

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Στην εργασία αυτή μετρώνται η απόκριση στο φωτισμό ενός φωτοτρανζίστορ πυριτίου και τα πολικά της χαρακτηριστικά. Διερευνώνται οι τρόποι χρήσης αυτής της συσκευής.

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Περιγραφή	Ποσότητα
Μονάδα οργάνων TK2941A	1
Διάταξη γραμμικής κίνησης μετατροπών TK294	1
Βάση λαμπτήρα	1
Κιτ μετατροπών φωτός TK294	1
Τροφοδοτικό, ± 15 V dc	1
Πολύμετρα	2

ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

- 28.1 Τα Χαρακτηριστικά του Φωτο-Τρανζίστορ
- 28.2 Η Ευθεία Φορτίου του Φωτο- Τρανζίστορ
- 28.3 Τα Πολικά Χαρακτηριστικά του Φωτο-Τρανζίστορ

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Να παρατηρούμε την επίδραση του προσπίπτοντος φωτός στην συμπεριφορά ενός φωτοτρανζίστορ.
- Να μετρήσουμε την απόκριση του φωτοτρανζίστορ στο φωτισμό και τα πολικά της χαρακτηριστικά.
- Να συγκρίνουμε τη συμπεριφορά ενός φωτοτρανζίστορ με αυτή ενός διπολικού τρανζίστορ.

ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

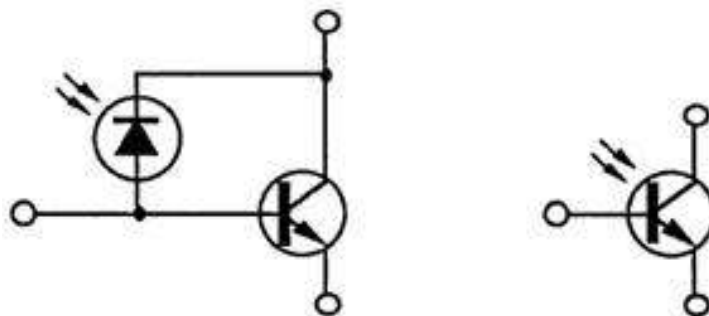
Πριν αρχίσετε την εκτέλεση αυτής της εργασίας θα πρέπει:

- Να έχετε κατανοήσει τη βασική θεωρία και τη λειτουργία των ημιαγωγικών συσκευών.
- Να έχετε κατανοήσει τις βασικές θεωρίες που αφορούν στη φύση του φωτός.

Να έχετε κατανοήσει τη λειτουργία ενός τελεστικού ενισχυτή. Να είστε εξοικειωμένοι με τη χρήση του κιτ Οπτικών Μετατροπών και τη Διάταξη Γραμμικής Κίνησης Μετατροπών. Κατά προτίμηση, να έχετε εκτελέσει την Εργασία 26, 'Η Ημιαγώγιμη Φωτοδίοδος'.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φωτοτρανζίστορ (phototransistors) συνδυάζουν τη δυνατότητα ανίχνευσης του φωτός και ενίσχυσης του σήματος σε μια συσκευή. Μοιάζουν με τα συμβατικά διπολικά τρανζίστορ (bipolar junction transistors, BJT), εκτός από το ότι μέρος του εξαρτήματος εκτίθεται στο φως μέσω ενός παραθύρου ή ενός φακού. Αυτή η διάταξη ισοδυναμεί με ένα συνηθισμένο τρανζίστορ με μια φωτοδιόδο συνδεδεμένη μεταξύ συλλέκτη και βάσης, όπως απεικονίζεται στην Εικ. 6.28.1, μαζί με το συνηθισμένο σύμβολο του φωτοτρανζίστορ.



Εικ. 6.28.1

Όταν μια ανάστροφα πολωμένη φωτοδιόδος φωτιστεί, τα φωτόνια του φωτός παράγει επιπλέον ανάστροφο ρεύμα του οποίου η ένταση είναι ανάλογη του φωτισμού. Σε κανονική λειτουργία, η επαφή συλλέκτη-βάσης ενός φωτοτρανζίστορ είναι ανάστροφα πολωμένη και αυτό προκαλεί το φωτορεύμα. Το φωτορεύμα αυτό διέρχεται στην περιοχή της βάσης, όπως, για παράδειγμα, ένα κανονικό τρανζίστορ παίρνει το ρεύμα βάσης από το κύκλωμα πόλωσης του. Το ρεύμα αυτό, τότε, ενισχύεται από την κανονική λειτουργία του τρανζίστορ.

Στη συνδεσμολογία κοινού εκπομπού (common emitter, CE), το ρεύμα του κυκλώματος εξόδου δίνεται από τη σχέση:

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B + h_{OE} \cdot V_{CE}$$

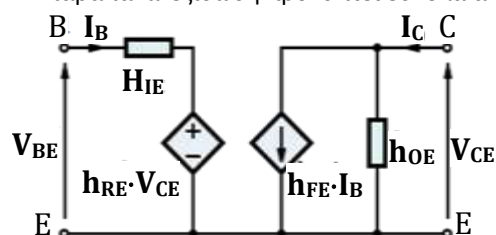
όπου: h_{FE} είναι η dc ενίσχυση ρεύματος ($h_{FE} = \beta_{dc}$) και
 h_{OE} είναι η αντίσταση εξόδου του τρανζίστορ¹

Τώρα, επειδή ο όρος $h_{OE} \cdot V_{CE}$ είναι πολύ μικρός, παίρνουμε

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B$$

Σε ένα φωτοτρανζίστορ, η επαφή βάσης-συλλέκτη είναι ανάστροφα πολωμένη και προκαλεί ένα ρεύμα βάσης ανάλογο του φωτισμού. Επομένως, θα περιμέναμε το I_C να μεταβάλλεται γραμμικά με το p (φωτισμό) και να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα της φωτοδιόδου κατά τον παράγοντα h_{FE} .

¹ Η παραπάνω εξίσωση προκύπτει εύκολα από το κύκλωμα εξόδου του τρανζίστορ στο μοντέλο των παραμέτρων h .



(βλ., http://en.wikipedia.org/wiki/Bipolar_junction_transistor)

$$I_C = h_{FE} \cdot p \cdot I_B$$

Αυτό υποθέτει ότι το τρανζίστορ άγει συνεχώς (δεν φτάνει στην κατάσταση αποκοπής). Θα μελετήσουμε γραφικά την επίδραση των διαφορετικών αντιστάσεων φορτίου.

Πρώτα, θα σχεδιάσουμε τις τυπικές χαρακτηριστικές καμπύλες εξόδου του τρανζίστορ για διάφορες τιμές φωτισμού. Αν και, όπως έχουμε αναφέρει στην Εργασία 24 και, όπως θα δείτε, ο περιβάλλον φωτισμός ελάχιστα επηρεάζει τις μετρήσεις, φροντίστε να μην τοποθετείτε το μετατροπέα σας απέναντι στο φως από το παράθυρο ή άλλη πηγή φωτός, καθώς το υπερβολικό φως μπορεί να οδηγήσει σε κορεσμό τις ενδείξεις. Ο φακός του φωτοτρανζίστορ βοηθάει να μειώνουμε τις επιπτώσεις από το διάχυτο φως του χώρου.

ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 28.1

Τα Χαρακτηριστικά του Φωτο-Τρανζίστορ

Στερεώστε τη βάση του λαμπτήρα στη διάταξη γραμμικής κίνησης του μετατροπέα και συνδέστε τα δύο καλώδια από το λαμπτήρα στις υποδοχές 0 V και +15V. Τοποθετήστε το κουτί των οπτικών μετατροπέων στην ομάδα οπών της διάταξης γραμμικής κίνησης που είναι πλησιέστερα στον λαμπτήρα, με το άνοιγμα μπροστά από τον μετατροπέα να αντικρίζει το λαμπτήρα. Βεβαιωθείτε ότι το γυαλί απορρόφησης της UV ακτινοβολίας έχει απομακρυνθεί από το εσωτερικό του κουτιού.

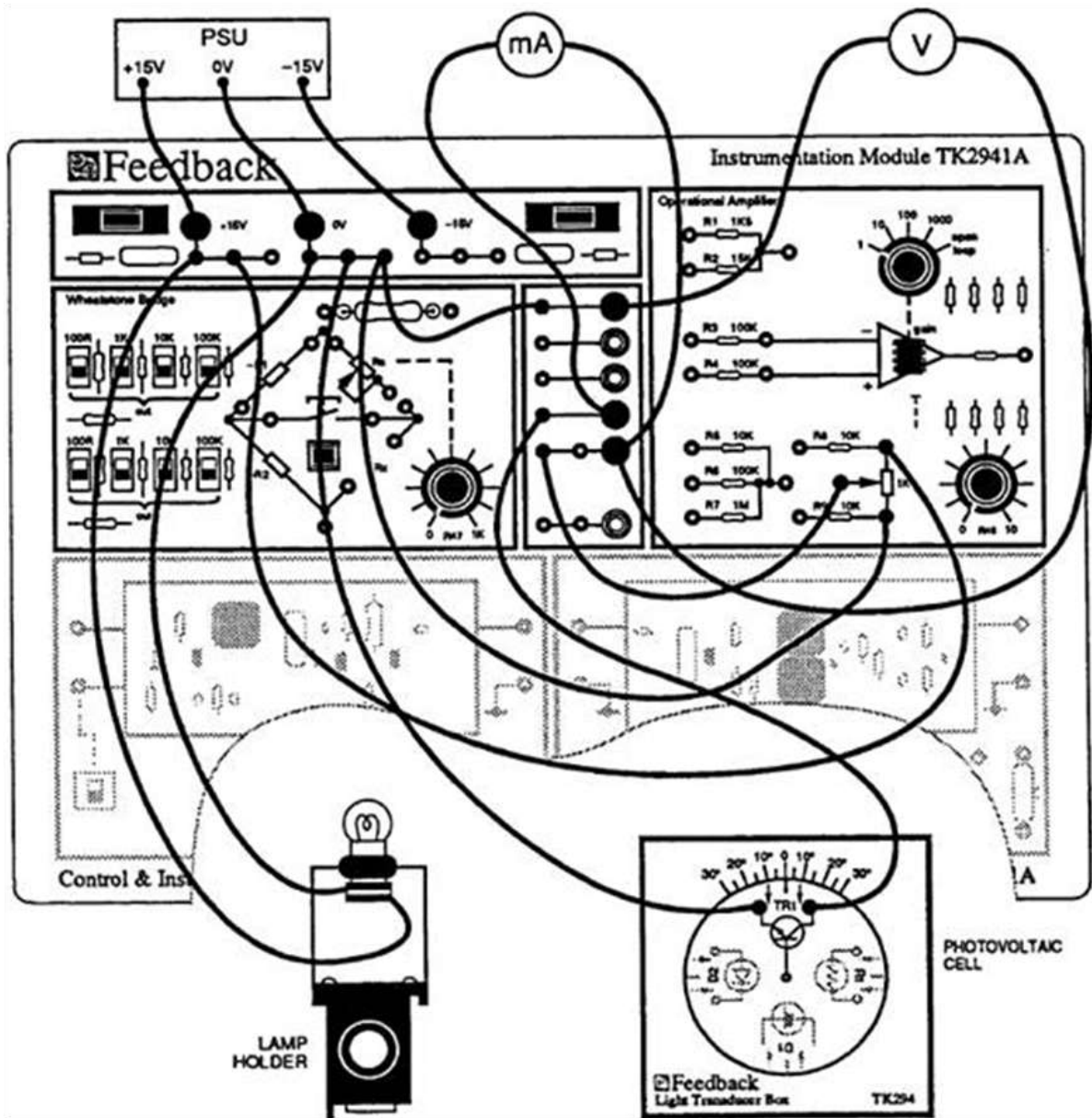
Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα της Εικ. 6.28.2 με το φωτοτρανζίστορ ακριβώς πίσω από το άνοιγμα του κουτιού μετατροπέων φωτός (φωτο-transistor τοποθετημένο ακριβώς στην θέση 0°). Μη συνδέσετε ακόμα τον ακροδέκτη της βάσης του φωτοτρανζίστορ. Τοποθετήστε τη βάση του λαμπτήρα στη θέση που αντιστοιχεί στο 100% του σχετικού φωτισμού, χρησιμοποιώντας σαν αναφορά τον πίνακα της Εργασίας 24.

Ελέγξτε ότι η μεταβλητή dc τάση είναι ελάχιστη, με τον περιστροφικό διακόπτη του ποτενσιομέτρου στον Τελεστικό Ενισχυτή στη θέση 0 και ανοίξτε το τροφοδοτικό. Η λάμπα πρέπει να φωτοβολήσει.

Αργά, αυξήστε τη μεταβλητή dc τάση. Το όργανο πρέπει να δείχνει ένα ρεύμα. Όταν η ένδειξη γίνει μεταξύ 8 και 10 mA, σταματήστε. Τώρα, περιστρέψτε το επάνω μέρος στο κουτί των μετατροπέων φωτός (Light Transducer Box TK294) έτσι ώστε η ένδειξη του μιλιαμπερόμετρου σας να γίνει μέγιστη. Ίσως χρειαστεί να ρυθμίσετε τη μεταβλητή dc τάση τροφοδοσίας αν, αρχικά, ήσασταν μακριά. Με αυτόν τον τρόπο θα εξασφαλίσετε ότι το φως πέφτει κάθετα στο μετατροπέα και ότι έχουμε μέγιστη ευαισθησία. Μην αλλάξετε αυτήν τη ρύθμιση κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Γυρίστε τη dc τάση του τροφοδοτικού στο μηδέν και ανατρέξτε στον πίνακα της Εικ. 6.28.3. Ρυθμίστε τη μεταβλητή dc τάση στα βήματα που δείχνονται στον πίνακα και, σε κάθε βήμα, καταγράψτε την τιμή του ρεύματος. Μετακινήστε τον λαμπτήρα προς τα πίσω, ώστε να μεταβάλλετε το φωτισμό πάνω στο μετατροπέα, σύμφωνα με τον πίνακα αποστάσεων που δίνεται στην Εργασία 24. Για κάθε τιμή φωτισμού, 80%, 60%, 40%, 25%, και 10%, επαναλάβετε τις παραπάνω μετρήσεις και καταγράψτε τις τιμές στις υπόλοιπες στήλες του πίνακα σας.

Αν κάνετε το πείραμα στο φως της μέρας, πάρτε τις μετρήσεις σας όσο το δυνατόν γρηγορότερα, στην περίπτωση που το φως της ημέρας μεταβάλλεται. Επίσης, κρατάτε τα χέρια σας μακριά από τη διάταξη, όταν παίρνετε τη μέτρηση, έτσι ώστε να αποφύγετε ανεπιθύμητες ανακλάσεις προς το μετατροπέα.



Εκ. 6.28.2

Τάση Πόλωσης (V)	Ρεύμα (mA) για τις τιμές Σχετικού Φωτισμού						
	Σχετικός Φωτισμός (%)	100	80	60	40	25	10
	Κλίμακα Θέσης (mm)	90.0	84.0	75.5	61.0	40.0	32.0 (θέση οπής 1)
0.0							
0.1							
0.2							
0.3							
0.4							
0.5							
1							
2							
5							
10							
12							
14							

Εικ. 6.28.3 Χαρακτηριστικά φωτοτρανζίστορ

Άσκηση 28.1 Σχεδιάστε τις γραφικές παραστάσεις του ρεύματος ως προς την τάση τροφοδοσίας, η οποία, σ'αυτήν την περίπτωση, είναι η τάση συλλέκτη-εκπομπού, V_{CE} , στα άκρα του τρανζίστορ. Ονομάστε κάθε καμπύλη με την τιμή του σχετικού φωτισμού στον οποίο αντιστοιχεί.

Ερώτηση 28.1 Μοιάζουν οι γραφικές παραστάσεις με τις χαρακτηριστικές καμπύλες εξόδου ενός κανονικού τρανζίστορ; Επιβεβαιώνουν τη θεωρία ότι τα φωτόνια προκαλούν ένα φαινόμενο αντίστοιχο του ρεύματος της βάσης;

Ερώτηση 28.2 Τι μπορείτε να πείτε για τη μεταβολή του ρεύματος συλλέκτη, εάν η ένταση του φωτός κρατιέται ταθερή και μεταβάλλεται η τάση συλλέκτη-εκπομπού; Ποιά παράμετρος του φωτοτρανζίστορ χρησιμοποιείται για να το περιγράψει; Είναι η ίδια για όλες τις τιμές φωτισμού;

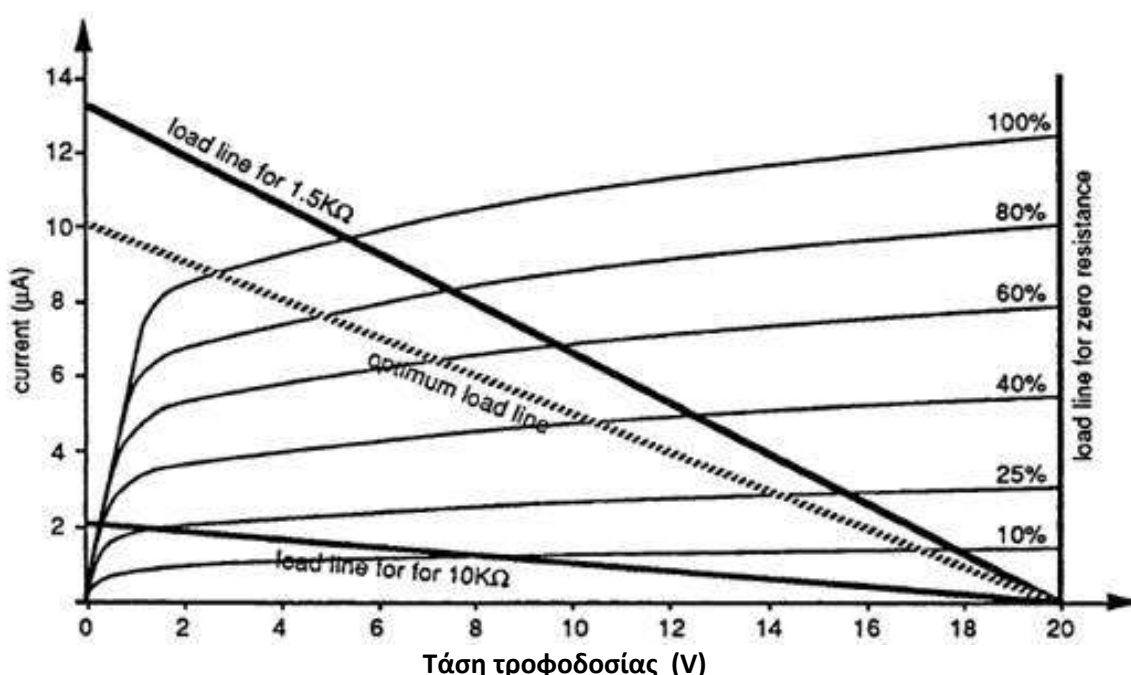
Πριν μελετήσουμε την ακριβή μεταβολή του ρεύματος συλλέκτη με τον φωτισμό, πρέπει να εξετάσουμε την αντίσταση φορτίου.

Για τις καμπύλες του ρεύματος, που έχετε σχεδιάσετε ακριβώς παραπάνω, το φωτοτρανζίστορ λειτουργεί ουσιαστικά σε ένα βραχυκύκλωμα. Αυτό σημαίνει ότι, αν η τάση τροφοδοσίας σας ήταν 10 V, όλη αυτή η τάση εμφανιζόταν μεταξύ του συλλέκτη και του εκπομπού του μετατροπέα μας για κάθε τιμή φωτισμού. Αυτό επέτρεπε στο ρεύμα να διαρρέει το συλλέκτη και αυτό το ρεύμα δεν μειωνόταν με την τάση. Αυτό

μπορεί να απεικονιστεί, στη γραφική μας παράσταση, με μια κατακόρυφη γραμμή φορτίου (load line for zero resistance), όπως δείχνεται στην Εικ. 6.28.4.

Η άλλη οριακή κατάσταση είναι με το κύκλωμα του συλλέκτη ανοικτό. Καθόλου ρεύμα δεν διαρρέει το συλλέκτη.

Μεταξύ των δυο αυτών οριακών συνθηκών, εάν έχουμε μια πεπερασμένη αντίσταση στο κύκλωμα του συλλέκτη, καθώς το ρεύμα συλλέκτη αυξάνεται, η πτώση τάσης στην αντίσταση φορτίου θα αυξάνεται και αυτό θα μειώνει την τάση V_{CE} του φωτοτρανζίστορ. Στην οριακή περίπτωση, που το φωτοτρανζίστορ είναι στο σκοτάδι, έχουμε όλη την τάση στα άκρα του φωτοτρανζίστορ και καθόλου ρεύμα να ρέει. (Αυτό, βέβαια, δεν είναι αυστηρά σωστό, καθώς, στην πραγματικότητα, ένα μικρό ρεύμα διαρροής ρέει στο σκοτάδι, λόγω θερμικών διεγέρσεων, αλλά, αυτό είναι τόσο μικρό που μπορεί να αγνοηθεί). Αυτή η κατάσταση μπορεί να περιγραφεί στις γραφικές σας παραστάσεις σαν μια ευθεία γραμμή της οποίας η κλίση προσδιορίζεται από την αντίσταση φορτίου. Αυτό, επίσης, δείχνεται στην Εικ. 6.28.4.



Εικ. 6.28.4 Ευθείες φορτίου (load lines) για ένα φωτοτρανζίστορ

Θα πρέπει να μπορείτε να δείτε ότι, αν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε, σαν έξοδο του μετατροπέα, τη μεταβολή της τάσης με το φωτισμό, τότε, για να αποφύγουμε παραμόρφωση, πρέπει να κρατήσουμε τη γραμμή φορτίου πάνω από το σημείο καμπτής της καμπύλης, ούτως ώστε το τρανζίστορ να μην αποκόπτει ποτέ.

Για να πάρουμε τη μέγιστη ισχύ εξόδου από το φωτοτρανζίστορ, θα πρέπει να υπάρχει μια βέλτιστη τιμή της αντίστασης φορτίου η οποία να μας δίνει τη μέγιστη διακύμανση της τάσης για τη μέγιστη διακύμανση του ρεύματος.

Ερώτηση 28.3 Θα μεταβάλλεται αυτή η βέλτιστη τιμή με το επίπεδο φωτισμού και για την τάση τροφοδοσίας;

Άσκηση 28.2 Σημειώστε πάνω στο γράφημα την βέλτιστη ευθεία φόρτου για την μέγιστη τιμή σχετικής φωτεινότητας 100% και υπολογίστε την αντίσταση φορτίου. Σχεδιάστε την ευθεία φόρτου για τιμή αντίστασης φορτίου 750Ω.

Ερώτηση 28.4 Αν μεταβάλλετε το φωτισμό από 10% σε 100% με τάση τροφοδοσίας 14V, για ποιιά(-ές) τιμή(-ές) της αντίστασης φορτίου θα έχουμε πολύ παραμόρφωση στην έξοδο;

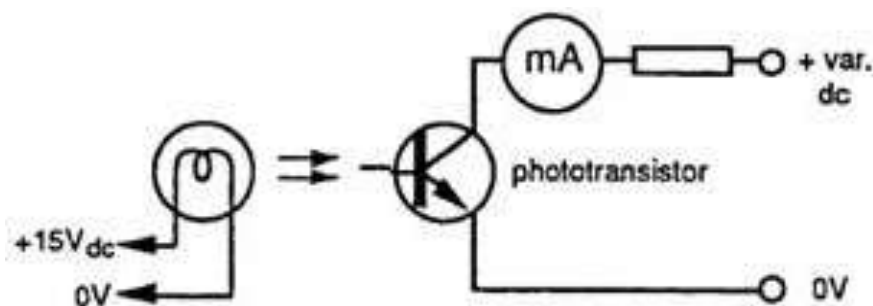
Ας δούμε αν έχετε δίκιο

ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 28.2

Η Ευθεία Φορτίου του Φωτο-transistor

Αρχικά αφήστε την συνδεσμολογία 6.27.2 με το μιλλι-αμπερόμετρο στο κύκλωμα του συλλέκτη αυτό αντιστοιχεί σε μηδενική αντίσταση φορτίου. Μετακινήστε τον λαμπτήρα στην θέση μέγιστης φωτεινότητας στο 100%, ρυθμίστε την μεταβλητή τάση του τροφοδοτικού στα 14V, περιστρέψτε τον οπτικό αισθητήρα για την μέγιστη τιμή στο μιλλι-αμπερόμετρο. Πρέπει να βρούμε τιμή παρόμοια με την προηγούμενη άσκηση 27.1 χωρίς να επηρεάζετε από τον περιβάλλον φωτισμό, μην μεταβάλετε πια την τάση του τροφοδοτικού. Πάρτε τις μετρήσεις από το όργανο και καταγράψτε τα στο πίνακα σχήμα 6.27.7.

Κλείστε τον διακόπτη τροφοδοσίας και συνδέστε στο συλλέκτη την αντίσταση φορτίου όπως απεικονίζεται στο σχήμα 6.27.5. Επιλέξτε αρχικά την αντίσταση 1,5KΩ η συνδεσμολογία τώρα γίνεται όπως το σχήμα 6.27.6. Ελέγξτε και ρυθμίστε την τροφοδοσία στα 14V, καταγράψτε τις μετρήσεις στον πίνακα.



Εικ. 6.28.5

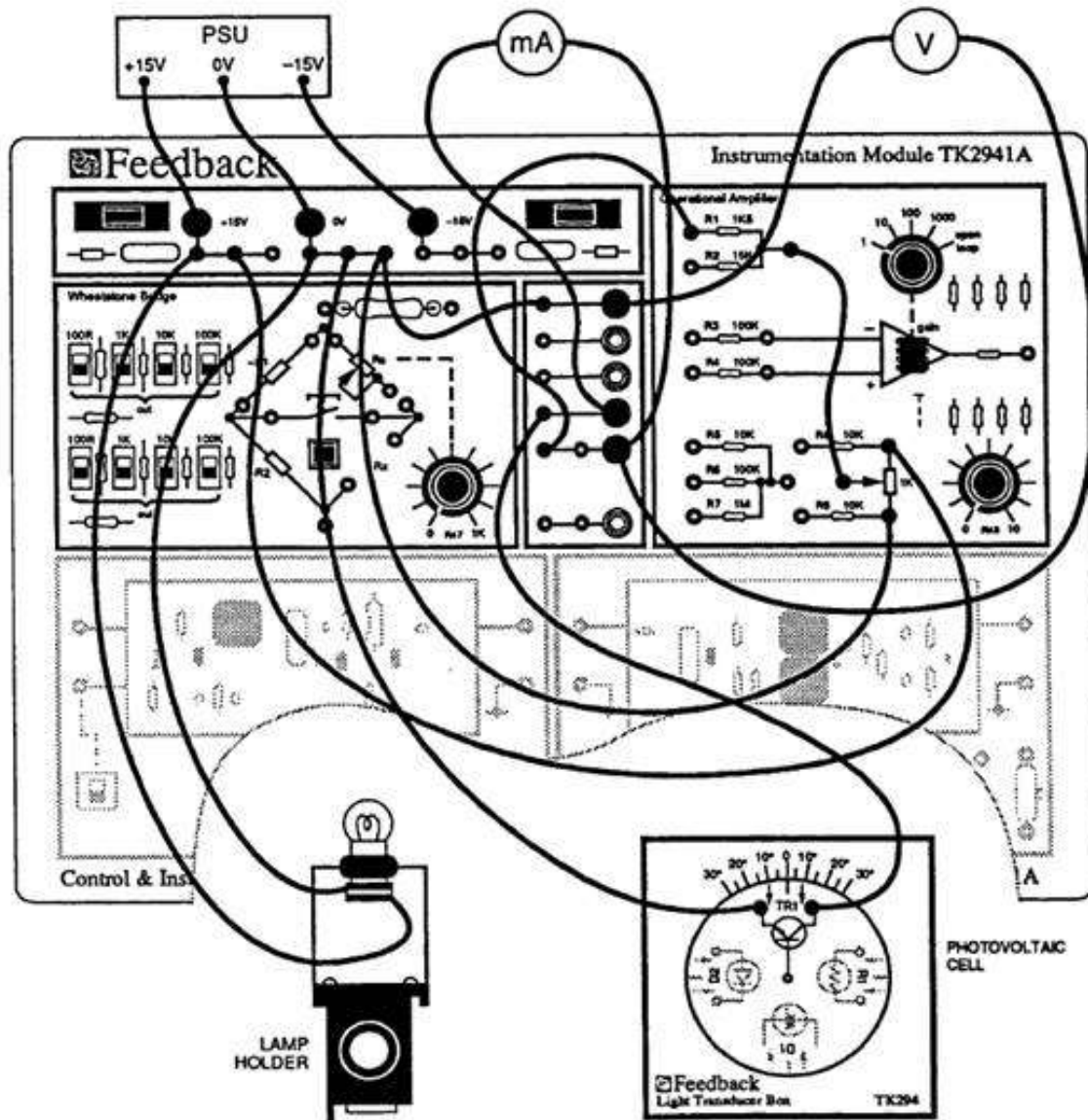
Αντικαταστήστε την αντίσταση 1,5KΩ με αντίσταση 10KΩ, επαναλάβετε το πείραμα και τις μετρήσεις για την νέα αντίσταση φορτίου.

Άσκηση 27.3 Σχεδιάστε το γράφημα του ρεύματος με την σχετική φωτεινότητα για τις τρεις περιπτώσεις, σημειώνοντας για ποια αντίσταση φορτίου αναφέρεται και σε ποια τάση τροφοδοσίας.

Ερώτηση 27.5 Γιατί το γράφημα με την αντίσταση φορτίου 10KΩ είναι επίπεδο για μεγάλες τιμές φωτισμού; Γιατί υπάρχει όριο στο ρεύμα φορτίου;

Άσκηση 27.4 Για το γράφημα μηδενικής αντίστασης φορτίου και 1,5KΩ σχεδιάστε την καλύτερη δυνατή ευθεία. Υπολογίστε την γραμμικότητα επί τοις εκατό εκφρασμένη για την μέγιστη απόκλιση από την ευθεία που χαράξατε.

Άσκηση 27.5 Υπολογίστε την ισχύ κατανάλωσης στην αντίσταση φορτίου για την τιμή 100% σχετικής φωτεινότητας για τις τρεις περιπτώσεις. Χρησιμοποιείτε τον τύπο $P=I^2 \cdot R$ για τον υπολογισμό.



Εικ. 6.28.6

Ερώτηση 27.6 Ποιο είναι το πιο αποτελεσματικό φορτίο;

Σχετική Φωτεινότητα (%)	Κλίμακα (mm)	Ρεύμα (mA) για τιμές της αντίστασης φορτίου με τάση τροφοδοσίας 14V		
		0	1.5 kΩ	10 kΩ
100				
90				
80				
70				
60				
50				
40				
30				
25				
20				
10				
0				

Σχήμα 6.28.7 Χαρακτηριστικά φωτισμού του φωτοτρανζίστορ

ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 28.3**Τα Πολικά Χαρακτηριστικά του Φωτο-Τρανζίστορ**

Ξανά κάνετε την συνδεσμολογία του σχήματος 6.28.2 με μηδενική αντίσταση φορτίου. Τοποθετήστε τον λαμπτήρα φωτισμού στην θέση που αντιστοιχεί στο 100% της Σχετικής φωτεινότητας. Αργά μεταβάλλετε την τάση του τροφοδοτικού ώστε να έχουμε ένδειξη 8mA. Περιστρέψτε τον κιτ οπτικών αισθητήρων ώστε να αυξηθεί η ένδειξη προς το 10mA. Στην συνέχεια του πειράματος μην μεταβάλλετε την θέση του και την τάση τροφοδοσίας. Τώρα θέσατε γωνία 30° ACW και καταγράψτε τις τιμές του ρεύματος και της τάσης στα όργανα διαδοχικά για τις γωνίες που περιγράφει ο πίνακας.

Άσκηση 28.6 Χαράξτε το γράφημα μεταξύ του ρεύματος και της γωνίας σημειώστε την τάση τροφοδοσίας.

Ερώτηση 28.7 Μεταξύ ποιων γωνιών το εξάρτημα είναι πιο χρήσιμο;

Ερώτηση 28.8 Ποιος ο ρόλος του φακού στον αισθητήρα;

Γωνία σε μοίρες	Τάση εξόδου μετατροπέα (mV)
30 ACW	
25	
20	
15	
10	
5	
0	
5 CW	
10	
15	
20	
25	
30	

Σχήμα 6.28.8 Πολική απόκριση του Φωτοτρανζίστορ

Ερώτηση 28.9 Γιατί η επίδραση του περιβάλλοντος φωτισμού δεν επιδρά στην λειτουργία του μετατροπέα;

Η φασματική απόκριση του αισθητήρα είναι στην περιοχή των 800nm κοντά στην περιοχή του υπέρυθρου.

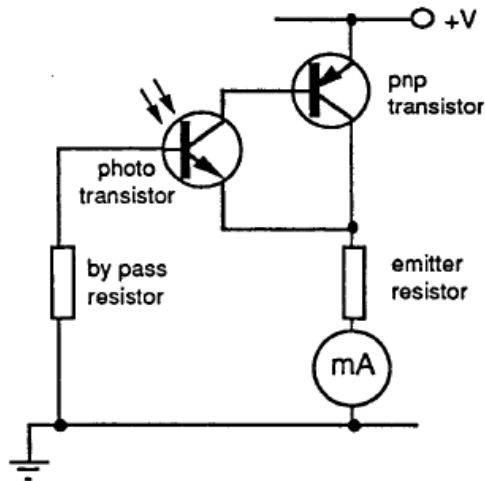
Ερώτηση 28.10 Από τα αποτελέσματα που έχετε πάει μπορείτε να προτείνετε ορισμένες εφαρμογές του φωτοτρανζίστορ;

Ερώτηση 28.11 Περιγράψτε τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του φωτοτρανζίστορ.

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ

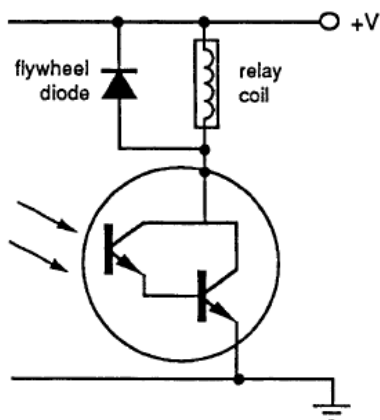
Παρατηρώντας τις καμπύλες που χαράξατε για το φωτο-transistor είναι παρόμοιες με το κανονικό διπολικό transistor όπως απεικονίζονται στο σχήμα 6.27.11. Κάτω από συνθήκες πλήρους σκότους διαρρέεται από ένα πολύ μικρό ρεύμα αυτό είναι μειονέκτημα του αφού ενισχύεται κατά h_{FE} φορές. Το ρεύμα από τα φωτόνια που προσπίπτουν αντιστοιχεί στο ρεύμα βάσης ενός κανονικού διπολικού transistor. Εάν την στάθμη φωτισμού την κρατήσουμε σταθερή και μεταβάλλουμε την τάση τροφοδοσίας τότε ελάχιστα μεταβάλλεται το ρεύμα συλλέκτη επειδή η χαρακτηριστική είναι σχεδόν οριζόντια. Αυτό δηλώνει την υψηλή αντίσταση εξόδου του φωτο-transistor που εξαρτάται από τον φωτισμό. Για υψηλές τιμές φωτισμού μπορούμε να έχουμε μικρή τιμή αντίστασης φορτίου. Από τα γραφήματα και τις πρακτικές εφαρμογές αντιστάσεις φορτίου με τιμές γύρω στα 10KΩ είναι ένας καλός συμβιβασμός μεταξύ γραμμικότητας και

ρεύματος εξόδου. Αν στην εφαρμογή του φωτο-transistor έχουμε αρκετό φωτισμό μπορούμε να επιλέξουμε μικρότερη τιμή αντίστασης ενώ για μικρή στάθμη φωτισμού (σχεδόν σκότος) μπορούμε να βάλουμε μεγαλύτερη τιμή αντίστασης φορτίου. Με το μιλλι-αμπερόμετρο στο κλάδο του συλλέκτη μπορούμε να μετράμε την ένταση φωτισμού. Το κύκλωμα γίνεται λίγο πιο σύνθετο με την χρήση ενός διπολικού transistor για την ενίσχυση του ρεύματος από το φωτο-transistor και την οδήγηση του οργάνου μέτρησης (σχήμα 6.27.9).



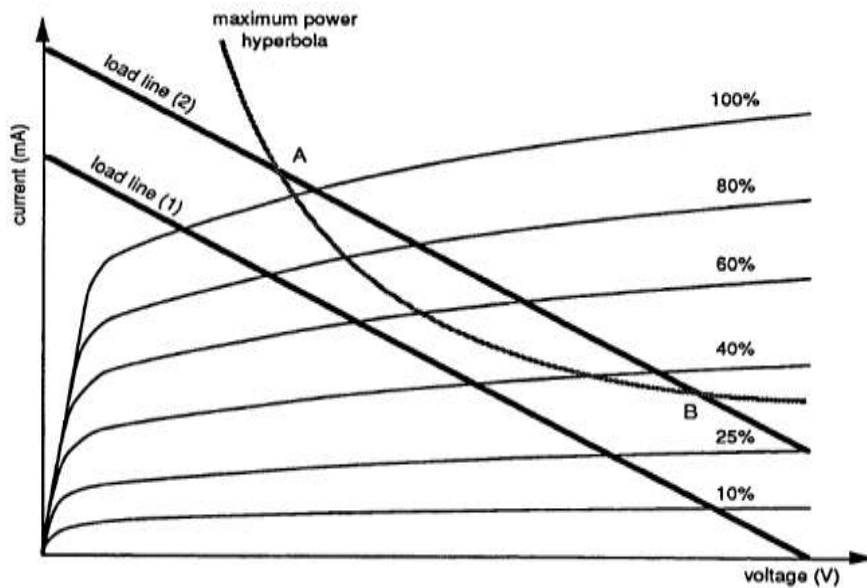
Σχήμα 6.28.9: Γραμμικό όργανο μέτρησης φωτισμού.

Μια τεχνική που αυξάνει την ευαισθησία ενός φωτο-transistor είναι το φωτο-transistor Darlington όπου το συνολικό $h_{FE} = h_{FE1} \cdot h_{FE2}$. Επιπλέον έχει την δυνατότητα οδήγησης μικρών αντιστάσεων φορτίου όπως είναι το πηνίο ενός ηλεκτρονόμου. Η διάδος ελευθέρων ροής που τοποθετείται παράλληλα με το πηνίο έχει σκοπό να εξαλείφει την δράση της αυτεπαγωγής στα μεταβατικά φαινόμενα (σχήμα 6.27.10).



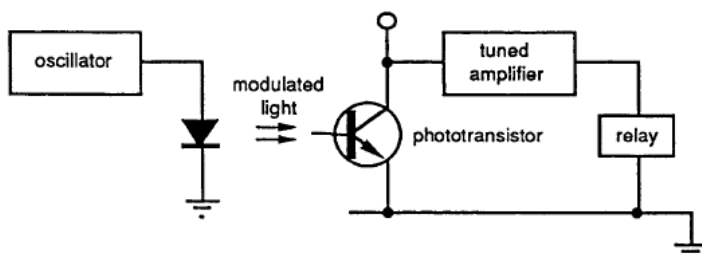
Σχήμα 6.28.10: φωτο-transistor Darlington.

Εκτός από την χρήση του φωτο-transistor στα αναλογικά κυκλώματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν διακόπτης στα ψηφιακά κυκλώματα. Σε αυτά τα κυκλώματα δεν ενδιαφερόμαστε για την αντίσταση φορτίου του φωτο-transistor αλλά για την λειτουργία "ON" – "OFF". Μερικές ψηφιακές εφαρμογές του είναι ανάγνωση καρτών σε H/Y, έλεγχος μηχανών, συστήματα συναγερμού, ηλεκτρονικές κλειδαριές, οπτικοί απομονωτές, κυκλώματα ασφάλειας βιομηχανικών χώρων, κωδικοποιητές θέσης και ταχύτητας. Η χαρακτηριστική του περιγράφεται στο σχήμα 6.27.11.



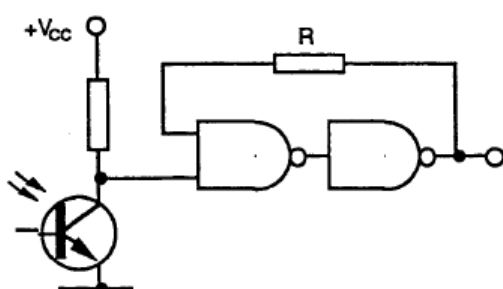
Σχήμα 6.28.11

Για κανονική αντίσταση φορτίου (1) αυτή βρίσκεται κάτω από την μέγιστη ισχύ κατανάλωσης του φωτο-transistor. Στην περίπτωση αύξησης της τάσης τροφοδοσίας αυτή η ευθεία φόρτου μετακινείται (2) προς την μέγιστη ισχύ κατανάλωσης με αποτέλεσμα την άμεση καταστροφή του αισθητήρα. Εάν μια δέσμη φωτός διαμορφωθεί από έναν κωδικό, λαμβάνεται από την άλλη πλευρά από ένα φωτο-transistor και ένα κατάλληλο κύκλωμα αποκωδικοποιεί και οδηγεί με την σειρά του έναν ηλεκτρονόμο. Ένα τέτοιο κύκλωμα παρουσιάζεται στο σχήμα 6.27.12.



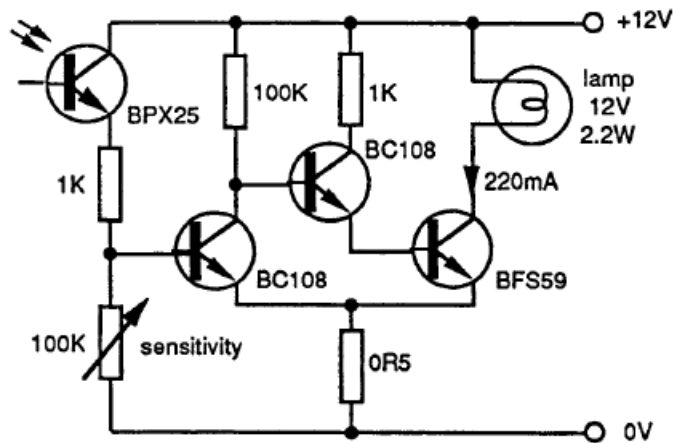
Σχήμα 6.28.12

Διαμόρφωση φωτός χρησιμοποιούμε και σε συστήματα τηλεπικοινωνιών που μας δίδουν το πλεονέκτημα της ασφάλειας μετάδοσης δεδομένων και αυτό γιατί πρέπει να γνωρίζει την μέθοδο κωδικοποίησης. Σε ψηφιακές εφαρμογές χρησιμοποιείτε είτε με ενισχυτή είτε με κυκλώματα trigger (συγκριτική κατωφλίων) ή με πύλες TTL όπως στο σχήμα 6.27.13. Οι πύλες με την αντίσταση δημιουργούν ένα κύκλωμα trigger εισάγοντας μια υστέρηση για να έχουμε μεταβολή των καταστάσεων στην έξοδο.



Σχήμα 6.28.13

Τέλος παρουσιάζουμε ένα κύκλωμα αυτόματου φωτισμού παρκαρίσματος για αυτοκίνητο. Το φωτο-transistor ανιχνεύει φως και αφού οδηγήσει τα transistor BC108 που δημιουργούν ένα κύκλωμα σύγκρισης κατωφλίων (με υστέρηση) οδηγούν transistor ισχύος που ελέγχει λάμπα 2,2W, 12V.



Σχήμα 6.28.14