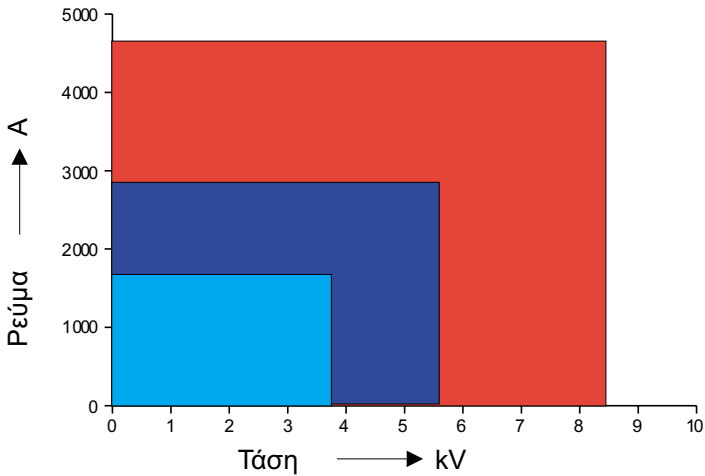


8.1. Εισαγωγή

Ο έλεγχος της λειτουργίας των κυκλωμάτων ισχύος αποτελεί για τα ηλεκτρονικά έναν τομέα μεγάλης σημασίας. Σε αυτήν την κατηγορία εφαρμογών χρησιμοποιούνται συχνά ορισμένες σειρές διόδων, διπολικών τρανζίστορ, και τρανζίστορ MOSFET. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιασθούν η δομή και τα χαρακτηριστικά της ευρύτερα χρησιμοποιούμενης σειράς ημιαγωγικών εξαρτημάτων ισχύος, αυτών της οικογένειας θυρίστορ (thyristor). Η συγκριτική μελέτη και αξιολόγηση των διαφορετικών εξαρτημάτων ισχύος γίνεται με βάση ορισμένες επιθυμητές ιδιότητες. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 8.1, για τη σύγκριση των τρανζίστορ ισχύος και των θυρίστορ επιλέγονται σαν βασικά κριτήρια:

- α. οι μέγιστες τιμές τάσης και ρεύματος (καθορίζουν τη μέγιστη ισχύ λειτουργίας) καθώς και
- β. η περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας (καθορίζει την μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας).

Τα συμπεράσματα του διαγράμματος για τις τρεις οικογένειες εξαρτημάτων ισχύος παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 8.1.



Θυρίστορ. Περιοχή συχνοτήτων: 0...2 kHz

Διπολικά τρανζίστορ. Περιοχή συχνοτήτων: 0...300 kHz

Τρανζίστορ MOSFET. Περιοχή συχνοτήτων: 0...2MHz

Σχήμα 8.1 Περιοχές λειτουργίας των κυριότερων οικογενειών ημιαγωγικών εξαρτημάτων ισχύος

Κατηγορία εξαρτήματος	Ισχύς	Ταχύτητα λειτουργίας
Διπολικά τρανζίστορ	Μέση	Μέση
Τρανζίστορ MOSFET	Χαμηλή	Υψηλή
Θυρίστορ	Υψηλή	Μέση

Πίνακας 8.1

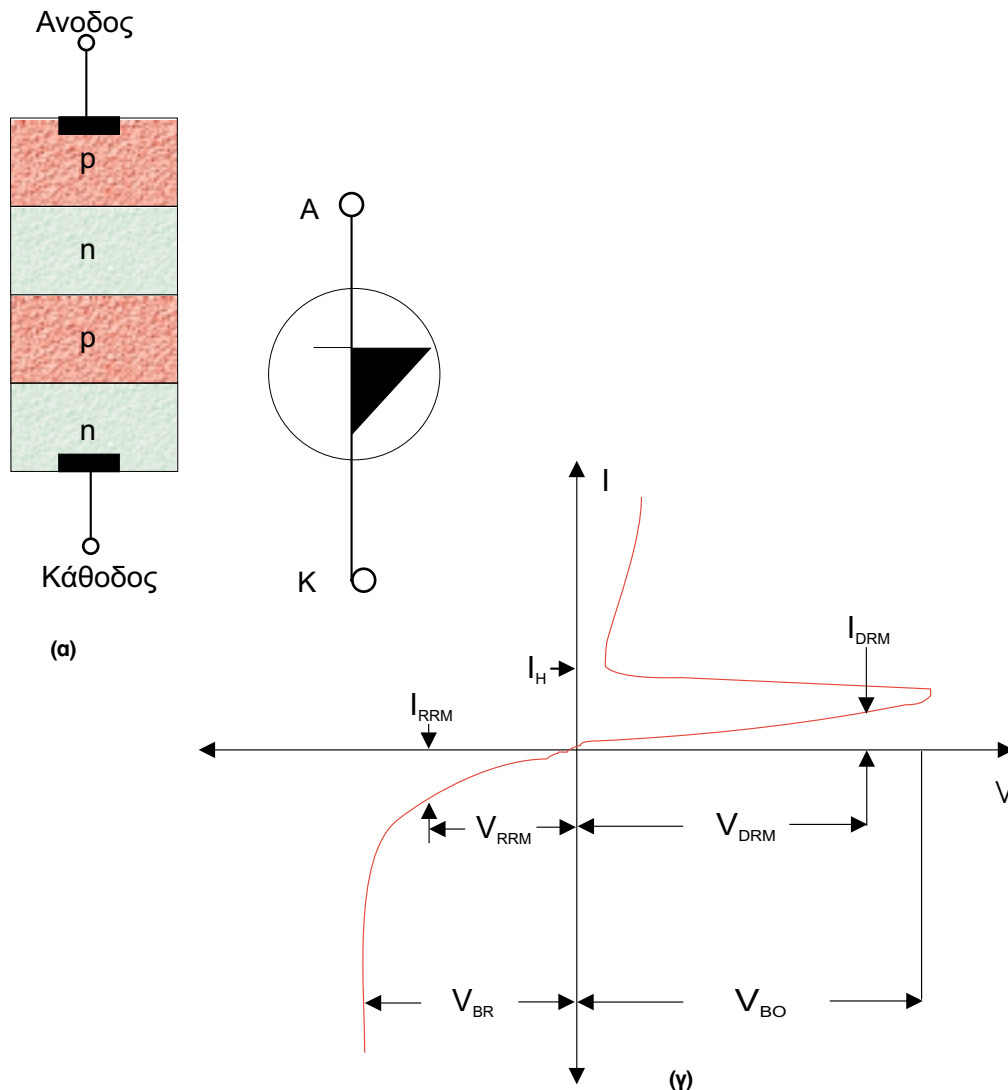
Για την περιγραφή των χαρακτηριστικών μεγεθών των εξαρτημάτων της οικογένειας θυρίστορ χρησιμοποιούνται οι δείκτες των οποίων η σημασία εξηγείται στον πίνακα 8.2.

Δείκτης	Σημασία	Δείκτης	Σημασία
AV	Μέση τιμή	M	Μέγιστη τιμή
D	Κατάσταση αποκοπής	O	Ανοικτή πύλη
F	Ορθή φορά	R	Ανάστροφη φορά (α΄ θέση)
			Επαναλαμβανόμενο μέγεθος (β΄ θέση)
G	Πύλη	S	Μη επαναλαμβανόμενο μέγεθος
H	Συγκράτηση	T	Κατάσταση αγωγιμότητας (α΄ θέση)
			Σκανδαλισμός (β΄ θέση)

Πίνακας 8.2

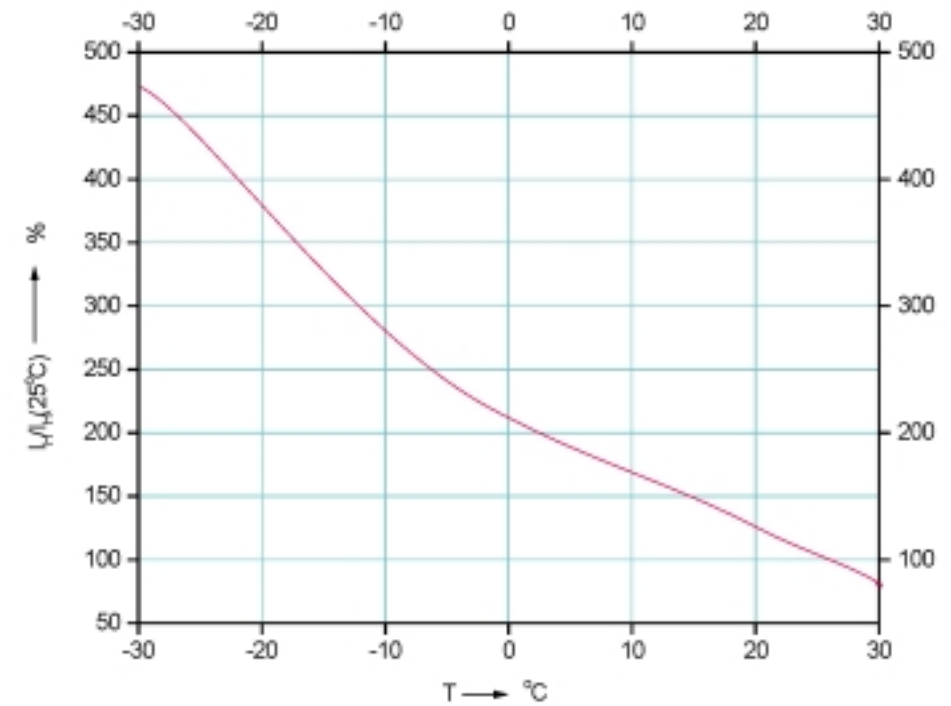
8.2 Δίοδος τεσσάρων στρωμάτων

Ονομάζεται και δίοδος Shokley. Αποτελείται από 4 στρώματα ημιαγωγού με προσμίξεις διαδοχικά τύπου p-n-p-n (σχήμα 8.2). Τα βασικότερα χαρακτηριστικά της μεγέθη είναι:



Σχήμα 8.2 (α) Δομή (β) Σύμβολο (γ) Χαρακτηριστική δίοδου τεσσάρων στρωμάτων

1. Τάση διάσπασης ορθής φοράς V_{BO} . Η τάση από την οποία ξεκινά η αγωγιμότητα κατά την ορθή φορά.
2. Τάση διάσπασης ανάστροφης φοράς V_R . Αντιστοιχεί στην τάση zener των ανάστροφα πολωμένων επαφών p-n.



Σχήμα 8.3 Μεταβολή της σχετικής τιμής του ρεύματος συγκράτησης I_H με τη θερμοκρασία (η σχετική τιμή του I_H εκφράζεται ως ποσοστό της τιμής που αντιστοιχεί στους 25°C).

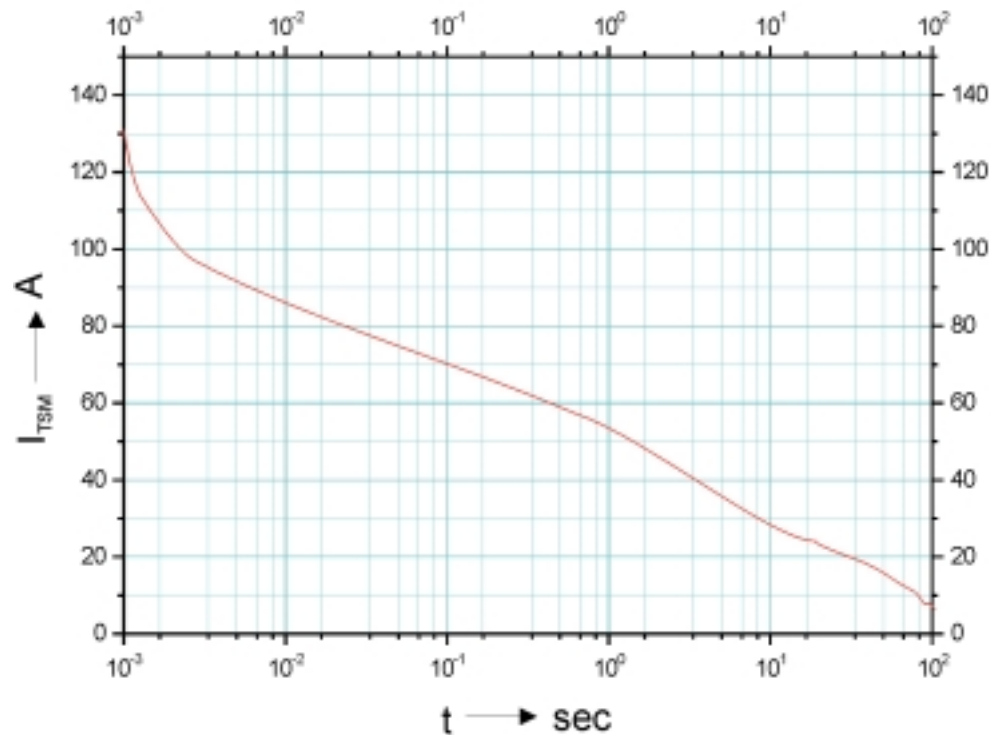
3. Ρεύμα συγκράτησης I_H . Το ελάχιστο ρεύμα που απαιτείται για τη διατήρηση της δίοδου σε κατάσταση αγωγιμότητας. Το ρεύμα συγκράτησης εξαρτάται από την κατασκευή της δίοδου και τη θερμοκρασία (σχήμα 8.3).
4. Μέγιστη επαναλαμβανόμενη τάση ορθής φοράς σε κατάσταση αποκοπής V_{DRM} . Η μέγιστη τάση ορθής πόλωσης για την οποία η δίοδος εξακολουθεί να βρίσκεται σε κατάσταση αποκοπής. Η τιμή της εξαρτάται από την κατασκευή της δίοδου.
5. Μέγιστο επαναλαμβανόμενο ρεύμα ορθής φοράς σε κατάσταση αποκοπής I_{DRM} . Το ρεύμα διαρροής που αντιστοιχεί στην τάση V_{DRM} . Παίρνει τιμές της τάξης των μA .
6. Μέγιστη επαναλαμβανόμενη ανάστροφη τάση V_{RRM} . Η μέγιστη επαναλαμβανόμενη τάση ανάστροφης φοράς που μπορεί να εφαρμοσθεί στη δίοδο χωρίς να διασπασθούν οι επαφές p-n εξαιτίας του φαινομένου χιονοστιβάδας. Η τιμή της εξαρτάται από την κατασκευή της δίοδου και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι κατ'απόλυτη τιμή ίση με την V_{DRM} .

7. Μέγιστο επαναλαμβανόμενο ανάστροφο ρεύμα I_{RRM} . Το ανάστροφο ρεύμα διαροής που αντιστοιχεί στην τάση V_{RRM} . Παίρνει επίσης τιμές της τάξης των μA .

Τα επτά παραπάνω χαρακτηριστικά μεγέθη σημειώνονται στην χαρακτηριστική του σχήματος 8.2 γ.

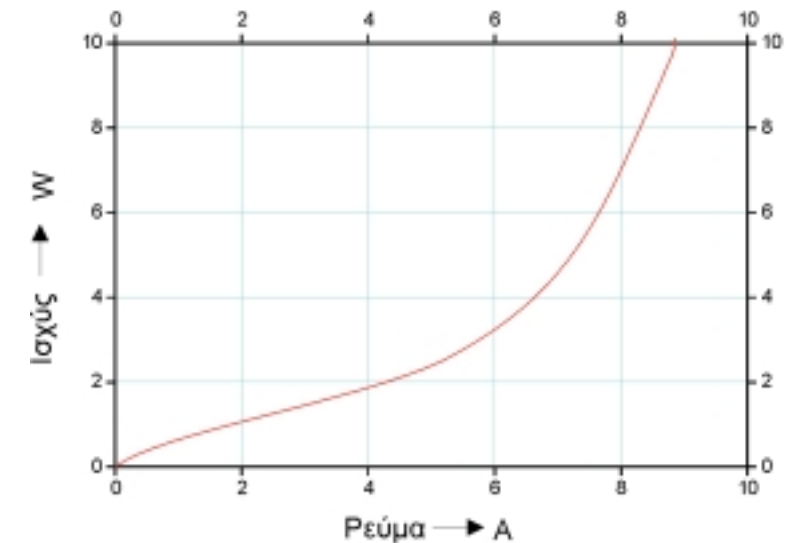
8. Μέγιστο επαναλαμβανόμενο ρεύμα ορθής φοράς I_{FRM} . η μέγιστη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος ορθής φοράς που μπορεί να περάσει από τη δίοδο.

9. Μέγιστο μη επαναλαμβανόμενο ρεύμα σε κατάσταση αγωγιμότητας I_{TSM} . Η μέγιστη τιμή παλμού ρεύματος που μπορεί να περάσει από τη δίοδο όταν αυτή είναι σε κατάσταση αγωγιμότητας. Εξαρτάται από την κατασκευή της δίοδου και μειώνεται όσο αυξάνει η διάρκεια του παλμού (σχήμα 8.4). Έχει μεγάλη σημασία για τις εφαρμογές στις οποίες η δίοδος χρησιμοποιείται σαν διακόπτης. Οι κατασκευαστές προσδιορίζουν πάντα και την μορφή του παλμού που χρησιμοποιείται (ημιτονικός ή τετραγωνικός) και τη θερμοκρασία στην οποία γίνονται οι μετρήσεις (συνήθως θερμοκρασία περιβάλλοντος $25^{\circ}C$).

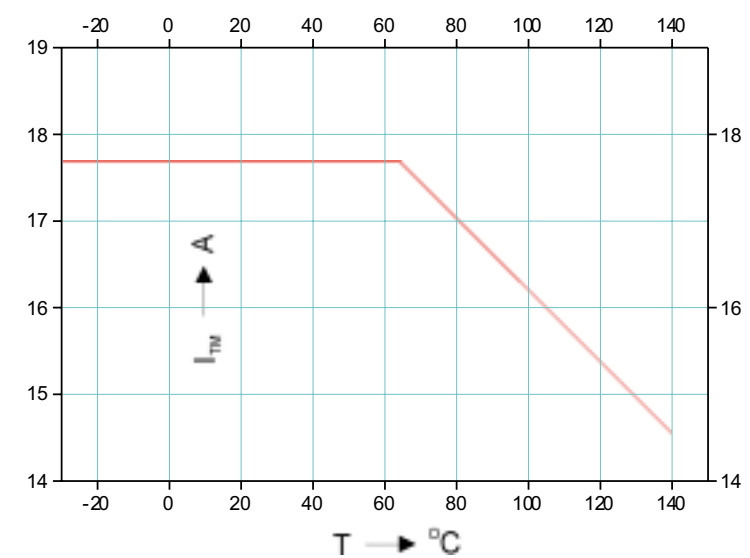


Σχήμα 8.4 Εξάρτηση του I_{TSM} από τη διάρκεια του παλμού

Εκτός από τα παραπάνω χαρακτηριστικά οι κατασκευαστές δίνουν πληροφορίες και για μία σειρά παραμέτρων που χαρακτηρίζουν τη λειτουργία όλων των ημιαγωγικών διατάξεων, όπως είναι η καταναλισκόμενη ισχύς, η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας και η θερμική αντίσταση. Στο σχήμα 8.5α φαίνεται η μεταβολή της καταναλισκόμενης ισχύος σε συνάρτηση με το ρεύμα I_T (rms τιμή) στην κατάσταση αγωγιμότητας της δίοδου. Στο σχήμα 8.5β φαίνεται η μείωση της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής του I_T με την αύξηση της θερμοκρασίας.



(α)



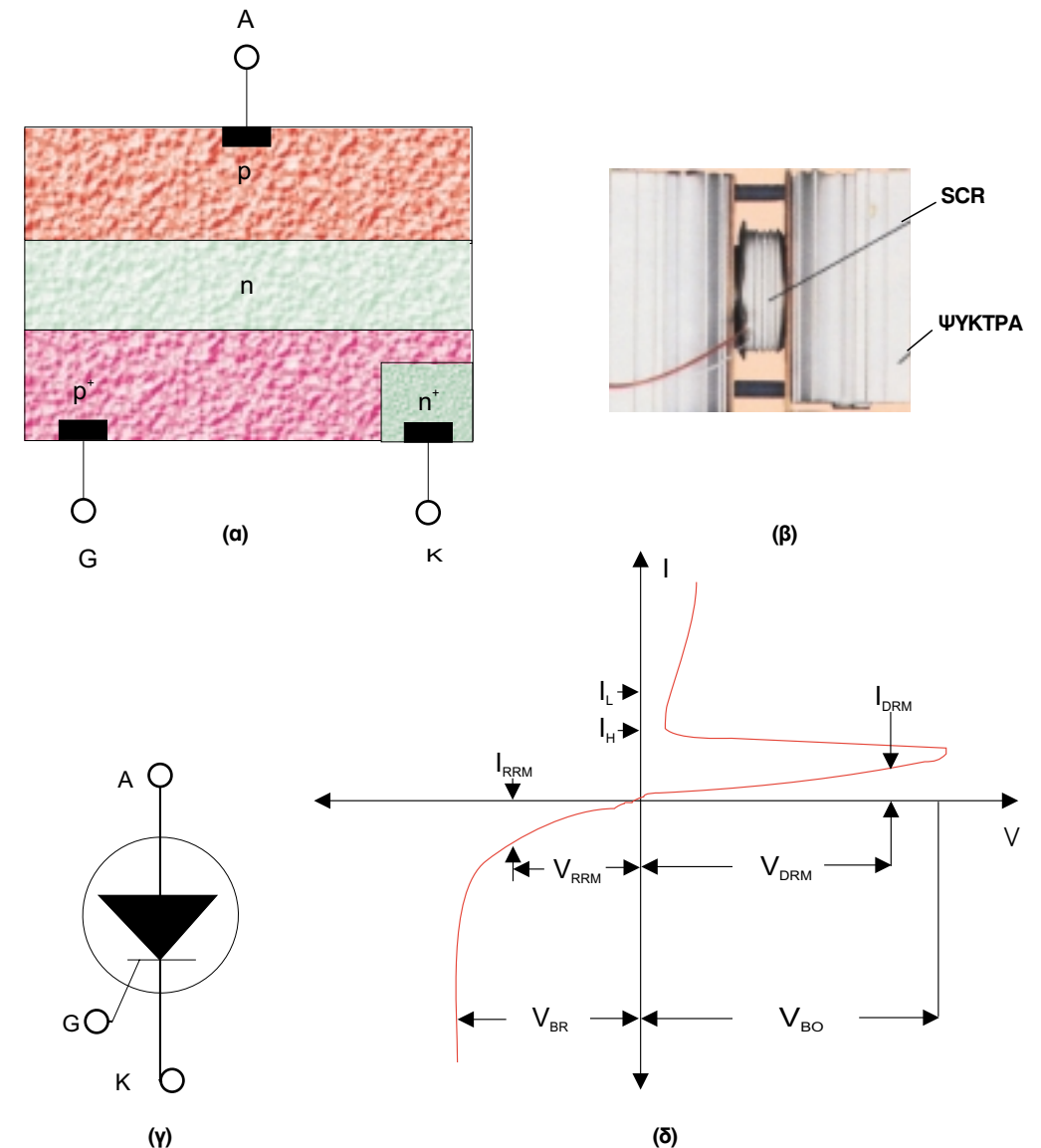
(β)

Σχήμα 8.5 α.Μεταβολή καταναλισκόμενης ισχύος σε συνάρτηση με το ρεύμα της δίοδου
β.Μεταβολή της μέγιστης τιμής του ρεύματος σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία

Η δίοδος τεσσάρων στρωμάτων χρησιμοποιείται κυρίως σαν διακόπτης σε συστήματα ελέγχου ισχύος και στα κυκλώματα σκανδαλισμού των εξαρτημάτων SCR και TRIAC που παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

8.3 Ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου

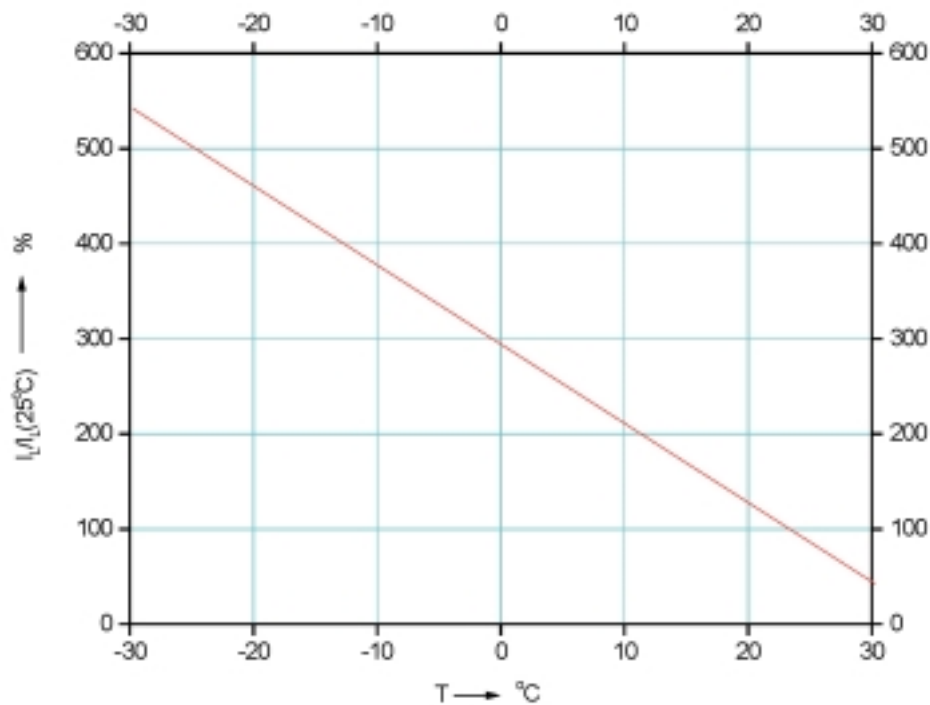
Η δομή, η μορφή, το σύμβολο και η χαρακτηριστική τάσης-ρεύματος του ελεγχόμενου ανορθωτή πυριτίου (Silicon Controlled Rectifier-SCR) φαίνονται στο σχήμα 8.6. Το SCR είναι εξάρτημα τριών ακροδεκτών που μπορεί να τεθεί σε αγωγιμότητα από την πύλη G. Στα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνονται τα μεγέθη που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο για τη δίοδο τεσσάρων στρωμάτων.



Σχήμα 8.6 α. Δομή β. μορφή γ. σύμβολο δ. χαρακτηριστική SCR

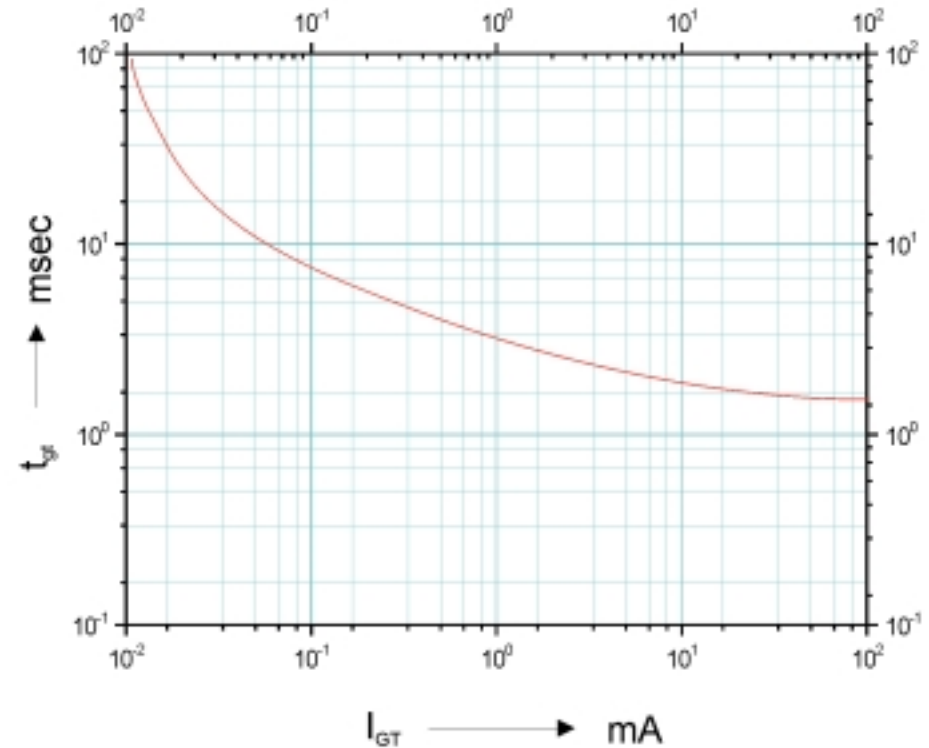
Τα επιπλέον χαρακτηριστικά των SCR που προσδιορίζονται από τους κατασκευαστές είναι:

1. Ρεύμα σκανδαλισμού πύλης I_{GT} . Το ελάχιστο ρεύμα που απαιτείται για να τεθεί το SCR σε κατάσταση αγωγιμότητας. Η τιμή του εξαρτάται από την κατασκευή του SCR και τη θερμοκρασία (σχήμα 8.7).
2. Τάση σκανδαλισμού πύλης V_{GT} . Η τάση που αντιστοιχεί στο ρεύμα I_{GT} .
3. Ρεύμα μανδάλωσης I_L . Το ελάχιστο ρεύμα που απαιτείται για τη διατήρηση του SCR στην κατάσταση αγωγιμότητας μετά το μηδενισμό του ρεύματος πύλης. Η τιμή του εξαρτάται από την κατασκευή του SCR και τη θερμοκρασία (καμπύλη σχήματος 8.8).



Σχήμα 8.8 Μεταβολή της σχετικής τιμής του ρεύματος μανδάλωσης με την θερμοκρασία

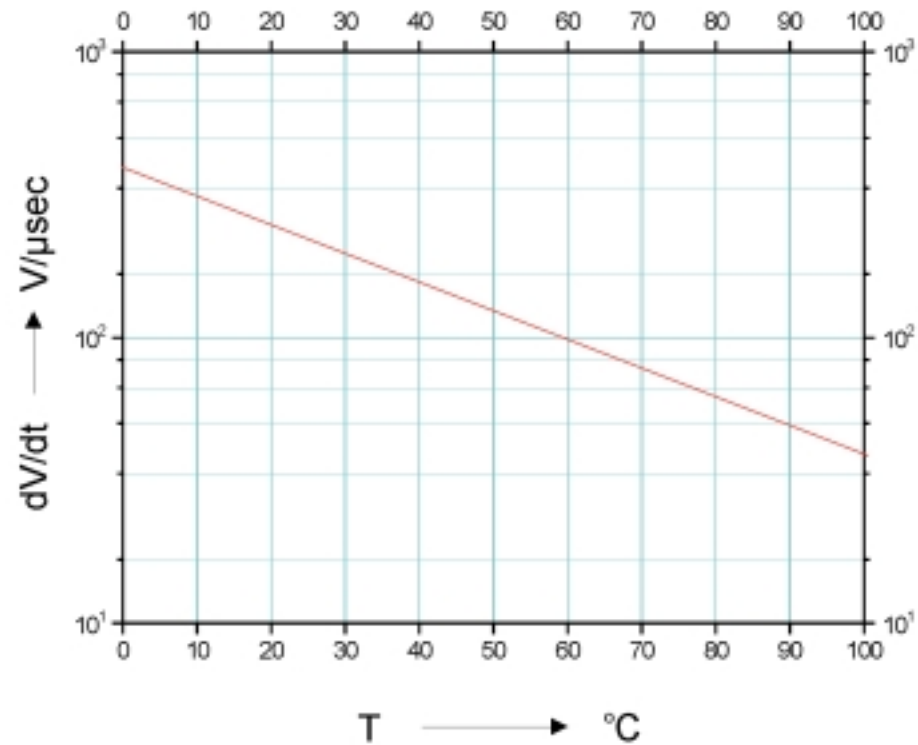
4. Χρόνος έναυσης t_{gt} . Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στην εφαρμογή παλμού σκανδαλισμού στην πύλη και στην εμφάνιση στο SCR του 90% του μέγιστου ρεύματος. Εξαρτάται από την κατασκευή και την τιμή του ρεύματος σκανδαλισμού πύλης (σχήμα 8.9).



Σχήμα 8.9 Εξάρτηση του χρόνου έναυσης από το ρεύμα σκανδαλισμού πύλης

5. Χρόνος αποκοπής t_q . Το χρονικό διάστημα που απαιτείται μετά το μηδενισμό του ρεύματος του SCR, ώστε αυτό να εισέλθει στην κατάσταση αποκοπής.
6. Κρίσιμος ρυθμός αύξησης τάσης dV/dt . η μέγιστη ταχύτητα αύξησης της τάσης που μπορεί να αντέξει το SCR κατά την είσοδό του στην κατάσταση αποκοπής. Εξαρτάται από το υλικό κατασκευής του SCR και τη θερμοκρασία (σχήμα 8.10).
7. Κρίσιμος ρυθμός αύξησης ρεύματος di/dt . η μέγιστη ταχύτητα αύξησης του ρεύματος που μπορεί να αντέξει το SCR κατά την είσοδό του στην κατάσταση αγωγιμότητας. Όπως και η προηγούμενη παράμετρος εξαρτάται από το υλικό κατασκευής και τη θερμοκρασία.

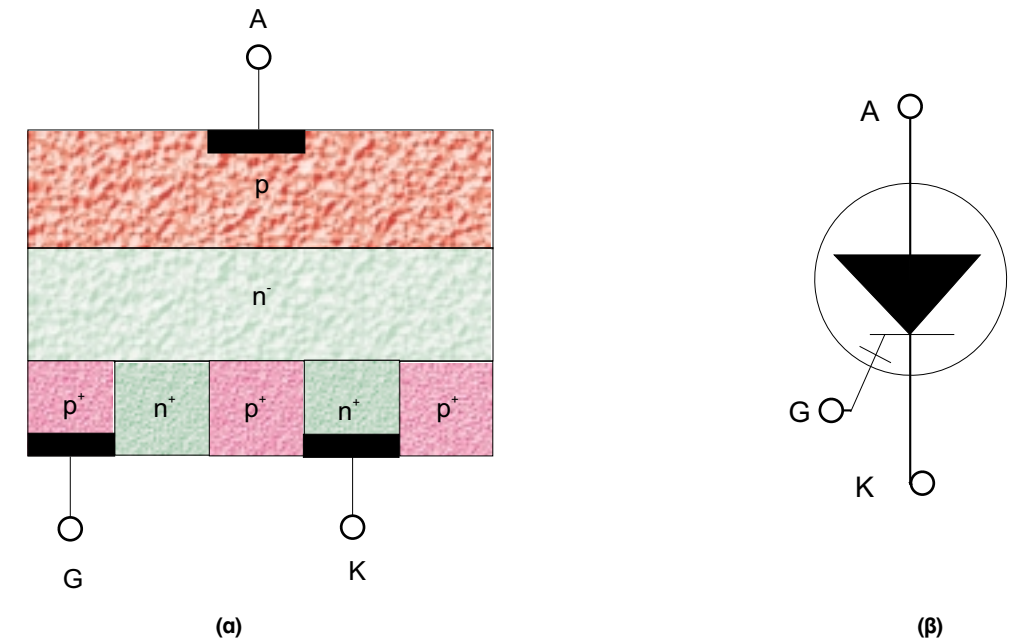
Τα SCR χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα ελέγχου φωτισμού, ρύθμισης στροφών κινητήρων, ρύθμισης τάσης τροφοδοσίας κ.α.



Σχήμα 8.10 Εξάρτηση του κρίσιμου ρυθμού αύξησης τάσης από τη θερμοκρασία

8.4 Ελεγχόμενος διακόπτης πύλης

Ο ελεγχόμενος διακόπτης πύλης (Gate Controlled Switch-GCS) διαφέρει από το απλό SCR κατά το ότι μπορεί να τεθεί και σε κατάσταση αποκοπής από την πύλη. Για το λόγο αυτό περιγράφεται και με τον όρο μεταγωγός σε κατάσταση αποκοπής από την πύλη (Gate Turn Off-GTO). Στο σχήμα 8.11 φαίνεται το σύμβολο και η δομή ενός GCS.

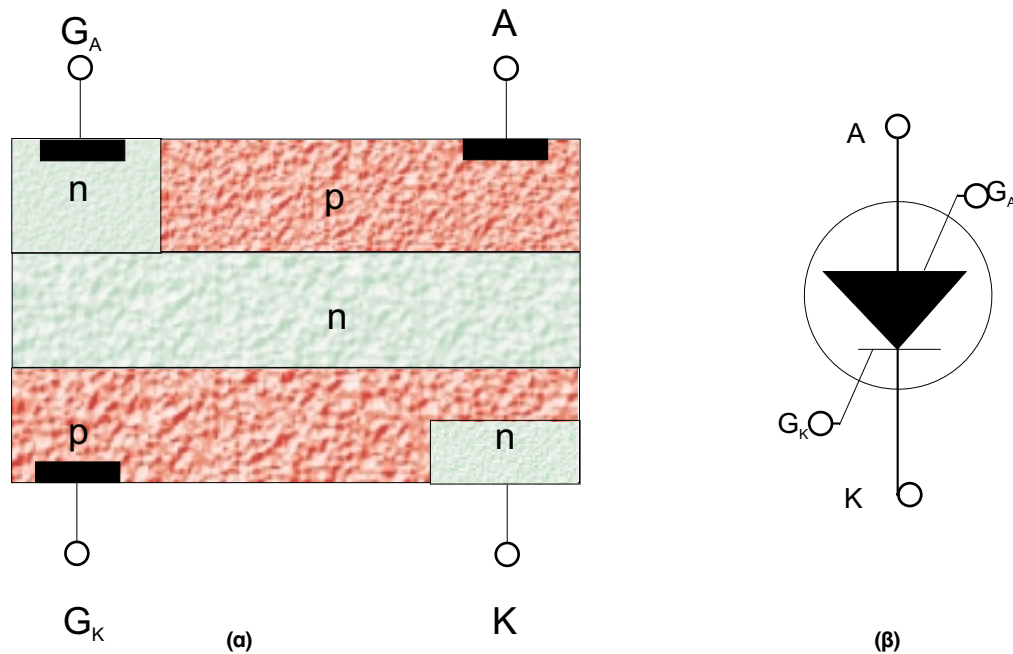


Σχήμα 8.11 α. Δομή β. Σύμβολο GCS

Η δομή που φαίνεται στο σχήμα εξασφαλίζει στο GCS εκτός από τη δυνατότητα μετάβασης στις καταστάσεις αγωγιμότητας και αποκοπής και ορισμένα ακόμη επιθυμητά χαρακτηριστικά για την αποτελεσματική λειτουργία του ως διακόπτη. Αυτά είναι οι μικρότεροι χρόνοι έναυσης και αποκοπής και οι μεγαλύτερες επιτρεπτές τιμές για τους κρίσιμους ρυθμούς αύξησης του ρεύματος και της τάσης. Το μειονέκτημα που παρουσιάζει είναι η μεγαλύτερη τιμή τάσης μεταξύ ανόδου-καθόδου στην κατάσταση αγωγιμότητας.

8.5 Ελεγχόμενος διακόπτης πυριτίου

Ο ελεγχόμενος διακόπτης πυριτίου (Silicon Controlled Switch - SCS) είναι ένα εξάρτημα τεσσάρων ακροδεκτών (σχήμα 8.12).

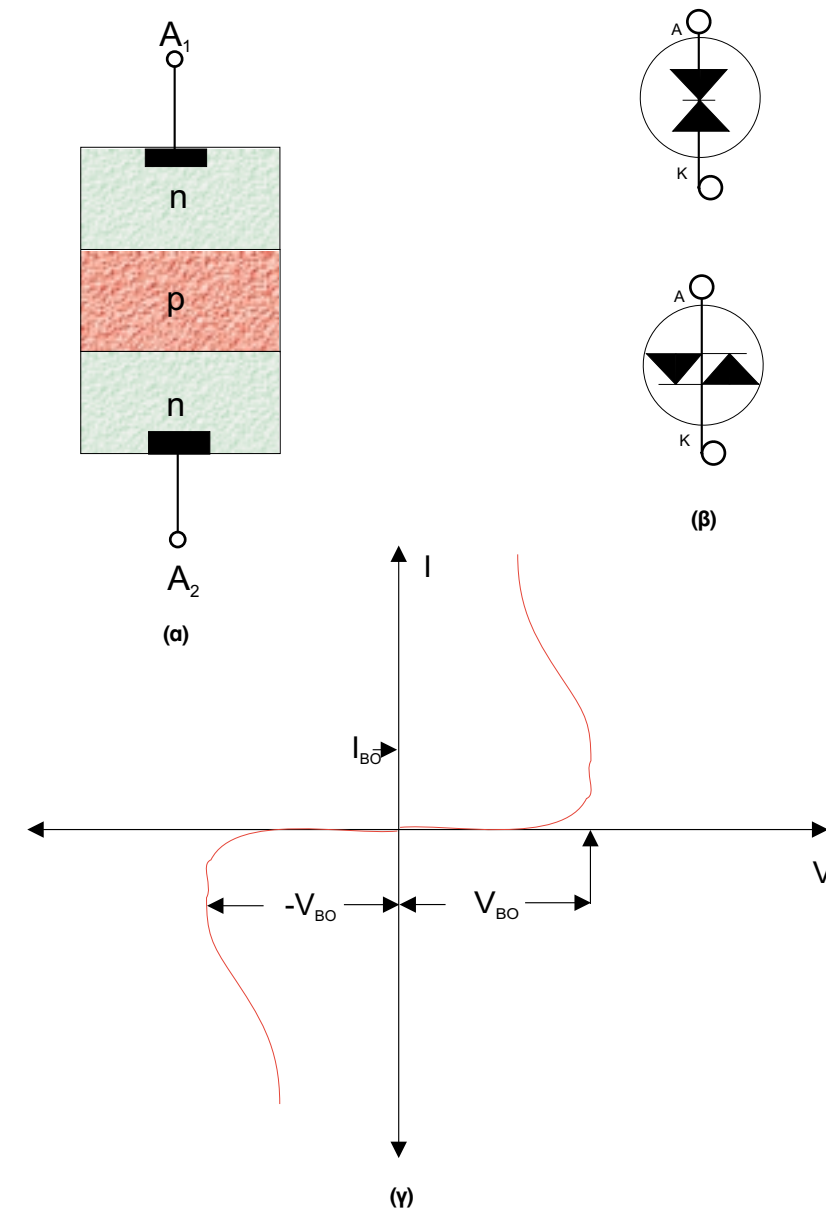


Σχήμα 8.12 α. Δομή β. Σύμβολο SCS

Τίθεται στην κατάσταση αγωγιμότητας είτε από την πύλη ανόδου GA είτε από την πύλη καθόδου GK (τα δυναμικά στις δύο πύλες πρέπει να έχουν αντίθετη πολικότητα). Η πύλη καθόδου είναι εξαιρετικά ευαίσθητη (το ρεύμα της στην κατάσταση αγωγιμότητας μπορεί να είναι της τάξης των λίγων μA). Για την πύλη ανόδου η αντίστοιχη ελάχιστη τιμή ρεύματος είναι της τάξης των 100 μA . Ακόμη το SCS έρχεται σε κατάσταση αποκοπής με την εμφάνιση στην πύλη καθόδου ρεύματος ίσου προς το 10% περίπου του ρεύματος λειτουργίας.

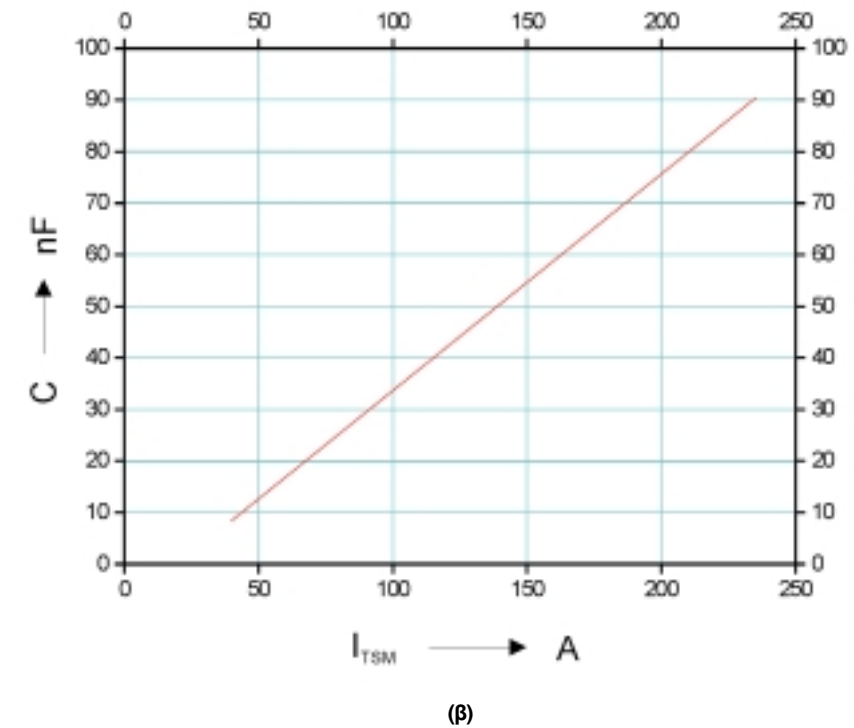
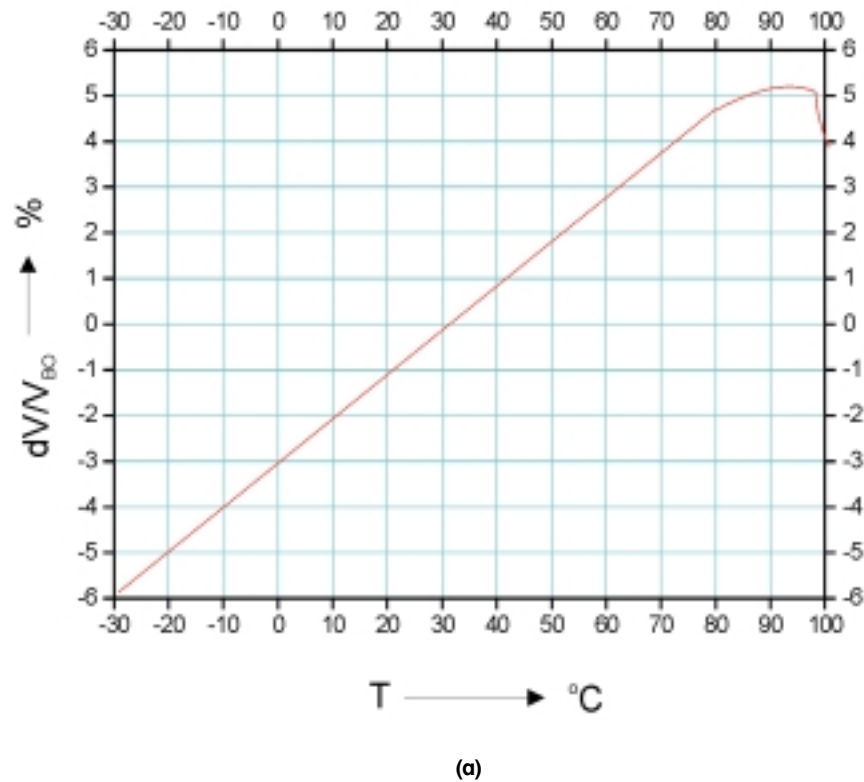
8.6 Αμφίπλευρη δίοδος (DIAC)

Είναι δίοδος τριών στρωμάτων ημιαγωγού με διαφορετικού τύπου πρόσμειξη (σχήμα 8.13). Όπως φαίνεται από τη χαρακτηριστική της, η DIAC παρουσιάζει αγωγιμότητα και για τα δύο είδη πόλωσης με την προϋπόθεση ότι η τάση στα άκρα της είναι μεγαλύτερη από την τάση διάσπασης V_{BO} .



Σχήμα 8.13 α. Δομή β. Σύμβολο γ. Χαρακτηριστική δίοδου DIAC

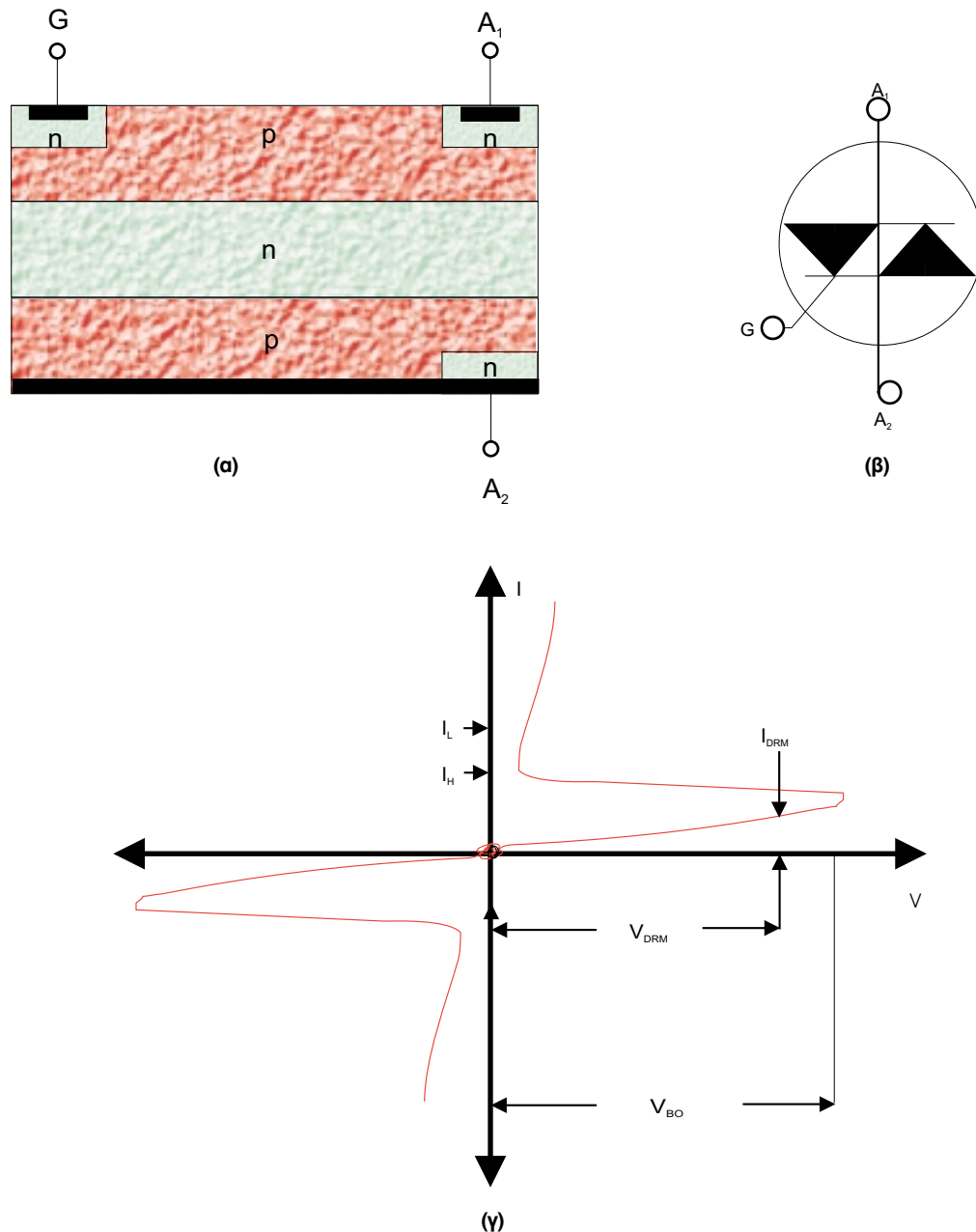
Η δίοδος DIAC χρησιμοποιείται κυρίως στα κυκλώματα διέγερσης της πύλης των SCR. Οι σημαντικότερες παράμετροι της DIAC για τις οποίες παρέχουν πληροφορίες οι κατασκευαστές είναι η τάση διάσπασης και η χωρητικότητα. Όπως προκύπτει από τις καμπύλες του σχήματος 8.14, η τάση διάσπασης μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία και η χωρητικότητα με το ρεύμα λειτουργίας. Η γνώση του τρόπου μεταβολής των παραμέτρων αυτών είναι απαραίτητη καθώς η πρώτη καθορίζει το κατώφλι αγωγιμότητας της διόδου και η δεύτερη τους χρόνους έναυσης και αποκοπής.



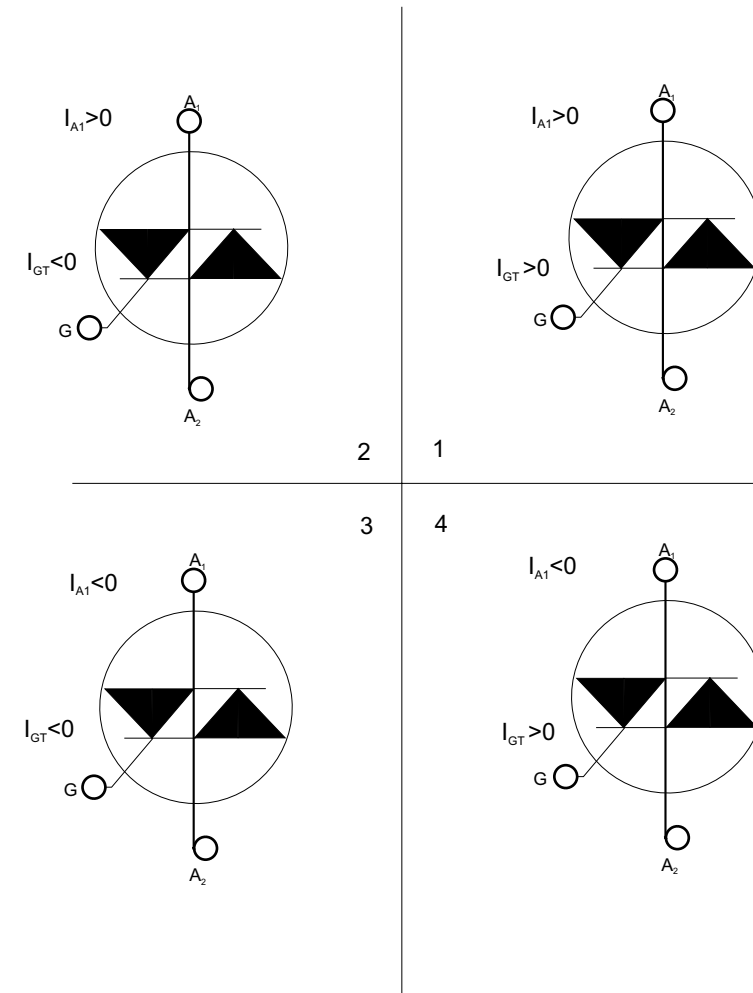
Σχήμα 8.14 α. Μεταβολή τάσης διάσπασης με τη θερμοκρασία
β. Μεταβολή χωρητικότητας με το ρεύμα

8.7 Αμφίπλευρο SCR (TRIAC)

Αποτελείται από δύο SCR συνδεσμοποιημένα ανάστροφα (σχήμα 8.15). Παρουσιάζει και αυτή αγωγιμότητα και για τα δύο είδη πόλωσης. Στο σχ. 8.16 παρουσιάζονται οι τέσσερις διαφορετικοί τρόποι σκανδαλισμού της TRIAC με βάση τη σχέση ανάμεσα στις διευθύνσεις του κύριου ρεύματος και του ρεύματος πύλης.



Σχ. 8.15 α. Δομή β. Σύμβολο γ. Χαρακτηριστική διόδου TRIAC



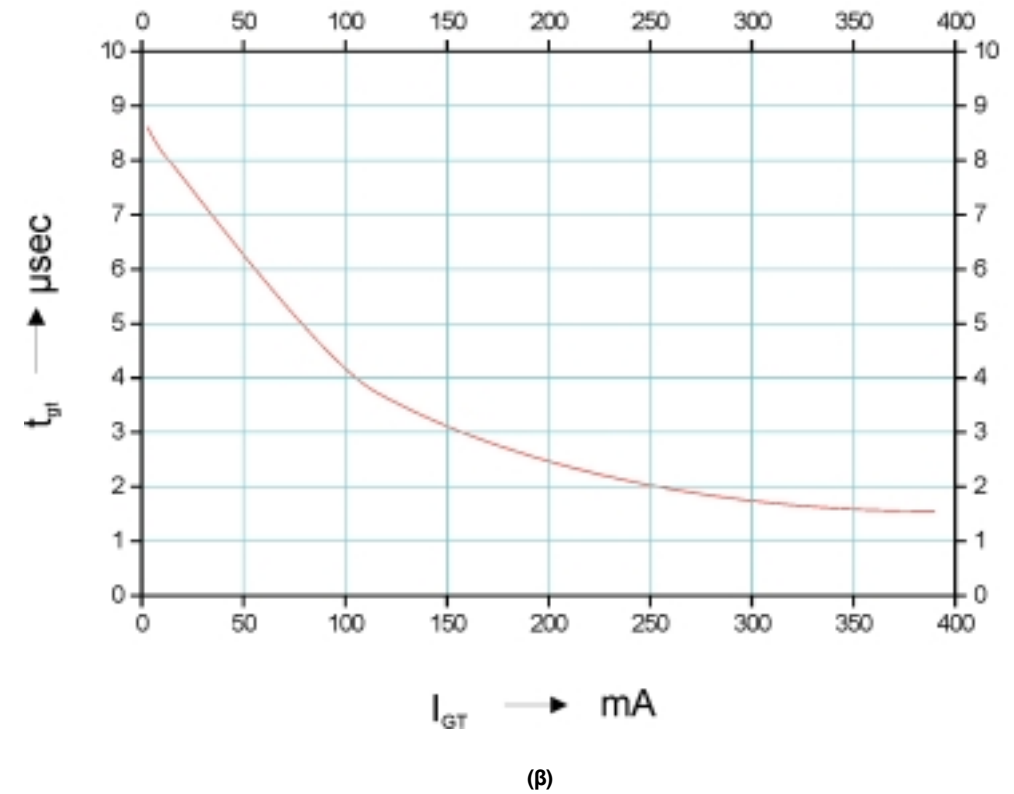
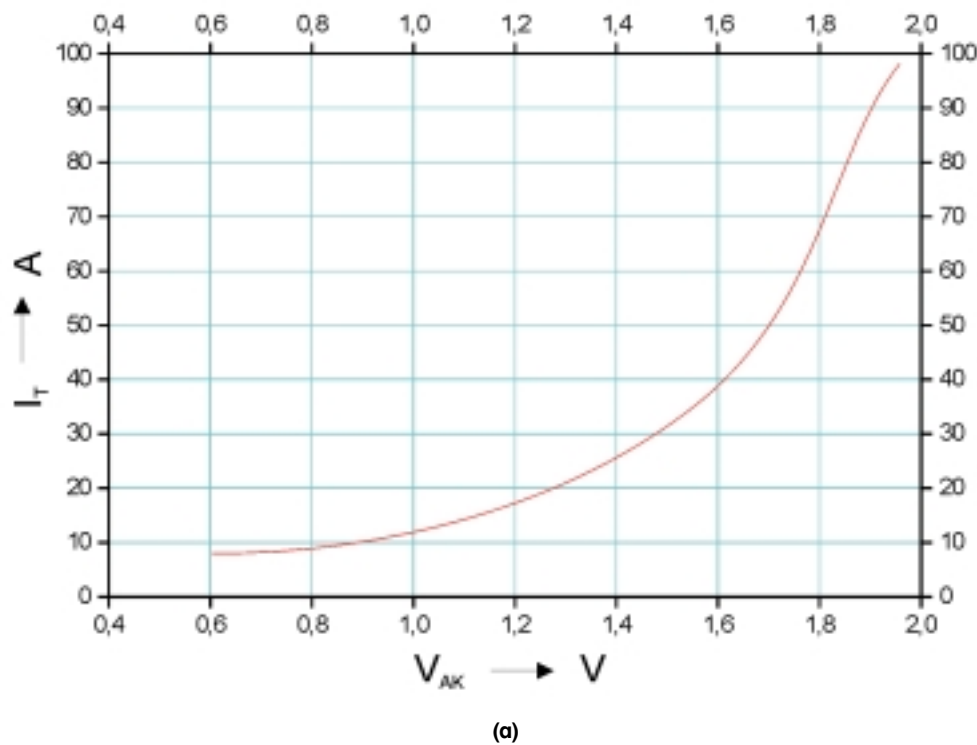
Σχήμα 8.16 Τέσσερις διαφορετικοί τρόποι σκανδαλισμού TRIAC

Οι τέσσερις τρόποι είναι γνωστοί με τον όρο τεταρτημόρια (quadrants). Έτσι π.χ. στο τεταρτημόριο I αντιστοιχεί η συνθήκη $I_{GT} > 0$ και $I_{A1} > 0$. Ορισμένοι κατασκευαστές χρησιμοποιούν για τα τεταρτημόρια II και IV τους όρους I- και III+ αντίστοιχα. Το απαιτούμενο ρεύμα σκανδαλισμού I_{GT} έχει διαφορετικές τιμές στα διαφορετικά τεταρτημόρια.

Τη μικρότερη τιμή έχει στο τεταρτημόριο I και τη μεγαλύτερη στο τεταρτημόριο IV. Ορισμένες TRIAC λειτουργούν αποκλειστικά στα τεταρτημόρια I και III.

Μία σειρά παράμετροι των TRIAC, όπως είναι το ρεύμα πύλης, η πτώση τάσης στην κατάσταση αγωγιμότητας και οι χρόνοι μετάβασης, έχουν συγκρίσιμες τιμές με τις αντίστοιχες παραμέτρους SCR ανάλογων προδιαγραφών. Στο διάγραμμα του σχήματος 8.17α φαίνεται η μεταβολή του ρεύματος σε συνάρτηση με την τάση στην κατάσταση αγωγιμότητας της TRIAC. Στο διάγραμμα του σχήματος 8.17β φαίνεται η μεταβολή του χρόνου έναυσης σε συνάρτηση με το ρεύμα πύλης. Παράμετρος για το σμήνος των καμπυλών είναι η ελάχιστη τιμή ρεύματος πύλης για την έναρξη της αγωγιμότητας. Από τις καμπύλες προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Ο χρόνος έναυσης αρχικά μειώνεται με την αύξηση του ρεύματος πύλης.
2. Αύξηση του ρεύματος πύλης πάνω από ορισμένη τιμή δε μεταβάλλει το χρόνο έναυσης.
3. Οι TRIAC με μικρότερη τιμή ελάχιστου ρεύματος για την έναρξη της αγωγιμότητας παρουσιάζουν και μικρότερη τιμή χρόνου έναυσης.



Σχήμα 8.17 α. Μεταβολή του ρεύματος με την τάση στην κατάσταση αγωγιμότητας της TRIAC β. Μεταβολή του χρόνου έναυσης με το ρεύμα πύλης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να αναφέρετε τις βασικότερες κατηγορίες εξαρτημάτων που ανήκουν στην οικογένεια των θυρίστορ και να περιγράψετε σε μία το πολύ παράγραφο τα βασικά χαρακτηριστικά της καθεμιάς.
2. Α. Η δίοδος Shokley αποτελείται από τέσσερα στρώματα ημιαγωγού με διαδοχικά διαφορετικό τύπο προσμείξεων. Σωστό ☐ Λάθος ☐
 Β. Στις εφαρμογές ελέγχου στροφών κινητήρων χρησιμοποιούνται αποκλειστικά δίοδοι τεσσάρων στρωμάτων. Σωστό ☐ Λάθος ☐
 Γ. Οι ελεγχόμενοι ανορθωτές πυριτίου τίθενται σε κατάσταση αποκοπής με την εφαρμογή στην πύλη παλμού ρεύματος. Σωστό ☐ Λάθος ☐
 Δ. Τα εξαρτήματα GTO χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερους χρόνους έναυσης και αποκοπής σε σχέση με τα υπόλοιπα SCR. Σωστό ☐ Λάθος ☐
 Ε. Τα εξαρτήματα SCS έχουν δύο διαφορετικές πύλες με τη βοήθεια των οποίων μπορούν να τίθενται στην κατάσταση αγωγιμότητας και αποκοπής. Σωστό ☐ Λάθος ☐
3. Τοποθετήστε σε αύξουσα σειρά, ανάλογα με την ισχύ την οποία μπορούν να διαχειρισθούν τα εξαρτήματα:
 Θυρίστορ GTO, θυρίστορ SCR, τρανζίστορ MOSFET ισχύος, τρανζίστορ IGFET, διπολικά τρανζίστορ ισχύος.
4. Να αναπτύξετε σε ένα κείμενο όχι μεγαλύτερο από δώδεκα σειρές τα βασικά χαρακτηριστικά των θυρίστορ SCR, GTO και TRIAC. Να αναφέρετε τα βασικά πλεονεκτήματα των εξαρτημάτων της κάθε κατηγορίας.
5. Να συμπληρώσετε τα κενά:
 Η δίοδος τεσσάρων στρωμάτων παρουσιάζει αγωγιμότητα κατά την ανάστροφη πόλωσή της, όταν η τάση στα άκρα της γίνει μεγαλύτερη από την τάση Όταν η ορθή τάση στα άκρα της είναι μικρότερη από την η δίοδος δεν παρουσιάζει αγωγιμότητα. Ο ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου είναι ένα εξάρτημα (αριθμός) ακροδεκτών. Παλμοί ρεύματος από την μπορούν να θέσουν το SCR σε αγωγιμότητα. Παλμοί αντίθετης πολικότητας δεν είναι δυνατό να οδηγήσουν το SCR στην κατάσταση της Από τις τιμές ρεύματος που οι κατασκευαστές δίνουν για τα SCR η μεγαλύτερη αντιστοιχεί στην παράμετρο (σύμβολο). Η TRIAC είναι εξάρτημα (αριθμός) ακροδεκτών. Αποτελείται από δύο (διεθνή αρχικά) ανάστροφα συνδεδεμένα. Οι δύο κατηγορίες εφαρμογών στις οποίες χρησιμοποιούνται SCR είναι: 1. και 2. Το θυρίστορ GTO ονομάζεται έτσι γιατί όταν εφαρμοσθεί κατάλληλης πολικότητας και τιμής ρεύμα στην πύλη του μπαίνει σε κατάσταση Ο ελεγχόμενος διακόπτης πυριτίου SCS είναι ένα εξάρτημα (αριθμός) ακροδεκτών.

Τα εξαρτήματα GTO και SCS χαρακτηρίζονται από χρόνους μετάβασης που έχουν τιμές. Η βασική εφαρμογή στην οποία χρησιμοποιείται η δίοδος DIAC είναι τα κυκλώματα των SCR. Τα εξαρτήματα της οικογένειας των θυρίστορ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση υψηλής ισχύος, ενώ υστερούν ιδιαίτερα σε σχέση με τα τρανζίστορ MOSFET, όσον αφορά την λειτουργίας. Από τα μέλη της οικογένειας θυρίστορ μεγαλύτερη ταχύτητα λειτουργίας παρουσιάζουν οι διακόπτες

6. Ποιοι είναι οι βασικοί τύποι εξαρτημάτων της οικογένειας των θυρίστορ που λειτουργούν σε σχετικά υψηλές συχνότητες; Σε ποιες κατηγορίες εφαρμογών είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι; Ποιος είναι ο λόγος που αυτοί ειδικά οι τύποι λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες; Σε ποια περιοχή συχνοτήτων λειτουργούν οι υπόλοιπες οικογένειες εξαρτημάτων ισχύος; Ποια οικογένεια μπορεί να λειτουργήσει στην περιοχή των πολύ υψηλών τιμών ισχύος;
7. Να αντιστοιχίσετε τα στοιχεία που εμφανίζονται στην αριστερή στήλη (ιδιότητες) με αυτά που περιέχονται στη δεξιά στήλη (κατηγορία εξαρτημάτων). Σε κάθε ιδιότητα μπορεί να αντιστοιχηθούν παραπάνω από μία κατηγορίες εξαρτημάτων:

(α)	Μεγάλη ταχύτητα	1.	SCR
(β)	Μεγάλη ισχύς	2.	GTO
(γ)	Χαμηλή ταχύτητα	3.	Τρανζίστορ MOSFET
(δ)	Μέση ισχύς	4.	Τρανζίστορ IGFET

8. Να συμπληρώσετε τα κενά:
 Οι εφαρμογές ρύθμισης στροφών κινητήρων απαιτούν ισχύ και συχνότητα. Έτσι από όλες τις οικογένειες εξαρτημάτων ισχύος προτιμάται για τις εφαρμογές αυτές η οικογένεια των Η ευαισθησία στα εξαρτήματα SCS σημαίνει ότι το εξάρτημα μπορεί να αλλάζει κατάσταση με όσο το δυνατόν τιμή ρεύματος στην πύλη. Η τιμή αυτή είναι της τάξης των (μονάδα). Ακόμη ο χρόνος μετάβασης στην κατάσταση αγωγιμότητας για τα εξαρτήματα GTO, SCS και TRIAC ελαττώνεται όσο η ευαισθησία Στα εξαρτήματα SCS το ρεύμα συγκράτησης είναι από το ρεύμα μανδάλωσης. Γενικά, από όλα τα εξαρτήματα ισχύος υπάρχει η απαίτηση να μην αναπτύσσονται στα άκρα τους μεγάλη όταν βρίσκονται σε κατάσταση αγωγιμότητας. Με τον τρόπο αυτό η που καταναλώνουν είναι χαμηλή. Ανάλογα με τις συνθήκες σκανδαλισμού τους οι TRIAC λειτουργούν κάθε φορά σε ένα από τα τέσσερα δυνατά τεταρτημόρια. Οι πιο συνηθισμένες περιπτώσεις είναι τα τεταρτημόρια και Το εξάρτημα της οικογένειας θυρίστορ που προτιμάται για τα κυκλώματα σκανδαλισμού πύλης των SCR είναι η Το SCR από την κατάσταση αγωγιμότητας δεν μπορεί να επανέλθει στην κατάσταση αποκοπής με τη βοήθεια παλμού ρεύματος από την παρά μόνο με την ή την της τάσης στα άκρα του.

Να επιλέξετε τους αριθμούς των απαντήσεων που αντιστοιχούν σε ορθούς τρόπους συμπλήρωσης των παρακάτω προτάσεων (πιθανόν οι ορθές προτάσεις να είναι περισσότερες από μία):

A. Τα θυρίστορ:

1. εργάζονται με υψηλές ισχείς.
2. καταναλώνουν μεγάλη ισχύ.
3. εργάζονται σε υψηλές συχνότητες.
4. παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση στην κατάσταση αγωγιμότητας.

B. Τα GTO:

1. έχουν τρεις ακροδέκτες.
2. έχουν τέσσερις ακροδέκτες.
3. έχουν διαφορετικό αριθμό ακροδεκτών από τα SCS.
4. κυκλοφορούν σε περισσότερες από μία συσκευασίες με διαφορετικό αριθμό ακροδεκτών.

Γ. Τα θυρίστορ:

1. επιτρέπουν πάντα στην εναλλασσόμενη τάση που έχουν στην είσοδο να περνά αναλλοίωτη στην έξοδο.
2. επιτρέπουν σε τμήμα της εναλλασσόμενης τάσης που έχουν στην είσοδο να περάσει στην έξοδο σύμφωνα με την τιμή της γωνίας αγωγιμότητας.
3. λειτουργούν όλα σε συχνότητες χαμηλότερες των 500Hz.
4. κατασκευάζονται με τεχνολογία αντίστοιχη αυτής των τρανζίστορ.

Να περιγράψετε την αρχή λειτουργίας των SCR σε μία παράγραφο το πολύ πέντε σειρών για τον κάθε τύπο. Να τονίσετε ιδιαίτερα τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες εξαρτημάτων ισχύος.

90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Οπτοηλεκτρονικά Εξαρτήματα

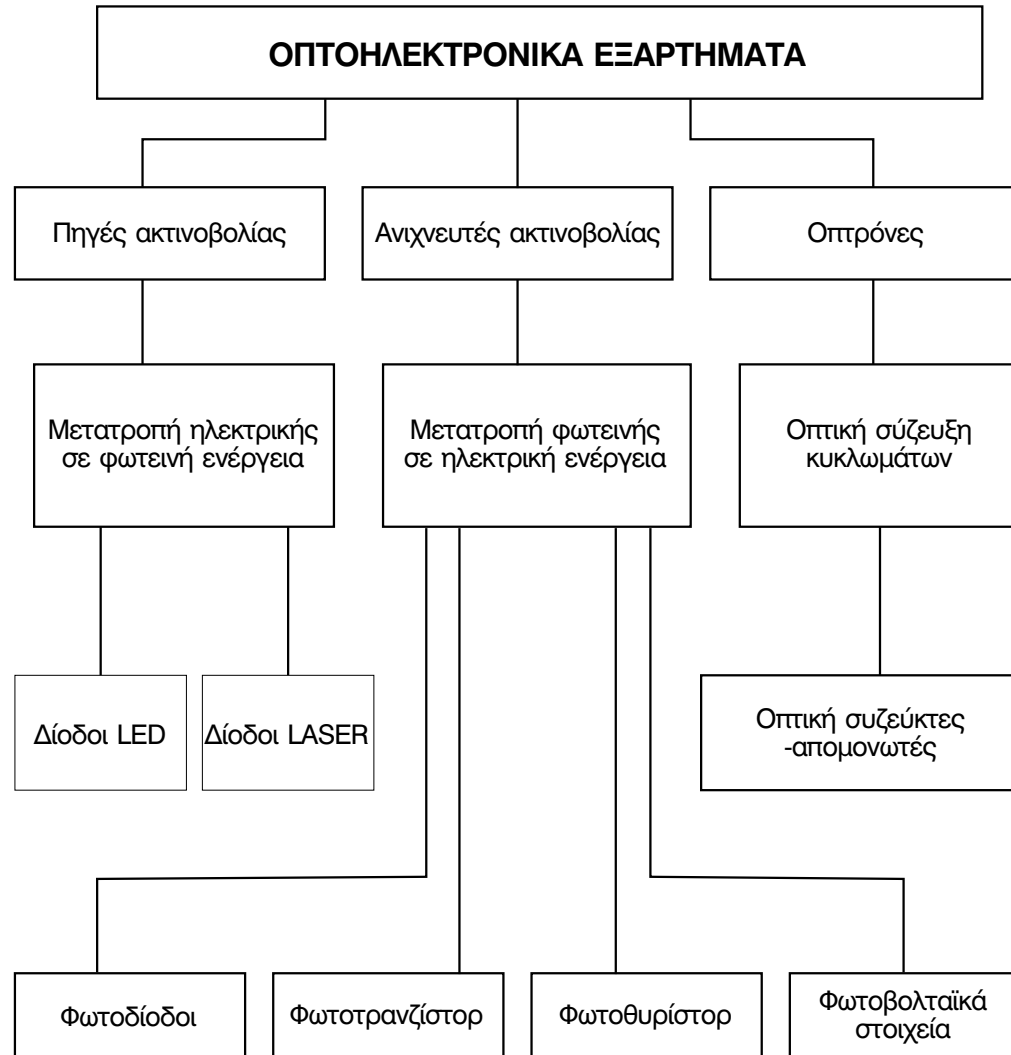
Σκοποί Κεφαλαίου:

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- Να αναφέρει τις κατηγορίες των οπτοηλεκτρονικών εξαρτημάτων.
- Να εξηγεί τις ιδιότητες και χρήσεις τους.
- Να απαριθμεί τις εφαρμογές τους.
- Να χρησιμοποιεί τα εγχειρίδια των κατασκευαστριών εταιρειών.
- Να επιλέγει εξαρτήματα σύμφωνα με τις ανάγκες κάθε εφαρμογής.

9.1 Εισαγωγή

Τα οπτοηλεκτρονικά εξαρτήματα χρησιμοποιούνται σήμερα σε ένα μεγάλο αριθμό διατάξεων και συσκευών. Οι σημαντικότεροι τύποι οπτοηλεκτρονικών εξαρτημάτων καθώς και το εύρος των εφαρμογών τις οποίες καλύπτουν φαίνονται στο διάγραμμα 9.1.



Διάγραμμα 9.1

Οι κυριότεροι τομείς στους οποίους τα οπτοηλεκτρονικά εξαρτήματα βρίσκουν εφαρμογές είναι οι τηλεπικοινωνίες (πηγές, ανιχνευτές, οπτρόνες), τα συστήματα αυτόματου ελέγχου και μετρήσεων (πηγές, ανιχνευτές, οπτρόνες), οι διατάξεις απεικόνισης (πηγές), τα συστήματα σάρωσης (ανιχνευτές), τα συστήματα αυτόματης ρύθμισης έκθεσης στις φωτογραφικές μηχανές (ανιχνευτές), τα συστήματα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική (κυρίως τα φωτοβολταϊκά στοιχεία) κ.ά.

9.2 Πηγές ακτινοβολίας

9.2.1 Δίοδοι LED

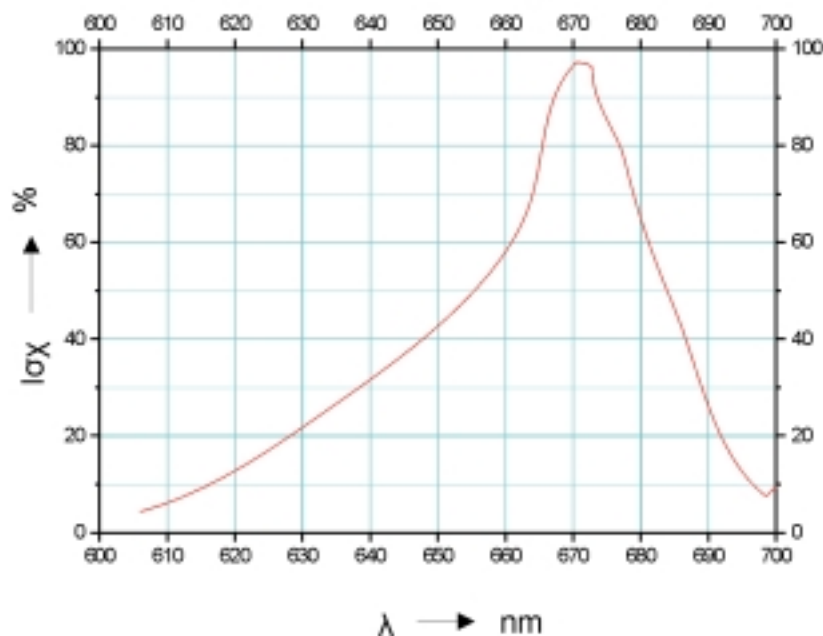
9.2.1.1. Χαρακτηριστικά λειτουργίας

Η διάδος εκπομπής φωτός (Light Emitting Diode-LED) είναι ημιαγωγική p-n επαφή που εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία όταν είναι πολωμένη ορθά. Η εκπομπή της ακτινοβολίας οφείλεται στις επανασυνδέσεις των ηλεκτρονίων με τις οπές που γίνονται στις δύο περιοχές της επαφής. Οι κυριότερες παράμετροι λειτουργίας των διόδων LED είναι οι παρακάτω:

1. Μήκος κύματος εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Καθορίζεται από το βασικό υλικό της διόδου και το είδος των προσμείξεων που περιέχει. Έτσι για παράδειγμα οι διάδοι:

- α. γαλλίου-αρσενικού (GaAs) εκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία,
- β. γαλλίου-φωσφόρου (GaP) εκπέμπουν πράσινο ή κίτρινο φως ανάλογα με τον τύπο της πρόσμειξης,
- γ. γαλλίου-αρσενικού-φωσφόρου (GaAsP) εκπέμπουν κόκκινο φως.

Οι διάδοι LED δεν εκπέμπουν αυστηρά μονοχρωματική ακτινοβολία (ακτινοβολία με μία μόνο τιμή μήκους κύματος). Έτσι οι κατασκευαστές πάντα δίνουν την καμπύλη φασματικής ευαισθησίας της διόδου που περιγράφει τη μεταβολή της έντασης της ακτινοβολίας στην περιοχή μηκών κύματος στην οποία αυτή λειτουργεί (σχήμα 9.1).

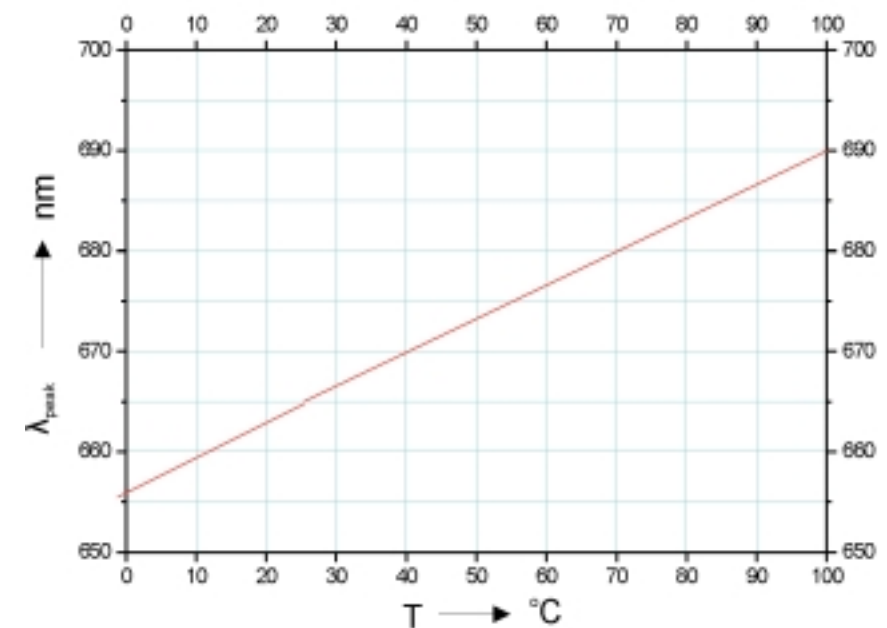


Σχήμα 9.1 Καμπύλη σχετικής φασματικής ευαισθησίας διόδου LED (υλικό κατασκευής GaAsP-χρώμα φωτός κόκκινο). Η σχετική φασματική ευαισθησία εκφράζεται σαν ποσοστό % της μέγιστης έντασης ακτινοβολίας ενώ το μήκος κύματος λ εκφράζεται σε nm.

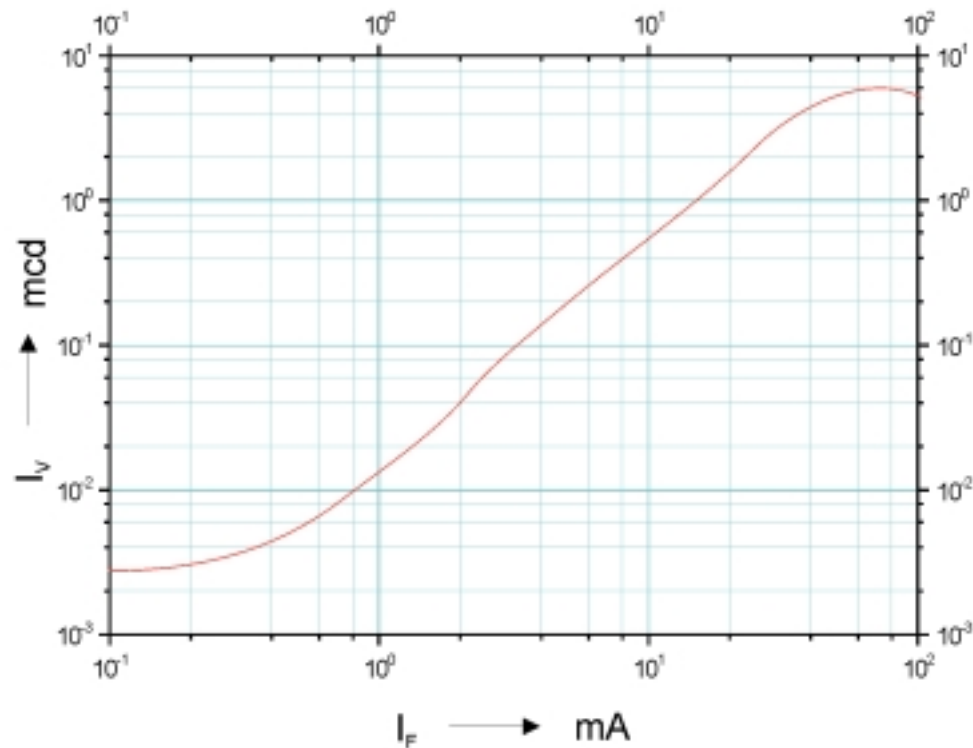
¹1nm=10-9m ή ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου

Από το σχήμα 9.1 προκύπτει ότι η εκπεμπόμενη ακτινοβολία καλύπτει την περιοχή από $\lambda=610\text{nm}$ (πορτοκαλί χρώμα) μέχρι $\lambda=710\text{nm}$ (βαθύ κόκκινο χρώμα). Τη μέγιστη ένταση ακτινοβολίας όμως η διάδος τη δίνει για τιμές του μήκους κύματος κοντά στο $\lambda=670\text{nm}$ (κέντρο της περιοχής του κόκκινου).

1. Το μήκος κύματος λ_{peak} , στο οποίο η διάδος LED δίνει τη μέγιστη ένταση ακτινοβολίας, είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Από το σχήμα 9.2 φαίνεται ότι η ακτινοβολία της διόδου στους 25°C γίνεται μέγιστη για $\lambda=665\text{nm}$, ενώ στους 100°C για $\lambda=690\text{nm}$. Στους πίνακες με τα χαρακτηριστικά των διόδων η μεταβολή αυτή περιγράφεται από το θερμοκρασιακό συντελεστή του λ_{peak} (στην καμπύλη του σχήματος 9.2 αντιστοιχεί συντελεστής με τιμή $0,3\text{nm}/^\circ\text{C}$).
2. Ένταση ακτινοβολίας. Η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας αυξάνεται με το ρεύμα που διαρρέει τη διάδο (σχήμα 9.3). Η αύξηση αυτή ισχύει μέχρι μία ορισμένη μέγιστη τιμή του ρεύματος (στο σχήμα 50mA), καθώς από το όριο αυτό και πέρα η θέρμανση της διόδου προκαλεί μείωση της έντασης ακτινοβολίας. Στο σχήμα 9.4 φαίνεται ότι η σχετική ελάττωση της έντασης είναι 60% ανάμεσα στις θερμοκρασίες 25 και 100°C . Στους πίνακες των κατασκευαστών η ελάττωση αυτή περιγράφεται από το θερμοκρασιακό συντελεστή έντασης ακτινοβολίας (στην καμπύλη του σχήματος 9.4 αντιστοιχεί συντελεστής με τιμή $0,8\%/^\circ\text{C}$).



Σχήμα 9.2 Μεταβολή μήκους κύματος μέγιστης ακτινοβολίας λ_{peak} με την θερμοκρασία

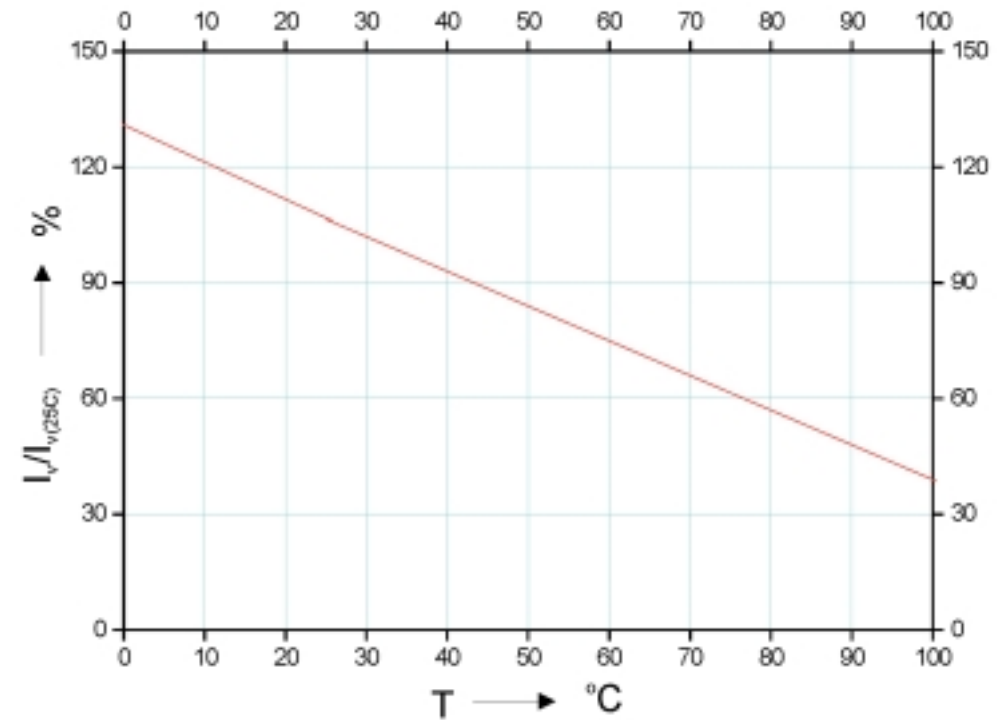


Σχήμα 9.3 Μεταβολή της έντασης ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το ρεύμα της LED (μέγιστη τιμή ρεύματος 50 mA) - Μονάδα έντασης 1mcd ($=10^{-3} \text{cd}^1$).

3. Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Στους πίνακες των κατασκευαστών προσδιορίζονται τα παρακάτω ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (οι προσεγγιστικές τιμές που ακολουθούν αναφέρονται σε διόδους LED μέσης ισχύος που χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία των εφαρμογών):

- α. Μέγιστη ανάστροφη τάση V_R : 3V
- β. Μέγιστη καταναλισκόμενη ισχύς P_{tot} (σε θερμοκρασία 25°C): 210mW
- γ. Ανάστροφο ρεύμα I_R (για $V_R=3V$): 10nA
- δ. Χωρητικότητα C0 (για $V_R=0V$): 60 pF
- ε. Θερμοκρασιακός συντελεστής τάσης πόλωσης TC: -1,6mV/°C
- στ. Χρόνος ανόδου (λειτουργία με παλμό στην είσοδο): 5 nsec

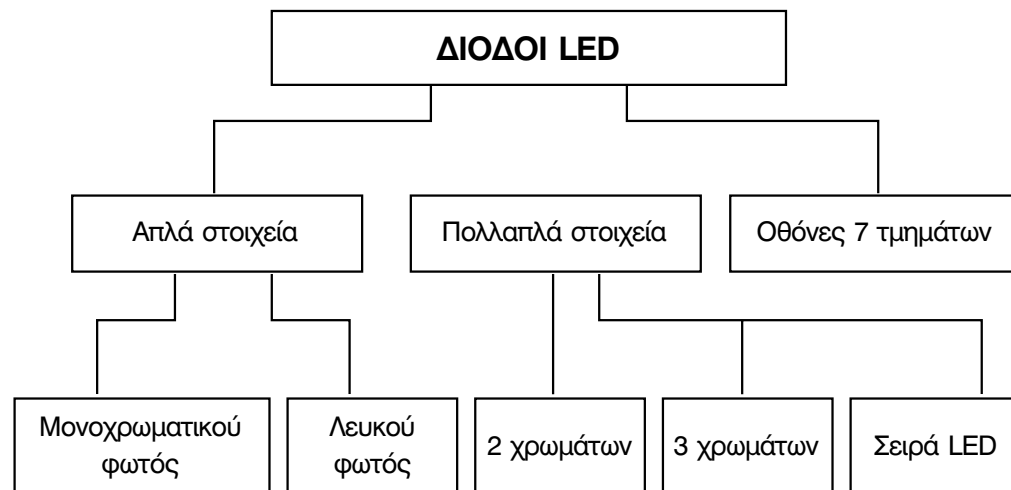
¹ 1cd (καντέλα) είναι η ένταση ακτινοβολίας πρότυπης πηγής σε απόσταση 18 εκατοστών. Η πρότυπη πηγή είναι ισοδύναμη με λαμπτήρα πυράκτωσης ισχύος 2 Watt.



Σχήμα 9.4 Μεταβολή της έντασης ακτινοβολίας με τη θερμοκρασία. Η ένταση εκφράζεται σαν ποσοστό % της τιμής σε θερμοκρασία 25°C.

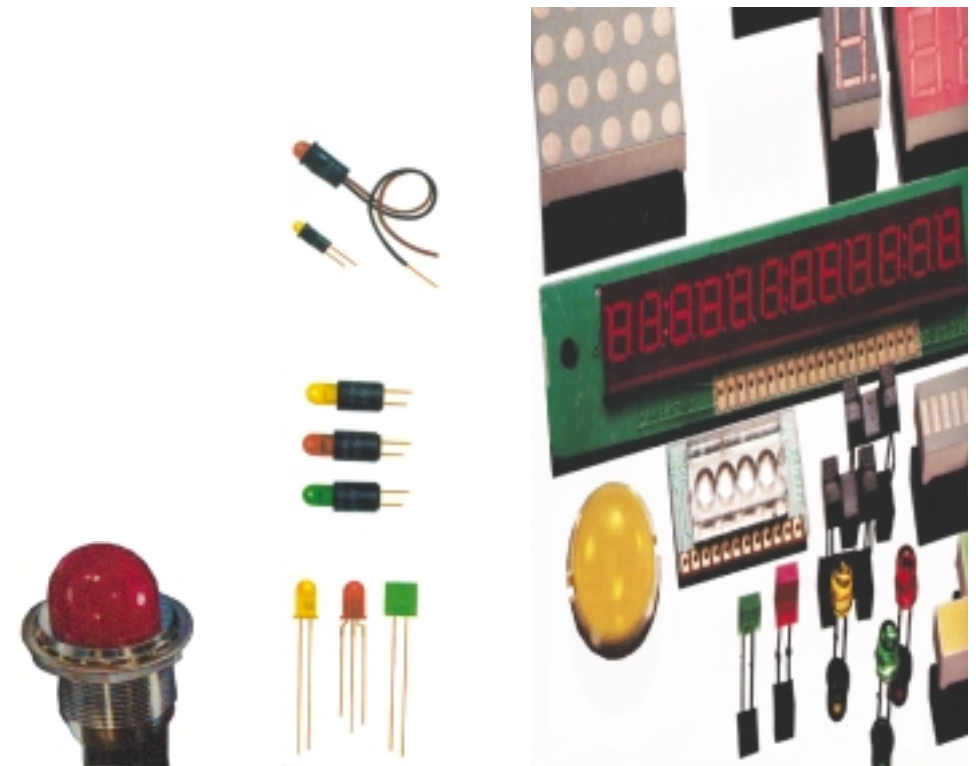
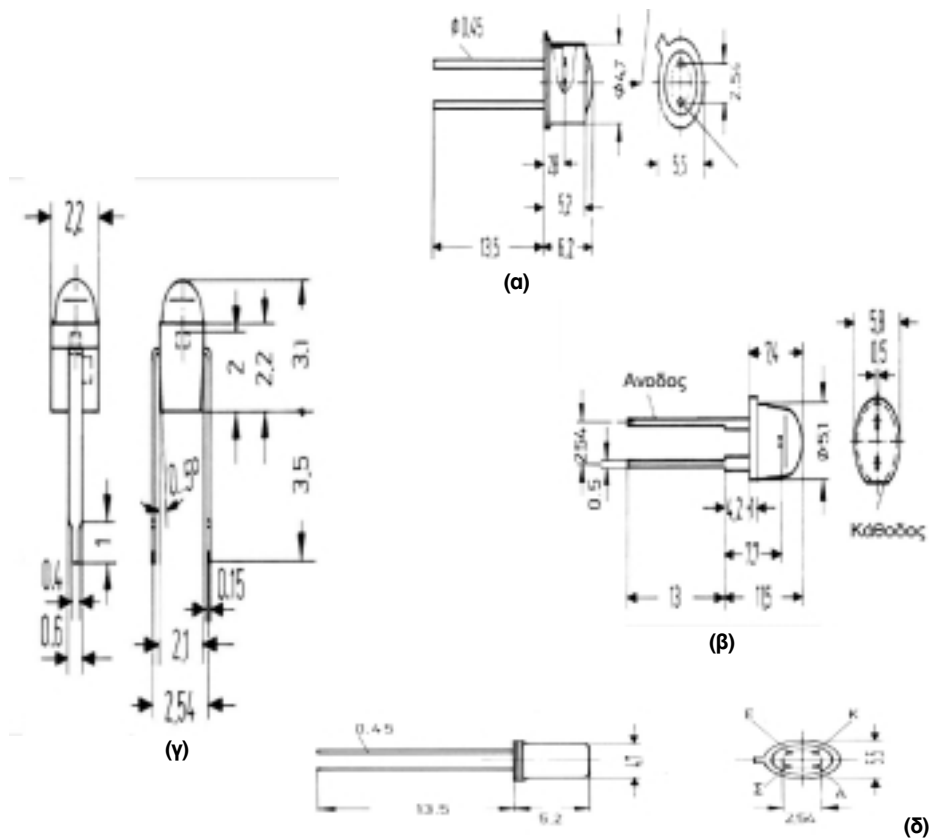
9.2.1.2. Χαρακτηριστικά κατασκευής

Οι διαφορετικές μορφές διόδων LED, όσον αφορά τον τρόπο κατασκευής παρουσιάζονται στο διάγραμμα 9.2.



Διάγραμμα 9.2

Τα απλά στοιχεία LED διατίθενται σήμερα σε μία ποικιλία σχημάτων και μεγεθών (σχήμα 9.5). Το περίβλημά τους κατασκευάζεται από εποξικό υλικό.

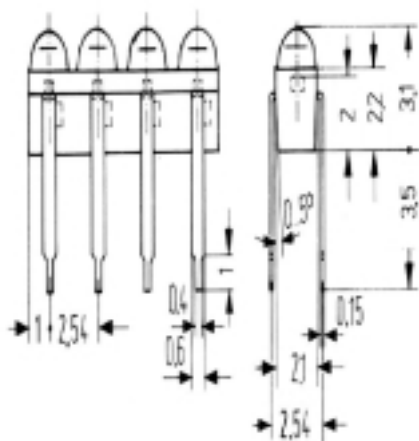
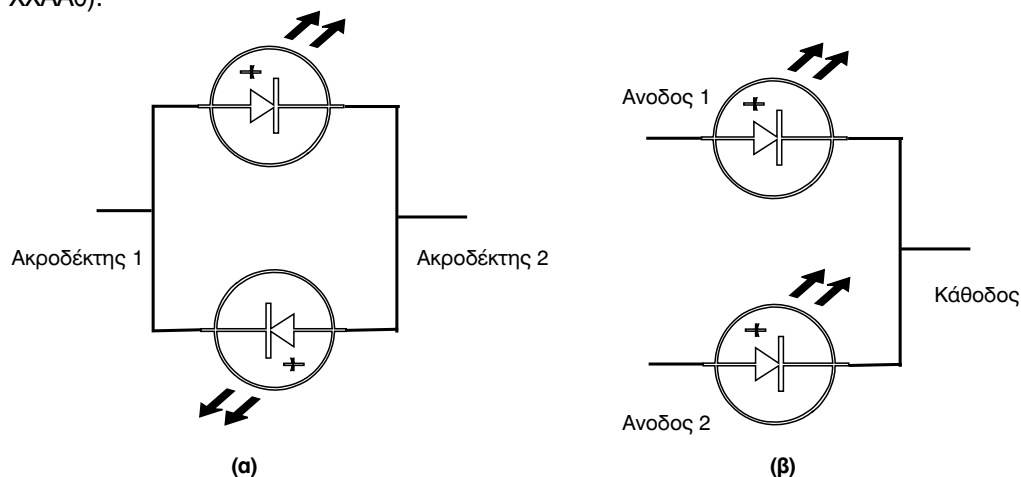


Σχήμα 9.5 α - γ. Σχήμα και διαστάσεις (σε χιλιοστά) τυπικών διόδων LED
δ. Δίοδοι LED σε διάφορες εφαρμογές

Το σχήμα του είναι δυνατό να είναι τέτοιο ώστε να λειτουργεί σαν συγκεντρωτικός φακός με αποτέλεσμα η ακτινοβολία να εκπέμπεται κυρίως κατά τη διεύθυνση του άξονα της διόδου (κατευθυντική LED-σχήμα 9.5δ). Σε ορισμένες διόδους που εκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία, το περίβλημα είναι κατασκευασμένο από γυαλί και έχει επίσης σχήμα συγκεντρωτικού φακού. Στις LED που χρησιμοποιούνται σαν πηγές λευκού φωτός το περίβλημα αποτελείται από εποξικό υλικό καλυμμένο από στρώμα φθορίζουσας ουσίας. Η διόδος παράγει ακτινοβολία μπλε χρώματος που διεγείρει τη φθορίζουσα ουσία με αποτέλεσμα αυτή να εκπέμψει λευκό φως.

Στις διόδους LED δύο χρωμάτων στην ίδια συσκευασία περιέχονται δύο p-n επαφές που εκπέμπουν ακτινοβολία διαφορετικού μήκους κύματος και είναι συνδεδεμένες όπως φαίνεται στο σχήμα 9.6α. Ανάλογα με την πολικότητα της DC τάσης τροφοδοσίας, τη μία από τις δύο επαφές τη διαρρέει ρεύμα και η διόδος παράγει την αντίστοιχη ακτινοβολία. Στο σχήμα 9.6β φαίνονται οι διαφορές στη δομή των διόδων LED τριών χρωμάτων. Αυτές είναι στοιχεία τριών ακροδεκτών και η ακτινοβολία που εκπέμπουν καθορίζεται από τον τρόπο τροφοδοσίας των ανόδων.

Όταν τροφοδοτείται η μία άνοδος η LED παράγει την αντίστοιχη ακτινοβολία, ενώ όταν τροφοδοτούνται ταυτόχρονα και οι δύο το χρώμα που παράγεται αντιστοιχεί στη σύνθεση των επιμέρους χρωμάτων (π.χ. κίτρινο από κόκκινο και πράσινο). Τέλος το εξάρτημα των σχημάτων 9.6γ και δ είναι μία σειρά τεσσάρων LED που είναι τοποθετημένες σε ενιαία βάση. Στα εξαρτήματα αυτής της κατηγορίας είναι δυνατό να είναι τοποθετημένες μέχρι δέκα διόδοι. Το πλήθος των διόδων δηλώνεται με το τελευταίο ψηφίο της κωδικής ονομασίας του εξαρτήματος. Έτσι η σειρά LED των σχημάτων 9.6γ και δ περιγράφεται με κωδικό της μορφής XXAA4. Η σειρά LED με 10 διόδους δηλώνεται με το 0 σαν τελευταίο ψηφίο (το αντίστοιχο σύμβολο θα ήταν XXAA0).

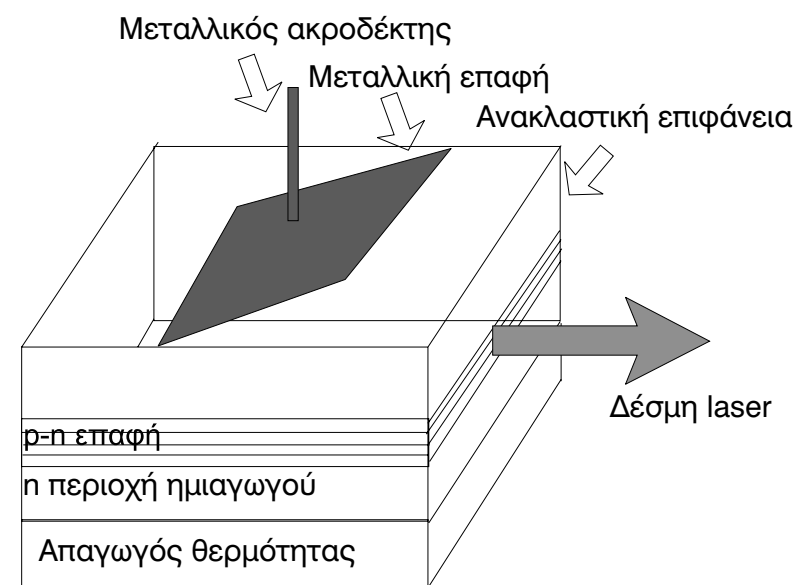


Σχήμα 9.6 α. Δομή LED 2 χρωμάτων β. Δομή LED 3 χρωμάτων
γ. Σχήμα-διαστάσεις σειράς 4 LED δ. Μορφή σειράς 4 LED

9.2.2. Δίοδοι LASER

9.2.2.1. Χαρακτηριστικά λειτουργίας

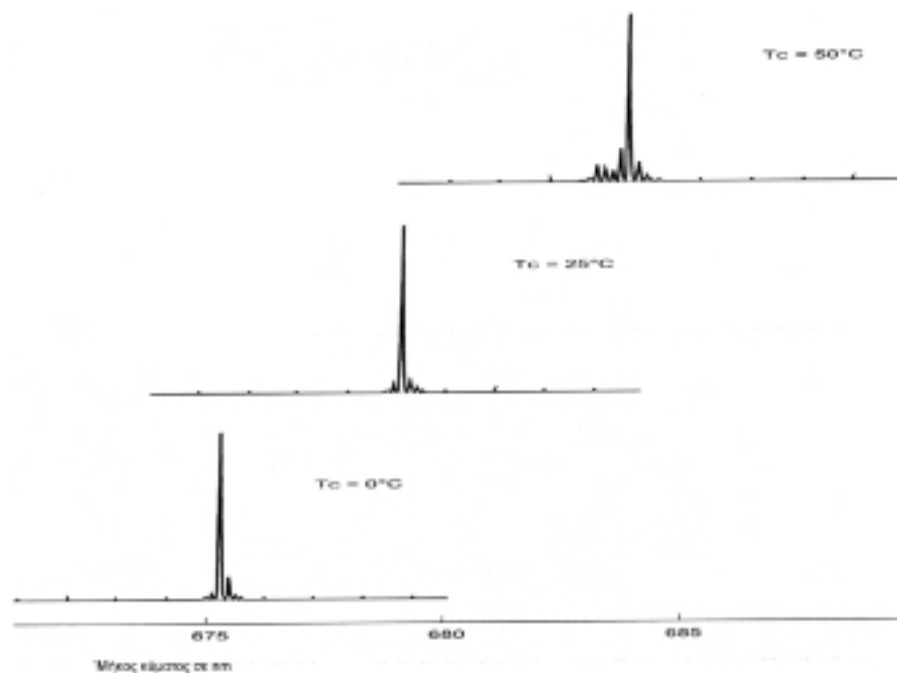
Η διόδος του τύπου αυτού είναι ημιαγωγίμη p-n επαφή που όταν είναι πολωμένη ορθά εκπέμπει ακτινοβολία με τη μορφή δέσμης laser. Η παραγωγή ακτινοβολίας και στην περίπτωση αυτή οφείλεται στις επανασυνδέσεις των φορέων στις δύο περιοχές της επαφής ενώ το φαινόμενο laser στην ιδιαίτερη διαμόρφωση του κομματιού ημιαγωγού (συντονισμένη κοιλότητα). Στο σχήμα 9.7 φαίνεται η δομή της διόδου laser καθώς και η διεύθυνση διάδοσης του παραγόμενου φωτός. Οι λείες επιφάνειες αποτελούν τα ανακλαστικά τοιχώματα της κοιλότητας τα οποία εξασφαλίζουν τη συνθήκη συντονισμού που είναι απαραίτητη για την παραγωγή φωτός laser.



Σχήμα 9.7 Δομή διόδου laser

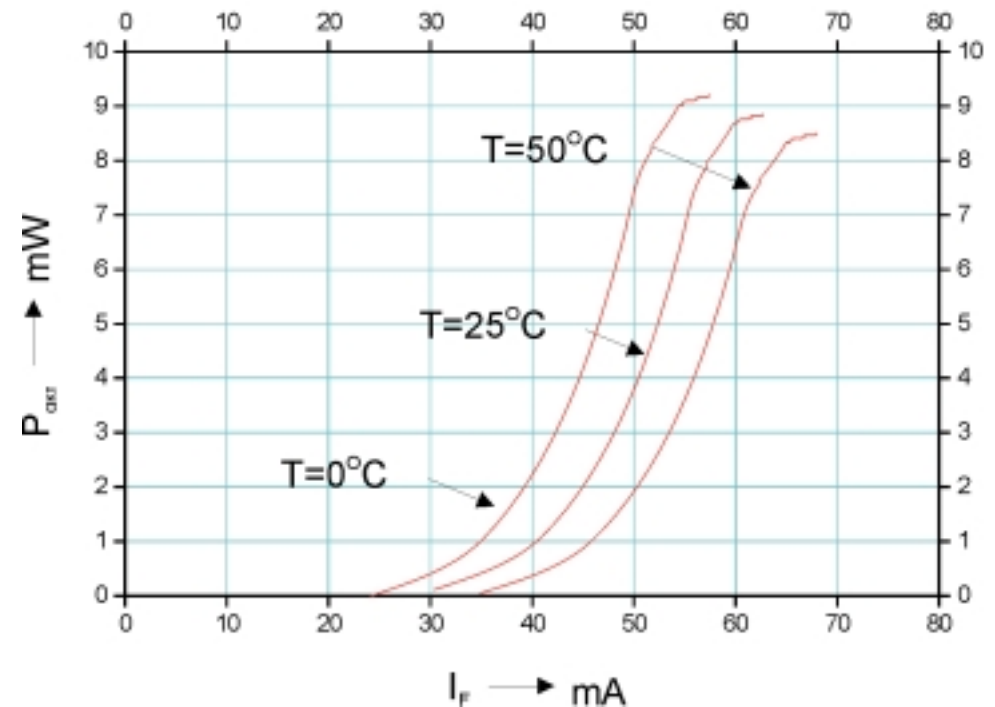
Οι κυριότερες παράμετροι λειτουργίας των διόδων laser, όπως προσδιορίζονται από τους κατασκευαστές είναι οι παρακάτω:

1. Μήκος κύματος εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Όπως συμβαίνει και στις διόδους LED καθορίζεται από το υλικό κατασκευής και το είδος των προσμείξεων. Στις διόδους laser η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό μονοχρωματική, δηλαδή το μήκος κύματος της μεταβάλλεται σε μία αρκετά μικρότερη περιοχή τιμών. Στο σχήμα 9.8 φαίνεται πως το μήκος κύματος για τις διόδους laser που συνήθως χρησιμοποιούνται στα συστήματα ανάγνωσης κωδικών προϊόντων τύπου bar code μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία από 675 μέχρι 685 nm. Σε αυτές τις διόδους το υλικό κατασκευής είναι συνήθως το AlGaInP και το χρώμα του παραγόμενου φωτός κόκκινο. Η αύξηση του μήκους κύματος της ακτινοβολίας laser με την αύξηση της θερμοκρασίας παριστάνεται στο σχήμα 9.8 με τη βοήθεια των καμπυλών φασματικής ευαισθησίας.



Σχήμα 9.8 Μεταβολή μήκους κύματος με τη θερμοκρασία - καμπύλες φασματικής ευαισθησίας

Έτσι, για τις διόδους που χρησιμοποιούνται σε συστήματα ανάγνωσης κωδικών bar code ή συστήματα laser pointer η μέγιστη ισχύς είναι 5-6 mW (υλικό κατασκευής AlGaInP, χρώμα φωτός κόκκινο).

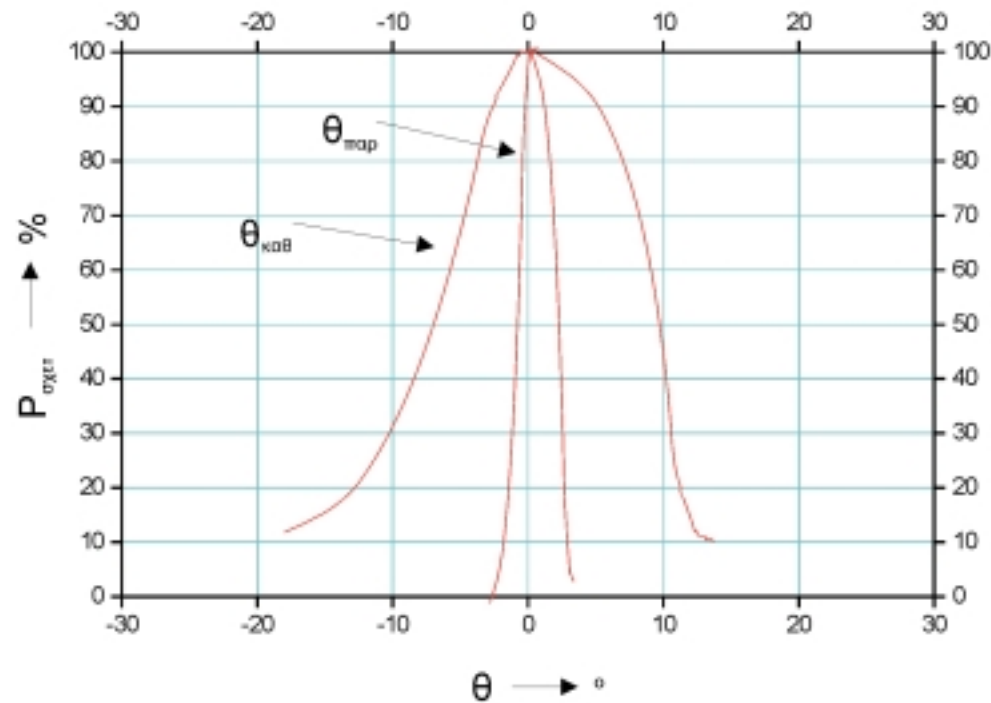


Σχήμα 9.9 Μεταβολή ισχύος ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το ρεύμα και τη θερμοκρασία

Για τις διόδους που χρησιμοποιούνται στις κεφαλές ανάγνωσης οπτικών δίσκων η μέγιστη ισχύς είναι 50 mW σε συνεχή και 80 mW σε παλμική λειτουργία (συνήθως το υλικό κατασκευής είναι το AlGaAs, και το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας 785 nm). Για τις διόδους που χρησιμοποιούνται σε ιατρικές εφαρμογές ή στην επεξεργασία και κοπή υλικών η μέγιστη ισχύς φθάνει τα 4 W (συνήθως το υλικό κατασκευής είναι το AlGaAs και το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας 790nm).

Ακόμη οι δίοδοι laser είναι κατευθυντικές πηγές φωτός, δηλαδή εκπέμπουν το μεγαλύτερο ποσοστό της ακτινοβολίας τους μέσα στα όρια μικρής σχετικά γωνίας, τόσο στη διεύθυνση εκπομπής της ακτινοβολίας, όσο και στην κάθετη διεύθυνση. Οι γωνίες αυτές προσδιορίζονται πάντα από τους κατασκευαστές (διάγραμμα σχήματος 9.10).

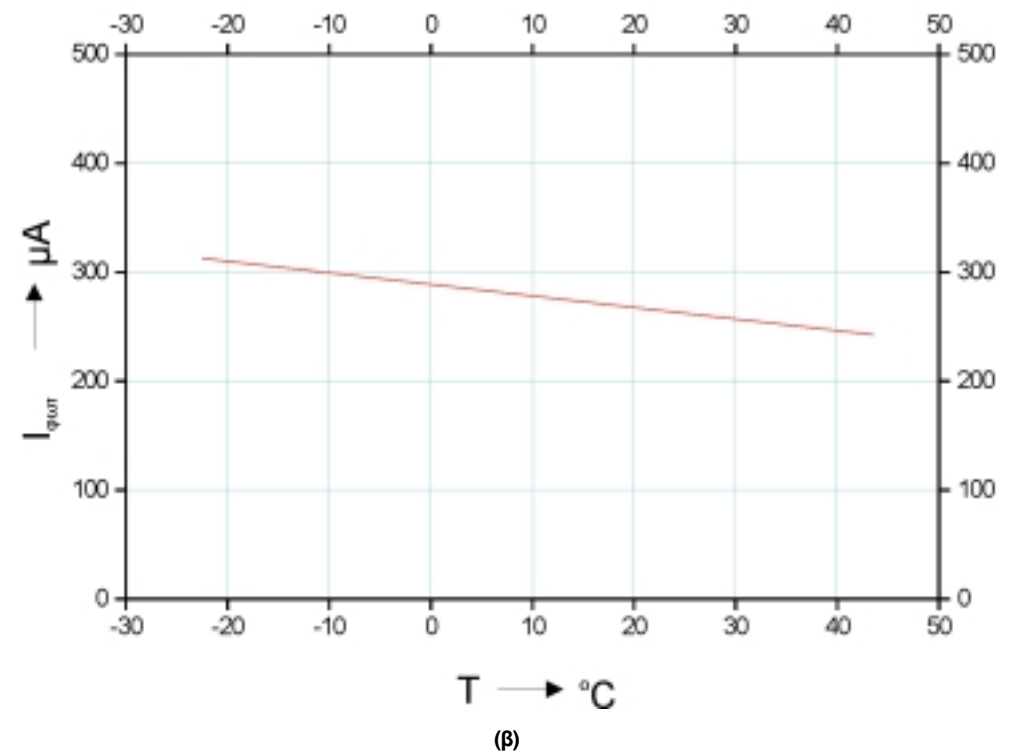
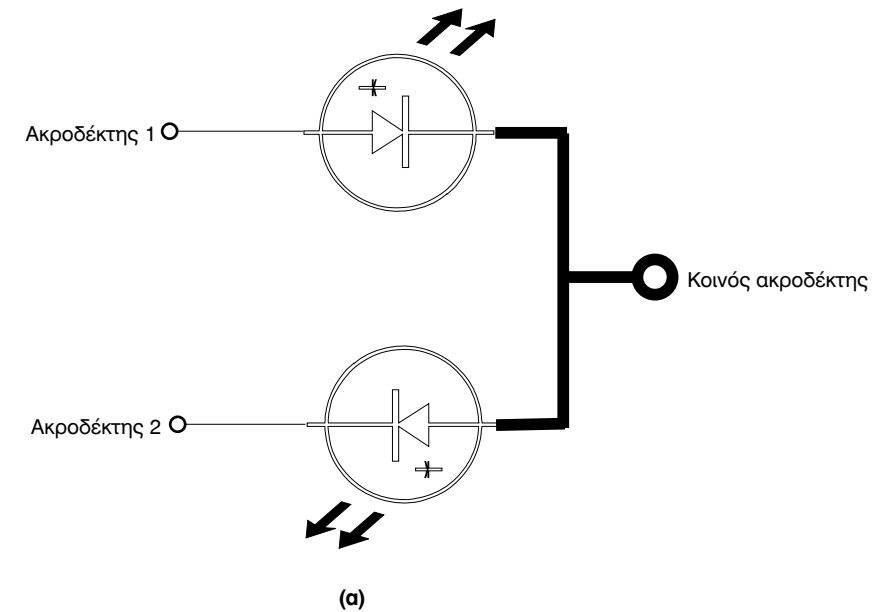
2. Ισχύς εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Η ισχύς της ακτινοβολίας laser είναι συνάρτηση του ρεύματος της διόδου και της θερμοκρασίας (σχήμα 9.9). Παρατηρούμε ότι η ισχύς αυξάνεται με την αύξηση του ρεύματος μέχρι μία μέγιστη τιμή, η οποία εξαρτάται από το υλικό και τον τρόπο κατασκευής της διόδου.



Σχήμα 9.10 Μεταβολή της ισχύος με τη γωνία από το επίπεδο εκπομπής

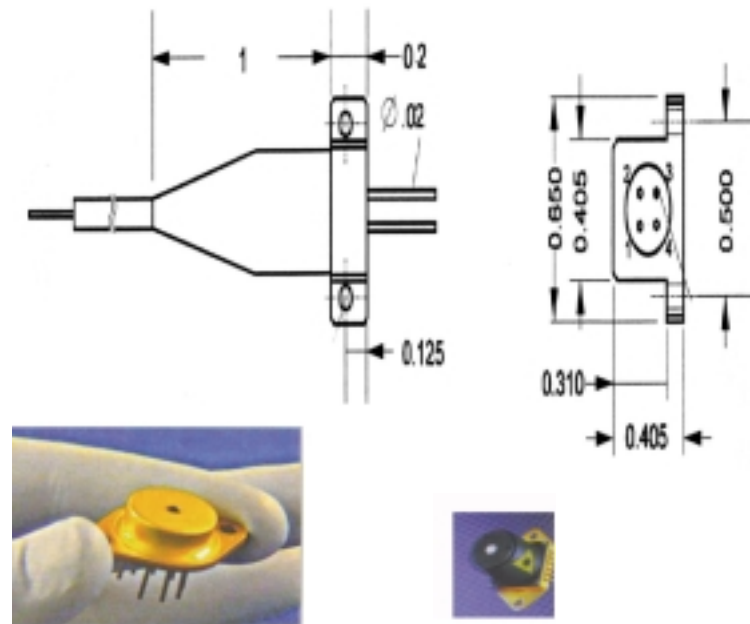
3. Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Το ρεύμα για το οποίο η διόδος αρχίζει να ακτινοβολεί ονομάζεται ρεύμα κατωφλίου (threshold current, σύμβολο I_{th}). Από τις καμπύλες του σχήματος 9.9 φαίνεται ότι το ρεύμα κατωφλίου αυξάνεται με την θερμοκρασία (25mA στους 0°C , 35mA στους 50°C). Ακόμη η ισχύς της ακτινοβολίας αυξάνεται με την αύξηση του ρεύματος της διόδου (μέγιστη τιμή 6 mW στους 25°C και για ρεύμα 45 mA). Με την αύξηση του ρεύματος όμως αυξάνεται και η καταναλισκόμενη ισχύς από τη διόδο. Έτσι στην πράξη οι κατασκευαστές συστήνουν για το ρεύμα λειτουργίας της διόδου μία ενδιάμεση τιμή (για την καμπύλη του σχήματος 9.9 π.χ. θα είναι $I_F = 40\text{mA}$ στους 25°C). Ακόμη προσδιορίζεται και η τυπική και η μέγιστη τιμή της τάσης πόλωσης της διόδου (οι τυπικές τιμές για τα δύο αυτά μεγέθη βρίσκονται κοντά στα 2 και 3 V αντίστοιχα).

Τέλος σε πολλές περιπτώσεις στην ίδια συσκευασία με τη διόδο laser είναι ενσωματωμένη και φωτοδιόδος με σκοπό τον έλεγχο της σταθερότητας της ισχύος εξόδου. Το σύμβολο της διόδου στην περίπτωση αυτή φαίνεται στο σχήμα 9.11α. Οι κατασκευαστές προσδιορίζουν το ρεύμα λειτουργίας της φωτοδιόδου στους 25°C , καθώς και τη μεταβολή του σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία (σχήμα 9.11β).



Σχήμα 9.11 α. Σύμβολο διόδου laser με ενσωματωμένη φωτοδιόδο β. Μεταβολή ρεύματος φωτοδιόδου με τη θερμοκρασία

Στο σχήμα 9.12 παρουσιάζεται η μορφή και οι διαστάσεις σειράς διόδων laser.

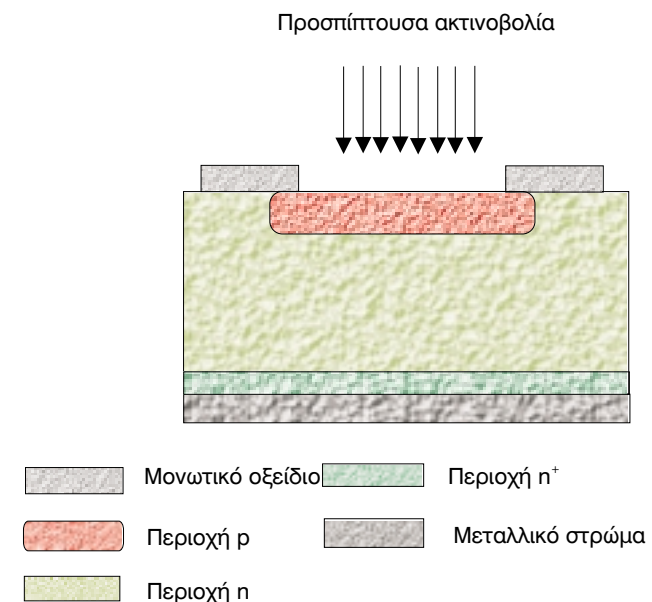


Σχήμα 9.12 Διάφορες μορφές διόδων laser (οι διαστάσεις σε χιλιοστά)

9.3. Ανιχνευτές ακτινοβολίας

9.3.1. Φωτοδίοδοι

Είναι ημιαγωγικές επαφές ανάστροφα πολωμένες στις οποίες η πρόσπτωση ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα. Η δομή και η αρχή λειτουργίας τους φαίνεται στο σχήμα 9.13. Η ακτινοβολία που προσπίπτει στον ημιαγωγό μέσα από τη διαφανή ζώνη προσφέρει την απαραίτητη ενέργεια για τη δημιουργία των φορέων του ηλεκτρικού ρεύματος. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται δίοδοι p-i-n, στις οποίες υπάρχει στρώμα ημιαγωγού χωρίς προσμίξεις ανάμεσα στις περιοχές p και n. Το βασικό πλεονέκτημα στην περίπτωση αυτή είναι ότι η περιοχή μέσα στην οποία δημιουργούνται οι φορείς έχει μεγαλύτερο πλάτος.



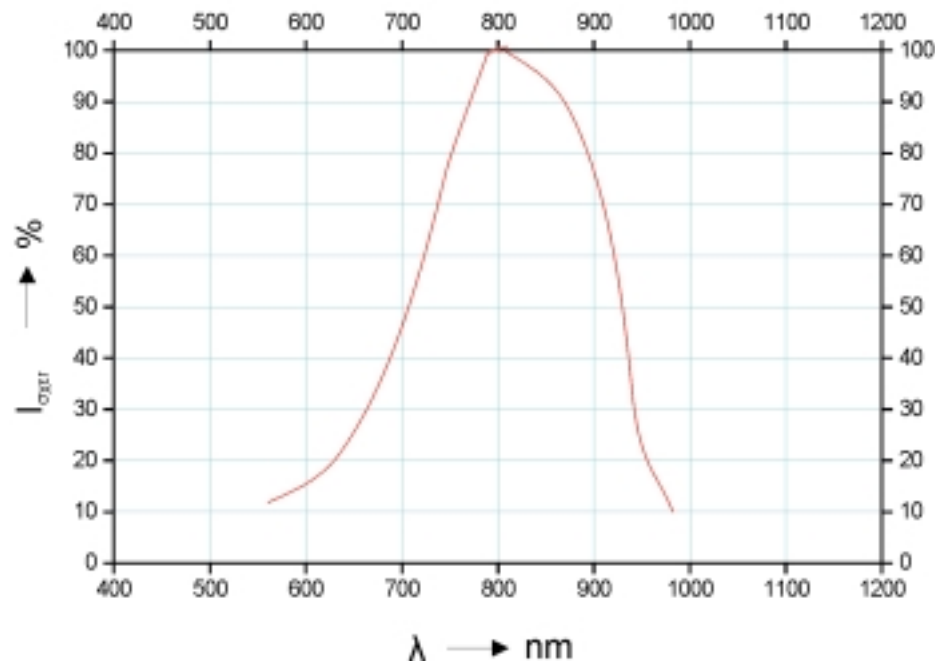
Σχήμα 9.13 Δομή και αρχή λειτουργίας φωτοδιόδου

Οι κυριότερες παράμετροι λειτουργίας των φωτοδιόδων όπως προσδιορίζονται από τους κατασκευαστές είναι οι παρακάτω:

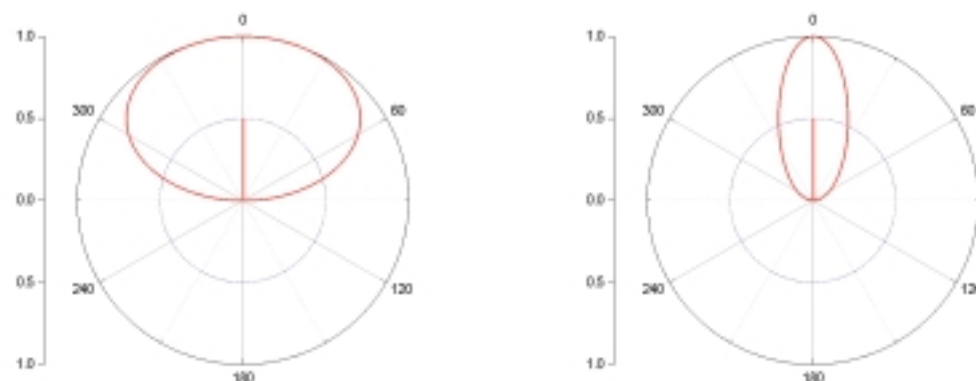
1. Χαρακτηριστικά προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Κάθε φωτοδίοδος είναι ευαίσθητη σε ορισμένη περιοχή μηκών κύματος. Δίνεται πάντα το μήκος κύματος μέγιστης ευαισθησίας και η καμπύλη σχετικής φασματικής ευαισθησίας (σχήμα 9.14α-φωτοδίοδος πυριτίου). Από το σχήμα προκύπτει ότι η συγκεκριμένη φωτοδίοδος λειτουργεί στην περιοχή μηκών κύματος από $\lambda_1=400$ μέχρι $\lambda_2=1100\text{nm}$, ενώ τη μέγιστη ευαισθησία παρουσιάζει για $\lambda_{\text{peak}}=800\text{nm}$. Ακόμη στο σχήμα 9.14β φαίνεται ότι οι φωτοδίοδοι είναι δυνατό, ανάλογα με την κατασκευή τους, να

διαφέρουν όσον αφορά την κατευθυντικότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.
2. Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά.

- α. **Φωτορεύμα.** Μεταβάλλεται γραμμικά με την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (χαρακτηριστική της φωτοδιόδου-σχήμα 9.15α). Ακόμη αυξάνεται ανάλογα με την θερμοκρασία (σχήμα 9.15β).



(α)



(β)

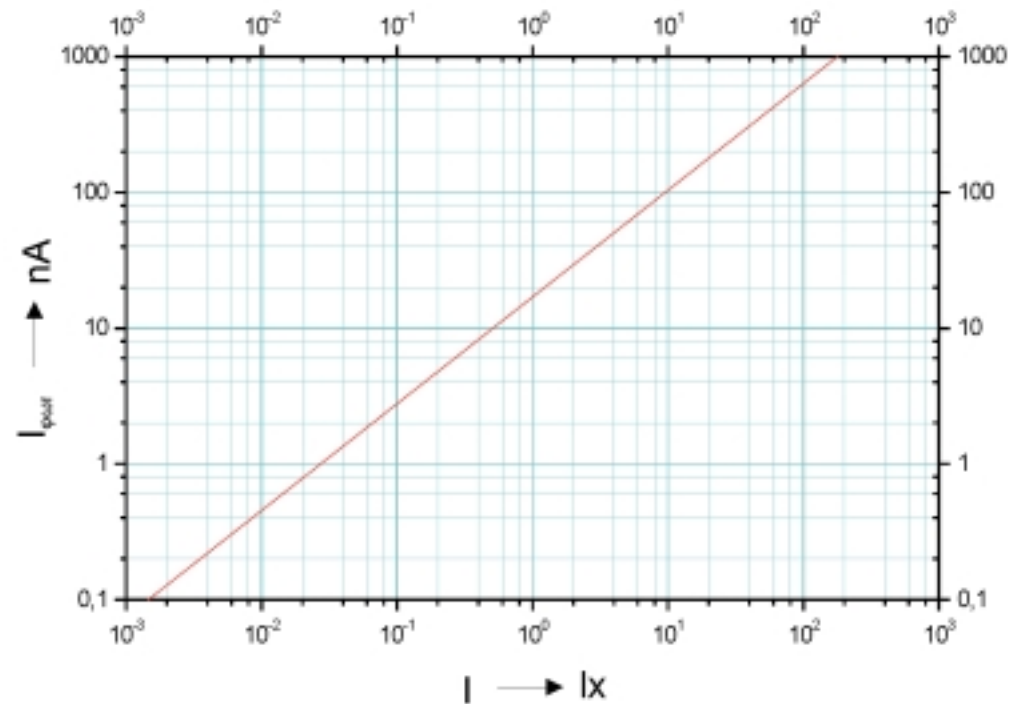
Σχήμα 9.14 α. Διάγραμμα σχετικής φασματικής ευαισθησίας για φωτοδίοδο πυριτίου β. Σύγκριση καμπυλών κατευθυντικότητας για δύο διαφορετικές φωτοδιόδους

- β. **Ρεύμα σκότους.** Είναι το ανάστροφο ρεύμα της επαφής όταν δεν προσπίπτει ακτινοβολία σε αυτήν. Αυξάνεται ανάλογα με την ανάστροφη τάση πόλωσης και τη θερμοκρασία (σχήματα 9.15γ και δ. αντίστοιχα).

- γ. **Τάση ανοικτού κυκλώματος.** Αυξάνεται με την ένταση της ακτινοβολίας και μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας (σχήματα 9.16α και β. αντίστοιχα).

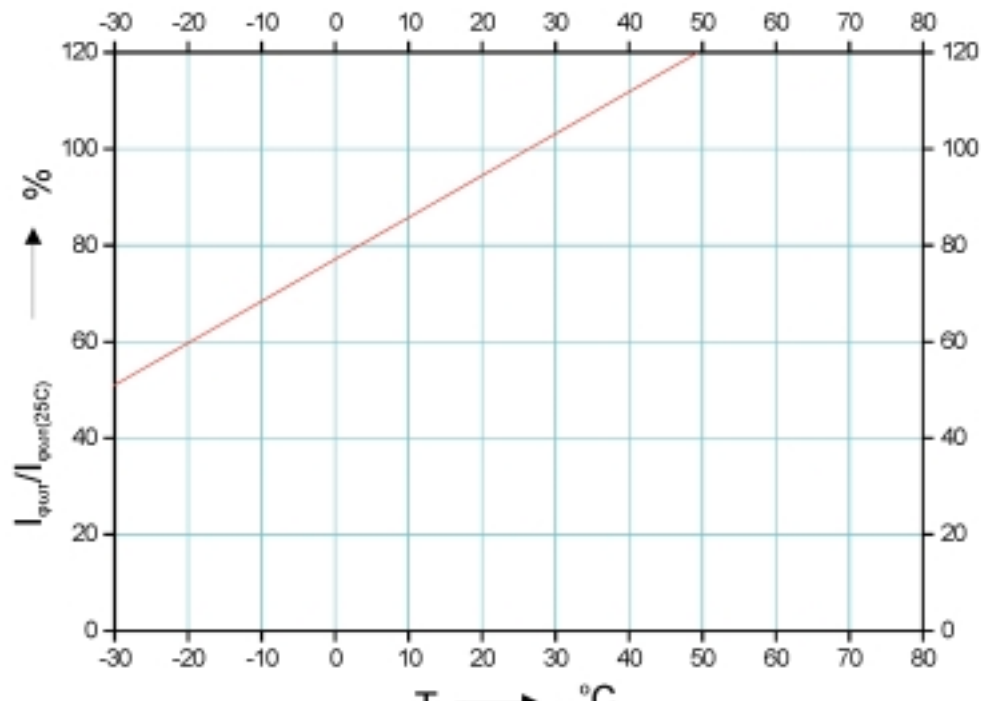
- δ. **Ρεύμα βραχυκύκλωσης.** Αυξάνεται ανάλογα με την ένταση της ακτινοβολίας (σχήμα 9.16α).

- ε. **Χωρητικότητα.** Καθορίζει την ταχύτητα απόκρισης της διόδου στις μεταβολές της ακτινοβολίας. Μειώνεται με την αύξηση της ανάστροφης τάσης πόλωσης (σχήμα 9.16γ). Στις φωτοδιόδους p-i-n παρουσιάζει πολύ χαμηλότερες τιμές με αποτέλεσμα αυτές να έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα απόκρισης και να χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες με οπτικές ίνες. Για παράδειγμα φωτοδίοδος πυριτίου για $V_R = -0,1V$ παρουσιάζει τυπικά χωρητικότητα 100 pF (σχήμα 9.16γ). Αντίστοιχα φωτοδίοδος p-i-n πυριτίου για την ίδια ανάστροφη τάση παρουσιάζει χωρητικότητα της τάξης των 10 pF.

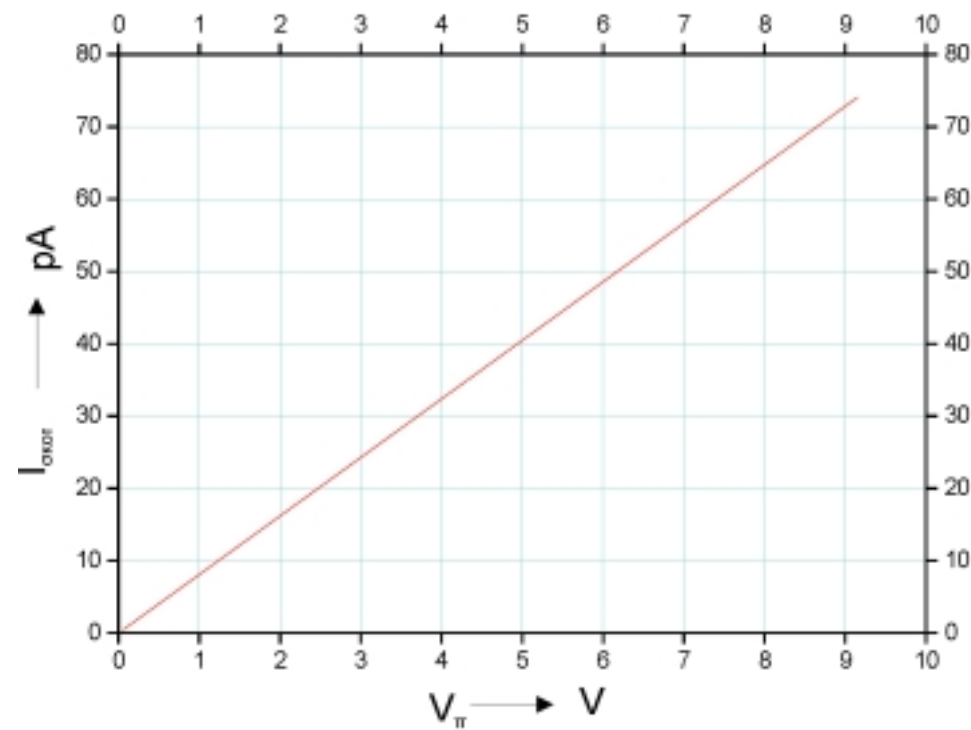


(α)

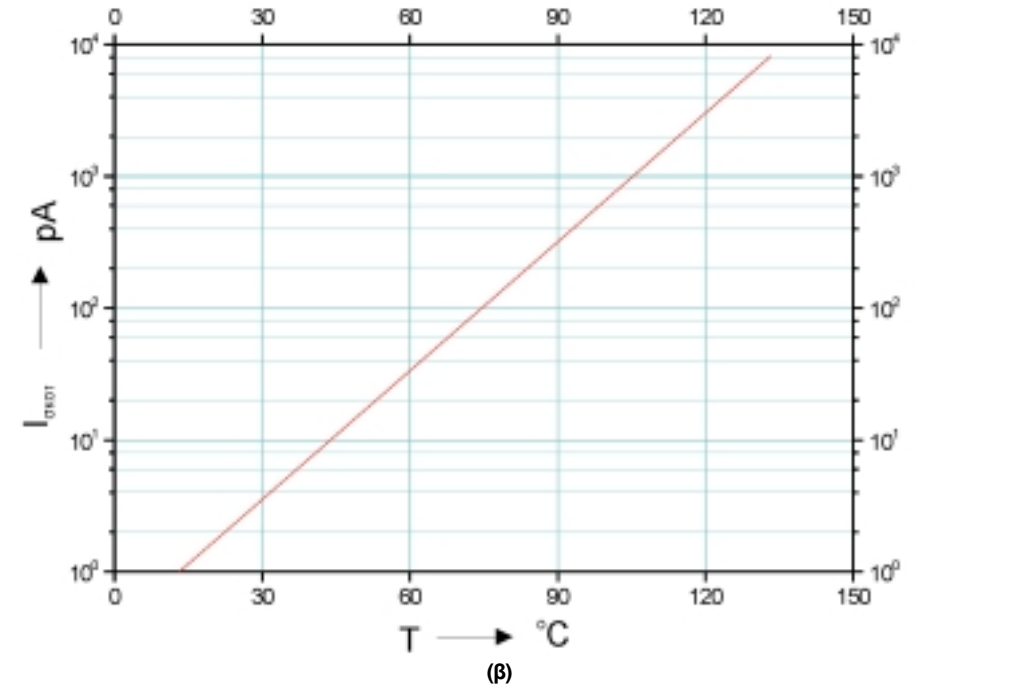
¹ ένα I_x είναι ίσο με $5 \mu W/cm^2$



(β)

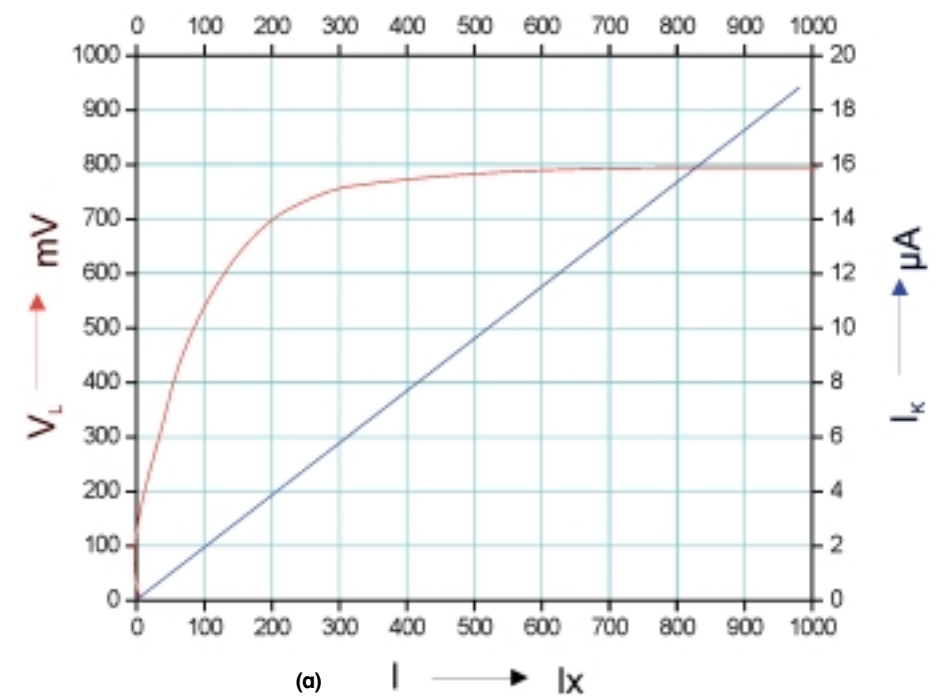


(γ)

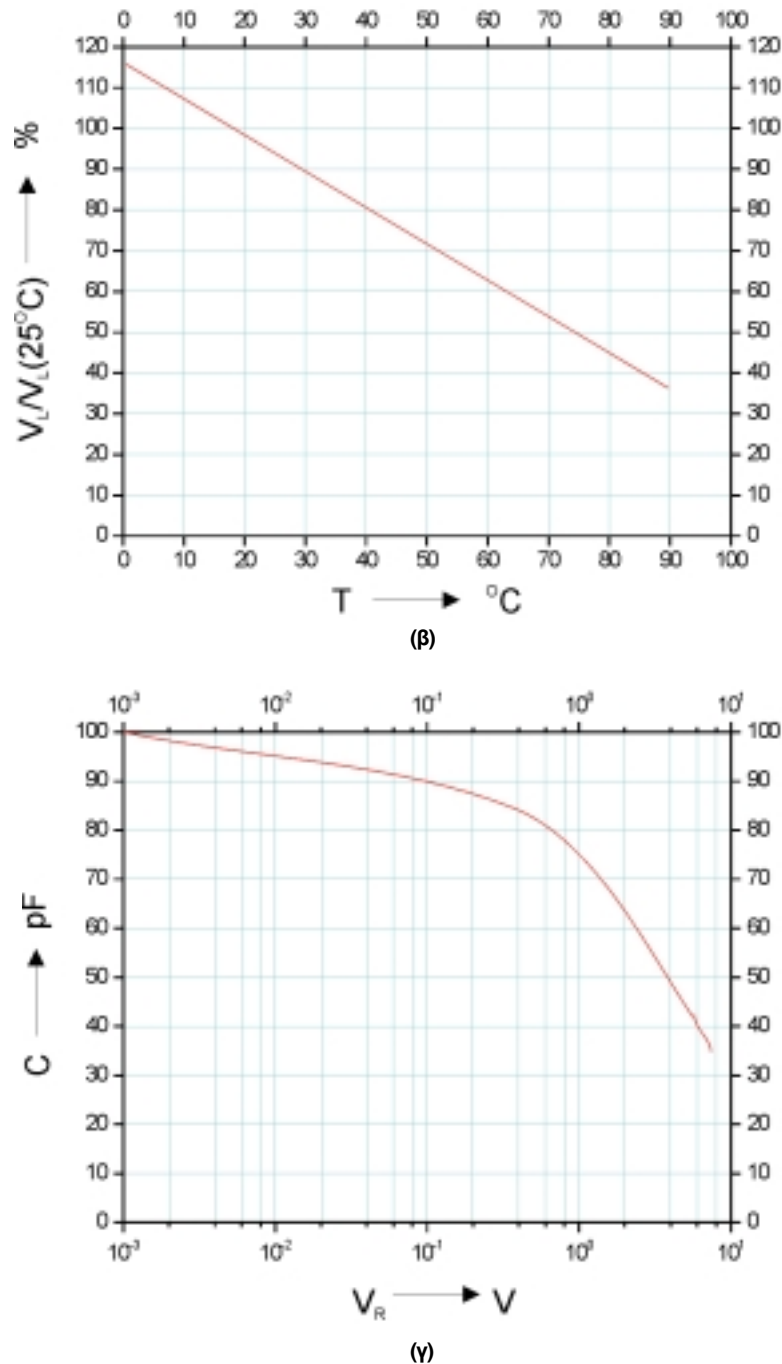


(β)

Σχήμα 9.15 α. Μεταβολή φωτορεύματος με την ένταση προσπίπτουσας ακτινοβολίας (σε lux ή lx) . β. Μεταβολή φωτορεύματος με τη θερμοκρασία (σχετική τιμή ως προς το ρεύμα στους 25°C) γ. Μεταβολή ρεύματος σκότους με την τάση πόλωσης δ. Μεταβολή ρεύματος σκότους με τη θερμοκρασία (όλες οι καμπύλες για φωτοδίοδο πυριτίου)



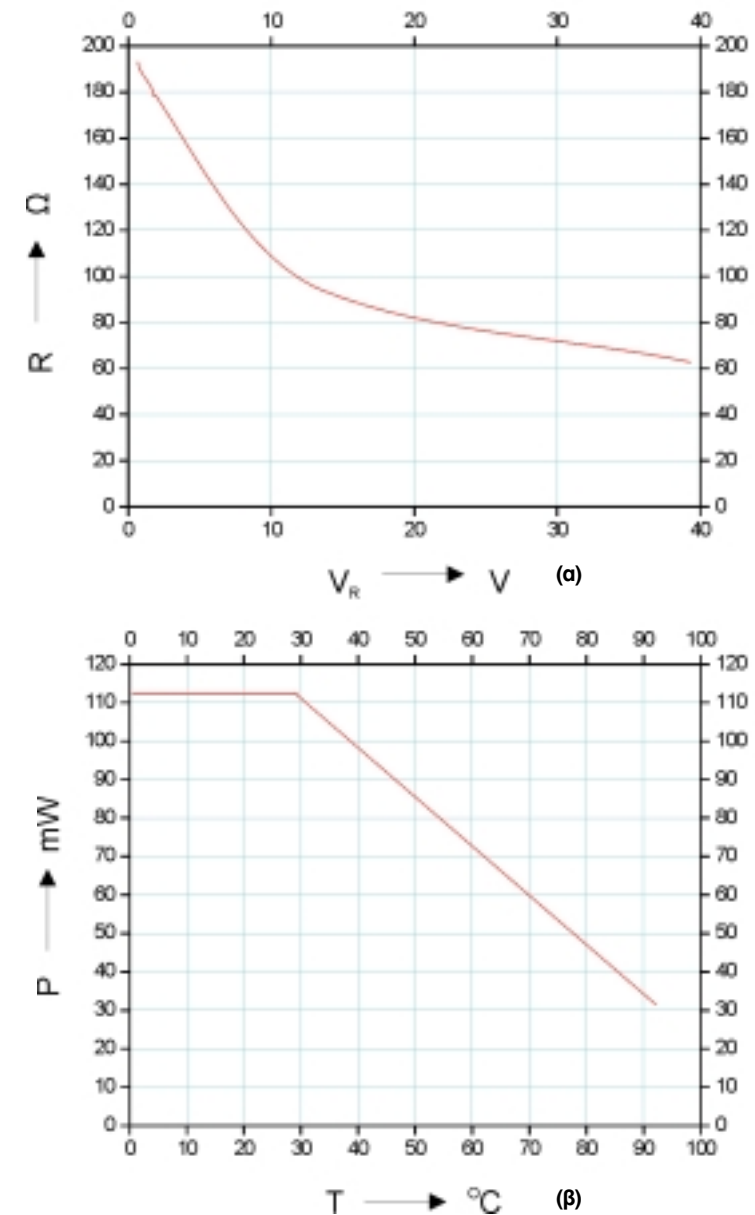
(α)



Σχήμα 9.16 α. Μεταβολή τάσης ανοικτού κυκλώματος V_L και ρεύματος βραχυκύκλωσης I_k με την ένταση προσπίπτουσας ακτινοβολίας β. Μεταβολή τάσης ανοικτού κυκλώματος με τη θερμοκρασία (σχετική τιμή ως προς την τάση στους 25°C) γ. Μεταβολή χωρητικότητας σε συνάρτηση με την τάση πόλωσης (όλες οι καμπύλες για φωτοδίοδο πυριτίου)

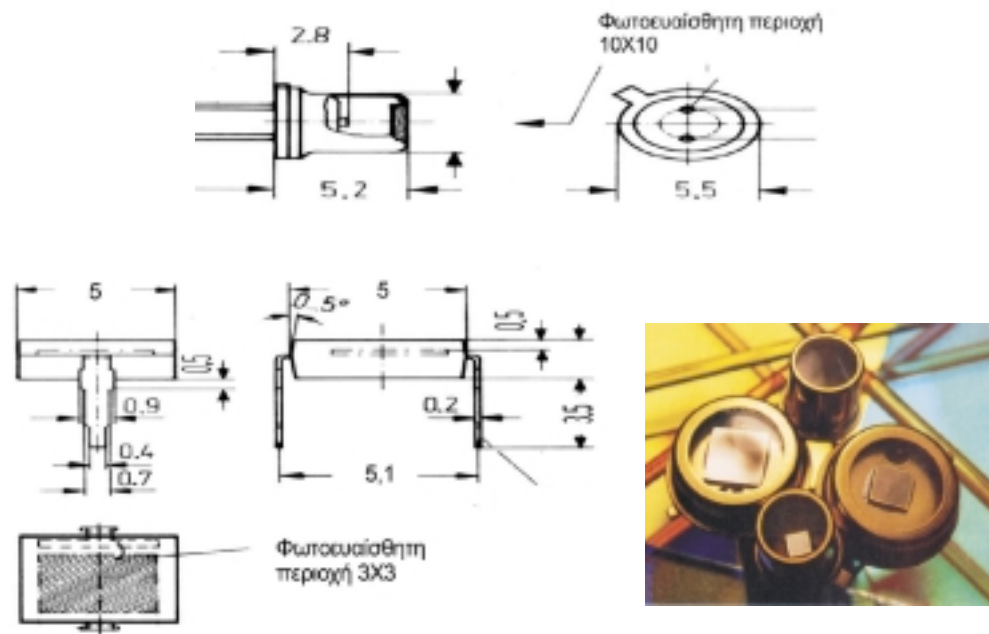
στ. **Αντίσταση σειράς στο εναλλασσόμενο.** Δίνεται μόνο για τις φωτοδιόδους μεγάλης ταχύτητας απόκρισης (δίοδοι p-i-n), για συνθήκες σκότους και ορισμένη τιμή συχνότητας. Ελαττώνεται σημαντικά με την αύξηση της ανάστροφης τάσης πόλωσης (σχήμα 9.17α).

ζ. **Καταναλισκόμενη ισχύς.** Μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία, όπως φαίνεται στο σχήμα 9.17β.



Σχήμα 9.17α. Μεταβολή αντίστασης σειράς με την τάση πόλωσης (συνθήκες σκότους, συχνότητα 100 MHz, φωτοδίοδος p-i-n πυριτίου) β. Μεταβολή ισχύος με τη θερμοκρασία (απλή φωτοδίοδος πυριτίου)

Στο σχήμα 9.18 παρουσιάζονται φωτοδιόδοι του εμπορίου. Το περίβλημα τους είναι συνήθως από πλαστικό και η κάθοδος σημειώνεται με μία έγχρωμη (πορτοκαλί ή μπλε) τελεία.



Σχήμα 9.18 Διάφορες μορφές φωτοδιόδων (οι διαστάσεις σε χιλιοστά)

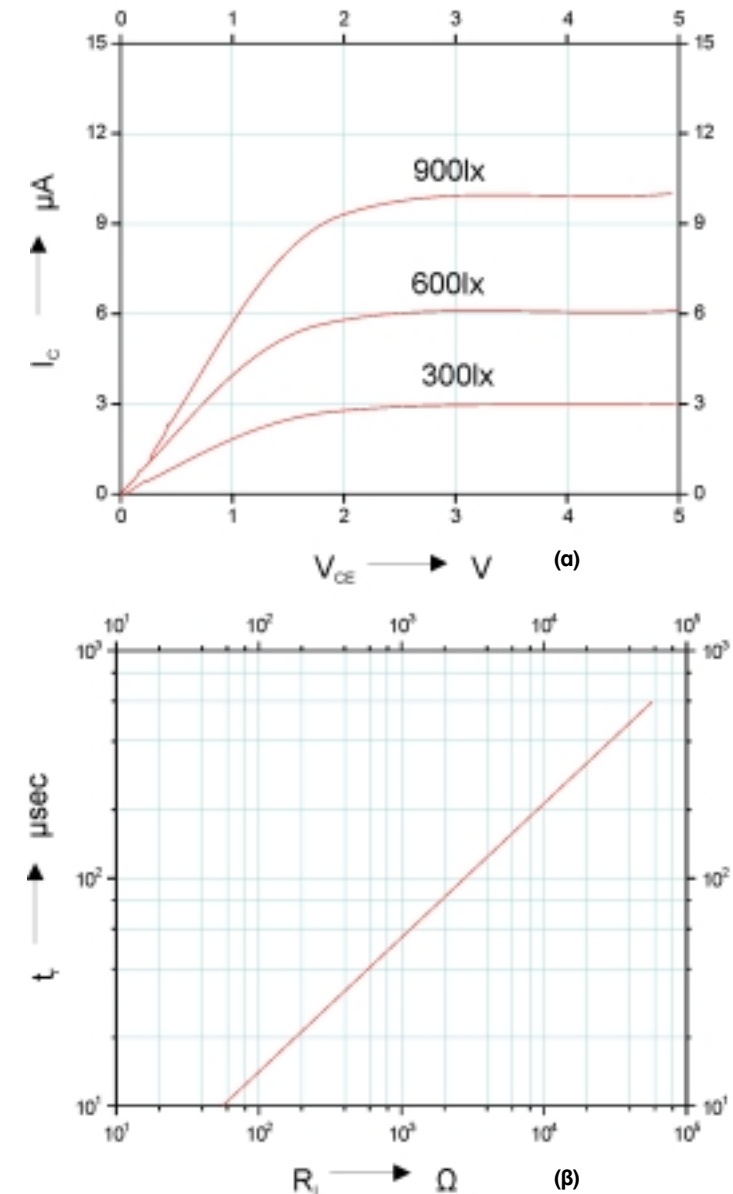
9.3.2. Φωτοτρανζίστορ - φωτοθυρίστορ

Η αρχή λειτουργίας των φωτοτρανζίστορ είναι παρόμοια με αυτή των φωτοδιόδων. Το μεγαλύτερο ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας απορροφάται στην περιοχή του συλλέκτη. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε συνδεσμολογία κοινού εκπομπού και παρέχουν με τον τρόπο αυτό σε σχέση με τις φωτοδιόδους ενισχυμένο φωτορεύμα. Οι κυριότερες παράμετροι είναι αντίστοιχες με αυτές των φωτοδιόδων. Η λειτουργία των φωτοτρανζίστορ περιγράφεται από σμήνος χαρακτηριστικών με παράμετρο την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (σχήμα 9.19α).

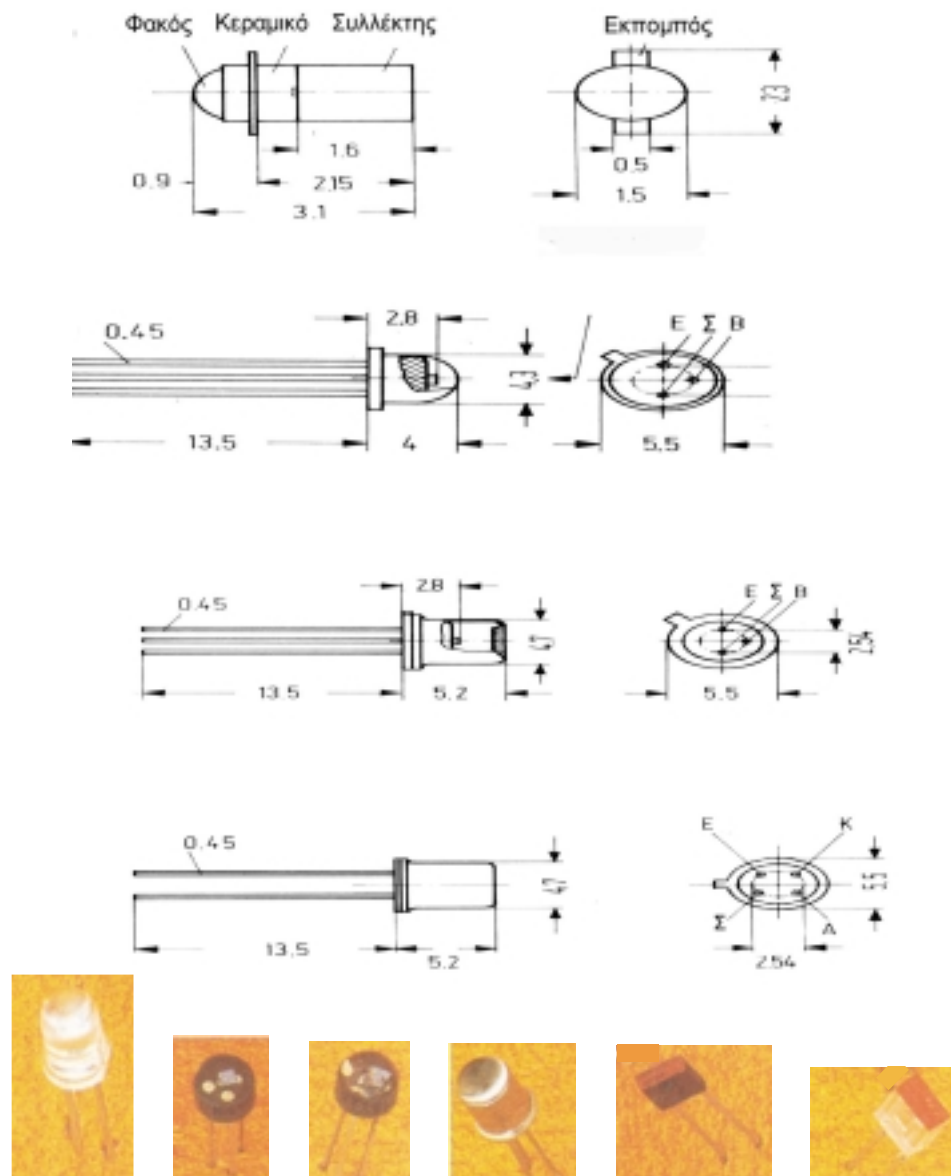
Ακόμη από τους κατασκευαστές προσδιορίζεται η χωρητικότητα τόσο ανάμεσα στον συλλέκτη και τον εκπομπό, όσο και ανάμεσα στον εκπομπό και την βάση.

Τέλος στα τρανζίστορ που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που απαιτούν υψηλή ταχύτητα απόκρισης (τηλεπικοινωνίες, συστήματα σάρωσης) προσδιορίζεται και ο χρόνος ανόδου σε συνάρτηση με την αντίσταση φορτίου κατά την παλμική λειτουργία (σχήμα 9.19β).

Το περίβλημα των φωτοτρανζίστορ είναι συνήθως πλαστικό και ο εκπομπός δηλώνεται με μία προεξοχή στην κάτω πλευρά. Διάφορες συσκευασίες και οι σχετικές διαστάσεις φαίνονται στο σχήμα 9.20.



Σχήμα 9.19 α. Σμήνος χαρακτηριστικών n-p-n φωτοτρανζίστορ πυριτίου β. Μεταβολή χρόνου ανόδου σε συνάρτηση με την αντίσταση φορτίου για n-p-n φωτοτρανζίστορ πυριτίου



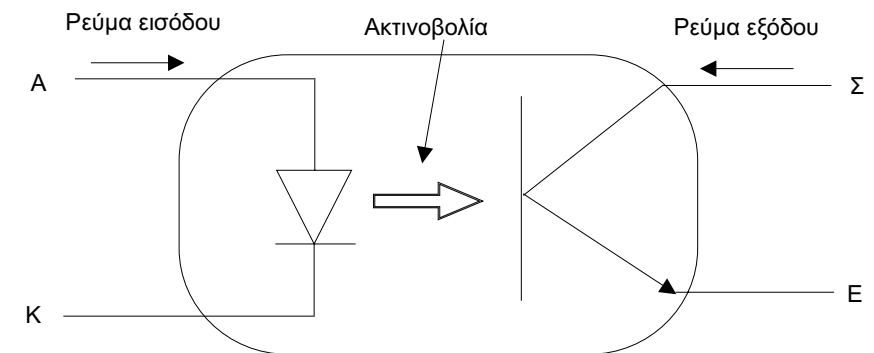
Σχήμα 9.20 Διάφορες μορφές φωτοτρανζίστορ (οι διαστάσεις σε χιλιοστά)

Τέλος ακόμη υψηλότερες τιμές φωτορεύματος είναι δυνατό να παραχθούν από τα φωτοθυρίστορ. Τα εξαρτήματα παρουσιάζουν τη δομή των θυρίστορ (κεφάλαιο 8) με τη διαφορά ότι η επαφή της πύλης κατασκευάζεται από φωτοευαίσθητο υλικό. Διατίθενται σε συσκευασίες τριών ή τεσσάρων ακροδεκτών (διπλής πύλης). Συνήθως χρησιμοποιούνται σαν διακόπτες που λειτουργούν σε πολύ υψηλές τάσεις.

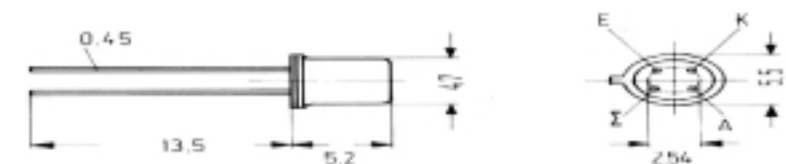
9.4. Οπτρόνες

Είναι εξαρτήματα στα οποία η είσοδος και η έξοδος είναι απομονωμένες ηλεκτρικά και το σήμα που διαδίδεται στο εσωτερικό τους είναι οπτικό. Ονομάζονται και οπτικοί συζεύκτες ή απομονωτές. Η δομή τους παρουσιάζεται στο σχήμα 9.21α. Μία δίοδος LED υπερύθρου μετατρέπει το ηλεκτρικό ρεύμα στην είσοδο σε ακτινοβολία που διαδίδεται το εσωτερικό του απομονωτή. Η ακτινοβολία διεγείρει τον ανιχνευτή (φωτοτρανζίστορ) με αποτέλεσμα στην έξοδο να εμφανίζεται και πάλι ηλεκτρικό ρεύμα. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό οι ακροδέκτες της διάταξης να απομονώνονται ηλεκτρικά για τιμές τάσης της τάξης των kV. Ακόμη η σύνδεση του εκπομπού και του συλλέκτη του φωτοτρανζίστορ στην έξοδο παρέχει τη δυνατότητα ενίσχυσης του ρεύματος.

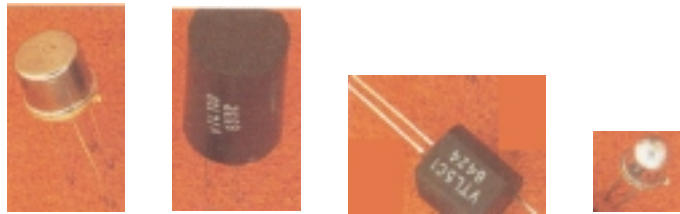
Η λειτουργία των απομονωτών καθορίζεται από τις παραμέτρους της πηγής στην είσοδο και του ανιχνευτή στην έξοδο. Έτσι οι κατασκευαστές παρέχουν στοιχεία για τα δύο αυτά εξαρτήματα. Ακόμη ο λόγος των ρευμάτων εξόδου και εισόδου καθορίζεται από την ισχύ της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από την LED, τον παράγοντα ενίσχυσης του φωτοτρανζίστορ και την ποιότητα του μέσου μετάδοσης της ακτινοβολίας. Ο λόγος των δύο ρευμάτων μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία καθώς τα χαρακτηριστικά τόσο της πηγής, όσο και του ανιχνευτή, εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Στις χαμηλές θερμοκρασίες ο λόγος αυξάνεται με τη θερμοκρασία (καθώς αυξάνεται το ρεύμα του φωτοτρανζίστορ), στις υψηλότερες όμως θερμοκρασίες ελαττώνεται καθώς ελαττώνεται και η ισχύς ακτινοβολίας της πηγής.



(α)



(β)



(Υ)

Σχήμα 9.21 α. Δομή οπτικού απομονωτή β. Μορφή, διαστάσεις οπτικών απομονωτών γ. Οπτικοί απομονωτές συνδεδεμένοι σε κύκλωμα

Στο σχήμα 9.21β παρουσιάζονται η μορφή και οι διαστάσεις τυπικών οπτικών απομονωτών. Το περίβλημα των εξαρτημάτων αυτών μπορεί να είναι από μεταλλικό ή πλαστικό υλικό. Η τάση απομόνωσης ποικίλλει από μερικές εκατοντάδες Volts μέχρι μερικά kVolts. Ακόμη οι οπτικοί απομονωτές διατίθενται σε διάφορους τύπους που καλύπτουν μεγάλες περιοχές τιμών όσον αφορά τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- A. λόγος των ρευμάτων εξόδου-εισόδου,
- B. χρόνοι ανόδου και
- Γ. περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να αναφέρετε τις βασικότερες κατηγορίες εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές της οπτοηλεκτρονικής και να περιγράψετε σε μία το πολύ παράγραφο
2. τα βασικά χαρακτηριστικά της καθεμιάς.
 - A. Η δίοδος LED αποτελείται από τρία στρώματα ημιαγωγού με διαδοχικά διαφορετικό τύπο προσμείξεων. Σωστό ☐ Λάθος ☐
 - B. Στις εφαρμογές τηλεπικοινωνιών με οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται σαν πηγές ακτινοβολίας δίοδοι laser. Σωστό ☐ Λάθος ☐
 - Γ. Οι δίοδοι LED και laser κατασκευάζονται από ημιαγωγικές επαφές πυριτίου. Σωστό ☐ Λάθος ☐
 - Δ. Οι δίοδοι LED δεν παράγουν μονοχρωματική ακτινοβολία, δηλαδή ακτινοβολία αυστηρά καθορισμένου μήκους κύματος. Σωστό ☐ Λάθος ☐
 - E. Η παραγωγή φωτός laser γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλα διαμορφωμένης κοιλότητας στο εσωτερικό του ημιαγωγού, δύο απέναντι τοιχώματα της οποίας είναι ειδικά διαμορφωμένες ανακλαστικές επιφάνειες. Σωστό ☐ Λάθος ☐
3. Τοποθετήστε σε αύξουσα σειρά ανάλογα με τη μέγιστη ισχύ της ακτινοβολίας την οποία παράγουν ή ανιχνεύουν (δύο αντίστοιχες ομάδες) τα παρακάτω οπτοηλεκτρονικά εξαρτήματα: δίοδος laser κεφαλής CD player, δίοδος LED διάταξης επτά τμημάτων, φωτοθυρίστορ, φωτοδίοδος, φωτοτρανζίστορ, δίοδος laser συστήματος laser pointer.
4. Να αναπτύξετε σε ένα κείμενο, όχι μεγαλύτερο από δώδεκα σειρές, τα βασικά χαρακτηριστικά των διόδων LED και laser. Να αναφέρετε τα βασικά πλεονεκτήματα των πηγών της κάθε κατηγορίας.
5. Να συμπληρώσετε τα κενά:
 Η δίοδος LED αποτελείται από στρώματα ημιαγωγού με αντίθετο τύπο πρόσμειξης. Όταν η τάση στα άκρα της είναι μεγαλύτερη από την..... τάση πόλωσης της επαφής η δίοδος παρουσιάζει αγωγιμότητα και φωτοβολεί. Η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας όσο αυξάνεται η θερμοκρασία της διόδου. Η περιοχή μηκών κύματος στην οποία η δίοδος LED λειτουργεί περιγράφεται από τους κατασκευαστές με την καμπύλη.....
 Το μήκος κύματος στο οποίο η LED παρουσιάζει τη μέγιστη ευαισθησία της συμβολίζεται με..... Το μήκος κύματος μέγιστης ευαισθησίας της διόδουόσο αυξάνεται η θερμοκρασία. Στις διόδους LED που χρησιμοποιούμε σαν ενδεικτικά στοιχεία στα ηλεκτρονικά κυκλώματα το φως παράγεται και διαδίδεται προς όλες τις διευθύνσεις. Έτσι οι πηγές αυτές δεν είναι Η ισχύς την οποία καταναλώνει μία LED είναι της τάξης των.....μονάδα). Οι LED που δίνουν άσπρο φως στην πραγματικότητα παράγουνφως, το οποίο μετατρέπεται σε άσπρο εξαιτίας του υλικού του..... Σε όλες τις άλλες LED που παράγουν μονοχρωματικό

φως το υλικό του περιβλήματος πρέπει να είναι.....την παραγόμενη ακτινοβολία. Οι δίοδοι LED προκειμένου να εκπέμπουν ορατό φως κατασκευάζονται από τα παρακάτω υλικά: 1.(κόκκινο φως), 2.....(πράσινο φως) και 3.....κίτρινο φως). Οι δίοδοι που κατασκευάζονται από GaAs παράγουν.....ακτινοβολία. Οι δίοδοι LED για να λειτουργήσουν απαιτούν στα άκρα τους τάσηV περίπου.

6. Ποιοι είναι οι βασικοί τύποι οπτοηλεκτρονικών εξαρτημάτων που λειτουργούν σε σχετικά υψηλές συχνότητες; Σε ποια κατηγορία εφαρμογών είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι; Μέχρι ποια τιμή συχνότητας είναι δυνατό να λειτουργεί δίοδος LED που χρησιμοποιείται σαν ενδεικτικό στοιχείο σε ψηφιακό ηλεκτρονικό κύκλωμα; Να αντιστοιχίσετε τα στοιχεία που εμφανίζονται στην αριστερή στήλη (ιδιότητες) με αυτά που περιέχονται στην δεξιά στήλη (κατηγορία εξαρτημάτων). Σε κάθε ιδιότητα μπορεί να αντιστοιχηθούν παραπάνω από μία κατηγορίες εξαρτημάτων:

(α)	Μεγάλη ταχύτητα	1.	Δίοδος LED
(β)	Μεγάλη ισχύς	2.	Φωτοθυρίστορ
(γ)	Κατευθυντικότητα	3.	Φωτοδίοδος
(δ)	Μονοχρωματικότητα	4.	Φωτοτρανζίστορ
(ε)	Χαμηλό κόστος	5.	Laser

Να συμπληρώσετε τα κενά:

Το υλικό κατασκευής των φωτοδιοδών είναι συνήθως το..... Αποτελούνται από τουλάχιστον δύο στρώματα ημιαγωγού με.....τύπο πρόσμειξης. Η μία πλευρά της φωτοδιόδου πρέπει να είναι.....ώστε το φως να φθάνει μέχρι την επαφή. Η λειτουργία της φωτοδιόδου βασίζεται στη δημιουργία καιμε την πρόσπτωση του φωτός. Η φωτοδίοδος παρουσιάζει ένα μικρό ανάστροφο ρεύμα ακόμα και όταν δε φωτίζεται. Το ρεύμα αυτό ονομάζεται ρεύμα Το ρεύμα αυτό αυξάνεται με την αύξηση της τάσης και τηςγενικά όμως δεν ξεπερνά την τάξη μεγέθους τωνμονάδα). Η φωτοδίοδος κατά τη λειτουργία της είναιπολωμένη. Ένας τρόπος να αυξηθεί το ρεύμα της φωτοδιόδου είναι με την παρεμβολή στρώματος χωρίς πρόσμειξη ανάμεσα στις περιοχές p και n του ημιαγωγού. Η δίοδος που κατασκευάζεται με αυτό τον τρόπο είναι μία δίοδος..... Ένα ακόμη πλεονέκτημα της διόδου αυτής είναι η χαμηλότερη.....που έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγαλύτερηαπόκρισης. Γενικά σε όλες τις φωτοδιόδους ηελαττώνεται με την αύξηση της ανάστροφης τάσης πόλωσης. Ακόμη σε όλες τις φωτοδιόδους το φωτορεύμα και το ρεύμα βραχυκύκλωσηςόσο αυξάνεται η ένταση της προποσπίπτουσας ακτινοβολίας. Το ρεύμα σκότους αυξάνεται στιςθερμοκρασίες, ενώ αντίθετα η τάσημειώνεται.

9. Να επιλέξετε τους αριθμούς των απαντήσεων που αντιστοιχούν σε ορθούς τρόπους συμπλήρωσης των παρακάτω προτάσεων (πιθανόν οι ορθές προτάσεις να είναι περισσότερες από μία):

A. Τα φωτοτρανζίστορ:

1. έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία από τις φωτοδιόδους.
2. παράγουν υψηλότερης τιμής φωτορεύματα.
3. εργάζονται σε υψηλές συχνότητες.
4. παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση στην κατάσταση αγωγιμότητας.

B. Οι οπτικοί συζεύκτες:

1. έχουν πάντα τρεις ακροδέκτες
2. έχουν πάντα τέσσερις ακροδέκτες
3. αποτελούνται από πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας και φωτοτρανζίστορ
4. απομονώνουν ηλεκτρικά την είσοδο από την έξοδο

Γ. Οι ανιχνευτές ακτινοβολίας:

1. χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες οπτικών ινών.
2. χρησιμοποιούνται στις διατάξεις απεικόνισης πληροφοριών.

10ο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Μπαταρίες - Ηλιακά στοιχεία

Σκοποί Κεφαλαίου:

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- Να διακρίνει τις βασικές κατηγορίες και τύπους μπαταριών.
- Να αναπτύσσει τα βασικά χαρακτηριστικά τους.
- Να αναφέρει τις κυριότερες χρήσεις και εφαρμογές τους.
- Να αναφέρει τα βασικά χαρακτηριστικά και τις χρήσεις των ηλιακών στοιχείων.

10.1. Εισαγωγή

Οι μπαταρίες είναι φορητά εξαρτήματα που εξασφαλίζουν στις ηλεκτρονικές διατάξεις συνεχή τάση για τη λειτουργία τους. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι μπαταριών ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των διατάξεων τις οποίες τροφοδοτούν. Η συγκριτική μελέτη και αξιολόγηση των διάφορων τύπων μπαταριών γίνεται με βάση ορισμένες επιθυμητές ιδιότητες. Όπως φαίνεται από τον πίνακα 10.1 για τη σύγκριση των μπαταριών επιλέγονται σαν βασικά κριτήρια:

- η τάση που παρέχουν στους πόλους τους,
- η χωρητικότητα, που είναι ίση με το γινόμενο του ρεύματος εκφόρτισης επί το χρόνο ζωής και μετράται σε αμπερώρια (σύμβολο: Ah),
- η πυκνότητα ενέργειας, που είναι ίση με την ενέργεια που αποδίδει η μπαταρία στην μονάδα του όγκου και μετράται σε βατώρια ανά κυβικές ίντσες, σύμβολο: Wh/in³)
- η εσωτερική αντίσταση, Ε. η περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας και
- το κόστος.

Τέλος, ανάλογα με τη δυνατότητα επαναφόρτισης των μπαταριών διακρίνουμε τις παρακάτω δύο βασικές κατηγορίες, τις πρωτεύουσες και τις δευτερεύουσες.

10.2. Πρωτεύουσες μπαταρίες

Προορίζονται για μία μόνο εκφόρτιση. Ανάλογα με την κατασκευή τους (είδος -τρόπος διαχωρισμού ηλεκτροδίων, είδος ηλεκτρολύτη), διακρίνουμε τις παρακάτω κατηγορίες:

- **Άνθρακα-ψευδαργύρου C-Zn, άνοδος:** ψευδάργυρος Zn, κάθοδος: διοξείδιο του μαγγανίου MnO₂, διαχωρισμός με ράβδο άνθρακα.
- **Αλκαλικές, άνοδος:** ψευδάργυρος, κάθοδος: διοξείδιο του μαγγανίου, ηλεκτρολύτης σε λεπτό διαμερισμό.
- **Υδραργύρου, άνοδος:** κάδμιο Cd, κάθοδος: οξείδιο του υδραργύρου HgO, ηλεκτρολύτης σε λεπτό διαμερισμό.
- **Λιθίου, άνοδος:** λίθιο Li, κάθοδος: διοξείδιο του χρωμίου CrO₂ ή άνθρακα-φθορίου (CF)_n, οργανικός ηλεκτρολύτης.

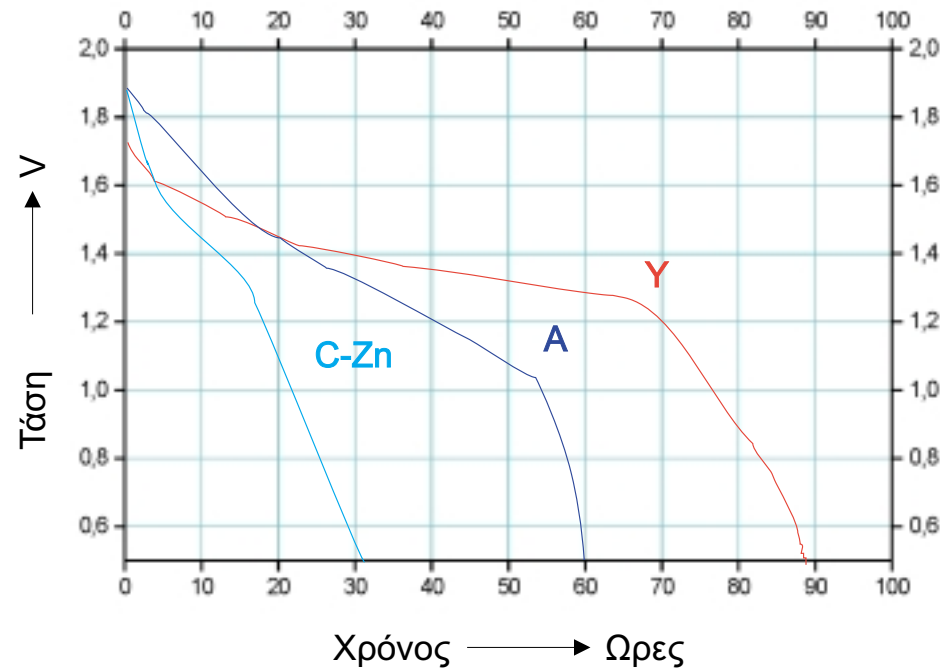
Ο Πίνακας 10.1 παρουσιάζει τις βασικές ιδιότητες των τεσσάρων παραπάνω τύπων μπαταριών. Ακόμη το διάγραμμα του σχήματος 10.1 παρουσιάζει τις καμπύλες εκφόρτισης για τους τρεις πρώτους από τους παραπάνω τύπους. Η εκφόρτιση περιγράφεται με τη μεταβολή της τάσης (σε Volts) σε συνάρτηση με το χρόνο (σε ώρες-hr) για συνεχή λειτουργία. Η σύγκριση γίνεται με την επιλογή στοιχείου τύπου C από κάθε τύπο μπαταρίας (σχήμα κυλινδρικό, διάμετρος 1 ίντσα, ύψος 1,95 ίντσες).

Παράμετρος	C-Zn	Αλκαλικές	Υδραργύρου	Λιθίου
Τάση (V)	1,5	1,5	1,4	1,5 - 3,5
Εσωτερική αντίσταση (Ω)	0,3 - 0,5	0,05 - 0,1	0,3 - 9	0,1 - 0,4
Πυκνότητα ενέργειας (Wh/in ³)	2	6	7	20
Χωρητικότητα (Ah)	0,6 - 3	3 - 10	4 - 14	4 - 18
Θερμοκρασία (°C)	0...+40	-16...+50	-8...+40	-40...+170
Κόστος (%με βάση τις C-Zn)	100	65	100-250	100-300

Πίνακας 10.1

Σημειώνεται ότι οι μπαταρίες λιθίου έχουν αρκετά μεγαλύτερους χρόνους εκφόρτισης από αυτούς που παρουσιάζονται στο σχήμα 10.1 για τις άλλες τρεις κατηγορίες.

Στο σχήμα 10.2 παρουσιάζεται η διάρκεια ζωής μπαταριών άνθρακα - ψευδαργύρου σε συνάρτηση με το παρεχόμενο από αυτές ρεύμα για συνεχή λειτουργία. Οι καμπύλες του σχήματος αντιστοιχούν σε στοιχεία κυλινδρικού σχήματος διαφορετικών διαστάσεων (πίνακας 10.2).



Αντίσταση φορτίου
R=10 Ω

Y: Υδραργύρου

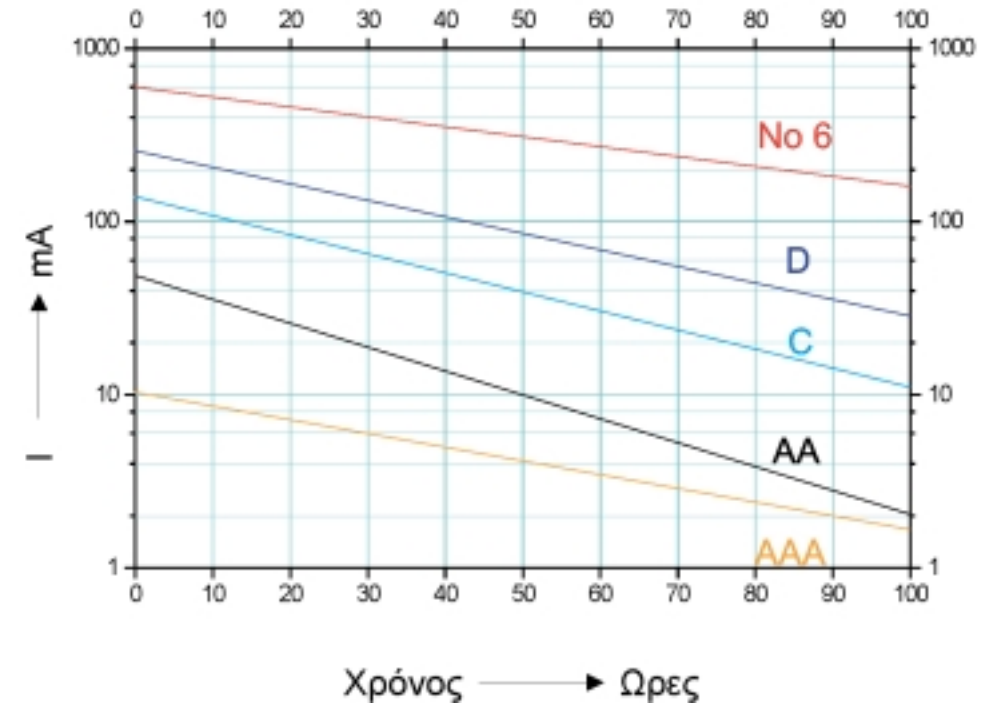
A: Αλκαλικές

C-Zn: Ανθρακα-ψευδαργύρου

Σχήμα 10.1 Καμπύλες εκφόρτισης για τρεις τύπους πρωτευουσών μπαταριών

Στοιχείο	Υψος (σε εκατοστά)	Διάμετρος (σε εκατοστά)
AAA	4,3	1
AA	4,8	1,35
C	4,6	2,4
D	5,7	3,2
No 6	15,3	6,4

Πίνακας 10.2



Σχήμα 10.2 Χρόνος ζωής μπαταριών άνθρακα-ψευδαργύρου σε συνάρτηση με το ρεύμα για συνεχή λειτουργία.

Τέλος, οι κατασκευαστές παρέχουν το χρόνο ζωής των μπαταριών και για συνθήκες διακοπτόμενης λειτουργίας (λειτουργία για ορισμένες ώρες ανά ημέρα). Στις διάφορες κατηγορίες εφαρμογών χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι τύποι μπαταριών ανάλογα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις. Έτσι σε συσκευές γενικής χρήσης (φακοί, ηλεκτρακουστικές διατάξεις, ηλεκτρονικά παιχνίδια) είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν μπαταρίες αλκαλικές ή άνθρακα - ψευδαργύρου. Οι αλκαλικές μπαταρίες προτιμώνται στις φωτογραφικές μηχανές, στους δέκτες τηλεπικοινωνιακών συστημάτων και σε όργανα μετρήσεων. Τέλος οι μπαταρίες λιθίου χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά σαν εφεδρικές μπαταρίες ολοκληρωμένων κυκλωμάτων CMOS και για την τροφοδοσία των φλας στις φωτογραφικές μηχανές. Στο σχήμα 10.3 παρουσιάζεται σειρά μπαταριών διάφορων σχημάτων και μεγεθών.

10.3. Δευτερεύουσες μπαταρίες



Σχήμα 10.3 Πρωτεύουσες μπαταρίες διάφορων σχημάτων και διαστάσεων

Πρόκειται για επαναφορτιζόμενα εξαρτήματα. Ανάλογα με την κατασκευή τους τις διακρίνουμε σε μπαταρίες μολύβδου - οξέος και μπαταρίες νικελίου -καδμίου.

Οι πρώτες έχει επικρατήσει να χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα. Η ονομαστική τάση ενός στοιχείου μιας τέτοιας συστοιχίας είναι 2 V. Τυπικά μπορεί να επαναφορτισθεί μέχρι και 500 φορές από την κατάσταση της πλήρους εκφόρτισης. Ο αριθμός των επαναφορτίσεων αυξάνεται, αν αυτές ξεκινούν από την κατάσταση μερικής φόρτισης. Η χωρητικότητα της μπαταρίας ελαττώνεται στις χαμηλές θερμοκρασίες (στους 0°C είναι το 60% της τιμής για τους 30°C). Ακόμη όταν ο ρυθμός εκφόρτισης είναι πολύ υψηλός η μπαταρία μετά την επαναφόρτιση αποκτά μέρος μόνο της αρχικής της χωρητικότητας (π.χ. αν για χρόνο εκφόρτισης 20 ωρών η μπαταρία επαναποκτή τη μέγιστη χωρητικότητά της, για χρόνο εκφόρτισης 3 ωρών επαναποκτή μόνο το 80% της μέγιστης τιμής). Οι μπαταρίες νικελίου - καδμίου παρουσιάζουν μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας σε σχέση με τις μπαταρίες μολύβδου - οξέος. Σε αυτές ο ρυθμός εκφόρτισης επηρεάζει την δυνατότητα επαναφόρτισης στη μέγιστη χωρητικότητα σε μικρότερο βαθμό.

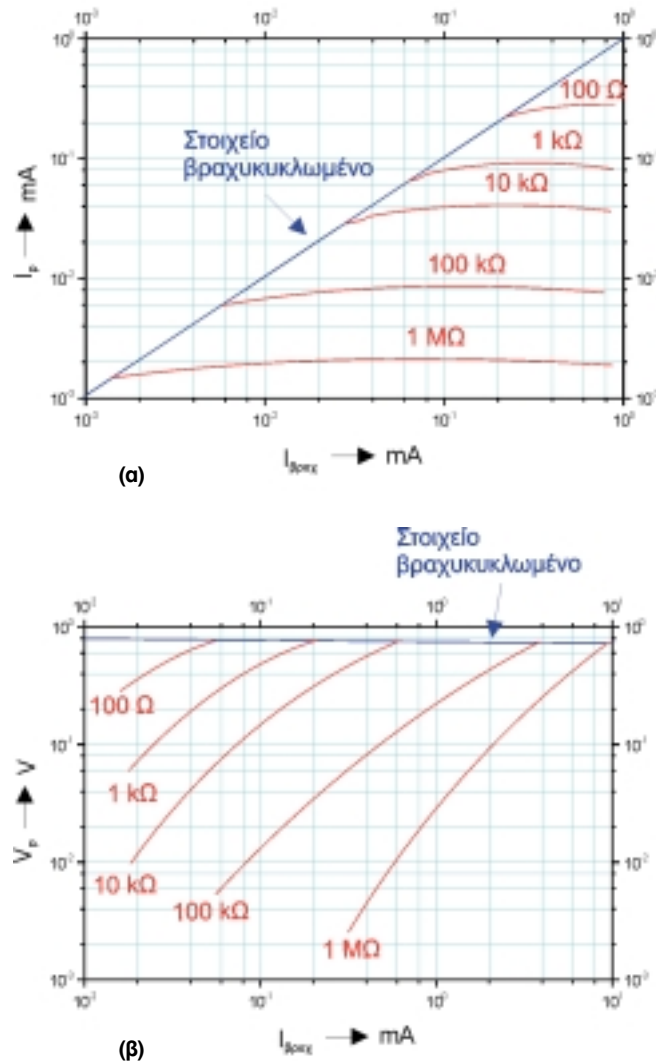
Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την επαναφόρτιση των δευτερευουσών μπαταριών ονομάζονται φορτιστές (σχήμα 10.4). Η τάση φόρτισης που παρέχουν είναι συνήθως 150 - 200% μεγαλύτερη από την ονομαστική τάση της μπαταρίας ενώ το ρεύμα περιορίζεται μέσω αντιστάτη κατάλληλης τιμής. Η συνολική χωρητικότητα σε αμπερώρια που απαιτείται για την επαναφόρτιση της μπαταρίας αντιστοιχεί στο 120 - 150% της ονομαστικής της τιμής. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στην τροφοδοσία συστημάτων φωτισμού για περιπτώσεις κινδύνου, ο φορτιστής παρέχει σταδιακά την απαιτούμενη ενέργεια επαναφόρτισης. Φίλτρα εξομάλυνσης δεν είναι απαραίτητα για τη λειτουργία των φορτιστών στο εναλλασσόμενο, δίνουν όμως τη δυνατότητα για την λειτουργία σε παράλληλη συνδεσμολογία μπαταρίας και φορτιστή, στην περίπτωση που η τροφοδοτούμενη διάταξη απαιτεί σταθεροποιημένη τροφοδοσία.



Σχήμα 10.4 Διάφορες μορφές δευτερευουσών μπαταριών και φορτιστών

10.4. Ηλιακά στοιχεία

Κατασκευάζονται από φωτοευαίσθητα υλικά στην περιοχή μηκών κύματος που καλύπτει το φάσμα του ορατού φωτός (380 - 780 nm) και έτσι είναι δυνατό να μετατρέπουν σε ηλεκτρική την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα υλικά κατασκευής είναι συνήθως πυρίτιο Si και σεληνιούχο κάδμιο CdSe. Τα ηλιακά στοιχεία χρησιμεύουν για την τροφοδοσία διατάξεων κατευθειάν από την ηλιακή ενέργεια (υπολογιστικές μηχανές τσέπης ή σε συνδυασμούς μεγαλύτερης ισχύος, αναμεταδότες συστημάτων τηλεπικοινωνιών σε απομονωμένες περιοχές).

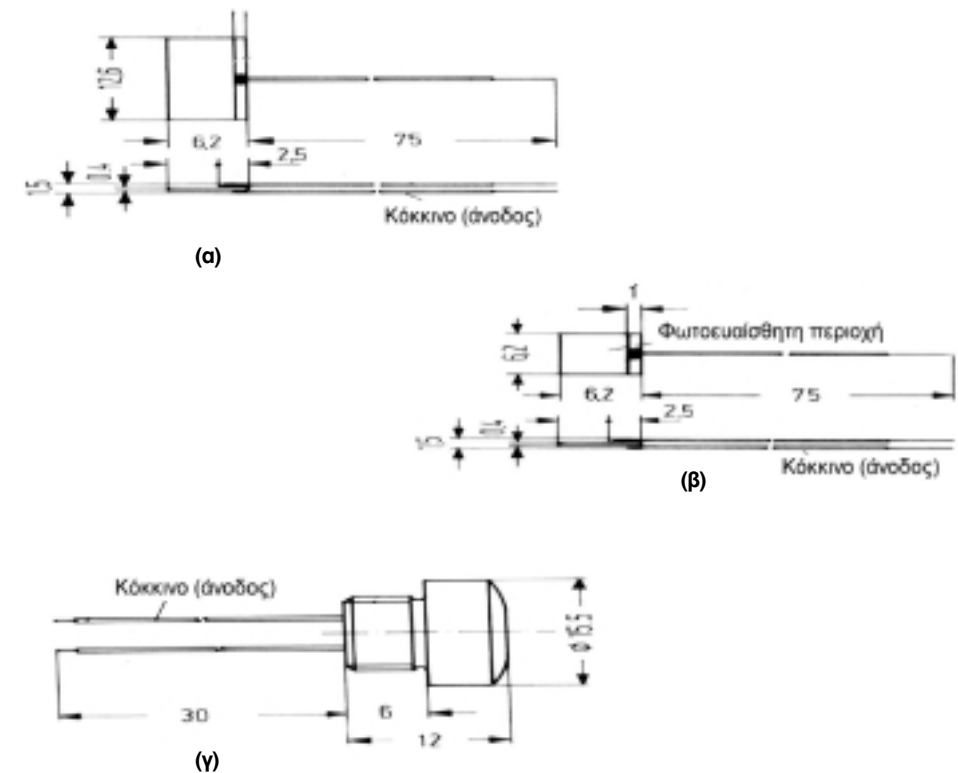


Σχήμα 10.5 α. Μεταβολή του φωτορεύματος I_p με την αντίσταση φορτίου β. Μεταβολή της χαρακτηριστικής τάσης - ρεύματος με την αντίσταση φορτίου (καμπύλες ηλιακού στοιχείου πυρίτιου)

Η τάση ανοικτού κυκλώματος V_L των ηλιακών στοιχείων αυξάνεται λογαριθμικά, ενώ η ένταση του ρεύματος βραχυκύκλωσης I_k γραμμικά με την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η ηλεκτρική ενέργεια αυξάνει γραμμικά με την ενέργεια της φωτεινής ακτινοβολίας, όταν το στοιχείο λειτουργεί υπό συνθήκες βραχυκύκλωσης και αυτό εξασφαλίζεται πρακτικά για τιμές της αντίστασης φορτίου μέχρι την τιμή $R_L = V_L / 2 I_k$.

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι των ηλιακών στοιχείων που δίνονται από τους κατασκευαστές είναι παρόμοιες με αυτές των ανιχνευτών ακτινοβολίας που μελετήθηκαν στο ένατο κεφάλαιο. Επιπλέον όμως στην περίπτωση αυτή προσδιορίζεται και ο τρόπος μεταβολής των παραμέτρων αυτών σε συνάρτηση με την τιμή της αντίστασης φορτίου. Στο σχήμα 10.5α φαίνεται η μείωση του ρεύματος ηλιακού στοιχείου πυρίτιου σε σχέση με το ρεύμα βραχυκύκλωσης, καθώς η αντίσταση φορτίου αυξάνεται από 3 μέχρι 300kΩ. Ακόμη στο σχήμα 10.5β φαίνεται η μεταβολή της χαρακτηριστικής καμπύλης τάσης - ρεύματος για τιμές της αντίστασης φορτίου από 10Ω μέχρι 30kΩ.

Τέλος, στο σχήμα 10.6 παρουσιάζεται η μορφή και οι διαστάσεις μεμονωμένων ηλιακών στοιχείων καθώς και η μορφή σειρών ηλιακών στοιχείων που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές.



Σχήμα 10.6 Μορφή μεμονωμένων και σειρών ηλιακών στοιχείων (οι διαστάσεις σε χιλιοστά)

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να αναφέρετε τις βασικότερες κατηγορίες πρωτεύουσών μπαταριών και να περιγράψετε σε τρεις το πολύ σειρές τα βασικά χαρακτηριστικά της καθεμιάς.
2. Για την παρακάτω άσκηση συμβουλευτείτε το διάγραμμα 10.2 και τον πίνακα 10.2.
A. Πρωτεύουσα μπαταρία διαμέτρου ενός εκατοστού μπορεί να λειτουργεί συνεχώς για 20 ώρες με ρεύμα 18 mA περίπου. Σωστό ☐ Λάθος ☐
B. Μπαταρία ύψους 5,7 εκατοστών έχει χρόνο ζωής 70 ώρες όταν λειτουργεί συνεχώς με ρεύμα 500 mA. Σωστό ☐ Λάθος ☐
3. Τοποθετήστε σε αύξουσα σειρά ανάλογα με την τάση εξόδου μετά από πέντε ώρες συνεχούς λειτουργίας τα παρακάτω στοιχεία (συμβουλευτείτε και το διάγραμμα 10.1):
 μπαταρία υδραργύρου, μπαταρία άνθρακα - ψευδαργύρου, ηλιακό στοιχείο, αλκαλική μπαταρία.
4. Να αναπτύξετε σε ένα κείμενο, όχι μεγαλύτερο από πέντε σειρές, τα βασικά χαρακτηριστικά των ηλιακών στοιχείων. Να αναφέρετε τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους.
5. Να συμπληρώσετε τα κενά:
 Οι μπαταρίες διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τιςκαι τις..... Οι μπαταρίες της πρώτης κατηγορίας ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους διακρίνονται σε: α..... β..... γ..... και δ..... Από τις τέσσερις αυτές κατηγορίες τη χαμηλότερη εσωτερική αντίσταση παρουσιάζουν οι μπαταρίες..... Όσον αφορά την πυκνότητα ενέργειας γενικά υπερτερούν οι μπαταρίες, ενώ στη χωρητικότητα οι μπαταρίες.....
6. Ποιες είναι οι βασικές κατηγορίες δευτερευουσών μπαταριών; Σε μία παράγραφο το πολύ δέκα σειρών να αναφέρετε τα βασικά χαρακτηριστικά τους και να τις συγκρίνετε όσον αφορά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.
7. Να αντιστοιχίσετε τις ιδιότητες που εμφανίζονται στην αριστερή στήλη με τα στοιχεία τροφοδοσίας που περιέχονται στη δεξιά στήλη:

Μέγιστη τάση	Στοιχείο λιθίου
Ελάχιστη εσωτερική αντίσταση	Στοιχείο υδραργύρου
Μέγιστη χωρητικότητα	Στοιχείο C-Zn
Μέγιστη πυκνότητα ενέργειας	Αλκαλικό στοιχείο
Ελάχιστο κόστος	Ηλιακό στοιχείο

Παρατήρηση: Σε κάθε γραμμή της αριστερής στήλης μπορεί να αντιστοιχούν περισσότερες γραμμές της δεξιάς στήλης.

8. Να συμπληρώσετε τα κενά:
 Τα ηλιακά στοιχεία απαιτούν ισχύ της τάξης των.....μονάδα) για την λειτουργία τους. Το ρεύμα το οποίο δίνουν σε χώρο ο οποίος είναι σκοτεινός ονομάζεταικαι είναι της τάξης των(μονάδα). Η τάση ανοικτού κυκλώματος που παρέχουν είναι της τάξης των.....(μονάδα). Οι παράμετροι που προσδιορίζουν οι κατασκευαστές για τα ηλιακά στοιχεία είναι αντίστοιχες με αυτές που δίνονται για τους υπόλοιπους.....ακτινοβολίας.
9. Να επιλέξετε τους αριθμούς των απαντήσεων που αντιστοιχούν σε ορθούς τρόπους συμπλήρωσης των παρακάτω προτάσεων (πιθανόν οι ορθές προτάσεις να είναι περισσότερες από μία):
A. Η παρεχόμενη τάση σε συνάρτηση με το χρόνο λειτουργίας στις πρωτεύουσες μπαταρίες προσδιορίζεται για:
 1. σταθερή αντίσταση φορτίου.
 2. σταθερή μέγιστη ισχύ.
 3. ορισμένο ρεύμα λειτουργίας.
 4. ορισμένη εσωτερική αντίσταση.
B. Ο χρόνος συνεχούς λειτουργίας στις πρωτεύουσες μπαταρίες προσδιορίζεται σε συνάρτηση με το ρεύμα:
 1. για όλες τις μπαταρίες ίδιων διαστάσεων ανεξάρτητα από την κατασκευή.
 2. ανάλογα με την εσωτερική αντίσταση.
 3. για τις μπαταρίες ίδιων διαστάσεων και ίδιας κατασκευής.
 4. για όλες τις μπαταρίες ίδιας κατασκευής ανεξάρτητα από τις διαστάσεις.
Γ. Οι φορτιστές παρέχουν στις δευτερεύουσες μπαταρίες:
 1. τη μέγιστη τάση που παρέχει η μπαταρία όταν είναι φορτισμένη.
 2. τάση μικρότερη από τη μέγιστη τάση της μπαταρίας όταν είναι φορτισμένη.
 3. τάση μεγαλύτερη από τη μέγιστη τάση της μπαταρίας όταν είναι φορτισμένη.
 4. πάντα εναλλασσόμενη τάση ενεργού τιμής 220 V.
10. Να αναφέρετε τους βασικούς παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχία της διαδικασίας επαναφόρτισης των δευτερευουσών μπαταριών. Είναι πάντα απαραίτητο οι φορτιστές να παρέχουν συνεχή σταθεροποιημένη τάση κατά την επαναφόρτιση;

11ο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ασφάλειες-Διακόπτες-Συνδετήρες-Σπρέι

Σκοποί Κεφαλαίου:

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- Να αναφέρει τα χαρακτηριστικά και τις κατηγορίες διακοπών και ασφαλειών,
- Να αναφέρει τα χαρακτηριστικά συνδετήρων και καλωδίων,
- Να αναφέρει τις κυριότερες χρήσεις και εφαρμογές των παραπάνω εξαρτημάτων.

11.1. Εισαγωγή

Είναι εξαρτήματα με τα οποία προστατεύονται οι διατάξεις και τα κυκλώματα από τις υψηλές τιμές ρεύματος. Αποτελούνται από αγωγό χαμηλού σημείου τήξης και συνδέονται σε σειρά με τη διάταξη. Ο αγωγός κλείνεται σε μονωτικό περίβλημα από γυαλί, βακελίτη, κεραμικό ή συνθετικό πλαστικό υλικό. Ανάλογα με την ταχύτητα τήξης του μεταλλικού αγωγού διακρίνονται σε αργής, ενδιάμεσης ταχύτητας και ταχείας τήξεως. Ο συμβολισμός τους γίνεται σύμφωνα με τον παρακάτω κώδικα:

Στοιχεία κατασκευής Μέγιστο ρεύμα Μέγιστη τάση μετά τη διακοπή

Τα στοιχεία κατασκευής περιγράφονται με δύο ή τρεις χαρακτήρες. Ο τελευταίος από αυτούς αντιστοιχεί στο υλικό του περιβλήματος (G-γυαλί, B-βακελίτης ή κεραμικό υλικό). Το μέγιστο ρεύμα δίνεται σε Ampere με ακέραιο ή κλασματικό αριθμό ή κατευθείαν σε milliampere και η μέγιστη τάση μετά την διακοπή σε Volt. Συνιστάται γενικά η ασφάλεια να μη λειτουργεί με ρεύματα μεγαλύτερα από το 75% του μέγιστου ρεύματος, ώστε να αποφεύγονται ανεπιθύμητες διακοπές του κυκλώματος. Ακόμη θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η μέγιστη τιμή ρεύματος προσδιορίζεται για τη θερμοκρασία 25°C. Λειτουργία της ασφάλειας σε υψηλότερες θερμοκρασίες συνεπάγεται μείωση της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής ρεύματος κατά 0,2% ανά °C (ασφάλειες ταχείας τήξης) και 0,5% ανά °C (ασφάλειες βραδείας τήξης).

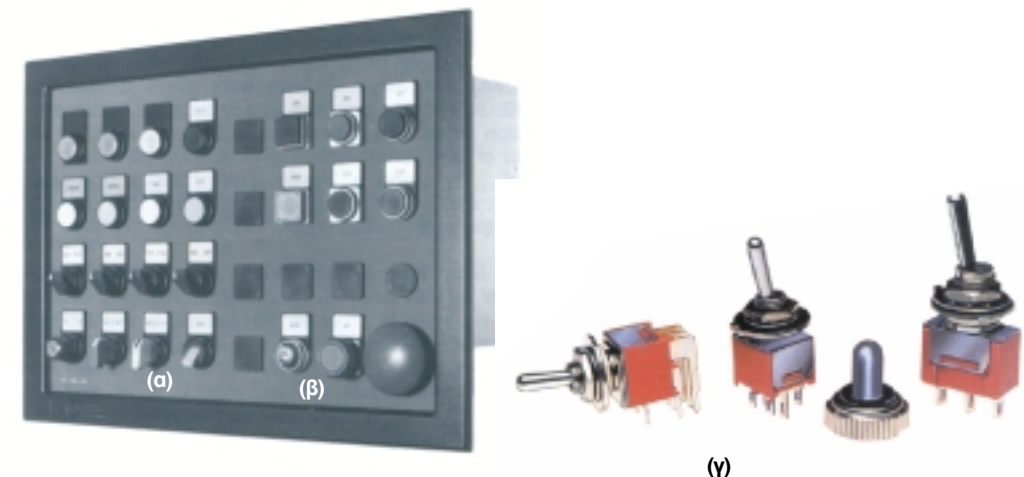
Η αντίσταση των ασφαλειών είναι γενικά πολύ μικρή. Η ακριβής της τιμή εξαρτάται από τα κατασκευαστικά της χαρακτηριστικά και ποικίλλει ανάλογα με το μέγιστο ρεύμα και την ταχύτητα τήξης. Έτσι ασφάλεια 1/16 A ταχείας τήξης έχει αντίσταση 5 Ω, 1 A ταχείας τήξης 0,3 Ω, 1 A βραδείας τήξης 0,3 Ω και 3 A βραδείας τήξης 0,1 Ω.

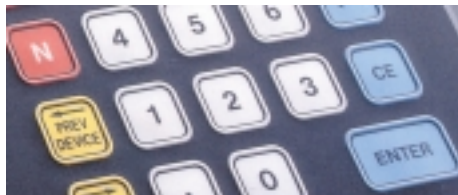
11.2. Διακόπτες

Χρησιμοποιούνται για να αλλάζουν την κατάσταση τροφοδοσίας των κυκλωμάτων. Οι αγωγίμες επαφές τους κατασκευάζονται από χαλκό απλό ή με κάλυψη κασσιτέρου ή αργύρου ανάλογα με την ισχύ του κυκλώματος που τροφοδοτούν. Το περίβλημά τους είναι από βακελίτη, εποξική ρητίνη, πορσελάνη ή πλαστικό υλικό. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται σε:

- **Δύο θέσεων (on - off).** Κατασκευάζονται σε ποικιλία σχημάτων και διαστάσεων. Χαρακτηριστικά σχήματα είναι του ορθογώνιου πατραλληλογράμμου (κλασικοί διακόπτες), του μοχλού, της βίδας. Στις μικρές διαστάσεις (τύποι μινιατούρας και υπο-μινιατούρας) το σχήμα που χρησιμοποιείται είναι σχεδόν αποκλειστικά αυτό του μοχλού. Ακόμη ορισμένοι τύποι διακοπών της κατηγορίας αυτής κατασκευάζονται και με αδιάβροχα υλικά.
- **Πίεσης (push - button).** Αλλάζουν την κατάσταση τροφοδοσίας του κυκλώματος μόνο για όσο χρόνο πιέζονται. Κατασκευάζονται σε διάφορα σχήματα (ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, τετράγωνο, κύκλος) και διαστάσεις. Σε ορισμένες εφαρμογές έχουν ενσωματωμένο φωτεινό ενδείκτη που ανάβει όταν ο διακόπτης είναι σε θέση on.
- **Μεμβράνης.** Διαθέτουν εκτατή μεμβράνη που επανακτά το επίπεδο σχήμα της όταν σταματήσει η εφαρμοζόμενη πίεση. Παρουσιάζουν συνήθως ορθογωνική διατομή και χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρολόγια ψηφιακών συσκευών.
- **Περιστροφικούς (μεταγωγικούς).** Αλλάζουν τη λειτουργία του κυκλώματος ανάλογα με την επιλογή ενός ζεύγους επαφών. Διακρίνονται ανάλογα με το συνολικό αριθμό θέσεων που έχουν.

Διακόπτες των παραπάνω κατηγοριών παρουσιάζονται στο σχήμα 11.1.





(γ)



(δ)

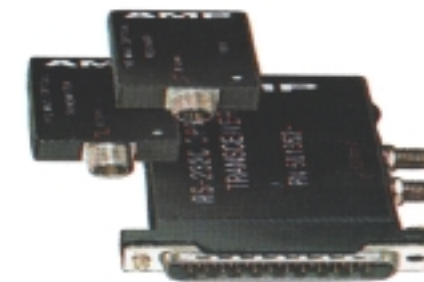
Σχήμα 11.1 Διακόπτες διάφορων τύπων α. δύο θέσεων β. πίεσης γ. μεμβράνης και δ. περιστροφικοί

11.3. Συνδετήρες - Προσαρμογείς

Οι ομοαξονικοί συνδετήρες (connectors) χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση διαφορετικών αγωγών. Οι απλοί συνδετήρες (ενός δρόμου) συνδέουν συνήθως αγωγούς υψηλής συχνότητας μεταξύ τους ή με κάποιες τερματικές διατάξεις. Οι συνδετήρες δύο δρόμων χρησιμοποιούνται για τη διόδευση του σήματος σε περισσότερες από μία κατευθύνσεις (routers). Ακόμη οι προσαρμογείς (adapters) συνδέουν αγωγούς διαφορετικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών καθώς και αγωγούς με καθορισμένες θύρες εισόδου διατάξεων. Δίνουν τη δυνατότητα για την πραγματοποίηση άμεσων και χωρίς λάθη συνδέσεων. Ανάλογα με τον τρόπο στήριξής τους, διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- στηριζόμενοι σε καλώδιο (cable mounting) και,
- στηριζόμενοι στον σκελετό διατάξεων (chassis mounting).

Οι αγωγοί των συνδετήρων είναι συνήθως από επικασπερωμένο χαλκό, ενώ τα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ίνες γυαλιού, μείγματα πολυεστέρα ή πλαστικού. Οι κατασκευαστές παρέχουν στοιχεία για τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των συνδετήρων (αν είναι μονόπλευρος ή δίπλευρος, αριθμός και απόσταση συνδέσεων, τρόπος στερέωσης, μέγιστο ρεύμα και τάση, τρόπος γεφύρωσης επαφών). Έτσι οι προσαρμογείς που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές ηλεκτρακουστικής σύμφωνα με την τυποποίηση κατά DIN διακρίνονται σε εννέα διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με τον αριθμό, το σχήμα και την διάταξη των ακροδεκτών (μέχρι οκτώ).



Σχήμα 11.2 Χαρακτηριστικοί τύποι συνδετήρων.

Αντίστοιχη τυποποίηση ισχύει για τους προσαρμογείς αγωγών ψηφιακών σημάτων και σημάτων video. Χαρακτηριστικό παράδειγμα προσαρμογέα της τελευταίας κατηγορίας είναι ο προσαρμογέας SCART. Αποτελείται από 20 ακροδέκτες (συνήθως από επικασπερωμένο χαλκό με αντίσταση μέχρι 25mΩ). Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα ανά ακροδέκτη υπό πλήρες φορτίο του προσαρμογέα είναι 1,5 A. Στο σχήμα 11.2 παρουσιάζονται συνδετήρες διάφορων τύπων. Ανάμεσά τους διακρίνονται προσαρμογείς για συστήματα κεραιών, θύρες επικοινωνίας υπολογιστών, συνδετήρες για την πραγματοποίηση διοδεύσεων σε δίκτυα κ.ά.

11.4. Καλώδια

Χρησιμοποιούν για τη σύνδεση των διατάξεων μεταξύ τους και με την τάση τροφοδοσίας. Οι κυριότεροι τύποι τους είναι οι παρακάτω:

1. **Στάνταρ χαμηλού θορύβου.** Είναι απλό καλώδιο κατασκευασμένο από χαλκό. Η διάμετρος του σύρματος είναι 0,2 χιλιοστά, ενώ η συνολική διάμετρος 4,5 χιλιοστά. Η αντίσταση του καλωδίου είναι 50Ω. Κατασκευάζεται και με διάμετρο σύρματος 0,1 χιλιοστά (εξωτερική διάμετρος 3 χιλιοστά). Στην περίπτωση αυτή όμως παρουσιάζει μεγαλύτερη παρασιτική χωρητικότητα.
2. **Στάνταρ δίδυμο.** Περιλαμβάνει ζευγάρι αγωγών επικασπιτερωμένου χαλκού. Οι μονώσεις των δύο αγωγών έχουν συνήθως διαφορετικό χρώμα.
3. **Δίδυμο ισχύος:** τα στρώματα των μονωτικών υλικών των αγωγών είναι παχύτερα.
4. **Στάνταρ τετράκλωνο:** αποτελείται από τέσσερις αγωγούς και έχει συνολική διάμετρο 5 χιλιοστών.
5. **Συνεστραμμένο καλώδιο.** Αποτελείται από ζεύγη μονωμένων αγωγών που είναι τυλιγμένα γύρω από κοινό άξονα. Με τον τύπο αυτό καλωδίου πετυχαίνεται σημαντική εξασθένηση των παρεμβολών στα τηλεφωνικά σήματα.
6. **Πολύκλωνο καλώδιο.** Αποτελείται από μεγάλο αριθμό αγωγών και χρησιμοποιείται για την μεταφορά δεδομένων μεταξύ ηλεκτρονικών υπολογιστών ή ηλεκτρονικών υπολογιστών και περιφερειακών συσκευών. Το μονωτικό στρώμα για κάθε ζεύγος αγωγών έχει διαφορετικό χρώμα.
7. **Ομοαξονικό καλώδιο.** Αποτελείται από μεγάλο αριθμό αγωγών χαλκού με κοινό άξονα. Η μόνωση των αγωγών κατασκευάζεται από πολυαιθυλένη ή PVC. Χρησιμοποιούνται στα τηλεφωνικά δίκτυα και στα τοπικά δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών (LAN). Στο σχήμα 11.3 παρουσιάζονται καλώδια διάφορων τύπων.



Σχήμα 11.3 Καλώδια διάφορων τύπων.

11.5. Σπρέι

Στα ηλεκτρονικά χρησιμοποιούνται σπρέι διάφορων τύπων. Τα μονωτικά σπρέι σχηματίζουν λεπτό φιλμ μονωτικού υλικού με το οποίο προστατεύονται οι πλακέτες των τυπωμένων κυκλωμάτων από βραχυκυκλώματα. Τα αντιδιαβρωτικά σπρέι προστατεύουν τις μεταλλικές επιφάνειες επαφών κυκλωμάτων ή διακοπών και άλλων εξαρτημάτων από τη διάβρωση. Τα αντιστατικά σπρέι απομακρύνουν τα στατικά ηλεκτρικά φορτία από τις επιφάνειες πλακετών κυκλωμάτων ή διατάξεων. Με τα σπρέι σιλικόνης γίνονται κολλήσεις μικρών τμημάτων μονωτικών υλικών. Τέλος χρησιμοποιούνται και στιγμιαία καθαριστικά σπρέι γενικής χρήσεως. Είναι σκόπιμο να θυμόμαστε ότι κατά τη χρήση των σπρέι θα πρέπει να τηρούμε σχολαστικά τους απαιτούμενους κανόνες ασφαλείας. Έτσι, θα πρέπει να διατηρούνται μακριά από την ακτινοβολία του ήλιου, σε χώρους όπου η θερμοκρασία δεν ανεβαίνει σε υψηλά επίπεδα. Δε θα πρέπει ακόμη να αναπνέουμε το περιεχόμενο της φιάλης του σπρέι. Επίσης ο ψεκασμός των επιφανειών θα πρέπει να γίνεται από μία απόσταση τουλάχιστον 10 -15 εκατοστά. Τέλος τυχόν δεύτερος ψεκασμός θα πρέπει να γίνεται μόνον όταν το πρώτο στρώμα έχει στεγνώσει.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να αναφέρετε τις βασικότερες κατηγορίες βοηθητικών υλικών που χρησιμοποιούμε στα ηλεκτρονικά και να περιγράψετε σε τρεις το πολύ σειρές τα βασικά χαρακτηριστικά της καθεμιάς
2. Α. Οι ασφάλειες συνδέονται παράλληλα στα κυκλώματα που προστατεύουν. Σωστό ☐ Λάθος ☐
Β. Η χρήση ασφάλειας ταχείας τήξης προστατεύει το κύκλωμα από ☐ παλμούς τάσης που είναι δυνατό να έχουν πολύ μικρή διάρκεια. Σωστό ☐ Λάθος ☐
3. Να αναφέρετε συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά των ασφαλειών και του κώδικα ονοματολογίας τους.
4. Να παρουσιάσετε σε ένα κείμενο, όχι μεγαλύτερο από πέντε σειρές, τους βασικούς τύπους διακοπών.
5. Να συμπληρώσετε τα κενά:
Οι ασφάλειες κατασκευάζονται από μεταλλικά υλικά που έχουν χαμηλό σημείο Προστατεύουν τα κυκλώματα από υπερβολικές τιμές ρεύματος. Διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τιςκαιτήξεως. Οι πρώτες τήκονται ακόμη και για πολύ μικρής διάρκειας παλμούς υψηλής τάσης. Είναι φανερό ότι για την προστασία εξαιρετικά ευαίσθητων συσκευών προτιμούμε τη χρήση των ασφαλειών.....τήξης.
6. Να αναφέρετε τους βασικούς τύπους συνδετήρων δίνοντας από ένα παράδειγμα για τη χρήση του καθενός.
7. Να αντιστοιχίσετε τις εφαρμογές που εμφανίζονται στην αριστερή στήλη με τους τύπους διακοπών που περιέχονται στη δεξιά στήλη:

α)	Επιλογή ανάμεσα σε πολλές συνδέσεις	1.	Δύο θέσεων
β)	Απλή τροφοδοσία-διακοπή	2.	Λεπτής μεμβράνης
γ)	Άμεση αλλαγή κατάστασης	3.	Πίεσης
δ)	Απλή συσκευή μέτρησης-υπολογισμών	4.	Περιστροφικός

Παρατήρηση: Σε κάθε γραμμή της αριστερής στήλης μπορεί να αντιστοιχούν περισσότερες γραμμές της δεξιάς στήλης.

8. Να συμπληρώσετε τα κενά:
Οι περιστροφικοί διακόπτες χρησιμοποιούνται για την επιλογή μιας..... ή την αλλαγή της Διακρίνονται ανάλογα με τον αριθμό τωντους. Οι μεταλλικές επαφές των διακοπών κατασκευάζονται απόενώ το μονωτικό περίβλημα από.....ή.....

9. Να επιλέξετε τους αριθμούς των απαντήσεων που αντιστοιχούν σε ορθούς τρόπους συμπλήρωσης των παρακάτω προτάσεων (πιθανόν οι ορθές προτάσεις να είναι περισσότερες από μία):

A. Η μέγιστη τάση των ασφαλειών που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρονικές εφαρμογές αρκεί να είναι:

1. 5 V
2. 1,5 V
3. 20 V
4. 125 V

B. Οι προσαρμογείς:

1. μετατρέπουν την μορφή του ηλεκτρικού σήματος.
2. προσαρμόζουν διαφορετικού τύπου ακροδέκτες.
3. συνδέουν διαφορετικές συσκευές.
4. συνδέουν διαφορετικές κεραίες μεταξύ τους.

Γ. Το καλώδιο SCART που χρησιμοποιείται στους τηλεοπτικούς δέκτες:

1. είναι ένας συνδετήρας 1 σε 5.
2. είναι ένας προσαρμογέας για την μεταβίβαση του σήματος video στον τηλεοπτικό δέκτη.
3. είναι ένας συνδετήρας ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους καλωδίων.
4. συνδέει την κεντρική κεραία με τον τηλεοπτικό δέκτη.

10. Να αναφέρετε τους βασικούς τύπους σπρέι που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρονικά. Ποιοι είναι οι βασικοί κανόνες ασφαλείας που πρέπει να ακολουθούνται κατά τη χρήση τους;

12ο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ηλεκτρονικά Διαγράμματα

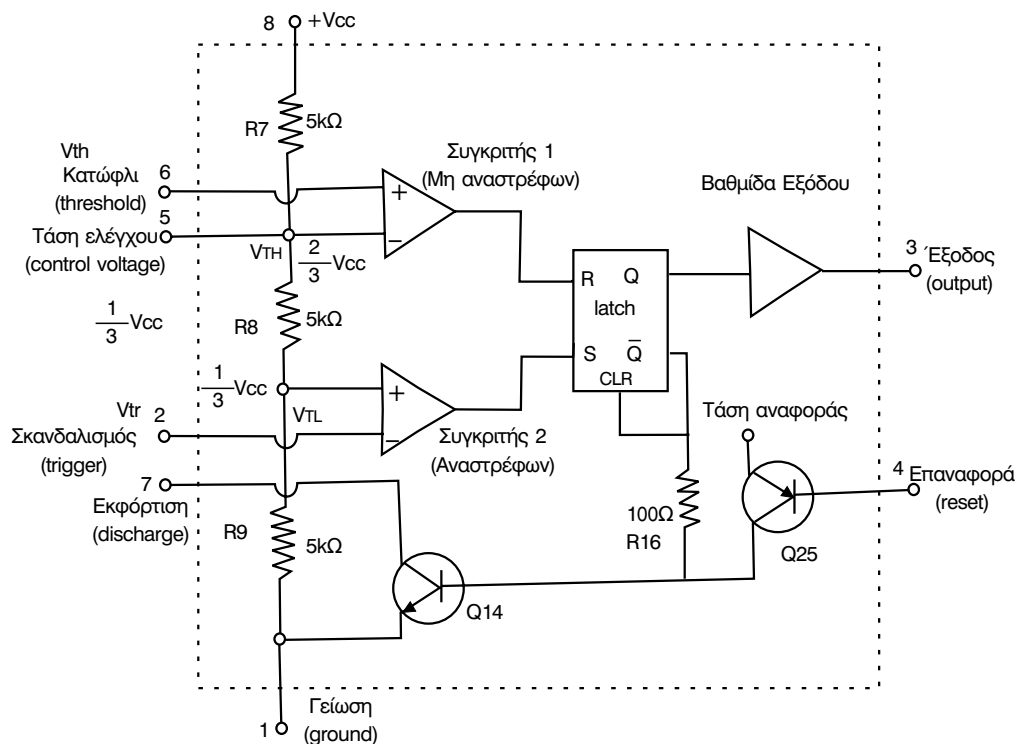
Σκοποί Κεφαλαίου:

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- Να περιγράφει τη λειτουργία των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων σε επίπεδο δομικών διαγραμμάτων, όπως το 555 και το 741.
- Να επεξηγεί τα ηλεκτρονικά σχέδια αυτών των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων σε επίπεδο δομικού διαγράμματος.
- Να περιγράφει και να επεξηγεί τα δομικά διαγράμματα διάφορων συσκευών και εγκαταστάσεων.
- Να μπορεί να ανατρέχει στα τεχνικά εγχειρίδια των εταιρειών κατασκευής για την αναζήτηση πληροφοριών σχετικά με κάποιο ολοκληρωμένο κύκλωμα.

12.1. Δομικά διαγράμματα ολοκληρωμένων κυκλωμάτων

Είναι σημαντικό για ένα τεχνικό να μπορεί να "διαβάζει", δηλαδή να κατανοεί τη λειτουργία ενός I.C. σε επίπεδο δομικού ή block διαγράμματος, διότι αυτό θα τον βοηθήσει στην παραπέρα επεξήγηση και εφαρμογή του συγκεκριμένου I.C. σε συνεργασία με άλλα εξαρτήματα ή I.Cs. Έτσι, αν απαιτηθεί η επέμβασή του σε πιθανή βλάβη ή παρέμβασή του για ενδεχόμενη αλλαγή του τρόπου λειτουργίας του I.C., αυτή θα πραγματοποιηθεί με τη μεγαλύτερη δυνατή παραγωγικότητα.



Σχήμα 12.1 Δομικό διάγραμμα χρονιστή 555

Σ' αυτή την παράγραφο θα ασχοληθούμε με δύο I.Cs., το 555 και το 741, τα οποία είναι κλασικά· γι' αυτό αναφέρονται πολλές φορές και ως universal I.Cs (παγκόσμια-καθολικά I.Cs). Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν τα I.Cs LM1800 και 7447 κυρίως για να απομυθοποιηθούν τα λεγόμενα δύσκολα κυκλώματα.

A. Χρονιστής (timer) 555. Είναι το πιο διαδεδομένο μονολιθικό I.C. κύκλωμα χρονισμού. Πρωτοπαρουσιάστηκε το 1972 από την Signetics Corporation σε τεχνολογία διπολικών transistors με τάση τροφοδοσίας (4,5 ~ 18) V και ρεύμα εξόδου $\pm 200\text{mA}$. Κυκλοφορεί στο εμπόριο ως SE555, NE555, LM555, LM555C κ.ά. Σήμερα διατίθεται και σε τεχνολογία LinCMOS όπως το TLC555 της Texas Instruments με τάση τροφοδοσίας (2 ~ 18)V και ρεύμα εξόδου (-100 ~ +10)mA. Εργάζεται, κυρίως, ως μονοσταθής ή ασταθής πολυδονητής με ρυθμιζόμενο κύκλο εργασίας. Τα I.Cs με ίδιο πρόθεμα και αριθμό 556 περιέχουν δύο χρονιστές 555. Άλλο I.C. κύκλωμα χρονισμού είναι το XR2240 με προγραμματιζόμενο δυαδικό απαριθμητή κυμάτων και $T \leq T_o \leq 255T$.

Στο σχ. 12.1 δίνεται το δομικό διάγραμμα του χρονιστή 555 σε τεχνολογία διπολικών transistors.

Όπως παρατηρείτε στο σχ. 12.1 ο χρονιστής αποτελείται από τρεις ίσες αντιστάσεις των 5KΩ για τη δημιουργία των τάσεων αναφοράς V_{TH} και V_{TL} που εμφανίζονται στους συγκριτές 1 και 2 αντίστοιχα. Αυτές είναι ίσες με:

$$V_{TH} = \frac{2}{3}V_{cc} \quad V_{TL} = \frac{1}{3}V_{cc}$$

Πρέπει πάντοτε να ισχύει : $V_{TL} = \frac{1}{2}V_{TH}$

Πριν εφαρμοστεί τάση σκανδαλισμού στον ακροδέκτη 2, το latch SR έρχεται σε κατάσταση Reset με αποτέλεσμα η έξοδος $Q = "0"$ και $\bar{Q} = "1"$ (το λογικό "0" ισούται περίπου με 0V και το λογικό "1" με V_{cc}). Άρα η έξοδος στον ακροδέκτη 3 θα είναι κανονικά χαμηλή, περίπου 0V και αντίσταση περίπου 10Ω ανάμεσα στον ακροδέκτη 3 και τη γείωση. Η έξοδος \bar{Q} του latch συνδέεται με τη βάση του Q14 μέσω της αντίστασης $R_{16} = 100\Omega$. Το transistor Q14 ή transistor εκφόρτισης πολώνεται ορθά με συνέπεια να έρθει σε κορεσμό και ο ακροδέκτης 7 να οδηγήσει τον ακροδέκτη 6 (κατώφλι) με τάση περίπου 0V. Επειδή η τάση στο κατώφλι είναι μικρότερη από την V_{TH} η έξοδος του συγκριτή 1 είναι "0". Επίσης η έξοδος του συγκριτή 2 είναι "0", διότι η V_{TL} είναι μικρότερη από την τάση στον ακροδέκτη 2 (σκανδαλισμός). Εφόσον $R = S = "0"$, τότε οι έξοδοι Q και \bar{Q} του latch μένουν αμετάβλητες. Παρακάτω εξετάζονται οι λειτουργίες των ακροδεκτών του χρονιστή 555 σε συσκευασία DIP.

- **Ακροδέκτης 1:** Γείωση. Κοινό σημείο αναφοράς όλων των τάσεων.
- **Ακροδέκτης 2:** Σκανδαλισμός. Αν σ' αυτόν τον ακροδέκτη εφαρμοστεί τάση ίση ή μεγαλύτερη από V_{TL} , η έξοδος παραμένει χαμηλή, διότι $S = "0"$, $Q = "0"$ και $V_o = "0"$. Επίσης $\bar{Q} = "1"$ και το Q14 έρχεται στον κόρο. Εφόσον $V_{tr} < V_{TL}$ τότε $S = "1"$, $Q = "1"$ και $V_o = "1"$, δηλαδή η έξοδος έρχεται σε υψηλή κατάσταση. Το $\bar{Q} = "0"$ και το Q14 πηγαίνει στην αποκοπή.

Ο παλμός στον ακροδέκτη 2 πρέπει να είναι αρνητικός και το πλάτος του μικρότερο από το πλάτος του αναμενόμενου παλμού εξόδου. Επίσης δεν πρέπει να γειώνεται για μεγάλο χρονικό διάστημα.

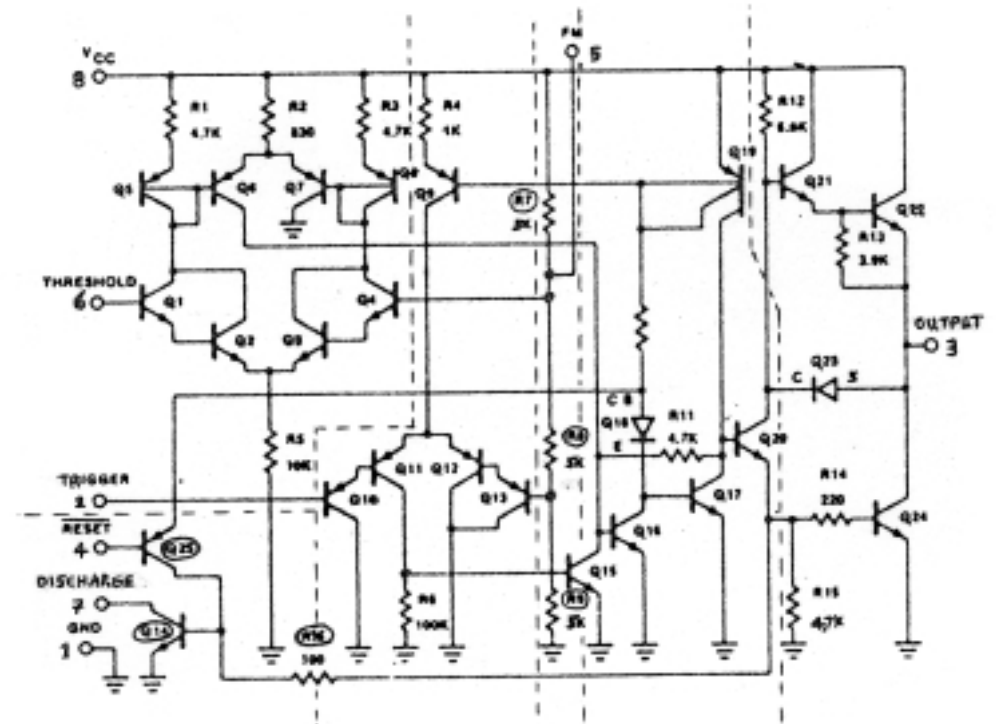
- Ακροδέκτης 3.** Έξοδος. Η τιμή της τάσης εξόδου V_o εξαρτάται από την τάση τροφοδοσίας V_{cc} και το ρεύμα εξόδου I_s . Η βαθμίδα εξόδου είναι totem pole. Η έξοδος έχει δύο στάθμες - καταστάσεις: τη χαμηλή και την υψηλή. Στη χαμηλή στάθμη η έξοδος συμπεριφέρεται ως μία αντίσταση περίπου 10Ω ως προς τη γείωση, ενώ στην υψηλή στάθμη η αντίσταση των 10Ω είναι μεταξύ εξόδου και V_{cc} . Αυτό συμβαίνει διότι το φορτίο μπορεί να συνδεθεί: α) μεταξύ εξόδου και γείωσης και ονομάζεται "κανονικά OFF", εφόσον η έξοδος είναι κανονικά χαμηλής στάθμης. Αν η έξοδος έρθει σε υψηλή στάθμη, τότε ένα ρεύμα ρέει προς το φορτίο και ονομάζεται "ρεύμα πηγής" με μέγιστη τιμή $200mA$. Σ' αυτή την περίπτωση η τάση εξόδου είναι $0,5V$ περίπου μικρότερη από την V_{cc} . β) μεταξύ εξόδου και V_{cc} και ονομάζεται "κανονικά ON" φορτίο, εφόσον η έξοδος είναι κανονικά χαμηλής στάθμης και ένα ρεύμα ρέει προς την έξοδο από την πηγή τροφοδοσίας, το ρεύμα δε ονομάζεται "ρεύμα απορρόφησης ή κατάδυσης" και αν είναι μικρότερο από $10mA$, η τάση εξόδου είναι περίπου $0,1V$. Αν η έξοδος έρθει σε υψηλή στάθμη, τότε το ρεύμα απορρόφησης είναι περίπου μηδέν.
- Ακροδέκτης 4.** Επαναφορά. Όταν αυτός ο ακροδέκτης γειωθεί ή το δυναμικό του βρεθεί κάτω από τα $0,4V$, τότε ο ακροδέκτης εκφόρτισης και ο ακροδέκτης εξόδου - έστω κι αν βρίσκεται σε υψηλή στάθμη- προσεγγίζουν το δυναμικό της γείωσης. Δηλαδή με γειωμένη τη βάση του Q_{25} αυτό καθίσταται αγωγίμο με συνέπεια να γίνεται CLEAR στο latch, δηλαδή $Q=0$ και $V_o=0$, όπως και $\bar{Q}=1$ τότε το Q_{14} γίνεται αγωγίμο και ο συλλέκτης του έρχεται στο δυναμικό της γείωσης. Χρησιμοποιείται για την απενεργοποίηση του χρονιστή· αλλιώς συνδέεται στην τάση τροφοδοσίας για την αποτροπή οποιασδήποτε εσφαλμένης οδήγησης του χρονιστή.
- Ακροδέκτης 5.** Τάση ελέγχου. Σ' αυτόν τον ακροδέκτη μπορούμε να μετρήσουμε τάση ίση με $2/3 V_{cc}$. Χρησιμοποιείται για να αλλάξουμε τις τάσεις στους ακροδέκτες κατωφλίου και σκανδαλισμού. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την άμεση εφαρμογή μιας τάσης D.C. ή μέσω ενός ποτενσιόμετρου χωρίς να αλλάξει η τιμή της τάσης τροφοδοσίας V_{cc} . Αν ο ακροδέκτης 5 δεν χρησιμοποιείται, πρέπει να συνδέεται μέσω πυκνωτή $0,01\mu F$ με τη γείωση. Ο πυκνωτής λειτουργεί ως φίλτρο στους θορύβους ή τις κυματώσεις της τάσης τροφοδοσίας ώστε να ελαχιστοποιηθεί η επίδρασή τους στην τάση κατωφλίου.
- Αν συνδέσουμε μεταξύ της τάσης ελέγχου και της τροφοδοσίας μία αντίσταση $5K\Omega$, τότε η τάση κατωφλίου θα γίνει $0,8 V_{cc}$ και η τάση σκανδαλισμού $0,4 V_{cc}$. Ο ακροδέκτης 5 μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη διαμόρφωση της κυματομορφής εξόδου.
- Ακροδέκτης 6.** Κατώφλι. Ο ακροδέκτης 6 παρακολουθεί την τάση ενός εξωτερικού πυκνωτή. Καθώς φορτίζεται ο πυκνωτής, μόλις η τάση στα άκρα του γίνει $2/3 V_{cc}$, τότε διεγείρεται ο μη αναστρέφων συγκριτής 1 και η έξοδός του γίνεται "1". Άρα το Q

του latch γίνεται "0" με συνέπεια και η $V_o=0$. Το $\bar{Q}=1$ δηλαδή το Q_{14} έρχεται σε κορεσμό και ο πυκνωτής αρχίζει να εκφορτίζεται. Μετά αρχίζει ένας νέος κύκλος.

- Ακροδέκτης 7.** Εκφόρτιση. Όσο η έξοδος είναι σε χαμηλή στάθμη το $\bar{Q}=1$ και η βάση του Q_{14} γίνεται θετική με συνέπεια το transistor να έρθει σε κορεσμό, δηλαδή είναι σε κατάσταση ON, συμπεριφέρεται ως βραχυκύκλωμα και έτσι εκφορτίζεται ο εξωτερικός πυκνωτής. Αντίθετα με έξοδο σε υψηλή κατάσταση το $\bar{Q}=0$ και η βάση του Q_{14} πολώνεται ανάστροφα με συνέπεια το transistor να έρχεται σε κατάσταση OFF, συμπεριφέρεται ως ανοικτοκύκλωμα και φορτίζεται ο εξωτερικός πυκνωτής. Η σταθερά χρόνου RC καθορίζεται από μία ή δύο συνήθως εξωτερικές αντιστάσεις.
- Ακροδέκτης 8.** Τάση τροφοδοσίας. Είναι $(4,5 \sim 18)V$ για χρονιστή με τεχνολογία transistors και $(2 \sim 18)V$ με τεχνολογία LinCMOS.

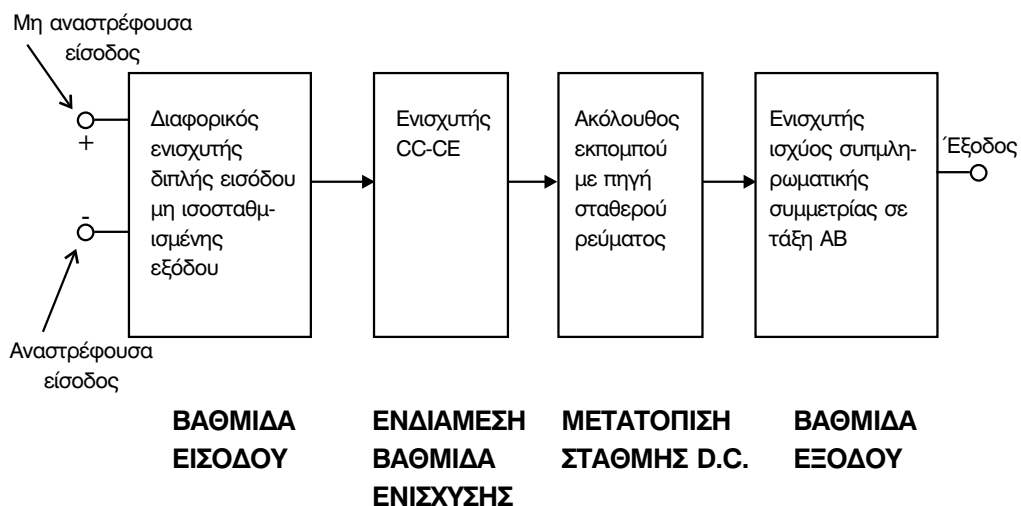
Στο σχ. 12.2 φαίνεται το ισοδύναμο κύκλωμα του χρονιστή 555 σε τεχνολογία διπολικών transistors. Σε κύκλο σημειώνονται τα στοιχεία τα οποία υπάρχουν ως διακριτά και στο δομικό διάγραμμα του σχ. 12.1. Τα transistors $Q_1 \sim Q_8$ αποτελούν τον μη αναστρέφοντα συγκριτή 1, τα $Q_9 \sim Q_{13}$ τον αναστρέφοντα συγκριτή 2, τα $Q_{15} \sim Q_{20}$ το latch SR και τα $Q_{21} \sim Q_{24}$ αποτελούν τη βαθμίδα εξόδου totem. Η είσοδος R του latch λαμβάνεται από το συλλέκτη του Q_6 και η είσοδος S από το συλλέκτη του Q_{11} . Η έξοδος Q του latch από το συλλέκτη του Q_{20} και η έξοδος \bar{Q} από τον εκπομπό του Q_{20} .

Σημειώνεται ότι τα ηλεκτρονικά κυκλώματα των χρονιστών άλλων εταιρειών δεν είναι οπωσδήποτε ίδια με αυτό που παρουσιάζεται.



Σχήμα 12.2 Ισοδύναμο ηλεκτρονικό κύκλωμα του 555

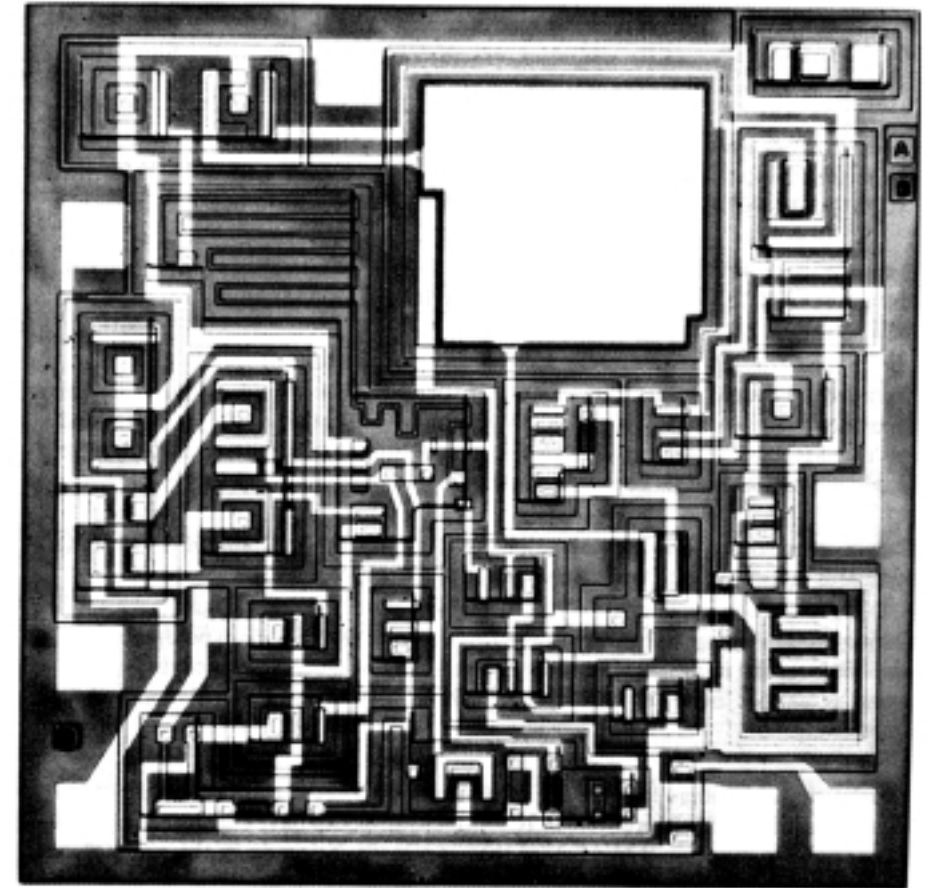
Β. Τελεστικός ενισχυτής 741: Πρωτοπαρουσιάστηκε το 1966 από την Fairchild Semiconductor Inc. και είναι ο πιο κλασικός τελεστικός ενισχυτής (OP-AMP). Κατασκευάζεται από πολλές εταιρείες και φέρει τον κώδικα $\mu A741$, LM741, SN52741, CA3741, N5741 κ.ά. ακολουθούμενο από τα A,C,E,M,S και SC καθένα από τα οποία δηλώνει διαφορετική έκδοση του ίδιου I.C. Τροφοδοτείται από συμμετρικό τροφοδοτικό με τάσεις ($\pm 5 \sim \pm 22$) V_{DC} ανάλογα με την έκδοσή του. Γενικά οι τελεστικοί ενισχυτές κατασκευάζονται με αρχιτεκτονική μιας, δύο και τριών βαθμίδων, οι οποίες δηλώνουν το πλήθος των βαθμίδων που συνεισφέρουν στη συνολική απολαβή τάσης. Ο OP-AMP 741 είναι ένας τελεστικός ενισχυτής γενικής χρήσης με αρχιτεκτονική δύο βαθμίδων. Στο σχ. 12.3 φαίνεται το δομικό του διάγραμμα με τις δύο βαθμίδες που συνεισφέρουν στη συνολική απολαβή τάσης, δηλ. το διαφορικό ενισχυτή και την ενδιάμεση βαθμίδα ενίσχυσης.



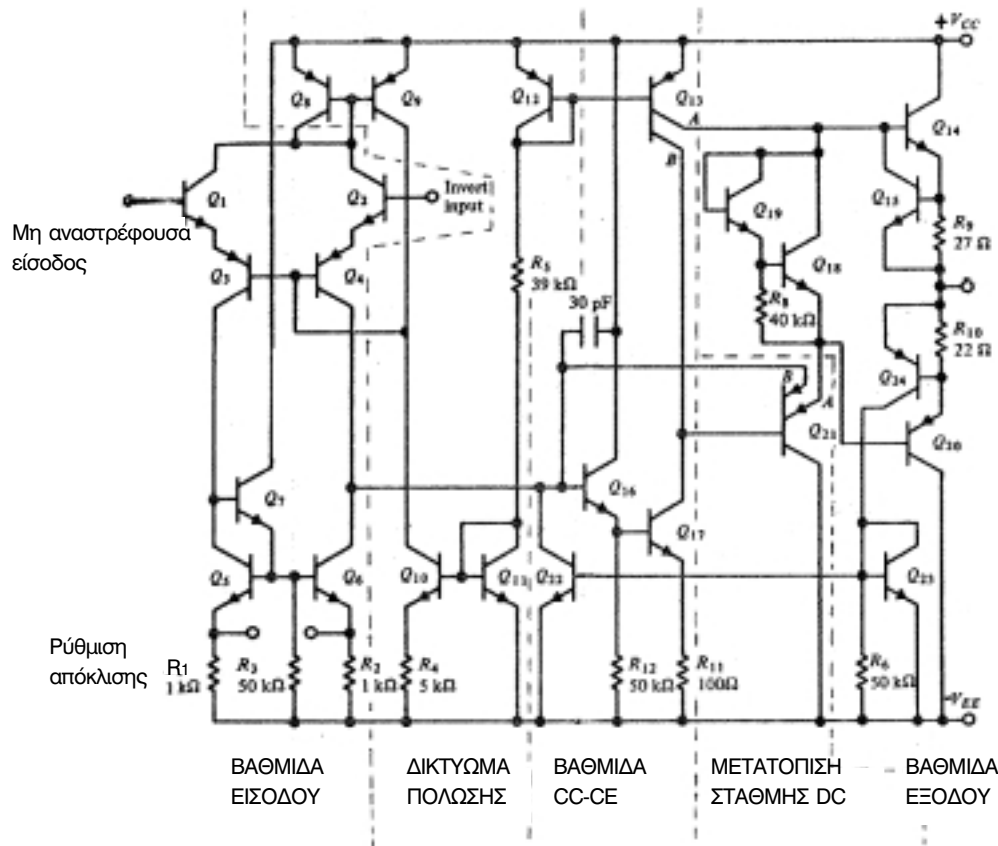
Σχ. 12.3 Δομικό διάγραμμα του OP-AMP 741

Σημείωση: Άλλοι OP-AMPs όπως ο MC1435, έχουν στη βαθμίδα εισόδου διαφορικό ενισχυτή διπλής εισόδου - ισοσταθμισμένης εξόδου και στην ενδιάμεση βαθμίδα ενίσχυσης διαφορικό ενισχυτή διπλής εισόδου- μη ισοσταθμισμένης εξόδου.

Στο σχ. 12.4 παρουσιάζεται η μικροφωτογραφία του $\mu A741$ της Fairchild και στο σχ. 12.5 δίνεται το ηλεκτρονικό κύκλωμά του σε πλήρη αντιστοιχία με τη μικροφωτογραφία.



Σχ. 12.4 Μικροφωτογραφία του OP-AMP $\mu A 741$



Σχ. 12.5 Ηλεκτρονικό κύκλωμα του $\mu A741$

Παρατηρείται εύκολα ότι το δομικό διάγραμμα του σχ. 12.3 αντιστοιχεί στο ηλεκτρονικό κύκλωμα του σχ. 12.5.

Στο ηλεκτρονικό κύκλωμα τα Q_1 , Q_2 είναι τα τρανζίστορ του διαφορικού ενισχυτή με διπλή είσοδο σε συνδεσμολογία ακόλουθου εκπομπού (E.F.) τα οποία συνδέονται με το διαφορικό ενισχυτή σε συνδεσμολογία κοινής βάσης (C.B.) των Trs Q_3 , Q_4 . Τα τρανζίστορ Q_5 , Q_6 , Q_7 και οι αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 αποτελούν το ενεργό φορτίο πηγής ρεύματος της βαθμίδας εισόδου. Τα Q_8 , Q_9 , Q_{10} και R_4 χρησιμοποιούνται στην πόλωση των τρανζίστορ $Q_1 \sim Q_7$. Τα Q_{11} , Q_{12} και R_5 παράγουν το ρεύμα πόλωσης αναφοράς. Τα Q_{16} , R_{12} και Q_{17} , R_{11} σε συνδεσμολογία C.C. και C.E. αντίστοιχα αποτελούν τη δεύτερη βαθμίδα του OP-AMP. Τα Q_{13B} και Q_{21} αποτελούν το ενεργό φορτίο της πηγής ρεύματος. Ο πυκνωτής των 30pF χρησιμοποιείται για την αντιστάθμιση της συχνότητας στο βρόχο ανάδρασης της δεύτερης βαθμίδας. Το Q_{21} σε συνδεσμολογία ακόλουθου εκπομπού (E.F.) χρησιμοποιείται για τη μετατόπιση της στάθμης D.C. και ελαχιστοποιεί τη φόρτωση της προηγούμενης βαθμίδας. Το Q_{13A} ως πηγή ρεύματος τροφοδοτεί

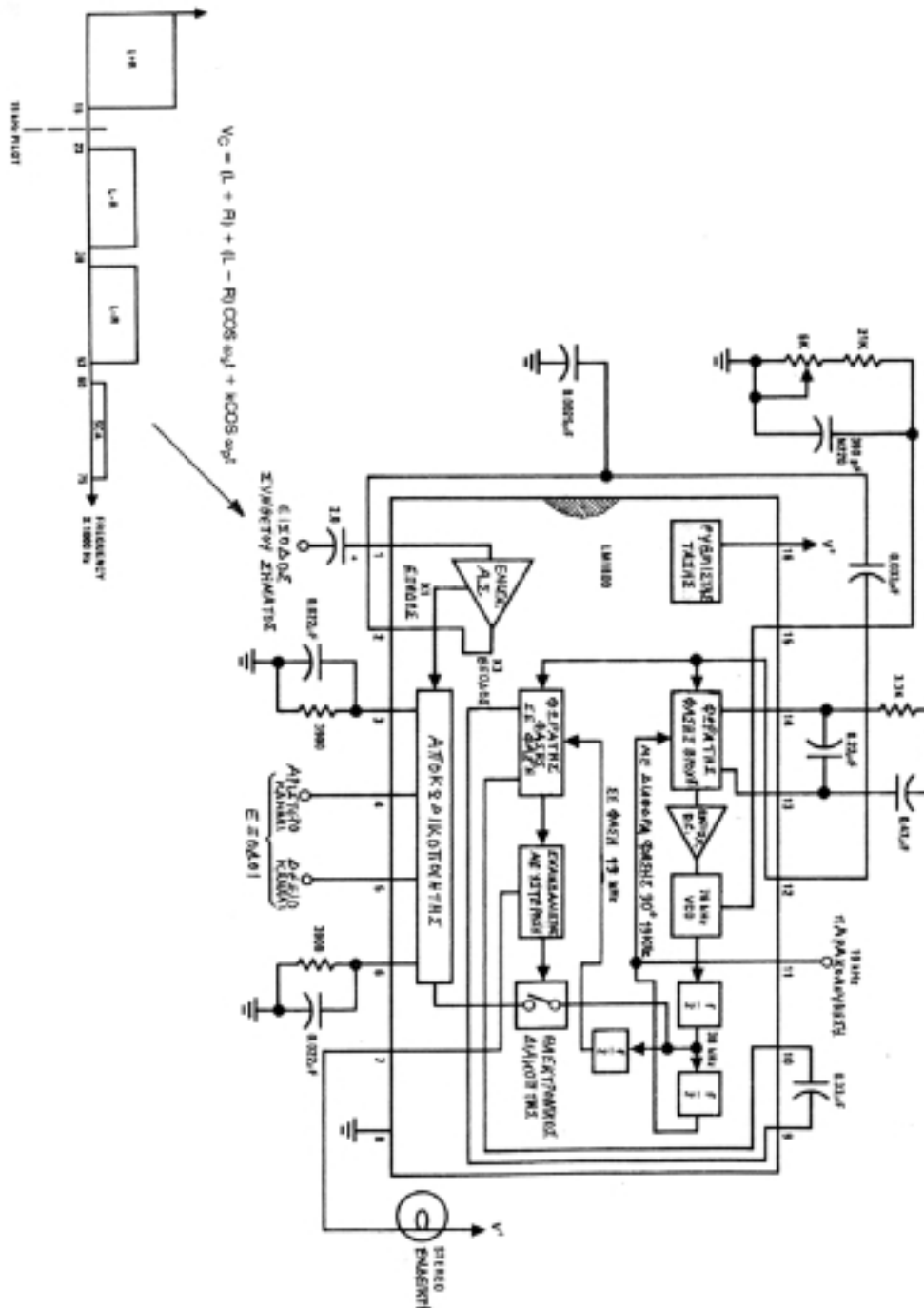
τα Q_{18} , Q_{19} τα οποία πολώνουν τα Q_{14} Q_{20} . Τα Q_{18} , Q_{19} χρησιμοποιούνται επίσης για την αποφυγή της παραμόρφωσης διασταύρωσης (crossover). Αυτό διότι τα Q_{14} , Q_{20} εργάζονται σε τάξη AB και αποτελούν ενισχυτή συμπληρωματικής συμμετρίας. Οι αντιστάσεις R_9 , R_{10} χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό των ρευμάτων εξόδου. Τα Q_{15} , Q_{22} , Q_{23} , Q_{24} προσφέρουν προστασία από βραχυκύκλωμα και δεν άγουν όταν ο OP-AMP λειτουργεί κανονικά.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι ακροδέκτες του 741 σε συσκευασία DIP οκτώ ακροδεκτών.

- **Ακροδέκτης 1.** Μηδενισμός: χρησιμοποιείται μαζί με τον ακροδέκτη 5 για το μηδενισμό της τάσης απόκλισης εξόδου.
- **Ακροδέκτης 2.** Αναστρέφουσα είσοδος:
- **Ακροδέκτης 3.** Μη αναστρέφουσα είσοδος:
- **Ακροδέκτης 4.** Τάση τροφοδοσίας - VEE:
- **Ακροδέκτης 5.** Μηδενισμός: Χρησιμοποιείται μαζί με τον ακροδέκτη 1 για το μηδενισμό της τάσης απόκλισης εξόδου.
- **Ακροδέκτης 6.** Έξοδος:
- **Ακροδέκτης 7.** Τάση τροφοδοσίας + Vcc:
- **Ακροδέκτης 8.** Γενικώς δε χρησιμοποιείται: αν απαιτείται, χρησιμοποιείται μαζί με τον ακροδέκτη 1 για εξωτερική αντιστάθμιση συχνότητας.

Γ. Αποδιαμορφωτής FM-stereo με PLL: Στο σχ. 12.6 παρουσιάζεται το δομικό διάγραμμα ενός αποδιαμορφωτή FM-stereo με PLL (βρόχος κλειδωμένης φάσης). Το LM1800 παρέχει υψηλή πιστότητα ήχου με αυτόματο ηλεκτρονικό διακόπτη stereo/mono.

Ο ακροδέκτης 1 είναι η είσοδος του σύνθετου σήματος το οποίο εφαρμόζεται σ' ένα ενισχυτή ακουστικών συχνοτήτων με μονοδιαίο κέρδος που λειτουργεί και ως απομονωτής, η έξοδος του δε εφαρμόζεται στον αποκωδικοποιητή. Ένα άλλο ενισχυμένο σήμα x3 εφαρμόζεται με εξωτερική χωρητική σύζευξη μέσω του ακροδέκτη 12 σε δύο φωρατές φάσης. Ο ένας είναι φωρατής φάσης βρόχου (PLL) και ο άλλος φωρατής φάσης σε φάση. Στο PLL η έξοδος από το VCO (ταλαντωτής ελεγχόμενος από τάση) είναι 76KHz, η οποία διαιρείται δια δύο κατόπιν δε πάλι δια δύο, παρέχοντας τις συχνότητες 38 KHz και 19KHz. Η έξοδος από το φωρατή φάσης βρόχου ρυθμίζει την ακρίβεια των 76KHz του VCO. Η έξοδος των 38 KHz χρησιμοποιείται για την αναγέννηση του υποφέροντος και την αποδιαμόρφωση της πληροφορίας L-R στον αποκωδικοποιητή. Το ενισχυμένο σύνθετο σήμα και η συχνότητα πιλότος 19 KHz που βρίσκονται σε φάση, οδηγούν το φωρατή φάσης σε φάση. Όταν ο βρόχος είναι κλειδωμένος, η DC τάση εξόδου του φωρατή ορίζεται από το πιλότος της συχνότητας πιλότου 19 KHz. Όταν το σήμα αυτό είναι αρκετά ισχυρό για λήψη stereo, οδηγεί το σκανδαλιστή και αυτός με τη σειρά του κλείνει τον ηλεκτρονικό διακόπτη για την εφαρμογή του υποφέροντος στον αποκωδικοποιητή. Επίσης οδηγεί τη λυχνία ένδειξης stereo λήψης. Η υστέρηση η οποία περιλαμβάνεται στο σκανδαλιστή προστατεύει τον ηλεκτρονικό διακόπτη σε περίπτωση ασταθούς λήψης stereo και ακολούθως τον



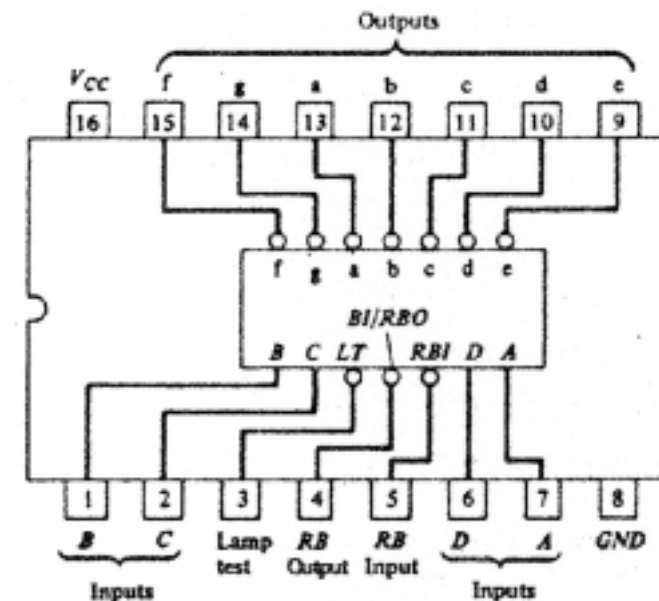
Σχήμα 12.6 Δομικό διάγραμμα του LM 1800

ενδείκτη stereo από αναβοσβήσιμα.

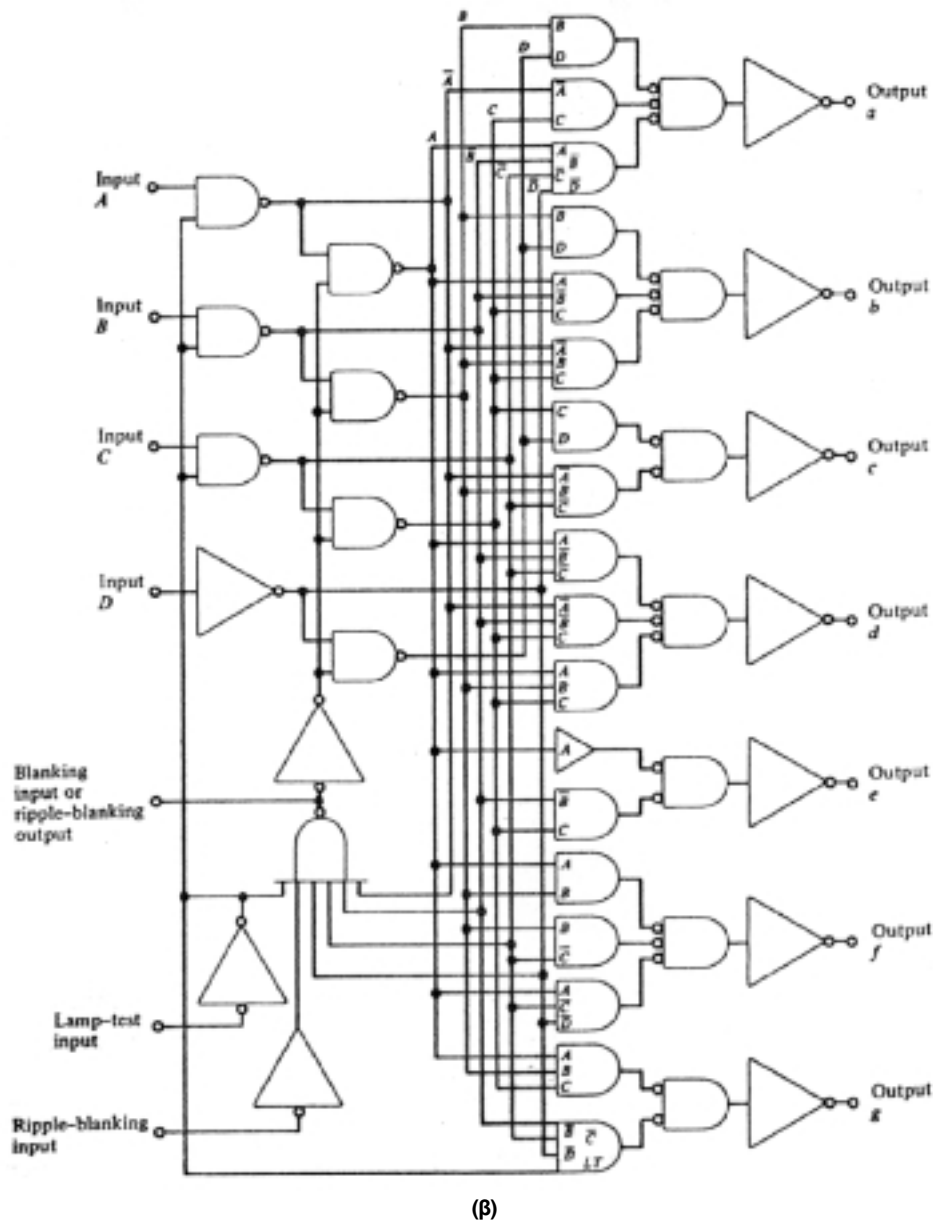
Με μονοφωνικό τρόπο λειτουργίας ο ηλεκτρονικός διακόπτης είναι ανοικτός και ο αποκωδικοποιητής παρέχει δύο φορές το σήμα εισόδου $L + R$ στους ακροδέκτες εξόδου 4 και 5. Οι ακροδέκτες 3 και 6 με το δικτύωμα αποέμφασης RC στα 2KHz δεν απενεργοποιούνται με το μονοφωνικό τρόπο λειτουργίας. Με στερεοφωνικό τρόπο λειτουργίας ο ηλεκτρονικός διακόπτης είναι κλειστός και ο αποκωδικοποιητής αποδιαμορφώνει τις πληροφορίες L-R και $L + R$ τις οποίες διαχωρίζει σε L και R στους ακροδέκτες 4 και 5 αντίστοιχα.

Δ. Αποκωδικοποιητής/οδηγός BCD σε ενδείκτη επτά τμημάτων: Το I.C 7447 είναι μεσαίας σκάλας ολοκλήρωσης (M.S.I.) αποτελούμενο από 57 αντιστάσεις, 14 διόδους και 77 τρανζίστορ. Χρησιμοποιείται ως αποκωδικοποιητής BCD και οδηγός ενδείκτη επτά τμημάτων κοινής ανόδου (το 7449 οδηγεί ενδείκτη κοινής καθόδου). Άλλοι αποκωδικοποιητές χρησιμοποιούνται για ενδείκτες λυχνιών εκφόρτισης αερίου, LCD κ.α. Στο σχ. 12.7α δίνεται το 7447 με τους ακροδέκτες του, ενώ στο σχ. 12.7β παρουσιάζεται το ισοδύναμο κύκλωμά του με πύλες.

Οι ακροδέκτες 7, 1, 2, 6 είναι οι είσοδοι A, B, C, D αντίστοιχα του 7447 και ενεργοποιούνται με HIGH. Οι ακροδέκτες 13, 12, 11, 10, 9, 15, 14 είναι οι εξόδοι a, b, c, d, e, f, g αντίστοιχα οι οποίες παρέχουν ενεργό LOW. Ο ακροδέκτης 3 (Lamp test) ενεργοποιείται με LOW και οδηγεί όλες τις εξόδους σε κατάσταση ON, δηλαδή ενεργό LOW.. Ο ακροδέκτης 4 (Blanking Input-BI) με ενεργό LOW οδηγεί όλες τις εξόδους σε



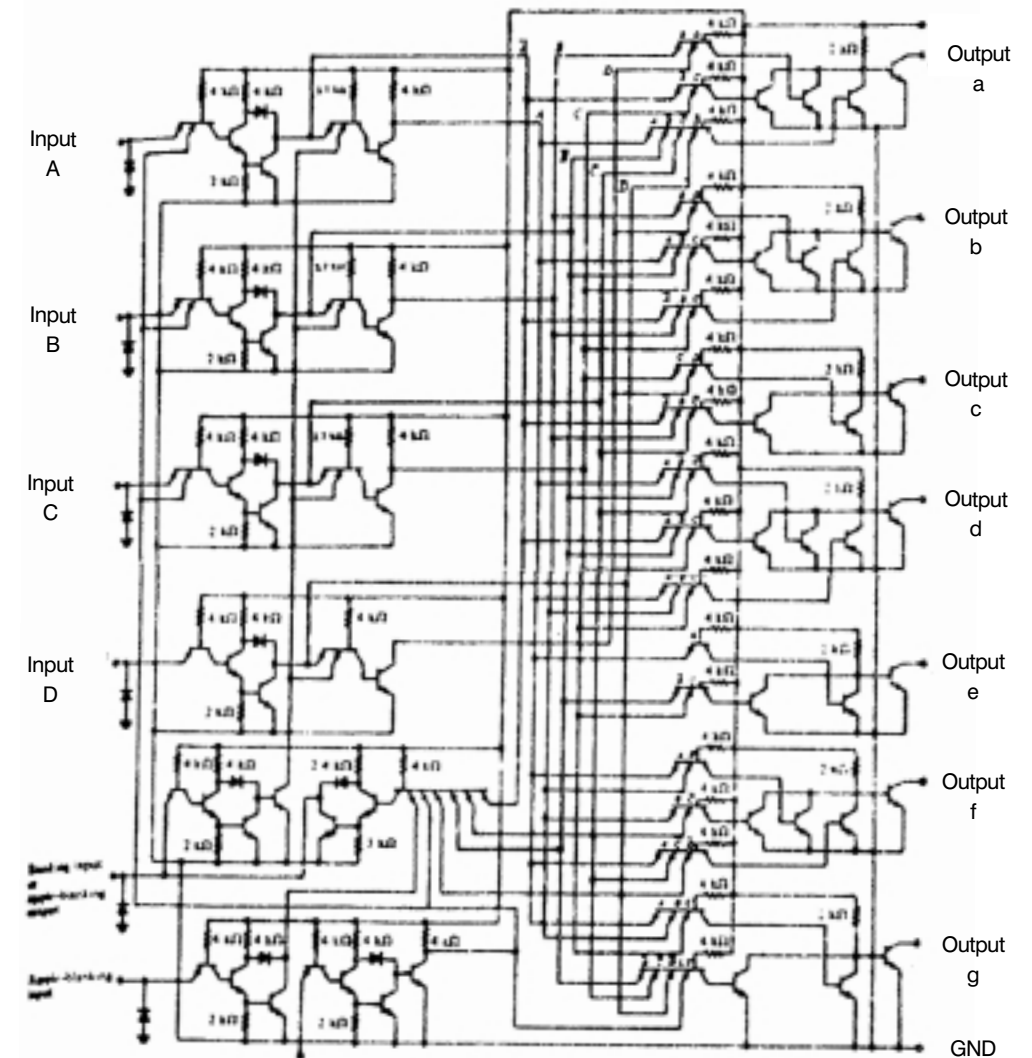
(a)



Σχ. 12.7 α. Ακροδέκτες του 7447 β. Σχηματικό διάγραμμα του 7447

κατάσταση OFF, δηλαδή ενεργό HIGH. Ο ακροδέκτης 5 (Ripple Blanking Input-RBI) με ενεργό LOW, οι εισόδους A, B, C, D επίσης με ενεργό LOW και η είσοδος LT με ενεργό HIGH, οδηγούν όλες τις εξόδους σε κατάσταση OFF και η έξοδος RBO (Ripple Blanking Output-RBO) - ακροδέκτης 4 - γίνεται LOW. Τα RBI και RBO χρησιμοποιούνται για την αμαύρωση των αρχικών μηδενικών κατά τη σύνδεση ενδείκτη πολλών ψηφίων. Στο σχ. 12.8 δίνεται το ηλεκτρονικό κύκλωμα του 7447.

Όλες οι εξοδοί a ~g είναι ανοικτού συλλέκτη για αυτό και απαιτούν αντίσταση συλλέκτη. Η είσοδος-έξοδος BI/RBO είναι σε σύνδεση ενσύρματης OR (wired-OR). Παρατηρούμε ότι οι είσοδοι A, B, C, D αντιστοιχούν στον εκπομπό ενός τρανζίστορ NPN με ένα ή δύο εκπομπούς, τα οποία σχηματίζουν τις πύλες NAND και NOT. Οι εξοδοί τους συνδέονται επίσης στις εισόδους των επόμενων τεσσάρων NAND πυλών. Από τις πρώτες λαμβάνονται τα \bar{A} , \bar{B} , \bar{C} , \bar{D} , και από τις δεύτερες τα A, B, C, D. Έτσι, ανάλογα με τη σχέση π.χ. τη BD, αυτή δημιουργείται από την έξοδο ενός τρανζίστορ με δύο εκπομπούς, η οποία οδηγεί τη βάση ενός τρανζίστορ που μαζί με άλλα δύο αποτελούν πύλη AND με αρνήσεις στις εισόδους. Τέλος οι συλλέκτες και των τριών τρανζίστορ συνδέονται στη βάση του τρανζίστορ εξόδου με ανοικτό συλλέκτη. Αυτά επαναλαμβάνονται για κάθε σχέση που απαιτεί το σχηματικό διάγραμμα του σχ. 127β.

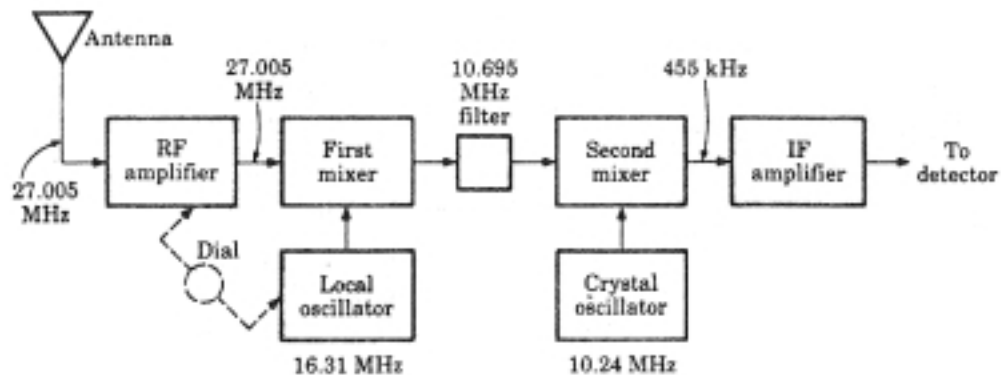


Σχήμα 12.8 Ηλεκτρονικό κύκλωμα του 7447

12.2 Δομικά διαγράμματα συσκευών και εγκαταστάσεων

Στην ηλεκτρονική πολλές φορές για την κατανόηση της λειτουργίας ενός συστήματος δίνεται το δομικό διάγραμμά του. Αυτό μπορεί να περιγράφει ένα σύστημα όπως π.χ. το στούντιο ενός σταθμού T.V. ή το δομικό διάγραμμα μιας συσκευής π.χ. μιας τηλεόρασης ή το δομικό διάγραμμα ενός I.C. μιας βαθμίδας τηλεόρασης κτλ.

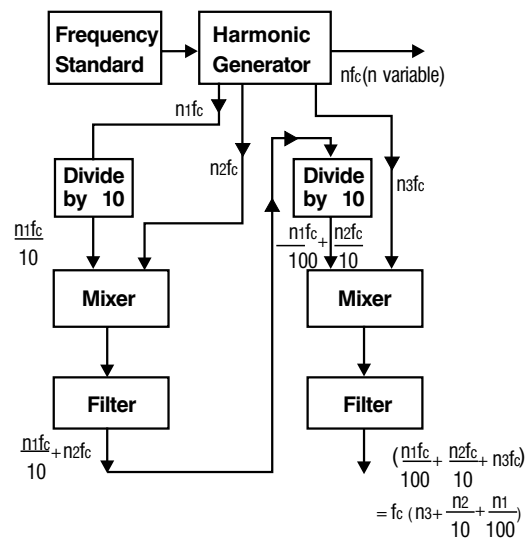
Στο σχ. 12.9 δίνεται το δομικό διάγραμμα του σταδίου λήψης μιας μονάδας CB για το κανάλι 4 στη συχνότητα RF των 27,005 MHz \pm 5KHz.



Σχήμα 12.9 Δομικό διάγραμμα σταδίου λήψης μονάδας CB

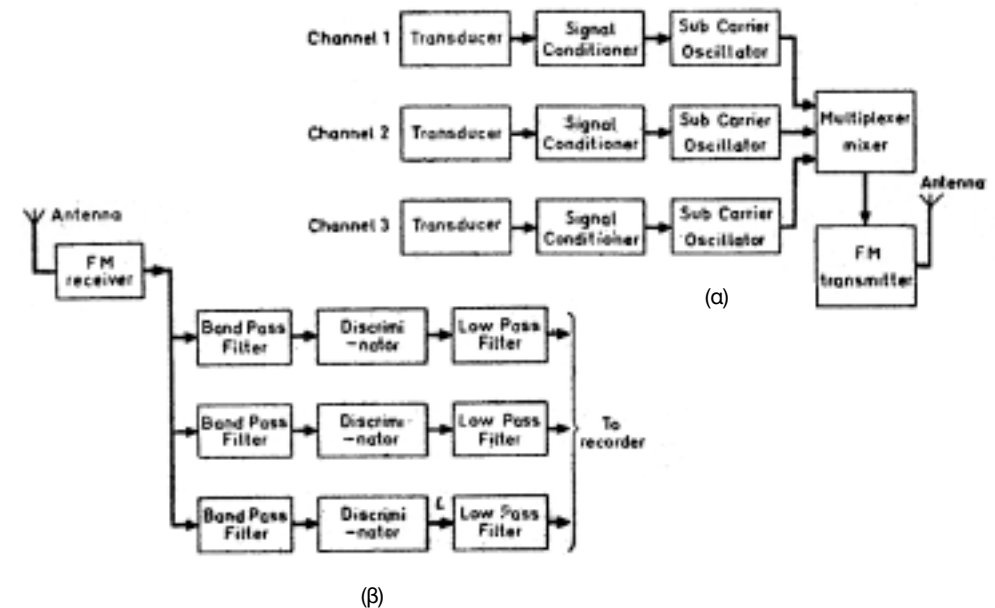
Στο σχ. 12.10 δίνεται το δομικό διάγραμμα ενός συνθέτη συχνοτήτων. Το αποτέλεσμα

μπορεί να προκύψει και από άλλο δομικό διάγραμμα.



Σχ. 12.10 Δομικό διάγραμμα συνθέτη συχνοτήτων

Τέλος στα σχ. 12.11α, β δίνονται τα δομικά διαγράμματα του πομπού και του δέκτη ενός FM/FM πολυκαναλιού τηλεμετρικού συστήματος.

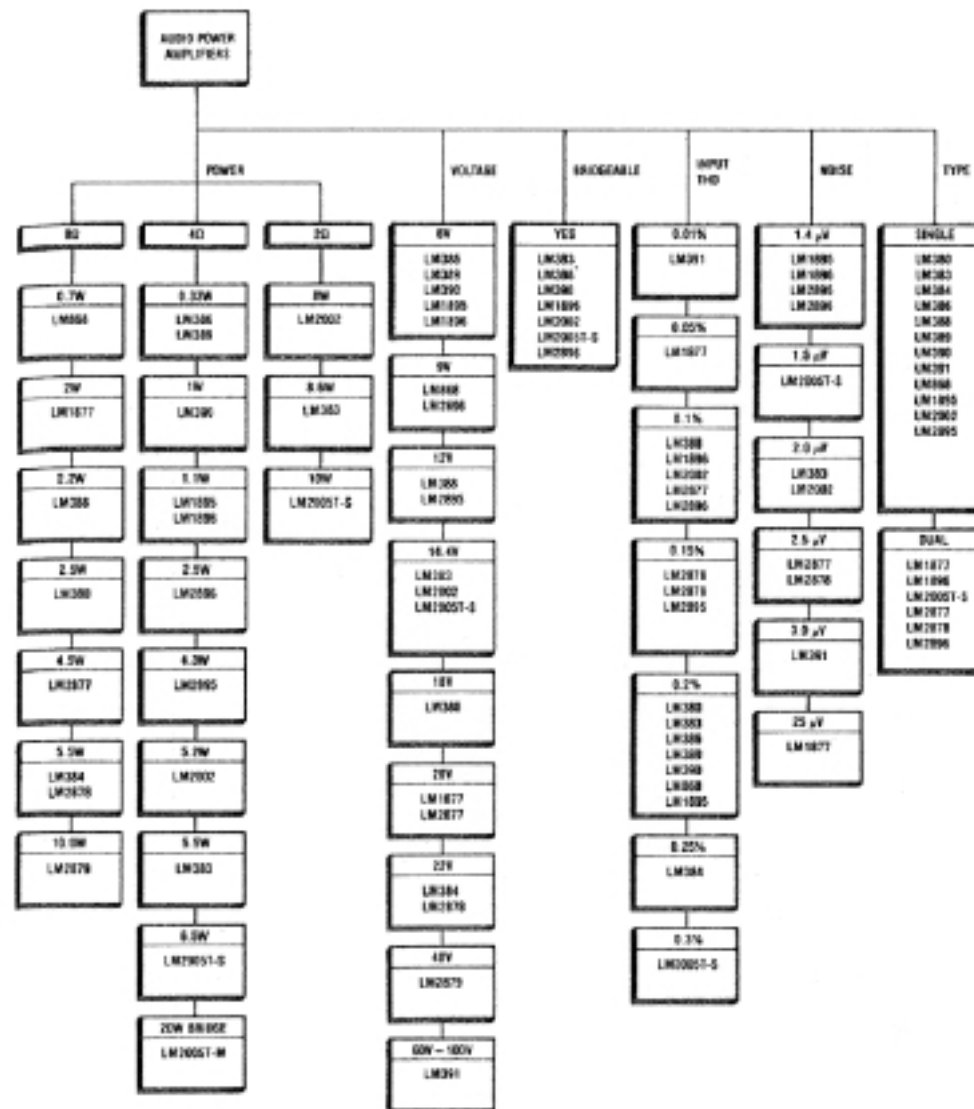


Σχήματα 12.11 Πομπός και δέκτης τηλεμετρικού συστήματος

12.3 Αναζήτηση τεχνικών πληροφοριών

Στη σημερινή εποχή οι τεχνικές πληροφορίες παρέχονται με πολλούς τρόπους. Είναι ο κλασικός με τα εγχειρίδια των κατασκευαστών (manuals), τα CDROM και το διαδίκτυο (INTERNET).

Τα manuals πωλούνται από τους αντιπροσώπους των εταιρειών και τα βιβλιοπωλεία, όπως και τα CDROM. Επίσης, παρέχονται πληροφορίες από εγχειρίδια μεγάλων εμπορικών οίκων οι οποίες δίνονται και σε CDROM.



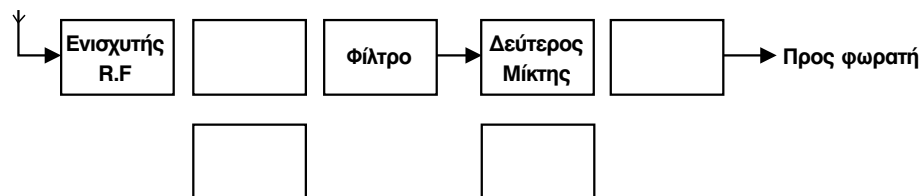
Πίνακας 12.1

Ως παράδειγμα δίνεται ο πίνακας 12.1 για την επιλογή ολοκληρωμένου κυκλώματος ενισχυτή ισχύος Α.Σ. της NSC από το Master Selection Guide της εταιρείας. Μέσα από επιλογές, όπως η σύνθετη αντίσταση μεγαφώνου, η ισχύς εξόδου, η δυνατότητα γεφύρωσης, η ολική αρμονική παραμόρφωση (THD) εισόδου κ.α., μπορούμε να επιλέξουμε το κατάλληλο Ι.Κ. για δεδομένη εφαρμογή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να σχεδιάσετε το δομικό διάγραμμα του χρονιστή 555.
2. Να εξηγήσετε συνοπτικά το ρόλο κάθε βαθμίδας του δομικού διαγράμματος του χρονιστή 555.
3. Οι ακροδέκτες του χρονιστή 555 είναι: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 και 8
4. Η κυριότερη χρήση του 555 είναι ως μονοσταθής πολυδονητή.
Σωστό ☐ Λάθος ☐
5. Η έξοδος του 555:
 - α. Έχει μία σταθερή κατάσταση.
 - β. Συνδέεται με το φορτίο μόνο ως προς γείωση.
 - γ. Με συνδεδεμένο το φορτίο ως προς γείωση το ρεύμα ρέει προς αυτήν.
 - δ. Με συνδεδεμένο το φορτίο ως προς γείωση το ρεύμα ρέει προς τη γείωση.
6. Να γίνει αναγνώριση των βαθμίδων του χρονιστή 555 στο ισοδύναμο ηλεκτρονικό κύκλωμα.
7. Ο OP-AMP 741 είναι γενικής χρήσης με αρχιτεκτονική δύο βαθμίδων.
Σωστό ☐ Λάθος ☐
8. Να σχεδιάσετε το δομικό διάγραμμα του OP-AMP 741.
9. Να αντιστοιχίσετε τους ακροδέκτες του 741 με τους ορισμούς τους.

Ακροδέκτης 1	α. Αντιστρέφουσα είσοδος
Ακροδέκτης 2	β. Δεν χρησιμοποιείται.
Ακροδέκτης 3	γ. Τροδοσία + Vcc
Ακροδέκτης 4	δ. Μη αναστρέφουσα είσοδος
Ακροδέκτης 5	ε. Μηδενισμός
Ακροδέκτης 6	στ. Μηδενισμός
Ακροδέκτης 7	ζ. Τροφοδοσία - VEE
Ακροδέκτης 8	η. Έξοδος.
10. Η χρήση του αποδιαμορφωτή FM/stereo είναι η αποδιαμόρφωση του σύνθετου σήματος εισόδου σε L και R αν έχει στερεοφωνική λήψη και L+R εφόσον έχει μονοφωνική λήψη. Σωστό ☐ Λάθος ☐
11. Ο αποκωδικοποιητής/οδηγός BCD σε ενδείκτη 7 τμημάτων:
 - α. Είναι μεγάλης σκάλας ολοκλήρωσης.
 - β. Οι έξοδοί του είναι τύπου totem-pole.
 - γ. Τα RBI και RBO χρησιμοποιούνται για την αμαύρωση των αρχικών μηδενικών.
 - δ. Όλα τα παραπάνω
12. Να συμπληρωθεί το παρακάτω δομικό διάγραμμα. Τι δηλώνει;



12. Να σχεδιαστεί το δομικό διάγραμμα ενός συνθέτη συχνοτήτων το οποίο να δίνει έξοδο ίση με:
$$fc \cdot n_3 \cdot \frac{n_2}{10} \cdot \frac{n_1}{100} \cdot$$