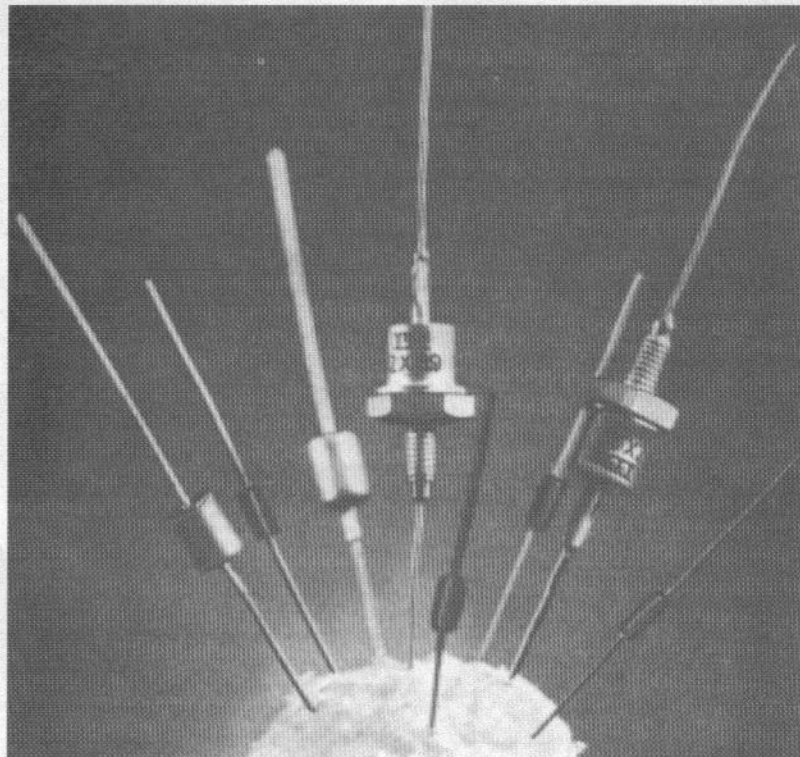


Αυτές οι μυστηριώδεις

Δίοδοι ZENER

Πολλές φορές θα έχετε αναρωτηθεί πια είναι η τάση εργασίας μιας διόδου ζένερ καθώς και ποια είναι η ισχύς που αντέχει.

Με αυτό το άρθρο θα προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε με πιο τρόπο μπορούμε να διαβάσουμε τα στοιχεία μιας διόδου ζένερ καθώς και με πιο τρόπο συνδεσμολογούνται σε ένα κύκλωμα.



Όταν μία διόδος ζένερ έχει κωδικό ο οποίος δεν αναφέρεται καθόλου στην τάση εργασίας της, για παράδειγμα 1N714, αν δεν έχουμε τους καταλόγους των κατασκευαστών είναι πολύ δύσκολο να τις αναγνωρίσουμε. Με αυτό το άρθρο θα προσπαθήσουμε να λύσουμε αυτό το πρόβλημα. Αν πάρουμε μια διόδο ζένερ, θα διαπιστώσουμε ότι οι Ευρωπαϊκές εταιρίες αναγράφουν επάνω στο περιβλήμα τους κωδικούς όπως ZF 18-BZY85/C18 - BSZ55/C6V8, οι οποίοι βοηθούν να αναγνωρίζονται εύκολα και από όσους δεν έχουν καλή μνήμη ή δεν έχουν τους καταλόγους των κατασκευαστών.

Πράγματι δεν είναι δύσκολο να καταλάβουμε ότι μία ζένερ με κωδικό ZF 18 είναι μία ζένερ με τάση εργασίας 18 V, όπως επίσης και μία BZY85/C18, ενώ η BSZ55/C6V8 έχει τάση εργασίας 6,8 V διότι αν αυτή η τάση ήταν 68 V, ο κωδικός της θα ήταν BSZ55/C68. Εκτός από της Ευρωπαϊκές εταιρίες και οι Αμερικάνικες προσπάθησαν να βρουν ένα κανόνα με τον οποίο να βάθουν τις διόδους ζένερ σε κατηγορίες, αλλά αυτός ο κανόνας είναι πολύπλοκος και δύσκολος για να τον θυμόμαστε έτσι, μπορεί να έχουμε μία διόδο που ξέρουμε ότι είναι ζένερ, αλλά φέρει στο περιβλήμα της ένα κωδικό τύπου 1N714-1N964-1N4667, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατόν να αναγνωρίζουμε με

την πρώτη ματιά την τάση εργασίας της.

Σε αυτές τις περιπτώσεις πολλοί προσπαθούν να κάνουν διάφορες υποθέσεις, οι οποίες όμως σχεδόν πάντα καταλήγουν σε λανθασμένα συμπεράσματα. Για παράδειγμα θα μπορούσαμε να σκεφθούμε ότι μία ζένερ 1N 714 έχει τάση εργασίας 14 V, ενώ στην πραγματικότητα η τάση εργασίας της είναι 10 V και με τον ίδιο τρόπο θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι μία 1N964 είναι μία ζένερ με τάση εργασίας 9,64 ή 6,4 V, ενώ στην πραγματικότητα η τάση εργασίας της είναι 13,5 V. Δεν νομίζουμε ότι αν κάποιος έβλεπε μία ζένερ 1N 4667, θα σκεφτόταν ποτέ ότι έχει τάση εργασίας 18 V, διότι ο κωδικός της δεν μας θυμίζει με τίποτα αυτό τον αριθμό.

Ακριβώς γι' αυτό τον λόγο όταν κάνουμε την συναρμολόγηση ενός κυκλώματος, μπορεί να συμβεί πολύ εύκολα να βάλουμε μία ζένερ με διαφορετική τιμή τάσης εργασίας από την απαιτούμενη, με αποτέλεσμα το κύκλωμα να μην λειτουργεί. Στην πραγματικότητα αυτό το πρόβλημα της αναγνώρισης των αμερικανικών κωδικών δεν είναι μόνο δικό σας, αλλά το έχουν και οι τεχνικοί μας και όταν βρίσκουν αυτούς τους κωδικούς έχουν δυσκολίες.

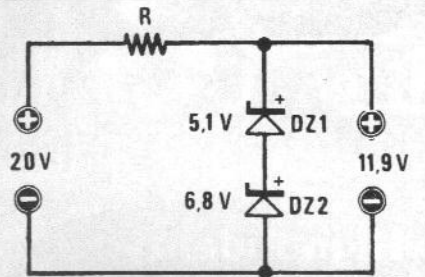
Έτσι για να τους διευκολύνουμε, αποφασίσαμε να κάνουμε ένα πίνακα με τις αντιστοιχίες, που βλέποντας σήμερα τα αποτελέσματα που είχε, σας τον προτείνουμε για να μπορείτε και εσείς να βρίσκετε εύκολα και χωρίς προβλήματα την τάση ζένερ οποιασδήποτε διόδου που έχετε στο εργαστήριό σας.

Μπορούμε να συνδέσουμε δύο διόδους Ζένερ σε σειρά;

Επειδή ασχοληθήκαμε με τις διόδους Ζένερ, ας εκμεταλλευτούμε την ευκαιρία για να απαντήσουμε σε όσους συνεχίζουν να μας ρωτούν, αν μπορούμε να συνδέσουμε δύο διόδους Ζένερ σε σειρά, για να έχουμε μεγαλύτερη τάση λειτουργίας (σχ.1).

Αυτή η λύση όχι μόνο είναι πραγματοποιήσιμη, αλλά δεν δημιουργεί και κανένα πρόβλημα. Αν έχουμε μία ζένερ των 5,1 V και μία των 6,8 V, μπορούμε να τις συνδέσουμε σε σειρά παράγοντας μία ζένερ των 11,9

Σχ.1 Αν συνδέσουμε σε σειρά δύο διόδους Ζένερ έστω και διαφορετικών τάσεων, θα παράγεται μία σταθεροποιημένη τάση ίση με το άθροισμα των τάσεων των δύο Ζένερ.



V ή να συνδέσουμε σε σειρά δύο ζένερ των 12 V η καθεμιά, για να έχουμε συνολικά μία ζένερ των 24 V. Το μόνο που πρέπει να προσέξουμε σε αυτή την σύνδεση, είναι το ότι οι δύο διόδοι θα πρέπει να είναι της ίδιας ισχύος, δηλαδή αν η μια είναι του 1/2 W ή του 1 W, θα πρέπει να έχει και η άλλη την ίδια ισχύ, έστω και αν στις περισσότερες περιπτώσεις δεν δημιουργούνται προβλήματα αν συνδεθούν σε σειρά δύο ζένερ με διαφορετική ισχύ, για παράδειγμα η μια με ισχύ 1/2 W και η άλλη με ισχύ 1 W.

Πρέπει τέλος να διευκρινίσουμε ότι συνδέοντας σε σειρά δύο ζένερ που να έχουν την ίδια ονομαστική τάση, για παράδειγμα δύο ζένερ των 12 V, εκτός απ' το να πετυχαίνουμε μία διπλάσια τάση 24 V, πετυχαίνουμε και μία διπλάσια ισχύ, οπότε αν η κάθε ζένερ έχει ισχύ 1 W, θα πετύχουμε συνολικά μία ζένερ με ισχύ 2 W.

Αυτό όμως συμβαίνει μόνο όταν οι δύο ζένερ που συνδέονται σε σειρά, έχουν την ίδια ονομαστική τάση, διότι αν για παράδειγμα συνδέσουμε μία ζένερ 6,1 V 1/2 W και μία ζένερ 24 V 1/2 W, για να έχουμε συνολικά μία ζένερ 30,1 V, η ισχύς δεν θα είναι ίση με 1 W όπως στην προηγούμενη περίπτωση, αλλά πολύ μικρότερη διότι ο τύπος που δίνει την ισχύ της συνδεσμολογίας των ζένερ σε σειρά, είναι ο παρακάτω:

$$W = (V1 + V2) \times W : V2$$

όπου:

V1 είναι η μικρότερη τάση σε Volt.

V2 είναι η μεγαλύτερη τάση σε Volt

W είναι η ισχύς της κάθε ζένερ (εννοείται ότι θα έχουν την ίδια ισχύ) σε Watt.

Κατά συνέπεια η συνολική ισχύς του παραδείγματος μας είναι ίση με:

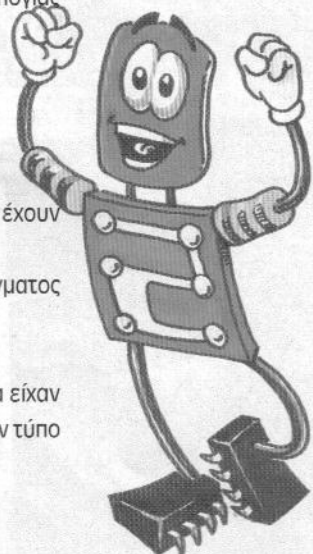
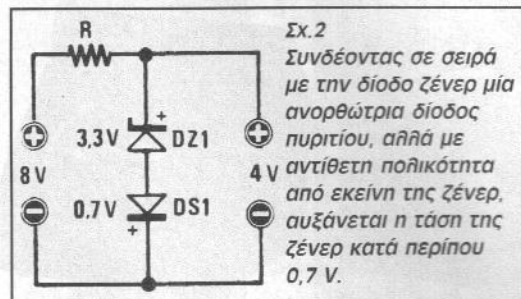
$$WATT = (6,1 + 24) \times 0,5 : 24 = 0,627 \text{ W}$$

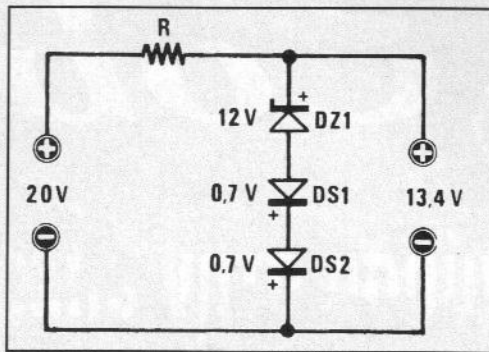
Αν αντίθετα έχουμε σε σειρά δύο ζένερ που να είχαν την ίδια ισχύ, για παράδειγμα 1 W, βάζοντας στον τύπο το 1 αντί για 0,5:

$$WATT = (6,1 + 24) \times 1 : 24 = 1,254 \text{ W}$$

δηλαδή μια ισχύ λίγο μεγαλύτερη από 1 W.

Τέλος αν η μία ζένερ από αυτές που είναι συνδε-





Σχ.3 Σε σειρά με την δίοδο ζένερ, μπορούμε να συνδέσουμε δύο ή και περισσότερες διόδους πυριτίου, έχοντας για κάθε δίοδο που συνδέουμε μία αύξηση τάσης κατά 0,7 V. Δύο δίοδοι πυριτίου σε σειρά με μία ζένερ των

μένες σε σειρά έχει ισχύ $\frac{1}{2} W$ και η άλλη $1 W$, μπορούμε να υπολογίσουμε σε γενικές γραμμές την συνολική ισχύ, θεωρώντας ότι και οι δύο ζένερ έχουν ισχύ $\frac{1}{2} W$.

Πως γίνονται οι μικρές διορθώσεις τάσης

Συχνά συμβαίνει να μην βρίσκουμε στο εμπόριο μία δίοδο ζένερ με την κατάλληλη τιμή τάσης και ούτε μπορούμε να την κατασκευάσουμε συνδέοντας δύο σε σειρά. Σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει μία πολύ ενδιαφέρουσα λύση που εξηγούμε αμέσως τώρα.

Ας υποθέσουμε ότι χρειαζόμαστε μία δίοδο ζένερ των 4 V. Αυτή η τιμή δεν βρίσκεται εύκολα στο εμπόριο, γιατί υπάρχουν οι τιμές των 3,3 ή 4,7 V, έστω και αν οι εταιρίες αναφέρουν στους καταλόγους τους ότι υπάρχει δίοδος ζένερ με τάση 4,1 V.

Σε περίπτωση που έχετε ανάγκη μίας ζένερ των 4 V και καταφέρνετε να βρείτε μόνο μία των 3,3 V, μην ανησυχείτε γιατί με ένα τέχνασμα μπορείτε να έχετε την επιθυμητή τιμή.

Αρκεί πράγματι να θυμηθούμε ότι οποιαδήποτε δίοδος ανόρθωσης (πυριτίου), όταν διαρρέεται από ρεύμα, δηλαδή είναι πολωμένη ορθά, εισάγει μία πτώση τάσης 0,6-0,7 V, οπότε συνδέοντας μία από αυτές τις διόδους σε σειρά με την ζένερ, μπορούμε να αυξήσουμε την τάση της κατά 0,7 V ή κατά 1,4 V, αν συν-

δέσουμε δύο διόδους σε σειρά με την ζένερ.

Όπως φαίνεται από το σχ.2, συνδέοντας μία δίοδο πυριτίου σε σειρά με μία δίοδο ζένερ των 3,3 V, θα έχουμε μία τάση ακριβώς $3,3+0,7=4 V$, ενώ αν συνδέσουμε δύο σε σειρά με μία δίοδο ζένερ των 12 V, όπως φαίνεται και στο σχ.3, θα έχουμε μία ζένερ με τάση $12+0,7+0,7=13,4 V$.

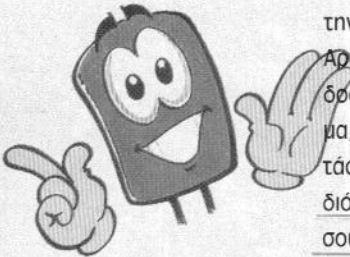
Το μόνο που πρέπει να προσέξουμε είναι το ότι η δίοδος πυριτίου θα πρέπει να συνδεθεί με αντίθετη πολικότητα από αυτή της διόδου ζένερ, γιατί διαφορετικά η τελευταία δεν μπορεί να λειτουργήσει σωστά.

Αντίσταση πώσης

Για να εκτελέσει την λειτουργία της η δίοδος ζένερ, θα πρέπει να εφαρμοστεί στα άκρα της μια μεγαλύτερη τάση από την τάση εργασίας, διότι θα ήταν ανώφελο να χρησιμοποιήσουμε για παράδειγμα μία ζένερ των 12 V σε ένα κύκλωμα στο οποίο η μέγιστη τάση να μην ξεπερνάει τα 10 V.

Δηλαδή πολλοί σκέφτονται ότι έχοντας μια τάση 18 V και θέλοντας να έχουν μία σταθεροποιημένη τάση 12 V, είναι αρκετό να χρησιμοποιήσουμε μία ζένερ των 12 V και να την συνδέσουμε σε σειρά με μία αντίσταση που θα έχει οποιαδήποτε τιμή.

Αυτό είναι ένα από τα μεγαλύτερα σφάλματα που γίνονται στα ηλεκτρονικά, διότι η τιμή αυτής της αντι-



| Αντίσταση πώσης | Τάση | Ρεύμα |
|-----------------|------------|---------|
| 56 ohm | 11,75 volt | 68 mA |
| 82 ohm | 11,3 volt | 52 mA |
| 270 ohm | 10,4 volt | 19 mA |
| 680 ohm | 10,1 volt | 8 mA |
| 1.200 ohm | 10 volt | 5 mA |
| 2.700 ohm | 9,9 volt | 2 mA |
| 4.700 ohm | 9,9 volt | 1,2 mA |
| 10.000 ohm | 9,9 volt | 0,6 mA |
| 150.000 ohm | 9,8 volt | 0,04 mA |

| Αντίσταση πώσης | Τάση | Ρεύμα |
|-----------------|----------|---------|
| 56 ohm | 9,7 volt | 105 mA |
| 82 ohm | 9,4 volt | 76 mA |
| 270 ohm | 9,1 volt | 24 mA |
| 680 ohm | 8,9 volt | 10 mA |
| 1.200 ohm | 8,9 volt | 5 mA |
| 2.700 ohm | 8,9 volt | 2,5 mA |
| 4.700 ohm | 8,9 volt | 1,4 mA |
| 10.000 ohm | 8,9 volt | 0,7 mA |
| 150.000 ohm | 8,9 volt | 0,04 mA |

Πίνακας 1

Μία δίοδος ζένερ των 10 V 1 W, μπορεί να δώσει μικρότερες σταθεροποιημένες τάσεις από την ονομαστική, αν δεν γίνει σωστή επιλογή του ρεύματος εργασίας της ζένερ.

Πίνακας 2

Σε αυτό τον πίνακα φαίνεται ότι μία δίοδος ζένερ των 9,1 V ½ W, μπορεί ανάλογα με το ρεύμα, να δίνει μία σταθεροποιημένη τάση μεταξύ 8,9 και 9,7 V.



Σχ.4 Με ένα ηλεκτρονικό βοητόμετρο και ένα τροφοδοτικό, μπορείτε να διαπιστώσετε μόνοι σας πόσο σημαντικό είναι να υπολογιστεί η τιμή της αντίστασης πτώσης σε σχέση με την τάση που πρέπει να σταθεροποιηθεί.

στασης προσδιορίζει την τιμή του ρεύματος που περνάει από την ζένερ και αν αυτή η τιμή δεν είναι ακριβώς η απαιτούμενη, η ζένερ θα σταθεροποιεί σε πολύ διαφορετικές τάσεις από εκείνη που αναφέρεται στο περιβλήμα της. Για παράδειγμα αν το ρεύμα που περνάει από μία ζένερ των 12 V είναι πολύ μικρό, μπορεί να μετρήσουμε στα άκρα της μία σταθεροποιημένη τάση 10-11 V και όχι την αναμενόμενη τάση των 12 V. Αν αντίθετα το ρεύμα που περνάει από την ζένερ είναι πολύ μεγάλο, θα έχουμε μία σταθεροποιημένη τάση μεγαλύτερη από την επιθυμητή, για παράδειγμα 13-14 V, με κίνδυνο να καταστρέψουμε την διόδο ζένερ πολύ γρήγορα. Για να αντιληφθείτε πόσο μεταβάλλεται η τάση της ζένερ όταν μεταβάλλεται το ρεύμα που την διαρρέει, κάναμε μία απλή δοκιμή που μπορείτε να την επαναλάβετε στο εργαστήριό σας και από την οποία φθάσαμε σε μερικά συμπεράσματα που αναφέρουμε παρακάτω.

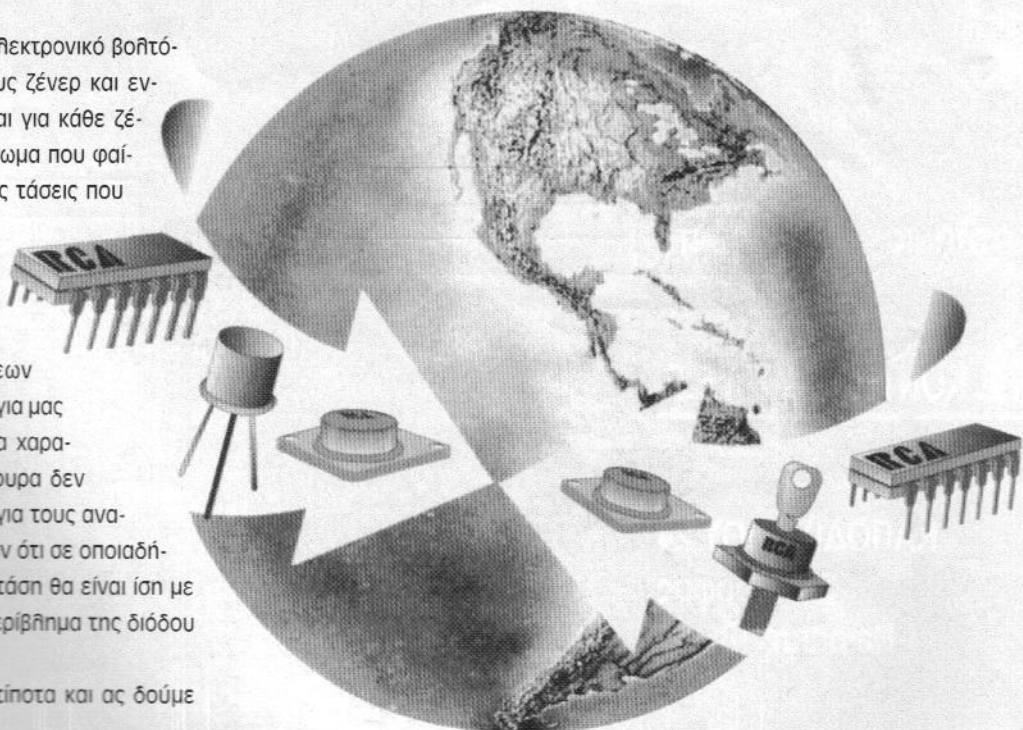
Πια είναι αυτή η δοκιμή;

Πήραμε ένα τροφοδοτικό, ένα ηλεκτρονικό βοητόμετρο, δύο διαφορετικές διόδους ζένερ και εννέα διαφορετικές αντιστάσεις και για κάθε ζένερ, πραγματοποιήσαμε το κύκλωμα που φαίνεται στο σχ.4, σημειώνοντας τις τάσεις που έδειχνε κάθε φορά το ηλεκτρονικό βοητόμετρο, το οποίο ήταν συνδεδεμένο στα άκρα της ζένερ.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μπορεί να ήταν προκαθορισμένα για μας που έχουμε πάντα κοντά μας τα χαρακτηριστικά των ζένερ, αλλιώς σίγουρα δεν ήταν καθόλου προκαθορισμένα για τους αναγνώστες που μέχρι τώρα πίστευαν ότι σε οποιαδήποτε περίπτωση, η μετρούμενη τάση θα είναι ίση με την τάση που αναφέρεται στο περιβλήμα της διόδου ζένερ.

Ας μην προκαταβάλουμε όμως τίποτα και ας δούμε

τον πίνακα 1 στον οποίο αναφέρονται οι τάσεις που μετρήσαμε. Όπως μπορείτε να παρατηρήσετε, για αυτές τις διόδους ζένερ, η τάση των 10 V που αναφέρεται επάνω στο περιβλήμα, παράγεται μόνο όταν το ρεύμα που την διαρρέει κυμαίνεται μεταξύ 0,04 mA και 2 mA, έστω και αν οι ανοχές είναι αποδεκτές και για ρεύματα μέχρι 8-10 mA. Αν όμως το ρεύμα της ζένερ ξεπερνάει αυτές τις τιμές, οι τάσεις μεταβάλλονται με ρυθμούς που είναι έξω από τα όρια της τάσης που θέλουμε, με ρεύμα μόνο 68 mA, η τάση αυξάνεται κατά 2 V σε σχέση με την επιθυμητή τιμή, οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι αυτή η ζένερ δίνει την επιθυμητή τιμή τάσης, μόνο με ρεύματα που κυμαίνονται μεταξύ 5 και 10 mA. Κάνοντας, αντίθετα, την ίδια δοκιμή με μία ζένερ ZPY9, 10 V 1 W, είχαμε τα αποτελέσματα που αναφέρονται στον πίνακα 2. Κατά συνέπεια το ρεύμα που απαιτείται από μία ζένερ του 1 W, για να δώσει την επιθυμητή τάση, είναι



εξυπρία

πολύ μεγαλύτερο από το ρεύμα που απαιτεί μία ζένερ του 1/2 W και πράγματι βλέπουμε ότι στην περίπτωση μας απαιτείται ένα ρεύμα 25 mA, αλλά δεν πρέπει όμως να ξεχνάμε το ρεύμα που απορροφάται από το φορτίο. Αν για παράδειγμα το κύκλωμα που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε με την τάση που σταθεροποιείται από την ζένερ απορροφά από μόνο του 28 mA, και η ζένερ πρέπει να απορροφήσει ένα ρεύμα 25 mA, το ρεύμα που πρέπει να περάσει από την αντίσταση πτώσης τάσης, θα έχει μία τιμή 25+28=53 mA διότι σε διαφορετική περίπτωση, αν η αντίσταση είχε πολύ μεγάλη τιμή και άφηνε να περάσει μόνο ένα ρεύμα 28 mA, από την διόδο ζένερ δεν θα περνούσε καθόλου ρεύμα, με αποτέλεσμα να σταθεροποιεί σε μία μικρότερη τάση. Κατά συνέπεια αν το φορτίο απορροφά ένα ρεύμα 2 mA και η ζένερ ένα ρεύμα 25 mA, η αντίσταση πτώσης θα πρέπει να υπολογιστεί να αφήνει να περνάει ένα συνολικό ρεύμα 2+25=27 mA, διότι τα 25 mA απορροφούνται από την ζένερ και τα 2 mA από το τροφοδοτούμενο κύκλωμα. Η τιμή της αντίστασης σε Ωμ υπολογίζεται εφαρμόζοντας τον τύπο:

$$R = (V_{cc} - V_z) : (I_z + I_c) \times 1000$$

όπου τα ρεύματα I_c και I_z , εκφράζονται σε mA και: V_{cc} =τάση τροφοδοσίας, V_z =τάση ζένερ, I_z =ρεύμα ζένερ, R_c =αντίσταση φορτίου, I_c =ρεύμα που απορροφάται από το φορτίο

Την τάση V_{cc} την γνωρίζουμε διότι είναι η τάση τροφοδοσίας και η V_z είναι η τάση που θέλουμε να παράγουμε με την ζένερ. Άγνωστα είναι τα ρεύματα I_c και I_z . Σχετικά με το I_z , μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα 3, στον οποίο αναφέρονται τα ρεύματα που απαιτούνται από τις ζένερ, για να δίνουν την επιθυμητή τάση, ανάλογα με την ισχύ τους. Κατά την επιλογή του ρεύματος της ζένερ, πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι αν θέλουμε να κάνουμε καλή σταθεροποίηση τάσης, αυτό θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 φορές μεγαλύτερο από το ρεύμα που θα απορροφήσει το φορτίο (I_c).

| Ισχύς Zener | Περιοχή ρεύματος zener |
|-------------|------------------------|
| 1/3 watt | 2-5 mA |
| 1/2 watt | 5- 20 mA |
| 1 watt | 20- 30 mA |
| 1,5 watt | 30-100 mA |

Πίνακας 3

Σε αυτό τον πίνακα φαίνονται τα ρεύματα που είναι πιο κατάλληλα για να παράγεται μια σταθεροποιημένη τάση, όσο γίνεται πλησιέστερη στην ονομαστική τάση της διόδου ζένερ.

Ας κάνουμε ένα πρακτικό παράδειγμα. Υποθέτουμε ότι η τάση τροφοδοσίας είναι ίση με 10 V και ότι θέλουμε να τροφοδοτήσουμε με μία τάση 5,1 V ένα κύκλωμα που απορροφά ρεύμα 1,5 mA. Με άλλα λόγια το ρεύμα I_c είναι ίσο με 1,5 mA και το ρεύμα I_z πρέπει να είναι ίσο με $1.5 \times 10 = 15$ mA, οπότε θα κοιτάξουμε στον προηγούμενο πίνακα, για να βρούμε ποιά διόδος ζένερ μπορεί να μας δώσει την επιθυμητή μία τάση των 5,1 V με ρεύμα 15 mA. Αυτή η διόδος έχει ισχύ 1/2 W (για παράδειγμα μία ZPD5,1) και τώρα μπορούμε να βάλουμε στον προηγούμενο τύπο τις τιμές, δίνοντας στο I_z την τιμή 15 mA.

Με αυτό τον τρόπο έχουμε ότι:

$$R = (10 - 5,1) : (15 + 1,5) \times 1000 = 296 \Omega$$

θα στρογγυλέψουμε στην πιο κοντινή τυποποιημένη τιμή που είναι τα 270 Ω. Αν σε αυτή την περίπτωση η τάση στα άκρα της ζένερ είναι μικρότερη από την επιθυμητή μπορούμε να μειώσουμε λίγο την τιμή της R, από 270 σε 220 Ω ενώ αν είναι μεγαλύτερη από την επιθυμητή, θα μπορούμε να την αυξήσουμε σε 330 Ω. Για να υπολογίσουμε την ισχύ αυτής της αντίστασης, θα εφαρμόσουμε τον παρακάτω τύπο:

$$Watt = (V_{cc} - V_z) \times (I_z + I_c) : 1000$$

οπότε στην περίπτωση μας θα έχουμε:

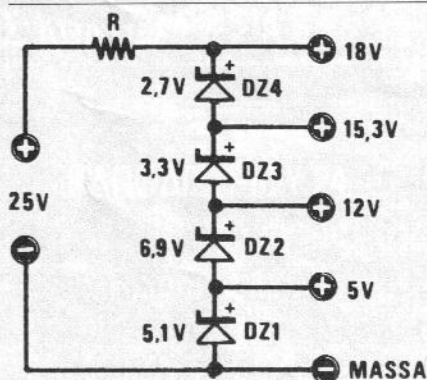
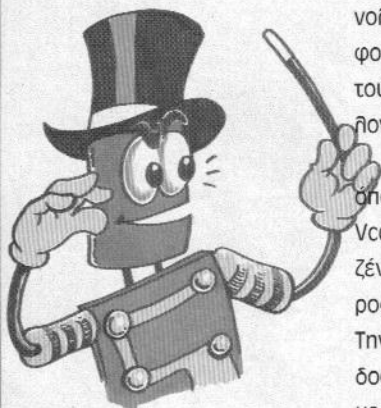
$$Watt = (10 - 5,1) \times (15 + 1,5) : 1000 = 0,08 \text{ W}$$

δηλαδή 80 mW και κατά συνέπεια είναι αρκετή μία αντίσταση με ισχύ 1/2 W.

Σε αυτό το σημείο θα μπορούσαμε να ολοκληρώσουμε το άρθρο μας αλλά πριν κάνουμε κάτι τέτοιο, θα θέλαμε να σας δείξουμε μερικά απλά κυκλώματα που μπορείτε να κατασκευάσετε με διόδους ζένερ.

Σταθεροποιητής τάσης πολλών εξόδων

Συνδέοντας σε σειρά περισσότερες διόδους ζένερ (4 ή 5) εκτός βέβαια από την συνηθισμένη αντίσταση πτώσης R, μπορούμε να κατασκευάσουμε όπως φαίνεται και στο σχ.5 ένα απλό σταθεροποιητή τάσης.



Σχ.5 Συνδέοντας σε σειρά περισσότερες διόδους ζένερ με διαφορετική τιμή τάσης η καθεμιά, μπορούμε να παράγουμε όπως φαίνεται σε αυτό το σχήμα, μια σταθεροποιημένη τάση ίση με το άθροισμά των τάσεων των ζένερ.

με τον οποίο να τροφοδοτούμε διάφορα κυκλώματα που απορροφούν μικρά ρεύματα.

Υποθέτουμε ότι θέλουμε τις παρακάτω τάσεις:

5-12-15-18 V

και ότι έχουμε στην διάθεσή μας ένα τροφοδοτικό με τάση εξόδου 25 V. Για να πετύχουμε τον σκοπό μας, θα συνδέσουμε σε σειρά μεταξύ τους τέσσερις διόδους ζένερ του 1 W με τις παρακάτω τάσεις εργασίας:

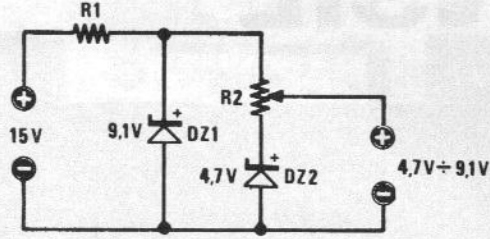
DZ1=5,1 V

DZ2=6,9 V (5,1+6,9=12 V)

DZ3=3,3 V (12+3,3=15,3 V)

DZ4=2,7 V (15,3+2,7=18 V)

Ο υπολογισμός της αντίστασης πώσης αυτού του κυκλώματος υπολογίζεται με τον προηγούμενο απλό τρόπο, θεωρώντας ότι έχουμε μόνο μία ζένερ με τάση 18 V και υπολογίζοντας το ρεύμα σαν το άθροισμα του ρεύματος που απορροφάται από το φορτίο και του ρεύματος που θέλουμε να περνάει από την ζένερ που βρίσκεται πιο χαμηλά.



Σχ.6 Αν χρειαζόμαστε μια σταθεροποιημένη τάση, που να κυμαίνεται μεταξύ δύο τιμών, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτό το κύκλωμα.

Σταθεροποίησης τάσης ρυθμιζόμενης μεταξύ δύο τιμών

Υποθέτουμε τώρα ότι μια χρειάζεται μια σταθεροποιημένη τάση, μεταβληθόμενη μεταξύ 4,7 και 9,1 V με την οποία θα οδηγήσει διόδους βάρικαπ. Αν κατασκευάσουμε το κύκλωμα του σχ.6 θα έχουμε πετύχει τον σκοπό μας. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, η πρώτη διόδος ζένερ σταθεροποιεί την τάση στα 9,1 V και η δεύτερη διόδος ζένερ στα 4,7 η τάση που θα έχουμε μεταβληθώντας τον δρομέα του ποτενσιόμετρου, θα περιλαμβάνεται σε οποιαδήποτε περίπτωση μεταξύ αυτών των δύο τιμών. Για τον υπολογισμό της πρώτης αντίστασης ισχύει ο τύπος που αναφέραμε προηγουμένως, ενώ για το ποτενσιόμετρο θα διαλέξουμε μία χαμηλή τιμή, όπως για παράδειγμα 1.000 ή 2.200 Ω.

| ZENER 1/2 WATT | | | | | | | | | | ZENER 1 WATT | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|-------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|-----|
| ΤΥΠΟΣ | VOLT | ΤΥΠΟΣ | VOLT | ΤΥΠΟΣ | VOLT | ΤΥΠΟΣ | VOLT | ΤΥΠΟΣ | VOLT | ΤΥΠΟΣ | VOLT | ΤΥΠΟΣ | VOLT | ΤΥΠΟΣ | VOLT | ΤΥΠΟΣ | VOLT | ΤΥΠΟΣ | VOLT | | |
| 1N371 | 2,4 | 1N723 | 24 | 1N976 | 43 | 1N3416 | 12 | 1N5236 | 7,5 | 1N1425 | 8,2 | 1N2039 | 19 | 1N3825 | 4,7 | 1N4415 | 30 | 1N4671 | 27 | 1N4831 | 9,1 |
| 1N372 | 2,9 | 1N724 | 27 | 1N977 | 47 | 1N3417 | 15 | 1N5237 | 8,2 | 1N1426 | 12 | 1N2040 | 23,5 | 1N3826 | 5,1 | 1N4416 | 33 | 1N4672 | 30 | 1N4832 | 10 |
| 1N373 | 3,5 | 1N725 | 30 | 1N978 | 51 | 1N3418 | 18 | 1N5238 | 8,7 | 1N1427 | 15 | 1N2041 | 4,8 | 1N3827 | 5,6 | 1N4417 | 36 | 1N4673 | 33 | 1N4833 | 11 |
| 1N374 | 4,1 | 1N726 | 33 | 1N979 | 56 | 1N3419 | 22 | 1N5239 | 9,1 | 1N1428 | 18 | 1N3016 | 6,8 | 1N3828 | 6,2 | 1N4418 | 39 | 1N4674 | 36 | 1N4834 | 12 |
| 1N375 | 4,8 | 1N727 | 36 | 1N980 | 62 | 1N3420 | 27 | 1N5240 | 10 | 1N1429 | 22 | 1N3017 | 7,5 | 1N3829 | 6,8 | 1N4460 | 6,2 | 1N4675 | 39 | 1N4835 | 13 |
| 1N376 | 5,8 | 1N728 | 39 | 1N981 | 68 | 1N3421 | 30 | 1N5241 | 11 | 1N1430 | 27 | 1N3018 | 8,2 | 1N3830 | 7,5 | 1N4461 | 6,8 | 1N4676 | 42 | 1N4836 | 14 |
| 1N377 | 7,1 | 1N729 | 43 | 1N982 | 75 | 1N3422 | 33 | 1N5242 | 12 | 1N1434 | 4,7 | 1N3019 | 9,1 | 1N4158 | 6,8 | 1N4462 | 7,5 | 1N4683 | 3,0 | 1N4837 | 16 |
| 1N378 | 8,8 | 1N746 | 3,3 | 1N1954 | 3,9 | 1N3423 | 39 | 1N5243 | 13 | 1N1485 | 6,2 | 1N3020 | 10 | 1N4159 | 7,5 | 1N4463 | 8,2 | 1N4684 | 3,3 | 1N4838 | 18 |
| 1N379 | 10,5 | 1N747 | 3,6 | 1N1955 | 4,7 | 1N3424 | 47 | 1N5244 | 14 | 1N1487 | 3,9 | 1N3021 | 11 | 1N4160 | 8,2 | 1N4464 | 9,1 | 1N4685 | 3,6 | 1N4839 | 20 |
| 1N380 | 12,8 | 1N748 | 3,9 | 1N1956 | 5,6 | 1N3425 | 56 | 1N5245 | 15 | 1N1508 | 4,7 | 1N3022 | 12 | 1N4161 | 9,1 | 1N4465 | 10 | 1N4686 | 3,9 | 1N4840 | 22 |
| 1N381 | 15,8 | 1N749 | 4,3 | 1N1957 | 6,8 | 1N3426 | 68 | 1N5246 | 16 | 1N1509 | 5,6 | 1N3023 | 13 | 1N4162 | 10 | 1N4466 | 11 | 1N4687 | 4,3 | 1N4841 | 24 |
| 1N382 | 19 | 1N750 | 4,7 | 1N1958 | 8,2 | 1N3507 | 3,6 | 1N5247 | 17 | 1N1510 | 6,8 | 1N3024 | 15 | 1N4163 | 11 | 1N4467 | 12 | 1N4688 | 4,7 | 1N4842 | 27 |
| 1N383 | 23,5 | 1N751 | 5,1 | 1N1959 | 10 | 1N3508 | 3,9 | 1N5248 | 18 | 1N1511 | 8,2 | 1N3025 | 16 | 1N4164 | 12 | 1N4468 | 13 | 1N4689 | 5,1 | 1N4843 | 30 |
| 1N384 | 28,5 | 1N752 | 5,6 | 1N1960 | 12 | 1N3509 | 4,3 | 1N5249 | 19 | 1N1512 | 10 | 1N3026 | 18 | 1N4165 | 13 | 1N4469 | 15 | 1N4690 | 5,6 | 1N4844 | 33 |
| 1N385 | 34,5 | 1N753 | 6,2 | 1N1961 | 15 | 1N3510 | 4,7 | 1N5250 | 20 | 1N1513 | 12 | 1N3027 | 20 | 1N4166 | 15 | 1N4470 | 16 | 1N4691 | 6,2 | 1N4845 | 36 |
| 1N429 | 6,2 | 1N754 | 6,8 | 1N1962 | 18 | 1N3511 | 5,1 | 1N5251 | 22 | 1N1514 | 15 | 1N3028 | 22 | 1N4167 | 16 | 1N4471 | 18 | 1N4692 | 6,8 | 1N4846 | 39 |
| 1N430 | 8,4 | 1N755 | 7,5 | 1N1963 | 22 | 1N3512 | 5,6 | 1N5252 | 24 | 1N1515 | 18 | 1N3029 | 24 | 1N4168 | 18 | 1N4472 | 20 | 1N4693 | 7,5 | 1N5008 | 3,3 |
| 1N465 | 2,6 | 1N756 | 8,2 | 1N1964 | 27 | 1N3513 | 6,2 | 1N5253 | 25 | 1N1516 | 22 | 1N3030 | 27 | 1N4169 | 20 | 1N4473 | 22 | 1N4694 | 8,2 | 1N5009 | 3,6 |
| 1N466 | 3,4 | 1N757 | 9,1 | 1N1965 | 33 | 1N3514 | 6,8 | 1N5254 | 27 | 1N1517 | 27 | 1N3031 | 30 | 1N4170 | 22 | 1N4474 | 24 | 1N4695 | 9,1 | 1N5010 | 3,9 |
| 1N467 | 4,1 | 1N758 | 10 | 1N1966 | 39 | 1N3515 | 7,5 | 1N5255 | 28 | 1N1518 | 3,9 | 1N3032 | 33 | 1N4171 | 24 | 1N4475 | 27 | 1N4696 | 9,1 | 1N5011 | 4,3 |
| 1N468 | 4,8 | 1N759 | 12 | 1N1967 | 47 | 1N3516 | 8,2 | 1N5256 | 30 | 1N1519 | 4,7 | 1N3033 | 36 | 1N4172 | 27 | 1N4476 | 30 | 1N4697 | 10 | 1N5012 | 4,7 |
| 1N469 | 5,8 | 1N762 | 5,6 | 1N1981 | 3,9 | 1N3517 | 9,1 | 1N5257 | 33 | 1N1520 | 5,6 | 1N3034 | 39 | 1N4173 | 30 | 1N4477 | 33 | 1N4698 | 11 | 1N5013 | 5,1 |
| 1N470 | 7,1 | 1N763 | 7,1 | 1N1982 | 4,7 | 1N3518 | 10 | 1N5258 | 36 | 1N1521 | 6,8 | 1N3433 | 8,2 | 1N4174 | 33 | 1N4478 | 36 | 1N4699 | 12 | 1N5014 | 5,6 |
| 1N471 | 3,4 | 1N764 | 8,8 | 1N1983 | 5,6 | 1N3519 | 11 | 1N5259 | 39 | 1N1522 | 8,2 | 1N3434 | 10 | 1N4175 | 36 | 1N4479 | 39 | 1N4700 | 13 | 1N5015 | 6,2 |
| 1N472 | 4,1 | 1N765 | 10,5 | 1N1984 | 6,8 | 1N3520 | 12 | 1N5260 | 43 | 1N1523 | 10 | 1N3435 | 12 | 1N4176 | 39 | 1N4480 | 42 | 1N4701 | 14 | 1N5016 | 6,8 |
| 1N473 | 4,8 | 1N766 | 12,7 | 1N1985 | 8,2 | 1N3521 | 13 | 1N5261 | 46 | 1N1524 | 12 | 1N3436 | 15 | 1N4177 | 42 | 1N4481 | 45 | 1N4702 | 15 | 1N5017 | 7,5 |
| 1N474 | 5,8 | 1N767 | 15,7 | 1N1986 | 10 | 1N3522 | 15 | 1N5262 | 49 | 1N1525 | 15 | 1N3437 | 18 | 1N4178 | 45 | 1N4482 | 48 | 1N4703 | 16 | 1N5018 | 8,2 |
| 1N475 | 7,1 | 1N768 | 19 | 1N1987 | 12 | 1N3523 | 16 | 1N5263 | 52 | 1N1526 | 18 | 1N3438 | 22 | 1N4179 | 48 | 1N4483 | 51 | 1N4704 | 17 | 1N5019 | 9,1 |
| 1N664 | 8,2 | 1N769 | 23,5 | 1N1988 | 15 | 1N3524 | 18 | 1N5264 | 55 | 1N1527 | 22 | 1N3439 | 27 | 1N4180 | 51 | 1N4484 | 54 | 1N4705 | 18 | 1N5020 | 10 |
| 1N665 | 12 | 1N821 | 6,2 | 1N1989 | 18 | 1N3525 | 20 | 1N5265 | 58 | 1N1528 | 27 | 1N3440 | 33 | 1N4181 | 54 | 1N4485 | 57 | 1N4706 | 19 | 1N5021 | 11 |
| 1N666 | 15 | 1N822 | 6,2 | 1N1990 | 22 | 1N3526 | 22 | 1N5266 | 61 | 1N1529 | 33 | 1N3441 | 39 | 1N4182 | 57 | 1N4486 | 60 | 1N4707 | 20 | 1N5022 | 12 |
| 1N667 | 18 | 1N826 | 6,5 | 1N1991 | 27 | 1N3527 | 24 | 1N5267 | 64 | 1N1530 | 39 | 1N3442 | 45 | 1N4183 | 60 | 1N4487 | 63 | 1N4708 | 22 | 1N5023 | 13 |
| 1N668 | 22 | 1N828 | 6,5 | 1N1992 | 33 | 1N3528 | 27 | 1N5268 | 67 | 1N1531 | 45 | 1N3443 | 51 | 1N4184 | 63 | 1N4488 | 66 | 1N4709 | 24 | 1N5024 | 14 |
| 1N669 | 27 | 1N835 | 9,0 | 1N3959 | 2,7 | 1N3529 | 30 | 1N5269 | 70 | 1N1532 | 51 | 1N3444 | 57 | 1N4185 | 66 | 1N4489 | 69 | 1N4710 | 25 | 1N5025 | 15 |
| 1N703 | 3,5 | 1N941 | 11,7 | 1N3396 | 3,3 | 1N3530 | 33 | 1N5270 | 73 | 1N1533 | 57 | 1N3445 | 63 | 1N4186 | 69 | 1N4490 | 72 | 1N4711 | 27 | 1N5026 | 16 |
| 1N704 | 4,1 | 1N957 | 6,8 | 1N3397 | 3,9 | 1N3531 | 36 | 1N5271 | 76 | 1N1534 | 63 | 1N3446 | 69 | 1N4187 | 72 | 1N4491 | 75 | 1N4712 | 28 | 1N5027 | 17 |
| 1N705 | 4,9 | 1N958 | 7,5 | 1N3398 | 4,7 | 1N3532 | 39 | 1N5272 | 79 | 1N1535 | 69 | 1N3447 | 75 | 1N4188 | 75 | 1N4492 | 78 | 1N4713 | 30 | 1N5028 | 18 |
| 1N706 | 5,8 | 1N959 | 8,2 | 1N3399 | 5,6 | 1N3533 | 43 | 1N5273 | 82 | 1N1536 | 75 | 1N3448 | 81 | 1N4189 | 78 | 1N4493 | 81 | 1N4714 | 33 | 1N5029 | 19 |
| 1N707 | 7,1 | 1N960 | 9,1 | 1N3400 | 6,8 | 1N3534 | 47 | 1N5274 | 85 | 1N1537 | 81 | 1N3449 | 87 | 1N4190 | 81 | 1N4494 | 84 | 1N4715 | 36 | 1N5030 | 20 |
| 1N708 | 5,6 | 1N961 | 10 | 1N3401 | 8,2 | 1N3535 | 51 | 1N5275 | 88 | 1N1538 | 87 | 1N3450 | 93 | 1N4191 | 84 | 1N4495 | 87 | 1N4716 | 39 | 1N5031 | 22 |
| 1N709 | 6,2 | 1N962 | 11 | 1N3402 | 10 | 1N3536 | 55 | 1N5276 | 91 | 1N1539 | 93 | 1N3451 | 99 | 1N4192 | 87 | 1N4496 | 90 | 1N4717 | 42 | 1N5032 | 24 |
| 1N710 | 6,8 | 1N963 | 12 | 1N3403 | 12 | 1N3537 | 59 | 1N5277 | 94 | 1N1540 | 99 | 1N3452 | 105 | 1N4193 | 90 | 1N4497 | 93 | 1N4718 | 45 | 1N5033 | 25 |
| 1N711 | 7,5 | 1N964 | 13 | 1N3404 | 15 | 1N3538 | 63 | 1N5278 | 97 | 1N1541 | 105 | 1N3453 | 111 | 1N4194 | 93 | 1N4498 | 96 | 1N4719 | 48 | 1N5034 | 27 |
| 1N712 | 8,2 | 1N965 | 15 | 1N3405 | 18 | 1N3539 | 67 | 1N5279 | 100 | 1N1542 | 111 | 1N3454 | 117 | 1N4195 | 96 | 1N4499 | 99 | 1N4720 | 51 | 1N5035 | 30 |
| 1N713 | 9,1 | 1N966 | 16 | 1N3406 | 22 | 1N3540 | 71 | 1N5280 | 103 | 1N1543 | 117 | 1N3455 | 123 | 1N4196 | 99 | 1N4500 | 102 | 1N4721 | 54 | 1N5036 | 33 |
| 1N714 | 10 | 1N967 | 18 | 1N3407 | 27 | 1N3541 | 75 | 1N5281 | 106 | 1N1544 | 123 | 1N3456 | 129 | 1N4197 | 102 | 1N4501 | 105 | 1N4722 | 57 | 1N5037 | 36 |
| 1N715 | 11 | 1N968 | 20 | 1N3408 | 33 | 1N3542 | 79 | 1N5282 | 109 | 1N1545 | 129 | 1N3457 | 135 | 1N4198 | 105 | 1N4502 | 108 | 1N4723 | 60 | 1N5038 | 39 |
| 1N716 | 12 | 1N969 | 22 | 1N3409 | 39 | 1N3543 | 83 | 1N5283 | 112 | 1N1546 | 135 | 1N3458 | 141 | 1N4199 | 108 | 1N4503 | 111 | 1N4724 | 63 | 1N5039 | 42 |
| 1N717 | 13 | 1N970 | 24 | 1N3410 | 47 | 1N3544 | 87 | 1N5284 | 115 | 1N1547 | 141 | 1N3459 | 147 | 1N4200 | 111 | 1N4504 | 114 | 1N4725 | 66 | 1N5040 | 45 |
| 1N718 | 15 | 1N971 | 27 | 1N3411 | 56 | 1N3545 | 91 | 1N5285 | 118 | 1N1548 | 147 | 1N3460 | 153 | 1N4201 | 114 | 1N4505 | 117 | 1N4726 | 69 | 1N5041 | 48 |
| 1N719 | 16 | 1N972 | 30 | 1N3412 | 65 | 1N3546 | 95 | 1N5286 | 121 | 1N1549 | 153 | 1N3461 | 159 | 1N4202 | 117 | 1N4506 | 120 | 1N4727 | 72 | 1N5042 | 51 |
| 1N720 | 18 | 1N973 | 33 | 1N3413 | 7,8 | 1N3547 | 99 | 1N5287 | 124 | 1N1550 | 159 | 1N3462 | 165 | 1N4203 | 120 | 1N4507 | 123 | 1N4728 | 75 | 1N5043 | 54 |
| 1N721 | 20 | 1N974 | 36 | 1N3414 | 9,2 | 1N3548 | 103 | 1N5288 | 127 | 1N1551 | 165 | 1N3463 | 171 | 1N4204 | 123 | 1N4508 | 126 | 1N4729 | 78 | 1N5044 | 57 |
| 1N722 | 22 | 1N975 | 39 | 1N3415 | 10 | 1N3549 | 107 | 1N5289 | 130 | 1N1552</ | | | | | | | | | | | |