ON4CRD

Svezak 05

Izračun filtara



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Pravne obavijesti

Svezak 05 · Izračun filtara

Izdavač web stranice : Radio Club Durnal ON4CRD

Voditelj publikacije : Odbor Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Pravne obavijesti

Intelektualno vlasništvo

Tekstovi, slike, dokumenti, logotipi i materijali objavljeni na stranici ostaju vlasništvo njihovih autora ili kluba. Svaka reprodukcija ili ponovna uporaba mora poštivati izvor, primjenjiva prava i sva autorska dopuštenja.

Odgovornost

Klub radi na objavljivanju korisnih i provjerenih informacija, ali ne jamči nepostojanje pogrešaka, propusta ili prekida. Tehničke ili regulatorne informacije moraju se provjeriti u službenim izvorima kada podupiru odluku.

Ilustracije izrađene uz pomoć umjetne inteligencije.

Novi zadatak



Nakon radionice o električnoj struji, Lucas u klubu ponovno otvara bilježnicu.



Henri priprema prikaz kvalitete signala.



Na stolu čekaju dva kondenzatora i zavojnica.



Izazov je razumjeti, izračunati i izmjeriti niskopropusni filtar.



Mladić želi znati kako tri komponente mogu sve promijeniti.



Najprije promatraju što signal sadrži.

Signal i njegov portret



Vremenska krivulja pokazuje kako se signal mijenja.



Spektar prikazuje njegove sastavnice prema frekvenciji.



Oba prikaza različito opisuju isti signal.



Idealna sinusoida ima samo jednu frekvenciju.

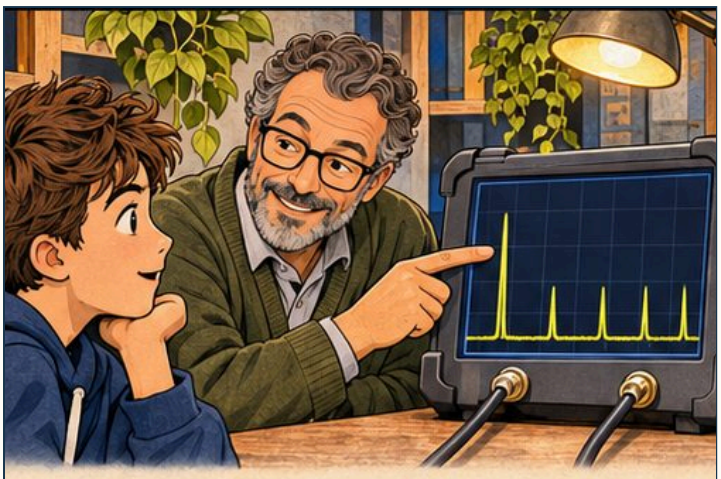


Izobličen valni oblik može sadržavati više sastavnica.



Mladić otkriva portret koji prije nije znao čitati.

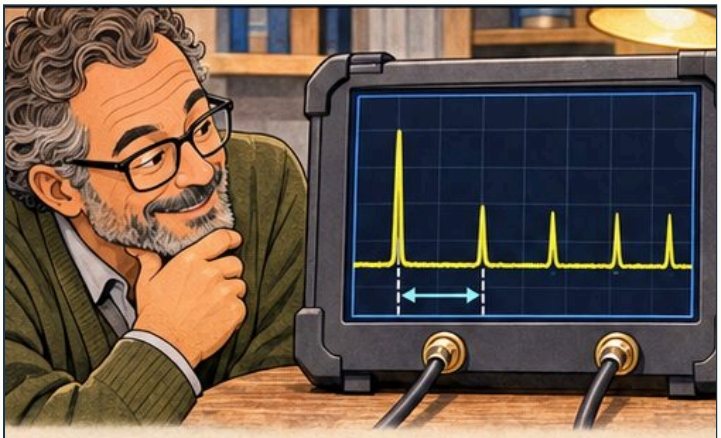
Otkrivanje harmonika



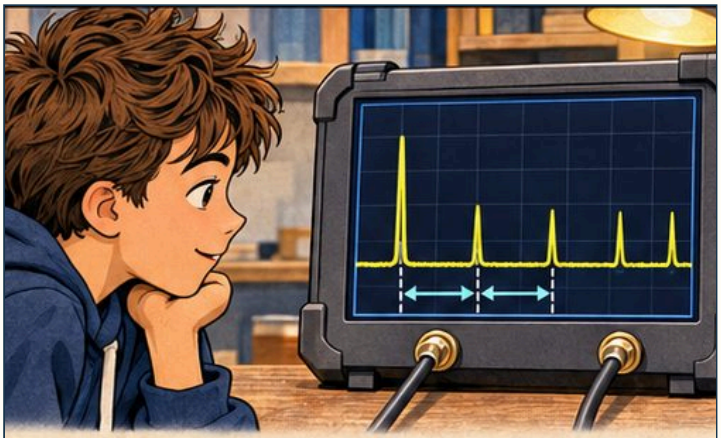
Osnovna frekvencija daje prvo uporište periodičnog signala.



Harmonici su cjelobrojni višekratnici te frekvencije.



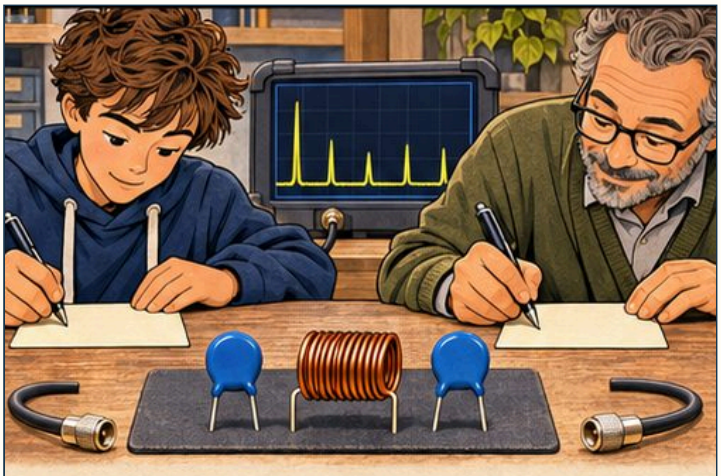
Drugi je na dvostrukoj osnovnoj frekvenciji.



Treći je na trostrukoj frekvenciji.

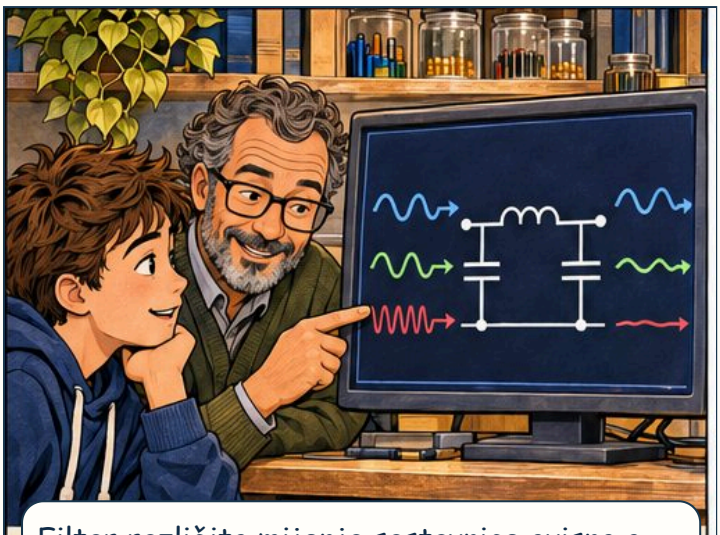


Ipak, nisu sve neželjene sastavnice harmonici.

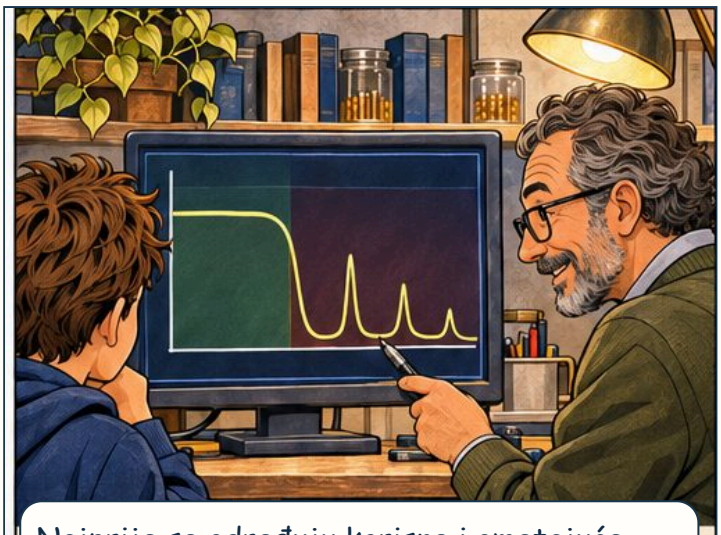


Filtar mora zadovoljiti točno određenu potrebu.

Odabrati što zadržati



Filtar različito mijenja sastavnice ovisno o njihovoj frekvenciji.



Najprije se određuju korisne i ometajuće frekvencije.



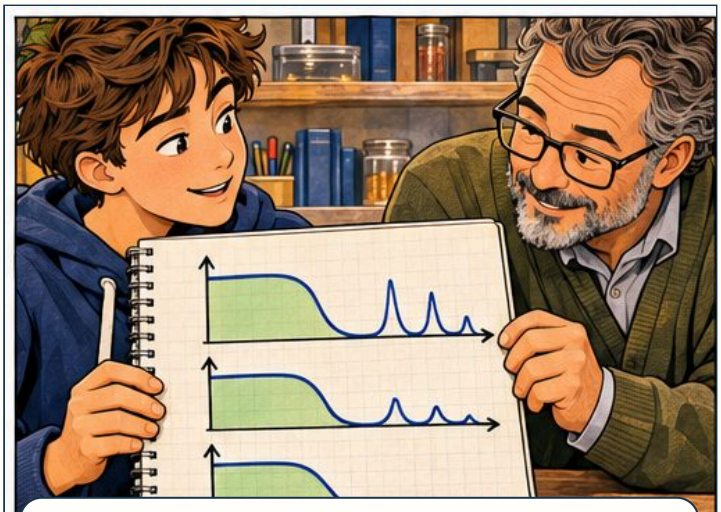
Određuju se i željena prigušenja.



Bez tih ciljeva računanje komponenti nema mnogo smisla.

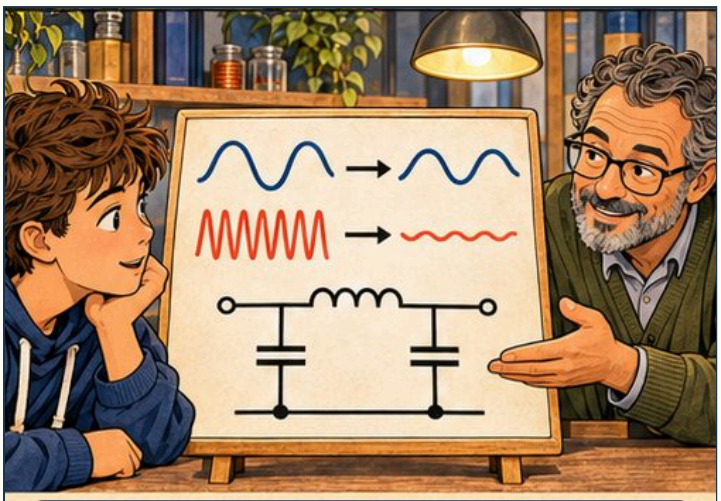


Mladić zaokružuje korisno područje primjera spektra.



Njegova bilježnica postaje projektna specifikacija.

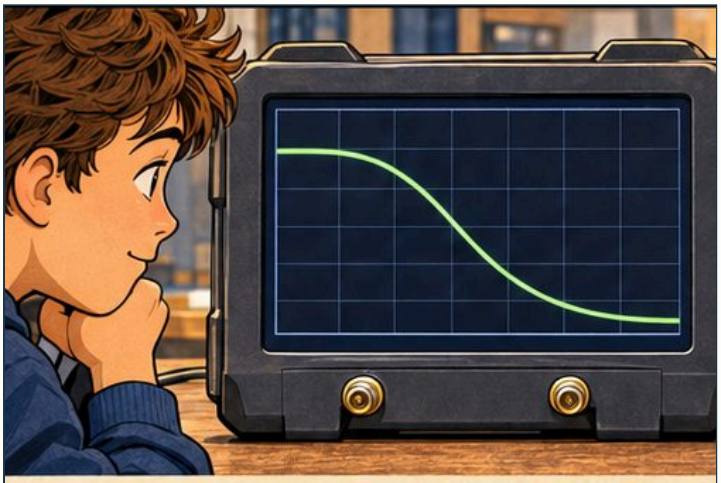
Odabir niskopropusnog filtra



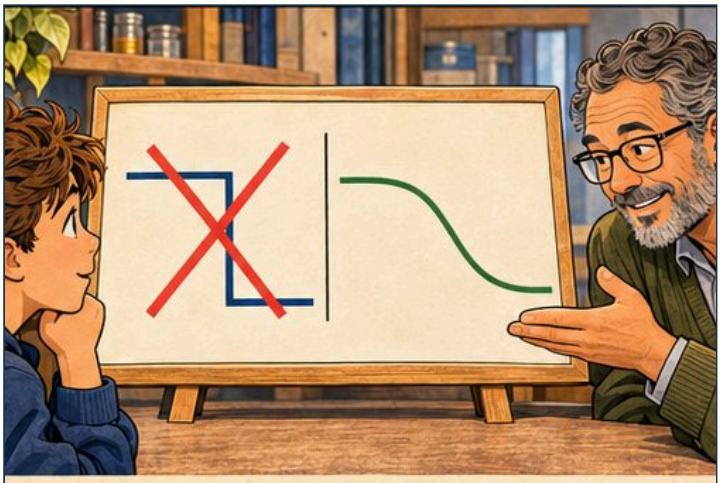
Niskopropusni filtar bolje propušta niske frekvencije nego visoke.



Njegov propusni pojas nalazi se na strani niskih frekvencija.



Iznad njega prigušenje postupno raste.



Stvarni prijelaz nikada nije savršen okomit zid.



Ta vrsta odgovara današnjem prikazu.



Mladić crta kosinu umjesto prepreke.

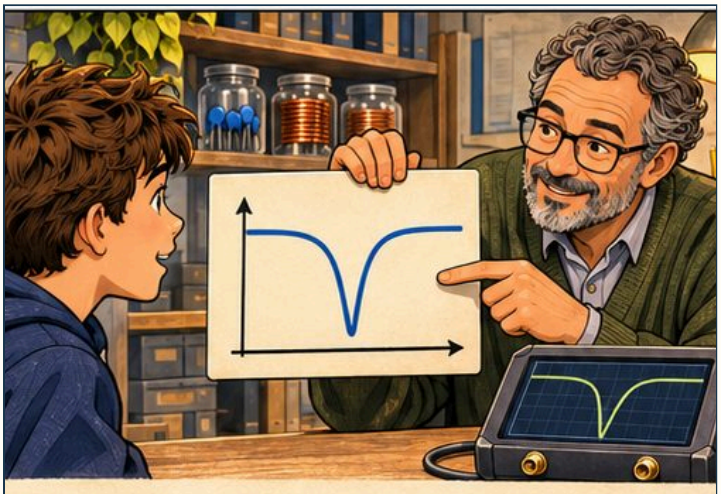
Drugi mogući putovi



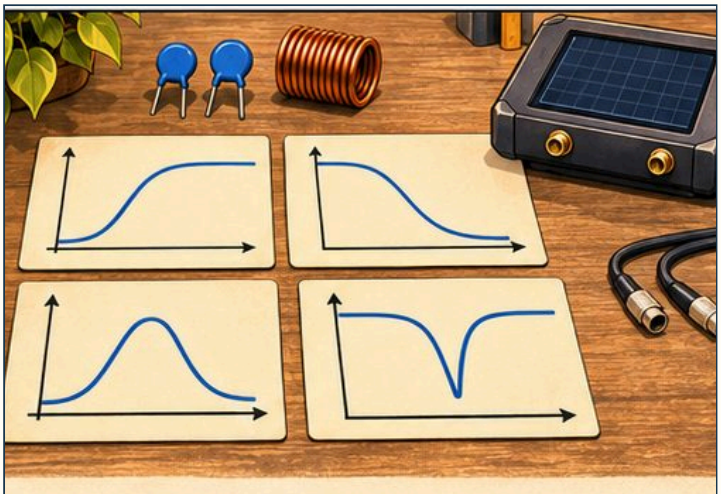
Visokopropusni filtar prigušuje niske, a propušta visoke frekvencije.



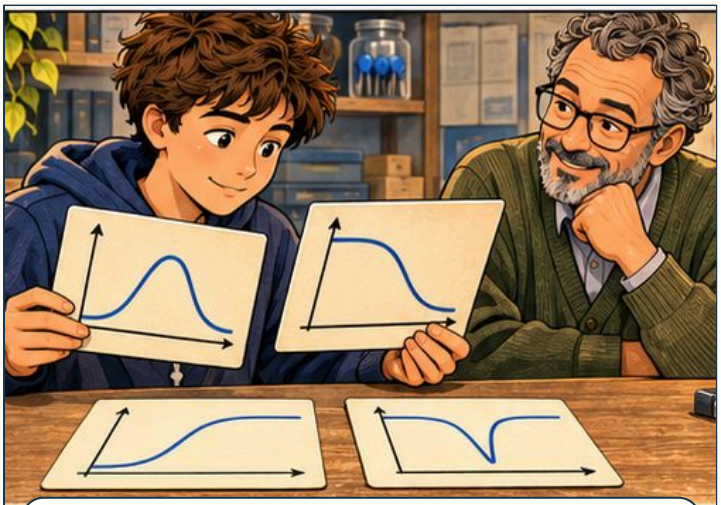
Pojasnopropusni filtar daje prednost području između dviju granica.



Pojasnonepropusni filtar, naprotiv, prigušuje odabrano područje.



Te skupine služe različitim potrebama.



Naziv opisuje odziv, a ne univerzalnu kvalitetu.



Mladić sprema tri kartice za sljedeću radionicu.

Granica koja još propušta



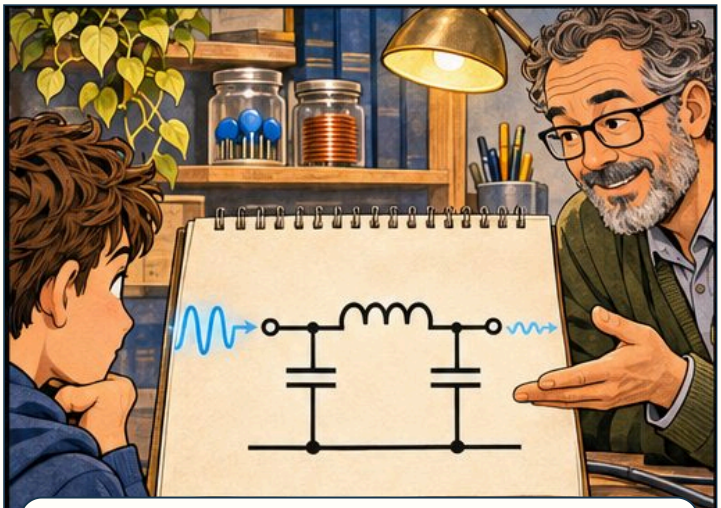
Granična frekvencija ovdje označava referentnu razinu.



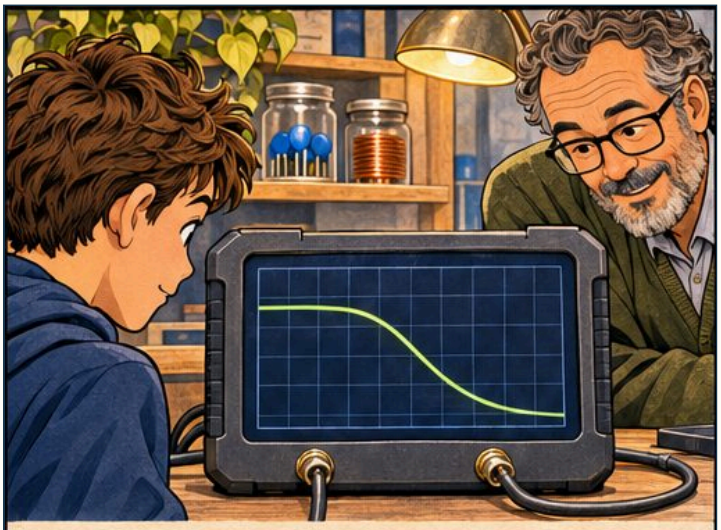
Ne znači nagli nestanak signala.



Za njihov idealni Butterworth odgovarat će približno −3 dB.



Filtar zato i na toj frekvenciji prenosi energiju.



Iznad nje prigušenje nastavlja rasti.

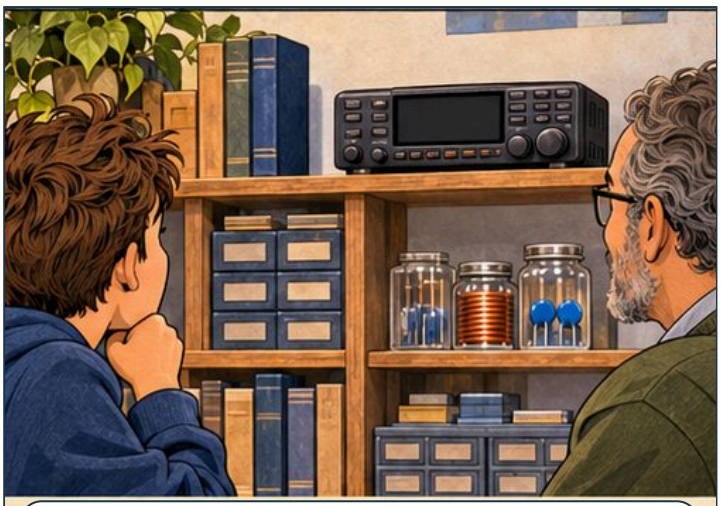


To pojašnjenje sprječava prvu pogrešnu predodžbu.

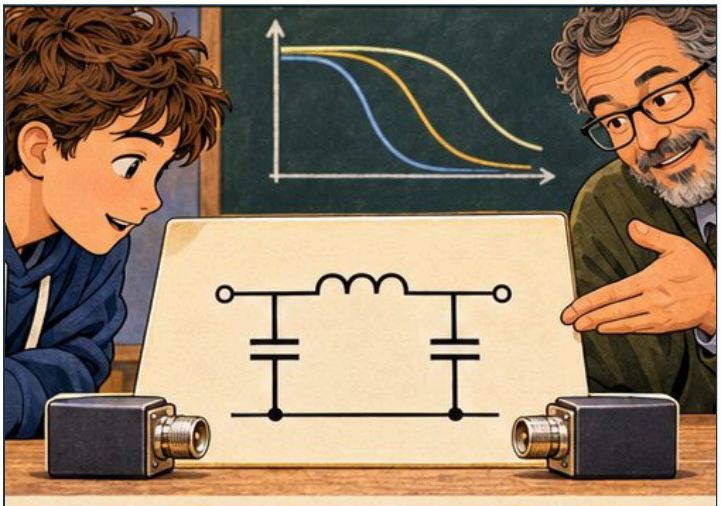
Laboratorijski primjer



Odabiru teorijsku graničnu frekvenciju od 10 MHz.



Ta nastavna vrijednost ne određuje frekvenciju odašiljanja.



Referentni izvor i teret bit će po 50 Ω.



Sklop će proučavati na mjernom stolu s malim signalom.



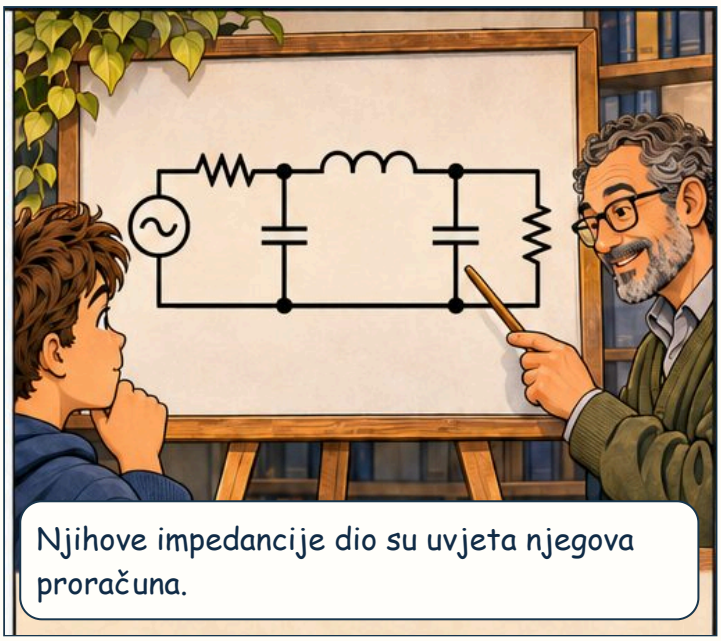
Neće priključiti antenu ni odašiljač.



Cilj je mjerljiv odziv, a ne radioveza.

Zašto navesti 50 oma?





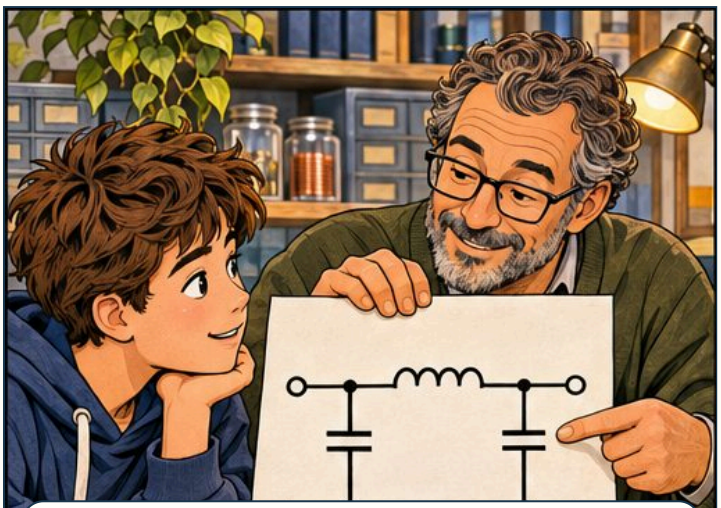








Model i sklop



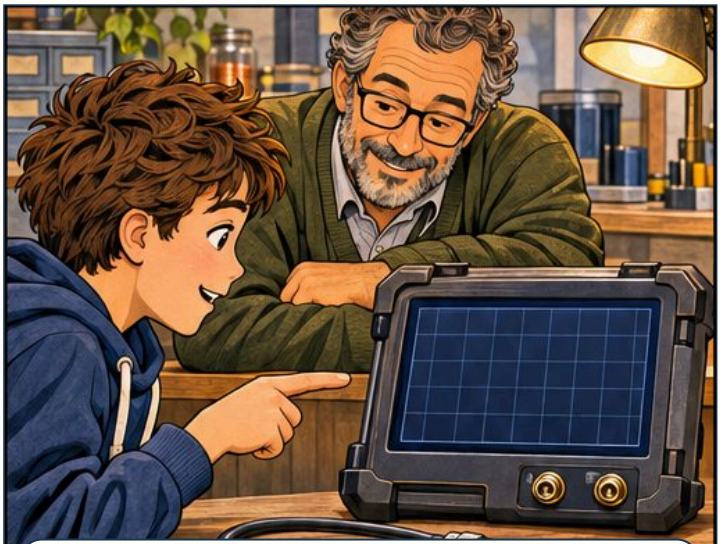
Proračun počinje idealnim komponentama bez gubitaka.



Stvarni sklop imat će otpore i parazitne učinke.



Model predviđa početni odziv.



Mjerenja zatim pomažu istražiti razlike.

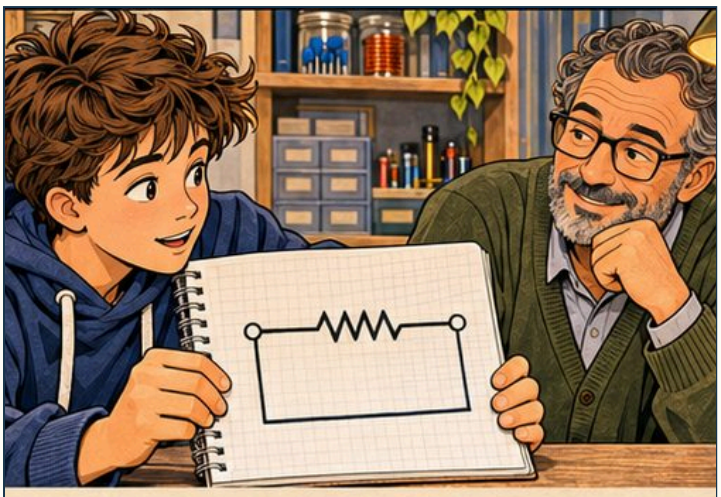


Miješanje predviđanja i rezultata spriječilo bi razumijevanje odstupanja.

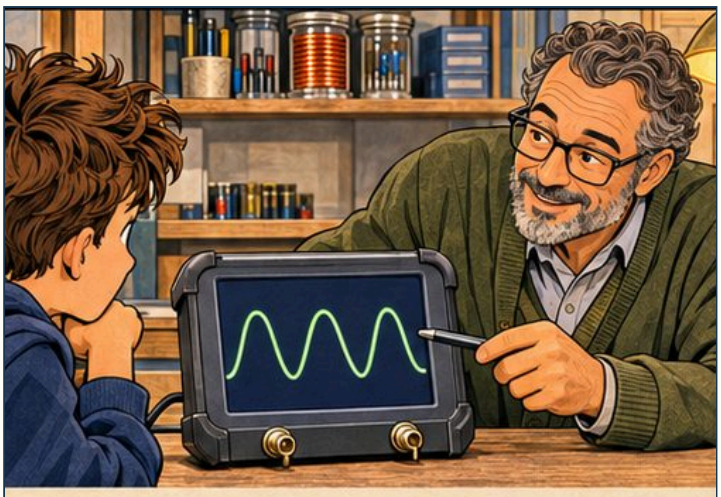


Bilježnica za svako ostavlja zaseban prostor.

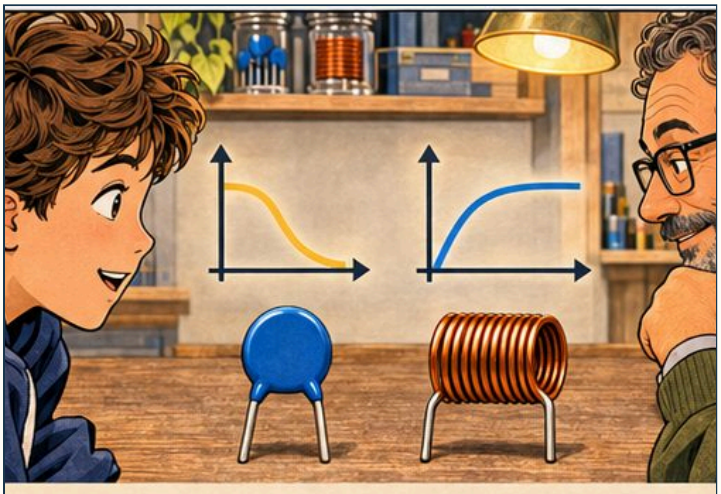
Otpor više nije dovoljan



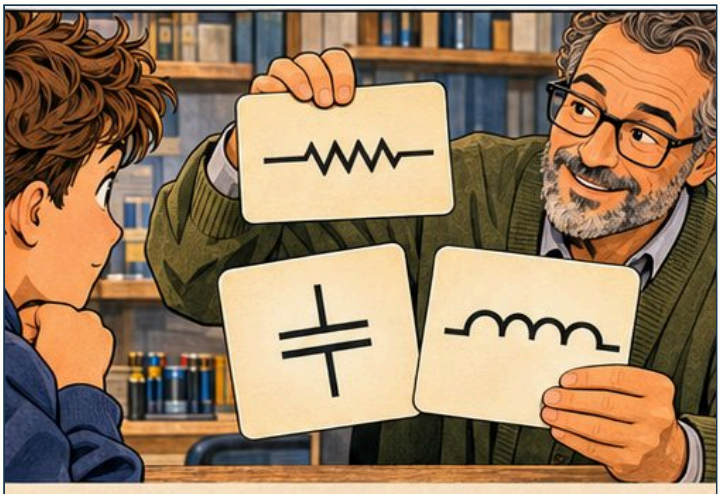
Prethodni je svezak povezivao istosmjerni napon, struju i otpor.



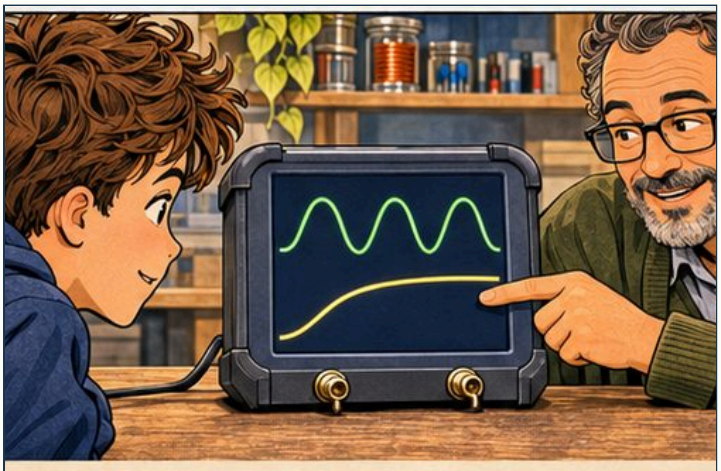
Ovdje se signal brzo mijenja i njegova frekvencija ima važnost.



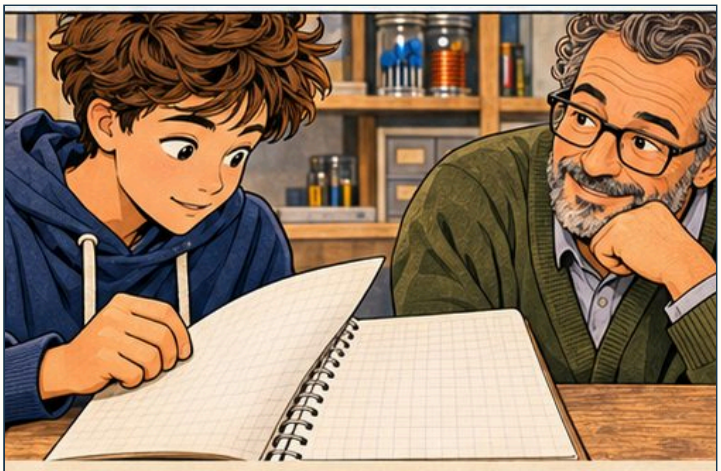
Kondenzatori i zavojnice pružaju protivljenje ovisno o frekvenciji.



Ta se reaktancija razlikuje od običnog otpora.



Impedancija šire opisuje električno ponašanje pri izmjeničnoj struji.

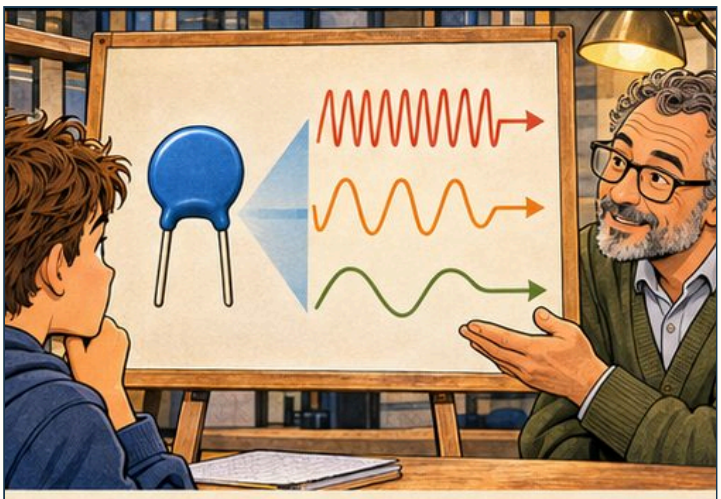


Mladić razumije zašto je potreban novi model.

Uloga kondenzatora



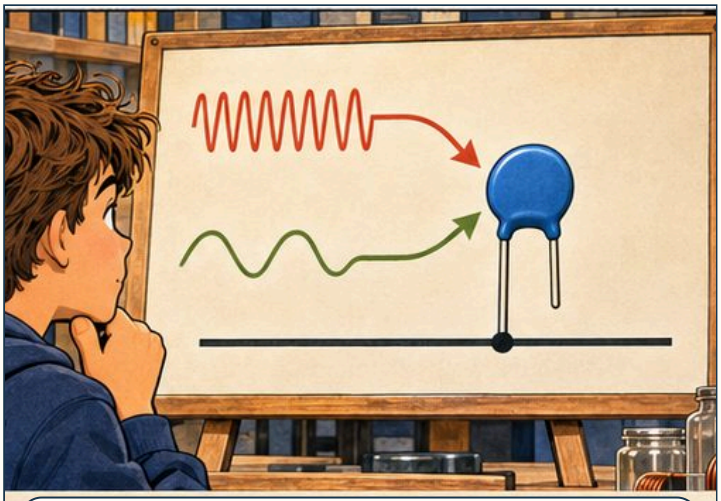
Kapacitet se označava s C i izražava u faradima, F.



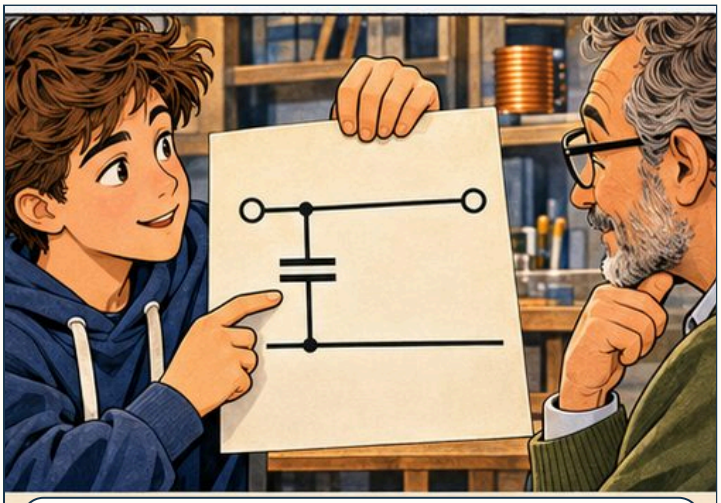
Kod idealnog kondenzatora reaktancija pada s porastom frekvencije.



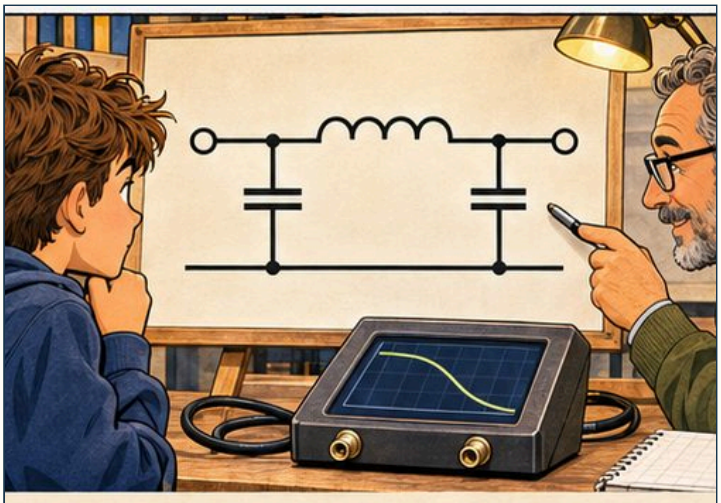
Njezin apsolutni iznos je $X_C = 1/(2\pi fC)$.



Uz isti kapacitet visoke frekvencije nailaze na manju reaktanciju.



U njihovu će filtru kondenzatori biti spojeni na masu.

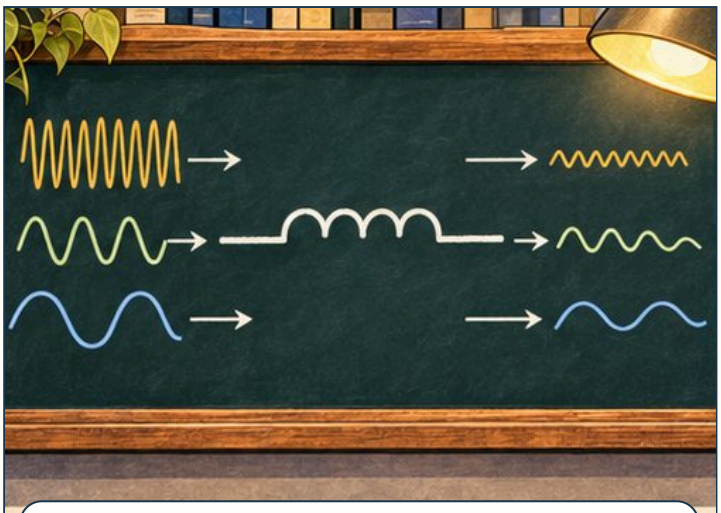


Njihova uloga ovisi i o ostatku sklopa.

Uloga zavojnice



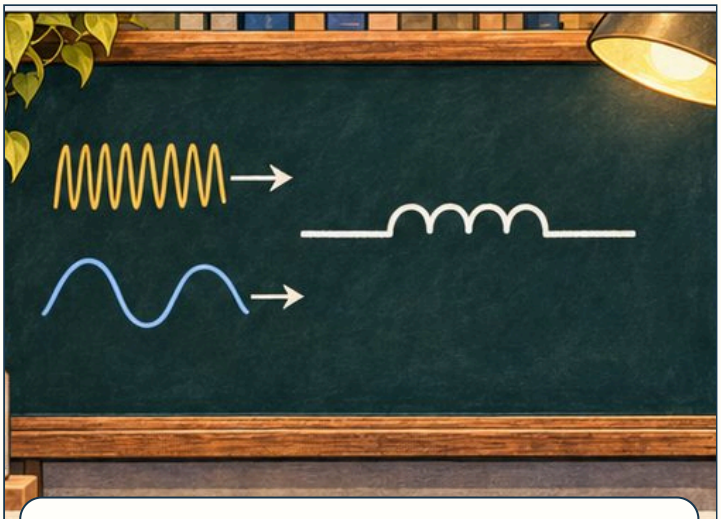
Induktivitet se označava s L i izražava u henrijima, H.



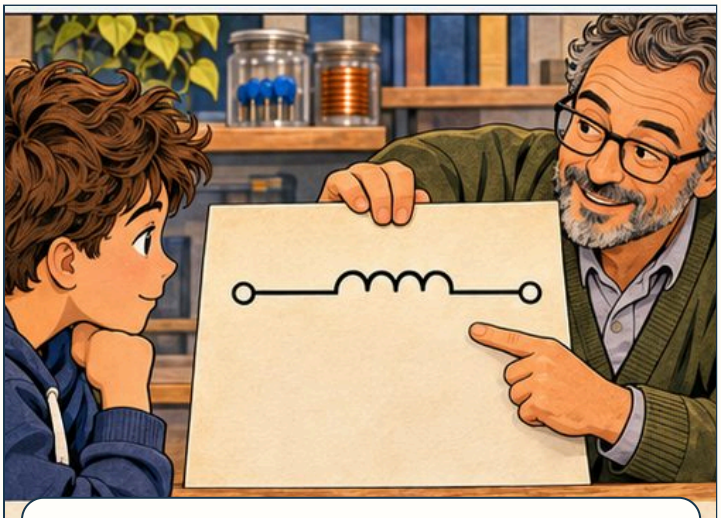
Kod idealne zavojnice reaktancija raste s frekvencijom.



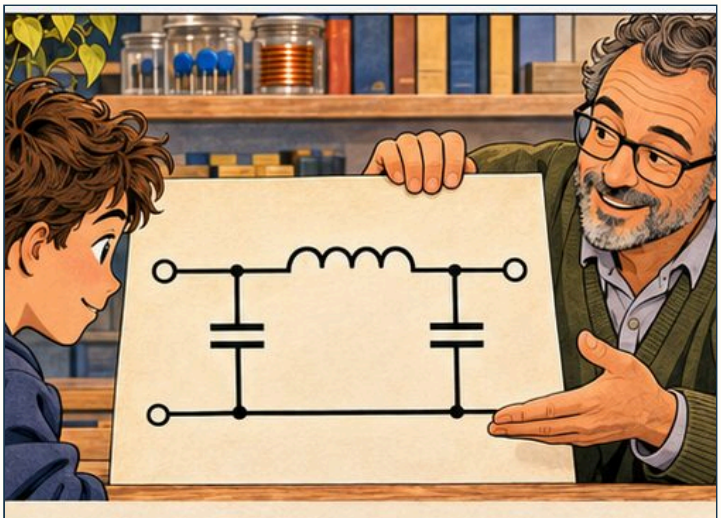
Njezin apsolutni iznos je $X_L = 2\pi fL$.



Uz isti induktivitet visoke frekvencije nailaze na veću reaktanciju.

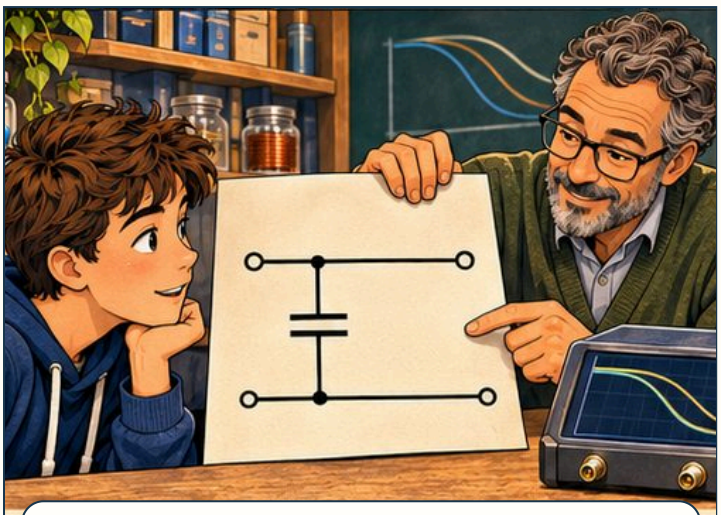


U njihovu će filtru zavojnica biti u putu signala.

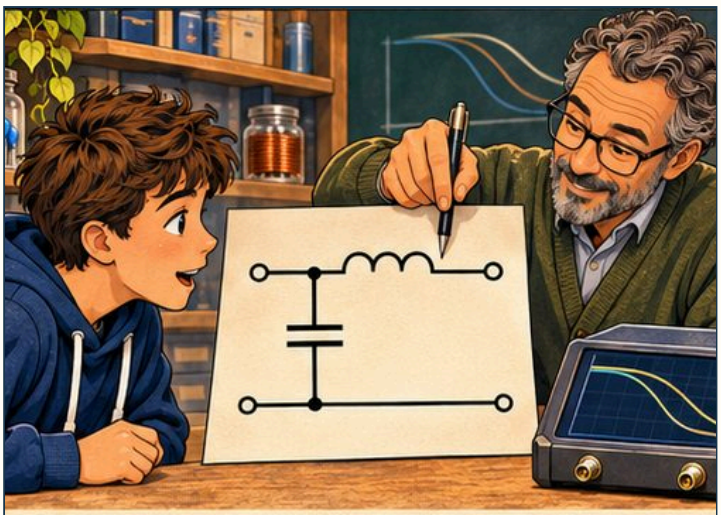


Obje vrste komponenti djelovat će zajedno.

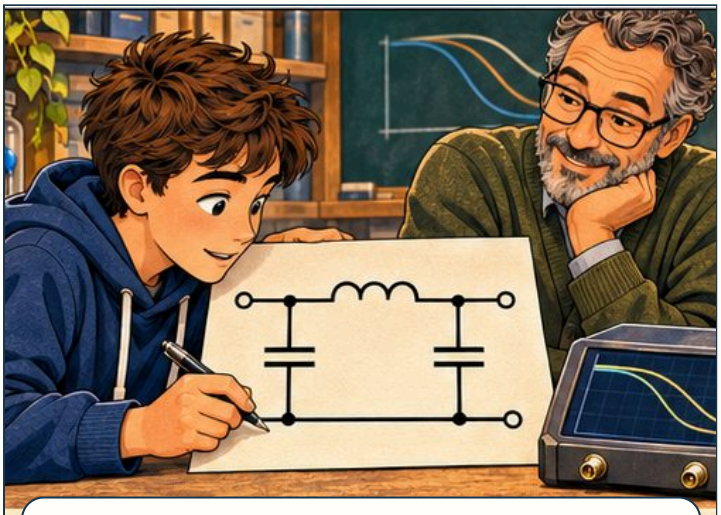
Shema poprima oblik π



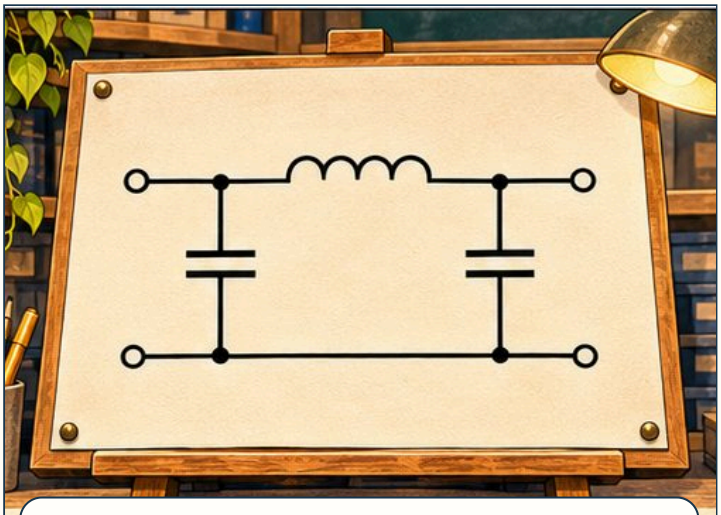
Ulaz dolazi na prvi kondenzator spojen na masu.



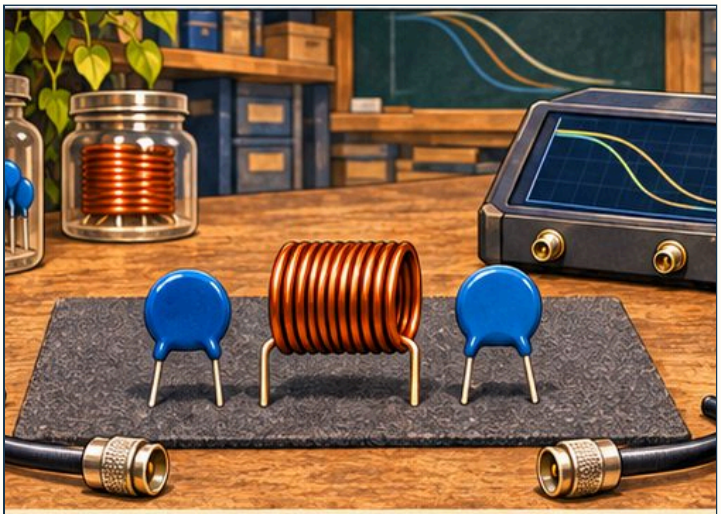
Zavojnica zatim serijski spaja ulaz i izlaz.



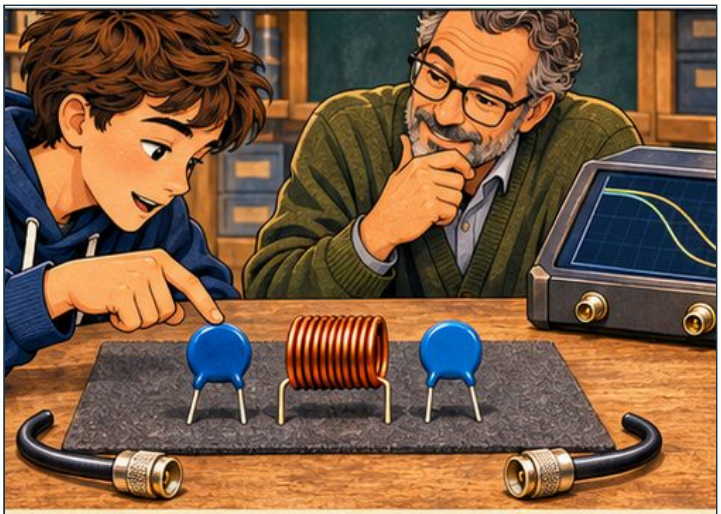
Drugi kondenzator povezuje izlaz s istom masom.



S obiju strana zavojnice spuštaju se dvije grane.



Taj raspored podsjeća na grčko slovo π.

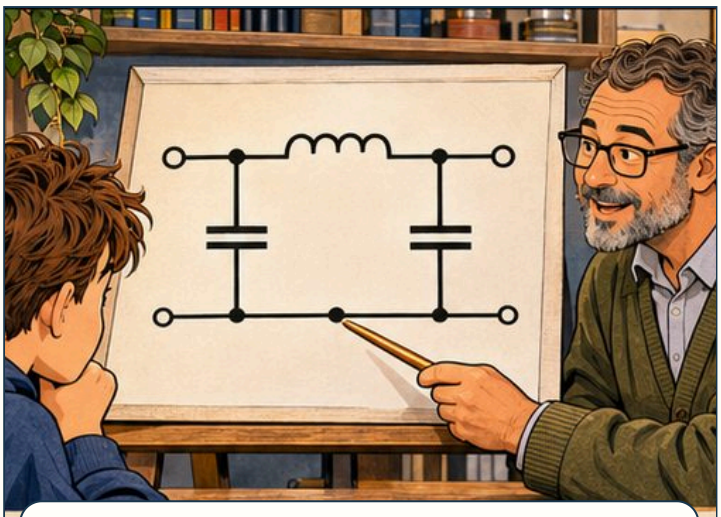


Mladić olovkom prati svaki spoj.

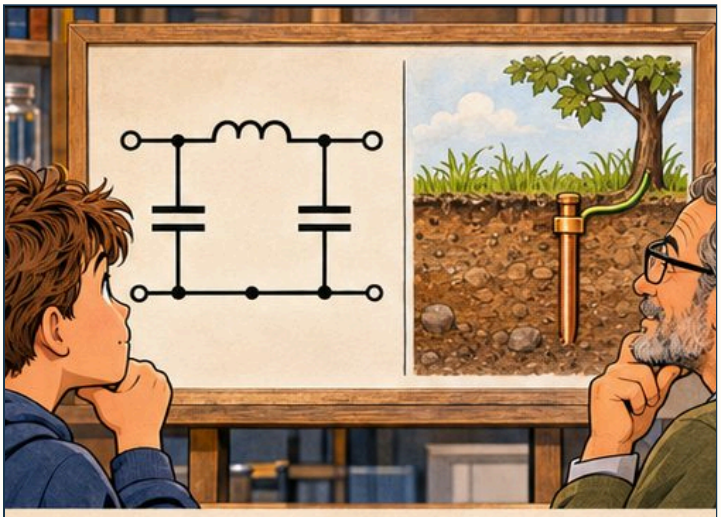
Masa u shemi



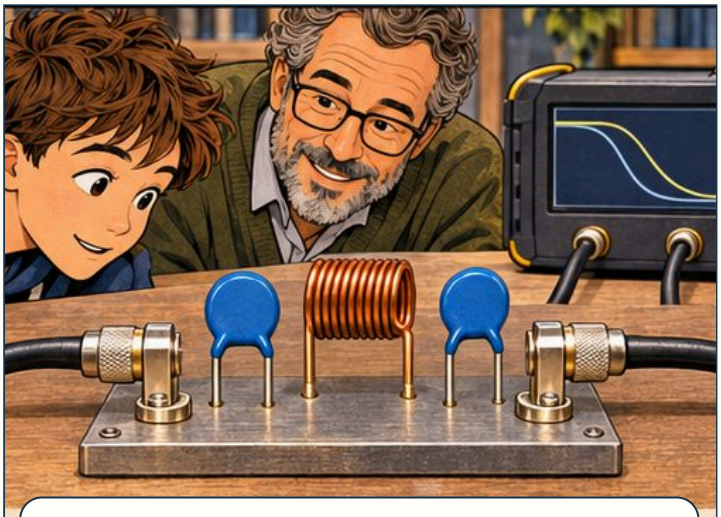
Oba kondenzatora dijele zajedničku električnu referenciju.



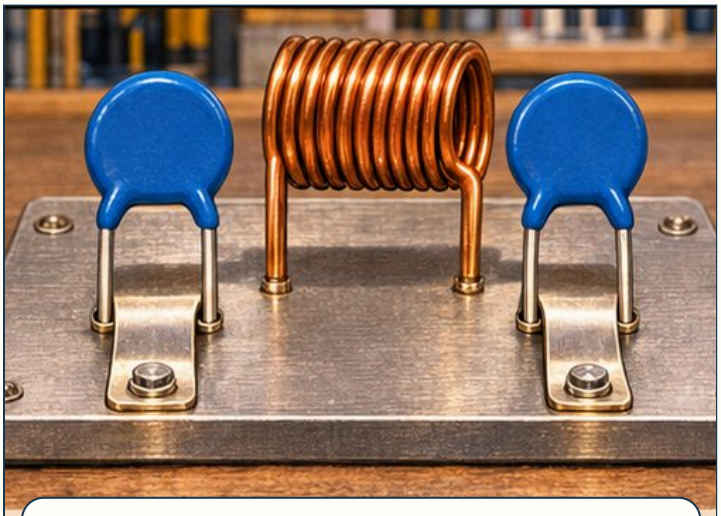
Simbol mase ovdje predstavlja tu referenciju sklopa.



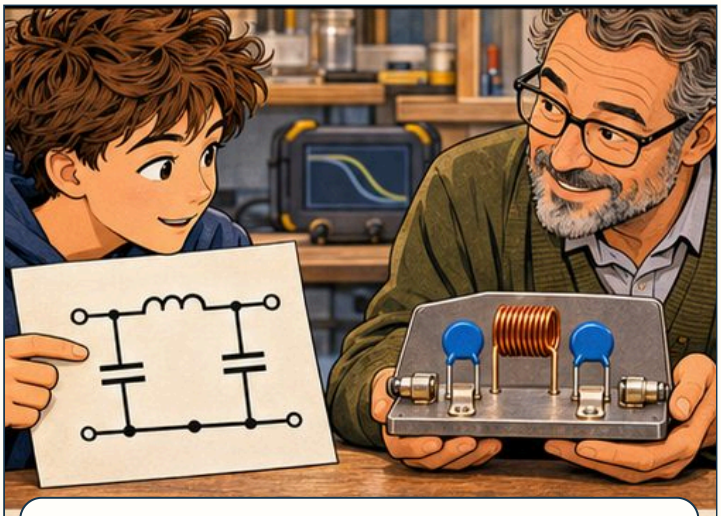
Ne znači automatski spoj sa zemljom.



Oklopi koaksijalnih kabela spajaju se na tu masu prema projektu.

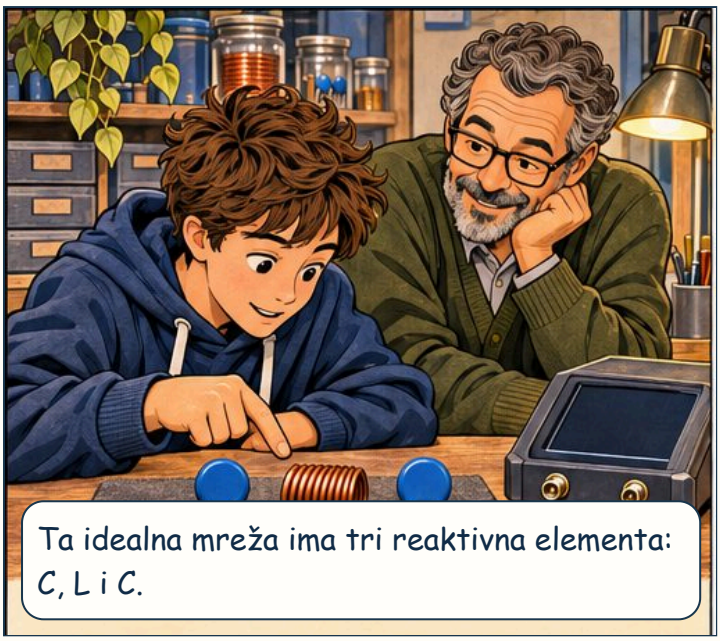


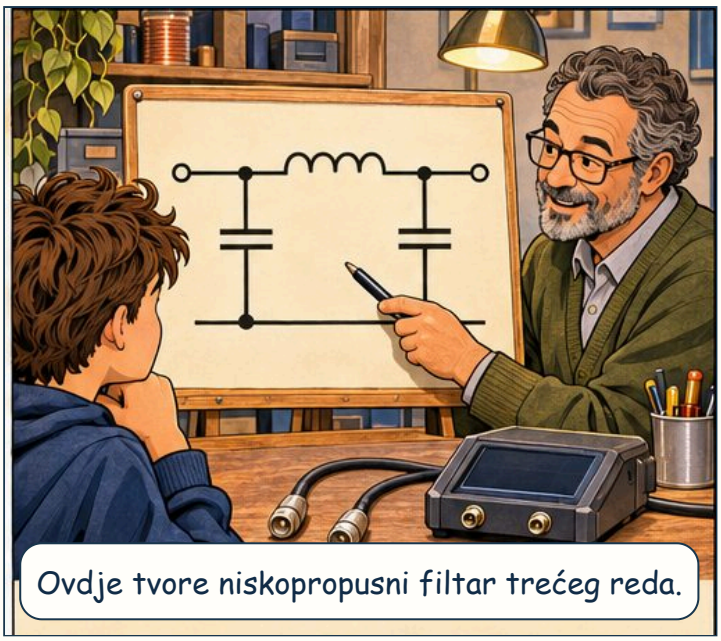
Kratak spojni vod ograničava neke parazitne učinke.



Mladić razlikuje simbol od konkretne izvedbe.

Tri elementa, jedan red

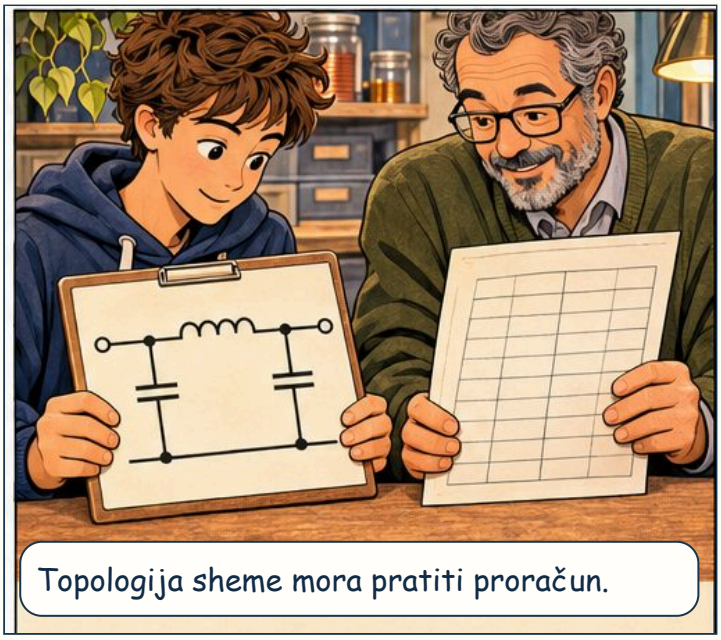








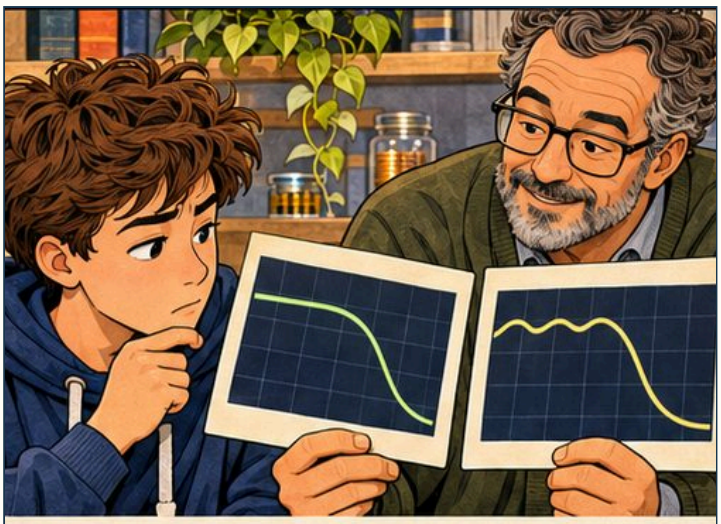




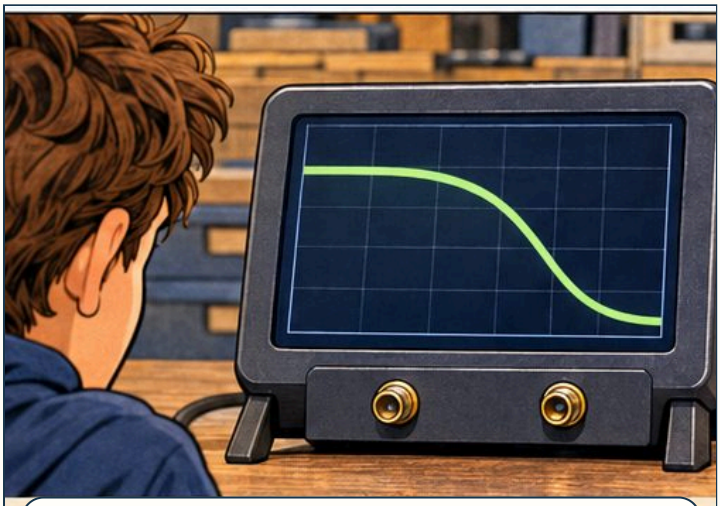
Zašto Butterworth?



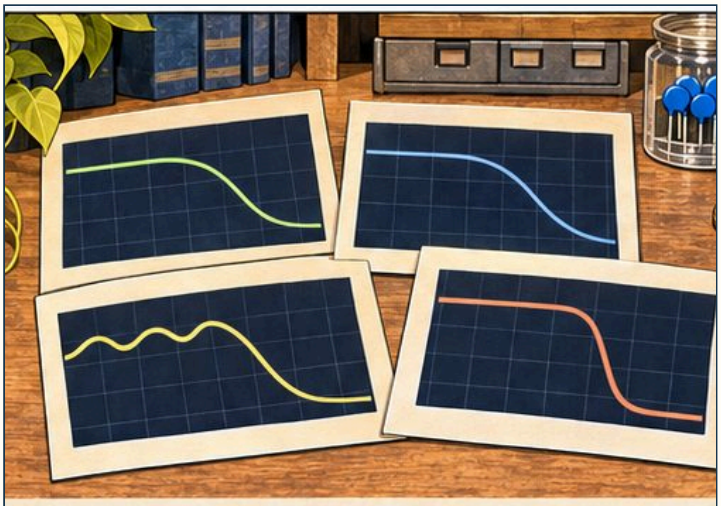
Butterworthov odziv maksimalno je ravan u propusnom pojasu.



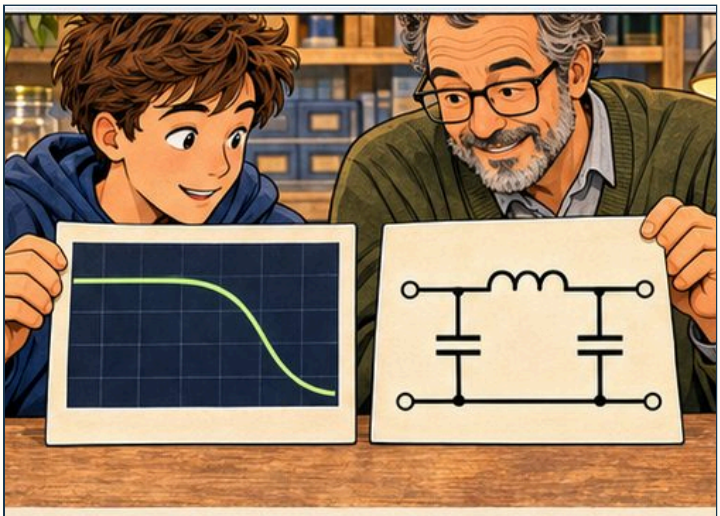
Idealni model nema valovitosti u tom pojasu.



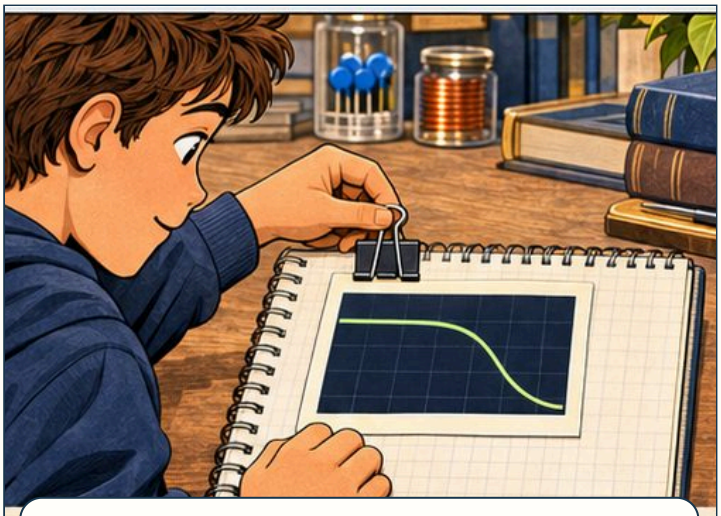
Prijelaz ostaje postupan, s karakterističnom zakrivljenošću.



Drugi odzivi prihvaćaju drukčije kompromise.



Tu skupinu biraju za jasan prvi projekt.



Naziv zato govori više od samog izraza niskopropusni.

Prototip za početak



Normirani prototip daje koeficijente projekta.



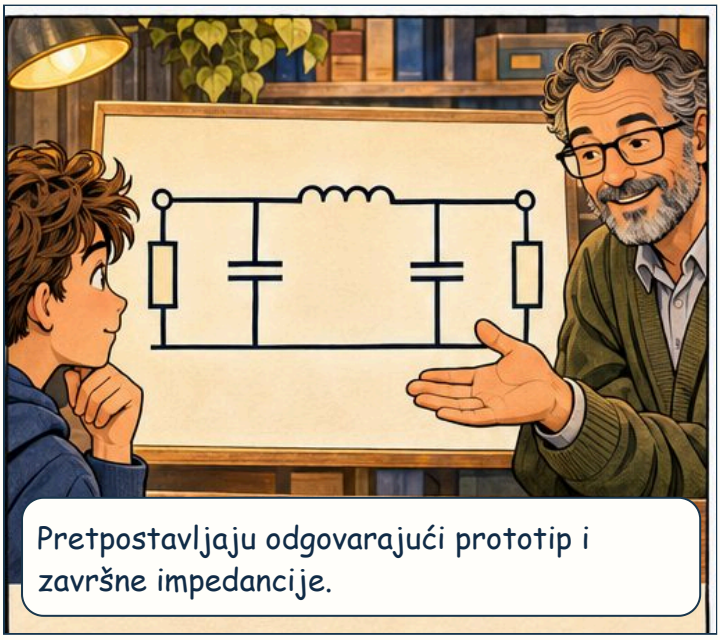
Za ovaj Butterworth trećeg reda oni su 1, 2 i 1.



Redom odgovaraju kondenzatoru, zavojnici i kondenzatoru.



To još nisu vrijednosti komponenti za kupnju.



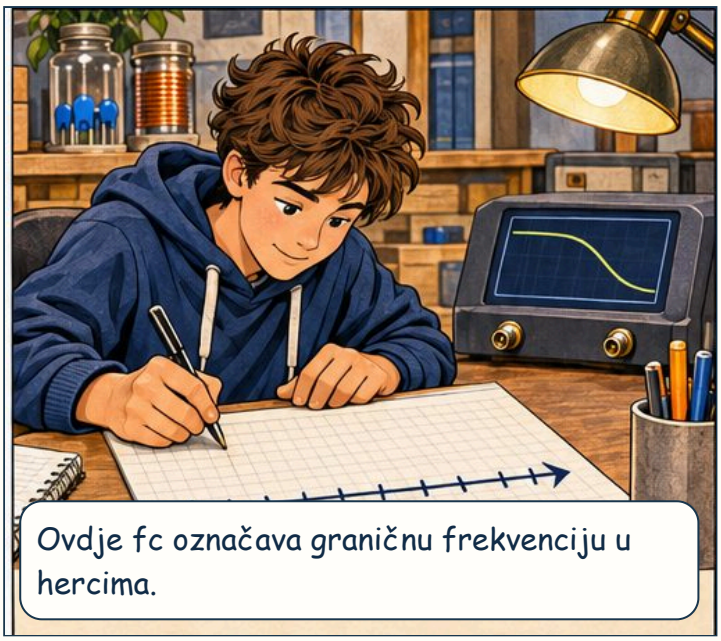
Pretpostavljaju odgovarajući prototip i završne impedancije.



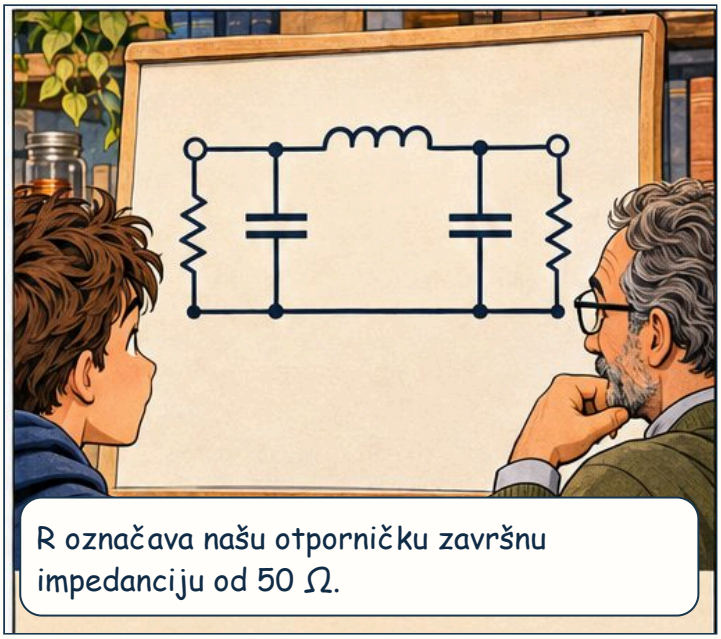
Još treba odrediti frekvencijsko i impedancijsko skaliranje.

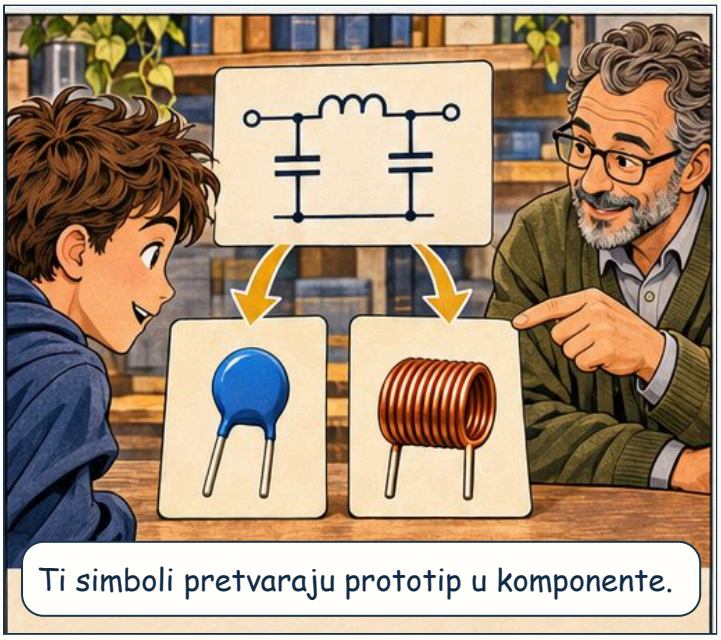
Promjena mjerila

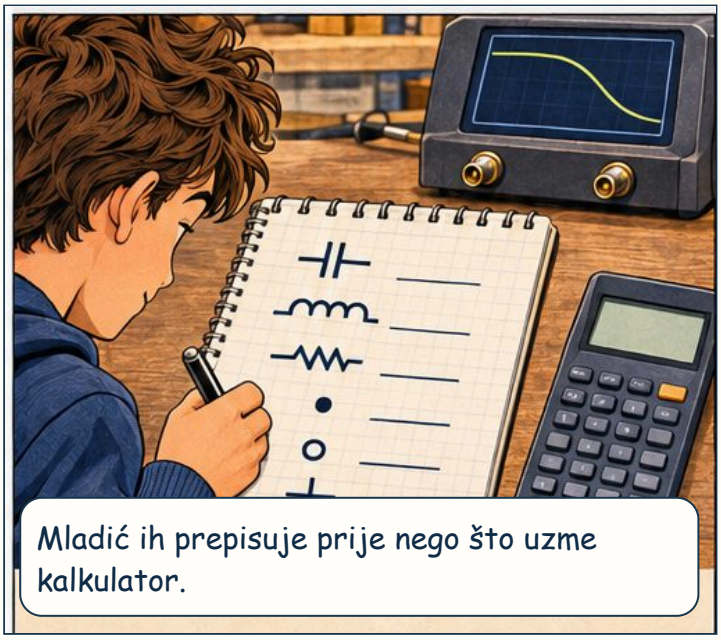








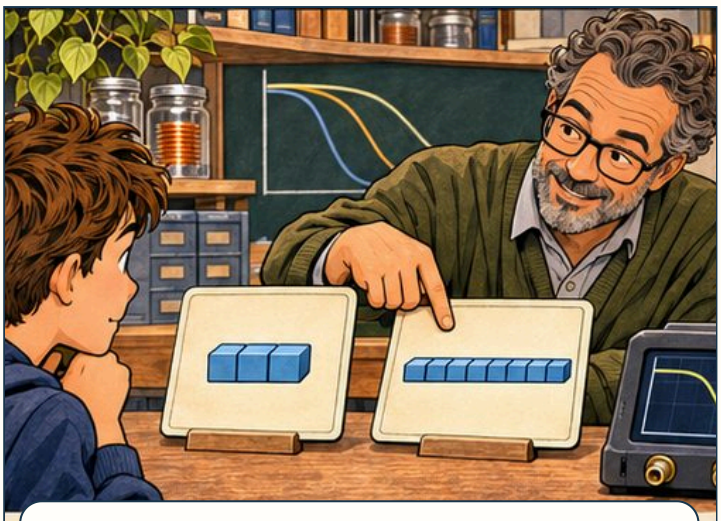




Jedinice prije brojeva



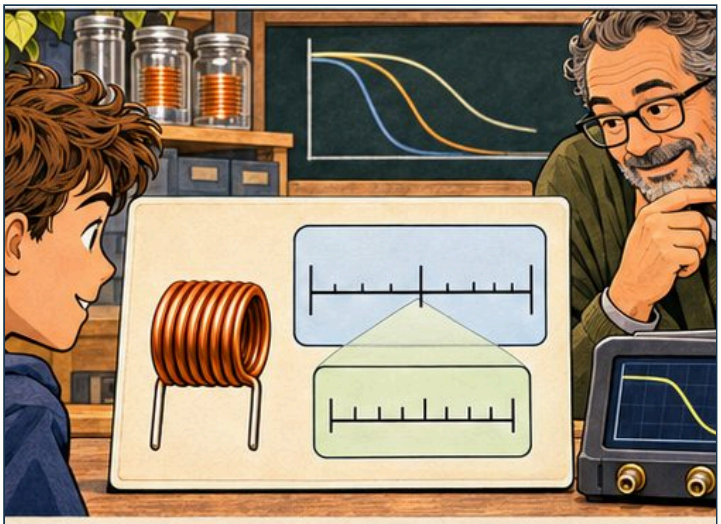
Jedan megaherc iznosi milijun herca.



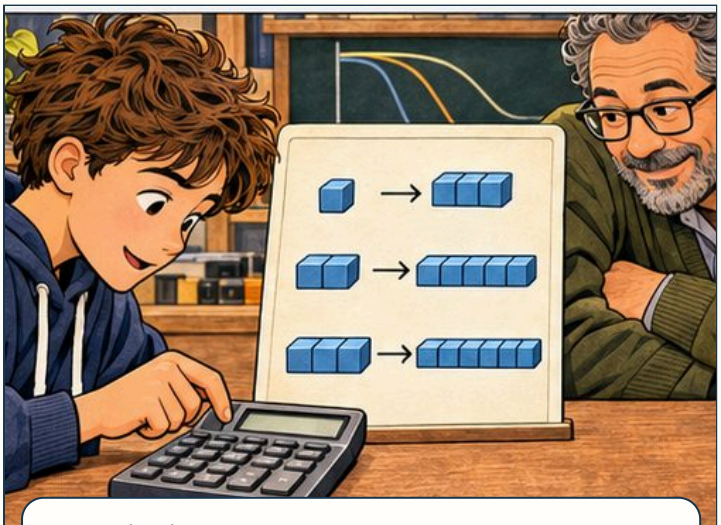
Njihova granica od 10 MHz zato iznosi 10 000 000 Hz.



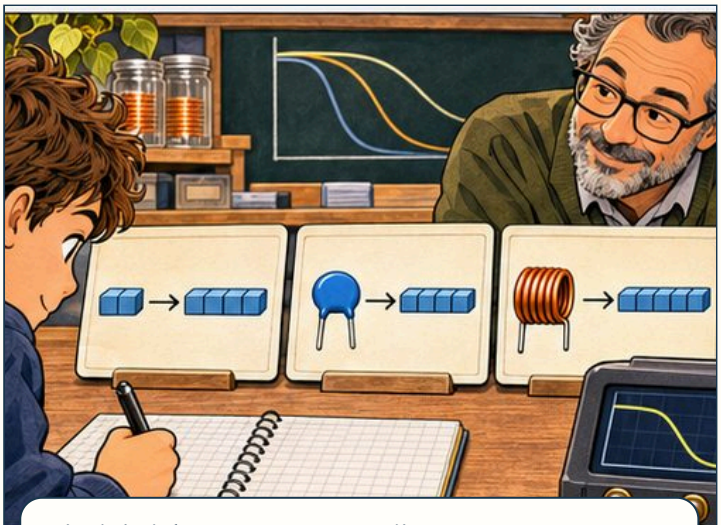
Jedan pikofarad iznosi 10^{-12} F.



Jedan mikrohenri iznosi 10^{-6} H.



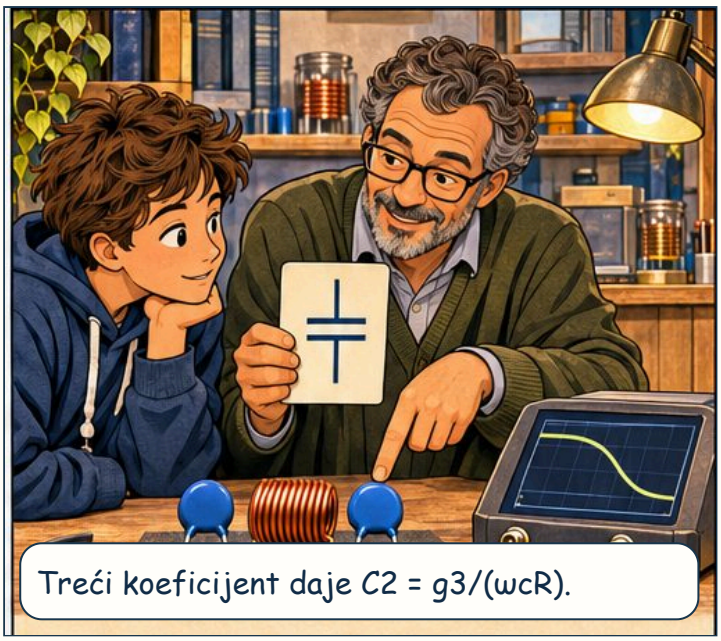
Formule će najprije koristiti osnovne jedinice.

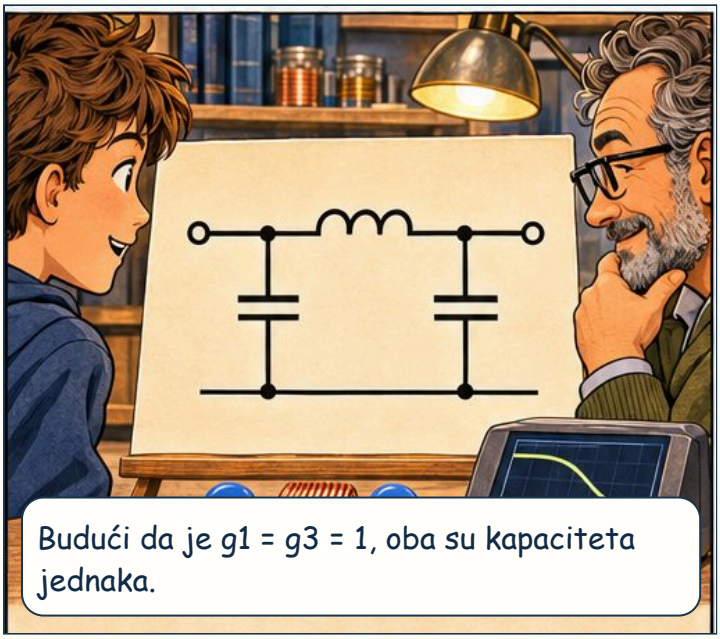


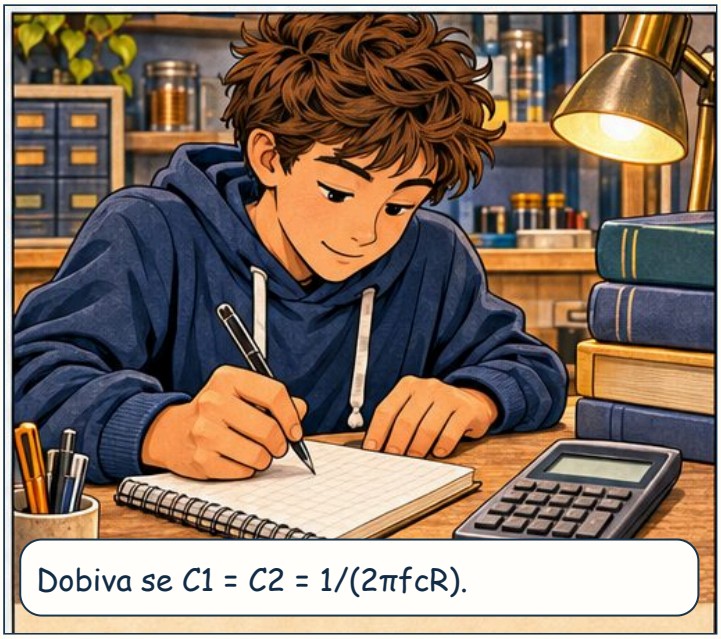
Mladić drži pretvorbe vidljivima uz proračune.

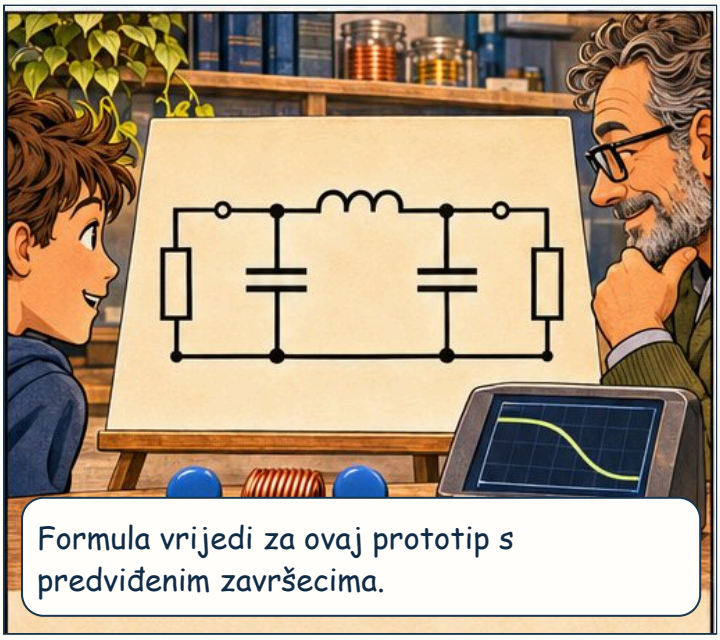
Formule kondenzatora

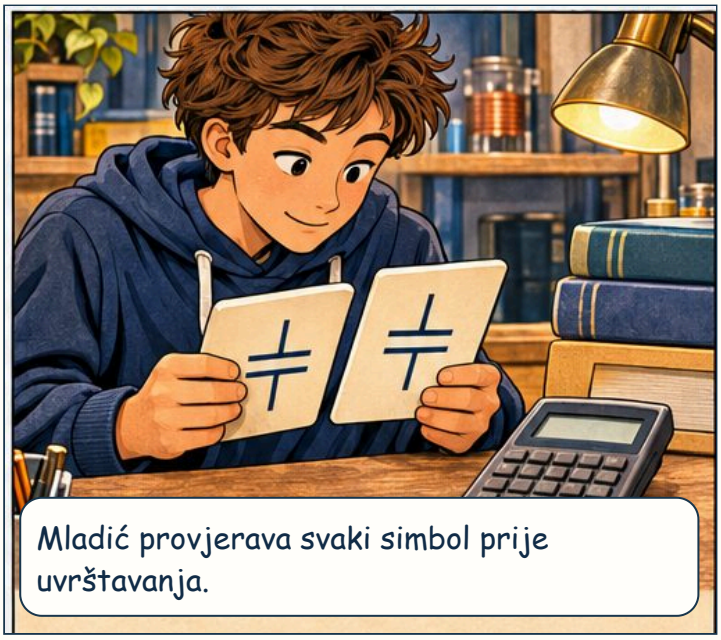












Izračun kapaciteta



Uvrštavaju fc = 10 000 000 Hz i R = 50 Ω.



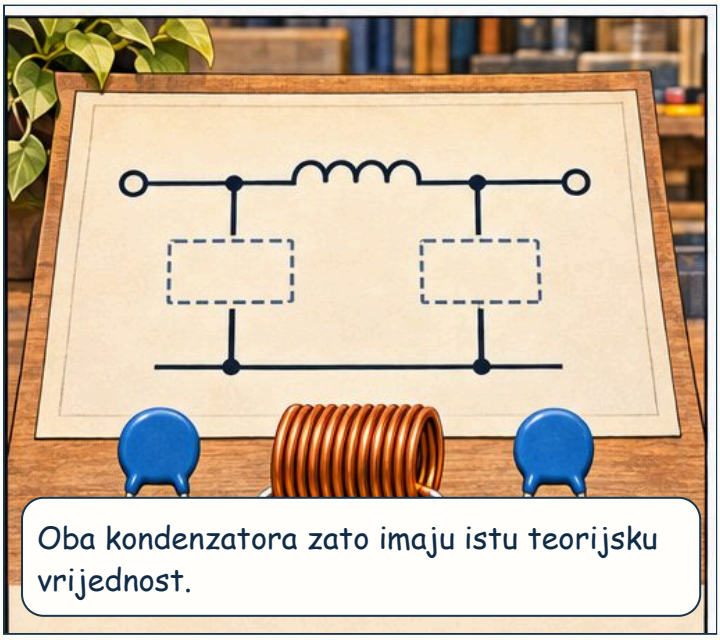
Nazivnik je približno 3,142 × 10⁹.



Svaki idealni kapacitet iznosi približno 3,183 × 10^{-10} F.



U pikofaradima to je približno 318,3 pF.

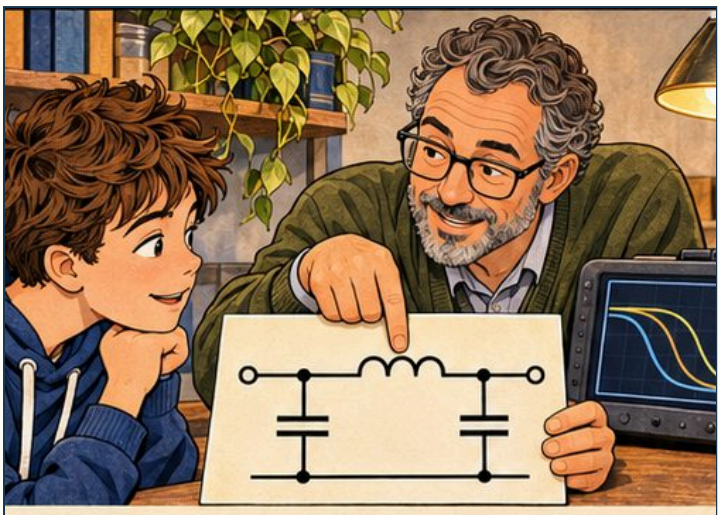


Oba kondenzatora zato imaju istu teorijsku vrijednost.



Lucas zapisuje rezultat s jasno vidljivom jedinicom.

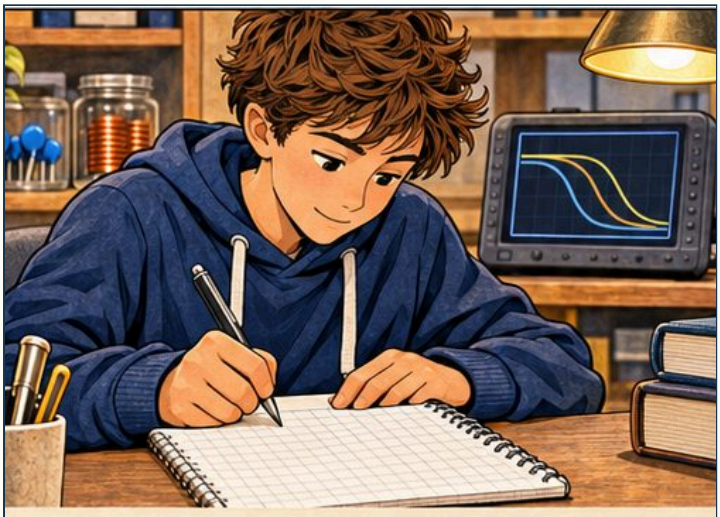
Formula zavojnice



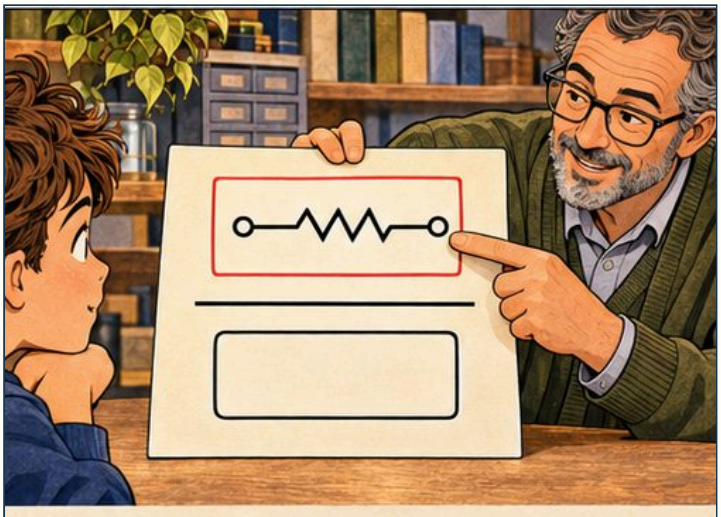
Za serijsku zavojnicu vrijedi L = g2R/ωc.



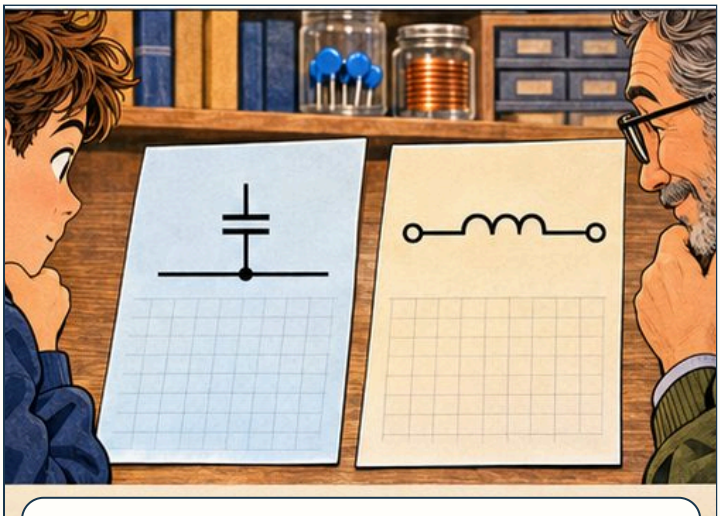
Srednji koeficijent ovdje je g2 = 2.



Zato je L = 2R/(2πfc).



Završni otpor ovaj je put u brojniku.

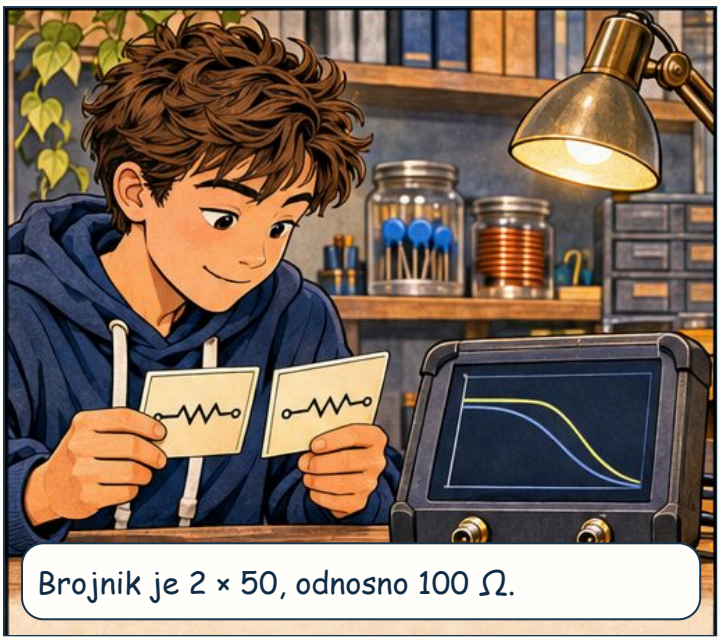


Mladić uspoređuje formulu s formulom kondenzatora.



Vizualna sličnost ne zamjenjuje ponovno čitanje.

Izračun induktiviteta



Brojnik je 2 × 50, odnosno 100 Ω.



Nazivnik je 2π × 10 000 000, približno 6,283 × 10^{7} s^{-1}.



Izračun daje približno 1,592 × 10^{-6} H.



Idealna zavojnica zato ima približno 1,59 μH induktiviteta.



Sva tri rezultata stavljaju u istu shemu.



Projekt sada ima prvu potpunu definiciju.

Milijunska pogreška



Mladić pokušava brzo ponovno unijeti proračun.



Upisuje 10 umjesto 10 000 000.



Rezultat postaje milijun puta prevelik.



Usporedba s očekivanim komponentama odmah otkriva problem.



Ispravlja unos i neovisno ponavlja račun.

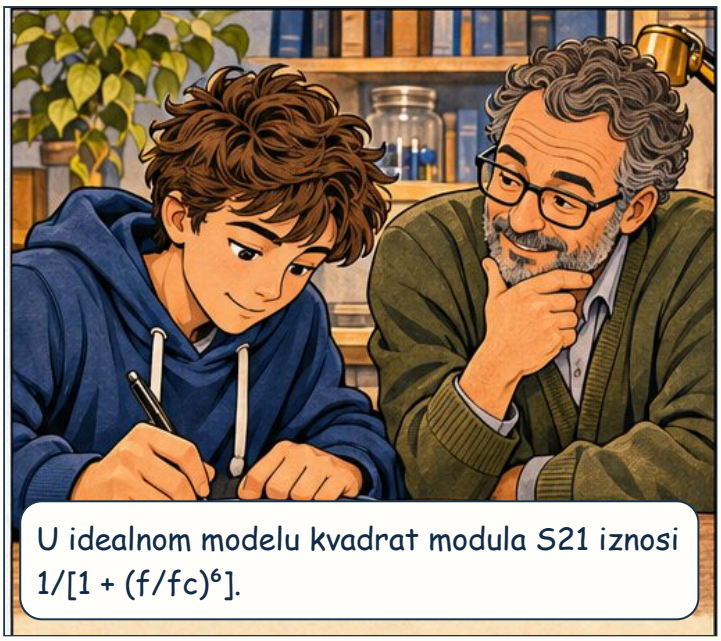


Provjera reda veličine postaje korisna navika.

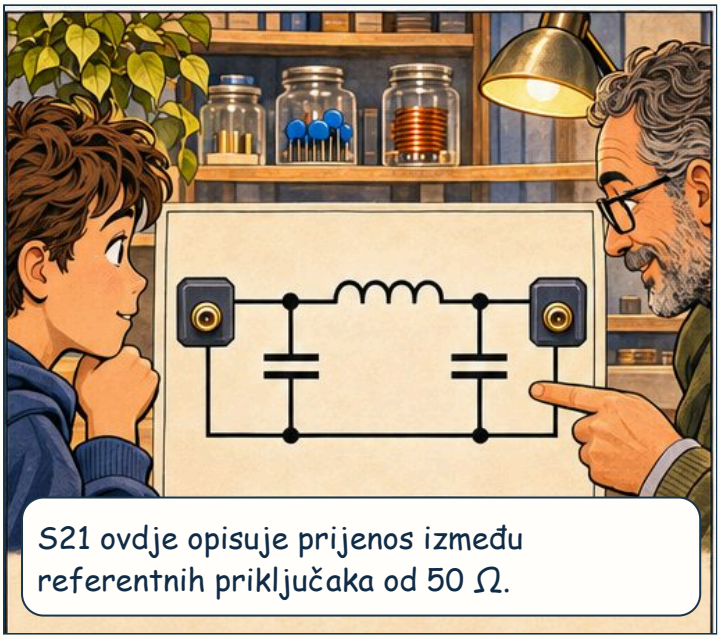
Predvidjeti cijelu krivulju



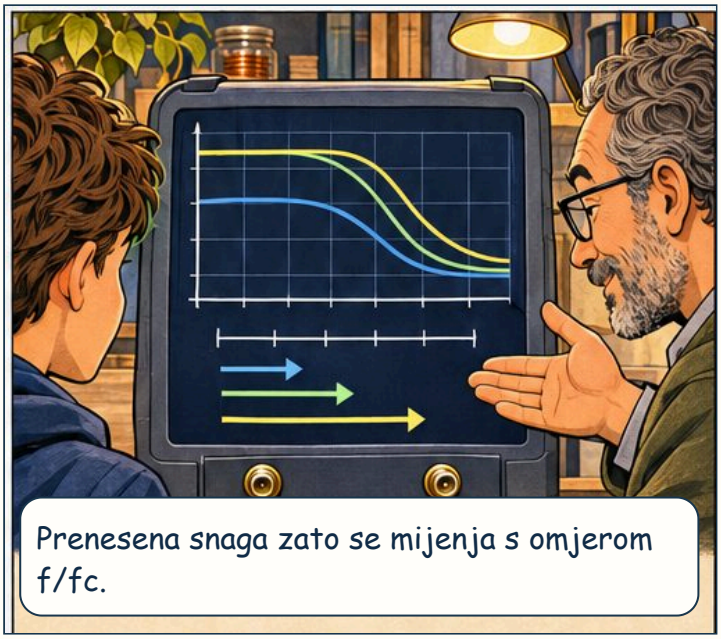
Tri vrijednosti još ne opisuju cijeli odziv.



U idealnom modelu kvadrat modula S21 iznosi $1/[1 + (f/fc)^6]$.



S21 ovdje opisuje prijenos između referentnih priključaka od 50 Ω.



Prenesena snaga zato se mijenja s omjerom f/fc.



Teorijska krivulja služi kao uporište prije mjerenja.



Mladić priprema nekoliko frekvencija za usporedbu.

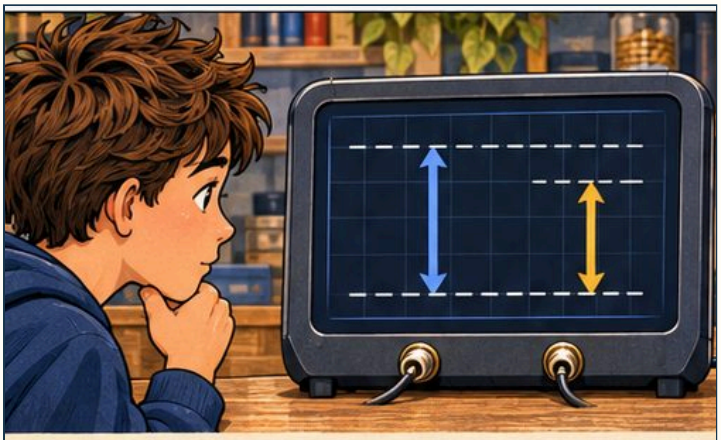
Što znači minus tri decibela?



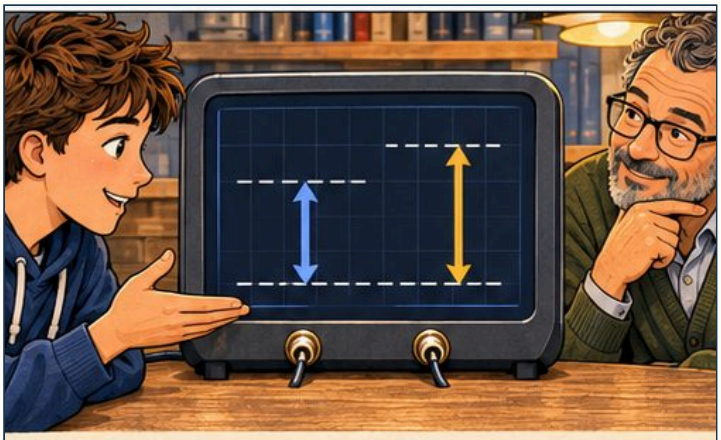
Pri f = fc idealni omjer prenesene snage iznosi 1/2.



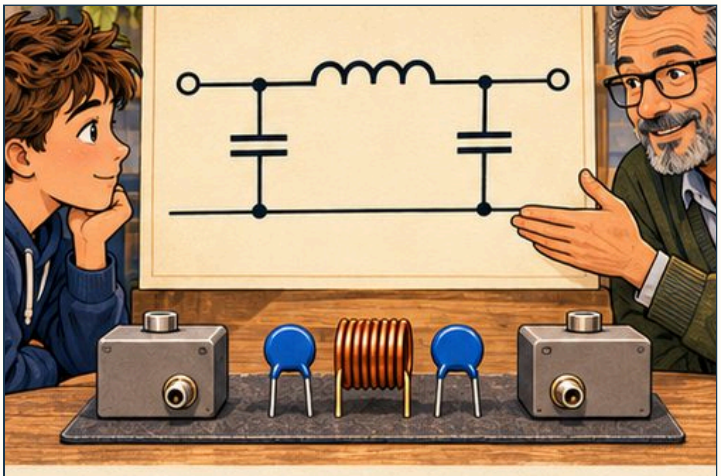
U decibelima, 10 log10(1/2) daje približno −3,01 dB.



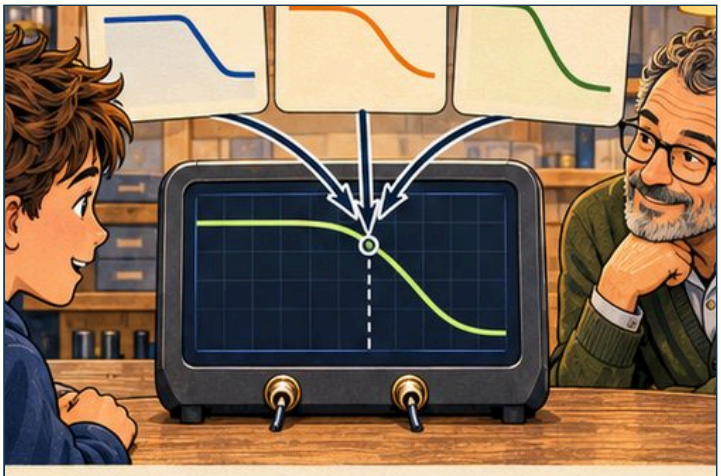
Modul S21 tada iznosi približno 0,707.



Ta amplituda, dakle, nije polovica.



Proračun koristi odgovarajuće referencije od 50 Ω.

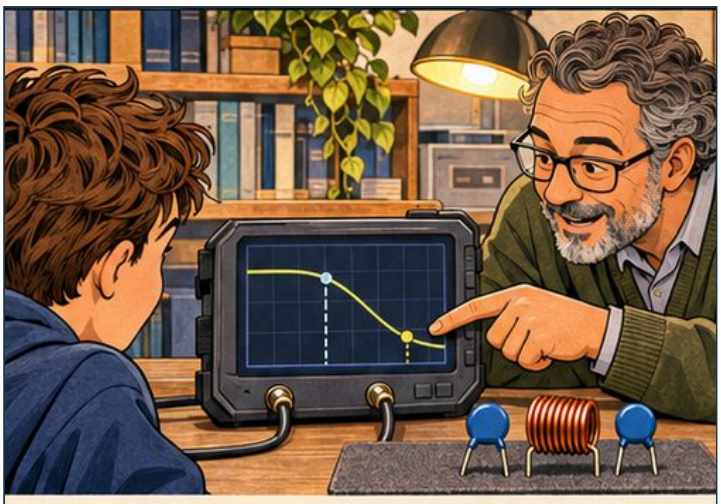


Mladić povezuje tri zapisa iste točke krivulje.

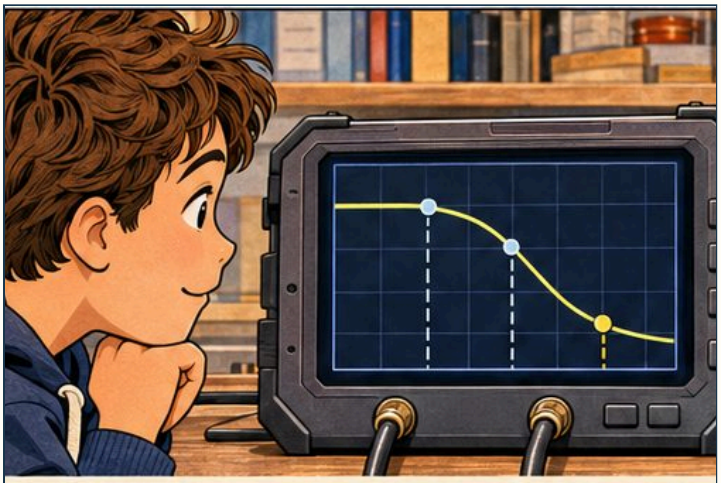
Iznad granične frekvencije



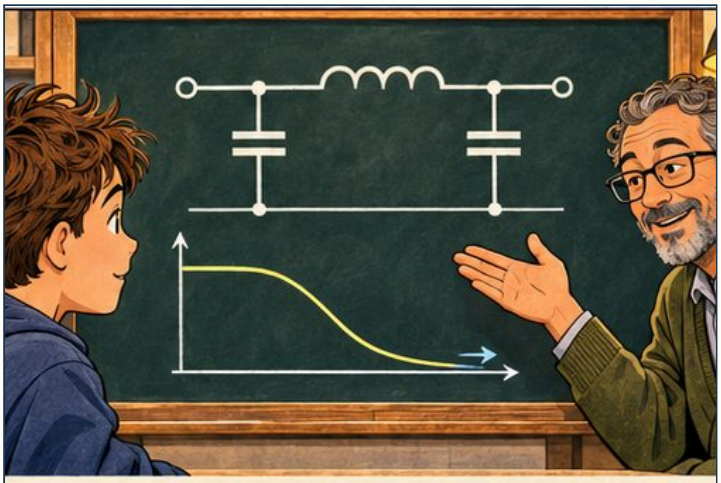
Pri 20 MHz omjer f/fc iznosi 2.



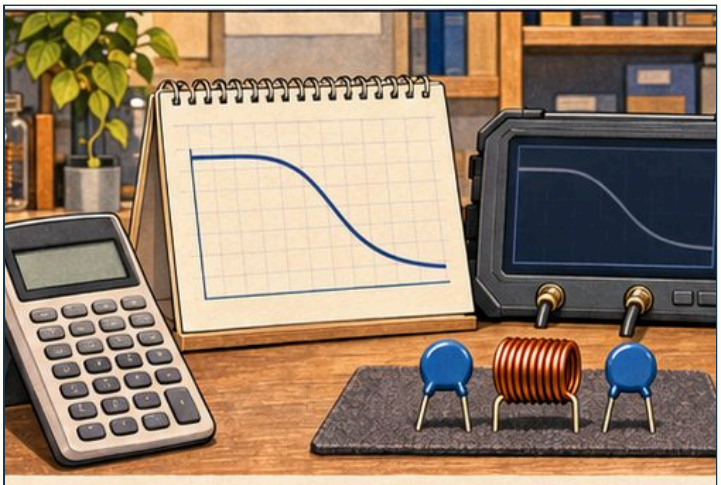
Idealni prijenos postaje približno −18,13 dB.



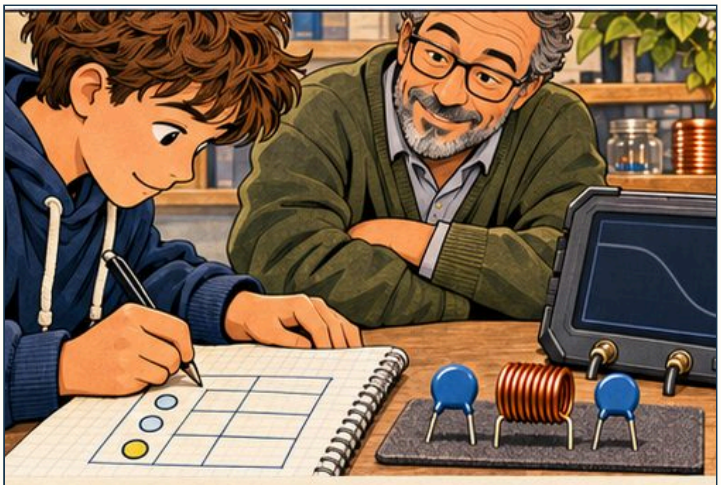
Pri 30 MHz f/fc iznosi 3: približno −28,63 dB.



Prigušenje raste, ali ostaje konačno.

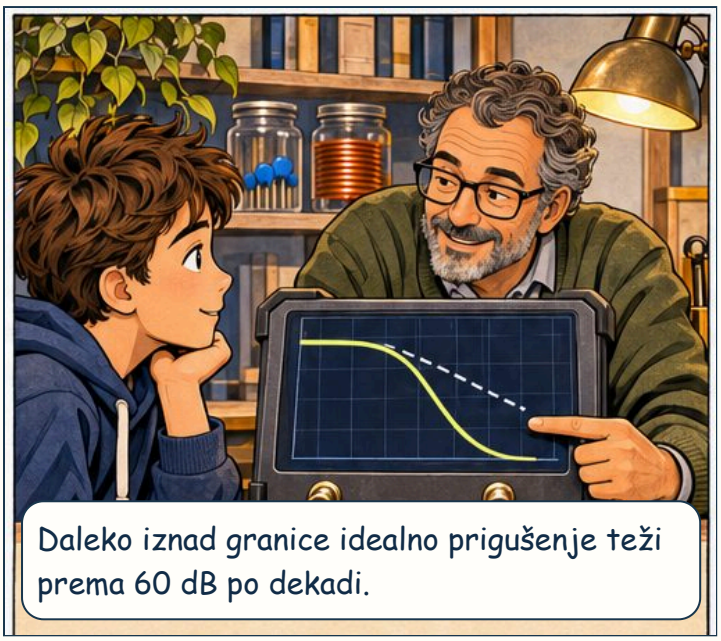


Ti su brojevi izračunati, a ne izmjereni na njihovu sklopu.



Mladić ih stavlja u stupac predviđanja.

Nagib nije obećanje





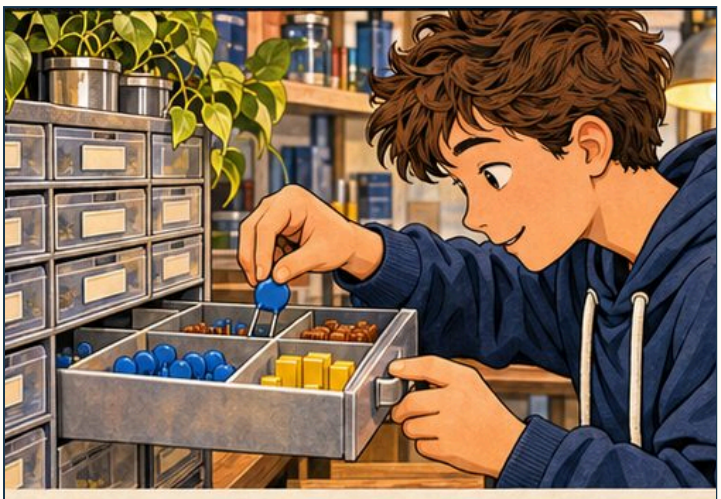




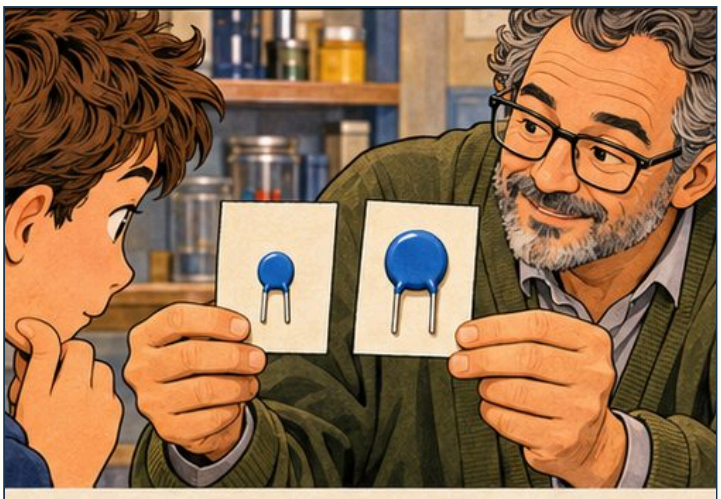




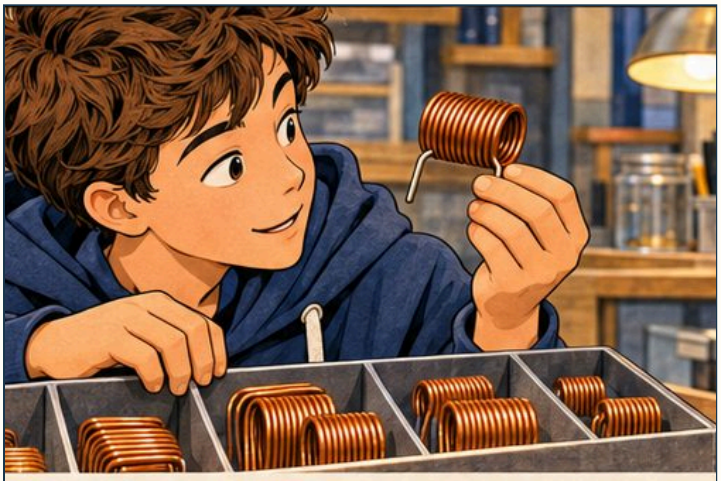
Dostupne vrijednosti



Ladica ne mora sadržavati kondenzatore od 318,3 pF.



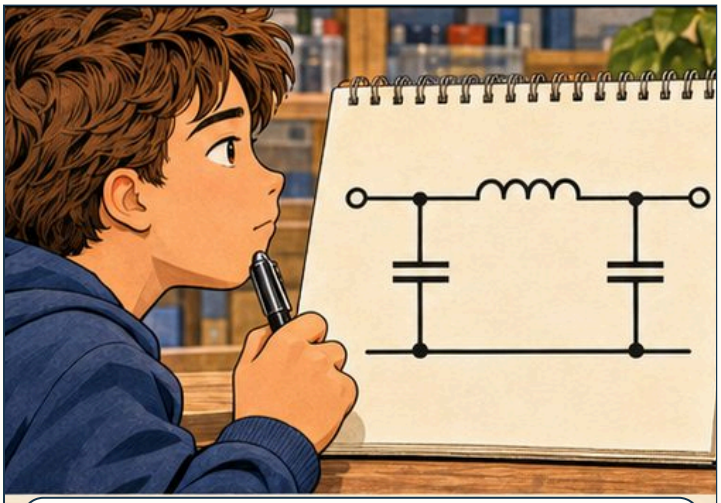
Uobičajena vrijednost od 330 pF nije ista.



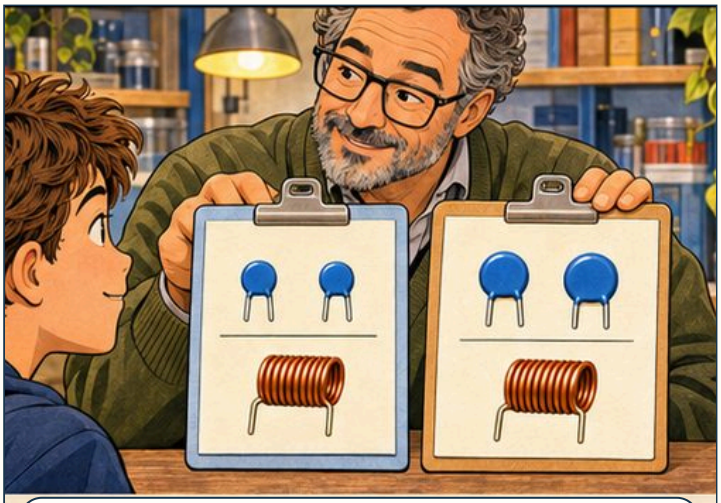
Zavojnica od 1,6 µH približava se izračunatoj vrijednosti.



Odabir tih vrijednosti zahtijeva novi proračun ili simulaciju odziva.



Taj se sklop ne naziva automatski „točno 10 MHz".



Mladić odvojeno bilježi idealne i odabrane vrijednosti.

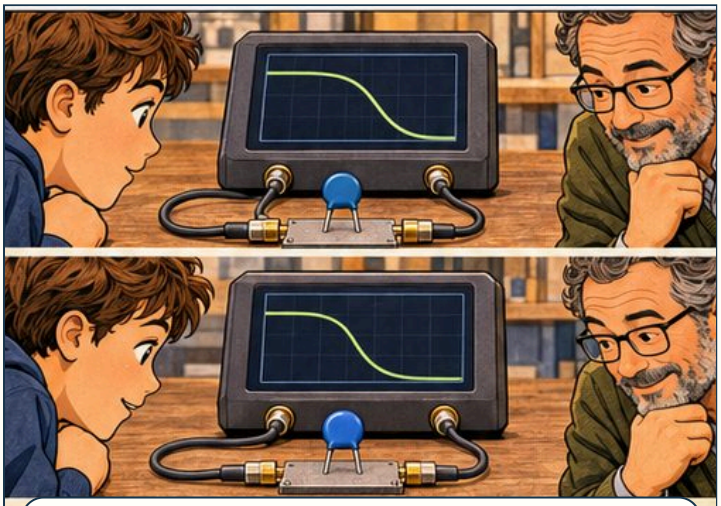
Svaki dio ima toleranciju



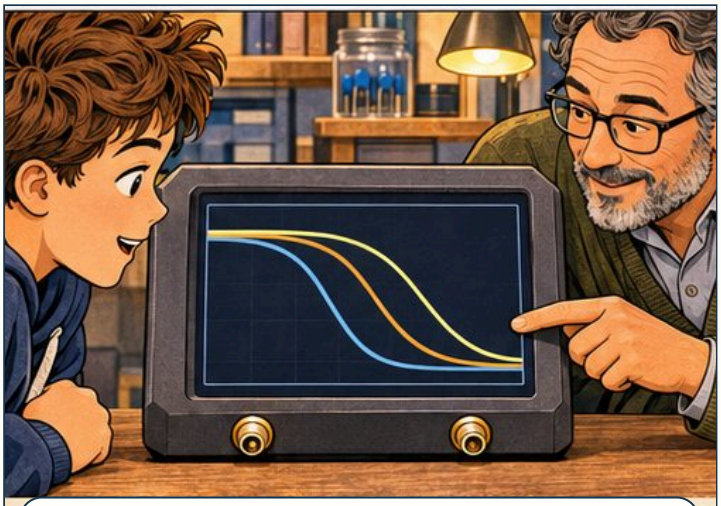
Nazivna vrijednost nije zajamčena točna vrijednost.



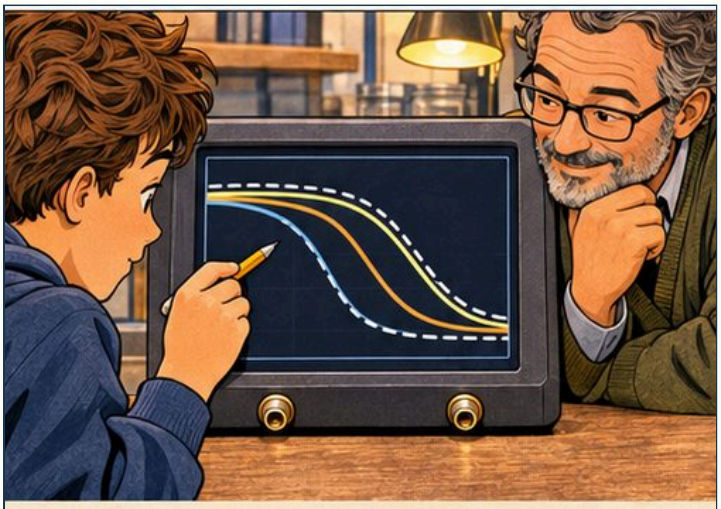
Tolerancije kondenzatora i zavojnice važne su.



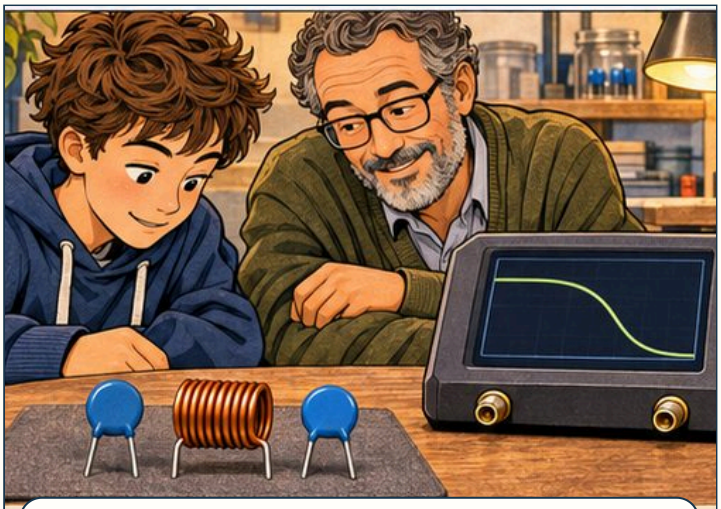
Jednako označene komponente mogu se malo razlikovati.



Simulacija može istražiti više kombinacija vrijednosti.



Pomaže predvidjeti raspon mogućih odziva.



Mjerenje zatim ispituje stvarno korištene dijelove.

Skrivene komponente



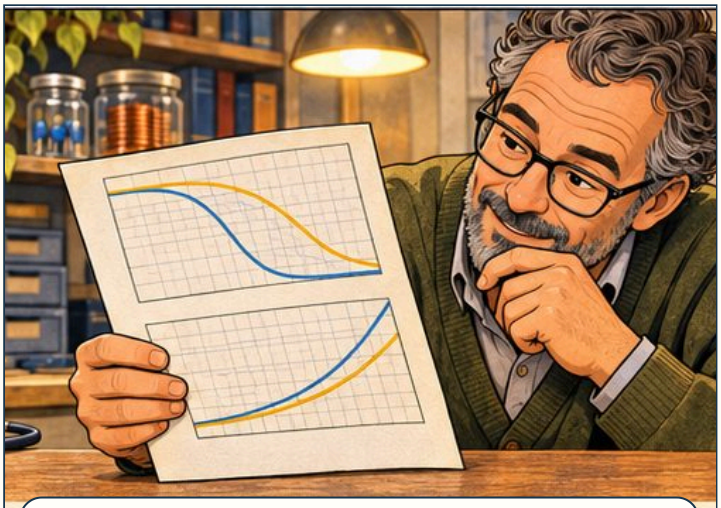
Stvarna zavojnica ima i otpor te parazitni kapacitet.



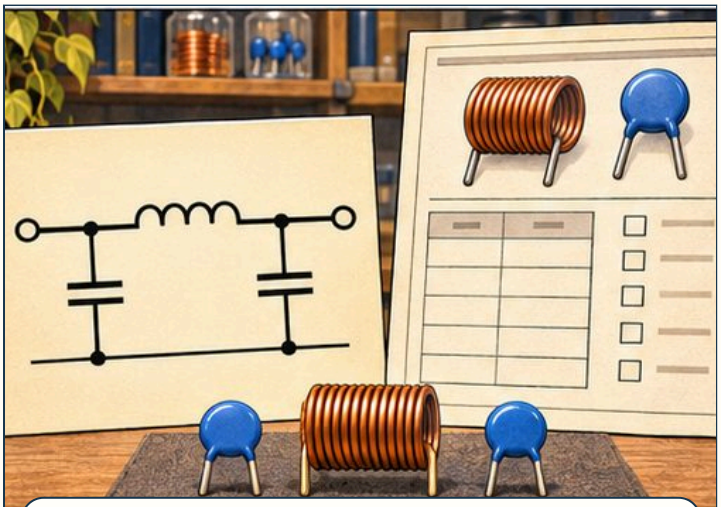
Kondenzator ima, među ostalim, gubitke i parazitni induktivitet.



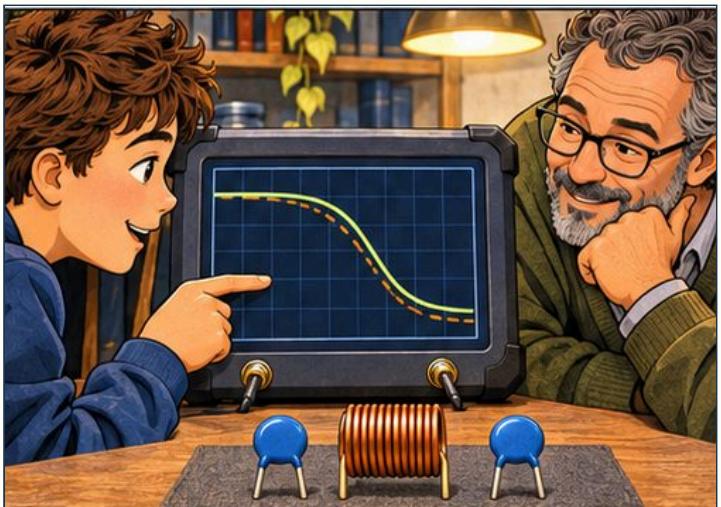
Ponašanje im se mijenja blizu određenih rezonancija.



Tehnički listovi navode granice koje treba ispitati.



Vrijednost u pikofaradima ili mikrohenrijima zato nije dovoljna.



Mladić uči čitati dalje od prvog retka.

Mjerni stol ne potvrđuje odašiljač



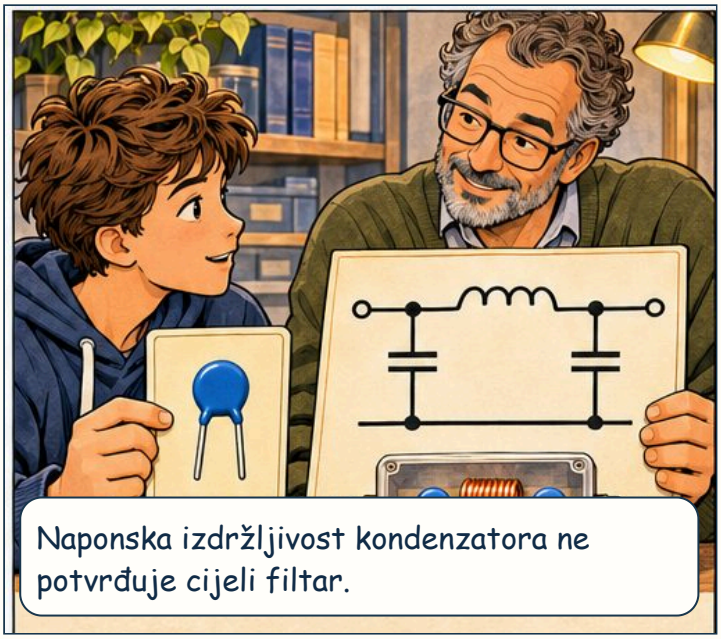
Njihov demonstracijski sklop prima samo predviđeni mali signal analizatora.



Uporaba pri odašiljanju zahtijevala bi dodatne provjere.



Trebalo bi proučiti napone, struje, zagrijavanje i dopuštenu snagu.



Naponska izdržljivost kondenzatora ne potvrđuje cijeli filtar.

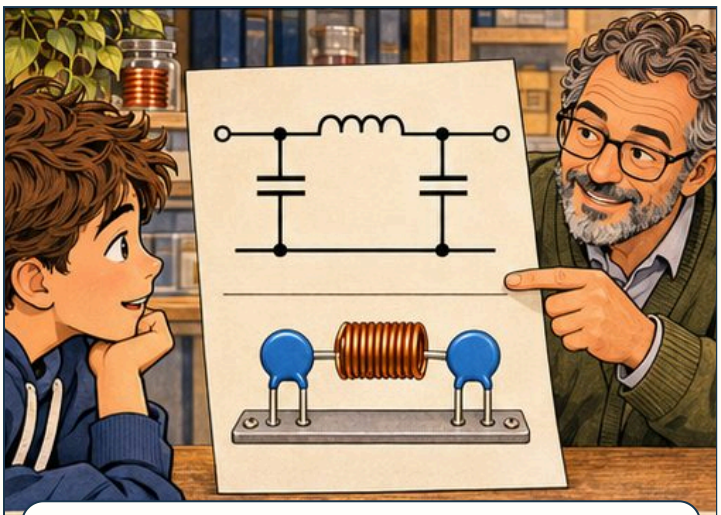


Ova radionica ne uključuje ispitivanje snagom.

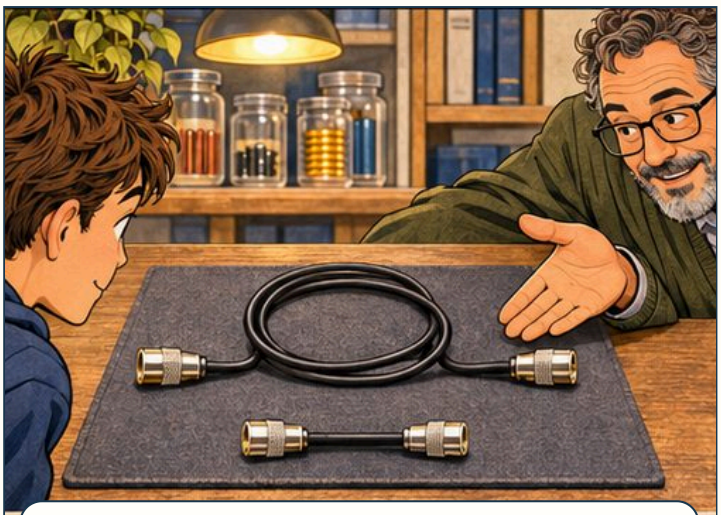


Mladić jasno zapisuje granice njihove izvedbe.

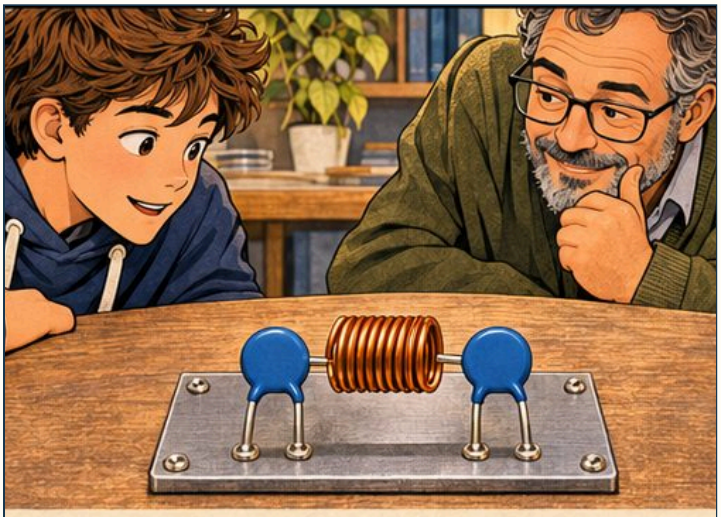
Crtanje rasporeda



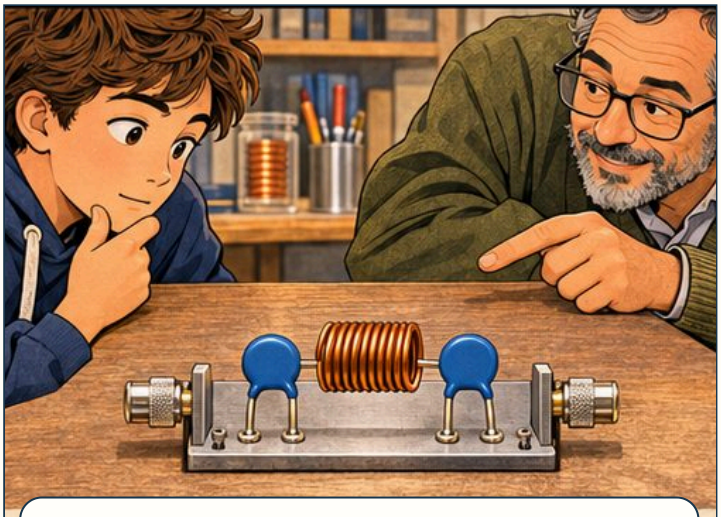
Shema pokazuje spojeve, ali ne cijelu njihovu geometriju.



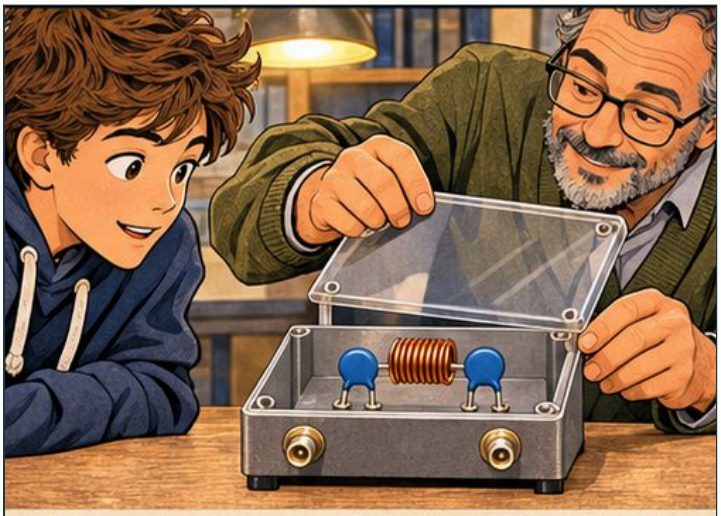
Na tim frekvencijama duljine vodova i raspored mogu biti važni.



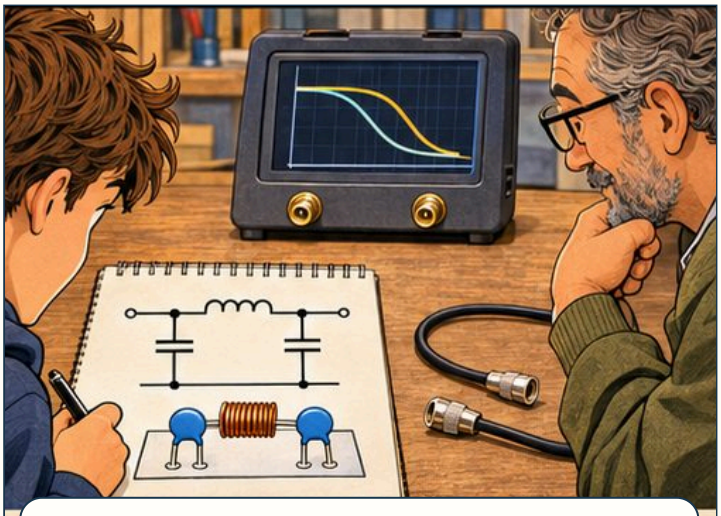
Predviđaju zajedničku masu i kratke vodove.



Razdvajaju i putove koji bi se mogli izravno sprezati.



Henri priprema sklop prikladan za mjerenje.

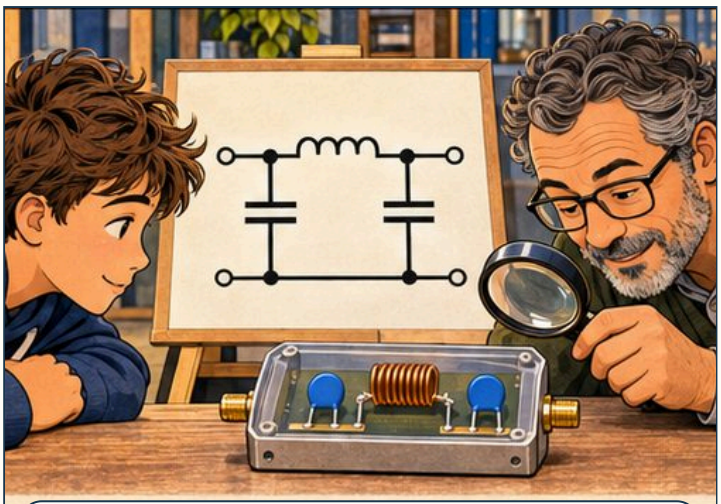


Lucas uspoređuje raspored i shemu, spoj po spoj.

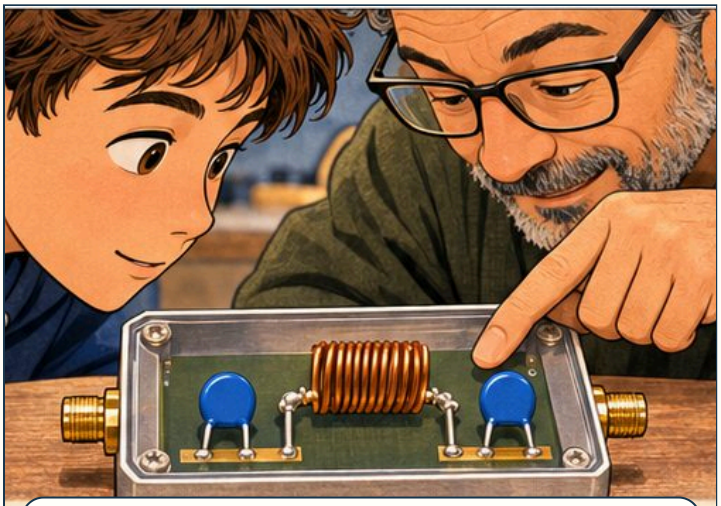
Provjera prije spajanja



Mjerni izvor ostaje isključen tijekom pripreme.



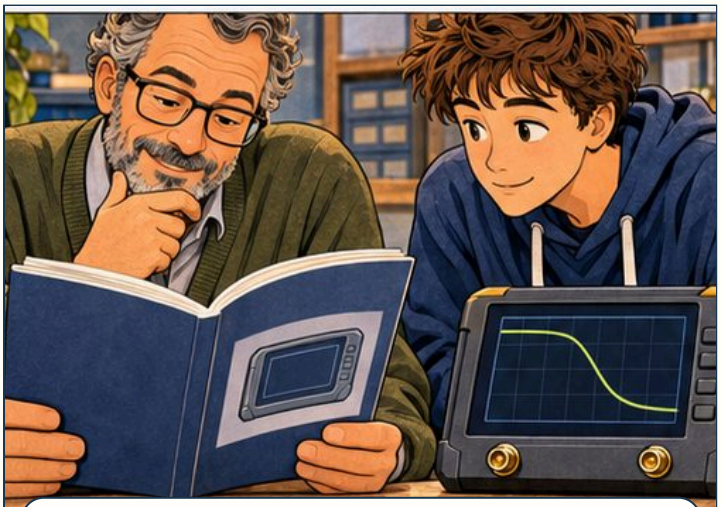
Provjeravaju spojeve, komponente i zajedničku masu.



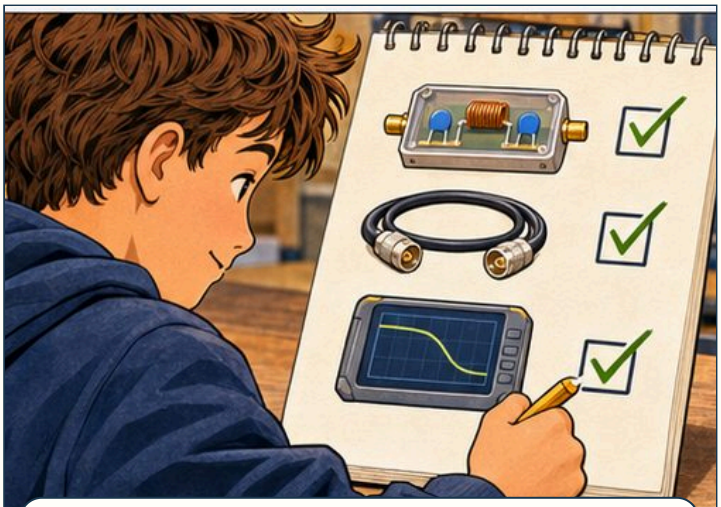
Traže kratki spoj, pogrešno spajanje i oštećene dijelove.



Zatim pregledavaju priključnice i kabele.



Mentor provjerava ulazna ograničenja uređaja.

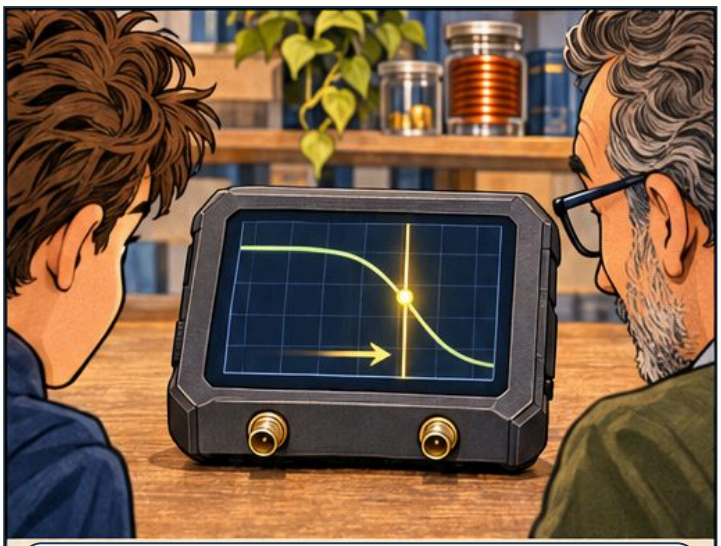


Mladić dovršava popis prije prvog frekvencijskog prebrisavanja.

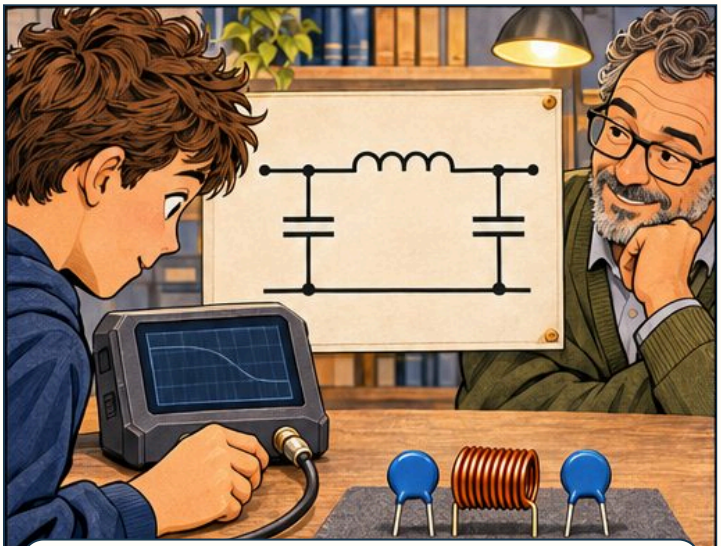
Analizator postavlja pitanja



Mrežni analizator šalje poznati mali signal.



Prebrisava odabrani frekvencijski raspon.



Priključak 1 napaja ulaz filtra.



Priključak 2 prati prijenos na izlazu.



Parametar S21 omogućuje praćenje tog prijenosa.



Priključci daju predviđene referencije od 50 Ω.

Kalibrirati na pravome mjestu



Kabeli i prilagodnici sudjeluju u mjerenju.



Zato slijede postupak kalibracije predviđen za uređaj.



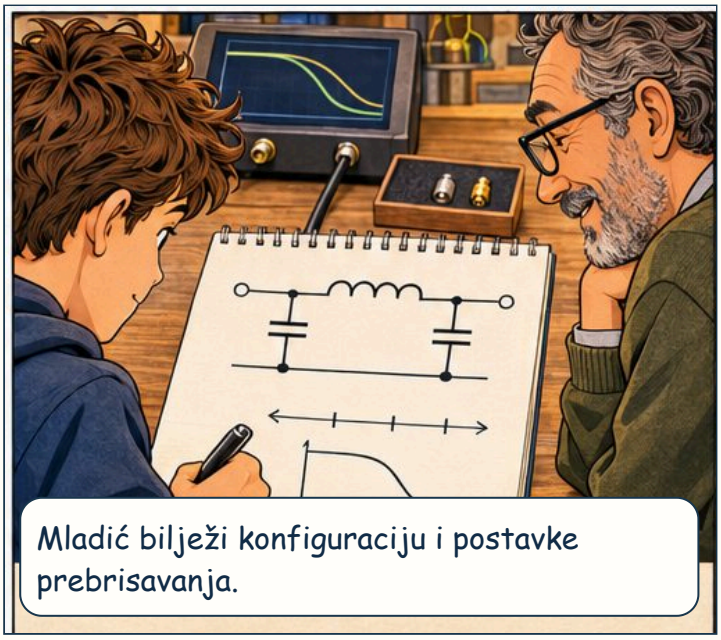
Odgovarajući etaloni spajaju se prema uputama.



Referentne ravnine postavljaju se na krajevima kabela.



Nakon kalibracije te spojeve čuvaju koliko je moguće.



Mladić bilježi konfiguraciju i postavke prebrisavanja.

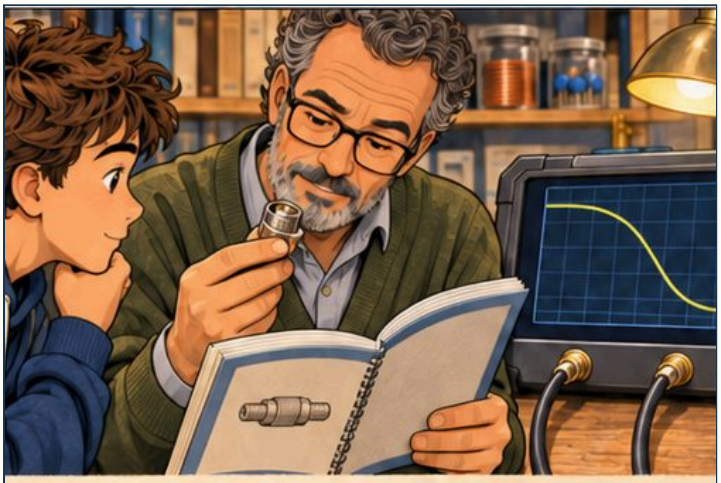
Provjeriti izravni put



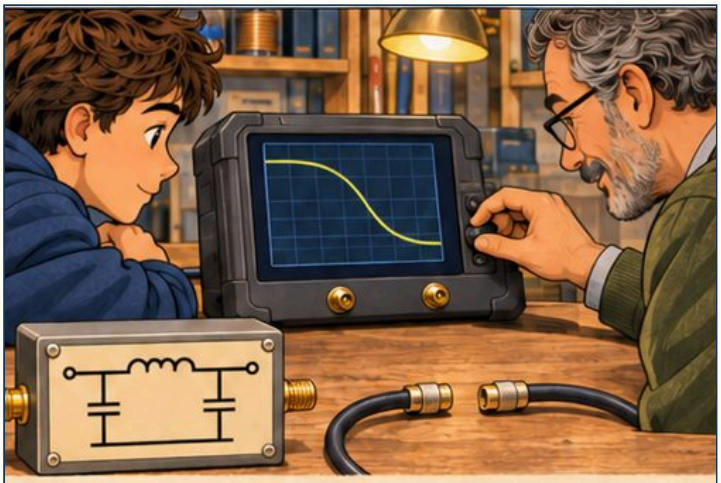
Prije filtra izravna veza provjerava referenciju.



Očekivani prijenos mora odgovarati toj vezi.



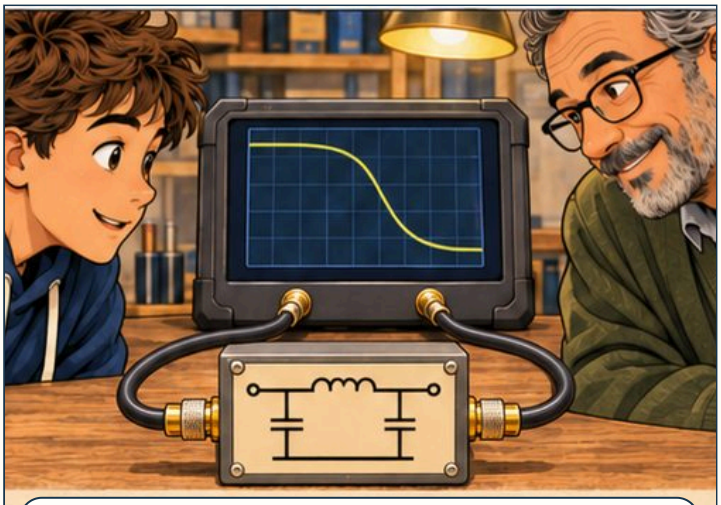
Nepravilnost zahtijeva pregled kabela, kalibracije i postavki.



Filtar se ne mijenja da bi prikrio kvar mjernog stola.



Nakon provjere zaustavljaju izvor radi spajanja.

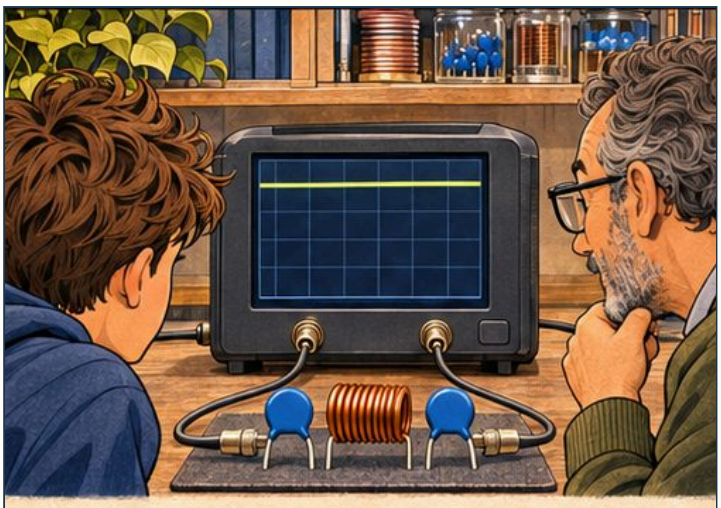


Filtar zatim zauzima mjesto između dvaju kabela.

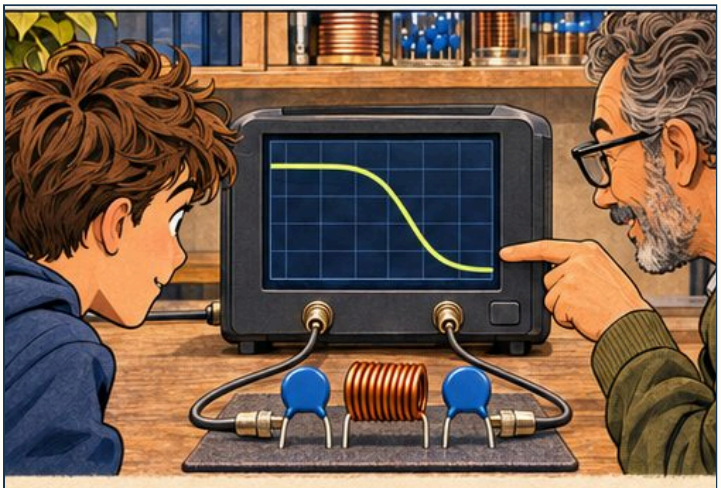
Prvo prebrisavanje



Pokreću prebrisavanje kroz korisni pojas i prijelaz.



Krivulja ostaje viša pri niskim frekvencijama.



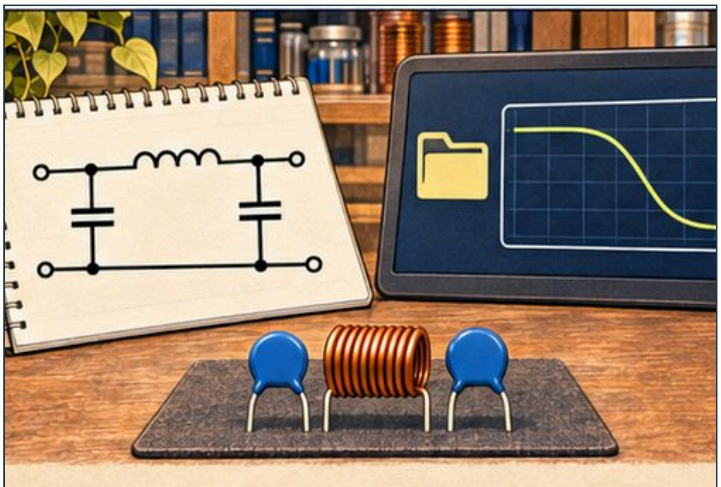
Zatim pada s porastom frekvencije.



Mladić prepoznaje predviđen oblik bez pretpostavke savršenog poklapanja.



Sprema krivulju i uvjete mjerenja.

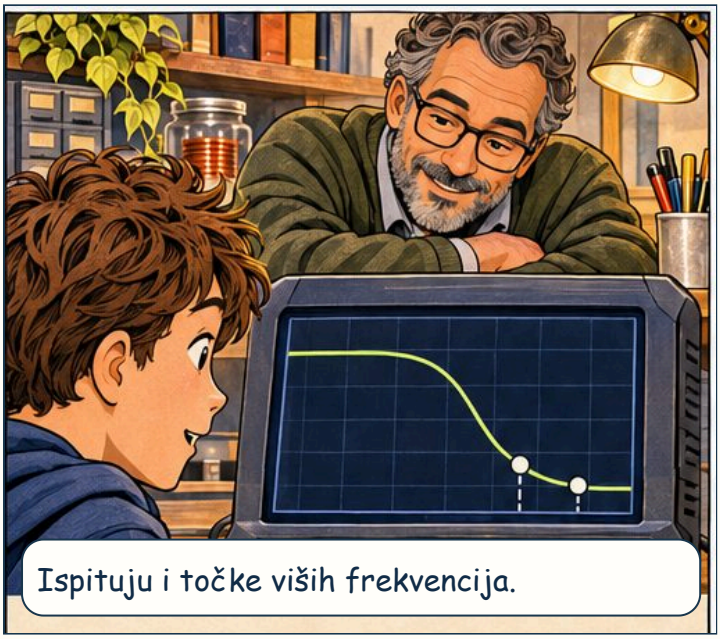


Spremljeni rezultat omogućuje usporedbu nakon svake promjene.

Očitati točne točke













Razumjeti odstupanje



Opažena granica može se razlikovati od izračunate.



Odabrane vrijednosti i tolerancije daju prve tragove.



Gubici, raspored i kalibracija također zaslužuju pregled.



Provjeravaju te pretpostavke prije nego što okrive formulu.

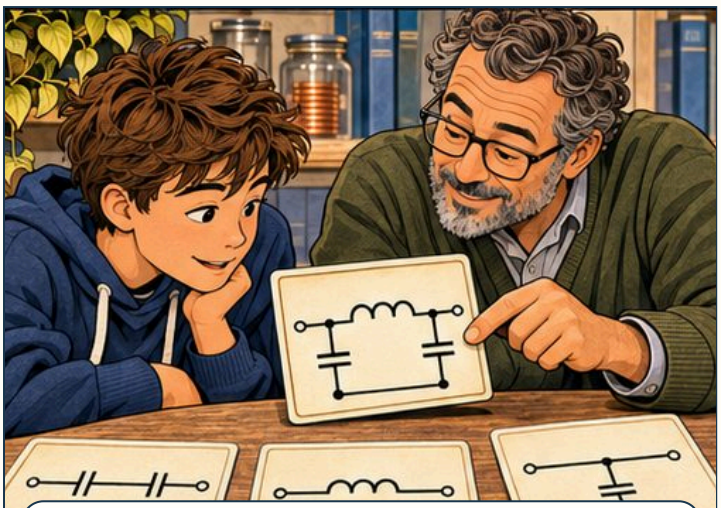


Drukčija krivulja sama ne objašnjava svoj uzrok.

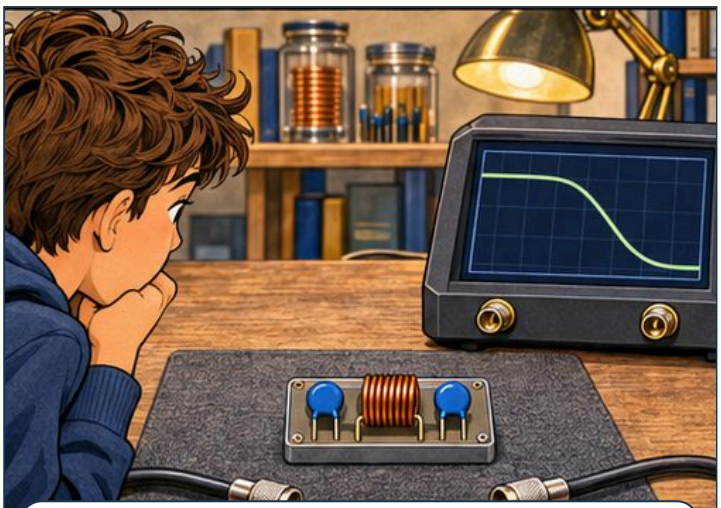


Mladić pretvara iznenađenje u novo pitanje.

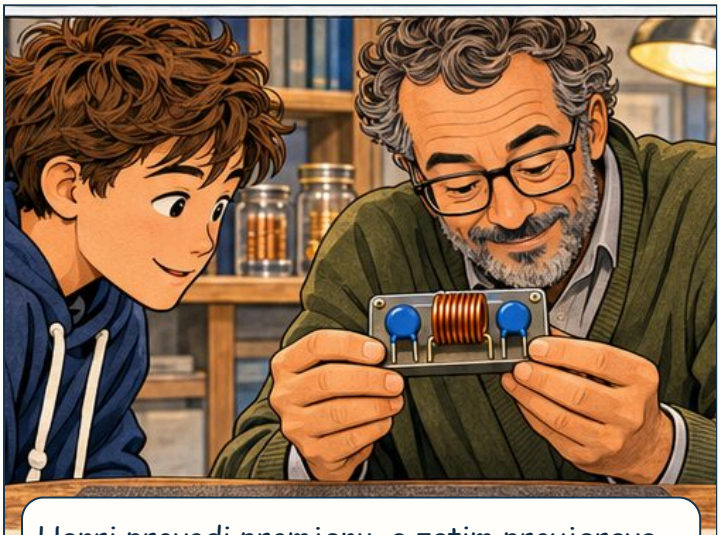
Jedna promjena odjednom



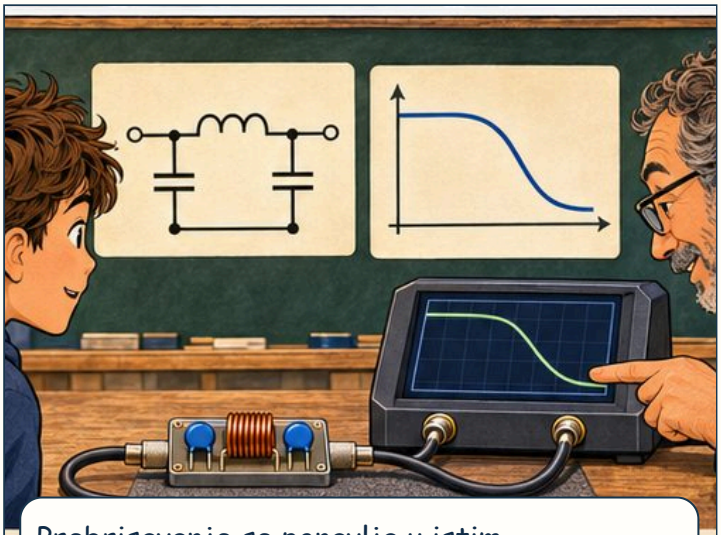
Odabiru jednu pretpostavku i pripremaju opravdanu promjenu.



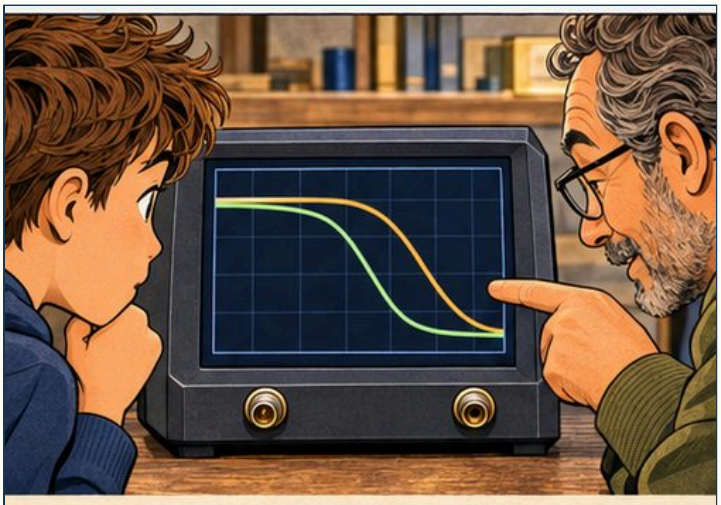
Prije zahvata zaustavljaju izvor i odspajaju modul.



Henri provodi promjenu, a zatim provjerava sklop.



Prebrisavanje se ponavlja u istim dokumentiranim uvjetima.

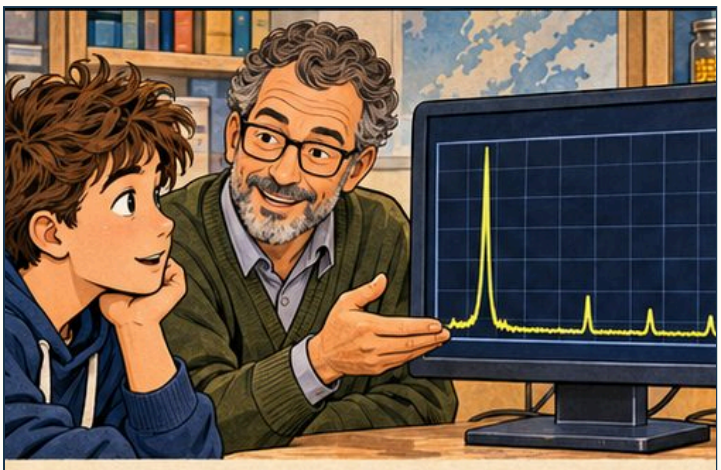


Uspoređuju staru i novu krivulju.

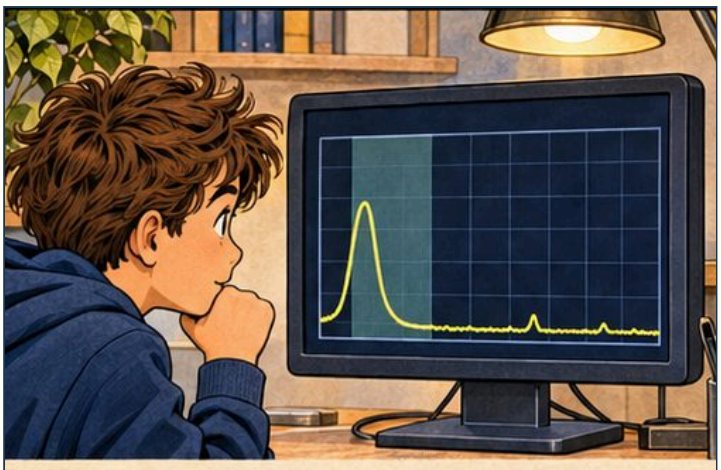


Metoda sprječava miješanje više mogućih uzroka.

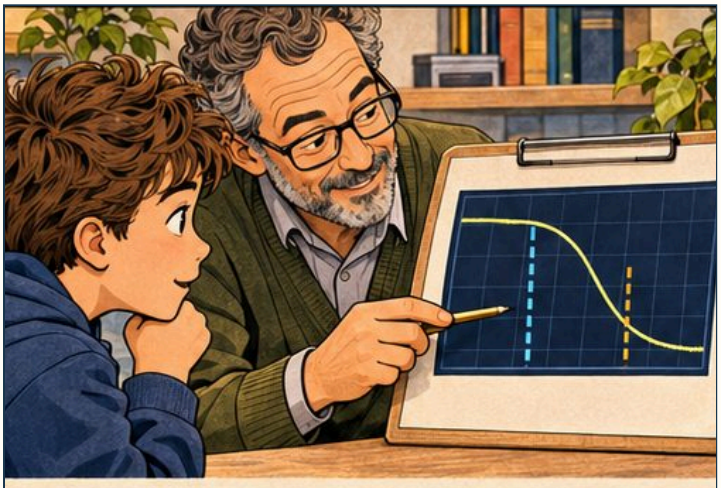
Prigušenje ima granice



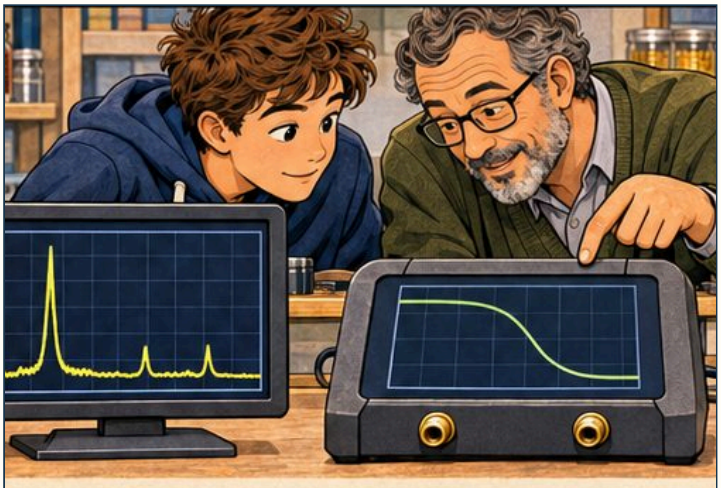
Niskopropusni filtar ne uklanja sve neželjene sastavnice.



Sastavnica u njegovu propusnom pojasu bit će slabo prigušena.



Potiskivanje ovisi o frekvenciji i izvedbi.



Potpuna spektralna provjera zahtijevala bi dodatna prikladna mjerenja.



Prisutnost filtra ne dokazuje sukladnost postaje.

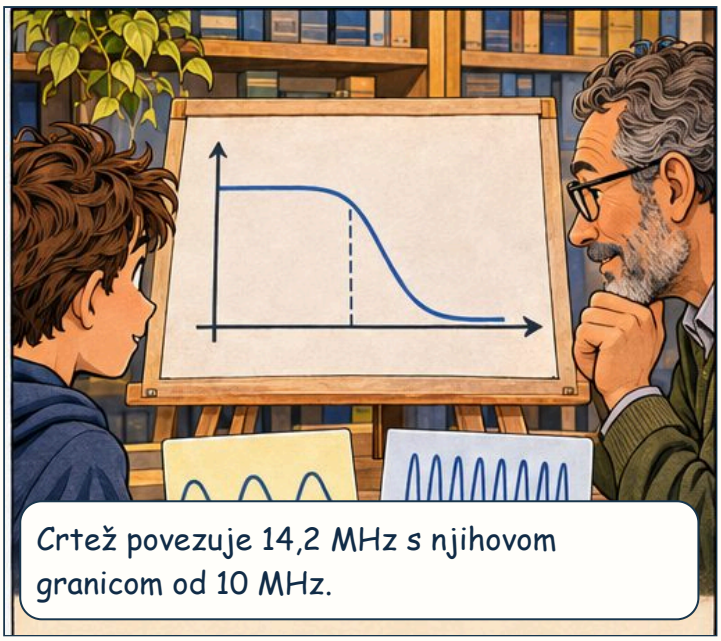


Mladić razlikuje korisnu funkciju od općeg jamstva.

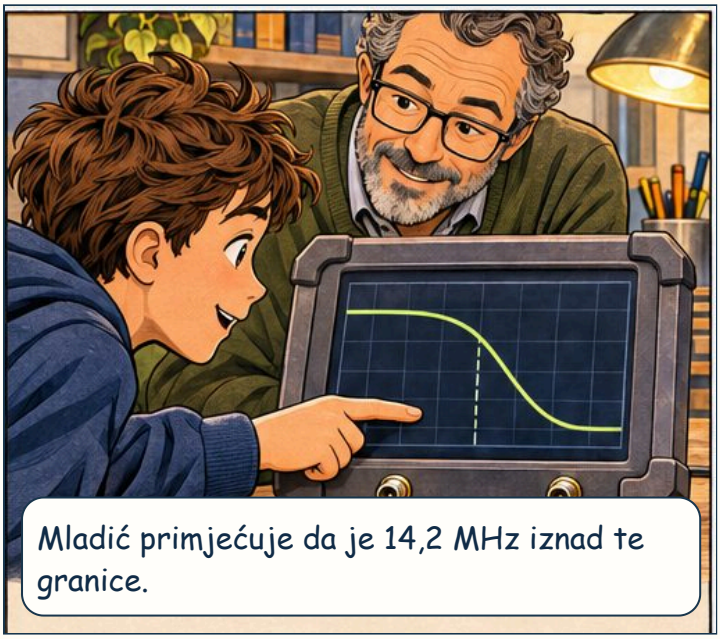
Korisna frekvencija mora proći



Mentor naposljetku postavlja zamku u crtežu postaje.



Crtež povezuje 14,2 MHz s njihovom granicom od 10 MHz.



Mladić primjećuje da je 14,2 MHz iznad te granice.



Taj bi odabir prigušio i željeni signal.

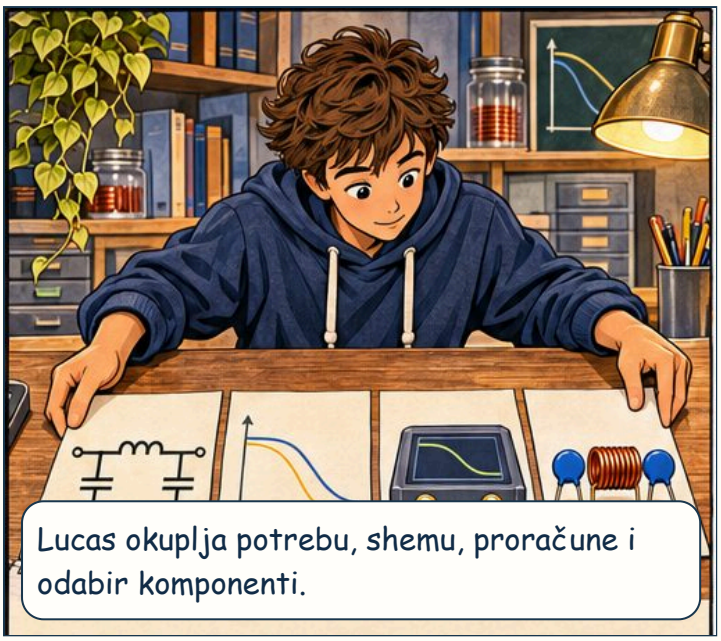


Prije uporabe treba ponovno razmotriti specifikaciju.



Primjer proračuna nije univerzalni filtar.

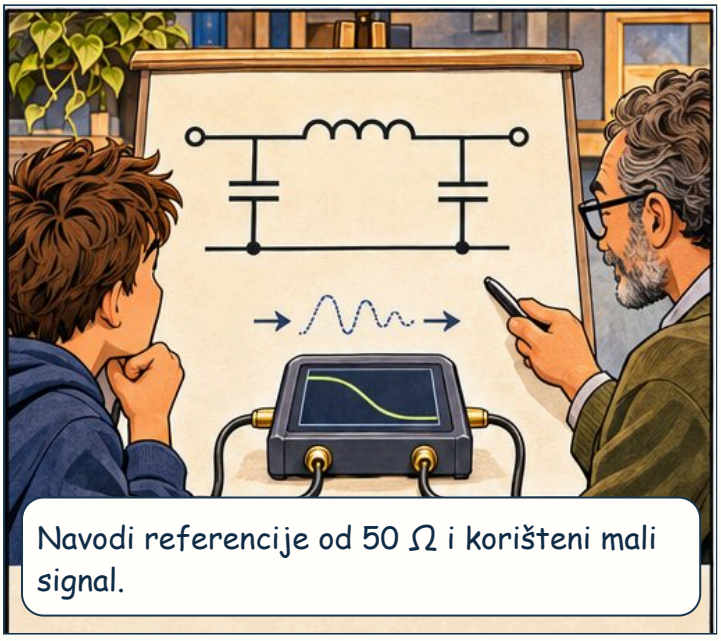
Pripremiti objašnjenje za druge



Lucas okuplja potrebu, shemu, proračune i odabir komponenti.



Razlikuje predviđanja od stvarno opaženih rezultata.



Navodi referencije od 50 Ω i korišteni mali signal.



Čuva krivulje, kalibraciju i granice pokusa.



Henri glumi posjetitelja i postavlja posljednje pitanje.



Mladić sada objašnjava zašto je svaki uvjet važan.

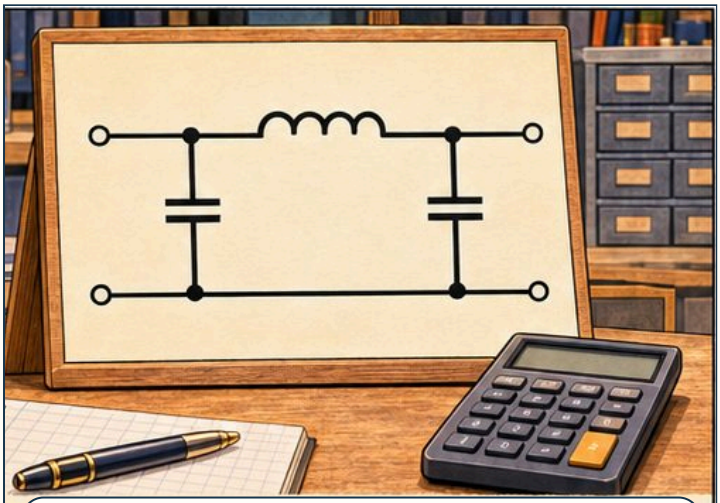
Razumjeti, izračunati, izmjeriti



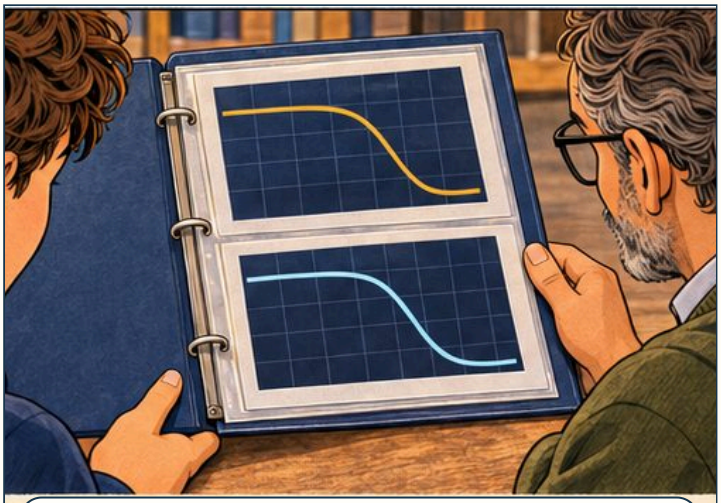
Tri komponente vraćaju se u nastavnu kutiju.



Mladić zna povezati potrebu s odzivom filtra.



Zna izračunati ovaj π Butterworth i provjeriti jedinice.



Zna i mjeriti, uspoređivati te propitivati odstupanja.



Bilježnica čuva metodu s pretpostavkama i granicama.



U klubu sljedeće otkriće već počinje pitanjem.