



Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Πολυτεχνείο Κρήτης

Διπλωματική εργασία

Υλοποίηση Συστήματος Ασφαλείας και Αναγνώρισης με χρήση τεχνολογίας RFID

Νέλι Αρντίτ

Εξεταστική Επιτροπή:

Καθηγητής Καλαϊτζάκης Κωνσταντίνος (Επιβλέπων)

Αναπληρωτής Καθηγητής Κουτρούλης Ευτύχιος

Μέλος Εργαστηριακού Διδακτικού Προσωπικού Σεργάκη Ελευθερία

Χανιά, Απρίλιος, 2020

Ευχαριστίες

Με την περάτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα πρώτα απ' όλα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, η οποία με στήριξε σε κάθε μου βήμα από την αρχή της σταδιοδρομίας μου έως σήμερα. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Καλαϊτζάκη, ο οποίος πίστεψε στην ιδέα αυτή και βοήθησε στην υλοποίησή της, ιδίως μέσα από τις γνώσεις που αποκόμισα παρακολουθώντας τα μαθήματά του, καθώς και από την στήριξη που έλαβα όταν χρειάστηκα την βοήθειά του. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αναπληρωτή καθηγητή κύριο Ευτύχιο Κουτρούλη, καθώς και την κυρία Ελευθερία Σεργάκη, μέλος του εργαστηριακού και διδακτικού προσωπικού του Πολυτεχνείου Κρήτης, για την επιπρόσθετη βοήθειά τους και τη συμμετοχή τους στην επιτροπή της διπλωματικής αυτής. Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους μου και στα άτομα του στενού μου κύκλου, Α. Σγκουράκη, Α. Πολυχρονάκη, Β. Γιαννέλο, Μ. Ανδριανάκη, Α. Ντόκο και Σ. Σταματοπούλου διότι μοιράστηκα μαζί τους προβληματισμούς, χαρές και εμπειρίες οι οποίες με βοήθησαν να εξελιχθώ σαν μηχανικός, αλλά κυρίως σαν άνθρωπος.

Περίληψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η υλοποίηση ενός συστήματος ασφαλείας για τον χώρο στάθμευσης δίκυκλων οχημάτων, στις φοιτητικές εστίες του Πολυτεχνείου Κρήτης. Αυτό βασίζεται σε ένα σύστημα ταυτοποίησης των φοιτητών, με σκοπό να τους δοθεί πρόσβαση στον χώρο. Οι βασικές μονάδες γύρω από τις οποίες στήθηκε το σύστημα είναι ένα Raspberry Pi, ένας RFID reader καθώς και μία ηλεκτρομαγνητική κλειδαριά. Αρχικά, δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων, όπου εισάγονται σε αυτή όσοι φοιτητές πληρούν τα κριτήρια για να έχουν πρόσβαση στο χώρο. Σε κάθε φοιτητή που είναι εγγεγραμμένος στη βάση αντιστοιχεί ένας αριθμός, καθώς και ένας κωδικός που καθορίζεται από τον ίδιο τον φοιτητή. Βασιζόμενοι σε αυτή τη βάση δεδομένων δημιουργήθηκε μια ιστοσελίδα μέσω της οποίας γίνεται η διαχείριση των δεδομένων από τον διαχειριστή. Όταν ένας φοιτητής επιδιώκει να εισέλθει στον χώρο, ένα RFID tag επικοινωνεί με έναν RFID reader ο οποίος λειτουργεί συνδυαστικά με ένα Raspberry Pi, για να γίνει η ταυτοποίηση μέσα από τη βάση δεδομένων. Τέλος, στην λειτουργία του συστήματος προσθέτουμε και την παρακολούθηση του χώρου μέσω Internet Protocol (IP) camera κάθε φορά που κάποιος αποκτά πρόσβαση σε αυτόν. Τέλος, το παρόν σύστημα υστερεί από άποψη κόστους σε σύγκριση με τα αντίστοιχα του εμπορίου, ωστόσο έχει ξεκάθαρο πλεονέκτημα σε αυτονομία, επεκτασιμότητα, δυνατότητες και χαμηλό κόστος συντήρησης.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	i
Περίληψη	ii
Περιεχόμενα	iv
Εικόνες - Γραφήματα	v
Πίνακες	vi
1 Εισαγωγή	1
2 Επιλογή Υλικού	2
2.1 Raspberry Pi Model B+	2
2.2 RFID Reader/Writer	3
2.3 Τροφοδοτικό	5
2.4 Ηλεκτρομαγνητική κλειδαριά	7
2.5 Step Down Converter	7
2.6 Relay	9
2.7 Αισθητήρας INA219	11
2.8 IP Camera	13
2.9 Μπαταρίες Μολύβδου	14
2.10 Πληκτρολόγιο	15
2.11 Ηλεκτρολογικό κουτί	16
3 Λογισμικό	17
3.1 Raspbian Buster lite	17

3.2	MariaDB	17
3.3	Apache HTTP Server	18
3.4	phpMyAdmin	19
3.5	PHP	19
3.6	HTML	19
3.7	CSS	20
3.8	Python	20
3.9	MobaXterm	21
4	Υλοποίηση	22
4.1	Σύνδεση - Λειτουργικότητα	22
4.2	Κατανάλωση	29
5	Συμπεράσματα - Μελλοντικές επεκτάσεις	31
	Βιβλιογραφία	33

Εικόνες - Γραφήματα

Εικόνα 1.	Raspberry Pi	3
Εικόνα 2.	RFID reader	4
Εικόνα 3.	Τροφοδοτικό	6
Εικόνα 4.	Ηλεκτρομαγνητική κλειδαριά	7
Εικόνα 5.	Step down converter circuit	9
Εικόνα 6.	Step down converter module	9
Εικόνα 7.	Relay electronic circuit	10
Εικόνα 8.	Relay module	11
Εικόνα 9.	INA219 electronic circuit	12
Εικόνα 10.	INA219 module	13
Εικόνα 11.	IP camera	13
Εικόνα 12.	Numpad	15
Εικόνα 13.	Ηλεκτρολογικό κουτί	16
Εικόνα 14.	System block diagram	23
Εικόνα 15.	Επικοινωνία με τον server	23
Εικόνα 16.	Σύνδεση raspberry numpad	24
Εικόνα 17.	Διάγραμμα ροής	25
Εικόνα 18.	Web development tools	26
Εικόνα 19.	Web page: homepage	27
Εικόνα 20.	Web page: insert	27
Εικόνα 21.	Web page: delete	28
Εικόνα 22.	Web page: password change	28
Εικόνα 23.	Web page: details	28

Πίνακες

Πίνακας 1.	Χαρακτηριστικά step down converter	9
Πίνακας 2.	Χαρακτηριστικά IP camera	14
Πίνακας 3.	Σύγκριση διαφορετικών τύπων μπαταρίας	15
Πίνακας 4.	Χαρακτηριστικά ηλεκτρολογικού κουτιού	16
Πίνακας 5.	Κατανάλωση συστήματος	29
Πίνακας 6.	Αυτονομία συστήματος	30
Πίνακας 7.	Κόστος συστήματος	32

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Ο χώρος στάθμευσης στις φοιτητικές εστίες εγκυμονεί κινδύνους φθοράς ή κλοπής, κυρίως για τα δίκυκλα που σταθμεύουν εκεί, εξαιτίας απουσίας μέτρων προστασίας. Το πρόβλημα αυτό, οδήγησε στην αναζήτηση ενός συστήματος ασφαλείας, το οποίο θα επιτρέψει την πρόσβαση στον χώρο μόνο σε όσους προβλέπεται. Για την υλοποίηση του συστήματος αυτού, ήταν απαραίτητο να βρεθεί τρόπος να ασφαλιστεί η θύρα εισόδου, ενώ παράλληλα να υπάρχει η δυνατότητα καταγραφής των στοιχείων όσων απέκτησαν πρόσβαση στον χώρο, σε πραγματικό χρόνο. Τη λύση στο πρόβλημα αυτό, δίνει η χρήση μιας ηλεκτρομαγνητικής κλειδαριάς, ενός radio frequency identification (RFID) reader, ενός RFID tag, καθώς και ενός Raspberry Pi 3 B+ (υπολογιστής σε μέγεθος πιστωτικής κάρτας). Η απαραίτητη διαδικασία για να εισέλθει κάποιος στον χώρο είναι να περάσει την ειδική κάρτα (tag) πάνω από τον RFID reader και να πληκτρολογήσει τον κωδικό που έχει ορίσει ο ίδιος. Το Raspberry συγκεντρώνει αυτά τα δεδομένα και επαληθεύει αν είναι σωστά. Σε περίπτωση που το τελευταίο ισχύει, η ηλεκτρομαγνητική κλειδαριά ξεκλειδώνει. Η υλοποίηση του συστήματος αυτού ξεκίνησε με μια έρευνα σχετικά με την κατανάλωση και την αυτονομία, την εύκολη εγκατάσταση, την αξιοπιστία και την εξέλιξη, καθώς και το κόστος. Στόχος της έρευνας ήταν να βρεθεί η χρυσή τομή ανάμεσα στα παραπάνω χαρακτηριστικά. Με γνώμονα τα προαναφερθέντα, αποφασίστηκε το υλικό (hardware) του συνολικού συστήματος που χρησιμοποιήθηκε.

Κεφάλαιο 2

Επιλογή Υλικού

Για να καλυφθούν οι απαιτήσεις του παρόντος συστήματος, ήταν απαραίτητη η χρήση κάποιων μονάδων με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα οποία αναλύονται ξεχωριστά το καθένα παρακάτω.

2.1 Raspberry Pi Model B+

Το σύστημα αποτελείται από ένα συνδυασμό hardware και software, τόσο για την σωστή λειτουργία της ηλεκτρομαγνητικής κλειδαριάς, όσο και για την λειτουργία της ιστοσελίδας. Ένας τρόπος διαχείρισης τέτοιων συστημάτων είναι το στήσιμο ενός LINUX based system (LBS), πάνω στο οποίο θα εγκατασταθεί ο web server για να εξυπηρετεί την ιστοσελίδα, καθώς και μιας βάσης δεδομένων όπου θα αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα. Ωστόσο, ένα LBS από μόνο του δεν μπορεί να ελέγξει το υπόλοιπο hardware του συστήματος, π.χ. την ηλεκτρομαγνητική κλειδαριά. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να συνδεθεί με κάποιον μικροελεγκτή που θα αναλάβει αυτό τον ρόλο. Αυτή η επιλογή όμως αυξάνει πολύ το κόστος, την πολυπλοκότητα, καθώς και τον όγκο του συστήματος. Η εναλλακτική λύση είναι ένας SBC, single board computer, και πιο συγκεκριμένα το Raspberry Pi.

Η αρχή του Raspberry Pi έγινε το 2006, στο πανεπιστήμιο του Cambridge, λαμβάνοντας υπ' όψη πως τότε υπήρχαν σημαντικοί περιορισμοί, όπως το υψηλό κόστος και η χαμηλή ισχύς των επεξεργαστών για mobile συσκευές. Σταδιακά όμως, με την επέλαση των smartphones, το κόστος της τεχνολογίας άρχισε να μειώνεται αρκετά και πλέον η υλοποίηση του Raspberry Pi ήταν ακόμα ένα βήμα πιο κοντά. Έτσι φτάνοντας στο 2012, κυκλοφόρησε το πρώτο Raspberry Pi με τα Model A, Model A+ και Model B. Τα μο-

ντέλα αυτά διέθεταν επεξεργαστή ARMv6k στα 700 MHz, 256MB RAM, κάρτα γραφικών Broadcom VideoCore IV και κατανάλωση από 1 έως 3.5 Watt, ενώ η αποθήκευση των δεδομένων γινόταν σε κάρτες SD, SDHC και Micro SD. Χρειάστηκε να φτάσουμε στις 14 Μαρτίου 2016 όταν και κυκλοφόρησε το Raspberry Pi Generation 3 Model B+, το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη διπλωματική εργασία σαν μονάδα ελέγχου. Παρά το μέγεθός του, είναι ένας πλήρης υπολογιστής σε μέγεθος πιστωτικής κάρτας. Στη μεγαλύτερή του έκδοση, διαθέτει τετραπύρρηνο επεξεργαστή 1200MHz, διπύρηνη κάρτα γραφικών, 1GB RAM, τέσσερις θύρες USB, έξοδο HDMI, τροφοδοσία μέσω micro USB και 40 pins γενικής χρήσης για σύνδεση με άλλα ηλεκτρονικά και περιφερειακά εξαρτήματα. Το Raspberry έχει πολύ μικρή κατανάλωση και χαμηλό κόστος αγοράς, περίπου 40\$, το οποίο παραμένει σταθερό σε όλα τα χρόνια κυκλοφορίας του, παρόλο που αναβαθμίζεται διαρκώς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν έχει σκοπό το κέρδος ο παραγωγός του. Επίσης είναι εύκολη η διαδικασία της εγκατάστασης server σε αυτό, όπως και ο χειρισμός από απόσταση μέσω SSH (secure shell). Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι η ευκολία σύνδεσης στο διαδίκτυο. Τέλος, πολύ σημαντική θεωρείται η δυνατότητα για μετέπειτα εξέλιξη του συστήματος.



Εικόνα 1. Raspberry Pi

2.2 RFID Reader/Writer

Ένας από τους δημοφιλέστερους τρόπους για να ταυτοποιηθούν, είτε αντικείμενα είτε άνθρωποι, είναι η ραδιοσυχνотική αναγνώριση (RFID). Το RFID χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα για την αναγνώριση των ετικετών (tags). Υπάρχουν 3 ζώνες λειτουργίας, Low Frequency (LF) 120-150 kHz, High Frequency (HF) 13.56 MHz, και Ultra High Frequency (UHF) 865-868 MHz στην Ευρώπη και 902-928 MHz στις Η.Π.Α. Ένα

σύστημα RFID αποτελείται από δυο βασικές μονάδες, τον αναγνώστη (reader) και την ετικέτα (tag), η οποία περιλαμβάνει ειδική κεραία με ενσωματωμένο chip. Η ετικέτα μπορεί να είναι καθαρά παθητικό στοιχείο, το οποίο αντλεί ισχύ από το ηλεκτρομαγνητικό σήμα που στέλνει ο reader, ή να είναι εφοδιασμένη με μπαταριά και να λειτουργεί ως ημιπαθητικό ή ενεργό στοιχείο. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της ραδιοσυχνотικής αναγνώρισης (RFID), σε σχέση με άλλες μεθόδους, είναι ότι δεν απαιτείται οπτική επαφή του tag με τον reader. Έτσι δεν γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι η πληροφορία που εμπεριέχει. Επίσης, είναι εφικτός ο προγραμματισμός εξ' αποστάσεως, καθώς υπάρχει δυνατότητα επανεγγραφής του tag, ενώ υπάρχει και το περιθώριο ένταξης επιπρόσθετων λειτουργιών.

Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε ένας RFID reader/writer που λειτουργεί στα 125 kHz, καθώς και παθητικές ετικέτες (tags). Οι παθητικές ετικέτες έχουν τρία βασικά πλεονεκτήματα. Έχουν απεριόριστο χρόνο ζωής, είναι συμπαγείς και εύκαμπτες, και έχουν πολύ χαμηλό κόστος. Ωστόσο, αν εξαιρεθούν οι UHF, οι υπόλοιπες υστερούν σε ταχύτητα και σε μνήμη καθώς και στην δυνατότητα ταυτόχρονης ανάγνωσης πολλών ετικετών σε σχέση με τις ενεργητικές. Οι τελευταίες λαμβάνουν την απαιτούμενη ενέργεια από την μπαταριά, δίχως να περιμένουν τον αναγνώστη, γεγονός που θα επηρέαζε πολύ ένα σύστημα που απαιτεί ταχύτερες χρονικές αποκρίσεις. Στην παρούσα διπλωματική δεν παίζει σημαντικό ρόλο η ταχύτητα εκτέλεσης της διαδικασίας, αλλά κυρίως η αντοχή του συστήματος στο χρόνο.



Εικόνα 2. RFID reader

2.3 Τροφοδοτικό

Τα χαρακτηριστικά του ρεύματος από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 230V AC 50Hz, ενώ οι μονάδες του συστήματος λειτουργούν είτε στα 12V DC είτε 5V DC. Το γεγονός αυτό έκανε απαραίτητη την χρήση τροφοδοτικού. Τα τροφοδοτικά δημιουργήθηκαν για να μετατρέπουν την εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή, όπου αυτό είναι απαραίτητο για τη λειτουργία των συσκευών. Οι μετατροπείς αυτοί ονομάστηκαν DC τροφοδοτικά και εξελίσσονται συνεχώς τα τελευταία χρόνια λόγω της ραγδαίας και συνεχής ανάπτυξης των ηλεκτρονικών. Η αναγκαιότητα τους είναι μεγάλη, χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλες τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούμε καθημερινά και περιλαμβάνουν εφαρμογές πολύ μικρής ισχύος, π.χ. φορτιστής κινητού, έως εφαρμογές μεγάλης ισχύος, π.χ. βιομηχανικές εφαρμογές. Τα συστήματα αυτά μπορούν να είναι εντός των συσκευών και να μην είναι εμφανή, όπως στη περίπτωση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, είτε να βρίσκονται εκτός και να δίνουν στην συσκευή απευθείας την απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία της. Οι κύριες απαιτήσεις των τροφοδοτικών διατάξεων είναι οι παρακάτω:

- **Σταθεροποιημένη έξοδος:** Η τάση εξόδου θα πρέπει να είναι σταθερή εντός των συγκεκριμένων ορίων που απαιτεί το φορτίο. Θα πρέπει να μην μεταβάλλεται ανάλογα με τις διακυμάνσεις της εισόδου και της ζήτησης του φορτίου. Η τάση εξόδου θα πρέπει να μεταβάλλεται ελάχιστα, της τάξεως των mV, δηλαδή η κυμάτωσή της να είναι τόσο χαμηλή όσο ορίζει η προδιαγραφή της κατασκευής της τροφοδοτικής διάταξης στην ορθή λειτουργία του συστήματος που τροφοδοτεί.
- **Απομόνωση:** Η τάση εξόδου να είναι ηλεκτρικά απομονωμένη από την είσοδο, με συνήθη μέθοδο τη χρήση μετασχηματιστή.
- **Πολλαπλές έξοδοι:** Σε περίπτωση που το τροφοδοτούμενο σύστημα έχει αρκετά υποσυστήματα, το κάθε υποσύστημα λαμβάνει τη δική του τροφοδοσία με τα χαρακτηριστικά που χρειάζεται. Δηλαδή την κατά περίπτωση ηλεκτρική απομόνωση αυτών των παροχών ενέργειας για τη βέλτιστη λειτουργία των επιμέρους συστημάτων.
- **Μείωση των διαστάσεων:** Η τροφοδοτική διάταξη με όλα της τα υποσυστήματα να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.

- **Βελτίωση της απόδοσης:** Η διαφορά της εισερχόμενης από την εξερχόμενη ενέργεια στο τροφοδοτικό να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη δηλαδή να έχουμε χαμηλές απώλειες μετατροπής.

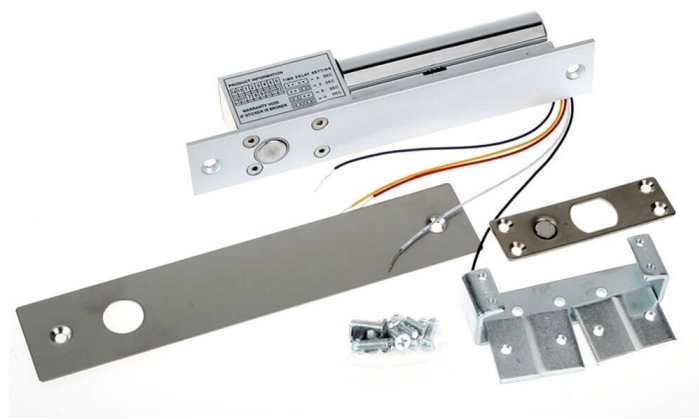
Η επιλογή του σωστού τροφοδοτικού ήταν πολύ σημαντική με σκοπό να παρέχει αρκετή ισχύ για την ομαλή λειτουργία του συστήματος, καθώς και να λειτουργεί ως UPS (uninterruptible power supply) ώστε σε περίπτωση διακοπής ρεύματος να συνεχίζεται κανονικά η λειτουργία του συστήματος μέσω μπαταριών. Η δημοφιλέστερη επιλογή στο εμπόριο σε τέτοιες περιπτώσεις είναι τα κλασικά UPS, τα οποία όμως μετατρέπουν τα 230V AC του δικτύου σε 12V ή 24V DC που απαιτούν οι μπαταρίες για να φορτίσουν. Στην συνέχεια, όταν χρειαστεί οι μπαταρίες να αναλάβουν την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα, αυτή πρέπει να μετατραπεί ξανά σε 230V AC. Ωστόσο, αυτό δεν είναι αποδοτικό στο παρόν σύστημα διότι όλες οι μονάδες λειτουργούν είτε με 12V είτε με 5V DC. Οι μετατροπές αυτές έχουν απώλειες, ενώ παράλληλα αυξάνουν την πολυπλοκότητα και το κόστος του συστήματος. Αρχικά μελετήθηκε η προοπτική να δημιουργηθεί custom UPS το οποίο θα έχει στην έξοδο DC ρεύμα και κατάλληλη τάση για τις απαιτήσεις του συστήματος. Έπειτα από έρευνα όμως προέκυψε ότι υπάρχουν διαθέσιμα στο εμπόριο switching τροφοδοτικά, Switch Mode Power Supply (SMPS), με λειτουργία UPS σε πολύ χαμηλό κόστος, αποτελώντας την βέλτιστη επιλογή για το παρόν σύστημα. Το τροφοδοτικό που επιλέχτηκε παρέχει 12V DC και 4A ρυθμιζόμενα καθώς και 13.4V DC τάση φόρτισης στις μπαταρίες, ενώ παράλληλα έχει λειτουργία UPS. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι μόλις γίνει κάποια διακοπή ρεύματος το σύστημα συνεχίζει να λειτουργεί ομαλά μιας και αυτόματα οι μπαταρίες παρέχουν ρεύμα στο κύκλωμα.



Εικόνα 3. Τροφοδοτικό

2.4 Ηλεκτρομαγνητική κλειδαριά

Η επιλογή ηλεκτρομαγνητικής κλειδαριάς, έναντι μιας συμβατικής, προσφέρει απόλυτο έλεγχο στην χρήση της πόρτας, καθώς και γνώση για το ποιος την χρησιμοποιεί κάθε φορά. Η κλειδαριά που χρησιμοποιήθηκε λειτουργεί στα 12V DC με 100 mA ρεύμα λειτουργίας. Ωστόσο, κάθε φορά που ενεργοποιείται, απαιτεί ένα ρεύμα εκκίνησης της τάξεως των 900 mA, σύμφωνα με τον κατασκευαστή, που στην πράξη όμως ξεπερνάει τα 1.3 A. Επιπλέον, η δύναμη που μπορεί να συγκρατήσει είναι 800 kg στην κατεύθυνση της πόρτας. Τέλος, η συγκεκριμένη κλειδαριά έχει την δυνατότητα μέσω reed switch, μαγνητικού διακόπτη, να ενημερώνει την κατάσταση της πόρτας, ανοιχτή ή κλειστή, σε πραγματικό χρόνο.



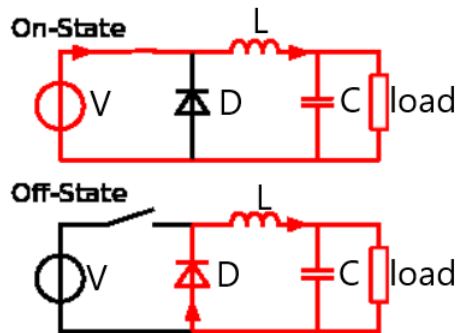
Εικόνα 4. Ηλεκτρομαγνητική κλειδαριά

2.5 Step Down Converter

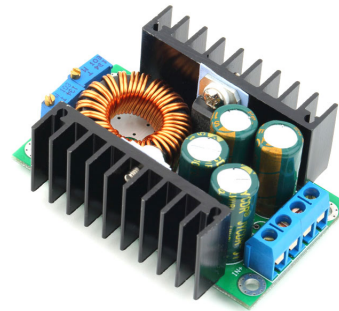
Το τροφοδοτικό που χρησιμοποιήθηκε παράγει 12V DC ενώ το Raspberry και το Relay λειτουργούν στα 5V DC. Για τον λόγο αυτό έπρεπε να βρεθεί ένας τρόπος μετατροπής από τα 12V στα 5V. Τον ρόλο αυτόν αναλαμβάνει μια διάταξη τροφοδοσίας step down converter, που περιλαμβάνει συνήθως τουλάχιστον δύο ημιαγωγούς, μια δίοδο και ένα τρανζίστορ. Συνήθως, οι σύγχρονοι step down converters αντικαθιστούν τη δίοδο με ένα δεύτερο τρανζίστορ και τουλάχιστον ένα στοιχείο αποθήκευσης ενέργειας π.χ. πυκνωτής, πηνίο ή συνδυασμός και των δύο. Η βασική λειτουργία αποτυπώνεται στο on off cycle state. Προκειμένου να υπάρχει εξομάλυνση της τάσης χρησιμοποιούνται φίλτρα τα οποία αποτελούνται από πυκνωτές, μπορεί να είναι και συνδυασμός με πηνία. Συνήθως όμως,

χρησιμοποιούνται δύο φίλτρα, ένα στην είσοδο πριν την μετατροπή και ένα στην έξοδο μετά την μετατροπή.

Ο έλεγχος της τάσης στην έξοδό του επιτυγχάνεται με τον χρόνο που είναι ενεργοποιημένο το “διακοπτόμενο” στοιχείο, προς τον χρόνο που παραμένει ανενεργό (duty cycle ή κύκλος εργασίας). Όταν ο διακόπτης στο παραπάνω κύκλωμα είναι ανοικτός (Off), το ρεύμα που περνά από το κύκλωμα είναι μηδέν. Όταν ο διακόπτης κλείνει (On), για πρώτη φορά το ρεύμα αρχίζει να αυξάνεται, και το πηνίο L θα αρχίσει να δημιουργεί μία τάση στα άκρα του που αντιστέκεται στην αλλαγή του ρεύματος. Αυτή η τάση στα άκρα του πηνίου αντιτάσσεται στην τάση της πηγής και έτσι η συνολική τάση που φτάνει στο φορτίο είναι μικρότερη από την τάση της πηγής. Με το πέρασμα του χρόνου, ο ρυθμός αλλαγής του ρεύματος μειώνεται, και επομένως μειώνεται η τάση στα άκρα του πηνίου. Έτσι αρχίζει να αυξάνεται η τάση στο φορτίο. Κατά τη διάρκεια αυτή το πηνίο αποθηκεύει ενέργεια με την μορφή μαγνητικού πεδίου. Αν ο διακόπτης ανοίξει την ώρα που το ρεύμα ακόμη αλλάζει, τότε θα υπάρχει πάντα μία τάση μικρότερη της πηγής στα άκρα του πηνίου. Επομένως, η τάση στο φορτίο θα είναι πάντα μικρότερη από την τάση στην είσοδο. Όταν ο διακόπτης ανοίξει, η πηγή τάσης αφαιρείται από το κύκλωμα, και το ρεύμα θα μειώνεται. Η αλλαγή αυτή στο ρεύμα θα προκαλέσει μία τάση στα άκρα του πηνίου, που τώρα θα τροφοδοτεί το φορτίο. Η αποθηκευμένη ενέργεια μαγνητικού πεδίου στο πηνίο εξασφαλίζει τώρα την ροή ρεύματος μέσα από το φορτίο. Κατά την διάρκεια αυτή το πηνίο αποφορτίζει την ενέργειά του στο κύκλωμα. Αν ο διακόπτης κλείσει πάλι πριν το πηνίο χάσει την ενέργειά του η τάση στο φορτίο θα είναι πάντα μεγαλύτερη από το μηδέν. Ελέγχοντας τον χρόνο που ο διακόπτης μένει ανοικτός και κλειστός μπορούμε να ελέγχουμε την τάση που “βλέπει” το φορτίο. Όλα τα παραπάνω γίνονται με πολύ γρήγορο ρυθμό. Όπως προαναφέρθηκε, από δεκάδες έως εκατοντάδες χιλιάδες φορές κάθε δευτερόλεπτο, συνήθως πάνω από 50 kHz για να είναι σίγουρα εκτός των συχνοτήτων που ακούει το ανθρώπινο αυτί για να μην αντιλαμβάνεται της δονήσεις που δημιουργούνται στο πηνίο. Τέλος όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα υπάρχουν δυο ποτενσιόμετρα τα οποία καθορίζουν την τιμή της τάσης καθώς και το όρια μέγιστου ρεύματος.



Εικόνα 5. Step down converter circuit



Εικόνα 6. Step down converter module

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Input voltage	5V - 40V
Output voltage	1.2V - 35V continuously adjustable
Constant current range	0.2A - 9A adjustable
Output power	Maximum power 300W

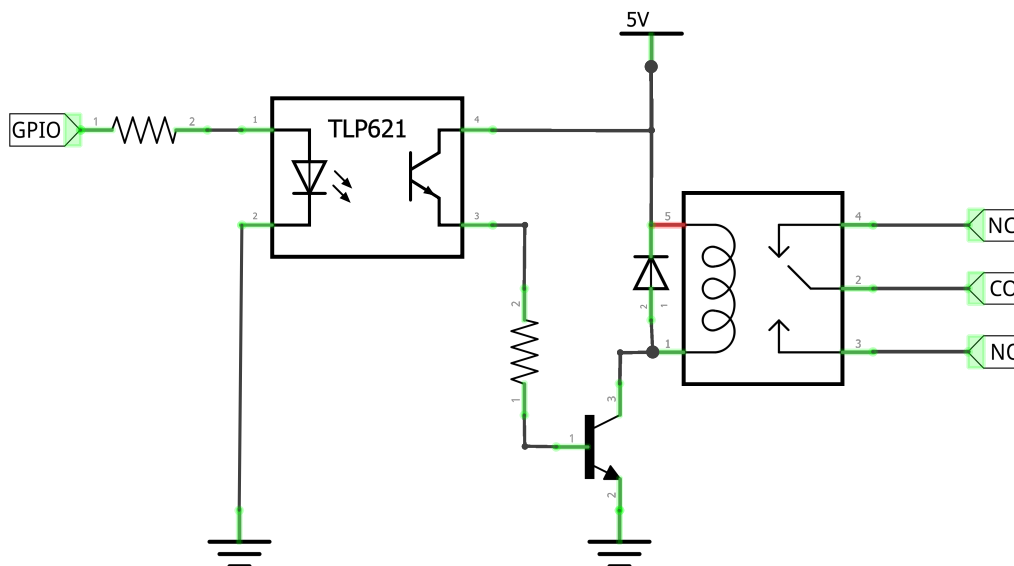
Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά step down converter

2.6 Relay

Η χρησιμότητα του relay στο σύστημα είναι ο έλεγχος μια συσκευής υψηλής κατανάλωσης από ένα μόνο σήμα ελέγχου χαμηλής τάσης. Πιο συγκεκριμένα στο παρόν σύστημα η ανάγκη ελέγχου στο άνοιγμα και στο κλείδωμα της ηλεκτρομαγνητικής κλειδαριάς οδήγησε στην συνεργασία αυτού με το relay. Για να επιτευχθεί αυτό έπρεπε η τροφοδοσία της κλειδαριάς πλέον να γίνεται μέσω του relay, το οποίο με την σειρά του ελέγχεται μέσω ενός σήματος χαμηλής τάσης από το Raspberry. Θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί MOSFET στην θέση του relay, ωστόσο αυτό θα περιόριζε το σύστημα σε μετέπειτα επεκτάσεις που θα χρειάζονταν για να ελεγχθούν συσκευές που απαιτούν AC ρεύμα για την λειτουργία τους.

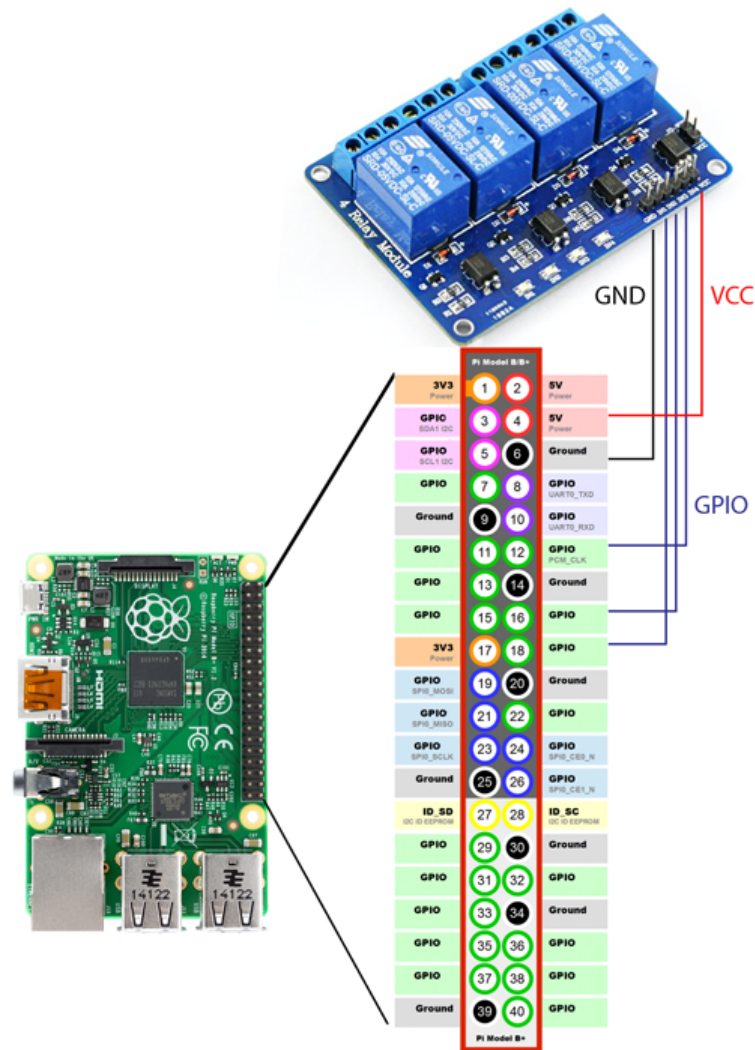
Αναλυτικότερα, όπως βλέπουμε και στην εικόνα, χρησιμοποιήθηκε ένα 4 channel relay το οποίο χρησιμοποιεί ένα σήμα ελέγχου για κάθε channel και τάση 5V για τροφοδοσία. Το κάθε channel αποτελείται από δυο σταθερούς σπλισμούς NC (normal close) και NO

(normal open), ένα πηνίο καθώς και ένα έναν κινητό οπλισμό CO (COMON) ο οποίος αναλαμβάνει τον ρόλο του διακόπτη. Πρακτικά το CO είναι συνδεδεμένο στο τροφοδοτικό και έχει τάση 12V ενώ το NO είναι συνδεδεμένο με την ηλεκτρομαγνητική κλειδαριά. Μόλις ενεργοποιηθεί το σήμα ελέγχου και διαπεράσει ρεύμα το πηνίο ο οπλισμός CO κλείνει το κύκλωμα με το NO. Σε περίπτωση που το σήμα ελέγχου διακόπτει την παροχή ρεύματος στο πηνίο, τότε ένα ελατήριο που έχει δύναμη επαναφοράς ίση με το μισό της δύναμης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από το πηνίο, αναλαμβάνει να φέρει τον οπλισμό CO στην θέση NC. Όπως φαίνεται στην εικόνα υπάρχει γαλβανική απομόνωση ανάμεσα στο σήμα ελέγχου και στο υπόλοιπο κύκλωμα με την χρήση ενός optocoupler. Επίσης, παράλληλα με το πηνίο τοποθετείται μια δίοδος. Ο ρόλος της διόδου είναι να προστατεύει το υπόλοιπο κύκλωμα από αιχμές ηλεκτρικού ρεύματος που δημιουργούνται από το καταρρέουν μαγνητικό πεδίο του πηνίου που αποδιεγείρεται.



fritzing

Εικόνα 7. Relay electronic circuit

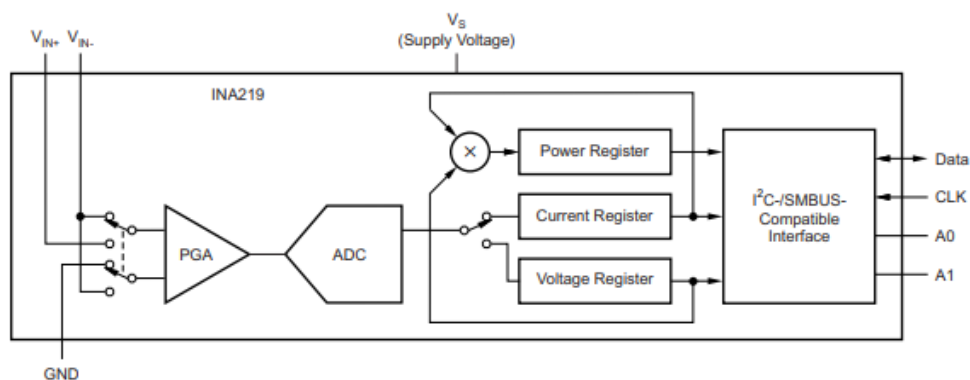


Εικόνα 8. Relay module

2.7 Αισθητήρας INA219

Η ανάγκη του διαχειριστή του συστήματος για γνώση της κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο λύθηκε από τον αισθητήρα INA219. Ο αισθητήρας αυτός είναι μετρητής ρεύματος και τάσης. Αυτός συνδέεται σε σειρά ανάμεσα στην τροφοδοσία και στο υπόλοιπο κύκλωμα. Ο τρόπος που λειτουργεί ο αισθητήρας είναι αρκετά απλός, καθώς βασίζεται στον νόμο του Ohm. Δηλαδή, μετράει την πτώση τάσης στα άκρα μιας αντίστασης που βρίσκεται σε αυτόν, στη συνέχεια υπολογίζει το ρεύμα I , και κατ' επέκταση την ισχύ P . Μέσα στον αισθητήρα υπάρχει ένας αντιστάτης 0.1 Ohm . Σύμφωνα με τον Νόμο του Ohm, η μετρούμενη τάση στον αντιστάτη θα είναι το $1/10$ της έντασης του ρεύματος που τον διαρρέει.

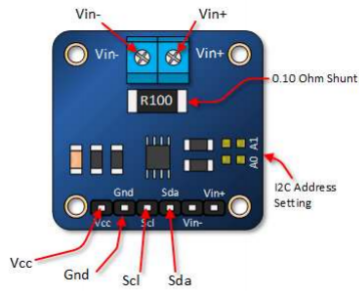
Αναλυτικότερα, όπως φαίνεται και στο σχήμα, για να υπολογιστεί η τάση, ο τελεστικός ενισχυτής PGA, ο οποίος έχει ως εισόδους το V_{in} και το GND, υπολογίζει την διαφορά τάσης στα άκρα του και την ενισχύει. Έπειτα το σήμα αυτό μετατρέπεται από αναλογικό σε ψηφιακό μέσω του ADC ακρίβειας 12 bit. Στη συνέχεια, το αποτέλεσμα αποθηκεύεται σε έναν καταχωρητή. Έπειτα, για να υπολογιστεί το ρεύμα, ο τελεστικός ενισχυτής PGA έχει ως εισόδους το V_{in}^- και το V_{in}^+ , υπολογίζει την διαφορά τάσης στα άκρα του και την ενισχύει. Όμως, όπως αναφέραμε πιο πάνω η τιμή αυτή θα είναι το 1/10 της έντασης του ρεύματος. Το σήμα αυτό μετατρέπεται από αναλογικό σε ψηφιακό μέσω του ADC και το αποτέλεσμα αποθηκεύεται σε έναν άλλον καταχωρητή. Για τον υπολογισμό της ισχύος πολλαπλασιάζονται οι τιμές των δυο καταχωρητών που προαναφέρθηκαν και το αποτέλεσμα αποθηκεύεται σε έναν τρίτο.



Εικόνα 9. INA219 electronic circuit

Το Raspberry έχει πρόσβαση στους καταχωρητές αυτούς μέσω I2C bus. Αυτό είναι ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την διασύνδεση μεταξύ διαφορετικών ολοκληρωμένων, όπως των μικροελεγκτών και των υπόλοιπων περιφερειακών π.χ. EEPROMs, A/D μετατροπείς, LCD drivers, αισθητήρες, μέχρι και άλλους μικροελεγκτές. Πιο συγκεκριμένα, είναι ένα πρωτόκολλο που μεταδίδει δεδομένα σειριακά. Με το I2C αποφεύγεται η χρησιμοποίηση ενός παράλληλου διαύλου δεδομένων που εισάγει μεγάλη πολυπλοκότητα στη σχεδίαση αλλά και μεγαλύτερο κόστος. Βρίσκει πολλές εφαρμογές στα σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα όπως σε συσκευές εικόνας και ήχου, σε τηλεφωνικές συσκευές, modems, dip switches, embedded microprocessor boards αλλά και στην επικοινωνία αισθητήρων θερμοκρασίας και ρεύματος. με τις οθόνες όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Οι ταχύτητες τις οποίες επιτυγχάνει μπορούν να φτάσουν μέχρι και 3.4 Mbps. Ταχύτητες ικανές για την ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα στους

κόμβους και μήκος καλωδίου μερικές δεκάδων μέτρων. Αυτό το μήκος είναι αρκετά ικανοποιητικό αν θεωρήσουμε ότι οι αποστάσεις συνήθως δεν ξεπερνάνε τα μερικά μέτρα.



Εικόνα 10. INA219 module

2.8 IP Camera

Η παρουσία μιας κάμερας στον χώρο ήταν απαραίτητη για να υπάρχει έλεγχος στο τι κάνουν όσοι εισέρχονται στο χώρο. Οι λόγοι που προτιμήθηκε μια IP camera έναντι μιας αναλογικής, καθώς και τα χαρακτηριστικά αυτής που επιλέχθηκε είναι:

- Καλύτερη ποιότητα εικόνας.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια, καθώς το βίντεο είναι κρυπτογραφημένο, άρα η μετάδοση είναι ασφαλής.
- Μεγάλη ευκολία στην εγκατάσταση.
- Εύκολη πρόσβαση στο υλικό που καταγράφει.
- Δυνατότητα εντοπισμού κίνησης και ζωντανή παρακολούθηση.
- Κάλυψη μεγαλύτερου χώρου ανά κάμερα.



Εικόνα 11. IP camera

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Ανάλυση	1920 x 1080, 2.0 Megapixels
Video streaming	1080P
Compression	H.264
Frame rate	20fps
Γωνία θέασης	70-90 μοίρες
Λειτουργία νυκτός	Ναι
Ανθεκτικότητα	IP66
Ethernet	Ναι
Wi-Fi	Ναι
Κάρτα micro SD	έως 128 GB
Αισθητήρας	1/3" 2.0 Megapixels CMOS sensor
Power	DC 12V 0.1A
Protocols	HTTP, TCP/IP, UDP, SMTP, DDNS, DNS, SNTP, DHCP, FTP, RTP, RTSP, UPNP

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά IP camera

2.9 Μπαταρίες Μολύβδου

Η μπαταρία αποτελείται από έξι στοιχεία των 2 Volt, συνδεδεμένες σε σειρά, έτσι ώστε στους ακροδέκτες της να έχει διαφορά δυναμικού 12 Volt. Η πραγματική τάση της μπαταρίας δεν είναι πάντα η ονομαστική των 12V. Κυμαίνεται από 14,5 V αμέσως μετά από μία πλήρη φόρτιση μέχρι τα 10,8 V αν είναι τελείως αποφορτισμένη. Για να επιτευχθεί αυτονομία σε περίπτωση διακοπής ρεύματος χρησιμοποιήθηκαν τρεις μπαταρίες μολύβδου 12V 7.2Ah σε παράλληλη σύνδεση ώστε να αυξηθεί η συνολική χωρητικότητα αλλά και να αυξηθεί η διάρκεια ζωής τους. Αυτό συμβαίνει επειδή μια μπαταρία χάνει πολλούς κύκλους ζωής όταν κάνει πλήρη εκφόρτιση. Η χρήση τριών μπαταριών ελαττώνει τον κίνδυνο αυτό καθώς μοιράζεται το συνολικό φορτίο, καθώς έτσι εκφορτίζονται όλες από λίγο. Τέλος, επιλέχθηκαν έναντι των μπαταριών λιθίου επειδή είναι πιο ανθεκτικές σε θερμοκρασία και υγρασία, έχουν αρκετά πιο χαμηλή τιμή αγοράς και τέλος έχουν

5% μηνιαία φυσική εκφόρτιση, σε θερμοκρασία δωματίου, σε σχέση με τις μπαταρίες λιθίου που έχουν 10%. Ωστόσο υστερούν σε θέμα βάρους και όγκου, γεγονός όμως που δεν επηρεάζει κάπως το παρόν σύστημα. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται αναλυτικά η απόδοση κάθε κατηγορίας μπαταριών.

Μπαταρία	Wh/kg	Wh/l	Wh/\$
Μολύβδου	32.69	91.59	3.6
Li-Ion	209.3	544.14	1.38
LiPo	153.1	376.73	0.89

Πίνακας 3. Σύγκριση διαφορετικών τύπων μπαταρίας

2.10 Πληκτρολόγιο

Η χρήση ενός πληκτρολογίου είναι απαραίτητη για να μπορεί ο χρήστης να πληκτρολογεί τον προσωπικό του κωδικό. Ωστόσο για τις απαιτήσεις του συστήματος δεν ήταν αναγκαία η χρήση ενός κανονικού πληκτρολογίου το οποίο σε σχέση με το numpad υστερεί σε χρηστικότητα λόγω όγκου, κόστους, και κατανάλωσης. Με τα κριτήρια αυτά επιλέχθηκε ως καταλληλότερο το numpad, δηλαδή ένας πίνακας 4x4 από το 0-9 και από το A-D. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι πολύ απλός. Υπάρχουν 8 πινάκια που τα 4 αντιστοιχούν στις σειρές και τα αλλά 4 στις γραμμές. Όταν τα πινάκια αυτά συνδέονται στο Raspberry τα πρώτα 4 ορίζονται σαν είσοδος και τα αλλά 4 σαν έξοδος.



Εικόνα 12. Numpad

2.11 Ηλεκτρολογικό κουτί

Το σύστημα θα βρίσκεται σε εξωτερικό χώρο, γεγονός που το κάνει ευάλωτο. Για τον λόγο αυτό τοποθετήθηκαν όλες οι μονάδες μέσα στο ηλεκτρολογικό κουτί εξωτερικού χώρου εκτός του RFID reader και του numpad. Ο ρόλος του κουτιού είναι να προστατεύει το σύστημα από εξωτερικούς παράγοντες, εμποδίζοντας σε ένα βαθμό την άμεση επαφή κάποιου ανθρώπου ή ζώου με το σύστημα, ενώ παράλληλα το προστατεύει από όλα τα καιρικά φαινόμενα.



Εικόνα 13. Ηλεκτρολογικό κουτί

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Διαστάσεις	400mm x 400mm
Rated operating voltage	Up to 1000V
Αδιαβροχοποίηση	IP65

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά ηλεκτρολογικού κουτιού

Κεφάλαιο 3

Λογισμικό

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζονται όλα τα απαραίτητα εργαλεία λογισμικού, καθώς και γλώσσες προγραμματισμού, που απαιτήθηκαν για την λειτουργία του συστήματος. Αυτά είναι τα εξής, Raspbian Buster lite, MariaDB, Apache HTTP Server, phpMyAdmin, PHP, HTML, CSS, Python, και MobaXterm. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε ξεχωριστά σε καθένα από αυτά.

3.1 Raspbian Buster lite

Αυτό το λειτουργικό σύστημα είναι η ελάχιστη έκδοση του Raspbian που αποτελεί μια ανεπίσημη έκδοση του Debian (Linux). Πιο συγκεκριμένα είναι ένα ελεύθερο λογισμικό που αναπτύσσεται από εθελοντές σε όλο τον κόσμο βασιζόμενο στον πυρήνα Linux. Στην έκδοση αυτή παραλείπονται βασικά πράγματα όπως το Libre Office, το Wolfram Alfa αλλά κυρίως αποτελεί την έκδοση του Debian χωρίς GUI (Graphical User Interface). Η αίτια πίσω από αυτή την επιλογή λογισμικού βασίζεται στο γεγονός ότι ελαχιστοποιούμε την κατανάλωση του Raspberry εγκαθιστώντας μόνο τα προγράμματα που χρειάζονται με αποτέλεσμα να μειώνεται η χρήση του επεξεργαστή και κατά συνέπεια και η ενέργεια που καταναλώνει.

3.2 MariaDB

Η MariaDB είναι μία σχεσιακή βάση δεδομένων ελεύθερη και ανοικτού κώδικα, η οποία αποτελεί μια παραλλαγή της MySQL. Από το 2009 υποστηρίζεται από το MariaDB

foundation και την κοινότητα ανοιχτού κώδικα. Χρησιμοποιείται όχι μόνο σε μικρά έργα, αλλά και από μεγάλες εταιρίες, όπως η Wikipedia, το WordPress και η Google. Είναι εμπλουτισμένη με δυνατότητες υψηλής διαθεσιμότητας, ασφάλειας, λειτουργικότητας και υψηλής απόδοσης. Χρησιμοποιεί την γλώσσα SQL (Structured Query Language), την πιο γνωστή γλώσσα για την προσθήκη, πρόσβαση και επεξεργασία των δεδομένων – εγγραφών σε βάσεις δεδομένων. Τα πλεονεκτήματα του MariaDB σε σχέση με τον ανταγωνισμό είναι ότι:

- Είναι γρήγορο.
- Είναι κλιμακούμενο.
- Είναι σταθερό.
- Έχει μεγάλη ποικιλία σε εργαλεία.
- Είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα.

Αποτελεί τον server της βάσης δεδομένων που έχει εγκατασταθεί στο Raspberry και διαχειρίζεται όλα τα δεδομένα των χρηστών όπως π.χ. την ταυτότητα τους, τους κωδικούς καθώς και στοιχεία όπως η ώρα και η ημερομηνία που ενεργοποιήθηκε το RFID reader από κάποιον χρήστη, αλλά και αν του επιτράπηκε η είσοδος ή όχι.

3.3 Apache HTTP Server

Στο σύστημα αυτό ήταν απαραίτητη η χρήση μιας ιστοσελίδας για την διαχείριση των δεδομένων της βάσης. Για αυτό τον λόγο χρησιμοποιήθηκε ένας Web Server, ο Apache. Η επιλογή του έγινε γιατί είναι ένας από τους δημοφιλέστερους web servers στον κόσμο και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι:

- Είναι συμβατός με πολλά λειτουργικά συστήματα.
- Είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα.
- Έχει πάρα πολλές λειτουργίες.
- Έχει μεγάλη κοινότητα για να βρεις λύσεις στα προβλήματα που προκύπτουν.

3.4 phpMyAdmin

Το phpMyAdmin είναι ένα δωρεάν και ανοιχτού κώδικα εργαλείο γραμμένο σε PHP, το οποίο αναλαμβάνει τη διαχείριση βάσεων δεδομένων MySQL και MariaDB μέσω του browser. Μπορεί να εκτελέσει διάφορες ενέργειες, δημιουργία, επεξεργασία ή διαγραφή βάσεων δεδομένων, πινάκων και πεδίων, την εκτέλεση SQL κώδικα και την διαχείριση χρηστών και δικαιωμάτων.

3.5 PHP

Η PHP (Hypertext Preprocessor) είναι μια γλώσσα προγραμματισμού για τη δημιουργία σελίδων web με δυναμικό περιεχόμενο. Μια σελίδα PHP περνά από επεξεργασία από ένα συμβατό διακομιστή του παγκόσμιου ιστού (π.χ. Apache), ώστε να παραχθεί σε πραγματικό χρόνο το τελικό περιεχόμενο, που θα σταλεί στο πρόγραμμα περιήγησης των επισκεπτών σε μορφή κώδικα HTML. Υπάρχουν πολλοί λόγοι που την κάνουν ελκυστική με τους κυριότερους να είναι οι εξής:

- Είναι γλώσσα ανοιχτού κώδικα.
- Υποστηρίζεται από τα περισσότερα λειτουργικά συστήματα.
- Είναι εύκολη και γρήγορη.
- Εύκολη και ασφαλή σύνδεση με βάσεις δεδομένων.
- Έχει μεγάλη κοινότητα για να βρεις λύσεις στα προβλήματα που προκύπτουν.

3.6 HTML

Η HTML αποτελεί την κύρια γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιούν οι ιστοσελίδες. Πάνω σε αυτήν στηρίζεται όλη η δομή μιας ιστοσελίδας. Αποτελεί ακρωνύμιο του αγγλικού HyperText Markup Language (Γλώσσα Σήμανσης Υπερκειμένου). Η δομή μιας HTML ιστοσελίδας στηρίζεται σε ετικέτες μέσα στις οποίες οι σχεδιαστές ιστοσελίδων μπορούν να τοποθετήσουν κείμενο, πίνακες κλπ. Η HTML επιτρέπει την ενσωμάτωση εικόνων και άλλων αντικειμένων μέσα στη σελίδα, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εμφανίσει διαδραστικές φόρμες. Παρέχει τις μεθόδους δημιουργίας δομημένων

εγγράφων, δηλαδή εγγράφων που αποτελούνται από το περιεχόμενο που μεταφέρουν και από τον κώδικα μορφοποίησης του περιεχομένου καθορίζοντας δομικά σημαντικά στοιχεία για το κείμενο, όπως κεφαλίδες, παραγράφους, λίστες, συνδέσμους, παραθέσεις και άλλα. Μπορούν επίσης να ενσωματώνονται σενάρια εντολών σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού, τα οποία επηρεάζουν τη συμπεριφορά των ιστοσελίδων HTML.

3.7 CSS

Το CSS (Cascading Style Sheets) είναι γλώσσα προγραμματισμού σχεδιασμένη για την μορφοποίηση ιστοσελίδων η οποία ανήκει στην κατηγορία των γλωσσών φύλλων στυλ που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της εμφάνισης ενός εγγράφου που έχει γραφτεί με μια γλώσσα σήμανσης. Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της εμφάνισης ενός εγγράφου που γράφτηκε σε γλώσσα HTML, δηλαδή για τον έλεγχο της εμφάνισης μιας ιστοσελίδας. Η CSS είναι μια γλώσσα υπολογιστή προορισμένη να αναπτύσσει στιλιστικά μια ιστοσελίδα, να διαμορφώνει περισσότερα χαρακτηριστικά, χρώματα, στοίχιση και δίνει περισσότερες δυνατότητες σε σχέση με την HTML.

3.8 Python

Είναι μια γλώσσα γενικού σκοπού και χρησιμοποιήθηκε στον προγραμματισμό του Raspberry ώστε να διαχειρίζεται τις διεργασίες για την λειτουργία του παρόντος συστήματος. Η Python επιτρέπει την χρήση διαφόρων ειδών προγραμματισμού, όπως αντικειμενοστραφή και συναρτησιακό προγραμματισμό. Χρησιμοποιεί δυναμικούς τύπους, δηλαδή το μεγαλύτερο μέρος του ελέγχου τύπων της εκτελείται στο χρόνο εκτέλεσης αντί του χρόνου μεταγλώττισης. Επειδή οι μεταβλητές δεν έχουν τιμές, αλλά τύπους, μια μεταβλητή μπορεί να αναφέρεται σε τιμές κάθε είδους. Ακόμα υπάρχει αυτόματη διαχείριση μνήμης, που επιτρέπει στον χρήστη μεγαλύτερη ευελιξία, και λιγότερες ανησυχίες κατά την συγγραφή κώδικα και επιπλέον:

- Μπορεί αλληλοεπιδράσει με πάρα πολλές διαφορετικές γλώσσες και πλατφόρμες.
- Έχει πολλές βοηθητικές βιβλιοθήκες.
- Είναι γλώσσα ανοιχτού κώδικα.

- Είναι πολύ εύκολη στην εκμάθηση.
- Έχει φιλικό περιβάλλον χρήστη.
- Είναι γρήγορη και αποτελεσματική.

3.9 MobaXterm

Είναι ένα λογισμικό που επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο υπολογιστών από έναν άλλον υπολογιστή μέσω ασφαλών δικτυακών πρωτοκόλλων. Το SSH (Secure Shell) είναι ένα ασφαλές δικτυακό πρωτόκολλο το οποίο επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ δύο υπολογιστών. Το SSH όχι μόνο κρυπτογραφεί τα δεδομένα που ανταλλάσσονται κατά τη συνεδρία, αλλά προσφέρει ένα ασφαλές σύστημα αναγνώρισης καθώς και άλλα χαρακτηριστικά όπως ασφαλή μεταφορά αρχείων μέσω SFTP με αποτέλεσμα να μην είναι απαραίτητη η φυσική παρουσία του προγραμματιστή για να γίνουν αλλαγές και αναβαθμίσεις που αφορούν την ορθή λειτουργία του Raspberry και κατά συνέπεια όλου του συστήματος. Επιπλέον το MobaXterm περιλαμβάνει πολλά ακόμα διαδικτυακά πρωτόκολλα ενώ παράλληλα η χρήση του σε Windows είναι πολύ εύκολη.

Κεφάλαιο 4

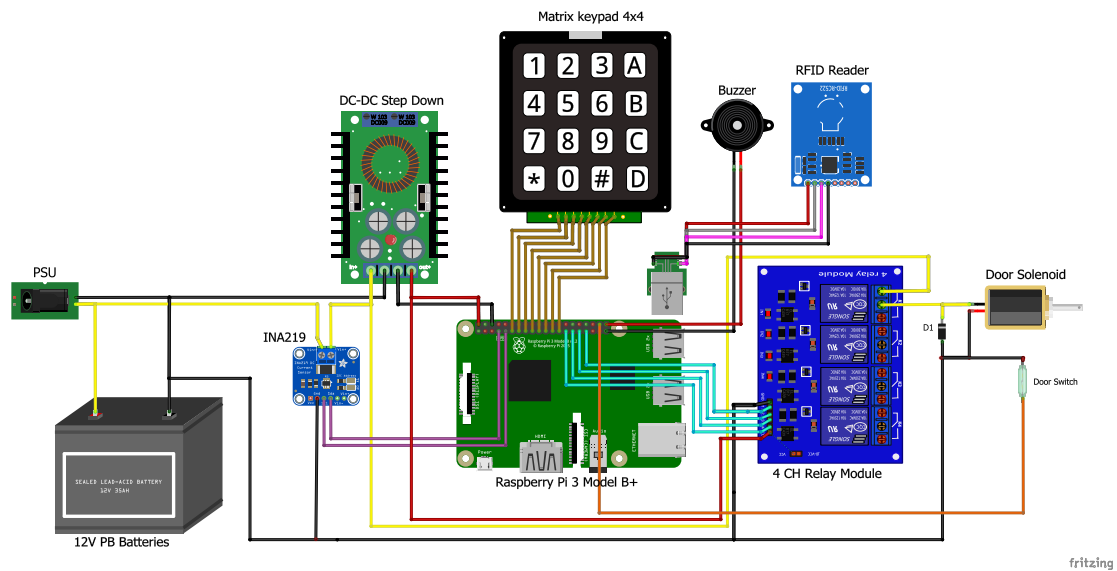
Υλοποίηση

4.1 Σύνδεση - Λειτουργικότητα

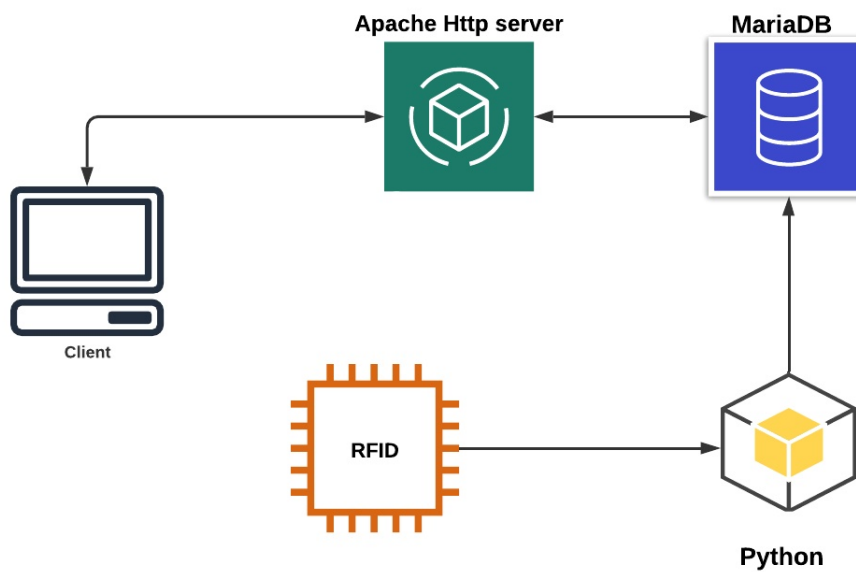
Αρχικά σχεδιάστηκε ένα διάγραμμα που περιλαμβάνει όλες τις μονάδες του συστήματος και τον τρόπο που αυτές συνδέθηκαν μεταξύ τους. Το πρώτο βήμα ήταν να συνδεθεί το τροφοδοτικό με το StepDown και κατόπιν, με την βοήθεια του πολύμετρου, η ρύθμιση της εξόδου του στα 5V και 2.5A μέγιστο ρεύμα, ώστε να καλύπτει τις ενεργειακές απαιτήσεις του Raspberry.

Στην συνέχεια, εγκαταστάθηκε το λειτουργικό σύστημα Raspbian Buster lite και έπειτα ρυθμίστηκε η σύνδεση στο διαδίκτυο. Παράλληλα ρυθμίστηκε η static IP address, στατική διεύθυνση διαδικτυακού πρωτοκόλλου, η χρήση της οποίας είναι απαραίτητη για την λειτουργία της απομακρυσμένης πρόσβασης (SSH, HTTP). Έπειτα εγκαταστάθηκε το MariaDB και ο Apache HTTP server ώστε να υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας μιας λειτουργικής βάσης που διαχειρίζεται, προσθέτει, και αφαιρεί δεδομένα.

Τέλος εγκαταστάθηκε η Python, σε συνδυασμό με τις απαραίτητες βιβλιοθήκες, χάρη στην οποία ήταν εφικτός ο προγραμματισμός του Raspberry για να εκτελεί τις διεργασίες, ώστε να λειτουργεί σωστά το όλο σύστημα. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε πως υπάρχουν δυο τρόποι επικοινωνίας με την βάση δεδομένων, ο ένας είναι μέσα από την Python, και ο άλλος μέσα από τον Apache.



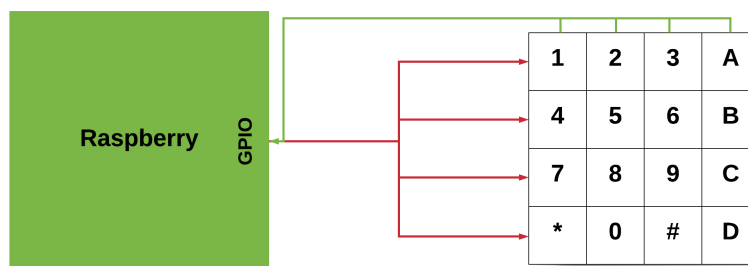
Εικόνα 14. System block diagram



Εικόνα 15. Επικοινωνία με τον server

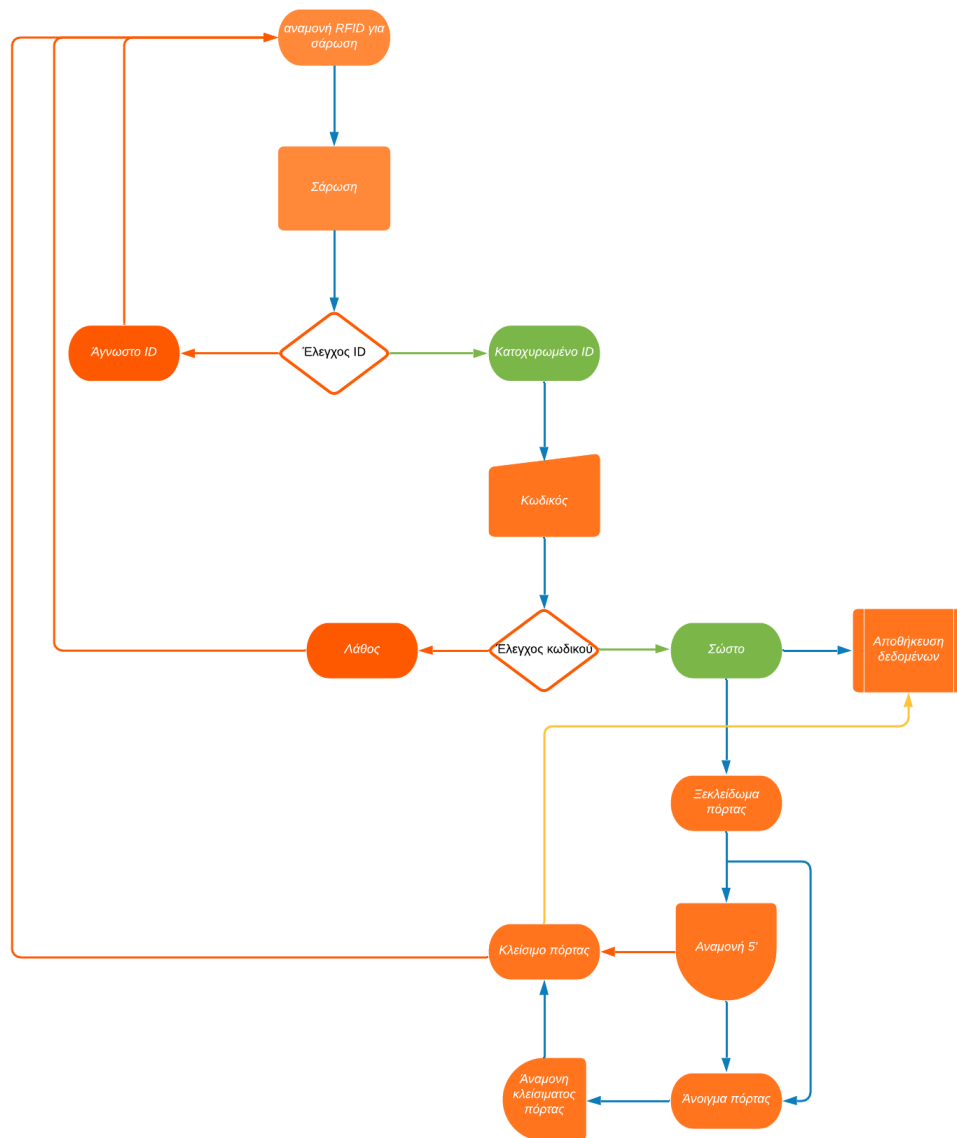
Ακολούθησε η σύνδεση του αισθητήρα INA219, αναμεσά στο τροφοδοτικό και στα υπόλοιπα στοιχεία του κυκλώματος, ώστε όλο το ρεύμα που είναι απαραίτητο για την λειτουργία του συστήματος να περνάει από τον αισθητήρα, για να είναι εφικτή η μέτρηση της κατανάλωσης όλου του συστήματος. Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η σύνδεση των relay, door lock, camera, buzzer, numpad, RFID reader.

Έπειτα από την ολοκλήρωση των συνδέσεων ακολουθήσε η διαδικασία προγραμματισμού. Αρχικά μελετήθηκε ο τρόπος λειτουργίας του numpad. Αναλυτικότερα η λειτουργία του στηρίζεται στο ότι το πάτημα ενός πλήκτρου βραχυκυκλώνει μια γραμμή με μια στήλη. Για τον λόγο αυτό τέθηκαν οι στήλες ως είσοδος στα GPIO του Raspberry και οι γραμμές ως έξοδος. Οπότε, αν διαδοχικά έχει τάση μια μόνο έξοδος κάθε χρονική στιγμή, ευκολά προκύπτει ποιο κουμπί πατήθηκε, όταν ανιχνευθεί τάση σε μια από τις εισόδους. Για παράδειγμα, εάν μια χρονική στιγμή δίνεται τάση στην πρώτη γραμμή και την ίδια στιγμή στις εισόδους ανιχνεύεται τάση στην δεύτερη στήλη. Όμως, το περιβάλλον, αλλά και το ίδιο το σύστημα, παράγει θόρυβο, γεγονός που επηρεάζει τις τιμές που βλέπει στην είσοδο το Raspberry. Αυτό προκαλεί σύγχυση στο ποιο κουμπί πατήθηκε και για τον λόγο αυτό οι εισοδοί ρυθμίστηκαν σαν Pull Down Resistors, ώστε να είναι μόνιμα στην γείωση, εκτός και αν πατηθεί κάποιο κουμπί στο πληκτρολόγιο. Η επεξεργασία και η μετατροπή των σημάτων, που λαμβάνονται στα GPIO, σε νούμερα και χαρακτήρες που αντιστοιχούν στο κωδικό πρόσβασης γίνονται μέσω της Python και των βιβλιοθηκών της.



Εικόνα 16. Σύνδεση raspberry numpad

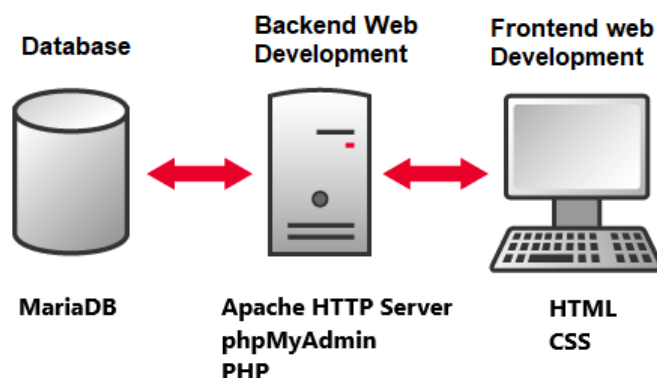
Έπειτα συνδέθηκε το RFID reader στο Raspberry μέσω USB. Αυτό με τη βοήθεια της evdev (event device), βιβλιοθήκης της Python επιτρέπεται η ξεχωριστή διαχείριση δεδομένων που έρχονται από διαφορετικές συσκευές εισόδου όπως RFID reader και keyboard. Σε συνδυασμό με τον κατάλληλο κώδικα οδηγεί στον έλεγχο του συστήματος όπως φαίνεται και στο διάγραμμα.



Εικόνα 17. Διάγραμμα ροής

Ειδικότερα, η λειτουργία του συστήματος ξεκινάει με τον RFID reader να περιμένει να σαρώσει κάποιο tag. Όταν αυτό συμβεί ελέγχει εάν το tag ταυτίζεται με κάποιο ήδη υπάρχων στη βάση δεδομένων. Σε περίπτωση που δεν ταυτίζεται, ο χρήστης ειδοποιείται μέσω ενός παρατεταμένου ήχου που προέρχεται από το buzzer και η διαδικασία ξεκινάει από την αρχή. Σε διαφορετική περίπτωση, δηλαδή εάν ταυτίζεται ο χρήστης, προχωράει στην πληκτρολόγηση του προσωπικού του κωδικού. Επίσης ελέγχεται και ο κωδικός αν ταυτίζεται με αυτόν που έχει κατοχυρωθεί στη βάση. Στην περίπτωση που δεν ταυτίζεται η διαδικασία αρχίζει πάλι από την αρχή, ενώ σε διαφορετική περίπτωση η ηλεκτρομα-

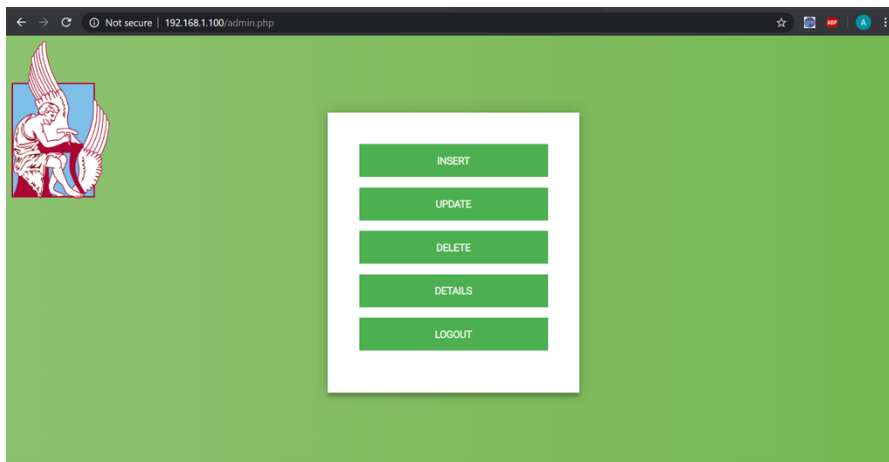
γνητική κλειδαριά ξεκλειδώνει και αναμένει κάποιον να την ανοίξει για 5 δευτερόλεπτα. Αν κάποιος δεν την ανοίξει η πόρτα κλειδώνει και η διαδικασία ξεκινάει από την αρχή. Όταν ανοίξει η πόρτα, αυτή μπαίνει σε αναμονή και παραμένει ξεκλειδωτή μέχρι κάποιος να την ξανακλείσει. Τότε μόνο η ηλεκτρομαγνητική κλειδαριά οπλίζει και κλειδώνει την πόρτα ενώ στη συνέχεια η διαδικασία αρχίζει πάλι από την αρχή. Και στις δύο περιπτώσεις αποθηκεύονται στη βάση δεδομένα όπως το id του χρήστη που ξεκλείδωσε την πόρτα, η ώρα και η ημερομηνία που ξεκλείδωσε καθώς και η ώρα που ξανακλείδωσε. Για να αποφευχθεί το ενδεχόμενο κάποιος να κλειδωθεί μέσα, έχει τοποθετηθεί εντός του χώρου ένα push button που ξεκλειδώνει αυτόματα την πόρτα. Τέλος, χρησιμοποιώντας το real time streaming protocol (RTSP) και την εντολή γραμμής ffmpeg μεταδίδουμε και αποθηκεύουμε το βίντεο στο Raspberry. Το κάθε βίντεο ορίστηκε να παραμένει αποθηκευμένο για 10 ημέρες και έπειτα να διαγράφεται αυτόματα ώστε να απελευθερώνεται ο χώρος. Στην περίπτωση όπου ο χώρος δεν επαρκεί διαγράφεται αυτόματα το παλαιότερο από τα βίντεο ακόμα και αν δεν έχουν περάσει 10 μέρες από την στιγμή που δημιουργήθηκε.



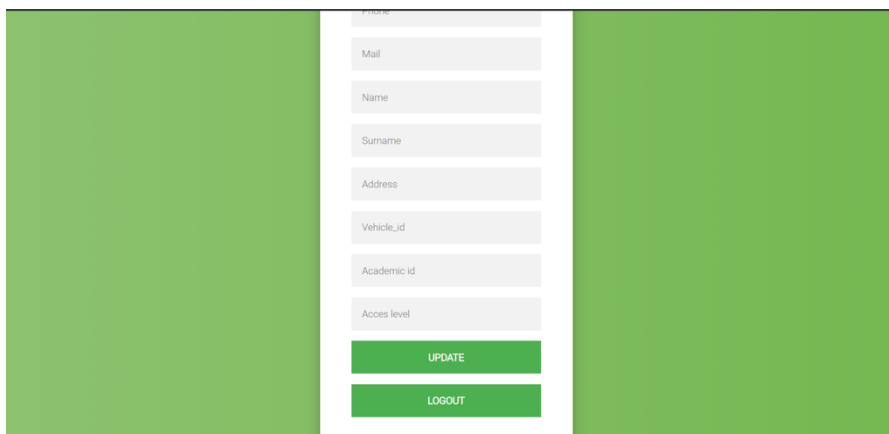
Εικόνα 18. Web development tools

Για να γίνει η βάση δεδομένων δυναμική και διαχειρίσιμη δημιουργήθηκε μια ιστοσελίδα μέσα από την οποία θα μπορεί ένας διαχειριστής να προσθέτει νέους χρήστες, να ανανεώνει ήδη υπάρχοντες ή ακόμα και να διαγράφει κάποιους οι οποίοι δεν πληρούν πλέον τις προϋποθέσεις για να έχουν πρόσβαση στον χώρο. Στα δεδομένα που αποθηκεύονται κάθε φορά που κάποιος επιχειρεί να εισέλθει στον χώρο "χτυπώντας" την ετικέτα στον RFID reader, έχει άμεση πρόσβαση ο διαχειριστής μέσα από την ιστοσελίδα. Τέλος, δίδεται η δυνατότητα σε κάθε χρήστη να αλλάζει άμεσα τον κωδικό πρόσβασής του.

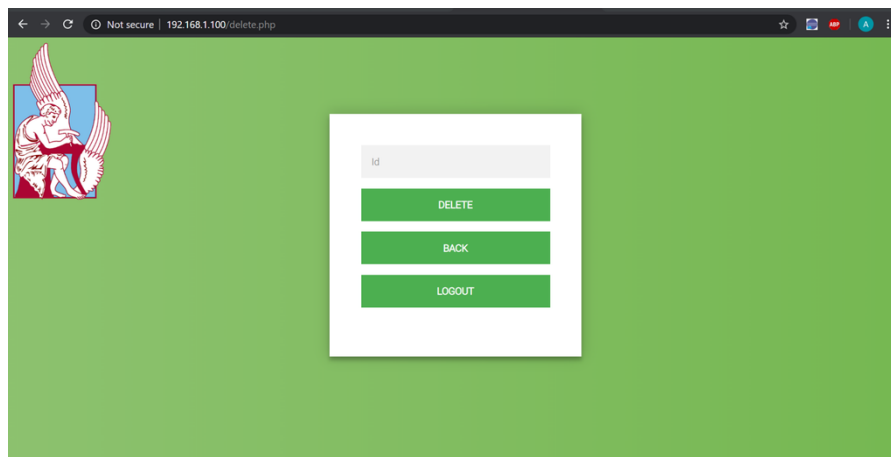
Για την δομή της ιστοσελίδας χρησιμοποιήθηκε HTML ενώ η μορφοποίηση της έγινε με CSS. Παράλληλα, όλα τα δυναμικά στοιχεία της ιστοσελίδας καθώς και οι λειτουργίες της υλοποιήθηκαν σε PHP. Αναλυτικότερα, η επικοινωνία με τη βάση δεδομένων έγινε με τη χρήση του MyPhpAdmin καθώς με τη βοήθειά του εκτελούνται όλα τα SQL ερωτήματα. Για να είναι εφικτό αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος POST η οποία αναλαμβάνει να φέρει σε πέρας τα αιτήματα που γίνονται από την ιστοσελίδα προς την βάση. Ακόμη μια σημαντική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι τα SESSIONS. Αυτό που πετυχαίνουν είναι η πιστοποίηση και η ασφάλεια, δηλαδή η πρόσβαση στις σελίδες που θα έχει κάποιος μόνο μετά από επιτυχημένο log in, είτε ως απλός χρήστης είτε ως διαχειριστής.



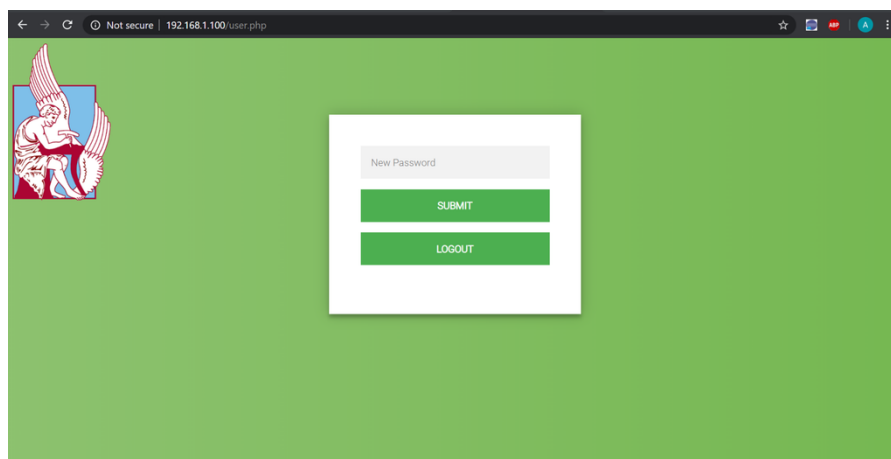
Εικόνα 19. Web page: homepage



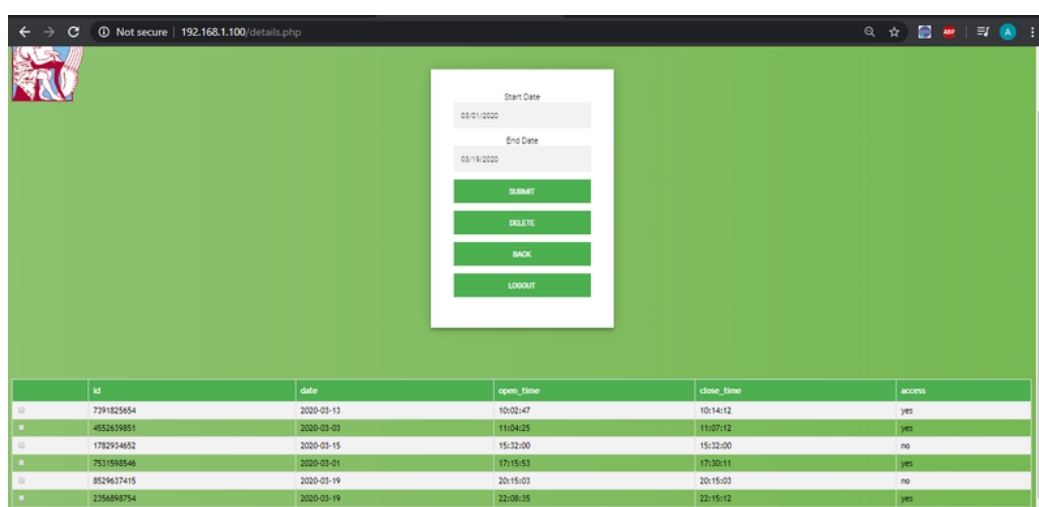
Εικόνα 20. Web page: insert



Εικόνα 21. Web page: delete



Εικόνα 22. Web page: password change



Εικόνα 23. Web page: details

4.2 Κατανάλωση

Κλείνοντας αξίζει να γίνει μια αναφορά στο στην κατανάλωση του συστήματος η οποία εξ' ορισμού δεν μπορεί να είναι σταθερή καθώς εξαρτάται από την χρήση που γίνεται. Ειδικότερα κατά την χρήση του συστήματος η κατανάλωσή σχεδόν τριπλασιάζεται σε σχέση με την κατάσταση αναμονής. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο ρεύμα εκκίνησης που χρειάζεται η ηλεκτρομαγνητική κλειδαριά κάθε φορά που οπλίζει. Η κατανάλωση κάθε μονάδας φαίνεται στον παρακάτω πίνακα όσο και το άθροισμα τους. Τέλος στο παρακάτω πίνακα φαίνεται η αυτονομία του συστήματος, σε περίπτωση που γίνει διακοπή ρεύματος, το πως αυτή διαμορφώνεται ανάλογα με τη χρήση του συστήματος ή και πόσες μπαταρίες λειτουργούν εκείνη την στιγμή. Μια ακόμα λειτουργία του συστήματος είναι να ειδοποιείται μέσω email ο διαχειριστής του συστήματος σε περίπτωση που η στάθμη των μπαταριών πέσει κάτω από 40% ώστε να μην μένει απροστάτευτος ο χώρος σε περίπτωση που τεθεί εκτός λειτουργίας το σύστημα ασφαλείας.

Σε αναμονή	Σε χρήση	Κατά το κλείδωμα
4 Watt	7 Watt	21 Watt

Πίνακας 5. Κατανάλωση συστήματος

Το σύστημά μας έχει τρεις καταστάσεις λειτουργίας. Όταν η πόρτα είναι ξεκλειδωτή δηλαδή βρίσκεται σε αναμονή, όταν η πόρτα είναι κλειδωμένη, και όταν η πόρτα οπλίζει, δηλαδή η κατάστασή της μεταβάλλεται μεταξύ των δύο προαναφερθέντων καταστάσεων της. Σε καθεμία από αυτές τις καταστάσεις έχει διαφορετική κατανάλωση. Αξίζει να αναφέρουμε ότι στην κατάσταση όπλισης βρίσκεται για 0.2 seconds, επομένως η επίδραση αυτής στη συνολική κατανάλωση του συστήματος είναι αμελητέα. Συγκρίνοντας τις άλλες δύο καταστάσεις και λαμβάνοντας υπ' όψη ότι ο χρόνος που η πόρτα μένει κλειδωμένη είναι σημαντικά μεγαλύτερος σε σχέση με το χρόνο που αυτή μένει ξεκλειδωτή, θεωρούμε ότι η πόρτα μένει μονίμως κλειδωμένη. Αυτό είναι μια πιο αυστηρή προσέγγιση υπολογισμού της κατανάλωσης, καθώς η κατανάλωση σε αυτή τη κατάσταση είναι σαφώς μεγαλύτερη σε σχέση με την κατάσταση στην οποία είναι ξεκλειδωτή. Επομένως, δεδομένου ότι η μέση κατανάλωση είναι 7 Watt και 21.6 Ah η χωρητικότητα των μπαταριών, καταλήγουμε σε αυτονομία 37 ωρών. Όμως, αυτή η προσέγγιση είναι θεωρητική, καθώς η χωρητικότητα αυτή προκύπτει από τη χημική ενέργεια των μπαταριών και όχι από την

ηλεκτρική. Η μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική έχει απώλειες της τάξεως του 20%. Άρα στην πράξη η χωρητικότητα των μπαταριών είναι $21.6\text{Ah} \cdot 0.8$, το οποίο και μας δίνει αυτονομία 29 ωρών και 37 λεπτών.

Μέση ένταση ρεύματος	Χωρητικότητα μπαταριών	Αυτονομία
$7\text{ Watt}/12\text{ Volt} =$ 0.583 Ampere	$21.6\text{Ah} \cdot 0.8 =$ 17.28 Ah	29h 37min

Πίνακας 6. Αυτονομία συστήματος

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα - Μελλοντικές επεκτάσεις

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έλαβε χώρα η σχεδίαση και η υλοποίηση ενός συστήματος ασφαλείας για το χώρο στάθμευσης δίκυκλων οχημάτων στις φοιτητικές εστίες του Πολυτεχνείου Κρήτης. Το συνολικό κόστος των υλικών άγγιξε τα 219 € όπως φαίνεται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα. Στο εμπόριο υπάρχουν πολλά συστήματα παρόμοιας χρήσης όπως κλειδαριές με προεγκατεστημένο πάνω τους τον RFID reader και το keypad, τα οποία εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό και σε πολλές περιπτώσεις το κόστος τους δεν ξεπερνάει τα 70-80 €. Ωστόσο, υστερούν σε αλλά χαρακτηρίστηκα όπως η αυτονομία, η αξιοπιστία, η δυνατότητα προσαρμογής και εξέλιξης. Αναλυτικότερα το σύστημα αυτό έχει την δυνατότητα αυτονομίας για τουλάχιστον 19 ώρες σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, χάρη στις 3 μπαταρίες, ενώ τα έτοιμα συστήματα του εμπορίου αδυνατούν να ανταπεξέλθουν σε περίπτωση διακοπής ρεύματος. Επιπλέον εξαιτίας του γεγονότος ότι αποτελείται από πολλές μονάδες δεν απαιτείται ολική αντικατάσταση του συστήματος σε περίπτωση βλάβης, πάρα μόνο της μονάδας που παρουσίασε βλάβη. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι ότι το παρόν σύστημα μπορεί να τροποποιηθεί όσο χρειάζεται για τις απαιτήσεις διαφορετικών περιστάσεων, μπορεί να εγκατασταθεί το ίδιο εύκολα σε μια απλή πόρτα, σε μια καγκελόπορτα, ακόμα και σε μεγάλες πύλες. Παράλληλα, υπάρχει η δυνατότητα να παραμετροποιηθούν οι λειτουργίες του ώστε να έχει βέλτιστη απόδοση σε διαφορετικές συνθήκες. Επιπλέον, το σύστημα αυτό δεν παρουσιάζει πρακτικά κάποιο όριο στον αριθμό χρηστών που μπορεί να εξυπηρετήσει, σε αντίθεση με τα έτοιμα συστήματα που συνήθως υποστηρίζουν μέχρι 200-250 tags. Τέλος υπάρχει απόλυτος έλεγχος

και οργάνωση των δεδομένων, ακόμα και των βίντεο, για τις ενέργειες του κάθε χρήστη.

Μονάδα	Τιμή
Raspberry Pi 3 Model B+	40 €
RFID reader	10 €
Αισθητήρας INA219	8.5 €
Τροφοδοτικό	33 €
IP Camera	33 €
Step Down Converter	10 €
4CH relay module	5 €
Μπαταρίες μολύβδου 12V x 3	10 x 3 = 30 €
Numpad	4 €
Ηλεκτρομαγνητική κλειδαριά	34.5 €
Ηλεκτρολογικό κουτί	11 €
Σύνολο	219 €

Πίνακας 7. Κόστος συστήματος

Μελλοντικά θα μπορούσε να χτιστεί ένα δίκτυο πάνω στο παρόν σύστημα το οποίο να διαχειρίζεται την είσοδο σε όλα τα παρκινγκ του Πολυτεχνείου, αναλαμβάνοντας και τη διαχείριση του φωτισμού, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση ρεύματος. Επιπλέον θα μπορούσε να αντικατασταθούν οι κλασικές κλειδαριές στις πόρτες του ιδρύματος με ένα σύστημα σαν αυτό. Έτσι θα ξεκλειδώνουν ηλεκτρονικά για να δίνεται η δυνατότητα με ένα μόνο tag να έχει πρόσβαση το προσωπικό σε όλους τους χώρους που επιτρέπεται η παρουσία του. Σε αντίθετη περίπτωση θα τους απαγορευτεί η πρόσβαση σε κάποιους χώρους που ενδεχομένως παλαιότερα να είχαν. Τέλος ο RFID reader θα μπορούσε να αντικατασταθεί από έναν αισθητήρα δαχτυλικών αποτυπωμάτων.

Βιβλιογραφία

- [1] Κώστας Καλαϊτζάκης, Ευτύχης Κουτρούλης. *Ηλεκτρικές Μετρήσεις και Αισθητήρες. Αρχές λειτουργίας και σχεδιασμός των Ηλεκτρονικών Συστημάτων Μέτρησης*. Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2010.
- [2] Anish.K, Rakesh Bute, Avaneet Ranjan. *CircuitsToday Electronic Solutions*. 2020. URL: <http://www.circuitstoday.com/working-of-relays>
- [3] Texas Instruments. *INA219 Zero-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I2C Interface datasheet (Rev. G)*. DEC 2015. URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf>
- [4] Raspberry Pi Foundation. *Raspberry Pi*. 2020. URL: <https://www.raspberrypi.org>
- [5] Patrick Fromaget. *Raspberry Tips*. 2020. URL: <http://www.raspberrytips.com>
- [6] The phpMyAdmin devel team. *Τεκμηρίωση του phpMyAdmin*. 2020. URL: <https://docs.phpmyadmin.net/el/latest>
- [7] w3schools Team. *HTML Tutorial*. 2020. URL: <https://www.w3schools.com/html/default.asp>
- [8] w3schools Team. *CSS Tutorial*. 2020. URL: <https://www.w3schools.com/css/default.asp>
- [9] w3schools Team. *Python Tutorial*. 2020. URL: <https://www.w3schools.com/python/default.asp>
- [10] w3schools Team. *PHP Tutorial*. 2020. URL: <https://www.w3schools.com/php/default.asp>

-
- [11] w3schools Team. *SQL Tutorial*. 2020. URL:
<https://www.w3schools.com/sql/default.asp>