ON4CRD

Band 70

Der NE555 und seine Anwendungen im Amateurfunk



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Band 70 · 64 Seiten

Impressum

Band 70 · Der NE555 und seine Anwendungen im Amateurfunk

Website-Herausgeber : Radio Club Durnal ON4CRD

Publikationsmanager : Vorstand des Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Impressum

Geistiges Eigentum

Auf der Website veröffentlichte Texte, Bilder, Dokumente, Logos und Materialien bleiben Eigentum ihrer jeweiligen Autoren oder des Vereins. Bei jeder Vervielfältigung oder Wiederverwendung müssen die Quelle, die geltenden Rechte und etwaige Genehmigungen des Autors respektiert werden.

Haftung

Der Club bemüht sich um die Veröffentlichung nützlicher und überprüfter Informationen, übernimmt jedoch keine Gewähr für die Abwesenheit von Fehlern, Auslassungen oder Unterbrechungen. Technische oder regulatorische Informationen müssen anhand offizieller Quellen überprüft werden, wenn sie eine Entscheidung stützen.

Illustrationen mit Unterstützung künstlicher Intelligenz erstellt.

Eine kleine Box, eine große Idee



Lucas kehrt mit seinem Notizbuch in den Club zurück: „Zum Tag der offenen Tür möchte ich, dass die Besucher Morsezeichen hören!“



Henri legt ein winziges schwarzes Bauteil auf den Tisch: „Das ist der NE555. Acht Pins, viele Ideen.“



„Kann es mit einer anderen Station sprechen?“ Henri lächelt: „Beginnen wir mit einem Ton, hier im Clubraum.“



In der Nähe des Lautsprechers wartet eine Morsetaste. Ihre Herausforderung: ein Gerät zu bauen, das Besuchern das Lernen erleichtert.



Lucas zeichnet ein Gehäuse mit drei Bedienelementen: Ein/Aus, Tonhöhe und Lautstärke. Das Projekt nimmt Gestalt an.



„Was ist, wenn es nicht funktioniert?“ — „Wir werden lernen, herauszufinden, warum. Das ist Teil des Abenteuers!“

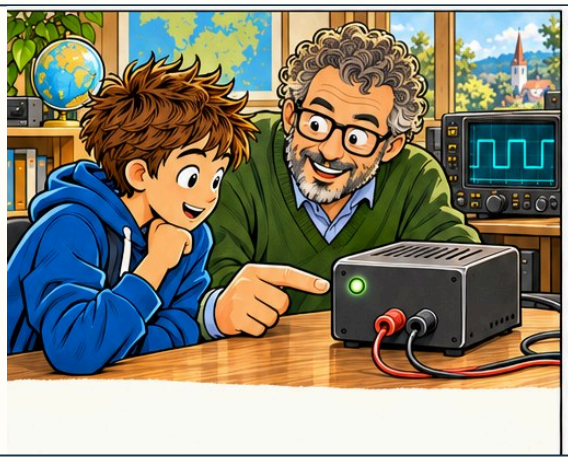
Die Projektwunschliste



Lucas wünscht sich einen angenehmen Klang, eine einfach zu bedienende Taste und genügend Lautstärke für einen kleinen Werkstatttisch.



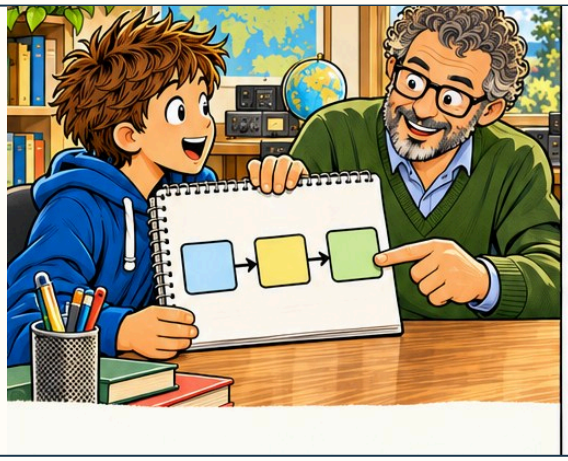
„Und wir brauchen keine Antenne“, ergänzt Henri. Ihr Gerät wird ein akustischer Morsetrainer ohne Funkaussendung.



Sie entscheiden sich für ein geregeltes Netzteil 5 V und begrenzen den Strom bei den ersten Tests.



Henri räumt einen Arbeitsbereich frei. Elektronische Komponenten und Werkzeuge haben jeweils ihren Platz.



Im Notizbuch trennt Lucas drei Funktionen: den Ton erzeugen, ihn schalten und ihn verstärken.



„Wir werden jede Funktion testen“, beschließt er. Damit das ganze Gerät funktioniert, gehen sie in kleinen Schritten vor.

Lernen Sie den 555 kennen



Henri öffnet das Datenblatt des Herstellers: „Ein bekannter Name ersetzt nicht die Dokumentation für die eigentliche Komponente."



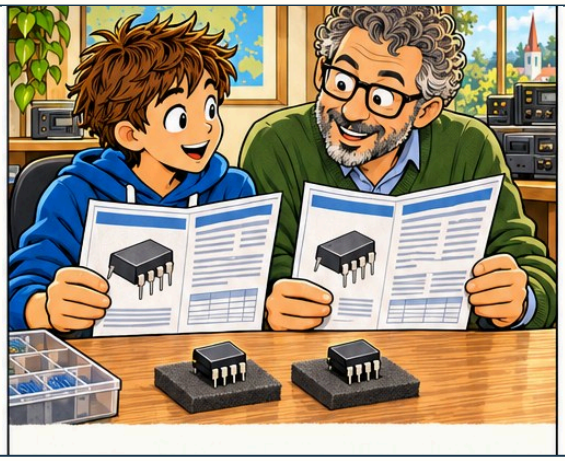
Der NE555 ist ein bipolarer Timer. Widerstände und ein Kondensator geben ihm den Rhythmus.



Je nach Beschaltung kann der Timer einen Impuls erzeugen, schwingen oder einen Zustand halten. Lucas stellt diese drei Funktionen nach.



„Also macht es alles?" — „Es ist sehr nützlich, hat aber auch Spannungs- und Strombegrenzungen."



Sie prüfen, ob ihr gewählter Typ bei 5 V funktioniert. Eine ähnliche CMOS-Version hat nicht unbedingt dieselben Grenzwerte.



Lucas legt das Datenblatt zu den Bauteilen: „Das gehört in unseren Werkzeugkasten."

Acht Pins, eine Leserichtung



Bevor sie etwas anschließen, schauen sie sich das achtpolige DIP-Gehäuse von oben an.



Mit der Kerbe oben befindet sich der Stift 1 oben links; Ein kleiner Punkt kann es auch identifizieren.



Zählen Sie links von 1 bis 4 herunter. Zählen Sie rechts von 5 bis 8: Die Nummerierung läuft um das Paket herum.



„Wenn ich es umdrehe, stimmt meine Zeichnung nicht mehr überein!“ Lucas vergleicht das Bauteil erneut mit der Draufsicht.



Henri bittet ihn, auf jeder Seite vier Stifte und dann die Kerbe zu zeichnen. Sie haben noch nichts angeschlossen.

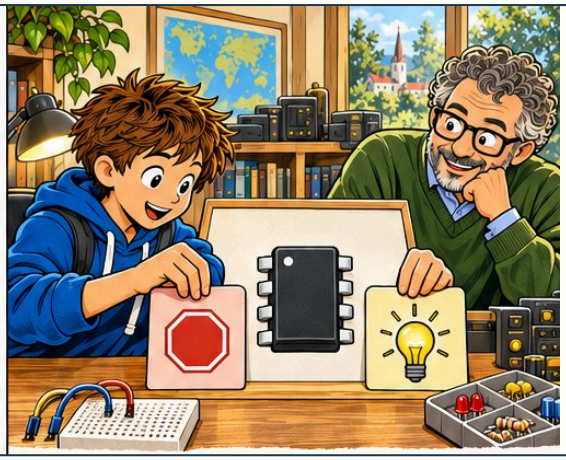


Sie halten diese Orientierung im Notizbuch fest und prüfen die Markierung, bevor sie das Bauteil einsetzen.

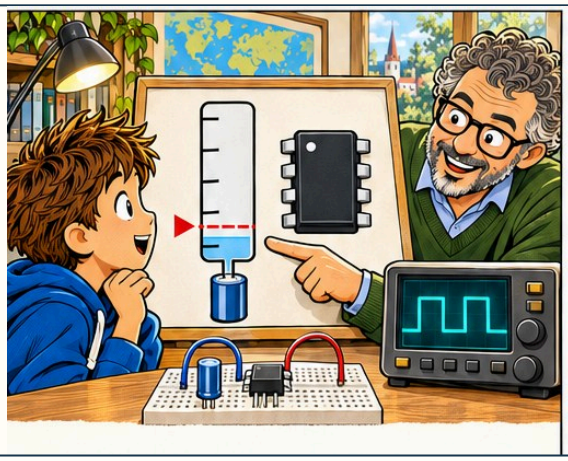
Eine Rolle für jeden Pin



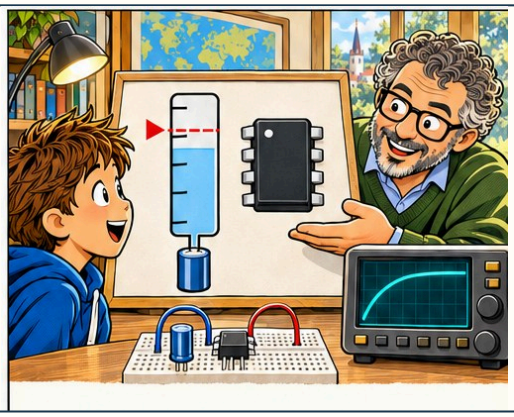
Lucas identifiziert die Funktionen: 1, Masse; 8, positive Versorgung. Diese beiden Pins versorgen die Schaltung mit Strom.



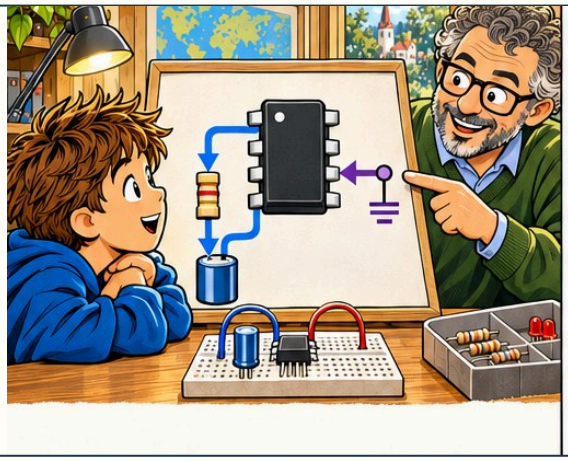
Pin 3 ist der Ausgang. Pin 4, RESET erzwingt den Reset des Schaltkreises, wenn er niedrig gehalten wird.



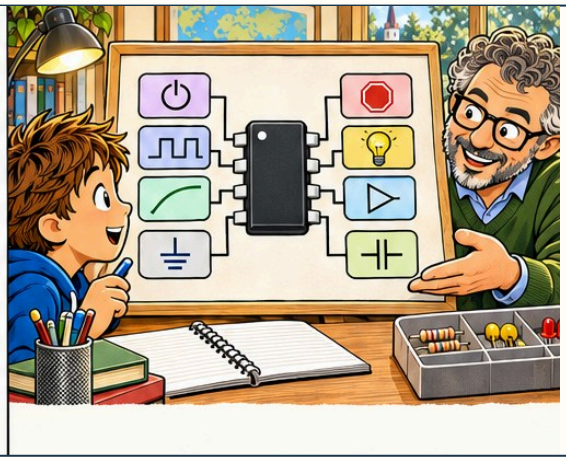
Pin 2, TRIG erkennt, dass die Spannung unter etwa ein Drittel der Versorgungsspannung fällt.



Pin 6, THRES überwacht den oberen Schwellenwert, etwa zwei Drittel der Versorgungsspannung in der üblichen Schaltung.



Pin 7, DISCH wird zum Entladen des Kondensators verwendet. Pin 5, CONT bietet Zugriff auf die interne Referenz.

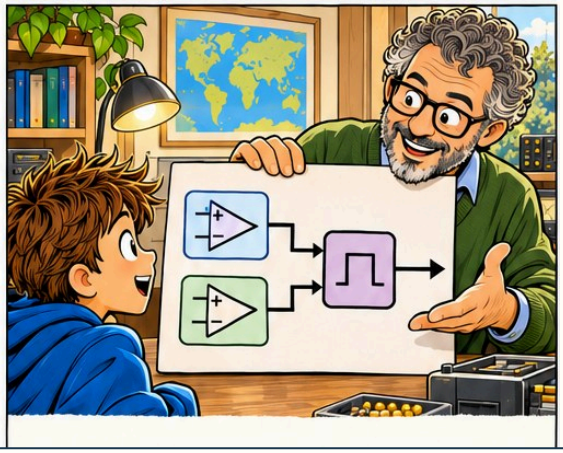


„Acht verschiedene Rollen, nicht acht austauschbare Terminals!“ Lucas ordnet jede Funktion der Zeichnung zu.

Ein kleines Team drinnen



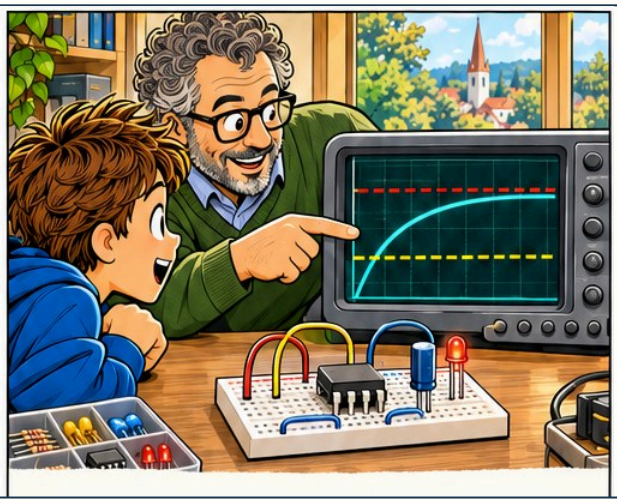
Henri zeichnet zwei Komparatoren: Jeder vergleicht eine Spannung mit einer Referenz.



Ein interner Latch merkt sich den letzten Befehl. Der Ausgang und der Entladetransistor folgen diesem Zustand.



„Der eine startet es, der andere stoppt es?“ — „Das ist ein brauchbares Bild, vorausgesetzt, wir respektieren ihre Betriebsbedingungen.“



In der üblichen Schaltung liegen die internen Referenzen nahe bei VCC/3 und 2VCC/3.



RESET kann einen Reset erzwingen. Lucas versteht, warum dieser Eingang nicht schwebend bleiben darf.

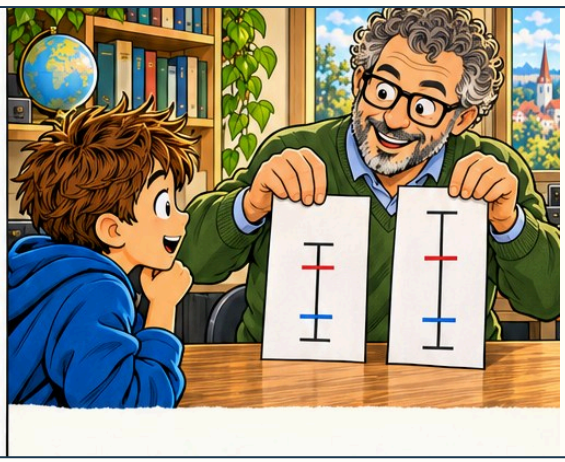


Mit dem Bleistift folgt Lucas den Pfeilen: messen, entscheiden, speichern, handeln. Das Gehäuse wird weniger geheimnisvoll.

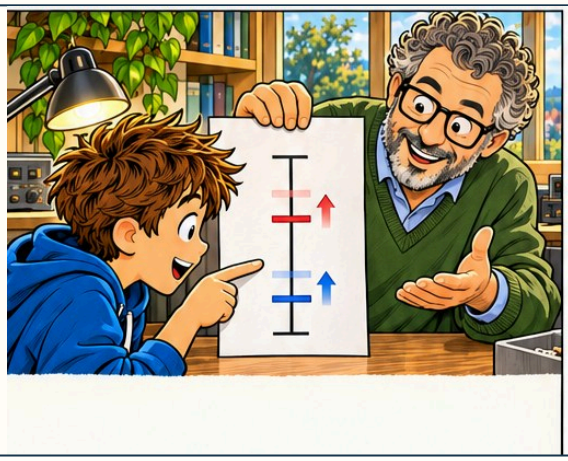
Ein Drittel und zwei Drittel



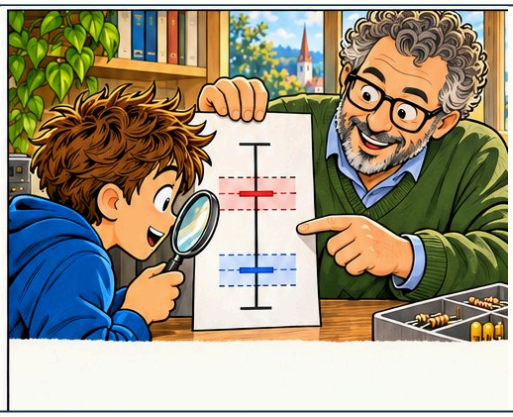
Bei VCC = 5 V liegen die theoretischen Schwellen ungefähr bei 1,67 V und 3,33 V.



„Es handelt sich also nicht um zwei feste Spannungen für alle Netzteile“, bemerkt Lucas.



Henri verändert eine Skala auf Papier: Beide Markierungen folgen der Versorgungsspannung.



Tatsächliche Werte unterliegen Toleranzen. Das technische Datenblatt legt die Bedingungen und mögliche Abweichungen fest.



Zwischen diesen Werten steigt und fällt die Kondensatorspannung. Diese Reise bestimmt ein Zeitintervall.



Lucas zeichnet eine kleine elektrische Schaukel: „Vielleicht ist ein Rhythmus eine Geschichte über Schwellen.“

Ein Plan vor der Verdrahtung



„Sollen wir es anschließen?“ Henri legt zunächst ein Blatt ab: „Lassen Sie uns entscheiden, was jeder Draht verbinden muss.“



Sie wählen eine astabile Schaltung: Sie schwingt selbstständig, solange RESET dies zulässt.



Zwei Widerstände, RA und RB, und ein Kondensator C stellen ungefähr die Schwingfrequenz ein.



Eine Leuchtdiode zeigt zunächst die Aktivität an. Der Ton kommt nach den ersten Prüfungen.



Lucas zeichnet die Zeitschaltung und die zukünftige Audiokette separat. Er lässt Raum für Messungen.



„Wir werden einen Plan haben, auf dem wir aufbauen können, und ihn dann mit neuen Augen prüfen“, sagt er, während er das Notizbuch vorbereitet.

Fünf Volt gut vorbereitet



Sie verwenden eine geregelte, isolierte 5 V-Stromversorgung, die vor dem Anschließen des Stromkreises eingestellt und überprüft wird.



Der Strombegrenzer wird für den ersten Test niedrig eingestellt und dann gemäß der Anleitung an die Schaltung angepasst.



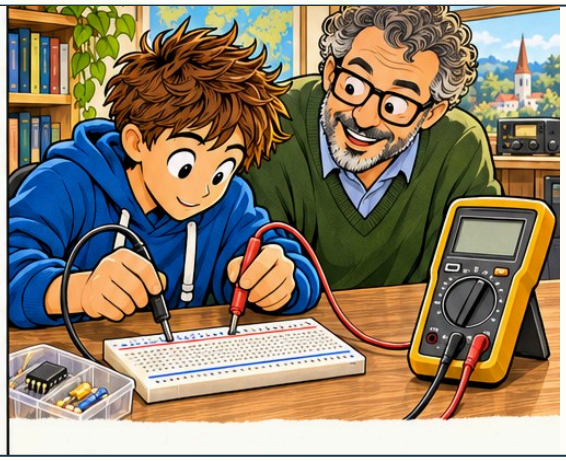
Der positive Draht wird an die +5 V-Versorgungsschiene angeschlossen. Der Rückleiter ist mit der Masse des Stromkreises verbunden. Lucas prüft die Polarität.



„Eine Batterie ist nicht automatisch eine geeignete Versorgung für 5 V", erinnert ihn Henri und zeigt auf deren Etiketten.



Vor allen Verdrahtungsarbeiten trennen sie die Stromversorgung. Nichts in diesem Workshop wird direkt ans Stromnetz angeschlossen.



Lucas misst die unbelasteten Versorgungsschienen mit dem Multimeter und schaltet danach den Strom wieder aus.

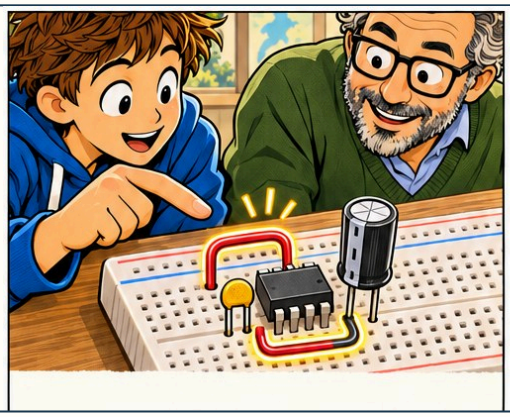
Eine lokale Energiereserve



Henri platziert 100 nF zwischen den Pins 8 und 1, mit kurzen Verbindungen, so nah wie möglich am NE555.



Ein 10 µF-Kondensator vervollständigt die Entkopplung zwischen +5 V und Masse; seine Polarität wird respektiert.



Der 555-Ausgang kann kurze Stromspitzen verursachen. Diese lokalen Energiereserven tragen zur Stabilisierung der Stromversorgung bei.



In dieser Schaltung liegt ein Kondensator mit 10 nF zwischen Pin 5 und Masse. Er bestimmt nicht die Haupttonhöhe.



„Zwei kleine Kondensatoren, zwei unterschiedliche Aufgaben", bemerkt Lucas, der sie in seiner Zeichnung unterscheidet.



Sie überprüfen die Werte noch einmal. Gute Absichten allein können ein sehr langes Stromkabel nicht kompensieren.

Auswahl der richtigen Komponenten



Lucas wählt die Komponenten RA = 10 kΩ, RB = 100 kΩ und C = 10 nF aus. Diese Werte geben einen ersten Ton vor.



Für den Zeitkondensator wählen sie anhand des Datenblatts ein geeignetes, stabiles Bauteil aus.



Eine LED erhält einen Vorwiderstand von 2,2 kΩ. Henri verbindet sie nicht direkt zwischen Ausgang und Masse.



Der Lautsprecher bleibt in seiner Tasche: Für den Betrieb wird eine geeignete Audioverstärkerschaltung benötigt.



Sie bereiten ein Potentiometer, kurze Drähte und die Morsetaste vor. Jeder Wert kommt in die Komponentenliste.



„Eine Kiste voller Komponenten ist noch keine Schaltung“, lacht Lucas. Der Plan zeigt, wie man sie verbindet.

Farben geben einen Wert an



Lucas liest die Farbbänder und misst dann mit einem Multimeter die Widerstände außerhalb des Stromkreises.



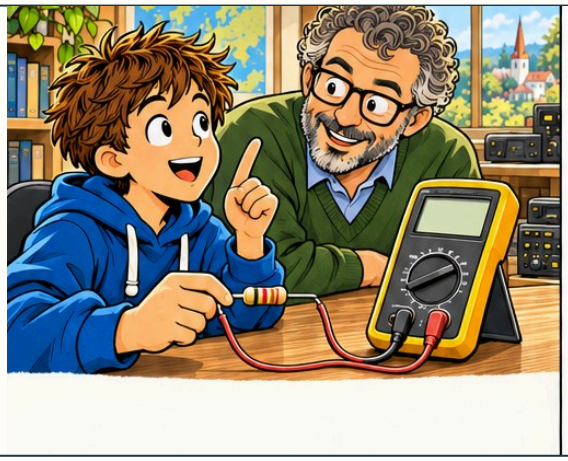
10 kΩ ist 10 000 Ω; 100 kΩ ist 100 000 Ω. Eine vergessene Null würde den Ton stark verändern.



Der letzte Farbring kann die Toleranz angeben. Ein Nennwert verspricht keinen exakt gleichen Messwert.



„Das hier ist kein 100 Ω-Widerstand!“ Er legt das ähnlich aussehende Bauteil zurück in sein Fach.



Henri lässt ihn den Wert angeben, bevor er auf das Multimeter schaut. Das Instrument bestätigt seine Argumentation.



Lucas befestigt eine kleine Wertkarte an seinem lötfreien Steckbrett. Er hat gerade seinen ersten Fehler verhindert.

Zehn Nanofarad, nicht zehn Mikrofarad



Auf dem Zeitkondensator findet Lucas den Code 103: 10 000 pF oder 10 nF.



10 nF sind gleich 0,01 µF. Ein 10 µF-Kondensator wäre tausendmal größer.



„Dann würde unser Pfiff zu einem sehr langsamen Rhythmus werden!" Henri weiß diese Vorhersage zu schätzen.



Der hier gewählte Kondensator 10 nF ist nicht polarisiert. Der Speicherkondensator 10 µF muss mit der richtigen Polarität montiert werden.



Sie vergleichen die Markierungen mit den Bauteildatenblättern. Das Aussehen allein reicht nicht aus.



Lucas schreibt die Einheit neben jede Zahl: „Kleine Buchstaben können einen großen Unterschied machen."

Die versteckten Anschlüsse des Steckbretts



Vor dem Einsetzen des 555 markieren sie mit dem Multimeter die internen Anschlüsse des lötfreien Steckbretts.



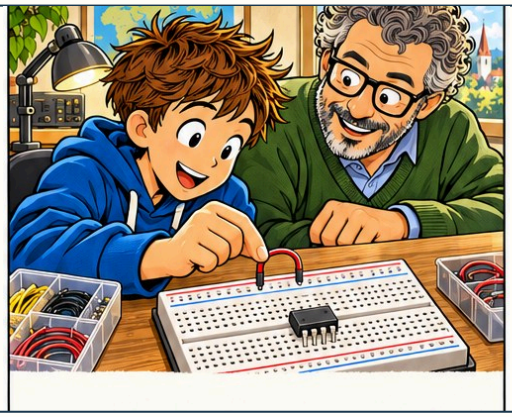
Das Gehäuse überspannt die zentrale Lücke: Die beiden Stiftreihen bleiben elektrisch getrennt.



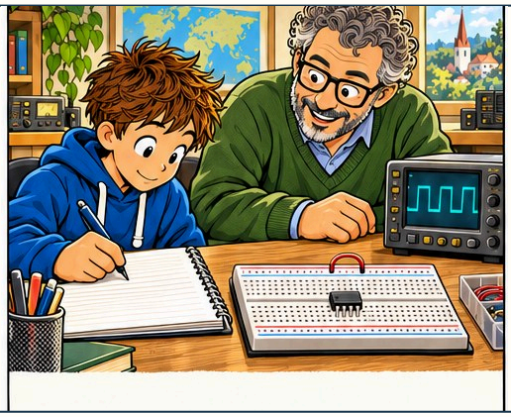
Die kleinen Lochgruppen verbinden sich in einer bestimmten Richtung. Lucas testet statt zu raten.



Einige Versorgungsschienen haben eine Unterbrechung in der Mitte; Sie überprüfen ihr eigenes lötfreies Steckbrett.



Ein kurzer Überbrückungsdraht verbindet die erforderlichen Segmente. Kein Kabel sollte versehentlich eine Komponente ersetzen.



Henri dreht die Zeichnung so, dass sie der Ausrichtung des lötfreien Steckbretts entspricht. Lucas prüft jeweils eine Verbindung.

Die erste Verkabelung



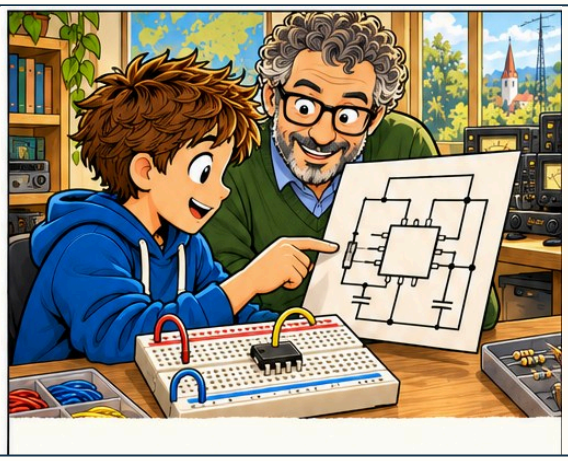
Bei ausgeschalteter Stromversorgung verbinden sie Pin 1 mit Masse und Pin 8 mit +5 V.



Für diesen ersten Dauertest wird der Pin 4, RESET mit +5 V verbunden. Der Eingang hat nun einen definierten Zustand.



100 nF verbindet 8 mit 1; 10 µF entkoppelt die Schienen; Der 10 nF-Kondensator am Pin 5 ist mit Masse verbunden.



Lucas prüft jede Verbindung auf dem Plan, ohne die Zeitwiderstände noch anzuschließen.



Sie prüfen die Kerbe, die Schienen und das Fehlen eines Kurzschlusses zwischen Versorgung und Masse.



„Das Herzstück der Zeitmessschaltung fehlt noch“, verkündet Henri. Lucas bereitet Kondensator C vor.

Ein bescheidener Indikator



Ausgang 3 führt über einen Widerstand von 2,2 kΩ zur Anode der LED; ihre Kathode wird mit Masse verbunden.



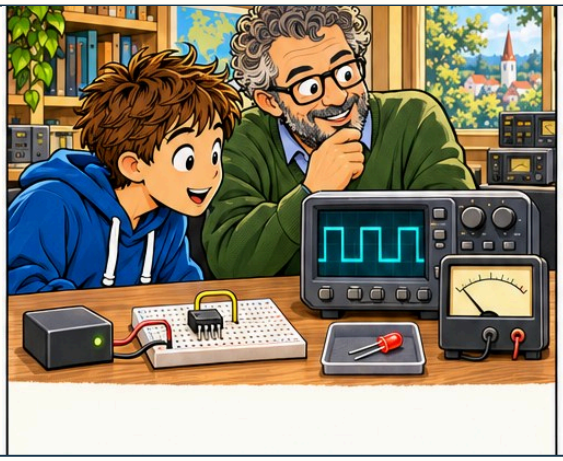
Henri hilft bei der Identifizierung der Anode und Kathode anhand des LED-Datenblatts und anschließend des Diodenmodus des Multimeters.



„Bei etwa 2 V an der LED würden selbst 5 V am Ausgang den Strom auf ungefähr 1,4 mA begrenzen."



Der tatsächliche Ausgang des bipolaren NE555 reicht nicht unbedingt bis zur positiven Schiene. Der Strom kann niedriger sein.



Diese LED dient als Anzeige, nicht als große Last. Genau messen sie mit Multimeter und Oszilloskop.



Lucas platziert die LED sichtbar am Rand des Steckbretts. Sie hilft ihm zu verstehen, was der Ausgang macht.

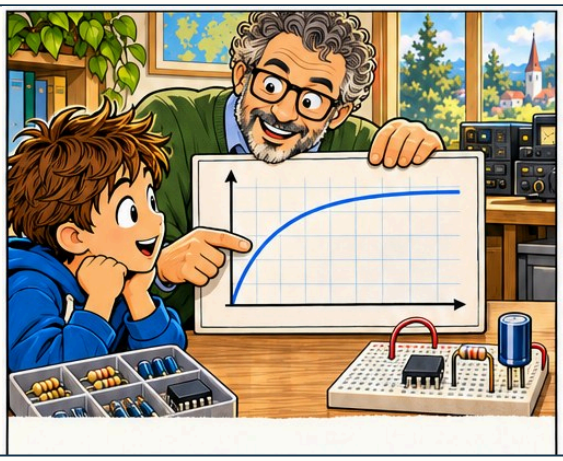
Ein Schwamm für die Zeit



Henri vergleicht den Kondensator mit einem kleinen Reservoir, das über einen Widerstand gefüllt wird.



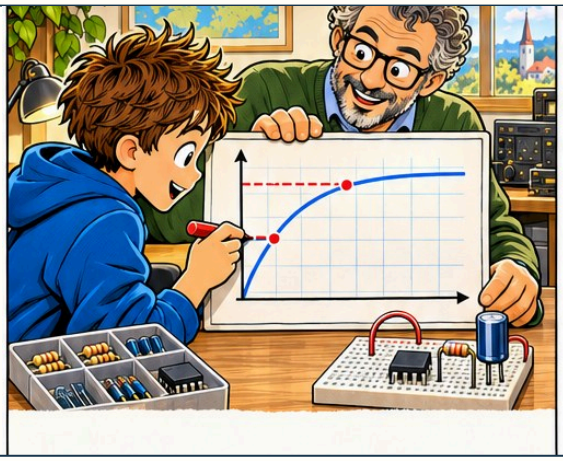
Je größer der Widerstand, desto langsamer erfolgt der Ladevorgang. Je größer C ist, desto mehr Ladung ist erforderlich.



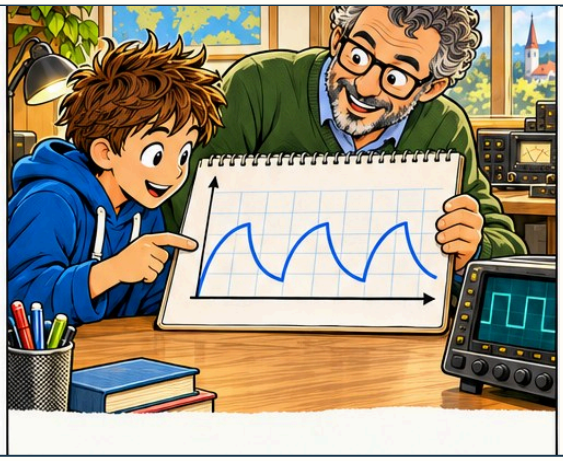
Die Spannung steigt nicht geradlinig: Die Ladekurve nähert sich gekrümmt der Versorgungsspannung.



„Und wie entleert es sich?“ Henri zeigt den Entladepfad, der durch den Pin 7 gesteuert wird.



Lucas verbindet diese Kurve mit den beiden Schwellenwerten. Der 555 wartet nicht, bis der Kondensator vollständig gefüllt ist.



Er sagt einen Anstieg, einen Rückgang und dann einen weiteren Anstieg voraus. Ihr Rhythmus beginnt Gestalt anzunehmen.

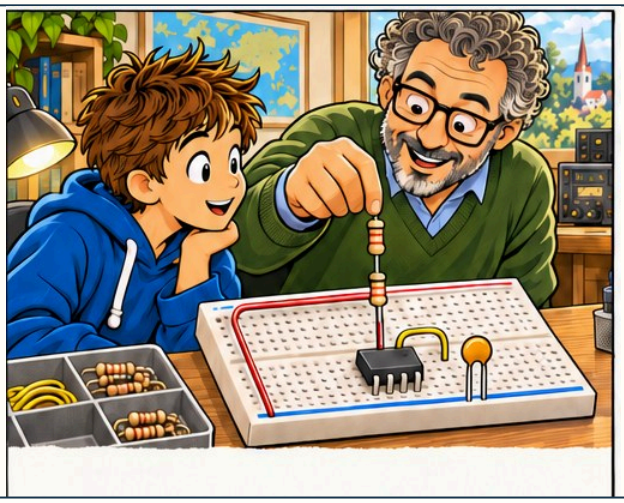
Der Wiederholungskreis



Sie verbinden die Pins 2 und 6 miteinander. Dieser gemeinsame Knoten ist mit einem Terminal von C = 10 nF verbunden.



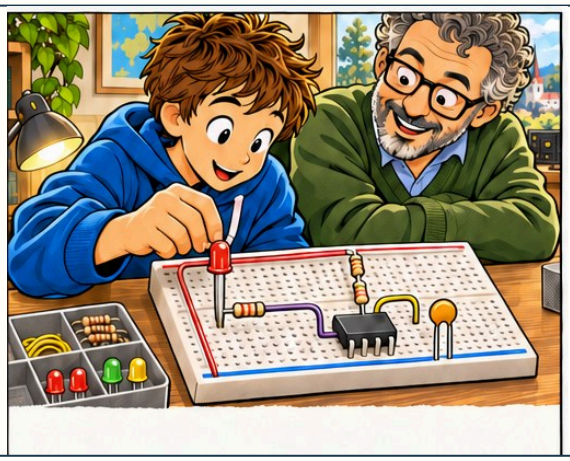
Der andere Anschluss von C ist mit Masse verbunden. Die beiden Komparatoren überwachen die Kondensatorspannung.



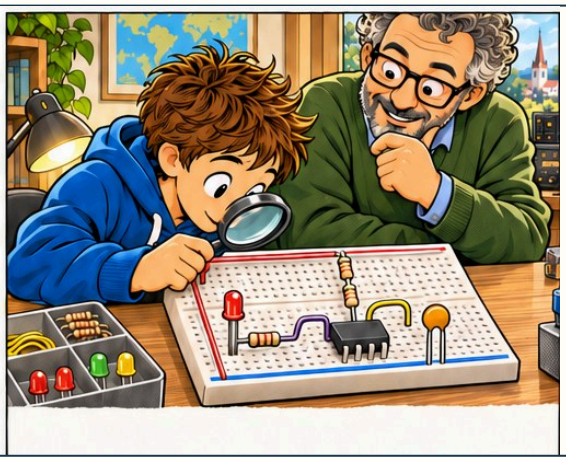
RA = 10 kΩ verbindet +5 V mit Pin 7. RB = 100 kΩ verbindet Pin 7 mit dem Knoten 2–6.



„Über RA und dann über RB zum Laden; über RB zum Entladen“, fasst Henri zusammen und verfolgt die Drähte auf dem Plan.



Der Ausgang 3 bleibt für die Anzeige und Messungen reserviert. Es ist nicht direkt mit dem Kondensator C verbunden.

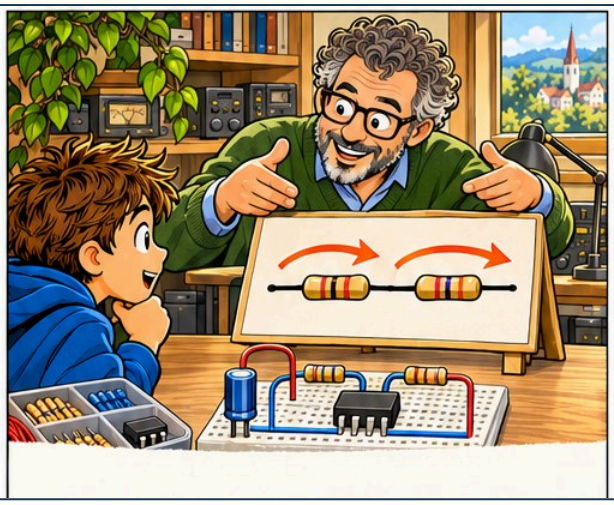


Lucas überprüft die gesamte Kette. Vor der ersten Inbetriebnahme findet jeder Draht seinen Platz.

Der Ladevorgang startet den Zyklus



Beim Start hat C wenig Ladung. Eine Spannung unterhalb der unteren Schwelle führt normalerweise zu einem hohen Ausgang.



Der interne Entladetransistor ist dann ausgeschaltet. C lädt über RA und RB.



Seine Spannung überschreitet etwa ein Drittel von VCC und steigt weiter an. Der interne Speicher behält seinen Zustand.



„Es ändert nicht jeden Moment seine Meinung!“ Lucas folgt der Kurve in Richtung der oberen Schwelle.



Wenn die Spannung etwa zwei Drittel von VCC erreicht, löst der Schwellenwertkomparator eine Umschaltung aus.

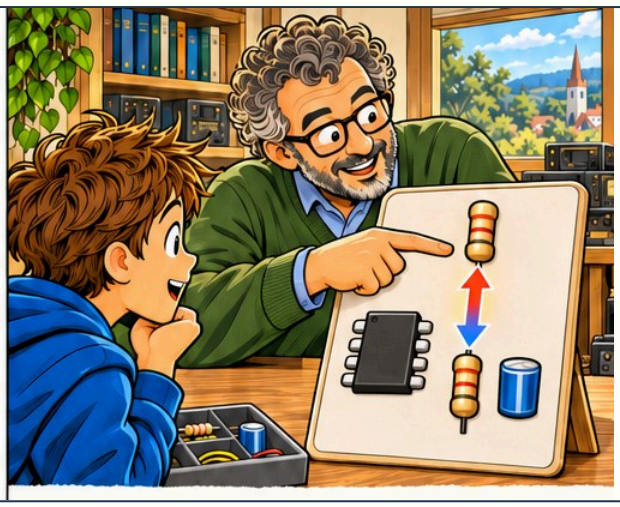


Der Ausgang geht auf Low und der Entladepfad beginnt zu leiten. Die zweite Hälfte der Reise beginnt.

Durch das Entladen schließt sich der Kreislauf



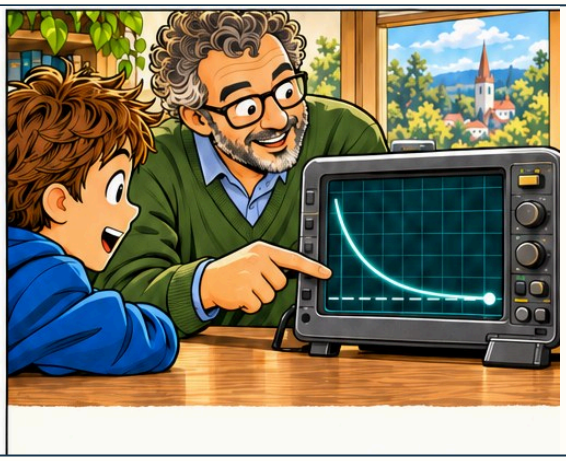
Der Kondensator entlädt sich nun über RB und den internen Transistor, der an Pin 7 angeschlossen ist.



RA begrenzt den Strom zwischen +5 V und Pin 7, wenn es nahe an Masse gezogen wird.



„Also definitiv kein einfacher Draht anstelle von RA!“ Lucas unterstreicht diese Einschränkung.



Durch die Rückkehr unter etwa ein Drittel von VCC löst die Spannung von C einen Neuanfang aus.



Die Ausgangsspannung geht hoch, die Entladung stoppt und C lädt sich wieder in Richtung der oberen Schwelle auf. Der Zyklus wiederholt sich.

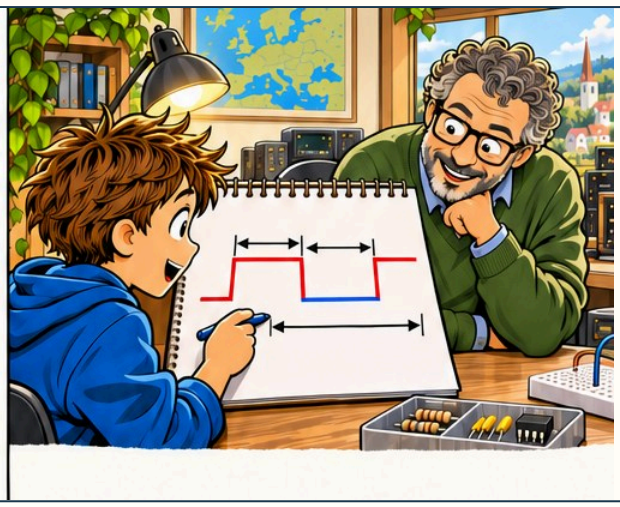


Am Ausgang entsteht eine Rechteckspannung; an C abgerundete Anstiege und Abfälle. Zwei Formen für denselben Rhythmus.

Drei Timing-Formeln



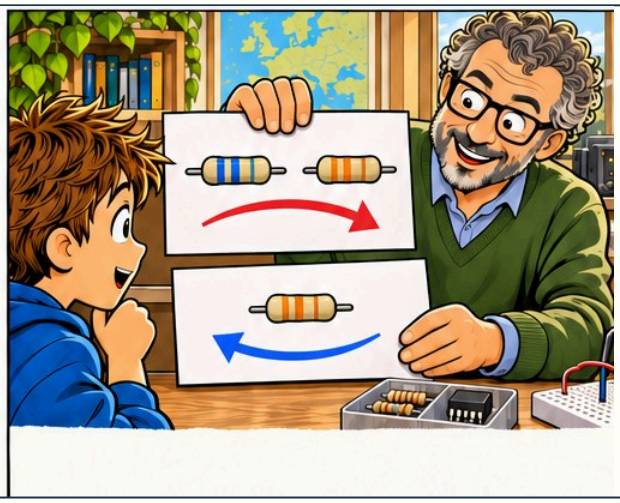
Henri schreibt die Näherungen: tH = 0,693 × (RA + RB) × C; tL = 0,693 × RB × C.



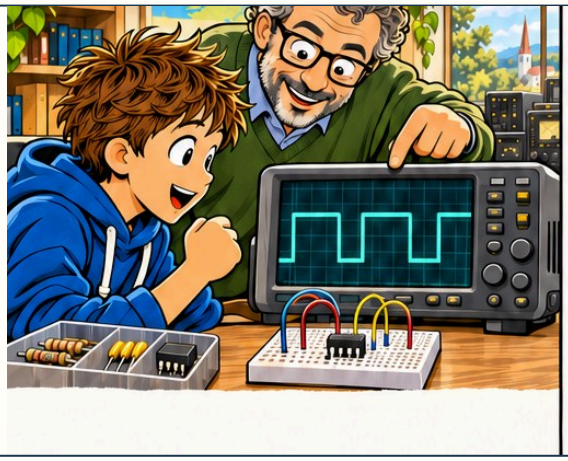
Die Dauer eines Zyklus beträgt T = tH + tL. Die Schwingungsfrequenz ist f = 1/T.



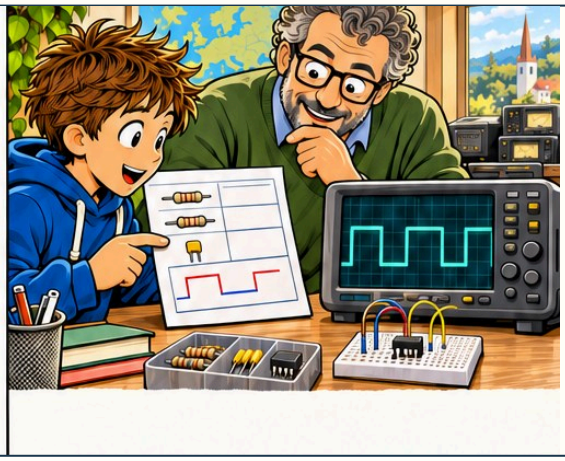
Wir verwenden auch f ≈ 1,44 / [(RA + 2RB) × C]. Die Widerstände sind in Ohm angegeben, C in Farad.



„Warum RB verdoppeln?“ Lucas findet RB beim Laden und Entladen.



In dieser klassischen astabilen Schaltung ist die High-Zeit länger als die Low-Zeit: Der Tastgrad beträgt nicht genau 50 %.



Die Berechnung sagt den Nennbetrieb voraus. Toleranzen und tatsächliche Schaltungen entscheiden über die Messung.

Ein Ton nahe 700 Hertz



Für RA = 10 kΩ, RB = 100 kΩ und C = 10 nF finden sie tH ≈ 0,762 ms.



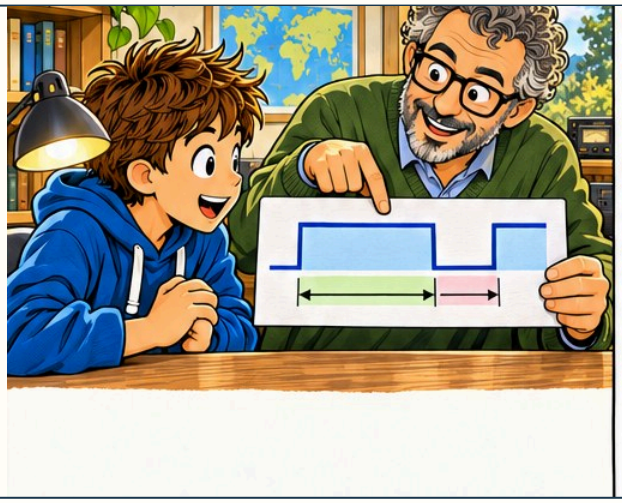
Die Low-Zeit beträgt etwa 0,693 ms. Die Periodendauer liegt damit nahe bei 1,46 ms.



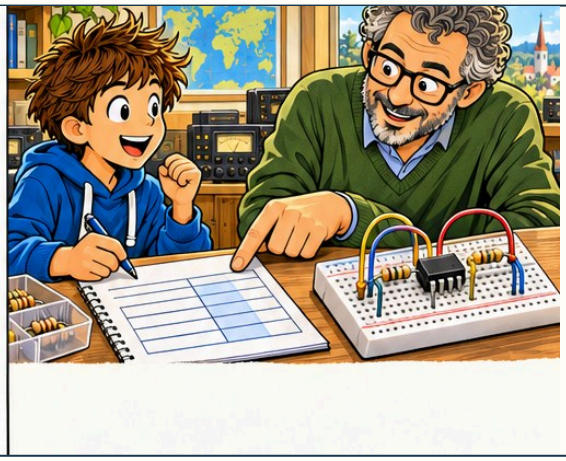
Die Formel mit 1,44 ergibt etwa 686 Hz; unter Verwendung der gerundeten Timing-Koeffizienten, etwa 687 Hz: ähnliche Ergebnisse.



„Wir wollten ungefähr 700 Hz, keinen auf das Hertz genau garantierten Ton“, erinnert Henri.



Der nominale Tastgrad ist (RA + RB)/(RA + 2RB), also ungefähr 52,4 %.



Lucas hält die Einheiten und Rundungen sichtbar. Er wird diese Vorhersage mit der tatsächlichen Schaltung vergleichen.

Das erste Power-Up



Sie installieren die Werkzeuge, überprüfen den Plan noch einmal und schalten den Strom mit der geplanten Strombegrenzung ein.



Die Kontrollleuchte scheint ständig zu leuchten: In der Nähe von 700 Hz kann das Auge nicht jeden Puls unterscheiden.



„Sie blinkt nicht!“ — „Dein Auge ist langsamer als diese Schaltung. Suchen wir einen anderen Nachweis.“



Henri verbindet die Sondenmasse mit der Baugruppenmasse dieser geprüften isolierten Stromversorgung.

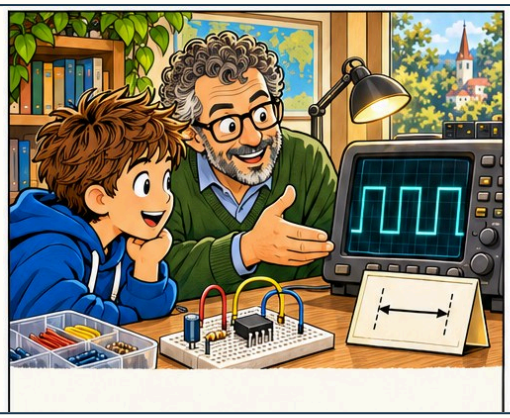


Die Sondenspitze geht zum Ausgang 3. Das Oszilloskop zeigt Rechteckimpulse an: Der Oszillator arbeitet.



Lucas lächelt: „Das Licht gab mir einen Hinweis, aber nicht die ganze Antwort.“

Beobachtung zweier unterschiedlicher Spannungen



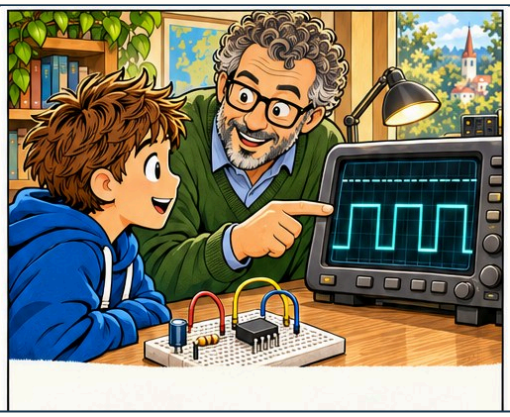
Am Ausgang 3 beobachten sie die High- und Low-Intervalle. Die gemessene Schwingungsfrequenz bleibt nah an der Berechnung.



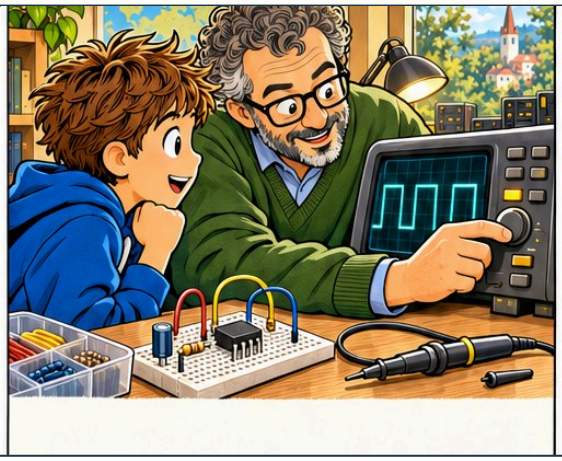
Am Kondensator C steigt und fällt die Spannung zwischen den beiden erwarteten Schwellenwerten.



Die beiden Spuren sind unterschiedlich. Lucas prüft immer, welchen Punkt seine Sonde misst.



Der bipolare Ausgang erreicht unter Last nicht unbedingt 5 V. Sie vermeiden eine Verwechslung von Logikpegel und perfekter Spannung.

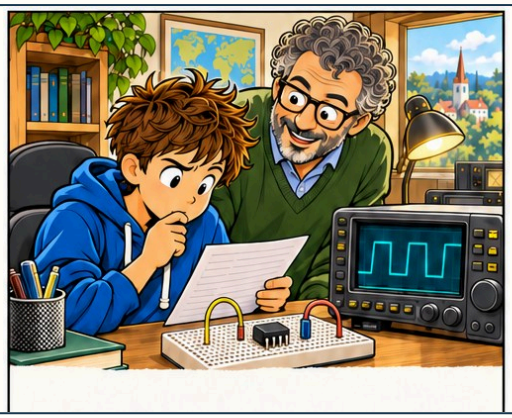


Die Sonde und das Instrument können die gemessene Spannung beeinflussen; Henri wählt geeignete Messeinstellungen aus.



Das Notizbuch bietet eine separate Vorhersage und Beobachtung. Kein beobachteter Wert wird im Voraus erfunden.

Warum Messung von Berechnung abweicht



„Ich habe genau die berechnete Schwingungsfrequenz erwartet!“ Henri weist auf die Widerstands- und Kondensatortoleranzen hin.



Ein etwas größeres C verlangsamt die Schwingung. Komponentenfehler können kombiniert werden.



Schwellenwerte, Leckströme und Temperatur wirken ebenfalls mit. Die Formeln bleiben nützliche Näherungen.



Bei ausgeschaltetem Gerät ändern sie jeweils einen Parameter. Dann schalten sie die Versorgung für eine neue Messung wieder ein.



Lucas vergleicht zwei identifizierte Kondensatoren. Er beschreibt den beobachteten Trend, ohne den Anspruch auf fiktive Präzision zu erheben.



„Es ist besser, die Lücke zu verstehen, als eine Zufallszahl zu korrigieren“, schlussfolgert er und schließt das Notizbuch.

Ein Knopf zur Auswahl des Tons



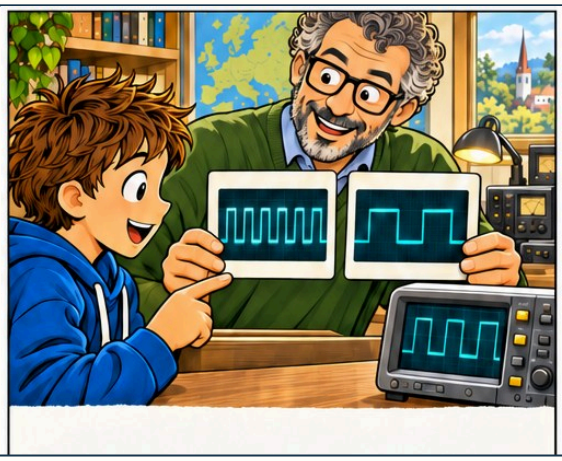
Um den Ton anzupassen, ersetzen sie RB durch 47 kΩ in Reihe mit einem Potentiometer von 100 kΩ.



Der Schleifer wird mit dem benutzten Endanschluss verbunden: Das Potentiometer ist als veränderlicher Widerstand beschaltet.



Der Festwiderstand von 47 kΩ sichert einen Mindestwiderstand. RA bleibt bei 10 kΩ.



Bei C = 10 nF reicht die nominelle Schwingungsfrequenz ungefähr von 474 Hz bis 1 385 Hz.



„Eine nützliche Einstellung, kein Zauberknopf." Zum Ändern der Verdrahtung schalten sie den Strom ab.



Nach dem erneuten Einschalten wählt Lucas einen angenehmen Ton. Er markiert eine Ausgangseinstellung auf der Frontplatte.

Dann plötzlich kein Rhythmus mehr



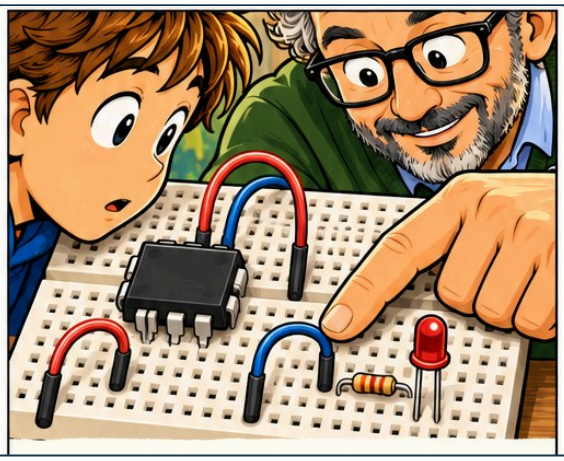
Wenn Lucas das lötfreie Steckbrett bewegt, verschwindet die Wellenform vom Oszilloskop. Die Anzeige bleibt aus.



„Ist der 555 tot?“ Henri schlägt vor, mit dem zu beginnen, was sie beobachten können.



Sie schalten den Strom ab und vergleichen die tatsächliche Verkabelung mit ihrem Plan, ohne wahllos Teile auszutauschen.



Ein Überbrückungskabel ist eine Reihe zu weit verrutscht. Pin 4 ist nicht mehr mit dem vorgesehenen High-Pegel verbunden.



Lucas erkennt die Verbindung zwischen RESET und dem Ausgang: Ein undefinierter Eingang kann dazu führen, dass die Schaltung nicht mehr funktioniert.



Sie korrigieren die Verbindung und bereiten einen neuen Versuch vor. Für die Störung gibt es endlich eine überprüfbare Erklärung.

Fehlerbehebung in der richtigen Reihenfolge



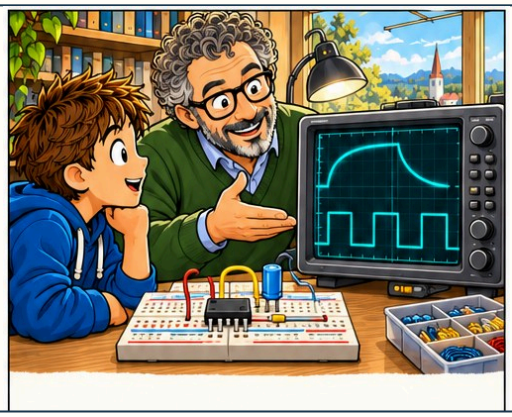
Henri empfiehlt eine Reihenfolge: Versorgung, Masse, Gehäuseorientierung, RESET, Zeitglieder und Ausgang.



Lucas prüft zunächst die Spannung zwischen 8 und 1. Eine Messung an anderer Stelle könnte eine schlechte Verbindung verschleiern.



Sie prüfen geteilte Schienen, lose Drähte und die Position jedes einzelnen Stifts.



Sobald sie die Spannung an C beobachten, können sie besser erkennen, ob der Fehler im Oszillator oder in einer späteren Phase liegt.



Die Verbindungen werden im ausgeschalteten Zustand korrigiert. Vor der Wiederherstellung der Stromversorgung werden Messungen vorbereitet.



Lucas zeichnet einen Diagnosepfad: Jede Frage muss die Anzahl möglicher Ursachen reduzieren.

Ein Fehler wird zur Lektion



Nach der Korrektur hat der Pin 4 seinen definierten Pegel. Die Schaltung erzeugt wieder Rechteckimpulse.



„Wir hatten eine Hypothese, eine Überprüfung und eine Reparatur“, fasst Lucas zusammen. Henri lässt ihn erklären.



Sie ziehen bei ausgeschaltetem Gerät vorsichtig an den Überbrückungsdrähten, um lose Verbindungen zu identifizieren.



Lucas räumt zu lange Drähte weg und schafft Zugang zu den Messpunkten.



Das Notizbuch zeichnet die Störung und deren Ursache auf. Ein Besucher kann aus diesem Vorfall lernen, ohne ihn zu wiederholen.



Der Rhythmus ist zurück. Jetzt müssen sie es hörbar machen, ohne den NE555 zu bitten, den Lautsprecher direkt anzusteuern.

Ein Lautsprecher ist keine LED



Lucas bewegt den Lautsprecher in Richtung Ausgang 3. Henri unterbricht ihn sanft: „Lassen Sie uns die Belastung überprüfen."



Ein kleiner Lautsprecher mit niedriger Impedanz benötigt Strom, den dieser Schaltkreis nicht direkt liefern sollte.



Der NE555 gibt hier den Rhythmus vor; Ein mit 5 V kompatibles Audioverstärkermodul liefert die Schallenergie.



Sie wählen ein Modul aus, dessen Eingang dieses Signal nach der Kopplung und Anpassung des Pegels entsprechend seiner Anleitung akzeptiert.



Der Lautsprecher kommt an die vorgesehenen Klemmen des Moduls. Manche Ausgänge dürfen nicht mit Masse verbunden werden.



Lucas gestaltet drei Blöcke neu: Oszillator, Pegelanpassung, Verstärker. Jedes Element hat seine Aufgabe.

Der Weg des Klangs



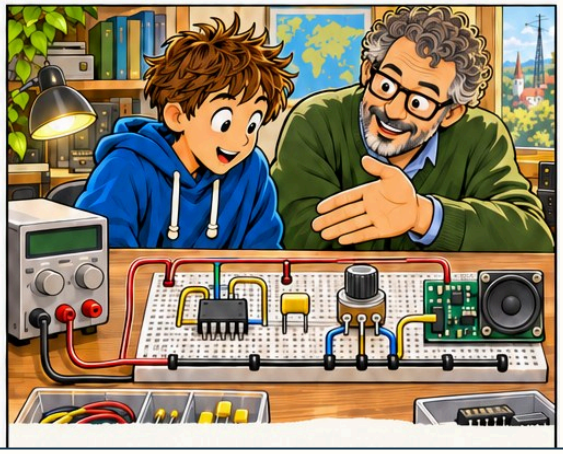
Bei ausgeschalteter Stromversorgung wird der Ausgang 3 mit einem nicht polarisierten Kopplungskondensator 100 nF verbunden.



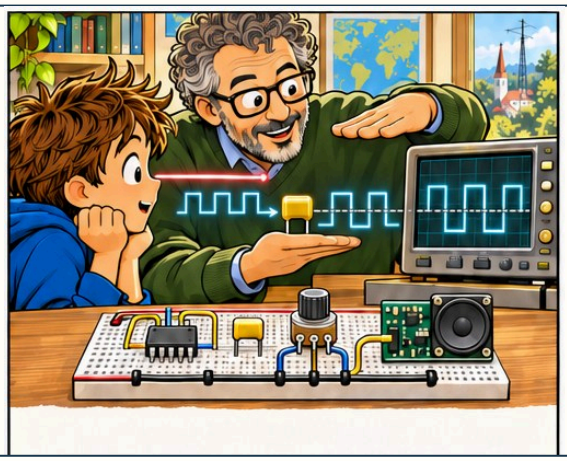
Der andere Anschluss wird an die Oberseite eines 47 kΩ-Potentiometers angeschlossen. Seine Unterseite ist mit der gemeinsamen Masse verbunden.



Der Schleifer führt zum hochohmigen Eingang des gewählten Audiomoduls. Dessen Anleitung bestätigt diesen Anschluss.



Das Modul und der NE555 teilen sich die Masse; Das Modul erhält seinen Strom gemäß seiner Dokumentation.



Der Koppelkondensator blockiert die Gleichstromkomponente des Ausgangs und lässt Audioschwankungen durch.



Sie stellen die Lautstärke vor dem ersten Versuch auf Minimum. Lucas hat noch keine Kopfhörer angeschlossen.

Endlich der erste Ton



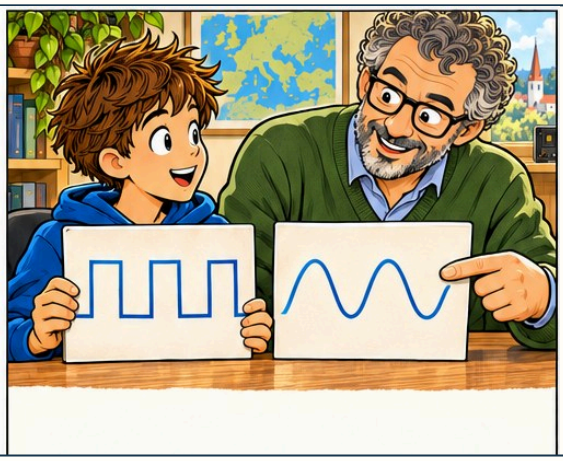
Beim erneuten Einschalten erhöht der Lucas langsam die Lautstärke. Ein klarer Audioton füllt die kleine Ecke der Werkstatt.



„Es singt!“ Henri bittet ihn, den Ton, den er hört, mit der Wellenform auf dem Oszilloskop zu vergleichen.



Zuerst stellen sie die Frequenz ein, dann den Audiopegel. Zwei Drehknöpfe mit unterschiedlichen Wirkungen.



Die rechteckige Wellenform enthält Harmonische: Sie hat nicht den Klang einer reinen Sinuswelle.



Die Lautstärke bleibt angenehm für den Tisch. Sie schließen Kopfhörer nicht direkt an den Ausgang des 555 an.



Lucas schließt kurz die Augen: Die kleine Kurve im Notizbuch ist zu einem hörbaren Erlebnis geworden.

Die Morsetaste muss den Ton schalten



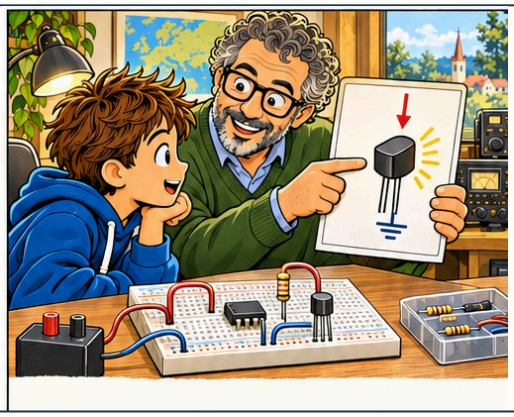
Der Ton ist kontinuierlich. „Die Taste muss es aktivieren, während sie gedrückt wird", schlägt Lucas vor, während er die Stromversorgung abschaltet.



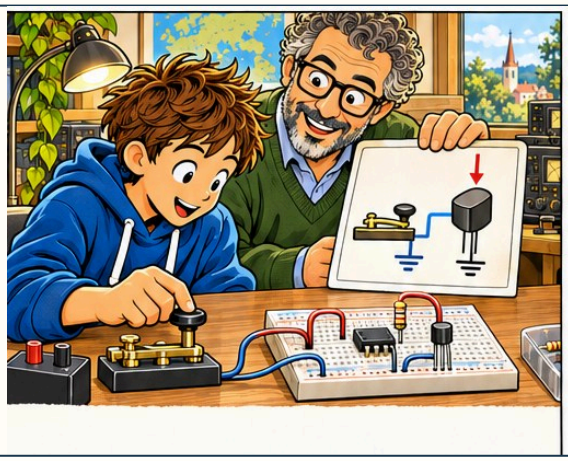
Sie entfernen die direkte Verbindung von RESET zu +5 V. Ein Widerstand von 4,7 kΩ verbindet nun RESET, Pin 4, mit +5 V.



Beim NPN 2N3904 liegt der Kollektor an RESET und der Emitter an Masse. Sie prüfen die tatsächliche Anschlussbelegung.



Ein 10 kΩ-Widerstand verbindet die Basis mit +5 V. Im Ruhezustand fließt Strom durch den NPN, wodurch der RESET niedrig gehalten wird: Stille.



Die Morsetaste verbindet die Basis mit Masse: Beim Drücken sperrt der NPN; RESET geht auf High und der Ton erklingt.

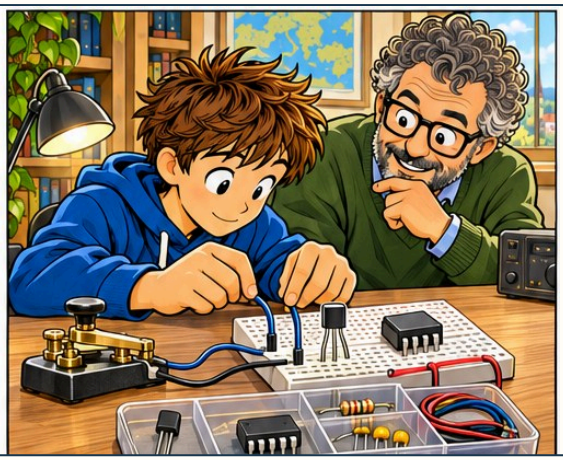


„Der Transistor invertiert den Tastenbefehl!" Sie zeichnen beide Zustände vor dem Test im Diagramm nach.

Ein Tastendruck, ein Audioton



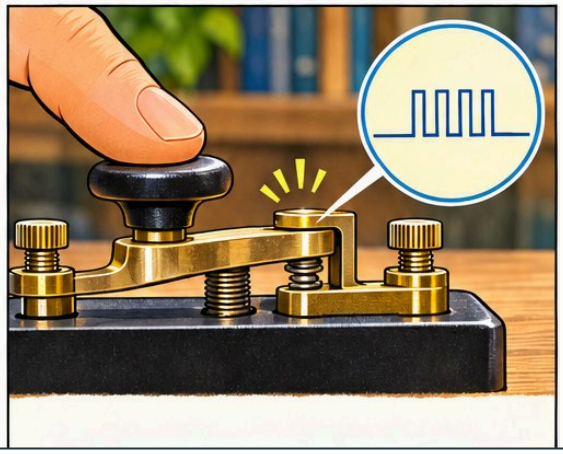
Die Morsetaste bleibt von jeder Funkstation getrennt. Ihre beiden Anschlüsse dienen nur unserer Niederspannungssteuerung.



Ein Draht führt zur NPN-Basis, der andere zur Masse. Lucas prüft die Klemmen und den Pull-up-Widerstand.



Sie schalten ein: zunächst Stille. Lucas drückt die Morsetaste: Der Ton beginnt. Er lässt los: Der Ton endet.



„Es folgt meiner Bewegung!“ Mechanische Kontakte können allerdings prellen und kleine Klickgeräusche verursachen.



Henri hält die Drähte kurz. Das Tastenkabel soll keine große Schleife bilden, die Störungen auffängt.

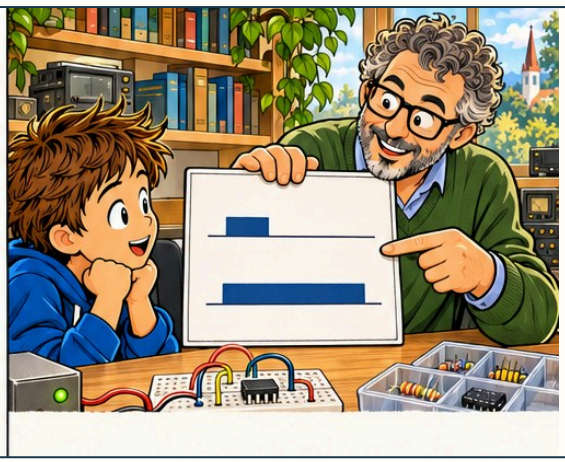


Lucas wiederholt langsam dreimal das Drücken. Zum ersten Mal reagiert die Schaltung auf seinen Finger.

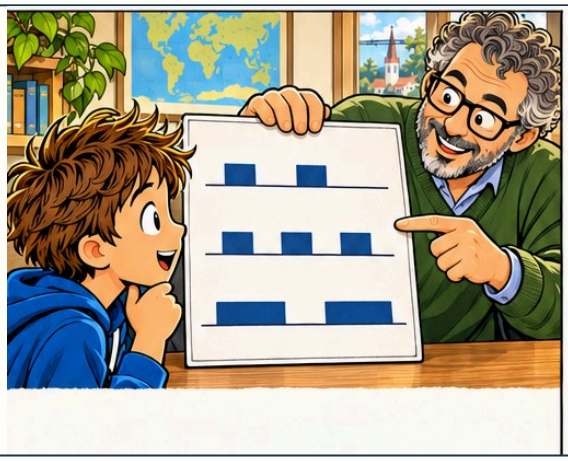
Morsecode ist auch Stille



Lucas gibt zu schnell und bringt alles durcheinander. Henri schlägt vor, langsamer zu werden und auf die Pausen zu hören.



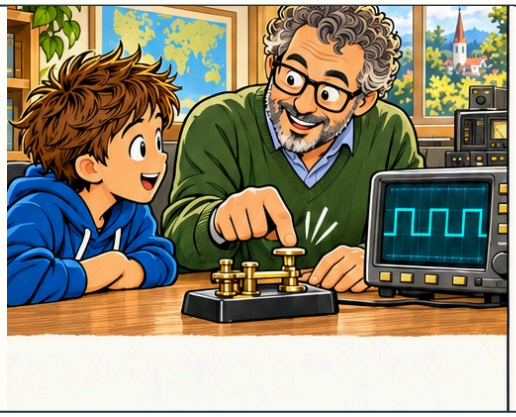
Ein Punkt dauert eine Einheit, ein Strich drei. Zwischen den Elementen desselben Zeichens bleibt eine Einheit Pause.



Der Abstand zwischen zwei Zeichen beträgt drei Einheiten; zwischen zwei Wörtern sieben Einheiten im Referenzrhythmus.



„Schweigen ist also Teil der Botschaft!“ Lucas zeichnet einen Streifen mit Tönen und Pausen.



Henri wählt ein gleichmäßiges Tempo anstelle eines Geschwindigkeitswettbewerbs. Der Trainer kann die Bewegungen des Bedieners nicht selbst korrigieren.



Sie verwenden ein kurzes Muster. Diesmal hört Lucas, wo ein Zeichen endet, bevor das nächste beginnt.

Gemeinsam lernen



Henri spielt ein kleines Muster; Lucas versucht es zu reproduzieren. Anschließend tauschen sie die Rollen.



Eine zögerliche Reaktion provoziert ein Lächeln, kein Urteil. Sie suchen nach der Passage, die missverstanden wurde.



Lucas entdeckt, dass eine Änderung des Tons das Hören angenehmer machen kann, ohne die Morsezeiten zu ändern.



Lautstärke ersetzt weder Aufmerksamkeit noch lesbaren Rhythmus. Sie halten es niedrig genug, um ruhig sprechen zu können.



Das Notizbuch beinhaltet eine kurze Sitzung und Pausen. Der Tag der offenen Tür soll zum Ausprobieren animieren.

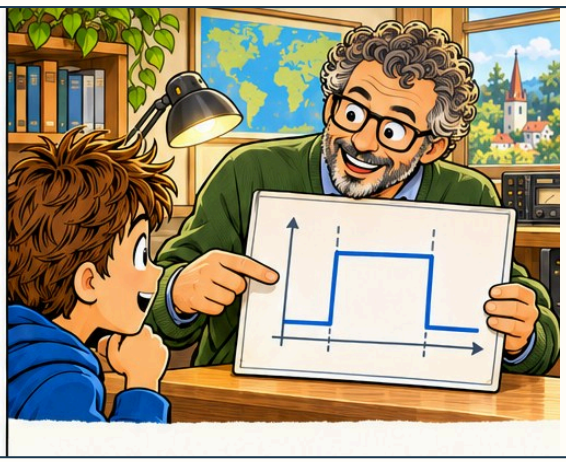


„Ich zeige dir zuerst, wie man zuhört", entscheidet Lucas. Henri erkennt eine Lektion aus ihrem ersten Abenteuer.

Ein kleiner Klick zwischen den Noten



Wenn das Geräusch beginnt, hören sie ein kleines Klicken. „Der Wechsel erfolgt abrupt“, erklärt Henri.



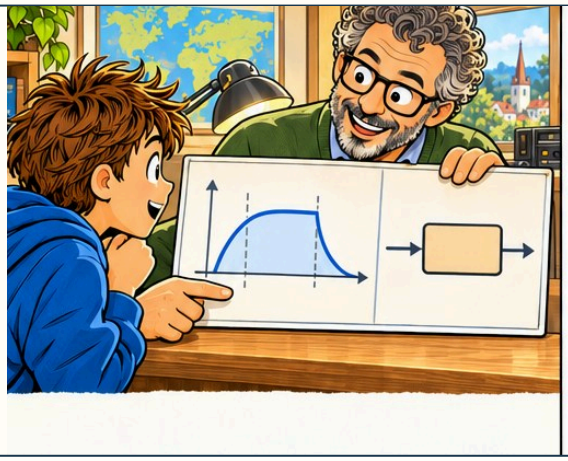
Das Signal startet und stoppt ohne weiche Hüllkurve. Durch die Audiokopplung werden nicht alle diese Transienten entfernt.



Lucas prüft außerdem, ob das Modul nicht in die Sättigung geht: Ein zu hoher Pegel kann den Klang unangenehm machen.



Sie senken den Pegel und beobachten das Signal. Eine gleichzeitige Änderung mehrerer Dinge würde die Diagnose verwirren.



Eine allmähliche Steuerung der Hüllkurve würde eine zusätzliche, separat untersuchte und geprüfte Stufe erfordern.

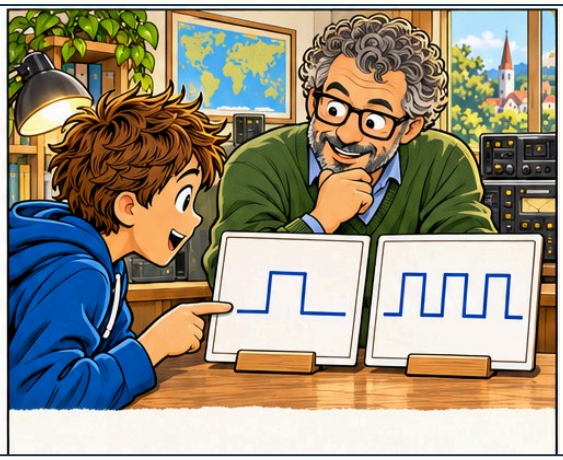


Für diesen Trainer verwenden sie eine komfortable Einstellung und geben diese Grenze in der Anleitung ehrlich an.

Ein zweites Experiment: ein einzelner Puls



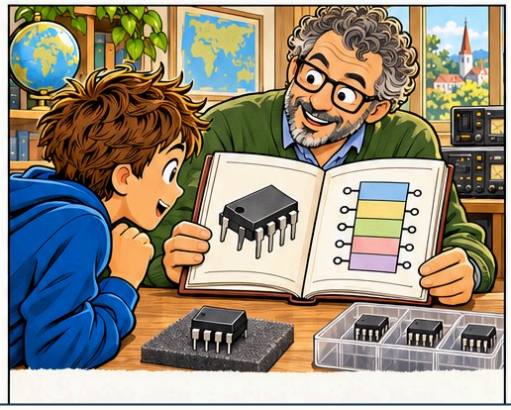
Lucas stellt sich ein Licht vor, das nach einem Tastendruck kurz eingeschaltet bleibt. Henri schlägt eine monostabile Schaltung vor.



Im Gegensatz zum Astabil wartet es auf einen Auslöser, erzeugt einen Impuls und kehrt dann in den Ruhezustand zurück.



Sie bereiten ein weiteres lötfreies Steckbrett vor, um den Morsetrainer intakt zu halten. Die beiden Experimente bleiben getrennt.



Derselbe NE555 kann diese Funktion mit unterschiedlicher Verkabelung ausführen. Lucas nimmt sein Pinbelegungsdiagramm heraus.



Die Nenndauer hängt hauptsächlich von einem Widerstand R und einem Kondensator C ab: $T \approx 1{,}1 \times R \times C$.



„Kontinuierlicher Ton oder ein einzelnes Intervall: das gleiche Paket, eine andere Geschichte!“ Er bereitet einen neuen Test vor.

Das monostabile Schaltbild



Auf diesem zweiten lötfreien Steckbrett: 1 an Masse, 8 und 4 an +5 V; Es gelten die gleichen Entkopplungsvorkehrungen.



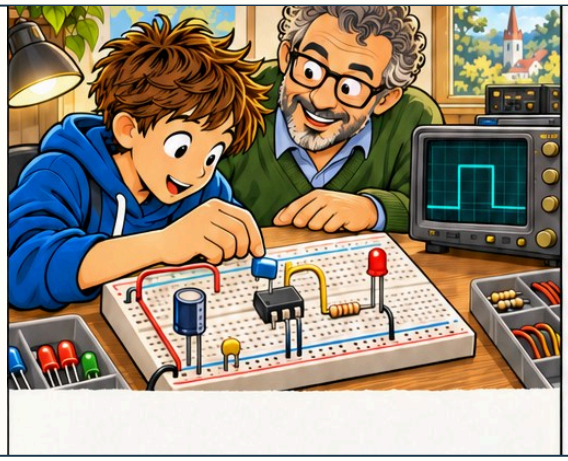
Die Pins 6 und 7 sind mit demselben Knoten verbunden. R = 100 kΩ verbindet diesen Knoten mit +5 V.



C = 10 µF verbindet diesen Knoten mit Masse, wobei sein positiver Anschluss auf der Seite 6–7 für die ausgewählte Komponente liegt.



Pin 2 verfügt über einen Pull-up-Widerstand von 10 kΩ bis +5 V und einen Testtaster zur Masse.



Zwischen Pin 5 und Masse liegen 10 nF; Ausgang 3 steuert eine LED über ihren Vorwiderstand von 2,2 kΩ.



Lucas unterscheidet dieses Diagramm von der astabilen Schaltung. „Hier ist 2 nicht mit 6 verbunden!“ Ihre Prüfung verhindert Verwirrung.

Ein kurzer Druck löst den Impuls aus



Im Ruhezustand ist Pin 2 hoch und der Ausgang niedrig. Der Zeitkondensator ist entladen.



Ein kurzer Druck zieht TRIG unter ein Drittel von VCC; Der Ausgang geht auf High und C beginnt zu laden.



Lucas lässt die Taste sofort los. Der Trigger muss vor dem vorgesehenen Zeitintervall enden.



Wenn TRIG niedrig bleibt, entspricht das Verhalten am Ende des Impulses nicht mehr dem eines korrekt vorbereiteten kurzen Triggers.



„Den Knopf gedrückt zu halten ist also keine gute Möglichkeit, T zu messen!“ Sie beginnen erneut mit einem kurzen Druck.



Ein automatischer Eingang braucht ein sauberes Triggersignal, das die Grenzwerte des Datenblatts einhält.

Ungefähr eine Sekunde, keine Uhr



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



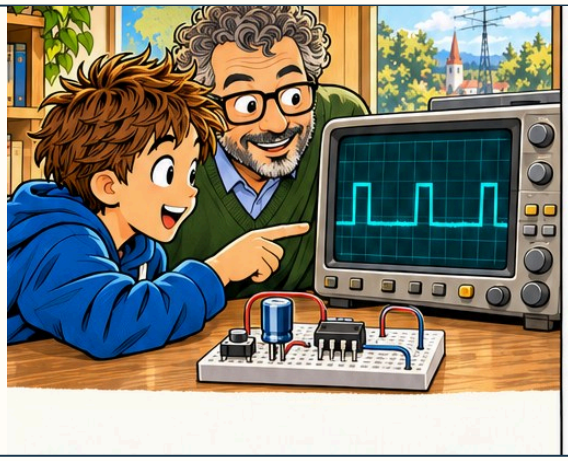
Lucas löst den Timer einmal aus und beobachtet dann das Auf- und Erlöschen der Kontrollleuchte.



Der 10 µF-Kondensator weist Toleranz und Leckage auf. Das tatsächliche Intervall kann von der Sollberechnung abweichen.



Für lange und präzise Laufzeiten ist dieser einfache RC nicht unbedingt die beste Wahl.



Sie messen mehrere Impulse mit einem geeigneten Instrument, ohne ihre Tests in eine Präzisionsgarantie umzuwandeln.



Lucas schreibt: „Eine Aktion zeitlich festlegen, ja; einen Referenztakt ersetzen, nein.“

Steuerung eines Demonstrationsrelais



Henri schlägt ein kleines Relais mit einer 5 V-Spule vor, das etwa 20 mA verbraucht, um die indirekte Steuerung zu demonstrieren.



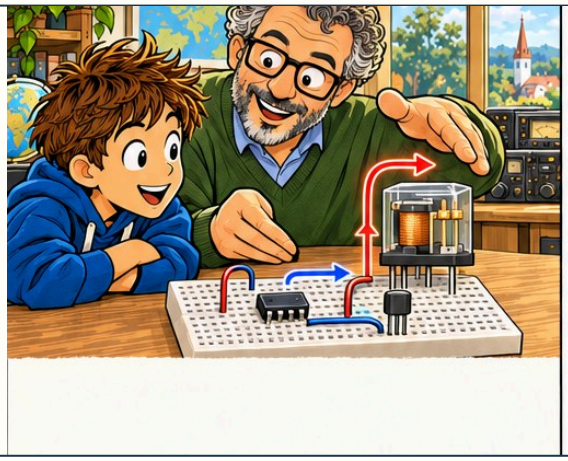
Der Ausgang 3 ist über 1 kΩ mit der Basis eines geeigneten NPN-Transistors verbunden. Ein Widerstand 10 kΩ verbindet Basis mit Emitter.



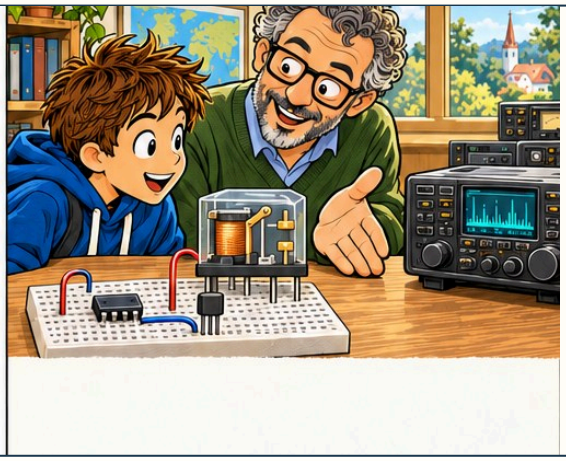
Der Emitter des Transistors liegt an Masse; der Kollektor an einen Spulenanschluss; der andere Spulenanschluss an +5 V.



Sie überprüfen die tatsächliche Pinbelegung und den zulässigen Strom des Transistors im Datenblatt: NPN-Geräte sind nicht alle identisch.



Der Ausgang des 555 treibt die Basis, während der Transistor den Spulenstrom schaltet.



Die Relaiskontakte bleiben bei diesem Versuch unbelastet. Kein PTT-Eingang eines Funkgeräts ist angeschlossen.

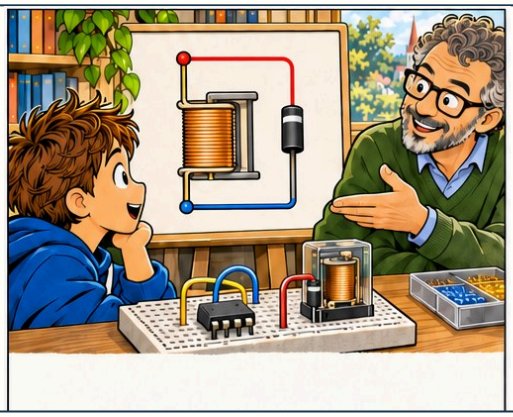
Die Diode, die die Spule schützt



„Neben der Spule fehlt ein Bauteil“, sagt Henri. Die Unterbrechung eines induktiven Stroms kann zu einer Spannungsspitze führen.



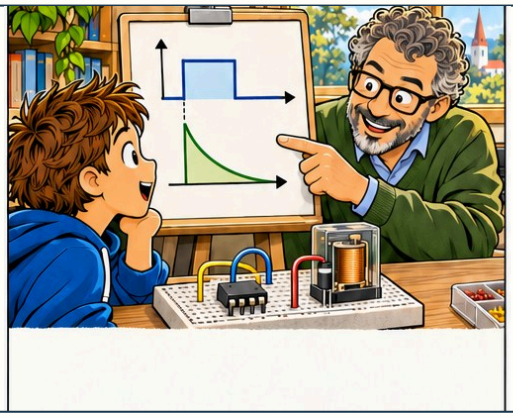
Parallel zur Spule ist eine 1N4007-Diode geschaltet: Kathode zum +5 V, Anode zum Kollektor.



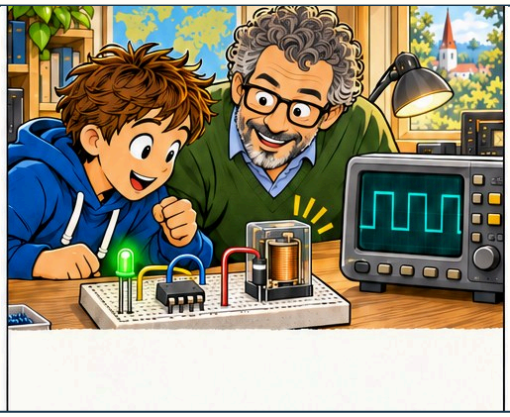
Im Normalbetrieb ist die Diode in Sperrichtung vorgespannt. Beim Ausschalten stellt es einen Pfad für den Spulenstrom bereit.



Lucas markiert den Kathodenring vor dem Einstecken. Eine umgekehrte Diode wäre ein Fehler und kein Schutz.



Dieser Freilaufpfad verzögert auch das Abfallen des Relais. Die passende Schutzschaltung hängt von der Anwendung ab.

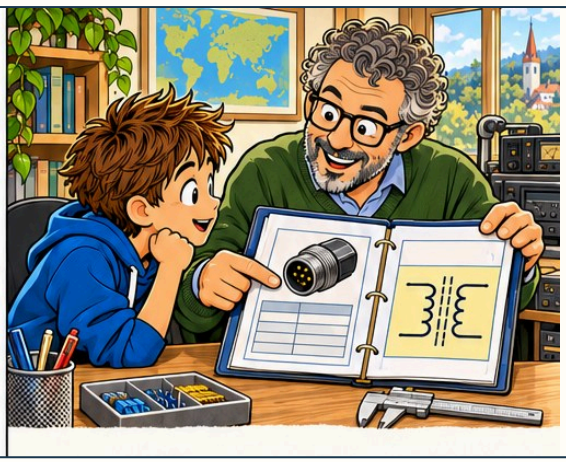


Sie überprüfen die Verkabelung bei ausgeschaltetem Strom und lösen dann den Monostabilen aus. Der kleine mechanische Klick folgt der Anzeige.

Eine Radioidee mit ihrer Schnittstelle



Lucas denkt an eine Zeitsteuerung für Stationszubehör. Henri bittet ihn zuerst, dessen Anleitung zu lesen.



Eine PTT-Steuerung oder ein Zubehörteil erfordert möglicherweise eine ganz bestimmte Isolierung, Polarität und Pegel.



Das Demonstrationsrelais wird nicht zur universellen Schnittstelle. Auch Kontakte haben Grenzen.



Sie zeichnen lediglich eine Zeitfunktion, die durch einen zu untersuchenden Schnittstellenblock von der Station getrennt ist.



„Wir werden es nicht auf einer Station ausprobieren, um zu sehen, was passiert“, beschließt Lucas und steckt das Kabel weg.



Ihr Test demonstriert ein Kontrollprinzip. Eine echte Anwendung benötigt ein eigenes Design und eine eigene Validierung.

Kontakte, die prellen



Beim Tastendruck beobachtet Lucas Unregelmäßigkeiten. Ein mechanischer Kontakt kann mehrfach prellen.



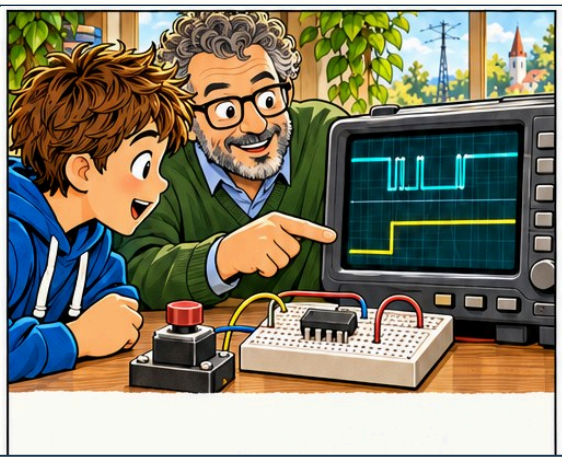
„Eine Bewegung erzeugt nicht immer nur eine elektrische Flanke“, erklärt Henri anhand einer Kurve.



Ein 555 kann bei der Entprellung helfen, aber ein beliebiger Monostabiler beseitigt nicht jeden problematischen Fall.



Das gewählte Intervall, die Triggerwellenform und der Startzustand müssen zur Anwendung passen.

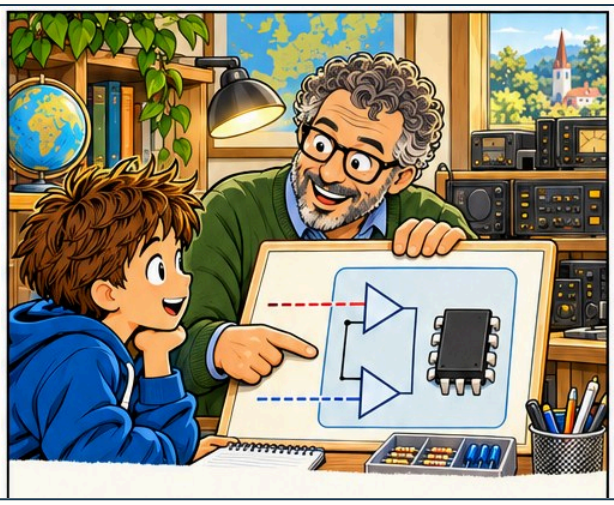


Sie beobachten Eingang und Ausgang gemeinsam, bevor sie urteilen. Die Anzeige allein kann Details verbergen.



Lucas fügt seiner Datei eine Frage hinzu: „Welches Signal gelangt wirklich in meinen Schaltkreis?“

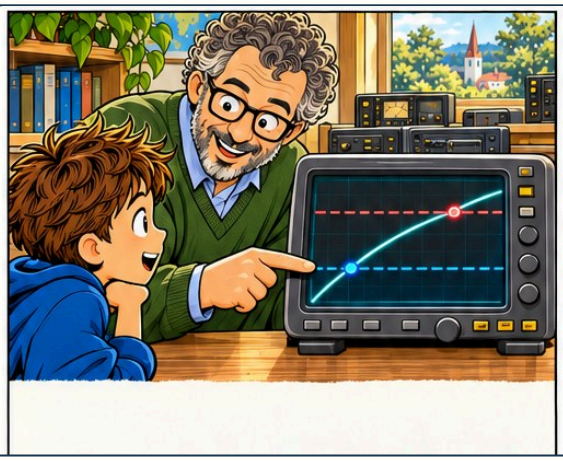
Zwei Schwellen, um Zögern zu verhindern



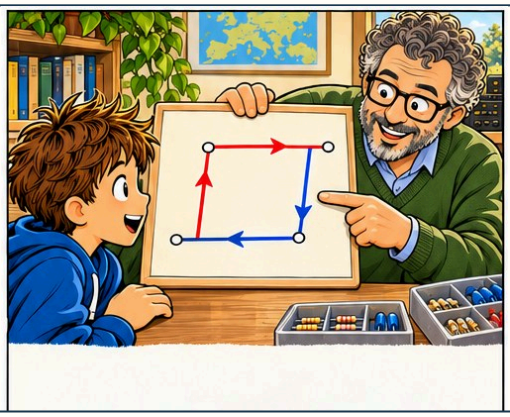
Henri verbindet die Pins 2 und 6, um mithilfe des 555 einen Schmitt-Trigger einzuführen.



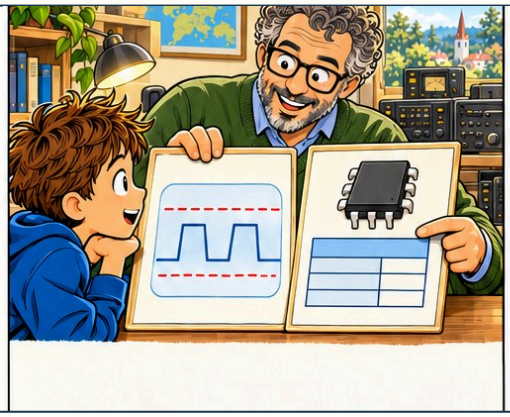
Diesmal steuert eine geeignete Prüfspannung diesen Knoten; Pin 7 wird in der Demonstration nicht verwendet.



Unterhalb von etwa VCC/3 steuert der Eingang einen hohen Ausgang. Durch den Anstieg über 2VCC/3 wird es niedrig.



Zwischen den beiden Schwellenwerten bleibt der vorherige Zustand erhalten. Diese Hysterese vermeidet gewisse zögerliche Schaltvorgänge.



Die angelegte Spannung muss innerhalb der zulässigen Grenzen bleiben. Ein beliebiges Signal kann nicht direkt angeschlossen werden.



Lucas folgt in der Zeichnung einem langsamen Anstieg und dann einem Abstieg. Er versteht, warum beide Schwellenwerte wichtig sind.

Einen Zustand speichern: die bistabile Schaltung



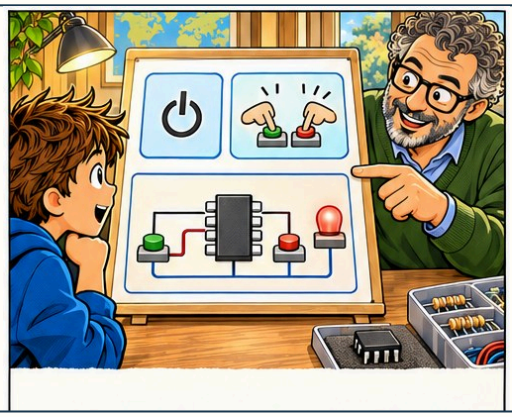
Lucas schlägt eine Warnleuchte vor, die bis zu einem Stoppbefehl eingeschaltet bleibt. Henri führt den bistabilen Betrieb ein.



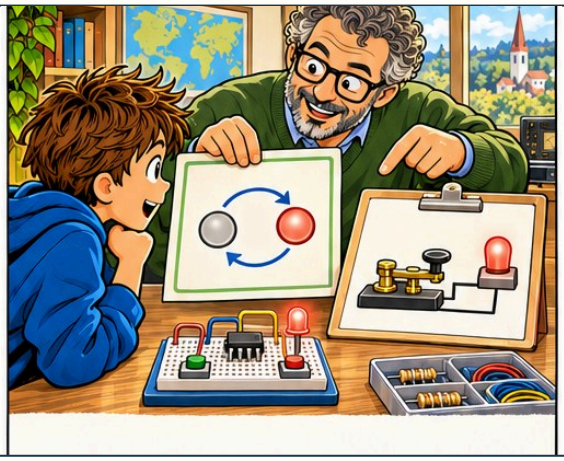
In einer geeigneten Schaltung steuert TRIG den High-Zustand; RESET kann den Low-Zustand erzwingen.



Die Eingaben müssen definierte Niveaus einhalten. THRES darf kein unbeabsichtigtes Schalten verursachen.



Startverhalten und gleichzeitige Befehle müssen berücksichtigt werden: Eine Speicherschaltung kann die Absicht nicht erraten.



Sie belassen diese Anwendung im Blockdiagrammstadium, ohne sie ihrem Morse-Trainer hinzuzufügen.

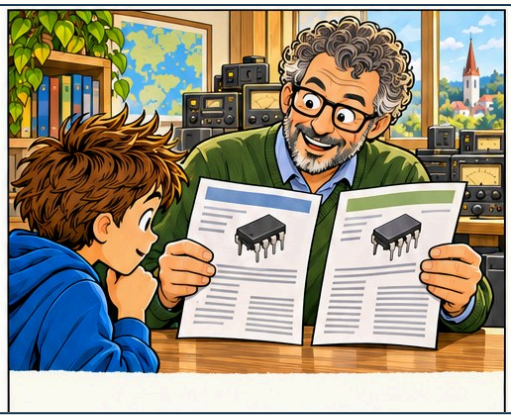


„Schwingen, eine Zeit vorgeben, speichern: Jetzt sehe ich den Unterschied“, sagt Lucas neben seinen drei Karten.

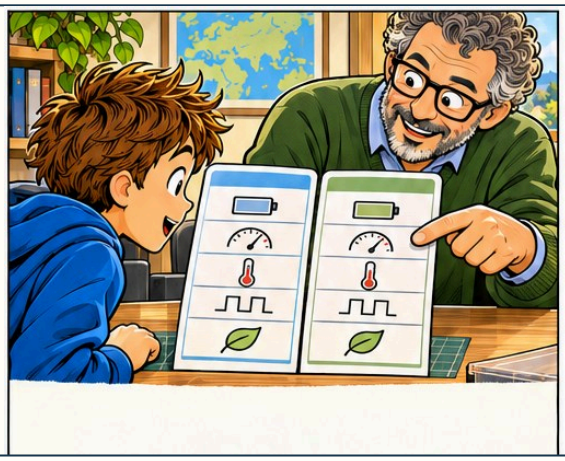
Die CMOS-Cousins



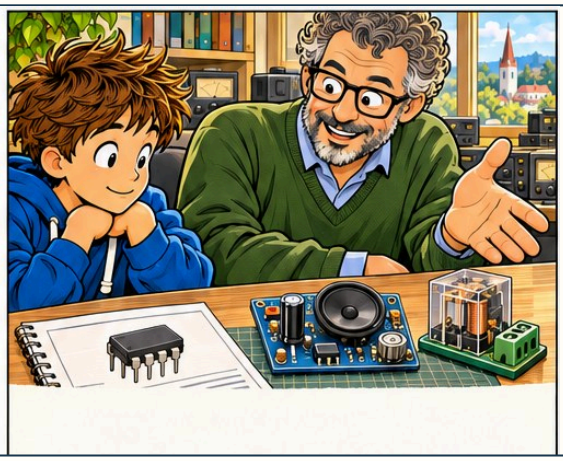
Auf einem anderen Gehäuse liest Lucas TLC555. „Dieselbe Nummer: genau dasselbe Bauteil?“



Henri vergleicht die Datenblätter: Einige CMOS-Versionen verbrauchen weniger Ruhestrom und akzeptieren unterschiedliche Versorgungsbereiche.



Ausgangsströme, garantierte Schwellenwerte und absolute Grenzwerte können unterschiedlich sein.



Ein Pin an der gleichen Stelle garantiert nicht das gleiche Verhalten mit unserem Audiomodul oder Relais.



Die Entkopplungsempfehlungen und Eingangseigenschaften müssen für die gewählte Referenz noch überprüft werden.



Sie behalten den angegebenen NE555 im Gerät. Lucas weiß nun, wie man einen sinnvollen Ersatz beurteilt.

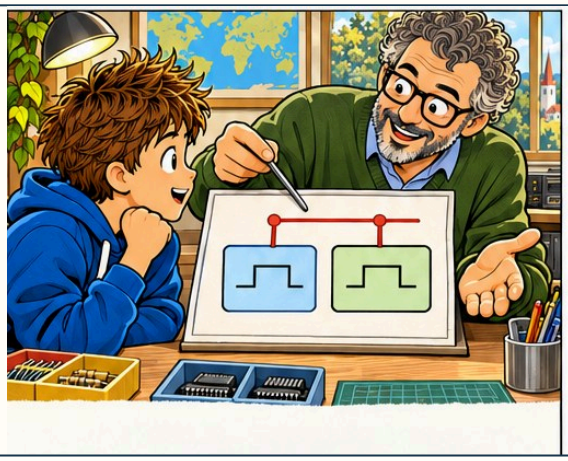
Zwei Timer in einem NE556



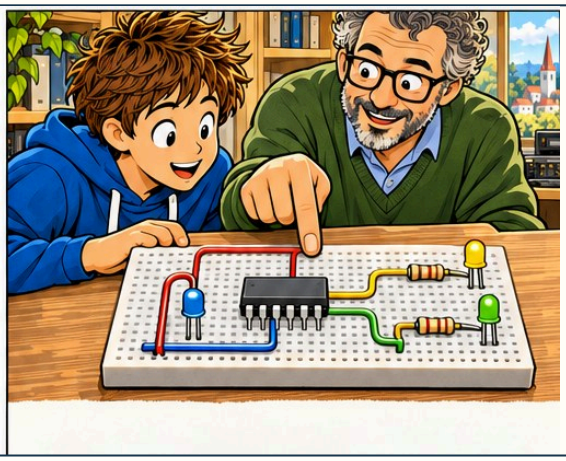
Der NE556 enthält zwei Timer in einem Gehäuse. Lucas stellt sich getrennte Ton- und Zeitfunktionen vor.



Henri zeigt die Anschlussbelegung: Das vierzehnpolige Gehäuse darf man nicht aus Gewohnheit wie zwei NE555 verdrahten.



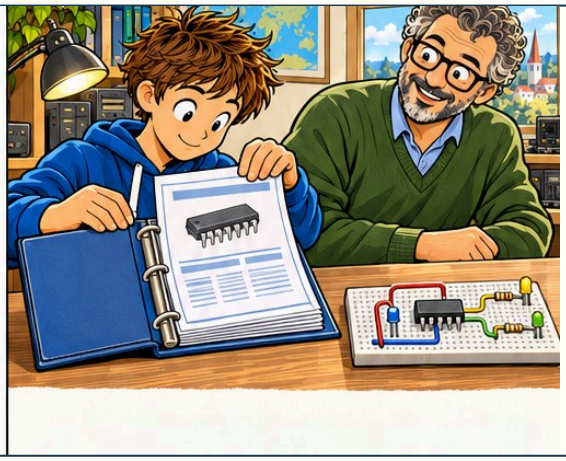
Jeder Abschnitt verfügt über eigene Ein- und Ausgänge. Die beiden Abschnitte teilen sich die Stromversorgung.



Durch sorgfältiges Entkoppeln und Verlegen wird verhindert, dass ein Abschnitt den anderen stört.



Sie entwerfen eine lehrreiche Zwei-Block-Sirene, während sich der Aufbau dieses Albums auf ihr aktuelles Projekt konzentriert.



„Mehr Funktionen erfordern auch mehr Kontrollen“, bemerkt Lucas, während er das Blatt NE556 weglegt.

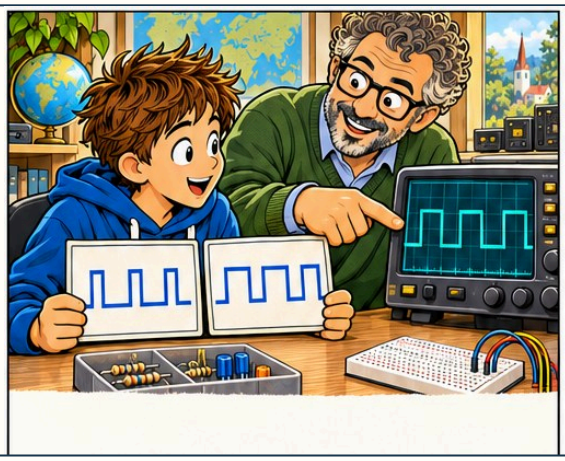
Pin 5 und die Idee der Modulation



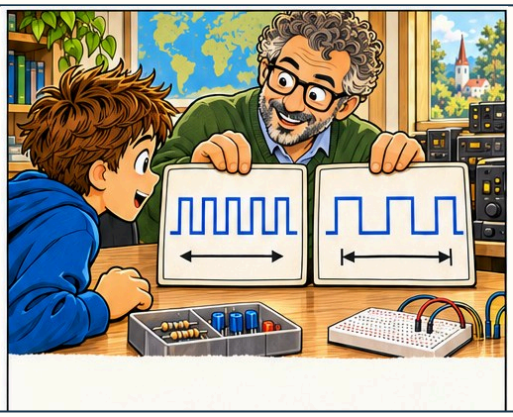
Lucas kehrt zu CONT, Pin 5, zurück. „Können wir das Verhalten der Schaltung variieren?“



Henri erklärt, dass eine geeignete Steuerspannung die internen Referenzen verschiebt.



Je nach Schaltung kann dadurch die Pulsweite moduliert oder die Schwingungsrate variiert werden.



In diesem einfachen Astabil kann eine Änderung der Referenzen auch die Schwingungsfrequenz ändern: PWM ist nicht automatisch unabhängig.



Es wird ein geeigneter PWM-Controller ausgewählt und für seine Last ausgelegt, mit einer geeigneten Leistungsstufe.

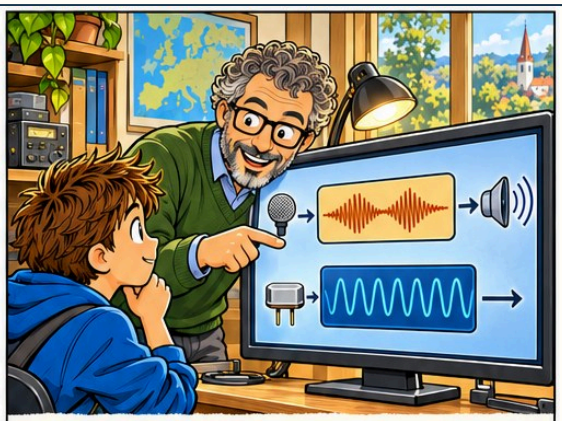


Sie behalten dieses Prinzip für weitere Studien bei. Dem Ausgang 3 wird kein Motor oder schwere Last hinzugefügt.

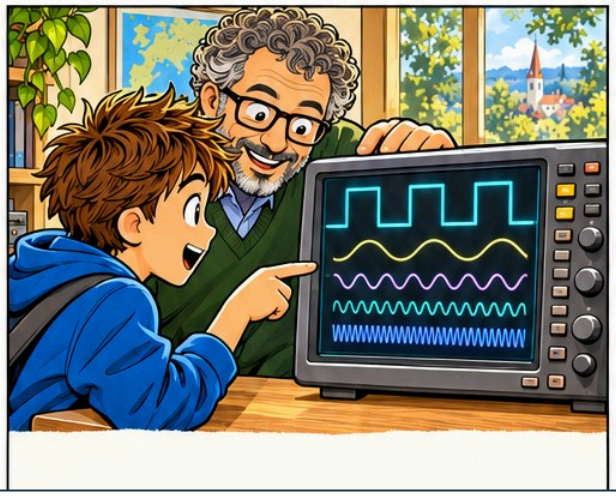
Die Falle des universellen Funkgenerators



„Was wäre, wenn unser 555 ein Sender würde?“ Der Henri zeichnet sich durch eine Audio-Schwingungsfrequenz und einen stabilen Funkträger aus.



Für Ton- und Zeitverzögerungen eignet sich hier der NE555. Sein RC ist keine genaue RF-Referenz.



Das Rechtecksignal enthält Oberwellen; Ein zu langer Draht kann Störungen übertragen.



Ein Laboroszillator wird nicht allein durch das Hinzufügen einer Antenne zu einem geeigneten Sender.



Für ein Funkexperiment wäre ein Design erforderlich, das Stabilität, Impedanzanpassung, Filterung und zulässige Nutzung abdeckt.



Lucas lässt also die Antenne beiseite: Ihr Gerät leistet bereits einen echten Dienst, indem es ein lokaler Trainer bleibt.

Wenn der Oszillator den Empfang stört



Beim Zuhören im Club bemerken sie ein Geräusch, das sich verändert, wenn der Trainer eingeschaltet wird.



„Ein Zufall?“ Sie vergleichen mehrmals ein und aus, ohne die Empfängereinstellungen zu ändern.



Wiederholte Vergleiche geben einen Hinweis, identifizieren aber noch nicht jeden Störpfad.



Sie verschieben die Baugruppe weiter weg, kürzen die Verbindungen und überprüfen die Entkopplung, bevor sie den Vergleich erneut durchführen.



Henri unterscheidet den nützlichen Klang im Lautsprecher von unerwünschten Störungen, die aus dem Schaltkreis austreten.



Lucas findet eine Regel aus Band 1: Das Teilen des Spektrums bedeutet auch, sich um das zu kümmern, was wir bauen.

Vergleichen, um zu verstehen



Sie ändern nur eines: die Lage des Audiokabels. Dann vergleichen sie erneut den ein- und ausgeschalteten Zustand.



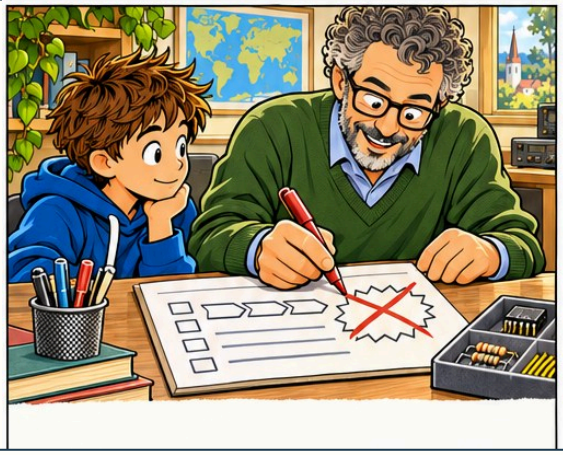
Lucas erfasst die Entfernung, die Verkabelung und die verwendete Stromversorgung. Ohne diese Angaben wäre der nächste Test schwer zu vergleichen.



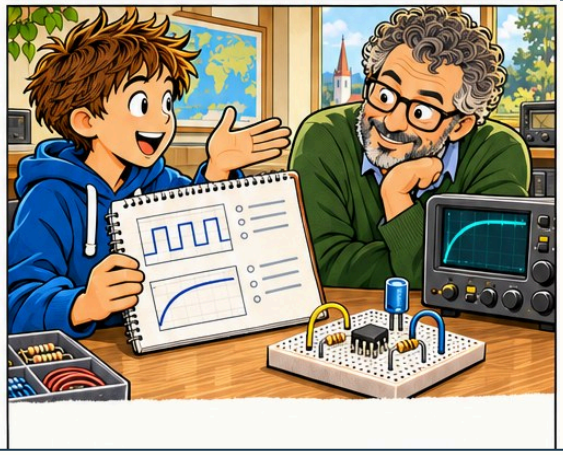
Eine lokale Verbesserung beweist nicht, dass das gesamte Spektrum sauber ist. Ihr Empfänger ist kein vollständiges Labor.



Eine kompakte und korrekt entkoppelte Endmontage ist dem über lange Leitungen verteilten Prototyp vorzuziehen.



Sie behaupten weder eine Konformität noch Messungen, die sie nicht nachgewiesen haben.



„Ich kann erklären, was ich versucht habe und was noch überprüft werden muss“, sagt Lucas. Henri stimmt seiner Methode zu.

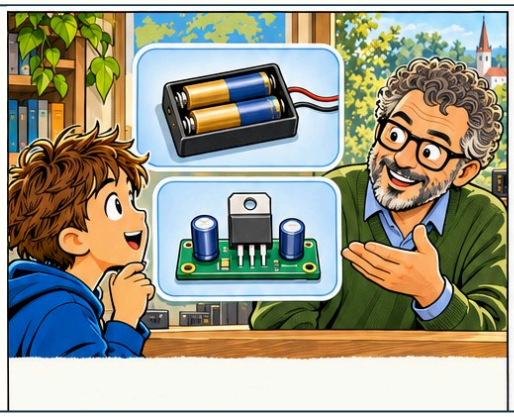
Wie sieht es mit dem Batteriebetrieb aus?



Lucas träumt davon, den Trainer mit in den Garten zu nehmen. Sie beginnen mit der Schätzung des Gesamtverbrauchs.



Das Audiomodul, die Lautstärkeeinstellung und der Lautsprecher spielen bei der Einschätzung der Akkulaufzeit ebenso eine Rolle wie der Timer.



Die Batterie muss einen geeigneten Regler speisen, um den angegebenen 5 V aufrechtzuerhalten; Sie befolgen dessen Dokumentation.



Eine Quelle, die viel Strom liefern kann, erfordert einen geeigneten Schutz gegen Kurzschlüsse.



Henri empfiehlt, zuerst die Version mit isolierter Stromversorgung fertigzustellen. Den mobilen Betrieb dokumentieren sie getrennt.

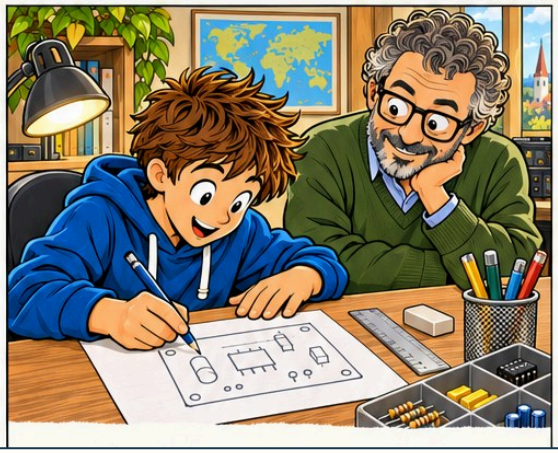


„Die Akkulaufzeit lässt sich nicht allein anhand der aufgedruckten Kapazität eines Akkus versprechen“, schlussfolgert Lucas.

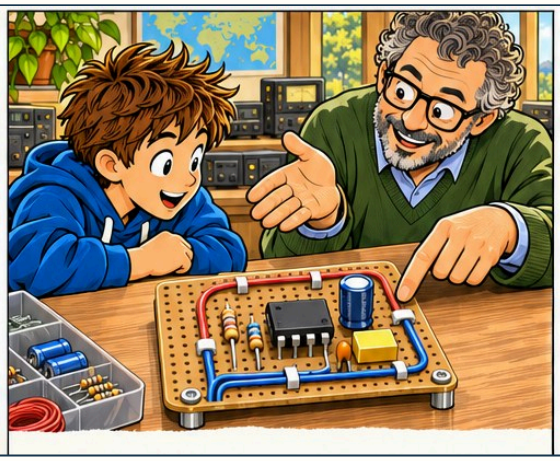
Vorbereiten einer dauerhaften Baugruppe



Das lötfreie Steckbrett war nützlich. Am Tag der offenen Tür muss darauf geachtet werden, dass sich die Überbrückungsdrähte nicht lösen.



Sie planen einen kompakten Aufbau mit Zugang zu den Bedienelementen und Messpunkten.



Die Entkopplung bleibt nahe am 555; Audio-Rückströme dürfen keinen Umweg über den Zeitschaltkreis nehmen.



Die Tasten- und Lautsprecherkabel verfügen über eine Zugentlastung. Anschlüsse dürfen nicht dem Zug eines Kabels ausgesetzt sein.



Henri überwacht die Fertigung unter Verwendung geeigneter Werkzeuge und Schutzmaßnahmen außerhalb dieser Lesewerkstatt.

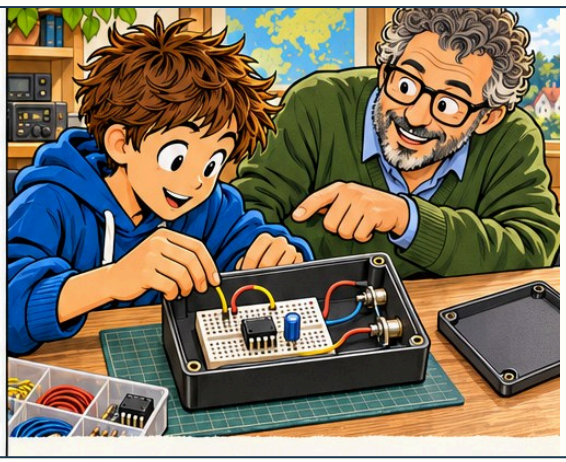


Lucas prüft anschließend Durchgang, Polaritäten und Schaltplan, bevor sie die Versorgung wieder einschalten.

Ein Elektronikgehäuse, das seine Verwendung erklärt



Lucas wählt eine einfache Frontplatte: Stromversorgung, Ton, Lautstärke und Tastenbuchse sind deutlich gekennzeichnet.



Der Stromkreis wird in einer geeigneten Box befestigt; Kein blanker Draht berührt ein leitendes Teil.



Die Kabelführung ist geschützt. Sie stellen sicher, dass durch das Drehen eines Knopfes nicht an den Anschlüssen gezogen wird.



Die vorgesehene Stromversorgung und ihre Polarität werden in der Anleitung und in der Nähe des entsprechenden Steckers angegeben.



Die Morsetaste steuert nur diesen Trainer. Eine ähnlich aussehende Buchse erlaubt keinen Anschluss an eine Funkstation.



Lucas probiert das Gerät ohne Erklärung aus. Die Bedienelemente sollten für den nächsten Besucher offensichtlich sein.

Anleitung für den nächsten Anfänger



Die Anleitung erklärt das Ziel: den Morserhythmus mit einem lokalen Ton lernen, ohne Funkaussendung.



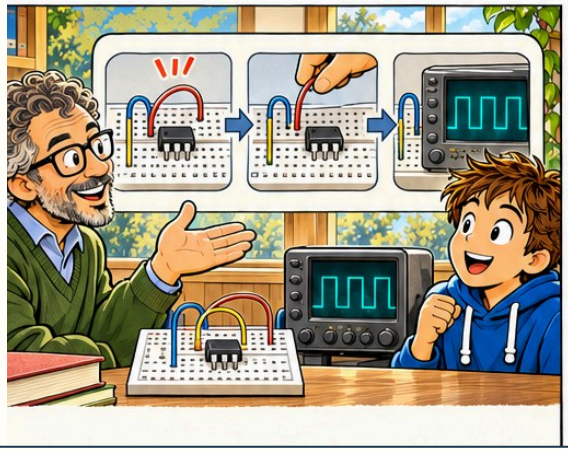
Der Schaltplan zeigt Pins, Bauteilwerte, Versorgungsanschlüsse und die beiden Zustände der Morsetaste.



In der Komponentenliste wird zwischen Zeit-, Koppel- und Entkopplungskondensatoren unterschieden.



Sie fügen Nennberechnungen, Einschränkungen, Komponentenreferenzen und Messpunkte hinzu.



Eine kurze Seite beschreibt den falsch gesteckten Draht und die Fehlersuche. Auch Fehler gehören zur Geschichte.



Lucas liest die Anweisungen noch einmal, als würde er den Club zum ersten Mal besuchen. Er vereinfacht einen weiteren Satz.

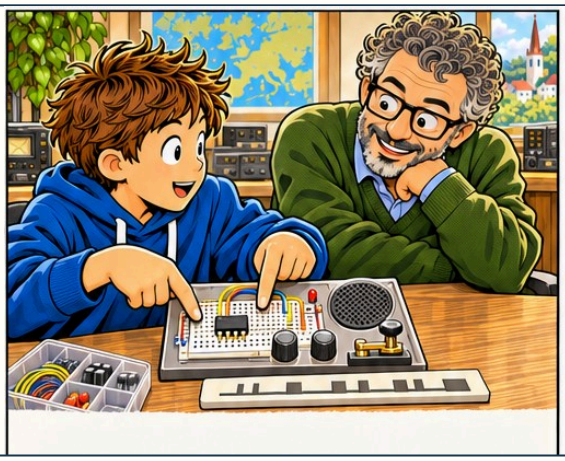
Die Generalprobe



Am Tag vor dem Tag der offenen Tür sitzt Henri auf einem Besucherplatz. Lucas stellt seinen Workshop vor.



„Zuerst zuhören. Dann versuchen. Und schließlich erklären, was sich ändert, wenn man an diesem Knopf dreht."



Er unterscheidet Ton, Lautstärke und Rhythmus. Henri stellt eine bewusst einfache Frage.



Lucas zeigt die drei Blöcke im Notizbuch und lässt dann seinen Probenbesucher die Taste betätigen.



In der Mitte des Musters fehlt ein Audioton. Sie tauschen einen Blick: Das kleine Gerät hält noch eine Überraschung bereit.



Lucas bleibt ruhig und senkt die Lautstärke. Er ist gerade in seine Rolle als Ermittler zurückgekehrt.

Das letzte Geheimnis



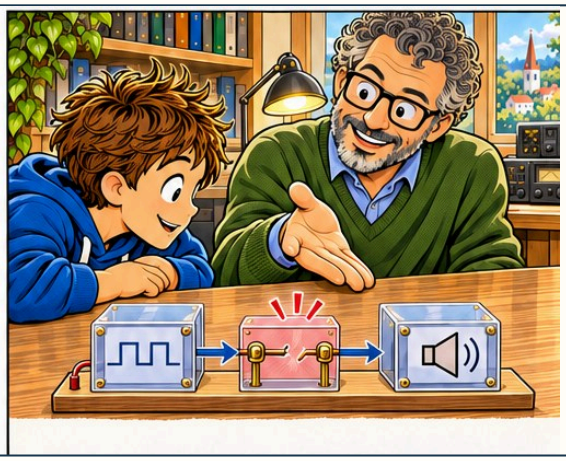
Diesmal funktioniert die Rhythmusschaltung noch: Der Ausgang 3 zeigt Impulse an, wenn die Taste gedrückt wird.



Lucas überprüft die Stromversorgung und dann die Audiokette. Er ersetzt nicht den NE555 als Reflex.



Bei ausgeschalteter Versorgung findet er einen losen Draht am Schleiferanschluss des Lautstärkepotentiometers.



„Der Rhythmus war da, der Ton gelangte nicht mehr an den Verstärker!“ Die Aufteilung in Blöcke leitete ihn.



Sie reparieren die Verbindung und prüfen, ob sie hält. Ein weiterer Test ergibt einen gleichmäßigen Ton.



Henri nimmt wieder seinen Besucherplatz ein. Lucas ergänzt seine Vorbereitungen um eine Steckerprüfung.

Tag der offenen Tür



Morgens wartet das kleine Elektronikgehäuse auf einem übersichtlichen Tisch. Lucas stellt eine sanfte Lautstärke und einen angenehmen Klang ein.



Er beginnt damit, ein Muster zu spielen. Henri beobachtet, wie er jedem Zeit gibt, es zu verstehen.



Der Besucher probiert die Morsetaste. Nach einer Pause und erneutem Zuhören wird seine zögernde Folge gleichmäßiger.



Lucas öffnet sein Notizbuch: „Der NE555 erzeugt den Ton. Deine Handbewegung gibt ihm den Rhythmus."



Er zeigt, wie die Kondensatorspannung ansteigt und abfällt, und kehrt dann zu dem Geräusch zurück, das sie hören. Theorie trifft Erfahrung.



Ein Lächeln zeigt, dass der Workshop funktioniert. Henri überlässt Lucas nun die Führung bei der Entdeckung.

Was uns acht Pins gelehrt haben



Nach dem Workshop findet Lucas die drei Karten wieder: schwingen, eine Zeit vorgeben und speichern.



Er fügt den Transistor hinzu, der dabei hilft, eine Last anzutreiben, und die Diode, die die Spule beim Ausschalten schützt.



Henri fragt, was ihm am wichtigsten bleibt. Lucas blickt auf sein Notizbuch mit Berechnungen und Störungen.



„Die Pins prüfen. Die Einheiten beibehalten. Am richtigen Punkt messen. Und vor jedem Austausch verstehen."



Er zeigt auch die Anleitung: Eine Idee wird dann nützlich, wenn eine andere Person sie aufgreifen kann, ohne zu raten.



Sie räumen die unbenutzten Komponenten weg. Das kleine schwarze Paket hat einem ganzen Tag voller Begegnungen den Rhythmus gegeben.

Der nächste Rhythmus wird Ihnen gehören



Der Ort gewinnt seine Ruhe zurück. Lucas drückt die Taste ein letztes Mal: ein kurzer Ton, dann Stille.



Er erinnert sich an seine Ankunft im Club und an den Rat von Henri: Zuhören, suchen und teilen.



„Haben wir alles über den 555 erfahren?“ – „Genug, um zu wissen, wie man bessere Fragen stellt.“



Der Trainer, sein Diagramm und seine Anweisungen bleiben für den nächsten Anfänger bereit. Ihr Abenteuer passt in eine echte Schachtel.



Lucas schließt das Notizbuch und öffnet es dann erneut, um eine neue Idee zu zeichnen. Henri reicht ihm einen Bleistift.



Draußen zeichnen sich Antennen am Himmel ab. Drinnen haben acht kleine Pins die Freude am Experimentieren geweckt.