



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Διπλωματική Εργασία

***Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας Μελετών και
Κατασκευών Ηλεκτρονικών Διατάξεων/Συσκευών
με Εφαρμογές στην Κίνηση Οχημάτων και την
Ηλεκτροπαραγωγή***

Καραγιάννης Σάββας

71447202

Επιβλέπων καθηγητής:

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ Χ. ΠΑΠΑΚΙΤΣΟΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Τμήμα Μηχανικών
Βιομηχανικής Σχεδίασης & Παραγωγής

Διπλωματική Εργασία

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ/ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ
ΚΙΝΗΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

Καραγιάννης Σάββας

71447202

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1) Ε.Χ. ΠΑΠΑΚΙΤΣΟΣ	
2) Θ. ΓΚΑΝΕΤΣΟΣ	
3) Ν. ΛΑΣΚΑΡΗΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Καραγιάννης Σάββας του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 71447202, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



Καραγιάννης Σάββας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Παπακίτσο Ευάγγελο για την πολύτιμη καθοδήγηση, αλλά και τον κύριο Λάσκαρη Νικόλαο για την γενικότερη βοήθεια και συμπαράσταση. Επιπλέον θέλω να ευχαριστήσω όλους τους υπολοίπους καθηγητές του τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής που μου απέδειξαν ο καθένας ξεχωριστά ότι πριν έξι χρόνια έκανα μία πολύ σωστή επιλογή. Δηλώνω ευγνώμων για το εύρος γνώσεων που έχω αποκομίσει καθώς συναντώ καθημερινά την αξία και την αναγκαιότητα του κλάδου στον οποίο βρίσκομαι. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω αλλά και να αφιερώσω την πτυχιακή μου εργασία στην οικογένεια μου η οποία με στήριζε στις αποτυχίες και με επαινούσε στις επιτυχίες όλα αυτά τα χρόνια της φοίτησής μου στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική αφορά στη μελέτη και την αποδελτίωση της βιβλιογραφίας που σχετίζεται με θέματα μελετών και κατασκευών με εφαρμογές στην κίνηση οχημάτων και ηλεκτροπαραγωγής.

Η μεθοδολογία συγγραφής στηρίζεται στην κατανόηση και μετάφραση σχετικών αρχείων, σε συνδυασμό με σχεδιαγράμματα, προσχέδια, πίνακες και εικόνες κυκλωμάτων, έτσι ώστε το περιεχόμενο να είναι φιλικό προς τον αναγνώστη και ο σκοπός εμφανής.

Πιο συγκεκριμένα, σκοπός της εργασίας είναι η γνωριμία του αναγνώστη με τα βασικά στοιχεία ενός κυκλώματος όπως είναι για παράδειγμα η τάση, η αντίσταση, ο πυκνωτής και κάποιες έννοιες όπως είναι το εναλλασσόμενο ρεύμα. Για κάθε ένα ξεχωριστά γίνεται μία αναλυτική περιγραφή της σχεδίασης, της κατασκευής και της χρήσης του μέσα σε ολοκληρωμένα κυκλώματα. Τη σκυτάλη παίρνουν οι ηλεκτρονικές διατάξεις - συσκευές, με τον τρόπο λειτουργίας τους, τις δυνατότητες που παρέχουν στο χρήστη, τις εφαρμογές τους και τους συνδυασμούς που κάνουν μεταξύ τους αλλά και με τα βασικά στοιχεία που αναφέρθηκαν στο πρώτο κεφάλαιο. Ακολούθως παρατίθενται οι εφαρμογές, καθώς και οι επιλογές του χρήστη σύμφωνα με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των τρόπων δημιουργίας- σύνδεσης ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Επιλογικά, παρουσιάζονται εναλλακτικές μορφές ροής ρεύματος οι οποίες χρήζουν περαιτέρω έρευνα, έτσι ώστε να θεμελιωθούν οι δυνατότητες και οι εφαρμογές τους.

ABSTRACT

REVIEW OF STUDIES FOCUSED ON ELECTRONIC CONFIGURATIONS AND DEVICES WITH APPLICATIONS ON THE MOVE OF VEHICLES AND THE ELECTRICITY PRODUCTION

This thesis, concerns the study and review of the bibliography related to studies and constructions with applications in the movement of vehicles and power generation.

The writing methodology, is understanding and translating related files, combined with schematics, blueprints, tables and circuit images, so that the content is reader-friendly and the purpose clear.

More specifically, the purpose of the project is to acquaint the reader with the basic elements of a circuit such as voltage, resistance, capacitor and some concepts such as alternating current. For each one separately, a detailed description of its design, construction and use in integrated circuits, is given. The baton is taken by the electronic arrangements - devices, with their mode of operation, the possibilities they provide to the user, their applications and the combinations they make with each other and with the basic elements mentioned in the first chapter. Next, the applications are listed, as well as the user's options according to the advantages and disadvantages of the ways of creating and connecting integrated circuits. In closing, alternative forms of current flow, which need further research, are presented so as to establish their possibilities and applications.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1. Τάση	7
1.2. Αντίσταση	8
1.3. Πυκνωτές	16
1.4. Ημιαγωγοί	19
1.5. Πολύμετρο	23
1.6. Η Δίοδος	24
1.6.1. Δίοδοι Εκπομπής Φωτός	26
1.6.2. Θυρίστορ («SCR») και Triac	27
1.6.3. Οπτικοί Απομονωτές	27
1.7. Εναλλασσόμενο ρεύμα	27
1.8. Πηνία ("επαγωγείς") και Σωληνοειδή	28
1.9. Μετασχηματιστές	32
2. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ-ΣΥΣΚΕΥΕΣ	34
2.1. Ανόρθωση και Τροφοδοτικά	34
2.2. Ο διπλασιαστής τάσης	37
2.3. Πολυδονητές	38
2.3.1. Ο Μονοσταθερός Πολυδονητής	40
2.3.2. Ο Ασταθής Πολυδονητής	41
2.4. Μετατροπείς και Πίνακες Αληθείας	42
2.4.1. Πύλη	45
2.4.2. Κυκλώματα πύλης	49
2.4.3. Η πύλη NAND ως ενισχυτής	52
2.5. Το τσιπ χρονοδιακόπτης NE555	54
2.6. Ο Λειτουργικός Ενισχυτής 741	70
2.7. Το SCR και το Triac	72
2.8. Hex Inverter Signal Generator	75
2.9. Το τσιπ 4022 Divide-by-Eight	75
2.10. Το 4017 Divide-by-Ten Chip	77
2.11. Ένα κύκλωμα Divide-By-Twenty-five	79
2.12. Η επανάσταση του PIC	80
3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	85
3.1. Συντονισμός	85
3.2. Κατασκευή Πρωτοτύπων – Υλικά	87
3.2.1. Breadboard	87
3.2.2. Ηλεκτρικές βιδωτές λωρίδες σύνδεσης	87
3.2.3. Stripboard	89
3.2.4. Πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος	89
3.3. Κατασκευή Πρωτοτύπων – Διεργασία	89
3.3.1. Εξοπλισμός δοκιμής	92
3.3.2. Μέτρηση ισχύος μαγνητικού πεδίου	93
3.3.3. Άλλες κατασκευές	93
4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	96

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

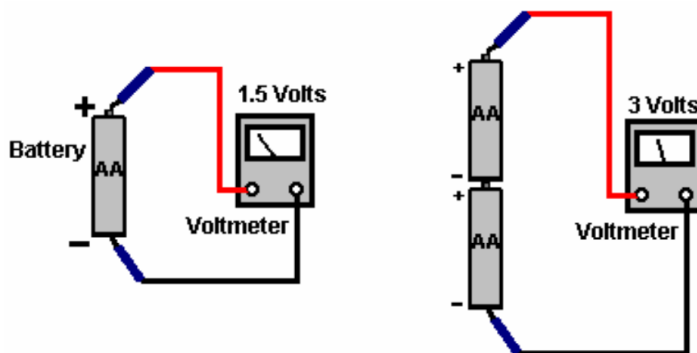
Η παρούσα εργασία έχει σκοπό να προσφέρει μία επαρκή γνώση η οποία θα βοηθήσει στην κατανόηση, τη δημιουργία και τον σχεδιασμό απλών κυκλωμάτων, όπως για παράδειγμα τα ελεγχόμενα κυκλώματα που χρησιμοποιούνται από τις συσκευές ελεύθερης ενέργειας (Free Energy), οι οποίες θα αναλυθούν εκτενέστερα παρακάτω, με εφαρμογές στην κίνηση οχημάτων και την ηλεκτροπαραγωγή. Προηγείται η παράθεση των βασικών εννοιών [1].

1.1. Τάση

Η τάση είναι το κλειδί για την κατανόηση των ηλεκτρονικών. Είναι επίσης γνωστή ως «ηλεκτροκινητήρια δύναμη». Μία καινούρια μπαταρία έχει τάση μεταξύ των τερματικών της. Η τάση λοιπόν δημιουργεί ρεύμα το οποίο ρέει σε οποιοδήποτε ολοκληρωμένο κύκλωμα είναι συνδεδεμένο κατά μήκος της. Το ρεύμα λοιπόν που ρέει στο κύκλωμα μπορεί να προκαλέσει πολλά αποτελέσματα, όπως τη δημιουργία φωτός, τη δημιουργία ήχου, τη δημιουργία θερμότητας, τη δημιουργία μαγνητισμού, τη δημιουργία κίνησης, τη δημιουργία σπίθας κτλ.

Χρησιμοποιώντας το κύκλωμα που έχει δημιουργηθεί από την τάση, μία συσκευή που ονομάζεται «Βολτόμετρο», μπορεί να προσδιορίζει το μέγεθος της τάσης. Όσο μεγαλύτερη η τάση, τόσο μεγαλύτερο το ρεύμα και τόσο μεγαλύτερη η ένδειξη στο βολτόμετρο. Το βολτόμετρο μπορεί να έχει αριθμητική ένδειξη, η οποία διαβάζεται απευθείας από την ένδειξη, αλλά επίσης μπορεί να έχει αναλογική ένδειξη όπου η τάση ορίζεται από μία βελόνα σε μία κλίμακα. Το μέγεθος της τάσης μετρείται σε Volt (V), το οποίο είναι μονάδα μέτρησης που ονομάστηκε έτσι από τον Volta, τον άνθρωπο δηλαδή που σύστησε την τάση στον κόσμο. Πάντα υπήρχε η τάση αλλά δεν γνωρίζαμε την ύπαρξή της.

Οι τάσεις προστίθενται αν είναι συνδεδεμένες με τον κατάλληλο τρόπο, δηλαδή οι θετικοί πόλοι (+) να κοιτούν προς την ίδια κατεύθυνση:



Το φυσικό μέγεθος της μπαταρίας συχνά υποδηλώνει το χρονικό διάστημα το οποίο μπορεί η μπαταρία να παρέχει ρεύμα. Όσο μεγαλύτερη η μπαταρία, τόσο μεγαλύτερος και ο χρόνος ο οποίος μπορεί να παρέχει ρεύμα. Η μπαταρία είναι κατασκευασμένη από έναν συγκεκριμένο αριθμό «κυττάρων». Ο αριθμός των κυττάρων σε μία μπαταρία, καθορίζει την τάση της μπαταρίας. Για παράδειγμα μία μπαταρία μεγέθους «AA», αποτελείται από ένα «κύτταρο» και παράγει έως και 1,5 V όταν είναι καινούρια. Η κατά πολύ μεγαλύτερη μπαταρία μεγέθους «D» επίσης αποτελείται από 1 «κύτταρο» και επίσης παράγει έως και 1,5 V όταν είναι καινούρια. Η διαφορά μεταξύ των δύο μπαταριών, πέραν από το υψηλότερο κόστος της D, είναι το γεγονός ότι η D μπορεί να παρέχει πολύ μεγαλύτερο ρεύμα σε περίπτωση που και οι δύο μπαταρίες είναι αποφορτισμένες το ίδιο χρονικό διάστημα.

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι μπαταρίας όσον αφορά την κατασκευή. Η επαναφορτιζόμενη NiCad μπαταρία, αποτελείται από ένα και μόνο κύτταρο, αλλά η μέθοδος που κατασκευάστηκε δηλώνει ότι μπορεί να παράγει περίπου 1,35 V όταν είναι πλήρως φορτισμένη. Επιπλέον, οι NiCad μπαταρίες έχουν χαρακτηριστικό μνήμης κατά την οποία αν επαναφορτιστούν πριν αποφορτιστούν πλήρως, τότε την επόμενη φορά που θα αρχίσουν να αποφορτίζονται, θα αποφορτιστούν πλήρως στο επίπεδο που ξεκίνησε η προηγούμενη φόρτιση. Συνοψίζοντας, είναι καλή ιδέα η πλήρης αποφόρτιση της NiCad μπαταρίας πριν επαναφορτιστεί.

Οι μπαταρίες των αυτοκινήτων και των μοτοσυκλετών περιγράφονται ως Μόλυβδου/Οξέος (Lead/Acid). Αυτός ο τύπος μπαταρίας δεν θεωρείται βολικός, διότι είναι ογκώδης, βαρύς και δυνητικά διαβρωτικός. Το μεγάλο πλεονέκτημα όμως είναι η ικανότητα να παράγει πολύ υψηλό ρεύμα και να παρέχει 2,0 V ανά κύτταρο. Οι συγκεκριμένες μπαταρίες παράγονται ως 6 V ή 12 V ανά μονάδα. Τα Αμπερώρια (AHr) της lead/acid μπαταρίας αυτοκινήτου παρατίθενται συνήθως για 20 ώρες χρόνου αποφόρτισης. Έτσι λοιπόν, μία πλήρως φορτισμένη καινούρια μπαταρία των 20 AHr, μπορεί να παρέχει 1 Ampere (A) για 20 ώρες συνεχόμενης χρήσης. Μία μπαταρία η οποία είναι φορτισμένη για να παρέχει 5 A, δεν θα παρέχει αυτό το ρεύμα για 4 ώρες, αλλά ίσως διαρκέσει 2 ώρες ή και λίγο λιγότερο.

Οι Κεντρικές Μονάδες (Main Units), είναι γνωστές και ως Μονάδες Παροχής Ενέργειας (Power Supply Units) ή ΜΠΕ (PSU) για συντομογραφία. Αυτές λοιπόν, μετατρέπουν τις κύριες τάσεις (220 V, 110 V) σε κάποιες βολικότερες χαμηλές τάσεις όπως 12 V, 9 V, 6 V ή σε οτιδήποτε άλλο χρειάζεται. Μία κεντρική μονάδα έχει τη δυνατότητα να παρέχει διαφορετικές τάσεις ταυτόχρονα.

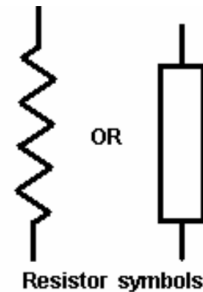
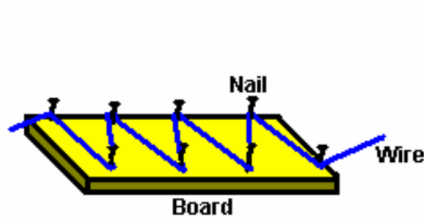
1.2. Αντίσταση

Η οικειότητα με την τάση και την αντίσταση είναι το κλειδί για την κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Αντίσταση ονομάζεται η μέτρηση του πόσο δύσκολα ρέει το ρεύμα μέσα από κάποιον αγωγό. Κάποια υλικά όπως το γυαλί, τα κεραμικά, το ξύλο και τα περισσότερα πλαστικά δεν μεταφέρουν εύκολα ρεύμα και για αυτό τον λόγο ονομάζονται «μονωτές». Αυτός είναι και ο λόγος που τα καλώδια πάνω στους πυλώνες, είναι κρεμασμένα από κεραμικούς δίσκους. Το ρεύμα ρέει εύκολα μέσα από μέταλλα και κυρίως από την επιφάνεια των μετάλλων. Αυτός είναι και ο λόγος άλλωστε που τα καλώδια τα οποία είναι φτιαγμένα από μεταλλικά σύρματα, περιβάλλονται από μία στρώση πλαστικού μονωτή. Τα υψηλής τάσης καλώδια είναι κατασκευασμένα από πολλά μικρής διαμέτρου σύρματα, καθώς αυτός ο τρόπος αυξάνει την επιφάνεια του μετάλλου σε κάθε διατομή του πυρήνα του μετάλλου, πράγμα το οποίο κάνει το καλώδιο πιο ευλύγιστο και γενικότερα πιο ακριβό.

Επίσης σημαντική είναι μία τρίτη κατηγορία υλικών, η σιλικόνη και το γερμάνιο πιο συγκεκριμένα, τα οποία κατατάσσονται μεταξύ αγωγών και μονωτών. Επομένως, ονομάζονται «ημιαγωγοί» και το μέγεθος του ρεύματος που τους διαπερνάει εξαρτάται από τις συνθήκες στις οποίες βρίσκονται.

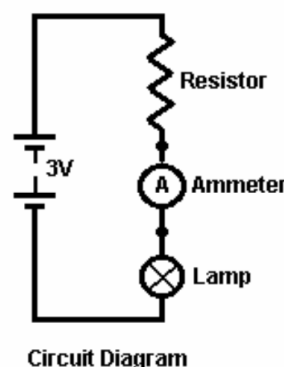
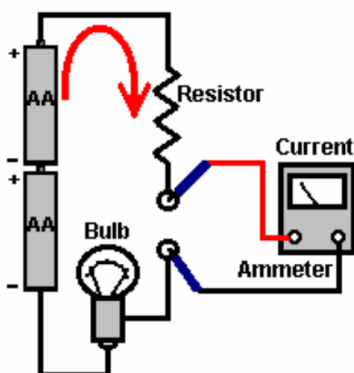
Όταν ένα μεταλλικό σύρμα μεταφέρει το ρεύμα πολύ καλά, δεν είναι ιδανικό για τη δουλειά οπότε είναι απαραίτητη μία αντίσταση για το ρεύμα που το διαρρέει. Όσο παχύτερο είναι το σύρμα, τόσο μικρότερη η αντίσταση. Όσο μικρότερο σε μήκος είναι το σύρμα, τόσο μικρότερη είναι η αντίσταση. Οι πρώτοι ερευνητές χρησιμοποιούσαν αυτό το χαρακτηριστικό για να ελέγχουν τον τρόπο που λειτουργούν τα κυκλώματα. Καμιά φορά, όσο μεγαλύτερες ήταν οι

αντιστάσεις που χρειάζονταν, οι ερευνητές συνήθιζαν να χρησιμοποιούν μακρύτερα σύρματα τα οποία ήταν μπλεγμένα. Για να ελέγχουν λοιπόν τα σύρματα, χρησιμοποιούσαν μία σανίδα με καρφιά από την μία άκρη στην άλλη και το σύρμα τα διαπερνούσε όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Κατά τον σχεδιασμό ενός κυκλώματος, οι ερευνητές σχεδίαζαν το σύρμα σε σχήμα ζιγκ-ζαγκ, κάτι το οποίο ακόμα και σήμερα αντιπροσωπεύει μία «αντίσταση», παρά το γεγονός ότι ποικίλουν οι τρόποι για την κατασκευή της. Μία εναλλακτική μορφή της αντίστασης είναι ένα επίπεδο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

Αν μία αντίσταση συνδεθεί κατά μήκος μίας μπαταρίας, τότε δημιουργείται ένα κύκλωμα και το ρεύμα ρέει στο κύκλωμα. Το ρεύμα δεν μπορεί να γίνει ορατό, παρόλα αυτά, αυτό δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει. Το ρεύμα μετριέται σε Αμπέρ (A) και το εργαλείο απεικόνισης του είναι το αμπερόμετρο. Αν συνδέσουμε ένα αμπερόμετρο σε ένα κύκλωμα, αυτό θα μας δείξει το ρεύμα που ρέει στο κύκλωμα. Συμπληρωματικά, ένα αμπερόμετρο από μόνο του έχει μικρή αντίσταση, οπότε η σύνδεσή του πάνω στο κύκλωμα μειώνει πολύ λίγο το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα. Αυτό φαίνεται και στη λυχνία. Αν το ρεύμα το οποίο διαρρέει το κύκλωμα είναι επαρκώς υψηλό και η λυχνία έχει επιλεγεί σωστά, τότε θα ανάψει, δείχνοντας ότι το ρεύμα ρέει, ενώ το αμπερόμετρο υποδεικνύει ακριβώς πόσο ρεύμα περνάει.



Στο δεξί σχήμα φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο ένα κύκλωμα θα απεικονιζόταν από τους ειδικούς των ηλεκτρονικών (η «αντίσταση», το «αμπερόμετρο» και η «λυχνία» είναι μερικές από τις επιγραφές οι οποίες σχεδόν ποτέ δεν αναγράφονται δίπλα από το κύκλωμα. Υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί τρόποι για να σχεδιαστεί ένα κύκλωμα, αλλά είναι ίδιοι όσον αφορά τα απαραίτητα. Ένα σημαντικό κοινό χαρακτηριστικό, αν δεν υπάρχει κάποιος ασυνήθιστος και σημαντικός λόγος να μην ισχύει, είναι ότι σε όλα τα πρότυπα διαγράμματα ο θετικός πόλος σχεδιάζεται ως μία μεγαλύτερη οριζόντια γραμμή στην κορυφή του κυκλώματος, ενώ ο αρνητικός πόλος σχεδιάζεται ως μία μικρότερη οριζόντια γραμμή στο κάτω μέρος του κυκλώματος. Συχνά μάλιστα αναφέρονται και ως θετικές και αρνητικές «ράγες». Όπου είναι

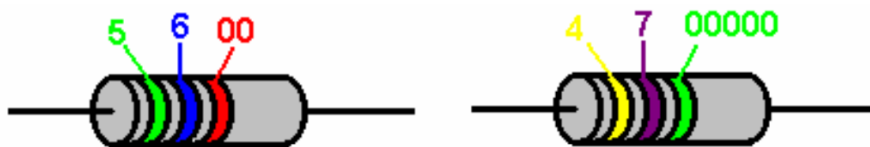
εφικτό, αυτή η λειτουργία γίνεται από τα αριστερά προς τα δεξιά. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη ενέργεια του κυκλώματος γίνεται στα αριστερά και η τελευταία ενέργεια γίνεται στα δεξιά του κυκλώματος.

Οι αντιστάσεις κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη και ποικιλίες. Κατασκευάζονται σε «σταθερές» και «μεταβλητές» εκδόσεις. Η πιο συνηθισμένη είναι η σταθερή κατασκευασμένη από άνθρακα και εύρος «E12». Αυτό είναι ένα εύρος τιμών το οποίο έχει 12 αντιστάσεις με τιμές οι οποίες επαναλαμβάνονται: 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82 και στη συνέχεια: 100, 120, 150, 180, 220, 270, 330, 390, 470, 560, 680, 820 και στη συνέχεια: 1000, 1200, 1500, 1800, 2200, 2700, 3300, 3900, 4700, 5600, 6800, 8200, και πάει λέγοντας. Στις μέρες μας, τα κυκλώματα κουβαλούν λίγη ενέργεια οπότε οι αντιστάσεις μπορούν, και είναι, κατασκευασμένες με πολύ μικρές φυσικές διαστάσεις. Όσο μεγαλύτερη η τιμή της αντίστασης, τόσο μικρότερο το ρεύμα που θα περάσει όταν τοποθετηθεί τάση απέναντί της. Καθώς θα ήταν αρκετά δύσκολο να διαβαστούν πάνω σε μικρές αντιστάσεις, ομαδοποιημένες, σε ένα κύκλωμα το οποίο αποτελείται και από άλλα μεγαλύτερα στοιχεία, οι τιμές των αντιστάσεων δεν είναι γραμμένες πάνω στις αντιστάσεις. Αντί αυτού, οι αντιστάσεις είναι κωδικοποιημένες χρωματικά. Η μονάδα μέτρησης για τις αντιστάσεις είναι το «Ohm» (Ω), το οποίο έχει πολύ μικρό μέγεθος. Η περισσότερες αντιστάσεις που συναντάει κανείς έχουν εύρος μεταξύ 100 Ω μέχρι 1.000.000 Ω . Όσο μεγαλύτερη η τιμή της αντίστασης, τόσο μικρότερο είναι το ρεύμα το οποίο περνάει.

Οι χρωματικοί κωδικοί που χρησιμοποιούνται στις αντιστάσεις είναι οι εξής:

0 Μαύρο	5 Πράσινο
1 Καφέ	6 Μπλε
2 Κόκκινο	7 Μωβ (Βιολετί)
3 Πορτοκαλί	8 Γκρι
4 Κίτρινο	9 Λευκό

Κάθε αντίσταση έχει τυπικά τρεις χρωματικές ζώνες για να προσδιορίζει την αξία της. Οι πρώτες δύο ζώνες είναι οι αριθμοί και η τρίτη ζώνη είναι ο αριθμός των μηδενικών.



Πράσινο: 5
Μπλε: 6
Κόκκινο: 2 μηδενικά
Αξία: 5600 Ω ή 5.6K ή 5K6

Κίτρινο: 4
Μωβ: 7
Πράσινο: 5 μηδενικά
Αξία: 4.700.000 Ω ή 4.7M ή 4M7

Οι χρωματικές ζώνες διαβάζονται από τα αριστερά προς τα δεξιά και η πρώτη ζώνη είναι κοντά στη μία άκρη του σώματος της αντίστασης. Συχνά υπάρχει και μία τέταρτη ζώνη η οποία υποδεικνύει την κατασκευαστική ανοχή.

Καθώς υπάρχουν μόνο 12 τυπικές τιμές αντίστασης ανά δεκάδα, υπάρχουν μόνο 12 σεντ των δύο πρώτων ζωνών χρώματος:

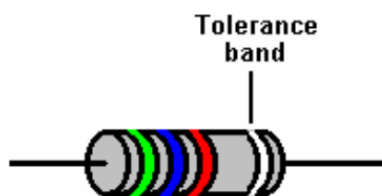
10: Καφέ/Μαύρο,
 12: Καφέ/Κόκκινο,
 15: Καφέ/Πράσινο,
 18: Καφέ/Γκρι

22: Κόκκινο/Κόκκινο,
 27: Κόκκινο/Μωβ
 33: Πορτοκαλί/Πορτοκαλί,
 39: Πορτοκαλί/Λευκό

47: Κίτρινο/Μωβ
 56: Πράσινο/Μπλε
 68: Μπλε/Γκρι
 82: Γκρι/Κόκκινο

Black = 0 or None, Brown = 1, Red = 2, Orange = 3, Yellow = 4, Green = 5, Blue = 6, Purple = 7, Grey = 8, White = 9

Τα παραπάνω δεδομένα δίνουν όλες τις βασικές πληροφορίες για τις χρωματικές ζώνες πάνω στις αντιστάσεις. Υπάρχει μία επιπλέον χρωματική ζώνη στην άλλη άκρη του σώματος της αντίστασης όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



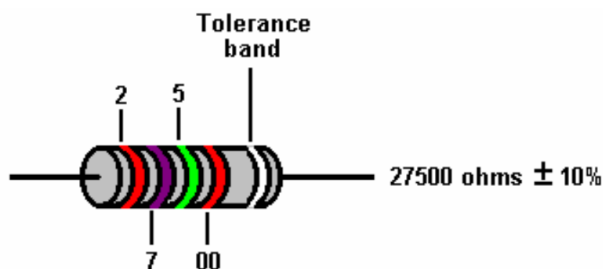
Αυτή η επιπλέον χρωματική ζώνη χρησιμοποιείται για να υποδεικνύει την κατασκευαστική ανοχή του κατασκευαστή της αντίστασης. Οι τιμές των αντιστάσεων δεν είναι ποτέ ακριβείς, αλλά αυτό σπάνια έχει σημαντικές επιπτώσεις στη χρήση τους σε κύκλωμα. Αν κάποιο κύκλωμα χρειάζεται μία αντίσταση με μεγάλη ακρίβεια, τότε μία λύση είναι η αγορά πολλών αντιστάσεων με την ίδια ονομαστική τιμή και η χρήση ενός ωμόμετρου για τη μέτρηση των πραγματικών τιμών των αντιστάσεων. Αν καμία από τις αντιστάσεις δεν είναι τέλεια τότε χρησιμοποιούνται δύο ή παραπάνω αντιστάσεις για να δώσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Η ζώνη ανοχής έχει τους ακόλουθους κωδικούς:

- Το ασήμι είναι $\pm 10\%$ (δηλαδή μια αντίσταση 10K αυτού του τύπου θα πρέπει να είναι μεταξύ 9K και 11K)
- Χρυσό $\pm 5\%$ (δηλαδή μια αντίσταση 10K αυτού του τύπου πρέπει να είναι μεταξύ 9,5K και 10,5K)
- Κόκκινο $\pm 2\%$ (δηλαδή μια αντίσταση 10K αυτού του τύπου πρέπει να είναι μεταξύ 9,8K και 10,2K)

- Καφέ $\pm 1\%$ (δηλαδή μια αντίσταση 10K αυτού του τύπου θα πρέπει να είναι μεταξύ 9,9K και 10,1K)
- Πράσινο $\pm 0,5\%$ (δηλαδή μια αντίσταση 10K αυτού του τύπου πρέπει να είναι μεταξύ 9,95K και 10,05K)
- Μπλε $\pm 0,25\%$ (δηλαδή μια αντίσταση 10K αυτού του τύπου θα πρέπει να είναι μεταξύ 9,975K και 10,025K)
- Μωβ $\pm 0,1\%$ (δηλαδή μια αντίσταση 10K αυτού του τύπου θα πρέπει να είναι μεταξύ 9,99K και 10,01K)

Αυτός ο τύπος αντίστασης στο εύρος 10% και 5%, είναι ο πιο συνηθισμένος, καθώς είναι ο φθηνότερος στην αγορά και έτσι τείνουν να είναι οι πιο δημοφιλείς. Πρόσφατα, ωστόσο, εισήχθησαν δύο προσθήκες στην κωδικοποίηση, για να καταστούν δυνατές οι αντιστάσεις πολύ υψηλών προδιαγραφών που μπορεί να μη συναντήσει ποτέ ο μέσος κατασκευαστής. Κάθε μία από αυτές τις προσθήκες περιλαμβάνει μια επιπλέον χρωματική ζώνη. Η πρώτη πρόσθετη χρωματική ζώνη επιτρέπει ένα επιπλέον ψηφίο στην τιμή της αντίστασης και μοιάζει με αυτό:



Όπως και προηγουμένως, η χρωματική κωδικοποίηση είναι ακριβώς η ίδια, με την τέταρτη χρωματική ζώνη να προσδιορίζει τον αριθμό των μηδενικών, μετά από τα ψηφία που υποδεικνύονται από τις χρωματικές ζώνες μπροστά της. Έτσι, στο παράδειγμα που φαίνεται παραπάνω, η πρώτη χρωματική ζώνη που είναι κόκκινη υποδηλώνει ένα "2". Η δεύτερη χρωματική ζώνη που είναι Μωβ υποδηλώνει ένα "7". Η τρίτη χρωματική ζώνη που είναι πράσινη υποδηλώνει ένα "5" και η τέταρτη χρωματική ζώνη που είναι Κόκκινη υποδηλώνει "2 μηδενικά", οπότε αν τα βάλεις μαζί, παράγει την τιμή 27.500 Ω, η οποία μπορεί επίσης να γραφτεί ως 27,5 K ή πιο σύντομα ως 27K5.

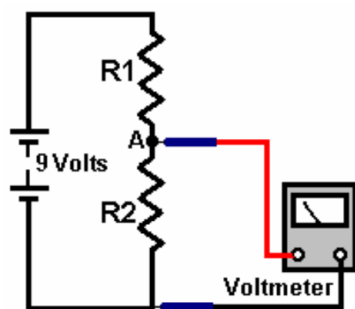
Τέλος, για εφαρμογές πολύ υψηλής ποιότητας (συνήθως στρατιωτικές εφαρμογές), μπορεί να υπάρχει μια έκτη χρωματική ζώνη η οποία τοποθετείται έξω από τη ζώνη ανοχής και αυτή η τελική χρωματική ζώνη δηλώνει πόση μπορεί να είναι η τιμή της αντίστασης που αναμένεται να αλλάξει με τις αλλαγές της θερμοκρασίας. Αυτό δεν είναι κάτι που είναι πιθανό να ενδιαφέρει, αλλά οι κωδικοί για αυτήν την τελική χρωματική ζώνη είναι:

- Καφέ: 0,01% της τιμής της αντίστασης για κάθε βαθμό Κελσίου μεταβολής της θερμοκρασίας.
- Κόκκινο: 0,005% της τιμής της αντίστασης για κάθε βαθμό Κελσίου μεταβολής της θερμοκρασίας.
- Κίτρινο: 0,0025% της τιμής της αντίστασης για κάθε βαθμό Κελσίου μεταβολής της θερμοκρασίας.

- Πορτοκαλί: 0,0015% της τιμής της αντίστασης για κάθε βαθμό Κελσίου μεταβολής της θερμοκρασίας.

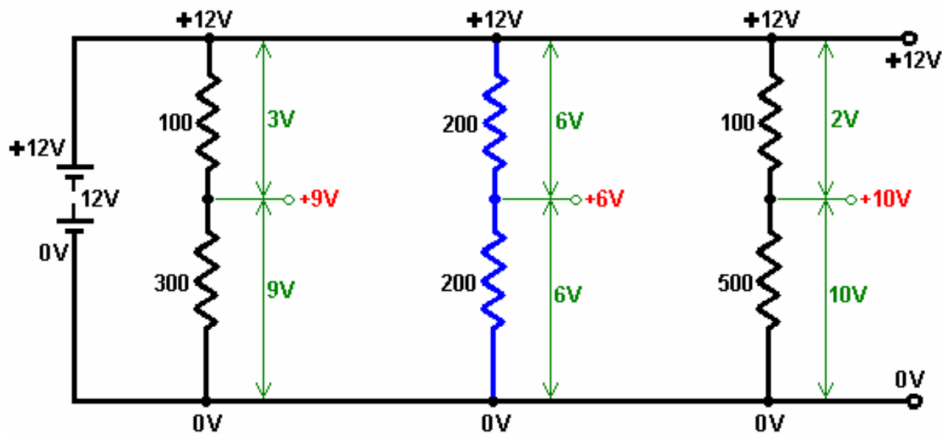
Το χειρότερο από τα παραπάνω αντιπροσωπεύει μια αλλαγή 1% στην τιμή της αντίστασης κατά τη μεταβολή της θερμοκρασίας, από θερμοκρασία πάγου στη θερμοκρασία του βραστού νερού.

Όταν υπάρχουν παραπάνω από μία αντιστάσεις σε ένα κύκλωμα, το σημαντικότερο είναι να παρακολουθούνται οι τάσεις που δημιουργούνται στο κύκλωμα. Αυτές προσδιορίζουν το ρεύμα που ρέει, την ενέργεια που χρησιμοποιείται και τον τρόπο με τον οποίο το κύκλωμα θα αντιδράσει σε εξωτερικούς παράγοντες. Έστω το παρακάτω κύκλωμα για παράδειγμα:

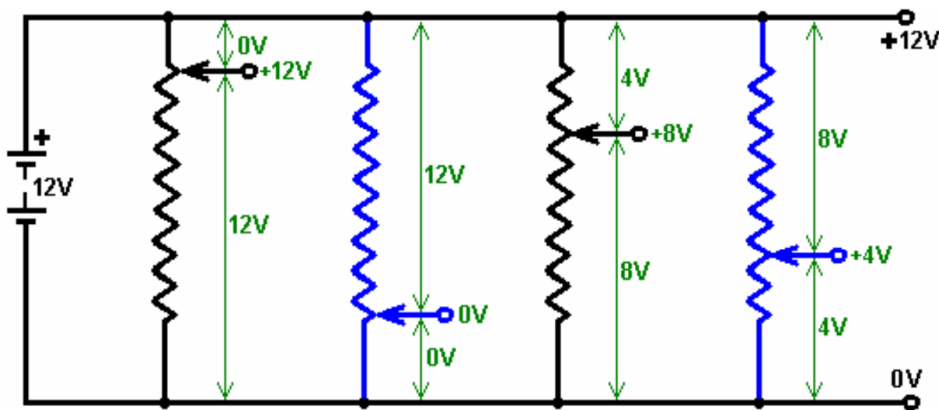


Αν η αντίσταση R1 έχει την ίδια τιμή με την αντίσταση R2, τότε η τάση στο σημείο «Α» είναι η μισή από την τάση της μπαταρίας (πηγής), δηλαδή 4,5 V. Μισή από την τάση της μπαταρίας εισέρχεται στην R1 και μισή εισέρχεται στην R2. Δεν παίζει ρόλο πόσο είναι η τιμή της κάθε αντίστασης. Αυτό που έχει σημασία είναι οι τιμές των δύο αντιστάσεων να είναι ακριβώς ίσες. Όσο μεγαλύτερη η αντίσταση, τόσο μικρότερο το ρεύμα που διαπερνά, τόσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια της μπαταρίας και τόσο δυσκολότερο είναι να μετρήσουμε την τάση με ακρίβεια.

Δεν χρειάζεται να κάνουμε υπολογισμούς για τον προσδιορισμό της τάσης στο σημείο "Α", καθώς είναι ο λόγος των τιμών της αντίστασης που καθορίζει την τάση. Εάν θέλουμε πραγματικά, μπορούμε να υπολογίσουμε την τάση αν και αυτό δεν είναι απαραίτητο. Για παράδειγμα, εάν οι R1 και R2 έχουν τιμή 50 Ω, τότε το ρεύμα που τις διαρρέει θα είναι $9\text{ V} / 100\ \Omega = 0,09\text{ A}$ (ή 90 mA). Η πτώση τάσης κατά μήκος του R1 θα είναι $50\ \Omega = V / 0,09\text{ A}$ ή $V = 4,5\text{ V}$. Ακριβώς ο ίδιος υπολογισμός δείχνει ότι η τάση στην R2 είναι ακριβώς 4,5 V. Ωστόσο, το σημείο που πρέπει να τονιστεί εδώ είναι ότι η αναλογία R1 προς R2 είναι εκείνη που ελέγχει την τάση στο σημείο «Α». Εάν η R1 έχει τη μισή αντίσταση από την R2, τότε πέφτει πάνω της η μισή τάση από αυτή που πέφτει στην R2, δηλ. 3 V πέφτουν στη R1, δίνοντας στο σημείο «Α» τάση 6 V και αυτό λοιπόν θα δείξει το βολτόμετρο. Και πάλι, δεν έχει σημασία ποια είναι η πραγματική τιμή της R1 σε Ω, εφόσον η R2 έχει ακριβώς διπλάσια αντίσταση (εμφανίζεται με μεγαλύτερο αριθμό στην αντίσταση). Εάν η R1 έχει διπλάσια αντίσταση από την R2, τότε πέφτει διπλάσια τάση σε αυτήν από ό,τι πέφτει στην R2, δηλαδή 6 V πέφτουν στην R1, δίνοντας στο σημείο «Α» τάση 3 V. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα με διαφορετικές αντιστάσεις:

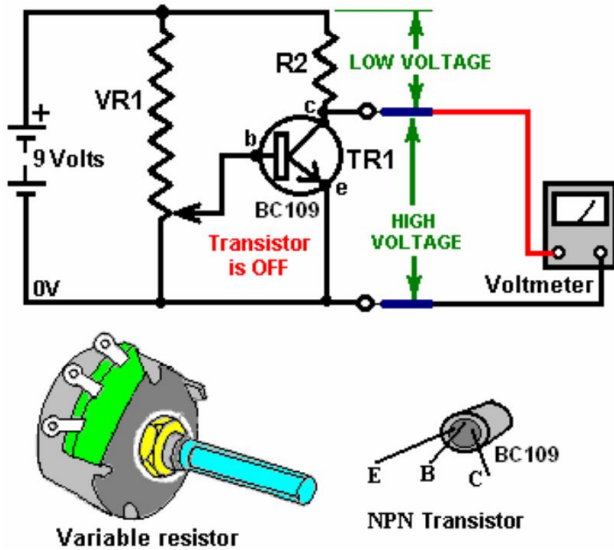


Η ίδια διαίρεση της τάσης τροφοδοσίας μπορεί να παραχθεί τοποθετώντας το ρυθμιστικό μιας μεταβλητής αντίστασης σε διαφορετικό σημείο μέσα στο κύκλωμα, περιστρέφοντας τον άξονα της συσκευής:

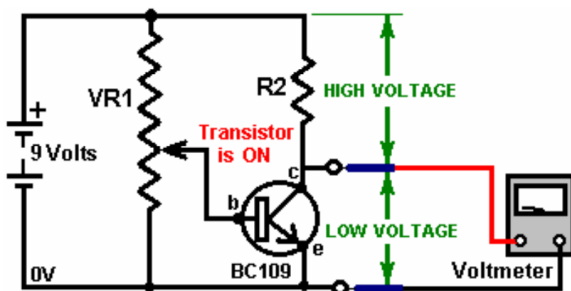


Αυτός ο προσδιορισμός των επιπέδων τάσης είναι ο βασικός παράγοντας για την κατανόηση των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Τα επίπεδα τάσης ελέγχουν ποια ρεύματα ρέουν και πώς θα λειτουργεί κάθε κύκλωμα, επομένως είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε πώς λειτουργεί.

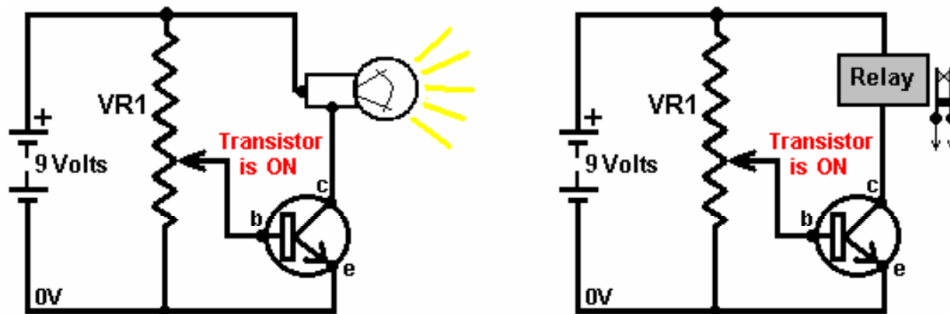
Τα περισσότερα συμβατικά κυκλώματα συνδέονται και στις δύο πλευρές τους με μπαταρία και αυτό επιτρέπει σε ένα ρεύμα να ρέει γύρω από ένα κλειστό «κύκλωμα», από τον έναν ακροδέκτη της μπαταρίας στον άλλο ακροδέκτη. Πολλά διαγράμματα κυκλωμάτων δείχνουν την αρνητική γραμμή στο κάτω μέρος που συνδέεται με τη γείωση ή μια σύνδεση «γείωσης», η οποία είναι κυριολεκτικά μια μεταλλική ράβδος που οδηγείται στο έδαφος για να κάνει μια καλή ηλεκτρική σύνδεση με το έδαφος. Αυτό γίνεται επειδή η Γη είναι κυριολεκτικά μια τεράστια δεξαμενή αρνητικού ηλεκτρισμού. Ωστόσο, στην πραγματικότητα, τα περισσότερα κυκλώματα δεν συνδέονται απευθείας με τη Γη με κανέναν τρόπο. Το τυπικό διάγραμμα κυκλώματος μπορεί να απεικονιστεί καθώς είναι σαν ένα γράφημα τάσης, όσο πιο ψηλά είναι το διάγραμμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η τάση. Όταν λοιπόν, υπάρχει ένα κύκλωμα συνδεδεμένο κατά μήκος της μπαταρίας, η αρνητική γραμμή ή η γραμμή "0V" υποδηλώνει απλώς την διαδρομή επιστροφής προς την μπαταρία για την τρέχουσα ροή. Αυτή η αρχή εφαρμόζεται αμέσως στο ακόλουθο κύκλωμα:



Εδώ συναντάμε δύο νέα στοιχεία. Το πρώτο είναι το «VR1» που είναι μια μεταβλητή αντίσταση. Αυτή η συσκευή είναι μια αντίσταση που έχει ένα ρυθμιστικό που μπορεί να μετακινηθεί από τη μια άκρη της αντίστασης στην άλλη. Στο παραπάνω κύκλωμα, η μεταβλητή αντίσταση είναι συνδεδεμένη μέσω της μπαταρίας στα 9 V, έτσι η κορυφή της αντίστασης είναι στα +9 V (σε σχέση με τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας) και το κάτω μέρος είναι στα 0 V. Η τάση στο ρυθμιστικό μπορεί να ρυθμιστεί από 0 V μέχρι 9 V, μετακινώντας κατά μήκος την αντίσταση περιστρέφοντας τον άξονα του εξαρτήματος (που συνήθως έχει μία λαβή συνδεδεμένη σε αυτό). Η δεύτερη νέα συσκευή είναι η «TR1» τρανζίστορ. Αυτός ο ημιαγωγός έχει τρεις συνδέσεις: έναν Συλλέκτη, μια Βάση και έναν Εκπομπό. Εάν η τάση στη βάση είναι κάτω από 0,7 V, τότε το τρανζίστορ λέγεται ότι είναι "OFF" και σε αυτήν την κατάσταση υπάρχει πολύ υψηλή αντίσταση μεταξύ του συλλέκτη και του εκπομπού, πολύ μεγαλύτερη από την αντίσταση της αντίστασης "R2". Ο μηχανισμός διαίρεσης τάσης που μόλις συζητήθηκε σημαίνει ότι η τάση στον συλλέκτη θα είναι επομένως πολύ κοντά στα 9 V - που προκαλείται από την αναλογία της αντίστασης συλλέκτη/εκπομπού του τρανζίστορ σε σύγκριση με την αντίσταση "R2". Εάν η τάση στη βάση του τρανζίστορ αυξηθεί στα 0,7 V, μετακινώντας αργά το ρυθμιστικό της μεταβλητής αντίστασης προς τα πάνω, τότε αυτό θα τροφοδοτήσει ένα μικρό ρεύμα στη βάση το οποίο στη συνέχεια ρέει έξω, μέσω του εκπομπού, αλλάζοντας το τρανζίστορ σε ON, με αποτέλεσμα η αντίσταση μεταξύ του συλλέκτη και του εκπομπού να πέσει αμέσως σε πολύ χαμηλή τιμή, πολύ-πολύ χαμηλότερη από την αντίσταση της «R2». Αυτό σημαίνει ότι η τάση στον συλλέκτη θα είναι πολύ κοντά στα 0 V. Επομένως, το τρανζίστορ μπορεί να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί απλώς περιστρέφοντας τον άξονα της μεταβλητής αντίστασης:



Εάν χρησιμοποιείται ένας λαμπτήρας αντί της αντίστασης R2, τότε θα ανάψει όταν ανάψει το τρανζίστορ. Εάν χρησιμοποιείται ρελέ ή οπτικός απομονωτής, τότε μπορεί να λειτουργήσει ένα δεύτερο κύκλωμα:



Εάν ένας βομβητής αντικαταστήσει την R2, τότε θα ακουστεί μια ηχητική προειδοποίηση όταν ενεργοποιηθεί το τρανζίστορ. Αν μία αντίσταση που εξαρτάται από το φως αντικαθιστά το VR1, τότε το τρανζίστορ θα ενεργοποιηθεί όταν αυξηθεί ή όταν μειωθεί το επίπεδο φωτός, ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης του αισθητήρα. Εάν χρησιμοποιείται ένα θερμίστορ αντί του VR1, τότε το τρανζίστορ μπορεί να ενεργοποιηθεί με αύξηση ή πτώση της θερμοκρασίας. Το ίδιο ισχύει για τον ήχο, την ταχύτητα του ανέμου, την ταχύτητα του νερού, το επίπεδο δόνησης, κλπ. Χρησιμοποιώντας το νόμο του Ohm μπορούμε να υπολογίσουμε ποια αντίσταση θα χρησιμοποιήσουμε για να δώσουμε την απαιτούμενη ροή ρεύματος. Αν η τάση είναι 12 V και το απαιτούμενο ρεύμα είναι 250 mA, τότε από τη σχέση $\Omega = V / A$, η αντίσταση που απαιτείται είναι: $\Omega = 12 / 0,25 \text{ A} = 48 \Omega$. Η πλησιέστερη τυπική αντίσταση είναι 47 Ω (κίτρινο / Μωβ / Μαύρο).

Το τελευταίο πράγμα που πρέπει να κάνουμε είναι να ελέγξουμε την ισχύ της αντίστασης για να βεβαιωθούμε ότι η αντίσταση δεν θα καεί όταν συνδεθεί στο προτεινόμενο κύκλωμα. Ο υπολογισμός ισχύος δίνεται από: **Watts (W) = V x A**. Στο τελευταίο παράδειγμα, αυτό δίνει $W = 12 \times 0,25 = 3 \text{ W}$. Αυτό είναι πολύ μεγαλύτερο από τις περισσότερες αντιστάσεις που χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα σήμερα. Λίγο πριν αφήσουμε το θέμα των αντιστάσεων και προχωρήσουμε σε πιο ενδιαφέροντα θέματα, συναντάμε τον όρο 'ποτενσιόμετρο', για να περιγράψουμε μια μεταβλητή αντίσταση.

1.3. Πυκνωτές

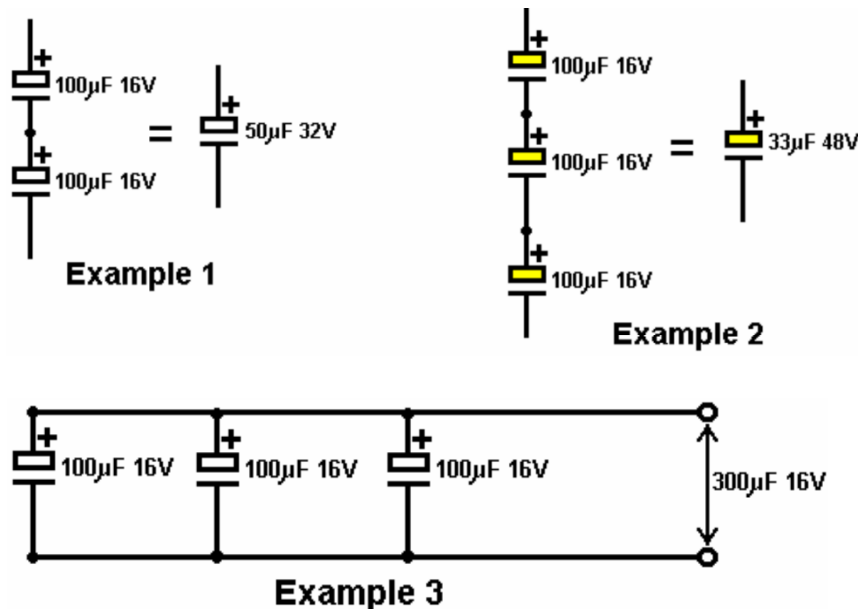
Οι πυκνωτές διατίθενται σε πολλά μεγέθη, τύπους και μάρκες. Το μέγεθός τους αναφέρεται στο Farad, το οποίο όμως είναι μια πολύ μεγάλη μονάδα. Είναι απίθανο να συναντήσουμε έναν πυκνωτή που επισημαίνεται σε κάτι μεγαλύτερο από ένα microfarad, που είναι ένα εκατομμυριοστό του Farad. Το σύμβολο για ένα microfarad είναι mu-F όπου το «mu» είναι το γράμμα του Ελληνικού αλφαβήτου. Μερικά διαγράμματα κυκλωμάτων εγκαταλείπουν το «mu» και απλώς γράφεται ως uF που μοιάζει με το mu-F ελαφρώς λάθος τυπωμένο. Οι πολύ μεγάλοι πυκνωτές που μπορεί να συναντήσουμε κυμαίνονται από 5.000 microfarad έως ίσως 20.000 microfarad. Οι μεγάλοι πυκνωτές κυμαίνονται από 10 microfarad έως 5000 microfarad. Μεσαίου μεγέθους πυκνωτές κυμαίνονται από 0,1 microfarad έως περίπου 5 microfarad και μικροί πυκνωτές είναι αυτοί κάτω από 0,1 microfarad.

- 1000 νανοφαράντ («nF») = 1 μικροφαράντ.
- 1000 πικοφαράντ («pF») = 1 νανοφαράντ

Έτσι:

- Το 0,01 microfarad μπορεί να γραφτεί ως 10nF
- Το 0,1 microfarad μπορεί να γραφτεί ως 100nF
- Το 0,1nF μπορεί να γραφτεί ως 100pF

Οι πυκνωτές μεγαλύτεροι από 1 microfarad τείνουν να είναι «πολωμένοι». Με άλλα λόγια, ο πυκνωτής έχει ένα άκρο «+» και ένα «-», κι έχει σημασία από ποια κατεύθυνση θα τον συνδέσουμε. Οι μεγαλύτεροι πυκνωτές έχουν ονομαστική τάση και αυτό δεν πρέπει να ξεπεραστεί, καθώς ο πυκνωτής μπορεί να καταστραφεί κι ενδεχομένως να καταστραφεί ολοσχερώς. Οι πυκνωτές μπορούν να προστεθούν μαζί, αλλά παραδόξως, προστίθενται αντίστροφα από τις αντιστάσεις:



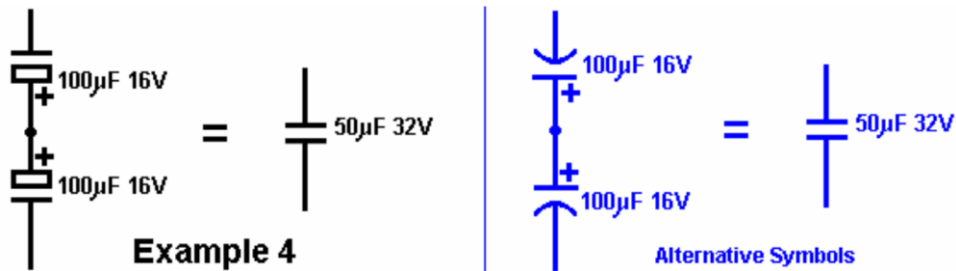
Εάν δύο πυκνωτές είναι συνδεδεμένοι σε σειρά, όπως φαίνεται στο Παράδειγμα 1 παραπάνω, η συνολική χωρητικότητα μειώνεται ενώ η ονομαστική τάση αυξάνεται. Η μείωση της χωρητικότητας δίνεται από:

$$1/C_t = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots$$

Στο Παράδειγμα 1, λοιπόν, 1/ολική χωρητικότητα = $1/100 + 1/100$ ή $1/C_t = 2/100$ ή $1/C_t = 1/50$, έτσι η συνολική χωρητικότητα μειώνεται από 100 microfarad σε 50 microfarad. Το πλεονέκτημα στην καλωδίωση των πυκνωτών σαν αυτόν είναι ότι η ονομαστική τάση έχει πλέον αυξηθεί στα 32V (16V σε κάθε έναν από τους πυκνωτές). Στο Παράδειγμα 2, η συνολική χωρητικότητα έχει μειωθεί στο ένα τρίτο των 100 microfarad αλλά η ονομαστική τάση έχει τριπλασιαστεί. Στο Παράδειγμα 3, οι πυκνωτές είναι καλωδιωμένοι παράλληλα. Η ονομαστική τάση είναι αμετάβλητη αλλά η συνολική χωρητικότητα είναι τώρα το άθροισμα των τριών πυκνωτών, δηλαδή 300 microfarad. Δεν χρειάζεται οι πυκνωτές να έχουν παρόμοιες τιμές,

απλώς έτσι φαίνεται στα παραδείγματα για να κάνουν την αριθμητική ευκολότερη και να μη μας αποσπούν την προσοχή από τους τρόπους με τους οποίους οι πυκνωτές αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους.

Περιστασιακά, ένα κύκλωμα χρειάζεται έναν μεγάλο πυκνωτή που δεν είναι πολωμένος. Αυτό μπορεί να παρέχεται με την τοποθέτηση δύο πολωμένων πυκνωτών, ο ένας μετά από τον άλλον ως εξής:



Όταν οι πυκνωτές συνδέονται με αυτόν τον τρόπο, δεν έχει σημασία ποιο άκρο του ζεύγους συνδέεται με τη θετική πλευρά του κυκλώματος και ποια στην αρνητική πλευρά.

Οι μεγάλοι πυκνωτές έχουν συνήθως τη χωρητικότητα και την τάση τους τυπωμένα στο εξωτερικό του πυκνωτή, αλλά οι μικροί πυκνωτές είναι συνήθως πολύ μικροί για μια τέτοια επιλογή. Έτσι, ένας κώδικας πολύ παρόμοιος με αυτόν που χρησιμοποιείται για το αναγνωριστικό των αντιστάσεων, χρησιμοποιείται και για μικρούς πυκνωτές. Ο κωδικός είναι ένας διψήφιος κωδικός για πυκνωτές έως 100 picofarad και για υψηλότερες τιμές είναι ένας 3ψήφιος κωδικός, όπου τα δύο πρώτα ψηφία είναι η αριθμητική τιμή του πυκνωτή σε picofarad και το τρίτο ψηφίο είναι ο αριθμός των μηδενικών που ακολουθούν τα δύο ψηφία. Χίλια pF είναι ένα nF και χίλια nF είναι ένα microfarad. Αυτές είναι μερικές κοινές τιμές:

Value	Code	Value	Code
10 pF	10	2.2 nF	222
22 pF	22	4.7 nF	472
47 pF	47	10 nF	103
100 pF	101	22 nF	223
220 pF	221	47 nF	473
470 pF	471	100 nF	104
1 nF	102	220 nF	224

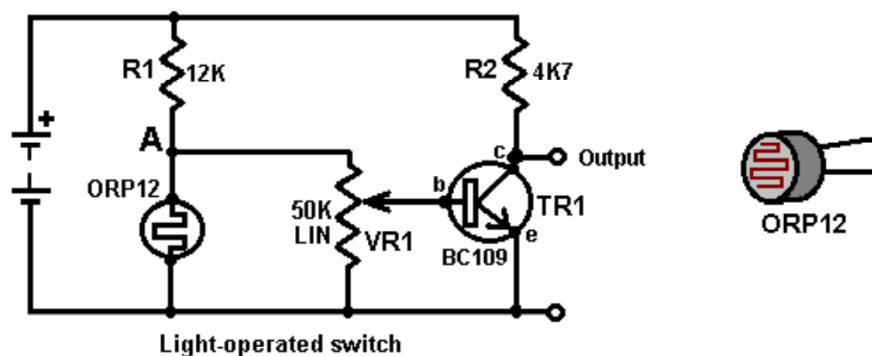
Προειδοποίηση: Οι υψηλές τάσεις είναι πολύ επικίνδυνες και μπορεί να σκοτώσουν. Οι πυκνωτές είναι ικανοί να συσσωρεύουν υψηλές τάσεις και κάποιες καλές μάρκες πυκνωτών μπορούν να κρατήσουν τη φόρτιση για αρκετές ημέρες. Ειδικότερα, μην προσπαθήσουμε να κάνουμε προσαρμογές ή να πάρουμε μέρη από το εσωτερικό μιας τηλεόρασης. Μια ασπρόμαυρη τηλεόραση χρησιμοποιεί 18.000 Volt στα μαγνητικά πηνία που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία της κινούμενης εικόνας στο σωλήνα. Ένας πυκνωτής μέσα στο σετ μπορεί να έχει αυτήν την τάση τρεις ημέρες μετά την τελευταία χρήση του σετ. Μην χαζεύουμε στο εσωτερικό μιας τηλεόρασης, αυτό θα μπορούσε να μας σκοτώσει γρήγορα, ή αν είμαστε πραγματικά άτυχοι, θα μπορούσε να μας τραυματίσει για μια ζωή. Μια έγχρωμη τηλεόραση χρησιμοποιεί 27.000 Volt για να λειτουργήσουν τα πηνία μέσα σε αυτή και αυτό θα μας κάψει πολύ γρήγορα αν την αγγίξουμε. Επίσης, μη νομίζουμε ότι είμαστε

ασφαλείς εάν δεν την αγγίζουμε εντελώς. Τα 27.000 βολτ μπορούν να μεταπηδήσουν από ένα κενό στο δικό μας χέρι. Εάν προσπαθήσουμε να αποφορτίσουμε έναν πυκνωτή τηλεόρασης χρησιμοποιώντας ένα μεταλλικό κατσαβίδι με ξύλινη λαβή, να βεβαιωθούμε ότι η ιατρική μας ασφάλιση είναι ενημερωμένη προτού το κάνουμε. Μπορεί να δεχθούμε ένα ισχυρό σοκ μέσω του κατσαβιδιού. Οι τάσεις μέχρι 24 Volt θα πρέπει να είναι αρκετά ασφαλείς. Ωστόσο, ορισμένα κυκλώματα θα παράγουν πολύ υψηλές τάσεις ακόμα και αν η μπαταρία που λειτουργεί το κύκλωμα είναι χαμηλής τάσης. Ένα τυπικό κύκλωμα μετατροπεί 240 Volt AC από μπαταρία 12 Volt. Το ότι η μπαταρία είναι μόνο 12 Volt δεν σημαίνει ότι το κύκλωμα δεν είναι επικίνδυνο. Τα κυκλώματα που έχουν επαγωγείς μπορεί να παράγουν υψηλές τάσεις, ειδικά εάν περιέχουν μεγάλους πυκνωτές. Η τάση που παράγει τον σπινθήρα στον κινητήρα του αυτοκινήτου είναι πολύ υψηλή και προέρχεται από την μπαταρία αυτοκινήτου 12 volt.

1.4. Ημιαγωγοί

Αυτή η ενότητα ασχολείται με τους διακριτούς ημιαγωγούς. Μια επόμενη ενότητα ασχολείται με τα «Ολοκληρωμένα κυκλώματα» που είναι συσκευές ημιαγωγών μεγάλης κλίμακας.

ORP12 Αντίσταση εξαρτώμενη από το φως. Αυτή η συσκευή έχει υψηλή αντίσταση στο σκοτάδι και χαμηλή αντίσταση στο έντονο φως. Μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα κύκλωμα για να δημιουργήσει έναν διακόπτη που λειτουργεί με αύξηση του επιπέδου φωτός ή μείωση του επιπέδου του φωτός:



Σε αυτήν την έκδοση, η τάση στο σημείο «Α» ελέγχει το κύκλωμα. Στο σκοτάδι, το ORP12 έχει αντίσταση δέκα φορές μεγαλύτερη από αυτή της R1 που είναι 12.000 Ω. Κατά συνέπεια, η τάση στο σημείο «Α» θα είναι υψηλή. Όσο αυξάνεται το επίπεδο του φωτός, η αντίσταση του ORP12 πέφτει, σύροντας την τάση στο σημείο «Α» προς τα κάτω. Καθώς η μεταβλητή αντίσταση «VR1» συνδέεται από το σημείο «Α» στη ράγα γείωσης (το -ve της μπαταρίας), το ρυθμιστικό της μπορεί να μετακινηθεί σε οποιοδήποτε σημείο τάσης μεταξύ 0 V και της τάσης του «Α». Μπορεί να επιλεγεί ένα σημείο για την κατασκευή του τρανζίστορ το οποίο απενεργοποιείται με το φως της ημέρας και ενεργοποιείται τη νύχτα. Για να ενεργοποιήσουμε το κύκλωμα όταν αυξάνεται το επίπεδο φωτός, απλώς αλλάζουμε τις θέσεις της R1 και του ORP12.

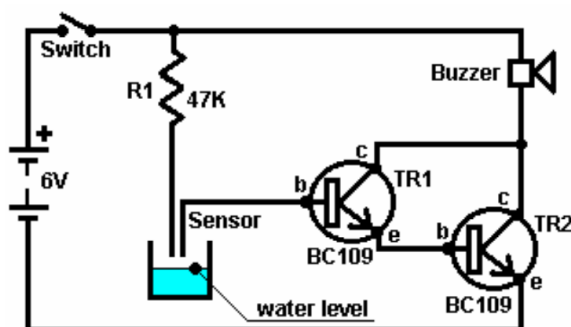
Το τρανζίστορ που φαίνεται είναι ένα BC109, αν και τα περισσότερα τρανζίστορ θα λειτουργούν σε αυτό το κύκλωμα. Το BC109 είναι ένα φτηνό Τρανζίστορ NPN κατασκευασμένο από πυρίτιο. Μπορεί να χειριστεί 100mA και 30V και μπορεί να

ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί περισσότερες από ένα εκατομμύριο φορές ανά δευτερόλεπτο. Έχει τρεις συνδέσεις: τον Συλλέκτη, με την ένδειξη «c» στο διάγραμμα, τη Βάση, με την ένδειξη «b» στο διάγραμμα και το Εκπομπό, με την ένδειξη «e» στο διάγραμμα.

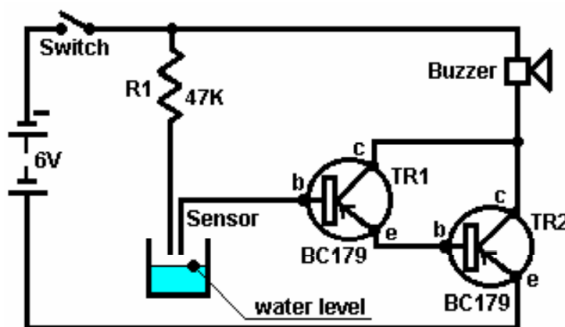
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπάρχει πολύ υψηλή αντίσταση μεταξύ του συλλέκτη και του εκπομπού όταν δεν ρέει ρεύμα στη βάση. Εάν τροφοδοτηθεί μικρό ρεύμα στη βάση, η αντίσταση συλλέκτη/εκπομπού πέφτει σε πολύ χαμηλή τιμή. Το ρεύμα του συλλέκτη διαιρούμενο με το ρεύμα βάσης ονομάζεται «κέρδος» του τρανζίστορ και συχνά ονομάζεται «hfe». Ένα τρανζίστορ όπως το BC109 ή το BC108 έχει κέρδος περίπου 200, αν και αυτό διαφέρει από πραγματικό σε πραγματικό τρανζίστορ. Ένα κέρδος 200 σημαίνει ότι ένα ρεύμα 200 mA που διέρχεται από τον συλλέκτη απαιτεί ρεύμα 1 mA μέσω της βάσης για να το διατηρήσει. Συγκεκριμένες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά και τις συνδέσεις ημιαγωγών όλων των ειδών, μπορούν να ληφθούν δωρεάν από τον εξαιρετικό ιστότοπο www.alldatasheet.co.kr που παρέχει πληροφορίες σε αρχεία .pdf.

Το τρανζίστορ BC109 που φαίνεται παραπάνω είναι τύπου NPN. Αυτό υποδεικνύεται από το βέλος του συμβόλου που δείχνει προς τα έξω. Μπορούμε επίσης να το καταλάβουμε από τον συλλέκτη που δείχνει τη θετική ράγα. Υπάρχουν παρόμοια τρανζίστορ πυριτίου κατασκευασμένα ως συσκευές PNP. Αυτά έχουν το βέλος στο σύμβολο του τρανζίστορ να δείχνει προς τα μέσα και τους συλλέκτες τους συνδεδεμένους, άμεσα ή έμμεσα, στην αρνητική ράγα. Αυτή η οικογένεια τρανζίστορ είναι το παλαιότερο τρανζίστορ που έχει σχεδιαστεί και ονομάζονται «διπολικά» τρανζίστορ.

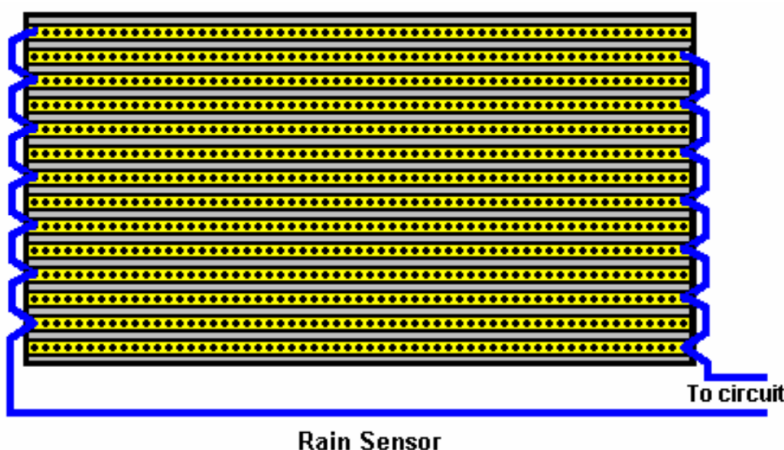
Αυτά τα τρανζίστορ πυριτίου είναι τόσο αποτελεσματικά κατασκευασμένα που μπορούν να συνδεθούν απευθείας μεταξύ τους για να δώσουν αυξημένο κέρδος. Αυτή η διάταξη ονομάζεται «ζεύγος Darlington». Αν κάθε τρανζίστορ έχει κέρδος 200, τότε το ζεύγος δίνει κέρδος $200 \times 200 = 40.000$. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι ένα πολύ, πολύ μικρό ρεύμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία ενός φορτίου. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει ένα ζεύγος Darlington που χρησιμοποιείται σε έναν ανιχνευτή στάθμης νερού. Αυτός ο τύπος συναγερμού θα μπορούσε να είναι πολύ χρήσιμος σε ένα σκάφος που αρχίζει να παίρνει νερό. Εδώ, (όταν το κύκλωμα είναι ενεργοποιημένο), το τρανζίστορ TR1 έχει τόσο μικρό ρεύμα ροής που το TR2 έχει ανάγκη ρεύμα από τη βάση, οπότε είναι σχεδόν **HARD OFF**, δίνοντάς του υψηλή αντίσταση στη διασταύρωση συλλέκτη/εκπομπού. Αυτό τραβάει όλη την τάση από τον βομβητή και τον διατηρεί απενεργοποιημένο. Ο αισθητήρας είναι μόνο δύο ανιχνευτές στερεωμένοι στη θέση τους πάνω από την αποδεκτή στάθμη νερού. Εάν η στάθμη του νερού ανέβει, οι ανιχνευτές συνδέονται μέσω του νερού. Το καθαρό νερό έχει υψηλή ηλεκτρική αντίσταση αλλά αυτό το κύκλωμα θα εξακολουθεί να λειτουργεί με καθαρό νερό.



Οι πιθανότητες είναι ότι σε μια πρακτική κατάσταση, το νερό δεν θα είναι ιδιαίτερα καθαρό. Η αντίσταση R1 περιέχεται ώστε να περιορίσει το ρεύμα βάσης του TR1 σε περίπτωση βραχυκυκλώματος του αισθητήρα ανίχνευσης. Τα διπολικά τρανζίστορ πυριτίου έχουν τάση βάσης/εκπομπού περίπου 0,7 V όταν είναι πλήρως ενεργοποιημένο. Το ζεύγος Darlington θα έχει περίπου 1,4 V μεταξύ της βάσης του TR1 και του εκπομπού του TR2, οπότε εάν οι αισθητήρες είναι βραχυκυκλωμένοι μαζί, η αντίσταση R1 θα έχει $6 - 1,4 = 4,6$ V κατά μήκος της. Ο νόμος του Ohm μας δίνει το ρεύμα μέσω αυτού ως $R = V / A$ ή $47.000 = 4,6 / A$ ή $A = 4,6 / 47.000$ A. Αυτό λειτουργεί στα 0,098 mA που με κέρδος του τρανζίστορ 40.000 θα επέτρεπε έως και 3,9 A μέσω του βομβητή. Καθώς ο βομβητής παίρνει μόνο 30 mA περίπου, περιορίζει το ρεύμα που διέρχεται από αυτόν και το TR2 θεωρείται **HARD ON** με όλη την τάση της μπαταρίας κατά μήκος του. Τα τρανζίστορ NPN είναι πιο κοινά από τους τύπους PNP, αλλά δεν υπάρχει σχεδόν καμία πρακτική διαφορά μεταξύ τους. Εδώ είναι το προηγούμενο κύκλωμα που χρησιμοποιεί τρανζίστορ PNP:

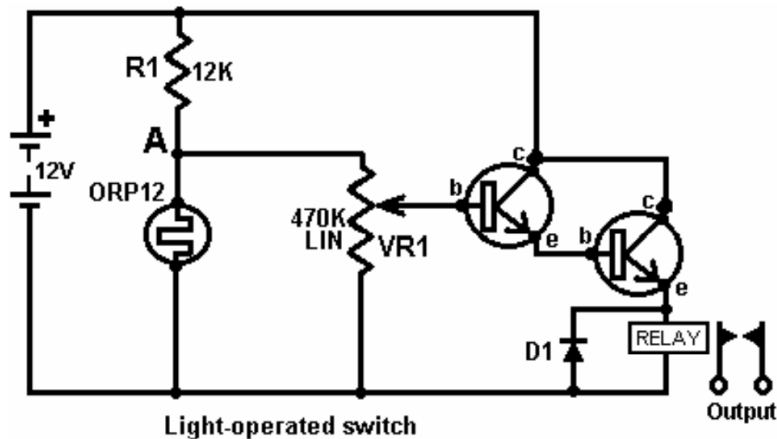


Τα περισσότερα από τα διαγράμματα κυκλωμάτων που εμφανίζονται εδώ χρησιμοποιούν τύπους NPN αλλά όχι μόνο δεν είναι κρίσιμα, αλλά υπάρχουν διάφοροι τρόποι σχεδιασμού οποιουδήποτε συγκεκριμένου κυκλώματος. Γενικά, οι ημιαγωγοί που εμφανίζονται σε οποιοδήποτε κύκλωμα είναι σπάνια κρίσιμοι. Εάν μπορούμε να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά οποιουδήποτε ημιαγωγού που εμφανίζεται, οποιαδήποτε παρόμοια συσκευή μπορεί γενικά να αντικατασταθεί, ειδικά εάν έχουμε μια γενική κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του κυκλώματος. Οποιοδήποτε από τα δύο προηγούμενα κυκλώματα μπορεί να λειτουργήσει ως ανιχνευτής βροχής. Ένας κατάλληλος αισθητήρας μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί από ένα κομμάτι σανίδας με εναλλακτικές λωρίδες συνδεδεμένες μεταξύ τους για να σχηματίσουν ένα πλέγμα:

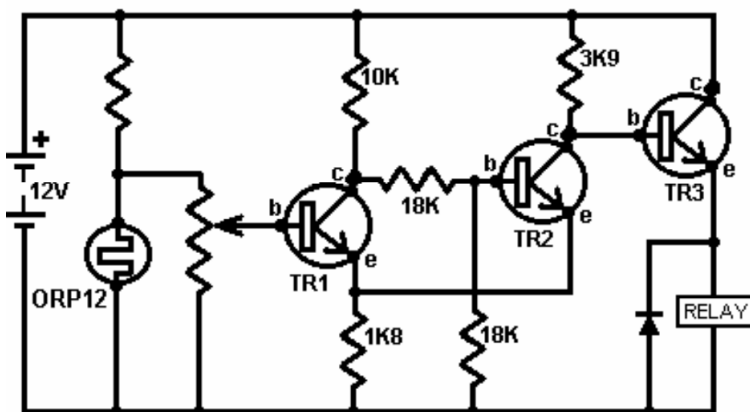


Εδώ, εάν μια σταγόνα βροχής γεφυρώσει δύο οποιοσδήποτε παρακείμενες λωρίδες, το κύκλωμα θα ενεργοποιηθεί και θα ηχήσει μια προειδοποίηση.

Τα τρανζίστορ στο παραπάνω κύκλωμα συνδέονται με τους εκπομπούς τους συνδεδεμένους στη ράγα γείωσης (η κάτω γραμμή της μπαταρίας που εμφανίζεται σε οποιοδήποτε κύκλωμα θεωρείται ότι είναι «γείωση», εκτός εάν εμφανίζεται συγκεκριμένα κάπου αλλού). Αυτή η μέθοδος σύνδεσης ονομάζεται «κοινός εκπομπός». Το παρακάτω κύκλωμα χρησιμοποιεί το τρανζίστορ που είναι συνδεδεμένο στη λειτουργία «εκπομπός- ακόλουθος». Εδώ ο εκπομπός αφήνεται να ακολουθεί την τάση βάσης - είναι πάντα 0,7 V κάτω από αυτήν, εκτός εάν η ίδια η βάση κινείται κάτω από 0,7 V:



Αυτό είναι σχεδόν το ίδιο με το κύκλωμα που λειτουργεί με φως που παρουσιάστηκε προηγουμένως. Σε αυτή την παραλλαγή, τα τρανζίστορ είναι καλωδιωμένα έτσι ώστε να λειτουργούν ως «εκπομπός-ακόλουθος» που ακολουθεί την τάση στο σημείο «Α» που αυξάνεται καθώς πέφτει το επίπεδο φωτός και η αντίσταση του ORP12 αυξάνεται. Αυτό προκαλεί την αύξηση της τάσης στο ρελέ, μέχρι το ρελέ να λειτουργήσει και να κλείσει τις επαφές του. Ένα ρελέ είναι ένας μηχανικός διακόπτης που λειτουργεί με τάση και θα περιγραφεί λεπτομερώς αργότερα. Το μειονέκτημα του παραπάνω κυκλώματος είναι ότι όσο μειώνεται η στάθμη του φωτός, αυξάνεται το ρεύμα μέσω του ρελέ και μπορεί να υπάρξει μια σημαντική ποσότητα ρεύματος για αρκετό χρονικό διάστημα. Εάν προοριζόταν να τροφοδοτήσει τη μονάδα με μια μπαταρία, τότε η διάρκεια ζωής της μπαταρίας θα ήταν πολύ μικρότερη από όσο έπρεπε. Αυτό που θα θέλαμε είναι ένα κύκλωμα που αλλάζει γρήγορα από την κατάσταση Off στην κατάσταση On, παρόλο που η είσοδος ενεργοποίησης ποικίλει μόνο αργά. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να επιτευχθεί αυτό, ένας από αυτούς είναι να τροποποιήσουμε το κύκλωμα ώστε να γίνει «Schmitt Trigger»:



Εδώ, ένα πρόσθετο τρανζίστορ («TR2») άλλαξε σημαντικά τη λειτουργία του κυκλώματος, με τη γρήγορη αλλαγή του τρανζίστορ TR3 από πλήρως ενεργοποιημένο και πλήρως απενεργοποιημένο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το ρεύμα μέσω του ρελέ να είναι πολύ χαμηλό μέχρι να ενεργοποιηθεί το κύκλωμα. Το κύκλωμα λειτουργεί ως εξής:

Όταν η τάση στη βάση του TR1 είναι αρκετά υψηλή, το TR1 ενεργοποιείται, το οποίο κάνει την αντίσταση μεταξύ του συλλέκτη και του εκπομπού να είναι τόσο χαμηλή που μπορούμε να την αντιμετωπίσουμε ως βραχυκύκλωμα (το οποίο είναι μια σύνδεση σχεδόν μηδενικής αντίστασης). Αυτό συνδέει αποτελεσματικά τις αντιστάσεις 10K και 1K8 σε σειρά κατά μήκος της μπαταρίας. Η τάση στο σημείο σύνδεσής τους (τόσο στον συλλέκτη όσο και στον εκπομπό του TR1) θα είναι τότε περίπου 1,8 V. Οι δύο αντιστάσεις 18K βρίσκονται σε σειρά κατά μήκος αυτής της τάσης, επομένως η τάση στη διασταύρωσή τους θα είναι η μισή (0,9 V). Αυτό τοποθετεί τη βάση του TR2 στα 0,9 V περίπου και του πομπού του στα 1,8 V. Η βάση του TR2 επομένως δεν είναι 0,7 V πάνω από του εκπομπού του, επομένως δεν θα ρέει ρεύμα βάσης/εκπομπού στο TR2, πράγμα που σημαίνει ότι το TR2 είναι **HARD OFF**. Αυτό σημαίνει ότι η αντίσταση συλλέκτη/εκπομπού TR2 θα είναι πολύ υψηλή. Η τάση στη βάση του TR3 ελέγχεται από την αντίσταση 1K8, την αντίσταση συλλέκτη/εκπομπού TR2 (πολύ υψηλή) και την αντίσταση 3K9. Αυτό σπρώχνει τη βασική τάση του TR3 μέχρι πλησίον της πλήρους τάσης της μπαταρίας και, καθώς είναι ενσύρματη ως εκπομπός-ακόλουθος, η τάση του εκπομπού θα είναι περίπου 0,7 V κάτω από αυτήν. Αυτό σημαίνει ότι το ρελέ θα έχει το μεγαλύτερο μέρος της τάσης της μπαταρίας κατά μήκος του και έτσι οριακά θα είναι **HARD ON**.

Μερικά πρακτικά σημεία: Το ρεύμα που ρέει στη βάση του TR3 έρχεται μέσω της αντίστασης 3K9. Μία αντίσταση 3K9 χρειάζεται 3,9 V κατά μήκος της για κάθε 1 mA που ρέει μέσα από αυτή. Εάν το ρελέ χρειάζεται 150 mA για να λειτουργήσει και το TR3 έχει κέρδος 300, τότε το TR3 θα χρειαστεί ρεύμα βάσης 0,5 mA για να παρέχει ρεύμα 150 mA μέσω της διασταύρωσης συλλέκτη/εκπομπού. Εάν ρέει 0,5 mA μέσω της αντίστασης 3K9, θα υπάρξει πτώση τάσης κατά 2 V. Η τάση βάσης/εκπομπού στο TR3 θα είναι επιπλέον 0,7 V, επομένως η τάση στο ρελέ θα είναι περίπου $12,0 - 2,0 - 0,7 = 9,3$ V, επομένως πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι το ρελέ θα λειτουργεί αξιόπιστα στα 9 V.

Εάν χρησιμοποιήσουμε ένα ζεύγος τρανζίστορ Darlington, το καθένα με κέρδος 300, αντί για TR3, τότε η συνδυασμένη πτώση τάσης βάσης/εκπομπού θα ήταν 1,4 V, αλλά θα χρειαζόταν μόνον ένα ρεύμα βάσης $150 \text{ mA} / (300 \times 300) = 1/600 \text{ mA}$. Αυτό το ρεύμα θα έπεφτε μόνο 0,007 V στην αντίσταση 3K9, οπότε το ρελέ θα λάμβανε 10,6 V.

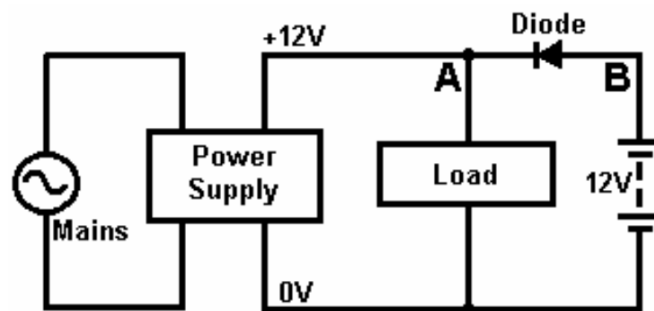
1.5. Πολύμετρο

Το κύριο εργαλείο εργασίας για τα ηλεκτρονικά είναι ένα πολύμετρο. Αυτός είναι ένας ψηφιακός ή αναλογικός μετρητής που μπορεί να μετρήσει ένα ευρύ φάσμα πραγμάτων: τάση, ρεύμα, αντίσταση, ... Όσο πιο ακριβός είναι ο μετρητής, γενικά, τόσο μεγαλύτερο είναι το εύρος των τιμών που παρέχονται και τόσο πιο ακριβείς είναι οι μετρήσεις στις δοκιμές των τρανζίστορ. Τα παλαιότερα παθητικά πολύμετρα είναι υποτιμημένα επειδή αντλούν ρεύμα από το κύκλωμα στο οποίο είναι συνδεδεμένα, αλλά, επειδή το κάνουν αυτό, δίνουν αξιόπιστες μετρήσεις. Τα πιο σύγχρονα ψηφιακά πολύμετρα που λειτουργούν με μπαταρία δίνουν λάθος μετρήσεις καθώς εξαντλείται η μπαταρία τους.

1.6. Η Δίοδος

Ένα σημαντικό εξάρτημα είναι η δίοδος ή ο «ανορθωτής». Αυτή είναι μια συσκευή που έχει μία πολύ υψηλή αντίσταση στο ρεύμα που ρέει προς μία κατεύθυνση και πολύ χαμηλή αντίσταση στο ρεύμα που ρέει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η διασταύρωση βάσης/εκπομπού ενός τρανζίστορ είναι ουσιαστικά μια δίοδος και, σε μια ώθηση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τέτοια. Μία σωστή δίοδος είναι φθηνή στην αγορά της κι έχει πολύ μεγαλύτερη ικανότητα διαχείρισης τάσης και ρεύματος από τη διασταύρωση βάσης/εκπομπού ενός τρανζίστορ.

Οι δίοδοι κατασκευάζονται κυρίως από ένα από τα δύο υλικά: γερμάνιο και πυρίτιο. Οι δίοδοι γερμανίου χρησιμοποιούνται με πολύ μικρά εναλλασσόμενα ρεύματα, όπως ραδιοσήματα που προέρχονται από μια κεραία. Αυτό συμβαίνει επειδή μια δίοδος γερμανίου χρειάζεται μόνο 0,2 V περίπου για να μεταφέρει ρεύμα, ενώ το πυρίτιο χρειάζεται 0,6 έως 0,7 V (όπως και μία διασταύρωση βάσης/εκπομπού τρανζίστορ πυριτίου). Οι δίοδοι γερμανίου (και τα τρανζίστορ) είναι πολύ ευαίσθητες στις αλλαγές θερμοκρασίας και γι' αυτόν τον λόγο συνήθως περιορίζονται σε κυκλώματα χαμηλής ισχύος. Μια πολύ προσεγμένη εφαρμογή για μια δίοδο πυριτίου είναι ως «αδιάκοπη τροφοδοσία ρεύματος», όπου η διακοπή ρεύματος διαπιστώνεται αμέσως:



Mains Unit Back-up Circuit

Σε αυτό το κύκλωμα, η τάση του δικτύου οδηγεί τη μονάδα τροφοδοσίας η οποία παράγει 12 V στο σημείο «Α». Αυτό παρέχει ρεύμα στο φορτίο. Η δίοδος έχει +12 V στο 'Α' και +12 V στο σημείο 'Β', επομένως δεν υπάρχει πτώση τάσης σε αυτήν και δεν θα μεταφέρει ρεύμα προς καμία κατεύθυνση. Αυτό σημαίνει ότι η μπαταρία είναι αποτελεσματικά απομονωμένη όταν είναι λειτουργικό το δίκτυο. Εάν η έξοδος της μονάδας τροφοδοσίας ανεβαίνει πάνω από το επίπεδο σχεδιασμού των +12 V, τότε η δίοδος θα το εμποδίσει από το να τροφοδοτήσει ρεύμα την μπαταρία. Εάν το δίκτυο αποτύχει, η έξοδος της μονάδας τροφοδοσίας («PSU») θα πέσει στο μηδέν. Εάν η μπαταρία και η δίοδος δεν ήταν εκεί, η τάση στο σημείο «Α» θα έπεφτε στο μηδέν, γεγονός που θα έριχνε το φορτίο και θα προκαλούσε πιθανώς σοβαρά προβλήματα. Για παράδειγμα, εάν το φορτίο ήταν ένας Η/Υ, μια βλάβη στο δίκτυο θα μπορούσε να προκαλέσει απώλεια σημαντικών δεδομένων. Με back-up μπαταρία αυτού του τύπου, θα είχαμε χρόνο να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα και να απενεργοποιήσουμε τον Η/Υ πριν τελειώσει η μπαταρία.

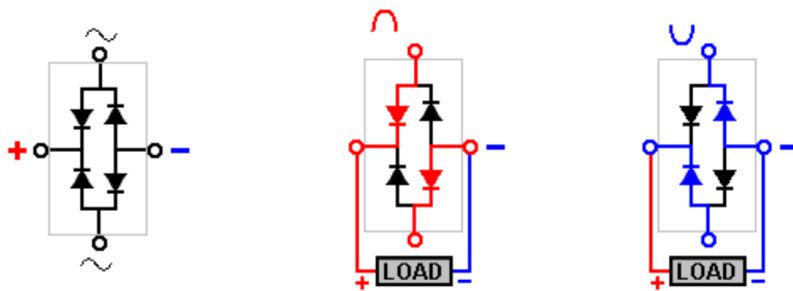
Το κύκλωμα λειτουργεί με πολύ απλό τρόπο. Μόλις η τάση στο σημείο «Α» πέσει στα 0,7 V κάτω από τα +12 V στο σημείο «Β», η δίοδος αρχίζει να τροφοδοτεί ρεύμα από τη μπαταρία στο φορτίο. Αυτό συμβαίνει σε λιγότερο από ένα εκατομμυριοστό του δευτερολέπτου, έτσι

ώστε το φορτίο να μη χάνει ρεύμα. Θα άξιζε να προσθέσουμε μια προειδοποιητική λυχνία ή/κι έναν βομβητή, για να δείξει ότι το δίκτυο έχει αποτύχει.

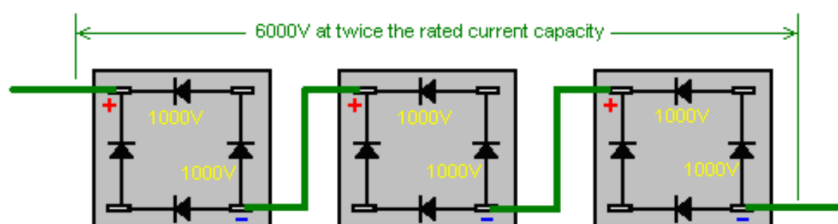
Οι διόδους παρέχονται επίσης συσκευασμένες ως γέφυρα διόδου, με τέσσερις διόδους που εσωκλείονται. Συνήθως προορίζονται για διόρθωση τροφοδοτικού, δεν είναι ιδιαίτερα ταχείας δράσης διόδους, αλλά είναι φθηνές και μπορούν να μεταφέρουν καλό ποσό ρεύματος. Ένα κοινό μέγεθος είναι με τις διόδους των 1000 V και ικανές να μεταφέρουν 35 A. Αν και υπάρχουν πολλοί τύποι πακέτων, ένα πολύ κοινό πακέτο μοιάζει με αυτό:



Το εναλλασσόμενο σήμα συνδέεται μεταξύ δύο απέναντι γωνιών και το παλλόμενο DC αναχωρεί από τα άλλα δύο τερματικά. Τα σύμβολα που φαίνονται παραπάνω συνήθως σημειώνονται στην επίπεδη όψη που δεν φαίνεται σε αυτήν την εικόνα. Η συσκευασία έχει μια τρύπα στο κέντρο έτσι ώστε η μεταλλική θήκη να μπορεί να βιδωθεί σε μια ψύκτρα για να διατηρείται η συσκευή αρκετά ψυχρή όταν μεταφέρει μεγάλα ρεύματα. Οι συνδέσεις μέσα στη συσκευασία είναι ως εξής:

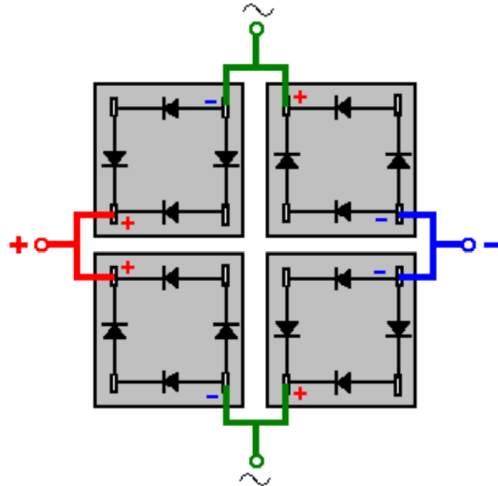


Είναι δυνατή η σύνδεση της γέφυρας με διαφορετικό τρόπο και η χρήση της ως διάταξη διπλής διόδου υψηλότερης τάσης όπως φαίνεται εδώ:



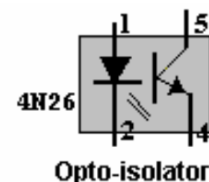
Παραλείποντας τη δυνατότητα εναλλασσόμενου ρεύματος και συνδέοντας μόνο τους ακροδέκτες Συν και Μείον, το πακέτο παρέχει δύο ζεύγη εάν οι διόδους συνδέονται σε σειρά. Αυτό δίνει διπλάσιο χειρισμό τάσης στις δύο διαδρομές ρεύματος και στη βαθμολογημένη

ικανότητα χειρισμού ρεύματος και στις δύο αυτές διαδρομές που είναι πλέον συνδεδεμένες μεταξύ τους, το οποίο διπλασιάζει την ικανότητα χειρισμού του ρεύματος. Το διάγραμμα δείχνει πώς τρεις συνηθισμένες φθηνές γέφυρες 1000 35A μπορούν να συνδεθούν για να δώσουν μία σύνθετη δίοδο 70A 6000V. Θα μπορούσαμε να αυξήσουμε τον προσδιορισμό μιας γέφυρας δίοδου 1000V 35A σε 2000V 70A, χρησιμοποιώντας τέσσερις από αυτές ως εξής:



Οι δίοδοι καθορίζονται από την ικανότητα διαχείρισης τάσης και την ικανότητα μεταφοράς ρεύματος και την ταχύτητα με την οποία μπορούν να ανάβουν και να σβήνουν. Για τροφοδοτικά όπου η συχνότητα είναι πολύ χαμηλή, οποιαδήποτε δίοδος θα κάνει, αλλά υπάρχουν κυκλώματα όπου η αλλαγή από ON σε OFF και αντίστροφα χρειάζεται εκατοντάδες χιλιάδες φορές το δευτερόλεπτο και έτσι οι προδιαγραφές της δίοδου πρέπει να ελεγχθούν για να δούμε ποια συχνότητα μπορεί να χειριστεί οποιαδήποτε συγκεκριμένη δίοδος. Αυτά τα φύλλα δεδομένων μπορούμε να τα κατεβάσουμε δωρεάν από τη διεύθυνση <http://www.alldatasheet.co.kr/> [2].

Κάτι άλλο που πρέπει να ελεγχθεί για ορισμένα κυκλώματα είναι η τάση που απαιτείται για να ενεργοποιηθεί η δίοδος. Δύο κοινά υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή δίοδων είναι το πυρίτιο και το γερμάνιο. Οι τύποι γερμανίου έχουν χαμηλή μπροστινή τάση περίπου 0,2 V, το οποίο πυρίτιο συνήθως έχει περίπου 0,6 V. Αυτές οι τιμές τάσεων ποικίλλουν πάρα πολύ καθώς αυξάνεται το ρεύμα μέσω της δίοδου. Τα κυκλώματα που χρησιμοποιούν πολύ χαμηλές τάσεις χρειάζονται δίοδους γερμανίου όπως η 1N34.



1.6.1. Δίοδοι Εκπομπής Φωτός

Υπάρχει μια ευρέως χρησιμοποιούμενη παραλλαγή της δίοδου που είναι εξαιρετικά χρήσιμη, και αυτή είναι η δίοδος εκπομπής φωτός ή 'LED'. Αυτή είναι μια δίοδος που εκπέμπει φως όταν μεταφέρει ρεύμα. Διατίθενται σε κόκκινο, πράσινο, μπλε, κίτρινο ή εκδόσεις λευκού

φωτός. Ορισμένες εκδόσεις μπορούν να εμφανίζουν περισσότερα από ένα χρώματα φωτός εάν τροφοδοτείται ρεύμα μέσω των διαφορετικών ηλεκτρικών συνδέσεων. Τα LED δίνουν χαμηλό επίπεδο φωτισμού σε ρεύμα περίπου 8 ή 10 mA κι έντονο φως για ρεύματα 20 έως 30 mA. Αν χρησιμοποιούνται με ένα σύστημα 12 V, τότε είναι απαραίτητη μια σειρά αντιστάσεων 1K έως 330 Ω. Τα LED είναι στιβαρές συσκευές, ανθεκτικές σε κραδασμούς και δονήσεις. Έρχονται σε διάφορες διαμέτρους και τα μεγαλύτερα μεγέθη είναι πολύ πιο ορατά από τα μικροσκοπικά.

1.6.2. Θυρίστορ («SCR») και Triac

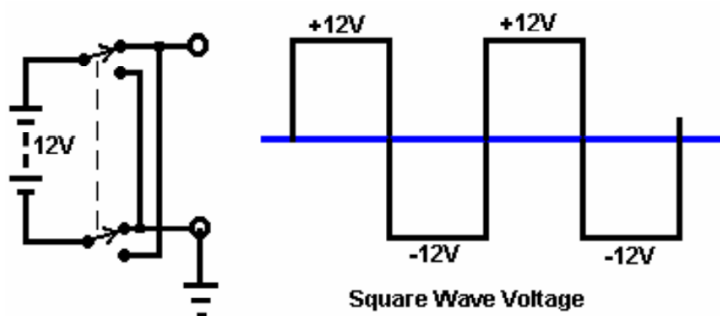
Μια άλλη έκδοση της διόδου είναι ο ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου ή «Thyristor». Αυτή η συσκευή δεν μεταφέρει ρεύμα μέχρι η πύλη να λάβει ρεύμα εισόδου. Αυτό είναι ακριβώς όπως η λειτουργία ενός τρανζίστορ, αλλά το SCR μόλις ενεργοποιηθεί, παραμένει ενεργοποιημένο παρόλο που το σήμα της πύλης έχει αφαιρεθεί. Παραμένει ενεργοποιημένο έως ότου το ρεύμα μέσω του SCR εξαναγκαστεί να μηδενιστεί, συνήθως όταν η τάση σε αυτό αφαιρείται. Οι SCR χρησιμοποιούνται συχνά με εναλλασσόμενες τάσεις (που περιγράφονται παρακάτω) και αυτό προκαλεί την απενεργοποίηση του SCR εάν αφαιρεθεί η πύλη εισόδου. Οι SCR λειτουργούν μόνο με θετικές τάσεις, επομένως χάνουν το ήμισυ της ισχύος που διατίθεται από εναλλασσόμενα τροφοδοτικά. Μια πιο προηγμένη έκδοση του SCR είναι το «Triac» το οποίο λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως ένα SCR, αλλά χειρίζεται τόσο θετικές όσο και αρνητικές τάσεις.

1.6.3. Οπτικοί Απομονωτές

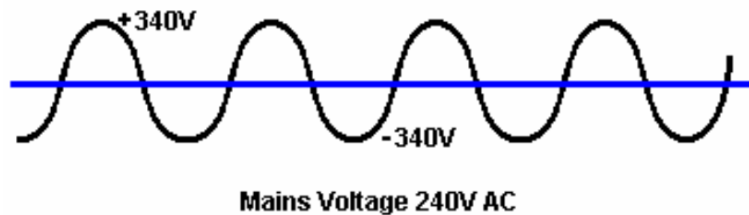
Μια άλλη πολύ χρήσιμη παραλλαγή του LED είναι ο Οπτικός-Απομονωτής. Αυτή η συσκευή είναι ένα πλήρως κλειστό τρανζίστορ LED και φωτοευαίσθητο. Όταν το LED ανάβει, ενεργοποιεί το τρανζίστορ. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της συσκευής είναι ότι το LED μπορεί να βρίσκεται σε κύκλωμα ανίχνευσης χαμηλής τάσης, χαμηλής ισχύος, ενώ το τρανζίστορ μπορεί να βρίσκεται σε εντελώς ξεχωριστό κύκλωμα υψηλής τάσης και υψηλής ισχύος. Ο οπτικός απομονωτής απομονώνει τα δύο κυκλώματα εντελώς το ένα από το άλλο. Είναι μια πολύ χρήσιμη και πολύ δημοφιλής συσκευή χαμηλού κόστους.

1.7. Εναλλασσόμενο ρεύμα

Μια μπαταρία παρέχει σταθερή τάση. Αυτό ονομάζεται συνεχές ρεύμα ή πηγή ενέργειας «DC». Όταν ένα κύκλωμα είναι συνδεδεμένο σε μπαταρία, η θετική ράγα είναι πάντα θετική και η αρνητική ράγα είναι πάντα αρνητική. Εάν συνδέσουμε μια μπαταρία σε ένα κύκλωμα μέσω ενός διπολικού διακόπτη εναλλαγής, όπως φαίνεται εδώ:



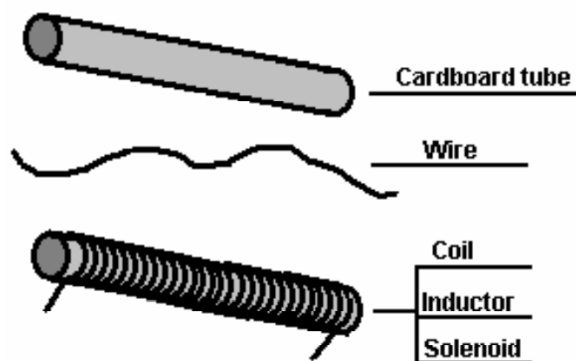
όταν λειτουργεί ο διακόπτης αλλαγής, η μπαταρία ουσιαστικά αναποδογυρίζεται ή αναστρέφεται. Αυτό το κύκλωμα ονομάζεται «αντιστροφέας» επειδή αντιστρέφει επανειλημμένα την τάση τροφοδοσίας. Εάν ο διακόπτης λειτουργεί σε τακτική, γρήγορη βάση, το γράφημα της τάσης εξόδου είναι όπως φαίνεται στα δεξιά. Αυτή είναι μια τάση «τετράγωνου κύματος» και χρησιμοποιείται ευρέως σε ηλεκτρονικούς εξοπλισμούς. Ονομάζεται εναλλασσόμενο ρεύμα ή «AC» για συντομία. Τα SCR και τα Triac μπορούν να χρησιμοποιηθούν άνετα με τάσεις τροφοδοσίας αυτού του τύπου. Η τάση του δικτύου είναι επίσης AC αλλά είναι μάλλον διαφορετική:



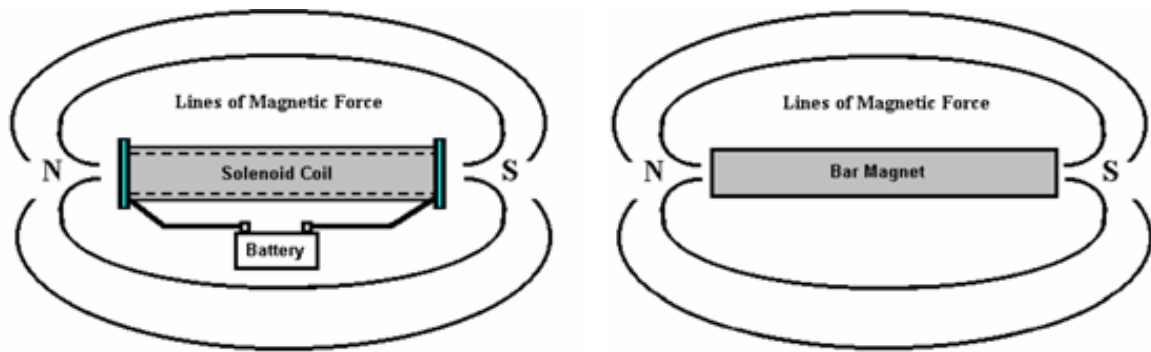
Η τάση του δικτύου ποικίλλει συνεχώς με τη μορφή ημιτονοειδούς κύματος. Στην Ευρώπη, η τάση δικτύου περιγράφεται ως «240V AC» με συχνότητα 50 Hz. Θα ήταν λογικό να υποθέσουμε ότι κάθε κορυφή τάσης θα ήταν 240 V, αλλά αυτό δεν συμβαίνει. Παρόλο που η παροχή περιγράφεται ως 240 V, κορυφώνεται στην τετραγωνική ρίζα 2 φορές μεγαλύτερη από αυτήν, δηλ. 339,4 V. Η πραγματική τάση τροφοδοσίας δεν είναι ιδιαίτερα ακριβής, επομένως κάθε συσκευή που προορίζεται για χρήση στο δίκτυο θα πρέπει να είναι βαθμολογημένη στα 360 V. Στην Αμερική, η τάση τροφοδοσίας είναι 110V AC στα 60 Hz και κορυφώνεται στα συν και πλην 155 V.

1.8. Πηνία ("επαγωγείς") και Σωληνοειδή

Εάν πάρουμε ένα σωλήνα από χαρτόνι, οποιουδήποτε μεγέθους, οποιουδήποτε μήκους, και τυλίξουμε ένα μήκος σύρματος γύρω του, δημιουργούμε μία πολύ ενδιαφέρουσα συσκευή. Ονομάζεται «πηνίο» ή «επαγωγέας» ή «σωληνοειδές».

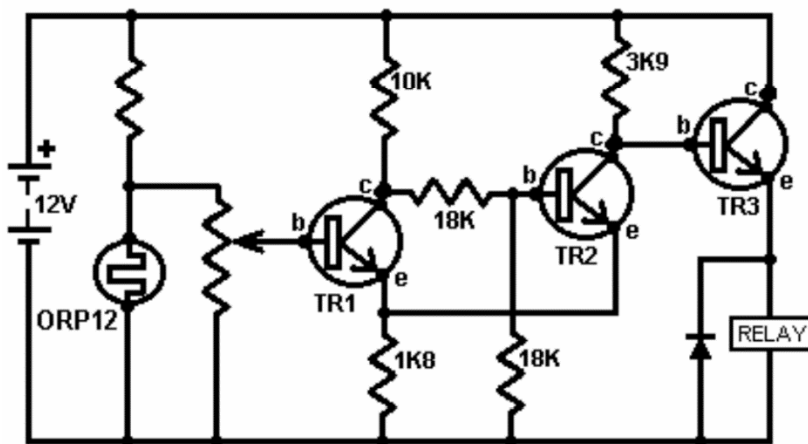


Πρόκειται για μια πολύ ενδιαφέρουσα συσκευή με πολλές χρήσεις. Αποτελεί την καρδιά ενός ραδιοφωνικού δέκτη, ήταν το κύριο συστατικό των τηλεφωνικών κέντρων, και οι περισσότεροι ηλεκτροκινητήρες χρησιμοποιούν αρκετά από αυτά. Ο λόγος γι' αυτό είναι ότι το πηνίο που διαρρέεται από ρεύμα δρα ακριβώς με τον ίδιο τρόπο όπως ένας μαγνήτης ράβδου:



Η κύρια διαφορά είναι ότι όταν διακόπτεται το ρεύμα, το πηνίο σταματά να λειτουργεί σαν μαγνήτης και αυτό μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο. Εάν μια σιδερένια ράβδος τοποθετηθεί μέσα στο πηνίο και το ρεύμα είναι ενεργοποιημένο, η ράβδος ωθείται προς τη μία πλευρά. Πολλά κουδούνια πόρτας χρησιμοποιούν αυτόν τον μηχανισμό για να παράγουν έναν ήχο δύο νοτών. Ένα «ρελέ» χρησιμοποιεί αυτή τη μέθοδο για να κλείσει έναν ηλεκτρικό διακόπτη και πολλά κυκλώματα το χρησιμοποιούν για εναλλαγή βαρέων φορτίων (μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ένα θυρίστωρ γι' αυτό και δεν έχει κινούμενα μέρη).

Ένα πηνίο σύρματος έχει ένα από τα πιο περίεργα χαρακτηριστικά σχεδόν κάθε ηλεκτρονικού εξαρτήματος. Όταν το ρεύμα αυτού αλλοιώνεται με οποιονδήποτε τρόπο, το πηνίο αντιτίθεται στην αλλαγή. Στο κύκλωμα για έναν διακόπτη που λειτουργεί με φως χρησιμοποιώντας ρελέ;

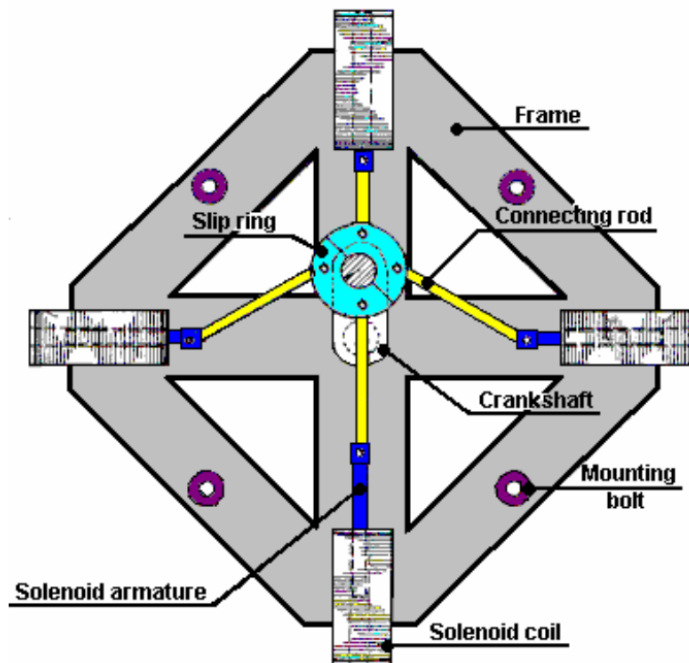


παρατηρούμε ότι το ρελέ (που είναι κυρίως ένα πηνίο σύρματος) έχει μια δίοδο κατά μήκος του. Η δίοδος είναι συνδεδεμένη έτσι ώστε να μην τη διαρρέει ρεύμα από τη θετική μπαταρία στη γραμμή «γείωσης» (η αρνητική μπαταρία). Στην επιφάνεια φαίνεται σαν να μην έχει καμία χρήση σε αυτό το κύκλωμα. Στην πραγματικότητα, είναι ένα πολύ σημαντικό συστατικό το οποίο προστατεύει το τρανζίστορ TR3 από ζημιά. Το πηνίο του ρελέ μεταφέρει ρεύμα όταν το τρανζίστορ TR3 είναι ενεργοποιημένο. Ο εκπομπός του τρανζίστορ TR3 είναι περίπου στα +10 V. Όταν το TR3 απενεργοποιείται, το κάνει γρήγορα, πιέζοντας τη σύνδεση του ρελέ από τα +10 V στα 0 V. Το πηνίο του ρελέ αντιδρά με έναν πιο περίεργο τρόπο όταν συμβαίνει αυτό, και αντί να σταματήσει το ρεύμα μέσω του πηνίου του ρελέ, η τάση στο άκρο του πηνίου που συνδέεται με τον πομπό του TR3 συνεχίζει να κινείται προς τα κάτω. Αν δεν υπάρχει δίοδος κατά μήκος του ρελέ, η τάση του εκπομπού αναγκάζεται να υπερβεί για λίγο την αρνητική γραμμή του κυκλώματος και σύρεται κάτω, πολλά βολτ κάτω από την αρνητική

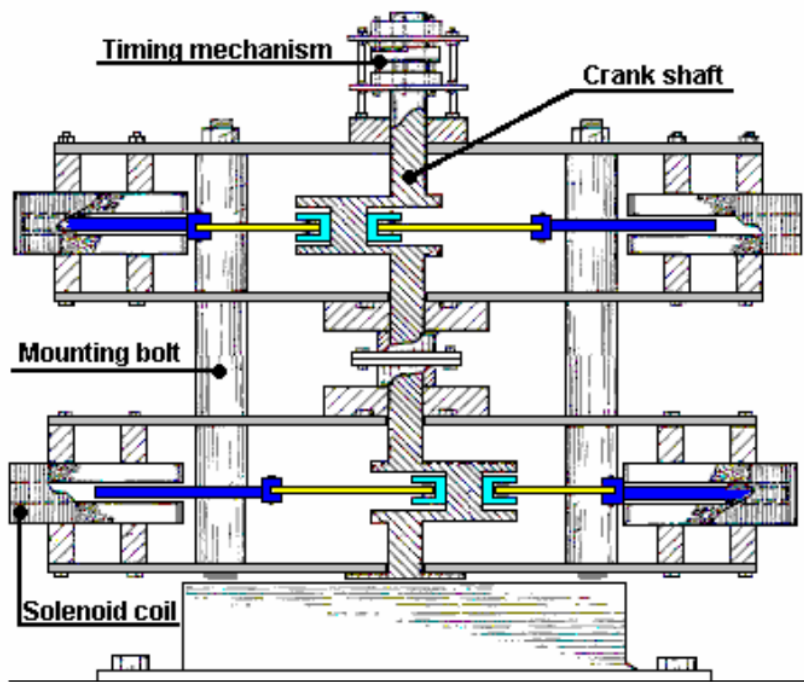
γραμμή της μπαταρίας. Ο συλλέκτης του TR3 είναι καλωδιωμένος στα +12 V, οπότε αν πάρει ο εκπομπός σύρεται κάτω, ας πούμε, στα -30 V, το TR3 παίρνει 42 V τοποθετημένα κατά μήκος του. Εάν το τρανζίστορ μπορεί να χειριστεί μόνο, ας πούμε, 30 V, τότε θα καταστραφεί από την κορυφή των 42 V.

Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν τα πηνία είναι περίεργος. Όμως, γνωρίζοντας τι πρόκειται να συμβεί τη στιγμή της απενεργοποίησης, εμείς το αντιμετωπίζουμε βάζοντας μια δίοδο κατά μήκος του πηνίου του ρελέ. Κατά την ενεργοποίηση και όταν τροφοδοτείται το ρελέ, η δίοδος δεν έχει κανένα αποτέλεσμα, εμφανίζοντας πολύ υψηλή αντίσταση στη ροή ρεύματος. Κατά την απενεργοποίηση, όταν η τάση του ρελέ αρχίζει να πέφτει κατακόρυφα, κάτω από τη γραμμή της μπαταρίας, η δίοδος μετατρέπεται ουσιαστικά στη λειτουργία αγωγής της. Όταν η τάση φτάνει τα 0,7 V κάτω από την αρνητική γραμμή της μπαταρίας, η δίοδος αρχίζει να διεξάγει και να καρφώνει την τάση σε αυτό το επίπεδο, μέχρι να διαλυθεί η αιχμή τάσης που δημιουργείται από το πηνίο του ρελέ. Όσο περισσότερο το πηνίο προσπαθεί να σύρει την τάση προς τα κάτω, τόσο πιο σκληρά άγει η δίοδος, βυθίζοντας την προς τα κάτω. Αυτό περιορίζει την τάση στο τρανζίστορ TR3 έως 0,7 V περισσότερο από την τάση της μπαταρίας, κι έτσι την προστατεύει.

Τα πηνία σωληνοειδών μπορεί να είναι πολύ χρήσιμα. Εδώ είναι ένα σχέδιο για έναν ισχυρό ηλεκτροκινητήρα πατενταρισμένο από τον Αμερικανό Ben Teal, τον Ιούνιο του 1978 [3, 4]. Αυτό είναι ένα πολύ απλό σχέδιο που κατασκευάζεται εύκολα. Ο αρχικός κινητήρας του Teal κατασκευάστηκε από ξύλο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν οποιοδήποτε βολικό υλικό. Αυτή είναι η κάτοψη:



Και αυτή είναι η πλάγια όψη:



Ο Teal έχει χρησιμοποιήσει οκτώ ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες για να μιμηθεί τον τρόπο που λειτουργεί ένας κινητήρας αυτοκινήτου. Υπάρχει στροφαλοφόρος άξονας και συνδεδεμένες μπιέλες, όπως σε κάθε κινητήρα αυτοκινήτου. Οι μπιέλες συνδέονται με έναν δακτύλιο ολίσθησης στον στροφαλοφόρο άξονα και στις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες δίνεται ένας παλμός ρεύματος την κατάλληλη στιγμή, για να τραβήξει τον στροφαλοφόρο άξονα. Ο στροφαλοφόρος άξονας δέχεται τέσσερα τραβήγματα σε κάθε περιστροφή. Στη διάταξη που φαίνεται εδώ, δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες τραβούν την ίδια στιγμή. Στην πλάγια όψη παραπάνω, κάθε στρώμα έχει τέσσερις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες και μπορούμε να επεκτείνουμε τον στροφαλοφόρο άξονα ώστε να έχει όσες στρώσεις θέλουμε από τέσσερις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες. Η ισχύς του κινητήρα αυξάνεται με κάθε στρώμα που προστίθεται. Δύο στρώματα πρέπει να είναι επαρκή, καθώς έτσι είναι ένας ισχυρός κινητήρας με δύο μόνο στρώσεις. Ένα ενδιαφέρον σημείο είναι ότι καθώς τερματίζεται ένας παλμός ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας, το τράβηγμα του αλλάζει για λίγο σε ώθηση λόγω της περιεργής φύσης των πηνίων. Εάν ο χρονισμός των παλμών είναι ακριβώς ο σωστός σε αυτόν τον κινητήρα, αυτή η σύντομη ώθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της ισχύς του κινητήρα αντί να αντιτίθεται στην περιστροφή του κινητήρα. Αυτή η δυνατότητα χρησιμοποιείται επίσης στον κινητήρα Adams [5, 6].

Η ισχύς του μαγνητικού πεδίου που παράγεται από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα επηρεάζεται από τον αριθμό των στροφών στο πηνίο, το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο και τη φύση αυτού που βρίσκεται μέσα στο πηνίο «διαμορφωτή» (ο σωλήνας στον οποίο βρίσκεται τυλιγμένο το πηνίο). Παρεμπιπτόντως, υπάρχουν αρκετοί φανταχτεροί τρόποι περιέλιξης πηνίων που μπορούν επίσης να έχουν αποτέλεσμα, αλλά εδώ θα μιλάμε μόνο για πηνία όπου οι στροφές τυλίγονται δίπλα-δίπλα σε ορθή γωνία με την πρώτη.

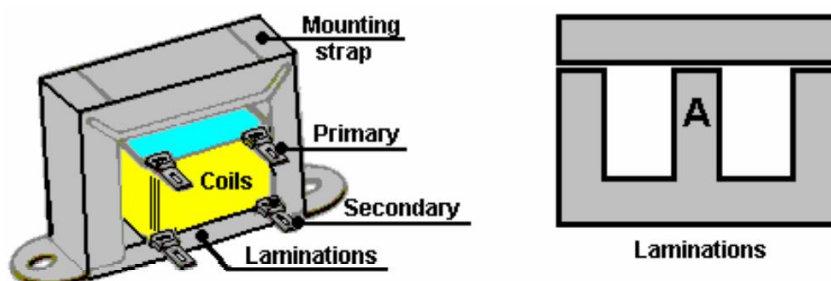
1. Κάθε στροφή που τυλίγεται στο πηνίο, αυξάνει το μαγνητικό πεδίο. Όσο πιο παχύ είναι το καλώδιο που χρησιμοποιείται, τόσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα το οποίο θα ρέει στο πηνίο για οποιαδήποτε τάση τοποθετείται στο πηνίο. Δυστυχώς, όσο πιο παχύ είναι το

σύρμα, τόσο περισσότερο χώρο καταλαμβάνει κάθε στροφή, επομένως η επιλογή του καλωδίου είναι κάπως συμβιβαστική.

2. Η ισχύς που παρέχεται στο πηνίο εξαρτάται από την τάση που τοποθετείται σε αυτό. $W = V \times A$, άρα όσο μεγαλύτερα τα V , τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς που παρέχεται. Αλλά γνωρίζουμε επίσης από τον νόμο του Ohm ότι $\Omega = V / A$. Τα Ω σε αυτήν την περίπτωση καθορίζονται από το επιλεγμένο καλώδιο και τον αριθμό στροφών, οπότε αν διπλασιάσουμε την τάση τότε διπλασιάζουμε το ρεύμα. Για παράδειγμα: Ας υποθέσουμε ότι η αντίσταση του πηνίου είναι 1Ω , η τάση $1 V$ και το ρεύμα $1 A$. Στη συνέχεια, η ισχύς είναι $1 W$. Τώρα, διπλασιάζουμε την τάση στα $2 V$. Η αντίσταση του πηνίου εξακολουθεί να είναι 1Ω , επομένως το ρεύμα είναι τώρα $2A$. Η ισχύς είναι $4W$. Ο διπλασιασμός της τάσης έχει τετραπλασιάσει την ισχύ. Από αυτό βλέπουμε ότι η τάση που εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε πηνίο ή ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα είναι κρίσιμη για την ισχύ που αναπτύσσεται από το πηνίο.
3. Πάνω σε τι είναι τυλιγμένο το πηνίο, έχει επίσης μεγάλη σημασία. Εάν το πηνίο τυλίγεται σε μια ράβδο από μαλακό σίδηρο καλυμμένο με ένα στρώμα χαρτιού, τότε το μαγνητικό αποτέλεσμα αυξάνεται δραματικά. Εάν τα άκρα της ράβδου είναι κωνικά σαν ίσιο κατσαβίδι ή καταλήγει σε ένα αιχμηρό σημείο, τότε οι μαγνητικές γραμμές δύναμης συγκεντρώνονται όταν φύγουν από το σίδηρο και το μαγνητικό αποτέλεσμα αυξάνεται περαιτέρω. Εάν ο πυρήνας του μαλακού σιδήρου είναι συμπαγής, χάνεται κάποια ενέργεια από τα ρεύματα που ρέουν γύρω από το σίδηρο. Αυτά τα ρεύματα μπορεί να είναι ελαχιστοποιημένα, χρησιμοποιώντας λεπτές μεταλλικές λωρίδες (που ονομάζονται «ελασματοποιήσεις»), οι οποίες είναι μονωμένες μεταξύ τους. Αυτό φαίνεται πιο συχνά στην κατασκευή μετασχηματιστών, όπου υπάρχουν δύο πηνία τυλιγμένα σε έναν μόνο πυρήνα. Καθώς είναι βολικό για μαζική παραγωγή, οι μετασχηματιστές συνήθως τυλίγονται ως δύο ξεχωριστά πηνία τα οποία στη συνέχεια τοποθετούνται σε έναν πυρήνα με φιγούρα οκτώ.

1.9. Μετασχηματιστές

Οι μετασχηματιστές χρησιμοποιούνται για την αλλαγή της τάσης οποιασδήποτε πηγής εναλλασσόμενου ρεύματος. Εάν η αλλαγή αυξάνει την τάση εξόδου, τότε ο μετασχηματιστής ονομάζεται μετασχηματιστής «ανύψωσης». Εάν η τάση εξόδου είναι χαμηλότερη από την τάση εισόδου, τότε ονομάζεται μετασχηματιστής «υποβιβασμού» [7]. Εάν οι τάσεις είναι ίδιες, ονομάζεται μετασχηματιστής «απομόνωσης». Μια κοινή κατασκευή μοιάζει με αυτό:



Η μπομπίνα Coil κάθεται στο τμήμα των ελασμάτων με την ένδειξη «Α» παραπάνω. Το πηνίο τυλίγεται στον διαμορφωτή της μπομπίνας, πρώτα ένα τύλιγμα και μετά το δεύτερο τύλιγμα. Στη συνέχεια, η μπομπίνα τοποθετείται στο κεντρικό τμήμα με μορφή «E» και στη συνέχεια

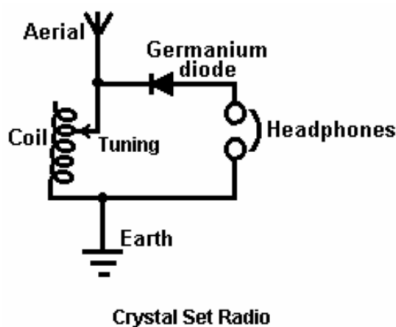
περιβάλλεται πλήρως από τα ελάσματα όταν η εγκάρσια ράβδος τοποθετείται στην κορυφή. Ο ιμάντας στερέωσης χρησιμοποιείται για να συγκρατεί τα δύο σετ ελασμάτων μαζί και να παρέχει ωτίδες στερέωσης για τη σύνδεση του μετασχηματιστή σε πλαίσιο. Υπάρχουν συνήθως είκοσι πλαστικοποιήσεις σε κάθε σετ και κάθε πλαστικοποίηση είναι μονωμένη από τα διπλανά ελάσματα.

Εάν θέλουμε να αλλάξουμε την τάση μιας τροφοδοσίας μπαταρίας, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα για να δημιουργήσουμε μία εναλλασσόμενη τάση και στη συνέχεια χρησιμοποιήσουμε έναν μετασχηματιστή για να αλλάξουμε αυτήν την εναλλασσόμενη τάση σε όποια τάση θέλουμε. Η πιο συνηθισμένη μορφή είναι για την παραγωγή τάσης δικτύου από μπαταρία αυτοκινήτου 12 V, έτσι ώστε ο εξοπλισμός να μπορεί να λειτουργήσει σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, όπως βάρκες, τροχόσπιτα κ.λπ. Αυτά τα κυκλώματα ονομάζονται «μετατροπείς» και είναι πολύ δημοφιλή κομμάτια εξοπλισμού.

Η τάση στο δευτερεύον πηνίο οποιουδήποτε μετασχηματιστή προσδιορίζεται από την αναλογία των στροφών στις πρωτεύουσες και δευτερεύουσες περιελίξεις. Για παράδειγμα, εάν υπάρχει διαθέσιμη εναλλασσόμενη τάση 10 V κι έχουμε μετασχηματιστή που έχει 100 στρόφες στο πρωτεύον πηνίο και 1000 στρόφες στο δευτερεύον πηνίο, τότε εάν συνδέσουμε τα 10 V κατά μήκος του πρωτεύοντος, θα υπάρχουν 100 V που δημιουργούνται κατά μήκος του δευτερεύοντος πηνίου. Αντίθετα, εάν συνδέσουμε τα 10 V κατά μήκος του δευτερεύοντος πηνίου, θα δημιουργηθεί τάση 1 V σε όλο το πρωτεύον τύλιγμα. Αυτό συμβαίνει επειδή υπάρχει μια αναλογία 10:1 μεταξύ των δύο περιελίξεων.

Ο Νόμος της Διατήρησης της Ενέργειας ισχύει για τους μετασχηματιστές όπως ισχύει για οτιδήποτε άλλο. Η ισχύς εισόδου στο πρωτεύον τύλιγμα θα είναι η ίδια με την ισχύ στο δευτερεύον τύλιγμα μείον τις απώλειες. Οι απώλειες, σε αυτή την περίπτωση θα είναι αύξηση της θερμοκρασίας ολόκληρου του μετασχηματιστή. Εάν το ρεύμα που διέρχεται από τον μετασχηματιστή είναι πολύ χαμηλότερο από την ονομαστική του χωρητικότητα, τότε οι απώλειες θα είναι μικρές. Το σημαντικό σημείο είναι ότι 10 V σε 1 A στην κύρια περιέλιξη θα παράγουν 100 V στη δευτερεύουσα, αλλά σε κάπως λιγότερο από 0,1 A: Η ισχύς εισόδου είναι 10 W και η ισχύς εξόδου είναι σχεδόν 10 W. Η τάση έχει αυξηθεί στα 100 V, αλλά το δυναμικό ρεύματος έχει μειωθεί από 1 A σε 0,1 A (100 mA).

Στην πράξη, το πάχος του σύρματος που χρησιμοποιείται στις περιελίξεις είναι πολύ σημαντικό. Εάν η τάση που θα τοποθετηθεί κατά μήκος της περιέλιξης είναι υψηλή, τότε η διάμετρος του σύρματος θα είναι μικρή. Οι περιελίξεις του πηνίου έχουν αρκετά χαμηλές αντιστάσεις αλλά αυτό δεν είναι κρίσιμο στα κυκλώματα καθώς τα πηνία λειτουργούν με έναν περίεργο τρόπο. Τα πηνία έχουν «σύνθετη αντίσταση» εναλλασσόμενου ρεύματος σε αντίθεση με την DC αντίσταση. Ενώ το συνεχές ρεύμα (από μια μπαταρία, ας πούμε) μπορεί να ρέει πολύ εύκολα μέσα από ένα πηνίο με χαμηλή αντίσταση, το εναλλασσόμενο ρεύμα μπορεί να έχει δύσκολη δουλειά να περάσει μέσα από το πηνίο λόγω της υψηλής «σύνθετης αντίστασής του». Μερικές φορές, τα πηνία χρησιμοποιούνται για να πνίξουν κάθε κυματισμό AC (παρεμβολή) που έρχεται κατά μήκος ενός καλωδίου τροφοδοσίας DC. Όταν χρησιμοποιείται πηνίο για αυτόν τον σκοπό, ονομάζεται «πνιγμός». Κάθε πηνίο έχει τη δική του συχνότητα συντονισμού και σε αυτή τη συχνότητα είναι πολύ δύσκολο για το AC να περάσει μέσα από το πηνίο. Τα ραδιόφωνα κρυστάλλων λειτουργούν με αυτή την αρχή:

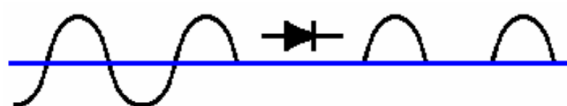


Εδώ, η κεραία λαμβάνει κάθε ραδιοφωνικό σταθμό που εκπέμπει στην περιοχή. Αυτοί οι σταθμοί είναι όλοι σε διαφορετικές συχνότητες και κατευθύνονται όλοι κάτω από το καλώδιο της κεραίας, αναζητώντας την ευκολότερη διαδρομή προς τη σύνδεση γείωσης. Οι περισσότεροι από αυτούς τρέχουν μέσα από το πηνίο χωρίς κανένα πρόβλημα. Εάν η συχνότητα συντονισμού του πηνίου ταιριάζει με τη συχνότητα ενός από τους ραδιοφωνικούς σταθμούς, τότε αυτό το ραδιοφωνικό σήμα (και μόνον αυτό το σήμα) δυσκολεύεται πολύ να περάσει από το πηνίο και αναζητά ευκολότερο δρόμο προς τη γη. Η επόμενη πιο εύκολη διαδρομή είναι μέσω της διόδου και των ακουστικών, οπότε το σήμα πηγαίνει προς τα εκεί. Η διάδος μπλοκάρει μέρος του σήματος που παράγει τον ήχο της ραδιοφωνικής εκπομπής στα ακουστικά. Αυτό το σύστημα λειτουργεί πολύ καλά αν υπάρχει καλό ραδιοφωνικό σήμα. Μια διάδος γερμανίου που χρησιμοποιείται ως τάση ραδιοσήματος είναι πολύ μικρή και μια διάδος γερμανίου λειτουργεί με 0,2 V, ενώ μια διάδος πυριτίου χρειάζεται 0,7 V για να λειτουργεί. Αυτή η διαφορά είναι σημαντική σε αυτές τις πολύ χαμηλές τάσεις. Η συχνότητα συντονισμού του πηνίου εξαρτάται από τον αριθμό των στροφών στο πηνίο. Σε αυτό το σχέδιο, το πηνίο έχει ένα ρυθμιστικό που επιτρέπει την αλλαγή του αριθμού των στροφών, κι έτσι διαφορετικοί ραδιοφωνικοί σταθμοί μπορούν να συντονιστούν.

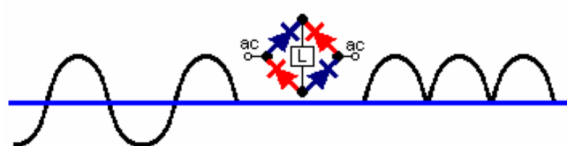
2. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ-ΣΥΣΚΕΥΕΣ

2.1. Ανόρθωση και Τροφοδοτικά

Η κρυσταλλική συσκευή ραδιοφώνου λειτουργεί με την αποκοπή του μισού του εναλλασσόμενου ραδιοφωνικού σήματος. Αν το κάναμε αυτό στην έξοδο από έναν μετασχηματιστή δικτύου, με έξοδο ας πούμε, 12 V AC, το αποτέλεσμα δεν είναι πολύ ικανοποιητικό:



Half-wave rectification

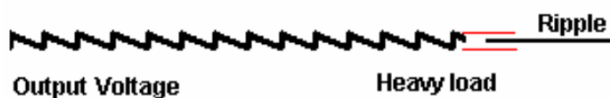
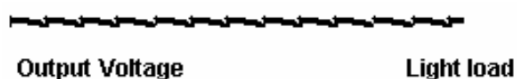
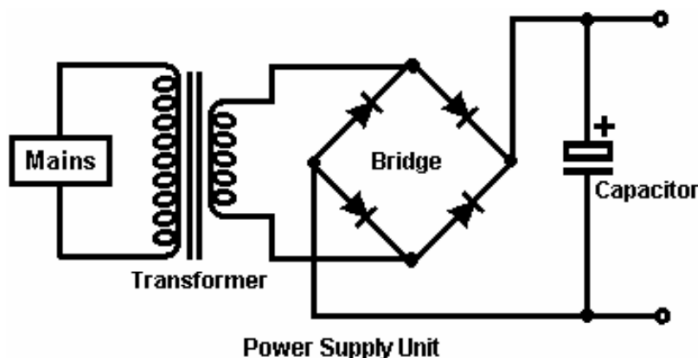


Full-wave rectification

Εδώ, έχουμε την κατάσταση που φαίνεται στο επάνω διάγραμμα. Η έξοδος αποτελείται από μεμονωμένους παλμούς στα 50 Hz. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει ισχύς εξόδου για το ήμισυ του χρόνου. Το αρνητικό τμήμα της κυματομορφής μπλοκάρεται από την υψηλή αντίσταση της διόδου, ενώ το θετικό τμήμα της κυματομορφής επιτρέπεται να περάσει από τη χαμηλή αντίσταση της «προωθημένης» διόδου. Θα πρέπει να θυμόμαστε ότι η διόδος πέφτει 0,7 V κατά τη διεξαγωγή της, οπότε η έξοδος του ανορθωμένου μετασχηματιστή μισού κύματος θα είναι 0,7 V χαμηλότερη από την πραγματική τάση εξόδου του μετασχηματιστή.

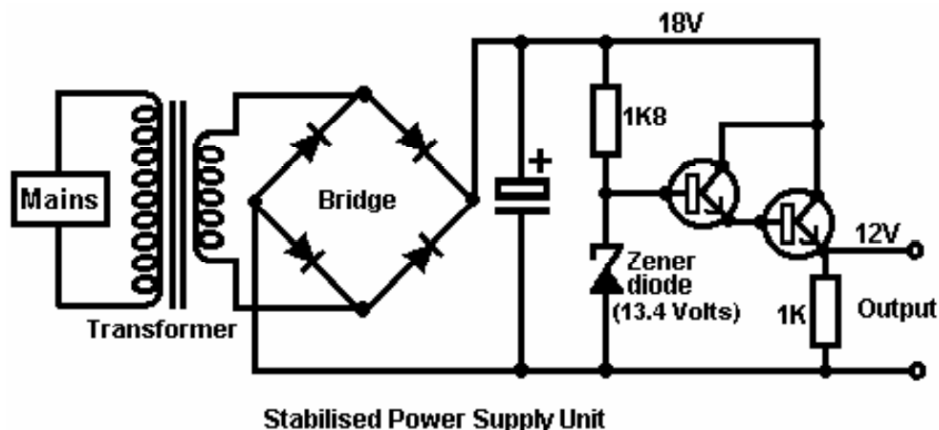
Εάν χρησιμοποιούνται τέσσερις διόδους αντί για μία, μπορούν να τακτοποιηθούν όπως φαίνεται στο κάτω διάγραμμα. Αυτή η διάταξη των διόδων ονομάζονται «γέφυρα». Εδώ το θετικό μέρος της κυματομορφής ρέει μέσα από την άνω μπλε διόδο και μέσω της κάτω μπλε διόδου. Το αρνητικό μέρος ρέει μέσα από την αριστερή κόκκινη διόδο και μετά από τη δεξιά κόκκινη διόδο. Αυτό δίνει μια πολύ καλύτερη κυματομορφή εξόδου με διπλάσια διαθέσιμη ισχύ. Η τάση εξόδου θα είναι 1,4 V μικρότερη από την τάση εξόδου του μετασχηματιστή, καθώς υπάρχουν δύο διόδους πυριτίου στην αλυσίδα τροφοδοσίας.

Η έξοδος ακόμη και από τον ανορθωτή πλήρους κύματος εξακολουθεί να μην είναι ικανοποιητική, καθώς υπάρχει πτώση τάσης στα μηδέν βολτ 100 φορές ανά δευτερόλεπτο. Μόνο μερικές συσκευές λειτουργούν καλά με ένα τέτοιο τροφοδοτικό, ένας λαμπτήρα πυρακτώσεως όπως χρησιμοποιείται σε ένα αυτοκίνητο μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτήν την έξοδο, αλλά στη συνέχεια θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την αρχική παροχή AC χωρίς καμία διόρθωση. Πρέπει να βελτιώσουμε την έξοδο χρησιμοποιώντας μια συσκευή-δεξαμενή για την παροχή ρεύματος κατά τις στιγμές εκείνες που η τάση πέφτει στο μηδέν. Η συσκευή που χρειαζόμαστε είναι ένας πυκνωτής που παλαιότερα ονομαζόταν «συμπυκνωτής». Το κύκλωμα μιας κεντρικής μονάδας χρησιμοποιώντας έναν πυκνωτή φαίνεται εδώ:



Αυτό παράγει πολύ καλύτερο αποτέλεσμα, καθώς ο πυκνωτής αποθηκεύει μέρος της αιχμής ενέργειας και την αποδίδει όταν υπάρχει πτώση τάσης. Εάν το φορτίο στη μονάδα είναι ελαφρύ και δεν λαμβάνεται πολύ ρεύμα από αυτήν, η τάση εξόδου είναι αρκετά καλή. Ωστόσο, εάν αυξηθεί η αποστράγγιση του ρεύματος, η τάση εξόδου μειώνεται 100 φορές το δευτερόλεπτο. Αυτή η διακύμανση τάσης ονομάζεται «κυματισμός» κι εάν η μονάδα τροφοδοτεί ένα ηχοσύστημα ή ένα ραδιόφωνο, ο κυματισμός μπορεί κάλλιστα να ακουστεί ως ενοχλητικό βουητό. Όσο μεγαλύτερος είναι ο πυκνωτής για κάθε δεδομένη έλξη ρεύματος, τόσο μικρότερος είναι ο κυματισμός.

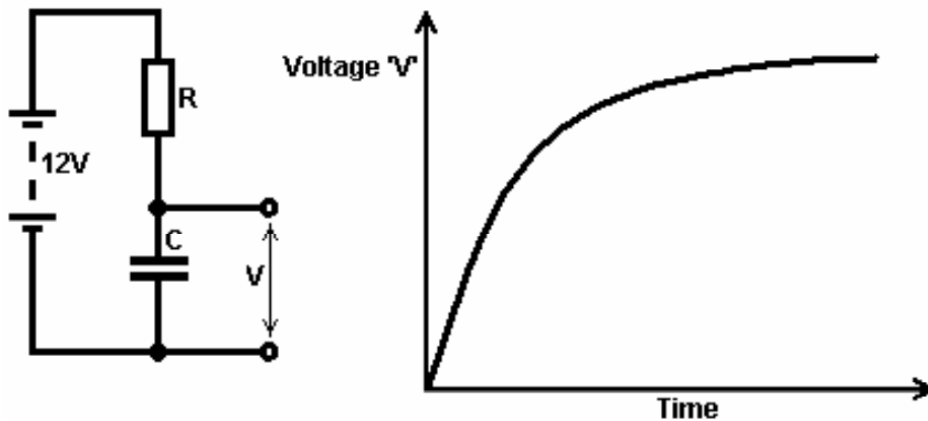
Για να βελτιωθεί η κατάσταση, είναι φυσιολογικό να εισαγάγουμε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου για να αντισταθεί στον κυματισμό:



Αυτό το κύκλωμα χρησιμοποιεί ένα νέο στοιχείο, μια νέα ποικιλία διόδων που ονομάζεται δίοδος «Zener». Αυτή η συσκευή έχει σχεδόν σταθερή πτώση τάσης κατά μήκος της όταν διακοπεί η κατεύθυνση αποκλεισμού του ρεύματος. Η δίοδος έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε αυτή την κατάσταση για να παρέχει μια τάση αναφοράς. Το κύκλωμα χρησιμοποιεί απλώς ένα μικροσκοπικό ρεύμα από την κορυφή της διόδου zener, για να οδηγήσει τα τρανζίστορ Darlington ζεύγους εκπομπός-ακόλουθος που χρησιμοποιούνται για την παροχή του ρεύματος εξόδου.

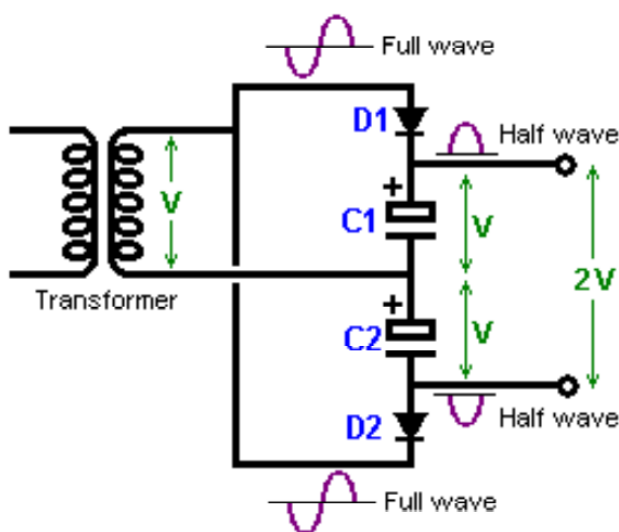
Με αυτό το κύκλωμα, όταν το ρεύμα εξόδου αυξάνεται, η αντίσταση του ζεύγους τρανζίστορ μειώνεται αυτόματα για να παρέχει περισσότερο ρεύμα χωρίς να μεταβάλλεται η τάση εξόδου. Η αντίσταση 1K περιλαμβάνεται για να δώσει στα τρανζίστορ ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα εάν δεν έχει συνδεθεί εξωτερικός εξοπλισμός στους ακροδέκτες εξόδου. Η δίοδος zener επιλέγεται να δώσει 1,4 V περισσότερο από την απαιτούμενη τάση εξόδου, καθώς τα δύο τρανζίστορ πέφτουν στα 1,4 V όταν άγουν. Το τρανζίστορ εξόδου πέφτει 6 V στο πλήρες ρεύμα τροφοδοσίας, άρα η ισχύς που διαχέεται από το τρανζίστορ μπορεί να είναι αρκετά υψηλή. Μπορεί κάλλιστα να χρειαστεί να τοποθετήσουμε το τρανζίστορ σε μία πλάκα αλουμινίου που ονομάζεται «ψύκτρα» για να μην υπερθερμανθεί. Ορισμένα τρανζίστορ ισχύος, όπως το 2N3055, δεν έχουν απομονωμένη τη θήκη από τα ενεργά μέρη του τρανζίστορ. Είναι καλή πρακτική να χρησιμοποιείται ένα παρέμβυσμα μαρμαρυγία μεταξύ του τρανζίστορ και της ψύκτρας καθώς άγει και στη συνέχεια θερμαίνονται χωρίς να κάνουν ηλεκτρική σύνδεση με τη μεταλλική ψύκτρα.

Ένας πυκνωτής, ως ηλεκτρική δεξαμενή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέρος ενός κυκλώματος χρονοδιακόπτη. Η ροή ρεύματος σε αυτό είναι περιορισμένη περνώντας το από μια αντίσταση. Το χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης της ροής σε έναν άδειο πυκνωτή και η τάση κατά μήκος του πυκνωτή που φτάνει σε κάποιο επιλεγμένο επίπεδο, θα είναι σταθερή για έναν πυκνωτή υψηλής ποιότητας. Καθώς η αύξηση της τάσης απομακρύνεται, γίνεται πιο δύσκολο να μετρηθεί η διαφορά με ακρίβεια, οπότε αν ο πυκνωτής πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός χρονικού διαστήματος, είναι φυσιολογικό να χρησιμοποιείται το πρώτο τμήμα της περιοχής του γραφήματος, όπου βρίσκεται η γραμμή και είναι αρκετά ευθεία ανεβαίνοντας γρήγορα.



2.2. Ο διπλασιαστής τάσης

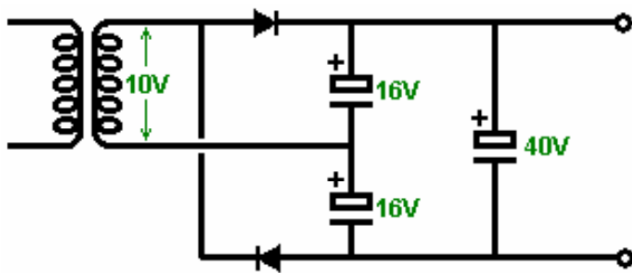
Είναι δυνατό να αυξηθεί η τάση εξόδου ενός μετασχηματιστή, αν και αυτό μειώνει την ικανότητά του να παρέχει ρεύμα σε αυτή την τάση. Ο τρόπος που γίνεται αυτό είναι να τροφοδοτήσει τους θετικούς κύκλους σε έναν πυκνωτή αποθήκευσης και τους αρνητικούς κύκλους σε έναν δεύτερο πυκνωτή αποθήκευσης. Αυτό μπορεί να ακούγεται λίγο περίπλοκο, αλλά στην πραγματικότητα δεν είναι. Ένα κύκλωμα που λειτουργεί έτσι φαίνεται εδώ:



Με αυτό το κύκλωμα, η έξοδος του μετασχηματιστή είναι κάποια τάση, ας πούμε "V" βολτ εναλλασσόμενου ρεύματος. Αυτή η κυματομορφή εξόδου τροφοδοτείται στον πυκνωτή "C1"

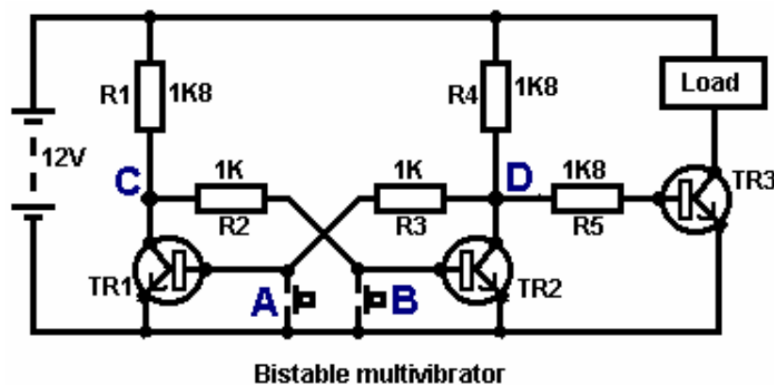
μέσω της διόδου "D1" η οποία διασπά το αρνητικό μέρος του κύκλου. Αυτό παράγει μια σειρά από θετικούς μισούς κύκλους που φορτίζουν τον πυκνωτή "C1" με θετική τάση "V". Το άλλο μισό της εξόδου τροφοδοτείται στον πυκνωτή "C2" μέσω της διόδου "D2" που κόβει το θετικό μέρος του κύκλου, αναγκάζοντας τον πυκνωτή "C2" να αναπτύξει τάση -V κατά μήκος του. Καθώς οι δύο πυκνωτές είναι 'σε σειρά' και δεν είναι τοποθετημένοι μεταξύ τους, οι τάσεις τους αθροίζονται και παράγουν διπλάσια τάση εξόδου του μετασχηματιστή.

Μια προειδοποίηση εδώ: Ο μετασχηματιστής παράγει μια κυματομορφή εναλλασσόμενου ρεύματος και σημειώνονται με τη μέση τάση της κυματομορφής, η οποία είναι συνήθως ένα ημιτονοειδές κύμα. Η μέγιστη τάση ενός ημιτονοειδούς κύματος είναι 41% μεγαλύτερη από αυτή, έτσι, εάν ο μετασχηματιστής έχει έξοδο εναλλασσόμενου ρεύματος 10 V, τότε οι κορυφές που τροφοδοτούνται στους πυκνωτές θα είναι περίπου 14,1 V. Αν δεν υπάρχει έλξη ρεύματος από τους πυκνωτές (δηλαδή με το φορτίο απενεργοποιημένο), τότε κάθε πυκνωτής θα φορτίσει σε αυτό τα 14,1 V και η συνολική τάση εξόδου θα είναι 28,2 V και όχι τα 20 V που θα περίμενε κανείς. Πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι καθώς πρόκειται για τροφοδοσία μισού κύματος, θα υπάρξει σημαντικός κυματισμός στην τάση εξόδου, εάν το ρεύμα είναι υψηλό. Χρησιμοποιώντας έναν επιπλέον πυκνωτή εξομάλυνσης και δίνοντας προσοχή στις ονομαστικές τάσεις των πυκνωτών, η τροφοδοσία των 28 V του κυκλώματος μπορεί να είναι ως εξής:



2.3. Πολυδονητές

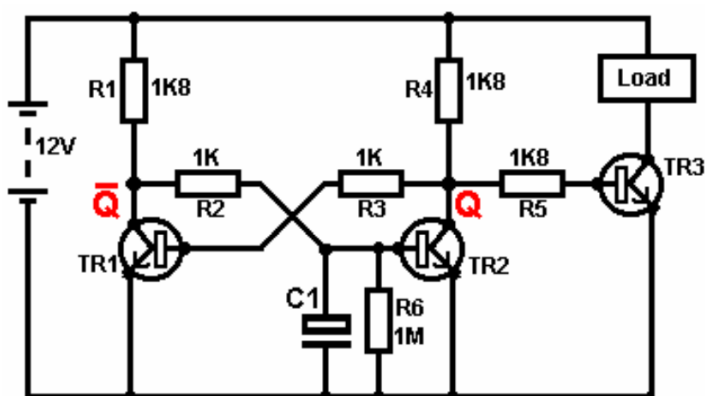
Ο αριθμός των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που μπορούν να κατασκευαστούν με βασικά εξαρτήματα όπως αντιστάσεις, πυκνωτές, τρανζίστορ, πηνία κ.λπ. περιορίζεται μόνο από τη φαντασία και τις ανάγκες μας. Εδώ είναι ένα κύκλωμα πολυδονητή (π.χ., βλ. [8]), όπου δύο τρανζίστορ λειτουργούν ως ζευγάρι:



Αυτό το κύκλωμα έχει δύο σταθερές καταστάσεις και γι' αυτό ονομάζεται «δύο «σταθερό» ή «δισταθερό» κύκλωμα. Είναι σημαντικό να καταλάβουμε τη λειτουργία αυτού του απλού και χρήσιμου κυκλώματος. Εάν πατηθεί ο διακόπτης του κουμπιού «Α», βραχυκυκλώνει τη διασταύρωση βάσης/εκπομπού του τρανζίστορ TR1. Αυτό αποτρέπει οποιοδήποτε ρεύμα που ρέει στη διασταύρωση βάσης/εκπομπού και έτσι το TR1 γίνεται **HARD OFF**. Αυτό κάνει την τάση στο σημείο «C» να αυξάνεται όσο πιο ψηλά μπορεί. Αυτό αφήνει το τρανζίστορ TR2 να τροφοδοτείται από τις R1 και R2 που έχουν 11,3 V κατά μήκος τους και είναι **HARD ON** το TR2. Αυτό τραβάει το σημείο «D» σε περίπου 0,1 V. Αυτό συμβαίνει σε λιγότερο από ένα εκατομμυριοστό του δευτερολέπτου. Όταν αφηθεί ο διακόπτης του κουμπιού «Α», το τρανζίστορ TR1 δεν ανάβει ξανά επειδή το ρεύμα βάσης ρέει στην αντίσταση R3 που συνδέεται στο σημείο «D» που είναι πολύ πολύ κάτω από τα 0,7 V που απαιτούνται για την εκκίνηση αγωγής του TR1. Το αποτέλεσμα είναι ότι όταν πατηθεί το κουμπί «Α», το τρανζίστορ TR2 ενεργοποιείται και παραμένει αναμμένο ακόμα και όταν αφηθεί το κουμπί «Α». Αυτό απενεργοποιεί το τρανζίστορ TR3 και μειώνει το φορτίο ρεύματος. Αυτή είναι η πρώτη «σταθερή» κατάσταση.

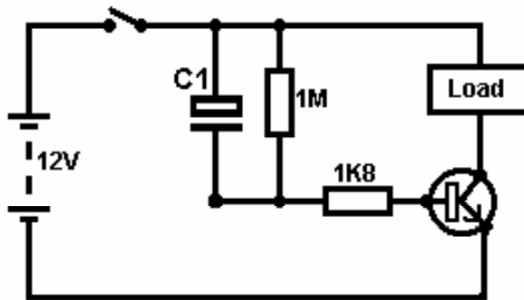
Το ίδιο συμβαίνει όταν πατάτε το κουμπί «Β». Αυτό αναγκάζει το τρανζίστορ TR2 στην «απενεργοποίηση» του, ανυψώνοντας το σημείο «D» σε υψηλή τάση, **HARD ON** του τρανζίστορ TR3, τροφοδοσία του φορτίου και συγκράτηση του τρανζίστορ TR1 **HARD OFF**. Αυτή είναι η δεύτερη από τις δύο «σταθερές καταστάσεις». Στην πραγματικότητα, αυτό το κύκλωμα «θυμάται» ποιο κουμπί πατήθηκε τελευταίο, επομένως εκατομμύρια από αυτά τα κυκλώματα χρησιμοποιούνται σε Η/Υ ως μνήμη τυχαίας πρόσβασης («RAM»). Η τάση στο σημείο «C» είναι το αντίστροφο της τάσης στο σημείο «D», οπότε αν το «D» πάει ψηλά τότε το «C» χαμηλώνει και αν το «D» πάει χαμηλά, τότε το «C» πηγαίνει ψηλά. Παρεμπιπτόντως, η έξοδος στο «D» συχνά ονομάζεται "Q" και η έξοδος στο "C" ονομάζεται "Q-bar" που εμφανίζεται ως το γράμμα Q με μια οριζόντια γραμμή που σχεδιάζεται από πάνω του. Αυτό φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα κυκλώματος.

Μια μικρή παραλλαγή αυτού του κυκλώματος επιτρέπει σε ένα φορτίο να ενεργοποιείται όταν το κύκλωμα τροφοδοτείται:



Όταν απενεργοποιηθεί, ο πυκνωτής «C1» σε αυτό το κύκλωμα αποφορτίζεται πλήρως μέσω της αντίστασης «R6». Όταν η παροχή των 12 V είναι συνδεδεμένη στο κύκλωμα, ο πυκνωτής C1 δεν φορτίζεται αμέσως κι έτσι κρατά τη βάση του TR2 κάτω από 0,7 V για πολύ περισσότερο χρόνο απ' όσο χρειάζεται για να ενεργοποιηθεί το τρανζίστορ TR1 (το οποίο, με

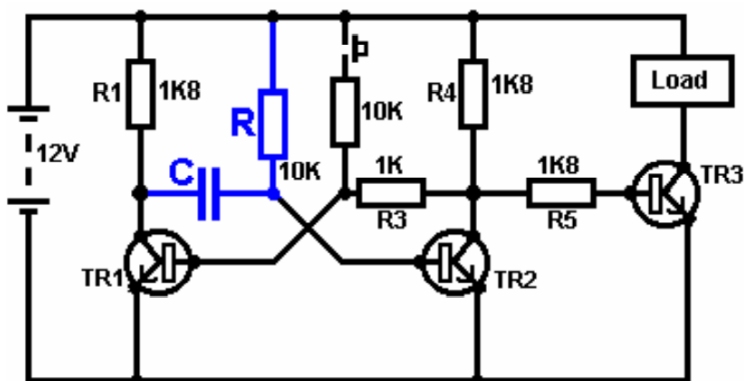
τη σειρά του, κρατά το TR2 **HARD OFF**). Εάν δεν είναι απαραίτητο να έχουμε το φορτίο ενεργοποιημένο επ' αόριστον, τότε ένα ακόμα πιο απλό κύκλωμα μπορεί να κάνει αυτό:



Εδώ, όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, και οι δύο πλευρές του πυκνωτή C1 είναι στα +12 V και αυτό προκαλεί την αντίσταση 1K8 να άγει έντονα, οδηγώντας το τρανζίστορ και τροφοδοτώντας το φορτίο. Ο πυκνωτής φορτίζεται γρήγορα μέσω του τρανζίστορ και φτάνει στο σημείο στο οποίο δεν μπορεί πλέον να κρατήσει το τρανζίστορ ενεργοποιημένο. Όταν η μπαταρία είναι απενεργοποιημένη, η αντίσταση 1M αποφορτίζει τον πυκνωτή, έτοιμο για την επόμενη φορά που θα συνδεθεί η μπαταρία.

2.3.1. Ο Μονοσταθερός Πολυδονητής

Ο μονοσταθερός έχει μια σταθερή και μια ασταθή κατάσταση. Μπορεί να βγει από τη σταθερή του κατάσταση, αλλά θα κάνει «flip» πίσω στη σταθερή του κατάσταση. Για τον λόγο αυτό είναι επίσης γνωστός ως κύκλωμα «flip-flip». Είναι παρόμοιο με *δισταθές* κύκλωμα, αλλά μία από τις αντιστάσεις διασταύρωσης έχει αντικατασταθεί από έναν πυκνωτή που μπορεί να περάσει ρεύμα σαν αντίσταση, αλλά μόνο για περιορισμένο χρονικό διάστημα, μετά από το οποίο ο πυκνωτής φορτίζεται πλήρως και η ροή του ρεύματος σταματά, προκαλώντας το «flip» ξανά στη σταθερή κατάσταση γι' άλλη μια φορά.



Σε αυτό το κύκλωμα, η αντίσταση «R» και οι τιμές του πυκνωτή «C» καθορίζουν πόση ώρα θα είναι ο μονοσταθερός στην ασταθή του κατάσταση. Το κύκλωμα λειτουργεί ως εξής:

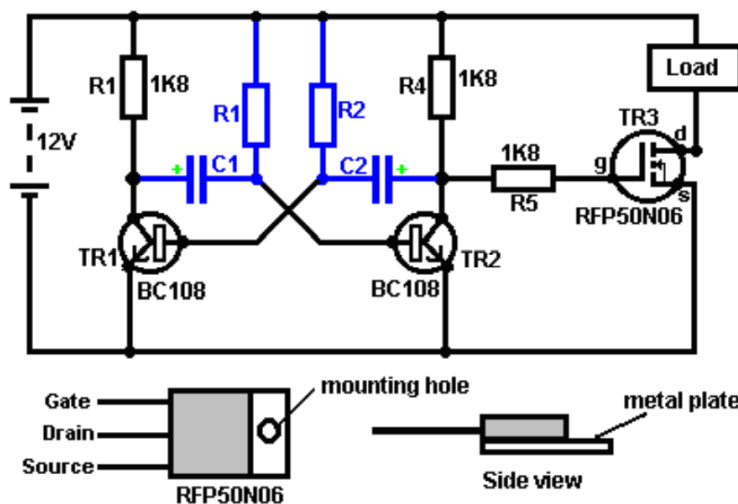
1. Σε σταθερή κατάσταση, το τρανζίστορ TR1 είναι απενεργοποιημένο. Η τάση του συλλέκτη του είναι υψηλή, πιέζοντας την αριστερή πλευρά του πυκνωτή «C» κοντά στα +12 V. Καθώς η δεξιά πλευρά του πυκνωτή «C» συνδέεται με τη βάση του TR2 που είναι στα 0,7 V, ο πυκνωτής φορτίζεται στα 11,3 V περίπου.

2. Ο διακόπτης του κουμπιού λειτουργεί για λίγο. Αυτό τροφοδοτεί ρεύμα μέσω της αντίστασης 10K στη βάση του τρανζίστορ TR1, κάνοντάς το **HARD ON**. Αυτό μειώνει την τάση συλλέκτη του TR1 κοντά στα 0 V, παίρνοντας μαζί του την αριστερή πλευρά του πυκνωτή.
3. Καθώς η τάση σε έναν πυκνωτή δεν μπορεί να αλλάξει αμέσως, η δεξιά πλευρά του πυκνωτή οδηγεί τη βάση του τρανζίστορ TR2 κάτω από 0,7 V, προκαλώντας την απενεργοποίηση του TR2.
4. Το κύκλωμα δεν μπορεί να κρατήσει το TR2 στην κατάσταση «off» για πάντα. Η αντίσταση «R» τροφοδοτεί ρεύμα στον πυκνωτή, ωθώντας την τάση στη βάση του TR2 σταθερά προς τα πάνω, έως ότου η τάση φτάσει τα 0,7 V κι ενεργοποιηθεί το τρανζίστορ TR2 ξανά, απενεργοποιώντας ξανά το TR1 (με την προϋπόθεση ότι έχει αφαιρεθεί ο διακόπτης του κουμπιού). Αυτή είναι η σταθερή κατάσταση πάλι. Εάν ο διακόπτης είναι πατημένος, τότε και τα δύο τρανζίστορ θα είναι ενεργοποιημένα και η τάση εξόδου θα εξακολουθεί να είναι χαμηλή. Ένας άλλος παλμός εξόδου δεν θα δημιουργηθεί μέχρι να αφαιρεθεί το κουμπί και να πατηθεί ξανά.

Αυτό το κύκλωμα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ενεργοποίηση ενός φούρνου μικροκυμάτων για οποιονδήποτε επιλεγμένο αριθμό δευτερολέπτων, για τη δημιουργία μιας καθυστέρησης ενεργοποίησης του οικιακού συναγερμού, για να δώσει χρόνο να τον απενεργοποιήσουμε αφού περάσουμε από την μπροστινή πόρτα, ...

2.3.2. Ο Ασταθής Πολυδονητής

Το ασταθές κύκλωμα είναι το μονοσταθερό με έναν δεύτερο πυκνωτή προστιθέμενο έτσι ώστε καμία κατάσταση να μην είναι σταθερή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κύκλωμα να κάνει flopping προς τα πίσω και προς τα εμπρός συνεχώς:



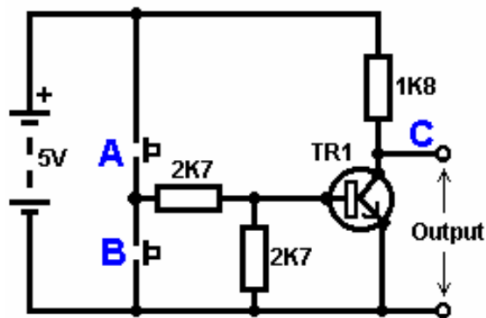
Ο ρυθμός εναλλαγής ελέγχεται από τους συνδυασμούς R1/C1 και R2/C2. Ο χρόνος ενεργοποίησης του φορτίου έως τον χρόνο απενεργοποίησης, ονομάζεται αναλογία «mark-space», όπου η περίοδος ON είναι το mark ή αλλιώς «σημάδι» και η περίοδος OFF είναι το space ή αλλιώς «κενό». Αν επιλέξουμε να χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές που έχουν τη δική τους πολικότητα, τότε το +ve άκρο κάθε πυκνωτή συνδέεται με τον συλλέκτη του τρανζίστορ.

Αν και είναι καλό να κατανοήσουμε πώς λειτουργούν και πώς μπορούν να κατασκευαστούν αυτά τα κυκλώματα πολυδονητών, σήμερα υπάρχουν προκατασκευασμένα κυκλώματα που περιλαμβάνονται σε ένα μόνο πακέτο, το οποίο είναι πολύ πιο πιθανό να επιλέξουμε προς χρήση. Αυτά λέγονται Ολοκληρωμένα Κυκλώματα (Integrated Circuits) ή «ICs» για συντομία. Αυτά θα τα συζητήσουμε σύντομα. Πριν το κάνουμε, παρατηρούμε ότι στο κύκλωμα παραπάνω, το τρανζίστορ TR3 έχει αλλάξει σε μια νέα ποικιλία που ονομάζεται Field Effect Transistor («FET»). Αυτός ο τύπος τρανζίστορ είναι νεότερος από τα «διπολικά» τρανζίστορ που φαίνονται στα προηγούμενα κυκλώματα. Τα FET διατίθενται σε δύο ποικιλίες: «n-channel» που είναι σαν τρανζίστορ NPN και «p-channel» που είναι σαν τρανζίστορ PNP.

Τα FET είναι πιο δύσκολο να κατασκευαστούν, αλλά έχουν φτάσει πλέον σε ένα επίπεδο κόστους και αξιοπιστίας που τα καθιστά πράγματι πολύ χρήσιμα. Δεν απαιτούν σχεδόν καθόλου ρεύμα βάσης (που ονομάζεται ρεύμα «πύλης» με αυτόν τον τύπο τρανζίστορ) που σημαίνει ότι δεν έχουν σχεδόν καμία επίδραση σε οποιοδήποτε κύκλωμα στο οποίο είναι συνδεδεμένα. Επίσης, πολλά από αυτά μπορούν να χειριστούν μεγάλα ρεύματα και διαθέτουν σημαντικές δυνατότητες χειρισμού ισχύος. Εξαιτίας αυτού, είναι συνηθισμένο να τα βλέπουμε συσκευασμένα με μία μεταλλική βάση, έτοιμη να βιδωθεί σε μια πλάκα ψύκτρας αλουμινίου για να βοηθήσει στη διάχυση της θερμότητας που παράγεται από τη μεγάλη ποσότητα ισχύος που διαρρέει από αυτά. Το «RFP50N06» που φαίνεται παραπάνω μπορεί να χειριστεί έως και 50 V και μεταφέρει έως και 60 A, κάτι που είναι σοβαρός χειρισμός ισχύος.

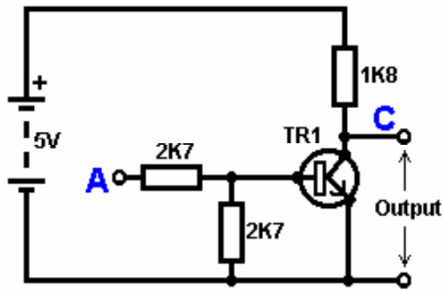
2.4. Μετατροπείς και Πίνακες Αληθείας

Εξετάζουμε το ακόλουθο κύκλωμα:



Εάν κανένας από τους διακόπτες του κουμπιού δεν λειτουργεί, το τρανζίστορ δεν έχει ροή ρεύματος βάση/εκπομπού και επομένως είναι απενεργοποιημένο. Αυτό τοποθετεί την τάση του συλλέκτη στο «C» κοντά στη θετική ράγα (+5 V). Εάν πατήσουμε τον διακόπτη «A», η τάση της βάσης προσπαθεί να ανέλθει στο μισό της τάσης της μπαταρίας, αλλά δεν το κάνει γιατί η βάση του τρανζίστορ το καρφώνει στα 0,7 V. Αυτό τροφοδοτεί το ρεύμα βάσης στο τρανζίστορ, αλλάζοντας το σε **HARD ON** και προκαλεί την έξοδο στο «C» να πέσει σχεδόν στα 0 V. Εάν πατήσουμε το κουμπί «B» (δεν το κάνουμε όταν ο διακόπτης «A» είναι κλειστός, αλλιώς θα έχουμε πολύ υψηλό ρεύμα «βραχυκυκλώματος» που ρέει απευθείας μέσω των δύο διακοπών), δεν έχει καμία επίδραση στην τάση εξόδου που θα παραμείνει υψηλή.

Αν σχεδιάσουμε ξανά το κύκλωμα ως εξής:



TRUTH TABLE	
Input A	Output C
0	1
1	0

Key:

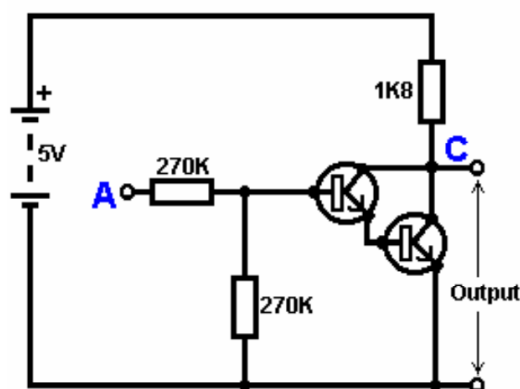
0 = Less than 0.5 Volts

1 = More than 3.5 Volts

μπορούμε να δούμε ότι εάν η τάση στην είσοδο «Α» είναι υψηλή, τότε η τάση εξόδου στο «C» θα είναι χαμηλή. Αν η τάση στην είσοδο «Α» λαμβάνεται χαμηλή, τότε η τάση εξόδου στο «C» θα είναι υψηλή. Ένα κύκλωμα που το κάνει αυτό ονομάζεται «Αναστροφέας» επειδή «αναστρέφει» (ή «γυρίζει ανάποδα») την τάση εισόδου. Μπορούμε να συνοψίσουμε αυτή τη λειτουργία σε έναν πίνακα με το τυπικό όνομα «Πίνακας Αληθείας». Ο σκοπός αυτού του πίνακα είναι να παραθέσει όλες τις πιθανές εισόδους και να εμφανίσει την αντίστοιχη έξοδο για κάθε είσοδο.

Ένα άλλο πρότυπο είναι να αντικαταστήσουμε το «1» για την «υψηλή τάση» και το «0» για τη «χαμηλή τάση». Θα παρατηρήσετε ότι πολλά στοιχεία του ηλεκτρικού και του ηλεκτρονικού εξοπλισμού έχουν αυτά τα σύμβολα στον διακόπτη ON/OFF. Σε κυκλώματα H/Y, το «0» αντιπροσωπεύει οποιαδήποτε τάση κάτω από 0,5 V και το «1» αντιπροσωπεύει οποιαδήποτε τάση πάνω από 3,5 V. Πολλοί, αν όχι οι περισσότεροι, H/Y λειτουργούν τα λογικά τους κυκλώματα στα 5 V. Αυτό το κύκλωμα αναστροφέα είναι ένα «λογικό» κύκλωμα.

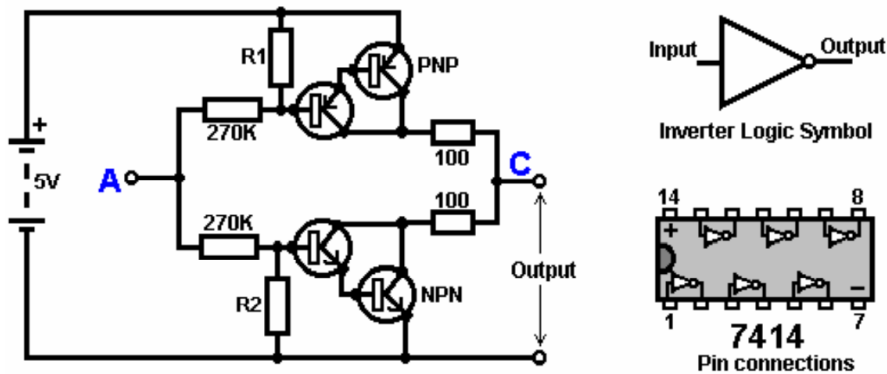
Μια κριτική για το παραπάνω κύκλωμα είναι ότι η αντίσταση εισόδου ή η «σύνθετη αντίσταση» δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή και η σύνθετη αντίσταση εξόδου δεν είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Θα θέλαμε τα λογικά μας κυκλώματα να μπορούν να λειτουργούν τις εισόδους άλλων οκτώ λογικών κυκλωμάτων. Η ορολογία για αυτό είναι ότι το κύκλωμά μας θα πρέπει να έχει ένα «fan-out» των οκτώ. Ας πάμε για μια απλή τροποποίηση που θα βελτιώσει την κατάσταση:



Εδώ, η σύνθετη αντίσταση εισόδου έχει αυξηθεί κατά 100 με τη χρήση ενός ζεύγους τρανζίστορ Darlington που χρειάζεται πολύ λιγότερο ρεύμα βάσης κι έτσι μπορεί να έχει πολύ υψηλότερη αντίσταση εισόδου.

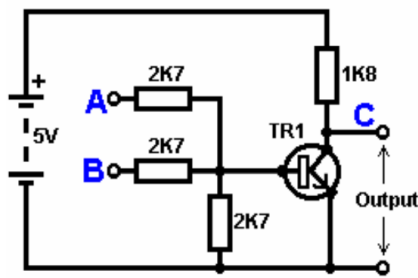
Δυστυχώς, η σύνθετη αντίσταση εξόδου είναι ακόμα αρκετά υψηλή όταν τα τρανζίστορ είναι στην κατάσταση OFF όπως κάθε ρεύμα που λαμβάνεται από τη θετική γραμμή και πρέπει να

ρχει μέσω της αντίστασης 1K8 (1800 Ω). Αλλά χρειαζόμαστε αυτή την αντίσταση για όποτε τα τρανζίστορ είναι στην κατάσταση ON. Πρέπει πραγματικά να αλλάξουμε την αντίσταση 1K8 με κάποια συσκευή που έχει μερικές φορές υψηλή αντίσταση και χαμηλή αντίσταση άλλες φορές. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να γίνει αυτό. Μπορεί να επιλέξουμε να χρησιμοποιήσουμε τρανζίστορ PNP (συνήθως χρησιμοποιούμε τύπους NPN) και να τα συνδέσουμε στη θέση της αντίστασης 1K8. Ίσως χρησιμοποιήσουμε ένα κύκλωμα όπως αυτό:



Αυτό το κύκλωμα αρχίζει να φαίνεται περίπλοκο, αλλά δεν είναι τόσο όσο φαίνεται. Τα τρανζίστορ NPN στο κάτω μέρος είναι σχεδόν ίδια με το προηγούμενο κύκλωμα. Η μόνη διαφορά είναι ότι το φορτίο του συλλέκτη είναι τώρα δύο αντιστάσεις 100 Ω συν την αντίσταση των δύο τρανζίστορ. Εάν τα τρανζίστορ PNP είναι απενεργοποιημένα όταν τα τρανζίστορ NPN είναι ON, τότε η φόρτωση του κυκλώματος στα τρανζίστορ NPN θα είναι αμελητέα και η συνολική έξοδος των τρανζίστορ NPN θα είναι διαθέσιμη για την οδήγηση εξωτερικών κυκλωμάτων, μέσω της χαμηλότερης αντίστασης 100 Ω (ένα μεγάλο «fan-out» για τη λογική κατάσταση «0»). Για να βεβαιωθούμε ότι τα τρανζίστορ PNP είναι **HARD OFF**, πριν ξεκινήσουν να ενεργοποιούνται τα τρανζίστορ NPN, η αντίσταση «R1» πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά. Τα τρανζίστορ PNP είναι μια ακριβής κατοπτρική εικόνα της πλευράς NPN, επομένως η αντίσταση R2 πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά για να βεβαιωθούμε ότι τα τρανζίστορ NPN είναι **HARD OFF** πριν τα τρανζίστορ PNP αρχίσουν να ενεργοποιούνται. Δεν χρειάζεται να ασχοληθούμε αδικαιολόγητα με αυτό το κύκλωμα, γιατί είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα χρησιμοποιήσουμε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα αντί να δημιουργήσουμε το δικό μας κύκλωμα από «διακριτά» εξαρτήματα. Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που περιέχει έξι ολοκληρωμένους μετατροπείς είναι το 7414 που φαίνεται παραπάνω. Έρχεται σε μια μικρή μαύρη θήκη με δύο σειρές από 7 ακίδες που το κάνουν να μοιάζει λίγο με κάμπια. Επειδή υπάρχουν δύο σειρές ακίδες, η συσκευασία ονομάζεται "Dual In-Line" (DIL).

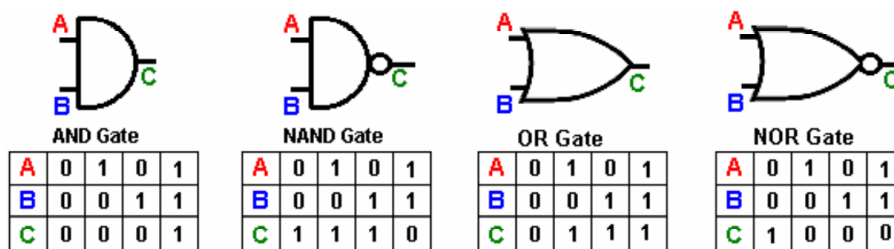
Το ακόλουθο κύκλωμα λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως και το κύκλωμα μετατροπέα, με τη διαφορά ότι έχει δύο εισόδους («A» και «B»). Η τάση εξόδου στο "C" θα είναι χαμηλή εάν μία από τις εισόδους, "A" ή "B" ή και οι δύο είναι υψηλή. Η μόνη φορά που η έξοδος είναι υψηλή, είναι όταν και η είσοδος «A» και η είσοδος «B» είναι χαμηλή. Κατά συνέπεια, το κύκλωμα ονομάζεται πύλη "OR". Ακριβολογώντας, επειδή η τάση εξόδου μειώνεται όταν η τάση εισόδου ανεβαίνει, ονομάζεται πύλη "Not OR", η οποία εν συντομία γράφεται "NOR". Σε αυτό το πλαίσιο, η λέξη «Not» σημαίνει «ανεστραμμένο». Εάν τροφοδοτήσουμε την έξοδο «C» σε ένα κύκλωμα μετατροπέα, το κύκλωμα που θα προκύψει θα είναι μια γνήσια πύλη "OR".



TRUTH TABLE		
Input A	Input B	Output C
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

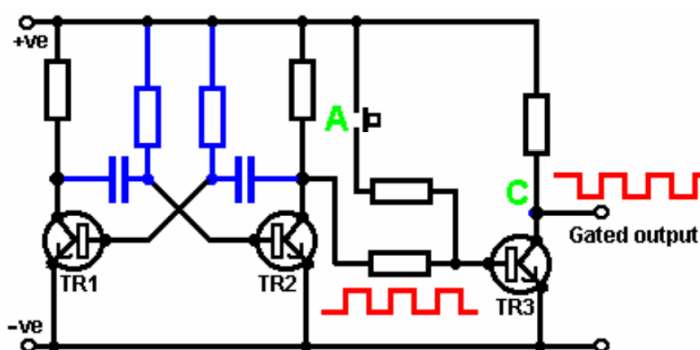
0 = Low voltage 1 = High Voltage

Τα σύμβολα ψηφιακού κυκλώματος για μια πύλη AND, μία πύλη NAND, μια πύλη OR και μια πύλη NOR είναι:



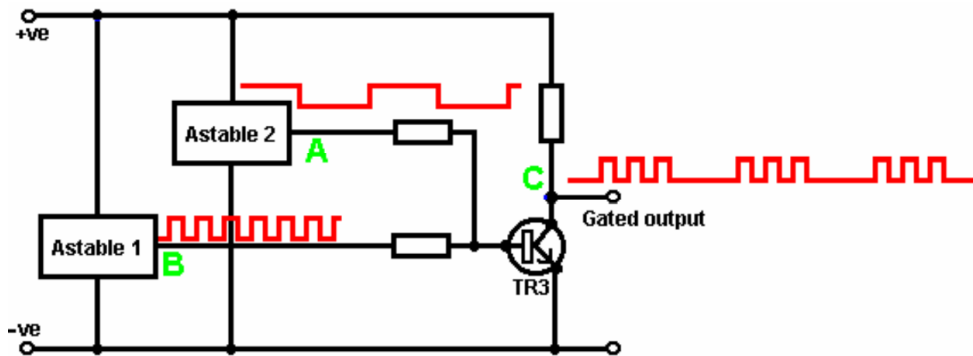
2.4.1. Πύλη

Αυτά τα κοινά τσιπ συνήθως παρέχονται με 2, 4 ή 8 εισόδους. Είναι ένας διπλός αναστροφέας, αλλά ένας διπλός αναστροφέας λειτουργεί ως πύλη που μπορεί να περάσει ή να μπλοκάρει ένα ηλεκτρονικό σήμα. Στο επόμενο κύκλωμα:



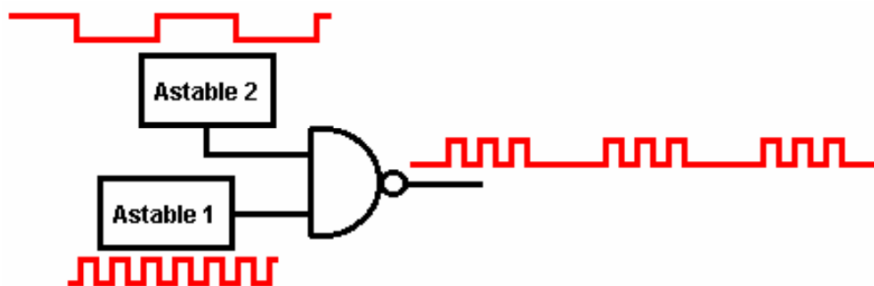
τα τρανζίστορ TR1 και TR2 συνδέονται για να σχηματίσουν έναν ασταθή πολυδονητή. Ο ασταθής τρέχει ελεύθερα, παράγοντας το μοτίβο τετραγωνικής τάσης κυμάτων που φαίνεται με κόκκινο. Το τρανζίστορ TR3 μεταδίδει αυτό το σήμα τάσης. Το TR3 αντιστρέφει το τετραγωνικό κύμα, αλλά αυτό δεν έχει πρακτικό αποτέλεσμα, καθώς η έξοδος είναι η ίδια συχνότητα τετραγωνικού κύματος με το σήμα που λαμβάνεται από τον συλλέκτη του TR2. Εάν ο διακόπτης στο σημείο «Α» είναι ενεργοποιημένος, τροφοδοτείται ρεύμα στη βάση του TR3 που τον συγκρατεί **HARD ON**. Η τάση στο σημείο «C» πέφτει στο μηδέν και παραμένει εκεί. Το σήμα τετραγωνικού κύματος που προέρχεται από τον συλλέκτη του TR2 έχει μπλοκαριστεί και δεν φτάνει στο σημείο εξόδου «C». Είναι σαν να έχει κλείσει μια φυσική «πύλη», εμποδίζοντας το σήμα να φτάσει στο σημείο «C». Όσο η τάση στο σημείο «Α» είναι χαμηλή, η πύλη είναι ανοιχτή. Εάν η τάση στο σημείο «Α» πάει ψηλά, η πύλη είναι κλειστή και η έξοδος είναι μπλοκαρισμένη.

Δεν υπάρχει ανάγκη για χειροκίνητο διακόπτη στο σημείο «Α». Οποιοδήποτε ηλεκτρονικό κύκλωμα μεταγωγής θα το κάνει:



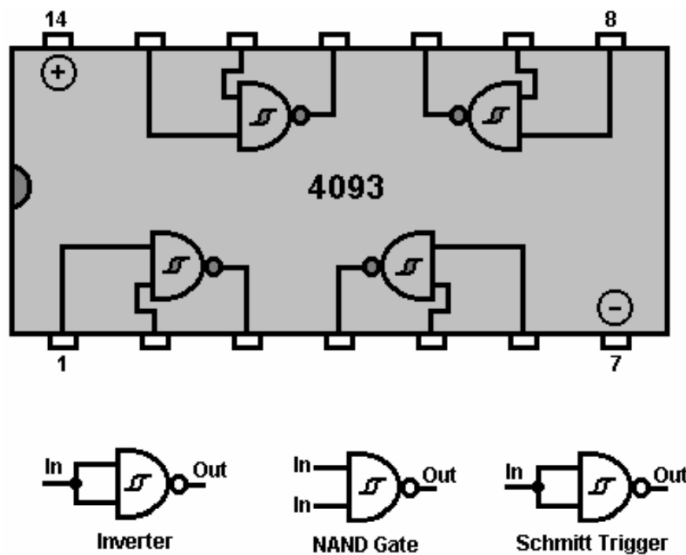
Εδώ, ο χειροκίνητος διακόπτης αντικαθιστά ένα χειροκίνητο διακόπτη. Όταν η τάση εξόδου του «Astable 2» πάει ψηλά, αλλάζει το τρανζίστορ πύλης TR3, κρατώντας το **HARD ON** και μπλοκάροντας το σήμα τετραγωνικού κύματος από το «Astable 1». Όταν η τάση εξόδου του «Astable 2» πέσει χαμηλά, ελευθερώνει το τρανζίστορ TR3 και στη συνέχεια περνά το σήμα «Astable 1» μέσα ξανά. Η προκύπτουσα κυματομορφή εμφανίζεται με κόκκινο χρώμα στο σημείο «C» και είναι εκρήξεις σήματος, που ελέγχονται από τον ρυθμό λειτουργίας του «Astable 2». Αυτό είναι το είδος της κυματομορφής που ο Stan Meyer βρήκε πολύ αποτελεσματικό στη διάσπαση του νερού σε Υδρογόνο και Οξυγόνο [9, 10].

Αυτό το κύκλωμα θα μπορούσε επίσης να σχεδιαστεί ως:

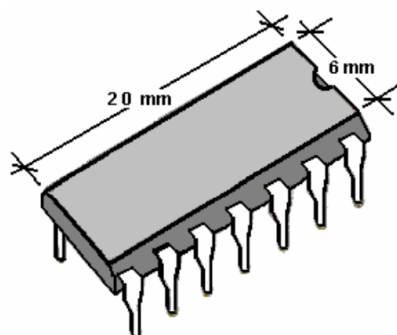


Ο μικρός κύκλος στην πλευρά εξόδου των λογικών συσκευών είναι για να δείξει ότι είναι κυκλώματα που αναστρέφουν, με άλλα λόγια, όταν η είσοδος ανεβαίνει, η έξοδος μειώνεται. Οι δύο λογικές συσκευές που έχουμε συναντήσει μέχρι τώρα είχαν αυτόν τον κύκλο: ο μετατροπέας και η πύλη NAND.

Εάν θέλουμε, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα τσιπ πύλης NAND που έχει το κύκλωμα ενσωματωμένο και ως σκανδάλη Schmitt, το οποίο έχει έξοδο γρήγορης εναλλαγής ακόμα και με αργά κινούμενη είσοδο. Με ένα τέτοιο τσιπ μπορούμε να πάρουμε τρεις διαφορετικές λειτουργίες από τη μία συσκευή:



Εάν οι δύο εισοδοί μιας πύλης NAND συνδέονται μεταξύ τους, τότε η έξοδος θα είναι πάντα αντίθετη από την είσοδο, δηλαδή η πύλη λειτουργεί ως αναστροφέας. Αυτή η διάταξη λειτουργεί επίσης ως σκανδάλη Schmitt λόγω του τρόπου με τον οποίο το κύκλωμα με την πύλη NAND είναι κατασκευασμένο. Υπάρχουν πολλά πακέτα κατασκευασμένα με αυτόν τον τύπο κυκλώματος, αυτό που εμφανίζεται εδώ είναι το τσιπ "74132" που περιέχει τέσσερις πύλες NAND «διπλής εισόδου». Οι πύλες μπορούν να έχουν σχεδόν οποιοδήποτε αριθμό εισόδων, αλλά είναι σπάνιο να χρειάζονται περισσότερες από δύο σε οποιοδήποτε κύκλωμα. Ένα άλλο τσιπ με πανομοιότυπες συνδέσεις ακίδων είναι το τσιπ 4011 (το οποίο δεν είναι ένα κύκλωμα Schmitt). Αυτό το πακέτο πύλης NAND «τετραπλής εισόδου» χρησιμοποιεί μια μέθοδο κατασκευής που ονομάζεται «CMOS», το οποίο καταστρέφεται πολύ εύκολα από τον στατικό ηλεκτρισμό μέχρι να συνδεθεί πραγματικά σε ένα κύκλωμα. Τα τσιπ CMOS μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα ευρύ φάσμα τάσεων και παίρνουν πολύ λίγο ρεύμα. Είναι φθηνά και πολύ δημοφιλή. Ο αριθμός των συσκευών που είναι ενσωματωμένες σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα περιορίζεται συνήθως από τον αριθμό των ακίδων στη συσκευασία και χρειάζεται μία ακίδα για μία σύνδεση με τον «έξω κόσμο». Οι συσκευασίες κατασκευάζονται με 6 ακίδες (συνήθως για οπτικούς απομονωτές), 8 ακίδες (πολλά γενικά κυκλώματα), 14 ακίδες (πολλά γενικά κυκλώματα, κυρίως κυκλώματα λογικής Η/Υ), 16 ακίδες (το ίδιο, αλλά όχι τόσο συνηθισμένο) και στη συνέχεια ένα άλμα σε μεγάλους αριθμούς ακίδων για συσκευές μεγάλης κλίμακας όπως μικροεπεξεργαστές, τσιπ μνήμης κ.λπ. Το τυπικό πακέτο IC είναι μικρό:



Τα πρωτότυπα κυκλώματα κατασκευάζονται συχνά σε «πλακέτα» (strip board) που είναι μια άκαμπτη σανίδα με λωρίδες χαλκού που τρέχουν κατά μήκος της μίας όψης, και τρυπήθηκε με

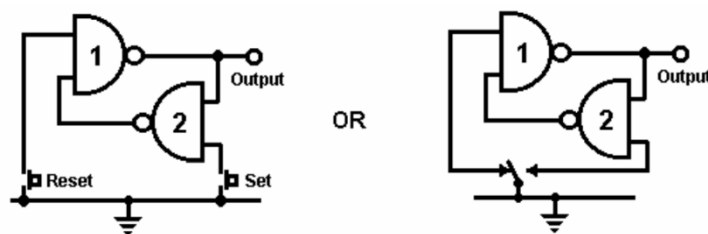
μα μήτρα από οπές. Οι λωρίδες χρησιμοποιούνται για τις ηλεκτρικές συνδέσεις και σπάνε όπου είναι απαραίτητο. Αυτό το strip board συνήθως ονομάζεται "Veroboard":



Σήμερα, οι οπές της πλακέτας απέχουν μεταξύ τους 2,5 mm (1/10"), που σημαίνει ότι τα κενά μεταξύ των λωρίδων χαλκού είναι πράγματι πολύ μικρά. Η μικρή απόσταση των οπών είναι τέτοια ώστε η τυπική συσκευασία IC DIL να ταιριάζει απευθείας στην πλακέτα.

Τα κυκλώματα που κατασκευάζονται με χρήση εξαρτημάτων Η/Υ μπορεί να αντιμετωπίσουν προβλήματα με μηχανικούς διακόπτες. Ένας συνηθισμένος διακόπτης φωτός λειτουργεί καλά διότι ο λαμπτήρας χρειάζεται 1/10 του δευτερολέπτου για να ανάψει. Τα κυκλώματα Η/Υ μπορούν να «ανοιγοκλείνουν» 100.000 φορές σε αυτόν το χρόνο, επομένως ορισμένα κυκλώματα δεν θα λειτουργούν αξιόπιστα με μηχανικό διακόπτη. Αυτό συμβαίνει επειδή η επαφή του διακόπτη αναπηδά όταν κλείνει. Μπορεί να αναπηδήσει μία, δύο ή αρκετές φορές, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας του διακόπτη. Εάν ο διακόπτης χρησιμοποιείται ως είσοδος σε ένα κύκλωμα καταμέτρησης, το κύκλωμα μπορεί να μετρήσει 1, 2 ή περισσότερες εισόδους διακόπτη για μία λειτουργία του. Είναι φυσιολογικό να "προσομοιώνουμε" οποιονδήποτε μηχανικό διακόπτη, χρησιμοποιώντας μερικές πύλες NAND συνδεδεμένες ως εξής:

The NAND Latch.

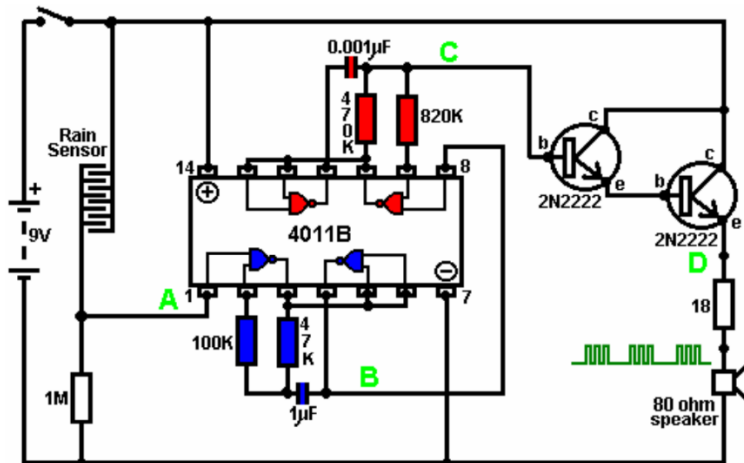


Εδώ, ο μηχανικός διακόπτης αποθηκεύεται από ένα «μάνδαλο». Όταν ο διακόπτης «Set» είναι σε λειτουργία, η έξοδος μειώνεται. Η μη συνδεδεμένη είσοδος της πύλης «1» λειτουργεί σαν να έχει υψηλή τάση πάνω της (λόγω του τρόπου κατασκευής του κυκλώματος πύλης NAND). Η άλλη είσοδος διατηρείται χαμηλή από την έξοδο της πύλης «2». Αυτό ωθεί την έξοδο της πύλης «1» ψηλά, η οποία με τη σειρά της διατηρεί την έξοδο της πύλης «2» χαμηλή. Αυτή είναι η πρώτη σταθερή κατάσταση. Όταν ενεργοποιείται ο διακόπτης «Set», η έξοδος της πύλης «2» οδηγείται ψηλά. Τώρα, και οι δύο εισοδοί της πύλης «1» είναι υψηλές, που κάνει την έξοδο του να πέσει χαμηλά. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί μια είσοδο της πύλης «2» χαμηλά, η οποία κρατά την έξοδο της πύλης «2» ψηλά. Αυτή είναι η δεύτερη σταθερή κατάσταση.

Συνοψίζοντας: εάν πατήσουμε τον διακόπτη «Set» πολλές φορές, η έξοδος θα μειωθεί μία και μόνο μία φορά. Η έξοδος θα παραμείνει χαμηλή έως ότου ενεργοποιηθεί ο διακόπτης «Reset» μία, δύο ή πολλές φορές, οπότε στο σημείο αυτό η έξοδος θα είναι υψηλή και θα παραμείνει εκεί. Αυτό το κύκλωμα χρησιμοποιεί μόνο το μισό από ένα φτηνό τσιπ πύλης NAND για να δημιουργήσει έναν *δισταθή πολυδονητή* που είναι φυσικά πολύ μικρός και ελαφρύς.

2.4.2. Κυκλώματα πύλης

Οι πύλες NAND μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως η καρδιά πολλών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, εκτός από τα λογικά κυκλώματα για τα οποία σχεδιάστηκε το πακέτο. Εδώ είναι μια έκδοση πύλης NAND του συναγερμού βροχής που περιγράφηκε νωρίτερα. Το τσιπ «4011B» είναι μία συσκευή CMOS που έχει πολύ υψηλή αντίσταση εισόδου και μπορεί να λειτουργήσει σε βολικές τάσεις μπαταρίας (3 έως 15 V):



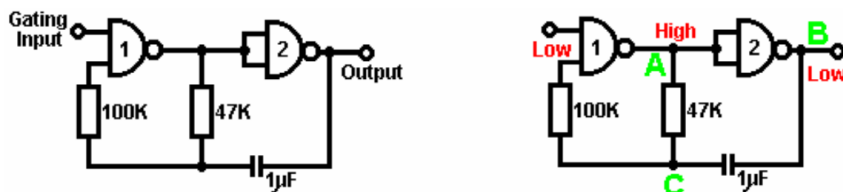
Αυτό το κύκλωμα αποτελείται από έναν αισθητήρα βροχής, δύο ασταθείς πολυδονητές και μια δύναμη-οδηγό τροφοδοσίας ενός μεγαφώνου:

1. Ο αισθητήρας βροχής είναι μία σανίδα με λωρίδες ή παρόμοιο πλέγμα από πλεγμένους αγωγούς, σχηματίζοντας έναν διαιρέτη τάσης κατά μήκος σε όλες τις ράγες της μπαταρίας.
2. Η τάση εξόδου από αυτό, στο σημείο «Α» στο διάγραμμα του κυκλώματος, είναι συνήθως χαμηλά όσο η σανίδα με τις λωρίδες είναι ανοικτού κυκλώματος όταν είναι στεγνή. Αυτή κατέχει την πρώτη πύλη NAND κλειδωμένη σε κατάσταση OFF, εμποδίζοντας τον πρώτο ασταθή από ταλάντωση. Αυτός ο πρώτος ασταθής είναι χρωματικά κωδικοποιημένος μπλε στο διάγραμμα. Η συχνότητά του διέπεται από τις τιμές της 47K αντίστασης και του πυκνωτή 1 microfarad. Η μείωση της αξίας της, οποιουδήποτε από αυτά, θα αυξήσουν τη συχνότητα. Αν η βροχή πέφτει πάνω στον αισθητήρα, η τάση στο σημείο «Α» πηγαίνει ψηλά, αφήνοντας τον ασταθή να τρέξει ελεύθερα. Εάν η τάση στο «Α» δεν ανεβαίνει αρκετά όταν βρέχει, αυξάνουμε την τιμή της αντίστασης 1M.
3. Η έξοδος του πρώτου ασταθής είναι μια χαμηλή τάση όταν ο αισθητήρας είναι στεγνός. Έχει παρθεί από το σημείο «B» κι έχει περάσει από την πύλη εισόδου του δεύτερου ασταθής, κρατώντας τον σε κατάσταση OFF. Η ταχύτητα του δεύτερου ασταθής ελέγχεται από την τιμή της αντίστασης 470K και του πυκνωτή 0,001 microfarad. Η μείωση της αξίας του, οποιουδήποτε από αυτά, θα αυξήσει την κορυφή που παράγεται από τον ασταθή. Ο ρυθμός με τον οποίο λειτουργεί αυτή η astable είναι πολύ υψηλότερη από τον πρώτο ασταθή. Όταν βρέχει, η τάση στο σημείο «Α» ανεβαίνει, αφήνοντας την πρώτη ασταθή ταλάντωση. Καθώς το κάνει αυτό, ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τον δεύτερο ασταθή με σταθερό ρυθμικό μοτίβο. Αυτό τροφοδοτεί

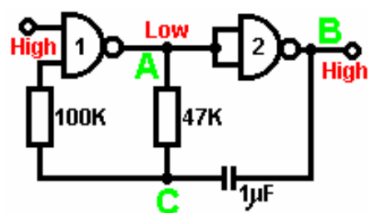
επαναλαμβανόμενες εκρήξεις ταλαντώσεων υψηλής ταχύτητας από τον δεύτερο ασταθή προς το σημείο «C» στο διάγραμμα.

4. Τα τρανζίστορ πομπού-ακολουθού ζεύγους Darlington προκαλούν την τάση στο σημείο «D» να ακολουθεί την τάση στο σημείο «C» (αλλά 1,4 V χαμηλότερη τάση, λόγω της πτώσης τάσης βάσης/εκπομπού κατά 0,7 V για κάθε τρανζίστορ). Το υψηλό κέρδος των δύο τρανζίστορ διασφαλίζει ότι η έξοδος του δεύτερου ταλαντωτή δεν φορτώνεται αδικαιολόγητα. Αυτά τα τρανζίστορ οδηγού ισχύος τοποθετούν την τάση εξόδου σε ένα μεγάφωνο 80 Ω, ενισχυμένο με αντίσταση για να ανυψώσει τη συνολική αντίσταση του συνδυασμού. Το μοτίβο τάσης που παράγεται εμφανίζεται στο σημείο «D» και είναι ένας ήχος που τραβά την προσοχή.

Το κύκλωμα δεν θα ταλαντωθεί εάν η είσοδος πύλης είναι χαμηλή, οπότε υποθέτουμε ότι είναι υψηλή. Παίρνουμε τη στιγμή που η έξοδος της πύλης 2 είναι χαμηλή. Για να συμβεί αυτό, οι εισόδους της πύλης 2 πρέπει να είναι υψηλές. Καθώς η έξοδος της πύλης 1 συνδέεται απευθείας με τις εισόδους της πύλης 2, πρέπει να είναι υψηλή, και για να ισχύει αυτό, τουλάχιστον μία από τις εισόδους της πρέπει να είναι χαμηλή. Αυτή η κατάσταση φαίνεται στα δεξιά.

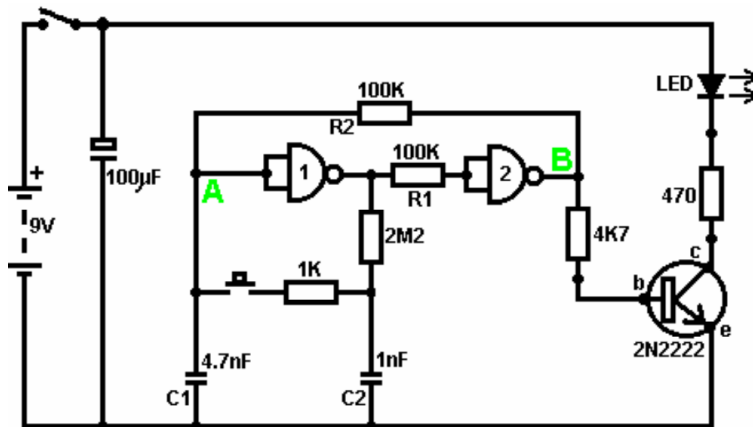


Υπάρχει τώρα μια πλήρης πτώση τάσης μεταξύ του σημείου «A» και του σημείου «B». Η αντίσταση 47K και ο πυκνωτής είναι σε σειρά σε όλη αυτή την πτώση τάσης, οπότε ο πυκνωτής αρχίζει να φορτίζεται, αυξάνοντας προοδευτικά την τάση στο σημείο «C». Όσο χαμηλότερη η τιμή της αντίστασης, τόσο πιο γρήγορα αυξάνεται η τάση. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του πυκνωτή, τόσο πιο αργά ανεβαίνει η τάση. Όταν η τάση στο σημείο «C» αυξάνεται αρκετά, η αντίσταση 100K αυξάνει την τάση εισόδου της πύλης 1 αρκετά ώστε να αναγκάσει να αλλάξει κατάσταση. Αυτό δημιουργεί την ακόλουθη κατάσταση:



Τώρα, η τάση στο «A» και στο «B» αντιστρέφεται και η τάση στο σημείο «C» αρχίζει να πέφτει, ενώ ο ρυθμός της καθορίζεται από το μέγεθος της αντίστασης 47K και του πυκνωτή 1 microfarad. Όταν η τάση στο σημείο «C» πέσει αρκετά χαμηλά, ρίχνει την είσοδο της πύλης 1 αρκετά χαμηλά (μέσω της αντίστασης 100K) ώστε η πύλη 1 να αλλάξει ξανά κατάσταση. Αυτό οδηγεί το κύκλωμα στην αρχική κατάσταση που συζητήθηκε. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο το κύκλωμα ταλαντώνεται συνεχώς μέχρι η είσοδος πύλης της πύλης 1 να είναι χαμηλά για να μπλοκάρει την ταλάντωση.

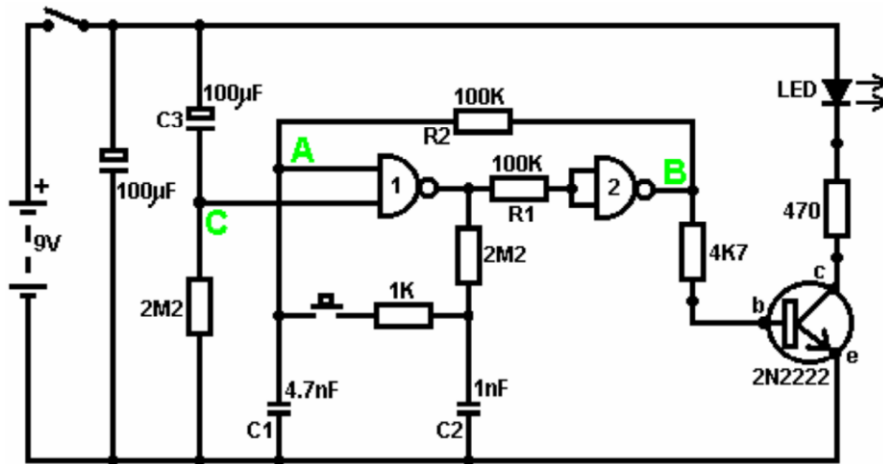
Εδώ είναι ένα κύκλωμα πύλης NAND για έναν διαδοχικό διακόπτη ενεργοποίησης/απενεργοποίησης:



Αυτό το κύκλωμα ενεργοποιεί και απενεργοποιεί επανειλημμένα τη δίοδο εκπομπής φωτός με κάθε λειτουργία του διακόπτη του κουμπιού. Όταν ο διακόπτης on/off είναι κλειστός, ο πυκνωτής «C1» διατηρεί την τάση στο σημείο «A» χαμηλή. Αυτό οδηγεί την έξοδο της πύλης 1 υψηλά, όπου μετακινεί τις εισόδους της πύλης 2 ψηλά μέσω της 100K αντίστασης «R1». Αυτό οδηγεί την τάση στο σημείο «B» χαμηλά, κλείνοντας το τρανζίστορ, γεγονός που κάνει το LED να παραμένει στη σβηστή του κατάσταση. Η χαμηλή τάση στο σημείο «B» ανατροφοδοτείται μέσω της 100K αντίστασης «R2» στο σημείο «A», διατηρώντας τη χαμηλή. Αυτή είναι η πρώτη σταθερή κατάσταση.

Καθώς η έξοδος της πύλης 1 είναι υψηλή, ο πυκνωτής «C2» φορτίζεται μέχρι αυτή την τάση μέσω της αντίστασης 2M2. Εάν ο διακόπτης του κουμπιού λειτουργεί για λίγο, η υψηλή τάση του «C2» αυξάνει την τάση του σημείου «A», με αποτέλεσμα η πύλη 1 να αλλάξει κατάσταση, και κατά συνέπεια, η πύλη 2 να αλλάξει επίσης κατάσταση. Και πάλι, η υψηλή τάση στο σημείο «B» τροφοδοτείται πίσω στο σημείο «A» μέσω της αντίστασης 100K «R2», διατηρώντας την ψηλά και διατηρώντας την κατάσταση. Αυτή είναι η δεύτερη σταθερή κατάσταση. Σε αυτή την κατάσταση, το σημείο "B" έχει υψηλή τάση και αυτό τροφοδοτεί τη βάση του τρανζίστορ, μέσω της αντίστασης 4,7K, ενεργοποιώντας το και φωτίζοντας το LED. Σε αυτή τη δεύτερη κατάσταση, η έξοδος της πύλης 1 είναι χαμηλή, επομένως ο πυκνωτής «C2» εκφορτίζεται γρήγορα σε χαμηλή τάση. Εάν ο διακόπτης του κουμπιού πατηθεί ξανά, η χαμηλή τάση του «C2» οδηγεί ξανά το σημείο «A» χαμηλά, με αποτέλεσμα το κύκλωμα να επανέλθει στην αρχική σταθερή κατάσταση.

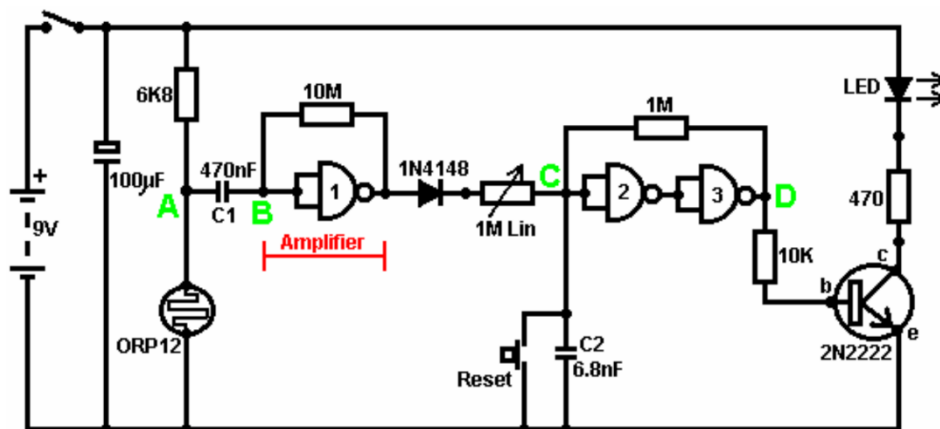
Θα μπορούσαμε, αν θέλαμε, να τροποποιήσουμε το κύκλωμα έτσι ώστε να λειτουργεί για τρία ή τέσσερα λεπτά μετά την ενεργοποίηση αλλά στη συνέχεια να σταματούσε η λειτουργία έως ότου το κύκλωμα απενεργοποιηθεί και ενεργοποιηθεί ξανά. Αυτό επιτυγχάνεται με το άνοιγμα μιας από τις πύλες, αντί να χρησιμοποιούμε απλώς και τα δύο ως μετατροπείς. Εάν κλείναμε τη δεύτερη πύλη, τότε το LED θα έμενε μόνιμα αναμμένο, οπότε θα τροποποιήσουμε το πρώτο κύκλωμα πύλης:



Αυτό το κύκλωμα λειτουργεί ακριβώς με τον ίδιο τρόπο όπως το προηγούμενο, εάν και μόνο εάν η τάση στο σημείο «C» είναι υψηλή. Με την τάση στο σημείο «C» υψηλή, η πύλη 1 είναι ελεύθερη να αντιδράσει στην τάση στο σημείο «A» όπως πριν. Αν η τάση στο σημείο «C» είναι χαμηλή, κλειδώνει την έξοδο της πύλης 1 στο υψηλό επίπεδο, αναγκάζοντας την έξοδο της πύλης 2 να πέσει στο χαμηλό επίπεδο και κρατώντας σβηστό LED. Όταν το κύκλωμα τροφοδοτηθεί για πρώτη φορά, ο νέος πυκνωτής 100 microfarad «C3» είναι πλήρως αποφορτισμένος, το οποίο τραβά την τάση στο σημείο «C» σχεδόν στα +9 V. Αυτό επιτρέπει στην πύλη 1 να λειτουργεί ελεύθερα και το LED μπορεί να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί όπως πριν. Καθώς ο χρόνος περνά, το φορτίο στον πυκνωτή «C3» συσσωρεύεται, τροφοδοτούμενο από την αντίσταση 2M2. Αυτό προκαλεί την τάση στο σημείο «C» να πέφτει σταθερά. Ο ρυθμός πτώσης καθορίζεται από το μέγεθος του πυκνωτή και το μέγεθος της αντίστασης. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση, τόσο πιο αργή είναι η πτώση. Όσο μεγαλύτερος είναι ο πυκνωτής, τόσο πιο αργή είναι η πτώση. Οι αξίες που εμφανίζονται είναι περίπου τόσο μεγάλες όσο είναι πρακτικές, λόγω της τρέχουσας «διαρροής» του «C3». Μετά από 3-4 λεπτά, η τάση στο σημείο «C» μειώνεται αρκετά για να λειτουργήσει η πύλη 1 και να αποτραπεί η περαιτέρω λειτουργία του κυκλώματος. Αυτός ο τύπος κυκλώματος θα μπορούσε να είναι μέρος ενός ανταγωνιστικού παιχνιδιού, όπου οι διαγωνιζόμενοι έχουν ένα περιορισμένο χρόνο για να ολοκληρώσουν κάποια εργασία.

2.4.3. Η πύλη NAND ως ενισχυτής

Οι πύλες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως ενισχυτές, αν και δεν προορίζονται για χρήση με αυτόν τον τρόπο και υπάρχουν πολύ καλύτερα ολοκληρωμένα κυκλώματα από τα οποία θα κατασκευαστούν ενισχυτές. Το παρακάτω κύκλωμα δείχνει πώς μπορεί να γίνει αυτό. Αυτό το κύκλωμα λειτουργεί όταν υπάρχει μια ξαφνική αλλαγή στο επίπεδο φωτός. Το προηγούμενο κύκλωμα μεταγωγής στάθμης φωτός ήταν σχεδιασμένο για να ενεργοποιείται σε κάποιο συγκεκριμένο επίπεδο αυξανόμενου ή μειούμενου επιπέδου φωτισμού. Αυτό είναι ένα κύκλωμα ανίχνευσης σκιάς που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να ανιχνεύσει κάποιον που περνάει δίπλα από ένα φως σε έναν διάδρομο ή σε κάποια παρόμοια κατάσταση.



Το επίπεδο τάσης στο σημείο «Α» καταλαμβάνει κάποια τιμή ανάλογα με το επίπεδο φωτός. Δεν μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα αυτό το επίπεδο τάσης, αφού είναι μπλοκαρισμένο από το ακόλουθο κύκλωμα από τον πυκνωτή «C1». Το σημείο «B» δεν δέχεται παλμό τάσης, εκτός εάν υπάρχει ξαφνική αλλαγή τάσης στο σημείο «Α», δηλαδή υπάρχει ξαφνική αλλαγή στο επίπεδο φωτός, φτάνοντας στην αντίσταση που εξαρτάται από το φως ORP12. Η πρώτη πύλη ενισχύει αυτόν τον παλμό κατά περίπου πενήντα φορές. Η πύλη ουσιαστικά καταχράται και αναγκάζεται να λειτουργεί ως ενισχυτής από την αντίσταση 10M που συνδέει την έξοδο του στην είσοδο του. Κατά την ενεργοποίηση, η έξοδος της πύλης 1 προσπαθεί να χαμηλώσει. Καθώς πέφτει η τάση του, αρχίζει να μειώνει τις δικές του εισόδους μέσω της αντίστασης. Πιέζοντας προς τα κάτω την τάση στις εισόδους, αρχίζει να ανεβάζει την τάση εξόδου, η οποία αρχίζει να ανεβάζει την τάση εισόδου, η οποία αρχίζει να μειώνει την τάση εξόδου, που

Το αποτέλεσμα είναι ότι τόσο οι εισόδους όσο και η έξοδος καταλαμβάνουν κάποια ενδιάμεση τάση (που οι σχεδιαστές του τσιπ δεν είχαν τέτοιο σκοπό). Αυτό το ενδιάμεσο επίπεδο τάσης ανατρέπεται εύκολα από έναν εξωτερικό παλμό, όπως αυτός που παράγεται από το ORP12 μέσω του πυκνωτή «C1». Όταν φτάσει αυτός ο παλμός, προκαλείται μια ενισχυμένη εκδοχή του παλμού, προκαλώντας μια διακύμανση τάσης στην έξοδο της πύλης 1.

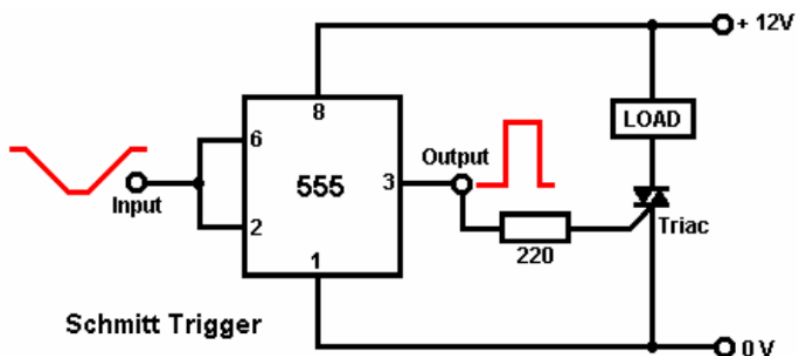
Αυτή η αλλαγή τάσης διέρχεται μέσω της διόδου και της μεταβλητής αντίστασης στην είσοδο της πύλης 2. Οι πύλες 2 και 3 είναι καλωδιωμένες μεταξύ τους ως αυτοσχέδια σκανδάλη Schmitt, καθώς η τάση εξόδου στο σημείο «D» τροφοδοτείται πίσω στο σημείο «C» μέσω μίας αντίστασης υψηλής τιμής. Αυτό βοηθά στο να γίνει η αλλαγή της κατάστασής τους πιο γρήγορη και αποφασιστική. Αυτές οι δύο πύλες χρησιμοποιούνται για να περάσει μια πλήρης αλλαγή κατάστασης στο τρανζίστορ της βαθμίδας εξόδου. Η μεταβλητή αντίσταση ρυθμίζεται έτσι ώστε η πύλη 2 να είναι ακριβώς στο όριο για να αλλάξει κατάσταση κι ενεργοποιείται εύκολα από τον παλμό από την πύλη του ενισχυτή 1. Η έξοδος εμφανίζεται ως LED, αλλά μπορεί να είναι οτιδήποτε επιλέξετε. Θα μπορούσε να είναι ένα ρελέ που χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση κάποιας ηλεκτρικής συσκευής, μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα που χρησιμοποιείται για να ανοίξει μια πόρτα, ένας μετρητής για να παρακολουθείται ο αριθμός των ατόμων που χρησιμοποιούν ένα διάδρομο κ.λπ. Πάντως, ένα τσιπ λειτουργικού ενισχυτή (το οποίο θα περιγραφεί αργότερα) είναι μια πολύ καλύτερη επιλογή IC για ένα κύκλωμα αυτού του τύπου. Ένας ενισχυτής πύλης εμφανίζεται εδώ μόνο για να δείξει έναν άλλο τρόπο με τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια πύλη.

2.5. Το τσιπ χρονοδιακόπτης NE555

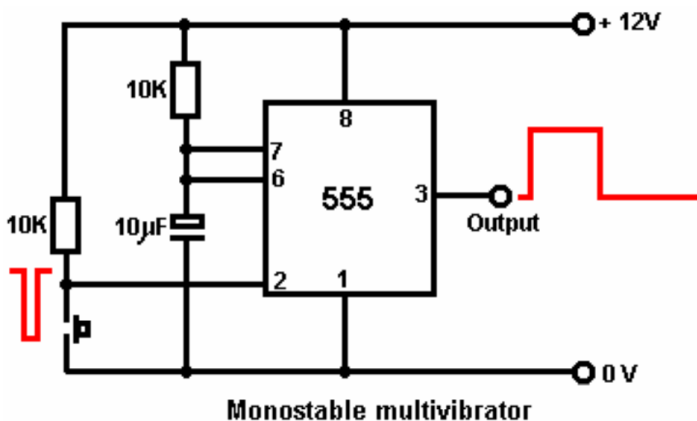
Υπάρχει ένα εξαιρετικά χρήσιμο τσιπ που ορίζεται με τον αριθμό 555. Αυτό το τσιπ έχει σχεδιαστεί για χρήση σε ταλαντωτή και κυκλώματα με χρονοδιακόπτη. Η χρήση του είναι τόσο διαδεδομένη που η τιμή του τσιπ είναι πολύ χαμηλή για τις δυνατότητές του. Μπορεί να λειτουργήσει με τάσεις από 5 V έως 18 V και η έξοδός του μπορεί να αντέξει 200 mA. Χρειάζεται 1 mA όταν η έξοδός του είναι χαμηλή και 10 mA όταν η έξοδός του είναι υψηλή. Έρχεται σε συσκευασία 8 ακίδων Dual-In-Line και υπάρχει έκδοση πακέτου 14 ακίδων που περιέχει δύο ξεχωριστά κυκλώματα 555. Οι συνδέσεις ακίδων είναι:



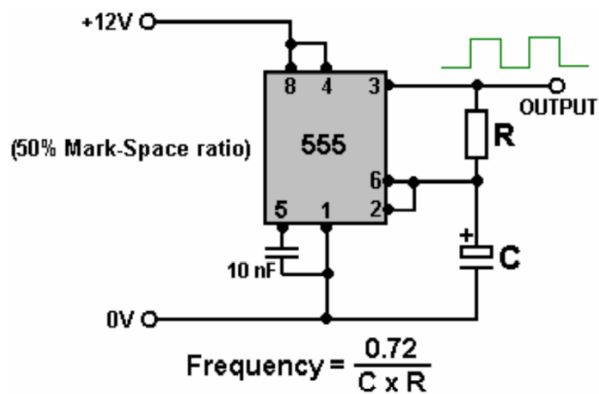
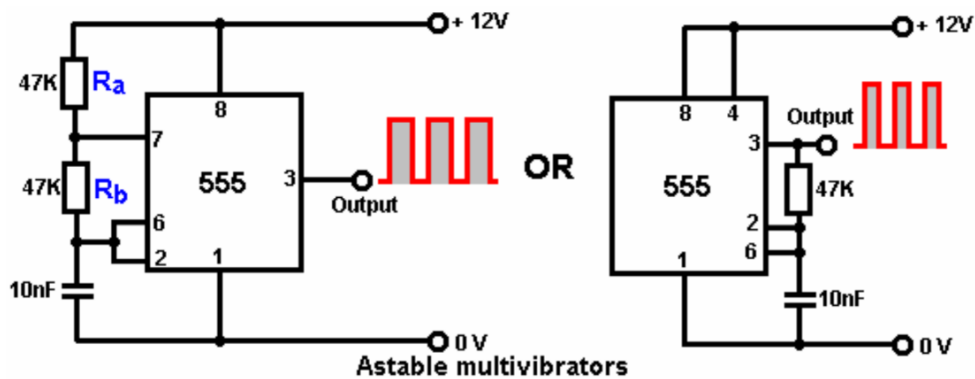
Αυτή η συσκευή μπορεί να λειτουργήσει ως μονοσταθερός ή ασταθής πολυδονητής, σκανδάλη Schmitt ή ρυθμιστής αναστροφεία (χαμηλή είσοδος ρεύματος, έξοδος υψηλού ρεύματος). Εδώ είναι καλωδιωμένο ως σκανδάλη Schmitt και για παραλλαγή εμφανίζεται να ενεργοποιεί ένα triac το οποίο στη συνέχεια θα παραμείνει ενεργό μέχρι το κύκλωμα να απενεργοποιηθεί (ένα SCR θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εξίσου καλά με αυτό το κύκλωμα DC):



Κι εδώ ένας μονοσταθερός:



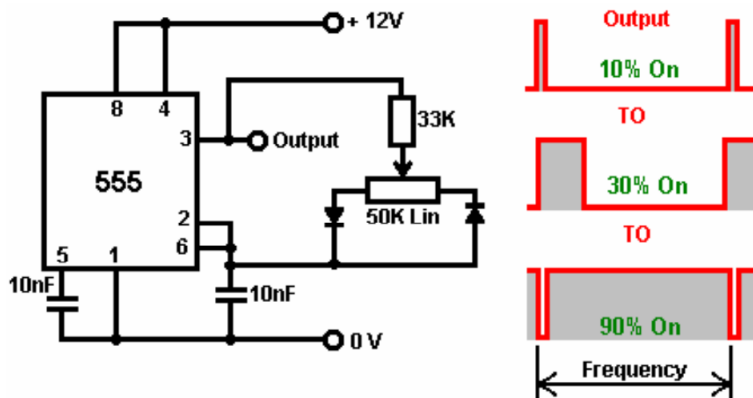
Και εδώ είναι δύο ασταθείς, ο δεύτερος από τους οποίους έχει σταθερή, ίση αναλογία σημείου/χώρου και ο πρώτος υψηλή απόδοση τάσης χρόνου που προσδιορίζεται από $R_a + R_b$ και εξόδου χαμηλής τάσης χρόνου που προσδιορίζεται από R_b (2:1 σε αυτήν την περίπτωση):



Ασταθείς συχνότητες:

	100	470	1K	4.7K	10K	47K	100K	470K	1M
0.1 μ F	72,000 Hz	15,319 Hz	7,200 Hz	1,532 Hz	720 Hz	153 Hz	72 Hz	15 Hz	7.2 Hz
0.47 μ F	15,319 Hz	3,259 Hz	1,532 Hz	326 Hz	153 Hz	33 Hz	15 Hz	3.3 Hz	1.5 Hz
1.0 μ F	7,200 Hz	1,532 Hz	720 Hz	153 Hz	72 Hz	15 Hz	7.2 Hz	1.5 Hz	1.4 secs
2.2 μ F	3,272 Hz	696 Hz	327 Hz	70 Hz	33 Hz	7 Hz	3.3 Hz	1.4 secs	3 secs
4.7 μ F	1,532 Hz	326 Hz	153 Hz	33 Hz	15 Hz	3.3 Hz	1.5 Hz	3 secs	6.7 secs
10 μ F	720 Hz	153 Hz	72 Hz	15 Hz	7.2 Hz	1.5 Hz	1.4 secs	6.7 secs	14 secs
22 μ F	327 Hz	70 Hz	33 Hz	7 Hz	3.3 Hz	1.4 secs	3 secs	14 secs	30 secs
47 μ F	153 Hz	33 Hz	15 Hz	3.3 Hz	1.5 Hz	3 secs	6.7 secs	30 secs	65 secs
100 μ F	72 Hz	15 Hz	7.2 Hz	1.5 Hz	1.4 secs	6.7 secs	14 secs	65 secs	139 secs
220 μ F	33 Hz	7 Hz	3.3 Hz	1.4 secs	3 secs	14 secs	30 secs	139 secs	307 secs
470 μ F	15 Hz	3.3 Hz	1.5 Hz	3 secs	6.7 secs	30 secs	65 secs	307 secs	614 secs
1,000 μ F	7.2 Hz	1.5 Hz	1.4 secs	6.7 secs	14 secs	65 secs	139 secs	614 secs	
2,200 μ F	3.3 Hz	1.4 secs	3 secs	14 secs	30 secs	139 secs	307 secs		
4,700 μ F	1.5 Hz	3.3 secs	6.7 secs	30 secs	65 secs	307 secs	614 secs		
10,000 μ F	1.4 secs	6.7 secs	14 secs	65 secs	139 secs	614 secs			

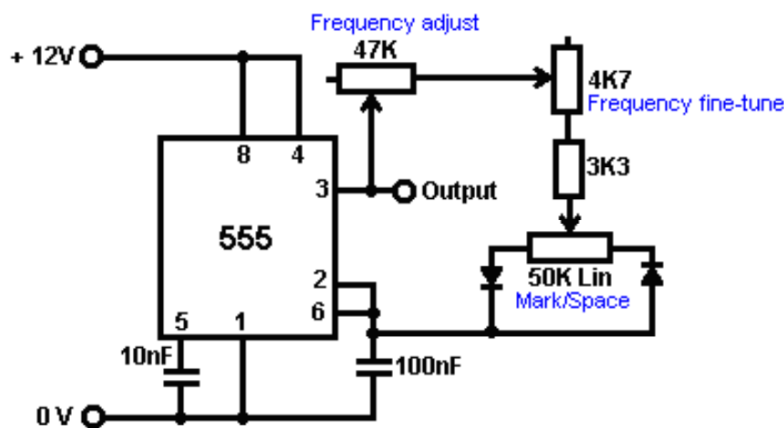
Μπορούμε επίσης να καλωδιώσουμε το 555 για να δώσουμε μια μεταβλητή αναλογία ένδειξης/χώρου, διατηρώντας τη συχνότητα της ταλάντωσης σταθερή:



Σημείωση: Η υψηλή διαρροή ηλεκτρολυτικών πυκνωτών μεγάλης τιμής εμποδίζει τη χρήση τους με αντιστάσεις υψηλής τιμής σε κυκλώματα χρονισμού. Αντίθετα, χρησιμοποιούμε έναν μικρότερο πυκνωτή και ακολουθούμε το κύκλωμα χρονισμού με ένα τσιπ "divide-by-N" για να δώσουμε χρονομετρημένα με ακρίβεια μεγάλες περιόδους. Δεν έχουν όλα τα τσιπ 555 επαρκή ποιότητα κατασκευής για να λειτουργήσουν αξιόπιστα πάνω από τα 20.000 Hz, επομένως για τις υψηλότερες συχνότητες το τσιπ πρέπει να επιλεγεί μετά από δοκιμή της πραγματικής του επίδοσης.

Η κυματομορφή εξόδου αλλάζει δραστικά καθώς ρυθμίζεται η μεταβλητή αντίσταση, αλλά η συχνότητα (or pitch of the note) της εξόδου παραμένει αναλλοίωτη.

Μια έκδοση μεταβλητής συχνότητας αυτού του κυκλώματος μπορεί να παραχθεί αλλάζοντας την αντίσταση 33K σε μια μεταβλητή αντίσταση όπως φαίνεται εδώ:

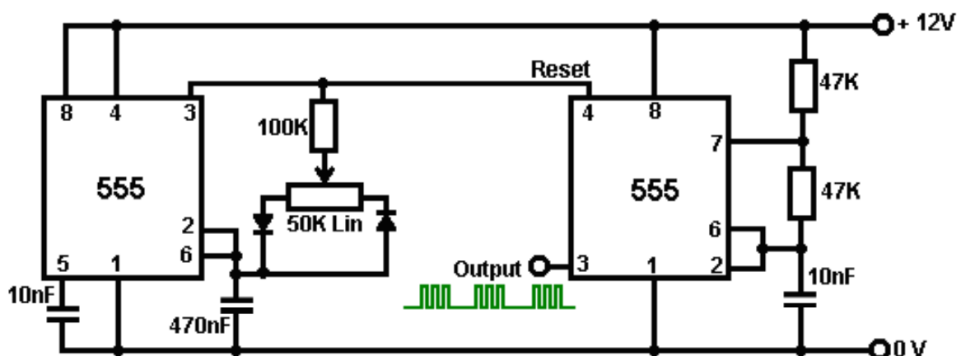


Εδώ, η αντίσταση 33K έχει αντικατασταθεί από δύο μεταβλητές αντιστάσεις και μία σταθερή. Η κύρια μεταβλητή αντίσταση είναι 47K σε μέγεθος (μια σχεδόν αυθαίρετη επιλογή) και τροφοδοτεί μια δεύτερη μεταβλητή αντίσταση μεγέθους 4,7K. Το πλεονέκτημα αυτής της δεύτερης μεταβλητής αντίστασης είναι ότι μπορεί να ρυθμιστεί στο μεσαίο σημείο και ο συντονισμός συχνότητας να γίνει με τη μεταβλητή 47K. Όταν η συχνότητα είναι περίπου σωστή, η μεταβλητή 4,7K μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ρυθμίσουμε με ακρίβεια τη συχνότητα. Αυτό είναι βολικό καθώς η μικρή μεταβλητή θα έχει 10 φορές περισσότερη κίνηση

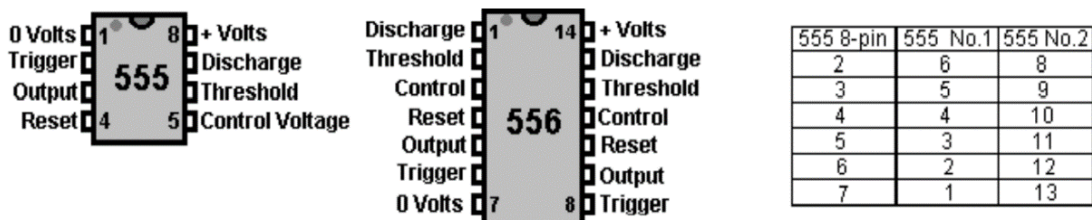
του ρυθμιστή της αντίστασης σε σύγκριση με την κύρια μεταβλητή (που είναι μόλις 10% της τιμής της).

Προφανώς, δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει η μεταβλητή αντίσταση λεπτομέρειας και μπορεί να παραλειφθεί χωρίς αλλαγή της λειτουργίας του κυκλώματος. Καθώς η μεταβλητή αντίσταση 47K μπορεί να ρυθμιστεί σε μηδενική αντίσταση και η μεταβλητή αντίσταση 4,7K μπορεί επίσης να ρυθμιστεί σε μηδενική αντίσταση, για να αποφευχθεί ένα πλήρες βραχυκύκλωμα μεταξύ της ακίδας εξόδου 3 και της μεταβλητής αντίστασης Mark/Space 50K, περιλαμβάνεται μια σταθερή αντίσταση 3,3K. Σε αυτό το κύκλωμα, τη συχνότητα τη ρυθμίζουμε εμείς από την αλυσίδα αντιστάσεων 47K + 4,7K + 3,3K (ρυθμιζόμενο από 55K σε 3,3K) και του πυκνωτή 100nF (0,1 microfarad) μεταξύ της ακίδας 6 και της ράγας μηδενικού βολτ. Κάνοντας τον πυκνωτή μεγαλύτερο, μειώνεται το εύρος συχνοτήτων. Κάνοντας τις αντιστάσεις μεγαλύτερες, επίσης μειώνεται το εύρος συχνοτήτων. Φυσικά, η μείωση του μεγέθους του πυκνωτή ή/και μείωση του μεγέθους της αλυσίδας αντιστάσεων αυξάνει τη συχνότητα.

Ένα τσιπ 555 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την είσοδο ενός δεύτερου τσιπ 555 μέσω της επιλογής «Επαναφορά» του pin 4. Θυμόμαστε ότι έχουμε ήδη αναπτύξει ένα κύκλωμα για να το κάνει αυτό, χρησιμοποιώντας δύο ασταθείς και ένα τρανζίστορ. Δημιουργήσαμε επίσης το ίδιο αποτέλεσμα χρησιμοποιώντας τέσσερις πύλες NAND. Εδώ, θα δημιουργήσουμε την ίδια κυματομορφή εξόδου, χρησιμοποιώντας το πιο συμβατικό κύκλωμα το οποίο αποτελείται από δύο τσιπ 555:



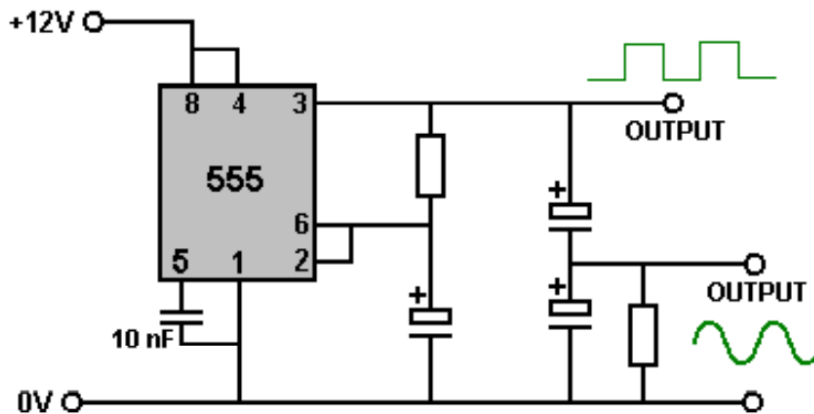
Και τα δύο κυκλώματα NE555 μπορούν να αγοραστούν σε ένα πακέτο DIL 14 ακίδων που ονομάζεται «NE556»:



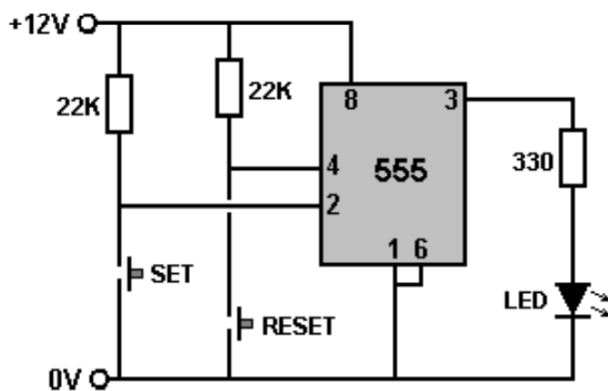
Υπάρχουν πολλοί πρόσθετοι τύποι κυκλωμάτων που μπορούν να δημιουργηθούν με το τσιπ 555. Αν θέλετε να εξερευνήσετε τις δυνατότητες, προτείνω να κατεβάσετε το δωρεάν pdf «50 555 Projects» από τον ιστότοπο [11]:

<http://www.talkingelectronics.com/projects/50%20-%20555%20Circuits/50%20-%20555%20Circuits.html>

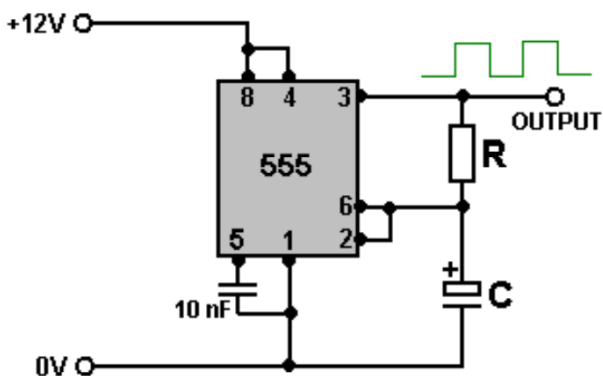
Το τσιπ 555 μπορεί επίσης να παράγει έξοδο ημιτονοειδούς κύματος:



Ή, εάν το επιθυμούμε, έναν διπλοσταθερό πολυδονητή:



Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να σχεδιάσουμε και να δημιουργήσουμε ένα κύκλωμα που θα κάνει το ίδιο με το παλμικό κύκλωμα του R. Beck [12, 13]. Οι απαιτήσεις είναι να παραχθεί μια έξοδος τετραγωνικού κύματος που πάλλεται τέσσερις φορές το δευτερόλεπτο, χρησιμοποιώντας ένα τροφοδοτικό 27 v, το κύκλωμα τροφοδοτείται από τρεις μικρές μπαταρίες μεγέθους PP3. Προφανής επιλογή για το κύκλωμα φαίνεται να είναι ένα τσιπ χρονομέτρου 555 το οποίο είναι μικρό, στιβαρό και φθηνό κι ένα κατάλληλο κύκλωμα φαίνεται να είναι:



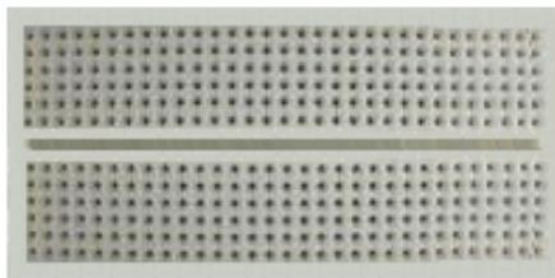
Αυτό μας αφήνει να επιλέξουμε μια τιμή για τον πυκνωτή και την αντίσταση. Πρέπει να δώσουμε προσοχή στο γεγονός ότι το κύκλωμα θα λειτουργεί με 27 βολτ κι ενώ ο πυκνωτής δεν θα φορτίζεται μέχρι και αυτή την τάση, εμείς ακόμα θα επιλέξουμε ένα που θα επιβιώσει στα 27V. Κοιτάζοντας τον πίνακα συχνοτήτων 555 παρακάτω δείχνει:

Astable Frequencies

	100	470	1K	4.7K	10K	47K	100K	470K	1M
0.1 μ F	72,000 Hz	15,319 Hz	7,200 Hz	1,532 Hz	720 Hz	153 Hz	72 Hz	15 Hz	7.2 Hz
0.47 μ F	15,319 Hz	3,259 Hz	1,532 Hz	326 Hz	153 Hz	33 Hz	15 Hz	3.3 Hz	1.5 Hz
1.0 μ F	7,200 Hz	1,532 Hz	720 Hz	153 Hz	72 Hz	15 Hz	7.2 Hz	1.5 Hz	1.4 secs

πράγμα που δείχνει ότι για να ενεργοποιηθεί το κύκλωμα τέσσερις φορές το δευτερόλεπτο (4 Hz) η αντίσταση "R" θα πρέπει να είναι κάπου μεταξύ 100K και 470K. Με τον πυκνωτή, τα 120K είναι περίπου σωστά.

Αν και η συχνότητα μεταγωγής δεν χρειάζεται να είναι ακριβής, ας επιδιώξουμε να την κάνουμε σωστή. Τα εξαρτήματα με τις πιο λογικές τιμές έχουν ανοχή περίπου 10%, επομένως πρέπει να επιλέξουμε τον συνδυασμό αντίστασης/πυκνωτή για τις ακριβείς τιμές των εξαρτημάτων που θα χρησιμοποιήσουμε. Για αυτό, αξίζει να κατασκευάσουμε το κύκλωμα σε ένα «breadboard» χωρίς συγκόλληση. Μια κατάλληλη μικρή πλακέτα plug-in μοιάζει με αυτή:



Αυτοί οι τύποι πλακών επιτρέπουν τη σύνδεση IC που εκτείνεται στο κεντρικό τμήμα, αφήνοντας έως και πέντε επιπλέον συνδέσεις σε κάθε pin. Μικρά μήκη σύρματος συμπαγούς πυρήνα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση μεταξύ οποιωνδήποτε δύο οπών υποδοχής. Αυτό θα μας επιτρέψει να συνδέσουμε έναν από τους πυκνωτές μας και να βρούμε ποια αντίσταση (ή ποιες δύο αντιστάσεις) κάνει το κύκλωμα να ανοίξει σαράντα φορές σε δέκα δευτερόλεπτα. Ωστόσο, εάν πάμε στη διεύθυνση <http://www.alldatasheet.co.kr/> και κατεβάσουμε τα δεδομένα pdf για το τσιπ NE555, θα διαπιστώσουμε ότι η μέγιστη τάση στο τσιπ 555 είναι αρκετά περιορισμένη:

DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

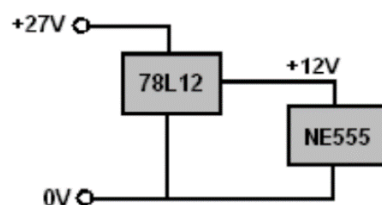
$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE555			NE555/SE555C			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{CC}	Supply voltage		4.5		18	4.5		16	V
I_{CC}	Supply current (low state) ¹	$V_{CC}=5\text{V}$, $R_L=\infty$ $V_{CC}=15\text{V}$, $R_L=\infty$		3	5		3	6	mA
				10	12		10	15	mA

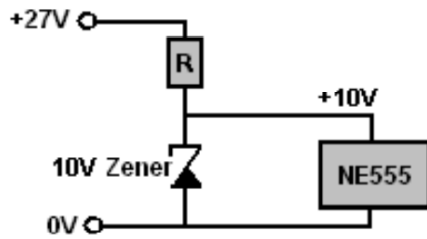
Αυτό σημαίνει ότι το τσιπ είναι πιθανό να καεί αμέσως εάν τροφοδοτηθεί με περισσότερα από 16 βολτ. Καθώς πρέπει να τρέξουμε το κύκλωμά μας στα 27V, αυτό είναι πρόβλημα. Καθώς το 27V παρέχεται από τρεις ξεχωριστές μπαταρίες, θα μπορούσαμε να τροφοδοτήσουμε το τσιπ 555 μόνο με μία από τις μπαταρίες και να λειτουργήσει με τάση 9V που θα ήταν εντάξει από την άποψη του παραπάνω πίνακα που δείχνει ότι μπορεί να λειτουργήσει σωστά με τάση τροφοδοσίας τόσο χαμηλή όσο 4,5 βολτ. Το μειονέκτημα αυτής της ρύθμισης είναι ότι μία από τις μπαταρίες θα εξαντληθεί πιο γρήγορα από τις άλλες και καλό θα ήταν να αποφευχθεί αυτό.

Ο πίνακας δείχνει επίσης ότι το ρεύμα που ρέει μόνο για να κρατήσει το 555 σε λειτουργία μπορεί να είναι από 6 έως 15 mA. Αυτό δεν είναι μεγάλο ρεύμα, αλλά οι μπαταρίες PP3 έχουν επιλεγεί για το μικρό τους μέγεθος, επιτρέποντας ολόκληρο το κύκλωμα να είναι δεμένο στον καρπό ενός ατόμου. Μια γρήγορη αναζήτηση στο διαδίκτυο δείχνει ότι οι φτηνές μπαταρίες PP3 έχουν χωρητικότητα 400 mAh και οι πανάκριβες αλκαλικές έχουν χωρητικότητα 565 mAh. Αυτές οι αξιολογήσεις είναι οι τιμές "C20", με βάση το ότι η μπαταρία αποφορτίζεται με σταθερό ρεύμα σε διάστημα είκοσι ωρών, που θα ήταν δέκα ημέρες χρήσης εάν εφαρμοζόταν το πρωτόκολλο δύο ωρών την ημέρα του Bob Beck. Αυτό σημαίνει ότι οι «φτηνές» μπαταρίες δεν πρέπει να αποφορτίζονται σε περισσότερο από το 1/20 των 400 mAh τους, το οποίο είναι 20 mA. Οι ακριβές αλκαλικές μπαταρίες θα πρέπει να μπορούν να αποφορτιστούν στα 28 mA για 20 ώρες.

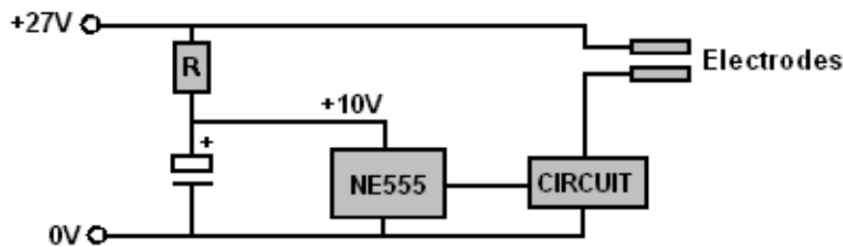
Η τρέχουσα ροή αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος τροφοδοτεί το κύκλωμα με το ρεύμα που χρειάζεται για να λειτουργήσει. Το δεύτερο μέρος είναι το ρεύμα που διαρρέει το σώμα του χρήστη. Αυτό το δεύτερο μέρος περιορίζεται από μία αντίσταση 820 Ω στη γραμμή εξόδου που περιορίζει αυτό το μέρος του ρεύματος σε μέγιστο 33 mA (Νόμος του Ohm: Amps = Volts / Resistance). Αυτό παραμελεί την αντίσταση του σώματος και υποθέτει ότι η μεταβλητή αντίσταση ελέγχου εξόδου έχει ρυθμιστεί στην ελάχιστη αντίσταση, κάτι που είναι απίθανο. Ο έλεγχος αυτών των τιμών δείχνει ότι το τσιπ 555 μπορεί να τραβήξει τόσο ρεύμα όσο το κύκλωμα παρέχει μέσω των ηλεκτροδίων εξόδου. Ωστόσο, αν προχωρήσουμε με το κύκλωμα, τελικά, ίσως αποφασίσουμε να χρησιμοποιήσουμε επαναφορτιζόμενες PP3 μπαταρίες που θα ξεπερνούσαν την ανάγκη αγοράς νέων μπαταριών κάθε λίγες μέρες. Η πρώτη βασική απαίτηση είναι να παρέχεται στο τσιπ 555 τάση, ας πούμε, 10 βολτ όταν λειτουργεί στο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Αυτό θα μπορούσε να γίνει με ένα από τα ολοκληρωμένα κυκλώματα σταθεροποιητή τάσης:



Αυτή δεν είναι μια ιδιαίτερα ακριβή επιλογή, αλλά αυτά τα τσιπ τραβούν ρεύμα για να παρέχουν την σταθεροποίηση της τάσης, και μία απολύτως σταθερή τάση δεν χρειάζεται από το τσιπ 555. Εναλλακτικά, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε μία αντίσταση και μία δίοδο zener 10V:



Αλλά αυτή η μέθοδος σπαταλά κάποιο ρεύμα που ρέει μέσω της zener για να παρέχει την επιθυμητή τάση. Η πιο απλή μέθοδος είναι να χρησιμοποιήσετε μια αντίσταση και έναν πυκνωτή:

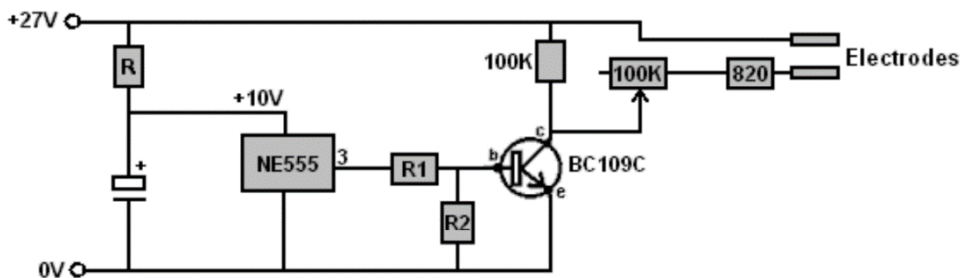


Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή της τιμής της αντίστασης "R". Εάν η τιμή είναι πολύ χαμηλή, τότε η τάση που θα περάσει στο τσιπ 555 θα είναι πολύ υψηλή και το τσιπ θα καεί. Όταν επιλέγουμε την αντίσταση "R", ξεκινάμε με μία υψηλότερη τιμή από την αναμενόμενη και στη συνέχεια αντικαθιστούμε αντιστάσεις ελαφρώς χαμηλότερης τιμής, ενώ παρακολουθούμε την τάση κατά μήκος του πυκνωτή για να βεβαιωθούμε ότι παραμένει αρκετά χαμηλά. Η τιμή της αντίστασης μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας το νόμο του Ohm. Υποθέτοντας ένα ρεύμα περίπου 6 mA, η πτώση τάσης στην αντίσταση είναι $(27 - 10) = 17$ βολτ, και μετά μια αντίσταση περίπου 2,83K ($\text{Ohms} = \text{Volts} / \text{Amps}$) που υποδηλώνει ότι η έναρξη με μια αντίσταση 4,7K είναι πιθανό να είναι εντάξει, και στη συνέχεια γίνεται η επιλογή κάθε αντίστασης χαμηλότερου προτύπου με τη σειρά μέχρι να επιτευχθεί μια ικανοποιητική τάση στον πυκνωτή.

Ο πυκνωτής θα μπορούσε να είναι 12V ή 15V, αλλά εάν χρησιμοποιηθεί ένας με υψηλότερη τάση, τότε εάν είναι κατά λάθος συνδεδεμένος σε πλήρη τάση 27V δεν θα καταστραφεί με κανέναν τρόπο. Όσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα, τόσο το καλύτερο, ας πούμε 220 microfarads που έχουν χαμηλό κόστος στην αγορά. Εάν θέλουμε να παίζουμε με ασφάλεια, μπορούμε να συνδέσουμε μια δίοδο zener 12V κατά μήκος του πυκνωτή. Δεν θα τραβήξει καθόλου ρεύμα υπό κανονικές συνθήκες εργασίας, αλλά αν κάτι πρέπει προκαλέσει την αύξηση της τάσης στον πυκνωτή, τότε θα ανάψει και θα κρατήσει την τάση κάτω σε ένα ασφαλές επίπεδο 12 V.

Ποια είναι λοιπόν η ισχύς της αντίστασης που απαιτείται; Λοιπόν, εάν η αντίσταση αποδειχθεί ότι είναι 2,7K και η τάση του πυκνωτή καταλήγει στα 9,5 βολτ, τότε η μέση τάση στην αντίσταση είναι 17,5 V που κάνει το ρεύμα μέσω αυτής να είναι στα 6,48 mA και ως $\text{Watts} = \text{Volts} \times \text{Amps}$, η ισχύς πρέπει να είναι 113 milliwatt, επομένως το τυπικό $\frac{1}{4}$ watt (250 watt) αντίσταση, θα πρέπει να είναι απολύτως εντάξει. Εάν χρησιμοποιούνται δύο (σχεδόν ίσης τιμής) αντιστάσεις παράλληλα για να πάρουμε μία ενδιάμεση τιμή του "R", τότε αυτό θα αυξήσει τη συνολική ισχύ της αντίστασης.

Η έξοδος του τσιπ 555 χρησιμοποιείται στη συνέχεια για να οδηγήσει το υπόλοιπο κύκλωμα που λειτουργεί στα 27V. Ένα τρανζίστορ BC109C που κοστίζει λίγα χρήματα, μπορεί να χειριστεί την τάση και έχει ελάχιστο κέρδος 200, αν και το κέρδος μπορεί να είναι οτιδήποτε μέχρι το 800 και ένα BC109 μπορεί να χειριστεί το ρεύμα αρκετά εύκολα. Εάν πρέπει να μάθουμε κάποιο από αυτά τα πράγματα, τότε κατεβάζουμε ένα φύλλο δεδομένων για το τρανζίστορ από το διαδίκτυο. Η έξοδος του 555 είναι στον ακροδέκτη 3 και μπορεί εύκολα να τροφοδοτήσει 200 mA που είναι πολύ, πολύ περισσότερο ρεύμα από ό,τι θα χρειαζόταν ποτέ για αυτό το κύκλωμα. Μπορούμε να τροφοδοτήσουμε την έξοδο τετραγωνικών κυμάτων του 555 στα ηλεκτρόδια 27V χρησιμοποιώντας τρανζίστορ:



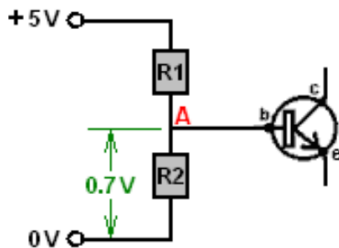
Καθώς το τρανζίστορ είναι κατασκευασμένο από πυρίτιο, η τάση ενεργοποίησης είναι όταν η τάση βάσης είναι περίπου 0,7 βολτ πάνω από την τάση εκπομπού. Αυτό σημαίνει ότι όταν το τρανζίστορ είναι ενεργοποιημένο, η κορυφή της αντίστασης "R1" θα είναι περίπου 10 βολτ και η κοιλία της "R1" θα είναι περίπου 0,7 βολτ, που σημαίνει ότι η τάση στην "R1" θα είναι $(10 - 0,7) = 9,3$ Volt. Όταν αυτή η τάση είναι παρούσα στην "R1", θέλουμε να τροφοδοτεί επαρκές ρεύμα στο τρανζίστορ ώστε να το ενεργοποιεί πλήρως. Το τρανζίστορ παρέχει μια αντίσταση 100K (η οποία θα μεταφέρει 0,27 mA όταν υπάρχουν 27 βολτ κατά μήκος της) και τα ηλεκτρόδια που θα έχουν ελάχιστη αντίσταση 820 Ω κατά μήκος τους (προκαλώντας ρεύμα 33 mA μέσω αυτών). Έτσι, το τρανζίστορ μπορεί να χρειαστεί να παρέχει περίπου 33 mA μέγιστο. Το τρανζίστορ BC109C έχει ένα ελάχιστο κέρδος 200, οπότε το ρεύμα που ρέει στη βάση πρέπει να είναι $33 / 200 = 0,165$ mA και η αντίσταση που θα μεταφέρει αυτό το ρεύμα όταν έχει 9,3 βολτ κατά μήκος του είναι 56,3K. Μια κάπως μικρότερη αντίσταση θα ταιριάζει.

Ένας έλεγχος κοινής λογικής ότι ο υπολογισμός της αντίστασης είναι σωστός είναι ο εξής:

- Μια αντίσταση 1K μεταφέρει 1 mA ανά βολτ κι έτσι θα μεταφέρει 9,3 mA με 9,3 βολτ κατά μήκος της.
- Μια αντίσταση 10K θα μεταφέρει το ένα δέκατο αυτής της ποσότητας, ή 0,93 mA με 9,3 βολτ κατά μήκος της.
- Μια αντίσταση 100K θα μεταφέρει ξανά το ένα δέκατο αυτού, ή 0,093 mA με 9,3 volt κατά μήκος της.

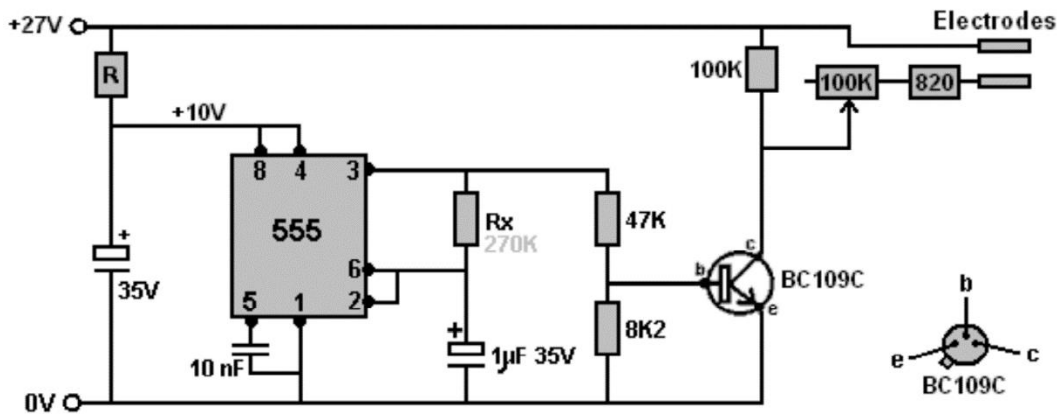
Αυτό δείχνει ότι για ρεύμα 0,165 mA που είναι περίπου διπλάσιο από το ρεύμα 100K, μια αντίσταση περίπου το μισό των 100K θα πρέπει να είναι περίπου η σωστή τιμή, επομένως το 56,3K φαίνεται σωστό. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το κέρδος 200 είναι το ελάχιστο και τρεις ή τέσσερις φορές το τυπικό, θα μπορούσαμε ίσως να επιλέξουμε να χρησιμοποιήσουμε μια αντίσταση 47K για την "R1". Καθώς το ρεύμα του ηλεκτροδίου είναι πιθανό να είναι σημαντικά μικρότερο από 33 mA και καθώς το κέρδος BC109C είναι πιθανό να είναι πολύ

υψηλό, μπορεί να είναι αρκετά δύσκολο να απενεργοποιήσουμε το τρανζίστορ καθώς μπορεί να λειτουργήσει με πολύ μικρό ρεύμα εισόδου. Για να το ενεργοποιήσουμε και να το απενεργοποιήσουμε καθαρά όταν η τάση εξόδου 555 είναι ας πούμε, περίπου 5 βολτ (στο σημείο αυτό όπου η τάση του NE555 θα αλλάζει πολύ γρήγορα), περιλαμβάνεται την "R2". Με αυτό στη θέση του, η τάση εξόδου του NE555, διαιρείται μεταξύ «R1» και «R2» ως προς την αναλογία των αντιστάσεων τους. Η κατάσταση που θέλουμε είναι η επόμενη:

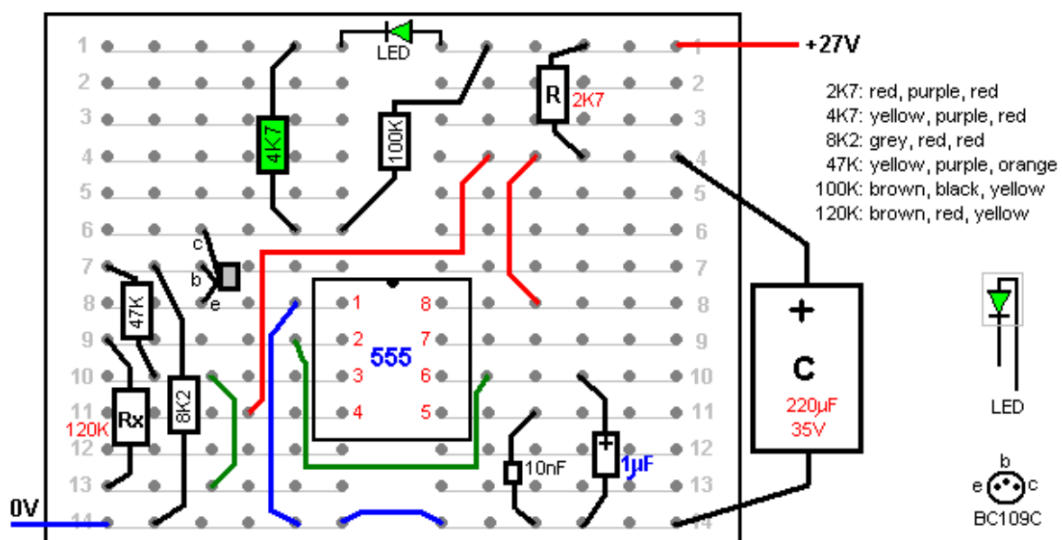


Όταν το τρανζίστορ δεν είναι ενεργοποιημένο, δεν αντλεί σχεδόν καθόλου ρεύμα κι έτσι μοιάζει με αντίσταση πολύ υψηλής αξίας στο κύκλωμα. Αυτό επιτρέπει στις αντιστάσεις "R1" και "R2" να λειτουργούν ως ζεύγος διαιρέτη τάσης. Αυτό προκαλεί την τάση στο σημείο "A" που θα καθοριστεί από την αναλογία "R1" προς "R2" και το τρανζίστορ μπορεί να αγνοηθεί με την προϋπόθεση ότι η τάση στο σημείο «A» είναι κάτω από 0,7 βολτ. Αν η τάση σε εκείνο το σημείο ανέβει στα 0,7 βολτ, τότε η κατάσταση αλλάζει δραματικά και ο νόμος του Ohm δεν ισχύει πλέον, καθώς το τρανζίστορ δεν είναι παθητικός αντιστάτης αλλά αντ' αυτού είναι ενεργός ημιαγωγός. Εάν η τάση στο σημείο "A" προσπαθήσει να ανέβει περαιτέρω, δεν μπορεί, επειδή η βάση του τρανζίστορ τη σφίγγει σταθερά εκεί, όπως φαίνεται να είναι μια ολοένα χαμηλότερη αντίσταση μεταξύ της βάσης και του εκπομπού του τρανζίστορ. Έτσι για μεγαλύτερες τάσεις εισόδου, η αντίσταση "R2" μπορεί επίσης να μην είναι εκεί για όλη τη διαφορά που κάνει.

Ποια τιμή χρειαζόμαστε για την "R2" προκειμένου η τάση στο σημείο "A" να είναι 0,7 V όταν ο ακροδέκτης 3 του NE555 φτάνει τα 5V? Λοιπόν, αυτό το τμήμα του κυκλώματος ενεργεί με αντίσταση κι έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο νόμος του Ohm. Η αντίσταση "R1" είναι 47K και έχει 4,3 βολτ κατά μήκος της, πράγμα που σημαίνει ότι το ρεύμα που διέρχεται πρέπει να είναι 0,915 mA. Αυτό σημαίνει ότι η "R2" έχει 0,7 V κατά μήκος της και 0,915 mA ρέουν μέσα από αυτή, που σημαίνει ότι έχει τιμή 7,65K. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μία τυπική αντίσταση 8,2K ή 6,8K καθώς δεν υπάρχει τίποτα σημαντικό σχετικά με το σημείο εναλλαγής 5V. Εάν θέλουμε να πάρουμε ακριβώς 7,65K (που δεν θα έπρεπε), τότε μπορούμε να πάρουμε αυτήν την τιμή, συνδυάζοντας δύο τυπικές αντιστάσεις, είτε σε σειρά είτε παράλληλα. Μια μέθοδος κοινής λογικής για τον υπολογισμό της τιμής του "R2" είναι να χρησιμοποιηθεί το γεγονός ότι καθώς το ίδιο ρεύμα ρέει μέσα από αυτές (ανεξάρτητα από το τι ρεύμα είναι), τότε ο λόγος της τάσης θα είναι ίδιος με τον λόγο των αντιστάσεων. Δηλαδή: $0,7V / 4,3V = "R2" / 47K$ ή $"R2" = 47K \times 0,7 / 4,3$ που είναι 7,65K. Φτάσαμε τώρα στο σημείο όπου μπορούμε να προσδιορίσουμε την τιμή της αντίστασης που απαιτείται για την παροχή μιας λογικής τάσης για το τσιπ χρονομέτρου NE555, το κύκλωμα είναι:



Η τιμή "Rx" θα είναι αρκετά κοντά στα 270K, ώστε να μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτήν την τιμή κατά τη δοκιμή για να βρούμε μια κατάλληλη τιμή για το "R" (2,2K στην περίπτωση μας). Ο πυκνωτής κατά μήκος του τσιπ NE555 θα πρέπει να έχει τόση χωρητικότητα όσο είναι βολική, έχοντας κατά νου ότι ολόκληρο το κύκλωμα, οι μπαταρίες, κ.λπ. πρέπει να χωράνε σε μια μικρή θήκη για να δεθούν στον καρφό. Ένας τρόπος με τον οποίο θα μπορούσαν να τοποθετηθούν τα εξαρτήματα στην πλακέτα βύσματος είναι:

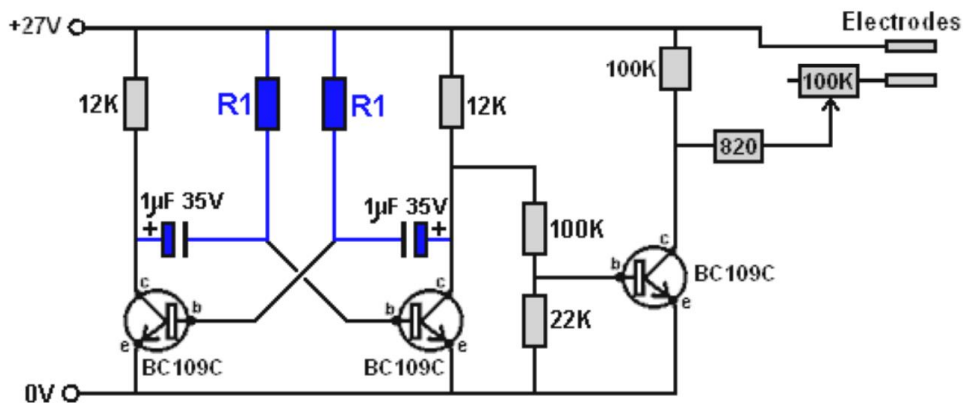


Όταν δοκιμάζουμε διάφορες αντιστάσεις για την "R" πρέπει να ξεκινήσουμε ψηλά από περίπου 4,7K και η τάση που προκύπτει στον πυκνωτή δείχνει την πτώση τάσης στην πρώτη αντίσταση που επιλέξαμε και με το πραγματικό ρεύμα που αντλείται από το συγκεκριμένο τσιπ NE555. Αυτό το υπολογιζόμενο ρεύμα θα μας επιτρέψει να υπολογίσουμε την τιμή της αντίστασης που απαιτείται για να δώσουμε 10 βολτ ή κάτι τέτοιο, επιτρέποντας τον έλεγχο της επόμενης αντίστασής μας με σχεδόν ακριβή τιμή.

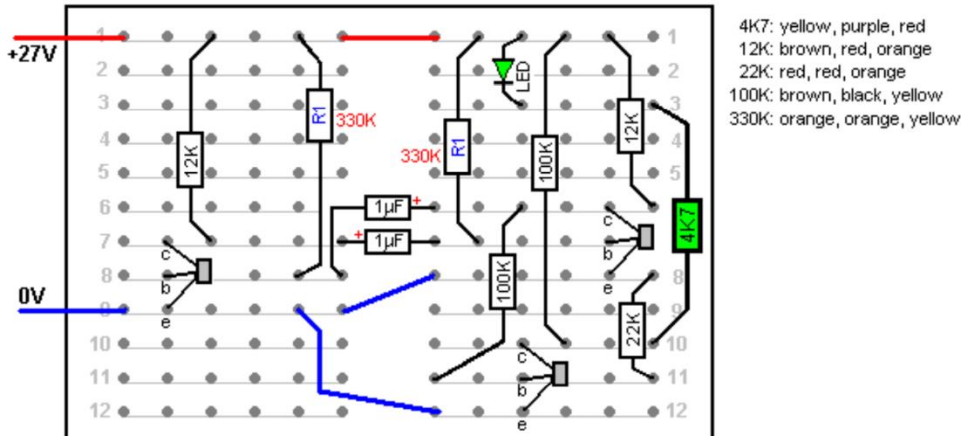
Για τον έλεγχο της συχνότητας που παράγεται από το κύκλωμα, οποιοδήποτε συνηθισμένο LED μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προσωρινό μέτρο. Μπορεί να συνδεθεί μέσω της αντίστασης «φορτίου» 100K μεταξύ του συλλέκτη τρανζίστορ και της θετικής παροχής +27V. Μια αντίσταση περιορισμού ρεύματος είναι απαραίτητη για να σταματήσει το LED από το να καίγεται αμέσως. Αν επιτρέψουμε ρεύμα 5 mA να ρέει μέσω της λυχνίας LED, αφού η αντίσταση περιορισμού ρεύματος έχει περίπου 26,3 βολτ κατά μήκος της, τότε η τιμή της θα

είναι περίπου 5,4K (1K θα έδινε 26 mA, το 2K θα έδινε 13 mA, το 3K θα έδινε 9 mA, το 4K θα έδινε 6,5 mA) κι έτσι η αντίσταση 4,7K λειτουργεί καλά. Αυτό το LED και η αντίσταση φαίνονται στην παραπάνω διάταξη. Εάν το τρανζίστορ BC109C έχει μεταλλική θήκη, τότε αυτή η θήκη συνδέεται συνήθως εσωτερικά με τον συλλέκτη κι έτσι πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η θήκη δεν βραχυκυκλώνει με οτιδήποτε άλλο.

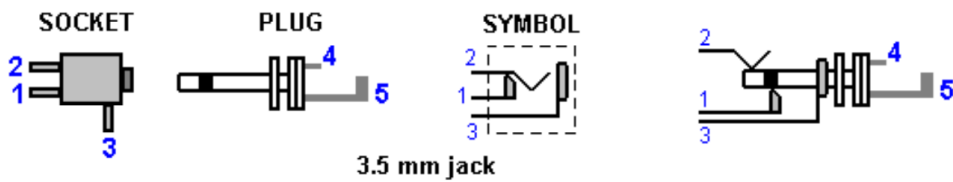
Εάν θεωρείται σημαντικό να μεγιστοποιήσουμε τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας μειώνοντας την άντληση ρεύματος στο ελάχιστο, τότε ίσως η χρήση ενός ασταθούς κυκλώματος μπορεί να είναι μια καλή επιλογή. Από κοινού με τα περισσότερα ηλεκτρονικά κυκλώματα, υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι σχεδιασμού κατάλληλου κυκλώματος για την εκτέλεση της απαιτούμενης εργασίας. Το τρανζίστορ BC109C μπορεί να χειριστεί τα 27V κι έτσι εμείς μπορούμε να στοχεύουμε στην άντληση ρεύματος για το κύκλωμα μόλις 3 mA. Αν 2 mA ρέουν μέσα από τα ασταθή τρανζίστορ όταν είναι ενεργοποιημένα, τότε με 27 V κατά μήκος τους οι αντιστάσεις θα ήταν 13,5K που δεν είναι τυπική τιμή. Μπορούμε να επιλέξουμε 12K για να δώσει ρεύμα 2,25 mA ή 15K για να δώσει 1,8 mA. Και τα δύο είναι ικανοποιητικά. Το κύκλωμα τότε μπορεί να είναι:



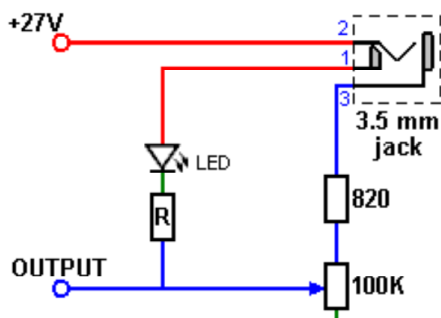
Καθώς η ταλάντευση τάσης που τροφοδοτεί το τρανζίστορ εξόδου έχει πλέον αυξηθεί από 10 V σε 27 V, οι αντιστάσεις διαιρέτη τάσης μπορούν να αυξηθούν σε τιμή κατά 2,7 φορές, δίνοντας περίπου 127K και 22,1K για αυτές τις αντιστάσεις. Ωστόσο, η κατάσταση δεν είναι το ίδιο με το τσιπ NE555 που μπορεί να παρέχει τουλάχιστον 200 mA σε επίπεδο εξόδου υψηλής τάσης. Αντί αυτού, το τρανζίστορ γίνεται τόσο υψηλή αντίσταση που μπορεί να αγνοηθεί, αλλά το 12K παραμένει στη διαδρομή που τροφοδοτεί το ρεύμα βάσης για το τρανζίστορ εξόδου και στην πραγματικότητα θα προστεθεί στην άνω αντίσταση του ζεύγους διαιρέτη τάσης. Έτσι, ενώ εμφανίζεται μια αντίσταση 100K, είναι ουσιαστικά 112K λόγω αυτής της επιπλέον αντίστασης 12K μεταξύ αυτής και της γραμμής τροφοδοσίας +27V. Τα ασταθή τρανζίστορ θα αλλάζουν γρήγορα στο σημείο όπου αλλάζει κατάσταση το τρανζίστορ εξόδου, οπότε το τετραγωνικό κύμα εξόδου θα πρέπει να είναι καλής ποιότητας. Το τρανζίστορ BC109C μπορεί να ανάψει και να σβήσει εκατό εκατομμύρια φορές το δευτερόλεπτο, επομένως η απόδοση σε αυτό το κύκλωμα θα πρέπει να είναι πολύ καλή. Μια δοκιμαστική διάταξη breadboard μπορεί είναι:



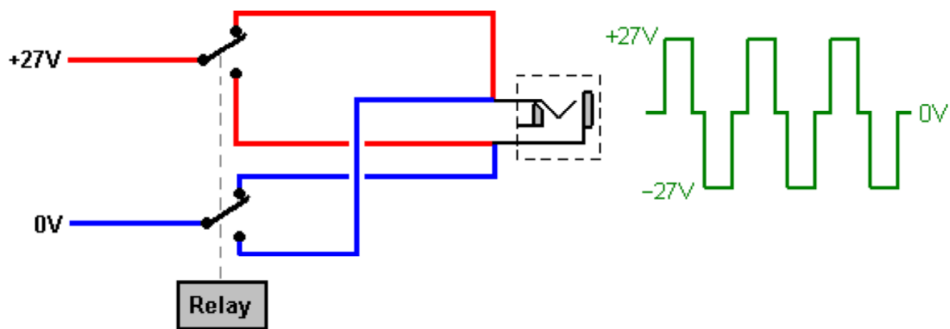
Τώρα πρέπει να επιλέξουμε τα στοιχεία χρονισμού. Για ακόμη και 50% κύκλο λειτουργίας, όπου κάθε τρανζίστορ είναι ON για το μισό χρόνο και OFF για τον υπόλοιπο μισό χρόνο, οι δύο πυκνωτές χρονισμού μπορούν να έχουν το ίδιο μέγεθος και μετά οι δύο αντιστάσεις χρονισμού θα έχουν την ίδια τιμή, στην περίπτωσή μας 330K, αλλά εξαρτάται από τους πραγματικούς πυκνωτές που χρησιμοποιούνται. Ο σχεδιασμός του Beck απαιτεί να λειτουργεί η οθόνη LED όταν η μονάδα είναι ενεργοποιημένη και στη συνέχεια να αποσυνδεθεί όταν τα ηλεκτρόδια είναι συνδεδεμένα σε μια υποδοχή 3,5 mm που είναι τοποθετημένη στη θήκη που περιέχει το κύκλωμα. Η υποδοχή μοιάζει με αυτό:



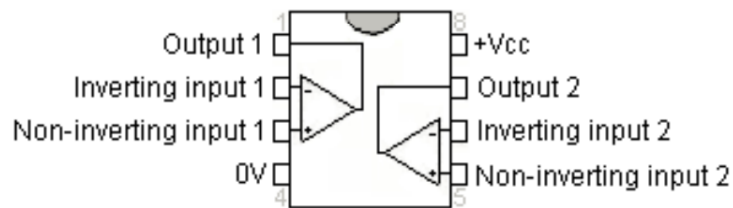
Όταν το βύσμα δεν έχει τοποθετηθεί στην πρίζα, η ακίδα 1 συνδέεται με την ακίδα 2 και η ακίδα 3 δεν συνδέεται σε τίποτα. Όταν τοποθετηθεί το βύσμα, τότε η ακίδα 1 απομονώνεται, η ακίδα 2 συνδέεται στην ακίδα 4 και η ακίδα 3 συνδέεται στην ακίδα 5. Το κύκλωμα Beck συνδέεται στην υποδοχή εξόδου ως εξής:



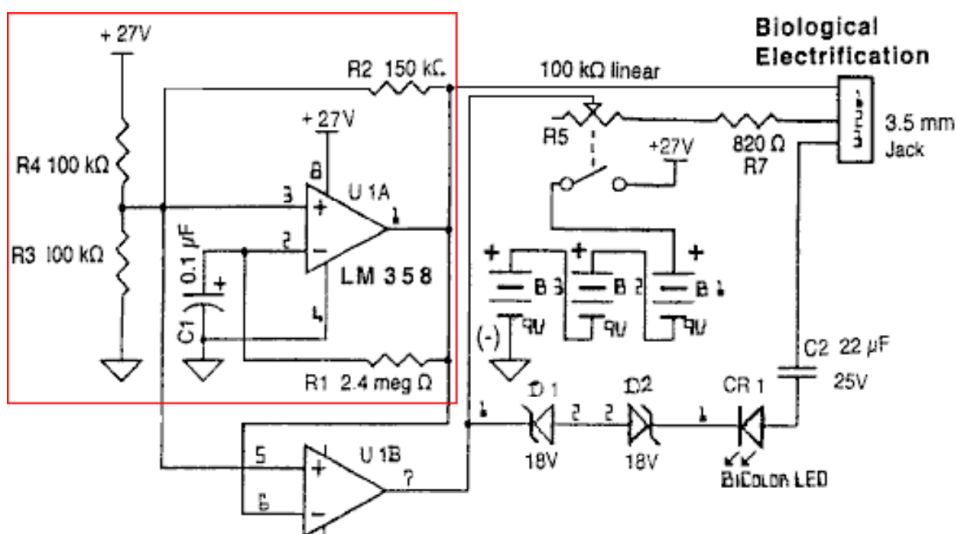
Αυτή η διάταξη θα δώσει μια έξοδο τετραγωνικού κύματος 27V 4Hz μέσω της υποδοχής του βύσματος. Όμως, το αρχικό κύκλωμα του Beck δεν το έκανε αυτό. Αντίθετα, ήταν έτσι:



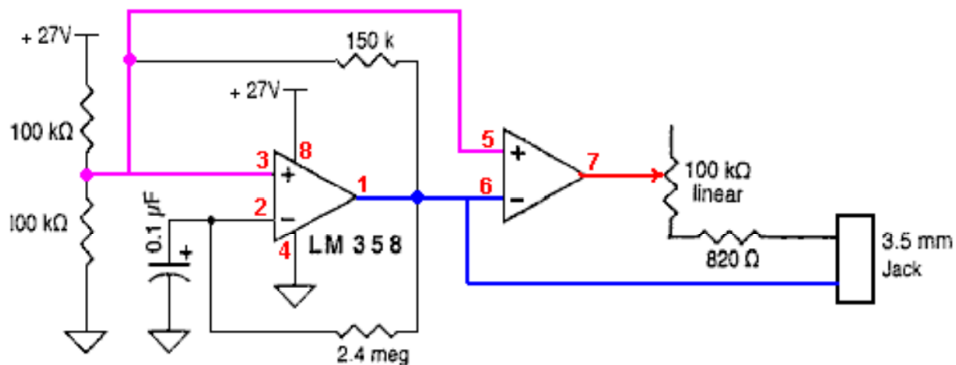
Εδώ, ένα ρελέ λειτουργεί έναν διπλό διακόπτη αλλαγής που χρησιμοποιείται για την αντιστροφή των πόλων της μπαταρίας, τέσσερις φορές το δευτερόλεπτο. Αυτό είναι διαφορετικό από το να παράγουμε απλώς μια θετική τάση τετραγωνικού κύματος μεταξύ των δύο τερματικών εξόδου. Εάν σκεφτόσατε μια αντίσταση συνδεδεμένη στην υποδοχή εξόδου, τότε με την εναλλαγή του ρελέ, η κατεύθυνση του ρεύματος αντιστρέφεται τέσσερις φορές το δευτερόλεπτο, αλλά με το τετράγωνο κύμα, ενώ ξεκινά και σταματά τέσσερις φορές το δευτερόλεπτο, η φορά του ρεύματος είναι πάντα η ίδια και δεν υπάρχει αντιστροφή κατεύθυνσης. Καθώς ο Beck ήθελε να αποφύγει τη χρήση ενός ρελέ που κάνει κλικ τέσσερις φορές το δευτερόλεπτο, επανασχεδίασε το κύκλωμα χρησιμοποιώντας το πολύ εντυπωσιακό ολοκληρωμένο κύκλωμα LM358/A:



Αυτό το τσιπ αντλεί μόνο το μισό του ενός milliamp, έχει δύο λειτουργικούς ενισχυτές πολύ υψηλής απολαβής και μπορεί να λειτουργήσει με ευρύ φάσμα τάσεων τροφοδοσίας. Είναι επίσης φθηνό. Ο Beck εμφανίζει το κύκλωμα ως:

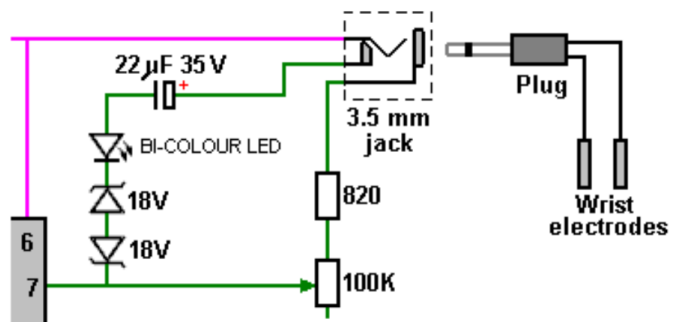


Ο Beck δηλώνει ότι το πρώτο τμήμα λειτουργεί ως γεννήτρια σήματος τετραγωνικού κύματος 4 Hz, με τη συχνότητα να ελέγχεται από την αντίσταση 2,4M "R1" και τον πυκνωτή 100nF "C1". Το φύλλο δεδομένων για το LM358 αναφέρει ότι η τάση εξόδου εναλλάσσεται μεταξύ μηδέν βολτ και 1,5 V μικρότερη από την τάση τροφοδοσίας "Vcc" (η οποία είναι +27 V σε αυτήν την περίπτωση). Αυτό συνεπάγεται ότι, όπως θα ήταν αναμενόμενο, η τάση εξόδου του ακροδέκτη 1 από το πρώτο στάδιο θα αλλάξει απότομα από 0V σε +25,5V και απότομα πίσω ξανά, τέσσερις φορές το δευτερόλεπτο. Είναι δύσκολο να ακολουθήσουμε το κύκλωμα όπως είναι σχεδιασμένο, επομένως μπορεί να είναι λίγο πιο εύκολο να το παρακολουθήσουμε όταν σχεδιάζεται ως εξής:



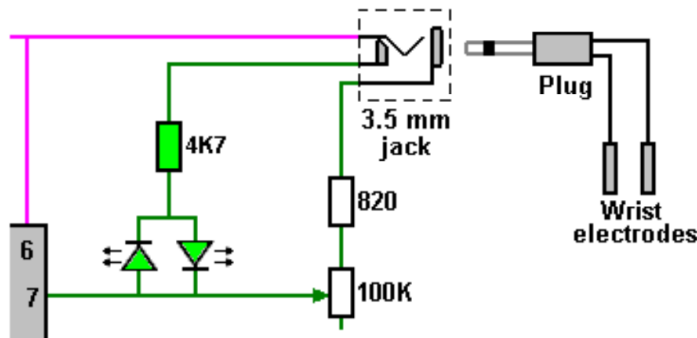
Η έξοδος από τον πρώτο ενισχυτή μέσα στο πακέτο LM358 βρίσκεται στον ακροδέκτη 1 και μπορεί να παρέχει μεγάλη ποσότητα ρεύματος (αν χρειαστεί ποτέ μεγάλο ρεύμα). Αυτή η έξοδος πηγαίνει κατευθείαν σε μία από τις συνδέσεις της Jack υποδοχής. Επίσης πηγαίνει στον ακροδέκτη εισόδου 6 του δεύτερου ενισχυτή μέσα στο τσιπ και αυτό προκαλεί την έξοδο υψηλής ισχύος αυτού του ενισχυτή στον ακροδέκτη 7 να είναι αντίθετη από την τάση του ακροδέκτη 1. Όταν ο ακροδέκτης 1 φτάσει στα +25,5 βολτ, τότε ο ακροδέκτης 7 πέφτει χαμηλά, περίπου στα μηδέν βολτ. Αυτή η έξοδος τροφοδοτείται επίσης στην άλλη Jack υποδοχή, τοποθετώντας 25,5 βολτ κατά μήκος των ηλεκτροδίων όταν είναι συνδεδεμένα στην υποδοχή Jack. Όταν το κύκλωμα του ταλαντωτή που είναι συνδεδεμένο στον πρώτο ενισχυτή προκαλεί τη μείωση της τάσης στον ακροδέκτη 1, τότε η έξοδος στον ακροδέκτη 7 το αναστρέφει κι έτσι πάει στα +25,5 βολτ. Θα παρατηρήσουμε ότι ενώ η συνολική τάση των 25,5 βολτ εφαρμόζεται ξανά στην υποδοχή Jack, η πολικότητα έχει πλέον αντιστραφεί, επιτυγχάνοντας αυτό που κάνει το κύκλωμα ρελέ (αν και 1,5 βολτ χάνονται κατά τη διαδικασία). Αυτή είναι μια τακτοποιημένη λύση.

Ο Beck χρησιμοποιεί ένα δίχρωμο LED για να επιβεβαιώσει ότι το κύκλωμα λειτουργεί σωστά πριν συνδεθούν τα ηλεκτρόδια. Επιλέγει να το κάνει με αυτόν τον τρόπο:

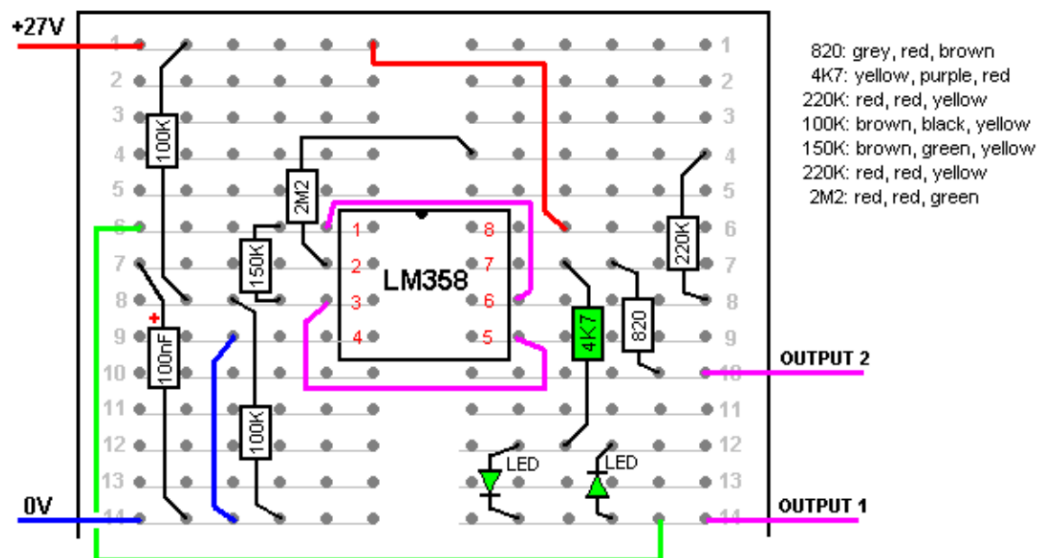


Οι δύο δίοδοι zener 18V πέφτουν 18,7 από τα 25,5 βολτ, καθώς η μία θα είναι πολωμένη προς τα εμπρός ρίχνοντας 0,7 βολτ και η άλλη που είναι αντίστροφα πολωμένη, ρίχνοντας 18 βολτ.

Αυτό αφήνει μια πτώση 7V για το LED, κάτι που είναι λίγο υπερβολικό, οπότε ο Beck λέει ότι χρησιμοποιεί έναν πυκνωτή για να περιορίσει το ρεύμα. Καθώς υπάρχει ήδη μια αντίσταση 820 Ω στη διαδρομή ρεύματος με το LED μέσω της υποδοχής, ο πυκνωτής δεν χρειάζεται. Η μεταβλητή αντίσταση πρέπει να ρυθμιστεί στην ελάχιστη αντίσταση περιστρέφοντας τον άξονα της πλήρως δεξιόστροφα, έτσι ώστε να μην επηρεάζει τη φωτεινότητα των LED, όπως δείχνουν και οι zener όταν η τάση της μπαταρίας έχει πέσει, καθώς δεν θα υπάρχει πλέον επαρκής τάση για να ανάψει έντονα το LED, υποδεικνύοντας ότι οι μπαταρίες πρέπει να αντικατασταθούν (ή να επαναφορτιστούν εάν είναι επαναφορτιζόμενες). Κατά τη δοκιμή του κυκλώματος, μία εναλλακτική λύση στα δύο zener είναι η χρήση μιας αντίστασης 4,7K και αν δεν υπάρχει δίχρωμη λυχνία LED, τότε δύο κοινά LED μπορούν να χρησιμοποιηθούν το ένα μετά από το άλλο ως εξής:

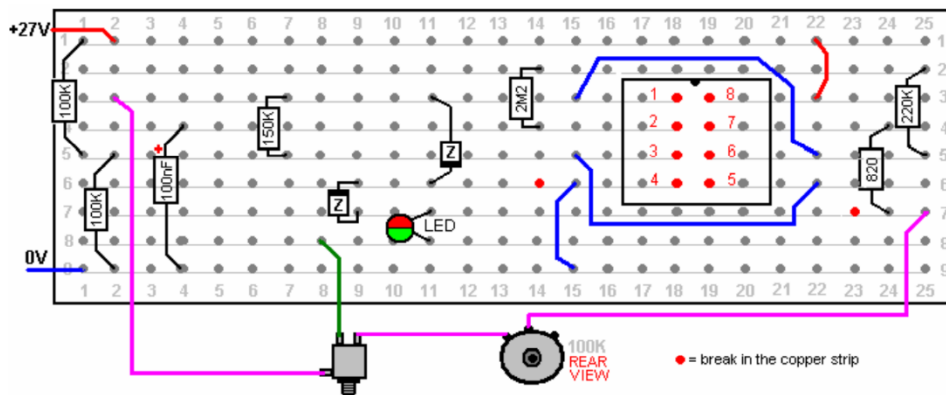


Με αυτή τη διάταξη, τα δύο LED αναβοσβήνουν εναλλάξ. Σε οποιοδήποτε κύκλωμα, ένας πυκνωτής με υψηλότερη ονομαστική τάση μπορεί να χρησιμοποιείται πάντα εάν οι τιμές χωρητικότητας είναι ίδιες. Το εξωτερικό κύκλωμα Beck ολοκληρώνεται μέσω του σώματος του χρήστη, επομένως υπάρχει μόνον ένα ηλεκτρόδιο συνδεδεμένο σε κάθε πλευρά της υποδοχής του βύσματος εξόδου. Μια πιθανή διάταξη βύσματος είναι:



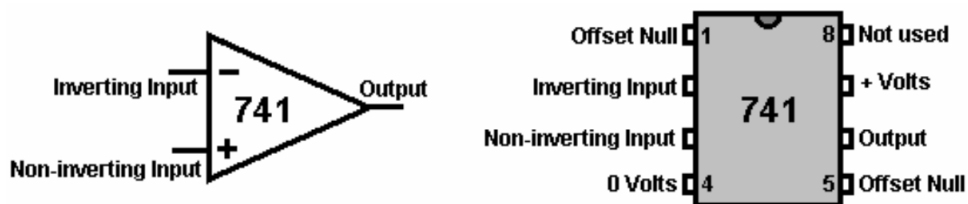
Η αντίσταση 4,7K και τα LED βρίσκονται στην πλακέτα μόνο για λόγους δοκιμής και όταν το κύκλωμα είναι σε σταθερή μορφή, τότε η αλυσίδα LED συνδέεται στον ακροδέκτη 1 της υποδοχής του βύσματος, έτσι ώστε τα LED να αποσυνδεθούν κατά τη διάρκεια των δύο

συνιστομένων ωρών καθημερινής λειτουργίας κατά τη χρήση της συσκευής. Μία διάταξη που χρησιμοποιεί την τυπική πλακέτα 9 λωρίδων 25 οπών κι ενσωματώνει τις δύο διόδους zener 18V για ανίχνευση τάσης είναι:

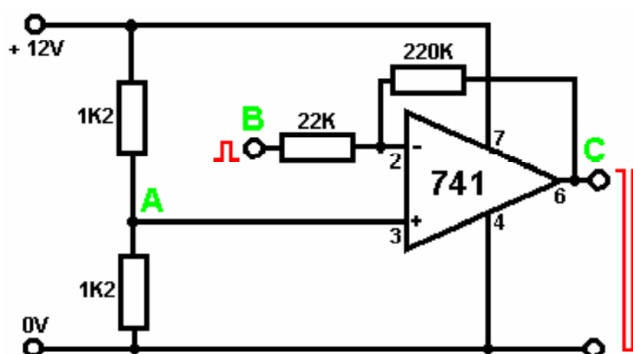


2.6. Ο Λειτουργικός Ενισχυτής 741

Μια σημαντική και πολύ χρήσιμη ομάδα Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων είναι η ομάδα «Λειτουργικός Ενισχυτής» (Operational Amplifier) ή «op-amp». Αυτές οι συσκευές έχουν πολύ υψηλό κέρδος, είσοδο «αναστροφής» και «μη αντιστρεπτική» είσοδο. Υπάρχουν πολλοί op-amps αλλά εμείς θα εξετάσουμε μόνο έναν δημοφιλή τύπο που ονομάζεται "741" που έχει κέρδος "ανοικτού βρόχου" 100.000 φορές. Όλοι οι λειτουργικοί ενισχυτές λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο θεωρητικά. Ο τρόπος λειτουργίας τους σε ένα κύκλωμα ελέγχεται από τα εξωτερικά εξαρτήματα που συνδέονται με αυτά. Μπορούν να λειτουργήσουν ως ανάστροφος ενισχυτής, ως μη αντιστρεφόμενος ενισχυτής (δηλαδή ως «buffer»), ως συγκριτής, ως ασταθής πολυδονητής και διάφορα άλλα πράγματα. Το σύμβολο και οι συνδέσεις για έναν 741 op-amp είναι:

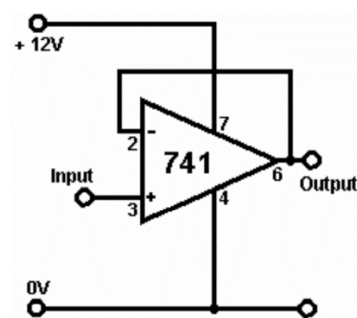


Μπορούμε να συνδέσουμε το τσιπ 741 για να λειτουργεί ως ενισχυτής με οποιοδήποτε επίπεδο κέρδους επιλέξουμε:



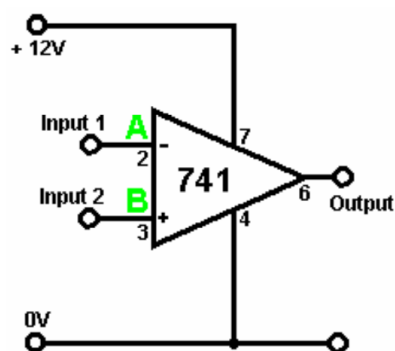
Εδώ, το κέρδος ορίζεται από την αναλογία της αντίστασης 220K προς την αντίσταση 22K. Αυτό το κύκλωμα έχει κέρδος 10 φορές, οπότε το σήμα εισόδου στο σημείο «B» θα παράγει ένα σήμα εξόδου στο σημείο «C», το οποίο είναι δέκα φορές μεγαλύτερο, υπό την προϋπόθεση ότι το σήμα εξόδου δεν πλησιάζει την τάση της μπαταρίας. Εάν συμβεί αυτό, τότε θα γίνει ψαλίδισμα στο πάνω και στο κάτω μέρος της κυματομορφής εξόδου, περίπου ένα βολτ μακριά από τα επίπεδα τάσης της μπαταρίας, δηλαδή 1 Volt και +11 Volt σε αυτό το παράδειγμα. Οι λειτουργικοί ενισχυτές είναι γενικά σχεδιασμένοι να λειτουργούν από διπλή παροχή ρεύματος. Στο παραπάνω παράδειγμα, η παροχή θα δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας δύο μπαταρίες 6 Volt αντί για μία μπαταρία 12 Volt. Για να αποφύγουμε την ταλαιπωρία από αυτό, μια τάση μεσαίου σημείου δημιουργείται στο σημείο «A», χρησιμοποιώντας δύο ίσες αντιστάσεις σε σειρά κατά μήκος της μπαταρίας. Αυτό δίνει μια κεντρική τάση +6 Volt η οποία τροφοδοτείται στο IC. Αυτό το κύκλωμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές.

Το 741 μπορεί να συνδεθεί ως buffer. Αυτό είναι το ισοδύναμο ενός κυκλώματος εκπομπού-ακολουθού όταν χρησιμοποιείτε τρανζίστορ. Η ρύθμιση για το 741 είναι:



Αυτό το κύκλωμα χρησιμοποιεί το πλήρες κέρδος του τσιπ 741. Η έξοδος ακολουθεί ακριβώς την κυματομορφή εισόδου. Η είσοδος δεν απαιτεί σχεδόν καθόλου ρεύμα, επομένως το κύκλωμα περιγράφεται ως έχοντας «υψηλή σύνθετη αντίσταση εισόδου». Η έξοδος μπορεί να οδηγήσει ένα σοβαρό φορτίο όπως ένα ρελέ, έτσι το κύκλωμα περιγράφεται ως έχοντας «χαμηλή σύνθετη αντίσταση εξόδου».

Το τσιπ 741 μπορεί να συνδεθεί με καλώδιο για να λειτουργεί ως συγκριτής. Αυτό είναι το κύκλωμα:



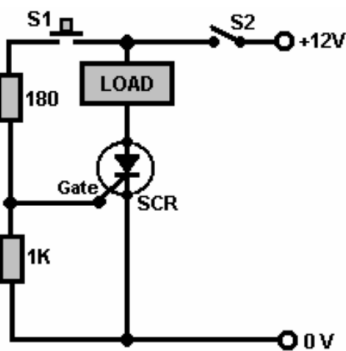
Αυτή είναι η βασική λειτουργική μορφή για έναν τελεστικό ενισχυτή. Εάν η τάση στο σημείο «A» είναι υψηλότερη από την τάση στο σημείο «B», τότε η έξοδος πέφτει όσο χαμηλότερα μπορεί, ας πούμε 1 ή 2 βολτ. Εάν η τάση στο σημείο «A» είναι χαμηλότερη από την τάση στο σημείο «B», τότε η έξοδος φτάνει όσο ψηλότερα μπορεί, ας πούμε 10 βολτ ή κάτι τέτοιο.

Έχοντας δει πώς λειτουργούν τα κυκλώματα τρανζίστορ, θα πρέπει να είμαστε σε θέση να καταλάβουμε γιατί το κύκλωμα του τσιπ 741 (το οποίο είναι κύκλωμα τρανζίστορ μέσα στο

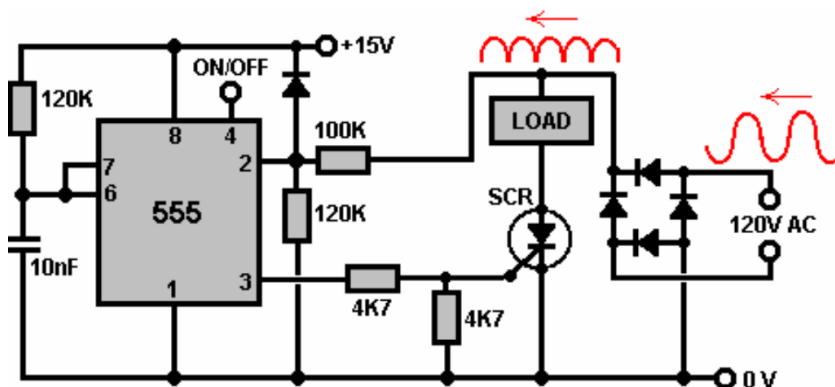
πακέτο 741) χρειάζεται κάποια τάση μέσα στις ράγες τροφοδοσίας για να παρέχει μια αποτελεσματική κίνηση εξόδου υψηλού ρεύματος.

2.7. Το SCR και το Triac

Μια εναλλακτική λύση στη χρήση ενός ρελέ ή ημιαγωγών είναι η χρήση ενός ανορθωτή ελεγχόμενου πυριτίου που συνήθως αναφέρεται ως ένα «SCR» ή «Θυρίστορ». Αυτή η συσκευή είναι συνήθως «off» με πολύ υψηλή αντίσταση στη ροή ρεύματος. Αν είναι ενεργοποιημένο, εφαρμόζοντας τάση στη σύνδεση του Gate, παραμένει συνεχώς ενεργοποιημένο έως ότου κάποια εξωτερική συσκευή σταματήσει το ρεύμα που ρέει μέσα από αυτό. Το παρακάτω κύκλωμα δείχνει πώς λειτουργεί:

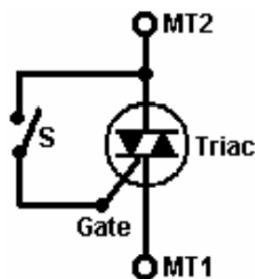


Όταν η τάση εφαρμόζεται για πρώτη φορά στο κύκλωμα κλείνοντας τον διακόπτη S2, το SCR βρίσκεται στην κατάσταση OFF, οπότε δεν παρέχεται ρεύμα στο φορτίο. Εάν πατηθεί ο διακόπτης του κουμπιού S1, τροφοδοτείται ρεύμα στην πύλη του SCR, ενεργοποιώντας το. Όταν ο διακόπτης S1 επιτρέπεται να ανοίξει, το SCR παραμένει στην κατάσταση ON και θα παραμείνει έτσι μέχρι το ρεύμα μέσω αυτού να αποκοπεί. Το άνοιγμα του διακόπτη S2, διακόπτει το ρεύμα στο φορτίο και το SCR επιστρέφει στην κατάσταση OFF. Μία πολύ έγκυρη ερώτηση θα ήταν: "Γιατί να έχουμε SCR, ενώ γίνεται απλά να ενεργοποιούμε και να απενεργοποιούμε το φορτίο με τον διακόπτη S2;". Η απάντηση είναι ότι ο διακόπτης S1 μπορεί να είναι το υπόθεμα πίεσης κάτω από το χαλί ενός συναγερμού και μπορεί να λειτουργήσει μερικές ώρες μετά το κλείσιμο του διακόπτη S2 για να ενεργοποιηθεί το σύστημα συναγερμού. Το να σταματήσεις να πατάς πάνω στον αισθητήρα πίεσης δεν σταματά τον συναγερμό από το να ηχεί. Ενώ αυτού του είδους η ενέργεια DC είναι χρήσιμη, είναι πιο συνηθισμένο για ένα SCR να χρησιμοποιείται σε ένα κύκλωμα AC. Για παράδειγμα, πάρτε το κύκλωμα που φαίνεται εδώ:

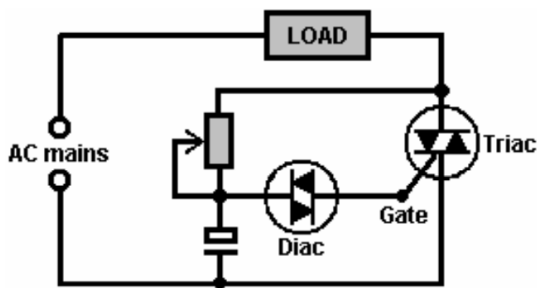


Η τροφοδοσία εναλλασσόμενου ρεύματος 120 volt που έρχεται από τη δεξιά πλευρά μετατρέπεται σε θετικούς παλμούς ημιτονοειδούς κύματος από τη γέφυρα διόδου. Αυτή η παλμική τάση εφαρμόζεται στη διαδρομή Load/SCR. Εάν η τάση στον ακροδέκτη 3 του τσιπ 555 είναι χαμηλή, τότε το SCR θα παραμείνει απενεργοποιημένο και δεν θα τροφοδοτηθεί ρεύμα στη συσκευή φόρτωσης. Εάν η τάση στον ακροδέκτη 3 είναι υψηλή και η τάση που εφαρμόζεται στην αλυσίδα Load/SCR είναι υψηλή, τότε το SCR θα ενεργοποιηθεί, τροφοδοτώντας το φορτίο μέχρι η παλμική τάση να πέσει ξανά στο μηδενικό της επίπεδο περίπου 1/120 του δευτερολέπτου αργότερα. Το τσιπ 555 συνδέεται για να σχηματίσει έναν μονοσταθερό πολυδονητή και τα εξαρτήματα χρονισμού (η αντίσταση 120K και ο πυκνωτής 10nF) τον αναγκάζουν να εξάγει έναν παλμό 1 χιλιοστού του δευτερολέπτου που είναι αρκετά μεγάλος για να ενεργοποιήσει το SCR, αλλά αρκετά σύντομος ώστε να έχει τελειώσει πριν ο παλμός του δικτύου φτάσει ξανά στο επίπεδο μηδενικής τάσης. Το τσιπ 555 ενεργοποιείται από την αυξανόμενη τάση δικτύου που περνά στον ακροδέκτη 2, μέσω του διαιρέτη τάσης ζεύγους αντιστάσεων 100K και 120K, και αυτό το συγχρονίζει με την κυματομορφή AC. Ο ακροδέκτης 4 του τσιπ 555 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του φορτίου.

Στο κύκλωμα που φαίνεται παραπάνω, η γέφυρα διόδου χρειάζεται για να μετατρέψει την εισερχόμενη κυματομορφή εναλλασσόμενου ρεύματος σε παλμικό DC, όπως φαίνεται με κόκκινο χρώμα στο διάγραμμα, καθώς το SCR μπορεί να χειριστεί το ρεύμα που ρέει μόνο προς μία κατεύθυνση. Ο εξοπλισμός φορτίου AC λειτουργεί εξίσου καλά με το παλμικό DC όσο και με μια κυματομορφή AC πλήρους εμφυσήσεως. Μια καλύτερη κατασκευή ημιαγωγών είναι το «Triac» που λειτουργεί σαν δύο συσκευές SCR η μία μετά από την άλλη σε ένα μόνο πακέτο. Εμφανίζεται έτσι στο διάγραμμα του κυκλώματος:

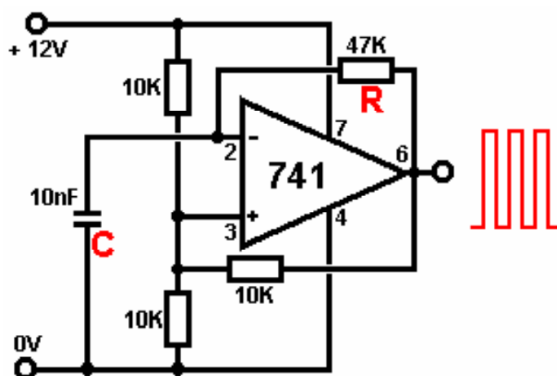


Υπάρχουν τρεις συνδέσεις στη συσκευή: Κύριο Τερματικό 1, Κύριο Τερματικό 2 και Πύλη. Όταν ο διακόπτης 'S' που φαίνεται στο διάγραμμα είναι κλειστός, το triac άγει τόσο στις θετικές όσο και στις αρνητικές τάσεις που εφαρμόζονται στα τερματικά MT1 και MT2. Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός, η συσκευή δεν άγει καθόλου. Εάν το εξωτερικό κύκλωμα που περιέχει τον διακόπτη «S» τοποθετηθεί μέσα στη συσκευή ως μόνιμα κλειστό κύκλωμα, τότε η συσκευή γίνεται «Diac» που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενεργοποιήσει ένα Triac και να δώσει ένα πολύ καθαρό κύκλωμα για τον έλεγχο της ισχύος σε ένα στοιχείο του εξοπλισμού AC όπως φαίνεται εδώ:

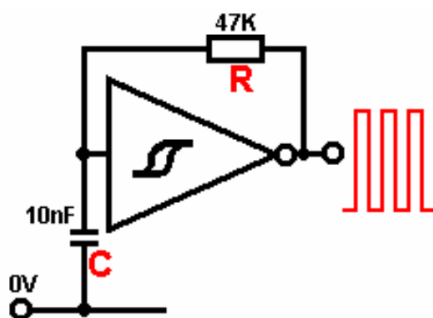


Εδώ, το ζεύγος μεταβλητής αντίστασης/πυκνωτή ελέγχει το σημείο στην κυματομορφή AC που ενεργοποιείται το Triac κι έτσι ελέγχει πόσο από κάθε κύκλο ημιτονοειδών κυμάτων περνά στον κύριο εξοπλισμό κι έτσι ελέγχει τον μέσο όρο της ισχύος που περνάει στον εξοπλισμό. Μια πολύ κοινή χρήση για ένα κύκλωμα αυτού του τύπου είναι ο «διακόπτης dimmer» που χρησιμοποιείται με οικιακό φωτισμό.

Επιστρέφοντας τώρα στο τσιπ 741, αυτό μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως ασταθής πολυδονητής. Το κύκλωμα είναι:

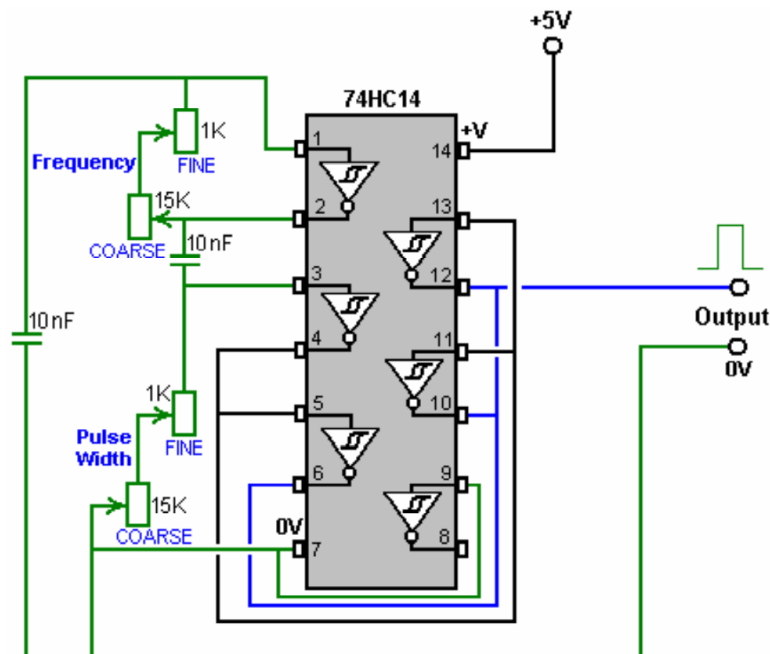


Ο ρυθμός ταλάντωσης αυτού του κυκλώματος διέπεται από την αντίσταση με την ένδειξη «R» στο διάγραμμα και τον πυκνωτή με την ένδειξη «C». Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση, τόσο χαμηλότερος είναι ο ρυθμός ταλάντωσης, όσο μεγαλύτερος είναι ο πυκνωτής, τόσο χαμηλότερος είναι ο ρυθμός ταλάντωσης. Όταν η έξοδος είναι υψηλή, ο πυκνωτής «C» φορτίζεται έως ότου η τάση σε αυτόν υπερβεί την τάση μέσης ράγας στον ακροδέκτη 3, οπότε η έξοδος 741 πέφτει χαμηλά. Ο πυκνωτής αποφορτίζεται τώρα μέσω της αντίστασης «R» μέχρι η τάση σε αυτόν να πέσει κάτω από την τάση στον ακροδέκτη 3, οπότε η έξοδος αυξάνεται ξανά. Η αντίσταση 10K που συνδέει την έξοδο στον ακροδέκτη 3 παρέχει κάποια θετική ανάδραση που κάνει το 741 να λειτουργεί σαν σκανδάλη Schmitt, κάνοντας εντονότερη την εναλλαγή. Η ίδια διάταξη αντίστασης και πυκνωτή που εφαρμόζεται σε μετατροπέα Schmitt ή πύλη NAND Schmitt προκαλεί ακριβώς την ίδια ταλάντωση:



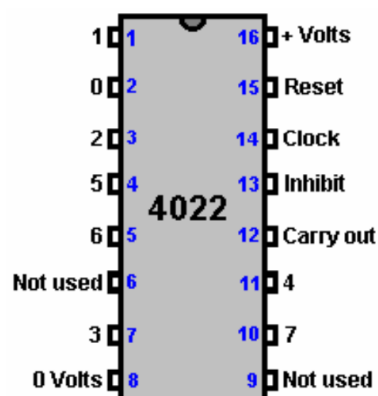
2.8. Hex Inverter Signal Generator

Εδώ είναι ένα πολύ καλά δοκιμασμένο και πολύ μελετημένο κύκλωμα ταλαντωτή χαμηλού κόστους, που χρησιμοποιεί ένα τσιπ μετατροπέα 74HC14 Schmitt (ή το τσιπ CMOS υψηλότερης τάσης 40106B). Επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο της συχνότητας και του πλάτους παλμού που παράγονται. Τρεις από τους μετατροπείς συνδέονται μεταξύ τους για να δώσουν μια πιο ισχυρή μονάδα ρεύματος εξόδου:



2.9. Το τσιπ 4022 Divide-by-Eight

Ένα πολύ χρήσιμο ολοκληρωμένο κύκλωμα CMOS είναι το τσιπ «4022», το οποίο είναι ένα τσιπ 16 ακίδων «divide by 8» με ενσωματωμένη αποκρυπτογράφηση. Οι συνδέσεις είναι:

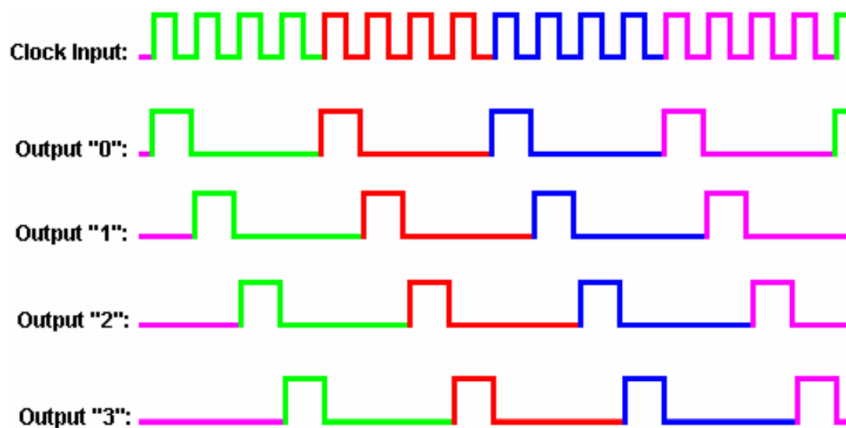
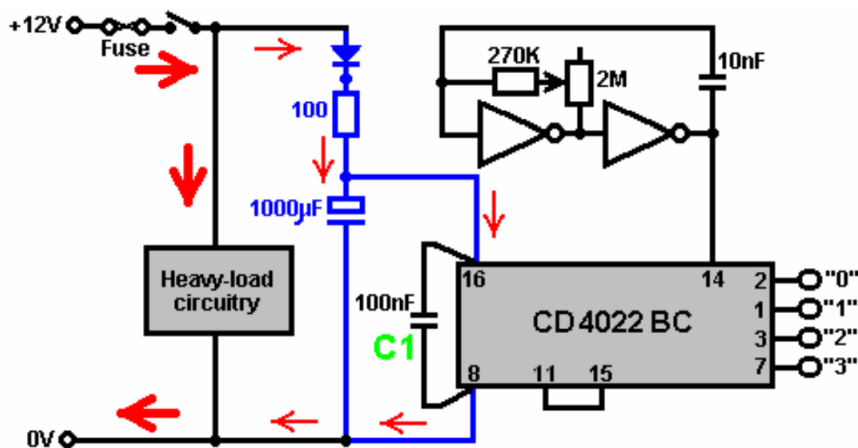


Εάν η ακροδέκτης 14 παρέχεται με την έξοδο από κάποια ποικιλία σταθεροποιημένων πολυδονητών, στον πρώτο παλμό, αυτό το τσιπ ρυθμίζει την έξοδο «0» στον ακροδέκτη 2 στο High ενώ οι άλλες εξοδοι είναι στο Low. Στον επόμενο παλμό, η έξοδος «0» γίνεται Low και η έξοδος "1" στον ακροδέκτη 1 γίνεται High. Στον επόμενο παλμό, η έξοδος "1" γίνεται Low και η έξοδος "2" στον ακροδέκτη 3, γίνεται High, και ούτω καθεξής έως ότου στον όγδοο

παλμό, η έξοδος "7" στον ακροδέκτη 10 γίνεται Low και η έξοδος "0" γίνεται ξανά High. Το τσιπ μπορεί επίσης να διαιρεθεί με χαμηλότερους αριθμούς:

- Για τη λειτουργία «Διαίρεση με 7», συνδέουμε τον ακροδέκτη 10 στον ακροδέκτη 15 (αυτό επαναφέρει την έξοδο στο «0»).
- Για τη λειτουργία «Διαίρεση με 6», συνδέουμε τον ακροδέκτη 5 στον ακροδέκτη 15.
- Για τη λειτουργία «Διαίρεση με 5», συνδέουμε τον ακροδέκτη 4 στον ακροδέκτη 15.
- Για τη λειτουργία «Διαίρεση με 4», συνδέουμε τον ακροδέκτη 11 στον ακροδέκτη 15.
- Για τη λειτουργία «Διαίρεση με 3», συνδέουμε τον ακροδέκτη 7 στον ακροδέκτη 15.
- Για τη λειτουργία «Διαίρεση με 2», συνδέουμε τον ακροδέκτη 3 στον ακροδέκτη 15.

Ακολουθεί μια απεικόνιση μιας ρύθμισης "Διαίρεση με 4":



Υπάρχουν πολλά πράγματα που πρέπει να προσέξουμε στο παραπάνω διάγραμμα. Πρώτον, οι πρακτικές ρυθμίσεις για τα κυκλώματα ήταν αλλαγμένες πριν. Εάν το κύκλωμα έχει ένα παλμικό κύκλωμα που αντλεί έντονο ρεύμα, όπως φαίνεται από τα έντονα κόκκινα βέλη, τότε θα πρέπει να συνδεθεί φυσικά με την μπαταρία και οποιοδήποτε κύκλωμα χαμηλού ρεύματος θα πρέπει να βρίσκεται πιο μακριά από την μπαταρία. Η παροχή από την μπαταρία θα πρέπει να έχει ασφάλεια ή διακόπτη κυκλώματος και διακόπτη στη γραμμή πριν συνδεθεί οτιδήποτε άλλο, έτσι ώστε αν κάποιο εξάρτημα παρουσιάσει σφάλμα και βραχυκυκλώσει, η ασφάλεια θα καεί και αποτρέψει τυχόν σημαντικά προβλήματα.

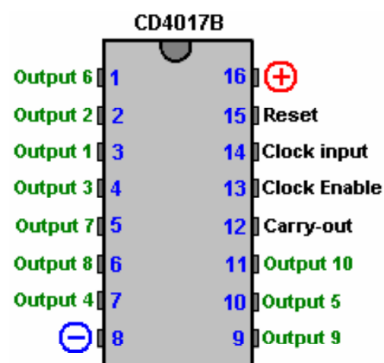
Δεύτερον, είναι καλή ιδέα να παρέχετε στο άλλο κύκλωμα μια λειασμένη παροχή ρεύματος όπως φαίνεται από τα μπλε στοιχεία στο διάγραμμα. Αυτό ελαχιστοποιεί το αποτέλεσμα εάν η τάση της μπαταρίας πέσει κάτω από τον παλμό ενός κυκλώματος υψηλού ρεύματος. Η δίοδος (πυρίτιο, 1 Amp, 50 V) σταματά το κύκλωμα υψηλού ρεύματος που αντλεί ρεύμα από τον μεγάλο πυκνωτή εξομάλυνσης. Η αντίσταση 100 Ω περιορίζει το ρεύμα στον μεγάλο πυκνωτή κατά την ενεργοποίηση και παρέχει λίγη περισσότερη εξομάλυνση. Αυτό το κύκλωμα ονομάζεται "αποσύνδεση" καθώς αποσυνδέει το κύκλωμα χαμηλού ρεύματος από το κύκλωμα υψηλού ρεύματος.

Τρίτον, προσέχουμε τον πυκνωτή «C1» που είναι καλωδιωμένος φυσικά όσο πιο κοντά στις ακίδες τροφοδοσίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος όσο είναι δυνατόν. Εάν μια σπίθα υπερτίθεται στην τροφοδοσία της μπαταρίας, τότε αυτός ο πυκνωτής την απορροφά και την αποτρέπει από την καταστροφή ή ενεργοποίηση του ολοκληρωμένου κυκλώματος. Μια σπίθα θα μπορούσε να προκληθεί από έναν πολύ ισχυρό μαγνητικό παλμό κοντά, καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει επιπλέον τάση στα καλώδια της μπαταρίας.

Το κάτω μέρος του διαγράμματος δείχνει τις τάσεις εξόδου που παράγονται καθώς οι παλμοί ρολογιού φτάνουν στην ακίδα 14 του τσιπ. Το θετικό μέρος του σήματος του ρολογιού πυροδοτεί την αλλαγή στην κατάσταση των εξόδων. Εάν είναι απαραίτητο, ένας θετικός παλμός στον ακροδέκτη επαναφοράς, ακροδέκτης 15, αναγκάζει την έξοδο "0" να πάει ψηλά και οι άλλες εξόδους να πέφτουν χαμηλά.

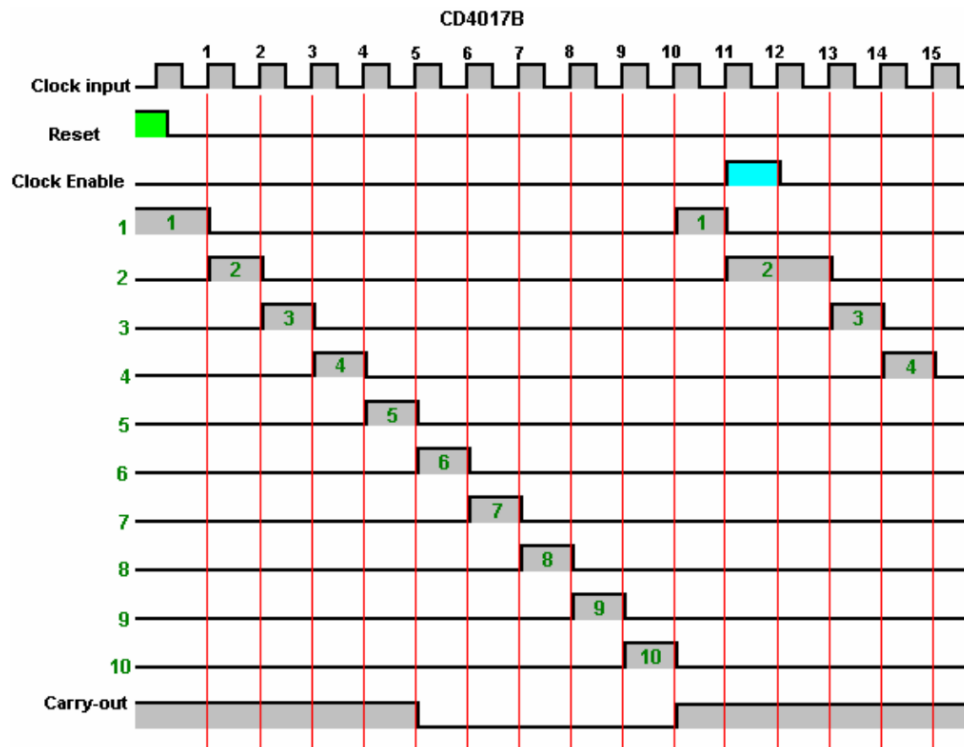
2.10. Το 4017 Divide-by-Ten Chip

Τώρα, για να πάμε αυτήν την ακολουθία εξόδου λίγο παραπέρα, ο μαγνητικός κινητήρας Charles Flynn [14, 15] χρειάζεται πηνία για τροφοδοσία, το ένα μετά το άλλο και μόνο ένα θα πρέπει να είναι ενεργοποιημένο ανά πάσα στιγμή. Αυτό είναι για ένα κύκλωμα που έχει μεγάλο αριθμό εξόδων. Το τσιπ CD4022BC δίνει έως και οκτώ εξόδους τη μία μετά την άλλη. Το τσιπ CD4017B δίνει έως και δέκα εξόδους τη μία μετά την άλλη, αλλά δεν χρειάζεται να περιοριστούμε από αυτούς τους αριθμούς, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερα από ένα τσιπ. Οι συνδέσεις των ακροδεκτών για το τσιπ divide-by-ten CD4017B εμφανίζονται εδώ:



Ενώ αυτό δείχνει τις εξόδους 1 έως 10, οι κατασκευαστές και ορισμένα άτομα που σχεδιάζουν κυκλώματα προτιμούν να επισημαίνουν τις εξόδους από "0" έως "9" που αντιστοιχούν σε ψηφιακές οθόνες. Στο στυλ λειτουργίας μας, είναι πιο εύκολο να σκεφτούμε τις δέκα εξόδους

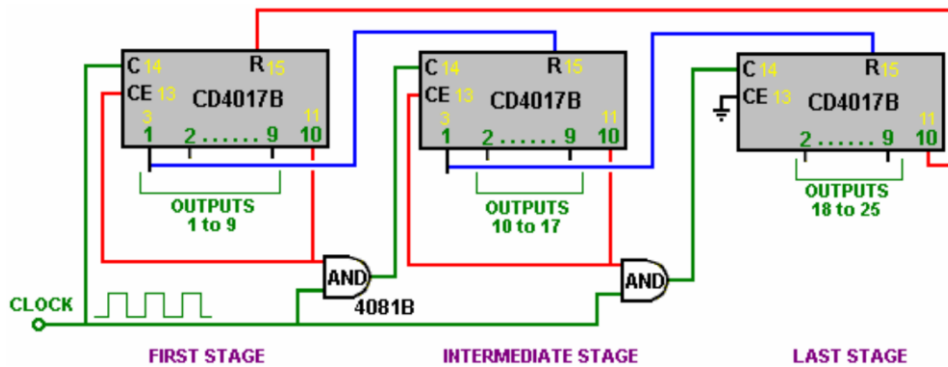
από το 1 έως το 10. Παρατηρήσετε ότι υπάρχουν δύο ετικέτες ακροδέκτη που δεν έχουμε συναντήσει πριν, συγκεκριμένα, τον ακροδέκτη "Carry-out" και τον ακροδέκτη «Ενεργοποίηση ρολογιού». Αυτά μας επιτρέπουν να χρησιμοποιήσουμε αρκετά από αυτά τα τσιπ στη σειρά για να δώσουμε έναν πολύ μεγαλύτερο αριθμό «divide-by». Ο ακροδέκτης «Ενεργοποίηση ρολογιού» μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μπλοκάρει την είσοδο του ρολογιού. Η λειτουργία έχει ως εξής:



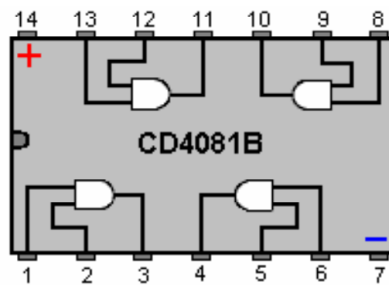
Σε αυτό το παράδειγμα, η ακολουθία ξεκινά με τον ακροδέκτη Επαναφοράς που δίνει υψηλή τάση όπως φαίνεται από την πράσινη σκίαση. Αυτό ωθεί τον ακροδέκτη εξόδου 1 σε υψηλή τάση και όλες τις άλλες εξόδους σε χαμηλή τάση και διατηρεί αυτές τις τάσεις εφόσον η τάση επαναφοράς είναι υψηλή. Όταν η τάση Επαναφοράς πέσει, η επόμενη ανερχόμενη άκρη του παλμού ρολογιού (με την ένδειξη «1» στο διάγραμμα) προκαλεί την έξοδο 1 να πέσει χαμηλά και την έξοδο 2 να ανέβει ψηλά. Κάθε ένας από τους διαδοχικούς παλμούς ρολογιού «2» έως «9» μετακινεί την υψηλή τάση σταθερά κατά μήκος των εξόδων, έως ότου ο ακροδέκτης εξόδου 10 είναι ψηλά. Η επόμενη ακμή παλμού του ρολογιού (με την ένδειξη "10" στο διάγραμμα) ξεκινά ξανά τη σειρά με την έξοδο 10 να χαμηλώνει και η έξοδος 1 πάει ξανά ψηλά. Εάν δεν αλλάξει τίποτα, τότε αυτή η σειρά αλλαγών της τάσης εξόδου θα συνεχιστεί επ' αόριστον. Ωστόσο, στο παραπάνω διάγραμμα, η τάση του ακροδέκτη «Ενεργοποίηση Ρολογιού» οδηγείται ψηλά στον παλμό ρολογιού «11». Η έξοδος 2 μόλις ανέβηκε ψηλά και θα έχει χαμηλώσει όταν εμφανιστεί η ανερχόμενη ακμή του παλμού ρολογιού "12", αλλά σε αυτήν την περίπτωση, το χαρακτηριστικό «Clock Enable» μπλοκάρει τον παλμό του ρολογιού και τον εμποδίζει να φτάσει στο υπόλοιπο κύκλωμα. Αυτό προκαλεί την τάση στην έξοδο 2 να παραμείνει υψηλή όσο το Clock Enable παραμένει υψηλό. Σε αυτό το παράδειγμα, η τάση του Clock Enable παραμένει υψηλή για έναν μόνο παλμό ρολογιού, με αποτέλεσμα η τάση εξόδου 2 να είναι υψηλή για διπλάσιο από το συνηθισμένο μήκος και στη συνέχεια η σειρά συνεχίζεται όπως πριν.

2.11. Ένα κύκλωμα Divide-By-Twenty-five

Εδώ είναι ένας τρόπος για να λάβουμε έναν μεγάλο αριθμό "Divide By". Αυτό το παράδειγμα είναι διαίρεση με 25 επειδή υπάρχει μόνον ένα «ενδιάμεσο στάδιο», αλλά μπορεί να υπάρξει οποιοσδήποτε αριθμός και κάθε επιπλέον προσθέτει άλλες οκτώ εξόδους στο σύνολο:



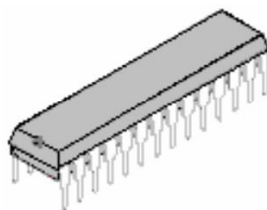
Κατά την εκκίνηση, η έξοδος 10 του πρώτου σταδίου (που είναι ο φυσικός ακροδέκτης 11 του τσιπ) βρίσκεται σε χαμηλή τάση. Αυτό κρατά το Clock Enable (pin 13) χαμηλά, επιτρέποντας στους παλμούς του ρολογιού να εισέλθουν στο πρώτο στάδιο. Επειδή η τάση εξόδου 10 είναι χαμηλή, μία είσοδος στην πρώτη πύλη AND διατηρείται χαμηλά, εμποδίζοντάς την να αφήσει τον παλμό του ρολογιού να ρέει μέσα από αυτήν, δηλαδή η "πύλη" είναι κλειστή για την κυκλοφορία. Το τσιπ πρώτου σταδίου στη συνέχεια λειτουργεί κανονικά, παράγοντας εξόδους 1 έως 9 με τη σειρά που θα περίμενε κανείς. Ο επόμενος παλμός ρολογιού θέτει την έξοδο του πρώτου σταδίου 10 ψηλά, επιτρέποντας στους παλμούς του ρολογιού να περάσουν από την πρώτη πύλη AND και να κρατήσουν το Clock Enable (pin 13) ψηλά, το οποίο με τη σειρά του κλειδώνει την έξοδο 10 ψηλά, αφήνοντας το τσιπ πρώτου σταδίου εκτός λειτουργίας. Καθώς η έξοδος 1 του πρώτου σταδίου συνδέεται με το Reset (pin 15) του δεύτερου τσιπ, θα έχει διαγραφεί και η έξοδος 1 που είναι high, η οποία με τη σειρά της επαναφέρει το τρίτο τσιπ και κλείνει τη δεύτερη πύλη AND. Έτσι, όταν ο πρώτος παλμός περνάει στο δεύτερο τσιπ, το σπρώχνει από την κατάσταση 1 στην κατάσταση 2 όπου η έξοδος 2 ανεβαίνει ψηλά. Γι' αυτό το λόγο, η έξοδος 1 του δεύτερου τσιπ δεν είναι μία από τις εξόδους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από οποιοδήποτε κύκλωμα ακολουθίας επιλέξουμε να συνδέσουμε σε αυτό το σύστημα. Κατά συνέπεια, μόνον οκτώ από τις δέκα εξόδους του δεύτερου τσιπ είναι διαθέσιμες ως μετρητής εξόδων. Δηλαδή, οι έξοδοι 1 και 10 λαμβάνονται κατά τη διέλευση της εναλλαγής της αλληλουχίας μεταξύ των ποικίλων τσιπ στην αλυσίδα. Το ίδιο ισχύει για όλα τα επόμενα τσιπ στην αλυσίδα, με κάθε επιπλέον τσιπ να προσθέτει έως και οκτώ επιπλέον διαδοχικές εξόδους. Στο τελικό στάδιο, εάν συνδέσουμε το κόκκινο καλώδιο επαναφοράς (το οποίο επιστρέφει για να ενεργοποιήσει ξανά το πρώτο τσιπ) στην έξοδο 9 αντί για την έξοδο 10 του τελικού τσιπ, τότε λαμβάνουμε ένα αποτέλεσμα διαίρεσης με 24. Εάν η Επαναφορά λαμβάνεται από την έξοδο 8 του τελικού τσιπ, τότε λαμβάνουμε ένα αποτέλεσμα διαίρεσης με 23 και ούτω καθεξής. Χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο, μπορούμε να έχουμε ένα κύκλωμα διαίρεσης για όποιον αριθμό θέλουμε. Αυτά τα τσιπ είναι πολύ δημοφιλή και έτσι το κόστος είναι χαμηλό, καθιστώντας ολόκληρο το κύκλωμα φθηνό. Οι συνδέσεις των ακροδεκτών για τις πύλες AND εμφανίζονται εδώ:



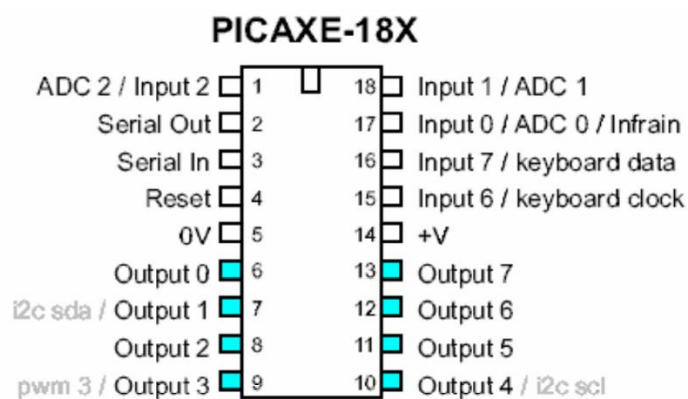
2.12. Η επανάσταση του PIC

Με τα χρόνια σημειώθηκαν πρόοδοι στον τρόπο με τον οποίο μπορούν να συναρμολογηθούν κυκλώματα, να κατασκευαστούν πρωτότυπα και να δοκιμαστούν. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν "βαλβίδες" ή "σωλήνες κενού" και τα κυκλώματα απαιτούσαν αρκετή ηλεκτρική ισχύ προκειμένου να λειτουργήσουν. Μηχανικοί δονητές ή "καλάμια" χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία της μεταγωγής που απαιτείται για τη μετατροπή του DC σε AC. Στη συνέχεια, το τρανζίστορ έγινε ευρέως διαθέσιμο και το τρανζίστορ αντικατέστησε το μηχανικό καλάμι δονητή, το κύκλωμα που ονομάζεται "σταθερός πολυδονητής" και αποτελείται από δύο τρανζίστορ συνδεδεμένα το ένα μετά από το άλλο. Έπειτα ήρθε το ψηφιακό ολοκληρωμένο κύκλωμα με τις "NOR gates" που θα μπορούσαν επίσης να συνδεθούν η μία μετά από την άλλη για να κατασκευαστεί ένας πολυδονητής. Αυτό γινόταν τόσο συχνά που ένα ειδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα που ονομάζεται "τσιπ 555" έχει σχεδιαστεί για να κάνει τη δουλειά μόνο του. Αυτό το τσιπ ήταν μια τεράστια επιτυχία και τώρα βρίσκεται σε όλα τα διαφορετικά είδη κυκλωμάτων που είναι πολύ εύχρηστα, πολύ στιβαρά και πολύ φθηνά. Παραδόξως, η κυρίαρχη θέση του τσιπ "555" αμφισβητείται από έναν εντελώς διαφορετικό τύπο τσιπ, ένα που είναι ουσιαστικά ένας υπολογιστής σε ενιαίο τσιπ, και το οποίο ονομάζεται "ελεγκτής PIC". Αυτός ο νέος τύπος τσιπ δεν είναι ακριβός, είναι εύκολος στη χρήση και μπορεί να αλλάξει για να εκτελέσει μια διαφορετική εργασία σε λίγα μόνο δευτερόλεπτα. Μπορεί να εκτελέσει εργασίες χρονοισμού. Μπορεί να λειτουργήσει ως πολυδονητής. Μπορεί να λειτουργήσει ως τσιπ "Divide-by-N". Είναι ένα πολύ εντυπωσιακό τσιπ που είναι πολύ χρήσιμο. Ο λόγος που αναφέρεται εδώ είναι γιατί βρίσκεται στην καρδιά των ταχύτερων ερευνητικών φόρουμ Tesla Switch (ομάδα "ενεργειακό φόρουμ"). Το τσιπ είναι κάτι που πρέπει γνωρίζουμε γιατί σίγουρα θα αναλάβει όλο και περισσότερες εφαρμογές κυκλωμάτων τα επόμενα χρόνια.

Υπάρχει μια ολόκληρη οικογένεια από αυτά τα τσιπ επεξεργαστών, αλλά θα επιλέξουμε μόνον ένα για αυτήν την περιγραφή, και αυτό θα είναι το ένα που χρησιμοποιείται από τα μέλη του "ενεργειακού φόρουμ" [16]. Πρώτα, ωστόσο, μερικές πληροφορίες σχετικά με αυτόν τον νέο σχεδιασμό του τσιπ και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται με αυτό. Αυτό που χρησιμοποιείται συχνά ονομάζεται "PICAXE-18X" και μοιάζει με το τσιπ που φαίνεται εδώ:

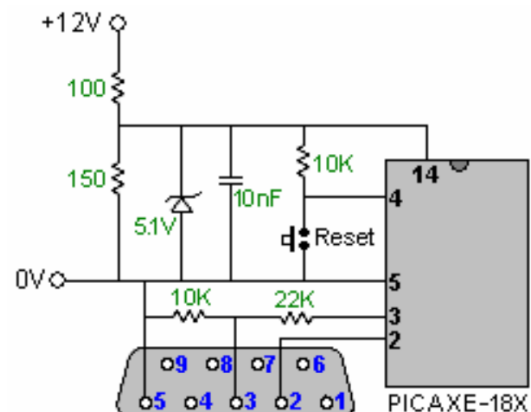


Μοιάζει ακριβώς με οποιοδήποτε άλλο τσιπ, αν και με δεκαοκτώ ακίδες, ενώ η ισχυρή απόδοση προέρχεται από τον τρόπο που λειτουργεί. Το τσιπ "555" λειτουργεί αλλάζοντας την τάση μόνο σε έναν από τους ακροδέκτες (ακροδέκτης 3), ο ακροδέκτης εξόδου, από χαμηλή τάση σε υψηλή τάση. Το τσιπ PIC μπορεί επίσης να το κάνει αυτό, αλλά ακόμα καλύτερα, έχει περισσότερους από έναν ακροδέκτη εξόδου και μπορεί να αλλάξει την τάση οποιουδήποτε από αυτούς τους ακροδέκτες σε υψηλή ή χαμηλή τάση και μπορεί να το κάνει με οποιαδήποτε σειρά και με οποιονδήποτε χρόνο επιλέγουμε. Αυτό το καθιστά ένα πολύ ευέλικτο τσιπ πράγματι, κάτι το οποίο είναι πολύ κατάλληλο για να είναι ο κεντρικός ελεγκτής για το περιβάλλον δοκιμής του Tesla Switch [17, 18]. Το τσιπ χρησιμοποιείται συνδέοντάς το σε ένα κύκλωμα με τον ίδιο τρόπο που θα χρησιμοποιούσε ένα τσιπ 555, με τη διαφορά ότι το PIC έχει το δικό του εσωτερικό ρολόι χρονισμού και μπορεί να λειτουργεί σε διαστήματα ενός χιλιοστού του δευτερολέπτου.



Οι οκτώ ακροδέκτες στην κορυφή είναι για να λειτουργήσει το τσιπ. Οι επόμενοι δύο είναι για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο τσιπ. Οι κάτω οκτώ ακροδέκτες είναι ξεχωριστοί εξόδοι, οποιοσδήποτε από τους οποίους μπορεί να λειτουργήσει διακόπτες, χρονοδιακόπτες κ.λπ., ακριβώς όπως η έξοδος ενός τσιπ 555. Έχοντας ονομαστεί από άτομα υπολογιστών, αντί να είναι αριθμημένοι οι οκτώ ακροδέκτες εξόδου από το 1 έως το 8 όπως θα έκανε κάθε λογικό άτομο, είναι αριθμημένα από το 0 έως το 7. Η τάση σε αυτούς τους ακροδέκτες εξόδου θα είναι είτε HIGH είτε LOW. Η εναλλαγή PIC μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών σχεδίων ελεύθερης ενέργειας. Το τσιπ PIC παρέχεται γενικά με μια υποδοχή, ένα καλώδιο σύνδεσης και ένα πρόγραμμα για οδηγίες τροφοδοσίας στο τσιπ. Η τροφοδοσία γίνεται γενικά από έναν συνηθισμένο υπολογιστή. Οι οδηγίες προγραμματισμού είναι πολύ απλές και ο καθένας μπορεί να μάθει πώς να τα χρησιμοποιεί μέσα σε λίγα μόνο λεπτά.

Ας δούμε λοιπόν ένα κύκλωμα που έχει χρησιμοποιηθεί για να δοκιμάζει πρωτότυπα κυκλώματα. Το πρώτο μέρος του κυκλώματος είναι για τη σύνδεση της τυπικής υποδοχής υπολογιστή στο τσιπ PIC και μοιάζει με αυτό:



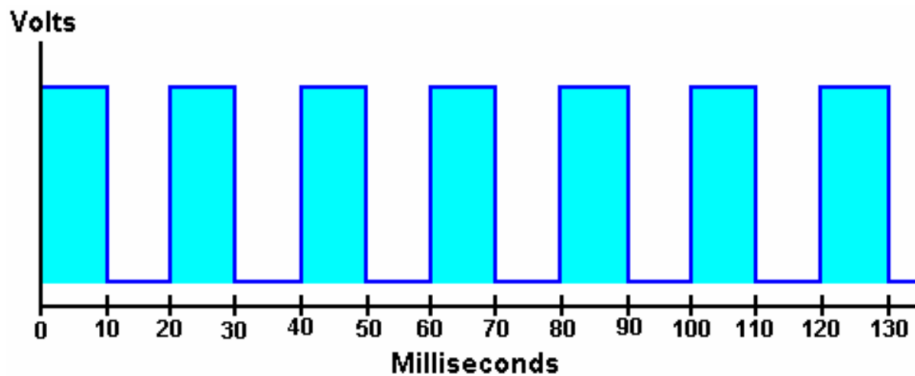
Μια τυπική υποδοχή υπολογιστή 9 ακροδεκτών έχει τον ακροδέκτη 2 συνδεδεμένο με τον ακροδέκτη 2 του PIC, τον ακροδέκτη 3 συνδεδεμένο στον ακροδέκτη 3 του PIC μέσω ενός ζεύγους αντιστάσεων διαιρέτη τάσης 10K / 22K (που μειώνει την τάση του εισερχόμενου σήματος) και ο ακροδέκτης 5 συνδέεται με τον ακροδέκτη 5 του PIC. Αυτό είναι το μόνο που χρειάζεται για την τροφοδοσία πληροφοριών στο τσιπ PIC. Το τσιπ τροφοδοτείται από μια μπαταρία 12 volt, αλλά καθώς χρειάζεται τροφοδοσία 5 volt, το ζεύγος αντιστάσεων 100 / 150 Ω (2 watt) χρησιμοποιείται για να πέσουν τα 12 βολτ σε περίπου 7 βολτ και στη συνέχεια η δίοδος zener 5,1 βολτ συσφίγγει την τάση στα 5,1 βολτ, που είναι ακριβώς αυτό που χρειάζεται το τσιπ. Ο μικροσκοπικός πυκνωτής 10 nF (0,01 microfarad) είναι εκεί για να παγιδεύει οποιαδήποτε σπίθα τάσης που θα πρέπει να ληφθεί από κάποια εξωτερική επιρροή. Τέλος, ο διακόπτης press-button που συνήθιζε να βραχυκυκλώνει μεταξύ των ακροδεκτών 4 και 5, χρησιμοποιείται για την εξάλειψη του προγράμματος μέσα στο PIC, έτοιμο για τη φόρτωση ενός νέου προγράμματος. Ο πραγματικός προγραμματισμός δεν είναι δύσκολος και η τροφοδοσία στο τσιπ γίνεται από το πρόγραμμα που παρέχεται με το τσιπ και το οποίο εκτελείται στον οικιακό σας υπολογιστή. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να δράσει η έξοδος στον ακροδέκτη 10 ως σήμα ρολογιού (αν και οι άνθρωποι που έφτιαξαν το τσιπ περιμένουν ότι ο ακροδέκτης θα ονομάζεται "Έξοδος 4" στο πρόγραμμα). Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να παράγουμε ένα σήμα εξόδου όπως ένα τσιπ 555 που τρέχει στα 50 Hz. Επιλέγουμε έναν από τους δικούς μας ακροδέκτες εξόδου, ας πούμε, ο φυσικός ακροδέκτης 10, που είναι ο κάτω δεξιά στο τσιπ. Όπως μπορούμε να δούμε από το διάγραμμα ακροδεκτών του τσιπ που φαίνεται παραπάνω, ο ακροδέκτης 10 ονομάζεται "Έξοδος 4" σε ένα σύνολο εντολών ή απλώς "4" για εξοικονόμηση ηλεκτρολόγησης. Το πρόγραμμα μπορεί να είναι:

Main:

```
high 4
pause 10
low 4
pause 10
goto Main
```

Το "Main:" στην αρχή είναι μια "ετικέτα" στην οποία μπορούμε να μεταβούμε και αυτό γίνεται με την εντολή "goto Main" που στέλνει το τσιπ πίσω για να επαναλαμβάνει τις εντολές στον βρόχο επ' αόριστον (ή μέχρι να απενεργοποιηθεί το τσιπ). Η δεύτερη γραμμή "high 4" λέει στο τσιπ να βάλει τη μέγιστη δυνατή τάση στο "Output 4" που είναι ο φυσικός ακροδέκτης 10 του τσιπ. Το τσιπ το κάνει αμέσως, χωρίς χρονική καθυστέρηση. Εάν θέλουμε η έξοδος να δίνει σήμα εξόδου 50 Hz, τότε η τάση στον ακροδέκτη εξόδου που επιλέξαμε θα πρέπει να πάει ψηλά, να κάνει παύση, να πέσει χαμηλά, να κάνει παύση και να πάει πάλι ψηλά, 50 φορές κάθε δευτερόλεπτο. Καθώς υπάρχουν 1.000 χιλιοστά του δευτερολέπτου σε ένα δευτερόλεπτο, και το ρολόι του τσιπ τρέχει με τικ 1 χιλιοστού του δευτερολέπτου, τότε χρειαζόμαστε τον πλήρη κύκλο μας "πάνω, παύση, κάτω, παύση" να συμβεί 50 φορές σε αυτά τα 1.000 χτυπήματα του ρολογιού. Δηλαδή, μία φορά κάθε 20 τικ, άρα κάθε καθυστέρηση θα έχει 10 τικ του ρολογιού. Η τρίτη γραμμή "pause 10" λέει στο τσιπ να μην κάνει τίποτα για τα επόμενα 10 τικ του εσωτερικού του ρολογιού (που χτυπάει 1.000 φορές το δευτερόλεπτο). Η τέταρτη γραμμή "low 4" λέει στο τσιπ να μειώσει την τάση εξόδου στην "Έξοδο 4" του (ακροδέκτης 10) στην ελάχιστη τιμή. Η πέμπτη γραμμή "pause 10" λέει στο τσιπ να περιμένει για 10 χιλιοστά του δευτερολέπτου πριν κάνει οτιδήποτε άλλο. Η τελευταία γραμμή "goto Main" λέει στον υπολογιστή να επιστρέψει στην ετικέτα "Main:" και να συνεχίσει με οποιοδήποτε οδηγίες

ακολουθούν αυτή την ετικέτα. Αυτό τοποθετεί το τσιπ σε έναν «ατέρμονα βρόχο» που θα το κάνει να δημιουργήσει αυτήν την κυματομορφή εξόδου συνεχώς. Η έξοδος θα μοιάζει με αυτό:

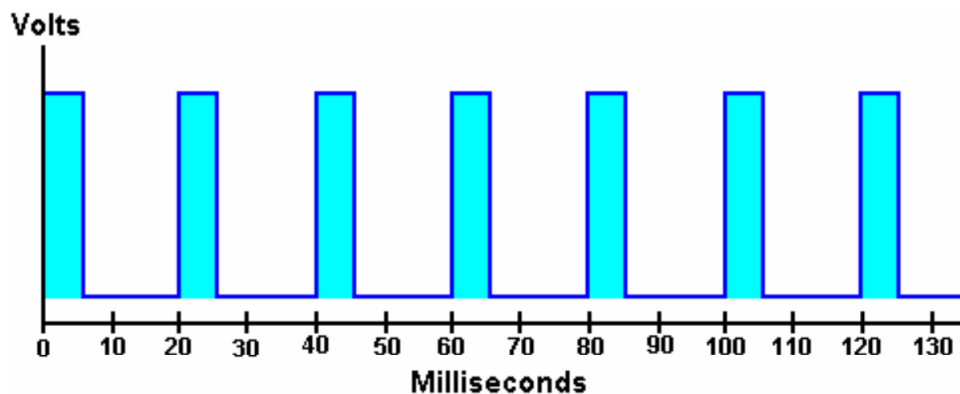


Αυτό δίνει μια ομοιόμορφη κυματομορφή, δηλαδή μια με αναλογία Mark/Space 50:50 ή Duty Cycle 50%. Αν θέλουμε τον ίδιο ρυθμό παλμών, αλλά έναν κύκλο λειτουργίας μόλις 25%, τότε το πρόγραμμα θα ήταν:

Main:

```
high 4  
pause 5  
low 4  
pause 15  
goto Main
```

το οποίο παράγει την κυματομορφή:

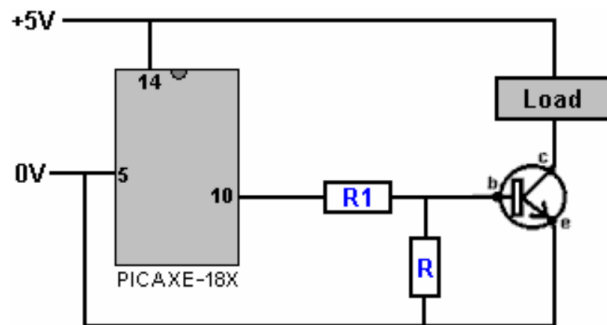


Εάν θέλαμε η "Έξοδος 7" (φυσικός ακροδέκτης 13) να κάνει το αντίστροφο από αυτό ταυτόχρονα - δηλαδή όταν πάει η Έξοδος 4 ψηλά, θέλουμε η έξοδος 7 να πέσει χαμηλά, και αντίστροφα, τότε για έναν κύκλο λειτουργίας 20% το πρόγραμμα θα είναι:

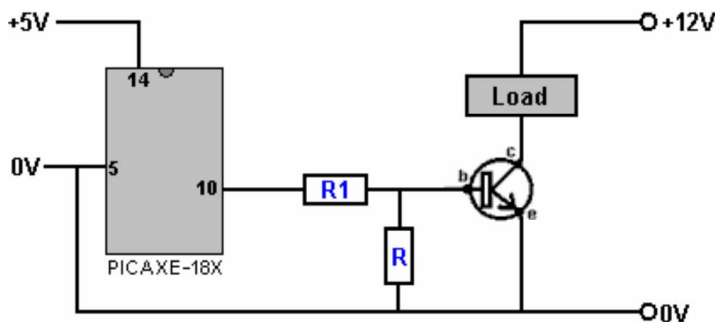
Main:

```
high 4  
low 7  
pause 4  
low 4  
high 7  
pause 16  
goto Main
```

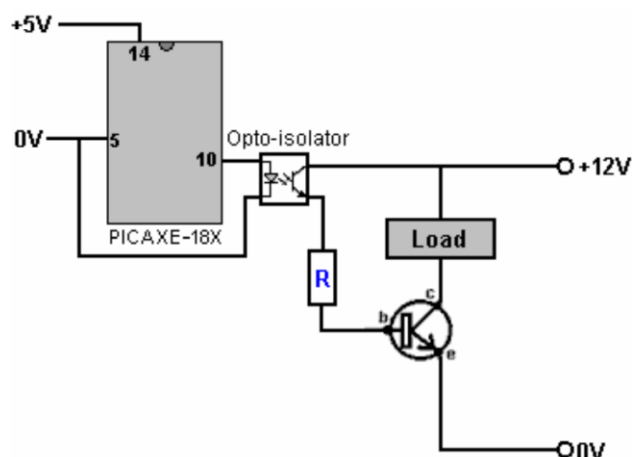
Αυτές οι τάσεις εξόδου χρησιμοποιούνται στη συνέχεια με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως οι τάσεις εξόδου στον ακροδέκτη 3 ενός τσιπ 555 ή οποιασδήποτε από τις πύλες εξόδου NAND, τσιπ αισθητήρων εφέ Hall, σκανδάλες Schmitt ή οτιδήποτε άλλο. Εάν η συσκευή για να τροφοδοτηθεί απαιτεί πολύ λίγο ρεύμα, τότε η ευκολότερη μέθοδος είναι να συνδέσουμε το φορτίο απευθείας στον ακροδέκτη εξόδου. Εάν, όπως συμβαίνει συνήθως, η συσκευή που πρόκειται να τροφοδοτηθεί χρειάζεται μεγάλο ρεύμα για να λειτουργήσει, τότε η τάση εξόδου χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία ενός τρανζίστορ, ίσως ως εξής:



Εδώ, η αντίσταση "R1" περιορίζει το ρεύμα που τροφοδοτείται στη βάση του τρανζίστορ όταν ο ακροδέκτης 10 ανεβαίνει ψηλά, αλλά επιτρέπει αρκετό ρεύμα για να ενεργοποιηθεί πλήρως το τρανζίστορ, τροφοδοτώντας το φορτίο. Η αντίσταση "R" διασφαλίζει ότι το τρανζίστορ απενεργοποιείται πλήρως όταν η έξοδος στον ακροδέκτη 10 πέσει χαμηλά. Το κύκλωμα όπως φαίνεται περιορίζει το φορτίο σε κάποια μέρη του εξοπλισμού που μπορεί να λειτουργήσει με μόλις πέντε βολτ, επομένως ένα εναλλακτικό κύκλωμα θα μπορούσε να είναι:



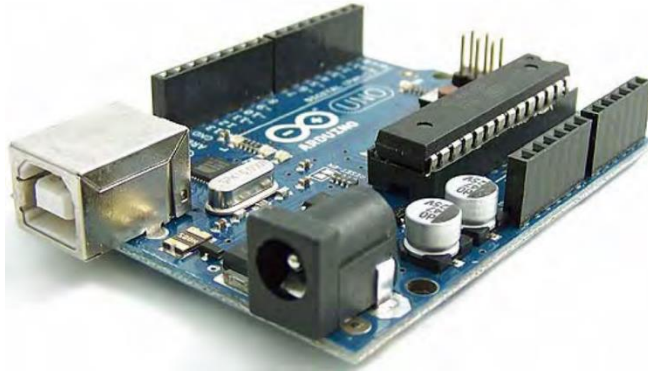
Αυτό επιτρέπει στο φορτίο να εφαρμόζεται οποιαδήποτε τάση χρειάζεται το φορτίο, ενώ το τσιπ PIC παραμένει σε λειτουργία στο κανονικό του (5 βολτ). Ωστόσο, ο εξοπλισμός που πρόκειται να τροφοδοτηθεί ενδέχεται να μη μπορεί να έχει κοινή μηδενική τάση σύνδεσης με το PIC. Για να αντιμετωπίσουμε αυτό, ένα τσιπ οπτικής απομόνωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εξής:



Εδώ μια υψηλή τάση εξόδου στον ακροδέκτη 10 του τσιπ PIC ανάβει το LED μέσα στο τσιπ οπτικής απομόνωσης, προκαλώντας σημαντική πτώση της αντίστασης μεταξύ των άλλων δύο

ακροδεκτών. Αυτό προκαλεί ένα ρεύμα που ελέγχεται από την αντίσταση "R" να τροφοδοτείται στη βάση του τρανζίστορ, ενεργοποιώντας το και τροφοδοτώντας το φορτίο.

Πρόσφατα, παρουσιάστηκε ένα πολύ δημοφιλές προγραμματιζόμενο τσιπ. Ονομάζεται "Arduino" και είναι γρήγορο και ευέλικτο και πολύ δημοφιλές στους πειραματιστές. Η πλακέτα είναι κάπως έτσι:



3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Η σύνθετη αντίσταση ενός πηνίου εξαρτάται από το μέγεθος, το σχήμα, τη μέθοδο περιέλιξης, τον αριθμό των στροφών και το υλικό του πυρήνα. Αν ο πυρήνας αποτελείται από σίδηρο ή χάλυβα (συνήθως λεπτά στρώματα σιδήρου που είναι μονωμένα το ένα από το άλλο), τότε μπορεί να χειριστεί μόνο χαμηλές συχνότητες. Δεν γίνεται να περάσουμε 10.000 Hz μέσω αυτού του πηνίου καθώς ο πυρήνας απλά δεν μπορεί να αλλάξει τη μαγνητικότητά του αρκετά γρήγορα για να αντιμετωπίσει αυτή τη συχνότητα. Ένας πυρήνας αυτού του τύπου είναι εντάξει για πολύ χαμηλές συχνότητες 50 Hz ή 60 Hz που χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία δικτύου, οι οποίες διατηρούνται τόσο χαμηλές έτσι ώστε οι ηλεκτροκινητήρες να μπορούν να χρησιμοποιούνται απευθείας. Για υψηλότερες συχνότητες, ο φερρίτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έναν πυρήνα και γι' αυτό ορισμένα φορητά ραδιόφωνα χρησιμοποιούν κεραίες με ράβδο φερρίτη που έχει μια σπείρα τυλιγμένη πάνω της. Για υψηλότερες συχνότητες (ή υψηλότερες αποδόσεις) σκόνη σιδήρου χρησιμοποιείται ενθυλακωμένη σε εποξική ρητίνη. Μια εναλλακτική λύση είναι να μη χρησιμοποιείται κανένα υλικό πυρήνα και αυτό αναφέρεται ως ένα air-core πηνίο. Αυτά δεν περιορίζονται σε συχνότητα από τον πυρήνα, αλλά έχουν πολύ χαμηλότερη αυτεπαγωγή για οποιοδήποτε δεδομένου αριθμού στροφών. Η απόδοση του πηνίου ονομάζεται "Q" (για την "Ποιότητα") και όσο υψηλότερος είναι ο παράγοντας Q, τόσο καλύτερα. Η αντίσταση του σύρματος μειώνει τον παράγοντα Q.

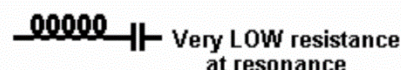
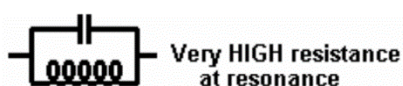
3.1. Συντονισμός

Όταν τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα ήταν δύσκολο να βρεθούν, μερικές φορές χρησιμοποιήθηκαν μεταβλητά πηνία για συντονισμό. Έχουμε ακόμα μεταβλητά πηνία σήμερα, γενικά για χειρισμό μεγάλων ρευμάτων και όχι ραδιοφωνικά σήματα, και τα ονομάζουμε «ρεοστάτες». Μερικοί μοιάζουν με αυτό:

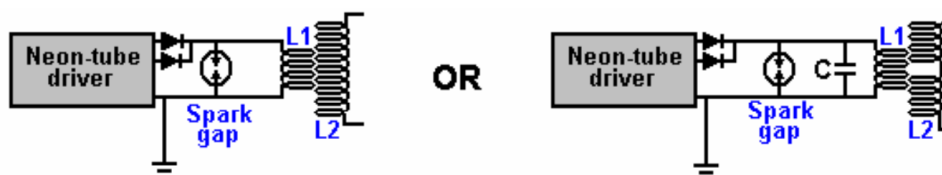


Αυτά έχουν ένα πηνίο σύρματος τυλιγμένο γύρω από έναν κοίλο διαμορφωτή και ένας ολισθητήρας μπορεί να ωθηθεί κατά μήκος μιας ράβδου, συνδέοντας τον ολισθητήρα σε διαφορετικές στροφές στο πηνίο ανάλογα με τη θέση του κατά μήκος της ράβδου στήριξης. Οι συνδέσεις πηνίου είναι στη συνέχεια στο ρυθμιστικό και στο ένα άκρο του πηνίου. Η θέση του ολισθητήρα αλλάζει αποτελεσματικά τον αριθμό των στροφών του σύρματος στο τμήμα του πηνίου που βρίσκεται στο κύκλωμα. Αλλάζοντας τον αριθμό των στροφών στο πηνίο, αλλάζει η συχνότητα συντονισμού αυτού του πηνίου. Το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι πολύ δύσκολο να περάσει μέσα από ένα πηνίο που έχει την ίδια συχνότητα συντονισμού ως συχνότητα ρεύματος AC. Εξαιτίας αυτού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δέκτης ραδιοφωνικού σήματος. Αυτό το σύστημα άλλαξε σύντομα όταν οι μεταβλητοί πυκνωτές έγιναν διαθέσιμοι καθώς είναι φθηνότεροι και περισσότερο συμπαγείς. Έτσι, αντί να χρησιμοποιείται ένα μεταβλητό πηνίο για τον συντονισμό του ραδιοφωνικού σήματος, ένας μεταβλητός πυκνωτής συνδέεται κατά μήκος του συντονισμού του πηνίου, κάνοντας την ίδια δουλειά.

Όταν ένας πυκνωτής είναι τοποθετημένος με ένα πηνίο «παράλληλα» όπως φαίνεται στο παρακάτω κύκλωμα, τότε ο συνδυασμός έχει πολύ υψηλή αντίσταση (αντίσταση στη ροή ρεύματος AC) στη συχνότητα συντονισμού. Αν όμως ο πυκνωτής τοποθετηθεί «σε σειρά» με το πηνίο, τότε υπάρχει σχεδόν μηδενική αντίσταση στη συχνότητα συντονισμού του συνδυασμού:



Ο Don Smith [19-21] χρησιμοποιεί έναν neon-tube-driver ως έναν εύκολο τρόπο παροχής υψηλής τάσης, πηγής ρεύματος AC υψηλής συχνότητας, τυπικά, 6.000 βολτ στα 30.000 Hz. Στη συνέχεια τροφοδοτεί αυτή την ισχύ σε ένα πηνίο Tesla που είναι το ίδιο ένας ενισχυτής ισχύος. Η διάταξη έχει ως εξής:



Εάν η συχνότητα συντονισμού του πηνίου L1 δεν ταιριάζει με τη συχνότητα που παράγεται από το neon-tube-driver κύκλωμα, τότε η χαμηλή αντίσταση του πηνίου L1 σίγουρα θα μειώσει την τάση του neon-tube-driver σε πολύ χαμηλή τιμή. Αλλά αν το πηνίο L1 έχει την

ίδια συχνότητα συντονισμού με το κύκλωμα, τότε το πηνίο L1 (ή ο συνδυασμός L1 πηνίου/πυκνωτή που φαίνεται στα δεξιά) θα έχει πολύ υψηλή αντίσταση στη ροή ρεύματος μέσω αυτού και θα λειτουργήσει καλά με το κύκλωμα του driver. Έτσι, χωρίς σπινθήρες, σημαίνει ότι ο συντονισμός του πηνίου είναι απενεργοποιημένος. Είναι το ίδιο με τον συντονισμό ενός ραδιοφωνικού δέκτη, δηλαδή αν γίνει λάθος στον συντονισμό τότε δεν ακούμε τον ραδιοφωνικό σταθμό.

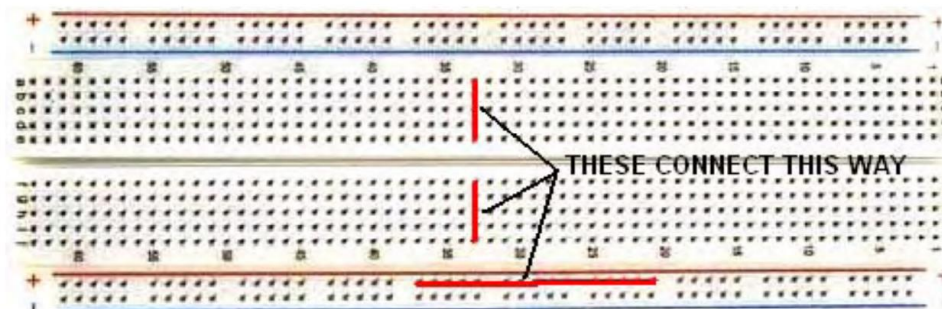
3.2. Κατασκευή Πρωτοτύπων - Υλικά

Οι κύριες επιλογές για την κατασκευή ενός πρωτότυπου κυκλώματος είναι:

1. Ένα (plug-in) breadboard
2. Ηλεκτρικές βιδωτές λωρίδες σύνδεσης.
3. Stripboard
4. Μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος.

3.2.1. Breadboard

Η τυπική μονάδα breadboard αποτελείται από μια μήτρα οπών συνδεδεμένων σε λωρίδες, στις οποίες μπορούν να τοποθετηθούν καλώδια εξαρτημάτων για να δημιουργηθεί ένα κύκλωμα. Ίσως είναι καλύτερο να αποφεύγονται, καθώς χρειάζεται αρκετή προσπάθεια για να εφαρμοστεί οποιοδήποτε σημαντικό κύκλωμα χρησιμοποιώντας τα. Ορισμένα εξαρτήματα δεν ταιριάζουν καλά στις οπές που είναι αρκετά μικρές για να πάρουν DIL IC Πακέτα, και όταν έχουμε ένα κύκλωμα που λειτουργεί καλά στο breadboard, δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι θα λειτουργήσει σωστά, όταν προσπαθούμε να το μετακινήσουμε σε μια μόνιμη συγκολλημένη πλακέτα:



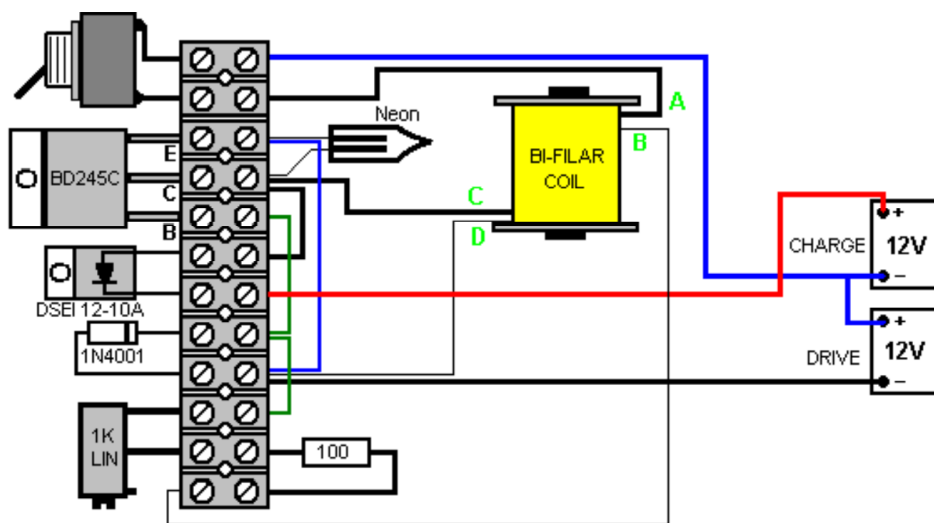
Ενώ ένα πλαστικό board αυτού του τύπου μοιάζει σαν να είναι γρήγορο κι εύκολο στη χρήση, δεν είναι από τότε που οι πλακέτες έχουν μικρύνει σε μέγεθος για να χωρούν τους στενούς ακροδέκτες των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ("τσιπ"). Είναι γενικά δύσκολο να τοποθετηθούν τα εξαρτήματα στο ίδιο σχέδιο με το διάγραμμα του κυκλώματος, και αν δεν είναι, τότε θα αργεί να ακολουθήσει το κύκλωμα στη διάταξη της πλακέτας.

3.2.2. Ηλεκτρικές βιδωτές λωρίδες σύνδεσης

Το τοπικό κατάστημα υλικού έχει φθηνούς βιδωτούς συνδέσμους που μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικοί. Αυτοί έρχονται σε πολλά μεγέθη και τα μικρότερα είναι πολύ βολικά για την κατασκευή κυκλωμάτων τρανζίστορ. Μοιάζουν με αυτό:

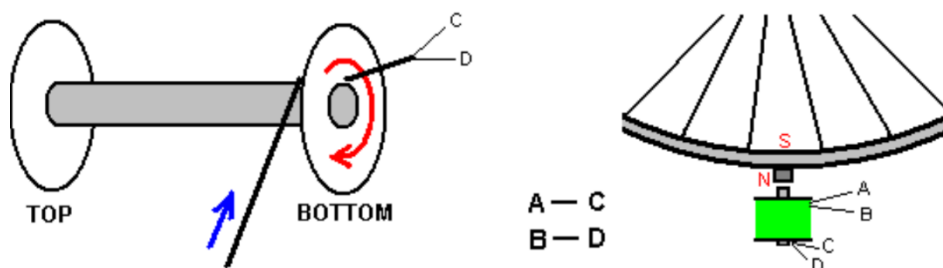


Τα κυκλώματα μπορούν να συναρμολογηθούν πολύ εύκολα χρησιμοποιώντας αυτούς τους συνδέσμους κι ένα παράδειγμα μπορεί να είναι ένα από τα παλμικά κυκλώματα μπαταρίας John Bedini [22-24], που μπορεί να έχουν μια διάταξη όπως αυτή:



Η πλαστική λωρίδα έχει μία οπή μεταξύ κάθε λωρίδας σύνδεσης που επιτρέπει να βιδώσουμε τη λωρίδα σε μια πλακέτα βάσης στην οποία τοποθετούνται άλλα εξαρτήματα, σε αυτή την περίπτωση το παλμικό πηνίο και ο ρότορας με τους συνδεδεμένους μαγνήτες. Κάθε μπλοκ σύνδεσης μπορεί να πάρει δύο ή τρία καλώδια. Ένας σύνδεσμος μπορεί να κοπεί από τη λωρίδα αρκετά εύκολα, χρησιμοποιώντας ένα ψαλίδι ή ένα μαχαίρι. Οι απλοί σύνδεσμοι μπορούν να ενώσουν δύο καλώδια πολύ αποτελεσματικά χωρίς να χρειάζεται να τα συγκολλήσουμε.

Το πηνίο των 850 στροφών (BI-FILAR COIL) τυλίγεται ως εξής:



Το πρώτο σκέλος του πηνίου ξεκινά από το σημείο «C» στη βάση του πηνίου και τελειώνει στο σημείο «A» στην κορυφή του πηνίου. Αυτό είναι το πηνίο που κινεί τον κινητήρα με το σημείο "A" συνδεδεμένο στο Plus της μπαταρίας του κινητήρα. Το δεύτερο σκέλος ξεκινά από το σημείο «D» στη βάση του πηνίου και τελειώνει στο σημείο «B» που είναι συνδεδεμένο στην αντίσταση της βάσης του τρανζίστορ. Αυτή η διάταξη δημιουργεί ένα μαγνητικό βόρειο πεδίο στην κορυφή του πηνίου, το οποίο πιάζει εναντίον του βόρειου πόλου του μόνιμου μαγνήτη του ρότορα που είναι αυτός που βλέπει στο πηνίο. Με την υλοποίηση, η περιστροφή του τροχού είναι ήπια, δίνοντας ίσως 200 έως 300 παλμούς ανά λεπτό στην μπαταρία. Η ταχύτητα του τροχού μειώνεται όσο αυξάνεται η φόρτιση της μπαταρίας, κι έτσι μια ματιά στον τροχό δείχνει την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας. Συνιστάται ο πυρήνας του πηνίου να είναι κατασκευασμένος από μήκη διαμέτρου 1,5 χιλιοστού ράβδων συγκολλημένων με επίστρωση χαλκού, αλλά καθώς ο χαλκός είναι εξαιρετικά αγωγίμιος ηλεκτρικά, προτιμάται να επικαλύπτεται κάθε ράβδος με βαφή σμάλτου για να μπλοκάρει τα πλάγια ρεύματα που σπαταλούν ενέργεια.

3.2.3. Stripboard

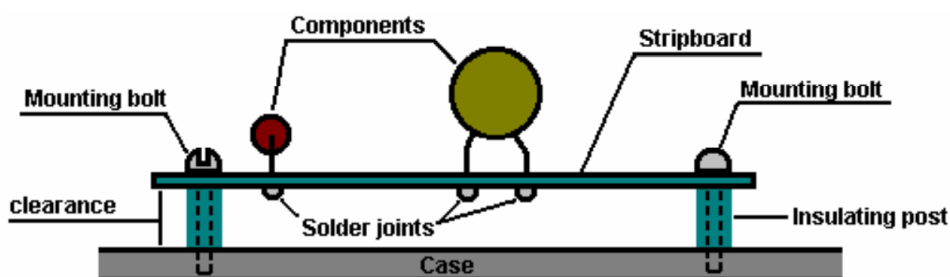
Το stripboard, που συνήθως ονομάζεται «Veroboard» ακόμα κι αν δεν είναι κατασκευασμένο από τη Vero, είναι μια γρήγορη και ικανοποιητική μέθοδος, αν και πρέπει να κάνουμε πολύ μικροσκοπικές συγκολλήσεις. Οι αναθυμιάσεις από την αναμμένη ρητίνη κατά την κόλληση σίγουρα δεν είναι καλές για την υγεία και θα πρέπει να αποφεύγονται, φροντίζοντας να υπάρχει επαρκής αερισμός.

3.2.4. Πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος

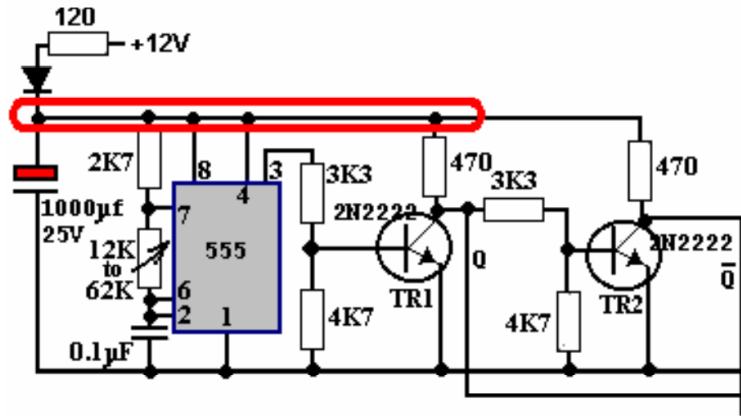
Μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος είναι εφικτή για ένα μεμονωμένο πρωτότυπο και η κατασκευή ενός θα αυξήσει τις παραγωγικές μας δεξιότητες. Οπότε είναι επίσης μια λογική επιλογή εάν έχουμε στη διάθεσή μας τον εξοπλισμό χάραξης και διάτρησης. Η αγορά όλου του απαραίτητου εξοπλισμού μπορεί να κοστίσει αρκετά, αλλά οι δεξιότητες που αποκτούνται είναι σημαντικές και οι τελικές πλακέτες φαίνονται πολύ επαγγελματικές.

3.3. Κατασκευή Πρωτοτύπων - Διεργασία

Το πρώτο βήμα είναι η δημιουργία μιας διάταξης για τα εξαρτήματα στην πλακέτα. Κατά το σχεδιασμό της διάταξης θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη για διάνοιξη οπών για να επιτρέψει στην ολοκληρωμένη πλακέτα να βιδωθεί στη θήκη της, χρησιμοποιώντας μπουλόνια και μονωτικές κολώνες για να κρατήσουμε τις συγκολλημένες αρθρώσεις μακριά από όλες τις άλλες επιφάνειες.



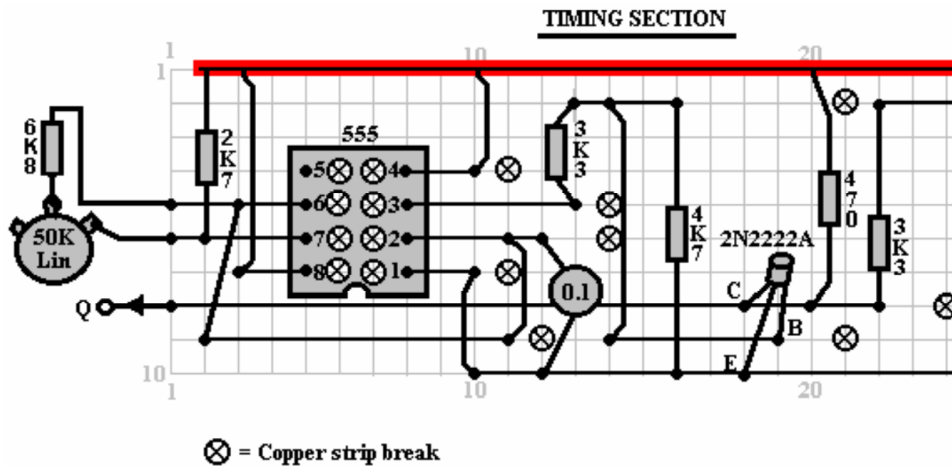
Είναι πολύ σημαντικό όταν δημιουργείται ένα σκίτσο σαν αυτό, οι χάλκινες λωρίδες που αποτελούν το κύκλωμα να μην χρησιμοποιηθούν κατά λάθος για τη σύνδεση εξαρτημάτων περαιτέρω κατά μήκος της πλακέτας, χωρίς να σπάσει η χάλκινη λωρίδα μεταξύ των δύο τμημάτων της πλακέτας. Βοηθά να επισημαίνεται ένα αντίγραφο του διαγράμματος του κυκλώματος όταν σχεδιάζεται μία πιθανή φυσική διάταξη στο strip board. Μπορεί να γίνει ως εξής:



Εδώ, τα εξαρτήματα ακριβώς κάτω από τη δίοδο δακτυλιώνονται (με ερυθρό περίγραμμα) για να δείξουν ότι έχουν επισημανθεί στο σκίτσο της διάταξης και, εάν είναι απαραίτητο, η χάλκινη λωρίδα σπάει για να απομονωθούν τα εξαρτήματα.

Ένα στοιχείο που αξίζει να αναφερθεί είναι ο πυκνωτής που σημειώνεται με ερυθρό χρώμα στο διάγραμμα του κυκλώματος. Αυτός είναι ένας πυκνωτής αποσύνδεσης που τροφοδοτείται από τη μπαταρία 12V μέσω μιας αντίστασης και μιας διόδου (μια δίοδος δεν χρησιμοποιείται συνήθως σε αυτό το τμήμα του κυκλώματος). Η αποσύνδεση είναι για να παρέχει στο τσιπ 555 και στους οδηγούς μια παροχή που είναι εύλογα απομονωμένη από το βαρύ κύκλωμα ρεύματος, το οποίο δεν φαίνεται σε αυτό το μικρό τμήμα του διαγράμματος του κυκλώματος. Η παλλόμενη βαριά αντλία ρεύματος του υπόλοιπου κυκλώματος μπορεί να μειώσει ελαφρώς την τάση της μπαταρίας πολλές φορές ανά δευτερόλεπτο. Αυτό δημιουργεί έναν κυματισμό τάσης στη θετική γραμμή τροφοδοσίας από την μπαταρία και για να καταπνίξει τον κυματισμό η αντίσταση και η δίοδος χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία ενός μεγάλου πυκνωτή-δεξαμενή που εξομαλύνει τον κυματισμό. Το τρανζίστορ «TR2» και τα σχετικά εξαρτήματά του είναι περιττά από τη στιγμή που ο ακροδέκτης 3 από το τσιπ 555 παρέχει ήδη το απαιτούμενο σήμα (και με μεγαλύτερη χωρητικότητα μονάδας), οπότε η δεύτερη γραμμή εξόδου πρέπει να ληφθεί απευθείας από τον ακροδέκτη 3 του τσιπ 555. Αυτό το απόσπασμα του κυκλώματος εμφανίζεται εδώ μόνον ως παράδειγμα για τη σημείωση ενός διαγράμματος του κυκλώματος όταν κάνουμε ένα σκίτσο διάταξης εξαρτημάτων.

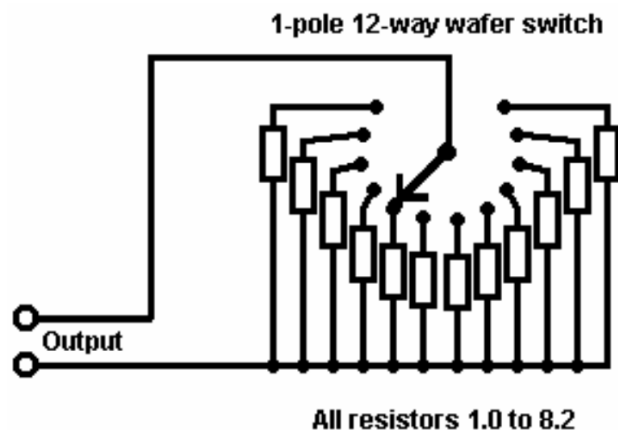
Καθώς παράγεται το σκίτσο διάταξης, το διάγραμμα του κυκλώματος θα πρέπει να επισημαίνεται με ένα στυλό για να βεβαιωθούμε ότι κάθε τμήμα του διαγράμματος του κυκλώματος έχει αντιγραφεί με επιτυχία στο σκίτσο. Στο παρακάτω παράδειγμα, δεν φαίνονται όλες οι επισημασμένες λωρίδες:



Πολλά ηλεκτρονικά εξαρτήματα μπορεί να καταστραφούν από τις υψηλές θερμοκρασίες στις οποίες υπόκεινται όταν βρίσκονται κολλημένα στη θέση τους. Εάν χρησιμοποιούνται ολοκληρωμένα κυκλώματα CMOS σε οποιαδήποτε κατασκευή, πρέπει να αποφεύγεται ο στατικός ηλεκτρισμός. Πολύ υψηλά επίπεδα τάσης συσσωρεύονται στα ρούχα μέσω του βουρτσίσματος με αντικείμενα. Αυτή η τάση έχει εύρος χιλιάδες βολτ. Μπορεί να παρέχει ελάχιστο ρεύμα, αλλά οι συσκευές CMOS λειτουργούν με τόσο χαμηλές ποσότητες ρεύματος που μπορούν πολύ εύκολα να καταστραφούν από τον στατικό ηλεκτρισμό. Οι συσκευές CMOS παρέχονται με τα καλώδια τους ενσωματωμένα σε ένα αγωγικό υλικό. Παραμένουν μέσα στο υλικό μέχρι να είμαστε έτοιμοι να τα συνδέσουμε στο κύκλωμα και μετά κρατάμε μόνο το πλαστικό μέρος της θήκης και δεν αγγίζουμε κανέναν από τους ακροδέκτες. Μόλις τοποθετηθούν στο κύκλωμα, τα εξαρτήματα του κυκλώματος θα αποτρέψουν τη συσσώρευση στατικών φορτίων στο τσιπ.

3.3.1. Εξοπλισμός δοκιμής

Κατά την ανάπτυξη νέων κυκλωμάτων μπορεί να είναι βολικό να δοκιμάσουμε διαφορετικές τιμές αντίστασης σε κάποια θέση στο κύκλωμα (η τιμή της αντίστασης μπορεί να εξαρτάται από το κέρδος ενός τρανζίστορ ή την πραγματική αντίσταση ενός ORP12 ή κάποια άλλη κατάσταση). Για αυτό είναι πολύ βολικό να έχουμε ένα κουτί αντικατάστασης που επιτρέπει να επιλέξουμε οποιαδήποτε τυπική αντίσταση με το γύρισμα ενός διακόπτη:



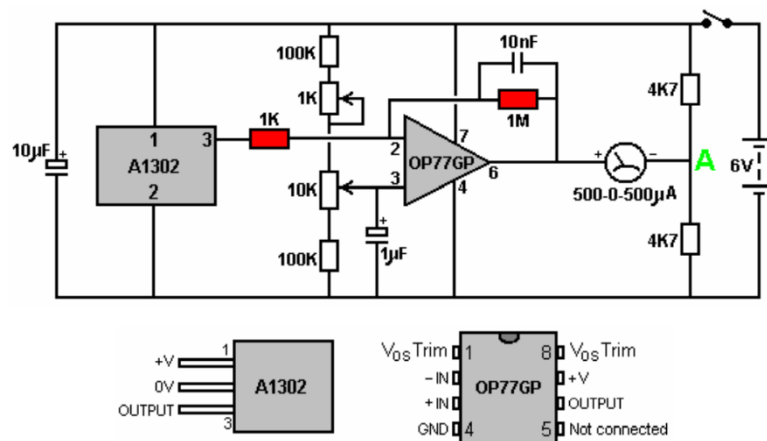
Στο παραπάνω διάγραμμα, όλες οι αντιστάσεις έχουν εύρος 100 - 820 Ω, 1K έως 8K2, 10K έως 82K ή 100K έως 820K, ενώ είναι συνδεδεμένες με έναν μόνο διακόπτη 12 κατευθύνσεων. Τα καλώδια εξόδου έχουν οποιαδήποτε από αυτές τις τυπικές αντιστάσεις απέναντι τους, ανάλογα με τη ρύθμιση του διακόπτη. Στη συνέχεια, ένας δεύτερος διακόπτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιλέξουμε πολλές από αυτές τις ομάδες, ενώ εξακολουθούν να χρησιμοποιούν τα ίδια καλώδια εξόδου.

Μετά απ' όλα αυτά, χρειάζεται ένα μικρό κολλητήρι, ένα μυτοσίμπιδο και ένα πολύμετρο. Επίσης χρειάζεται κάποιο εργαλείο για να κόβονται καλώδια και να αφαιρείται η μόνωση πριν από τη συγκόλληση.

Σημείωση: είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει ασφάλεια ή διακόπτης κυκλώματος στην ισχύ που παρέχεται στο κύκλωμα δοκιμής. Οποιοδήποτε σφάλμα στην κατασκευή του πρωτοτύπου μπορεί να προκαλέσει την άντληση μεγάλου ρεύματος από την παροχή και αυτό μπορεί να είναι επικίνδυνο. Ακόμα κι αν έχουμε μετρητή στο ρεύμα που μεταφέρεται, δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε την υψηλή ένδειξη. Το πρώτο σημάδι του προβλήματος μπορεί να είναι ο καπνός! Μπορεί εύκολα να καεί το κύκλωμα εάν δεν υπάρχει διακόπτης ασφαλείας, γι' αυτό χρησιμοποιείται μια ασφάλεια ή άλλη συσκευή που περιορίζει το ρεύμα στο διπλάσιο από αυτό που περιμένουμε να αντλήσει.

3.3.2. Μέτρηση ισχύος μαγνητικού πεδίου

Οι άνθρωποι που πειραματίζονται με μόνιμους μαγνήτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα όργανο που εμφανίζει την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Οι επαγγελματικές συσκευές για να το κάνουν αυτό τείνουν να είναι πολύ έξω από την αγοραστική δύναμη του μέσου πειραματιστή που θα έχει ήδη ξοδέψει χρήματα σε υλικά για τα πρωτότυπά του. Εδώ είναι ένα σχέδιο για ένα απλό και φθηνό κύκλωμα που τροφοδοτείται από τέσσερις dry cell μπαταρίες AA και χρησιμοποιεί έναν ημιαγωγό Hall-Effect ως αισθητήρα:



Αυτός ο σχεδιασμός χρησιμοποιεί ένα τσιπ λειτουργικού ενισχυτή OP77GP για την ενίσχυση του σήματος εξόδου από το τσιπ A1302 που είναι μία συσκευή Hall-Effect. Το κέρδος του λειτουργικού ενισχυτή που συνδέεται με DC ρυθμίζεται από την αναλογία των σταθερών 1K και 1K αντιστάσεων που φαίνονται σκιασμένες στο διάγραμμα του κυκλώματος, δίνοντας κέρδος 1.000.

Η λειτουργία του κυκλώματος είναι απλή. Η μπαταρία των έξι volt φορτίζει τον πυκνωτή 10 microfarad που βοηθάει στην εξομάλυνση οποιασδήποτε διακύμανσης της γραμμής τροφοδοσίας που προκαλείται από τη μεταβαλλόμενη έλξη ρεύματος από το κύκλωμα. Η μεταβλητή αντίσταση 10K χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση του μετρητή εξόδου στο μηδέν, όταν η συσκευή Hall-Effect δεν βρίσκεται κοντά σε κανένα μαγνήτη. Η μεταβλητή αντίσταση 1K είναι εκεί για να διευκολύνονται οι ρυθμίσεις μικροσυντονισμού. Όταν το τσιπ A1302 συναντήσει μαγνητικό πεδίο, η τάση στον ακροδέκτη εξόδου 3 αλλάζει. Αυτή η αλλαγή μεγεθύνεται χίλιες φορές από τον ενισχυτή OP77GP. Η έξοδος του στον ακροδέκτη 6 είναι συνδεδεμένη στη μία πλευρά της οθόνης του μετρητή και η άλλη πλευρά του μετρητή συνδέεται στο σημείο «Α». Η τάση στο σημείο «Α» είναι περίπου η μισή τάση μπαταρίας. Θα ήταν ακριβώς η μισή τάση αν οι δύο αντιστάσεις 4,7K είχαν ακριβώς την ίδια τιμή. Αυτό είναι μάλλον απίθανο, καθώς υπάρχει κατασκευαστική ανοχή, συνήθως περίπου 10% της ονομαστικής τιμής της αντίστασης. Η ακριβής τιμή της τάσης στο σημείο "Α" ταιριάζει με τον συντονισμό OP77GP κι έτσι ο μετρητής δείχνει μηδέν έως ότου συναντάται μαγνητικό πεδίο. Όταν συμβεί αυτό, η απόκλιση του μετρητή είναι ευθέως ανάλογη με την αντοχή του μαγνητικού πεδίου.

3.3.3. Άλλες κατασκευές

Η πραγματική διαδρομή που ακολουθεί το ρεύμα καθιστά την επιφάνεια του σύρματος ιδιαίτερης σημασίας και το υλικό μόνωσης έχει επίσης μεγάλη σημασία. Τα περασμένα χρόνια, οι κατασκευαστές συρμάτων συνήθιζαν να ψύχουν τα χάλκινα καλώδια στον αέρα. Αυτό δημιούργησε ένα στρώμα οξειδίου του χαλκού στην εξωτερική επιφάνεια των συρμάτων χαλκού, και αυτό το στρώμα έδωσε στο σύρμα διαφορετικά χαρακτηριστικά από αυτά που έχει το χάλκινο σύρμα σήμερα. Ο William Barbat στην αίτησή του για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας [25, 26] ισχυρίζεται ότι το στρώμα οξειδίου στο χαλκό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή συσκευών με μεγαλύτερη ισχύ εξόδου από την ισχύ εισόδου.

Το ηλεκτρικό ρεύμα που μετράμε με αμπερόμετρα μερικές φορές αναφέρεται ως «θερμός» ηλεκτρισμός καθώς όταν ρέει μέσα από εξαρτήματα, τείνει να τα θερμαίνει. Υπάρχει όμως και ένα άλλο συστατικό που αναφέρεται ως «ψυχρός» ηλεκτρισμός, που ονομάζεται έτσι επειδή τείνει να ψύχει τα εξαρτήματα όταν ρέει μέσα από αυτά. Για παράδειγμα, εάν τα καλώδια εξόδου της συσκευής VTA του Floyd Sweet [27] ήταν βραχυκυκλωμένα μαζί, θα σχηματιζόταν πάγος στη συσκευή λόγω της έντονης ροής του «ψυχρού» ηλεκτρισμού και το σοκ από αυτήν θα μπορούσε να προκαλέσει κρουπαγήματα αντί για έγκαιμα. Ο «ψυχρός» ηλεκτρισμός δεν έχει διερευνηθεί πολύ από τη συμβατική επιστήμη, επειδή κανένα από τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της «θερμής» ηλεκτρικής ενέργειας δεν αντιδρούν καθόλου στον «ψυχρό» ηλεκτρισμό. Ο «ψυχρός» ηλεκτρισμός δεν ρέει καθόλου κατά μήκος ή μέσα από το καλώδιο. Αντίθετα, ρέει στον χώρο γύρω από το σύρμα, πιθανώς κινείται στο μαγνητικό πεδίο που προκαλείται από το «θερμό» ρεύμα. Ο Thomas Henry Moray είναι διάσημος για την κατασκευή μιας συσκευής [28-30] που αιχμαλώτιζε «ψυχρό» ηλεκτρισμό και παρήγαγε μια τεράστια ισχύ εξόδου ικανή να τροφοδοτήσει μια ολόκληρη σειρά συνηθισμένων ηλεκτρικών εξαρτημάτων εξοπλισμού.

Δεν γνωρίζουμε ακόμα πολλά για τον «ψυχρό» ηλεκτρισμό. Ο Έντουιν Γκρέι Sr. παρουσίασε λαμπτήρες που τροφοδοτούνται από «ψυχρό» ηλεκτρισμό που βυθίζονται στο νερό [31]. Όχι μόνον οι λαμπτήρες συνέχισαν να λειτουργούν ανεπηρέαστοι από το νερό, αλλά ο Γκρέι συχνά

έβαζε το χέρι του στο νερό μαζί με τον αναμμένο λαμπτήρα, χωρίς να υποφέρει από αυτό. Κανένα από αυτά τα δύο εφέ δεν είναι δυνατά με τη συμβατική ηλεκτρική ενέργεια.

Ένα άλλο ενδιαφέρον στοιχείο είναι το υδροκίνητο σύστημα αυτοκινήτου που δημιουργήθηκε από τον Αμερικανό Nathren Armour. Το σύστημα, περιλαμβάνει τροφοδοσία επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας στα μπουζί. Ένα πράγμα που πάντα τον προβληματίζει, είναι ότι ο κινητήρας δεν θα λειτουργεί με ένα μόνο καλώδιο που πηγαίνει στο καπάκι του μπουζί. Πρέπει να έχει ένα δεύτερο καλώδιο που τρέχει από το επιπλέον τροφοδοτικό του στο σώμα του βύσματος όπου βιδώνεται στο μπλοκ του κινητήρα. Αφαιρώντας αυτό το καλώδιο, ο κινητήρας σταματά. Τοποθετώντας το ξανά, ο κινητήρας λειτουργεί. Αλλά σύμφωνα με τα συμβατικά ηλεκτρικά, αυτό το καλώδιο δεν μπορεί να χρειαστεί, επειδή το μπλοκ κινητήρα και η έξοδος είναι γειωμένα, επομένως, θεωρητικά, δεν υπάρχει διαφορά τάσης μεταξύ των άκρων του καλωδίου και άρα δεν υπάρχει ρεύμα να ρέει κατά μήκος του σύρματος, επομένως το σύρμα δεν χρειάζεται και δεν έχει καμία λειτουργία. Λοιπόν, αυτό ισχύει για την «θερμή» ηλεκτρική ενέργεια, αλλά φαίνεται πιθανό ότι το σύστημα Nathren Armour χρησιμοποιεί «ψυχρό» ηλεκτρισμό καθώς και ο «θερμός» και ο «ψυχρός» ηλεκτρισμός χρειάζεται το επιπλέον καλώδιο ως οδηγό ροής στο μπουζί.

Ενώ τείνουμε να σκεφτόμαστε ότι ένα «δίπολο» δημιουργείται από μια μπαταρία, το ίδιο αποτέλεσμα δημιουργείται επίσης από έναν μαγνήτη, είτε είναι ηλεκτρομαγνήτης είτε μόνιμος, αφού ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός είναι δύο όψεις της ίδιας οντότητας. Είναι δυνατό, αλλά όχι εύκολο, να συλλάβουμε την ενέργεια που ρέει από την παρεμβολή με το πεδίο «ενέργειας μηδενικού σημείου» (ZPE) που προκαλείται από τους πόλους ενός μαγνήτη. Για παράδειγμα, ο Χανς Κόλερ το κατάφερε με μία εντελώς παθητική συσκευή [32, 33], η οποία, όταν ρυθμιστεί σωστά, μπορούσε να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, ώρα με την ώρα φαινομενικά «από το τίποτα» (στην πραγματικότητα, από το πεδίο ZPE). Ο Roy Meyers το έκανε επίσης με μία σειρά μαγνητών και πλάκες ψευδαργύρου - εντελώς παθητικό σύστημα - χωρίς καθόλου κινούμενα μέρη, χωρίς μπαταρία και χωρίς κύκλωμα [34].

4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Ανακεφαλαιώνοντας, η εργασία είναι μία επεξήγηση όλων των βασικών στοιχείων, εννοιών, μεθόδων και εφαρμογών που αφορούν στα ηλεκτρικά κυκλώματα και στην ηλεκτροκίνηση. Αρχικά, γίνεται αναλυτική περιγραφή των μεμονωμένων στοιχείων ενός κυκλώματος, ώστε ο αναγνώστης να έχει πλήρη εικόνα για τον τρόπο αποκωδικοποίησης και διαχείρισης ενός στοιχείου (π.χ. αντίσταση, πολύμετρο). Παράλληλα, με τη χρήση σχεδιαγραμμάτων, ο αναγνώστης αντιλαμβάνεται τον τρόπο λειτουργίας, τη συνδεσμολογία των κυκλωμάτων, καθώς και την πληθώρα δυνατοτήτων που παρέχουν οι ηλεκτρονικές διατάξεις-συσκευές. Παρά το γεγονός ότι τα πλεονεκτήματα υπερτερούν, απαιτείται σημαντική διερεύνηση και μελέτη των αδιαμφισβήτητων υπαρκτών μειονεκτημάτων, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η μελλοντική εξέλιξη και η άψογη χρήση κι εκμετάλλευση της ηλεκτροπαραγωγής και της ηλεκτροκίνησης, πάντοτε με γνώμονα τη βέλτιστη ποιότητα ζωής του ανθρώπου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. Kelly P.J. (2013). *Basic Electronics*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 12). eBook: Version 22.9.
2. <http://www.alldatasheet.co.kr/>
3. Kelly P.J. (2013). *Magnet Power: Ben Teal’s Electromagnet Motor*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 1). eBook: Version 22.9.
4. Teal B. (1978). *Electromagnet Motor*. US Patent Number 4,093,880.
5. Kelly P.J. (2013). *Moving Pulsed Systems: The Motor/Generator of Robert Adams*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 2). eBook: Version 22.9.
6. Adams R. (1993). *Adams’ Free Energy Machine’ Update*. Nexus, 2(15): <https://nexusmagazine.com/product/adams-free-energy-machine-update/?v=f214a7d42e0d>
7. <https://web.archive.org/web/20090525141456/http://www.electroniccircuits.gr/metaximatistes.html>
8. Παπακίτσος Χ.Ε. (1993, Α΄ Έκδοση). *Ραδιοφωνία (Ραδιοεπικοινωνία)*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
9. Kelly P.J. (2013). *Automotive Systems: Stan Meyer’s Water Injection System*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 10). eBook: Version 22.9.
10. Meyer S.A. (1992). *Water Fuel Injection System*. Canadian Patent 2,067,735.
11. <http://www.talkingelectronics.com/projects/50-555Circuits/50-555Circuits.html>
12. Kelly P.J. (2013). *Other Devices and Theories: Bob Beck’s Electronic Pulser*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 11). eBook: Version 22.9.
13. Beck R.C. (2000, Rev. Edn.). *Take Back Your Power*. Available at: <http://www.free-energy-info.tuks.nl/Beck.pdf>
14. Kelly P.J. (2013). *Magnet Power: Charles “Joe” Flynn’s Permanent Magnet Motor*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 1). eBook: Version 22.9.
15. Flynn C. (1995). *Magnetic motor construction*. US Patent 5,455,474.
16. <http://www.energeticforum.com/>
17. Kelly P.J. (2013). *Energy-Tapping Pulsed Systems: The Tesla Switch*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 5). eBook: Version 22.9.
18. Electrodyne Corp. (1986). *The Manual of Free-Energy Devices and Systems*. Electrodyne Corp.
19. Kelly P.J. (2013). *Energy-Tapping Pulsed Systems: Don Smith’s High-Power Devices*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 5). eBook: Version 22.9.
20. Kelly P.J. (2018). *Donald Lee Smith’s Designs*. In “Simple Free-Energy Devices” (Chapter 31). eBook: <http://www.free-energy-info.tuks.nl/SChapter31.pdf>
21. Smith D.L. (2002). *Resonance Energy Methods*. TransWorld Energy.
22. Kelly P.J. (2013). *Energy-Tapping Pulsed Systems: John Bedini’s Battery-Charging Circuit*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 5). eBook: Version 22.9.
23. Bedini J. (2002). *Device and method for utilizing a monopole motor to create back EMF to charge batteries*. US Patent 6,545,444.
24. Bedini J., Bearden T.E. (2006, 2nd Edn.). *Free Energy Generation*. Cheniere Press.
25. Kelly P.J. (2013). *William Barbat: Power Generator*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Appendix). eBook: Version 22.9.

26. Barbat W.N. (2007). *Self-Sustaining Electric Power Generator Utilising Electrons of Low Inertial Mass to Magnify Inductive Energy*. US Patent Application 2007/0007844 A1.
27. Kelly P.J. (2013). *Floyd Sweet*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Appendix). eBook: Version 22.9.
28. Kelly P.J. (2013). *Aerial Systems and Electrostatic Generators: Thomas Henry Moray’s Aerial System*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 7). eBook: Version 22.9.
29. Moray K.B. (2005). *The Energy Machine of T. Henry Moray: Zero-Point Energy and Pulsed Plasma Physics*. Adventures Unlimited Press.
30. Moray T.H. (1949). *Electrotherapeutic Apparatus*. US Patent 2,460,707.
31. Kelly P.J. (2013). *Energy-Tapping Pulsed Systems: Ed Gray’s Power System*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 5). eBook: Version 22.9.
32. Kelly P.J. (2013). *Doubtful Devices: The Devices of Hans Coler*. In “A Practical Guide to Free-Energy Devices” (Chapter 13). eBook: Version 22.9.
33. <https://rimstar.org/sdenergy/coler/index.htm#STROMERZEUGER>
34. Meyers R.J. (1914). *Apparatus for Producing Electricity*. Patent GB1913,01098.