

## Open Schools Journal for Open Science

Vol 2, No 1 (2019)

Special Issue Articles from the 1st Greek Student Conference on Research and Science



### Κύκλωμα Αισθητήρα Φωτός

Παντελής Διαμαντής, Εριφύλη-Δέσποινα  
Προυσαλίδη

doi: [10.12681/osj.19452](https://doi.org/10.12681/osj.19452)

#### To cite this article:

Διαμαντής Π., & Προυσαλίδη Ε.-Δ. (2019). Κύκλωμα Αισθητήρα Φωτός. *Open Schools Journal for Open Science*, 2(1), 210–219. <https://doi.org/10.12681/osj.19452>

# Κύκλωμα Αισθητήρα Φωτός

Εριφύλη-Δέσποινα Προυσαλίδη<sup>1</sup>, Παντελής Διαμάντης<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Πρότυπο Γυμνάσιο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης, Αθήνα, Ελλάδα

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία ασχολείται με διατάξεις αυτομάτου ελέγχου έχοντας ως θέμα τη μελέτη και υλοποίηση ενός κυκλώματος αισθητήρα φωτός, ενός κυκλώματος δηλαδή που αποτελείται από ηλεκτρονικά στοιχεία συνδεδεμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να εκτελείται μία διαδικασία, και συγκεκριμένα η ενεργοποίηση ενός λαμπτήρα, όταν ανιχνεύεται η απουσία φωτός. Στην εργασία περιγράφεται το κύκλωμα που χρησιμοποιείται και δίνονται πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά και την αρχή λειτουργίας των βασικών στοιχείων από τα οποία αποτελείται. Επεξηγείται η έννοια των ημιαγωγών και αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο μία φωτοαντίσταση μπορεί να συνεργαστεί με ένα τρανζίστορ, που λειτουργεί ως ηλεκτρονικός διακόπτης, επιτρέποντας υπό συνθήκες την κυκλοφορία ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κύκλωμα. Καθώς το μελετώμενο κύκλωμα έχει χαμηλό κόστος υλικών και είναι εύκολα υλοποιήσιμο, διερευνώνται οι ενδεχόμενες προοπτικές εφαρμογής παρόμοιων φωτοευαίσθητων κυκλωμάτων σε μία σειρά από αυτοματοποιημένες διαδικασίες, όπως ο φωτισμός και η σκίαση περιοχών ή η έναρξη και η παύση επισκεψιμότητας χώρων μαζικής προσέλευσης.

**Λέξεις κλειδιά:** Κυκλώματα; Αυτοματισμοί; αισθητήρας φωτός; τρανζίστορ

## Εισαγωγή

Ο άνθρωπος, από την αρχή της ύπαρξής του, προσπάθησε να ελέγξει και να χρησιμοποιήσει τις διάφορες μορφές ενέργειας για να διευκολύνει και να βελτιώσει τη ζωή του. Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας, δημιούργησε πηγές (αποθήκες) ενέργειας καθώς και συσκευές και μηχανές, άλλες πιο απλές και άλλες εξαιρετικά σύνθετες, οι οποίες μετέτρεπαν την ενέργεια στη μορφή που ήθελε να χρησιμοποιήσει ή εκτελούσαν τις εργασίες που επιθυμούσε. Κατά τους τελευταίους δύο αιώνες, η ραγδαία εξέλιξη της **τεχνολογίας** βασίστηκε ακριβώς πάνω σε αυτές τις συσκευές και μηχανές που άλλαξαν ριζικά τον τρόπο ζωής του ανθρώπου (Αραμπατζής, κ.α., 1999). Εκμεταλλευόμενος τις δυνατότητες που του παρείχε ο **έλεγχος** διαφόρων μορφών ενέργειας, ο άνθρωπος ανακάλυψε στην πορεία εξελιγμένους και πολυσύνθετους τρόπους ώστε να εκτελούνται ευκολότερα διάφορες διαδικασίες. Αυτούς τους **μηχανισμούς** κατάφερε να τους εξελίξει διαρκώς, χρησιμοποιώντας κάθε φορά τα τεχνολογικά ευρήματα του

παρελθόντος, ώστε να επιτελούνται ολοένα και πιο εξειδικευμένες εργασίες. Με αυτόν τον τρόπο, ανέπτυξε σταδιακά τα **συστήματα αυτομάτου ελέγχου**, συστήματα που τα μέρη τους είναι συνδεδεμένα έτσι ώστε να συμπεριφέρονται αυτόματα κατά έναν προκαθορισμένο επιθυμητό τρόπο (Παρασκευόπουλος, 1986).

Παρόλο που μέχρι τα μέσα του 18<sup>ου</sup> αιώνα, οι αυτοματισμοί δεν είχαν να επιδείξουν αξιόλογα επιτεύγματα, τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου σημείωσαν σημαντική πρόοδο κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, εποχή κατά την οποία δόθηκε η αφορμή και για την ανάπτυξη της φυσικής των **ημιαγωγών** (Καγκαράκης, 1995). Τα γεγονότα αυτά, σε συνδυασμό με την ανακάλυψη του **τρανζίστορ** (Βιδιαδάκης κ.α., 1999) το 1947, αποτέλεσαν το έναυσμα για μια πραγματική τεχνολογική επανάσταση που καθόρισε σε σημαντικό βαθμό την εξέλιξη της σύγχρονης εφαρμοσμένης επιστήμης στον τομέα της **τεχνολογίας**. Το **φωτοηλεκτρικό φαινόμενο** (Αναστασάκης κ.α., 1996), που είχε ήδη παρατηρηθεί από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα, αξιοποιήθηκε ποικιλοτρόπως επιτρέποντας την ανάπτυξη εξαιρετικά χρήσιμων εφαρμογών των **συστημάτων αυτοματισμού** που σχετίζονται με την **ύπαρξη ή απουσία φωτός**.

Η παρούσα εργασία έχει ως θέμα τη μελέτη και υλοποίηση μίας διάταξης αυτομάτου ελέγχου βασισμένης σε αισθητήρα φωτός, ενός κυκλώματος δηλαδή που αποτελείται από ηλεκτρονικά στοιχεία συνδεδεμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να εκτελείται μια διαδικασία όταν ανιχνεύεται η απουσία φωτός. Η διαδικασία που έχει επιλεγεί να πραγματοποιείται είναι η ενεργοποίηση ενός λαμπτήρα. Στην εργασία περιγράφεται το κύκλωμα και η αρχή λειτουργίας του και δίνονται πληροφορίες για τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται. Τέλος, γίνεται αναφορά στις προοπτικές εφαρμογής παρόμοιων φωτο-ευαίσθητων κυκλωμάτων σε μία σειρά από αυτοματοποιημένες διαδικασίες.

### Βασικά στοιχεία του κυκλώματος

Σε αυτήν την ενότητα εξετάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά και η αρχή λειτουργίας των βασικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του κυκλώματος που αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

#### Ημιαγωγοί

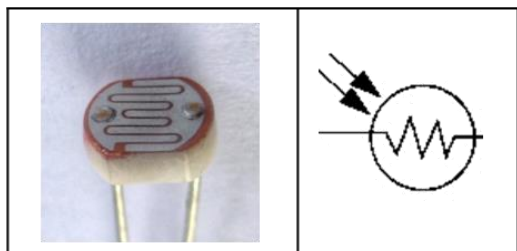
Ως **ημιαγωγοί** (Καγκαράκης, 1986, Millman, & Χαλκιάς, 2000) χαρακτηρίζονται τα υλικά που υπό κάποιες συνθήκες είναι αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος και υπό άλλες συνθήκες μονωτές. Στο απόλυτο μηδέν ( $-273^{\circ}\text{C}$ ), τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στις εξωτερικές στιβάδες των ατόμων των ημιαγωγών είναι παγιδευμένα στους δεσμούς που σχηματίζουν τα γειτονικά άτομα μεταξύ τους και το σχηματιζόμενο κρυσταλλικό πλέγμα συμπεριφέρεται σαν τέλειος μονωτής. Όταν παρέχεται ενέργεια στο στοιχείο, είτε για παράδειγμα με τη μορφή θερμότητας είτε με τη μορφή φωτεινής ακτινοβολίας, τα ηλεκτρόνια αυτά μπορεί να αποκτήσουν αρκετή ενέργεια ώστε να απελευθερωθούν από τα άτομα που τα δεσμεύουν και να κυκλοφορήσουν ελεύθερα λειτουργώντας ως φορείς ηλεκτρικού ρεύματος, η δε αγωγιμότητα του υλικού αυξάνεται όσο

αυξάνεται η παρεχόμενη σε αυτό ενέργεια, φτάνοντας σε τιμές συγκρίσιμες με αυτές των αγωγών (Βιδιαδάκης, κ.α., 1999, Millman, & Χαλκιάς, 2000).

Οι κυριότεροι ημιαγωγοί είναι το γερμάνιο και το πυρίτιο, στοιχεία που θεωρούνταν μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1930 ως μέταλλα με μικρή αγωγιμότητα (Καγκαράκης, 1995). Ο Β΄ Παγκόσμιος Πόλεμος υπήρξε η αφορμή για την ανάπτυξη της φυσικής των ημιαγωγών (Αραμπατζής, κ.α., 1999), οι οποίοι έπαιξαν τόσο σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Η/Υ) ώστε το κέντρο της τεχνολογίας των Η/Υ και των συγγενών βιομηχανιών στις Η.Π.Α. να ονομαστεί Σίλικον Βάλλευ (Silicon Valley, Κοιλάδα Πυριτίου) από το όνομα του ενός εξ αυτών. Μία από τις εφαρμογές αυτών των υλικών είναι και οι φωτοαντιστάσεις, οι οποίες κατασκευάζονται από ημιαγωγούς με υψηλή αντίσταση.

Φωτοαντίσταση

**Φωτοαντίσταση** (Σχήμα 1, Light-Dependent Resistor (LDR) ή photo resistor ή photoconductor ή photocell) ονομάζεται μια μεταβλητή αντίσταση της οποίας η τιμή μειώνεται όταν αυξάνεται η φωτεινή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνειά της, μία αντίσταση δηλαδή που παρουσιάζει φωτοαγωγιμότητα (Ζιγκήρης, 1988, Καγκαράκης, 1986, Dance, 1969, Millman, & Χαλκιάς, 2000).



**Σχήμα 1:** Φωτοαντίσταση εμπορίου – Σύμβολο φωτοαντίστασης

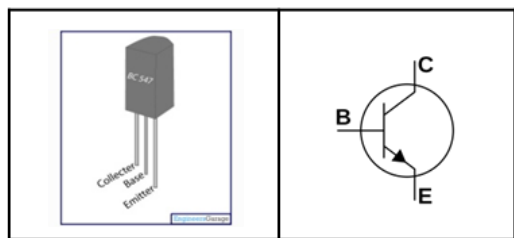
Οι φωτοαντιστάσεις φτιάχνονται από ημιαγωγούς, συνήθως θειούχο κάδμιο (CdS) ή θειούχο μόλυβδο (PbS), που στο σκοτάδι παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση, της τάξης των μερικών ΜΩ (Παπακωνσταντίνου, 1986, Millman, & Χαλκιάς, 2000). Σε απόλυτο σκοτάδι, η αντίσταση παίρνει τη μέγιστη τιμή της και το στοιχείο λειτουργεί ως μονωτής. Αν πέσει φως στην επιφάνειά της, τότε φωτόνια απορροφούνται από το ημιαγωγικό υλικό της και ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας των ατόμων του αποκτούν αρκετή ενέργεια ώστε να αποσπαστούν από τα άτομα που τα δεσμεύουν. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που δημιουργούνται με αυτόν τον τρόπο έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση της αντίστασης του στοιχείου σε μερικές εκατοντάδες Ω. Με την αύξηση της έντασης του φωτός, η αντίσταση του υλικού μικραίνει και επιτρέπει τη διέλευση σχετικά μεγάλων ρευμάτων (Ζιγκήρης, 1988, Καγκαράκης, 1986).

Οι φωτοαντιστάσεις βρίσκουν εφαρμογή ως φωτοανιχνευτές (light detectors) σε κυκλώματα ενεργοποίησης διαδικασιών που εξαρτώνται από την παρουσία φωτός, με κυριότερη πρακτική

εφαρμογή στον έλεγχο κυκλωμάτων φωτισμού οικιών, βιομηχανιών και οδών, καθώς και κυκλωμάτων κίνησης, όπως στο αυτόματο άνοιγμα και κλείσιμο θυρών με ενεργοποίηση μέσω φωτοκυττάρου κ.ο.κ..

Τρανζίστορ

Η βασικότερη εφαρμογή των ημιαγωγών, που καθόρισε καίρια τις τεχνολογικές εξελίξεις, είναι το **τρανζίστορ** (Σχήμα 2), το οποίο θεωρείται μία από τις μεγαλύτερες εφευρέσεις του 20ου αιώνα, αφού αποτελεί το κυριότερο συστατικό όλων σχεδόν των σύγχρονων ηλεκτρονικών κατασκευών (Μανιάς, 2013, Millman, & Χαλκιάς, 2000). Με την ανακάλυψη του τρανζίστορ το 1947 (για την οποία οι εφευρέτες του, Bardeen, Brattain και Shockley, βραβεύτηκαν με το Νόμπελ Φυσικής το 1956) ξεκίνησε μια πραγματική τεχνολογική επανάσταση που καθόρισε σε σημαντικό βαθμό την εξέλιξη της σύγχρονης κοινωνίας (Αραμπατζής, κ.α., 1999).



Σχήμα 2: Τρανζίστορ BC 547 – Σύμβολο τρανζίστορ

Η αξιοποίηση του τρανζίστορ για την υλοποίηση των κυκλωμάτων των Η/Υ οδήγησε στη μείωση του μεγέθους και του κόστους τους αλλά και στην ραγδαία αύξηση της ταχύτητάς τους. Ήταν η ανακάλυψη του τρανζίστορ λοιπόν που έθεσε την τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της πληροφορικής σε καλπάζουσα ανοδική πορεία (Αραμπατζής, κ.α., 1999). Η ευρεία χρήση του σε πλήθος εφαρμογών βασίστηκε κυρίως στη δυνατότητα παραγωγής του σε πολύ μεγάλες ποσότητες που μείωσαν το κόστος ανά μονάδα. Έτσι, το τρανζίστορ χρησιμοποιήθηκε σε όλους σχεδόν τους σύγχρονους ηλεκτρονικούς μηχανισμούς και κατασκευές, αποτελώντας ίσως το κυριότερο συστατικό τους (Μανιάς, 2013, Παπακωνσταντίνου, 1986).

Μία από τις πολλές εφαρμογές του τρανζίστορ, η οποία θα αξιοποιηθεί στη συγκεκριμένη εργασία, είναι η λειτουργία του ως διακόπτης (Μανιάς, 2013): εφαρμόζοντας ένα πολύ μικρό ρεύμα σε έναν από τους ακροδέκτες του (ο οποίος ονομάζεται «Βάση (B)» του τρανζίστορ) μπορούμε να ελέγξουμε την κυκλοφορία (ροή) ενός πολύ μεγαλύτερου ρεύματος που θα περνάει από τους δύο άλλους ακροδέκτες του ((C) και (E)) (Σχήμα 2). Πιο συγκεκριμένα, όταν στη Βάση (B) δεν εισέρχεται κάποιο ηλεκτρικό ρεύμα, το τρανζίστορ δεν επιτρέπει αντίστοιχα τη διέλευση ρεύματος μεταξύ των δύο άλλων ακροδεκτών του ((C) και (E)). Αντίθετα, όταν στη Βάση (B) φθάσει ένα έστω και μικρής τιμής ρεύμα, τότε καθίσταται δυνατή η κυκλοφορία ρεύματος, και μάλιστα πολύ μεγαλύτερης τιμής, μεταξύ των ακροδεκτών του (C) και (E). Με

αυτόν τον τρόπο, το τρανζίστορ επιτελεί έναν διακοπτικό ρόλο βάσει του ηλεκτρικού «σήματος» που δέχεται στη Βάση του (B) (Βιδιαδάκης, 1999, Μανιάς, 2013).

Τα πλεονεκτήματα του τρανζίστορ στη χρήση του ως διακοπτικό στοιχείο έναντι των διακοπών με μηχανικά μέρη είναι ότι (Μανιάς, 2013):

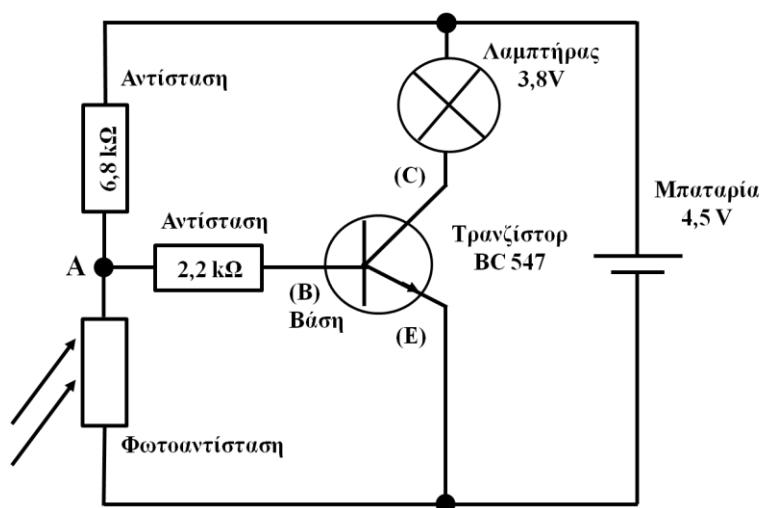
δεν έχει κινούμενα μέρη που να φθείρονται,

μπορεί να λειτουργεί και να διακόπτει με σαφώς μεγαλύτερη ταχύτητα, χρειάζεται πολύ μικρή τάση και ρεύμα (δηλ. ενέργεια) για την ενεργοποίησή του.

Αυτά τα πλεονεκτήματα είναι και ο λόγος που πολλά ηλεκτρονικά κυκλώματα στηρίζονται στην ικανότητα του τρανζίστορ να λειτουργεί ως διακόπτης.

### Κύκλωμα αισθητήρα φωτός – αρχή λειτουργίας

Το σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος της παρούσας εργασίας παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.



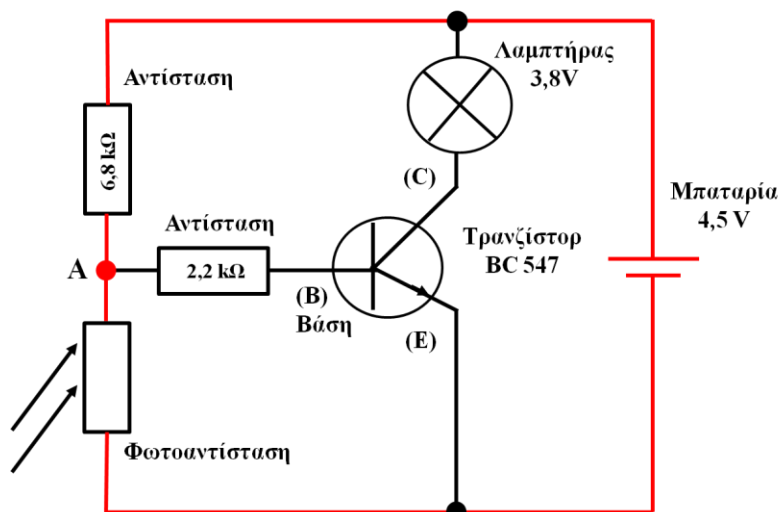
**Σχήμα 3** : Σχηματικό Διάγραμμα Κυκλώματος Αισθητήρα Φωτός

Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην ανίχνευση της απουσίας φωτός μέσω μιας φωτοαντίστασης που χρησιμοποιείται σε ρόλο αισθητήρα φωτός: όταν ο αισθητήρας σταματά να ανιχνεύει φως, ανάβει ο λαμπτήρας, τόσο δε εντονότερα όσο πιο απόλυτο είναι το σκοτάδι. Η μέγιστη ένταση του λαμπτήρα παρατηρείται δηλαδή σε απόλυτα σκοτεινό δωμάτιο. Αναλυτικότερα, το κύκλωμα μπορεί να λειτουργήσει ως ακολούθως:

Λειτουργία του κυκλώματος κατά την παρουσία φωτός

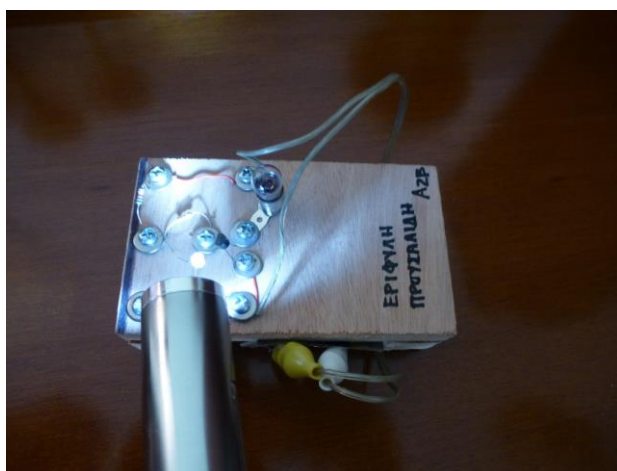
Με βάση όσα αναφέρθηκαν ανωτέρω, όταν η φωτοαντίσταση βρίσκεται στο κανονικό φως ημέρας ή φωτίζεται από μία εξωτερική πηγή φωτός (όπως έναν φακό), τα ηλεκτρόνια που απελευθερώνονται στο εσωτερικό της μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς ηλεκτρικού

ρεύματος. Έτσι, το ρεύμα, φθάνοντας στον κόμβο A (Σχήμα 4), προτιμά να διέλθει από τον κλάδο της που παρουσιάζει αντίσταση τιμής όχι μεγαλύτερης από  $300\ \Omega$  αφού ο κλάδος των  $2,2\ \text{k}\Omega$  έχει προφανώς αντίσταση πολλαπλάσιας τιμής. Στο Σχήμα 4, απεικονίζονται παραστατικά με κόκκινες γραμμές οι κλάδοι που διαρρέονται από ρεύμα όταν το κύκλωμα λειτουργεί κατά την παρουσία φωτός.



**Σχήμα 4 :** Σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος κατά την παρουσία φωτός - Οι κόκκινοι κλάδοι διαρρέονται από ρεύμα

Όταν υπάρχει φως λοιπόν, το κύκλωμα «κλείνει» μέσω του κλάδου με την αντίσταση των  $6,8\ \text{k}\Omega$  και της φωτοαντίστασης που λειτουργεί ως αγωγός. Σε αυτήν την περίπτωση, η Βάση (B) του τρανζίστορ δε δέχεται αρκετό ρεύμα, με αποτέλεσμα, σύμφωνα με τα όσα προαναφέρθηκαν σχετικά με τη λειτουργία του τρανζίστορ ως διακοπτικού μέσου, να μην επιτρέπεται η διέλευση ρεύματος από τους άλλους δύο ακροδέκτες του (C) και (E) και ο λαμπτήρας να παραμένει σβηστός.

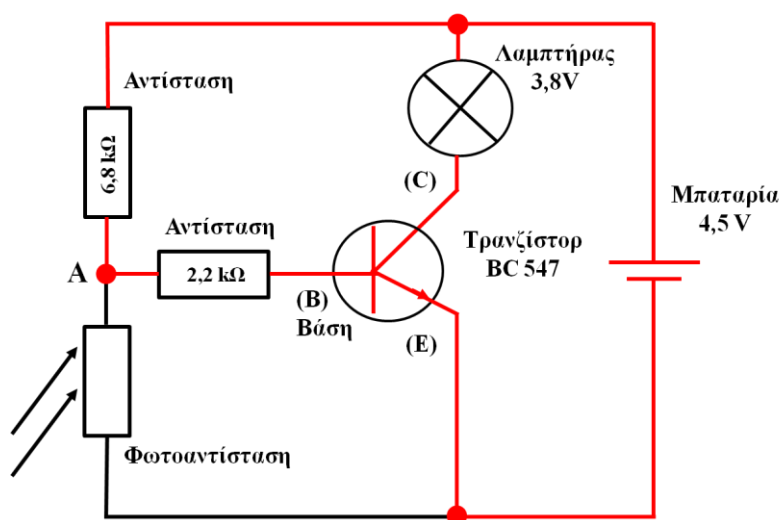


**Φωτογραφία 1 :** Λειτουργία του κυκλώματος κατά την παρουσία φωτός - Η φωτοαντίσταση φωτίζεται με έναν φακό και ο λαμπτήρας παραμένει σβηστός

Η λειτουργία που μόλις περιγράφηκε παρουσιάζεται στη Φωτογραφία 1, όπου εικονίζεται η πραγματοποιηθείσα διάταξη, με τον λαμπτήρα σβηστό όταν η φωτοαντίσταση φωτίζεται από μία εξωτερική πηγή (φακός).

Λειτουργία του κυκλώματος κατά την απουσία φωτός

Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα, όταν η φωτοαντίσταση βρεθεί στο σκοτάδι, λειτουργεί ως μονωτής, μη επιτρέποντας τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος. Έτσι, φθάνοντας στον κόμβο Α (Σχήμα 5), το ρεύμα οδηγείται μέσω της αντίστασης  $2,2\text{k}\Omega$  στη βάση (Β) του τρανζίστορ.



**Σχήμα 5 :** Σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος κατά την απουσία φωτός - Οι κόκκινοι κλάδοι διαρρέονται από ρεύμα

Το γεγονός αυτό καθιστά δυνατή την κυκλοφορία ρεύματος μεταξύ των δύο άλλων ακροδεκτών του τρανζίστορ (C) και (E) και ο λαμπτήρας ανάβει. Στο Σχήμα 5, απεικονίζονται αντίστοιχα παραστατικά με κόκκινες γραμμές οι κλάδοι που διαρρέονται από ρεύμα όταν το κύκλωμα λειτουργεί κατά την απουσία φωτός.





**Φωτογραφία 2 :** Λειτουργία του κυκλώματος κατά την απουσία φωτός - Σε σκοτεινό δωμάτιο ο λαμπτήρας ανάβει

Η λειτουργία αυτή του κυκλώματος παρουσιάζεται στη Φωτογραφία 2, όπου εικονίζεται η πραγματοποιηθείσα διάταξη, με τον λαμπτήρα να ανάβει σε σκοτεινό δωμάτιο.

### Εφαρμογές – μελλοντικές προοπτικές

Το κύκλωμα αισθητήρα φωτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις εφαρμογές όπου η παρουσία ή όχι φωτός πρέπει να προκαλέσει την έναρξη ή την παύση μιας διαδικασίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ενεργοποίηση και απενεργοποίηση, βάσει της ύπαρξης ή όχι επαρκούς ηλιακού φωτός, των κυκλωμάτων φωτισμού σε σπίτια (εξωτερικός φωτισμός κήπων, θέσεων στάθμευσης στην πιλοτή κ.ο.κ.), εργοστάσια (φωτισμός εξωτερικών δεξαμενών κ.ά.), δρόμους και κοινόχρηστους χώρους (δημοτικός φωτισμός), όπως επίσης και σε αυτοκίνητα και άλλα μέσα μεταφοράς. Παρόμοια κυκλώματα μπορούν να αξιοποιηθούν για την έναρξη λειτουργίας ενός κινητήρα, ανάλογα με την παρουσία ή την απουσία φωτός, και να χρησιμεύσουν για παράδειγμα στο αυτόματο άνοιγμα και κλείσιμο θυρών με ενεργοποίηση μέσω φωτοκυττάρου κ.ο.κ..

Από τη φύση του, ένα κύκλωμα αισθητήρα φωτός συμβάλλει κυρίως στην αυτοματοποίηση διαδικασιών δοθείσης μιας εξωτερικής συνθήκης, ενώ το χαμηλό κόστος των εξαρτημάτων του καθιστά ιδιαίτερα εύκολη την αξιοποίησή του σε πληθώρα πρακτικών εφαρμογών. Ένα φωτο-ευαίσθητο κύκλωμα θα μπορούσε λοιπόν να χρησιμοποιηθεί με σκοπό την αυτοματοποίηση των διαδικασιών ή/και την εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα ελέγχου κυκλωμάτων φωτισμού και κίνησης, σε περιπτώσεις όπως:

**η ενεργοποίηση – απενεργοποίηση** ή η αύξηση - μείωση φωτεινότητας **φωτιστικών σωμάτων** σε κλειστούς χώρους ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται σε αυτούς. Για παράδειγμα, σε μία αίθουσα διδασκαλίας, η ενεργοποίηση – απενεργοποίηση των λαμπτήρων κατά τις διδακτικές ώρες θα μπορούσε να γίνεται αυτόματα και με ρυθμιζόμενη ένταση ανάλογα

με τη μείωση – αύξηση της ποσότητας του ηλιακού φωτός στην αίθουσα (εξαιτίας ύπαρξης συννεφιάς κ.λπ.),

ο προγραμματισμός **αυτόματης ενεργοποίησης** σκιαδίων – παντζουριών ή άλλων **μηχανισμών σκίασης** κυρίως σε επαγγελματικούς χώρους όπου εκτίθενται προϊόντα τα οποία χρήζουν προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία, όπως για παράδειγμα σε ζαχαροπλαστεία, ανθοπωλεία, κ.λπ.,

**οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες** σχετικά με την έναρξη και παύση **επισκεψιμότητας χώρων** μαζικής προσέλευσης, των οποίων η λειτουργία καθορίζεται από την ανατολή και τη δύση του ήλιου, όπως συμβαίνει για παράδειγμα στον Εθνικό Κήπο. Οι διαδικασίες αυτές θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων ενεργοποίηση φωτεινών ενδείξεων, ηχητικών προειδοποιητικών μηνυμάτων για άνοιγμα–υποδοχή και κλείσιμο-αποχαιρετισμό επισκεπτών, άνοιγμα και κλείσιμο θυρών χώρων κ.λπ.. Έτσι, δε θα χρειαζόταν ωρολογιακός επαναπρογραμματισμός των συγκεκριμένων λειτουργιών λόγω της συνεχούς μεταβολής της διάρκειας της ημέρας, και

τα **συστήματα ασφαλείας**, λειτουργώντας επικουρικά και **ενεργοποιώντας τον συναγερμό** κατά την παρουσία φωτός σε ελεγχόμενους κλειστούς, σκοτεινούς χώρους, όπως στο περιεχόμενο χρηματοκιβωτίων, θυρίδων κ.λπ..

Γενικότερα, τα **κυκλώματα αισθητήρα φωτός** θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε συνδυασμό με πλήθος άλλων **αυτοματισμών** για τη **διεκπεραίωση σύνθετων λειτουργιών** με σκοπό τον **έλεγχο συστημάτων**, όπου αυτό ενδείκνυται βάσει οικονομικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων.

### Συμπεράσματα

Η εργασία ασχολήθηκε με **φωτοευαίσθητες διατάξεις αυτομάτου ελέγχου**, με κυκλώματα δηλαδή που αποτελούνται από στοιχεία τα οποία συνδέονται έτσι ώστε να εκτελείται μία διαδικασία κατά την παρουσία ή απουσία φωτός. Ως εφαρμογή **υλοποιήθηκε και μελετήθηκε** μία **διάταξη ενεργοποίησης λαμπτήρα** κατά την έλλειψη φωτός και αναλύθηκαν τα βασικά στοιχεία και η αρχή λειτουργίας της. Τέλος, έγινε αναφορά στη χρησιμοποίηση και τις **προοπτικές αξιοποίησης** παρόμοιων κυκλωμάτων σε πλήθος εφαρμογών.

### Βιβλιογραφικές αναφορές

Αναστασάκη, Ε., Βλαστού, Ρ., Γαζή, Ε., Κατσούφη, Η., Κώνστα, Α., Νταουκάκη, Δ., Παπαδόπουλου, Κ., Παπαδοπούλου, Θ., Πέογλου, Β., Ράπτη, Ι., Ράπτη, Κ., Στεφανή, Κ., Φωκίτη, Ε., Χριστοδουλίδη, Κ. (1996). Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσικής - Τόμος 2, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, σσ. 130-136.

- Αραμπατζή, Θ., Γαβρόγλου, Κ., Διαλέτη, Δ., Χριστιανίδη, Γ., Κανδεράκη, Ν., Βερνίκου, Σ. (1999). Ιστορία των Επιστημών και της Τεχνολογίας - Στοιχεία από την ιστορία των Μαθηματικών, της Αστρονομίας, της Φυσικής, της Χημείας και της Τεχνολογίας, Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.
- Βιδιαδάκη, Α., Κανελλόπουλου, Χ., Μπινιάρη, Α., Χατζαράκη, Γ. (1999). Ηλεκτρολογία, Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.
- Ζιγκήρη, Κ. (1988). Τεχνολογία Ηλεκτρονικών Εξαρτημάτων & Σχεδίαση – Τεύχος πρώτο, Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.
- Καγκαράκη, Κ. (1986). Μαθήματα στα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά, Αθήνα: Εκδόσεις Σ. Αθανασόπουλου – Σ. Παπαδάμη – Χ. Ζαχαρόπουλου Ο.Ε..
- Καγκαράκη, Κ. (1995). Ημιαγωγοί – Θεωρίες, Υλικά και Τεχνολογίες, Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.
- Μανιά, Σ.Ν. (2013). Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά, Αθήνα: Εκδόσεις Συμεών.
- Παπακωνσταντίνου, Χ., (1986). Ηλεκτρονικές Κατασκευές, Αθήνα: Εκδόσεις «ΙΩΝ».
- Παρασκευόπουλου, Π.Ν. (1986). Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
- Dance, J. B. (1969). Photoelectronic Devices, Hungary: ILIFFE Books Ltd.
- Millman, J., Χαλκιά, Χ., (2000). Ωλοκληρωμένη Ηλεκτρονική – Τόμος Α', Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.