ON4CRD

Köide 70

NE555 ja selle rakendused amatöörraadios



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Õiguslikud teated

Köide 70 · NE555 ja selle rakendused amatöörraadios

Veebisaidi väljaandja : Radio Club Durnal ON4CRD

Väljaande juht : Radio Club Durnal ON4CRD juhatus

https://on4crd.be

Õiguslikud teated

Intellektuaalomand

Saidil avaldatud tekstid, pildid, dokumendid, logod ja materjalid jäävad nende vastavate autorite või klubi omandisse. Igasugune reprodutseerimine või taaskasutamine peab austama allikat, kehtivaid õigusi ja autori luba.

Vastutus

Klubi töötab selle nimel, et avaldada kasulikku ja kontrollitud teavet, kuid ei garanteeri vigade, väljajätmiste või katkestuste puudumist. Tehnilist või regulatiivset teavet tuleb kontrollida ametlike allikatega, kui see toetab otsust.

Illustratsioonid on loodud tehisintellekti abiga.

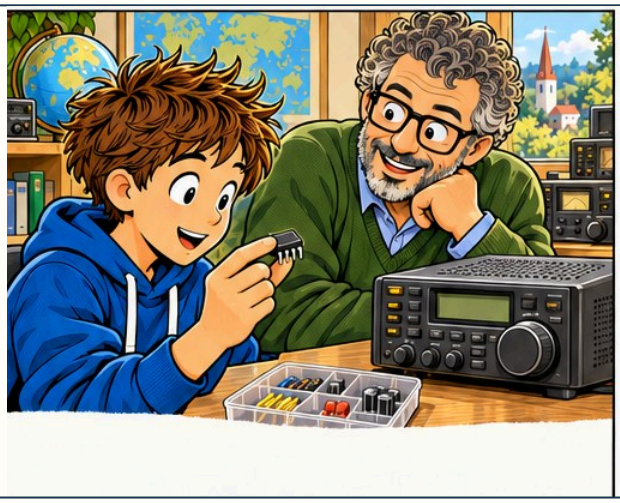
Väike kast, suur idee



Lucas naaseb klubisse oma märkmikuga: "Lahtiste uste päeva puhul soovin, et külastajad kuuleksid morsekoodi!"



Henri asetab lauale pisikese musta pakendi: "See on NE555. Kaheksa tihvti, palju ideid."



"Kas see saab teise jaamaga rääkida?" Henri naeratab: "Alustame heliga, siin klubiruumis."



Kõlari läheduses ootab morseklahv. Nende väljakutse: luua seade, mis aitab külastajatel õppida.



Lucas joonistab kolme juhtnupuga kasti: võimsus, toon ja helitugevus. Projekt võtab kuju.



"Mis siis, kui see ei tööta?" — "Õpime, kuidas välja selgitada, miks. See on osa seiklusest!"

Projekti soovide nimekiri



Lucas sooviks meeldivat heli, lihtsalt kasutatavat klahvi ja piisavat helitugevust väikesele töötoalauale.



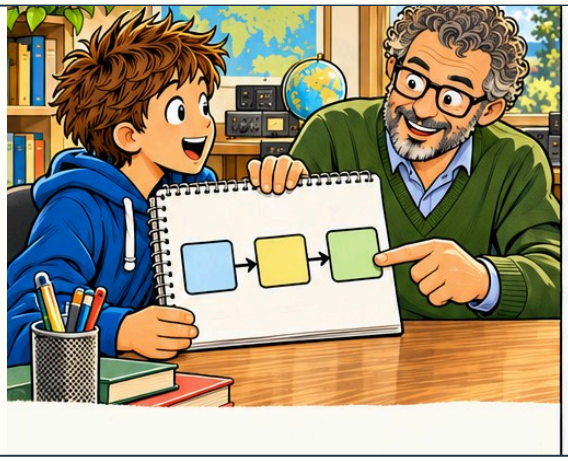
"Ja pole vaja antenni," lisab Henri. Nende seade on heliline morsetreener, ilma raadiokiirguseta.



Nad valivad 5 V reguleeritud toiteallika ja piiravad voolu esimestel katsetel.



Henri puhastab tööala. Igal elektroonilisel osal ja tööriistal on oma koht.



Sülearvutis eraldab Lucas kolm funktsiooni: tooni tekitamine, selle juhtimine ja võimendamine.



"Testime iga funktsiooni," otsustab ta. Et kogu seade töötaks, liiguvad nad väikeste sammudena.

Tutvumine seadmega 555



Henri avab tootja andmelehe: "Tuttav nimi ei asenda tegeliku komponendi dokumentatsiooni."



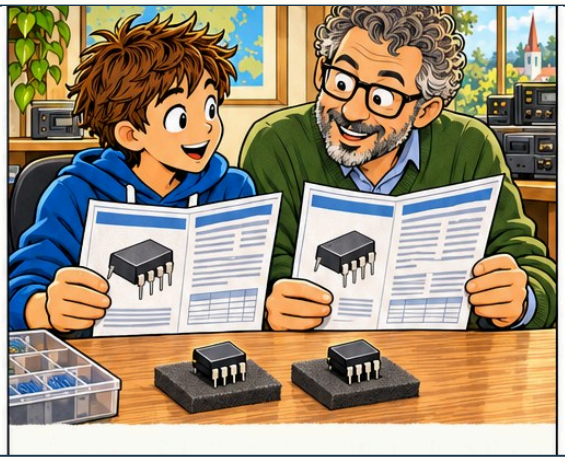
NE555 on bipolaarne taimer. Takistid ja kondensaator annavad sellele oma rütmi.



See võib sõltuvalt vooluringist tekitada impulsi, võnkuda või hoida olekut. Lucas täidab neid kolme funktsiooni.



"Nii et see teeb kõik?" — "See on väga kasulik, kuid sellel on ka pinge- ja voolupiirangud."



Nad kontrollivad, et nende viide töötab 5 V-s. Naaberversioonil CMOS ei pruugi olla samu piiranguid.



Lucas salvestab andmelehe koos komponentidega: "See kuulub meie tööriistakasti."

Kaheksa tihvti, üks lugemissuund



Enne millegi ühendamist vaatavad nad ülalt vaadatuna kaheksa kontaktiga DIP-paketti.



Kui sälk on ülaosas, on tihvt 1 vasakus ülanurgas; selle võib tuvastada ka väike täpp.



Vasakul loendage allapoole alates 1 kuni 4. Paremal loendage alates 5 kuni 8: numeratsioon jookseb ümber pakendi.



"Kui ma selle ümber pööran, ei ühti mu joonis enam!" Lucas võrdleb komponenti uuesti pealtvaatega.



Henri palub tal tõmmata mõlemale küljele neli tihvti ja seejärel sälk. Nad pole veel midagi ühendanud.

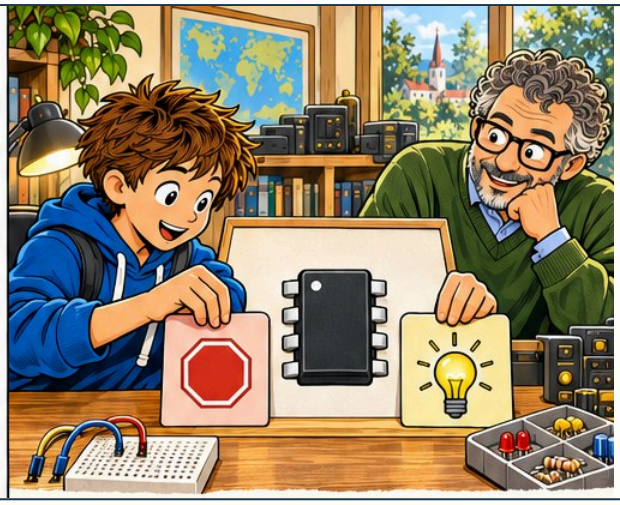


Nad hoiavad seda märki sülearvutil nähtaval ja kontrollivad märgistust enne komponendi paigaldamist.

Roll igale nõelale



Lucas identifitseerib funktsioonid: 1, maandus; 8, positiivne toide. Need kaks kontakti toidavad vooluahelat.



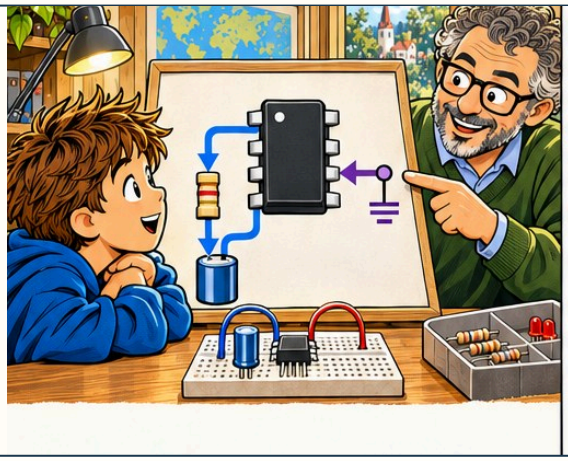
Pin 3 on väljund. Pin 4, RESET sunnib madalal hoidmisel vooluahela lähtestama.



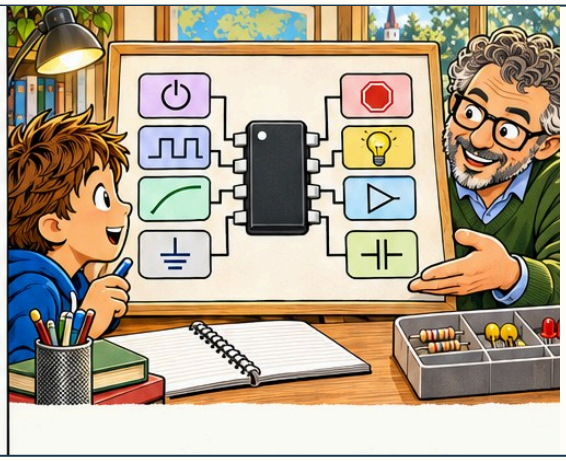
Pin 2, TRIG tuvastab pinge, mis langeb alla umbes kolmandiku toitepingest.



Pin 6, THRES, jälgib ülemist läve, umbes kaks kolmandikku toitepingest tavalises vooluringis.



Kondensaatori tühjendamiseks kasutatakse kontakti 7, DISCH. Pin 5, CONT annab juurdepääsu sisemisele viitele.

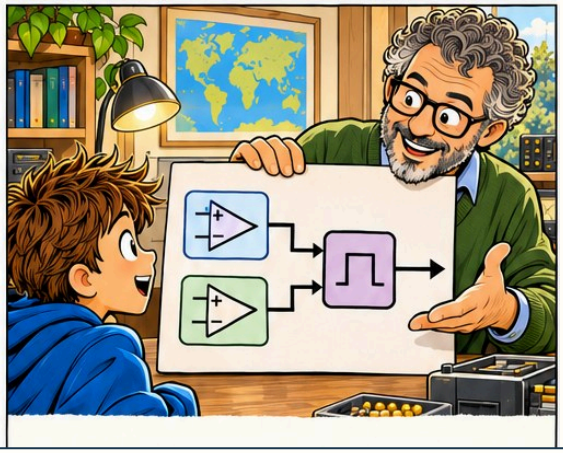


"Kaheksa erinevat rolli, mitte kaheksa vahetatavat terminali!" Lucas sobitab iga funktsiooni joonisega.

Väike meeskond sees



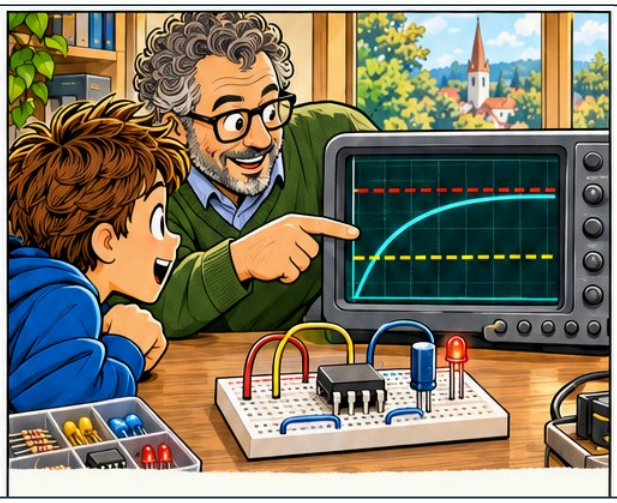
Henri tõmbab kaks komparaatorit: igaüks võrdleb pinget etaloniga.



Sisemine riiv jätab viimase käsu meelde. Väljund ja tühjendustransistor järgivad seda olekut.



"Üks käivitab, teine peatab?" — "See on kasulik pilt, eeldusel, et austame nende töötingimusi."



Tavalises vooluringis on sisemised viited VCC/3 ja 2VCC/3 lähedased.



RESET võib sundida lähtestamist. Lucas mõistab, miks seda sisendit ei tohi vedelema jätta.

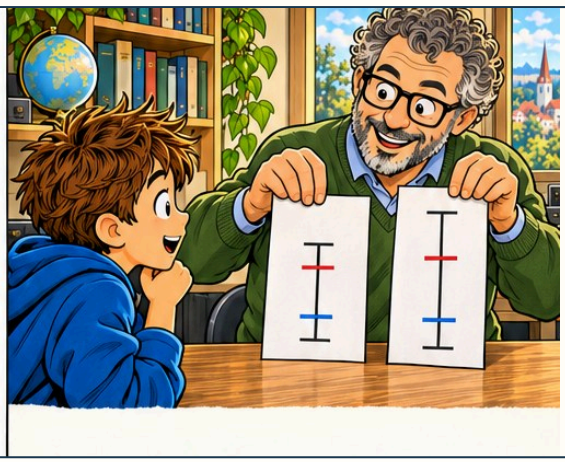


Ta järgib pliiatsiga nooli: mõõda, otsusta, jäta meelde, tegutse. Pakend muutub vähem salapäraseks.

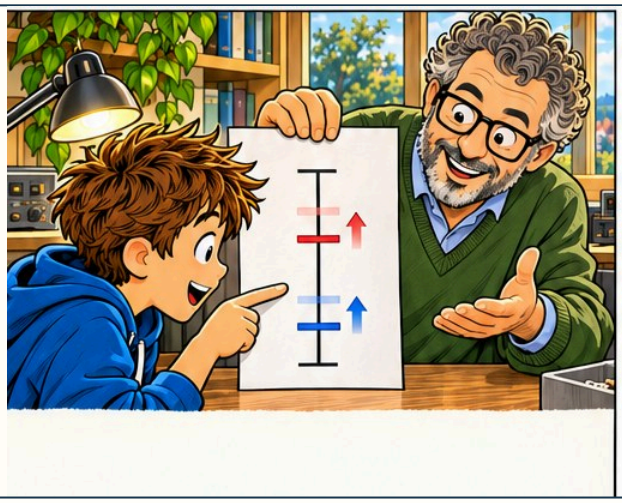
Üks kolmandik ja kaks kolmandikku



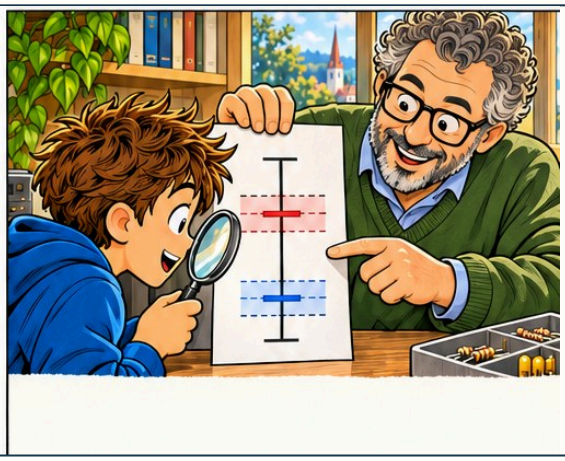
VCC = 5 V puhul on teoreetilisteks võrdlusalusteks ligikaudu 1,67 V ja 3,33 V.



"Seega ei ole tegemist kahe fikseeritud pingega kõigi toiteallikate jaoks," märgib Lucas.



Henri muudab paberimõõturit: kaks tähist järgivad toitepinget.



Tegelikel väärtustel on tolerantsid. Tehnilisel lehel on täpsustatud tingimused ja võimalikud kõrvalekalded.



Kondensaatori pinge nende tasemete vahel tõuseb ja langeb. See teekond määrab ajavahemiku.



Lucas teeb väikese elektrilise hoo: "Võib-olla on rütm lugu künnistest."

Plaan enne juhtmeid



"Kas ühendame selle?" Henri paneb esmalt lehe: "Otsustame, mida iga juhe peab ühendama."



Nad valivad stabiilse vooluringi: see võngub ise seni, kuni RESET seda lubab.



Kaks takistit, RA ja RB, ning kondensaator C määravad ligikaudu võnkesageduse.



Esmalt näitab aktiivsust indikaatortuli. Heli tuleb pärast juhtnuppe.



Lucas joonistab ajastusahela ja tulevase heliahela eraldi. Ta jätab ruumi mõõtmiseks.



"Meil on plaan, millest ehitada, ja siis kontrollime seda värske pilguga," ütleb ta märkmikku ette valmistades.

Viis volti hästi ette valmistatud



Nad kasutavad reguleeritud, isoleeritud 5 V toiteallikat, mis on enne vooluringi ühendamist reguleeritud ja kontrollitud.



Voolupiiraja seatakse esimeseks testiks madalaks, seejärel kohandatakse vastavalt juhistele vooluahelale.



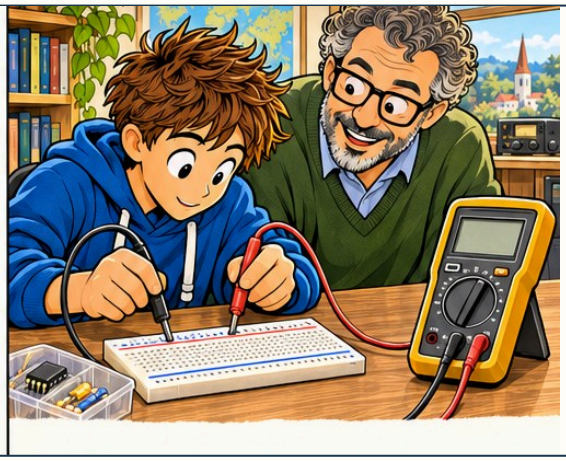
Positiivne juhe ühendub +5 V toitesiiniga; tagasivoolujuhe ühendub vooluringi maandusega. Lucas kontrollib polaarsust.



"Aku ei ole automaatselt 5 V jaoks sobiv toiteallikas," tuletab Henri talle meelde, osutades nende siltidele.



Enne juhtmestiku ühendamist katkestavad nad toiteallika. Selles töökojas ei ühenda midagi otse vooluvõrku.



Lucas mõõdab koormamata toiteröövpaid multimeetriga, seejärel lülitab enne jätkamist toite välja.

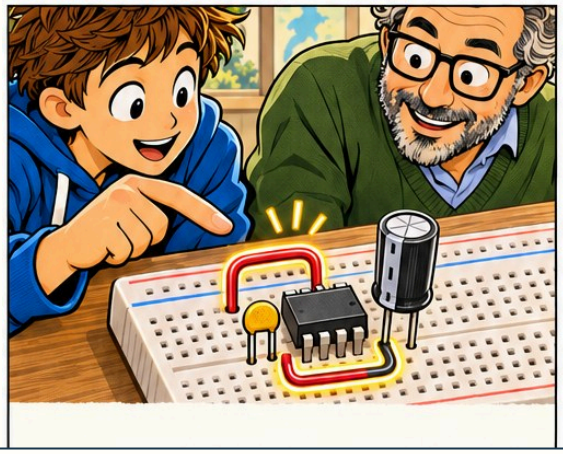
Kohalik energiavaru



Henri asetab 100 nF tihvtide 8 ja 1 vahele, lühikeste ühendustega, NE555-le võimalikult lähedale.



10 µF kondensaator viib lõpule +5 V ja maanduse vahelise lahtisidumise; selle polaarsust austatakse.



555 väljund võib põhjustada lühiajalisi voolupiiskusid. Need kohalikud energiavarud aitavad stabiliseerida toiteallikat.



Pin 5 võtab selle vooluringi maandusega vastu 10 nF. See kondensaator ei sea põhitooni.



"Kaks väikest kondensaatorit, kaks erinevat ülesannet," märgib Lucas, kes eristab neid oma joonisel.



Nad kontrollivad väärtusi uuesti. Ainult head kavatsused ei suuda kompenseerida väga pikka toitekaablit.

Õigete komponentide valimine



Lucas valib komponendid RA = 10 kΩ, RB = 100 kΩ ja C = 10 nF. Need väärtused annavad esialgse tooni.



Ajastuskondensaatori jaoks valivad nad selle andmelehe abil sobiva stabiilse komponendi.



LED-l on 2,2 kΩ seeriatakisti. Henri ei ühenda seda otse väljundi ja maanduse vahel.



Kõlar jääb kotti: selle juhtimiseks läheb vaja sobivat helivõimendi vooluringi.



Nad valmistavad ette potentsiomeetri, lühikesed juhtmed ja Morse klahvi. Iga väärtus läheb komponentide loendisse.



"Komponentide kast ei ole veel vooluahel," naerab Lucas. Plaan näitab, kuidas neid ühendada.

Värvid ütlevad väärtust



Lucas loeb värviribasid, seejärel mõõdab multimeetriga takistid vooluringist välja.



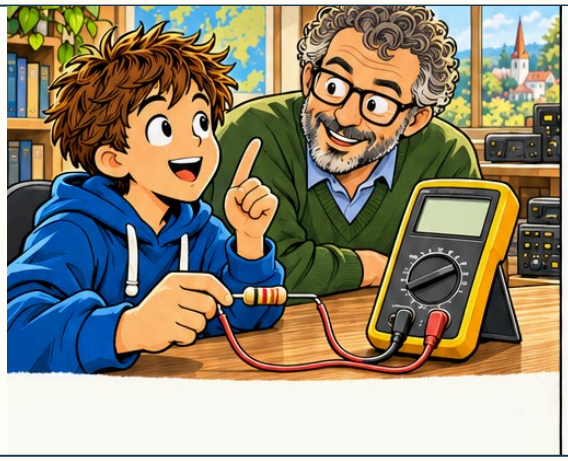
10 kΩ on 10 000 Ω; 100 kΩ on 100 000 Ω. Unustatud null muudaks tooni palju.



Lõplik riba võib määrata tolerantsi. Nimiväärtus ei luba täpselt sobivat mõõtmist.



"See ei ole 100 Ω takisti!" Ta tagastab sarnase välimusega komponendi selle sektsiooni.



Henri laseb tal enne multimeetri vaatamist määrata väärtuse. Instrument kinnitab tema mõttekäiku.



Lucas kinnitab oma jooteta leivaplaadile väikese väärtusega kaardi. Ta hoidis just ära oma esimese vea.

Kümme nanofaradi, mitte kümme mikrofaradi



Ajastuskondensaatorilt leiab Lucas koodi 103: 10 000 pF või 10 nF.



10 nF on võrdne 0,01 µF-ga. 10 µF kondensaator oleks tuhat korda suurem.



"Siis muutuks meie vile väga aeglaseks rütmiks!" Henri hindab seda ennustust.



Siin valitud 10 nF kondensaator on polariseerimata. Mahuti kondensaator 10 µF peab olema paigaldatud õige polaarsusega.



Nad võrdlevad märgistusi komponentide andmelehtedega. Välimusest üksi ei piisa.



Lucas kirjutab iga numbri kõrvale ühiku: "Väikesed tähed võivad palju muuta."

Leivalaua peidetud ühendused



Enne 555 sisestamist märgivad nad multimeetriga jootevaba leivaplaadi sisemised ühendused.



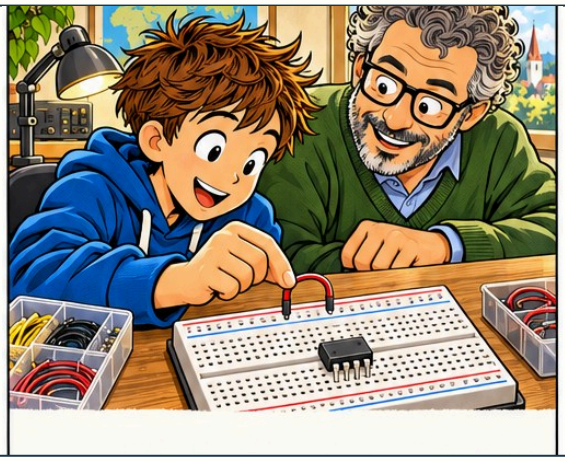
Pakend ulatub üle keskse pilu: selle kaks tihvtide rida jäävad elektriliselt eraldi.



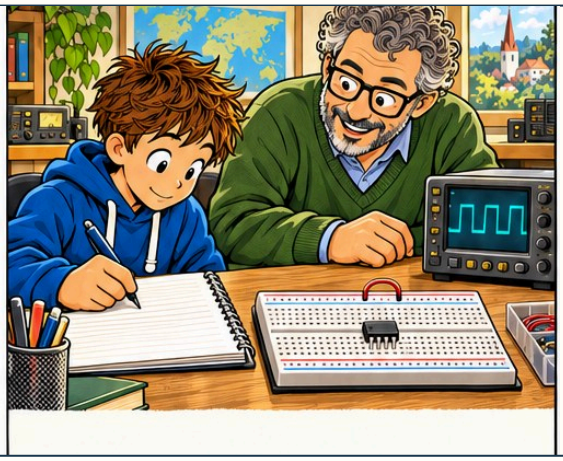
Väikesed aukude rühmad ühenduvad kindlas suunas. Lucas testib oletamise asemel.



Mõnel toiterööpasel on keskel katkestus; nad kontrollivad oma jootevaba leivalauda.



Lühike hüppaja juhe ühendab vajalikud segmendid. Ükski juhe ei tohiks kogemata komponenti asendada.



Henri muudab joonise jootevaba leivaplaadi orientatsiooni järgi. Lucas kontrollib ühte ühendust korraga.

Esimene juhtmestik



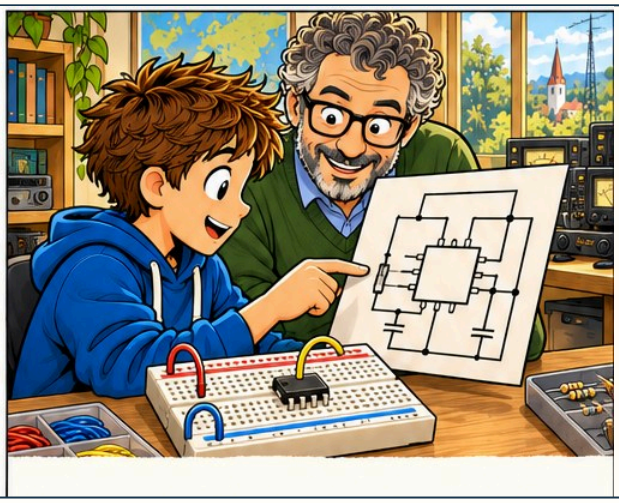
Kui toide on välja lülitatud, ühendavad need kontakti 1 maandusega ja kontakti 8 klemmiga +5 V.



Selle esimese pideva testi jaoks ühendage tihvt 4, RESET pesaga +5 V. Sisendil on nüüd määratletud olek.



100 nF ühendab 8 ja 1; 10 µF ühendab rööpad lahti; 10 nF kondensaator kontaktil 5 ühendub maandusega.



Lucas kontrollib kõiki plaani ühendusi, ilma ajastustakisteid veel ühendamata.



Nad kontrollivad sälku, rööpaid ja lühise puudumist toite ja maa vahel.



"Ajastusahela süda on endiselt puudu," teatab Henri. Lucas valmistab ette kondensaatori C.

Tagasihoidlik näitaja



Väljund 3 ühendatakse 2,2 kΩ takistiga, seejärel anoodiga LED; selle katood läheb maasse.



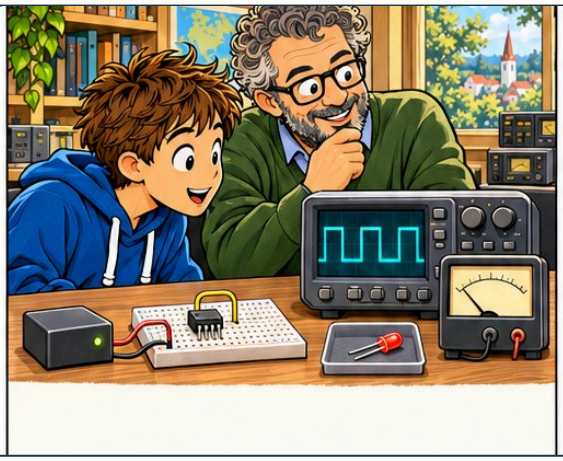
Henri aitab tuvastada anoodi ja katoodi, kasutades LED andmelehte ja seejärel multimeetri dioodirežiimi.



"Umbes 2 V mudelis LED piiraks isegi 5 V väljundis voolu umbes 1,4 mA-ni."



Bipolaarse NE555 tegelik väljund ei pruugi tingimata jõuda positiivse rööpani. Vool võib olla väiksem.



See LED on indikaator, mitte raske koormus. Täpsed mõõtmised jätavad nad multimeetrile ja ostsilloskoobile.



Lucas jätab LED jooteta leivaplaadi servale nähtavaks. See aitab tal mõista, mida väljund teeb.

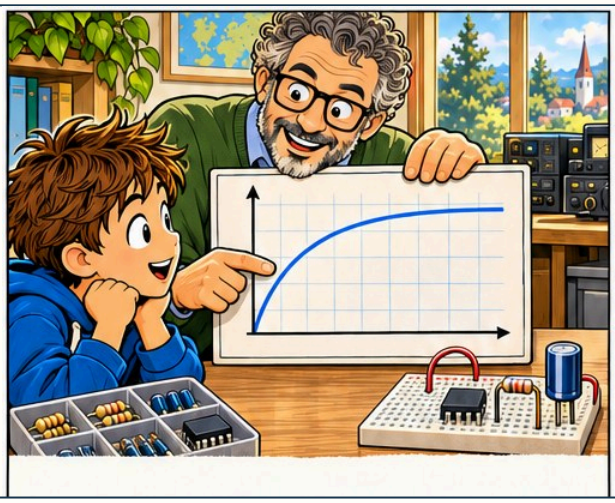
Käsn aja jaoks



Henri võrdleb kondensaatorit väikese mahutiga, mis täitub läbi takisti.



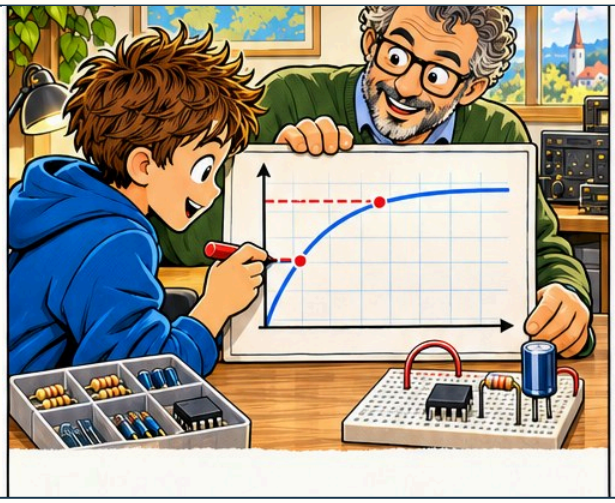
Mida suurem on takistus, seda aeglasem on laadimine. Mida suurem on C, seda rohkem laadimist on vaja.



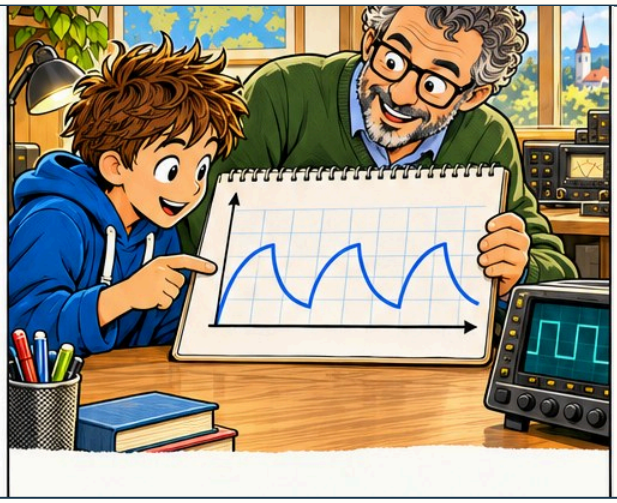
Pinge ei tõuse sirgjooneliselt: laadimiskõver paindub toitepinge poole.



"Ja kuidas see tühjeneb?" Henri näitab tühjendusteed, mida juhib tihvt 7.



Lucas ühendab selle kõvera kahe lävega. 555 ei oota, kuni kondensaator on täielikult täis.



Ta ennustab tõusu, langust, siis teist tõusu. Nende rütm hakkab ilmet võtma.

Korduv ahel



Need ühendavad tihvtid 2 ja 6 kokku. See ühine sõlm ühendub C = 10 nF ühe terminaliga.



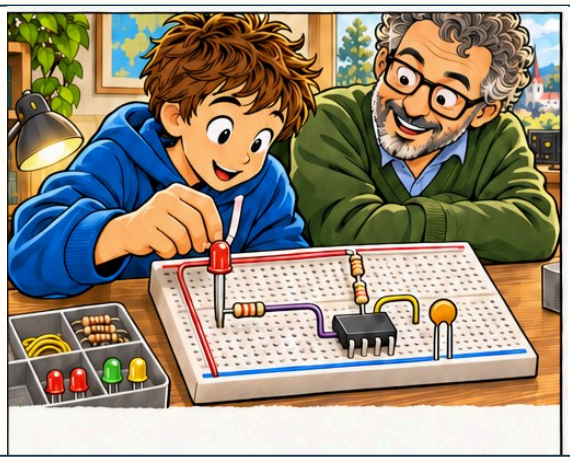
Teine C-klemm ühendub maandusega. Kaks komparaatorit jälgivad kondensaatori pinget.



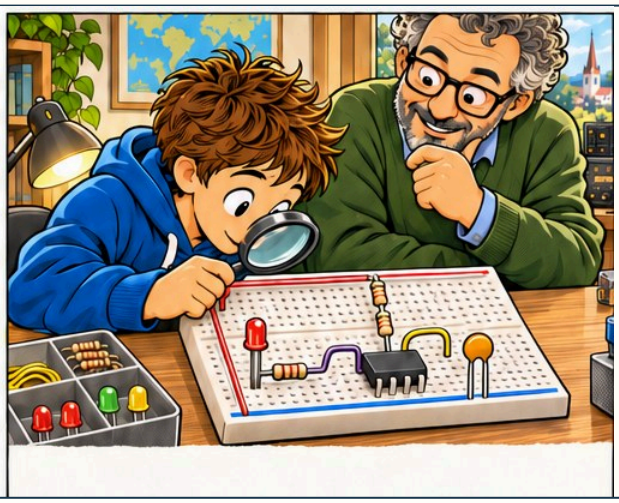
RA = 10 kΩ ühendab +5 V tihvtiga 7. RB = 100 kΩ ühendab kontakti 7 sõlmega 2–6.



"Laadimiseks läbi RA ja seejärel RB; tühjendamiseks läbi RB," võtab Henri plaanil olevaid juhtmeid jälgides kokku.



Väljund 3 jääb indikaatori ja mõõtmiste jaoks reserveeritud. See ei ühendu otse kondensaatoriga C.

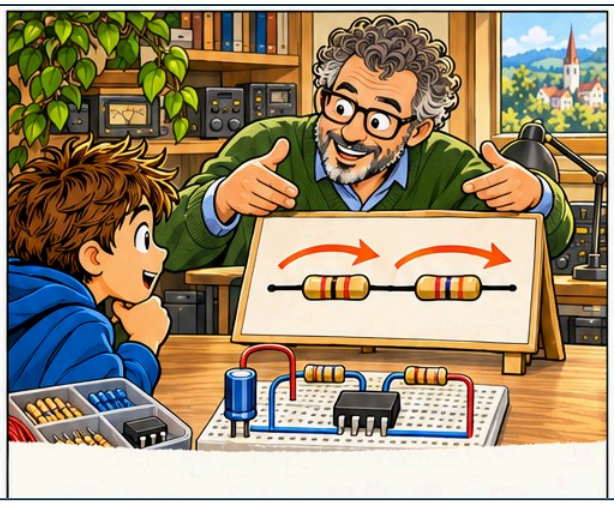


Lucas vaatab üle kogu keti. Iga juhe leiab oma koha enne esimest käivitamist.

Laadimine käivitab tsükli



Käivitamisel on C-l vähe laengut. Alumisest künnisest allapoole jääv pinge annab tavaliselt kõrge väljundi.



Seejärel on sisemine tühjendustransistor välja lülitatud. C laadib läbi RA ja RB.



Selle pinge ületab umbes kolmandiku VCC-st ja tõuseb jätkuvalt. Sisemälu säilitab oma oleku.



"See ei muuda meelt iga hetk!" Lucas järgib kõverat ülemise läve suunas.



Kui pinge jõuab ligikaudu kahe kolmandikuni VCC-st, põhjustab läve komparaator lülitumist.

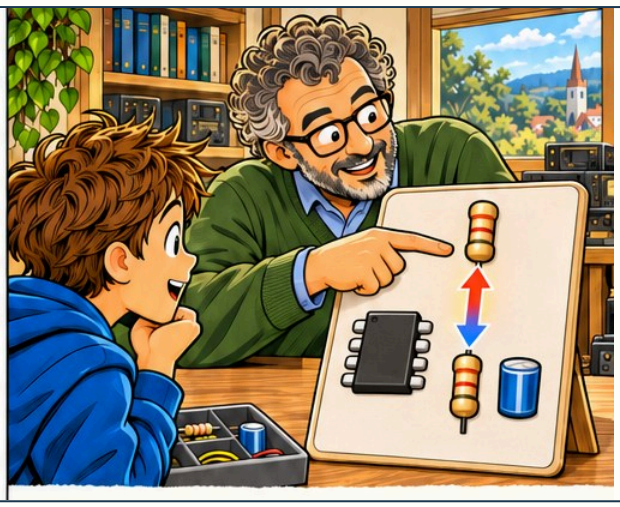


Väljund väheneb ja tühjendustee hakkab juhtima. Algab teekonna teine pool.

Tühjendamine sulgeb ahela



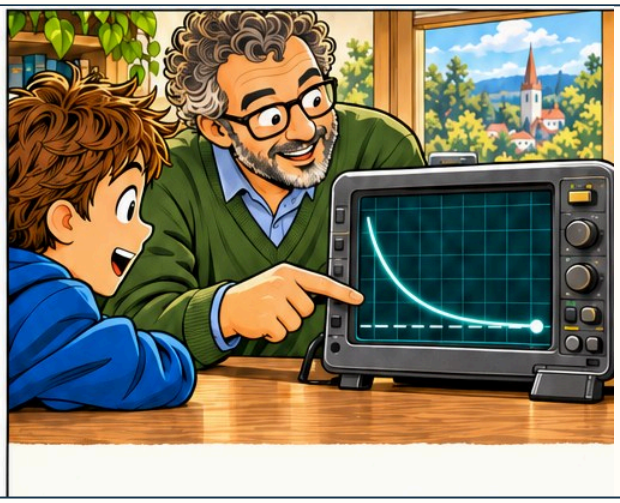
Kondensaator tühjeneb nüüd läbi RB ja sisemise transistori, mis on ühendatud kontaktiga 7.



RA piirab voolu +5 V ja kontakti 7 vahel, kui seda tõmmatakse maapinna lähedale.



"Nii et kindlasti mitte lihtne juhe RA asemel!" Lucas rõhutab seda piirangut.



Naastes alla umbes kolmandiku VCC-st, käivitab C pinge uue alguse.



Väljundpinge tõuseb kõrgeks, tühjenemine peatub ja C laeb uuesti ülemise läve suunas. Tsükkel kordub.

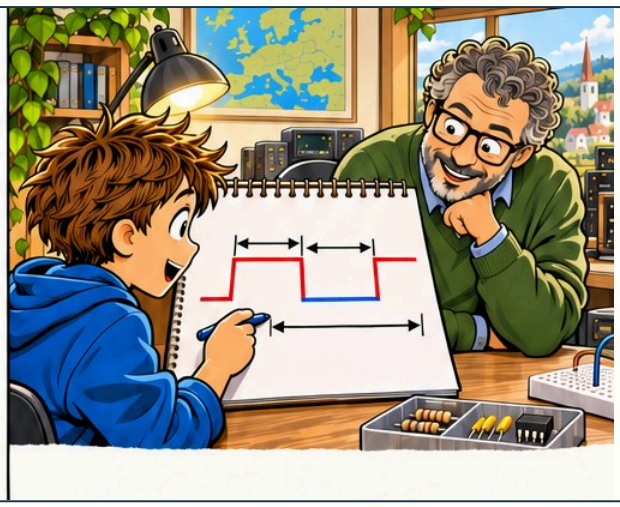


Väljundis ristkülikukujuline lainekuju; üle C, kumerad tõusud ja langused. Kaks kujundit sama rütmi jaoks.

Kolm ajavõtu valemit



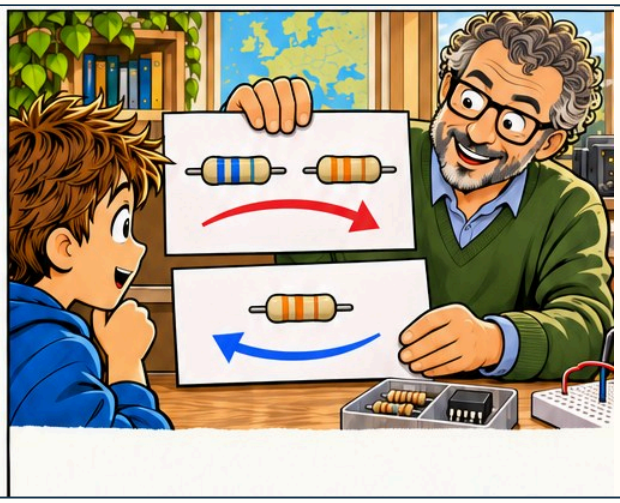
Henri kirjutab ligikaudsed väärtused: tH = 0,693 × (RA + RB) × C; tL = 0,693 × RB × C.



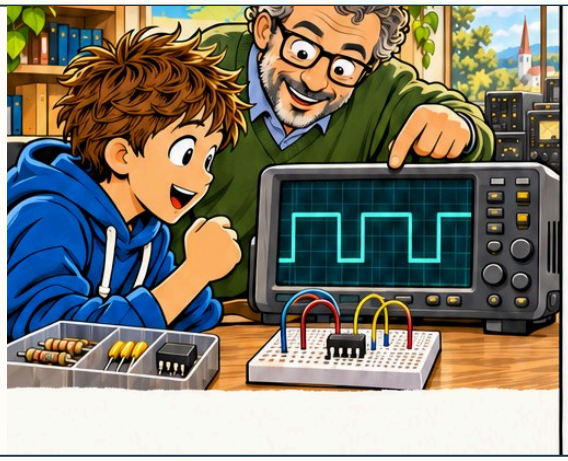
Tsükli kestus on T = tH + tL. Võnkesagedus on f = 1/T.



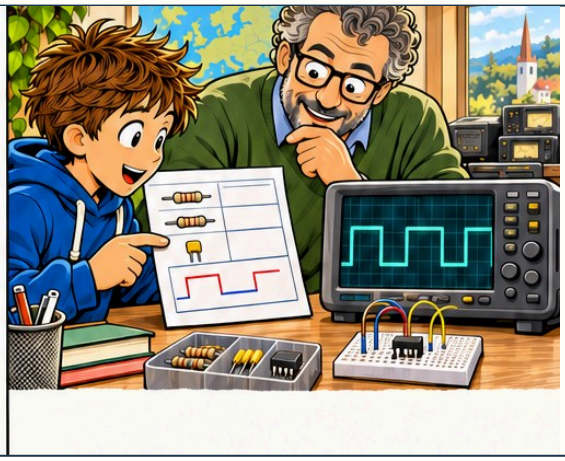
Kasutame ka f ≈ 1,44 / [(RA + 2RB) × C]. Takistused on oomides, C faradides.



"Miks topelt RB?" Lucas leiab RB laadimisel ja tühjenemisel.



Selles klassikalises stabiilses vooluringis ületab kõrge intervall madalat: see pole täpselt 50 %.



Arvutus ennustab nominaaloperatsiooni. Tolerantsid ja tegelik vooluring määravad mõõtmise.

700 hertsile lähedane toon



RA = 10 kΩ, RB = 100 kΩ ja C = 10 nF puhul leiavad nad tH ≈ 0,762 ms.



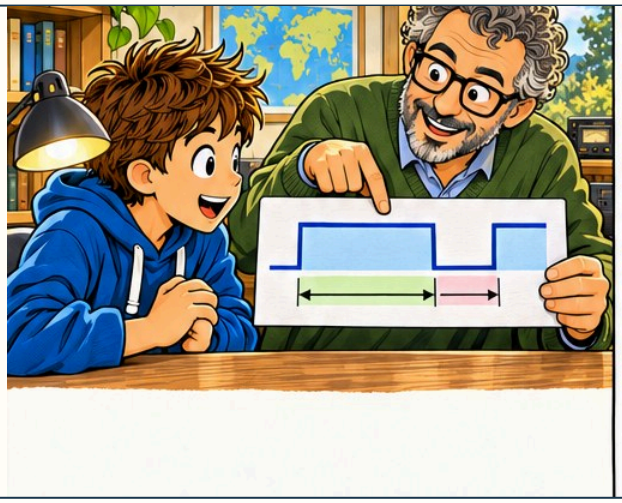
Madal intervall on umbes 0,693 ms. Seega on periood 1,46 ms lähedal.



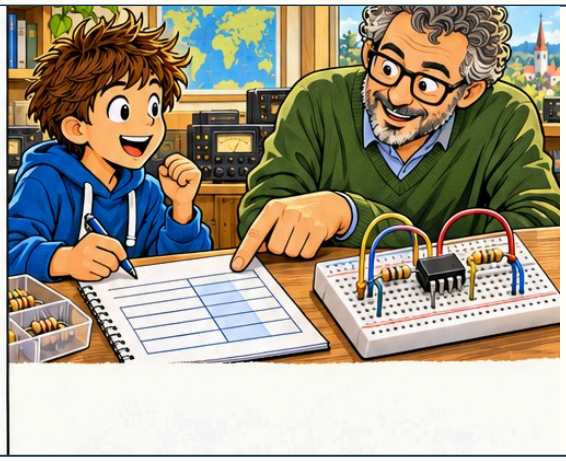
Valem kasutades 1,44 annab umbes 686 Hz; kasutades ümardatud ajastuskoefitsiente, umbes 687 Hz: sarnased tulemused.



"Me olime võtnud eesmärgiks umbes 700 Hz, mitte garanteeritud helitooni lähima hertsi täpsusega," meenutab Henri.



Nominaalne töötsükkel on (RA + RB)/(RA + 2RB) või ligikaudu 52,4 %.



Lucas hoiab ühikud ja ümardamise nähtaval. Ta võrdleb seda ennustust tegeliku vooluringiga.

Esimene sisselülitamine



Nad paigaldavad tööriistad, kontrollivad plaani uuesti ja lülitavad plaanitud voolupiiranguga toite sisse.



Näib, et indikaatortuli põleb pidevalt: 700 Hz lähedal ei suuda silm iga impulssi eristada.



"See ei vilgu!" "Teie silm on aeglasem kui see vooluring. Otsige teistsuguseid tõendeid."



Henri ühendab selle kontrollitud isoleeritud toiteallika sondi maanduse montaažimaandusega.

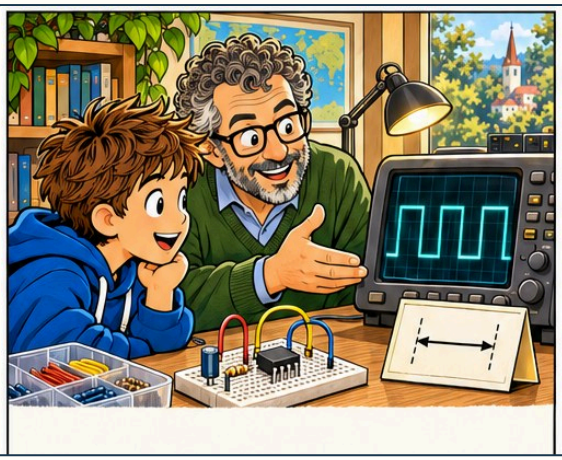


Sondi ots läheb väljundisse 3. Ostsilloskoop kuvab ristkülikukujulisi impulsse: ostsillaator töötab.



Lucas naeratab: "Valgus andis mulle vihje, kuid mitte kogu vastust."

Kahe erineva pinge jälgimine



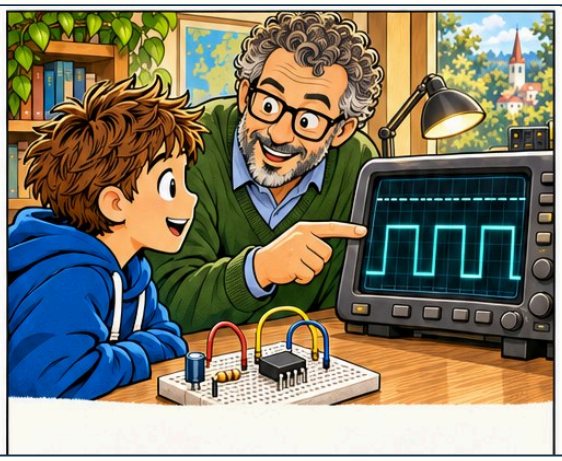
Väljundil 3 jälgivad nad kõrgeid ja madalaid intervalle. Mõõdetud võnkesagedus jääb arvutuse lähedale.



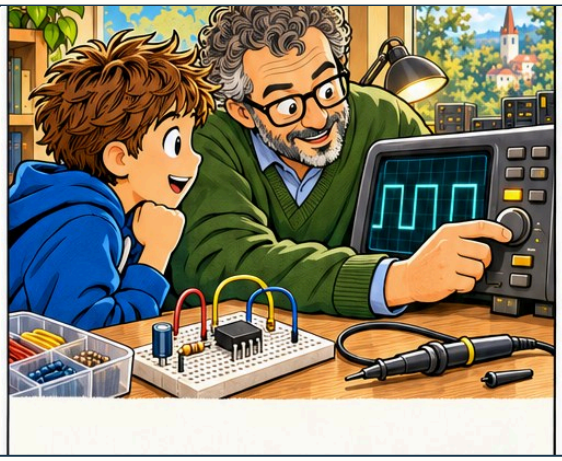
Kondensaatoril C pinge tõuseb ja langeb kahe eeldatava läve vahel.



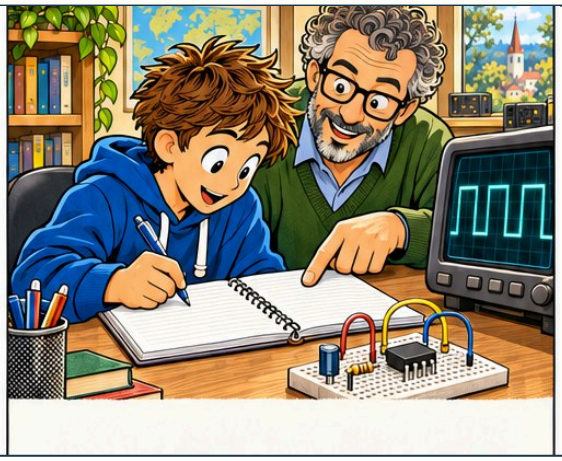
Need kaks jälge on erinevad. Lucas kontrollib alati, millist punkti tema sond mõõdab.



Bipolaarne väljund ei pruugi koormuse all ulatuda 5 V-ni. Need väldivad loogilise taseme ja täiusliku pinge segamist.



Sond ja instrument võivad mõjutada mõõdetavat pinget; Henri valib sobivad mõõteseaded.



Märkmik mahutab eraldi prognoosi ja vaatluse. Ühtegi vaadeldavat väärtust ei leiuta ette.

Miks mõõtmine erineb arvutamisest



"Ootasin täpselt arvutatud võnkesagedust!" Henri juhib tähelepanu takistite ja kondensaatorite tolerantsidele.



Veidi suurem C aeglustab võnkumist. Komponentide vigu saab kombineerida.



Oma mõju lisavad läved, leke ja temperatuur. Valemid jäävad kasulikeks ligikaudseteks.



Kui toide on välja lülitatud, muudavad nad ühte parameetrit korraga, seejärel lülituvad mõõtmiseks uuesti sisse.



Lucas võrdleb kahte tuvastatud kondensaatorit. Ta kirjeldab täheldatud trendi fiktiivsele täpsusele pretendeerimata.



"Lünka mõistmine on parem kui juhusliku arvu parandamine," lõpetab ta märkmikku sulgedes.

Nupp tooni valimiseks



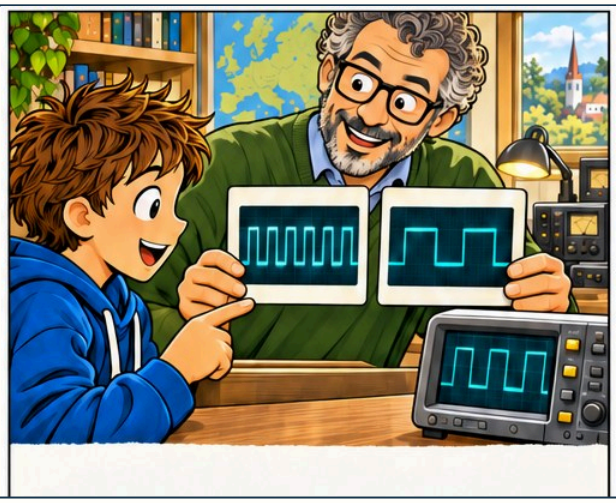
Tooni reguleerimiseks asendavad nad RB 47 kΩ-ga jadamisi potentsiomeetriga 100 kΩ.



Potentsiomeetri liugur ühendub kasutusel oleva otsaklemmiga: potentsiomeeter on ühendatud muutuva takistiga.



47 kΩ fikseeritud takisti säilitab minimaalse takistuse. RA jääb 10 kΩ-ks.



Kui C = 10 nF, on nimivõnkesagedus ligikaudu vahemikus 474 Hz kuni 1 385 Hz.



"Kasulik seade, mitte võlunupp." Nad katkestasid voolu juhtmestiku vahetamiseks.



Pärast uuesti sisselülitamist valib Lucas mugava tooni. Ta märgib esipaneelil algseadistust.

Siis järsku pole enam rütmi



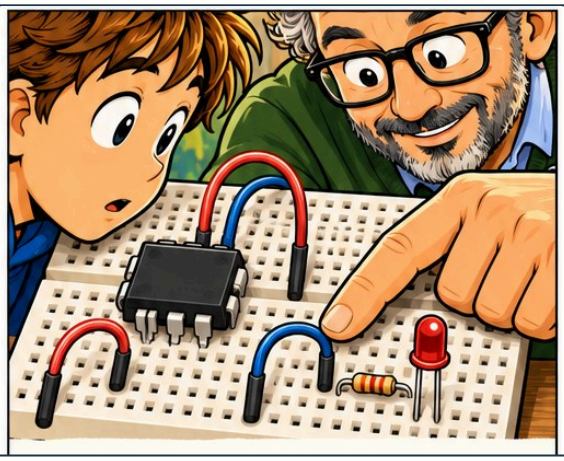
Kui Lucas jootevaba leivaplaati liigutab, kaob lainekuju ostsilloskoobist. Näidik jääb välja.



"Kas 555 on surnud?" Henri soovitab alustada sellest, mida nad saavad jälgida.



Nad lülitavad toite välja ja võrdlevad tegelikku juhtmestikku oma plaaniga, osi juhuslikult välja vahetamata.



Traadijuhe on ühe rea liiga kaugele libisenud. Pin 4 pole enam ühendatud kavandatud kõrge tasemega.



Lucas näeb seost RESET ja väljundi vahel: määratlemata sisend võib ahela töö peatada.



Nad parandavad ühenduse ja valmistuvad seejärel uueks testiks. Jaotusel on lõpuks kontrollitav seletus.

Tõrkeotsing õiges järjekorras



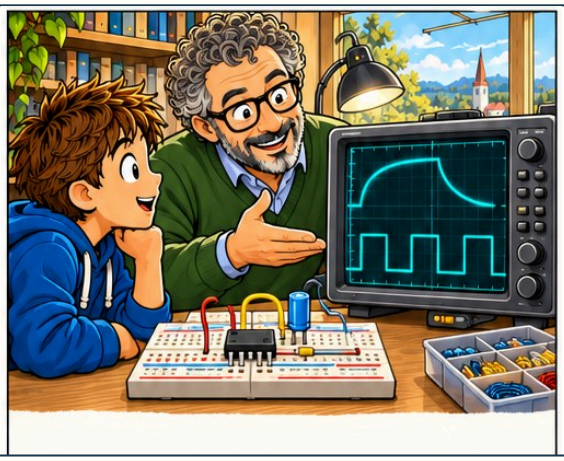
Henri soovitab rutiini: toide, maandus, pakendi orientatsioon, RESET, ajastuskomponendid ja väljund.



Lucas kontrollib esmalt 8 ja 1 vahelist pinget. Mõõtmine mujal võib varjata kehva ühenduse.



Nad kontrollivad lõhestatud rööpaid, lahtiseid juhtmeid ja iga tihvti asukohta.



Kui nad jälgivad pinget üle C, saavad nad paremini aru, kas viga on ostsillaatoris või hilisemas staadiumis.



Ühendused parandatakse väljalülitamisel. Mõõtmised valmistatakse ette enne toite taastamist.



Lucas joonistab diagnostikatee: iga küsimus peab vähendama võimalike põhjuste arvu.

Viga saab õppetunniks



Pärast korrigeerimist on tihvtil 4 määratletud tase. Ahel toodab taas ristkülikukujulisi impulsse.



"Meil oli hüpotees, kontroll ja remont," võtab Lucas kokku. Henri laseb tal selgitada.



Lahtiste ühenduste tuvastamiseks tõmbavad nad õrnalt hüppaja juhtmeid, kui toide on välja lülitatud.



Lucas salvestab liiga pikki juhtmeid ja vabastab juurdepääsu mõõtepunktidele.



Märkmik salvestab rikke ja selle põhjuse. Külastaja saab sellest juhtumist õppida ilma seda kordamata.



Rütm on tagasi. Nüüd peavad nad selle kuuldavaks tegema, ilma et nad paluksid NE555-l otse kõlarit juhtida.

Kõlar ei ole LED



Lucas liigutab kõlarit väljundi 3 suunas. Henri peatab ta õrnalt: "Kontrollime selle koormat."



Väike madala takistusega kõlar vajab voolu, mida see vooluahel otse toita ei tohiks.



NE555 määrab siin rütmi; helienergiaga varustab 5 V-ga ühilduv helivõimendi moodul.



Nad valivad mooduli, mille sisend võtab selle signaali vastu pärast sidumist ja taseme reguleerimist vastavalt selle juhistele.



Kõlar ühendub mooduli klemmidega. Mõned väljundid ei tohi olla maandatud.

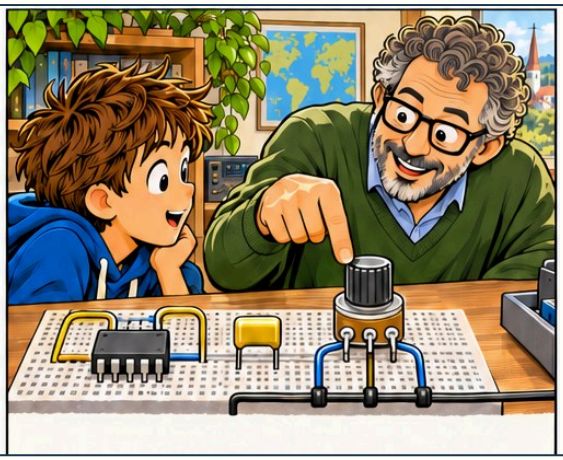


Lucas kujundab ümber kolm plokki: ostsillaator, taseme reguleerimine, võimendi. Igal elemendil on oma ülesanne.

Heli tee



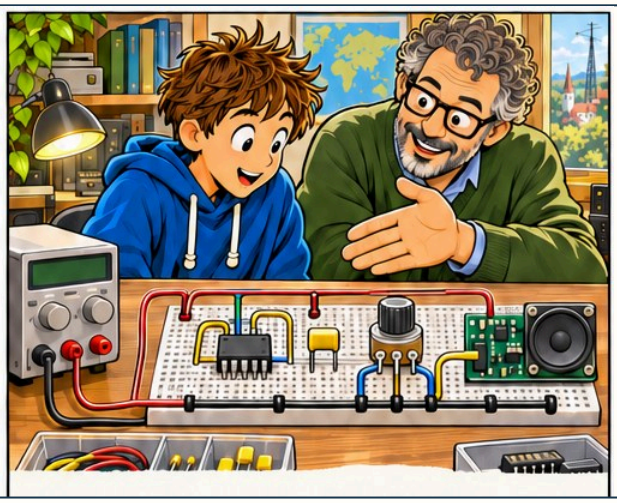
Kui toide on välja lülitatud, ühendub väljund 3 polariseerimata 100 nF ühenduskondensaatoriga.



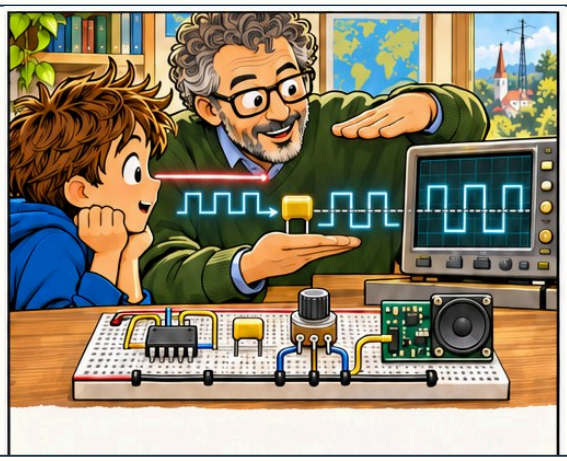
Teine terminal ühendub 47 kΩ potentsiomeetri ülaosaga; selle põhi ühendub ühispinnaga.



Potentsiomeetri liugur ühendub valitud helimooduli suure takistusega sisendiga. Selle juhised kinnitavad seda ühendust.



Moodul ja NE555 jagavad maandust; moodul saab toite vastavalt oma dokumentatsioonile.



Ühenduskondensaator blokeerib väljundi alalisvoolu komponendi, võimaldades samal ajal heli variatsioone läbida.



Nad vähendavad helitugevust enne esimest proovimist. Lucas pole veel ühtegi kõrvaklappi ühendanud.

Lõpuks esimene heli



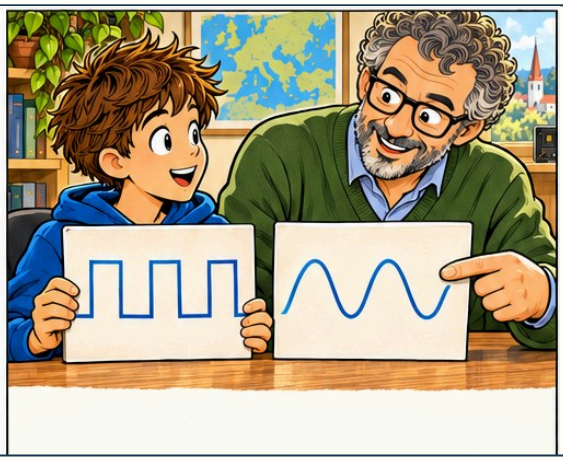
Kui toide uuesti sisse lülitatakse, suurendab Lucas aeglaselt helitugevust. Selge helitoon täidab töötoa väikese nurga.



"See laulab!" Henri palub tal võrrelda kuuldavat heli ostsilloskoobi lainekujuga.



Esmalt reguleerivad nad võnkesagedust, seejärel helitaset. Kaks nuppu, kaks erinevat efekti.



Ristkülikukujuline lainekuju sisaldab harmoonilisi: sellel ei ole puhta siinuslaine tämbrit.



Helitugevus jääb lauale mugavaks. Nad ei ühenda kõrvaklappe otse 555 väljundisse.



Lucas sulgeb hetkeks silmad: tema märkmiku väikesest kurvist on saanud kogemus, mida ta kuuleb.

Klahv peab heli kontrollima



Heli on pidev. "Klahv peab selle vajutamisel lubama," soovitab Lucas toite välja lülitades.



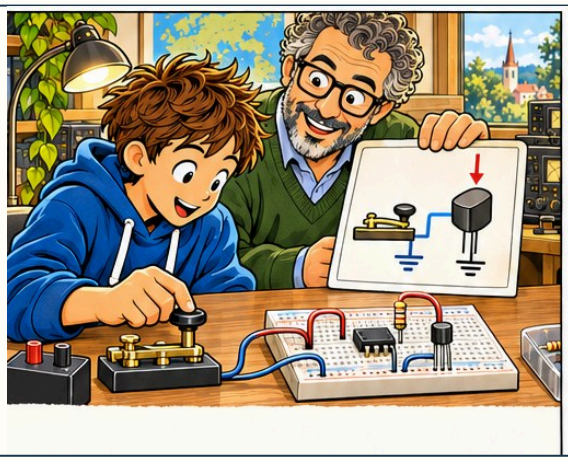
Need eemaldavad RESET ja +5 V otseühenduse. 4,7 kΩ takisti ühendab nüüd RESET, tihvt 4 ja +5 V.



NPN 2N3904 kollektor on ühendatud RESET-ga ja emitter maandusega; nad kontrollivad selle tegelikku pistikupesa.



10 kΩ takisti ühendab aluse +5 V-ga. Puhkeolekus voolab vool läbi NPN, mis hoiab RESET madalal: vaikus.



Võti ühendab aluse maandusega: selle vajutamine lülitab NPN välja; RESET läheb kõrgele ja toon hakkab tööle.

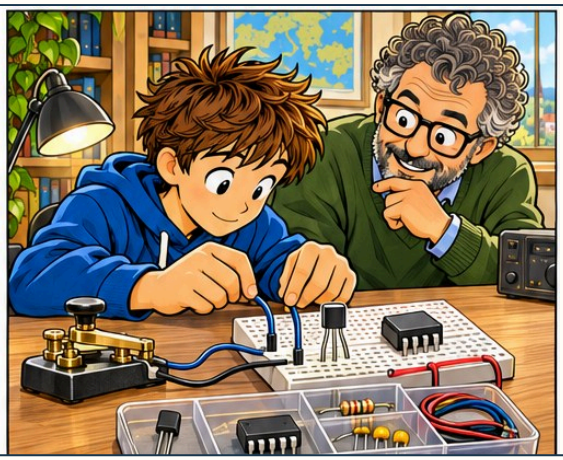


"Transistor pöörab võtmekäsu ümber!" Enne testimist jälgivad nad diagrammil mõlemat olekut.

Üks vajutus, üks helitoon



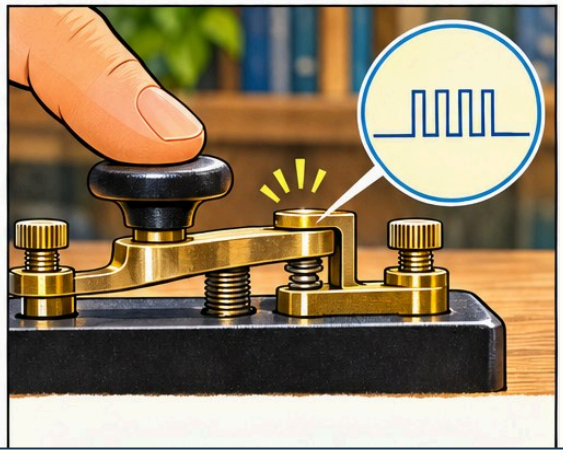
Võti jääb mis tahes raadiojaamast eraldatuks. Selle kahte klemmi kasutatakse ainult meie madalpinge juhtimiseks.



Üks juhe läheb NPN alusele, teine maandusse. Lucas kontrollib klemme ja tõmbetakistit.



Lülituvad sisse: vaikus puhkeasendis. Lucas vajutab morseklahvi: helisignaal hakkab kõlama. Ta vabastab võtme: see peatub.



"See järgib minu liikumist!" Sellegipoolest võivad mehaanilised kontaktid põrgata ja tekitada väikseid klõpse.



Henri hoiab juhtmed lühikesed. Võtmekaabel ei tohiks muutuda suureks ahelaks, mis häireid üles korjab.

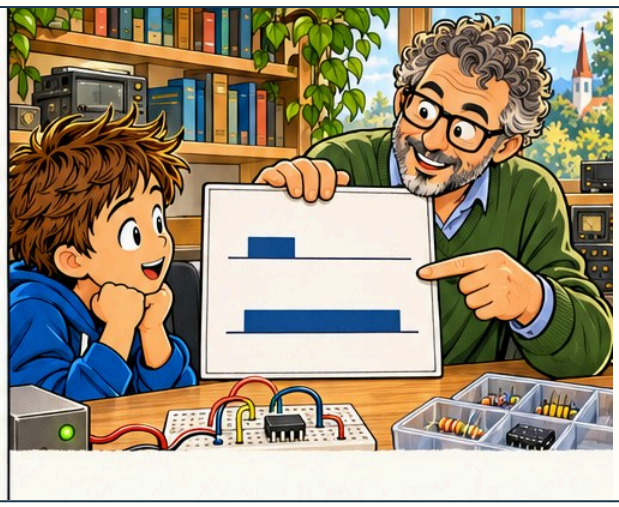


Lucas kordab aeglaselt kolme vajutust. Esimest korda vastab ringkond tema sõrmele.

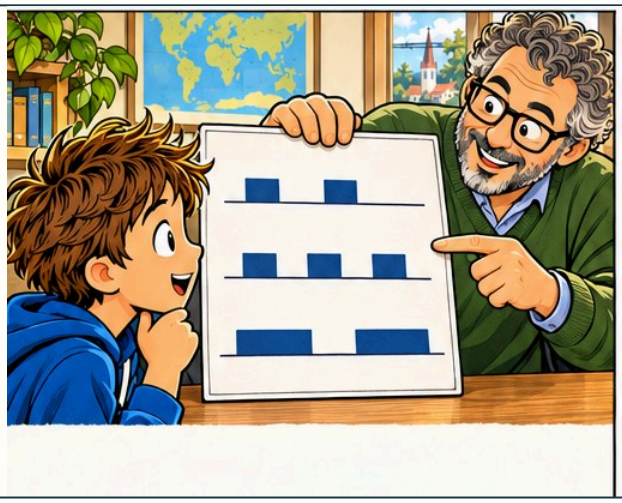
Morsekood on ka vaikus



Lucas koputab liiga kiiresti ja segab kõik. Henri soovitab aeglustada ja kuulata tühikuid.



Punkt kestab ühe ühiku; kriips kestab kolm. Jäta üks ühik sama märgi elementide vahele.



Kahe märgi vahel on tühik kolm ühikut; kahe sõna vahel seitse ühikut võrdlusrütmis.



"Nii et vaikus on osa sõnumist!" Lucas joonistab helide ja pausidega riba.



Henri valib kiirusvõistluse asemel ühtlase tempo. Treener ei saa ise operaatori liigutusi korrigeerida.



Nad kasutavad lühikest mustrit. Seekord kuuleb Lucas, kus üks märk lõpeb enne järgmise algust.

Koos õppimine



Henri mängib väikest mustrit; Lucas proovib seda reprodutseerida. Seejärel vahetavad nad rolle.



Kõhklik vastus kutsub esile naeratuse, mitte hinnangu. Nad otsivad lõiku, millest on valesti aru saadud.



Lucas avastab, et tooni muutmine võib muuta kuulamise meeldivamaks ilma Morse ajastust muutmata.



Helitugevus ei asenda tähelepanu ega loetavat rütmi. Nad hoiavad seda piisavalt madalal, et rahulikult rääkida.



Märkmik sisaldab lühikest seanssi ja pause. Avatud uste päev peaks julgustama külastajaid proovima.

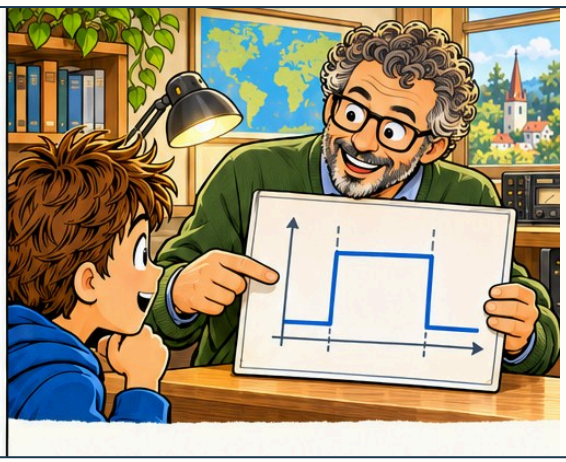


"Ma näitan teile, kuidas kõigepealt kuulata," otsustab Lucas. Henri tunneb ära nende esimese seikluse õppetunni.

Väike klõps nootide vahel



Kui heli algab, kuulevad nad väikest klõpsatust. "Üleminek on järsk," selgitab Henri.



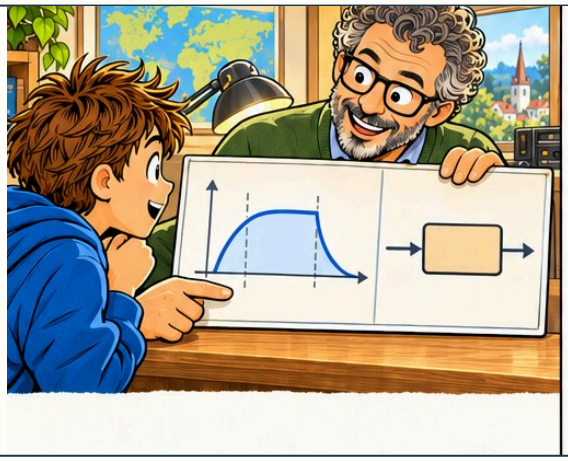
Signaal käivitub ja peatub ilma pehmendatud ümbrikuta. Heli sidumine ei eemalda kõiki neid siirdeid.



Lucas kontrollib ka seda, et moodul ei küllastu: liiga kõrge tase võib heli ebameeldivaks muuta.



Nad langetavad taset ja jälgivad signaali. Mitme asja korraga muutmine ajaks diagnoosi segadusse.



Järkjärguline ümbrikujuhtimine nõuaks täiendavat etappi, mida uuritakse ja testitakse eraldi.

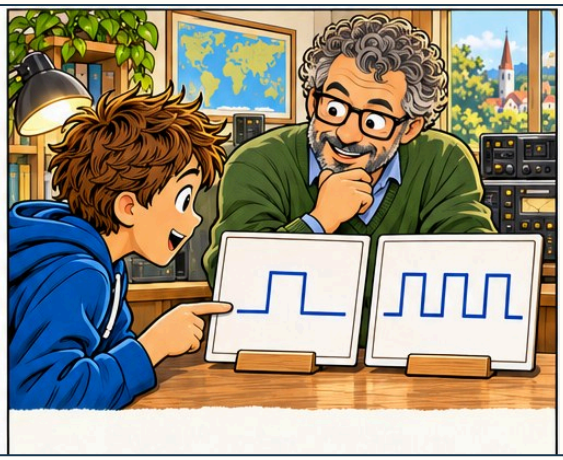


Selle treeneri jaoks kasutavad nad mugavat seadistust ja teatavad sellest piirangust ausalt juhistes.

Teine katse: üks impulss



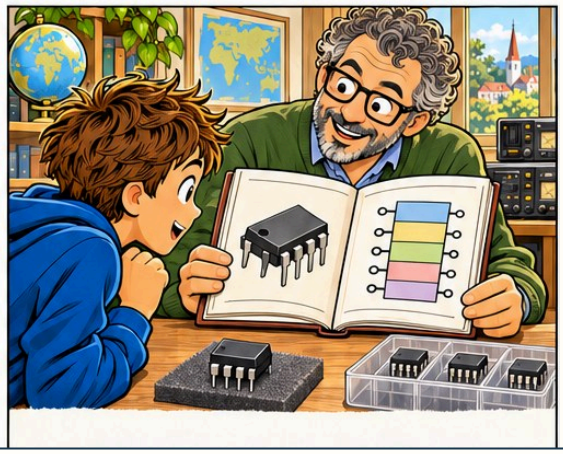
Lucas kujutab ette valgust, mis jääb pärast vajutamist korraks põlema. Henri soovitab monostabiilset vooluringi.



Erinevalt astableist ootab see päästikut, tekitab pulssi ja naaseb seejärel puhkeolekusse.



Nad valmistavad ette veel ühe jootevaba leivalaua, et hoida Morse treener tervena. Need kaks katset jäävad eraldi.



Sama NE555 suudab seda funktsiooni täita erinevate juhtmetega. Lucas võtab välja oma kinnitusskeemi.



Nimikestus sõltub peamiselt takistist R ja kondensaatorist C: T ≈ 1,1 × R × C.



"Pidev heli või üks intervall: sama pakett, erinev lugu!" Ta valmistab ette uue testi.

Monostabiilne vooluringi skeem



Sellel teisel jooteta leivaplaadil: 1 maandusega, 8 ja 4 kuni +5 V; kehtivad samad lahtisidumise ettevaatusabinõud.



Kontaktid 6 ja 7 on ühendatud sama sõlmega. R = 100 kΩ ühendab selle sõlme +5 V-ga.



C = 10 µF ühendab selle sõlme maandusega, selle positiivne klemm on valitud komponendi 6–7 poolel.



Pin 2 on tõmbetakisti 10 kΩ kuni +5 V ja test surunupp maandusega.



Pin 5 võtab vastu 10 nF maandusega; väljund 3 juhib LED läbi selle takisti 2,2 kΩ.



Lucas eristab seda diagrammi stabiilsest vooluringist. "Siin pole 2 ühendatud 6-ga!" Nende kontroll hoiab ära segaduse.

Lühike vajutus pulsi käivitamiseks



Puhkeolekus on tihvt 2 kõrge ja väljund madal. Ajastuskondensaator on tühjenenud.



Lühike vajutus tõmbab TRIG ühe kolmandiku alla VCC; väljund läheb kõrgeks ja C hakkab laadima.



Lucas vabastab nupu kohe. Päästik peab lõppema enne ettenähtud ajavahemikku.



Kui TRIG jääb madalaks, ei ole impulsi käitumise lõpp enam õigesti ettevalmistatud lühipäästiku oma.



"Nupu all hoidmine ei ole seega hea viis T mõõtmiseks!" Nad alustavad uuesti lühikese vajutusega.



Automaatne sisend vajab andmelehe piirangutega ühilduvat puhast käivitussignaali.

Umbes sekund, mitte kell



$R = 100\,000\ \Omega$ ja $C = 0{,}000\,010$ F, $T \approx 1{,}1 \times 100\,000 \times 0{,}000\,010 = 1{,}1$ s.



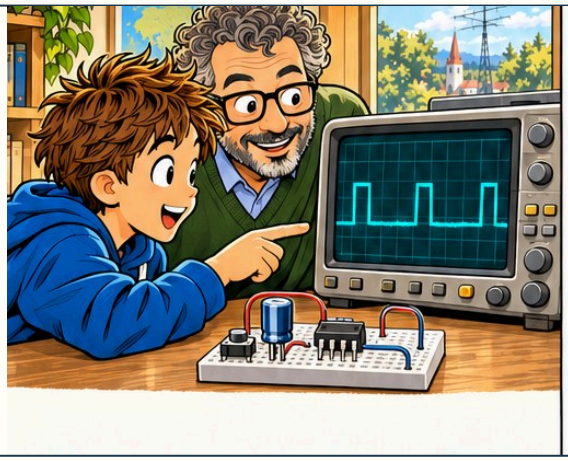
Lucas käivitab taimeri ühe korra, seejärel jälgib märgutule süttimist ja kustumist.



10 µF kondensaatoril on tolerants ja leke. Tegelik intervall võib nominaalsest arvutusest erineda.



Pika ja täpse kestuse jaoks pole see lihtne RC tingimata parim valik.



Nad mõõdavad sobiva instrumendiga mitut impulssi, muutmata oma teste täpsuse garantiiks.



Lucas kirjutab: "Toimingu ajastus, jah; võrdluskella asendamine, ei."

Esitlusrelee juhtimine



Henri soovitab kaudse juhtimise demonstreerimiseks väikest releed koos 5 V mähisega, mis tarbib umbes 20 mA.



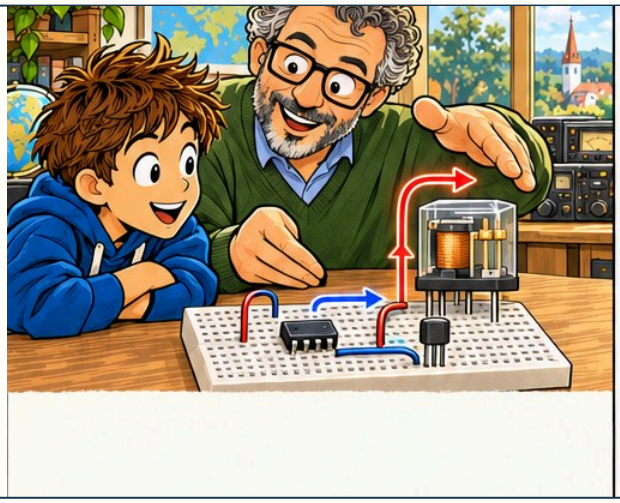
Väljund 3 ühendub 1 kΩ kaudu sobiva NPN transistori alusega; 10 kΩ takisti ühendab baasi emitteriga.



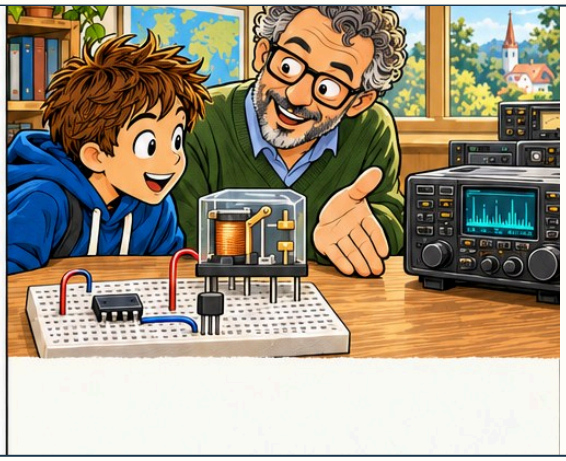
Transistori emitter läheb maasse; kollektor ühe pooli terminali; teine pooli klemm +5 V-le.



Nad kontrollivad transistori tegelikku pinouti ja lubatud voolu selle andmelehel: NPN seadmed ei ole kõik identsed.



555 väljund juhib baasi, transistor aga lülitab pooli voolu.



Relee kontaktid jäävad selle testi ajal koormamata. Raadio PTT sisendit pole ühendatud.

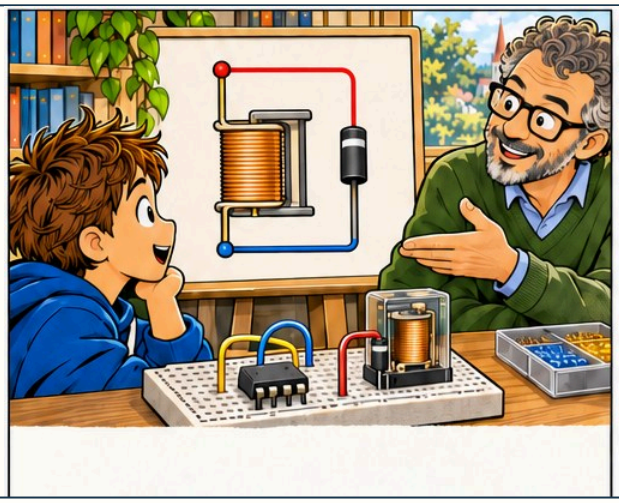
Diood, mis kaitseb mähist



"Mähi kõrval on üks komponent puudu," ütleb Henri. Induktiivvoolu katkestamine võib põhjustada pingetõusu.



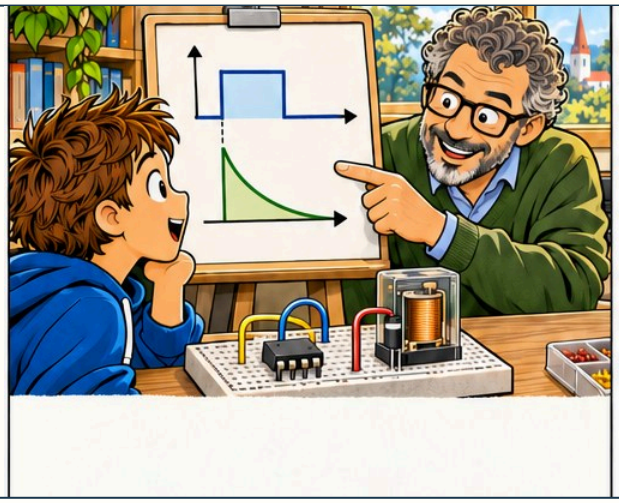
Mähisele asetatakse paralleelselt 1N4007 diood: katood +5 V-le, anood kollektorile.



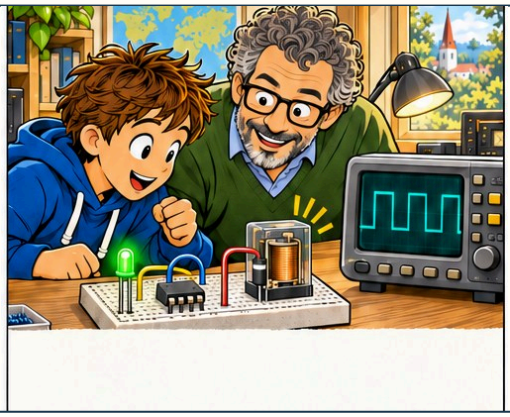
Tavalise töötamise ajal on diood vastupidine. Väljalülitamisel annab see tee pooli voolule.



Lucas tähistab enne ühendamist katoodirõnga. Pööratud diood oleks viga, mitte kaitse.



See vabakäigutee aeglustab ka relee vabastamist. Kaitse valik sõltub rakendusest.

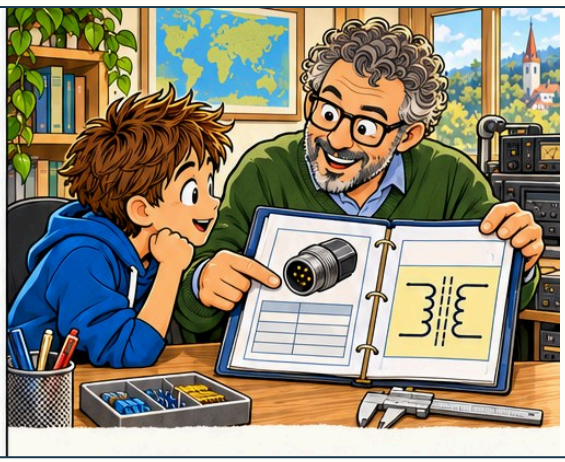


Nad kontrollivad juhtmeid väljalülitatud toite ja seejärel käivitavad monostabiilse. Väike mehaaniline klõps järgneb indikaatorile.

Raadioidee oma liidesega



Lucas mõtleb jaama lisaseadme ajastusele. Henri palub tal esmalt selle juhiseid lugeda.



PTT juhtseade või tarvik võib vajada väga spetsiifilist isolatsiooni, polaarsust ja tasemeid.



Esitlusreleest ei saa universaalset liidest. Kontaktidel on ka piirangud.



Nad joonistavad ainult ajastusfunktsiooni, mis on jaamast eraldatud uurimiseks liideseplokiga.



"Me ei proovi seda jaamas, et näha, mis juhtub," otsustab Lucas kaablit ära pannes.



Nende test näitab kontrolli põhimõtet. Tõeline rakendus vajab oma disaini ja valideerimist.

Kontaktid, mis põrkavad



Lucas jälgib klahvi vajutamisel ebakorrapäraseid detaile. Mehaaniline kontakt võib mitu korda põrkuda.



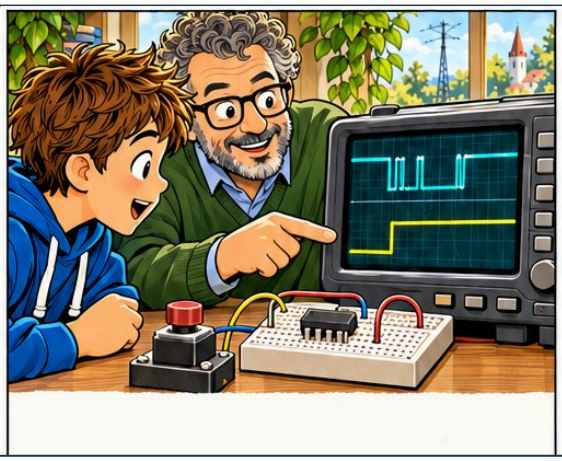
"Üks liigutus ei tekita alati ühte elektrilist serva," selgitab Henri lainekujuga.



555 võib aidata tagasilöömisel, kuid suvaline monostabiilne ei kõrvalda kõiki tülikaid juhtumeid.



Valitud intervall, päästiku lainekuju ja käivitusolek peavad sobima rakendusega.

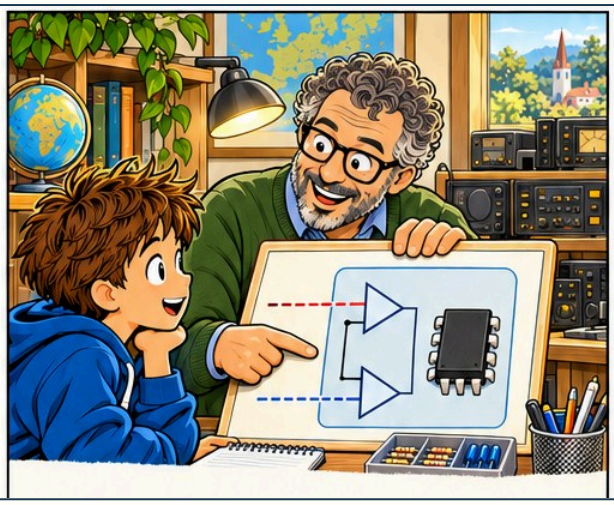


Nad vaatlevad sisendit ja väljundit koos enne tulemuse hindamist. Indikaator üksi suudab varjata üksikasju.



Lucas lisab oma failile küsimuse: "Milline signaal tegelikult minu vooluringi siseneb?"

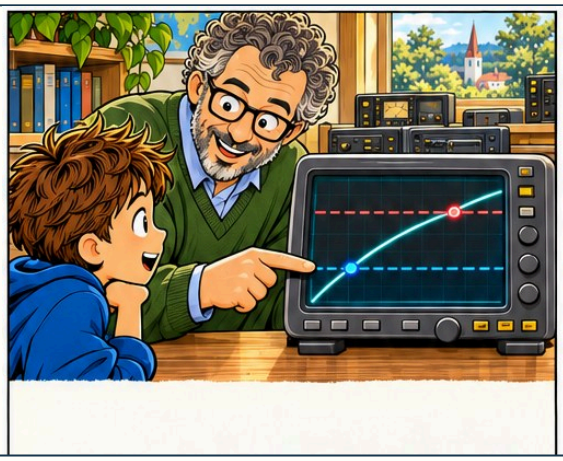
Kaks künnist kõhkluste vältimiseks



Henri ühendab tihvtid 2 ja 6, et sisestada 555 kasutades Schmitti päästikut.



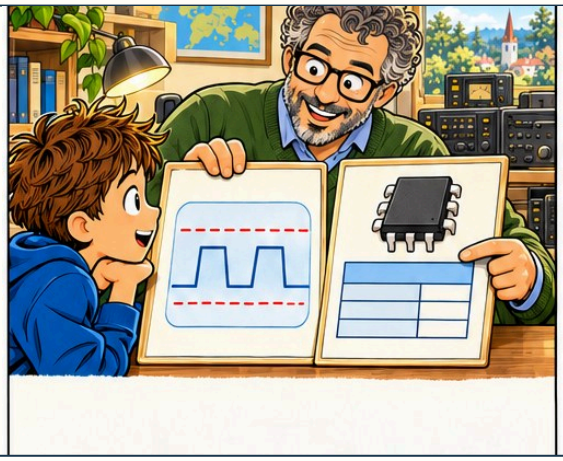
Seekord juhib seda sõlme sobiv testpinge; tihvti 7 esitlusel ei kasutata.



Umbes VCC/3-st allapoole jääv sisend juhib kõrget väljundit. Tõstes 2VCC/3-st kõrgemale, muudab see selle madalaks.



Kahe künnise vahel säilib eelmine olek. See hüsterees väldib teatud kõhklevat ümberlülitamist.



Rakendatav pinge peab jääma lubatud piiridesse. Suvalist signaali ei saa otse ühendada.



Lucas järgib joonisel aeglast tõusu ja laskumist. Ta mõistab, miks mõlemad läved on olulised.

Olukorra meenutamine: bistabel



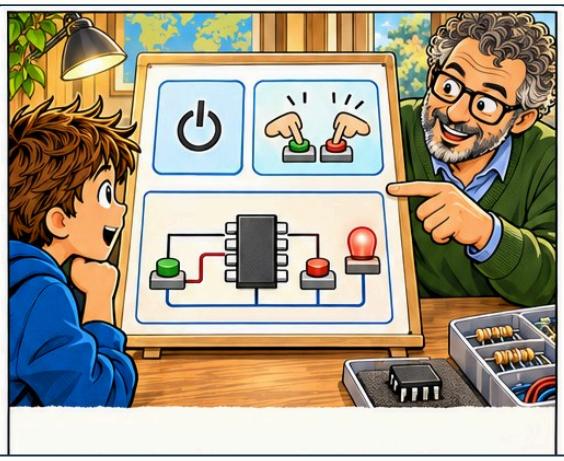
Lucas soovitab hoiatustuli, mis jääb põlema kuni seiskamiskäskluseni. Henri tutvustab bistabiilset toimimist.



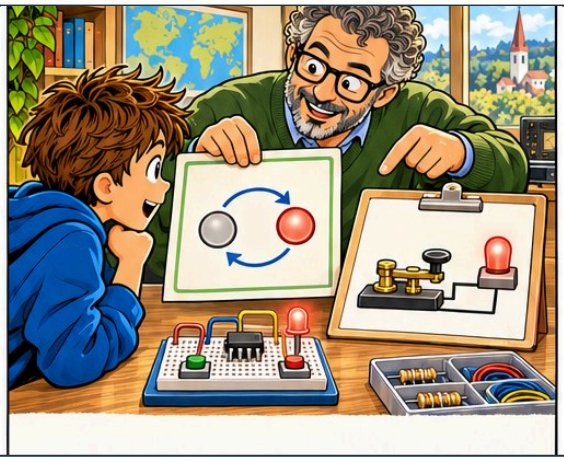
Sobivas vooluringis annab TRIG käsu kõrgele olekule; RESET võib sundida madalat olekut.



Sisendid peavad säilitama määratletud tasemed. THRES ei tohi põhjustada tahtmatut ümberlülitamist.



Arvesse tuleb võtta käivituskäitumist ja samaaegseid käske: mäluahel ei suuda kavatsust aimata.



Nad hoiavad seda rakendust plokkskeemi staadiumis, lisamata seda oma morsekoolitajasse.

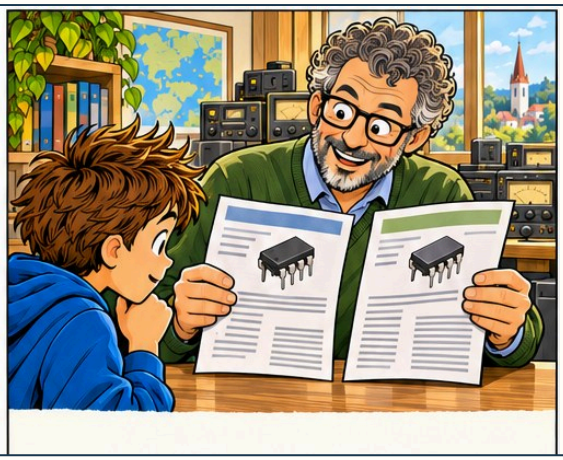


"Võnkumine, ajastus, meelespidamine: ma näen lõpuks erinevust," ütleb Lucas oma kolme kaardi kõrval.

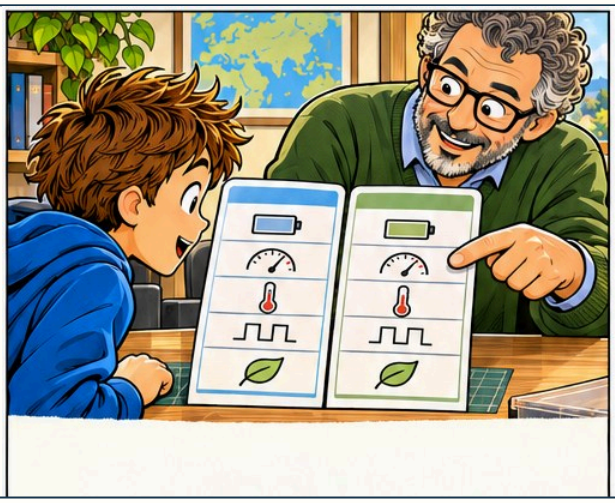
CMOS nõod



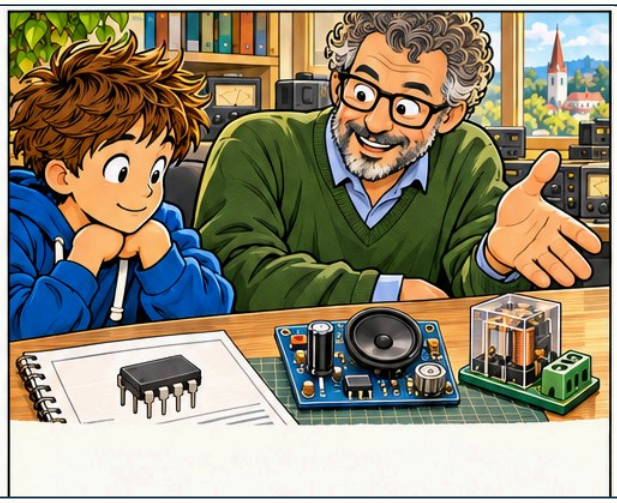
Teisel pakendil Lucas on kirjas TLC555. "Sama number: täpselt sama komponent?"



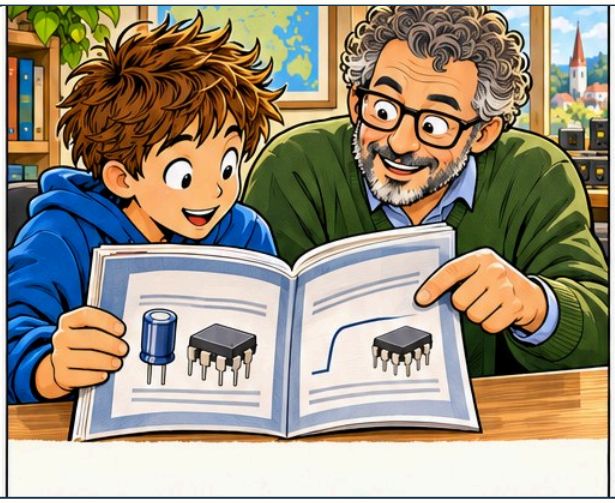
Henri võrdleb andmelehti: mõned CMOS versioonid kasutavad vähem puhkevoolu ja aktsepteerivad erinevaid toitevahemikke.



Väljundvoolud, garanteeritud läved ja absoluutsed piirid võivad olla erinevad.



Samas kohas asuv tihvt ei garanteeri sama käitumist meie helimooduli või releega.



Lahtisidumise soovitusi ja sisendomadusi tuleb valitud võrdlusaluse jaoks kontrollida.



Nad hoiavad seadmes määratud NE555. Lucas teab nüüd, kuidas hinnata mõistlikku asendust.

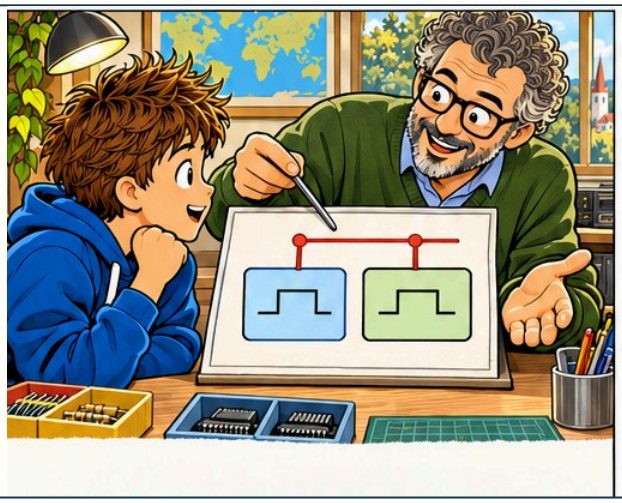
Kaks taimerit ühes NE556-s



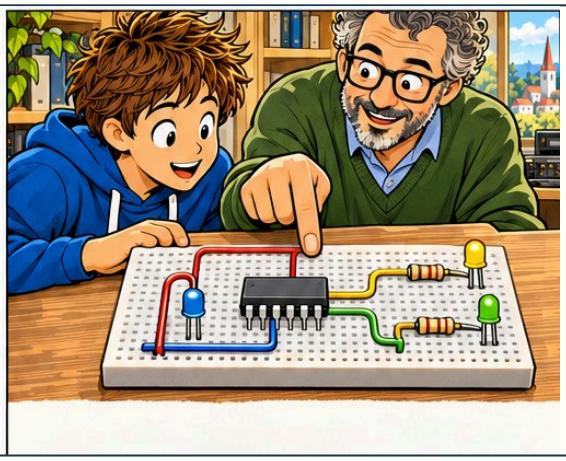
NE556 ühendab kaks taimerit ühes pakendis. Lucas kujutab endast eraldi tooni- ja ajastusfunktsioone.



Henri näitab pinouti: seda neljateistkümne kontaktiga paketti ei tohi mälust kahe NE555-na ühendada.



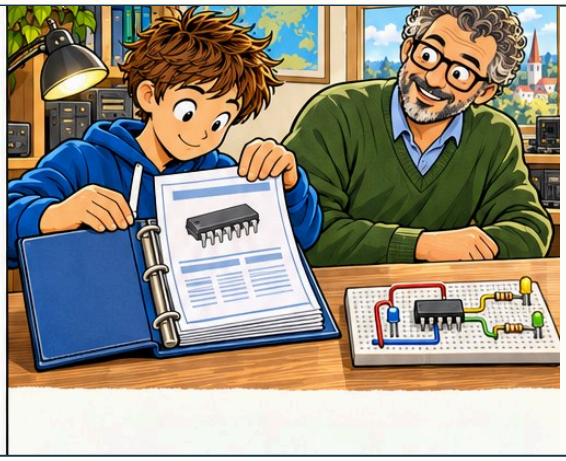
Igal sektsioonil on oma sisendid ja väljundid. Kaks sektsiooni jagavad toiteallikat.



Hoolikas lahtisidumine ja marsruutimine aitab vältida seda, et üks sektsioon häirib teist.



Nad visandavad hariva kahest plokist koosneva sireeni, hoides selle albumi ülesehituse keskendunud oma praegusele projektile.



"Rohkem funktsioone nõuab ka rohkem kontrolle," märgib Lucas lehte NE556 ära pannes.

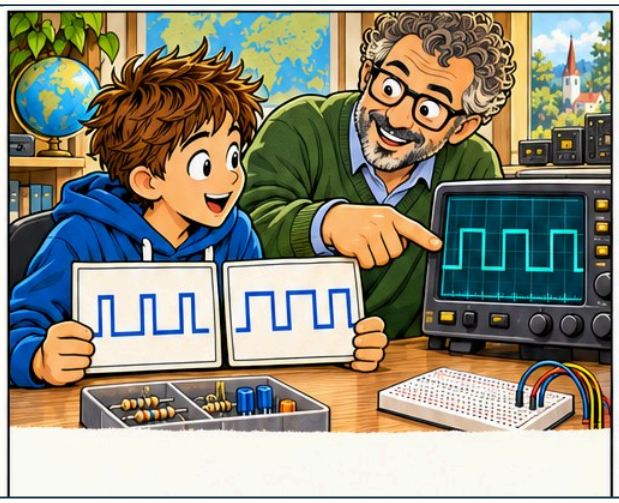
Pin 5 ja modulatsiooni idee



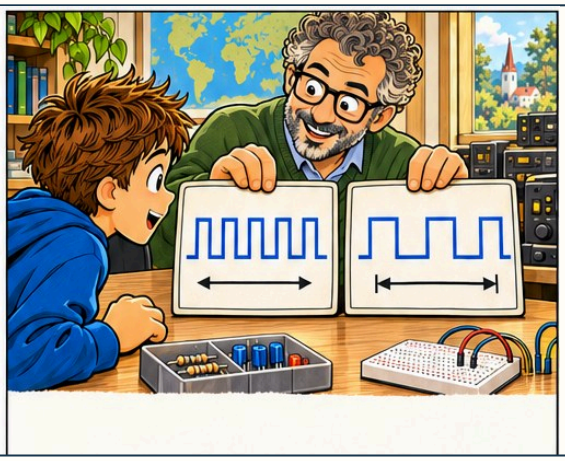
Lucas naaseb CONT, tihvt 5. "Kas me saame vooluringi käitumist muuta?"



Henri selgitab, et sobiv juhtpinge liigutab sisemisi viiteid.



Sõltuvalt vooluringist võib see moduleerida impulsi laiust või muuta võnkesagedust.



Selles lihtsas astables võib viidete muutmine muuta ka võnkesagedust: PWM ei ole automaatselt sõltumatu.



Korralik PWM kontroller valitakse ja konstrueeritakse selle koormusele sobiva võimsusastmega.



Nad säilitavad selle põhimõtte edasiseks uurimiseks. Väljundile 3 ei lisata mootorit ega suurt koormust.

Universaalse raadiogeneraatori lõks



"Mis siis, kui meie 555-st saaks saatja?" Henri eristab heli võnkesagedust ja stabiilset raadiokandjat.



NE555 sobib siin tooni ja viivituste jaoks. Selle RC ei ole täpne RF viide.



Ristkülikukujuline signaal sisaldab harmoonilisi; liiga pikk juhe võib põhjustada häireid.



Laboriostsillaator ei muutu sobivaks saatjaks pelgalt antenni lisamisega.



Raadioeksperiment vajab stabiilsust, impedantsi sobitamist, filtreerimist ja lubatud kasutamist hõlmavat disaini.



Lucas jätab seetõttu antenni kõrvale: nende seade pakub juba tõelist teenust, jäädes kohalikuks koolitajaks.

Kui ostsillaator häirib vastuvõttu



Klubis kuulates märkavad nad müra, mis trenažööri sisselülitamisel muutub.



“Juhus?” Nad võrdlevad mitu korda sisse- ja väljalülitamist, ilma vastuvõtja seadeid muutmata.



Korduvad võrdlused annavad vihje, kuid ei tuvasta veel kõiki häireteid.



Nad viivad koostu kaugemale, lühendavad ühendusi ja kontrollivad lahtisidumist enne uuesti võrdlemist.



Henri eristab kõlarite kasulikku heli vooluringist väljuvatest soovimatutest häiretest.



Lucas leiab köitest 1 reegli: spektri jagamine tähendab ka hoolitsemist selle eest, mida me ehitame.

Võrrelge, et aru saada



Need muudavad ainult ühte asja: helikaabli asendit. Siis võrreldakse uuesti ja uuesti.



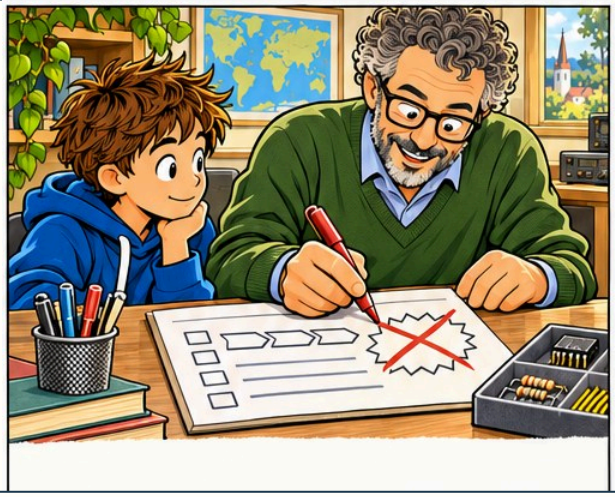
Lucas salvestab kauguse, juhtmestiku ja kasutatud toiteallika. Ilma nende üksikasjadeta oleks järgmist testi raske võrrelda.



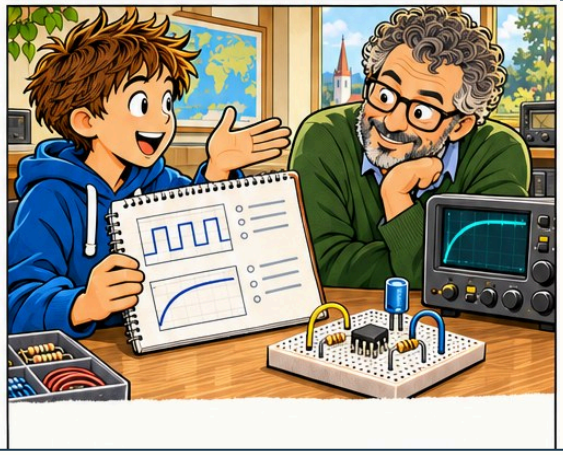
Kohalik paranemine ei tõesta, et kogu spekter on puhas. Nende vastuvõtja ei ole täielik labor.



Kompaktne ja õigesti lahtiühendatud lõppkoost on eelistatavam kui pikkade juhtmetega laotatud prototüüp.



Nad ei väida vastavust ega mõõtmisi, mida nad pole kindlaks teinud.



"Ma võin selgitada, mida ma proovisin ja mis tuleb veel kontrollida," ütleb Lucas. Henri kiidab tema meetodi heaks.

Aga aku töö?



Lucas unistab trenažööri aeda viimisest. Nad alustavad üldise tarbimise hinnanguga.



Helimoodul, helitugevuse seadistus ja kõlar on aku tööea hindamisel sama olulised kui taimer.



Määratud 5 V säilitamiseks peab aku toitma sobivat regulaatorit; nad järgivad selle dokumentatsiooni.



Allikas, mis suudab anda palju voolu, nõuab sobivat kaitset lühiste eest.



Henri soovitab kõigepealt lõpetada isoleeritud toiteallika versioon. Kaasaskantav nõue dokumenteeritakse eraldi.

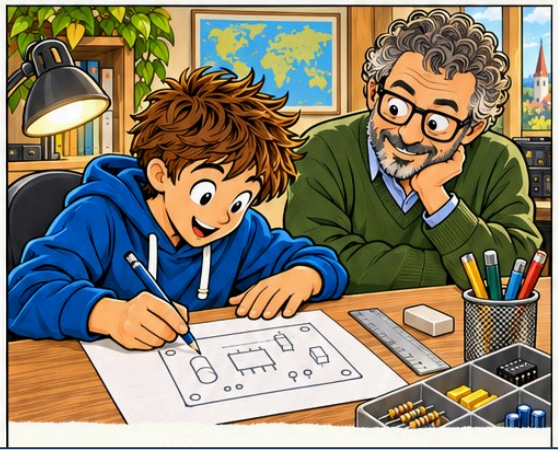


"Aku eluiga ei saa lubada ainult akule trükitud mahu põhjal," järeldab Lucas.

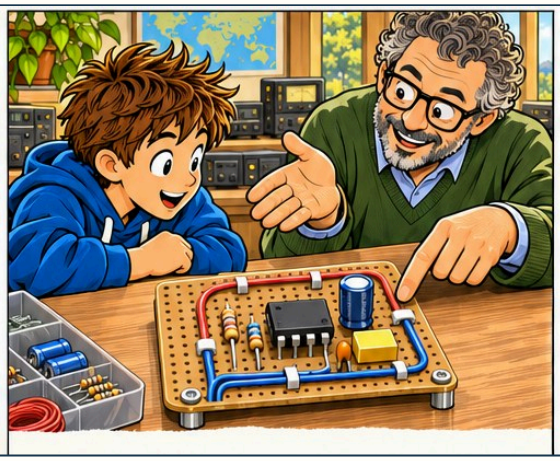
Vastupidava koostu ettevalmistamine



Jootevaba leivalaud oli kasulik. Lahtiste uste päeval peavad nad vältima hüppaja juhtmete lahtitulekut.



Nad koostavad kompaktse paigutusplaani, millel on juurdepääs juhtelementidele ja katsepunktidele.



Lahtisidumine jääb 555 lähedale; heli tagasivoolu voolud ei tohi ajastusahelat läbida.



Võtme- ja kõlarikaablitel on tõmbevabastus. Ühendused ei tohi kanda kaablit.



Henri jälgib tootmist, kasutades sobivaid tööriistu ja kaitset, väljaspool seda lugemistöökoda.

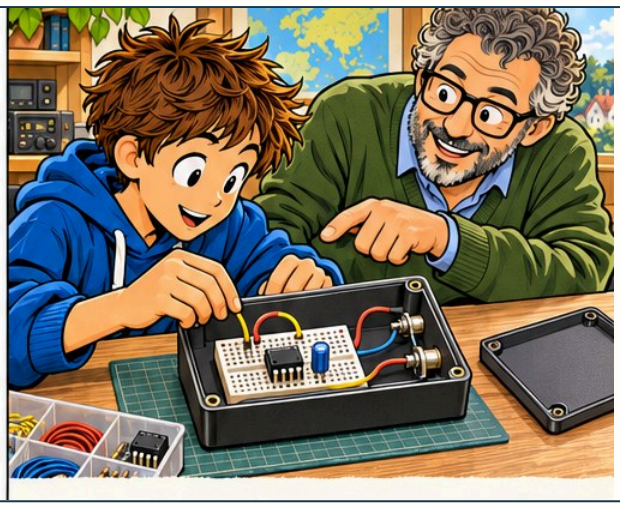


Seejärel kontrollib Lucas enne toite taastamist järjepidevust, polaarsust ja diagrammi.

Elektroonika korpus, mis selgitab selle kasutamist



Lucas valib lihtsa esipaneeli: toide, toon, helitugevus ja klahvipesa on selgelt määratletud.



Ahel on fikseeritud sobivasse kasti; ükski paljas juhe ei puuduta juhtivat osa.



Kaabli marsruut on kaitstud. Nad kontrollivad, et nuppu keerates ei tõmbaks ühendusi.



Kavandatav toiteallikas ja selle polaarsus on näidatud juhistes ja vastava pistiku lähedal.



Klahv juhib ainult seda treenerit; sarnase välimusega pistikupesa ei luba raadiojaamaga ühendust luua.



Lucas proovib seadet ilma selgituseta. Juhtnupud peaksid olema järgmisele külastajale arusaadavad.

Juhised järgmisele algajale



Juhendis selgitavad nad eesmärki: õppida Morse rütm kohaliku heliga, edastamata.



Skeem näitab kontakte, komponentide väärtusi, toiteallika ühendusi ja võtme kahte olekut.



Komponentide loendis eristatakse ajastus-, sidumis- ja lahtisidustamiskondensaatoreid.



Need lisavad nimiarvutusi, piiranguid, komponentide viiteid ja mõõtepunkte.



Lühike lehekülg kirjeldab valesti paigutatud hüppaja juhet ja nende tõrkeotsingu meetodit. Loosse kuuluvad ka vead.



Lucas loeb juhiseid uuesti, nagu külastaks ta klubi esimest korda. Ta lihtsustab teist lauset.

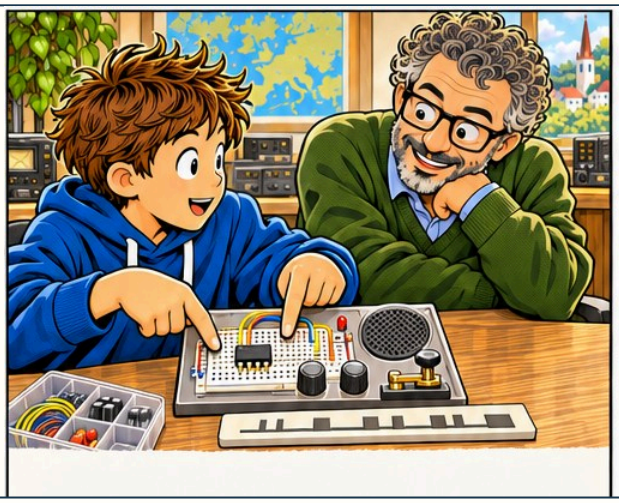
Kleidiproov



Päev enne avatud uste päevi istub Henri külastajaistmel. Lucas esitleb oma töötuba.



"Kõigepealt kuulake. Seejärel proovige. Ja lõpuks selgitage, mis muutub, kui seda nuppu keerate."



Ta eristab tooni, helitugevust ja rütmi. Henri esitab tahtlikult lihtsa küsimuse.



Lucas näitab kolme plokki sülearvutis ja laseb seejärel proovikülastajal klahvi juhtida.



Mustri keskel puudub helitoon. Nad vahetavad pilgu: väikesel seadmel on veel varuks üllatus.



Lucas hoiab rahulikuna ja vähendab helitugevust. Ta naasis just oma uurija rolli juurde.

Viimane mõistatus



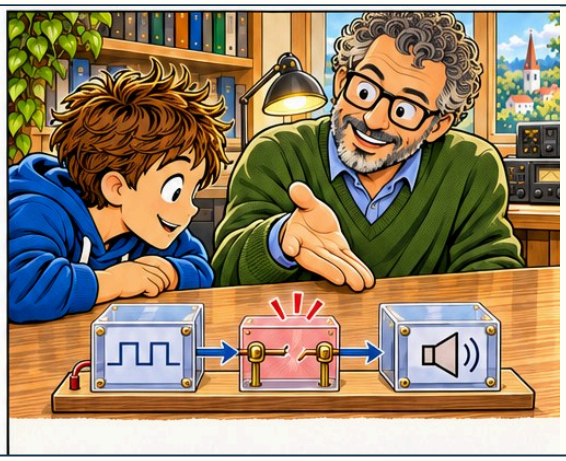
Seekord töötab ikka rütmiskeem: väljund 3 näitab klahvi vajutamisel impulsse.



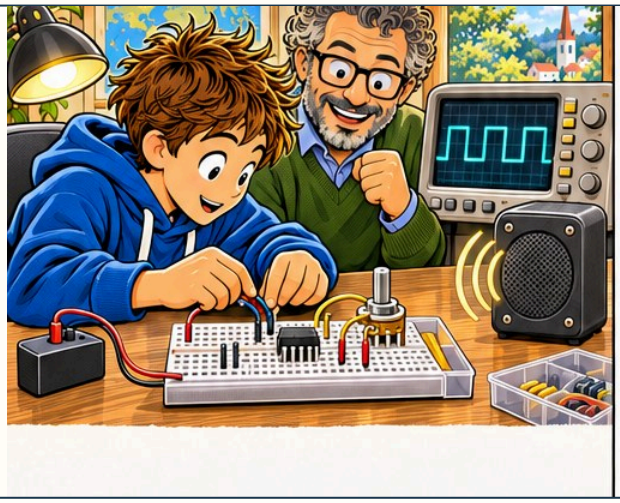
Lucas kontrollib toiteallikat ja seejärel heliahelat. Ta ei asenda NE555-d refleksina.



Kui toide on välja lülitatud, leiab ta helitugevuse potentsiomeetri liuguri ühendusest lahtise juhtme.



"Rütm oli olemas, heli ei jõudnud enam võimendini!" Plokkideks eraldamine juhatas teda.



Nad parandavad ühenduse ja kontrollivad, kas see püsib. Teine test annab ühtlase tooni.



Henri istub oma külastajakohale. Lucas lisab oma ettevalmistustele pistikute kontrolli.

Avatud uste päev



Hommikul ootab väike elektroonikakorpus lagedal laual. Lucas määrab õrna helitugevuse ja mugava tooni.



Ta alustab mustri mängimisega. Henri vaatab, et ta annab kõigile aega aru saada.



Külastaja proovib võtit. Kõhklev jada muutub pärast pausi ja teist kuulamist ühtlasemaks.



Lucas avab oma märkmiku: "NE555 teeb helitooni; see on teie žest, mis annab sellele rütmi."



Ta näitab, kuidas kondensaatori pinge tõuseb ja langeb, seejärel naaseb kuuldava heli juurde. Teooria kohtub kogemusega.



Piisab naeratusest, et öelda, et töökoda töötab. Henri laseb nüüd Lucas-l avastust juhtida.

Mida kaheksa tihvti on meile õpetanud



Pärast töötuba leiab Lucas uuesti kolm kaarti: võnkumine, ajastus ja meeldejätmine.



Ta lisab transistori, mis aitab koormust juhtida, ja dioodi, mis kaitseb mähist väljalülitamisel.



Henri küsib temalt, mis talle kõige rohkem meelde jääb. Lucas vaatab oma arvutuste ja rikete märkmikku.



"Kontrollige tihvte. Hoidke ühikud alles. Mõõtke õige punkt. Enne vahetamist saage aru."



Ta näitab ka juhiseid: idee muutub kasulikuks siis, kui teine inimene saab selle ilma aimamata üles korjata.



Nad panid kasutamata komponendid minema. Väike must pakett on andnud rütmi tervele päevale kohtumistele.

Järgmine rütm on sinu



Koht saab taas oma rahu. Lucas vajutab klahvi viimast korda: lühike helitoon, seejärel vaikus.



Ta mäletab oma saabumist klubisse ja Henri nõuannet: kuulake, otsige ja jagage.



"Kas oleme 555 kohta kõike õppinud?" — "Piisavalt, et teada saada, kuidas paremaid küsimusi esitada."



Treener, selle diagramm ja juhised jäävad järgmisele algajale valmis. Nende seiklus mahub päris kasti.



Lucas sulgeb sülearvuti ja seejärel avab selle uuesti, et joonistada uus idee. Henri ulatab talle pliiatsi.



Väljas seisavad antennid vastu taevast. Sees kaheksa väikest nööpnõela on inspireerinud katsetamist.