ON4CRD

Tom 70

NE555 i jego zastosowania krótkofalarskie



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Tom 70 · 64 stron

Informacje prawne

Tom 70 · NE555 i jego zastosowania krótkofalarskie

Wydawca strony internetowej : Radio Club Durnal ON4CRD

Menedżer publikacji : Komitet Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Informacje prawne

Własność intelektualna

Teksty, obrazy, dokumenty, logo i materiały opublikowane na stronie pozostają własnością ich autorów lub klubu. Jakakolwiek reprodukcja lub ponowne wykorzystanie musi szanować źródło, obowiązujące prawa i wszelkie zgody autora.

Odpowiedzialność

Klub stara się publikować przydatne i sprawdzone informacje, ale nie gwarantuje braku błędów, przeoczeń i przerw. Informacje techniczne lub regulacyjne należy porównać z oficjalnymi źródłami, jeśli potwierdzają one decyzję.

Ilustracje stworzone przy wsparciu sztucznej inteligencji.

Małe pudełko, wielki pomysł



Lucas wraca do klubu ze swoim notatnikiem: „Chciałbym, żeby podczas dnia otwartego goście usłyszeli alfabet Morse'a!"



Henri kładzie na stole maleńką czarną paczkę: "To jest NE555. Osiem pinów, mnóstwo pomysłów."



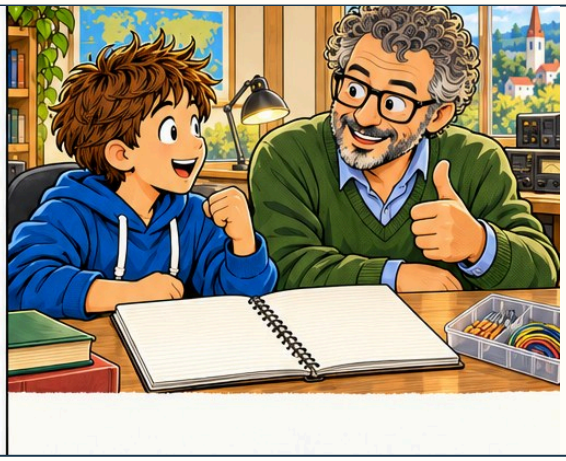
„Czy może komunikować się z inną stacją?" Henri uśmiecha się: „Zacznijmy od dźwięku tutaj, w sali klubowej".



Klucz Morse'a czeka w pobliżu głośnika. Ich wyzwanie: zbudować urządzenie, które pomoże odwiedzającym uczyć się.



Lucas to pudełko z trzema elementami sterującymi: mocą, tonem i głośnością. Projekt nabiera kształtu.



„A co jeśli to nie zadziała?" — „Dowiemy się, jak dowiedzieć się dlaczego. To część przygody!"

Lista życzeń projektu



Lucas chciałby mieć przyjemny dźwięk, łatwy w obsłudze klawisz i wystarczającą głośność na mały stół warsztatowy.



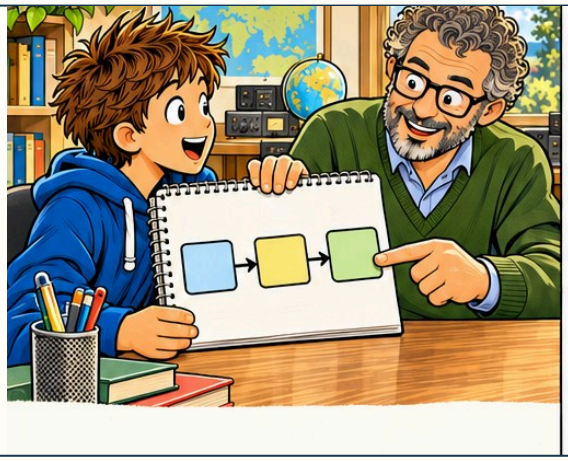
„I nie ma potrzeby stosowania anteny" – dodaje Henri. Ich urządzeniem będzie dźwiękowy trener Morse'a, pozbawiony emisji radiowych.



Wybierają zasilacz regulowany 5 V i podczas pierwszych testów ograniczają prąd.



Henri czyści obszar roboczy. Komponenty elektroniczne i narzędzia mają swoje miejsce.



W notebooku Lucas rozdziela trzy funkcje: wytwarzanie dźwięku, kontrolowanie go i wzmacnianie.



„Przetestujemy każdą funkcję" – postanawia. Aby całe urządzenie działało, będą one działać małymi krokami.

Poznajemy 555



Henri otwiera arkusz danych producenta: „Znana nazwa nie zastępuje dokumentacji rzeczywistego komponentu”.



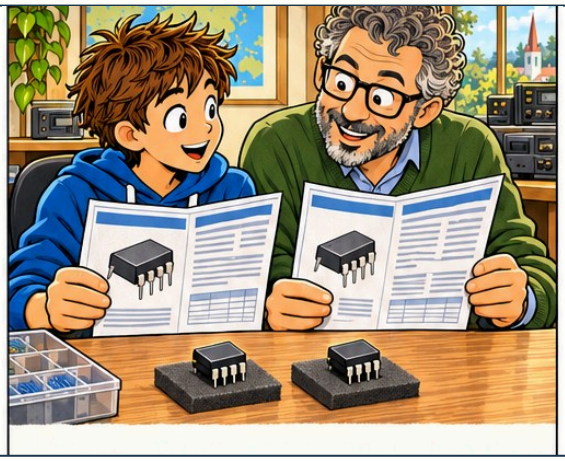
NE555 to zegar bipolarny. Rezystory i kondensator nadają mu rytm.



Może wytwarzać impuls, oscylować lub utrzymywać stan, w zależności od obwodu. Lucas realizuje te trzy funkcje.



„Więc robi wszystko?” — „Jest bardzo przydatny, ale ma również ograniczenia dotyczące napięcia i prądu.”



Sprawdzają, czy ich referencja działa w 5 V. Sąsiednia wersja CMOS niekoniecznie ma takie same ograniczenia.



Lucas przechowuje arkusz danych z komponentami: „To należy do naszego zestawu narzędzi”.

Osiem pinów, jeden kierunek odczytu



Przed podłączeniem czegokolwiek patrzą na ośmiopinową obudowę DIP, widzianą z góry.



Z wycięciem u góry, pin 1 znajduje się w lewym górnym rogu; mała kropka może również to zidentyfikować.



Po lewej stronie odliczaj od 1 do 4. Po prawej stronie policz w górę od 5 do 8: numeracja przebiega wokół opakowania.



„Jeśli to odwrócę, mój rysunek już nie będzie pasował!” Lucas ponownie porównuje komponent z widokiem z góry.



Henri prosi go o narysowanie czterech szpilek z każdej strony, a następnie wycięcia. Jeszcze nic nie połączyli.

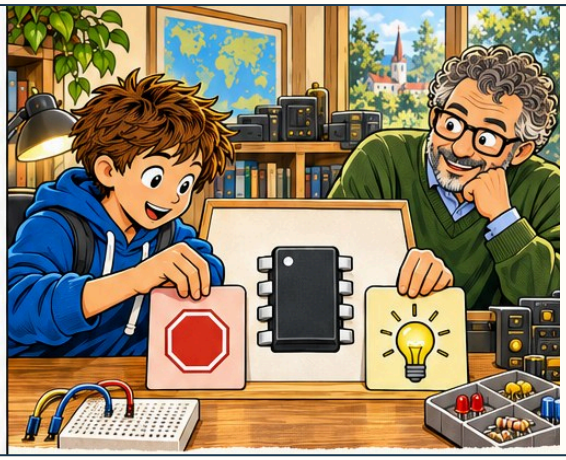


Utrzymują ten znak w widocznym miejscu na notebooku i sprawdzają oznaczenie przed umieszczeniem komponentu.

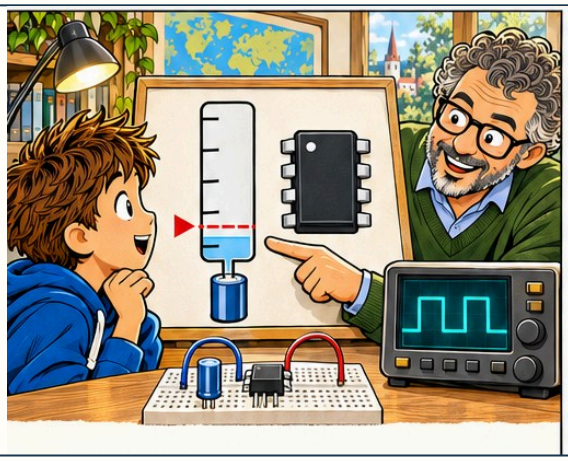
Rola dla każdego pinu



Lucas identyfikuje funkcje: 1, masa; 8, zasilanie dodatnie. Te dwa piny zasilają obwód.



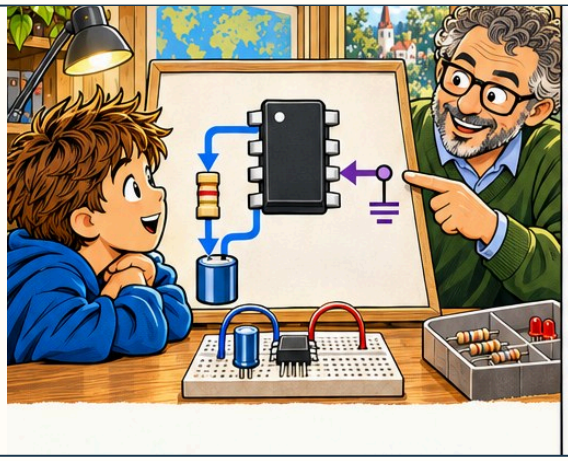
Pin 3 jest wyjściem. Pin 4, RESET wymusza reset obwodu, gdy jest utrzymywany w stanie niskim.



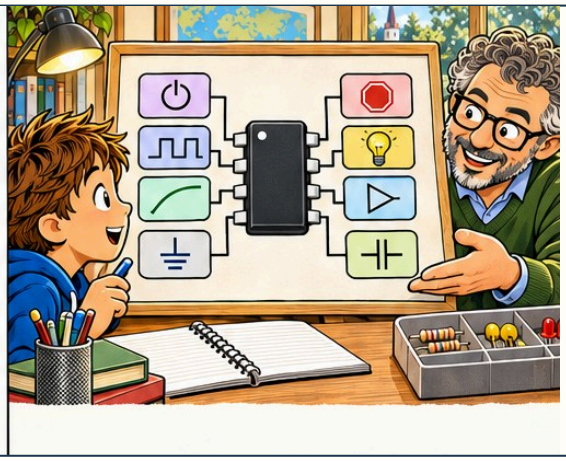
Pin 2, TRIG wykrywa napięcie spadające poniżej około jednej trzeciej napięcia zasilania.



Pin 6, THRES monitoruje górny próg, około dwóch trzecich napięcia zasilania w zwykłym obwodzie.



Pin 7, DISCH służy do rozładowania kondensatora. Pin 5, CONT zapewnia dostęp do wewnętrznego odniesienia.

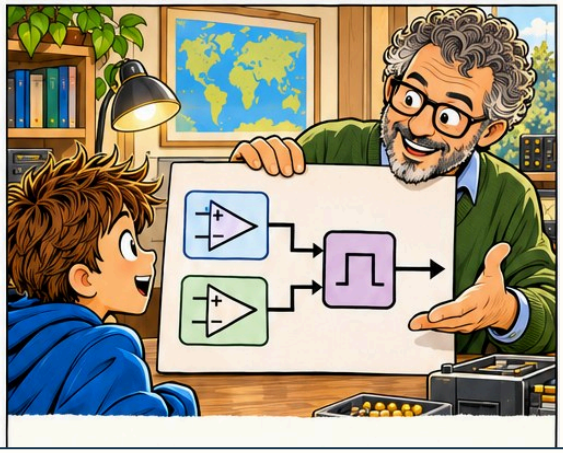


„Osiem różnych ról, a nie osiem wymiennych terminali!" Lucas dopasowuje każdą funkcję do rysunku.

Wewnątrz mały zespół



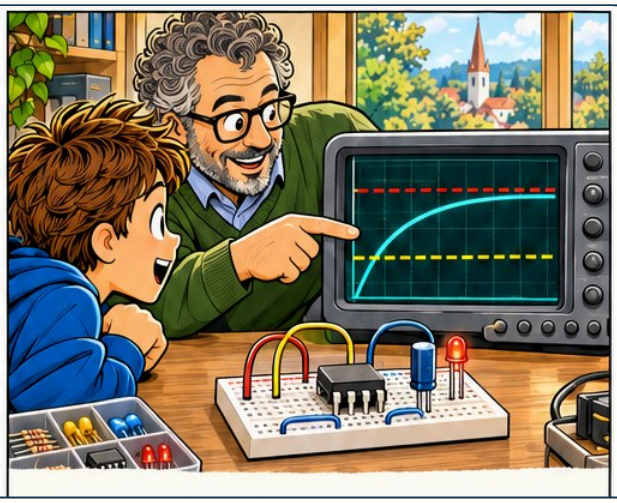
Henri rysuje dwa komparatory: każdy porównuje napięcie z wartością odniesienia.



Wewnętrzny zatrzask zapamiętuje ostatnie polecenie. Wyjście i tranzystor rozładowujący podążają za tym stanem.



„Jeden zaczyna, drugi zatrzymuje?" — „To użyteczny obraz, pod warunkiem, że szanujemy warunki ich działania".



W zwykłym obwodzie wewnętrzne odniesienia są zbliżone do VCC/3 i 2VCC/3.



RESET może wymusić reset. Lucas rozumie, dlaczego tego wejścia nie można pozostawić jako swobodnego.



Podąża ołówkiem za strzałkami: mierz, decyduj, pamiętaj, działaj. Paczka staje się mniej tajemnicza.

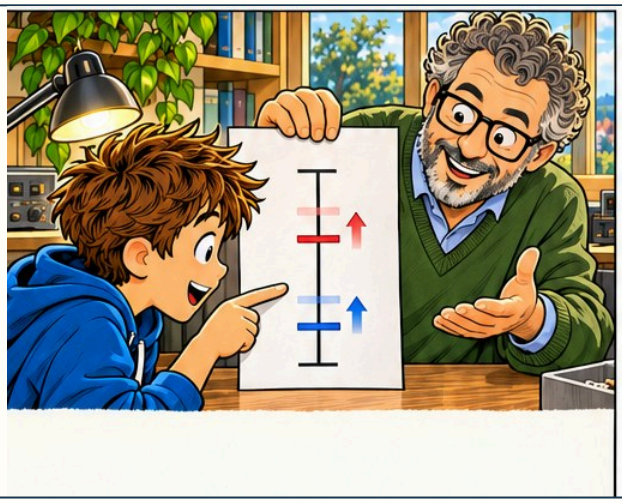
Jedna trzecia i dwie trzecie



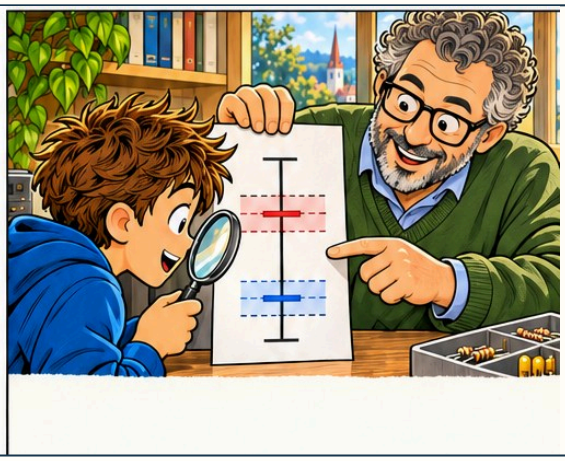
W przypadku VCC = 5 V teoretyczne punkty odniesienia to w przybliżeniu 1,67 V i 3,33 V.



„A więc nie są to dwa stałe napięcia dla wszystkich zasilaczy" – zauważa Lucas.



Henri zmienia grubość papieru: dwa oznaczenia odpowiadają napięciu zasilania.



Rzeczywiste wartości mają tolerancje. Karta techniczna określa warunki i możliwe odchylenia.



Napięcie kondensatora będzie rosnąć i spadać pomiędzy tymi poziomami. Ta podróż wyznacza przedział czasowy.



Lucas elektryzuje: „Być może rytm to opowieść o progach".

Plan przed drutami



– Połączymy to? Henri najpierw odkłada kartkę: „Zdecydujmy, co ma łączyć każdy przewód”.



Wybierają obwód stabilny: oscyluje on samodzielnie, o ile pozwala na to RESET.



Dwa rezystory, RA i RB oraz kondensator C pozwolą w przybliżeniu ustawić częstotliwość oscylacji.



Lampka kontrolna najpierw pokaże aktywność. Dźwięk pojawi się po sterowaniu.



Lucas rysuje oddzielnie obwód taktowania i przyszły łańcuch audio. Zostawia miejsce na pomiary.



„Będziemy mieli plan, na podstawie którego będziemy mogli budować, a potem sprawdzimy go świeżym okiem” – mówi, przygotowując notatnik.

Dobrze przygotowane pięć woltów



Używają regulowanego, izolowanego zasilania 5 V, wyregulowanego i sprawdzonego przed podłączeniem obwodu.



W pierwszym teście ogranicznik prądu ustawia się na niski, a następnie dostosowuje do obwodu zgodnie z instrukcją.



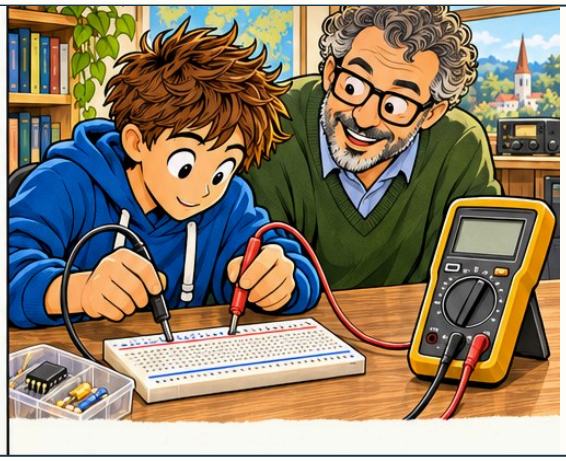
Przewód dodatni łączy się z szyną zasilającą +5 V; przewód powrotny łączy się z masą obwodu. Lucas sprawdza polaryzację.



„Bateria nie jest automatycznie odpowiednim źródłem zasilania dla 5 V” – przypomina mu Henri, wskazując na ich etykiety.



Odłączają zasilanie przed przystąpieniem do jakichkolwiek prac związanych z okablowaniem. Nic w tym warsztacie nie jest podłączane bezpośrednio do sieci.



Lucas mierzy nieobciążone szyny zasilające za pomocą multimetru, a następnie wyłącza zasilanie przed kontynuowaniem.

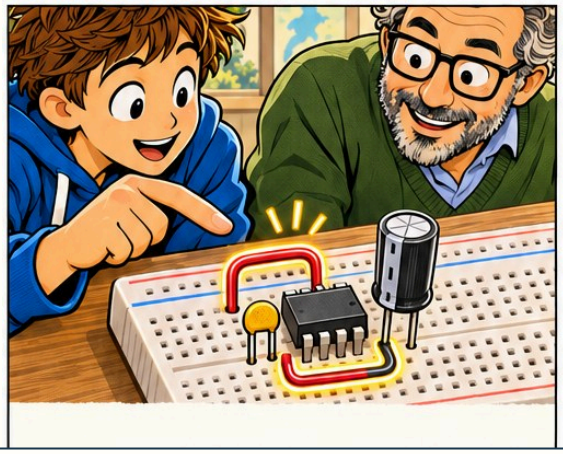
Lokalny zapas energii



Henri umieszcza 100 nF pomiędzy pinami 8 i 1, z krótkimi połączeniami, jak najbliżej NE555.



Kondensator 10 µF uzupełnia oddzielenie pomiędzy +5 V a masą; przestrzegana jest jego polaryzacja.



Wyjście 555 może powodować krótkie skoki prądu. Te lokalne rezerwy energii pomagają ustabilizować zasilanie.



Pin 5 łączy 10 nF z masą w tym obwodzie. Kondensator ten nie ustawia głównego tonu.



„Dwa małe kondensatory, dwa różne zadania” – zauważa Lucas, który wyróżnia je na swoim rysunku.



Ponownie sprawdzają wartości. Same dobre chęci nie zrekompensują bardzo długiego kabla zasilającego.

Wybór odpowiednich komponentów



Lucas wybiera komponenty RA = 10 kΩ, RB = 100 kΩ i C = 10 nF. Wartości te zapewnią początkowy ton.



W przypadku kondensatora czasowego wybierają odpowiedni, stabilny komponent, korzystając z arkusza danych.



LED będzie miał rezystor szeregowy 2,2 kΩ. Henri nie podłączy go bezpośrednio pomiędzy wyjściem a masą.



Głośnik pozostaje w torbie: do jego napędzania potrzebny będzie odpowiedni obwód wzmacniacza audio.



Przygotowują potencjometr, krótkie przewody i klucz Morse'a. Każda wartość trafia na listę komponentów.



„Pudełko z komponentami to jeszcze nie obwód" – śmieje się Lucas. Plan pokaże jak je połączyć.

Kolory wyrażają wartość



Lucas odczytuje paski kolorów, a następnie mierzy rezystory poza obwodem za pomocą multimetru.



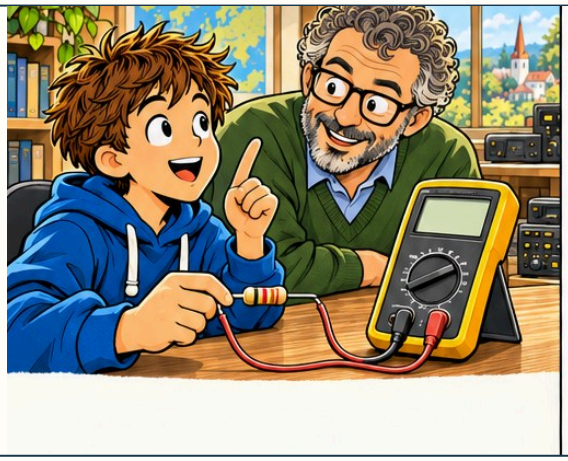
10 kΩ to 10 000 Ω; 100 kΩ to 100 000 Ω. Zapomniane zero bardzo zmieniłoby ton.



Końcowe pasmo może określać tolerancję. Wartość nominalna nie gwarantuje dokładnego dopasowania pomiaru.



„To nie jest rezystor 100 Ω!" Odkłada podobnie wyglądający element do przegródki.



Henri pozwala mu określić wartość przed spojrzeniem na multimetr. Instrument potwierdza jego rozumowanie.



Lucas dołącza kartę o małej wartości do swojej bezlutowej płytki prototypowej. Właśnie zapobiegł swojemu pierwszemu błędowi.

Dziesięć nanofaradów, a nie dziesięć mikrofaradów



Na kondensatorze czasowym Lucas znajduje kod 103: 10 000 pF lub 10 nF.



10 nF są równe 0,01 µF. Kondensator 10 µF byłby tysiąc razy większy.



„Wtedy nasz gwizdek stałby się bardzo powolnym rytmem!" Henri docenia tę prognozę.



Wybrany tutaj kondensator 10 nF jest niespolaryzowany. Kondensator zbiornikowy 10 µF musi być zamontowany z zachowaniem właściwej polaryzacji.



Porównują oznaczenia z kartami katalogowymi podzespołów. Sam wygląd nie wystarczy.



Lucas zapisuje jednostkę obok każdej liczby: „Małe litery mogą mieć duże znaczenie".

Ukryte połączenia płytki prototypowej



Przed włożeniem 555 zaznaczają multimetrem wewnętrzne połączenia płytki stykowej bezlutowej.



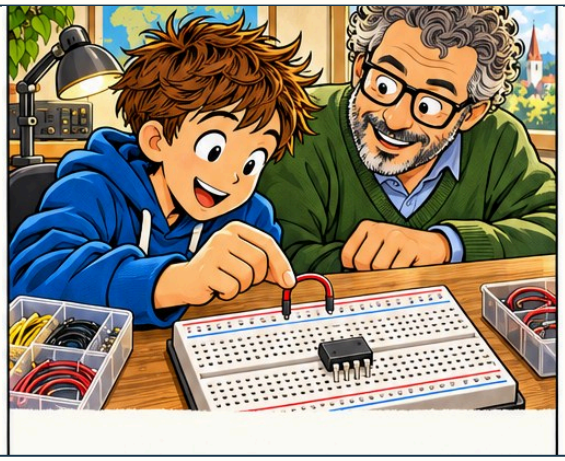
Opakowanie znajduje się nad środkową szczeliną: dwa rzędy pinów pozostają elektrycznie oddzielone.



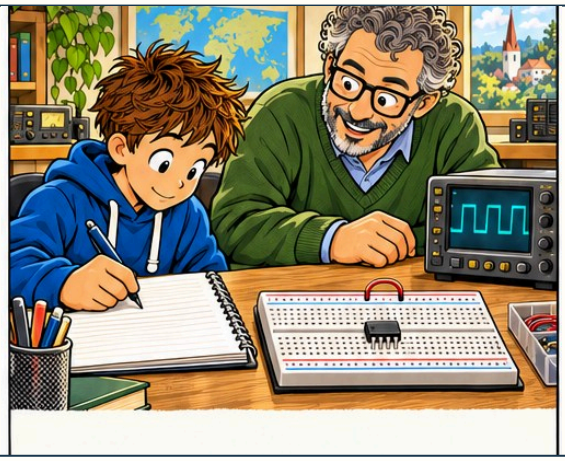
Małe grupy otworów łączą się w określonym kierunku. Lucas testuje zamiast zgadywać.



Niektóre szyny zasilające mają przerwę pośrodku; sprawdzają własną płytkę stykową bez lutowania.



Krótki przewód połączeniowy połączy niezbędne segmenty. Żaden przewód nie powinien przypadkowo zastąpić elementu.



Henri odwraca rysunek, aby dopasować go do orientacji bezlutowej płytki prototypowej. Lucas sprawdza jedno połączenie na raz.

Pierwsze okablowanie



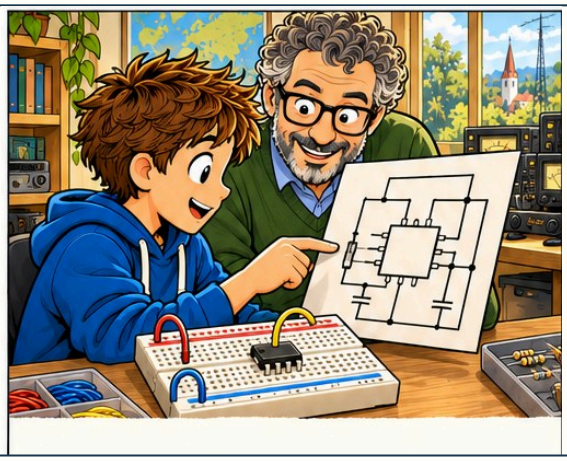
Przy wyłączonym zasilaniu łączą pin 1 z masą i pin 8 z +5 V.



W przypadku tego pierwszego ciągłego testu piny 4, RESET łączą się z +5 V. Wejście ma teraz zdefiniowany stan.



100 nF łączy 8 z 1; 10 µF oddziela szyny; kondensator 10 nF na pinie 5 łączy się z masą.



Lucas sprawdza każde połączenie w planie, bez podłączania jeszcze rezystorów czasowych.



Sprawdzają wycięcie, szyny i brak zwarcia między zasilaniem a masą.



„Nadal brakuje serca układu rozrządu” – oznajmia Henri. Lucas przygotowuje kondensator C.

Skromny wskaźnik



Wyjście 3 zostanie podłączone do rezystora 2,2 kΩ, a następnie do anody LED; jego katoda spadnie do masy.



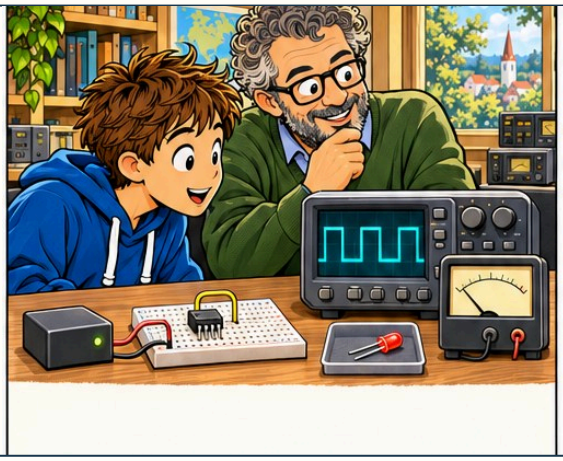
Henri pomaga zidentyfikować anodę i katodę na podstawie arkusza danych LED, a następnie trybu diody multimetru.



„Przy około 2 V w LED, nawet 5 V na wyjściu ograniczyłoby prąd do około 1,4 mA. ”



Rzeczywisty sygnał wyjściowy bipolarnego NE555 niekoniecznie idzie aż do szyny dodatniej. Prąd może być niższy.



Ten LED jest wskaźnikiem, a nie dużym obciążeniem. Precyzyjne pomiary pozostawiają multimetrowi i oscyloskopowi.



Lucas pozostawia LED widoczny na krawędzi płytki stykowej bez lutowania. Pomoże mu to zrozumieć, co robi wynik.

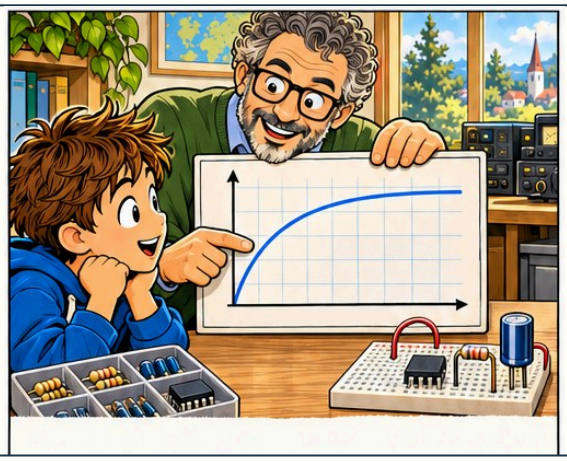
Gąbka na czas



Henri porównuje kondensator do małego zbiornika wypełnianego przez rezystor.



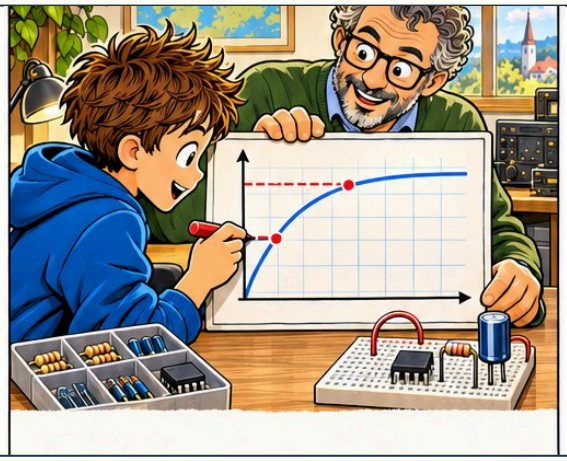
Im większy opór, tym wolniejsze ładowanie. Im większe C, tym większy ładunek jest wymagany.



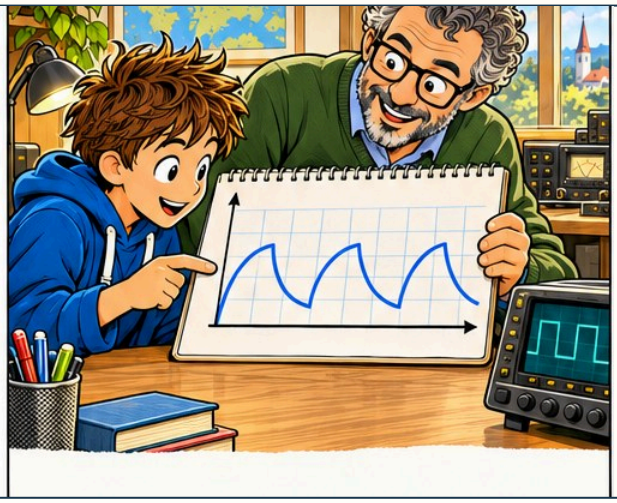
Napięcie nie rośnie w linii prostej: krzywa ładowania zagina się w kierunku napięcia zasilania.



„A jak się opróżnia?" Henri pokazuje ścieżkę rozładowania kontrolowaną przez pin 7.



Lucas łączy tę krzywą z dwoma progami. 555 nie będzie czekać, aż kondensator zostanie całkowicie zapełniony.



Przepowiada wzrost, spadek, a potem kolejny wzrost. Ich rytm zaczyna nabierać kształtu.

Powtarzający się obwód



Łączą ze sobą piny 2 i 6. Ten wspólny węzeł łączy się z jednym terminalem C = 10 nF.



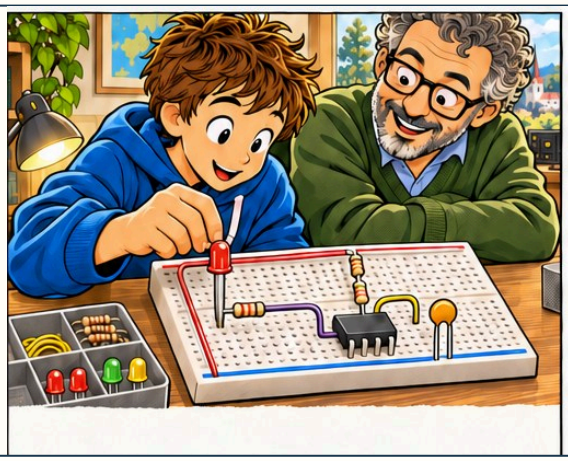
Drugi zacisk C łączy się z masą. Obydwa komparatory monitorują napięcie kondensatora.



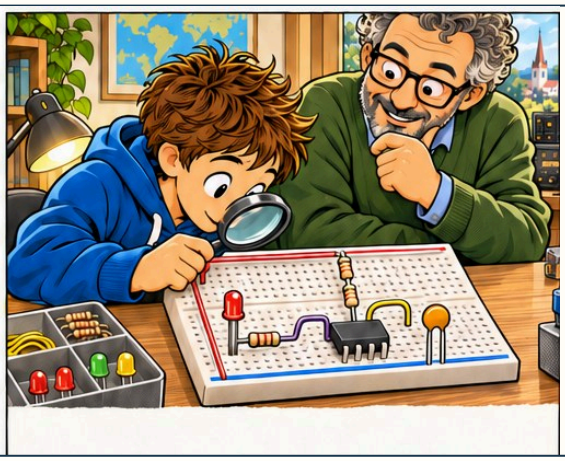
RA = 10 kΩ łączy +5 V z pinem 7. RB = 100 kΩ łączy pin 7 z węzłem 2–6.



„Przez RA, następnie RB do ładowania, poprzez RB do rozładowania", podsumowuje Henri, śledząc przewody na planie.



Wyjście 3 pozostaje zarezerwowane dla wskaźnika i pomiarów. Nie łączy się go bezpośrednio z kondensatorem C.

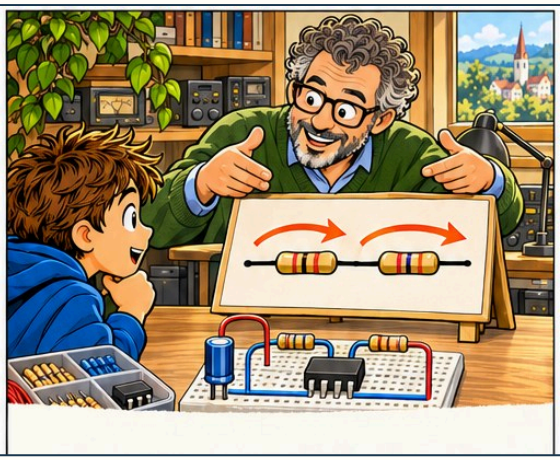


Lucas dokonuje przeglądu całego łańcucha. Każdy przewód znajdzie swoje miejsce jeszcze przed pierwszym uruchomieniem.

Ładowanie rozpoczyna cykl



Przy uruchomieniu C ma niewielki ładunek. Napięcie poniżej dolnego progu zwykle zapewnia wysoką moc wyjściową.



Wewnętrzny tranzystor rozładowujący jest wówczas wyłączony. C ładuje się poprzez RA i RB.



Jego napięcie przekracza około jednej trzeciej wartości VCC i nadal rośnie. Pamięć wewnętrzna zachowuje swój stan.



„Nie zmienia zdania w każdej chwili!” Lucas podąża za krzywą w kierunku górnego progu.



Gdy napięcie osiągnie około dwie trzecie wartości VCC, komparator progowy powoduje przełączenie.

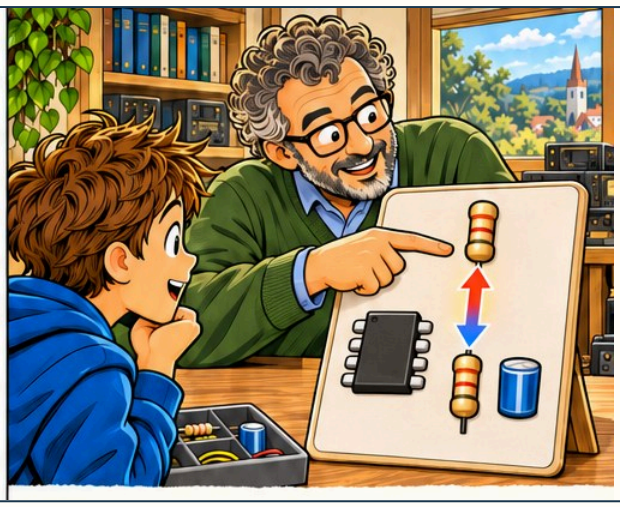


Moc wyjściowa spada, a ścieżka wyładowania zaczyna przewodzić. Rozpoczyna się druga połowa podróży.

Rozładowanie zamyka pętlę



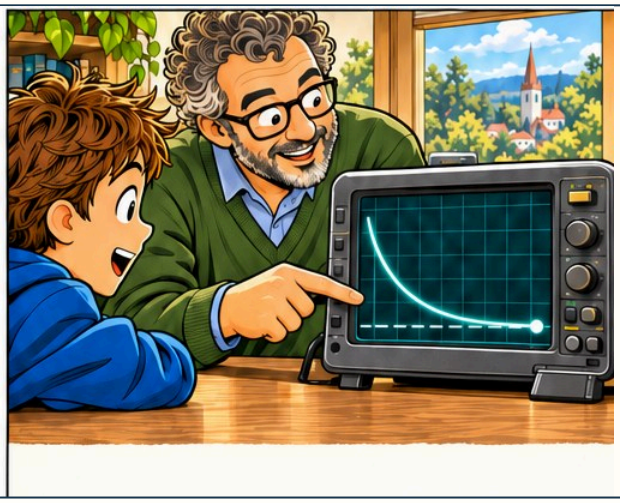
Kondensator rozładowuje się teraz przez RB i wewnętrzny tranzystor podłączony do styku 7.



RA ogranicza prąd pomiędzy +5 V i pinem 7, gdy jest przyciągany blisko masy.



„Więc na pewno nie jest to zwykły przewód zamiast RA!" Lucas podkreśla to ograniczenie.



Powracając poniżej około jednej trzeciej wartości VCC, napięcie C wyzwala nowy start.



Napięcie wyjściowe wzrasta, rozładowywanie zatrzymuje się, a C ładuje się ponownie w kierunku górnego progu. Cykl się powtarza.

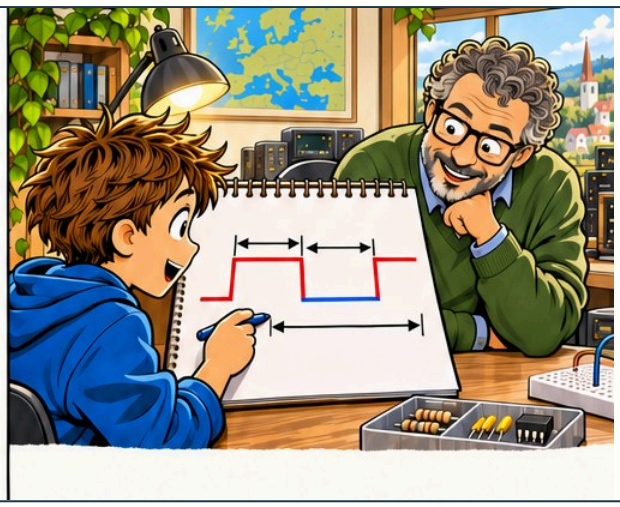


Na wyjściu przebieg prostokątny; w poprzek C, zakrzywione wznoszą się i opadają. Dwa kształty dla tego samego rytmu.

Trzy formuły pomiaru czasu



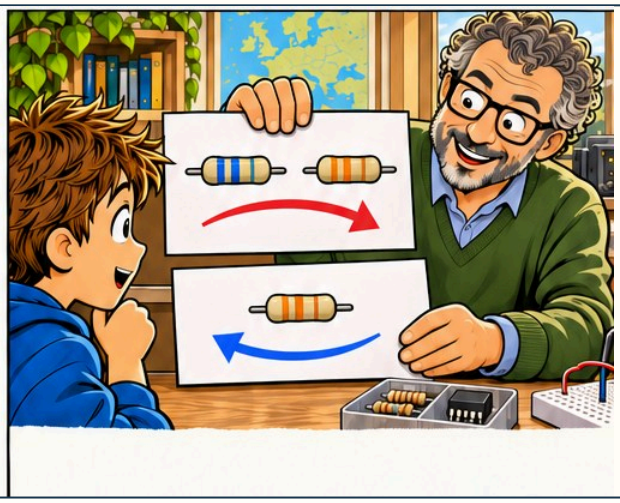
Henri zapisuje przybliżenia: tH = 0,693 × (RA + RB) × C; tL = 0,693 × RB × C.



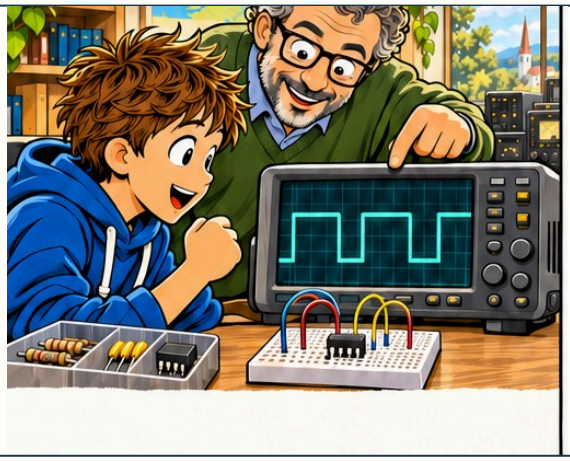
Czas trwania cyklu wynosi T = tH + tL. Częstotliwość oscylacji to f = 1/T.



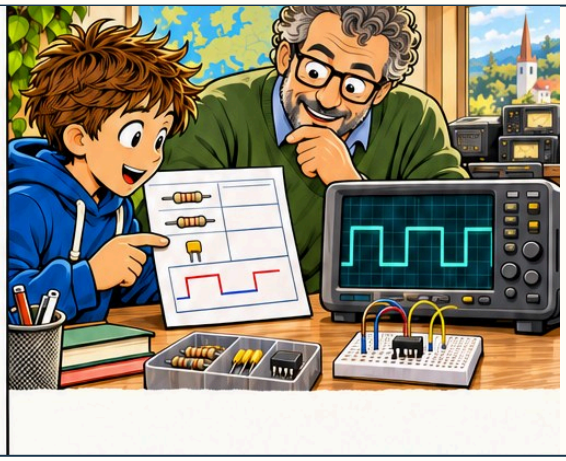
Używamy również f ≈ 1,44 / [(RA + 2RB) × C]. Rezystancje podano w omach, C w faradach.



„Dlaczego podwójny RB?" Lucas znajduje RB podczas ładowania i rozładowywania.



W tym klasycznym obwodzie astabilnym wysoki interwał przekracza dolny interwał: nie jest to dokładnie 50 %.



Obliczenia przewidują nominalną pracę. O pomiarze zadecydują tolerancje i rzeczywiste obwody.

Ton zbliżony do herca 700



Dla RA = 10 kΩ, RB = 100 kΩ i C = 10 nF znajdują tH ≈ 0,762 ms.



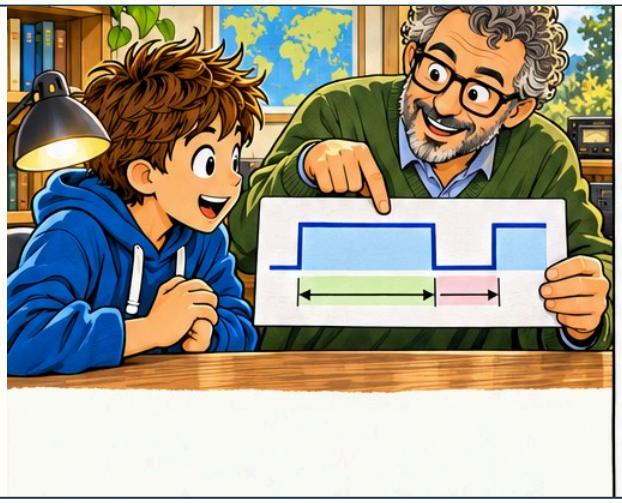
Dolny interwał wynosi około 0,693 ms. Okres ten jest zatem bliski 1,46 ms.



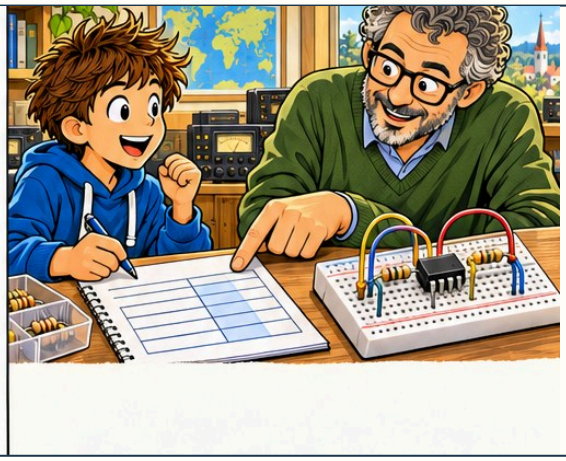
Wzór wykorzystujący 1,44 daje około 686 Hz; stosując zaokrąglone współczynniki taktowania, w przypadku 687 Hz: podobne wyniki.



„Chcieliśmy uzyskać około 700 Hz, a nie gwarantowany ton dźwięku z dokładnością do najbliższego herca” – wspomina Henri.



Nominalny cykl pracy to (RA + RB)/(RA + 2RB) lub w przybliżeniu 52,4 %.



Dzięki Lucas jednostki i zaokrąglenia są widoczne. Porówna tę prognozę z rzeczywistym obwodem.

Pierwsze wzmocnienie



Instalują narzędzia, ponownie sprawdzają plan i włączają zasilanie z zaplanowanym ograniczeniem prądu.



Kontrolka wydaje się świecić w sposób ciągły: w pobliżu 700 Hz oko nie jest w stanie rozróżnić poszczególnych impulsów.



„To nie miga!" — „Twoje oko jest wolniejsze niż ten obwód. Poszukajmy innych dowodów."



Henri łączy uziemienie sondy z uziemieniem montażowym, na tym zweryfikowanym izolowanym zasilaczu.

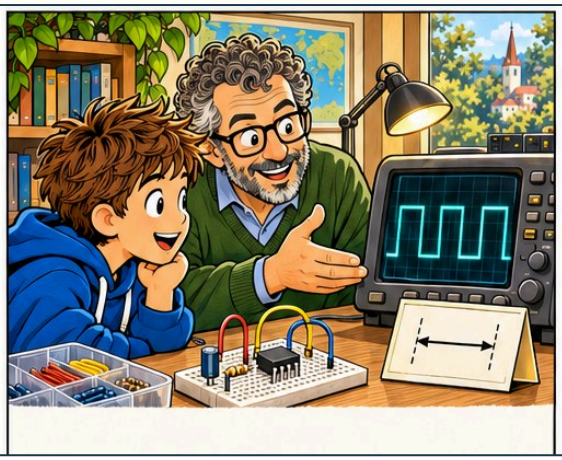


Końcówka sondy idzie na wyjście 3. Oscyloskop wyświetla impulsy prostokątne: oscylator pracuje.



Lucas uśmiecha się: „Światło dało mi wskazówkę, ale nie całą odpowiedź".

Obserwując dwa różne napięcia



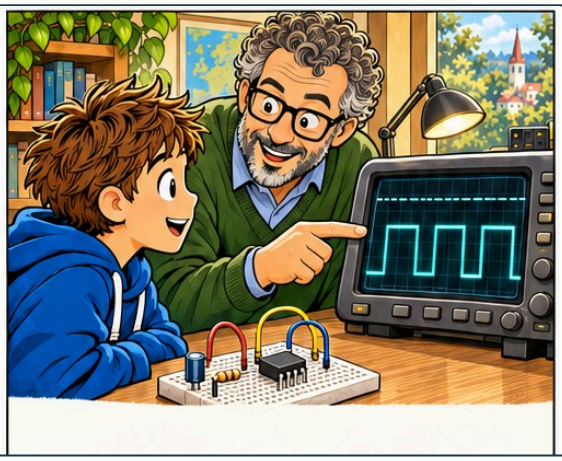
Na wyjściu 3 obserwują wysokie i niskie interwały. Zmierzona częstotliwość oscylacji pozostaje bliska obliczeniom.



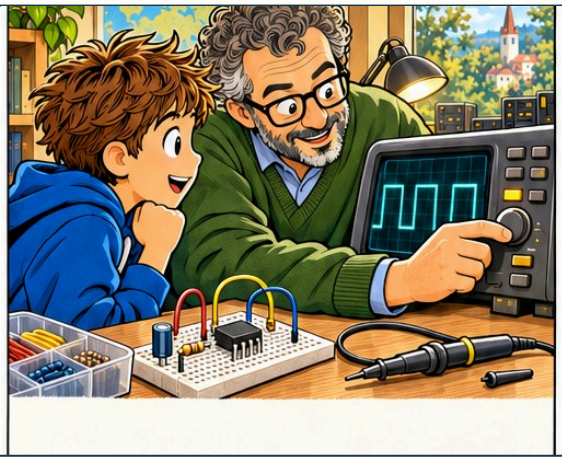
Na kondensatorze C napięcie rośnie i spada pomiędzy dwoma oczekiwanymi progami.



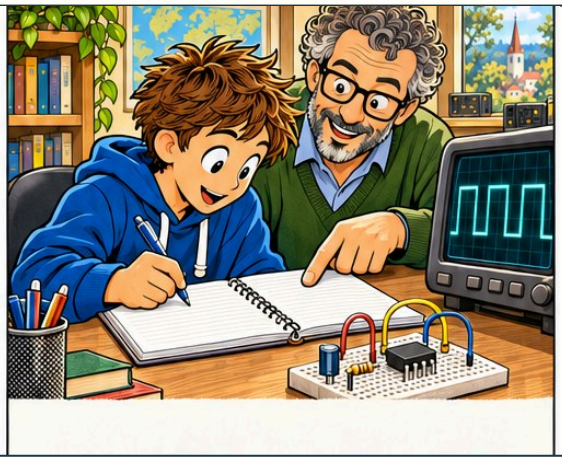
Obydwa ślady są różne. Lucas zawsze sprawdza, który punkt mierzy jego sonda.



Wyjście dwubiegunowe niekoniecznie osiąga 5 V pod obciążeniem. Unikają mylącego poziomu logicznego i idealnego napięcia.



Sonda i przyrząd mogą wpływać na mierzone napięcie; Henri wybiera odpowiednie ustawienia pomiaru.



Notatnik pomieści osobną prognozę i obserwację. Żadna obserwowana wartość nie jest wymyślana z góry.

Dlaczego pomiar różni się od obliczeń



„Spodziewałem się dokładnie obliczonej częstotliwości oscylacji!" Henri wskazuje tolerancje rezystora i kondensatora.



Nieco większe C spowalnia oscylację. Błędy komponentów można łączyć.



Progi, wycieki i temperatura dodają swoje skutki. Wzory pozostają użytecznymi przybliżeniami.



Po wyłączeniu zasilania zmieniają jeden parametr na raz, a następnie włączają się ponownie w celu pomiaru.



Lucas porównuje dwa zidentyfikowane kondensatory. Opisuje obserwowaną tendencję, nie przypisując sobie fikcyjnej precyzji.



„Zrozumienie luki jest lepsze niż poprawianie losowej liczby" – podsumowuje, zamykając notatnik.

Pokrętło do wyboru tonu



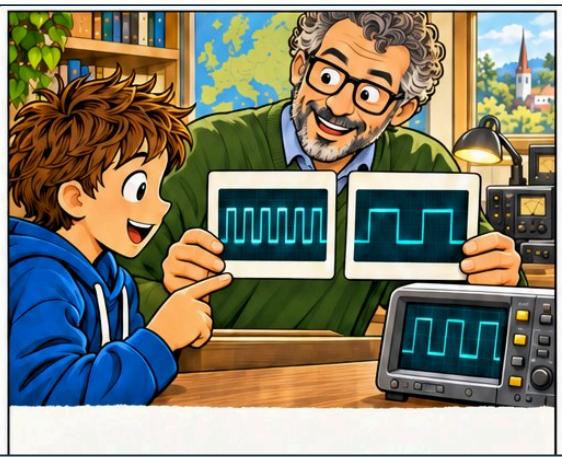
Aby wyregulować ton, zastępują RB 47 kΩ szeregowo z potencjometrem 100 kΩ.



Suwak potencjometru podłącza się do używanego zacisku końcowego: potencjometr jest podłączony jako rezystor zmienny.



Stały rezystor 47 kΩ utrzymuje minimalną rezystancję. RA pozostaje w 10 kΩ.



W przypadku C = 10 nF nominalna częstotliwość oscylacji waha się w przybliżeniu od 474 Hz do 1 385 Hz.



„Przydatne ustawienie, a nie magiczny przycisk". Odcięli prąd, żeby zmienić okablowanie.



Po ponownym włączeniu Lucas wybiera komfortowy ton. Zaznacza ustawienie początkowe na panelu przednim.

I nagle nie ma już rytmu



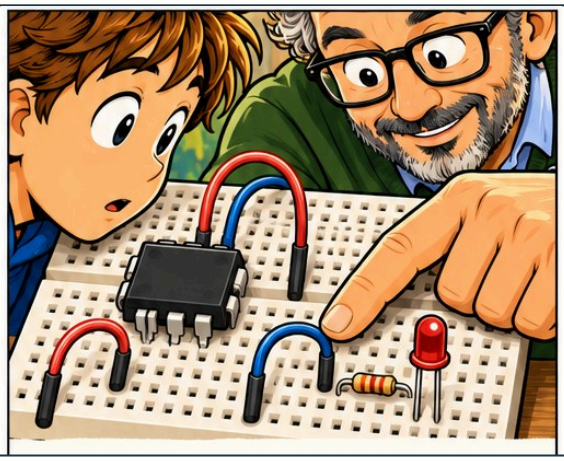
Kiedy Lucas przesuwa płytkę stykową bez lutowania, przebieg znika z oscyloskopu. Wskaźnik pozostaje wyłączony.



„Czy 555 jest martwy?" Henri sugeruje zacząć od tego, co można zaobserwować.



Wyłączają zasilanie i porównują rzeczywiste okablowanie ze swoim planem, bez przypadkowej wymiany części.



Przewód połączeniowy przesunął się o jeden rząd za daleko. Pin 4 nie jest już podłączony do zamierzonego wysokiego poziomu.



Lucas widzi powiązanie między RESET a wyjściem: niezdefiniowane wejście może zatrzymać działanie obwodu.



Naprawiają połączenie, a następnie przygotowują się do kolejnego testu. Podział ten ma wreszcie możliwe do sprawdzenia wyjaśnienie.

Rozwiązywanie problemów we właściwej kolejności



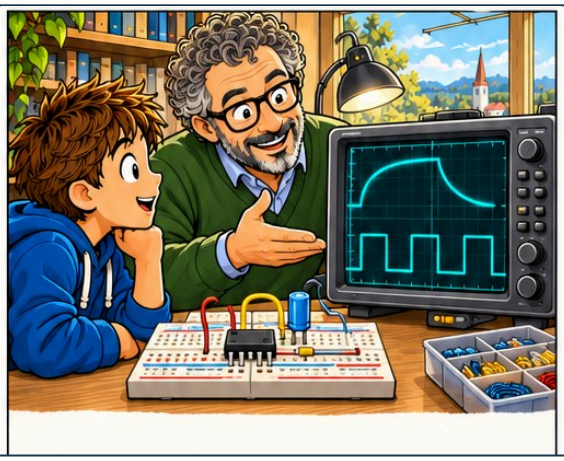
Henri sugeruje procedurę: zasilanie, masa, orientacja opakowania, RESET, elementy rozrządu i wyjście.



Lucas najpierw sprawdza napięcie pomiędzy 8 i 1. Pomiar w innym miejscu może zamaskować słabe połączenie.



Sprawdzają rozdzielone szyny, luźne przewody i położenie każdego sworznia.



Kiedy zaobserwują napięcie na C, będą mogli lepiej stwierdzić, czy usterka dotyczy oscylatora, czy też późniejszego etapu.

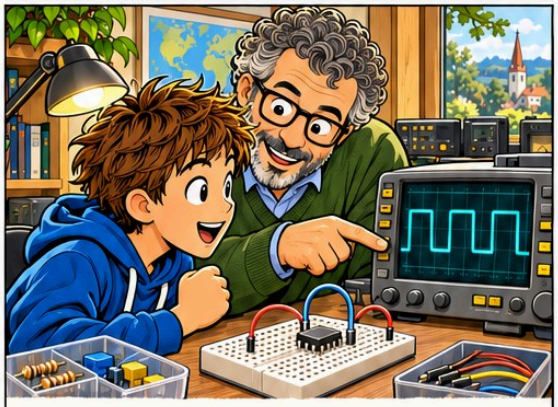


Połączenia są korygowane po wyłączeniu zasilania. Pomiary przeprowadzane są przed przywróceniem zasilania.



Lucas rysuje ścieżkę diagnostyczną: każde pytanie musi zmniejszać liczbę możliwych przyczyn.

Błąd staje się lekcją



Po korekcie pin 4 ma swój zdefiniowany poziom. Obwód ponownie wytwarza prostokątne impulsy.



„Mieliśmy hipotezę, kontrolę i naprawę” – podsumowuje Lucas. Henri pozwala mu wyjaśnić.



Delikatnie pociągają przewody połączeniowe przy wyłączonym zasilaniu, aby zidentyfikować luźne połączenia.



Lucas przechowuje zbyt długie przewody i ułatwia dostęp do punktów pomiarowych.



Notatnik zapisuje awarię i jej przyczynę. Odwiedzający będzie mógł wyciągnąć wnioski z tego zdarzenia bez jego powtarzania.



Rytm powrócił. Teraz muszą sprawić, by było to słyszalne, bez konieczności proszenia NE555 o bezpośrednie sterowanie głośnikiem.

Głośnik nie jest LED



Lucas przesuwa głośnik w stronę wyjścia 3. Henri delikatnie go zatrzymuje: „Sprawdźmy, jakie obciążenie stanowi".



Mały głośnik o niskiej impedancji potrzebuje prądu, którego ten obwód nie powinien dostarczać bezpośrednio.



NE555 wyznacza tutaj rytm; moduł wzmacniacza audio zgodny z 5 V dostarcza energię dźwiękową.



Wybierają moduł, którego wejście przyjmuje ten sygnał po sprzężeniu i ustawieniu poziomu zgodnie z jego instrukcją.



Głośnik podłączymy do zacisków dostarczonych przez moduł. Niektóre wyjścia nie mogą być uziemione.

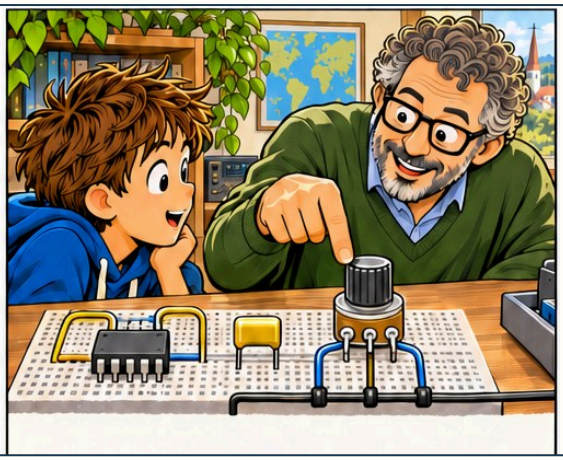


Lucas przeprojektowuje trzy bloki: oscylator, regulacja poziomu, wzmacniacz. Każdy element ma swoje zadanie.

Droga dźwięku



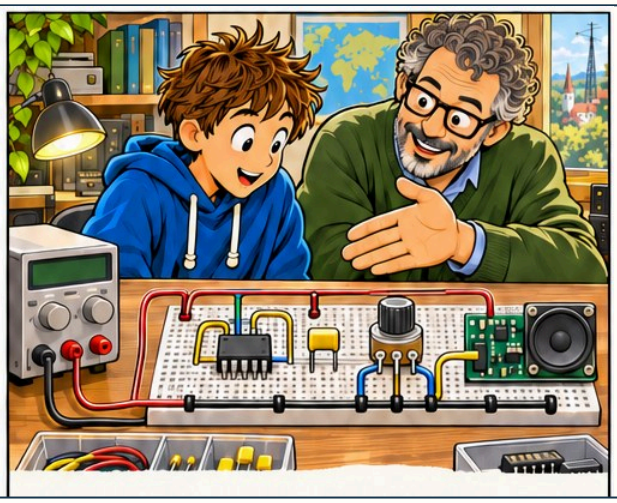
Po wyłączeniu zasilania wyjście 3 jest podłączane do niespolaryzowanego kondensatora sprzęgającego 100 nF.



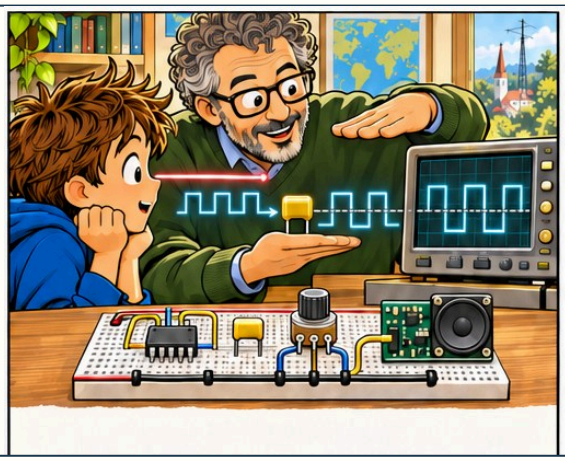
Drugi zacisk łączy się z górną częścią potencjometru 47 kΩ; jego dół łączy się ze wspólną masą.



Suwak potencjometru łączy się z wejściem o wysokiej impedancji wybranego modułu audio. Znajdujące się w nim instrukcje potwierdzają to połączenie.



Moduł i NE555 mają wspólną masę; moduł otrzymuje zasilanie zgodnie z dokumentacją.



Kondensator sprzęgający blokuje składową stałą wyjścia, jednocześnie przepuszczając zmiany dźwięku.



Przed pierwszą próbą zmniejszają głośność do minimum. Lucas nie podłączył jeszcze żadnych słuchawek.

Wreszcie pierwszy dźwięk



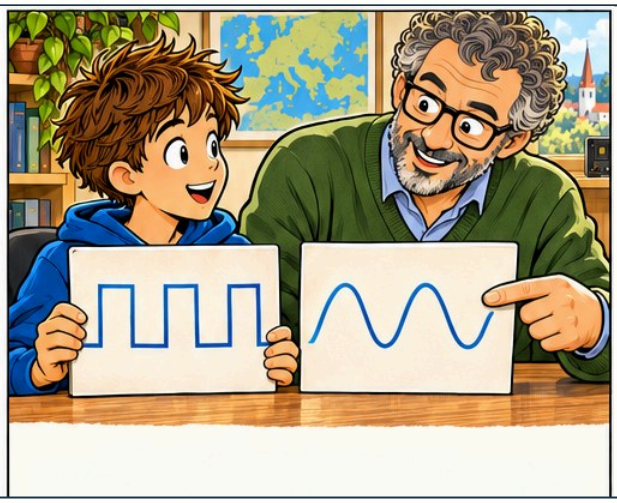
Po ponownym włączeniu zasilania Lucas powoli zwiększa głośność. Wyraźny dźwięk wypełnia mały kącik warsztatu.



„To śpiewa!" Henri prosi go o porównanie dźwięku, który słyszy, z przebiegiem na oscyloskopie.



Najpierw dostosowują częstotliwość oscylacji, a następnie poziom dźwięku. Dwa przyciski, dwa różne efekty.



Przebieg prostokątny zawiera harmoniczne: nie ma barwy czystej fali sinusoidalnej.



Objętość pozostaje wygodna dla stołu. Nie podłączają słuchawek bezpośrednio do wyjścia 555.



Lucas zamyka na chwilę oczy: mała krzywizna jego notebooka stała się doświadczeniem, które słyszy.

Klucz musi kontrolować dźwięk



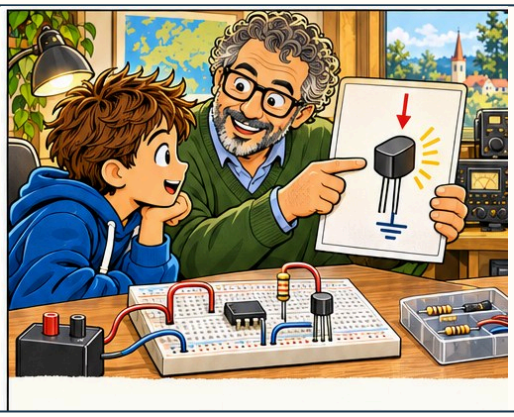
Dźwięk jest ciągły. „Klawisz musi to umożliwiać, gdy jest wciśnięty” – sugeruje Lucas, wyłączając zasilanie.



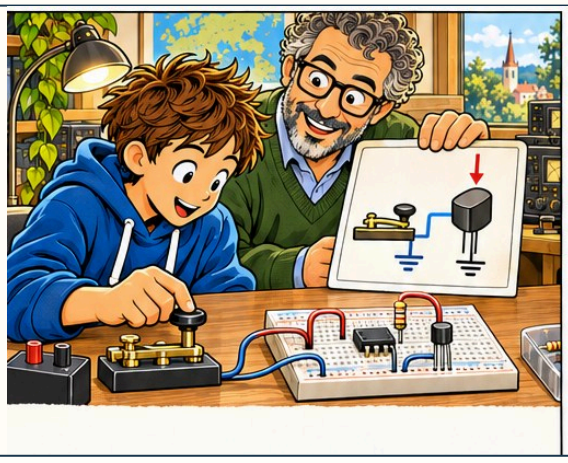
Usuwają bezpośrednie połączenie z RESET do +5 V. Rezystor 4,7 kΩ łączy teraz RESET, pin 4, z +5 V.



NPN 2N3904 ma kolektor podłączony do RESET, a emiter do masy; sprawdzają jego rzeczywisty układ pinów.



Rezystor 10 kΩ łączy podstawę z +5 V. W stanie spoczynku prąd przepływa przez NPN, który utrzymuje RESET na niskim poziomie: cisza.



Klawisz łączy bazę z masą: naciśnięcie go wyłącza NPN; RESET przechodzi w stan wysoki i włącza się sygnał dźwiękowy.

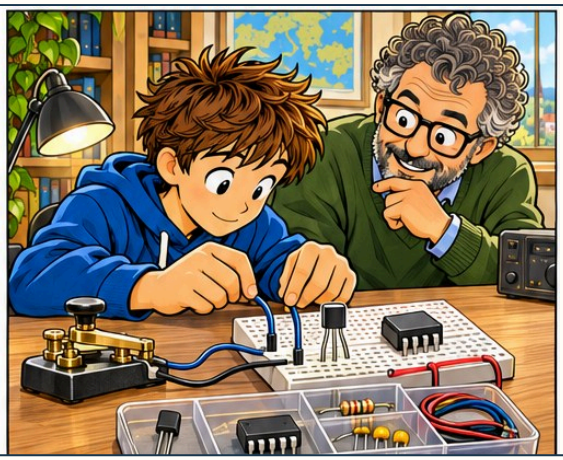


„Tranzystor odwraca polecenie kluczowe!” Przed testowaniem śledzą oba stany na diagramie.

Jedno naciśnięcie, jeden sygnał dźwiękowy



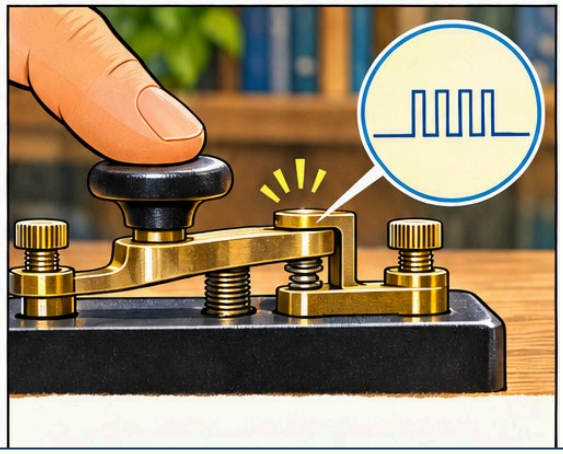
Klucz pozostaje odizolowany od jakiejkolwiek stacji radiowej. Jego dwa zaciski służą wyłącznie do sterowania niskim napięciem.



Jeden przewód idzie do podstawy NPN, drugi do masy. Lucas sprawdza zaciski i rezystor podciągający.



Włączają się: cisza w spoczynku. Lucas naciska klawisz Morse'a: włącza się sygnał. Puszcza klucz: zatrzymuje się.



„Podąża za moim ruchem!" Styki mechaniczne mogą jednak odbijać się i powodować niewielkie kliknięcia.



Henri zapewnia krótkie przewody. Kabel kluczowy nie powinien tworzyć dużej pętli, która zbiera zakłócenia.

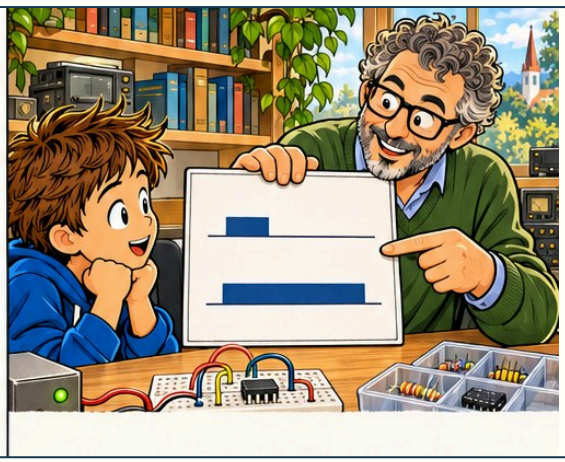


Lucas powoli powtarza trzy naciśnięcia. Po raz pierwszy obwód reaguje na jego palec.

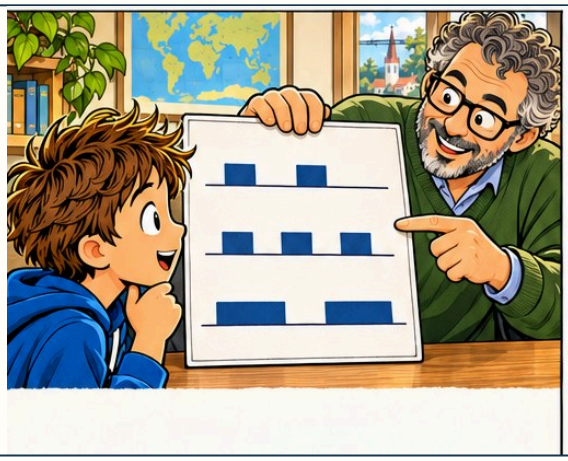
Alfabet Morse'a to także cisza



Lucas stuka za szybko i wszystko miesza. Henri sugeruje zwolnienie tempa i wsłuchanie się w przestrzenie.



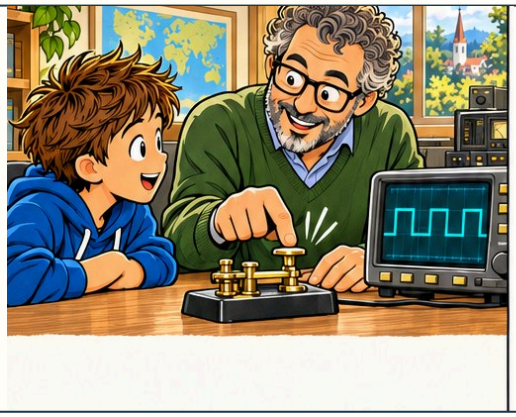
Kropka trwa jedną jednostkę; kreska trwa trzy. Pozostaw jedną jednostkę pomiędzy elementami tego samego znaku.



Pomiędzy dwiema postaciami przestrzeń jest warta trzy jednostki; między dwoma słowami, siedem jednostek w rytmie referencyjnym.



„Więc milczenie jest częścią przesłania!" Lucas rysuje pasek z dźwiękami i pauzami.



Henri wybiera stałe tempo zamiast rywalizacji na prędkość. Trenażer nie jest w stanie samodzielnie korygować ruchów operatora.



Używają krótkiego wzoru. Tym razem Lucas słyszy, gdzie kończy się jeden znak, zanim zaczyna się następny.

Wspólna nauka



Henri odtwarza mały wzór; Lucas próbuje to odtworzyć. Następnie zamieniają się rolami.



Niepewna odpowiedź wywołuje uśmiech, a nie osąd. Szukają fragmentu, który został źle zrozumiany.



Lucas odkrywa, że zmiana tonu może uczynić słuchanie przyjemniejszym bez zmiany taktowania Morse'a.



Głośność nie zastępuje uwagi ani czytelnego rytmu. Trzymają go na tyle cicho, że można mówić spokojnie.



Notatnik zawiera krótką sesję i przerwy. Dzień otwarty powinien zachęcać do spróbowania.

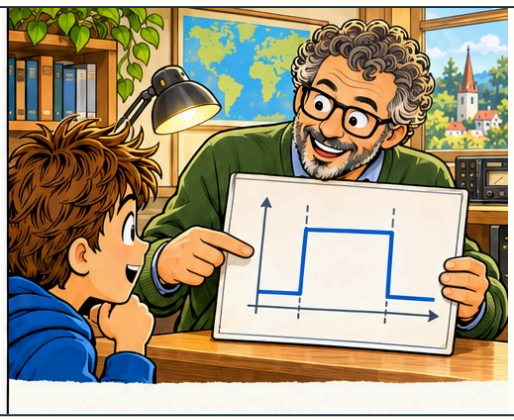


„Najpierw pokażę ci, jak słuchać” – postanawia Lucas. Henri wyciąga wnioski z ich pierwszej przygody.

Małe kliknięcie pomiędzy nutami



Kiedy dźwięk się zaczyna, słychać małe kliknięcie. „Przełączenie jest nagłe” – wyjaśnia Henri.



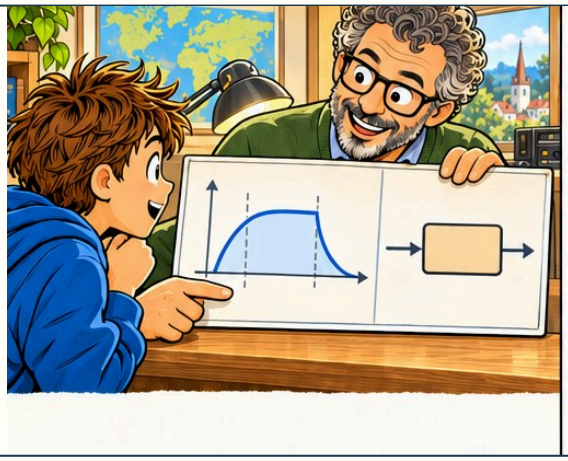
Sygnał rozpoczyna się i kończy bez zmiękczonej obwiedni. Sprzężenie audio nie usuwa wszystkich tych stanów przejściowych.



Lucas sprawdza również, czy moduł nie ulega nasyceniu: zbyt wysoki poziom może sprawić, że dźwięk będzie nieprzyjemny.



Obniżają poziom i obserwują sygnał. Zmiana kilku rzeczy na raz zmyliłaby diagnozę.



Stopniowa kontrola obwiedni wymagałaby dodatkowego etapu, oddzielnie badanego i testowanego.

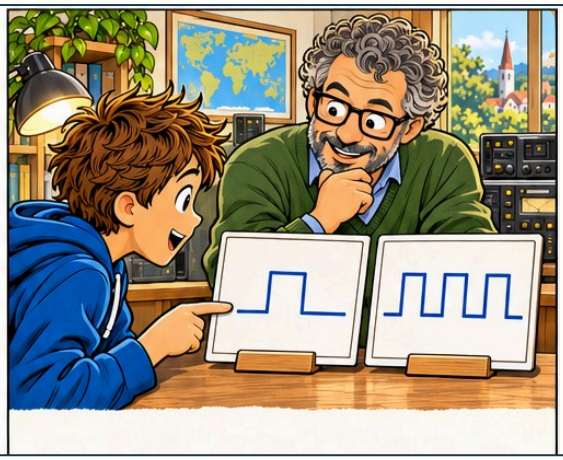


W przypadku tego trenera stosują wygodne ustawienie i rzetelnie podają ten limit w instrukcji.

Drugi eksperyment: pojedynczy impuls



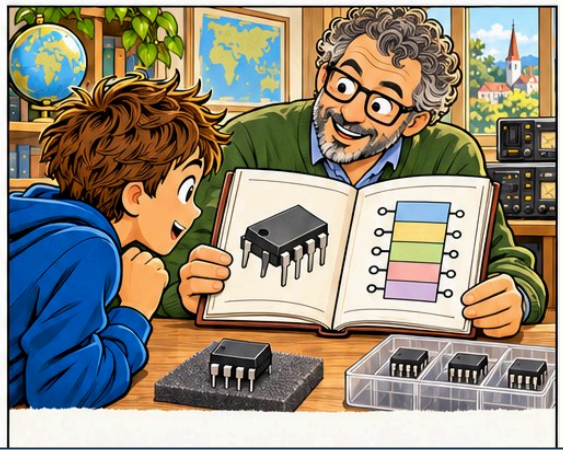
Lucas wyobraża sobie światło, które pozostaje włączone przez chwilę po naciśnięciu. Henri sugeruje obwód monostabilny.



W przeciwieństwie do astable, czeka na spust, wytwarza impuls, a następnie wraca do stanu spoczynku.



Przygotowują kolejną płytkę prototypową bez lutowania, aby utrzymać trener Morse'a w nienaruszonym stanie. Obydwa eksperymenty pozostaną odrębne.



Ten sam NE555 może wykonywać tę funkcję przy innym okablowaniu. Lucas wyjmuje schemat pinów.



Nominalny czas trwania zależy głównie od rezystora R i kondensatora C: T ≈ 1,1 × R × C.



„Ciągły dźwięk lub pojedynczy interwał: ten sam pakiet, inna historia!” Przygotowuje nowy test.

Schemat obwodu monostabilnego



Na tej drugiej płytce prototypowej bez lutowania: 1 do uziemienia, 8 i 4 do +5 V; obowiązują te same środki ostrożności dotyczące oddzielania.



Piny 6 i 7 są podłączone do tego samego węzła. R = 100 kΩ łączy ten węzeł z +5 V.



C = 10 µF łączy ten węzeł z masą, z jego dodatnim zaciskiem po stronie 6–7 dla wybranego komponentu.



Pin 2 ma rezystor podciągający od 10 kΩ do +5 V i przycisk testowy do masy.



Pin 5 łączy 10 nF z masą; wyjście 3 steruje LED poprzez jego rezystor 2,2 kΩ.



Lucas odróżnia ten schemat od obwodu trwałego. „Tutaj 2 nie jest podłączony do 6!" Ich sprawdzenie zapobiega pomyłkom.

Krótkie naciśnięcie powoduje wyzwolenie impulsu



W spoczynku pin 2 jest wysoki, a moc wyjściowa niska. Kondensator rozrządu jest rozładowany.



Krótkie naciśnięcie powoduje ściągnięcie TRIG poniżej jednej trzeciej VCC; moc wyjściowa staje się wysoka i C zaczyna się ładować.



Lucas natychmiast zwalnia przycisk. Wyzwalacz musi zakończyć się przed zamierzonym interwałem czasowym.



Jeśli wartość TRIG pozostaje niska, koniec impulsu nie jest już charakterystyczny dla prawidłowo przygotowanego krótkiego wyzwalacza.



„Dlatego trzymanie przycisku nie jest dobrym sposobem pomiaru T!". Zaczynają od krótkiego naciśnięcia.



Automatyczne wejście wymagałoby czystego sygnału wyzwalającego zgodnego z limitami zawartymi w arkuszu danych.

Około sekundy, nie zegara



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



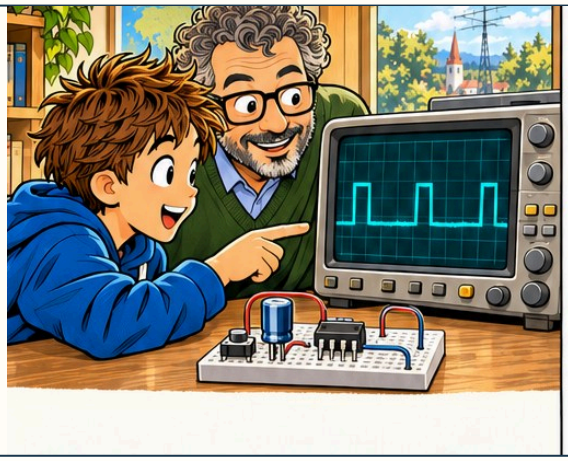
Lucas jednokrotnie uruchamia timer, a następnie obserwuje, jak lampka kontrolna włącza się i gaśnie.



Kondensator 10 µF ma tolerancję i wyciek. Rzeczywisty odstęp może różnić się od nominalnego obliczenia.



W przypadku długich i precyzyjnych czasów ten prosty RC niekoniecznie jest najlepszym wyborem.



Mierzą kilka impulsów odpowiednim przyrządem, nie przekształcając swoich testów w gwarancję precyzji.



Lucas pisze: „Wyznaczanie czasu działania tak, wymiana zegara referencyjnego nie”.

Sterowanie przekaźnikiem demonstracyjnym



Henri sugeruje mały przekaźnik z cewką 5 V, który zużywa około 20 mA, aby zademonstrować sterowanie pośrednie.



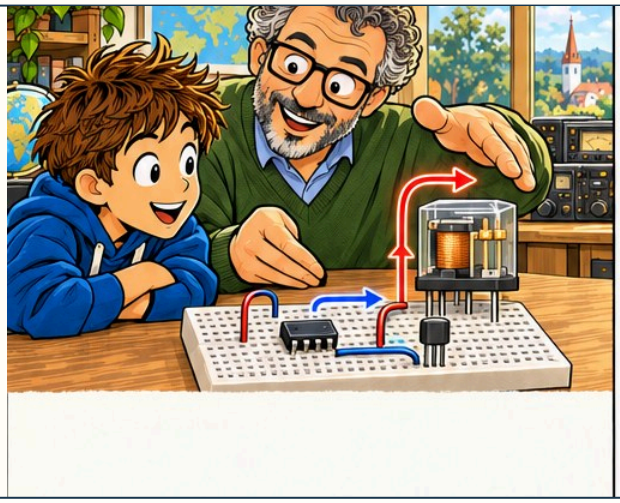
Wyjście 3 łączy się z bazą odpowiedniego tranzystora NPN poprzez 1 kΩ; rezystor 10 kΩ łączy bazę z emiterem.



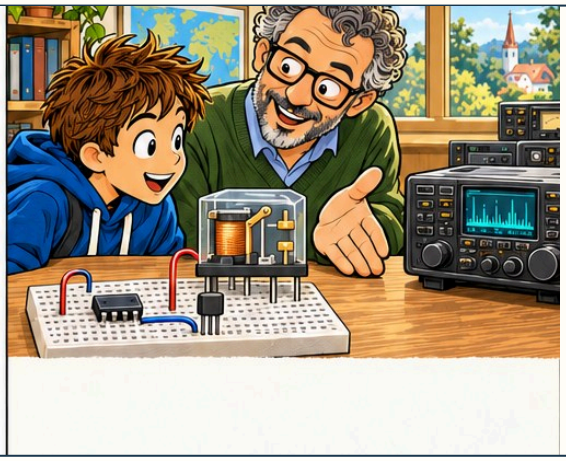
Emiter tranzystora idzie do masy; kolektor do jednego zacisku cewki; drugi zacisk cewki do +5 V.



Sprawdzają rzeczywisty rozkład pinów i dopuszczalny prąd tranzystora w jego arkuszu danych: nie wszystkie urządzenia NPN są identyczne.



Wyjście 555 napędza bazę, natomiast tranzystor przełącza prąd cewki.



Podczas tego testu styki przekaźnika pozostają nieobciążone. Żadne wejście radia PTT nie jest podłączone.

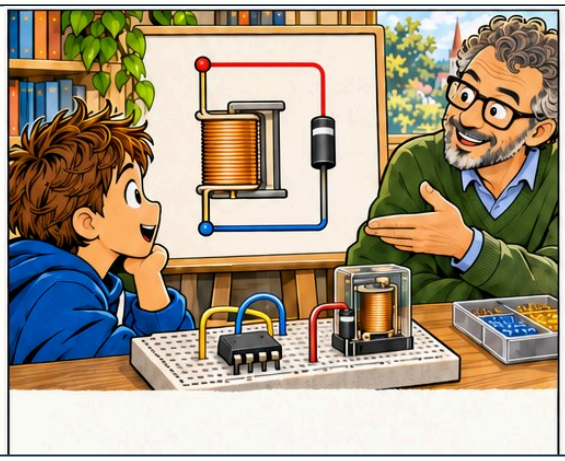
Dioda zabezpieczająca cewkę



„Brakuje elementu obok cewki" – stwierdza Henri. Przerwanie prądu indukcyjnego może spowodować skok napięcia.



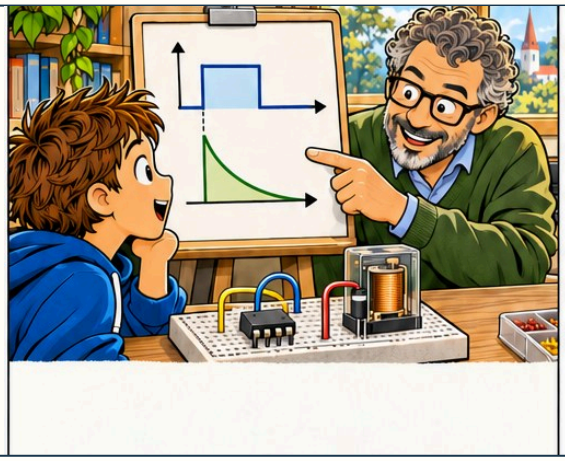
Na cewce równolegle umieszczono diodę 1N4007: katoda do +5 V, anoda do kolektora.



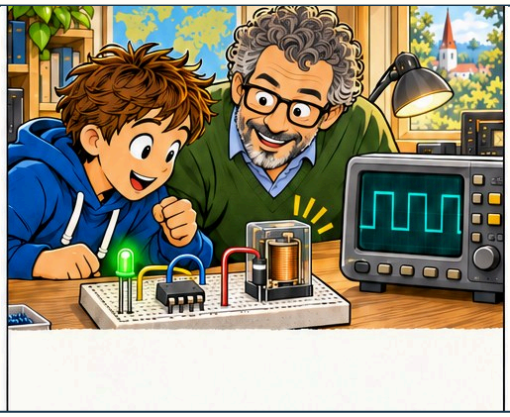
Podczas normalnej pracy dioda jest spolaryzowana zaporowo. Przy wyłączaniu zapewnia ścieżkę dla prądu cewki.



Lucas oznacza pierścień katodowy przed podłączeniem. Odwrócona dioda byłaby usterką, a nie zabezpieczeniem.



Ta swobodna ścieżka spowalnia również zwolnienie przekaźnika. Wybór zabezpieczenia zależy od zastosowania.

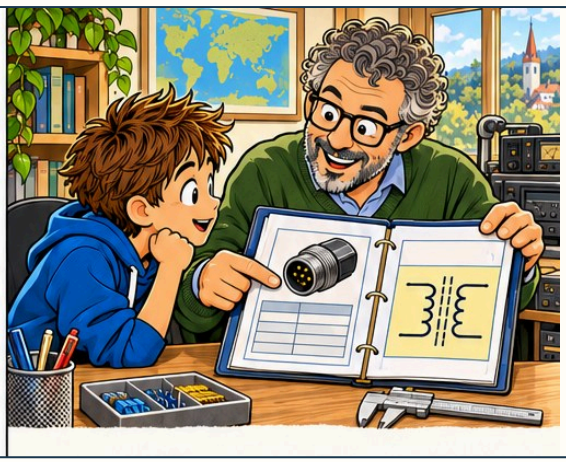


Sprawdzają okablowanie przy wyłączonym zasilaniu, a następnie uruchamiają monostabilny. Małe mechaniczne kliknięcie podąża za wskaźnikiem.

Pomysł na radio z jego interfejsem



Lucas myśli o synchronizacji akcesoriów stacji. Henri najpierw prosi go o przeczytanie instrukcji.



Sterowanie lub akcesorium PTT może wymagać bardzo specyficznej izolacji, polaryzacji i poziomów.



Przekaźnik demonstracyjny nie staje się uniwersalnym interfejsem. Kontakty też mają swoje ograniczenia.



Rysują jedynie funkcję pomiaru czasu, oddzieloną od stacji blokiem interfejsu w celu zbadania.



„Nie będziemy próbować tego na stacji, żeby zobaczyć, co się stanie” – decyduje Lucas, odkładając kabel.



Ich test demonstruje zasadę kontroli. Prawdziwa aplikacja będzie wymagała własnego projektu i walidacji.

Kontakty, które odbijają się



Lucas obserwuje nieregularne szczegóły po naciśnięciu klawisza. Kontakt mechaniczny może odbić się kilka razy.



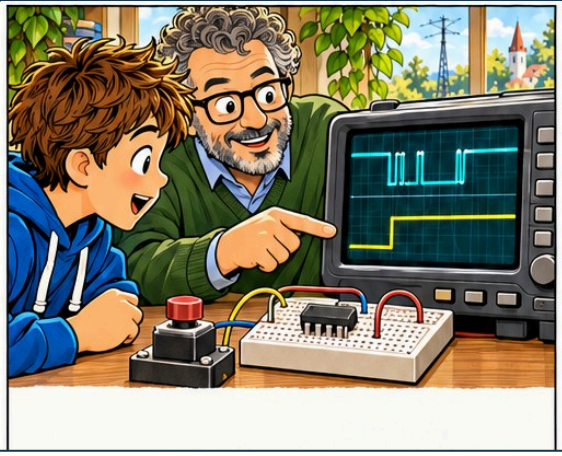
„Jeden ruch nie zawsze powoduje powstanie jednej krawędzi elektrycznej” – wyjaśnia Henri, przedstawiając przebieg.



555 może pomóc przy odbiciu, ale dowolna monostabilność nie eliminuje wszystkich kłopotliwych przypadków.



Wybrany interwał, przebieg wyzwalający i stan rozruchu muszą odpowiadać aplikacji.

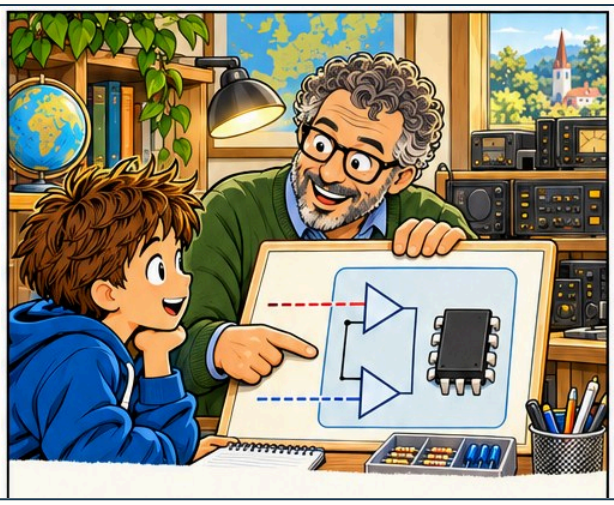


Przed oceną wyniku wspólnie obserwują dane wejściowe i wyjściowe. Sam wskaźnik może ukryć szczegóły.



Lucas dodaje do swoich akt pytanie: „Jaki sygnał tak naprawdę dociera do mojego obwodu?”

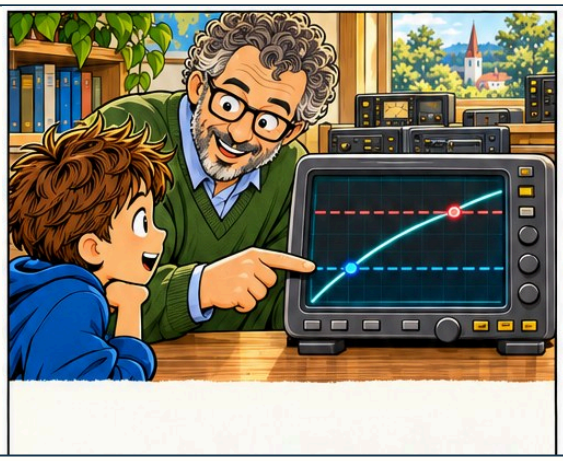
Dwa progi zapobiegające wahaniom



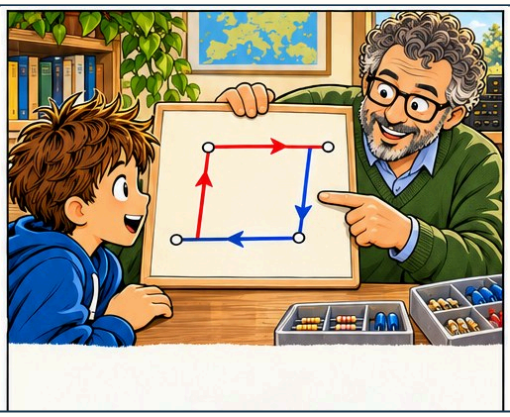
Henri łączy piny 2 i 6, aby wprowadzić wyzwalacz Schmitta za pomocą 555.



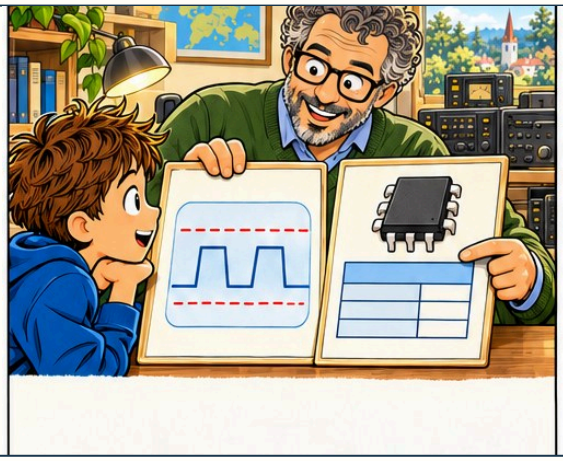
Tym razem odpowiednie napięcie testowe steruje tym węzłem; pin 7 nie jest używany w demonstracji.



Schodząc poniżej około VCC/3, wejście steruje wysoką mocą wyjściową. Wznosząc się powyżej 2VCC/3, obniża się.



Pomiędzy obydwoma progami zostaje zachowany stan poprzedni. Ta histereza pozwala uniknąć pewnego niepewnego przełączania.



Przyłożone napięcie musi mieścić się w dozwolonych granicach. Dowolnego sygnału nie można podłączyć bezpośrednio.



Na rysunku Lucas charakteryzuje się powolnym wznoszeniem, a następnie opadaniem. Rozumie, dlaczego oba progi są ważne.

Zapamiętywanie stanu: bistabilny



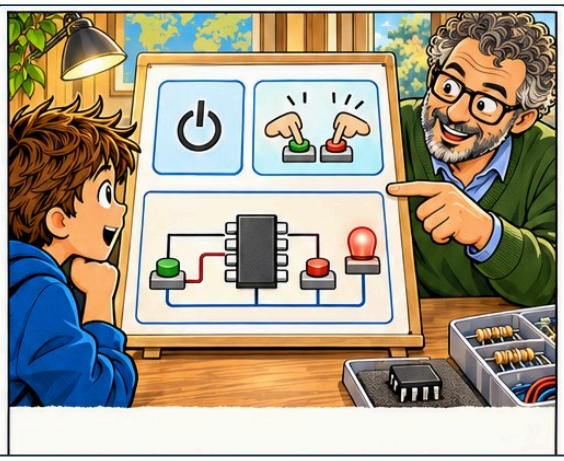
Lucas sugeruje lampkę ostrzegawczą, która pozostaje włączona aż do wydania polecenia zatrzymania. Henri wprowadza pracę bistabilną.



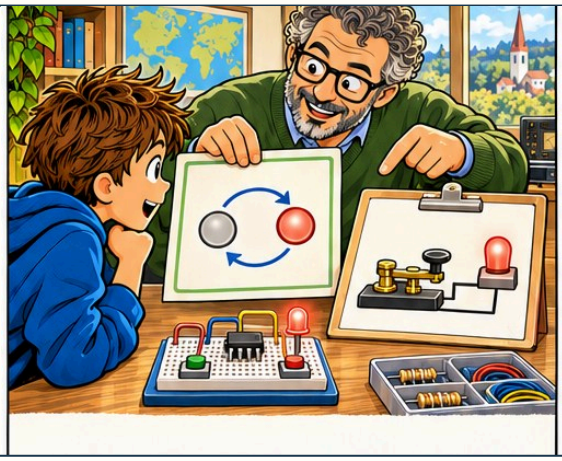
W odpowiednim obwodzie TRIG steruje stanem wysokim; RESET może wymusić stan niski.



Wejścia muszą utrzymywać określone poziomy. THRES nie może powodować niezamierzonego przełączenia.



Należy wziąć pod uwagę zachowanie podczas uruchamiania i jednoczesne polecenia: obwód pamięci nie jest w stanie odgadnąć zamiaru.



Trzymają tę aplikację na etapie schematu blokowego, bez dodawania jej do swojego trenera Morse'a.

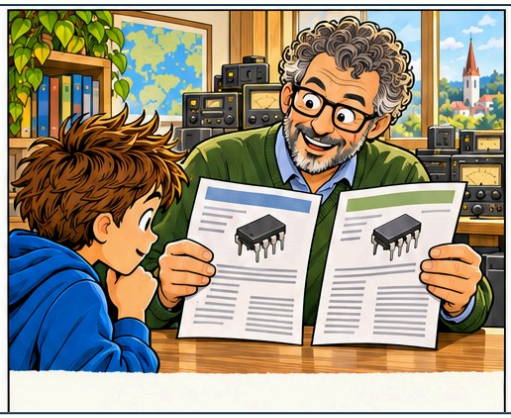


„Oscylacja, wyczucie czasu, zapamiętywanie: w końcu widzę różnicę” – mówi Lucas obok swoich trzech kart.

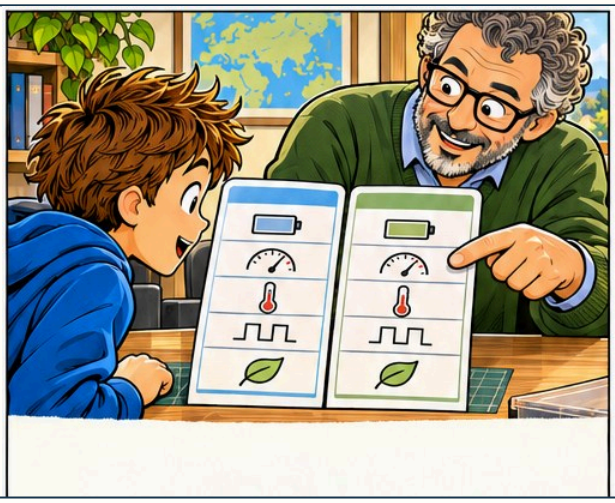
Kuzyni CMOS



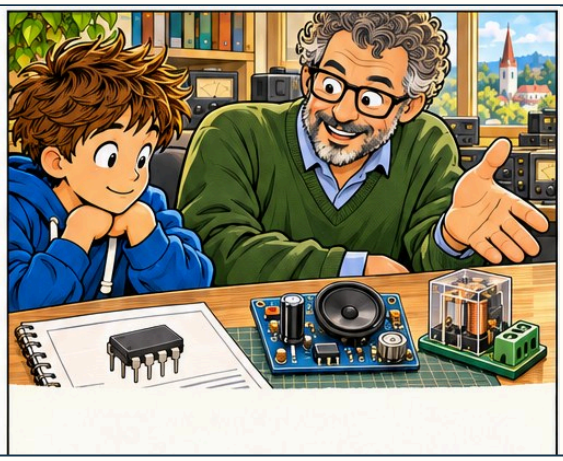
Na innym pakiecie Lucas brzmi TLC555. „Ten sam numer: dokładnie ten sam komponent?”



Henri porównuje arkusze danych: niektóre wersje CMOS pobierają mniej prądu spoczynkowego i akceptują różne zakresy zasilania.



Prądy wyjściowe, gwarantowane progi i wartości graniczne mogą się różnić.



Pin w tym samym miejscu nie gwarantuje takiego samego zachowania naszego modułu audio lub przekaźnika.



Zalecenia dotyczące oddzielenia i charakterystyki wejściowe wymagają sprawdzenia dla wybranego odniesienia.



Trzymają określony NE555 w urządzeniu. Lucas wie teraz, jak ocenić rozsądny zamiennik.

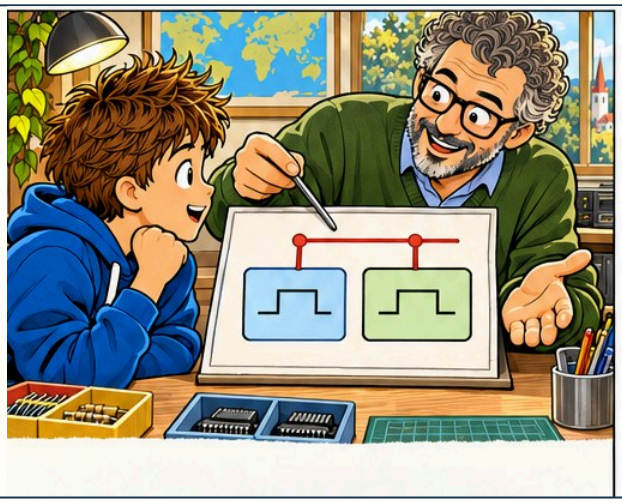
Dwa timery w jednym NE556



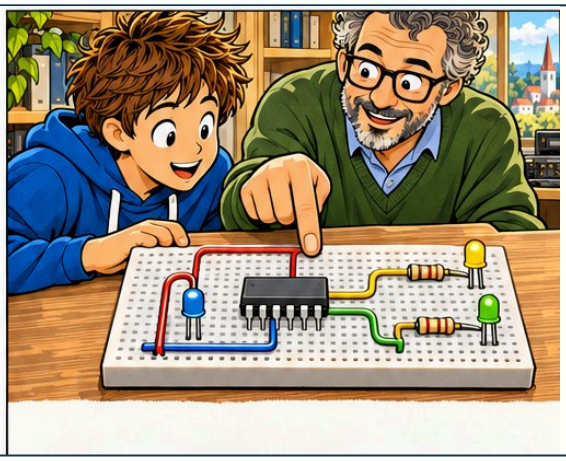
NE556 łączy dwa timery w jednym pakiecie. Lucas wyobraża sobie oddzielne funkcje tonu i taktowania.



Henri pokazuje układ pinów: tej czternastopinowej obudowy nie można podłączać jako dwóch NE555 z pamięci.



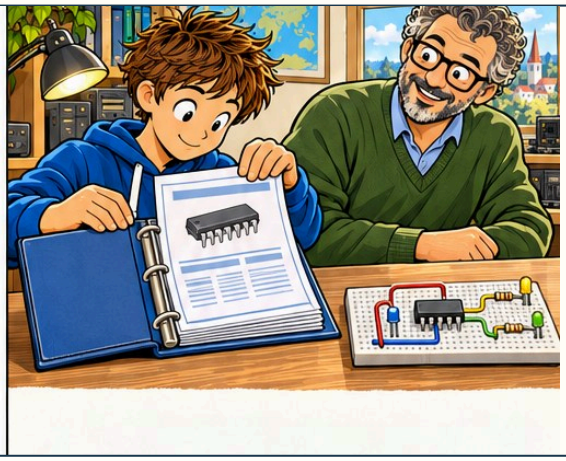
Każda sekcja ma własne wejścia i wyjścia. Obie sekcje mają wspólne zasilanie.



Staranne oddzielanie i trasowanie pomaga zapobiegać zakłócaniu przez jedną sekcję drugiej.



Szkicują edukacyjną syrenę składającą się z dwóch bloków, jednocześnie tworząc album skupiając się na ich bieżącym projekcie.



„Więcej funkcji wymaga również większej liczby kontroli” – zauważa Lucas, odkładając arkusz NE556.

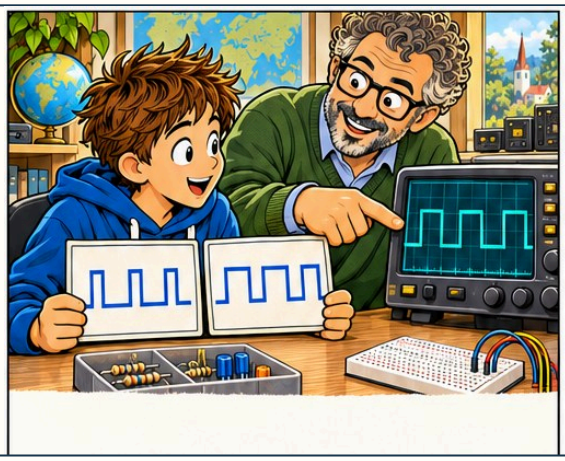
Pin 5 i idea modulacji



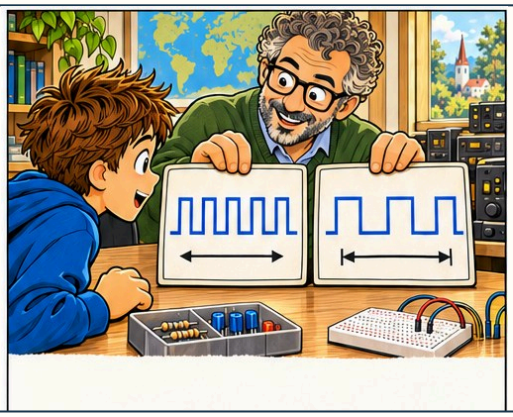
Lucas powraca do CONT, pin 5. „Czy możemy zmieniać zachowanie obwodu?”



Henri wyjaśnia, że odpowiednie napięcie sterujące przesuwa wewnętrzne wartości zadane.



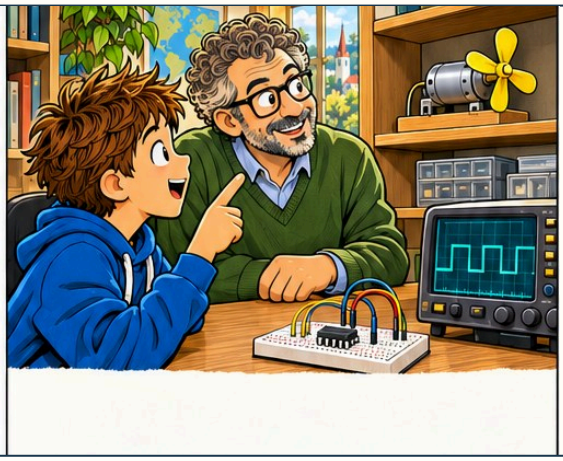
W zależności od obwodu może to modulować szerokość impulsu lub zmieniać częstotliwość oscylacji.



W tym prostym atable, zmiana wartości zadanych może również zmienić częstotliwość oscylacji: PWM nie jest automatycznie niezależny.



Do swojego obciążenia dobiera się i projektuje odpowiedni sterownik PWM, z odpowiednim stopniem mocy.



Zachowują tę zasadę do dalszych badań. Do wyjścia 3 nie dodano żadnego silnika ani dużego obciążenia.

Pułapka uniwersalnego generatora radiowego



„A co by było, gdyby nasz 555 stał się nadajnikiem?" Henri wyróżnia częstotliwość oscylacji dźwięku i stabilną nośną radiową.



NE555 nadaje się tutaj do opóźnień tonowych i czasowych. Jego RC nie jest dokładnym odniesieniem do RF.



Sygnał prostokątny zawiera harmoniczne; zbyt długi przewód może przenosić zakłócenia.



Oscylator laboratoryjny nie staje się odpowiednim nadajnikiem po prostu przez dodanie anteny.



Eksperyment radiowy wymagałby projektu obejmującego stabilność, dopasowanie impedancji, filtrowanie i dozwolone użytkowanie.



Dlatego Lucas pozostawia antenę na boku: ich urządzenie już zapewnia prawdziwą usługę, pozostając lokalnym trenerem.

Gdy oscylator zakłóca odbiór



Słuchając w klubie, zauważają dźwięk, który zmienia się po włączeniu trenażera.



„Przypadek?" Porównują kilka razy włączenie i wyłączenie, bez zmiany ustawień odbiornika.



Powtarzane porównania dają wskazówkę, ale nie identyfikują jeszcze wszystkich ścieżek interferencji.



Odsuwają zespół dalej, skracają połączenia i sprawdzają oddzielenie przed ponownym porównaniem.



Henri odróżnia użyteczny dźwięk w głośniku od niepożądanych zakłóceń wydobywających się z obwodu.



Lucas odnajduje zasadę z tomu 1: dzielenie widma oznacza także dbanie o to, co budujemy.

Porównaj, żeby zrozumieć



Zmieniają tylko jedno: położenie kabla audio. Następnie ponownie porównują działanie i wyłączanie.



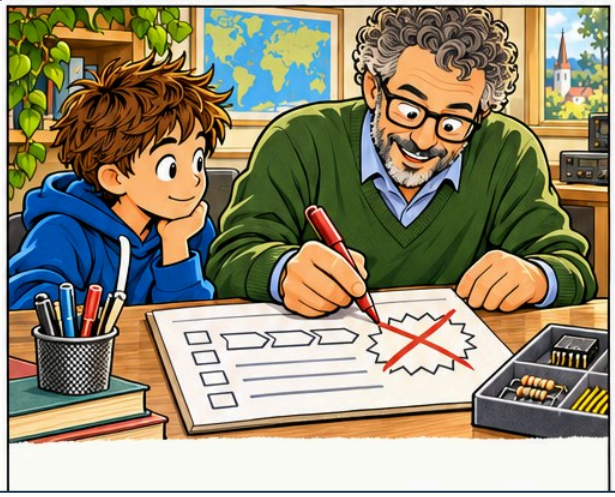
Lucas rejestruje odległość, użyte okablowanie i zasilanie. Bez tych szczegółów trudno byłoby porównać następny test.



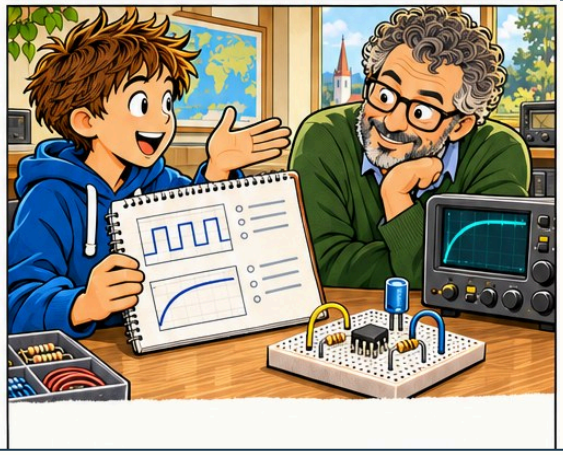
Lokalna poprawa nie oznacza, że całe spektrum jest czyste. Ich odbiorca nie jest kompletnym laboratorium.



Lepszy będzie zwarty i prawidłowo odsprzęgnięty zespół końcowy niż prototyp rozciągnięty na długich przewodach.



Nie deklarują zgodności ani pomiarów, których nie ustalili.



„Mogę wyjaśnić, czego próbowałem i co pozostaje do sprawdzenia” – mówi Lucas. Henri aprobuje tę metodę.

A co z pracą na baterii?



Lucas marzy o zabraniu trenażera do ogrodu. Zaczynają od oszacowania całkowitego zużycia.



Przy szacowaniu żywotności baterii moduł audio, ustawienie głośności i głośnik są równie ważne jak licznik czasu.



Bateria musi zasilać odpowiedni regulator, aby utrzymać określoną wartość 5 V; postępują zgodnie z jego dokumentacją.



Źródło zdolne do dostarczenia dużego prądu wymaga odpowiedniego zabezpieczenia przed zwarciami.



Henri sugeruje dokończenie w pierwszej kolejności wersji z zasilaczem izolowanym. Wymóg dotyczący przenoszenia zostanie udokumentowany osobno.

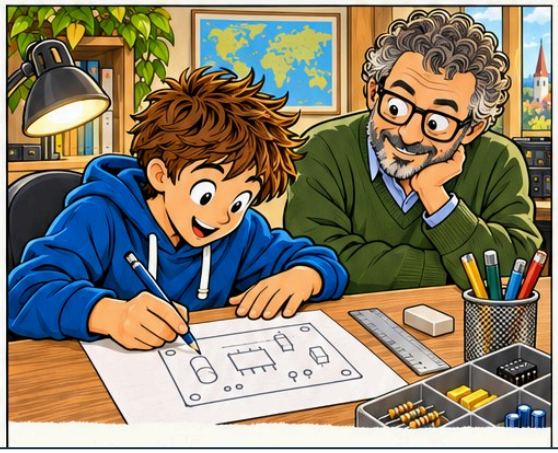


„Nie można obiecać żywotności baterii na podstawie samej pojemności wydrukowanej na baterii” – podsumowuje Lucas.

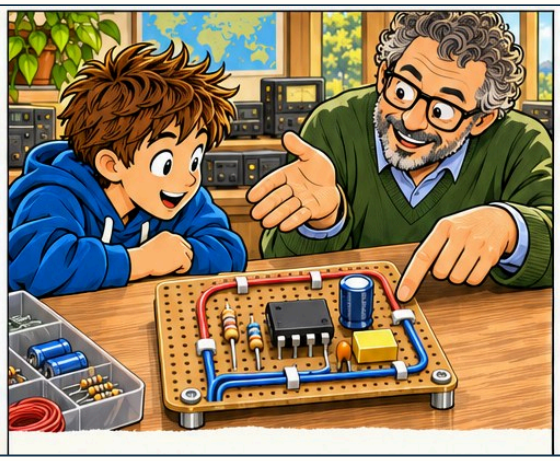
Przygotowanie trwałego montażu



Przydała się bezlutowa płytka prototypowa. Podczas dnia otwartego muszą unikać poluzowania się przewodów połączeniowych.



Przygotowują kompaktowy plan rozmieszczenia z dostępem do elementów sterujących i punktów testowych.



Odsprzęganie pozostaje zbliżone do 555; Prądy powrotne audio nie mogą ominąć obwodu taktowania.



Kable klawiszy i głośników są wyposażone w zabezpieczenie przed naprężeniem. Połączenia nie mogą przenosić naciągu kabla.



Henri nadzoruje produkcję przy użyciu odpowiednich narzędzi i zabezpieczeń poza tym warsztatem czytelniczym.

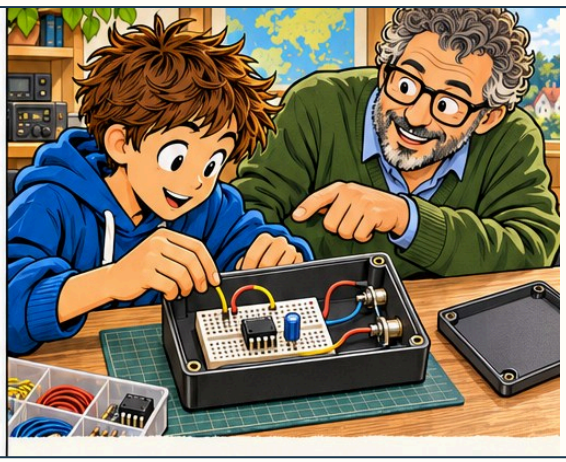


Następnie Lucas sprawdza ciągłość, polaryzację i schemat przed przywróceniem zasilania.

Obudowa elektroniki objaśniająca jej zastosowanie



Lucas wybiera prosty panel przedni: moc, ton, głośność i gniazdo klawiszy są wyraźnie zidentyfikowane.



Obwód jest zamocowany w odpowiedniej skrzynce; żaden goły drut nie dotyka części przewodzącej.



Prowadzenie kabli jest chronione. Sprawdzają, czy kręcenie pokrętłem nie pociąga za złącza.



Przewidywany sposób zasilania i jego polaryzacja zostaną wskazane w instrukcji oraz w pobliżu odpowiedniego złącza.



Klucz steruje tylko tym trenerem; podobnie wyglądające gniazdko nie pozwala na połączenie ze stacją radiową.



Lucas wypróbowuje urządzenie bez wyjaśnienia. Elementy sterujące powinny być oczywiste dla następnego gościa.

Instrukcje dla następnego początkującego



W instrukcjach wyjaśniają cel: naukę rytmu Morse'a z lokalnym dźwiękiem, bez nadawania.



Schemat pokazuje piny, wartości komponentów, połączenia zasilania i dwa stany klucza.



Lista komponentów rozróżnia kondensatory czasowe, sprzęgające i odsprzęgające.



Dodają obliczenia nominalne, ograniczenia, odniesienia do komponentów i punkty pomiarowe.



Na krótkiej stronie opisano źle umieszczony przewód połączeniowy i metodę rozwiązywania problemów. Błędy też są częścią tej historii.



Lucas ponownie czyta instrukcję, jakby odwiedzał klub po raz pierwszy. Upraszcza kolejne zdanie.

Próba generalna



Dzień przed dniem otwartym Henri zasiada na miejscu dla gości. Lucas prezentuje swój warsztat.



"Najpierw posłuchaj. Potem spróbuj. A na koniec wyjaśnij, co się zmieni, gdy przekręcisz to pokrętło. "



Rozróżnia ton, głośność i rytm. Henri zadaje celowo proste pytanie.



Lucas pokazuje trzy bloki w notatniku, a następnie pozwala gościowi na próbie obsługiwać klucz.



Brakuje tonu audio w środku wzoru. Wymieniają spojrzenia: małe urządzenie wciąż kryje w sobie niespodziankę.



Lucas zachowuje spokój i ścisza głośność. Właśnie wrócił do roli śledczego.

Ostatnia zagadka



Tym razem obwód rytmu nadal działa: wyjście 3 pokazuje impulsy po naciśnięciu klawisza.



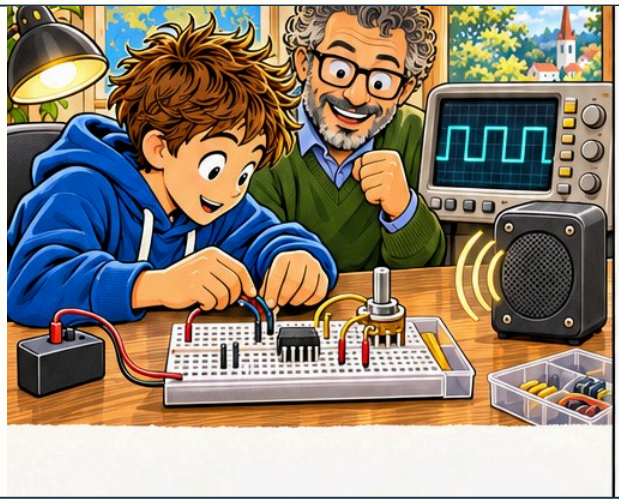
Lucas sprawdza zasilacz, a następnie tor audio. Nie zastępuje NE555 jako odruch.



Po wyłączeniu zasilania znajduje luźny przewód na połączeniu z suwakiem potencjometru głośności.



„Tam był rytm, dźwięk nie docierał już do wzmacniacza!" Kierował nim podział na bloki.



Naprawiają połączenie i sprawdzają, czy działa. Kolejny test daje stały dźwięk.



Henri ponownie zajmuje miejsce gościa. Lucas dodaje do swoich przygotowań kontrolę złącza.

Dzień Otwarty



Rano na czystym stole czeka mała obudowa z elektroniką. Lucas zapewnia delikatną głośność i komfortowy dźwięk.



Zaczyna od odegrania wzoru. Henri obserwuje, jak daje wszystkim czas na zrozumienie.



Gość próbuje klucza. Sekwencja wahań staje się bardziej stabilna po przerwie i ponownym przesłuchaniu.



Lucas otwiera swój notatnik: „NE555 tworzy dźwięk, to twój gest nadaje mu rytm. ”



Pokazuje wzrost i spadek napięcia kondensatora, po czym powraca do słyszanego dźwięku. Teoria spotyka się z doświadczeniem.



Wystarczy uśmiech, żeby powiedzieć, że warsztat działa. Henri pozwala teraz Lucas kierować odkryciem.

Czego nauczyło nas osiem szpilek



Po warsztatach Lucas ponownie odnajduje trzy karty: oscylację, synchronizację i zapamiętywanie.



Dodaje tranzystor pomagający sterować obciążeniem i diodę chroniącą cewkę przy wyłączaniu.



Henri pyta go, co najbardziej zapamięta. Lucas przegląda swój notatnik z obliczeniami i zestawieniami.



"Sprawdź piny. Zachowaj jednostki. Zmierz właściwy punkt. I zrozumiej przed zmianą. "



Pokazuje także instrukcje: pomysł staje się przydatny, gdy inna osoba może go podchwycić bez zgadywania.



Odkładają nieużywane komponenty. Małe czarne opakowanie nadało rytm całemu dniu spotkań.

Następny rytm będzie Twój



Miejsce odzyskuje spokój. Lucas naciska klawisz po raz ostatni: krótki sygnał dźwiękowy, a następnie cisza.



Pamięta swoje przybycie do klubu i radę Henri: słuchaj, szukaj i udostępniaj.



„Czy dowiedzieliśmy się wszystkiego o 555?” — „Wystarczająco, żeby wiedzieć, jak zadawać lepsze pytania”.



Trenażer, jego schemat i instrukcje pozostają gotowe dla następnego początkującego. Ich przygoda mieści się w prawdziwym pudełku.



Lucas zamyka notatnik, a następnie otwiera go ponownie, aby narysować nowy pomysł. Henri wręcza mu ołówek.



Na zewnątrz anteny stoją na tle nieba. Wewnątrz osiem małych pinezek zainspirowało chęć eksperymentowania.