίδα ελέγχου σερβοκινητήρα στην θέση 180 μοιρών.

Όπως απεικονίζεται στο σχήμα 3-18 η σελίδα είναι ενεργή, η διεύθυνση IP 192.168.2.5 παραμένει σταθερή, η μπάρα στην μπάρα είναι τοποθετημένη πλέον στην θέση τέρμα δεξιά απέχοντας από το

τέρμα αριστερό της άκρο όσο το δυνατόν περισσότερο και ο ενδείκτης των μοιρών βρίσκεται πια στην γωνία των 180°, το οποίο υποδηλώνει πως το σύνολο του ενσωματωμένου συστήματος θα πρέπει πλέον να αποκλίνει από την προκαθορισμένη του κατάσταση όσο περισσότερο γίνεται.

Σύμφωνα λοιπόν με την πληροφορία που παρέχεται στο σχήμα 3-18 σχετικά με την συγκεκριμένη πλέον θέση του άξονα του σερβοκινητήρα, θα πρέπει και το υλικό μέρος της κατασκευής να βρίσκεται σε αντίστοιχη κατάσταση με αυτήν που φαίνεται στην ιστοσελίδα. Στο σχήμα 3-19 απεικονίζεται το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος κατά την συγκεκριμένη κατάσταση.



Σχήμα 3-19: Το ESP32 και ο σερβοκινητήρας στην θέση γωνίας 180 μοιρών.

Όπως λοιπόν μπορεί κανείς να διακρίνει στο σχήμα 3-19, το υλικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής στην νέα του πλέον θέση αναμένοντας να δεχτεί εντολή περιστροφής του άξονα του μέσω του απομακρυσμένου ελέγχου. Στην κατάσταση αυτή η θέση της πλαστικής προεξοχής βρίσκεται και αυτή στην θέση γωνίας των 180° ανταποκρινόμενη στην ένδειξη της ιστοσελίδας.

Συμπληρωματικά το σύστημα μικροελεγκτή παρέχει στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος ένα σύνολο πληροφοριών το οποίο έχει σκοπό την επαλήθευση και επιβεβαίωση της κάθε κατάστασης, όπως αυτή προκύπτει έπειτα από κάθε εκτέλεση ενέργειας από πλευράς του χρήστη ο οποίος εφαρμόζει τον απομακρυσμένο έλεγχο του ενσωματωμένου συστήματος. Στο σχήμα 3-20 εμφανίζεται το σύνολο των πληροφοριών αυτών.

```
New client.
GET /?value=180& HTTP/1.1
Host: 192.168.2.5
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64; rv:104.0) Gecko/20100101 Firefox/104.0
Accept: */*
Accept-Language: el-GR,el;q=0.8,en-US;q=0.5,en;q=0.3
Accept-Encoding: gzip, deflate
X-Requested-With: XMLHttpRequest
Connection: keep-alive
Referer: http://192.168.2.5/

Val =180
Client disconnected.
```

Σχήμα 3-20: Παρεχόμενα δεδομένα συστήματος μικροελεγκτή.

Όπως μπορεί να διακριθεί στο σχήμα 3-20 η πρώτη γραμμή πληροφορεί πως έχει συνδεθεί στην ιστοσελίδα ένας νέος επισκέπτης. Στην δεύτερη γραμμή το πρόγραμμα αιτείται την διεύθυνση IP του και στην τρίτη γραμμή το πληροφορεί ως διαθέσιμο δεδομένο. Στις γραμμές τέσσερα έως και οκτώ το σύστημα μικροελεγκτή παρέχει ένα σύνολο πληροφοριών χρήσιμο προς τον προγραμματιστή. Στην ένατη γραμμή πληροφορεί πως ο επισκέπτης είναι ενεργός το οποίο σημαίνει πως είναι σε αναμονή προκειμένου να ορίσει νέα τιμή γωνίας περιστροφής του άξονα του σερβοκινητήρα. Η δέκατη γραμμή είναι εσκεμμένα κενή. Η ενδέκατη γραμμή πληροφορεί για την παρούσα τιμή γωνίας που αποδίδει η ιστοσελίδα και η δωδέκατη πληροφορεί πως ο επισκέπτης είναι σε αδράνεια, το οποίο σημαίνει ότι δεν εκτελεί καμία ενέργεια στην ιστοσελίδα. Να παρατηρηθεί πως η τιμή της γωνίας σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση πλέον αποδίδεται στις 180°.

Με την επίδειξη όλων των ανωτέρων αποδεικνύεται έμπρακτα πως ο απομακρυσμένος έλεγχος πραγματοποιείται με επιτυχία, αλλά ακόμη πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι επιτυγχάνεται με εξαιρετική ακρίβεια η περιστροφή του άξονα ανταποκρινόμενος στις επιθυμητές τιμές γωνίας οι οποίες αποδίδονται στη ιστοσελίδα και συμπερασματικά ολοκληρώνει το κατασκευαστικό μέρος του ενσωματωμένου συστήματος της παρούσας εργασίας το οποίο προκύπτει ικανό να ικανοποιήσει τα ζητούμενα της.

3.10 Επίλογος

Η υλοποίηση του κατασκευαστικού μέρους αποτελεί το επόμενο λογικό βήμα μίας μελέτης στο οποίο θα γίνει η απόπειρα υλοποίησης μίας έμπρακτης κατασκευής προκειμένου να διαπιστωθεί η ορθή λειτουργία και η πρακτική ικανοποιητική εκπλήρωση των ζητούμενων.

Κατά την απόπειρα της υλοποίησης το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας αποτελεί την εξακρίβωση των χαρακτηριστικών των διάφορων συσκευών του υλικού μέρους έτσι ώστε να ληφθούν υπόψιν και να προσαρμοστούν ώστε να δουλέψουν μεταξύ τους αρμονικά ως ενιαίο σύνολο ενός ενσωματωμένου συστήματος.

Κεφάλαιο 3

Το υλικολογισμικό το οποίο θα παρέχει το πλήρες σύνολο οδηγιών και εντολών προς το υλικό μέρος απαιτεί πολύ προσοχή στην δόμηση του καθώς για να εκτελεστεί σωστά θα πρέπει να λάβει υπόψιν του πολλά φυσικά χαρακτηριστικά των υλικών που θα διαχειρίζεται προκειμένου να αποφευχθούν ανεπιθύμητες αστοχίες.

Όταν και το υλικό αλλά και το υλικολογισμικό έχουν προετοιμαστεί κατάλληλα έτσι ώστε να λειτουργήσουν αρμονικά μεταξύ τους ως σύνολο, σχηματίζουν ένα πλήρως λειτουργικό ενσωματωμένο σύστημα.

Σε πολλά ενσωματωμένα συστήματα το υλικολογισμικό πρέπει να συμπεριλάβει στο περιεχόμενο του έναν ελάχιστο αριθμό βιβλιοθηκών ειδικού σκοπού προκειμένου να διευκολύνουν την ενσωμάτωση ενός συγκεκριμένου υλικού περιφερειακής συσκευής.

Το περιεχόμενο της παρούσας εργασίας παρόλο που σχηματίζει ένα πλήρως λειτουργικό σύστημα, επειδή περιλαμβάνει τον απομακρυσμένο έλεγχο μέσω του διαδικτύου, λαμβάνεται ως κατασκευή στην κατάταξη του διαδικτύου των πραγμάτων.

Με την πλήρη ανάπτυξη του κατασκευαστικού μέρους, και υλικού αλλά και υλικολογισμικού, διαπιστώθηκε πως ικανοποιούνται όλα τα ζητούμενα της παρούσας εργασίας.

Κεφάλαιο 4ο: Συμπεράσματα ή/και προτάσεις βελτίωσης

Κατά την εκπόνηση μίας εργασίας η οποία περιέχει μία ελάχιστη περιπλοκότητα δομής, είναι απαραίτητο αυτή να ακολουθεί μία σειρά ανάπτυξης της ως μέρος καθοδήγησης για κάποιον ο οποίος επιθυμεί να ασχοληθεί και ακόμη να αναπαράγει το περιεχόμενο της. Συμπερασματικά επιβάλλεται αρχικά να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο γενικής προσέγγισης το οποίο να εκθέτει το σύνολο των σχετικών πεδίων τα οποία συμβάλλουν στο πλήρες γνωστικό περιεχόμενο της αλλά και για να δημιουργήσει το θεμέλιο στο οποίο θα αναπτυχθεί το υπόλοιπο έργο της.

Έπειτα πρέπει να αναπτυχθεί όλο το συγκεκριμένο θεωρητικό πλαίσιο το οποίο θα σχηματίσει την αρχική μορφή του συνόλου της εργασίας ως προς το πως θα ικανοποιήσει τα ζητούμενα της, αντλώντας την απαραίτητη για αυτό γνώση από την αρχική της προσέγγιση στο πεδίο της πλαισίωσης της γενικής γνώσης. Εφόσον αυτό πραγματοποιηθεί σωστά, τότε θα αποδώσει μία ολοκληρωμένη πρόταση και θεωρητική προσέγγιση κατά την οποία θα μπορέσει να ικανοποιηθεί τα κάθε ζητούμενο όπως αυτό ορίστηκε στο περιεχόμενο της.

Όλα τα ανωτέρω οδηγούν τελικά στο πιο ουσιώδες τμήμα της ανάπτυξης μίας εργασίας το οποίο αφορά την υλοποίηση και την εφαρμογή όλων όσων προηγήθηκαν αυτού έτσι ώστε να μπορέσει να διαπιστωθεί και να επιβεβαιωθεί η εκπλήρωση των ζητούμενων ή όχι, και εάν πράγματι δεν επιβεβαιώνεται τότε να γίνει η απόπειρα να απαντηθεί και να διαπιστωθεί το γιατί τελικά δεν γίνεται. Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας, της οποίας το ζητούμενο ήταν η ανάπτυξη ενός ενσωματωμένου συστήματος το οποίο να μπορεί να περιστρέφει με ακρίβεια τον άξονα ενός σερβοκινητήρα μέσω απομακρυσμένου ελέγχου από το διαδίκτυο με την χρήση μίας ιστοσελίδας, απέδωσε απόλυτη και πλήρη επιτυχία ικανοποιώντας το ζητούμενο της πλήρως.

Ως πρόταση συνέχισης της παρούσας εργασίας θα μπορούσε κανείς να επιχειρήσει να κάνει ένα πιο σύνθετο ενσωματωμένο σύστημα συμπεριλαμβάνοντας περισσότερους σερβοκινητήρες, σχηματίζοντας έτσι ένα βασικού τύπου ρομποτικό μηχανισμό. Επίσης θα μπορούσε κανείς να συμπληρώσει στο πρόγραμμα της ιστοσελίδας βελτιώνοντας και εμπλουτίζοντας τόσο το γραφικό περιβάλλον, όσο και την ίδια την διεπαφή της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

- [1] Shingo Takahashi, Yasuhiko Takahara, *Logical Approach to Systems Theory*. ISBN-13: 978-3-540-19956-4, Springer Berlin Heidelberg, 1995.
- [2] Umesh Dutta, Vikas Sharma, Abhiruchi Passi, *Embedded System Design using ATMEGA168PB Microcontroller: A Practical approach*. ISBN-10: 9388277449, ISBN-13: 978-9-388-27744-0, Evincepub Publishing, 29 November 2018.
- [4] Kenneth L. Short, *Embedded Microprocessor System Design: An Introduction Using the INTEL 80C188EB*. ISBN-10: 0132494671, ISBN-13: 978-0-132-49467-0, Pearson, 16 March 1998.
- [5] Asa Briggs, Peter Burke, *A Social History of the Media from Gutenberg to the Internet, Third edition*. ISBN-13: 978-0-7456-4494-3, UK Cambridge: Polity Press, 2009.
- [7] Rajib Mal, *Real-Time Systems: Theory and Practice*. ISBN: 978-81-317-0069-3, India: Pearson Education, 2007.
- [8] Jing Chen, Seongsoo Hong, *Real-Time and Embedded Computing Systems and Applications*. LCCN: 2004104587, ISSN: 0302-9743, ISBN: 3-540-21974-9, USA New York: Springer-Verlag, 2004.
- [10] Bernard Friedland, *Control System Design: An Introduction to State-Space Methods*. ISBN: 0-486-44278-0, New York: Dover Publications, 2005.
- [11] Joseph J. DiStefano, Allen J. Stubberud, Allen Stubberud, Joseph DiStefano, Ivan Williams, *Schaum's Outline of Feedback and Control Systems: Second Edition*. ISBN-13: 978-0-070-17052-0, McGraw Hill Professional, 1995.
- [12] Peter Gaspar, Belazs Nemeth, *Predictive Cruise Control for Road Vehicles Using Road and Traffic Information*. ISBN-13: 978-3-030-04115-1, ISSN: 1430-9491, Switzerland: Spring Nature, 2019.
- [14] R. Jacob Baker, *CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, 3rd Edition (IEEE Press Series on Microelectronic Systems)*. ISBN-13: 978-0-470-88132-3, Willey-IEEE Press, 7 Sep. 2010.
- [15] S. Salivahanan, S. Arivazhagan, *Digital Circuits and Design*. ISBN-13: 978-0-199-48868-1, Oxford University Press, 6 March 2018.
- [16] H. Casier, M. Steyaert, A. H. M. van Roermund, *Analog Circuit Design (Robust Design, Sigma Delta Converters, RFID)*. ISBN-13: 978-9-400-70391-9, Springer, 2011.
- [18] J. Ousterhooft, *A Philosophy of Software Design*. ISBN-13: 978-1-732-10220-0, Yaknyam Press, 6 Apr. 2018.
- [20] G. Stringham, *Hardware/Firmware Interface Design*. ISBN-13: 978-1-856-17605-7, Newnes, 2010.
- [23] H. H. Tan, T. B. D'Orazio, *Για Μηχανικούς*. ISBN: 960-8050-33-2, Εκδόσεις Τζιόλα, 2000.
- [24] L. F. Doyle, *Computer Peripherals (2nd edition)*. ISBN-13: 978-0-137-79463-8, Prentice Hall, 16 Feb. 1999.
- [25] A. Barhoum, Z. Altintas, *Advance Sensor Technology*. ISBN-13: 978-0-323-90222-9, Elsevier, 16 Nov. 2022.

[27] S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*. ISBN-13: 978-9-604-18192-6, Εκδόσεις Τζιόλα, 2013.

[30] L. Frenzel, *Handbook of Serial Communication Interfaces*. ISBN-13: 978-0-128-00629-0, Newnes, 21 Aug. 2015.

Data Sheet

[31] Espressif systems, “ESP32 series,” WROOM32 datasheet, 2022.

Internet Site

[3] Tutorials Point, “Embedded Systems - Overview,” *Tutorials Point*, 2022. [Online]. Available: https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/es_overview.htm

[6] Wikipedia, “Internet,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Internet>

[9] Wikipedia, “Real-time,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Real-time>

[13] Wikipedia, “Control Theory,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/Control_theory

[17] Wikipedia, “Integrated circuit,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_circuit

[19] Wikipedia, “Software,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Software>

[21] Wikipedia, “Firmware,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Firmware>

[22] Wikipedia, “C (programming language),” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

[https://en.wikipedia.org/wiki/C_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/C_(programming_language))

[26] Wikipedia, “Servomotor,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Servomotor>

[28] Wikipedia, “Communication protocol,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/Communication_protocol

[29] Wikipedia, “Wireless,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΤΙΤΛΟΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ

```
#include <WiFi.h>
#include <ESP32Servo.h>

Servo myservo; //Servo object creation for servo control.

static const int servoPin = 13; // Servo GPIO pin

/*Network credentials*/
const char* ssid = "fotis";
const char* password = "2310793041";

WiFiServer server(80); //Web server on port server

String header; //HTTP request variable

/*Decode HTTP GET value*/
String valueString = String(5);
int pos1 = 0;
int pos2 = 0;

unsigned long currentTime = millis(); //Current time
unsigned long previousTime = 0; //Previous time
const long timeoutTime = 2000; //Define timeout time in ms

void setup() {
  /*Allow allocation of all timers for servo library*/
  ESP32PWM::allocateTimer(0);
  ESP32PWM::allocateTimer(1);
  ESP32PWM::allocateTimer(2);
  ESP32PWM::allocateTimer(3);
```

```

myservo.setPeriodHertz(50); //Setting servo PWM frequency to 50Hz

myservo.attach(servoPin, 300, 2500); //Attach to servo, define min nad max positions

Serial.begin(115200); //Start serial communacation

/*Connection to WiFi network*/
Serial.print("Connecting to ");
Serial.println(ssid);
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(1500);
  Serial.print(".");
}
/*Print local IP and start web server*/
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected. ");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
server.begin();

}

void loop() {

WiFiClient client = server.available(); //Listen for incoming clients

/*Client connected*/
if (client) {
  /*Set timer references*/
  currentTime = millis();
  previousTime = currentTime;

```

```

Serial.println("New client. ");

String currentLine = ""; //Variable to hold client's data

/*While client is connected*/
while (client.connected() && currentTime - previousTime <= timeoutTime) {
    currentTime = millis();
    /*If there is bytes to read from client read a byte and then print it*/
    if (client.available()) {
        char c = client.read();
        Serial.write(c);
        header += c;
        if (c == '\n') { //If the byte is a new line character
            //current line is blank you got two newline characters in a row.
            //That's the end of the client HTTP request, so send a response:
            if (currentLine.length() == 0) {

                /*HTTP headers always start with a response code (HTTP/1.1 200 OK) and a content type*/
                client.println("HTTP/1.1 200 OK");
                client.println("Content-type: text/html");
                client.println("Connection: close");
                client.println();

                /*Display the HTML web page*/

                /*HTML header*/
                client.println("<!DOCTYPE html><html>");
                client.println("<head><meta    name=\"viewport\"    content=\"width=device-width,    initial-
scale=1\">");
                client.println("<link rel=\"icon\" href=\"data:;\">");

                /*CSS modified as desired*/
                client.println("<style>body { text-align: center; font-family: \"Trebuchet MS\", Arial; margin-
left:auto; margin-right:auto; }");

```

```

    client.println(".slider { -webkit-appearance: none; width: 300px; height: 25px; border-radius:
10px; background: #ffffff; outline: none; opacity: 0.7; -webkit-transition: .2s; transition: opacity .2s;}");

    client.println(".slider::-webkit-slider-thumb {-webkit-appearance: none; appearance: none;
width: 35px; height: 35px; border-radius: 50%; background: #ff3410; cursor: pointer; }</style>");

/*Get JQuery*/

client.println("<script
src=\"https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.3.1/jquery.min.js\"></script>");

/*Page title*/

client.println("</head><body                                style=\"background-color:#70cfff;\"><h1
style=\"color:#ff3410;\">Servo Control</h1>");

// Position display

client.println("<h2                                style=\"color:#ffffff;\">Position:                                <span
id=\"servoPos\"></span>&#176;</h2>");

// Slider control

client.println("<input type=\"range\" min=\"0\" max=\"180\" class=\"slider\" id=\"servoSlider\"
onchange=\"servo(this.value)\" value=\"\"+valueString+\"\"/>");

// Javascript

client.println("<script>var slider = document.getElementById(\"servoSlider\");");
client.println("var servoP = document.getElementById(\"servoPos\"); servoP.innerHTML =
slider.value;");
client.println("slider.oninput = function() { slider.value = this.value; servoP.innerHTML =
this.value; }");
client.println("$.ajaxSetup({timeout:1000}); function servo(pos) { ");
client.println("$.get(\"/?value=\" + pos + \"&\"); {Connection: close};}</script>");

// End page

client.println("</body></html>");

// GET data

if(header.indexOf("GET /?value=")>=0) {

```

```

pos1 = header.indexOf('=');
pos2 = header.indexOf('&');

// String with motor position
valueString = header.substring(pos1+1, pos2);

// Move servo into position
myservo.write(valueString.toInt());

// Print value to serial monitor
Serial.print("Val =");
Serial.println(valueString);
}
// The HTTP response ends with another blank line
client.println();

// Break out of the while loop
break;
}
else {
// New lline is received, clear currentLine
currentLine = "";
}
} else if (c != '\r') { // if you got anything else but a carriage return character,
currentLine += c; // add it to the end of the currentLine
}
}
}
// Clear the header variable
header = "";
// Close the connection
client.stop();
Serial.println("Client disconnected.");

```

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

```
}
```

```
}
```