



# Η αλήθεια να ακούγεται

## Ένας ακουστικός ανιχνευτής ψέματος

Υπό τον Burkhard Kainka

Υπάρχουν κάποιοι άνθρωποι που μπορούν εύκολα να πουν κάποιο ψέμα χωρίς καν να φανεί με κάποια αλλαγή της έκφρασης (σύσπαση μύος). Αλλά στο τέλος όλοι όσοι ψεύδονται αποκαλύπτονται από τις ιδρωμένες παλάμες τους. Είναι απλώς θέμα των κατάλληλων ερωτήσεων.

Οι ανιχνευτές ψεύδους αποτελούν πάντα μια πηγή διασκέδασης στα πάρτι. Ποιος είναι προετοιμασμένος να αποδεχθεί την τεχνολογική πρόκληση; Και, επίσης, ποιος είναι προετοιμασμένος να νικήσει τη μηχανή; Το δεύτερο εξαρτάται σε πόσο άσχημη «κατάσταση» θα βρεθεί ο ερωτούμενος από τον εξεταστή του. Όταν η ένταση αρχίσει να αυξάνει, ακόμα και ο καλύτερος ψεύτης δεν θα αποφύγει να «πέσει» σε μια φυσιολογική αντίδραση: ιδρωμένες παλάμες.

Αυτός είναι και ο τρόπος λειτουργίας του ανιχνευτή ψεύδους που σας παρουσιάζουμε. Όταν τα χέρια αυτού που ρωτάμε ιδρώσουν τότε η αντίσταση του δέρματός του

ελαττώνεται. Αυτή η αλλαγή είναι σχετικά εύκολο να ανιχνευθεί. Με αυτό δεν θέλουμε να πούμε ότι το κύκλωμά μας είναι μια λαμπρή εφεύρεση. Η διαφοροποίηση της κατασκευής μας από άλλες συναφείς είναι στον τρόπο που παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της ανίχνευσης. Το κύκλωμά μας λοιπόν εκπέμπει έναν τόνο η συχνότητα του οποίου εξαρτάται από την αντίσταση του δέρματος.

### Πέντε - πέντε - πέντε

Το σχέδιο του κυκλώματος που φαίνεται στο **σχήμα 1** είναι στην πραγματικότητα μια τυπική εφαρμογή του πολύ γνωστού 555. Ο ολοκληρωμένος αυτός χρονιστής

έχει συνδεσμοποιηθεί εδώ σαν ασταθής πολυδονητής που σημαίνει ότι στην έξοδό του υπάρχει ένα σήμα του οποίου η συχνότητα και ο κύκλος λειτουργίας εξαρτώνται από δύο αντιστάσεις και έναν πυκνωτή. Στην περίπτωση μας πραγματικά υπάρχουν τρεις αντιστάσεις και ένας πυκνωτής. Η αντίσταση του δέρματος συνδέεται σε σειρά με την R1. Σε συνδυασμό με την R2 και τον C1 αυτή η σύνδεση καθορίζει τη διάρκεια που η έξοδος (ακροδέκτης 3 του IC1) είναι ενεργός. Όταν τροφοδοτήσουμε το κύκλωμα τότε φορτίζεται ο πυκνωτής διαμέσου όλων των αντιστάσεων στα 2/3 της τάσεως τροφοδοσίας. Ο συγκριτής που υπάρχει στο εσωτερικό του

# Κατάλογος υλικών

## Αντιστάσεις:

$R1 = R2 = 27k\Omega$

## Πυκνωτές:

$C1 = 4,7nF$

## Ημιαγωγοί:

IC1 = NE555

## Διάφορα:

-BZ1 = πιεζοηλεκτρικός βομβητής

-4 ακροδέκτες για κόλληση  
-2 υποδοχές για τους δύο ακροδέκτες όπως παραπάνω, στις οποίες κολλάμε μια μπαταριοθήκη 9 V.

-2 υποδοχές για δύο από τους παραπάνω ακροδέκτες, στις οποίες κολλάμε τα δύο σύρματα (ηλεκτρόδια) ελέγχου που είναι χωρίς πλαστικό περιβλήμα στη μία τους πλευρά.

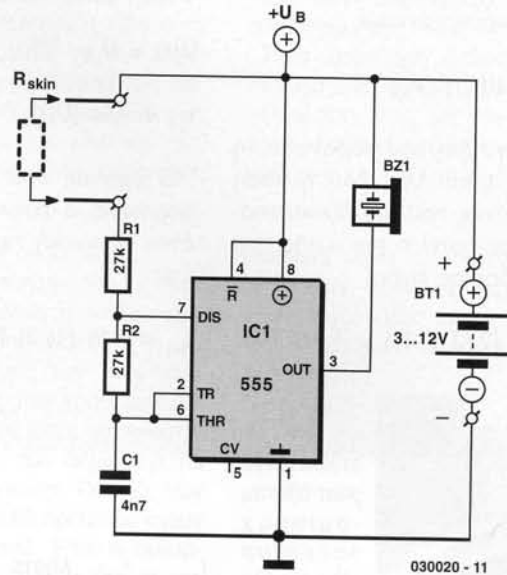
-Μπαταρία 9 V με τη θήκη της.

**Πλακέτα UPBS-1** (δείτε τον τιμοκατάλογο στο πίσω μέρος του περιοδικού)

ολοκληρωμένου συγκρίνει μέσω του ακροδέκτη 6 την τάση που υπάρχει στα άκρα του πυκνωτή με αυτήν της τάσης κατωφλίου. Όταν ξεπεραστεί αυτή η τάση η έξοδος του ολοκληρωμένου αλλάζει κατάσταση. Αυτό σημαίνει ότι η αναστρέφουσα έξοδος του flip - flop που υπάρχει μέσα στο ολοκληρωμένο θα αλλάξει κατάσταση. Αυτό προκαλεί μέσω της αγωγιμότητας ενός τρανζίστορ που επίσης βρίσκεται μέσα στο ολοκληρωμένο την εκφόρτιση του πυκνωτή μέσω του ακροδέκτη 7 και της R2. Πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι η διάρκεια που δεν είναι ενεργοποιημένη η έξοδος δεν εξαρτάται από την R1 ή την αντίσταση του δέρματος.

Ακολούθως, ένας δεύτερος συγκριτής που βρίσκεται μέσα στο ολοκληρωμένο αρχίζει να λειτουργεί συγκρίνοντας την τάση στα άκρα του πυκνωτή με την τάση κατωφλίου (ακροδέκτης 2). Όταν η τάση εξόδου του υπερβεί το 1/3 της τάσης τροφοδοσίας ενεργοποιείται το εσωτερικό flip - flop η έξοδος του ολοκληρωμένου αλλάζει κατάσταση και αρχίζει ξανά ένας νέος κύκλος σε όλη τη διαδικασία.

Δύο από τους ακροδέκτες του IC1 δεν χρησιμοποιούνται σε αυτή τη συνδεσμολογία. Ο ακροδέκτης 4 (η ανάστροφη ενεργοποίηση) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διακόψει πρόωρα τη φόρτιση του πυκνωτή. Αυτό μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο σε άλλα κυκλώματα αλλά δεν χρειάζεται σε αυτό το κύκλωμα. Εδώ αυτή η είσοδος έχει συνδεθεί στη θετική τροφοδοσία έτσι ώστε ο εσωτερικός συγκριτής να καθορίσει μόνος του πότε θα ενεργοποιήσει το flip - flop. Έτσι μας μένει μόνο η είσοδος ελέγχου (ακροδέκτης 5) που καθορίζει την αλλαγή της τιμής κατωφλίου. Η λειτουργία αυτή δεν χρησιμοποιείται εδώ και η είσοδος αυτή μένει «ανοικτή».

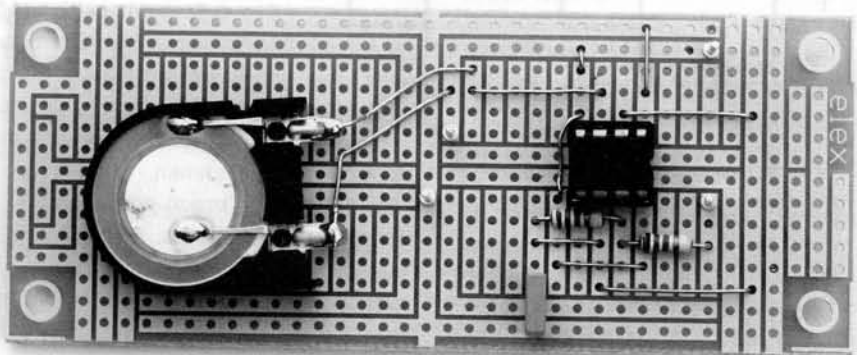


Σχ. 1: Το 555 σαν ασταθής πολυδονητής.

## Κατασκευή

Και για αυτή την κατασκευή έχουμε σχεδιάσει ένα τυπωμένο κύκλωμα αυτή τη φορά όχι ακριβώς όπως το περιμένετε από εμάς. Στο **σχήμα 2** σας δείχνουμε την τοποθέ-

τηση των εξαρτημάτων για την γενικής χρήσης πλακέτα πρωτοτύπων (UPBS-1) που μπορείτε να αγοράσετε από το περιοδικό. Φυσικά το ίδιο καλό αποτέλεσμα μπορούμε να πάρουμε με μια κοινή πλακέτα γενικών



Σχ. 2: Υπόδειγμα τοποθέτησης εξαρτημάτων στην πλακέτα UPBS-1.

# Υπολογισμός εξαρτημάτων

Όταν ένας πυκνωτής φορτίζεται σε σειρά με μια αντίσταση το ρεύμα φόρτισης δεν είναι σταθερό. Σαν επακόλουθο το ρεύμα φόρτισης έχει τη μορφή που προσδιορίζεται από την παρακάτω εξίσωση (σχήμα 3):

$$U(t) = U_b (1 - e^{-t/RC})$$

Σε αυτή την εξίσωση σημαντικό ρόλο παίζει η σταθερά χρόνου RC. Αυτή καθορίζει πόσο χρόνο θα πάρει στον πυκνωτή να φορτιστεί. Αναδιατάσσοντας αυτή την εξίσωση για να καθορίσουμε ακριβέστερα αυτό το χρόνο έχουμε:

$$t = -RC \ln (1 - U(t) / U_{cc})$$

Εδώ U(t) είναι η τάση που παράγεται τη χρονική στιγμή t και U<sub>b</sub> είναι η τάση φόρτισης. Ο χρόνος που χρειάζεται επομένως για να φορτιστεί ο πυκνωτής στα 2/3 της τροφοδοσίας είναι:

$$t = -RC \ln (1 - (2/3 / 1)) = 1,10 RC$$

Όταν έχει τροφοδοτηθεί το κύκλωμα ο πυκνωτής χρειάζεται να φορτιστεί αρχίζοντας μόνο από το 1/3 της τροφοδοσίας. Εάν αντικαταστήσουμε αυτό το χρόνο από αυτόν που μόλις υπολογίσαμε θα ξέρουμε τη διάρκεια που θα είναι ενεργοποιημένο το κύκλωμα:

$$t_{on} = 1,10 RC - 0,41 RC = 0,69 RC$$

Για το χρόνο απενεργοποίησης (την εκφόρτιση του πυκνωτή) μπορούμε να γράψουμε γενικά άλλη μια εξίσωση:

$$U(t) = U_0 e^{-t/RC}$$

$$\text{ή}$$

$$t_{off} = - \ln (U(t) / U_0) RC$$

Ο χρόνος που χρειάζεται για να εκφορτιστεί ο πυκνωτής στο 1/3 της U<sub>b</sub> όταν η αρχική τιμή είναι 2/3 της U<sub>b</sub> είναι:

$$t_{off} = - \ln (1/2) RC = 0,69 RC$$

Τώρα που ξέρουμε πόσο χρόνο θα πάρει για ένα κύκλο, δηλαδή ποια είναι η περίοδος του, μπορούμε να καθορίσουμε τη συχνότητα του σήματος στην έξοδο:

$$f = 1 / T, \text{ όπου } T = t_{on} + t_{off}$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές αντίστασης και χωρητικότητας στην εξίσωση για τους χρόνους t<sub>on</sub> και t<sub>off</sub> (σημείωση: όταν εκφορτίζεται το κύκλωμα μόνο η R2 είναι μέρος του δικτυώματος RC) μπορούμε να υπολογίσουμε τη συχνότητα του τόνου που θα ακούμε:

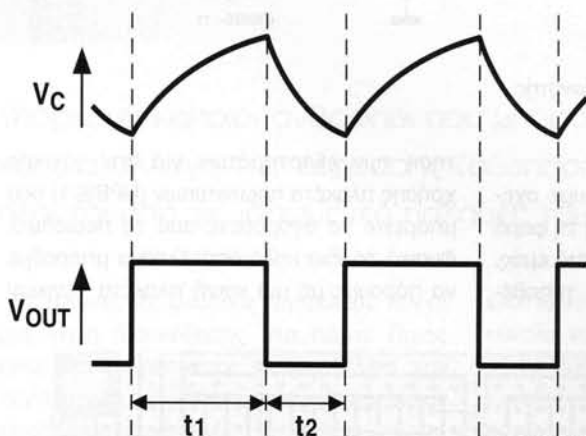
$$f = 1 / (t_{on} + t_{off})$$

$$f = 1,4 / C1 (R_{\text{δέρματος}} + R1 + 2 R2)$$

Εδώ:

$$F = 319 \times 10^6 / CR_{\text{δέρματος}} + 81 \times 10^3$$

**Συμπερασματικά:** μόνο η αντίσταση του δέρματος καθορίζει την συχνότητα.



Σχ. 3: Η τάση στα άκρα του πυκνωτή (πάνω) και το αντίστοιχο σήμα εξόδου (κάτω).

κατασκευών του εμπορίου με χαλκοδιαδρόμους ή συρματώσεων.

Εφόσον η κατασκευή είναι πολύ εύκολη το μόνο που χρειάζεται να ξεκαθαρίσουμε ακόμα είναι το πώς θα μετρήσουμε την αντίσταση του δέρματος. Πολύ απλά κολ-

λήστε δύο καλώδια, ένα στη θετική γραμμή τροφοδοσίας και ένα στην R1. Αφού ξεγεμνώσουμε π.χ. με έναν απογεμνωτή τα δύο άκρα που απομένουν, τα τυλίγουμε γύρω από τα δύο δάκτυλα του ενός χεριού. Αυτό είναι όλο!

## Τιμές των εξαρτημάτων

Στο ένθετο μπορείτε να διαβάσετε πώς υπολογίζονται οι τιμές των εξαρτημάτων. Εάν σας ενδιαφέρει μόνο το αποτέλεσμα, τότε μόνον η τελευταία εξίσωση είναι σημαντική.

Συνήθως η αντίσταση του δέρματος κυμαίνεται μεταξύ 10 και 500 kΩ. Με τις τιμές των εξαρτημάτων όπως σας τις δείχνουμε θα παράγεται για τον πιεζοηλεκτρικό βομβητή ένας τόνος μεταξύ 500 και 3500 Hz.

Η συχνότητα αυτή εξαρτάται κυρίως από την αντίσταση του δέρματος που όσο πιο

ιδρωμένο είναι τόσο καλύτερη αγωγιμότητα έχει και επομένως και χαμηλότερη αντίσταση. Όταν η αντίσταση μικραίνει «το υποκείμενο ελέγχου» αρχίζει να εκνευρίζεται με αυξανόμενο ρυθμό. Σημειώστε ότι ο ρυθμός αυτός δεν αποτελεί μια απόλυτη μέτρηση «της αλήθειας». Ένας άνθρωπος μπορεί να έχει μικρότερη αντίσταση στο δέρμα του από έναν άλλο. Αυτό δεν μας ενδιαφέρει εδώ αφού αυτό που «μετράει» είναι η αλλαγή. Η ανθρώπινη ακοή είναι συνήθως ευαίσθητη σε τέτοιες αλλαγές ρυθμού.

Μια πρόσθετη δυνατότητα του κυκλώματος είναι ότι και αυτό που ρωτάμε μπορεί να ακούσει τον τόνο. Αυτό (σε όποιον ψεύδεται) συχνά οδηγεί από το κακό στο χειρότερο. Παρά τις καλύτερες προειδοποιήσεις να μην ενδίδουμε κάτω από συνθήκες πίεσης, αυτή η ψυχολογική ανάδραση είναι συνήθως το τελευταίο χτύπημα που χρειάζεται ένας ψεύτης για να αποκαλυφθεί.