



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Προηγμένα Συστήματα Παραγωγής, Αυτοματισμού και Ρομποτικής»



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΞΥΠΝΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΠΑΛΙΑΣ ΣΤΕΦ
ΣΤΟ ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

Υπεύθυνος Καθηγητής: Τσικαλάκης Αντώνιος

Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Ακрасάκης Σταύρος

Ηράκλειο, 2016

Ευχαριστίες

Θεωρώ πρωταρχικό καθήκον να εκφράσω ένα θερμό ευχαριστώ προς τα πρόσωπα που με καθοδήγησαν προκειμένου να διεκπεραιώσω την εργασία αυτή και με ενίσχυσαν σε όλα τα στάδια εκπόνησής της, ώστε να αποτελέσει, αναμφίβολα, εφελκυστικό αποκόμισης μεγάλου όγκου ειδικών γνώσεων και εμπειριών. Κύριος υποστηρικτής της προσπάθειάς μου υπήρξε ο εισηγητής και καθηγητής Α. Τσικαλάκης, του οποίου η άρτια επιστημονική κατάρτιση αποδείχθηκε πολύτιμη βοήθεια σε κάθε βήμα και γι' αυτό τον ευχαριστώ ειλικρινά.

Επίσης, οφείλω να αναγνωρίσω τη σημαντικότερη ενίσχυση που μου παρείχε ο καθηγητής του ΤΕΙ Κρήτης, κος Φ. Αποστολόπουλος, ο οποίος με βοήθησε να ξεπεράσω όποιες πρακτικές δυσκολίες ανέκυψαν.

Επιπρόσθετα, να ευχαριστήσω από καρδιάς και τους προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς συναδέλφους μου στα εργαστήρια ΣΑΕ και Μικροϋπολογιστές, οι οποίοι έθεσαν γενναιόδωρα στη διάθεσή μου τόσο τον εξοπλισμό, όσο και τις γνώσεις τους και, με την αμέριστη συμπαράστασή τους, αναβάθμισαν την ποιότητα του αποτελέσματος.

Τέλος, εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, που με στήριξε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της μεταπτυχιακής εργασίας μέσω της κατανόησης που μου έδειξαν και των θυσιών που έκαναν.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας φωτισμού σε κτήριο του Τριτογενούς Τομέα και ειδικότερα Δημόσιας Εκπαίδευσης. Η κατανάλωση φωτισμού αποτελεί τουλάχιστον το 15 % της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης αυτού του είδους κτηρίων. Αρχικά, περιγράφονται οι κύριες τεχνολογίες φωτισμού εσωτερικού χώρου (λάμπες πυρακτώσεως, αλογόνου, λαμπτήρες φθορισμού, LED), τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, οι συνήθεις εφαρμογές τους και παρουσιάζονται σε συγκριτικούς πίνακες ώστε να βοηθηθεί ο αναγνώστης στην επιλογή της καταλληλότερης λύσης.

Υπάρχει μια άμεση σχέση μεταξύ του επιλεγμένου λαμπτήρα και του φωτιστικού που προορίζεται. Η δομή του συστήματος φωτισμού, μπορεί να μειώσει σημαντικά την αξία του λαμπτήρα. Έτσι, παρατίθενται κάποιες ιδέες ως προς τα ποια φωτιστικά είναι καταλληλότερα για την χρήση που προορίζονται. Αναφέρονται επίσης, τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών μπάλαστ, των ανακλαστήρων και άλλων υλικών που βελτιώνουν την απόδοση της πηγής.

Καθώς υπάρχει μεγάλη ποικιλία λαμπτήρων, έχουν αναπτυχθεί και οι αντίστοιχοι αυτοματισμοί. Υπάρχουν αυτοματισμοί που μπορούν να ενεργήσουν είτε τοπικά ή ενσωματωμένοι σε ένα σύστημα διαχείρισης κτηρίου. Επίσης, μπορούν να ελέγχουν τα φωτιστικά είτε ενσύρματα, είτε ασύρματα. Μερικοί αυτοματισμοί, χρησιμοποιούν ως κύρια μονάδα ελέγχου, μικροελεγκτή. Υπάρχουν συσκευές που μπορούν ν' ανιχνεύσουν κίνηση σ' ένα χώρο ή να ρυθμίσουν την ένταση του τεχνητού φωτισμού βάσει του φυσικού φωτισμού, στα επιθυμητά επίπεδα.

Στη συνέχεια περιγράφεται η τρέχουσα κατάσταση των φωτιστικών του κτηρίου της Παλιάς Σ.Τ.ΕΦ. στο οποίο θα εφαρμοστεί η επιλεγμένη μεθοδολογία έξυπνου φωτισμού. Ειδικότερα, προσδιορίζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού και η αντίστοιχη παρασιτική ισχύς.

Μεγάλη σημασία στην εξοικονόμηση ενέργειας είναι η σωστή επιλογή του έξυπνου συστήματος ελέγχου φωτισμού που θα εφαρμοστεί. Έτσι πραγματοποιήθηκε έρευνα για τα είδη των αυτοματισμών, κλασικών αλλά και πιο σύγχρονων που υπάρχουν, και προσδιορίζονται αναλυτικά τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά καθώς και οι ιδιαιτερότητες τους. Επίσης, γίνεται τεχνοοικονομική σύγκριση μεταξύ των συγκεκριμένων αυτοματισμών, με σκοπό την επιλογή του αυτοματισμού που θα χρησιμοποιηθεί, με βασικά κριτήρια το κόστος εγκατάστασης, την αξιοπιστία λειτουργίας και ευκολία τροποποίησης/αναβάθμισης.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται εφαρμογή συστήματος έξυπνου φωτισμού στο κτίριο της Παλιάς ΣΤΕΦ. Η εφαρμογή περιλαμβάνει τόσο πειραματική αξιολόγηση στο εργαστήριο όσο και πραγματική υλοποίηση σε υφιστάμενο διάδρομο (μεγάλη και διαρκής φωτεινότητα, συχνή επισκεψιμότητα). Παρουσιάζονται οι πειραματικές μετρήσεις, το είδος ελέγχου, ο αλγόριθμος υλοποίησης με τη βοήθεια αισθητήρων και του μικροελεγκτή Arduino, η συνδεσμολογία καθώς και τα προβλήματα και ο τρόπος αντιμετώπισής τους. Επίσης Καταγράφεται η κατανάλωση ενέργειας με το παλιό σύστημα ελέγχου και συγκρίνεται με το νέο, παρουσιάζοντας πολύ σημαντικά ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας που υπερβαίνουν το 80%.

Επιπρόσθετα, πραγματοποιείται μελέτη Έξυπνου Φωτισμού, στο σύνολο του κτηρίου της παλιάς ΣΤΕΦ όπως αυτό θα προκύψει μετά από την ανακατασκευή του. Παρουσιάζονται ο απαιτούμενος εξοπλισμός, το κόστος εγκατάστασης και οι μελλοντικές αναβαθμίσεις- επεκτάσεις του συστήματος που υλοποιήθηκε ώστε να καλύψει και τυχόν ανάγκες που θα προκύψουν, αλλά και συνύπαρξη με συστήματα ελέγχου του κτιρίου (εξαερισμού, ψύξης/θέρμανσης, κλπ).

Τέλος, αποδείχθηκε ότι με την εφαρμογή του αυτοματισμού που υλοποιήθηκε, μπορεί να επιτευχθεί υψηλότερη, μέχρι και διπλάσια εξοικονόμηση ενέργειας με το ίδιο περίπου κόστος εγκατάστασης, συγκριτικά με την αναβάθμιση του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού με τη χρήση λαμπτήρων χαμηλότερης κατανάλωσης. Άρα, όταν κάποιος επιθυμεί εξοικονόμηση ενέργειας από το φωτισμό στο χώρο του, θα πρέπει να εξετάσει αν πρέπει να αναβαθμίσει το σύστημα ελέγχου φωτισμού και έπειτα τα φωτιστικά σώματα ή τους λαμπτήρες.

Λέξεις Κλειδιά

Φωτισμός, Έλεγχος φωτισμού, Φυσικός Φωτισμός, Έξυπνα Κτήρια, Μικροελεγκτές, Αισθητήρια ελέγχου, Arduino, Λαμπτήρες Φθορισμού, Ηλεκτρονικά ballast, Εξοικονόμηση Ενέργειας, Κτίρια τριτογενούς τομέα.

Abstract

Abstract

Lighting consumption represents at least 15% of the total energy consumption of Public Education buildings. In this thesis smart techniques for energy management in lighting are presented. In order to do so, the main indoor lighting technologies (incandescent lamps, halogen, fluorescent lamps, LED), their own characteristics, their common applications are presented in comparative tables that help the reader choose the most appropriate solution.

There is a very close relationship between the selected bulb and the artificial lighting source. The structure of the lighting device may decrease significantly the value of the bulb. Thus, some ideas on which lighting devices are more suitable for each use have been provided. Advances in ballasts, reflectors and other materials improving the efficiency of the lighting source have been also described.

A variety of automation systems has been developed. There are automations which can either act individually or can be embedded in a Building Management System. They also can control the artificial lighting sources either wired or wirelessly. Some automation systems use microcontrollers as the main controller. There are sensors, which can detect movement in a room or to dim the light to improve visual comfort taking into account natural lighting.

The current status of lighting appliances in the old building of the School of Engineering (S.E) of TEI Crete was presented in order to apply the selected smart lighting methodology. Particularly, the total installed lighting power and corresponding parasitic power are determined.

The right choice of the smart lighting control system that will be implemented is very important for energy saving. Thus, a concise survey on the operating characteristics and peculiarities of the lighting automation applications is presented. Additionally, a techno-economic comparison of specific automation was made out, in order to select the automation to be used, with main criteria the installation cost, reliability, ease of operation and modification / upgrade.

Then an application of the Smart Lighting in the S.E old building is designed. In particular, the Smart Lighting includes both experimental assessment in the laboratory and actual installation along an existing corridor (with increased natural lighting). The control approach utilizing sensors and the Arduino microcontroller is presented along with experimental measurements. A description of the hardware problems and their solution is also provided. The energy consumption of the corridor is reduced by more than 80% due to this Arduino-Based controller.

Based on these favorable results a preliminary Smart Lighting study for the anticipated renovation of the building hosting the corridor is implemented. The required equipment is presented, and future upgrades-extensions of the system were suggested.

The implemented smart lighting application is shown to achieve much higher, up to double energy savings, compared with the upgrading of the existing lighting system with LED lighting with similar installation cost. So when energy savings in lighting are anticipated smart lighting control system should be considered as an option before lighting sources replacement.

Keywords

Lighting, Lighting Control, Day-lighting, Intelligent building, Microcontrollers, Sensor control, Arduino, Fluorescent Lamps, Electronic ballast, Energy saving, Buildings tertiary sector.

1. Περιεχόμενα

1. Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	- 3 -
Περίληψη	- 4 -
Λέξεις Κλειδιά.....	- 4 -
Abstract	- 5 -
Keywords.....	- 5 -
1. Περιεχόμενα	- 6 -
1.1 Περιεχόμενα Εικόνων.....	- 10 -
1.2 Περιεχόμενα Πινάκων	- 14 -
2. Εισαγωγή.....	- 17 -
2.1 Δομή και σκοπός της Εργασίας.....	- 18 -
2.1.1 Σκοπός.....	- 18 -
2.1.2 Δομή.....	- 19 -
3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων	- 21 -
3.1 Λαμπτήρες πυράκτωσης	- 21 -
3.1.1 Κοινοί λαμπτήρες πυράκτωσης.....	- 21 -
3.1.2 Κατασκευαστικά μέρη λαμπτήρα πυράκτωσης	- 21 -
3.1.3 Είδη λαμπτήρων πυράκτωσης.....	- 23 -
3.1.4 Λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου	- 24 -
3.1.5 Είδη λαμπτήρων πυράκτωσης αλογόνου	- 25 -
3.2 Λαμπτήρες εκκένωσης	- 27 -
3.2.1 Λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσης (φθορισμού)	- 28 -
3.2.2 Ηλεκτρομαγνητικές και Ηλεκτρονικές στραγγαλιστικές διατάξεις (<i>Ballast</i>).....	- 29 -
3.2.3 Είδη Λαμπτήρων Φθορισμού	- 31 -
3.2.4 Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης.....	- 35 -
3.2.5 Είδη λαμπτήρων ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης	- 36 -
3.2.6 Λαμπτήρες μικτού φωτισμού.....	- 38 -
3.2.7 Λαμπτήρες ξένου υψηλής πίεσης	- 39 -
3.2.8 Λαμπτήρες ατμών νατρίου.....	- 39 -
3.3 Λαμπτήρες φωτισμού τύπου LED	- 41 -
3.3.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των LED	- 42 -
3.3.2 Εφαρμογές λαμπτήρων LED	- 43 -
3.4 Σύνοψη χαρακτηριστικών λαμπτήρων.....	- 44 -
4. Φωτιστικά Σώματα.....	- 45 -
4.1 Φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων	- 45 -
4.1.1 Φωτιστική απόδοση του φωτιστικού σώματος	- 45 -
4.2 Κατηγορίες φωτιστικών σωμάτων.....	- 46 -
4.2.1 Κατάταξη ανάλογα με το ποσοστό της φωτεινής ροής.....	- 46 -
4.2.2 Κατάταξη ανάλογα με το βαθμό προστασίας	- 47 -
4.2.3 Κατάταξη σύμφωνα με τον τύπο προστασίας από ηλεκτροπληξία	- 48 -
4.3 Τύποι φωτιστικών σωμάτων εσωτερικών χώρων	- 49 -
4.3.1 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες πυράκτωσης.....	- 49 -
4.3.2 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες φθορισμού	- 50 -
4.3.3 Φωτιστικά ασφαλείας.....	- 51 -
4.3.4 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες ατμών υδραργύρου ή νατρίου	- 53 -
4.3.5 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες LED	- 53 -
4.3.6 Φωτιστικά σώματα με οπτικές ίνες.....	- 53 -
4.3.7 Υβριδικά φωτιστικά σώματα.....	- 54 -
4.4 Ανταυγαστήρες	- 55 -
5. Έλεγχος φωτισμού	- 57 -

1. Περιεχόμενα

5.1	Πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών μεθόδων μέτρησης.....	57 -
5.2	Συστήματα ελέγχου έναυσης (on/off) φωτισμού.....	58 -
5.2.1	Χειροκίνητος τοπικός και απομακρυσμένος έλεγχος.....	58 -
5.2.2	Έλεγχος παρουσίας στο χώρο	60 -
5.2.3	Οπτικοί αισθητήρες	63 -
5.2.4	Αισθητήρες κίνησης.....	64 -
5.2.5	Έλεγχος με χρονοπρογραμματισμό	66 -
5.3	Συστήματα ελέγχου της φωτεινής ροής (dimming).....	69 -
5.3.1	Ρύθμιση φωτεινότητας λαμπτήρων LED.....	73 -
5.4	Έλεγχος σύμφωνα με τον εξωτερικό φυσικό φωτισμό.....	79 -
5.4.1	Αισθητήρες φωτισμού	81 -
5.5	Συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BMS ή BEMS) και φωτισμός	82 -
5.5.1	BMS - Τι είναι και γιατί τα χρησιμοποιούμε	82 -
5.5.2	Γενική Αρχιτεκτονική συστημάτων BMS.....	84 -
5.5.3	Κεντρικό σύστημα παρακολούθησης	87 -
5.5.4	Τοπολογίες επικοινωνιών	88 -
5.5.5	Πρωτόκολλα επικοινωνιών	89 -
5.5.6	Τα BMS και ο φωτισμός	89 -
5.5.7	Παρακολούθηση εγκατάστασης.....	91 -
5.6	Έλεγχος φωτισμού με το Πρωτόκολλο DALI	93 -
5.6.1	Εισαγωγή.....	93 -
5.6.2	Κύρια χαρακτηριστικά	94 -
5.6.3	Επικοινωνία	97 -
5.6.4	Εφαρμογές DALI.....	98 -
5.6.5	Παράδειγμα εφαρμογής DALI	100 -
5.6.6	Πλεονεκτήματα.....	103 -
5.7	Έλεγχος φωτισμού με το Πρωτόκολλο X10	103 -
5.7.1	Εισαγωγή.....	103 -
5.7.2	Αρχιτεκτονική του X10	104 -
5.7.3	Το πρωτόκολλο	105 -
5.7.4	Μετάδοση ψηφιακής πληροφορίας.....	106 -
5.7.5	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα	107 -
5.8	Έλεγχος φωτισμού με το Πρωτόκολλο INSTEON	107 -
5.8.1	Εισαγωγή.....	107 -
5.8.2	Πώς δουλεύει το INSTEON	108 -
5.8.3	Δημοφιλείς χρήσεις του INSTEON	108 -
5.8.4	Εφαρμογές INSTEON.....	108 -
5.8.5	Χαρακτηριστικά INSTEON	109 -
5.8.6	Εγκατάσταση συσκευών INSTEON.....	109 -
5.8.7	Αξιοπιστία.....	110 -
5.8.8	Οικονομία.....	112 -
5.8.9	Ταχύτητα	112 -
5.8.10	Συμβατότητα	112 -
5.9	Έλεγχος φωτισμού με το Πρωτόκολλο ZigBee.....	112 -
5.9.1	Εισαγωγή.....	112 -
5.9.2	Κύρια χαρακτηριστικά	113 -
5.9.3	Τοπολογίες επικοινωνιών	117 -
5.9.4	Εφαρμογές.....	120 -
5.10	Έλεγχος φωτισμού με το Πρωτόκολλο Z-Wave.....	121 -
5.10.1	Περιπτώσεις χρήσης	122 -
5.10.2	Σύγκριση Z-Wave με X10.....	122 -
5.10.3	Στήσιμο ενός δικτύου συσκευών	123 -
5.10.4	Τοπολογία δικτύου	124 -

1. Περιεχόμενα

5.10.5	Έλεγχος συσκευών δικτύου	- 125 -
5.10.6	Συμμαχία Z-Wave	- 127 -
5.10.7	Προδιαγραφές ραδιοκεραιών.....	- 127 -
5.11	Έλεγχος φωτισμού με Arduino	- 128 -
5.11.1	Πλεονεκτήματα του Arduino.....	- 128 -
5.11.2	Το Υλικό (Hardware) του Arduino.....	- 129 -
5.11.3	Ακροδέκτες του μικροελεγκτή Arduino	- 131 -
5.11.4	Γλώσσα προγραμματισμού	- 131 -
5.11.5	Shields	- 134 -
5.11.6	Αισθητήρες.....	- 134 -
5.11.7	Δυνατότητα ελέγχου του συστήματος από smartphone η tablet.....	- 140 -
6.	Γενική περιγραφή του κτηρίου παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ.	- 142 -
6.1	Περιγραφή κτηρίου	- 142 -
6.2	Περιγραφή των κύριων διαπιστώσεων για το φωτισμό του κτιρίου	- 142 -
6.3	Περιγραφή υφιστάμενου φωτισμού του κτιρίου	- 145 -
6.3.1	Ισόγειο.....	- 145 -
6.3.2	Όροφος.....	- 148 -
6.4	Συνολική υφιστάμενη εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού κτιρίου	- 151 -
7.	Πειραματική διερεύνηση επιλογής λαμπτήρων	- 152 -
7.1	Μαγνητικό μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8	- 152 -
7.2	Ηλεκτρονικό μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8.....	- 153 -
7.3	Μαγνητικό μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T5	- 154 -
7.4	Ηλεκτρονικό μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T5.....	- 154 -
7.5	Ηλεκτρονικό ρυθμιζόμενο μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T5.....	- 154 -
7.6	Ηλεκτρονικό ρυθμιζόμενο μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8 και T5	- 156 -
7.7	Επιβάρυνση κατανάλωσης φωτιστικού σώματος με καμένο λαμπτήρα.....	- 157 -
7.7.1	Μαγνητικό μπάλαστ	- 157 -
7.7.2	Απλό ηλεκτρονικό μπάλαστ	- 158 -
8.	Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού	- 159 -
8.1	Ενεργειακή κατανάλωση διαδρόμου Ε.Π.Π.	- 159 -
8.2	Αναβάθμιση λαμπτήρων φθορίου.....	- 161 -
8.3	Τεχνοοικονομική επιλογή μεθόδου ελέγχου φωτισμού διαδρόμου	- 162 -
8.3.1	Έλεγχος με DALI	- 162 -
8.3.2	Έλεγχος με LEDOTRON	- 163 -
8.3.3	Έλεγχος με X10	- 164 -
8.3.4	Έλεγχος με INSTEON	- 167 -
8.3.5	Έλεγχος με ZigBee	- 168 -
8.3.6	Έλεγχος με Z-Wave	- 169 -
8.3.7	Έλεγχος με Συμβατό εξοπλισμό.....	- 170 -
8.3.8	Έλεγχος με Arduino.....	- 171 -
8.4	Επιλογή συστήματος ελέγχου φωτισμού	- 172 -
9.	Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.	- 173 -
9.1	Πειραματική τεκμηρίωση	- 173 -
9.1.1	Μελέτη ελέγχου λειτουργίας on/off	- 173 -
9.1.2	Μελέτη ρύθμισης φωτεινότητας.....	- 175 -
9.1.3	Πλακέτα επέκτασης	- 178 -
9.1.4	Συμπεράσματα πειραματικών διατάξεων	- 179 -
9.2	Αρχικοποίηση μεθόδου ελέγχου διαδρόμου Ε.Π.Π.....	- 179 -
9.3	Υλοποίηση ελέγχου on/off φωτισμού στο διάδρομο	- 180 -
9.3.1	Διάγραμμα ροής ελέγχου.....	- 180 -
9.3.2	Διάταξη ελέγχου	- 182 -
9.4	Υλοποίηση ρύθμισης φωτεινότητας στο διάδρομο.....	- 183 -
9.4.1	Διάγραμμα ροής ελέγχου.....	- 183 -

1. Περιεχόμενα

9.4.2	Διάταξη ελέγχου	- 185 -
9.5	Προβλήματα υλοποίησης.....	- 186 -
9.6	Το κουτί τοποθέτησης των ηλεκτρονικών	- 187 -
9.7	Μονογραμμικό σχέδιο εγκατάστασης	- 188 -
9.8	Πειραματικά Αποτελέσματα.....	- 190 -
10.	Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου	- 192 -
10.1	Ανακατασκευή Ορόφου	- 192 -
10.2	Φωτοτεχνική Μελέτη	- 193 -
10.2.1	Ποσότητες και μονάδες στο Φωτισμό.....	- 193 -
10.2.2	Φωτοτεχνική Μελέτη γενικού φωτισμού	- 194 -
10.2.3	Μελέτη γραφείου	- 195 -
10.2.4	Μελέτη Λουτρού	- 199 -
10.2.5	Μελέτη εργαστηρίου Υπολογιστών.....	- 201 -
10.2.6	Μελέτη εργαστηρίου Ηλεκτρικών κυκλωμάτων και Μετρήσεων.....	- 203 -
10.2.7	Μελέτη εργαστηρίου Βιοϊατρικής Πληροφορικής και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας	- 205 -
10.2.8	Συμπεράσματα	- 207 -
10.3	Έλεγχος φωτισμού	- 209 -
10.3.1	Γραφείο	- 209 -
10.3.2	Λουτρό	- 211 -
10.3.3	Εργαστήριο Υπολογιστών	- 212 -
10.3.4	Εργαστήριο Ηλεκτρικών κυκλωμάτων και Μετρήσεων	- 214 -
10.3.5	Εργαστήριο Βιοϊατρικής Πληροφορικής και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας	- 216 -
10.3.6	Διάδρομοι	- 217 -
11.	Συμπεράσματα – Αναβάθμιση	- 223 -
11.1	Συμπεράσματα	- 223 -
11.1.1	Αντιμετώπιση προβλημάτων	- 225 -
11.1.2	Αναμενόμενη επίπτωση στην ενεργειακή κατανάλωση	- 226 -
11.2	Αναβάθμιση- επέκταση.....	- 227 -
12.	Βιβλιογραφία.....	- 229 -

1. Περιεχόμενα

1.1 Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 3.1: Λαμπτήρας πυράκτωσης και τα μέρη που τον αποτελούν.....	23 -
Εικόνα 3.2: Διάφοροι τύποι κάλυκα.	23 -
Εικόνα 3.3: Κοινοί λαμπτήρες. α) λαμπτήρες κεριά, β) λαμπτήρες σφαιρικοί, γ) λαμπτήρες Argenta, δ) λαμπτήρες Softone.	24 -
Εικόνα 3.4: Λαμπτήρες αλογόνου χαμηλής τάσης α) αλουμινίου και β) διχροϊκοί.	25 -
Εικόνα 3.5: Λαμπτήρες αλογόνου α) ευθύγραμμης μορφής και β) μορφής κάψουλας.	25 -
Εικόνα 3.6: Λαμπτήρες αλογόνου κοινού κάλυκα α) κλασικού τύπου και β) τύπου καθρέπτη.	26 -
Εικόνα 3.7: Ο λαμπτήρας EcoClassic της Philips.	27 -
Εικόνα 3.8: Λειτουργία Λαμπτήρα φθορισμού.	28 -
Εικόνα 3.9: Εκκινητής (Starter).....	29 -
Εικόνα 3.10: α) Ηλεκτρονικά και β) Συμβατικό Ballast.	30 -
Εικόνα 3.11: Φωτιστικά σώματα με περσίδες. α) χωνευτό και β) εξωτερικό.	30 -
Εικόνα 3.12: Κοινοί λαμπτήρες φθορισμού.	31 -
Εικόνα 3.13: Λαμπτήρες T5 και T8.	31 -
Εικόνα 3.14: Σύγκριση διαστάσεων λαμπτήρων T5, T8 και T12.....	32 -
Εικόνα 3.15: Σκαφάκι με ανακλαστήρες για χρήση με λαμπτήρες T5.	32 -
Εικόνα 3.16: Λαμπτήρες CFL α) κοινοί, β)με ενσωματωμένο φωτοκύτταρο.	33 -
Εικόνα 3.17: Εσωτερική δομή ενός λαμπτήρα CFL.	34 -
Εικόνα 3.18: Λαμπτήρες φθορισμού α)έγχρωμοι, β)μαύρου φωτός (black light), γ) νέον.	35 -
Εικόνα 3.19: Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης.	35 -
Εικόνα 3.20: Λαμπτήρας ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης (HQL).....	36 -
Εικόνα 3.21: Φασματική κατανομή λαμπτήρα ατμών υδραργύρου α) απλού, β) βελτιωμένου φάσματος.	37 -
Εικόνα 3.22: Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης με μεταλλικά αλογονίδια.	37 -
Εικόνα 3.23: Λαμπτήρες αποστείρωσης, αποθεραπείας τραυμάτων και μαύρου φωτός.	38 -
Εικόνα 3.24: Λαμπτήρες μικτού φωτισμού.	38 -
Εικόνα 3.25: Λαμπτήρας ξένου υψηλής πίεσης.	39 -
Εικόνα 3.26: Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης.	40 -
Εικόνα 3.27: Λαμπτήρας ατμών νατρίου υψηλής πίεσης.	40 -
Εικόνα 3.28: Τυπικά LED.	41 -
Εικόνα 3.29: Λαμπτήρες LED.	41 -
Εικόνα 4.1: α) Καμπύλη φωτεινής έντασης και φωτομετρικό διάγραμμα, β) Καμπύλη φωτεινής έντασης λαμπτήρα πυράκτωσης.	46 -
Εικόνα 4.2: Σχηματική παράσταση φωτιστικών σωμάτων με κατανομή φωτός.	46 -
Εικόνα 4.3: Διάφορες μορφές σποτ.	50 -
Εικόνα 4.4: Σκαφάκι φθορισμού και το πολικό του διάγραμμα.	50 -
Εικόνα 4.5: Σκαφάκι με αντανακστήρα και το πολικό του διάγραμμα.....	50 -
Εικόνα 4.6: Φωτιστικό σώμα με πλαστικό κάλυμμα	51 -
Εικόνα 4.7: Φωτιστικά σώματα με περσίδες.....	51 -
Εικόνα 4.8: Παράδειγμα τοποθέτησης φωτιστικών ασφαλείας και σήμανσης.	52 -
Εικόνα 4.9: Φωτιστικό ασφαλείας με λαμπτήρες LED.	52 -
Εικόνα 4.10: Φωτιστικό σώμα ατμών υδραργύρου.....	53 -
Εικόνα 4.11: Διατάξεις φωτισμού με λαμπτήρες LED.	53 -
Εικόνα 4.12: Διάταξη φωτισμού με οπτικές ίνες.	54 -
Εικόνα 4.13: Υβριδικά φωτιστικά σώματα.	54 -
Εικόνα 4.14: Τύποι αντανακστήρων.	55 -
Εικόνα 4.15: Κατανομή φωτός με αντανακστήρα ευρείας δέσμης.....	55 -
Εικόνα 4.16: Κατανομή φωτός με αντανακστήρα συγκεντρωτικής δέσμης.	56 -
Εικόνα 4.17: : Κατανομή φωτός με αντανακστήρα ασύμμετρης δέσμης.	56 -
Εικόνα 5.1: Συνδεσμολογία αλέ ρετούρ διακόπτη.	59 -

1. Περιεχόμενα

Εικόνα 5.2: Διαφορετικοί τύπου ανιχνευτή παρουσίας.	61 -
Εικόνα 5.3: Συνδεσμολογία φωτοκύτταρου.	61 -
Εικόνα 5.4: Αρχή λειτουργίας αισθητήρων AIR.	61 -
Εικόνα 5.5: Αυτόνομος αισθητήρας παρουσίας και συνδυασμός αισθητήρα παρουσίας-κίνησης. ...	62 -
Εικόνα 5.6: Αισθητήρας παρουσίας. 1: Τρίμερ ρύθμισης της διάρκειας φωτισμού, 2: Τρίμερ ρύθμισης της φωτεινότητας.	62 -
Εικόνα 5.7: Τηλεχειριστήρια προγραμματισμού αισθητήρων παρουσίας.	62 -
Εικόνα 5.8: Ρυθμίσεις φωτεινότητας 1-10V. 1: Τρίμερ ρύθμισης της διάρκειας φωτισμού, 2: Τρίμερ ρύθμισης της φωτεινότητας, 3: Τρίμερ ρύθμισης του ελάχιστου επιπέδου φωτισμού.	63 -
Εικόνα 5.9: Περιοχή κάλυψης αισθητήρα.	63 -
Εικόνα 5.10: Περιγραφή λειτουργίας αισθητήρα ανακλώμενης δέσμης.	64 -
Εικόνα 5.11: Επίτοιχοι και χωνευτός ανιχνευτής κίνησης.	64 -
Εικόνα 5.12: Προγραμματιζόμενος αισθητήρας κίνησης.	65 -
Εικόνα 5.13: Τηλεχειριστήρια προγραμματισμού αισθητήρων κίνησης. Απλό και με δημιουργία και αποθήκευση «σεναρίων».	65 -
Εικόνα 5.14: Αυτόματη λειτουργία αισθητήρα.	65 -
Εικόνα 5.15: Ημιαυτόματη λειτουργία αισθητήρα.	66 -
Εικόνα 5.16: Περιοχή κάλυψης αισθητήρα.	66 -
Εικόνα 5.17: Διάφοροι τύποι αναλογικού χρονοδιακόπτη.	67 -
Εικόνα 5.18: Διάφοροι τύποι ψηφιακού χρονοδιακόπτη.	67 -
Εικόνα 5.19: Διάγραμμα σύνδεσης χρονοδιακόπτη.	67 -
Εικόνα 5.20: Προγραμματιζόμενοι διακόπτες με φωτοκύτταρο.	68 -
Εικόνα 5.21: Λειτουργία διακόπτη.	68 -
Εικόνα 5.22: Διάγραμμα σύνδεσης χρονοδιακόπτη.	69 -
Εικόνα 5.23: Ρυθμιστές έντασης φωτισμού (dimmer).	69 -
Εικόνα 5.24: Κυκλωματικό διάγραμμα συστήματος φωτισμού με ρύθμιση του σημείου έναρξης για το άναμμα μιας λάμπας στο συλλέκτη του τρανζίστορ 2N3053.	70 -
Εικόνα 5.25: Μεταβολή θερμοκρασίας σε περιστροφικό γραμμικό ποτενσιόμετρο.	70 -
Εικόνα 5.26: Σχέση μεταξύ της μετρούμενης έντασης φωτισμού (κάθετος άξονας) και της αντιληφθείσας έντασης φωτισμού (οριζόντιος άξονας).	71 -
Εικόνα 5.27: Ηλεκτρονικά ballast για ρύθμιση φωτεινότητας.	71 -
Εικόνα 5.28: Τυπικό διάγραμμα λειτουργίας ηλεκτρονικού ρυθμιζόμενου μπάλαστ.	72 -
Εικόνα 5.29: Μεταβολή της ισχύος λαμπτήρα με τη τάση ελέγχου με αναλογική μέθοδο dimming.	72 -
Εικόνα 5.30: Ο λαμπτήρας DULUX EL VARIO της OSRAM.	73 -
Εικόνα 5.31: Σχηματική παράσταση λειτουργίας τεχνικής LEDOTRON.	75 -
Εικόνα 5.32: Προφίλ σήματος μεταξύ της μονάδας ελέγχου και του λαμπτήρα.	75 -
Εικόνα 5.33: Σύγκριση ρύθμισης φωτεινότητας με τη κλασική μέθοδο και με τη τεχνική LEDOTRON.	76 -
Εικόνα 5.34: Ρύθμιση φωτεινότητας λαμπτήρα με smartphone.	79 -
Εικόνα 5.35: Εξοικονόμηση ενέργειας εκμεταλλευόμενοι το φυσικό φωτισμό.	80 -
Εικόνα 5.36: Τοποθέτηση αισθητήρα φωτισμού μπροστά από α) παράθυρο και β) τζαμαρία.	81 -
Εικόνα 5.37: Αισθητήρας φωτισμού.	82 -
Εικόνα 5.38: Διάφοροι ενεργοποιητές φωτισμού.	85 -
Εικόνα 5.39: Δομή ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος (chip) μικροελεγκτή.	86 -
Εικόνα 5.40: Γενική αρχιτεκτονική συστήματος BMS.	86 -
Εικόνα 5.41: Περισσότερο αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική συστήματος BMS.	86 -
Εικόνα 5.42: Γενική Διάταξη BMS.	87 -
Εικόνα 5.43: Ποικίλα περιβάλλοντα παρακολούθησης συστήματος BMS.	87 -
Εικόνα 5.44: Τοπολογίες επικοινωνιών.	89 -
Εικόνα 5.45: Γενική διάταξη συστήματος BMS σε απλό κτήριο.	90 -
Εικόνα 5.46: Διάταξη συστήματος BMS σε εμπορικό κέντρο.	90 -
Εικόνα 5.47: Παράδειγμα ελέγχου περιοχής φωτισμού με BMS σε απλό κτήριο (π.χ. γραφείο).	91 -

1. Περιεχόμενα

Εικόνα 5.48: Επιλογές φωτισμού από το BMS για το επίπεδο 141 του κτηρίου Επιστημών	- 92 -
Εικόνα 5.49: Γενική περιγραφή των τεχνολογιών αποστολής πληροφορίας με τάση 1...10 V, DALI και EIB/LON.	- 93 -
Εικόνα 5.50: Καλωδίωση για το DALI – πρωτόκολλο Class 1.	- 94 -
Εικόνα 5.51: Καλωδίωση για το DALI – πρωτόκολλο Class 2.....	- 95 -
Εικόνα 5.52: Ηλεκτρονικά ballast DALI.	- 97 -
Εικόνα 5.53: Καμπύλη ρύθμισης φωτεινότητας με DALI ballast.	- 97 -
Εικόνα 5.54: Αμφίδρομη επικοινωνία ελεγκτών – επιμέρους συσκευές.	- 98 -
Εικόνα 5.55: Το DALI ως αυτόνομο σύστημα.	- 98 -
Εικόνα 5.56: Το DALI ως υποσύστημα ενός BMS.....	- 99 -
Εικόνα 5.57: Δυνατότητες ελέγχου φωτισμού με DALI.....	- 99 -
Εικόνα 5.58: Έλεγχος φωτισμού αίθουσας διδασκαλίας.	- 100 -
Εικόνα 5.59: Ομαδοποίηση και έλεγχος γραμμών φωτισμού στο γυμναστήριο.	- 101 -
Εικόνα 5.60: Ομαδοποίηση και έλεγχος γραμμών φωτισμού στα γραφεία.	- 101 -
Εικόνα 5.61: Κάτοψη Ορόφου.	- 101 -
Εικόνα 5.62: Ομαδοποίηση ελέγχου Ορόφου.	- 102 -
Εικόνα 5.63: Δημιουργία τοπολογίας επικοινωνίας (Bus).	- 102 -
Εικόνα 5.64: Διάφορα είδη κουμπιών για DALI.....	- 103 -
Εικόνα 5.65: Δύο τερματικές συσκευές και μία συσκευή ελέγχου X10 για υπολογιστή.....	- 105 -
Εικόνα 5.66: Μετάδοση ψηφιακής πληροφορίας.	- 106 -
Εικόνα 5.67: Μετάδοση σήματος X10.....	- 107 -
Εικόνα 5.68: INSTEON Development Kit.....	- 109 -
Εικόνα 5.69: Εγκατάσταση Πομπού.	- 113 -
Εικόνα 5.70: Πομποί ZigBee.....	- 114 -
Εικόνα 5.71: Δέκτες ZigBee.....	- 114 -
Εικόνα 5.72: Εγκατάσταση δέκτη.....	- 114 -
Εικόνα 5.73: Συνδεσμολογία δέκτη.	- 115 -
Εικόνα 5.74: Διακόπτης και ρυθμιστής φωτισμού ψευδοροφής.	- 115 -
Εικόνα 5.75: Συνδεσμολογία ρυθμιστή φωτισμού για φορτίο μέχρι 600 W και για μπάλαστ 0-10 V Max 1000 W.	- 115 -
Εικόνα 5.76: Διάφορα τηλεχειριστήρια.	- 116 -
Εικόνα 5.77: Διάφοροι τύποι αισθητήρων κίνησης και φωτισμού.	- 116 -
Εικόνα 5.78: Μέγιστη απόσταση ανάμεσα σε 2 συσκευές.	- 116 -
Εικόνα 5.79: Μέθοδος “Push and Learn”.	- 117 -
Εικόνα 5.80: Τοπολογία Αστέρα.	- 118 -
Εικόνα 5.81: Τοπολογία Δέντρου ή Συστάδας (Cluster – Tree Topology).	- 119 -
Εικόνα 5.82: Τοπολογία Πλέγματος (Mesh Topology, Peer to Peer).	- 119 -
Εικόνα 5.83: Επικοινωνία συσκευών.	- 120 -
Εικόνα 5.84: Έλεγχος 2 σημείων φωτισμού.	- 120 -
Εικόνα 5.85: Έλεγχος 2 σημείων φωτισμού και διαχείριση σεναρίων.	- 121 -
Εικόνα 5.86: Δυνατότητες παρακολούθησης και ελέγχου.....	- 121 -
Εικόνα 5.87: Δυνατότητες ελέγχου του Z-Wave.....	- 122 -
Εικόνα 5.88: Z-Wave controllers.....	- 123 -
Εικόνα 5.89: Z-Wave Plugin Modules.....	- 123 -
Εικόνα 5.90: Z-Wave Micro Modules.	- 123 -
Εικόνα 5.91: Z-Wave Vision USB Stick και Z-Wave Aeotec USB Adapter with battery Version 2. ...	- 124 -
Εικόνα 5.92: Τοπολογία Πλέγματος.	- 124 -
Εικόνα 5.93: Interface λογισμικού HomeSeer.....	- 125 -
Εικόνα 5.94: Interface λογισμικού Home Center 2.....	- 126 -
Εικόνα 5.95: Interface λογισμικού ThinkEssentials.	- 126 -
Εικόνα 5.96: Απεικόνιση και καταγραφή ηλεκτρικής ενέργειας.....	- 126 -
Εικόνα 5.97: Interfaces για κινητά.	- 127 -
Εικόνα 5.98: Arduino NG, Ardino Duemilanove και Arduino Mega.....	- 129 -

1. Περιεχόμενα

Εικόνα 5.99: Shields.....	- 134 -
Εικόνα 5.100: Παθητικός Αισθητήρας Κίνησης.	- 135 -
Εικόνα 5.101: Φωτοαντίσταση.	- 136 -
Εικόνα 5.102: Module ανίχνευσης φωτεινότητας. α) απλό, β) προηγμένο.	- 136 -
Εικόνα 5.103: α)Module και β) Σχηματικό διάγραμμα φωτοαντίστασης pull-down συνδεσμολογίας.	- 137 -
Εικόνα 5.104: α)Module και β) Σχηματικό διάγραμμα φωτοαντίστασης pull-up συνδεσμολογίας.	- 137 -
Εικόνα 5.105: Αισθητήρας Θερμοκρασίας.	- 138 -
Εικόνα 5.106: Αισθητήρας Ήχου.	- 138 -
Εικόνα 5.107: Αισθητήρας εύφλεκτων υλικών.	- 139 -
Εικόνα 5.108: Αισθητήρας Φλόγας.	- 139 -
Εικόνα 5.109: Πομπός και δέκτης αισθητήρα φωτοηλεκτρικής δέσμης.	- 140 -
Εικόνα 5.110: Arduino smartphones Interface.	- 141 -
Εικόνα 6.1: Δορυφορική άποψη του κτηρίου Παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ και προσανατολισμός του (Google Earth)	- 142 -
Εικόνα 6.2: Παλιό φωτιστικό σώμα με γαλακτερό κάλυμμα.	- 143 -
Εικόνα 6.3: Γυμνά φωτιστικά σώματα.....	- 143 -
Εικόνα 6.4: Νέο φωτιστικό σώμα.	- 144 -
Εικόνα 6.5: Ακυρωμένο φωτιστικό σώμα.	- 144 -
Εικόνα 6.6: Διαρρύθμιση χώρου με γυψοσανίδα.	- 144 -
Εικόνα 6.7: Κάτοψη ισογείου.....	- 146 -
Εικόνα 6.8: Κάτοψη ορόφου.....	- 149 -
Εικόνα 7.1: Πειραματική διάταξη μαγνητικού μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8.	- 152 -
Εικόνα 7.2: Πειραματική διάταξη προσδιορισμού ηλεκτρικών χαρακτηριστικών μαγνητικού μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8.....	- 152 -
Εικόνα 7.3: Πειραματική διάταξη ηλεκτρονικού μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8.	- 153 -
Εικόνα 7.4: Πειραματική διάταξη προσδιορισμού ηλεκτρικών χαρακτηριστικών ηλεκτρονικού μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8.....	- 153 -
Εικόνα 7.5: Πειραματική διάταξη.....	- 154 -
Εικόνα 7.6: Πειραματική διάταξη προσδιορισμού ηλεκτρικών χαρακτηριστικών ηλεκτρονικού ρυθμιζόμενου μπάλαστ με λαμπτήρες φθορισμού T5.	- 155 -
Εικόνα 7.7: Ιδιοκατασκευή σκοτεινού θαλάμου.	- 156 -
Εικόνα 7.8: Μεταβολή φωτεινότητας.	- 157 -
Εικόνα 8.1: Μετρητής ενέργειας και αναπτυξιακό.	- 160 -
Εικόνα 8.2: Ημερήσια κατανάλωση στις 21 Απριλίου 2015.	- 160 -
Εικόνα 8.3: Εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας περιόδου 20 – 26Απριλίου 2015.....	- 161 -
Εικόνα 8.4: Μηνιαία κατανάλωση Απριλίου 2015	- 161 -
Εικόνα 8.5: Ημερήσια σύγκριση καταναλώσεων διαδρόμου Ε.Π.Π.	- 162 -
Εικόνα 8.6: Χωνευτό φωτιστικό οροφής με 4 λαμπτήρες.....	- 164 -
Εικόνα 8.7: Φωτιστικό χωνευτό με CFL λαμπτήρες.	- 166 -
Εικόνα 9.1: Πειραματική διάταξη ελέγχου on/off.	- 173 -
Εικόνα 9.2: Κάτοψη διαδρόμου Ε.Π.Π.....	- 174 -
Εικόνα 9.3: Τελική πειραματική διάταξη ελέγχου on/off.	- 174 -
Εικόνα 9.4: Συνδεσμολογία τελεστικού ενισχυτή ενίσχυσης τάσης.....	- 176 -
Εικόνα 9.5: Ολοκληρωμένο κύκλωμα τελεστικού ενισχυτή OP 07.	- 176 -
Εικόνα 9.6: Συνδεσμολογία Χαμηλοπερατού φίλτρου.	- 177 -
Εικόνα 9.7: Σχεδίαση της πλακέτας ενισχυτών.	- 177 -
Εικόνα 9.8: Πειραματική διάταξη ρύθμισης φωτεινότητας.	- 178 -
Εικόνα 9.9: Η πλακέτα επέκτασης της μονάδας ελέγχου.	- 178 -
Εικόνα 9.10: Αρχικοποίηση μεθόδου ελέγχου διαδρόμου Ε.Π.Π.....	- 179 -
Εικόνα 9.11: Διάγραμμα ροής ελέγχου.	- 181 -
Εικόνα 9.12: Διάταξη ελέγχου on/off φωτισμού διαδρόμου.....	- 182 -

1. Περιεχόμενα

Εικόνα 9.13: Τοποθέτηση και ακτίνα δράσης των αισθητήρων κίνησης στη ψευδοροφή.	183 -
Εικόνα 9.14: Διάγραμμα ροής ελέγχου ρύθμισης φωτεινότητας.....	184 -
Εικόνα 9.15: Διάταξη ρύθμισης φωτεινότητας.....	185 -
Εικόνα 9.16: Πλακέτα οδήγησης ρελέ 12 V.	186 -
Εικόνα 9.17: Τοποθέτηση εξωτερικού αισθητήρα φωτεινότητας.....	187 -
Εικόνα 9.18: Το κουτί τοποθέτησης της κατασκευής.	187 -
Εικόνα 9.19: Τοποθέτηση μονάδας ελέγχου, περιφερειακών και ασφαλιστικών μέσων.	188 -
Εικόνα 9.20: Διαχωρισμός ζωνών ελέγχου διαδρόμου.	189 -
Εικόνα 9.21: Μονογραμμικό σχέδιο εγκατάστασης.	189 -
Εικόνα 9.22: Ωριαία κατανάλωση στις 16 Δεκεμβρίου 2015.	190 -
Εικόνα 9.23: Ημερήσια κατανάλωση μεταξύ 11/12/2015 και 23/12/2015.	190 -
Εικόνα 9.24: Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας με το παλιό και το νέο σύστημα ελέγχου.....	191 -
Εικόνα 10.1: Ανακατασκευή ορόφου.....	192 -
Εικόνα 10.2: Πίνακας επιλογής συντελεστών χρησιμοποίησης και ρύπανσης.....	196 -
Εικόνα 10.3: Διάταξη φωτιστικών σωμάτων στο γραφείο.....	198 -
Εικόνα 10.4: Διάταξη φωτιστικών σωμάτων στο λουτρό.....	200 -
Εικόνα 10.5: Διάταξη φωτιστικών σωμάτων στο εργαστήριο Υπολογιστών.	202 -
Εικόνα 10.6: Διάταξη φωτιστικών σωμάτων στο εργαστήριο Ηλεκτρικών κυκλωμάτων και Μετρήσεων.	204 -
Εικόνα 10.7: Διάταξη φωτιστικών σωμάτων στο εργαστήριο Βιοϊατρικής Πληροφορικής και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας.....	206 -
Εικόνα 10.8: Ονομασία και διαχωρισμός φωτιστικών γραφείου.....	209 -
Εικόνα 10.9: Έλεγχος φωτισμού γραφείου.	210 -
Εικόνα 10.10: Έλεγχος φωτισμού λουτρού.	211 -
Εικόνα 10.11: Έλεγχος φωτισμού εργαστηρίου Υπολογιστών.	213 -
Εικόνα 10.12: Έλεγχος φωτισμού εργαστηρίου Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων και Μετρήσεων.	215 -
Εικόνα 10.13: Έλεγχος φωτισμού εργαστηρίου Βιοϊατρικής Πληροφορικής και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας.....	216 -
Εικόνα 10.14: Έλεγχος φωτισμού Κύριου βόρειου διαδρόμου.....	218 -
Εικόνα 10.15: Έλεγχος φωτισμού Βόρειου κλιμακοστασίου διαδρόμου.	219 -
Εικόνα 10.16: Έλεγχος φωτισμού Νότιου διαδρόμου.	220 -
Εικόνα 10.17: Έλεγχος φωτισμού Ανατολικού διαδρόμου.	221 -
Εικόνα 10.18: Έλεγχος φωτισμού Δυτικού διαδρόμου.....	222 -
Εικόνα 11.1: Εξοικονόμηση κατανάλωσης ενέργειας με τον έλεγχο με Arduino.....	226 -

1.2 Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 3.1: Συγκριτικός πίνακας λαμπτήρων πυρακτώσεως και λαμπτήρων αλογόνου κοινού κάλυκα.	26 -
Πίνακας 3.2: Πίνακας αντιστοίχισης ονομαστικής ισχύος κοινού λαμπτήρα πυράκτωσης και λαμπτήρα EcoClassic.....	27 -
Πίνακας 3.3: Χαρακτηριστικά γραμμικών λαμπτήρων φθορισμού.	32 -
Πίνακας 3.4: Ενδεικτικοί τύποι LED.	42 -
Πίνακας 3.5: Σύγκριση καταλληλότητας λαμπτήρων LED με κοινούς λαμπτήρες φθορισμού και πυράκτωσης ανάλογα με τις απαιτήσεις.....	44 -
Πίνακας 4.1: Διάκριση φωτιστικών σωμάτων ως προς την κατανομή φωτεινής ροής.	47 -
Πίνακας 4.2: Βαθμοί προστασίας φωτιστικών σωμάτων από στερεά και υγρά σώματα.	48 -
Πίνακας 4.3: Κλάσεις προστασίας φωτιστικών σωμάτων από ηλεκτροπληξία.	49 -
Πίνακας 5.1: Είδη διακόπτη αλέ ρετούρ και η κύρια χρήση τους.	59 -
Πίνακας 5.2: Τυπικές τιμές του συντελεστή επίδρασης παρουσίας ή απουσίας χρηστών	60 -
Πίνακας 5.3: Συνοπτικός Πίνακας δυνατότητας ρύθμισης φωτεινότητας λαμπτήρα.	73 -
Πίνακας 5.4: Δυνατά σενάρια λειτουργίας.	76 -

1. Περιεχόμενα

Πίνακας 5.5: Διευθύνσεις και αντίστοιχες ομάδες ελέγχου.	- 77 -
Πίνακας 5.6: Τυπικές τιμές εξαρτημάτων για LEDOTRON.	- 78 -
Πίνακας 5.7: Τυπικές τιμές του συντελεστή επίδρασης φυσικού φωτισμού λόγω χρήσεις αυτοματισμών ελέγχου.	- 79 -
Πίνακας 5.8: Πλεονεκτήματα ΚΣΠ σε συστήματα BMS.....	- 88 -
Πίνακας 5.9: Τυποποιημένες ελάχιστες διατομές για συγκεκριμένο μήκος καλωδίωσης.	- 95 -
Πίνακας 5.10: Τιμοκατάλογος διαφόρων κατηγοριών καλωδίων ανάλογα με τη διατομή τους.	- 96 -
Πίνακας 5.11: Διάφορες εντολές του X10.	- 105 -
Πίνακας 5.12: Χαρακτηριστικά INSTEON.	- 109 -
Πίνακας 5.13: Σύγκριση INSTEON με διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας.	- 111 -
Πίνακας 5.14: Κόστος εφαρμογής ελέγχου 2 φωτιστικών σημείων με σενάρια.	- 121 -
Πίνακας 5.15: Λίστα των αναπτυξιακών πλακετών Arduino το 2014.	- 130 -
Πίνακας 5.16: Βασικές εντολές και συναρτήσεις του Arduino.....	- 133 -
Πίνακας 6.1: Συνολική εγκαταστημένη ισχύς φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Ισόγειο).	- 147 -
Πίνακας 6.2: Συνολική εγκαταστημένη ισχύς φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Όροφος).	- 150 -
Πίνακας 6.3: Συνολική εγκαταστημένη ισχύς υφιστάμενων φωτιστικών για όλο το κτίριο.....	- 151 -
Πίνακας 7.1: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πειραματικής διάταξης.	- 153 -
Πίνακας 7.2: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πειραματικής διάταξης.	- 153 -
Πίνακας 7.3: Αποτελέσματα πειράματος ηλεκτρονικού μπάλαστ με λαμπτήρα T5.	- 154 -
Πίνακας 7.4: Αποτελέσματα πειράματος ηλεκτρονικού ρυθμιζόμενου μπάλαστ με 2 λαμπτήρες T5.	- 155 -
Πίνακας 7.5: Αποτελέσματα πειράματος ηλεκτρονικού ρυθμιζόμενου μπάλαστ με λαμπτήρα T8 και T5.	- 156 -
Πίνακας 7.6: Αποτελέσματα πειράματος μαγνητικού μπάλαστ με καμένο λαμπτήρα T8.....	- 157 -
Πίνακας 7.7: Αποτελέσματα πειράματος απλού ηλεκτρονικού μπάλαστ με καμένο λαμπτήρα T8.....	- 158 -
Πίνακας 8.1: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για έλεγχο φωτισμού με το DALI.	- 163 -
Πίνακας 8.2: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για έλεγχο φωτισμού με το LEDOTRON.	- 163 -
Πίνακας 8.3: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ενσύρματο έλεγχο φωτισμού με το X10.	- 164 -
Πίνακας 8.4: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ενσύρματο έλεγχο φωτισμού με το X10.	- 165 -
Πίνακας 8.5: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ασύρματο έλεγχο φωτισμού με το X10.	- 166 -
Πίνακας 8.6: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ασύρματο έλεγχο φωτισμού με το INSTEON.	- 167 -
Πίνακας 8.7: Απαιτούμενος Εξοπλισμός της Legrand για ασύρματο έλεγχο φωτισμού με ZigBee.	- 168 -
Πίνακας 8.8: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ασύρματο έλεγχο φωτισμού με το Z-Wave.....	- 169 -
Πίνακας 8.9: Απαιτούμενος Εξοπλισμός Hager για ενσύρματο έλεγχο φωτισμού.	- 170 -
Πίνακας 8.10: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ενσύρματο έλεγχο φωτισμού με μικροελεγκτή Arduino.....	- 171 -
Πίνακας 8.11: Σύγκριση ελέγχου φωτισμού με Arduino και ασύρματο X10.	- 172 -
Πίνακας 9.1: Βαθμονόμηση αισθητήρα φωτεινότητας.	- 175 -
Πίνακας 10.1: Συντελεστές ανάκλασης τοίχων και οροφής.....	- 196 -
Πίνακας 10.2: Γενικός και τοπικός φωτισμός σε Lux.	- 197 -
Πίνακας 10.3: Συνολική απαιτούμενη εγκαταστημένη ισχύς φωτισμού στους νέους χώρους.	- 208 -
Πίνακας 10.4: Προσδιορισμός ομάδων γραφείου.....	- 210 -
Πίνακας 10.5: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.	- 210 -
Πίνακας 10.6: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου γραφείου.....	- 211 -
Πίνακας 10.7: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου λουτρού.	- 212 -
Πίνακας 10.8: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού εργαστηρίου Υπολογιστών.	- 212 -
Πίνακας 10.9: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.	- 213 -
Πίνακας 10.10: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου εργαστηρίου.....	- 213 -
Πίνακας 10.11: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού εργαστηρίου Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων και Μετρήσεων.	- 214 -
Πίνακας 10.12: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.	- 214 -

1. Περιεχόμενα

Πίνακας 10.13: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου εργαστηρίου.....	- 215 -
Πίνακας 10.14: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού εργαστηρίου Βιοϊατρικής Πληροφορικής και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας.	- 216 -
Πίνακας 10.15: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.	- 216 -
Πίνακας 10.16: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου εργαστηρίου.....	- 217 -
Πίνακας 10.17: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού διαδρόμου.....	- 218 -
Πίνακας 10.18: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.	- 218 -
Πίνακας 10.19: Απαιτούμενος εξοπλισμός διαδρόμου.	- 218 -
Πίνακας 10.20: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου διαδρόμου.....	- 219 -
Πίνακας 10.21: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού διαδρόμου.....	- 219 -
Πίνακας 10.22: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.	- 219 -
Πίνακας 10.23: Απαιτούμενος εξοπλισμός διαδρόμου.	- 220 -
Πίνακας 10.24: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού διαδρόμου.....	- 220 -
Πίνακας 10.25: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.	- 220 -
Πίνακας 10.26: Απαιτούμενος εξοπλισμός διαδρόμου.	- 221 -
Πίνακας 10.27: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού διαδρόμου.....	- 221 -
Πίνακας 10.28: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.	- 221 -
Πίνακας 10.29: Απαιτούμενος εξοπλισμός διαδρόμου.	- 222 -

2. Εισαγωγή

2. Εισαγωγή

Καθώς διανύεται η δεύτερη δεκαετία του 21ου αιώνα γίνεται ολοένα και πιο εμφανές το γεγονός, ότι το σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν όλοι οι μηχανικοί, οι σχεδιαστές αναπτυξιακών ιδιωτικών ή δημοσίων έργων καθώς και οι ιδιοκτήτες κάθε είδους επιχείρησης είναι η ενεργειακή αποδοτικότητα. Παρόλο που το ζήτημα της αποδοτικής χρήσης της ενέργειας απασχολεί την παγκόσμια κοινότητα για πάνω από τρεις δεκαετίες, τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να αντιμετωπίζεται με περισσότερη λογική και ωριμότητα από ότι στο παρελθόν. Λαμβανόμενα μέτρα για σωστή διαχείριση και εξοικονόμηση της ενέργειας πρέπει να συνδυάζουν τόσο κοινωνικά οφέλη όσο και ανταγωνιστικά κέρδη αποπληρωμής, φυσικά, για τους επενδυτές.

Ένας σημαντικός τομέας στον οποίο υπάρχουν μεγάλα περιθώρια διορθωτικών κινήσεων ούτως ώστε να επιτευχθεί εξοικονόμηση ικανοποιητικών ποσών ενέργειας παγκοσμίως είναι ο φωτισμός. Σύμφωνα με στοιχεία έρευνας που πραγματοποιήθηκε από το Διεθνές Πρακτορείο Ενέργειας (International Energy Agency¹), το 19% της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως, αποδίδεται στο φωτισμό. Χαρακτηριστικά να σημειωθεί ότι η ποσότητα αυτή είναι μεγαλύτερη από αυτή που παράγεται από τους υδροηλεκτρικούς ή πυρηνικούς σταθμούς και περίπου ίση με αυτή που παράγεται από το φυσικό αέριο. Κατάλληλη διαχείριση στο βιομηχανικό και εμπορικό φωτισμό καθώς και στο φωτισμό δρόμων, σηράγγων ή εξωτερικών χώρων μπορεί να εξοικονομήσει δισεκατομμύρια ευρώ όπως και εκατομμύρια τόνους ορυκτών καυσίμων και εκπομπών CO₂ κάθε χρόνο. Ειδικότερα στην περιοχή των λαμπτήρων φθορισμού και λαμπτήρων εκκένωσης ο έλεγχος φωτισμού μπορεί να είναι εξαιρετικά αποδοτικός αν ληφθεί υπόψη η πολύ μεγάλη γκάμα εφαρμογών (από φωτισμό εθνικών οδών μέχρι φωτισμό γραφείων) των λαμπτήρων αυτών.

Φυσικά δε θα πρέπει να υποεκτιμηθούν και τα περιβαλλοντικά οφέλη που μπορούν να επιτευχθούν με τη μείωση της κατανάλωσης από τους λαμπτήρες η οποία συνεπάγεται μείωση των εκπομπών CO₂ σε μια εποχή όπου η ανάγκη για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σύμφωνα και με τις διεθνείς συμβάσεις (π.χ. Πρωτόκολλο του Κιότο) κρίνεται επιτακτική. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι σύμφωνα με το Διεθνές Πρακτορείο Ενέργειας (IEA) η ποσότητα CO₂ που εκπέμπεται από την παραγωγή της απαιτούμενης για το φωτισμό ηλεκτρικής ενέργειας ισούται με το 70% αυτής που εκλύεται από τις εξαιμίσσεις των διαφόρων οχημάτων παγκοσμίως. Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό, ότι ρύθμιση του φωτισμού στα κατάλληλα επίπεδα σύμφωνα με τα πρότυπα μπορεί να έχει σημαντικά και ποικίλα οφέλη σε διάφορους τομείς.

Μέχρι σήμερα, διάφορες μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας στο φωτισμό έχουν εφαρμοστεί σε ποικίλα έργα. Η αντικατάσταση των παλιών ενεργοβόρων λαμπτήρων πυράκτωσης, κυρίως σε σπίτια, με πολύ αποδοτικότερους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού ή LED είναι ένα βήμα προς αυτή την κατεύθυνση και διαδίδεται με γοργούς ρυθμούς. Επιπλέον, πολλές μελέτες έχουν εκπονηθεί στο πεδίο της συνεισφοράς του φυσικού φωτισμού στον τεχνητό φωτισμό τόσο εξωτερικών όσο και εσωτερικών χώρων με χρήση φωτοαισθητήρων, οι οποίες μελέτες οδήγησαν σε πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι μελέτες που εκπονήθηκαν από το ΕΜΠ και από το ΑΠΘ σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας σε κτήριο της σχολής^{ii,iii} αλλά και σε επίπεδο οικιακής χρήσης^{iv}. Σε γραφεία επιχειρήσεων, για παράδειγμα, μπορεί να ρυθμιστεί κατάλληλα (μειωθεί) η ένταση φωτισμού των φωτιστικών που βρίσκονται κοντά σε παράθυρα ενώ σε χώρους όπως εργοστάσια, αποθήκες, εμπορικά κέντρα, θα μπορούσαν να τοποθετηθούν φωτοσωλήνες οποίοι να συνεισφέρουν προσθετικά στο φωτισμό.

Η χρήση τεχνολογιών ελέγχου του τεχνητού φωτισμού συμβάλλει καθοριστικά στον καλύτερο έλεγχο της εγκατάστασης φωτισμού και στη βελτίωση της κατανάλωσης των κτηριακών εγκαταστάσεων. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό σε ένα κτήριο μπορεί να μειωθεί σημαντικά με τον έλεγχο της μείωσης της ζήτησης ισχύος για μικρές

2. Εισαγωγή

χρονικές περιόδους. Η μείωση της έντασης φωτισμού σε λιγότερο σημαντικούς χώρους ενός κτηρίου μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε περιοχές, όπου η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας εμφανίζεται το καλοκαίρι. Οι έλεγχοι με μείωση της ζήτησης ισχύος περιλαμβάνουν πολλές εφαρμογές, οι οποίες συντελούν στην αποφυγή συσκοτίσεων με αποτέλεσμα η εξοικονόμηση ενέργειας στις ώρες αιχμής να είναι σημαντική. Όλες αυτές οι εφαρμογές, μπορούν να εκτελεστούν από αυτόνομους αυτοματισμούς για το σύστημα φωτισμού, ή από ένα απλό σύστημα κεντρικής διαχείρισης κτηρίου (BMS).

Η Ελλάδα, ως όφειλε απέναντι στις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εναρμόνισε την εθνική νομοθεσία με την Κοινοτική Οδηγία 2002/91/EK για την αναβάθμιση του υπάρχοντος κτηριακού αποθέματος, σύμφωνα με το Νόμο 3661/2008. Προϋπόθεση για την εφαρμογή του Νόμου υπήρξε η έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK). Ο KENAK περιγράφει λεπτομερώς τις προδιαγραφές παραμέτρων του υπό μελέτη κτιρίου με σκοπό την εξοικονόμηση κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX). Ειδικότερα για το φωτισμό, ο KENAK παραθέτει ανάλογα με το είδος αυτοματισμού που αξιοποιείται και με την εκμετάλλευση ή όχι του φυσικού φωτισμού, συντελεστές επίδρασης για εξοικονόμηση ενέργειας.

Επιπρόσθετα, σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας προβλέπεται 9% εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική κατανάλωση μέχρι το έτος 2016 σύμφωνα και με την Οδηγία 2006/32/EK, ενώ με τον Νόμο 3855/2010, ο οποίος προστέθηκε στον KENAK, προχωρά στην ανάπτυξη μηχανισμών της αγοράς και εφαρμογή συγκεκριμένων μέτρων και πολιτικών που αποσκοπούν στην επίτευξη του συγκεκριμένου εθνικού στόχου για εξοικονόμηση ενέργειας.

Η πλειοψηφία των κτηρίων δημόσιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα, έχει ηλικία 30 χρόνων περίπου. Αυτό σημαίνει ότι τα φωτιστικά σώματα που υπάρχουν είναι παλιά και ενεργοβόρα, και σε αρκετές περιπτώσεις έχει γίνει υπερδιαστασιολόγηση όσον αφορά το πληθυσμό τους σε κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, λουτρά), αίθουσες διδασκαλίας και γραφεία. Επίσης, ο έλεγχος φωτισμού που υπάρχει είναι ο απολύτως απαραίτητος (χρήση απλών και αλερετούρ διακοπών για εσωτερικό και χρονοδιακοπών για εξωτερικό). Αντίθετα με την τάση που επικρατεί τα τελευταία χρόνια για αναβάθμιση του συστήματος και του ελέγχου φωτισμού, ελάχιστες τέτοιες μελέτες έχουν γίνει στα κτίρια εκπαίδευσης και ακόμα λιγότερες έχουν υλοποιηθεί. Για αυτό το λόγο η εργασία αυτή εστιάζει σε τέτοιου είδους κτήριο.

2.1 **Δομή και σκοπός της Εργασίας**

2.1.1 **Σκοπός**

Σκοπός της μεταπτυχιακής εργασίας είναι ο προσδιορισμός, η αξιολόγηση συστημάτων ελέγχου φωτισμού και η έρευνα και ανάπτυξη μεθοδολογίας για την εφαρμογή τους σε μελέτες φωτισμού κτηρίων του τριτογενούς τομέα και ειδικά χώρων εκπαίδευσης, με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται, αναλύονται και αξιολογούνται τα είδη λαμπτήρων και τα αντίστοιχα ήδη φωτιστικών σημείων εσωτερικού χώρου που υπάρχουν. Με βάση τα προαναφερθέντα είδη λαμπτήρων, επισημαίνεται η δυναμικότητα, η ευελιξία και η χρηστικότητα του ελέγχου φωτισμού (on/off ή/και dimming) με σκοπό την ανάπτυξη συστήματος «Εξυπνου Φωτισμού». Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στα συστήματα που διαχειρίζονται λαμπτήρες φθορισμού τα οποία είναι αρκετά συνηθισμένα σε τέτοιους χώρους. Το σύστημα που αναπτύσσεται, είναι αυτόνομο και υπεύθυνο μόνο για τη διαχείριση φωτισμού αρχικά. Επιπρόσθετα, υλοποιήθηκε σε πειραματικό στάδιο, για τον εντοπισμό τυχών αδυναμιών που δεν έχουν εντοπιστεί και εύρεση τρόπου αντιμετώπισης

2. Εισαγωγή

τους. Στη συνέχεια θα γίνει υλοποίηση σε πραγματικό περιβάλλον στον Όροφο του κτηρίου της Παλιάς ΣΤΕΦ του ΤΕΙ Κρήτης. Κριτήρια επιλογής του χώρου υλοποίησης είναι οι συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν (ένταση φυσικού φωτισμού, χρόνος ηλιοφάνειας, ρυθμός μεταβολής φωτεινότητας), το ποσοστό πληθυσμού που εξυπηρετεί και ο χρόνος λειτουργίας του φωτισμού. Ακόμα, έγινε προμελέτη της εγκατάστασης και ελέγχου του φωτισμού στον Όροφο, με βάση την ανακατασκευή που έχει προταθεί.

Επίσης, κρίνεται σκόπιμη η καταγραφή των φωτιστικών σημείων που υπάρχουν στον Όροφο, προσδιορισμός της εγκατεστημένης ισχύς του και της αντίστοιχης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε περίοδο πλήρους λειτουργίας. Κάνοντας την αξιολόγηση, γίνεται πιο κατανοητό οι συνθήκες (βαθμός δυσκολίας εγκατάστασης, επηρεασμός απόδοσης, κλπ) κάτω από τις οποίες αξιοποιείται σε μέγιστο βαθμό η κάθε μέθοδος ελέγχου, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της. Επίσης, θα διερευνηθεί κατά πόσον είναι εφικτό η επέκταση και η αναβάθμιση κάθε μεθόδου, και ακόμα ο συνδυασμός μεταξύ δύο ή και περισσότερων μεθόδων.

Η μέθοδος που επιλέχθηκε να εφαρμοστεί, είναι αξιόπιστη, εύκολη στην εγκατάσταση και στην προσαρμογή με τον υφιστάμενο τεχνητό φωτισμό, οικονομική και να τροποποιείται εύκολα. Επιπλέον, έχει τη δυνατότητα επέκτασης/αναβάθμισης και μπορεί να συνδυαστεί με άλλες μεθόδους ελέγχου εξοικονόμησης ενέργειας (ψύξη/ θέρμανση, εξαερισμός, χρήση ζεστού νερού, ρύθμιση εξωτερικών σκιάστρων).

Τέλος, προσδιορίζονται τα ενεργειακά οφέλη που μπορεί να προκύψουν με την επιλεγμένη μέθοδο, υλοποιώντας την σε κατάλληλα επιλεγμένο χώρο στο Όροφο του κτηρίου, όπου οι απαιτήσεις για φωτισμό, συνήθως αντιστοιχούν τουλάχιστον στο 15 % της συνολικής ενεργειακής του κατανάλωσης.

2.1.2 Δομή

Στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας μελετάται η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτηρίου της Παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, στο Ηράκλειο Κρήτης, με βάση τον ΚΕΝΑΚ. Ειδικότερα, πραγματοποιήθηκε έρευνα και ανάπτυξη μεθοδολογίας «Έξυπνου Φωτισμού» σε διάδρομο του ορόφου του κτηρίου. Στη συνέχεια, έγινε συνολική μελέτη ελέγχου φωτισμού του διαδρόμου στον όροφο, με βάση τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε πριν και την προβλεπόμενη ανακατασκευή που θα εφαρμοστεί. Τέλος, αξιολογήθηκε οικονομικά και ενεργειακά η επιλεγμένη μεθοδολογία και αναφέρθηκε αν μπορεί να γίνει αναβάθμιση/τροποποίηση, επέκταση ή συνδυασμός με άλλες μεθοδολογίες ελέγχου συμβατικής ενέργειας.

Αναλυτικότερα, στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται οι πηγές φωτισμού εσωτερικού χώρου. Παρουσιάζονται τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά, καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται τα φωτιστικά σώματα εσωτερικού χώρου. Παρουσιάζονται οι κατηγορίες των φωτιστικών σωμάτων, η φωτιστική τους απόδοση (πολικό διάγραμμα) και τα είδη τους ανάλογα με την πηγή φωτισμού που χρησιμοποιούν και το ποσοστό φωτεινής ροής τους. Υπάρχει μια πολύ στενή σχέση μεταξύ του επιλεγμένου λαμπτήρα και του φωτιστικού που προορίζεται. Η δομή του συστήματος φωτισμού μπορεί να μειώσει σημαντικά την αξία του λαμπτήρα. Έτσι παρατίθενται κάποιες ιδέες ως προς το ποια φωτιστικά είναι πιο κατάλληλα για την χρήση που προορίζονται. Αναφέρονται επίσης τα πλεονεκτήματα των ανακλαστήρων και άλλων υλικών που βελτιώνουν την απόδοσης της πηγής φωτισμού.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφονται οι μέθοδοι διαχείρισης τεχνητού φωτισμού με κατάλληλα κυκλώματα αυτοματισμού και χρήση κατάλληλων πρωτοκόλλων. Παρουσιάζονται τόσο οι συμβατικοί τρόποι ελέγχου φωτισμού (π.χ. χρήση απλών διακοπών, χρονοδιακόπτες), όσο και σύγχρονες μέθοδοι ανάλογα με το είδος του λαμπτήρα

2. Εισαγωγή

(LED,CFL, αλογόνου, φθορίου) που χρησιμοποιείται, την εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού και τον τρόπο εφαρμογής τους (ενσύρματα ή/και ασύρματα). Ειδικότερα, αναλύονται και συγκρίνονται τα πρωτόκολλα DALI, X10, INSTEON, ZigBee, Z-WAVE, LEDOTRON καθώς και η δυνατότητα ανάπτυξης μεθοδολογίας ελέγχου με τον μικροελεγκτή Arduino. Επίσης παρουσιάζονται ορισμένες προδιαγραφές του KENAK, σχετικά με τη διαχείριση του φωτισμού.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφεται η τωρινή κατάσταση του κτηρίου της Παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ., δηλαδή τα είδη των κύριων και βοηθητικών χώρων που υπάρχουν (διάδρομοι, γραφεία, εργαστήρια, λουτρά, αποθήκες) καθώς και τα είδη και το πλήθος των αντίστοιχων φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων που υπάρχουν. Επιπρόσθετα περιγράφονται τα προβλήματα που υπάρχουν σε επίπεδο λειτουργίας όπως φθορές, φωτιστικών σωμάτων, απουσία λαμπτήρων ή και ολόκληρων φωτιστικών, και σε επίπεδο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας όπως ενεργοβόρα φωτιστικά σημεία και απενεργοποίηση φωτισμού σε άτακτα χρονικά διαστήματα.

Στο έβδομο κεφάλαιο περιγράφεται η διερεύνηση επιλογής λαμπτήρων. Σε ειδικό εργαστηριακό χώρο, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των υφιστάμενων λαμπτήρων του κτηρίου σε επίπεδο κατανάλωσης, απόδοσης, μεθόδων ελέγχου τους και ευελιξίας τροποποίησης τους αν χρειαστεί.

Στο όγδοο κεφάλαιο περιγράφεται ο χώρος και η οικονομοτεχνική μελέτη επιλογή για τη μέθοδο υλοποίησης. Για την καλύτερη δυνατή αξιολόγηση των μεθόδων ελέγχου, επιλέχθηκε συγκεκριμένος χώρος, με κριτήρια τον προσανατολισμό του, την ανάγκη του σε φυσικό και τεχνητό φωτισμό, καθώς το πληθυσμό που θα εξυπηρετεί (διδάσκοντες, φοιτητές) και την ημερήσια διάρκεια λειτουργίας του. Επίσης σημαντικό στοιχείο επιλογής της μεθόδου, είναι το κόστος εγκατάστασης της. Έτσι, παρουσιάζεται αναλυτικά το κόστος εγκατάστασης κάθε μεθόδου.

Στο ένατο κεφάλαιο περιγράφεται η μελέτη και η πειραματική υλοποίηση ελέγχου φωτισμού. Για το προσδιορισμό και αποφυγή τυχών σφαλμάτων (προβληματική καλωδίωση, ασυμβατότητα μεταξύ των υλικών, επίδραση περιβάλλοντος, κ.ά.) κατά την τελική υλοποίηση του «Εξυπνου Φωτισμού», περιγράφεται η υλοποίηση της μεθόδου σε εργαστηριακό χώρο, λαμβάνοντας υπόψιν τις ιδιαιτερότητες του τελικού χώρου υλοποίησης (διαστάσεις, απαιτήσεις φωτεινότητα, πλήθος φωτιστικών σημείων και ανοιγμάτων). Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η τελική υλοποίηση του ελέγχου. Τέλος, περιγράφονται τ' αποτελέσματα της τελικής υλοποίησης του ελέγχου.

Στο δέκατο κεφάλαιο, περιγράφεται η συνολική Μελέτη κτιρίου επιλογής. Με βάση όλα τα παραπάνω στάδια της εργασίας, έγινε η μελέτη «Εξυπνου Φωτισμού» για το «νέο» κτήριο της Παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ. Έχοντας προμηθευτεί τα τελικά σχέδια από την Τεχνική Υπηρεσία του Ιδρύματος, προσδιορίζεται το πλήθος των απαιτούμενων υλικών της μεθόδου που επιλέχθηκε και η αντικατάσταση ή μη των υφιστάμενων φωτιστικών σημείων. Τέλος, η ανάγκη εκπονήθηκε φωτοτεχνική μελέτη για κάθε νέο χώρο.

Στο ενδέκατο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που δημιουργήθηκαν κατά την υλοποίηση της εργασίας. Επιπρόσθετα, περιγράφονται και τρόποι επέκτασης - αναβάθμισης της μεθόδου ελέγχου που υλοποιήθηκε.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

3.1 Λαμπτήρες πυράκτωσης

3.1.1 Κοινοί λαμπτήρες πυράκτωσης

Περιγραφή – Λειτουργία: Είναι ο παλιότερος τύπος ηλεκτρικής πηγής φωτός, ο οποίος παραμένει ακόμη σε ευρεία χρήση. Οι πρώτοι λαμπτήρες κατασκευάστηκαν από τον Τόμας Έντισον το 1891.

Οι λαμπτήρες αυτοί στηρίζουν τη λειτουργία τους στο φαινόμενο της θέρμανσης μεταλλικού νήματος, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, σύμφωνα με το φαινόμενο Joule. Κατά τη λειτουργία του λαμπτήρα, έχουμε μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα και ακτινοβολία φωτός, εντός του ορατού φάσματος.

Παρατηρήθηκε ότι όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του νήματος τόσο υψηλότερος είναι και ο βαθμός απόδοσης του λαμπτήρα. Όμως, η υψηλή θερμοκρασία του νήματος προκαλεί την εξάχνωσή του με αποτέλεσμα τη γρήγορη καταστροφή του. Το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του νήματος είναι το τουγκστένιο (βολφράμιο), επειδή έχει υψηλό σημείο τήξεως και απαιτείται σχετικά μεγάλο έργο για την εξαγωγή των ηλεκτρονίων του.

Αρχικά, επικράτησε η άποψη ότι ο κώδωνας του λαμπτήρα πρέπει να είναι κενός, για να αποφεύγεται το φαινόμενο της οξείδωσης του νήματος στις υψηλές θερμοκρασίες στις οποίες εργάζεται. Αργότερα, διαπιστώθηκε ότι είναι προτιμότερο ο κώδωνας να περιέχει αδρανές αέριο υπό πίεση, για να περιορίζεται η διαφυγή ηλεκτρονίων από το νήμα και να αυξάνεται ο χρόνος ζωής του.

Σε κάθε περίπτωση όμως, η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων πυράκτωσης είναι μειωμένη, γιατί το νήμα τους συνεχώς αδυνατίζει ώσπου να λιώσει ή να κοπεί.

Δείκτης χρωματικής απόδοσης: Δίνουν ευχάριστο λευκό φως επειδή έχουν θερμοκρασία χρώματος 2800 °K. Με άριστα το 100 ο δείκτης Ra των λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι σχεδόν 100. Έχουν δηλαδή πολύ καλή απόδοση χρωμάτων.

Κατανάλωση ισχύος: Η κατανάλωσή τους κυμαίνεται μεταξύ των 25 W και 150 W. Στο βαθμό που χρησιμοποιούνται για να βλέπουμε επαρκώς η κατανάλωσή τους είναι αρκετά μεγάλη.

Οικολογική επάρκεια: Εκπέμπουν ακτίνες UV και IR, δηλαδή καρκινογόνα στοιχεία, καθώς και υψηλές θερμοκρασίες που αλλοιώνουν την ισορροπία του οικοσυστήματος.

Φωτιστική απόδοση: Από την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια, ο λαμπτήρας πυράκτωσης μετατρέπει σε φωτεινή ενέργεια μικρό μόνο ποσοστό, με αποτέλεσμα η φωτιστική απόδοση του λαμπτήρα να είναι περίπου 15 lm/W.

Φωτεινή ροή: Κυμαίνεται μεταξύ 400 και 2200 lm ανάλογα με την κατανάλωσή τους σε W.

Διάρκεια ζωής: Ο μέσος όρος ζωής όπως δίνεται από τους κατασκευαστές είναι 1000 ώρες, δηλαδή ιδιαίτερα χαμηλός.^v

3.1.2 Κατασκευαστικά μέρη λαμπτήρα πυράκτωσης

Τα κυριότερα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας λαμπτήρας πυράκτωσης είναι το νήμα, τα στηρίγματα νήματος, ο κώδωνας, το αέριο και ο κάλυκας (**Εικόνα 3.1**).

Το νήμα: κατασκευάζεται από το υλικό τουγκστένιο και έχει διάμετρο της τάξης των 10 μm, όση περίπου μια ανθρώπινη τρίχα. Παράγεται σε τρεις μορφές, την ευθύγραμμη, την ελικοειδή και τη μορφή της διπλής ελικοειδούς περιέλιξης. Με την ελικοειδή και τη διπλή ελικοειδή περιέλιξη, αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης του λαμπτήρα, μειώνεται το μέγεθος του

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

νήματος απλουστεύεται η στήριξη του νήματος καθώς και η γενικότερη κατασκευή του λαμπτήρα. Επίσης, τέτοιας κατασκευής νήμα παρουσιάζει μικρότερη ενεργή επιφάνεια προς το αέριο το οποίο περιέχει ο κώδωνας. Η τροφοδοσία του νήματος με ρεύμα γίνεται μέσω κατάλληλων αγωγών, που καλούνται αγωγοί προσαγωγής.

Τα στηρίγματα νήματος: Γενικά κατασκευάζονται από μεγάλης καθαρότητας μολυβδαίνιο, το οποίο είναι χημικά αδρανές με το τουγκστενίου.

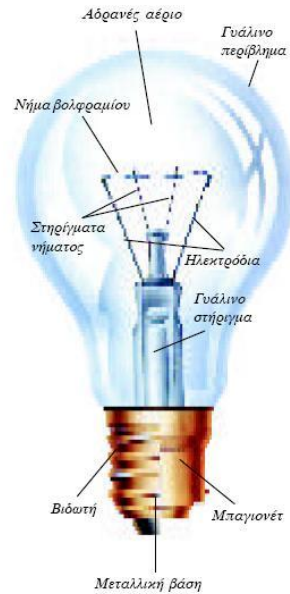
Ο κώδωνας: Περιέχει το νήμα και εμποδίζει το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα να το οξειδώσει και να το καταστρέψει. Οι λαμπτήρες μεγάλης ισχύος κατασκευάζονται από διαφανή κώδωνα ενώ οι μικρότερης ισχύος από θαμπό κώδωνα ή από γυαλί με προσμίξεις πυριτίου. Αν το αέριο πλήρωσης είναι το στοιχείο κρυπτό, ο κώδωνας είναι ιδιαίτερα μικρών διαστάσεων.

Το αέριο: Για την πρόληψη της πρόωρης εξάχνωσης (μετατροπή του στερεού σε αέριο) του νήματος, οι περισσότεροι τύποι λαμπτήρων πυράκτωσης άνω των 40W πληρούνται με αέριο. Έτσι, το νήμα μπορεί να λειτουργήσει σε υψηλότερες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της απόδοσης του λαμπτήρα. Το αέριο που συνήθως χρησιμοποιείται είναι το αργό ή το άζωτο ή μίγμα αργού με άζωτο σε αναλογία 90 / 10. Όσο αυξάνεται η πίεση του αερίου, τόσο περιορίζεται η εξάχνωση του νήματος. Το αέριο βρίσκεται σε πίεση 0,9 ατμοσφαιρών, όταν το νήμα δε διαρρέεται από ρεύμα, και περίπου 1,5 ατμοσφαιρών, όταν ο λαμπτήρας βρίσκεται σε λειτουργία. Τα τελευταία χρόνια, το φαινόμενο της εξάχνωσης περιορίστηκε με τη χρήση των αλογόνων στοιχείων (χλώριο, ιώδιο και βρώμιο). Μέσα στον κώδωνα του λαμπτήρα τοποθετείται συνήθως μικρή ποσότητα ατμών ιωδίου, η οποία σχηματίζει χημική αντίδραση με τα στοιχεία της εξάχνωσης του τουγκστενίου. Το προϊόν της χημικής αντίδρασης καλείται αλογονίδιο του τουγκστενίου και επικάθεται στο νήμα του λαμπτήρα. Εκεί, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας διασπάται σε αλογόνο και τουγκστενίου, το οποίο και αποθέτει πάνω στο νήμα. Το αλογόνο συμμετέχει σε νέο κύκλο αντίδρασης. Με τον τρόπο αυτό, στο νήμα επανέρχεται ποσότητα τουγκστενίου και η συνολική εξάχνωση αυτού περιορίζεται. Επίσης, με τα στοιχεία της εξάχνωσης του τουγκστενίου. Το προϊόν της χημικής αντίδρασης καλείται αλογονίδιο του τουγκστενίου και επικάθεται στο νήμα του λαμπτήρα. Εκεί, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας διασπάται σε αλογόνο και τουγκστενίου, το οποίο και αποθέτει πάνω στο νήμα. Το αλογόνο συμμετέχει σε νέο κύκλο αντίδρασης. Με τον τρόπο αυτό, στο νήμα επανέρχεται ποσότητα τουγκστενίου και η συνολική εξάχνωση αυτού περιορίζεται. Επίσης, περιορίζεται στο ελάχιστο το φαινόμενο αμαύρωσης του λαμπτήρα, ακόμη και αν είναι μικρών διαστάσεων. Οι λαμπτήρες που λειτουργούν μ' αυτόν τον τρόπο ονομάζονται «λαμπτήρες ιωδίνης» και, επειδή το νήμα τους λειτουργεί σε υψηλότερες θερμοκρασίες, έχουν και καλύτερο βαθμό απόδοσης. Παρουσιάζουν χρόνο ζωής 2000 ώρες, χρόνο περίπου διπλάσιο από ένα κοινό λαμπτήρα πυράκτωσης. Κατασκευάζονται σε ελάχιστες διαστάσεις και παρέχουν σταθερή φωτεινή ροή. Οι κάλυκες στερεώνονται στον γυάλινο κώδωνα με τη χρήση ειδικής συγκολλητικής ουσίας.

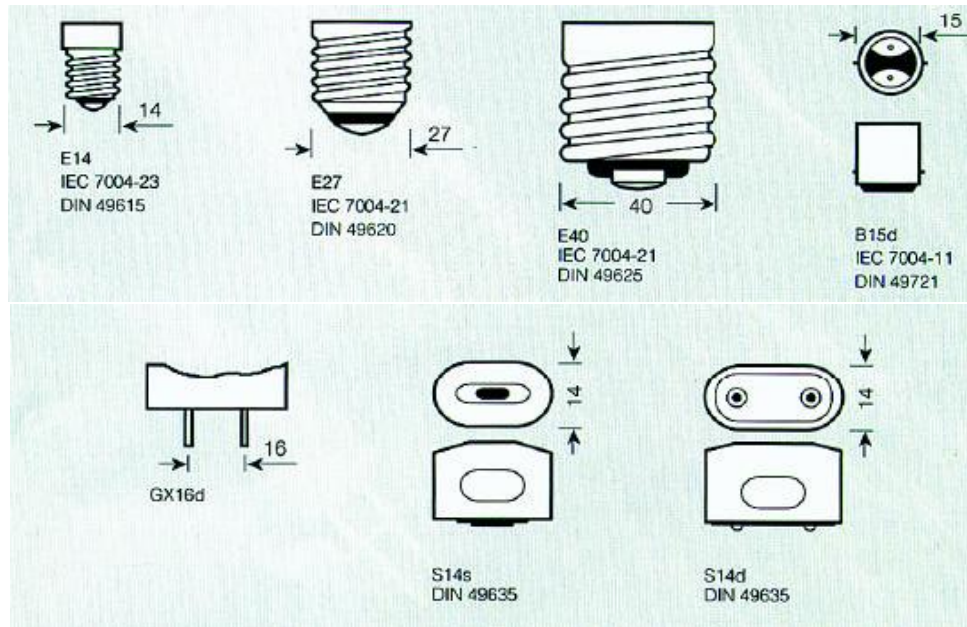
Ο κάλυκας: Οι λαμπτήρες πυράκτωσης λειτουργούν ή στο κενό ή στην ατμόσφαιρα κάποιου αδρανούς αερίου. Σε κάθε περίπτωση, είναι απαραίτητη η απομόνωση του νήματος από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Αυτό πετυχαίνεται με την αεροστεγή επαφή του γυάλινου κώδωνα με το μεταλλικό κάλυκα (βάση στήριξης) του λαμπτήρα.

Οι κάλυκες κατασκευάζονται σε τυποποιημένες διαστάσεις ύψους και διαμέτρου, τηρώντας διεθνείς προδιαγραφές (**Εικόνα 3.2**). Οι δυο συνήθεις τύποι είναι ο βιδωτός, που βιδώνεται στη λυχνιολαβή (ντουί), και ο μπαγιονέτ, που στηρίζεται στη λυχνιολαβή με τη βοήθεια δύο προεξοχών. Ο πρώτος τύπος χαρακτηρίζεται με το γράμμα E (Edisson) και ο δεύτερος με το γράμμα B (Baïonnette). Τα γράμματα E και B ακολουθούνται από αριθμό που χαρακτήριζε τη διάμετρο του κάλυκα σε χιλιοστά. Και οι δύο τύποι κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη και αυτά που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι: Βιδωτός τύπος (Edisson) E10 E14 E27 E40 και τύπος μπαγιονέτ (Bayonnette) B15 B22. Οι κάλυκες στερεώνονται στον γυάλινο κώδωνα με τη χρήση ειδικής συγκολλητικής ουσίας.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων



Εικόνα 3.1: Λαμπτήρας πυράκτωσης και τα μέρη που τον αποτελούν.



Εικόνα 3.2: Διάφοροι τύποι κάλυκα.

3.1.3 Είδη λαμπτήρων πυράκτωσης

Οι λαμπτήρες πυράκτωσης δίνουν ευχάριστο φως και χρησιμοποιούνται κυρίως για οικιακό φωτισμό (Εικόνα 3.3). Διατίθενται με κάλυκα βιδωτό E27 ή μπαγιονέτ B22. Διακρίνονται σε :

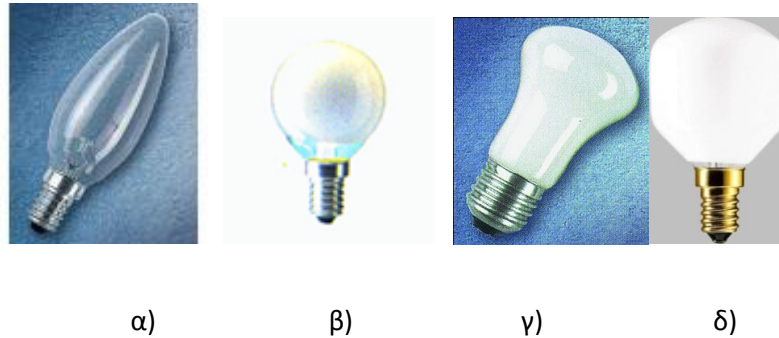
Λαμπτήρες κεριά: Διακρίνονται σε κεριά μινιόν ματ και μινιόν διαφανή (Εικόνα 3.3α). Τα ματ κεριά δίνουν απαλό φως και τα διαφανή λαμπερό. Και οι δύο τύποι είναι κατάλληλοι για διακοσμητικό φωτισμό σε ποικίλους χώρους, όπως σε κατοικίες, ξενοδοχεία, εστιατόρια και ειδικά σε φωτιστικά σώματα τύπου πολυελαίου.

Λαμπτήρες σφαιρικοί: Διατίθενται στην αγορά σε κανονικό και σε μινιόν κάλυκα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για διακοσμητικό φωτισμό (Εικόνα 3.3β).

Λαμπτήρες Argenta: Οι λαμπτήρες τύπου Argenta δίνουν ευχάριστο φως που διαχέεται ομοιόμορφα, δημιουργώντας άνετη και όμορφη ατμόσφαιρα (Εικόνα 3.3γ).

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

Λαμπτήρες Softone: Οι λαμπτήρες αυτοί έχουν μοντέρνο σχήμα που προσφέρεται για διακοσμητικές λύσεις και δίνουν ευχάριστο απαλό φως (**Εικόνα 3.3δ**).



Εικόνα 3.3: Κοινός λαμπτήρες. α) λαμπτήρες κεριά, β) λαμπτήρες σφαιρικοί, γ) λαμπτήρες Argenta, δ) λαμπτήρες Softone.

3.1.4 **Λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου**

Περιγραφή – Λειτουργία: Οι λαμπτήρες αυτοί αποτελούν την εξέλιξη των συμβατικών λαμπτήρων πυράκτωσης.

Το εξατμιζόμενο από το νήμα βολφράμιο απορροφάται από το αλογόνο και στη συνέχεια, μετά από χημική διάσπαση, επικάθεται ξανά πάνω στο νήμα, με αποτέλεσμα τον περιορισμό της συνολικής εξάχνωσής του.

Συγκρινόμενοι με τους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης, παρουσιάζουν βελτιωμένη απόδοση και διπλάσια τουλάχιστον διάρκεια ζωής. Οι λαμπτήρες αλογόνων διατίθενται σε πολλούς τύπους. Κυκλοφορούν στο εμπόριο και με κοινό κάλυκα, για άμεση και εύκολη αντικατάσταση των κοινών λαμπτήρων πυράκτωσης. Όσον αφορά το ηλεκτρικό τους κύκλωμα, για τη λειτουργία των λαμπτήρων πυράκτωσης αλογόνου απαιτείται μόνο λυχνιολαβή και ακροδέκτες.

Δείκτης χρωματικής απόδοσης: Δίνουν λαμπερό φως, λευκότερο από τους κοινούς λαμπτήρες πυράκτωσης, έχουν θερμοκρασία χρώματος 3000 – 3300 °K. Και σε αυτήν την κατηγορία λαμπτήρων ο δείκτης είναι 100.

Κατανάλωση Ισχύος: Λειτουργούν με χαμηλή τάση (όπου απαιτείται επιπλέον μετασχηματιστής στα 6,12 ή 24 V) και με την τάση δικτύου 230 V. Η κατανάλωσή του κυμαίνεται μεταξύ 50 και 300 W. Οι λαμπτήρες χαμηλών καταναλώσεων χρησιμεύουν κυρίως στον ειδικό φωτισμό που σημαίνει ότι πρέπει να χρησιμοποιηθούν αρκετοί, έτσι ώστε να φωτιστεί επαρκώς ένας χώρος. Εν προκειμένω δηλαδή, οι χαμηλές καταναλώσεις που σχετίζονται με τον ένα λαμπτήρα δεν ισχύουν πλέον. Οι λαμπτήρες υψηλών καταναλώσεων χρησιμεύουν στο γενικό φωτισμό και καταναλώνουν πολλή ενέργεια.

Οικολογική επάρκεια: Η κατηγορία λαμπτήρων αλογόνου είναι ιδιαίτερα αντί-οικολογική, καθώς οι εκπομπές τους σε ακτίνες UV και R είναι ιδιαίτερα υψηλές. Εκπέμπουν επίσης ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες.

Φωτεινή ροή: Κυμαίνεται μεταξύ 60 και 50000 lm.

Φωτιστική απόδοση: Μέχρι 25 lm/W

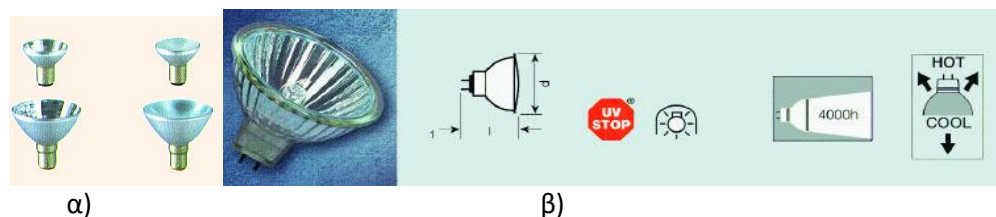
Διάρκεια ζωής: Η διάρκεια ζωής που δίνεται από τους κατασκευαστές κυμαίνεται μεταξύ 2000 και 3000 ωρών ενώ για κάποιο είδος λαμπτήρων μπορεί να φτάσει και τις 5000 ώρες. Και σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται συχνά αλλαγή λαμπτήρων.^{vi}

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

3.1.5 Είδη λαμπτήρων πυράκτωσης αλογόνου

Λαμπτήρες αλογόνων χαμηλής τάσης, αλουμινίου: Οι λαμπτήρες αλογόνων χαμηλής τάσης 6 ή 12 V, με κάτοπτρο από αλουμίνιο, χρησιμοποιούνται για την ανάδειξη αντικειμένων σε μουσεία, σε καταστήματα, σε αίθουσες ψυχαγωγίας και στις κατοικίες (**Εικόνα 3.4α**). Είναι οι πλέον κατάλληλοι λαμπτήρες για ξύλινες ψευδοροφές και γενικότερα σε εφαρμογές όπου η ανάπτυξη θερμότητας είναι ανεπιθύμητη. Έχουν χρόνο ζωής 2000 ώρες.

Λαμπτήρες αλογόνων χαμηλής τάσης – dichroic (διχροϊκοί): Οι λαμπτήρες αυτοί χάρη στο κυλινδρικό σχεδιασμό του καυστήρα που περιέχουν και ο οποίος έχει υποστεί επεξεργασία υπέρυθρης επίστρωσης (infrared coating IRC), αποτελούν τους αποδοτικότερους λαμπτήρες dichroic της αγοράς με φωτισμό υψηλής ποιότητας (**Εικόνα 3.4β**). Έχουν μέση διάρκεια ζωής 5.000 ώρες, θερμοκρασία χρώματος, 3150°K και είναι UV Block (λαμπτήρες που εκπέμπουν φάσμα υπεριώδους ακτινοβολίας από 290 ως 320 nm, το λεγόμενο βιολογικό φάσμα λόγω της ευαισθησίας του σώματος σε αυτό το φάσμα). Έχουν ψυχρή ομοιογενή δέσμη φωτός προς τα εμπρός, δηλαδή στέλνουν την θερμότητα προς τα πίσω και δεν θερμαίνουν τα φωτιζόμενα αντικείμενα. Με την αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων με dichroic πετυχαίνεται μέχρι 40% εξοικονόμηση ενέργειας, μέχρι 40% λιγότερη θερμότητα και μέχρι 66% μεγαλύτερο χρόνο ζωής. Χρησιμοποιούνται για το φωτισμό καταστημάτων, ξενοδοχείων, εστιατορίων και εκθέσεων.



Εικόνα 3.4: Λαμπτήρες αλογόνου χαμηλής τάσης α) αλουμινίου και β) διχροϊκοί.

Λαμπτήρες αλογόνων ευθύγραμμης μορφής: Είναι λαμπτήρες ιωδίνης δύο άκρων. Λειτουργούν στα 230 V, με θερμοκρασία χρώματος 2900 °K και χρόνο ζωής 2000 – 3000 ώρες (**Εικόνα 3.5α**). Χρησιμοποιούνται σε προβολείς για εξωτερικό φωτισμό και σε ειδικά φωτιστικά για το φωτισμό δαπέδου, τοίχων και οροφής εσωτερικών χώρων. Πρέπει να διατηρούνται καθαροί ακόμα και από δακτυλικά αποτυπώματα. Πριν από την έναρξη λειτουργίας τους, πρέπει να καθαρίζονται με οινόπνευμα. Λειτουργούν σε οριζόντια θέση, με μικρές αποκλίσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές.

Λαμπτήρες αλογόνων μορφής κάψουλας: Οι διάφοροι τύποι λαμπτήρων αλογόνου μορφής κάψουλας μπορούν να παρέχουν λαμπερό πλούσιο φως. Διατίθενται σε διαφανές και ματ γυαλί (**Εικόνα 3.5β**). Έχουν μέση διάρκεια ζωής περίπου 4000 ώρες, ενώ οι τύποι 24V περίπου 3000 ώρες. Κυκλοφορούν και στα 230V με κάλυκα μπαγιονέτ B15d με μέση διάρκεια ζωής 2000 ώρες. Είναι ιδανικοί για το φωτισμό χώρων εργασίας καθώς και για εφαρμογές διακοσμητικού φωτισμού, εφόσον τοποθετηθούν στα κατάλληλα φωτιστικά σώματα.



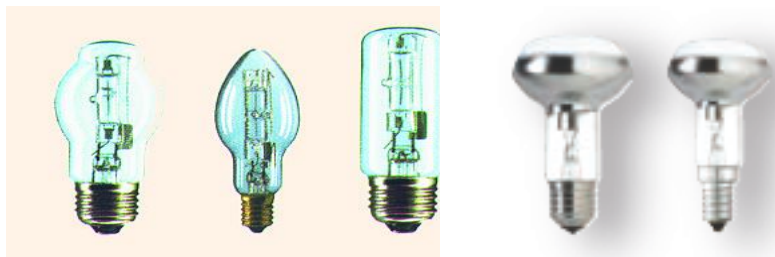
Εικόνα 3.5: Λαμπτήρες αλογόνου α) ευθύγραμμης μορφής και β) μορφής κάψουλας.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

Λαμπτήρες αλογόνου κοινού κάλυκα: Οι διάφοροι τύποι λαμπτήρων αυτής της μορφής δίνουν ευχάριστο και λαμπερό φωτισμό (**Εικόνα 3.6α**). Λειτουργούν στα 230 V και φέρουν κάλυκα E27 ή E14 για άμεση αντικατάσταση των κοινών λαμπτήρων πυράκτωσης. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με ροοστάτες. Διακρίνονται σε χαμηλής ισχύος (40-150W) και σε υψηλής ισχύος (1000 W) και έχουν μέση διάρκεια ζωής 2000 ώρες.

Διατίθενται σε σχήμα σωληνωτό ή αχλαδωτό, με διαφανές ή ματ γυαλί. Επίσης διατίθενται και λαμπτήρες καθρέπτη (**Εικόνα 3.6β**).

Οι λαμπτήρες χαμηλής ισχύος είναι κατάλληλοι για εσωτερικό και εξωτερικό γενικό φωτισμό σε κατοικίες, εστιατόρια και ξενοδοχεία. Χρησιμοποιούνται για τον εσωτερικό και εξωτερικό φωτισμό αθλητικών χώρων, πάρκων, κήπων και χώρων στάθμευσης.



α)

β)

Εικόνα 3.6: Λαμπτήρες αλογόνου κοινού κάλυκα α) κλασικού τύπου και β) τύπου καθρέπτη.

	Λαμπτήρες πυρακτώσεως	Λαμπτήρες αλογόνου
Τάση λειτουργίας (Volt)	230	230
Κατανάλωση ισχύος (Watt)	25 - 150	40 - 1000
Θερμοκρασία χρώματος / Δείκτης χρωματικής απόδοσης (°K/Ra)	2800 / ≈100	3000-3300 / 100
Φωτιστική απόδοση (lumen/Watt)	15	25
Φωτεινή ροή (lumen)	400 - 2200	60 - 30000
Διάρκεια ζωής (hours)	1000	2000 - 3000

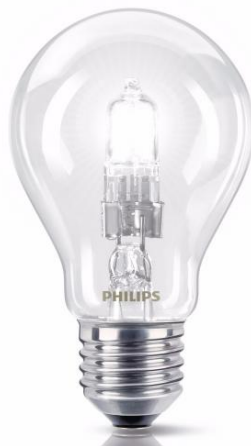
Πίνακας 3.1: Συγκριτικός πίνακας λαμπτήρων πυρακτώσεως και λαμπτήρων αλογόνου κοινού κάλυκα.

Ο λαμπτήρας EcoClassic (Philips): Αποτελεί μια καινούρια πρόταση λαμπτήρα πυράκτωσης αλογόνου (**Εικόνα 3.7**) όπου προσφέρει:

- Ιδανικό σχήμα: Ίδια εμφάνιση / αίσθηση με τον τυπικό λαμπτήρα
- Άμεση εκκίνηση: άμεσο φως με το άνοιγμα του διακόπτη
- Δημιουργία άνετης ατμόσφαιρας: Πλήρως ρυθμιζόμενος έως και μια απαλή λάμψη

Μακρά διάρκεια: Διπλάσια ζωή από αυτή του κοινού λαμπτήρα.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων



Εικόνα 3.7: Ο λαμπτήρας EcoClassic της Philips.

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας αντιστοίχισης ονομαστικής ισχύος διαφόρων κοινών λαμπτήρων πυράκτωσης με τους αντίστοιχους λαμπτήρες EcoClassic (**Πίνακας 3.2**).

Κοινός λαμπτήρας πυράκτωσης	Λαμπτήρας EcoClassic
40W	28W
60W	42W
75W	53W
100W	70W
150W	105W
200W	140W

Πίνακας 3.2: Πίνακας αντιστοίχισης ονομαστικής ισχύος κοινού λαμπτήρα πυράκτωσης και λαμπτήρα EcoClassic.

3.2 Λαμπτήρες εκκένωσης

Από τους λαμπτήρες εκκένωσης, οι τύποι που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι: ατμών υδραργύρου χαμηλής πίεσης (λαμπτήρες φθορισμού), λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης (απλοί, διορθωμένου φάσματος, με μεταλλικά ιωδίδια), λαμπτήρες μικτού φωτισμού, λαμπτήρες ξένου υψηλής πίεσης, λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης, λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης και ειδικοί λαμπτήρες εκκένωσης.

Η λειτουργία όλων των παραπάνω λαμπτήρων στηρίζεται στα φαινόμενα που συμβαίνουν κατά την εκκένωση αερίου στο εσωτερικό τους. Η φωτεινή τους ακτινοβολία προέρχεται καταρχήν από τον ιονισμό και στη συνέχεια από τη διέγερση των ατόμων στοιχείου το οποίο βρίσκεται μέσα στο λαμπτήρα δίνοντας και την αντίστοιχη ονομασία του λαμπτήρα. Έτσι, έχουμε λαμπτήρες υδραργύρου, νατρίου, νέου, αργού κλπ.

Για πρακτικούς λόγους, οι λαμπτήρες εκκένωσης διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες, τους λαμπτήρες χαμηλής και τους λαμπτήρες υψηλής πίεσης. Ο διαχωρισμός αυτός, αν και είναι γενικός, έχει να κάνει με την πίεση που επικρατεί στο εσωτερικό του λαμπτήρα.

Γενικά, λαμπτήρες με πίεση μεγαλύτερη από 200 mm Hg καλούνται ως υψηλής πίεσης και λαμπτήρες με πίεση 5 – 10 mm Hg καλούνται ως χαμηλής πίεσης.

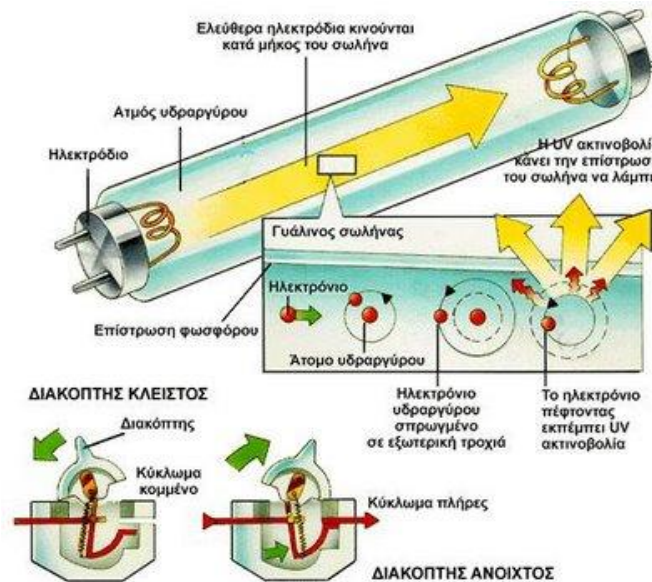
Το είδος της εκκένωσης που γίνεται σ' αυτούς τους λαμπτήρες είναι εκκένωση τόξου. Γι' αυτό το λόγο και πρέπει να χρησιμοποιηθεί αντίσταση σε σειρά. Στην πράξη, χρησιμοποιείται στραγγαλιστικό πηνίο (ballast). Εξάιρεση αποτελεί ο λαμπτήρας ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης, για τον οποίο αντί στραγγαλιστικού πηνίου χρησιμοποιείται μετασχηματιστής.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

3.2.1 Λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσης (φθορισμού)

Περιγραφή – Λειτουργία: Ο λαμπτήρας φθορισμού είναι λαμπτήρας εκκένωσης ατμών υδραργύρου χαμηλής πίεσης, με τοιχώματα καλυμμένα από φθορίζουσα ουσία (**Εικόνα 3.8**). Διατίθεται σε ευθύγραμμη ή σε κυκλική μορφή, σε διάμετρο 16, 26 και 38 mm. Περιέχει προσμίξεις ευγενών αερίων (νέον και αργόν) και υδράργυρο, με τη μορφή αραιού αερίου με πίεση 5.10 - 3 mmHg, σε θερμοκρασία 40 °C. Στα άκρα του σωλήνα βρίσκονται δύο ηλεκτρόδια που έχουν τη μορφή σύνθετων νημάτων. Με τα ηλεκτρόδια πετυχαίνεται θερμιονική εκπομπή ηλεκτρονίων απαραίτητη για τη λειτουργία του λαμπτήρα.

Όταν στο λαμπτήρα ασκηθεί η κατάλληλη τιμή τάσης, στο εσωτερικό του λαμπτήρα προκαλείται εκκένωση αερίου από την οποία παράγεται υπεριώδης (αόρατη) ακτινοβολία. Για τη μετατροπή της αόρατης ακτινοβολίας σε ορατή, η εσωτερική επιφάνεια του γυάλινου σωλήνα καλύπτεται με φθορίζουσες ουσίες (πούδρα), όπως άλατα πυριτίου, βολφραμίου και βορίου, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την υπεριώδη ακτινοβολία σε ακτινοβολίες του ορατού φάσματος. Το είδος της φθορίζουσας ουσίας καθορίζει και το φάσμα του εκπεμπόμενου φωτός.



Εικόνα 3.8: Λειτουργία Λαμπτήρα φθορισμού.

Εφαρμογές: Ο λαμπτήρας φθορισμού χρησιμοποιείται σε γραφεία, χώρους εργασίας (βιομηχανίες, βιοτεχνίες κλπ), διαδρόμους, κουζίνες, αίθουσες διαφόρων χρήσεων (διδασκαλίας, συσκέψεων, κλπ).

Δείκτης χρωματικής απόδοσης: Στην κατηγορία αυτή ο δείκτης κυμαίνεται κυρίως μεταξύ 82 και 85. Δηλαδή η απόδοση των χρωμάτων είναι μέτρια

Κατανάλωση ισχύος: Οι καταναλώσεις κυμαίνονται μεταξύ των 6 και 120 W, με πιο συνηθισμένες τιμές μεταξύ των 18 και 80 W.

Οικολογική επάρκεια: Οι λαμπτήρες φθορίου παρουσιάζουν ένα επιπλέον πρόβλημα σε σχέση με τις προηγούμενες κατηγορίες. Περιέχουν υδράργυρο ο οποίος είναι ιδιαίτερα τοξικός.

Φωτεινή ροή: Οι λαμπτήρες των 6 W εκπέμπουν κατά τους κατασκευαστές 240 lm, ενώ των 120 W εκπέμπουν 9000 lm. Ωστόσο αυτοί που χρησιμοποιούνται ευρέως (μεταξύ των 18 και 80 W) εκπέμπουν 900 έως 6150 lm.

Φωτιστική απόδοση: Οι ποσότητες αυτές των lm σε σχέση με τα W του κάθε λαμπτήρα αποτελεί ένα πολύ καλό πλεονέκτημα της κατηγορίας αυτής των λαμπτήρων.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

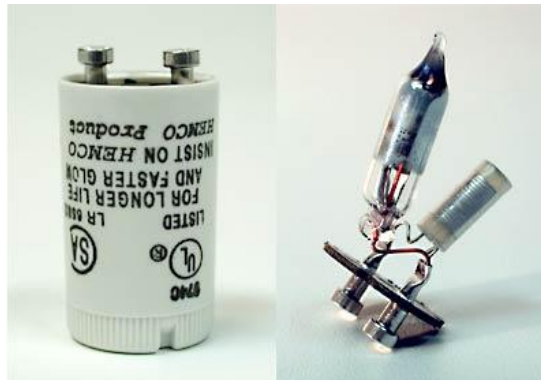
Διάρκεια ζωής: Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων αυτών είναι μεγάλη και κυμαίνεται μεταξύ 5000 και 10000 ωρών, που σημαίνει μεγάλη οικονομία ως προς την αναγκαιότητα αντικατάστασής τους.

3.2.2 Ηλεκτρομαγνητικές και Ηλεκτρονικές στραγγαλιστικές διατάξεις (Ballast)

Το ηλεκτρικό κύκλωμα των λαμπτήρων φθορισμού μπορεί να περιλαμβάνει μαγνητικό μπάλαστ με εκκινητή (στάρτερ) ή ηλεκτρονικό μπάλαστ (υψηλής συχνότητας HF). **Ηλεκτρομαγνητικό Ballast:** Η βασική διάταξη που απαιτείται για την έναυση ενός λαμπτήρα φθορισμού. Προκειμένου να λειτουργήσει χρειάζεται τον εκκινητή (starter) (Εικόνα 3.9). Ο εκκινητής προκαλεί την προθέρμανση των ηλεκτροδίων του λαμπτήρα και δημιουργεί την απαιτούμενη υψηλή τάση, που είναι απαραίτητη για την έναυση του λαμπτήρα. Στα φωτιστικά σώματα αντιστοιχεί ένα starter ανά λαμπτήρα.

Αποτελείται από λευκό κυλινδρικό περίβλημα από πολυκαρμπονάτ, το οποίο περιέχει:

1. Ένα μικρό σωλήνα εκκένωσης με αέριο νέον που περιλαμβάνει δύο ηλεκτρόδια, το ένα σταθερό και το άλλο κινητό (διμεταλλική επαφή).
2. Έναν αντιπαρασιτικό πυκνωτή, για την εξάλειψη των ραδιοφωνικών παρασίτων.



Εικόνα 3.9: Εκκινητής (Starter).

Ηλεκτρονικό Ballast: Η εξέλιξη των starter έφερε στην αγορά τον τύπο του ηλεκτρονικού εκκινητή (Εικόνα 3.10) (υψηλής συχνότητας ballast - HF ballast) που προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, από οικονομικής και λειτουργικής άποψης.

Έχει σχεδιαστεί για την έναυση των λαμπτήρων φθορισμού και παρέχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. Παράταση της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων κατά 30%, χάρη στην προθέρμανση των ηλεκτροδίων έναυσης. Η οικονομία συντήρησης που επιτυγχάνεται επιτρέπει τη γρήγορη απόσβεση του κόστους του ηλεκτρονικού starter.
2. Επιτρέπει ένα σημαντικό αριθμό αναμμάτων (100.000), που αντιστοιχεί στη διάρκεια ζωής των φωτιστικών σωμάτων.
3. Με το πέρας της ζωής του, ο λαμπτήρας τίθεται εκτός κυκλώματος. Και έτσι αποφεύγονται άσκοπες προσπάθειες ανάμματος, όπως επίσης και οι ενοχλητικοί συνεχείς σπινθηρισμοί, οι επαναλαμβανόμενες ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές και οι κίνδυνοι φθοράς του φωτιστικού από υπερθέρμανση των ηλεκτροδίων του λαμπτήρα.
4. Τέλεια έναυση χωρίς αναλαμπές
5. Αυτόματη εκ νέου έναυση του λαμπτήρα, σε περίπτωση διακοπών ή αντικατάστασης του.
6. Έναυση σε χαμηλές θερμοκρασίες (-40°C).

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

7. Δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινότητας του λαμπτήρα (dimming) μέσω αισθητήρων και ρυθμιστών φωτισμού (dimmers). Η ρύθμιση αυτή είναι αδύνατη με συμβατικά ballast. Το χαρακτηριστικό αυτό, αλλά γενικότερα, η δυνατότητα ρύθμισης και ελέγχου του φωτιστικού με σήματα χαμηλής τάσης στο ballast, καθιστούν τα φωτιστικά κατάλληλα για τη λειτουργία τους με απλούς αυτοματισμούς.
8. Δυνατότητα ένταξης της εγκατάστασης φωτισμού σε σύστημα κεντρικής διαχείρισης κτιρίων (BMS).
9. Βελτίωση της ποιότητας του φωτισμού διότι η λειτουργία των ηλεκτρονικών ballast σε υψηλές συχνότητες (>24 kHz) εξαλείφει τα εγγενή μειονεκτήματα των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών όπως το βούισμα και το τρεμόσβημα τα οποία προκαλούνται από τη χαμηλή συχνότητα λειτουργίας τους (50 Hz).
10. Δυνατότητα λειτουργίας περισσότερων λαμπτήρων (έως 4) με 1 μόνο ηλεκτρονικό ballast και κατά συνέπεια μικρότερες απώλειες. Αντιθέτως, το συμβατικό ηλεκτρομαγνητικό ballast δεν μπορεί να λειτουργήσει με περισσότερους από 2 λαμπτήρες.

Εκτιμάται γενικώς ότι η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών ballast (στραγγαλιστικών πηνίων) μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας έως 25%.

Τέλος, επισημαίνεται ότι εντός ολίγων ετών δεν θα επιτρέπεται η διάθεση των ενεργοβόρων ηλεκτρομαγνητικών ballast σύμφωνα με οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



α)



β)

Εικόνα 3.10: α) Ηλεκτρονικά και β) Συμβατικό Ballast.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι φωτιστικό σώμα όπως αυτά στην **Εικόνα 3.11** με ισχύ 4*18W και ηλεκτρονικό ballast, συνολικής κατανάλωσης 74W προσφέρει μέση εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι και 15%.



α)



β)

Εικόνα 3.11: Φωτιστικά σώματα με περσίδες. α) χωνευτό και β) εξωτερικό.

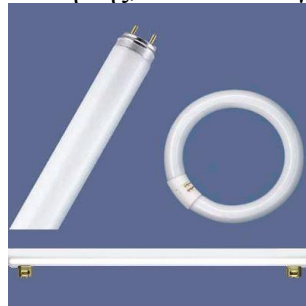
3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

3.2.3 Είδη Λαμπτήρων Φθορισμού

3.2.3.1 Κοινοί λαμπτήρες φθορισμού

Η συνηθέστερη εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας είναι οι σωληνωτοί λαμπτήρες φθορισμού (**Εικόνα 3.12**), με μια σειρά από διαφορετικές επικαλύψεις φωσφόρου για διαφορετικά αποτελέσματα φάσματος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο λαμπτήρας φθορισμού θα πρέπει να λειτουργεί σε οριζόντια θέση. Η λειτουργία σε κατακόρυφη θέση προκαλεί μια μη ομοιόμορφη κατανομή των αερίων του λαμπτήρα με αποτέλεσμα τη μείωση του φωτός και της ομοιομορφίας του. Σε κάθετη θέση, τα σταγονίδια του υδραργύρου συγκεντρώνονται κοντά στην κάτω κάθοδο με αποτέλεσμα την αυξανόμενη επιδείνωση της, που συνεπάγεται μείωση της ζωής της λάμπας.



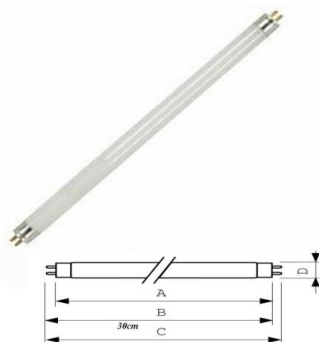
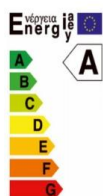
Εικόνα 3.12: Κοινοί λαμπτήρες φθορισμού.

T5 και T8: Οι λαμπτήρες T5 (**Εικόνα 3.13α**) αποτελούν τη νέα γενιά λαμπτήρων φθορισμού. Λειτουργούν μόνο με ηλεκτρονικό ballast, άρα τα φωτιστικά με λαμπτήρες αυτού του τύπου έχουν όλα τα πλεονεκτήματα που περιγράφονται παραπάνω. Οι διαστάσεις των λαμπτήρων T5 είναι διαφορετικές από τις διαστάσεις των συμβατικών λαμπτήρων T8 και T12 (**Εικόνα 3.14**), άρα δεν είναι δυνατόν να τους αντικαταστήσουν σε υφιστάμενα φωτιστικά.

Ένα τυπικό φωτιστικό για χρήση με λαμπτήρα T5 φαίνεται στην **Εικόνα 3.15**. Ο συνδυασμός λαμπτήρων με ηλεκτρονικές στραγγαλιστικές διατάξεις με φωτιστικά όπως αυτό που ανακλούν το μεγαλύτερο του φωτός μπορεί να μας δώσει μια ικανοποιητική ποσότητα φωτός με μεγάλα ενεργειακά οφέλη.

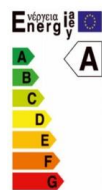
Η απόδοση του συστήματος λαμπτήρα T5 και ballast (απαραίτητως ηλεκτρονικού) μπορεί να προσεγγίσει τα 92 lm/W (αναλόγως του τύπου και της ονομαστικής ισχύος του λαμπτήρα). Η απόδοση του συμβατικού συστήματος λαμπτήρα T8 και ballast (ηλεκτρομαγνητικού) δεν μπορεί να υπερβεί τα 76 lm/W. Άρα, η απόδοση των λαμπτήρων T5 μπορεί να είναι έως και 21% υψηλότερη της απόδοσης των λαμπτήρων T8 με συμβατικό ballast. Όταν όμως οι T8 λειτουργούν με ηλεκτρονικό ballast τότε οι διαφορές στην απόδοση με τους λαμπτήρες T5 μειώνονται αισθητά.

Λάμπα φθορίου T5 8watt 6400k



α)

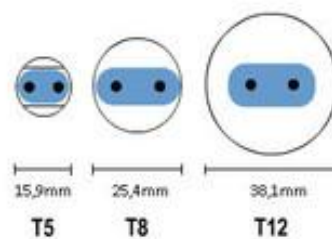
Λάμπα φθορίου T8 18W 6400k



β)

Εικόνα 3.13: Λαμπτήρες T5 και T8.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων



Εικόνα 3.14: Σύγκριση διαστάσεων λαμπτήρων T5, T8 και T12

	T5	T8	T12
Ισχύς (W)	14 - 80	10 - 58	20 - 140
Θερμοκρασία χρώματος λαμπτήρα (°K)	3000-6000	2700-6500	3000-4100
Δείκτης χρωματικής απόδοσης Ra	85	50-98	60-85
Φωτεινή απόδοση (lm/W)	80-100	77-100 (τριφωσφορικός με ηλεκτρονικό μπάλαστ)	45-100

Πίνακας 3.3: Χαρακτηριστικά γραμμικών λαμπτήρων φθορισμού.



Εικόνα 3.15: Σκαφάκι με ανακλαστήρες για χρήση με λαμπτήρες T5.

3.2.3.1.1 Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFL)

Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού CFL (Compact Fluorescent Lamps), ή «ηλεκτρονικοί λαμπτήρες οικονομικής κατανάλωσης», είναι ένα σύγχρονο είδος των λαμπτήρων, που λειτουργούν όπως λαμπτήρες φθορισμού, αλλά σε πολύ μικρότερο μέγεθος. Χαρακτηρίζονται από τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το μεγάλο χρόνο ζωής.

Οι λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας CFL, λόγω της κατασκευής τους, χρειάζονται ένα χρονικό διάστημα προθέρμανσης, μέχρι να φτάσουν την θερμοκρασία βέλτιστης λειτουργίας. Το χρονικό αυτό διάστημα μπορεί να είναι έως και τρία λεπτά για κάποιους λαμπτήρες CFL.

Πετυχαίνουν τη βέλτιστη οικονομική λειτουργία τους, αν μένουν αναμμένοι για τουλάχιστον 15 λεπτά κάθε φορά. Αν ο λαμπτήρας χρησιμοποιείται σε σημείο όπου μένει αναμμένος αρκετές ώρες την κάθε φορά, τότε η διάρκεια ζωής του είναι συνήθως από

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

8πλάσια έως και πάνω από 15πλάσια από τη διάρκεια ζωής μιας συνηθισμένης λάμπας πυρακτώσεως.

Σημαντική επίδραση στη λειτουργία των λαμπτήρων CFL έχει η θερμοκρασία του περιβάλλοντος λειτουργίας. Οι λαμπτήρες CFL αποδίδουν τα μέγιστα σε θερμοκρασίες δωματίου. Πολύ χαμηλές θερμοκρασίες μπορούν να κάνουν τους λαμπτήρες CFL να αποδίδουν λιγότερο φώς ή, σε εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες, ακόμα και να μην ανάβουν.

Επίσης οι κραδασμοί συχνά επηρεάζουν τις ηλεκτρονικές διατάξεις σε σημείο ακόμα και να σταματήσουν να λειτουργούν.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι λάμπες CFL επειδή χρησιμοποιούν ηλεκτρονικές στραγγαλιστικές διατάξεις (ballast) [3.2.2] μπορούν να ελεγχθούν από σύστημα ελέγχου φωτισμού. Ωστόσο θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι ποτέ οι συνήθεις CFL δε πρέπει να εγκαθίστανται σε τέτοιο κύκλωμα. Υπάρχουν ειδικά σχεδιασμένοι λαμπτήρες CFL διαθέσιμοι στο εμπόριο για τέτοιες εφαρμογές.

Οι καταναλωτές πρέπει να γνωρίζουν ότι οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες, διαφημίζονται ευρέως αυτόν τον καιρό, εκτός των 5mg υδραργύρου σε υγρή μορφή που περιέχουν ο καθένας και τον κίνδυνο ανά πάσα στιγμή να μολύνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον ή και να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες στην υγεία των ανθρώπων που θα έρθουν σε επαφή με τον υδράργυρο, εκπέμπουν και ακτινοβολία την οποία πολλοί ερευνητές προσομοιάζουν με αυτή των κινητών τηλεφώνων.

Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες:

- **με εξωτερικό μπάλαστ:** Αυτά τα συστήματα είναι πιο ακριβά αλλά έχουν μικρότερο κόστος διάρκειας ζωής σε σύγκριση με τα συστήματα των CFL με ενσωματωμένο ballast επειδή οι ξεχωριστές μονάδες βάσης / ballast είναι αναχρησιμοποιήσιμες και μπορούν να διαρκέσουν για 3 έως 5 αντικαταστάσεις λαμπτήρων. Επίσης συνίστανται σε περιπτώσεις φωτιστικών με λίγες διεξόδους αέρα, εφόσον οι μονάδες βάσης αυτές επηρεάζονται από υψηλές θερμοκρασίες.
- **με ενσωματωμένο σύστημα εσωτερικής έναυσης:** Προσφέρουν μεγάλη ευκολία στην άμεση αντικατάσταση κοινών λαμπτήρων αφού κυκλοφορούν σε μεγάλη ποικιλία καλύκων [3.1.2] ενώ μπορούν να συνδυάζουν στο ηλεκτρονικό τους κύκλωμα ενσωματωμένο σύστημα ρύθμισης φωτισμού (dimming) και φωτοκύτταρο[5.3].

Για επαγγελματική, βιομηχανική και για οικιακή χρήση και πλέον, η χρήση τους είναι πολύ διαδεδομένη σε κάθε είδους εφαρμογής φωτισμού.



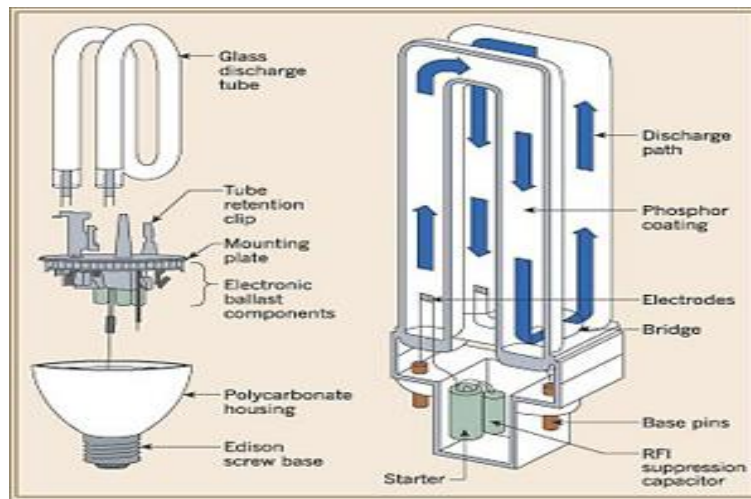
α)



β)

Εικόνα 3.16: Λαμπτήρες CFL α) κοινοί, β) με ενσωματωμένο φωτοκύτταρο.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων



Εικόνα 3.17: Εσωτερική δομή ενός λαμπτήρα CFL.

3.2.3.2 Ειδικοί τύποι λαμπτήρων φθορισμού

Λαμπτήρες απόχρωσης 79: Με θερμοκρασία χρώματος 3800 °K τονίζουν το κόκκινο και ροζ χρώμα και χρησιμοποιούνται σε βιτρίνες κρεοπωλείων, καταστήματα αλλαντικών, ανθοπωλεία, για την ανάδειξη των ζεστών τόνων και των κόκκινων χρωμάτων κ.λπ.

Λαμπτήρες απόχρωσης 89: Με θερμοκρασία χρώματος 10.000 °K, ο οποίος δίνει ψυχρή αίσθηση, χρησιμοποιούνται για το φωτισμό ενυδρείων και συναφών εφαρμογών.

Λαμπτήρες μαύρου φωτός: Είναι λαμπτήρες υπεριωδών ακτινών και φέρουν ως περίβλημα γυάλινο φίλτρο με προσμίξεις κοβαλτίου, που έχει ως στόχο τη σημαντική ελάττωση της ακτινοβολίας στην ορατή περιοχή. Βρίσκει εφαρμογές στην αναζήτηση πλαστών (χαρτονομίσματα, γραμματόσημα), στη διαφήμιση, στην ορυκτολογία και στην αναζήτηση ελαττωματικών βιομηχανικών προϊόντων (μεταλλουργία, υφαντουργία).

Λαμπτήρες φθορισμού με εξωτερικό κάλυμμα προστασίας: Είναι λαμπτήρες φθορισμού με αντιθραυσματική προστασία και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές φωτισμού χώρων όπου παράγονται, διανέμονται ή πωλούνται είδη τροφίμων. Εξαιτίας της διάφανης επικάλυψης του λαμπτήρα, σε περίπτωση σπασίματος του, κάθε κομμάτι γυαλιού παραμένει στη θέση του προστατεύοντας τα προϊόντα που φωτίζονται και το περιβάλλον εργασίας. Αναγνωρίζονται από το μπλε δαχτυλίδι που υπάρχει γύρω από το λαμπτήρα.

Έγχρωμοι λαμπτήρες φθορισμού: Χρησιμοποιούνται για διακοσμητικό φωτισμό και τη δημιουργία φωτιστικών εφέ.

Λαμπτήρες φθορισμού με ένα σημείο εφαρμογής: Είναι λαμπτήρες που διαθέτουν ντουί με ένα άκρο και όχι με δύο, όπως όλοι οι άλλοι (μονοπολικό ντουί). Έχουν σχεδιαστεί ειδικά για χρήση σε φωτιστικά αντiekρηκτικού τύπου, για εφαρμογές σε διωλιστήρια, ορυχεία, εργαστήρια και γενικά σε χώρους όπου εγκυμονεί ο κίνδυνος της έκρηξης (αντiekρηκτικοί).

Λαμπτήρες φθορισμού ταχείας αψής: Αυτοί οι λαμπτήρες έχουν εξωτερικό ηλεκτρόδιο εκκίνησης, με αποτέλεσμα να μην απαιτείται στάρτερ για την έναυση τους. Για αποτελεσματική άμεση έναυση, πρέπει και η εγκατάσταση να είναι εξοπλισμένη με πηνία άμεσης έναυσης (rapid start).

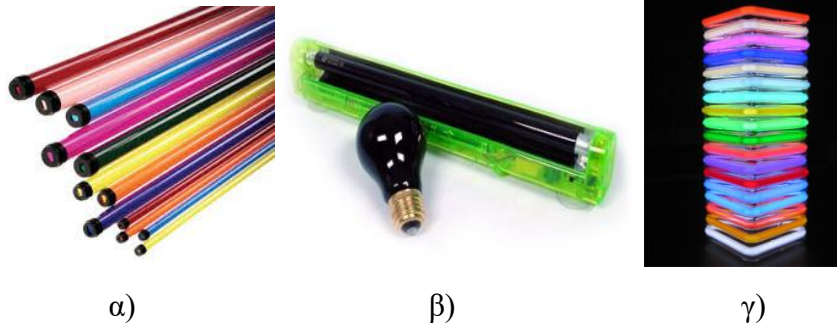
Λαμπτήρες ανάπτυξης φυτών: Αυτοί οι λαμπτήρες εκπέμπουν στο φάσμα του μπλε και του κόκκινου που απορροφάται από τη χλωροφύλλη και χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση.

Λαμπτήρες μαυρίσματος: Είναι λαμπτήρες υπεριωδών ακτινών και εκπέμπουν ακτίνες UVA και UVB που συμβάλλουν στο μαύρισμα της επιδερμίδας.

Οι λαμπτήρες φθορισμού ψυχρής καθόδου (Φωτεινοί σωλήνες Νέον): είναι υαλοσωλήνες που περιέχουν αδρανή αέρια και δε διαθέτουν εκκινητές και ηλεκτρόδια πυράκτωσης. Ενώ το

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

αρχικό κόστος μπορεί να είναι υψηλό, η ψυχρή κάθοδος αποδίδει οικονομικά μακροπρόθεσμα, σε σύγκριση με άλλα συστήματα φωτισμού. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές φωτεινών επιγραφών. Το χρώμα του φωτός που εκπέμπουν εξαρτάται από το είδος του ευγενούς αερίου το οποίο περιέχουν και από το χρώμα των γυάλινων περιβλημάτων των σωλήνων. Η διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 6000 ώρες.



Εικόνα 3.18: Λαμπτήρες φθορισμού α)έγχρωμοι, β)μαύρου φωτός (black light), γ) νέον.

3.2.4 Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης

Περιγραφή – Λειτουργία: Ο λαμπτήρας ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης αποτελεί χαρακτηριστική εφαρμογή εκκένωσης τόξου μέσω ατμών υδραργύρου. Αποτελείται από ένα μικρό σωλήνα εκκένωσης από γυαλί χαλαζία στα άκρα του οποίου είναι συντηγμένα δύο κύρια ηλεκτρόδια και ένα βοηθητικό (Εικόνα 3.19).

Ο μικρός σωλήνας εκκένωσης περιέχει το ευγενές αέριο αργό και υδράργυρο με τη μορφή σταγόνων. Σε σειρά με το βοηθητικό ηλεκτρόδιο συνδέεται ωμική αντίσταση. Η όλη διάταξη τοποθετείται μέσα σε γυάλινο κώδωνα, ο οποίος συνήθως είναι γεμάτος με αδρανές αέριο, για την απαγωγή της θερμότητας.



Εικόνα 3.19: Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης.

Ο χρόνος που μεσολαβεί από την έναυση μέχρι την πλήρη λειτουργία του λαμπτήρα κυμαίνεται από 3 έως 5 λεπτά. Το υλικό κατασκευής του σωλήνα εκκένωσης είναι ο χαλαζίας, επειδή παρουσιάζει αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, έχει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής διαστολής και επιτρέπει να περνά από αυτόν, εκτός του ορατού, και το υπεριώδες μέρος της παραγόμενης ακτινοβολίας.

Οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, όπως όλοι οι λαμπτήρες εκκένωσης, απαιτούν ένα στραγγαλιστικό πηνίο για τη σταθεροποίηση της εκκένωσης και για τον περιορισμό του ρεύματος λειτουργίας. Το στραγγαλιστικό πηνίο δημιουργεί μια διαφορά φάσης μεταξύ

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

τάσης και ρεύματος, οπότε για την αντιστάθμισή τους συνδέεται πυκνωτής παράλληλα στα άκρα της συνδεσμολογίας.

Για την επαναλειτουργία του λαμπτήρα μετά το σβήσιμό του απαιτείται ορισμένο χρονικό διάστημα για την ψύξη του και για την υγραποίηση ξανά των ατμών υδραργύρου.

Οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου κατασκευάζονται συνήθως σε δύο τύπους, τους σωληνοειδείς και τους αχλαδωτούς.

Έχουν μεγάλη φωτιστική απόδοση, αλλά το φως που δίνουν παραμορφώνει έντονα τα χρώματα (λείπει το κόκκινο χρώμα από το φάσμα της ακτινοβολίας τους). Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό δρόμων, εργοστασίων, αποθηκών, υπαίθριων βιομηχανικών εγκαταστάσεων κλπ.

Διακρίνονται σε απλούς λαμπτήρες, διορθωμένου φάσματος, με μεταλλικά αλογονίδια και λαμπτήρες μικτού φωτισμού.

3.2.5 Είδη λαμπτήρων ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης

3.2.5.1 Απλοί λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, υψηλής πίεσης (HQL)

Οι λαμπτήρες εκκένωσης ατμών υδραργύρου, υψηλής πίεσης είναι οι παλαιότεροι λαμπτήρες εκκένωσης (**Εικόνα 3.20**). Παρότι η ποιότητα του φωτός που παράγουν είναι σχετικά φτωχή και η απόδοσή τους αρκετά περιορισμένη, επειδή οι λαμπτήρες αυτοί είναι φθηνοί χρησιμοποιούνται ακόμη με μεγάλη συχνότητα στον οδικό φωτισμό ή στο φωτισμό βιομηχανικών χώρων.

Δείκτης χρωματικής απόδοσης: Παρατηρώντας το παρακάτω διάγραμμα, διαπιστώνουμε ότι κυριαρχεί το κίτρινο και το μπλε χρώμα, ενώ λείπει σχεδόν τελείως το ερυθρό που είναι απαραίτητο για την δημιουργία ευχάριστης εντύπωσης του φωτός. Ο δείκτης Ra κυμαίνεται μεταξύ 42-52 και θεωρείται ιδιαίτερα χαμηλός.

Κατανάλωση ισχύος: 50-1000 W

Οικολογική επάρκεια: Παρατηρείται το φαινόμενο υπέρμετρων ακτινών UV και IR όπως επίσης περιέχουν υδράργυρο που είναι ιδιαίτερα τοξικός.

Φωτεινή ροή: Η φωτεινή ροή κυμαίνεται μεταξύ 1600-58000 lm

Φωτιστική απόδοση: Η απόδοσή τους κυμαίνεται στα 55 lm/W

Διάρκεια ζωής: 22000 ώρες (για ισχύ 50 έως 400 W) και 14000 ώρες (για ισχύ 700 έως 1000 W).



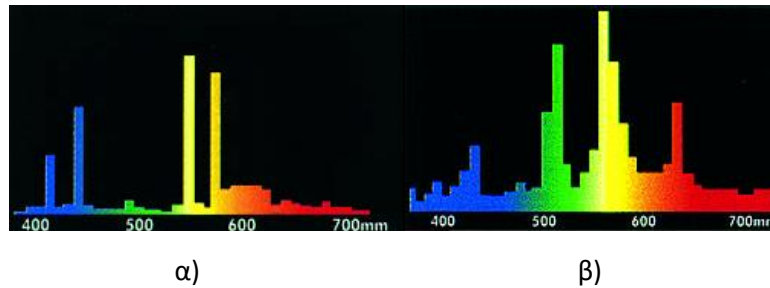
Εικόνα 3.20: Λαμπτήρας ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης (HQL).

3.2.5.2 Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, βελτιωμένου φάσματος

Το πρόβλημα της κακής χρωματικής απόδοσης των λαμπτήρων ατμών υδραργύρου ξεπεράστηκε με την επίχριση των εσωτερικών τοιχωμάτων του εξωτερικού κώδωνα με φθορίζουσα ουσία, η οποία εμπλουτίζει το φάσμα εκπομπής του λαμπτήρα με ερυθρά μήκη κύματος. Επίσης, η φθορίζουσα ουσία μετατρέπει το μεγαλύτερο μέρος της αόρατης υπεριώδους ακτινοβολίας που παράγεται κατά την εκκένωση σε ακτινοβολία ορατού φάσματος, με αποτέλεσμα τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης του λαμπτήρα έως και 60 lm/W.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

Ευρέως χρησιμοποιείται και ο λαμπτήρας υψηλής πίεσης, με εσωτερικό καθρέφτη, για τον προσανατολισμό της δέσμης φωτός προς μία κυρίως κατεύθυνση. Έχει χρόνο ζωής 22000 ώρες και λειτουργεί σε οποιαδήποτε θέση λειτουργίας.



Εικόνα 3.21: Φασματική κατανομή λαμπτήρα ατμών υδραργύρου α) απλού, β) βελτιωμένου φάσματος.

3.2.5.3 Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, υψηλής πίεσης, με μεταλλικά αλογονίδια (HQI)

Στους λαμπτήρες υδραργύρου, για ακόμη μεγαλύτερη ενεργειακή φασματική κατανομή, εκτός της φθορίζουσας ουσίας, ο εμπλουτισμός μπορεί να γίνει και με τη χρήση μερικών ενώσεων ιωδίου (**Εικόνα 3.22**). Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται μεταλλικά ιωδίδια ή αλογονίδια (Metal Halide) και συμμετέχουν στην εκκένωση των ατμών υδραργύρου αποδίδοντας ακτινοβολίες με μήκη κύματος όπου το ενεργειακό φάσμα είναι φτωχό ή κενό. Εκπέμπουν ουδέτερο, λευκό φως. Θερμοκρασία χρώματος 3000 – 4000 °K.



Εικόνα 3.22: Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης με μεταλλικά αλογονίδια.

Οι δύο τύποι που κυκλοφορούν, σωληνωτοί ή ελλειψοειδείς, διατίθενται με κάλυκα μονό ή διπλό (δύο άκρων).

Το ηλεκτρικό τους κύκλωμα απαιτεί μαγνητικό μπάλαστ και κατάλληλη συσκευή έναυσης – εκκινητή ή ηλεκτρονικό μπάλαστ (μέχρι 150 W).

Δείκτης χρωματικής απόδοσης: Εκπέμπουν ουδέτερο, λευκό φως. Θερμοκρασία χρώματος 3000 – 4000 °K. Ο δείκτης Ra κυμαίνεται μεταξύ 65 και 95 μονάδων, με κύρια αιχμή μεταξύ των 80 και 92W.

Κατανάλωση ισχύος: Οι καταναλώσεις κυμαίνονται μεταξύ των 20 και 2000 W.

Οικολογική επάρκεια: Και σε αυτήν την περίπτωση παρατηρείται το φαινόμενο υπέρμετρων ακτινών UV και IR όπως επίσης περιέχουν υδράργυρο που είναι ιδιαίτερα τοξικός.

Φωτεινή ροή: Η φωτεινή ροή κυμαίνεται μεταξύ των 1400 και 35000 lm.

Φωτιστική απόδοση: Η απόδοσή τους κυμαίνεται στα 80-90 lm/W η οποία θεωρείται αρκετά υψηλή.

Διάρκεια ζωής: Κυμαίνεται μεταξύ 3000 και 10000 ωρών χαρακτηριστικό που τους καθιστά ιδιαίτερα οικονομικούς.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

Εκτός από τα παραπάνω είδη λαμπτήρων, κατασκευάζονται επίσης λαμπτήρες ατμών υδραργύρου, πολύ υψηλής πίεσης, για τον εξοπλισμό προβολέων και για τις κινηματογραφικές μηχανές.

Σε αυτούς τους λαμπτήρες η εκκένωση γίνεται σε πολύ μικρό χώρο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία λαμπρότητας πολύ υψηλής τιμής. Επίσης, κατασκευάζονται λαμπτήρες ειδικών χρήσεων που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές επεξεργασίες, στις γραφικές τέχνες, σε ινστιτούτα αισθητικής, σε θεραπευτικές και αποστειρωτικές συσκευές και σε φωτοτυπικά μηχανήματα. Σ' αυτή τη κατηγορία ανήκουν και οι λαμπτήρες μαύρου φωτός. Οι λαμπτήρες αυτοί διατίθενται σε τύπους TL και TLD και χρησιμοποιούνται για διαχωρισμούς χρωμάτων, στη βιομηχανία τροφίμων, στην αρχαιολογία, στην εγκληματολογία και στις τράπεζες, για την ανίχνευση πλαστών χαρτονομισμάτων.



Εικόνα 3.23: Λαμπτήρες αποστείρωσης, αποθεραπείας τραυμάτων και μαύρου φωτός.

3.2.6 Λαμπτήρες μικτού φωτισμού

Οι λαμπτήρες μικτού φωτισμού συνδυάζουν χαρακτηριστικά λαμπτήρων πυράκτωσης και λαμπτήρων εκκένωσης. Αντικαθιστούν άμεσα τους λαμπτήρες πυράκτωσης και παρέχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης και μεγαλύτερο χρόνο ζωής (**Εικόνα 3.24**). Αυτά τα χαρακτηριστικά τους καθιστούν κατάλληλους για εφαρμογές όπου απαιτούνται υψηλότερα επίπεδα φωτισμού από αυτά που έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν οι λαμπτήρες πυράκτωσης.



Εικόνα 3.24: Λαμπτήρες μικτού φωτισμού.

Οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου μπορούν να μετατραπούν σε λαμπτήρες μικτού φωτισμού, με την προσθήκη νήματος από βολφράμιο μεταξύ του εξωτερικού κώδωνα και του σωλήνα εκκένωσης.

Ο λαμπτήρας μικτού φωτισμού λειτουργεί χωρίς στραγγαλιστικό πηνίο και η σταθεροποίηση της εκκένωσης με τον ταυτόχρονο περιορισμό του ρεύματος γίνεται με τη σύνδεση σε σειρά του νήματος βολφραμίου με το σωλήνα εκκένωσης. Κατά τη λειτουργία του λαμπτήρα, το νήμα πυρακτώνεται, εκπέμποντας ακτινοβολίες με μήκη κύματος στην

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

ερυθρή περιοχή του φάσματος, με αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό του φάσματος της συνολικά εκπεμπόμενης ακτινοβολίας.

Οι λαμπτήρες μικτού φωτισμού έχουν ικανοποιητικό σχετικό βαθμό απόδοσης (22 lm/W) και μεγάλη διάρκεια ζωής (5000 ώρες). Μπορούν να αντικαταστήσουν το λαμπτήρα πυράκτωσης, χωρίς προβλήματα εγκατάστασης.

Χρησιμοποιούνται για το φωτισμό δρόμων, χώρων στάθμευσης, πρατηρίων καυσίμων και εργαστηρίων.

3.2.7 Λαμπτήρες ξένου υψηλής πίεσης

Για τον φωτισμό μεγάλων εξωτερικών επιφανειών, χρησιμοποιούνται προβολείς με λαμπτήρες από γυαλί χαλαζία. Περιέχουν το ευγενές αέριο ξένο, υπό υψηλή πίεση (**Εικόνα 3.25**).

Το μήκος των λαμπτήρων αυτών μπορεί να φτάσει το 1,5 m και η ισχύς τους κυμαίνεται από 150 έως 2000 W. Για την λειτουργία τους απαιτείται συσκευή παραγωγής υψηλής τάσης. Μετά την έναυση, ο λαμπτήρας αποδίδει αμέσως την πλήρη φωτιστική του ισχύ.

Το φως των λαμπτήρων αυτών είναι λευκό, παρόμοιο με το φως του ήλιου, και αποδίδει με μεγάλη πιστότητα τα χρώματα των αντικειμένων.



Εικόνα 3.25: Λαμπτήρας ξένου υψηλής πίεσης.

3.2.8 Λαμπτήρες ατμών νατρίου

3.2.8.1 Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης

Είναι ο λαμπτήρας εκκένωσης με το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης (μέχρι 200 lm/W). Αποτελείται από το σωλήνα εκκένωσης που μπορεί να είναι μορφής ευθύγραμμης ή σχήματος U (**Εικόνα 3.26**). Στο εσωτερικό του σωλήνα υπάρχει, σε πολύ μικρή πίεση ($5 \cdot 10^{-3}$ mm της στήλης υδραργύρου Hg), ποσότητα νατρίου και μίγμα αερίου νέου με αργόν. Η πίεση αυτή μαζί με τη θερμοκρασία 260 °C αποτελούν τις καλύτερες προϋποθέσεις για εκκένωση. Η θερμοκρασία των 260 °C επιτυγχάνεται με την κατάλληλη επιλογή της έντασης λειτουργίας του λαμπτήρα.

Η λειτουργία του λαμπτήρα αυτού είναι παρόμοια με τη λειτουργία του λαμπτήρα ατμών υδραργύρου. Η εκκένωση γίνεται αρχικά μέσω των ατμών του νέου, δίνοντας φως ερυθρού χρώματος. Στη συνέχεια, το μεταλλικό νάτριο εξαχνώνεται και ιονίζεται και έτσι επιτυγχάνεται εκκένωση μέσω αυτού. Το παραγόμενο φως είναι μονοχρωματική ακτινοβολία κίτρινου χρώματος, με μήκος κύματος 5890 Å. Στην περιοχή αυτή, το ανθρώπινο μάτι παρουσιάζει τη μέγιστη ευαισθησία του. Το φως αυτό παρουσιάζει μεγάλη διεισδυτικότητα σε ομιχλώδεις περιβάλλον ή σε περιβάλλον με σκόνη. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

μεγάλο βαθμό απόδοσης του λαμπτήρα, τον καθιστά ως την πλέον κατάλληλη πηγή φωτός για το φωτισμό οδικών αρτηριών.

Προφανώς, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπου απαιτείται απόδοση χρωμάτων.



Εικόνα 3.26: Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης.

3.2.8.2 Λαμπτήρες ατμών νατρίου, υψηλής πίεσης

Σε λαμπτήρα ατμών νατρίου (**Εικόνα 3.27**), αν αυξηθεί η πίεση του μέχρι τα 200 mm Hg, παρατηρείται μείωση της απόδοσης του λαμπτήρα αλλά και εμφάνιση νέων ακτινοβολιών, διαφορετικών από την κίτρινη μονοχρωματική ακτινοβολία. Το φως του λαμπτήρα ατμών υψηλής πίεσης έχει χρώμα χρυσόλευκο και αντιστοιχεί σε θερμοκρασία χρώματος 2300 °K.

Σε σχέση με τους λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης, οι λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης παρουσιάζουν περίπου διπλάσιο βαθμό απόδοσης (έως 120 lm/W).

Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου οι λαμπτήρες ατμών νατρίου, χαμηλής πίεσης δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, λόγω της μονοχρωματικής τους ακτινοβολίας. Και αυτοί οι λαμπτήρες παράγονται σε δύο διαφορετικές εξωτερικές μορφές: *v* με σωληνοειδή διαφανή κώδωνα *v* με κώδωνα μορφής αχλαδιού με εσωτερικό φθορίζον επίχρισμα.

Με ισχύ 35 – 1000 W, η παρεχόμενη φωτεινή τους ροή είναι 2400 – 120000 lm. Το ηλεκτρικό τους κύκλωμα απαιτεί μαγνητικό μπάλαστ, με κατάλληλη συσκευή έναυσης – εκκινήτη, ή ειδικό ηλεκτρονικό μπάλαστ.



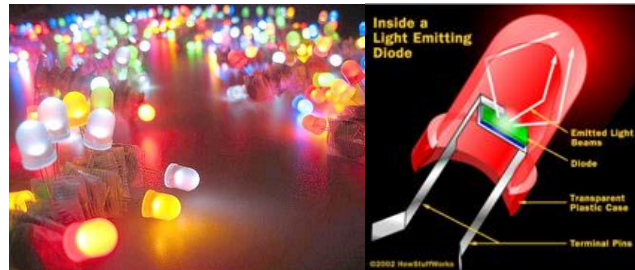
Εικόνα 3.27: Λαμπτήρας ατμών νατρίου υψηλής πίεσης.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

3.3 Λαμπτήρες φωτισμού τύπου LED

Περιγραφή – Λειτουργία: Δίοδος Εκπομπής Φωτός (LED, Light Emitting Diode), αποκαλείται ένας ημιαγωγός ο οποίος εκπέμπει φωτεινή ακτινοβολία στενού φάσματος όταν του παρέχεται μία ηλεκτρική τάση κατά τη φορά ορθής πόλωσης (**Εικόνα 3.28**).

Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από την χημική σύσταση του ημιαγωγικού υλικού που χρησιμοποιείται, και μπορεί να είναι υπεριώδες, ορατό ή υπέρυθρο. Το μήκος κύματος του φωτός που εκπέμπεται, και, κατά συνέπεια, το χρώμα του, εξαρτάται από το χάσμα ενέργειας των υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του περάσματος p-n.



Εικόνα 3.28: Τυπικά LED.

Μια δίοδος εκπομπής φωτός είναι στην ουσία μια ένωση pn που έχει κατασκευαστεί από ένα ημιαγωγό άμεσου ενεργειακού χάσματος, όπως για παράδειγμα το GaAs, και στην οποία η επανασύνδεση των ζευγών ηλεκτρονίων – οπών (ZHO) έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή φωτονίων.

Ο φωτισμός με χρήση λαμπτήρων LED (**Εικόνα 3.29**) αναφέρεται και ως φωτισμός στερεάς κατάστασης (Solid-State Lighting, SSL).

Σύμφωνα με την τάση λειτουργίας τους χωρίζονται σε χαμηλής τάσης και υψηλής τάσης.

Δείκτης απόδοσης χρωμάτων: Οι δείκτες κυμαίνονται μεταξύ 80 (στα 6000 K) και 93 (στα 3000 K).

Κατανάλωση ισχύος: Οι καταναλώσεις των λαμπτήρων φωτοдиодων είναι ιδιαίτερα χαμηλές. Ο κάθε λαμπτήρας μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 0,17 έως 3 W, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις μέχρι τα 4 W.

Οικολογική επάρκεια: Οι εν λόγω λαμπτήρες δεν εκπέμπουν θερμότητα, ακτίνες UV και IR. Είναι κατά συνέπεια απολύτως οικολογικοί και μπορούν να έχουν χρήση σε οποιαδήποτε εφαρμογή.

Φωτεινή ροή: Ένας λαμπτήρας LED ισχύος 1 W εκπέμπει 55 lm.

Διάρκεια ζωής: Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων φωτοдиодων κυμαίνεται μεταξύ 60000 και 100000 ωρών.

Ο **Πίνακας 3.4** παρουσιάζει διάφορους τύπους λαμπτήρων LED, με τα κυριότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους (Φωτεινή ροή και απόδοση χρωμάτων) καθώς και το ισοδύναμό τους σε κοινούς λαμπτήρες.



Εικόνα 3.29: Λαμπτήρες LED.

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

Λαμπτήρες LED	Φωτεινή ροή (Lm)	Ισοδύναμα Κοινών Λαμπτήρων (W)	Χρώματα
3W E27	240-270	20-30	Θερμό Λευκό
1,5W (spot)-12V	90-110	5-7	Θερμό Λευκό, Ουδέτερο Λευκό, Ψυχρό Λευκό, Κόκκινο, Πράσινο,Μπλε
3,5W E27	330	30	Θερμό Λευκό
3W E14	230	20	Λευκό

Πίνακας 3.4: Ενδεικτικοί τύποι LED.

3.3.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των LED

Μερικά από τα πλεονεκτήματα των LEDs είναι:

- Παράγουν περισσότερο φως ανά W συγκριτικά με της λάμπες πυράκτωσης.
- Εκπέμπουν φως συγκεκριμένου χρώματος χωρίς την χρήση φίλτρων που απαιτούν οι παραδοσιακοί μέθοδοι φωτισμού. Είναι πιο αποδοτικά και χαμηλώνουν το αρχικό κόστος.
- Είναι πολύ μικρά (μικρότερα από 2mm) και μπορούν να τοποθετηθούν σε πινάκες αποτύπωσης.
- Έχουν γρήγορη απόκριση. Μια τυπική κόκκινη LED μπορεί να έρθει σε κατάσταση πλήρους φωτεινότητας σε χρόνο microsecond. Τα LED που χρησιμοποιούνται ως συσκευές επικοινωνίας έχουν ακόμα μικρότερους χρόνους απόκρισης.
- Σε αντίθεση με τις κοινές πηγές φωτός, τα LED εκπέμπουν πολύ λίγη θερμότητα σε μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας που μπορεί να προκαλέσει ζημιά σε ευαίσθητα αντικείμενα ή κατασκευές. Η ενέργεια που χάνεται διαχέεται ως θερμότητα μέσω της βάσης του LED.
- Έχουν μεγάλους χρόνους ζωής. Οι ώρες λειτουργίας τους είναι αριθμός τεράστιος συγκριτικά με αυτόν των λαμπτήρων πυράκτωσης που κυμαίνεται από 1.000 έως 2.000 ώρες και των λαμπτήρων φθορισμού που κυμαίνεται από 10.000 έως 15.000 ώρες.
- Όντας στοιχεία στερεάς κατάστασης, είναι δύσκολο να υποστούν ζημιά από κραδασμούς όπως συμβαίνει με τις λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού.
- Μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να εστιάζουν το φως σε ένα συγκεκριμένο σημείο ή περιοχή. Οι λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού απαιτούν ένα εξωτερικό ανακλαστήρα για να συλλέγει το φως και να το κατευθύνει με ένα χρήσιμο τρόπο.
- Δεν περιέχουν υδράργυρο όπως οι λάμπες φθορισμού.

Παρόλα τα πλεονεκτήματα των λαμπτήρων LED, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα τα οποία πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν κατά την επιλογή τους. Μερικά από αυτά είναι:

- Είναι ακριβότερα στην αγορά τους απ' ότι οι κοινές τεχνολογίες φωτισμού. Όμως αυτό το κόστος αντισταθμίζεται με την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που έχουν.
- Έχουν ισχυρή εξάρτηση από της θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν στον χώρο που τα περιβάλλει. Σε περιβάλλον υψηλών θερμοκρασιών, τα LED μπορούν να υπερθερμανθούν και να υποστούν ζημιά.
- Είναι αρκετά ευαίσθητα στη τάση και κατ' επέκταση στο ρεύμα που τα τροφοδοτεί. Έτσι πολλές φορές χρησιμοποιούνται σειρές αντιστάσεων ή πηγές ελέγχου του ρεύματος.

Τα περισσότερα ψυχρού λευκού LED έχουν φάσμα που διαφέρει σημαντικά από αυτό ενός ακτινοβολέα μελανού σώματος όπως ο ήλιος ή ο λαμπτήρας πυράκτωσης. Αυτό σημαίνει ότι το χρώμα κάποιων αντικειμένων μπορεί να φαίνεται διαφορετικό κάτω από μια

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

LED ψυχρού λευκού απ' ό τι θα φαίνονταν κάτω από το φως του ήλιου ή κάτω από μια λάμπα πυράκτωσης.

3.3.2 Εφαρμογές λαμπτήρων LED

Οι εφαρμογές των LED μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες:

3.3.2.1 Ορατή απεικόνιση, όπου το φως κατευθύνεται περισσότερο ή λιγότερο στο ανθρώπινο μάτι για να μεταφέρει ένα μήνυμα ή μια έννοια.

Η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, το χαμηλό κόστος συντήρησης και το μικρό μέγεθος των σημερινών LED έχει οδηγήσει στην εφαρμογή τους σε μια πληθώρα εγκαταστάσεων και εξοπλισμού για την ορατή απεικόνιση. Τοποθετούνται σε μεγάλες επιφάνειες για την αποτύπωση δεδομένων και μηνυμάτων στα στάδια, στους σταθμούς των τρένων και των λεωφορείων, στα αεροδρόμια, στα λιμάνια, στους δρόμους ως πινακίδες ή ως σηματοδότες, στις συναυλίες. Εξ' αιτίας της μεγάλης διάρκειας ζωής τους και των μικρών χρόνων απόκτησης, τα LED χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία ως σηματοδότες φρένων και στροφής (φλας). Έτσι αυξάνεται και ο παράγοντας ασφάλειας που μπορεί να παρέχει ένα όχημα αφού ο οδηγός έχει στην διάθεσή του περισσότερο χρόνο αντίδρασης.

3.3.2.2 Φωταγώγηση, όπου το φως από τα LED ανακλάται από αντικείμενα για να μπορούν αυτά να είναι ορατά.

Με την εξέλιξη των LED υψηλής απόδοσης και ισχύος έγινε δυνατή η χρήση τους για φωτισμό και φωταγώγηση. Τα LED χρησιμοποιούνται στα φώτα των δρόμων ή σε αρχιτεκτονικές κατασκευές που απαιτείται φωτισμός με εναλλαγή χρωμάτων. Επίσης χρησιμοποιούνται και ως κύρια φώτα στα αυτοκίνητα, στις μοτοσυκλέτες και στα ποδήλατα.

Επίσης τα LED χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στον φωτισμό ενυδρείων. Μπορούν να παρέχουν το απαιτούμενο φως με μικρότερη εκπομπή θερμότητας και έτσι βοηθούν στην συντήρηση της βέλτιστης θερμοκρασίας του ενυδρείου. Επειδή μπορούν να παράγουν φως με συγκεκριμένο μήκος κύματος είναι ιδανικά για να παρέχουν ένα συγκεκριμένο χρώμα-φάσμα για τον χρωματισμό των κοραλλιών, των ψαριών, των ανεμώνων κ.α.

Τα LED είναι ακόμα ιδανικά για χρήση στις τηλεοράσεις, στους φορητούς υπολογιστές και στους προβολείς (projectors) DLP.

3.3.2.3 Παραγωγή φωτός για μέτρηση και αλληλεπίδραση με διαδικασίες που δεν γίνονται αντιληπτές από το ανθρώπινο μάτι.

Το φως έχει και άλλες χρήσεις έκτος από την όραση. Τα LED χρησιμοποιούνται για μερικές από αυτές της εφαρμογές. Αυτές χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: α) επικοινωνία β) αισθητήρες γ) αλληλεπίδραση φωτός με την ύλη.

Το φως των LED μπορεί να τροποποιηθεί πολύ γρήγορα και έτσι χρησιμοποιείται στις οπτικές ίνες και στις οπτικές επικοινωνίες ελεύθερου χώρου. Αυτές περιλαμβάνουν τα τηλεχειριστήρια των τηλεοράσεων και των βίντεο, όπου χρησιμοποιούνται τα LED υπερύθρου. Οι οπτομονωτές χρησιμοποιούν ένα LED και μια φωτοδίοδο ή ένα φωτοτρανζίστορ για να παρέχουν ένα «μονοπάτι» σήματος με ηλεκτρική μόνωση μεταξύ δυο διαδρομών. Αυτοί είναι αρκετά χρήσιμοι στον ιατρικό εξοπλισμό, όπου τα σήματα από τον αισθητήρα χαμηλής τάσης που είναι συνδεδεμένος με τον ανθρώπινο οργανισμό πρέπει να είναι ηλεκτρικά μονωμένα.

Πολλά συστήματα αισθητήρων χρησιμοποιούν το φως ως πηγή σήματος. Τα LED είναι ιδανική πηγή για να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις των αισθητήρων. Χρησιμοποιούνται

3. Πηγές φωτισμού εσωτερικών χώρων

στους αισθητήρες κίνησης ή στις οθόνες αφής εντοπίζοντας το φως που ανακλάται από το δάχτυλο ή την ακίδα.

Μια άλλη χρήση των LED είναι στις καλλιέργειες φυτών κυρίως γιατί είναι ενεργειακά αποδοτικά, παράγουν θερμότητα που δεν είναι ικανή να τα καταστρέψει γιατί είναι μικρή, και μπορούν να παρέχουν την βέλτιστη οπτική συχνότητα για την ανάπτυξή τους.

3.4 Σύνοψη χαρακτηριστικών λαμπτήρων

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η σωστή επιλογή λαμπτήρα είναι μια διαδικασία που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους. Απαιτεί μια πολύ καλή γνώση των διαθέσιμων λαμπτήρων στην αγορά και των οικονομικών και τεχνικών χαρακτηριστικών τους, και εξαρτάται άμεσα από τη χρήση για την οποία προορίζονται και το επίπεδο εξοικονόμησης ενέργειας που θέλουμε να επιτύχουμε. Παρακάτω παρατίθεται συγκριτικός πίνακας (Πίνακας 3.5) καταλληλότητας τυπικών λαμπτήρων ανάλογα με τη χρήση που προορίζονται.

Επειδή η επιλογή του κατάλληλου λαμπτήρα συμπληρώνεται με την κατάλληλη επιλογή φωτιστικό σώματος το επόμενο Κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στο ρόλο των φωτιστικών σωμάτων στο φωτισμό ενός χώρου.^{vi}

	LED	Φθορισμού	Πυράκτωσης
Η ενεργειακή αποδοτικότητα είναι η κύρια προτεραιότητα	Είναι η καλύτερη επιλογή		
Το κόστος είναι σημαντικός παράγοντας		Καλό είναι να τις εξετάσουμε ως λύση	
Μας νοιάζει μόνο το κόστος κτήσης			Καλύτερη επιλογή
Χρειαζόμαστε μακρά διάρκεια ζωής	Με το σωστό σχεδιασμό αποτελούν τη βέλτιστη επιλογή		
Μεγάλος αριθμός On/off	Οποσδήποτε		
Ακραίες θερμοκρασίες	Ικανοποιητικές και σαφώς καλύτερες από του φθορισμού		Αν είναι υπερβολικά ακραίες αποτελούν τη βέλτιστη λύση
Χρειάζομαι τη θερμότητα για άλλες χρήσεις			Παραμένει η καλύτερη επιλογή
Χρειάζομαι πιστότητα χρώματος (render)	Αρκετά ικανοποιητική λύση	Όχι ιδιαίτερα ικανοποιητική λύση	Παραμένει η κορυφαία επιλογή

Πίνακας 3.5: Σύγκριση καταλληλότητας λαμπτήρων LED με κοινούς λαμπτήρες φθορισμού και πυράκτωσης ανάλογα με τις απαιτήσεις.

4. Φωτιστικά Σώματα

4. Φωτιστικά Σώματα

4.1 Φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων

Φωτιστικό σώμα είναι κάθε διάταξη που διαμορφώνει την κατανομή στο χώρο της φωτεινής ακτινοβολίας, η οποία παράγεται από έναν ή περισσότερους λαμπτήρες. Κάθε φωτιστικό σώμα πρέπει να διαθέτει τις ακόλουθες ιδιότητες:

1. Να παρέχει την κατάλληλη στήριξη στους λαμπτήρες, στα εξαρτήματα λειτουργίας τους (όπου απαιτείται) και στους αγωγούς σύνδεσης.
2. Να διανέμει κατάλληλα τη φωτεινή ροή του λαμπτήρα.
3. Να έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε η παραγόμενη από τον λαμπτήρα θερμότητα να παραμένει σε τέτοια όρια, που να μην επηρεάζεται η λειτουργία του.
4. Να είναι εύκολη η εγκατάσταση και η συντήρησή του.
5. Να είναι καλαίσθητο και να εναρμονίζεται με το περιβάλλον.

Ο σχεδιασμός των σύγχρονων φωτιστικών έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές βελτιώσεις στο βαθμό αποδοτικότητας τους σε σύγκριση με την παλαιότερη γενιά φωτιστικών σωμάτων. Η ανακαίνιση παλαιότερων εγκαταστάσεων φωτισμού και η χρησιμοποίηση σύγχρονων συστημάτων φωτισμού μπορεί να εξασφαλίσει βελτιωμένες συνθήκες οπτικής άνεσης και σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Ακόμα και η απλή αντικατάσταση των βαμμένων λευκών ανακλαστήρων σε ένα φωτιστικό φθορισμού (βαθμός ανάκλασης περίπου 70%) με ανακλαστήρες από αλουμίνιο (βαθμός ανάκλασης έως και 95%) μπορεί να έχει σημαντικά οφέλη στην εξοικονόμηση ενέργειας στις εγκαταστάσεις φωτισμού σε ένα κτίριο, αφού αυξάνει σημαντικά την ποσότητα φωτός που εκπέμπεται από το φωτιστικό.

4.1.1 Φωτιστική απόδοση του φωτιστικού σώματος

Η πλέον σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε κάθε μελέτη φωτισμού είναι η φωτιστική απόδοση του φωτιστικού σώματος. Η υπόθεση ότι δύο φωτιστικά ομοίων διαστάσεων και με τον ίδιο αριθμό και τύπο λαμπτήρων έχουν την ίδια φωτιστική απόδοση είναι λανθασμένη, αφού στην πραγματικότητα αυτή διαφέρει σημαντικά από φωτιστικό σε φωτιστικό ανάλογα με τον κατασκευαστή.

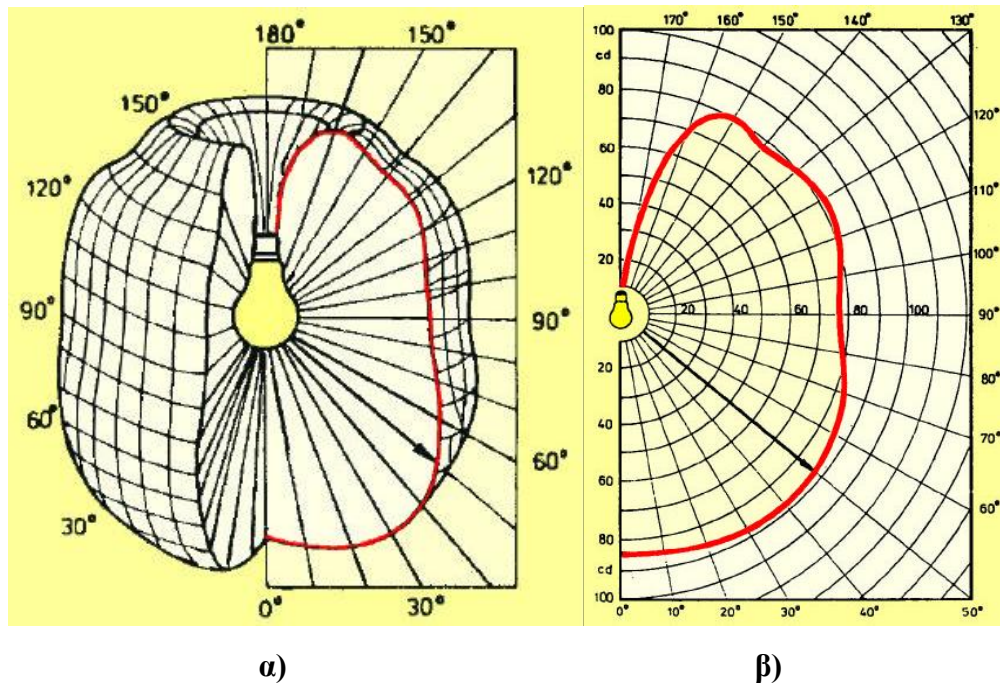
Ως φωτιστική απόδοση ενός φωτιστικού σώματος ορίζεται ο λόγος της ακτινοβολούμενης φωτεινής ροής από το φωτιστικό σώμα προς τη φωτεινή ροή που εκπέμπει ο λαμπτήρας του φωτιστικού σώματος:

$$\eta = \Phi_{\text{φωτ}} / \Phi_{\text{λαμπ}}$$

Εκφράζεται επί τοις εκατό και εξαρτάται από την κατασκευή του φωτιστικού και το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένοι οι ανακλαστήρες ή άλλο οπτικό του σύστημα που χρησιμοποιείται για τη διανομή του φωτός στο χώρο.

Τα πολικά διαγράμματα των φωτιστικών σωμάτων (**Εικόνα 4.1**) αποτελούν επίσης πολύ σημαντικό παράγοντα για την κατάλληλη επιλογή τους διότι γνωρίζοντας τη μορφή της φωτεινής δέσμης μπορούμε να αξιοποιήσουμε όσο το δυνατόν καλύτερα τη διαθέσιμη φωτεινή ισχύ και να επιλέξουμε το πλέον κατάλληλο φωτιστικό για την εφαρμογή μας.

4. Φωτιστικά Σώματα



Εικόνα 4.1: α) Καμπύλη φωτεινής έντασης και φωτομετρικό διάγραμμα, β) Καμπύλη φωτεινής έντασης λαμπτήρα πυράκτωσης.

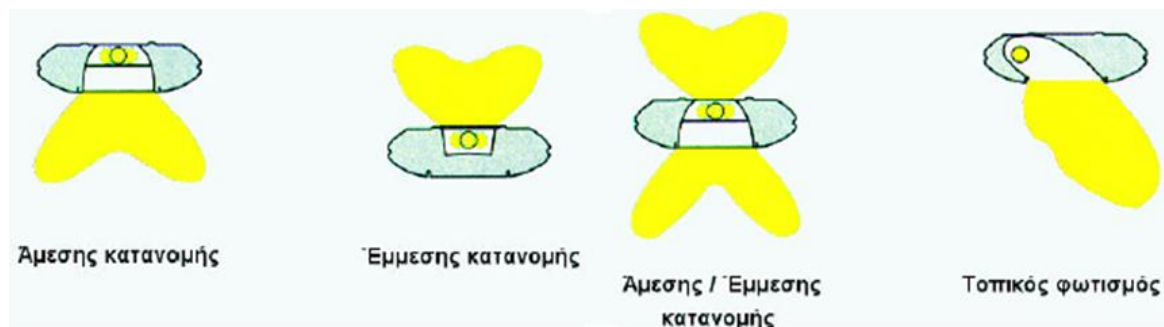
4.2 Κατηγορίες φωτιστικών σωμάτων

Τα φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Ανάλογα με το ποσοστό της φωτεινής ροής η οποία διαχέεται προς τα κάτω.
2. Ανάλογα με το βαθμό προστασίας του φωτιστικού σώματος έναντι του νερού και της σκόνης.
3. Ανάλογα με τον τύπο της ηλεκτρικής μόνωσης του φωτιστικού σώματος.

Για κάθε κατηγορία, οι πίνακες που ακολουθούν μας δίνουν την αντίστοιχη διάκριση μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων.

4.2.1 Κατάταξη ανάλογα με το ποσοστό της φωτεινής ροής



Εικόνα 4.2: Σχηματική παράσταση φωτιστικών σωμάτων με κατανομή φωτός.

Με τον **άμεσο φωτισμό**, ποσοστό μεγαλύτερο του 90 % της φωτεινής ροής των λαμπτήρων στέλνεται άμεσα προς τα κάτω, στο επίπεδο εργασίας. Οι απώλειες από απορρόφηση τοίχων και οροφής είναι μικρές και ο βαθμός απόδοσης του φωτισμού του χώρου είναι μεγάλος. Επειδή η οροφή φωτίζεται ελάχιστα, ο φωτισμός αυτός κρύβει τυχόν ακαλαίσθητα στοιχεία της (δοκοί, σιδηροκατασκευές κ.λπ.). Ο φωτισμός αυτός δημιουργεί

4. Φωτιστικά Σώματα

σκιές, τονίζοντας έτσι την τρίτη διάσταση των αντικειμένων. Χρησιμοποιείται όπου απαιτείται να διακρίνουμε λεπτομέρειες, κυρίως σε εφαρμογές τοπικού φωτισμού.

Με τον **έμμεσο φωτισμό**, ποσοστό μεγαλύτερο του 90 % στέλνεται προς την οροφή, απ' όπου μετά από ανάκλαση επιστρέφει στο επίπεδο εργασίας. Ο φωτισμός αυτός έχει μεγάλες απώλειες, λόγω απορρόφησης στην οροφή και στους τοίχους του φωτιζόμενου χώρου, με συνέπεια το μικρό βαθμό απόδοσης. Χαρακτηριστικό του είναι ότι οι λαμπτήρες δεν είναι εμφανείς (κρυφός φωτισμός). Επειδή το φως έρχεται στα φωτιζόμενα αντικείμενα από όλες τις κατευθύνσεις, δεν υπάρχουν σκιές, με αποτέλεσμα ο παρατηρητής να μην μπορεί να διακρίνει τις προεξοχές από τις εσοχές στα αντικείμενα που παρατηρεί.

Ο φωτισμός αυτός δημιουργεί μια αίσθηση χαλαρότητας και ενδείκνυται για χώρους αναμονής.

Οι περισσότεροι ήπιες μορφές φωτισμού είναι ο ημιάμεσος και ο ημιέμμεσος. Ο ομοιόμορφος φωτισμός αποτελεί μια ενδιάμεση κατάσταση.

Σε πολλές εφαρμογές φωτισμού, για διάφορους λόγους, χρησιμοποιούνται λαμπτήρες φθορισμού. Επειδή όμως διαθέτουν μεγάλη φωτιστική επιφάνεια και το φως το οποίο παρέχουν είναι διάχυτο, πρέπει να συνδυάζονται με προβολείς τοπικού φωτισμού, για να αναδεικνύονται οι λεπτομέρειες των φωτιζόμενων αντικειμένων.

Κατηγορία Φωτιστικού Σώματος	Κατανομή (%) της φωτεινής ροής ως προς το οριζόντιο επίπεδο	
	Προς τα πάνω	Προς τα κάτω
Άμεσο	0 - 10	90 – 100
Ημι-άμεσο	10 - 40	60 - 90
Διαχυτικό (Ομοιόμορφο)	40 - 60	40 - 60
Ημι-έμμεσο	60 - 90	10 – 40
Έμμεσο	90 - 100	0 – 100

Πίνακας 4.1: Διάκριση φωτιστικών σωμάτων ως προς την κατανομή φωτεινής ροής.

4.2.2 Κατάταξη ανάλογα με το βαθμό προστασίας

Κάθε φωτιστικό σώμα χαρακτηρίζεται από τον κατασκευαστή του με το δείκτη προστασίας IP και με δύο αριθμούς, π.χ. IP 44. Ο πρώτος αριθμός αναφέρεται στο βαθμό προστασίας από εισχώρηση στερεών σωμάτων ή σκόνη και ο δεύτερος αναφέρεται στο βαθμό προστασίας από νερό.

4. Φωτιστικά Σώματα

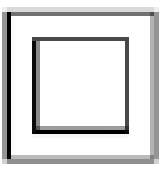
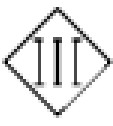
Βαθμός προστασίας	Προστασία από στερεά σώματα	Προστασία από υγρά
0	Δεν υπάρχει καμία προστασία έναντι της εισχώρησης ξένων σωμάτων	Δεν υπάρχει καμία προστασία έναντι του νερού.
1	Μεγαλύτερα των 50 mm	Προστασία από νερό που στάζει κάθετα.
2	Μεγαλύτερα των 12 mm (πχ προστασία από επαφή με τα δάχτυλα)	Προστασία από σταγόνες νερού (για γωνία κλίσης μέχρι 15° από την κατακόρυφο).
3	Μεγαλύτερα των 2,5 mm (πχ εργαλεία, καλώδια)	Προστασία από βροχή (για γωνία πτώσης βροχής μέχρι 60° από την κατακόρυφο).
4	Μεγαλύτερα του 1mm (πχ λεπτά εργαλεία, λεπτά σύρματα)	Προστασία από υγρό το οποίο ο ρίχνεται με οποιαδήποτε γωνία στο φωτιστικό σώμα.
5	Υπάρχει προστασία από τη σκόνη σε τέτοιο βαθμό, ώστε η σκόνη που εισχωρεί να μην δημιουργεί προβλήματα.	Προστασία από νερό το οποίο εκτοξεύεται πάνω στο φωτιστικό σώμα από όλες τις κατευθύνσεις.
6	Υπάρχει απόλυτη προστασία από τη σκόνη.	Προστασία από ρίψη υπό πίεση, ισοδύναμη με θαλάσσια κύματα, από όλες τις κατευθύνσεις.
7		Προστασία από νερό, σε βύθιση σε μικρό βάθος και σε μικρή χρονική διάρκεια.
8		Προστασία από βύθιση διαρκείας σε μεγάλο βάθος.

Πίνακας 4.2: Βαθμοί προστασίας φωτιστικών σωμάτων από στερεά και υγρά σώματα.

4.2.3 Κατάταξη σύμφωνα με τον τύπο προστασίας από ηλεκτροπληξία

Τα φωτιστικά σώματα ταξινομούνται σύμφωνα με τον τύπο προστασίας από ηλεκτροπληξία ως: Κλάση 0, Κλάση I, Κλάση II και Κλάση III. Ο πίνακας που ακολουθεί (**Πίνακας 4.3**) παρουσιάζει την κατάταξη των φωτιστικών σωμάτων με κριτήριο την ηλεκτρική τους προστασία.

4. Φωτιστικά Σώματα

Κατηγορία φωτιστικού σώματος	Σύμβολο	Περιγραφή ηλεκτρικής προστασίας
0	-	Η προστασία από ηλεκτροπληξία εξαρτάται μόνο από τη βασική μόνωση. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει προστασία γείωσης και ότι σε περίπτωση αστοχίας της βασικής μόνωσης η προστασία βασίζεται στο περιβάλλον.
I	 (προαιρετικό)	Η προστασία από ηλεκτροπληξία δεν εξαρτάται μόνο από τη βασική μόνωση, αλλά περιέχει ένα επιπρόσθετο μέτρο ασφαλείας με τη μορφή μέσων για τη σύνδεση των προσιτών αγωγίμων μερών στον αγωγό προστασίας (γείωσης), της σταθερής συρμάτωσης της εγκατάστασης, έτσι που να μην μπορούν να τεθούν υπό τάση τα προσιτά αυτά αγωγίμα μέρη σε περίπτωση αστοχίας της βασικής μόνωσης.
II	 (υποχρεωτικό)	Η προστασία από ηλεκτροπληξία δεν εξαρτάται μόνο από τη βασική μόνωση, αλλά έχουν προβλεφθεί επιπρόσθετα μέτρα ασφαλείας, όπως διπλή ή ενισχυμένη μόνωση, ενώ δεν έχει γίνει πρόβλεψη για γείωση προστασίας.
III	 (υποχρεωτικό)	Η προστασία από ηλεκτροπληξία βασίζεται στο γεγονός ότι τροφοδοτείται με πολύ χαμηλή τάση ασφαλείας και δε δημιουργούνται τάσεις υψηλότερες από την πολύ χαμηλή αυτή τάση ασφαλείας. Ένα φωτιστικό σώμα αυτής της Κλάσης δεν πρέπει να είναι εφοδιασμένο με μέσα για γείωση προστασίας.

Πίνακας 4.3: Κλάσεις προστασίας φωτιστικών σωμάτων από ηλεκτροπληξία.

4.3 Τύποι φωτιστικών σωμάτων εσωτερικών χώρων

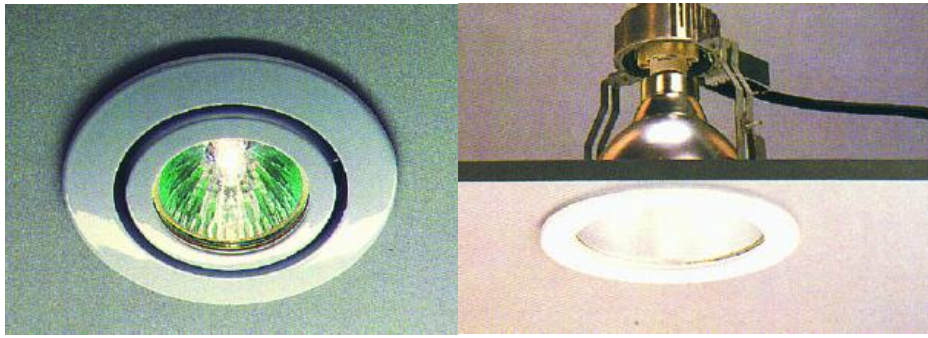
Τα φωτιστικά σώματα γενικής χρήσης τα οποία κυκλοφορούν στην αγορά μπορούν να καταταγούν σε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες:

4.3.1 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες πυράκτωσης

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία φωτιστικών σωμάτων, κυρίως διακοσμητικού χαρακτήρα. Η χρήση των περισσότερων απ' αυτά σωμάτων είναι αποτέλεσμα απλής επιλογής και όχι φωτοτεχνικής μελέτης. Είναι αυτονόητο ότι στις μέρες μας με το ενεργειακό πρόβλημα συνεχώς να εντείνεται μια απλή επιλογή λόγω ευκολίας δε συνίσταται ενώ προτείνεται ακόμα και για τις πιο απλές εφαρμογές η συμβουλή ενός ειδικού. Τα κοινά φωτιστικά σώματα αυτού του τύπου όταν η κατασκευή τους το επιτρέπει (μέγεθος, κάλυκας) μπορούν να δεχτούν και άλλα είδη λαμπτήρων (CFL, LED, αλογόνου κλπ)

Στις μελέτες φωτισμού, δύο τύποι παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αυτοί ανήκουν στην κατηγορία φωτιστικών σωμάτων σημειακού φωτισμού (τύπος SPOT). Τα SPOT μπορούν να τοποθετηθούν είτε εσωτερικά σε ψευδοροφές είτε εξωτερικά, με τη μορφή μικρών προβολέων (**Εικόνα 4.3**).

4. Φωτιστικά Σώματα

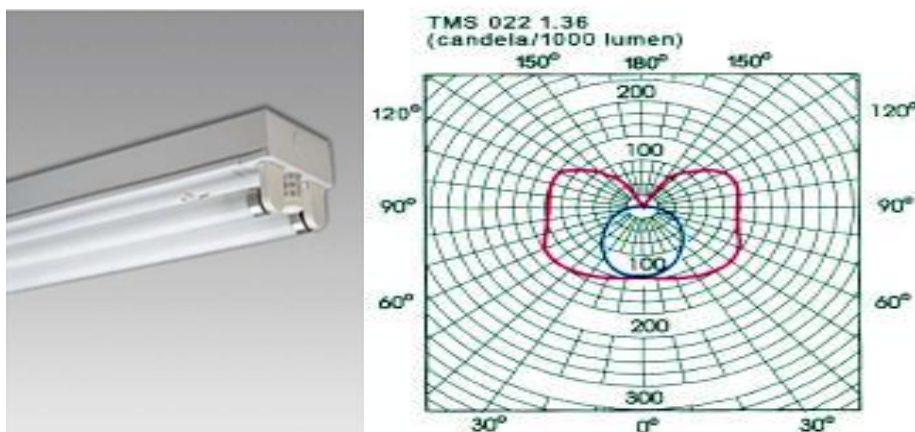


Εικόνα 4.3: Διάφορες μορφές σποτ.

4.3.2 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες φθορισμού

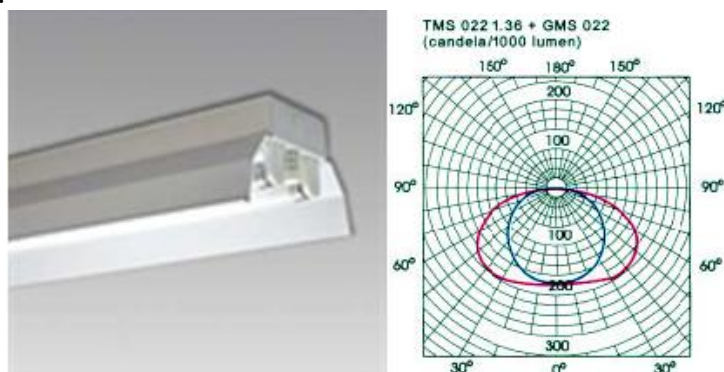
Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι περισσότεροι τύποι φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούνται στις μελέτες φωτισμού. Διακρίνονται σε:

Απλά φωτιστικά σώματα ή σκαφάκια: Τα σκαφάκια απλού ή βιομηχανικού τύπου αποτελούν την απλούστερη μορφή φωτιστικού σώματος φθορισμού (Εικόνα 4.4). Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου η εξωτερική εμφάνιση του φωτιστικού σώματος δεν έχει σημασία.



Εικόνα 4.4: Σκαφάκι φθορισμού και το πολικό του διάγραμμα.

Σκαφάκια βιομηχανικού τύπου με ανταυγαστήρες: Πολλά σύγχρονα φωτιστικά αποτελούνται από προσεκτικά σχεδιασμένα συστήματα ανταυγαστήρων για να κατευθύνουν το φως από τους λαμπτήρες προς την απαιτούμενη κατεύθυνση (Εικόνα 4.5). Αυτοί επιτρέπουν την χρήση λιγότερων λαμπτήρων ή φωτιστικών για την παραγωγή συγκεκριμένης στάθμης φωτισμού.



Εικόνα 4.5: Σκαφάκι με ανταυγαστήρα και το πολικό του διάγραμμα.

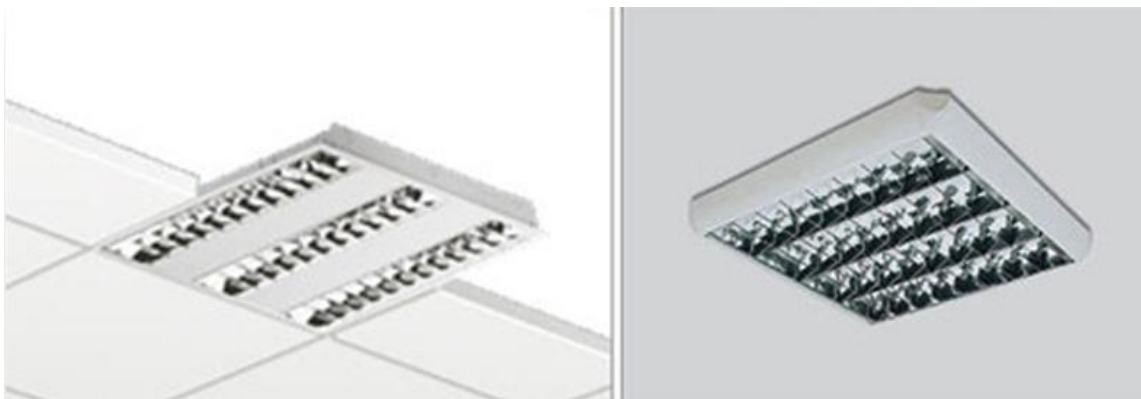
4. Φωτιστικά Σώματα

Φωτιστικά σώματα με πλαστικό κάλυμμα: Υπάρχουν διάφορα είδη πλαστικού καλύμματος, όπως διαφανές, πρισματικό, γαλακτόχρουν κ.λπ. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές φωτισμού εσωτερικών χώρων, όπου η εμφάνιση του φωτιστικού σώματος έχει και διακοσμητική σημασία (**Εικόνα 4.6**).



Εικόνα 4.6: Φωτιστικό σώμα με πλαστικό κάλυμμα

Φωτιστικά σώματα με περσίδες: Αποτελούνται από περσίδες με ανακλαστικά υλικά ώστε να διανέμουν το φως καλύτερα και να βελτιώνουν τη φωτιστική απόδοσή τους (**Εικόνα 4.7**).



Εικόνα 4.7: Φωτιστικά σώματα με περσίδες.

Φωτιστικά σώματα ειδικών εφαρμογών: Τέτοια φωτιστικά σώματα διαθέτουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως το να είναι στεγανά, αντiekρηκτικά, κατάλληλα για ιατρικές εφαρμογές κλπ.

4.3.3 Φωτιστικά ασφαλείας

Όλα τα σύγχρονα φωτιστικά σώματα φθορισμού μπορούν να εξοπλιστούν με συνδεσμολογία και εξαρτήματα για λειτουργία με αυτόματο σύστημα φωτισμού ασφαλείας, εφόσον το επιτρέπουν οι διαστάσεις του φωτιστικού. Κατά τη διακοπή της τάσης τροφοδότησης της εγκατάστασης, ανάβει ένας από τους λαμπτήρες του φωτιστικού, περίπου στο 20% της ονομαστικής φωτεινής ροής του. Τα χαρακτηριστικά αυτού του συστήματος είναι τα εξής:

1. Μόνιμη λειτουργία. Το φωτιστικό λειτουργεί κανονικά, με την τάση τροφοδοσίας του δικτύου.
2. Αντιστροφή της τάσης με ηλεκτρονικό μετατροπέα (inverter), παρέχοντας προστασία έναντι ολικής εκφόρτισης της μπαταρίας.
3. Μπαταρία νικελίου – καδμίου.

4. Φωτιστικά Σώματα

4. Ενδεικτική λυχνία (LED), για την παρουσία τροφοδοσίας και τη φόρτιση της μπαταρίας.
5. Χρόνος επαναφόρτισης της μπαταρίας, 24 ώρες.
6. Αυτονομία για μία ώρα. Είναι δυνατόν να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη αυτονομία, ανάλογα με το φορτίο που υποστηρίζει η μπαταρία.

Στην πράξη, συνήθως χρησιμοποιούνται αυτόνομα φωτιστικά σώματα με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Επαναφορτιζόμενο φωτιστικό ασφαλείας με έναν ή δύο λαμπτήρες φθορισμού, ισχύος συνήθως 8 W.

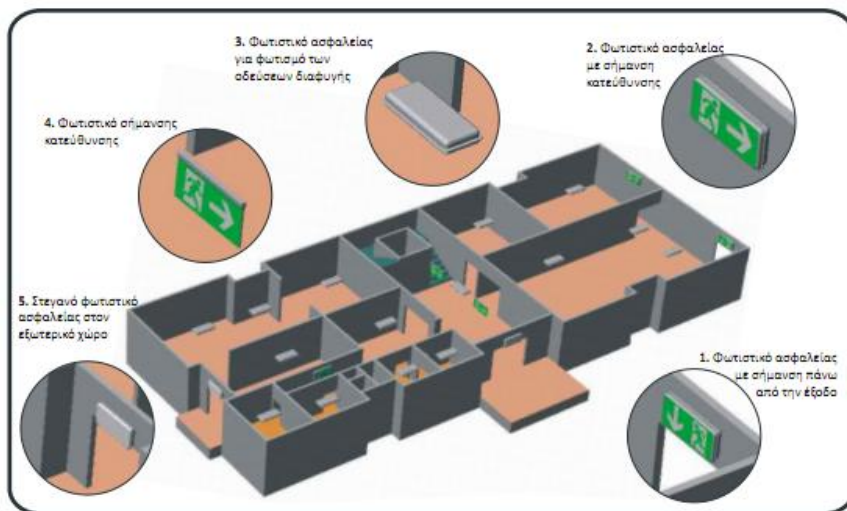
Λειτουργεί (ανάβει), όταν υπάρξει διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος.

Έχει αυτόματη επαναφορά, όταν αποκατασταθεί η τάση στο δίκτυο, και παραμένει σε κατάσταση ετοιμότητας.

Διαθέτει μπουτόν για τον έλεγχο λειτουργίας του λαμπτήρα.

Έχει αυτονομία 6 - 7 ώρες για συνεχή λειτουργία ενός λαμπτήρα ή 3,5 ώρες για τη λειτουργία και των δύο.

Έχουν εφαρμογές σε καταστήματα, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, τράπεζες, εργοστάσια, σχολεία, θέατρα, κλιμακοστάσια κλπ (**Εικόνα 4.8**).



Εικόνα 4.8: Παράδειγμα τοποθέτησης φωτιστικών ασφαλείας και σήμανσης.

Πλέον, στο εμπόριο μπορούμε να βρούμε και φωτιστικά ασφαλείας με λαμπτήρες LED (**Εικόνα 4.9**). Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι οι μικρές καταναλώσεις με αποτέλεσμα αυτονομία που μπορεί να φτάνει και τις 30 ώρες.



Εικόνα 4.9: Φωτιστικό ασφαλείας με λαμπτήρες LED.

4. Φωτιστικά Σώματα

4.3.4 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες ατμών υδραργύρου ή νατρίου

Ο πλέον συνηθισμένος τύπος είναι ο τύπος «καμπάνα», με ανακλαστήρα στενής ή ευρείας δέσμης (**Εικόνα 4.10**). Είναι κατάλληλος για εσωτερικούς χώρους με ύψος μεγαλύτερο από 5m και για ένα λαμπτήρα ατμών υδραργύρου ή νατρίου υψηλής πίεσης, ισχύος 250W, 400W.

Χρησιμοποιείται για το φωτισμό βιομηχανικών χώρων, αποθηκευτικών χώρων, σταθμών αυτοκινήτων και κλειστών αθλητικών χώρων, όπως γήπεδα, γυμναστήρια κλπ.



Εικόνα 4.10: Φωτιστικό σώμα ατμών υδραργύρου.

4.3.5 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες LED

Είναι φωτιστικά σώματα που μπορούν να περιέχουν σε κατάλληλες επιφάνειες έως και μερικές χιλιάδες διόδους φωτοεκπομπής (LED) (**Εικόνα 4.11**). Οι διόδοι φωτοεκπομπής έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης, πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής (100.000 ώρες λειτουργίας), μικρές διαστάσεις (μερικά χιλιοστά), μεγάλη αντοχή σε χτυπήματα και κραδασμούς, δεν εκπέμπουν υπέρυθρες ή υπεριώδεις ακτινοβολίες και έχουν πολύ μικρή κατανάλωση.^[3.3]



Εικόνα 4.11: Διατάξεις φωτισμού με λαμπτήρες LED.

4.3.6 Φωτιστικά σώματα με οπτικές ίνες

Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως είναι:

- ο φωτισμός πολύ μικρών χώρων, όπως οι βιτρίνες καταστημάτων και πίνακες ανακοινώσεων,
- ο φωτισμός σε χώρους με αυξημένη υγρασία, όπως είναι οι πισίνες, σε χώρους με επικίνδυνα εύφλεκτα αέρια και γενικά σε εφαρμογές όπου το ηλεκτρικό ρεύμα θα μπορούσε να προκαλέσει προβλήματα,
- ο φωτισμός έργων τέχνης, όπου απαιτείται πολύ μικρή εκπομπή θερμότητας και μηδαμινή υπεριώδης ακτινοβολία,
- ο φωτισμός στη σηματοδότηση της κυκλοφορίας των οχημάτων και διαφημιστικών επιγραφών.

Τα συστήματα φωτισμού με οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται και σε πλήθος άλλων εφαρμογών. Κάθε σύστημα οπτικών ινών αποτελείται:

4. Φωτιστικά Σώματα

1. από τη φωτεινή πηγή,
2. από την οπτική ίνα και
3. από την απώληξη της οπτικής ίνας.

Η φωτεινή πηγή περιλαμβάνει την ανάλογη λυχνία, τα απαραίτητα φίλτρα και ένα μικρό ανεμιστήρα ψύξης. Παράγει και εκπέμπει το φως προς το βύσμα, όπου ενώνονται όλες οι οπτικές ίνες της διάταξης. Μέσα στη φωτεινή πηγή και μεταξύ της λυχνίας και του βύσματος, παρεμβάλλονται φίλτρα για τον περιορισμό της υπεριώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Υπάρχει επίσης και η δυνατότητα χρησιμοποίησης περιστρεφόμενου δίσκου με διάφορα χρωματιστά φίλτρα, για τη δημιουργία φωτιστικών εφέ. Η οπτική ίνα που φτάνει από την πηγή μέχρι το χώρο που απαιτείται να φωτιστεί, έχει συνήθως μήκος 8-9 μέτρα. Η ελεύθερη απώληξη της οπτικής ίνας παρέχει το φως που έχει μεταφερθεί μέσω της ίνας με τη μορφή δέσμης γωνίας 60° . Με ειδικά μηχανήματα δίνεται η δυνατότητα να μεγαλώσει ή να μικρύνει η δέσμη, δίνοντας στον φωτιζόμενο χώρο την ατμόσφαιρα που απαιτεί η εφαρμογή. Η πολύ μικρή διατομή των οπτικών ινών και η δυνατότητα πολλαπλών αναχωρήσεων από το βύσμα προσφέρουν απεριόριστες δυνατότητες φωτισμού.



Εικόνα 4.12: Διάταξη φωτισμού με οπτικές ίνες.

4.3.7 Υβριδικά φωτιστικά σώματα

Είναι φωτιστικά τα οποία περιέχουν ένα κοινό ηλεκτρικό φωτιστικό (όπως για λαμπτήρες φθορισμού και πυρακτώσεως) και ένα φωτιστικό οπτικών ινών (Εικόνα 4.13). Συχνά το φωτιστικό οπτικών ινών είναι ένα στοιχείο διασποράς που μετατρέπει τις εξαιρετικά κατευθυντικές δέσμες φωτός σε μι πιο επιθυμητή δομή. Τα υβριδικά φωτιστικά σώματα χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τεχνολογίες αξιοποίησης φυσικού φωτισμού μέσα σε κτίρια όπως οι φωτοσωλήνες. Καθώς τα επίπεδα φωτισμού του ήλιου μεταβάλλονται ένας ανιχνευτής φωτισμού (πυρανόμετρο) ενημερώνει για τη μεταβολή το σύστημα και αυτό με τη σειρά του ρυθμίζει τον τεχνητό φωτισμό στα ανάλογα επίπεδα.



Εικόνα 4.13: Υβριδικά φωτιστικά σώματα.

4. Φωτιστικά Σώματα

4.4 Ανταυγαστήρες

Στις φωτοτεχνικές εφαρμογές, πολλές φορές απαιτείται να δώσουμε διάφορες μορφές (παράλληλη, συγκεντρωτική, διαχεόμενη κ.λπ.) και κατευθύνσεις στην ανακλώμενη δέσμη. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση στα φωτιστικά σώματα ανταυγαστήρων κατάλληλου σχήματος και υλικού. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να μειωθεί ο αριθμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών που θα χρησιμοποιηθούν για την παροχή της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού σε έναν συγκεκριμένο χώρο με όλα τα οφέλη που αυτό συνεπάγεται (εξοικονόμηση ενέργειας, χαμηλότερο κόστος επένδυσης για φωτισμό).

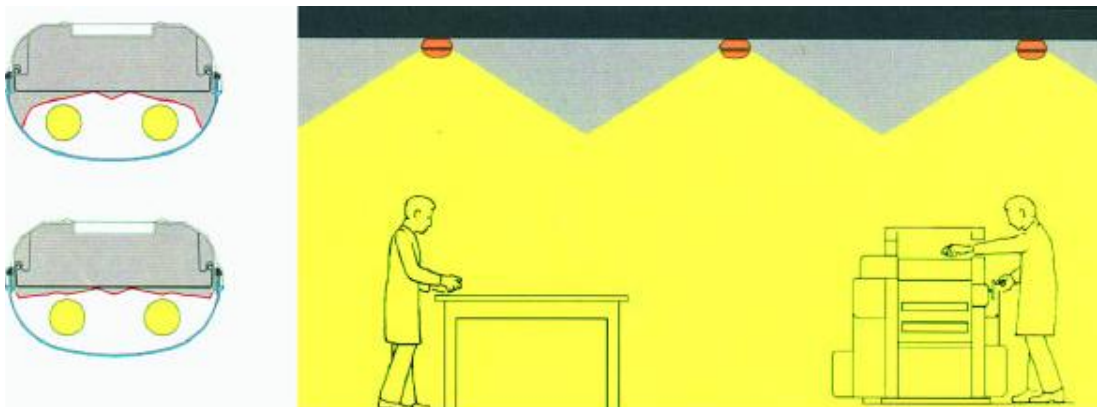
Ειδικότερα, όσον αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας, τα οφέλη σύμφωνα με διεθνείς μελέτες υπολογίζεται ότι μπορεί να είναι της τάξης του 20% έως 50%.



Εικόνα 4.14: Τύποι ανταυγαστήρων.

Συνήθως, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τύποι ανταυγαστήρων:

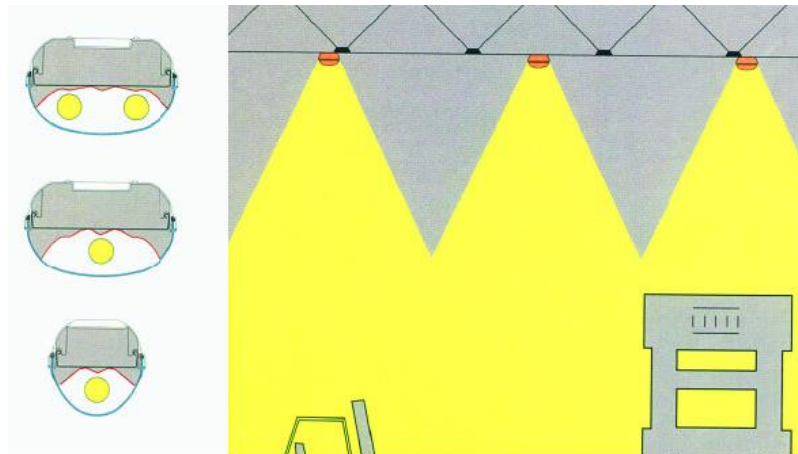
Ανταυγαστήρες ευρείας δέσμης για χρήση σε χώρους με ύψος από 3 έως 6 μέτρα.



Εικόνα 4.15: Κατανομή φωτός με ανταυγαστήρα ευρείας δέσμης.

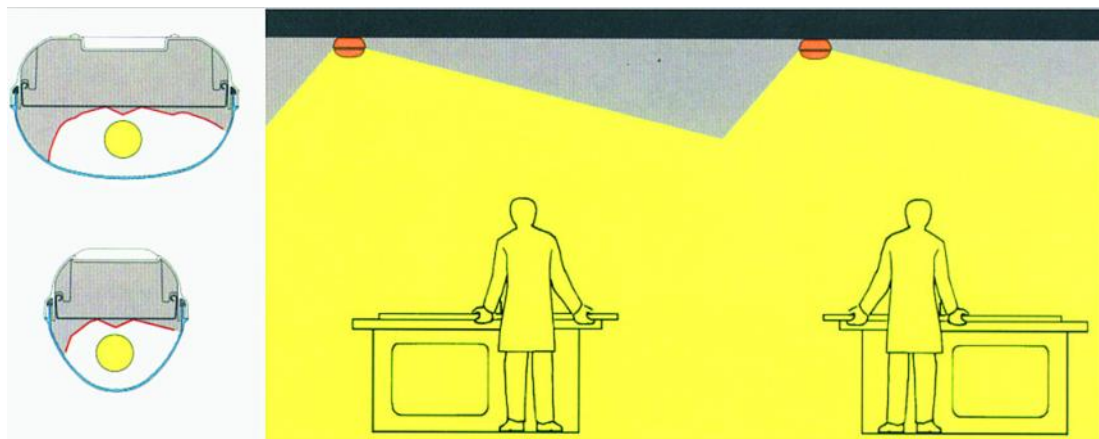
Ανταυγαστήρες συγκεντρωτικής δέσμης για χρήση σε χώρους με ύψος πάνω από 4 μέτρα ή όπου απαιτείται έντονος φωτισμός.

4. Φωτιστικά Σώματα



Εικόνα 4.16: Κατανομή φωτός με ανταναστήρα συγκεντρωτικής δέσμης.

Ανταναστήρες ασύμμετρης δέσμης για χρήση σε χώρους όπου υπάρχει ανάγκη για ακριβή εστίαση της φωτεινής ροής στο επίπεδο εργασίας.^{vi}



Εικόνα 4.17: : Κατανομή φωτός με ανταναστήρα ασύμμετρης δέσμης.

5. Έλεγχος φωτισμού

Για τη καλύτερη εκμετάλλευση του φωτισμού, έχουν δημιουργηθεί διάφορα συστήματα ρύθμισης του. Η ρύθμιση αυτή, μπορεί να αφορά την έναυση (on/off), τη ρύθμιση φωτεινότητας (dimming), την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού ή και συνδυασμό τους, ενός λαμπτήρα ή πολλών μαζί. Σε μεγάλο βαθμό οι ηλεκτρονικές μέθοδοι μετρήσεων και τα αντίστοιχα αισθητήρια προσφέρουν ολοένα και αυξανόμενες δυνατότητες αποτελεσματικότερου ελέγχου του φωτισμού.

5.1 Πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών μεθόδων μέτρησης

Ο συνδυασμός των αισθητηρίων με τις σύγχρονες ηλεκτρονικές διατάξεις επιτρέπει:

Υψηλή ταχύτητα: Γενικά, τα υπό μέτρηση φυσικά μεγέθη υπόκεινται σε πολύ γρήγορες μεταβολές. Η σύγχρονη ηλεκτρονική τεχνολογία επιτρέπει ταχύτητες πολλών χιλιάδων μετρήσεων ανά δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα αυτή είναι απαραίτητη για μετρήσεις αυτοματισμού και κάνει το ηλεκτρονικό όργανο κατάλληλο για μετρήσεις τόσο της σταθερής κατάστασης λειτουργίας, όσο και του μεταβατικού φαινομένου. Η εισβολή της ψηφιακής στον τομέα των μετρήσεων γίνεται συνεχώς όλο και πιο βαθιά. Ταυτόχρονα δεν θα ήταν σωστό να αποσιωπηθεί η ανάπτυξη που προήλθε από τους μικροεπεξεργαστές, οι οποίοι χάρη στην ικανότητά τους να προσαρμόζονται στις πιο ποικίλες συνθήκες, να προγραμματίζονται εύκολα και να διαθέτουν μία απέραντη δυνατότητα αλλαγής προγραμματισμού, επιτρέπουν την υλοποίηση μεθόδων μέτρησης που παλαιότερα ήταν αδιανόητες στην ηλεκτρική οργανολογία.

Μεγάλη ποικιλία μεθόδων προσέγγισης ενός προβλήματος μέτρησης: Οι μέθοδοι προσέγγισης ενός προβλήματος μέτρησης μπορούν να είναι άμεσες, όπως στις μετρήσεις ηλεκτρονικών μεγεθών και χαρακτηριστικών. Στην περίπτωση όμως που πρόκειται για παράδειγμα για την προσπάθεια απόκτησης ενός μετρήσιμου φαινομένου που παράγεται από μία εξωτερική επίδραση: π.χ. θερμική, οπτική κλπ, τότε τα μεγέθη πρέπει να μετρηθούν έμμεσα. Αυτή είναι η συνηθέστερη περίπτωση όταν χρησιμοποιείται κάποια τεχνική που επιτρέπει την μετατροπή της μέτρησης ενός μεγέθους σε εκείνη ενός άλλου που δεν έχει τίποτε κοινό με το αρχικό. Η γενικά μεγάλη ποικιλία μεθόδων μέτρησης στις οποίες φυσικά προστίθεται η δυνατότητα επεξεργασίας σημάτων με βάση διάφορες μαθηματικές μεθόδους και τεχνικές, εμπλουτίζει αναμφισβήτητα την κυριαρχία των ηλεκτρονικών μεθόδων μέτρησης.

Εξαιρετική ευαισθησία: Ένα από τα πιο σπουδαία χαρακτηριστικά των ηλεκτρονικών μεθόδων συνίσταται στο να κάνει το ηλεκτρικό σήμα περισσότερο ευαίσθητο στη διακύμανση του μετρούμενου μεγέθους.

Πολύ μικρή κατανάλωση: Όταν η διακύμανση του σήματος της πηγής είναι περιορισμένη το σήμα οδηγείται στο ηλεκτρονικό σύστημα για να εξασφαλιστεί η ενίσχυσή του. Η παρέμβαση ενισχυτικών διατάξεων μεγάλης σύνθετης αντίστασης εισόδου και διατάξεων που προσαρμόζουν κατάλληλα τη σύνθετη αντίσταση επιτρέπει όχι μόνο την ελάττωση της καταναλωμένης ισχύος, αλλά επίσης με τη χρήση διατάξεων αντίστασης εξόδου μηδενικής σχεδόν τιμής, το σήμα να μπορεί να επενεργήσει σε διάφορα είδη φορτίου.

Μεγάλη ευχέρεια στη μετάδοση από απόσταση: Συχνά συμβαίνει τα σημεία μετρήσεων να βρίσκονται απομακρυσμένα από τα όργανα μετρήσεων ή από το χώρο όπου πρέπει να χρησιμοποιηθεί το μετρούμενο φυσικό μέγεθος. Στην προκειμένη περίπτωση, οι σύγχρονες ηλεκτρονικές μέθοδοι παρέχουν στις περισσότερες εφαρμογές τα μόνα μέσα κατάλληλης μετάδοσης.

Μεγάλη αξιοπιστία: Πρόκειται για το αποτέλεσμα της ανάπτυξης της ηλεκτρονικής προς την ολοκλήρωση σύνθετων διαδικασιών. Έτσι, μπορούμε να έχουμε σε ένα και

5. Έλεγχος Φωτισμού

μοναδικό τυπωμένο κύκλωμα ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής και μετατροπής δεδομένων που περιλαμβάνει διαφορετικές διατάξεις, όπως μετατροπείς, φίλτρα, ενισχυτές, πολυπλέκτες, κυκλώματα δειγματοληψίας και συγκράτησης, κλπ, πράγμα που συνεπάγεται στον ελάχιστο αριθμό συνδέσεων στη διάταξη, με συνέπεια την αύξηση της αξιοπιστίας

5.2 Συστήματα ελέγχου έναυσης (on/off) φωτισμού

Τα συστήματα ρύθμισης φωτισμού αποτελούν πλέον σημαντικό στοιχείο κάθε σύγχρονης εγκατάστασης φωτισμού. Η χρήση των συστημάτων αυτών εξασφαλίζει:

- επίπεδα οπτικής άνεσης
- βέλτιστη λειτουργία των εγκαταστάσεων
- μείωση της σπατάλης ενέργειας που συνεπάγεται ευεργετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον
- μείωση των δαπανών για φωτισμό.

Όλα αυτά είναι εφικτά λόγω των τεχνολογικών επιτευγμάτων των τελευταίων ετών.

Τα πλέον αποδοτικά συστήματα ελέγχου φωτισμού, από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας περιλαμβάνουν:

- Χειροκίνητο τοπικό έλεγχο
- Έλεγχο παρουσίας στο χώρο
- Έλεγχο με χρονοπρογραμματισμό.

5.2.1 Χειροκίνητος τοπικός και απομακρυσμένος έλεγχος

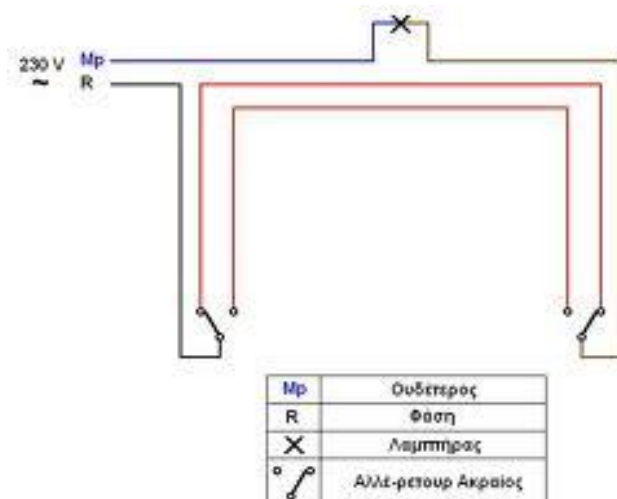
Ο έλεγχος του φωτισμού ενός χώρου από τοπικούς διακόπτες εγκατεστημένους σε προκαθορισμένες θέσεις κυρίως εκεί που λαμβάνουν χώρα οι κύριες εργασίες, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα αξιοσημείωτη εξοικονόμηση ενέργειας και σημαντική βελτίωση της ικανοποίησης όσων ζουν και εργάζονται στο χώρο αυτόν. Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους τύπους λαμπτήρων [2].

Ο τοπικός έλεγχος παρέχει πολύ μεγαλύτερη ευελιξία στον έλεγχο του φωτισμού στο χώρο εργασίας σε σύγκριση με την πλέον διαδεδομένη κατάσταση, στην οποία το σύνολο του φωτισμού του χώρου ελέγχεται από μια σειρά από διακόπτες τοποθετημένους στην κεντρική είσοδο του χώρου. Με τους τοπικούς διακόπτες εξασφαλίζεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μεγαλύτερη άνεση του χρήστη, σε σχέση με διακόπτες για το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων του χώρου. Μελέτες σε γραφεία “ελεύθερης διάταξης” έχουν δείξει μεγάλες διαφορές στις προτιμήσεις των εργαζομένων ως προς το φωτισμό (άλλοι προτιμούν αναμμένα φώτα σε συνεχή βάση ενώ άλλοι όχι). Οι τοπικοί διακόπτες παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία στον έλεγχο του φωτισμού στους χώρους εργασίας σε σχέση με τις σειρές διακοπτών που είναι συγκεντρωμένες πλησίον της κύριας εισόδου του χώρου.

Η χρήση διακοπτών αλέ ρετούρ μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο ακόμα περισσότερο. Η συνδεσμολογία του κυκλώματος στους διακόπτες αλέ ρετούρ είναι τέτοια ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος του φωτισμού χρησιμοποιώντας όποιον διακόπτη εξυπηρετεί κάθε φορά (Εικόνα 5.1).

Οι διακόπτες μπορεί να διαθέτουν και τηλεχειριζόμενο έλεγχο για ακόμα μεγαλύτερη ευκολία στον τοπικό έλεγχο.

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.1: Συνδεσμολογία αλέ ρετούρ διακόπτη.

Είδη Διακόπτη εναλλαγής (αλέ ρετούρ)		Κύρια χρήση
Διακόπτης ακραίας εναλλαγής		Ταυτόχρονος έλεγχος φωτιστικού σώματος ή ομάδας φωτιστικών σωμάτων από δύο σημεία (κρεβατοκάμαρα, διάδρομοι, κλπ)
Διακόπτης ενδιάμεσης εναλλαγής		Ταυτόχρονος έλεγχος φωτιστικού σώματος ή ομάδας φωτιστικών σωμάτων από τρία σημεία (μεγάλοι διάδρομοι, κρεβατοκάμαρες, κλπ)

Πίνακας 5.1: Είδη διακόπτη αλέ ρετούρ και η κύρια χρήση τους.

Ο τοπικός έλεγχος κατά ομάδες φωτιστικών είναι σημαντικός στις περιπτώσεις κατά τις οποίες μόνο κάποια τμήματα του χώρου απαιτούν τεχνητό φωτισμό, είτε γιατί στα άλλα τμήματα δεν υπάρχουν εργαζόμενοι (π.χ. μετά τη λήξη του εργασιακού ωραρίου) είτε γιατί στα άλλα τμήματα υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός. Γενικά, οι ζώνες που ο φωτισμός τους ελέγχεται από τοπικούς διακόπτες θα πρέπει να έχουν παρόμοια στάθμη φυσικού φωτισμού σε όλη τους την επιφάνεια. Επίσης, θα πρέπει η ομαδοποίηση των φωτιστικών να σχετίζεται με τον τρόπο χρήσης του χώρου.

Στους χώρους με φυσικό φωτισμό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο διαχωρισμός των ζωνών που καλύπτονται από φυσικό φωτισμό και να εξασφαλίζεται η δυνατότητα ελέγχου/σβέσης τουλάχιστον του 50% των λαμπτήρων που βρίσκονται εντός αυτών, μέσω αισθητήρων φωτισμού ή η δυνατότητα συνεχούς ρύθμισης της φωτεινότητας των λαμπτήρων μέσω κατάλληλου συστήματος ελέγχου του φωτισμού.

Σε ειδικές περιπτώσεις χώρων μεγάλης επιφάνειας (>15 m²) αλλά ενιαίας και μη σταθερής λειτουργίας (π.χ. εμπορικές αγορές με ακανόνιστη πυκνότητα πληθυσμού σε συνάρτηση με το χρόνο), η προαναφερόμενη απαίτηση (ανεξάρτητου ελέγχου ανά 15 m²) δεν ισχύει. Πρέπει όμως να εφαρμόζεται σε χώρους στους οποίους επί αδιάλειπτο και συνεχές χρονικό διάστημα μπορεί ο χώρος να λειτουργεί τμηματικά (π.χ. χώρος εκπαίδευσης, σεμιναρίων κλπ).

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.2.2 Έλεγχος παρουσίας στο χώρο

Τα συστήματα αυτά θέτουν εκτός λειτουργίας την εγκατάσταση φωτισμού, όταν δεν είναι δυνατόν να ανιχνεύσουν παρουσία ή κίνηση ατόμων στο χώρο για ένα προκαθορισμένο διάστημα. Όταν ανιχνευτεί παρουσία ή κίνηση, τότε το σύστημα φωτισμού τίθεται ξανά σε λειτουργία. Είναι σημαντικό να υπάρχει ενσωματωμένος μηχανισμός χρονοκαθυστέρησης στο σύστημα, εφόσον ο χρήστης μπορεί να παραμένει ακίνητος για μικρά χρονικά διαστήματα, ενώ βρίσκεται στο χώρο, αλλά δεν επιθυμεί να τεθεί εκτός λειτουργίας το σύστημα φωτισμού πριν αυτός αποχωρήσει από το χώρο.

Η εξοικονόμηση ενέργειας από το κάθε είδος ανιχνευτή παρουσίας και κίνησης θα διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με το μέγεθος της περιοχής που καλείται να καλύψει, καθώς και η χρήση του χώρου. Σε γενικές γραμμές έχει υπολογιστεί ότι αυτή μπορεί να είναι της τάξης του 35% έως 45%.

Για να γίνει περισσότερο αντιληπτό η σημασία αξιοποίησης των ανιχνευτών παρουσίας, ο KENAK ορίζει τον Συντελεστή επίδρασης χρηστών (F_o). Είναι ο συντελεστής μείωσης της αρχικά υπολογιζόμενης κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό λόγω της χρήσης διατάξεων αυτοματισμών ανίχνευσης κίνησης ή παρουσίας (ανάλογα με τη χρήση του χώρου). Ο συντελεστής λαμβάνει τιμή ίση με τη μονάδα (1), όταν δεν εφαρμόζεται καμία μείωση της χρήσης φωτισμού κατά την απουσία των χρηστών, και μηδενική τιμή (0), όταν εφαρμόζεται πλήρης μείωση της χρήσης φωτισμού κατά την απουσία των χρηστών. Ο Πίνακας 5.2 καθορίζει τις τυπικές τιμές του συντελεστή F_o ^{vii}.

Συστήματα χωρίς αισθητήρα ανίχνευσης παρουσίας ή απουσίας	F_o
Χειροκίνητος διακόπτης (αφής/σβέσης)	1,00
Χειροκίνητος διακόπτης (αφής/σβέσης) και πρόσθετη αυτόματη ένδειξη για συνολική σβέση	0,95
Συστήματα με αισθητήρα ανίχνευσης παρουσίας ή απουσίας	F_o
Αυτόματη έναυση/ρύθμιση φωτεινής ροής	0,95
Αυτόματη έναυση και σβέση	0,9
Χειροκίνητη έναυση/ρύθμιση φωτεινής ροής	0,9
Χειροκίνητη έναυση/αυτόματη σβέση	0,8

Πίνακας 5.2: Τυπικές τιμές του συντελεστή επίδρασης παρουσίας ή απουσίας χρηστών

Η επιλογή των αισθητήρων παρουσίας θα πρέπει να γίνεται με προσοχή, καθώς διαφορετικοί τύποι λειτουργούν σε διαφορετικούς βαθμούς ευαισθησίας (**Εικόνα 5.2**).

Εάν ο έλεγχος φωτισμού με αισθητήρες παρουσίας είναι κατάλληλος για ένα χώρο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο που αυτός χρησιμοποιείται. Πιο κατάλληλοι είναι οι χώροι μικρών γραφείων, βοηθητικών διαδρόμων, προθαλάμων, αιθουσών διδασκαλίας, τουαλετών, αποθηκών.

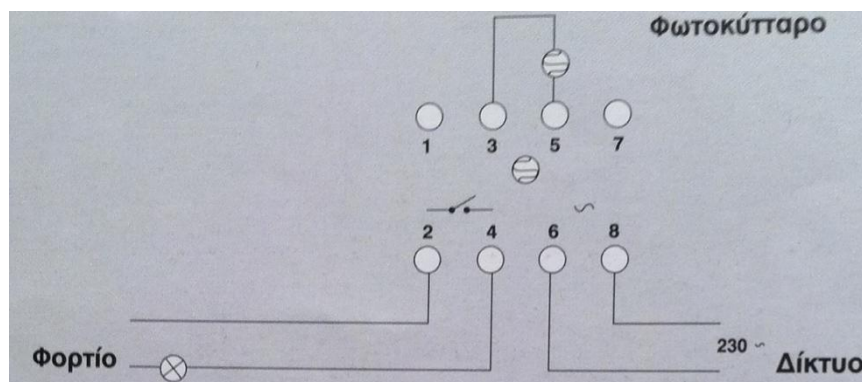
Γενικά θα πρέπει να ισχύει, σύμφωνα με τον KENAK:

- Σε μεγάλους χώρους ένας αισθητήρας ανά 30 m²
- Ένας αισθητήρας ανά δωμάτιο
- Ο φωτισμός να μην είναι κεντρικός αλλά χωρισμένος κατά περιοχές ελέγχου.

5. Έλεγχος Φωτισμού



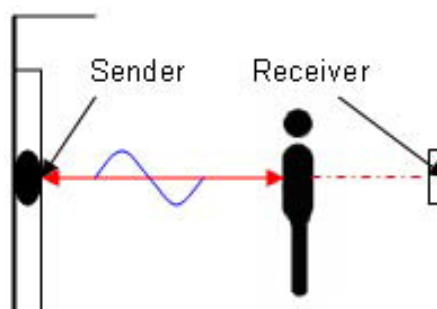
Εικόνα 5.2: Διαφορετικοί τύποι ανιχνευτή παρουσίας.



Εικόνα 5.3: Συνδεσμολογία φωτοκύτταρου.

Οι αισθητήρες παρουσίας μπορεί να είναι:

- Είτε αυτόνομοι είτε συνδεδεμένοι σε σύστημα ελέγχου και μπορούν να τοποθετηθούν σε τοίχο ή σε οροφή. Έχουν κόστος εγκατάστασης διότι απαιτείται διάνοιξη της οροφής ή του τοίχου για να καλωδιωθούν με το σύστημα ηλεκτρικής παροχής.
- Είτε ενσύρματοι είτε ασύρματοι. Όλα τα εξαρτήματα βρίσκονται στο ίδιο κεντρικό πίνακα και μπορούν εύκολα να επικοινωνούν ασύρματα με αισθητήρες στον χώρο. Η τεχνολογία αυτή είναι πιο πρόσφατη και χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς χώρους. Το μειονέκτημά τους είναι ότι η εμβέλειά τους μπορεί να μειωθεί από τα έπιπλα και τους διαχωριστικούς τοίχους (ενεργητικοί αισθητήρες υπερύθρων (AIR)) (Εικόνα 5.4) ή να διεγερθούν εσφαλμένα εξαιτίας της ροής αέρα από συστήματα κλιματισμού, εξαερισμού ή από παράθυρα (αισθητήρες υπερήχων (UP)).



Εικόνα 5.4: Αρχή λειτουργίας αισθητήρων AIR.

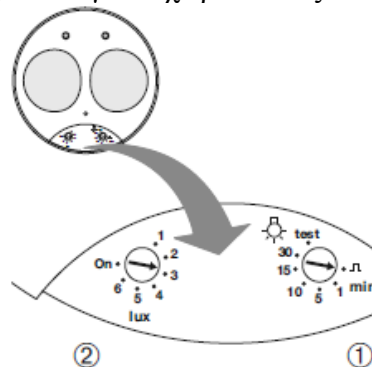
5. Έλεγχος Φωτισμού

Οι αισθητήρες παρουσίας, μπορεί να είναι είτε αυτόνομοι, είτε να συνδυάζονται με αισθητήρα κίνησης στην ίδια συσκευή (**Εικόνα 5.5**). Πρόκειται για έναν ανιχνευτή κίνησης/παρουσίας ο οποίος χρησιμεύει στην ανίχνευση απειροελάχιστων κινήσεων (π.χ. ατόμων που εργάζονται στο γραφείο τους). Η ανίχνευση επιτυγχάνεται με 2 αισθητήρες που βρίσκονται κάτω από τους φακούς του ανιχνευτή. Ο αισθητήρας φωτεινότητας μετρά συνεχώς τη φωτεινότητα στο χώρο και τη συγκρίνει με την τιμή της φωτεινότητας που προκαθορίζεται από το τρίμμερ. Έτσι, αν η μετρούμενη φωτεινότητα είναι χαμηλότερη από τη ρυθμιζόμενη, θα στείλει σήμα ενεργοποίησης του φωτισμού με συγκεκριμένο ποσοστό έναυσης. Αντίστοιχα, αν η μετρούμενη είναι μεγαλύτερη ή ίση με τη ρυθμιζόμενη, δε θα γίνει κάτι. Ο δίσκος του ανιχνευτή μπορεί να στραφεί κατά 90° περιστρέφοντας αντίστοιχα και το μεγάλο άξονα της περιοχής ανίχνευσης.



Εικόνα 5.5: Αυτόνομος αισθητήρας παρουσίας και συνδυασμός αισθητήρα παρουσίας-κίνησης.

Μπορούν να προγραμματιστούν είτε τοπικά είτε μέσω τηλεχειριστηρίων. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κάνει τις βασικές ρυθμίσεις ευαισθησίας, χρόνου και ποσοστού φωτεινότητας ενεργοποίησης του αισθητήρα με προκαθορισμένα επίπεδα, τοπικά (**Εικόνα 5.6**) ή με απλό τηλεχειριστήριο (**Εικόνα 5.7**) ή ακόμα να δημιουργήσει και ν' αποθηκεύσει διάφορα «σενάρια» λειτουργίας ανάλογα το χώρο και τις ανάγκες του (**Εικόνα 5.7**).



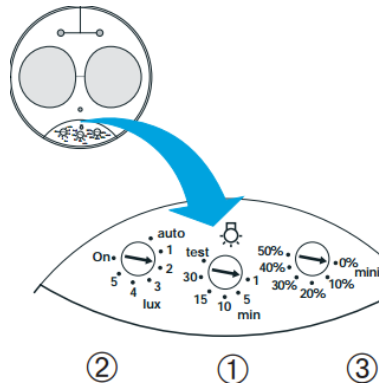
Εικόνα 5.6: Αισθητήρας παρουσίας. 1: Τρίμμερ ρύθμισης της διάρκειας φωτισμού, 2: Τρίμμερ ρύθμισης της φωτεινότητας.



Εικόνα 5.7: Τηλεχειριστήρια προγραμματισμού αισθητήρων παρουσίας.

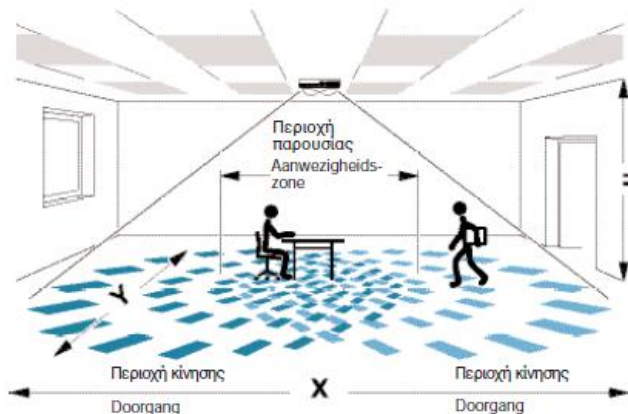
5. Έλεγχος Φωτισμού

Οι αισθητήρες παρουσίας μπορούν να κάνουν έλεγχο ON/OFF ή ακόμα και ρύθμιση φωτεινότητας (dimming) με έξοδο 1 - 10 V (**Εικόνα 5.8**). Σε συνδυασμό με ballast που διαθέτει είσοδο 1-10V ή με dimmer ράγας, ο ανιχνευτής μπορεί να λειτουργήσει επιπροσθέτως και ως dimmer.^{viii}



Εικόνα 5.8: Ρυθμίσεις φωτεινότητας 1-10V. 1: Τρίμμερ ρύθμισης της διάρκειας φωτισμού, 2: Τρίμμερ ρύθμισης της φωτεινότητας, 3: Τρίμμερ ρύθμισης του ελάχιστου επιπέδου φωτισμού.

Σημαντική προϋπόθεση στην σωστή λειτουργία του αισθητήρα, είναι το σημείο τοποθέτησης του στο χώρο. Η περιοχή κάλυψης του εξαρτάται από τις διαστάσεις του χώρου ελέγχου (**Εικόνα 5.9**). Εάν απαιτούνται δύο ή περισσότεροι αισθητήρες στον ίδιο χώρο, δεν πρέπει να υπάρχει κοινή περιοχή δράσης ή κενό μεταξύ των περιοχών δράσης τους.



Εικόνα 5.9: Περιοχή κάλυψης αισθητήρα.

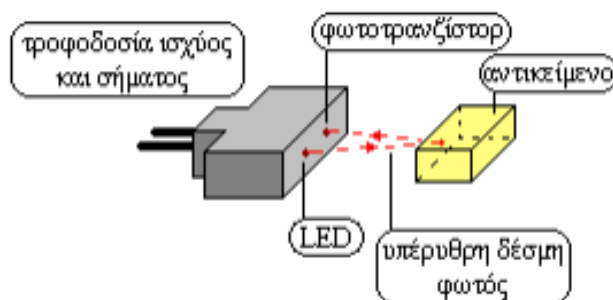
5.2.3 Οπτικοί αισθητήρες

Οι οπτικοί αισθητήρες, που μας απασχολούν περισσότερο, αποτελούνται από μία πηγή φωτός και έναν ανιχνευτή. Οι πηγές φωτός, είναι συχνά φωτοδιόδοι (LED), και οι ανιχνευτές είναι φωτοτρανζίστορ πυριτίου. Χρησιμοποιείται συνήθως οπτικό ή υπέρυθρο φως αν και συνήθως προτιμάται το υπέρυθρο που πάσχει λιγότερο από το φαινόμενο της συμβολής που μπορεί να πραγματοποιηθεί από γειτονικές πηγές φωτός. Η πηγή εκπέμπει φως το οποίο ανιχνεύεται από το φωτοτρανζίστορ (**Εικόνα 5.10**).

Μία οπτική μέθοδος είναι αυτή της διαπερατότητας, στην οποία η πηγή φωτός και ο ανιχνευτής βρίσκονται απέναντι ο ένας από τον άλλο, οπότε όταν ανιχνευτεί διακοπή της φωτεινής δέσμης διαπιστώνεται η ύπαρξη κάποιου αντικειμένου.

Μία άλλη οπτική μέθοδος είναι αυτή του αισθητήρα ανακλώμενης οπτικής δέσμης, στον οποίο η πηγή φωτός στερεώνεται δίπλα –δίπλα.

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.10: Περιγραφή λειτουργίας αισθητήρα ανακλώμενης δέσμης.

Η ελάχιστη απόσταση προσέγγισης, στην οποία μπορεί να λειτουργήσει ο αισθητήρας εξαρτάται από την ισχύ της εκπεμπόμενης φωτεινής δέσμης, την ευαισθησία του φωτοτρανζίστορ και τη φύση του αντικειμένου που ανακλά.

5.2.4 Αισθητήρες κίνησης

Οι αισθητήρες κίνησης συχνά συγχέονται με τους ανιχνευτές παρουσίας. Ενεργοποιούνται μόνο όταν ανιχνευτεί κίνηση, και τότε το σύστημα φωτισμού τίθεται ξανά σε λειτουργία. Διακρίνονται ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους σε ενεργητικούς και παθητικούς αισθητήρες υπερύθρων και σε οπτικούς και ανάλογα τον τρόπο τοποθέτησης τους σε επίτοιχους και χωνευτούς (**Εικόνα 5.11**).

Οι αισθητήρες υπερύθρων έχουν την ιδιαιτερότητα ότι μπορούν ν' ανιχνεύσουν ζώα και θερμά αντικείμενα (π.χ. αυτοκίνητα) αλλά ένα αντικείμενο που θερμαίνεται χωρίς να κινείται δεν ανιχνεύεται, (π.χ. μια συσκευή θέρμανσης). Επίσης, το επίπεδο ευαισθησίας μπορεί να επηρεαστεί αν η θερμοκρασία περιβάλλοντος πλησιάζει αυτήν του ανθρώπινου σώματος.

Οι αισθητήρες κίνησης βασίζόμενοι σε οπτικά φαινόμενα, χρησιμοποιούν πηγή φωτός και συνδυάζουν την μετακίνηση ως αλλαγή της πορείας δέσμης φωτός που πέφτει στον φωτοανιχνευτή.



Εικόνα 5.11: Επίτοιχοι και χωνευτός ανιχνευτές κίνησης.

Υπάρχουν επίσης και αισθητήρες κίνησης με πρόσθετο τμήμα ανίχνευσης φωτεινότητας, το οποίο συγκρίνει το φωτισμό του περιβάλλοντος με ένα προκαθορισμένο ελάχιστο επίπεδο. Εάν υπάρχει συνδυασμός κίνησης με ανεπαρκή φωτισμό, τότε ενεργοποιείται το σύστημα φωτισμού για ορισμένη χρονική περίοδο (**Εικόνα 5.12**).^{ix}

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.12: Προγραμματιζόμενος αισθητήρας κίνησης

Τέλος υπάρχει και η δυνατότητα του ασύρματου προγραμματισμού. Με το κατάλληλο τηλεχειριστήριο, ο χρήστης μπορεί να κάνει τις βασικές ρυθμίσεις ευαισθησίας, χρόνου και ποσοστού φωτεινότητας ενεργοποίησης του αισθητήρα με προκαθορισμένα επίπεδα ή ακόμα να δημιουργήσει και ν' αποθηκεύσει διάφορα «σενάρια» λειτουργίας ανάλογα το χώρο και τις ανάγκες του (**Εικόνα 5.13**).



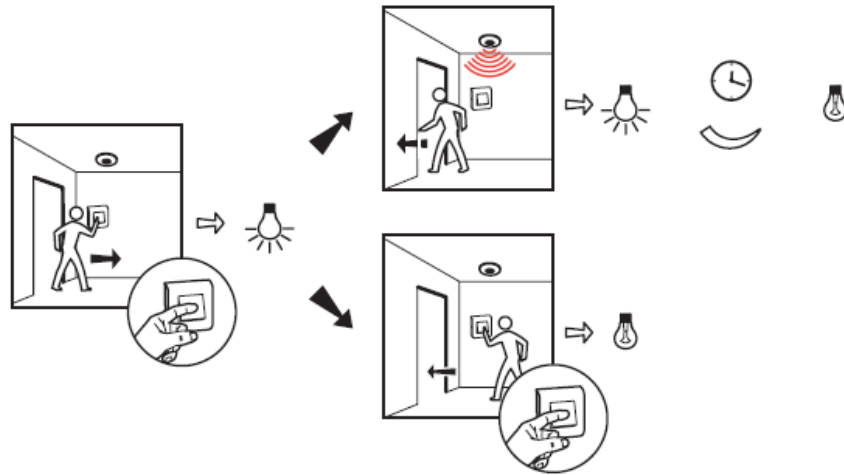
Εικόνα 5.13: Τηλεχειριστήρια προγραμματισμού αισθητήρων κίνησης. Απλό και με δημιουργία και αποθήκευση «σεναρίων».

Οι αισθητήρες κίνησης έχουν την ευελιξία ορισμού είδους λειτουργίας. Μπορούν να ρυθμιστούν να δουλεύουν πλήρως αυτόματα, δηλαδή να ενεργοποιούν το φωτισμό όταν ανιχνεύουν κίνηση και ν' απενεργοποιούν το φωτισμό μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, που ορίζεται από το χρήστη (**Εικόνα 5.14**). Επίσης, μπορούν να λειτουργήσουν ημιαυτόματα. Ο φωτισμός ενεργοποιείται από το χρήστη μέσω κλασικού διακόπτη φωτισμού και ο αισθητήρας αναλαμβάνει την απενεργοποίηση του έπειτα από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα που θα έχει αποχωρήσει ο χρήστης. (**Εικόνα 5.15**). Συγκρίνοντας τις δύο αυτές λειτουργίες, η ημιαυτόματη δημιουργεί μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς δεν απαιτείται ο αισθητήρας να είναι συνέχεια σε αναμονή για την ενεργοποίηση του φωτισμού.



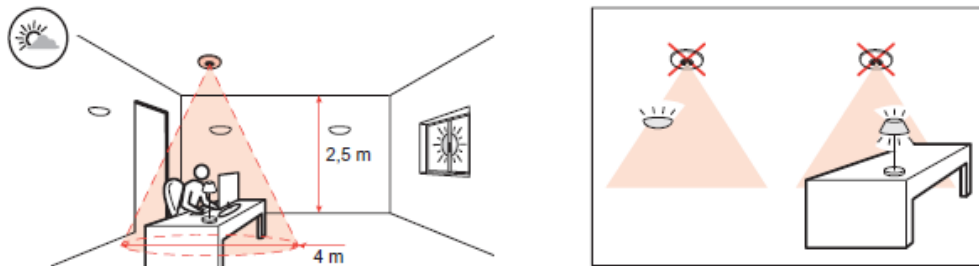
Εικόνα 5.14: Αυτόματη λειτουργία αισθητήρα.

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.15: Ημιαυτόματη λειτουργία αισθητήρα.

Σημαντική προϋπόθεση στην σωστή λειτουργία του αισθητήρα, είναι το σημείο τοποθέτησης του στο χώρο. Η περιοχή κάλυψης του εξαρτάται από το ύψος του χώρου ελέγχου (**Εικόνα 5.16**). Επίσης, στην προαναφερθέντα περιοχή δεν πρέπει να υπάρχει φωτεινή πηγή (φωτιστικό σώμα τοίχου ή γραφείου), καθώς επηρεάζεται. Εάν απαιτούνται δύο ή περισσότεροι αισθητήρες στον ίδιο χώρο, δεν πρέπει να υπάρχει κοινή περιοχή δράσης ή κενό μεταξύ των περιοχών δράσης τους. ^x Προκειμένου να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική λειτουργία του αισθητήρα, προτείνεται να καθαρίζεται ο φακός από την σκόνη, με υγρό μαλακό ύφασμα, κάθε τρεις μήνες.



Εικόνα 5.16: Περιοχή κάλυψης αισθητήρα.

5.2.5 Έλεγχος με χρονοπρογραμματισμό

Με αυτό το είδος ελέγχου η εγκατάσταση φωτισμού τίθεται εκτός λειτουργίας σε έναν κεντρικό πίνακα την ίδια ώρα κάθε ημέρα, που μπορεί για παράδειγμα να συμπίπτει με το τέλος της εργάσιμης μέρας.

Είναι σημαντικό να περιλαμβάνει τοπικό χειρισμό, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να τεθεί σε λειτουργία η εγκατάσταση φωτισμού εάν κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο σε κάποιες περιπτώσεις. Οι εντολές μπορούν να προέλθουν από ποικιλία συσκευών, καθώς και από το κεντρικό σύστημα διαχείρισης του κτιρίου (BMS). Στη περίπτωση παρουσίας BMS, οι εντολές μπορούν να δοθούν είτε μέσω κατάλληλης καλωδίωσης, είτε εξ αποστάσεως, μέσω έξυπνων συσκευών (PC, iPhone, iPad κλπ) υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει σύνδεση με το BMS και ο ενδιαφερόμενος έχει την απαιτούμενη αδειοδότηση.

Διακρίνονται σε:

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.2.5.1 Προγραμματιζόμενους αναλογικούς χρονοδιακόπτες, ETS

Ενεργοποιούν μια μεταγωγική επαφή σε προεπιλεγμένους χρόνους, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα ελέγχου της κατάστασης ενός κυκλώματος σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές (Εικόνα 5.17). Παρέχεται η δυνατότητα ημερησίου και εβδομαδιαίου προγραμματισμού, ενώ παρέχουν αυτονομία μέχρι 72 ώρες.



Εικόνα 5.17: Διάφοροι τύποι αναλογικού χρονοδιακόπτη.

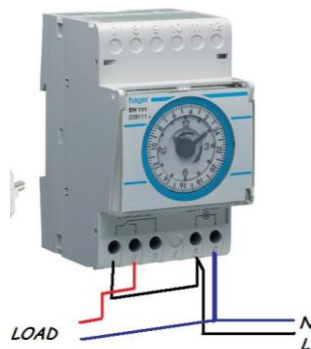
5.2.5.2 Προγραμματιζόμενους ψηφιακούς χρονοδιακόπτες, STT

Ελέγχονται από μικροεπεξεργαστή και παρέχουν τη δυνατότητα πραγματοποίησης πλήθους κυκλωμάτων αυτοματισμού (Εικόνα 5.18). Προσφέρουν :

- Ημερήσιο και εβδομαδιαίο προγραμματισμό
- Επιλογή θερινής και χειμερινής ώρας
- Χειροκίνητη παράκαμψη του προγράμματος λειτουργίας
- Ευανάγνωστη οθόνη υγρών κρυστάλλων
- Ευκολία στον χειρισμό και τον προγραμματισμό



Εικόνα 5.18: Διάφοροι τύποι ψηφιακού χρονοδιακόπτη.



Εικόνα 5.19: Διάγραμμα σύνδεσης χρονοδιακόπτη.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.2.5.3 Προγραμματιζόμενος χρονοδιακόπτης με φωτοκύτταρο

Μπορεί να ελέγχεται ηλεκτρομηχανικά και να παρέχει ημερήσιο προγραμματισμό ή να ελέγχεται ηλεκτρονικά με εβδομαδιαίο προγραμματισμό (**Εικόνα 5.20**). Κύριο εξάρτημα του είναι το φωτοκύτταρο, που μπορεί να είναι είτε χωνευτό, είτε επίτοιχο. Η τοποθέτηση τους είναι εσωτερική σε πίνακα ηλεκτροδότησης και το κόστος αγοράς τους είναι παρόμοιο με αυτό των κλασικών χρονοδιακοπών (αναλογικών και ψηφιακών) ράγας (ακριβότεροι κατά 20 ευρώ).^{viii}



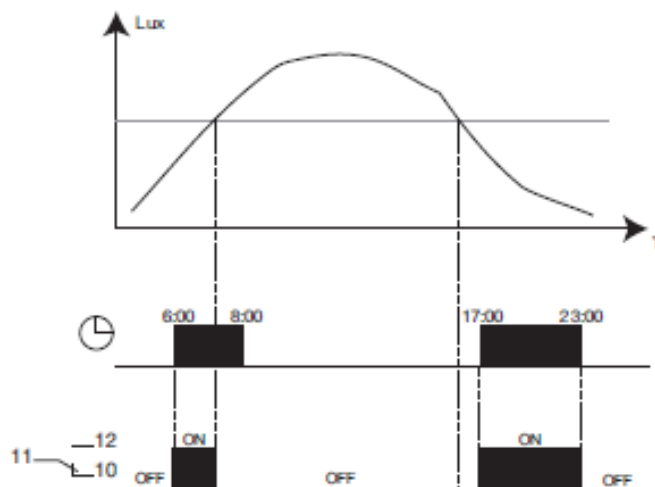
Εικόνα 5.20: Προγραμματιζόμενοι διακόπτες με φωτοκύτταρο.

Η αρχή λειτουργίας του και στις δύο περιπτώσεις βασίζεται τόσο στον χρονοδιακόπτη, όσο και στο φωτοκύτταρο. Συγκεκριμένα, ο διακόπτης ελέγχει τα συστήματα φωτισμού σύμφωνα με το πρόγραμμα που καθορίζεται από το χρήστη, ανάλογα με το φυσικό φωτισμό:

Κατά τη διάρκεια της επιτρεπόμενης διάρκειας λειτουργίας, ανάλογα με το αν το επίπεδο της μετρούμενης φωτεινότητας είναι πάνω ή κάτω από το αντίστοιχο ρυθμιζόμενο, θα ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται.

Κατά την υπόλοιπη διάρκεια, η επαφή εξόδου παραμένει χωρίς τροφοδοσία, ανεξάρτητα από το επίπεδο φωτισμού.

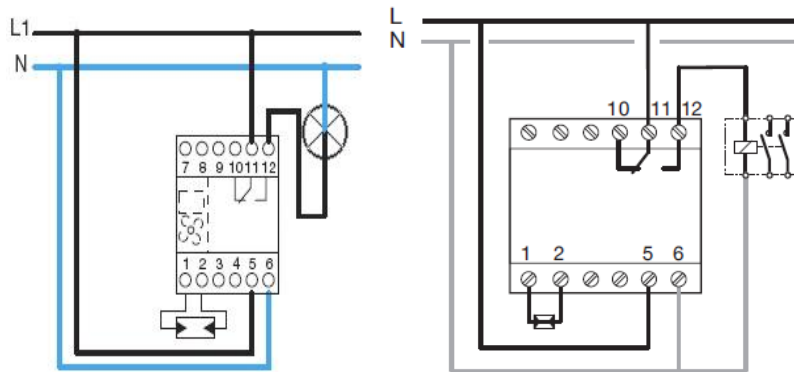
Η ευαισθησία στο διακόπτη, περιλαμβάνει ενσωματωμένο κύκλωμα χρονοκαθυστέρησης για την αποφυγή άσκοπων αλλαγών κατάστασης που οφείλονται σε προσωρινούς παράγοντες όπως αντανάκλασεις από διάφορα αυτοκίνητα. Σχηματικά η λειτουργία του διακόπτη εμφανίζεται στην **Εικόνα 5.21**.



Εικόνα 5.21: Λειτουργία διακόπτη.

5. Έλεγχος Φωτισμού

Στην **Εικόνα 5.22** παρουσιάζεται το διάγραμμα σύνδεσης του χρονοδιακόπτη. Τα φορτία που μπορεί να οδηγήσει είναι λαμπτήρες πυράκτωσης, αλογόνου φθορισμού ή ακόμα και κινητήρες ελέγχου σκιάστρων.



Εικόνα 5.22: Διάγραμμα σύνδεσης χρονοδιακόπτη.

5.3 Συστήματα ελέγχου της φωτεινής ροής (dimming)

Τα συστήματα ελέγχου φωτεινής ροής δίνουν τη δυνατότητα μεταβάλλοντας την τάση και ως εκ τούτου τη μέση ισχύ του λαμπτήρα να διαφοροποιούν την ένταση του φωτός. Εκτός τα συγκεκριμένα συστήματα, υπάρχουν και άλλα είδη ρυθμιστών, όπως τάσης (για σταθεροποίηση τάσης σε συγκεκριμένο επίπεδο), στροφών (για έλεγχο ταχύτητας και ροπής σε κινητήρες), σήματος (καθορίζουν τη στάθμη σήματος εισόδου ή εξόδου), κλπ.

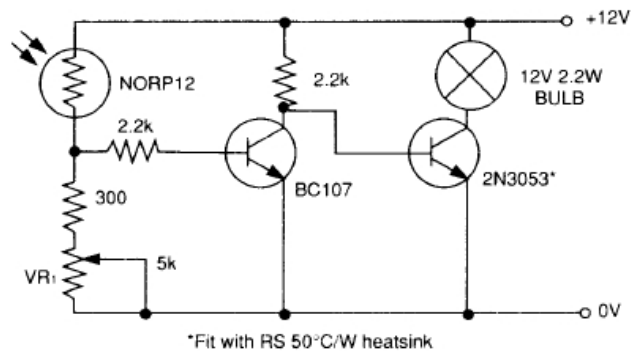
Υπάρχουν διάφοροι τύποι ρυθμιστών (dimmer). Ρυθμιστής μπορεί να είναι ένας αισθητήρας παρουσίας με δυνατότητα ρύθμισης φωτεινότητας [5.2.2], απλός διακόπτης τοίχου, ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενα ballast ή σε πιο εξελιγμένη μορφή που ρυθμίζονται μέσω τηλεχειρισμού ή αισθητήρα φωτεινότητας και να ελέγχουν τα ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενα ballast (**Εικόνα 5.23**). Οι σύγχρονοι ρυθμιστές μπορούν να τοποθετηθούν είτε στο πίνακα ηλεκτροδότησης του χώρου ελέγχου, είτε να ενσωματωθούν στην ψευδοροφή (γυψοσανίδα) εάν υπάρχει.



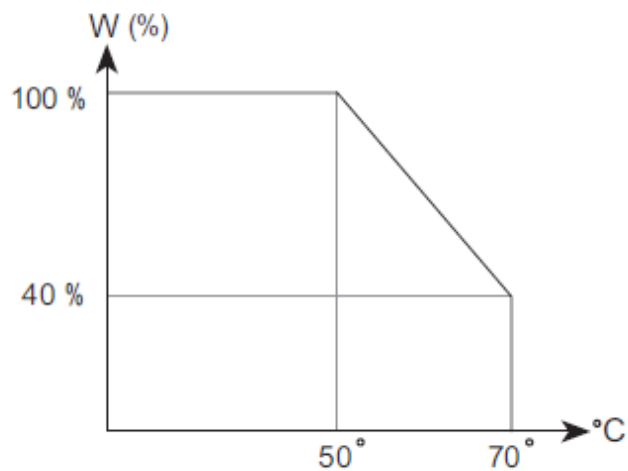
Εικόνα 5.23: Ρυθμιστές έντασης φωτισμού (dimmer).

Η κατασκευή τους παλαιότερα στηριζόταν στη λειτουργία ενός ποτενσιόμετρου ή μεταβλητής αντίστασης (**Εικόνα 5.24**). Ωστόσο αυτές οι διατάξεις είναι ενεργοβόρες και έχουν χαμηλή απόδοση λόγω του ότι το συνολικό ρεύμα διαρρέει τη διάταξη με αποτέλεσμα μεγάλες θερμικές απώλειες (**Εικόνα 5.25**). Στην **Εικόνα 5.24** η απώλεια ενέργειας εντοπίζεται στις δύο αντιστάσεις των $2.2\text{K}\Omega$, λόγω της απαιτούμενης τροφοδοσίας των τρανζίστορ. Η εξέλιξη στα ηλεκτρονικά έφερε τα σύγχρονα dimmers με χρήση ανορθωτικών διατάξεων (θυρίστορ) τα οποία έχουν καλύτερη απόδοση και κάνουν τον έλεγχο πιο εύκολο και ασφαλή.

5. Έλεγχος Φωτισμού



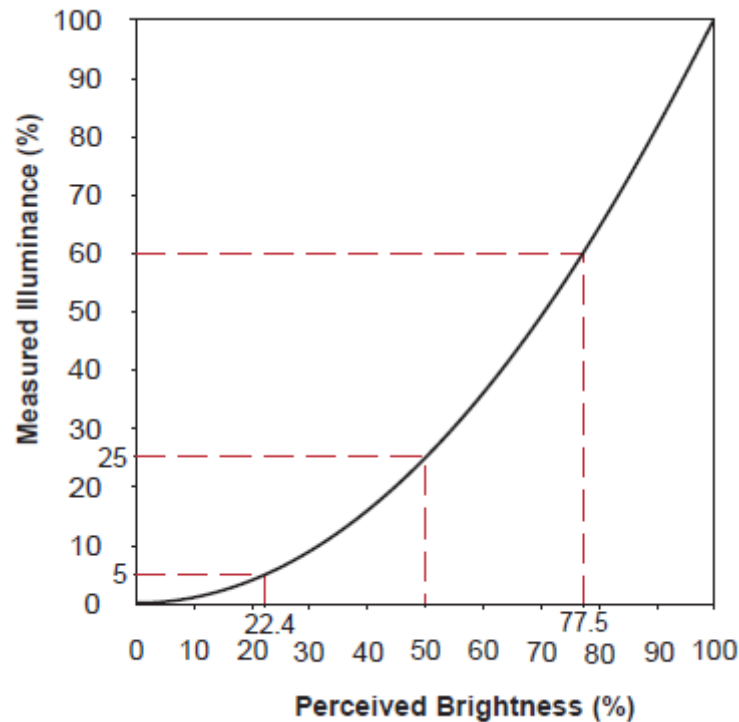
Εικόνα 5.24: Κυκλωματικό διάγραμμα συστήματος φωτισμού με ρύθμιση του σημείου έναρξης για το άναμμα μιας λάμπας στο συλλέκτη του τρανζίστορ 2N3053.



Εικόνα 5.25: Μεταβολή θερμοκρασίας σε περιστροφικό γραμμικό ποτενσιόμετρο.

Η ρύθμιση της φωτεινής ροής (dimming) μπορεί να περιγραφεί ως ποσοστό του μέγιστου παραγόμενου φωτός (κανονική λειτουργία), της μετρούμενης φωτεινής ροής ανά μονάδα επιφάνειας (δηλαδή της έντασης φωτισμού) και της έντασης φωτισμού που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι. Η ένταση φωτισμού που αντιλαμβανόμαστε μπορεί να χαρακτηριστεί από την προσαρμοστικότητα του ανθρώπινου ματιού όταν εκτίθεται σε διαφορετικές ποσότητες φωτός. Για παράδειγμα, ένας χώρος με ρυθμισμένη φωτεινή ροή στο 25% του μέγιστου παραγόμενου φωτός μπορεί να γίνει αντιληπτό ως κατά το ήμισυ περίπου φωτεινό σε σύγκριση με τον ίδιο χώρο στο μέγιστο φωτισμό. Η **Εικόνα 5.26** απεικονίζει τη θεωρητική σχέση μεταξύ της μετρούμενης έντασης φωτισμού και της έντασης φωτισμού που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος.^{xi}

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.26: Σχέση μεταξύ της μετρούμενης έντασης φωτισμού (κάθετος άξονας) και της αντιληφθείσας έντασης φωτισμού (οριζόντιος άξονας).

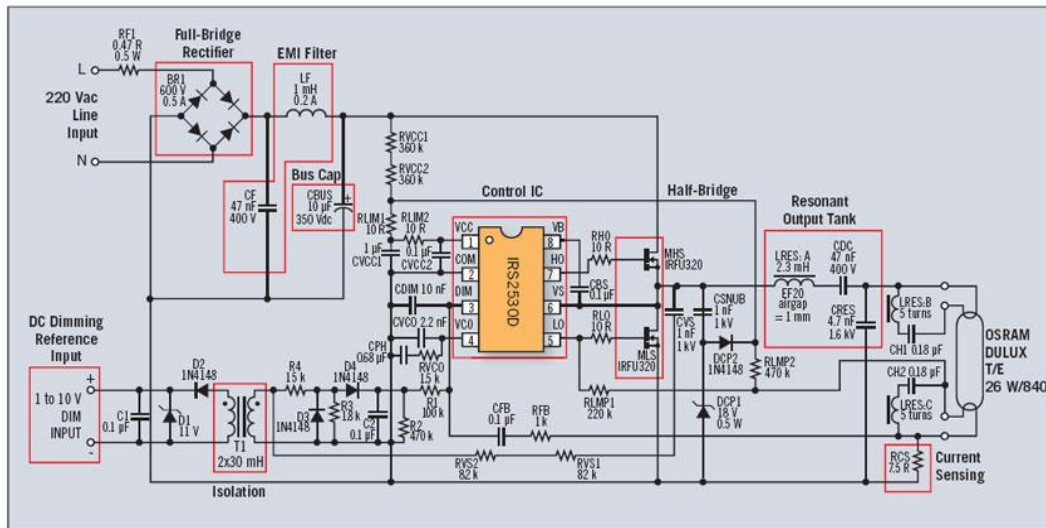
Τα ηλεκτρονικά ballast (**Εικόνα 5.27**) με ρύθμιση της φωτεινής έντασης συνδυάζονται συχνά με μικροεπεξεργαστές συνδεδεμένους σε δίκτυο (bus) για την κεντρική ρύθμιση του φωτισμού σε μεγάλα κτίρια (digital dimming ballast). Μέσω του δικτύου δέχονται εντολές, υπό μορφή αναλογικής τάσης 0-10 V ή ψηφιακής τάσης (πρωτόκολλο επικοινωνίας Dali [5.6]), για την επιθυμητή ένταση του φωτισμού και συγχρόνως στέλνουν πληροφορίες στον κεντρικό υπολογιστή για την κατάσταση των λαμπτήρων. Έτσι εξασφαλίζονται οι ιδανικές συνθήκες φωτισμού και ταυτόχρονα η εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 5.27: Ηλεκτρονικά ballast για ρύθμιση φωτεινότητας.

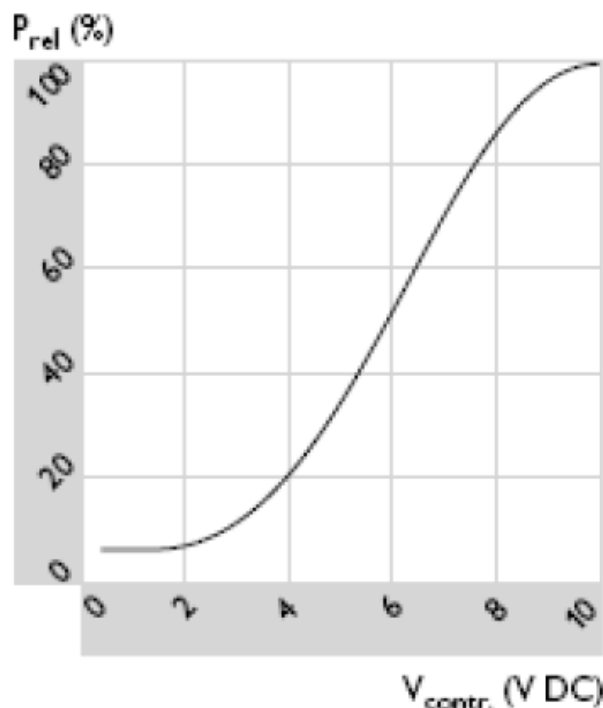
Τα κύρια δομικά στοιχεία του μπάλαστ αποτελούνται από ένα φίλτρο ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών (EMI filter), φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων, γέφυρα πλήρους ανόρθωσης, ολοκληρωμένο κύκλωμα ελέγχου που ουσιαστικά πρόκειται για τη «καρδιά» του μπάλαστ, καθώς δημιουργεί την απαιτούμενη ρυθμιζόμενη έξοδο του, μια γέφυρα ημιανόρθωσης για τη παραγωγή τάσης τετραγωνικής μορφής και ένα κύκλωμα συντονισμού στην έξοδό του για προθέρμανση και έναυση του λαμπτήρα φθορισμού (**Εικόνα 5.28**).

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.28: Τυπικό διάγραμμα λειτουργίας ηλεκτρονικού ρυθμιζόμενου μπάλαστ.

Όταν το κύκλωμα ελέγχου δεν συνδέεται η αποδιδόμενη φωτεινότητα είναι 100%. Δηλαδή, το κύκλωμα ελέγχου είναι ανοικτοκυκλωμένο και στα άκρα του εφαρμόζεται τάση ελέγχου (input voltage) 10 V. Όταν το κύκλωμα ελέγχου βραχυκυκλωθεί (τάση ελέγχου 0V) τότε ο λαμπτήρας αποδίδει την ελάχιστη φωτεινότητα. Με τη βοήθεια του κυκλώματος ελέγχου, μεταβάλλεται η τάση ελέγχου και επιτυγχάνεται συνεχής ρύθμιση. Τα παραπάνω φαίνονται σχηματικά και στην **Εικόνα 5.29**. Το ρεύμα ελέγχου που οδεύει στο μπάλαστ είναι 0,15 mA.



Εικόνα 5.29: Μεταβολή της ισχύος λαμπτήρα με τη τάση ελέγχου με αναλογική μέθοδο dimming

Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι για απλές εφαρμογές στο εμπόριο διατίθενται λαμπτήρες τύπου με ενσωματωμένα συστήματα dimming, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τους

5. Έλεγχος Φωτισμού

λαμπτήρες τύπου CFL [3.2.3.1.1]. Τέτοιος λαμπτήρας φαίνεται στην **Εικόνα 5.30**. Παρέχει δύο στάθμες φωτισμού μία στο 50% της πλήρους ισχύος φωτισμού και μια ακόμα μικρότερη. Είναι μια πρακτική λύση όπου ο φωτισμός πρέπει να ρυθμίζεται με μικρό κόστος εγκατάστασης. Ο συγκεκριμένος λαμπτήρας είναι ακατάλληλος για εγκατάσταση σε υπάρχον σύστημα diming.



Εικόνα 5.30: Ο λαμπτήρας DULUX EL VARIO της OSRAM.

Ο **Πίνακας 5.3** παρουσιάζει τη δυνατότητα ρύθμισης φωτεινότητας για διάφορους τύπους λαμπτήρων.

Τύπος λαμπτήρα	Δυνατότητα ρύθμισης φωτεινότητας (Dimmable)
Πυράκτωσης	Απόλυτα
Αλογόνου	Απόλυτα
CFL	Ορισμένες κατηγορίες
Φθορισμού	Μόνο με ηλεκτρονικό ballast
LED	Ναι

Πίνακας 5.3: Συνοπτικός Πίνακας δυνατότητας ρύθμισης φωτεινότητας λαμπτήρα.

5.3.1 Ρύθμιση φωτεινότητας λαμπτήρων LED.

Όσον αφορά τους λαμπτήρες LED, ο έλεγχος έντασης φωτισμού δεν είναι ούτε εύκολη, ούτε απλή υπόθεση. Οι συμβατικοί ρυθμιστές έντασης φωτισμού (dimmer) δεν μπορούν να ελέγξουν σωστά και αποδοτικά τους νέους αυτούς λαμπτήρες, με αποτέλεσμα να προκαλούνται αστάθεια φωτεινότητας (τρεμοπαίζει), θόρυβος και μη τήρηση των καθορισμένων πρότυπων ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC)¹. Πρόσφατα ξεκίνησε μια συνεργασία για την δημιουργία ενός νέου στάνταρτ για αυτόν τον έλεγχο. Η συνεργασία αυτή έχει το όνομα LEDOTRON, διαθέτει το δικό της πρωτόκολλο επικοινωνίας και αναπτύχθηκε από την κατασκευάστρια εταιρία λαμπτήρων OSRAM, και τις κατασκευάστριες εταιρίες διακοπών INSTA, GIRA, JUNG, Merten, Schneider Electric.

Με τη σύσταση της Ευρωπαϊκής οδηγίας οικολογικού σχεδιασμού το 2005 και ειδικά το 2009, η κατάσταση έχει αλλάξει εντελώς. Οι λιγότερο αποδοτικοί λαμπτήρες πυρακτώσεως σταδιακά αποκλείστηκαν από την αγορά και αντικαταστάθηκαν από τους πιο αποδοτικούς συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFLi) και τους λαμπτήρες LED. Δεν υπάρχει τίποτα λάθος με αυτό, με την πρώτη ματιά. Αλλά αν ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως αποτύχει στη ρύθμιση φωτεινότητας, ο χρήστης τον αντικαθιστά με τα νέου είδους λαμπτήρα στο φωτιστικό του, ο οποίος λειτουργικά δεν ταιριάζει με το ρυθμιστή (dimmer). Τα προβλήματα που έχει να αντιμετωπίσει ο χρήστης, είναι:

¹ Η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) είναι η ικανότητα μιας ηλεκτρικής ή ηλεκτρονικής συσκευής να λειτουργεί χωρίς να προκαλεί ανεπιθύμητες παρεμβολές στο περιβάλλον της.

5. Έλεγχος Φωτισμού

- Αστάθεια φωτεινότητας του λαμπτήρα κατά τη ρύθμισή της και της λειτουργίας του
- Ο λαμπτήρας δεν λειτουργεί στη χαμηλότερη στάθμη φωτεινότητας
- Ασταθής ρύθμιση φωτεινότητας
- Μεγάλη ελάχιστη φωτεινότητα
- Μικρό εύρος ρύθμισης φωτεινότητας
- Δημιουργία θορύβου
- Μη τήρηση του προτύπου EN 61000-3-2 "Οριακές τιμές για αρμονικές"
- Μη τήρηση του προτύπου EN 55015 "Χαρακτηριστικά ραδιοπαρεμβολών ηλεκτρικών συστημάτων φωτισμού "

5.3.1.1 Βασική δομή-Χαρακτηριστικά LEDOTRON

Κατά την ανάπτυξη του LEDOTRON ορίστηκαν και πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά του συστήματος:

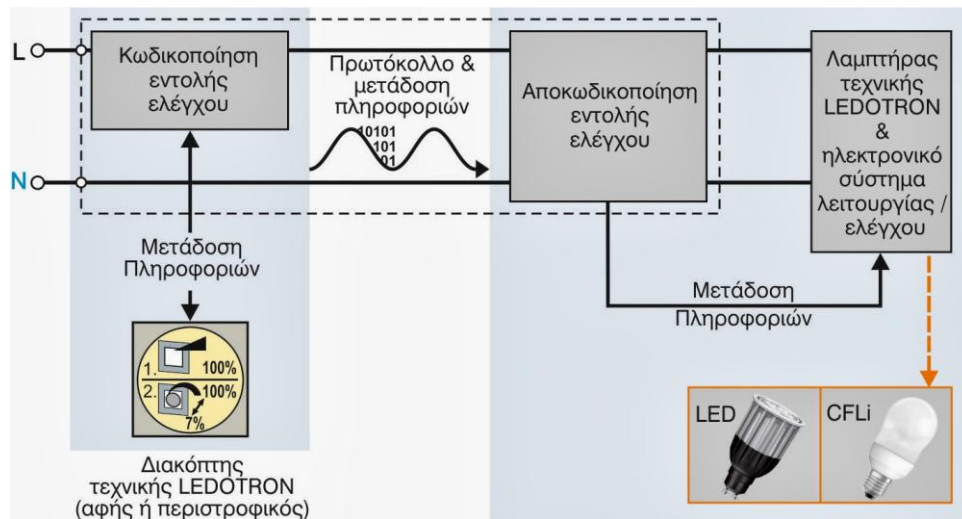
- Για την μονάδα ελέγχου και τον λαμπτήρα, η υπάρχουσα καλωδίωση με τους ρυθμιστές είναι επαρκής, γεγονός που καθιστά την ανακαίνιση των υπαρχόντων κτιρίων εύκολη.
- Δημιουργία απλούστερων διαδικασιών εγκατάστασης με σκοπό την εύκολη αντικατάσταση των λαμπτήρων από τον τελικό χρήστη.
- Συμμόρφωση με τα υψηλότερα πρότυπα ποιότητας στη λειτουργία και ρύθμιση της φωτεινότητας για την ικανοποίηση του χρήστη.
- Αδιατάρακτη συνύπαρξη πολλών κυκλωμάτων LEDOTRON στην ίδια γραμμή τροφοδοσίας
- Αδιατάρακτη συνύπαρξη με άλλες ψηφιακές υπηρεσίες (Powerline κλπ.)
- Πλήρης συμμόρφωση με όλους τους σχετικούς κανόνες
- Ασφαλείς συνθήκες λειτουργίας κάθε στιγμή, ακόμα και αν χρησιμοποιούνται dimmer με ακατάλληλο λαμπτήρα κατά λάθος
- Πρόσθετο όφελος από την πρόσθετη δυνατότητα ελέγχου των χρωμάτων και τον έλεγχο του χρώματος της θερμοκρασίας των καταλλήλων λαμπτήρων LED και φωτιστικών σωμάτων.

5.3.1.1.1 Μετάδοση πληροφοριών

Ο έλεγχος της ρύθμισης έντασης φωτισμού κατάλληλων λαμπτήρων οικονομικής εκμετάλλευσης (compact) και LED τάσης 230 V, μέσω κατάλληλων ηλεκτρονικών διακοπών dimmer, με την ψηφιακή τεχνολογία ελέγχου LEDOTRON, αποτελεί μια νέα καινοτομική τεχνολογία χωρίς προβλήματα συμβατότητας μεταξύ μονάδας ελέγχου και λαμπτήρα. Η μονάδα ελέγχου έχει τη μέγιστη δυνατότητα ελέγχου 10...25 λαμπτήρων (ανάλογα τη μονάδα) με συνολική ισχύ 210 W και μέγιστη απόσταση τα 100 m. Επίσης, περιλαμβάνει έναν κωδικοποιητή που αποστέλλει πληροφορίες σχετικά με την επιθυμητή φωτεινότητα ή/και πληροφορίες χρώματος σε ψηφιακή μορφή μέσω του ηλεκτρικού δικτύου. Ένας αποκωδικοποιητής στο μπάλαστ του λαμπτήρα δέχεται και μετατρέπει τις πληροφορίες που λαμβάνει μέσω της καλωδίωσης και τις μεταδίδει προς τα ηλεκτρονικά του λαμπτήρα που ρυθμίζουν την ένταση του φωτισμού του.

Με τον συγκεκριμένο ψηφιακό έλεγχο της ρύθμισης έντασης φωτισμού LEDOTRON, που διενεργείται χωρίς προβλήματα συμβατότητας μεταξύ μονάδας ελέγχου και ειδικής κατασκευής λαμπτήρων (**Εικόνα 5.31**), μιας και διαθέτουν κατάλληλα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, αρχίζει μία νέα εποχή για την τεχνική του φωτισμού.

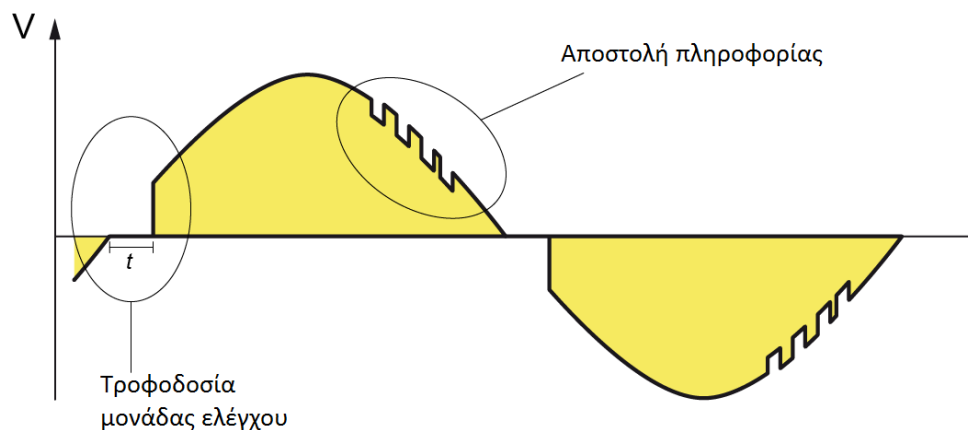
5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.31: Σχηματική παράσταση λειτουργίας τεχνικής LEDOTRON.

5.3.1.1.2 Προφίλ σήματος μεταξύ της μονάδας ελέγχου και του λαμπτήρα

Δεδομένου ότι η μονάδα ελέγχου είναι σχεδιασμένη να συνδέεται με 2 καλώδια (φάση, ουδέτερο), δεν έχει ουδέτερη υποδοχή σύνδεσης και θα πρέπει συνεπώς να αυτοτροφοδοτείται με χαμηλό ρεύμα μέσω του λαμπτήρα. Για το σκοπό αυτό, δημιουργείται μια υστέρηση στην αποστολή του σήματος. Η ψηφιακή πληροφορία είναι συζευγμένη με την μείωση κάθε ημιπεριόδου της τάσης του δικτύου και μεταδίδεται με περισσότερες από μια ημιπεριόδους. Η προκύπτουσα διάρκεια σημάτων μεταξύ μονάδας ελέγχου και λαμπτήρα παρουσιάζεται στην **Εικόνα 5.32**.

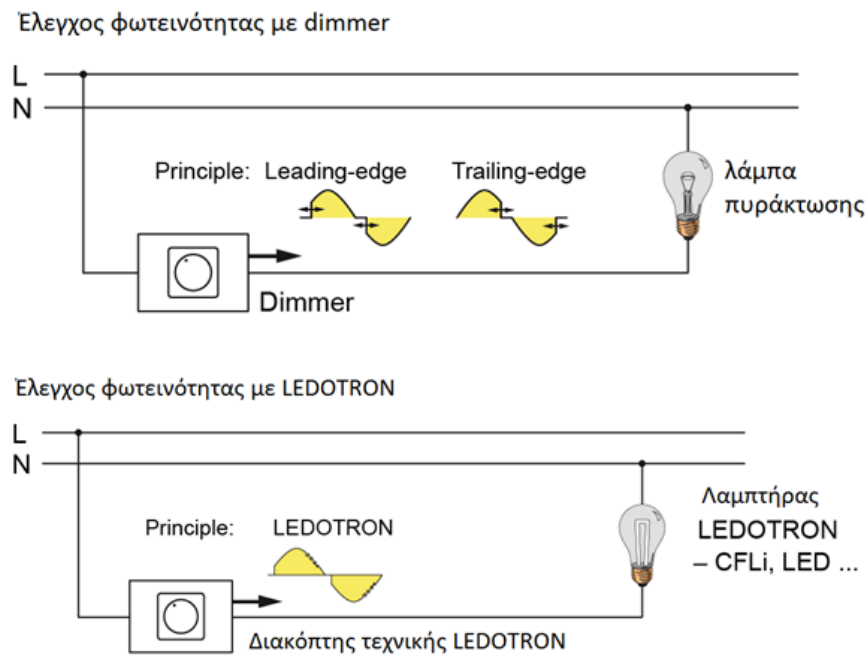


Εικόνα 5.32: Προφίλ σήματος μεταξύ της μονάδας ελέγχου και του λαμπτήρα.

5.3.1.1.3 Σύγκριση ρύθμισης φωτεινότητας με τη κλασική μέθοδο και με τη τεχνική LEDOTRON

Συγκρίνοντας τις μεταγωγές και τα σήματα ελέγχου, καθίσταται σαφές ότι και η απλή μονάδα ελέγχου και ο λαμπτήρας θα πρέπει να αντικατασταθούν για να εφαρμοστεί η νέα διαδικασία ελέγχου (**Εικόνα 5.33**).

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.33: Σύγκριση ρύθμισης φωτεινότητας με τη κλασική μέθοδο και με τη τεχνική LEDOTRON.

Αν κατά λάθος, τοποθετηθεί λαμπτήρας μη συμβατός με τη LEDOTRON, θα είναι σε θέση να ανάβει και να σβήνει χωρίς πρόβλημα, καθώς η μονάδα ελέγχου παρέχει πλήρη σχεδόν την τάση του δικτύου. Ωστόσο, δεν είναι δυνατή η ρύθμιση της φωτεινότητας, μιας και ο λαμπτήρας δεν μπορεί να αντιληφθεί το σήμα ελέγχου.

Με την τεχνική LEDOTRON μπορούν, προς το παρόν, να ελέγχονται λαμπτήρες που διαθέτουν αντίστοιχης τεχνολογίας κατασκευαστική δομή, όπως

- οι λαμπτήρες LED, αλλά και
- οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού ή εξοικονόμησης ενέργειας.

5.3.1.1.4 Επιπρόσθετες δυνατότητες

Με την τεχνολογία LEDOTRON μπορούν να δημιουργηθούν διάφορα σενάρια που επιτρέπουν στην εκάστοτε μονάδα ελέγχου και λαμπτήρα να συμπεριφέρονται με διάφορους τρόπους. Κατά κύριο λόγο η μεταδιδόμενη πληροφορία αφορά τη φωτεινότητα, τη θερμοκρασία χρώματος, ή το χρώμα (μπλε, κόκκινο, πράσινο) που μπορεί να αποδώσει ο λαμπτήρας. Στη περίπτωση αυτή, η πληροφορία περιέχει 3 επιπλέον Bit που καθορίζουν το σενάριο λειτουργίας της μονάδας ελέγχου και του λαμπτήρα. Με τα συγκεκριμένα Bit, μπορούν να δημιουργηθούν μέχρι και 8 σενάρια, αλλά αν γίνει συνεχόμενη αποστολή πληροφοριών, θεωρητικά το πλήθος των σεναρίων μπορεί να επεκταθεί. Προς το παρόν, τα σενάρια που έχουν οριστεί, παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 5.4).

N°	Σενάριο λειτουργίας	Συμβατοί λαμπτήρες
1	Έλεγχος φωτεινότητας	CFLi, μονοχρωματικό LED
2	Έλεγχος θερμοκρασίας χρώματος	RGB - LED
3	Έλεγχος χρωματικής απόδοσης	RGB - LED
4-8	Αόριστα	Αόριστοι

Πίνακας 5.4: Δυνατά σενάρια λειτουργίας.

5. Έλεγχος Φωτισμού

Σε περίπτωση που η μονάδα ελέγχου και ο λαμπτήρας δεν ανταποκρίνονται στα ίδια σενάρια λειτουργίας, και τα δύο στοιχεία θα ρυθμιστούν αυτόματα για λειτουργία με το κοινό τους σενάριο. Για παράδειγμα, αν μια μονάδα ελέγχου με ένα μόνο περιστροφικό κουμπί για τη φωτεινότητα συνδυάζεται με έναν RGB-LED λαμπτήρα, ο λαμπτήρας μπορεί να λειτουργήσει εκπέμποντας λευκό φως και μπορεί να ρυθμίζεται η φωτεινότητά του. Ακόμα, αν μια μονάδα ελέγχου συμβατή με RGB-LED λαμπτήρα συνδυάζεται με λαμπτήρα τύπου CFLi, ο λαμπτήρας μπορεί να ρυθμιστεί χωρίς προβλήματα, αλλά δεν μπορεί να ρυθμιστεί για να εκπέμψει και άλλα χρώματα.

Μια άλλη ιδιαιτερότητα της LEDOTRON, είναι η ομαδοποίηση των λαμπτήρων. Η πληροφορία που μεταδίδεται, περιέχει 2 Bit που καθορίζουν την ομάδα ελέγχου. Εάν δεν έχει οριστεί κάποια ομάδα, για παράδειγμα επειδή η μονάδα ελέγχου και ο λαμπτήρας δεν διαθέτουν κοινές ρυθμίσεις, χρησιμοποιείται αυτόματα η διεύθυνση "0", όπου όλοι οι λαμπτήρες συμπεριφέρονται όμοια. Εάν όμως ο ορισμός μιας διεύθυνσης υποστηρίζεται από τη μονάδα ελέγχου και το λαμπτήρα, για παράδειγμα ο εσωτερικός φωτισμός κατοικίας οι λαμπτήρες που συνδέονται σε ένα κύκλωμα μπορεί να λειτουργήσουν σε τρεις αυτόνομες ομάδες. Ο Πίνακας 5.5 παρουσιάζει τις διευθύνσεις και τις αντίστοιχες ομάδες ελέγχου.^{xii}

Διεύθυνση	Ομάδα λαμπτήρων
0	Έλεγχος όλων των λαμπτήρων στο κύκλωμα
1	Έλεγχος της 1 ^{ης} ομάδας
2	Έλεγχος της 2 ^{ης} ομάδας
3	Έλεγχος της 3 ^{ης} ομάδας

Πίνακας 5.5: Διευθύνσεις και αντίστοιχες ομάδες ελέγχου.

Από άποψης κόστους, η εφαρμογή LEDOTRON σε υφιστάμενη εγκατάσταση είναι αρκετά φθηνή, αφού το κόστος αφορά μόνο την αντικατάσταση της μονάδας ελέγχου και του λαμπτήρα. Ο Πίνακας 5.6 αναφέρει τις τυπικές τους τιμές.

ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ	ΤΙΜΗ (Ευρώ)	Χαρακτηριστικά
GIRA	LEDotron Switch and Dimmer Control Device	111,25	Οδήγηση μέχρι και 10 λαμπτήρες και μέγιστο φορτίο 200W Κατάλληλος για λαμπτήρες: OSRAM DULUX INTELLIGENT 18 W, EAN 4008321671059 OSRAM DULUX INTELLIGENT 14 W, EAN 4008321694652 OSRAM DULUX INTELLIGENT 11 W, EAN 4008321988546 OSRAM PARATHOM CLASSIC A60 12 W, EAN 4008321988553 OSRAM PARATHOM PRO PAR16 50 9,5 W, EAN 4008321988560
JUNK	LEDOTRON control unit	90,41	Οδήγηση μέχρι και 25 λαμπτήρες και μέγιστο φορτίο 210 W Κατάλληλος για λαμπτήρες: OSRAM DULUX INTELLIGENT 18 W, EAN 4008321671059 OSRAM DULUX INTELLIGENT 14 W, EAN 4008321694652 OSRAM DULUX INTELLIGENT 11 W, EAN 4008321988546 OSRAM PARATHOM CLASSIC A60 12 W, EAN 4008321988553 OSRAM PARATHOM PRO PAR16 50 9,5 W, EAN 4008321988560

5. Έλεγχος Φωτισμού

			4008321988560
MERTEN	LEDOTRON control unit	(116,62) 75,80 - προσφορά	Οδήγηση μέχρι και 10 λαμπτήρες και μέγιστο φορτίο 200W Κατάλληλος για λαμπτήρες: OSRAM DULUX INTELLIGENT 18 W, EAN 4008321671059 OSRAM DULUX INTELLIGENT 14 W, EAN 4008321694652 OSRAM DULUX INTELLIGENT 11 W, EAN 4008321988546 OSRAM PARATHOM CLASSIC A60 12 W, EAN 4008321988553 OSRAM PARATHOM PRO PAR16 50 9,5 W, EAN 4008321988560
OSRAM	PARATHOM LEDOTRON PAR16	16,11	LED - 35 36° ADV 5 W/927 GU10
OSRAM	PARATHOM LEDOTRON PAR16	27,96	LED - 50 36° 6.8 W/827 GU10
OSRAM	PARATHOM LEDOTRON CLASSIC A	26,96	LED - 12 W/827 E27
OSRAM	PARATHOM LEDOTRON CLASSIC B	9,81	LED - 4 W/827 E14
OSRAM	PARATHOM PRO CLASSIC P	18,20	LED - 4 W/827 E14
OSRAM	DULUXLEDOTRO N GLOBE	19,10	CFL - 14 W/825 E27
OSRAM	DULUX LEDOTRON STICK	16,90	CFL - 18 W/825 E27
OSRAM	DINT LEDOTRON CLASSIC A	27.17	CFL - 14 W/825 E27

Πίνακας 5.6: Τυπικές τιμές εξαρτημάτων για LEDOTRON.

5.3.1.2 Smart Bulb

Εκτός τις προαναφερθέντες τεχνολογίες ελέγχου φωτισμού, υπάρχει μια τάση για την ανάπτυξη νέων, όπως η δημιουργία «έξυπνων» λαμπτήρων. Συγκεκριμένα, κορεατική εταιρεία ηλεκτρονικών ειδών ανακοίνωσε την κυκλοφορία σειράς λαμπτήρων με την επωνυμία Smart Bulb. Οι συγκεκριμένοι «έξυπνοι λαμπτήρες» συνδέονται με smartphones.

Οι «έξυπνες» λάμπες είναι χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και διαθέτουν τρεις βασικές λειτουργίες:

- Η πρώτη είναι η λειτουργία ασφαλείας, ώστε να φαίνεται ότι είστε σπίτι, ακόμη και όταν λείπετε.
- Η δεύτερη επιτρέπει στις λάμπες να αναβοσβήνουν όταν παίζει μουσική και

5. Έλεγχος Φωτισμού

- η τρίτη λειτουργία αναβοσβήνει τα φώτα όταν ο χρήστης δέχεται εισερχόμενη κλήση στο smartphone του.

Ο χρήστης μπορεί ακόμη να ρυθμίσει τη φωτεινότητα στα επίπεδα που επιθυμεί, ενώ παράλληλα έχει τη δυνατότητα να ορίσει ένα σταδιακό άνοιγμα του φωτισμού κατά το πρωινό ξύπνημα.



Εικόνα 5.34: Ρύθμιση φωτεινότητας λαμπτήρα με smartphone.

5.4 Έλεγχος σύμφωνα με τον εξωτερικό φυσικό φωτισμό

Ένας βέλτιστος τρόπος ελέγχου εσωτερικού φωτισμού, είναι η αξιοποίηση του φυσικού ή εξωτερικού φωτισμού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοηθητική χρήση κατάλληλου αισθητήρα όπως το φωτοκύτταρο. Το φωτοκύτταρο – αισθητήρας φωτός ημέρας μπορεί είτε να είναι τοποθετημένο στον εξωτερικό χώρο είτε στον εσωτερικό, αλλά στραμμένο προς τα έξω για τη μέτρηση μόνον του διαθέσιμου φυσικού φωτός. Μπορεί να είναι και τοποθετημένο στον εσωτερικό χώρο για τη σταθερή ρύθμιση του φωτισμού στο χώρο (φυσικού και τεχνητού).

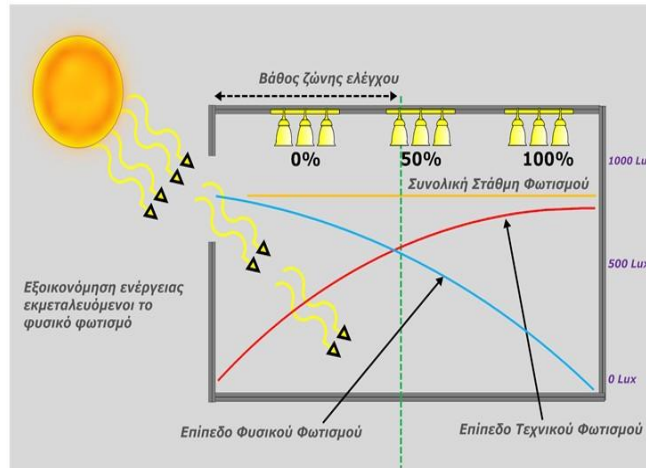
Με τη χρήση του συγκεκριμένου αισθητήρα, επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση του συντελεστή επίδρασης φυσικού φωτισμού (F_D). Πρόκειται για το συντελεστή μείωσης της αρχικά υπολογιζόμενης κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό, λόγω της χρήσης διατάξεων αυτομάτου ελέγχου. Ο συντελεστής αυτός, ισούται με τη μονάδα (1), όταν δεν εφαρμόζεται καμιά διάταξη αυτόματου ελέγχου του συστήματος φωτισμού και μικρότερος από τη μονάδα όταν εφαρμόζονται διατάξεις αυτόματου ελέγχου φωτισμού. Ο Πίνακας 5.7 καθορίζει τις τυπικές τιμές του συντελεστή επίδρασης φυσικού φωτισμού σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15193:2008 και αξιοποιείται στον ΚΕΝΑΚ. Για να ισχύουν οι τιμές του πίνακα, θα πρέπει τουλάχιστον το 60% της ισχύος φωτισμού να ελέγχεται από την αντίστοιχη διάταξη αυτοματισμού.^{vii}

Διατάξεις αυτοματισμών ελέγχου για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	F_D
Χειροκίνητος έλεγχος φωτισμού, για όλες τις χρήσεις κτηρίων	1,0
Αυτόματος έλεγχος φωτισμού (με αισθητήρα φυσικού φωτισμού) για όλες τις χρήσεις κτηρίων εκτός εκπαίδευσης και περίθαλψης	0,9
Αυτόματος έλεγχος φωτισμού (με αισθητήρα φυσικού φωτισμού) για κτήρια εκπαίδευσης και περίθαλψης	0,8

Πίνακας 5.7: Τυπικές τιμές του συντελεστή επίδρασης φυσικού φωτισμού λόγω χρήσεις αυτοματισμών ελέγχου.

5. Έλεγχος Φωτισμού

Οι αισθητήρες φωτισμού επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας με την απενεργοποίηση ή την προσαρμογή της στάθμης του τεχνητού φωτισμού (dimming), σε περιπτώσεις όπου υπάρχει επαρκής ποσότητα φυσικού φωτισμού και δεν απαιτείται πλήρης λειτουργία του τεχνητού φωτισμού (**Εικόνα 5.35**). Εξοικονόμηση μπορεί να επιτευχθεί καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας χωρίς επέμβαση ανθρώπινου παράγοντα. Στα κτήρια γραφείων, όπου χρησιμοποιούνται συνήθως φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες φθορισμού, οι αισθητήρες φωτισμού συνδέονται με τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού, EDBs. Με αυτόν τον τρόπο, η ένταση φωτισμού που παράγεται από τους λαμπτήρες προσαρμόζεται ανάλογα με τη διαθέσιμη ποσότητα του φυσικού φωτισμού στο χώρο.

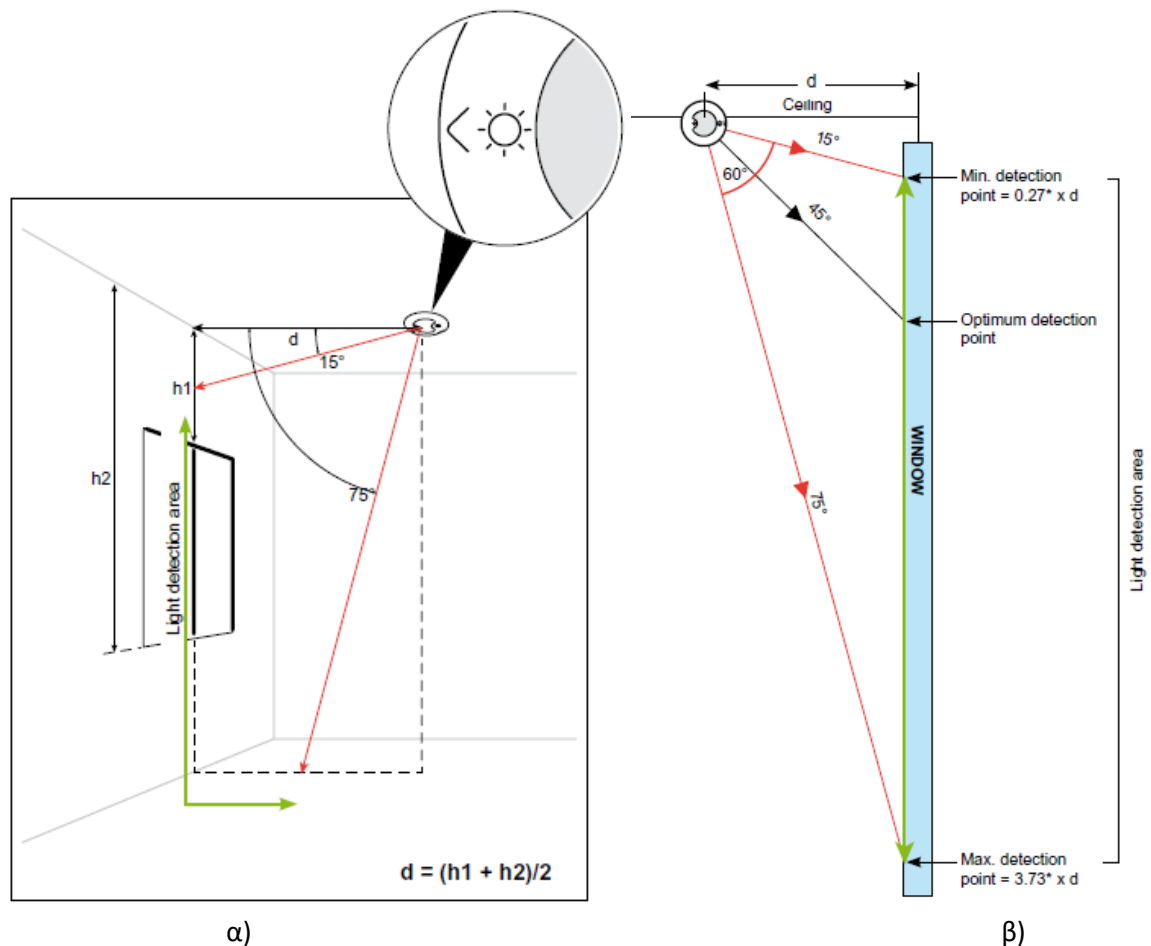


Εικόνα 5.35: Εξοικονόμηση ενέργειας εκμεταλλευόμενοι το φυσικό φωτισμό.

Τα συστήματα αυτά διασφαλίζουν ότι το σύνολο φυσικού και τεχνητού φωτισμού πάντοτε ικανοποιεί τα σχεδιαζόμενα επίπεδα φωτισμού. Η μέτρηση του συνολικού επιπέδου φωτισμού γίνεται με σκοπό την προσαρμογή του τεχνητού φωτισμού, έτσι ώστε να αντισταθμιστούν χαμηλά επίπεδα του φυσικού φωτισμού. Εάν μόνο η παρουσία φυσικού φωτισμού ικανοποιήσει τα σχεδιαζόμενα επίπεδα φωτισμού, τότε το σύστημα περιορίζει την ποσότητα τεχνητού φωτισμού στο χώρο, εξασφαλίζοντας σημαντικά οφέλη από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας. Ο έλεγχος μπορεί να είναι χειροκίνητος ή αυτόματος και να εφαρμοστεί σε όλα τα είδη λαμπτήρων.

Σημαντική προϋπόθεση στην σωστή λειτουργία του αισθητήρα, είναι το σημείο τοποθέτησης του στο χώρο. Το σημείο τοποθέτησης του (d) εξαρτάται από το ύψος των οριζόντιων πλαισίων του ανοίγματος (παράθυρο) από την οροφή (h_1, h_2) (**Εικόνα 5.36 α**). Εάν πρόκειται να τοποθετηθεί μπροστά από τζαμαρία (π.χ. βιτρίνα μαγαζιού), αλλάζει ο τρόπος υπολογισμού του σημείου τοποθέτησης (d) καθώς υπάρχει μεγαλύτερη διάχυση φωτός στο χώρο και το h_1 είναι μηδενικό (**Εικόνα 5.36 β**). Επίσης, στην προαναφερθέντα περιοχή δεν πρέπει να υπάρχει φωτεινή πηγή (φωτιστικό σώμα τοίχου ή γραφείου), καθώς επηρεάζεται. Εάν απαιτούνται δύο ή περισσότεροι αισθητήρες στον ίδιο χώρο, δεν πρέπει να υπάρχει κοινή περιοχή δράσης ή κενό μεταξύ των περιοχών δράσης τους.

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.36: Τοποθέτηση αισθητήρα φωτισμού μπροστά από α) παράθυρο και β) τζαμαρία.

5.4.1 Αισθητήρες φωτισμού

Οι φωτοαισθητήρες (Εικόνα 5.37), στηρίζονται κυρίως στα φαινόμενα της φωτοεκπομπής, της φωτοαγωγιμότητας και της φωτοβολταϊκής δράσης.

1. Τα φωτοκύτταρα (cell) είναι διατάξεις των οποίων η ωμική αντίσταση μειώνεται όταν αυξάνεται το φως (φαινόμενο της φωτοαγωγιμότητας). Είναι χρήσιμα για την ανίχνευση φωτεινών πηγών ή την παρακολούθηση της φωτεινότητας του χώρου κίνησης. Εύκολη συνδεσμολογία, εμφανίζουν όμως αργή απόκριση.
2. Οι φωτοδιόδοι (photodiode) [3.3] μπορούν να ταξινομηθούν ως ποτενσιομετρικοί αισθητήρες ακτινοβολίας διότι η ακτινοβολία παράγει τάση σε μια ημιαγώγιμη επαφή. Χρησιμοποιούνται ευρέως στην ανίχνευση της παρουσίας, της έντασης και του μήκους κύματος της ακτινοβολίας UV-NIR. Το πλεονέκτημα των φωτοδιόδων σε σχέση με τα φωτοκύτταρα είναι: η μεγαλύτερη ευαισθησία, ο ταχύτερος χρόνος απόκρισης, το μικρότερο μέγεθος και η καλύτερη γραμμικότητα και σταθερότητα.
3. Με τα φωτοτρανζίστορ (phototransistor) η ευαισθησία μπορεί να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο από τις φωτοδιόδους.

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.37: Αισθητήρας φωτισμού.

Εκτός των παραπάνω συστημάτων, υπάρχουν και άλλα που θέτουν εντός/εκτός λειτουργίας την εγκατάσταση φωτισμού. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν με βέλτιστα αποτελέσματα σε χώρους με έντονη παρουσία φυσικού φωτός και ελάχιστη χρήση διακοπών, για παράδειγμα σε περιοχές κοντά στα παράθυρα. Επιπλέον, είναι σημαντικό στα συστήματα αυτά να υπάρχει ενσωματωμένο αυτόματο σύστημα διακοπής με χρονική καθυστέρηση.

5.5 Συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BMS ή BEMS) και φωτισμός

Οι τεχνικές και οι αυτοματισμοί που αναφέρθηκαν παραπάνω μας παρέχουν μια σχετική ευελιξία στον έλεγχο του φωτισμού αρκετά ικανοποιητική όταν πρόκειται για μικρές εγκαταστάσεις. Ωστόσο οι συνθήκες μέσα και έξω από τα κτίρια αλλάζουν συνεχώς εξαιτίας των διαφόρων μετεωρολογικών συνθηκών, τη μόλυνση του αέρα, το ποσοστό χρήσης του κάθε χώρου και το είδος των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα μέσα σε αυτούς. Γι' αυτό, οι συνθήκες που επικρατούν μέσα σε ένα κτίριο είναι δυναμικές και δύσκολο να προβλεφθούν από μεμονωμένα συστήματα ελέγχου.

Η αποδοτική λειτουργία του κτιρίου συνολικά, μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο με αποδοτικά συστήματα ελέγχου και διαχείρισης. Αυτά τα συστήματα, έχοντας τη δυνατότητα να παρακολουθούν όλους αυτούς τους παράγοντες που επηρεάζουν τις διάφορες μεταβλητές μέσα σε ένα κτίριο, μειώνουν τις ενεργειακές απώλειες ενώ ταυτόχρονα βελτιώνουν την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Επειδή διαφορετικοί χρήστες χρησιμοποιούν το εκάστοτε περιβάλλον ανάλογα με τις ανάγκες τους, έξυπνα συστήματα θα πρέπει να δίνουν τη δυνατότητα στον κάθε χρήστη να ρυθμίσει την κάθε παράμετρο σύμφωνα με αυτές. Σκοπός τους είναι η δημιουργία των συνθηκών αυτών με το ελάχιστο δυνατό ενεργειακό κόστος και χαρακτηρίζονται με τον όρο BMS ή BEMS.

Μέχρι πριν λίγα χρόνια αυτά τα συστήματα διαχείρισης κτιρίων ήταν οικονομικά συμφέροντα μόνο για μεγάλα κτίρια και εγκαταστάσεις. Παρ' όλα αυτά τα τελευταία χρόνια έγιναν προσιτά και για μεμονωμένα κτίρια κατοικίας λόγω του ανταγωνισμού που έδωσε ώθηση στην έρευνα και υλοποίηση όλο και καλύτερων συστημάτων.

5.5.1 BMS - Τι είναι και γιατί τα χρησιμοποιούμε

Ένα χαρακτηριστικό των μεγάλων κατασκευών και οικοδομικών συγκροτημάτων είναι το μεγάλο σύστημα διακλαδώσεων και εγκαταστάσεων που περιέχουν. Αυτές οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν θέρμανση – ψύξη, εξαερισμό, ηλεκτρικό δίκτυο, φωτισμό, υγιεινή, συστήματα πληροφοριών και επικοινωνιών, συστήματα ασφαλείας και πολλά άλλα.

5. Έλεγχος Φωτισμού

Αυτά τα συστήματα πρέπει συνεχώς να ελέγχονται και να διαχειρίζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις προκειμένου να παρέχουν βέλτιστη άνεση και λειτουργικότητα με το μικρότερο δυνατόν ενεργειακό κόστος.

Τα πρώτα BEMS εμφανίστηκαν το 1970 στις ΗΠΑ με «Κεντρική» αντίληψη. Ο κεντρικός σταθμός βασιζόταν σε μικροϋπολογιστή ο οποίος περιείχε την «ευφυΐα» του συστήματος ενώ τα λοιπά τμήματα του εξοπλισμού ακολουθούσαν εντολές και ήταν ρελέ ή συνδέσεις σε αισθητήρες και ενεργοποιητές. Αρχικά η εποπτεία της λειτουργίας αυτών των συστημάτων ήταν περιορισμένη στην παρακολούθηση προβλημάτων λειτουργίας, ωστόσο τα εποπτικά συστήματα εξελίχθηκαν σε ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης. Η εξέλιξη των μικροϋπολογιστών απέδωσε ευφυΐα σε όλα αυτά τα συστήματα δίνοντας και κάποιες δυνατότητες επεξεργασίας. Η εποπτεία ενεργειακής κατανάλωσης ήρθε να συμπληρώσει τα συστήματα διαχείρισης με αποτέλεσμα μεγάλα οικονομικά οφέλη.

Κάπως έτσι εμφανίστηκαν τα συστήματα διαχείρισης κτιρίων (Building Management Systems - BMS) ή συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (Building Energy Management System - BEMS) με τη μορφή που έχουν σήμερα. Πέρα από την εποπτεία, τα συστήματα αυτά φροντίζουν για τη χαμηλότερη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου.

Μερικά από τα καθήκοντα των BMS μπορούν να χωριστούν στα ακόλουθα:

I. Διαχείριση και εποπτεία κατανάλωσης ενέργειας:

- Άνοιγμα / κλείσιμο συσκευών ανάλογα με το χρόνο ή τη παρουσία στο χώρο
- Μείωση της ισχύος αιχμής
- Εξασφάλιση της ιδανικής λειτουργίας θέρμανσης – ψύξης, αερισμού
- Ρύθμιση του τεχνητού και φυσικού φωτισμού
- Αποθήκευση δεδομένων για τον μετέπειτα έλεγχο της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου

II. Διαχείριση συστημάτων ασφαλείας:

- Μείωση του ανθρώπινου παράγοντα
- Ταυτοποίηση προσώπων με ηλεκτρονικά μέσα
- Ιεραρχική πρόσβαση σε χώρους
- Αντικλεπτικοί συναγερμοί
- Συναγερμοί πυρκαγιάς
- Ανιχνευτές επικίνδυνων αερίων

III. Διαχείριση πληροφοριών:

- Εσωτερικές τηλεφωνικές συνδέσεις
- Δορυφορικές επικοινωνίες
- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
- Πρόσβαση στο διαδίκτυο
- Διακίνηση ηλεκτρονικών δεδομένων

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι οι αυτοματοποιημένες λειτουργίες δεν αντιμετωπίζονται αυτόνομα και τοπικά σε κάθε διακριτό χώρο αλλά ενσωματώνονται στο ολοκληρωμένο σύστημα του κτιρίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διασύνδεση των αυτοματισμών και την αλληλοεπίδραση των διακριτών λειτουργιών.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.5.2 Γενική Αρχιτεκτονική συστημάτων BMS

Τα κύρια συστήματα που αποτελούν ένα σύστημα BMS φαίνονται στην **Εικόνα 5.40** και είναι:

5.5.2.1 Οι αισθητήρες

Είναι η είσοδος του συστήματος. Μεταφέρουν στο δίκτυο τις τρέχουσες ή τις επιθυμητές συνθήκες της ελεγχόμενης περιοχής. Το είδος της πληροφορίας που μεταφέρεται είναι αναλογικό ή ψηφιακό (δυναμικό). Με αυτή την διάκριση γίνεται η κατηγοριοποίηση των συσκευών εισόδου. Στην αναλογική πληροφορία, οι μεταβολές κατάστασης στα φασικά μεγέθη που επικρατούν στις ελεγχόμενες περιοχές επηρεάζουν αναλογικά τις παραμέτρους των ηλεκτρικών μικροκυκλωμάτων που περιέχονται στις συσκευές εισόδου. Η μέτρηση των μεγεθών αυτών γίνεται κατόπιν αντιστοιχίας (γραμμικής ή άλλες) των μεταβολών που προκαλούν σε διάφορες παραμέτρους (αντίσταση, τάση, ένταση ρεύματος). Πολλές από τις συσκευές εισόδου διαθέτουν χειριστήρια για την αποστολή στο δίκτυο των επιθυμητών συνθηκών (setpoints) καθώς και ενδείξεις με μηνύματα από το δίκτυο (alarms).

Τα κυριότερα αναλογικά μεγέθη μέτρησης είναι :

Θερμοκρασία. Αποτελεί την βασικότερη παράμετρο ελέγχου για τα συστήματα HVAC. Η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται για τον αέρα και τα υγρά ή αέρια μέσα που κυκλοφορούν στις περιοχές ελέγχου.

Σχετική υγρασία. Μετράται μόνη της ή (στις περισσότερες περιπτώσεις) σε συνδυασμό με την θερμοκρασία. Οι βασικοί τύποι μετρητών είναι:

- Επιτοίχιοι - εντοιχισμένοι εσωτερικού χώρου.
- Επιτοίχιοι εξωτερικού χώρου.
- Εμβάπτισης.
- Επαφής αγωγού.
- Μέσης τιμής για αεραγωγούς.

Διαφορική πίεση. Οι μετρήσεις αφορούν στην διαφορική πίεση μεταξύ 2 σημείων ενός αεραγωγού ή αγωγού ψυκτικού μέσου, μέγεθος απαραίτητο για τον έλεγχο της ροής των ρευστών.

Στατική πίεση. Αφορά στη μέτρηση σε υγρά και αέρια μέσα. Οι βασικοί τύποι αισθητήρων μέτρησης είναι αερίων και υγρών μέσων και συγκέντρωσης CO₂

Φωτεινότητα. Η μέτρηση είναι απαραίτητη για εφαρμογές ελέγχου φωτισμού όπως η αντιστάθμιση του φυσικού φωτισμού. Οι μετρητές μπορεί να είναι επιτοίχιοι, εντοιχισμένοι ή οροφής εσωτερικού και εξωτερικού χώρου.

Για τη Δυναμική πληροφορία, οι συσκευές μεταφέρουν στο δίκτυο πληροφορία τύπου ON_OFF, OPEN_CLOSE, κλπ. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι:

Ψηφιακοί διακόπτες. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα ελέγχου φωτισμού αλλά και οπουδήποτε αλλού χρειαστεί η δυναμική πληροφορία εισόδου.(Alarm button κ.α.).

Αισθητήρια παρουσίας. Μεταφέρουν την δυναμική πληροφορία παρουσία – μη παρουσία η οποία αξιοποιείται σε συστήματα ελέγχου HVAC ή φωτισμού. Η ανίχνευση της παρουσίας γίνεται κυρίως με την τεχνολογία υπέρυθρης ακτινοβολίας. [5.2.2]

Ανιχνευτές κίνησης. Λειτουργούν παρόμοια με τους αισθητήρες παρουσίας, αλλά η πληροφορία τους αφορά την κίνηση.[5.2.4]

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.5.2.2 Οι ενεργοποιητές

Αναλαμβάνουν να πραγματοποιούν τις απαραίτητες μεταβολές όπως άνοιγμα/κλείσιμο φωτισμού (**Εικόνα 5.38**), ηλεκτρικών βανών, λεβήτων και γενικά οποιουδήποτε συστήματος είναι συνδεδεμένο πάνω σε αυτό. Είναι αυτοί που αναλαμβάνουν την έξοδο ενός συστήματος ελέγχου.

Αν υπήρχε η δυνατότητα παρομοίωσης των αισθητήρων με τα αισθητήρια όργανά ενός ανθρώπου (αυτιά, μάτια κλπ) τότε οι ενεργοποιητές θα ήταν τα χέρια και τα πόδια του. Η επιλογή τους βασίζεται σε δύο κριτήρια:

- Την στρατηγική ελέγχου που χρησιμοποιούμε καθώς και
- τον τύπο του εξοπλισμού που πρέπει να ελεγχθεί.

Η ισχύς του ενεργοποιητή πρέπει να ανταποκρίνεται σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

Η χρονική απόκριση θα πρέπει να είναι μικρή ειδικά σε συστήματα που ενέχουν θέματα ασφάλειας ή χειρισμό βλαβών.

Θα πρέπει σε περίπτωση βλάβης του ενεργοποιητή η θέση ελέγχου να είναι σε ασφαλή λειτουργία.

Η ακρίβεια, η συμβατότητα με το δίκτυο, η ευκολία συντήρησης και ρύθμισης είναι μερικά κριτήρια επιλογής ακόμα.



Εικόνα 5.38: Διάφοροι ενεργοποιητές φωτισμού.

5.5.2.3 Η κεντρική μονάδα

Είναι το μυαλό του συστήματος. Αποτελείται από ένα μικροελεγκτή και πλήθος βοηθητικών συστημάτων. Αναλαμβάνει τη λήψη της πληροφορίας, την επεξεργασία της ανάλογα με τον προγραμματισμό που διαθέτει και κατόπιν την εκτέλεση των ανάλογων επεμβάσεων στο κτίριο μέσω των ενεργοποιητών.

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

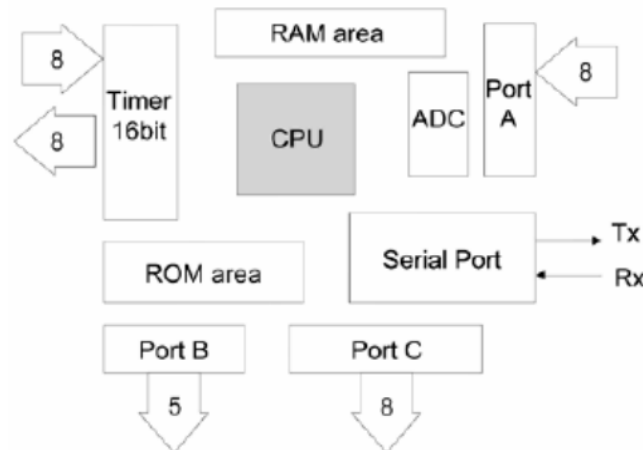
Τα βασικά τους γνωρίσματα είναι η δυνατότητα προγραμματισμού, το μικρό κόστος τους, οι μικρές γεωμετρικές διαστάσεις και οι χαμηλές απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας κατάφερε να δώσει τέτοιες ολοκληρώσεις στα chips έτσι ώστε την τελευταία δεκαετία εμφανίστηκαν απλά ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία στην αρχή περιείχαν:

- Την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)
 - Μνήμη (ROM και RAM)
 - Μερικές παράλληλες ψηφιακές εισόδους / εξόδους
- Σήμερα οι μικροελεγκτές μπορούν να συνδυάζουν περισσότερες συσκευές όπως:
- Ένα σύστημα timer για την εκτέλεση εργασιών σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα

5. Έλεγχος Φωτισμού

- Ports σύγχρονης και ασύγχρονης επικοινωνίας για τη δυνατότητα ροής δεδομένων μεταξύ διαφορετικών μικροελεγκτών ή άλλων συσκευών όπως ενός ή περισσότερων PC's
- Μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, έτσι ώστε να έχει ο μικροελεγκτής τη δυνατότητα να επεξεργάζεται αναλογικά σήματα.
- Πληθώρα άλλων συστημάτων.

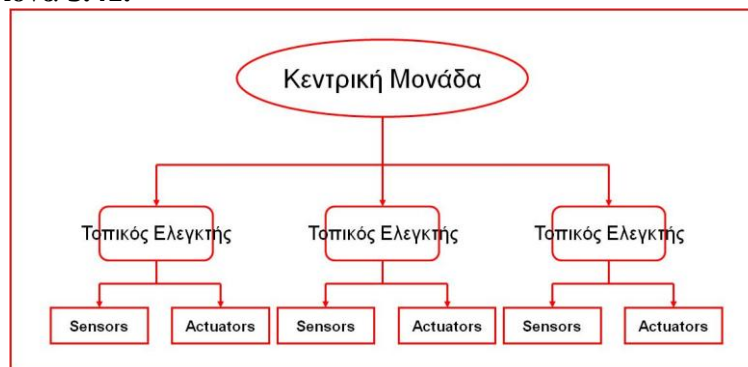


Εικόνα 5.39: Δομή ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος (chip) μικροελεγκτή.



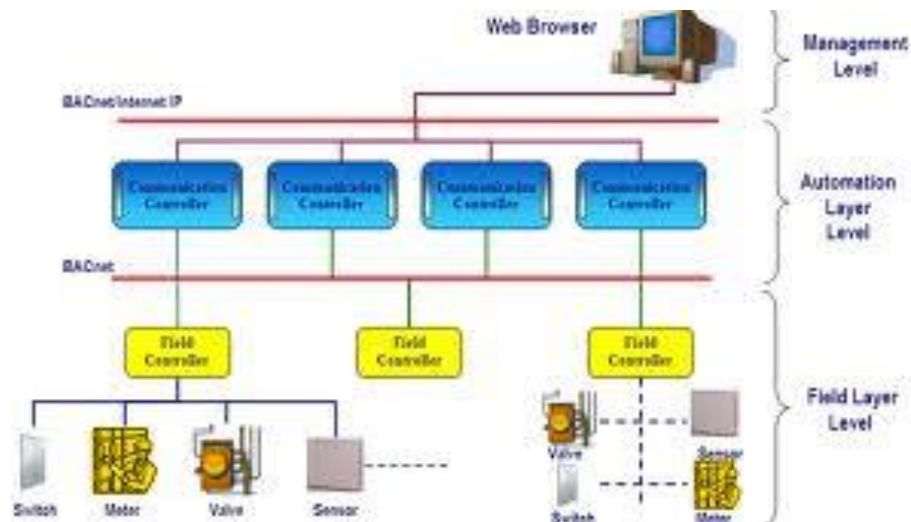
Εικόνα 5.40: Γενική αρχιτεκτονική συστήματος BMS.

Η αρχιτεκτονική αυτή αποτελεί τη βασική αρχή λειτουργίας ενός συστήματος BMS. Ωστόσο μας δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε περισσότερα ημιαυτόνομα συστήματα με τοπικούς ελεγκτές για μια πιο αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική. Κάτι τέτοιο φαίνεται στην **Εικόνα 5.41**.



Εικόνα 5.41: Περισσότερο αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική συστήματος BMS.

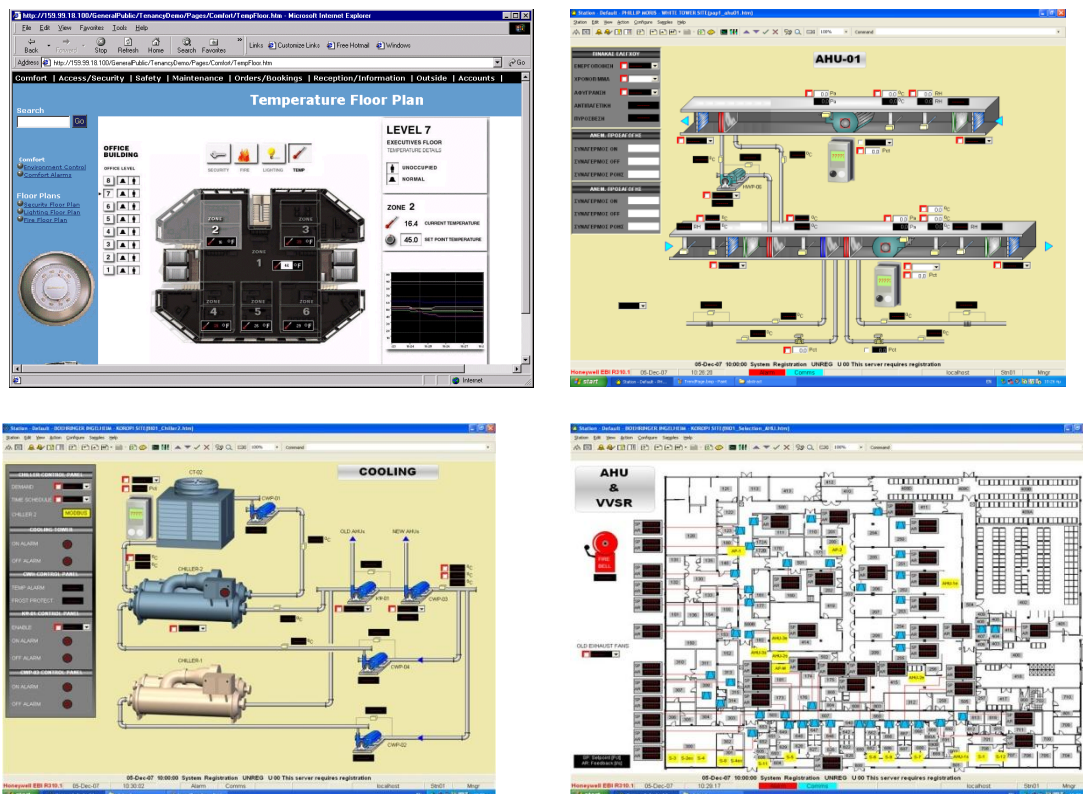
5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.42: Γενική Διάταξη BMS.

5.5.3 Κεντρικό σύστημα παρακολούθησης

Κάθε σύστημα BMS απαιτεί έναν κεντρικό σταθμό παρακολούθησης (Operator Workstation, OWS) όπου αποτελεί το μέσο επικοινωνίας του χειριστή με το σύστημα αυτοματισμού. Εκεί υπάρχει η δυνατότητα οπτικοποίησης των ελεγχόμενων εγκαταστάσεων και μπορεί να είναι οποιοσδήποτε απομακρυσμένος Η/Υ εφοδιασμένος με το κατάλληλο λογισμικό παρακολούθησης.



Εικόνα 5.43: Ποικίλα περιβάλλοντα παρακολούθησης συστήματος BMS.

Τα πλεονεκτήματα κεντρικού συστήματος παρακολούθησης αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

5. Έλεγχος Φωτισμού

Λειτουργία	Πλεονέκτημα
Άμεσος ψηφιακός έλεγχος εγκαταστάσεων	Βελτίωση συνθηκών λειτουργίας θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού, φωτισμού Εξοικονόμηση ενέργειας
Αυστηρός χρονοπρογραμματισμός ελεγχόμενων εγκαταστάσεων	Εξοικονόμηση ενέργειας
Τροποποίηση των παραμέτρων λειτουργίας μέσω λογισμικού	Αποφυγή ανεπιθύμητων τροποποιήσεων σε ηλεκτρολογικούς πίνακες, μηδενισμός επιπλέον καλωδιώσεων κλπ.
Παρακολούθηση εγκαταστάσεων σε πραγματικό χρόνο	Εντοπισμός προβλημάτων εν τη γενέσει τους και πριν αυτά γίνουν αντιληπτά στους χρήστες του κτιρίου ή προκαλέσουν σοβαρές βλάβες
Γραφική απεικόνιση του συνόλου εγκαταστάσεων σε μια οθόνη Η/Υ ανεξαρτήτως μεγέθους κτιρίου	Άμεση πληροφόρηση, παρέμβαση, εποπτεία και έλεγχος εγκαταστάσεων.
Αυτόματη καταμέτρηση παραμέτρων λειτουργίας συσκευών (ώρες λειτουργίας, καταναλώσεις κλπ)	Δημιουργία προγράμματος προληπτικής συντήρησης χωρίς επιπλέον έξοδα.
Καταγραφή και εμφάνιση στατιστικών στοιχείων οποιασδήποτε παραμέτρου λειτουργίας	Έλεγχος ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου και δυνατότητα βελτιστοποίησης λειτουργίας των εγκαταστάσεων
Υποστήριξη τοπικών και απομακρυσμένων συνδέσεων Η/Υ	Παρακολούθηση κτιρίου από περισσότερους του ενός ή/και απομακρυσμένους σταθμούς εργασίας.

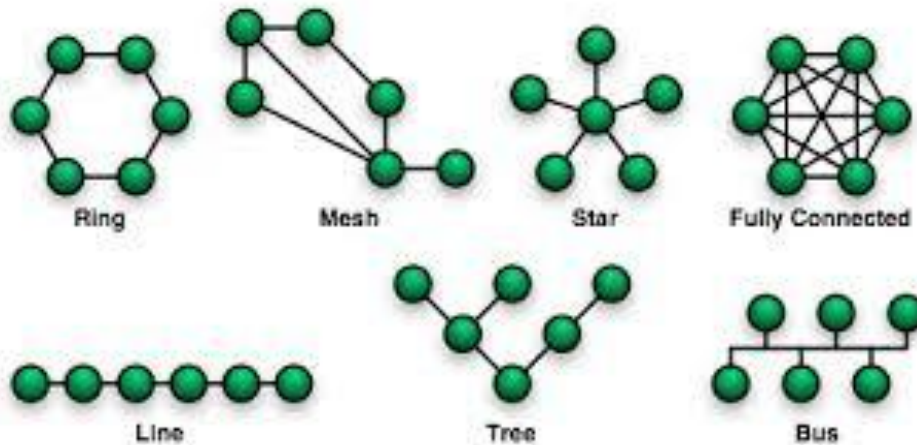
Πίνακας 5.8: Πλεονεκτήματα ΚΣΠ σε συστήματα BMS.

5.5.4 Τοπολογίες επικοινωνιών

Οι τοπολογίες επικοινωνιών καθορίζουν τον τρόπο σύνδεσης του OWS με τα διάφορα στοιχεία. Αυτές είναι:

- **Δακτύλιος (Ring):** Η πληροφορία μεταφέρεται γύρω από το δακτύλιο προς μία κατεύθυνση και μόνο. Κάθε μονάδα αναγνωρίζει αν η πληροφορία είναι για αυτήν ώστε να ανταποκριθεί ή όχι.
- **Ιεραρχική δομή ή δομή δέντρου (Tree):** Η επικοινωνία ακολουθεί δενδροειδή δομή.
- **Σημείο-προς σημείο (Line):** Η απλούστερη προσέγγιση με την οποία ο κεντρικός ελεγκτής συνδέεται με τους τερματικούς σταθμούς.
- **Αστέρας (Star):** Όπως το Σημείο-προς σημείο αλλά συνδέονται περισσότερες μονάδες στο OWS.
- **Δίαυλος (Bus):** Οι διάφορες μονάδες επικοινωνούν ανεξάρτητα μεταξύ τους και τα σημεία OWS. Είναι πολύ εύκολη η επεκτασιμότητα του δικτύου.
- **Ανεξάρτητη διάταξη (Fully Connected):** Όπως το Δακτύλιο, αλλά οι μονάδες συνδέονται απευθείας μεταξύ τους.
- **Υβριδική (Mesh):** Είναι ο κάθε δυνατός συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων που αναφέρθηκαν.

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.44: Τοπολογίες επικοινωνιών.

5.5.5 Πρωτόκολλα επικοινωνιών

Ως πρωτόκολλο επικοινωνίας ορίζεται ένα σύνολο κανόνων συμφωνημένων και από τα δυο επικοινωνούντα μέρη και που εξυπηρετούν την μεταξύ τους ανταλλαγή πληροφοριών. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας είναι δηλαδή μια δέσμη κανόνων στους οποίους στηρίζεται η επικοινωνία των συσκευών (συνήθως, αλλά όχι πάντα, υπολογιστών) σε ένα δίκτυο. Οι κανόνες αυτοί καθορίζουν τη μορφή, το χρόνο και τη σειρά μετάδοσης των πληροφοριών στο δίκτυο. Εκτελούν επίσης, έλεγχο και διόρθωση σφαλμάτων στη διάρκεια μετάδοσης των πληροφοριών^{xiii}.

Αποτέλεσμα των διαφορετικών μεθόδων που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για τον καθορισμό των κανόνων αυτών, τις αυξανόμενες απαιτήσεις, αλλά και τον ανταγωνισμό των εταιριών που δεν επιτρέπει την από κοινού θέσπιση τους, είναι η ύπαρξη πολλών και διαφορετικών πρωτοκόλλων στα συστήματα ελέγχου.

Η επιλογή του εξοπλισμού ενός συστήματος βασίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στα πρωτόκολλα επικοινωνίας που μπορούν να υποστηρίξουν οι συσκευές οπότε θα πρέπει να λαμβάνεται πολύ σοβαρά υπ' όψιν ειδικά κατά το σχεδιασμό του συστήματος

Τα υπάρχοντα πρωτόκολλα γι' αυτό το σκοπό είναι:

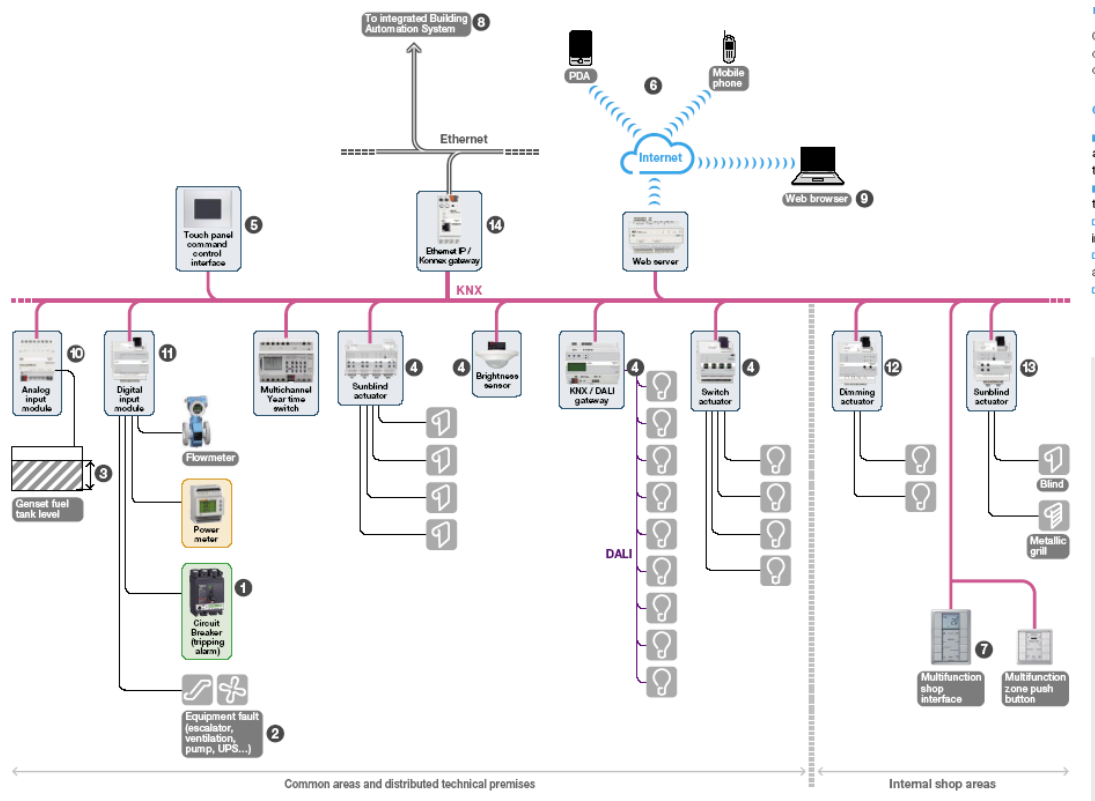
- BACNET
- ARCNET
- BitBus
- CAN
- EIBUS
- LonWorks
- IntelligentRoom
- PROFIBUS
- Και αρκετά άλλα στηριζόμενα στα στάνταρντ RS-232, RS-422, ή RS-485

5.5.6 Τα BMS και ο φωτισμός

Τα BMS μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πληθώρα εφαρμογών για το φωτισμό κτιρίων. Ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί ότι όλοι οι αυτοματισμοί και σημεία ελέγχου φωτισμού μπορούν να ελεγχθούν από το κεντρικό σύστημα. Μπορεί επιπλέον να ελεγχθεί η σκίαση ενός χώρου σταθμίζοντας τις ανάγκες για φωτισμό συνεισφέροντας έτσι και στη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

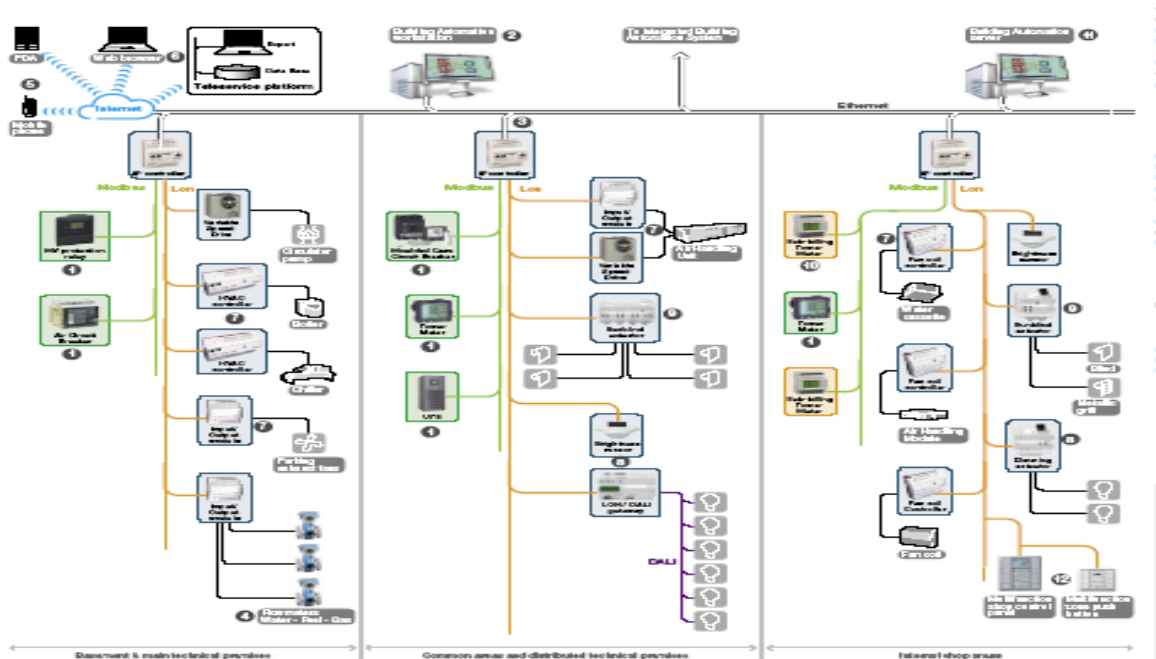
5. Έλεγχος Φωτισμού

Στην **Εικόνα 5.45** και στην **Εικόνα 5.46** φαίνεται πως μπορούμε να συνδυάσουμε τον έλεγχο του φωτισμού σε δύο περιπτώσεις (απλά κτίρια, εμπορικά κέντρα), με πλήθος άλλων αυτοματισμών οι οποίοι όλοι μαζί υπακούν τις εντολές ενός κεντρικού συστήματος.



Εικόνα 5.45: Γενική διάταξη συστήματος BMS σε απλό κτήριο.

Ο αυτοματισμός του εμπορικού κέντρου στην **Εικόνα 5.46**, έχει υλοποιηθεί με την ίδια λογική όπως και ενός απλού κτηρίου. Η διαφορά που εντοπίζεται είναι στο μεγαλύτερο πλήθος χώρων ελέγχου, που σημαίνει καθορισμός περισσότερων ζωνών λειτουργίας, άρα και περισσότερες συσκευές ελέγχου και ενεργοποίησης.

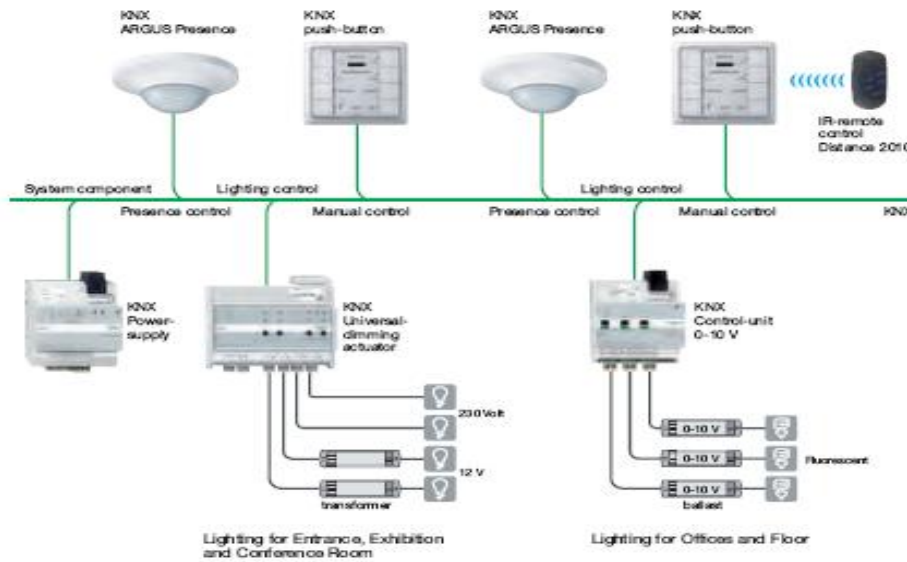


Εικόνα 5.46: Διάταξη συστήματος BMS σε εμπορικό κέντρο.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.5.6.1 Παράδειγμα ελέγχου φωτισμού με BMS

Ο αυτοματισμός του κτηρίου στην **Εικόνα 5.47** είναι αρκετά απλός και έχει υλοποιηθεί με το πρωτόκολλο EIB/KNX. Αποτελείται από επτά (7) φωτιστικά σώματα διαφόρων τύπων (λάμπες φθορίου, αλογόνου, led) ορισμένα σε δύο (2) ζώνες (1^η: είσοδος, αίθουσα έκθεσης και αίθουσα συσκέψεων, 2^η: γραφεία και όροφος), δύο (2) αισθητήρες παρουσίας, δύο (2) τοπικές διεπαφές ελέγχου φωτεινότητας ή επιλογής συγκεκριμένου σεναρίου φωτισμού για το χώρο, τροφοδοτικό της διάταξης και οι κατάλληλοι τοπικοί ελεγκτές για τις ζώνες φωτισμού. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης του φωτισμού και μέσω ασύρματου τηλεχειρισμού. Η τοπολογία επικοινωνίας που δημιουργήθηκε είναι σε μορφή διαύλου (bus).



Εικόνα 5.47: Παράδειγμα ελέγχου περιοχής φωτισμού με BMS σε απλό κτήριο (π.χ. γραφείο).

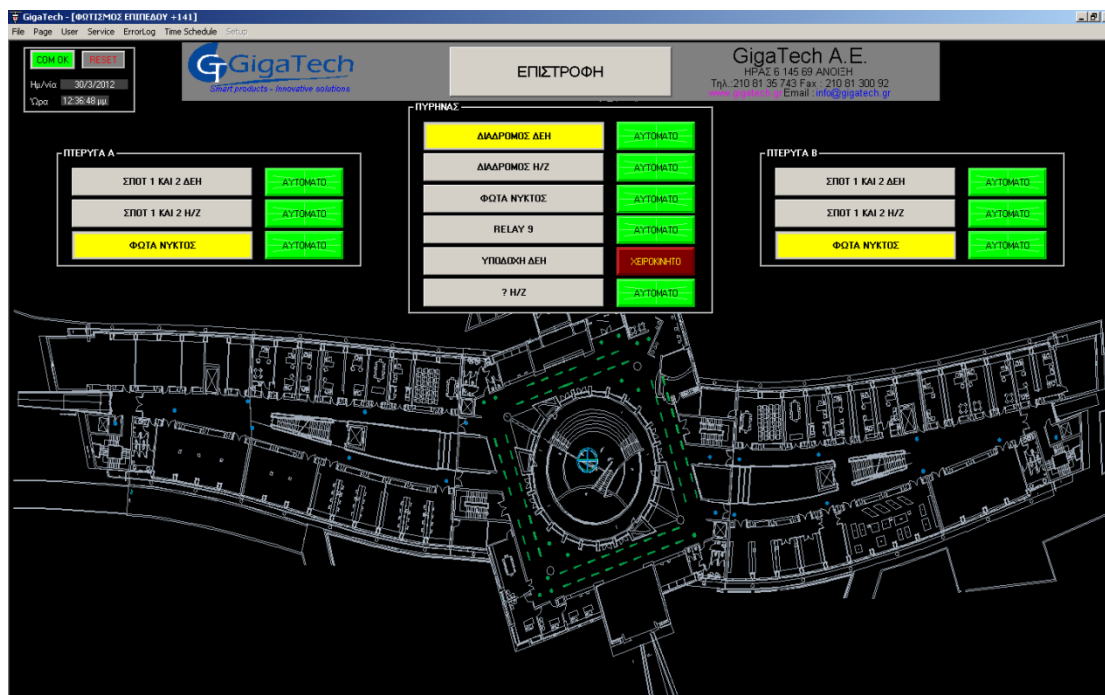
5.5.7 Παρακολούθηση εγκατάστασης

Η παρακολούθηση των εγκαταστάσεων και η εποπτεία των σφαλμάτων γίνεται από το κεντρικό σταθμό του BMS με μια client server εφαρμογή. Η εφαρμογή αυτή είναι το βασικό εργαλείο διαχείρισης της λειτουργίας όλων των αυτοματοποιημένων εγκαταστάσεων του κτιρίου.

Το περιβάλλον λειτουργίας της εφαρμογής είναι πλήρως γραφικό όπως φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες ώστε να είναι φιλικό προς το χρήστη. Με τον τρόπο αυτό η πρόσβαση και λειτουργία των εγκαταστάσεων γίνεται πιο εύκολη μέσω buttons, menus κ.α. Επίσης η εφαρμογή μπορεί να συνεργάζεται με άλλες εφαρμογές του υπολογιστή όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, το excel κ.α. ώστε να εξάγουν χρήσιμες πληροφορίες για τη σωστή λειτουργία των εγκαταστάσεων.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα, είναι η εφαρμογή παρακολούθησης και έλεγχου φωτισμού για το επίπεδο 141 του κτηρίου Επιστημών του Πολυτεχνείου Κρήτης (**Εικόνα 5.48**). Ο χρήστης εκτός τη παρακολούθηση φωτισμού έχει και το δικαίωμα να ορίσει αν ο φωτισμός θα ελέγχεται χειροκίνητα ή αυτόματα και σε ποιους χώρους της συγκεκριμένης περιοχής.

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.48:Επιλογές φωτισμού από το BMS για το επίπεδο 141 του κτηρίου Επιστημών^{xivxv}

Η είσοδος στην εφαρμογή γίνεται μέσω κωδικών πρόσβασης που επιτρέπουν στο χρήστη πλήρη ή μερική πρόσβαση στη διαχείριση εγκαταστάσεων. Η είσοδος στην εφαρμογή μπορεί επίσης να γίνει μέσω απομακρυσμένης βοήθειας χρησιμοποιώντας το TeamViewer. Τέλος η αρχιτεκτονική του προγράμματος είναι τέτοια ώστε στο μέλλον να μπορεί να αναβαθμιστεί με μικρό κόστος για να υποστηρίζει επιπλέον λειτουργίες των εγκαταστάσεων.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.6 Έλεγχος φωτισμού με το Πρωτόκολλο DALI

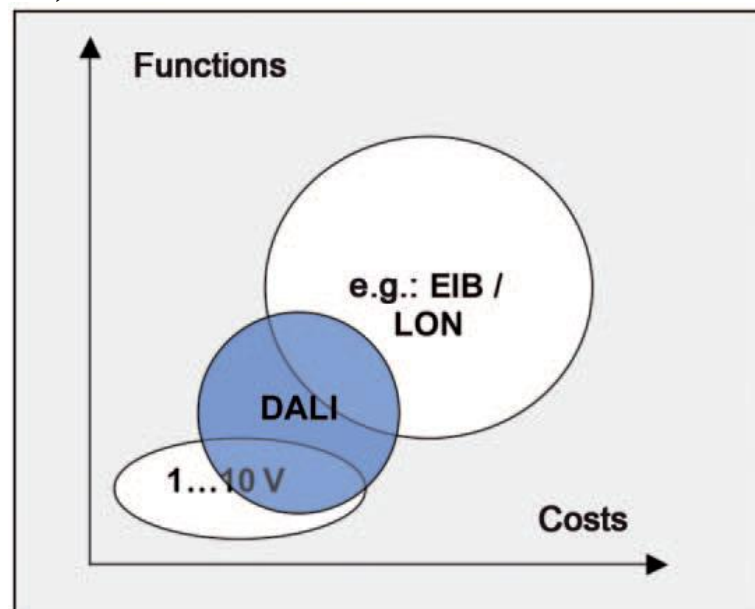
5.6.1 Εισαγωγή

Αυτό που χρειάζεται η σύγχρονη τεχνολογία φωτισμού, είναι ένα σύστημα που να είναι ευέλικτο και απλό, ένα σύστημα που να επικεντρώνεται στον έλεγχο φωτισμού εσωτερικών χώρων με λίγα και οικονομικά εξαρτήματα, την ελάχιστη απαιτούμενη καλωδίωση και με βασική αρχή να είναι φιλικό προς το χρήστη.

Το DALI (digital addressable lighting interface) είναι ένα διπλής κατεύθυνσης σύστημα επικοινωνιών. Η ανάπτυξη του ξεκίνησε το 1990 από εταιρείες κατασκευής μπάλαστ όπως η Philips, Osram, Tridonic, Hucos, Trilux, και η Vossloh-Schwabe όταν άρχισαν να ερευνούν για νέα στραγγαλιστικά πηνία που μπορούσαν να επικοινωνήσουν μεμονωμένα με τη μονάδα ελέγχου. Η εμπορική του διάθεση, ξεκίνησε το 1998. Ως διεθνές πρότυπο επικοινωνίας, το DALI καθορίζει τις εντολές που τα ballast, εφόσον υποστηρίζουν το πρωτόκολλο, τις αναγνωρίζουν και τις εκτελούν. Το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να επικοινωνήσει με το κάθε ballast ξεχωριστά, μέσω κάποιου DALI controller, ή κάποιου PC με ειδικό software.

Λειτουργεί όπως ένα δίκτυο υπολογιστών με IP διευθύνσεις, όπου τα μπάλαστ συλλέγουν τις πληροφορίες που απευθύνονται σε αυτά και τις εκτελούν. Για παράδειγμα, έστω η εντολή «Τα φώτα στην αίθουσα 2 να κλείσουν». Τα φώτα της αίθουσας 2 γνωρίζοντας ότι ανήκουν στην αίθουσα 2 απλά κλείνουν. Τα συστήματα DALI είναι διαθέσιμα σήμερα για φωτιστικά με διάφορους τύπους λαμπτήρων.

Καλύπτει το κενό μεταξύ της προηγούμενης τεχνολογίας μεταφοράς πληροφορίας με τάση 1...10 V και των πολύπλοκων συστημάτων ελέγχου που βασίζονται στην επικοινωνία τύπου bus (Εικόνα 5.49).



Εικόνα 5.49: Γενική περιγραφή των τεχνολογιών αποστολής πληροφορίας με τάση 1...10 V, DALI και EIB/LON.

Με τις παραδοσιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και ακόμη και με την ευρέως χρησιμοποιούμενη διασύνδεση με αναλογική τάση 1...10 Vdc, τέτοιες απαιτήσεις είναι πολύ δύσκολο να ικανοποιηθούν και απαιτούν πολύ χρόνο, κόπο και έξοδα. Επομένως, απαιτείται η χρήση αρκετών εξαρτημάτων για την ενεργοποίηση ενός προγραμματισμένου σεναρίου, για

5. Έλεγχος Φωτισμού

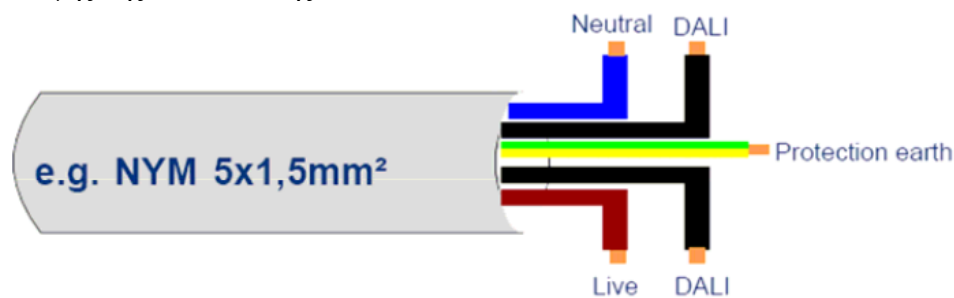
τη παροχή ευέλικτης ομαδοποίησης και στη συνέχεια, να ενσωματώσει τις ρυθμίσεις αυτές σ' ένα σύστημα ελέγχου φωτεινότητας.^{xvi}

Λόγω της απλότητας, ευρείας θέσης στην αγορά και την επεκτασιμότητα του συστήματος, το κόστος εγκατάστασης του δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό ειδικά αν το συγκρίνει κανείς με τα συστήματα 0-10V που λειτουργούν στο ίδιο επίπεδο αυτοματισμού κτιρίου. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι το DALI έχει πολύ περισσότερες λειτουργίες, από τα εν λόγω συστήματα όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια.^{xvii}

5.6.2 Κύρια χαρακτηριστικά

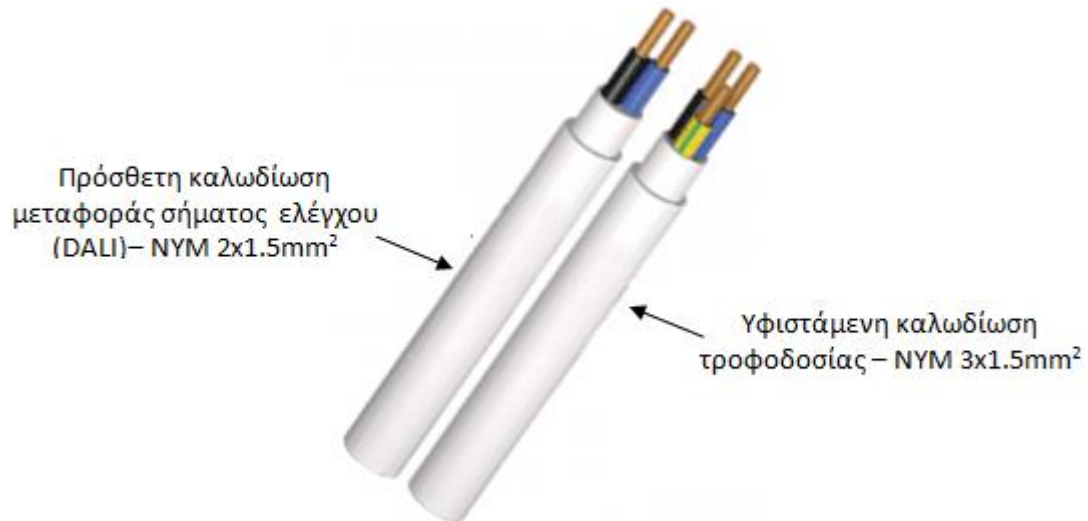
Η βάση για κάθε σύστημα ελέγχου είναι οι φυσικές ιδιότητες που ορίζονται στη διεπαφή και οι ιδιότητες των καλωδίων διασύνδεσης ως μέσο μετάδοσης. Χάρη στο υψίσιγχο σήμα του (3-30 MHz) και στο ευρύ φάσμα ψηφιοποίησης των “low” και “high”, είναι σχεδόν αδύνατο να επηρεάζεται η μεταφορά δεδομένων από παρεμβολές με το DALI. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχει καμία ανάγκη να χρησιμοποιηθούν θωρακισμένα καλώδια ελέγχου. Όπως και στη περίπτωση της διεπαφής για τη τεχνολογία 1...10 V, οι κύριες εισοδοί και οι εισοδοί ελέγχου, στα εξαρτήματα ηλεκτρονικού ελέγχου (ECGs) είναι ηλεκτρικά μονωμένες. Αποφασίστηκε συνειδητά να μη χρησιμοποιηθεί επιπλέον προστασία χαμηλής τάσης (SELV) προκειμένου να προσφέρει χαμηλού κόστους εγκατάσταση χωρίς πρόσθετες ειδικές γραμμές ή νέες καλωδιώσεις. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί καλώδιο NYM 5x1.5 mm² για τη τροφοδοσία και για το DALI (Εικόνα 5.50). Ο συγκεκριμένος τύπος καλωδίου μπορεί να καλύψει μέχρι 300m ανά γραμμή (για την πτώση τάσης). Αν είναι μικρότερο το μήκος, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί καλώδιο μικρότερης διατομής. Αν χρησιμοποιηθούν 4 γραμμές με τον ελεγκτή στη μέση, τότε η παραπάνω απόσταση μπορεί να επεκταθεί.).

Υπάρχουν δύο διαφορετικά πρωτόκολλα όσον αφορά τη λειτουργία του DALI. Το Class 1 το οποίο λειτουργεί εντός ενός κυκλώματος (Εικόνα 5.50) και το Class 2 το οποίο απαιτεί πρόσθετη καλωδίωση για το σήμα ελέγχου (Εικόνα 5.51). Το εντυπωσιακό είναι το Class 1, το οποίο δεν απαιτεί καμία τροποποίηση όσον αφορά την υπάρχουσα ηλεκτρολογική εγκατάσταση, πάρα μόνο την προσθήκη του σχετικού εξοπλισμού σε αυτή η οποία πρέπει να έχει αποφασιστεί κατά τη διάρκεια κατασκευής αλλιώς η λύση μοιραία θα είναι όμοια με το Class 2. Δηλαδή η πληροφορία μεταφέρεται μέσω της υπάρχουσας καλωδίωσης ρεύματος, μεταφερόμενη με μια μικρή τάση από 0-10V. Το Class 1 χρησιμοποιείται κυρίως σε νέες εγκαταστάσεις, ενώ το Class 2 σε υφιστάμενες. Σε περίπτωση ανακαίνισης, μπορούν ν' αξιοποιηθούν και τα δύο πρωτόκολλα, ανάλογα με την οικονομική άνεση του χρήστη και την ευκολία αλλαγής της καλωδίωσης.



Εικόνα 5.50: Καλωδίωση για το DALI – πρωτόκολλο Class 1.

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.51: Καλωδίωση για το DALI – πρωτόκολλο Class 2.

Σημαντικό ρόλο στη καλωδίωση παίζει η επιλογή της διατομής που θα χρησιμοποιηθεί, δηλαδή πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η πτώση τάσης κατά μήκος της γραμμής. Συγκεκριμένα, δε πρέπει να υπερβαίνει τα 2 V στα 250 mA. Το μέγιστο επιτρεπόμενο συνολικό μήκος του καλωδίου μεταξύ του ελεγκτή και του συνδεδεμένου ballast είναι 300 m. Ο αναλυτικός τρόπος υπολογισμού διατομής παρουσιάζεται στη παρακάτω σχέση:

$$A = L * I * 0.018 \quad (1)$$

Όπου:

A=διατομή της καλωδίωσης,

L=το μήκος,

I=το μέγιστο ρεύμα τροφοδοσίας σε A,

0.0018=η ειδική αντίσταση αγωγού για χαλκό.

Ο **Πίνακας 5.9** παρουσιάζει έναν τυποποιημένο τρόπο επιλογή διατομής ανάλογα με το μήκος της καλωδίωσης που απαιτείται.

Μήκος καλωδίωσης	μέχρι 100 m	από 100 μέχρι 150 m	από 150 μέχρι 300 m
Διατομή καλωδίωσης	0.5 mm ²	0.75 mm ²	1.5 mm ²

Πίνακας 5.9: Τυποποιημένες ελάχιστες διατομές για συγκεκριμένο μήκος καλωδίωσης.

Να σημειωθεί, ότι λόγω της ποικιλίας των διεπαφών DALI σε μονάδες ελέγχου που βρίσκονται στην αγορά και των διαφορετικών συνθηκών της εγκατάστασης, συνιστάται ο περιορισμός του συνολικού μήκους της καλωδίωσης που χρησιμοποιείται στο σύστημα, στα 300 m. Επομένως, θα χρησιμοποιηθεί αντίστοιχα διατομή 1.5 mm².

Το πρόβλημα όμως που εντοπίζεται με τη παραπάνω μέθοδο, είναι ότι ενώ μπορεί να καλύπτει τη πτώση τάσης για το σήμα ελέγχου, είναι δυνατόν να μη συμβαίνει και για την τροφοδοσία, δηλαδή να καλύπτει το 4% (ΕΛΟΤ HD 384). Ο υπολογισμός της διατομής γίνεται βάσει της σχέσης:

5. Έλεγχος Φωτισμού

$$\Delta v = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{s} \quad (2)$$

Όπου:

ΔU = πτώση τάσης σε Volt,

ρ = ειδική αντίσταση του αγωγού σε $\Omega \text{ mm/m}$. Για τον Cu $\rho = 0,018 \Omega \text{ mm/m}$,

L = το μήκος του αγωγού σε m,

I = η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό σε A,

$\cos \varphi$ = ο συντελεστής ισχύος του φορτίου (για φωτισμό $\cos \varphi = 1$),

s = η διατομή του αγωγού σε mm^2 .

Επομένως, υπάρχει το ενδεχόμενο να διαφοροποιείται η διατομή τροφοδοσίας από τη διατομή του σήματος ελέγχου. Άρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο Class 2 ακόμα και σε νέα εγκατάσταση αξιοποιώντας την υπάρχουσα καλωδίωση είτε για τροφοδοσία, είτε για μεταφορά του σήματος ελέγχου.

Ο Πίνακας 5.10 παρουσιάζει το κόστος χρήσης διαφόρων τύπων καλωδίων, ανάλογα με τη διατομή που απαιτείται. Σε μερικές περιπτώσεις που δεν μπορεί να καλυφθεί το CLASS 1 (διατομές 0,5, 1, 1,5 mm^2), λόγω έλλειψης πλήθους αγωγών από ένα μόνο τύπο καλωδίου, τότε απαιτείται συνδυασμός. Για παράδειγμα, αν η απαιτούμενη καλωδίωση DALI έχει υπολογιστεί να είναι διατομής 0,5 mm^2 και το απαιτούμενο μήκος 70 m, τότε πρέπει να χρησιμοποιηθούν 140 m καλωδίου 2x0,5 mm^2 και 70 m 1x0,5 mm^2 .

Κατηγορία, διατομή (mm^2)	Τιμή στροφείου/m	Τιμή ρολού/m
HO5V-K ² 1x0,50		0,0966
HO5V-K 1x0,75		0,1352
HO5V-K 1x1		0,1708
H03VH-H ³ 2x0,5		0,2264
H03VH-H 2x0,75		0,3103
H03VH-H 2x0,5		0,2264
A05VV ⁴ -U 2x1,5	0,6135	0,5843
A05VV-U 2x2,5	0,9458	0,9008
A05VV-U 2x4	1,4330	1,3648
A05VV-U 5G1,5	1,4196	1,3520
A05VV-U 5G2,5	2,2993	2,1898
A05VV-U 5G4	3,5703	3,4003

Πίνακας 5.10: Τιμοκατάλογος διαφόρων κατηγοριών καλωδίων ανάλογα με τη διατομή τους.^{xviii}

Το κύριο δομικό στοιχείο του συστήματος DALI, είναι το ηλεκτρονικό του ballast ή αλλιώς ECG (Εικόνα 5.52). Με αυτό, επιτυγχάνεται η απαιτούμενη ρύθμιση φωτεινότητας που ζητάει ο χρήστης. Κάθε ballast μπορεί να έχει ατομική ψηφιακή διεύθυνση για ν' αναγνωρίζεται από το DALI. Ο μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός ballast που μπορεί να

² HO5V-K: Αντίστοιχος τύπος του NYAF

³ H03VH-H: Αντίστοιχος τύπος του NYFAZ

⁴ A05VV: Αντίστοιχος τύπος του NYM

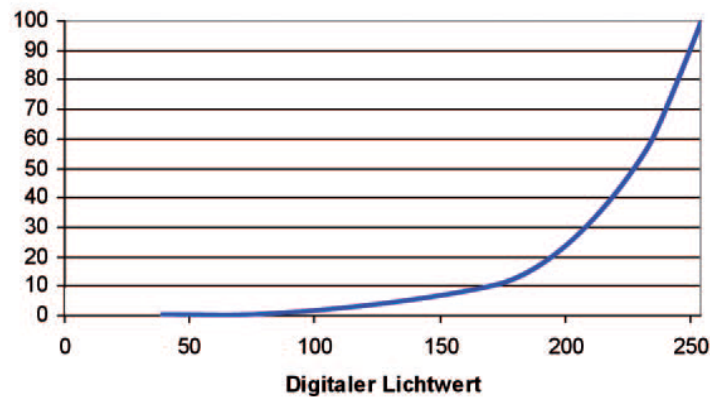
5. Έλεγχος Φωτισμού

υποστηρίζει ένα μόνο σύστημα DALI, είναι 64 ανά κύκλωμα που τραβάνε 128mA κι αυτό σε 4 κυκλώματα. Σε κάθε κύκλωμα μπορούν να συνδεθούν μέχρι και 16 φωτιστικά (ατομικά ή ομάδες). Η διευθυνσιοδότηση για κάθε ballast, μπορεί να αλλάξει ανά πάσα στιγμή χωρίς πρόσθετες καλωδιώσεις.



Εικόνα 5.52: Ηλεκτρονικά ballast DALI.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της συγκεκριμένης τεχνολογίας ballast, είναι η ρύθμιση φωτεινότητας που προσφέρει. Η καμπύλη ρύθμισης φωτεινότητας (dimming) φαίνεται στο παρακάτω γράφημα (**Εικόνα 5.53**). Όσον αφορά το μάτι, η κατηγοριοποίηση της ρύθμισης, είναι γραμμικής απόκρισης⁵ σύμφωνα με το νόμο Weber-Fechner.



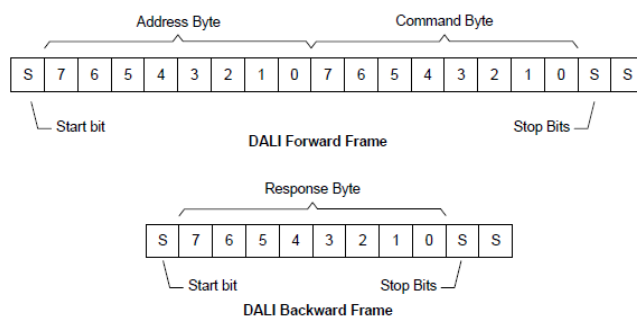
Εικόνα 5.53: Καμπύλη ρύθμισης φωτεινότητας με DALI ballast.

5.6.3 Επικοινωνία

Η εγκατάσταση του συστήματος DALI βασίζεται στην αρχή επικοινωνίας μεταξύ κύριας-επιμέρους συσκευών (master-slave) όπου ο χρήστης λειτουργεί το σύστημα μέσω του ελεγκτή (master). Ο ελεγκτής στέλνει μηνύματα σε όλες τις επιμέρους συσκευές (αισθητήρες, ενεργοποιητές) που περιέχουν μια διεύθυνση και μια εντολή. Στη συνέχεια, η διεύθυνση καθορίζει εάν η συσκευή θα πρέπει να «ακούσει» ή όχι.

⁵ Ο νόμος Weber-Fechner, αναφέρει ότι η ένταση των ερεθισμάτων από τα αισθητήρια συνδέεται λογαριθμικά με την αντικειμενική ένταση του φυσικού ερεθίσματος.

5. Έλεγχος Φωτισμού

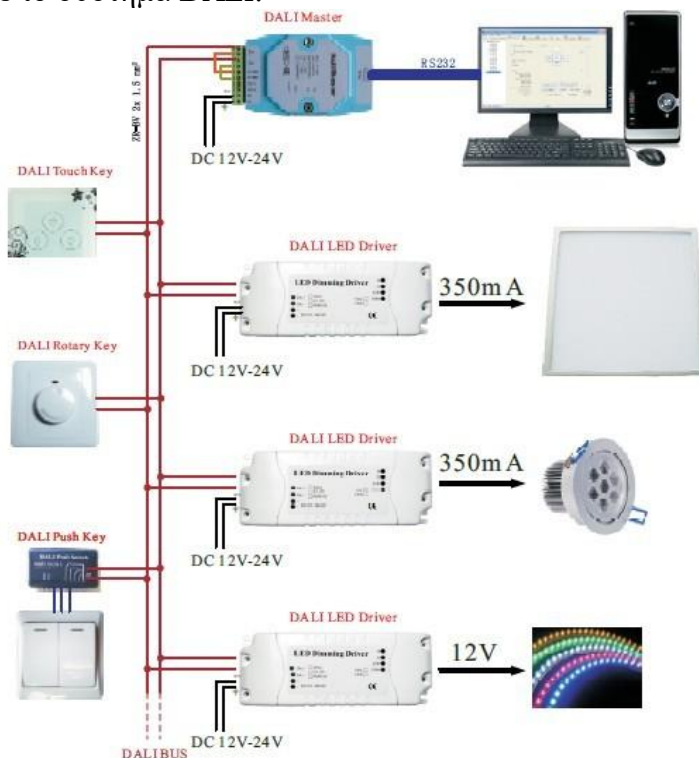


Εικόνα 5.54: Αμφίδρομη επικοινωνία ελεγκτών – επιμέρους συσκευές.

Όλες οι επικοινωνίες ελέγχεται από τον ελεγκτή. Οι επιμέρους συσκευές είναι σε αναμονή έως ότου ο ελεγκτής τους αποστέλλει μια αίτηση. Στην **Εικόνα 5.54** εμφανίζεται η ροή μηνυμάτων που αποστέλλονται από τον ελεγκτή (Forward Frame). Τα μηνύματα αυτά, αρχίζουν με ένα bit εκκίνησης (start bit) το οποίο στη συνέχεια ακολουθείται από ένα τμήμα διεύθυνσης 8 bit και στη συνέχεια άλλα 8 bits που είναι το τμήμα εντολών. Τα μηνύματα τελειώνουν με δύο bits διακοπής (stop bit). Οι «απαντήσεις» των επιμέρους συσκευών αρχίζουν και τελειώνουν με τον ίδιο τρόπο όπως το Forward (Backward Frame), αλλά με αποστολή μόνο 8 bit στη μέση (απάντηση).^{xvii} Η τοπολογία της επικοινωνίας είναι η ίδια με αυτή του BMS [5.5.4].

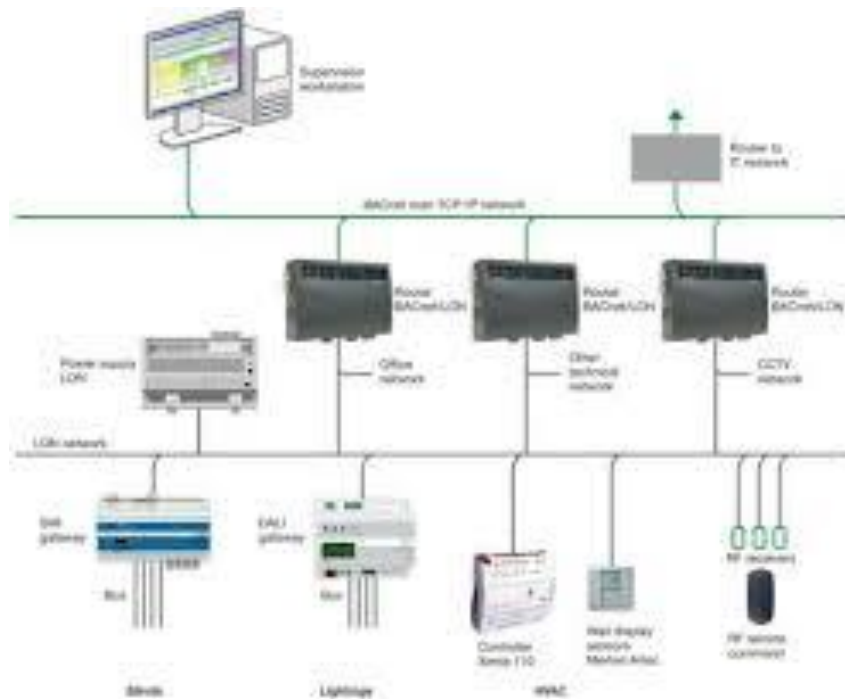
5.6.4 Εφαρμογές DALI

Το DALI μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως μια απλή τοπική λύση (αυτόνομο) (**Εικόνα 5.55**) είτε ως υποσύστημα σ' ένα BMS (**Εικόνα 5.56**). Για την επιλογή του DALI ως αυτόνομο ή όχι σύστημα σημαντικό ρόλο παίζει η εγκατάσταση που θα αξιοποιηθεί, δηλαδή αν είναι υφιστάμενη ή καινούρια, αν η καλωδίωση της υφιστάμενης εγκατάστασης δέχεται εύκολα παρεμβάσεις και σε περίπτωση που υπάρχει ήδη σύστημα BMS και κατά πόσο μπορεί αυτό να συνεργαστεί με το σύστημα DALI.



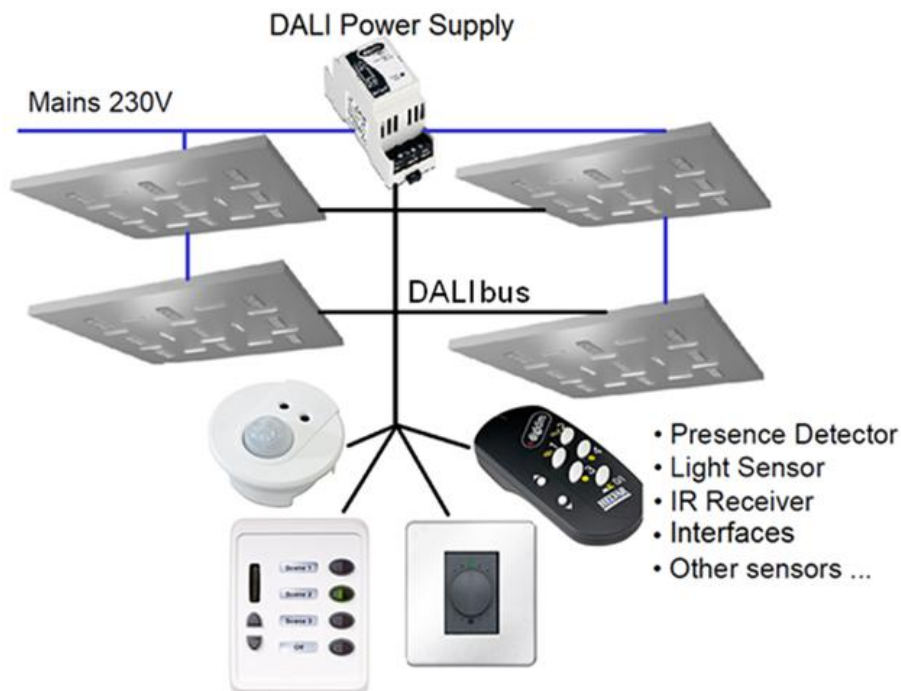
Εικόνα 5.55: Το DALI ως αυτόνομο σύστημα.^{xix}

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.56: Το DALI ως υποσύστημα ενός BMS.

Κύριο χαρακτηριστικό του DALI, είναι ότι ο έλεγχος του φωτισμού μπορεί να γίνει είτε ενσύρματα (χρήση dimmer ή διεπαφής) είτε ασύρματα (Εικόνα 5.57) χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εξαρτήματα ανάλογα τις απαιτήσεις του χρήστη. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης θέλει να ελέγχει τη φωτεινότητα σε μια αίθουσα διδασκαλίας ή συνεδριάσεων χωρίς να χάνει την οπτική επαφή με το κοινό, θα χρησιμοποιήσει την ασύρματη τοπολογία. Ανεξάρτητα το είδος της τοπολογίας, τα αισθητήρια που θα χρησιμοποιηθούν (αισθητήρες κίνησης, παρουσίας, κλπ) είναι τα ίδια.



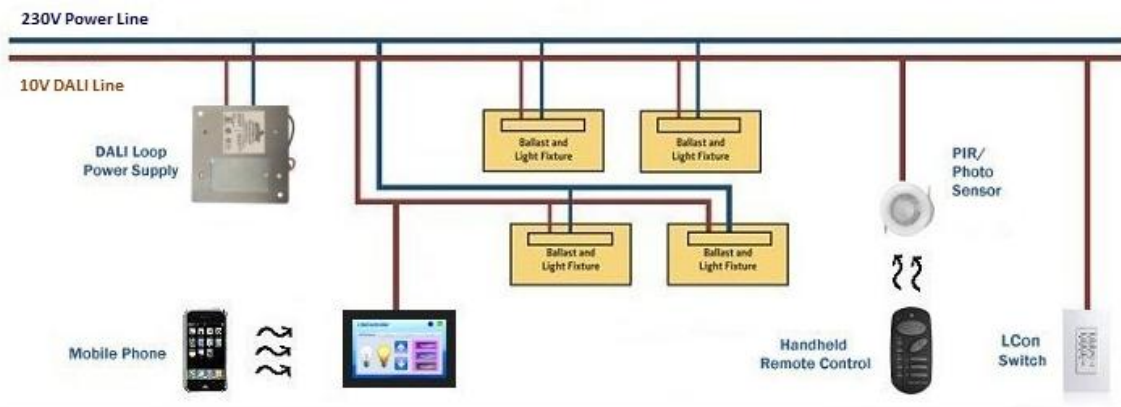
Εικόνα 5.57: Δυνατότητες ελέγχου φωτισμού με DALI.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.6.5 Παράδειγμα εφαρμογής DALI

Για να γίνει πιο κατανοητή η χρησιμότητα και η λειτουργία του DALI, θα γίνει ανάλυση της εγκατάστασης και της λειτουργίας του σε πραγματική εφαρμογή. Στην **Εικόνα 5.58**, παρουσιάζεται το πολυγραμμικό σχέδιο ελέγχου φωτισμού μιας απλής αίθουσας διδασκαλίας με το σύστημα DALI. Εάν υπάρχει ήδη η καλωδίωση τροφοδοσίας των φωτιστικών σωμάτων, τότε για την ολοκλήρωση του συστήματος ελέγχου θα χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο Class 2. Συγκεκριμένα, θα χρειαστεί πρόσθετη καλωδίωση με καλώδιο NYM 2x1.5mm² (ή και μικρότερης διατομής) για το σήμα ελέγχου. Σε διαφορετική περίπτωση, θα χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο Class 1.

Στην συγκεκριμένη αίθουσα, έχει τοποθετηθεί αισθητήρας πολλαπλής λειτουργίας (multi-sensor). Με το συγκεκριμένο αισθητήρα ελέγχεται ταυτόχρονα η παρουσία κόσμου, καθώς και η φυσική φωτεινότητα στο χώρο. Επίσης, μπορεί να δεχθεί ασύρματη εντολή (τηλεχειρισμός) για την αυξομείωση της τεχνικής φωτεινότητας. Παράλληλα, υπάρχει και η δυνατότητα της ρύθμισης φωτεινότητας μέσω τοπικού διακόπτη.

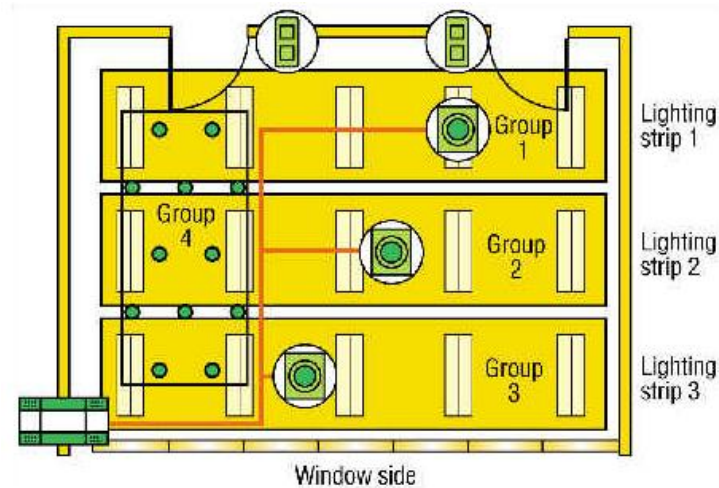


Εικόνα 5.58: Έλεγχος φωτισμού αίθουσας διδασκαλίας.

Τέλος, μια επιπλέον δυνατότητα που έχει ο χρήστης, είναι ο έλεγχος εξ αποστάσεως. Με την αποστολή εντολής μέσω διαδικτύου στο τοπικό ελεγκτή, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την έναυση του φωτισμού καθώς και συγκεκριμένο επίπεδο φωτεινότητας για την αίθουσα.

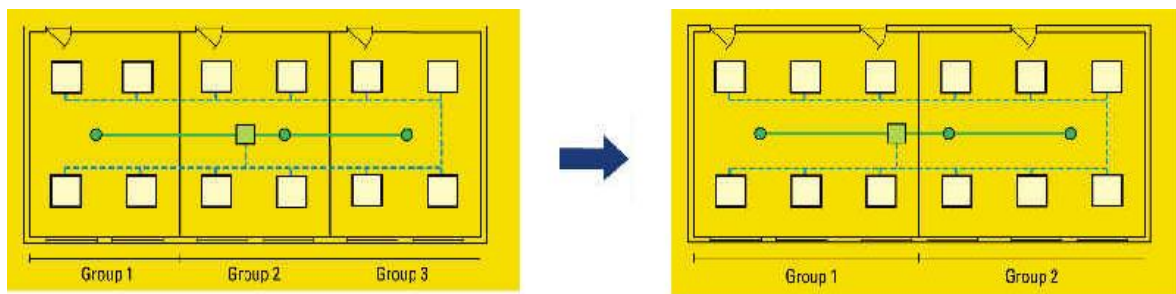
Όσον αφορά την εφαρμογή του DALI σε ποιο σύνθετες περιπτώσεις, χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η εφαρμογή του σε γυμναστήριο^{xx} (**Εικόνα 5.59**), το οποίο χρησιμοποιείται για αθλητικές δραστηριότητες και ειδικές εκδηλώσεις, όπως συναυλίες. Η μία πλευρά του γυμναστηρίου έχει μεγάλα παράθυρα. Η ομαδοποίηση και ο προγραμματισμός ελέγχου των φωτιστικών σημείων έγινε λαμβάνοντας υπόψη τα παράθυρα και χρησιμοποιήθηκαν υπέρυθροι αισθητήρες φωτισμού και κίνησης. Διατηρώντας σταθερά τα επίπεδα φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας και η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού της ημέρας, επιτυγχάνεται μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας.

5. Έλεγχος Φωτισμού



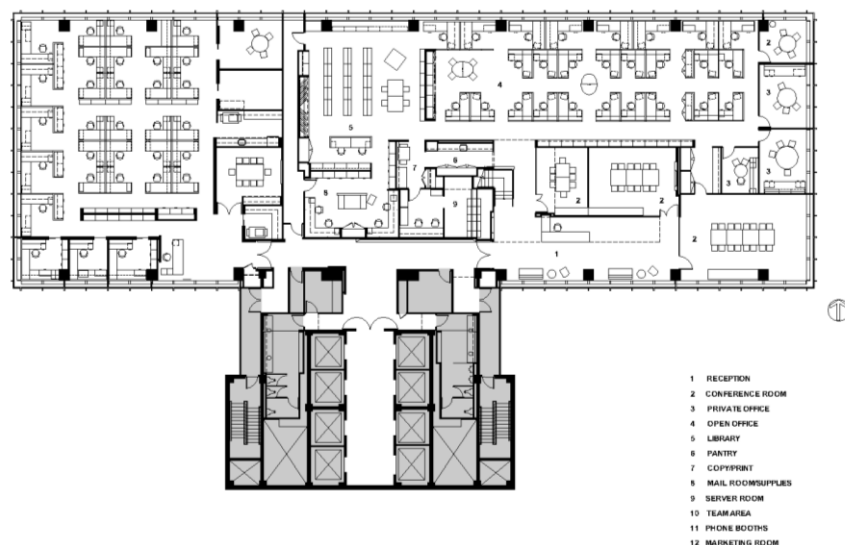
Εικόνα 5.59: Ομαδοποίηση και έλεγχος γραμμών φωτισμού στο γυμναστήριο.

Εκτός από το κύριο χώρο του γυμναστηρίου, υπάρχουν και 3 βοηθητικοί χώροι για τη χρήση ως γραφεία. Εδώ, εφαρμόστηκε το DALI με ασύρματο έλεγχο και τοπικό ελεγκτή ανά χώρο (**Εικόνα 5.60**). Προβλέφθηκε ότι σε περίπτωση ανακατασκευής των γραφείων και γίνουν για παράδειγμα 2, μπορεί εύκολα να γίνει επαναπρογραμματισμός στους ελεγκτές και να γίνουν 2 οι ομάδες φωτισμού.



Εικόνα 5.60: Ομαδοποίηση και έλεγχος γραμμών φωτισμού στα γραφεία.

Μια περισσότερο σύνθετη εφαρμογή, παρουσιάζεται στην **Εικόνα 5.61**, που πρόκειται για όροφο κτιρίου αποτελούμενος από γραφεία, υποδοχή, αίθουσα συνεδριάσεων, βιβλιοθήκη, κυλικείο, αίθουσα φωτοτυπικού, κ.ά.^{xxi}



Εικόνα 5.61: Κάτοψη Ορόφου.

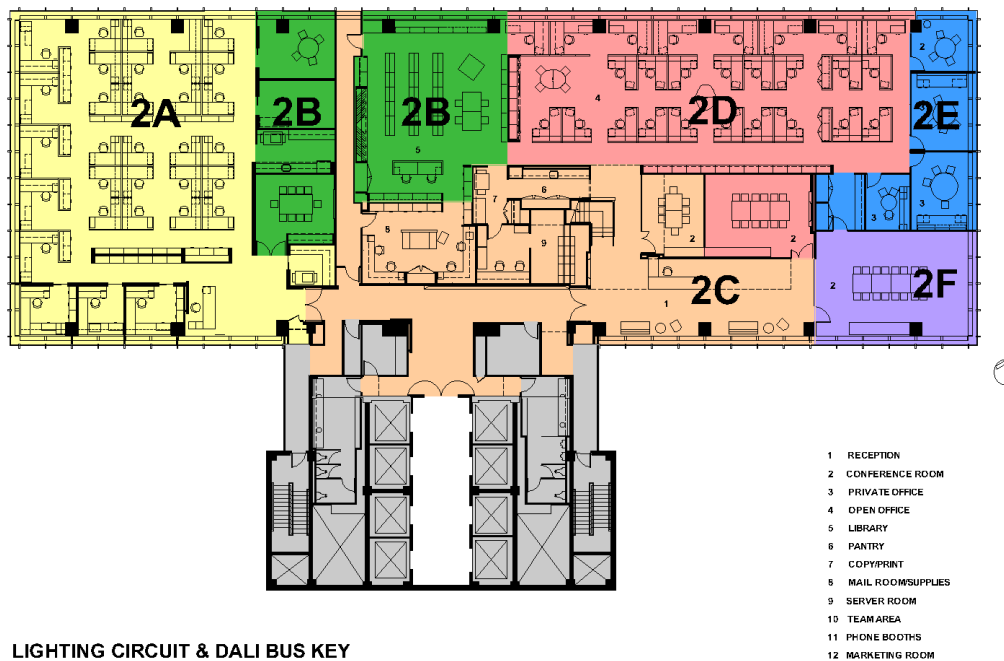
5. Έλεγχος Φωτισμού

Στη συνέχεια, έγινε η ομαδοποίηση ελέγχου του ορόφου, ανάλογα με τη χρήση και τις ανάγκες φωτισμού κάθε χώρου (Εικόνα 5.62).



Εικόνα 5.62: Ομαδοποίηση ελέγχου Ορόφου.

Τέλος, ορίστηκε το πρωτόκολλο επικοινωνίας (bus) μεταξύ επενεργητών, αισθητήρων και μονάδων ελέγχου, καθώς και η κωδικοποίηση τους (Εικόνα 5.63).



LIGHTING CIRCUIT & DALI BUS KEY

Εικόνα 5.63: Δημιουργία τοπολογίας επικοινωνίας (Bus).

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.6.6 Πλεονεκτήματα

Συνοπτικά, τα πλεονεκτήματα του DALI είναι:

- Απλή καλωδίωση (η πολικότητα δεν επηρεάζει).
- Η κλίμακα ρύθμισης φωτεινότητας (dimming) είναι οπτικά γραμμική (λογαριθμική), σε συμφωνία με το ανθρώπινο μάτι.
- Δυνατότητες ελέγχου είτε ατομικά (μέχρι 64), είτε ομαδικά (μέχρι 16), είτε συνολικά.
- Δημιουργία και αποθήκευσης μέχρι και 16 διαφορετικών σεναρίων
- Ατομική διευθυνσιοδότηση για τα DALI ballast
- Εμφάνιση μηνυμάτων κατάστασης του DALI controller, όσον αφορά βλάβη φωτιστικού σώματος, όριο ζωής λαμπτήρων και ρύθμιση dimming.
- Ατομικές επιλογές dimming. Αποθήκευση της τελευταίας τιμής dimming ως αρχική φωτεινότητα στην επόμενη έναυση του λαμπτήρα.
- Υπάρχει ενσωματωμένος διακόπτης τάσης τροφοδοσίας (για τη σβέση του ballast μέσω της διεπαφής του DALI, δεν απαιτείται ρελέ).
- Κοινή καλωδίωση για τροφοδοσία και έλεγχο. Επομένως δεν απαιτείται ξεχωριστή καλωδίωση για το bus.
- Δυνατότητα συνεργασίας με φωτιστικά ασφαλείας.
- Ποικιλία συμβατικών κουμπιών στο εμπόριο (**Εικόνα 5.64**).



Εικόνα 5.64: Διάφορα είδη κουμπιών για DALI.

5.7 Έλεγχος φωτισμού με το Πρωτόκολλο X10

5.7.1 Εισαγωγή

Το X10 είναι ένα διεθνές ανοιχτό βιομηχανικό πρότυπο για την επικοινωνία ηλεκτρονικών συσκευών, με κατεύθυνση τον αυτοματισμό σπιτιών. Χρησιμοποιεί, κατά κύριο λόγο, την υπάρχουσα καλωδίωση των 230 V για να μεταφέρει ψηφιακή πληροφορία, αλλοιώνοντας τη κυματομορφή του ρεύματος. Τα τελευταία χρόνια έχει παρουσιαστεί και ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας για το X10 με κύριο μέσω επικοινωνίας τις ραδιοσυχνότητες (INSTEON - 5.8).^{xxii}

Το X10 εφευρέθηκε το 1975 από την εταιρία Pico Electronics στη Σκωτία προκειμένου να επιτραπεί ο τηλεχειρισμός των εσωτερικών συσκευών και εξοπλισμού και ήταν η πρώτη τεχνολογία για τον αυτοματισμό σπιτιών. Σήμερα παρόλο που υπάρχουν πολλές άλλες λύσεις με περισσότερες δυνατότητες από το X10 όπως το KNX, το INSTEON, το LonWorks, παραμένει πολύ δημοφιλές κυρίως εξαιτίας της απλότητας και του χαμηλότερου κόστους απόκτησης σε σχέση με τα υπόλοιπα πρότυπα.

Το X10 είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία για επικοινωνία με χρήση γραμμών ισχύος και χαρακτηρίζεται ως «power line carrier technology». Ειδικότερα αποστέλλονται παλμοί 120kHz στα zero crossing σημεία του εναλλασσόμενου ρεύματος. Η χρήση της υπάρχουσας ηλεκτρικής καλωδίωσης αποτελεί ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα του πρωτοκόλλου καθώς αυτό έπεται το περιορισμένο κόστος στην οικιακή δικτύωση (εξάλειψη της ανάγκης για εκ νέου καλωδίωση).^{xxiii}

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.7.2 Αρχιτεκτονική του X10

Η αρχιτεκτονική του X10 αποτελείται ουσιαστικά από δύο οντότητες:

- X10 modules: Τοποθετούνται στις συσκευές τις οποίες είναι επιθυμητό να συμπεριληφθούν στο δίκτυο και πρέπει συνεπώς να υπάρχει η δυνατότητα απόλυτου ελέγχου τους. Αυτά τα ενσωματώνουμε στις ηλεκτρικές πρίζες και τελικά προκύπτει μια νέα ηλεκτρική πρίζα στην οποία πρέπει να συνδεθεί η προς διαχείριση συσκευή.
- X10 controller: Αποτελούν τα θεμελιώδη συστατικά της αρχιτεκτονικής του X10 πρωτοκόλλου. Ένας X10 ελεγκτής αποστέλλει σήματα ελέγχου στα X10 modules, χρησιμοποιώντας τις γραμμές ισχύος και λαμβάνει απαντήσεις με τον ίδιο τρόπο. Ο αριθμός των ελεγκτών μπορεί να ξεπερνά τον ένα προκειμένου να ελέγξει μια ομάδα X10 συσκευών.

Ανάλογα με τη λειτουργικότητα οι X10 υπομονάδες δύναται επίσης να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- X10 πομπούς : συσκευές οι οποίες είναι ικανές να αποστέλλουν X10 σήματα μέσω των γραμμών ισχύος
- X10 δέκτες : συσκευές οι οποίες είναι ικανές να λάβουν X10 σήματα μέσω των γραμμών ισχύος
- X10 υπερδέκτες : συσκευές οι οποίες είναι ικανές να στείλουν και να λάβουν X10 σήματα μέσω των γραμμών ισχύος

Τα modules και οι ελεγκτές μπορούν να ενταχθούν σε κάποια από τις τρεις προαναφερθείσες κατηγορίες. Γενικότερα συνήθως ισχύει ότι όλα τα modules είναι δέκτες και όλοι οι ελεγκτές λειτουργούν ως πομποί.

Όλα τα X10 συστατικά είτε είναι modules είτε είναι ελεγκτές χαρακτηρίζονται από μια διεύθυνση η οποία ονομάζεται X10 διεύθυνση. Μια τυπική X10 διεύθυνση αποτελείται από δύο μέρη: τον κωδικό του σπιτιού και τον κωδικό της μονάδας. Ο κωδικός σπιτιού μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή από το λατινικό A μέχρι το λατινικό P και ο κωδικός της μονάδας μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή στην κλίμακα του 1 έως 16. Η κάθε διεύθυνση λοιπόν καθορίζεται ως ένας συνδυασμός των κωδικών του σπιτιού και της μονάδας. Οι κωδικοί λ.χ. A01, B03, G05 είναι έγκυροι κωδικοί. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο συνολικός αριθμός των διαθέσιμων διευθύνσεων είναι 256, ξεκινώντας από το A01 και καταλήγοντας στο P16, γεγονός το οποίο ερμηνεύεται ως τη δυνατότητα του X10 πρωτοκόλλου να διαχειρίζεται μια ποικιλία συσκευών των οποίων όμως ο αριθμός δεν υπερβαίνει τις 256.

Ανάλογα με το είδος του χρήστη και του μέσου αλληλεπίδρασης που χρησιμοποιεί οι ελεγκτές μπορούν να διακριθούν στις εξής ομάδες:

- Μικρο-ελεγκτές: είναι γενικά μονάδες που τοποθετούνται στον τοίχο και συνδέονται κατευθείαν στη γραμμή ισχύος. Αυτοί οι ελεγκτές έχουν δυνατότητα να λαμβάνουν εντολές από το χρήστη και μέρος αυτών διαθέτουν και οθόνη προκειμένου να προβάλλουν πληροφορίες για την κατάσταση των συσκευών.
- Ασύρματοι ελεγκτές: συνδέονται μετά τις πρίζες παροχής ηλεκτρικού ρεύματος αλλά χρησιμοποιούν και τις RF ως μέσο αλληλεπίδρασης. Η χρήση τους απαιτεί ένα τηλεχειριστήριο μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να εισάγει εντολές και οποίες μεταδίδονται στον ελεγκτή μέσω των RF. Ο ελεγκτής αναλύει τις διαταγές και εκτελεί την κατάλληλη ενέργεια επικοινωνώντας με τις μονάδες μέσω της γραμμής ισχύος.
- Ελεγκτές υπολογιστών: είναι σημαντικής πρακτικής σημασίας και χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία των εφαρμογών που υλοποιούνται για υπολογιστές. Αυτοί αλληλεπιδρούν τόσο μέσω των γραμμών αλλά και της σειριακής θύρας του υπολογιστή. Οι ελεγκτές αυτοί παρέχουν τη δυνατότητα

5. Έλεγχος Φωτισμού

στους χρήστες να πραγματοποιήσουν πολύπλοκες και προσαρμοσμένες εφαρμογές στην απόδοση εντολών που διοχετεύονται μέσω του ελεγκτή.

Στην **Εικόνα 5.65** παρουσιάζονται οι βασικές μονάδες του X10. Η τιμή για ένα Starterkit ξεκινάει από 44 € και οι μονάδες από 4 €.



Εικόνα 5.65: Δύο τερματικές συσκευές και μία συσκευή ελέγχου X10 για υπολογιστή.

5.7.3 Το πρωτόκολλο

Η επικοινωνία με βάση το πρωτόκολλο X10 περιλαμβάνει δύο φάσεις: αυτή της επιλογής και αυτή της εντολής. Η επικοινωνία στηρίζεται σε δυαδική τυποποίηση των δεδομένων. Στην φάση της επιλογής, ο ελεγκτής «φορτώνει» τη διεύθυνση της προς έλεγχο X10 συσκευής στην γραμμή ισχύος. Στην φάση της εντολής, ο ελεγκτής φορτώνει την ακριβή X10 εντολή. Από τη στιγμή που όλα τα απαραίτητα σήματα έχουν εκπεμφθεί και μεταφέρονται από τη γραμμή ισχύος, η φάση της επιλογής προσφέρει τη δυνατότητα να ανταποκριθούν αποκλειστικά και μόνο οι συσκευές προς τις οποίες είχαν αποσταλεί τα αντίστοιχα σήματα κατά τη διάρκεια της φάσης εντολής. Ο **Πίνακας 5.11** αναφέρει μερικές από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες εντολές.

X10 Εντολές
All units off
All lights off
All lights on
On
Off
Dim
Bright
Status
Hail

Πίνακας 5.11: Διάφορες εντολές του X10.

Αποσκοπώντας στην επικοινωνία με δυαδική μορφή όλοι οι κώδικες του σπιτιού, των μονάδων και των εντολών κωδικοποιούνται δυαδικά.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα αυτού του πρωτοκόλλου συνιστά η έλλειψη μέσων που να υποδεικνύουν εάν μια συγκεκριμένη εντολή είναι εύστοχη – πετυχημένη ή όχι. Λόγου χάριν όταν μια εντολή άνοιξε τα φώτα αποστέλλεται, τότε το X10 δεν παρέχει κανένα μέσο που να έχει επίγνωση για την πραγματικότητα δηλαδή στην προκειμένη περίπτωση αν τα φώτα ήταν ήδη σε λειτουργία.

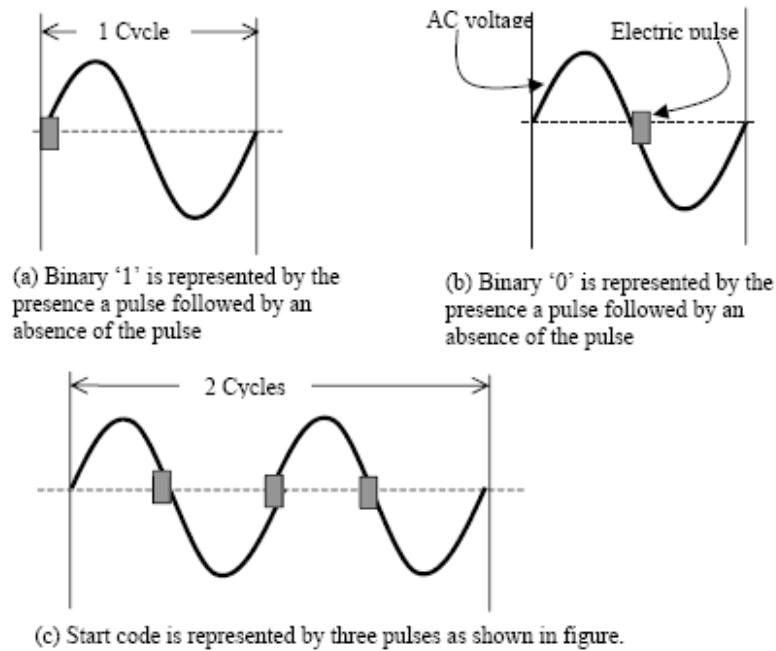
Το X10 παρέχει μια πολύ βασική πλατφόρμα ανακάλυψης υπηρεσιών. Όταν μια καινούρια υπομονάδα συνδέεται με τη γραμμή τροφοδοσίας, αυτή στέλνει ένα πακέτο πληροφορίας το οποίο περιέχει την διεύθυνση του. Το πρωτόκολλο δεν παρέχει τρόπους

5. Έλεγχος Φωτισμού

προκειμένου να κομιστεί η πληροφορία για τη συσκευή η οποία συνδέθηκε στην υπομονάδα. Αυτό συνιστά και ένα δεύτερο αρκετής σπουδαιότητας μειονέκτημα του πρωτοκόλλου καθώς αποτελεί εμπόδιο στη χρησιμοποίηση του για ανακάλυψη υπηρεσιών.

5.7.4 Μετάδοση ψηφιακής πληροφορίας

Τα X10 δυαδικά δεδομένα κωδικοποιούνται με τη μορφή ηλεκτρικών παλμών και μεταδίδονται μέσω των γραμμών τροφοδοσίας (**Εικόνα 5.66**). Αυτές οι μεταδόσεις συντονίζονται στο σημείο μηδέν της εναλλασσόμενης γραμμής μεταφοράς. Από τη στιγμή που η εναλλασσόμενη τάση ακολουθεί ημιτονοειδή κυματομορφή υπάρχουν δύο μηδενισμοί σε κάθε κύκλο εργασίας.



Εικόνα 5.66: Μετάδοση ψηφιακής πληροφορίας.

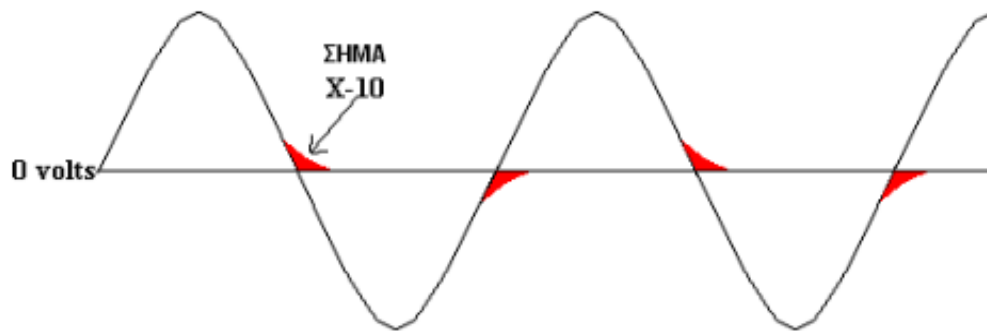
Οι δυο μηδενισμοί είναι απαραίτητοι προκειμένου να κωδικοποιηθούν τα δυαδικά ψηφία 1 και 0. Το δυαδικό 1 αντιστοιχεί σε ένα θετικό παλμό διάρκειας 1ms ακολουθούμενος από την απουσία παλμού στον επόμενο μηδενισμό. Παρόμοια το δυαδικό μηδέν αντιστοιχεί από την απουσία ενός παλμού ακολουθούμενος από την ύπαρξη παλμού στον επόμενο μηδενισμό. Ο κώδικας αρχής αντιστοιχεί σε θετικό παλμό επί τρεις διαδοχικούς μηδενισμούς, ακολουθημένοι από την απουσία παλμού στον επόμενο μηδενισμό.

Όλοι οι δέκτες περιμένουν να ανιχνεύσουν έναν κώδικα έναρξης στις ηλεκτρικές γραμμές. Ο κώδικας έναρξης είναι ισοδύναμος με το 1110. Εάν η πληροφορία που στέλνεται είναι off, ο δέκτης θα σβήσει. Εάν η πληροφορία που στέλνεται είναι on. Ο δέκτης θα τεθεί σε λειτουργία.

Τα σήματα X10 μεταδίδονται στα σημεία όπου το ημιτονικό σήμα τέμνει τον άξονα των 0Volt (**Εικόνα 5.67**). Εκεί υπάρχει ο μικρότερος ηλεκτρικός θόρυβος

Εάν ο θόρυβος είναι σε υψηλότερα επίπεδα από το σήμα X10, τότε το σήμα δε μπορεί να γίνει αντιληπτό. Τα σήματα X10 μπορούν να μεταδίδονται μόνο ένα κάθε φορά. Εάν δύο σήματα μεταδίδονται την ίδια στιγμή, θα συγκρουστούν και δεν θα πραγματοποιηθεί καμία εντολή. Δύο σήματα μπορούν να μεταδίδονται ταυτόχρονα μόνο αν είναι σε διαφορετικό κώδικα. Όταν το σήμα είναι στον ίδιο κώδικα, ο δέκτης X10 θα αγνοήσει το επαναλαμβανόμενο σήμα. Αυτή η κυκλικότητα απαιτείται ώστε να μπορούν οι ενισχυμένοι συζεύκτες (couplers) και οι επαναλήπτες (repeaters) να λειτουργήσουν.^{xxiv}

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.67: Μετάδοση σήματος X10.

5.7.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Από την εξέταση και την παραπάνω ανάλυση του πρωτοκόλλου X10 μπορούμε να εκμαιεύσουμε τα κάτωθι συμπεράσματα σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του.

Αρχικά μπορούμε να συνοψίσουμε τα πλεονεκτήματα στα εξής:

- Απλή και χαμηλού κόστους τεχνολογία
- Μη εξειδικευμένη απαίτηση στην καλωδίωση
- Μεγάλη ποικιλία ελεγκτών ακόμα και για την υλοποίηση απλών εφαρμογών
- Συνδεσιμότητα και ελεγχιμότητα από ηλεκτρονικό υπολογιστή
- Εύκολα επεκτάσιμο

Τα σημεία στα οποία μπορεί να θεωρηθεί πως υστερεί το συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι:

- Συγκεκριμένος αριθμός συσκευών που δύνανται να βρίσκονται υπό έλεγχο (256 που προκύπτει από την διευθυνσιοδότηση)
- Τα X10 σήματα μπορεί να εξασθενήσουν, να τροποποιηθούν, ή ακόμα να παύσουν να υφίστανται εξαιτίας της προβληματικής τροφοδοσίας του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού
- Τα X10 σήματα μπορεί να αλλοιωθούν κατόπιν εισαγωγής θορύβου από το ηλεκτρικό τους περιβάλλον
- Έλλειψη αναφοράς επιτυχημένης δράσης
- Έλλειψη μέσων προσδιορισμού της συσκευής που εμπλέκεται στην επικοινωνία.

5.8 Έλεγχος φωτισμού με το Πρωτόκολλο INSTEON

5.8.1 Εισαγωγή

Το INSTEON, που δημιουργήθηκε από την SmartLabs, καθορίζει το μέλλον των οικιακών δικτύων ελέγχου με μια επαναστατική τεχνολογία που δίνει τη δυνατότητα να ελέγχουμε τα σπίτια μας απλά και οικονομικά ενώ συγχρόνως παρέχει αξιοπιστία και ελαστικότητα περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο σύστημα διαχείρισης στην αγορά. Το INSTEON είναι: οικονομικό, αξιόπιστο και απλό στη χρήση. Είναι παγκοσμίως:

- Το πιο οικονομικό (τα προϊόντα ξεκινούν από 14 €)
- Το πιο αξιόπιστο (σχεδόν 100%)
- Το πιο απλό στη χρήση (εγκαθίσταται σε μερικά λεπτά)
- Η καλύτερη τεχνολογία για απομακρυσμένη διαχείριση και οικιακούς αυτοματισμούς.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.8.2 Πώς δουλεύει το INSTEON

Η αξεπέραστη αξιοπιστία του INSTEON οφείλεται στο γεγονός ότι βασίζεται σε δύο συνεργαζόμενα δίκτυα, που σημαίνει ότι τα μηνύματα στέλνονται και ασύρματα μέσω RF και μέσω της ήδη υπάρχουσας ηλεκτρικής καλωδίωσης. Λόγω του γεγονότος ότι όλες οι INSTEON συσκευές χρησιμοποιούν αμφίδρομη επικοινωνία, κάθε μήνυμα επιβεβαιώνεται με τη λήψη και σε περίπτωση ανίχνευσης λαθών το μήνυμα ξαναστέλνεται αυτομάτως.

Το δίκτυο είναι επίσης «πλεονάζων». Κάθε συσκευή σε ένα δίκτυο INSTEON λαμβάνει και στέλνει κάθε μήνυμα σε κάθε άλλη συσκευή. Έτσι αντί να επιβαρύνεται το δίκτυο με το να προσθέτουμε άλλες INSTEON συσκευές, αυτό δυναμώνει.

- Το INSTEON στέλνει σήματα και μέσω του αέρα (RF) και μέσω της ηλεκτρολογικής καλωδίωσης του σπιτιού.
- Κάθε INSTEON συσκευή έχει τη δική της, μοναδική ταυτότητα (id), παρόμοια με σειριακή διεύθυνση, έτσι ώστε να μην μπορεί κάποιος γείτονας να ελέγχει το σπίτι.
- Κάθε INSTEON συσκευή είναι επαναλήπτης. Έτσι το σήμα φτάνει πάντα στον προορισμό του.
- Κάθε μήνυμα INSTEON επιβεβαιώνεται, αλλιώς ο πομπός αυτόματα ξαναστέλνει το μήνυμα, μέχρι να λάβει επιβεβαίωση.
- Κάθε INSTEON μήνυμα χρειάζεται λιγότερο από 5/100 του δευτερολέπτου για να φτάσει στον προορισμό του και έτσι οι συσκευές ξεκινούν άμεσα.
- Δεν χρειάζεται κεντρικός ελεγκτής ή άλλες ρυθμίσεις του δικτύου.
- Σε κάθε INSTEON συσκευή μπορεί να δοθεί μία ή περισσότερες X10 διευθύνσεις, επιτρέποντας στους X10 controllers να την ελέγχουν. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η συγκεκριμένη συσκευή σαν controller.

5.8.3 Δημοφιλείς χρήσεις του INSTEON

Επειδή το INSTEON δημιουργήθηκε για οικιακούς ελέγχους και αυτοματισμούς, δεν υπάρχει όριο στις δυνατότητες του. Έτσι, μπορεί η γκαραζόπορτα να ειδοποιήσει τα φώτα της κουζίνας να ανάψουν ή ο play διακόπτης του τηλεχειριστηρίου σας μπορεί συγχρόνως να κλείνει τα παντζούρια, να χαμηλώνει τα φώτα και να ανάβει το ηχοσύστημα. Καλό είναι να μην χρησιμοποιείται απλώς για να ειδοποιεί σε περίπτωση καπνού αλλά να ρυθμιστεί ώστε να φωτίζει την έξοδο των ενοίκων σε περίπτωση φωτιάς.

Με το πάτημα ενός διακόπτη δίπλα στο κρεβάτι, κλείνουν όλα τα φώτα του σπιτιού.

- Δημιουργεί ένα ασφαλές μονοπάτι για την εκκένωση των ενοίκων που θα φωτίζεται όταν ο ανιχνευτής καπνού ενεργοποιείται.
- Μπορεί ακόμα να στέλνει μήνυμα στο κινητό μόλις ανιχνευτεί κάποια πιθανή διαρροή στο υπόγειο.

5.8.4 Εφαρμογές INSTEON

Οι εφαρμογές στις οποίες μπορεί το INSTEON να αξιοποιηθεί είναι:

- Απομακρυσμένος έλεγχος φωτισμού.
- Συναγερμός ασφαλείας.
- Οικιακοί αισθητήρες θερμότητας ή υγρασίας.
- Έλεγχος πρόσβασης (κλείδωμα πορτών).
- Διαχείριση ψύξης – θέρμανσης.
- Έλεγχος audio – video.
- Δίκτυο συναγερμού φωτιάς

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.8.5 Χαρακτηριστικά INSTEON

Το φάσμα ενός σήματος INSTEON είναι περίπου 45 μέτρα και μειώνεται από την παρουσία τοίχων και άλλων φυσικών αναστολέων. Το δίκτυο INSTEON είναι σχετικά εύκολο να δημιουργηθεί. Κάποιος μπορεί να συνδέσει μέχρι και 1024 συσκευές σε ένα ενιαίο δίκτυο, αλλά είναι δυνατόν να συνδεθούν τα δίκτυα INSTEON έτσι ώστε ο αριθμός των συσκευών πολλαπλασιάζεται από τον αριθμό των δικτύων^{xxv}. Τα χαρακτηριστικά του INSTEON, τα παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 5.12**).

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	131.65 kHz
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	902- 924 MHz (ISM Band) (900 MHz είναι η ιδανική συχνότητα για να μπορεί να διαπερνά τους τοίχους του σπιτιού. Το INSTEON δεν δημιουργεί παρεμβολές σε άλλες συσκευές)
RF ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ	103 dbm
RF ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ	FSK
ΤΑΧΥΤΗΤΑ	10 μηνύματα το δευτερόλεπτο
ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	16.777.216
ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΝΤΟΛΕΣ	Πάνω από 65.000 (On, Off, Dim, Lock, Open, κλπ.)
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ	Πολύ χαμηλή

Πίνακας 5.12: Χαρακτηριστικά INSTEON.

5.8.6 Εγκατάσταση συσκευών INSTEON

Πάνω από 1000 κατασκευαστές έχουν συμβάσεις με το INSTEON. Μερικοί από αυτούς είναι: RCA, First Alert, Broan NuTone κ.ά. Η τιμή για ένα Development Kit (**Εικόνα 5.68**) ξεκινάει από 72 € και οι μονάδες από 14 €. Η εγκατάσταση των συσκευών INSTEON είναι αρκετά απλή:

- Σύνδεση της συσκευής στην τροφοδοσία.
- Για να επικοινωνήσουν δύο συσκευές, πρέπει να πατηθεί και να κρατηθεί πατημένο το “on” στην πρώτη συσκευή για 10 δευτερόλεπτα.
- Γίνεται ακριβώς το ίδιο και για την δεύτερη συσκευή.
- Η εγκατάσταση ολοκληρώθηκε.



Εικόνα 5.68:INSTEON Development Kit.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.8.7 Αξιοπιστία

Το INSTEON έχει ποσοστό αξιοπιστίας σχεδόν 100%. Πάνω από 10.000.000 πακέτα εξετάστηκαν σε πάνω από 100 σπίτια σε όλη την Αμερική. Ένα ποσοστό επιτυχίας 99,97% καταγράφηκε. Κάθε πακέτο περιέχει ανίχνευση λαθών, έτσι το να ανοίξουν τα φώτα κατά λάθος δεν συμβαίνει σχεδόν ποτέ. Κάθε μήνυμα επιβεβαιώνεται ή αλλιώς ξαναστέλνεται αυτόματα ώστε να είμαστε σίγουροι ότι θα φτάσει στον προορισμό του. Αφού κάθε συσκευή είναι και επαναλήπτης, η αξιοπιστία αυξάνεται με την εγκατάσταση κάθε επιπλέον συσκευής.

Στον επόμενο πίνακα (**Πίνακας 5.13**) ακολουθεί σύγκριση μεταξύ INSTEON και διάφορων άλλων πρωτοκόλλων επικοινωνίας, όπως τα ZigBee, Z-Wave, HomePlug, Bluetooth και X10.

5. Έλεγχος Φωτισμού

	INSTEON	ZigBee	Z-wave	X10	Bluetooth	HomePlug
ΛΙΑΝΙΚΗ ΠΩΛΗΣΗ	\$20+	-	\$40+	\$10+	-	-
ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ	ΑΡΙΣΤΟ	ΚΑΛΟ	ΚΑΛΟ	OK	ΚΑΛΟ	ΚΑΛΟ
ΚΑΘΕ ΠΡΟΙΟΝ ΠΟΥ ΕΓΚΑΘΙΣΤΑΤΑΙ ΒΕΛΤΙΩΝΕΙ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΣΟΝ	2 RF + Powerline	1 RF	1 RF	1 Powerline	1 RF	1 Powerline
All Nodes Repeat? (True-mesh)	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
ΑΠΛΟ,ΔΩΡΕΑΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ROUTER	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΚΟΜΒΟΙ ΑΝΑ ΔΙΚΤΥΟ	16,777,216	256 ANA CONTR OLLER	256 ANA CONTRO LLER	-	8	-
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ X10 ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ

Πίνακας 5.13: Σύγκριση INSTEON με διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.8.8 Οικονομία

Το πιο αξιοσημείωτο στοιχείο του INSTEON είναι το πόσο οικονομικό είναι. Μπορεί να εγκατασταθεί εύκολα σε ένα μεγάλο αριθμό προϊόντων με πολύ χαμηλό κόστος. Πολλές τεχνολογίες υποστηρίζουν ότι είναι οικονομικές αλλά καμία δεν μπορεί να φτάσει το επίπεδο τιμών του INSTEON.

5.8.9 Ταχύτητα

Τα μηνύματα φτάνουν στον προορισμό τους σε λιγότερο από 0,05 δευτερόλεπτα. Δεν είναι δυνατόν να αντιληφθούμε καθυστερήσεις μικρότερες των 0,20 δευτερολέπτων. Όπως είναι κατανοητό δεν μπορούμε να δούμε καθυστερήσεις σε ένα τέτοιο δίκτυο.

5.8.10 Συμβατότητα

Το INSTEON είναι συμβατό με X10 συσκευές και έτσι, αν υπάρχει ήδη οικιακό δίκτυο ελέγχου, δεν είναι ανάγκη να το ξαναφτιάξουμε από την αρχή. Συσκευές που υποστηρίζουν INSTEON μπορούν να αναπαράγουν INSTEON μηνύματα αλλά όχι X10 μηνύματα.^{xxvi}

5.9 Έλεγχος φωτισμού με το Πρωτόκολλο ZigBee

5.9.1 Εισαγωγή

Πρόκειται για πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης. Το πρωτόκολλο αυτό, δημιουργήθηκε από έναν οργανισμό γνωστό ως ZigBee Alliance που αποτελείται από μεγάλες εταιρίες και βιομηχανίες του χώρου που το υποστηρίζουν, ως ένα πρότυπο πολύ χαμηλού κόστους, πολύ χαμηλής κατανάλωσης, αμφίδρομο, ασύρματης επικοινωνίας. Σημαντικότερες χρήσεις του είναι σε ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, αυτοματισμούς, εργοστασιακό έλεγχο, περιφερειακά υπολογιστών, εφαρμογές ιατρικών αισθητήρων, παιχνίδια κ.α.

Το ZigBee είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα πλήθος συσκευών στο σπίτι ή το γραφείο, για παράδειγμα σε φωτισμούς, διακόπτες, εισόδους και ηλεκτρικές συσκευές. Αυτές οι συσκευές μπορούν να αλληλεπιδράσουν χωρίς την χρήση καλωδίωσης και μπορούν να ελεγχθούν από μία και μόνη συσκευή η οποία μπορεί να είναι ένα κινητό τηλέφωνο ή ένα τηλεχειριστήριο. Παρά το γεγονός ότι η τεχνολογία που εισάγει δεν είναι επαναστατική, προχωράει ένα βήμα παραπέρα από τις παραδοσιακές ασύρματες επικοινωνίες όπως ο απλός τηλεχειρισμός για το άνοιγμα της γκαραζόπορτας ή το άναμμα του φωτισμού. Το σημείο που διαφοροποιείται από αυτές τις εφαρμογές είναι το γεγονός ότι επιτρέπει την επικοινωνία δύο δρόμων μεταξύ όλων των συσκευών στις οποίες ενσωματώνεται, δηλαδή τα φώτα, τους διακόπτες, τους θερμοστάτες, τον κλιματισμό κλπ. Μπορεί να καλύψει μεγάλους χώρους, λόγω της αυξημένης εμβέλειάς του και μπορεί να διαχειριστεί πολλούς αισθητήρες που εκτελούν διαφορετικές εργασίες ταυτόχρονα. Ακόμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν απαιτείται επέκταση σε υπάρχουσα εγκατάσταση αυτοματισμού σπιτιού τεχνολογίας BUS/SCS (π.χ. για την προσθήκη ενός ακόμα σημείου ελέγχου σε υπάρχουσα εγκατάσταση).

Το ZigBee έχει σχεδιαστεί για να μεταδίδει δεδομένα σε χαμηλές ταχύτητες (20 kb/s, 40 kb/s, και 250 kb/s) και έτσι είναι λιγότερο ενεργοβόρο. Έχει δυνατότητα λειτουργίας σε συχνότητες από 868 Mhz έως και 2,4 Ghz. Ανάλογα με την εφαρμογή και τον τύπο της μπαταρίας που θα χρησιμοποιηθεί, η αυτονομία ενός συστήματος με ασύρματη δικτύωση που κάνει χρήση αυτού του πρωτοκόλλου μπορεί να φτάσει ακόμη και τα 10 χρόνια. Ένα δίκτυο βασισμένο στο ZigBee χρησιμοποιεί ψηφιακούς πομπούς για να επικοινωνήσει μεταξύ των

5. Έλεγχος Φωτισμού

διαφορετικών συσκευών που βρίσκονται διάσπαρτες στον χώρο. Μία από τις συσκευές πρέπει να λειτουργεί ως συντονιστής (coordinator) για να γνωρίζει όλους τους κόμβους του δικτύου και να διαχειρίζεται την πληροφορία που ανταλλάσσεται μεταξύ των κόμβων και του δικτύου συνολικά. Σε ένα δίκτυο ZigBee εκτός από τον συντονιστή, άλλες συσκευές δρουν ως δρομολογητές και άλλες ως οι συσκευές που αλληλεπιδρούν με τον φυσικό κόσμο.

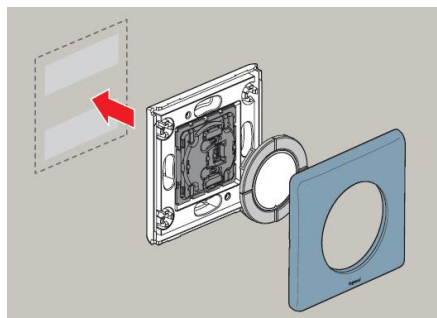
Τα δίκτυα ZigBee μπορούν να λειτουργήσουν είτε σε λειτουργία περιοδικής εκπομπής ενός σήματος συντονισμού, είτε σε λειτουργία μη εκπομπής. Στην πρώτη περίπτωση ένα σήμα αποστέλλεται περιοδικά από το συντονιστή, το οποίο σαν επακόλουθο έχει να «ξυπνά» όλες τις συσκευές του δικτύου οι οποίες πρέπει να ενημερώσουν τον συντονιστή αν έχουν κάποιο μήνυμα να αποστείλουν. Εάν όχι, τότε η κάθε συσκευή επιστρέφει σε κατάσταση αναμονής.

Στην άλλη περίπτωση, όταν δεν υπάρχει αυτή η περιοδική εκπομπή του σήματος από τον συντονιστή, το δίκτυο το οποίο δημιουργείται είναι λιγότερο συντονισμένο, καθώς η κάθε τερματική συσκευή εκπέμπει ένα σήμα το οποίο θα πρέπει να φτάσει στο συντονιστή περνώντας από όλους τους ενδιάμεσους κόμβους του δικτύου. Σε αυτή την περίπτωση, ο συντονιστής θα πρέπει να είναι συνεχώς σε λειτουργία για να είναι έτοιμος σε κάθε σήμα που μπορεί να ληφθεί, καταναλώνοντας έτσι μεγαλύτερα ποσά ενέργειας.

Σε κάθε περίπτωση όμως, ένα δίκτυο αποτελούμενο από συσκευές που ενσωματώνουν το πρωτόκολλο IEEE802.15.4⁶ διατηρεί την κατανάλωση ισχύος σε χαμηλά επίπεδα διότι η πλειοψηφία των συσκευών του δικτύου παραμένουν ανενεργές για μεγάλα χρονικά διαστήματα.^{xxvii}

5.9.2 Κύρια χαρακτηριστικά

Επειδή το ZigBee είναι ασύρματο δίκτυο, τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι ο πομπός και ο δέκτης. Ως πομπός θεωρείται οποιαδήποτε συσκευή ή μηχανισμός που μπορεί να στείλει μια εντολή ρύθμισης ή ελέγχου ασύρματα σύμφωνα, με το συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Η εντολή αυτή μπορεί να αφορά τον έλεγχο φωτισμού (ένανση/σβέση, ρύθμιση φωτεινότητας), έλεγχο ρολών (άνοιγμα/κλείσιμο, συγκεκριμένη θέση) ακόμα και ορισμού τεχνικού συναγερμού (ανίχνευση παρουσίας αερίου και νερού). Η τοποθέτηση του είναι επιτοίχια με ταινία διπλής όψης (**Εικόνα 5.69**), δηλαδή δεν απαιτούνται επεμβάσεις στους τοίχους για υφιστάμενη εγκατάσταση και η τροφοδοσία του με μπαταρία. Τέλος, ο πομπός μπορεί να είναι με πλάκα αφής ή με μπουτόν (**Εικόνα 5.70**).



Εικόνα 5.69: Εγκατάσταση Πομπού.

⁶ Το Zigbee βασίζεται πάνω στο 802.15.4. (το ZigBee δεν είναι το IEEE 802.15.4, ούτε το IEEE 802.15.4 είναι το ZigBee). Χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων που προδιαγράφονται στο IEEE 802.15.4.

5. Έλεγχος Φωτισμού

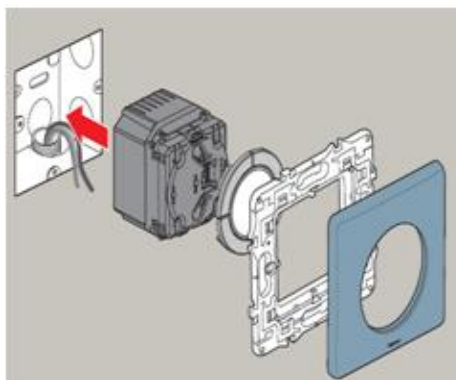


Εικόνα 5.70: Πομποί ZigBee.

Ο δέκτης μπορεί να είναι οποιαδήποτε συσκευή ή μηχανισμός που αντιλαμβάνεται την εντολή του πομπού και έχει τη δυνατότητα να την εκτελεί ή να την αναμεταδίδει (**Εικόνα 5.71**). Συνήθως, τοποθετείται σε κουτιά εντοιχισμού. Συνεπώς, σε περίπτωση ανακαίνισης χρησιμοποιούνται τα ήδη υπάρχοντα κουτιά εντοιχισμού κι οι υπάρχουσες καλωδιώσεις για την εγκατάσταση των συσκευών, ενώ για την επέκταση του συστήματος χρησιμοποιούνται ασύρματοι μηχανισμοί κεντρικού ελέγχου. Επίσης, συνδέεται στο δίκτυο των 230V και στο φορτίο που ελέγχει (**Εικόνα 5.72**).



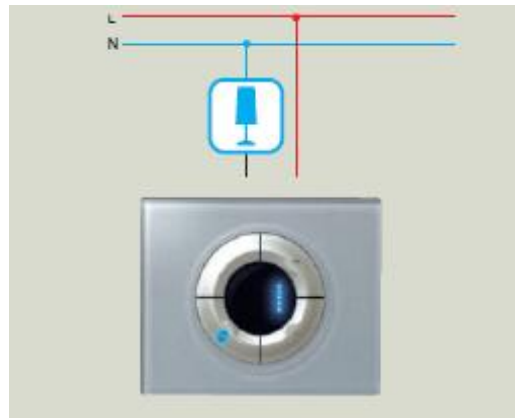
Εικόνα 5.71: Δέκτες ZigBee.



Εικόνα 5.72: Εγκατάσταση δέκτη.

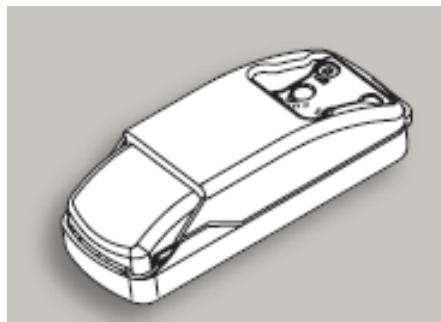
Ως δέκτης επίσης, μπορεί να θεωρηθεί κάθε συσκευή συμβατή με το ZigBee και έχει το ρόλο ρυθμιστή φωτισμού. Συνδέεται χωρίς ουδέτερο και η ρύθμιση πραγματοποιείται με τη βοήθεια φωτεινής ένδειξης της έντασης (**Εικόνα 5.73**). Επιτρέπει τον έλεγχο και τη ρύθμιση φορτίων 60 - 300 W, αλλά δεν είναι κατάλληλη για οικονομικούς λαμπτήρες, καθώς αυτοί συνήθως δεν ντιμάρονται εύκολα.

5. Έλεγχος Φωτισμού

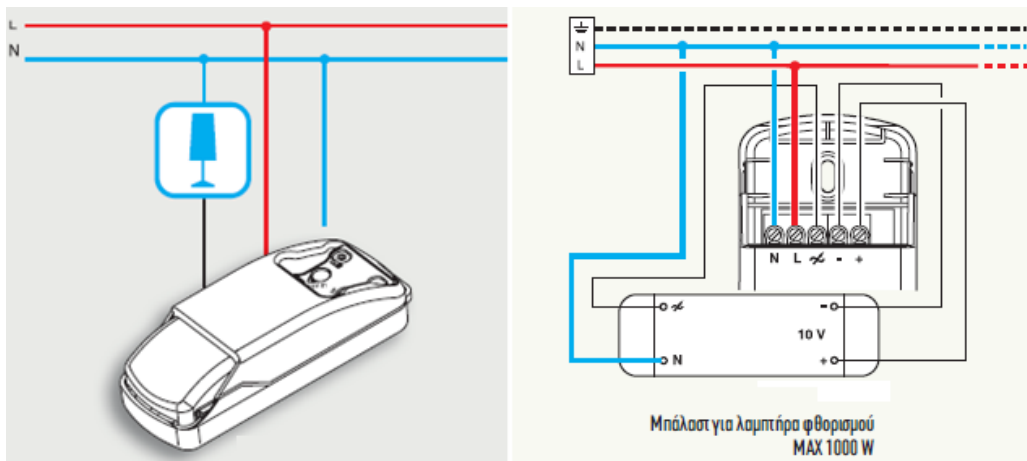


Εικόνα 5.73: Συνδεσμολογία δέκτη.

Ένα άλλο είδος δέκτη, είναι συσκευές που τοποθετούνται σε ψευδοροφή και επιτρέπουν τον έλεγχο (έναυση/σβέση ή ρύθμιση φωτεινότητας) φορτίων μέχρι 600 W ή μπάλαστ 0 έως 10V (**Εικόνα 5.74**). Και στις δύο περιπτώσεις, το ελεγχόμενο στοιχείο, δε συνδέεται με τη φάση (**Εικόνα 5.75**).



Εικόνα 5.74: Διακόπτης και ρυθμιστής φωτισμού ψευδοροφής.



Εικόνα 5.75: Συνδεσμολογία ρυθμιστή φωτισμού για φορτίο μέχρι 600 W και για μπάλαστ 0-10 V Max 1000 W.

Εκτός από τους πομπούς και τους δέκτες για τοπικό χειρισμό, ο χρήστης έχει επιπλέον και τη δυνατότητα του απομακρυσμένου ελέγχου. Επιτρέπει τον έλεγχο 4 μηχανισμών ή την ενεργοποίηση 4 σεναρίων. Το τηλεχειριστήριο μπορεί να είναι της κλασικής μορφής και να λειτουργεί με εκπομπή IR και RF, να έχει τη μορφή ενός τηλεχειριστηρίου μπρελόκ ή ακόμα και επιτραπέζιο ασύρματο (**Εικόνα 5.76**).

5. Έλεγχος Φωτισμού



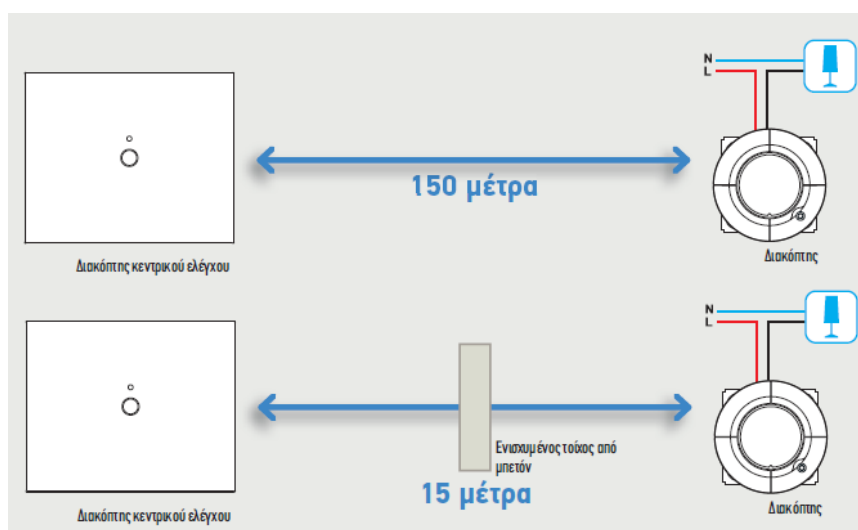
Εικόνα 5.76: Διάφορα τηλεχειριστήρια.

Σε πολλές εφαρμογές, χρησιμοποιούνται αισθητήρες κίνησης και φωτισμού (multi-sensors), οι οποίοι προσδίδουν καλύτερο έλεγχο στον αυτοματισμό και μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Οι ανιχνευτές αυτοί πρέπει να είναι συμβατοί με το ZigBee και μπορούν να είναι επιτοίχιοι, χωνευτοί ή οροφής (Εικόνα 5.77). Ανάλογα με το τύπο του αισθητήρα μεταβάλλεται η εμβέλεια και το εύρος ανίχνευσής τους (σε μοίρες).



Εικόνα 5.77: Διάφοροι τύποι αισθητήρων κίνησης και φωτισμού.

Ο μέγιστος αριθμός συσκευών που μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο, είναι 65000. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να δημιουργηθούν συστήματα απεριόριστου μεγέθους κι όλες οι απαιτούμενες λειτουργίες μπορούν να ελεγχθούν ακόμα και σε μεγάλες εγκαταστάσεις. Η μέγιστη απόσταση ανάμεσα σε 2 συσκευές είναι 150 m σε ανοιχτό χώρο και 15 m στο εσωτερικό της εγκατάστασης (Εικόνα 5.78).



Εικόνα 5.78: Μέγιστη απόσταση ανάμεσα σε 2 συσκευές.

Εκτός από τη προκαθορισμένη μέθοδο ορισμού μιας συσκευής ως πομπό ή δέκτη, υπάρχει και η μέθοδος της ταυτοποίησης (Push and Learn). Ουσιαστικά, πρόκειται για

5. Έλεγχος Φωτισμού

σχετικά απλή μέθοδο, κατά την οποία πραγματοποιείται χειροκίνητη ταυτοποίηση κάθε συσκευής (**Εικόνα 5.79**). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προγραμματισμό βασικών εντολών (έλεγχος φωτισμού ή/και ρολών, τεχνικός συναγερμός).

Είναι η ιδανική λύση:

- για νέες, απλές εγκαταστάσεις
- σε περίπτωση ανακαίνισης που δεν επιθυμείται η επέμβαση στους τοίχους
- για την εξέλιξη μίας συμβατικής ηλεκτρολογικής εγκατάστασης σε απλό αυτοματισμού σπιτιού
- όταν απαιτείται επέκταση σε υπάρχουσα εγκατάσταση αυτοματισμού σπιτιού (π.χ. για την προσθήκη ενός ακόμα σημείου ελέγχου σε υπάρχουσα εγκατάσταση).^{xxviii}



Εικόνα 5.79: Μέθοδος “Push and Learn”.

5.9.3 Τοπολογίες επικοινωνιών

Πριν αναφερθούν οι τοπολογίες δικτύου που αφορούν το ZigBee, πρέπει να αναφερθούν οι δύο τύποι συσκευών που ορίζει η προτυποποίηση IEEE 802.15.4. Η πρώτη είναι η πλήρης IEEE 802.15.4 συσκευή (Full Function Device – FFD) και μπορεί να εκτελέσει όλες τις απαιτούμενες από το δίκτυο λειτουργίες. Μία τυπική FFD, συνήθως τροφοδοτείται από ανεξάντλητη πηγή (τροφοδοτικό AC από την ηλεκτρική εγκατάσταση). Πρέπει να είναι συνεχώς ενεργοποιημένη και συνδεδεμένη με το ασύρματο δίκτυο. Ο δεύτερος τύπος συσκευών είναι οι συσκευές περιορισμένων δυνατοτήτων (Reduce Function Device – RFD). Οι εργασίες που μπορούν να εκτελέσουν περιορίζονται στον έλεγχο εξωτερικών συσκευών και διακοπών και στη δειγματοληψία αισθητήρων. Συνήθως, επειδή τροφοδοτούνται μέσω μπαταριών, είναι προγραμματισμένες να κοιμούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Το πρωτόκολλο ZigBee παίρνει τους ορισμούς των συσκευών FFD και RFD του IEEE 802.15.4 και ορίζει τρεις τύπους δικών του συσκευών. Ο Συντονιστής δικτύου (ZigBee Coordinator), είναι μία FFD συσκευή, μοναδική ανά δίκτυο ZigBee, και είναι αυτή που το δημιουργεί. Αυτός μπορεί να αποθηκεύει πληροφορίες για το δίκτυο στο οποίο ανήκει και να λειτουργεί ως αποθετήριο για λειτουργίες ασφάλειας. Μόλις ο Συντονιστής ορίσει το δίκτυο, αναθέτει διευθύνσεις δικτύου στις συσκευές που επιτρέπεται να συνδεθούν σε αυτό. Επίσης, διαχειρίζεται τον πίνακα δικτύωσης και δρομολογεί τα μηνύματα μεταξύ των RFD.

Στη συνέχεια, έχουμε το Τερματικό (ή τελικός μηχανισμός) (ZigBee End Device). Η συσκευή αυτή, είναι ο κόμβος του δικτύου που είναι συνδεδεμένος με αισθητήρες ή εκτελεί εργασίες ελέγχου εξωτερικά συνδεδεμένων συσκευών. Πρόκειται για μηχανισμούς που εκτελούν μόνο τις βασικές λειτουργίες, συνδιαλεγόμενοι με τον συντονιστή και τον router και οι οποίοι δεν μπορούν να εκπέμψουν δεδομένα που δέχονται από άλλους μηχανισμούς. Συγκεκριμένα, μπορεί να είναι μηχανισμοί που τροφοδοτούνται από μπαταρία (διακόπτης κεντρικού ελέγχου, γενικό χειριστήριο ρολών, ρυθμιστής κεντρικού ελέγχου, γενικός διακόπτης 4 σεναρίων, τηλεχειριστήριο μπρελόκ και IR / RF). Το Τερματικό μπορεί να είναι είτε FFD είτε RFD. Αυτό καθορίζεται από τη φύση των εργασιών που προορίζεται να

5. Έλεγχος Φωτισμού

εκτελεί. Αν, για παράδειγμα, ο αισθητήρας πρέπει να δειγματοληπτείται συνέχεια, επειδή ελέγχει κάποιο κρίσιμο μέγεθος, επιλέγεται FFD.

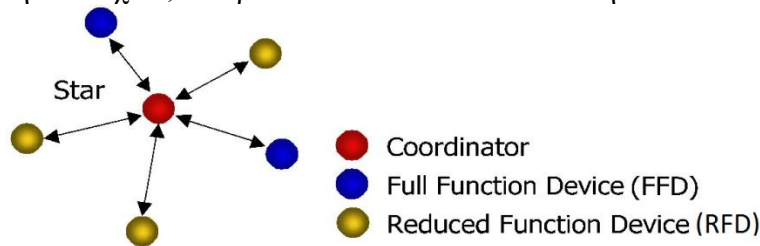
Το τρίτο είδος συσκευής του δικτύου, είναι ο Δρομολογητής (ZigBee Router) και η παρουσία του είναι προαιρετική.

Ο Δρομολογητής, είναι μία FFD συσκευή, η οποία επιτρέπει να συνδεθούν στο δίκτυο περισσότεροι κόμβοι. Δρομολογητής θεωρούνται οι μηχανισμοί που συνδέονται με το δίκτυο των 230 V (διακόπτης, τοπικό χειριστήριο ρολών, ρυθμιστής έντασης φωτισμού, μονάδα ελέγχου ψευδοροφής). Έτσι, με τη χρήση Δρομολογητών, είναι δυνατό να επεκτείνουμε το μέγεθος και το εύρος του δικτύου, καθώς, συσκευές που βρίσκονται εκτός της εμβέλειας του Συντονιστή, μέσω Δρομολογητών μπορούν να συνδεθούν κανονικά.

Οι συσκευές RFD μπορούν να λειτουργήσουν μόνο ως καταληκτικά σημεία – κόμβοι σε ένα δίκτυο και για να επικοινωνήσουν χρειάζονται τουλάχιστον μια συσκευή FFD.^{xxix}

Τοπολογία Αστέρα (Star Network):

Η τοπολογία αστέρα περιλαμβάνει ένα συντονιστή (Coordinator) και μια ή περισσότερες τελικές συσκευές (τερματικά) (**Εικόνα 5.80**). Στην τοπολογία αστέρα, όλες οι τελικές συσκευές επικοινωνούν μόνο με τον Συντονιστή. Αν κάποια τελική συσκευή χρειαστεί να μεταφέρει δεδομένα σε μια άλλη τελική συσκευή, στέλνει τα δεδομένα στον Συντονιστή. Αυτός στην συνέχεια, τα προωθεί στον τελικό αποδέκτη.



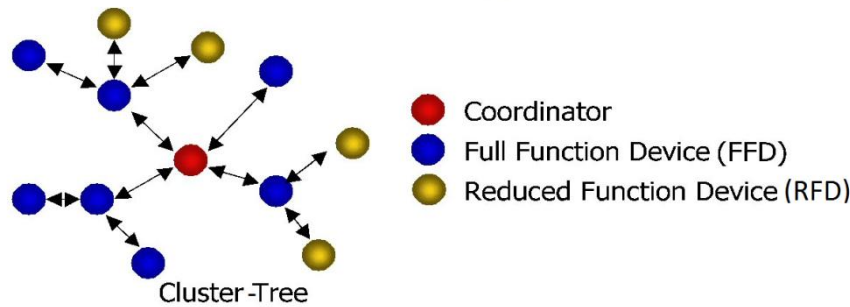
Εικόνα 5.80: Τοπολογία Αστέρα.

Τα τερματικά, είναι φυσικά και ηλεκτρικά απομονωμένα μεταξύ τους, και ο μόνος τρόπος για να ανταλλάξουν πληροφορίες είναι μέσω του Συντονιστή. Ο Αστέρας, θεωρείται δίκτυο μονής αναπήδησης (single hop), καθώς υπάρχει μόνο ένα επιτρεπτό μονοπάτι ανάμεσα σε οποιοδήποτε τερματικό και το Συντονιστή. Ένα σημαντικό μειονέκτημα της τοπολογίας αυτής, είναι ότι όλοι οι κόμβοι πρέπει να είναι εντός της εμβέλειας του Συντονιστή.

Τοπολογία Δέντρου ή Συστάδας (Cluster – Tree Topology):

Μια άλλη τοπολογία δικτύου είναι αυτή του δέντρου συμπλεγμάτων (Cluster Tree). Σε αυτή την τοπολογία, οι τελικές συσκευές μπορούν να συνδεθούν είτε στον Συντονιστή του δικτύου είτε σε κάποιο Δρομολογητή (**Εικόνα 5.81**). Οι Δρομολογητές, επιτελούν δύο λειτουργίες. Μια είναι η αύξηση του μέγιστου αριθμού των συσκευών που μπορούν να υπάρχουν στο δίκτυο. Η άλλη είναι η αύξηση της φυσικής εμβέλειας του δικτύου. Με την προσθήκη ενός Δρομολογητή, η τελική συσκευή δεν χρειάζεται να βρίσκεται εντός της εμβέλειας του Συντονιστή. Όλα τα μηνύματα σε αυτή την τοπολογία κινούνται με την ιεραρχία δέντρου. Το Δέντρο, είναι ουσιαστικά πολλοί Αστέρες, όπου οι κεντρικοί κόμβοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, τα τερματικά δεν έχουν άμεση επικοινωνία μεταξύ τους, αλλά, όλα τα μηνύματα πρέπει να περάσουν από τουλάχιστον ένα Δρομολογητή ή το Συντονιστή. Η τοπολογία αυτή, θεωρείται πολλαπλών αναπηδήσεων (multi hop), καθώς υπάρχουν πολλά μονοπάτια επικοινωνίας ενός κόμβου με το Συντονιστή.

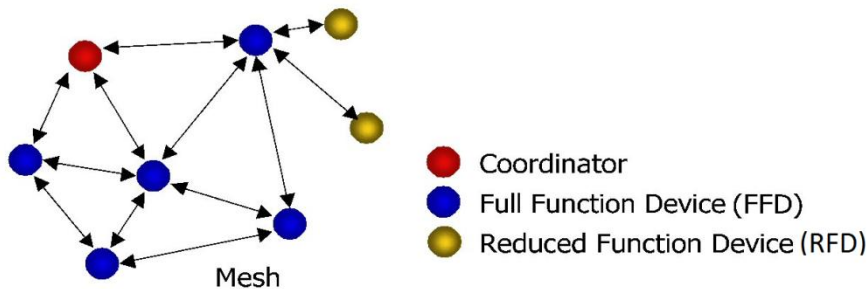
5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.81: Τοπολογία Δέντρου ή Συστάδας (Cluster – Tree Topology).

Τοπολογία Πλέγματος (Mesh Topology, Peer to Peer):

Ένα δίκτυο πλέγματος (mesh), που αποτελεί και τη γενικότερη μορφή ενός δικτύου ZigBee, είναι παρόμοιο με αυτό του τύπου συμπλέγματος δέντρου, με τη διαφορά ότι τα FFD μπορούν να μεταβιβάσουν τα μηνύματα απευθείας σε άλλα FFD χωρίς να ακολουθηθεί η ιεραρχία δέντρου (Εικόνα 5.82). Για τυχόν μηνύματα που πρέπει να μεταδοθούν εκτός εμβέλειας, η πληροφορία αναπηδά από κόμβο σε κόμβο μέχρι τον τελικό προορισμό της. Ωστόσο, τα μηνύματα προς τα RFD πρέπει και πάλι να περάσουν από τη γονική συσκευή. Τα πλεονεκτήματα αυτής της τοπολογίας είναι ότι μικραίνει η καθυστέρηση στη μεταβίβαση των μηνυμάτων και υπάρχει μεγαλύτερη αξιοπιστία.^{xxvii}



Εικόνα 5.82: Τοπολογία Πλέγματος (Mesh Topology, Peer to Peer).

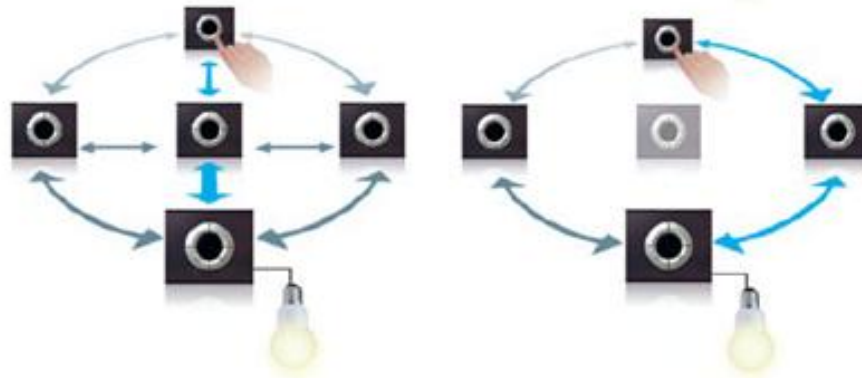
Στην περίπτωση που έχουμε μια μόνο συσκευή FFD και πολλές RFD, το δίκτυο μπορεί να λειτουργήσει μόνο σε τοπολογία αστέρα όπου οι RFD συνδυάζονται στην κεντρική FFD. Σε κάθε άλλη περίπτωση όμως, όταν δηλαδή έχουμε πολλαπλές FFD το δίκτυο μπορεί να έχει και τη μορφή δέντρου ή πλέγματος.^{xxix}

Από άποψη αριθμού κόμβων-αισθητήρων που μπορούν να διαχειριστούν, τα ZigBee δίκτυα μπορούν να διαχειριστούν και να ελέγξουν περισσότερους από 254 κόμβους, αριθμός που είναι κατά πολύ μεγαλύτερος απ' ό τι είναι στα άλλα δίκτυα.

Στα δίκτυα ZigBee, οι κόμβοι χρειάζονται πολύ λιγότερη ενέργεια για να λειτουργήσουν. Η κατανάλωση ενέργειας είναι 30μΑ, ενώ στα WiFi και στα Bluetooth η κατανάλωση ενέργειας είναι αντίστοιχα 350μΑ και 65-170μΑ. Μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, σημαίνει και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των μπαταριών των κόμβων-αισθητήρων. Έτσι, διασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του δικτύου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.^{xxx}

Σημαντικό πλεονέκτημα του ZigBee, είναι ότι η επικοινωνία είναι αμφίδρομη. Όλες οι συσκευές μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους στο δίκτυο. Η εντολή ελέγχου φωτισμού θα ακολουθήσει τη συντομότερη διαδρομή. Εάν ένα προϊόν δεν λαμβάνει πλέον καμία πληροφορία, το κοντινότερο προϊόν αυτόματα αναλαμβάνει δράση (Εικόνα 5.83).^{xxxi}

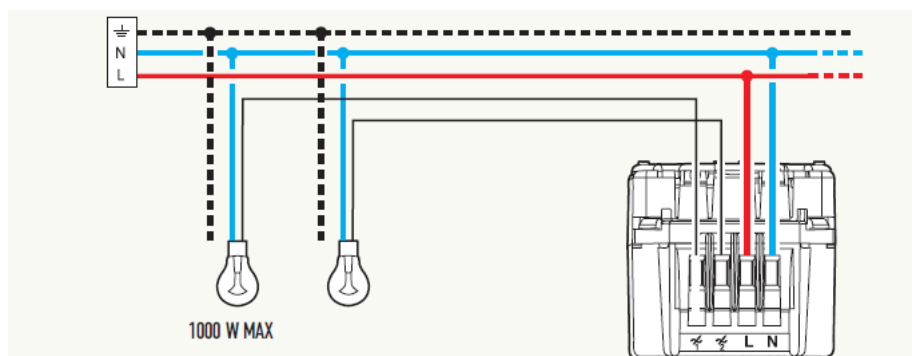
5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.83: Επικοινωνία συσκευών.

5.9.4 Εφαρμογές

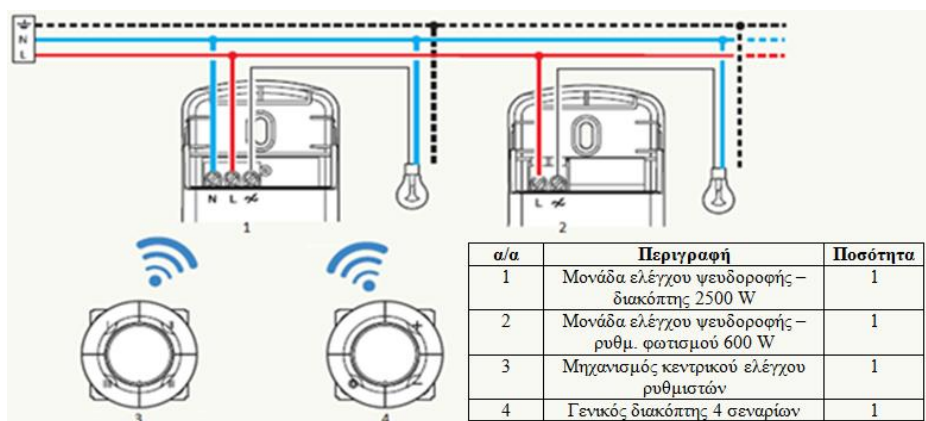
Για να γίνει πιο κατανοητή η χρησιμότητα και η λειτουργία του ZigBee, θα γίνει ανάλυση της εγκατάστασης και της λειτουργίας του σε πραγματική εφαρμογή. Στην **Εικόνα 5.84**, παρουσιάζεται το πολυγραμμικό σχέδιο ελέγχου 2 σημείων φωτισμού. Και τα 2 σημεία ελέγχονται από ένα διακόπτη RF. Ο έλεγχος που εφαρμόζεται εδώ, αφορά την έναυση και τη σβέση των φωτιστικών σωμάτων από τον ίδιο διακόπτη. Η συνδεσμολογία και ο τρόπος λειτουργίας είναι ίδιες με το κύκλωμα ελέγχου με κλασικό διακόπτη κομιτατέρ. Το κόστος του ελεγκτή είναι 124,80 €.



Εικόνα 5.84: Έλεγχος 2 σημείων φωτισμού.

Στη συνέχεια, θα παρουσιαστεί μια πιο σύνθετη εφαρμογή ελέγχου πάλι 2 σημείων φωτισμού, αλλά με τη προσθήκη σεναρίων. Και τα 2 σημεία φωτισμού είναι τοποθετημένα σε ψευδοροφή. Το 1^ο σημείο φωτισμού εκτελεί έλεγχο έναυσης/σβέσης και το 2^ο ρύθμιση φωτεινότητας. Η διάταξη αποτελείται από ένα γενικό διακόπτη 4 σεναρίων, 1 κεντρικό ελεγκτή, 1 ελεγκτή-διακόπτη ψευδοροφής και από 1 ελεγκτή-ρυθμιστή φωτεινότητας (**Εικόνα 5.85**). Ο γενικός διακόπτης και παίζει το ρόλο του συντονιστή (FFD), ο κεντρικός ελεγκτής λειτουργεί ως FFD και οι τοπικοί ελεγκτές ως RFD. Το συνολικό κόστος της εφαρμογής εμφανίζει ο **Πίνακας 5.14**.

5. Έλεγχος Φωτισμού



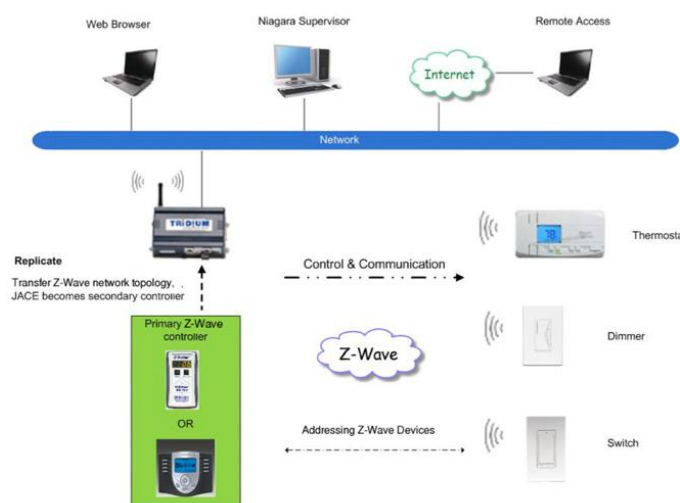
Εικόνα 5.85: Έλεγχος 2 σημείων φωτισμού και διαχείριση σεναρίων.

α/α	Περιγραφή	Κόστος(€)
1	Μονάδα ελέγχου ψευδοροφής – διακόπτης 2500 W	199,00
2	Μονάδα ελέγχου ψευδοροφής – ρυθμ. φωτισμού 600 W	207,50
3	Μηχανισμός κεντρικού ελέγχου ρυθμιστών	67,03
4	Γενικός διακόπτης 4 σεναρίων	57,52
Γενικό Σύνολο		531,05

Πίνακας 5.14: Κόστος εφαρμογής ελέγχου 2 φωτιστικών σημείων με σεσνάρια.

5.10 Έλεγχος φωτισμού με το Πρωτόκολλο Z-Wave

Το Z-Wave είναι ένα διαλειτουργικό ασύρματο πρωτόκολλο επικοινωνίας που αναπτύχθηκε από τη Δανέζικη εταιρεία Zensys και τη Συμμαχία Z-Wave. Σχεδιάστηκε για συσκευές χαμηλής ισχύος και χαμηλού εύρους ζώνης, όπως τα δίκτυα οικιακών αυτοματισμών και αισθητήρων. Πρόκειται για ένα προσιτό σύστημα ελέγχου σπιτιού ή επαγγελματικού χώρου (γραφείο, φροντιστήριο, μαγαζί, κλπ). Ο έλεγχος πραγματοποιείται ασύρματα με ένα τηλεχειριστήριο, με H/Y ή με το κινητό τοπικά ή μέσω internet (Εικόνα 5.86).



Εικόνα 5.86: Δυνατότητες παρακολούθησης και ελέγχου.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.10.1 Περιπτώσεις χρήσης

Θα μπορούσε κάποιος να ενδιαφερθεί για τις συσκευές Z-Wave λόγω αναγκών αυτοματοποίησης, αν ήθελε να κάνει ένα από τα παρακάτω:

- Έλεγχο φωτισμού από μακριά.
- Έλεγχο ρολών, κουρτινών, ή οθονών προβολής.
- Έλεγχο και παρακολούθηση θερμοστάτη από απόσταση.
- Έλεγχο "σεναρίων". Μια σκηνή μπορεί να θέσει το επίπεδο διάφορων διακοπών φωτισμού συγχρόνως. Για παράδειγμα, ένα σενάριο "Start a movie" μπορεί να κλείσει τα φώτα σε όλο τον πρώτο όροφο εκτός του καθιστικού, να εξασθενίσει τα συγκεκριμένα φώτα στο 20%, και να κλείσει τα ρολά στο καθιστικό.
- Έναρξη σεναρίων με εξωτερικά γεγονότα όπως το άνοιγμα της πόρτας του γκαράζ, κίνηση που ανιχνεύεται από έναν ανιχνευτή κίνησης, ή ο χρόνος της ημέρας.



Εικόνα 5.87: Δυνατότητες ελέγχου του Z-Wave.

5.10.2 Σύγκριση Z-Wave με X10

Το Z-Wave είναι, υπό κάποια έννοια, ένα καλύτερο X10. Εκεί που το X10 έστελνε σήματα πάνω από γραμμές ισχύος και προσέφερε έναν προαιρετικό προσαρμοστή RF, το Z-Wave είναι απολύτως βασισμένο στο RF. Τα συστήματα Z-Wave αποκρίνονται πολύ γρηγορότερα από ό,τι τα βασιζόμενα στο X10 συστήματα, και προσφέρουν τοπική αναγνώριση για να εξασφαλίσουν ότι τα μηνύματα δεν χάνονται χωρίς παραγωγή λάθους. Τα συστήματα X10 χρειάστηκαν κατά προσέγγιση ένα δευτερόλεπτο για να στείλουν μια εντολή. Το Z-Wave μπορεί να στείλει μια εντολή και να λάβει μια αναγνώριση σε περίπου 50ms. Οι περισσότεροι κόμβοι σε ένα σύστημα Z-Wave είναι επίσης επαναλήπτες. Έτσι, ένας ελεγκτής δεν χρειάζεται να βρίσκεται εντός του εύρους εκπομπής της συσκευής στην προσπάθει να απευθυνθεί εάν μια σειρά από άλματα πάει το μήνυμα εκεί.

Επίσης, το Z-Wave έχει καλύτερη ασφάλεια από το X-10. Κάθε ελεγκτής έχει έναν αρχικό κωδικό 32 bit. Όταν αυτός ο ελεγκτής χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθεί ένα δίκτυο, αυτός ο αρχικός κωδικός ανατίθεται σε κάθε συσκευή και ελεγκτή καθώς αυτοί προστίθενται στο δίκτυο. Συγκρίνοντας το με το X10, το οποίο έχει 16 αρχικούς κωδικούς (ή 4 bits), το Z-Wave έχει 32. Οι συσκευές Z-Wave «ακούν» μηνύματα για άλλους αρχικούς κωδικούς, αλλά δεν τα μεταφέρουν ούτε απαντούν σε αυτά.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.10.3 Στήσιμο ενός δικτύου συσκευών

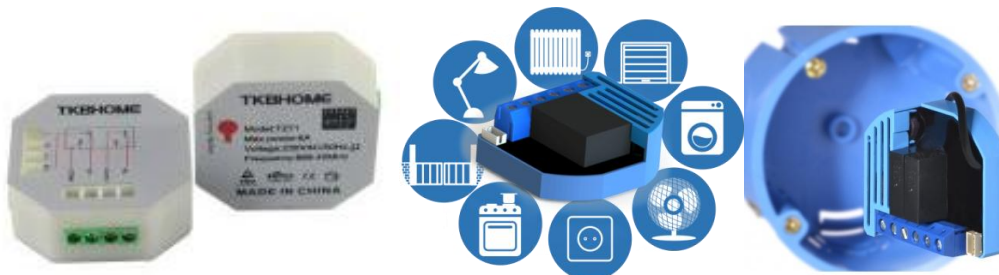
Για να αρχίσει κάποιος να χρησιμοποιεί ένα δίκτυο συσκευών Z-Wave θα χρειαστεί τουλάχιστον έναν ελεγκτή (controller) (**Εικόνα 5.88**) και μια ελεγχόμενη συσκευή (module) η οποία μπορεί να συνδέεται στη πρίζα (plugin module) (**Εικόνα 5.89**) ή να είναι αρκετά μικρών διαστάσεων (micro module) και να πραγματοποιεί έλεγχο ON/OFF ή ρύθμιση φωτεινότητας (**Εικόνα 5.90**). Ένας ελεγκτής δεν μπορεί να ελέγξει μια συσκευή μέχρις ότου αυτή «προστεθεί» στο δίκτυο. Συνήθως αυτό απαιτεί το πάτημα μιας σειράς πλήκτρων στον ελεγκτή και ένα κουμπί στη συσκευή για να τα ταιριάξει. Επίσης ο ελεγκτής έχει τη δυνατότητα αυτόνομης τροφοδοσίας (μπαταρίες) για την εύκολη μεταφορά του όταν απαιτηθεί ο εντοπισμός και η εγκατάσταση νέας συσκευής στο δίκτυο.



Εικόνα 5.88: Z-Wave controllers.



Εικόνα 5.89: Z-Wave Plugin Modules.



Εικόνα 5.90: Z-Wave Micro Modules.

Κάθε ελεγκτής είναι διαφορετικός στο πώς στη συνέχεια ελέγχει τη συσκευή. Αυτή η σειρά αρχικοποίησης απέχει από το να είναι διαισθητική σε κάποιους ελεγκτές και είναι ίσως η αδυναμία του όλου συστήματος όσον αφορά τη χρηστικότητα. Εντούτοις, αυτή η διαδικασία χρειάζεται να γίνει μόνο μία φορά και επαναλαμβάνεται για κάθε συσκευή στο σύστημα. Επειδή ο ελεγκτής μαθαίνει την ισχύ του σήματος μεταξύ των συσκευών κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, είναι σημαντικό οι ίδιες οι συσκευές να βρίσκονται στην τελική τους θέση πριν προστεθούν στο σύστημα. Επίσης, είναι σημαντικό, εάν ένας κόμβος πρέπει να αφαιρεθεί, να αφαιρείται με τον σωστό τρόπο από το σύστημα χρησιμοποιώντας μια διαδικασία «αφαίρεσης». Γενικά δεν προτείνεται να αφαιρείται απλώς το καλώδιο ή να αλλάζει η θέση του.

5. Έλεγχος Φωτισμού

Μια πιο απλή και οικονομική λύση για τον ελεγκτή, είναι η χρησιμοποίηση ειδικών USB Sticks (**Εικόνα 5.91**). Όταν ένα τέτοιο Stick συνδέεται με ένα κεντρικό υπολογιστή, γίνεται μια συσκευή επικοινωνίας Z-Wave. Εντός του ασύρματο δικτύου Z-Wave, το Z-Stick λειτουργεί ως ένας στατικός ελεγκτής με ενισχυμένη (SUC / SIS) λειτουργία διαχείρισης του δικτύου. Για να χρησιμοποιηθεί σε πλήρη λειτουργικότητα, απαιτείται μια εφαρμογή λογισμικού, όπως το Z-Cloud ή Z-Way να «τρέχει» στον κεντρικό υπολογιστή. Λόγω της ιδιαιτερότητας της τροφοδοσίας του, βέλτιστο είναι αρχικά η χρήση του σε μεταφερόμενο H/Y (Laptop, iPad) για τον εντοπισμό και την εγκατάσταση των νέων συσκευών στο δίκτυο και έπειτα η εγκατάστασή του στον κεντρικό υπολογιστή.



Εικόνα 5.91: Z-Wave Vision USB Stick και Z-Wave Aeotec USB Adapter with battery Version 2.

5.10.4 Τοπολογία δικτύου

Το Z-Wave χρησιμοποιεί τοπολογία Πλέγματος (Mesh topology) και έχει έναν ή περισσότερους κύριους ελεγκτές (master) που ελέγχουν τη δρομολόγηση και την ασφάλεια (**Εικόνα 5.92**). Οι συσκευές επικοινωνούν χρησιμοποιώντας ενδιάμεσους κόμβους για να καλύψουν περιμετρικά τα εμπόδια του χώρου ή τα νεκρά σημεία των ραδιοκεραιών. Ένα μήνυμα από τη συσκευή Α στη συσκευή Γ μπορεί να παραδοθεί με επιτυχία, ακόμη και αν οι δύο κόμβοι δεν είναι εντός εμβέλειας, με την προϋπόθεση ότι ένας τρίτος κόμβος Β μπορεί να επικοινωνήσει με τους κόμβους Α και Γ. Εάν η προτιμώμενη οδός δεν είναι διαθέσιμη, ο εντολέας μηνύματος θα επιχειρήσει άλλες διαδρομές μέχρι να εντοπιστεί μια διαδρομή μεταφοράς του μηνύματος στο κόμβο «Γ». Ως εκ τούτου, ένα δίκτυο Z-Wave μπορεί να εκτείνεται πολύ πέρα από την εμβέλεια μιας μόνο συσκευής. Ωστόσο, εξαιτίας των πολλών μεταπηδήσεων του σήματος, μπορεί να εισαχθεί μια καθυστέρηση μεταξύ της εντολής ελέγχου και του επιθυμητού αποτελέσματος. Προκειμένου για τις μονάδες Z-Wave να είναι σε θέση για την δρομολόγηση των μηνυμάτων, δεν μπορεί να είναι σε κατάσταση νάρκης. Ως εκ τούτου, δεν είναι πρακτικό για μια συσκευή δρομολόγησης που να λειτουργεί με μπαταρία. Οι περισσότερες συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες δεν έχουν σχεδιαστεί ως συσκευές επανάληψης (repeaters), αλλά ως απλές συσκευές ελέγχου.



Εικόνα 5.92: Τοπολογία Πλέγματος.

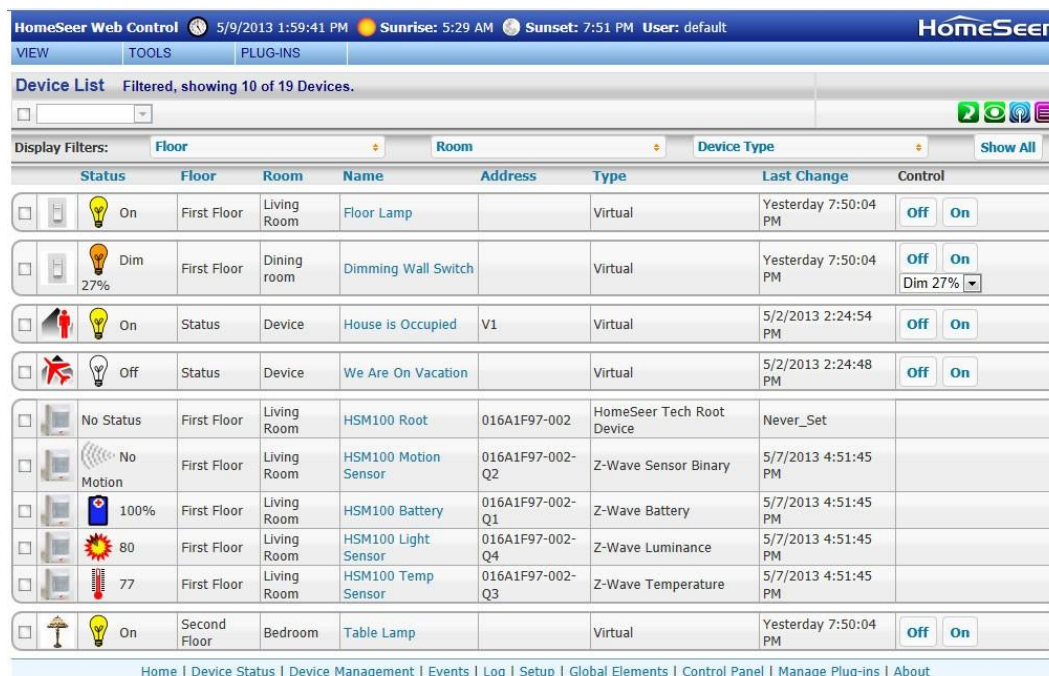
5. Έλεγχος Φωτισμού

Ένα δίκτυο Z-Wave μπορεί να αποτελείται από μέχρι και 232 συσκευές με δυνατότητα γεφύρωσης των δικτύων, αν απαιτούνται περισσότερες συσκευές. Κάθε κύριος ελεγκτής Z-Wave αποστέλλεται από το εργοστάσιο με το δικό του μοναδικό κωδικό αναγνώρισης δικτύου, δεν υπάρχουν δύο ίδιοι. Σε αντίθεση με τα συστήματα που επαναχρησιμοποιούν τον ίδιο κωδικό αναγνώρισης δικτύου μέσω διαδικασίας παραγωγής 256 πιθανών κωδικών, το Z-Wave δεν είναι ένα σύστημα αναμετάδοσης κωδικού. Αντίθετα, έχει σχεδιαστεί με βάση ένα εξαιρετικά αποδοτικό αλγόριθμο δρομολόγησης μηνύματος. Επομένως, τα τυπικά προβλήματα που σχετίζονται με υπερχειλίση μηνυμάτων σε ένα δίκτυο είναι άνευ σημασίας για το Z-Wave. Στο συγκεκριμένο τομέα, είναι πολύ διαφορετικό από τεχνολογίες όπως το ZigBee, AODV, Insteon, και KNX RF που χρησιμοποιούν αλγόριθμους βασιζόμενους στις υπερχειλίσεις για τη μετάδοση των εντολών συνολικά ή ακόμα και μεμονωμένα.^{xxxiii}

5.10.5 Έλεγχος συσκευών δικτύου

Οι περισσότεροι χρήστες χρησιμοποιούν αρχικά έναν φορητό ελεγκτή στο «στήσιμο» του δικτύου τους. Δύο τέτοιοι ελεγκτές είναι ο Intermatic HA07 και ο Leviton RZCPG. Ο ελεγκτής που χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει το δίκτυο είναι ο πρωτεύων ελεγκτής. Ο συγκεκριμένος ελεγκτής, μπορεί να αντιγράψει το δίκτυο κόμβων σε άλλους ελεγκτές.

Να σημειωθεί ότι αυτή η διαδικασία θα πρέπει δυστυχώς να επαναληφθεί κάθε φορά που προστίθεται ένας νέος κόμβος. Χρησιμοποιώντας αυτή την διαδικασία, κάποιος μπορεί να προσθέσει τηλεχειρισμούς πολλαπλών συσκευών για τον H/Y του. Υπάρχει ποικιλία λογισμικών για το έλεγχο πολλών ηλεκτρικών συσκευών, όπως τα HomeSeer (Εικόνα 5.93), Home Center 2 (Εικόνα 5.94) και ThinkEssentials (Εικόνα 5.95).

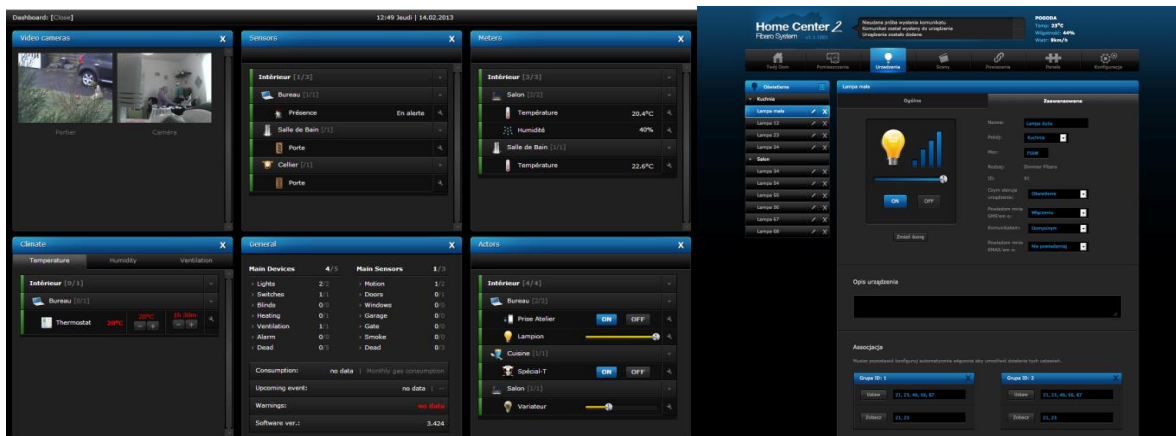


The screenshot shows the HomeSeer Web Control interface. At the top, there's a status bar with the date and time (5/9/2013 1:59:41 PM), sunrise and sunset times, and the user name (default). Below this is a navigation bar with tabs for VIEW, TOOLS, and PLUG-INS. The main content area is titled 'Device List' and shows 'Filtered, showing 10 of 19 Devices.' There are filters for Floor, Room, and Device Type, and a 'Show All' button. The device list is a table with columns: Status, Floor, Room, Name, Address, Type, Last Change, and Control. The devices listed include a Floor Lamp, a Dimming Wall Switch, a House is Occupied status, a We Are On Vacation status, an HSM100 Root device, an HSM100 Motion Sensor, an HSM100 Battery, an HSM100 Light Sensor, an HSM100 Temp Sensor, and a Table Lamp.

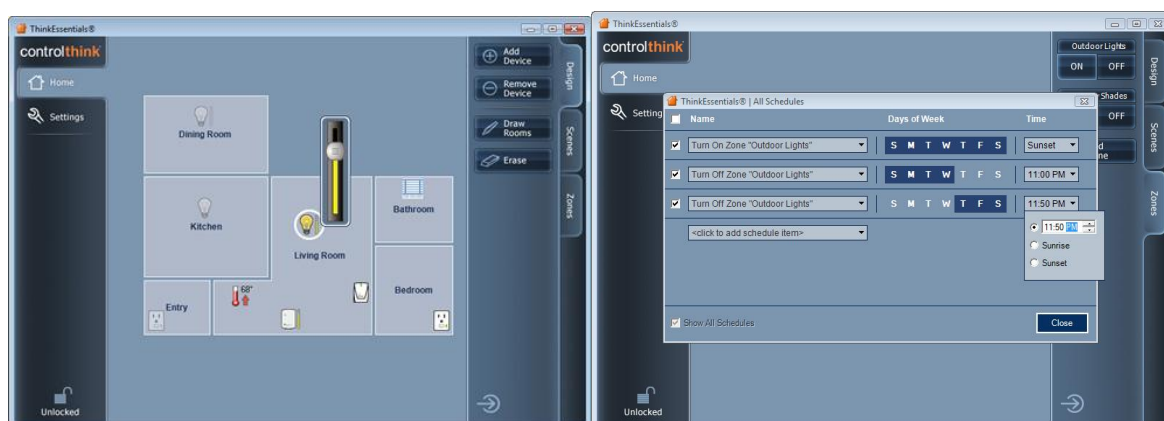
Status	Floor	Room	Name	Address	Type	Last Change	Control
On	First Floor	Living Room	Floor Lamp		Virtual	Yesterday 7:50:04 PM	Off On
Dim 27%	First Floor	Dining room	Dimming Wall Switch		Virtual	Yesterday 7:50:04 PM	Off On Dim 27%
On	Status	Device	House is Occupied	V1	Virtual	5/2/2013 2:24:54 PM	Off On
Off	Status	Device	We Are On Vacation		Virtual	5/2/2013 2:24:48 PM	Off On
No Status	First Floor	Living Room	HSM100 Root	016A1F97-002	HomeSeer Tech Root Device	Never_Set	
No Motion	First Floor	Living Room	HSM100 Motion Sensor	016A1F97-002-Q2	Z-Wave Sensor Binary	5/7/2013 4:51:45 PM	
100%	First Floor	Living Room	HSM100 Battery	016A1F97-002-Q1	Z-Wave Battery	5/7/2013 4:51:45 PM	
80	First Floor	Living Room	HSM100 Light Sensor	016A1F97-002-Q4	Z-Wave Luminance	5/7/2013 4:51:45 PM	
77	First Floor	Living Room	HSM100 Temp Sensor	016A1F97-002-Q3	Z-Wave Temperature	5/7/2013 4:51:45 PM	
On	Second Floor	Bedroom	Table Lamp		Virtual	Yesterday 7:50:04 PM	Off On

Εικόνα 5.93: Interface λογισμικού HomeSeer.

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.94: Interface λογισμικού Home Center 2.



Εικόνα 5.95: Interface λογισμικού ThinkEssentials.

Τα συμβατά λογισμικά με το Z-Wave πρωτόκολλο, έχουν και τη δυνατότητα απεικόνισης και καταγραφή ηλεκτρικής ενέργειας (Εικόνα 5.96). Ο χρήστης μπορεί να έχει συνοπτική παρακολούθηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ημερήσια, εβδομαδιαία ή και σε μηνιαία χρονική διάρκεια. Επίσης μπορεί να γνωρίζει την επιμέρους κατανάλωση ανά χώρο τόσο σε ποσοστιαίο μέγεθος (%) όσο και σε μέγεθος κατανάλωσης (KWh) καθώς και το συνολικό και επί μέρους κόστος της συγκεκριμένης κατανάλωσης.



Εικόνα 5.96: Απεικόνιση και καταγραφή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος, υπάρχουν κατάλληλα λογισμικά και για απομακρυσμένο έλεγχο μέσω κινητού εκμεταλλεύοντας το Internet (Εικόνα 5.97). Σημαντική προϋπόθεση, είναι ότι τα κινητά πρέπει να είναι σύγχρονα (smartphone, iphone κλπ). Ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει τη λειτουργία όποιας συνδεδεμένης συσκευής στο συγκεκριμένο πρωτόκολλο επιθυμεί, ανάλογα

5. Έλεγχος Φωτισμού

με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, ή για οποιοδήποτε άλλο λόγο κρίνει αναγκαίο. Ακόμα μπορεί να ενεργοποιήσει συγκεκριμένα «σενάρια» για λόγους ασφαλείας, ή εξοικονόμησης ενέργειας. Τέλος, μπορεί να παρακολουθεί online το χώρο που επιθυμεί μέσω του συστήματος ασφαλείας.



Εικόνα 5.97: Interfaces για κινητά.

Όσον αφορά την επικοινωνία των συσκευών, υπάρχει όμως και η δυνατότητα της απευθείας επικοινωνίας μεταξύ τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το Qubino Flush Dimmer, το οποίο μπορεί να πραγματοποιεί έλεγχο φωτισμού επικοινωνώντας με τον απαιτούμενο αισθητήρα απευθείας. Ο ελεγκτής απαιτείται μόνο για την εγκατάσταση των συσκευών ελέγχων στον κόμβο για πρώτη φορά.

5.10.6 Συμμαχία Z-Wave

Η Συμμαχία Z-Wave είναι μια κοινοπραξία περισσότερων από τριακοσίων είκοσι πέντε (325) ανεξάρτητων κατασκευαστών που έχουν συμφωνήσει να κατασκευάζουν και να πουλούν ασύρματα προϊόντα οικιακού ελέγχου βασισμένα στο πρότυπο Z-Wave. Τα κύρια μέλη περιλαμβάνουν τις Danfoss, Intel, Intermatic, Leviton, Monster Cable, Universal Electronics, Wayne-Dalton, Z-Wave και Zensys.

Κύριο χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης Συμμαχίας, είναι η διαλειτουργικότητα δηλαδή, όλες οι συσκευές της Συμμαχίας μπορούν να συνεργαστούν μεταξύ τους Αυτό επιτυγχάνεται με μια διαδικασία πιστοποίησης που παρέχει η χρήση του λογότυπου Z-Wave μόνο για τα προϊόντα που συμμορφώνονται πλήρως με τις προδιαγραφές του Z-Wave. Έτσι, οι καταναλωτές μπορούν να αγοράσουν έναν ελεγκτή εμπορικού σήματος A, ένα USB stick εμπορικού σήματος B, και τους διακόπτες φωτισμού εμπορικού σήματος Γ. Όλα θα λειτουργήσουν μαζί. Κάποιοι προμηθευτές έχουν ιδιόκτητες επεκτάσεις που επιτρέπουν ενισχυμένη διαλειτουργικότητα μεταξύ συσκευών του ίδιου εμπορικού σήματος.

5.10.7 Προδιαγραφές ραδιοκεραιών

- Εύρος ζώνης: 9,600 bit/s ή 40 Kbit/s, πλήρως διαλειτουργικά
- Διαμόρφωση: GFSK
- Βεληνεκές: Προσεγγιστικά 100 πόδια (ή 30 μέτρα) υποθέτοντας
- Συνθήκες «ανοιχτού αέρα», με μειωμένο βεληνεκές σε κλειστούς χώρους
- Ανάλογα με τα υλικά οικοδόμησης, κ.τ.λ.
- Ζώνη συχνοτήτων: Η Ραδιοκεραία Z-Wave χρησιμοποιεί τη ζώνη ISM 900 MHz: 908.42 MHz (Η.Π.Α.), 868.42 MHz (Ευρώπη), 919.82 MHz (Χονγκ Κόνγκ), 921.42 MHz (Αυστραλία/Νέα Ζηλανδία).

5. Έλεγχος Φωτισμού

Στην Ευρώπη, η ζώνη των 868 MHz έχει έναν περιορισμό του 1% στον κύκλο καθήκοντος, που σημαίνει ότι μια μονάδα Z-Wave μπορεί να εκπέμπει μόνο κατά το 1% του χρόνου. Αυτός ο περιορισμός δεν ισχύει στη ζώνη 908 MHz των Η.Π.Α., αλλά η αμερικανική νομοθεσία επιβάλλει ένα όριο ισχύος εκπομπής του 1 mW (σε αντιδιαστολή με τα 25 mW στην Ευρώπη). Οι μονάδες Z-Wave μπορούν να είναι σε κατάσταση εξοικονόμησης ισχύος και να είναι ενεργές μόνο κατά το 0,1% του χρόνου, μειώνοντας έτσι δραματικά την κατανάλωση ισχύος.^{xxvi}

5.11 Έλεγχος φωτισμού με Arduino

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

5.11.1 Πλεονεκτήματα του Arduino

Υπάρχει πληθώρα άλλων μικροελεγκτών και αναπτυξιακών στο εμπόριο για να ασχοληθεί κάποιος. Ο Basic Stamp της Parallax, ο BX-24 της Netmedia, το Handyboard του MIT και πολύ άλλοι όμοιας λειτουργικότητας. Όλα αυτά τα εργαλεία που προαναφέρθηκαν, είναι απλά και για τον αρχάριο χρήστη καθώς "κρύβουν" τις δύσκολες λεπτομέρειες της αρχιτεκτονικής και επιτρέπουν τον άμεσο προγραμματισμό του μικροελεγκτή, προσφέροντας τα πάντα σε ένα και μόνο "πακέτο" έτοιμο για χρήση. Ο Arduino διαφέρει από τους προηγούμενους γιατί απλοποιεί την διαδικασία να δουλεύει κάποιος με μικροελεγκτές, αλλά κάποια πλεονεκτήματα που προσφέρει σε σχέση με άλλους μικροελεγκτές για χρήση από δασκάλους, μαθητές και άλλους ενδιαφερομένους είναι τα παρακάτω:

Φθηνός: Οι πλακέτες του Arduino είναι εξαιρετικά φθηνές σε σχέση με άλλες πλατφόρμες μικροελεγκτών. Ειδικά δε, μπορεί με τα σχηματικά που κυκλοφορούν στο Internet να κατασκευάσει κάποιος την φθηνότερη έκδοχή ενός Arduino. Ωστόσο ακόμα και αν προμηθευτεί την έτοιμη (μονταρισμένη πλακέτα) αυτή θα κοστίσει το μέγιστο 50 Euro. Τρέχει σε διάφορα Λειτουργικά Συστήματα. Οι μηχανικοί λογισμικού, ανέπτυξαν το περιβάλλον προγραμματισμού του Arduino για Windows, Macintosh OSX και για λειτουργικά συστήματα Linux. Τα περισσότερα συστήματα ανάπτυξης Μικροελεγκτών περιορίζονται στα Windows.

Απλό, ξεκάθαρο προγραμματιστικό περιβάλλον: Το περιβάλλον προγραμματισμού ενός Arduino ενδείκνυται για αρχάριους, αλλά είναι ταυτόχρονα και ευέλικτο και για πιο προχωρημένους χρήστες. Ανοιχτού λογισμικού και λογισμικού που επεκτείνεται και παραμετροποιείται. Το software του Arduino διανέμεται με την μορφή εργαλείων ανοιχτού λογισμικού και είναι διαθέσιμο προς επέκταση για έμπειρους προγραμματιστές. Η γλώσσα προγραμματισμού του μπορεί να επεκταθεί διαμέσου των βιβλιοθηκών της C++ και οι

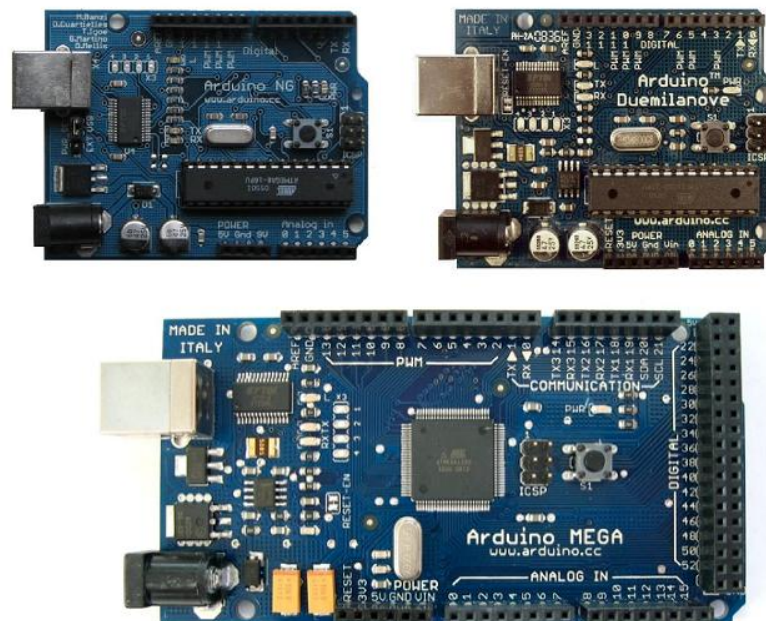
5. Έλεγχος Φωτισμού

άνθρωποι που θέλουν να ασχοληθούν περισσότερο με τους μικροελεγκτές μπορούν να μεταβούν από τον Arduino στην AVR C που είναι για προγραμματισμό των Atmel Μικροελεγκτών και η γλώσσα στην οποία βασίστηκε το λογισμικό του Arduino. Ομοίως μπορεί κάποιος να προσθέσει κώδικα της AVR-C στο πρόγραμμα που έχει γράψει για τον Arduino του.

Ανοιχτού Υλικού το οποίο μπορεί να επεκταθεί. Ο Arduino βασίζεται στους μικροελεγκτές της Atmel AT328 και ATMEGA2560. Τα σχηματικά για τα αναπτυξιακά είναι κάτω από την άδεια της Creative Commons, επιτρέποντας σε έμπειρους σχεδιαστές να κατασκευάσουν το δικό τους αναπτυξιακό, εξελίσσοντας το ήδη υπάρχον χωρίς να έχουν νομικά προβλήματα. Ακόμα καλύτερα, οι όχι τόσο έμπειροι χρήστες μπορούν να επιδιώξουν την αντιγραφή και κατασκευή της πλακέτας σε ράστερ για να καταλάβουν την λειτουργία ενός Arduino.

5.11.2 Το Υλικό (Hardware) του Arduino

Ο μικροελεγκτής Arduino Mega είναι στην ουσία μια αναπτυξιακή πλακέτα που ενσωματώνει έναν ATmega1280. Υπάρχουν πολλές εκδόσεις του μικροελεγκτή. Στην **Εικόνα 5.98** παρουσιάζονται η έκδοση NG και η έκδοση Duemilanove και η έκδοση MEGA2560. Οι κατασκευαστές του Arduino έχουν τοποθετήσει στις πλακέτες όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα για την τροφοδοσία και την διασύνδεση των μικροελεγκτών με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Η πλακέτα μπορεί να τροφοδοτηθεί είτε με τροφοδοτικό των 9Volt, είτε απευθείας από την USB θύρα του Υπολογιστή. Ο **Πίνακας 5.15** παρουσιάζει τις αναπτυξιακές πλακέτες του Arduino, μαζί με τα βασικά χαρακτηριστικά τους.



Εικόνα 5.98: Arduino NG, Ardino Duemilanove και Arduino Mega.

5. Έλεγχος Φωτισμού

Name	Processor		Dimensions (mm)	Host Interface	Voltage (V)	Flash (kB)	EEPROM (kB)	SRAM (kB)	I/O			Release Date
	Processor	Frequency							Digital I/O	Digital I/O with PWM (Pins)	Analog Input (Pins)	
Arduino Leonardo	Atmega32u4	16 MHz	68.6 × 53.3	USB 32u4	5	32	1	2.5	14	6	12	23/7/2012
Arduino UNO R3	ATmega328P	16 MHz	68.6 × 53.3	USB 16u2	5	32	1	2	14	6	6	24/9/2010
Arduino UNO R1&R2	ATmega328P	16 MHz	68.6 × 53.3	USB 8u2	5	32	1	2	14	6	6	24/9/2010
Arduino DUE	AT91SAMX8E	84 MHz	101.6 × 53.3	USB 16u2 + native host	3.3	512	0	96	54	12	12	22/10/2012
Arduino Mega2560	ATMega2560	16 MHz	101.6 × 53.3	USB 16u2	5	256	4	8	54	14	16	24/9/2010
Arduino Ethernet	ATmega328	16 MHz	68.6 × 53.3	Ethernet Serial interface - Wiznet Ethernet	5	32	1	2	14	4	6	13/7/2011
Arduino Fio	ATmega328P	8 MHz	66.0 × 27.9	Xbee Serial	3.3	32	1	2	14	6	8	18/3/2010
Arduino Nano	ATmega328	16 MHz	43.18 × 18.54	USB FTDI	5	16/32	0.5/1	1.0/2	14	6	8	15/5/2008
LilyPad Arduino	ATmega168V or ATmega328V	8 MHz	51 mm		2.7-5.5	16	0.5	1	14	6	6	17/10/2007
Arduino Mega ADK	ATmega2560	16 MHz	101.6 × 53.3	8U2 MAX3421E USB Host	5	256	4	8	54	14	16	13/7/2011
Arduino Esplora	Atmega32u4	16 MHz	165.1 × 61.0	32u4	5	32	1	2.5				10/12/2012
Arduino Micro	ATmega32u4	16 MHz	17.8 × 48.3		5	32	1	2.5	20	7	12	8/11/2012
Arduino (Pro) Mini	ATmega168[30] (Pro uses ATMega328)	8 MHz (3.3 V model) or 16 MHz (5 V model)	17.8 × 33.0		5 or 3.3	16	0.5	1	14	6	6	23/8/2008

Πίνακας 5.15: Λίστα των αναπτυξιακών πλακετών Arduino το 2014.^{xxxiii}

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.11.3 Ακροδέκτες του μικροελεγκτή Arduino

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

Ακροδέκτες με συγκεκριμένες λειτουργίες.

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

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

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

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

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

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

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

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

5.11.4 Γλώσσα προγραμματισμού

Η γλώσσα του Arduino βασίζεται στη γλώσσα Wiring, μια παραλλαγή C/C++ για μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής AVR όπως ο ATmega, και υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C καθώς και μερικά χαρακτηριστικά της C++.

Για compiler χρησιμοποιείται ο AVR gcc και ως βασική βιβλιοθήκη C χρησιμοποιείται η AVRlibc. Λόγω της καταγωγής της από την C, στην γλώσσα του Arduino χρησιμοποιούνται ίδιες βασικές εντολές και συναρτήσεις, με την ίδια σύνταξη, τους ίδιους τύπων δεδομένων και τους ίδιους τελεστές όπως και στην C. Οι πιο σημαντικές από αυτές, επεξηγούνται στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 5.16**):

5. Έλεγχος Φωτισμού

Όρισμα	Είδος	Τύπος	Παράμετροι	Περιγραφή
LOW	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false.
HIGH	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 1 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
INPUT	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false.
OUTPUT	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 1 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
pinMode	Εντολή	-	(pin, mode)	Καθορίζει αν το συγκεκριμένο ψηφιακό pin θα είναι pin εισόδου ή pin εξόδου ανάλογα με την τιμή που δίνεται στην παράμετρο mode (INPUT ή OUTPUT αντίστοιχα).
digitalWrite	Εντολή	-	(pin, pinstatus)	Θέτει την κατάσταση pinstatus (HIGH ή LOW) στο συγκεκριμένο ψηφιακό pin.
digitalRead	Συνάρτηση	int	(pin)	Επιστρέφει την κατάσταση του συγκεκριμένου ψηφιακού pin (0 για LOW και 1 για HIGH) εφόσον αυτό είναι pin εισόδου.
analogReference	Εντολή	-	(type)	Δέχεται τις τιμές DEFAULT, INTERNAL ή EXTERNAL στην παράμετρο type για να καθορίσει την τάση αναφοράς (Vref) των αναλογικών εισόδων (5V, 1.1V ή η εξωτερική τάση με την οποία τροφοδοτείται το pin AREF αντίστοιχα)
analogRead	Συνάρτηση	int	(pin)	Επιστρέφει έναν ακέραιο από 0 έως 1023, ανάλογα με την τάση που τροφοδοτείται το συγκεκριμένο pin αναλογικής εισόδου στην κλίμακα 0 ως Vref.
analogWrite	Εντολή	-	(pin, value)	Θέτει το συγκεκριμένο ψηφιακό pin σε κατάσταση

5. Έλεγχος Φωτισμού

				ψευδοαναλογικής εξόδου (PWM). Η παράμετρος value καθορίζει το πλάτος του παλμού σε σχέση με την περίοδο του παραγόμενου σήματος στην κλίμακα από 0 ως 255 (π.χ. με value127, το πλάτος του παλμού είναι ίσο με μισή περίοδο).
millis	Συνάρτηση	unsigned long	-	Μετρητής που επιστρέφει το χρονικό διάστημα σε ms από την στιγμή που άρχισε η εκτέλεση του προγράμματος. Λάβετε υπόψη ότι λόγω του τύπου μεταβλητής (unsigned long δηλ. 32bit) θα γίνει overflow σε 2^{32} ms δηλαδή περίπου σε 50 μέρες, οπότε ο μετρητής θα ξεκινήσει πάλι από το μηδέν.
delay	Εντολή	-	(time)	Σταματά προσωρινά την ροή του προγράμματος για time ms. Η παράμετρος time είναι unsigned long (από 0 ως 2^{32}). Σημειώστε ότι παρά την προσωρινή παύση, συναρτήσεις των οποίων η εκτέλεση ενεργοποιείται από interrupt θα εκτελεστούν κανονικά κατά την διάρκεια μιας delay.
Serial.begin	Μέθοδος κλάσης	-	(datarate)	Θέτει τον ρυθμό μεταφοράς δεδομένων του σειριακού interface (σε baud)
Serial.println	Μέθοδος κλάσης	-	(data)	Διοχετεύει τα δεδομένα data για αποστολή μέσω του σειριακού interface. Η παράμετρος data μπορεί να είναι είτε αριθμός είτε αλφαριθμητικό.

Πίνακας 5.16: Βασικές εντολές και συναρτήσεις του Arduino.

Επιπλέον, στην γλώσσα του Arduino κάθε πρόγραμμα αποτελείται από δύο βασικές ρουτίνες ώστε να έχει την γενική δομή:

Η βασική ρουτίνα setup() εκτελείται μια φορά μόνο κατά την εκκίνηση του προγράμματος ενώ η βασική ρουτίνα loop() περιέχει τον βασικό κορμό του προγράμματος και η εκτέλεσή της επαναλαμβάνεται συνέχεια σαν ένας βρόγχος while(true).

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.11.5 Shields



Εικόνα 5.99: Shields

Τα shield είναι ολοκληρωμένες πλακέτες που είναι σχεδιασμένες ώστε να κουμπώνουν πάνω στο Arduino προσεκτείνοντας την λειτουργικότητά του. Είναι η hardware αντίστοιχη έννοια των plugin, addon και extension που υπάρχουν στο software. Μερικά από τα πιο δημοφιλή shield που κυκλοφορούν στο εμπόριο για το Arduino είναι:

Ethernet shield: Δίνει στο Arduino την δυνατότητα να δικτυωθεί σε ένα LAN ή στο internet μέσω ενός τυπικού καλωδίου Ethernet.

WiFi shield: Όμοιο με το Ethernet shield, χωρίς φυσικά το καλώδιο.

Διάφορα shield οθόνης: Προσθέτουν οθόνη στο Arduino. Κυκλοφορούν από απλές οθόνες τύπου calculator μέχρι OLED touchscreen υψηλής ανάλυσης τύπου iPhone.

Wave shield: Δίνει στο Arduino την δυνατότητα να παίζει ήχους/μουσική από κάρτες SD.

GPS shield: Προσθέτει GPS δυνατότητες στο Arduino (εντοπισμό στίγματος).

Διάφορα Motor Shields: Επιτρέπουν την εύκολη οδήγηση μοτέρ διάφορων τύπων (απλά DC, servo, stepper κ.λπ.) από το Arduino.

5.11.6 Αισθητήρες

Καθώς το Arduino έγινε γνωστό και εξαπλώθηκε σε όλο τον κόσμο, έχουν σχεδιαστεί νέοι αισθητήρες. Ταυτόχρονα, η ανάγκη της μέτρησης διαφόρων φυσικών ποσοτήτων οδήγησε σε καλύτερο σχεδιασμό συστημάτων ελέγχου και παρακολούθησης. Αυτό οδήγησε στο σχεδιασμό μιας πληθώρας αισθητήρων οι οποίοι, καθώς τα χρόνια περνούσαν, ήταν κατάλληλο για τη μέτρηση κάθε φυσικής ποσότητας σε διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας. Όσον αφορά τον έλεγχο του φωτισμού, υπάρχουν ολοκληρωμένα κυκλώματα (modules) υπό τη μορφή αισθητήρα κίνησης και αισθητήρα φωτεινότητας, συμβατά με το Arduino.

5.11.6.1 Υπέρυθρος παθητικός αισθητήρας κίνησης (PIR)

Όπως το δηλώνει και η ονομασία τους οι παθητικοί ανιχνευτές υπέρυθρων ονομάζονται παθητικοί γιατί δεν εκπέμπουν ένα σήμα αλλά απλά λαμβάνουν την υπέρυθρη ακτινοβολία του χώρου, οι παθητικοί υπέρυθροι αισθητήρες (μερικές φορές λέγονται και πυροηλεκτρικοί αισθητήρες) έχουν την ιδιότητα το αισθητήριο στοιχείο τους συνήθως να διαιρείται σε πολλούς τομείς. Η ανίχνευση κίνησης προκαλείται όταν μια πηγή θερμότητας (π.χ. η θερμότητα του ανθρώπινου σώματος) διασχίσει δύο γειτονικά όρια του τομέα ή διασχίσει το ίδιο όριο δύο φορές σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Οι παθητικοί υπέρυθροι αισθητήρες ανιχνεύουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται από την θερμοκρασία των σωμάτων που ονομάζεται και υπέρυθρη ακτινοβολία και βρίσκεται χαμηλότερα του οπτικού φάσματος. Οι παθητικοί υπέρυθροι αισθητήρες δεν μετρούν το ποσό της λαμβανόμενης υπέρυθρης ενέργειας ανά δευτερόλεπτο,

5. Έλεγχος Φωτισμού

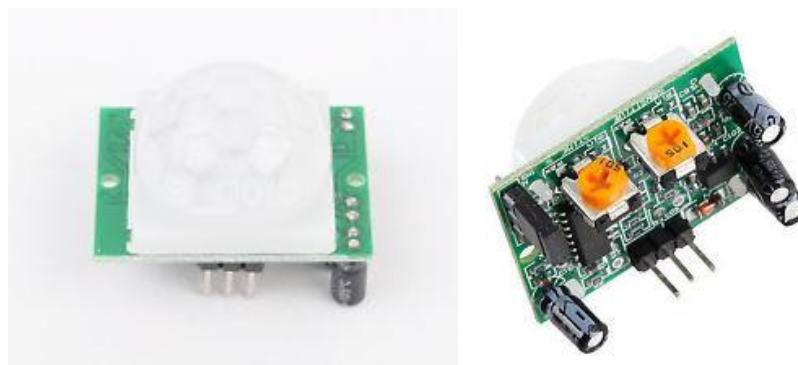
αλλά τις αλλαγές της θερμικής ακτινοβολίας. Οι παθητικοί υπέρυθροι αισθητήρες ανιχνεύουν τις «θερμές» απεικονίσεις αντιλαμβανόμενοι την διαφορά που υπάρχει στην «θερμή» λαμβανόμενη εικόνα και στο «ψυχρό» φόντο κάτι που απορρέει από την λαμβανόμενη υπέρυθρη ακτινοβολία του χώρου.

Το μήκος κύματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας μετράται σε μικρόμετρα, με την παραγόμενη υπέρυθρη ακτινοβολία να βρίσκεται στην περιοχή μεταξύ 7 έως 14 μικρομέτρων. Οι περισσότεροι υπέρυθροι παθητικοί αισθητήρες επικεντρώνονται σε αυτό το στενό εύρος ζώνης. Προκειμένου να αποφύγουμε τις θερμικές αποκλίσεις λόγω των περιβαλλοντικών αλλαγών χρησιμοποιείται ένα κύκλωμα μέτρησης του ρυθμού αλλαγής της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την θερμότητα των σωμάτων ή ένα κύκλωμα σύγκρισης της διαφοροποίησης της ακτινοβολίας των επιμέρους ζωνών των τομέων του αισθητήρα.

Το κύκλωμα επεξεργασίας αξιολογεί το μετρούμενο ρυθμό αλλαγής της υπέρυθρης ακτινοβολίας στο οπτικό πεδίο του αισθητήρα και το συγκρίνει με το αρχικό μοτίβο της θερμοκρασίας στον χώρο. Η κίνηση ενός εισβολέα προκαλεί ένα πολύ γρήγορο ρυθμό αλλαγής ενώ η σταδιακή διακύμανση της θερμοκρασίας προκαλεί ένα πολύ αργό ρυθμό αλλαγής της λαμβανόμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας. Στην τεχνική της μέτρησης διαφοροποίησης ελέγχεται στην πραγματικότητα αν ένας εισβολέας ή ένα αντικείμενο είναι στην πραγματικότητα εκεί ή δεν είναι.

Διαφορετικοί τομείς του αισθητήρα δημιουργούν επιμέρους ζώνες ανίχνευσης και ανάλογα από τον χώρο τα λαμβανόμενα σήματα παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις μεταξύ τους σε σχέση με τις ζώνες από τις οποίες εκπέμπονται και αυτές τις ζώνες χρησιμοποιεί ο αισθητήρας συγκρίνοντας τις για την ανίχνευση κίνησης. Ένας ακάλυπτος άνθρωπος που εισέρχεται στο οπτικό πεδίο του αισθητήρα με μια συνήθη ταχύτητα (με μια ταχύτητα βαδίσματος ή και παραπάνω) υπό κανονικές συνθήκες θα εκπέμψει κάποια σήματα τα οποία ανιχνεύονται. Έτσι η αλλαγή της ακτινοβολίας λαμβάνεται από τους φακούς του αισθητήρα και αν η ποσότητα της λαμβανόμενης ακτινοβολίας ξεπερνά μια προκαθορισμένη τιμή ο θερμικός αισθητήρας παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο στέλνεται στο κύκλωμα επεξεργασίας για αξιολόγηση και την πιθανή δημιουργία συναγερμού.

Η ευαισθησία απόστασης για την ανίχνευση κίνηση και ο χρόνος διατήρησης του φωτισμού σε ενεργή κατάσταση, μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με τις ανάγκες, από δυο ποτενσιόμετρα πάνω στον αισθητήρα (**Εικόνα 5.100**).



Εικόνα 5.100: Παθητικός Αισθητήρας Κίνησης.

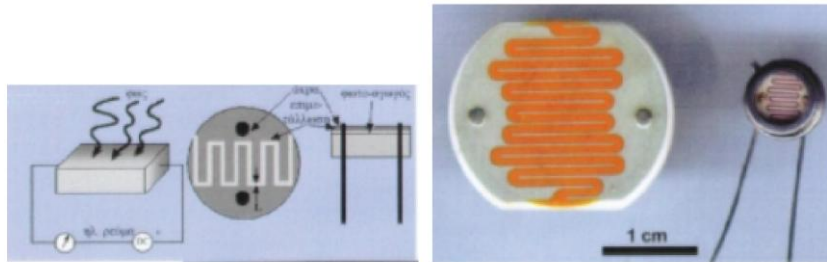
Πρέπει να σημειωθεί ότι να αποφευχθεί ο άμεσος φωτισμός στον αισθητήρα και άλλες πηγές παρεμβολής κοντά στο φακό. Επίσης, για να είναι όσο πιο αποτελεσματική η ανίχνευση του κινούμενου ατόμου, ο αισθητήρας πρέπει να τοποθετηθεί έτσι ώστε ο άνθρωπος να περνά παράλληλα σε αυτόν και όχι κάθετα. Τέλος, πρόκειται για μια πολύ οικονομική λύση, καθώς κοστίζει περίπου 4€.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.11.6.2 Μέτρηση φωτεινότητας με φωτοαντίσταση

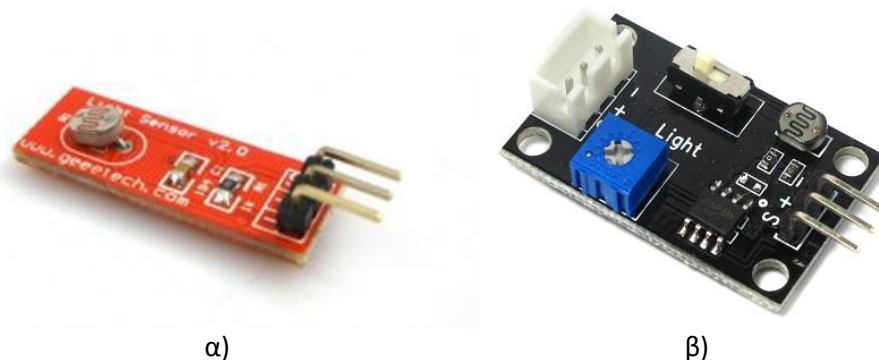
Πρόκειται για μια αντίσταση της οποίας η τιμή μειώνεται με την αύξηση του φωτός που προσπίπτει στην επιφάνεια της. Μια φωτοαντίσταση (**Εικόνα 5.101**) φτιάχνεται από υψηλής αντίστασης ημιαγωγούς. Αν πέσει φως στον αισθητήρα, με αρκετά υψηλή συχνότητα, τότε φωτόνια απορροφούνται από τον ημιαγωγό και δεσμευμένα ηλεκτρόνια αποκτούν αρκετή ενέργεια, ώστε να αποσπαστούν από τα άτομα που τα δεσμεύουν. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που δημιουργούνται άγουν ρεύμα και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της αντίστασης.

Υπάρχουν δυο τύποι φωτοαντιστάσεων ανάλογα με τους ημιαγωγούς που χρησιμοποιούνται. Ο πρώτος τύπος είναι οι ενδογενείς και ο δεύτερος είναι φωτοαντιστάσεις με ημιαγωγούς που έχουν προσμίξεις. Στον πρώτο τύπο φωτοαντίστασης τα ηλεκτρόνια προκειμένου να αποδεσμευτούν χρειάζονται αρκετή ενέργεια ενώ στον δεύτερο λιγότερη. Έτσι η δεύτερη κατηγορία φωτοαντιστάσεων μπορεί να επηρεάζεται και από φως χαμηλότερων συχνοτήτων.



Εικόνα 5.101: Φωτοαντίσταση.

Όσον αφορά τη δημιουργία ολοκληρωμένου κυκλώματος μέτρησης φωτεινότητας (module), στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία από πολύ απλά, που απλά στέλνουν μία αναλογική τάση 0-5 V στον Arduino, ανάλογα με τη φωτεινότητα που αντιλαμβάνεται (**Εικόνα 5.102 α**)), ή μπορεί να είναι πιο προηγμένης τεχνολογίας, όπου έχουν ενσωματωμένο διακόπτη επιλογής για το εάν η έξοδος του θα είναι αναλογική ή ψηφιακή. Κατά την επιλογή της ψηφιακής εξόδου, μπορεί να αλλάξει το επίπεδο σύγκρισης φωτεινότητας με τη ρύθμιση ενός ποτενσιόμετρου όταν η μετρούμενη φωτεινότητα είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη που μπορεί ν' αντιληφθεί (**Εικόνα 5.102 β**)).

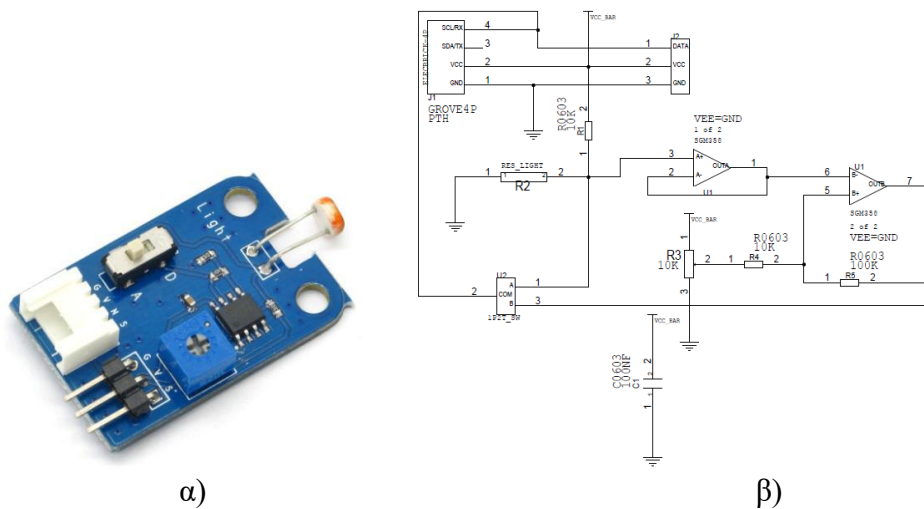


Εικόνα 5.102: Module ανίχνευσης φωτεινότητας. α) απλό, β) προηγμένο.

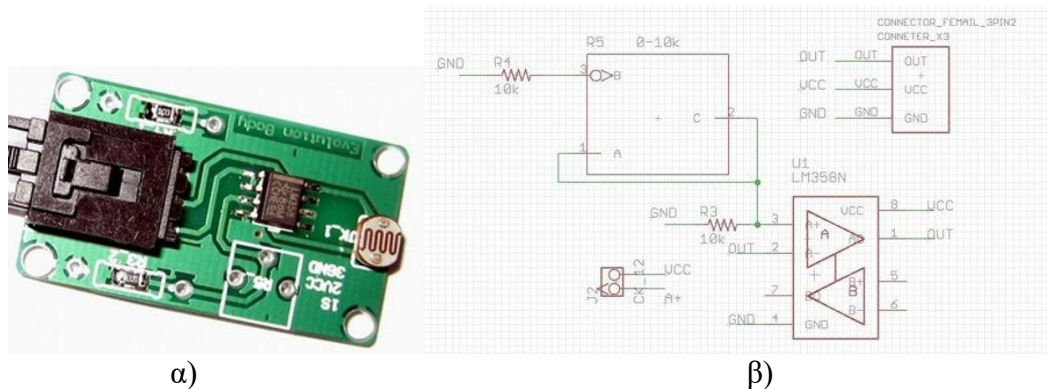
Η μεταβολή της τιμής της αντίστασης βάσει φωτεινότητας, εξαρτάται από τον τρόπο σύνδεσης της με την υπόλοιπη πλακέτα. Ειδικότερα, υπάρχει η συνδεσμολογία pull-up, κατά την οποία η φωτοαντίσταση συνδέεται μέσω αντίστασης με την τροφοδοσία της πλακέτας της (5V). Εδώ, η ελάχιστη τιμή τάσης του σήματος εξόδου, υποδεικνύει χαμηλό επίπεδο φωτεινότητας και αντίστοιχα, η υψηλή τιμή τάσης του σήματος εξόδου, υποδεικνύει μεγάλο επίπεδο φωτεινότητας (**Εικόνα 5.103**). Αντίθετα, υπάρχει η συνδεσμολογία pull-down, , κατά την οποία η φωτοαντίσταση συνδέεται μέσω αντίστασης με την γείωση της πλακέτας (GND)

5. Έλεγχος Φωτισμού

και η χαμηλή τάση εξόδου σημαίνει μεγάλη φωτεινότητα και υψηλή τάση εξόδου, χαμηλή φωτεινότητα (Εικόνα 5.104).



Εικόνα 5.103: α) Module και β) Σχηματικό διάγραμμα φωτοαντίστασης pull-up συνδεσμολογίας.



Εικόνα 5.104: α) Module και β) Σχηματικό διάγραμμα φωτοαντίστασης pull-down συνδεσμολογίας.

Εκτός των παραπάνω αισθητήρων, υπάρχουν και αρκετοί άλλοι που χρησιμοποιούνται για έλεγχο θερμοκρασίας, ανίχνευση ήχου, εύφλεκτων υλικών και καπνού, φλόγας κλπ. Μερικοί από τους κυριότερους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται είναι:

5.11.6.3 Λοιποί αισθητήρες

5.11.6.3.1 Αισθητήρας θερμοκρασίας (Θερμίστορ)

Τα θερμίστορ είναι βασικά δύο τύπων, τα NTC (Negative Temperature Coefficient, αρνητικού συντελεστή θερμοκρασίας) οι οποίες μικραίνουν την αντίστασή τους με την αύξηση της θερμοκρασίας και τα PTC (Positive Temperature Coefficient, θετικού συντελεστή θερμοκρασίας) οι οποίες αυξάνουν την αντίστασή τους με την αύξηση της θερμοκρασίας (Εικόνα 5.105).

Τα θερμίστορ μπορεί να χρησιμοποιηθούν για πλήθος μετρήσεων θερμοκρασιών σε όργανα όπως είναι τα θερμόμετρα, υγρόμετρα, όργανα ελέγχου θερμοκρασιών, ροόμετρα, ροόμετρα υγρών, μετρητές κενού, ανιχνευτές αερίων, συναγερμοί για φωτιά, ανιχνευτές πάγου κλπ. Για την επιλογή ενός θερμίστορ για μέτρηση θερμοκρασίας εξετάζουμε την επίδραση της θέρμανσης πάνω στο του θερμίστορ έτσι ώστε η αντίστασή τον να μην γίνεται πολύ μικρή στην υψηλότερη θερμοκρασία.

5. Έλεγχος Φωτισμού

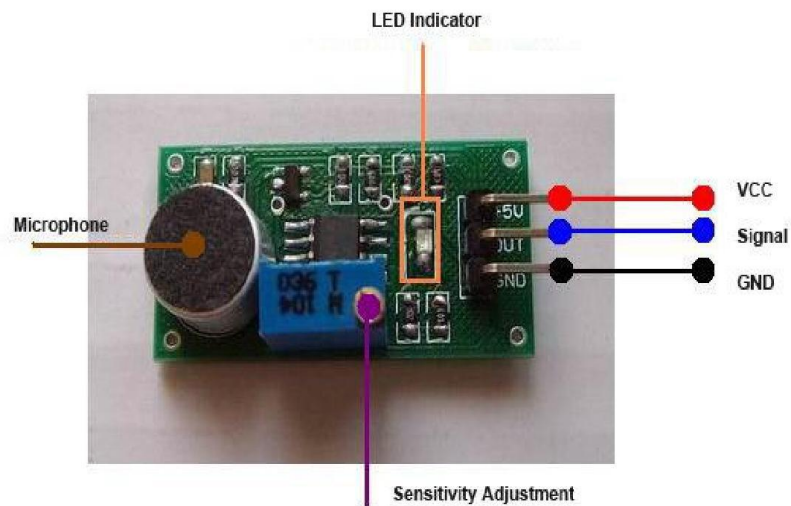


Εικόνα 5.105: Αισθητήρας Θερμοκρασίας.

5.11.6.3.2 Αισθητήρας ήχου

Οι ανιχνευτές ήχου αφουγκράζονται για ήχους που δημιουργούνται εντός του χώρου. Αν μια συγκεκριμένη τιμή θορύβου ανιχνευθεί σε μια ελεγχόμενη περιοχή εντός συγκεκριμένης χρονικής περιόδου τότε δημιουργείται ένα σήμα συναγερμού.

Οι αισθητήρες ήχου (**Εικόνα 5.106**) θα πρέπει να τοποθετούνται σε περιοχές όπου ο θόρυβος κατά το συμβάν αναμένεται να είναι μεγαλύτερος από τον θόρυβο σε κανονικές συνθήκες. Αν υπάρχει παρασιτικός θόρυβος και αν η ρύθμιση του αισθητήρα δεν είναι σε θέση να τον αντισταθμίσει, τότε το μικρόφωνο μπορεί να μην είναι σε θέση να ανιχνεύσει την μεταβολή της έντασης και να μην σημάνει συναγερμός. Κανονικά οι αισθητήρες ήχου χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλους αισθητήρες (όπως αισθητήρες υπέρυθρων, υπέρηχων, κτλ) για να παρέχουν καλύτερη πιθανότητα ανίχνευσης.



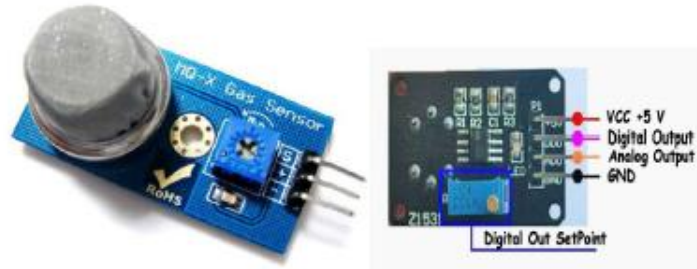
Εικόνα 5.106: Αισθητήρας Ήχου.

Δεδομένου ότι ένας ακουστικός αισθητήρας είναι απρόσβλητος από τις αλλαγές στο θερμικό περιβάλλον και τα φώτα φθορισμού δεν έχουν καμία επίδραση τα χαρακτηριστικά ανίχνευσης του αισθητήρα, η χρήση του αισθητήρα με ένα αισθητήρα ανίχνευσης κίνησης θερμικής λήψης μπορεί να παρέχει μαζί ηχητική και θερμική κάλυψη.

5. Έλεγχος Φωτισμού

5.11.6.3.3 Ανιχνευτής εύφλεκτων υλικών και καπνού

Ο ανιχνευτής καπνού αντιλαμβάνεται την ύπαρξη σωματιδίων καπνού στον αέρα προκειμένου να ενεργοποιηθεί συναγερμός για την ύπαρξη φωτιάς (**Εικόνα 5.107**). Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ανιχνευτών καπνού : οι ανιχνευτές ιοντισμού και οι φωτοηλεκτρικοί ανιχνευτές. Ένα σύστημα συναγερμού ή πυροπροστασίας μπορεί να χρησιμοποιεί τον ένα ή και τους δύο τύπους ανιχνευτών και μερικές φορές επιπλέον ανιχνευτές θερμοκρασίας για την προειδοποιήσει για την ύπαρξη πυρκαγιάς.

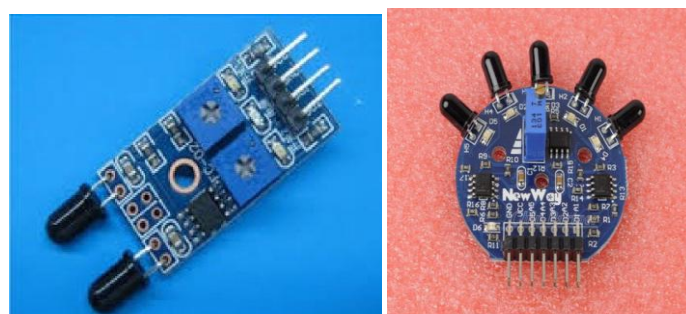


Εικόνα 5.107: Αισθητήρας εύφλεκτων υλικών.

5.11.6.3.4 Πυρανιχνευτές (Ανιχνευτής ΦΛΟΓΑΣ)

Ένα από τα κύρια τμήματα μιας εγκατάστασεως πυρανιχνεύσεως, είναι οι αυτόματοι πυρανιχνευτές που συνήθως διακρίνονται στους ανιχνευτές ιονισμού, ανιχνευτές μέγιστης θερμοκρασίας, θερμοδιαφορικούς ανιχνευτές, ανιχνευτές φλόγας και ανιχνευτές ορατού καπνού (**Εικόνα 5.108**).

Οι εγκαταστάσεις πυρανιχνεύσεως συνδυάζονται συνήθως με μια σειρά από «πρώτες ή άμεσες ενέργειες», όπως η ενεργοποίηση μόνιμων εγκαταστάσεων πυρόσβεσης, το άνοιγμα παραπετασμάτων καπνού, η μετακίνηση και τοποθέτηση πυροφραγμών, ο έλεγχος του αερισμού, το κλείσιμο των θυρών πυροπροστασίας, η διακοπή της λειτουργίας των ανελκυστήρων ή των κυλιόμενων σκαλών (σε μεγάλα κτίρια) κ.α.



Εικόνα 5.108: Αισθητήρας Φλόγας.

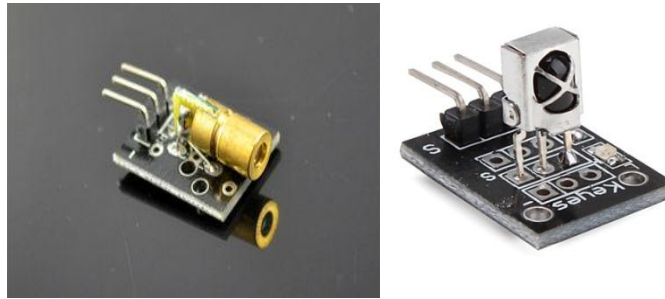
5. Έλεγχος Φωτισμού

5.11.6.3.5 Αισθητήρας φωτοηλεκτρικής δέσμης (Laser)

Οι αισθητήρες φωτοηλεκτρικής δέσμης εκπέμπουν μια δέσμη υπέρυθρου φωτός σε ένα απομακρυσμένο δέκτη δημιουργώντας έναν «ηλεκτρονικό φράκτη». Αυτοί οι αισθητήρες συχνά χρησιμοποιούνται για την κάλυψη πορτών, διαδρόμων, εξωτερικών χώρων ενεργώντας ουσιαστικά σαν ένα πλέγμα προστασίας. Μόλις η δέσμη διακοπεί τότε δημιουργείται ένα σήμα συναγερμού.

Οι αισθητήρες φωτοηλεκτρικής δέσμης αποτελούνται από δύο μέρη: ένα πομπό και ένα δέκτη. Ο πομπός χρησιμοποιεί μια δίοδο LED ή ένα laser σαν πηγή φωτός και εκπέμπει μια υπέρυθη δέσμη φωτός στον δέκτη. Ο δέκτης αποτελείται από ένα φωτοηλεκτρικό στοιχείο το οποίο ανιχνεύει την παρουσία της δέσμης όταν η φωτοηλεκτρική δέσμη δεν λαμβάνεται το λιγότερο κατά 90% από την στάθμη σήματος που εκπέμπεται και διακόπτεται για ένα σύντομο χρονικό διάστημα των 75ms (χρόνος που ένας εισβολέας διασχίζει την δέσμη), τότε δημιουργείται ένα σήμα συναγερμού.

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα (modules) που χρησιμοποιούνται για τον Arduino, αποτελούνται από έναν πομπό και ένα δέκτη (**Εικόνα 5.109**). Ο δέκτης μπορεί να είναι φωτοαντίσταση [5.11.6.2] ή κάποιο άλλο εξάρτημα λήψης υπέρυθρης ή ορατής ακτινοβολίας.



Εικόνα 5.109: Πομπός και δέκτης αισθητήρα φωτοηλεκτρικής δέσμης.

5.11.7 Δυνατότητα ελέγχου του συστήματος από smartphone ή tablet

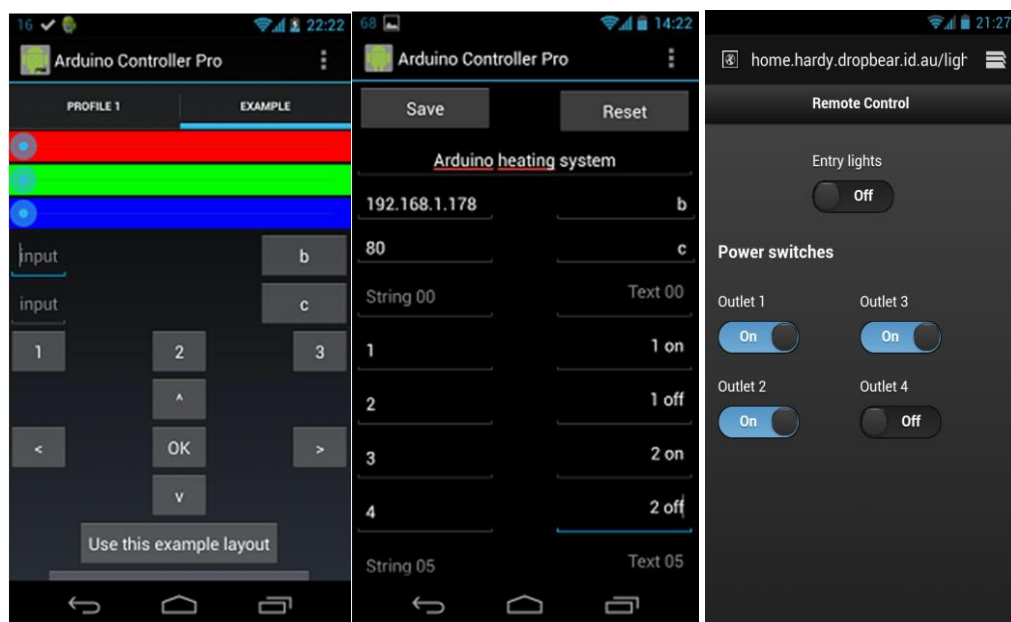
Μια άλλη σημαντική ιδιότητα του Arduino, είναι ο τρόπος έλεγχου του χώρου, χωρίς πολλές δυσκολίες και μετακινήσεις ανά πάσα στιγμή της ημέρας ή της νύχτας. Εφόσον οι συσκευές αφής έχουν πολύ χαμηλό κόστος και είναι η καλύτερη αλληλεπίδραση ανθρώπου υπολογιστή προς στιγμήν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα λογισμικό το οποίο είναι ελεύθερης πρόσβασης (open-source) για τον έλεγχο του ARDUINO.

Η επικοινωνία γίνεται μέσω της ETHERNET shield η οποία είναι συνδεδεμένη με το Arduino και του ασύρματου Router. Ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη μπορεί να συνδεθεί στο σύστημα είτε μέσω INTERNET είτε χωρίς, ως ένα τοπικό δίκτυο.

Η σύνδεση της συσκευής Android με το Arduino γίνεται μέσω TCP/IP Protocol. Ως ταυτότητα χρησιμοποιείται μια προκαθορισμένη MAC address και μια πόρτα ασφαλής επικοινωνίας.

Ο χρήστης μπορεί να ελίζει ψηφιακά και αναλογικά φυσικά μεγέθη, ακόμα και σύστημα εξαερισμού και ένταση φωτισμού (**Εικόνα 5.110**).^{iv}

5. Έλεγχος Φωτισμού



Εικόνα 5.110: Arduino smartphones Interface.

6. Γενική περιγραφή του κτηρίου παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ.

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η περιγραφή του κτηρίου της Παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ. του Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Δίνονται οι κατόψεις του κάθε επιπέδου και περιγράφονται τα προβλήματα που παρατηρήθηκαν από την καταγραφή των χώρων και του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού κατά τη διάρκεια των επισκέψεων στο κτήριο, στα πλαίσια της επιθεώρησης του.

6.1 Περιγραφή κτηρίου

Το κτήριο της Παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ. βρίσκεται στο Τ.Ε.Ι. Κρήτης (Ηράκλειο) και έχει κατασκευαστεί στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Ο κύριος προσανατολισμός του κτηρίου είναι δυτικός και οι ακριβείς του γεωγραφικές συντεταγμένες είναι: γεωγραφικός πλάτος $35^{\circ} 19' 03.9''$ Βόρεια και γεωγραφικό μήκος $25^{\circ} 06' 06.8''$ Ανατολικά [Google Earth]. Αρχικά καταλάμβανε χώρο $1510,525 \text{ m}^2$, ενώ σήμερα, ύστερα από παρεμβάσεις και επεκτάσεις που έγιναν στο κτήριο για την καλύτερη εξυπηρέτηση των αναγκών της σχολής, καταλαμβάνει χώρο περίπου $1803,816 \text{ m}^2$ και αποτελείται από 2 επίπεδα. Το υπό μελέτη επίπεδο έχει κάλυψη του οριζόντιου επιπέδου περίπου $1626,316 \text{ m}^2$. Η χρήση των χώρων του είναι γραφεία διδακτικού προσωπικού, εργαστήρια και κοινόχρηστοι χώροι.



Εικόνα 6.1: Δορυφορική άποψη του κτηρίου Παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ και προσανατολισμός του (Google Earth)

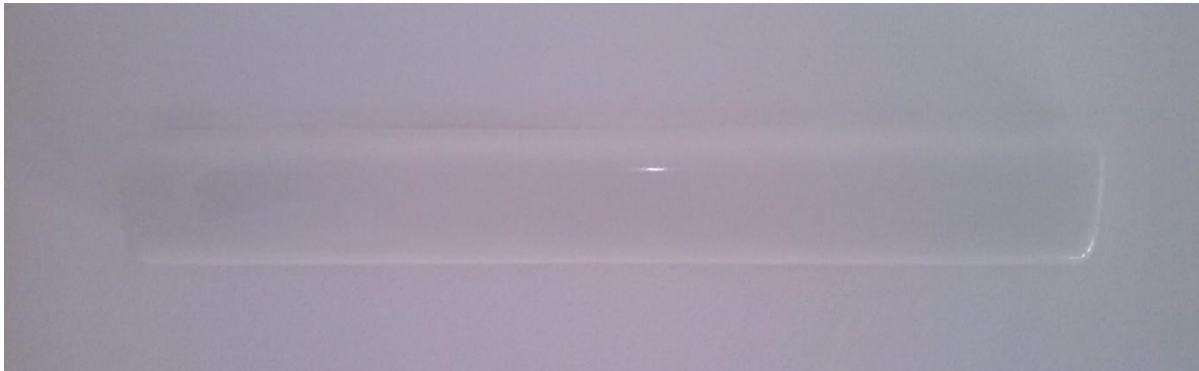
6.2 Περιγραφή των κύριων διαπιστώσεων για το φωτισμό του κτιρίου

Στο χώρο πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές επισκέψεις στα πλαίσια της επιθεώρησης του συστήματος φωτισμού και της καταγραφής των προβλημάτων του τη περίοδο από το Φεβρουάριο 2014 έως το Φεβρουάριο του 2015. Κατά τις επισκέψεις αυτές καταγράφηκε το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού καθώς επίσης οι χώροι και οι όποιες αλλαγές σε σχέση με τις αρχικές κατόψεις. Κατά τη διάρκεια των επισκέψεων στο κτήριο παρατηρήθηκαν τα εξής προβλήματα:

- Η ενεργοποίηση του φωτισμού πραγματοποιείται χειροκίνητα (διακόπτες) σε άτακτα χρονικά διαστήματα (το αργότερο από το προσωπικό ασφαλείας) και η απενεργοποίηση του πάλι σε άτακτα χρονικά διαστήματα, από τυχαίο περαστικό που θα το αντιληφθεί και έχει την ευαισθησία να σβήσει το φωτισμό, που αρκετές φορές είναι μέρα.
- Η χρήση παλαιών φωτιστικών με λαμπτήρες T8 των 18 και 36 W τα οποία έχουν ηλεκτρομαγνητικό μπάλαστ. Μερικά από αυτά τα φωτιστικά σώματα δεν διέθεταν

6. Γενική περιγραφή του κτηρίου παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ.

ανακλαστήρα ή παραβολικές περσίδες παρά μόνο γαλακτερό κάλυμμα το οποίο περιορίζει σε μεγάλο βαθμό τη φωτεινή ροή.



Εικόνα 6.2: Παλιό φωτιστικό σώμα με γαλακτερό κάλυμμα.

Σε άλλους χώρους, τα φωτιστικά σώματα ήταν χωρίς κάλυμμα, προκειμένου να αυξηθεί η φωτεινή ροή με αποτέλεσμα να υπήρχε το φαινόμενο της θάμπωσης.



Εικόνα 6.3: Γυμνά φωτιστικά σώματα.

Σε μερικούς χώρους όπου έγινε αντικατάσταση των παλαιών φωτιστικών, τα καινούρια τα οποία αποτελούνται από 4 λαμπτήρες φθορισμού T8, Ισχύος 18 W, 2 μαγνητικά μπάλαστ με συντελεστή $\cos\phi=0,51$ το κάθε ένα και πυκνωτή αντιστάθμισης $8 \mu F \pm 10\%$ ανά φωτιστικό σώμα. Τέλος, κάθε φωτιστικό σώμα έχει και παραβολικές περσίδες για καλύτερη διανομή του φωτός και να βελτιώνουν τη φωτιστική απόδοσή τους.

6. Γενική περιγραφή του κτηρίου παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ.



Εικόνα 6.4: Νέο φωτιστικό σώμα.

Στο κτήριο παρατηρήθηκε ότι σε αρκετούς χώρους δεν είχαν τοποθετηθεί οι λαμπτήρες σε όλα τα φωτιστικά. Επίσης σε κάποιους χώρους είχαν αφαιρεθεί πλήρως μερικά φωτιστικά. Αυτό έγινε εξαιτίας της ύπαρξης υγρασίας στην οροφή τους και την πρόκληση βραχυκυκλωμάτων.



Εικόνα 6.5: Ακυρωμένο φωτιστικό σώμα.

Σε σχέση με τα αρχικά σχέδια, έχουν δημιουργηθεί χωρίσματα σε πολλούς χώρους (χρήση γυψοσανίδων) τα οποία αλλάζουν τη διαρρύθμιση των χώρων χωρίς να έχει αλλάξει ο αριθμός ή η θέση των φωτιστικών. Αυτό δημιουργεί υποφωτισμό σε πολλούς χώρους και υπερβολικό φωτισμό σε κάποιους άλλους.



Εικόνα 6.6: Διαρρύθμιση χώρου με γυψοσανίδα.

6.3 Περιγραφή υφιστάμενου φωτισμού του κτιρίου

Κατά την επίσκεψη στο χώρο του κτιρίου διαπιστώθηκε ότι χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον φωτιστικά σώματα φθορισμού 4x18 W, με λαμπτήρες τύπου T8 με ηλεκτρομαγνητικό μπάλαστ τόσο σε κοινόχρηστους χώρους όσο και σε χώρους εργαστηρίων. Σύμφωνα με την προηγούμενη ενότητα τα περισσότερα φωτιστικά ήταν παλαιάς τεχνολογίας, χαμηλής απόδοσης και χωρίς ανακλαστήρες ή παραβολικές περσίδες. Πέρα από τους συγκεκριμένους λαμπτήρες φθορισμού τύπου T8 βρέθηκαν λαμπτήρες φθορισμού τύπου T8 των 36 W τόσο σε κοινόχρηστους χώρους όσο και σε χώρους εργαστηρίων, καθώς και προβολείς αλογόνου των 150 W με αισθητήρα ως φωτιστικά ασφαλείας κυρίως στους κοινόχρηστους χώρους.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο υπολογισμός της εγκαταστημένης ισχύος της υφιστάμενης κατάστασης και παράλληλα γίνονται κάποιες παρατηρήσεις σχετικά με τους χώρους που έγιναν οι επισκέψεις.

6.3.1 Ισόγειο

Το ισόγειο του κτηρίου της Παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ. έχει εμβαδόν περίπου 1510 m². Αποτελείται κυρίως από εργαστηριακούς χώρους για τη κάλυψη των αναγκών των τμημάτων Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Μηχανολόγων Μηχανικών, Μηχανικών Πληροφορικής και Πολιτικών Δομικών έργων. Επίσης, κάποιοι χώροι χρησιμοποιούνται ως γραφεία, αποθήκη και ως κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτα). Αναλυτικά, η χρήση του ισόγειου παρουσιάζεται στην **Εικόνα 6.7**.

6. Γενική περιγραφή του κτηρίου παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ.



Εικόνα 6.7: Κάτοψη ισογείου.

6. Γενική περιγραφή του κτηρίου παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ.

Ο Πίνακας 6.1 παρουσιάζει την εγκατεστημένη ισχύ ξεχωριστά σε κάθε χώρο, αλλά και τη συνολική ισχύς του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα
Είσοδος κτηρίου	7	28	18	Φθορισμού T8
Βόρειος Διαδρόμος	8	32	18	
Νότιος Διαδρόμος	9	36	18	
Ανατολικός Διαδρόμος	8	32	18	
Δυτικός Διαδρόμος	8	32	18	
Τουαλέτες	4	8	18	
Σπουδαστικός Σύλλογος	2	4	36	
Εργ. Διαχείρισης έργων	6	12	36	
Εργ. Προσομοίωσης Ηλ. Κυκλωμάτων	3	12	18	
Εργ. Ηλεκτρονικών Ισχύος	12	24	36	
Εργ. Πολυμέσων	11	22	36	
Εργ. ΣΑΕ	27	54	36	
Εργ. Ηλ. Μηχανών	27	54	36	
Αρχείο	8	16	36	
Εργ. Μελετών Κτιρίων	6	12	36	
Εργ. Εδαφομηχανικής	20	40	36	
Εργ Τεχνολογίας Laser	27	108	36	Σποτ οροφής
	1	1	35	
Εργ. Η/Υ Μηχανολογίας	10	10	36	Φθορισμού T8
ΤΟΥΑΛΕΤΕΣ	4	4	8	CFL
Λεβητοστάσιο	1	2	36	Φθορισμού T8
Γραφείο 1	3	6	36	
Γραφείο 2	2	8	18	
Γραφείο 3	2	4	18	
Γραφείο 4	2	4	36	
Είσοδος γραφείων 1	3	6	36	
Γραφείο 5	2	4	36	
Γραφείο 6	2	4	36	
Είσοδος γραφείων 2	1	2	36	
Γραφείο 7	3	6	36	
Γραφείο 8	2	4	36	
Γραφείο 9	2	4	36	
Γραφείο 10	2	4	36	
Γραφείο 11	6	12	36	
Γραφείο 12	3	6	36	
Βοηθητικοί χώροι	18	2	36	
ΣΥΝΟΛΟ	262	619	19.747	

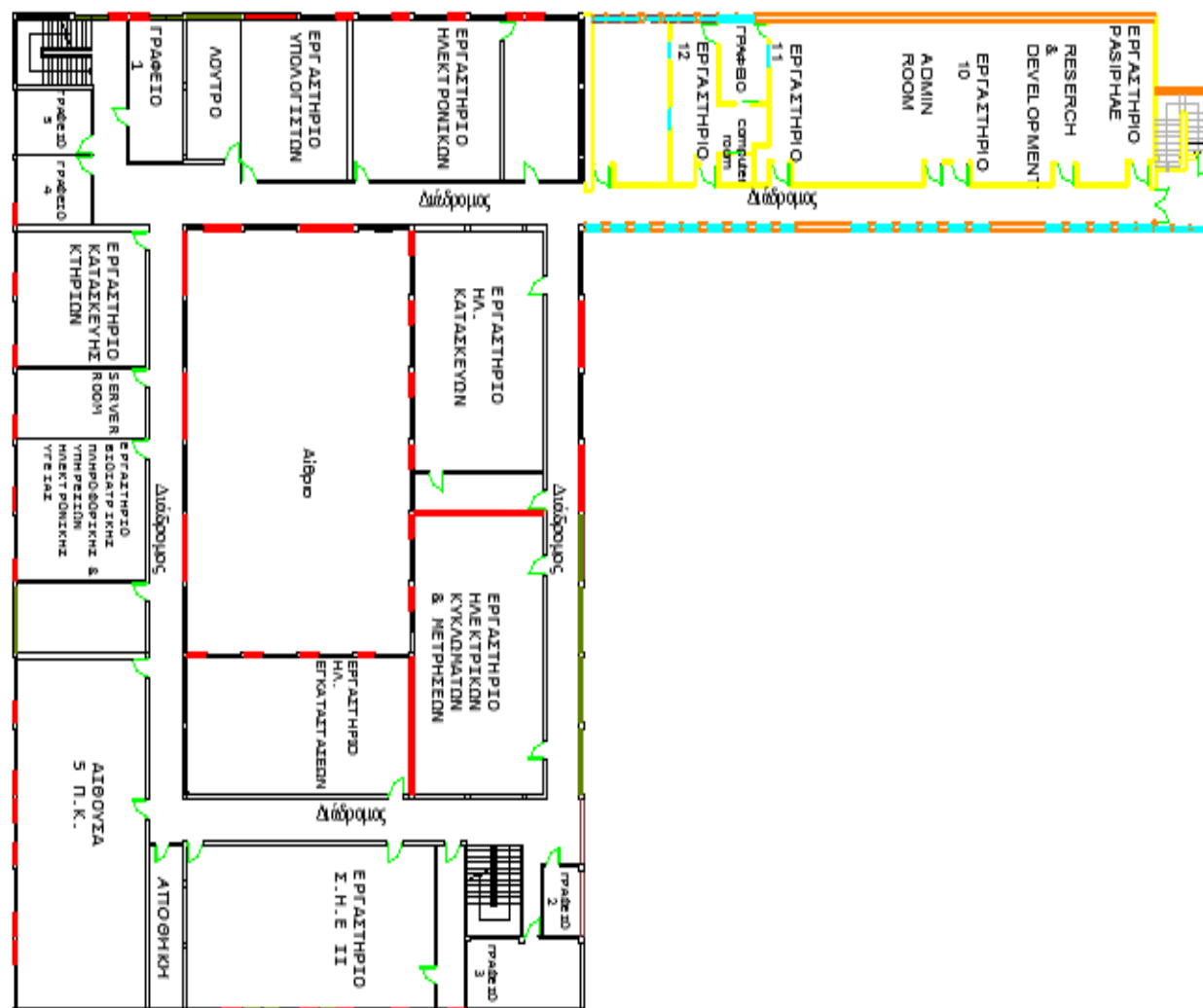
Πίνακας 6.1: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Ισόγειο).

6. Γενική περιγραφή του κτηρίου παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ.

6.3.2 Όροφος

Ο όροφος του κτηρίου της Παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ. έχει εμβαδόν περίπου 1626 m². Αποτελείται κυρίως από εργαστηριακούς χώρους για τη κάλυψη των αναγκών των τμημάτων Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Μηχανικών Πληροφορικής και Πολιτικών Δομικών έργων. Επίσης, κάποιοι χώροι χρησιμοποιούνται ως γραφεία, αποθήκη και ως κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτα). Αναλυτικά, η χρήση του ορόφου παρουσιάζεται στην **Εικόνα 6.8**.

6. Γενική περιγραφή του κτηρίου παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ.



Εικόνα 6.8: Κάτοψη ορόφου.

6. Γενική περιγραφή του κτηρίου παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ.

Ο Πίνακας 6.2 παρουσιάζει την εγκατεστημένη ισχύ ξεχωριστά σε κάθε χώρο, αλλά και τη συνολική ισχύς του ορόφου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς φωτισμού χώρου (W)	Παρασιτική Ισχύς (W)
Βόρειος Διαδρομος	9	18	18	Φθορισμού T8	324	66,6
Νότιος Διαδρομος	6	12	18		216	44,4
Ανατολικός Διαδρομος	15	52	18		936	192,4
Δυτικός Διαδρομος	4	8	18		144	29,6
Βόρειο κλιμακοστάσιο	1	4	18		72	14,8
Νότιο κλιμακοστάσιο	2	2	36		72	14,8
Δυτικό κλιμακοστάσιο	1	4	18		72	14,8
Εργ.12	12	48	18		864	177,6
Εργ.11	12	48	18		864	177,6
Εργ.10	15	60	18		1.080	222
Εργ. Ηλεκτρονικών	21	42	36		1.512	170,2
Εργ. Autocad	10	20	36		720	74
	1	1	8	CFL	8	0,5
WC	2	2	8		16	1
Εργ. Κατασκευών	26	50	36	Φθορισμού T8	1.800	96,2
Εργ. Θ.Η.Κ.	24	47	36		1.692	88,8
Εργ. Σ.Η.Ε.	25	50	36		1.800	185
Εργ. Εγκαταστάσεων	24	48	36		1.728	177,6
Βιβλιοθήκη Ε.Π.Π.	2	4	18		72	14,8
Αιθ. 5- ΠΚ	27	54	36		1.944	199,8
Εργ. Βιοιατρικής	18	36	36		1.296	133,2
Εργ. Κατασκευής Κτιρίων	12	24	36		864	88,8
Γραφείο 1	4	8	36		288	29,6
Γραφείο 2	2	4	36		144	14,8
Γραφείο 3	4	8	36		288	29,6
Γραφείο 4	2	4	36		144	14,8
Γραφείο 5	2	4	36		144	14,8
ΣΥΝΟΛΟ	286	668			19.104	2.288,1

Πίνακας 6.2: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Ορόφος).

6. Γενική περιγραφή του κτηρίου παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ.

6.4 Συνολική υφιστάμενη εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού κτιρίου

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.3) παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς και η κατανομή ισχύος για κάθε επίπεδο, αλλά και συνολικά.

Όροφος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)
Ισόγειο	19.747
Όροφος	19.104
ΣΥΝΟΛΟ	38.851

Πίνακας 6.3: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενων φωτιστικών για όλο το κτίριο.

Αρα παρατηρείται ότι η συνολική υφιστάμενη ισχύς φωτισμού για το κτήριο είναι 38,851 kW. Επίσης, η αντίστοιχη Παρασιτική Ισχύς του εκτιμάται περίπου 1,049 kW ή περίπου 3% της κατανάλωσης.^{xxxiv}

7. Πειραματική διερεύνηση επιλογής λαμπτήρων

7. Πειραματική διερεύνηση επιλογής λαμπτήρων

Για την σωστή αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού του κτηρίου, πρέπει να γίνει διερεύνηση για την επιλογή των βασικών εξαρτημάτων που πρέπει ν' αντικατασταθούν (φωτιστικά σώματα, λαμπτήρες, μπάλαστ) καθώς και ο βέλτιστος συνδυασμός τους.

Επειδή το κόστος αναβάθμισης σε κτήρια τέτοιου τύπου είναι σημαντικό λόγω της επιφάνειας του, εκτός τη θεωρητική διερεύνηση, πρέπει να πραγματοποιηθεί και διερεύνηση σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας των επιλεγμένων εξαρτημάτων. Η διερεύνηση αυτή θα γίνει με την ανάπτυξη πειραματικών διατάξεων, όπου θα καταγραφούν τα βασικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της κάθε διάταξης (Ρεύμα, Τάση, Ισχύς, Συντελεστής απόδοσης) και κατόπιν θα γίνει σύγκριση των διατάξεων αυτών.

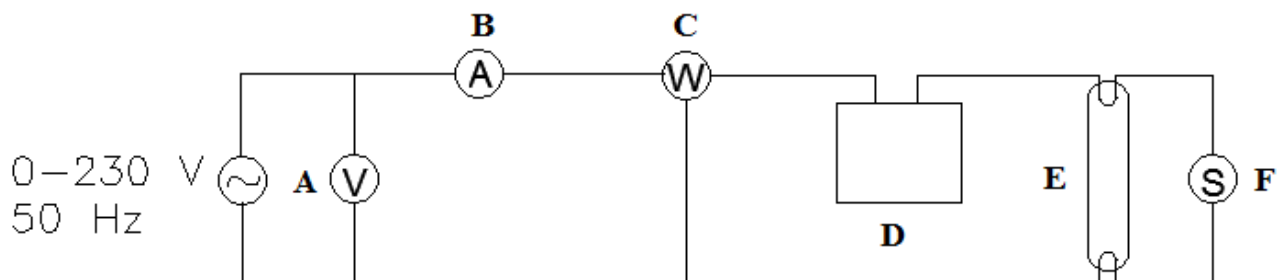
7.1 Μαγνητικό μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8

Η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη έχει σαν σκοπό τον ακριβή προσδιορισμό λειτουργίας και κατανάλωσης των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

Η διάταξη αποτελείται από 1 μαγνητικό μπάλαστ με συντελεστή ισχύος 0,35, 1 starter και 1 λαμπτήρα φθορισμού Ισχύος 18W και Φωτεινής Ροής 1050 Lumens (**Εικόνα 7.1**).



Εικόνα 7.1: Πειραματική διάταξη μαγνητικού μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8.



A: Βολτόμετρο εναλλασσομένης τάσης VAC

B: Αμπερόμετρο εναλλασσομένου ρεύματος IAC

C: Βαττόμετρο

D: Ηλεκτρομαγνητικό μπάλαστ

E: Λαμπτήρας φθορισμού T8

F: Στάρτερ

Εικόνα 7.2: Πειραματική διάταξη προσδιορισμού ηλεκτρικών χαρακτηριστικών μαγνητικού μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8.

7. Πειραματική διερεύνηση επιλογής λαμπτήρων

Τα ηλεκτρικά της χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 7.1) :

Τάση (V)	Ρεύμα (A)	Ισχύς (W)	cosφ	Παρασιτική Ισχύς (%)
211,5	0,25	20	0,38	11,111
220	0,275	22,5	0,372	25
223	0,2975	25	0,377	38,89

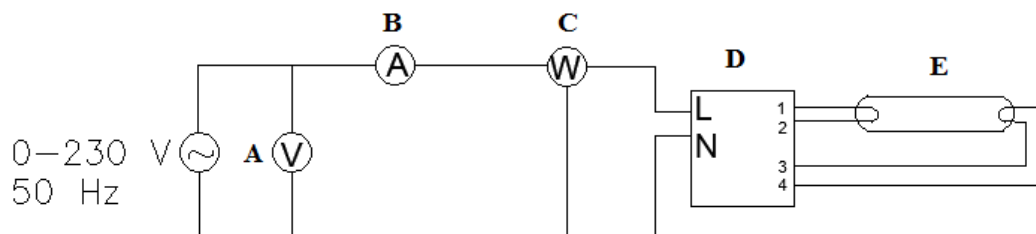
Πίνακας 7.1: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πειραματικής διάταξης.

7.2 Ηλεκτρονικό μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8

Η διάταξη αποτελείται από 1 ηλεκτρονικό μπάλαστ και 1 λαμπτήρα φθορισμού Ισχύος 18W και Φωτεινής Ροής 1050 Lumens (Εικόνα 7.3).



Εικόνα 7.3: Πειραματική διάταξη ηλεκτρονικού μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8.



A: Βολτόμετρο εναλλασσομένης τάσης VAC
B: Αμπερόμετρο εναλλασσομένου ρεύματος IAC
C: Βατόμετρο

D: Ηλεκτρονικό μπάλαστ
E: Λαμπτήρας φθορισμού T8

Εικόνα 7.4: Πειραματική διάταξη προσδιορισμού ηλεκτρικών χαρακτηριστικών ηλεκτρονικού μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8.

Τα ηλεκτρικά της χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.2) :

Τάση (V)	Ρεύμα (mA)	Ισχύς (W)	cosφ	Παρασιτική Ισχύς (%)
217,4	123	21,8	0,815	21
224,4	126,85	23,2	0,815	29

Πίνακας 7.2: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πειραματικής διάταξης.

7. Πειραματική διερεύνηση επιλογής λαμπτήρων

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι με τη συγκεκριμένη πειραματική διάταξη παρατηρήθηκε μικρότερη κατανάλωση ισχύος, κάτι που οφείλεται στο καλύτερο συντελεστή ισχύος ($\cos\phi$) που παρουσιάζει το μπάλαστ. Συγκεκριμένα, το ηλεκτρονικό μπάλαστ επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 44% σε σχέση με το μαγνητικό, λόγω του χαμηλού ρεύματος τροφοδοσίας που απαιτεί

7.3 Μαγνητικό μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T5

Η διάταξη στη συγκεκριμένη περίπτωση, είναι όμοια με αυτή στην **Εικόνα 7.1** με μοναδική αλλαγή την αντικατάσταση του λαμπτήρα T8, με T5 (14W, 827 Lumens).

Τα ηλεκτρικά της χαρακτηριστικά Δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστούν, καθώς δεν πραγματοποιήθηκε επιτυχής έναυση του λαμπτήρα με τη συγκεκριμένη διάταξη. Αυτό οφείλεται επειδή οι λαμπτήρες T5 έχουν συχνότητα λειτουργίας, τουλάχιστον 20 KHz, που μπορεί να παραχθεί μόνο με ηλεκτρονικό μπάλαστ.^{xxxv}

7.4 Ηλεκτρονικό μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T5

Η διάταξη στη συγκεκριμένη περίπτωση, είναι όμοια με αυτή στην **Εικόνα 7.3** με μοναδική αλλαγή την αντικατάσταση του λαμπτήρα T8, με T5 (14W, 1350 Lumens).

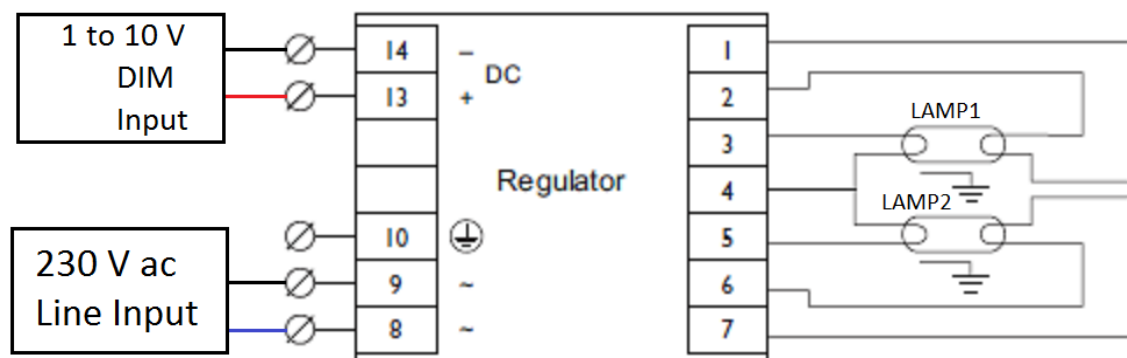
Τα ηλεκτρικά της χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 7.3**):

Τάση (V)	Ρεύμα (A)	Ισχύς (W)	$\cos\phi$	Παρασιτική Ισχύς (%)
209	0,092	16,8	0,874	20
220	0,092	16	0,79	14,286
228	0,087	16,4	0,827	17,143

Πίνακας 7.3: Αποτελέσματα πειράματος ηλεκτρονικού μπάλαστ με λαμπτήρα T5.

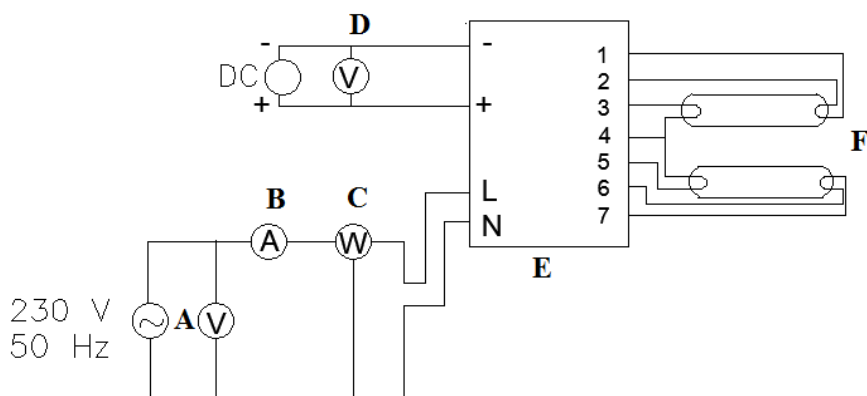
7.5 Ηλεκτρονικό ρυθμιζόμενο μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T5

Η διάταξη αποτελείται από 1 ηλεκτρονικό ρυθμιζόμενο μπάλαστ και 2 λαμπτήρες φθορισμού Ισχύος 14 και 13W και Φωτεινής Ροής 1350 και 950 Lumens αντίστοιχα (**Εικόνα 7.5**).



Εικόνα 7.5: Πειραματική διάταξη.

7. Πειραματική διερεύνηση επιλογής λαμπτήρων



A: Βολτόμετρο εναλλασσομένης τάσης V_{AC} **D:** Βολτόμετρο συνεχούς τάσης V_{DC}
B: Αμπερόμετρο εναλλασσομένου ρεύματος I_{AC} **E:** Ηλεκτρονικό ρυθμιζόμενο HF μπάλαστ
C: Βαττόμετρο **F:** Λαμπτήρες φθορισμού T5

Εικόνα 7.6: Πειραματική διάταξη προσδιορισμού ηλεκτρικών χαρακτηριστικών ηλεκτρονικού ρυθμιζόμενου μπάλαστ με λαμπτήρες φθορισμού T5.

Οι μετρήσεις που λήφθηκαν από αυτήν τη διάταξη παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 7.4):

ΤάσηDC (V)	ΡεύμαDC (mA)	ΡεύμαAC (mA)	Ισχύς (W)	$\cos\phi$	Παρασιτική Ισχύς (W)
0	0,184	63	9,5	0,655	0,5
0,5	0,184	65	9,75	0,652	
1	0,184	67	9,9	0,643	
1,5	0,184	68	11	0,703	
2	0,184	72,4	11,5	0,691	
2,5	0,183	75	13,2	0,765	
3	0,183	84,5	14,5	0,746	
3,5	0,183	91,8	16,2	0,767	
4	0,183	97,8	17,3	0,769	
4,5	0,183	98	19,3	0,856	
5	0,16	100	20	0,869	
5,5	0,16	105	21,9	0,907	
6	0,16	110	22,8	0,94	
6,5	0,16	120	24,4	0,964	
7	0,16	125	28,75	1	2,25
7,5	0,158	130	29,75	0,995	3,25
8	0,145	139	30	0,938	3,5
8,5	0,145	141	30,75	0,948	4,25
9	0,142	145	31,75	0,952	5,25
9,5	0,14	145	33	0,989	6,5
10	0,14	175	33,75	0,838	7,25

Πίνακας 7.4: Αποτελέσματα πειράματος ηλεκτρονικού ρυθμιζόμενου μπάλαστ με 2 λαμπτήρες T5.

Αυτό που αξίζει να σημειωθεί εδώ, εκτός της αυξομείωση της παρασιτικής ισχύς που παρατηρείται, είναι η συμπεριφορά του κυκλώματος ρύθμισης DC τάσης (0-10 V). Όταν απουσιάζει, ο λαμπτήρας φωτοβολεί πλήρως, ενώ όταν υπάρχει και ας μην κάνει έλεγχο (Τάση $V_{DC}=0$ V), ο λαμπτήρας αποδίδει την ελάχιστη δυνατή φωτεινότητα. Αυτό σημαίνει ότι σε περίπτωση που υποστεί βλάβη ο ρυθμιστής τάσης, το φωτιστικό σημείο αποδίδει σταθερά στο μέγιστο του, για όσο χρόνο είναι ενεργοποιημένο.

7. Πειραματική διερεύνηση επιλογής λαμπτήρων

7.6 Ηλεκτρονικό ρυθμιζόμενο μπάλαστ με λαμπτήρα φθορισμού T8 και T5

Η διάταξη αποτελείται από 1 ηλεκτρονικό ρυθμιζόμενο μπάλαστ 1 λαμπτήρα φθορισμού T8 Ισχύος 18 W και Φωτεινής Ροής 1050 Lumens και 1 λαμπτήρα φθορισμού T5 Ισχύος 14 W και Φωτεινής Ροής 950 Lumens (Εικόνα 7.5).

Τα ηλεκτρικά της χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 7.5) :

Τάση _{DC} (V)	Ρεύμα _{AC} (mA)	Ισχύς (W)	cosφ	Παρασιτική Ισχύς (W)
0	65	9	0,602	0,5
1	65	9	0,602	
2	67	8,5	0,552	
3	78	13	0,725	
4	90	15,5	0,749	
5	100	20	0,8696	
6	105	23	0,9524	
7	118	26	0,958	
8	125	28	0,9739	
9	145	30	0,8995	
10	145	32	0,9595	

Πίνακας 7.5: Αποτελέσματα πειράματος ηλεκτρονικού ρυθμιζόμενου μπάλαστ με λαμπτήρα T8 και T5.

Συγκρίνοντας τ' αποτελέσματα χρήσης του ηλεκτρονικού ρυθμιζόμενου μπάλαστ με 2 λαμπτήρες T5 (Πίνακας 7.4) και με 1 λαμπτήρα T5 και 1 λαμπτήρα T8 (Πίνακας 7.5), παρατηρείται στη δεύτερη πειραματική διάταξη η εμφάνιση χαμηλού συντελεστή ισχύος (cosφ) λόγω του λαμπτήρα T8, που απαιτεί μεγαλύτερο ρεύμα έναυσης κατά 20- 30% σε σχέση με τον T5. Επομένως, σε περίπτωση που γίνει αντικατάσταση μαγνητικού σε ηλεκτρονικό ρυθμιζόμενο μπάλαστ, μπορούν να αξιοποιηθούν οι υπάρχοντες λαμπτήρες T8, που σημαίνει χαμηλότερος κόστος αναβάθμισης φωτισμού.

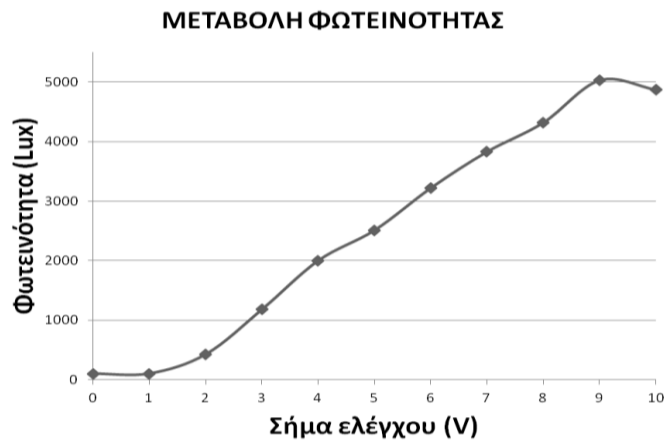
Ιδιαίτερη αξία, έχει ο τρόπος μεταβολής της φωτεινότητας του μπάλαστ σε ένα λαμπτήρα ή φωτιστικό φθορίου. Για τη συγκεκριμένη διερεύνηση δημιουργήθηκε αυτοσχέδιος σκοτεινός θάλαμος διαστάσεων 57.5 x 38.3 x 18.3 cm, ο οποίος επενδύθηκε εσωτερικά με μαύρο κάλυμμα για την αποφυγή των ανακλάσεων προς τον αισθητήρα μέτρησης φωτεινότητας (Luxόμετρο) και πραγματοποιήθηκε τομή για τη κάθετη τοποθέτηση του (Εικόνα 7.7). Τέλος, η χρησιμοποιούμενη διάταξη αποτελείται από 1 ηλεκτρονικό ρυθμιζόμενο μπάλαστ 2 λαμπτήρες φθορισμού T5 Ισχύος 13 W και 14 W και Φωτεινής Ροής 1050 και 950 Lumens αντίστοιχα.



Εικόνα 7.7: Ιδιοκατασκευή σκοτεινού θαλάμου.

7. Πειραματική διερεύνηση επιλογής λαμπτήρων

Ο τρόπος μεταβολής της φωτεινότητας του μπάλαστ, αν και εμφανισιακά θυμίζει σιγμοειδή συνάρτηση, στη πραγματικότητα πρόκειται για πολυώνυμο 3^{ου} βαθμού (Εικόνα 7.8). Επίσης, η μεταβολή αυτή θυμίζει έντονα το θεωρητικό μοντέλο [Εικόνα 5.29].



Εικόνα 7.8: Μεταβολή φωτεινότητας.

7.7 Επιβάρυνση κατανάλωσης φωτιστικού σώματος με καμένο λαμπτήρα

Μια παράμετρος που κρίθηκε απαραίτητη να παρατηρηθεί, είναι εάν παρουσιάζει κατανάλωση σ' ένα φωτιστικό σώμα ένας καμένος λαμπτήρας T8 και εάν ναι, πόσο επηρεάζει ενεργειακά το φωτιστικό σώμα συνολικά. Η συγκεκριμένη μελέτη θα εφαρμοστεί σε μαγνητικό και σε απλό και ρυθμιζόμενο ηλεκτρονικό μπάλαστ. Επίσης, ο λαμπτήρας που θα χρησιμοποιηθεί είναι τύπου T8, 18 W.

7.7.1 Μαγνητικό μπάλαστ

Κατά μεγάλη τους πλειοψηφία, οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις φωτισμού με φωτιστικά φθορισμού, έχουν ακόμα μαγνητικά μπάλαστ. Επομένως, είναι άξιο διερεύνησης η επίδραση καμένου λαμπτήρα στην εγκατάσταση. Ο Πίνακας 7.6 παρουσιάζει την επίδραση αυτή.

Τάση (V)	Ρεύμα (mA)	Ισχύς (W)	cosφ	Παρασιτική Ισχύς (%)
230	320	19	0,258	5,55

Πίνακας 7.6: Αποτελέσματα πειράματος μαγνητικού μπάλαστ με καμένο λαμπτήρα T8.

Από το παραπάνω πίνακα, παρατηρείται μια επιβάρυνση του συντελεστή ισχύος κατά 26% περίπου λόγω αύξησης του ρεύματος που απαιτείται κατά την προσπάθεια έναυσης του λαμπτήρα περίπου, άρα και μείωση της παρασιτικής ισχύς κατά 87% περίπου. Επομένως, αυξάνεται η άεργος ισχύς της διάταξης, που έχει ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση του δικτύου τροφοδοσίας για αντιστάθμιση της.

7. Πειραματική διερεύνηση επιλογής λαμπτήρων

7.7.2 Απλό ηλεκτρονικό μπάλαστ

Ομοίως με το μαγνητικό μπάλαστ, μελετήθηκε η επίδραση του λαμπτήρα και σε απλό ηλεκτρονικό μπάλαστ. Ο Πίνακας 7.7 παρουσιάζει τη συγκεκριμένη μελέτη.

Τάση (V)	Ρεύμα (mA)	Ισχύς (W)	cosφ	Παρασιτική Ισχύς (%)
230	60	10	0,725	0

Πίνακας 7.7: Αποτελέσματα πειράματος απλού ηλεκτρονικού μπάλαστ με καμένο λαμπτήρα T8.

Όπως και στο μαγνητικό μπάλαστ, εμφανίζεται και εδώ επιβάρυνση του συντελεστή ισχύος κατά 25% περίπου. Σε αντίθεση με το μαγνητικό μπάλαστ όμως, το ρεύμα έναυσης είναι χαμηλότερο λόγω των εσωτερικών ηλεκτρονικών διατάξεων του μπάλαστ. Έτσι, το μπάλαστ όχι μόνο δεν επιβαρύνει τόσο πολύ το δίκτυο με άεργη ισχύ αλλά επιτρέπει ακόμα και την έναυση φαινομενικά καμένου λαμπτήρα.

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

Όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο Κεφάλαιο [7], ο φωτισμός του κτηρίου σε γενικά πλαίσια είναι παλιάς τεχνολογίας και συνεπώς ερνεγοβόρος. Με την απόφαση ανακαίνισης του κτηρίου, κρίθηκε σκόπιμο η δημιουργία μελέτης αναβάθμισης του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού.

Πριν την δημιουργία μελέτης στο κτήριο που επιλέχθηκε, κρίθηκε αναγκαίο να προσδιοριστεί ο υπό μελέτη χώρος. Δηλαδή, έπρεπε να επιλεγεί αν η μελέτη θα γίνει για όλο το κτήριο, ή μόνο για κάποιο από τους χώρους του (Ισόγειο ή Όροφο). Όσον αφορά τις εργασίες ανακαίνισης, έχει επιλεγεί να πραγματοποιηθούν αρχικά στο Ισόγειο και κατόπιν στον Όροφο. Επομένως, οι απαιτούμενες μελέτες φωτισμού (Φωτοτεχνική, Υλικοτεχνική, Αυτοματισμού) του Ισογείου, έχουν ήδη εκπονηθεί και εγκριθεί. Ως εκ τούτου, θεωρήθηκε δόκιμο να πραγματοποιηθεί μια πλήρης μελέτη έξυπνου φωτισμού, με το ενδεχόμενο έγκρισης και υλοποίησης της στον Όροφο του κτηρίου, έχοντας το πλεονέκτημα του απαιτούμενου χρόνου ανακαίνισης του Ισογείου και την έλλειψη μελέτης φωτισμού.

Η παρούσα μελέτη διακρίνεται σε δύο μέρη. Στη μελέτη και εγκατάσταση του απαιτούμενου εξοπλισμού σ' έναν από τους διαδρόμους του Ορόφου και στη μελέτη ολόκληρου του Ορόφου, που θα περιλαμβάνει όλους τους διαδρόμους, γραφεία καθηγητών, εργαστήρια και τους βοηθητικούς χώρους (αποθήκες, λουτρά). Ο διαχωρισμός της μελέτης επιλέχθηκε, καθώς θεωρήθηκε δόκιμο πρώτα να γίνει μελέτη και εγκατάσταση του εξοπλισμού σε μικρό αρχικά χώρο, έτσι ώστε να γίνει παρακολούθηση του τρόπου λειτουργίας, κατανάλωσης ενέργειας και τυχών παραλείψεις ή σφάλματα που πρέπει να ληφθούν υπόψιν και να διορθωθούν κατά την εκπόνηση της πλήρους μελέτης.

Στο παρών Κεφάλαιο, θα πραγματοποιηθεί η μελέτη για το διάδρομο του ορόφου στην περιοχή που βρίσκονται τα εργαστήρια του Ε.Π.Π. καθώς είναι ανακαινισμένος και έχει καλύτερη φυσική φωτεινότητα σε σχέση με τους υπόλοιπους διαδρόμους του ορόφου, καθώς τα τζάμια του έχουν δυτικό προσανατολισμό και καλύπτουν το 70% περίπου το διάδρομο κατά μήκος και κατά ύψος. Ο συγκεκριμένος διάδρομος αποτελείται από 11 φωτιστικά σώματα όμοια με αυτό στην **Εικόνα 6.4**, αποτελούμενα το καθ' ένα από 2 μαγνητικά μπάλαστ με $\cos\phi$ 0.51, 4 λαμπτήρες φθορισμού T8 και 1 πυκνωτή αντιστάθμισης 8 μF . Με το πυκνωτή αντιστάθμισης το $\cos\phi$ βελτιώθηκε στο 0,987.

Ο έλεγχος που θα πραγματοποιηθεί θα αφορά την έναυση και τη σβέση 9 φωτιστικών σωμάτων, επομένως δεν απαιτείται η αλλαγή των συγκεκριμένων φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων τους όπως αποδείχθηκε και με τα πειράματα του κεφαλαίου [7]. Τέλος, θα πραγματοποιηθεί και έλεγχος ρύθμισης φωτεινότητας σε 2 φωτιστικά, όπου θα χρειαστεί η αντικατάσταση των μπάλαστ με αντίστοιχα ρυθμιζόμενα. Η αντικατάσταση των λαμπτήρων, θα εξαρτηθεί από το είδος και το κόστος των ρυθμιζόμενων μπάλαστ.

8.1 Ενεργειακή κατανάλωση διαδρόμου Ε.Π.Π.

Για να γίνει εύκολα κατανοητή, η ανάγκη αλλαγής του υφιστάμενου ελέγχου φωτισμού στον Όροφο, επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί δειγματοληπτική καταγραφή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο διάδρομο του Ε.Π.Π.. Ο συγκεκριμένος διάδρομος, επιλέχθηκε επειδή έχει πολλά παράθυρα κατά μήκος του, με συνέπεια την ημέρα να μην είναι εύκολα αντιληπτή η λειτουργία των φωτιστικών, αν αυτά ξεχαστούν αναμμένα. Αποτελείται από 11 φωτιστικά σημεία τύπου φθορίου διάταξης 4x18 W το κάθε ένα με συνολική κατανάλωση συμπεριλαμβανομένων των ballasts, 86.8W.^{xxxiv} Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για τους λαμπτήρες είναι 792 W ενώ για τα φωτιστικά 954.8W. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει παρασιτική ισχύς και είναι περίπου 20,55 %. Τέλος, λόγω της παραπάνω ιδιαιτερότητας του, στο συγκεκριμένο διάδρομο θα γίνει υλοποίηση της παρούσας μελέτης.

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

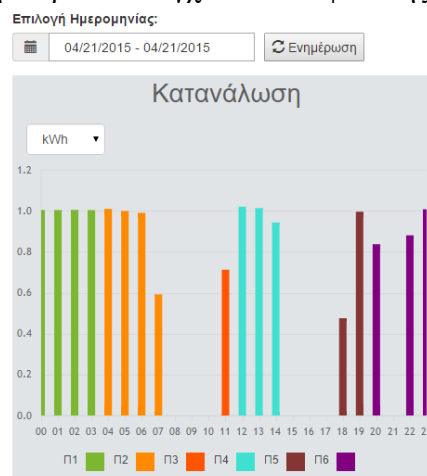
Η καταγραφή της κατανάλωσης πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του μετρητή CurrentCost της EnviR^{xxxvi} (Εικόνα 8.1). Ουσιαστικά πρόκειται για μια αμπεροτσιμπίδα, που συνδέεται στην υπό- μέτρηση κατανάλωση και στέλνει ασύρματα την τιμή του ρεύματος σε ειδικό δέκτη. Ο δέκτης, αφού του οριστεί η τάση δικτύου και το κόστος ανά μονάδα ενέργειας (KWh), έχει τη δυνατότητα εμφάνισης της καταναλισκόμενης ενέργειας και το αντίστοιχο κόστος της σε ημερήσια, εβδομαδιαία και μηνιαία βάση. Επίσης έχει τη δυνατότητα απευθείας σύνδεσης με καλώδιο τύπου mini-usb με υπολογιστή και απεικόνισης των αποτελεσμάτων σε ειδικό interface και μπορεί να συνδεθεί στο internet με τη χρήση ειδικού αναπτυξιακού^{xxxvii} - up loader, για απομακρυσμένη παρακολούθηση. Για τη παρακολούθηση και καταγραφή των μετρήσεων του διαδρόμου, χρησιμοποιήθηκε ειδική ιστοσελίδα του παρόχου του αναπτυξιακού (<http://beta.intelen.com/singular/el/login/index>) με το κατάλληλο username και password.



Εικόνα 8.1: Μετρητής ενέργειας και αναπτυξιακό.

Ως περίοδος μέτρησης και αξιολόγησης, επιλέχθηκε ο μήνας Απρίλιος, καθώς υπάρχει αύξηση της ημερήσιας ηλιοφάνειας, και είναι στο κέντρο του μαθητικού εξαμήνου του Ιδρύματος, δηλαδή υπάρχει η ανάγκη για φωτισμό τις νυχτερινές ώρες 8 - 10 και επίσης αξιολογείται η παρατηρητικότητα και η ενεργειακή «συνείδηση» μερίδας φοιτητών.

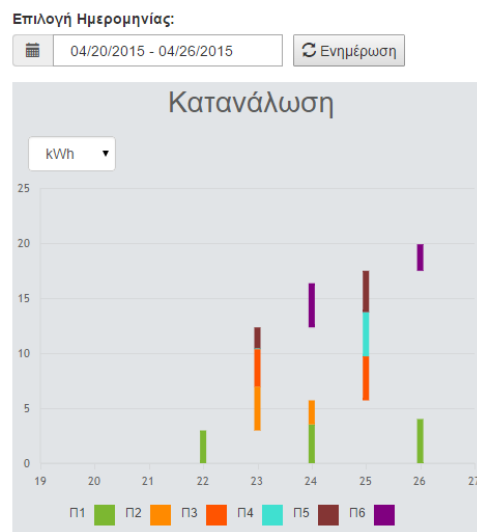
Στην Εικόνα 8.2, παρουσιάζεται η ημερήσια κατανάλωση στις 21 Απριλίου 2015, η οποία είναι περίπου 15 kWh. Είναι άξιο προσοχής είναι η κατανάλωση που παρατηρείται στο διάστημα 11 π.μ. – 2 μ.μ. Ενώ θα έπρεπε ο φωτισμός του διαδρόμου να παραμείνει κλειστός, όπως σωστά απενεργοποιήθηκε στις 7 π.μ., κάποιος τα ενεργοποίησε είτε κατά λάθος (στηρίχθηκε στο διακόπτη του τοίχου), είτε εσκεμμένα. Επίσης, κάποιος παρατήρησε κατά τις 2 μ.μ. ότι ο φωτισμός είναι ενεργοποιημένος, και τον έκλεισε. Αντίστοιχο φαινόμενο εμφανίστηκε και κατά το διάστημα 6μ.μ. – 8μ.μ. Τέλος, τα φώτα άναψαν πάλι στις 10 μ.μ., πιθανόν από το φύλακα κατά τη διάρκεια ελέγχου και ασφάλισης του ορόφου.



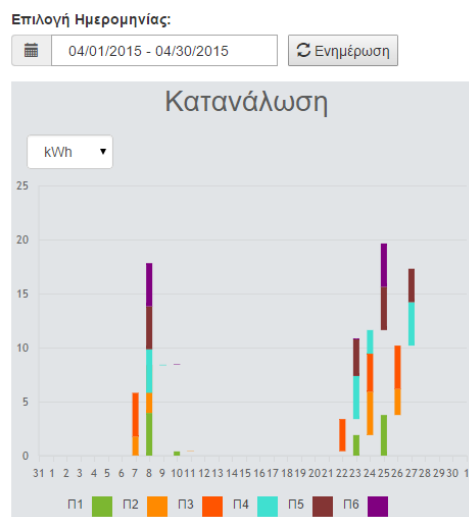
Εικόνα 8.2: Ημερήσια κατανάλωση στις 21 Απριλίου 2015.

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στις εικόνες που ακολουθούν εμφανίζονται οι καταναλώσεις μιας ολόκληρης εβδομάδας (**Εικόνα 8.3**), καθώς και συνολικά του μήνα Απριλίου (**Εικόνα 8.4**).



Εικόνα 8.3: Εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας περιόδου 20 – 26 Απριλίου 2015



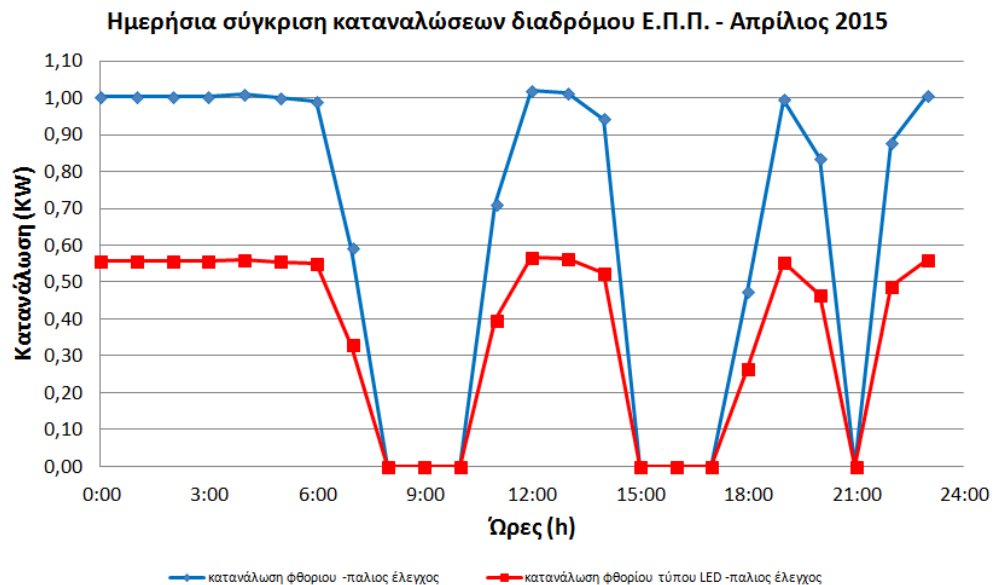
Εικόνα 8.4: Μηνιαία κατανάλωση Απριλίου 2015

8.2 Αναβάθμιση λαμπτήρων φθορίου

Πριν την επιλογή του συστήματος ελέγχου φωτισμού, έγινε η διερεύνηση κατά πόσον συμφέρει απλώς η αντικατάσταση των υφιστάμενων λαμπτήρων φθορισμού T8, με αντίστοιχους λαμπτήρες LED φθορίου. Βάση έρευνας αγοράς που πραγματοποιήθηκε στην εγχώρια αγορά, προσδιορίστηκε η αντιστοιχία μεταξύ των κλασικών λαμπτήρων T8, 18W σε λαμπτήρες LED T8 9/10 W ανάλογα με την εταιρεία παραγωγής. Επίσης αλλάζει και το κόστος αγοράς του λαμπτήρα ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας του κατασκευαστή και με το αν είναι ρυθμιζόμενος ή όχι. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι λαμπτήρας LED T8 10 W με όριο ζωής 20.000 ώρες μη ρυθμιζόμενος, κοστίζει 9-12 €, ενώ ρυθμιζόμενος λαμπτήρας LED T8 9 W για 50.000 ώρες κοστίζει 18-20 €.

Για να γίνει ευκολότερα κατανοητό αν συμφέρει ή όχι η χρήση των νέων λαμπτήρων, πραγματοποιήθηκε προσομοίωση λειτουργίας λαμπτήρα LED 10 W με βάση τη κατανάλωση μιας καθημερινής ημέρας. Τέλος συγκρίθηκαν οι καταναλώσεις των απλών λαμπτήρων φθορίου, με τους νέους (**Εικόνα 8.5**).

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού



Εικόνα 8.5: Ημερήσια σύγκριση καταναλώσεων διαδρόμου Ε.Π.Π..

Από τη παραπάνω σύγκριση, αξίζει να επισημανθεί ότι το ποσοστό μείωσης κατανάλωσης με τους νέους λαμπτήρες φθορισμού είναι 47,5 % περίπου. Το ποσοστό αυτό θεωρήθηκε αρκετά σημαντικό. Το κόστος αντικατάστασης όμως είναι 528 € (44 λαμπτήρες) πόσο σχετικά μεγάλο.

8.3 Τεχνοοικονομική επιλογή μεθόδου ελέγχου φωτισμού διαδρόμου

Για να επιλεγθεί ο καλύτερος δυνατός τρόπος ελέγχου φωτισμού για το διάδρομο, πρέπει αρχικά να γίνει προσδιορισμός των απαιτήσεων του ελέγχου, δηλαδή πότε, πως και από πού θα πραγματοποιείται.

Επομένως, οι απαιτήσεις του ελέγχου φωτισμού είναι:

- Προσδιορισμός των φωτιστικών σωμάτων που θα ελεγχθούν
- Ο έλεγχος να πραγματοποιείται όλες τις μέρες της βδομάδας
- Ο φωτισμός ανάλογα με τη φυσική φωτεινότητα του διαδρόμου, θα μπορεί να ενεργοποιείται και να ρυθμίζεται. Η ενεργοποίηση θα γίνεται με την ανίχνευση κίνησης διερχομένου στο διάδρομο και θ' απενεργοποιείται έπειτα από προκαθορισμένο χρονικό διάστημα.

Τέλος, το αν ο έλεγχος θα είναι τοπικός ή απομακρυσμένος (ασύρματος), θα εξαρτηθεί από τις δυνατότητες του ελέγχου που θα επιλεγθεί και το απαιτούμενο κόστος.

8.3.1 Έλεγχος με DALI

Για να πραγματοποιηθεί ο συγκεκριμένος έλεγχος, πρέπει να αντικατασταθούν τα μπάλαστ με άλλα, συμβατά στο πρωτόκολλο DALI. Επειδή πρόκειται να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος σε υφιστάμενη εγκατάσταση, θα χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο Class 2 [5.6.2]. Τον απαιτούμενο εξοπλισμό, περιγράφει ο Πίνακας 8.1. Παρόλο που υπάρχει η δυνατότητα ξεχωριστού ελέγχου σε κάθε μπάλαστ, δε κρίνεται σκόπιμη η εφαρμογή του στη συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς το λειτουργικό όφελος είναι συγκριτικά χαμηλό με το κόστος εγκατάστασης.

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

α/α	ΥΛΙΚΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ / ΤΕΜΑΧΙΟ (€)	ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)	Παρατηρήσεις
1	Ηλεκτρονικά Dali ballast	22	81.5	1793	
2	Multisensor	3	35	105	οροφής
3	ΚΣΕ	1	335	335	
4	ΑΚΕ	3	45	135	2 ζώνες ελέγχου
5	Καλώδιο 2*1.5 mm ²	70	0,24	16,8	Σήμα ελέγχου
6	Πίνακας τοποθέτησης ΚΣΕ	1	42	42	Επίτοιχος 2 σειρών
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)				2.426,8	

Πίνακας 8.1: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για έλεγχο φωτισμού με το DALI.

8.3.2 Έλεγχος με LEDOTRON

Για τον έλεγχο με το LEDOTRON, πρέπει να γίνει πλήρης αντικατάσταση των υπαρχόντων φωτιστικών σωμάτων με φωτιστικά συμβατά των απαιτούμενων λαμπτήρων ([5.3.1.1.4]) που όμως θα αποτελέσουν το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού κόστους. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός, περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 8.2**) :

α/α	ΥΛΙΚΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ / ΤΕΜΑΧΙΟ (€)	ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)	Παρατηρήσεις
1	Φωτιστικό σώμα	33	173	5709	Χωνευτό οροφής με 4 λαμπτήρες (Εικόνα 8.6)
2	Λαμπτήρας LED	132	27,96	3.690,72	6,8 W,350 lm
3	Μονάδα ελέγχου	5	90,41	452,05	Οδήγηση μέχρι και 25 λαμπτήρες και μέγιστο φορτίο 210 W
4	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ σηματος ελέγχου	200 m	0,31 euro/m	62	SFTP cat 6
5	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ τροφοδοσίας	70 m	0,24 euro/m	16,8	NYL 3*1.5 mm ²
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ				9.930,57	

Πίνακας 8.2: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για έλεγχο φωτισμού με το LEDOTRON.

Από τον παραπάνω πίνακα, παρατηρείται ότι δεν έχει προσδιοριστεί το πλήθος και το είδος των αισθητήρων κίνησης και φωτεινότητας που απαιτείται. Αυτό έγινε, διότι δεν ήταν δυνατό ο προσδιορισμός αισθητήρων συμβατός με τη συγκεκριμένη τεχνολογία, κάτι που το καθιστά αδύναμο για αυτόματο έλεγχο. Η βελτίωση των λαμπτήρων LED ώστε να αποκτήσουν χαρακτηριστικά όμοια με το φθορισμό θα μειώσει σημαντικά το σχετικό κόστος.

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού



Εικόνα 8.6: Χωνευτό φωτιστικό οροφής με 4 λαμπτήρες.

8.3.3 Έλεγχος με X10

Το X10, έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ενσύρματα και ασύρματα (RF). Για την διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, θα γίνει διερεύνηση και με τους δύο τρόπους.

8.3.3.1 Ενσύρματος έλεγχος

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός, περιγράφεται στον επόμενο πίνακα (**Πίνακας 8.3**) :

α/α	ΥΛΙΚΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ / ΤΕΜΑΧΙΟ (€)	ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)	Παρατηρήσεις
1	Ηλεκτρονικό dimmable ballast	2	40	80	Ρύθμιση 4 x 14 W T5
2	Λαμπτήρας T5	8	1,18	9,44	Ισχύς 14 W
3	Προσαρμογέας T8/T5	16	2,66	42,5	
4	Ρυθμιζόμενο τροφοδοτικό	2	-	-	Δημιουργία ρυθμιζόμενης DC τάσης 0-10 V
5	controller	1	69,95	69,95	Computer Interface
6	module	12 (3 ζώνες ελέγχου)	31,95	383,4	300 W max
7	multisensor	3	29,17	87,51	
8	Πίνακας τοποθέτησης controller	1	42	42	
9	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ σηματος ελέγχου	200 m	0,31 euro/m	62	SFTP cat 6
10	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ τροφοδοσίας	70 m	0,24 euro/m	16,8	NYL 3*1.5 mm ²
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ				793,6	

Πίνακας 8.3: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ενσύρματο έλεγχο φωτισμού με το X10.

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

Σημαντικό μειονέκτημα του X10, είναι η έλλειψη εύρεσης τροφοδοτικού που να παράγει ρυθμιζόμενη τάση DC 0-10V. Θεωρητικά, μπορεί να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί ένα τέτοιο τροφοδοτικό, έχοντας σαν ρυθμιστή, έναν αισθητήρα φωτεινότητας, κάτι που απαιτεί χρόνο. Άρα δεν είναι ικανό να ελέγξει λάμπες φθορισμού. Μια λύση είναι η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με φωτιστικά που περιέχουν λαμπτήρες CFL ή LED. Εδώ πρέπει να προσεχθεί, να μην ελαττωθεί η υπάρχουσα φωτεινή ροή με βάση τα 2 υφιστάμενα φωτιστικά σώματα. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός, περιγράφεται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 8.4):

α/α	ΥΛΙΚΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ/ ΤΕΜΑΧΙΟ (€)	ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)	Παρατηρήσεις
1	Φωτιστικό σώμα	4	7,59	30,36	2x20 W CFL (Εικόνα 8.7)
2	Λαμπτήρας	8	20,70	165,6	20 W CFL Dimmable, 1300 lm
3	controller	1	69,95	69,95	Computer Interface
4	module	12 (3 ζώνες ελέγχου)	31,95	383,4	300 W max
5	multisensor	3	29,17	87,51	
6	Πίνακας τοποθέτησης controller	1	42	42	
7	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ σηματος ελέγχου	200 m	0,31 euro/m	62	SFTP cat 6
8	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ τροφοδοσίας	70 m	0,24 euro/m	16,8	NYL 3*1.5 mm ²
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ				857,62	

Πίνακας 8.4: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ενσύρματο έλεγχο φωτισμού με το X10.

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού



Εικόνα 8.7: Φωτιστικό χωνευτό με CFL λαμπτήρες.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι με το συγκεκριμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας, τα σήματα μπορεί να εξασθενήσουν, να τροποποιηθούν, ή ακόμα να παύσουν να υφίστανται εξαιτίας της προβληματικής τροφοδοσίας του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού, να αλλοιωθούν κατόπιν εισαγωγής θορύβου από το ηλεκτρικό τους περιβάλλον. Επίσης, υπάρχει αδυναμία επιβεβαίωσης λήψης σήματος.

8.3.3.2 Ασύρματος έλεγχος

Μια εναλλακτική λύση για την αποφυγή των ιδιοτεροτήτων του ενσύρματου ελέγχου που προαναφέρθηκαν, είναι η δημιουργία ασύρματου ελέγχου. Έτσι αποφεύγονται τα σφάλματα λόγω καλωδίωσης. Τον απαιτούμενο εξοπλισμό, περιγράφει ο **Πίνακας 8.5**:

α/α	ΥΛΙΚΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ/ ΤΕΜΑΧΙΟ (€)	ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)	Παρατηρήσεις
1	Φωτιστικό σώμα	4	7,59	30,36	2x20 W
2	Λαμπτήρας	8	20,70	165,6	20 W CFL Dimmable, 1300 lm
3	πομπός	1	69,95	69,95	Computer Interface
4	δέκτης	3	21,95	65,85	δυνατότητα on/off και dim
5	multisensor	3	29,17	87,51	
6	Πίνακας τοποθέτησης πομπού	1	42	42	
7	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ τροφοδοσίας	70 m	0,24 euro/m	16,8	NYL 3*1.5 mm ²
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ				478,07	

Πίνακας 8.5: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ασύρματο έλεγχο φωτισμού με το X10.

Να σημειωθεί, ότι και εδώ υπάρχει αδυναμία επιβεβαίωσης λήψης σήματος. Επίσης, απαιτείται η δημιουργία ασύρματου δικτύου (WLAN), ή πρόσβαση με φορητό Η/Υ (laptop) για τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

8.3.4 Έλεγχος με INSTEON

Όπως παρατηρήθηκε στην αντίστοιχη Ενότητα [5.8], το INSTEON, είναι η τεχνολογική εξέλιξη του X10. Το πρόβλημα της επιβεβαίωσης λήψης σήματος, έχει επιλυθεί, αλλά παραμένει το πρόβλημα εύρεσης ρυθμιζόμενου DC τροφοδοτικού. Επίσης, δεν έχει επιβεβαιωθεί η προστασία από θόρυβο. Για τους λόγους αυτούς, επιλέχθηκε η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων και η αξιοποίηση της ασύρματης λειτουργίας του. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός, περιγράφεται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 8.6):

α/α	ΥΛΙΚΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ/ ΤΕΜΑΧΙΟ (€)	ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)	Παρατηρήσεις
1	Φωτιστικό σώμα	4	7,59	30,36	2x20 W
2	Λαμπτήρας	8	20,70	165,6	20 W CFL Dimmable, 1300 lm
3	controller	1	109,99	109,99	INSTEON HUB+
4	δέκτης	5	59,99	299,95	INSTEON RF Micro, 200 W max, on/off και dimmer
5	sensor	3	39,99	119,97	Wireless Motion Sensor δυνατότητα χρονοκαθυστέρησης, νυχτερινής λειτουργίας με προσαρμοσμένη φωτεινότητα και ευαισθησία κίνησης
6	Πίνακας τοποθέτησης controller	1	42	42	
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ				767,87	

Πίνακας 8.6: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ασύρματο έλεγχο φωτισμού με το INSTEON.

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

8.3.5 Έλεγχος με ZigBee

Υπάρχουν αρκετές εταιρείες ηλεκτρολογικού υλικού παγκοσμίως που έχουν δημιουργήσει εξοπλισμό, βασισμένο στο ZigBee. Στην Ελληνική αγορά, έχει επικρατήσει η Legrand, λόγω της πληρότητας και ευελιξίας που επιτρέπει ο εξοπλισμός της. Τον απαιτούμενο εξοπλισμό, περιγράφει ο **Πίνακας 8.7**:

α/α	ΥΛΙΚΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ/ ΤΕΜΑΧΙΟ (€)	ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)	Παρατηρήσεις
1	ηλεκτρονικά dimmable ballast	4	28	112	2x18 W T8
2	ρυθμιστής φωτισμού για ballast	2	202,5	405	Μονάδα ελέγχου ψευδοροφής 0-10V
3	Μηχ. Διακόπτης	9	199	1791	Μονάδα ελέγχου ψευδοροφής
4	multisensor	3	39	117	Occupancy, temperature and light sensor
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ				2.425	

Πίνακας 8.7: Απαιτούμενος Εξοπλισμός της Legrand για ασύρματο έλεγχο φωτισμού με ZigBee

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

8.3.6 Έλεγχος με Z-Wave

Σημαντικό πλεονέκτημα στο Z-Wave, εκτός της ασύρματης λειτουργίας του, είναι η ευελιξία στην επιλογή του εξοπλισμού που παρέχει η Συμμαχία [5.10.6]. Αξιοποιώντας τη συγκεκριμένη δυνατότητα, επιλέχθηκε ο βασικός εξοπλισμός ελέγχου να είναι της Qubino, τα αισθητήρια ελέγχου από την Aeotec και ο ελεγκτής από τη Vision.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός, περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 8.8):

α/α	ΥΛΙΚΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ/ ΤΕΜΑΧΙΟ (€)	ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)	Παρατηρήσεις
1	ηλεκτρονικά dimnable ballast	4	28	112	2x18 W T8
2	ρυθμιστής φωτισμού για ballast	2	59,90	119,80	τροφοδοσία από 230VAC ή 24VDC (21 W output)
3	Διακόπτης on/off	9	59,90	539,10	τροφοδοσία από 230VAC ή 24VDC
4	Τροφοδοτικό για ρυθμιστή	1	20,60	20,60	Ραγούλικό 24 VDC
5	Ρυθμιστής τάσης	2	8	16	Dc/dc converter για δημιουργία σήματος ελέγχου
6	multisensor	3	52,50	157,5	
7	software	1	89,95	89,95	Εγκατάσταση και Έλεγχος εξοπλισμού μέσω δικτύου
8	Controller	1	34,50	34,50	Usb stick, για αναγνώριση και εγκατάσταση εξοπλισμού
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ				1.089,45	

Πίνακας 8.8: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ασύρματο έλεγχο φωτισμού με το Z-Wave.

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

8.3.7 Έλεγχος με Συμβατό εξοπλισμό

Ο έλεγχος του φωτισμού εκτός των προαναφερθέντων σύγχρονων μεθόδων μπορεί να υλοποιηθεί και με κλασικό σύγχρονο αυτοματισμό. Συγκεκριμένα, η Hager και η Legrand, έχουν αναπτύξει συστήματα ενσύρματου ελέγχου σχεδόν πλήρως αυτοματοποιημένα, και προσιτά σε όποιον χρήστη έχει στοιχειώδης γνώση ηλεκτρολογίας. Ειδικότερα, η Hager έχει δημιουργήσει διακόπτες λυκόφωτος ράγας, με ενσωματωμένο φωτοκύτταρο (επίτοιχο ή χωνευτό) καθώς και πιλότους - dimmer ράγας για λαμπτήρες φθορισμού, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος, μέχρι 1000W.

Τον απαιτούμενο εξοπλισμό, περιγράφει ο Πίνακας 8.9:

α/α	ΥΛΙΚΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ/ ΤΕΜΑΧΙΟ (€)	ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)	Παρατηρήσεις
1	Ηλεκτρονικά dimmable ballast	4	28	112	2x18 W T8
2	Πιλότος για ballast φθορισμού 1/10V	2	148,14	296,28	πιλότος - dimmer ράγας 1000W φθορισμού με 3 προγραμματιζόμενα επίπεδα φωτισμού και ένδειξη (%)
3	controller	2	100,21	200,42	Διακόπτης λυκόφωτος ράγας με φωτοκύτταρο 7 ημερών (max 1000 W)
4	Φωτοκύτταρο φωτεινότητας	2	24,50/22,90	45,80	επίτοιχο
5	Αισθητήρας κίνησης	7	53	371	Χωνευτός οροφής 360° με εμβέλεια διαμέτρου 6m
6	Πίνακας	1	28,50	28,50	Επίτοιχος 2 γραμμών με 24 θέσεις
7	Γενικός διακόπτης	1	6,15	6,15	Μονοπολικός με ενδεικτική λυχνία
8	Γενική ασφάλεια	1	4,92	4,92	Αυτόματη μονοπολική 16 A
9	Ρελέ διαφυγής	1	44,98	44,98	1 φάση και ουδ. διπολικό (30mA/40A)
10	Ασφάλεια γραμμών	3	4,92	14,76	Αυτόματη μονοπολική 10 A
	ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ			1.124,81	

Πίνακας 8.9: Απαιτούμενος Εξοπλισμός Hager για ενσύρματο έλεγχο φωτισμού.

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

8.3.8 Έλεγχος με Arduino

Μία επιπλέον επιλογή που αναφέρθηκε στους τρόπους ελέγχους φωτισμού, είναι η χρήση μικροελεγκτή [5.11]. Ο τρόπος επιλογής απαιτούμενου εξοπλισμού, είναι εύκολος, από τη στιγμή που ο χρήστης έχει αποφασίσει τι έλεγχο θέλει να κάνει και με ποιες δικλίδες ασφαλείας (κίνηση, φυσική φωτεινότητα, συγκεκριμένο χρονικό διάστημα) επίσης. Με τον Arduino, μπορεί να επιτευχθεί τόσο ο ενσύρματος, όσο και ο ασύρματος (WiFi, RF, Bluetooth) έλεγχος. Η διαφορά τους εντοπίζεται στον όγκο του κώδικα προγραμματισμού συνεπώς και στον χρόνο εκτέλεσής του, και στον εξοπλισμό που θα χρειαστεί, άρα και στο κόστος του. Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, επιλέχθηκε ο ενσύρματος έλεγχος λόγω χαμηλότερου κόστους σε σχέση με τον ασύρματο.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός, περιγράφεται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 8.10) :

α/α	ΥΛΙΚΟ	ΠΛΗΘΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ/ ΤΕΜΑΧΙΟ (€)	ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)	Παρατηρήσεις
1	Dimmable ballasts	4	28	112	2x14 W T5
2	Λαμπτήρες T5	8	1,18	9,44	Ισχύς 14 W
3	Αντάπτορας T8/T5	16	2,66	42,5	
4	ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ Σ ARDUINO MEGA 2560	1	50	50	
5	PIR MOTION SENSOR	6	4	24	
6	LIGHT SENSOR	2	4	8	
7	REAL TIME CLOCK	1	8	8	
8	RELAY	2	5	10	
9	DC/DC CONVERTER	2	6	12	Δημιουργία απαιτούμενου σήματος ελέγχου
10	ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ	1	9	9	9 V DC
11	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ σηματος ελέγχου	200 m	0,31 euro/m	62	SFTP cat 6
12	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ τροφοδοσίας	70 m	0,24 euro/m	16,8	NYL 3*1.5 mm2
13	ΚΟΥΤΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ Arduino	1	42	42	
14	ΚΟΥΤΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ αισθητήρων	8	1.5	12	
15	ΠΡΙΖΑ ΡΑΓΑΣ	1	4	4	
ΣΥΝΟΛΟ				421,74	

Πίνακας 8.10: Απαιτούμενος Εξοπλισμός για ενσύρματο έλεγχο φωτισμού με μικροελεγκτή Arduino.

8. Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού

8.4 Επιλογή συστήματος ελέγχου φωτισμού

Ως κυριότερα κριτήρια για την βέλτιστη επιλογή τρόπου ελέγχου φωτισμού ορίστηκαν τα εξής:

- Βαθμός δυσκολίας τροποποίησης υφιστάμενης εγκατάστασης
- Βαθμός δυσκολίας τοποθέτησης και προγραμματισμού εξοπλισμού ελέγχου
- Κόστος εγκατάστασης και συντήρησης εξοπλισμού ελέγχου
- Κόστος τροποποίησης υφιστάμενης εγκατάστασης, αναβάθμισης ή και τροποποίησης εξοπλισμού ελέγχου

Με αρχικό κριτήριο το μικρότερο δυνατό κόστος εγκατάστασης, επιλέχθηκαν για τελική σύγκριση ο ασύρματος έλεγχος με X10 και ο έλεγχος με Arduino. Η αναλυτική τους σύγκριση περιγράφεται στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 8.11**).

	Arduino	Ασύρματο X10
Κόστος εγκατάστασης	421,74	478,07
Κόστος τροποποίησης υφιστάμενης εγκατάστασης	Χαμηλό	Χαμηλό
Βαθμός δυσκολίας τροποποίησης υφιστάμενης εγκατάστασης	Χαμηλός	Μέτριος
Βαθμός δυσκολίας τοποθέτησης και προγραμματισμού εξοπλισμού ελέγχου	Μέτριος	Μέτριος
Δυνατότητα επέκτασης	Μεγάλη	Μεγάλη
Αξιοπιστία λειτουργίας	Μεγάλη	Χαμηλή

Πίνακας 8.11: Σύγκριση ελέγχου φωτισμού με Arduino και ασύρματο X10.

Παρατηρώντας τον πίνακα σύγκρισης των δύο συγκεκριμένων μεθόδων ελέγχου, η μόνη έντονη διαφορά, είναι η καλύτερη αξιοπιστία λειτουργίας που εμφανίζει ο Arduino, καθώς δεν υπάρχει το ενδεχόμενο αλλοίωσης ή απώλειας του σήματος ελέγχου.

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

Πριν την υλοποίηση της μελέτης στον επιλεγμένο διάδρομο, θεωρήθηκε ως βέλτιστη λύση, αρχικά η εφαρμογή της μελέτης σε κάποιες από τις πειραματικές διατάξεις που αναπτύχθηκαν και κατόπιν στο διάδρομο, καθώς έχει το πλεονέκτημα της συνεχούς παρατήρησης λειτουργίας της διάταξης και εύκολης τροποποίησης ή αναβάθμιση της.

Τόσο για τον έλεγχο on/off όσο και για τη ρύθμιση φωτεινότητας, θα χρησιμοποιηθούν οι διατάξεις με τα ηλεκτρονικά μπάλαστ (απλό και ρυθμιζόμενο) και λαμπτήρες φθορισμού T8.

Ο διάδρομος υλοποίησης, θα χωριστεί σε 2 ανεξάρτητες ομάδες φωτισμού των 5 και 4 φωτιστικών αντίστοιχα για τον έλεγχο on/off. Ο διαχωρισμός αυτός, έγινε λόγω του μήκους του διαδρόμου και των δύο εισόδων που υπάρχουν, με στόχο την εξοικονόμησης ενέργειας έχοντας απενεργοποιήσει τον φωτισμό στη περιοχή όπου δεν υπάρχει κίνηση και δεν απαιτείται φωτισμός.

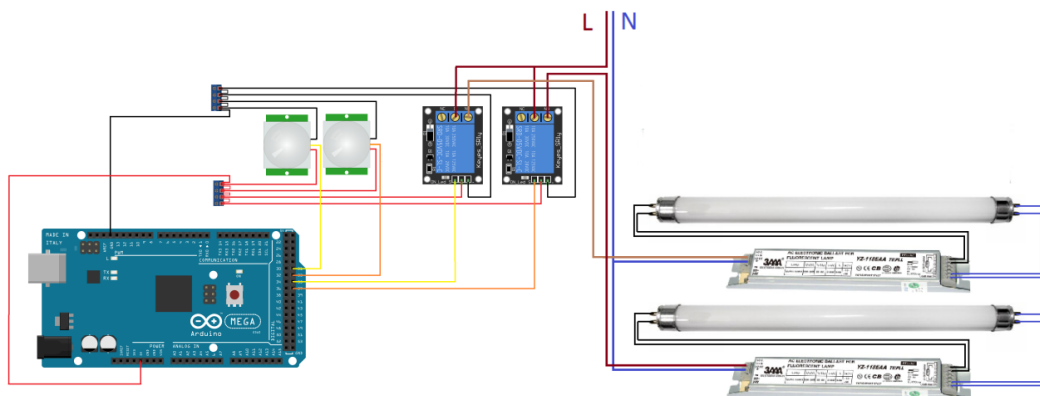
Τέλος, τα 2 εναπομείναντα φωτιστικά που θα έχουν τη δυνατότητα ρύθμισης φωτεινότητας, θα ελέγχονται ανεξάρτητα από 2 αισθητήρες φυσικής φωτεινότητας.

9.1 Πειραματική τεκμηρίωση

9.1.1 Μελέτη ελέγχου λειτουργίας on/off

Επομένως, στη συγκεκριμένη μελέτη θα χρησιμοποιηθεί ο μικροελεγκτής, 2 αισθητήρες κίνησης που θα ελέγχουν ξεχωριστά 2 ολοκληρωμένα κυκλώματα - ρελέ και 2 διατάξεις με απλό ηλεκτρονικό μπάλαστ και λάμπες φθορίου T8. Ο μικροελεγκτής τροφοδοτείται με τάση 9 V και οι αισθητήρες και τα ρελέ με 5 V από τον μικροελεγκτή. Οι αισθητήρες θα συνδεθούν στα ψηφιακά Pins 30,32 του μικροελεγκτή και τα ρελέ στα ψηφιακά Pins 34,36.

Για την ορθή λειτουργία του κάθε αισθητήρα έχει γίνει ρύθμιση της χρονικής διάρκειας ανάματος των λαμπτήρων στα 2,5 λεπτά, χρόνος ικανοποιητικός για την διέλευση με ήρεμο ρυθμό βαδίσματος. Επίσης, κάθε αισθητήρας ρυθμίστηκε έτσι ώστε αν ανιχνευθεί κίνηση μέσα στο προαναφερθέν χρονικό διάστημα, να γίνεται αυτόματη ανανέωση του διαστήματος αυτού. Η απαιτούμενη συνδεσμολογία παρουσιάζεται στην **Εικόνα 9.1**:



Εικόνα 9.1: Πειραματική διάταξη ελέγχου on/off.

Σημαντικό κομμάτι της παρούσας μελέτης, είναι ο προσδιορισμός της τοποθέτησης των αισθητήρων (επιτοίχιοι ή στην οροφή). Για επιτοίχια τοποθέτηση κάθε αισθητήρας έχει ρυθμιζόμενη οριζόντια ακτίνα ανίχνευσης 5-8 m και κάθετη ή πλευρική (ανάλογα με τον

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

9.1.2 Μελέτη ρύθμισης φωτεινότητας

Για τη ρύθμιση φωτεινότητας από τους αισθητήρες φυσικής φωτεινότητας, αρχικά προσδιορίστηκε ο τρόπος λειτουργίας τους. Συγκεκριμένα, ο κάθε αισθητήρας για πλήρη φωτεινότητα (100%) παράγει σήμα μηδενικής τάσης, ενώ για πλήρες σκοτάδι (0%), το σήμα έχει τάση 5V.

Επόμενο βήμα, ήταν η βαθμονόμηση του σήματος του αισθητήρα, για την δημιουργία του αντίστοιχου σήματος ελέγχου, δηλαδή του επιπέδου φωτεινότητας που πρέπει να έχει το φωτιστικό σώμα. Το βήμα μεταβολής φωτεινότητας ορίστηκε σε 10 % με βάση το θεωρητικό υπόβαθρο της [5.3], δηλαδή σε σήμα τάσεως 0,5 V. Ορίστηκε σαν ελάχιστο όριο έναρξης της ρύθμισης το 30% της φωτεινότητας του χώρου, δηλαδή όταν το σήμα ελέγχου από τον αισθητήρα θα είναι 1.5 V. Επομένως η ρύθμιση φωτεινότητας (0-100%) θα γίνεται όταν το σήμα ελέγχου θα είναι στο εύρος 1,5-5 V (Πίνακας 9.1).

Επίπεδο φυσικής φωτεινότητας (%)	Τάση εξόδου αισθητήρα (mV)	Απαιτούμενη φωτεινότητα από λαμπτήρες	Αιτούμενο Σήμα εξόδου προς το ballast (V)
70–100 %	0 - 1500	0%	0
63–70 %	1501-1850	10	1
56–63 %	1851-2200	20	2
49–56 %	2201-2550	30	3
42–49 %	2551-2900	40	4
35–42 %	2901-3250	50	5
28–35 %	3251-3600	60	6
21–28 %	3601-3950	70	7
14–21 %	3951-4300	80	8
7–14 %	4301-4650	90	9
0–7 %	4651-5000	100	10

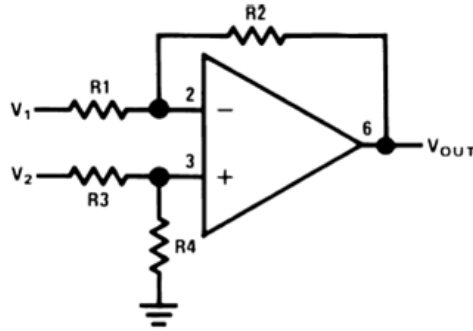
Πίνακας 9.1: Βαθμονόμηση αισθητήρα φωτεινότητας.

Η διαδικασία αυτή θα πραγματοποιείται μόνο όταν εντοπιστεί κίνηση από τους γειτονικούς αισθητήρες κίνησης για κάθε ρυθμιζόμενο φωτιστικό σώμα για να αποφευχθεί η άσκοπη κατανάλωση ενέργειας σε περιόδους μη χρήσιμες όπως Σαββατοκύριακα, αργίες και διακοπές. Επειδή όταν κάποιο φωτιστικό σώμα είναι ενεργό, η φωτεινότητα που εκπέμπει επηρεάζει τη μέτρηση του αισθητήρα φωτεινότητας του, με αποτέλεσμα τη συνεχή αυξομειώση φωτεινότητας του. Επομένως, επιλέχθηκε να αγνοούνται τα σήματα του αισθητήρα για διάστημα ίσο με το διάστημα λειτουργίας των γειτονικών αισθητήρων κίνησης (2 λεπτά).

Επειδή και ο μικροελεγκτής έχει τη δυνατότητα παραγωγής τάσης, εύρους 0-5 V, η αντιστοίχιση του σήματος αισθητήρα, με το σήμα ελέγχου του μικροελεγκτή, ορίστηκε να είναι ένα προς ένα (1/1). Δηλαδή, ο μικροελεγκτής, θα παράγει ως τάση ελέγχου, τη τάση σήματος που του στέλνει ο αισθητήρας.

Το πρόβλημα που εμφανίστηκε, αφορά στο παραγόμενο από τον μικροελεγκτή σήμα ελέγχου για κάθε φωτιστικό σώμα. Το απαιτούμενο για πλήρη ρύθμιση φωτεινότητας σήμα ελέγχου, έχει εύρος 0-10 V, κάτι που σημαίνει ότι απαιτείται ενίσχυση του παραγόμενου σήματος από τον μικροελεγκτή και η ενίσχυση αυτή πρέπει να είναι σταθερή με κέρδος $G=2$. Η απαιτούμενη ενίσχυση θα γίνει με την χρήση τελεστικού ενισχυτή. Η τάση που καλείται να ενισχύσει ο τελεστικός ενισχυτής προέρχεται από την μεταβαλλόμενη αναλογική έξοδο του μικροελεγκτή και οδηγείται στη μη αναστρέφουσα είσοδο V_2 του, ενώ η τάση V_1 στην αναστρέφουσα είσοδο τροφοδοτείται σταθερά με 0 Volt. Παρακάτω δίδεται η συνδεσμολογία και ο γενικός τύπος για την ενίσχυση της τάσης.

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.



Εικόνα 9.4: Συνδεσμολογία τελεστικού ενισχυτή ενίσχυσης τάσης.

$$V_{out} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \right) \frac{R_4}{R_1} V_2 - \frac{R_2}{R_1} V_1 \quad (1)$$

Για $R_1=R_3$ και $R_2=R_4$ ισχύει,

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1) \quad (2)$$

Ισοδύναμα,

$$G = \frac{R_2}{R_1} \quad (3)$$

Όπου,

$$G = \frac{V_{out}}{(V_2 - V_1)} \quad (4)$$

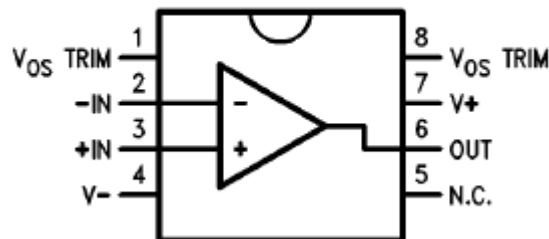
$$R_1 // R_2 = R_3 // R_4 \quad (5)$$

Δεδομένου ότι η απαιτούμενη ενίσχυση είναι $G=2$, θα ισχύει

$$2 = \frac{R_2}{R_1} \rightarrow R_2 = 2R_1 \quad (6)$$

Με βάση τη σχέση (6) και ότι $R_1=R_3$ και $R_2=R_4$, οι τιμές των αντιστάσεων στο κύκλωμα μετατροπής της τάσης επιλέχθηκαν τελικά ως: $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, και $R_4 = 20 \text{ k}\Omega$.

Ο τελεστικός ενισχυτής που χρησιμοποιήθηκε, είναι ο OP 07 της National Semiconductor. Αποτελείται από έναν ενισχυτή με απαιτείται συμμετρική τροφοδοσία τροφοδοσίας $\pm 14 \text{ V}$.^{xxxviii} Επειδή στη παρούσα χρήση θα ενισχυθεί θετικό σήμα με εύρος 0-5 V, η τροφοδοσία του είναι 14 V.



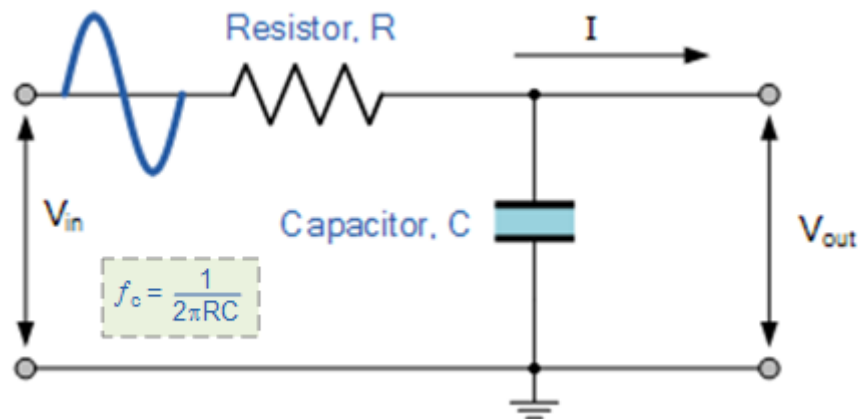
Εικόνα 9.5: Ολοκληρωμένο κύκλωμα τελεστικού ενισχυτή OP 07.

Για τις ανάγκες της πειραματικής διάταξης το ολοκληρωμένο κύκλωμα χρειάζεται να τροφοδοτηθεί με τάση $\pm 14 \text{ Volt}$, την οποία ο Arduino Mega 2560 δεν διαθέτει. Για αυτό το

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

λόγο χρησιμοποιήθηκε το ολοκληρωμένο κύκλωμα LM2577 της εταιρίας AIMTEC, το οποίο μετατρέπει την τάση των 5 Volt σε ± 14 Volt (dc-dc converter)^{xxxix}.

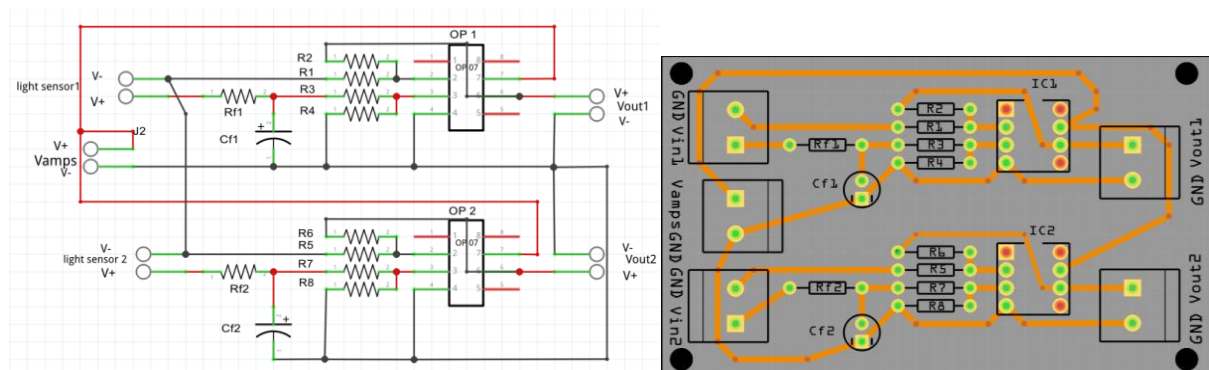
Επίσης, επειδή το παραγόμενο σήμα είναι PWM τετραγωνικού παλμού, πραγματοποιήθηκε η υλοποίηση αναλογικού φίλτρου R-C για την περαιτέρω εξομάλυνση του παραγόμενου αναλογικού σήματος. Η επιλογή της συχνότητας αποκοπής του φίλτρου έγινε βάσει της συχνότητας του παραγόμενου από τον μικροελεγκτή PWM σήμα (7.82 KHz), καθώς και την μικρότερη δυνατή εμφάνιση διακύμανσης του φιλτραρισμένου σήματος (φαινόμενο ripple). Έτσι, η συχνότητα αποκοπής του φίλτρου καθορίστηκε ως $f_c = 159$ Hz, επιλέγοντας $R = 100 \Omega$ και $C = 10 \mu F$ (Εικόνα 9.6).



Εικόνα 9.6: Συνδεσμολογία Χαμηλοπερατού φίλτρου.

Επειδή η ρύθμιση της φωτεινότητας θα πραγματοποιηθεί σε δύο ξεχωριστά φωτιστικά σώματα, κρίθηκε σκόπιμο η υλοποίηση δύο ανεξάρτητων ενισχυτών πάνω στην ίδια πλακέτα.

Η σχεδίαση και υλοποίηση της πλακέτας των ενισχυτών έγινε με χρήση του λογισμικού CAD Fritzing. Πρόκειται για λογισμικό ανοικτού κώδικα, σχεδίασης και ανάπτυξης πλακετών, το οποίο αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο Εφαρμοσμένων Επιστημών του Πότσταμ^{xl}. Αρχικά, υλοποιήθηκε το σχηματικό διάγραμμα της πλακέτας με τα περιφερειακά της. Έπειτα, η πλακέτα σχεδιάστηκε με τη κατάλληλη διεύθυνση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και λοιπών κυκλωματικών στοιχείων πάνω της καθώς και με τις κατάλληλες πινακίδες σύνδεσης (Εικόνα 9.7).



Εικόνα 9.7: Σχεδίαση της πλακέτας ενισχυτών.

Ένα σημείο άξιο προσοχής, είναι ότι για μηδενική τάση ελέγχου, οι λαμπτήρες φωτοβολούν με ελάχιστη φωτεινότητα. Επομένως, κρίθηκε χρήσιμο για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας, να τοποθετηθούν διακοπτικά στοιχεία (ρελέ) για τον έλεγχο της τροφοδοσίας των μπάλαστ. Ορίζοντας ένα ελάχιστο όριο φυσικής φωτεινότητας και με

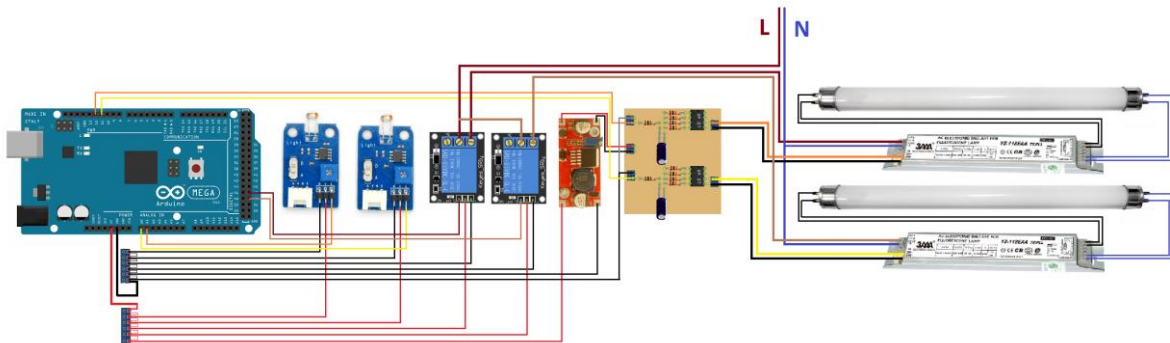
9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

ενεργοποιημένο οποιοδήποτε από τους τρεις γειτονικούς αισθητήρες κίνησης, θα ενεργοποιείται το διακοπτικό στοιχείο και στη συνέχεια θα εκτελείται η ρύθμιση της φωτεινότητας.

Τέλος, απαιτείται προσοχή κατά την υλοποίηση του, στην επιλογή της κατάλληλης διατομής της καλωδίωσης για την αποφυγή της εξασθένησης του σήματος ελέγχου λόγω απόστασης.

Στη συγκεκριμένη μελέτη, θα χρησιμοποιηθεί ο μικροελεγκτής, 2 αισθητήρες φωτεινότητας, η πλακέτα ενίσχυσης των σημάτων ελέγχου, 2 ολοκληρωμένο κυκλώματα - ρελέ και 2 διατάξεις με ρυθμιζόμενο μπάλαστ και λάμπες φθορίου T8.

Οι αισθητήρες φωτεινότητας συνδέθηκαν στις αναλογικές εισόδους A0 και A1, τα αντίστοιχα σήματα ελέγχου εξέρχονται από τα αναλογικά Pins 11 και 12. Ακόμα, τα ρελέ συνδέονται στα ψηφιακά Pins 46 και 48. Η απαιτούμενη συνδεσμολογία παρουσιάζεται στην **Εικόνα 9.8**.



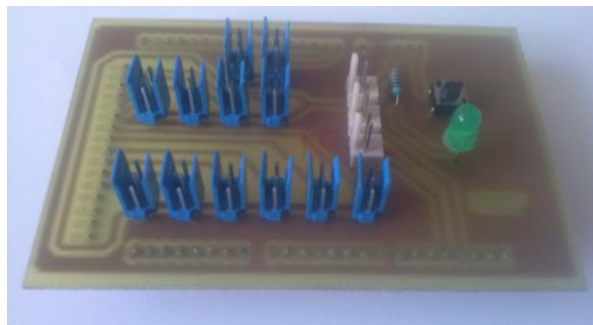
Εικόνα 9.8: Πειραματική διάταξη ρύθμισης φωτεινότητας.

9.1.3 Πλακέτα επέκτασης

Η πλακέτα επέκτασης που αναπτύχθηκε παρέχει τη δυνατότητα προσαρμογής και διασύνδεσης στον μικροελεγκτή των σημάτων εισόδου/εξόδου που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της διάταξης. Τα σήματα αυτά αφορούν στην τροφοδοσία και εντολής των αισθητήρων και των ρελέ.

Η σχεδίαση και υλοποίηση της πλακέτας έγινε με χρήση του λογισμικού CAD Eagle Professional της εταιρίας Cadsoft. Αρχικά, υλοποιήθηκε το σχηματικό διάγραμμα της πλακέτας με τα περιφερειακά της. Έπειτα, η πλακέτα σχεδιάστηκε βάσει των διαστάσεων του Arduino Mega 2560, έτσι ώστε να ταιριάζουν τα pins του Arduino με τα pins της πλακέτας επέκτασής, και με κατάλληλη διευθέτηση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και λοιπών κυκλωματικών στοιχείων πάνω στην πλακέτα.

Από την σχεδίασή αυτή δημιουργήθηκε μια πλακέτα μονής όψευς, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 9.9**.



Εικόνα 9.9: Η πλακέτα επέκτασης της μονάδας ελέγχου.

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

9.1.4 Συμπεράσματα πειραματικών διατάξεων

Όσον αφορά τον απλό έλεγχο φωτισμού (on/off) δεν παρατηρήθηκε κάποιο σημαντικό πρόβλημα στον συνδυασμό του μικροελεγκτή με τους αισθητήρες και τα φωτιστικά σώματα. Το μόνο σημείο άξιο προσοχής είναι να μην υπάρχουν τυφλά σημεία μεταξύ των ακτινών δράσης των αισθητήρων.

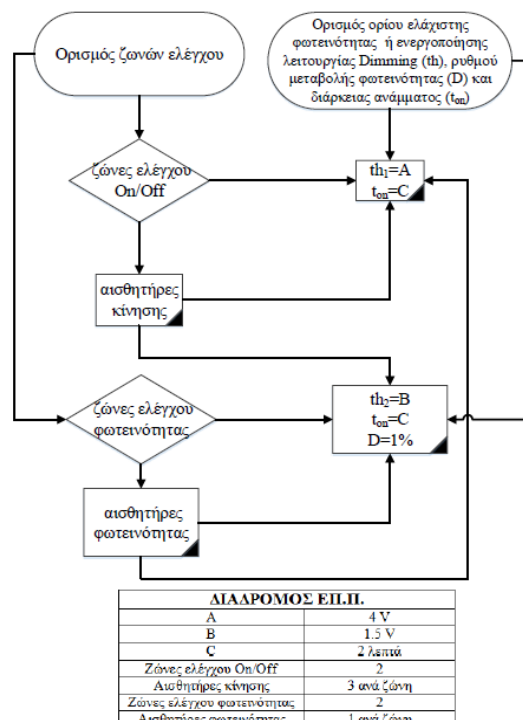
Η ρύθμιση φωτεινότητας είναι μια διαδικασία αρκετά πολύπλοκη και απαιτεί καλή εξοικείωση τόσο με τους μικροελεγκτές όσο και με τα απαιτούμενα αναλογικά ηλεκτρονικά για την υλοποίηση των απαιτούμενων διατάξεων παραγωγής του σήματος ελέγχου (κύκλωμα ενίσχυσης, φίλτρο).

9.2 Αρχικοποίηση μεθόδου ελέγχου διαδρόμου Ε.Π.Π

Πριν την υλοποίηση των ελέγχων on/off και ρύθμισης φωτεινότητας στο διάδρομο του Ε.Π.Π, αρχικά πρέπει να γίνει προσδιορισμός διαφόρων παραμέτρων όπως είναι:

- Το πλήθος αισθητήρων κίνησης για κάθε ομάδα ελέγχου on/off
- Το πλήθος αισθητήρων φωτεινότητας
- Ο χρόνος έναυσης για όλες τις ομάδες ελέγχου
- Το ελάχιστο επίπεδο φωτεινότητας ενεργοποίησης ελέγχου on/off (εκφρασμένο σε τάση)
- Το ελάχιστο επίπεδο φωτεινότητας ενεργοποίησης ρύθμισης φωτεινότητας (εκφρασμένο σε τάση)
- Ο ρυθμός μεταβολής φωτεινότητας

Με βάση τις πειραματικές μελέτες που έγιναν στην Ενότητα [9.1], και κάνοντας αναλυτικές μετρήσεις φυσικής φωτεινότητας και του απαιτούμενου χρόνου διελεύσεως κατά μήκος του διαδρόμου, ορίστηκαν οι απαιτούμενοι παράμετροι όπως φαίνεται στην **Εικόνα 9.10**. Επίσης, φαίνεται και η αλληλεξάρτηση μεταξύ των αισθητήρων κίνησης και φωτεινότητας για να είναι όσο το περισσότερο δυνατόν αυτοματοποιημένη η επιλεγμένη μέθοδος.



Εικόνα 9.10: Αρχικοποίηση μεθόδου ελέγχου διαδρόμου Ε.Π.Π.

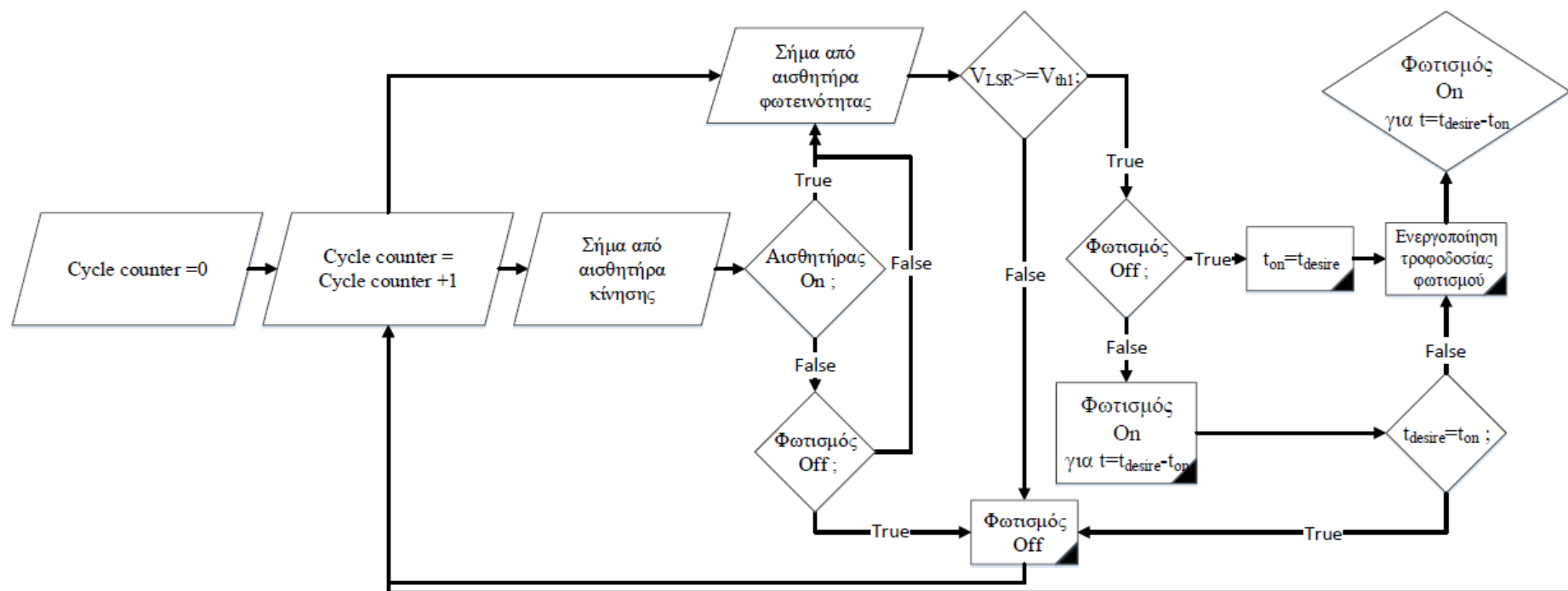
9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

9.3 Υλοποίηση ελέγχου on/off φωτισμού στο διάδρομο

9.3.1 Διάγραμμα ροής ελέγχου

Για τη δημιουργία του καλύτερου δυνατού ελέγχου On/off, δημιουργήθηκε αρχικά ένα διάγραμμα ροής (**Εικόνα 9.11**) όπου θα παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα ελέγχου και λόγω της σχηματικής τους οπτικοποίησης, είναι ευκολότερη η κατανόηση λειτουργίας του τρόπου ελέγχου και η όποια τροποποίηση/βελτιστοποίηση κριθεί σκόπιμη.

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

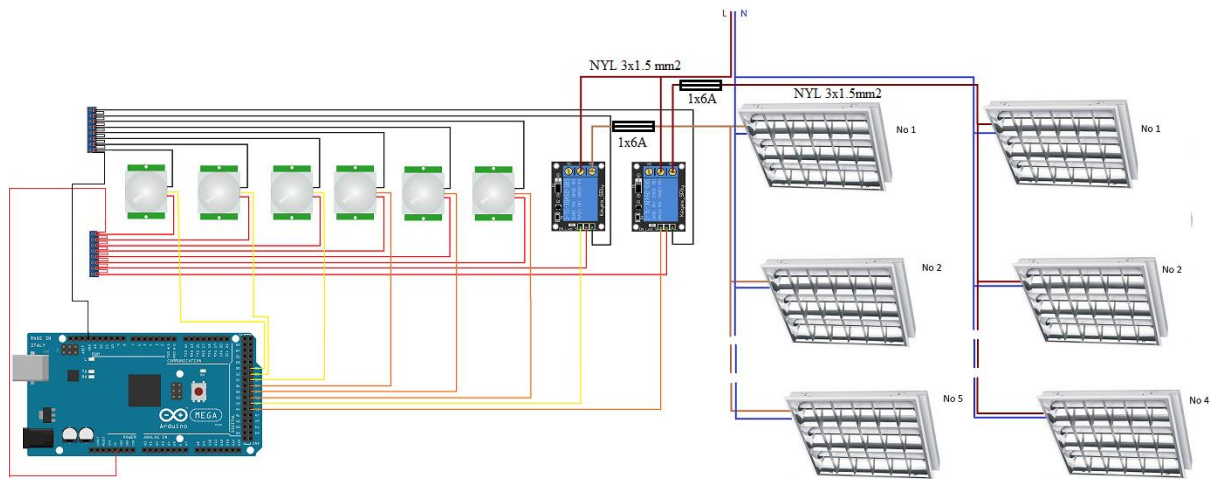


Εικόνα 9.11: Διάγραμμα ροής ελέγχου.

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

9.3.2 Διάταξη ελέγχου

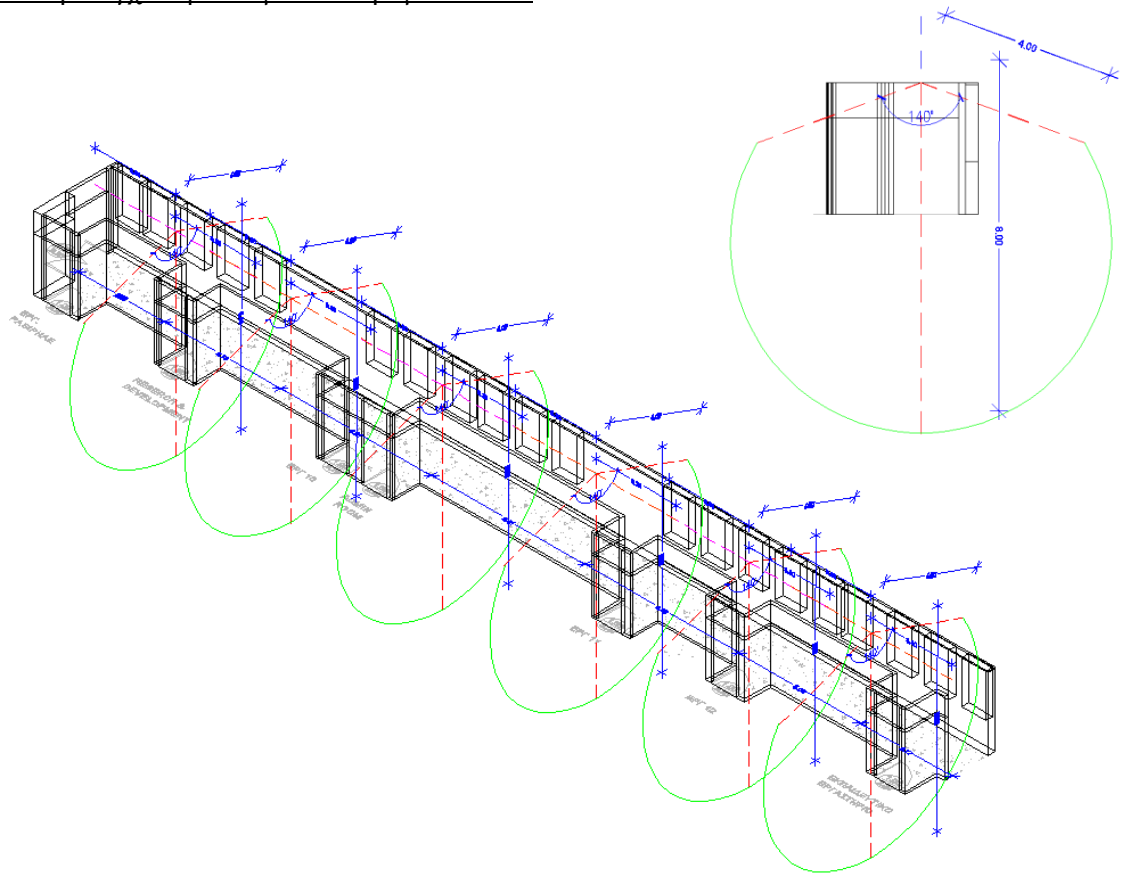
Η απαιτούμενη διάταξη ελέγχου παρουσιάστηκε στην Ενότητα [9.1]. Ακόμα, στις ζώνες φωτισμού που όπως προαναφέρθηκε αποτελούνται από 5 και 4 φωτιστικά σώματα αντίστοιχα, δε θα πραγματοποιηθεί καμία εσωτερική παρέμβαση ή τροποποίηση στα φωτιστικά σώματα. Επειδή όμως θα γίνει διαχωρισμός της υπάρχουσας γραμμής τροφοδοσίας των φωτιστικών, πραγματοποιήθηκε υπολογισμός τύπου και διατομής καλωδίου με βάση το απαιτούμενο μήκος και μέγιστο όριο πτώση τάσης στο 1%. Επομένως για αποστάσεις 5 m (1^η ζώνη) και 20 m (2^η ζώνη) επιλέχθηκε καλώδιο τύπου NYL 3x1.5 mm². Τέλος, όσον αφορά την ασφάλεια των γραμμών, θα τοποθετηθούν 2 μονοπολικές αυτόματες ασφάλειες των 6 A. Όσον αφορά τη καλωδίωση των αισθητήρων (τροφοδοσία, σήματα ελέγχου) θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο UTP CAT 5E 2x4x23 AWG συνολικής απόστασης 120 m. Στο συγκεκριμένο καλώδιο, θα χρησιμοποιηθούν 3 από τα 4 ζευγάρια καλωδίων και το 4^ο θα υπάρχει ως αναμονή για τυχόν αντικατάσταση κάποιου άλλου, σε περίπτωση βλάβης. Η διάταξη ελέγχου παρουσιάζεται στην **Εικόνα 9.12**.



Εικόνα 9.12: Διάταξη ελέγχου on/off φωτισμού διαδρόμου.

Στην **Εικόνα 9.13** παρουσιάζεται η τοποθέτηση των αισθητήρων στο διάδρομο, η ακτίνα δράσης τους και η μεταξύ τους αποστάσεις. Για τη βέλτιστη λειτουργία της διάταξης, οι ακτίνες δράσεις δύο γειτονικών αισθητήρων επικαλύπτονται για απόσταση 40 cm.

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.



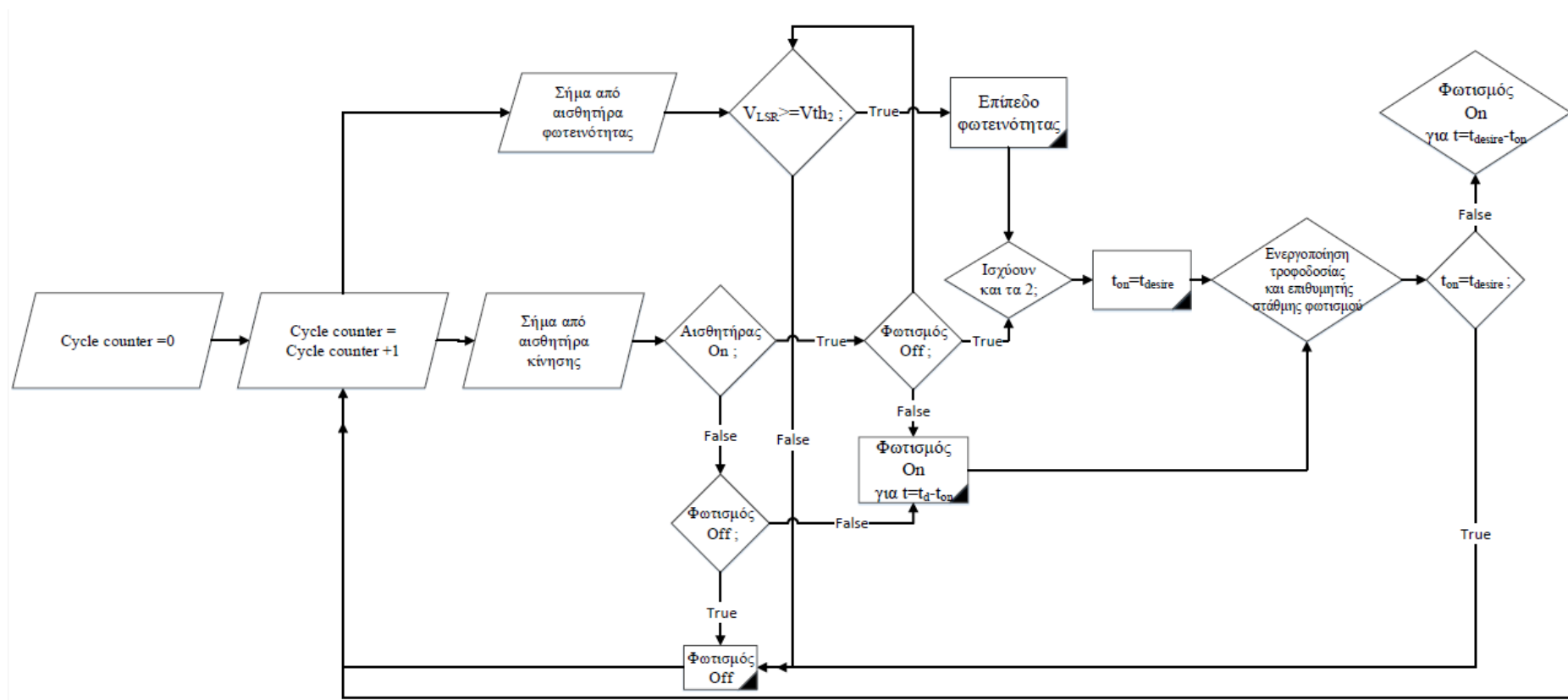
Εικόνα 9.13: Τοποθέτηση και ακτίνα δράσης των αισθητήρων κίνησης στη ψευδοροφή.

9.4 Υλοποίηση ρύθμισης φωτεινότητας στο διάδρομο

9.4.1 Διάγραμμα ροής ελέγχου

Ομοίως με τον έλεγχο on/off, δημιουργήθηκε και το αντίστοιχο διάγραμμα ροής για τη ρύθμιση φωτεινότητας (**Εικόνα 9.14**).

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

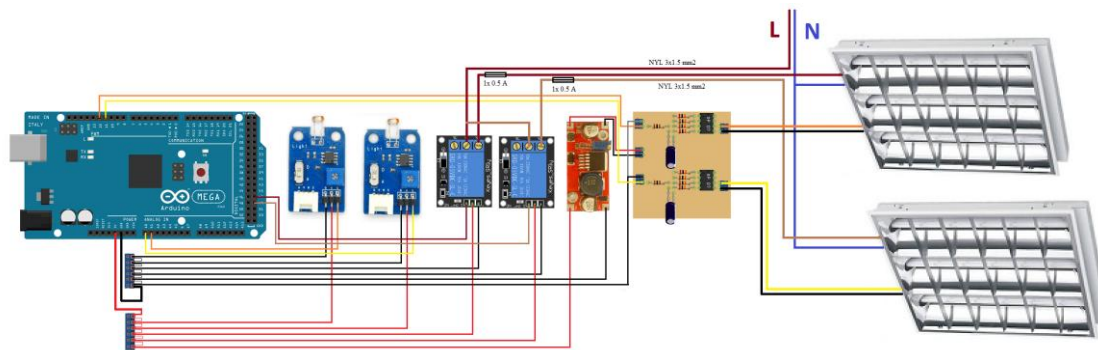


Εικόνα 9.14: Διάγραμμα ροής ελέγχου ρύθμισης φωτεινότητας.

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

9.4.2 Διάταξη ελέγχου

Η απαιτούμενη διάταξη ελέγχου παρουσιάστηκε στην Ενότητα [9.1.2]. Η ρύθμιση φωτεινότητας θα εφαρμοστεί σε 2 φωτιστικά σώματα του διαδρόμου, στα οποία θα αντικατασταθούν τα μαγνητικά μπάλαστ με ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενα, όπου το κάθε ένα θα μπορεί να ελέγχει 2 λαμπτήρες φθορισμού T8 ισχύος 18 W. Ο κάθε αισθητήρας θα ρυθμίζει ταυτόχρονα τα δύο μπάλαστ σε κάθε φωτιστικό σώμα και θα τοποθετηθεί δίπλα στο αντίστοιχο φωτιστικό και κεντρικά στο διάδρομο. Ομοίως με τον έλεγχο on/off, επιλέχθηκε καλώδιο τύπου NYL 3x1.5 mm² για την τροφοδοσία των μπάλαστ. και για την ασφάλεια τους, θα τοποθετηθούν 2 ασφάλειες γυάλινου φουσιγγίου του 1 A. Όσον αφορά τη καλωδίωση των αισθητήρων (τροφοδοσία, σήματα ελέγχου) θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο UTP CAT 5E 2x4x23 AWG συνολικής απόστασης 76 m. Στο συγκεκριμένο καλώδιο, θα χρησιμοποιηθούν 3 από τα 4 ζευγάρια καλωδίων και το 4^ο θα υπάρχει ως αναμονή για τυχόν αντικατάσταση κάποιου άλλου, σε περίπτωση βλάβης. Η απαιτούμενη συνδεσμολογία παρουσιάζεται στην **Εικόνα 9.15**.



Εικόνα 9.15: Διάταξη ρύθμισης φωτεινότητας.

Λόγω της επίδρασης της φωτεινότητας της λάμπας στον φωτοαισθητήρα, κάποιος που δεν είναι αρκετά καλός στο προγραμματισμό, μπορεί πρακτικά να επιλύσει το πρόβλημα αυτό, αντικαθιστώντας το κρύσταλλο (ρολόι) του μικροελεγκτή με άλλον αργότερο καθώς έτσι, μειώνεται ο ρυθμός δειγματοληψίας του ADC. Η συγκεκριμένη ρύθμιση μπορεί να γίνει μόνο όταν ο χρήστης δεν έχει ανάγκες υψηλού χρονισμού στο κώδικα του (χρόνος κύκλου ελέγχου, ρύθμιση Timers).

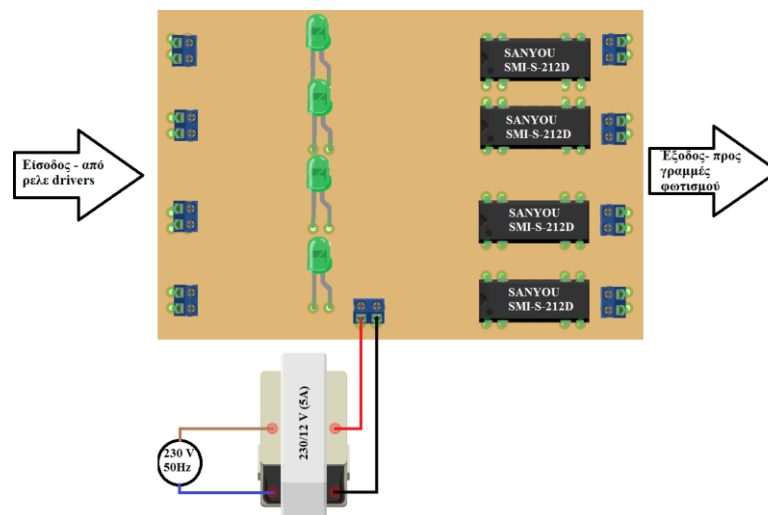
Εναλλακτικός τρόπος ρύθμισης, είναι η τοποθέτηση του αισθητήρα εξωτερικά του χώρου ελέγχου, λαμβάνοντας υπόψιν όμως τη διαφορά φωτεινότητας εσωτερικά και εξωτερικά του συγκεκριμένου χώρου.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, κρίθηκε κατάλληλη η εφαρμογή της δεύτερης εναλλακτικής, καθώς θεωρήθηκε ασφαλέστερη.

9.5 Προβλήματα υλοποίησης

Αν και κατά τη πειραματική διερεύνηση έγινε η προσπάθεια εντοπισμού όλων των πιθανών σφαλμάτων που μπορούσαν να εμφανιστούν κατά τη λειτουργία της τελικής διάταξης (πτώση τάσης, συμβατότητα υλικών, ιδιομορφία διαδρόμου, κλπ), εμφανίστηκαν νέα λειτουργικά προβλήματα.

Αρχικά τα μικρο-ρελέ που επιλέχθηκαν, για την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση των αντίστοιχων ζωνών φωτισμού, δεν είναι ικανά παρά τα χαρακτηριστικά εξόδους τους (10 A/250 V) που δίνει ο κατασκευαστής τους. Έτσι επιλέχθηκε ν' αξιοποιηθούν ως drivers για ρελέ ισχύος 12 V (SANYOU, SMI-S-212D), που θα ελέγχουν τις ζώνες φωτισμού. Τα συγκεκριμένα ρελέ, τροφοδοτούνται από μετασχηματιστή 230/12 V (5A) (Εικόνα 9.16).



Εικόνα 9.16: Πλακέτα οδήγησης ρελέ 12 V.

Επίσης, ο τύπος καλωδίου που επιλέχθηκε για τη τροφοδοσία και το σήμα ελέγχου των αισθητήρων και των ηλεκτρονικών μπάλαστ (τύπου UTP CAT 5E), κρίθηκε ελλιπές, καθώς επηρεάζεται από τα καλώδια τροφοδοσίας φωτισμού των εργαστηρίων του διαδρόμου, και από τα μαγνητικά μπάλαστ (εισαγωγή αρμονικών), με αποτέλεσμα η διάταξη να οδηγείται σε αστάθεια. Ως ιδανική λύση θεωρήθηκε η αντικατάσταση του καλωδίου με FTP CAT 5E. Λόγω του χρονικού περιορισμού και κόστους, τοποθετήθηκαν τοπικά αντιπαρασιτικά φίλτρα.

Ένα επιπλέον πρόβλημα που εντοπίστηκε είναι ότι αν και διερευνήθηκε διεξοδικά εάν επαρκεί η ταυτόχρονη τροφοδοσία των αισθητήριων και των ρελέ οδήγησης από το μικροελεγκτή και επιβεβαιώθηκε σε πειραματικό επίπεδο, κατά την τελική υλοποίηση εντοπίστηκε πτώση τάσης τάξεως 8%. Η συγκεκριμένη πτώση τάσης οδηγούσε σε χαμηλό σήμα ελέγχου (τάξεως 50%), κάτι που οδηγούσε σε λανθασμένη λειτουργία του μικροελεγκτή. Επομένως, κρίθηκε αναγκαίο η χρήση εξωτερικής τροφοδοσίας 5 V DC. Λόγω όμως του περιορισμένου χώρου στο πίνακα ελέγχου, αντικαταστάθηκε ο regulator του μικροελεγκτή με εξωτερικό, και συγκεκριμένα με το LM 7805.

Τέλος, επιβεβαιώθηκε η λανθασμένη λειτουργία του αισθητήρα φωτεινότητας αν τοποθετηθεί εσωτερικά στο διάδρομο. Συγκεκριμένα, τοποθετήθηκε στη γυψοσανίδα, ανάμεσα από δυο φωτιστικά και στο μέσο του αντίστοιχου πανέλου. Τη στιγμή που ανιχνεύει ένα ποσοστό μείωσης του φυσικού φωτισμού και υπάρχει κίνηση στη περιοχή ελέγχου του, ο μικροελεγκτής θα δώσει εντολή για εξισορρόπηση της μείωσης αυτής με τεχνητό φωτισμό κατάλληλης στάθμης (dimming). Στην επόμενη στιγμή ελέγχου, ο αισθητήρας θα δει ότι δεν υπάρχει η ανάγκη εξισορρόπησης φωτεινότητας και ο μικροελεγκτής θα ακυρώσει το επίπεδο φωτισμού που δημιούργησε. Η συμπεριφορά αυτή πραγματοποιείται συνέχεια. Επειδή το βήμα μεταβολής είναι πολύ μικρό (1%) δεν είναι ανιχνεύσιμη από το ανθρώπινο μάτι. Στη

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

περίπτωση όμως που υπάρχει πλήρες σκοτάδι στο χώρο, το φαινόμενο αυτό είναι πιο έντονο, καθώς η μεταβολή του τεχνητού φωτισμού γίνεται μεταξύ 0 – 100% και επίσης ενεργοποιείται και ο απλός έλεγχος φωτισμού on/off, που και αυτός επηρεάζεται. Έτσι υπάρχει συνεχής ενεργοποίηση/απενεργοποίηση των αντίστοιχων ενεργοποιητών (ρελέ) των γραμμών φωτισμού, με αποτέλεσμα τη συνεχή καταπόνησή τους και τη λανθασμένη λειτουργία φωτισμού στο χώρο.

Αρχικά ως λύση δοκιμάστηκε η δημιουργία κλίσης στον αισθητήρα φωτεινότητας, έτσι ώστε να μην επηρεάζεται από τα γειτονικά φωτιστικά. Έτσι όμως, ο αισθητήρας αντιλαμβάνεται πιο γρήγορα μείωση του φυσικού φωτισμού και τα φώτα στο συγκεκριμένο χώρο να μη χρειάζεται να λειτουργούν, μόνο μεταξύ 11 πμ. και 3 μμ.. Τέλος, ως βέλτιστη λύση επιλέχθηκε η τοποθέτηση του εξωτερικά του διαδρόμου, καθώς αντιλαμβάνεται μόνο την φωτεινότητα του περιβάλλοντος. Επίσης για να μην υπάρχει επηρεασμός από τα γειτονικά φωτιστικά, λόγω αντανάκλασεων από τα παράθυρα, τοποθετήθηκε σε κολώνα του κτηρίου (**Εικόνα 9.17**).



Εικόνα 9.17: Τοποθέτηση εξωτερικού αισθητήρα φωτεινότητας.

9.6 Το κουτί τοποθέτησης των ηλεκτρονικών

Τα ηλεκτρονικά της μονάδας ελέγχου τοποθετήθηκαν εντός ενός ανθεκτικού κουτιού, η χρήση του οποίου, αφενός προστατεύει τα ηλεκτρονικά, αφετέρου διευκολύνει τη σύνδεση των σημάτων από/προς την πειραματική διάταξη, μέσω κατάλληλων connectors. Το κουτί που χρησιμοποιήθηκε είναι της εταιρίας Fibox, και συγκεκριμένα το μοντέλο με κωδική ονομασία Tempo Enclosure. Είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο πάχους 2 mm, χρώματος μαύρου, με διαστάσεις 331 x 278 x 110 mm.



Εικόνα 9.18: Το κουτί τοποθέτησης της κατασκευής.

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

Η βάση του κουτιού τρυπήθηκε κατάλληλα έτσι ώστε να μπορούν να στηριχθούν ο Arduino Mega 2560 με τα περιφερειακά του, τα ασφαλιστικά μέσα των γραμμών φωτισμού, καθώς και οι σύνδεσμοι τροφοδοσίας και ελέγχου των αισθητήρων. Η μία κάθετη πλευρά του κουτιού έχει δύο οπές, για την τροφοδοσία των γραμμών φωτισμού και την τροφοδοσία και έλεγχο των αισθητήρων. Τέλος, άλλη μια κάθετη πλευρά έχει οπή για την εξωτερική τροφοδοσία της μονάδας ελέγχου. Για την στήριξη του Arduino και όλων των απαραίτητων εξαρτημάτων, μετρήθηκε, κόπηκε και βιδώθηκε στη βάση του κουτιού γαλβανιζέ λαμαρίνα διαστάσεων 300 x 210 mm. Η τελική μορφοποίηση του κουτιού παρουσιάζεται στην **Εικόνα 9.19**.

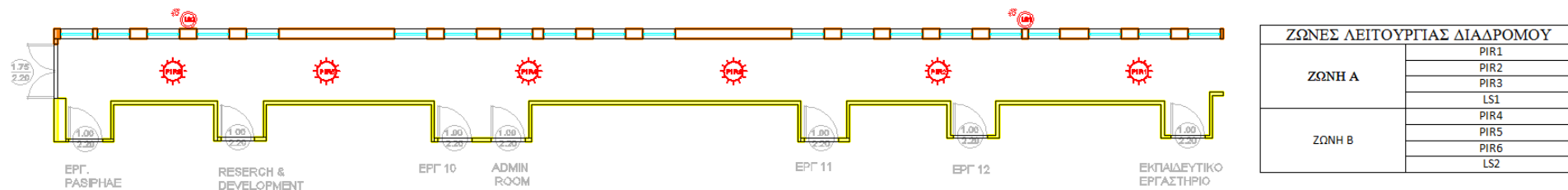


Εικόνα 9.19: Τοποθέτηση μονάδας ελέγχου, περιφερειακών και ασφαλιστικών μέσων.

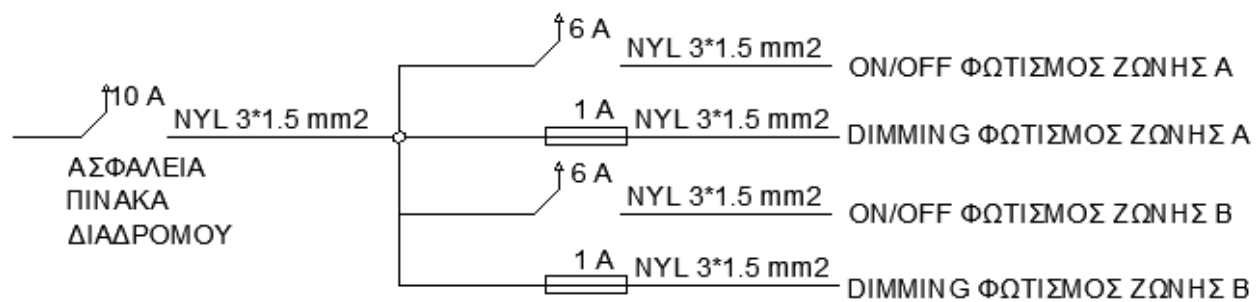
9.7 Μονογραμμικό σχέδιο εγκατάστασης

Για τη διευκόλυνση της Τεχνικής Υπηρεσίας του ΤΕΙ Κρήτης όσον αφορά τον έλεγχο σωστής λειτουργίας και συντήρησης της μονάδας ελέγχου και της εγκατάστασης φωτισμού δημιουργήθηκαν τα κατάλληλα σχέδια ορισμού θέσης των αισθητήρων και ζωνών που ελέγχουν (**Εικόνα 9.20**), καθώς και το αντίστοιχο μονογραμμικό σχέδιο τους (**Εικόνα 9.21**).

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.



Εικόνα 9.20: Διαχωρισμός ζωνών ελέγχου διαδρόμου.

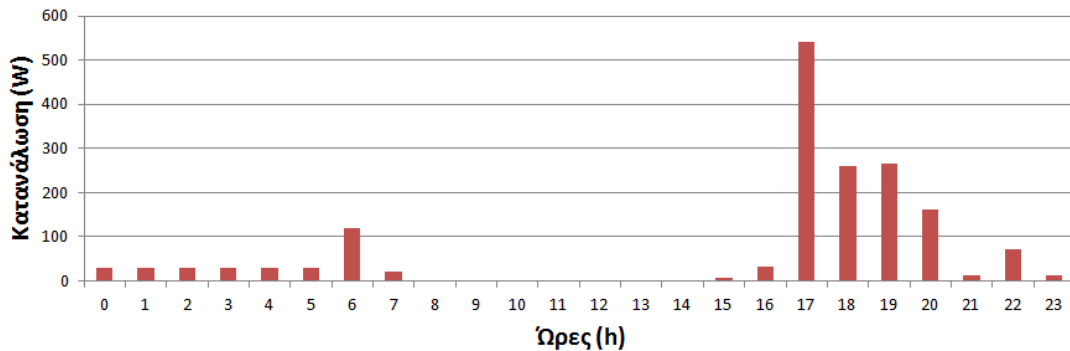


Εικόνα 9.21: Μονογραμμικό σχέδιο εγκατάστασης.

9.8 Πειραματικά Αποτελέσματα

Για να γίνει ευκολότερα αντιληπτό η σημασία και η αξία του συγκεκριμένου ελέγχου που εφαρμόστηκε, πραγματοποιήθηκε καταγραφή της κατανάλωσης ενέργειας του διαδρόμου, εβδομαδιαίας περιόδου και συγκεκριμένα από τις 11/12/2015 μέχρι και τις 23/12/2015 (Εικόνα 9.22 και Εικόνα 9.23).

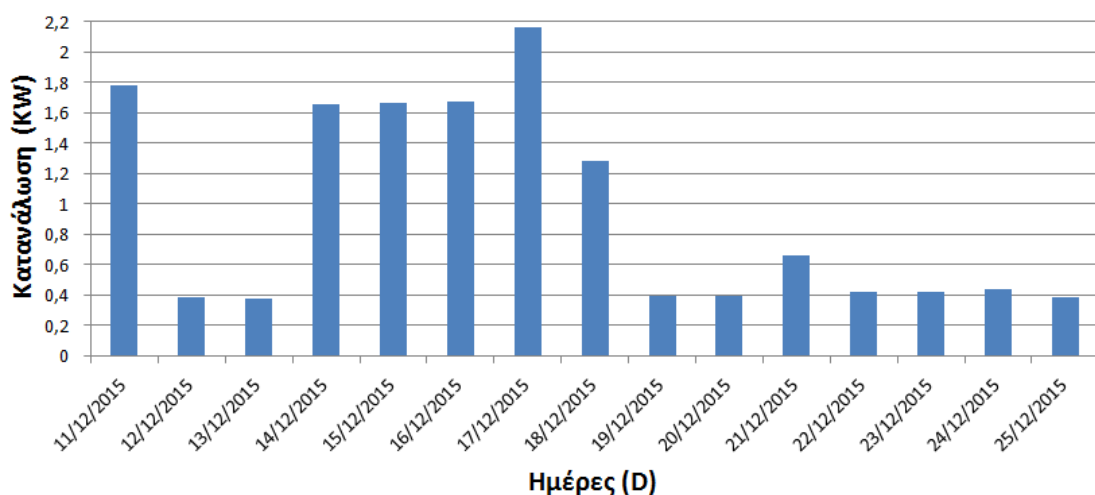
ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 16/12/2015



Εικόνα 9.22: Ωριαία κατανάλωση στις 16 Δεκεμβρίου 2015.

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, κατά τις πρωινές ώρες 0 έως 7 υπάρχει μηδενική σχεδόν κατανάλωση καθώς είναι ενεργοποιημένο μόνο το ρυθμιζόμενο φωτιστικό στην Νότια είσοδο με φωτεινότητα στο 20%, λόγω πλήρης απουσίας κίνησης στο διάδρομο. Υπάρχει μια ελάχιστη κατανάλωση εκτός για ένα μικρό διάστημα των 3 λεπτών στις 6:30 πμ., όπου πέρασε ο φύλακας για προγραμματισμένο έλεγχο. Στη συνέχεια, κατά τη περίοδο 7π.μ. έως 3μμ. περίπου, ο φωτισμός του διαδρόμου είναι απενεργοποιημένος λόγω υψηλής φωτεινότητας στο χώρο. Έπειτα, παρατηρείται μια μικρή ενεργοποίηση του φωτισμού λόγω μειωμένης φωτεινότητας στο χώρο εξαιτίας παροδικής συννεφιάς. Από τις 5μμ. μέχρι τις 9μμ., παρατηρείται ενεργοποίηση του φωτισμού λόγω διέλευσης του διαδρόμου ή εισόδου/εξόδου των εργασθηρίων του, με μεγαλύτερη διάρκεια στις 5μμ. Τέλος, πάλι λόγω προγραμματισμένου ελέγχου από την υπηρεσία φύλαξης, ενεργοποιήθηκε στις 10μμ. για 3 λεπτά περίπου.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ

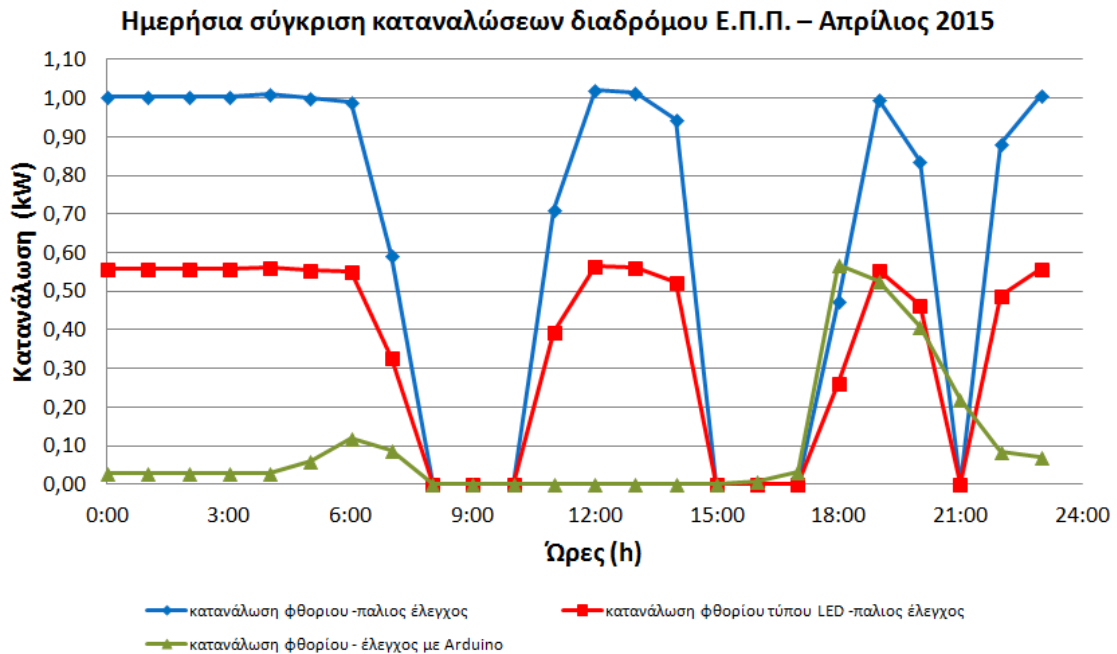


Εικόνα 9.23: Ημερήσια κατανάλωση μεταξύ 11/12/2015 και 23/12/2015.

9. Μελέτη ελέγχου φωτισμού διαδρόμου Ε.Π.Π.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι το ποσοστό εξοικονόμησης που επιτεύχθηκε με τη συγκεκριμένη μέθοδο ελέγχου είναι 85% περίπου (**Εικόνα 9.24**). Αυτό οφείλεται στη σημαντική μείωση ενέργειας τα Σαββατοκύριακα, όπου δεν απαιτείται φωτισμός αφού είναι κλειστά τα εργαστήρια του διαδρόμου και καθώς με τον παλιό έλεγχο, συνήθως έμενε συνέχεια ενεργοποιημένος ο φωτισμός. Δηλαδή, μια τυπική ημέρα Σαββατοκύριακου, μπορεί να έχει μέχρι και 5 φορές λιγότερη κατανάλωση από μια καθημερινή ημέρα.

Επιπρόσθετα, σ' ένα χώρο με φωτιστικά φθορίου, συμφέρει περισσότερο η αλλαγή στον τρόπο ελέγχου φωτισμού, από το να αλλαχθεί το σύστημα φωτισμού, ακόμα και αν αντικατασταθεί με λάμπες LED (ποσοστό εξοικονόμησης περίπου 48%) φθορίου με το ίδιο περίπου κόστος (περίπου 500 €).



Εικόνα 9.24: Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας με το παλιό και το νέο σύστημα ελέγχου.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

Με βάση τη μελέτη και την υλοποίηση που πραγματοποιήθηκε στο Κεφάλαιο [9], θα γίνει η μελέτη ελέγχου φωτισμού για τον όροφο του κτηρίου της παλιάς Σ.Τ.ΕΦ σε κατάσταση ανακατασκευής. Στη παρούσα μελέτη, θα οριστούν οι περιοχές που θα έχουν απλό έλεγχο on/off, οι περιοχές που θα έχουν ρύθμιση φωτεινότητας και τα σημεία που θα τοποθετηθούν οι αντίστοιχες μονάδες ελέγχου (κουτιά τοποθέτησης)

10.1 Ανακατασκευή Ορόφου

Λόγω στατικότητας, κρίθηκε αναγκαία η ανακατασκευή του ορόφου, έτσι ώστε να μειωθεί η καταπόνηση που δέχονται οι κολώνες και τα στηρίγματα του κτηρίου από τα υπάρχοντα εργαστήρια. Η απαιτούμενη μελέτη και ο νέος σχεδιασμός του Ορόφου, πραγματοποιήθηκε από την Τεχνική Υπηρεσία του Ιδρύματος. Συγκεκριμένα, θα απομακρυνθούν τα εργαστήρια που έχουν μεγάλο ρυθμό προσέλευσης φοιτητών για μαθήματα και υλικο-τεχνική υποστήριξη και κάποια άλλα, θα μεταφερθούν για καλύτερη κατανομή βάρους. Έτσι, ο καινούριος χώρος θ' αποτελείται από 27 γραφεία, 3 εργαστήρια και 2 λουτρά (Εικόνα 10.1). Να σημειωθεί, ότι ο διάδρομος του ΕΠΠ θα παραμείνει ως έχει.



Εικόνα 10.1: Ανακατασκευή ορόφου.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

10.2 Φωτοτεχνική Μελέτη

Στην υπάρχουσα κατάσταση που είναι η μελέτη ανακατασκευής του ορόφου, δεν έχει εκπονηθεί φωτοτεχνική μελέτη για τους νέους χώρους. Επομένως, κρίθηκε σκόπιμο για το σωστό σχεδιασμό ελέγχου του φωτισμού, να εκπονηθεί μια φωτοτεχνική μελέτη όσον το δυνατόν πληρέστερη και με το ενδεχόμενο της ελάχιστης δυνατής αλλαγής. Επειδή τα γραφεία είναι ίδιων διαστάσεων, η συγκεκριμένη μελέτη θα πραγματοποιηθεί για 1 γραφείο και θα ισχύει για όλα. Επίσης, και τα 2 λουτρά που θα δημιουργηθούν, έχουν ίδιες μεταξύ τους διαστάσεις, άρα και εδώ θα γίνει μια φωτοτεχνική μελέτη.

Αρχικά όμως, πρέπει να οριστούν μερικά βασικά μεγέθη του φωτισμού και ο τρόπος εκπόνησης μιας ολοκληρωμένης φωτοτεχνικής μελέτης.

10.2.1 Ποσότητες και μονάδες στο Φωτισμό

- **Φωτεινή Ενέργεια:** Ονομάζεται η ενέργεια που ακτινοβολείτε από μια φωτεινή πηγή. Μονάδα μετρήσεως είναι το ωριαίο Lumen. Φωτεινή ενέργεια: Q (Lumen * h).
- **β) Φωτεινή ισχύς ή φωτεινή ροή:** Ονομάζεται το ολικό ποσό φωτεινής ενέργειας, που εκπέμπεται, από την φωτεινή πηγή σε κάθε δευτερόλεπτο. Φωτεινή ισχύς: Φ (Lm) Μονάδα μετρήσεως είναι το Lumen. Αν υποθέσουμε ότι σε χρόνο (T) ακτινοβολείτε από μια πηγή, φωτεινή ενέργεια Q τότε η φωτεινή ισχύς είναι:

$$\Phi = \frac{Q}{T} \quad (7)$$

Q: σε Lm*h

T: σε h

Η φωτεινή ισχύς έχει συγγένεια με την ηλεκτρική ισχύ και το Lumen με το Watt.

1 Lumen = 0,0016

- **Φωτεινή ένταση:** Ονομάζεται η ποσότητα φωτεινής ισχύος που διέρχεται από τη μονάδα της στερεάς γωνίας, που έχει την γωνία, σαν κορυφή προς ορισμένη κατεύθυνση. Η φωτεινή ένταση συμβολίζεται με το γράμμα (I).

Αν μια πηγή αποδίδει φωτεινή ισχύ (Φ) με μια φωτεινή δέσμη στερεάς γωνίας (ω), τότε η φωτεινή ένταση είναι:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (8)$$

Η φωτεινή ένταση πηγής είναι διαφορετική στις διάφορες κατευθύνσεις. Υπολογίζεται σε σύγκριση με πρότυπο πηγή που ονομάζεται νέο κηρίο. Η μονάδα νέο κηρίο ονομάζεται και Candela (Cd).

- **Ένταση φωτισμού επιφανείας:** Ονομάζεται η ποσότητα φωτεινής ροής που δέχεται η μονάδα εμβαδού φωτιζόμενης επιφάνειας. Συμβολίζεται με το γράμμα (E). Μονάδα μετρήσεως είναι το Lux

Αν (Φ) είναι η φωτεινή ισχύς, που προσπίπτει σε μια επιφάνεια εμβαδού (P) τότε:

$$E = \frac{\Phi}{f} \quad (9)$$

όπου

Φ: σε Lumen

f: σε m²

E: σε Lux

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

10.2.2 Φωτοτεχνική Μελέτη γενικού φωτισμού

Η φωτοτεχνική μελέτη γενικού φωτισμού πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο Favie και διαρθρώνεται ως εξής:

- Επιλέγουμε ένταση φωτισμού.
- Ύψος επιφάνειας εργασίας.
- Ύψος ανάρτησης φωτιστικού.
- Υπολογισμός του δείκτη χώρου με τον τύπο:

$$\mu = 0,2 * \frac{M}{h} + 0,8 * \frac{\Pi}{h} \quad (10)$$

Όπου:

M= Μήκος

Π= Πλάτος

h= ύψος μεταξύ επιφάνειας εργασίας και ύψους ανάρτησης φωτιστικού.

- Επιλογή λαμπτήρα και φωτιστικού σώματος στο οποίο θα εγκατασταθεί αυτός.
- Εύρεση συντελεστή χρησιμοποίησης (η) από ειδικούς πίνακες με γραμμική παρεμβολή.
- Εύρεση συντελεστή συντήρησης (d), από τον ίδιο πίνακα που επιλέχθηκε ο συντελεστής χρησιμοποίησης
- Υπολογισμός ωφέλιμης φωτεινής ροής με τον τύπο:

$$\Phi_n = E * A \quad (11)$$

όπου A, είναι το εμβαδόν του υπό μελέτη χώρου.

- Υπολογισμός αποδιδόμενης φωτεινής ροής με τον τύπο:

$$\Phi_0 = \frac{E * A}{\eta} \quad (12)$$

- Υπολογισμός αριθμού φωτιστικών σωμάτων που χρειάζονται με τον τύπο:

$$N_{\sigma} = \frac{E * A * d}{\Phi_{\sigma} * \eta} \quad (13)$$

όπου Φ_{σ} , είναι η φωτεινή ροή του φωτιστικού σώματος

- Υπολογισμός κατά μήκος και κατά πλάτος απόστασης μεταξύ 2 φωτιστικών σωμάτων:

Απόσταση κατά μήκος:

$$\alpha_{\mu} = \frac{M}{N_M} \quad (14)$$

όπου N_M , το πλήθος των φωτιστικών κατά μήκος.

Απόσταση κατά πλάτος:

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

$$\alpha_{\pi} = \frac{\pi}{N_{\pi}} \quad (15)$$

όπου N_{π} , το πλήθος των φωτιστικών κατά πλάτος.

- Υπολογισμός κατά μήκος και κατά πλάτος απόστασης ακραίων φωτιστικών σωμάτων από τους τοίχους:

Απόσταση κατά μήκος:

$$\beta_{\mu} = \frac{\alpha_{\mu}}{2} \quad (16)$$

Απόσταση κατά πλάτος:

$$\beta_{\pi} = \frac{\alpha_{\pi}}{2} \quad (17)^{xli}$$

10.2.3 Μελέτη γραφείου

Για τη δημιουργία σωστής φωτοτεχνικής μελέτης, αρχικά πρέπει να προσδιοριστούν οι διαστάσεις του γραφείου (μήκος, πλάτος, ύψος), ο τύπος του λαμπτήρα φθορισμού, το φωτιστικό σώμα που θα τοποθετηθεί και το χρώμα τοίχων και οροφής. Επομένως:

- Διαστάσεις γραφείου:

Μήκος: 8,2 m

Πλάτος: 3,5 m

Ύψος: 3 m

- Λαμπτήρας φθορισμού:** General Electric (GE) T5 LongLast™ - High Efficiency, G5 Cap και ο τύπος λαμπτήρα που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο GE - 61086 - LAMP, F14W/T5/827/LL
- Φωτιστικό σώμα:** Φωτιστικό Φθορίου T5 Παραβολικό Χωνευτό, με λαμπτήρες T5 4x14W και διαστάσεων Μήκος: 595 mm, Πλάτος: 595 mm, Ύψος: 55 mm
- Χρώμα τοίχων:** Λευκό
- Χρώμα Οροφής:** Λευκό

Στη συνέχεια, πρέπει να οριστεί το ύψος μεταξύ επιφάνειας εργασίας και ύψους ανάρτησης φωτιστικού. Για να γίνει αυτό, θεωρήθηκε ότι θα χρησιμοποιηθεί ως επιφάνεια εργασίας γραφείο με ύψος 0,8 m και θα τοποθετηθεί ψευδοροφή με απόσταση 0,5 m από την οροφή. Επομένως το πραγματικό ύψος εργασίας είναι:

$h = h_{\chi} - h_{\gamma\rho} - h_{\gamma\sigma}$, όπου:

h_{χ} = ύψος γραφείου

$h_{\gamma\rho}$ = ύψος επιφάνειας εργασίας

$h_{\gamma\sigma}$ = απόσταση γυψοσανίδας από οροφή

Δηλαδή, $h = 1,7$ m.

Η επιλογή των χρωμάτων τοίχου και οροφής θα χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των αντίστοιχων συντελεστών ανάκλασης (**Πίνακας 10.1**).

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

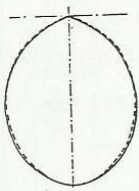
	Σκούρου χρώματος	Μέσου χρώματος	Ανοιχτού χρώματος	Πολύ ανοιχτού χρώματος, μέχρι λευκού
Τοίχοι: r_w	0,1	0,3	0,5	
Οροφή: r_c		0,3	0,5	0,7

Πίνακας 10.1: Συντελεστές ανάκλασης τοίχων και οροφής.

Επομένως, ο συντελεστής ανάκλασης τοίχου r_w είναι 0,5 και ο συντελεστής ανάκλασης οροφής r_c 0,7.

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης, υπολογίζεται από τον παρακάτω πίνακα (**Εικόνα 10.2**) μέσω γραμμικής παρεμβολής, βάσει των συντελεστών ανάκλασης που προσδιορίστηκαν προηγουμένως και είναι ίσος με $\eta=0,4333$.

Ένας επιπλέον συντελεστής που μπορεί να υπολογιστεί μέσω του συγκεκριμένου πίνακα, είναι ο συντελεστής συντήρησης. Ο συγκεκριμένος συντελεστής προσδιορίζεται βάση του βαθμού ρύπανσης του φωτιστικού και από τη συχνότητα καθαρισμού του. Για το συγκεκριμένο χώρο, θεωρήθηκε ο βαθμός ρύπανσης χαμηλός και ο χρόνος καθαρισμός κάθε 2 χρόνια. Επομένως ο συντελεστής συντήρησης είναι ίσος με $d=1,45$.

ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ			Συντελεστής χρησιμοποίησης για κανονικά εγκατάσταση									Συντελεστής συντήρησης			
Τύπος Φωτιστικού σώματος	ν %	k	r_c 0.7			0.5			0.3 r_c			Καθαρισμός κάθε ένα χρόνο a	Καθαρισμός κάθε δύο χρόνια b	Καθαρισμός κάθε τρία χρόνια c	
			r_w 0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1 r_w				
ΑΜΕΣΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΜΕ ΠΕΡΣΙΔΕΣ 	0 ↑ 60 ↓ 60	1	0.24	0.21	0.18	0.24	0.20	0.18	0.24	0.20	0.18	Βαθμός ρύπανσης χαμηλός 1.30	1.45	1.65	
		1.2	0.29	0.25	0.22	0.28	0.24	0.22	0.28	0.24	0.22				
		1.5	0.34	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27				
		2	0.40	0.37	0.34	0.39	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34				
		2.5	0.43	0.40	0.38	0.43	0.40	0.38	0.42	0.40	0.38				
		3	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	Βαθμός ρύπανσης μέσος 1.55	1.90	2.15	
		4	0.49	0.47	0.45	0.49	0.47	0.45	0.48	0.46	0.45				
		5	0.51	0.49	0.48	0.51	0.49	0.47	0.50	0.49	0.47				
		6	0.53	0.51	0.49	0.52	0.51	0.49	0.52	0.50	0.49				
		8	0.54	0.53	0.52	0.54	0.53	0.52	0.54	0.53	0.52				
		10	0.56	0.54	0.53	0.55	0.54	0.53	0.55	0.54	0.53	Βαθμός ρύπανσης υψηλός x	x	x	
Φωτιστικό σώμα στο κέντρο του χώρου															
1	0.27	0.23	0.21	0.26	0.23	0.21	0.26	0.23	0.21						
1.2	0.32	0.29	0.26	0.32	0.28	0.26	0.31	0.28	0.26						
1.5	0.39	0.36	0.33	0.38	0.35	0.33	0.38	0.35	0.33						
2	0.46	0.44	0.42	0.46	0.44	0.42	0.45	0.44	0.42						

Εικόνα 10.2: Πίνακας επιλογής συντελεστών χρησιμοποίησης και ρύπανσης.

Για να υπολογιστεί η ωφέλιμη φωτεινή ροή, αρχικά πρέπει να υπολογιστεί το εμβαδόν του γραφείου και να προσδιοριστεί η μέση στάθμη φωτισμού.

Το εμβαδόν του γραφείου είναι:

$$A = M * \Pi \rightarrow A = 28,7 \text{ m}^2$$

Η μέση στάθμη φωτισμού προσδιορίζεται από τον επόμενο πίνακα (**Πίνακας 10.2**), ανάλογα με τη χρήση του χώρου και το είδος του φωτισμού. Για τη συγκεκριμένη μελέτη, επιλέχθηκε ως στάθμη φωτισμού τα 500 Lux.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

	Είδος εργασίας	Γενικός φωτισμός	Τοπικός Φωτισμός
1	Τεχνικά γραφεία	250	500
2	Σχεδιαστήρια	500	1000
3	Είσοδοι-Υπόγεια-Αποθήκες	30	-
4	Κλιμακοστάσια - Διάδρομοι	150	-
	Λουτρά	150	-
5	Δωμάτια κατοικήσιμα	120	-
6	Γκαράζ	100	150
7	Μηχανουργεία: α) Εργασία χονδρή	50	80
	β) Εργασία λεπτή	120	200
	γ) Εργασία Μέση	80	120
	δ) Εργασία πολύ λεπτή	200	1000
8	Εξωτερικοί χώροι: α) Λεωφόροι πόλεων	15-30	-
	β) Κεντρικοί οδοί	7,5-15	-
	γ) Δρόμοι χωριών	1-3	-
9	Ραφεία: α) χρώματα υφασμάτων ανοικτά	100	150
	β) χρώματα υφασμάτων σκούρα	250	1000

Πίνακας 10.2: Γενικός και τοπικός φωτισμός σε Lux.

Επομένως η ωφέλιμη φωτεινή ροή είναι:

$$\Phi_n = E * A \rightarrow \Phi_n = 14350 \text{ Lm}$$

Η αποδιδόμενη φωτεινή ροή είναι: $\Phi_0 = \frac{E * A}{\eta} \rightarrow \Phi_0 = 33117,93 \text{ Lm}$

Ο απαιτούμενος αριθμός φωτιστικών σωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν είναι:

$$N_\sigma = \frac{E * A * d}{\Phi_\sigma * \eta} \rightarrow N_\sigma = 9$$

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το πλήθος των φωτιστικών πρέπει να είναι και οπτικά συμβατό με τις διαστάσεις του χώρου. Επομένως, γίνεται στρογγυλοποίηση των φωτιστικών προς τα πάνω.

Τέλος, απαιτείται ο υπολογισμός της διάταξης των φωτιστικών στο χώρο, η απόσταση κατά μήκος και κατά πλάτος μεταξύ 2 φωτιστικών και η απόσταση κατά μήκος και κατά πλάτος των ακραίων φωτιστικών από τους τοίχους. Συνεπώς:

- η διάταξη των φωτιστικών στο χώρο θα είναι 3x3
- η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ 2 φωτιστικών κατά μήκος και κατά πλάτος, θα προσδιοριστεί με βάση τα κέντρα μαζών των φωτιστικών σωμάτων, χωρίς να λαμβάνονται υπόψιν οι διαστάσεις τους. Άρα, η κατά μήκος απόσταση είναι:

$$\alpha_\mu = \frac{M}{N_M} \rightarrow \alpha_\mu = 2,733 \text{ m}$$

Ομοίως η κατά πλάτος απόσταση είναι:

$$\alpha_\pi = \frac{\Pi}{N_\Pi} \rightarrow \alpha_\pi = 1,166 \text{ m}$$

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

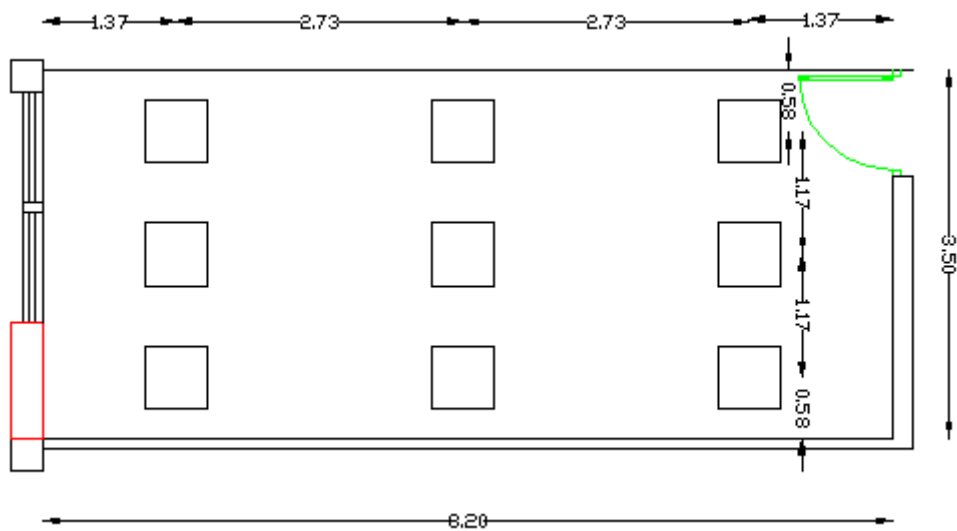
- Η κατά μήκος και κατά πλάτος απόσταση των ακραίων φωτιστικών σωμάτων από τους τοίχους, είναι η μισή απόσταση από την αντίστοιχη απόσταση μεταξύ 2 φωτιστικών σωμάτων. Άρα:
Άρα, η κατά μήκος απόσταση είναι:

$$\beta_{\mu} = \frac{\alpha_{\mu}}{2} \rightarrow \beta_{\mu} = 1,366 \text{ m}$$

Και η κατά πλάτος απόσταση είναι:

$$\beta_{\pi} = \frac{\alpha_{\pi}}{2} \rightarrow \beta_{\pi} = 0,5833 \text{ m}$$

Η διάταξη των φωτιστικών παρουσιάζεται στην **Εικόνα 10.3**.



Εικόνα 10.3: Διάταξη φωτιστικών σωμάτων στο γραφείο.

Μια ιδιαιτερότητα που πρέπει να επισημανθεί, είναι ότι οι λαμπτήρες πρέπει να είναι κάθετοι στην επιφάνεια εργασίας, για ν' αποφευχθεί το φαινόμενο της θάμβωσης. Άρα πριν τη τοποθέτηση των φωτιστικών, πρέπει να έχει οριστικοποιηθεί η θέση του γραφείου στο χώρο. Επίσης, καλό είναι να γίνει τελικός έλεγχος αξιοποιώντας την καμπύλη φωτεινής έντασης και το φωτομετρικό διάγραμμα του λαμπτήρα και του φωτιστικού με βάση ότι συζητήθηκε στο Κεφάλαιο [4].

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

10.2.4 Μελέτη Λουτρού

Για τη μελέτη του λουτρού, ακολουθείται η ίδια διαδικασία με τη μελέτη του γραφείου, δηλαδή:

- Διαστάσεις γραφείου:

Μήκος: 7,1 m

Πλάτος: 3,5 m

Ύψος: 3 m

- Λαμπτήρας φθορισμού:** General Electric (GE) T5 LongLast™ - High Efficiency, G5 Cap και ο τύπος λαμπτήρα που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο GE - 61086 - LAMP, F14W/T5/827/LL
- Φωτιστικό σώμα:** Φωτιστικό Φθορίου T5 Παραβολικό Χωνευτό, με λαμπτήρες T5 2x14W και διαστάσεων Μήκος: 572 mm, Πλάτος: 300 mm, Ύψος: 70 mm
- Χρώμα τοίχων:** Λευκό
- Χρώμα Οροφής:** Λευκό

Στο λουτρό, θεωρήθηκε ότι θα χρησιμοποιηθεί επιφάνεια εργασίας (νιπτήρας) με ύψος 0,9 m Επομένως το πραγματικό ύψος εργασίας είναι:

- $h = h_l - h_n$, όπου:
- h_l = ύψος λουτρού
- h_n = ύψος επιφάνειας εργασίας
- Δηλαδή, $h = 2,1$ m.

Οι συντελεστές ανάκλασης τοίχων και οροφής επιλέγονται όπως και με τη μελέτη γραφείου, από τον Πίνακα 10.1. Επομένως, ο συντελεστής ανάκλασης τοίχου r_w είναι 0,5 και ο συντελεστής ανάκλασης οροφής r_c 0,7. Ομοίως, ο συντελεστής χρησιμοποίησης, υπολογίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα (**Εικόνα 10.2**) και είναι ίσος με $\eta = 0,4333$. Για το συγκεκριμένο χώρο, θεωρήθηκε ο βαθμός ρύπανσης χαμηλός και ο χρόνος καθαρισμός κάθε 2 χρόνια. Επομένως ο συντελεστής συντήρησης είναι ίσος με $d = 1,45$.

Για να υπολογιστεί η ωφέλιμη φωτεινή ροή, αρχικά πρέπει να υπολογιστεί το εμβαδόν του λουτρού και να προσδιοριστεί η μέση στάθμη φωτισμού.

Το εμβαδόν του λουτρού είναι:

$$A = M * \Pi \rightarrow A = 24,85 \text{ m}^2$$

Η μέση στάθμη φωτισμού προσδιορίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα (**Πίνακας 10.2**), ανάλογα με τη χρήση του χώρου και το είδος του φωτισμού. Για τη συγκεκριμένη μελέτη, επιλέχθηκε ως στάθμη φωτισμού τα 150 Lux.

Επομένως η ωφέλιμη φωτεινή ροή είναι:

$$\Phi_n = E * A \rightarrow \Phi_n = 1491 \text{ Lm}$$

Η αποδιδόμενη φωτεινή ροή είναι: $\Phi_0 = \frac{E * A}{\eta} \rightarrow \Phi_0 = 8602,58 \text{ Lm}$

Ο απαιτούμενος αριθμός φωτιστικών σωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν είναι:

$$N_\sigma = \frac{E * A * d}{\Phi_\sigma * \eta} \rightarrow N_\sigma = 4$$

Συνεπώς:

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

- η διάταξη των φωτιστικών στο χώρο θα είναι 2x2 θεωρώντας το διαχωρισμό του σε ανδρικές και γυναικείες τουαλέτες με τους αντίστοιχους προθαλάμους τους (νιπτήρες).
- η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ 2 φωτιστικών κατά μήκος και κατά πλάτος είναι:
η κατά μήκος απόσταση είναι:

$$\alpha_{\mu} = \frac{M}{N_M} \rightarrow \alpha_{\mu} = 3,55 \text{ m}$$

η κατά πλάτος απόσταση είναι:

$$\alpha_{\pi} = \frac{\Pi}{N_{\Pi}} \rightarrow \alpha_{\pi} = 1,75 \text{ m}$$

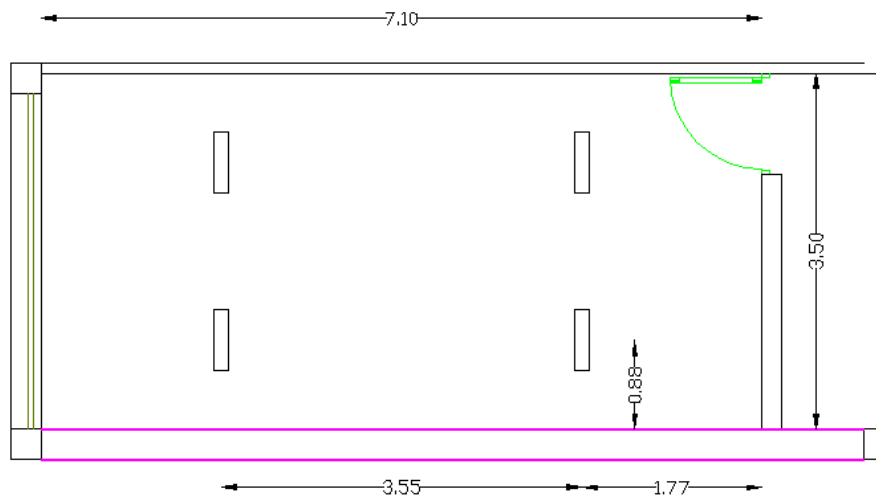
- Η κατά μήκος και κατά πλάτος απόσταση των ακραίων φωτιστικών σωμάτων από τους τοίχους, είναι η μισή απόσταση από την αντίστοιχη απόσταση μεταξύ 2 φωτιστικών σωμάτων. Άρα:
Άρα, η κατά μήκος απόσταση είναι:

$$\beta_{\mu} = \frac{\alpha_{\mu}}{2} \rightarrow \beta_{\mu} = 1,775 \text{ m}$$

Και η κατά πλάτος απόσταση είναι:

$$\beta_{\pi} = \frac{\alpha_{\pi}}{2} \rightarrow \beta_{\pi} = 0,875 \text{ m}$$

Η διάταξη των φωτιστικών παρουσιάζεται στην **Εικόνα 10.4**. Σε περίπτωση που επιλεγθεί διαφορετικού τύπου λαμπτήρα, π.χ. PL, αλλά ίδιας φωτεινότητας (lumens), δεν αλλάζει το πλήθος και η διάταξη των φωτιστικών σωμάτων.



Εικόνα 10.4: Διάταξη φωτιστικών σωμάτων στο λουτρό.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

10.2.5 Μελέτη εργαστηρίου Υπολογιστών

Για τη μελέτη του εργαστηρίου Υπολογιστών, ακολουθείται η ίδια διαδικασία με τη μελέτη του γραφείου, δηλαδή:

- Διαστάσεις εργαστηρίου:

Μήκος: 14,05 m

Πλάτος: 8,15 m

Ύψος: 3 m

- Λαμπτήρας φθορισμού:** General Electric (GE) T5 LongLast™ - High Efficiency, G5 Cap και ο τύπος λαμπτήρα που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο GE - 61086 - LAMP, F14W/T5/827/LL
- Φωτιστικό σώμα:** Φωτιστικό Φθορίου T5 Παραβολικό Χωνευτό, με λαμπτήρες T5 4x14W και διαστάσεων Μήκος:595 mm, Πλάτος:595 mm, Ύψος: 55 mm
- Χρώμα τοίχων:** Λευκό
- Χρώμα Οροφής:** Λευκό

Στο εργαστήριο, θεωρήθηκε ότι θα χρησιμοποιηθεί επιφάνεια εργασίας (γραφείο H/Y) με ύψος 0,8 m και θα τοποθετηθεί γυψοσανίδα με απόσταση 0,5 m από την οροφή. Επομένως το πραγματικό ύψος εργασίας είναι:

- $h = h_l - h_{gr} - h_{gs}$, όπου:
- h_l = ύψος λουτρού
- h_{gr} = ύψος επιφάνειας εργασίας
- h_{gs} = απόσταση γυψοσανίδας από οροφή
- Δηλαδή, $h = 1,7$ m.

Οι συντελεστές ανάκλασης τοίχων και οροφής επιλέγονται όπως και με τη μελέτη γραφείου, από τον Πίνακα 10.1. Επομένως, ο συντελεστής ανάκλασης τοίχου τ_w είναι 0,5 και ο συντελεστής ανάκλασης οροφής τ_c 0,7. Ομοίως, ο συντελεστής χρησιμοποίησης, υπολογίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα (**Εικόνα 10.2**) και είναι ίσος με $\eta = 0,4333$. Για το συγκεκριμένο χώρο, θεωρήθηκε ο βαθμός ρύπανσης χαμηλός και ο χρόνος καθαρισμός κάθε 2 χρόνια. Επομένως ο συντελεστής συντήρησης είναι ίσος με $d = 1,45$.

Για να υπολογιστεί η ωφέλιμη φωτεινή ροή, αρχικά πρέπει να υπολογιστεί το εμβαδόν του λουτρού και να προσδιοριστεί η μέση στάθμη φωτισμού.

Το εμβαδόν του εργαστηρίου είναι:

$$A = M * \Pi \rightarrow A = 114,51 \text{ m}^2$$

Η μέση στάθμη φωτισμού προσδιορίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα (**Πίνακας 10.2**), ανάλογα με τη χρήση του χώρου και το είδος του φωτισμού. Για τη συγκεκριμένη μελέτη, επιλέχθηκε ως στάθμη φωτισμού τα 500 Lux.

Επομένως η ωφέλιμη φωτεινή ροή είναι:

$$\Phi_n = E * A \rightarrow \Phi_n = 57255 \text{ Lm}$$

Η αποδιδόμενη φωτεινή ροή είναι: $\Phi_0 = \frac{E * A}{\eta} \rightarrow \Phi_0 = 132137,09 \text{ Lm}$

Ο απαιτούμενος αριθμός φωτιστικών σωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν είναι:

$$N_{\sigma} = \frac{E * A * d}{\Phi_{\sigma} * \eta} \rightarrow N_{\sigma} = 36$$

Συνεπώς:

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

- η διάταξη των φωτιστικών στο χώρο θα είναι 6x6
- η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ 2 φωτιστικών κατά μήκος και κατά πλάτος είναι:
η κατά μήκος απόσταση είναι:

$$\alpha_{\mu} = \frac{M}{N_M} \rightarrow \alpha_{\mu} = 2,34 \text{ m}$$

η κατά πλάτος απόσταση είναι:

$$\alpha_{\pi} = \frac{\Pi}{N_{\Pi}} \rightarrow \alpha_{\pi} = 1,36 \text{ m}$$

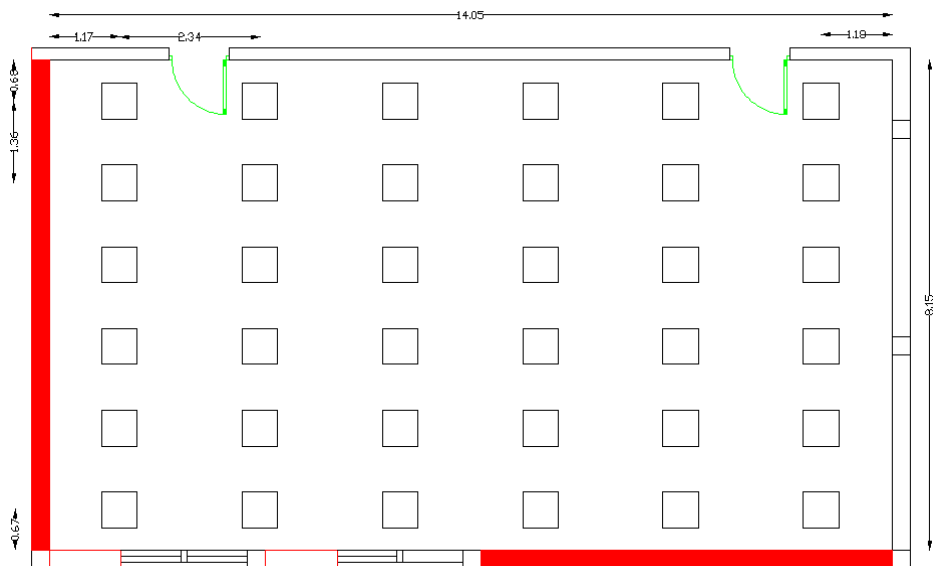
- Η κατά μήκος και κατά πλάτος απόσταση των ακραίων φωτιστικών σωμάτων από τους τοίχους, είναι η μισή απόσταση από την αντίστοιχη απόσταση μεταξύ 2 φωτιστικών σωμάτων. Άρα:
Άρα, η κατά μήκος απόσταση είναι:

$$\beta_{\mu} = \frac{\alpha_{\mu}}{2} \rightarrow \beta_{\mu} = 1,17 \text{ m}$$

Και η κατά πλάτος απόσταση είναι:

$$\beta_{\pi} = \frac{\alpha_{\pi}}{2} \rightarrow \beta_{\pi} = 0,68 \text{ m}$$

Η διάταξη των φωτιστικών παρουσιάζεται στην **Εικόνα 10.5**.



Εικόνα 10.5: Διάταξη φωτιστικών σωμάτων στο εργαστήριο Υπολογιστών.

Τέλος, και εδώ όπως και στη μελέτη του γραφείου, πρέπει να προσεχθεί η τοποθέτηση των φωτιστικών σε σχέση με τις επιφάνειες εργασίας του εργαστηρίου.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

10.2.6 Μελέτη εργαστηρίου Ηλεκτρικών κυκλωμάτων και Μετρήσεων

Για τη μελέτη του εργαστηρίου, ακολουθείται η ίδια διαδικασία με τη μελέτη του γραφείου, δηλαδή:

- Διαστάσεις εργαστηρίου:
Μήκος: 10,35 m
Πλάτος: 6,85 m
Ύψος: 3 m
- **Λαμπτήρας φθορισμού:** General Electric (GE) T5 LongLast™ - High Efficiency, G5 Cap και ο τύπος λαμπτήρα που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο GE - 61086 - LAMP, F14W/T5/827/LL
- **Φωτιστικό σώμα:** Φωτιστικό Φθορίου T5 Παραβολικό Χωνευτό, με λαμπτήρες T5 4x14W και διαστάσεων Μήκος:595 mm, Πλάτος:595 mm, Ύψος: 55 mm
- **Χρώμα τοίχων:** Λευκό
- **Χρώμα Οροφής:** Λευκό

Στο εργαστήριο, θεωρήθηκε ότι θα χρησιμοποιηθεί επιφάνεια εργασίας με ύψος 0,8 m και θα τοποθετηθεί γυψοσανίδα με απόσταση 0,5 m από την οροφή. Επομένως το πραγματικό ύψος εργασίας είναι:

- $h = h_l - h_{gr} - h_{gs}$, όπου:
- h_l = ύψος λουτρού
- h_{gr} = ύψος επιφάνειας εργασίας
- h_{gs} = απόσταση γυψοσανίδας από οροφή
- Δηλαδή, $h = 1,7$ m.

Οι συντελεστές ανάκλασης τοίχων και οροφής επιλέγονται όπως και προηγουμένως, από τον Πίνακα 10.1. Επομένως, ο συντελεστής ανάκλασης τοίχου r_w είναι 0,5 και ο συντελεστής ανάκλασης οροφής r_c 0,7. Ομοίως, ο συντελεστής χρησιμοποίησης, υπολογίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα (**Εικόνα 10.2**) και είναι ίσος με $\eta = 0,4333$. Για το συγκεκριμένο χώρο, θεωρήθηκε ο βαθμός ρύπανσης χαμηλός και ο χρόνος καθαρισμός κάθε 2 χρόνια. Επομένως ο συντελεστής συντήρησης είναι ίσος με $d = 1,45$.

Για να υπολογιστεί η ωφέλιμη φωτεινή ροή, αρχικά πρέπει να υπολογιστεί το εμβαδόν του λουτρού και να προσδιοριστεί η μέση στάθμη φωτισμού.

Το εμβαδόν του εργαστηρίου είναι:

$$A = M * \Pi \rightarrow A = 70,9 \text{ m}^2$$

Η μέση στάθμη φωτισμού προσδιορίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα (**Πίνακας 10.2**), ανάλογα με τη χρήση του χώρου και το είδος του φωτισμού. Για τη συγκεκριμένη μελέτη, επιλέχθηκε ως στάθμη φωτισμού τα 500 Lux.

Επομένως η ωφέλιμη φωτεινή ροή είναι:

$$\Phi_n = E * A \rightarrow \Phi_n = 35450 \text{ Lm}$$

Η αποδιδόμενη φωτεινή ροή είναι: $\Phi_0 = \frac{E * A}{\eta} \rightarrow \Phi_0 = 81870,67 \text{ Lm}$

Ο απαιτούμενος αριθμός φωτιστικών σωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν είναι:

$$N_\sigma = \frac{E * A * d}{\Phi_\sigma * \eta} \rightarrow N_\sigma = 24$$

Συνεπώς:

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

- η διάταξη των φωτιστικών στο χώρο θα είναι 8x3
- η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ 2 φωτιστικών κατά μήκος και κατά πλάτος είναι:
η κατά μήκος απόσταση είναι:

$$\alpha_\mu = \frac{M}{N_M} \rightarrow \alpha_\mu = 1,29 \text{ m}$$

η κατά πλάτος απόσταση είναι:

$$\alpha_{\pi} = \frac{\Pi}{N_{\Pi}} \rightarrow \alpha_{\pi} = 2,28 \text{ m}$$

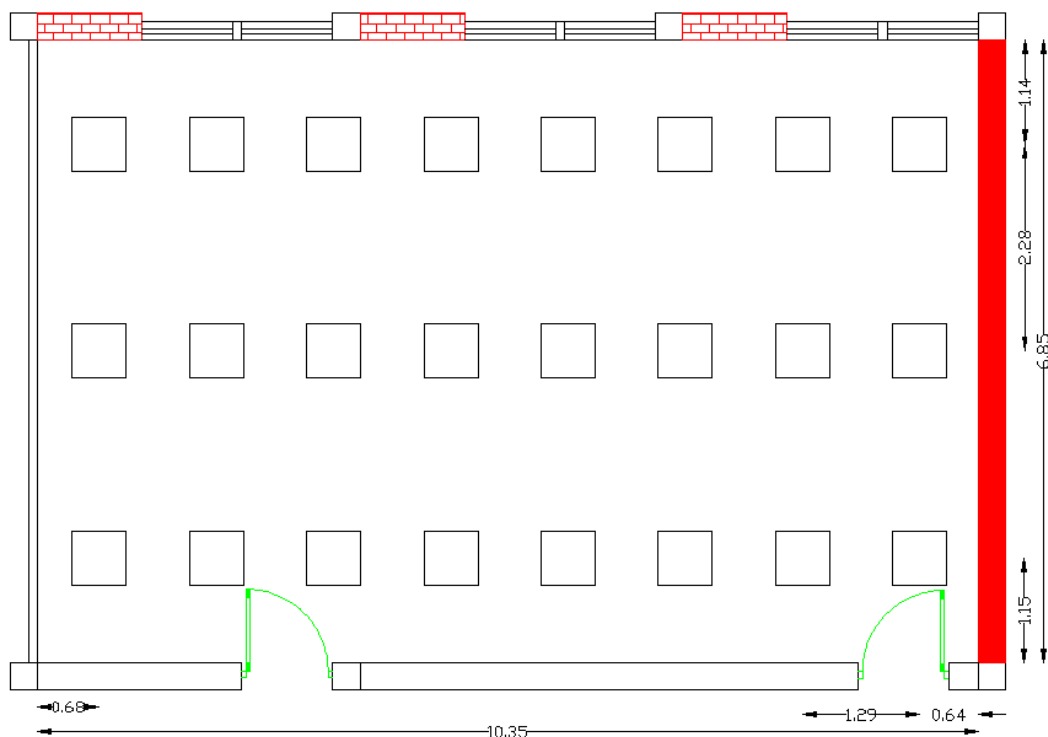
- Η κατά μήκος και κατά πλάτος απόσταση των ακραίων φωτιστικών σωμάτων από τους τοίχους, είναι η μισή απόσταση από την αντίστοιχη απόσταση μεταξύ 2 φωτιστικών σωμάτων. Άρα:
Άρα, η κατά μήκος απόσταση είναι:

$$\beta_{\mu} = \frac{\alpha_{\mu}}{2} \rightarrow \beta_{\mu} = 0,64 \text{ m}$$

Και η κατά πλάτος απόσταση είναι:

$$\beta_{\pi} = \frac{\alpha_{\pi}}{2} \rightarrow \beta_{\mu} = 1,14 \text{ m}$$

Η διάταξη των φωτιστικών παρουσιάζεται στην **Εικόνα 10.6**.



Εικόνα 10.6: Διάταξη φωτιστικών σωμάτων στο εργαστήριο Ηλεκτρικών κυκλωμάτων και Μετρήσεων.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

10.2.7 Μελέτη εργαστηρίου Βιοϊατρικής Πληροφορικής και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας

Για τη μελέτη του εργαστηρίου, ακολουθείται η ίδια διαδικασία με πριν, δηλαδή:

- Διαστάσεις εργαστηρίου:

Μήκος: 8,25 m

Πλάτος: 6,80 m

Ύψος: 3 m

- **Λαμπτήρας φθορισμού:** General Electric (GE) T5 LongLast™ - High Efficiency, G5 Cap και ο τύπος λαμπτήρα που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο GE - 61086 - LAMP, F14W/T5/827/LL
- **Φωτιστικό σώμα:** Φωτιστικό Φθορίου T5 Παραβολικό Χωνευτό, με λαμπτήρες T5 4x14W και διαστάσεων Μήκος: 595 mm, Πλάτος: 595 mm, Ύψος: 55 mm
- **Χρώμα τοίχων:** Λευκό
- **Χρώμα Οροφής:** Λευκό

Στο εργαστήριο, θεωρήθηκε ότι θα χρησιμοποιηθεί επιφάνεια εργασίας με ύψος 0,8 m και θα τοποθετηθεί γυψοσανίδα με απόσταση 0,5 m από την οροφή. Επομένως το πραγματικό ύψος εργασίας είναι:

- $h = h_l - h_{gr} - h_{gs}$, όπου:
- h_x = ύψος λουτρού
- h_{gr} = ύψος επιφάνειας εργασίας
- h_{gs} = απόσταση γυψοσανίδας από οροφή
- Δηλαδή, $h = 1,7$ m.

Οι συντελεστές ανάκλασης τοίχων και οροφής επιλέγονται όπως και με τη μελέτη γραφείου, από τον **Πίνακα 10.1**. Επομένως, ο συντελεστής ανάκλασης τοίχου ρ_w είναι 0,5 και ο συντελεστής ανάκλασης οροφής ρ_c 0,7. Ομοίως, ο συντελεστής χρησιμοποίησης, υπολογίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα (**Εικόνα 10.2**) και είναι ίσος με $\eta = 0,4333$. Για το συγκεκριμένο χώρο, θεωρήθηκε ο βαθμός ρύπανσης χαμηλός και ο χρόνος καθαρισμός κάθε 2 χρόνια. Επομένως ο συντελεστής συντήρησης είναι ίσος με $d = 1,45$.

Για να υπολογιστεί η ωφέλιμη φωτεινή ροή, αρχικά πρέπει να υπολογιστεί το εμβαδόν του λουτρού και να προσδιοριστεί η μέση στάθμη φωτισμού.

Το εμβαδόν του εργαστηρίου είναι:

$$A = M * \Pi \rightarrow A = 56,1 \text{ m}^2$$

Η μέση στάθμη φωτισμού προσδιορίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα (**Πίνακας 10.2**), ανάλογα με τη χρήση του χώρου και το είδος του φωτισμού. Για τη συγκεκριμένη μελέτη, επιλέχθηκε ως στάθμη φωτισμού τα 500 Lux.

Επομένως η ωφέλιμη φωτεινή ροή είναι:

$$\Phi_n = E * A \rightarrow \Phi_n = 28050 \text{ Lm}$$

$$\text{Η αποδιδόμενη φωτεινή ροή είναι: } \Phi_0 = \frac{E * A}{\eta} \rightarrow \Phi_0 = 64780,60 \text{ Lm}$$

Ο απαιτούμενος αριθμός φωτιστικών σωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν είναι:

$$N_\sigma = \frac{E * A * d}{\Phi_\sigma * \eta} \rightarrow N_\sigma = 18$$

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

Συνεπώς:

- η διάταξη των φωτιστικών στο χώρο θα είναι 6x3
- η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ 2 φωτιστικών κατά μήκος και κατά πλάτος είναι:
η κατά μήκος απόσταση είναι:

$$\alpha_{\mu} = \frac{M}{N_M} \rightarrow \alpha_{\mu} = 1,37 \text{ m}$$

η κατά πλάτος απόσταση είναι:

$$\alpha_{\pi} = \frac{\Pi}{N_{\pi}} \rightarrow \alpha_{\pi} = 2,27 \text{ m}$$

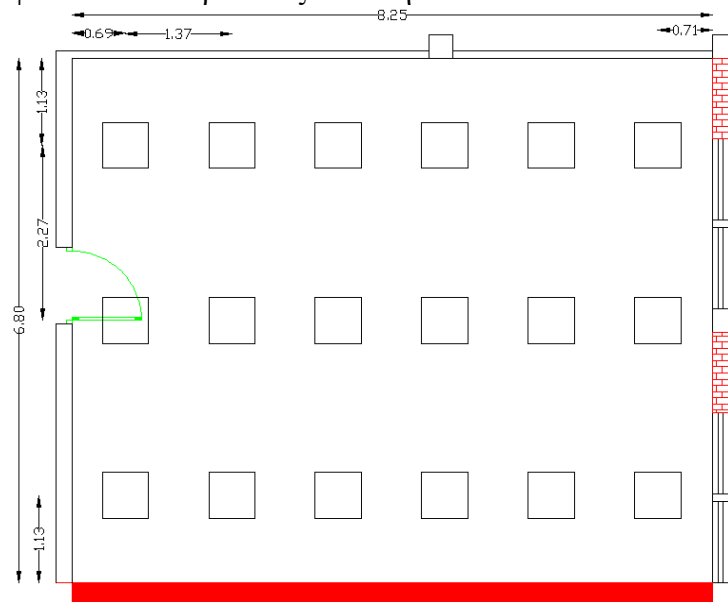
- Η κατά μήκος και κατά πλάτος απόσταση των ακραίων φωτιστικών σωμάτων από τους τοίχους, είναι η μισή απόσταση από την αντίστοιχη απόσταση μεταξύ 2 φωτιστικών σωμάτων. Άρα:
Άρα, η κατά μήκος απόσταση είναι:

$$\beta_{\mu} = \frac{\alpha_{\mu}}{2} \rightarrow \beta_{\mu} = 0,69 \text{ m}$$

Και η κατά πλάτος απόσταση είναι:

$$\beta_{\pi} = \frac{\alpha_{\pi}}{2} \rightarrow \beta_{\pi} = 1,13 \text{ m}$$

Η διάταξη των φωτιστικών παρουσιάζεται στην **Εικόνα 10.7**.



Εικόνα 10.7: Διάταξη φωτιστικών σωμάτων στο εργαστήριο Βιοϊατρικής Πληροφορικής και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

10.2.8 Συμπεράσματα

Με βάση τις φωτοτεχνικές μελέτες που προηγήθηκαν, μπορούν να προσδιοριστούν οι ανάγκες των νέων χώρων που θα δημιουργηθούν σε φωτιστικά σώματα και λαμπτήρες. Επομένως, μπορεί να υπολογιστεί και η αντίστοιχη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού.

Από τον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 10.3**), παρατηρείται ότι η εγκατεστημένη ισχύς του ορόφου μειώθηκε στα 18,168 KW, δηλαδή κατά 5 %. Επίσης, η αντίστοιχη παρασιτική ισχύς του ορόφου μειώθηκε στα 205 W, δηλαδή 61% περίπου, που οφείλεται στην ύπαρξη ηλεκτρονικών μπάλαστ.^{xxxiv}

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς φωτισμού χώρου (W)	Πλήθος χώρων	Μερική Ισχύς φωτισμού χώρων (W)
Γραφεία	9	36	14	Φθορισμού T5	504	27	13.608
Εργ. Υπολογιστών	36	144			2.016	1	2.096
Εργ. Ηλεκτρικών κυκλωμάτων και Μετρήσεων	24	96			1.344	1	1.344
Εργ. Πληροφορικής και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας	18	72			1.008	1	1.008
Λουτρό	2	4			56	2	112
ΣΥΝΟΛΟ	89	352					18.168

Πίνακας 10.3: Συνολική απαιτούμενη εγκαταστημένη ισχύς φωτισμού στους νέους χώρους.

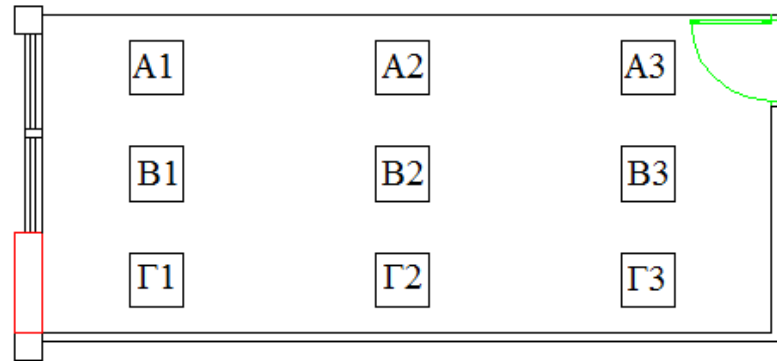
10.3 Έλεγχος φωτισμού

Για τον καλύτερο δυνατό έλεγχο φωτισμού, θα οριστούν μερικές βασικές αρχές μελέτης:

- Ορισμός ζωνών ελέγχου on/off και ρύθμισης φωτεινότητας με γνώμονα την εξοικονόμηση ενέργειας.
- Τα ρυθμιζόμενης φωτεινότητας φωτιστικά σημεία θα έχουν ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενα μπάλαστ, ενώ τα υπόλοιπα φωτιστικά σημεία θα έχουν μαγνητικό μπάλαστ με ενσωματωμένο πυκνωτή αντιστάθμισης.
- Επίσης, πρέπει να προσεχθεί η τοποθέτηση του αισθητήρα κίνησης [5.2.4] και του αισθητήρα φωτεινότητας [5.4].

10.3.1 Γραφείο

Πριν την πραγματοποίηση του ελέγχου του γραφείου θεωρήθηκε αναγκαίο ο προσδιορισμός της απαιτούμενης στάθμης φωτεινότητας στο χώρο. Αρχικά ονοματίστηκαν και διαχωρίστηκαν τα φωτιστικά του χώρου σε 3 περιοχές κατά μήκος του γραφείου για ευκολία (**Εικόνα 10.8**). Έπειτα, μετρήθηκε με τη χρήση Λυχόμετρου η φυσική φωτεινότητα σε όλο το χώρο και βάσει των μετρήσεων αυτών, προσδιορίστηκε το απαιτούμενο επίπεδο τεχνητής φωτεινότητας σε κάθε περιοχή για να υπάρχει εξισορρόπηση φωτεινότητας σε όλο το χώρο [**Εικόνα 5.35**].



Εικόνα 10.8: Ονομασία και διαχωρισμός φωτιστικών γραφείου.

Έχοντας ως σημείο αναφοράς για τη φυσική και τεχνητή φωτεινότητα στα φωτιστικά που είναι στο παράθυρο (A1,B1), θα οριστεί το απαιτούμενο επίπεδο φωτεινότητας στα υπόλοιπα. Συγκεκριμένα, αν D_1 , είναι το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού των φωτιστικών αναφοράς, τότε βάσει των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο ΣΗΕ (που μοιάζει με το νέο χώρο) προκύπτει ότι:

- Η επιθυμητή φωτεινότητα για το φωτιστικό Γ1 είναι: $D_2=3*D_1$
- Η επιθυμητή φωτεινότητα για τα φωτιστικά A2,B2,Γ2 είναι: $D_3=6*D_1$
- Η επιθυμητή φωτεινότητα για τα φωτιστικά A3,B3,Γ3 είναι: $D_4=12*D_1$

Με κριτήριο υλοποίησης το κόστος εγκατάστασης των φωτιστικών υπάρχουν δύο επιλογές υλοποίησης του ελέγχου φωτισμού. Η πρώτη μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας αποκλειστικά φωτιστικά με ρυθμιζόμενα ηλεκτρονικά μπάλαστ (dimmable), και η δεύτερη και πιο οικονομική, αφορά τη χρήση ρυθμιζόμενων μπάλαστ μόνο για τα φωτιστικά A1, B1 και τα υπόλοιπα φωτιστικά να έχουν απλό έλεγχο on/off. Επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν φωτιστικά είτε με ηλεκτρονικά HF μπάλαστ, είτε με απλά μαγνητικά και με πυκνωτή αντιστάθμισης. Και στις δύο περιπτώσεις, θα οριστούν τα κατάλληλα ελάχιστα όρια φυσικής φωτεινότητας που απαιτούνται για την ενεργοποίηση του ελέγχου.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

Για τον έλεγχο εδώ, επιλέχθηκε τα φωτιστικά που είναι δίπλα από τα παράθυρα να έχουν ρύθμιση φωτεινότητας και τα υπόλοιπα, απλό έλεγχο on/off. Επειδή κάθε γραφείο προορίζεται να φιλοξενεί 2 άτομα, δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες ομάδες, έτσι ώστε να ενεργοποιούνται μόνο τα απαραίτητα φωτιστικά (**Πίνακας 10.4**). Τέλος, θα χρησιμοποιηθεί ένας αισθητήρας φωτεινότητας για τη ρύθμιση φωτεινότητας και δύο αισθητήρες κίνησης για τον έλεγχο των ομάδων on /off (**Πίνακας 10.5**).

Ομάδα φωτισμού	Τρόπος ελέγχου	Φωτιστικά σώματα
1	on/off	A2,B2,Γ2
2	on/off	A3,B3,Γ3,
3	on/off	Γ1
4	ρύθμιση φωτεινότητας	A1,B1

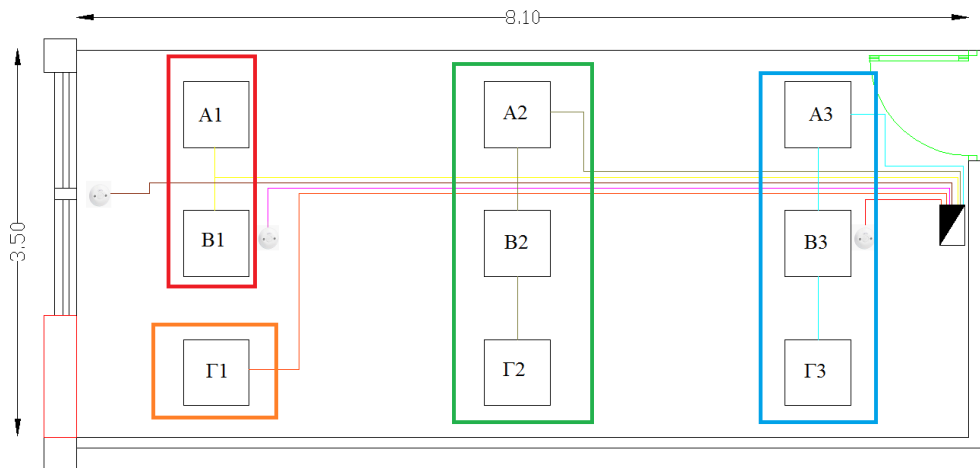
Πίνακας 10.4: Προσδιορισμός ομάδων γραφείου.

	Αισθητήρας	Ομάδα ελέγχου
Κίνησης	1	1,3,4
	2	2,3,4
Φωτεινότητας	1	1,2,3,4

Πίνακας 10.5: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.

Η μονάδα ελέγχου και τα περιφερειακά της (μικρό-ρελέ, ενισχυτής PWM), θα τοποθετηθούν στον πίνακα τροφοδοσίας του χώρου λόγω του μικρού τους όγκου και της απλής ανάγκης σε τροφοδοσία του γραφείου.

Τέλος, ο αισθητήρας φωτεινότητας θα μπει όσο πιο κοντά στο παράθυρο γίνεται και οι αισθητήρες κίνησης θα ρυθμιστούν στη μέγιστη δυνατή ακτίνα εμβέλειας (3 m) και θα τοποθετηθούν σε απόσταση 1 μέτρου από τα ανοίγματα, κατά 6 μέτρα μεταξύ τους για να μην υπάρχει αλληλοκάλυψη αλλά και κενό μεταξύ των ακτίνών τους και στο κέντρο (**Εικόνα 10.9**).



Εικόνα 10.9: Έλεγχος φωτισμού γραφείου.

Σημαντικό σημείο προσοχής, είναι ο ρυθμός μεταβολής της φωτεινότητας στα φωτιστικά A1 και B1. Ο ρυθμός αυτός, θα καθοριστεί για κάθε γραφείο ξεχωριστά, ανάλογα με το προσανατολισμό του. Ακόμα, η 1^η ομάδα on/off και η ομάδα ρυθμιζόμενης φωτεινότητας, αλλάζει βάσει της θέσης του παραθύρου σε κάθε γραφείο. Επιπλέον, πρέπει να προσεχθεί η τοποθέτηση των αισθητήρων κίνησης.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τον έλεγχο του γραφείου εκτός των περιφερειακών του Arduino, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 10.6**).

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

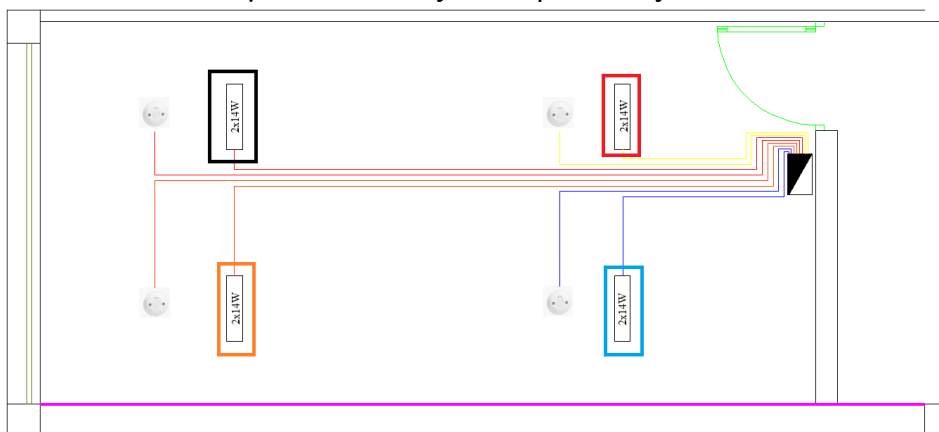
Υλικό	Τύπος υλικού	Ποσότητα
Καλώδιο τροφοδοσίας φωτιστικών	NYL 3x1.5 mm ²	27,5 m
Καλώδιο αισθητήρων	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	16 m
Καλώδιο ελέγχου μπάλαστ	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	8 m
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 1 A	1
Ασφάλεια 3 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 1 A	1
Ασφάλεια γραμμής ρυθμιζόμενης φωτεινότητας	Αυτόματη μονοπολική 1 A	1
Ρευματοδότης τροφοδοσίας Arduino	Ρευματοδότης ράγας	1

Πίνακας 10.6: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου γραφείου.

Λόγω της ιδιαίτερης χρήσης του συγκεκριμένου χώρου ως γραφείο, πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα ο χρόνος ανάματος κάθε ομάδας φωτισμού. Συγκεκριμένα, οι ομάδες που είναι στο χώρο κάθε γραφείου, θα πρέπει να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ανάματος από την ομάδα εισόδου. Ο λόγος είναι, ότι τα άτομα που θα εργάζονται στα γραφεία, κάνουν κινήσεις μικρού εύρους, μη ανιχνεύσιμες από τους αισθητήρες κίνησης και δεν απομακρύνονται συχνά από αυτά. Επειδή οι αισθητήρες κίνησης μπορούν να κρατήσουν ενεργοποιημένες τις ομάδες φωτισμού μέχρι 5 λεπτά περίπου, αλλά η διάρκεια χρήσης του χώρου είναι αρκετή (επίπεδο ώρας τουλάχιστον), πρέπει να δημιουργηθεί κατάλληλος κώδικας ελέγχου φωτισμού στον μικροελεγκτή, όπου θα αγνοεί το σήμα απενεργοποίησης του αισθητήρα για ορισμένο χρόνο.

10.3.2 Λουτρό

Για το λουτρό, ο έλεγχος είναι απλούστερος. Δηλαδή, θα είναι on/off, αποτελούμενος από τέσσερις αισθητήρες κίνησης (δύο για το προθάλαμο και δυο για τις τουαλέτες) που θα ελέγχουν ανεξάρτητα τα γειτονικά τους φωτιστικά σημεία. Δεν υπάρχει λόγος να τοποθετηθούν αισθητήρες φωτεινότητας, λόγω της μη σταθερής παρουσίας κόσμου. Επίσης, λόγω του διαχωριστικού που θα υπάρχει μεταξύ των χώρων, οι αισθητήρες θα μουν στο κέντρο της κάθε υπο-περιοχής (**Εικόνα 10.10**). Επειδή δεν έχει διευκρινιστεί ο τρόπος διαχωρισμού (κατά μήκος ή κατά πλάτος), ο συγκεκριμένος τρόπος ελέγχου, μπορεί να εφαρμοστεί το ίδιο αποτελεσματικά και στις δύο περιπτώσεις.



Εικόνα 10.10: Έλεγχος φωτισμού λουτρού.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τον έλεγχο του λουτρού εκτός των περιφερειακών του Arduino, παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα (**Πίνακας 10.7**). Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός θα τοποθετηθεί σε πίνακα εσωτερικά του χώρου, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 10.10**.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

Υλικό	Τύπος υλικού	Ποσότητα
Καλώδιο τροφοδοσίας φωτιστικών	NYL 3x1.5mm ²	18 m
Καλώδιο αισθητήρων	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	21 m
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής ρυθμιζόμενης φωτεινότητας	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής ρυθμιζόμενης φωτεινότητας	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ρευματοδότης τροφοδοσίας Arduino	Ρευματοδότης ράγας	1

Πίνακας 10.7: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου λουτρού.

Λόγω της απλής χρήσης του χώρου, υπάρχει η δυνατότητα να μη χρησιμοποιηθεί ο Arduino, αλλά ο έλεγχος να γίνει με συμβατό εξοπλισμό. Θα χρησιμοποιηθούν δηλαδή, απλοί διακόπτες για την έναυση των φωτιστικών και η σβέση θα πραγματοποιηθεί αυτόματα με ανιχνευτές παρουσίας. Σε περίπτωση που είναι επιτακτική η χρήση Arduino για τον έλεγχο του λουτρού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιος γειτονικός, δηλαδή από διπλανό γραφείο ή ακόμα και από το διάδρομο του, καθώς και στις δύο περιπτώσεις, υπάρχει επάρκεια σύνδεσης εισόδων και εξόδων στον μικροελεγκτή. Το μόνο που πρέπει να γίνει είναι να προστεθεί ο κατάλληλος κώδικας ελέγχου του λουτρού (είσοδοι, έξοδοι, συνθήκες ελέγχου και λειτουργίας) και να γίνει η απαραίτητη καλωδίωση Arduino-λουτρό.

10.3.3 Εργαστήριο Υπολογιστών

Για το εργαστήριο Υπολογιστών, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με το γραφείο. Δηλαδή, επιλέχθηκε ο έλεγχος να είναι μικτός (on/off και ρυθμιζόμενης φωτεινότητας), ονοματίστηκαν τα φωτιστικά, και ο κάθε αισθητήρας κίνησης ρυθμίστηκε σύμφωνα με τις διαστάσεις του εργαστηρίου με οριζόντια ακτίνα 2.5 m και κάθετη 3 m έτσι ώστε να υπάρχει σωστή κάλυψη. Επομένως, προσδιορίστηκε το πλήθος των αισθητήρων κίνησης βάσει της εμβέλειάς τους (7) και φωτεινότητας σύμφωνα με το πλήθος και τη θέση των παραθύρων (2). Κάθε ομάδα φωτισμού, θα ελέγχεται από έναν αισθητήρα κίνησης ή και φωτεινότητας. Επομένως, τα φωτιστικά σημεία χωρίστηκαν σε 7 ομάδες on/off και σε 2 ομάδες ρύθμισης φωτεινότητας (**Πίνακας 10.8**). Έπειτα, ορίστηκαν οι κατάλληλες θέσεις των αντίστοιχων αισθητήρων καθώς και οι ομάδες ελέγχου τους (**Πίνακας 10.9**).

Ομάδα φωτισμού	Τρόπος ελέγχου	Φωτιστικά σώματα
1	on/off	A1,A2,B1,B2,Γ1,Γ2
2	on/off	A3,A4,B3,B4,Γ3,Γ4
3	on/off	A5,A6,B5,B6,Γ5,Γ6,
4	on/off	Δ1,Δ2,Ε1,Ε2
5	on/off	Δ3,Δ4,Ε3,Ε4,ΣΤ4
6	on/off	Δ5,Δ6,Ε5,Ε6, ΣΤ5,ΣΤ6
7	ρύθμιση φωτεινότητας	ΣΤ1,ΣΤ2
8	ρύθμιση φωτεινότητας	ΣΤ3

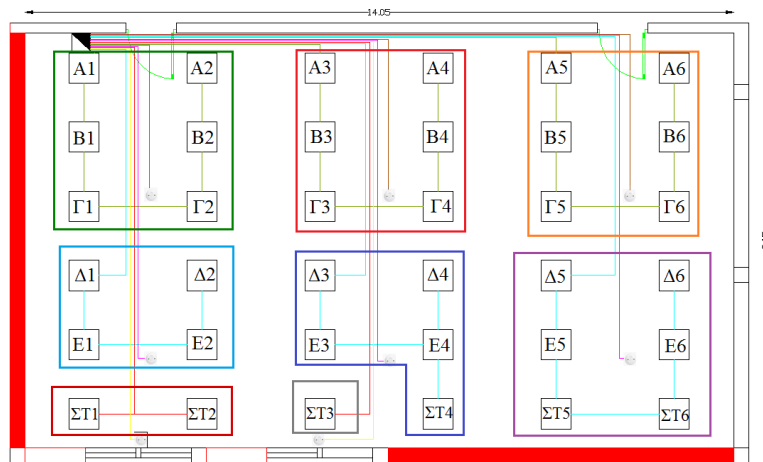
Πίνακας 10.8: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού εργαστηρίου Υπολογιστών.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

	Αισθητήρας	Ομάδα ελέγχου
Κίνησης	1	1,4
	2	2,5
	3	3,6
	4	4,7
	5	5,8
	6	6
Φωτεινότητας	1	1,2,4,5,7
	2	3,6,8

Πίνακας 10.9: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.

Η αναλυτική διάταξη των αισθητήρων κίνησης και φωτεινότητας, καθώς και οι γραμμές τροφοδοσίας και ελέγχου των φωτιστικών σωμάτων, παρουσιάζονται στην **Εικόνα 10.11**.



Εικόνα 10.11: Έλεγχος φωτισμού εργαστηρίου Υπολογιστών.

Λόγω της μεγάλης ποσότητας ελεγκτών (μικρό-ρελέ) για το συγκεκριμένο χώρο, θα χρησιμοποιηθεί ξεχωριστό κουτί τοποθέτησης του Arduino και των περιφερειακών του. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τον έλεγχο του γραφείου εκτός των περιφερειακών του Arduino, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 10.6**):

Υλικό	Τύπος υλικού	Ποσότητα
Καλώδιο τροφοδοσίας φωτιστικών	NYL 3x1.5 mm ²	112 m
Καλώδιο αισθητήρων	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	79 m
Καλώδιο ελέγχου μπάλαστ	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	23 m
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 2 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 2 A	1
Ασφάλεια 3 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 2 A	1
Ασφάλεια 4 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 1 A	1
Ασφάλεια 5 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 2 A	1
Ασφάλεια 6 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 2 A	1
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής ρυθμιζόμενης φωτεινότητας	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής ρυθμιζόμενης φωτεινότητας	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ρευματοδότης τροφοδοσίας Arduino	Ρευματοδότης ράγας	1

Πίνακας 10.10: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου εργαστηρίου.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

Ομοίως με το γραφείο, και εδώ, πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα ο χρόνος ανάματος κάθε ομάδας φωτισμού για τους ίδιους λόγους που προαναφέρθηκαν (εύρος κίνησης, διάρκεια χρήσης χώρου). Δηλαδή, πρέπει να δημιουργηθεί κατάλληλος κώδικας ελέγχου φωτισμού στον μικροελεγκτή βασισμένος στη διάρκεια διδακτικής ώρας (45 λεπτά) με δυνατότητα παράτασης μερικών λεπτών (5-10). Ο φωτισμός θα ενεργοποιείται πάλι με τους ανιχνευτές κίνησης με την ίδια πάλι διάρκεια. Βασικό σημείο προσοχής πριν την υλοποίηση του ελέγχου, είναι η περίπτωση διαμόρφωσης του χώρου με γυψοσανίδα για την δημιουργία γραφείου για τον διδάσκοντα. Στη περίπτωση αυτή, μπορεί να αλλάξουν οι ομάδες φωτισμού καθώς και οι χρόνοι ενεργοποίησής τους.

10.3.4 Εργαστήριο Ηλεκτρικών κυκλωμάτων και Μετρήσεων

Για το συγκεκριμένο εργαστήριο, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με πριν. Συγκεκριμένα, ονοματίστηκαν τα φωτιστικά, και ο κάθε αισθητήρας κίνησης ρυθμίστηκε σύμφωνα με τις διαστάσεις του εργαστηρίου με οριζόντια ακτίνα 3,2 m και κάθετη 4 m έτσι ώστε να υπάρχει σωστή κάλυψη. Επομένως, προσδιορίστηκε το πλήθος των αισθητήρων κίνησης βάσει της εμβέλειάς τους (2) και φωτεινότητας σύμφωνα με το πλήθος και τη θέση των παραθύρων (3). Κάθε ομάδα φωτισμού, θα ελέγχεται από έναν αισθητήρα κίνησης ή και φωτεινότητας. Επομένως, τα φωτιστικά σημεία χωρίστηκαν σε 3 ομάδες on/off και σε 3 ομάδες ρύθμισης φωτεινότητας (**Πίνακας 10.11**). Έπειτα, ορίστηκαν οι κατάλληλες θέσεις των αντίστοιχων αισθητήρων καθώς και οι ομάδες ελέγχου τους (**Πίνακας 10.12**).

Ομάδα φωτισμού	Τρόπος ελέγχου	Φωτιστικά σώματα
1	on/off	B1,B2,Γ1,Γ2
2	on/off	B3,B4,B5,Γ3,Γ4,Γ5
3	on/off	B6,B7,B8,Γ6,Γ7,Γ8
4	ρύθμιση φωτεινότητας	A1,A2,A3
5	ρύθμιση φωτεινότητας	A4,A5,A6
6	ρύθμιση φωτεινότητας	A7,A8

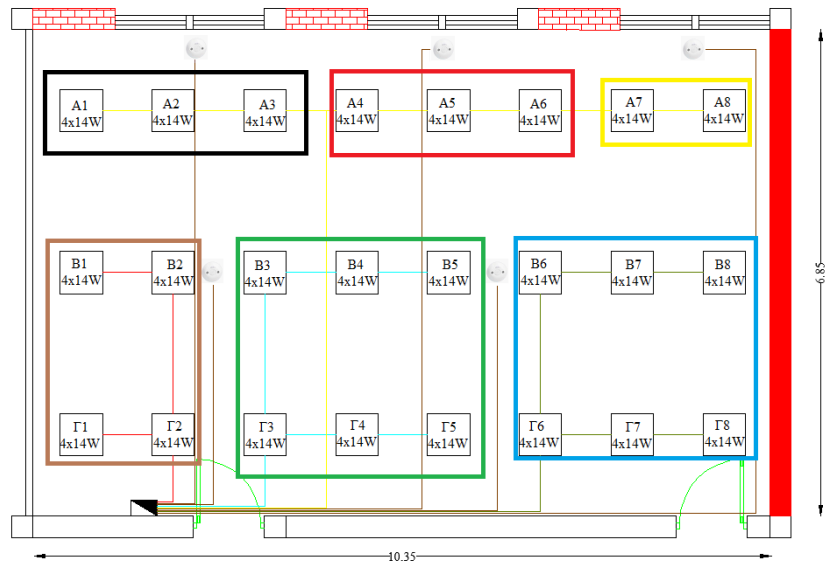
Πίνακας 10.11: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού εργαστηρίου Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων και Μετρήσεων.

	Αισθητήρας	Ομάδα ελέγχου
Κίνησης	1	1,2,4,5
	2	2,3,5,6
Φωτεινότητας	1	1,4
	2	2,5
	3	3,6

Πίνακας 10.12: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.

Η αναλυτική διάταξη των αισθητήρων κίνησης και φωτεινότητας, καθώς και οι γραμμές τροφοδοσίας και ελέγχου των φωτιστικών σωμάτων, παρουσιάζονται στην **Εικόνα 10.12**.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου



Εικόνα 10.12: Έλεγχος φωτισμού εργαστηρίου Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων και Μετρήσεων.

Λόγω της μεγάλης ποσότητας ελεγκτών (μικρό-ρελέ) για το συγκεκριμένο χώρο, θα χρησιμοποιηθεί ξεχωριστό κουτί τοποθέτησης του Arduino και των περιφερειακών του. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τον έλεγχο του γραφείου εκτός των περιφερειακών του Arduino, παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα (**Πίνακας 10.13**):

Υλικό	Τύπος υλικού	Ποσότητα
Καλώδιο τροφοδοσίας φωτιστικών	NYL 3x1.5 mm ²	34 m
Καλώδιο αισθητήρων	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	44 m
Καλώδιο ελέγχου μπάλαστ	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	13 m
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 1 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 2 A	1
Ασφάλεια 3 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 2 A	1
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής ρυθμιζόμενης φωτεινότητας	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής ρυθμιζόμενης φωτεινότητας	Αυτόματη μονοπολική 1 A	1
Ασφάλεια 3 ^{ης} γραμμής ρυθμιζόμενης φωτεινότητας	Αυτόματη μονοπολική 1 A	1
Ρευματοδότης τροφοδοσίας Arduino	Ρευματοδότης ράγας	1

Πίνακας 10.13: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου εργαστηρίου.

Ομοίως με το εργαστήριο Υπολογιστών, και εδώ πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα ο χρόνος ανάματος κάθε ομάδας φωτισμού μέσω κατάλληλου κώδικα ελέγχου στον μικροελεγκτή βασισμένος στη διάρκεια διδακτικής ώρας (45 λεπτά) με δυνατότητα παράτασης μερικών λεπτών (5-10). Ο φωτισμός θα ενεργοποιείται πάλι με τους ανιχνευτές κίνησης με την ίδια πάλι διάρκεια. Και εδώ πρέπει πριν την υλοποίηση του ελέγχου, να ληφθεί υπόψιν η περίπτωση διαμόρφωσης του χώρου με γυψοσανίδα για την δημιουργία γραφείου για τον διδάσκοντα.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

10.3.5 Εργαστήριο Βιοϊατρικής Πληροφορικής και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας

Εδώ, ονοματίστηκαν τα φωτιστικά, και ο κάθε αισθητήρας κίνησης ρυθμίστηκε σύμφωνα με τις διαστάσεις του εργαστηρίου με οριζόντια ακτίνα 3 m και κάθετη 2.5 m έτσι ώστε να υπάρχει σωστή κάλυψη. Επομένως, προσδιορίστηκε το πλήθος των αισθητήρων κίνησης βάσει της εμβέλειας τους (4) και φωτεινότητας σύμφωνα με το πλήθος και τη θέση των παραθύρων (2). Κάθε ομάδα φωτισμού, θα ελέγχεται από έναν αισθητήρα κίνησης ή και φωτεινότητας. Επομένως, τα φωτιστικά σημεία χωρίστηκαν σε 9 ομάδες on/off και σε 2 ομάδες ρύθμισης φωτεινότητας (**Πίνακας 10.14**). Έπειτα, ορίστηκαν οι κατάλληλες θέσεις των αντίστοιχων αισθητήρων καθώς και οι ομάδες ελέγχου τους (**Πίνακας 10.15**).

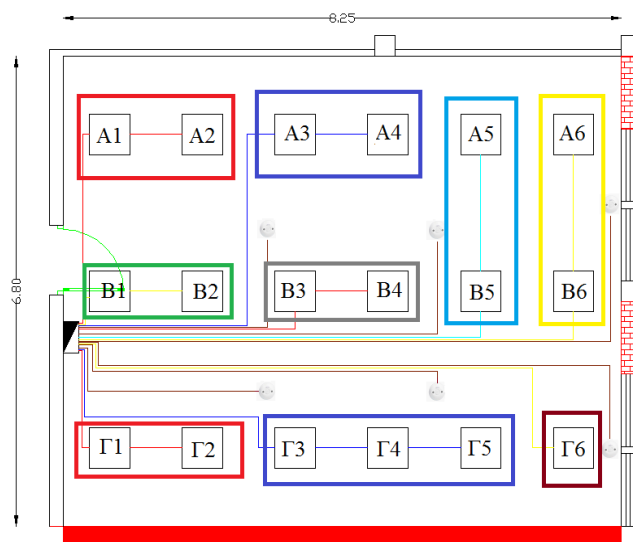
Ομάδα φωτισμού	Τρόπος ελέγχου	Φωτιστικά σώματα
1	on/off	A1,A2
2	on/off	A3,A4,
3	on/off	A5,B5
4	on/off	B1,B2
5	on/off	B3,B4
6	on/off	Γ1,Γ2
7	on/off	Γ3,Γ4,Γ5
8	ρύθμιση φωτεινότητας	A6,B6
9	ρύθμιση φωτεινότητας	Γ6

Πίνακας 10.14: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού εργαστηρίου Βιοϊατρικής Πληροφορικής και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας.

	Αισθητήρας	Ομάδα ελέγχου
Κίνησης	1	1,2,4,5
	2	2,3,5,8
	3	4,5,6,7
	4	3,5,7,9
Φωτεινότητας	1	1,2,3,4,5,8
	2	6,7,9

Πίνακας 10.15: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.

Η αναλυτική διάταξη των αισθητήρων κίνησης και φωτεινότητας, καθώς και οι γραμμές τροφοδοσίας και ελέγχου των φωτιστικών σωμάτων, παρουσιάζονται στην **Εικόνα 10.13**.



Εικόνα 10.13: Έλεγχος φωτισμού εργαστηρίου Βιοϊατρικής Πληροφορικής και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

Λόγω της μεγάλης ποσότητας ελεγκτών (μικρό-ρελέ) για το συγκεκριμένο χώρο, θα χρησιμοποιηθεί ξεχωριστό κουτί τοποθέτησης του Arduino και των περιφερειακών του. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τον έλεγχο του γραφείου εκτός των περιφερειακών του Arduino, παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 10.16**):

Υλικό	Τύπος υλικού	Ποσότητα
Καλώδιο τροφοδοσίας φωτιστικών	NYL 3x1.5 mm ²	52 m
Καλώδιο αισθητήρων	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	20 m
Καλώδιο ελέγχου μπάλαστ	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	17 m
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 3 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 4 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 5 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 6 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 7 ^{ης} γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 1 A	1
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής ρυθμιζόμενης φωτεινότητας	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής ρυθμιζόμενης φωτεινότητας	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ρευματοδότης τροφοδοσίας Arduino	Ρευματοδότης ράγας	1

Πίνακας 10.16: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου εργαστηρίου.

Ομοίως με το εργαστήριο Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων και Μετρήσεων, και εδώ πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα ο χρόνος ανάματος κάθε ομάδας φωτισμού μέσω κατάλληλου κώδικα ελέγχου στον μικροελεγκτή βασισμένος στη διάρκεια διδακτικής ώρας (45 λεπτά) με δυνατότητα παράτασης μερικών λεπτών (5-10). Ο φωτισμός θα ενεργοποιείται πάλι με τους ανιχνευτές κίνησης με την ίδια πάλι διάρκεια. Και εδώ πρέπει πριν την υλοποίηση του ελέγχου, να ληφθεί υπόψιν η περίπτωση διαμόρφωσης του χώρου με γυψοσανίδα για την δημιουργία γραφείου για τον διδάσκοντα.

10.3.6 Διάδρομοι

Ο έλεγχος που θα πραγματοποιηθεί στους διαδρόμους θα είναι ο απλός έλεγχος (on/off), καθώς κρίθηκε ότι λόγω της χρήσης τους και της παρουσίας αρκετών παραθύρων, δεν απαιτείται ρύθμιση φωτεινότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Τα φωτιστικά σώματα που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι 2x2x14 W με ηλεκτρονικά μπάλαστ, ή απλά μαγνητικά με πυκνωτή αντιστάθμισης.

10.3.6.1 Βόρειος

Ο Βόρειος διάδρομος χωρίστηκε στον Κύριο Βόρειο που αφορά τα γραφεία 3 έως 12 και στον Βόρειο κλιμακοστασίου, που αφορά την είσοδο από το βόρειο κλιμακοστάσιο και τα γραφεία 1,2 και 27. Ο διαχωρισμός έγινε για τον καλύτερο δυνατό σωστό και οικονομικό έλεγχο.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

10.3.6.1.1 Κύριος Βόρειος

Αρχικά ονοματίστηκαν τα φωτιστικά, και ο κάθε αισθητήρας κίνησης ρυθμίστηκε σύμφωνα με τις διαστάσεις του διαδρόμου με οριζόντια ακτίνα 3 m έτσι ώστε να υπάρχει σωστή κάλυψη. Στο συγκεκριμένο διάδρομο θα πραγματοποιηθεί μόνο έλεγχος έναυσης/σβέσης. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκε το πλήθος των αισθητήρων κίνησης βάσει της εμβέλειας τους (6) και φωτεινότητας σύμφωνα με το μήκος και τη διαφορά φωτεινότητας του διαδρόμου (2). Κάθε ομάδα φωτισμού, θα ελέγχεται από αρκετούς αισθητήρες κίνησης για την αποφυγή του ενδεχόμενου να περάσει κάποιος και να μην γίνει αντιληπτός και από τον αντίστοιχο φωτεινότητας. Επομένως, τα φωτιστικά σημεία χωρίστηκαν σε 2 ομάδες (**Πίνακας 10.17**). Έπειτα, ορίστηκαν οι κατάλληλες θέσεις των αντίστοιχων αισθητήρων καθώς και οι ομάδες ελέγχου τους (**Πίνακας 10.18**).

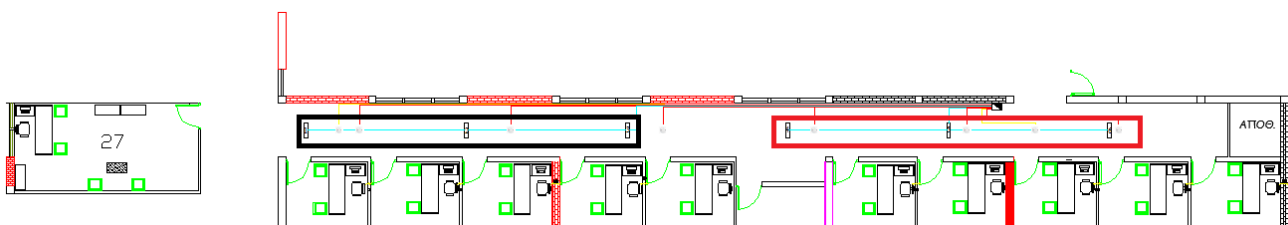
Ομάδα φωτισμού	Τρόπος ελέγχου	Φωτιστικά σώματα
1	on/off	1,2,3
2	on/off	4,5,6

Πίνακας 10.17: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού διαδρόμου.

	Αισθητήρας	Ομάδα ελέγχου
Κίνησης	1,2,3	1
	4,5,6	2
Φωτεινότητας	1	1
	2	2

Πίνακας 10.18: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.

Η αναλυτική διάταξη των αισθητήρων κίνησης και φωτεινότητας, καθώς και οι γραμμές τροφοδοσίας και ελέγχου των φωτιστικών σωμάτων, παρουσιάζονται στην **Εικόνα 10.14**.



Εικόνα 10.14: Έλεγχος φωτισμού Κύριου βόρειου διαδρόμου.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τον έλεγχο του λουτρού εκτός των περιφερειακών του Arduino, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 10.19**). Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός θα τοποθετηθεί σε πίνακα, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 10.14**.

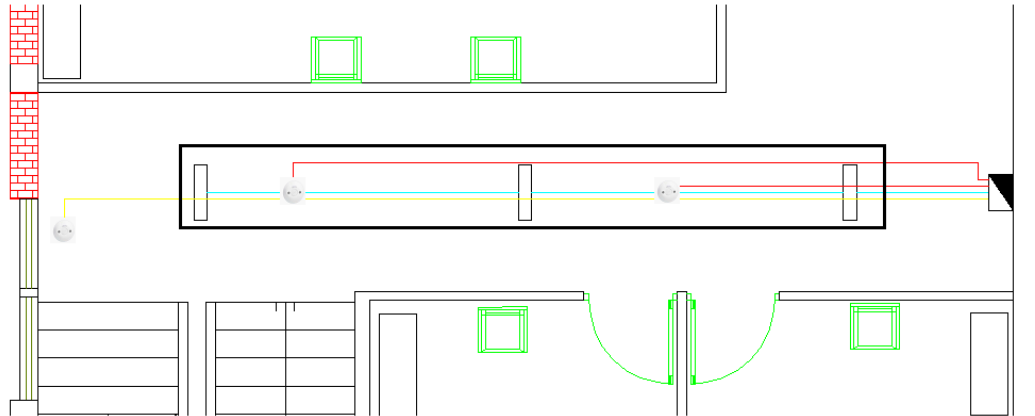
Υλικό	Τύπος υλικού	Ποσότητα
Καλώδιο τροφοδοσίας φωτιστικών	NYL 3x1.5 mm ²	43 m
Καλώδιο αισθητήρων	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	105 m
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ρευματοδότης τροφοδοσίας Arduino	Ρευματοδότης ράγας	1

Πίνακας 10.19: Απαιτούμενος εξοπλισμός διαδρόμου.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

10.3.6.1.2 Βόρειος κλιμακοστασίου

Ο συγκεκριμένος διάδρομος εξαιτίας του μικρού του μήκους και των λίγων φωτιστικών που έχει, θα αποτελείται από 1 ομάδα φωτιστικών σημείων, η οποία θα ελέγχεται από δύο αισθητήρες κίνησης και έναν φωτεινότητας (**Εικόνα 10.15**).



Εικόνα 10.15: Έλεγχος φωτισμού Βόρειου κλιμακοστασίου διαδρόμου.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τον έλεγχο του διαδρόμου εκτός των περιφερειακών του Arduino, παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα (**Πίνακας 10.20**). Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός θα τοποθετηθεί σε πίνακα, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 10.15**.

Υλικό	Τύπος υλικού	Ποσότητα
Καλώδιο τροφοδοσίας φωτιστικών	NYL 3x1.5 mm ²	9 m
Καλώδιο αισθητήρων	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	19 m
Καλώδιο ελέγχου μπάλλαστ	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	9 m
Ασφάλεια γραμμής on/off	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ρευματοδότης τροφοδοσίας Arduino	Ρευματοδότης ράγας	1

Πίνακας 10.20: Απαιτούμενος εξοπλισμός ελέγχου διαδρόμου.

10.3.6.2 Νότιος

Επειδή ο Νότιος διάδρομος έχει τις ίδιες ακριβώς διαστάσεις και το ίδιο πλήθος φωτιστικών σημείων με τον Βόρειο Κεντρικό, θα χρησιμοποιηθεί η μελέτη του Βόρειου διαδρόμου. Επομένως, τα φωτιστικά σημεία χωρίστηκαν σε 2 ομάδες (**Πίνακας 10.21**). Έπειτα, ορίστηκαν οι κατάλληλες θέσεις των αντίστοιχων αισθητήρων καθώς και οι ομάδες ελέγχου τους (**Πίνακας 10.22**).

Ομάδα φωτισμού	Τρόπος ελέγχου	Φωτιστικά σώματα
1	on/off	1,2,3
2	on/off	4,5,6

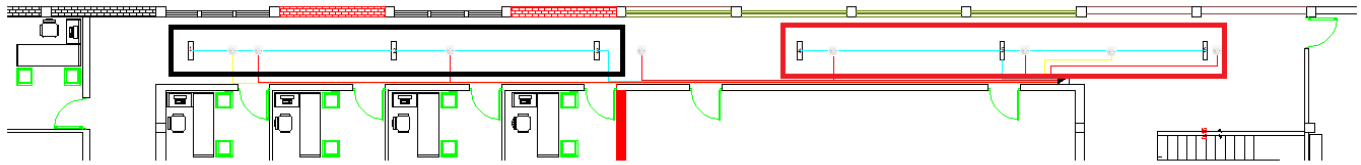
Πίνακας 10.21: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού διαδρόμου.

	Αισθητήρας	Ομάδα ελέγχου
Κίνησης	1,2,3	1
	4,5,6	2
Φωτεινότητας	1	1
	2	2

Πίνακας 10.22: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου

Η αναλυτική διάταξη των αισθητήρων κίνησης και φωτεινότητας, καθώς και οι γραμμές τροφοδοσίας και ελέγχου των φωτιστικών σωμάτων, παρουσιάζονται στην **Εικόνα 10.16**.



Εικόνα 10.16: Έλεγχος φωτισμού Νότιου διαδρόμου.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τον έλεγχο του λουτρού εκτός των περιφερειακών του Arduino, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 10.23**). Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός θα τοποθετηθεί σε πίνακα, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 10.16**.

Υλικό	Τύπος υλικού	Ποσότητα
Καλώδιο τροφοδοσίας φωτιστικών	NYL 3x1.5 mm ²	43 m
Καλώδιο αισθητήρων	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	105 m
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ρευματοδότης τροφοδοσίας Arduino	Ρευματοδότης ράγας	1

Πίνακας 10.23: Απαιτούμενος εξοπλισμός διαδρόμου.

10.3.6.3 Ανατολικός

Αρχικά ονοματίστηκαν τα φωτιστικά, και ο κάθε αισθητήρας κίνησης ρυθμίστηκε σύμφωνα με τις διαστάσεις του διαδρόμου με οριζόντια ακτίνα 2,7 οι ακραίοι και 2,9 m οι μεσαίοι έτσι ώστε να υπάρχει σωστή κάλυψη. Στο συγκεκριμένο διάδρομο θα πραγματοποιηθεί μόνο έλεγχος έναυσης/σβέσης. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκε το πλήθος των αισθητήρων κίνησης βάσει της εμβέλειας τους (4) και φωτεινότητας σύμφωνα με το μήκος και τη διαφορά φωτεινότητας του διαδρόμου (2). Κάθε ομάδα φωτισμού, θα ελέγχεται από δύο αισθητήρες κίνησης για την αποφυγή του ενδεχόμενου να περάσει κάποιος και να μην γίνει αντιληπτός και από τον αντίστοιχο φωτεινότητας. Επομένως, τα φωτιστικά σημεία χωρίστηκαν σε 2 ομάδες (**Πίνακας 10.24**). Έπειτα, ορίστηκαν οι κατάλληλες θέσεις των αντίστοιχων αισθητήρων καθώς και οι ομάδες ελέγχου τους (**Πίνακας 10.25**).

Ομάδα φωτισμού	Τρόπος ελέγχου	Φωτιστικά σώματα
1	on/off	1,2
2	on/off	3,4

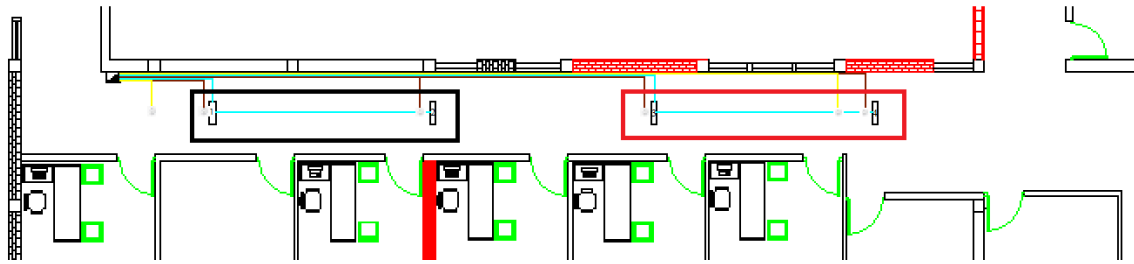
Πίνακας 10.24: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού διαδρόμου.

	Αισθητήρας	Ομάδα ελέγχου
Κίνησης	1,2	1
	3,4	2
Φωτεινότητας	1	1
	2	2

Πίνακας 10.25: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.

Η αναλυτική διάταξη των αισθητήρων κίνησης και φωτεινότητας, καθώς και οι γραμμές τροφοδοσίας και ελέγχου των φωτιστικών σωμάτων, παρουσιάζονται στην **Εικόνα 10.17**.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου



Εικόνα 10.17: Έλεγχος φωτισμού Ανατολικού διαδρόμου.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τον έλεγχο του λουτρού εκτός των περιφερειακών του Arduino, παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα (**Πίνακας 10.26**). Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός θα τοποθετηθεί σε πίνακα, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 10.17**.

Υλικό	Τύπος υλικού	Ποσότητα
Καλώδιο τροφοδοσίας φωτιστικών	NYL 3x1.5 mm ²	31 m
Καλώδιο αισθητήρων	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	66 m
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ρευματοδότης τροφοδοσίας Arduino	Ρευματοδότης ράγας	1

Πίνακας 10.26: Απαιτούμενος εξοπλισμός διαδρόμου.

10.3.6.4 Δυτικός

Επειδή ο Δυτικός διάδρομος έχει τις ίδιες ακριβώς διαστάσεις με τον Ανατολικό και το ίδιο πλήθος φωτιστικών σημείων, θα χρησιμοποιηθεί η διάταξη του ανατολικού διαδρόμου. Επομένως, τα φωτιστικά σημεία χωρίστηκαν σε 2 ομάδες (**Πίνακας 10.27**). Έπειτα, ορίστηκαν οι κατάλληλες θέσεις των αντίστοιχων αισθητήρων καθώς και οι ομάδες ελέγχου τους (**Πίνακας 10.28**).

Ομάδα φωτισμού	Τρόπος ελέγχου	Φωτιστικά σώματα
1	on/off	1,2
2	on/off	3,4

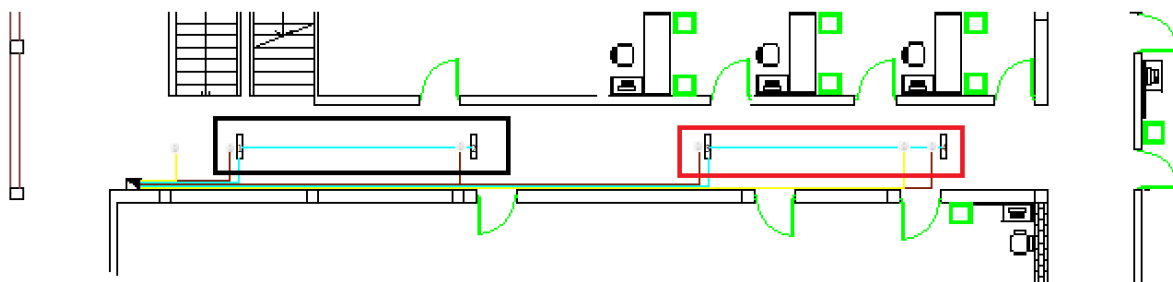
Πίνακας 10.27: Προσδιορισμός ομάδων φωτισμού διαδρόμου.

	Αισθητήρας	Ομάδα ελέγχου
Κίνησης	1,2	1
	3,4,	2
Φωτεινότητας	1	1
	2	2

Πίνακας 10.28: Ομάδες ελέγχου κάθε αισθητήρα.

Η αναλυτική διάταξη των αισθητήρων κίνησης και φωτεινότητας, καθώς και οι γραμμές τροφοδοσίας και ελέγχου των φωτιστικών σωμάτων, παρουσιάζονται στην **Εικόνα 10.18**.

10. Μελέτη ελέγχου φωτισμού ορόφου



Εικόνα 10.18: Έλεγχος φωτισμού Δυτικού διαδρόμου.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τον έλεγχο του λουτρού εκτός των περιφερειακών του Arduino, παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα (**Πίνακας 10.29**). Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός θα τοποθετηθεί σε πίνακα, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 10.18**.

Υλικό	Τύπος υλικού	Ποσότητα
Καλώδιο τροφοδοσίας φωτιστικών	NYL 3x1.5 mm ²	31 m
Καλώδιο αισθητήρων	FTP CAT 5E 2x4x23 AWG	66 m
Ασφάλεια 1 ^{ης} γραμμής	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ασφάλεια 2 ^{ης} γραμμής	Αυτόματη μονοπολική 0,5 A	1
Ρευματοδότης τροφοδοσίας Arduino	Ρευματοδότης ράγας	1

Πίνακας 10.29: Απαιτούμενος εξοπλισμός διαδρόμου.

11. Συμπεράσματα

11. Συμπεράσματα – Αναβάθμιση

11.1 Συμπεράσματα

Όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο [2], υπάρχει μεγάλη ποικιλία επιλογής ως προς τη χρήση του σωστού λαμπτήρα για εσωτερικό φωτισμό. Η επιλογή αυτή, γίνεται βάσει ορισμένων δεικτών:

- Δείκτης χρωματικής απόδοσης (Ra)
- Κατανάλωση ισχύος
- Οικολογική επάρκεια
- Φωτιστική απόδοση (lm/W)
- Φωτεινή ροή
- Διάρκεια ζωής

Επίσης, υπάρχουν και άλλοι παράμετροι όπως το είδος του χώρου που θα χρησιμοποιηθεί (γραφείο, οικία, βιοτεχνία, κλπ), οι ανάγκες φωτισμού που απαιτούνται (άμεσος, έμμεσος) και το κόστος αγοράς του.

Για κάθε είδος λαμπτήρα, υπάρχει και το αντίστοιχο φωτιστικό σώμα με σκοπό:

- Να παρέχει την κατάλληλη στήριξη στο λαμπτήρα, στα εξαρτήματα λειτουργίας του (όπου απαιτείται) και στους αγωγούς σύνδεσης.
- Να υπάρχει κατάλληλη προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας, σκόνης και υγρασίας (βαθμοί και κλάσεις προστασίας)
- Να διανέμει κατάλληλα τη φωτεινή ροή του λαμπτήρα (πολικό διάγραμμα, χρήση αντανακλαστών).
- Να έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε η παραγόμενη από τον λαμπτήρα θερμότητα να παραμένει σε τέτοια όρια, που να μην επηρεάζεται η λειτουργία του.
- Να είναι εύκολη η εγκατάσταση και η συντήρησή του.
- Να είναι καλαίσθητο και να εναρμονίζεται με το περιβάλλον (παρόμοιος χρωματισμός, σωστό μέγεθος και καλή τοποθέτηση)

Μεγάλη σημασία στη μείωση κατανάλωσης του φωτισμού στον τριτογενή τομέα δίνουν και οι κανονισμοί ενεργειακής αποδοτικότητας, όπως ο Ελληνικός KENAK, εστιάζοντας ιδιαίτερα στον έλεγχο παρουσίας, την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού αλλά και στην παρασιτική κατανάλωση του φωτισμού. Ενδεικτικά, επειδή πλέον η σβέση δε θα επαφίεται στο φιλότιμο των διερχομένων, μπορεί ν' αναφερθεί η μείωση του συντελεστή F_o (συντελεστής επίδρασης παρουσίας ή απουσίας χρηστών) σύμφωνα με την Ενότητα [5.2.2] στα γραφεία, εργαστήρια και στους διαδρόμους στο 0,9 λόγω αυτόματης έναυσης/σβέσης και στα λουτρά στο 0,8 λόγω χειροκίνητης έναυσης και αυτόματης σβέσης. Επίσης, σύμφωνα με την Ενότητα [5.4] ο συντελεστής F_D (συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού) στο 0,8 λόγω χρήσης του κτηρίου.

Την τελευταία δεκαετία έχει πραγματοποιηθεί μια διαρκής αναζήτηση διαφορετικών και συγχρόνως ευέλικτων εφαρμογών ενσύρματου και ασύρματου ελέγχου φωτισμού με κύριο γνώμονα τη βέλτιστη απόδοση (οπτικά και ενεργειακά) των συστημάτων φωτισμού που χρησιμοποιούνται. Κάποιες από τις εφαρμογές αυτές βασίζονται στον έλεγχο έναυσης/σβέσης ή/και ρύθμισης φωτεινότητας σε λαμπτήρες φθορισμού (DALI, X10, INSTEON, ZigBee, Z-WAVE) και άλλες σε πιο σύγχρονης τεχνολογίας λαμπτήρες (LED, CFL) όπως είναι το LEDOTRON. Σημαντικό μειονέκτημα των μεθόδων ελέγχου που αναφέρθηκαν στη παρούσα μελέτη, είναι το υψηλό κόστος εγκατάστασης, καθώς και η έλλειψη τεχνικής υποστήριξης (διαδικτυακής, ή μέσω αντιπροσώπου) σε περίπτωση βλάβης ή πρόβλημα κατά την εγκατάσταση. Το πρόβλημα αυτό υπάρχει λόγω της ελλιπούς προώθησης και ενημέρωσης για

11. Συμπεράσματα

τις μεθόδους αυτές από τις κατασκευάστριες εταιρείες και τους τοπικούς αντιπροσώπους - εισαγωγείς.

Η χρήση κλασικού αυτοματισμού π.χ. με απλούς διακόπτες, ή χρονοδιακόπτες υπερτερεί εξαιτίας του παραπάνω προβλήματος και της εξοικείωσης που έχουν οι εγκαταστάτες. Επίσης υπάρχει μια ελαφρά αναβάθμιση του κλασικού αυτοματισμού, συνδυάζοντας τους χρονοδιακόπτες με φωτοαισθητήρες (επιτοίχιους ή χωνευτούς). Τέλος, υπάρχει και η δυνατότητα ανάπτυξης μεθόδου ελέγχου με μικροελεγκτή (π.χ. Arduino), μια αρκετά καλή και αξιόπιστη μέθοδος, βασισμένη στο προγραμματισμό και εναρμονισμένη αποκλειστικά στις ανάγκες του χώρου εφαρμογής.

Κύρια στοιχεία κάθε κυκλώματος ελέγχου, είναι η μονάδα ελέγχου (π.χ. μικροελεγκτής), οι επενεργητές (π.χ. ρελέ) και οι αισθητήρες (κίνησης, φωτεινότητας) που χρησιμοποιούνται. Επίσης το κόστος κάθε εφαρμογής ποικίλλει ανάλογα με τη πολυπλοκότητα, την ευελιξία και την αξιοπιστία της.

Με βάση τη περιγραφή του κτηρίου της Παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ. που έγινε στο Κεφάλαιο [5], σε κτήρια Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης και γενικότερα του Τριτογενούς Τομέα, κρίνεται αναγκαία η ανάπτυξη συστήματος ελέγχου φωτισμού, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας που απαιτείται για το φωτισμό. Επίσης θετικό θεωρείται και η αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού, με άλλο μεγαλύτερης απόδοσης (π.χ. με λαμπτήρες τύπου LED).

Το πεδίο ελέγχου λαμπτήρων φθορισμού είναι αρκετά περιορισμένο, ειδικά όσον αφορά την αυτόματη ρύθμιση φωτεινότητας καθώς είναι αρκετά δύσκολος ο συνδυασμός φωτοαισθητήρα – μονάδας ελέγχου φωτεινότητας. Μια αρκετά καλή και αξιόπιστη λύση είναι η χρήση μικροελεγκτή που όπως αποδείχθηκε στη συγκεκριμένη εφαρμογή, υπάρχει δυσκολία στη δημιουργία της απαιτούμενης τάσης ελέγχου (0-10 V dc) και στην ασφαλή μέθοδο «διαβάσματος» της τιμής του φωτοαισθητήρα.

Συγκρίνοντας εργαστηριακά τη λειτουργία λαμπτήρων φθορισμού (T5 και T8), με μαγνητικό και ηλεκτρονικό μπάλαστ (απλό και ρυθμιζόμενης φωτεινότητας), εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η πιο ενεργοβόρος διάταξη, αποτελείται από μαγνητικό μπάλαστ και λαμπτήρες T8.
- Δε μπορεί να επιτευχθεί έναυση λαμπτήρα T5 με μαγνητικό μπάλαστ.
- Το ηλεκτρονικό μπάλαστ, εμφανίζει διπλάσιο συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) σε σχέση με το μαγνητικό (0,3-0,5), με αποτέλεσμα να μη χρειάζεται πυκνωτή αντιστάθμισης ή αυτός να είναι σημαντικά μικρότερος (περίπου 10 φορές).
- Το ηλεκτρονικό μπάλαστ με λαμπτήρα T8, εμφανίζει μηδενική παρασιτική ισχύ σε σχέση με το μαγνητικό μπάλαστ με τον ίδιο λαμπτήρα.
- Το ηλεκτρονικό μπάλαστ με λαμπτήρα T5, εμφανίζει 44% μικρότερη παρασιτική ισχύ σε σχέση με το μαγνητικό μπάλαστ με λαμπτήρα T8.
- Τα ηλεκτρονικά μπάλαστ (απλό και ρυθμιζόμενο), μπορούν να ελέγξουν λαμπτήρες T8 και T5 χωρίς κανένα απολύτως πρόβλημα. Η μόνη διαφορά είναι στη κατανάλωση (ελαφρώς χειρότερη με T8).
- Το ηλεκτρονικό μπάλαστ έχει χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας περίπου 44 % σε σχέση με το μαγνητικό.
- Σε φωτιστικό σώμα με μαγνητικό μπάλαστ, εάν υπάρχει καμένος λαμπτήρας, υπάρχει σοβαρή επιβάρυνση στη κατανάλωση του.
- Σε φωτιστικό σώμα με ηλεκτρονικό μπάλαστ, εάν υπάρχει καμένος λαμπτήρας, υπάρχει μηδαμινή επιβάρυνση στη κατανάλωση του.
- Σε φωτιστικό σώμα με ηλεκτρονικό μπάλαστ, εάν υπάρχει φαινομενικά καμένος λαμπτήρας, παρατείνεται το όριο ζωής του.

Επίσης, βάσει των παραπάνω συμπερασμάτων, δεν απαιτείται αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων για απλό έλεγχο, παρά μόνο τροποποίηση (αντικατάσταση μπάλαστ) για ρύθμιση φωτεινότητας περιορίζοντας έτσι σημαντικά το

11. Συμπεράσματα

κόστος υλοποίησης. Λόγω της ανακατασκευής του που ορίστηκε, θα πραγματοποιηθούν νέες γραμμές φωτισμού ανάλογα με τις ανάγκες κάθε χώρου, που σημαίνει ότι σε περίπτωση βλάβης, θα είναι πιο εύκολος ο εντοπισμός τους. Αρνητικό στοιχείο θεωρήθηκε ο προσανατολισμός κάθε χώρου (γραφεία, λουτρά, εργαστήρια, διάδρομοι) όπου έπρεπε να προσεχθεί ιδιαίτερα ο φυσικός φωτισμός του (ένταση), έτσι ώστε να γίνει σωστή ομαδοποίηση των φωτιστικών να οριστούν τα κατάλληλα όρια φωτεινότητας και οι περιοχές δράσεις των αισθητήρων κίνησης.

Ο υφιστάμενος υπό μελέτη όροφος που επιλέχθηκε, παρουσίασε αρκετά πλεονεκτήματα όπως διαφορετικοί τύποι λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων που έδωσαν τη δυνατότητα μελέτης και αξιολόγησης τους. Επίσης, λόγω της ύπαρξης πολλών παραθύρων, σε μια μέρα με καλή ηλιοφάνεια, ο φυσικός φωτισμός είναι πολύ καλός σε διάρκεια και ένταση, και δεν γίνεται εύκολα αντιληπτή η άσκοπη λειτουργία των φωτιστικών. Επιπρόσθετα, πλεονέκτημα θεωρείται η συχνή επισκεψιμότητα που έχει και η ενεργοβόρος κατάστασής του (είδος φωτισμού, χρόνος λειτουργίας, σύστημα ελέγχου). Τέλος η ιδιομορφία της κατασκευής του (οροφή από γυψοσανίδα), διευκόλυνε την παρέμβαση που απαιτήθηκε.

Η επιλογή του τελικού τρόπου ελέγχου πραγματοποιήθηκε με κριτήρια το κόστος και το βαθμό δυσκολίας εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος ελέγχου. Ως πιο συμφέρουσα επιλογή αναδείχθηκε η χρήση Arduino, όπου δημιουργήθηκε και προγραμματίστηκε η διάταξη ελέγχου βασισμένη σε αισθητήρες κίνησης και φωτεινότητας αποκλειστικά για το διάδρομο. Επειδή ο Arduino είναι μικροελεγκτής ανοιχτού υλικού και λογισμικού, ήταν εύκολο να οριστούν οι απαιτούμενες συνθήκες ελέγχου και λειτουργίας φωτισμού για τον διάδρομο. Επίσης και όποια προσθήκη απαιτηθεί όπως για παράδειγμα ορισμός επιπλέον εισόδων/εξόδων, και αλλαγή ορίων φωτεινότητας είναι εύκολη.

Με τη δημιουργία πειραματικού μοντέλου, υπάρχει η δυνατότητα προσδιορισμού και επίλυσης προβλημάτων λειτουργίας και εγκατάστασης των επιλεγμένων υλικών όπως είναι η κακή «επικοινωνία» μεταξύ μικροελεγκτή και ρελέ ή αισθητήρων, απώλεια σήματος ελέγχου λόγω απόστασης ή παρεμβολών, κλπ.

Η εφαρμογή του απλού ελέγχου, έγινε αρκετά εύκολα, με μοναδικό σημείο προσοχής την τοποθέτηση των αισθητήρων κίνησης και φωτεινότητας για την ορθή λειτουργία του συστήματος.

11.1.1 Αντιμετώπιση προβλημάτων

Από την υλοποίηση τόσο του πειραματικού μοντέλου όσο και της πραγματικής εγκατάστασης, η ρύθμιση φωτεινότητας είναι μια διαδικασία αρκετά πολύπλοκη και απαιτεί καλή εξοικείωση τόσο με τους μικροελεγκτές όσο και με τα απαιτούμενα αναλογικά ηλεκτρονικά για την υλοποίηση των απαιτούμενων διατάξεων παραγωγής του σήματος ελέγχου (κύκλωμα ενίσχυσης, φίλτρο).

Βασική ιδιαιτερότητα του Arduino είναι η αδυναμία δημιουργίας πλήρους σήματος ρύθμισης φωτεινότητας (0-10 V) καθώς μπορεί να παράγει τάση μέχρι 5 V. Επομένως τα ρυθμιζόμενα φωτιστικά θα εξέπεμπαν μόνο μέχρι το 50% της φωτεινής τους έντασης. Έπρεπε επομένως, να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί ενισχυτής με σταθερό κέρδος 2 και με το κατάλληλο φίλτρο. Επίσης, σημαντικό πρόβλημα, είναι η ασταθής λειτουργία και συνεπώς η πρόσθετη καταπόνηση των ρελέ τη στιγμή που εντοπίζεται κίνηση και η φυσική φωτεινότητα είναι ακριβώς στο όριο ενεργοποίησης τους καθώς και η επίδραση των φωτιστικών που γειτνιάζουν με τον εσωτερικό αισθητήρα φωτεινότητας, στη μέτρηση φωτεινότητας της περιοχής ελέγχου του. Αποτέλεσμα της επίδρασης αυτής, είναι η συνεχής και λανθασμένη εντολή του αισθητήρα φωτεινότητας και παραγωγή σήματος ελέγχου φωτεινότητας. Η αύξηση του διακριτού βήματος μεταβολής φωτεινότητας, αποδείχτηκε ως μια πρώτη λύση αρκετά αξιόπιστη και ικανοποιητική. Το ίδιο αποτέλεσμα είχε και η περίπτωση εξωτερικής τοποθέτησης του αισθητήρα φωτεινότητας, η οποία και εφαρμόστηκε.

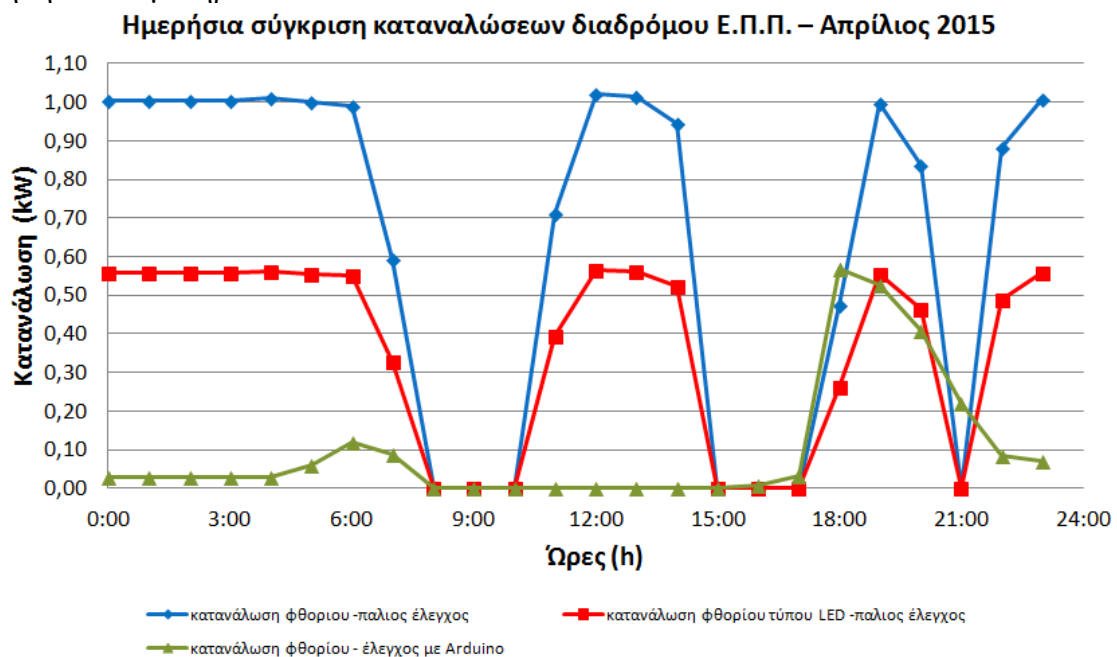
11. Συμπεράσματα

Αν και αρχικά φαινόταν ότι η εγκατάσταση επιλέγοντας τον συγκεκριμένο διάδρομο, και την μέθοδο του Arduino θα ήταν σχετικά εύκολη και απλή, παρουσιάστηκαν προβλήματα στο τερματισμό των συνδέσεων των αισθητήρων αλλά και των ρελέ στον μικροελεγκτή λόγω μεγαλύτερης ευαισθησίας του καλωδίου που επιλέχθηκε (UTP cat5e) σε σχέση με τη γνώση της βιβλιογραφίας. Αποτέλεσμα, ήταν ο επηρεασμός των σημάτων από και προς τον μικροελεγκτή λόγω των παρεμβολών από τα καλώδια ισχύος που υπάρχουν στη γυψοσανίδα, που οδηγούν σε ασταθή λειτουργία τα ρελέ και στη συνεχή τους καταπόνηση. Για το λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμο, να χρησιμοποιηθούν τοπικά φίλτρα για να λυθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα καθώς η επέμβαση αυτή ήταν σχετικά απλή, αρκετά καλή. Τέλος, ενδείκνυται για παρόμοιες περιπτώσεις, όπου η υπάρχουσα θωράκιση του καλωδίου αποδεικνύεται ελλιπής, ή υπάρχει ασάφεια ως προς το βαθμό προστασίας που επιτυγχάνεται.

Επίσης, στις ομάδες ελέγχου on/off λόγω της απόστασης και της φύσης των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων (έχουν μαγνητικά μπάλαστ), υπάρχει μια μικρή χρονοκαθυστερήση τάξεως 1 sec περίπου μεταξύ της στιγμής που θα στείλει σήμα ο αισθητήρας κίνησης και ενεργοποίησης της αντίστοιχης ζώνης on/off. Επιπρόσθετα, είναι μεγαλύτερη η επίδραση των φωτιστικών που γειτνιάζουν με τον εσωτερικό αισθητήρα φωτεινότητας, στη μέτρηση φωτεινότητας της περιοχής ελέγχου του. Ως αποτέλεσμα ήταν, η συνεχόμενη λάθος λειτουργία και εντονότερη καταπόνηση των αντίστοιχων ρελέ, και εντονότερη επίδραση στο ανθρώπινο μάτι. Επειδή δεν γινόταν να επιλυθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα σε επίπεδο κώδικα, σωστά μεταφέρθηκε εξωτερικά και ο αισθητήρας αυτός.

11.1.2 Αναμενόμενη επίπτωση στην ενεργειακή κατανάλωση

Όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας λόγω φωτισμού, επετεύχθη εξοικονόμηση της τάξεως του **85%**. Το ποσοστό αυτό επετεύχθη χάρη στο περιορισμό του συνολικού ημερήσιου χρόνου λειτουργίας του φωτισμού. Επιπρόσθετα, αναδεικνύεται η σημασία ύπαρξης μεθοδολογίας ελέγχου φωτισμού, σε σύγκριση με την αναβάθμιση των λαμπτήρων φθορισμού με αντίστοιχους τύπου LED, όπου η εξοικονόμηση είναι 48 % περίπου (**Εικόνα 11.1**). Επομένως, μόνο η αντικατάσταση λαμπτήρων δεν αρκεί για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας και επιπλέον, με το συγκεκριμένο σύστημα ελέγχου, με το ίδιο περίπου κόστος (τάξεως 500 €), η ενέργεια μειώθηκε 2 φορές περισσότερο σε σχέση με τη χρήση των λαμπτήρων LED.



Εικόνα 11.1: Εξοικονόμηση κατανάλωσης ενέργειας με τον έλεγχο με Arduino.

11. Συμπεράσματα

Εάν εφαρμοστεί συνδυασμός του ελέγχου με τον μικροελεγκτή και αλλαχθούν οι λάμπες με αντίστοιχες τύπου LED, τότε το ποσοστό εξοικονόμησης φτάνει στο 92%, με κόστος 1100 € περίπου. Επομένως, το απαιτούμενο κόστος για την επιπλέον εξοικονόμηση είναι ασύμφορο.

Αποτέλεσμα της αναβάθμισης που πραγματοποιήθηκε, είναι αρχικά η εξοικονόμηση ενέργειας και έπειτα η ασφάλεια χώρων που υπάρχουν, μέσω παρακολούθησης της καταγραφής ενέργειας στον μετρητή που τοποθετήθηκε, βάσει κατανάλωσης τις νυχτερινές ώρες, όπου κανονικά δε θα έπρεπε να υπάρχει, λόγω απουσίας προσωπικού και φοιτητών.

Όπως αποδείχτηκε βάσει μετρήσεων και σύγκρισης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, συμφέρει περισσότερο η αναβάθμιση του τρόπου ελέγχου φωτισμού, από την αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού, ειδικά σε κτήρια του τριτογενή τομέα, όπου γίνεται μεγάλη κατανάλωση όσον αφορά το φωτισμό, κυρίως λόγω αδιαφορίας των χρηστών τους.

Θετικό στοιχείο για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, είναι η απόφαση για ανακατασκευή του Ορόφου της Παλιάς Σ.Τ.ΕΦ. Στην περίπτωση που υλοποιηθεί η συγκεκριμένη μελέτη, θα είναι ένα πρώτο βήμα για την μελλοντική της εφαρμογή και στα υπόλοιπα κτήρια του Τ.Ε.Ι. Κρήτης που εμφανίζουν το ίδιο πρόβλημα διαχείρισης φωτισμού.

Σημαντική ιδιαιτερότητα είναι η χρήση κάθε χώρου, καθώς αλλάζει η ανάγκη διάρκειας φωτισμού, άρα και ο τρόπος ελέγχου της. Ακόμα, ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθεί η μελέτη ελέγχου φωτισμού, αν δεν γινόταν αρχικά φωτοτεχνική μελέτη, καθώς έτσι προσδιορίστηκε η ανάγκη κάθε χώρου σε φωτιστικά σημεία. Δηλαδή προσδιορίστηκε το είδος, το πλήθος και η διάταξη των φωτιστικών που θα τοποθετηθούν. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς μετά την ανακαίνιση του κτηρίου αναμένεται να μειωθεί κατά 5% περίπου. Το συνολικό κόστος υλικών για την εγκατάσταση του Έξυπνου Φωτισμού, δηλαδή φωτιστικά σώματα και αυτοματισμός ελέγχου, ανέρχεται στα 8400 €, περίπου.

Τέλος, με τον όρο «Έξυπνος Φωτισμός», μπορεί να περιγραφεί οποιαδήποτε μεθοδολογία που αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε για τον ολικό ή μερικό έλεγχο φωτισμού σε ένα χώρο (εσωτερικό ή εξωτερικό) με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης, αλλά και διαχείρισης του. Σημαντικό σημείο προσοχής είναι η επιλογή της μεθόδου υλοποίησης του «Έξυπνου Φωτισμού», η συμβατότητα μεταξύ των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, η δυνατότητα αναβάθμισης/ επέκτασης της, αν μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες μεθόδους ελέγχου εξοικονόμησης ενέργειας (ψύξη/ θέρμανση, εξαερισμός, χρήση ζεστού νερού, ρύθμιση εξωτερικών σκιάστρων). Για να θεωρηθεί πετυχημένη μια τέτοια επιλογή, πρέπει να έχουν πλήρως διευκρινιστεί οι ανάγκες διαχείρισης φωτισμού που καλείται να καλύψει, και πως θα γίνει αυτό. Επίσης σημαντική, είναι και η διασφάλιση της ορθής και απρόσκοπτης λειτουργίας της εγκατάστασης.

11.2 Αναβάθμιση- επέκταση

Εκτός των πολλών και σημαντικών συμπερασμάτων που εξάγονται από την εργασία αυτή, χρήζει ιδιαίτερης προσοχής η διερεύνηση της δυνατότητας τροποποίησης/αναβάθμισης, επέκτασης και συνδυασμού της επιλεγμένης μεθοδολογίας με άλλες μεθόδους ελέγχου εξοικονόμησης ενέργειας (ψύξη/ θέρμανση, εξαερισμός, ρύθμιση εξωτερικών σκιάστρων).

Συγκεκριμένα, ο έλεγχος έναυσης/σβέσης (on/off)φωτισμού με Arduino, μπορεί να εφαρμοστεί εξίσου αποτελεσματικά σε λαμπτήρες τύπου CFL, αλογόνου, και γενικά σε οποιοδήποτε λαμπτήρα AC τροφοδοσίας (230V/50Hz ή 110V/60Hz), καθώς τα χαρακτηριστικά του δικτύου (τάση και συχνότητα) δεν επηρεάζουν τη λειτουργία ελέγχου του μικροελεγκτή. Αυτό που πρέπει να προσεχθεί, είναι η συμβατότητα τροφοδοσίας του μικροελεγκτή με το δίκτυο τροφοδοσίας. Όσον αφορά λαμπτήρες χαμηλής τάσης (12, 24 ή 42 V DC), δεν υπάρχει κάποια διαφοροποίηση στον τρόπο ελέγχου, καθώς ο έλεγχος μπορεί να γίνει είτε πριν, είτε μετά το τροφοδοτικό/μετασχηματιστή του λαμπτήρα. Κατά προτίμηση ο έλεγχος πρέπει να γίνεται μετά καθώς διασφαλίζεται η λειτουργία και η αξιοπιστία του τροφοδοτικού/μετασχηματιστή. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ίδιου τύπου μικρο-ρελέ με

11. Συμπεράσματα

αυτά της διάταξης, μιας και μπορούν να ελέγξουν και DC φορτία. Σε επίπεδο προγραμματισμού, η λογική του ελέγχου on/off είναι ίδια με αυτόν που υλοποιήθηκε στην παρούσα εργασία.

Η ρύθμιση φωτεινότητας (dimming) είναι λίγο πιο σύνθετη. Πρέπει να διευκρινιστεί αν η ρύθμιση μπορεί να γίνει μόνο μέσω της τροφοδοσίας του λαμπτήρα (AC ή DC), ή αν χρειάζεται η ανάπτυξη ειδικού κυκλώματος ελέγχου με συγκεκριμένα όρια τάσης, όπως στους λαμπτήρες φθορισμού (0-10 V DC). Μια σημαντική ιδιαιτερότητα που έχουν τα LED, είναι η ξεχωριστή ρύθμιση φωτεινότητας στην περίπτωση που είναι τύπου RGB. Αν είναι επιθυμητό να ρυθμίζεται η φωτεινότητα κάθε χρώματος ξεχωριστά, πρέπει να γίνει η απαραίτητη παρέμβαση μεταξύ τροφοδοτικού και λαμπτήρα. Επομένως η ρύθμιση αυτή μπορεί να γίνει προς το παρόν μόνο σε RGB LED τύπου ταινίας. Σε επίπεδο προγραμματισμού η λογική της ρύθμισης φωτεινότητας είναι ίδια με αυτή που υλοποιήθηκε στην παρούσα εργασία. Μόνο που στη περίπτωση του RGB LED, πρέπει να γίνει για κάθε χρώμα ξεχωριστά.

Έχοντας ως βάση τον Arduino, και αξιοποιώντας τους υπάρχοντες αισθητήρες κίνησης και φωτεινότητας, μπορεί να δημιουργηθεί ένα απλό ημερήσιο σύστημα καταγραφής κίνησης πληθυσμού σε κάθε χώρο του ορόφου του κτηρίου της Παλιάς Σ.Τ.Ε.Φ. Έτσι θα μπορεί για λόγους ασφαλείας να ενημερώνεται η Υπηρεσία Φύλαξης σε περίπτωση που υπάρξει κίνηση από 12πμ έως 7 πμ. που είναι κλειστό το κτήριο. Γνωρίζοντας επίσης, το πληθυσμό κάθε χρονική στιγμή, μπορεί να δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα ελέγχου, διαχειρίσιμο από τον Arduino, που θα μπορεί να ελέγχει τη θερμοκρασία και την φωτεινότητα κάθε χώρου. Θα έχει τη δυνατότητα να κάνει πρόψυξη ή προθέρμανση στους κλειστούς χώρους (γραφεία, εργαστήρια) σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ρύθμιση εξωτερικών σκιάστρων εάν υπάρχουν. Επίσης, θα μπορεί να ενεργοποιεί και ν' απενεργοποιεί τη θέρμανση και τη ψύξη στους διαδρόμους σε συγκεκριμένες ώρες, καθώς και ρύθμιση της θερμοκρασίας κατά το διάστημα ενεργοποίησης.

Δημιουργώντας επίσης μια εύχρηστη διεπαφή (Graphical User Interface ή GUI), θα μπορεί η Τεχνική Υπηρεσία να γνωρίζει αναλυτικά τις συνθήκες περιβάλλοντος που υπάρχουν σε όλο τον όροφο και θα μπορεί να τις ρυθμίζει κατάλληλα, χωρίς να αποκλείεται η τοπική ρύθμιση στους κλειστούς χώρους. Ακόμα, με βάση την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού κάθε χώρου και την αντίστοιχη κατανάλωση, με την αξιοποίηση μετρητή ενέργειας όμοιο με αυτόν που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα εργασία, θα γνωρίζει που χρειάζεται αντικατάσταση λαμπτήρα και η ποσότητα που απαιτείται.

12. Βιβλιογραφία

ⁱ <http://www.iea.org/>

ⁱⁱ Στεφανία Κ. Μπανάκα, Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτηρίου – Πτέρυγες Β, Δ, Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα, Νοέμβριος 2011

ⁱⁱⁱ Κορπέτης Αναστάσιος, Διερεύνηση εξοικονόμησης ενέργειας στο φωτισμό μέσω της χρήσης ηλεκτρονικών Ballast – Σύγκριση αποτελεσμάτων με το EN15193,, Διπλωματική εργασία Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 2009

^{iv} Γκέργκι Π. Νάκας, Αυτοματοποιημένη κατοικία για Α.μ.Ε.Α ελεγχόμενη από PLC - ARDUINO™, Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα, Ιανουάριος 2014

^v «ΚΤΙΠΙΟ», Περιοδικό, Τεύχος 134/2009

^{vi} Ιωάννης Μιμίκος, Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ηλεκτρικής Ενέργειας από το φωτισμό κτιρίων, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, Χανιά, 2011

^{vii} Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010, Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης

^{viii} Hager, Τιμοκατάλογος 2014, κωδικός EE812, 2014

^{ix} Schneider Electric - Κέντρο εκπαίδευσης ISC, Ανίχνευση κίνησης και παρουσίας, 2009

^x Legrand, Lighting management, emergency lighting, access control & CCTV, Technical Guide, 2012

^{xi} National Lighting Product Information Program, "Dimming Electronic Ballasts", Specifier Reports, Volume 7, Number 3, October 1999.

^{xii} INSTA, LEDOTRON – The new solution for dimming of LED retrofit lamps, 2012

^{xiii} http://el.wikipedia.org/wiki/Πρωτόκολλο_επικοινωνίας

^{xiv} Επιλογές φωτισμού για το επίπεδο 141 από το BMS του κτιρίου Επιστημών στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

^{xv} Βαβουρανάκης Προκόπιος, «Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης και καταγραφής και εξαγωγή καμπυλών φορτίου του κτιρίου Επιστημών», Πτυχιακή Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Οκτώβριος 2012.

^{xvi} OSRAM, QUICKTRONIC DALI/DIM Technical Guide, 2009

^{xvii} Gudmundur Benediktsson, Lighting Control - Possibilities in Cost and Energy-Efficient Lighting Control Techniques, Industrial Electrical Engineering and Automation IEA, AB Region, 2009

^{xviii} CABLEL, Τιμοκατάλογος Ελληνικών Καλωδίων, 2014

^{xix} Ιστοσελίδα εταιρείας HEG <http://www.hermes-lighting.com/solutionsinfo-40-115.html>

^{xx} Ιστοσελίδα τεχνικών άρθρων <http://www.automatedbuildings.com/news/sep02/articles/dali/dali.htm>

^{xxi} HOK, DALI Installation: A Case Study, LightFair 2003

^{xxii} Γιώργος Λογιωτατίδης, Δημιουργία συστήματος διαχείρισης έξυπνων κτηρίων με τη χρήση του πρωτοκόλλου XMPP, Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, Γενάρης 2008

^{xxiii} Αργυροπούλου Η. Αγγελική, Επισκόπηση των αρχιτεκτονικών ανακάλυψης και σύνθεσης υπηρεσιών σε τηλεπικοινωνιακά περιβάλλοντα, Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα, Οκτώβριος 2006

^{xxiv} Διεύθυνση παρουσίασης πτυχιακής εργασίας των Εφραιμίδου Χρυσάφεια και Σαχινίδου Αναστασία με θέμα Αυτοματοποίηση κατοικίας χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα ηλεκτρική καλωδίωση (χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο X10) <http://prezi.com/ygtxe1ap2rh/x10-protocol>

^{xxv} Κρητιώτης Ανδρέας, "ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ KNX ΠΡΟΤΥΠΟΥ ", Τ.Ε.Ι. Πειραιά, Αιγάλεω, Σεπτέμβριος 2013

^{xxvi} Διδάχος Φίλιπος, Συστήματα Οικιακών Αυτοματισμών (Home Automation Systems), Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, Χανιά, Σεπτέμβριος 2010

^{xxvii} Βενέρης Γεώργιος & Μπούτζουκας Αγησίλαος, "Αξιολόγηση απόδοσης ασύρματων δικτυακών τοπολογιών αρχιτεκτονικής Mesh", Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Ηράκλειο, 2010

^{xxviii} Legrand, Τεχνικό Εγχειρίδιο Celiane, 2014

^{xxix} Βρυονίδης Κυριάκος & Γιαννήτσaros Νικόλαος, Κοινωνικές ομάδων καταναλωτών XT – Βιβλιογραφική Έρευνα Προϋποθέσεων, Διπλωματική εργασία, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 2012

^{xxx} Γκαντάκας – Σάββας Μιχαήλ, Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων στην γεωργία και την κτηνοτροφία, Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2013

^{xxxi} Legrand, Αυτοματισμοί σπιτιού Celiane – Νέες τεχνολογίες BUS/SRC και ασύρματη ZigBee, 2013

^{xxxii} Ιστοσελίδα <http://digitalhomesystems.com.au>

^{xxxiii} George Magoulakis, Remote Surveillance of Power Systems Using Arduino Platform, Bachelor Thesis, Technological Institute of Crete, Heraklion, 2014

^{xxxiv} Τσικαλάκης Αντώνιος, Διάλεξη «ΦΩΤΙΣΜΟΣ», ΞΕΥΠΙΝΑ ΚΤΗΡΙΑ, ΔΠΜΣ «Προηγμένα Συστήματα Παραγωγής Αυτοματισμού και Ρομποτικής», ΤΕΙ Κρήτης, ΗΡΑΚΛΕΙΟ, 2013

^{xxxv} Ιστοσελίδα <http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/lat5/pc4.asp>

12. Βιβλιογραφία

^{xxxvi} Ιστοσελίδα <http://www.currentcost.com/product-envir.html>

^{xxxvii} Ιστοσελίδα www.element14.com/community/community/designcenter/single-board-computers/next-gen-beaglebone

^{xxxviii} NationalSemiconductor, OP-07 Low Offset, Low Drift Operational Amplifier, December 1994

^{xxxix} Ιστοσελίδα <http://www.ebay.com/itm/New-LM2577-LM2577S-DC-DC-TO-DC-Adjustable-Step-up-Power-Converter-Module-Arduino-/310506835676>

^{xl} <http://fritzing.org/>

^{xli} Φίλιππος Ι. Δημόπουλος, Φωτοτεχνία, ηλεκτρικές συσκευές, Αθήνα, 1980