ON4CRD

Τόμος 70

Το NE555 και οι ραδιοερασιτεχνικές εφαρμογές του



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Τόμος 70 · 64 σελίδες

Νομικές ειδοποιήσεις

Τόμος 70 · Το NE555 και οι ραδιοερασιτεχνικές εφαρμογές του

Εκδότης ιστότοπου : Radio Club Durnal ON4CRD

Υπεύθυνος έκδοσης : Επιτροπή του Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Νομικές ειδοποιήσεις

Διανοητική ιδιοκτησία

Κείμενα, εικόνες, έγγραφα, λογότυπα και υλικά που δημοσιεύονται στον ιστότοπο παραμένουν ιδιοκτησία των αντίστοιχων δημιουργών τους ή του συλλόγου. Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή επαναχρησιμοποίηση πρέπει να σέβεται την πηγή, τα ισχύοντα δικαιώματα και οποιαδήποτε άδεια του συγγραφέα.

Ευθύνη

Ο σύλλογος εργάζεται για τη δημοσίευση χρήσιμων και επαληθευμένων πληροφοριών, αλλά δεν εγγυάται την απουσία σφαλμάτων, παραλείψεων ή διακοπών. Οι τεχνικές ή κανονιστικές πληροφορίες πρέπει να ελέγχονται από επίσημες πηγές όταν υποστηρίζουν μια απόφαση.

Εικονογραφήσεις δημιουργημένες με τη βοήθεια τεχνητής νοημοσύνης.

Ένα μικρό κουτί, μια μεγάλη ιδέα



Ο Lucas επιστρέφει στο κλαμπ με το σημειωματάριό του: "Για την ανοιχτή μέρα, θα ήθελα οι επισκέπτες να ακούσουν τον κώδικα Μορς!"



Το Henri τοποθετεί ένα μικροσκοπικό μαύρο πακέτο στο τραπέζι: "Αυτό είναι το NE555. Οκτώ καρφίτσες, πολλές ιδέες."



«Μπορεί να μιλήσει σε άλλο σταθμό;» Ο Henri χαμογελάει: «Ας ξεκινήσουμε με έναν ήχο, εδώ στο clubroom».



Ένα κλειδί Μορς περιμένει κοντά στο ηχείο. Η πρόκληση τους: να κατασκευάσουν μια συσκευή που βοηθά τους επισκέπτες να μάθουν.



Το Lucas σχεδιάζει ένα πλαίσιο με τρία χειριστήρια: ισχύς, τόνος και ένταση. Το έργο παίρνει σάρκα και οστά.



«Κι αν δεν λειτουργεί;» — "Θα μάθουμε πώς να μάθουμε γιατί. Αυτό είναι μέρος της περιπέτειας!"

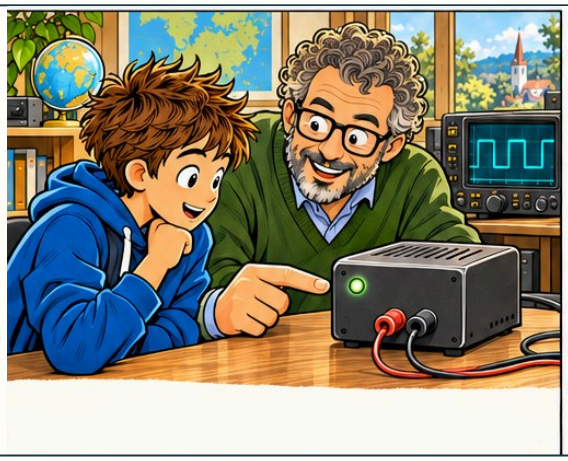
Η λίστα επιθυμιών του έργου



Το Lucas θα ήθελε έναν ευχάριστο ήχο, ένα εύχρηστο πλήκτρο και αρκετή ένταση για ένα μικρό τραπέζι εργαστηρίου.



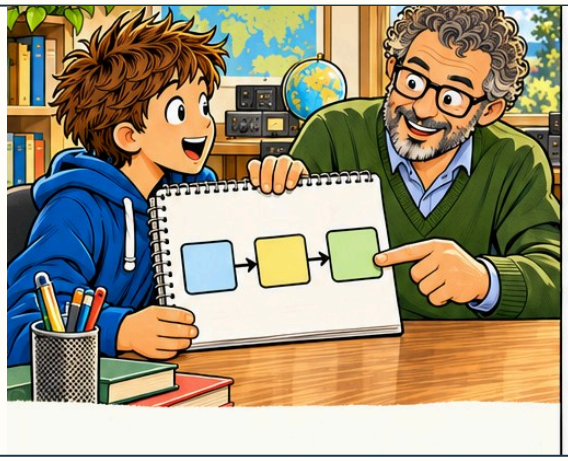
«Και δεν χρειάζεται κεραία», προσθέτει ο Henri. Η συσκευή τους θα είναι ηχητικός εκπαιδευτής Morse, χωρίς εκπομπές ραδιοφώνου.



Επιλέγουν ένα ρυθμιζόμενο τροφοδοτικό 5 V και περιορίζουν το ρεύμα κατά τις πρώτες δοκιμές.



Το Henri καθαρίζει μια περιοχή εργασίας. Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα και τα εργαλεία έχουν το καθένα τη θέση του.



Στο σημειωματάριο, το Lucas διαχωρίζει τρεις λειτουργίες: την παραγωγή του τόνου, τον έλεγχο και την ενίσχυση του.



«Θα δοκιμάσουμε κάθε λειτουργία», αποφασίζει. Για να λειτουργήσει ολόκληρη η συσκευή, θα προχωρήσουν σε μικρά βήματα.

Γνωριμία με το 555



Το Henri ανοίγει το φύλλο δεδομένων του κατασκευαστή: "Ένα γνωστό όνομα δεν αντικαθιστά την τεκμηρίωση για το πραγματικό στοιχείο."



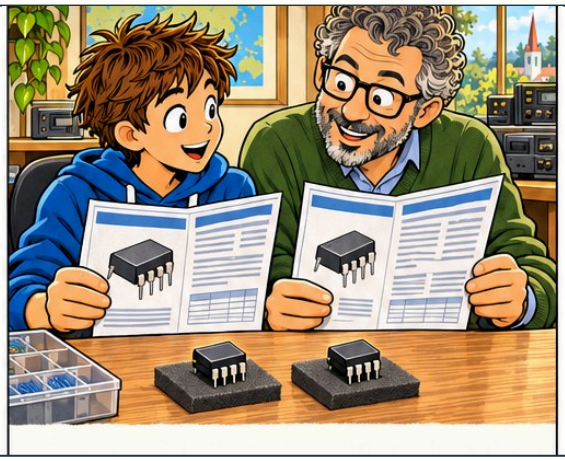
Το NE555 είναι ένα διπολικό χρονόμετρο. Οι αντιστάσεις και ένας πυκνωτής του δίνουν το ρυθμό του.



Μπορεί να παράγει παλμό, να ταλαντώνεται ή να διατηρεί μια κατάσταση, ανάλογα με το κύκλωμά του. Το Lucas εκτελεί αυτές τις τρεις λειτουργίες.



«Δηλαδή κάνει τα πάντα;» — «Είναι πολύ χρήσιμο, αλλά έχει και όρια τάσης και ρεύματος».



Επαληθεύουν ότι η αναφορά τους λειτουργεί στο 5 V. Μια γειτονική έκδοση CMOS δεν έχει απαραίτητα τα ίδια όρια.



Το Lucas αποθηκεύει το φύλλο δεδομένων με τα στοιχεία: "Αυτό ανήκει στην εργαλειοθήκη μας".

Οκτώ καρφίτσες, μία κατεύθυνση ανάγνωσης



Πριν συνδέσουν οτιδήποτε, κοιτάζουν το πακέτο DIP με οκτώ ακίδες, που φαίνεται από ψηλά.



Με την εγκοπή στο επάνω μέρος, η ακίδα 1 βρίσκεται επάνω αριστερά. μια μικρή κουκκίδα μπορεί επίσης να το αναγνωρίσει.



Στα αριστερά, μετρήστε αντίστροφα από 1 έως 4. Στα δεξιά, μετρήστε από το 5 στο 8: η αρίθμηση τρέχει γύρω από το πακέτο.



«Αν το αναποδογυρίσω, η ζωγραφιά μου δεν ταιριάζει πλέον!» Το Lucas συγκρίνει ξανά το στοιχείο με την κάτοψη.



Ο Henri του ζητά να σχεδιάσει τέσσερις καρφίτσες σε κάθε πλευρά και μετά την εγκοπή. Δεν έχουν συνδέσει τίποτα ακόμα.

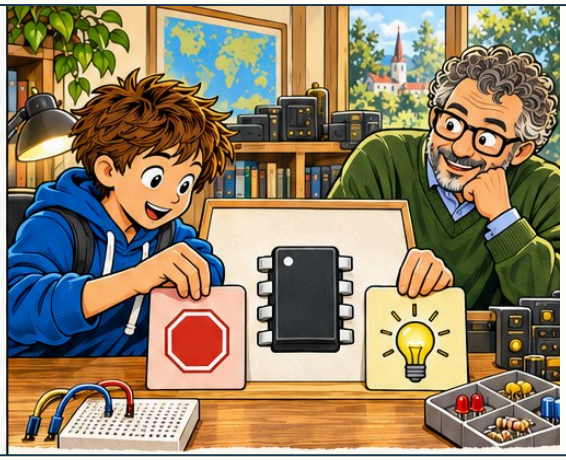


Διατηρούν αυτό το σημάδι ορατό στο σημειωματάριο και ελέγχουν τη σήμανση πριν τοποθετήσουν το εξάρτημα.

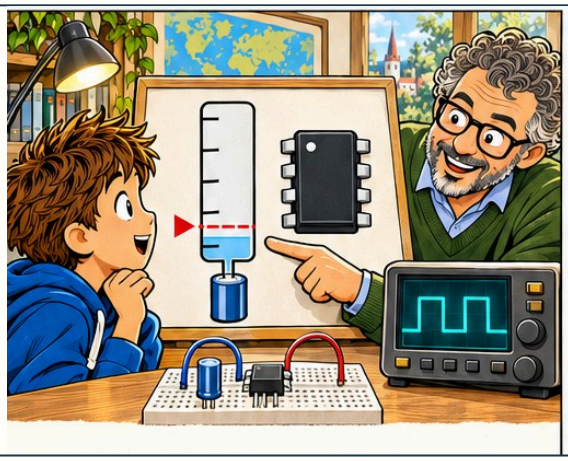
Ένας ρόλος για κάθε καρφίτσα



Το Lucas προσδιορίζει τις λειτουργίες: 1, γείωση; 8, θετική παροχή. Αυτές οι δύο ακίδες τροφοδοτούν το κύκλωμα.



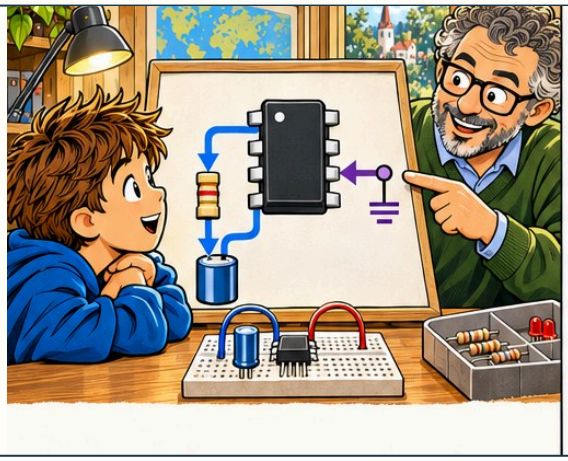
Η ακίδα 3 είναι η έξοδος. Ο ακροδέκτης 4, RESET, αναγκάζει το κύκλωμα σε επαναφορά όταν κρατιέται χαμηλά.



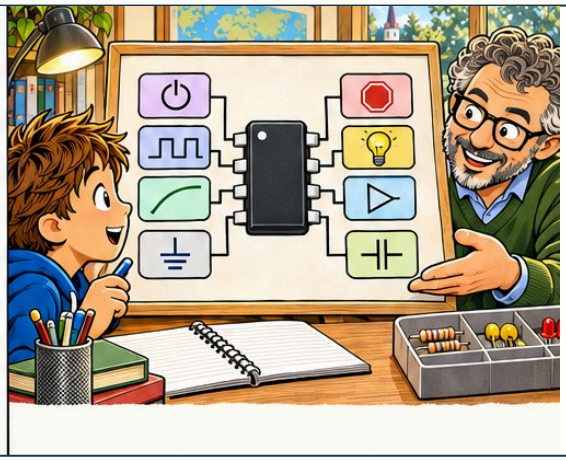
Ο ακροδέκτης 2, TRIG, ανιχνεύει μια τάση που πέφτει κάτω από περίπου το ένα τρίτο της τάσης τροφοδοσίας.



Ο ακροδέκτης 6, THRES, παρακολουθεί το ανώτερο όριο, περίπου τα δύο τρίτα της τάσης τροφοδοσίας στο συνηθισμένο κύκλωμα.



Η ακίδα 7, DISCH, χρησιμοποιείται για την εκφόρτιση του πυκνωτή. Η καρφίτσα 5, CONT, παρέχει πρόσβαση στην εσωτερική αναφορά.

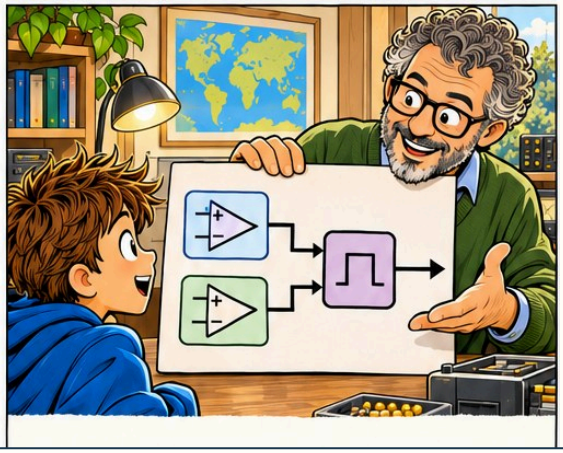


"Οκτώ διαφορετικοί ρόλοι, όχι οκτώ εναλλάξιμα τερματικά!" Το Lucas αντιστοιχίζει κάθε λειτουργία με το σχέδιο.

Μια μικρή ομάδα μέσα



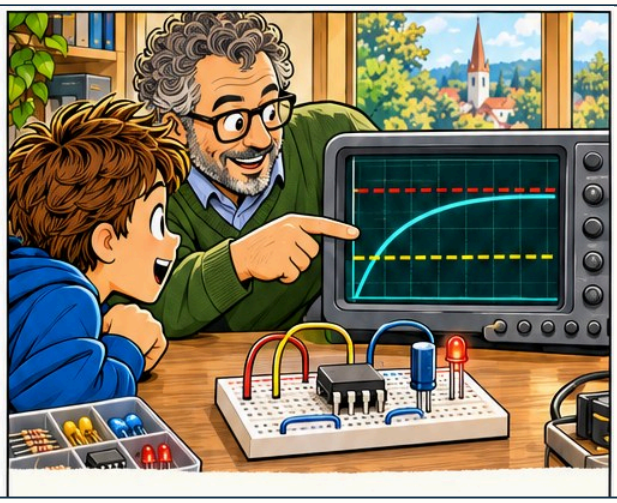
Το Henri σχεδιάζει δύο συγκριτές: ο καθένας συγκρίνει μια τάση με μια αναφορά.



Ένα εσωτερικό μάνδαλο θυμάται την τελευταία εντολή. Η έξοδος και το τρανζίστορ εκφόρτισης ακολουθούν αυτήν την κατάσταση.



«Ο ένας το ξεκινά, ο άλλος το σταματά;» — «Αυτή είναι μια χρήσιμη εικόνα, με την προϋπόθεση ότι σεβόμαστε τους όρους λειτουργίας τους».



Στο συνηθισμένο κύκλωμα, οι εσωτερικές αναφορές είναι κοντά στα VCC/3 και 2VCC/3.



Το RESET μπορεί να αναγκάσει μια επαναφορά. Το Lucas κατανοεί γιατί αυτή η είσοδος δεν πρέπει να παραμείνει αιωρούμενη.



Ακολουθεί τα βέλη με το μολύβι του: μέτρησε, αποφάσισε, θυμήσου, πράξε. Το πακέτο γίνεται λιγότερο μυστηριώδες.

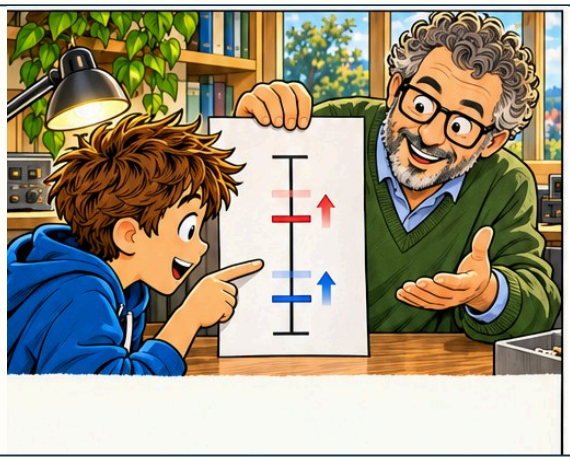
Ένα τρίτο και δύο τρίτα



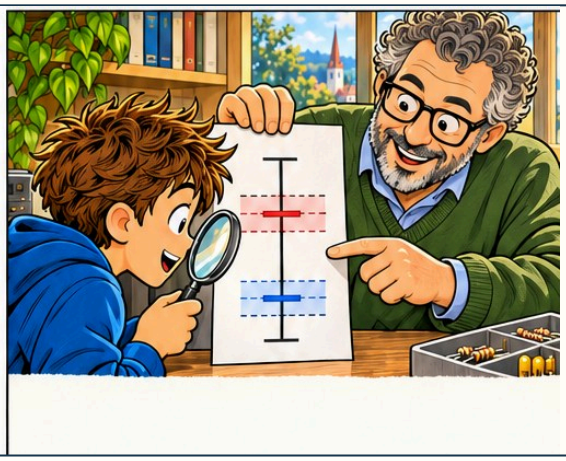
Με το VCC = 5 V, τα θεωρητικά σημεία αναφοράς γίνονται περίπου 1,67 V και 3,33 V.



«Δεν είναι λοιπόν δύο σταθερές τάσεις για όλα τα τροφοδοτικά», σημειώνει ο Lucas.



Το Henri μεταβάλλει το μετρητή χαρτιού: τα δύο σημάδια ακολουθούν την τάση τροφοδοσίας.



Οι πραγματικές αξίες έχουν ανοχές. Το τεχνικό δελτίο καθορίζει τις συνθήκες και τις πιθανές αποκλίσεις.



Η τάση του πυκνωτή θα ανεβαίνει και θα πέφτει μεταξύ αυτών των επιπέδων. Αυτό το ταξίδι καθορίζει ένα χρονικό διάστημα.



Το Lucas σχεδιάζει μια μικρή ηλεκτρική ταλάντευση: «Ίσως ένας ρυθμός είναι μια ιστορία για τα κατώφλια».

Ένα σχέδιο πριν από τα καλώδια



«Θα το συνδέσουμε;» Το Henri τοποθετεί πρώτα ένα φύλλο: «Ας αποφασίσουμε τι πρέπει να συνδέσει κάθε καλώδιο».



Επιλέγουν ένα ασταθές κύκλωμα: ταλαντώνεται μόνο του όσο το επιτρέπει το RESET.



Δύο αντιστάσεις, RA και RB, και ένας πυκνωτής C θα ρυθμίσουν κατά προσέγγιση τη συχνότητα ταλάντωσης.



Μια ενδεικτική λυχνία θα δείξει πρώτα τη δραστηριότητα. Ο ήχος θα έρθει μετά τα χειριστήρια.



Το Lucas σχεδιάζει το κύκλωμα χρονισμού και τη μελλοντική αλυσίδα ήχου ξεχωριστά. Αφήνει χώρο για μετρήσεις.



«Θα έχουμε ένα σχέδιο για να φτιάξουμε και μετά θα το ελέγξουμε με φρέσκα μάτια», λέει καθώς ετοιμάζει το σημειωματάριο.

Πέντε βολτ καλά προετοιμασμένοι



Χρησιμοποιούν μια ρυθμιζόμενη, απομονωμένη παροχή 5 V, ρυθμισμένη και ελεγμένη πριν από τη σύνδεση του κυκλώματος.



Ο περιοριστής ρεύματος ρυθμίζεται σε χαμηλά επίπεδα για την πρώτη δοκιμή και στη συνέχεια προσαρμόζεται στο κύκλωμα σύμφωνα με τις οδηγίες.



Το θετικό καλώδιο συνδέεται στη ράγα τροφοδοσίας +5 V. το καλώδιο επιστροφής συνδέεται στη γείωση του κυκλώματος. Το Lucas ελέγχει την πολικότητα.



«Μια μπαταρία δεν είναι αυτόματα κατάλληλη τροφοδοσία για το 5 V», του υπενθυμίζει ο Henri, δείχνοντας τις ετικέτες τους.



Αποσυνδέουν την παροχή πριν από οποιαδήποτε εργασία καλωδίωσης. Τίποτα σε αυτό το συνεργείο δεν συνδέεται απευθείας με το ρεύμα.



Το Lucas μετρά τις μη φορτωμένες ράγες τροφοδοσίας με το πολύμετρο και, στη συνέχεια, απενεργοποιεί την τροφοδοσία πριν συνεχίσει.

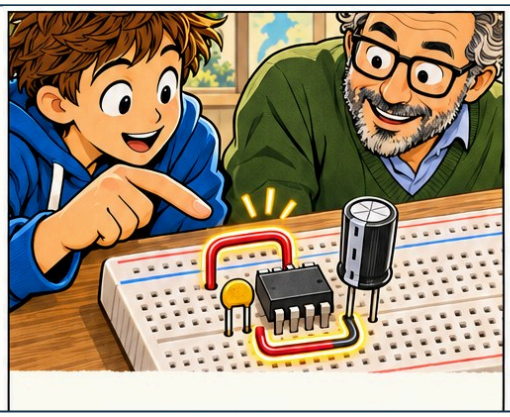
Ένα τοπικό ενεργειακό απόθεμα



Το Henri τοποθετεί το 100 nF ανάμεσα στις ακίδες 8 και 1, με σύντομες συνδέσεις, όσο το δυνατόν πιο κοντά στο NE555.



Ένας πυκνωτής 10 μF ολοκληρώνει την αποσύνδεση μεταξύ +5 V και γείωσης. η πολικότητα του είναι σεβαστή.



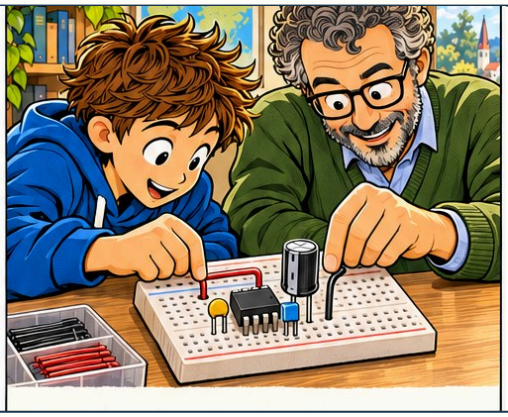
Η έξοδος 555 μπορεί να προκαλέσει σύντομες αιχμές ρεύματος. Αυτά τα τοπικά ενεργειακά αποθέματα βοηθούν στη σταθεροποίηση της τροφοδοσίας.



Ο ακροδέκτης 5 λαμβάνει το 10 nF στη γείωση σε αυτό το κύκλωμα. Αυτός ο πυκνωτής δεν ρυθμίζει τον κύριο τόνο.



«Δύο μικροί πυκνωτές, δύο διαφορετικές εργασίες», σημειώνει ο Lucas, ο οποίος τους ξεχωρίζει στο σχέδιό του.



Ελέγχουν ξανά τις τιμές. Οι καλές προθέσεις από μόνες τους δεν μπορούν να αντισταθμίσουν ένα πολύ μακρύ καλώδιο τροφοδοσίας.

Επιλέγοντας τα σωστά εξαρτήματα



Το Lucas επιλέγει τα στοιχεία RA = 10 kΩ, RB = 100 kΩ και C = 10 nF. Αυτές οι τιμές θα δώσουν έναν αρχικό τόνο.



Για τον πυκνωτή χρονισμού, επιλέγουν ένα κατάλληλο, σταθερό εξάρτημα χρησιμοποιώντας το φύλλο δεδομένων του.



Ένα LED θα έχει μια αντίσταση σειράς 2,2 kΩ. Το Henri δεν θα το συνδέσει απευθείας μεταξύ εξόδου και γείωσης.



Το ηχείο παραμένει στην τσάντα του: θα χρειαστεί ένα κατάλληλο κύκλωμα ενισχυτή ήχου για την οδήγησή του.



Ετοιμάζουν ένα ποτενσιόμετρο, κοντά καλώδια και το κλειδί Μορς. Κάθε τιμή πηγαίνει στη λίστα στοιχείων.



«Ένα κουτί εξαρτημάτων δεν είναι ακόμα κύκλωμα», γελάει ο Lucas. Το σχέδιο θα δείξει πώς να τα συνδέσετε.

Τα χρώματα λένε μια αξία



Το Lucas διαβάζει τις χρωματικές ζώνες και στη συνέχεια μετρά τις αντιστάσεις εκτός κυκλώματος με ένα πολύμετρο.



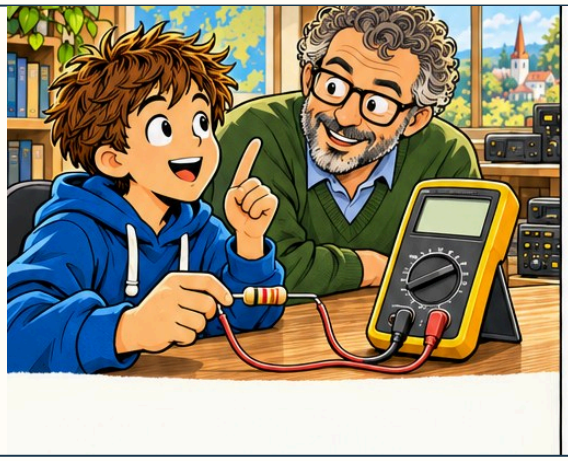
Το 10 kΩ είναι 10 000 Ω. Το 100 kΩ είναι το 100 000 Ω. Ένα ξεχασμένο μηδέν θα άλλαζε πολύ τον τόνο.



Η τελική ζώνη μπορεί να προσδιορίζει την ανοχή. Μια ονομαστική τιμή δεν υπόσχεται μια ακριβώς αντίστοιχη μέτρηση.



"Αυτή δεν είναι αντίσταση 100 Ω!" Επιστρέφει το παρόμοιο στοιχείο στο διαμέρισμά του.



Το Henri του επιτρέπει να δηλώσει την τιμή πριν κοιτάξει το πολύμετρο. Το όργανο επιβεβαιώνει το σκεπτικό του.



Ο Lucas συνδέει μια κάρτα μικρής αξίας στο breadboard του χωρίς συγκόλληση. Μόλις απέτρεψε το πρώτο του σφάλμα.

Δέκα νανοφαράντ, όχι δέκα μικροφαράντ



Στον πυκνωτή χρονισμού, το Lucas βρίσκει τον κωδικό 103: 10 000 pF ή 10 nF.



Το 10 nF είναι ίσο με το 0,01 μF. Ένας πυκνωτής 10 μF θα ήταν χίλιες φορές μεγαλύτερος.



«Τότε το σφύριγμα μας θα γινόταν πολύ αργός ρυθμός!» Το Henri εκτιμά αυτήν την πρόβλεψη.



Ο πυκνωτής 10 nF που επιλέγεται εδώ δεν είναι πολωμένος. Ο πυκνωτής δεξαμενής 10 μF πρέπει να έχει τη σωστή πολικότητα.



Συγκρίνουν τις σημάνσεις με τα φύλλα δεδομένων των εξαρτημάτων. Δεν αρκεί μόνο η εμφάνιση.



Το Lucas γράφει τη μονάδα δίπλα σε κάθε αριθμό: «Τα μικρά γράμματα μπορούν να κάνουν μεγάλη διαφορά».

Οι κρυφές συνδέσεις του breadboard



Πριν τοποθετήσουν το 555, σημειώνουν με το πολύμετρο τις εσωτερικές συνδέσεις του breadboard χωρίς συγκόλληση.



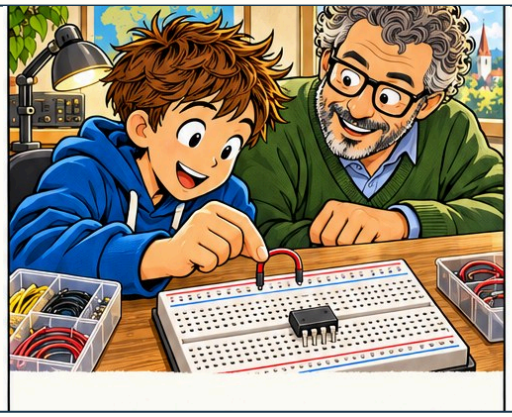
Το πακέτο διασχίζει το κεντρικό κενό: οι δύο σειρές ακίδων του παραμένουν ηλεκτρικά χωριστές.



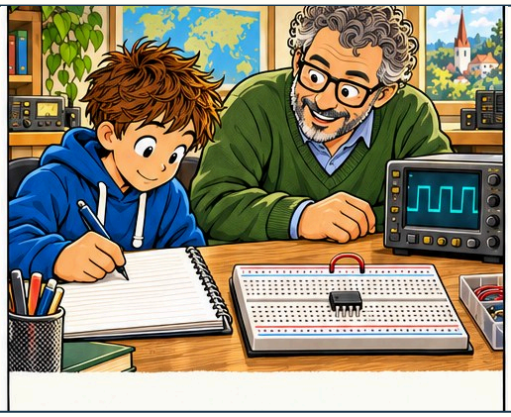
Οι μικρές ομάδες οπών συνδέονται προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Το Lucas δοκιμάζει αντί να μαντεύει.



Κάποιες ράγες τροφοδοσίας έχουν σπασίματα στη μέση. ελέγχουν το δικό τους breadboard χωρίς συγκόλληση.



Ένα κοντό καλώδιο γεφύρωσης θα συνδέσει τα απαραίτητα τμήματα. Κανένα καλώδιο δεν πρέπει να αντικαθιστά ένα εξάρτημα κατά λάθος.



Το Henri γυρίζει το σχέδιο ώστε να ταιριάζει με τον προσανατολισμό της πλάκας ψωμιού χωρίς συγκόλληση. Το Lucas ελέγχει μία σύνδεση κάθε φορά.

Η πρώτη καλωδίωση



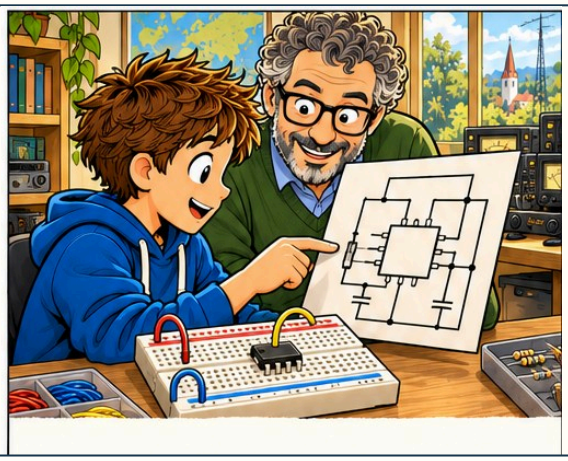
Με την απενεργοποίηση, συνδέουν τον ακροδέκτη 1 στη γείωση και τον ακροδέκτη 8 στο +5 V.



Για αυτήν την πρώτη συνεχή δοκιμή, η ακίδα 4, RESET, συνδέεται στο +5 V. Η είσοδος έχει τώρα μια καθορισμένη κατάσταση.



Το 100 nF συνδέει το 8 στο 1. Το 10 μF αποσυνδέει τις ράγες. ο πυκνωτής 10 nF στον πείρο 5 συνδέεται στη γείωση.



Το Lucas ελέγχει κάθε σύνδεση στο σχέδιο, χωρίς να συνδέσει ακόμη τις αντιστάσεις χρονισμού.



Ελέγχουν την εγκοπή, τις ράγες και την απουσία βραχυκυκλώματος μεταξύ παροχής και γείωσης.



«Η καρδιά του κυκλώματος χρονισμού εξακολουθεί να λείπει», ανακοινώνει ο Henri. Το Lucas προετοιμάζει τον πυκνωτή C.

Ένας μέτριος δείκτης



Η έξοδος 3 θα συνδεθεί σε μια αντίσταση του 2,2 kΩ και μετά στην άνοδο LED. η κάθοδος του θα πάει στη γείωση.



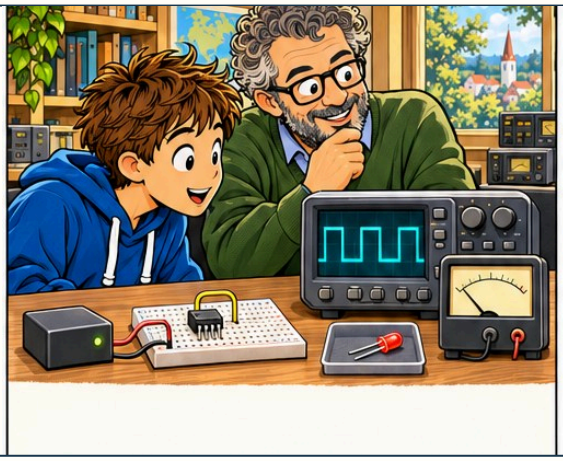
Το Henri βοηθά στην αναγνώριση της ανόδου και της καθόδου χρησιμοποιώντας το φύλλο δεδομένων LED και στη συνέχεια τη λειτουργία διόδου του πολύμετρου.



"Με περίπου 2 V στο LED, ακόμη και το 5 V στην έξοδο θα περιόριζε το ρεύμα σε περίπου 1,4 mA."



Η πραγματική έξοδος του διπολικού NE555 δεν φτάνει απαραίτητα μέχρι τη θετική ράγα. Το ρεύμα μπορεί να είναι χαμηλότερο.



Αυτό το LED είναι ένας δείκτης, όχι ένα βαρύ φορτίο. Αφήνουν ακριβείς μετρήσεις στο πολύμετρο και τον παλμογράφο.



Το Lucas αφήνει το LED ορατό στην άκρη του breadboard χωρίς συγκόλληση. Θα τον βοηθήσει να καταλάβει τι κάνει η έξοδος.

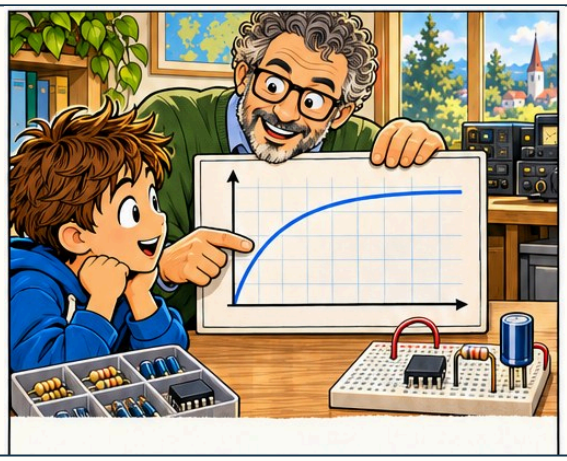
Ένα σφουγγάρι για το χρόνο



Το Henri συγκρίνει τον πυκνωτή με μια μικρή δεξαμενή που γεμίζει μέσω μιας αντίστασης.



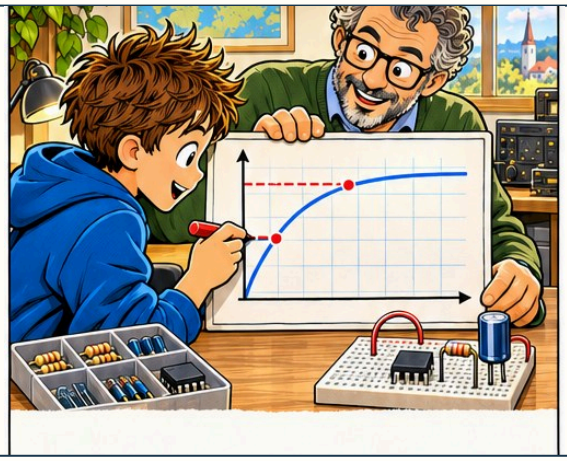
Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση, τόσο πιο αργή είναι η φόρτιση. Όσο μεγαλύτερο είναι το C, τόσο περισσότερη χρέωση απαιτείται.



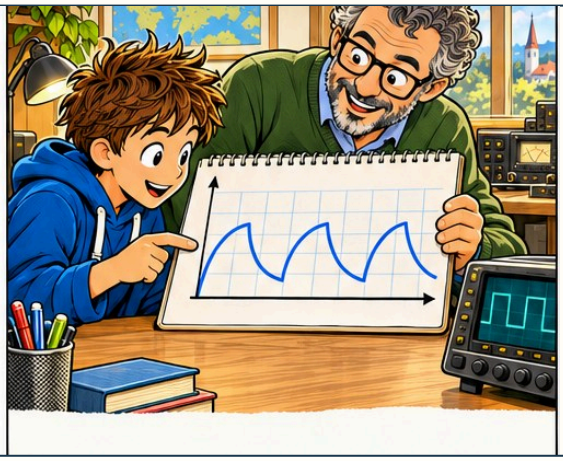
Η τάση δεν ανεβαίνει σε ευθεία γραμμή: η καμπύλη φόρτισης κάμπτεται προς την τάση τροφοδοσίας.



«Και πώς αδειάζει;» Το Henri δείχνει τη διαδρομή εκφόρτισης που ελέγχεται από τον ακροδέκτη 7.



Το Lucas συνδέει αυτήν την καμπύλη με τα δύο κατώφλια. Το 555 δεν θα περιμένει μέχρι να γεμίσει τελείως ο πυκνωτής.



Προβλέπει μια άνοδο, μια πτώση και μετά μια άλλη άνοδο. Ο ρυθμός τους αρχίζει να διαμορφώνεται.

Το επαναλαμβανόμενο κύκλωμα



Συνδέουν τις ακίδες 2 και 6 μαζί. Αυτός ο κοινός κόμβος συνδέεται σε ένα τερματικό του C = 10 nF.



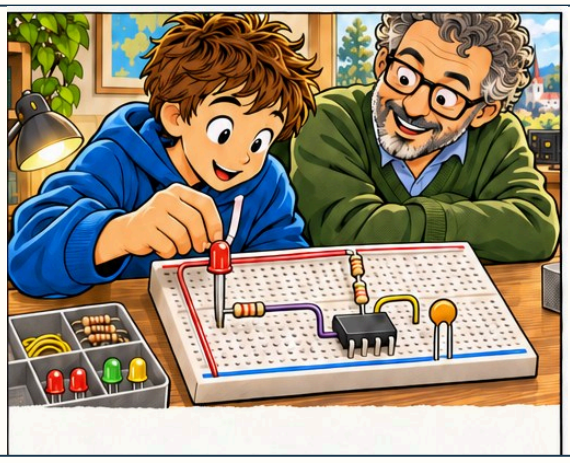
Ο άλλος ακροδέκτης του C συνδέεται με τη γείωση. Οι δύο συγκριτές παρακολουθούν την τάση του πυκνωτή.



RA = Το 10 kΩ συνδέει το +5 V στο pin 7. RB = Το 100 kΩ συνδέει την ακίδα 7 στον κόμβο 2–6.



«Μέσω RA και στη συνέχεια RB για φόρτιση· μέσω RB για εκφόρτιση», συνοψίζει ο Henri, εντοπίζοντας τα καλώδια στο σχέδιο.



Η έξοδος 3 παραμένει δεσμευμένη για τον δείκτη και τις μετρήσεις. Δεν συνδέεται απευθείας στον πυκνωτή C.

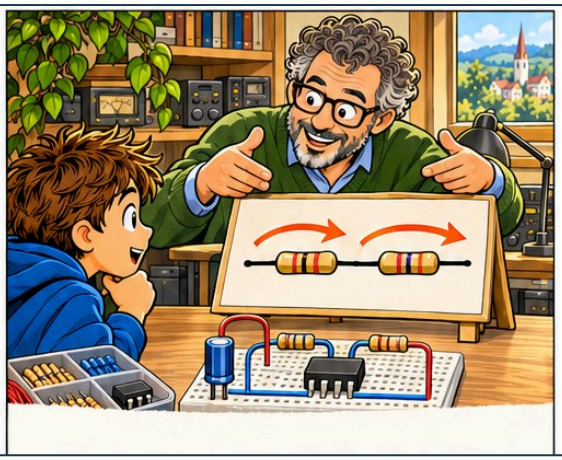


Το Lucas εξετάζει ολόκληρη την αλυσίδα. Κάθε καλώδιο βρίσκει τη θέση του πριν από την πρώτη εκκίνηση.

Η φόρτιση ξεκινά τον κύκλο



Κατά την εκκίνηση, το C έχει μικρή χρέωση. Μια τάση κάτω από το κατώτερο όριο δίνει κανονικά υψηλή έξοδο.



Το τρανζίστορ εσωτερικής εκφόρτισης είναι τότε απενεργοποιημένο. Η C φορτίζει μέσω RA και RB.



Η τάση του διασχίζει περίπου το ένα τρίτο του VCC και συνεχίζει να αυξάνεται. Η εσωτερική μνήμη διατηρεί την κατάστασή της.



«Δεν αλλάζει γνώμη κάθε στιγμή!» Το Lucas ακολουθεί την καμπύλη προς το ανώτερο όριο.



Όταν η τάση φτάσει περίπου τα δύο τρίτα του VCC, ο συγκριτής κατωφλίου προκαλεί εναλλαγή.

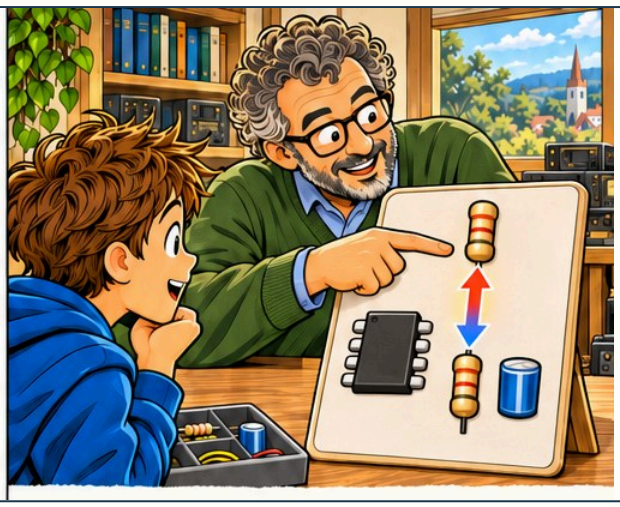


Η έξοδος μειώνεται και η διαδρομή εκφόρτισης αρχίζει να πραγματοποιείται. Το δεύτερο μισό του ταξιδιού ξεκινά.

Η εκφόρτιση κλείνει τον βρόχο



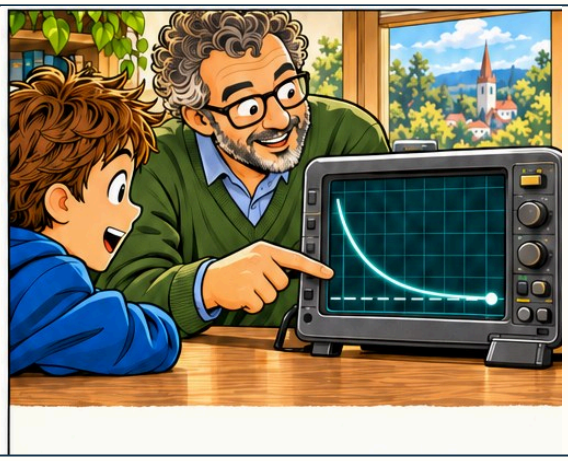
Ο πυκνωτής αποφορτίζεται τώρα μέσω του RB και το εσωτερικό τρανζίστορ είναι συνδεδεμένο στον ακροδέκτη 7.



Το RA περιορίζει το ρεύμα μεταξύ του +5 V και της ακίδας 7 όταν τραβιέται κοντά στο έδαφος.



"Οπότε σίγουρα δεν είναι ένα απλό καλώδιο στη θέση του RA!" Το Lucas υπογραμμίζει αυτόν τον περιορισμό.



Επιστρέφοντας κάτω από το ένα τρίτο περίπου του VCC, η τάση του C ενεργοποιεί μια νέα εκκίνηση.



Η τάση εξόδου ανεβαίνει ψηλά, η εκφόρτιση σταματά και το C φορτίζει ξανά προς το ανώτερο όριο. Ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

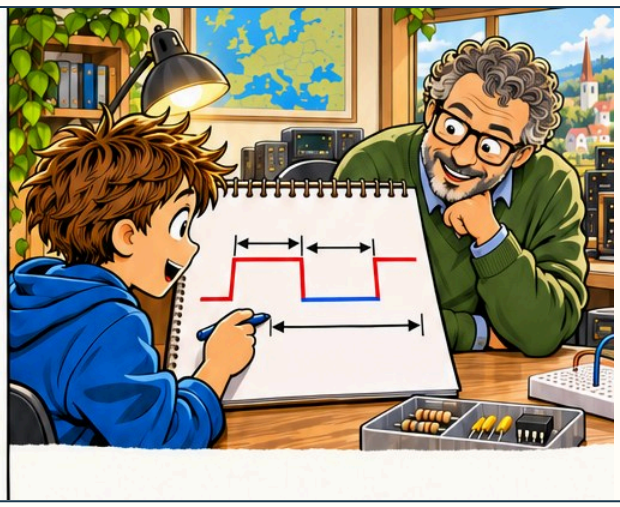


Στην έξοδο, μια ορθογώνια κυματομορφή. κατά μήκος του C, καμπύλες ανόδους και πτώσης. Δύο σχήματα για τον ίδιο ρυθμό.

Τρεις τύποι χρονισμού



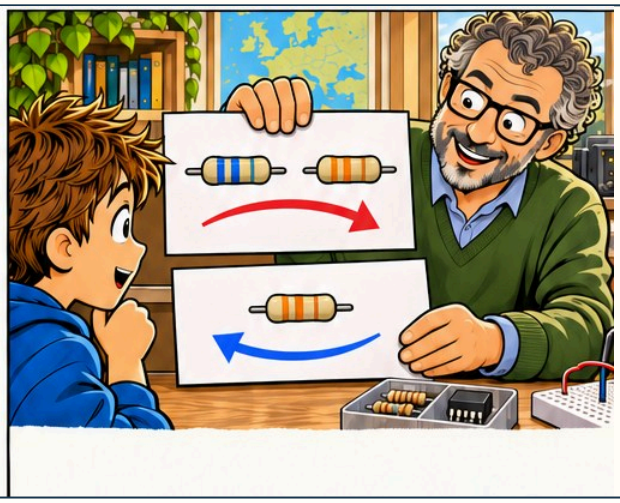
Το Henri γράφει τις προσεγγίσεις: tH = 0,693 × (RA + RB) × C; tL = 0,693 × RB × C.



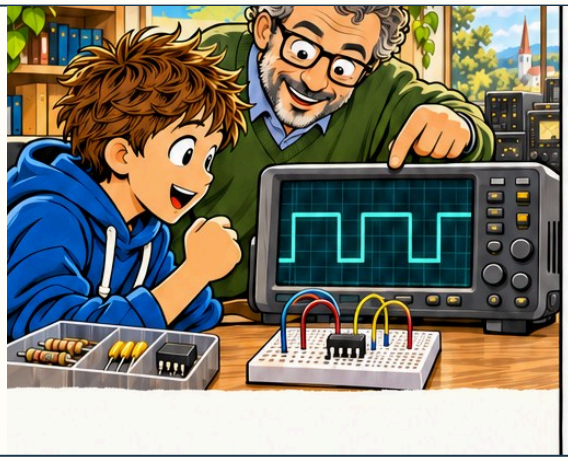
Η διάρκεια ενός κύκλου είναι T = tH + tL. Η συχνότητα ταλάντωσης είναι f = 1/T.



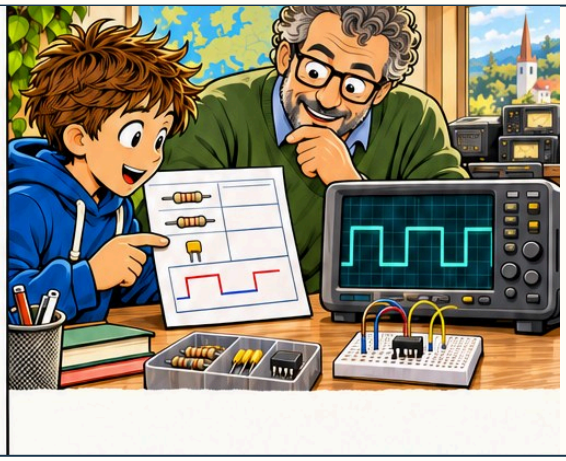
Χρησιμοποιούμε επίσης f ≈ 1,44 / [(RA + 2RB) × C]. Οι αντιστάσεις είναι σε ohms, C σε farads.



«Γιατί να διπλασιάσει το RB;» Το Lucas βρίσκει το RB στη φόρτιση και την αποφόρτιση.



Σε αυτό το κλασικό ασταθές κύκλωμα, το υψηλό διάστημα υπερβαίνει το χαμηλό διάστημα: δεν είναι ακριβώς 50 %.



Ο υπολογισμός προβλέπει την ονομαστική πράξη. Οι ανοχές και το πραγματικό κύκλωμα θα καθορίσουν τη μέτρηση.

Ήχος κοντά στα 700 hertz



Για RA = 10 kΩ, RB = 100 kΩ και C = 10 nF, βρίσκουν tH ≈ 0,762 ms.



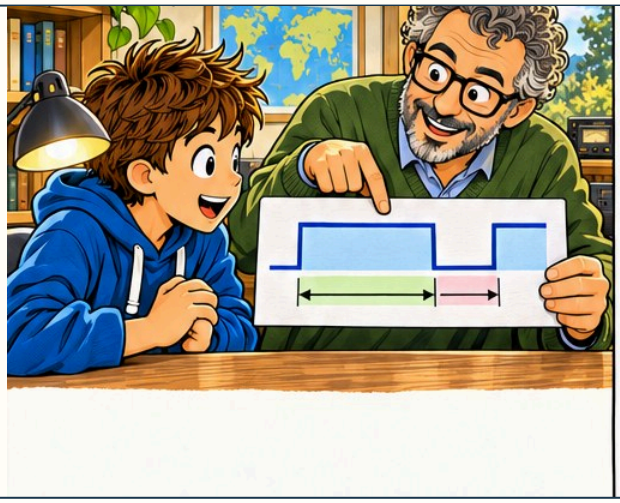
Το χαμηλό διάστημα είναι περίπου 0,693 ms. Επομένως, η περίοδος είναι κοντά στο 1,46 ms.



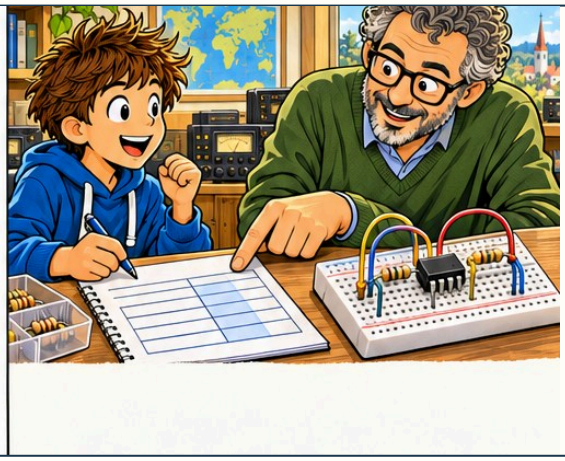
Ο τύπος που χρησιμοποιεί 1,44 δίνει περίπου 686 Hz. χρησιμοποιώντας τους στρογγυλεμένους συντελεστές χρονισμού, περίπου 687 Hz: παρόμοια αποτελέσματα.



«Είχαμε στοχεύσει σε περίπου 700 Hz, όχι έναν εγγυημένο τόνο ήχου στο πλησιέστερο hertz», θυμάται ο Henri.



Ο ονομαστικός κύκλος λειτουργίας είναι (RA + RB)/(RA + 2RB) ή περίπου 52,4 %.



Το Lucas διατηρεί τις μονάδες και τις στρογγυλοποιήσεις ορατές. Θα συγκρίνει αυτή την πρόβλεψη με το πραγματικό κύκλωμα.

Η πρώτη ενεργοποίηση



Εγκαθιστούν τα εργαλεία, ελέγχουν ξανά το σχέδιο και ανοίγουν το ρεύμα με τον προγραμματισμένο περιορισμό ρεύματος.



Η ενδεικτική λυχνία φαίνεται να είναι συνεχώς αναμμένη: κοντά στο 700 Hz, το μάτι δεν μπορεί να διακρίνει κάθε παλμό.



«Δεν αναβοσβήνει!» — "Το μάτι σου είναι πιο αργό από αυτό το κύκλωμα. Ας ψάξουμε για διαφορετικά στοιχεία."



Το Henri συνδέει τη γείωση του αισθητήρα με τη γείωση συναρμολόγησης, σε αυτό το επαληθευμένο απομονωμένο τροφοδοτικό.

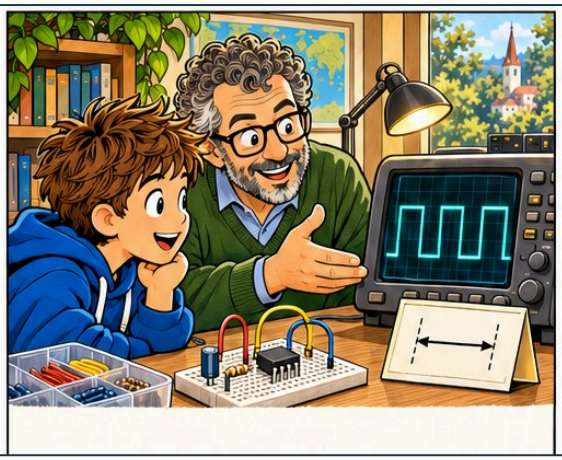


Η άκρη του αισθητήρα πηγαίνει στην έξοδο 3. Ο παλμογράφος εμφανίζει ορθογώνιους παλμούς: ο ταλαντωτής λειτουργεί.



Ο Lucas χαμογελά: «Το φως μου έδωσε μια ιδέα, αλλά όχι ολόκληρη την απάντηση».

Παρατηρώντας δύο διαφορετικές τάσεις



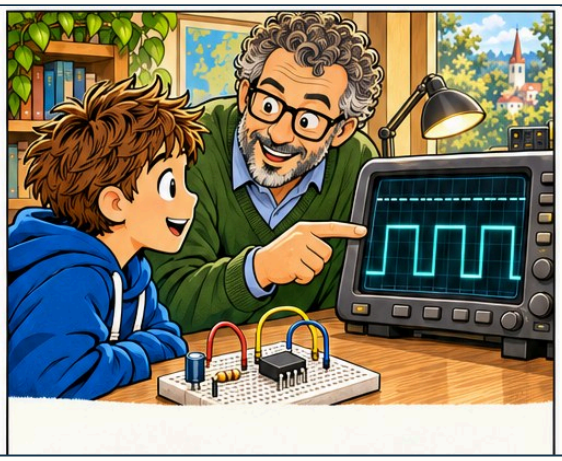
Στην έξοδο 3, παρατηρούν τα υψηλά και χαμηλά διαστήματα. Η μετρούμενη συχνότητα ταλάντωσης παραμένει κοντά στον υπολογισμό.



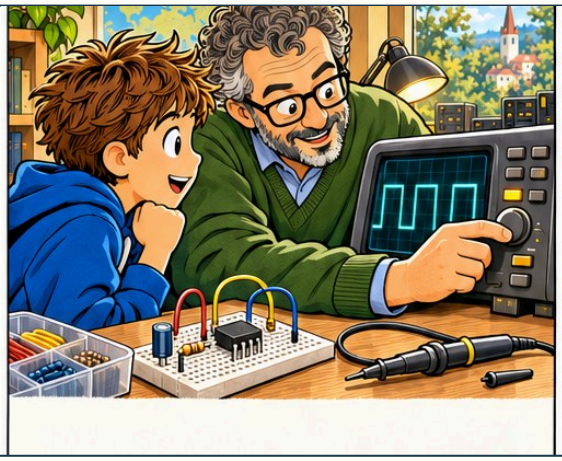
Στον πυκνωτή C, η τάση ανεβαίνει και πέφτει μεταξύ των δύο αναμενόμενων ορίων.



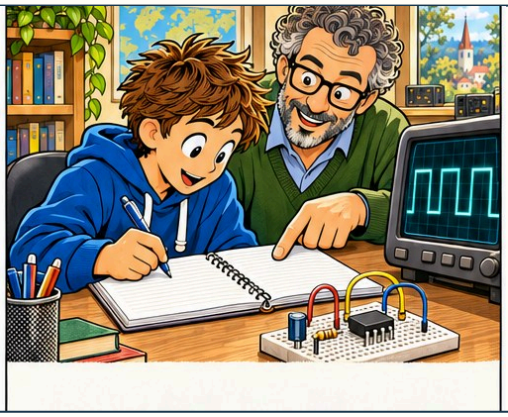
Τα δύο ίχνη είναι διαφορετικά. Ο Lucas ελέγχει πάντα ποιο σημείο μετράει ο αισθητήρας του.



Η διπολική έξοδος δεν φτάνει απαραίτητα το 5 V υπό φορτίο. Αποφεύγουν τη σύγχυση του λογικού επιπέδου και της τέλειας τάσης.



Ο αισθητήρας και το όργανο μπορούν να επηρεάσουν την τάση που μετράται. Το Henri επιλέγει κατάλληλες ρυθμίσεις μέτρησης.



Το σημειωματάριο φιλοξενεί μια ξεχωριστή πρόβλεψη και παρατήρηση. Καμία παρατηρούμενη τιμή δεν επινοείται εκ των προτέρων.

Γιατί η μέτρηση διαφέρει από τον υπολογισμό



«Περίμενα ακριβώς την υπολογισμένη συχνότητα ταλάντωσης!» Το Henri επισημαίνει τις ανοχές αντίστασης και πυκνωτή.



Ένα ελαφρώς μεγαλύτερο C επιβραδύνει την ταλάντωση. Τα σφάλματα εξαρτημάτων μπορούν να συνδυαστούν.



Τα κατώφλια, η διαρροή και η θερμοκρασία προσθέτουν τα αποτελέσματά τους. Οι τύποι παραμένουν χρήσιμες προσεγγίσεις.



Με την απενεργοποίηση, αλλάζουν μία παράμετρο τη φορά και μετά ενεργοποιούνται ξανά για μέτρηση.



Το Lucas συγκρίνει δύο αναγνωρισμένους πυκνωτές. Περιγράφει την παρατηρούμενη τάση χωρίς να ισχυρίζεται πλασματική ακρίβεια.



«Η κατανόηση του κενού είναι καλύτερη από τη διόρθωση ενός τυχαίου αριθμού», καταλήγει, κλείνοντας το σημειωματάριο.

Ένα πόμολο για να επιλέξετε τον τόνο



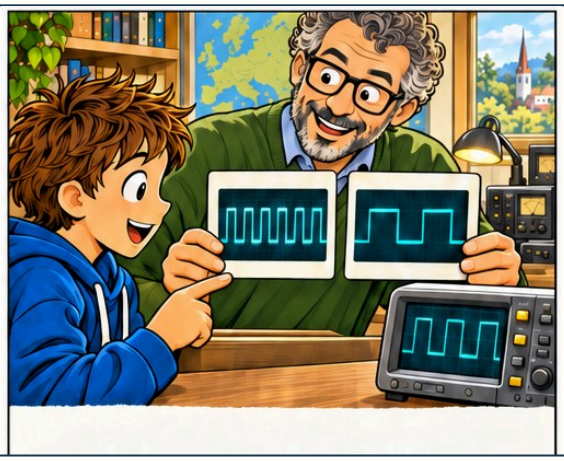
Για να προσαρμόσουν τον τόνο, αντικαθιστούν το RB με το 47 kΩ σε σειρά με ποτενσιόμετρο 100 kΩ.



Το ρυθμιστικό ποτενσιόμετρου συνδέεται με τον τερματικό ακροδέκτη που χρησιμοποιείται: το ποτενσιόμετρο είναι καλωδιωμένο ως μεταβλητή αντίσταση.



Η σταθερή αντίσταση του 47 kΩ διατηρεί μια ελάχιστη αντίσταση. Το RA παραμένει στο 10 kΩ.



Με C = 10 nF, η ονομαστική συχνότητα ταλάντωσης κυμαίνεται περίπου από 474 Hz έως 1 385 Hz.



"Μια χρήσιμη ρύθμιση, όχι ένα μαγικό κουμπί." Έκοψαν το ρεύμα για να αλλάξουν την καλωδίωση.



Μετά την εκ νέου ενεργοποίηση, το Lucas επιλέγει έναν άνετο τόνο. Σημειώνει μια αρχική ρύθμιση στον μπροστινό πίνακα.

Μετά ξαφνικά, δεν υπάρχει άλλος ρυθμός



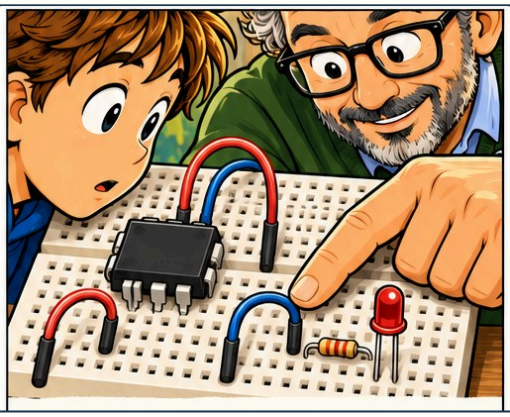
Όταν το Lucas μετακινεί το breadboard χωρίς συγκόλληση, η κυματομορφή εξαφανίζεται από τον παλμογράφο. Η ένδειξη παραμένει σβηστή.



"Είναι νεκρό το 555;" Το Henri προτείνει να ξεκινήσετε με αυτό που μπορούν να παρατηρήσουν.



Κλείνουν το ρεύμα και συγκρίνουν την πραγματική καλωδίωση με το σχέδιό τους, χωρίς να αντικαθιστούν τυχαία εξαρτήματα.



Ένα καλώδιο βραχυκυκλωτήρα έχει γλιστρήσει μια σειρά πολύ μακριά. Η ακίδα 4 δεν είναι πλέον συνδεδεμένη στο προβλεπόμενο υψηλό επίπεδο.



Το Lucas βλέπει τη σύνδεση μεταξύ του RESET και της εξόδου: μια απροσδιόριστη είσοδος μπορεί να σταματήσει τη λειτουργία του κυκλώματος.



Διορθώνουν τη σύνδεση και στη συνέχεια προετοιμάζονται για άλλη δοκιμή. Η ανάλυση έχει τελικά μια επαληθεύσιμη εξήγηση.

Αντιμετώπιση προβλημάτων με τη σωστή σειρά



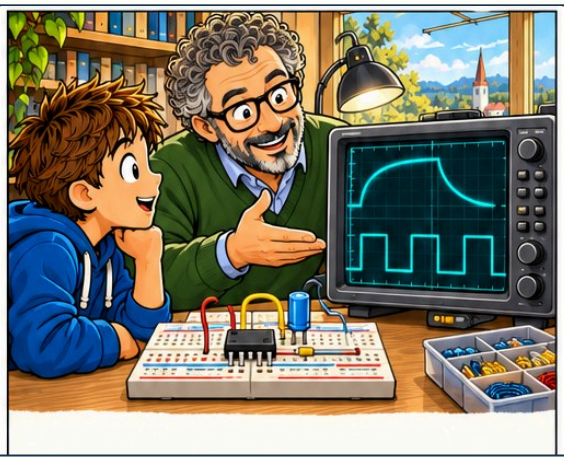
Το Henri προτείνει μια ρουτίνα: τροφοδοσία, γείωση, προσανατολισμός συσκευασίας, RESET, εξαρτήματα χρονισμού και έξοδος.



Το Lucas ελέγχει πρώτα την τάση μεταξύ 8 και 1. Μια μέτρηση αλλού θα μπορούσε να κρύψει μια κακή σύνδεση.



Επιθεωρούν τις διαχωρισμένες ράγες, τα χαλαρά καλώδια και τη θέση κάθε πείρου.



Μόλις παρατηρήσουν την τάση στο C, μπορούν να καταλάβουν καλύτερα εάν το σφάλμα είναι στον ταλαντωτή ή σε μεταγενέστερο στάδιο.

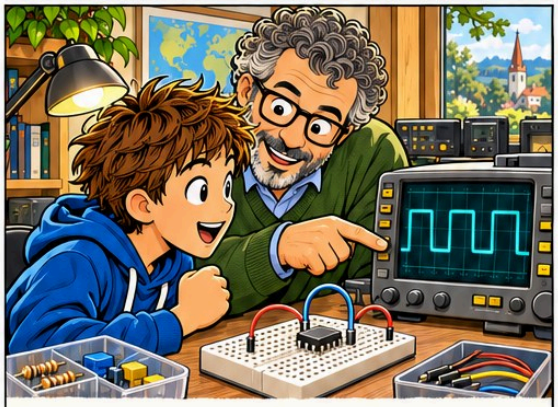


Οι συνδέσεις διορθώνονται όταν είναι απενεργοποιημένες. Οι μετρήσεις προετοιμάζονται πριν από την αποκατάσταση της ισχύος.



Το Lucas χαράζει μια διαγνωστική διαδρομή: κάθε ερώτηση πρέπει να μειώνει τον αριθμό των πιθανών αιτιών.

Ένα σφάλμα γίνεται μάθημα



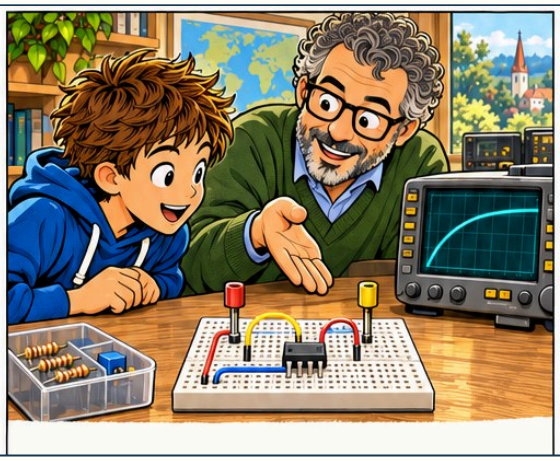
Μετά τη διόρθωση, η ακίδα 4 έχει το καθορισμένο επίπεδο. Το κύκλωμα παράγει πάλι ορθογώνιους παλμούς.



«Είχαμε μια υπόθεση, έναν έλεγχο και μια επισκευή», συνοψίζει ο Lucas. Ο Henri του επιτρέπει να εξηγήσει.



Τραβούν απαλά τα καλώδια του βραχυκυκλωτήρα, με το ρεύμα εκτός λειτουργίας, για να εντοπίσουν χαλαρές συνδέσεις.



Το Lucas αποθηκεύει υπερβολικά μακριά καλώδια και ελευθερώνει την πρόσβαση στα σημεία μέτρησης.



Το σημειωματάριο καταγράφει τη βλάβη και την αιτία της. Ένας επισκέπτης θα μπορεί να μάθει από αυτό το περιστατικό χωρίς να το επαναλάβει.



Ο ρυθμός επέστρεψε. Τώρα πρέπει να το κάνουν να ακούγεται χωρίς να ζητούν από το NE555 να οδηγεί απευθείας το ηχείο.

Ένα ηχείο δεν είναι LED



Το Lucas μετακινεί το ηχείο προς την έξοδο 3. Ο Henri τον σταματά απαλά: «Ας ελέγξουμε το φορτίο που παρουσιάζει».



Ένα μικρό ηχείο χαμηλής σύνθετης αντίστασης χρειάζεται ρεύμα που αυτό το κύκλωμα δεν πρέπει να τροφοδοτεί απευθείας.



Το NE555 δίνει το ρυθμό εδώ. μια μονάδα ενισχυτή ήχου συμβατή με το 5 V παρέχει την ηχητική ενέργεια.



Επιλέγουν μια μονάδα της οποίας η είσοδος δέχεται αυτό το σήμα μετά τη σύζευξη και τη ρύθμιση της στάθμης, σύμφωνα με τις οδηγίες της.



Το ηχείο θα συνδεθεί στους ακροδέκτες που παρέχονται από τη μονάδα. Ορισμένες έξοδοι δεν πρέπει να είναι γειωμένες.

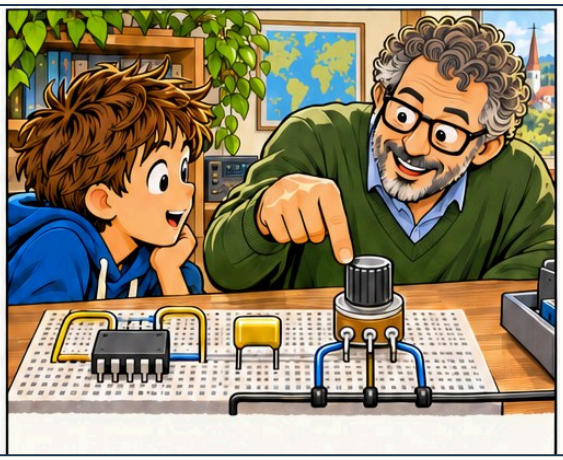


Το Lucas επανασχεδιάζει τρία μπλοκ: ταλαντωτή, ρύθμιση στάθμης, ενισχυτής. Κάθε στοιχείο έχει τη δουλειά του.

Το μονοπάτι του ήχου



Με την απενεργοποίηση, η έξοδος 3 συνδέεται με έναν μη πολωμένο πυκνωτή ζεύξης 100 nF.



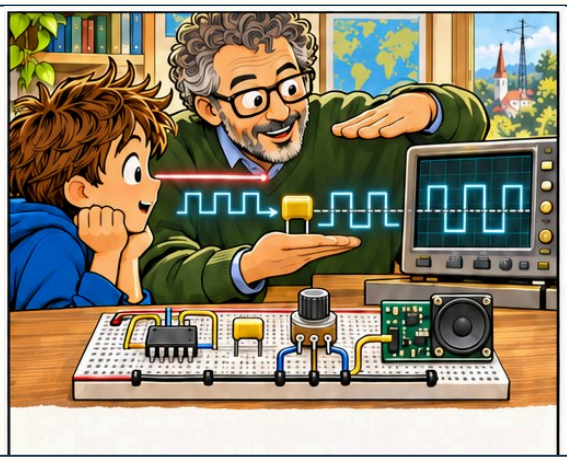
Το άλλο τερματικό συνδέεται στην κορυφή ενός ποτενσιόμετρου 47 kΩ. Ο πυθμένας του συνδέεται με κοινό έδαφος.



Το ρυθμιστικό ποτενσιόμετρου συνδέεται στην είσοδο υψηλής σύνθετης αντίστασης της επιλεγμένης μονάδας ήχου. Οι οδηγίες του επιβεβαιώνουν αυτή τη σύνδεση.



Η μονάδα και το NE555 μοιράζονται έδαφος. η μονάδα λαμβάνει την ισχύ της σύμφωνα με την τεκμηρίωσή της.



Ο πυκνωτής σύζευξης μπλοκάρει το στοιχείο DC της εξόδου, ενώ επιτρέπει τη διέλευση των παραλλαγών ήχου.



Γυρίζουν την ένταση στο ελάχιστο πριν από την πρώτη προσπάθεια. Το Lucas δεν έχει συνδέσει ακόμα κανένα ακουστικό.

Επιτέλους, ο πρώτος ήχος



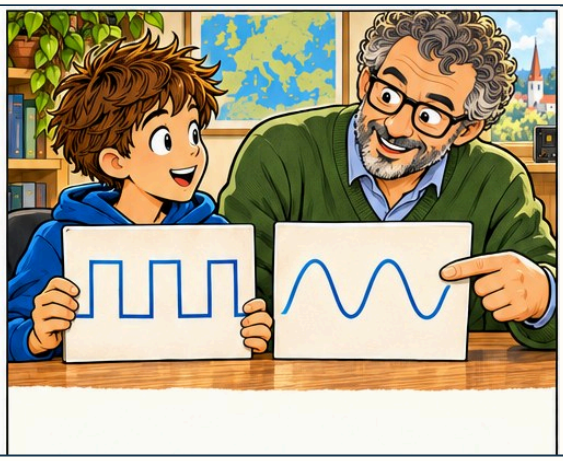
Όταν ενεργοποιηθεί ξανά, το Lucas αυξάνει αργά την ένταση. Ένας καθαρός ηχητικός τόνος γεμίζει τη μικρή γωνιά του εργαστηρίου.



«Τραγουδάει!» Ο Henri του ζητά να συγκρίνει τον ήχο που ακούει με την κυματομορφή στον παλμογράφο.



Ρυθμίζουν πρώτα τη συχνότητα ταλάντωσης και μετά το επίπεδο ήχου. Δύο κουμπιά, δύο διαφορετικά εφέ.



Η ορθογώνια κυματομορφή περιέχει αρμονικές: δεν έχει τη χροιά ενός καθαρού ημιτονοειδούς κύματος.



Ο όγκος παραμένει άνετος για το τραπέζι. Δεν συνδέουν τα ακουστικά απευθείας στην έξοδο του 555.



Ο Lucas κλείνει τα μάτια του για μια στιγμή: η μικρή καμπύλη του σημειωματάριου του έχει γίνει μια εμπειρία που ακούει.

Το κλειδί πρέπει να ελέγχει τον ήχο



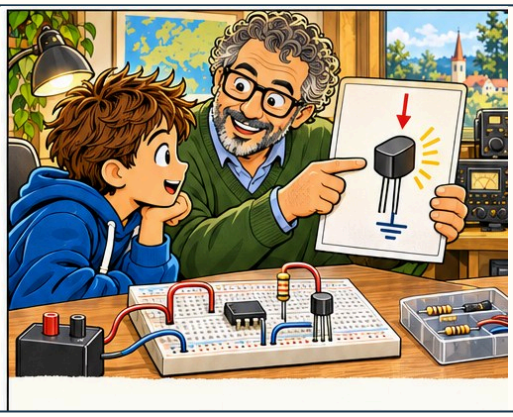
Ο ήχος είναι συνεχής. «Το κλειδί πρέπει να το ενεργοποιεί ενώ είναι πατημένο», προτείνει ο Lucas καθώς κλείνει την παροχή.



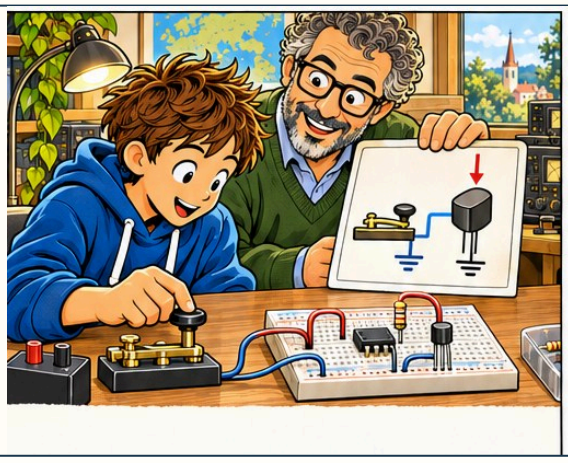
Αφαιρούν την απευθείας σύνδεση από το RESET στο +5 V. Μια αντίσταση 4,7 kΩ συνδέει τώρα το RESET, τον ακροδέκτη 4, με το +5 V.



Ένα NPN 2N3904 έχει τον συλλέκτη του συνδεδεμένο στο RESET και τον πομπό του στη γείωση. ελέγχουν το πραγματικό pinout του.



Μια αντίσταση 10 kΩ συνδέει τη βάση με το +5 V. Σε κατάσταση ηρεμίας, το ρεύμα ρέει μέσω του NPN, το οποίο κρατά το RESET χαμηλό: σιωπή.



Το πλήκτρο συνδέει τη βάση με τη γείωση: πατώντας το απενεργοποιείται το NPN. Το RESET ανεβαίνει ψηλά και ο τόνος αρχίζει.

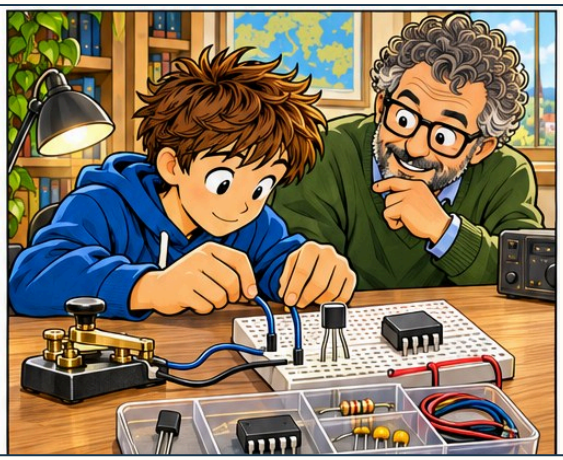


"Το τρανζίστορ αντιστρέφει την εντολή κλειδιού!" Εντοπίζουν και τις δύο καταστάσεις στο διάγραμμα πριν από τη δοκιμή.

Ένα πάτημα, ένας ήχος



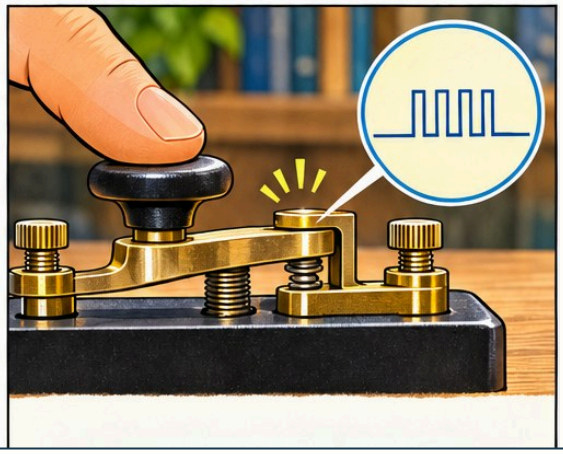
Το κλειδί παραμένει απομονωμένο από οποιονδήποτε ραδιοφωνικό σταθμό. Οι δύο ακροδέκτες του χρησιμοποιούνται μόνο για τον έλεγχο χαμηλής τάσης μας.



Το ένα καλώδιο πηγαίνει στη βάση NPN, το άλλο στη γείωση. Το Lucas ελέγχει τους ακροδέκτες και την αντίσταση έλξης.



Ανάβουν: σιωπή σε ηρεμία. Το Lucas πατά το πλήκτρο Μορς: ξεκινά ο τόνος. Απελευθερώνει το κλειδί: σταματά.



«Ακολουθεί την κίνησή μου!» Οι μηχανικές επαφές μπορούν ωστόσο να αναπηδήσουν και να παράγουν μικρά κλικ.



Το Henri διατηρεί τα καλώδια κοντά. Το καλώδιο του κλειδιού δεν πρέπει να γίνει ένας μεγάλος βρόχος που εντοπίζει ενοχλήσεις.

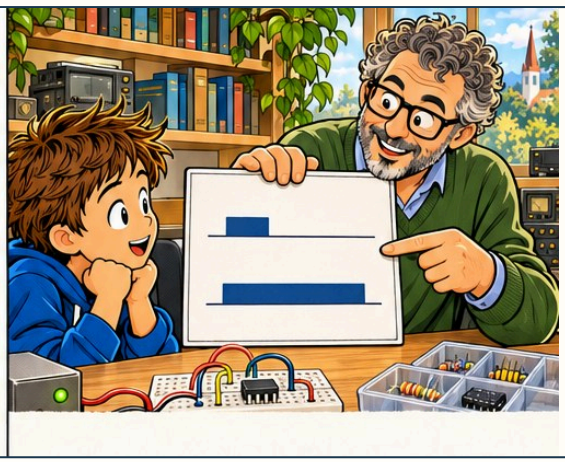


Το Lucas επαναλαμβάνει αργά τρία πατήματα. Για πρώτη φορά, το κύκλωμα ανταποκρίνεται στο δάχτυλό του.

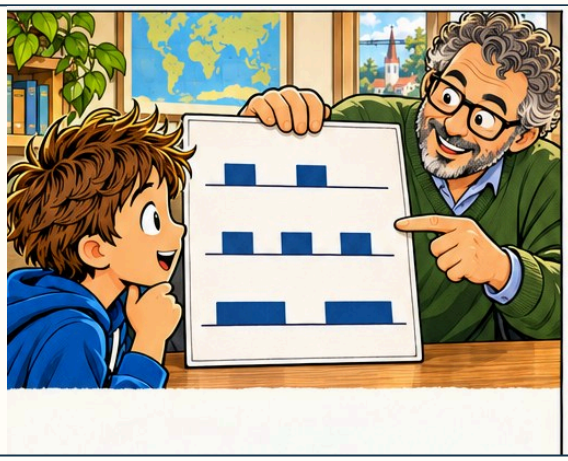
Ο κώδικας μορς είναι επίσης σιωπή



Το Lucas χτυπά πολύ γρήγορα και ανακατεύει τα πάντα. Το Henri προτείνει επιβράδυνση και ακρόαση των διαστημάτων.



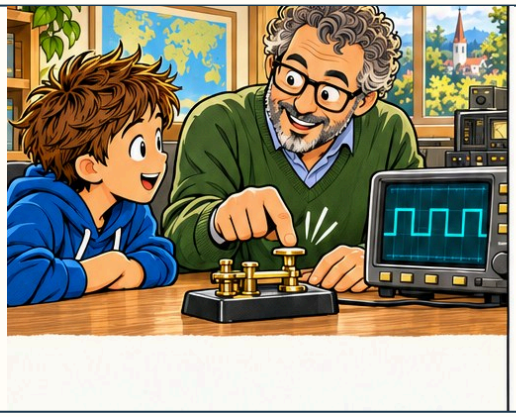
Μια κουκκίδα διαρκεί μία μονάδα. μια παύλα διαρκεί τρεις. Αφήστε μια μονάδα ανάμεσα σε στοιχεία του ίδιου χαρακτήρα.



Ανάμεσα σε δύο χαρακτήρες, ο χώρος αξίζει τρεις μονάδες. ανάμεσα σε δύο λέξεις, επτά μονάδες στον ρυθμό αναφοράς.



«Έτσι η σιωπή είναι μέρος του μηνύματος!» Το Lucas σχεδιάζει μια λωρίδα με ήχους και παύσεις.



Το Henri επιλέγει σταθερό ρυθμό αντί για διαγωνισμό ταχύτητας. Ο εκπαιδευτής δεν μπορεί να διορθώσει μόνος του τις κινήσεις του χειριστή.



Χρησιμοποιούν ένα κοντό μοτίβο. Αυτή τη φορά, το Lucas ακούει πού τελειώνει ένας χαρακτήρας πριν ξεκινήσει ο επόμενος.

Μαθαίνοντας μαζί



Το Henri παίζει ένα μικρό μοτίβο. Το Lucas προσπαθεί να το αναπαράγει. Στη συνέχεια ανταλλάσσουν ρόλους.



Μια διστακτική απάντηση προκαλεί ένα χαμόγελο, όχι μια κρίση. Ψάχνουν το απόσπασμα που έχει παρεξηγηθεί.



Ο Lucas ανακαλύπτει ότι η αλλαγή του τόνου μπορεί να κάνει την ακρόαση πιο ευχάριστη χωρίς να αλλάζει τους χρονισμούς Morse.



Η ένταση δεν αντικαθιστά την προσοχή ή τον ευανάγνωστο ρυθμό. Το κρατούν αρκετά χαμηλά για να μιλήσουν ήρεμα.



Το σημειωματάριο περιλαμβάνει μια σύντομη συνεδρία και διαλείμματα. Η ανοιχτή μέρα πρέπει να ενθαρρύνει τους επισκέπτες να δοκιμάσουν.

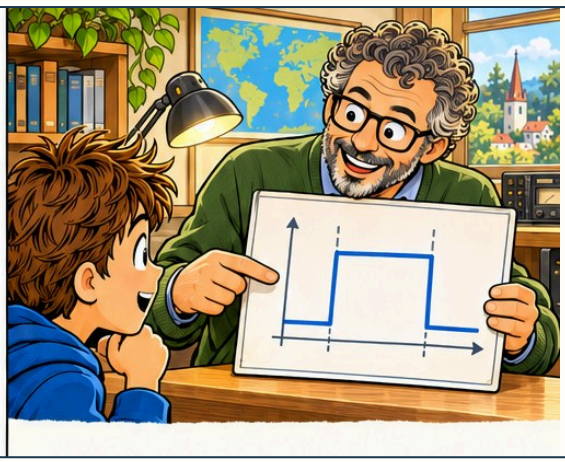


«Θα σου δείξω πρώτα πώς να ακούς», αποφασίζει ο Lucas. Ο Henri αναγνωρίζει ένα μάθημα από την πρώτη του περιπέτεια.

Ένα μικρό κλικ ανάμεσα στις σημειώσεις



Όταν αρχίζει ο ήχος, ακούνε ένα μικρό κλικ. «Η εναλλαγή είναι απότομη», εξηγεί ο Henri.



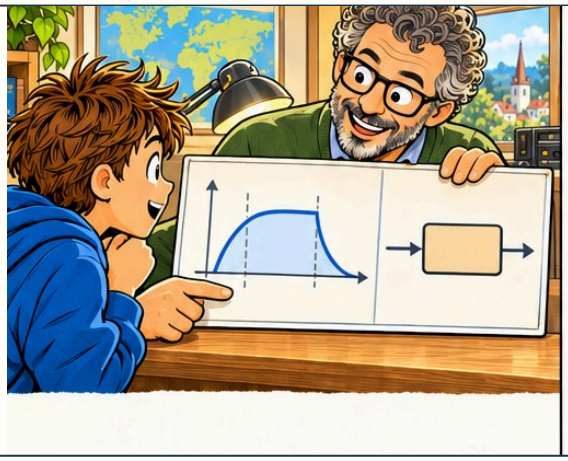
Το σήμα ξεκινά και σταματά χωρίς μαλακό φάκελο. Η σύζευξη ήχου δεν αφαιρεί όλα αυτά τα μεταβατικά.



Το Lucas ελέγχει επίσης ότι η μονάδα δεν κορεστεί: ένα πολύ υψηλό επίπεδο μπορεί να κάνει τον ήχο δυσάρεστο.



Κατεβάζουν το επίπεδο και παρατηρούν το σήμα. Η αλλαγή πολλών πραγμάτων ταυτόχρονα θα μπερδέψει τη διάγνωση.



Ένας προοδευτικός έλεγχος φακέλου θα απαιτούσε ένα πρόσθετο στάδιο, το οποίο θα μελετηθεί και θα δοκιμαστεί χωριστά.

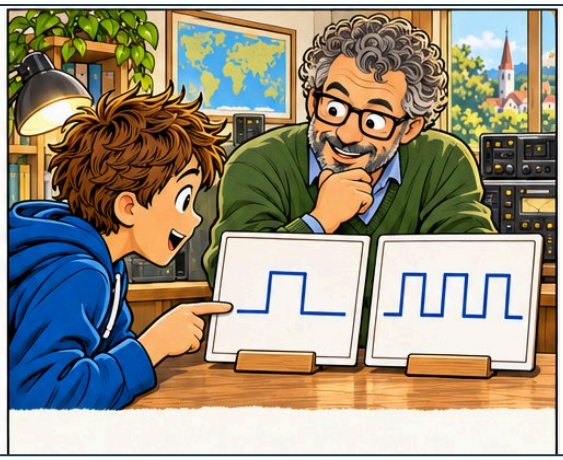


Για αυτόν τον εκπαιδευτή, χρησιμοποιούν μια άνετη ρύθμιση και αναφέρουν ειλικρινά αυτό το όριο στις οδηγίες.

Ένα δεύτερο πείραμα: ένας μόνος παλμός



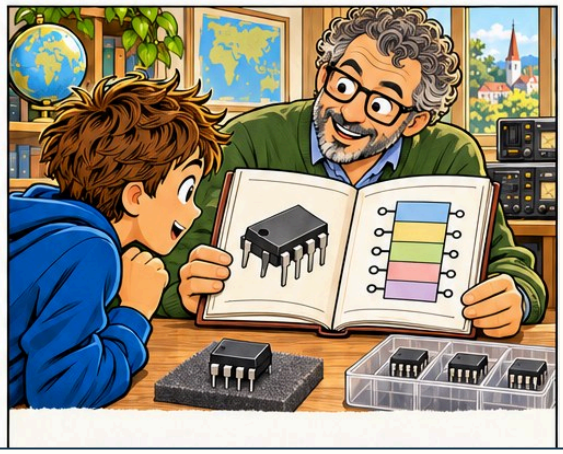
Το Lucas φαντάζεται ένα φως που παραμένει αναμμένο για λίγο μετά από ένα πάτημα. Το Henri προτείνει ένα μονοσταθερό κύκλωμα.



Σε αντίθεση με τον ασταθή, περιμένει για μια σκανδάλη, παράγει έναν παλμό και μετά επιστρέφει σε ηρεμία.



Ετοιμάζουν ένα άλλο breadboard χωρίς συγκόλληση για να διατηρήσουν ανέπαφο το εκπαιδευτικό Morse. Τα δύο πειράματα θα παραμείνουν χωριστά.



Το ίδιο NE555 μπορεί να εκτελέσει αυτή τη λειτουργία με διαφορετική καλωδίωση. Το Lucas βγάζει το διάγραμμα pinout του.



Η ονομαστική διάρκεια εξαρτάται κυρίως από μια αντίσταση R και έναν πυκνωτή C: T ≈ 1,1 × R × C.



«Συνεχής ήχος ή ένα ενιαίο διάστημα: το ίδιο πακέτο, μια διαφορετική ιστορία!» Ετοιμάζει ένα νέο τεστ.

Το διάγραμμα μονοσταθερού κυκλώματος



Σε αυτό το δεύτερο breadboard χωρίς συγκόλληση: 1 στη γείωση, 8 και 4 σε +5 V. ισχύουν οι ίδιες προφυλάξεις αποσύνδεσης.



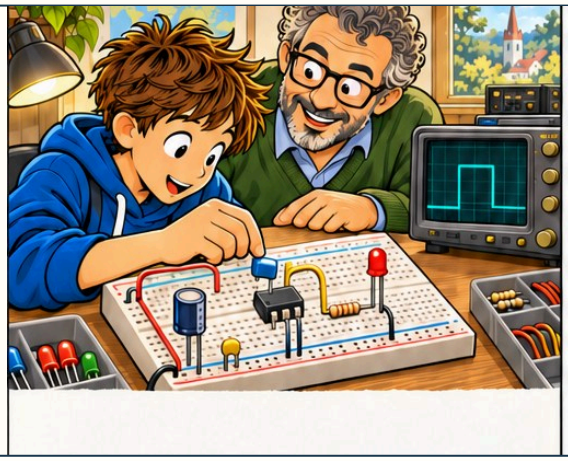
Οι ακίδες 6 και 7 συνδέονται στον ίδιο κόμβο. R = 100 kΩ συνδέει αυτόν τον κόμβο με τον +5 V.



Το C = 10 μF συνδέει αυτόν τον κόμβο στη γείωση, με τον θετικό του ακροδέκτη στην πλευρά 6–7 για το επιλεγμένο εξάρτημα.



Ο ακροδέκτης 2 διαθέτει αντίσταση έλξης από 10 kΩ έως +5 V και δοκιμαστικό κουμπί στη γείωση.



Ο ακροδέκτης 5 λαμβάνει το 10 nF στη γείωση. Η έξοδος 3 οδηγεί ένα LED μέσω της αντίστασής του 2,2 kΩ.



Το Lucas διακρίνει αυτό το διάγραμμα από το ασταθές κύκλωμα. "Εδώ, το 2 δεν είναι συνδεδεμένο στο 6!" Ο έλεγχος τους αποτρέπει τη σύγχυση.

Ένα σύντομο πάτημα για να ενεργοποιήσετε τον παλμό



Σε κατάσταση ηρεμίας, η ακίδα 2 είναι υψηλή και η έξοδος είναι χαμηλή. Ο πυκνωτής χρονισμού αποφορτίζεται.



Ένα σύντομο πάτημα τραβάει το TRIG κάτω από το ένα τρίτο του VCC. η έξοδος ανεβαίνει ψηλά και το C αρχίζει να φορτίζει.



Το Lucas απελευθερώνει το κουμπί αμέσως. Η σκανδάλη πρέπει να τελειώσει πριν από το προβλεπόμενο χρονικό διάστημα.



Εάν το TRIG παραμένει χαμηλό, το τέλος της συμπεριφοράς του παλμού δεν είναι πλέον εκείνο μιας σωστά προετοιμασμένης σύντομης σκανδάλης.



«Το να κρατάτε πατημένο το κουμπί δεν είναι επομένως καλός τρόπος για να μετρήσετε το T!» Ξεκινούν ξανά με ένα σύντομο πάτημα.



Μια αυτόματη είσοδος θα χρειαζόταν ένα καθαρό σήμα ενεργοποίησης συμβατό με τα όρια του φύλλου δεδομένων.

Περίπου ένα δευτερόλεπτο, όχι ένα ρολόι



Με R = 100 000 Ω και C = 0,000 010 F, T ≈ 1,1 × 100 000 × 0,000 010 = 1,1 s.



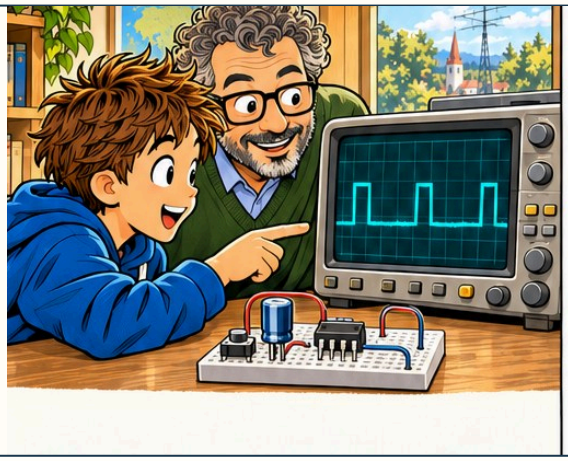
Το Lucas ενεργοποιεί το χρονόμετρο μία φορά και μετά παρατηρεί την ενδεικτική λυχνία να ανάβει και να σβήνει.



Ο πυκνωτής 10 μF έχει ανοχή και διαρροή. Το πραγματικό διάστημα μπορεί να διαφέρει από τον ονομαστικό υπολογισμό.



Για μεγάλη και ακριβή διάρκεια, αυτό το απλό RC δεν είναι απαραίτητα η καλύτερη επιλογή.



Μετρούν αρκετούς παλμούς με κατάλληλο όργανο, χωρίς να μετατρέπουν τις δοκιμές τους σε εγγύηση ακρίβειας.



Το Lucas γράφει: «Χρονισμός μιας ενέργειας, ναι, αντικατάσταση ρολογιού αναφοράς, όχι».

Έλεγχος ρελέ επίδειξης



Το Henri προτείνει ένα μικρό ρελέ με πηνίο 5 V που καταναλώνει περίπου το 20 mA, για να δείξει έμμεσο έλεγχο.



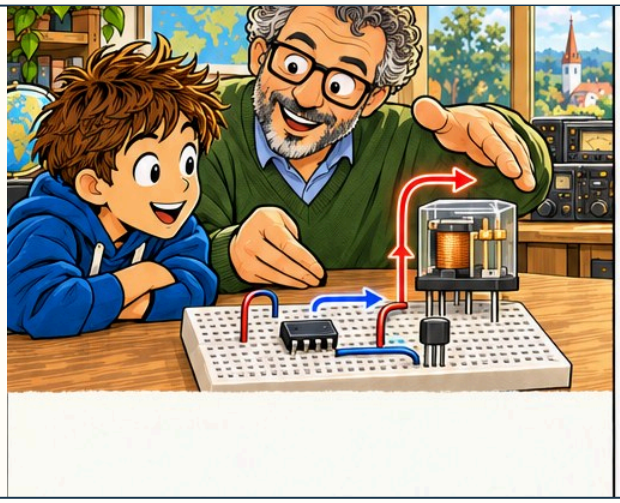
Η έξοδος 3 συνδέεται στη βάση ενός κατάλληλου τρανζίστορ NPN μέσω 1 kΩ. μια αντίσταση 10 kΩ συνδέει τη βάση με τον πομπό.



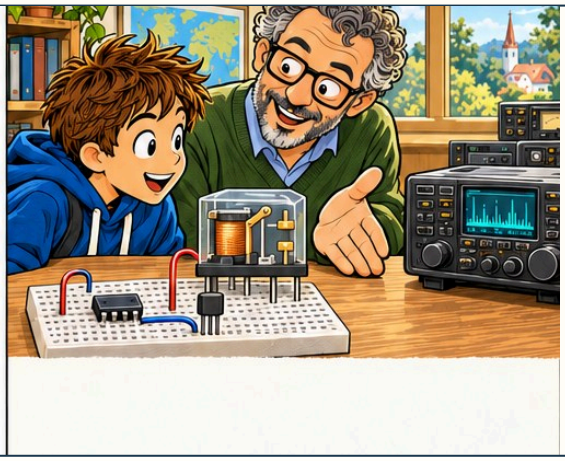
Ο εκπομπός τρανζίστορ πηγαίνει στη γείωση. ο συλλέκτης σε έναν ακροδέκτη πηνίου. ο άλλος ακροδέκτης πηνίου στο +5 V.



Ελέγχουν το πραγματικό pinout του τρανζίστορ και το επιτρεπόμενο ρεύμα στο φύλλο δεδομένων του: οι συσκευές NPN δεν είναι όλες πανομοιότυπες.



Η έξοδος του 555 οδηγεί τη βάση, ενώ το τρανζίστορ αλλάζει το ρεύμα του πηνίου.



Οι επαφές του ρελέ παραμένουν άφορτες κατά τη διάρκεια αυτής της δοκιμής. Δεν έχει συνδεθεί είσοδος ραδιοφώνου PTT.

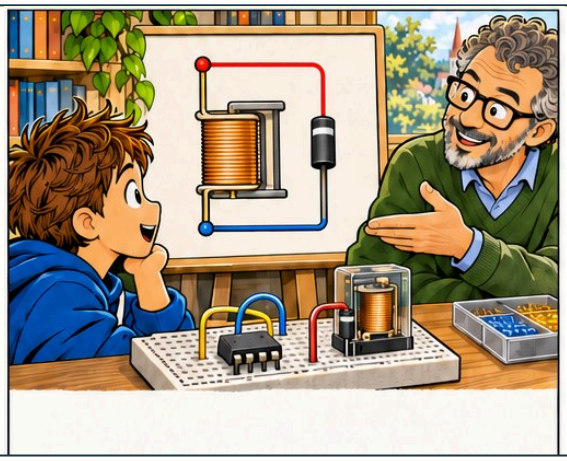
Η δίοδος που προστατεύει το πηνίο



"Ένα εξάρτημα λείπει δίπλα στο πηνίο", λέει ο Henri. Η διακοπή ενός επαγωγικού ρεύματος μπορεί να προκαλέσει αύξηση της τάσης.



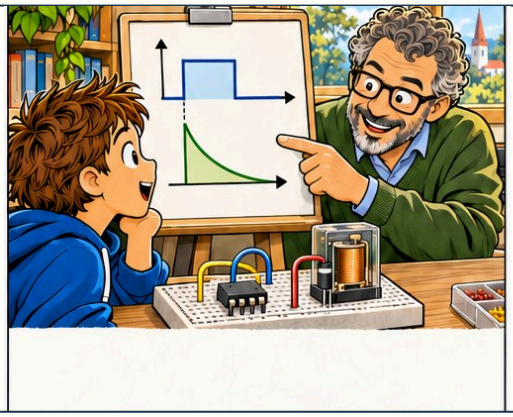
Μια δίοδος 1N4007 τοποθετείται παράλληλα στο πηνίο: κάθοδος στο +5 V, άνοδος στον συλλέκτη.



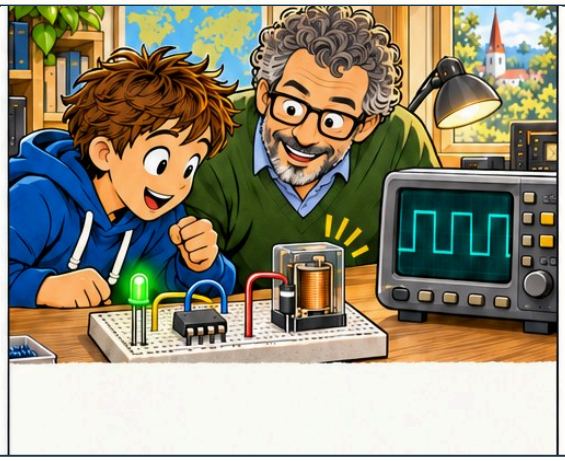
Κατά την κανονική λειτουργία, η δίοδος έχει αντίστροφη πόλωση. Κατά την απενεργοποίηση, παρέχει μια διαδρομή για το ρεύμα του πηνίου.



Το Lucas επισημαίνει τον δακτύλιο καθόδου πριν συνδεθεί. Μια αντίστροφη δίοδος θα ήταν σφάλμα και όχι προστασία.



Αυτή η διαδρομή ελεύθερου τροχού επιβραδύνει επίσης την απελευθέρωση του ρελέ. Η επιλογή της προστασίας εξαρτάται από την εφαρμογή.

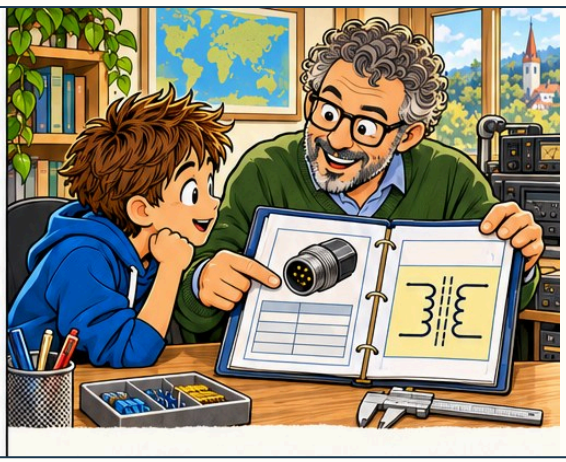


Ελέγχουν την καλωδίωση με απενεργοποιημένο και μετά ενεργοποιούν το μονοσταθερό. Το μικρό μηχανικό κλικ ακολουθεί την ένδειξη.

Μια ραδιοφωνική ιδέα, με τη διεπαφή της



Ο Lucas σκέφτεται να χρονομετρήσει ένα αξεσουάρ σταθμού. Το Henri του ζητά πρώτα να διαβάσει τις οδηγίες του.



Ένα χειριστήριο ή αξεσουάρ PTT μπορεί να απαιτεί πολύ συγκεκριμένη απομόνωση, πολικότητα και επίπεδα.



Το ρελέ επίδειξης δεν γίνεται καθολική διεπαφή. Οι επαφές έχουν επίσης όρια.



Σχεδιάζουν μόνο μια συνάρτηση χρονισμού, που χωρίζεται από το σταθμό με ένα μπλοκ διασύνδεσης για μελέτη.



«Δεν θα το δοκιμάσουμε σε σταθμό για να δούμε τι θα συμβεί», αποφασίζει ο Lucas, αφήνοντας μακριά το καλώδιο.



Η δοκιμή τους δείχνει μια αρχή ελέγχου. Μια πραγματική εφαρμογή θα χρειαστεί το δικό της σχεδιασμό και επικύρωση.

Επαφές που αναπηδούν



Το Lucas παρατηρεί ακανόνιστες λεπτομέρειες όταν πατάτε το πλήκτρο. Μια μηχανική επαφή μπορεί να αναπηδήσει πολλές φορές.



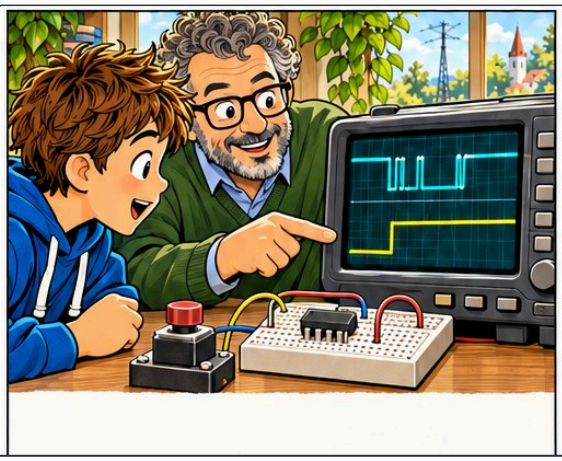
«Μία κίνηση δεν παράγει πάντα ένα ηλεκτρικό άκρο», εξηγεί ο Henri με μια κυματομορφή.



Ένα 555 μπορεί να βοηθήσει με το debouncing, αλλά ένα αυθαίρετο μονοσταθερό δεν εξαλείφει κάθε ενοχλητική περίπτωση.



Το επιλεγμένο διάστημα, η κυματομορφή ενεργοποίησης και η κατάσταση εκκίνησης πρέπει να ταιριάζουν στην εφαρμογή.

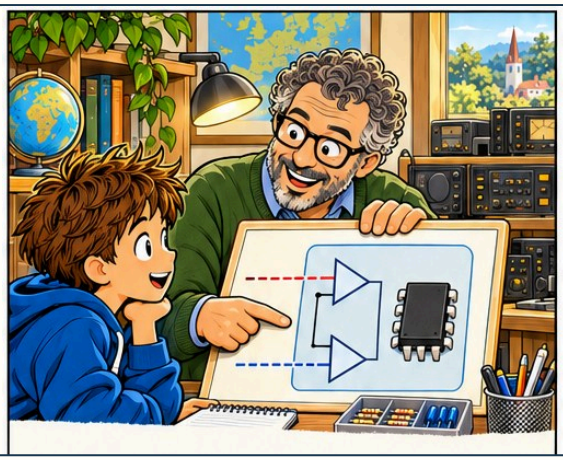


Παρατηρούν την είσοδο και την έξοδο μαζί πριν κρίνουν το αποτέλεσμα. Μόνο η ένδειξη μπορεί να κρύψει λεπτομέρειες.



Ο Lucas προσθέτει μια ερώτηση στο αρχείο του: "Τι σήμα εισέρχεται πραγματικά στο κύκλωμά μου;"

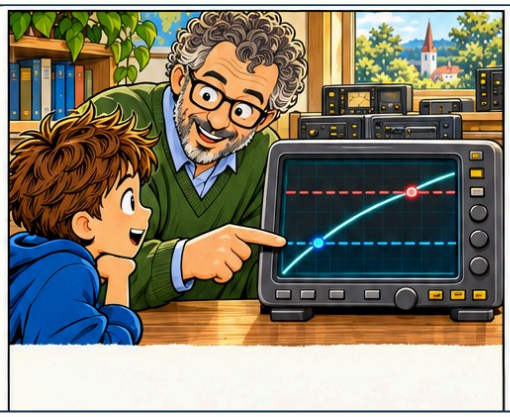
Δύο κατώφλια για την αποφυγή δισταγμών



Το Henri συνδέει τις ακίδες 2 και 6 για να εισάγει μια σκανδάλη Schmitt χρησιμοποιώντας το 555.



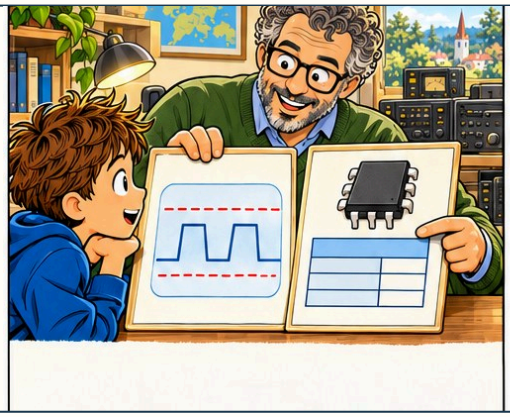
Αυτή τη φορά, μια κατάλληλη τάση δοκιμής ελέγχει αυτόν τον κόμβο. Η ακίδα 7 δεν χρησιμοποιείται στην επίδειξη.



Πηγαίνοντας κάτω από το VCC/3 περίπου, η είσοδος ελέγχει μια υψηλή έξοδο. Ανεβαίνοντας πάνω από το 2VCC/3, το κάνει χαμηλό.



Μεταξύ των δύο κατωφλίων, διατηρείται η προηγούμενη κατάσταση. Αυτή η υστέρηση αποφεύγει ορισμένες διστακτικές εναλλαγές.



Η εφαρμοζόμενη τάση πρέπει να παραμένει εντός των επιτρεπόμενων ορίων. Ένα αυθαίρετο σήμα δεν μπορεί να συνδεθεί απευθείας.



Το Lucas ακολουθεί μια αργή άνοδο και μετά μια κάθοδο στο σχέδιο. Καταλαβαίνει γιατί και τα δύο κατώφλια έχουν σημασία.

Η ανάμνηση μιας κατάστασης: η δισταθή



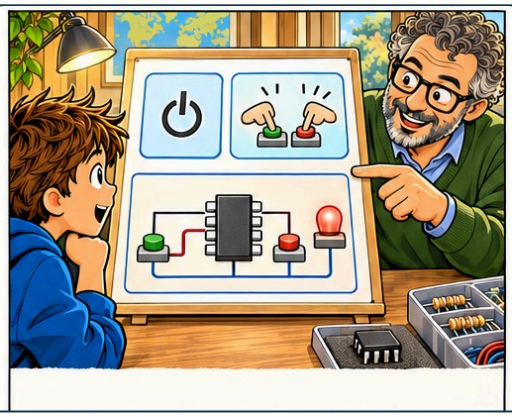
Το Lucas προτείνει μια προειδοποιητική λυχνία που παραμένει αναμμένη μέχρι μια εντολή διακοπής. Το Henri εισάγει τη δισταθή λειτουργία.



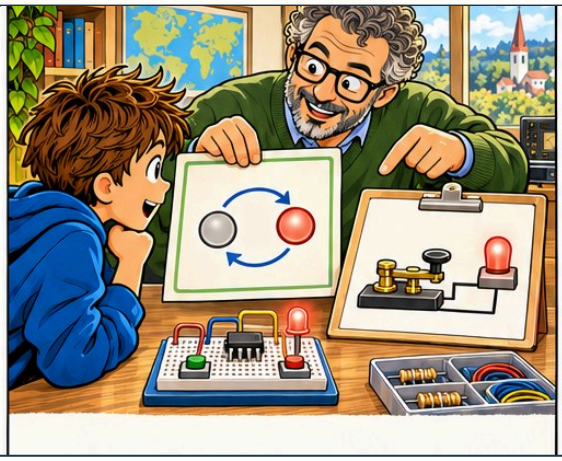
Σε ένα κατάλληλο κύκλωμα, το TRIG δίνει εντολή στην υψηλή κατάσταση. Το RESET μπορεί να αναγκάσει τη χαμηλή κατάσταση.



Οι εισροές πρέπει να διατηρούν καθορισμένα επίπεδα. Το THRES δεν πρέπει να προκαλεί ακούσια εναλλαγή.



Πρέπει να ληφθούν υπόψη η συμπεριφορά εκκίνησης και οι ταυτόχρονες εντολές: ένα κύκλωμα μνήμης δεν μπορεί να μαντέψει την πρόθεση.



Διατηρούν αυτήν την εφαρμογή στο στάδιο του μπλοκ διαγράμματος, χωρίς να την προσθέτουν στον εκπαιδευτή Morse τους.

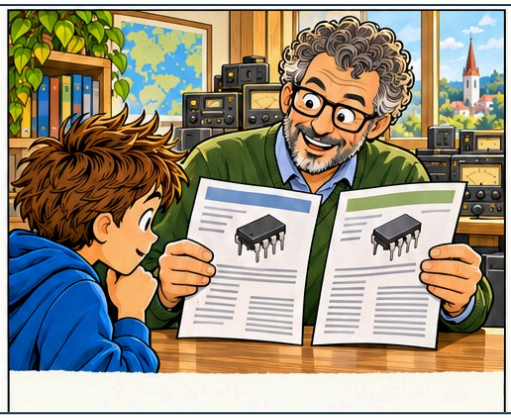


«Ταλάντωση, συγχρονισμός, ανάμνηση: επιτέλους βλέπω τη διαφορά», λέει ο Lucas δίπλα στα τρία του φύλλα.

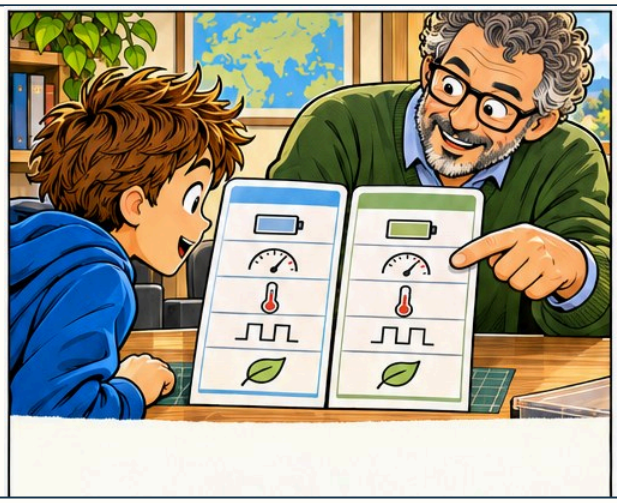
Τα ξαδέρφια CMOS



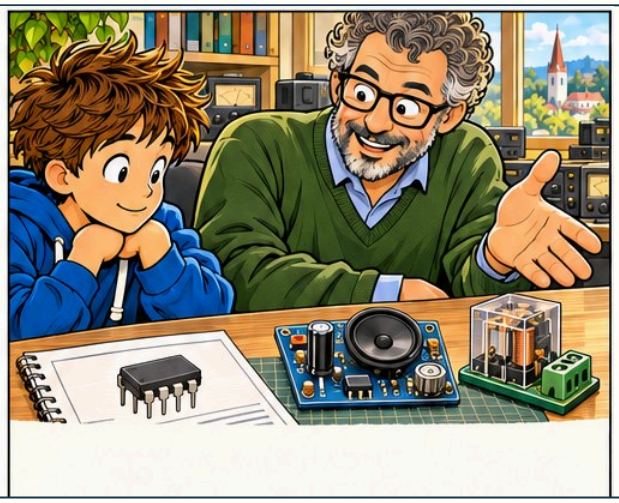
Σε ένα άλλο πακέτο, το Lucas διαβάζει TLC555. "Ο ίδιος αριθμός: ακριβώς το ίδιο συστατικό;"



Το Henri συγκρίνει τα φύλλα δεδομένων: ορισμένες εκδόσεις CMOS αντλούν λιγότερο ρεύμα ηρεμίας και δέχονται διαφορετικά εύρη τροφοδοσίας.



Τα ρεύματα εξόδου, τα εγγυημένα κατώφλια και τα απόλυτα όρια μπορεί να διαφέρουν.



Μια ακίδα στην ίδια θέση δεν εγγυάται την ίδια συμπεριφορά με τη μονάδα ήχου ή το ρελέ μας.



Οι συστάσεις αποσύνδεσης και τα χαρακτηριστικά εισόδου πρέπει να επαληθευτούν για την επιλεγμένη αναφορά.



Διατηρούν το καθορισμένο NE555 στη συσκευή. Το Lucas ξέρει πλέον πώς να αξιολογεί μια λογική αντικατάσταση.

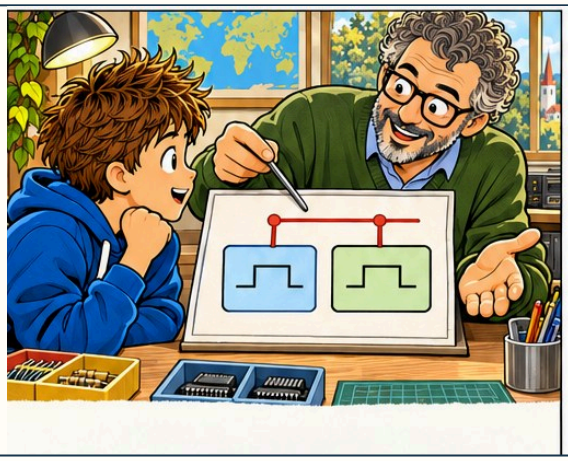
Δύο χρονόμετρα σε ένα NE556



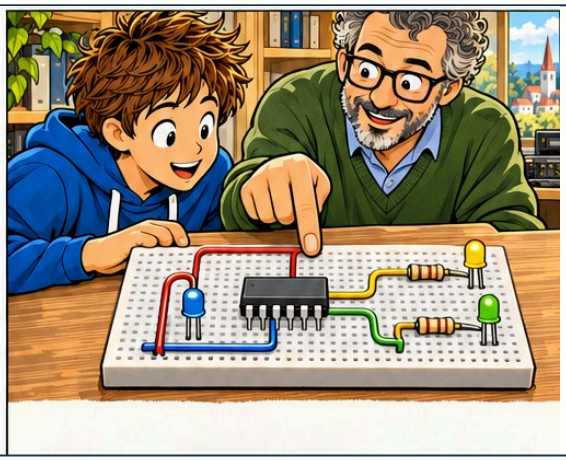
Το NE556 συνδυάζει δύο χρονόμετρα σε ένα πακέτο. Το Lucas φαντάζεται ξεχωριστές λειτουργίες τόνου και χρονισμού.



Το Henri δείχνει το pinout: αυτό το πακέτο δεκατεσσάρων ακίδων δεν πρέπει να συνδεθεί ως δύο NE555 από τη μνήμη.



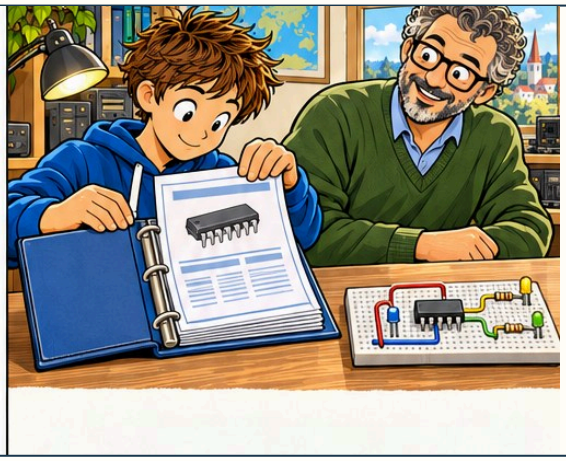
Κάθε τμήμα έχει τις δικές του εισόδους και εξόδους. Τα δύο τμήματα μοιράζονται το τροφοδοτικό.



Η προσεκτική αποσύνδεση και η δρομολόγηση συμβάλλουν στην αποφυγή διαταραχής του ενός τμήματος του άλλου.



Σχεδιάζουν μια εκπαιδευτική σειρήνα δύο μπλοκ, ενώ διατηρούν την κατασκευή αυτού του άλμπουμ εστιασμένη στο τρέχον έργο τους.



«Περισσότερες λειτουργίες απαιτούν επίσης περισσότερους ελέγχους», σημειώνει ο Lucas ενώ αφήνει μακριά το φύλλο NE556.

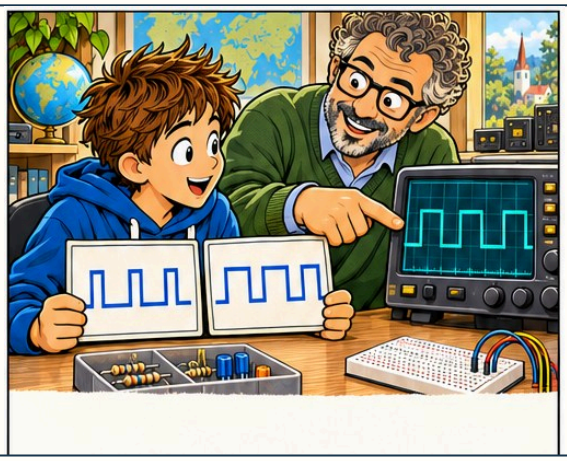
Pin 5 και η ιδέα της διαμόρφωσης



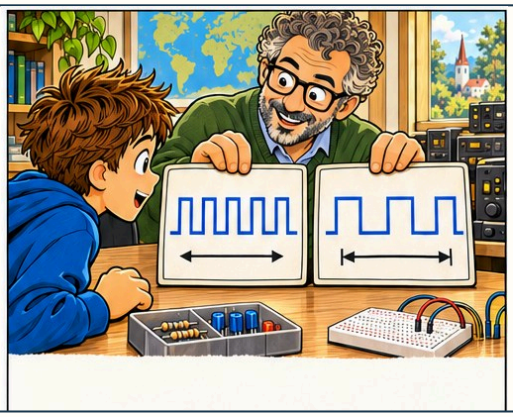
Το Lucas επιστρέφει στο CONT, καρφώστε το 5. «Μπορούμε να αλλάξουμε τη συμπεριφορά του κυκλώματος;»



Το Henri εξηγεί ότι μια κατάλληλη τάση ελέγχου μετακινεί τις εσωτερικές αναφορές.



Ανάλογα με το κύκλωμα, αυτό μπορεί να διαμορφώσει το πλάτος του παλμού ή να μεταβάλει τον ρυθμό ταλάντωσης.



Σε αυτόν τον απλό ασταθή, η αλλαγή των αναφορών μπορεί επίσης να αλλάξει τη συχνότητα ταλάντωσης: Το PWM δεν είναι αυτόματα ανεξάρτητο.



Ένας κατάλληλος ελεγκτής PWM επιλέγεται και σχεδιάζεται για το φορτίο του, με κατάλληλο στάδιο ισχύος.



Διατηρούν αυτήν την αρχή για περαιτέρω μελέτη. Δεν προστίθεται κινητήρας ή βαρύ φορτίο στην έξοδο 3.

Η παγίδα της καθολικής ραδιογεννήτριας



«Τι θα γινόταν αν ο δικός μας 555 γινόταν πομπός;» Το Henri διακρίνει τη συχνότητα ταλάντωσης ήχου και τον σταθερό φορέα ραδιοφώνου.



Το NE555 είναι κατάλληλο εδώ για καθυστερήσεις τόνου και χρόνου. Το RC δεν είναι ακριβής αναφορά RF.



Το ορθογώνιο σήμα περιέχει αρμονικές. ένα πολύ μακρύ καλώδιο μπορεί να προκαλέσει ενοχλήσεις.



Ένας εργαστηριακός ταλαντωτής δεν γίνεται κατάλληλος πομπός απλώς προσθέτοντας μια κεραία.



Ένα πείραμα ραδιοφώνου θα χρειαζόταν ένα σχέδιο που να καλύπτει τη σταθερότητα, την αντιστοίχιση σύνθετης αντίστασης, το φιλτράρισμα και την επιτρεπόμενη χρήση.



Επομένως, ο Lucas αφήνει την κεραία στην άκρη: η συσκευή τους παρέχει ήδη μια πραγματική υπηρεσία παραμένοντας τοπικός εκπαιδευτής.

Όταν ο ταλαντωτής παρεμβαίνει στη λήψη



Ενώ ακούνε στο κλαμπ, παρατηρούν έναν θόρυβο που αλλάζει όταν ενεργοποιείται ο προπονητής.



«Σύμπτωση;» Συγκρίνουν την ενεργοποίηση και την απενεργοποίηση αρκετές φορές, χωρίς να αλλάξουν τις ρυθμίσεις του δέκτη.



Οι επαναλαμβανόμενες συγκρίσεις δίνουν μια ένδειξη, αλλά δεν προσδιορίζουν ακόμη κάθε διαδρομή παρεμβολής.



Μετακινούν το συγκρότημα πιο μακριά, συντομεύουν τις συνδέσεις και ελέγχουν την αποσύνδεση πριν κάνουν ξανά τη σύγκριση.



Το Henri διακρίνει τον χρήσιμο ήχο στο ηχείο από τις ανεπιθύμητες παρεμβολές που διαφεύγουν από το κύκλωμα.



Το Lucas βρίσκει έναν κανόνα από τον τόμο 1: η κοινή χρήση του φάσματος σημαίνει επίσης να φροντίζουμε τι κατασκευάζουμε.

Συγκρίνετε για να καταλάβετε



Αλλάζουν μόνο ένα πράγμα: τη θέση του καλωδίου ήχου. Μετά συγκρίνουν ξανά και ξανά.



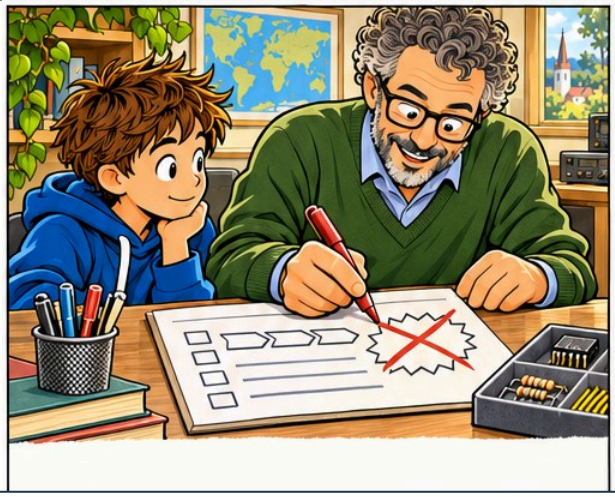
Το Lucas καταγράφει την απόσταση, την καλωδίωση και το τροφοδοτικό που χρησιμοποιείται. Χωρίς αυτές τις λεπτομέρειες, το επόμενο τεστ θα ήταν δύσκολο να συγκριθεί.



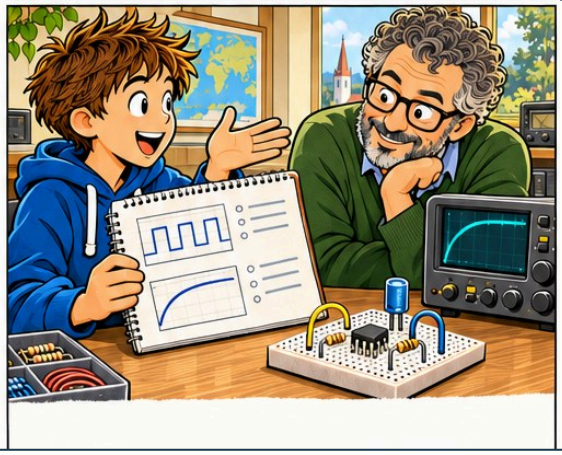
Μια τοπική βελτίωση δεν αποδεικνύει ότι ολόκληρο το φάσμα είναι καθαρό. Ο δέκτης τους δεν είναι ένα πλήρες εργαστήριο.



Ένα συμπαγές και σωστά αποσυνδεδεμένο τελικό συγκρότημα θα είναι προτιμότερο από το πρωτότυπο που απλώνεται σε μακριά σύρματα.



Δεν διεκδικούν συμμόρφωση ή μετρήσεις που δεν έχουν τεκμηριώσει.



«Μπορώ να εξηγήσω τι δοκίμασα και τι μένει να επαληθευτεί», λέει ο Lucas. Ο Henri εγκρίνει τη μέθοδό του.

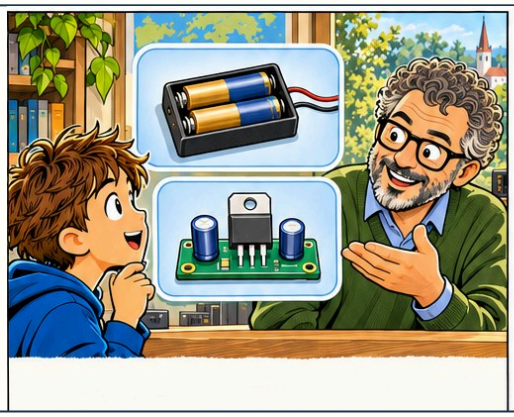
Τι γίνεται με τη λειτουργία της μπαταρίας;



Ο Lucas ονειρεύεται να πάει τον εκπαιδευτή στον κήπο. Ξεκινούν με την εκτίμηση της συνολικής κατανάλωσης.



Η μονάδα ήχου, η ρύθμιση έντασης και το ηχείο έχουν σημασία όσο και ο χρονοδιακόπτης κατά την εκτίμηση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας.



Η μπαταρία πρέπει να τροφοδοτεί έναν κατάλληλο ρυθμιστή για τη διατήρηση του καθορισμένου 5 V. ακολουθούν την τεκμηρίωσή του.



Μια πηγή ικανή να παρέχει πολύ ρεύμα απαιτεί κατάλληλη προστασία από βραχυκυκλώματα.



Το Henri προτείνει να ολοκληρώσετε πρώτα την έκδοση απομονωμένου τροφοδοτικού. Η απαίτηση φορητού θα τεκμηριωθεί χωριστά.

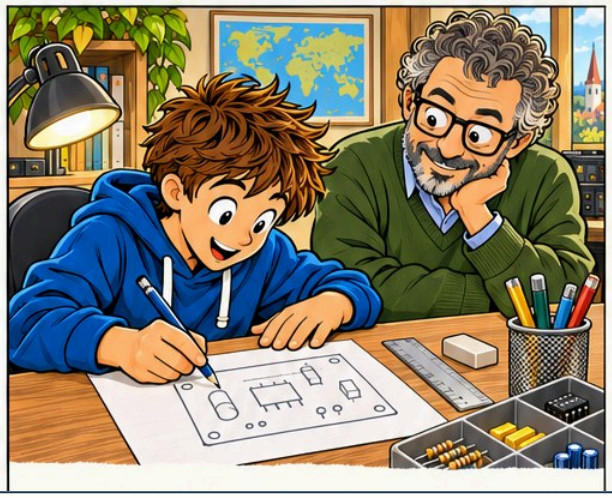


«Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας δεν μπορεί να υποσχεθεί μόνο από τη χωρητικότητα που εκτυπώνεται σε μια μπαταρία», καταλήγει ο Lucas.

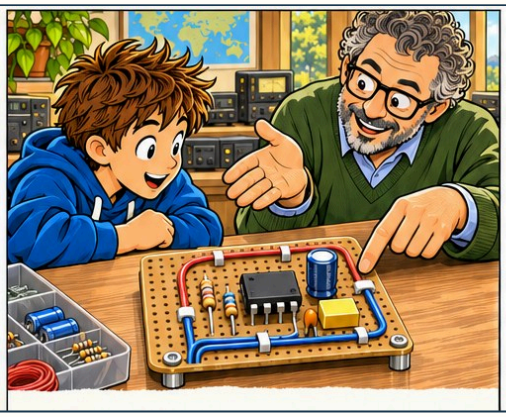
Προετοιμασία μιας ανθεκτικής συναρμολόγησης



Το breadboard χωρίς συγκόλληση ήταν χρήσιμο. Για την ανοιχτή μέρα, πρέπει να αποφύγουν να χαλαρώσουν τα καλώδια των άλτων.



Ετοιμάζουν ένα συμπαγές σχέδιο διάταξης, με πρόσβαση σε χειριστήρια και σημεία δοκιμής.



Η αποσύνδεση παραμένει κοντά στο 555. Τα ρεύματα επιστροφής ήχου δεν πρέπει να κάνουν παράκαμψη μέσω του κυκλώματος χρονισμού.



Τα καλώδια του κλειδιού και των ηχείων διαθέτουν ανακούφιση καταπόνησης. Οι συνδέσεις δεν πρέπει να φέρουν το τράβηγμα ενός καλωδίου.



Το Henri επιβλέπει την κατασκευή χρησιμοποιώντας κατάλληλα εργαλεία και προστασία, εκτός αυτού του εργαστηρίου ανάγνωσης.

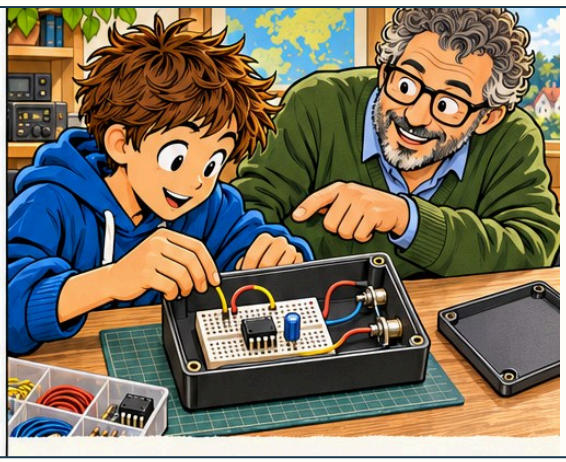


Στη συνέχεια, το Lucas ελέγχει τη συνέχεια, τις πολικότητες και το διάγραμμα πριν επαναφέρει την τροφοδοσία.

Ένα ηλεκτρονικό περίβλημα που εξηγεί τη χρήση του



Το Lucas επιλέγει έναν απλό μπροστινό πίνακα: τροφοδοσία, τόνος, ένταση και υποδοχή κλειδιού προσδιορίζονται σαφώς.



Το κύκλωμα είναι στερεωμένο σε κατάλληλο κουτί. κανένα γυμνό σύρμα δεν αγγίζει ένα αγώγιμο μέρος.



Η δρομολόγηση των καλωδίων προστατεύεται. Ελέγχουν ότι η περιστροφή ενός πόμολο δεν τραβάει τις συνδέσεις.



Το προβλεπόμενο τροφοδοτικό και η πολικότητα του θα υποδεικνύονται στις οδηγίες και κοντά στην κατάλληλη υποδοχή.



Το κλειδί ελέγχει μόνο αυτόν τον εκπαιδευτή. μια παρόμοια πρίζα δεν επιτρέπει σύνδεση σε ραδιοφωνικό σταθμό.



Το Lucas δοκιμάζει τη συσκευή χωρίς εξήγηση. Οι έλεγχοι πρέπει να είναι προφανείς στον επόμενο επισκέπτη.

Οδηγίες για τον επόμενο αρχάριο



Στις οδηγίες εξηγούν τον στόχο: να μάθουν τον ρυθμό Μορς με τοπικό ήχο, χωρίς μετάδοση.



Το σχηματικό δείχνει τις ακίδες, τις τιμές των εξαρτημάτων, τις συνδέσεις τροφοδοτικού και τις δύο καταστάσεις του κλειδιού.



Η λίστα εξαρτημάτων διακρίνει τους πυκνωτές χρονισμού, ζεύξης και αποσύνδεσης.



Προσθέτουν ονομαστικούς υπολογισμούς, περιορισμούς, αναφορές στοιχείων και σημεία μέτρησης.



Μια σύντομη σελίδα περιγράφει το λανθασμένο καλώδιο βραχυκυκλωτήρα και τη μέθοδο αντιμετώπισης προβλημάτων τους. Τα λάθη ανήκουν και στην ιστορία.



Ο Lucas ξαναδιαβάζει τις οδηγίες σαν να επισκέπτεται το κλαμπ για πρώτη φορά. Απλοποιεί μια άλλη πρόταση.

Η πρόβα τζενεράλε



Την ημέρα πριν από τα ανοιχτά, ο Henri κάθεται σε θέση επισκέπτη. Ο Lucas παρουσιάζει το εργαστήριό του.



"Πρώτα ακούστε. Μετά δοκιμάστε. Και τέλος εξήγησε τι αλλάζει όταν περιστρέφεις αυτό το κουμπί."



Διακρίνει τον τόνο, τον όγκο και τον ρυθμό. Το Henri κάνει μια σκόπιμα απλή ερώτηση.



Το Lucas δείχνει τα τρία μπλοκ στο σημειωματάριο και, στη συνέχεια, αφήνει τον επισκέπτη της πρόβας να χειριστεί το κλειδί.



Λείπει ένας ήχος στη μέση του μοτίβου. Ανταλλάσσουν μια ματιά: η μικρή συσκευή επιφυλάσσει ακόμα μια έκπληξη.



Το Lucas διατηρεί την ηρεμία και μειώνει την ένταση του ήχου. Μόλις επέστρεψε στον ρόλο του ως ανακριτής.

Το τελευταίο μυστήριο



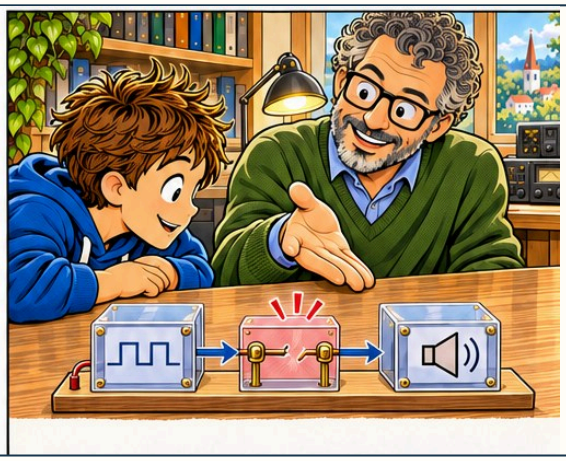
Αυτή τη φορά το κύκλωμα ρυθμού εξακολουθεί να λειτουργεί: η έξοδος 3 εμφανίζει παλμούς όταν πατηθεί το πλήκτρο.



Το Lucas ελέγχει την παροχή ρεύματος και μετά την αλυσίδα ήχου. Δεν αντικαθιστά το NE555 ως αντανακλαστικό.



Με το κλείσιμο, βρίσκει ένα χαλαρό καλώδιο στη σύνδεση με το ρυθμιστικό του ποτενσιόμετρου όγκου.



«Ο ρυθμός ήταν εκεί· ο ήχος δεν έφτανε πια στον ενισχυτή!» Ο διαχωρισμός σε μπλοκ τον καθοδήγησε.



Επισκευάζουν τη σύνδεση και ελέγχουν ότι κρατάει. Μια άλλη δοκιμή παράγει έναν σταθερό τόνο.



Ο Henri επαναλαμβάνει τη θέση του επισκέπτη του. Ο Lucas προσθέτει έναν έλεγχο σύνδεσης στις προετοιμασίες του.

Open Day



Το πρωί, το μικρό περίβλημα ηλεκτρονικών περιμένει σε ένα καθαρό τραπέζι. Το Lucas δίνει απαλή ένταση και άνετο τόνο.



Ξεκινά παίζοντας ένα μοτίβο. Ο Henri τον παρακολουθεί να δίνει χρόνο σε όλους να το καταλάβουν.



Ο επισκέπτης δοκιμάζει το κλειδί. Μια διστακτική ακολουθία γίνεται πιο σταθερή μετά από μια παύση και μια άλλη ακρόαση.



Ο Lucas ανοίγει το σημειωματάριό του: "Το NE555 κάνει τον ήχο, είναι η χειρονομία σας που του δίνει ρυθμό."



Δείχνει την τάση του πυκνωτή να ανεβαίνει και να πέφτει και μετά επιστρέφει στον ήχο που ακούει. Η θεωρία συναντά την εμπειρία.



Ένα χαμόγελο αρκεί για να πει ότι το εργαστήριο λειτουργεί. Το Henri αφήνει τώρα το Lucas να καθοδηγήσει την ανακάλυψη.

Τι μας δίδαξαν οι οκτώ καρφίτσες



Μετά το εργαστήριο, το Lucas βρίσκει ξανά τις τρεις κάρτες: ταλάντωση, συγχρονισμό και μνήμη.



Προσθέτει το τρανζίστορ που βοηθά στην κίνηση ενός φορτίου και τη δίοδο που προστατεύει το πηνίο κατά την απενεργοποίηση.



Ο Henri τον ρωτάει τι θα θυμάται περισσότερο. Ο Lucas κοιτάζει το σημειωματάριό του με τους υπολογισμούς και τις αναλύσεις.



"Ελέγξτε τις ακίδες. Κρατήστε τις μονάδες. Μετρήστε το σωστό σημείο. Και κατανοήστε πριν αλλάξετε."



Δείχνει επίσης τις οδηγίες: μια ιδέα γίνεται χρήσιμη όταν κάποιος άλλος μπορεί να την πάρει χωρίς να μαντέψει.



Αφήνουν τα αχρησιμοποίητα εξαρτήματα. Το μικρό μαύρο πακέτο έχει δώσει ρυθμό σε μια ολόκληρη μέρα συναντήσεων.

Ο επόμενος ρυθμός θα είναι δικός σας



Ο τόπος ανακτά την ηρεμία του. Το Lucas πατάει το πλήκτρο για τελευταία φορά: ένας σύντομος ήχος και μετά σίγαση.



Θυμάται την άφιξή του στο κλαμπ και τη συμβουλή του Henri: ακούστε, αναζητήστε και μοιραστείτε.



"Έχουμε μάθει τα πάντα για το 555;" — «Αρκετά για να ξέρεις πώς να κάνεις καλύτερες ερωτήσεις».



Ο εκπαιδευτής, το διάγραμμα και οι οδηγίες του παραμένουν έτοιμα για τον επόμενο αρχάριο. Η περιπέτειά τους χωράει σε ένα πραγματικό κουτί.



Το Lucas κλείνει το σημειωματάριο και μετά το ανοίγει ξανά για να σχεδιάσει μια νέα ιδέα. Ο Henri του δίνει ένα μολύβι.



Έξω, οι κεραίες στέκονται στον ουρανό. Στο εσωτερικό, οκτώ μικρές καρφίτσες έχουν εμπνεύσει την επιθυμία να πειραματιστούν.