

**ΥΛΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ****Σκοποί κεφαλαίου 1**

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

1. Να αναφέρει τις καταστάσεις (φάσεις) της ύλης.
2. Να ορίζει την έννοια των αγωγών, μονωτών και ημιαγωγών.
3. Να απαριθμεί αγωγούς, μονωτές και ημιαγωγούς.
4. Να επισημαίνει τις διαφορές τους.
5. Να περιγράφει τη σχετικότητα των καταστάσεων κάτω από διαφορετικές συνθήκες.

## 1.1 ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

Η φύση αποτελείται από ουσίες οι οποίες υπάρχουν σε τρεις διαφορετικές φάσεις: στερεή, υγρή και αέρια. Οι φάσεις εξαρτώνται από την πίεση και τη θερμοκρασία.

Η στερεή φάση ή τα στερεά σώματα παρουσιάζονται τέτοιας μορφής σε συγκεκριμένες συνθήκες, λόγω των ισχυρών δυνάμεων συνοχής των σωματιδίων τους. Τα σωματίδια μπορεί να είναι μόρια, άτομα ή ιόντα. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσής τους, έχουμε τα άμορφα και τα κρυσταλλικά στερεά. Στα άμορφα οι θέσεις των σωματιδίων είναι τυχαίες, ενώ στα κρυσταλλικά συγκεκριμένες. Μία άλλη κατηγορία «στερεών σωμάτων» είναι τα μεσομορφικά. Αυτά είναι υγρά, αλλά έχουν περίπου κρυσταλλική δομή. Στη σύγχρονη ηλεκτρονική το μεσομορφικό υλικό που χρησιμοποιείται είναι οι νηματικοί υγροί κρύσταλλοι (LCD).

Στα υγρά, τα σωματίδιά τους έχουν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια απ' αυτή των στερεών, κινούνται άτακτα προς όλες τις διευθύνσεις και οι δυνάμεις συνοχής τους είναι μικρότερες απ' αυτές των στερεών γι' αυτό και παίρνουν το σχήμα του δοχείου που τοποθετούνται.

Στα αέρια τα σωματίδια βρίσκονται σε μεγάλη σχετικά απόσταση και κινούνται άτακτα προς όλες τις διευθύνσεις λόγω των πολύ μικρών δυνάμεων συνοχής τους.

Τέλος, ας αναφερθεί ότι τα άμορφα στερεά, τα υγρά και τα αέρια είναι ισότροπα υλικά, δηλαδή οι φυσικές ιδιότητές τους είναι ίδιες σ' όλη τους τη μάζα· τα κρυσταλλικά υλικά είναι ανισότροπα, δηλαδή οι φυσικές ιδιότητές τους παρουσιάζουν διαφορά σε διαφορετικές διευθύνσεις της μάζας τους.

## 1.2 ΑΓΩΓΟΙ

Σύμφωνα με την ηλεκτρική ιδιότητα της αγωγιμότητας τα υλικά κατατάσσονται σε αγωγίμα, μονωτικά και ημιαγωγά. Η αγωγιμότητά τους εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι ελεύθερων ηλεκτρονίων στη μάζα του υλικού. Παρακάτω αναφέρονται οι ευρισκόμενοι σε χρήση στην ηλεκτρονική αγωγοί και κάποια στοιχεία τους.

**Αλουμίνιο (Al):** έχει αργυρόλευκο χρώμα, αρκετά καλή αγωγιμότητα, μικρή σκληρότητα και σχηματίζει τα γνωστά κράματα ντουραλουμίνιο, μαγνάλιο, μπρούτζο αλουμινίου κ.ά. Είναι ελατό και όλκιμο.

**Αργυρος (Ag):** είναι αργυρόλευκου χρώματος, με την καλύτερη αγωγιμότητα από όλα τα μέταλλα, ελατό και όλκιμο.

**Βολφράμιο (W):** φαιού χρώματος, σκληρό και δύστηκτο.

**Γάλλιο (Ga):** μέταλλο που μαζί με φώσφορο, αρσενικό ή αντιμόνιο δημιουργεί ημιαγωγούς.

**Γραφίτης (C):** είναι άνθρακας με ελάχιστες ξένες προσμίξεις. Το μόνο αγωγίμο αμέταλλο, καφέ μεταλλικού χρώματος. Είναι μάλλον δύστηκτος με αρνητικό θερμοκρασιακό συντελεστή.

**Κασσίτερος (Sn):** αργυρόλευκου χρώματος με κρυσταλλική υφή, ελατό και όλκιμο, δεν οξειδώνεται εύκολα στο περιβάλλον.

**Μόλυβδος:** από τα βαρύτερα μέταλλα, αργυρόλευκου χρώματος, οξειδώνεται γρήγορα στο περιβάλλον. Είναι μαλακός και εύτηκτος.

**Νικέλιο (Ni):** αργυρόλευκου χρώματος, σκληρό, ελατό, όλκιμο και με μαγνητικές ιδιότητες.

**Σίδηρος (Fe):** αργυρόλευκου χρώματος σε καθαρή κατάσταση, σκληρός, άθραυστος και ευκατέργαστος σε υψηλές θερμοκρασίες. Ελατό, όλκιμο με έντονες μαγνητικές ιδιότητες. Σχηματίζει διάφορα κράματα όπως το μαντέμι (χυτοσίδηρος), το ατσάλι (χάλυβας) κτλ.

**Χαλκός (Cu):** κόκκινου μεταλλικού χρώματος, ελατό και όλκιμο, έχει την καλύτερη σχέση κόστος/αγωγιμότητα. Συμμετέχει στα κράματα όπως ο ορείχαλκος, μπρούτζος, νεάργυρος κ.ά.

**Χρυσός (Au):** έχει κίτρινο μεταλλικό χρώμα, είναι το πλέον ελατό και όλκιμο από τα μέταλλα. Απρόσβλητος από τον αέρα και τα οξέα.

**Ψευδάργυρος (Zn):** λευκοκυανίζοντος μεταλλικού χρώματος, σκληρός, εύθραυστος, δεν οξειδώνεται εύκολα στο περιβάλλον.

### 1.3 ΜΟΝΩΤΕΣ

Ως μονωτές χαρακτηρίζονται τα υλικά τα οποία παρουσιάζουν πολύ μεγάλη αντίσταση στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Γενικά μπορεί να χαρακτηριστούν ως μονωτές τα υλικά τα οποία δεν διαθέτουν ελεύθερα ηλεκτρόνια ή τα υλικά με μεγάλο ενεργειακό χάσμα (gap). Όπως όλες οι ιδιότητες που είναι σχετικές, έτσι και οι μονωτές λειτουργούν μ' αυτή τους την ιδιότητα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες π.χ. οι βακελίτες, που είναι γνωστά μονωτικά, στις πολύ υψηλές συχνότητες γίνονται αγωγά. Επίσης ένα μονωτικό, κάτω από υψηλή τάση γίνεται αγωγίμο.

Στη συνέχεια θα εξεταστούν κάποιοι μονωτές.

**Βερνίκια:** αποτελούνται από διαλύματα ρητινών και εφαρμόζονται με βαφή στα υλικά τα οποία θέλουμε να μονώσουμε.

**Γυαλιά:** είναι σκληρά υλικά, εύθραυστα, διαφανή με πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες. Αποτελούνται από διάφορα πυριτικά άλατα.

**Ελαστικά:** από τα πιο διαδεδομένα μονωτικά. Είναι φυσικά ή τεχνητά προϊόντα. Με την πάροδο του χρόνου μειώνονται οι μονωτικές τους ιδιότητες.

**Κεραμικά υλικά:** βασίζονται στο οξείδιο του τιτανίου με άλλες προ-

σμίξεις και κατασκευάζονται σε διάφορες μορφές και ποιότητες. Είναι σκληρά, εύθραυστα και χημικώς αδρανή.

**Λάδια:** είναι τριών τύπων ορυκτά, συνθετικά και σιλικόνης. Χρησιμοποιούνται στους ηλεκτρικούς διακόπτες ισχύος, στους μετασχηματιστές, στους πυκνωτές κτλ.

**Μίκια:** ορυκτό που αποτελείται από διαφανή φύλλα κρυσταλλικής υφής, τα οποία διαθέτουν ελαστικότητα, μηχανική αντοχή και πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες.

**Πλαστικά:** εύχρηστα και φθηνά οργανικά υλικά με καλές μονωτικές ιδιότητες, δεν επηρεάζονται από την υγρασία. Υπάρχουν συνθετικά πλαστικά, όπως τα θερμοπλαστικά, οι βακελίτες, εποξικές ρητίνες κ.ά.

**Πορσελάνη:** υλικό που αποτελείται από αργίλιο, πυρίτιο και μαγνήσιο. Περισσότερο χρησιμοποιείται η σκληρή πορσελάνη, που λόγω του σμάλτου της έχει άριστη συμπεριφορά στις καιρικές μεταβολές, αν κατασκευαστεί ως μονωτήρας, και λειτουργήσει σε σχετικά υψηλές τάσεις αλλά χαμηλές συχνότητες.

#### 1.4 ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

Γενικά, ως ημιαγωγοί μπορούν να χαρακτηριστούν τα υλικά, οι ηλεκτρικές ιδιότητες των οποίων είναι ανάμεσα στους αγωγούς και τους μονωτές. Τα στοιχεία της IV ομάδας του περιοδικού συστήματος είναι ημιαγωγοί διότι έχουν τέσσερα ηλεκτρόνια σθένους. Ημιαγωγικές ενώσεις του γαλλίου, του ίνδιου ή του κάδμιου χρησιμοποιούνται επίσης στην ηλεκτρονική.

**Γερμάνιο (Ge):** προέρχεται από το ορυκτό γερμανίτη, το οποίο με κατάλληλη επεξεργασία δίνει το καθαρό στοιχείο γερμάνιο. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή ημιαγωγικών εξαρτημάτων και φωσφόρων.

**Πυρίτιο (Si):** υπάρχει άφθονο στη φύση, ως διοξείδιο του πυριτίου, με κρυσταλλική μορφή και άμορφο. Αυτό με την κρυσταλλική μορφή, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, δίνει το στοιχείο πυρίτιο, το οποίο χρησιμοποιείται στην ηλεκτρονική.

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Η φύση αποτελείται από ουσίες οι οποίες βρίσκονται σε ..... διαφορετικές φάσεις ..... , ..... , ..... .
2. Τα στερεά σώματα εμφανίζονται ως ..... και ως .....
3. Να δοθούν οι ορισμοί των ισότροπων και των ανισότροπων υλικών.
4. Η κινητική ενέργεια των σωματιδίων των υγρών έχουν μικρότερη κινητική ενέργεια από αυτή των στερεών. Σ Λ και γιατί;
5. Σύμφωνα με την ηλεκτρική ιδιότητα της αγωγιμότητας, τα υλικά κατατάσσονται σε:  
α. Αγώγιμα  
β. Μονωτικά  
γ. Ημιαγωγοί  
δ. Όλα τα παραπάνω
6. Να κατατάξετε τα ακόλουθα υλικά σε αγωγούς, ημιαγωγούς ή μονωτές:  
α. Μόλυβδος .....  
β. Γερμάνιο .....  
γ. Γυαλί .....  
δ. Χρυσός .....
7. Ένα μονωτικό υλικό λειτουργεί ως τέτοιο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Σ Λ
8. Ως μονωτικά υλικά χαρακτηρίζονται αυτά των οποίων η αντίσταση στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι:  
α. Μηδενική  
β. Μικρή  
γ. Πολύ μεγάλη  
δ. Οποιαδήποτε

9. Το αλουμίνιο, ο άργυρος, ο σίδηρος, ο χαλκός και ο γραφίτης είναι:
- α. Αγωγοί
  - β. Μονωτές
  - γ. Ημιαγωγοί
  - δ. Κάτι άλλο
10. Τα στοιχεία της VI ομάδας του περιοδικού συστήματος είναι ημιαγωγοί. Σ Λ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

#### **Σκοποί κεφαλαίου 2**

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

1. Να ταξινομεί τις αντιστάσεις σύμφωνα με την ισχύ και την ανοχή τους.
2. Να ορίζει την έννοια της σειράς  $E$  και να απαριθμεί τις σειρές.
3. Να αναφέρει τις κατηγορίες των σταθερών, μεταβλητών και ρυθμιζόμενων αντιστάσεων.
4. Να αναφέρει τις χρήσεις των σταθερών, μεταβλητών και ρυθμιζόμενων αντιστάσεων.
5. Να αποκωδικοποιεί όλους τους τύπους των αντιστάσεων.
6. Να αναφέρει και να αναγνωρίζει γενικά τις ολοκληρωμένες, SMD και τυπωμένες αντιστάσεις.

## 2.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΑΝΟΧΗ ΜΙΑΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

Μια αντίσταση, η οποία διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική σύμφωνα με το νόμο του Joule:

$$Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \quad (\text{cal}) \quad 2.1$$

όπου  $Q$  το ποσό της θερμότητας που θα παραχθεί σε χρόνο  $t$  (sec) από μία αντίσταση  $R$  ( $\Omega$ ) και ρεύμα  $I$  (A).

Για το συνεχές ρεύμα ισχύουν οι σχέσεις της ισχύος:

$$P = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} = U \cdot I \quad (\text{W}) \quad 2.2$$

όπου  $P$  η καταναλισκόμενη ισχύς από την αντίσταση  $R(\Omega)$ , με τάση  $U(\text{V})$  και ρεύμα  $I(\text{A})$ . Άρα η 2.1 μπορεί να γίνει από την 2.2:

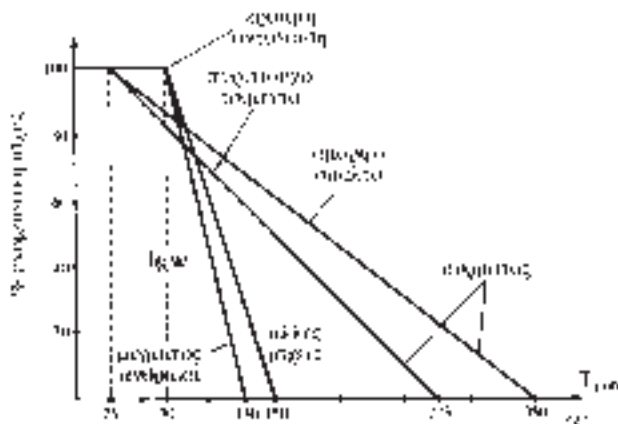
$$Q = 0,24 \cdot P \cdot t \quad (\text{cal}) \quad 2.3$$

Ισχύει επίσης η σχέση:

$$P = \frac{T_{\max} - T_{\text{amb}}}{A} \quad (\text{W}) \quad 2.4$$

όπου  $T_{\max}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) η μέγιστη θερμοκρασία του θερμού σημείου (hot spot) στο κέντρο του σώματος της αντίστασης,  $T_{\text{amb}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) η θερμοκρασία περιβάλλοντος και  $A$  ( $^{\circ}\text{C/W}$ ) ο συντελεστής αναλογίας στο θερμό σημείο.

Από τη σχέση 2.4 συμπεραίνεται ότι η καταναλισκόμενη ισχύς  $P$  εξαρτάται κυρίως από τη μέγιστη θερμοκρασία  $T_{\max}$ , δηλαδή το υλικό της αντίστασης και από το συντελεστή αναλογίας  $A$ , δηλαδή τη γεωμετρία της α-



Σχήμα 2. 1



ντίστασης και τη θερμική αγωγιμότητά της ή αντίστοιχα το υλικό του περιβλήματος. Ως παράδειγμα δίνονται στο σχ. 2.1 οι μεταβολές των ισχύων για διαφορετικά υλικά περιβλήματος και ονομαστικής αντίστασης.

Καλό είναι πάντως στις εργαστηριακές εφαρμογές να εκλέγονται αντιστάσεις με διπλάσια ισχύ απ' αυτή που προκύπτει στους υπολογισμούς.

Είναι γνωστό ότι η σχέση:

$$R_T = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (\Omega) \quad 2.5$$

εκφράζει τη μεταβολή της αντίστασης  $R_0(\Omega)$  - αντίσταση στη θερμοκρασία αναφοράς  $25^\circ\text{C}$ - σε συνάρτηση με τη μεταβολή της θερμοκρασίας  $\Delta T (^\circ\text{C})$  και το θερμοκρασιακό συντελεστή  $\alpha (\text{ppm}/^\circ\text{C})$

Αν υποθεθεί ότι μία αντίσταση έχει ονομαστική τιμή  $R_n=1\text{K}\Omega$  στους  $25^\circ\text{C}$  και εργάζεται σε θερμοκρασίες  $(-55 \sim +155)^\circ\text{C}$  με θερμοκρασιακό συντελεστή  $\pm 200 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ , τότε οι τιμές που λαμβάνει είναι:

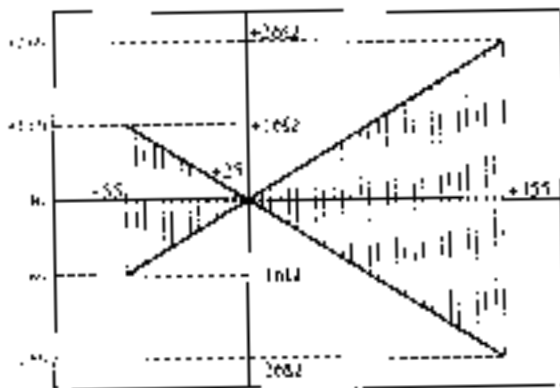
στους  $+25^\circ\text{C}=1\text{K}\Omega$  δηλαδή η ονομαστική τιμή,

στους  $155^\circ\text{C}$  σύμφωνα με τη σχέση 2.5

$$R_{155} = 1000 (1 \pm 200 \cdot 10^{-6} \cdot 130) \Omega = 1026 \Omega \text{ ή } 974 \Omega \text{ και}$$

$$\text{στους } -55^\circ\text{C} \text{ ομοίως } R_{55} = 1000 (1 \pm 200 \cdot 10^{-6} \cdot 80) \Omega = 1016 \Omega \text{ ή } 984 \Omega$$

Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται καλύτερα στο σχ. 2.2, το οποίο δηλώνει ότι μία αντίσταση μπορεί να λάβει οποιαδήποτε τιμή μέσα στη σκιασμένη περιοχή. Είναι φανερό ότι η ανοχή της αντίστασης εξαρτάται από το θερμοκρασιακό συντελεστή και μάλιστα ευθέως ανάλογα.



Σχήμα 2. 2

## 2.2 ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΟΧΕΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

Οι τιμές των αντιστάσεων είναι τυποποιημένες και δίνονται σε σειρές E όπως λέγονται, ανά δεκάδα. Για όλες τις σειρές ισχύει η σχέση:

$$R_n = 10^{\frac{n-1}{K}} \quad 2.6$$

όπου  $R_n$  η τιμή της αντίστασης με  $n=1, 2, 3, \dots$  Κ ο αύξων αριθμός της αντίστασης και  $K=3, 6, 12, 24, 48, 96, 192$  το σύνολο των τιμών της αντίστασης ανά δεκάδα.

Η τυποποίηση σε σειρές ανά δεκάδα χαρακτηρίζονται ως E3, E6, E12, E24, E48, E96, E192 και λαμβάνεται υπόψη η ανοχή στην κάθε σειρά, έτσι ώστε να μην έχουμε αλληλοκάλυψη τιμών.

Για παράδειγμα στη σειρά E12 θα έχουμε  $K=12$  και οι τιμές R5 και R6, δηλαδή  $n=5$  και  $n=6$  αντίστοιχα θα είναι  $R_5 = 10^{\frac{5-1}{12}}$  που στρογγυλοποιείται στο 2,2 και  $R_6 = 10^{\frac{6-1}{12}} = 2,61$  στρογγυλοποιημένη στο 2,7. Στη σειρά E6 οι στρογγυλοποιημένες τιμές των R5, R6 θα είναι 4,7 και 6,8 αντίστοιχα.

Το σύνολο των τυποποιημένων τιμών των αντιστάσεων όλων των σειρών E δίνεται στον πίνακα 2.1 (IEC63).

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΕΙΡΑΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ												
E3 ~20%	E6 ~20%	E12 ~18%	E24 ~8%	E48 ~1%	E96 ~1%	E192 ~0.1%, ~0.05%, ~0.025%, ~0.1%, ~0.05%, ~0.025%						
10	10	10	10	100 1.05	100 ± 10 1.05 ± 1.07	00	1.10	0.71	1.33			
			11	1.10 1.15	1.10 ± 1.13 1.15 ± 1.18	00	1.11 1.13	0.73 0.74	1.35 1.37			
				12	1.21 1.27	1.21 ± 1.23 1.27 ± 1.30	00 0.06	1.14 1.15	0.76 0.77	1.39 1.41		
		13	1.33 1.39		1.33 ± 1.37 1.39 ± 1.43	007 0.09	1.18 1.20	1.30 1.32	1.45 1.48			
			15		15	15 1.6	1.52 1.54	1.52 ± 1.50 1.54 ± 1.58	147 1.20	1.67 1.64	1.78 1.80	1.98 1.98
				16		1.62 1.69	1.62 ± 1.65 1.69 ± 1.74	150 1.52	1.65 1.67	1.82 1.84	2.00 2.03	
	18	1.78 1.87				1.78 ± 1.82 1.87 ± 1.91	184 1.56	1.69 1.72	1.87 1.89	2.06 2.08		
		20		20	20 2.05	1.96 2.05	1.96 ± 2.00 2.05 ± 2.10	188 1.90	1.74 1.76	1.91 1.93	2.10 2.13	
					22	2.2 2.26	2.15 2.26	2.15 ± 2.21 2.26 ± 2.32	215 2.18	2.15 2.16	2.61 2.64	2.87 2.91
	24					2.37 2.49	2.37 ± 2.43 2.49 ± 2.55	221 2.23	2.43 2.46	2.67 2.71	3.04 3.08	
			25			2.61 2.71	2.61 ± 2.67 2.71 ± 2.80	226 2.26	2.49 2.52	2.74 2.77	3.11 3.15	
	27				2.81 2.91	2.81 ± 2.89 2.91 ± 3.04	232 2.29	2.55 2.58	2.81 2.84	3.19 3.22		
30					30	33 3.48	3.32 3.48	3.32 ± 3.40 3.48 ± 3.57	336 350	3.48 3.53	3.83 3.88	4.37 4.42
			36	3.65 3.81		3.65 ± 3.74 3.81 ± 3.92	354 358	3.57 3.61	3.92 3.97	4.47 4.52		
				39		4.02 4.25	4.02 ± 4.13 4.25 ± 4.37	362 366	3.65 3.70	4.02 4.07	4.47 4.52	
			40			4.42 4.64	4.42 ± 4.54 4.64 ± 4.75	370 374	3.74 3.79	4.12 4.17	4.55 4.59	
						45	45	47 5.1	4.87 5.11	4.87 ± 4.99 5.11 ± 5.23	464 470	5.11 5.17
	50			5.36 5.70				5.36 ± 5.49 5.70 ± 5.84	475 481	5.23 5.30	5.76 5.83	6.34 6.42
			56	5.90 6.19	5.90 ± 6.04 6.19 ± 6.34			487 494	5.36 5.42	5.90 5.97	6.49 6.57	
	63	6.49 6.81		6.49 ± 6.65 6.81 ± 6.98	499 506			5.49 5.56	6.04 6.12	6.65 6.73		
		63		6.81 7.15	6.81 ± 6.98 7.15 ± 7.32			508 515	5.63 5.69	6.20 6.26	6.81 6.87	
			70	7.50 7.83	7.50 ± 7.68 7.83 ± 8.04			519 526	5.76 5.83	6.34 6.42	6.95 7.03	
	80			8.25 8.66	8.25 ± 8.45 8.66 ± 8.87		533 540	5.90 5.97	6.49 6.57	7.11 7.19		
			90	9.09 9.51	9.09 ± 9.31 9.51 ± 9.76		547 554	6.04 6.11	6.65 6.73	7.27 7.35		

Πίνακας 2.1

Οι παραπάνω σειρές ισχύουν για τις περιοχές 0 ~ 10Ω, 10Ω ~ 100Ω, 100Ω ~ 1K, 1K ~ 10K, 10K ~ 100KΩ, 100KΩ ~ 1MΩ, 1MΩ ~ 10MΩ, 10MΩ ~ 100MΩ, 100MΩ ~ 1GΩ και 1GΩ ~ 10GΩ.

Συνεπώς η σειρά E6 περιλαμβάνει 48 τιμές αντιστάσεων για την περιοχή 10Ω ~ 1GΩ, ενώ η σειρά E96 για την ίδια περιοχή περιλαμβάνει 768 τιμές.

### 2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

1. *Ονομαστική τιμή αντίστασης*: η τιμή που αναγράφεται στο περίβλημα του αντιστάτη σε Ω.

2. *Ονομαστική ισχύς*: η μέγιστη θερμική ισχύς που μπορεί να αποδώσει ο αντιστάτης στο περιβάλλον, χωρίς να καταστραφεί, δίνεται δε σε διάγραμμα από τον κατασκευαστή, σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτή δίνεται σε Watts και καθορίζει γενικά τις διαστάσεις του αντιστάτη. Μερικές τιμές ισχύος είναι 1/8, 1/4, 1/3, 1/2 3/4, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 κτλ. Watts.

3. *Ανοχή της αντίστασης*: η % μεταβολή της ονομαστικής τιμής της και δίνεται ως  $\pm A\%$ . Οι τυποποιημένες τιμές ανοχών για κάθε σειρά E φαίνονται στον πίνακα 2.1.

4. *Θερμοκρασιακός συντελεστής*: δηλώνει τη μεταβολή μιας αντίστασης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και συνήθως δίνεται σε ppm/ $^{\circ}\text{C}$ . Εκφράζει δε τη μεταβολή μιας αντίστασης 1MΩ ανά βαθμό Κελσίου. Τα μέταλλα και τα κράματα έχουν θετικό θερμοκρασιακό συντελεστή, ο άνθρακας και οι καθαροί ημιαγωγοί έχουν αρνητικό, ενώ υπάρχουν και κράματα που ο θερμοκρασιακός τους συντελεστής είναι μηδενικός.

5. *Μέγιστη τάση λειτουργίας*: αυτή που προκαλεί την απώλεια θερμότητας, όση είναι η ονομαστική τιμή της ισχύος που δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$U = \sqrt{P \cdot R} \quad (V_{\text{DC}} \cdot n \cdot V_{\text{RMS}}) \quad 2.7$$

6. *Ολίσθηση  $\frac{\Delta R}{R} \%$* : είναι η μόνιμη μεταβολή της αντίστασης που οφείλεται σε δομικές αλλαγές του υλικού. Η ολίσθηση μειώνεται εκθετικά με το χρόνο, που σημαίνει ότι μία αντίσταση όσο πιο παλαιά είναι, τόσο πιο σταθερή είναι. Γι' αυτό το λόγο σε κυκλώματα ακριβείας χρησιμοποιούνται εξαρτήματα με τεχνητή προπαλαίωση. Οι υψηλές θερμοκρασίες, η υγρασία, τα μεγάλα ρεύματα κτλ. αυξάνουν την ολίσθηση μιας αντίστασης.

7. *Περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας*: είναι η περιοχή μέσα στην οποία η αντίσταση λειτουργεί χωρίς προβλήματα. Ανάλογα με τον τύπο της αντίστασης οι περιοχές έχουν διαφορετικό εύρος,

π.χ.  $(-55 \sim +155)^{\circ}\text{C}$  ή  $(-20 \sim +250)^{\circ}\text{C}$  κ.ά.

## 2.4 ΚΩΔΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

Στα περιβλήματα των αντιστάσεων αναγράφονται κωδικοποιημένα διάφορα στοιχεία, όπως η τιμή τους, η ανοχή τους, ή ο θερμοκρασιακός συντελεστής τους. Εδώ θα αναφερθούν οι δύο κώδικες που βρίσκονται περισσότερο σε χρήση.

1. Χρωματικός κώδικας (IEC 62): σύμφωνα μ' αυτόν μία αντίσταση μπορεί να φέρει 3, 4, 5 ή 6 δακτύλιους, ανάλογα με τη σειρά E στην οποία ανήκει.


Αν έχει τρεις δακτύλιους, τότε οι δύο πρώτοι είναι σημαντικοί αριθμοί και ο τρίτος ο πολλαπλασιαστής.

Αν έχει τέσσερις δακτύλιους, οι τρεις πρώτοι είναι ό,τι και οι προηγούμενοι και ο τέταρτος δηλώνει την ανοχή της αντίστασης.

Αν έχει πέντε δακτύλιους, τότε οι τρεις πρώτοι είναι σημαντικοί αριθμοί, ο τέταρτος ο πολλαπλασιαστής και ο πέμπτος η ανοχή.

Τέλος, αν έχει έξι δακτύλιους, οι πέντε πρώτοι δηλώνουν ό,τι και οι προηγούμενοι και ο έκτος δακτύλιος δείχνει το θερμοκρασιακό συντελεστή.

Ο χρωματικός κώδικας δίνεται στον πίνακα 2.2.



Χρώμα	Αντίσταση σε Ω		Ανοχή	συντελεστής* θερμοκρασιακού
	Τιμή	Πολλαπλασιαστής		
Καπνί	—	—	± 20 %	—
Ασημί	—	$10^{-2}$	± 10 %	—
Χρυσό	—	10	± 5 %	—
Μαύρο	0	1	—	$+ 200 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Καφέ	1	10	± 1 %	$\pm 100 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Κόκκινο	2	10	± 2 %	$\pm 50 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Παράσπιδι	3	$10^3$	—	$\pm 15 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Κίτρινο	4	$10^4$	—	$\pm 25 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Πράσινο	5	$10^5$	± 0.5 %	—
Μαύρο	6	$10^6$	± 0.25 %	$\pm 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Μαύρο	7	$10^7$	± 0.1 %	$\pm 5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Γαλάζιο	8	—	—	$\pm 1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Ασημί	9	—	—	—

**Πίνακας 2.2**

\* Αν ο συντελεστής αναφέρεται με δακτυλίδι χρώματος, τότε βρίσκεται πάντα δεξιά από το δακτυλίδι ανοχών, είναι πάντα πάνω στο καπάκι και είναι πλατύτερος.

Οι αντιστάσεις με τρεις δακτύλιους θεωρείται ότι έχουν ανοχή  $\pm 50\%$  ή  $\pm 20\%$ , συνεπώς ανήκουν στις σειρές E3 ή E6.

Οι αντιστάσεις με τέσσερις δακτύλιους έχουν ανοχή  $\pm 10\%$  ή  $\pm 5\%$ , άρα ανήκουν στις σειρές E12 ή E24 αντίστοιχα.

Οι αντιστάσεις με πέντε δακτύλιους έχουν ανοχή  $\pm 2\%$ ,  $\pm 1\%$  ή  $\pm 0,5\%$ , θα ανήκουν δηλαδή στις σειρές E48, E96 ή E192 αντίστοιχα.

Οι αντιστάσεις με έξι δακτύλιους έχουν ανοχή  $\pm 1\%$  ή  $\pm 0,5\%$ ,  $\pm 0,25\%$ ,  $\pm 0,1\%$ ,  $\pm 0,05\%$ ,  $\pm 0,02\%$ ,  $\pm 0,01\%$ , θα ανήκουν δηλαδή στις σειρές E96 ή E192 αντίστοιχα.

### **Παραδείγματα:**

- I. Έστω μία αντίσταση με τέσσερις δακτύλιους χρωμάτων: κίτρινο, μωβ, πορτοκαλί και ασημί. Αυτοί δηλώνουν αντίσταση  $4,7\text{K}\Omega$  με ανοχή  $\pm 10\%$ .
- II. Έστω αντίσταση με πέντε χρωματικούς δακτύλιους: καφέ, καφέ, πράσινο, καφέ, κόκκινο. Αυτοί δηλώνουν αντίσταση  $11,5\Omega$  με ανοχή  $\pm 2\%$ .
- III. Αντίσταση με έξι δακτύλιους χρωμάτων: άσπρο, μωβ, μπλε, πράσινο, καφέ, κόκκινο. Δηλώνουν αντίσταση  $976\text{K}\Omega$ , ανοχή  $\pm 1\%$  και θερμοκρασιακό συντελεστή  $\pm 50 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ .

2. Κώδικας BS1852 (British Standards): σύμφωνα μ' αυτόν στο περίβλημα της αντίστασης η τιμή και η ανοχή αναγράφεται με σύμβολα.

- α) Αν υπάρχει το γράμμα R και ακολουθεί αριθμός, τότε η τιμή της αντίστασης είναι ο αριθμός σε εκατοστά του  $\Omega$ , π.χ.  $R47=0,47\Omega$ .
- β) Αν υπάρχει αριθμός που ακολουθείται από το γράμμα R, K, M, G και ως τρίτο στοιχείο μπορεί να υπάρχει ή όχι ένας ακόμη αριθμός, τότε τα γράμματα παίζουν το ρόλο της υποδιαστολής στον αριθμό σε  $\Omega$ ,  $\text{K}\Omega$ ,  $\text{M}\Omega$ ,  $\text{G}\Omega$  αντίστοιχα, π.χ.  $2\text{R}7=2,7\Omega$  ή  $27\text{R}=27\Omega$  ή  $47\text{K}=47\text{K}\Omega$  ή  $6\text{G}8=6,8\text{G}\Omega$ .
- γ) Στην περίπτωση που έχουμε τιμές μονάδας, δίνονται τα σύμβολα R0, K0, M0, G0 για  $1\Omega$ ,  $1\text{K}\Omega$ ,  $1\text{M}\Omega$ ,  $1\text{G}\Omega$  αντίστοιχα.

Η ανοχή σ' αυτόν τον τρόπο συμβολισμού δίνεται με γράμματα που ακολουθούν την τιμή της αντίστασης και είναι  $F=\pm 1\%$ ,  $G=\pm 2\%$ ,  $J=\pm 5\%$ ,  $K=\pm 10\%$  και  $M=\pm 20\%$ .

**Παραδείγματα:**

- I. Αντίσταση με σύμβολα 2K7J, δηλώνει τιμή αντίστασης 2,7KΩ και ανοχή  $\pm 5\%$ .
- II. Τα σύμβολα 1K0G δηλώνουν αντίσταση με τιμή 1KΩ και ανοχή  $\pm 2\%$ .

**2.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ, ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ**

Οι αντιστάσεις γενικά χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- α) Σταθερές,
- β) Μεταβλητές,
- γ) Ρυθμιζόμενες και
- δ) Ειδικές.

**2.5.1 Σταθερές αντιστάσεις**

Στο διάγραμμα 2.1 δίνονται οι τύποι των σταθερών αντιστάσεων.

**2.5.1.1 Οι αντιστάσεις μεγάλης ισχύος ( $4 \sim 1000$ )W**, είναι συνήθως σύρματος και αναγράφουν την τιμή και την ανοχή τους πάνω στο σώμα τους, σύμφωνα με το 2ο τρόπο κωδικοποίησης.

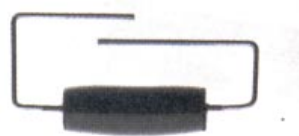
Στα σχ. 2.3 βλέπουμε διάφορους τύπους αντιστάσεων σύρματος ισχύος.



Σύρματος πολύ μεγάλης ισχύος



Υγρόψυκτη



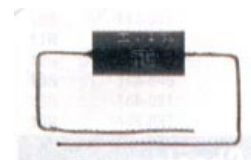
Σύρματος με επένδυση σμάλτου



Σύρματος με κεραμικό περίβλημα



Θήκης αλουμινίου



Σύρματος υψηλής ακρίβειας

**Σχήματα 2.3**





**2.5.1.2 Στις συνήθεις αντιστάσεις** ανήκουν αυτές που είναι ισχύος από 1/8W έως 4W και ακολουθούν στην κωδικοποίησή τους το χρωματικό κώδικα (συνήθως).

Οι σταθερές αντιστάσεις συνήθους μορφής κατασκευάζονται από διάφορα υλικά και κατατάσσονται σύμφωνα με αυτά, διότι έχουν διαφορετικές ιδιότητες και συνεπώς διαφορετική συμπεριφορά.

Οι αντιστάσεις αυτές είναι: α) μίγματος άνθρακα (carbon composition), β) φιλμ άνθρακα (carbon film), γ) μεταλλικού φιλμ (metal film), δ) σύρματος (wirewound), και ε) κεραμομεταλλικού φιλμ (cermet film).

Πρέπει να αναφέρουμε ότι το χρώμα του σώματος της αντίστασης δηλώνει την κατηγορία στην οποία ανήκει σύμφωνα με το διάγραμμα 2.1.

Αν το χρώμα του σώματος μιας συνήθους αντίστασης είναι:

- α) Ανοικτό μπλε, πρόκειται για αντιστάσεις υψηλής τιμής/υψηλής τάσης.
- β) Γκρι, για αντιστάσεις ασφαλείας.
- γ) Πράσινο, για αντιστάσεις ακριβείας ή πολύ μεγάλης ακριβείας.
- δ) Καφέ ή πράσινο, για αντιστάσεις σύρματος.
- ε) Κόκκινο, για αντιστάσεις μεταλλικού φιλμ ισχύος.
- στ) Μαύρο, για αντιστάσεις σύρματος ακριβείας.
- ζ) Καφέ ή ανοικτό πράσινο ή σπάνια κόκκινο-καφέ, είναι standard.

Στην στ) περίπτωση οι αντιστάσεις δεν ακολουθούν το χρωματικό κώδικα, αλλά το 2ο τρόπο κωδικοποίησης.

### **2.5.2. Χρήσεις των αντιστάσεων**

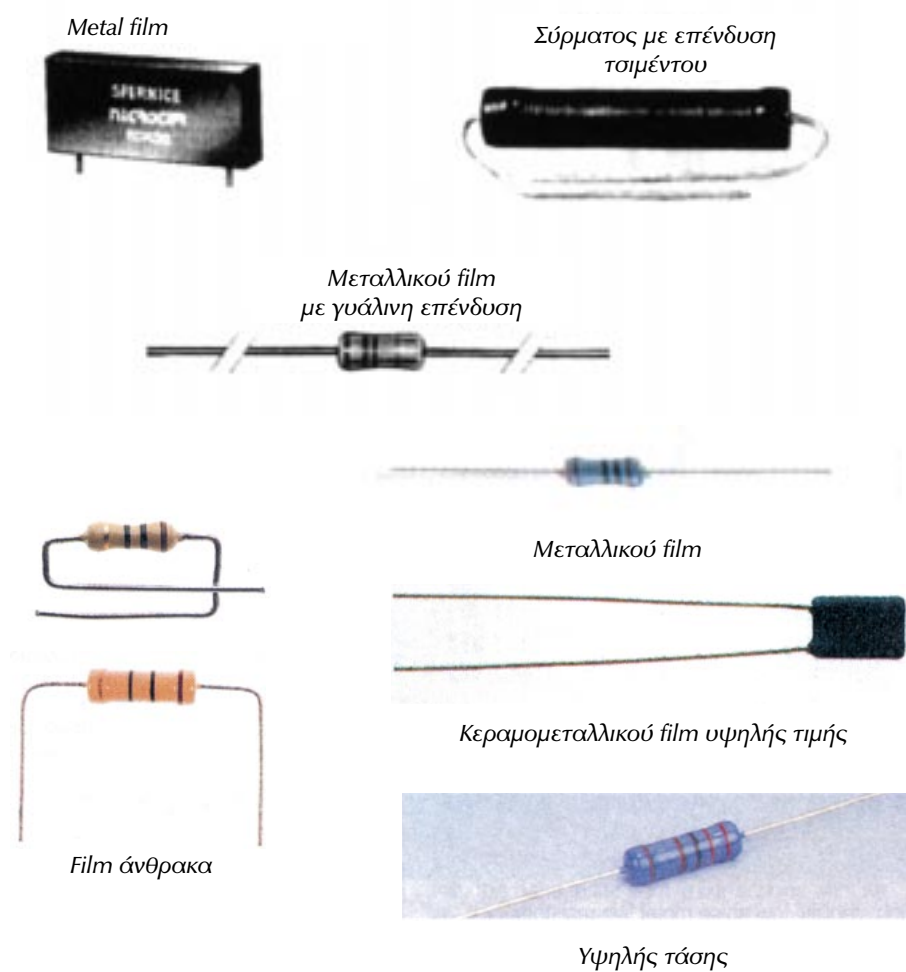
Οι αντιστάσεις είναι γνωστό ότι χρησιμοποιούνται ή για τον περιορισμό του ρεύματος ή για την ανάπτυξη κάποιας τάσης στα άκρα τους. Στις διάφορες εφαρμογές όμως οι απαιτήσεις είναι διαφορετικές. Γι' αυτό και οι τύποι των αντιστάσεων είναι πολλοί. Παρακάτω στον πίνακα 2.3, δίνονται συνοπτικά οι κυριότερες χρήσεις των διαφόρων κατηγοριών αντιστάσεων.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ	ΧΡΗΣΕΙΣ
Μίγματος άνθρακα	Είναι γενικών εφαρμογών και αντέχει σε μεγάλα παλμορεύματα. Ακατάλληλες για υψηλές συχνότητες, λόγω της μεταβολής της αντίστασής τους. Τείνουν να αντικατασταθούν από τις αντιστάσεις film άνθρακα.
Film άνθρακα	Είναι γενικής χρήσης και δεν αντέχει σε μεγάλα παλμορεύματα. Καλύτερη συμπεριφορά στις υψηλές συχνότητες από τις μίγματος άνθρακα. Έχουν χαμηλό κόστος και επιδόσεις.
Metal film	Γενικής χρήσης με υψηλό βαθμό αξιοπιστίας και σταθερότητας, χαμηλό θερμοκρασιακό συντελεστή και μικρή τάση θορύβου. Χρησιμοποιείται σε καταναλωτικές συσκευές, computers, τηλεπικοινωνίες, μετρήσεις ακριβείας, αυτόματο έλεγχο κτλ. Επίσης έχει καλή συμπεριφορά στις υψηλές συχνότητες, γι' αυτό χρησιμοποιείται σε συντονισμένα κυκλώματα, φίλτρα κτλ.
Σύρματος	Γενικής χρήσης και όπου απαιτείται μεγάλη ή πολύ μεγάλη ισχύς. Επίσης για πολύ μικρές τιμές αντίστασης (της τάξης των 100στών του Ohm), με πολύ μικρή τάση θορύβου και μεγάλη τάση λειτουργίας. Χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα υψηλών απαιτήσεων ακριβείας, καθώς και σε ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά κυκλώματα ισχύος. Οι αντιστάσεις ακριβείας σύρματος είναι σχετικά ογκώδεις και υψηλού κόστους.
Κεραμομεταλλικού film (cermet)	Χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα με απαιτήσεις υψηλής αντίστασης και σταθερότητας, όπως εφαρμογές με απαιτήσεις υψηλής σύνθετης αντίστασης εισόδου, κυκλώματα χρονισμού, ταλαντωτές κρυστάλλου κτλ.
Ειδικού τύπου	Οι αντιστάσεις ασφαλείας είναι έτσι κατασκευασμένες, ώστε να προστατεύουν το κύκλωμα που εργάζονται από υπερφορτίσεις. Ο τύπος NFR, για παράδειγμα, ανοιχτοκυκλώνεται μετά 30 sec υπερφόρτισης για αντιστάσεις 4W και μετά 10 sec για αντιστάσεις 6W. Χρησιμοποιούνται συνήθως στα τροφοδοτικά συσκευών audio, video κ.ά.

Πίνακας 2.3

Στο εμπόριο συναντούμε αντιστάσεις διαφόρων ισχύων· αυτές είναι:  $1/8, 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 3/4, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17, 25, 50, 100, 150, 200, 300$  κτλ. Watts.

Στα σχ. 2.4 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι συνήθων αντιστάσεων:



**Σχήματα 2.4**

## 2.6 ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

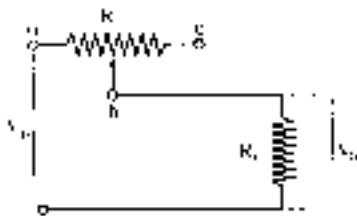
Μεταβλητές αντιστάσεις είναι αυτές στις οποίες μπορούμε να αλλάξουμε την τιμή τους ανάλογα με τις απαιτήσεις ενός κυκλώματος χωρίς να διακοπούν ούτε στιγμή.

Οι μεταβλητές αντιστάσεις, ανάλογα με τη χρήση και την κατασκευή τους, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

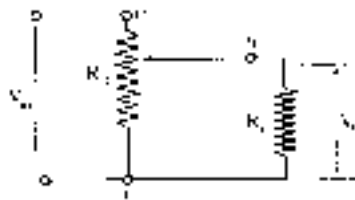
- α) Ροοστάτες,
- β) Ποτενσιόμετρα ελέγχου και
- γ) Προρυθμιζόμενα ποτενσιόμετρα (trimmers)

Οι ροοστάτες είναι συνήθως αντιστάσεις σύρματος μεγάλης ισχύος με δύο ή τρεις ακροδέκτες. Χρησιμοποιούνται όμως οι δύο ακροδέκτες, σχ. 2.5, δηλαδή τοποθετούνται σε σειρά με το φορτίο και είναι ρυθμιστές ρεύματος.

Υπάρχουν σε τιμές  $0.5\Omega$  έως  $100K\Omega$  και σε ισχύες από  $1/4W$  έως αρκετά KW. Οι ανοχές τους είναι  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  ή  $\pm 20\%$ .



Σχήμα 2.5



Σχήμα 2.6

Τα ποτενσιόμετρα χρησιμοποιούνται ως διαιρέτες τάσης. Συνδέονται όπως δείχνει το σχ. 2.6, όπου  $R_p$  το ποτενσιόμετρο και  $R_\phi$  η αντίσταση φορτίου. Ο ακροδέκτης b είναι η μεσαία λήψη του ποτενσιομέτρου. Αν η μεσαία λήψη τεθεί στο άκρο α, τότε όλη η τάση της πηγής εμφανίζεται στο φορτίο, ενώ αν τεθεί στο c, τότε το φορτίο δεν βρίσκεται υπό τάση. Οι ενδιάμεσες θέσεις της μεσαίας λήψης δίνουν διάφορα ποσοστά της τάσης εισόδου.

Το ποτενσιόμετρο μπορεί να λειτουργήσει και ως ροοστάτης, αν το ένα άκρο του c μείνει ασύνδετο ή βραχυκυκλωθεί με το b.

### 2.6.1 Χαρακτηριστικά των μεταβλητών αντιστάσεων

1) Ονομαστική αντίσταση  $R_{nom}$ : η αντίσταση μεταξύ των άκρων α και c, όταν η μεσαία λήψη b είναι στο ένα τέρμα της.

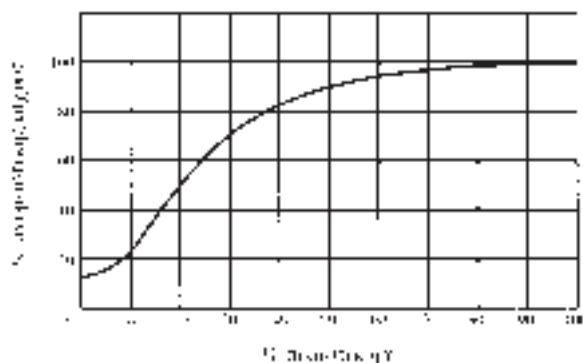
2) Ολική αντίσταση  $R_{tot}$  ή  $R_{ac}$ : η αντίσταση που μετρούμε μεταξύ των άκρων α και c.

3) Ονομαστική τιμή του ποτενσιομέτρου  $R_0$ : η τιμή σε  $\Omega$  που αναγράφεται στο περίβλημά του σε κάποιο κώδικα.

4) Μέγιστη καταναλισκόμενη ισχύς  $P_{max}$ : η ισχύς που καταναλώνεται

σε θερμότητα και μεταφέρεται στο περιβάλλον. Όταν το ποτενσιόμετρο χρησιμοποιείται ως ροοστάτης, το ρεύμα δεν διαρρέει όλη την αντίσταση, αλλά μέρος αυτής. Στο σχ. 2.7 φαίνεται η μεταβολή της ονομαστικής ισχύος, όταν το ποτενσιόμετρο χρησιμοποιείται ως ροοστάτης, σε συνάρτηση με τη γωνία περιστροφής της μεσαίας λήψης.

**Σχήμα 2.7**



5) **Μέγιστη τάση  $V_{max}$** : είναι αυτή που μπορεί να εφαρμοσθεί όταν έχουμε το μέγιστο της ισχύος για την ονομαστική αντίσταση του ποτενσιόμετρου και δίνεται από τη σχέση 2.8:

$$U = \sqrt{P \cdot R} \quad (V) \quad 2.8$$

6) **Μέγιστο ρεύμα  $I_{max}$** : το ρεύμα που μπορεί να περάσει μέσα από αυτό και δίνεται από τη σχέση 2.9:

$$I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}} \quad (A) \quad 2.9$$

7) **Μέγιστη εξασθένιση**: αυτή που δίνεται από τη σχέση 2.10:

$$A_{max} = 20 \log \frac{U_{ab}}{U_{ac}} \quad (dB) \quad 2.10$$

όταν το ποτενσιόμετρο χρησιμοποιείται ως εξασθενητής σχ. 2.6.

## 2.7 ΚΩΔΙΚΕΣ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΩΝ

Συνήθως στα ποτενσιόμετρα αναγράφεται η τιμή και η κατηγορία τους, δηλαδή ο νόμος τον οποίο ακολουθεί η αντίσταση σε συνάρτηση με τη γωνία περιστροφής του άξονά τους. Επίσης μπορεί να αναγράφεται και η ανοχή τους.

Η τιμή τους αναγράφεται με δύο τρόπους, ανάλογα με τον τύπο του ποτενσιομέτρου: α) ακολουθώντας το δεύτερο τρόπο κωδικοποίησης των αντιστάσεων και β) με αναγραφή τριών αριθμών, των οποίων οι δύο πρώτοι είναι σημαντικοί και ο τρίτος ο πολλαπλασιαστής, π.χ. 103=10KΩ, 105=1MΩ, 201=200Ω, 473=47KΩ κτλ.

Η κατηγορία τους δίνεται με έναν από τους κώδικες που φαίνονται στον πίνακα 2.4.

α/α	Κατηγορία	Ευρωπαϊκός	Ιαπωνικός	Γερμανικός	Περιγραφικός
1.	Γραμμικό	A	B	1	LIN
2.	Λογαριθμικό	B	D (A, K)	4	LOG
3.	Αντιλογαριθμικό	C	RD (E, K)	5	ALOG
4.	Γραμμικό, ισοστάθμισης με διαβάθμιση (μόνο για διπλά)	F	M, N	11	—
5.	Λογαριθμικό με διαβάθμιση	H	—	41	—

**Πίνακας 2.4**

Η ανοχή τους μπορεί να αναγράφεται σύμφωνα με το δεύτερο κώδικα των αντιστάσεων.

Στα μικρά trimmers, σε ορισμένες περιπτώσεις, χρησιμοποιείται ο χρωματικός κώδικας με γραμμές ή στιγμές (οι δύο πρώτες είναι σημαντικοί αριθμοί και η τρίτη ο πολλαπλασιαστής).

## 2.8 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ, ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

Τα ποτενσιόμετρα χωρίζονται σε κατηγορίες, ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, το νόμο μεταβολής της αντίστασής τους, τον αριθμό των στροφών του άξονά τους (εφόσον είναι περιστροφικά), τον τρόπο κατασκευής κτλ. Στο διάγραμμα 2.2 δίνεται η κατηγοριοποίηση των ποτενσιομέτρων.



Στα σχ. 2.8 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι trimmers.



**Σχήματα 2.8**

Στα σχ. 2.9 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι ποτενσιομέτρων ελέγχου (control).



**Σχήματα 2.9**



## 2.9 ΑΛΛΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

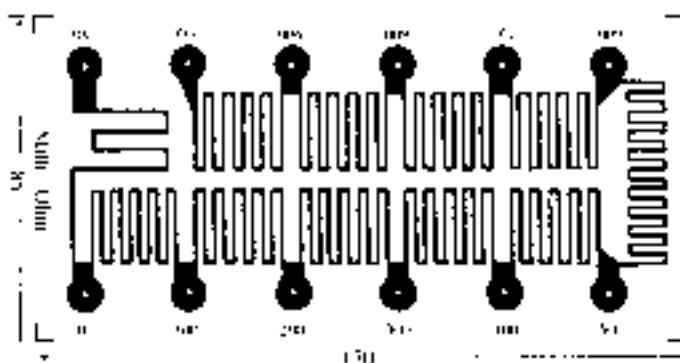
### 2.9.1 Τυπωμένες αντιστάσεις

Στην ηλεκτρονική υπάρχουν εφαρμογές που απαιτούν πολύ μικρές αντιστάσεις. Αυτές συνήθως δεν υπάρχουν στο εμπόριο. Γι' αυτό, αν απαιτείται τέτοια αντίσταση (της τάξης των  $m\Omega$ ) και σχετικά υψηλό ρεύμα, μπορούμε να κατασκευάσουμε μία τυπωμένη αντίσταση σε μία πλακέτα χαλκού.

Αφού γνωρίζουμε την ειδική αντίσταση του ηλεκτρολυτικού χαλκού  $\rho = 0.0178 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ , μπορούμε να κατασκευάσουμε λωρίδες χαλκού με γνωστή τιμή. Οι αντιστάσεις αυτές έχουν μεγάλο μήκος, πολύ μικρό πάχος, αλλά μεγάλη συνολική επιφάνεια στην πλακέτα.

Αν η πλακέτα είναι από εποξική ρητίνη, η θερμότητα απάγεται ευκολότερα και η ισχύς είναι μεγαλύτερη, απ' ό,τι σε μια κοινή πλακέτα.

Στο σχ. 2.10 δίνεται το τυπωμένο κύκλωμα για αντιστάσεις  $(100 \sim 1000)m\Omega$  στο μισό των πραγματικών διαστάσεων.



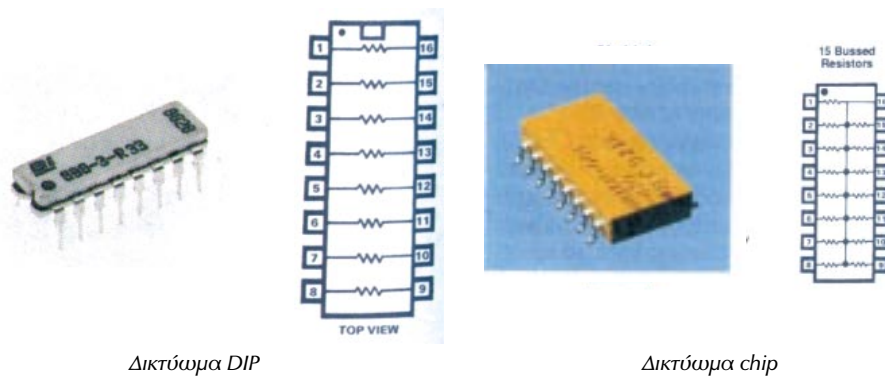
Σχήμα 2.10

### 2.9.2 Ολοκληρωμένες αντιστάσεις

Υπάρχουν πολλές κατασκευές που απαιτούν ICs αντιστάσεις, όπως computers, τηλεπικοινωνίες κτλ. Αυτές οι ICs αντιστάσεις υπάρχουν στο εμπόριο σε πολλές παραλλαγές, ανάλογα με την εσωτερική τους συνδεσμολογία και το περίβλημά τους.

Χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα με σχεδίαση υψηλής πυκνότητας, σε κυκλώματα TTL για συνδεσμολογίες pull up/pull down, σε μετατροπείς ψηφιακών σε αναλογικά σήματα κτλ.

Στα σχ. 2.11 φαίνονται διάφορες συνδεσμολογίες για ICs αντιστάσεις.

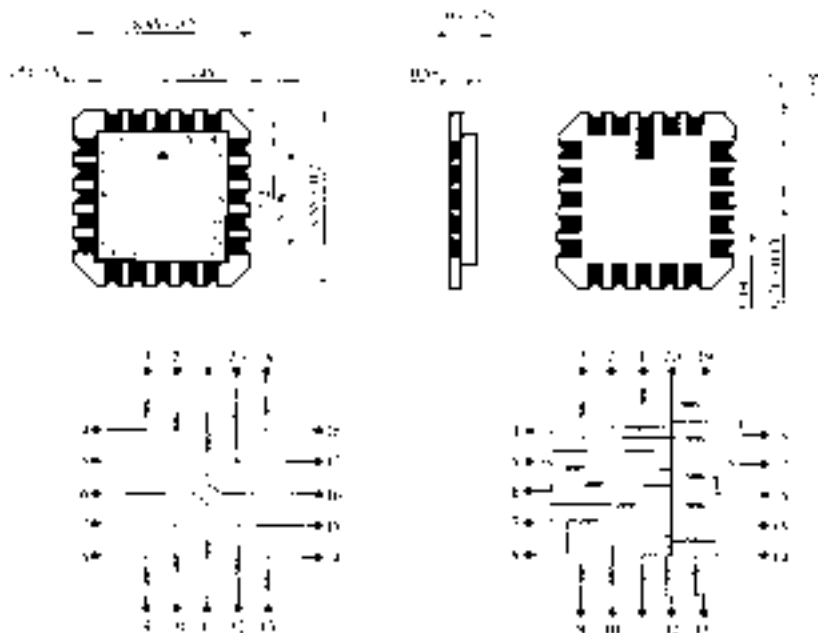


Δικτύωμα DIP

Δικτύωμα chip

**Σχήματα 2.11**

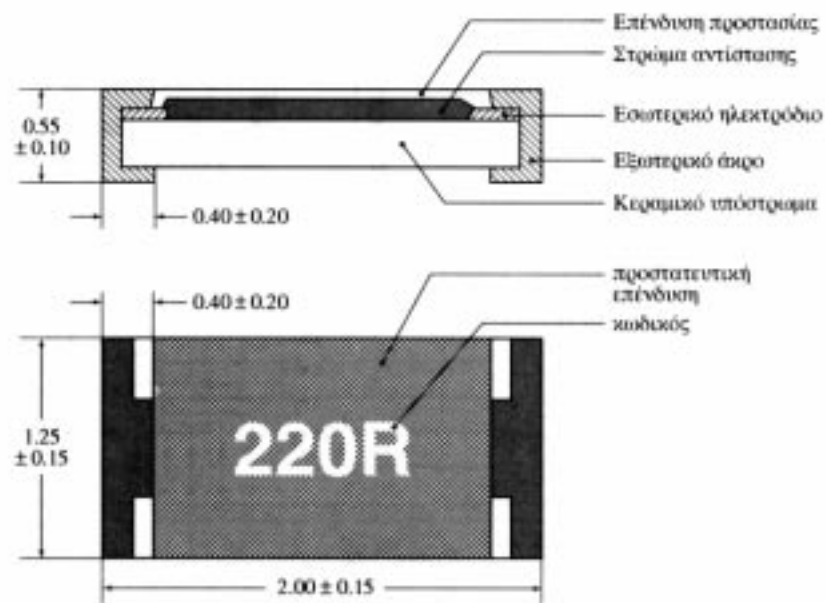
Στα σχήματα 2.12 δίνονται ολοκληρωμένα δικτυώματα αντιστάσεων metal film.



**Σχήματα 2.12**

### 2.9.3 Αντιστάσεις S.M.D.

Οι αντιστάσεις SMD (Surface Mounted Devices), είναι στοιχεία επιφανειακής στήριξης. Υπάρχουν ως διακεκριμένα στοιχεία ή ως ολοκληρωμένες αντιστάσεις. Η δομή τους φαίνεται στο σχ. 2.13.



**Σχήμα 2.13**

Χρησιμοποιούνται σε κατασκευές που το θέμα χώρου είναι ζωτικό. Έχουν πολύ μικρό βάρος 0.01gr, χρειάζεται δε ειδική τεχνική κόλλησης-αποκόλλησης (σταθμοί SMD).

Η κωδικοποίησή τους γίνεται με τους εξής τρόπους:

- α) Αν έχει τρία ψηφία, τότε για τις δεκάδες των Ω έχει το σύμβολο R π.χ. 12R=12Ω, ενώ για τις υπόλοιπες τιμές οι δύο πρώτοι αριθμοί είναι σημαντικοί και ο τρίτος πολλαπλασιαστής π.χ. 471=470Ω ή 823=82KΩ κτλ.
- β) Αν έχει τέσσερα ψηφία στο σώμα της αντίστασης, τότε ακολουθείται ο δεύτερος τρόπος κωδικοποίησης.

Όταν υπάρχουν τέσσερις αριθμοί, τότε οι τρεις πρώτοι είναι σημαντικοί και ο τέταρτος ο πολλαπλασιαστής π.χ. 4021=4.02KΩ ή 7503=750KΩ ή 1004=1MΩ κτλ.

Τα υπόλοιπα στοιχεία της αντίστασης όπως ανοχή, θερμοκρασιακός συντελεστής, ισχύς κ.ά. αναγράφονται στη συσκευασία των SMD.

Οι μεταβλητές αντιστάσεις μικρής ισχύος δεν αναγράφουν ούτε την τιμή τους στο σώμα, αλλά όλα τα στοιχεία είναι γραμμένα στη συσκευασία.

## 2.10 ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

Ρυθμιζόμενες αντιστάσεις είναι αυτές των οποίων η τιμή μεταβάλλεται σύμφωνα με κάποιο φυσικό μέγεθος, θερμοκρασία, τάση, κτλ. είναι μη γραμμικές, δηλαδή δεν ακολουθούν το νόμο του Ohm, αλλά κάποια άλλη σχέση, κατά περίπτωση.

Αυτές είναι τα θερμίστορς (NTC και PTC), το βαρίστορ (VDR) και η φωτοαντίσταση (LDR).

## 2.11 ΘΕΡΜΙΣΤΟΡΣ (THERMISTORS)

Τα θερμίστορς είναι δύο ειδών: το NTC (Negative Temperature Coefficient), δηλαδή αντιστάσεις με αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας και το PTC (Positive Temperature Coefficient), δηλαδή αντιστάσεις με θετικό συντελεστή θερμοκρασίας.

Στο διάγραμμα 2.3 παρουσιάζονται όλοι οι τύποι των θερμίστορς.

Στον πίνακα 2.5 παρουσιάζονται οι εφαρμογές των thermistors.

PTC	Απομαγνήτισης	- έγχρωμη TV - monitor	NTC	Αισθητήρας θερμοκρασίας	- οικιακές εφαρμογές - συστήματα αυτοκινήτου - βιομηχανικά ηλεκτρονικά - ηλεκτρον. ιατρικών μηχαν.
	Αισθητήρας θερμοκρασίας- Προστασίας από θερμοκρασία	- βιομηχανικά ηλεκτρονικά - τροφοδοτικά - ηλεκτρονική επεξεργασία δεδομένων		Περιοριστής υπερέυματος	- τροφοδοτικά - φωτιστικά - ηλεκτρονική επεξεργασία δεδομένων
	Προστασίας από υπερφόρτωση	- τηλεπικοινωνίες - συστήματα αυτοκινήτου - βιομηχανικά ηλεκτρονικά - εμπορικά ηλεκτρονικά - ηλεκτρονική επεξεργασία δεδομένων		Αντισταθμιστής θερμοκρασίας	- εμπορικά ηλεκτρονικά - βιομηχανικά ηλεκτρονικά - ηλεκτρονική επεξεργασία δεδομένων

Πίνακας 2.5



### 2.11.1 N.T.C.

Το N.T.C. έχει την ιδιότητα, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, να ελαττώνεται η αντίστασή του. Η αντίσταση μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$R_{T_1} = R_{T_2} \cdot e^{\left(\frac{B}{T_1}\right) - \left(\frac{B}{T_2}\right)} \quad \text{ή} \quad R = A \cdot e^{B/T} \quad \text{ή} \quad \log R = A + \frac{B}{T} \quad 2.11$$

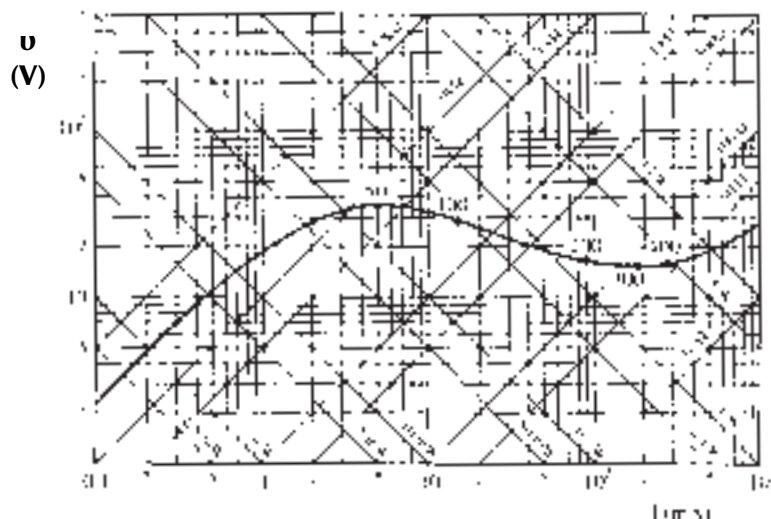
όπου  $T$  η θερμοκρασία λειτουργίας σε K και  $A$ ,  $B$  παράμετροι εξαρτώμενες από το υλικό. Το  $B$  κυμαίνεται από (2000 ~ 5000)K.

Τα  $A$  και  $B$  παραμένουν περίπου σταθερά ανάμεσα στις θερμοκρασίες  $T_1$  και  $T_2$  στις οποίες εργάζονται τα NTC ως θερμοκρασίες μετρήσεων λαμβάνουμε τους 25°C και τους 85°C αντίστοιχα. Οι κατασκευαστές δίνουν την αντίσταση του NTC στους 25°C και 85°C και το δείκτη  $B_{25/85}$  σε kelvin.

Υπάρχει και ο συντελεστής  $\alpha$  ενός NTC που δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha = -\frac{B}{T^2} \quad 2.24$$

Η χαρακτηριστική καμπύλη τάσης-έντασης για ένα τυπικό NTC φαίνεται στο σχ. 2.14, που είναι χαραγμένη σε λογαριθμικό χαρτί. Παρατηρούμε ότι εκτός από την τάση και την ένταση, είναι δεδομένη η αντίσταση και η ισχύς του NTC, έτσι ώστε στην περίπτωση που γνωρίζουμε την τάση και την έντάσή του, βρίσκουμε την ισχύ ή την αντίστασή του.



Σχήμα 2.14

- Η θερμική σταθερά χρόνου του στοιχείου, ορίζει το χρόνο σε sec που χρειάζεται, για να επέλθει ισορροπία στοιχείου-περιβάλλοντος. Αυτή ισούται με το λόγο,  $\tau = \frac{H}{\delta}$ , όπου H η θερμική χωρητικότητα σε J/K και  $\delta$  συντελεστής απωλειών σε W/K.
- Απόκλιση θερμοκρασίας  $\Delta T$ , είναι η περιοχή θερμοκρασιών που το NTC έχει σταθερή τιμή αντίστασης και ισούται με:

$$\Delta T = \frac{Z}{\alpha} \quad 2.13$$

όπου Z η ολική απόκλιση της αντίστασης και είναι περίπου  $Z=Y+X$  με X η ανοχή  $R_{25}$  και Y η απόκλιση της τιμής της αντίστασης που οφείλεται στο B, δηλαδή  $\Delta R/B_{\text{ολικό}}$ .

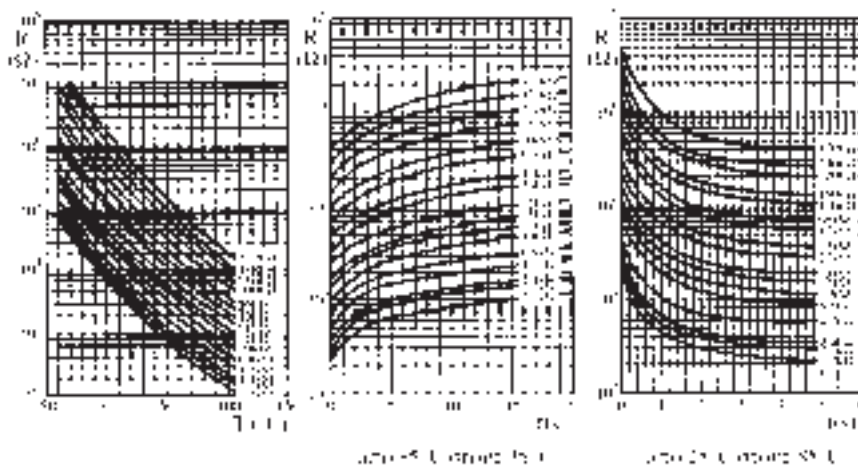
Αν για παράδειγμα  $X=\pm 5\%$ ,  $Y=0,89\%$  και  $\alpha=5,08\%$  K στους  $^{\circ}\text{C}$  για

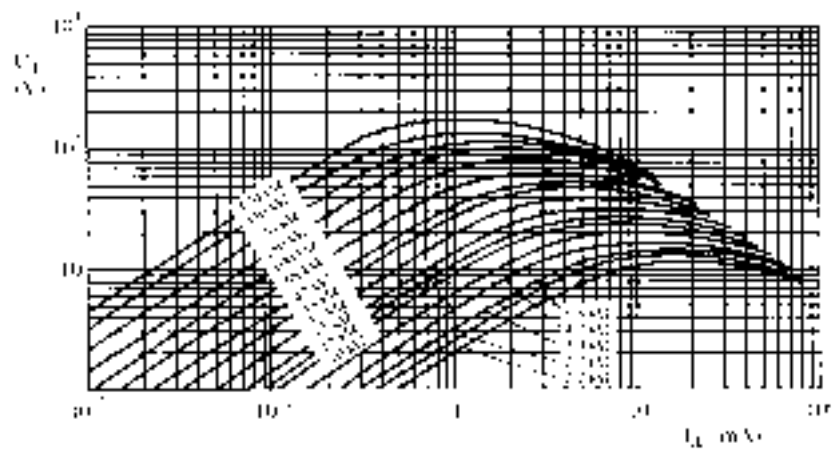
$R_{25}=10\text{K}\Omega$ , τότε  $Z=5+0,89=5,89\%$  και  $\Delta T = \frac{5,89}{5,08} = 1,16$ , που σημαίνει

ότι το συγκεκριμένο NTC έχει τιμή  $32,51\text{K}\Omega$  στους  $\pm 1,16^{\circ}\text{C}$ . Η τιμή  $32,51\text{K}\Omega$  προκύπτει από τους πίνακες  $R_T/R_{25}$  των κατασκευαστών.

Στα σχ. 2.14, δίνονται οι χαρακτηριστικές  $R=f(T_j)$ ,  $R=f(t_{\text{ψύξης}})$  δηλαδή από τους  $85^{\circ}\text{C}$  στους  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $R=f(t_{\text{θέρμανσης}})$ , δηλαδή από τους  $25^{\circ}\text{C}$  στους  $85^{\circ}\text{C}$  και  $U_{\text{DC}}=f(I_{\text{DC}})$  για μία ομάδα τυπικών NTC.

Στα σχήματα 2.16 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι NTC.





**Σχήματα 2.15**



Δίσκος NTC



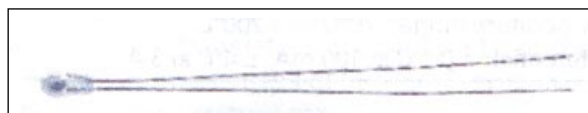
Χάνδρα NTC



Ραβδοειδή NTC



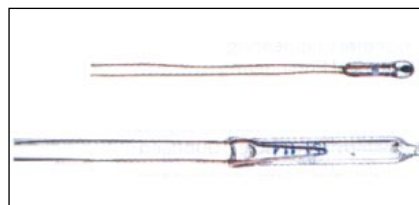
Αντιστάθμισης  
θερμοκρασίας



Μέτρησης υψηλών θερμοκρασιών



Probe NTC



NTC χάνδρες

**Σχήματα 2.16**

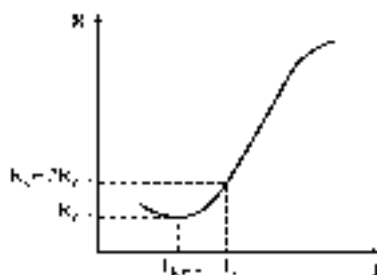


### 2.11.2 P.T.C. (Posistor)

Το PTC, όπως αναφέρθηκε, έχει μεγάλο θετικό συντελεστή θερμοκρασίας, και όταν αυτή αυξάνεται, αυξάνεται και η αντίσταση του στοιχείου.

Διαφέρει από το NTC: α) ο θερμοκρασιακός συντελεστής είναι θετικός μόνο για μία περιοχή θερμοκρασιών, ενώ έξω απ' αυτή την περιοχή μπορεί να είναι μηδενικός ή αρνητικός και β) η απόλυτη τιμή του θερμοκρασιακού συντελεστή του PTC, είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του NTC.

- Σε ένα PTC, η θερμοκρασία διακοπής  $T_s$  βρίσκεται από τη χαρακτηριστική αντίστασης-θερμοκρασίας που δίνει ο κατασκευαστής, όπως φαίνεται στο σχ. 2.17, εφόσον λάβουμε  $R_s = 2R_{\min}$ .



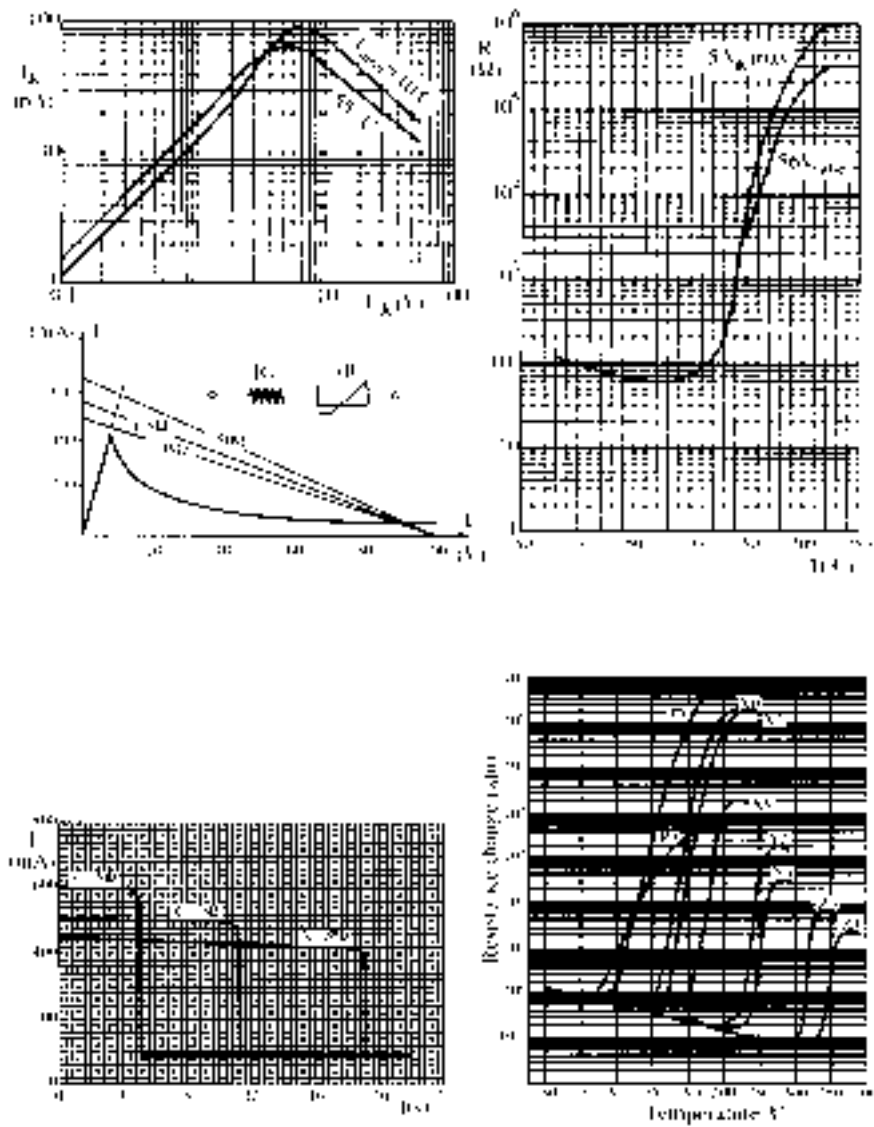
Σχήμα 2.17

- Ως χρόνος αστάθειας  $t_s$  ορίζεται ο χρόνος που χρειάζεται για να μειωθεί η τιμή του ρεύματος του PTC στο μισό.
- Θερμική σταθερά χρόνου  $t_{th}$ , είναι ο χρόνος που χρειάζεται το PTC για να μετατρέψει το 63.2% της ολικής διαφοράς θερμοκρασίας, μεταξύ της αρχικής και τελικής θερμοκρασίας του σώματος, σε θερμότητα.

Στα σχήματα 2.18 παρουσιάζονται χαρακτηριστικές ενός τυπικού PTC υπερφόρτωσης.

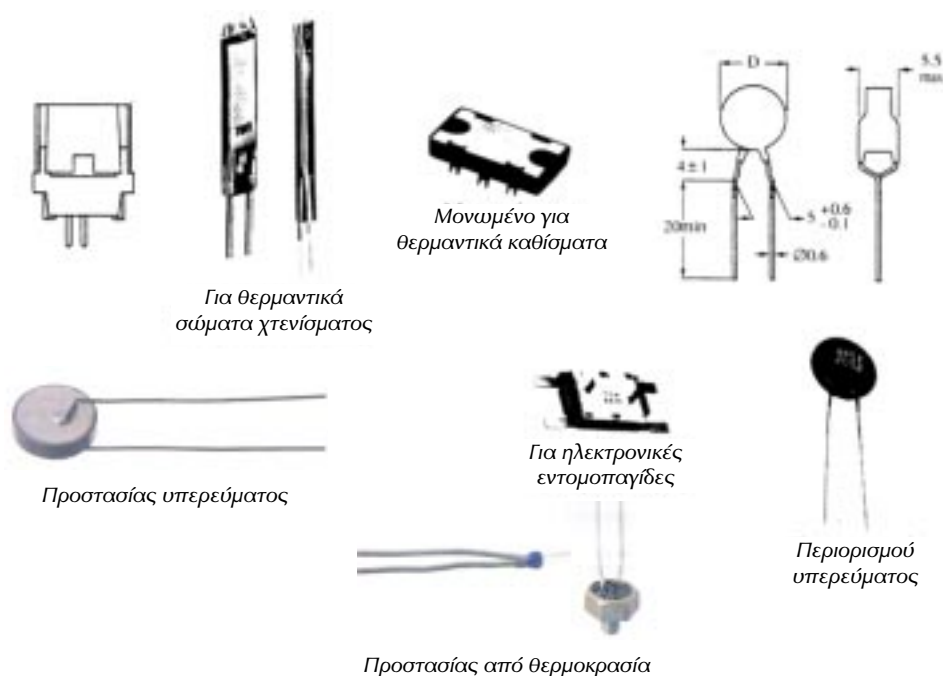
Τα PTC χρησιμοποιούνται για περιορισμό της υπερφόρτωσης, απομαγνήτιση και προστασία από υπερθέρμανση στους ηλεκτρικούς κινητήρες, ένδειξη στάθμης υγρών και αερίων, αντιστάθμιση θερμοκρασίας σε κύκλωμα transistor, ως αισθητήρας θερμοκρασίας, προστασία M/Σ, προστασία σε γραμμές μεταφοράς σήματος κτλ.

Η κωδικοποίηση των PTC είναι διαφορετική για κάθε κατασκευαστική εταιρεία, γι' αυτό πρέπει να ανατρέχουμε στα manuals των εταιρειών.



**Σχήμα 2.18**

Στα παρακάτω σχήματα 2.19 φαίνονται τα περιβλήματα διαφόρων PTC



**Σχήμα 2.19**

## 2.12 VARISTOR (VARIABLE resISTOR)

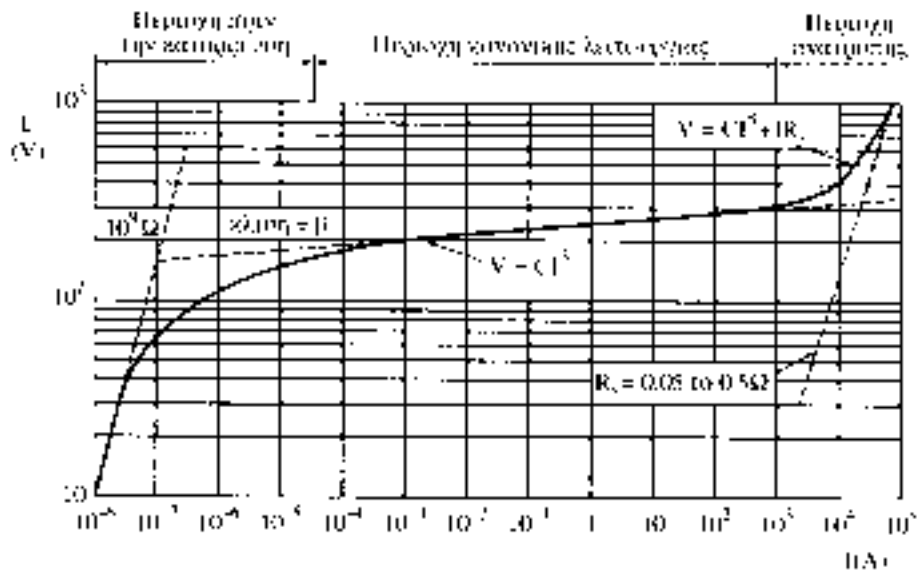
Το varistor ή VDR (Voltage Dependent Resistor), είναι ένα στοιχείο που μεταβάλλει την αντίστασή του ανάλογα με την εφαρμοζόμενη τάση στα άκρα του.

Χρησιμοποιείται σε computers, ενισχυτές, χρονιστές, tunners, relays, τροφοδοτικά, φούρνους μικροκυμάτων, τηλεπικοινωνίες, παλμογράφους κτλ.

Τα χαρακτηριστικά των VDR είναι:

- 1) Η μέγιστη DC τάση συνεχούς λειτουργίας ή αντίστοιχη AC τάση RMS.
- 2) Τάση με ρεύμα 1mA ή τάση varistor, είναι αυτή που εφαρμόζεται στα άκρα του για να περάσει ρεύμα 1mA.

Τα VDR κατασκευάζονται από ανθρακοπυρίτιο (SiC) ή οξειδιο του ψευδαργύρου (ZnO) ή οξειδιο του τιτανίου (TiO<sub>2</sub>) ή ημιαγώγιμο οξειδίων μετάλλων, υπό μορφή κόκκων.



Σχήμα 2.20

Τα photovaristors κατασκευάζονται από CdS και η χαρακτηριστική  $U/I$  εξαρτάται από τη φωτεινότητα.

Τα VDR είναι ρυθμιζόμενες μη γραμμικές αντιστάσεις και στο σχ. 2.20 δίνεται η χαρακτηριστική τάσης-έντασης, ενός τυπικού ZnO VDR.

Η σχέση:

$$V = C I^\beta \quad 2.14$$

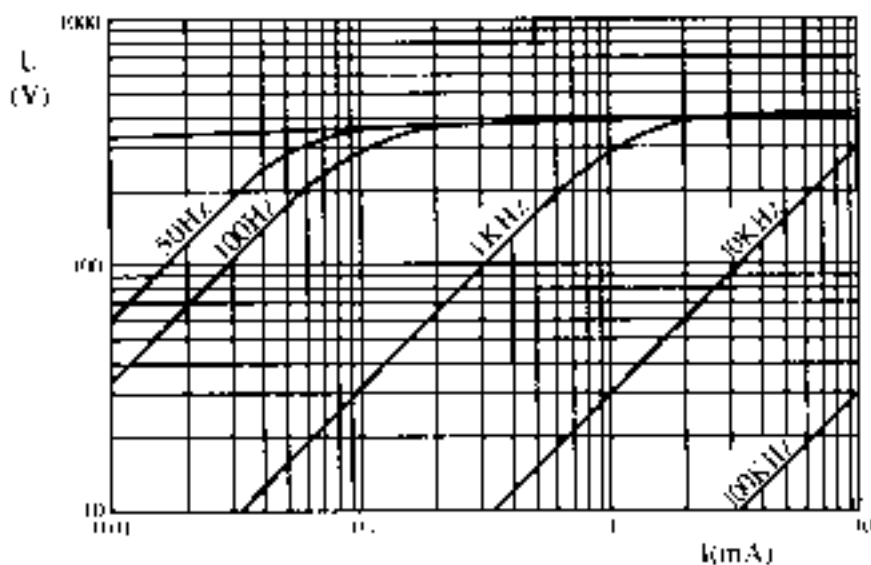
συνδέει την τάση με το ρεύμα σε ένα VDR, όπου  $C$  η τάση varistor στο 1A και  $\beta$  η εφαπτόμενη της γωνίας, που σχηματίζεται από την εφαπτόμενη στο σημείο λειτουργίας και τον οριζόντιο άξονα, όπως φαίνεται στο σχ. 2.19. Τυπικές τιμές του  $\beta$  είναι 0.4 για VDR SiC και 0.03 γι' αυτό από ZnO. Για σύγκριση αναφέρουμε ότι  $\beta=1$  σε μία σταθερή αντίσταση και  $\beta=0$  σ' ένα ιδανικό VDR.

Στο σχ. 2.21 δείχνεται η χαρακτηριστική ενός VDR με  $C=480\text{pF}$ , για διάφορες συχνότητες λειτουργίας. Στα VDR η χωρητικότητα ελαττώνεται με την αύξηση της διαμέτρου τους και αυξάνεται με την αύξηση του πάχους τους.

Η ισχύς απωλειών στο D.C. για ένα VDR είναι  $P_{DC}=U \cdot I$  και από την 2.14 έχουμε ή:

$$P_{DC} = C \cdot I^\beta \cdot I = C \cdot I^{\beta+1} \quad \text{ή} \quad P_{DC} = KU^{\alpha+1} \quad (W) \quad 2.15$$

όπου  $\alpha=1/\beta$ .



Σχήμα 2.21

Τα VDR δεν έχουν πολικότητα, οπότε χαρακτηρίζονται ως συμμετρικά στοιχεία.

Αυτό σημαίνει ότι στο D.C. δεν παίζει ρόλο ο τρόπος σύνδεσης των ακροδεκτών του VDR με την πηγή τάσης.

Υπάρχει όμως και ένας τύπος VDR με πολικότητα, που χαρακτηρίζεται ως ασύμμετρος, διότι κατά την πόλωσή του, τα χαρακτηριστικά του είναι διαφορετικά με ορθή ή ανάστροφη πόλωση.

Τα VDR υπάρχουν στους εξής τύπους περιβλήματος: α) δίσκος με ακροδέκτες, β) δίσκος με δακτυλίδι στους ακροδέκτες και δίσκος με συνεστραμμένους ακροδέκτες μόνο για αυτά με ισχύ 100 και 250 mW, γ) ραβδόμορφος με ή χωρίς ακροδέκτες και δ) δίσκος ή block για VDR μεγάλης ισχύος.

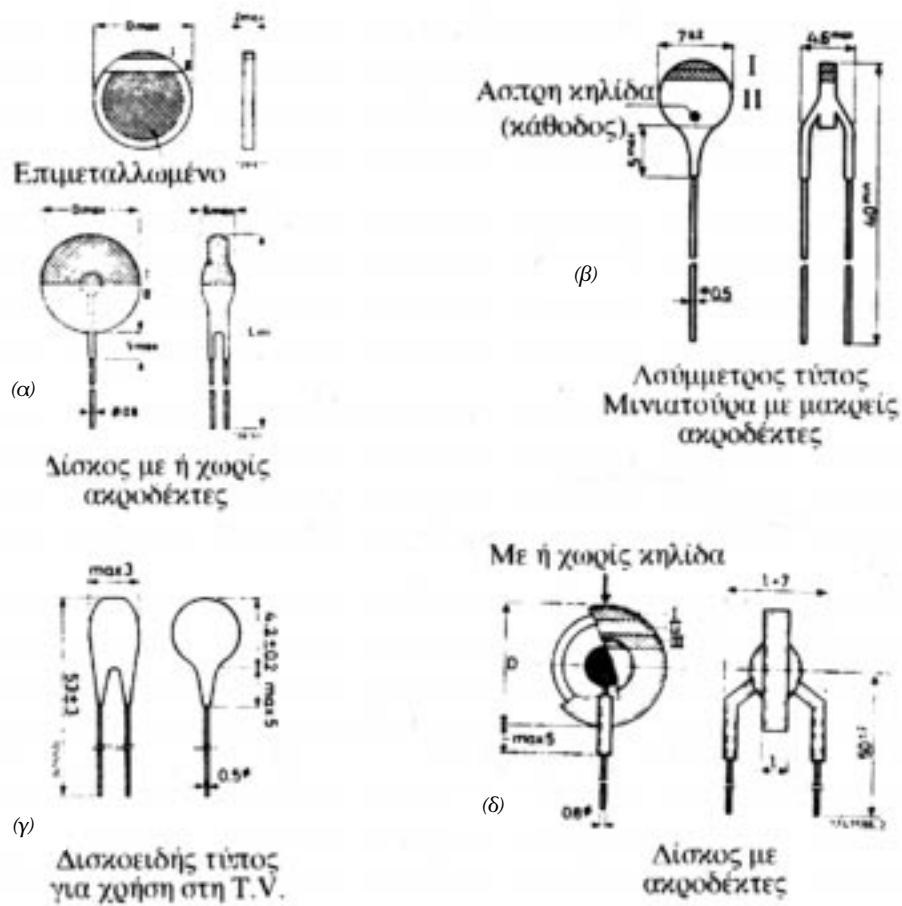
Στα σχ. 2.22 δίνονται διάφοροι τύποι VDR.

Στα σχ. 2.22 ο τύπος γ είναι χωρίς κώδικα. Για τον τύπο δ υπάρχει ο χρωματικός κώδικας του πίνακα 2.7. Αν υπάρχει ασημένια κηλίδα η ανοχή της τάσης είναι  $\pm 10\%$ , ενώ χωρίς κηλίδα είναι  $\pm 20\%$ . Η ζώνη I δείχνει το  $I_{DC}$  του VDR και είναι 100mA για καφέ, 10mA για κόκκινο ή 1mA για πορτοκαλί χρώμα. Οι ζώνες II και III δείχνουν την  $U_{DCmax}$  του VDR, όπως φαίνεται στον πίνακα 2.7.

Για τον τύπο α η ζώνη II είναι πάντα λευκή και η ζώνη I δηλώνει το  $I_{DC}$ , σύμφωνα με τον πίνακα 2.6. Η  $U_{DC}$  για όλα είναι σταθερή στα 48V. Χρησιμοποιούνται κυρίως στα τηλέφωνα.

Για τον τύπο β η ζώνη I είναι μαύρη, ενώ η II αν είναι καφέ το  $I_{DC}$  είναι 25mA και αν είναι κόκκινο το  $I_{DC}$  είναι 20mA.

Οι κωδικοί με γράμματα και αριθμούς π.χ. SIOV - S20K680 [Silicon Oxide Varistor ή MOV (Metal Oxide Varistor)], δηλώνουν S=δισκοειδές ή B=συμπαγές, 20=διάμετρος VDR σε mm (4.7 mm ~ 20mm), K= $\pm 10\%$  ή L= $\pm 15\%$  ή M= $\pm 20\%$  η ανοχή της τάσης Varistor στο 1mA και 680= $U_{RM(max)}$  ή (11 ~ 1000) $U_{RMS(max)}$ .



Σχήμα 2.22

Ζώνη I	$I_{DC}$ (mA)
Μαύρο	< 0.5
Καφέ	< 0.9
Κόκκινο	< 1.7
Πορτοκαλί	< 3.0
Κίτρινο	< 5.0
Πράσινο	< 9.0
Μπλε	< 15.0

Πίνακας 2.6

<b>Ζώνη II</b>	<b>Ζώνη III</b>	<b>Volt DC</b>
Καφέ	Μπλε	8
»	Γκρι	10
Κόκκινο	Μαύρο	12
»	Κόκκινο	15
»	Κίτρινο	18
»	Μπλε	22
»	Γκρι	27
Πορτοκαλί	Μαύρο	33
»	Κόκκινο	39
»	Κίτρινο	47
»	Μπλε	56
»	Γκρι	68
Κίτρινο	Μαύρο	82
»	Κόκκινο	100
»	Κίτρινο	120
»	Μπλε	150
»	Γκρι	180
Πράσινο	Μαύρο	220
»	Κόκκινο	270
»	Κίτρινο	330

**Πίνακας 2.7**



## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Για το D.C. η σχέση ισχύος είναι:
  - α.  $P = U \cdot I$
  - β.  $P = I^2 \cdot R$
  - γ.  $P = \frac{U^2}{R}$
  - δ. Όλες οι παραπάνω
2. Στις εργαστηριακές εφαρμογές εκλέγουμε αντιστάσεις με ισχύ:
  - α. Μισή
  - β. Ίση
  - γ. Διπλάσια
  - δ. Πολλαπλάσια από αυτή που έχει προκύψει στους υπολογισμούς.
3. Οι τιμές της σειράς E12 είναι ....., ....., ....., ....., ....., ....., ....., ....., ....., ..... .
4. Να αναφέρετε τα χαρακτηριστικά των σταθερών αντιστάσεων.
5. Μία αντίσταση με χρώματα δακτυλίων: κόκκινο, άσπρο, κίτρινο, κάκκινο δηλώνει τις τιμές:
  - α.  $39\text{K}\Omega$  και ανοχή  $\pm 2\%$
  - β.  $390\Omega$  και ανοχή  $\pm 5\%$
  - γ.  $270\text{K}\Omega$  και ανοχή  $\pm 2\%$
  - δ.  $390\text{K}\Omega$  και ανοχή  $\pm 2\%$
6. Η τιμή μίας αντίστοιχης είναι  $56\Omega$ , με ανοχή  $\pm 1\%$  και θερμοκρασιακό συντελεστή  $\pm 50 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ . Τα χρώματα των δακτυλίων είναι: πράσινο, μπλε, καφέ, καφέ, καφέ. Σ Λ και γιατί;
7. Αντίσταση με σύμβολα: 6 K8F δηλώνει τις τιμές:
  - α.  $6,8\Omega$  και ανοχή  $\pm 1\%$
  - α.  $6,8\text{K}\Omega$  και ανοχή  $\pm 1\%$
  - α.  $6,8\text{K}\Omega$  και ανοχή  $\pm 2\%$
  - α.  $6,8\text{M}\Omega$  και ανοχή  $\pm 10\%$
8. Να αντιστοιχίσετε τα γράμματα με τους αριθμούς:
 

<ol style="list-style-type: none"> <li>α. <math>100\Omega</math>, <math>\pm 1\%</math></li> <li>β. <math>82\text{K}\Omega</math>, <math>\pm 10\%</math></li> <li>γ. <math>1,78\text{K}\Omega</math>, <math>\pm 2\%</math></li> <li>δ. <math>1,5\text{M}\Omega</math>, <math>\pm 5\%</math></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Καφέ, πράσινο, πράσινο, χρυσό</li> <li>2. Γκρί, κόκκινο, πορτοκαλί, ασημί</li> <li>3. Καφέ, μαύρο, καφέ, καφέ</li> <li>4. Καφέ, μώβ, γκρί, καφέ, κόκκινο</li> </ol>
---	---

9. Να σχεδιάσετε διάγραμμα με τους τύπους των σταθερών αντιστάσεων.
10. Αν τα χρώματα των δακτυλίων της αντίστασης της ερώτησης 5 είναι πάνω σε χρώμα περιβλήματος ανοικτό μπλε, αυτό δηλώνει αντίσταση:  
α. Ασφαλείας  
β. Σύρματος  
γ. Υψηλής τιμής/υψηλής τάσης  
δ. Standard
11. Ομοίως, αν το χρώμα του περιβλήματος της αντίστασης είναι πράσινο, τότε αυτό δηλώνει αντίσταση:  
α. Ακριβείας  
β. Standard  
γ. Μεταλλικό film ισχύος  
δ. Ασφαλείας
12. Οι αντιστάσεις σύρματος χρησιμοποιούνται συνήθως:  
α. Στις τηλεπικοινωνίες  
β. Στα κυκλώματα χρονισμού  
γ. Στα ηλεκτρονικά φίλτρα  
δ. Στα κυκλώματα ισχύος ή υψηλής ακρίβειας
13. Τα ποτενσιόμετρα ρυθμίζουν την ένταση του ρεύματος.  $\Sigma$   $\Lambda$  και γιατί;
14. Τα χαρακτηριστικά των μεταβλητών αντιστάσεων είναι:  
η ..... αντίσταση  $R_{nom}$ , η ολική ....., η ..... τιμή  $R_0$ , η μέγιστη .....  $P_{max}$ , η μέγιστη ....., το .....  $I_{max}$  και η ..... σε dB.
15. Ένα ποτενσιόμετρο με στοιχείο, 123J Lin, δηλώνει ονομαστική τιμή 12 K $\Omega$ , με ανοχή  $\pm 5\%$  και γραμμική συμπεριφορά.  $\Sigma$   $\Lambda$  και γιατί;
16. Τα ποτενσιόμετρα είναι αδύνατον να εργαστούν ως ροοστάτες:  $\Sigma$   $\Lambda$  και γιατί;
17. Οι τυπωμένες αντιστάσεις είναι:

- α. Μεγάλων τιμών και σχετικά μικρών ρευμάτων.
  - β. Μικρών τιμών και σχετικά υψηλών ρευμάτων.
  - γ. Μικρών τιμών και σχετικά μικρών ρευμάτων.
  - δ. Μεγάλης ισχύος και σχετικά μικρών ρευμάτων.
18. Οι ρυθμιζόμενες αντιστάσεις είναι γραμμικές. Σ Λ και γιατί;
19. Στα NTC όταν αυξάνεται η θερμοκρασία ..... η αντιστάσής του. Χρησιμοποιούνται ως αισθητήρες ....., ως περιοριστές ..... κ.λ.π. Η ..... σταθερά χρόνου του NTC, ορίζει το χρόνο σε ..... που χρειάζεται το στοιχείο για να επέλθει ..... στοιχείου περιβάλλοντος.
20. Τα PTC (posistor):
- α. Έχουν μεγάλο θετικό συντελεστή θερμοκρασίας.
  - β. Χρησιμοποιούνται όπου και τα NTC.
  - γ. Ελλατώνουν την αντίστασή τους με την αύξηση της θερμοκρασίας.
  - δ. Έχουν χαρακτηριστική καμπύλη τάσης - έντασης όμοια με αυτή των NTC.
21. Στα NTC χρησιμοποιείται συνήθως ο ..... κώδικας, ενώ στα PTC ..... χρησιμοποιείται ..... γνωστός κώδικας.
22. Το VDR μεταβάλλει την αντίστασή του με τη μεταβολή:
- α. Της θερμοκρασίας
  - β. Του ρεύματος
  - γ. Της τάσης
  - δ. Της φωτεινότητας
23. Συνήθως τα VDR ..... έχουν πολικότητα και χαρακτηρίζονται ως ..... στοιχεία.
24. Τα VDR ανάλογα με τον τύπο τους:
- α. Είναι χωρίς κώδικα.
  - β. Φέρουν τον χρωματικό κώδικα.
  - γ. Έχουν κώδικες με γράμματα και αριθμούς.
  - δ. Όλα τα παραπάνω.