ON4CRD

Tomas 05

Filtrų skaičiavimas



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Teisiniai pranešimai

Tomas 05 · Filtrų skaičiavimas

Svetainės leidėjas : Radio Club Durnal ON4CRD

Leidinio vadybininkas : Radio Club Durnal ON4CRD komitetas

https://on4crd.be

Teisiniai pranešimai

Intelektinė nuosavybė

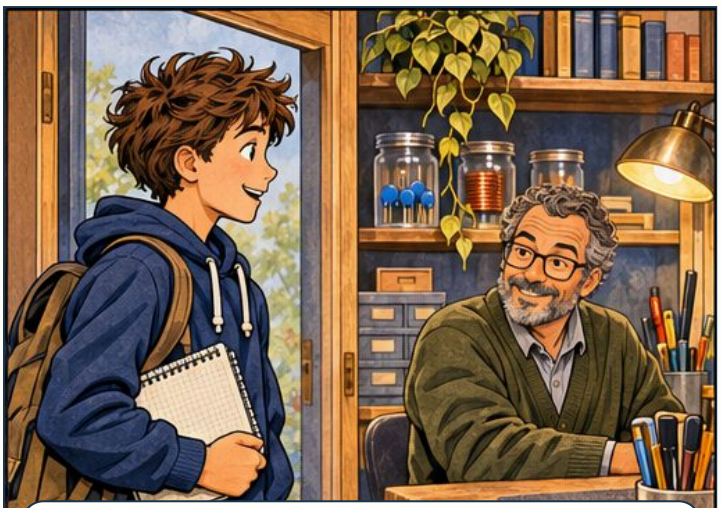
Svetainėje paskelbti tekstai, vaizdai, dokumentai, logotipai ir medžiaga lieka atitinkamų jų autorių arba klubo nuosavybė. Bet koks atgaminimas ar pakartotinis naudojimas turi atitikti šaltinį, taikomas teises ir bet kokį autoriaus leidimą.

Atsakomybė

Klubas stengiasi skelbti naudingą ir patikrintą informaciją, tačiau negarantuoja, kad nebus klaidų, praleidimų ar trukdžių. Techninė ar reguliavimo informacija turi būti patikrinta pagal oficialius šaltinius, kai ji patvirtina sprendimą.

Iliustracijos sukurtos padedant dirbtiniam intelektui.

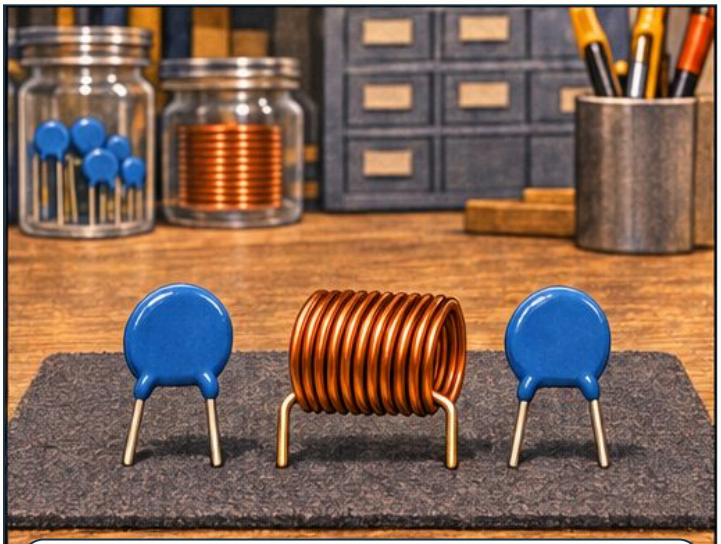
Nauja užduotis



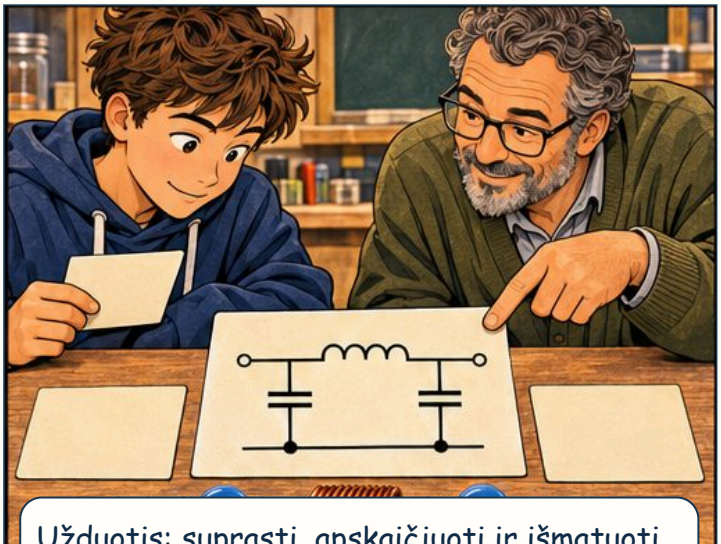
Po elektros dirbtuvių Lucas klube vėl atsiverčia užrašus.



Henri rengia demonstraciją apie signalų kokybę.



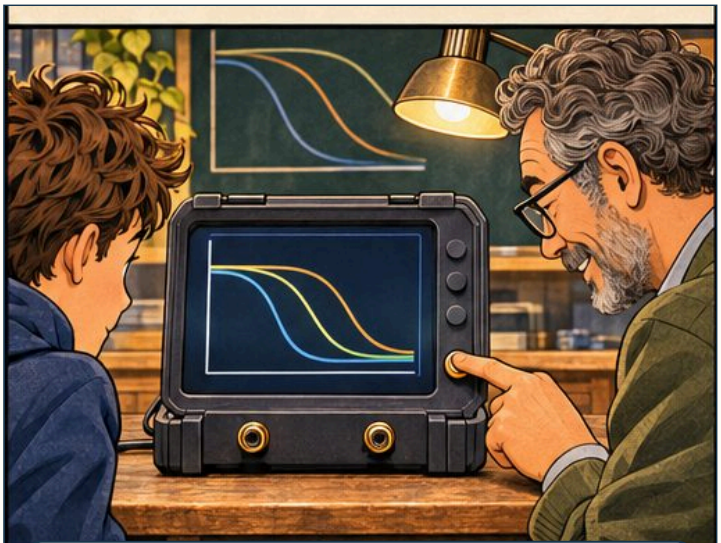
Ant stalo laukia du kondensatoriai ir ritė.



Užduotis: suprasti, apskaičiuoti ir išmatuoti žemųjų dažnių filtrą.



Jaunuolis nori suprasti, kaip trys detalės gali tiek pakeisti.



Pirmiausia jie nagrinėja signalo sudėtį.

Signalas ir jo atvaizdas



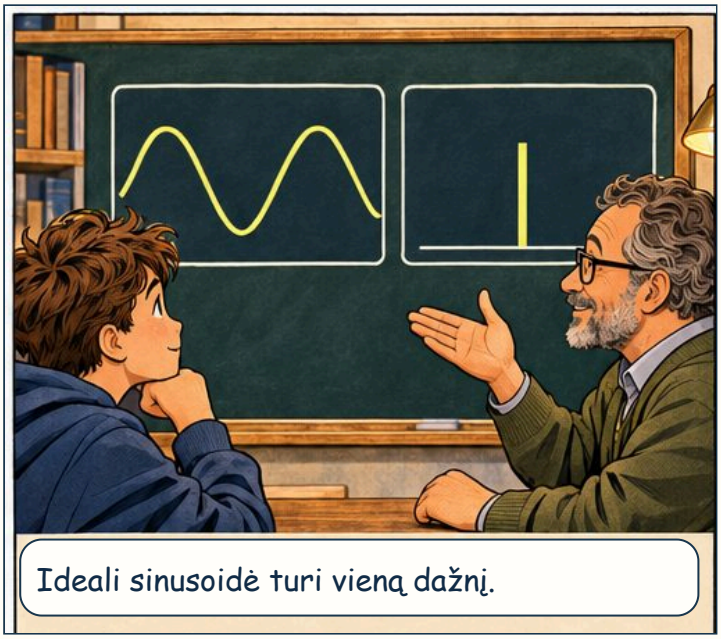
Laiko kreivė rodo, kaip signalas kinta.



Spektras pateikia jo dedamąsias pagal dažnį.



Abu vaizdai skirtingai apibūdina tą patį signalą.



Ideali sinusoidė turi vieną dažnį.

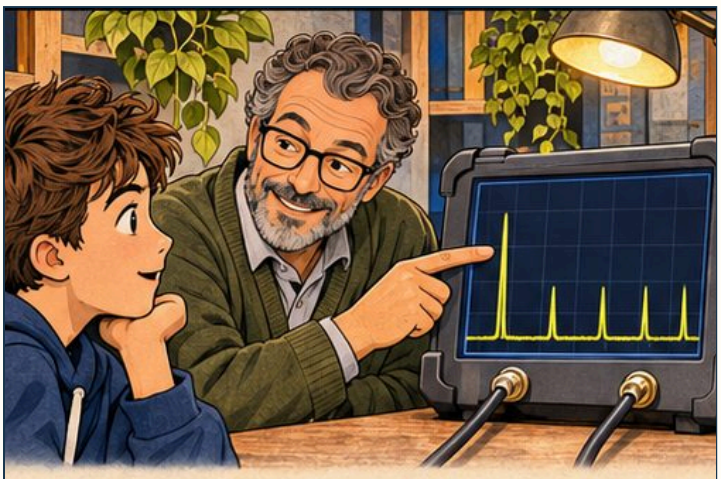


Iškraipyta forma gali turėti kelias dedamąsias.



Jaunuolis atranda atvaizdą, kurio anksčiau nemokėjo skaityti.

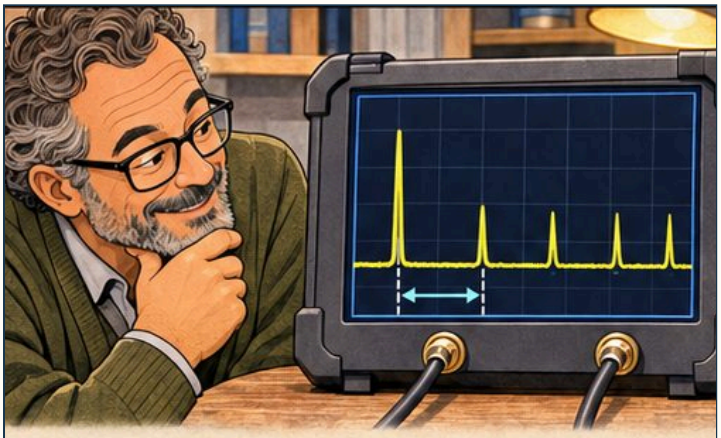
Atsiskleidžia harmonikos



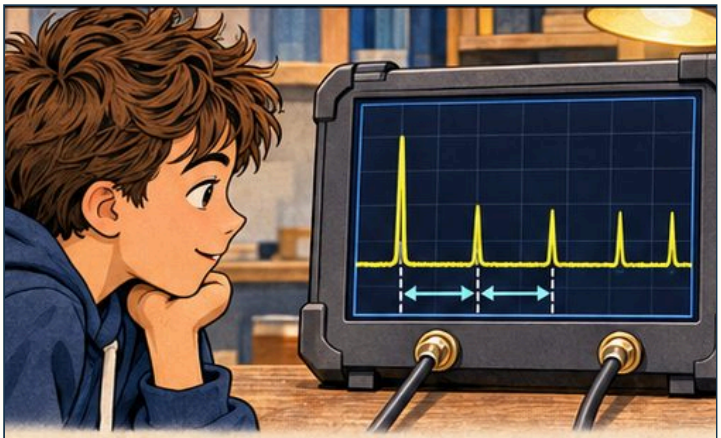
Pagrindinis dažnis yra pirmasis periodinio signalo atskaitos taškas.



Harmonikų dažniai yra sveikieji šio dažnio kartotiniai.



Antrosios harmonikos dažnis dvigubai didesnis už pagrindinį.



Trečiosios harmonikos dažnis yra trigubas.

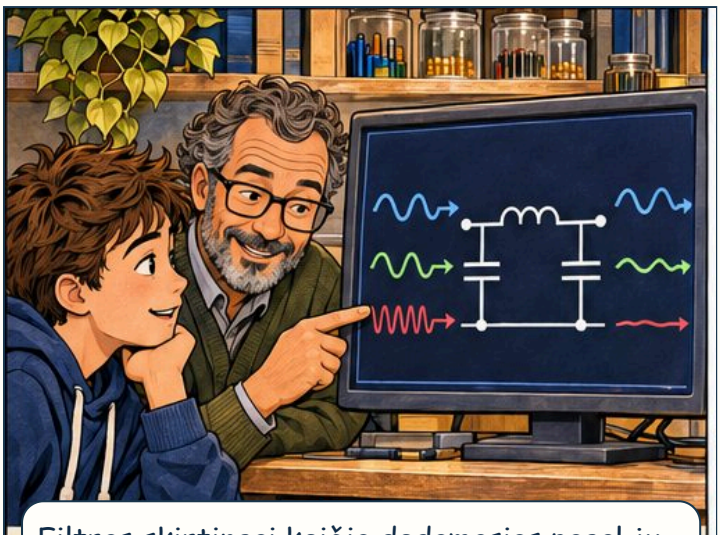


Tačiau ne visos nepageidaujamos dedamosios yra harmonikos.

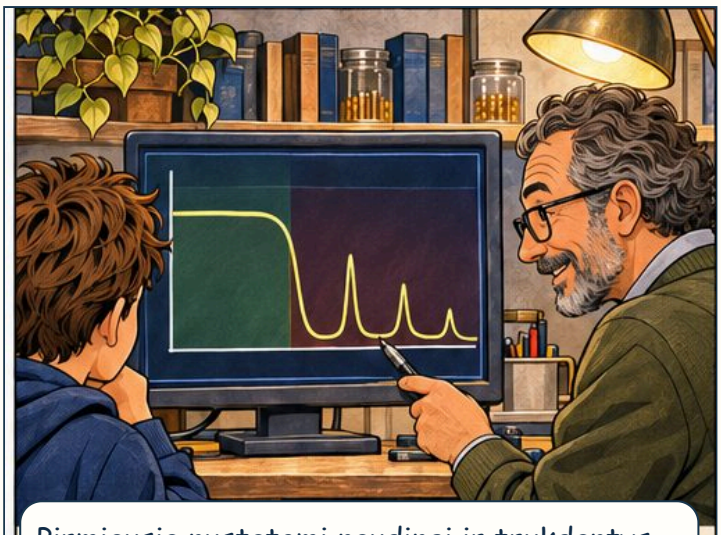


Filtras turės atitikti tiksliai apibrėžtą poreikį.

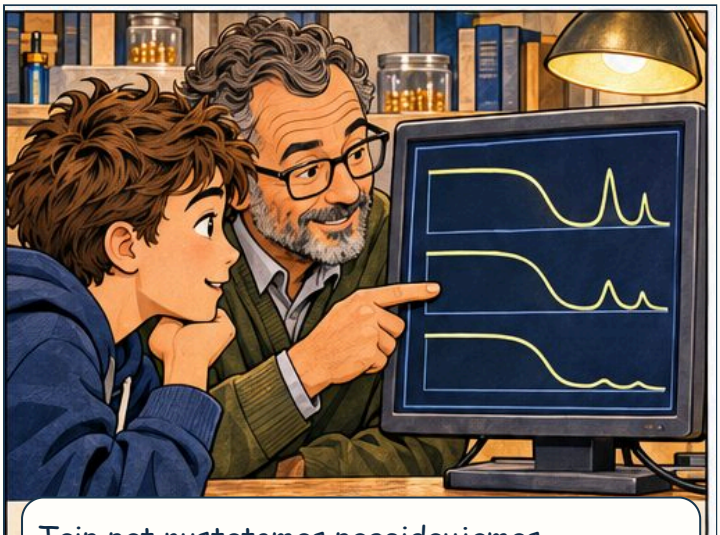
Pasirinkti, ką išsaugoti



Filtras skirtingai keičia dedamąsias pagal jų dažnį.



Pirmiausia nustatomi naudingi ir trukdantys dažniai.



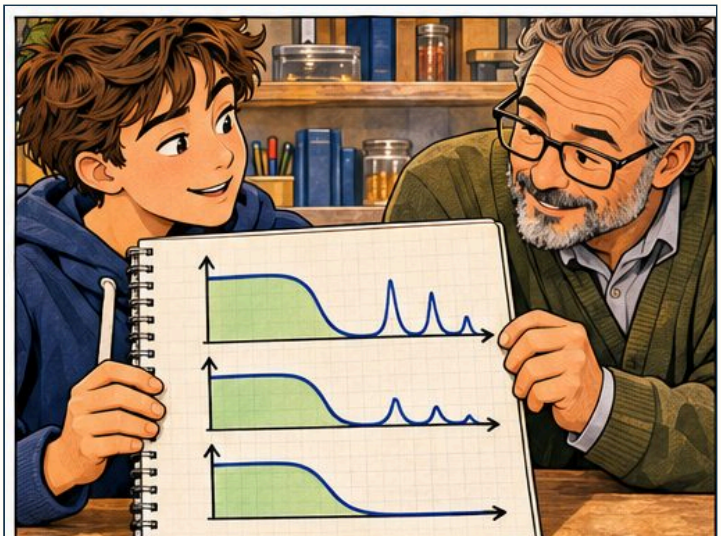
Taip pat nustatomas pageidaujamas slopinimas.



Be šių tikslų komponentų skaičiavimas mažai prasmingas.

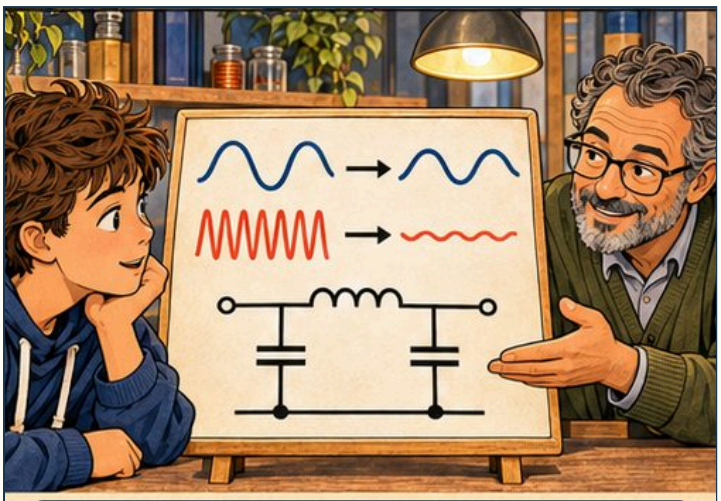


Jaunuolis pavyzdiniame spektre apibrėžia naudingą sritį.



Jo užrašai tampa reikalavimų aprašu.

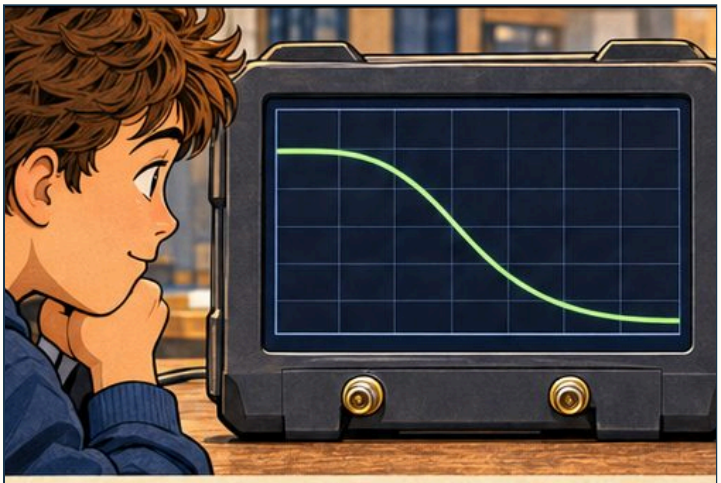
Žemųjų dažnių filtro pasirinkimas



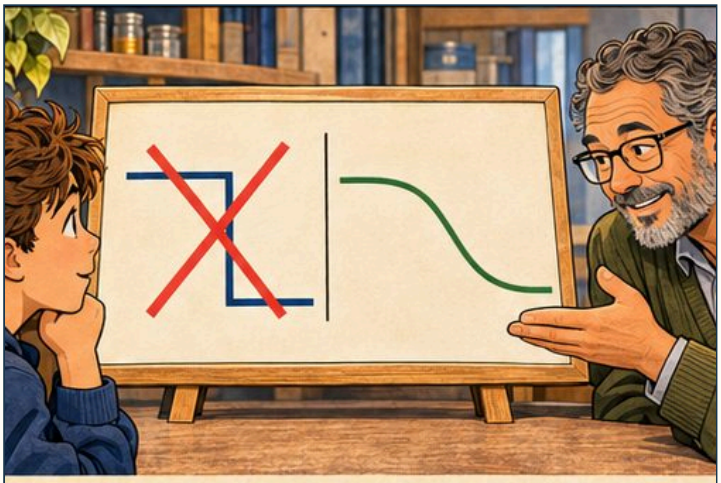
Žemųjų dažnių filtras geriau perduoda žemus nei aukštus dažnius.



Jo pralaidumo juosta yra žemųjų dažnių pusėje.



Aukščiau slopinimas palaipsniui didėja.



Tikrasis perėjimas niekada nėra tobula vertikali siena.



Šis tipas tinka šiandienos demonstracijai.



Jaunuolis piešia nuolydį, o ne užtvarą.

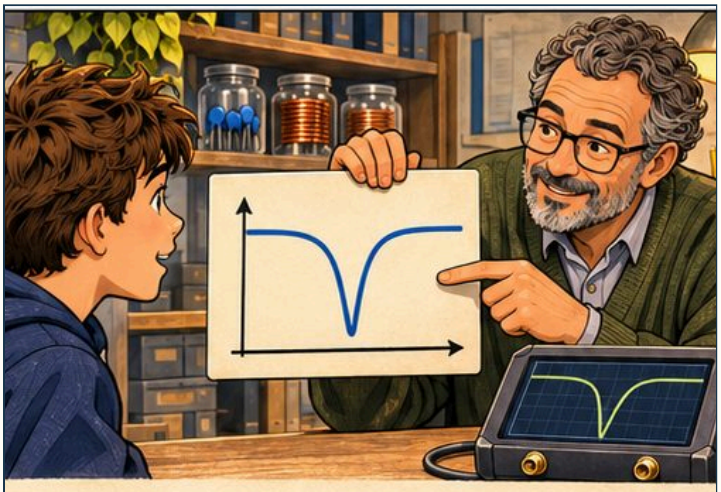
Kiti galimi keliai



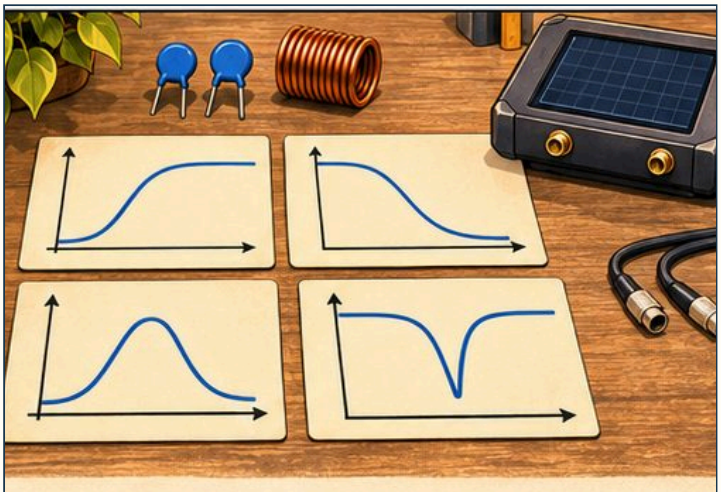
Aukštųjų dažnių filtras slopina žemus dažnius, išsaugo aukštus.



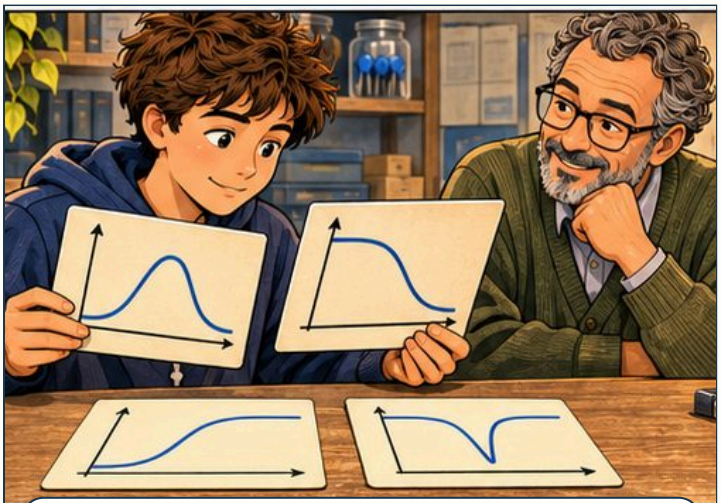
Juostinis filtras išskiria sritį tarp dviejų ribų.



Juostą užtveriantis filtras, priešingai, slopina pasirinktą sritį.



Šios šeimos tenkina skirtingus poreikius.



Pavadinimas nusako charakteristiką, o ne visuotinę kokybę.

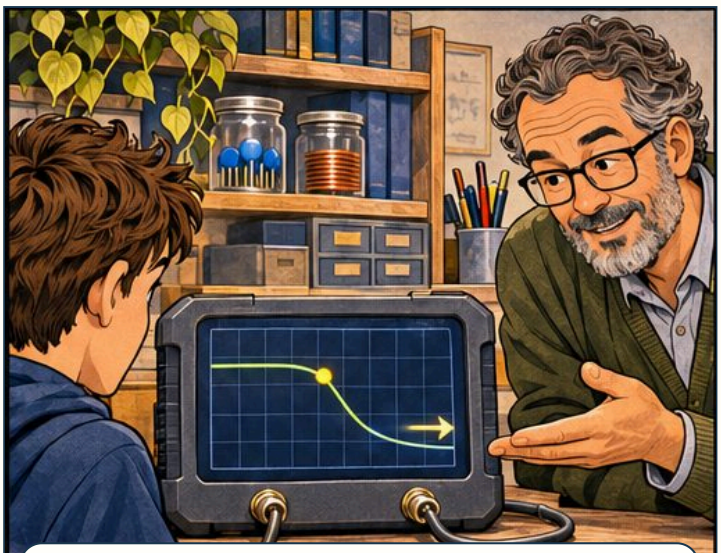


Jaunuolis tris korteles atideda kitoms dirbtuvėms.

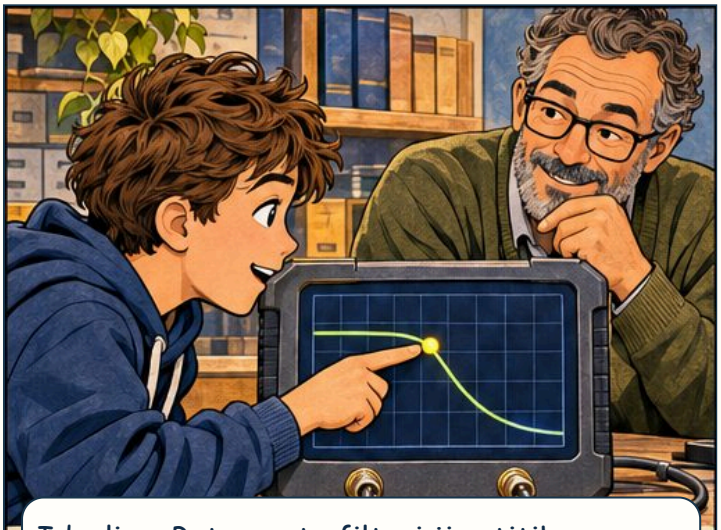
Riba, kuri dar praleidžia



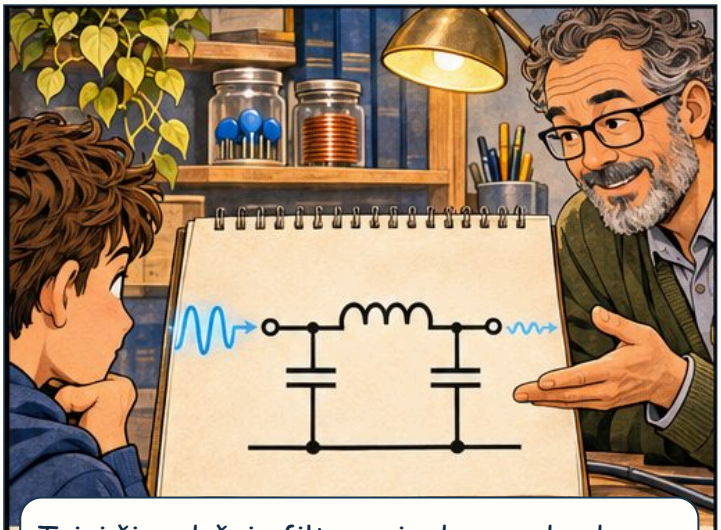
Ribinis dažnis čia žymi atskaitos lygį.



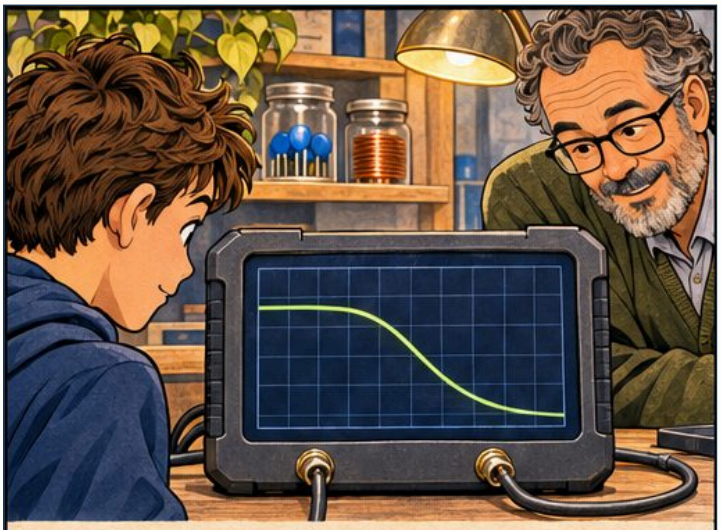
Jis nereiškia staigaus signalo išnykimo.



Idealiam Batervorto filtrui jis atitiks maždaug −3 dB.



Taigi šiuo dažniu filtras vis dar perduoda energiją.



Aukščiau slopinimas toliau didės.

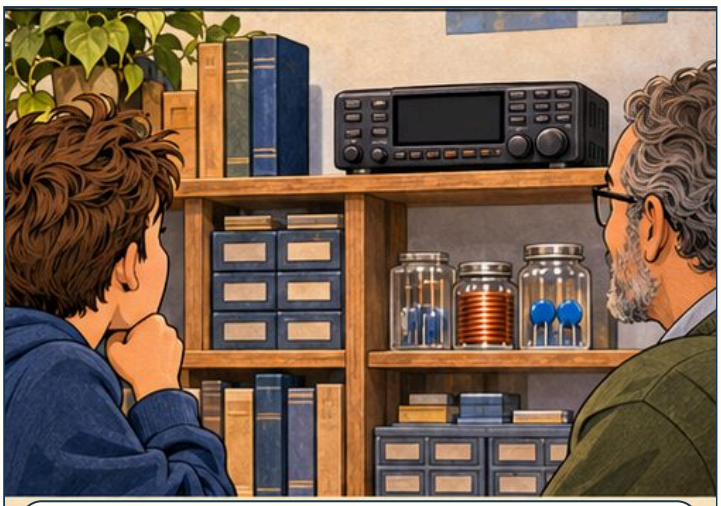


Šis patikslinimas padeda išvengti pirmos klaidingos minties.

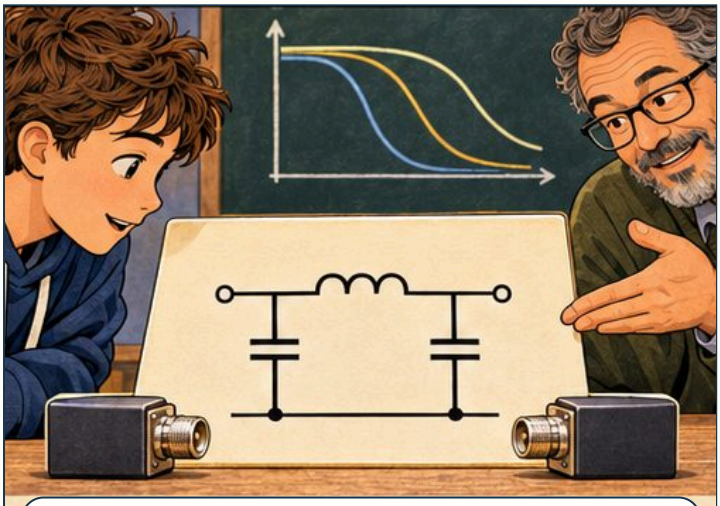
Laboratorinis pavyzdys



Jie pasirenka teorinį 10 MHz ribinį dažnį.



Ši vertė skirta mokymuisi, o ne siuntimo dažniui nustatyti.



Šaltinio ir apkrovos atskaitos varža bus 50 Ω.



Grandinė bus tiriama stende silpnu signalu.



Nei antena, nei siųstuvas nebus prijungti.



Tikslas – išmatuojama charakteristika, o ne radijo ryšys.

Kodėl nurodyti 50 omų?



Filtras veikia tarp šaltinio ir apkrovos.



Jų impedansai yra skaičiavimo sąlygų dalis.



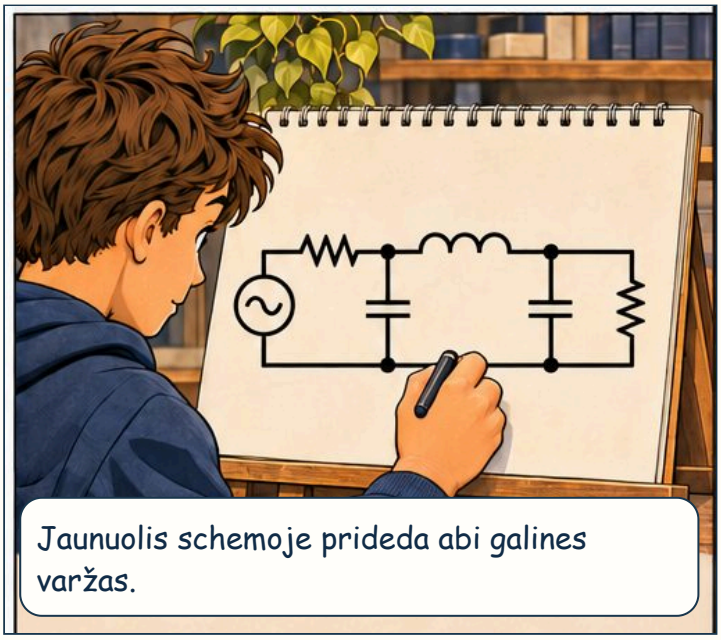
Čia kiekvienas idealiai yra 50 Ω, aktyvinio pobūdžio.



Pakeitus sąlygas, pasikeičia gauta charakteristika.



Todėl neužtenka nukopijuoti trijų verčių.



Jaunuolis schemoje prideda abi galines varžas.

Modelis ir tikroji grandinė





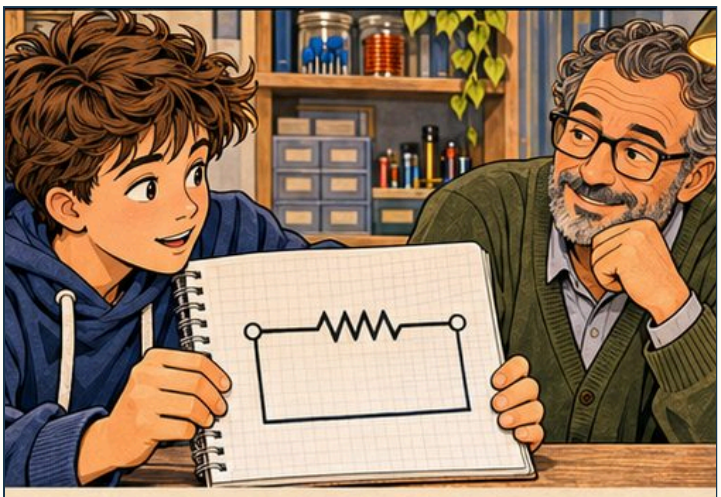




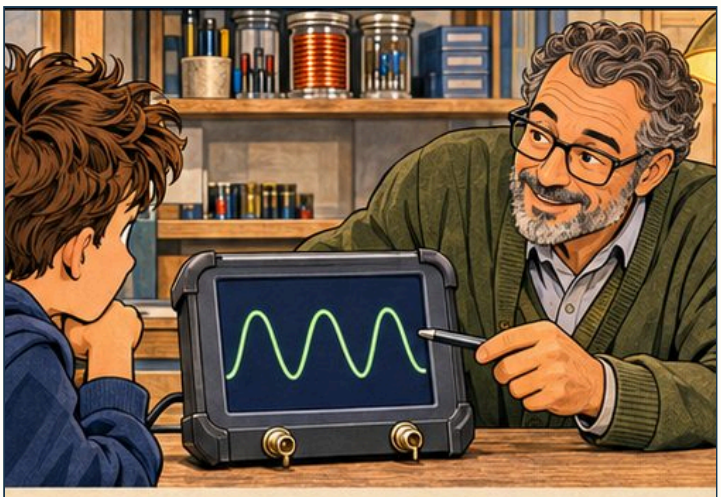




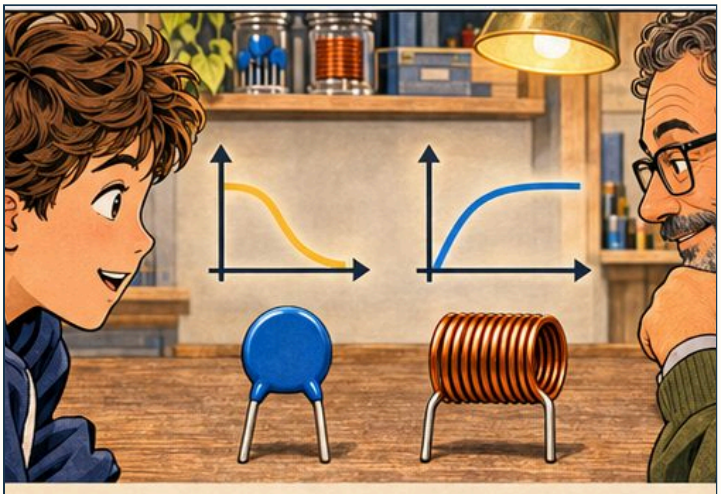
Vien varžos nebepakanka



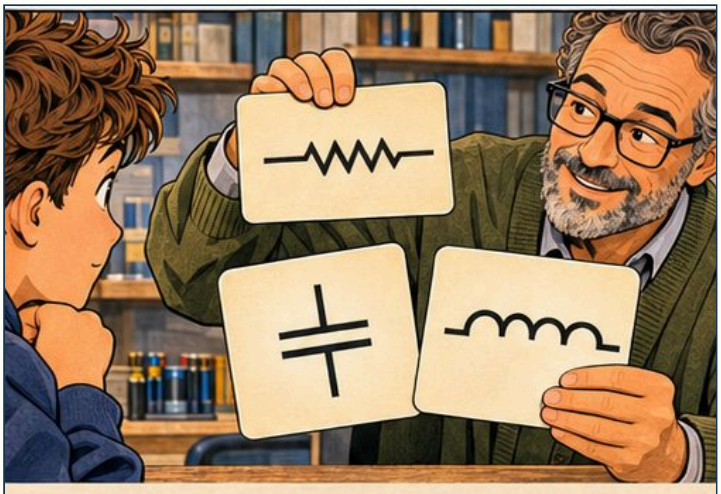
Ankstesnis tomas siejo įtampą, srovę ir varžą nuolatinėje grandinėje.



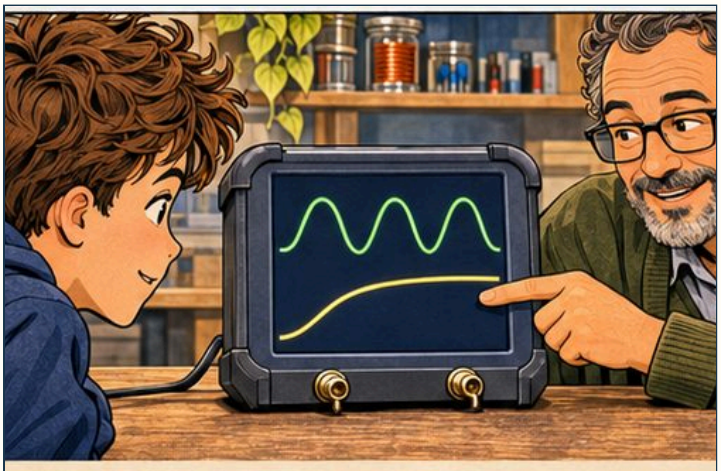
Čia signalas greitai kinta, ir jo dažnis svarbus.



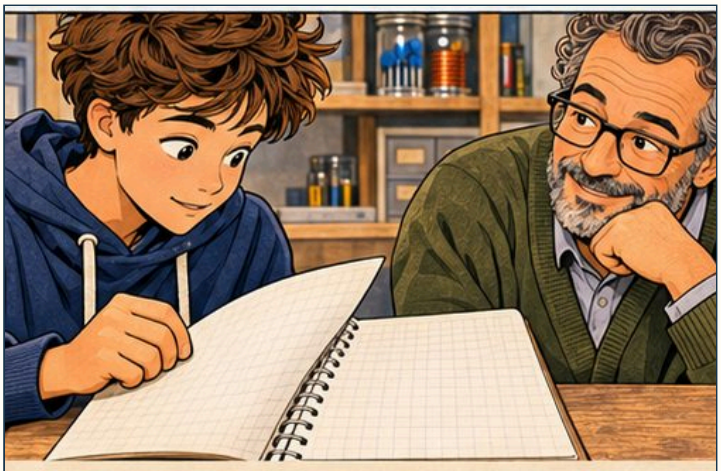
Kondensatorių ir ričių pasipriešinimas priklauso nuo dažnio.



Ši reaktyvioji varža nėra paprasta aktyvioji varža.



Impedansas plačiau apibūdina elektrinį elgesį kintamojoje grandinėje.

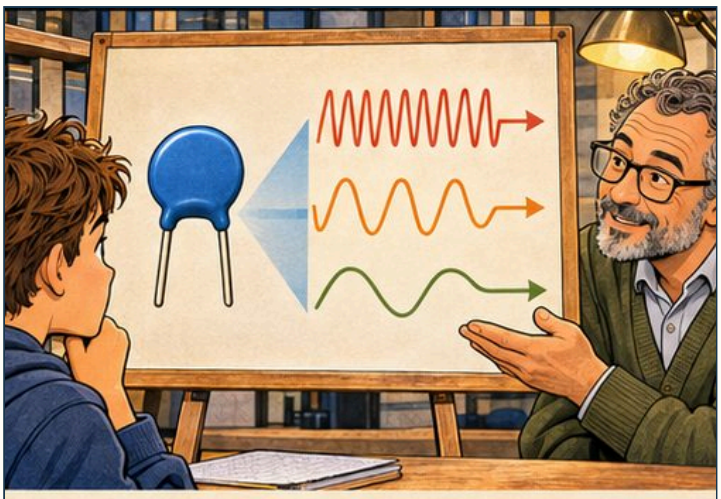


Jaunuolis supranta, kodėl reikia naujo modelio.

Kondensatoriaus vaidmuo



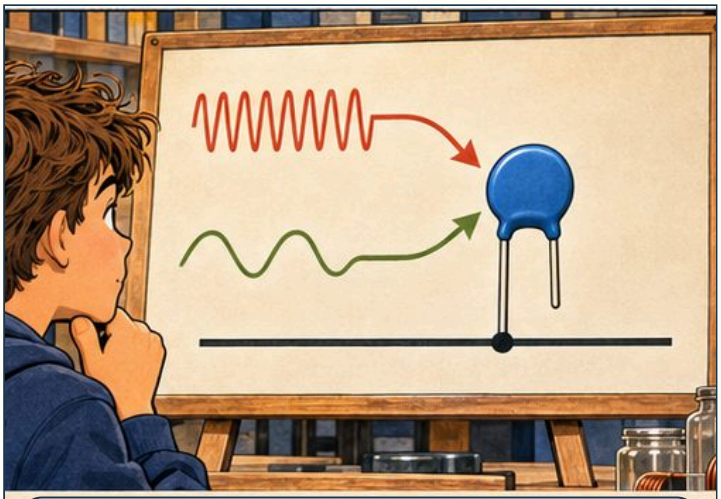
Talpa žymima C ir matuojama faradais, F.



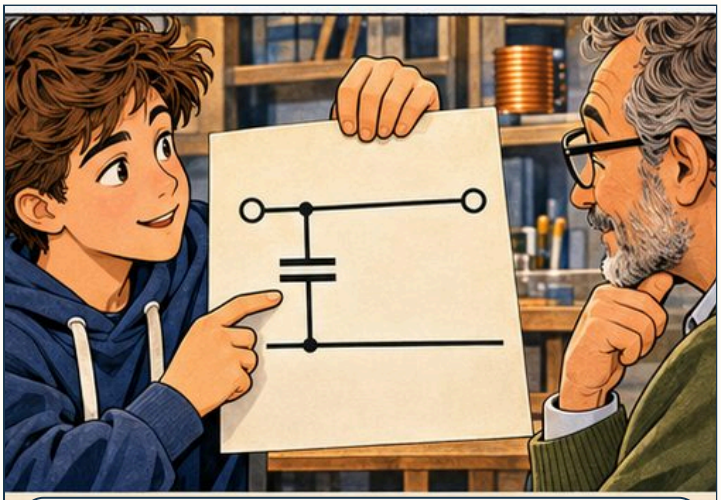
Idealaus kondensatoriaus reaktyvioji varža mažėja didėjant dažniui.



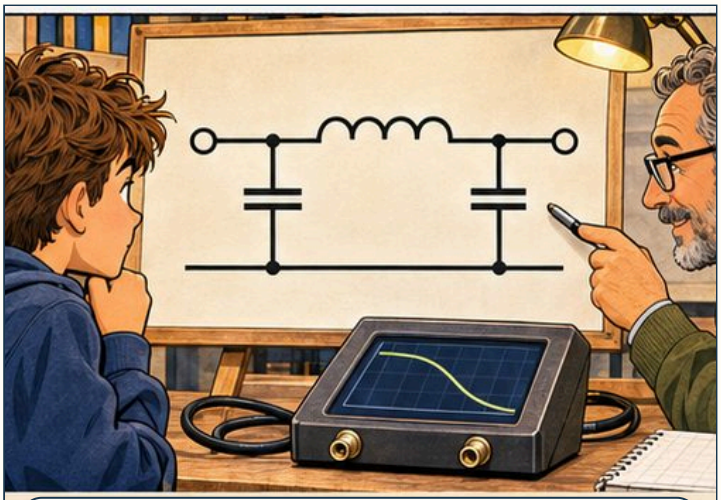
Jos absoliuti vertė yra Xc = 1/(2πfC).



Esant tai pačiai talpai, aukštesniems dažniams reaktyvioji varža mažesnė.



Jų filtre kondensatoriai bus prijungti prie bendrojo laido.

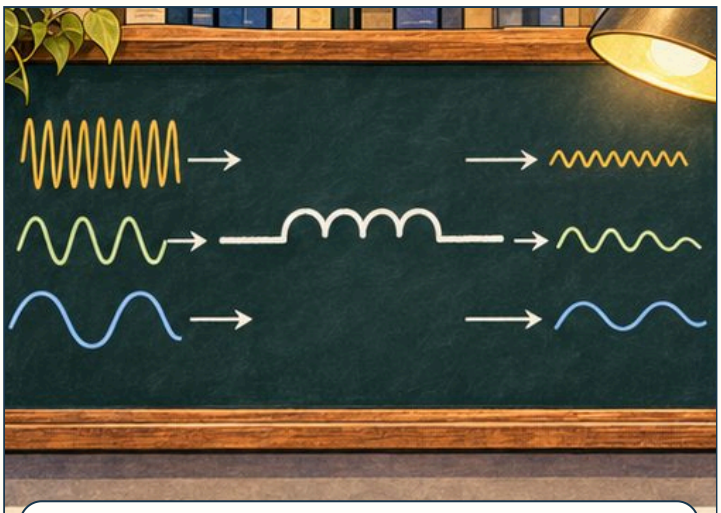


Jų vaidmuo priklauso ir nuo likusios grandinės.

Ritės vaidmuo



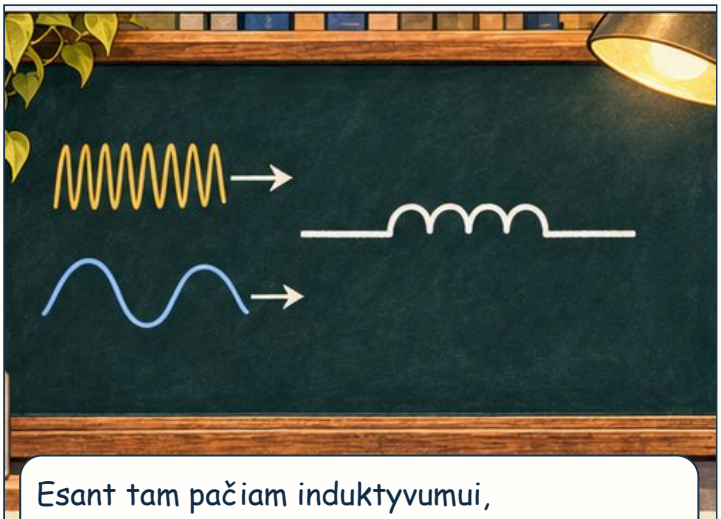
Induktyvumas žymimas L ir matuojamas henriais, H.



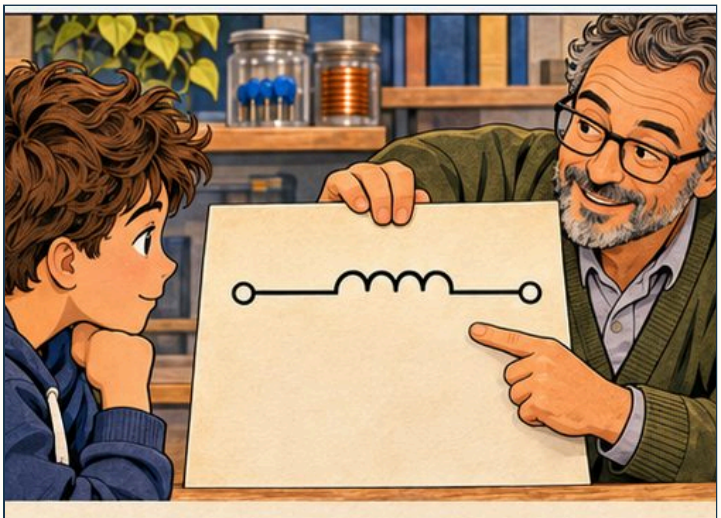
Idealios ritės reaktyvioji varža didėja kartu su dažniu.



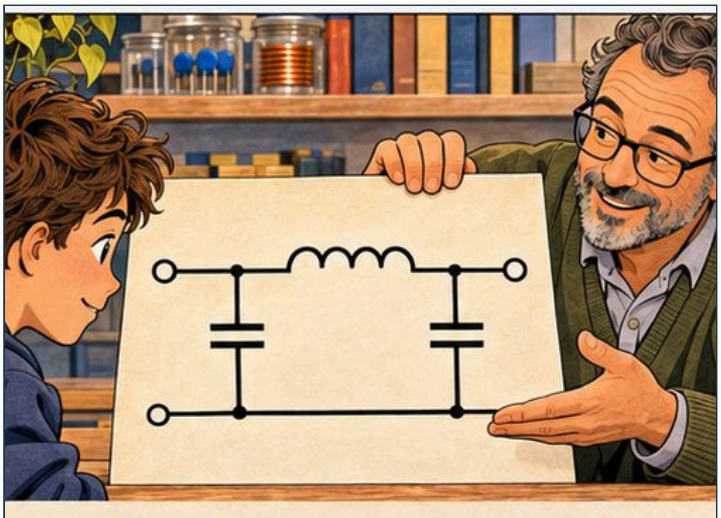
Jos absoliuti vertė yra XL = 2πfL.



Esant tam pačiam induktyvumui, aukštesniems dažniams reaktyvioji varža didesnė.

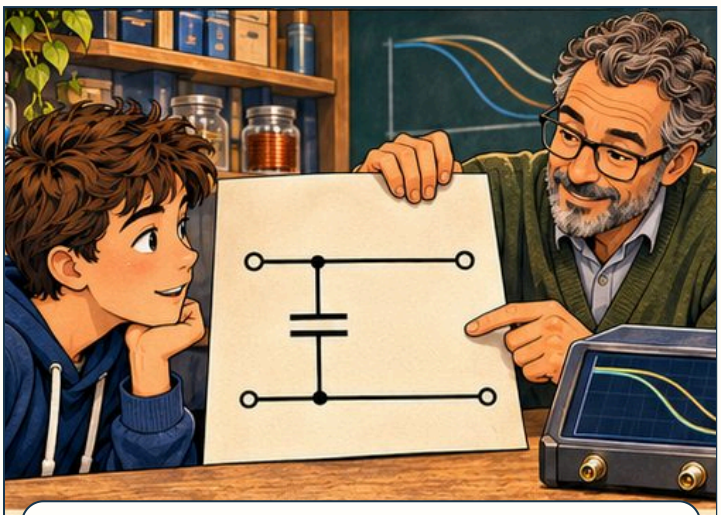


Jų filtre ritė bus signalo kelyje.

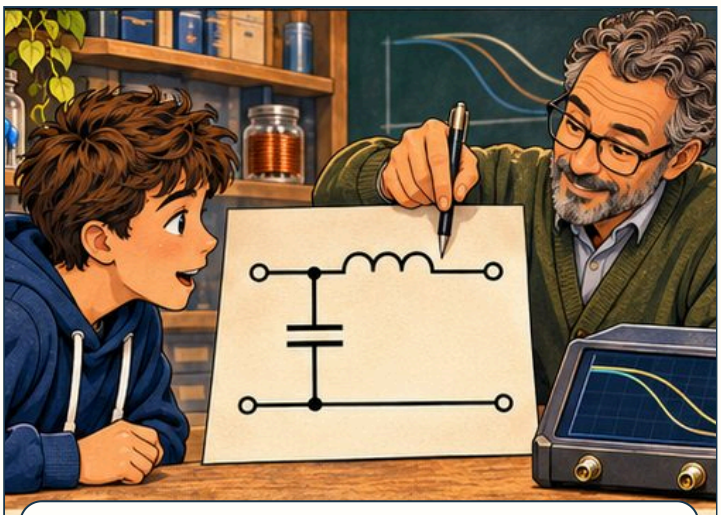


Abiejų tipų komponentai veiks kartu.

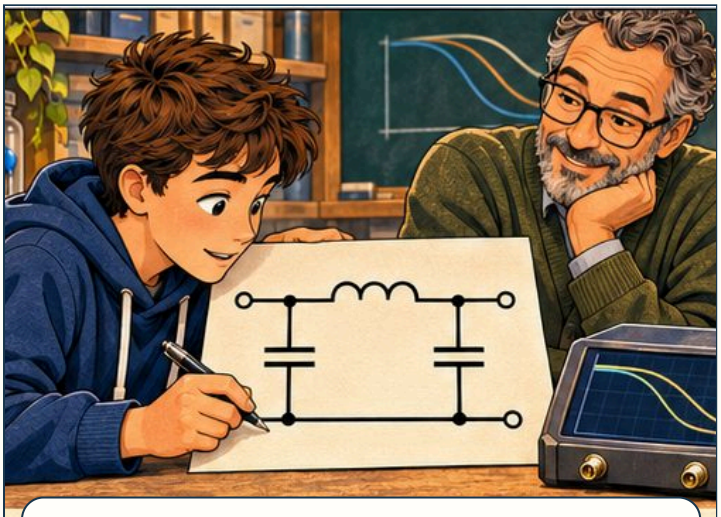
Schema įgauna π formą



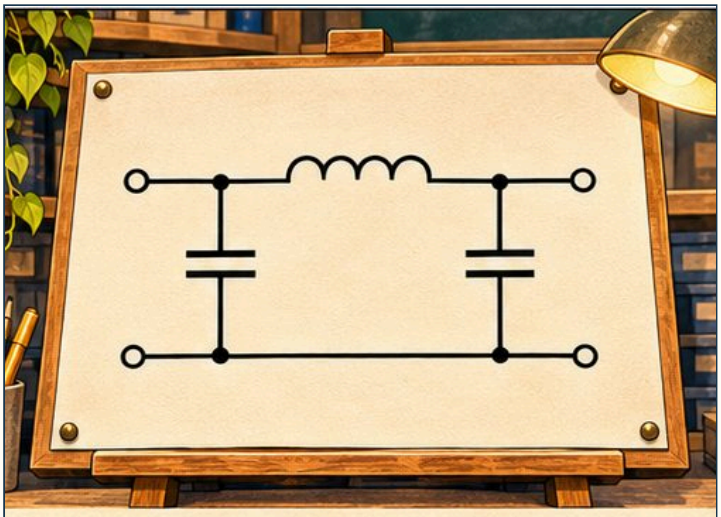
Įėjimas jungiamas prie pirmo kondensatoriaus į bendrąjį laidą.



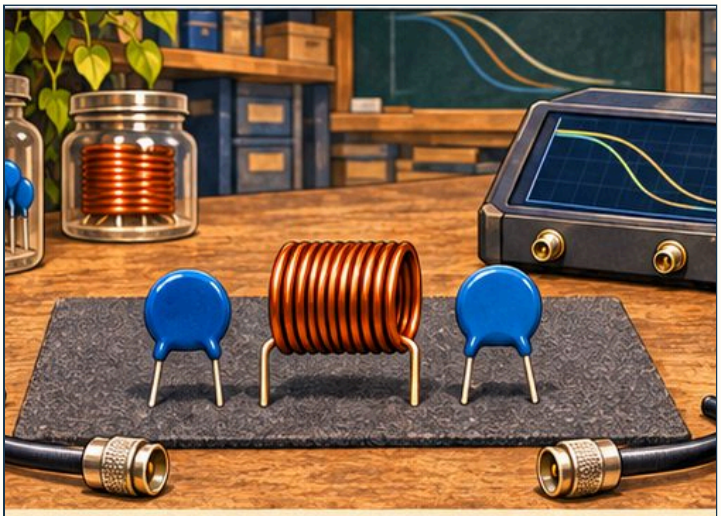
Tada ritė nuosekliai sujungia įėjimą su išėjimu.



Antras kondensatorius sujungia išėjimą su tuo pačiu bendruoju laidu.



Abipus ritės žemyn nusileidžia dvi šakos.



Šis išdėstymas primena graikišką raidę π.

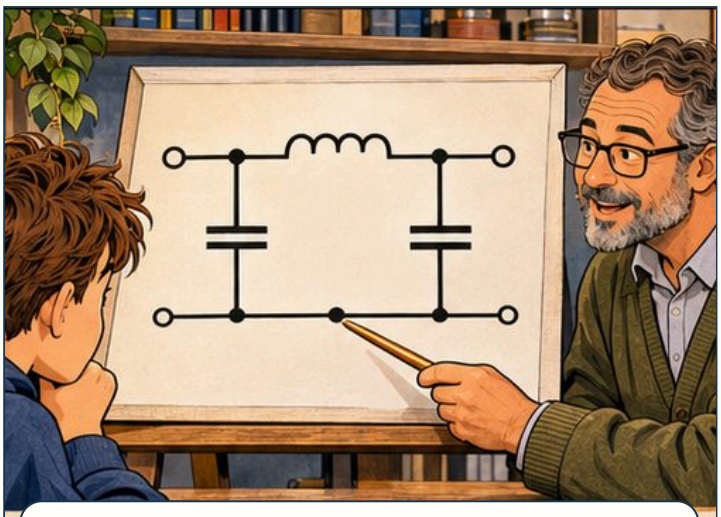


Jaunuolis pieštuku seka kiekvieną jungtį.

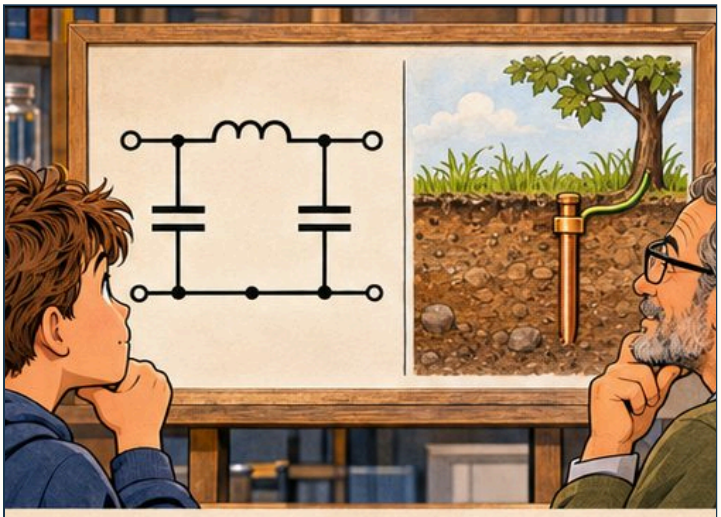
Bendrasis schemos laidas



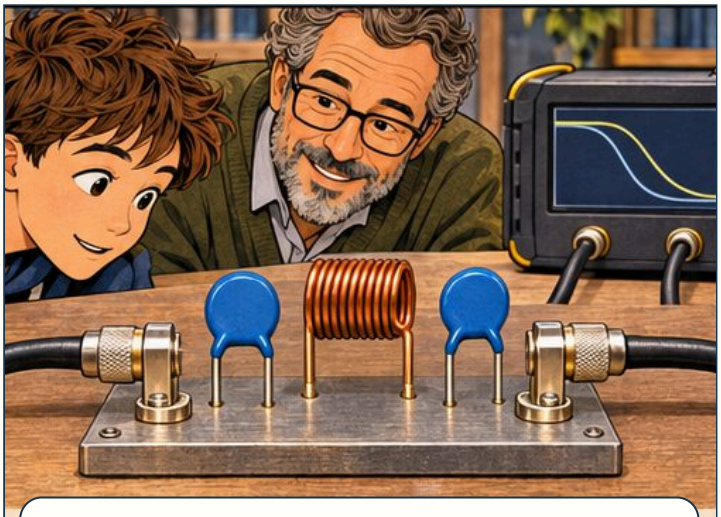
Abu kondensatoriai turi bendrą elektrinės atskaitos tašką.



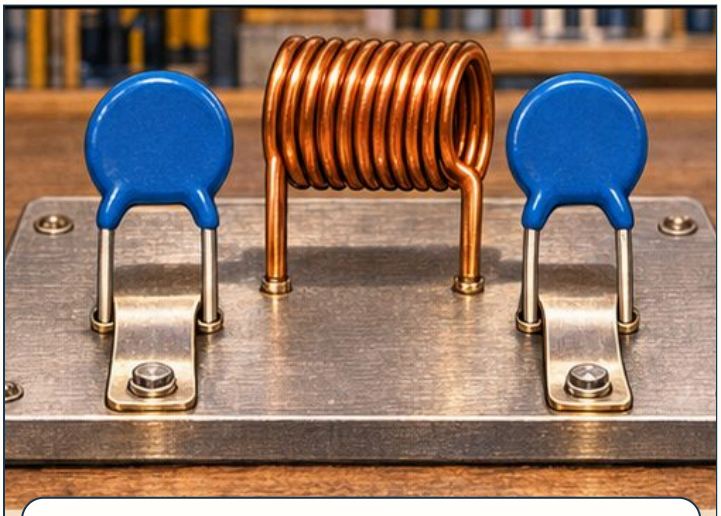
Bendrojo laido simbolis čia žymi šią grandinės atskaitą.



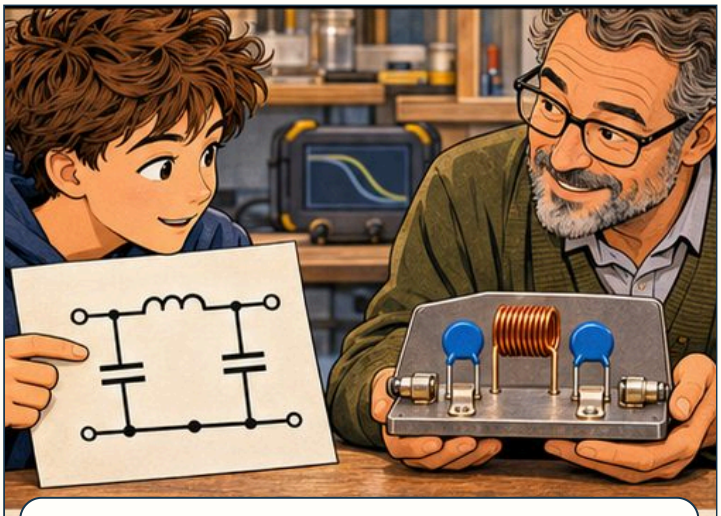
Jis savaime nereiškia prijungimo prie žemės.



Koaksialinių kabelių ekranai jungiami prie šio taško pagal schemą.



Trumpa jungtis mažina kai kuriuos parazitinius efektus.

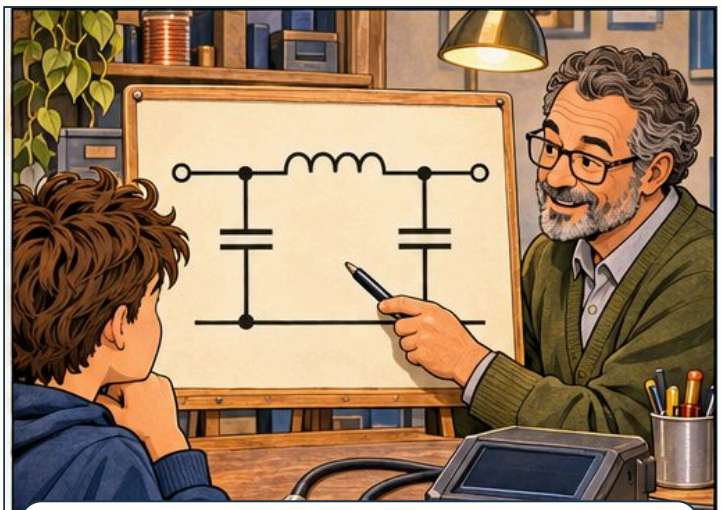


Jaunuolis atskiria simbolį nuo praktinio įgyvendinimo.

Trys elementai ir eilė



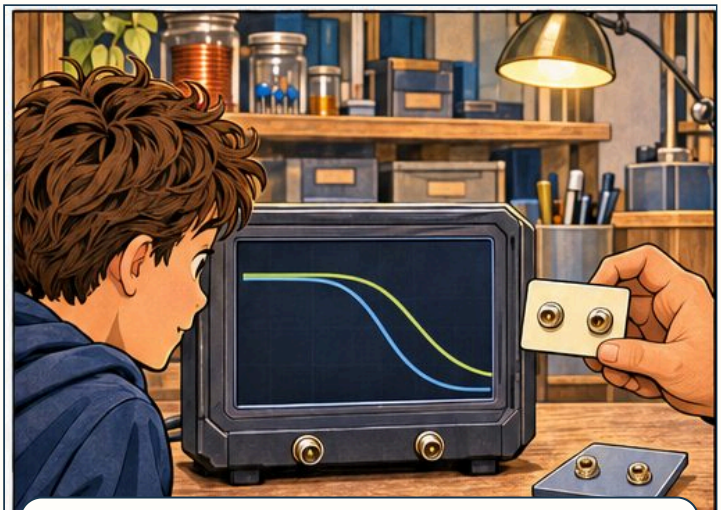
Šis idealus tinklas turi tris reaktyviuosius elementus: C, L ir C.



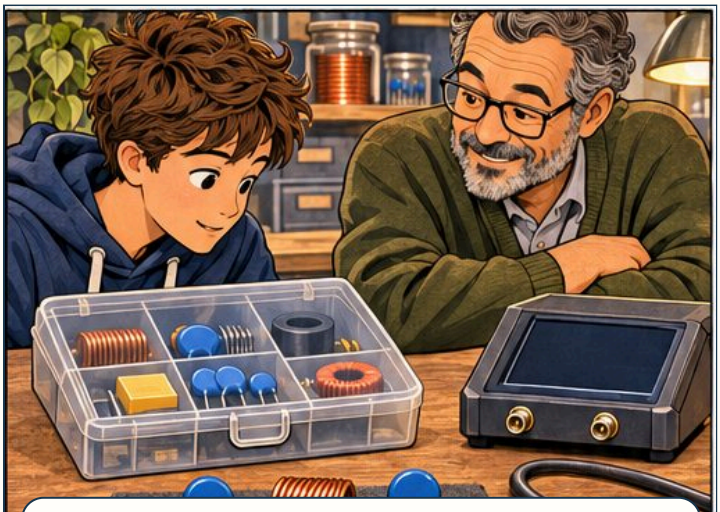
Čia jie sudaro trečiosios eilės žemųjų dažnių filtrą.



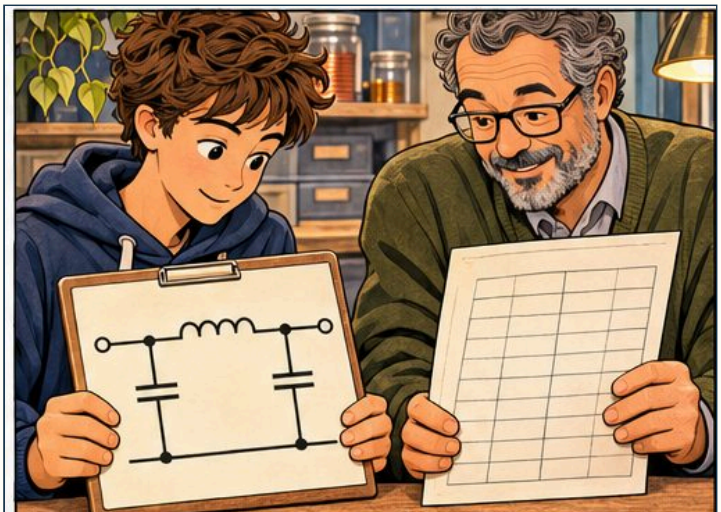
Eilė, be kita ko, nusako tolimosios modelio kreivės nuolydį.



Tačiau netinkamas impedansas pakeistų charakteristiką.



Atsitiktinai pridedant detalių, norimo filtro negaunama.

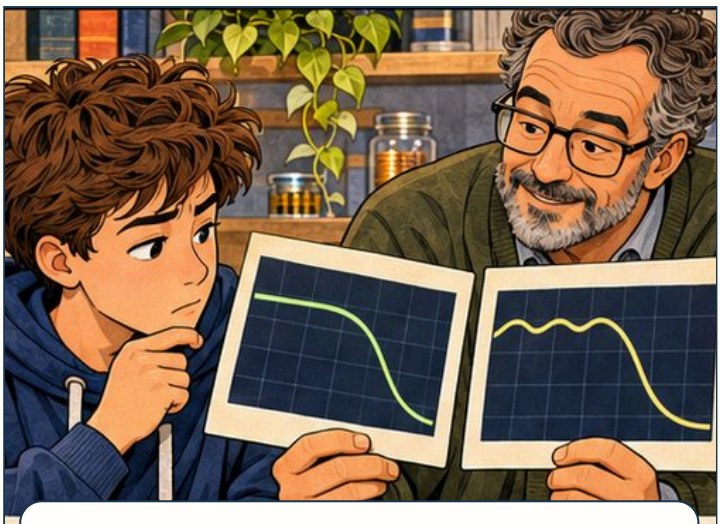


Skaičiavimas turi atitikti schemos sandarą.

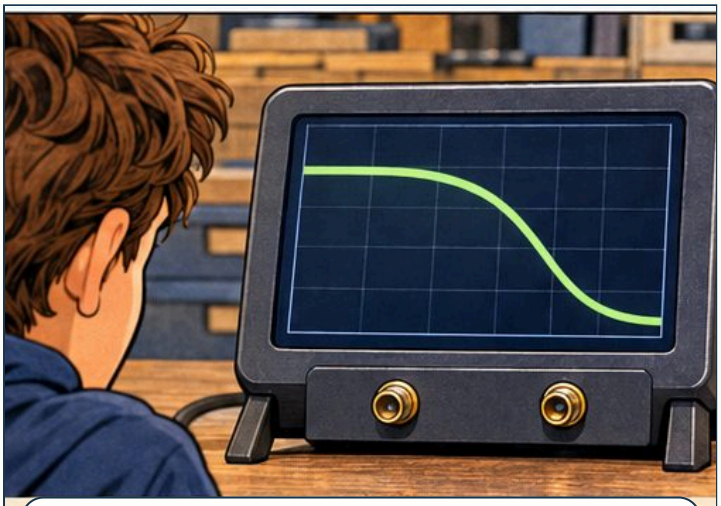
Kodėl Batervorto filtras?



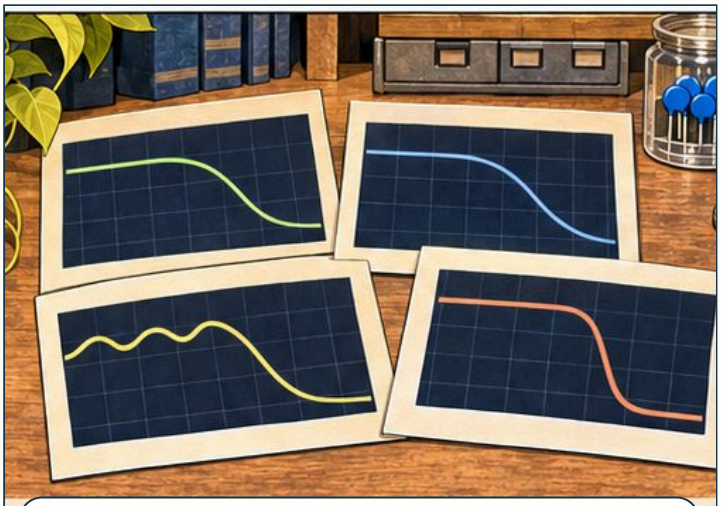
Batervorto charakteristika pralaidumo juostoje maksimaliai plokščia.



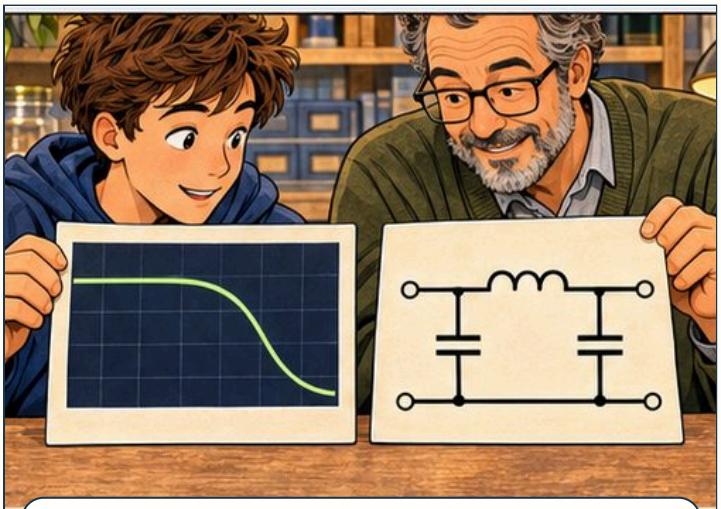
Idealiame modelyje šioje juostoje nėra pulsacijų.



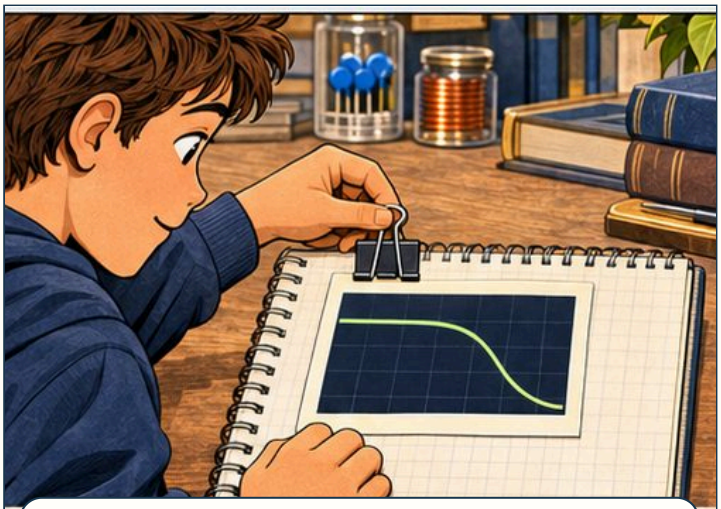
Perėjimas lieka laipsniškas, su būdingu išlinkiu.



Kitos charakteristikos numato kitokius kompromisus.



Pirmajam aiškiam projektui jie pasirenka šią šeimą.



Pavadinimas pasako daugiau nei vien žemųjų dažnių filtras.

Pradėti nuo prototipo



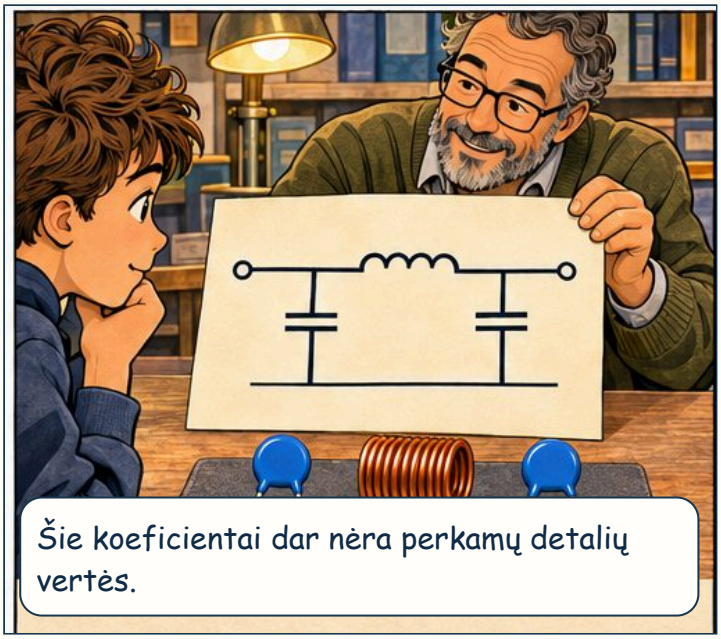
Normuotas prototipas pateikia projektavimo koeficientus.



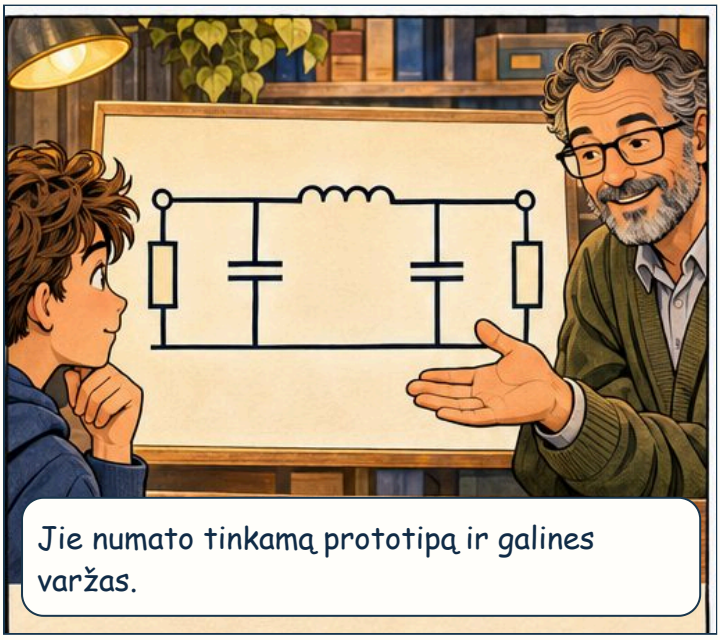
Šiam trečiosios eilės Batervorto filtrui jie yra 1, 2 ir 1.



Jie paeiliui atitinka kondensatorių, ritę ir kondensatorių.



Šie koeficientai dar nėra perkamų detalių vertės.



Jie numato tinkamą prototipą ir galines varžas.

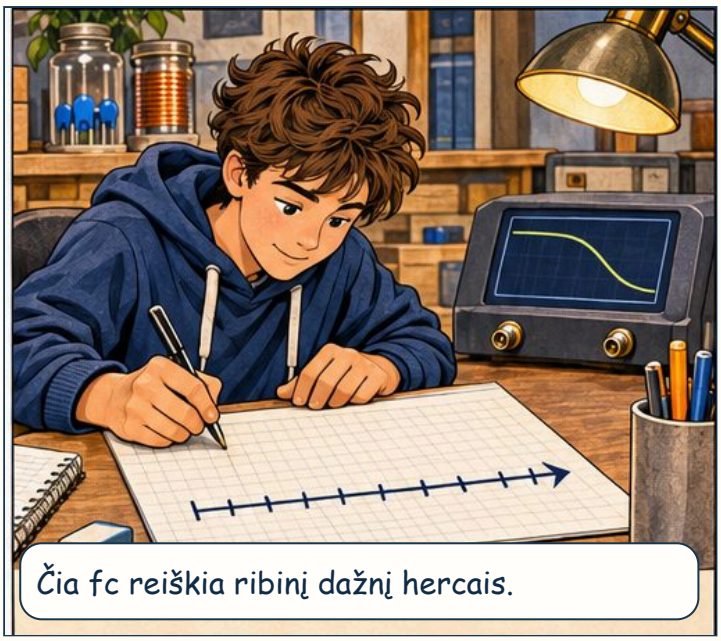


Dar reikia nustatyti dažnio ir impedanso mastelį.

Mastelio keitimas



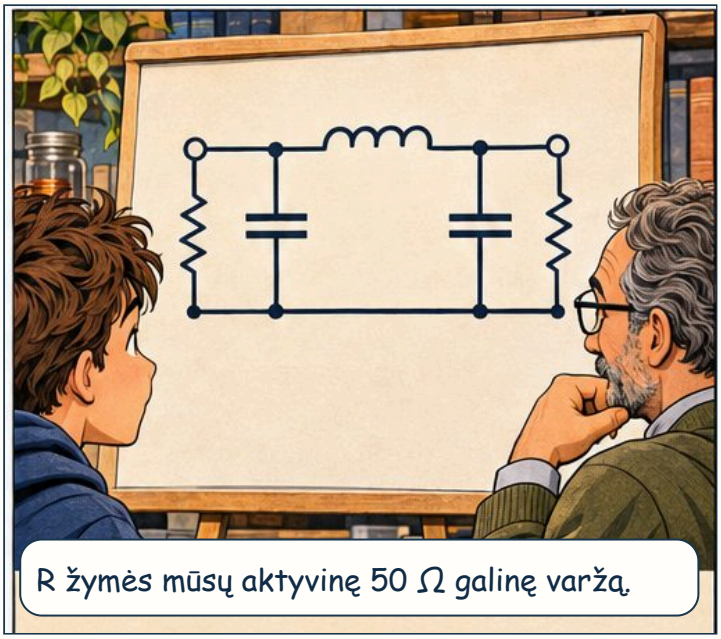
Ribinis kampinis dažnis yra ωc = 2πfc.



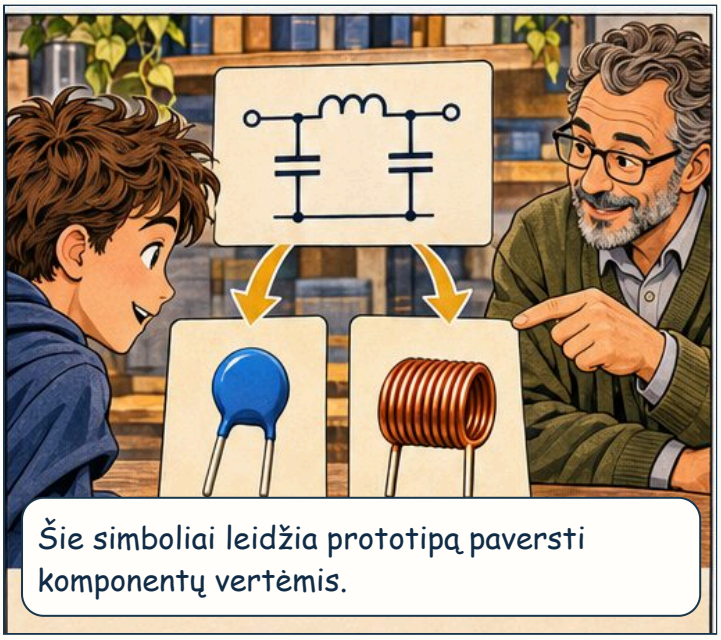
Čia fc reiškia ribinį dažnį hercais.



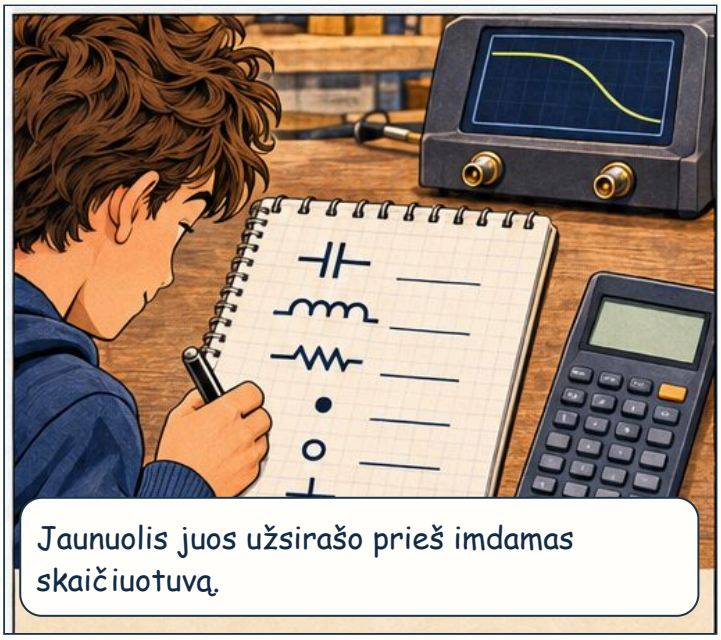
Kampinis dažnis ωc matuojamas radianais per sekundę.



R žymės mūsų aktyvinę 50 Ω galinę varžą.



Šie simboliai leidžia prototipą paversti komponentų vertėmis.

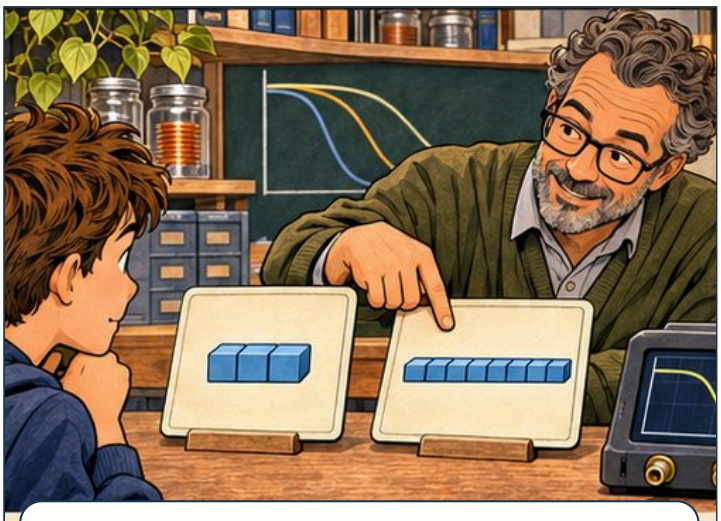


Jaunuolis juos užsirašo prieš imdamas skaičiuotuvą.

Vienetai prieš skaičius



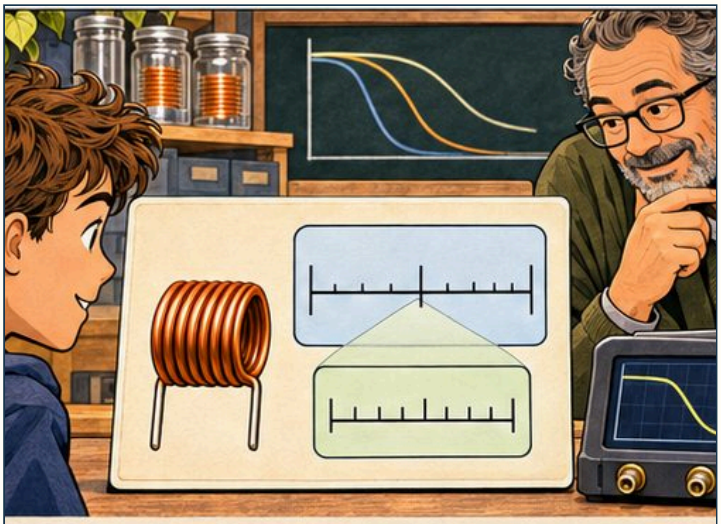
Vienas megahercas yra milijonas hercų.



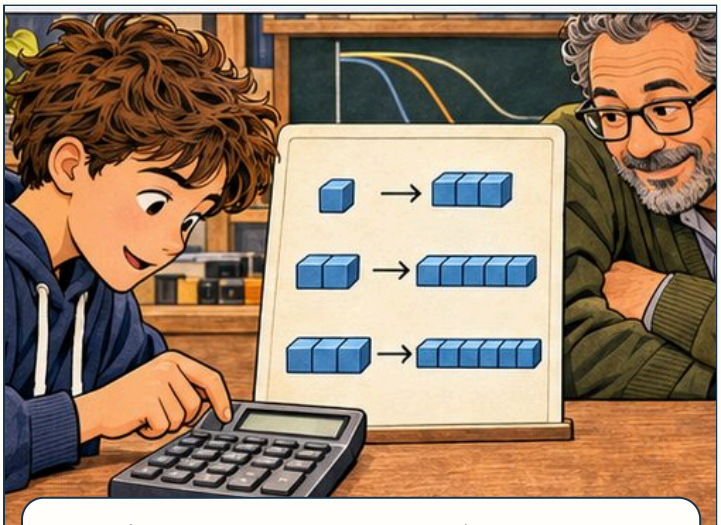
Taigi jų 10 MHz ribinis dažnis yra 10 000 000 Hz.



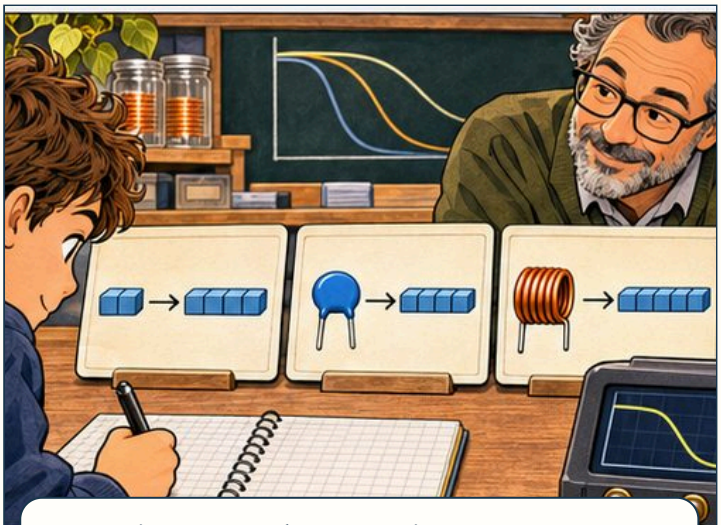
Vienas pikofaradas yra 10^{-12} F.



Vienas mikrohenris yra 10^{-6} H.

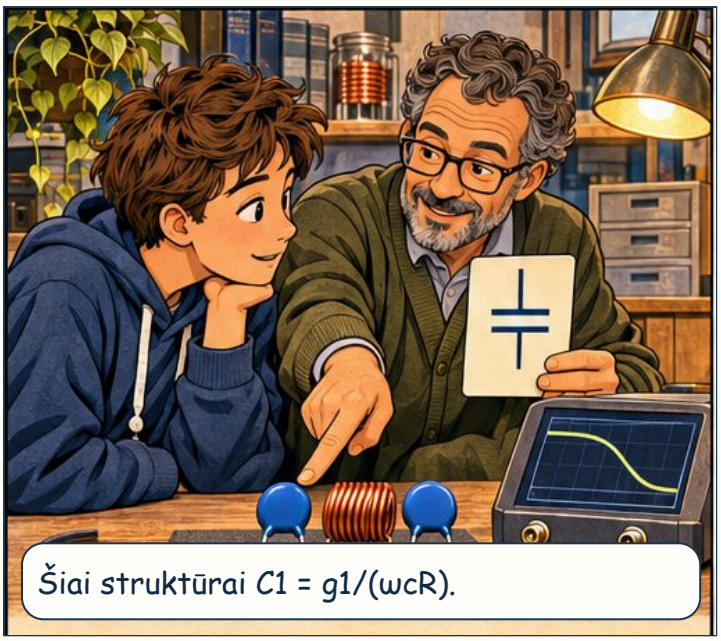


Formulėse pirmiausia bus naudojami pagrindiniai vienetai.

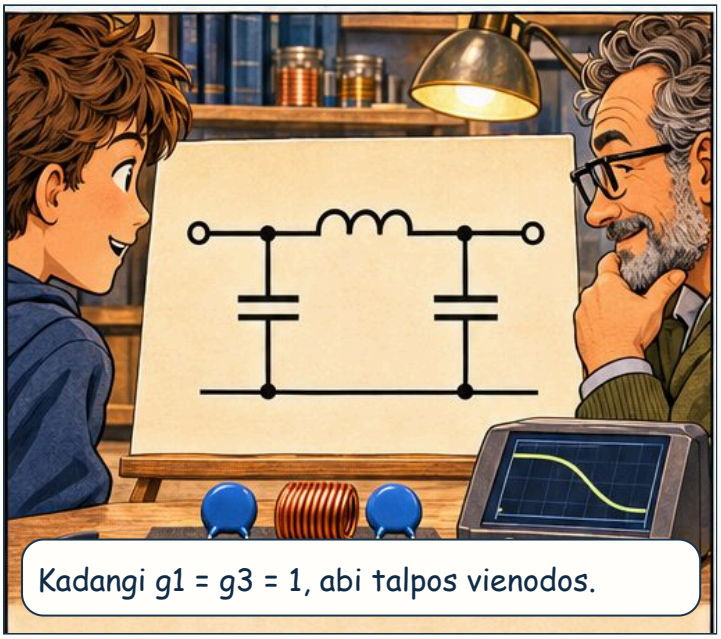


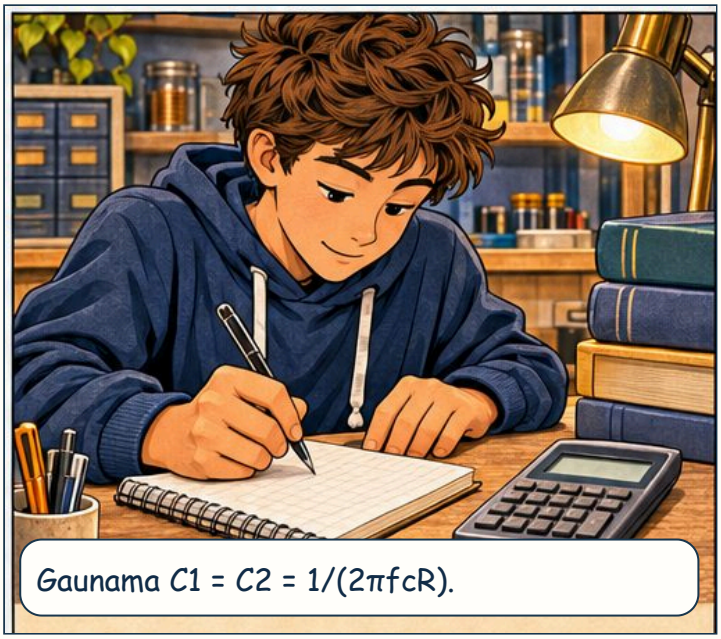
Jaunuolis perskaičiavimus laiko matomus greta skaičiavimų.

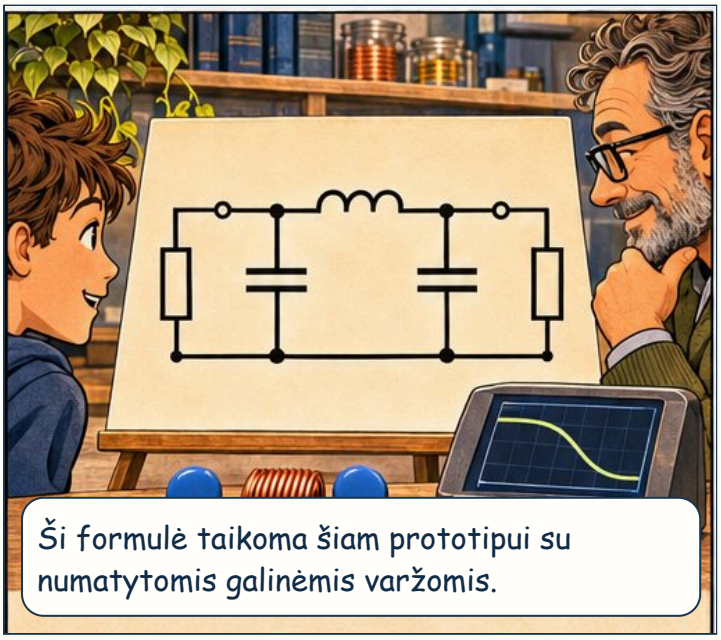
Kondensatorių formulė

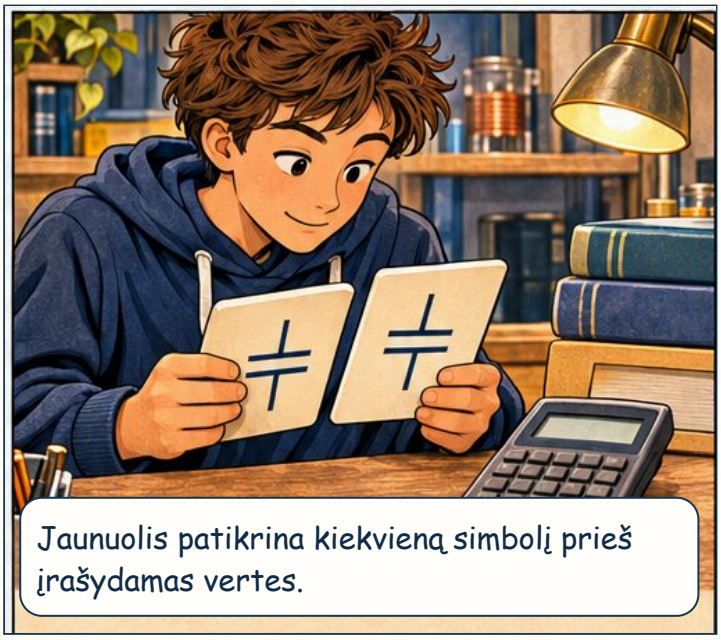












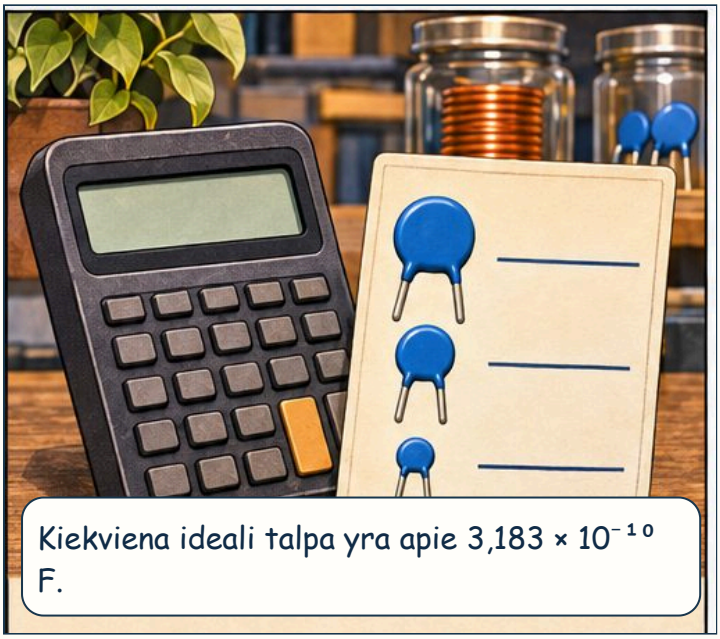
Talpų skaičiavimas



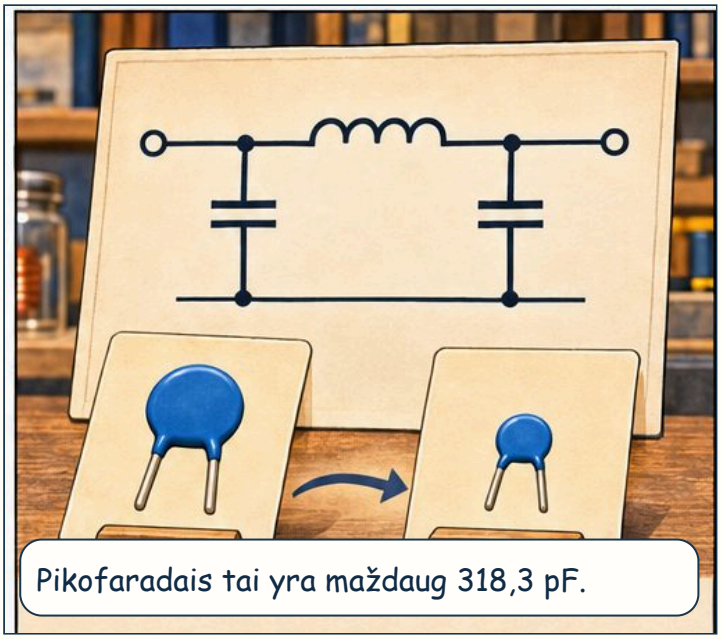
Jie įrašo fc = 10 000 000 Hz ir R = 50 Ω.



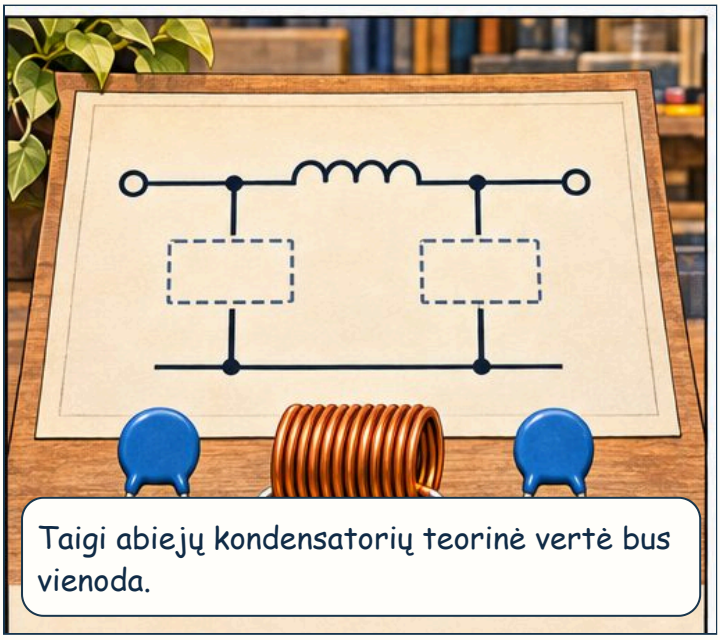
Vardiklis maždaug lygus 3,142 × 10^{9}.



Kiekviena ideali talpa yra apie 3,183 × 10^{-10} F.



Pikofaradais tai yra maždaug 318,3 pF.

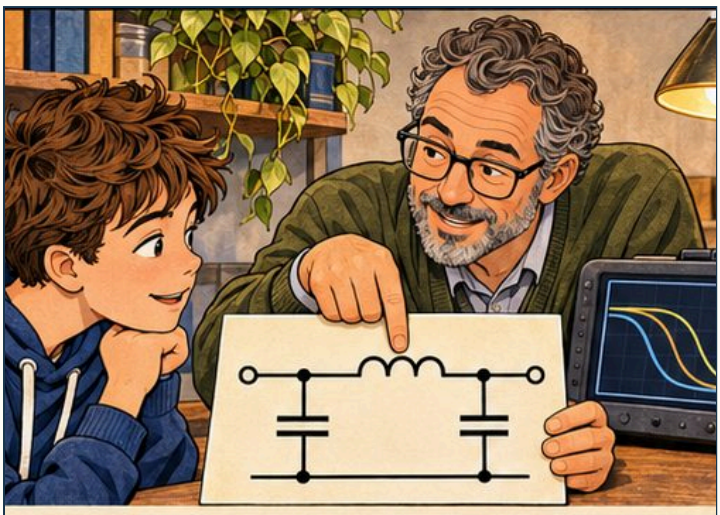


Taigi abiejų kondensatorių teorinė vertė bus vienoda.



Lucas rezultatą užrašo kartu su vienetu.

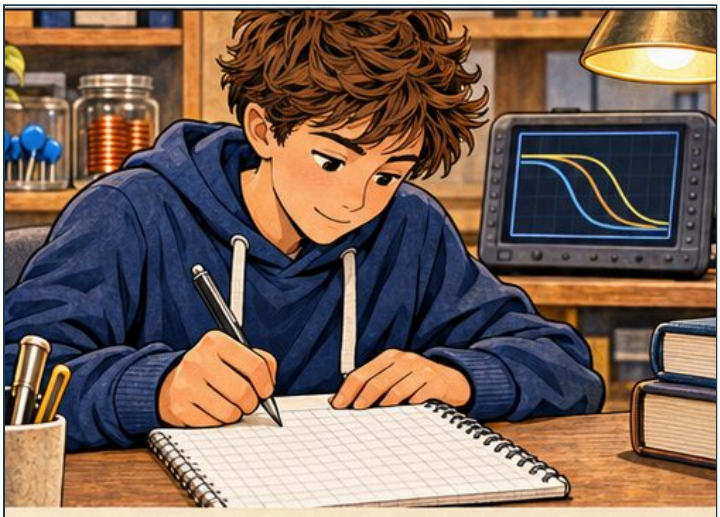
Ritės formulė



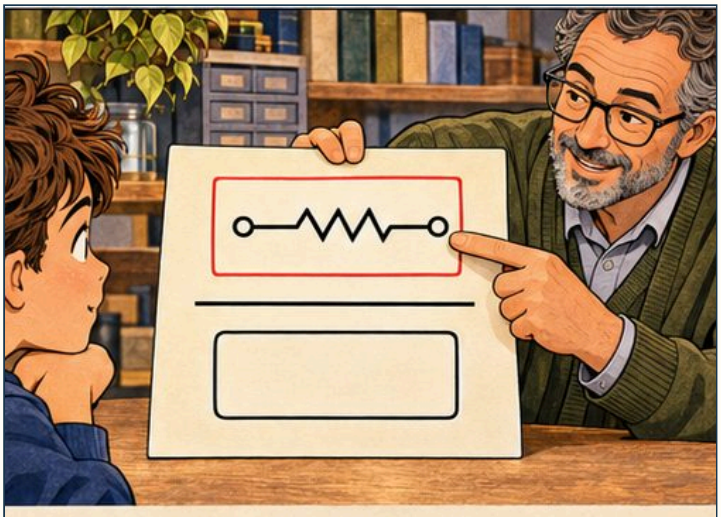
Nuosekliajai ritei L = g2R/ωc.



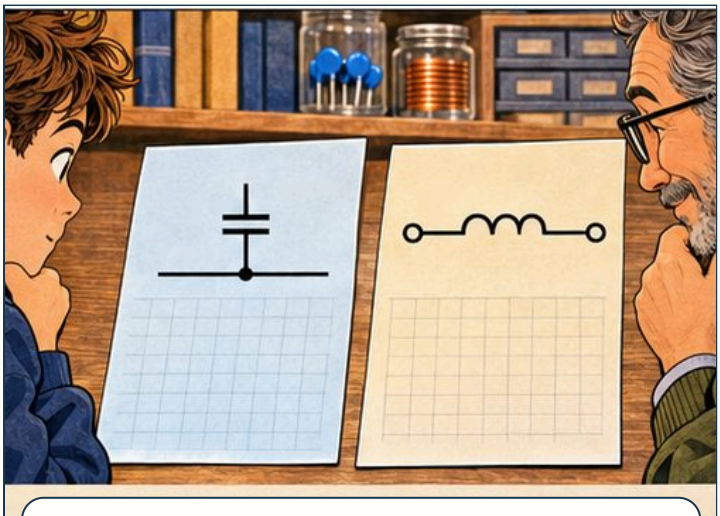
Vidurinis koeficientas čia g2 = 2.



Todėl gaunama L = 2R/(2πfc).



Šįkart galinė varža yra skaitiklyje.

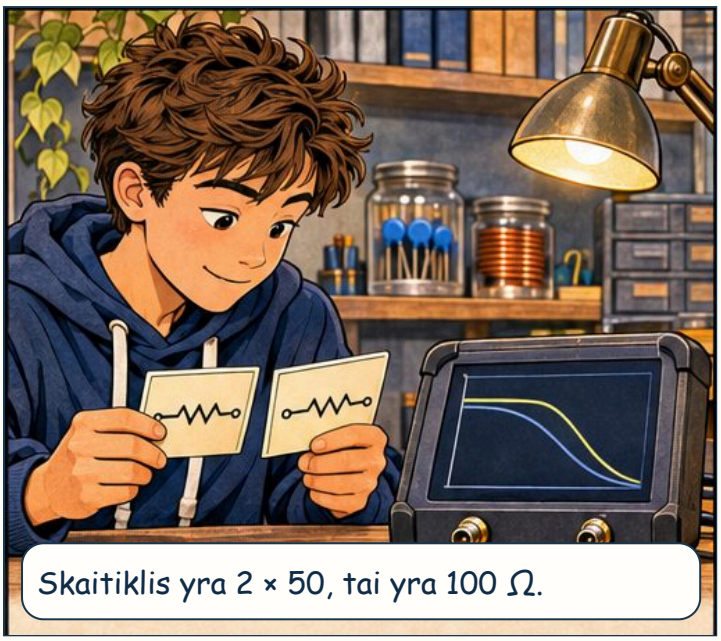


Jaunuolis palygina šią formulę su kondensatorių formule.

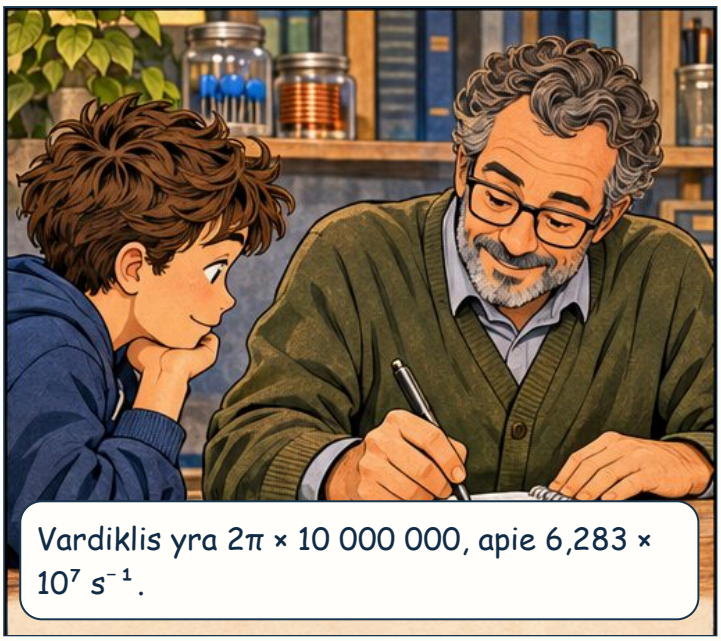


Vizualus panašumas neatleidžia nuo pakartotinio skaitymo.

Induktyvumo skaičiavimas



Skaitiklis yra 2 × 50, tai yra 100 Ω.



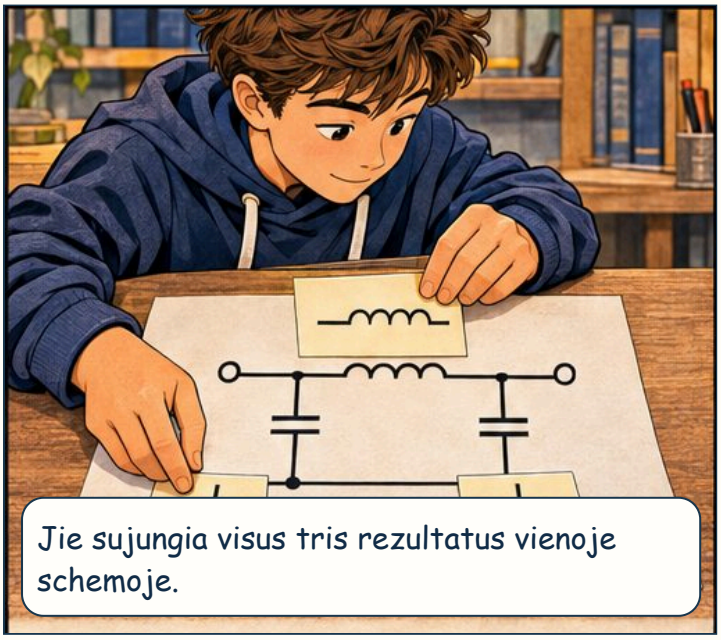
Vardiklis yra 2π × 10 000 000, apie 6,283 × 10^{7} s^{-1}.



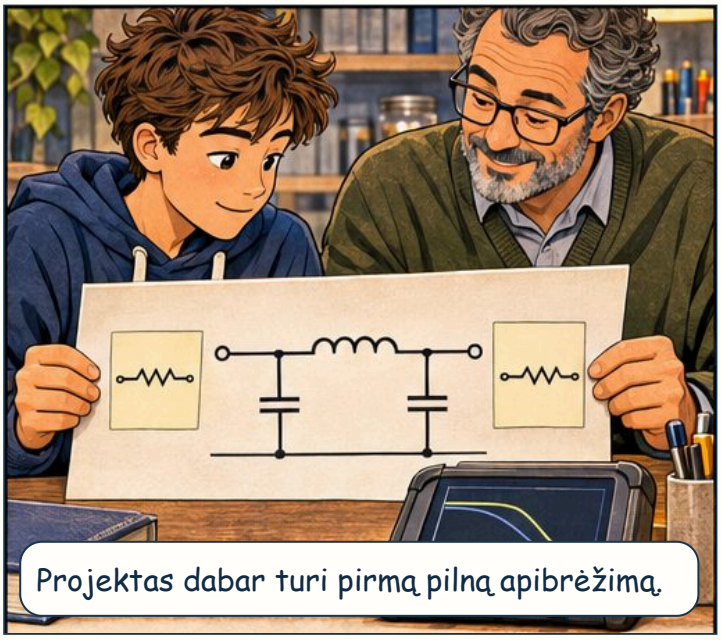
Skaičiavimas duoda apie 1,592 × 10^{-6} H.



Taigi idealios ritės induktyvumas bus maždaug 1,59 μH.



Jie sujungia visus tris rezultatus vienoje schemoje.



Projektas dabar turi pirmą pilną apibrėžimą.

Milijono klaida



Jaunuolis bando dar kartą greitai įvesti skaičiavimą.



Jis įveda 10 vietoje 10 000 000.



Rezultatas tampa milijoną kartų per didelis.



Palyginimas su laukiamomis detalėmis iškart atskleidžia klaidą.



Jis pataiso įvestį ir atskirai pakartoja skaičiavimą.

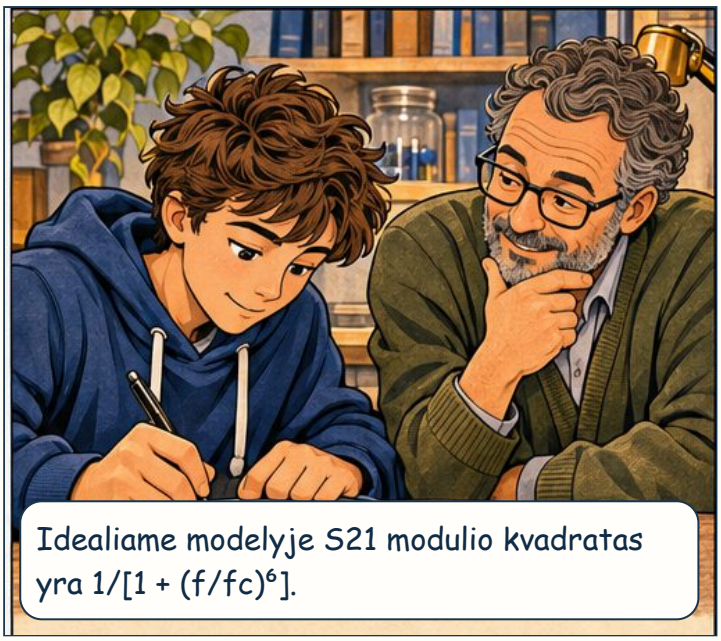


Dydžio eilės patikra tampa naudingu įpročiu.

Numatyti visą kreivę



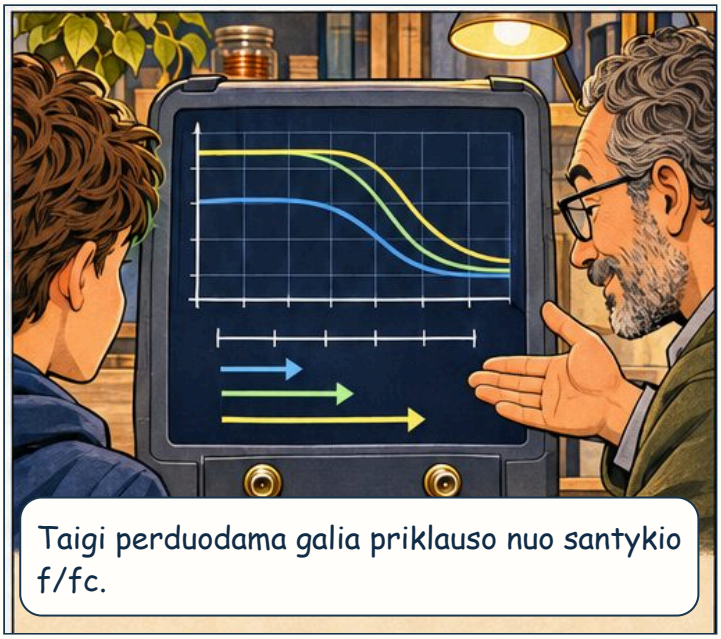
Trys vertės dar neaprašo visos charakteristikos.



Idealiame modelyje S21 modulio kvadratas yra $1/[1 + (f/fc)^6]$.



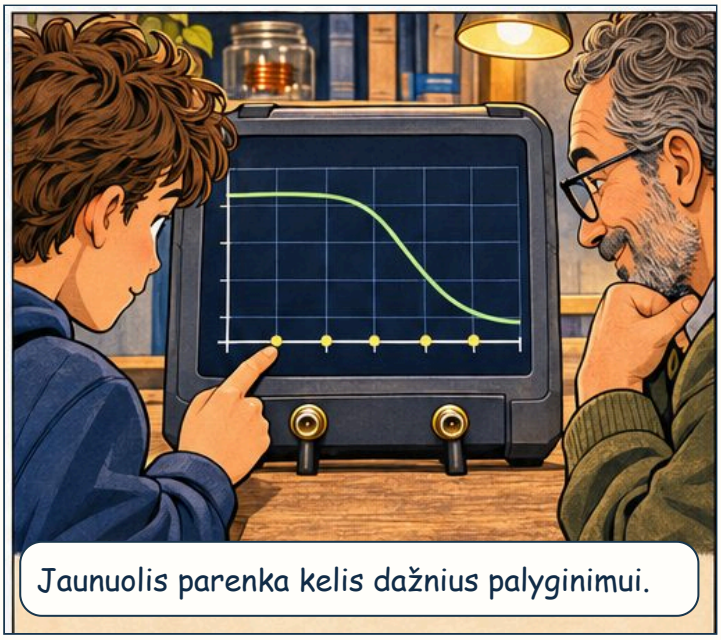
S21 čia apibūdina perdavimą tarp 50 Ω atskaitos prievadų.



Taigi perduodama galia priklauso nuo santykio f/fc.



Teorinė kreivė yra atskaita prieš matavimą.



Jaunuolis parenka kelis dažnius palyginimui.

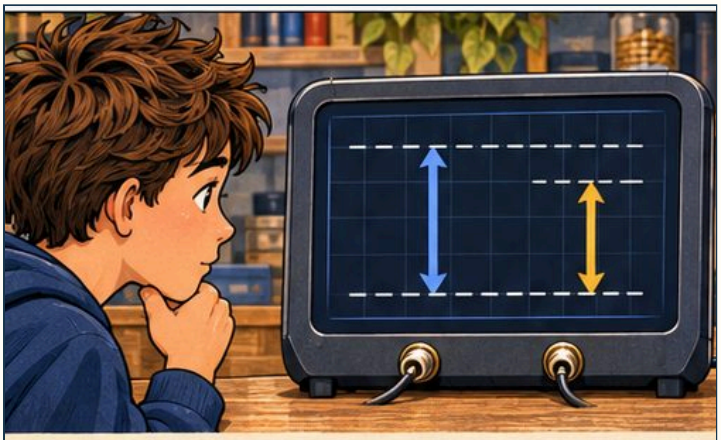
Ką reiškia minus trys decibelai?



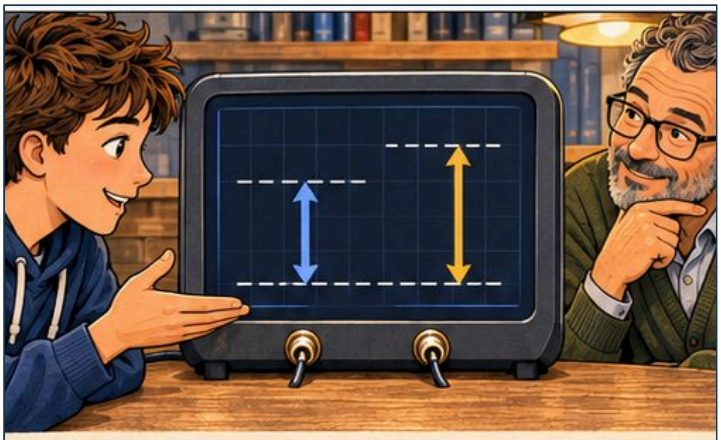
Kai f = fc, idealus perduodamos galios santykis yra 1/2.



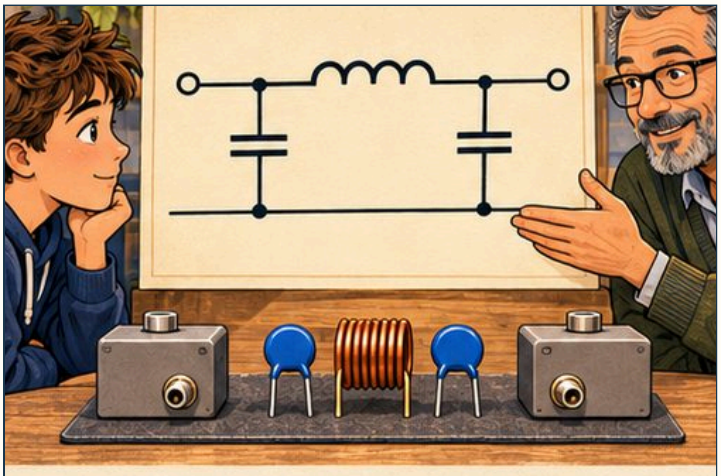
Decibelais 10 log10(1/2) duoda maždaug −3,01 dB.



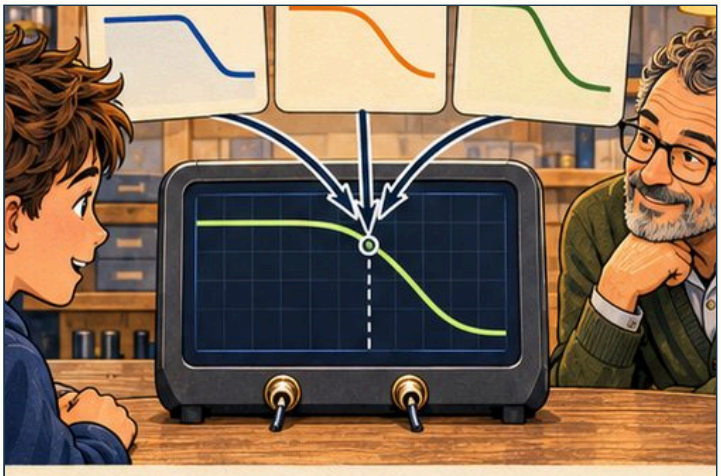
Tuomet S21 modulis yra apie 0,707.



Taigi ši amplitudė nėra pusė.



Skaičiavimas naudoja tinkamas 50 Ω atskaitas.

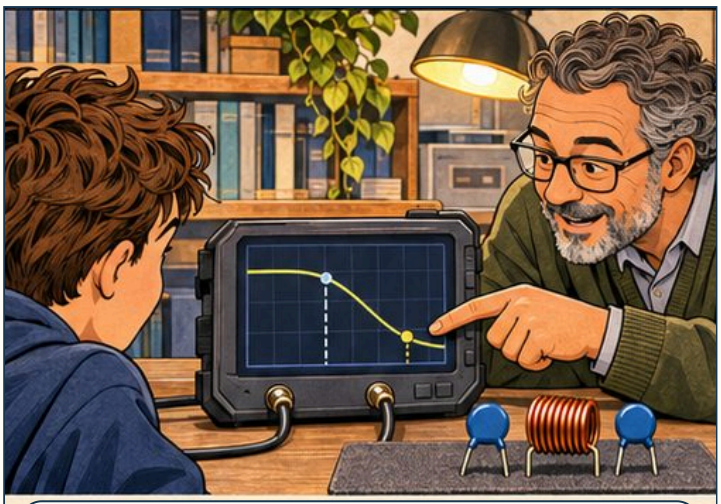


Jaunuolis susieja tris to paties kreivės taško užrašus.

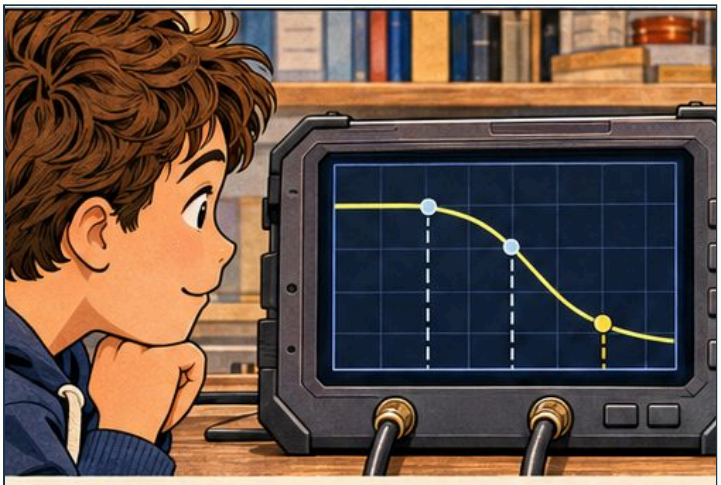
Virš ribinio dažnio



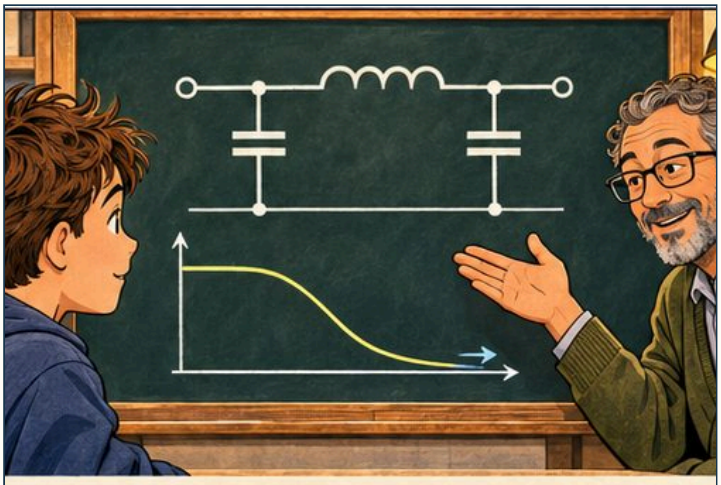
Ties 20 MHz santykis f/fc yra 2.



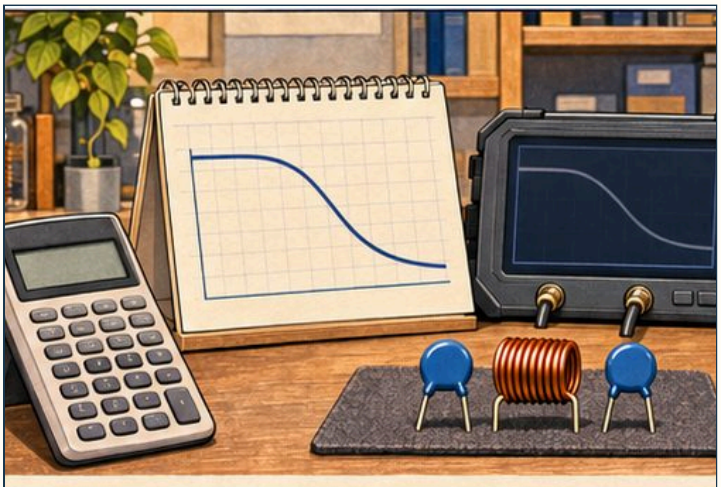
Idealus perdavimas tampa maždaug –18,13 dB.



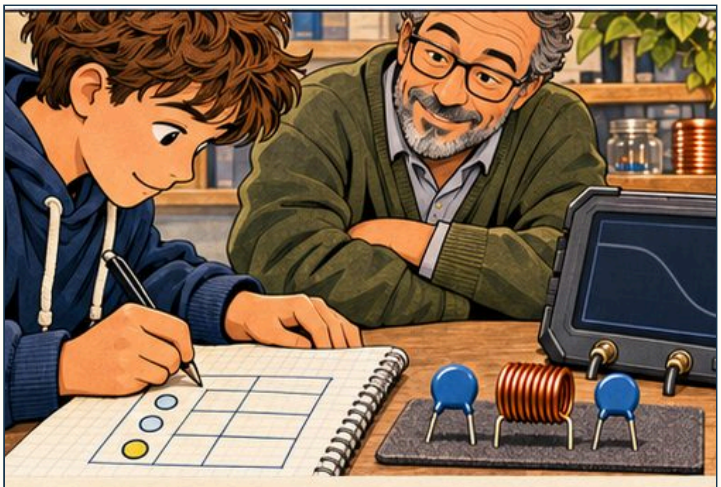
Ties 30 MHz f/fc yra 3: maždaug –28,63 dB.



Slopinimas didėja, tačiau lieka baigtinis.

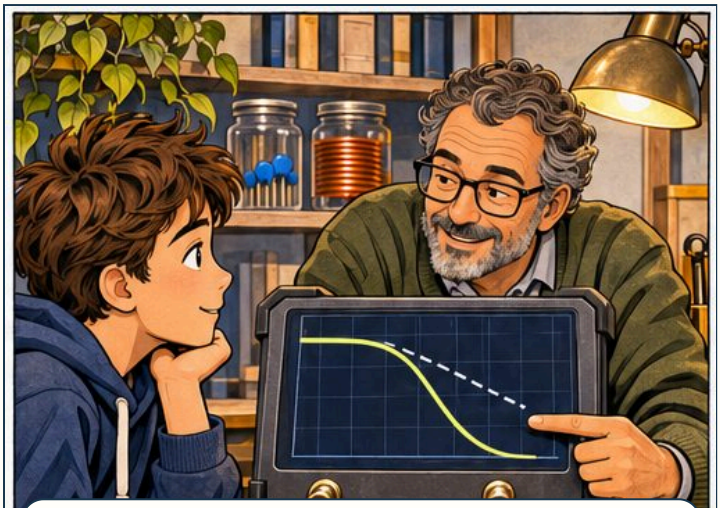


Šie skaičiai apskaičiuoti, o ne išmatuoti jų grandinėje.

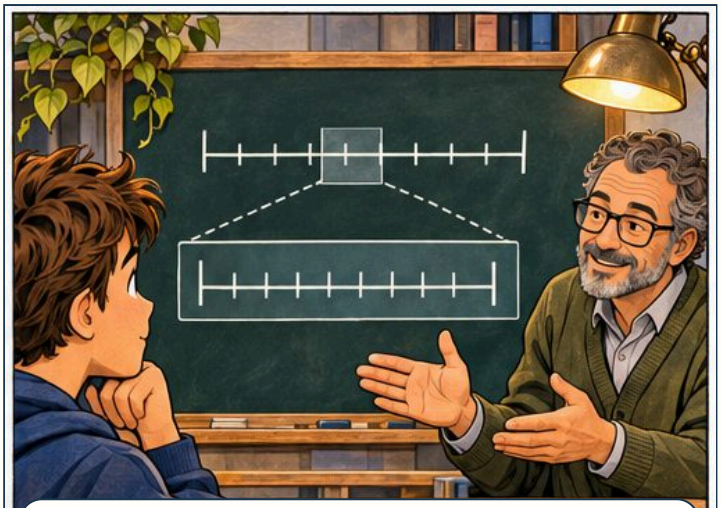


Jaunuolis juos įrašo į prognozių stulpelį.

Nuolydis nėra pažadas



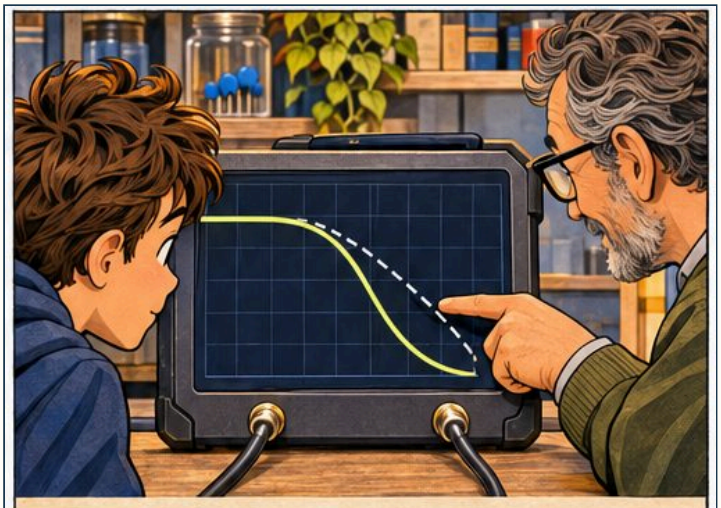
Toli nuo ribos idealus slopinimas artėja prie 60 dB per dekadą.



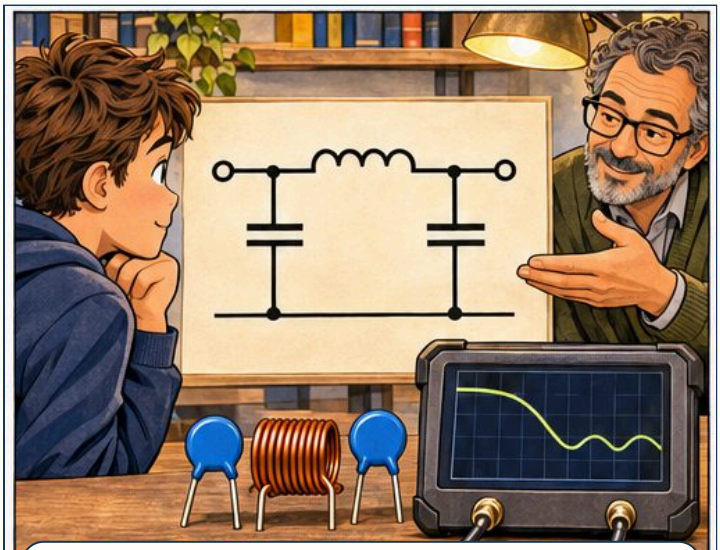
Dekada reiškia dešimteriopai padidėjusį dažnį.



Šis asimptotinis nuolydis priklauso trečiosios eilės modeliui.



Netoli ribos kreivė nėra tiesė.

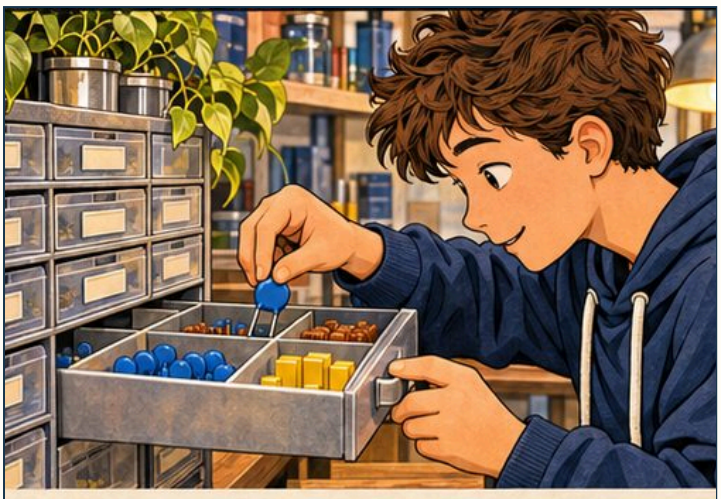


Tikri komponentai taip pat ribos šį kitimą.

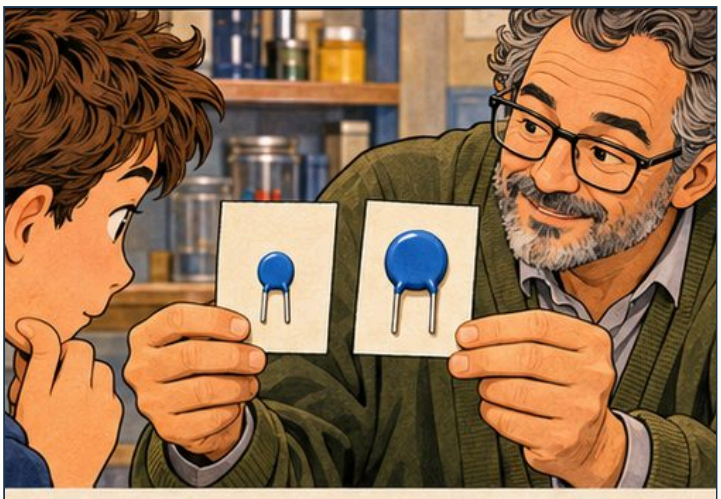


Jaunuolis netaiko taisyklės už jos galiojimo sąlygų.

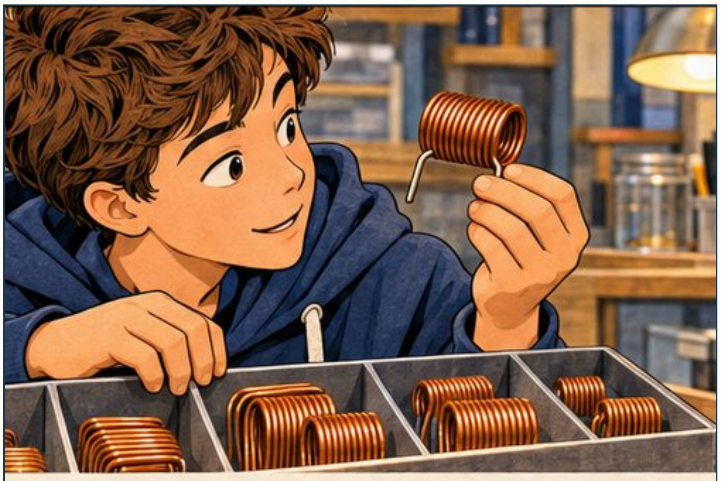
Randamos vertės



Stalčiuje nebūtinai yra 318,3 pF kondensatorių.



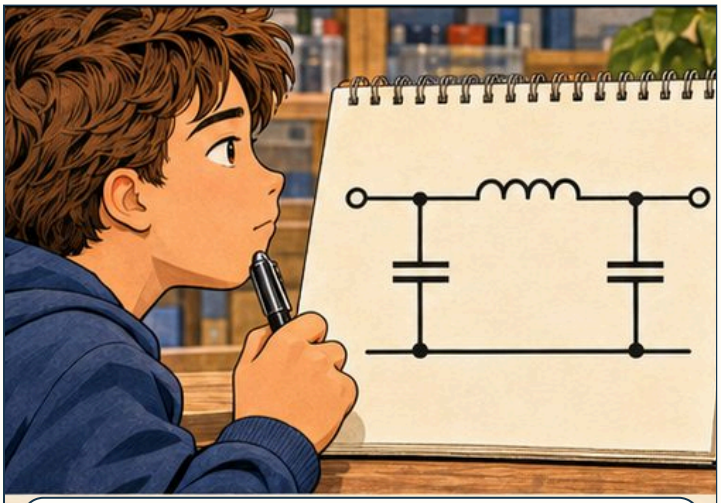
Įprasta 330 pF vertė nėra tokia pati.



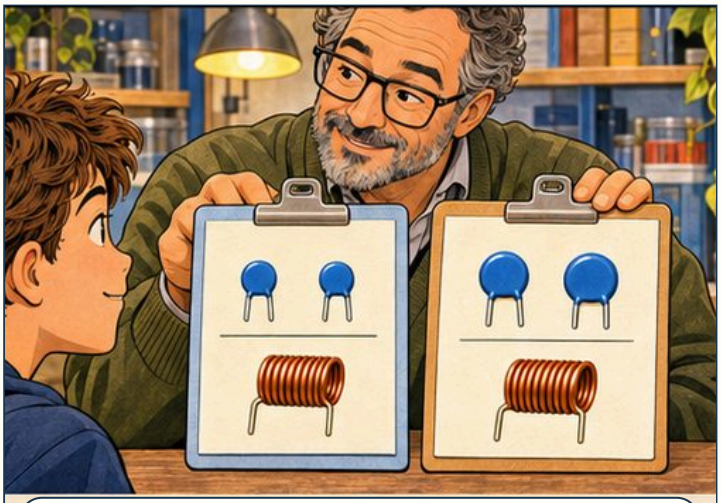
1,6 µH ritė artima apskaičiuotai vertei.



Pasirinkus šias vertes, charakteristiką reikia perskaičiuoti arba modeliuoti.

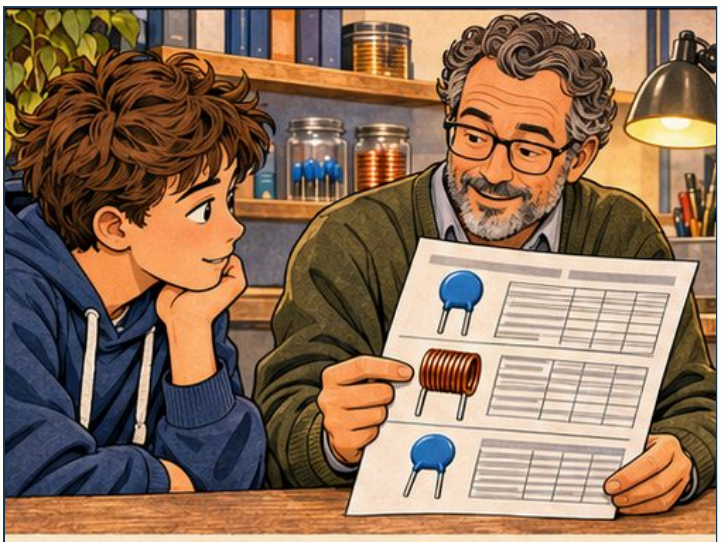


Tokios grandinės negalima automatiškai vadinti tiksliai 10 MHz filtru.



Jaunuolis atskirai saugo idealias ir pasirinktas vertes.

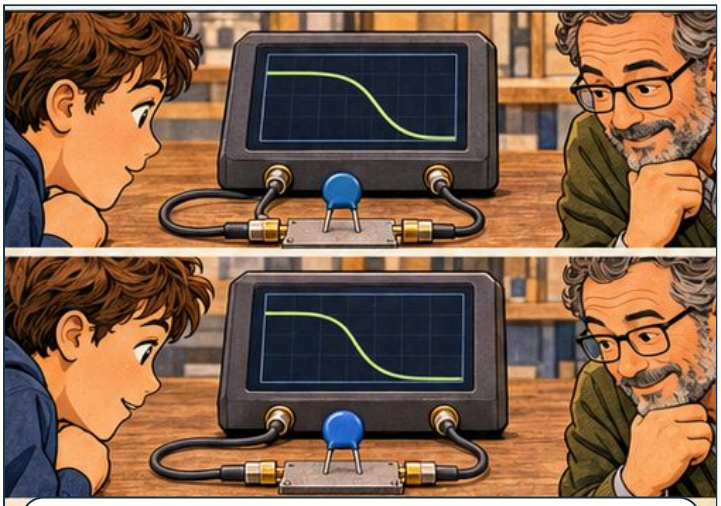
Kiekvienos detalės tolerancija



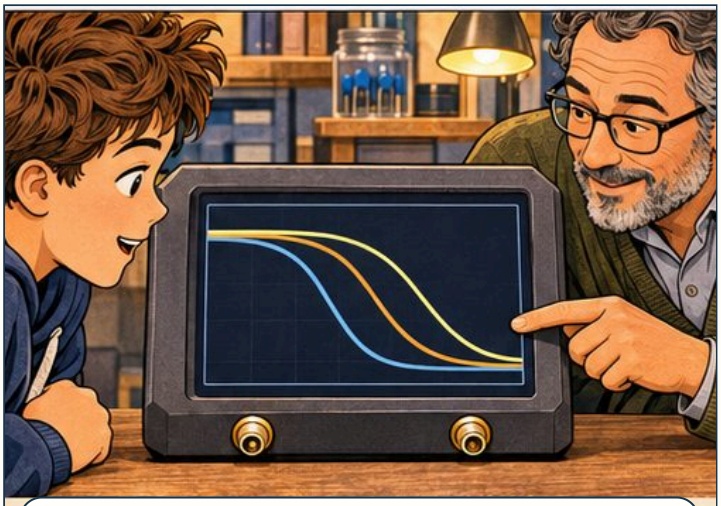
Vardinė vertė nėra garantuotai tiksli vertė.



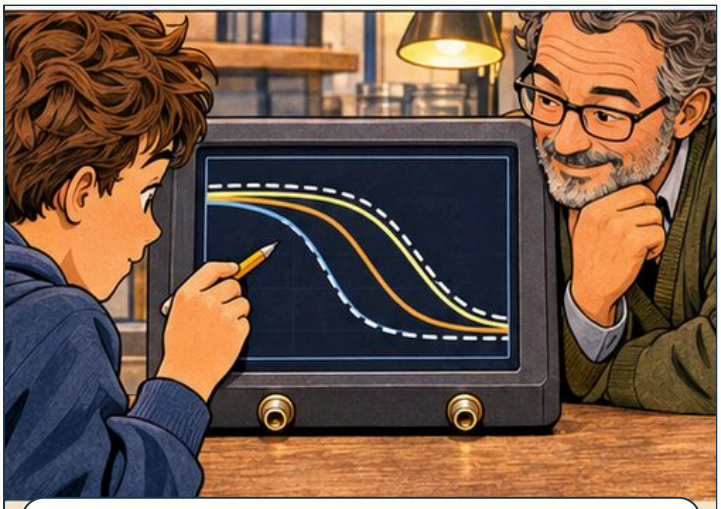
Svarbios ir kondensatorių, ir ritės tolerancijos.



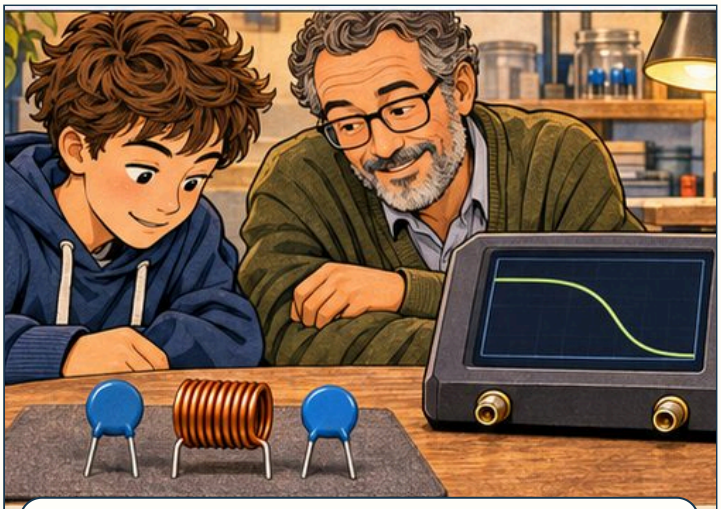
Dvi vienodai pažymėtos detalės gali šiek tiek skirtis.



Modeliavimas leidžia ištirti kelis verčių derinius.



Jis padeda numatyti galimų charakteristikų diapazoną.



Matavimas vėliau tirs iš tiesų naudojamas detales.

Paslėpti komponentai



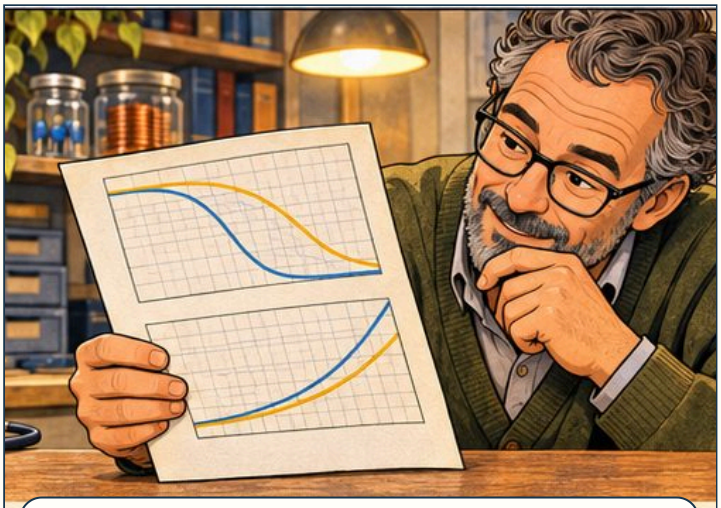
Tikra ritė turi ir varžą bei parazitinę talpą.



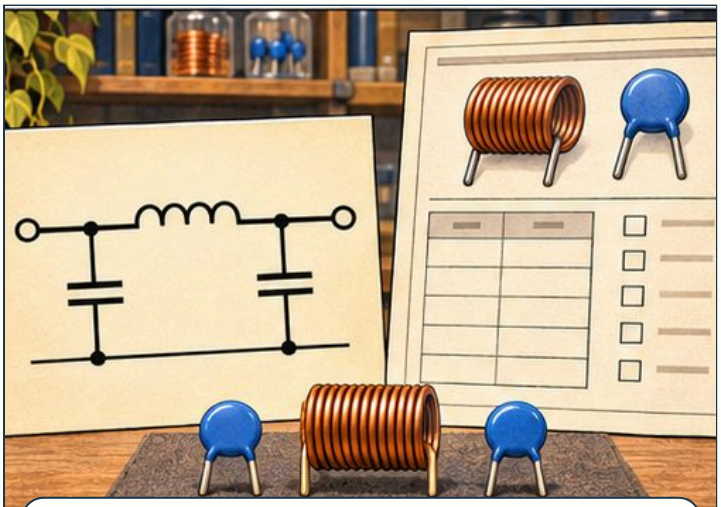
Kondensatorius, be kita ko, turi nuostolių ir parazitinį induktyvumą.



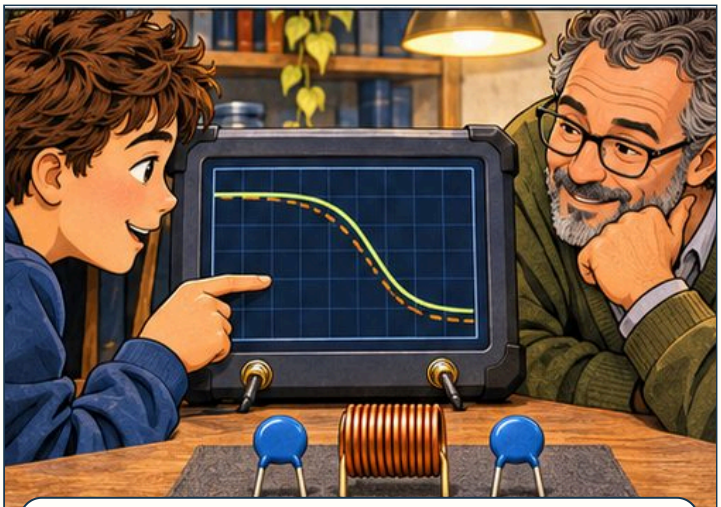
Jų elgesys keičiasi artėjant prie tam tikrų rezonansų.



Techniniuose aprašuose pateikiamos tikrintinos ribos.



Tad vien vertės pikofaradais ar mikrohenriais nepakanka.

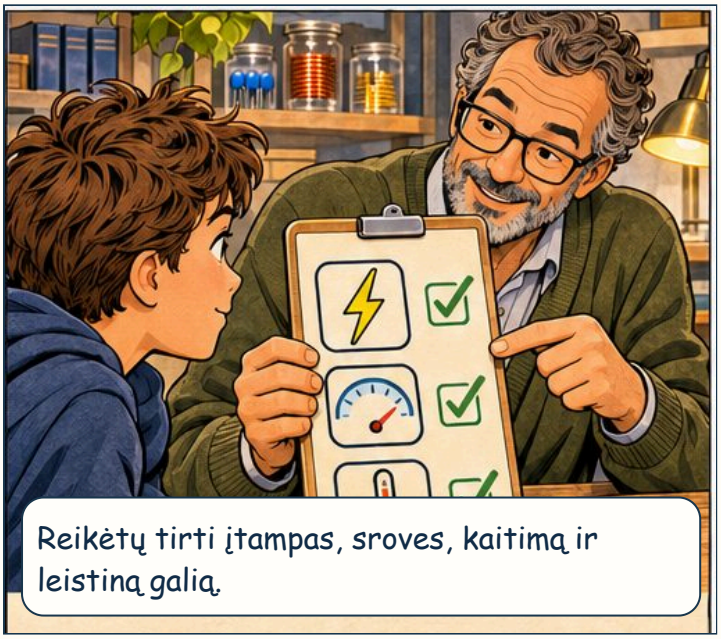


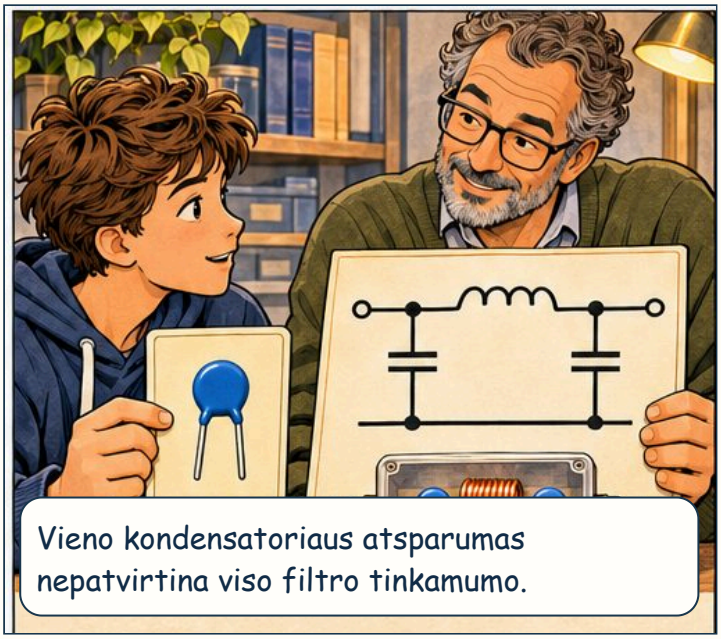
Jaunuolis mokosi skaityti daugiau nei pirmą eilutę.

Stendas nepatvirtina siųstuvo tinkamumo





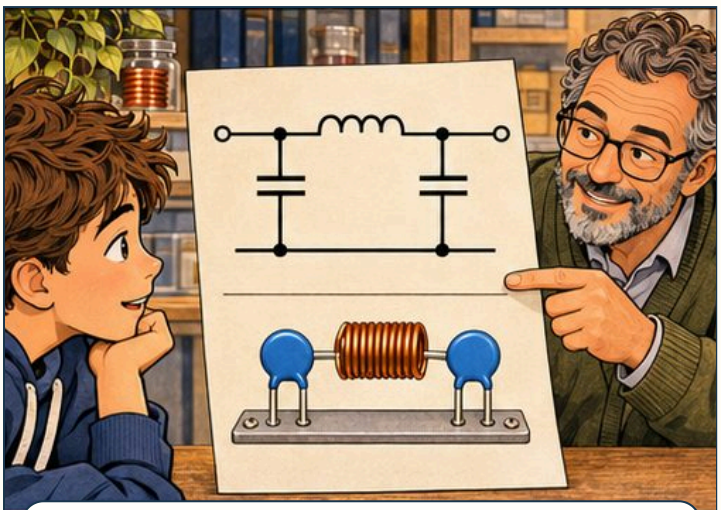




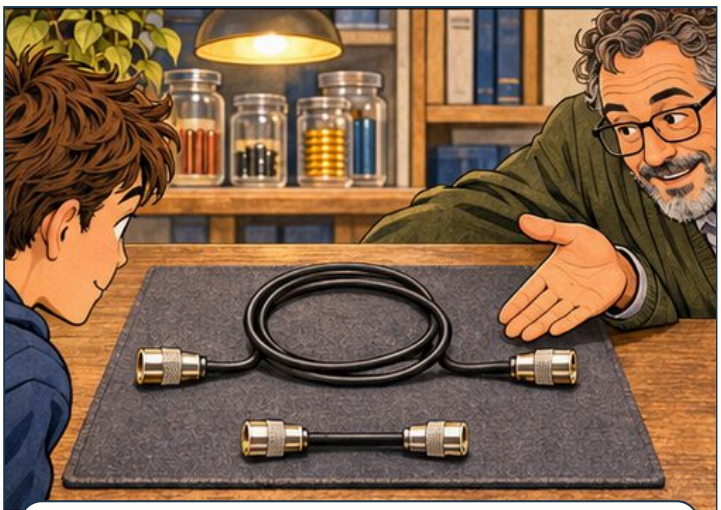




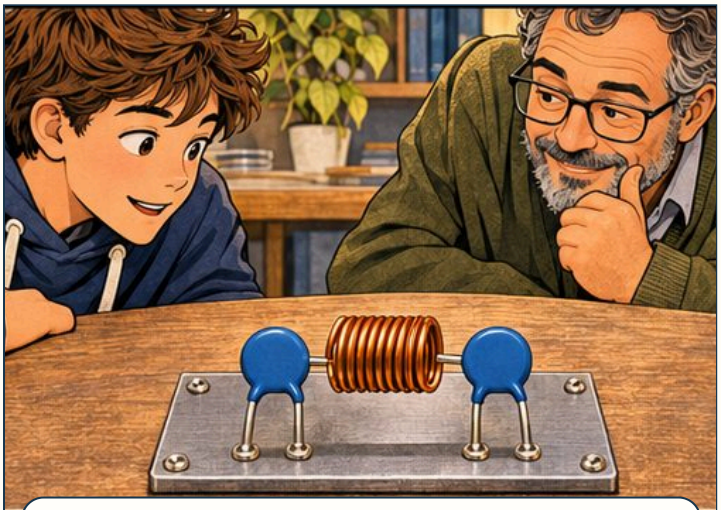
Suprojektuoti išdėstymą



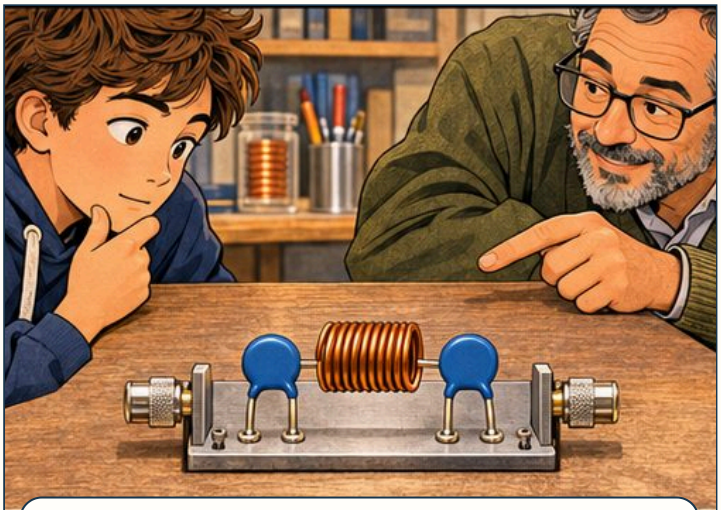
Schema nurodo jungtis, tačiau ne visą jų geometriją.



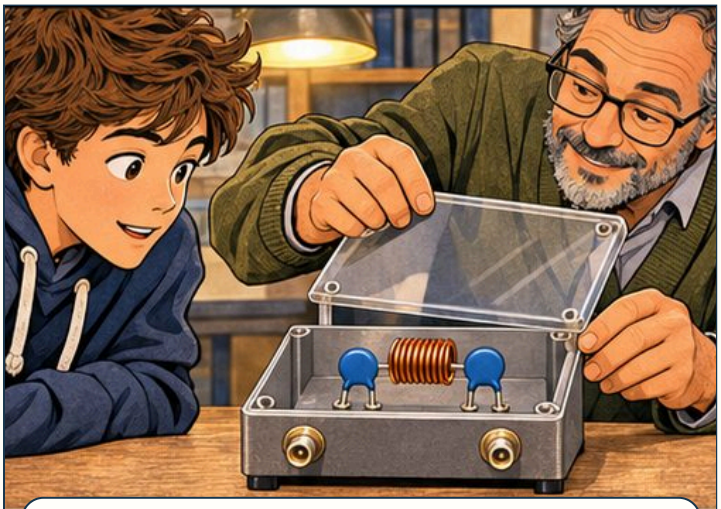
Šiais dažniais laidų ilgis ir išdėstymas gali būti svarbūs.



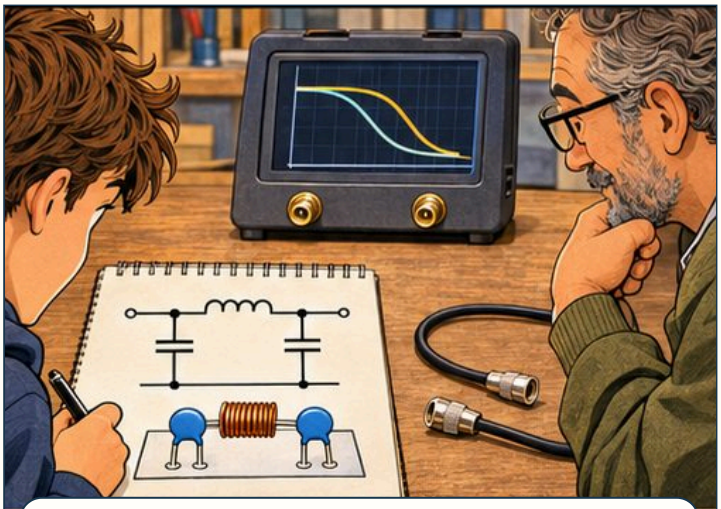
Jie numato bendrą atskaitą ir trumpas jungtis.



Taip pat atskiria kelius, kurie galėtų tiesiogiai susijungti per lauką.



Henri paruošia matavimui tinkamą demonstracinį modulį.

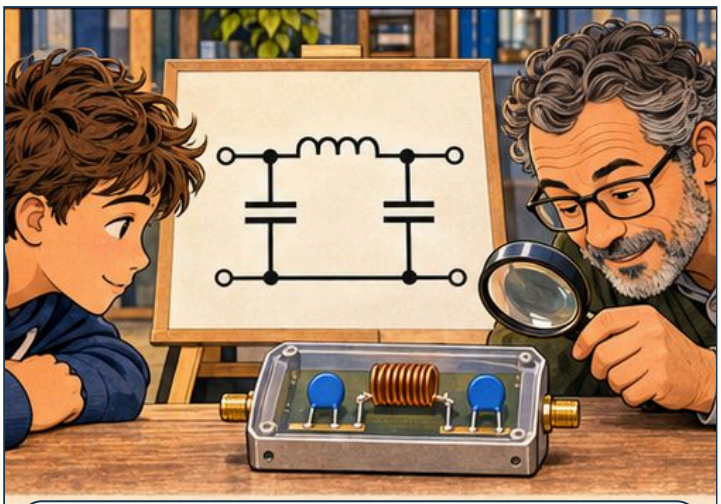


Lucas lygina išdėstymą su schema jungtis po jungties.

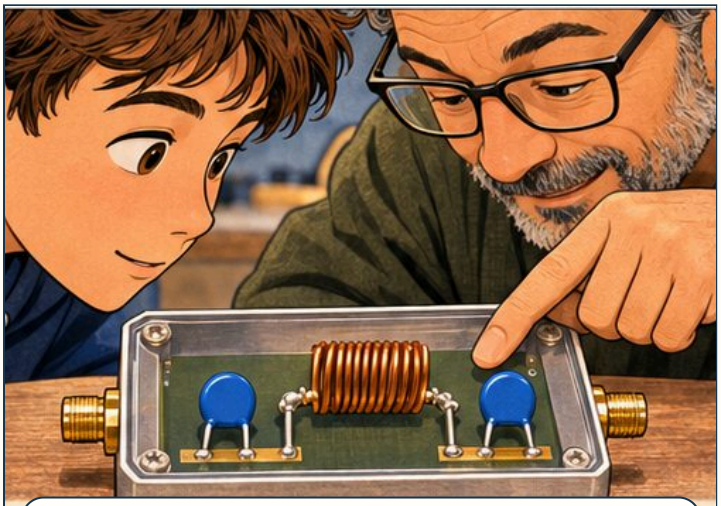
Patikrinti prieš prijungiant



Pasiruošimo metu matavimo šaltinis lieka išjungtas.



Jie tikrina jungtis, komponentus ir bendrą atskaitą.



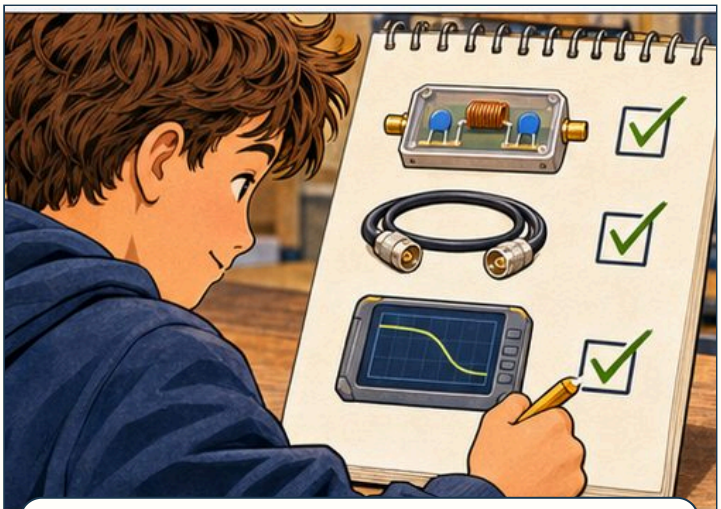
Ieško trumpojo jungimo, sujungimo klaidos ar pažeistos detalės.



Taip pat apžiūrimi kabeliai ir jungtys.



Mentorius patikrina prietaiso įėjimo ribas.



Jaunuolis užbaigia sąrašą prieš pirmą dažnių skleidimą.

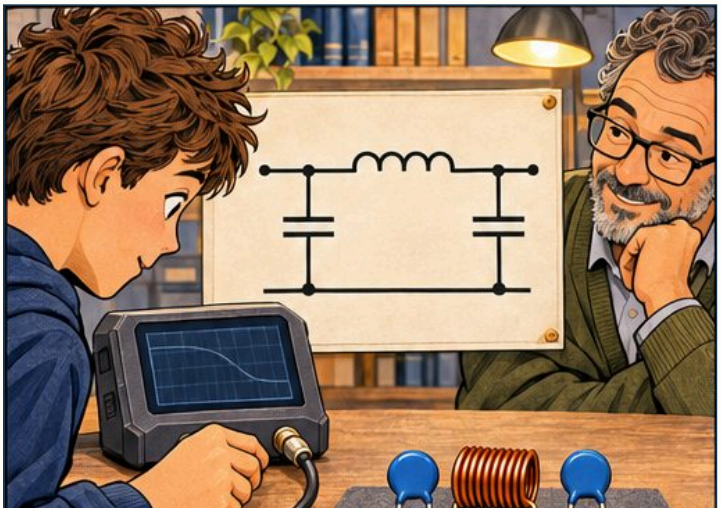
Analizatorius užduoda klausimus



Grandinių analizatorius siunčia žinomą silpną signalą.



Jis skleidžia pasirinktą dažnių intervalą.



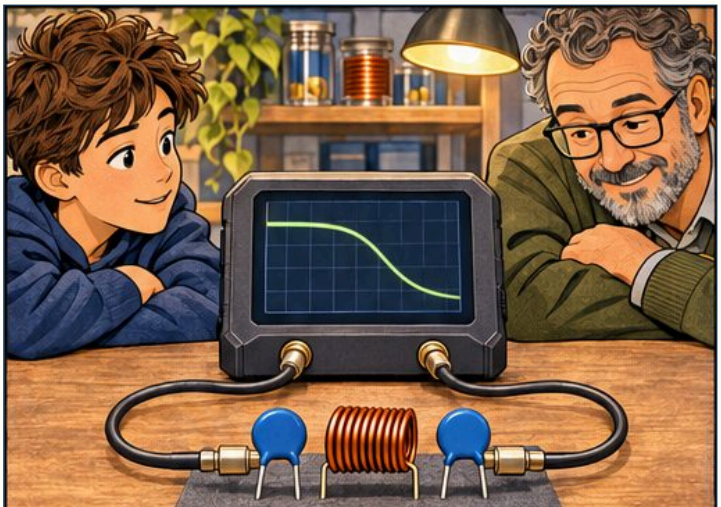
1 prievadas maitina filtro įėjimą.



2 prievadas stebi perdavimą jo išėjime.



Parametras S21 leidžia sekti šį perdavimą.



Prievadai suteikia numatytas 50 Ω atskaitas.

Kalibruoti tinkamoje vietoje



Kabeliai ir adapteriai taip pat dalyvauja matavime.



Todėl jie laikosi prietaisui numatytos kalibravimo procedūros.



Tinkami etalonai prijungiami pagal instrukciją.



Atskaitos plokštumos nustatomos kabelių galuose.



Po kalibravimo šie sujungimai kiek įmanoma išlaikomi.



Jaunuolis užrašo konfigūraciją ir skleidimo nustatymus.

Patikrinti tiesioginį kelią



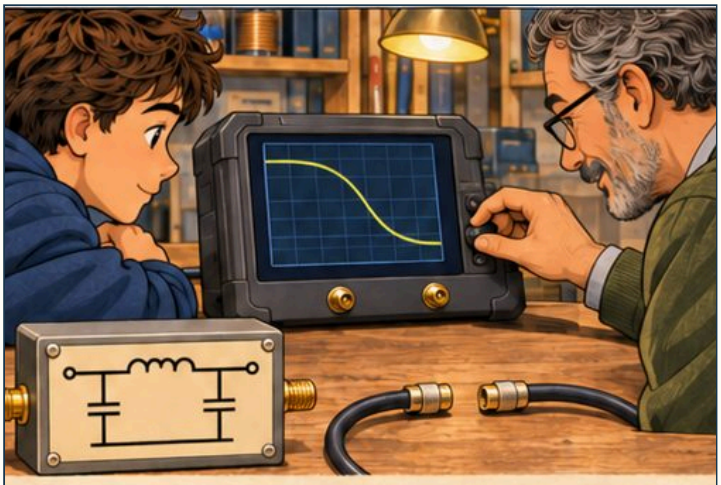
Prieš filtrą tiesioginis sujungimas leidžia patikrinti atskaitą.



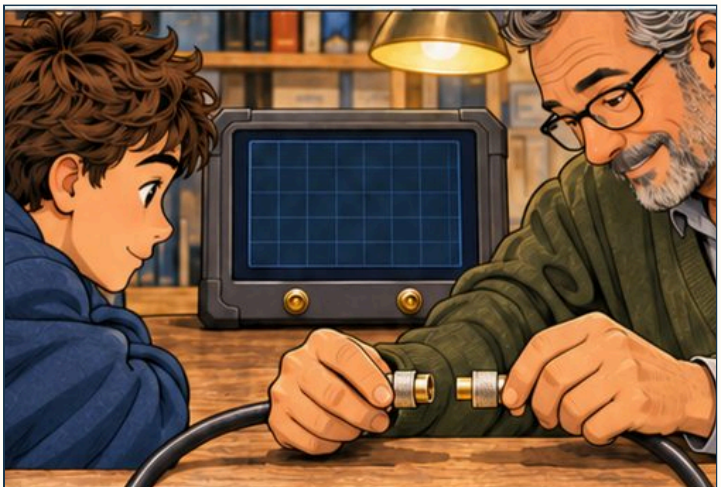
Numatomas perdavimas turi atitikti šį sujungimą.



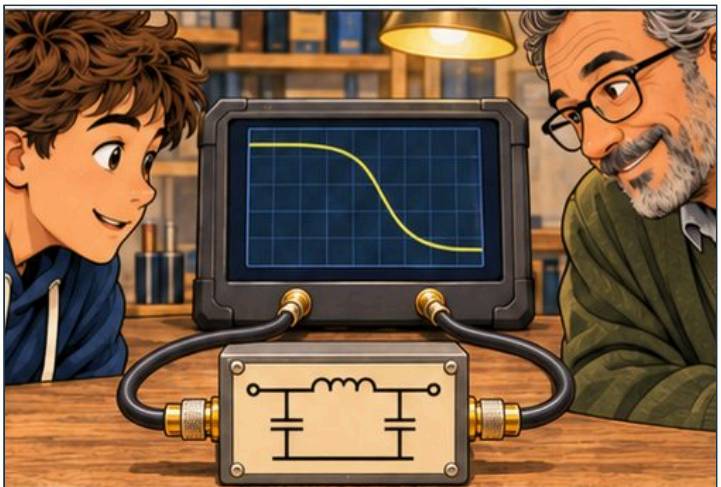
Anomalija verčia tikrinti kabelius, kalibravimą ir nustatymus.



Filtras netaisomas siekiant paslėpti stendo trūkumą.



Baigus patikrą, šaltinis išjungiamas prieš prijungimą.

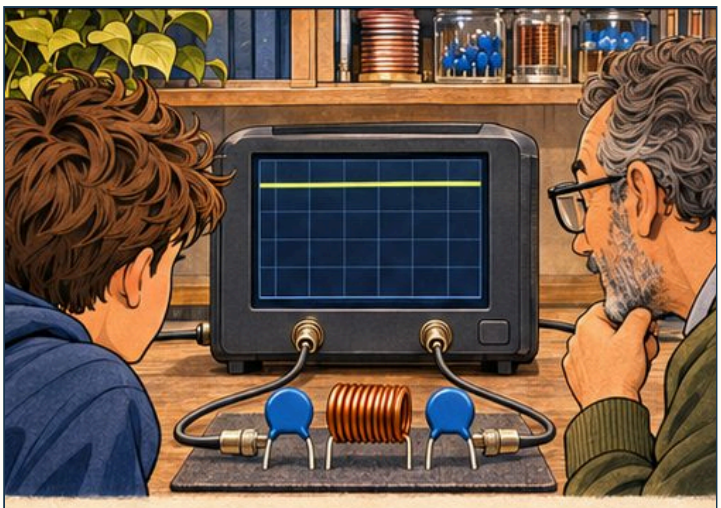


Tada filtras užima vietą tarp abiejų kabelių.

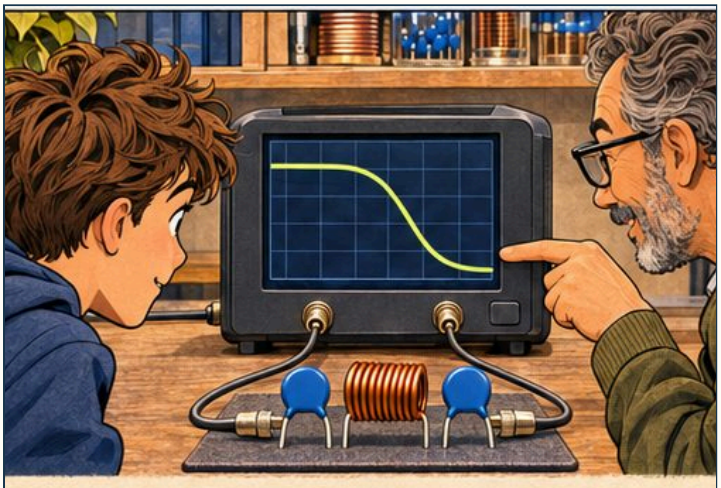
Pirmasis dažnių skleidimas



Jie pradeda skleidimą, apimantį naudingą juostą ir perėjimą.



Žemuose dažniuose kreivė išlieka aukščiau.



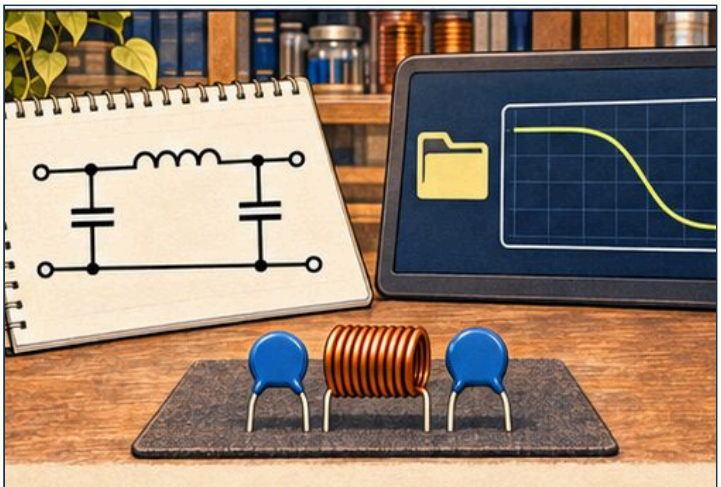
Didėjant dažniui ji vėliau leidžiasi.



Jaunuolis atpažįsta numatytą formą, nesitikėdamas tobulo sutapimo.

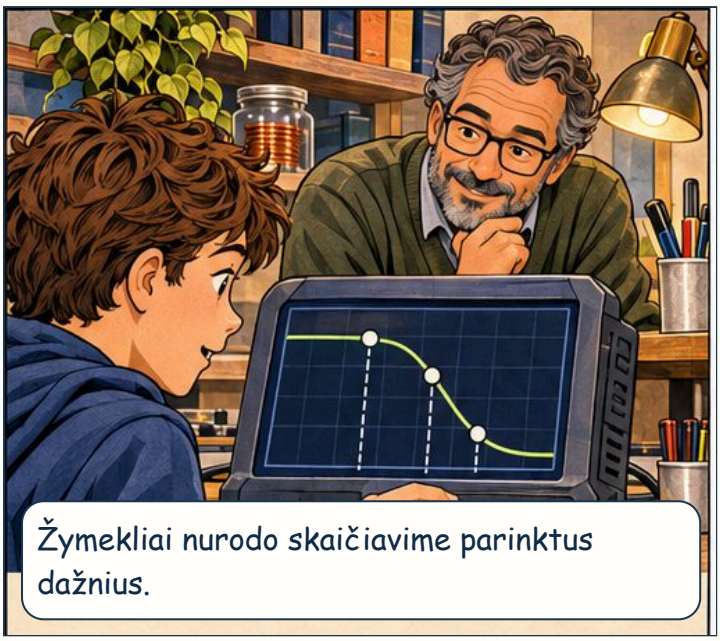


Jis išsaugo kreivę ir matavimo sąlygas.



Išsaugotą rezultatą bus galima lyginti po kiekvieno pakeitimo.

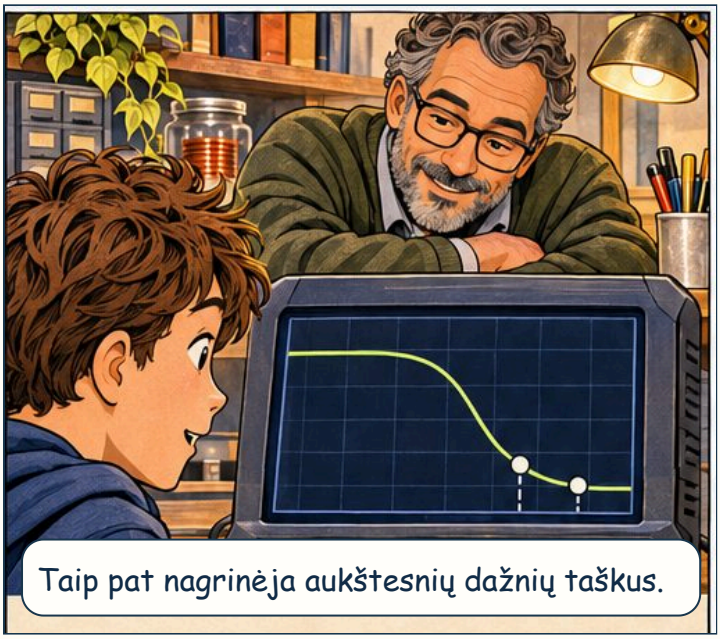
Nuskaityti konkrečius taškus



Žymekliai nurodo skaičiavime parinktus dažnius.



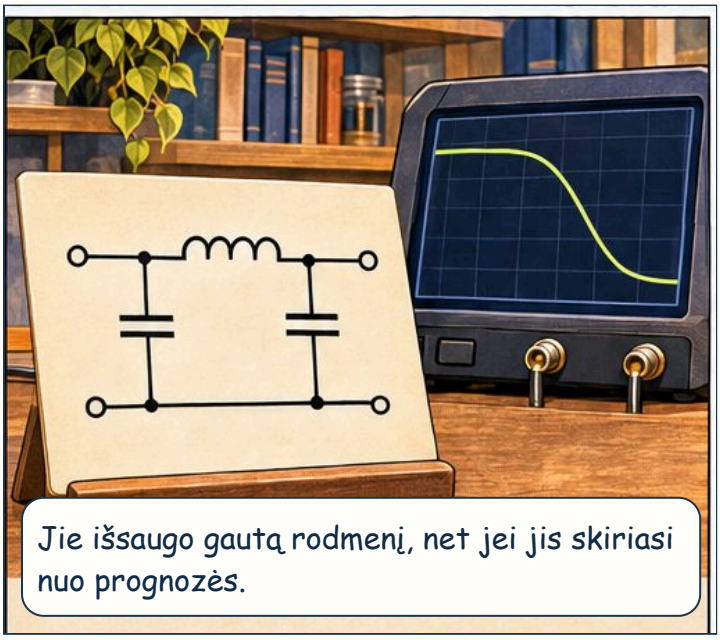
Jie nuskaito perdavimą ties numatoma riba.



Taip pat nagrinėja aukštesnių dažnių taškus.



Iš tikrųjų nuskaitytos vertės patenka į matavimų stulpelį.



Jie išsaugo gautą rodmenį, net jei jis skiriasi nuo prognozės.



Jaunuolis taip pat nurodo datą ir konfigūraciją.

Suprasti nuokrypį



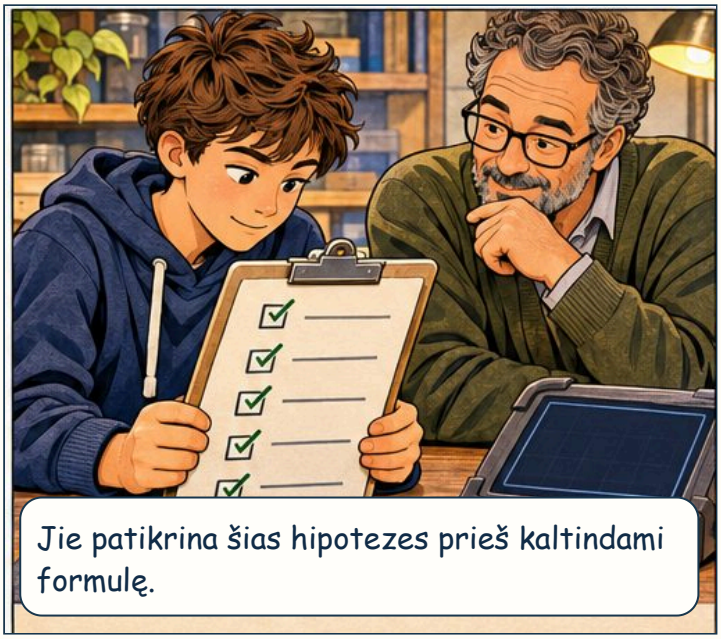
Stebimas ribinis dažnis gali skirtis nuo apskaičiuoto.



Pasirinktos vertės ir tolerancijos suteikia pirmąsias užuominas.



Verta patikrinti ir nuostolius, išdėstymą bei kalibravimą.



Jie patikrina šias hipotezes prieš kaltindami formulę.

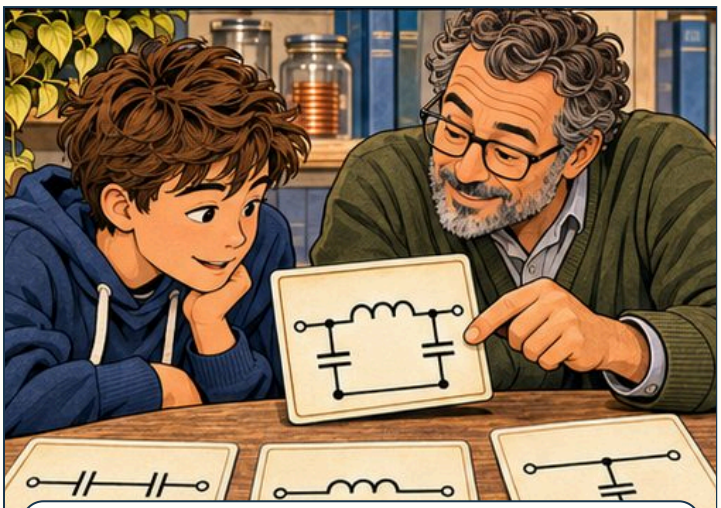


Kitokia kreivė savaime nepaaiškina savo kilmės.

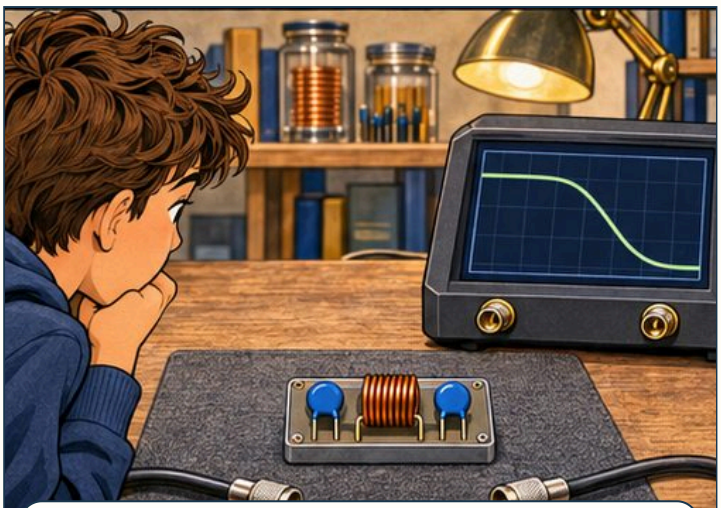


Jaunuolis netikėtumą paverčia nauju klausimu.

Po vieną pakeitimą



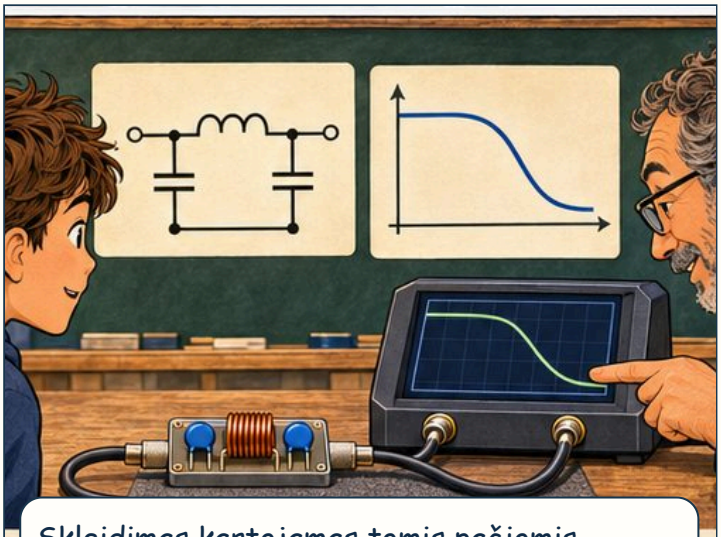
Jie pasirenka vieną hipotezę ir parengia pagrįstą pakeitimą.



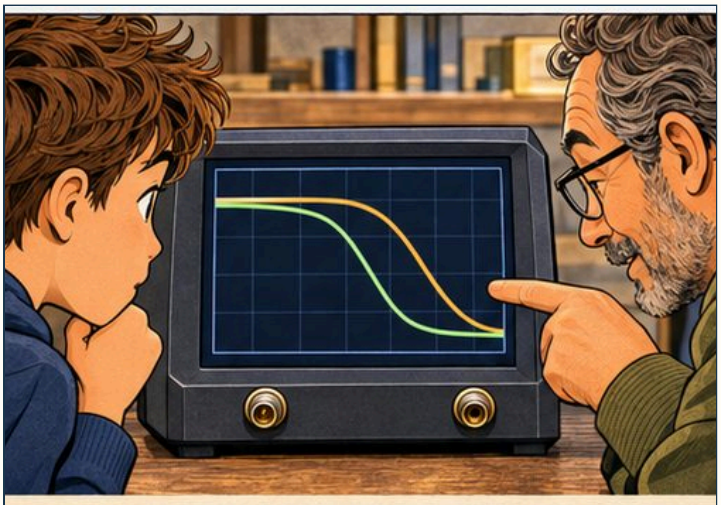
Prieš darbą šaltinis išjungiamas, modulis atjungiamas.



Henri atlieka pakeitimą ir patikrina grandinę.



Skleidimas kartojamas tomis pačiomis dokumentuotomis sąlygomis.

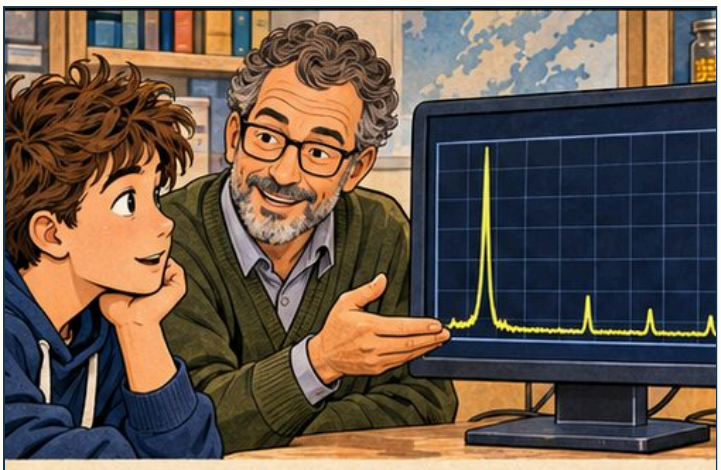


Jie lygina seną ir naują kreives.

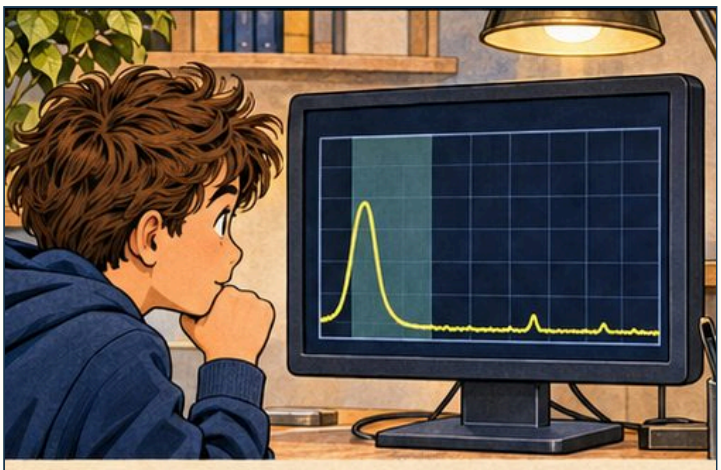


Šis būdas neleidžia sumaišyti kelių galimų priežasčių.

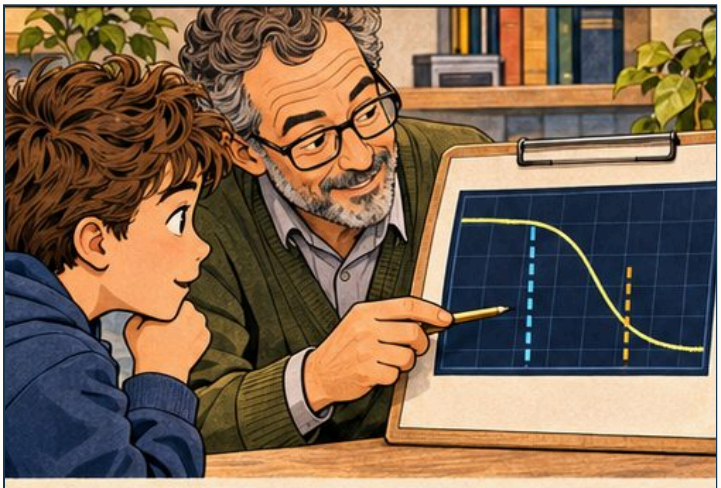
Slopinimas turi ribas



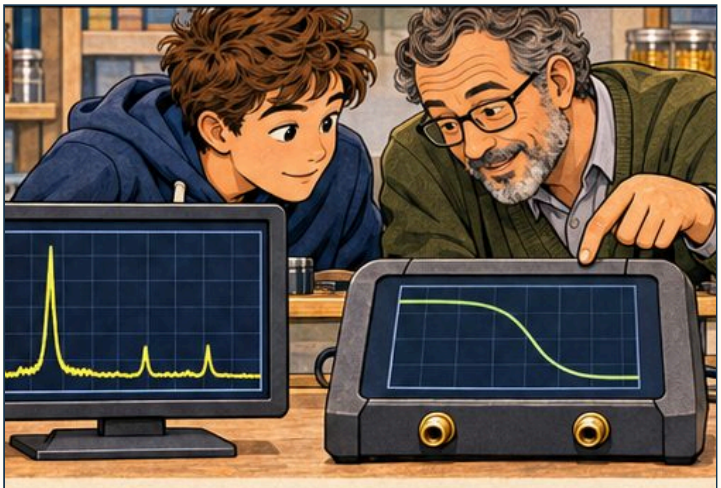
Žemųjų dažnių filtras nepašalina visų nepageidaujamų dedamųjų.



Dedamoji jo pralaidumo juostoje bus slopinama mažai.



Slopinimas priklauso nuo dažnio ir įgyvendinimo.



Išsamiai spektro patikrai reikėtų papildomų tinkamų matavimų.



Filtro buvimas neįrodo stoties atitikties reikalavimams.

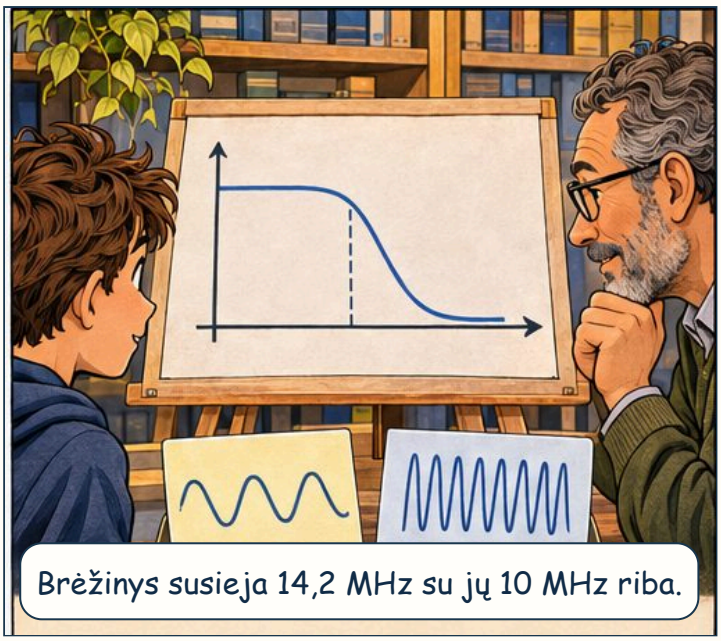


Jaunuolis atskiria naudingą funkciją nuo bendros garantijos.

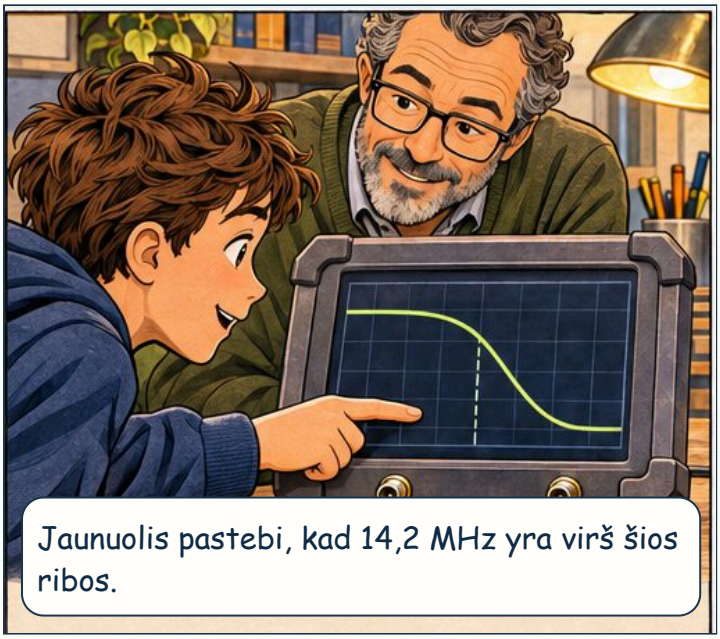
Naudingas dažnis turi praeiti



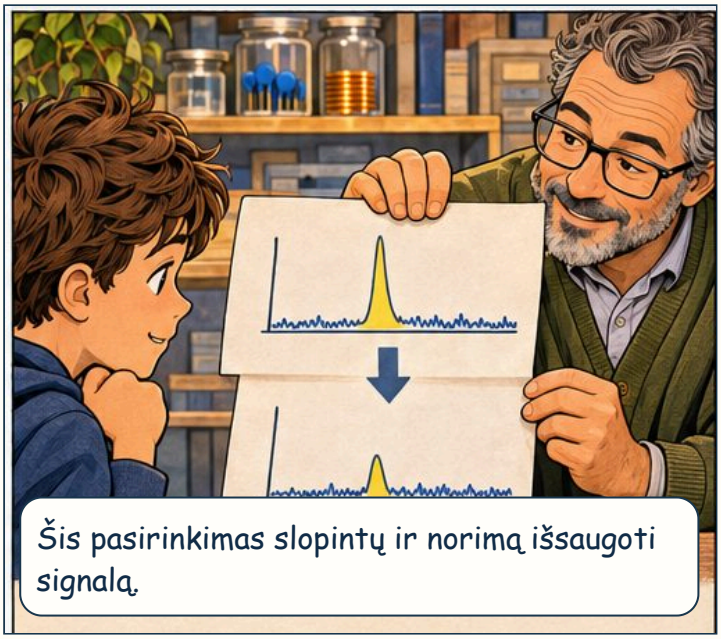
Galiausiai mentorius pasiūlo spąstus stoties brėžinyje.



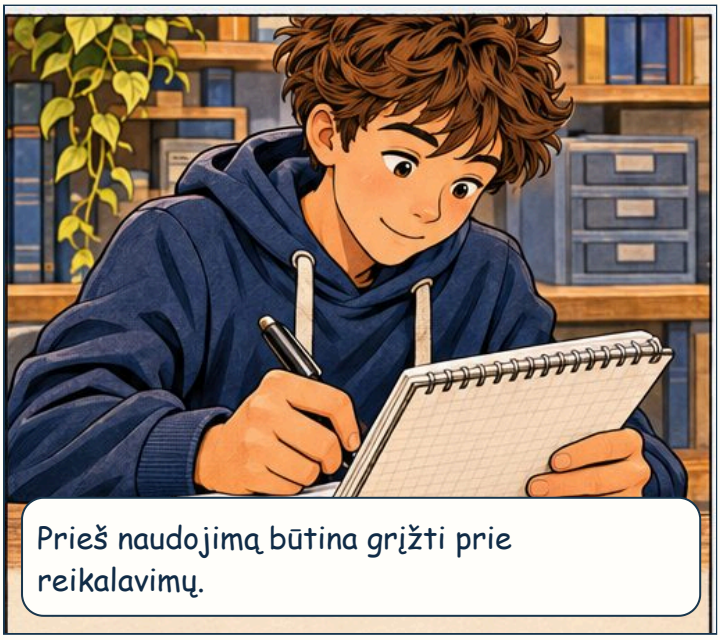
Brėžinys susieja 14,2 MHz su jų 10 MHz riba.



Jaunuolis pastebi, kad 14,2 MHz yra virš šios ribos.



Šis pasirinkimas slopintų ir norimą išsaugoti signalą.

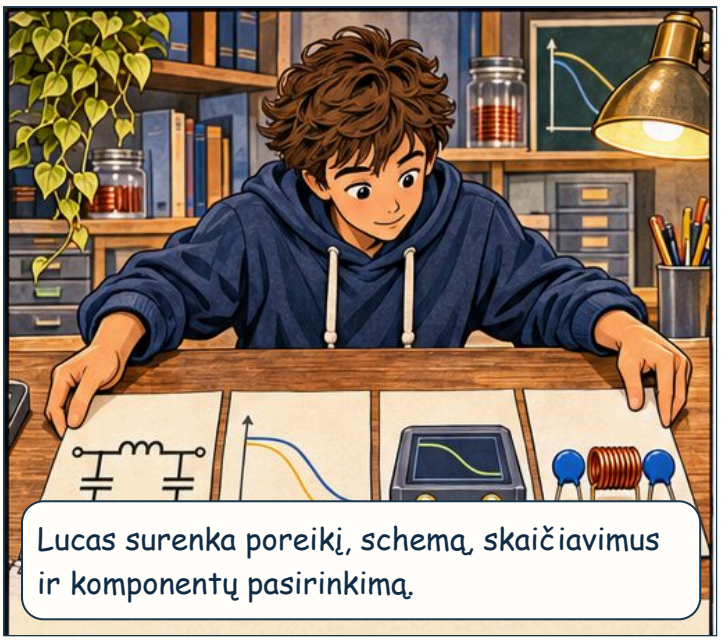


Prieš naudojimą būtina grįžti prie reikalavimų.



Skaičiavimo pavyzdys nėra universalus filtras.

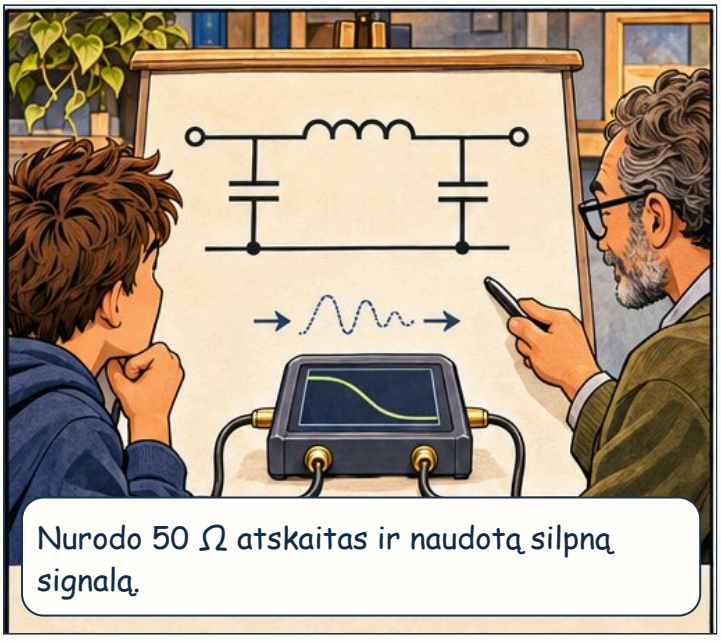
Parengti paaiškinimą kitiems



Lucas surenka poreikį, schemą, skaičiavimus ir komponentų pasirinkimą.



Jis atskiria prognozes nuo tikrai stebėtų rezultatų.



Nurodo 50 Ω atskaitas ir naudotą silpną signalą.



Išsaugo kreives, kalibravimą ir eksperimento ribas.



Henri vaidina lankytoją ir užduoda paskutinį klausimą.



Šįkart jaunuolis moka paaiškinti, kodėl svarbi kiekviena sąlyga.

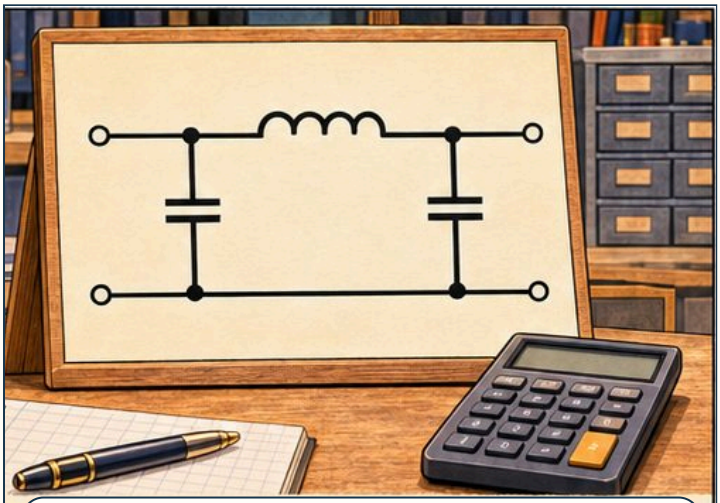
Suprasti, apskaičiuoti, išmatuoti



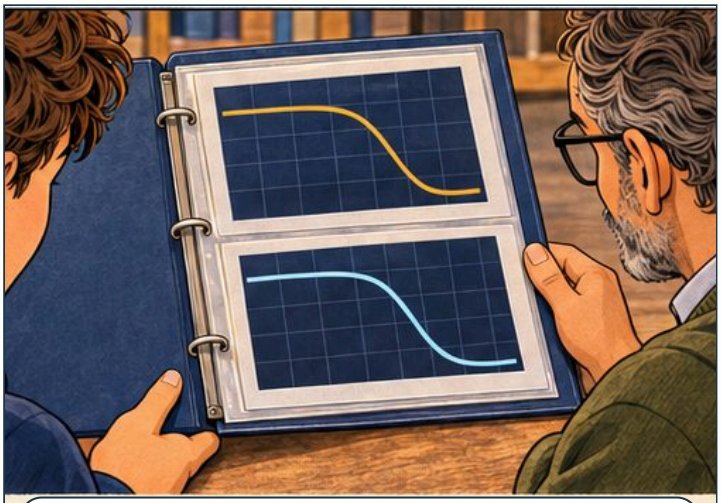
Trys komponentai grįžta į mokomąją dėžutę.



Jaunuolis dabar moka susieti poreikį su filtro charakteristika.



Jis moka apskaičiuoti šį π Batervorto filtrą ir patikrinti vienetus.



Taip pat moka matuoti, lyginti ir tirti nuokrypius.



Užrašai išsaugo metodą, jo prielaidas ir ribas.



Klube kitas atradimas jau prasideda klausimu.