

Ασφάλεια με οικονομία

Μερικές παρατηρήσεις σχετικά με τις ηλεκτρονικές συσκευές

Από τον Martin Ossman



Πώς θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε ένα κύκλωμα το οποίο θα είναι λειτουργικό και ασφαλές; Για να βρούμε τον τρόπο ριξάμε μία επιλεκτική ματιά στο εσωτερικό κάποιων συσκευών: ο τρόπος με τον οποίο οι επαγγελματίες ικανοποιούν τις ταυτόχρο-νες απαιτήσεις ασφάλειας, οικονομίας και όγκου είναι πράγματι εντυπωσιακός.

Κατά την σχεδίαση κυκλωμάτων και συσκευών, το θέμα της ασφάλειας θα πρέπει πάντοτε να αποτελεί το σημαντικότερο κριτήριο μας.

Μία συσκευή δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να ενέχει κινδύνους για τον χρήστη. Αντίθετα, θα πρέπει να λειτουργεί με ασφάλεια κάτω από όλες τις πιθανές συνθήκες, ενώ σε περίπτωση βλάβης θα πρέπει να αποκλείεται το ενδεχόμενο δημιουργίας ζημιών στην ίδια ή σε παρακείμενες συσκευές.

Η ικανοποίηση όλων των παραπάνω απαιτήσεων σε μία ιδιο-κατασκευή,

μπορεί πολλές φορές να αποδειχθεί αρκετά δύσκολη υπόθεση. Τα ίδια όμως προβλήματα αντιμετωπίζουν και οι επαγγελματίες κατασκευαστές κατά την διαδικασία παραγωγής: τα προϊόντα τους θα πρέπει από κάθε άποψη να είναι απολύτως ασφαλή. Γιατί λοιπόν να μην ριξούμε μία ματιά στο εσωτερικό μερικών αντίστοιχων συσκευών, να δούμε τι μπορούμε να μάθουμε και εμείς από τους επαγγελματίες του είδους;

Οικονομία

Ας εξετάσουμε πρώτα τα μέτρα που

μπορούμε να λάβουμε έτσι ώστε να αποκλείσουμε κάθε ενδεχόμενο ηλεκτροπληξίας. Τα μέτρα αυτά αφορούν κατά κανόνα την εξασφάλιση ότι τα μέρη της συσκευής τα οποία βρίσκονται σε υψηλή τάση δεν είναι δυνατόν να έλθουν σε άμεση επαφή με τον χρήστη, όπου η υψηλή τάση είναι συνήθως η τάση τροφοδοσίας της συσκευής.

Σε γενικές γραμμές τα εξαρτήματα και τα καλώδια διαθέτουν ήδη κάποια μόνωση, η οποία στα αντίστοιχα πρότυπα αναφέρεται ως "βασική μόνωση". Στην παρούσα κατάσταση θα θεωρή-

σοιμε ότι η βασική μόνωση δεν θεωρείται αξιόπιστη, και οποιαδήποτε αστοχία αυτής δεν θα πρέπει να ενέχει άμεσο κίνδυνο. Τα όποια επιπρόσθετα μέτρα για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος, αφορούν την επί πλέον μόνωση, την γείωση των κουτιών συσκευασίας κ.λ.π.

Ας εξετάσουμε πρώτα μία συσκευή αναπαραγωγής CD (Σχήμα 1). Σύμφωνα με την ετικέτα που είναι κολλημένη στην μονάδα (Σχήμα 2) πρόκειται για μία συσκευή με τάξη ασφαλείας II, το οποίο σημαίνει ότι δεν υπάρχει σύνδεση με την γη. Όπως μπορούμε να δούμε και από το Σχήμα, το καλώδιο του δικτύου απλά οδηγείται στον μετασχηματιστή.

Ο διακόπτης on/off βρίσκεται συνδεδεμένος στο δευτερεύον του μετασχηματιστή, οπότε αποτελεί μέρος της βαθμίδας χαμηλής τάσης. Ο κατασκευαστής έχει δώσει μεγάλη προσοχή στην σωστή μόνωση. Όλα τα εξαρτήματα που συνδέονται στην τάση δικτύου διαθέτουν επιπρόσθετη μόνωση, ενώ έχουμε και ένα προσεκτικό διαχωρισμό μεταξύ των δύο περιελίξεων του μετασχηματιστή. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ότι τυχόν αστοχία στην επισφάλωση του σύρματος σε οποιοδήποτε από τα δύο τυλίγματα δεν μπορεί να αποδειχθεί επικίνδυνη. Στα πλαίσια περιορισμού του κόστους, μέσα στο κουτί δεν υπάρχει καμία ασφάλεια (στο Ηνωμένο Βασίλειο βέβαια η ασφάλεια περιλαμβάνεται στον ρευματολήπτη).

Η συγκεκριμένη διάταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνον με μετασχηματιστή καταλλήλων προδιαγραφών, και την λήψη των αντίστοιχων μέτρων προστασίας στο δευτερεύον. Ένα μειονέκτημα παρ' όλα αυτά της εν λόγω διεύθεσης είναι ότι ο μετασχηματιστής βρίσκεται διαρκώς συνδεδεμένος με την τάση δικτύου, οπότε αυξάνει η κατανάλωση ρεύματος σε κατάσταση ηρεμίας.

Αναλύοντας τον μετασχηματιστή

Ο ρόλος του μετασχηματιστή στην απομόνωση του κυκλώματος από την τάση δικτύου, είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Για να θεωρηθεί ένας μετασχηματιστής στα 50 Hz ασφαλής, θα πρέπει να είναι κατασκευασμένος από ειδικό πυρήνα με χωριστές περιελίξεις (Σχήμα 1), οι οποίες θα πρέπει επίσης να ικα-

νοποιούν συγκεκριμένες απαιτήσεις αναφορικά με τις διόδους διαφυγής ρεύματος κ.λ.π. Τα σύγχρονα τροφοδοτικά κατασκευάζονται όλο και περισσότερο με τεχνολογία μεταγωγής και μικρότερους μετασχηματιστές, οπότε αξίζει τον κόπο να εξετάσουμε και τους τύπους των μετασχηματιστών που χρησιμοποιούνται.

Στο Σχήμα 3 έχουμε ένα τορροειδή μετασχηματιστή ο οποίος χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη ενός τροφοδοτικού μεταγωγής για λαμπτήρες αλογόνου χαμηλής τάσης, εξασφαλίζοντας μόνωση από την τάση δικτύου. Το πρωτεύον τυλίγμα φιλοξενείται μέσα στο πλαστικό περίβλημα.

Η συγκεκριμένη σχεδίαση του πυρήνα εξασφαλίζει ότι το πρωτεύον και δευτερεύον τυλίγμα θα βρίσκονται σε μία όσο το δυνατόν ασφαλή μεταξύ τους απόσταση. Το κενό που υπάρχει και ο διαχωρισμός που εξασφαλίζεται από το μονωτικό υλικό, επιβάλλεται να καθορίζονται με σαφήνεια. Σε γενικές γραμμές ο απαιτούμενος διαχωρισμός είναι ευκολότερο να εξασφαλιστεί μέσω φυσικών διαχωριστικών μέσων, αλλά εξακολουθεί να είναι απαραίτητη η διατήρηση επαρκώς μεγάλων οδών διαροής (για παράδειγμα μεταξύ των δύο περιελίξεων).

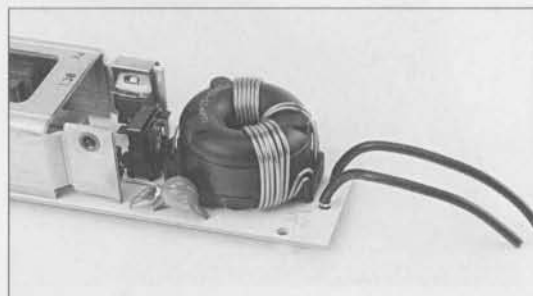
Ένας σχετικά απλός τρόπος για την επίτευξη των απαιτούμενων κενών, είναι η χρήση ειδικά σχεδιασμένων μομπούνων (στο Σχήμα 4 εικονίζονται ορισμένα παραδείγματα). Η πρωτεύουσα και η δευτερεύουσα περιέλιξη τυλίγονται σε διαφορετικές μομπούνες οι οποίες στα άκρα φέρουν ειδικά κολάρα για να εξασφαλίζουν τον απαιτούμενο διαχωρισμό με αέρα. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η κατασκευή, ενώ ταυτόχρονα ικανοποιούνται και οι απαιτήσεις ασφαλείας. Υπάρχουν όμως και κάποια μειονέκτημα: οι μομπούνες είναι σχετικά ακριβές, ενώ ο μετασχηματιστής που προκύπτει



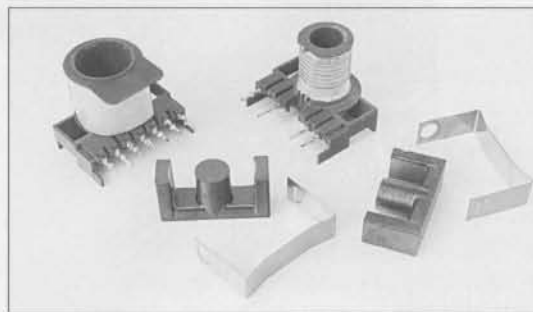
Σχήμα 1. Μια άποψη στο εσωτερικό μιας καταναλωτικής συσκευής αναπαραγωγής CD.



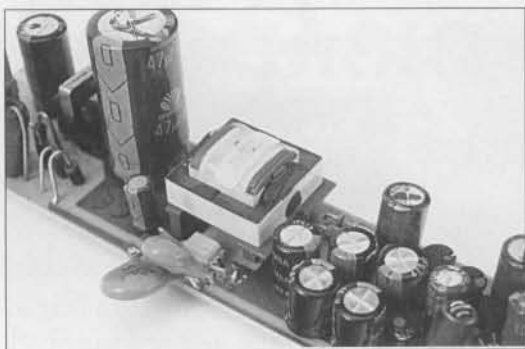
Σχήμα 2. Το σύμβολο υποδεικνύει μία συσκευή σε Τάξη II.



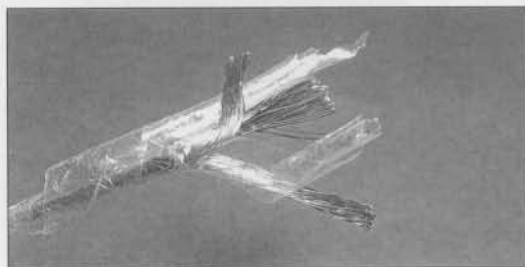
Σχήμα 3. Τορροειδής μετασχηματιστής σε τροφοδοτικό για λαμπτήρες αλογόνου.



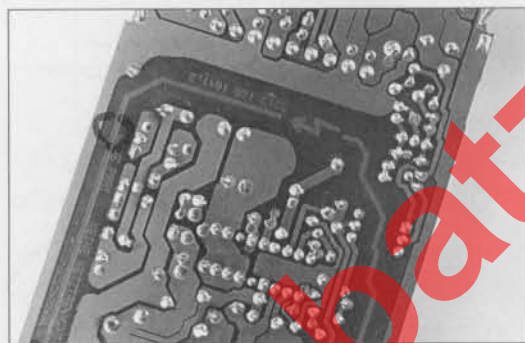
Σχήμα 4. Μομπούνες με ενσωματωμένη μόνωση.



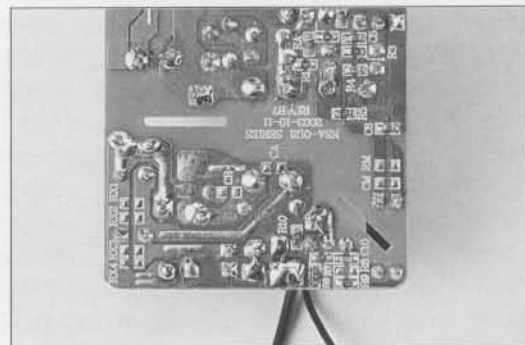
Σχήμα 5. Ένας μετασχηματιστής, ένας οπτοζεύκτης και μερικοί πυκνωτές τάξης Υ.



Σχήμα 6. Πλεξούδες τυλιγμένες σε διαφορετικά επίπεδα.



Σχήμα 7. Η οριοθέτηση μόνωσης μεταξύ του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος.



Σχήμα 8. Οι σχισμές παρέχουν μια επιπρόσθετη μόνωση.

είναι συχνά ογκωδέστερος σε σχέση με αυτό που θα απαιτείτο από καθαρά ηλεκτρολογική άποψη.

Το πρωτεύον επίσης δεν είναι τόσο στενά συζευγμένο με το δευτερεύον, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται επί πλέον προβλήματα στην σχεδίαση μετατροπών "flyback". Από την άλλη δεν υπάρχει ανάγκη τοποθέτησης μονωτικών φύλλων μεταξύ των περιελίξεων, ή εμβάπτισης ολόκληρου του μετασχηματιστή σε μονωτικό. Στο Σχήμα 5 έχουμε ένα τέτοιο μετασχηματιστή σε χρήση. Ο συγκεκριμένος μετασχηματιστής είναι σχετικά μικρός όπως μπορούμε να δούμε συγκρίνοντας το μέγεθος του με αυτό του οπτοζεύκτη σε συσκευασία DIL τεσσάρων ακροδεκτών. Μαζί με τον οπτοζεύκτη υπάρχουν και δύο πυκνωτές τάξης Υ. Τα συγκεκριμένα μάλιστα εξαρτήματα, γεφυρώνουν τον διαχωρισμό μόνωσης (στο σημείο αυτό θα επανέλθουμε στην συνέχεια).

Ασφάλεια στις ιδιοκατασκευές

Ένας τρόπος για να απαλλαγεί κανείς από μονωτικά στρώματα ή ειδικές μομπίνες είναι η χρήση σύρματος πολλαπλής μόνωσης.

Στην αγορά κυκλοφορεί για παράδειγμα ένας τύπος σύρματος περιελίξης "τριπλής μόνωσης", το οποίο είναι εγκεκριμένο για μόνωση τάσεων δικτύου. Στο Σχήμα 6 έχουμε μία άλλη παραλλαγή, όπου τα πηνία είναι κατασκευασμένα από "πλεξούδες" οι οποίες είναι καλυμμένες από πολλαπλές επικαλυπτόμενες λεπτές (σε τομή) και φαρδιές (σε επιφάνεια) μονωτικές επιστρώσεις.

Με την χρήση ειδικών συρμάτων σαν αυτό μπορούμε να κατασκευάσουμε μετασχηματιστές οι οποίοι παρουσιάζουν χαμηλή σκέδαση και καλή μόνωση.

Αφού ο μετασχηματιστής σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρουσιάζει επαρκή μόνωση, συνεχίζουμε με τις ίδιες αρχές στην σχεδίαση της πλακέτας και των υπολοίπων με-



Σχήμα 9. Η σύνδεση γης σε ένα τροφοδοτικό για υπολογιστή.

ρών. Στην σχεδίαση του Σχήματος 7 το εσωτερικό μέρος της διάταξης αποτελεί την πλευρά του πρωτεύοντος. Η τροφοδοσία προσαρμόζεται σε ένα μεταλλικό κλωβό ο οποίος συνδέεται με την πλευρά του δευτερεύοντος. Η γραμμή οριοθέτησης μπορεί να διακριθεί εύκολα, ενώ φέρει και μία εμφανή σήμανση για να διευκολύνει τους τεχνικούς συντήρησης στον εντοπισμό της.

Στο Σχήμα 8 έχουμε μία άλλη λεπτομέρεια. Σε πολύ συγκεκριμένα σημεία της πλακέτας έχουν ανοιχτεί δύο σχισμές, οι οποίες αυξάνουν δραστικά το μήκος της διαδρομής διαροής επάνω στην πλακέτα, δεδομένου ότι οποιοδήποτε ρεύμα διαροής θα πρέπει υποχρεωτικά να περάσει γύρω από τις σχισμές.

Το γεγονός αυτό είναι είναι ιδιαίτερα κρίσιμο, διότι με τον χρόνο η πλακέτα μπορεί να αποκτήσει βρώμα ή υγρασία και να γίνει λιγότερο καλός μονωτής.

Μέσα σε ένα υπολογιστή

Στην συνέχεια θα εξετάσουμε ένα επιτραπέζιο υπολογιστή. Κατά παράδοση, οι υπολογιστές αυτοί κατασκευάζονται σαν συσκευές σε Τάξη Ι με γείωση. Στο Σχήμα 9 έχουμε το τροφοδοτικό και το μεταλλικό κουτί που το περιβάλλει. Στη μια πλευρά υπάρχει μία σύνδεση, η οποία είναι εμφανές ότι δεν είναι απλώς κολλημένη, αλλά χρησιμοποιεί ακροδέκτη με βίδα.

Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ότι η γείωση θα είναι αξιόπιστη κάτω από κάθε περίπτωση. Συνεχίζουμε με τον μετασχηματιστή στο εσωτερικό του τροφοδοτικού (Σχήμα 10). Εδώ παρατηρούμε ότι έχουμε ένα τυπικό πυρήνα, ο οποίος είναι κάθετα τοποθετημένος μεταξύ δύο ψυκτών αλουμινίου.

Ο πρώτος ψύκτης ψύχει το τρανζίστορ

μεταγωγής στην πλευρά του πρωτεύοντος, ενώ ο δευτέρος ψύχει τις διόδους ανόρθωσης στην πλευρά του δευτερεύοντος. Η χωροθέτηση είναι τόσο "στριμωγμένη", ώστε το κενό μεταξύ των αλουμιένιων πλακών και του μετασχηματιστή να μην εξασφαλίζει επαρκή μόνωση. Για να είναι η μονάδα σύμφωνη με τους κανονισμούς, τοποθετήθηκαν και στερεώθηκαν με κόλλα (πιστεύουμε εκ των υστέρων) μεταξύ του μετασχηματιστή και των αλουμιένιων πλακών, δύο διαφανή φύλλα μονωτικού υλικού. Όχι τόσο κομψή, αλλά όντως αποτελεσματική επιλογή. Σε μία κατασκευή της μορφής αυτής, είναι εννοείται σημαντικό να εξασφαλιστεί η επαρκής μόνωση μεταξύ του κάτω μέρους της πλακέτας και του κουτιού που περιβάλλει την μονάδα. Δεδομένου λοιπόν ότι το κενό αέρα που υπάρχει από κάτω είναι σχετικά μικρό, συχνά βρίσκουμε τοποθετημένα φύλλα μονωτικού υλικού μεταξύ του κουτιού και της πλακέτας.

Τελειώνοντας θα ρίξουμε μία ματιά στους καλούμενους πυκνωτές τύπου Υ. Οι συγκεκριμένοι πυκνωτές τοποθετούνται συνήθως με σκοπό τον περιορισμό των παρεμβολών, και σε τέτοιες περιπτώσεις επιτρέπεται η σύνδεση τους μεταξύ μερών του κυκλώματος που βρίσκονται σε υψηλή τάση (όπως για παράδειγμα η είσοδος δικτύου) και της γης. Η ασφάλεια είναι ένας εξαιρετικά σημαντικός παράγων για τους εν λόγω πυκνωτές, οι οποίοι θα πρέπει να είναι πιστοποιημένοι. Το κύκλωμα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το ονομαστικό ρεύμα διαροής προς γη. Στο **Σχήμα 11** έχουμε ένα παράδειγμα πυκνωτή τύπου Υ.

Η αλήθεια είναι ότι ο εντοπισμός της χωρητικότητας μέσα στις διάφορες πιστοποιήσεις που αναφέρονται είναι δύσκολος, το 472 πάντως σημαίνει 4,7 nF. Σε συσκευές σε Τάξη II, ο συγκεκριμένος πυκνωτής είναι δυνατόν να συνδεθεί μεταξύ μερών υψηλής τάσης του κυκλώματος και μερών στην πλευρά δευτερεύοντος ή του μεταλλικού περιβλήματος. Εάν ένας πυκνωτής στην θέση αυτή αστοχήσει (εάν δηλαδή για παράδειγμα διέλθει από αυτόν ένα σήμα στα 50 Hz), η πλευρά του δευτερεύοντος παύει να είναι μονωμένη σε σχέση με την πλευρά του πρωτεύοντος. Βλέπουμε λοιπόν ότι η αστοχία ενός και μόνον εξαρτήματος είναι δυνατόν να έχει εξαιρετικά επικίν-

δυνες συνέπειες, γεγονός το οποίο ερμηνεύει την αυστηρότητα των προδιαγραφών που θα αυτό πρέπει να καλύπτει. Δεδομένου τώρα ότι οι πυκνωτές τάξης Υ γενικά γεφυρώνουν το φράγμα μόνωσης, θα πρέπει οι ίδιοι να έχουν επαρκή διαχωρισμό.

Αξιοπιστία

Ένας άλλος παράγων τον οποίο θα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψη του ο σχεδιαστής, είναι η υπερθέρμανση που είναι δυνατόν να προκύψει από ενδεχόμενη αστοχία υλικού.

Σε ακραίες περιπτώσεις, η αστοχία ενός υλικού είναι δυνατόν να οδηγήσει σε φωτιά. Για τον λόγο αυτό πολλά τροφοδοτικά μεταγωγής περιλαμβάνουν προστασία από υπερθέρμανση. Στο **Σχήμα 12** έχουμε ένα παράδειγμα τροφοδοτικού μεταγωγής για λαμπτήρες αλογόνου.

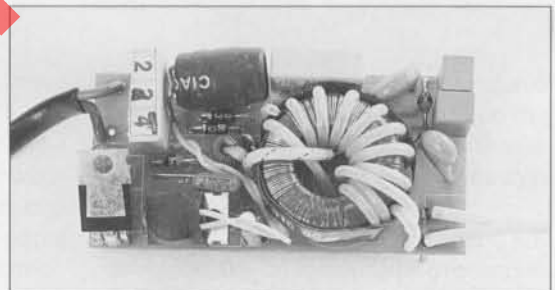
Το ένα από τα δύο τρανζίστορ ισχύος περιλαμβάνει αισθητήρα θερμοκρασίας, ο οποίος διακόπτει την λειτουργία του όταν η θερμοκρασία ανέβει πολύ ψηλά. Η ίδια φιλοσοφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τροφοδοτικά μεταγωγής, τα οποία επιβάλλεται να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν υπερφόρτωση ή βραχυκύκλωμα της δευτερεύουσας πλευράς. Κατά την σχεδίαση πάντως ενός τροφοδοτικού ο γενικός κανόνας επιβάλλει την μελέτη των αποτελεσμάτων αστοχίας οποιουδήποτε εξαρτήματος, και μόνον τότε μπορούμε επίσης να καταλήξουμε στην χρήση ασφάλειας. Στο **Σχήμα 13** έχουμε μία ενδιαφέρουσα περίπτωση. Η "ασφαλειοαντίσταση" (fusistor) είναι μία αντίσταση η οποία περιορίζει τις αιχμές ρεύματος κατά την εκκίνηση. Όταν μάλιστα το ρεύμα ξεπεράσει μία συγκεκριμένη τιμή, η αντίσταση καίγεται, αποτρέποντας τον κίνδυνο πρόκλησης πυρκαϊάς. Μία ιδανική λύση για πολλές εφαρμογές. (050327-1)



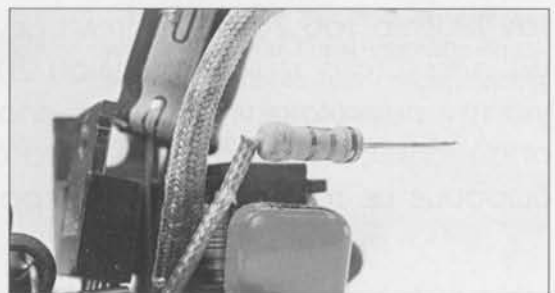
Σχήμα 10. Μεταξύ του μετασχηματιστή και των ψυκτών, τοποθετούνται μονωτικά φύλλα.



Σχήμα 11. Ένας πιστοποιημένος πυκνωτής σε τάξη Υ.



Σχήμα 12. Τροφοδοτικό για λαμπτήρες αλογόνου.



Σχήμα 13. Η "ασφαλειοαντίσταση" (fusistor) είναι μία αντίσταση μαζί με μια ασφάλεια, στο ίδιο εξάρτημα.

Για περισσότερες πληροφορίες, ιδέες, παρατηρήσεις και προτάσεις επισκεφτείτε το Forum: www.elektor.gr/forum