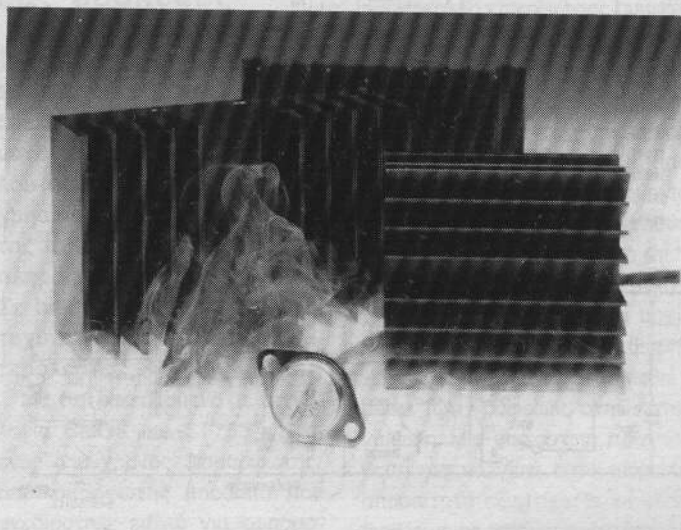


# Βασικές γνώσεις

**ΨΥΚΤΕΣ:** Πότε και πώς να τους χρησιμοποιείτε.



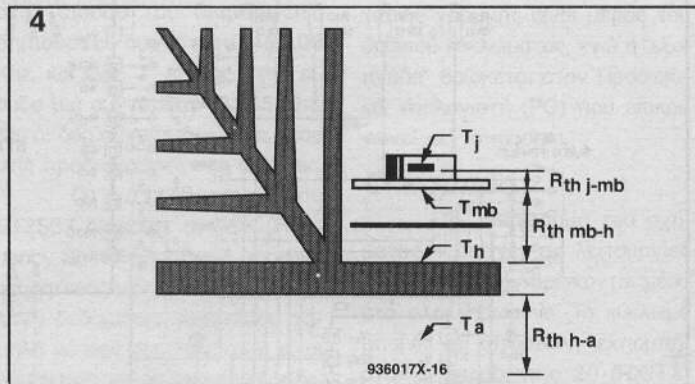
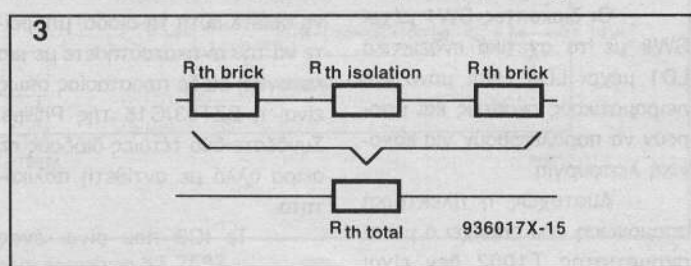
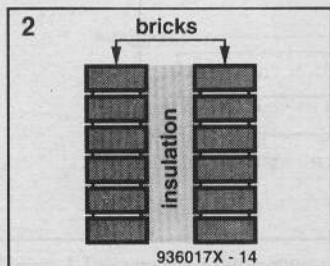
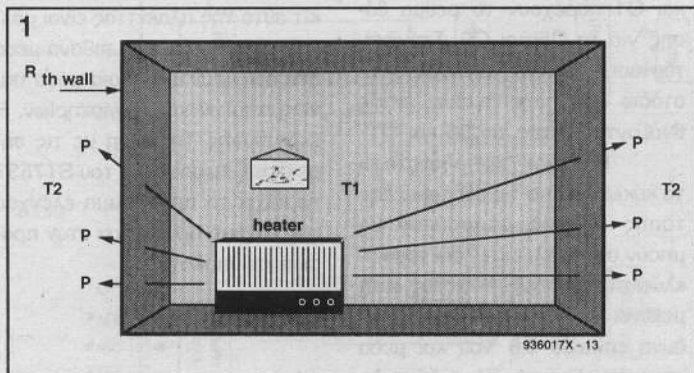
Οποιος ασχολήθηκε κάποια στιγμή με την σχεδίαση ή κατασκευή, τροφοδοτικού ή ενισχυτή ισχύος, έχει σίγουρα αποκτήσει αρκετές εμπειρίες από το πρόβλημα που λέγεται απαγωγή θερμότητας. Η παραγόμενη θερμότητα σε μια τέτοιας μορφής κατασκευή αποτελεί πολλές φορές σημαντικό κεφάλαιο. Οι ψύκτες χρησιμοποιούνται κανονικά για να αυξήσουν την θερμοχωρητικότητα των ημιαγωγών ισχύος, ή με άλλα λόγια για να δώσουν την δυνα-

τότητα στους εν λόγω ημιαγωγούς να απάγουν την παραγόμενη θερμότητα όταν αυτοί λειτουργούν. Εχοντας υπόψιν κάποιους βασικούς κανόνες, ο υπολογισμός του μεγέθους του απαιτούμενου ψύκτη σε κάποια εφαρμογή δεν είναι τελικά και πολύ δύσκολη υπόθεση.

## Θερμική αντίσταση

Η θερμική αντίσταση,  $R_{th}$  (ή  $\Phi$ ) ενός ημιαγωγού μπορεί να εκφραστεί από τον τύπο:

$$R_{th} = \Delta T / \Delta P \quad (\text{Εξ. 1})$$



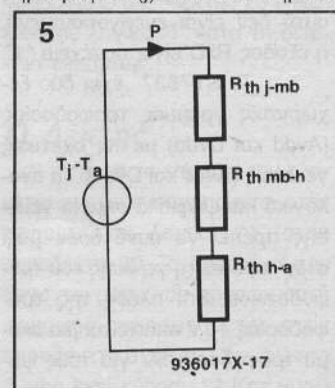
όπου το  $R_{th}$  δίνεται σε θερμικά ohm, το  $T$  σε βαθμούς Kelvin και το  $P$  σε Watt. Δεδομένου ότι στον τύπο περιλαμβάνεται μεταβολή θερμοκρασίας και σε αυτή την περίπτωση βαθμοί Kelvin και Celsius είναι ισοδύναμοι, μπορούμε άνετα να χρησιμοποιούμε στην παραπάνω σχέση  $^{\circ}\text{C}$  αντί για Kelvin. Το νόημα της έννοιας της θερμικής αντίστασης μπορεί να γίνει περισσότερο αντιληπτό με την βοήθεια του Σχ. 1. Στο σχήμα αυτό θλέςουμε ένα κλειστό χώρο, όπως ας πούμε ένα δωμάτιο, το οποίο θερμαίνεται από κάποιο θερμαντικό σώμα σε θερμοκρασία  $T_1$ . Εξω από το δωμάτιο η θερμοκρασία είναι  $T_2$ . Εάν είναι γνωστή η θερμική αντίσταση των τοίχων του δωματίου μπορεί να υπολογιστεί η απώλεια θερμότητας από το δωμάτιο προς τα έξω. Ένας καλά μονωμένος τοίχος παρουσιάζει υψηλή θερμική αντίσταση, οπότε οι απώλειες θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον είναι σχετικά μικρές ( $\Delta P = \Delta T / R_{th}$ ). Από την Εξ. 1 φαίνεται ότι δεν υπάρχουν καθόλου απώλειες όταν η διαφορά θερμοκρασίας  $\Delta T$  είναι μηδέν. Στην περίπτωση του Σχ. 1 αυτό θέ-

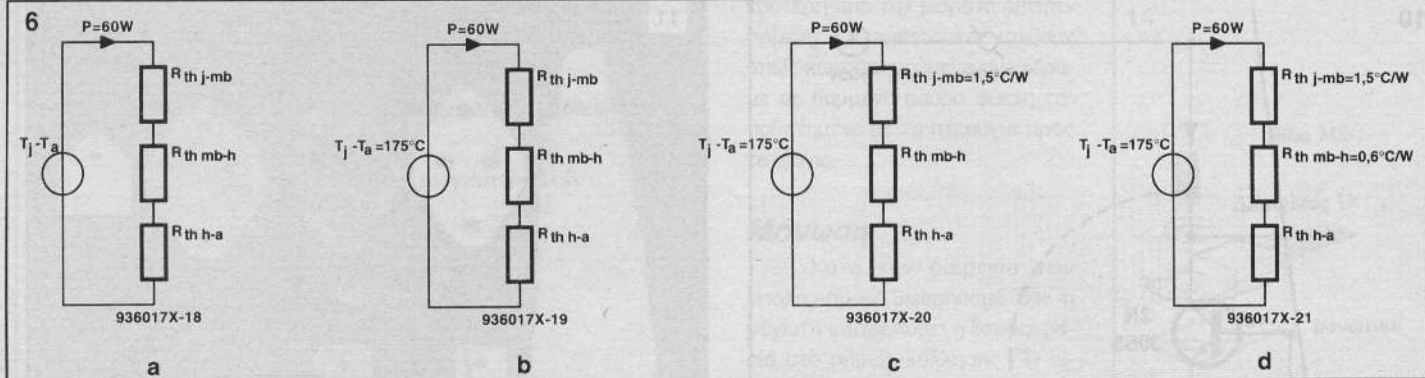
βαια σημαίνει ότι η θερμοκρασία του δωματίου πρέπει να είναι ίδια με την εξωτερική.

Τα περισσότερα κτίρια χρησιμοποιούν σήμερα τοίχους με διπλά τοιχώματα, όπου συχνά ο χώρος ανάμεσα στα δύο επίπεδα τούβλων καλύπτεται από κάποιο μονωτικό υλικό (Σχ. 2). Η θερμική αντίσταση μίας τέτοιας κατασκευής αντιστοιχεί στο άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων όλων των παρεμβλλόμενων επιπέδων (Σχ. 3).

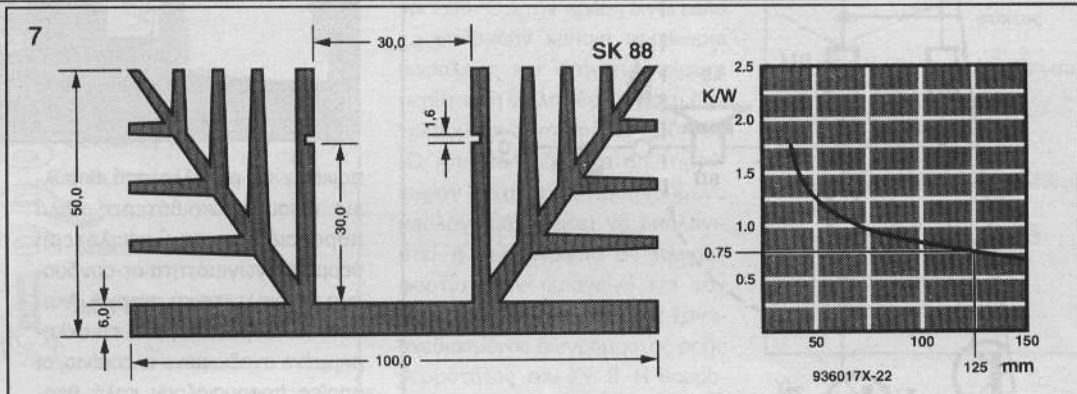
## Αντιστάσεις σε σειρά

Όπως ακριβώς και στην περίπτωση του διπλού τοίχου, η θερμική αντίσταση ενός ημιαγωγού προσαρμοσμένου σε ψύκτη αντιστοιχεί σε ένα πλήθος θερμικών αντιστάσεων συνδεδεμένων σε σειρά. Στο Σχ. 4 βλέπουμε ένα τρανζίστορ ισχύος προσαρμοσμένο σε ένα ψύκτη με την βοήθεια μιας μονωτικής ροδέλας (οι αποστάσεις μεταξύ τους παρουσιάζονται μεγεθυμένες). Η πρώτη θερμική αντίσταση  $R_{th j-mb}$  είναι μεταξύ του σημείου κόλλησης του ημιαγωγού ( $j$ ) και του σημείου





στήριξης (mb). Η δεύτερη,  $R_{th\ mb-h}$  είναι μεταξύ του σημείου στήριξης και του ψύκτη (h). Η τιμή αυτής της θερμικής αντίστασης εξαρτάται από το υλικό της μονωτικής ροδέλας που παρεμβάλλεται και από το εάν υπάρχει θερμοαγωγίμη πάστα ή όχι. Ακολουθεί η θερμική αντίσταση  $R_{th\ h-a}$ , μεταξύ του ψύκτη και του περιβάλλοντος (a). Στο Σχ. 5 βλέπουμε μια σημαντική αναπαράσταση των τριών θερμικών αντιστάσεων. Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζεται και μια πηγή θερμότητας  $T_j - T_a$ . Η ρή



της αλυσίδας των θερμικών αντιστάσεων, τον ίδιο τον ημιαγωγό. Οι πληροφορίες στα φύλλα δεδομένων (databook) των τρανζίστορ

ρίπτωση που δεν υπάρχει ψύκτης. Όταν υπάρχει ψύκτης εφαρμόζεται η τιμή της θερμικής αντίστασης  $R_{th\ j-mb}$ . Ένας άλλος σημαντικός παράγων που χρειάζεται στον υπολογισμό, είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία στον ημιαγωγό,  $T_j$ . Η τιμή αυτή υπάρχει στα αντίστοιχα δεδομένα και δεν ξεπερνά συνήθως τους

200 °C. Η τιμή της θερμικής αντίστασης  $R_{th\ mb-h}$  καθορίζεται από το μονωτικό υλικό που υπάρχει (εάν υπάρχει) μεταξύ της βάσης στήριξης και του ψύκτη. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται διάφοροι μέθοδοι στήριξης και η αντίστοιχη τιμή θερμικής αντίστασης. Εάν

Πίνακας 1

περίβλημα	$R_{th\ j-a}$	$RT_{th\ j-mb}$
TO-18	500	200
TO-92	250	150
TO-39	200	12,5
TO-126	100	5
TO-220	70	2
TO-3	40	1,5

Πίνακας 2

ΥΛΙΚΑ ΜΟΝΩΣΗΣ	$R_{th\ mb-h}$
Αέρας	0,05-0,2
Θερμοαγωγίμη πάστα	0,005-0,1
Οξείδιο του αργίλιου και πάστα	0,2-0,6
Μίκα (0,05 χιλ.) και πάστα	0,4-0,9
Ελαστικό πυρίτιο	0,84-0,88

Πίνακας 3

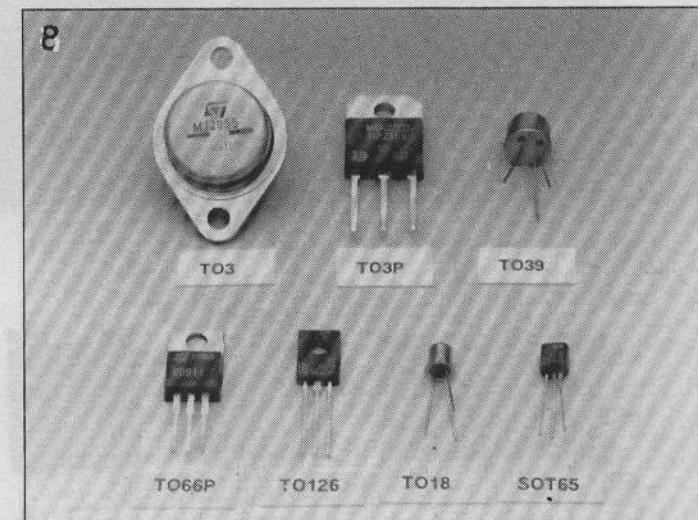
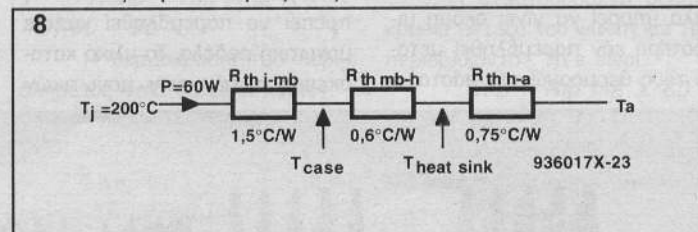
Φυσικό αλουμίνιο	$R_{th\ h-a} +10-15\%$
Οριζοντία τοποθέτηση	$R_{th\ h-a} +15-20\%$

θερμότητας δηλώνεται από το P.

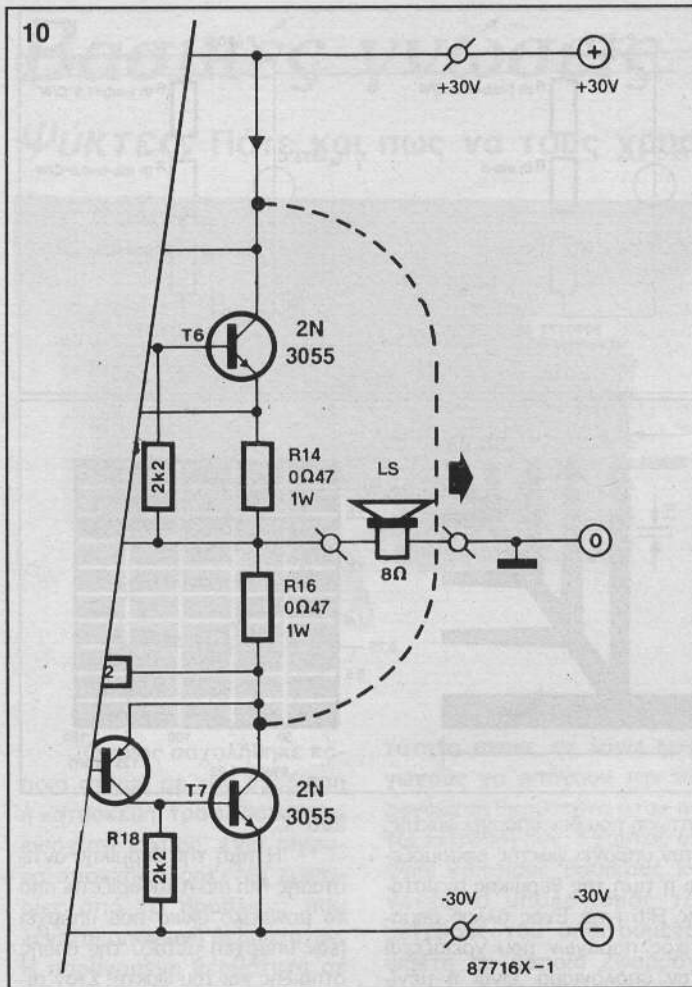
## Μερικές βασικές αρχές

Ο καθορισμός των χαρακτηριστικών του ψύκτη ξεκινάει κανονικά στο θερμότερο σημείο

περιλαμβάνουν διάφορες θερμικές αντιστάσεις. Στο πίνακα 1 έχουμε τις θερμικές αντιστάσεις των πιο συνηθισμένων περιβλημάτων τρανζίστορ. Η τιμή  $R_{th\ j-a}$  αναφέρεται στην θερμική αντίσταση μεταξύ του ημιαγωγού και του περιβάλλοντος και χρησιμοποιείται μόνον στην πε-

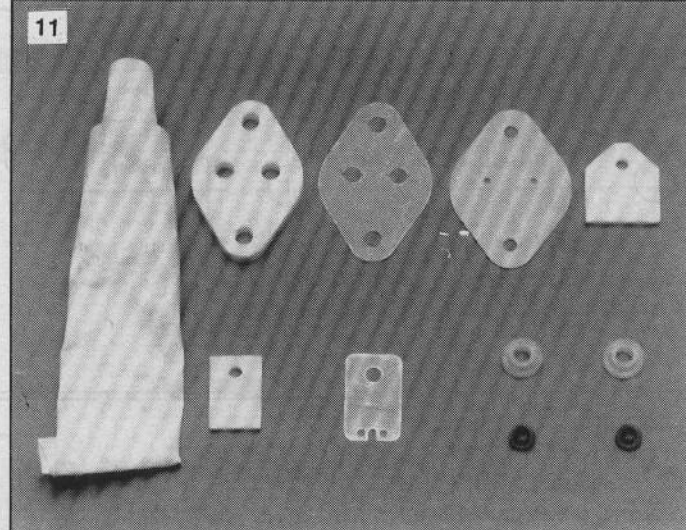






για παράδειγμα ο ημιαγωγός στηρίζεται απ' ευθείας πάνω στον ψύκτη, η θερμική αντίσταση μεταξύ τους είναι σχετικά μικρή, αλλά μπορεί να γίνει ακόμη μικρότερη εάν παρεμβληθεί μεταξύ τους θερμοαγωγιμη πάστα.

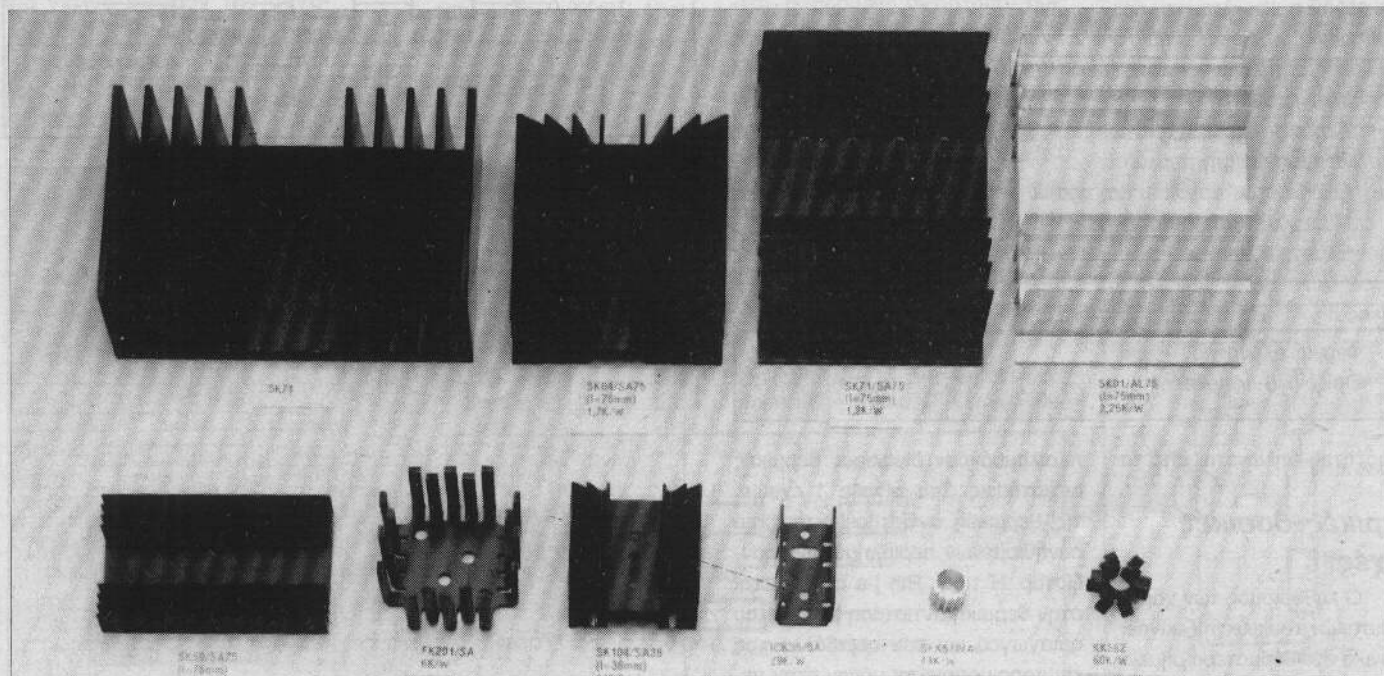
Σε πολλές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η ηλεκτρική μόνωση του ημιαγωγού από τον ψύκτη. Σε τέτοιες περιπτώσεις πρέπει να παρεμβληθεί κάποια μονωτική ροδέλα. Το υλικό κατασκευής αυτών των μονωτικών

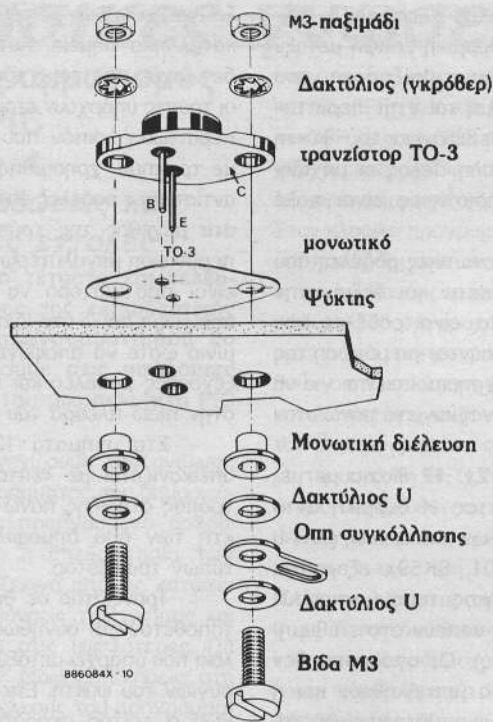


ποικίλει: Οι ροδέλες από βηρύλλιο είναι οι ακριβότερες αλλά παρουσιάζουν την υψηλότερη θερμική αγωγιμότητα σε συνδυασμό με διηλεκτρική αντοχή. Ακολουθούν οι ροδέλες από επισκληρημένο ανοδιωμένο αλουμίνιο, οι οποίες παρουσιάζουν καλή θερμική αγωγιμότητα και διηλεκτρική αντοχή. Οι γνωστές ροδέλες από μίκα είναι φτηνές και πολύ δημοφιλείς, αλλά με την πάροδο του χρόνου μπορούν να παρουσιάσουν ρωγμές ή ξεφλουδίσματα. Υπάρχουν τέλος και οι πιο φτηνές ροδέλες από πλαστικά υψηλών θερμοκρασιών όπως είναι το Καρλον ή το Mylar αλλά παρουσιάζουν μικρότερη διηλεκτρική αντοχή από την μίκα.

Η τιμή της τρίτης θερμικής αντίστασης  $R_{th} h-a$  δίνεται από τις πληροφορίες που αφορούν τον ψύκτη. Η τιμή αυτή δίνεται σε  $K / W$  (μερικές φορές και σε  $^{\circ}C / W$ ), και αναφέρεται σε βαμμένο μαύρο ψύκτη κατακόρυφα τοποθετημένο (τα πτερύγια είναι κάθετα προς την γή). Στον πίνακα 3 φαίνονται οι τροποποιήσεις της τιμής της θερμικής αντίστασης σε διάφορες περιπτώσεις που ξεφεύγουν από το παραπάνω κανόνα. Εάν ο ψύκτης δεν είναι μαύρος αλλά απλό αλουμίνιο, η τιμή της θερμικής του αντίστασης αυξάνει κατά 10-15%. Εάν τοποθετηθεί οριζόντια και όχι κατακόρυφα έχουμε και πάλι μια αύξηση στην τιμή της θερμικής αντίστασης κατά 15-20%.

Η τιμή της τρίτης θερμικής





886084X - 10

## Πρακτικός υπολογισμός

Ας υποθέσουμε ότι διαθέτουμε ένα τρανζίστορ ισχύος σε θήκη TO-3, και το δυναμικό που αναπτύσσεται στα άκρα του είναι 20 Volt ενώ το μέγιστο ρεύμα που το διαρρέει είναι 3 A. Εχουμε λοιπόν ανάπτυξη ισχύος -και κατά συνέπεια απαιτούμενη απαγωγή θερμότητας 3X20=60W. Αυτό είναι το πρώτο στοιχείο που βάζουμε στο διάγραμμα ροής θερμοκρασίας του Σχ. 6a. Απο τα χαρακτηριστικά του βρίσκουμε ότι η μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασία για το τρανζίστορ είναι 200 °C. Η τιμή αυτή αναφέρεται στην χειρότερη περίπτωση: εάν το τρανζίστορ έφτανε πραγματικά σε τέτοιες θερμοκρασίες ένα απλό άγγιγμα θα ήταν πολύ οδυνηρό.

Στην συνέχεια θα θεωρήσουμε ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 25 °C. Η διαφορά θερμοκρασίας Tj-Ta είναι λοιπόν 175 °C. Εισάγουμε και την τιμή αυτή στο διάγραμμα ροής θερμοκρασίας στο Σχ. 6b.

Η ολική θερμική αντίσταση Rth total υπολογίζεται με την βοήθεια της Εξ. 1:

$$R_{th \text{ total}} = \Delta T / \Delta P = 175 / 60 = 2.92 \text{ K / W}$$

Το άθροισμα λοιπόν όλων των θερμικών αντιστάσεων δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τιμή αυτή.

Η τιμή της θερμικής αντίστασης Rth j-mb για θήκη TO3 δίνεται από τον πίνακα 1 ίση με 1.5 K / W, και η τιμή αυτή εισάγεται στο διάγραμμα ροής θερμοκρασίας του Σχ. 3c. Η καλύτερη μόνωση μεταξύ του τρανζίστορ και του ψύκτη επιτυγχάνεται σύμφωνα με τον πίνακα 2, με μια ροδέλα οξειδίου του αλουμινίου σε συνδυασμό με θερμοαγωγίμη πάστα. Ο συνδυασμός αυτός δίνει τελική τιμή θερμικής αντίστασης Rth mb-h 0.6 K/W (στην χειρότερη περίπτωση), που εισάγεται και αυτή στο διάγραμμα ροής θερμοκρασίας του Σχ. 6d.

Από αυτά τα δεδομένα προκύπτει ότι η τιμή της θερμικής αντίστασης του ψύκτη Rth h-a πρέπει να είναι:

$$R_{th \text{ h-a}} = 2.92 - (1.5 + 0.6) = 0.82 \text{ K / W}$$

Στο Σχ. 7 βλέπουμε τον κατάλληλο για την συγκεκριμένη περίπτωση ψύκτη και τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Σύμφωνα με το παρακείμενο διάγραμμα τμήμα του ψύκτη μήκους 125 mm παρουσιάζει θερμική αντίσταση 0.75 K/W, τιμή λίγο μι-

κρότερη από την μέγιστη επιτρεπόμενη. Οι τιμές αυτές ισχύουν όπως και προηγούμενα αναφέραμε σε βαμμένο μαύρο ψύκτη τοποθετημένο με τα πτερύγια προς τα πάνω.

## Μόνωση

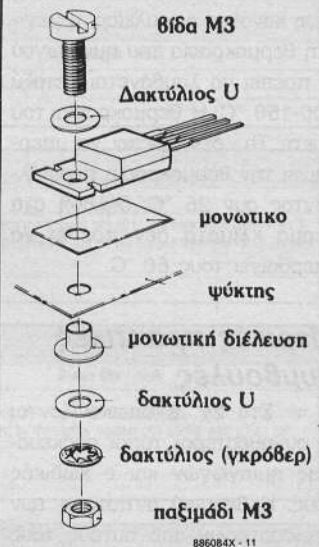
Κατά την διάρκεια των υπολογισμών θεωρήσαμε ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία στο σημείο κόλλησης Tj είναι 200 °C. Στην πράξη είναι καλό να υπάρχουν κάποια περιθώρια ασφαλείας και στην προκείμενη περίπτωση να ληφθεί μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της Tj 100-150 °C. Από τα δεδομένα που προέκυψαν κατά τον προηγούμενο υπολογισμό, μπορεί να υπολογιστεί η θερμοκρασία σε πλήρες φορτίο στον ημιαγωγό και τον ψύκτη με την βοήθεια του ξανασχεδιασμένου διαγράμματος ροής θερμότητας του Σχ. 8. Η θερμοκρασία στο κάλυμμα του ημιαγωγού Tmb είναι ίση με την θερμοκρασία του σημείου κόλλησης Tj, μείον την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του περιβλήματος και του σημείου κόλλησης Tj-mb. Η αναπτυσσόμενη κατά μήκος θερμοκρασία ισούται με την θερμική αντίσταση Rth j-mb επί την ροή θερμότητας:

$$T_{j-mb} = R_{th \text{ j-mb}} \times P = 1.5 \times 60 = 90 \text{ °C}$$

Η θερμοκρασία του περιβλήματος Tmb θα είναι λοιπόν:

$$T_{mb} = T_j - T_{j-mb} = 200 - 90 = 110 \text{ °C}$$

Είναι κατά συνέπεια προφανές ότι επαφή με το τρανζίστορ σε ώρα πλήρους φορτίου είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη, και θα πρέπει κατά την διάρκεια της σχεδίασης και συναρμολόγησης να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν το θέμα προστασίας από οποιαδήποτε τυχαία επαφή με το τρανζίστορ την ώρα της λειτουργίας



886084X - 11

του.

Η αναπτυσσόμενη θερμοκρασία κατά μήκος της ροδέλας και της θερμοαγωγίμης πάστας Tmb-h είναι:

$$T_{mb-h} = R_{th \text{ mb-h}} \times P = 0.6 \times 60 = 36 \text{ °C}$$

Και ως εκ τούτου η θερμοκρασία του ψύκτη θα είναι:

$$T_h = T_{mb} - T_{mb-h} = 110 - 36 = 74 \text{ °C}$$

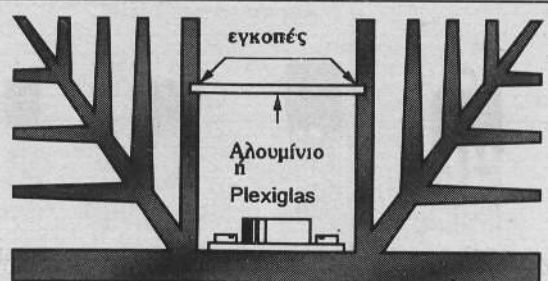
Η αναπτυσσόμενη θερμοκρασία μεταξύ του ψύκτη και του περιβάλλοντος Th-a είναι:

$$T_{h-a} = R_{th \text{ h-a}} \times P = 0.75 \times 60 = 45 \text{ °C}$$

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος Ta μπορεί λοιπόν να φτάσει μέχρι και :

$$T_a = T_h - T_{h-a} = 74 - 45 = 29 \text{ °C}$$

Όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος ανέβει πιο πάνω από την τιμή, όλες οι προηγούμενα υπολογισμένες τιμές πρέπει να επανεκτιμηθούν. Ακόμα και σε εύκρατα κλίματα η θερμοκρασία





περιβάλλοντος στους θερμούς μήνες του καλοκαιριού μπορεί να φτάσει τους 35 °C.

Στην πράξη και τηρώντας τους κανόνες ασφαλείας, η μέγιστη θερμοκρασία του ημιαγωγού Tj πρέπει να λαμβάνεται μεταξύ 100-150 °C. Η θερμοκρασία του ψύκτη Th δεν πρέπει να υπερβαίνει την θερμοκρασία περιβάλλοντος συν 25 °C, δηλαδή στα θερμά κλίματα δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 60 °C.

## Μερικές πρακτικές συμβουλές

Στο Σχ. 8 απεικονίζονται οι συνηθέστεροι τύποι συσκευασίας ημιαγωγών και ο κωδικός τους. Η θερμική αντίσταση των περισσότερων από αυτούς τους τύπους δίνονται στον πίνακα 1.

Για να καταλάβετε γιατί σε πολλές περιπτώσεις η ηλεκτρική μόνωση του ημιαγωγού από τον ψύκτη είναι ουσιώδης ρίξτε μια ματιά στο Σχ. 10. Τα τρανζίστορ εξόδου T6 και T7 βρίσκονται σε θήκη τύπου TO-3 και πρέπει να προσαρμοστούν σε ψύκτη. Το μεταλλικό σημείο του περιβλήματος των τρανζίστορ συνδέεται με τον συλλέκτη, όπως συνήθως συμβαίνει και με τους ρυθμιστές τάσης. Εάν λοιπόν και τα δύο τρανζίστορ προσαρμοστούν κατ' ευθείαν πάνω στον ψύκτη χωρίς μονωτικές ροδέλες οι δύο συλλέκτες θα

συνδεθούν μεταξύ τους και η θετική γραμμή τροφοδοσίας θα βραχυκυκλώσει. Πέραν τούτου όμως, είναι καλό να μονώνεται ο ημιαγωγός από τον ψύκτη ακόμη και στην περίπτωση που υπάρχει μόνο ένας ημιαγωγός. Κάτι τέτοιο είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση που ο συνδεδεμένος ακροδέκτης φτάνει σε τάσεις >42 Volt που πλέον αρχίζουν και γίνονται επικίνδυνες για τον άνθρωπο.

Στο Σχ. 11 βλέπουμε μερικά μονωτικά εξαρτήματα:

Οι ροδέλες με το πιο φωτεινό χρώμα είναι από κεραμικό οξειδίου του αλουμινίου και το ελάττωμα τους είναι ότι έχουν μικρή θερμική αγωγιμότητα. Το θηρούλλιο (οξειδίου του θηρουλλίου) παρουσιάζει πολύ καλύτερη θερμική αγωγιμότητα αλλά είναι και πολύ πιο ακριβό.

Οι διάφανες ροδέλες είναι από μίκα. Έχουν σχετικά καλή θερμική αγωγιμότητα αλλά οι μηχανικές τους ιδιότητες δεν είναι και τόσο καλές όπως και προηγούμενα αναφέραμε.

Οι γκρι ροδέλες είναι από λάστιχο ολικόνης. Το υλικό αυτό δεν παρουσιάζει και πολύ καλή θερμική αγωγιμότητα, έχει όμως αρκετά πλεονεκτήματα. Πρώτον οι ροδέλες αυτές δεν χρειάζονται θερμοαγωγίμη πάστα, μιας και η χρήση της πολύ λίγα προ-

σφέρει. Δεύτερον η ελαστικότητά του υλικού εξασφαλίζει την καλύτερη θερμική επαφή μεταξύ του σημείου στήριξης και του ψύκτη, ακόμη και στην περίπτωση που η επιφάνεια του ψύκτη είναι ανώμαλη. Τέλος οι μηχανικές τους ιδιότητες είναι πολύ καλές.

Οι μονωτικές ροδέλες που φαίνονται κάτω και δεξιά στην φωτογραφία, είναι ροδέλες που χρησιμοποιούνται για μόνωση της βίδας που χρησιμοποιείται για να στηρίξει τον ημιαγωγό πάνω στον ψύκτη.

Στο Σχ. 12 βλέπουμε μερικούς ψύκτες. Η θερμική αντίσταση πολλών από αυτούς (SK71, SK64, SK01, SK59), εξαρτάται από το μήκος τους ( μπορούν δηλαδή να κοπούν στο επιθυμητό μέγεθος). Οι υπόλοιποι δεν μπορούν να μεταβληθούν και η θερμική τους αντίσταση είναι σταθερή. Προσέξτε την διάφορα που υπάρχει στην τιμή της θερμικής αντίστασης μεταξύ των θαμμένων μαύρων ψυκτών τύπου SK71/SK75 και των αντίστοιχων ίδιου μεγέθους αλλά μη θαμμένων τύπου SK01/AL75 που βρίσκονται δίπλα τους.

## Τοποθέτηση των ψυκτών

Η τοποθέτηση των ψυκτών ξεκινάει συνήθως με τρύπημα στα κατάλληλα σημεία. Αυτό βέβαια δεν ισχύει για τους τύπους που οι τρύπες υπάρχουν έτοιμες. Στην περίπτωση λοιπόν που ξεκινάτε με τρύπημα, χρησιμοποιήστε τις αντίστοιχες ροδέλες σαν οδηγούς στο μέγεθος της τρύπας. Στην περίπτωση μεγαλύτερων ψυκτών είναι προτιμότερο να ανοίξετε σπειρώμα πάνω στο ίδιο το αλουμίνιο ώστε να αποφύγετε προεξέχουσες ροδέλες και παξιμάδια στην πίσω πλευρά του ψύκτη.

Στα σχήματα 13 και 14 απεικονίζεται με λεπτομέρεια ο τρόπος στήριξης πάνω στον ψύκτη των δύο δημοφιλέστερων τύπων τρανζίστορ.

Τρανζίστορ σε θήκη TO-3 τοποθετούνται συνήθως στο αυλάκι που υπάρχει μεταξύ των πτερυγίων του ψύκτη. Επειδή συνήθως ο τρίτος ακροδέκτης του ημιαγωγού είναι το ίδιο το κάλυμμα της συσκευασίας τους, θα πρέπει να τοποθετηθεί κατά την διαδικασία στήριξης και μια ροδέλα - ακροδέκτης, ώστε να μπορεί στην συνέχεια να συνδεθεί ο ακροδέκτης με το υπόλοιπο κύκλωμα. Για μεγαλύτερη ασφάλεια και μικρότερο κίνδυνο βραχυκυκλώματος καλό είναι πάνω από τον ημιαγωγό και στο ειδικό αυλάκι που υπάρχει, να τοποθετηθεί ένα λεπτό φύλλο αλουμινίου ή πλεξιγκλας, όπως φαίνεται και στο Σχ. 15. Υπάρχουν πάντως διαθέσιμες στο εμπόριο και ειδικές καλύπτρες για την συσκευασία TO-3.

## Τελειώνοντας

Είναι γεγονός ότι αφού αποκτήσετε την απαραίτητη οικειότητα με την απαιτούμενη ακολουθία βημάτων, ο υπολογισμός των παραμέτρων των ψυκτών θα είναι πλέον εξ' ίσου εύκολος με τον να υπολογίζετε δουλεύοντας τον νομό του Ohm.

