ON4CRD

Zvezek 05

Izračun filtrov



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Pravna obvestila

Zvezek 05 · Izračun filtrov

Založnik spletne strani : Radio Club Durnal ON4CRD

Vodja publikacije : Odbor Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Pravna obvestila

Intelektualna lastnina

Besedila, slike, dokumenti, logotipi in materiali, objavljeni na spletnem mestu, ostanejo last njihovih avtorjev ali kluba. Vsaka reprodukcija ali ponovna uporaba mora spoštovati vir, veljavne pravice in morebitna dovoljenja avtorja.

Odgovornost

Klub si prizadeva za objavo koristnih in preverjenih informacij, vendar ne jamči za odsotnost napak, izpustov ali prekinitev. Tehnične ali regulativne informacije je treba preveriti z uradnimi viri, kadar podpirajo odločitev.

Ilustracije ustvarjene s pomočjo umetne inteligence.

Nova naloga



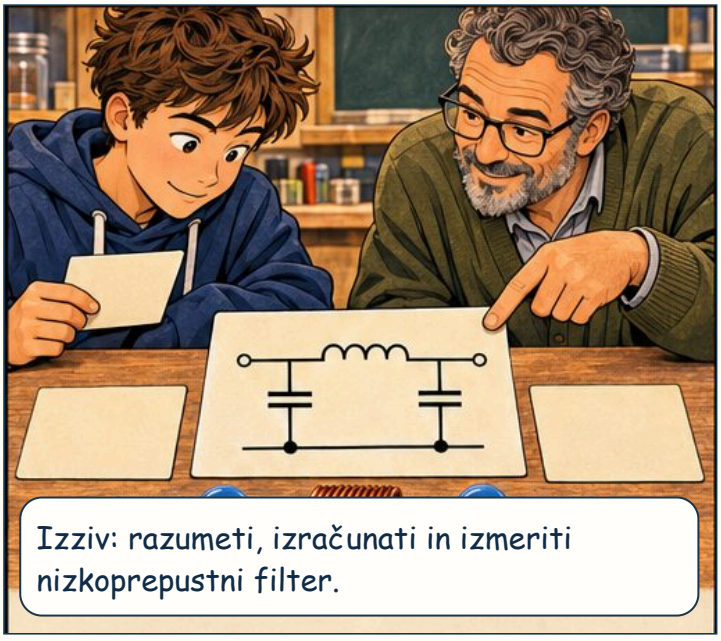
Po delavnici o elektriki Lucas v klubu znova odpre zvezek.



Henri pripravlja prikaz o kakovosti signalov.



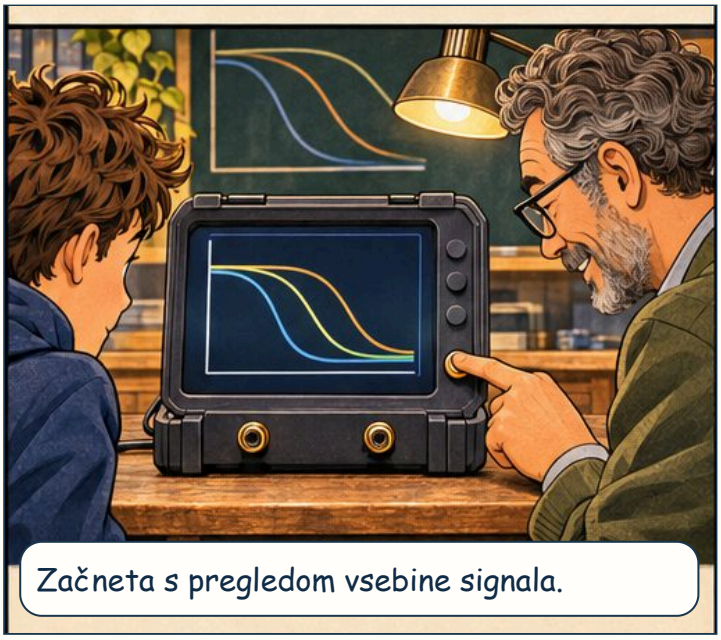
Na mizi čakata dva kondenzatorja in tuljava.



Izziv: razumeti, izračunati in izmeriti nizkoprepustni filter.

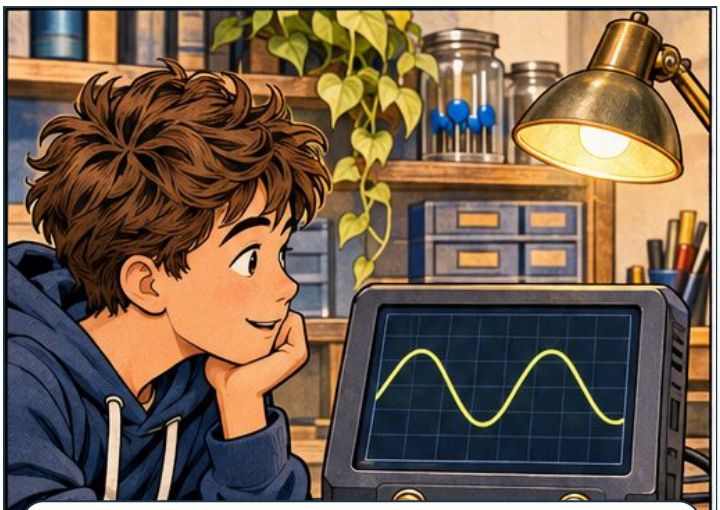


Mladenič želi vedeti, kako lahko trije sestavni deli toliko spremenijo.

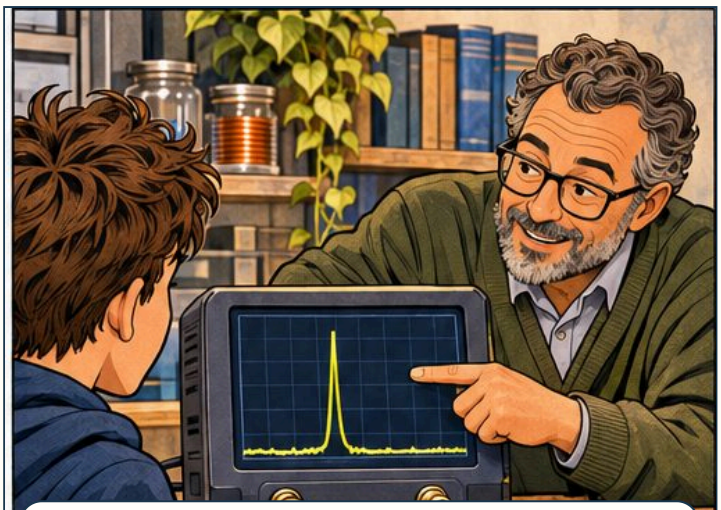


Začneta s pregledom vsebine signala.

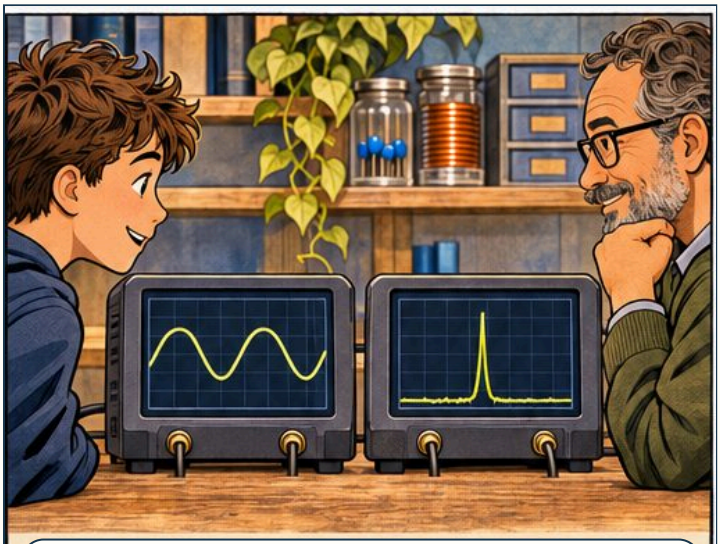
Signal in njegova podoba



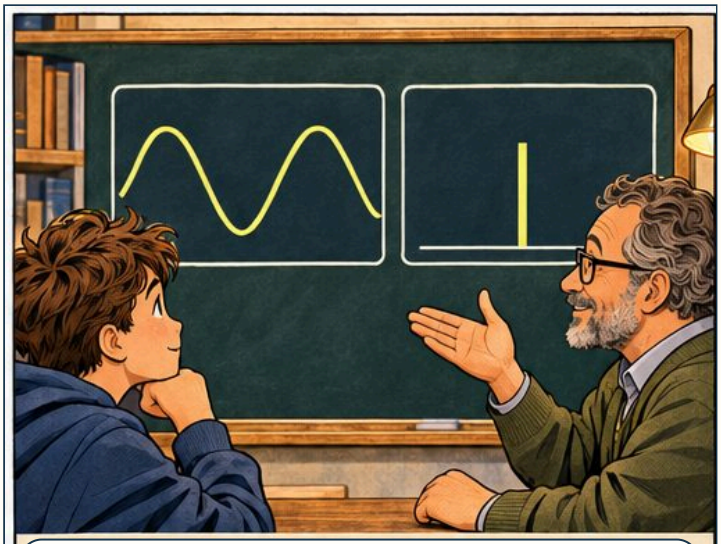
Časovna krivulja kaže, kako se signal spreminja.



Spekter prikaže njegove komponente glede na frekvenco.



Oba pogleda različno opisujeta isti signal.



Idealna sinusoida ima eno samo frekvenco.

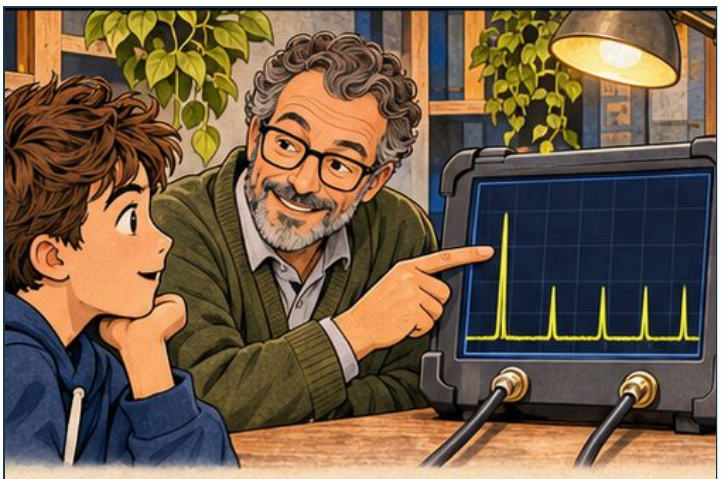


Popačena oblika lahko vsebuje več komponent.



Mladenič odkriva podobo, ki je prej ni znal brati.

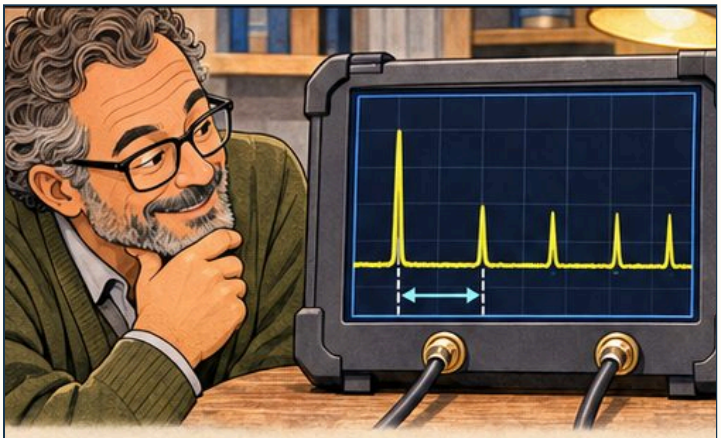
Harmoniki se razkrijejo



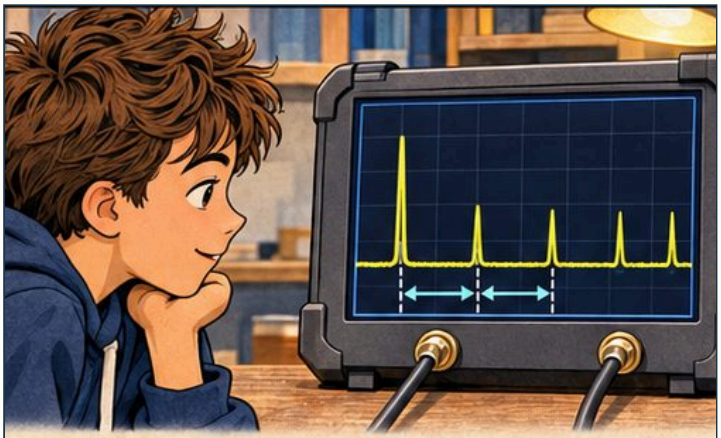
Osnovna frekvenca je prva orientacijska točka periodičnega signala.



Harmoniki so celoštevilski večkratniki te frekvence.



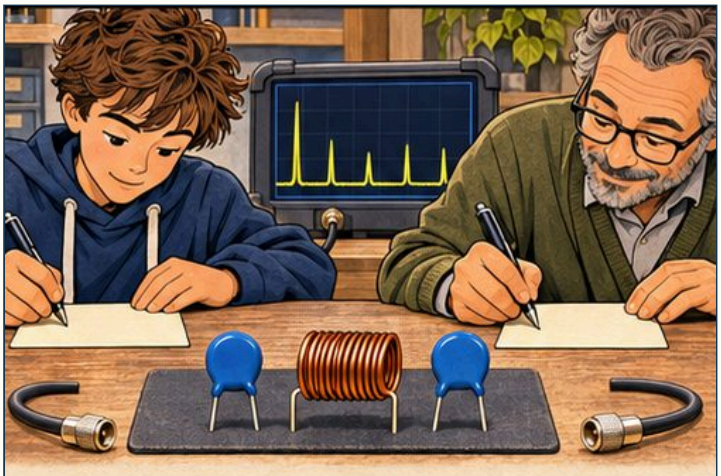
Drugi harmonik ima dvakratno osnovno frekvenco.



Tretji ima trikratno frekvenco.

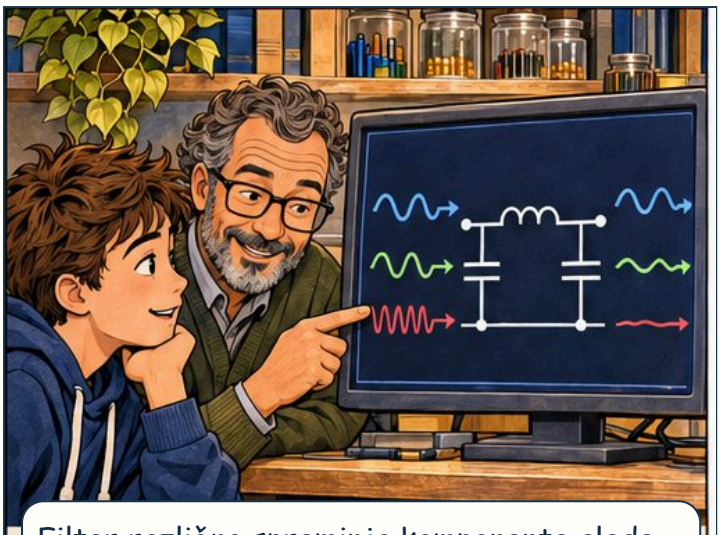


Vendar niso vse neželene komponente harmoniki.

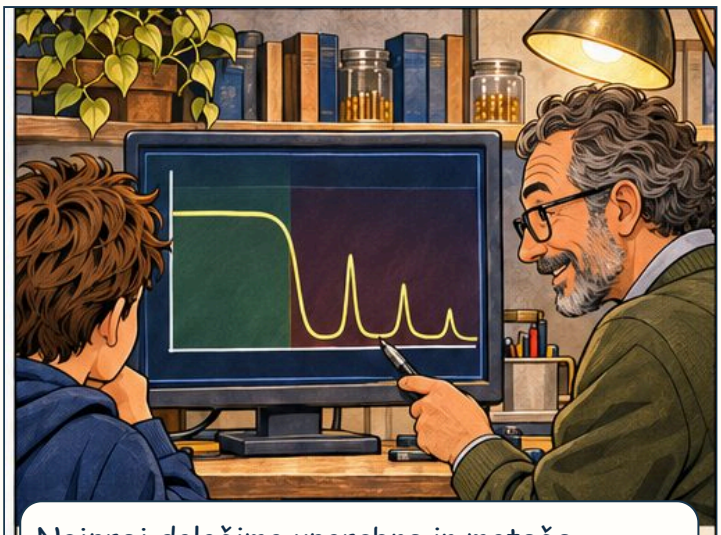


Filter bo moral izpolniti natančno opredeljeno potrebo.

Izbrati, kaj ohraniti



Filter različno spreminja komponente glede na njihovo frekvenco.



Najprej določimo uporabne in moteče frekvence.



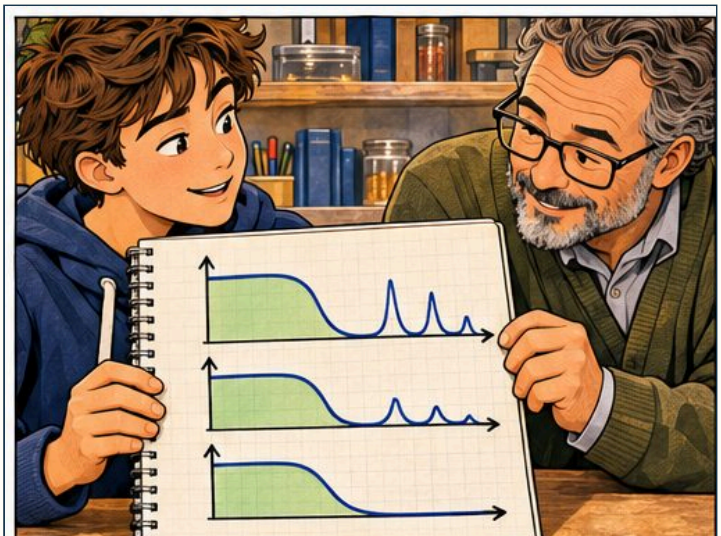
Določimo tudi želena slabljenja.



Brez teh ciljev bi bilo računanje komponent malo smiselno.

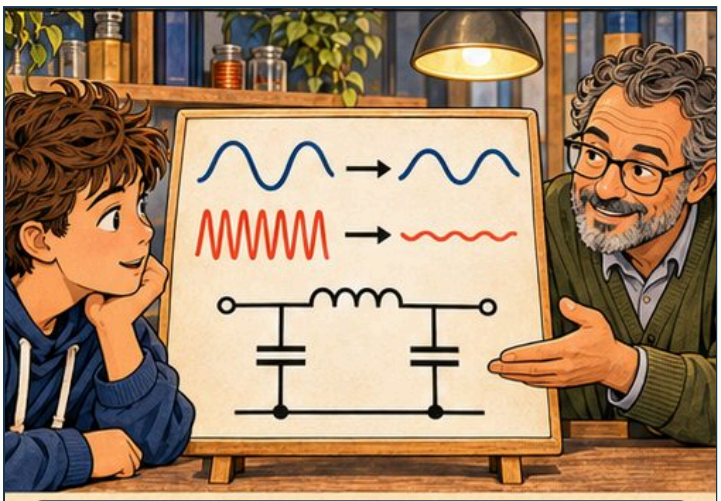


Mladenič obkroži uporabno območje vzorčnega spektra.



Njegov zvezek postaja seznam zahtev.

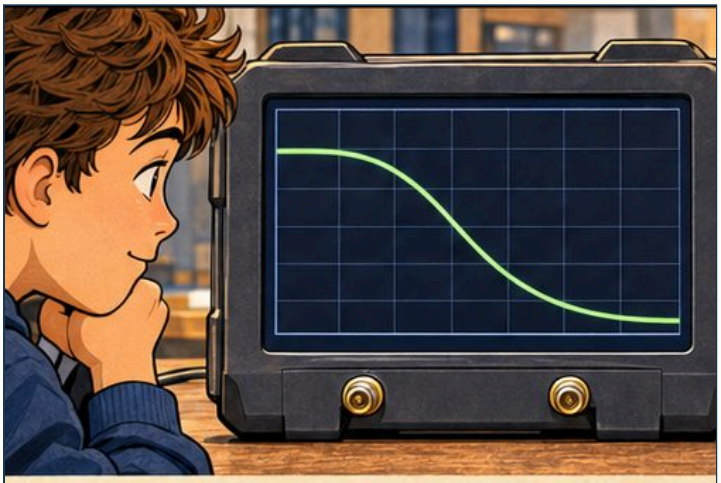
Izbira nizkega prepusta



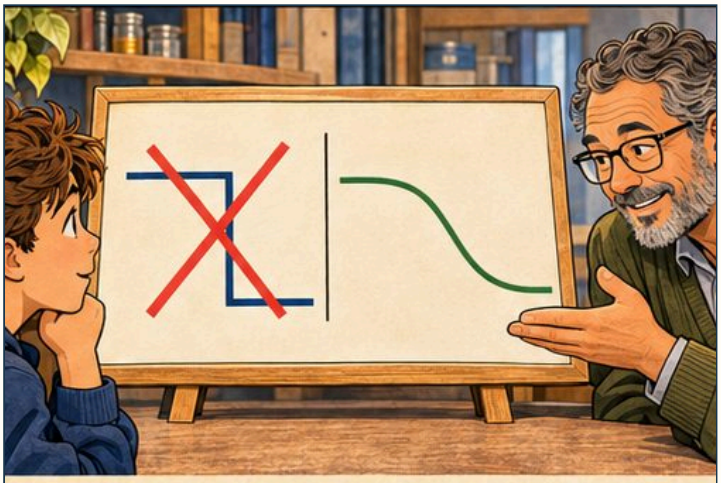
Nizkoprepustni filter bolje prenaša nizke kakor visoke frekvence.



Njegov prepustni pas leži na strani nizkih frekvenc.



Višje se slabljenje postopoma povečuje.



Resnični prehod nikoli ni popolna navpična stena.



Ta vrsta ustreza današnjemu prikazu.



Mladenič nariše pobočje namesto pregrade.

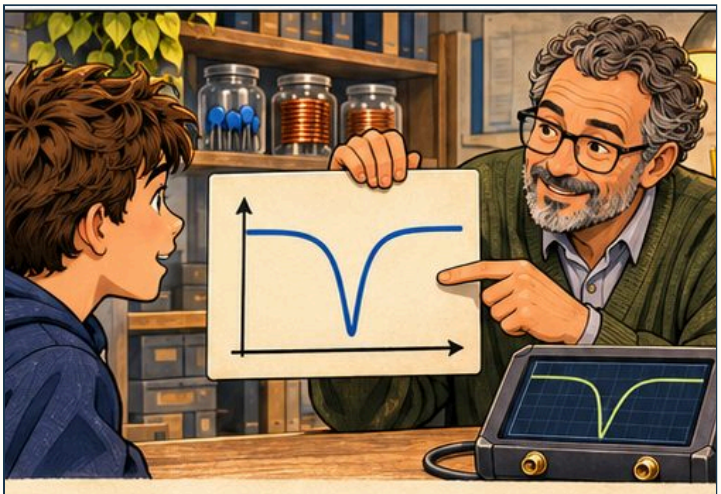
Druge možne poti



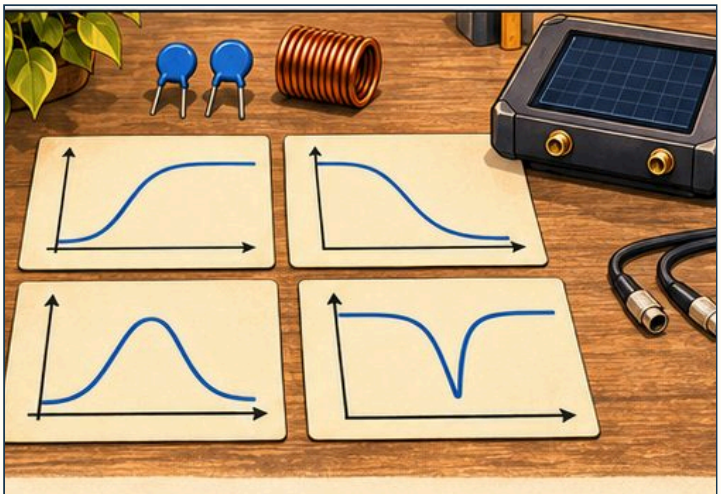
Visokoprepustni filter slabi nizke frekvence in ohranja visoke.



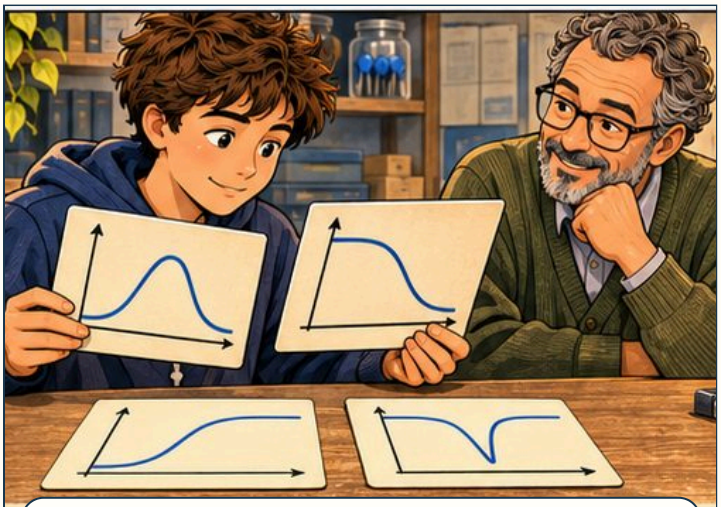
Pasovnoprepustni filter daje prednost območju med dvema mejama.



Pasovnozaporni filter pa slabi izbrano območje.



Te družine izpolnjujejo različne potrebe.



Ime opisuje odziv, ne pa univerzalne kakovosti.



Mladenič shrani tri kartice za naslednjo delavnico.

Meja, ki še prepušča



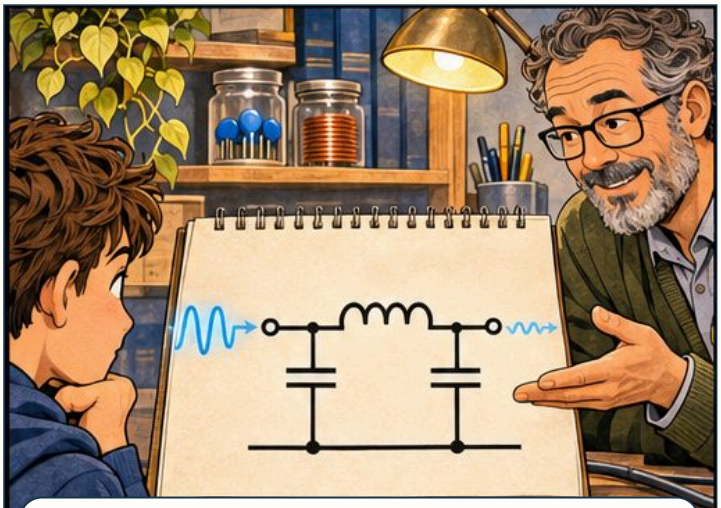
Mejna frekvenca tu označuje referenčno raven.



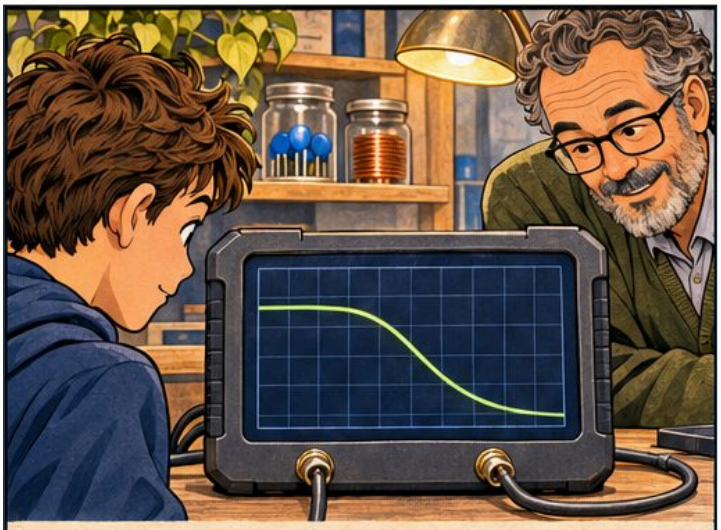
Ne pomeni nenadnega izginotja signala.



Za njun idealni Butterworthov filter bo ustrezala približno −3 dB.



Filter torej pri tej frekvenci še prenaša energijo.



Nad njo se bo slabljenje še povečevalo.

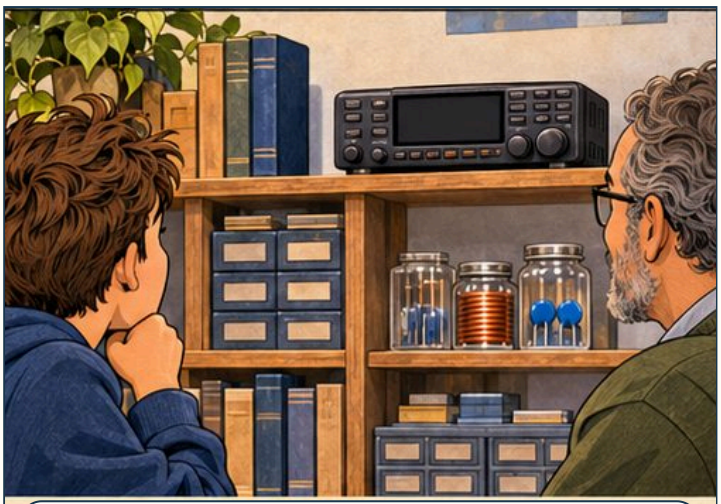


Ta pojasnitev prepreči prvo napačno predstavo.

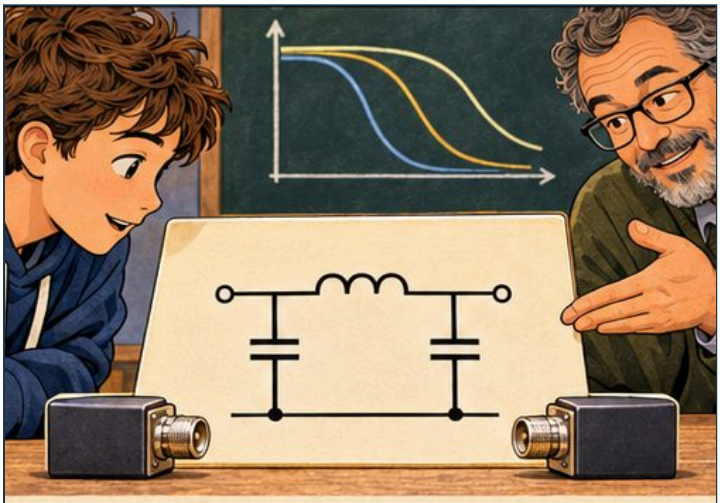
Laboratorijski primer



Izbereta teoretično mejno frekvenco 10 MHz.



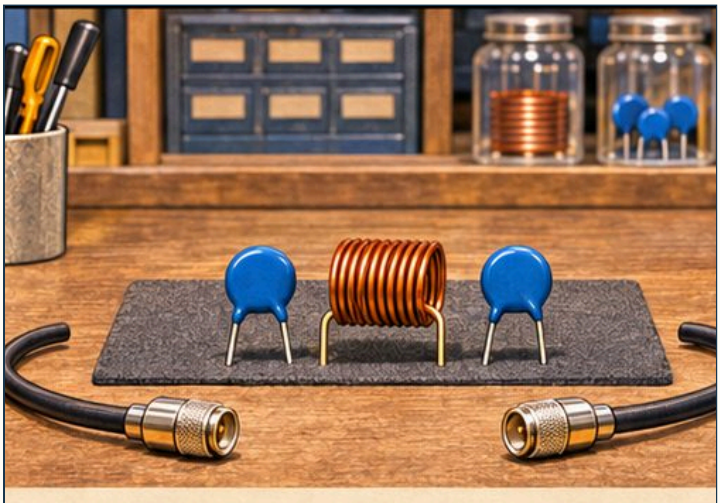
Ta vrednost služi učenju in ne določa oddajne frekvence.



Vir in referenčno breme bosta imela 50 Ω.



Vezje bosta preučevala na mizi s šibkim signalom.



Ne bosta priključila antene ali oddajnika.

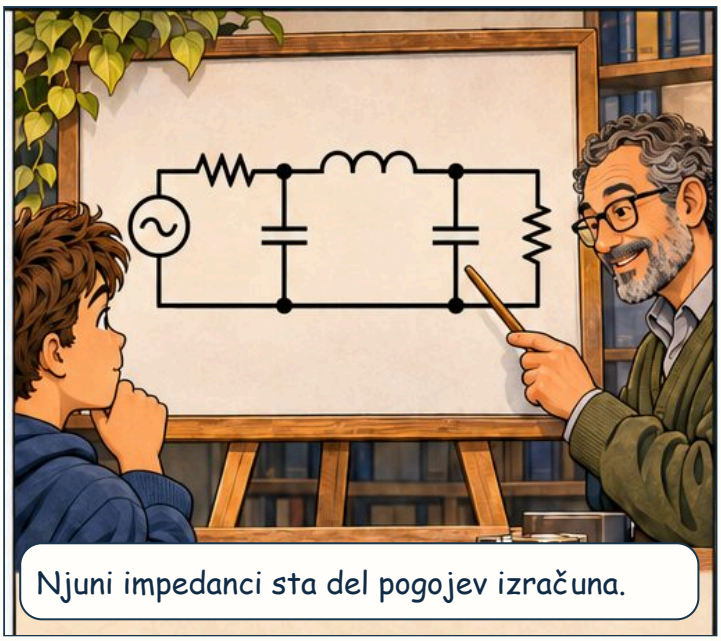


Cilj je merljiv odziv, ne radijska zveza.

Zakaj navesti 50 ohmov?



Filter deluje med virom in bremenom.



Njuni impedanci sta del pogojev izračuna.



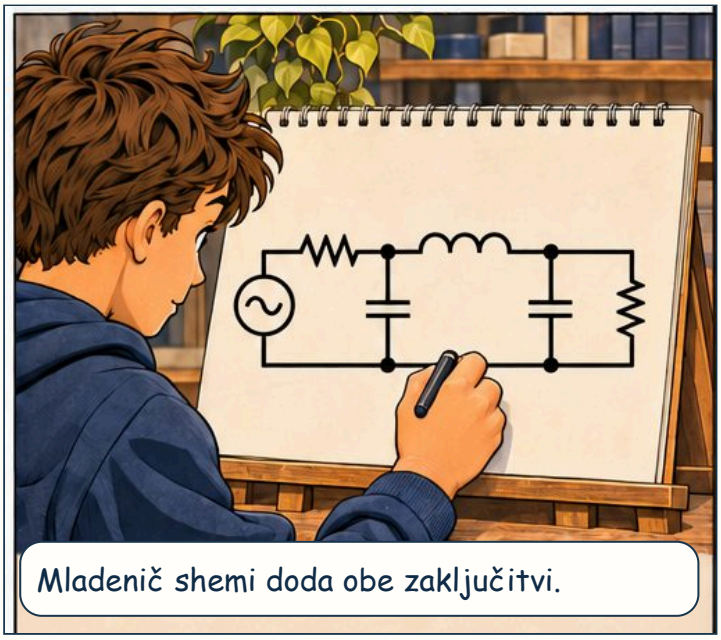
Tu je vsaka idealno 50 Ω in povsem ohmska.



Sprememba teh pogojev spremeni dobljeni odziv.

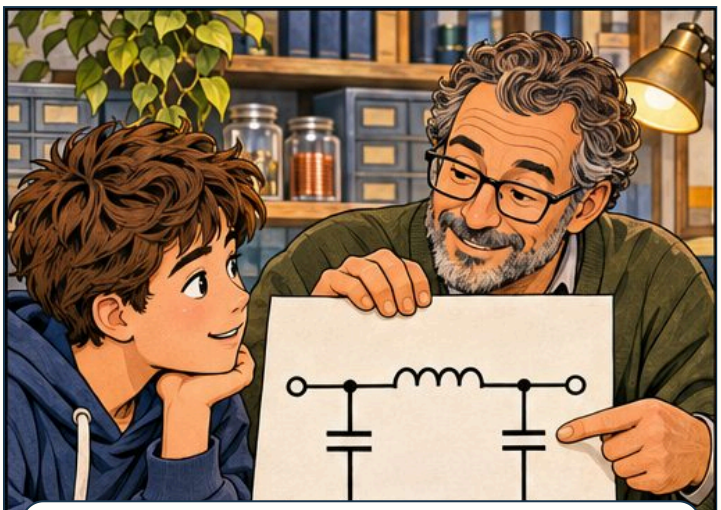


Zato ni dovolj prepisati treh vrednosti.



Mladenič shemi doda obe zaključitvi.

Model in dejansko vezje



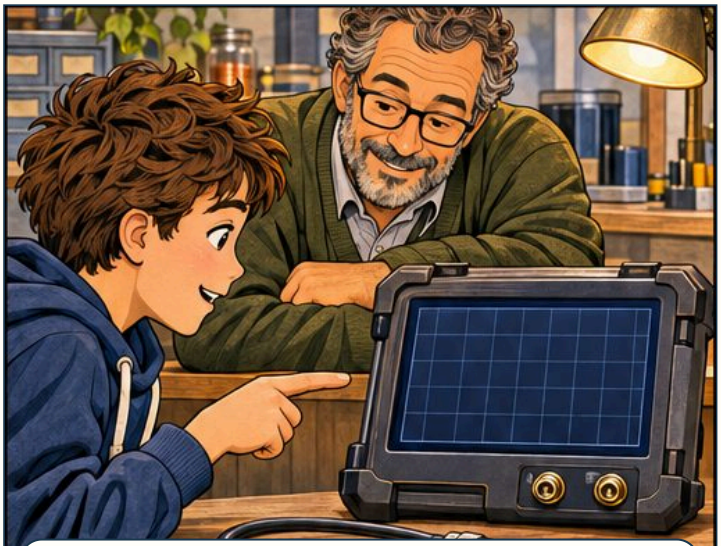
Izračun se bo začel z idealnimi komponentami brez izgub.



Dejansko vezje bo imelo upornosti in parazitske učinke.



Model omogoča napoved prvega odziva.



Meritve bodo nato omogočile pregled razlik.

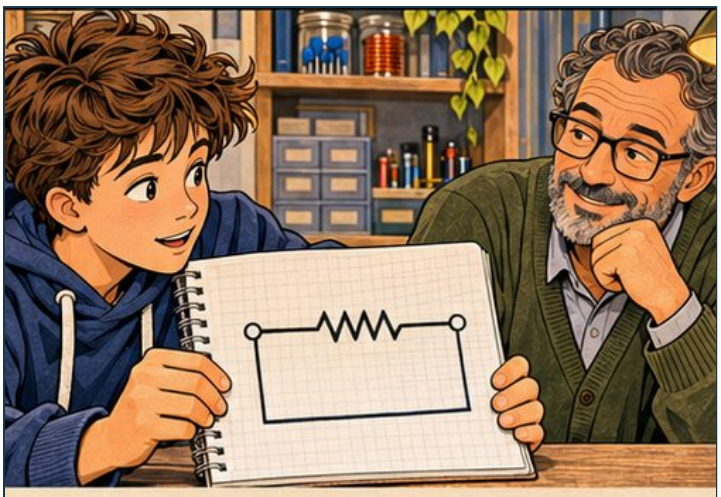


Mešanje napovedi z rezultatom bi preprečilo razumevanje odstopanj.

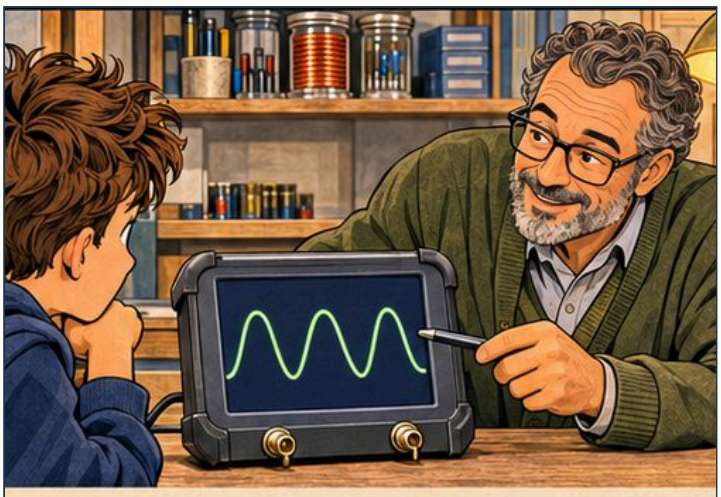


V zvezku ima vsako posebej svoj prostor.

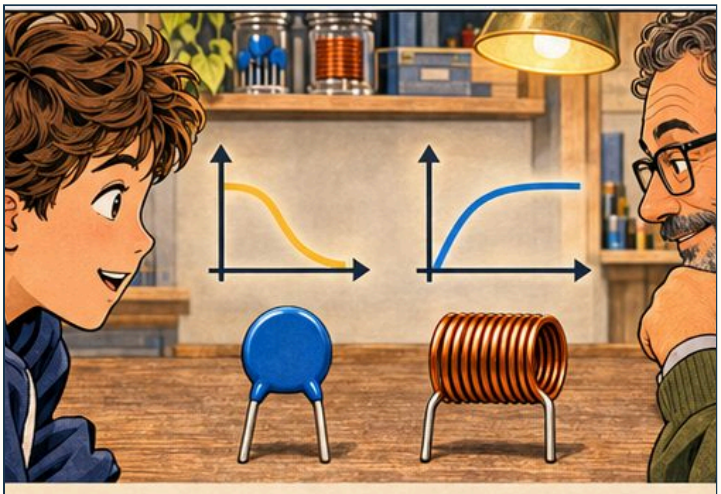
Sama upornost ne zadošča več



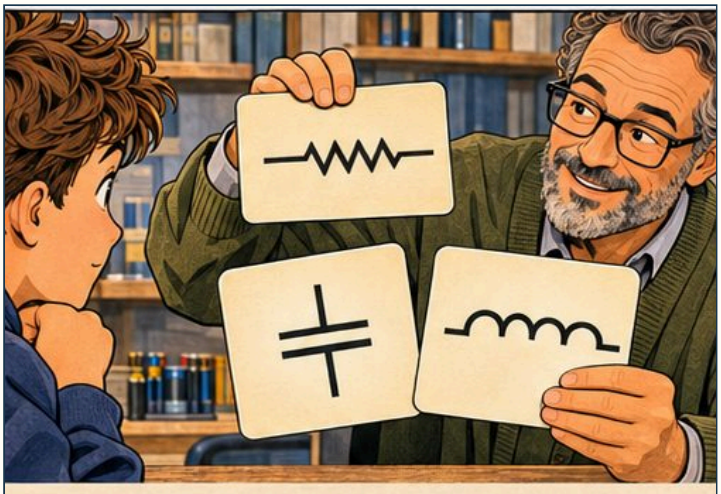
Prejšnji zvezek je povezoval napetost, tok in upornost pri enosmernem toku.



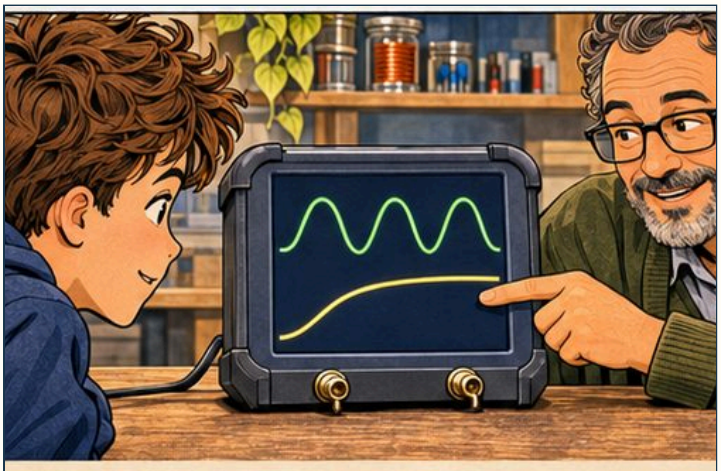
Tu se signal hitro spreminja in pomembna je frekvenca.



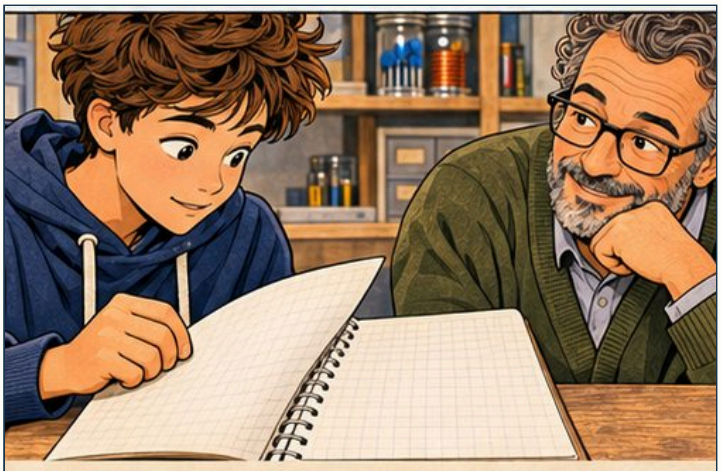
Kondenzatorji in tuljave se upirajo toku odvisno od frekvence.



Te reaktance ne enačimo z navadno ohmsko upornostjo.



Impedanca širše opisuje električno obnašanje pri izmeničnem toku.

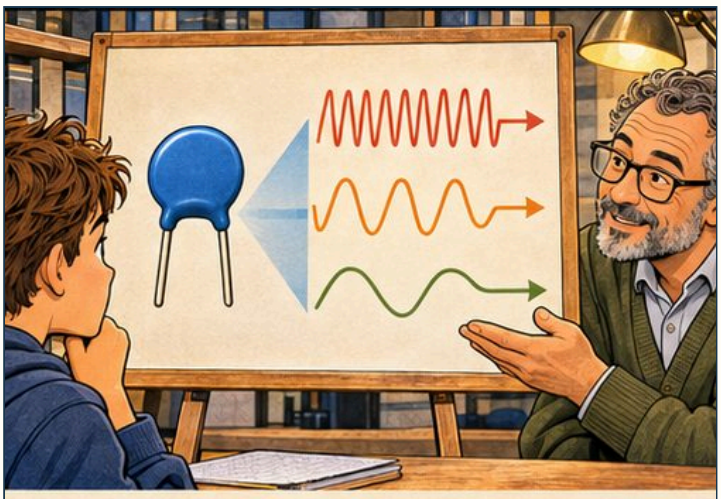


Mladenič razume, zakaj je potreben nov model.

Vloga kondenzatorja



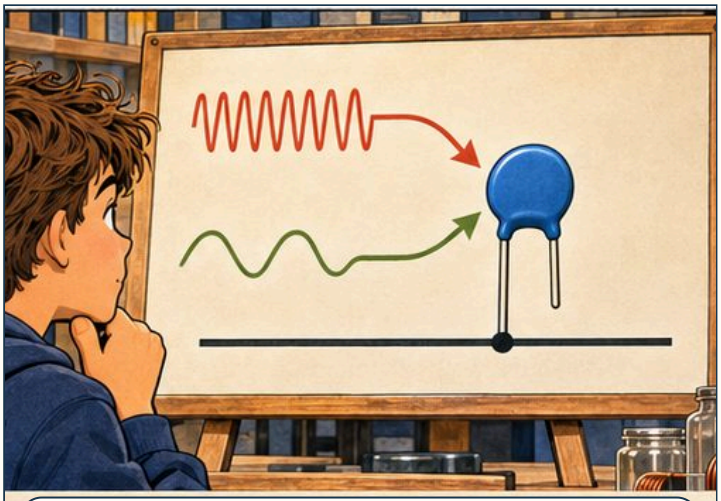
Kapacitivnost označimo s C in izražamo v faradih, F.



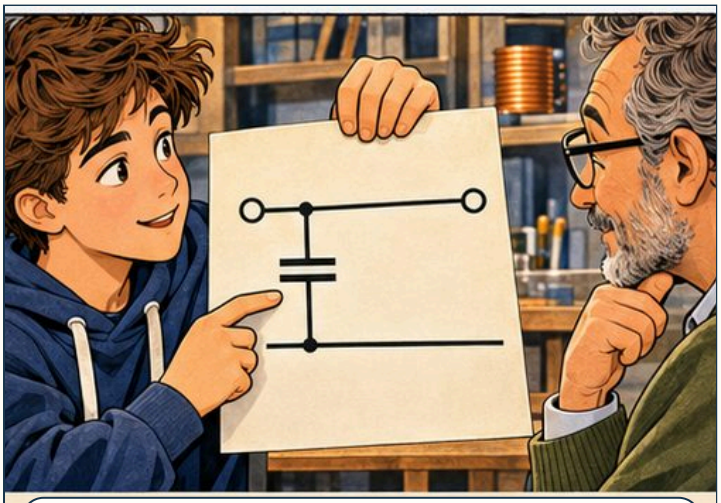
Reaktanca idealnega kondenzatorja pada z naraščajočo frekvenco.



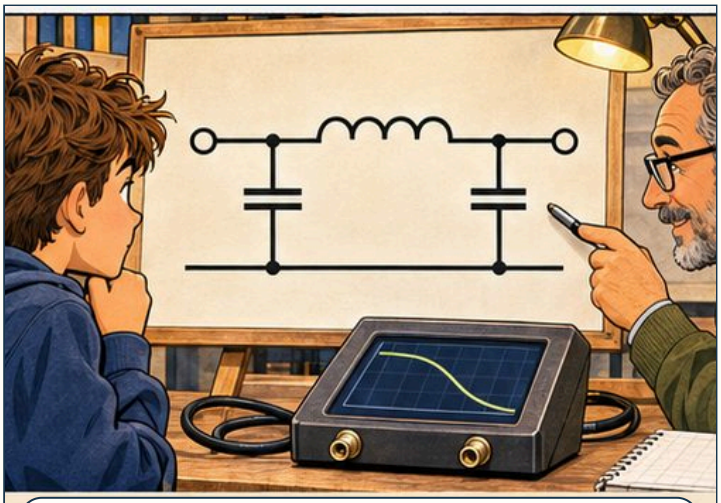
Njena absolutna vrednost je $X_C = 1/(2\pi fC)$.



Pri enaki kapacitivnosti imajo višje frekvence manjšo reaktanco.



V njunem filtru bosta kondenzatorja povezana na skupno maso.

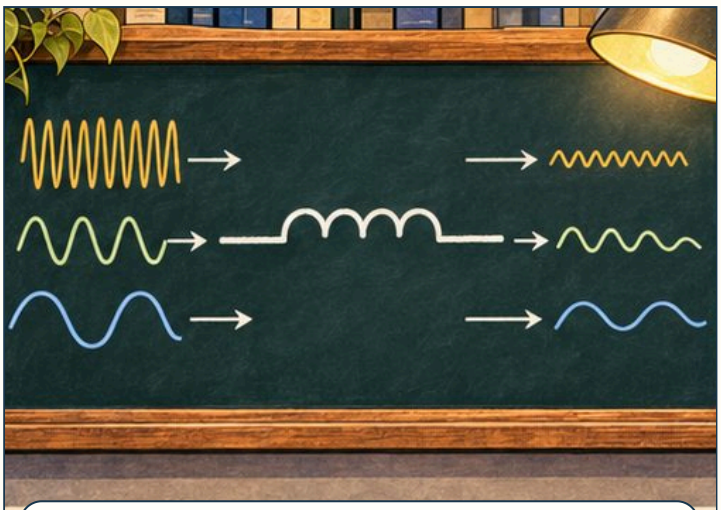


Njuna vloga je odvisna tudi od preostanka vezja.

Vloga tuljave



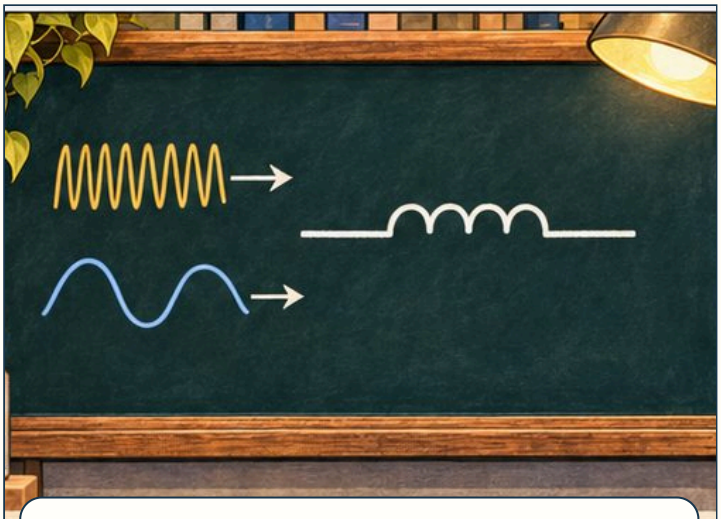
Induktivnost označimo z L in izražamo v henrijih, H.



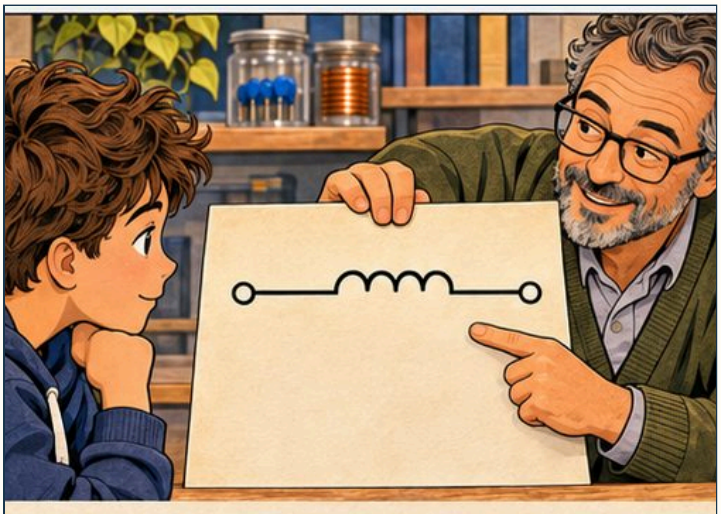
Reaktanca idealne tuljave narašča s frekvenco.



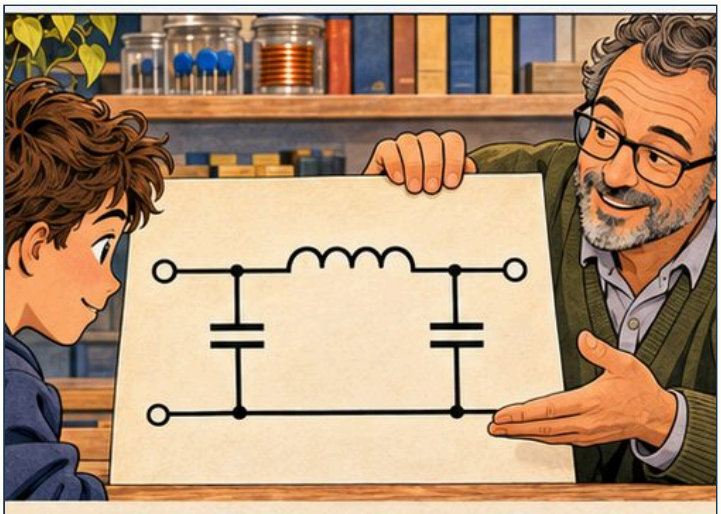
Njena absolutna vrednost je XL = 2πfL.



Pri enaki induktivnosti imajo višje frekvence večjo reaktanco.

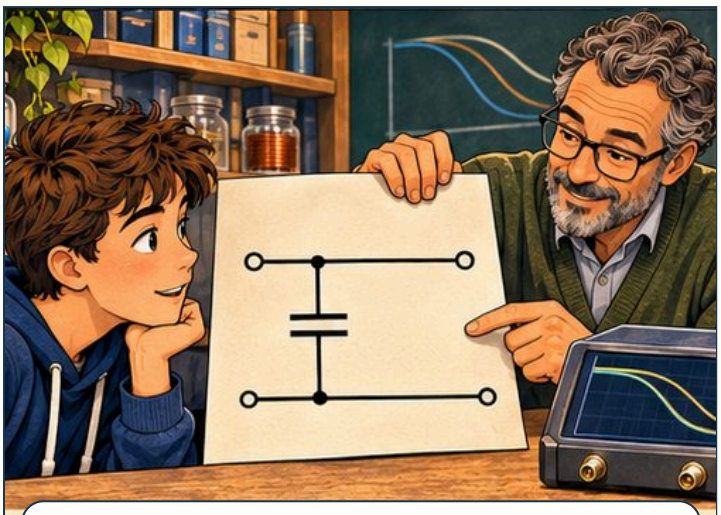


V njunem filtru bo tuljava na poti signala.

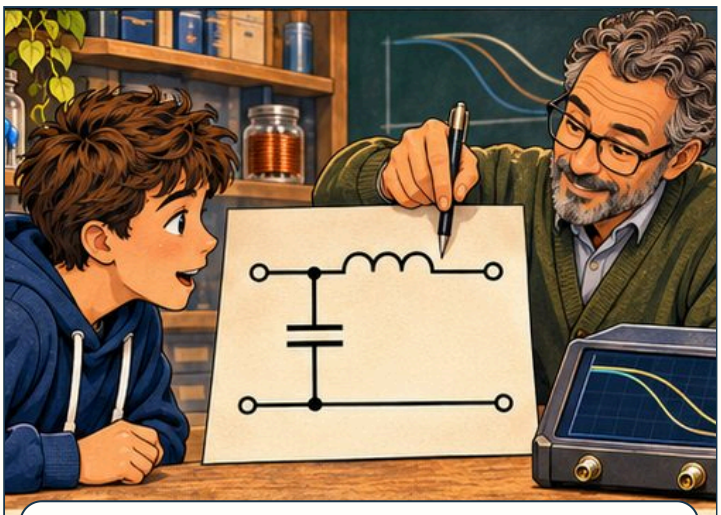


Obe vrsti komponent bosta delovali skupaj.

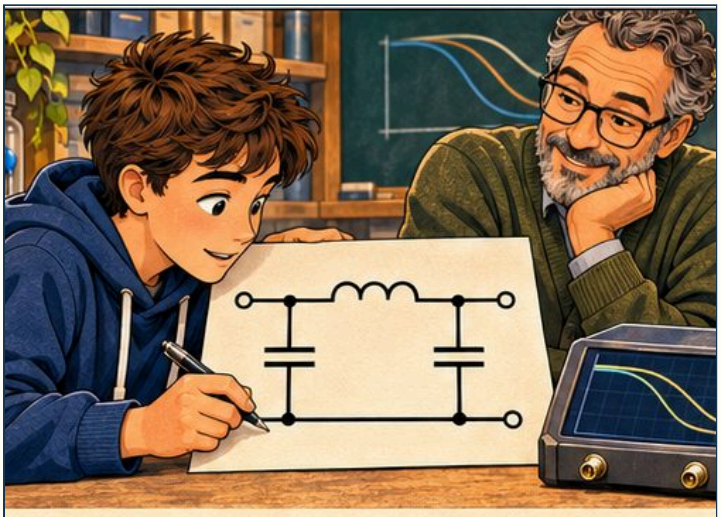
Shema dobi obliko π



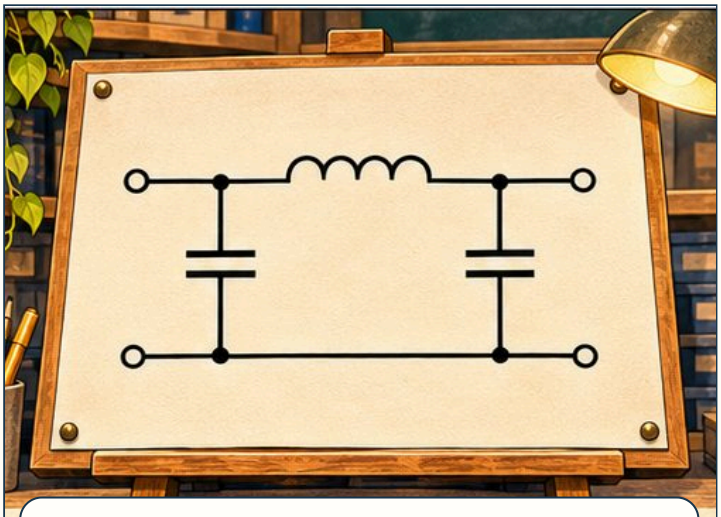
Vhod se poveže s prvim kondenzatorjem proti masi.



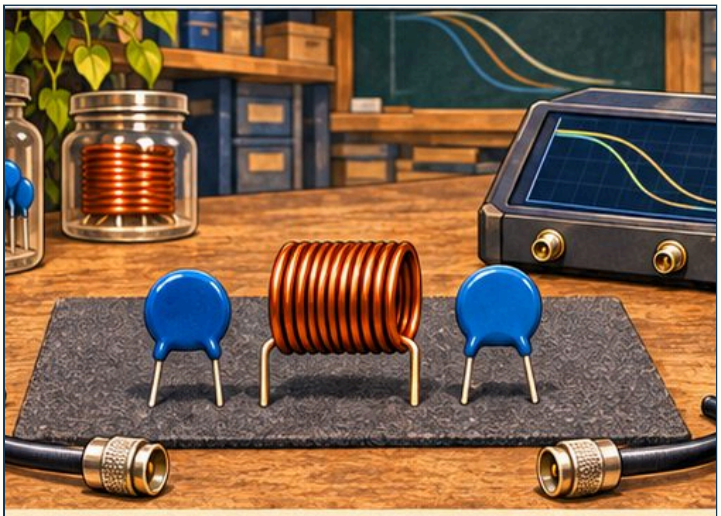
Tuljava nato zaporedno poveže vhod z izhodom.



Drugi kondenzator poveže izhod z isto maso.



Na obeh straneh tuljave se navzdol spuščata dve veji.



Ta razpored spominja na grško črko π.

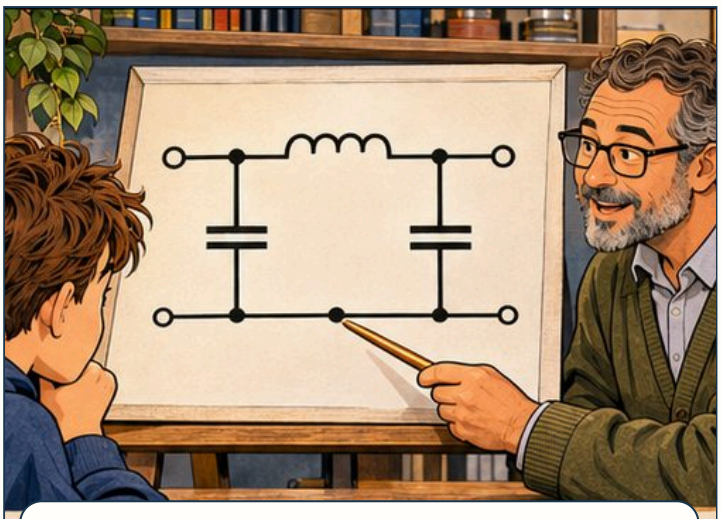


Mladenič s svinčnikom sledi vsaki povezavi.

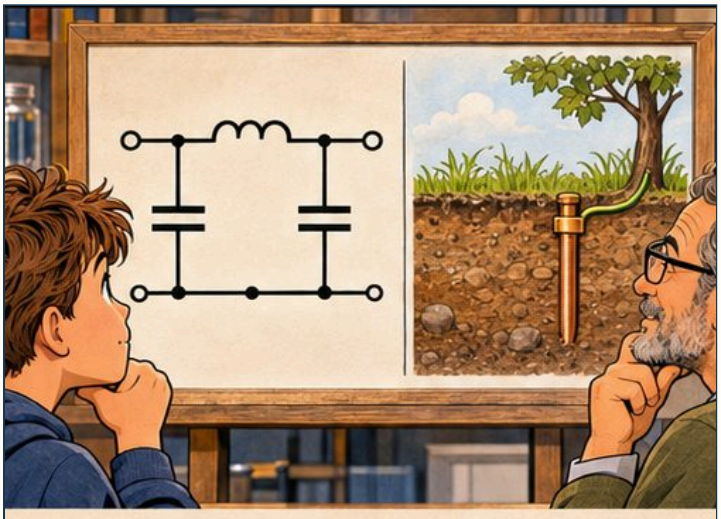
Masa na shemi



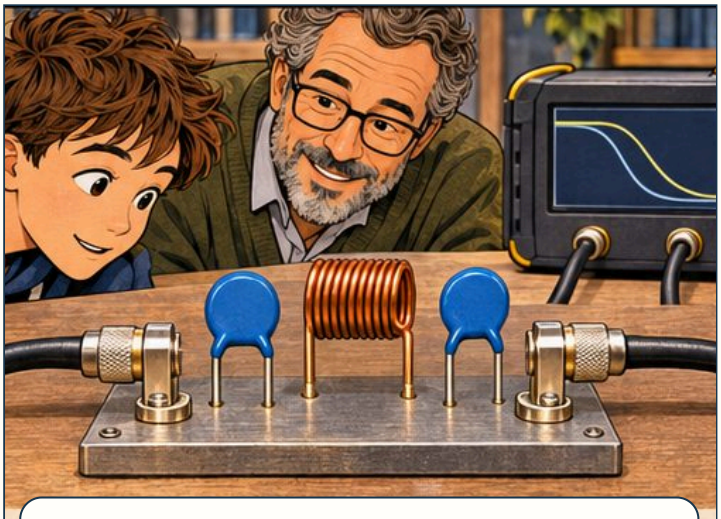
Kondenzatorja imata skupno električno referenco.



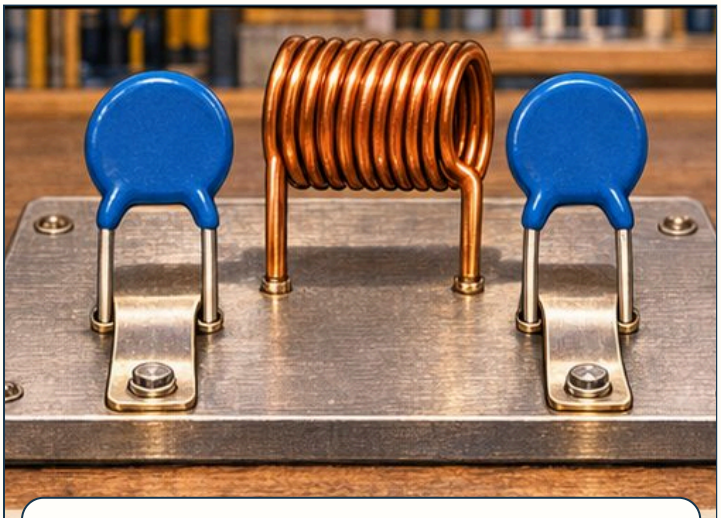
Simbol mase tu predstavlja to referenco vezja.



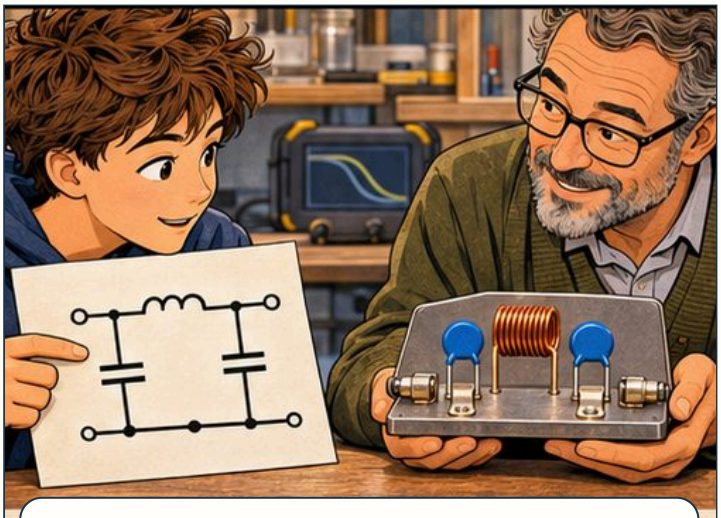
Ne pomeni samodejno povezave z zemljo.



Opleti koaksialnih kablov se povežejo s to maso po predvidenem načrtu.



Kratka povezava omeji nekatere parazitske učinke.

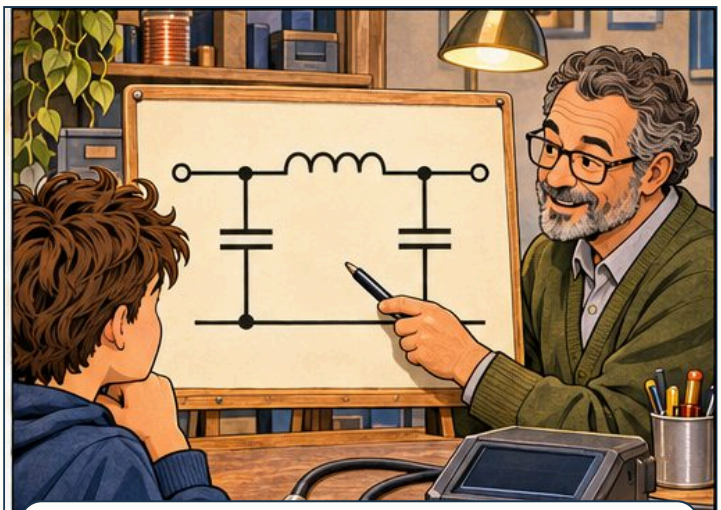


Mladenič razlikuje simbol od njegove konkretne izvedbe.

Trije elementi in red



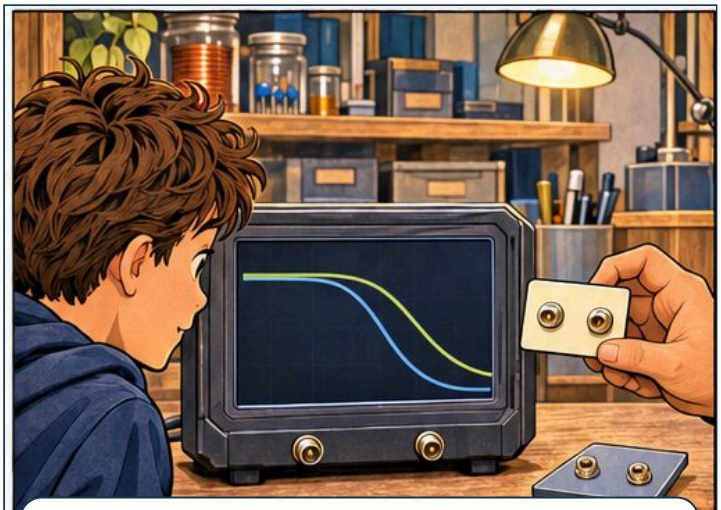
To idealno omrežje ima tri reaktivne elemente: C, L in C.



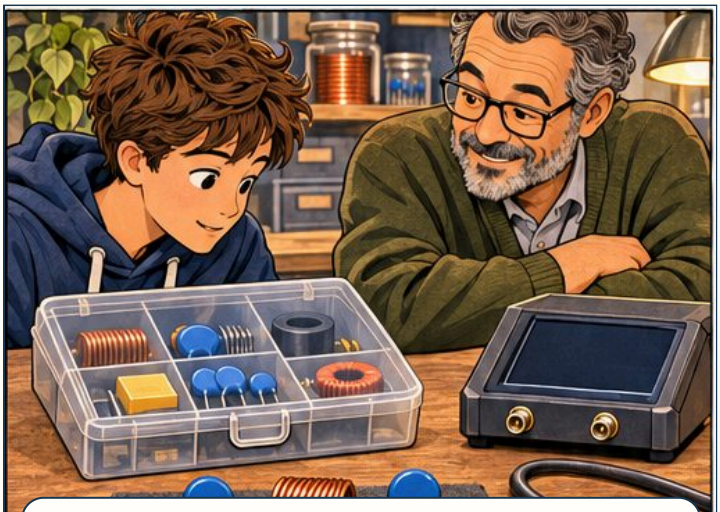
Tu tvorijo nizkoprepustni filter tretjega reda.



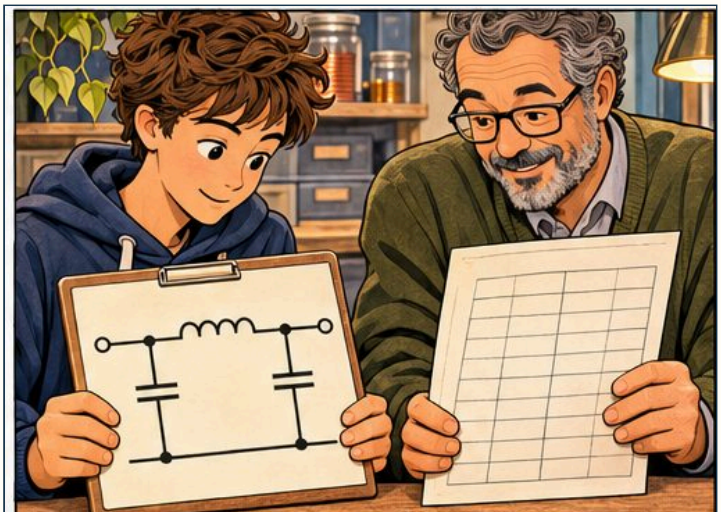
Red med drugim določa oddaljeni naklon modela.



Napačno izbrana impedanca bi kljub temu spremenila odziv.



Naključno dodajanje komponent ne ustvari želenega filtra.

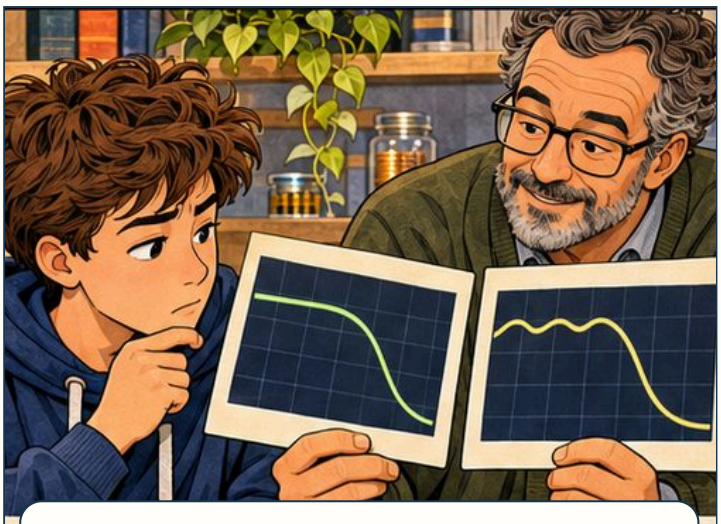


Oblika sheme mora spremljati izračun.

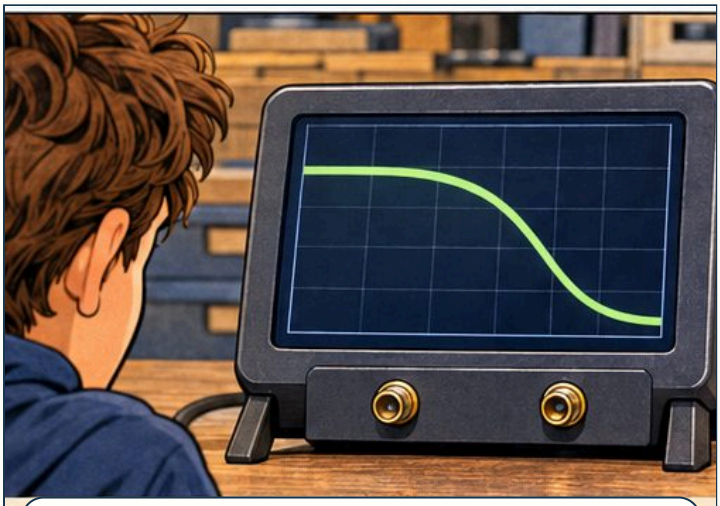
Zakaj Butterworth?



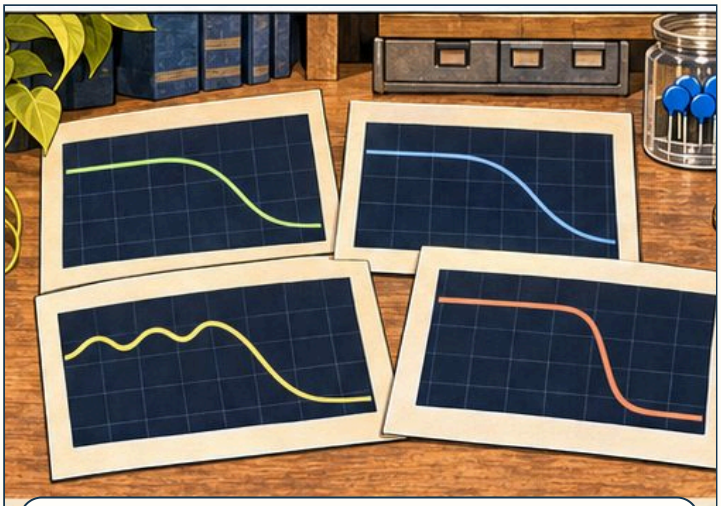
Butterworthov odziv je maksimalno raven v prepustnem pasu.



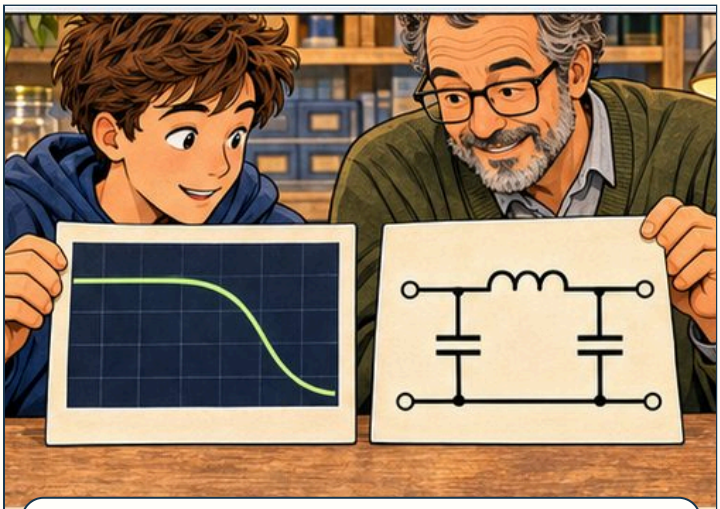
Njegov idealni model v tem pasu nima valovitosti.



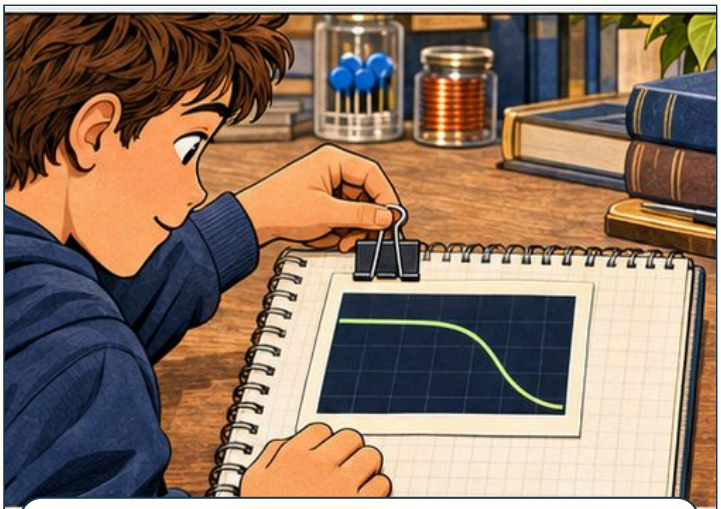
Prehod ostane postopen z značilno ukrivljenostjo.



Drugi odzivi sprejemajo drugačne kompromise.



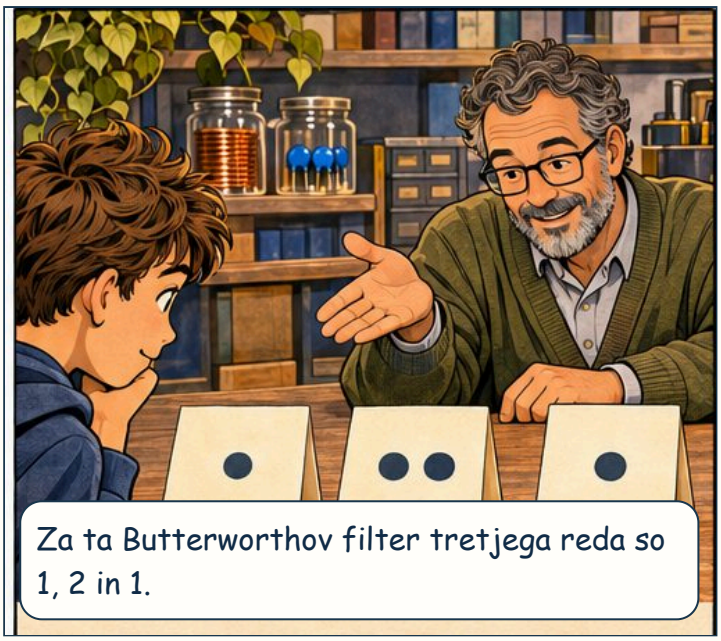
To družino izbereta za prvo pregledno zasnovo.



Ime torej pove več kakor zgolj nizkoprepustni filter.

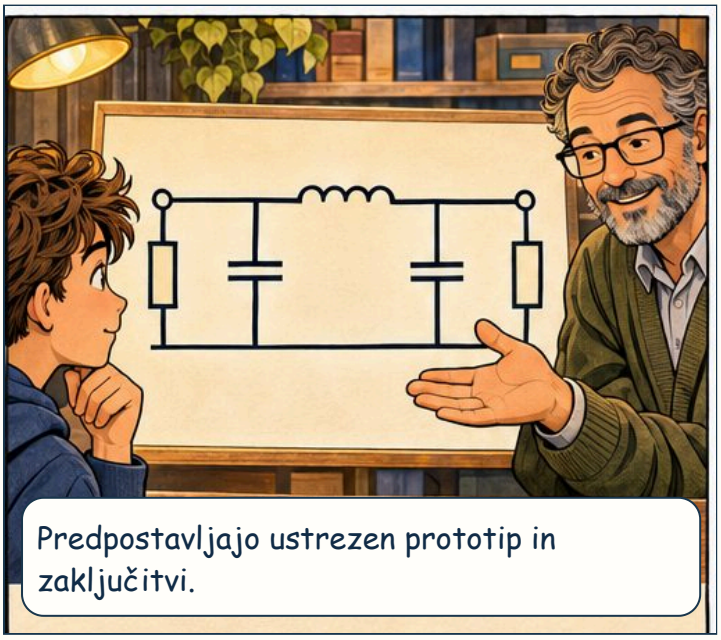
Začetek s prototipom













Sprememba merila



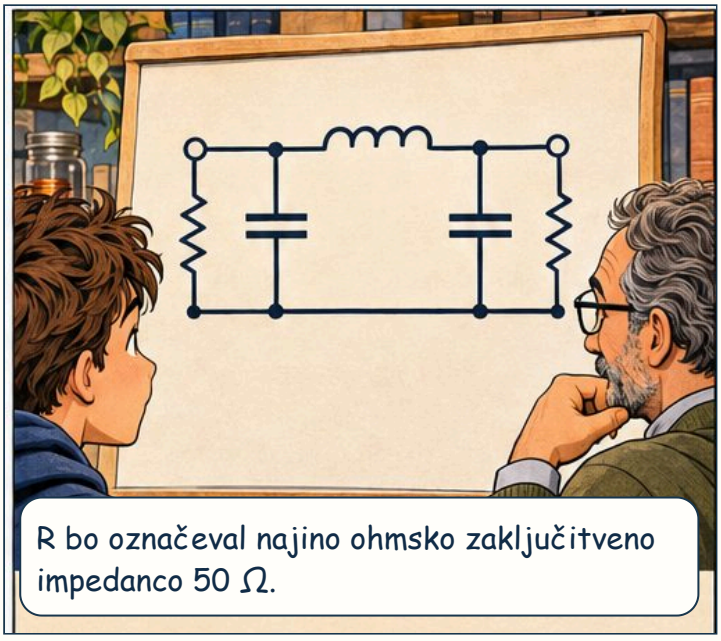
Mejna kotna frekvenca je ωc = 2πfc.



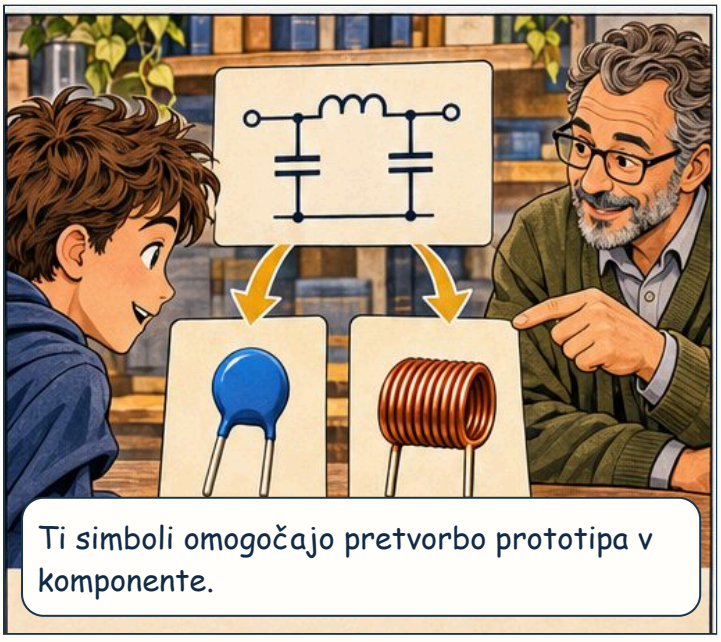
Tu fc pomeni mejno frekvenco v hercih.



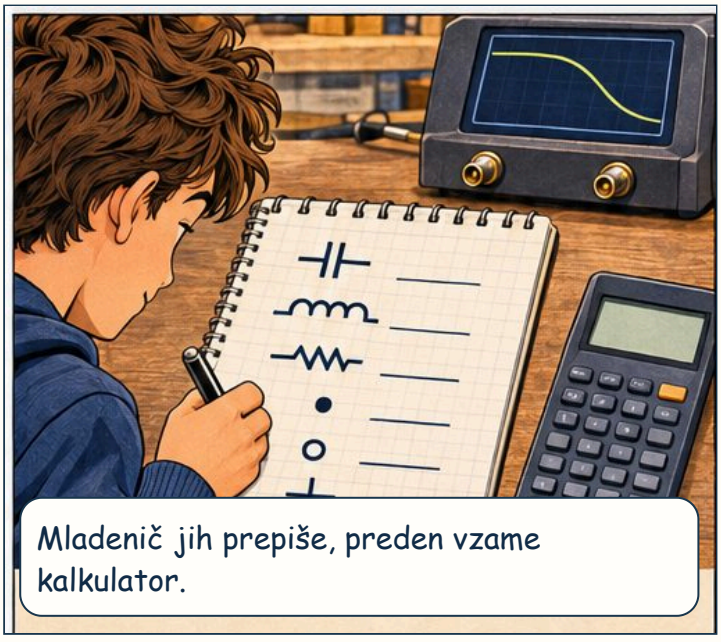
Kotno frekvenco ωc izražamo v radianih na sekundo.



R bo označeval najino ohmsko zaključitveno impedanco 50 Ω.



Ti simboli omogočajo pretvorbo prototipa v komponente.



Mladenič jih prepiše, preden vzame kalkulator.

Enote pred števili



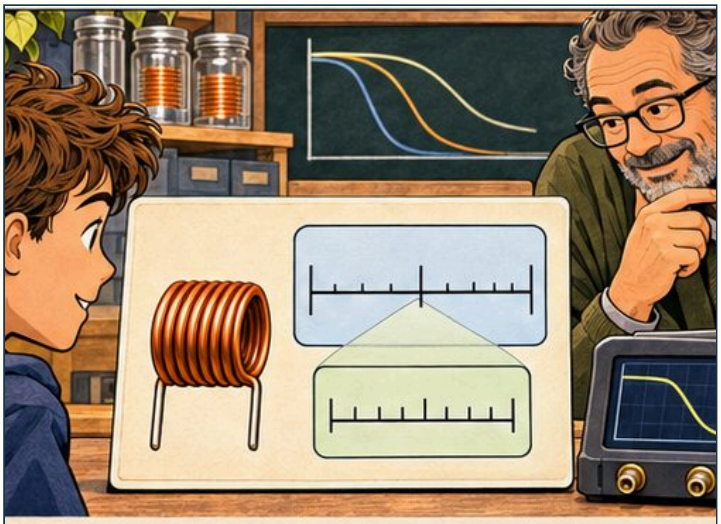
En megaherc je milijon hercev.



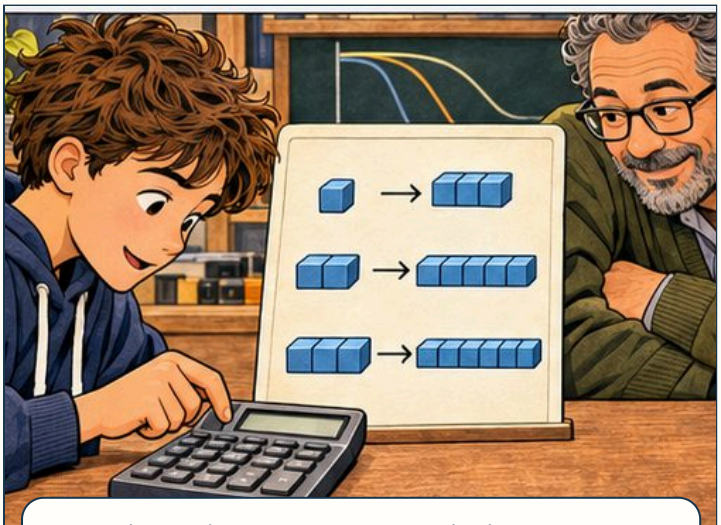
Njuna meja 10 MHz je torej 10 000 000 Hz.



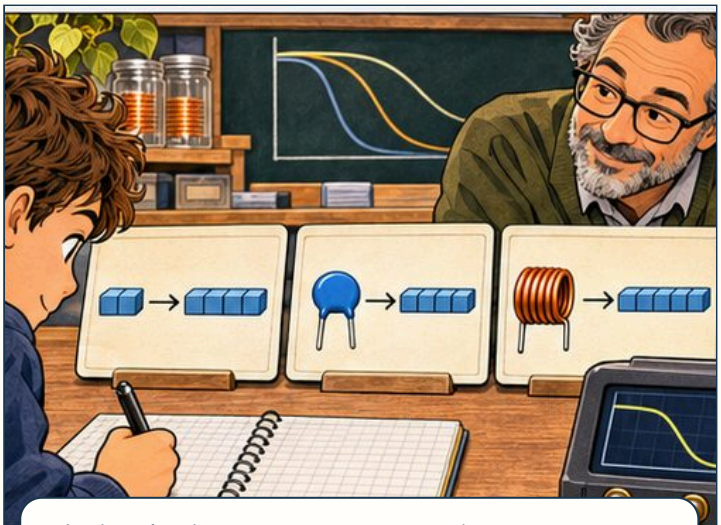
En pikofarad je 10^{-12} F.



En mikrohenri je 10^{-6} H.



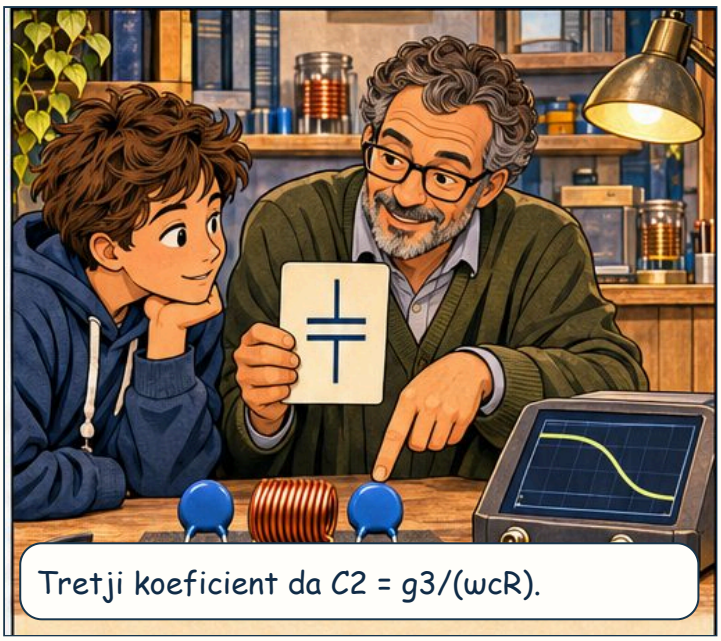
Formule bodo najprej uporabljale osnovne enote.



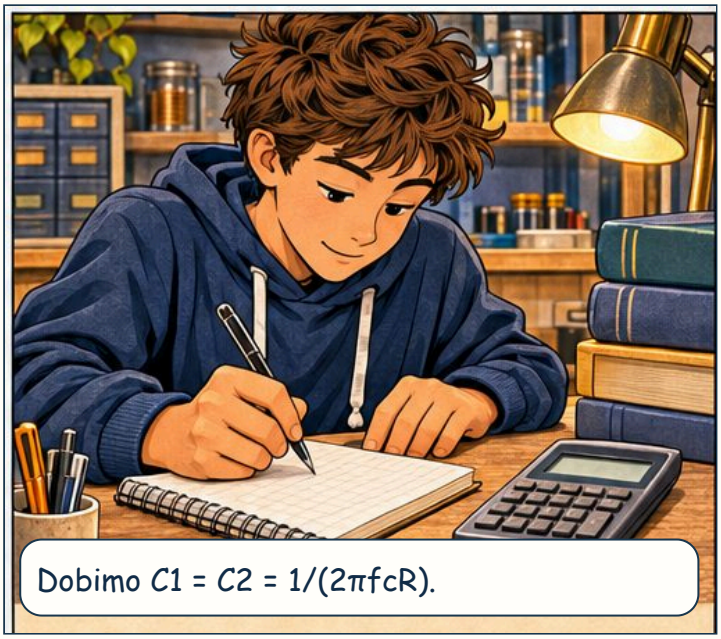
Mladenič ohrani pretvorbe vidne ob izračunih.

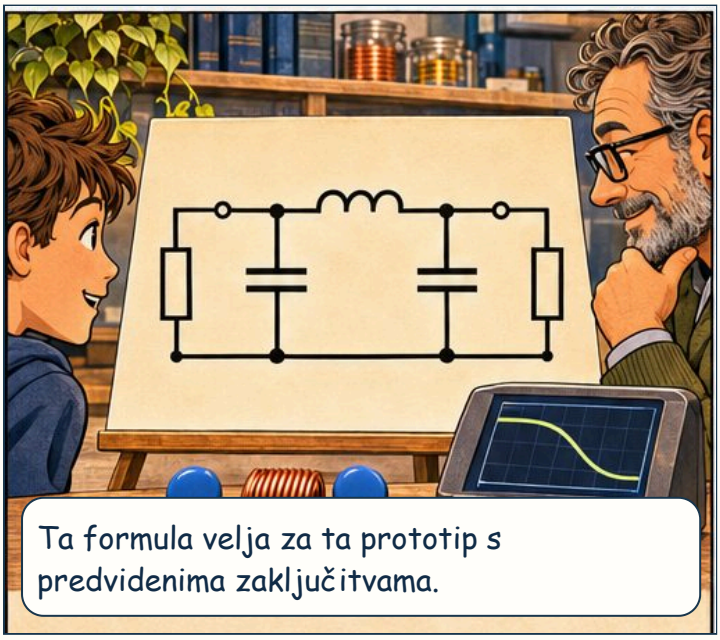
Formula za kondenzatorja













Izračun kapacitivnosti



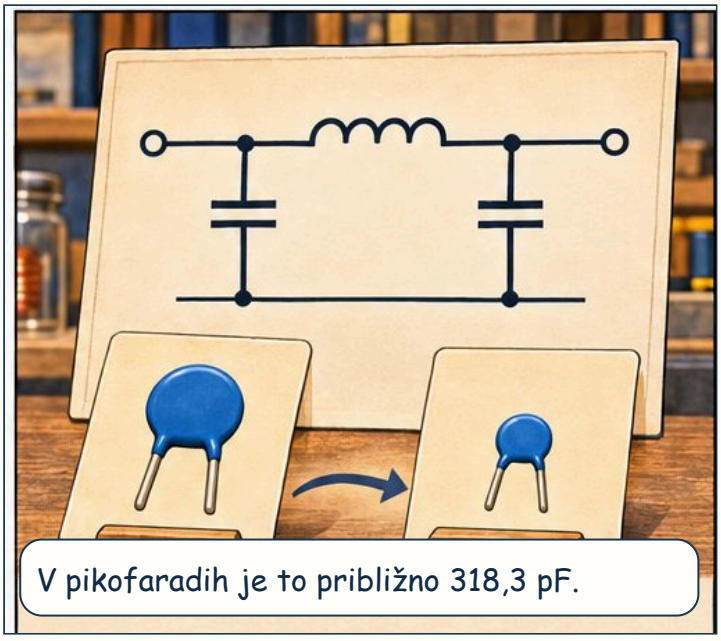
Vstavita fc = 10 000 000 Hz in R = 50 Ω.



Imenovalec je približno $3{,}142 \times 10^{9}$.



Vsaka idealna kapacitivnost je približno $3{,}183 \times 10^{-10}$ F.



V pikofaradih je to približno 318,3 pF.

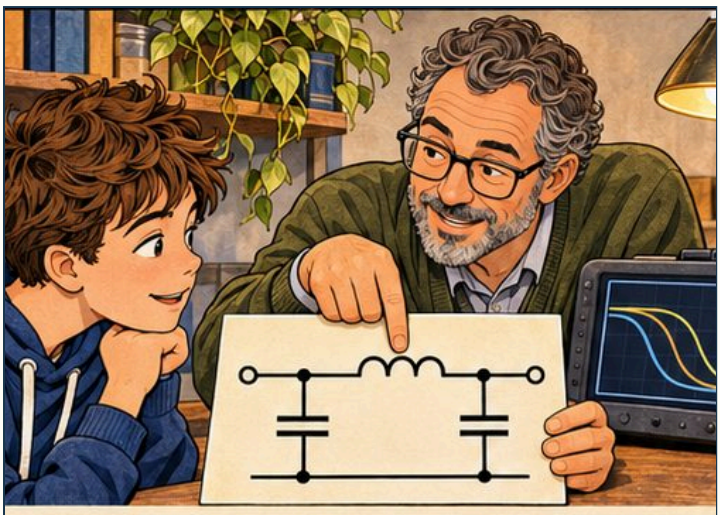


Kondenzatorja bosta torej imela enako teoretično vrednost.



Lucas zapiše rezultat skupaj z enoto.

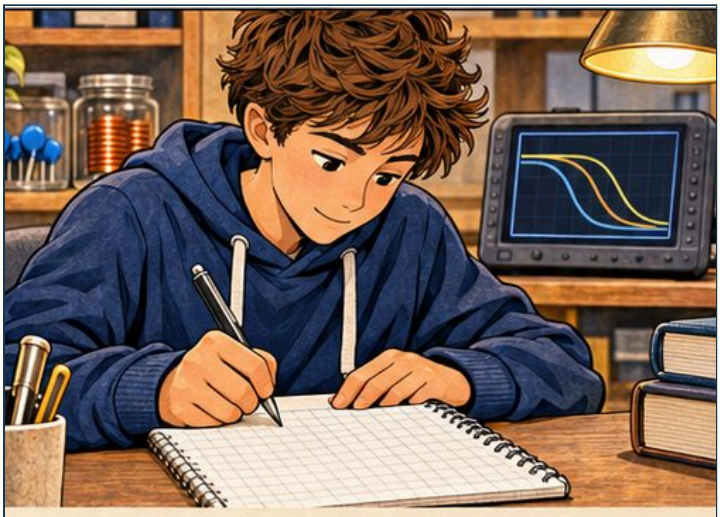
Formula za tuljavo



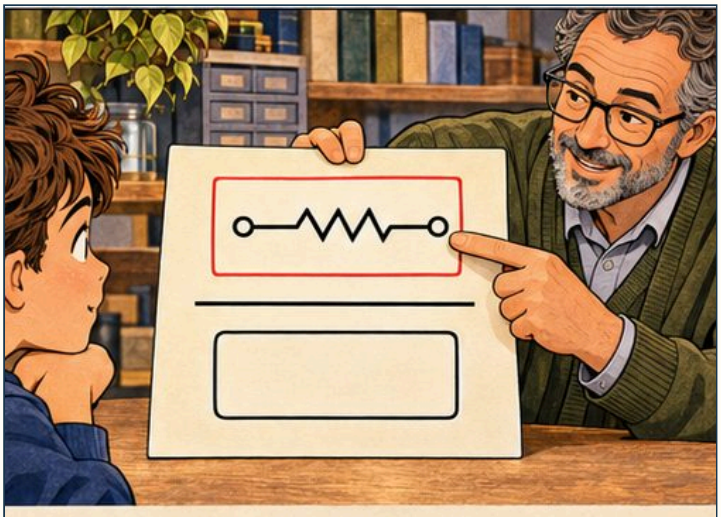
Za zaporedno tuljavo velja L = g2R/ωc.



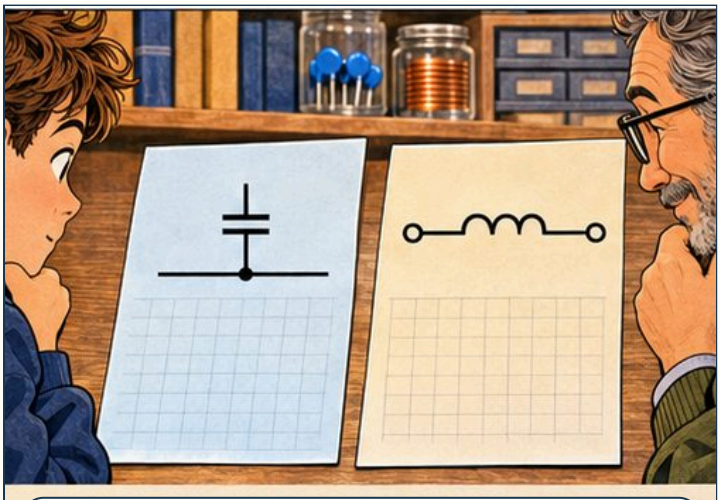
Srednji koeficient je tu g2 = 2.



Zato dobimo L = 2R/(2πfc).



Zaključitvena upornost je tokrat v števcu.

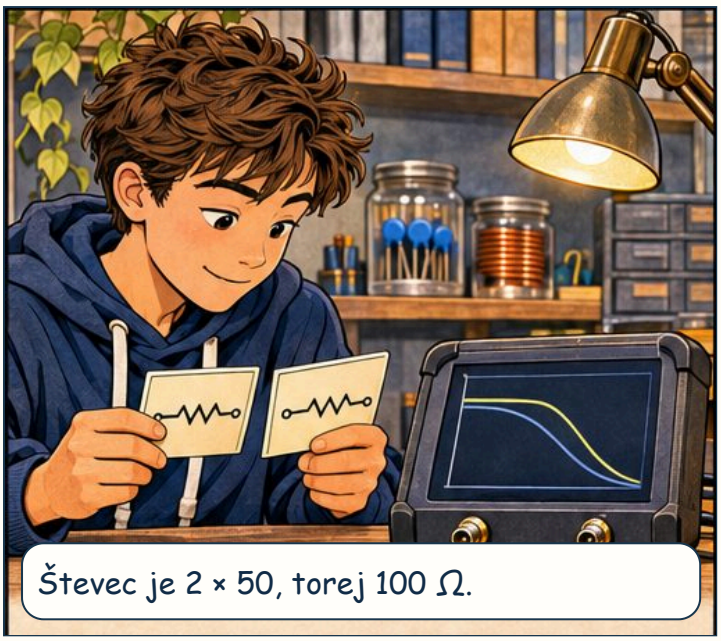


Mladenič primerja to formulo s formulo kondenzatorjev.

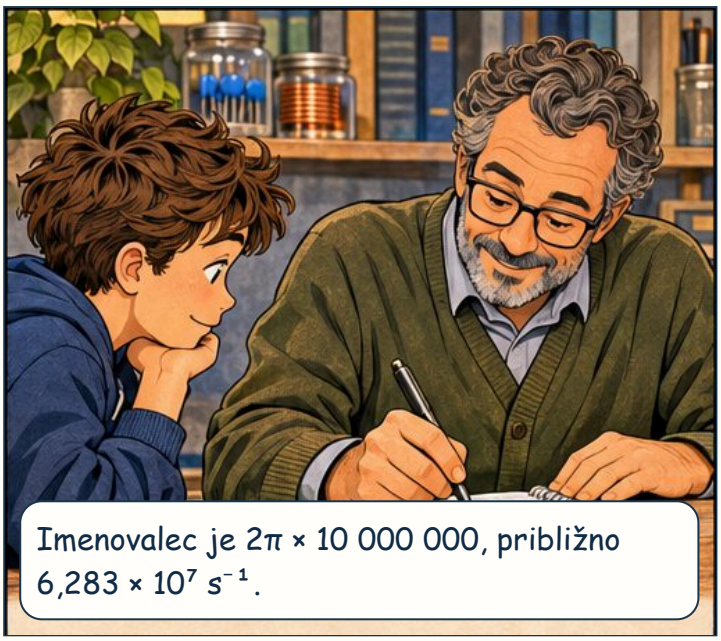


Vizualna podobnost ne odpravi potrebe po ponovnem branju.

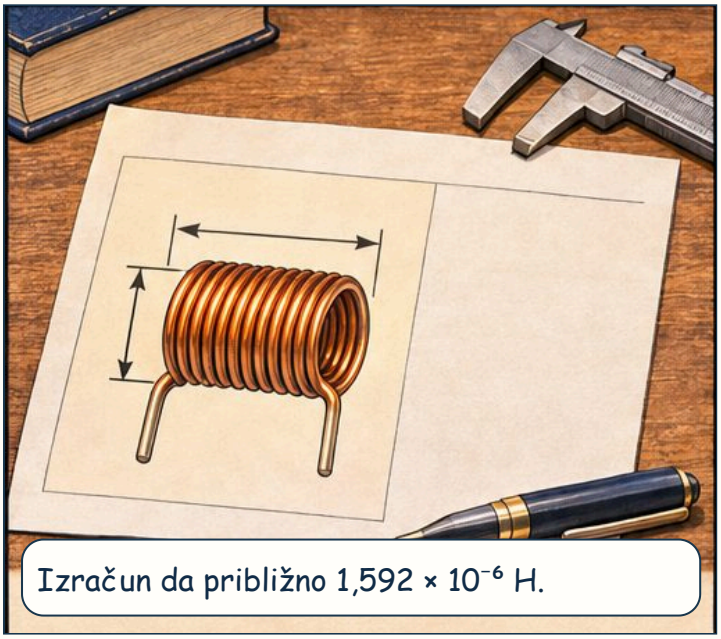
Izračun induktivnosti



Števec je 2 × 50, torej 100 Ω.



Imenovalec je 2π × 10 000 000, približno $6{,}283 \times 10^{7}\ s^{-1}$.



Izračun da približno $1{,}592 \times 10^{-6}$ H.



Idealna tuljava bo torej imela induktivnost približno 1,59 μH.



Vse tri rezultate združita na isti shemi.



Projekt ima zdaj prvo celovito opredelitev.

Napaka za milijon



Mladenič nato poskusi hitro znova vnesti izračun.



Vnese 10 namesto 10 000 000.



Rezultat postane milijonkrat prevelik.



Primerjava s pričakovanimi komponentami takoj razkrije težavo.



Popravi vnos in neodvisno ponovi izračun.

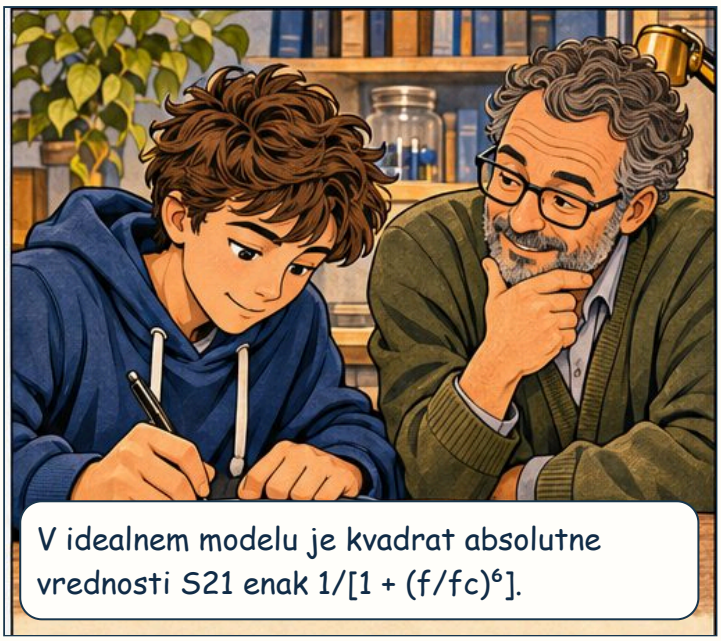


Preverjanje velikostnega reda postane koristna navada.

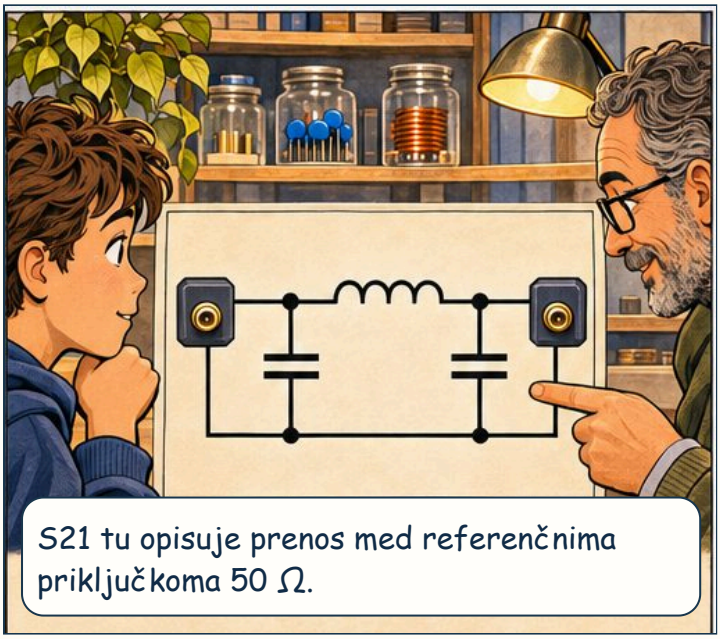
Napovedati celotno krivuljo



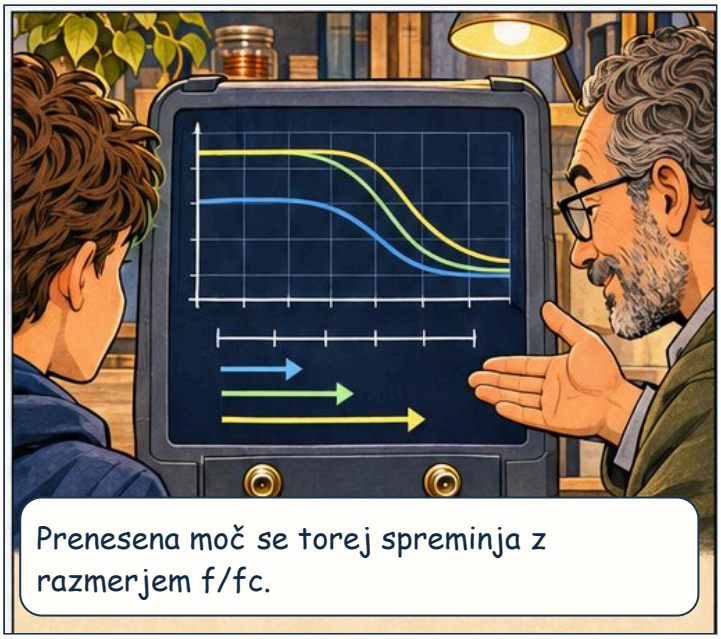
Tri vrednosti še ne opišejo celotnega odziva.



V idealnem modelu je kvadrat absolutne vrednosti S21 enak $1/[1 + (f/fc)^6]$.



S21 tu opisuje prenos med referenčnima priključkoma 50 Ω.



Prenesena moč se torej spreminja z razmerjem f/fc.



Teoretična krivulja je opora pred meritvijo.



Mladenič pripravi več frekvenc za primerjavo.

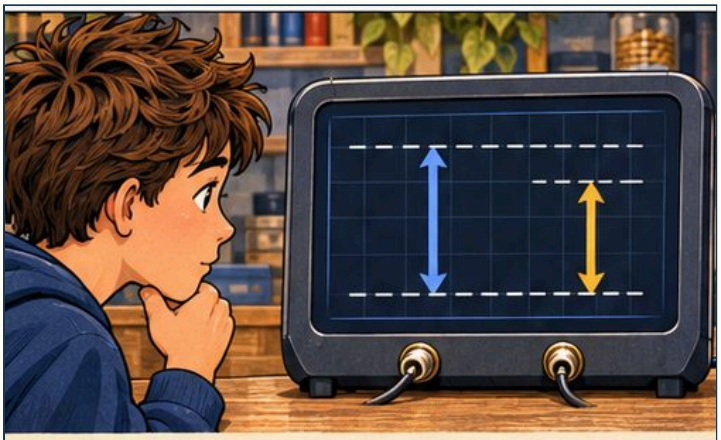
Kaj pomeni minus tri decibele?



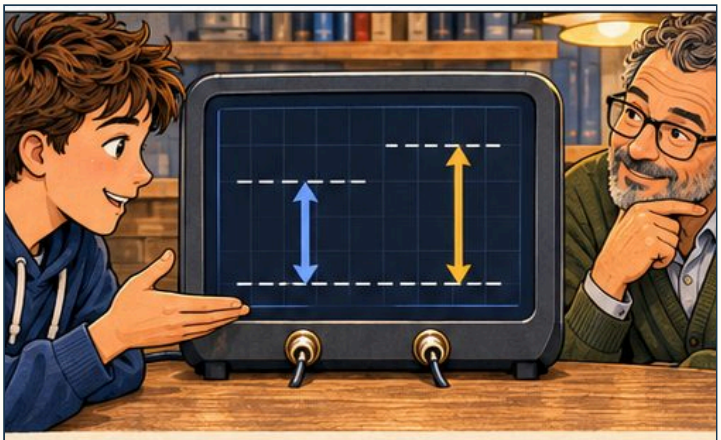
Pri f = fc je idealno razmerje prenesene moči 1/2.



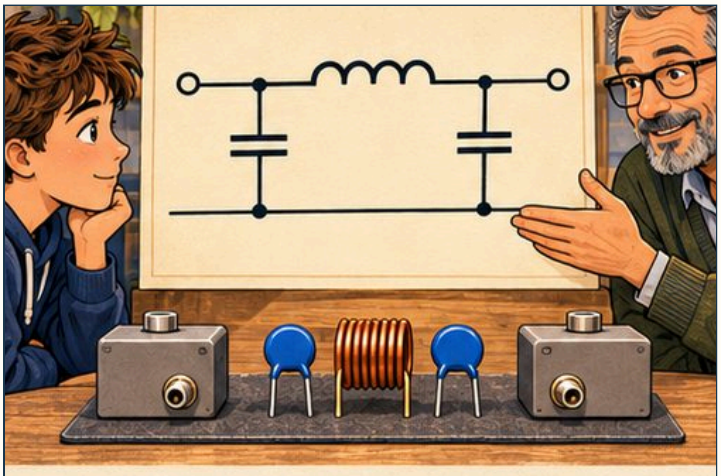
V decibelih da 10 log10(1/2) približno −3,01 dB.



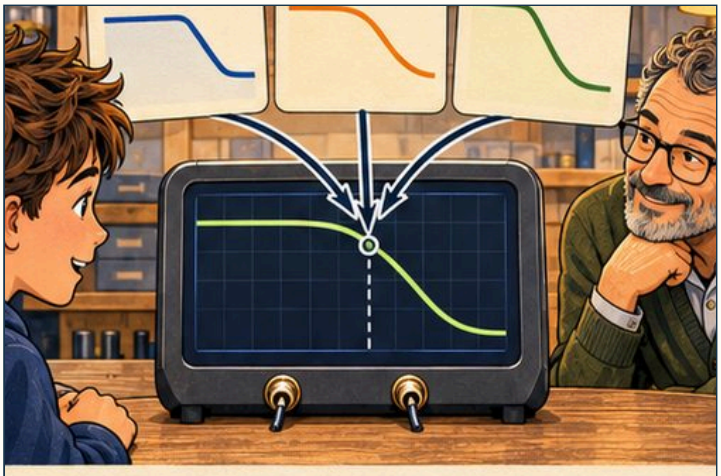
Absolutna vrednost S21 je tedaj približno 0,707.



Ta amplituda torej ni polovica.



Izračun uporablja ustrezni referenci 50 Ω.

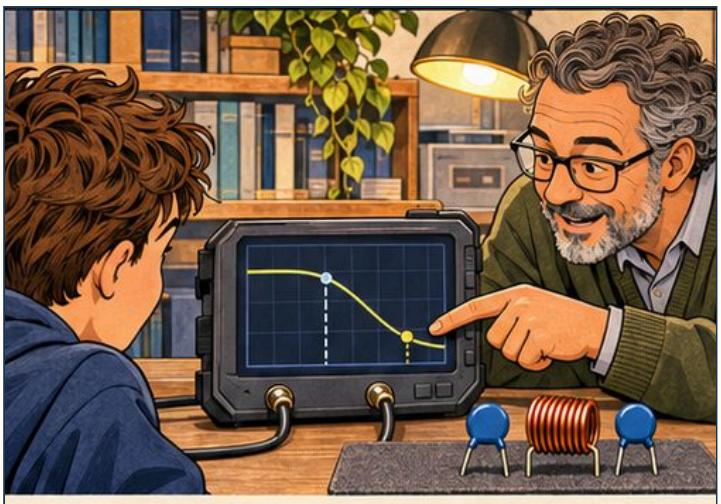


Mladenič poveže tri zapise iste točke krivulje.

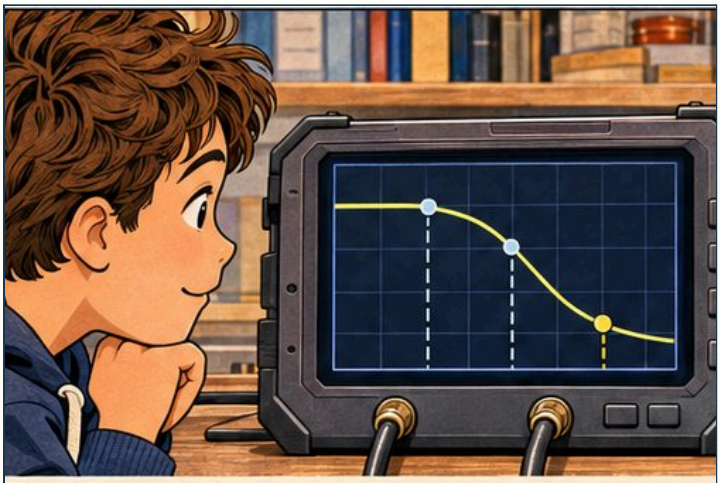
Nad mejno frekvenco



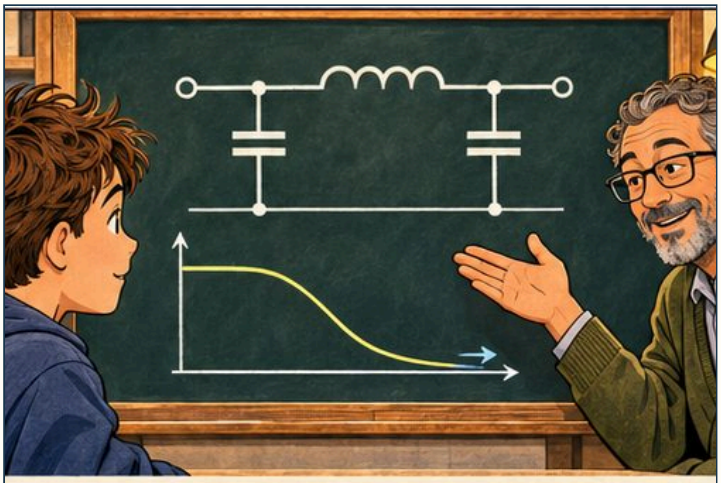
Pri 20 MHz je f/fc enako 2.



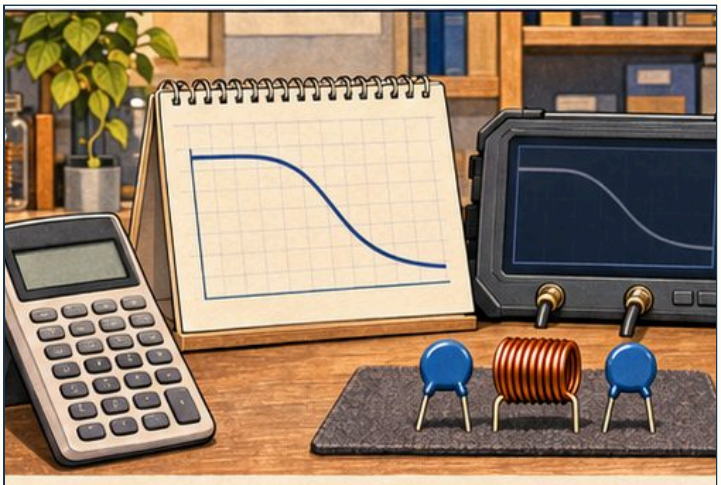
Idealni prenos je približno −18,13 dB.



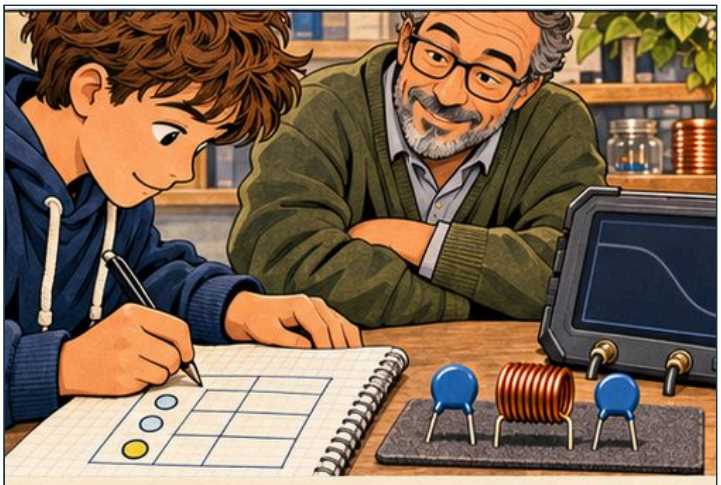
Pri 30 MHz je f/fc enako 3: približno −28,63 dB.



Slabljenje narašča, vendar ostaja končno.

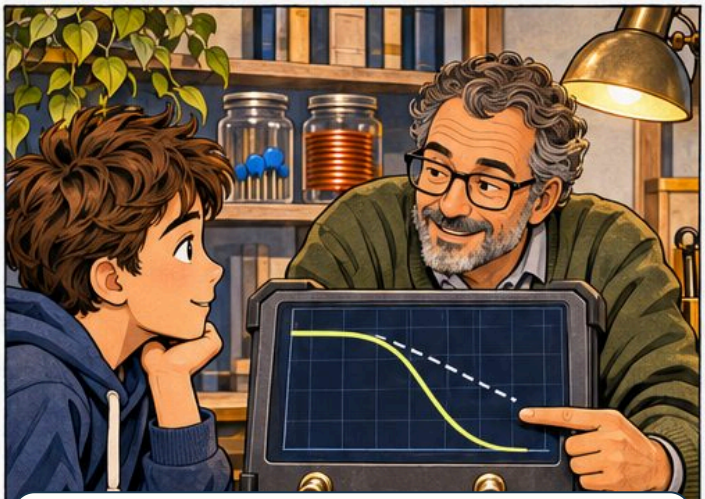


Ta števila so izračunana, ne izmerjena na njunem vezju.

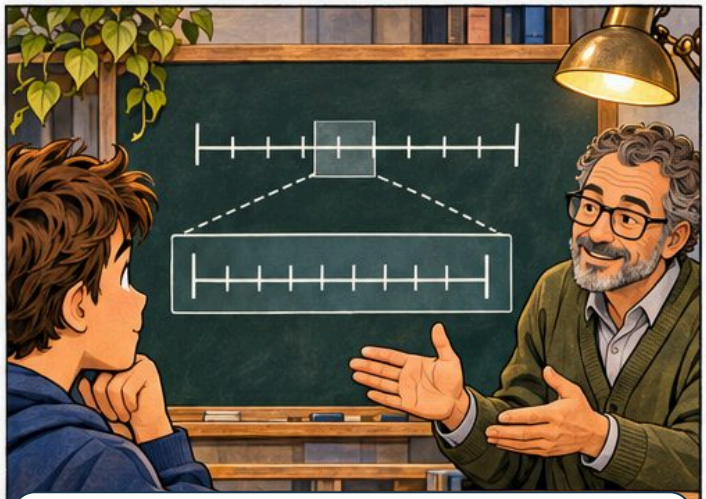


Mladenič jih vpiše v stolpec napovedi.

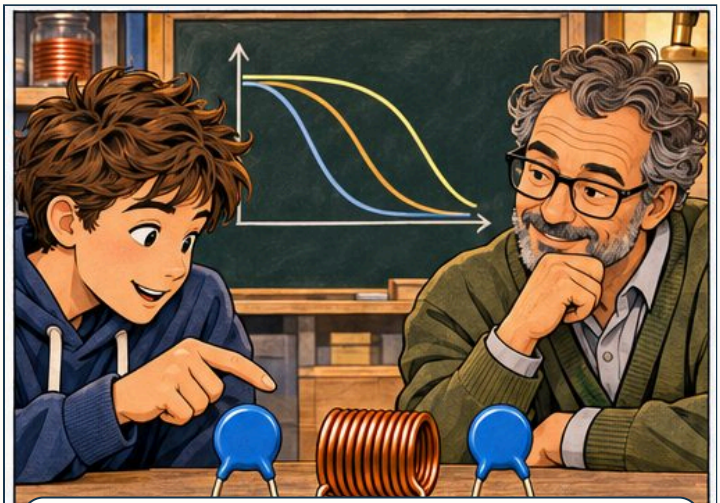
Naklon ni obljuba



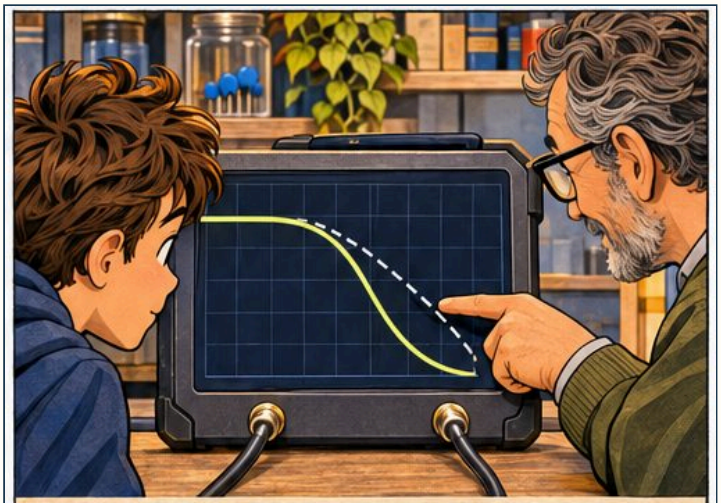
Daleč od meje se idealno slabljenje približuje 60 dB na dekado.



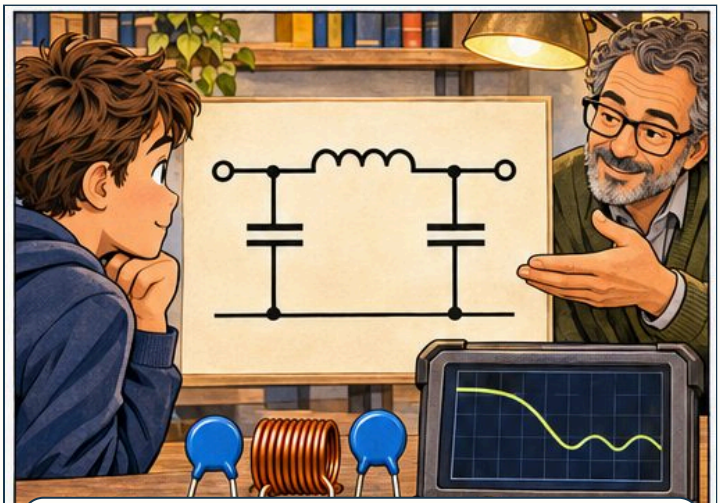
Dekada pomeni desetkratno povečanje frekvence.



Ta asimptotični naklon pripada modelu tretjega reda.



Blizu meje krivulja ni premica.

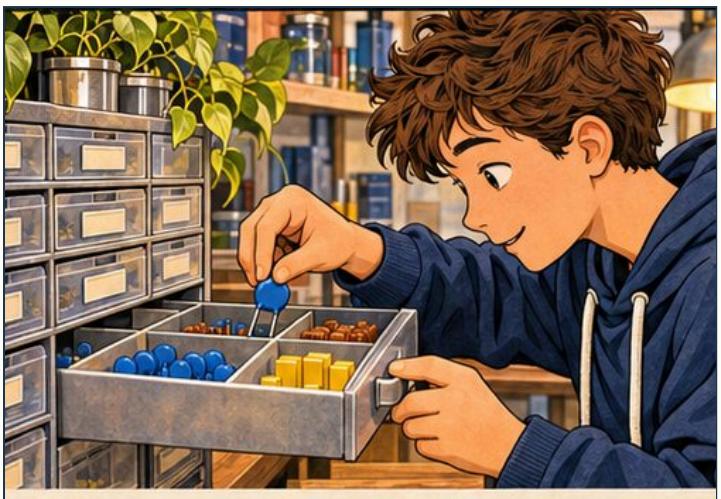


Tudi resnične komponente omejujejo ta razvoj.

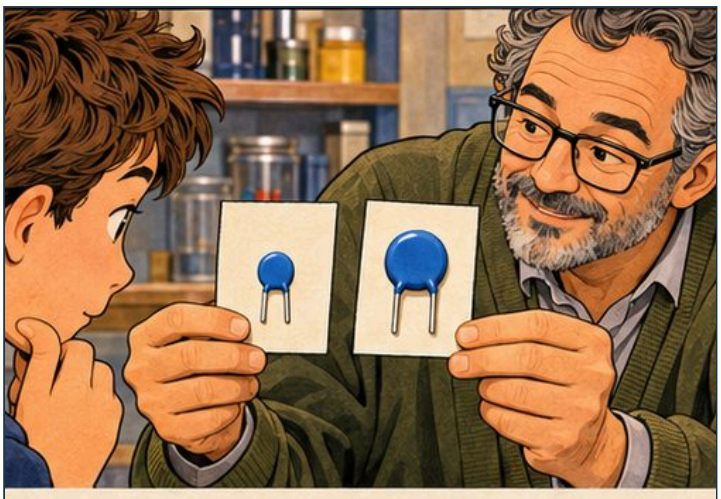


Mladenič pravila ne razširja prek njegovih pogojev.

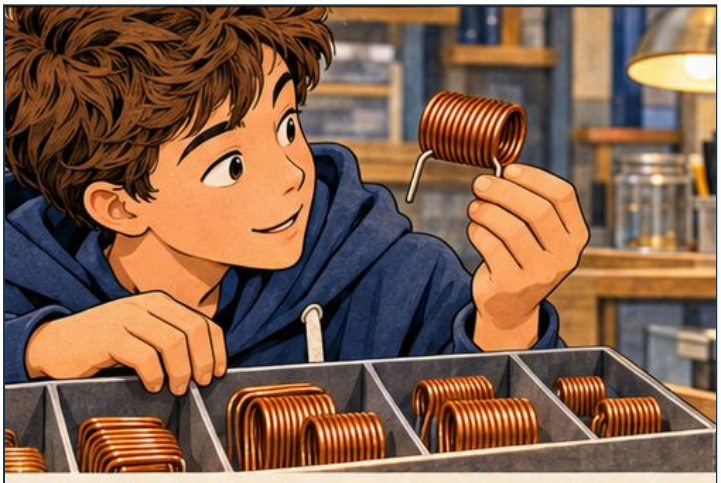
Vrednosti, ki jih najdemo



V predalu niso nujno kondenzatorji 318,3 pF.



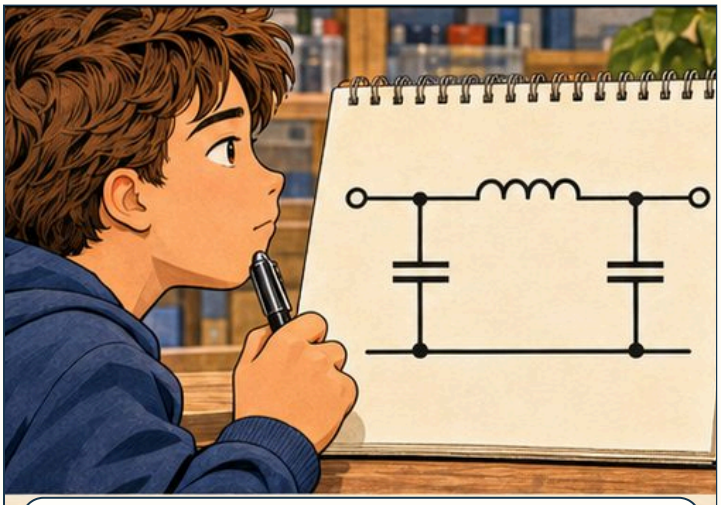
Pogosta vrednost 330 pF ni enaka.



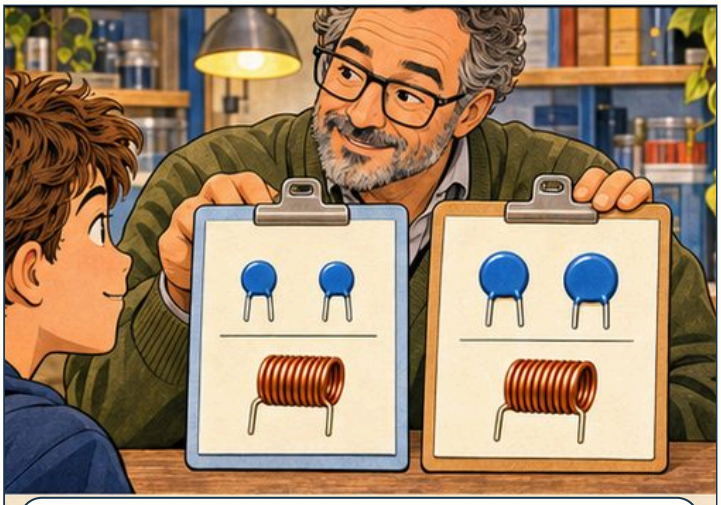
Tuljava 1,6 µH se približa izračunani vrednosti.



Izbira teh vrednosti zahteva ponoven izračun ali simulacijo odziva.

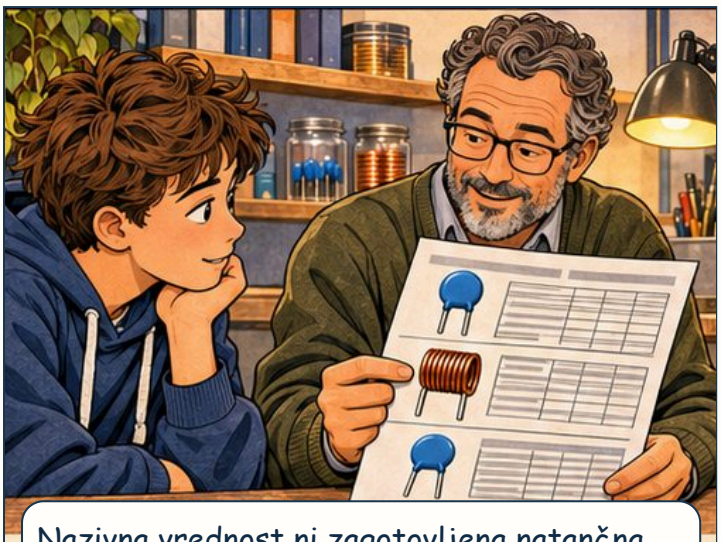


Vezja ne moremo samodejno imenovati natančno 10 MHz.



Mladenič ločeno shrani idealne in izbrane vrednosti.

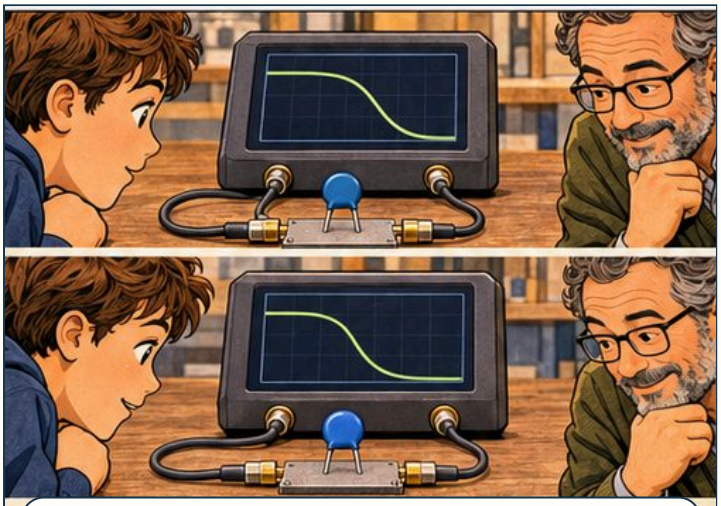
Vsak del ima toleranco



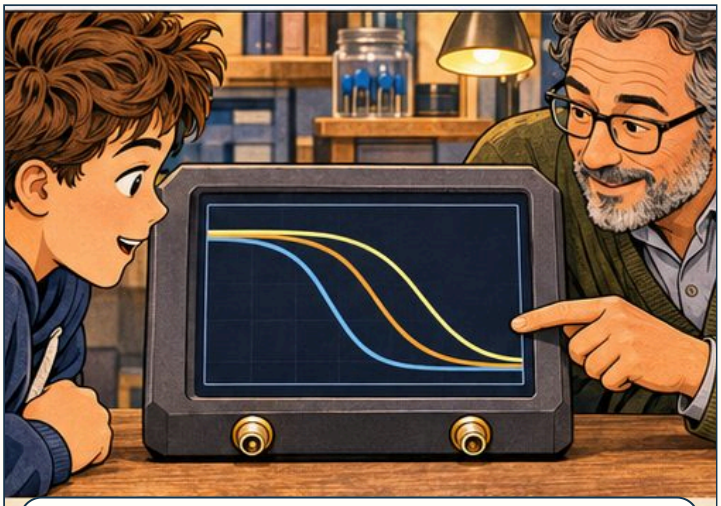
Nazivna vrednost ni zagotovljena natančna vrednost.



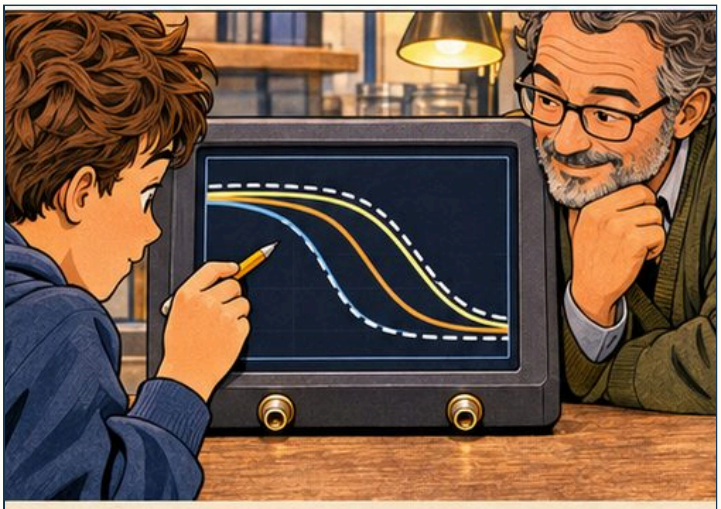
Tolerance kondenzatorjev in tuljave so pomembne.



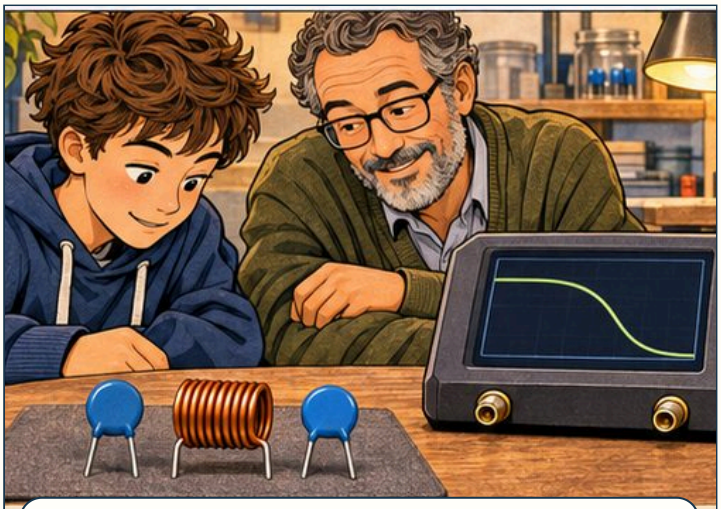
Dve enako označeni komponenti se lahko nekoliko razlikujeta.



Simulacija lahko razišče več kombinacij vrednosti.



Pomaga predvideti razpon možnih odzivov.



Meritev nato preveri dejansko uporabljene dele.

Skrite komponente



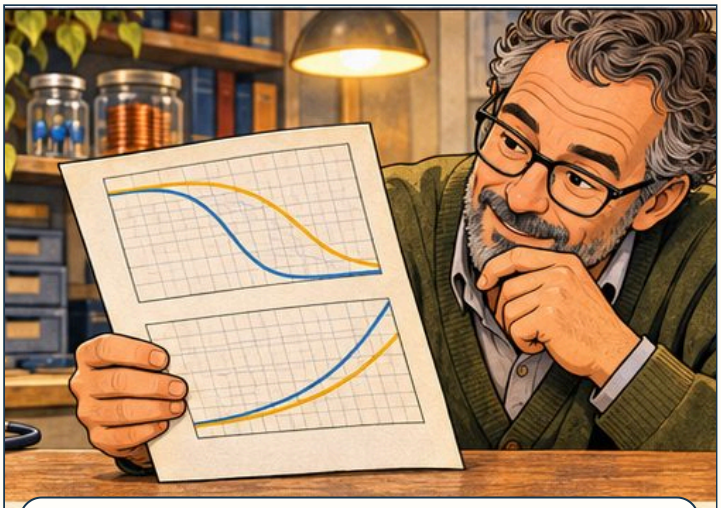
Resnična tuljava ima tudi upornost in parazitsko kapacitivnost.



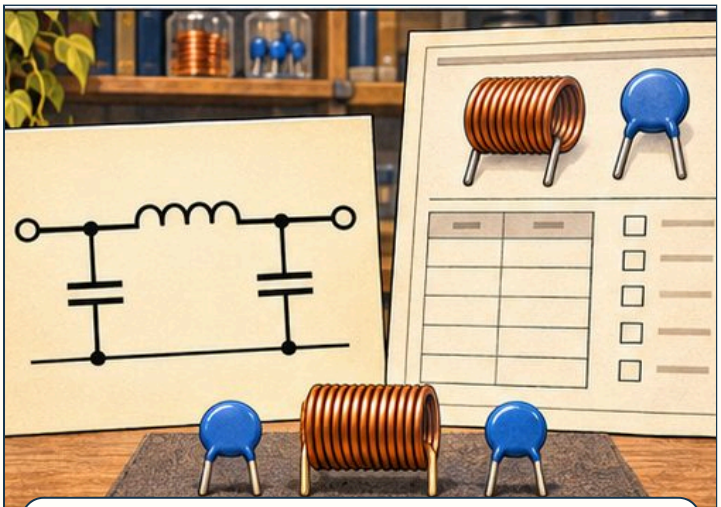
Kondenzator ima med drugim izgube in parazitsko induktivnost.



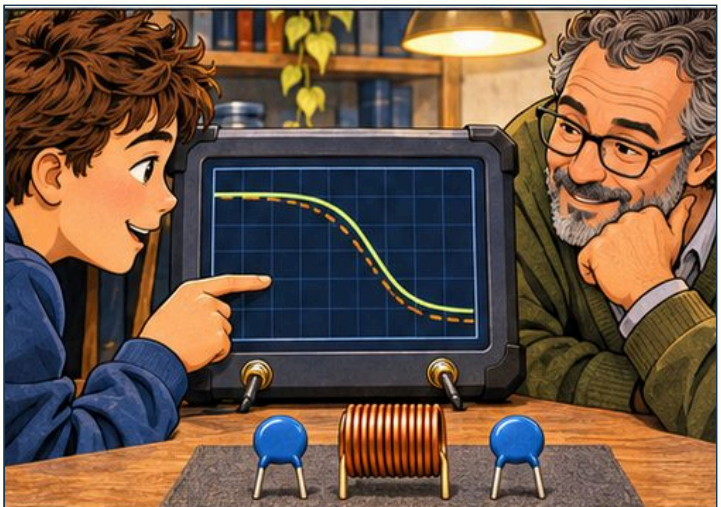
Njuno obnašanje se spremeni v bližini določenih resonanc.



Tehnični listi navajajo meje, ki jih je treba preveriti.



Sama vrednost v pikofaradih ali mikrohenrijih torej ne zadošča.

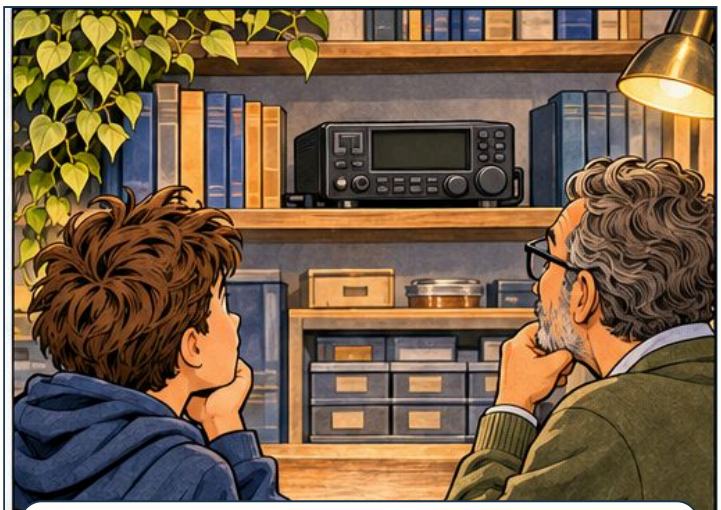


Mladenič se uči brati dlje od prve vrstice.

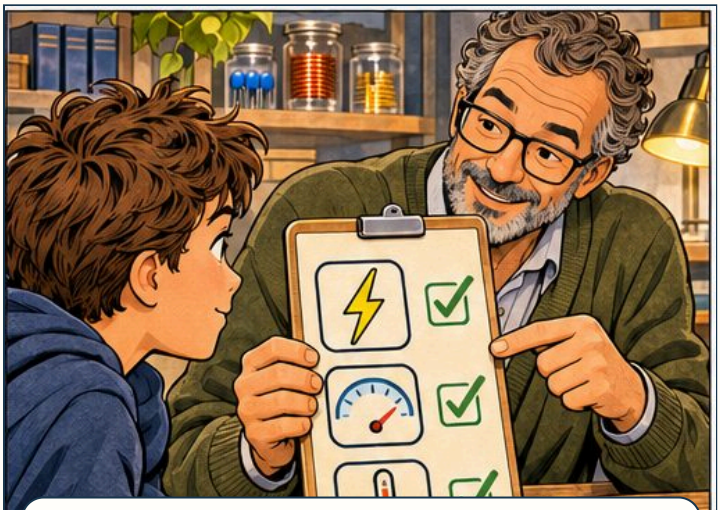
Merilna miza ne potrdi oddajnika



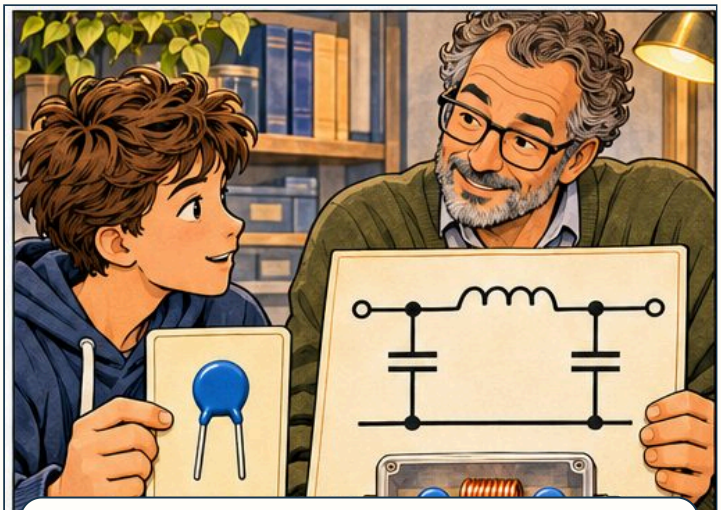
Demonstracijsko vezje prejema le šibki signal, predviden z analizatorjem.



Uporaba pri oddajanju bi zahtevala dodatna preverjanja.



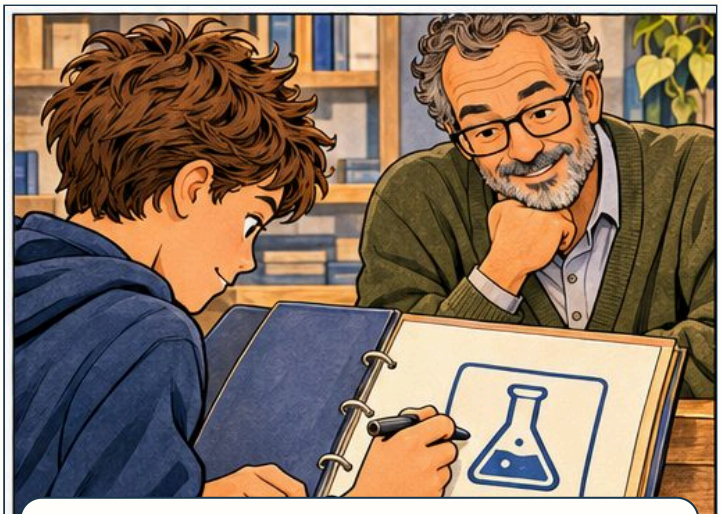
Preučiti bi bilo treba napetosti, tokove, segrevanje in dovoljeno moč.



Zdržljivost kondenzatorja ne potrdi ustreznosti celotnega filtra.

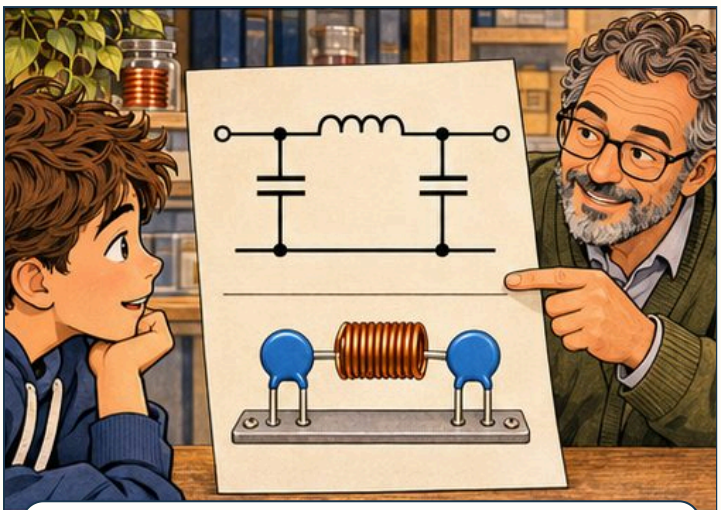


Ta delavnica ne vključuje preizkusov moči.

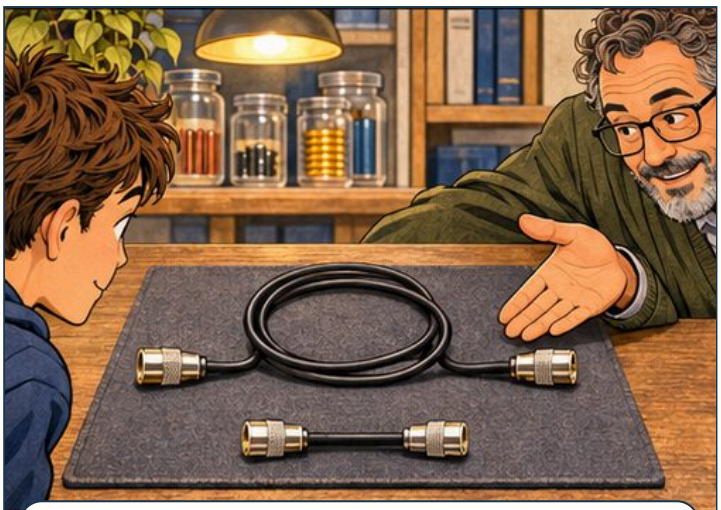


Mladenič jasno zapiše omejitve njunega izdelka.

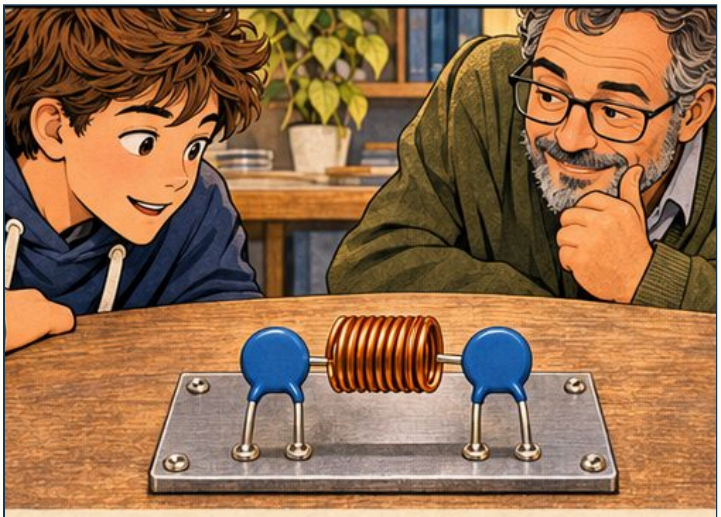
Risanje razporeditve



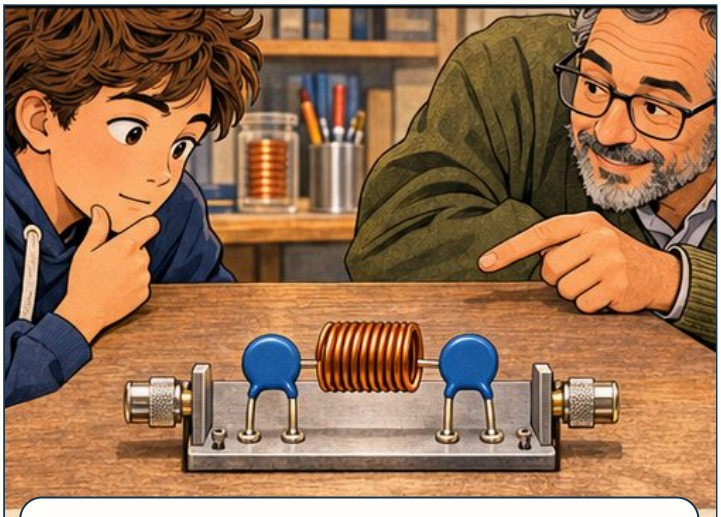
Shema kaže povezave, ne pa celotne geometrije.



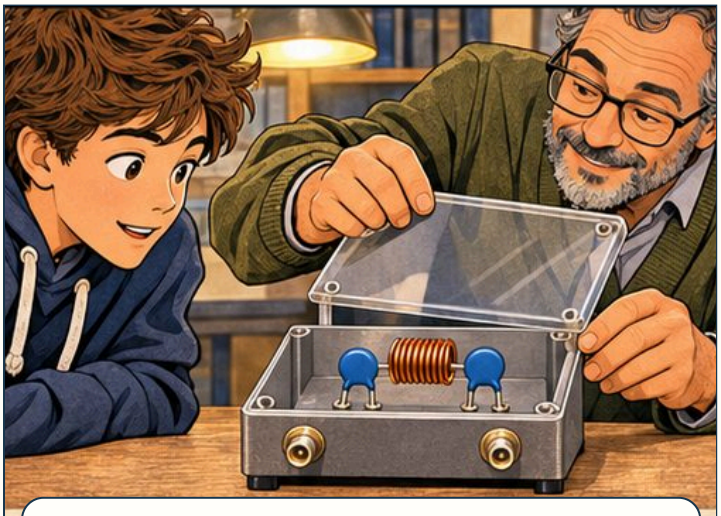
Pri teh frekvencah sta lahko pomembni dolžina povezav in razporeditev.



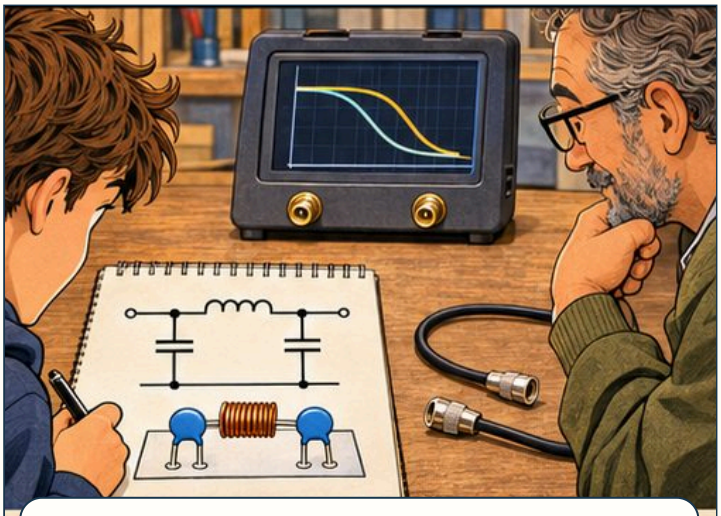
Predvidita skupno maso in kratke povezave.



Ločita tudi poti, ki bi se lahko neposredno sklapljale.



Henri pripravi demonstracijsko vezje, primerno za meritev.

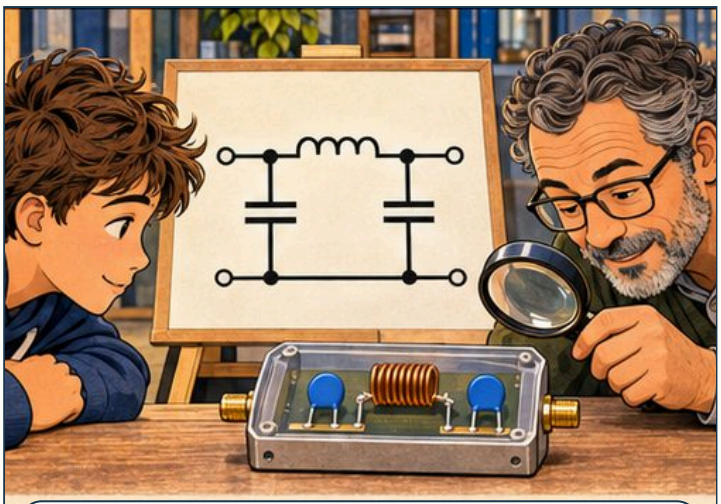


Lucas primerja razporeditev s shemo povezavo za povezavo.

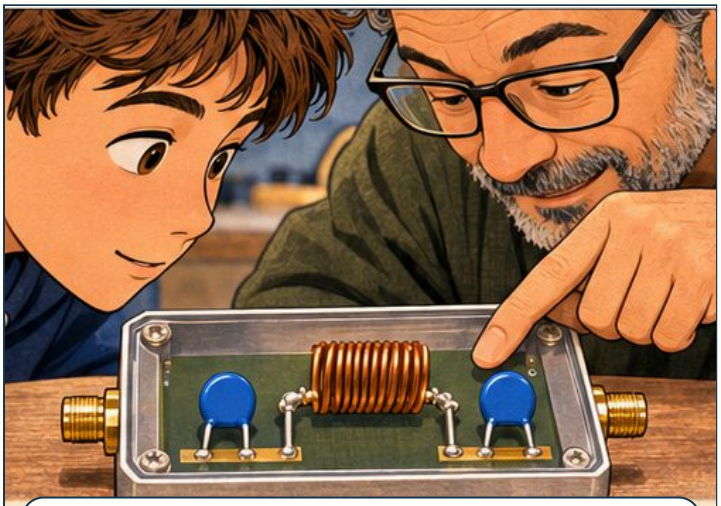
Preveriti pred priklopom



Med pripravo ostaja merilni vir izključen.



Preverita povezave, komponente in skupno maso.



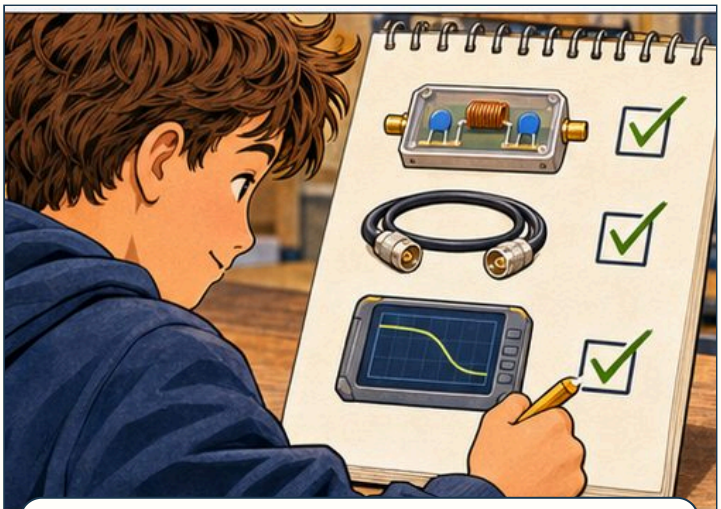
Iščeta kratek stik, napačno vezavo ali poškodovan del.



Pregledata tudi konektorje in kable.



Mentor preveri vhodne omejitve naprave.

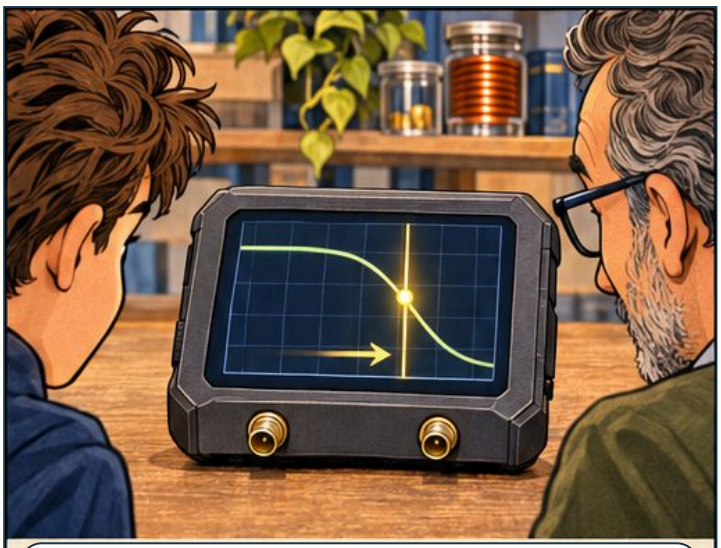


Mladenič dokonča seznam pred prvim frekvenčnim preletom.

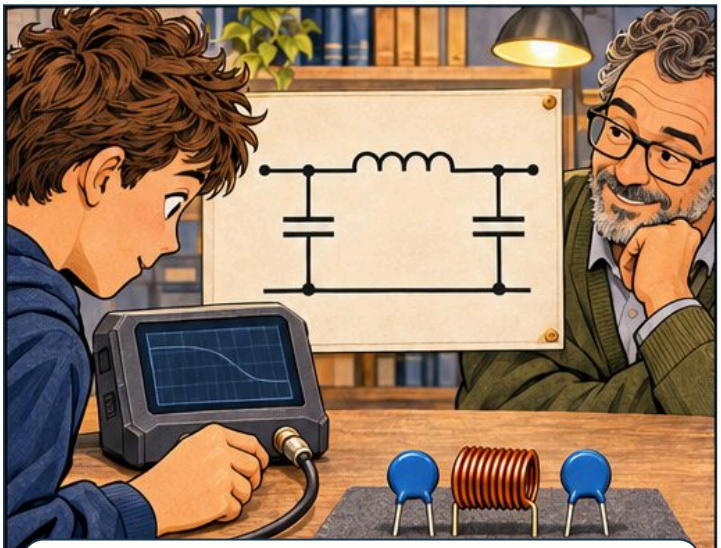
Analizator postavlja vprašanja



Analizator vezij pošlje znan šibek signal.



Preleti izbrano frekvenčno območje.



Priključek 1 napaja vhod filtra.



Priključek 2 opazuje prenos na njegovem izhodu.



Parameter S21 omogoča spremljanje tega prenosa.



Priključka zagotavljata predvideni referenci 50 Ω.

Kalibrirati na pravem mestu



Pri meritvi sodelujejo tudi kabli in prilagojevalniki.



Zato sledita postopku kalibracije, predvidenemu za napravo.



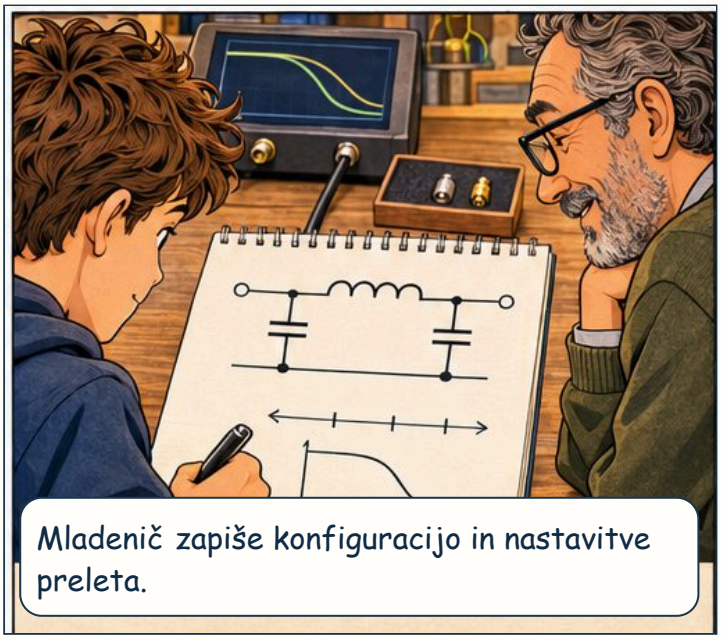
Ustrezne etalone priključita po navodilih.



Referenčni ravnini postavita na konca kablov.



Po kalibraciji te povezave čim bolj ohranita.



Mladenič zapiše konfiguracijo in nastavitve preleta.

Preveriti neposredno pot



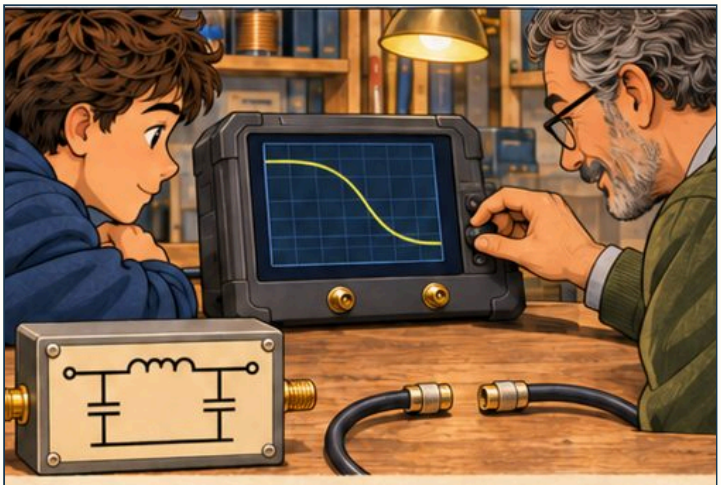
Pred filtrom neposredna povezava omogoča preverjanje reference.



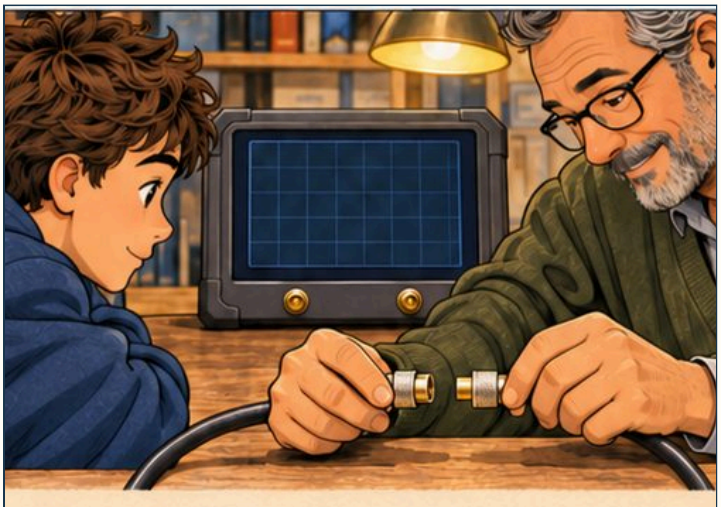
Pričakovani prenos mora ustrezati tej povezavi.



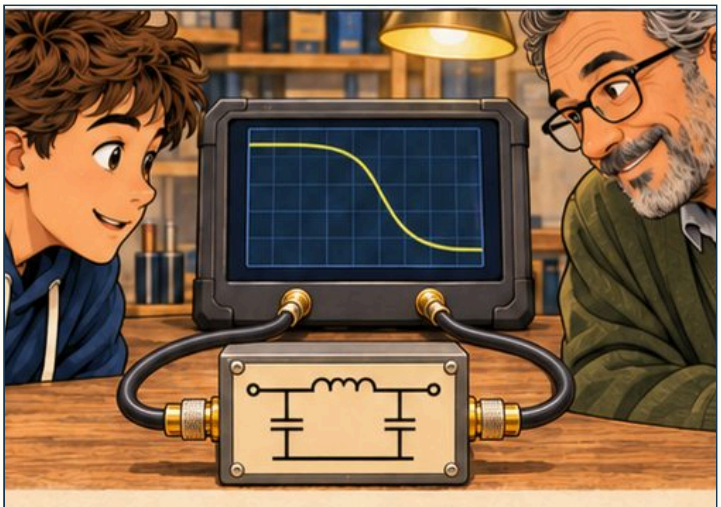
Odstopanje zahteva pregled kablov, kalibracije in nastavitev.



Filtra ne spreminjamo, da bi prikrili napako merilne mize.



Po preverjanju se vir izključi za priklop.

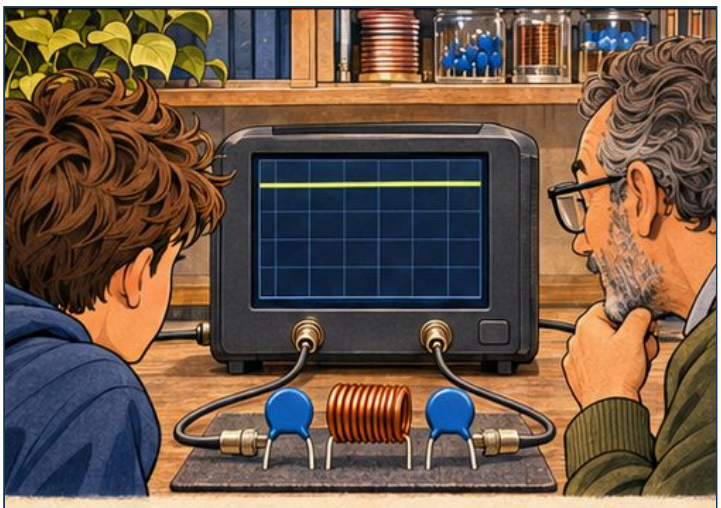


Filter nato zasede mesto med kabloma.

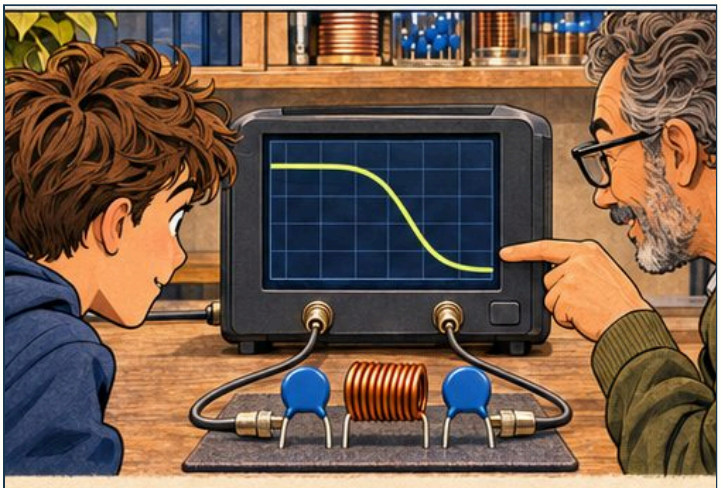
Prvi frekvenčni prelet



Zaženeta prelet, ki pokriva uporabni pas in prehod.



Pri nizkih frekvencah ostane sled višje.



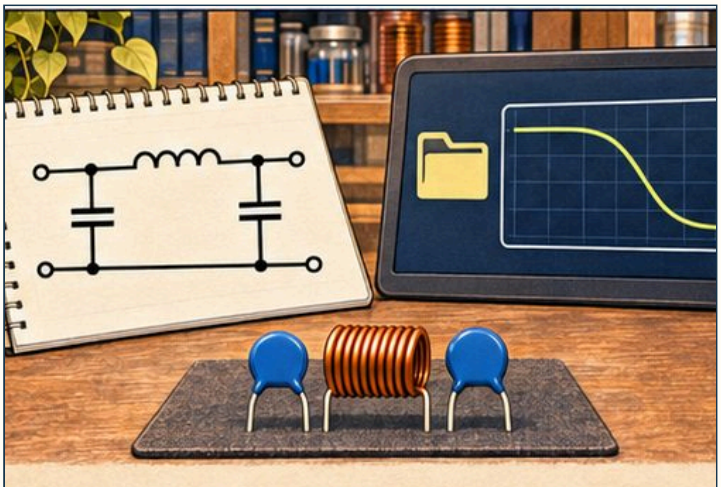
Nato z naraščanjem frekvence pada.



Mladenič prepozna predvideno obliko, ne pričakuje pa popolnega ujemanja.



Shrani sled in merilne pogoje.



Shranjen rezultat bo mogoče primerjati po vsaki spremembi.

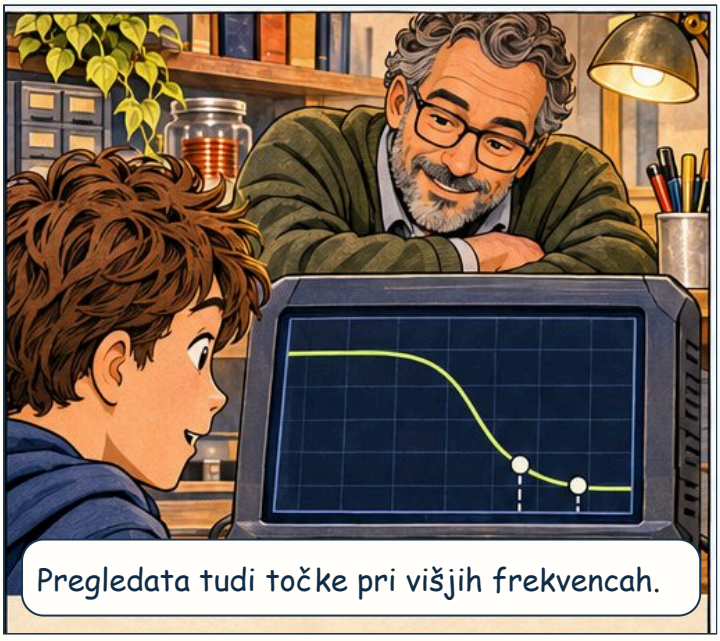
Odčitati natančne točke



Oznake pokažejo frekvence, izbrane pri izračunu.



Odčitata prenos okoli pričakovane meje.



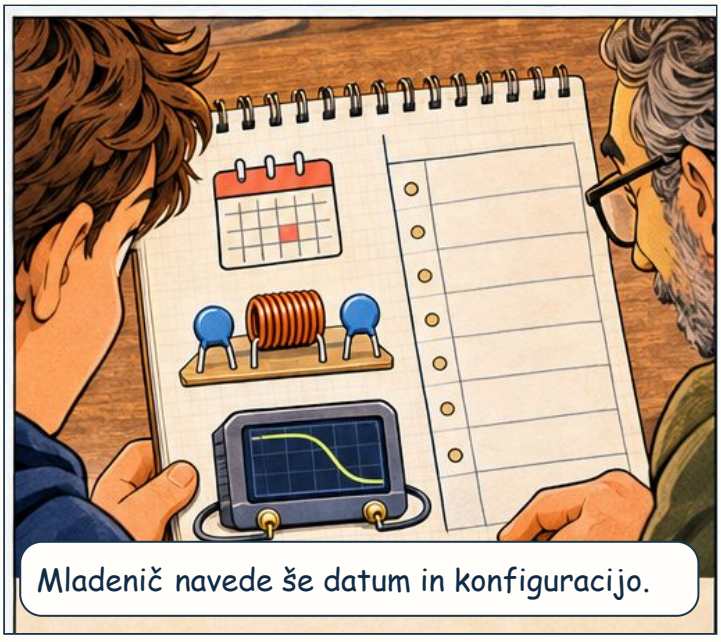
Pregledata tudi točke pri višjih frekvencah.



Dejansko odčitane vrednosti sodijo v stolpec meritev.



Ohranita dobljeni odčitek, tudi če se razlikuje od napovedi.



Mladenič navede še datum in konfiguracijo.

Razumeti odstopanje



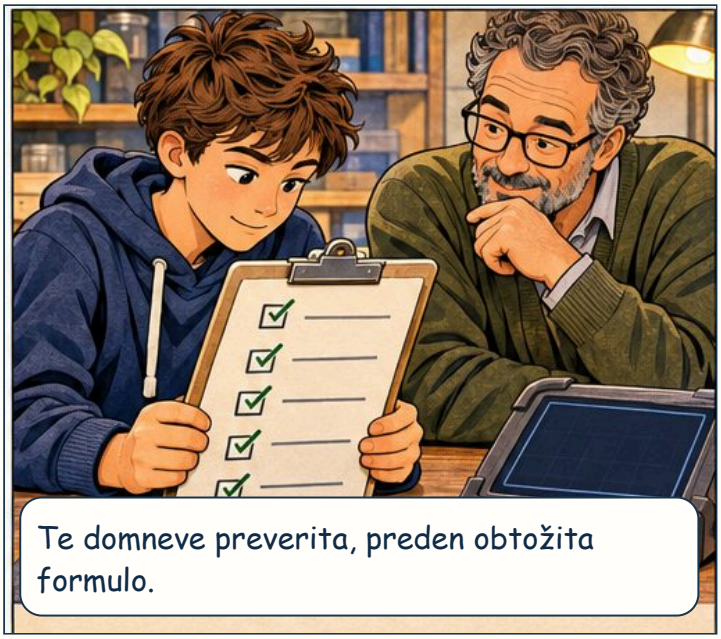
Izmerjena meja se lahko razlikuje od izračunane.



Izbrane vrednosti in njihove tolerance ponudijo prve namige.



Pregled si zaslužijo tudi izgube, razporeditev in kalibracija.



Te domneve preverita, preden obtožita formulo.

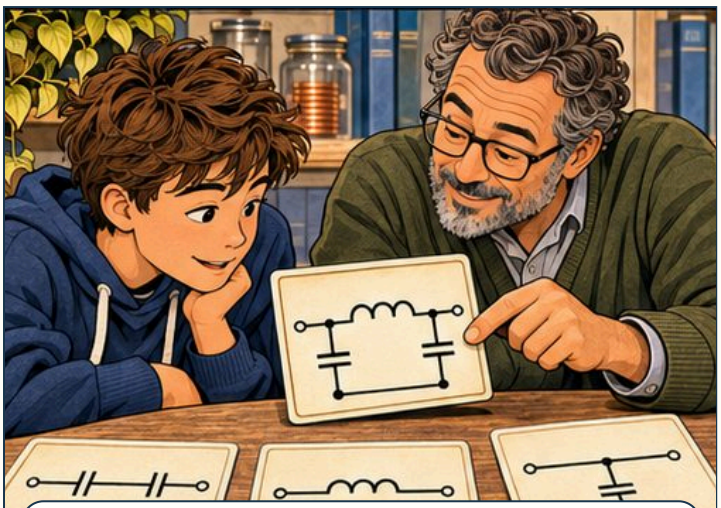


Drugačna krivulja sama ne pojasni svojega izvora.

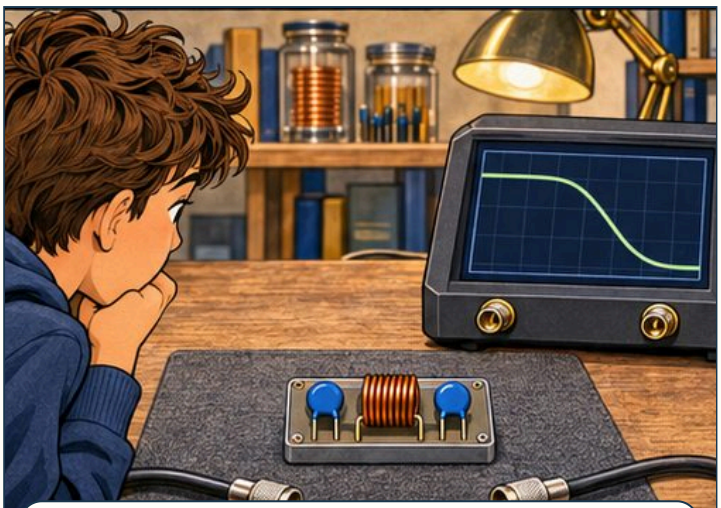


Mladenič presenečenje spremeni v novo vprašanje.

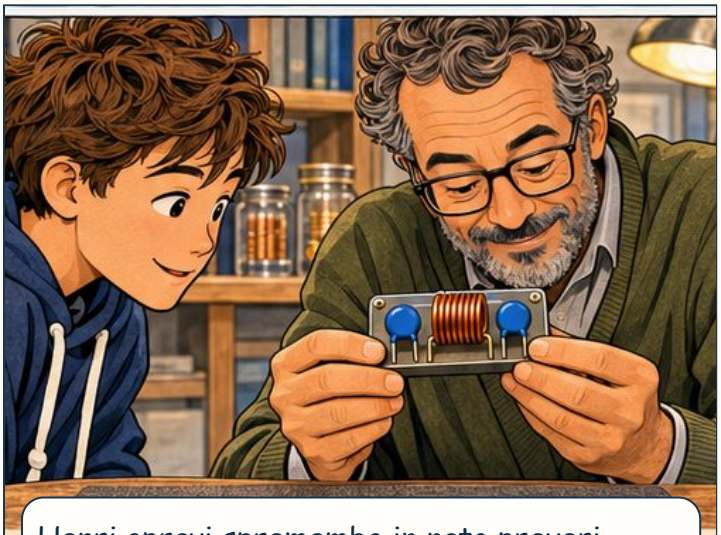
Ena sprememba naenkrat



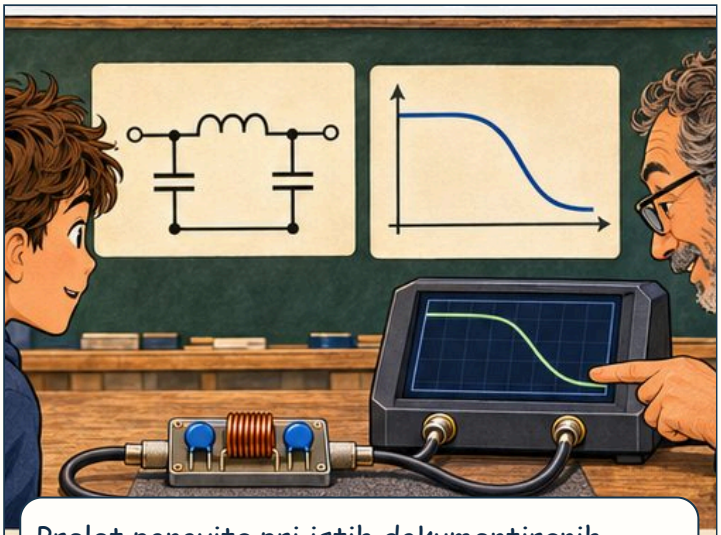
Izbereta eno domnevo in pripravita utemeljeno spremembo.



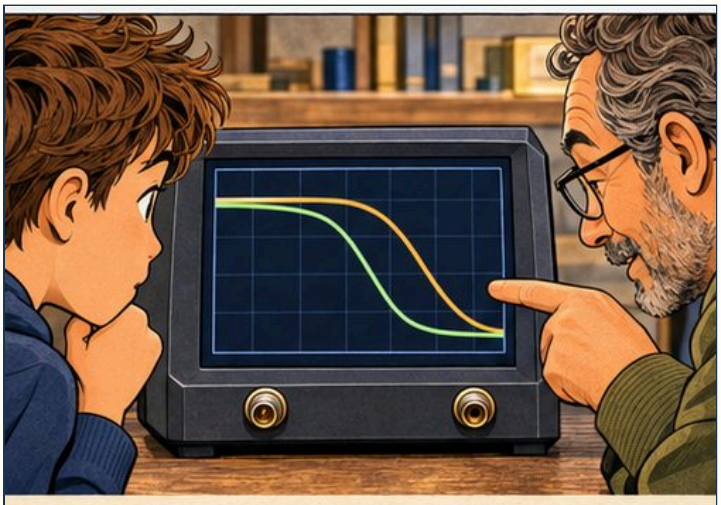
Pred posegom je vir izključen, modul pa odklopljen.



Henri opravi spremembo in nato preveri vezje.



Prelet ponovita pri istih dokumentiranih pogojih.

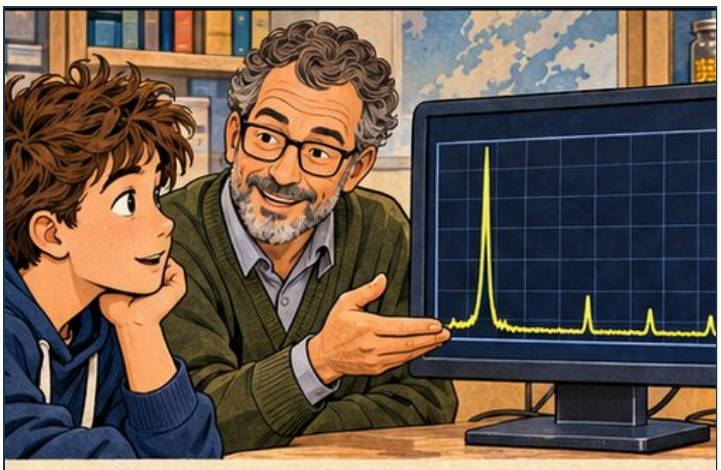


Primerjata staro in novo sled.

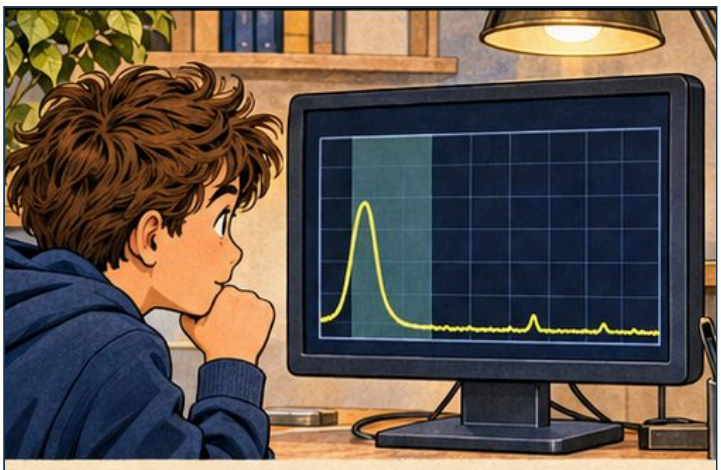


Metoda preprečuje mešanje več možnih vzrokov.

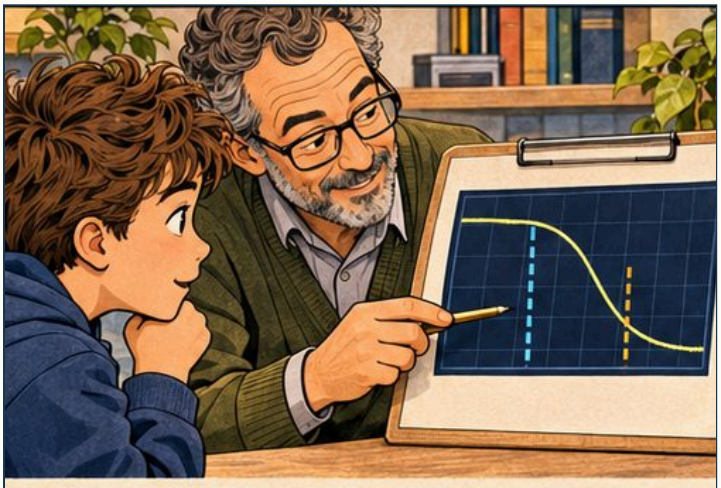
Slabljenje ima meje



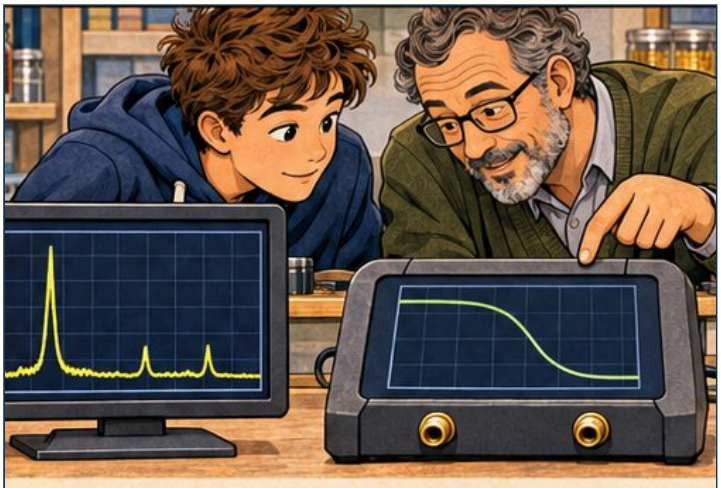
Nizkoprepustni filter ne izbriše vseh neželenih komponent.



Komponenta v njegovem prepustnem pasu bo malo oslabljena.



Zaviranje je odvisno od frekvence in izvedbe.



Celovit spektralni pregled bi zahteval dodatne ustrezne meritve.



Prisotnost filtra ne dokazuje skladnosti postaje.

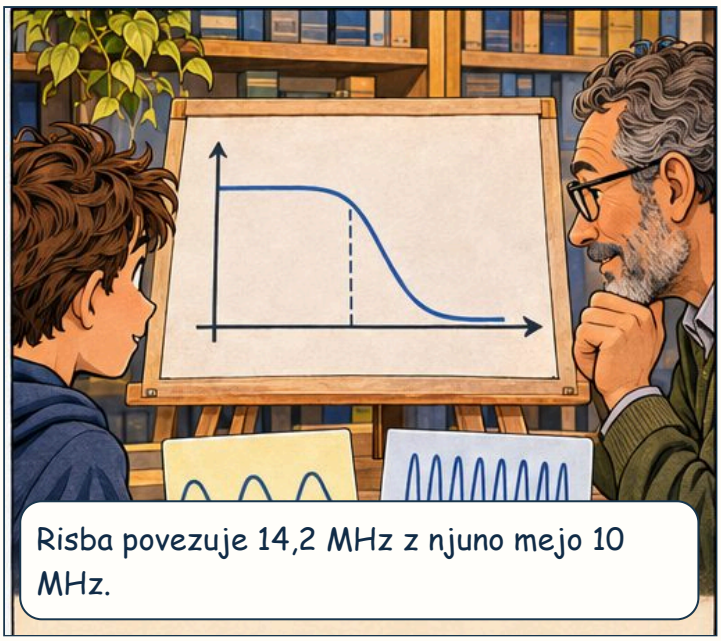


Mladenič razlikuje uporabno funkcijo od splošnega jamstva.

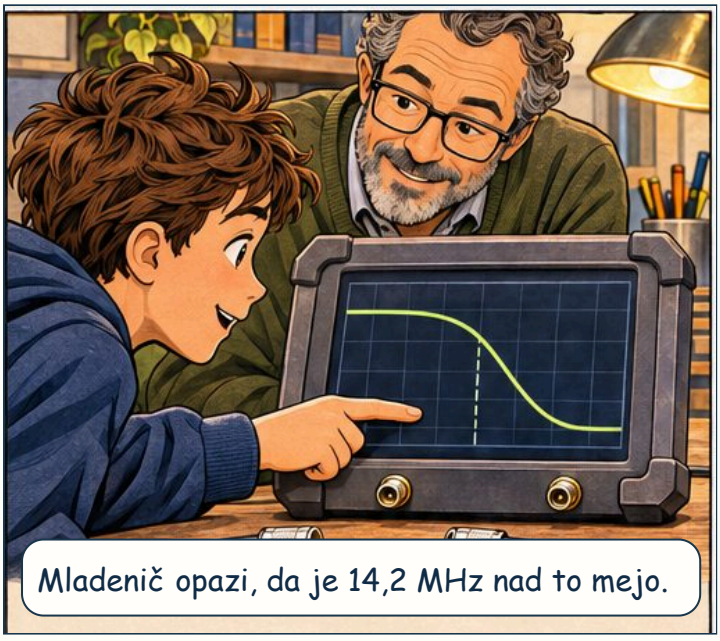
Uporabna frekvenca mora skozi



Mentor nazadnje ponudi past na risbi postaje.



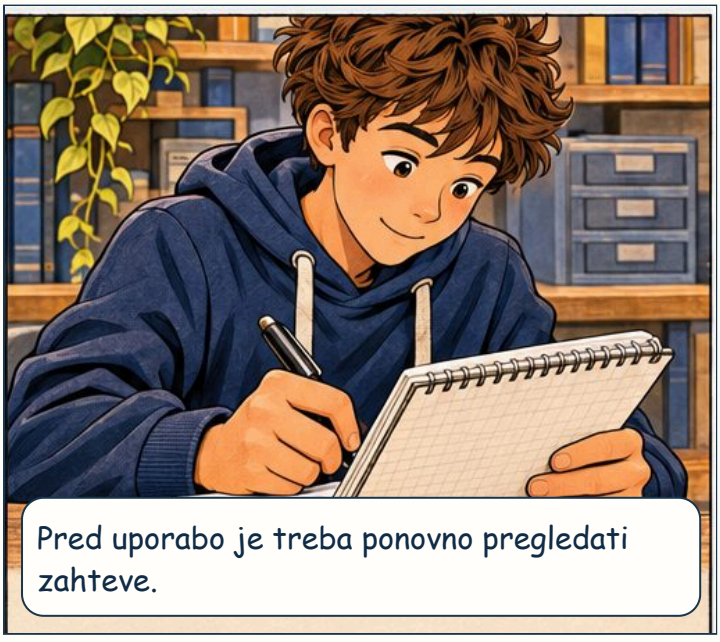
Risba povezuje 14,2 MHz z njuno mejo 10 MHz.



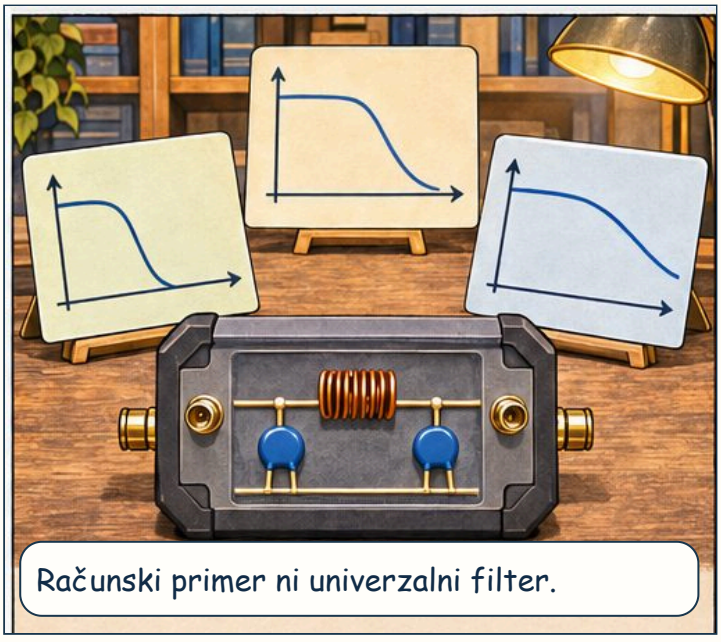
Mladenič opazi, da je 14,2 MHz nad to mejo.



Ta izbira bi slabila tudi signal, ki ga želita ohraniti.



Pred uporabo je treba ponovno pregledati zahteve.

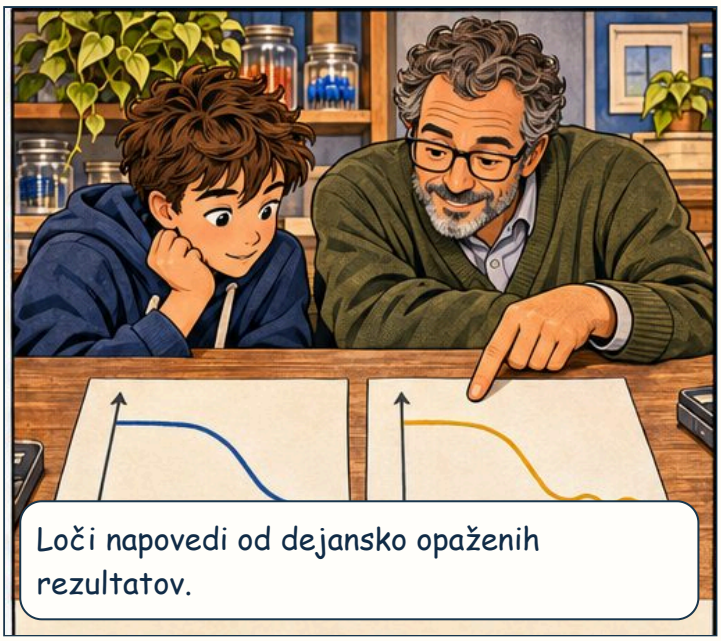


Računski primer ni univerzalni filter.

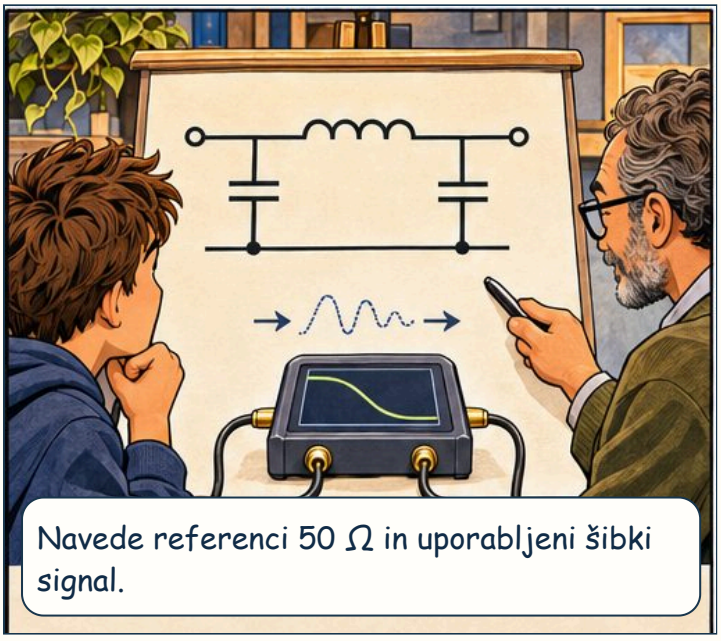
Pripraviti razlago za druge



Lucas zbere potrebo, shemo, izračune in izbiro komponent.



Loči napovedi od dejansko opaženih rezultatov.



Navede referenci 50 Ω in uporabljeni šibki signal.



Ohrani sledi, kalibracijo in omejitve poskusa.



Henri igra obiskovalca in postavi zadnje vprašanje.



Tokrat mladenič zna razložiti pomen vsakega pogoja.

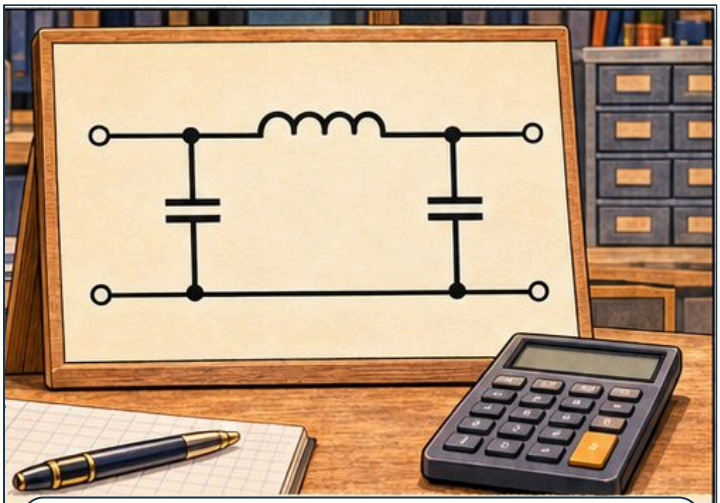
Razumeti, izračunati, izmeriti



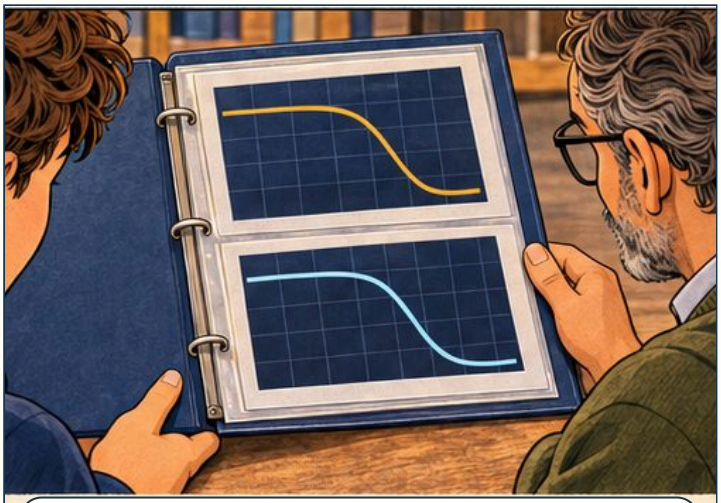
Trije sestavni deli se vrnejo v učno škatlo.



Mladenič zdaj zna povezati potrebo z odzivom filtra.



Zna izračunati ta Butterworthov filter π in preveriti enote.



Zna tudi meriti, primerjati in raziskovati odstopanja.



Zvezek ohranja metodo z njenimi predpostavkami in omejitvami.



V klubu se naslednje odkritje že začenja z vprašanjem.