



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

" Ενοποίηση της πλακέτας Arduino με το πρωτόκολλο KNX "



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ: ΚΑΜΙΤΣΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΒΡΑΑΜ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2024



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN
AND PRODUCTION ENGINEERING

DIPLOMA THESIS

" Unification of the Arduino electronic board with the KNX protocol "



STUDENT NAME: KAMITSOS PARASKEVAS

SUPERVISOR: ΑΒΡΑΑΜ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ

EGALEO, FEBRUARY 2024

Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή, η οποία ορίστηκε από την Γ.Σ. του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, σύμφωνα με το νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του τμήματος.

Επιβλέπων: Χατζόπουλος Αβραάμ
Λέκτορας

Επιτροπή Αξιολόγησης:

.....

.....

.....

Χατζόπουλος Αβραάμ
Λέκτορας

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Καμίτσος Παρασκευάς του Αποστόλου, με αριθμό μητρώου 71444980 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

Καμίτσος Παρασκευάς



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ομότιμο καθηγητή Χατζόπουλο Αβραάμ, ο οποίος ήταν δίπλα μου και με καθοδηγούσε σε κάθε στάδιο εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους Θωμάϊδου Ειρήνη και Ραφαέλα Αλκμήνη Βασιλακάκη για την βοήθειά τους στη συγγραφή του θεωρητικού μέρους της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Περιγραφή: Το πρωτόκολλο KNX αποτελεί το πιο δημοφιλές πρότυπο για την δημιουργία κτηριακού αυτοματισμού. Είναι ένα ανοιχτό πρότυπο για αυτοματισμούς εμπορικών και οικιστικών κτηρίων και οι συσκευές KNX μπορούν να διαχειριστούν φωτισμό, περσίδες και παντζούρια, HVAC, συστήματα ασφαλείας, διαχείριση ενέργειας, κ.λπ. Στο πρότυπο KNX συμμετέχουν πάνω από 500 εταιρίες κατασκευής ηλεκτρολογικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού δημιουργώντας το μεγαλύτερο δίκτυο υλισμικού (hardware) για τον κτηριακό αυτοματισμό. Αντίστοιχα το Arduino αποτελεί την πλέον γνωστή πλατφόρμα ανοικτού κώδικα για την κατασκευή πρωτοτύπων που δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να δημιουργούν διαδραστικά ηλεκτρονικά τεχνουργήματα. Η ενοποίησή των δύο ανοίγει νέους ορίζοντες στην δημιουργία εξοπλισμού στον κτηριακό αυτοματισμό.

Σκοπός: Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ενοποίηση της πλατφόρμας Arduino με το πρωτόκολλο KNX. Συγκεκριμένα προβλέπεται η σχεδίαση και κατασκευή της αμφίδρομης επικοινωνίας μεταξύ Arduino και KNX ώστε να δύναται να αξιοποιηθούν οι χρηστικότεροι και οικονομικότεροι αισθητήρες που διατίθενται στην αγορά ειδικά για τις πλακέτες Arduino, λύνοντας με αυτόν τον τρόπο υλικοτεχνικά προβλήματα και περιορισμούς του πρωτοκόλλου KNX.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Arduino, KNX, Σύνδεση, Arduino IDE, ETS6

ABSTRACT

Description: The KNX protocol is the most popular standard for creating building automation. It is an open standard for commercial and residential building automation. KNX devices can manage lighting, blinds and shutters, HVAC, security systems, energy management, etc. Over 500 electrical and electronic equipment manufacturing companies participate in the KNX standard, creating the largest hardware network for building automation. Accordingly, Arduino is the most well-known open-source prototyping platform that enables users to create interactive electronic artifacts. The integration of the two worlds opens up new horizons in the creation of building automation equipment.

Purpose: The purpose of this thesis is to integrate the Arduino platform with the KNX protocol. Specifically, the design and construction of two-way communication between Arduino and KNX is planned so that the most useful and economical sensors available on the market especially for Arduino boards can be used, solving in this way logistical problems and limitations of the KNX protocol.

KEYWORDS

Arduino, KNX, Connection, Arduino IDE, ETS6

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	IV
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	V
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	VI
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	VI
ABSTRACT	VII
KEYWORDS	VII
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	VIII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	IX
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	X
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	XII
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	XII
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	4
KNX	4
Τρόποι επικοινωνίας συσκευών KNX.....	5
Τοπολογία KNX	8
Ατομική Διεύθυνση Συσκευής (Individual Address)	9
Διεύθυνση Ομάδας (Group Address)	10
Αντικείμενο Ομάδας (Group Object)	10
Παράδειγμα λειτουργίας KNX	10
ARDUINO.....	11
Μοντέλα Arduino	12
Χαρακτηριστικά Arduino Pro Mini.....	12
Χαρακτηριστικά Arduino Nano	13
Χαρακτηριστικά Relay Module - 2 Channel	13
Χαρακτηριστικά HC-SR04 Ultrasonic sensor.....	13
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ (HARDWARE)	14
Λειτουργικά Μέρη Κατασκευής	14
Στάδια Κατασκευής Μακέτας	15
Οδηγίες Χρήσης Κατασκευής	17
Μηχανολογικό σχέδιο	21

Ηλεκτρονικό κύκλωμα	22
Λίστα υλικών.....	24
Οικονομικός προϋπολογισμός.....	24
ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (SOFTWARE)	25
Κώδικας Προγράμματος.....	27
Κώδικας εγκατεστημένος στην Arduino Nano	31
ΔΙΕΚΠΕΡΑΙΩΣΗ.....	33
Χρήση Προγράμματος ETS	34
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	43
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	44

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Τρόποι επικοινωνίας συσκευών KNX.....	5
Πίνακας 2 Επιτρεπτά μήκη καλωδίου KNX	6
Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά Arduino Pro Mini	13
Πίνακας 4 Χαρακτηριστικά Arduino Nano.....	13
Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά Relay Module - 2 Channel	13
Πίνακας 6 Χαρακτηριστικά HC-SR04 Ultrasonic sensor	13
Πίνακας 7 Λειτουργίες πλήκτρων οθόνης.....	17

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Ultrasonic sensors (sonar)	1
Εικόνα 2 Μήκη καλωδίων KNX	6
Εικόνα 3 Bit rate του KNX.....	7
Εικόνα 4 Τοπολογία BUS και STAR	8
Εικόνα 5 Τοπολογία KNX.....	9
Εικόνα 6 Παράδειγμα επικοινωνίας KNX.....	11
Εικόνα 7 Είδη Πλακετών Arduino	12
Εικόνα 8 Χάραξη ξύλου μακέτας με Laser cutter	15
Εικόνα 9 Συναρμολόγησης κατασκευής	15
Εικόνα 10 Τοποθέτηση πλακετών	15
Εικόνα 11 Καλωδίωση	16
Εικόνα 12 Τοποθέτηση plexiglass.....	16
Εικόνα 13 Τροφοδοσία μακέτας.....	17
Εικόνα 14 Οθόνη KNX	17
Εικόνα 15 Οθόνη με ενεργοποιημένες λειτουργίες.....	18
Εικόνα 16 Κατασκευή με αναμμένη την ταινία led	18
Εικόνα 17 Ανεμιστήρας.....	19
Εικόνα 18 Ενδείξεις οθόνης	19
Εικόνα 19 Sensor Ultra-Sonic (Sonar)	20
Εικόνα 20 Ενδειξη Alarm στην οθόνη KNX.....	20
Εικόνα 21 Μηχανολογικό σχέδιο	21
Εικόνα 22 Ηλεκτρονικό κύκλωμα.....	22
Εικόνα 23 Συνδεσμολογία των εξαρτημάτων σε φυσική μορφή.	23
Εικόνα 24 Διάγραμμα ροής της Arduino Pro Mini	25
Εικόνα 25 Διάγραμμα ροής της Arduino Nano.....	26
Εικόνα 26 Νέο Έργο.....	34
Εικόνα 27 Διάταξη.	34
Εικόνα 28 Άνοιγμα καταλόγου	35
Εικόνα 29 Αναζήτηση Συσκευών.....	35
Εικόνα 30 Τοπολογία	36
Εικόνα 31 Προσθήκη Συσκευής στην τοπολογία.....	36
Εικόνα 32 Διευθύνσεις Ομάδων.....	37
Εικόνα 33 Προσθήκη Κύριων Ομάδων.....	37
Εικόνα 34 Προσθήκη Μεσαίων Ομάδων	38
Εικόνα 35 Προσθήκη Διευθύνσεων Ομάδων	38
Εικόνα 36 Παράμετροι	39
Εικόνα 37 Παραμετροποίηση Button.....	39
Εικόνα 38 Παραμετροποίηση Sonar	40
Εικόνα 39 Παραμετροποίηση Alarm.....	40
Εικόνα 40 Αντικείμενο Επικοινωνίας	41

Εικόνα 41 Φόρτωση Ατομικής Διεύθυνσης	41
Εικόνα 42 Οθόνη <i>MDT Push Button Smart 55</i>	42
Εικόνα 43 Φόρτωση Εφαρμογής.....	42

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

KNX	Konnex
RF	Radio Frequency
GND	Ground
TX	Transmit
RX	Receive
DVC	Device
PS	Power Suply

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Group object	Αντικείμενο ομάδας
Group address	Διεύθυνση ομάδας
Individual address	Ατομική διεύθυνση συσκευής
Backbone coupler	Προσαρμοστής περιοχής
Line coupler	Προσαρμοστής γραμμής
Twisted pair	Συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ενοποίηση της πλατφόρμας Arduino με το πρωτόκολλο KNX. Συγκεκριμένα προβλέπεται η σχεδίαση και κατασκευή της αμφίδρομης επικοινωνίας μεταξύ Arduino και KNX, ώστε να δύναται να αξιοποιηθούν οι χρηστικότεροι και οικονομικότεροι αισθητήρες, που διατίθενται στην αγορά ειδικά για τις πλακέτες Arduino, λύνοντας με αυτόν τον τρόπο υλικοτεχνικά προβλήματα και περιορισμούς του πρωτοκόλλου KNX.

Κατόπιν εκτεταμένης μελέτης διαπιστώθηκε ότι στον κόσμο του KNX υπάρχουν ελλείψεις σε υλικά. Πιο συγκεκριμένα, δεν υπάρχει αισθητήρας απόστασης ο οποίος να μπορεί να διαβάζει στερεά. Οι αισθητήρες απόστασης Ultrasonic σε υλικό KNX που υπάρχουν στην αγορά όπως ο *Elsner Elektronik knx so250* (Elsner, 2024) μετρούν μ' ακρίβεια μίας μοίρας υλικά που μπορεί να είναι μόνο υγρά, όπως νερό και λάδι. Ως εκ τούτου, στην περίπτωση που χρειάζεται να μετρήσουμε στερεά, ο κόσμος του KNX υστερεί έναντι του κόσμου της Arduino που διαθέτει τον αισθητήρα Ultrasonic sensor (sonar) HC-SR04 (Arduino, Getting Started with the HC-SR04 Ultrasonic sensor, 2024). Ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει την δυνατότητα μέτρησης στερεών με γωνία μέτρησης 15-30 μοίρες.

Ένα άλλο πρόβλημα των υλικών του KNX είναι το κόστος. Η αγορά ενός KNX υλικού μπορεί να έχει δεκαπλάσια τιμολογιακή αξία από ένα αντίστοιχο υλικό της πλακέτας Arduino.

Αναφερόμενοι στα παραπάνω υλικά το *Elsner Elektronik knx so250* (Elsner, 2024) κοστίζει περίπου 500 ευρώ ενώ το Ultrasonic sensor (sonar) HC-SR04 (Arduino, Getting Started with the HC-SR04 Ultrasonic sensor, 2024) κοστίζει περίπου 2 ευρώ.



Εικόνα 1 Ultrasonic sensors (sonar)

Τέλος το μέγεθος των υλικών αποτελεί ένα ακόμα πρόβλημα με τα υλικά KNX. Τα περισσότερα είναι κατασκευασμένα για υλικό ράγας πίνακα (Din rail), τα οποία μπορεί να καταλαμβάνουν από 2 έως 10 θέσεις Din rail (ασφαλειών). Αντιθέτως, τα υλικά Arduino μπορεί να είναι 2-6

εκατοστά μήκος. Το γεγονός αυτό καθιστά τα υλικά KNX πιο εύκολα στην εγκατάσταση, παρόλα αυτά αυξάνουν τον χώρο που καταλαμβάνουν μέσα σε ένα έργο.

Το μεγάλο ερώτημα, όμως, είναι: «Μπορούν αυτοί οι δύο κόσμοι να επικοινωνήσουν μεταξύ τους με σκοπό να χρησιμοποιήσουμε σε έξυπνες κτηριακές εγκαταστάσεις υλικά Arduino; »

Μετά την παρατήρηση των προβλημάτων που υπάρχουν στον κόσμο του KNX διαπιστώθηκε ότι με την ενοποίηση των δύο κόσμων (της Arduino και του KNX) θα μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε τα θετικά του καθενός, δημιουργώντας τελικά ένα νέο.

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας είναι τα ακόλουθα:

1) **Έρευνα αγοράς.** Μετά από έρευνα βρέθηκε ότι η Arduino διαθέτει βιβλιοθήκη η οποία απευθύνεται στο KNX (KnxDevice.h) (Marini, 2014) που σε συνδυασμό με τον κατάλληλο κώδικα καθιστά την Arduino ικανή να αποστέλλει και να λάβει τηλεγραφήματα στο KNX.

Από την πλευρά του KNX μετά από έρευνα, η οποία πραγματοποιήθηκε μέσα από το βασικό εργαλείο προγραμματισμού του KNX, το ETS6 υπάρχει στην αγορά το κατάλληλο υλικό KNX το οποίο μπορεί να στείλει αλλά και να λάβει τηλεγραφήματα της μορφής που επιθυμούμε προς και από την Arduino. Αυτό το υλικό είναι ο KNX Coupler (siemens 5wg1117-2ab12) (ProPous Hellas, 2024).

2) **Καθορισμός των κατασκευαστικών προδιαγραφών.** Η επιλογή των κατάλληλων υλικών είχαν ως πρώτο στόχο να εξυπηρετούν τα σενάρια περιπτώσεων (case studies) που επιθυμούμε να υλοποιήσουμε. Επίσης, ως δεύτερο στόχο είχαν να καταλαμβάνουν τον μικρότερο δυνατό χώρο, έτσι ώστε να είναι δυνατή η χρήση όλου του project σε πραγματικό έργο σε κτηριακή εγκατάσταση.

3) **Μορφολογικά χαρακτηριστικά.** Το σύνολο των πλακετών που χρησιμοποιήθηκαν κρίθηκε αναγκαίο να τοποθετηθούν σε μία μακέτα κατασκευασμένη από ξύλο και πλεξιγκλάς. Το μέγεθος της μακέτας είναι 50x25x15 και η κοπή και η χάραξη του ξύλου και του πλεξιγκλάς πραγματοποιήθηκε με CNC laser cutter 60W. Επίσης, μέσα στη μακέτα έχει τοποθετηθεί μία ταινία led 12V DC, με σκοπό τον φωτισμό του εσωτερικού της μακέτας, καθώς και ένας ανεμιστήρας 12 V DC για την ψύξη των πλακετών.

4) **Προδιαγραφές λειτουργιών.** Για να αποδειχθεί ότι η ένωση είναι εφικτή, ήταν απαραίτητη η δημιουργία τεσσάρων σεναρίων περιπτώσεων (case studies).

α. Ενεργοποίηση ταινίας led φωτισμού με την χρήση actuator της Arduino μέσα από εντολή που προέρχεται από button του KNX.

β. Ενεργοποίηση ανεμιστήρα με την χρήση actuator της Arduino μέσα από εντολή που προέρχεται από button του KNX.

γ. Μέτρηση απόστασης με χρήση Sonar της Arduino. Μετατροπή των δεδομένων σε ποσοστιαία πληρότητα και αποστολή τους και προβολή τους σε οθόνη KNX.

δ. Υπολογισμό των δεδομένων πληρότητας, ώστε όταν μετρηθεί από 80% και πάνω να αποστέλλεται τηλεγράφημα alarm στην οθόνη του KNX.

5) **Υλοποίηση κώδικα λογισμικού.** Η υλοποίηση του κώδικα των Arduino πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα *Arduino IDE* (Arduino, Software, Arduino, 2024). Η υλοποίηση της παραμετροποίησης στο KNX πραγματοποιήθηκε με το *ETS6* (KNX, 2024). Τέλος, η υλοποίηση των σχεδίων έγινε με το πρόγραμμα *Adobe Illustrator*.

Το αντικείμενο της διπλωματικής είναι η κατασκευή μακέτας με χρήση υλικών Arduino και KNX, τα οποία συνδέονται ενσύρματα μεταξύ τους δημιουργώντας αμφίδρομες επικοινωνίες, αποδεικνύοντας με αυτόν τον τρόπο ότι αυτοί οι δύο κόσμοι μπορούν να επικοινωνήσουν και να συνεργαστούν.

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την επικοινωνία των δύο κόσμων (Arduino και KNX) είναι η μελέτη περιστατικών (Case Studies) με συνδυασμό διαφόρων μεθόδων:

- Μέτρηση και απεικόνιση πληρότητας δεξαμενής με στερεά υλικά.
- Ενεργοποίηση συναγερμού σε πληρότητα της δεξαμενής άνω του 80%.
- Ενεργοποίηση ταινίας led για φωτισμό της μακέτας.
- Ενεργοποίηση ανεμιστήρα για ψύξη της μακέτας.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

KNX

Το **KNX** είναι ένα ανοιχτό πρότυπο (βλ. EN 50090 , ISO 22510) για αυτοματισμούς κτηρίων και κατοικιών. Η KNX Association ιδρύθηκε το 1990 στις Βρυξέλλες με αρχικό όνομα “EIB Association”. Ο στόχος ήταν να προωθήσει έξυπνες κατοικίες, έξυπνα κτίρια και ειδικότερα το σύστημα EIB (European Installation Bus), το οποίο αναπτύχθηκε από κοινού από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Το 2006 μετονομάστηκε σε KNX (από την ονομασία Konnex) και είχε σαν σκοπό την επέκτασή της σε παγκόσμιο επίπεδο. Σήμερα η KNX Association απαριθμεί περισσότερα από 500 μέλη κατασκευαστών. Το 2019 το KNX IP Secure αναγνωρίστηκε ως διεθνές πρότυπο ασφαλείας το EN ISO 22510 το οποίο καλύπτει την ανοιχτή επικοινωνία δεδομένων για κτηριακό αυτοματισμό μέσω ασφαλούς KNXnet / IP. (KNX-association, 2021)

Η ανάγκη για άνεση και ευελιξία στη διαχείριση συστημάτων θέρμανσης, φωτισμού και ελέγχου πρόσβασης για μια κατοικία, καθώς και ένα συγκρότημα γραφείων με αποδοτικότερη ενέργεια, αυξάνεται. Ωστόσο, περισσότερη ευκολία και ασφάλεια σε συνδυασμό με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας μπορούν να επιτευχθούν μόνο με έξυπνο έλεγχο και παρακολούθηση όλων των εμπλεκόμενων προϊόντων. Αυτή είναι μια πραγματική πρόκληση, καθώς συνεπάγεται περισσότερη καλωδίωση, από τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές έως τα κέντρα ελέγχου και παρακολούθησης. Για τους επαγγελματίες, μια τέτοια μάζα καλωδίωσης σημαίνει επίσης υψηλότερες προσπάθειες σχεδιασμού και εγκατάστασης, αυξημένο κίνδυνο πυρκαγιάς και αυξανόμενο κόστος. Στο σημείο αυτό έρχεται να δώσει τη λύση το KNX (KNX-association, 2021).

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του KNX είναι η δυνατότητα επικοινωνίας του μεταξύ προϊόντων KNX διαφορετικών κατασκευαστών. Επειδή όλα τα προϊόντα KNX «μιλούν» και «καταλαβαίνουν» την ίδια γλώσσα, μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους π.χ. ο αισθητήρας πλήκτρων (button) του κατασκευαστή A αλληλοεπιδρά με το σύστημα ενεργοποιητών (actuator) του κατασκευαστή B. Εάν, μετά από καιρό, το προϊόν A πάψει να λειτουργεί και ο κατασκευαστής του δεν το παράγει πλέον, μπορεί να αντικατασταθεί με αντίστοιχο προϊόν άλλου KNX κατασκευαστή. (KNX-association, 2021)

Ένα άλλο πλεονέκτημα του KNX είναι ότι όλα τα συστήματα λειτουργούν με το ίδιο λογισμικό, σε αντίθεση με διαφορετικά συστήματα (φώτα, σκίαση, HVAC κ.λπ.), όπου ο Integrator του έργου απαιτείται να γνωρίζει πολλά πακέτα λογισμικού. Το λογισμικό του KNX ονομάζεται ETS και δίνει την δυνατότητα στον Integrator του έργου, γνωρίζοντας μόνο ένα εργαλείο λογισμικού να μπορεί να διαμορφώνει όλα τα προϊόντα KNX, όλων των κατασκευαστών. (KNX-association, 2021)

Τρόποι επικοινωνίας συσκευών KNX

Η ανταλλαγή δεδομένων KNX μεταξύ διαφορετικών συσκευών, τυπικά γίνεται μέσω του ξεχωριστού καλωδίου ελέγχου (KNX cable). Όμως τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους επικοινωνίας:

Μέσον μετάδοσης	Μετάδοση μέσω:	Περιοχές εφαρμογής
Twisted Pair (συνεστραμμένο ζεύγος)	ξεχωριστό καλώδιο ελέγχου	Τοποθετείται σε νέες εγκαταστάσεις ή ανακαινίσεις και έχει υψηλότερο επίπεδο αξιοπιστίας μετάδοσης
Powerline	σε υπάρχον δίκτυο (πρέπει να είναι διαθέσιμος ο ουδέτερος αγωγός).	Τοποθετείται όταν δεν είναι εφικτή η εγκατάσταση πρόσθετου καλωδίου ελέγχου
RF (Radio Frequency)	επικοινωνία με ραδιοσυχνότητες	Στην συχνότητα 868 MHz δίνοντας την δυνατότητα εμβέλειας σε ελεύθερο χώρο περίπου 100 μέτρων. Η εκπομπή γίνεται μόνο όταν μία συσκευή επιθυμεί να στείλει ένα τηλεγράφημα. Σε αντίθετη περίπτωση δεν υπάρχει καμία εκπομπή.
IP (Internet Protocol)	Ethernet ή WIFI	Χρησιμοποιείται σε μεγάλες εγκαταστάσεις όπου απαιτείται γρήγορη γραμμή (backbone) και για επικοινωνία με κινητές συσκευές.

Πίνακας 1 Τρόποι επικοινωνίας συσκευών KNX (KNX-association, 2021)

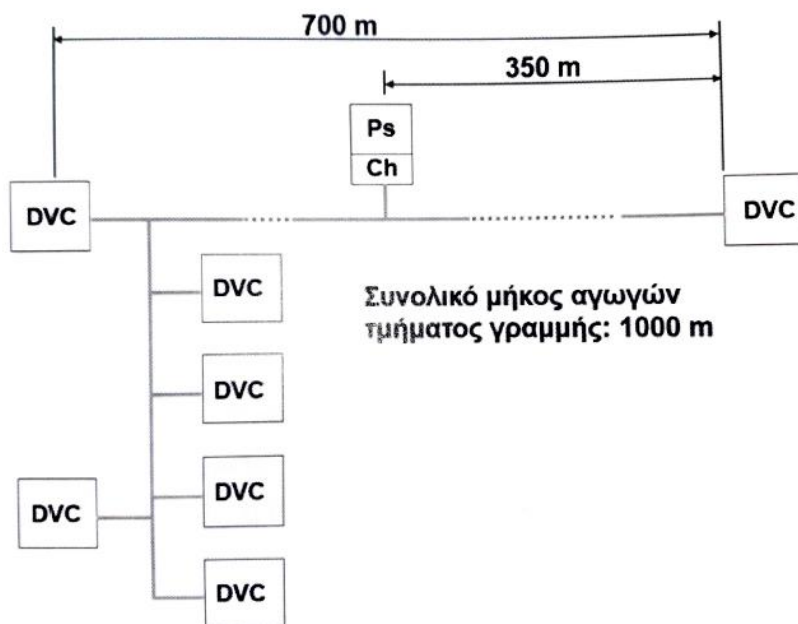
Η πλέον διαδεδομένη επικοινωνία είναι το Συνεστραμμένο Ζεύγος (Twisted pair), το οποίο αποτελείται από δύο ζεύγη καλωδίων σε συνεστραμμένη δομή. Από αυτά τα τέσσερα καλώδια, τα δύο έχουν χρώμα κόκκινο-μαύρο, που είναι το βασικό ζεύγος σύνδεσης του KNX. Μέσω αυτού μεταδίδονται όλα τα τηλεγραφήματα του KNX, καθώς και 30V DC. Τα άλλα δύο καλώδια, που περιέχονται στο Twisted Pair, έχουν χρώμα άσπρο-κίτρινο. Μέσω αυτών μεταδίδεται τάση 30V DC για όποιες συσκευές χρειάζονται επιπλέον τάση από τα 30V που παρέχονται από το βασικό ζεύγος του κόκκινου-μαύρου.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι καμία από τις πιστοποιημένες συσκευές KNX δεν μπορεί να τροφοδοτηθεί από το κεντρικό ζεύγος καλωδίων Twisted pair (κόκκινο-μαύρο) με λιγότερο από 21V DC. Σε αυτή τη περίπτωση θα έχουμε δυσλειτουργία της συσκευής (KNX-association, 2021).

Το πιστοποιημένο KNX BUS καλώδιο (Twisted pair) είναι θωρακισμένο και γι' αυτό μας επιτρέπει να το τοποθετούμε σε ελάχιστη απόσταση 4mm από ρεύματα υψηλής τάση 230 V AC. Τα επιτρεπτά μήκη εγκατεστημένου καλωδίου KNX δεν πρέπει να ξεπερνάνε τα κάτωθι:

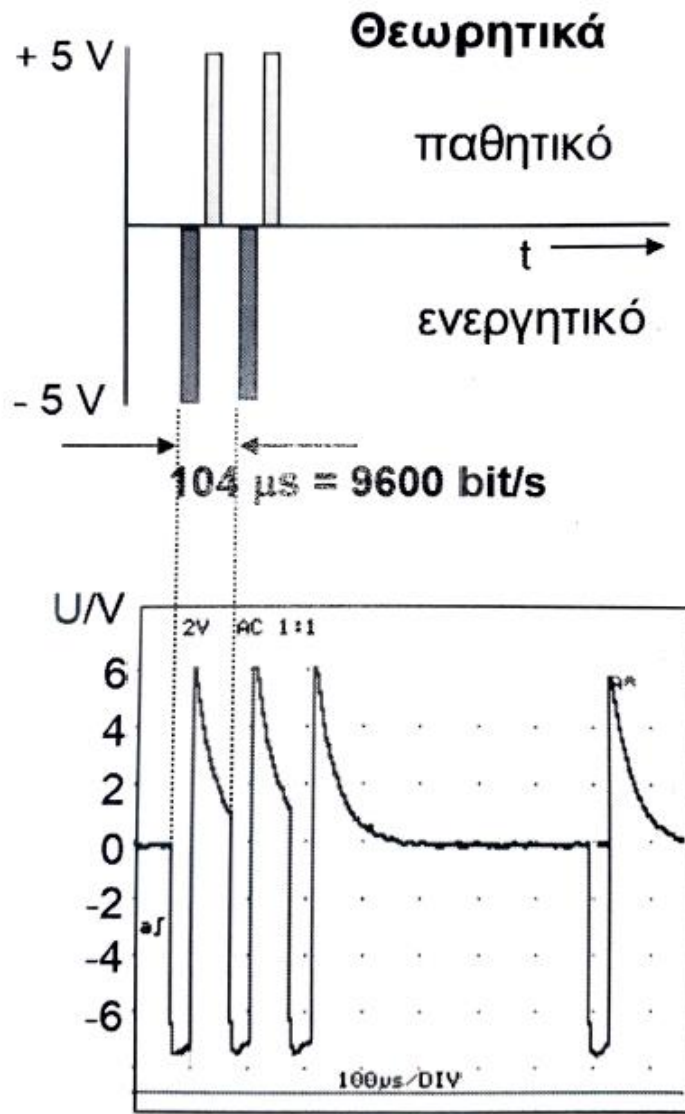
Συνδεδεμένες Συσκευές	Μέγιστη Απόσταση (m)
Τροφοδοτικό Bus – Συσκευή KNX	350 m
Συσκευή KNX – Συσκευή KNX	700 m
Συνολικό μήκος καλωδίου BUS	1000 m

Πίνακας 2 Επιτρεπτά μήκη καλωδίου KNX (KNX-association, 2021)



Εικόνα 2 Μήκη καλωδίων KNX (KNX-association, 2021)

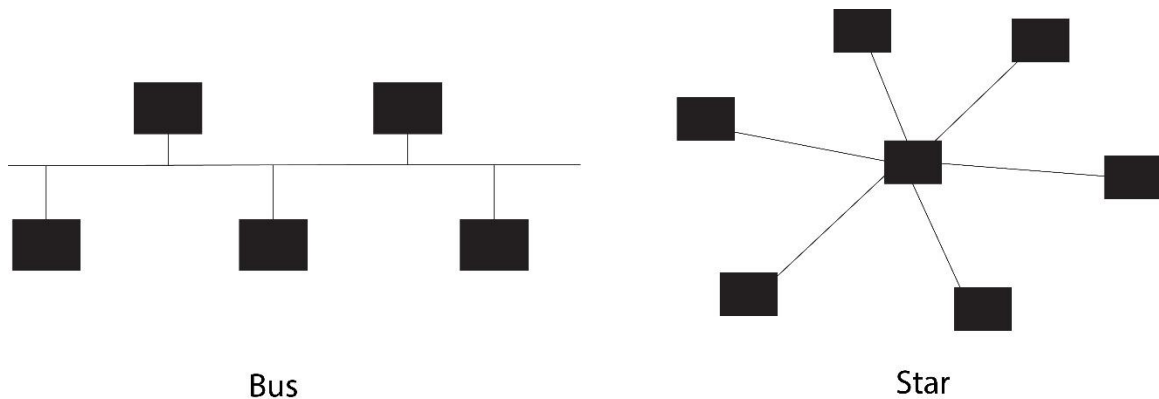
Μία συσκευή KNX μέσω του καλωδίου Twisted Pair μεταδίδει μία ημιπερίοδο (half wave) του σήματος. Η απόσταση της μίας από την άλλη ημιπερίοδο είναι 104 μs που ισούται με 9.600 bit/s. Επομένως, το bit rate της επικοινωνίας των συσκευών KNX είναι 9.600 bit/s το οποίο είναι ίσο με το bit rate της πλατφόρμας Arduino. Αυτός ακριβώς είναι ο λόγος που είναι εφικτή η επικοινωνία μεταξύ των δύο κόσμων (KNX-association, 2021).



Εικόνα 3 Bit rate του KNX (KNX-association, 2021)

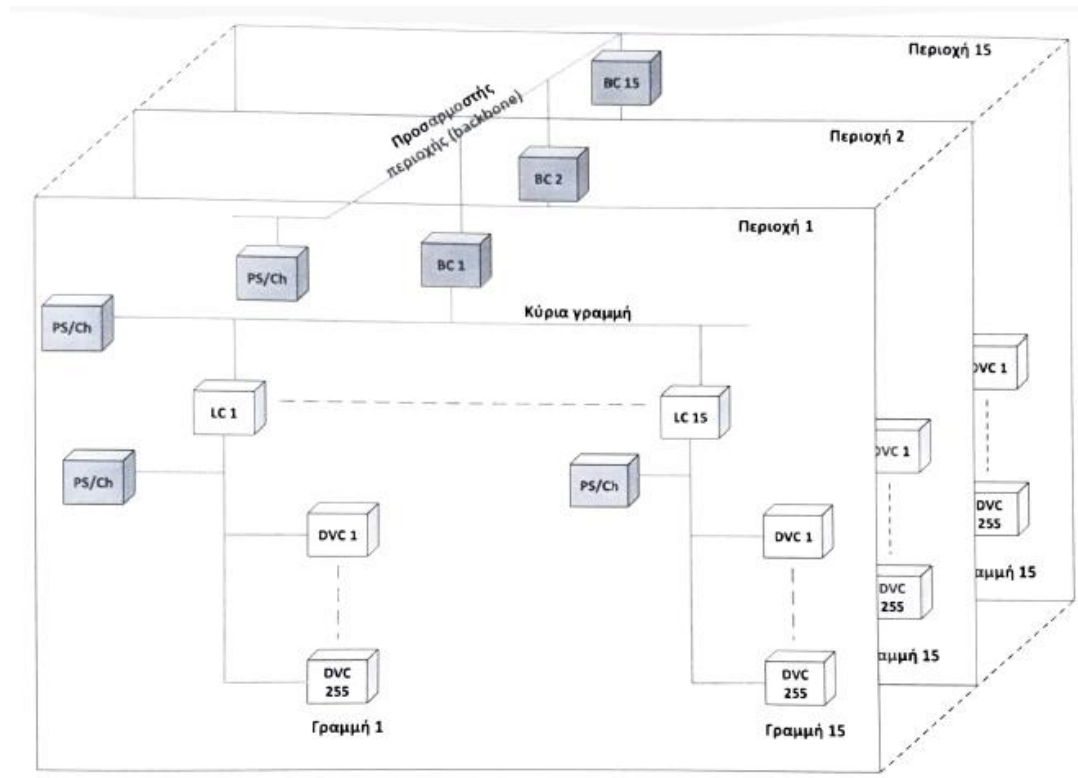
Τοπολογία KNX

Η τοποθέτηση συσκευών στο πρωτόκολλο KNX γίνεται με τοπολογία «BUS», δηλαδή αρκεί ένα μόνο ζεύγος καλωδίων για να συνδέσει όλες τις συσκευές μεταξύ τους, δίνοντάς μας μια πολύ οικονομική και γρήγορη εγκατάσταση σε αντίθεση με την γνωστή τοπολογία «Αστέρας» όπου η κάθε συσκευή χρειάζεται το δικό της καλώδιο (KNX-association, 2021).



Εικόνα 4 Τοπολογία BUS και STAR

Στο καλώδιο Twisted Pair, βάση πρωτοκόλλου, μπορούμε να τοποθετήσουμε από 1 έως 256 συσκευές σε μέγιστο μήκος καλωδίου 1000 μέτρων σε μία γραμμή. Σε περίπτωση που επιθυμούμε να τοποθετήσουμε περισσότερες συσκευές σε μία εγκατάσταση και σε μεγαλύτερη απόσταση, έχουμε την δυνατότητα να το πραγματοποιήσουμε προσθέτοντας έναν προσαρμοστή γραμμής (line coupler) και ένα ακόμα τροφοδοτικό. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να δημιουργούμε μία δεύτερη γραμμή, η οποία μπορεί να φιλοξενήσει άλλες 256 συσκευές και σε επιπλέον 1000 μέτρα. Έχουμε την δυνατότητα να τοποθετήσουμε έως 15 γραμμές στην ίδια περιοχή. Για ακόμα μεγαλύτερες εγκαταστάσεις προχωρούμε στην προσθήκη Προσαρμοστή περιοχής (Backbone coupler) μέσω του οποίου μπορούμε να ενώσουμε μία περιοχή με μία άλλη. Έχουμε δε την δυνατότητα με αυτό τον τρόπο να προσθέσουμε μέχρι 15 περιοχές. Ως εκ τούτου, σε ένα έργο μπορούν εγκατασταθούν πάνω από 57.000 συσκευές οι οποίες να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους σαν ένα σύνολο (KNX-association, 2021).



Εικόνα 5 Τοπολογία KNX (KNX-association, 2021)

Ατομική Διεύθυνση Συσκευής (Individual Address)

Όταν έχουμε την δυνατότητα να τοποθετήσουμε τόσες πολλές συσκευές, όπως αποδείχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι απαραίτητο να έχουμε ένα σύστημα ονοματοδοσίας για κάθε συσκευή. Αυτό επιτυγχάνεται με την Ατομική Διεύθυνση Συσκευής και με την οποία «βαπτίζουμε» την κάθε συσκευή στην αρχή του έργου. Η αποκαλούμενη Individual Address παραμένει αποθηκευμένη για πάντα, μέχρι να επιλέξουμε να της αλλάξουμε θέση. Ολοκληρώνοντας, η Ατομική Διεύθυνση εντός ενός τηλεγραφήματος KNX έχει σταθερό μήκος κυκλοφορίας 16 bits (KNX-association, 2021).

Η Ατομική Διεύθυνση αποτελείται από τρία μέρη ξεχωρίζοντάς τα με τελεία.

1. Την περιοχή 0-15
2. Την γραμμή 0-15
3. BUS συσκευή 0-255

Παράδειγμα διεύθυνσης είναι το ακόλουθο:

15.15.255

Διεύθυνση Ομάδας (Group Address)

Η επικοινωνία μεταξύ συσκευών KNX σε μία εγκατάσταση πραγματοποιείται μέσω τηλεγραφημάτων διεύθυνσεως ομάδας (Group Address). Η Group Address αποτελεί μία θέση μνήμης μέσα στις συσκευές KNX. Ο πιστοποιημένος προγραμματιστής KNX (KNX Partner) επιλέγει ελεύθερα μία διεύθυνση ομάδας για κάθε λειτουργία του έργου π.χ. «Δωμάτιο 1, Φωτισμός 1 On/Off» (KNX-association, 2021)

Σε μία εγκατάσταση υπάρχουν διαθέσιμες 65.535 διευθύνσεις ομάδας. Μία διεύθυνση ομάδας, αποτελείται από 3 μέρη τα οποία χωρίζονται με κάθετη γραμμή.

- 1. Κύρια 0-31**
- 2. Ενδιάμεση 0-7**
- 3. Υποομάδα 0-255**

Παράδειγμα διεύθυνσης ομάδας είναι το ακόλουθο: **31/7/255**

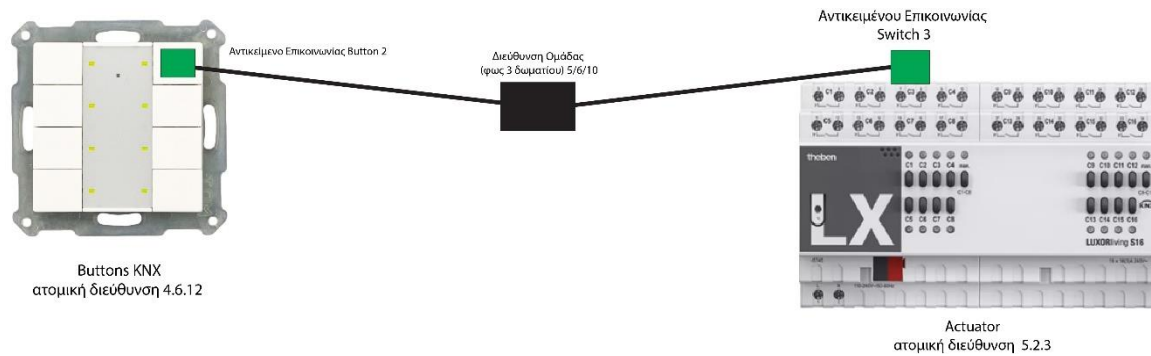
Αντικείμενο Ομάδας (Group Object)

Κάθε συσκευή KNX έρχεται από τον κατασκευαστή με μία λίστα Αντικειμένων Επικοινωνίας. Κάθε ένα Αντικείμενο αποτελεί μια ξεχωριστή λειτουργία της εκάστοτε συσκευής. Ο προγραμματιστής οφείλει να επιλέξει το Αντικείμενο Επικοινωνίας το οποίο αντιστοιχεί στην δουλειά που θέλει να κάνει, π.χ. αν ένας αισθητήρας πλήκτρων έχει 8 κουμπιά, άρα και 8 διαφορετικά Αντικείμενα Επικοινωνίας, τότε ο προγραμματιστής επιλέγει ποια και πόσα θέλει να χρησιμοποιήσει.

Το μέγεθος ενός Αντικειμένου Επικοινωνίας μπορεί να ποικίλει ανάμεσα σε 1 bit έως και 14 bytes. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι ένας διακόπτης switch χρειάζεται ένα bit ενώ ένας ποσοστιαίος δείκτης (%) 1 byte (KNX-association, 2021).

Παράδειγμα λειτουργίας KNX

Ας υποθέσουμε ότι επιθυμούμε πατώντας το πλήκτρο 2 από τον αισθητήρα πλήκτρων να ανάβει το τρίτο φως του δωματίου. Για να υλοποιηθεί αυτό θα πρέπει η συσκευή Αισθητήρας Πλήκτρων με ατομική διεύθυνση (Individual Address) 4.6.12 και με Αντικείμενο Επικοινωνίας (Group Object) το Button 2 να στείλει ένα τηλεγράφημα ενός bit με εντολή ON στην Διεύθυνση Ομάδας (Group Address) φως 3 δωματίου 5/6/10. Στην συνέχεια από την Διεύθυνση Ομάδας (Group Address) που αναφέραμε, το τηλεγράφημα θα μεταβεί στην συσκευή Ενεργοποιητή (Actuator) με ατομική διεύθυνση (Individual Address) 5.2.3 μέσω του Αντικειμένου Επικοινωνίας (Group Object) Switch 3 και θα ανάψει το τρίτο φως του δωματίου.



Εικόνα 6 Παράδειγμα επικοινωνίας KNX (MDT, 2024)

ARDUINO

Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα της πλατφόρμας Arduino, αποτελεί μία ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που βασίζεται σε εύχρηστο υλικό και λογισμικό. Η πλατφόρμα Arduino έχει κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε με καλώδια jumper, δηλαδή καλώδια με επαφές, να είναι εύκολο να συνδέσουμε και να αποσυνδέσουμε πολλών ειδών υλικά χωρίς να είναι αναγκαία η κόλλησή τους. Ενδεικτικά, μπορούμε να συνδέσουμε αισθητήρες απόστασης, αισθητήρες ήχου (μικρόφωνα), αισθητήρες φωτός, κλπ. Μετά την υλοποίηση του κώδικα και την αποστολή του στον μικροελεγκτή της πλακέτας μπορούμε να λάβουμε απαντήσεις λειτουργίας σε φωτοδιόδους led, σε ρελέ (grobotronics, Relay Module - 2 Channel 5V, 2024) για χρήση 230 V AC, σε μοτέρ όλων των τύπων, κλπ. Με σκοπό να υλοποιηθεί ο κώδικας, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τη γλώσσα προγραμματισμού Arduino (με βάση την καλωδίωση) μέσω του λογισμικού Arduino (IDE) (Arduino, Software, Arduino, 2024).

Μέσα στα χρόνια ύπαρξης της πλακέτας έχουν υλοποιηθεί πλήθος έργων σε όλο το κόσμο ως επί το πλείστον για εκπαιδευτικούς σκοπούς σε μαθητές και σπουδαστές, αλλά και σε επαγγελματικά έργα για την δημιουργία έργων χαμηλής κλίμακας.












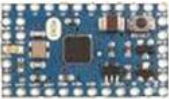


Η πλακέτα Arduino απλοποιεί, επίσης, τη διαδικασία εργασίας με μικροελεγκτές. Συγχρόνως, προσφέρει κάποια πλεονεκτήματα σε ερασιτέχνες και επαγγελματίες σε σχέση με άλλα συστήματα (Arduino, 2024):

- **Φθηνές** - Οι πλατφόρμες Arduino είναι σχετικά φθηνές σε σύγκριση με άλλες πλατφόρμες μικροελεγκτών. Η φθηνότερη έκδοση της μονάδας Arduino μπορεί να κοστίζει λιγότερο από 10 ευρώ
- **Cross-platform** - Το λογισμικό Arduino (IDE) εκτελείται σε όλα τα λειτουργικά συστήματα (Windows, Macintosh OSX και Linux) ενώ τα περισσότερα συστήματα μικροελεγκτών περιορίζονται στα Windows.

- **Απλό, σαφές περιβάλλον προγραμματισμού** – Ένας από τους βασικούς λόγους της επιτυχίας του λογισμικού Arduino (IDE) είναι το γεγονός ότι είναι συγχρόνως εύχρηστο για αρχάριους, αλλά αρκετά ευέλικτο για τους προχωρημένους χρήστες.
- **Λογισμικό ανοιχτού κώδικα και επεκτάσιμο** - Το λογισμικό Arduino βασίζεται στην γλώσσα προγραμματισμού AVR-C και αποτελεί εργαλείο ανοιχτού κώδικα. Μπορούμε να απογειώσουμε τις δυνατότητες του κώδικα χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες της γλώσσας προγραμματισμού C++.

Μοντέλα Arduino

Υπάρχουν πολλά μοντέλα της πλατφόρμας Arduino στην αγορά με σκοπό να καλύπτουν πληθώρα αναγκών.

				
Arduino Uno	Arduino Leonardo	Arduino Mega 2560	Arduino LilyPad	Arduino Mega ADK
				
Arduino Fio	Arduino Ethernet	Arduino Pro	Arduino BT	Arduino Nano
				
USB/Serial Light Adapter	Arduino Mini	Mini USB/Serial Adapter	Arduino Pro Mini	

Εικόνα 7 Είδη Πλακετών Arduino (Δημητρίου, 2012)

Χαρακτηριστικά Arduino Pro Mini

Company	SparkFun Electronics
Part Number	DEV-11113
Gross Weight	0.0043kg
Made in	USA
Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage	5-12V
Digital I/O Pins	14
Analog Input Channels	8

PWM Channels	6
DC Current per I/O Pin	40mA
Flash Memory	32 KB
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά Arduino Pro Mini (grobotronics, arduino-pro-mini, 2023)

Χαρακτηριστικά Arduino Nano

Microcontroller	Atmel ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	32 KB (of which 2KB used by bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	45x18x18mm (with Pin headers)

Πίνακας 4 Χαρακτηριστικά Arduino Nano (grobotronics, Nano Compatible, 2024)

Χαρακτηριστικά Relay Module - 2 Channel

Company	OEM
Gross Weight	0.03kg
Made in	China
Rated Coil Voltage	5VDC
Contact Current Max.	10A
Type / Contacts Config.	SPDT

Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά Relay Module - 2 Channel (grobotronics, Relay Module - 2 Channel 5V, 2024)

Χαρακτηριστικά HC-SR04 Ultrasonic sensor

Company	OEM
Gross Weight	0.008kg
Made in	China
Typical Input Voltage	5VDC
Operating Current	15mA
Measurement	2cm - 400cm

Πίνακας 6 Χαρακτηριστικά HC-SR04 Ultrasonic sensor (Arduino, Getting Started with the HC-SR04 Ultrasonic sensor, 2024)

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ (HARDWARE)

Λειτουργικά Μέρη Κατασκευής

Για την λειτουργία της κατασκευής έχουν χρησιμοποιηθεί ένας coupler της Siemens (BUS COUPLING UNIT Siemens 5WG1117-2AB12) ο οποίος αποτελεί το βασικό μέσο επικοινωνίας του KNX και της Arduino. Κατασκευαστικά είναι μία μονάδα χωνευτή σε τοίχο ή γυψοσανίδα η οποία συνδέεται με πλαίσιο πλήκτρων της εταιρείας Siemens. Στην πίσω πλευρά της συσκευής αυτής υπάρχει μία BUS κλέμα στην οποία συνδέουμε το πιστοποιημένο καλώδιο KNX (κόκκινο-μαύρο). (ProPous Hellas, 2024)

Στην μπροστινή πλευρά υπάρχουν οι επαφές:

- Vcc 5V DC
- GND
- TX
- RX

Σε αυτές τις τέσσερις επαφές συνδέουμε μια Arduino Pro Mini, η οποία αποτελεί και τον βασικό μας controller.

Στην Arduino Pro Mini συνδέουμε τον σένσορα απόστασης (Ultrasonic sensor (sonar) HC-SR04) (Arduino, Getting Started with the HC-SR04 Ultrasonic sensor, 2024) ο οποίος και θα αποτελέσει το αισθητήριο μέτρησης ποσοστιαίας πληρότητας.

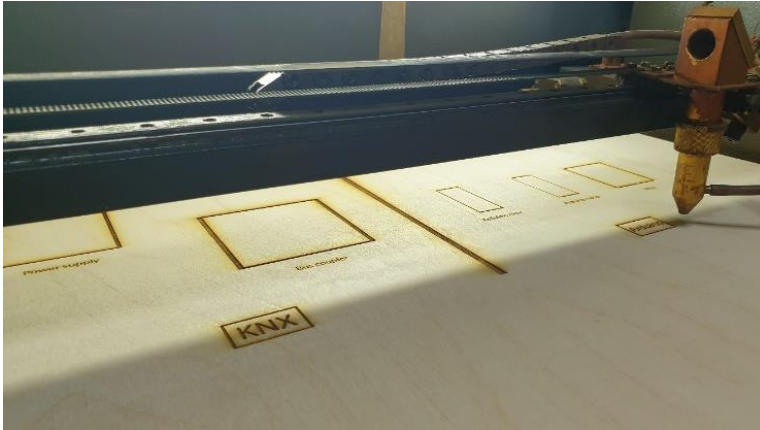
Επίσης, συνδέουμε μία Arduino Nano αποκλειστικά και μόνο για την αποστολή σήματος με σκοπό να ενεργοποιηθούν τα δύο κανάλια του Ενεργοποιητή (Actuator / Ρελέ) (grobotronics, Relay Module - 2 Channel 5V, 2024). Ο λόγος τοποθέτησης της Arduino Nano είναι για την επίλυση της πτώσης τάσης που παρατηρήθηκε στην Arduino Pro Mini λόγω της χρήσης του Sonar και του Actuator.

Στον Ενεργοποιητή (Actuator / Ρελέ) έχει τοποθετηθεί μία ταινία led 12V DC για τον φωτισμό της μακέτας και ένας ανεμιστήρας 12V DC για την ψύξη των πλακετών.

Τέλος, στην κλέμα BUS του KNX Coupler έχει συνδεθεί μία KNX οθόνη (MDT Push Button Smart 55 (BE-TAS5504.01) (MDT, 2024) Για την τροφοδοσία των πλακετών εκτός από την Arduino Nano που συνδέεται με USB 5V DC χρησιμοποιείται ένα KNX τροφοδοτικό ABB POWER SUPPLY KNX 30 MA NTI/Z 28.30.1 (ABB, 2024) Για την τροφοδοσία της ταινίας led και του ανεμιστήρα χρησιμοποιείται ένα τροφοδοτικό 12V DC 1.0A (SN-12D100)

Για τον προγραμματισμό της Arduino Pro Mini και μόνο, χρησιμοποιήθηκε μία Arduino UNO R3. Για την παρακολούθηση των τηλεγραφημάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της κατασκευής του έργου αξιοποιήθηκε το KNX USB Interface MDT SCN-USBR.02 (MDT, 2024)

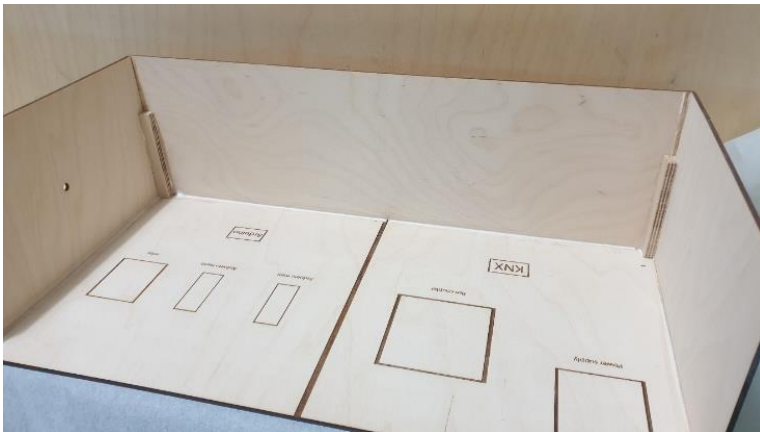
Στάδια Κατασκευής Μακέτας



Laser cutter

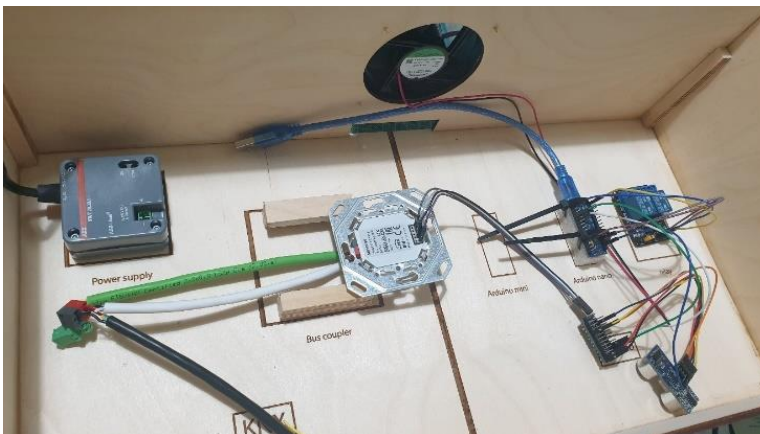
Για την δημιουργία της βάσης της μακέτας χρησιμοποιήθηκε κοντραπλακέ θαλάσσης σιμίδα, το οποίο χαράχτηκε και κόπηκε με laser cutter.

Εικόνα 8 Χάραξη ξύλου μακέτας με



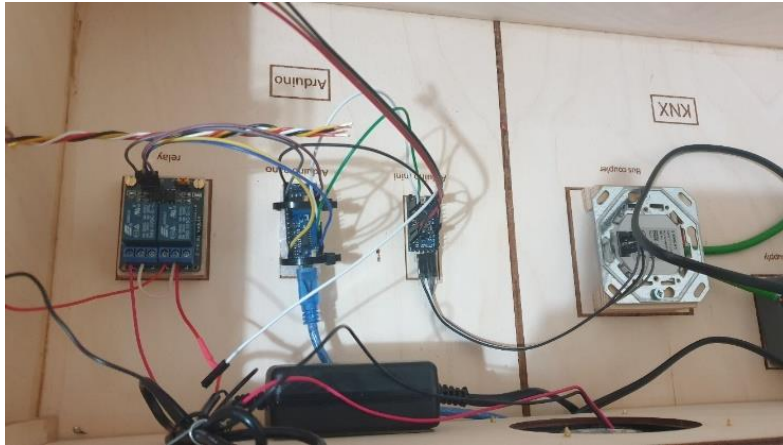
Εικόνα 9 Συναρμολόγησης κατασκευής

Μετά την κοπή, τα ξύλα τρίφτηκαν και κολλήθηκαν.



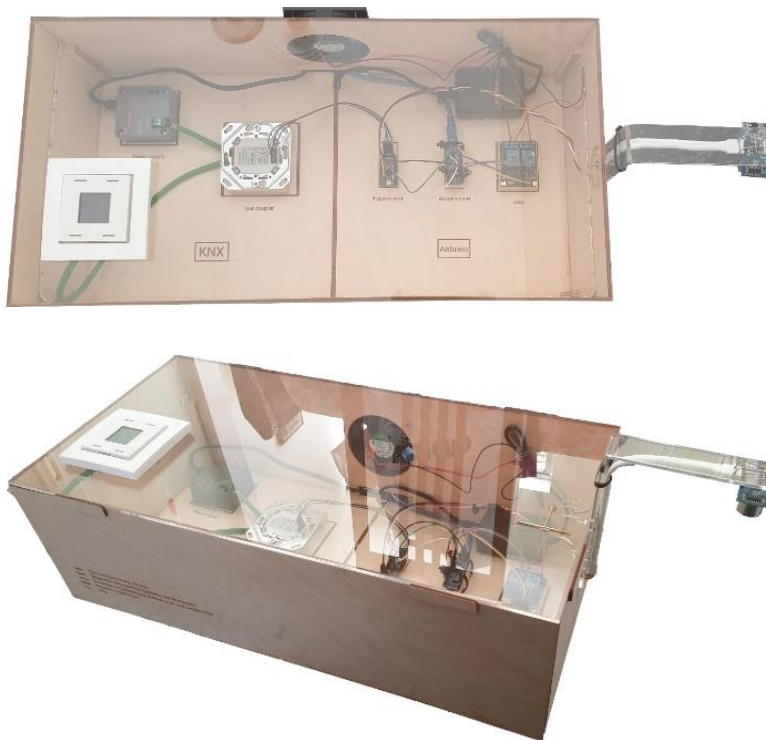
Εικόνα 10 Τοποθέτηση πλακετών

Τοποθέτηση πλακετών Arduino και KNX.



Κόλληση και σύνδεση καλωδίων.

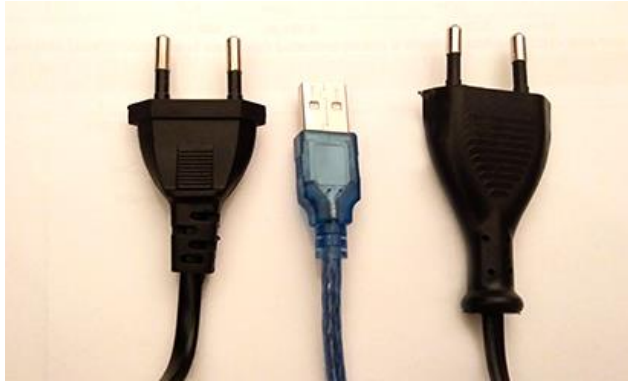
Εικόνα 11 Καλωδίωση



Χαράκτηκε και κόπηκε plexiglass για το καπάκι της κατασκευής και για την στήριξη της οθόνης και του Sonar.

Εικόνα 12 Τοποθέτηση plexiglass

Οδηγίες Χρήσης Κατασκευής



Εικόνα 13 Τροφοδοσία μακέτας

Για την έναρξη λειτουργίας της μακέτας θα πρέπει να τροφοδοτηθεί με ρεύμα. Για αυτό το σκοπό συνδέουμε τις δύο Europlug πρίζες σε 230V AC οι οποίες αντιστοιχούν στα δύο τροφοδοτικά της μακέτας. Πιο συγκεκριμένα, στο τροφοδοτικό του KNX που μας δίνει 30V DC και στο τροφοδοτικό της ταινίας led και του ανεμιστήρα που μας

δίνει 24V DC. Τέλος, συνδέουμε το καλώδιο USB σε θύρα USB 5V DC, το οποίο αντιστοιχεί στην τροφοδοσία της πλακέτας Arduino Nano.



Εικόνα 14 Οθόνη KNX

Από την οθόνη/buttons χειριζόμαστε και λαμβάνουμε τα αποτελέσματα από τον σένσορα της μακέτας. Η οθόνη διαθέτει 4 πλήκτρα τα οποία βρίσκονται στις τέσσερις γωνίες. Οι λειτουργίες του κάθε πλήκτρου βρίσκονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΛΗΚΤΡΟ	ΘΕΣΗ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΠΛΗΚΤΡΟ 1	Πάνω αριστερά	On/Off ταινίας led
ΠΛΗΚΤΡΟ 2	Πάνω δεξιά	On/Off ανεμιστήρα
ΠΛΗΚΤΡΟ 3	Κάτω αριστερά	Status led για alarm
ΠΛΗΚΤΡΟ 4	Κάτω δεξιά	Status led για alarm

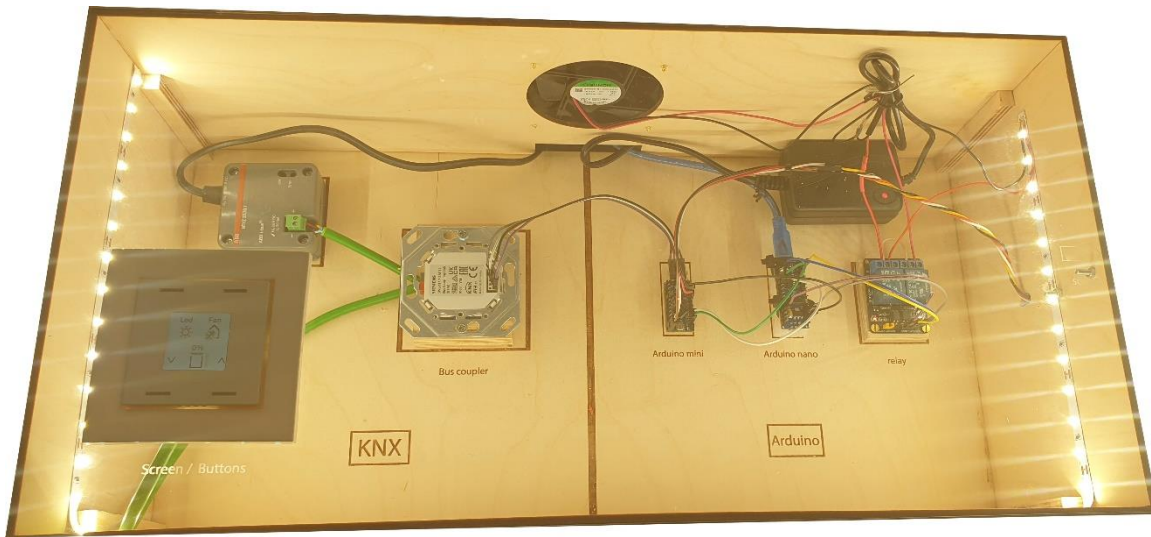
Πίνακας 7 Λειτουργίες πλήκτρων οθόνης

Μετά το στιγμιαίο πάτημα των πλήκτρων 1 και 2 αλλάζει η οπτικοποίηση του εικονιδίου που επιλέξαμε στο πάνω επίπεδο της οθόνης. Όταν η κάθε λειτουργία είναι ενεργοποιημένη το εικονίδιο από μαύρο γίνεται πορτοκαλί.



Εικόνα 15 Οθόνη με ενεργοποιημένες λειτουργίες

Μετά την πάτημα του πλήκτρου 1 ενεργοποιείται η ταινία led η οποία βρίσκεται περιμετρικά στο εσωτερικό μέρος της κατασκευής με σκοπό τον φωτισμό της.



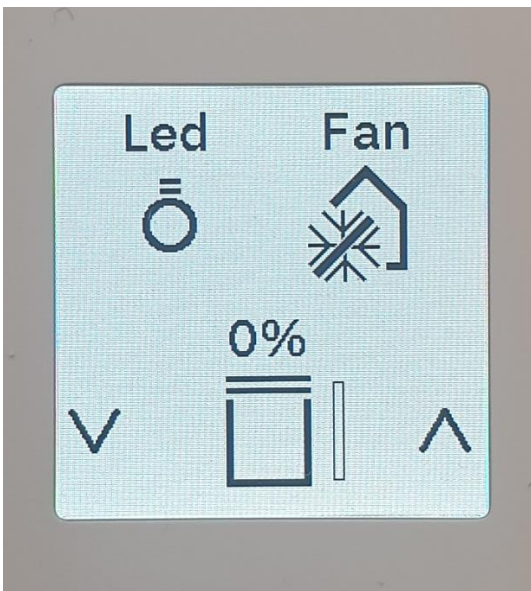
Εικόνα 16 Κατασκευή με αναμμένη την ταινία led

Μετά την πάτημα του πλήκτρου 2 ενεργοποιείται ο ανεμιστήρας ο οποίος βρίσκεται στο πίσω μέρος της κατασκευής με σκοπό να ψύχει τις πλακέτες.



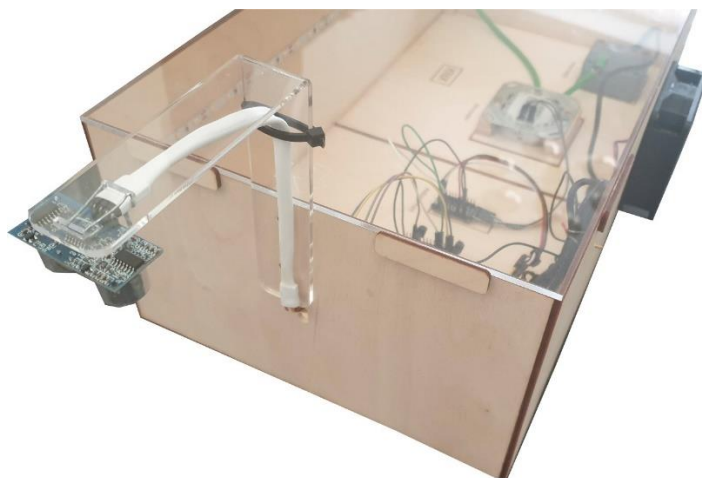
Εικόνα 17 Ανεμιστήρας

Στο κάτω επίπεδο της οθόνης βλέπουμε το αποτέλεσμα της ποσοστιαίας πληρότητας που μας δίνει η μέτρηση από το Sonar. (Arduino, Getting Started with the HC-SR04 Ultrasonic sensor, 2024)



Εικόνα 18 Ενδείξεις οθόνης

Στην δεξιά μεριά της μακέτας έχει τοποθετηθεί ένα plexiglass σε σχήμα Γ, για να στερεώνει τον σένσορα Ultra Sonic (Arduino, Getting Started with the HC-SR04 Ultrasonic sensor, 2024) σε απόσταση μέτρησης από το έδαφος 20cm. Με την τοποθέτηση αντικειμένων κάτω από τον σένσορα παρομοιάζουμε συνθήκες πληρότητας δεξαμενής στερεών.



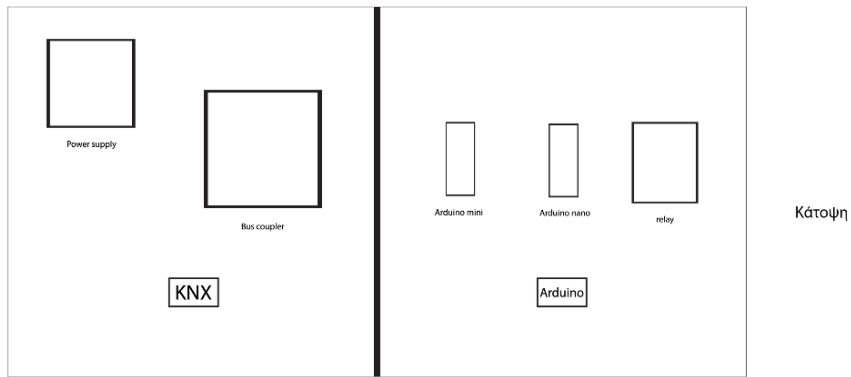
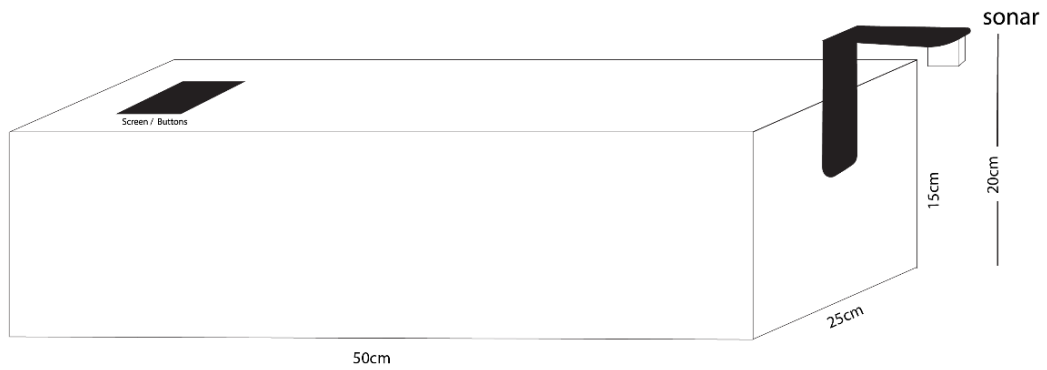
Εικόνα 19 Sensor Ultra-Sonic (Sonar)

Μόλις η μέτρηση του Sonar είναι ίση ή μεγαλύτερη από το 80% ενεργοποιείται η λειτουργία Alarm μέσω εντολής από την Arduino Pro Mini (grobotronics, arduino-pro-mini, 2023) και μας εμφανίζεται ένδειξη στην οθόνη KNX με το άναμμα των δύο κάτω led των πλήκτρων 3 και 4. Η λειτουργία αυτή εκτελείται με τα led να αναβοσβήνουν για πιο έντονη απεικόνιση του Alarm.



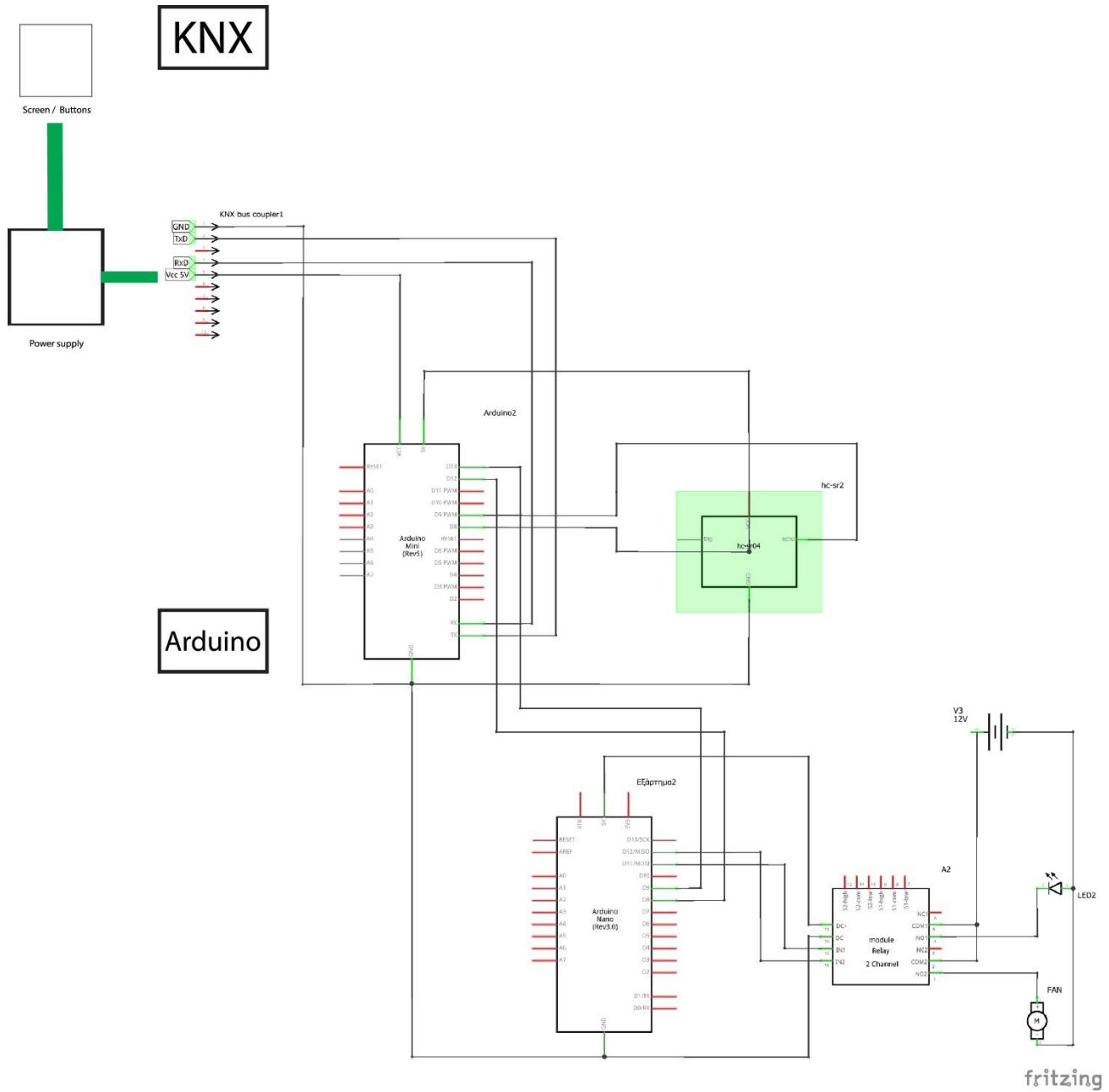
Εικόνα 20 Ενδειξη Alarm στην οθόνη KNX

Μηχανολογικό σχέδιο

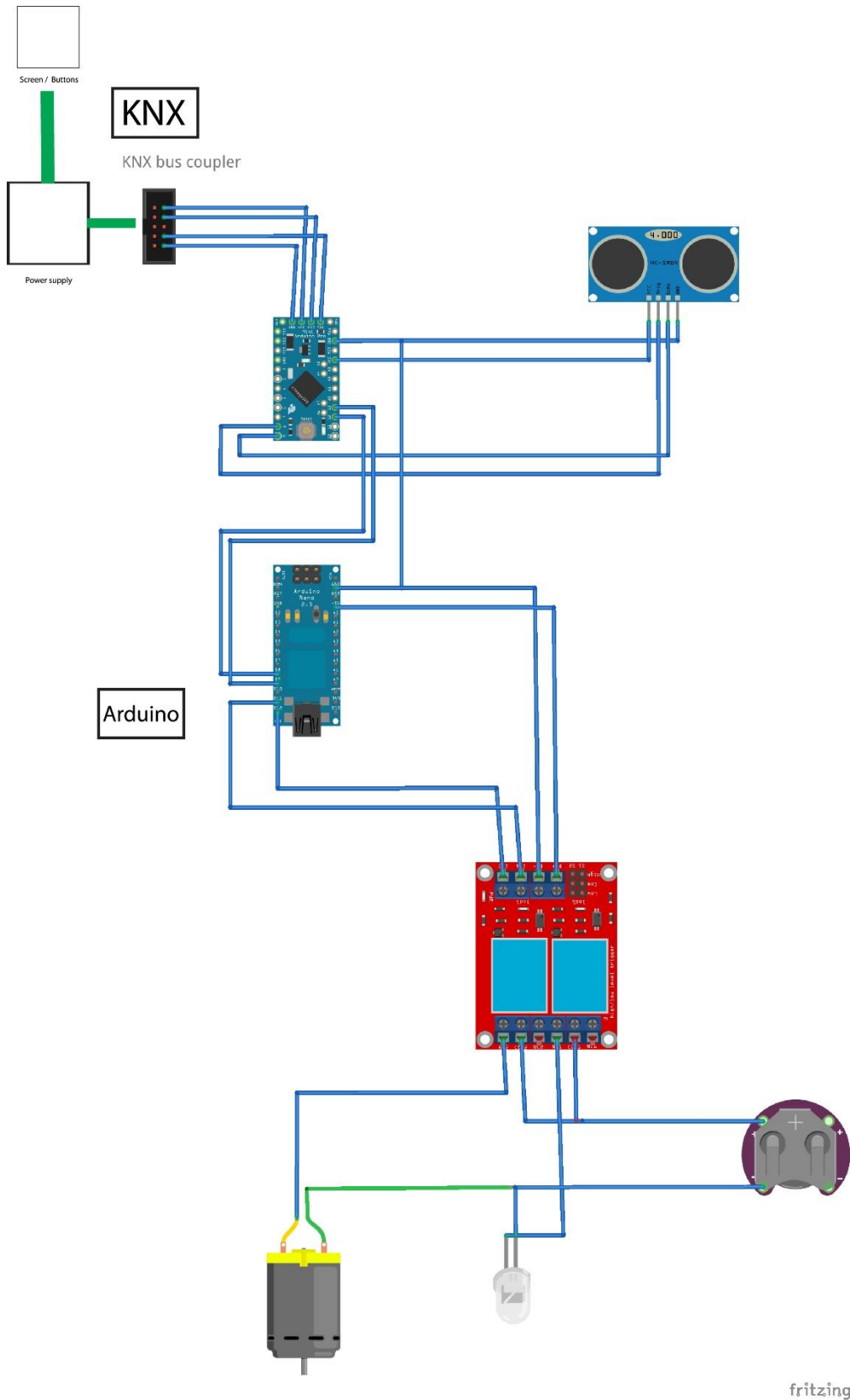


Εικόνα 21 Μηχανολογικό σχέδιο

Ηλεκτρονικό κύκλωμα



Εικόνα 22 Ηλεκτρονικό κύκλωμα



Εικόνα 23 Συνδεσμολογία των εξαρτημάτων σε φυσική μορφή.

Λίστα υλικών

- Arduino Pro mini
- Arduino nano
- Ultrasonic sensor (sonar) HC-SR04
- BUS COUPLING UNIT Siemens 5WG1117-2AB12
- MDT Push Button Smart 55 (BE-TAS5504.01)
- ABB POWER SUPPLY KNX 30 MA NTI/Z 28.30.1
- Relay Module - 2 Channel
- Καλώδια επαφών Jumper
- Καλώδιο KNX πιστοποιημένο
- Ταινία led 12V
- Τροφοδοτικό 12VDC
- Ανεμιστήρας 12V
- Plexiglass / Ξύλο

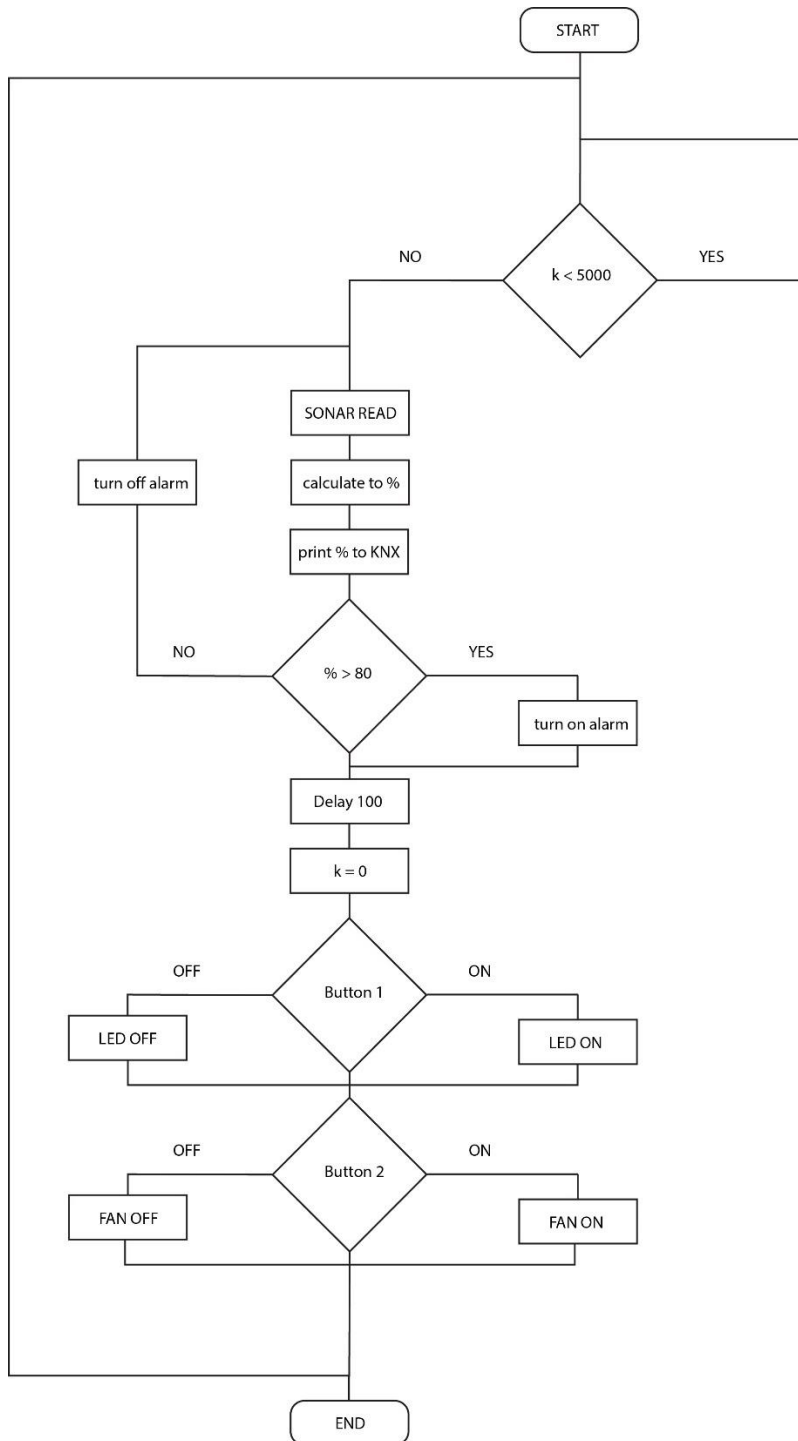
Οικονομικός προϋπολογισμός

• Arduino Pro mini	5€
• Arduino nano	6€
• Ultrasonic sensor (sonar) HC-SR04	2€
• BUS COUPLER UNIT Siemens 5WG1117-2AB12	28€
• MDT Push Button Smart 55 (BE-TAS5504.01)	89€
• ABB POWER SUPPLY KNX 30 MA NTI/Z 28.30.1	90€
• Relay Module - 2 Channel	3€
• Καλώδια επαφών Jumper	2€
• Καλώδιο KNX πιστοποιημένο	1€
• Ταινία led 12V	4€
• Τροφοδοτικό 12VDC	4€
• Ανεμιστήρας 12V	3€
• Plexiglass / Ξύλο	10€

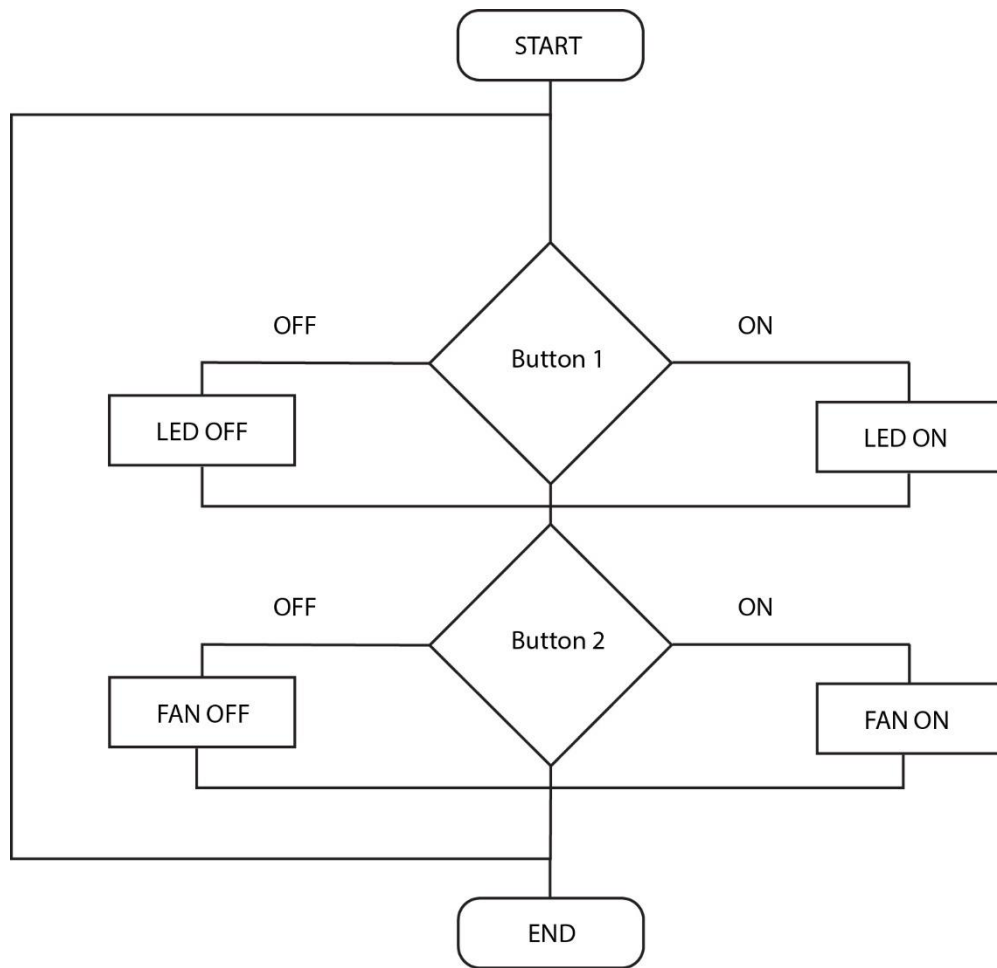
Σύνολο 247€

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (SOFTWARE)

Διάγραμμα Ροής



Εικόνα 24 Διάγραμμα ροής της Arduino Pro Mini



Εικόνα 25 Διάγραμμα ροής της Arduino Nano

Κώδικας Προγράμματος

Κώδικας εγκατεστημένος στην Arduino Pro Mini

Για το σκοπό της εργασίας, πρέπει να δημιουργηθεί και να εγκατασταθεί στην Arduino Pro Mini ένα πρόγραμμα το οποίο να διαβάζει ποσοστό πληρότητας από ένα σένσορα Sonar. Κατόπιν να μας ενημερώνει, όταν υπάρχει πληρότητα ίση ή μεγαλύτερη του 80%, στέλνοντας τηλεγράφημα στο KNX. Ακόμα να λαμβάνει τηλεγράφημα ON/OFF από το KNX για τον φωτισμό του έργου. Τέλος να λαμβάνει τηλεγράφημα ON/OFF από το KNX για την ψύξη του έργου.

Στις απαιτήσεις του κώδικα είναι να λειτουργεί το sonar συνεχόμενα χωρίς το πάτημα κάποιου κουμπιού σαν request. Θα πρέπει να είναι σε ετοιμότητα για ανάγνωση πληρότητας ίση ή μεγαλύτερη του 80% και αποστολή alarm. Ταυτόχρονα πρέπει να μπορεί να διαβάζει συνέχεια για πιθανή αποστολή τηλεγραφήματος από το KNX για τα δύο σενάρια ON/OFF. Για τον σκοπό αυτό, το sonar πρέπει να είναι στον βασικό κορμό του κώδικα (void loop) για την αυτόματη και συνεχή λειτουργία του. Συγχρόνως παρατηρήθηκε ότι είναι απαραίτητο να διαθέτει καθυστέρηση (delay) 100ms για την σωστή λειτουργία του. Αυτό όμως έρχεται σε αντίθεση με τη λειτουργία των εντολών ON/OFF, διότι πρέπει να γίνεται συνεχώς η ανάγνωση τους χωρίς καθυστέρηση (delay). Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα στον κώδικα χρησιμοποιήθηκε μία while στον βασικό κορμό του (void loop), η οποία αναγκάζει την Arduino να διαβάζει για πιθανό τηλεγράφημα ON/OFF από το KNX 20.000 φορές μέσω μίας ξεχωριστής λειτουργίας (function)(void knxEvents). Κατόπιν να επιστέφει στον βασικό κορμό του κώδικα (void loop) και να διαβάζει μία φορά την ένδειξη του sonar και τέλος να επιστρέφει στην αρχή του κώδικα επαναλαμβάνοντας τις λειτουργίες. Έτσι δίνεται προτεραιότητα στην ανάγνωση τηλεγραφημάτων από το KNX έναντι του sonar του οποίου οι μεταβολές δεν είναι απότομες.

Ακόμα, μέσα στον βασικό κορμό του κώδικα (void loop), μετά την ανάγνωση του sonar, υπάρχει η μετατροπή της μέτρησης απόστασης του sonar σε ποσοστό. Αυτό γίνεται με την μαθηματική πράξη:

$$\text{Πληρότητα} = \text{ύψος δεξαμενής} - \text{μέτρηση sonar}$$

$$\text{Ποσοστό} = (\text{πληρότητα} / \text{ύψος δεξαμενής}) * 255$$

Έπειτα σε περίπτωση που το ποσοστό είναι ίσο ή μεγαλύτερο του 80% στέλνει ένδειξη alarm στο KNX

Επειδή η οθόνη αντιλαμβάνεται 0-255% το 100% είναι 255. Επομένως, το 80% αντιστοιχεί στο 204%.

```
// connect Arduino with KNX
// Purpose
// The mC (Arduino) receives and sends data to KNX screen through a KNX
coupler
// Hardware
```

```

// The KNX screen connects to KNX coupler with a KNX cable (Twisted
// pair). Then // the coupler connects to Arduino Mini. Arduino Mini
// connects to Arduino Nano. // Finally, Sonar and Relay are connected to
// Arduino Nano.
// Software
// Uses Arduino standard library calls KnxDevice.h().
// Reference
// v1, P. Kamitsos, Feb. 2024.

// Pin1 led
// Pin2 Fan
// Required environment :
// - Configure one of the push button channel in TOGGLE mode on EIB
// address 0.0.2 in ETS
// - Configure one of the push button channel in TOGGLE mode on EIB
// address 0.0.4 in ETS
// - Arduino Mini Pro with its serial port connected to coupler interface

#include <KnxDevice.h>

int Pin1 = 12; // pin of led
int Pin2 = 13; // pin of fan
int k = 0; // variable for loop
const int trigPin = 8; // pin of sonar
const int echoPin = 9; // pin of sonar
long duration; // delay in sonar
float distance; // measurement of sonar
float tank = 20; // the maximum measured distance of sonar
float fill; // variable of filled tank
float percentage; // measurement of sonar converted into %

// Definition of the Communication Objects attached to the device
KnxComObject KnxDevice::_comObjectsList[] =
{
/* Index 0 : */ KnxComObject(G_ADDR(0,0,2), KNX_DPT_1_001 /* 1.001 B1
DPT_Switch */ , COM_OBJ_LOGIC_IN_INIT /* Logical Input Object with Init
Read */ ) ,
/* Index 1 : */ KnxComObject(G_ADDR(0,0,1), KNX_DPT_1_001 /* 1.001 B1
DPT_Switch */ , COM_OBJ_SENSOR /* Sensor Output */ ) ,
/* Index 2 : */ KnxComObject(G_ADDR(0,0,3), KNX_DPT_5_001 /* 5.001 U8
DPT_Scaling */ , COM_OBJ_SENSOR /* Sensor Output */ ) ,
/* Index 3 : */ KnxComObject(G_ADDR(0,0,4), KNX_DPT_1_001 /* 1.001 B1
DPT_Switch */ , COM_OBJ_LOGIC_IN_INIT /* Logical Input Object with Init
Read */ ) ,

```



```

};

const byte KnxDevice::_comObjectsNb = sizeof(_comObjectsList) /
sizeof(KnxComObject); // do no change this code

// Callback function to handle com objects updates
void knxEvents(byte index) {

    switch (index)
    {
        case 0 :
            if (Knx.read(0)) { digitalWrite(Pin1, HIGH); } // if 0,0,2 is on
then actuator 1 on
            else { digitalWrite(Pin1, LOW); } // if 0,0,2 is off then
actuator 1 off
            break;

        case 3 :
            if (Knx.read(3)) { digitalWrite(Pin2, HIGH); } // if 0,0,4 is on
then actuator 2 on
            else { digitalWrite(Pin2, LOW); } // if 0,0,4 is off then
actuator 2 off
            break;
    }
};

void setup(){
    pinMode(Pin1, OUTPUT);
    pinMode(Pin2, OUTPUT);
    pinMode(trigPin, OUTPUT); // Sets the trigPin as an Output
    pinMode(echoPin, INPUT); // Sets the echoPin as an Input
    Knx.begin(Serial, P_ADDR(1,1,1)); // start a KnxDevice session with
physical address 1.1.1 on Serial UART
}

void loop(){
while (k < 20000) { // when k<20000 then loop
    Knx.task(); // call KNX funtion
    k++; // k = k + 1
}
}

```

```

digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
// Sets the trigPin on HIGH state for 10 micro seconds
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
// Reads the echoPin, returns the sound wave travel time in microseconds
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
// Calculating the distance
distance = duration * 0.034 / 2;
// Prints the distance on the Serial Monitor

//percentage
fill = tank - distance;
percentage = (fill / tank)*255;           // convert distance to percentage

        Knx.write(2,percentage);         // print percentage to KNX
screen

        if (percentage >= 204){           // if percentage > 80% alarm ON
        Knx.write(1,1);
        }
        else {
        Knx.write(1,0);                   // if percentage < 80% alarm OFF
        }

delay(100);
k=0;
}

```

Κώδικας εγκατεστημένος στην Arduino Nano

Στον κώδικα την Arduino Nano, μόλις λάβει 1 από το pin 9 που προέρχεται από την Arduino Pro mini, ενεργοποιεί το pin 11 δίνοντας εντολή στον ρελέ (grobotronics, Relay Module - 2 Channel 5V, 2024) να ανάψει την ταινία led.

Όταν λάβει 0 από το pin 9, που προέρχεται από την Arduino Pro mini. απενεργοποιεί το pin 11 δίνοντας εντολή στον ρελέ να κλείσει την ταινία led.

Μόλις λάβει 1 από το pin 8, που προέρχεται από την Arduino Pro mini, ενεργοποιεί το pin 12 δίνοντας εντολή στον ρελέ να ανάψει τον ανεμιστήρα.

Όταν λάβει 0 από το pin 8, που προέρχεται από την Arduino Pro, mini απενεργοποιεί το pin 12 δίνοντας εντολή στον ρελέ να κλείσει τον ανεμιστήρα.

```
// connect Arduino with KNX
// Purpose
// Connection of Arduino Nano with Sonar and Relay
// Hardware
// The Arduino Nano receives signal from Arduino Mini and turns the Sonar
and the two relay channels on and off
// Software
// Uses Arduino IDE
// Reference
// v1, P. Kamitsos, Feb. 2024.
```

```
void setup() {
  pinMode(8, INPUT_PULLUP); // set push button pin as input
  pinMode(9, INPUT_PULLUP); // set push button pin as input
  pinMode(12, OUTPUT);      // set LED pin as output
  pinMode(11, OUTPUT);      // set LED pin as output

  Serial.begin(9600);       // initialize UART with baud rate of 9600 bps
}
```

```
void loop() {

  if (digitalRead(8) == HIGH) digitalWrite(12, LOW); // if the pin8 is
on led turn on

  else digitalWrite(12, HIGH); // if the pin8 is
off led turn off
```

```
    if (digitalRead(9) == HIGH) digitalWrite(11, LOW); // if the pin9 is
on fan turn on
    else digitalWrite(11, HIGH);

}
```

ΔΙΕΚΠΕΡΑΙΩΣΗ

Μετά από έρευνα για το ποια είναι τα κατάλληλα υλικά με σκοπό την επικοινωνία της Arduino με το KNX αγοράστηκαν τα υλικά από επίσημους προμηθευτές Arduino και KNX αντίστοιχα. Χρησιμοποιήθηκαν καλώδια Jumper για την σύνδεση των συσκευών Arduino και πιστοποιημένα καλώδια KNX Twisted Pair για την σύνδεση των συσκευών KNX.

Με την χρήση του προγράμματος της KNX ETS6 (KNX, 2024) δημιουργήθηκαν οι διευθύνσεις ομάδων (Group Addresses):

- 0/0/1 (Alarm) για την λήψη του σήματος Alarm μετά από ένδειξη του αισθητήρα πληρότητας $\geq 80\%$,
- 0/0/2 (Button 1) για την αποστολή της εντολής ON/OFF για την λειτουργία της ταινίας led
- 0/0/3 (Sonar) για την λήψη δεδομένων της ποσοστιαίας πληρότητας από το Sonar.
- 0/0/4 (Button 2) για την αποστολή της εντολής ON/OFF για την λειτουργία του ανεμιστήρα

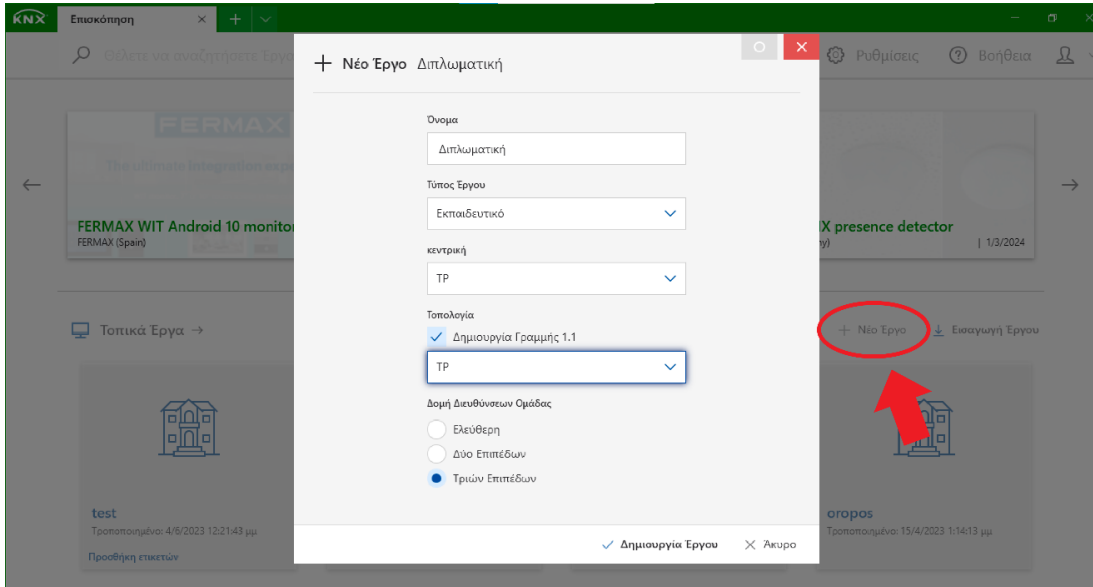
Για την επίβλεψη χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Diagnostic Tool, το οποίο είναι στο πρόγραμμα του KNX ETS6 μέσω του οποίου είναι δυνατή η προβολή των τηλεγραφημάτων από και προς την Arduino.

Αναφορικά με την οθόνη KNX με ατομική διεύθυνση 1.1.2 χρησιμοποιήθηκαν τα αντικείμενα επικοινωνίας:

- 0 Button 1 σε λειτουργία *Toggle* (δηλαδή με την χρήση ενός μόνο κουμπιού στέλνουμε διαδοχικά ON / OFF) και συνδεδεμένο με την διεύθυνση ομάδας 0/0/2 με μήκος 1 bit.
- 10 Button 2 σε λειτουργία *Toggle* συνδεδεμένο με την διεύθυνση ομάδας 0/0/4 με μήκος 1 bit.
- 23 Button 3/4 σε λειτουργία *Blinds* συνδεδεμένο με την διεύθυνση ομάδας 0/0/3 με μήκος 1 byte.
- 58 Led 3 σε λειτουργία *Switch* συνδεδεμένο με την διεύθυνση ομάδας 0/0/1 με μήκος 1 bit.

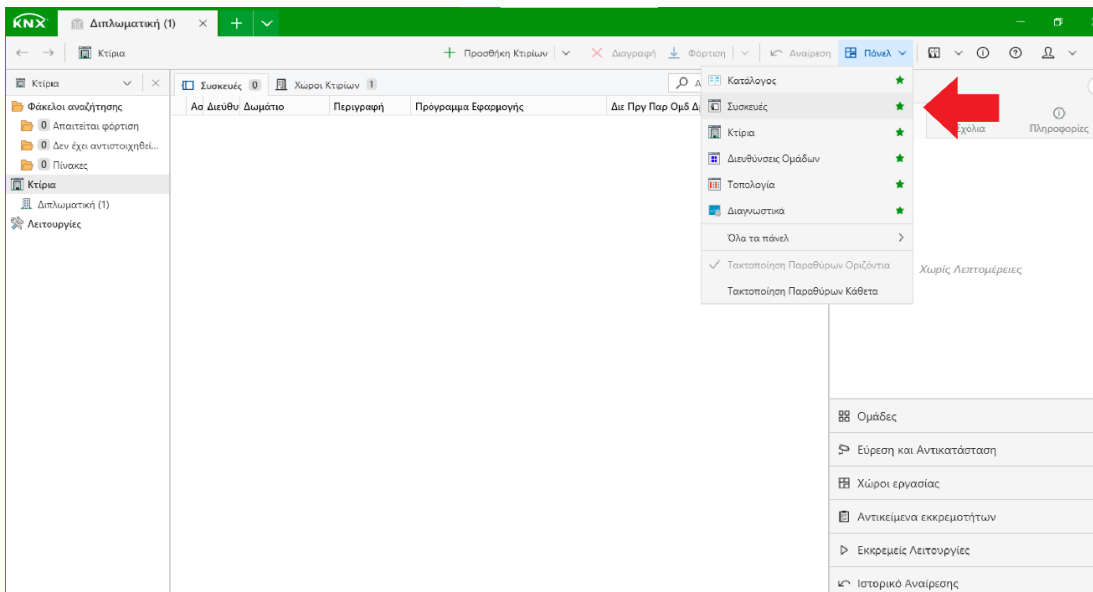
Χρήση Προγράμματος ETS

Βήμα 1: Για να ξεκινήσουμε ένα νέο έργο ανοίγουμε το πρόγραμμα του ETS6 (KNX, 2024) και πατάμε το κουμπί «Νέο Έργο». Στην συνέχεια μας εμφανίζεται ένα παράθυρο (βλέπε Εικόνα 26) όπου συμπληρώνουμε τα στοιχεία Όνομα Έργου, Τύπος Έργου, Είδος επικοινωνίας κεντρικής γραμμής και τοπολογία.



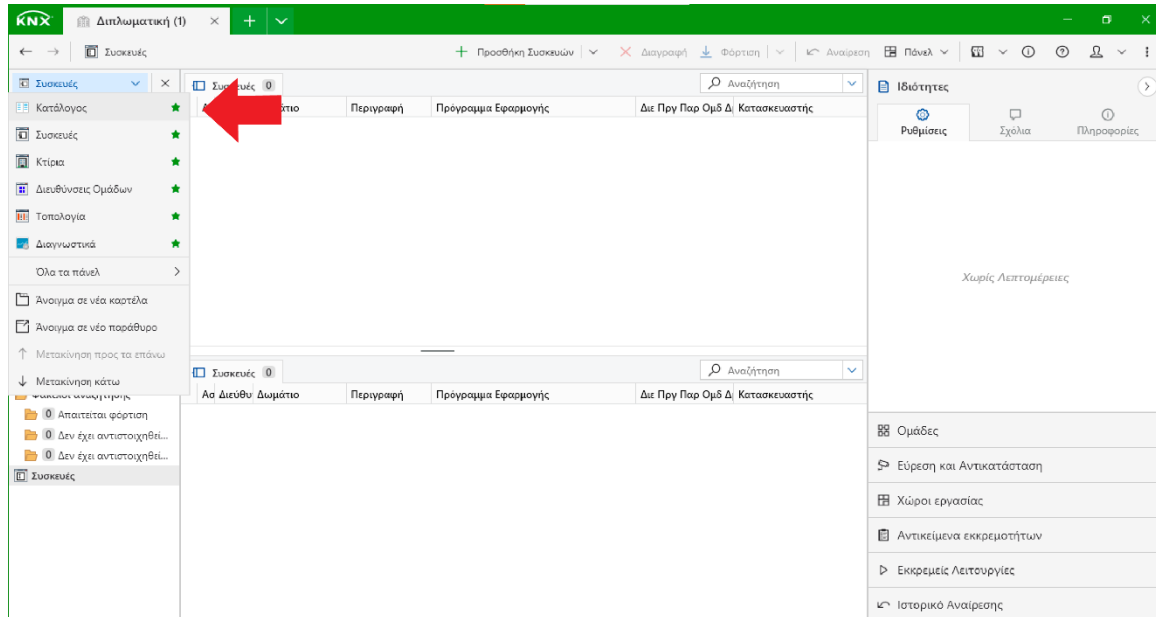
Εικόνα 26 Νέο Έργο

Βήμα 2: Για να μπορέσει να υλοποιηθεί η παραμετροποίηση χρειάζεται να βλέπουμε δύο παράθυρα λειτουργίας ταυτόχρονα. Για αυτό το λόγο επιλέγουμε από το υπομενού στο κουμπί «Πάνελ» το κουμπί «Συσκευές».



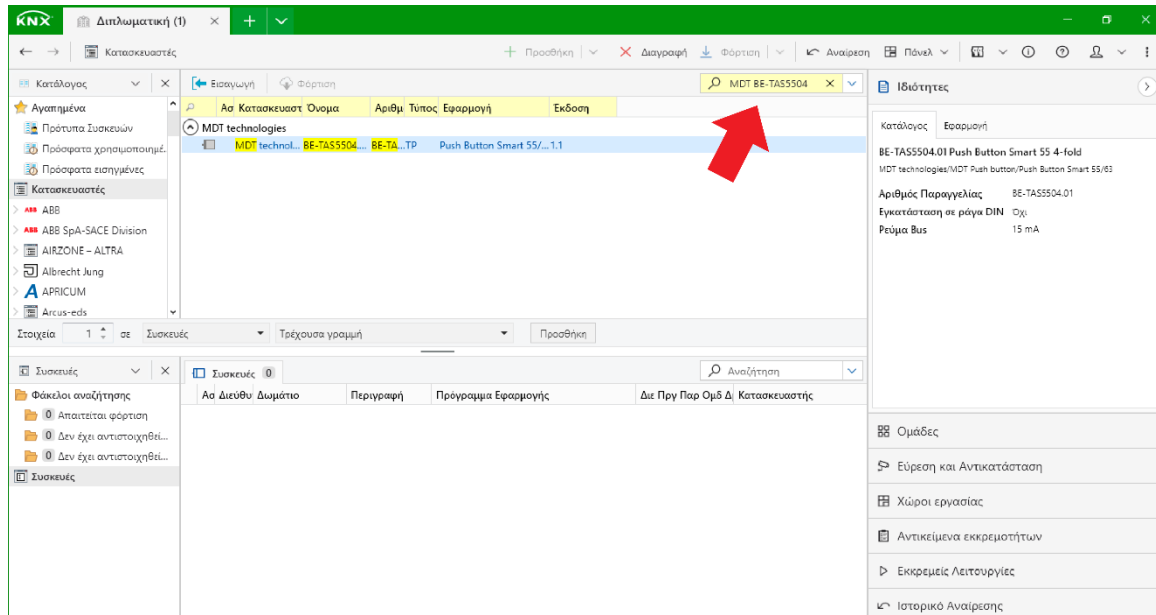
Εικόνα 27 Διάταξη.

Βήμα 3: Στο πάνω παράθυρο προβολής επιλέγουμε το κουμπί «Κατάλογος».



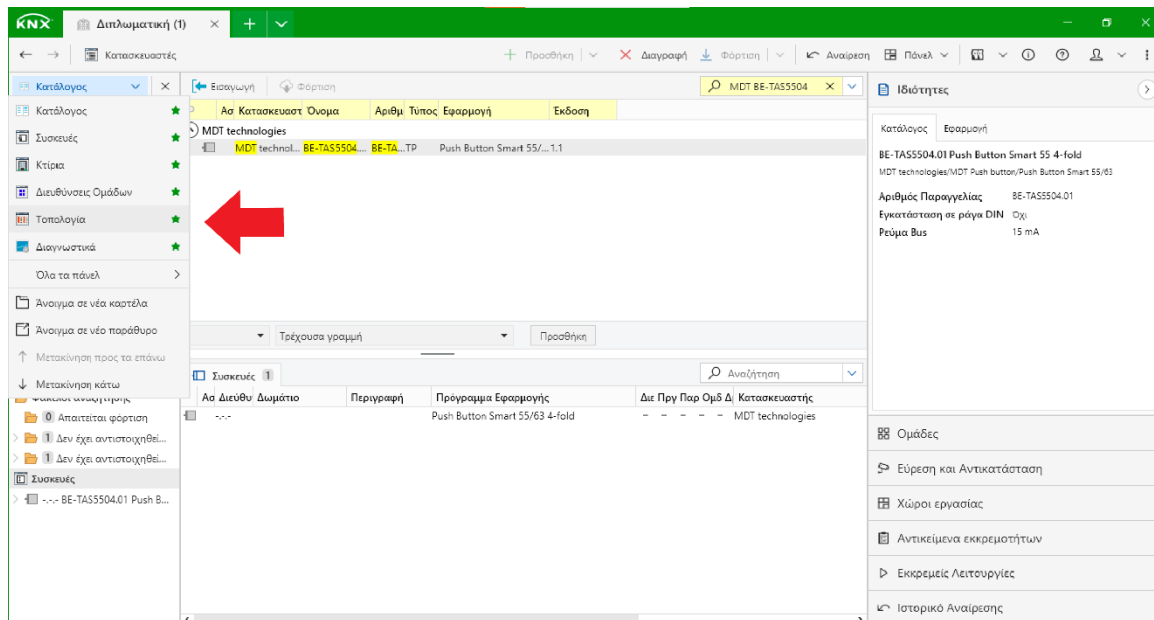
Εικόνα 28 Άνοιγμα καταλόγου

Βήμα 4: Από την μπάρα αναζήτησης αναζητούμε τις συσκευές που συμπεριλαμβάνονται στο έργο με την ονομασία τους. Μετά την εύρεση κάθε συσκευής σέρνουμε (drag and drop) την συσκευή στο κάτω παράθυρο που είναι η λίστα Συσκευών.



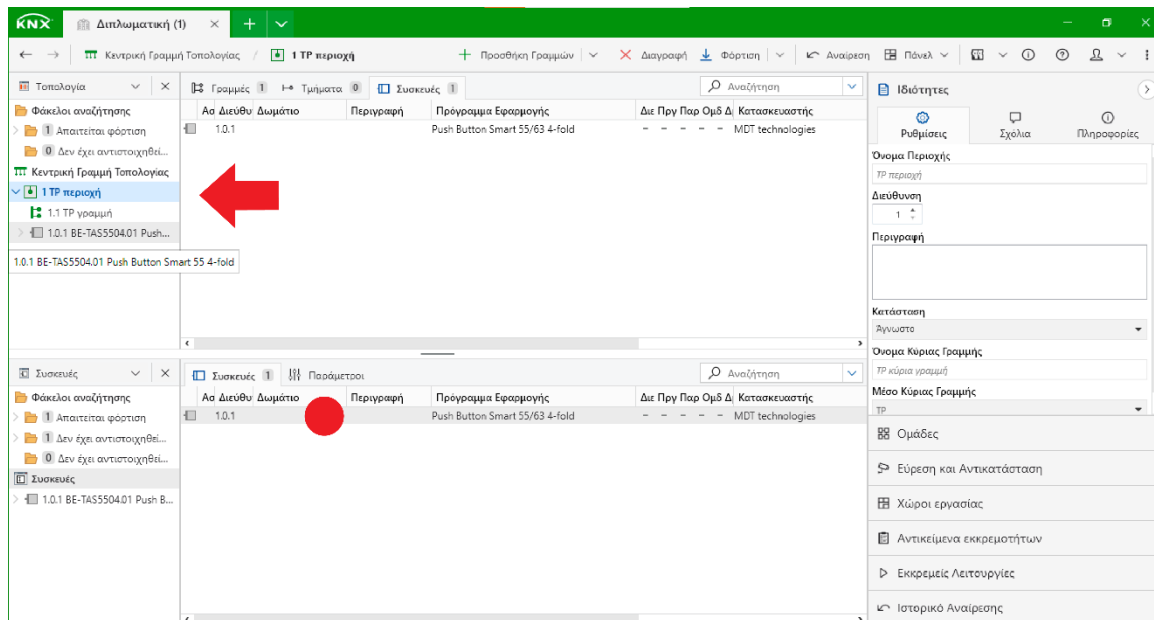
Εικόνα 29 Αναζήτηση Συσκευών

Βήμα 5: Από το υπομενού του πάνω παραθύρου επιλέγουμε «Τοπολογία».



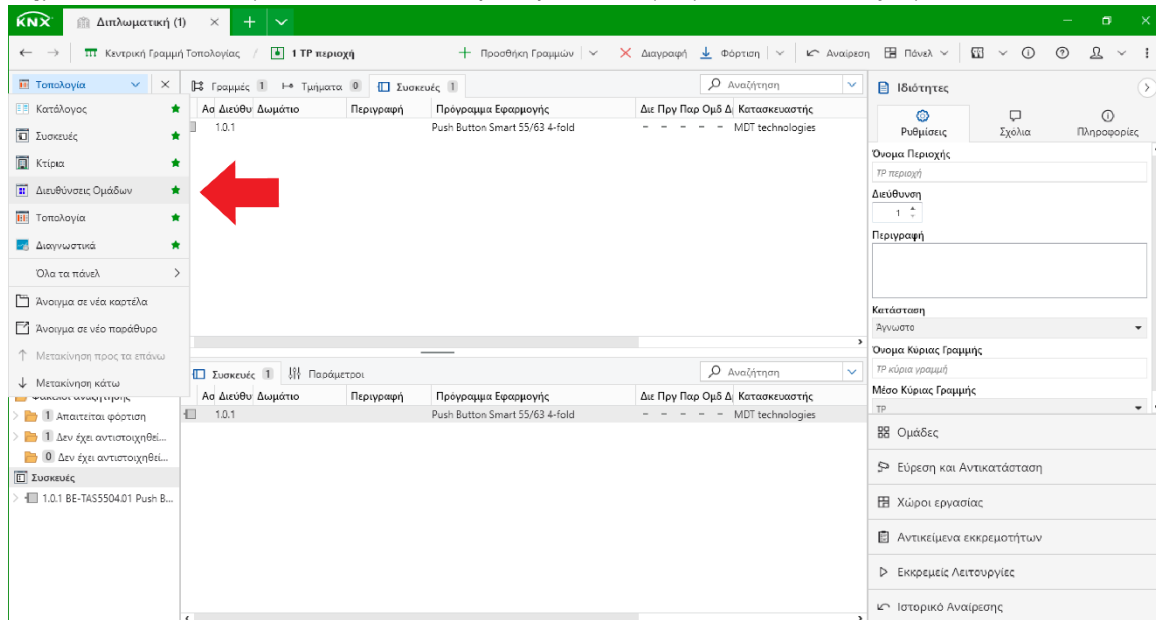
Εικόνα 30 Τοπολογία

Βήμα 6: Σύμφωνα με τον τρόπο επικοινωνίας της κάθε συσκευής στο έργο, προσθέτουμε αντίστοιχα την συσκευή στην τοπολογία του ETS. Για την υλοποίηση αυτού, κάνουμε drag and drop τη συσκευή μας από το κάτω παράθυρο «Συσκευές» στο πάνω παράθυρο «Τοπολογία» στην επιλογή TP περιοχή. Με αυτό το τρόπο η συσκευή μας παίρνει ατομική διεύθυνση (Individual Address) στο έργο.



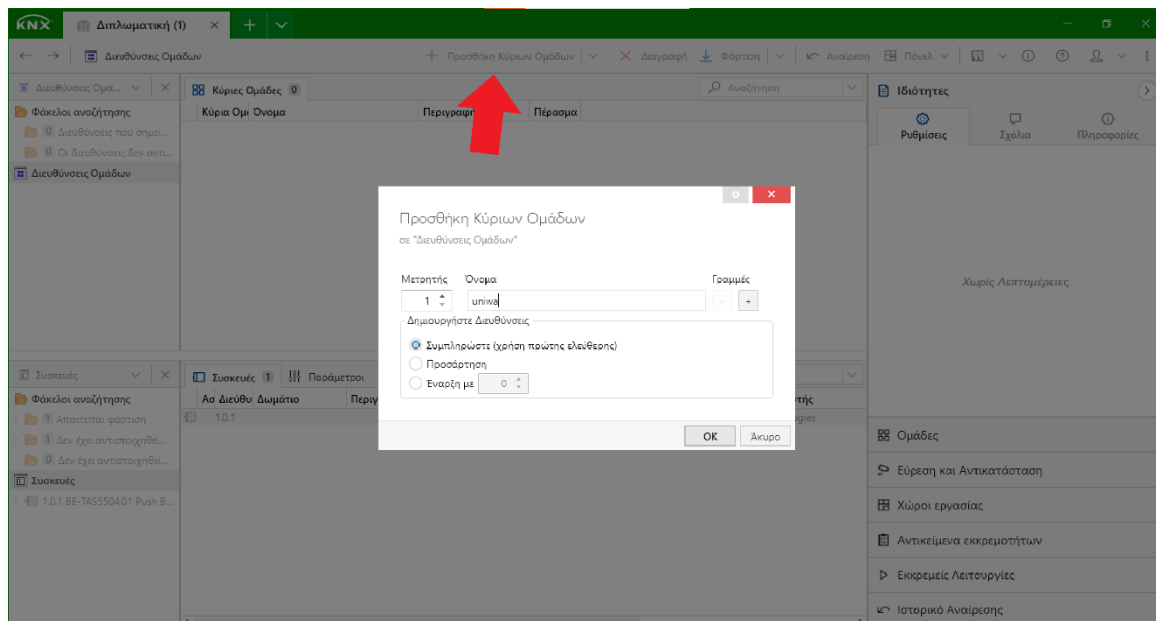
Εικόνα 31 Προσθήκη Συσκευής στην τοπολογία

Βήμα 7: Από το υπομενού του πάνω παραθύρου επιλέγουμε «Διευθύνσεις Ομάδων».



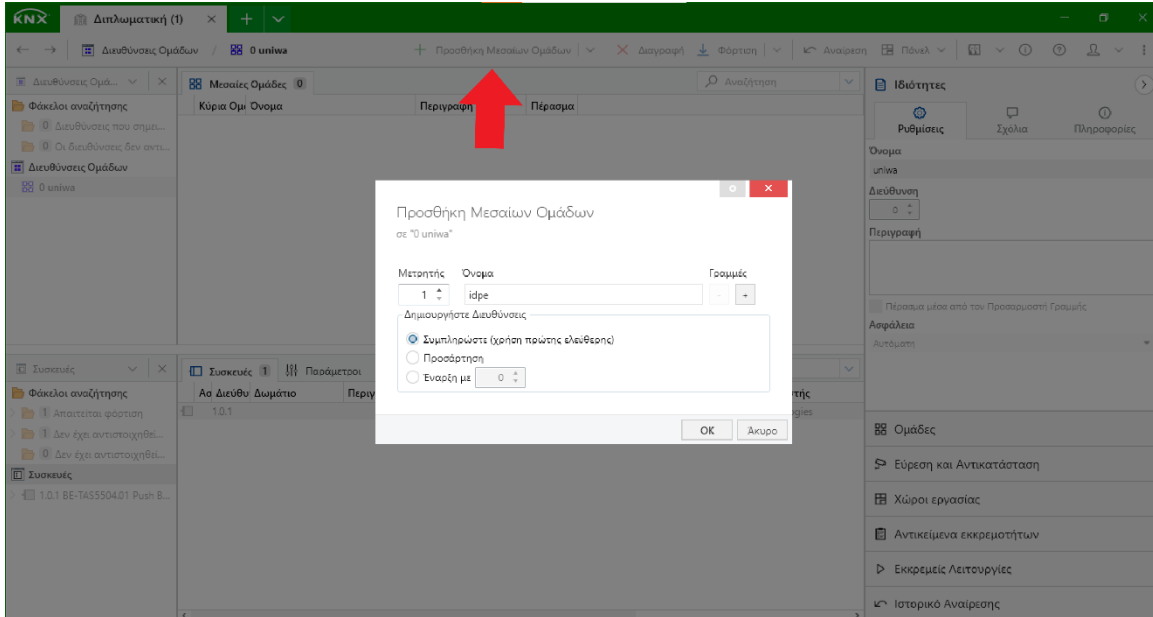
Εικόνα 32 Διευθύνσεις Ομάδων

Βήμα 8: Από το πάνω μέρος του παραθύρου «Διευθύνσεις Ομάδων» επιλέγουμε το κουμπί «Προσθήκη Κύριων Ομάδων». Ονοματοδοτούμε και πατάμε OK.



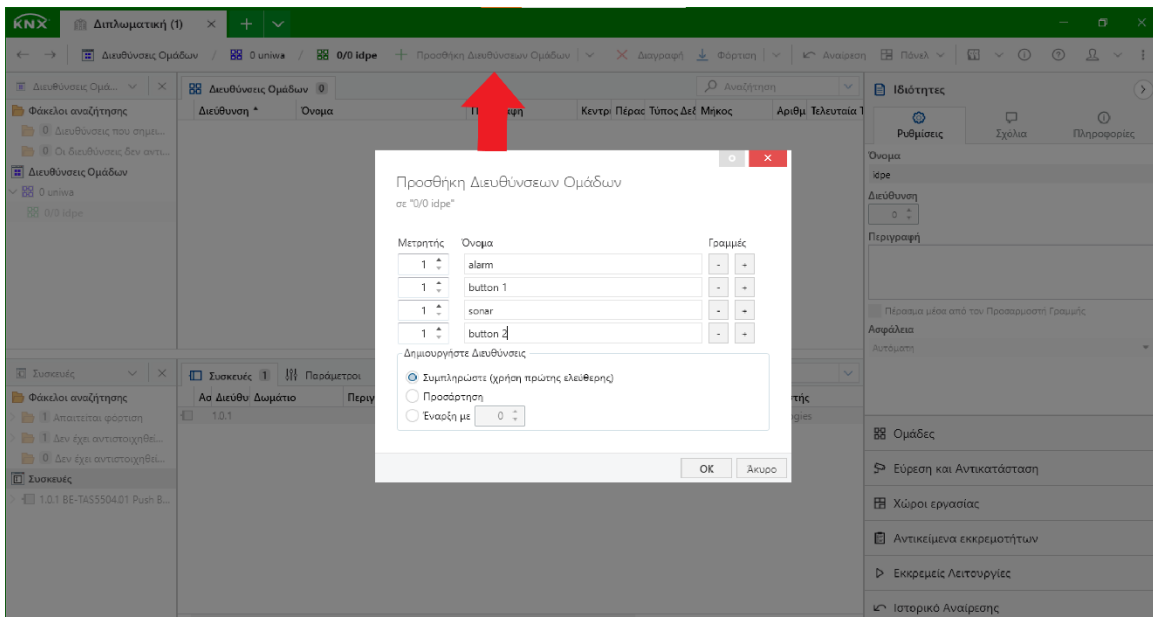
Εικόνα 33 Προσθήκη Κύριων Ομάδων

Βήμα 9: Έχοντας επιλέξει από τις Διευθύνσεις Ομάδων την κύρια Ομάδα επιλέγουμε το κουμπι «Προσθήκη Μεσαίων Ομάδων». Ονοματοδοτούμε και πατάμε OK.



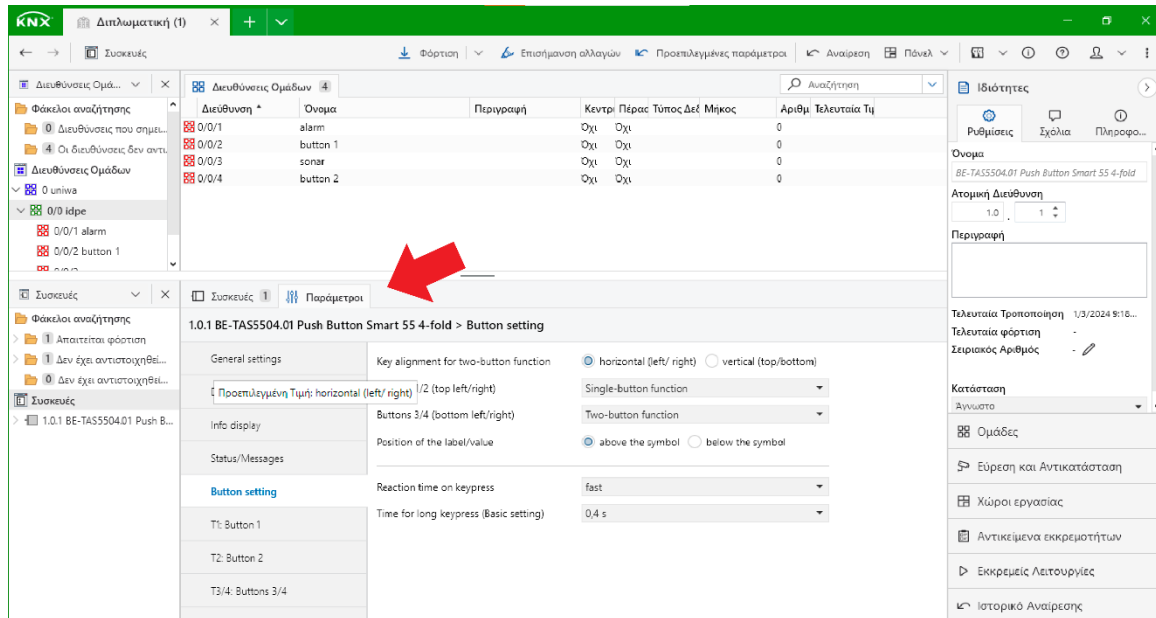
Εικόνα 34 Προσθήκη Μεσαίων Ομάδων

Βήμα 10: Έχοντας επιλέξει από τις Διευθύνσεις Ομάδων την Μεσαία Ομάδα, επιλέγουμε το κουμπι «Προσθήκη Διευθύνσεων Ομάδων». Ονοματοδοτούμε σύμφωνα με τις λειτουργίες που επιθυμούμε να έχει το έργο και πατάμε OK. Με αυτό το τρόπο έχουμε δώσει διευθύνσεις ομάδων (Group Address) στο έργο.



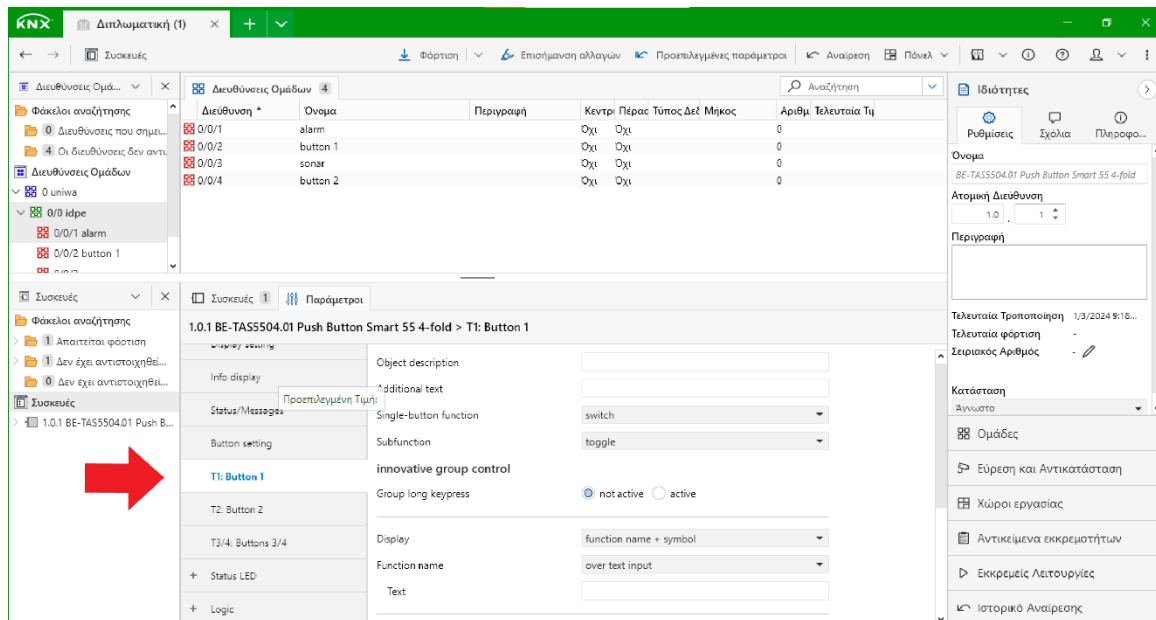
Εικόνα 35 Προσθήκη Διευθύνσεων Ομάδων

Βήμα 11: Στο κάτω παράθυρο «Συσκευές» επιλέγουμε το κουμπί «Παράμετροι». Κατόπιν, έχοντας επιλέξει «Button setting», στο «Button 1 / 2» επιλέγουμε «Single-button function» και στο Button 3 / 4 επιλέγουμε «Two-button function».



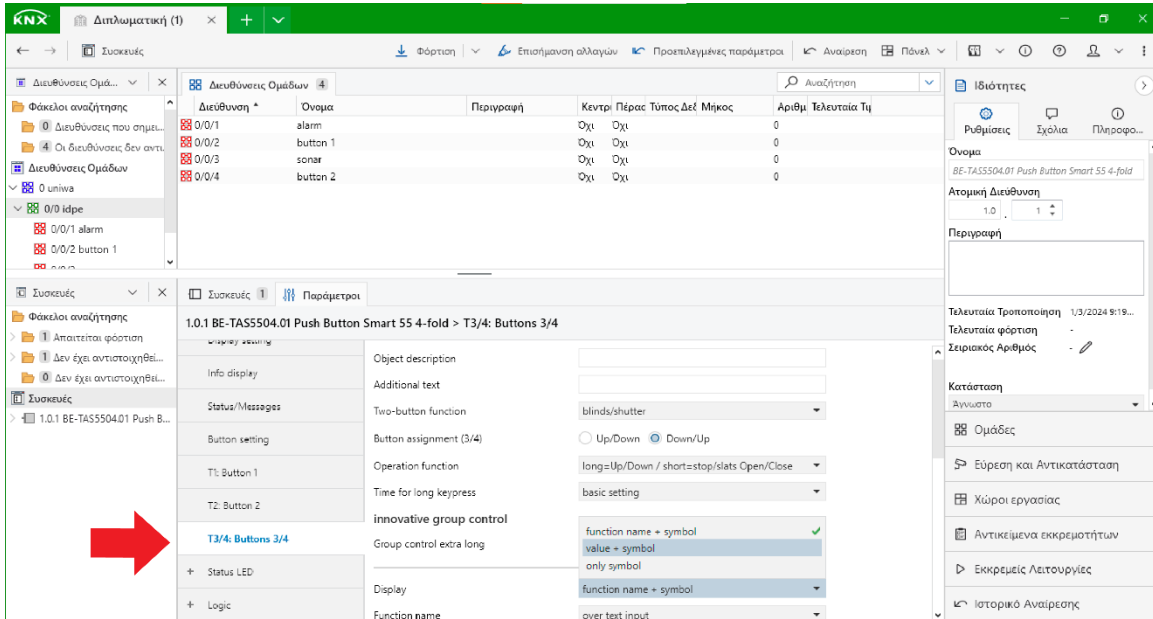
Εικόνα 36 Παράμετροι

Βήμα 12: Έχοντας επιλέξει την λειτουργία «Button 1» ορίζουμε στο «Single button function» την επιλογή «Switch» και στο «Subfunction» την επιλογή «toggle». Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία και για το «Button 2».



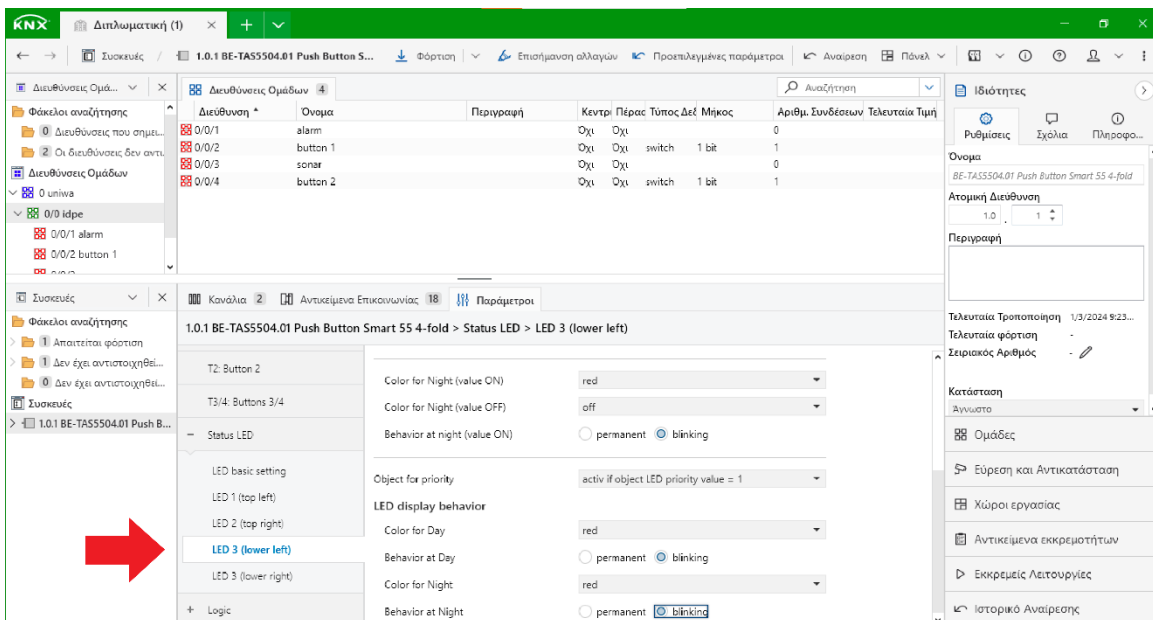
Εικόνα 37 Παραμετροποίηση Button

Βήμα 13: Έχοντας επιλέξει το «Button 3 / 4» στο οποίο θέλουμε να λαμβάνουμε την ένδειξη ποσοστού πληρότητας από το Sonar, επιλέγουμε στο «Two-button function» το «blinks/shutter». Στην επιλογή «Group control extra long» επιλέγουμε «value + symbol».



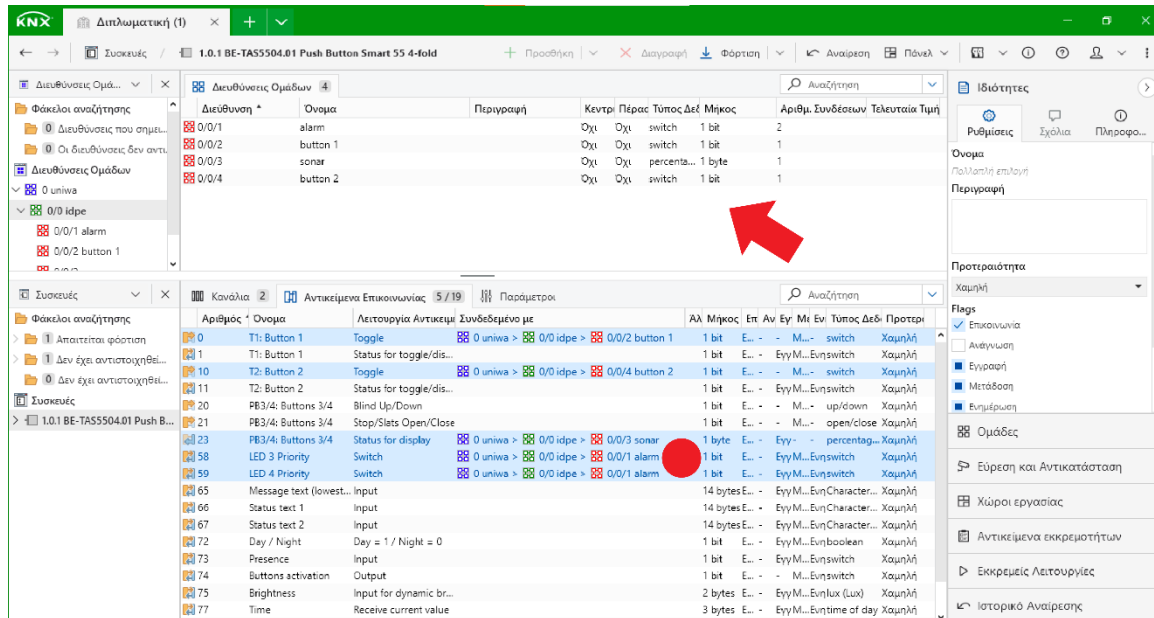
Εικόνα 38 Παραμετροποίηση Sonar

Βήμα 14: Έχοντας επιλέξει το «led 3» στις επιλογές χρώματος βάζουμε «red» και στις επιλογές συμπεριφοράς βάζουμε «blinking». Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία για το «Led 4».



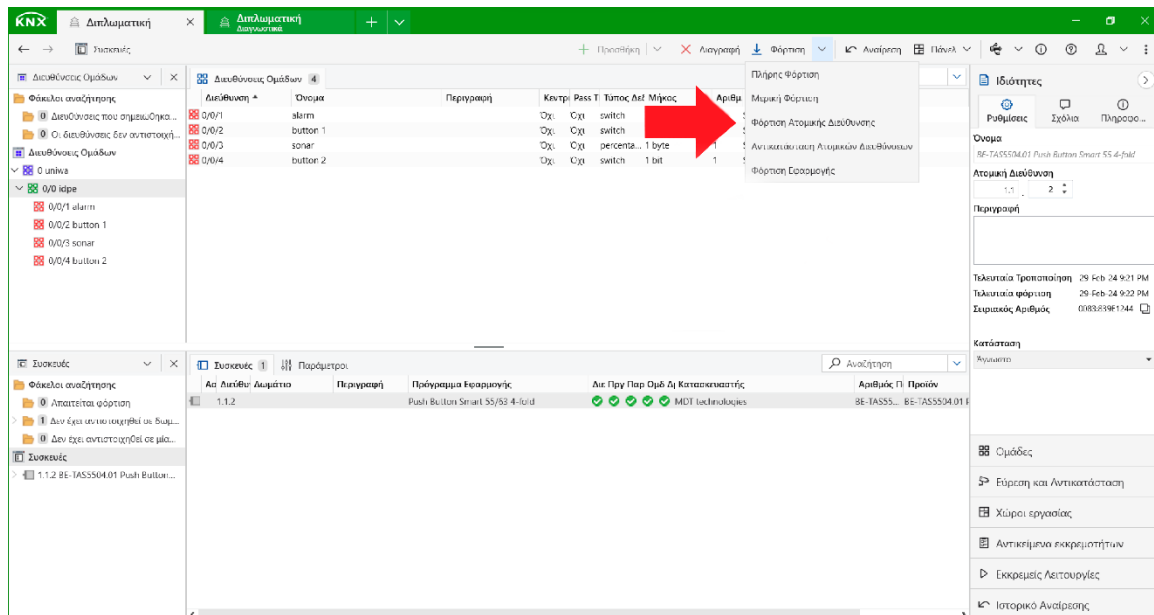
Εικόνα 39 Παραμετροποίηση Alarm

Βήμα 15: Έχοντας επιλέξει στο κάτω παράθυρο «Συσκευές» την επιλογή «Αντικείμενα Επικοινωνίας» σέρνουμε (drag and drop) τα αντικείμενα επικοινωνίας (Group Object) στις αντίστοιχες Διευθύνσεις Ομάδων (Group Address) που επιθυμούμε.



Εικόνα 40 Αντικείμενο Επικοινωνίας

Βήμα 16: Μέσα από το υπομενού «Φόρτωση» επιλέγουμε την επιλογή «Φόρτωση ατομικής διεύθυνσης». Τότε θα μας ζητηθεί να πιάσουμε το κουμπί προγραμματισμού, το οποίο βρίσκεται πάνω σε όλες τις συσκευές KNX συνήθως στο πίσω μέρος (βλέπε Εικόνα 41 / αριθμό 3).



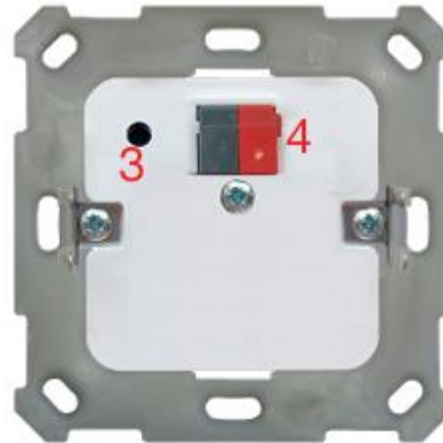
Εικόνα 41 Φόρτωση Ατομικής Διεύθυνσης

BE-TAS55T4.01 Front



- 1 - Schaltflächen
- Buttons
- 2 - RGBW Status LEDs
- RGBW status LEDs

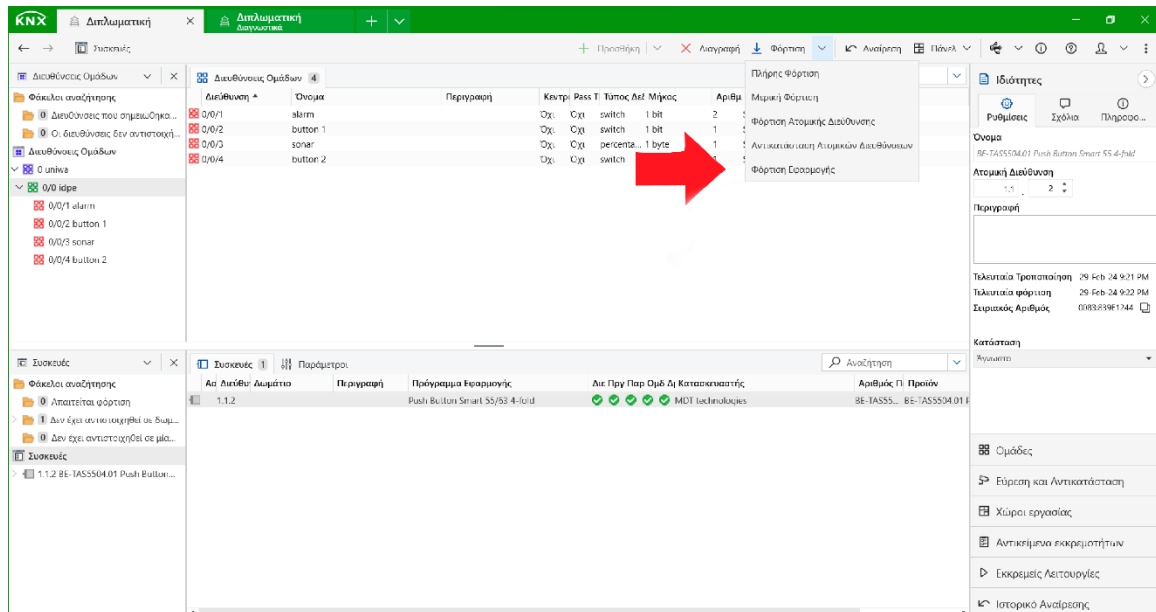
BE-TAS55xxxx.01 Back



- 3 - Programmirtaster
- Programming button
- 4 - KNX Busanschlussklemme
- KNX bus connection terminal

Εικόνα 42 Οθόνη MDT Push Button Smart 55 (MDT, 2024)

Βήμα 17: Τέλος μέσα από το υπομενού «Φόρτωση» επιλέγουμε την επιλογή «Φόρτωση εφαρμογής» με την οποία θα εγκατασταθεί η εφαρμογή μέσα στην συσκευή.



Εικόνα 43 Φόρτωση Εφαρμογής

Μετά από αυτή τη διαδικασία η συσκευή μας είναι έτοιμη να λειτουργήσει. Σε περίπτωση που θελήσουμε να κάνουμε κάποια αλλαγή στην παραμετροποίησή μας, αφού την υλοποιήσουμε στο ETS, κάνουμε ξανά «Φόρτωση Εφαρμογής» και όχι «Φόρτωση Ατομική Διεύθυνσης», διότι αυτό γίνεται μόνο την πρώτη φορά.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μετά από την απαιτούμενη μελέτη για τα υλικά και τον τρόπο σύνδεσης της πλατφόρμας Arduino και του KNX, το αποτέλεσμα είναι ότι η ένωση των δύο είναι εφικτή και μπορεί να υλοποιηθεί για ερασιτεχνικούς, αλλά και επαγγελματικούς σκοπούς. Για την μελέτη αυτή τέθηκαν τέσσερα σενάρια περιπτώσεων (Case Studies):

1. Ένα αισθητήρας Ultrasonic (Arduino, Getting Started with the HC-SR04 Ultrasonic sensor, 2024), ο οποίος έχει την δυνατότητα να διαβάζει στερεά και υγρά σε βεντάλια 30 μοιρών, μπορεί να μεταβιβάσει τα δεδομένα απόστασης σε μία πλακέτα Arduino. Η Arduino με την σειρά της μπορεί να τα μετατρέψει σε ποσοστιαία πληρότητα. Κατόπιν, μέσω ενός KNX Coupler (ProPous Hellas, 2024) να μεταφερθούν στο πρωτόκολλο KNX και πιο συγκεκριμένα να παρουσιαστούν τα δεδομένα σε μία οθόνη KNX. (MDT, 2024)
2. Μέσω της χρήσης των buttons της οθόνης KNX γίνεται η αποστολή τηλεγραφημάτων (ON / OFF) μέσω του KNX Coupler (ProPous Hellas, 2024) στην πλατφόρμα Arduino. Αυτή με την σειρά της ενεργοποιεί το αντίστοιχο κανάλι του ρελέ (grobotronics, Relay Module - 2 Channel 5V, 2024). Με αυτό το τρόπο ενεργοποιείται η ταινία led ή ο ανεμιστήρας.
3. Μετά την μέτρηση από τον αισθητήρας Ultrasonic και τον υπολογισμό του ποσοστού πληρότητας από την Arduino πραγματοποιείται έλεγχος. Σε περίπτωση που η πληρότητα είναι ίση ή μεγαλύτερη από το 80% στέλνεται τηλεγράφημα στην οθόνη, η οποία με τη σειρά της αναβοσβήνει δύο κόκκινα led προς ένδειξη alarm.
4. Η χρήση του Sonar (Arduino, Getting Started with the HC-SR04 Ultrasonic sensor, 2024) και του ρελέ (grobotronics, Relay Module - 2 Channel 5V, 2024) της Arduino κάνουν εφικτή την πραγματοποίηση των σεναρίων (Case studies) με χαμηλότερο κόστος έναντι των αντίστοιχων του KNX.

Για την διεκπεραίωση την κατασκευής της διπλωματικής ακολουθήθηκαν τα κάτωθι βήματα:

- Μελέτη
- Αγορά υλικών
- Ηλεκτρονική σύνδεση
- Προγραμματισμός της πλακέτας Arduino Pro Mini
- Προγραμματισμός της πλακέτας Arduino Nano
- Παραμετροποίηση με το πρόγραμμα ETS
- Δημιουργία της κατασκευής
- Έλεγχος ορθής λειτουργίας της μακέτας

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ολοκλήρωση της μελέτης καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Η σημασία των αποτελεσμάτων καθιστά πολύ ενδιαφέρουσα την δυνατότητα της χρήσης εξοπλισμού Arduino στις εφαρμογές κτηριακών αυτοματισμών μέσω του πρωτοκόλλου KNX.
- Το γεγονός ότι αυτή η ζεύξη είναι εφικτή, μειώνει αισθητά τον προϋπολογισμό ενός έργου σε εφαρμογές KNX.
- Άλλο πλεονέκτημα είναι ότι κάποιες από τις δυνατότητες που μας παρέχουν οι αισθητήρες της Arduino δεν υπάρχουν σε αντίστοιχα πιστοποιημένα υλικά KNX.
- Πιθανό μειονέκτημα της χρήσης των υλικών Arduino σε κτηριακό αυτοματισμό είναι το γεγονός ότι δεν έχουν πιστοποιηθεί για μεγάλης κλίμακας έργα και ενδεχομένως η χρήση τους να επιφέρει λανθασμένα αποτελέσματα.
- Στην μελέτη έγινε χρήση αισθητήρα Sonar (Arduino, Getting Started with the HC-SR04 Ultrasonic sensor, 2024) και διπλού ρελέ (grobotronics, Relay Module - 2 Channel 5V, 2024) που ανάβει ταινία led και ανεμιστήρα καθώς και χρήση οθόνης με πλήκτρα. Σε επόμενη μελέτη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για ανάλογη ζεύξη μια μεγάλη ποικιλία υλικών Arduino και KNX. Θα μπορούσαμε λόγω χάριν να ενεργοποιούμε ρολά σκίασης, τέντες κ.λ.π. Θα μπορούσαμε ακόμα με την χρήση κατάλληλου εξοπλισμού KNX να στέλνουμε και να λαμβάνουμε δεδομένα σε κινητό ή tablet με χρήση KNX server. Οι δυνατότητες στον κτηριακό αυτοματισμό είναι συνεχώς αναπτυσσόμενες και απεριόριστες.

Κατά την υλοποίηση των βημάτων διεκπεραίωσης της μακέτας της εργασίας, παρατηρήθηκαν κάποια προβλήματα, τα οποία επιλύθηκαν για την σωστή λειτουργία του έργου. Ενδεικτικά αναφέρονται τα κάτωθι προβλήματα:

1. Ένα από τα προβλήματα ήταν το ελλιπές ρεύμα το οποίο είχε η Arduino Pro Mini κατά την διάρκεια της χρήσης του Sonar και του ρελέ (grobotronics, Relay Module - 2 Channel 5V, 2024) ταυτόχρονα. Η επίλυση πραγματοποιήθηκε με την χρήση μίας δεύτερης Arduino, της Arduino Nano. Συνδέθηκε το Sonar στην Mini και το ρελέ στην Nano και έτσι μοιράστηκε το φορτίο.
2. Άλλο ένα πρόβλημα ήταν στον προγραμματισμό της Arduino Pro Mini. Πώς θα μπορούσε να διαβάζει ο σένσορας Sonar, αλλά και να επικοινωνεί με το KNX συνεχόμενα και αυτόματα χωρίς την χρήση αιτήματος (request). Η επίλυση του προβλήματος ήρθε με την χρήση ενός loop μέσα στο οποίο διαβάζει τα δεδομένα από το KNX 20.000 φορές και μετά το πέρας των loop διαβάζει μία φορά το Sonar. Τέλος, επαναλαμβάνονται τα προηγούμενα βήματα συνεχόμενα.

3. Το χτίσιμο της μακέτας ήταν άλλο ένα πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί. Συγκεκριμένα, έπρεπε να βρεθεί ο κατάλληλος τρόπος να τοποθετηθούν όλα τα υλικά μέσα σε μία μακέτα. Έπρεπε να είναι εργονομική και συγχρόνως να ξεχωρίζει ευδιάκριτα η επικοινωνία της Arduino με το KNX. Η βασική ιδέα ήταν η τοποθέτηση των υλικών KNX στην μία πλευρά της μακέτας και των υλικών Arduino στην άλλη. Κατόπιν, κατασκευάστηκε ένα κουτί από ξύλο και πλεξιγκλάς με την χρήση CNC laser cutter CO₂ 60W.

Κλείνοντας, η ενοποίηση του πρωτοκόλλου KNX και της πλατφόρμας Arduino είναι δυνατή και μας ανοίγει ένα νέο κόσμο στον χώρο του κτηριακού αυτοματισμού. Υλικά και από τις δύο τεχνολογίες μπορούν να επικοινωνούν αρμονικά μεταξύ τους διευρύνοντας τα σύνορα σε λειτουργίες αλλά και προσφέροντας μια πιο οικονομική επιλογή στα έργα κτηριακού αυτοματισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arduino. (2024). *Getting Started with the HC-SR04 Ultrasonic sensor*. Ανάκτηση από projecthub.arduino.cc: <https://projecthub.arduino.cc/Isaac100/getting-started-with-the-hc-sr04-ultrasonic-sensor-7cabe1>
- Arduino. (2024). *Software, Arduino*. Ανάκτηση από arduino.cc: <https://www.arduino.cc/en/software>
- Elsner, S. B. (2024). *KNX SO250*. Ανάκτηση από elsner-elektronik.de: <https://www.elsner-elektronik.de/en/knx-so250.html>
- grobotronics. (2023). *arduino-pro-mini*. Ανάκτηση από grobotronics.com: <https://grobotronics.com/arduino-pro-mini-328-5v-16mhz.html>
- grobotronics. (2024). *Nano Compatible*. Ανάκτηση από grobotronics.com: <https://grobotronics.com/nano-compatible-ft232.html>
- grobotronics. (2024). *Relay Module - 2 Channel 5V*. Ανάκτηση από grobotronics.com: <https://grobotronics.com/relay-module-2-channel.html?sl=en>
- KNX. (2024). *KNX/ETS6*. Ανάκτηση από ets6.org: <https://www.ets6.org/>
- KNX-association. (2021). *KNX basic course 3.0*. Quantum.
- Marini, F. (2014). *Library API, KNX Device Library for Arduino*. Ανάκτηση από liwan.fr: http://liwan.fr/KnxWithArduino/?page_id=75
- MDT, t. G. (2024). *KNX MDTperts - KNX Smart Home - Product Detail*. Ανάκτηση από mdt.de: <https://www.mdt.de/en/products/product-detail/sensors/assortment-55/push-button-plus-55-series-02.html>
- ProPous Hellas, L. (2024). *siemens 5wg1117-2ab12*. Ανάκτηση από ifs-store.com: <https://ifs-store.com/siemens-5wg1117-2ab12/>
- theben. (2023). *theben.de*. Ανάκτηση από <https://www.theben.de/en/luxorliving-s16-4800429>
- Arduino. (2024). *arduino.cc*. Ανάκτηση από <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- ABB. (2024). *ABB NTI/Z 28.30.1*. Ανάκτηση από new.abb.com: <https://new.abb.com/products/el/2CDG110096R0011/nti-z-28-30-1>
- Δημητρίου, Ι. (2012). *dimitriou_thesis*. Ανάκτηση από arch.ict.e.uowm.gr: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://arch.ict.e.uowm.gr/mdasyg/pdfs/dimitriou_thesis.pdf