ON4CRD

Deel 05

Filters berekenen



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Juridische vermeldingen

Deel 05 · Filters berekenen

Website-uitgever : Radio Club Durnal ON4CRD

Publicatiemanager : Comité van Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Juridische vermeldingen

Intellectueel eigendom

Teksten, afbeeldingen, documenten, logo's en materialen gepubliceerd op de site blijven eigendom van hun respectieve auteurs of van de club. Bij elke reproductie of hergebruik moeten de bron, de toepasselijke rechten en eventuele toestemming van de auteur gerespecteerd worden.

Aansprakelijkheid

De club werkt aan het publiceren van nuttige en geverifieerde informatie, maar garandeert niet de afwezigheid van fouten, weglatingen of onderbrekingen. Technische of regelgevende informatie moet worden gecontroleerd aan de hand van officiële bronnen wanneer deze een besluit ondersteunt.

Illustraties gemaakt met ondersteuning van kunstmatige intelligentie.

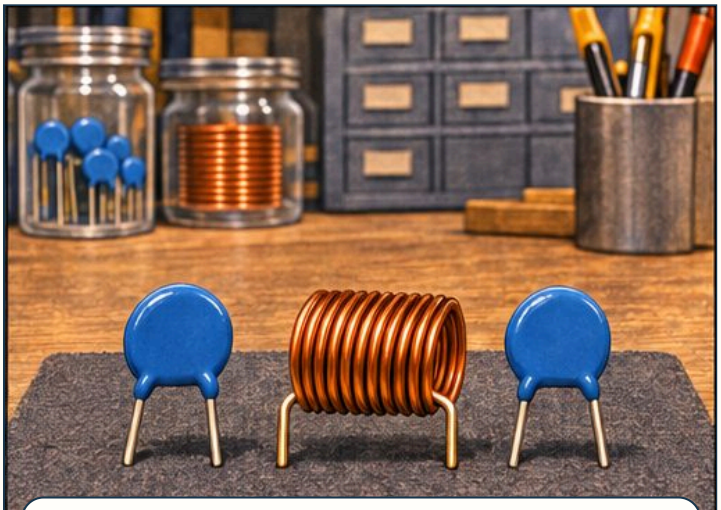
Een nieuwe opdracht



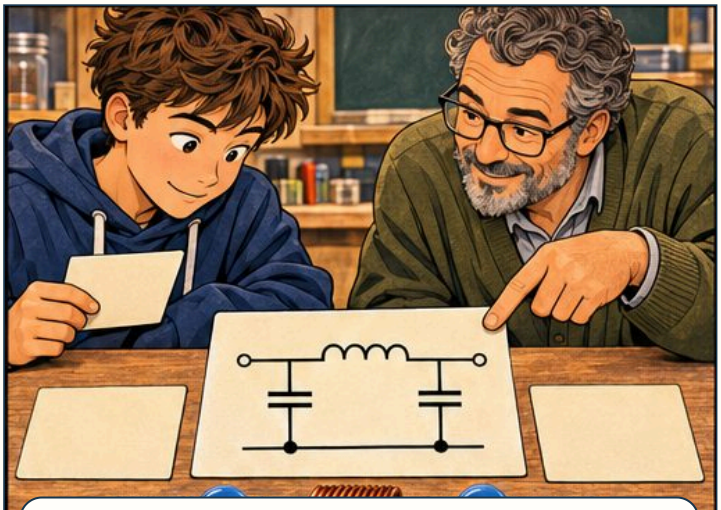
Na de elektriciteitsworkshop vindt Lucas zijn schrift terug in de club.



Henri bereidt een demonstratie over signaalkwaliteit voor.



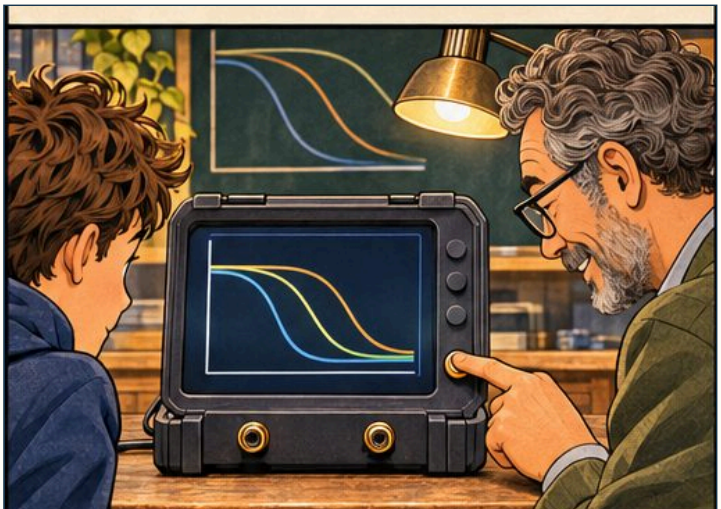
Twee condensatoren en een spoel liggen klaar.



De uitdaging: een laagdoorlaatfilter begrijpen, berekenen en meten.

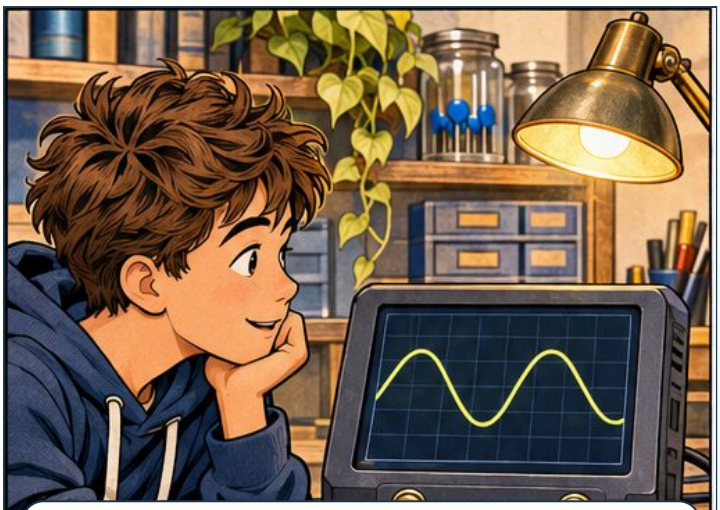


De jongen vraagt zich af hoe drie onderdelen alles kunnen veranderen.

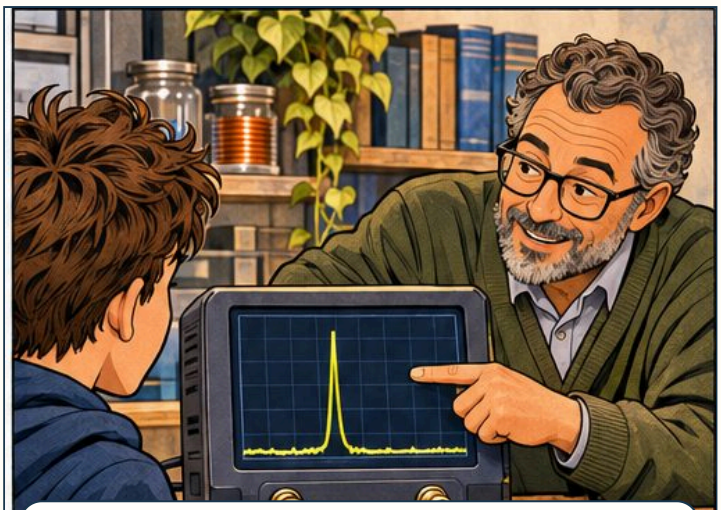


Eerst bekijken ze wat een signaal bevat.

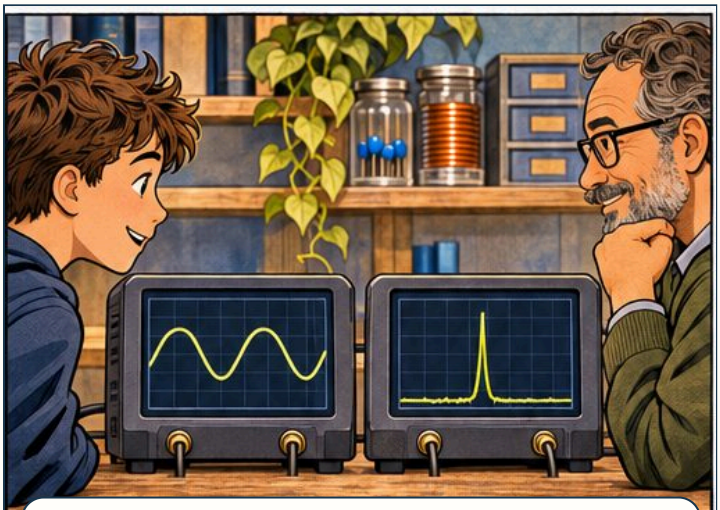
Het signaal en zijn portret



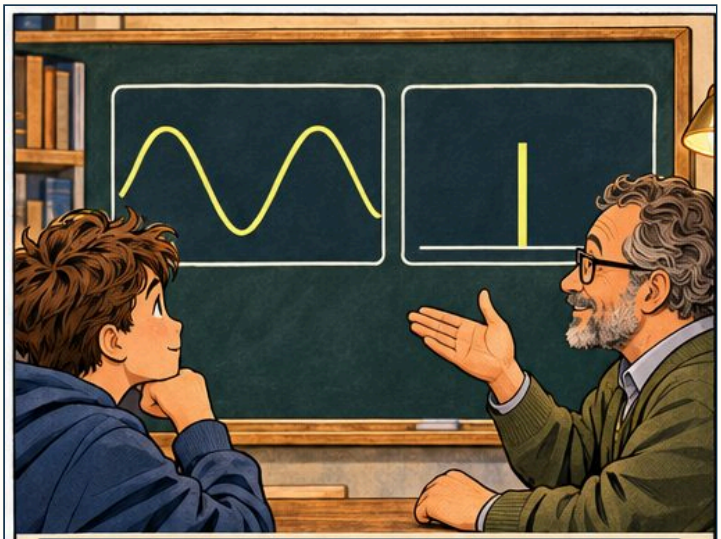
Een tijdgrafiek toont hoe een signaal verandert.



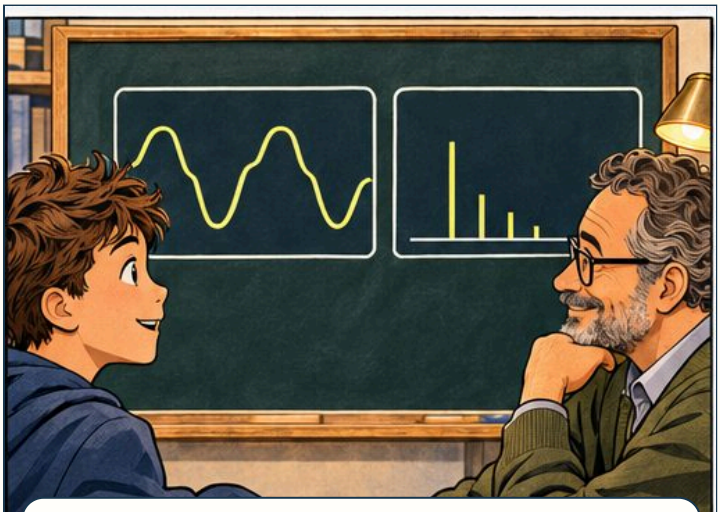
Een spectrum toont de onderdelen volgens hun frequentie.



Beide beelden beschrijven hetzelfde signaal op een andere manier.



Een ideale sinus heeft maar één frequentie.

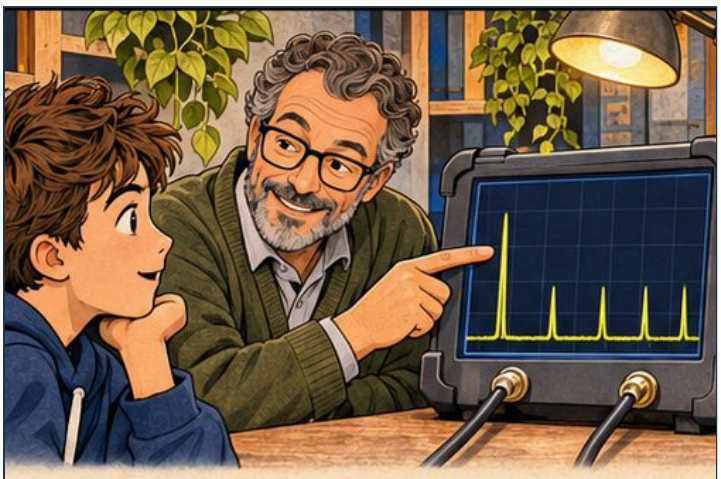


Een vervormde golf kan meerdere componenten bevatten.



De jongen ontdekt een portret dat hij nog niet kon lezen.

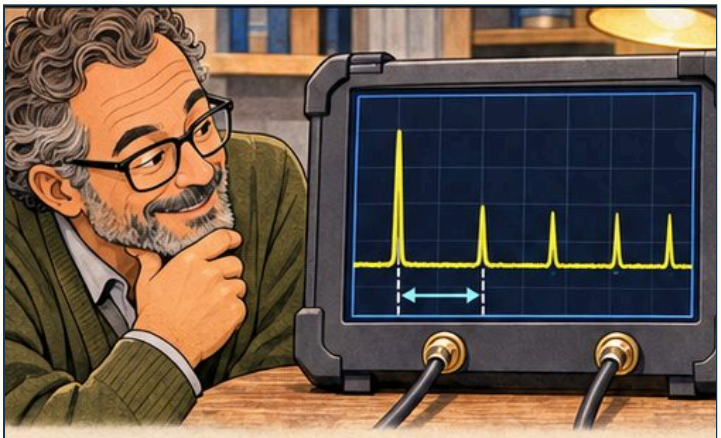
Harmonischen worden zichtbaar



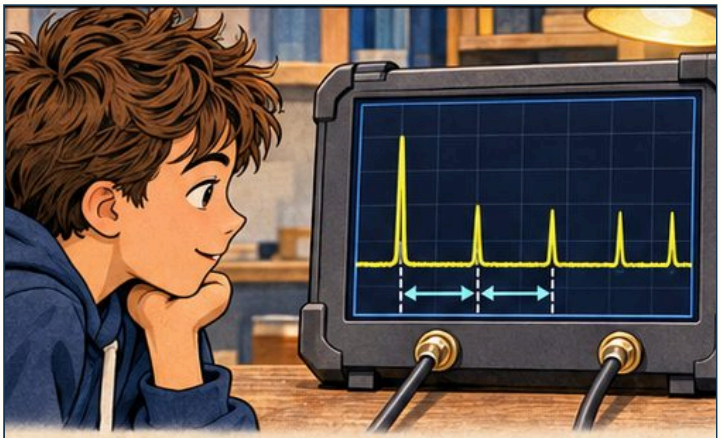
De grondfrequentie vormt het eerste referentiepunt van een periodiek signaal.



Harmonischen zijn gehele veelvouden van die frequentie.



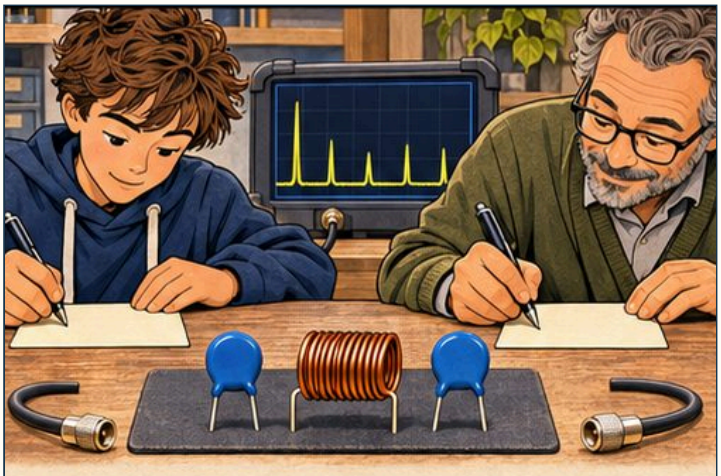
De tweede harmonische ligt op tweemaal de grondfrequentie.



De derde ligt op driemaal die frequentie.

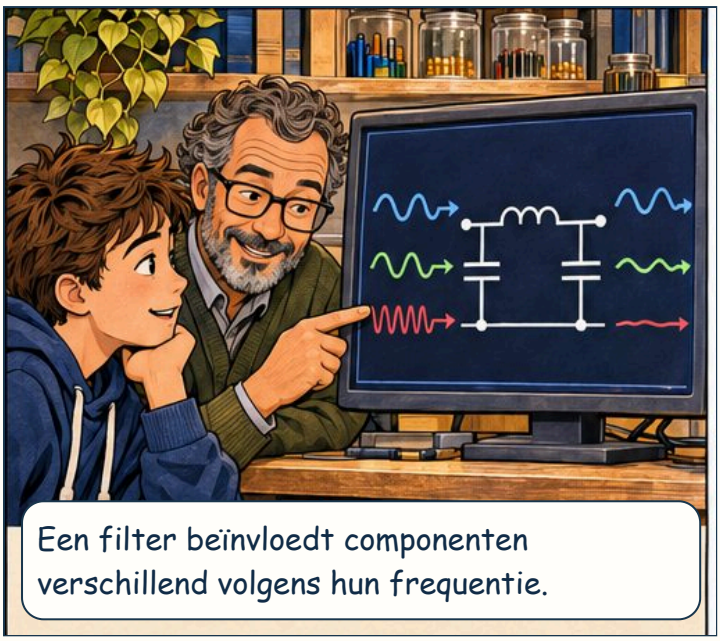


Niet elke ongewenste component is echter een harmonische.

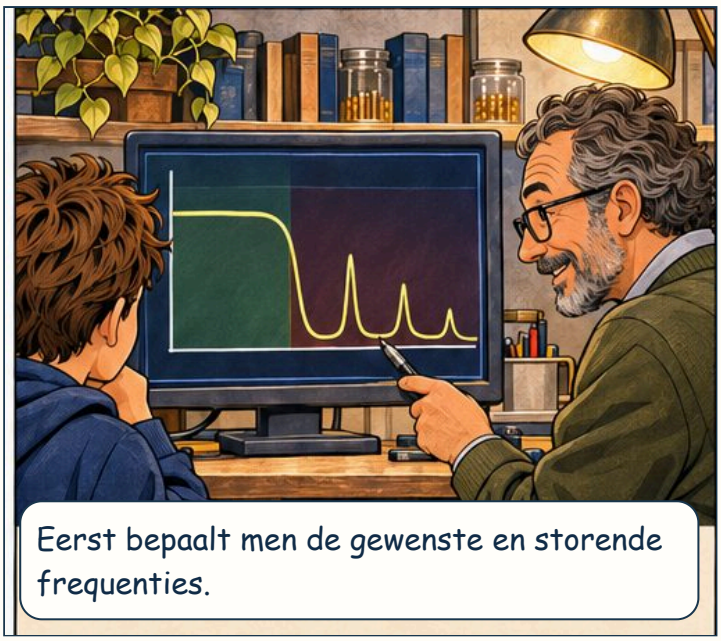


Het filter moet aan een nauwkeurig omschreven behoefte voldoen.

Kiezen wat behouden blijft



Een filter beïnvloedt componenten verschillend volgens hun frequentie.



Eerst bepaalt men de gewenste en storende frequenties.



Ook de vereiste verzwakking wordt vastgelegd.



Zonder die doelen heeft onderdelen berekenen weinig zin.

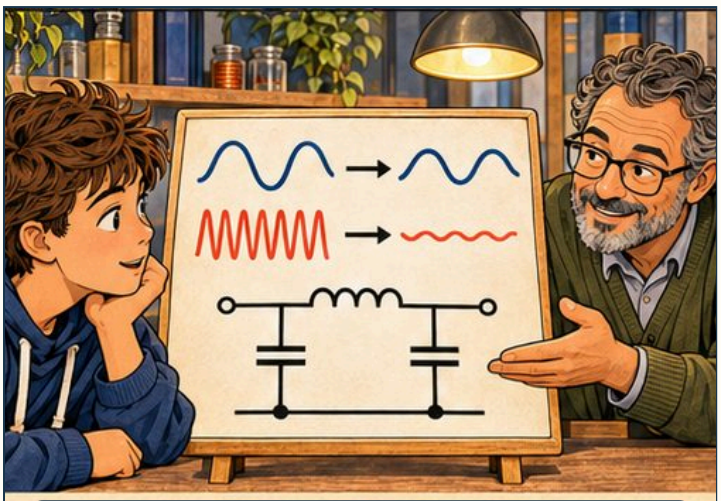


De jongen omcirkelt het nuttige gebied in een voorbeeldspectrum.



Zijn schrift wordt een pakket van eisen.

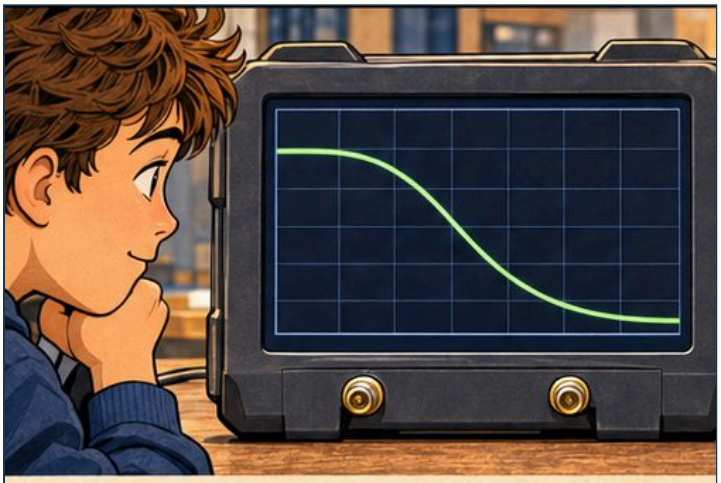
De keuze voor laagdoorlaat



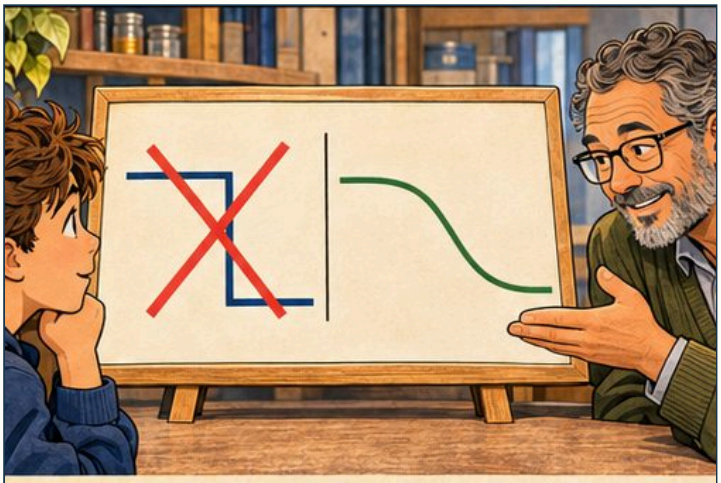
Een laagdoorlaatfilter laat lage frequenties beter door dan hoge.



Zijn doorlaatband ligt aan de kant van de lage frequenties.



Daarboven neemt de verzwakking geleidelijk toe.



De echte overgang is nooit een volmaakte verticale muur.



Dit type past bij hun demonstratie vandaag.



De jongen tekent een helling in plaats van een barrière.

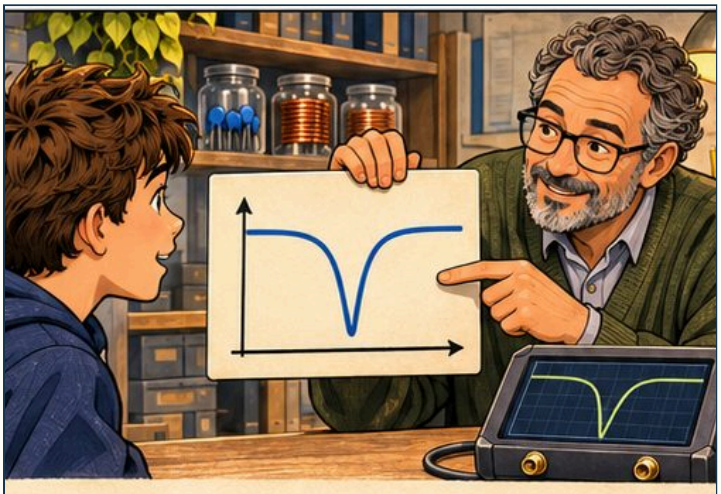
Andere mogelijke wegen



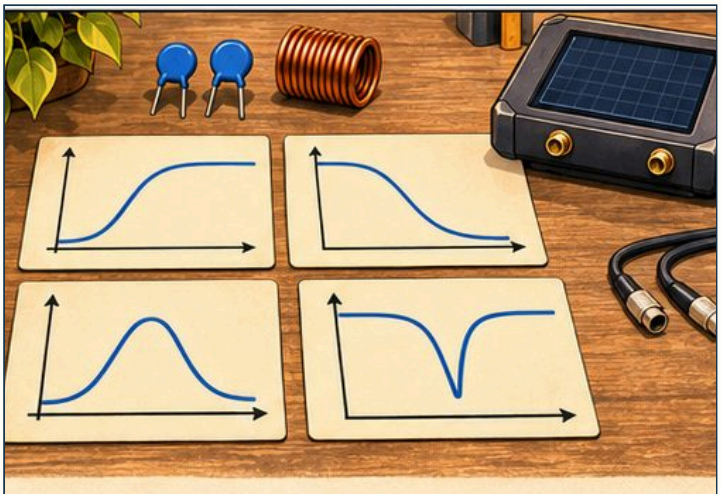
Een hoogdoorlaatfilter verzwakt lage frequenties en behoudt hoge.



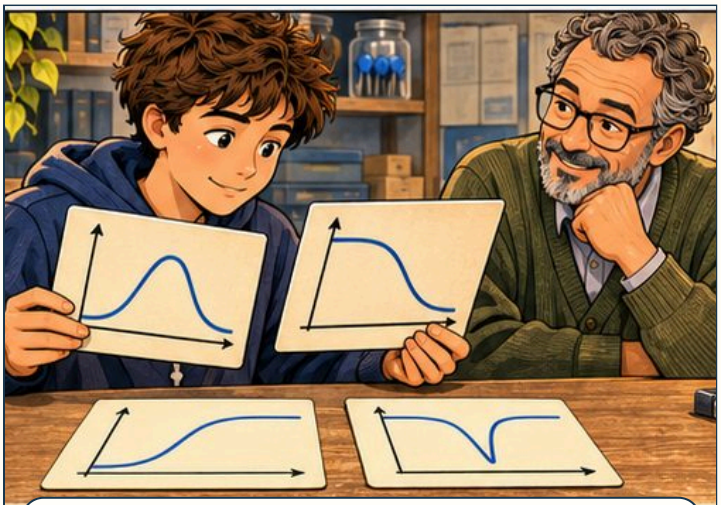
Een banddoorlaatfilter bevoordeelt een gebied tussen twee grenzen.



Een bandsperfilter verzwakt juist een gekozen gebied.



Die families dienen verschillende behoeften.

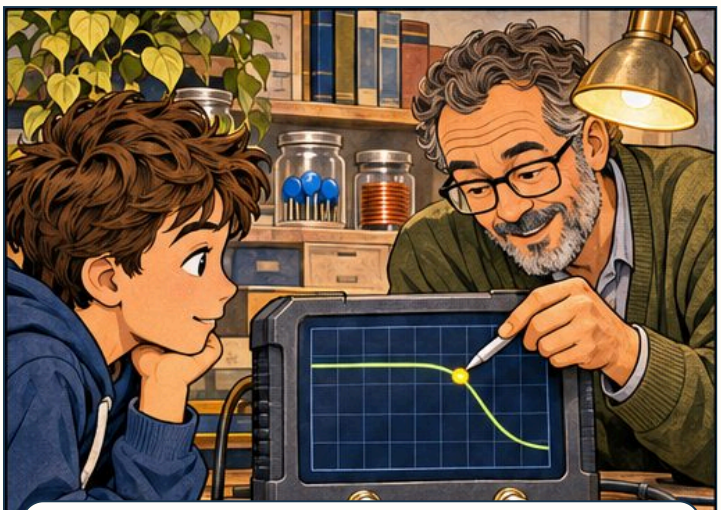


Hun naam beschrijft een respons, geen universele kwaliteit.



De jongen bergt drie kaarten op voor een volgende workshop.

Een grens die nog doorlaat



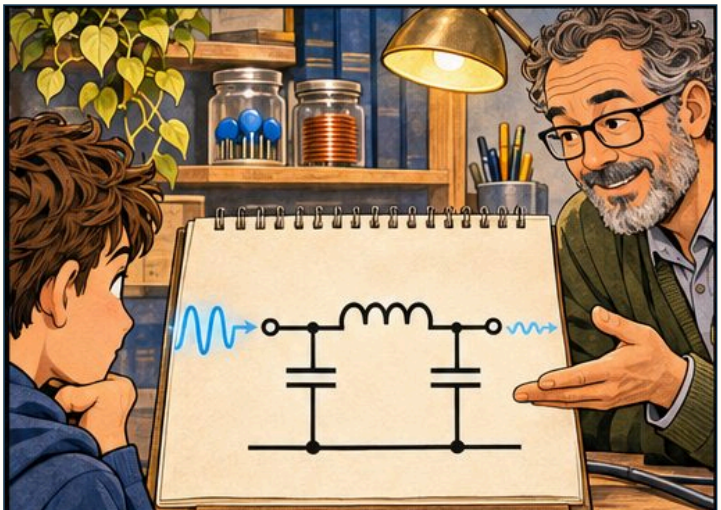
De afsnijfrequentie markeert hier een referentieniveau.



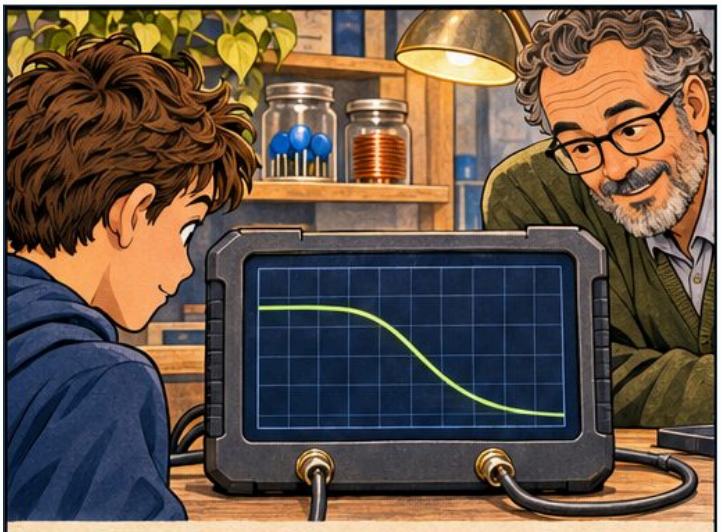
Ze betekent niet dat het signaal plots verdwijnt.



Bij hun ideale Butterworth komt ze overeen met ongeveer −3 dB.



Het filter laat daar dus nog energie door.



Daarboven blijft de verzwakking toenemen.

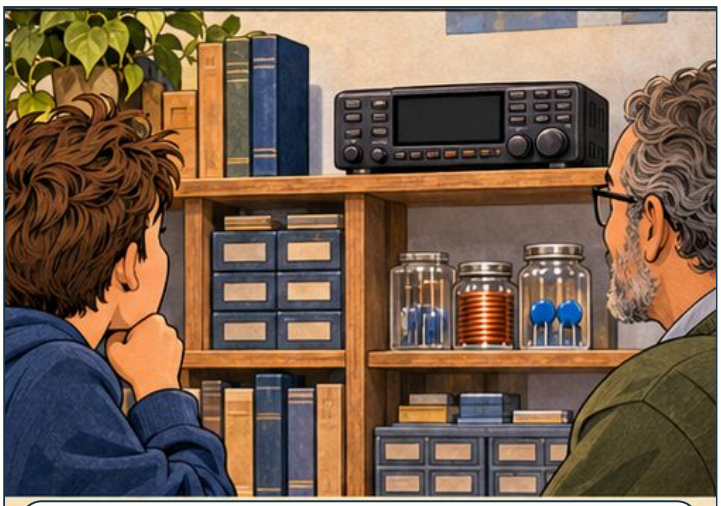


Deze verduidelijking voorkomt een eerste misverstand.

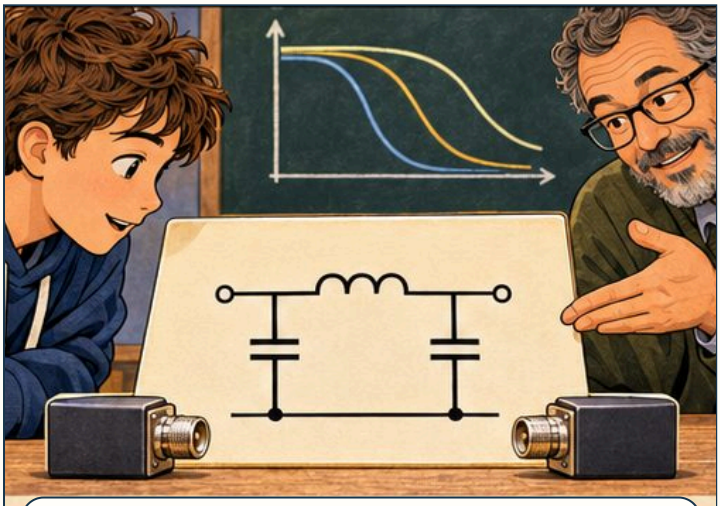
Een laboratoriumvoorbeeld



Ze kiezen een theoretische afsnijfrequentie van 10 MHz.



Die leerwaarde legt geen zendfrequentie vast.



De referentiebron en belasting worden elk 50 Ω.



Ze onderzoeken de schakeling op de meetbank met een klein signaal.



Er wordt geen antenne of zender aangesloten.

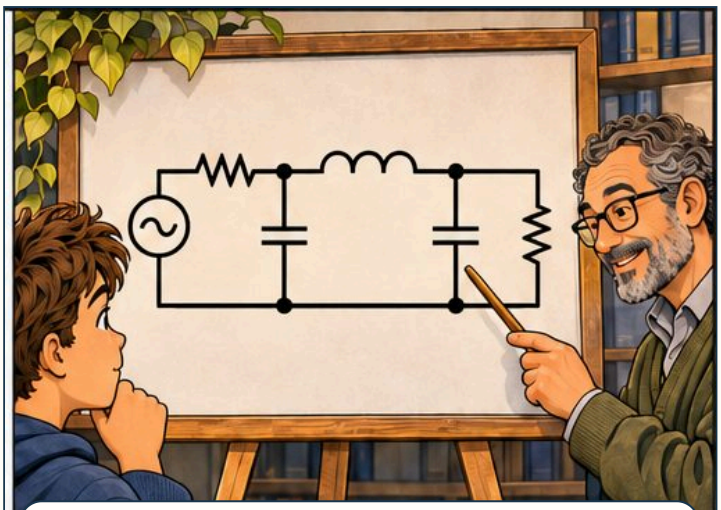


Het doel is een meetbare respons, geen radiocontact.

Waarom 50 ohm vermelden?



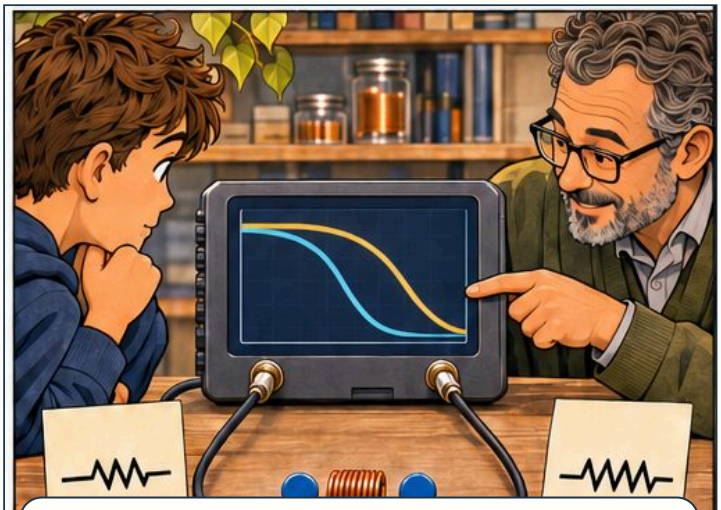
Een filter werkt tussen een bron en een belasting.



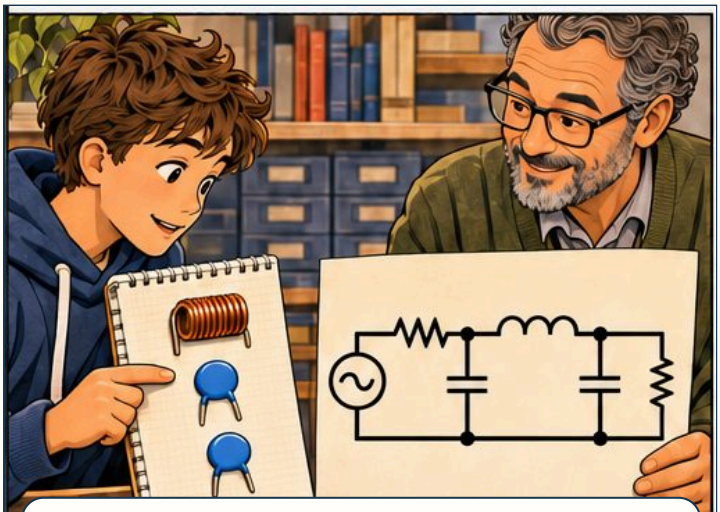
Hun impedanties behoren tot de berekeningsvoorwaarden.



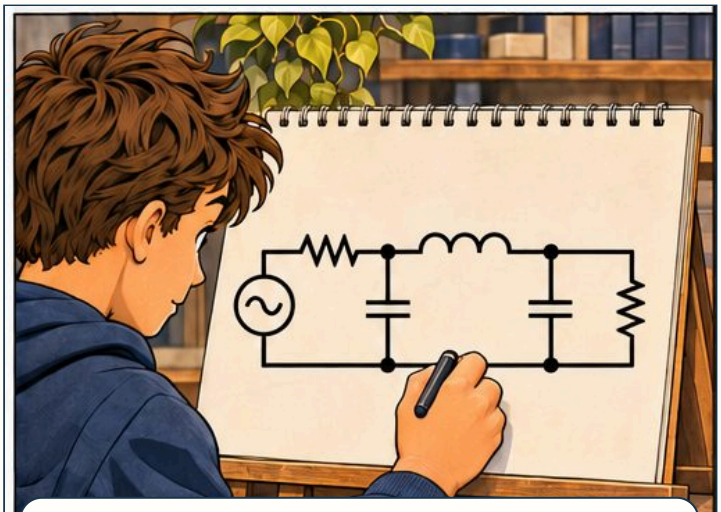
Hier zijn beide ideaal zuiver resistief en 50 Ω.



Andere voorwaarden veranderen de verkregen respons.



Gewoon drie waarden overschrijven volstaat dus niet.



De jongen voegt beide afsluitingen aan zijn schema toe.

Het model en de schakeling



De berekening begint met ideale onderdelen zonder verliezen.



De echte schakeling heeft weerstanden en parasitaire effecten.



Het model voorspelt een eerste respons.



Metingen helpen daarna de verschillen onderzoeken.

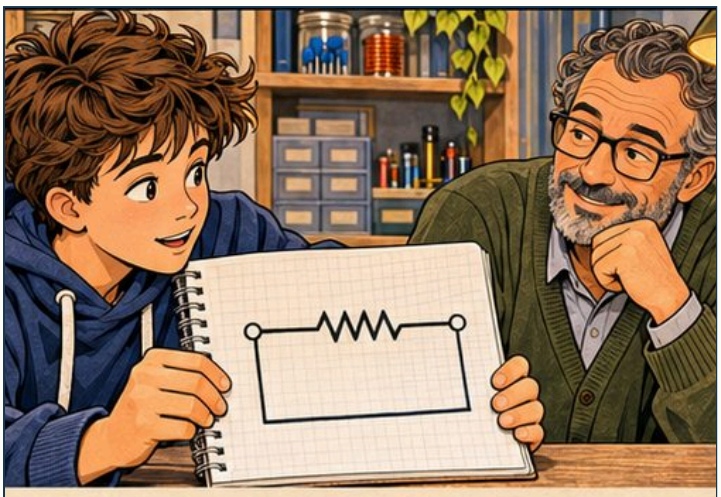


Voorspelling en resultaat verwarren zou die verschillen onbegrijpelijk maken.

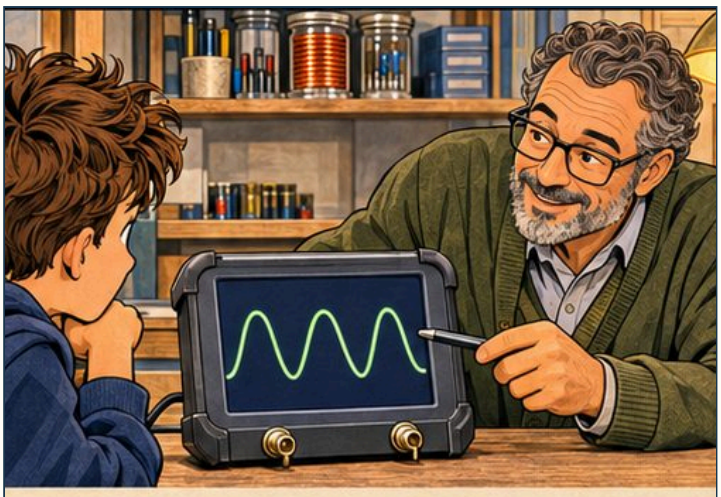


Het schrift houdt voor beide een aparte plaats vrij.

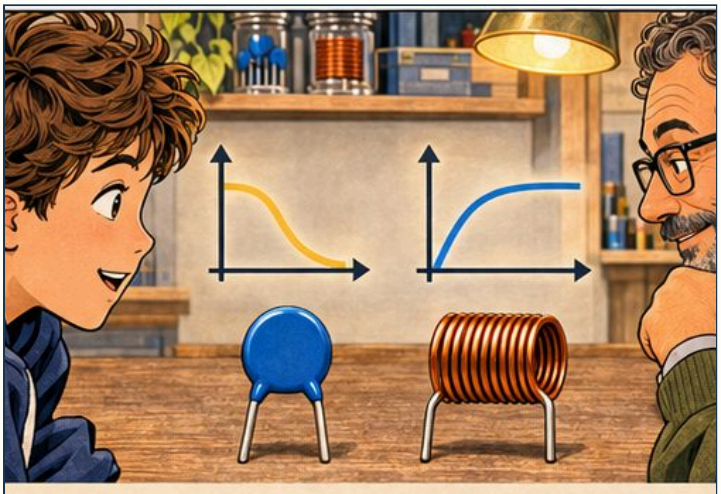
Een weerstand volstaat niet meer



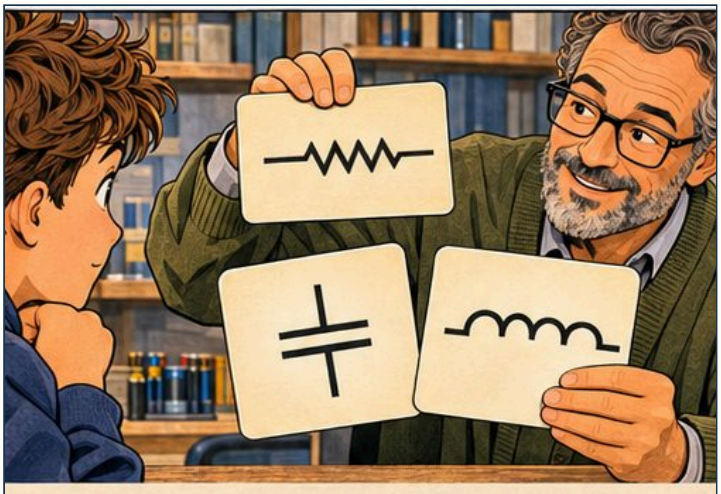
Het vorige deel verbond spanning, stroom en weerstand bij gelijkstroom.



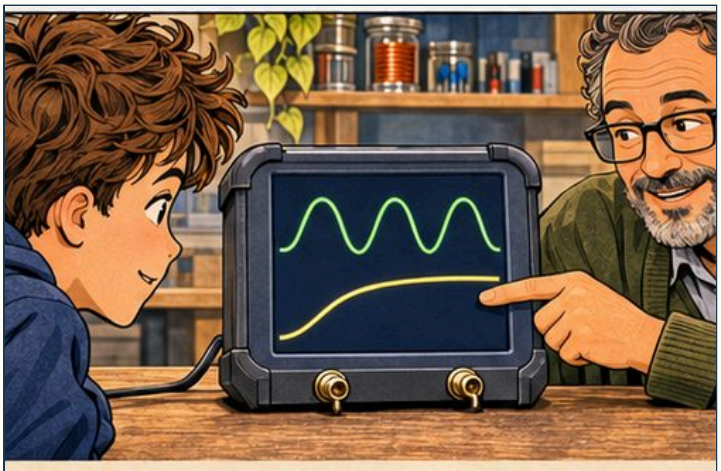
Hier verandert het signaal snel en telt zijn frequentie.



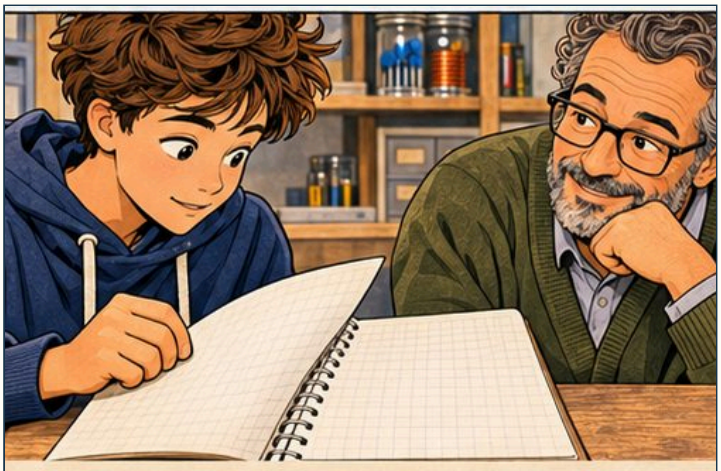
Condensatoren en spoelen bieden een frequentieafhankelijke tegenwerking.



Die reactantie verschilt van een gewone weerstand.



Impedantie beschrijft het elektrische gedrag bij wisselstroom ruimer.

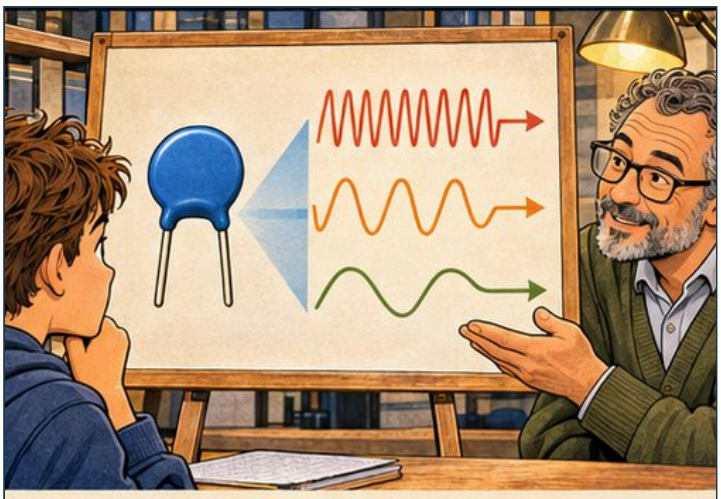


De jongen begrijpt waarom een nieuw model nodig is.

De rol van de condensator



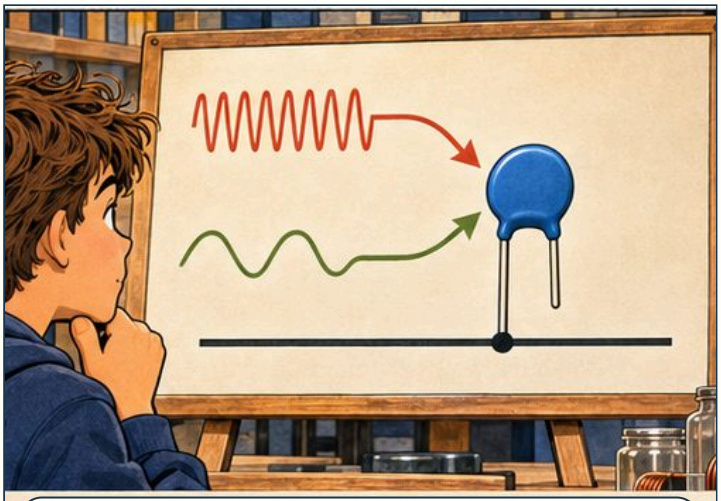
Capaciteit heet C en wordt uitgedrukt in farad, F.



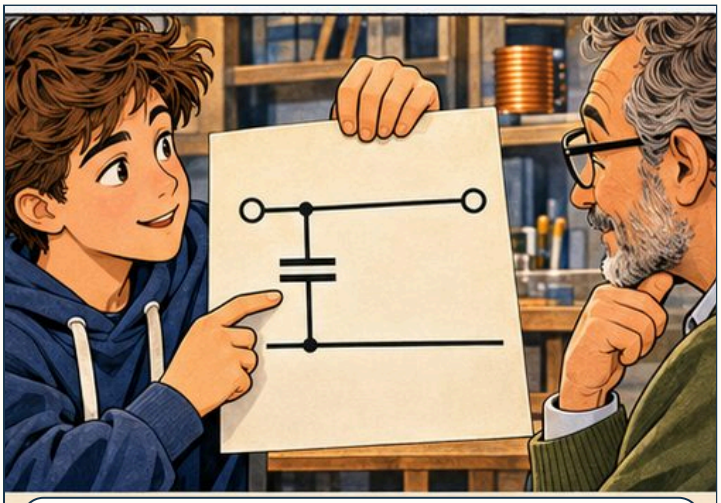
Bij een ideale condensator daalt de reactantie als de frequentie stijgt.



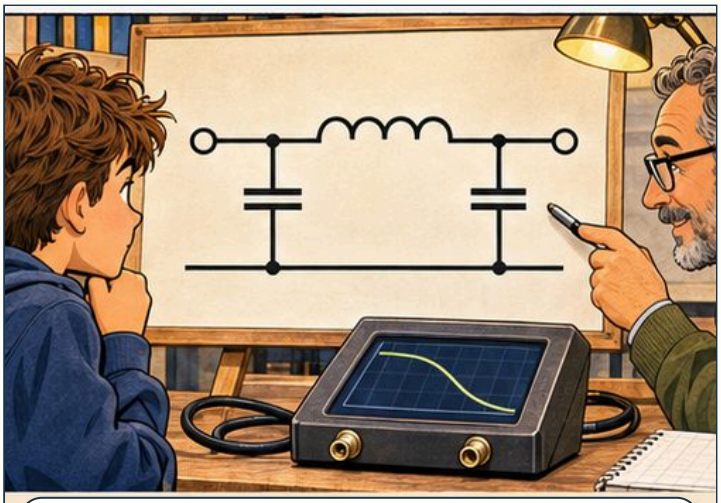
De absolute waarde is Xc = 1/(2πfC).



Bij gelijke capaciteit ondervinden hoge frequenties minder reactantie.



In hun filter worden de condensatoren met massa verbonden.

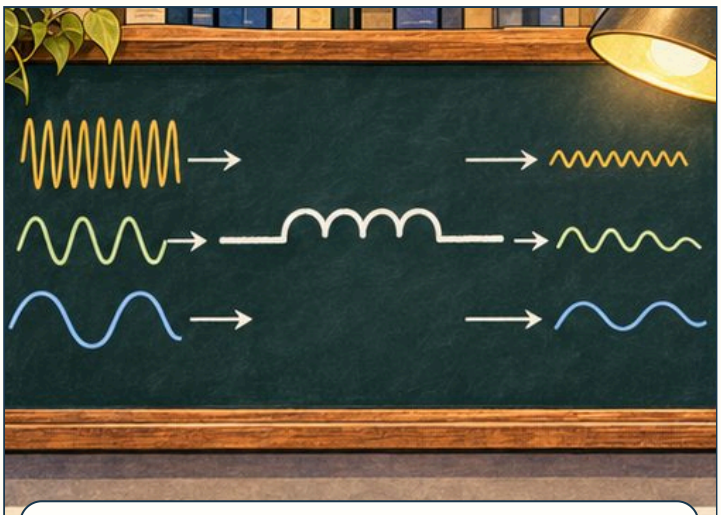


Hun rol hangt ook af van de rest van de schakeling.

De rol van de spoel



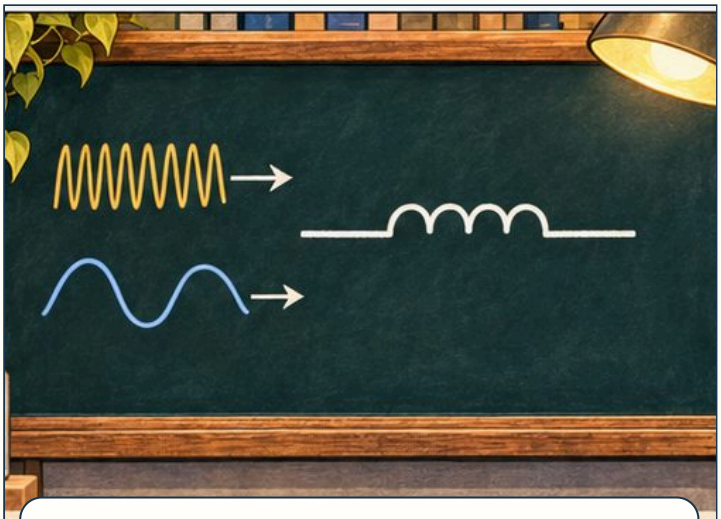
Inductantie heet L en wordt uitgedrukt in henry, H.



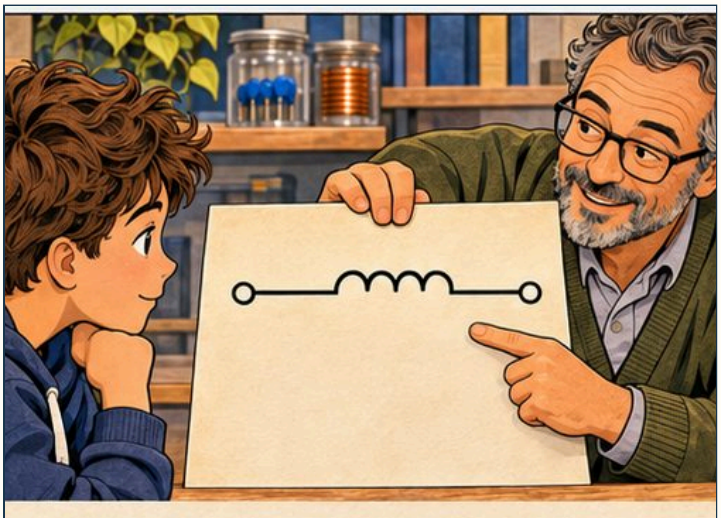
Bij een ideale spoel stijgt de reactantie met de frequentie.



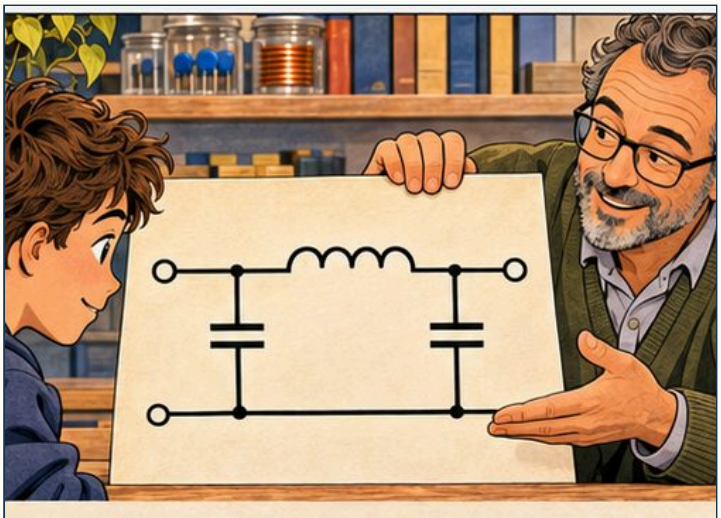
De absolute waarde is $X_L = 2\pi fL$.



Bij gelijke inductantie ondervinden hoge frequenties meer reactantie.

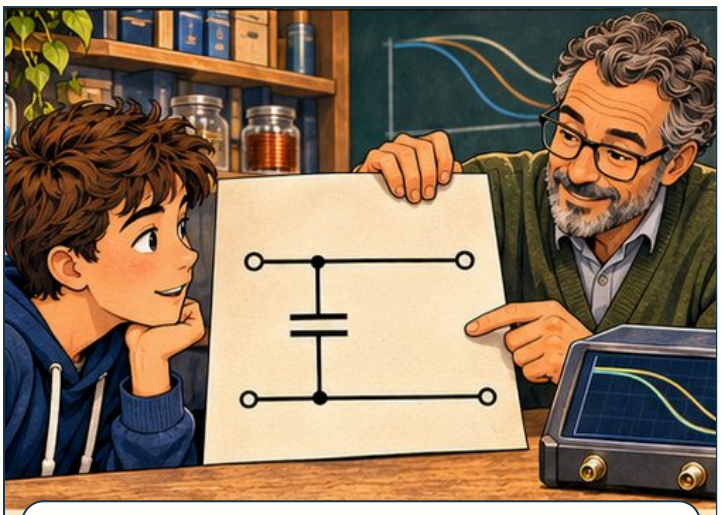


In hun filter ligt de spoel in het signaalpad.

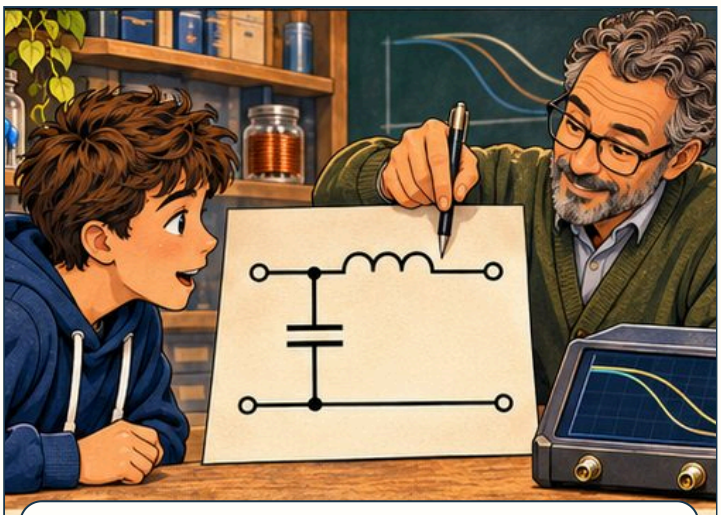


Beide soorten onderdelen werken samen.

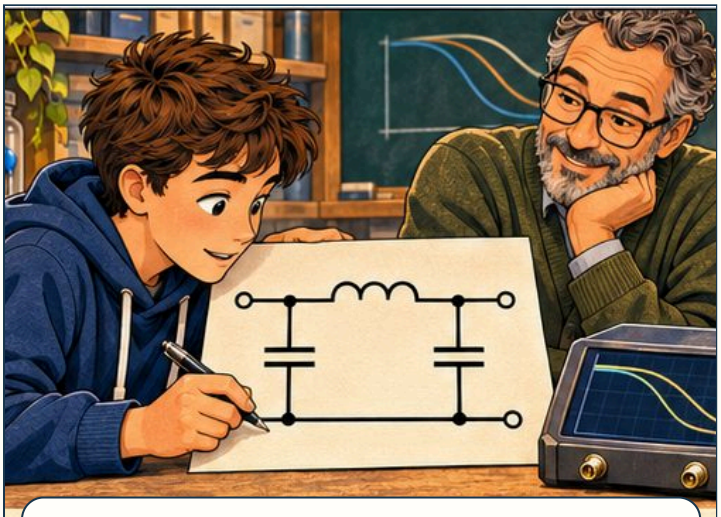
Het schema krijgt de vorm π



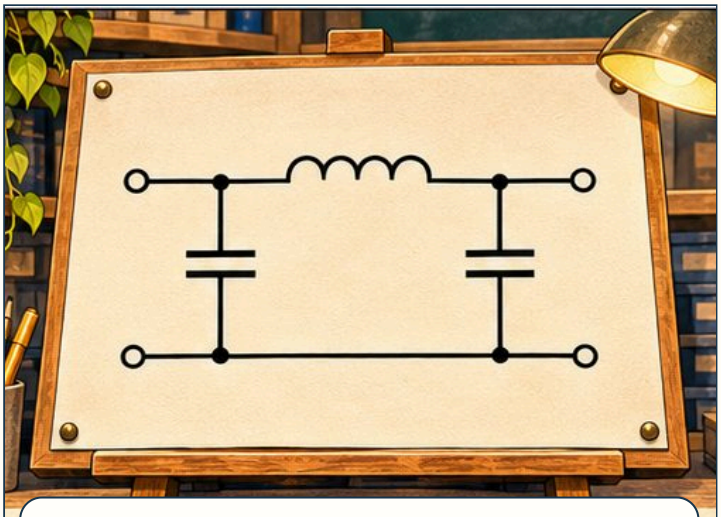
De ingang komt aan een eerste condensator naar massa.



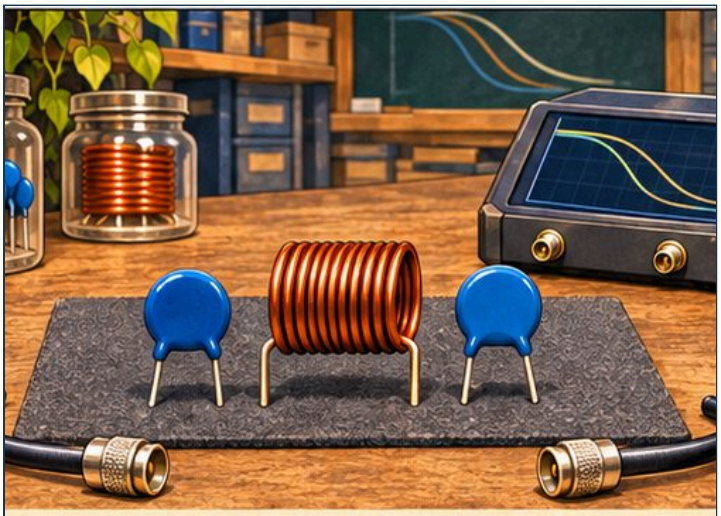
Een spoel verbindt vervolgens ingang en uitgang in serie.



Een tweede condensator verbindt de uitgang met dezelfde massa.



Aan weerszijden van de spoel loopt een tak naar beneden.



Deze opstelling lijkt op de Griekse letter π.

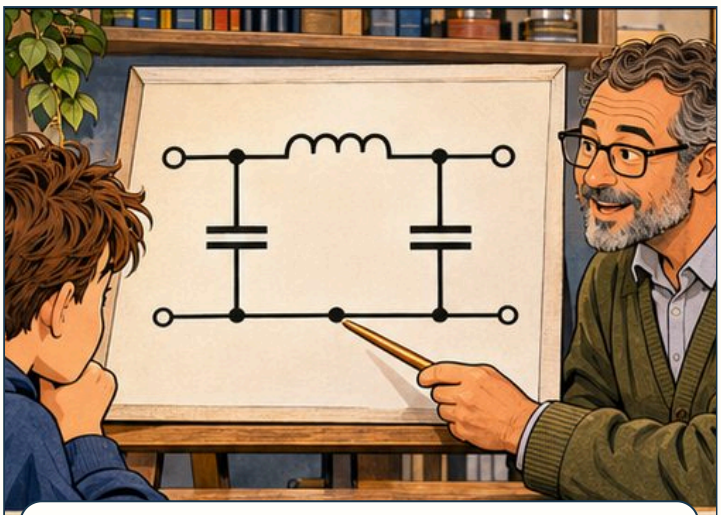


De jongen volgt elke verbinding met zijn potlood.

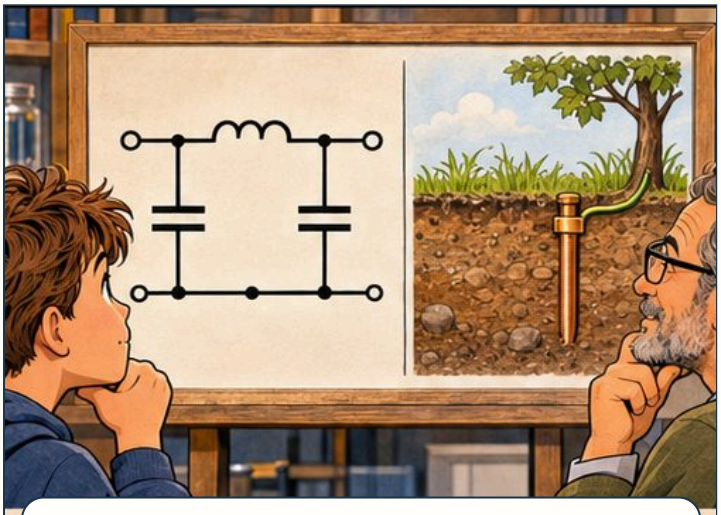
De massa in het schema



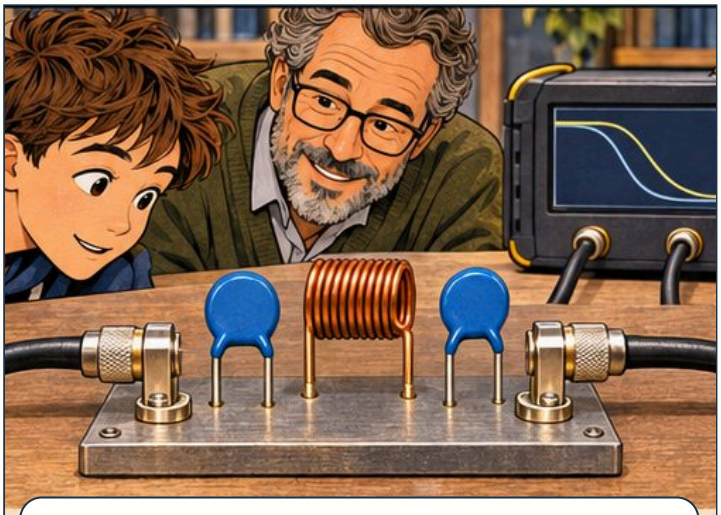
Beide condensatoren delen een gemeenschappelijke elektrische referentie.



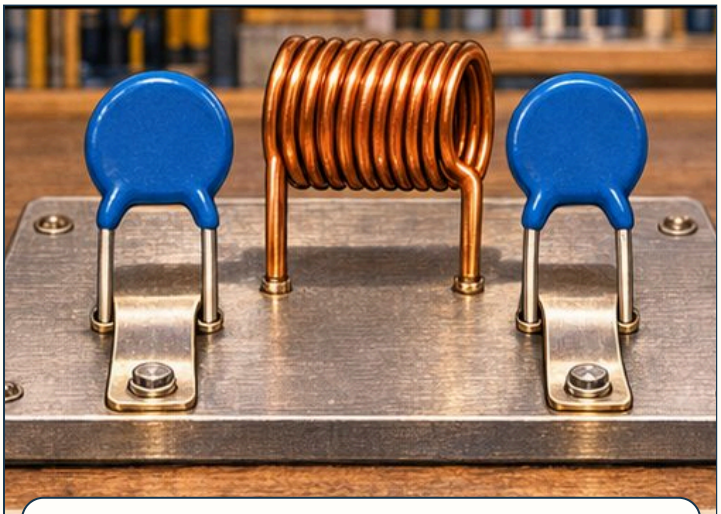
Het massasymbool stelt hier die schakelingreferentie voor.



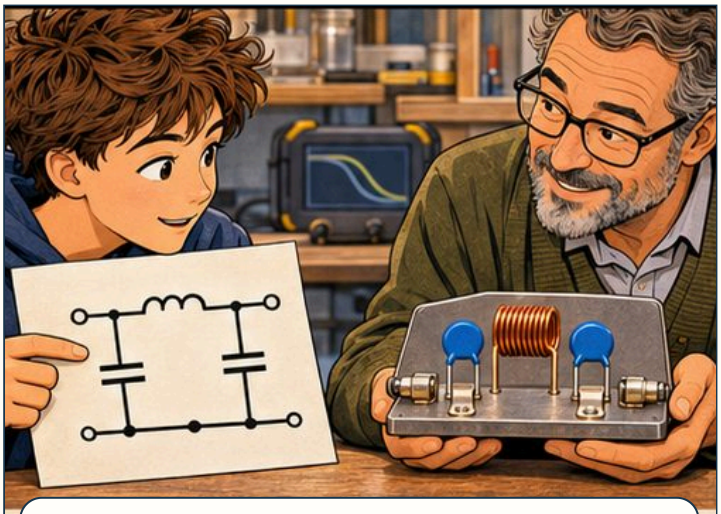
Het betekent niet automatisch een verbinding met de aarde.



De coaxafschermingen komen volgens het ontwerp aan die massa.



Een korte verbinding beperkt bepaalde parasitaire effecten.

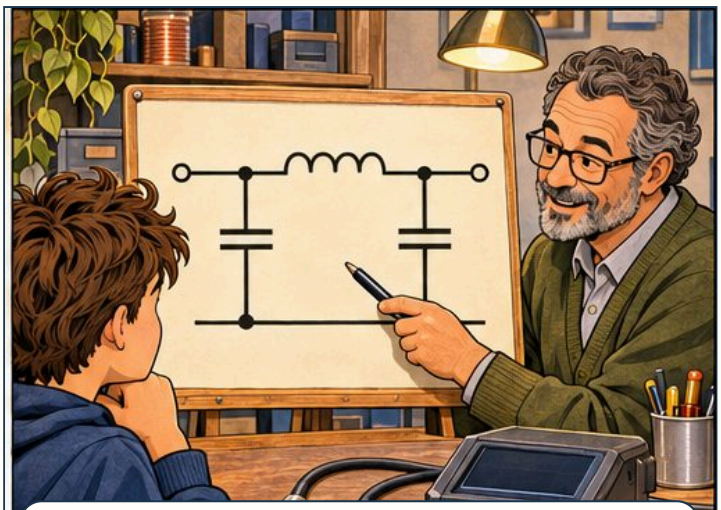


De jongen onderscheidt het symbool van de uitvoering.

Drie elementen, één orde



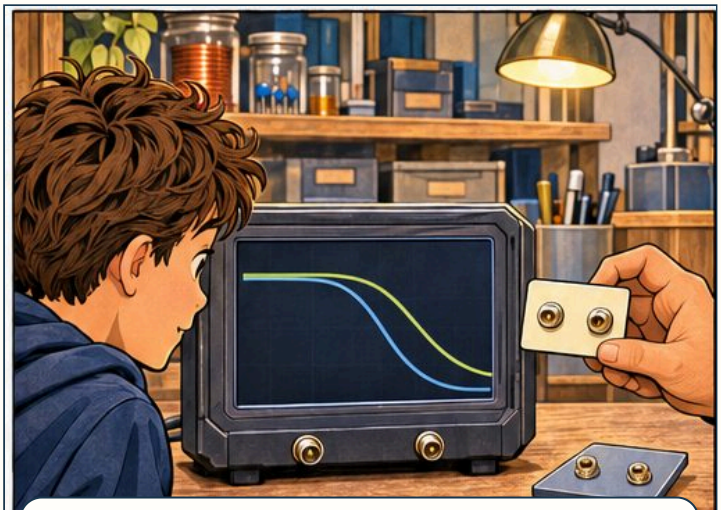
Dit ideale netwerk bevat drie reactieve elementen: C, L en C.



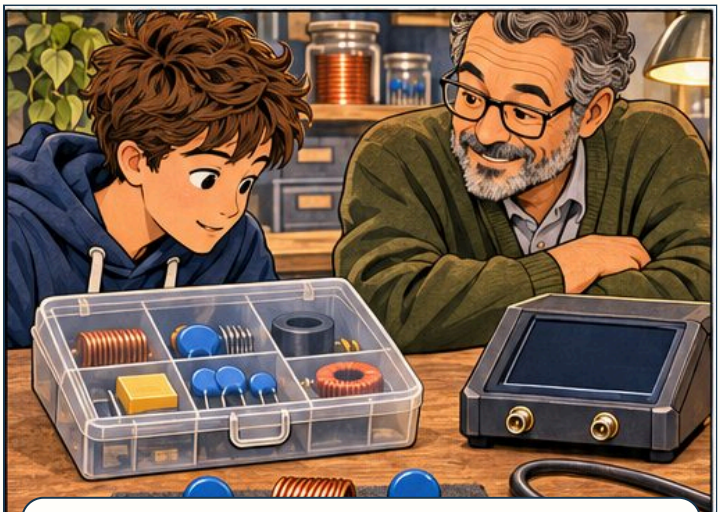
Samen vormen ze hier een laagdoorlaatfilter van de derde orde.



De orde bepaalt onder meer de uiteindelijke helling van het model.



Een verkeerde impedantie zou de respons echter veranderen.



Willekeurig onderdelen toevoegen maakt niet het gewenste filter.

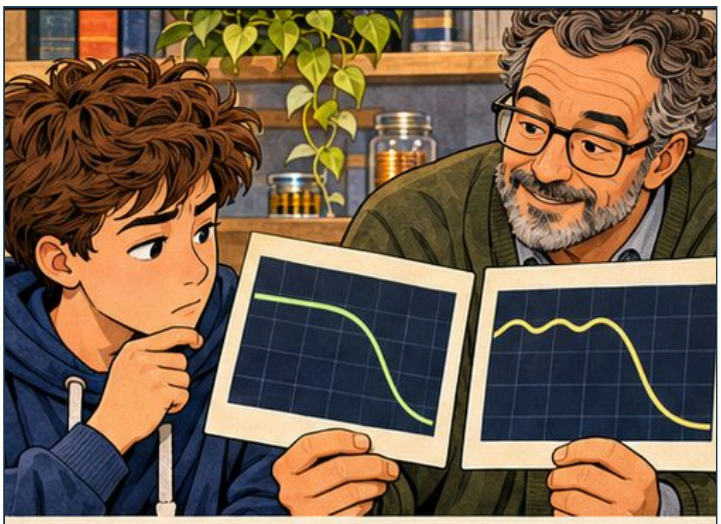


De schematopologie moet bij de berekening passen.

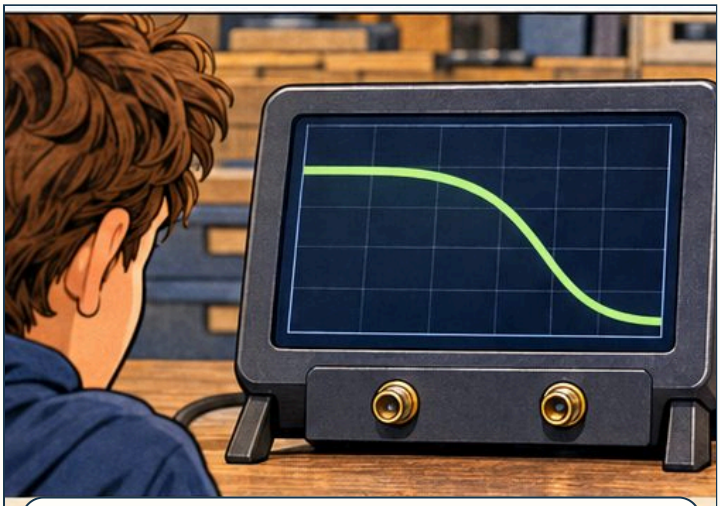
Waarom Butterworth?



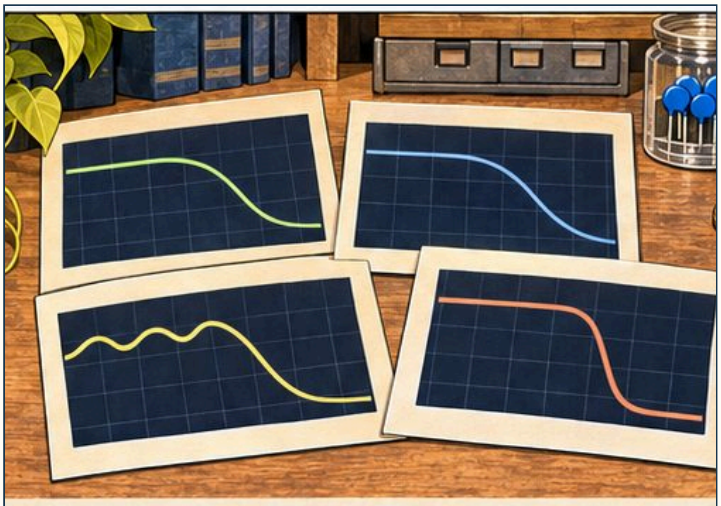
De Butterworth-respons is maximaal vlak in de doorlaatband.



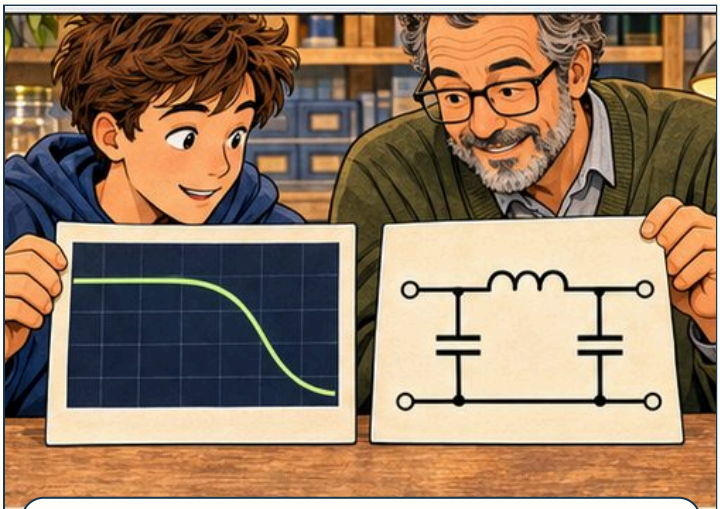
Het ideale model heeft daar geen rimpel.



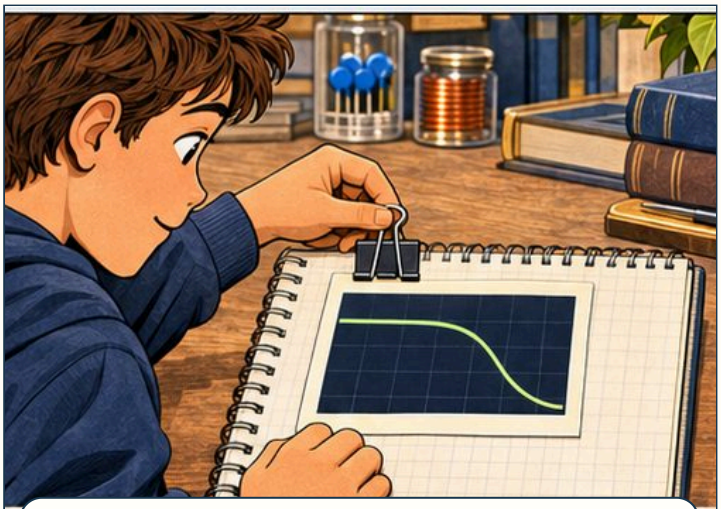
De overgang blijft geleidelijk, met een kenmerkende kromming.



Andere responsen maken andere afwegingen.



Ze kiezen deze familie voor een duidelijk eerste ontwerp.



De naam zegt dus meer dan alleen laagdoorlaat.

Beginnen met een prototype



Een genormaliseerd prototype levert de ontwerpcoëfficiënten.



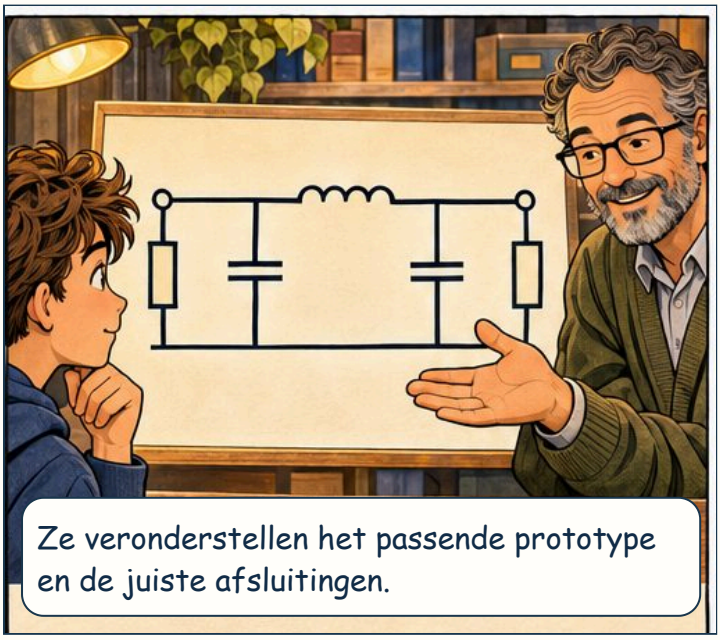
Voor deze derde-orde-Butterworth zijn dat 1, 2 en 1.



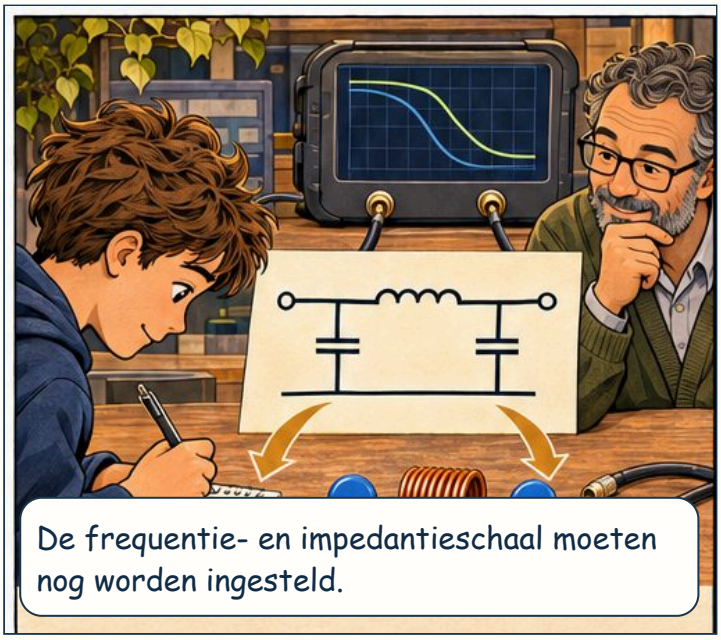
Ze horen achtereenvolgens bij condensator, spoel en condensator.



Dit zijn nog geen waarden om onderdelen te kopen.

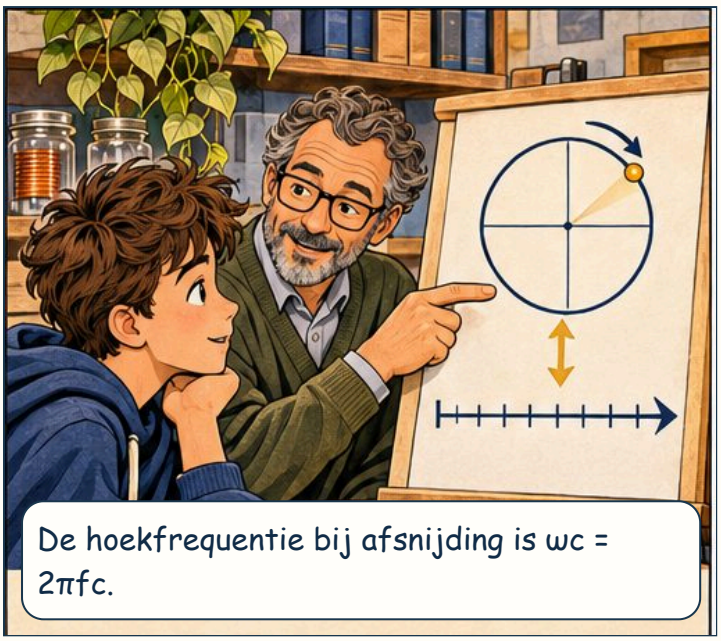


Ze veronderstellen het passende prototype en de juiste afsluitingen.



De frequentie- en impedantieschaal moeten nog worden ingesteld.

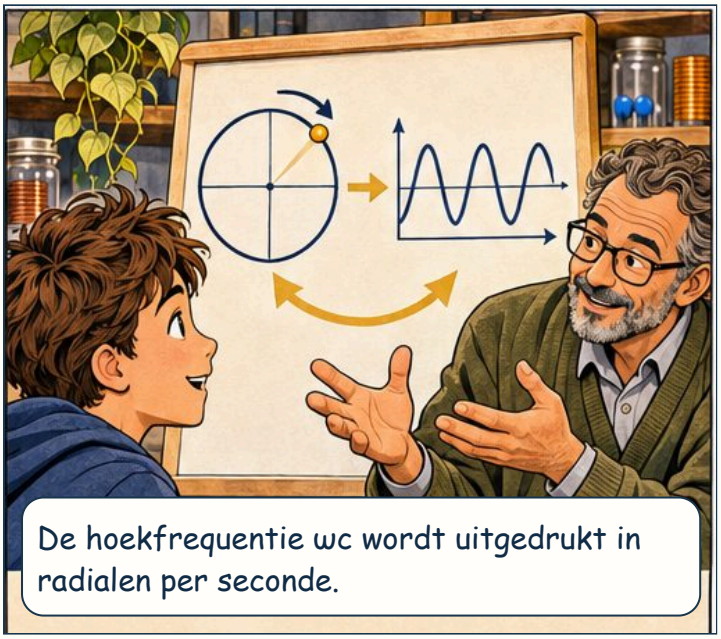
De schaal veranderen



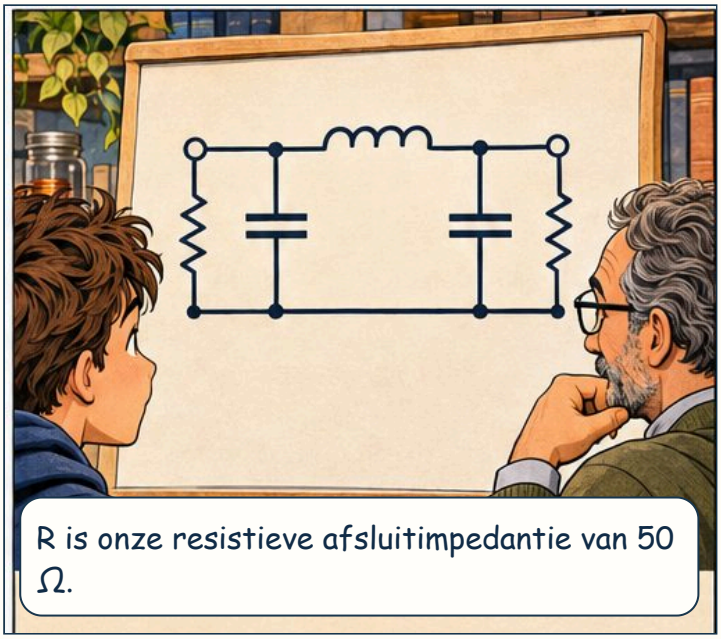
De hoekfrequentie bij afsnijding is ωc = 2πfc.



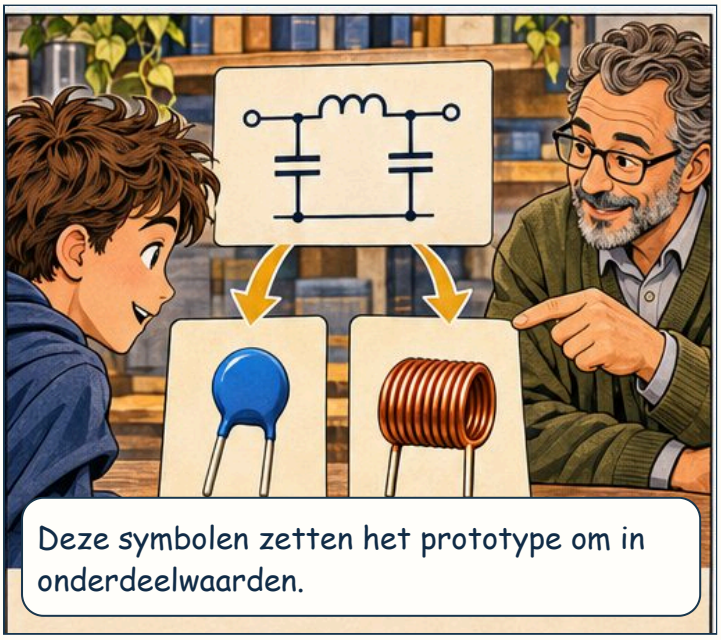
Hier betekent fc de afsnijfrequentie in hertz.



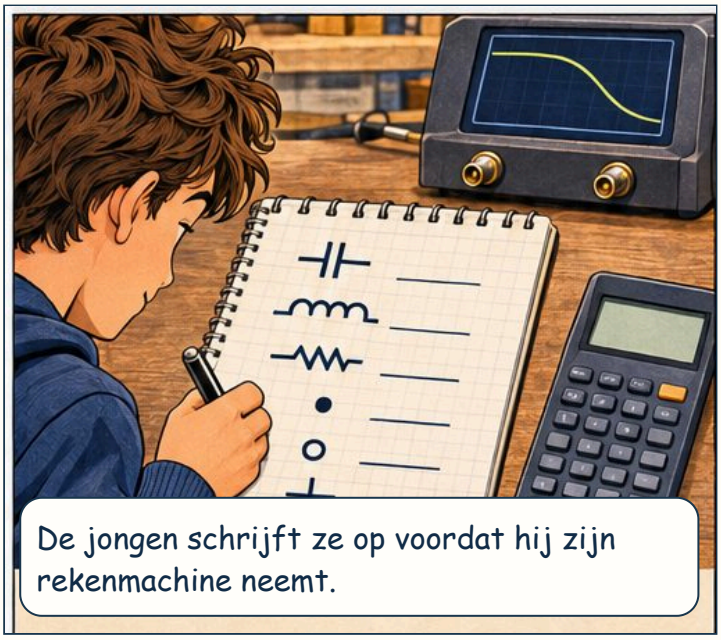
De hoekfrequentie ωc wordt uitgedrukt in radialen per seconde.



R is onze resistieve afsluitimpedantie van 50 Ω.



Deze symbolen zetten het prototype om in onderdeelwaarden.

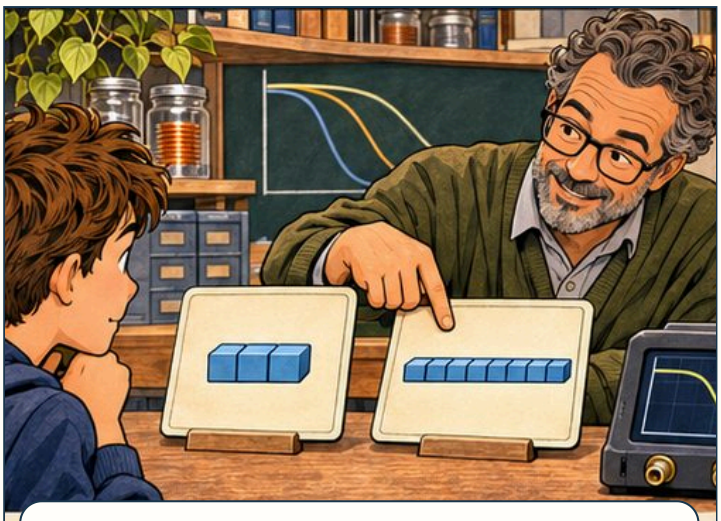


De jongen schrijft ze op voordat hij zijn rekenmachine neemt.

Eenheden vóór getallen



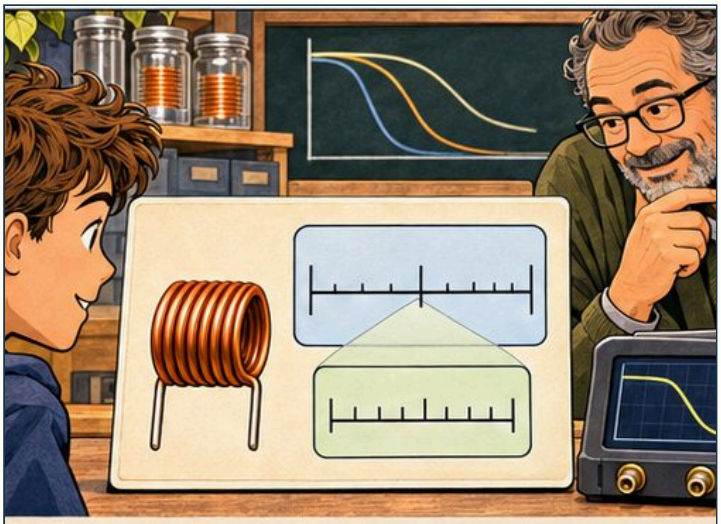
Eén megahertz is één miljoen hertz.



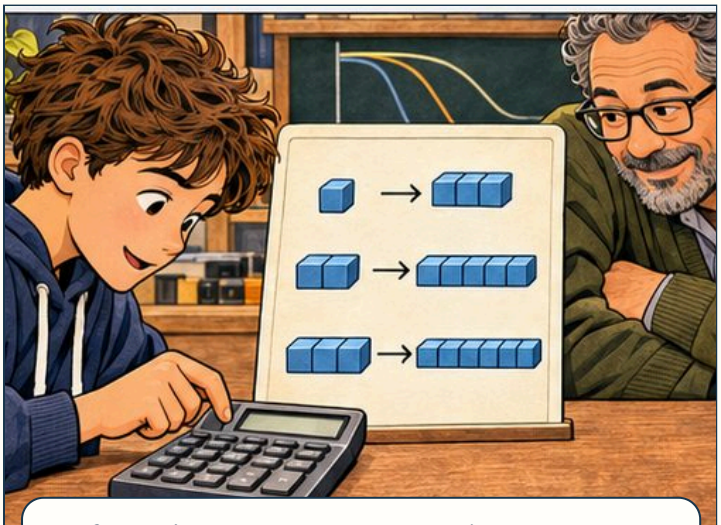
Hun afsnijfrequentie van 10 MHz is dus 10 000 000 Hz.



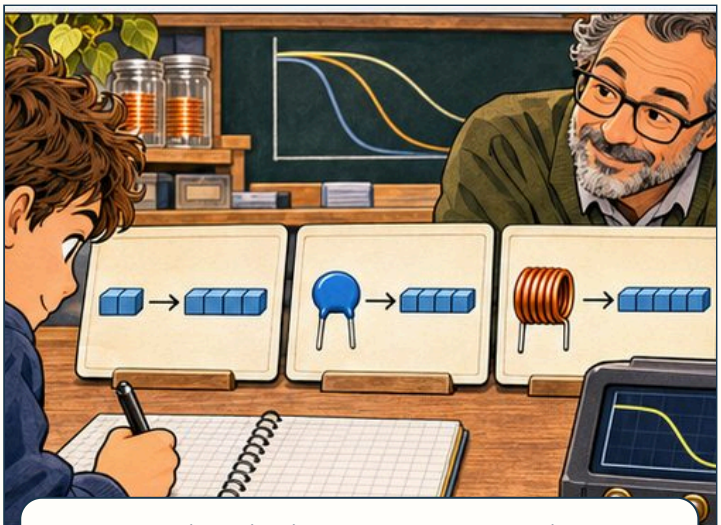
Eén picofarad is 10^{-12} F.



Eén microhenry is 10^{-6} H.

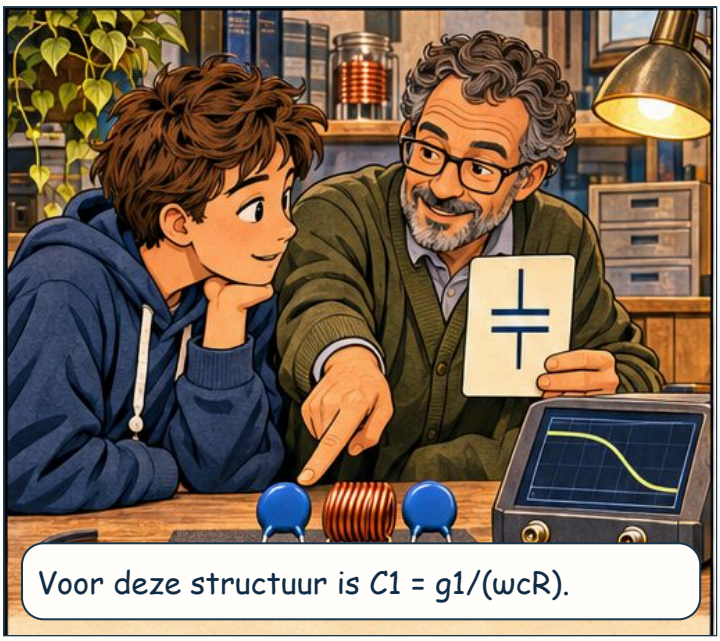


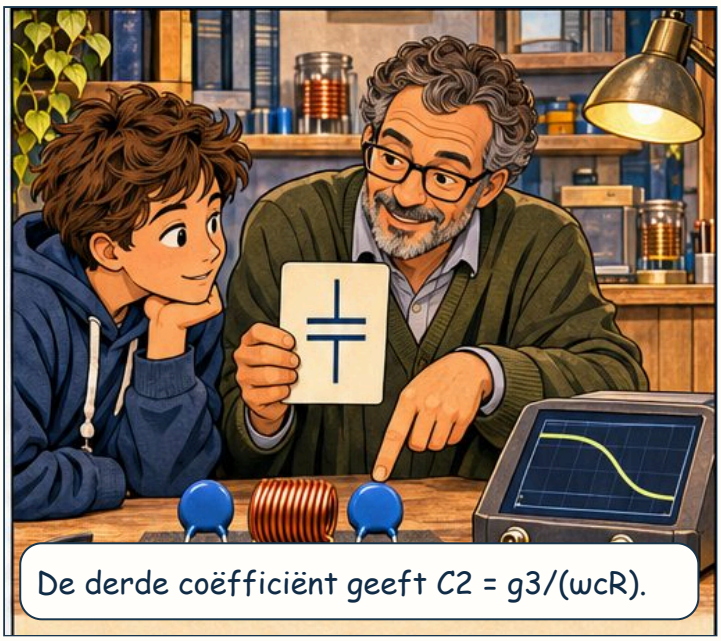
De formules gebruiken eerst de basiseenheden.



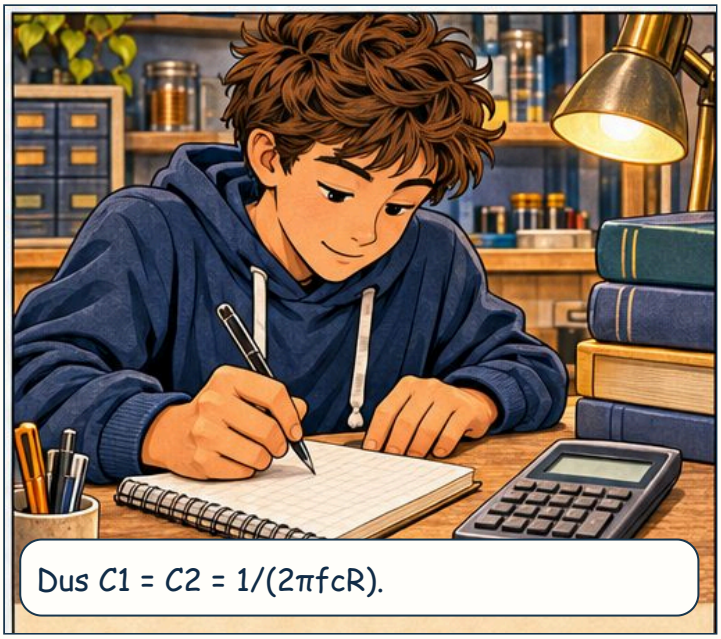
De jongen houdt de omzettingen zichtbaar naast de berekeningen.

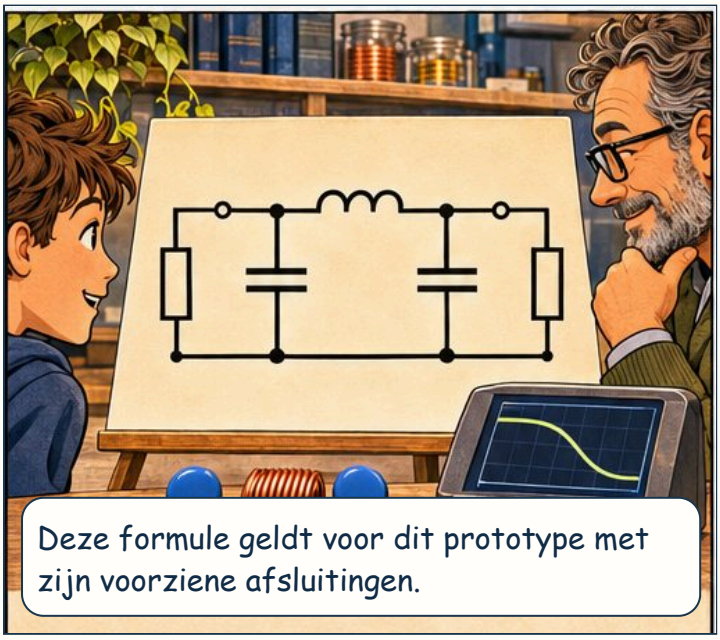
De condensatorformules













De capaciteiten berekenen



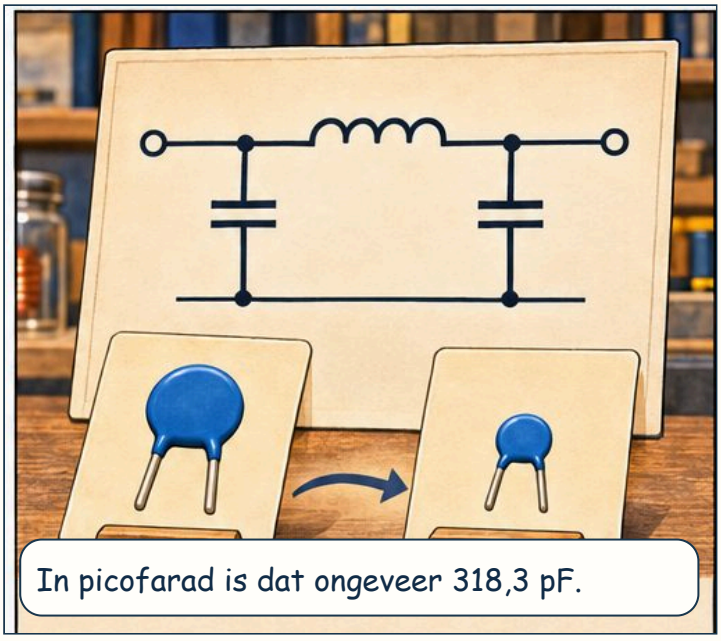
Ze vullen fc = 10 000 000 Hz en R = 50 Ω in.



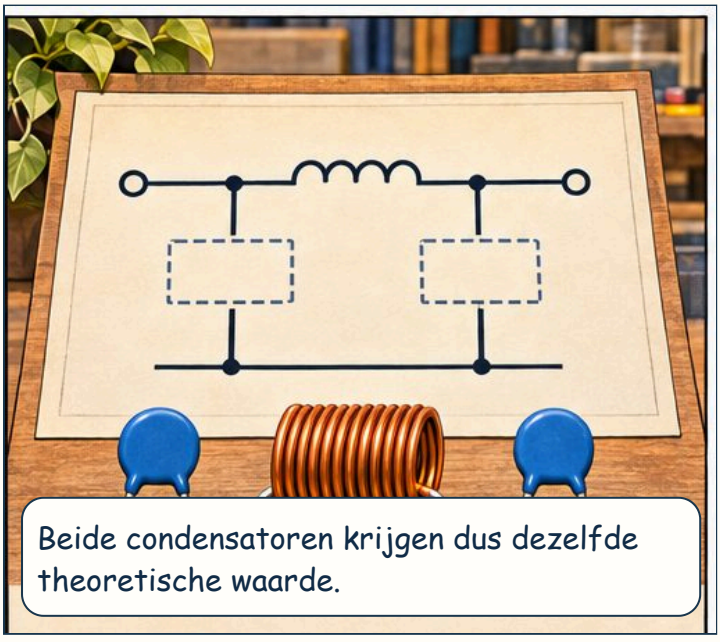
De noemer is ongeveer 3,142 × 10^{9}.



Elke ideale capaciteit is ongeveer 3,183 × 10^{-10} F.



In picofarad is dat ongeveer 318,3 pF.

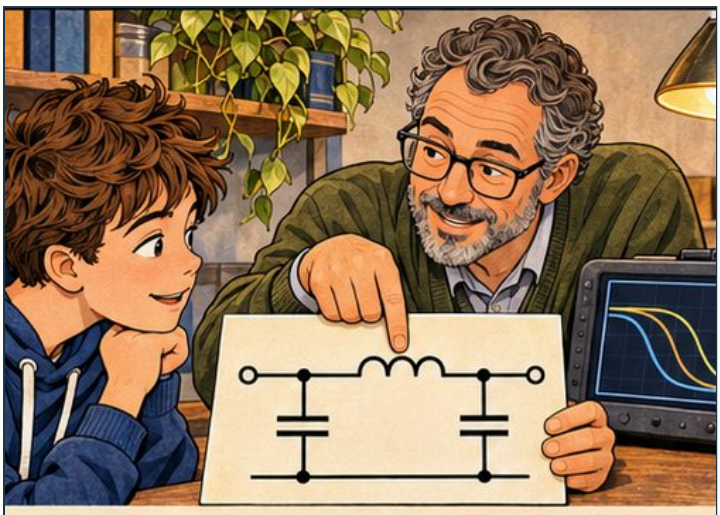


Beide condensatoren krijgen dus dezelfde theoretische waarde.



Lucas noteert het resultaat met de eenheid duidelijk erbij.

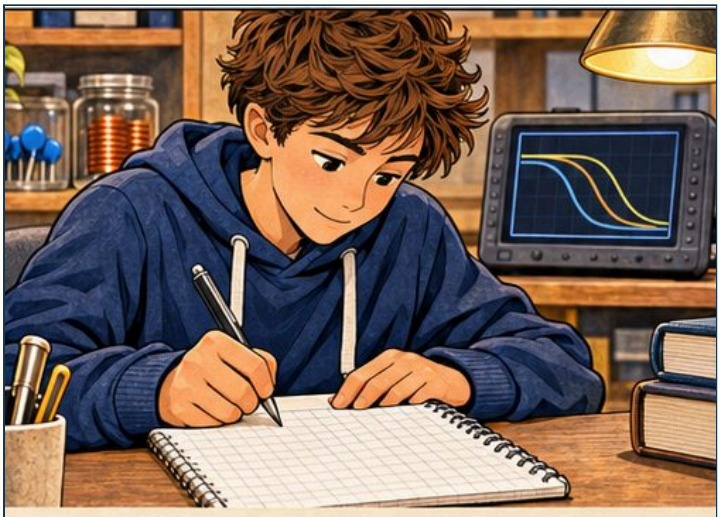
De spoelformule



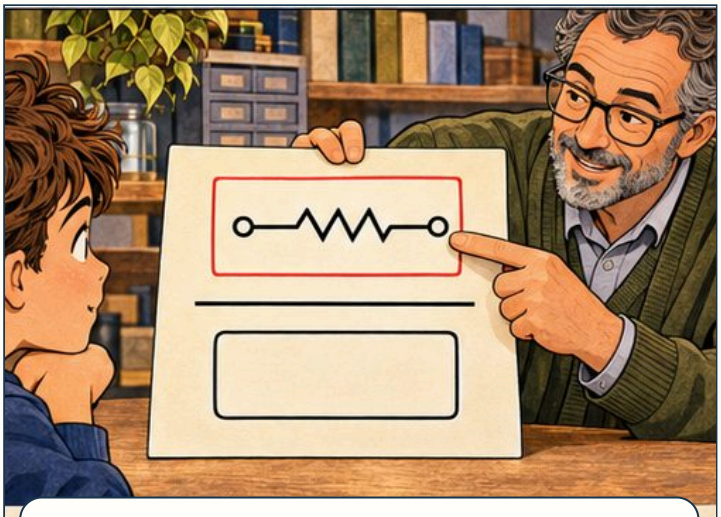
Voor de seriespoel geldt L = g2R/ωc.



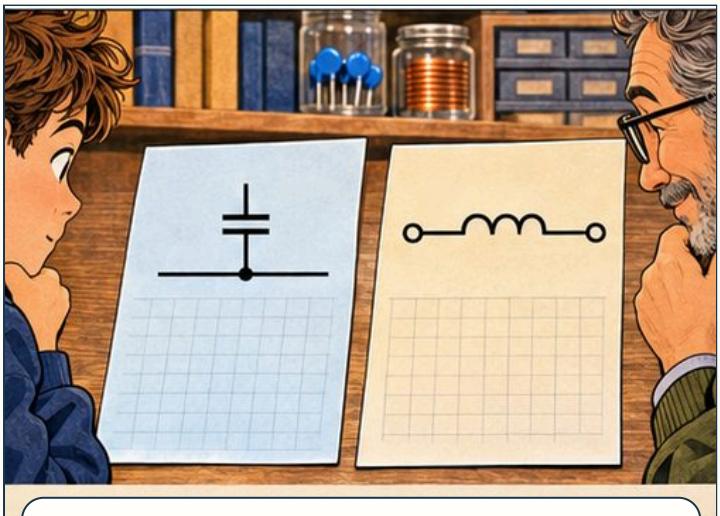
De middelste coëfficiënt is hier g2 = 2.



Dus L = 2R/(2πfc).



De afsluitweerstand staat deze keer in de teller.

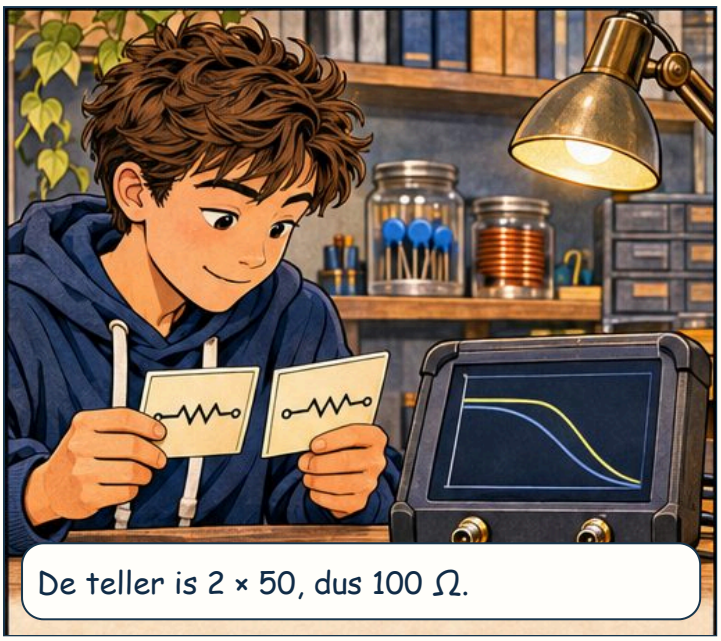


De jongen vergelijkt dit met de condensatorformule.

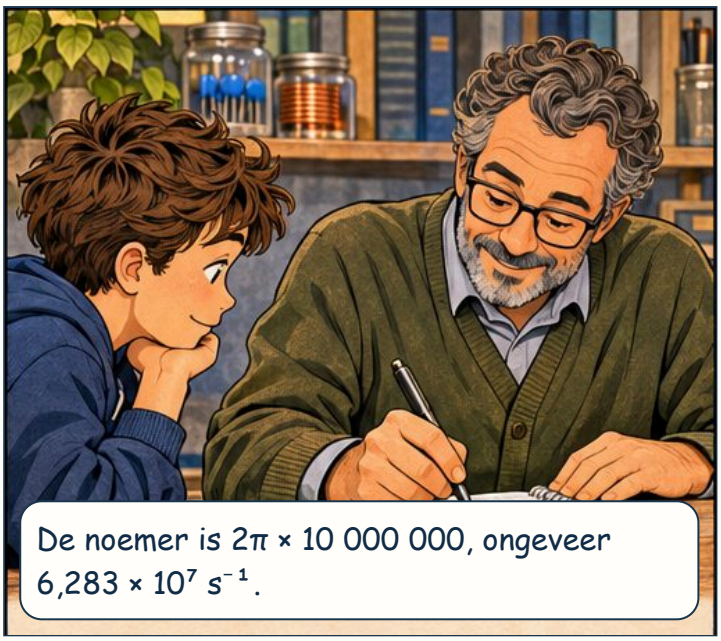


Uiterlijke gelijkenis vervangt zorgvuldig nalezen niet.

De inductantie berekenen



De teller is 2 × 50, dus 100 Ω.



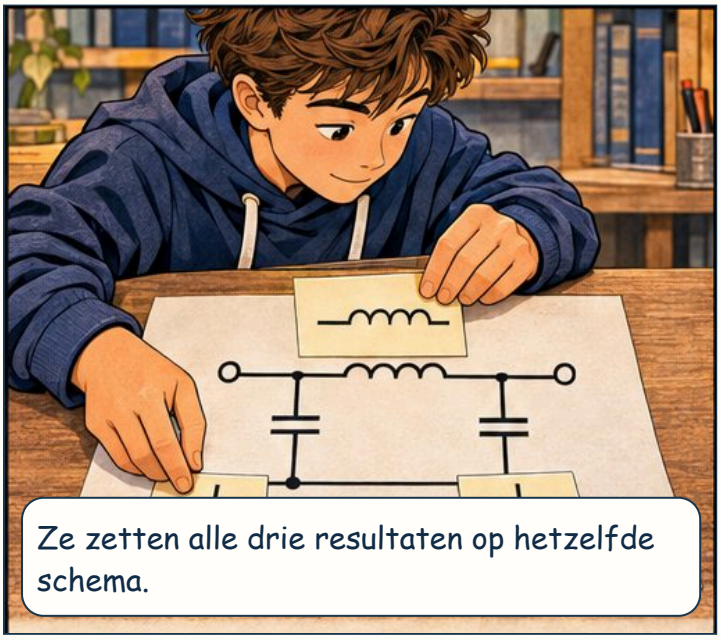
De noemer is 2π × 10 000 000, ongeveer $6{,}283 \times 10^{7}\ s^{-1}$.



De berekening geeft ongeveer $1{,}592 \times 10^{-6}$ H.



De ideale spoel heeft dus ongeveer 1,59 µH inductantie.



Ze zetten alle drie resultaten op hetzelfde schema.



Het project heeft nu een eerste volledige omschrijving.

De miljoenenfout



De jongen probeert de berekening nog eens snel in te typen.



Hij voert 10 in plaats van 10 000 000 in.



Zijn resultaat wordt een miljoen keer te groot.



De vergelijking met verwachte onderdelen onthult meteen de fout.



Hij verbetert de invoer en rekent onafhankelijk opnieuw.



De grootteorde controleren wordt een nuttige gewoonte.

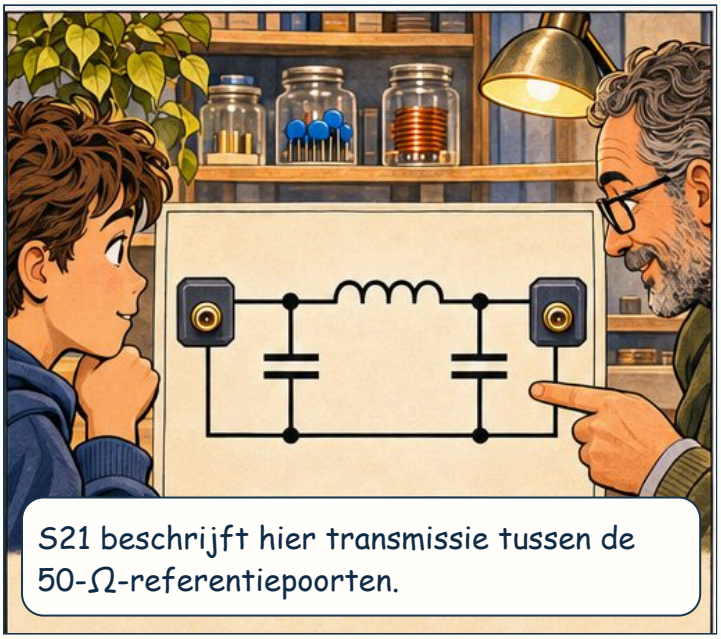
Een hele curve voorspellen



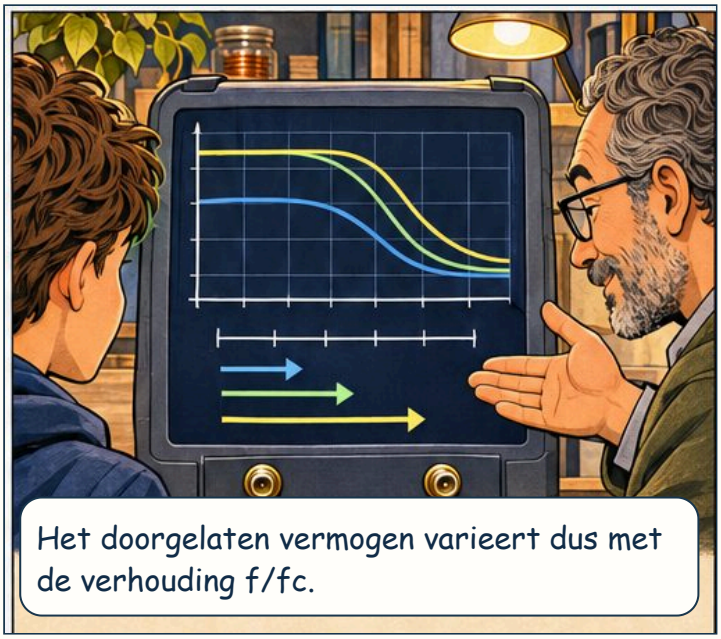
Drie waarden beschrijven nog niet de volledige respons.



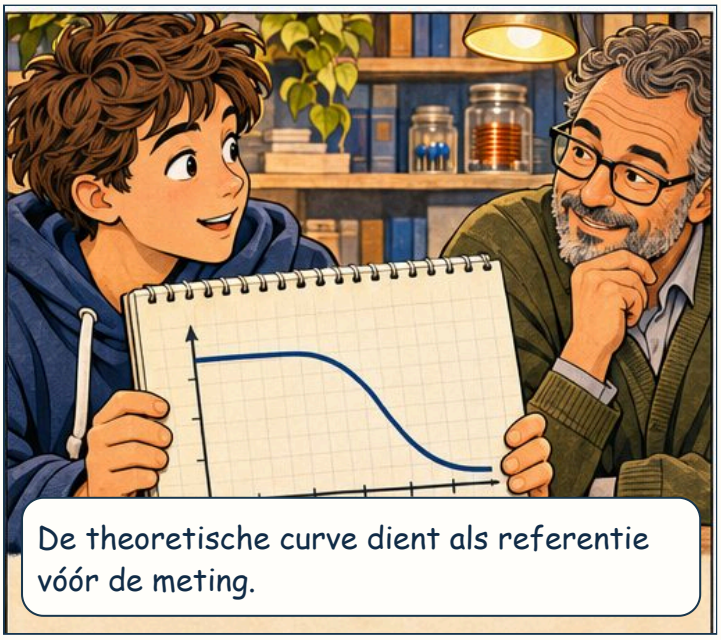
In het ideale model is het kwadraat van de modulus van S21 gelijk aan $1/[1 + (f/fc)^6]$.



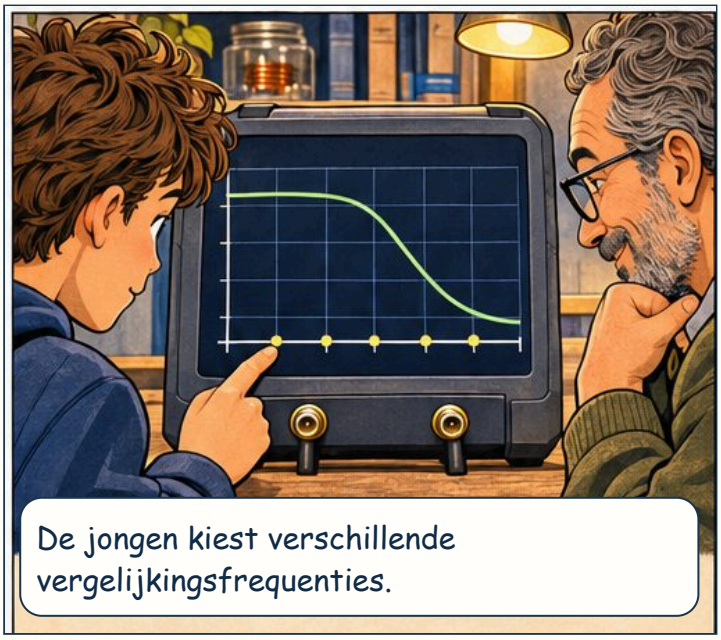
S21 beschrijft hier transmissie tussen de 50-Ω-referentiepoorten.



Het doorgelaten vermogen varieert dus met de verhouding f/fc.



De theoretische curve dient als referentie vóór de meting.



De jongen kiest verschillende vergelijkingsfrequenties.

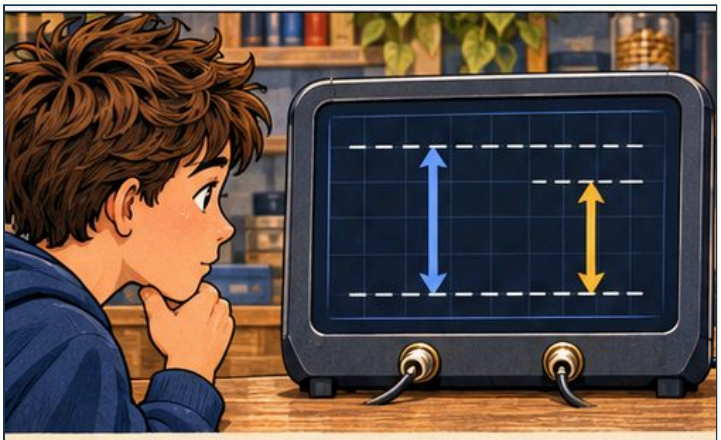
Wat betekent min drie decibel?



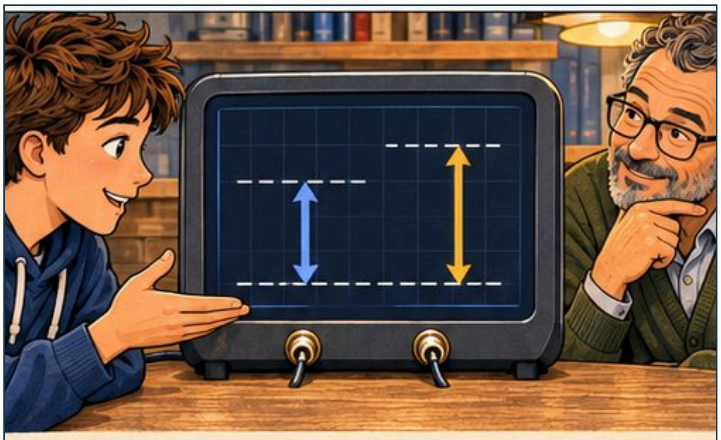
Bij f = fc is de ideale vermogensverhouding 1/2.



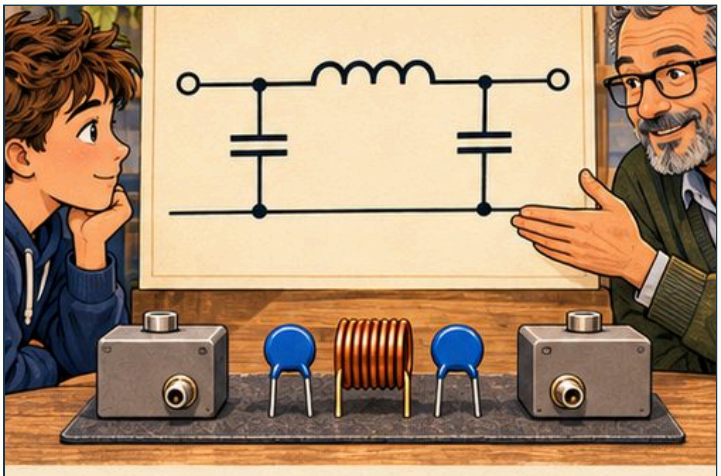
In decibel geeft 10 log10(1/2) ongeveer −3,01 dB.



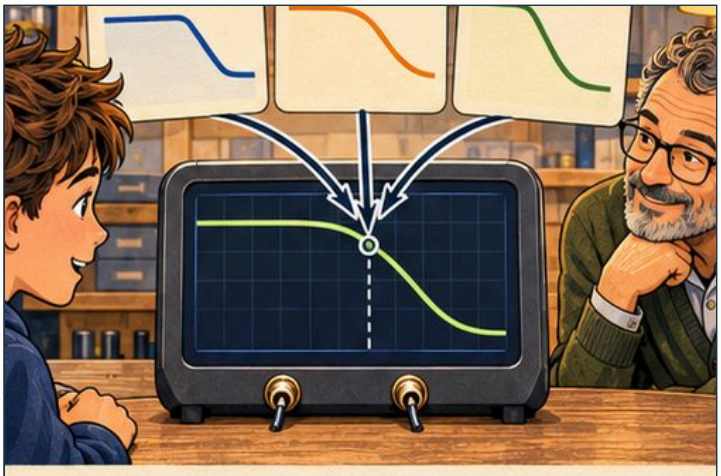
De modulus van S21 is dan ongeveer 0,707.



Die amplitude is dus niet de helft.



De berekening gebruikt passende 50-Ω-referenties.

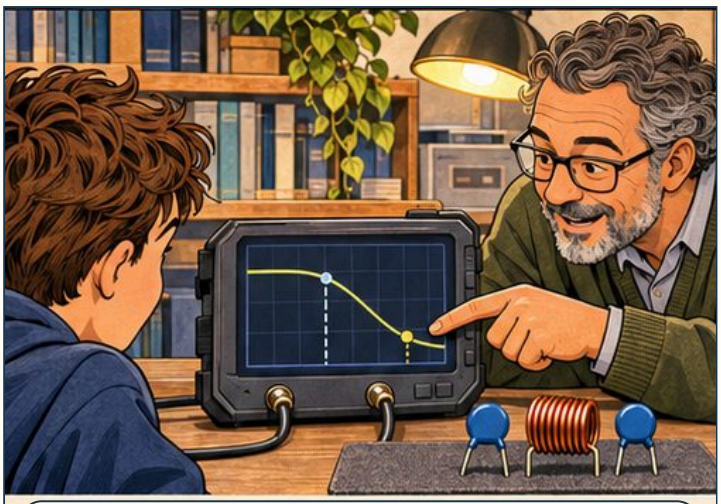


De jongen verbindt drie schrijfwijzen van hetzelfde curvepunt.

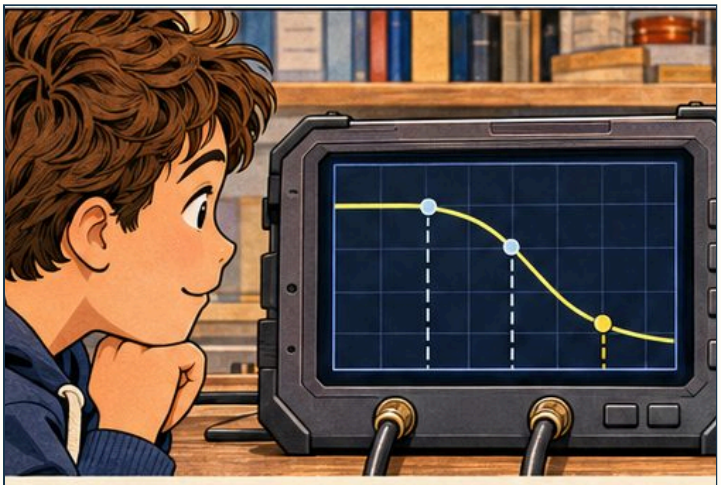
Boven de afsnijfrequentie



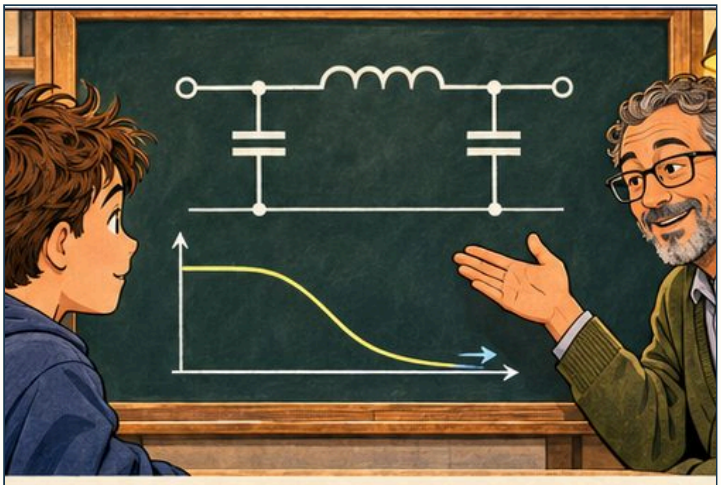
Bij 20 MHz is f/fc gelijk aan 2.



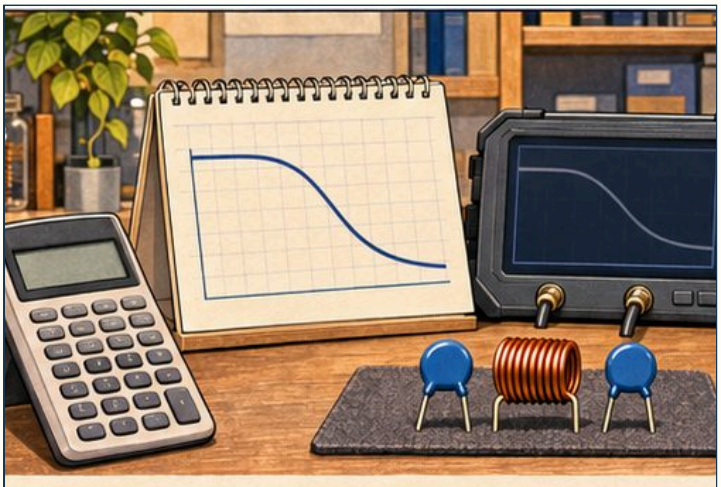
De ideale transmissie wordt ongeveer −18,13 dB.



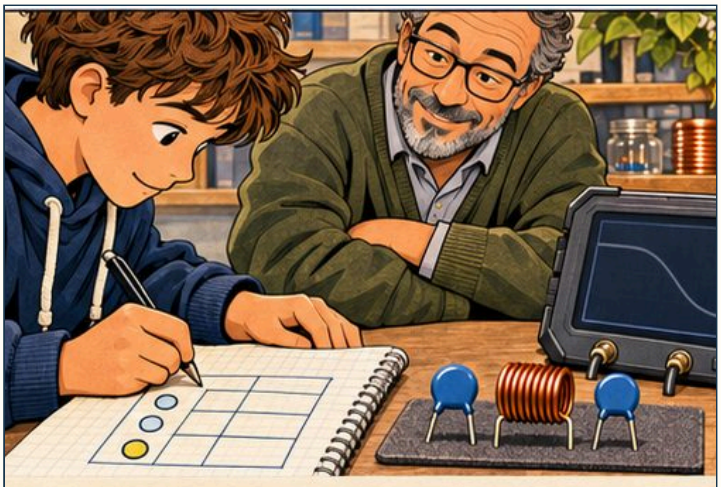
Bij 30 MHz is f/fc gelijk aan 3: ongeveer −28,63 dB.



De verzwakking neemt toe, maar blijft eindig.



Deze getallen zijn berekend, niet aan hun schakeling gemeten.

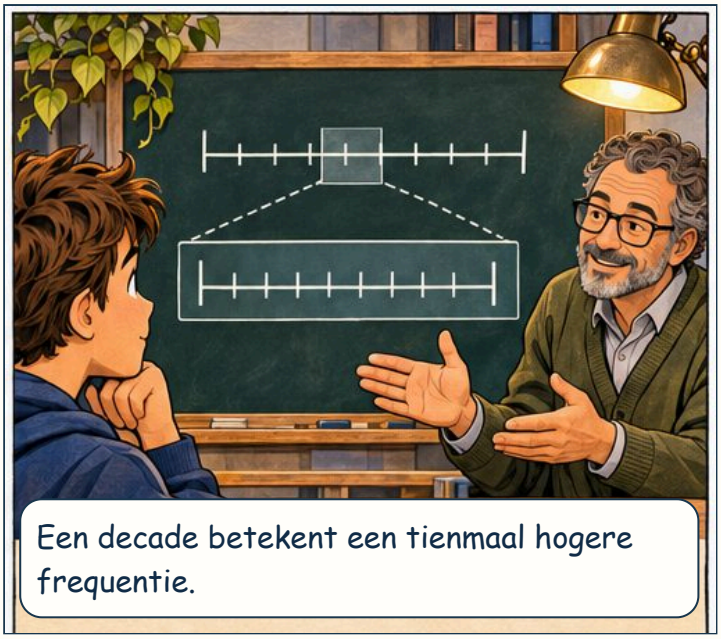


De jongen zet ze in de voorspellingskolom.

Een helling is geen belofte



Ver boven afsnijding nadert de ideale verzwakking 60 dB per decade.



Een decade betekent een tienmaal hogere frequentie.



Die asymptotische helling hoort bij het derde-ordemodel.



Dicht bij afsnijding is de curve geen rechte lijn.

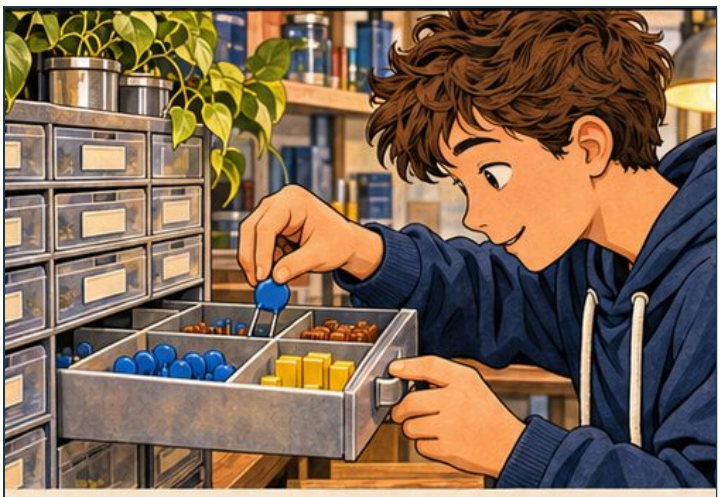


Echte onderdelen begrenzen ook deze ontwikkeling.

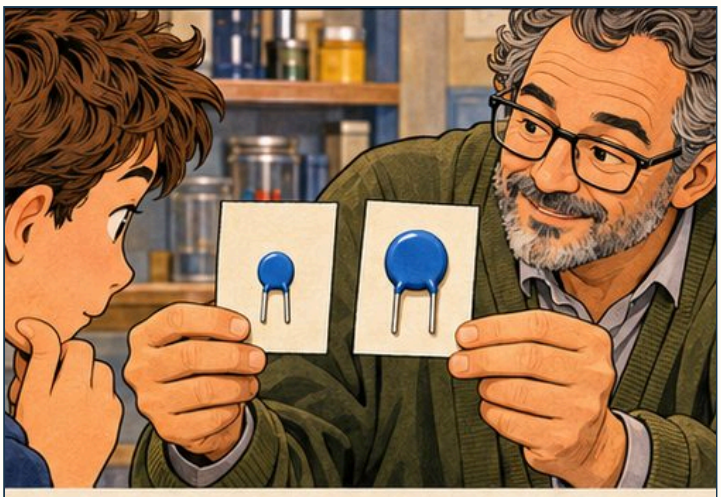


De jongen past een regel niet buiten zijn voorwaarden toe.

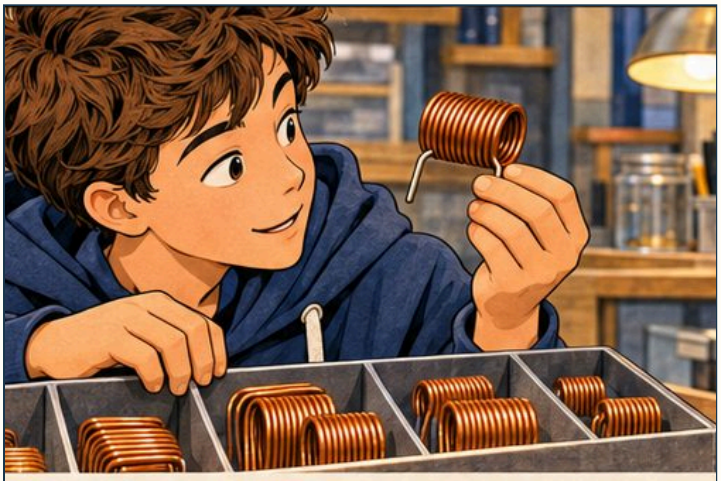
Waarden die beschikbaar zijn



De lade bevat niet noodzakelijk condensatoren van 318,3 pF.



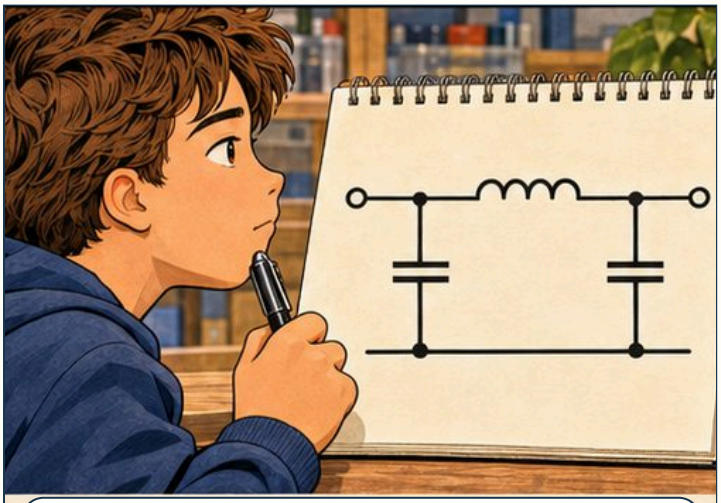
De gangbare waarde 330 pF is niet identiek.



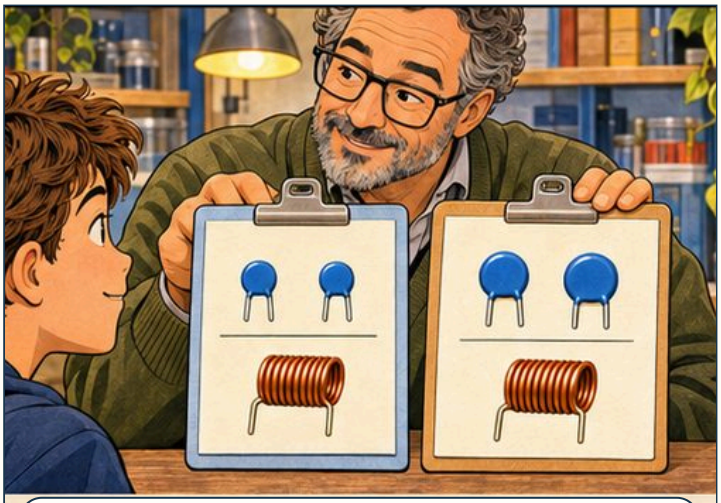
Een spoel van 1,6 µH benadert hun berekende waarde.



Met die waarden moet de respons opnieuw berekend of gesimuleerd worden.

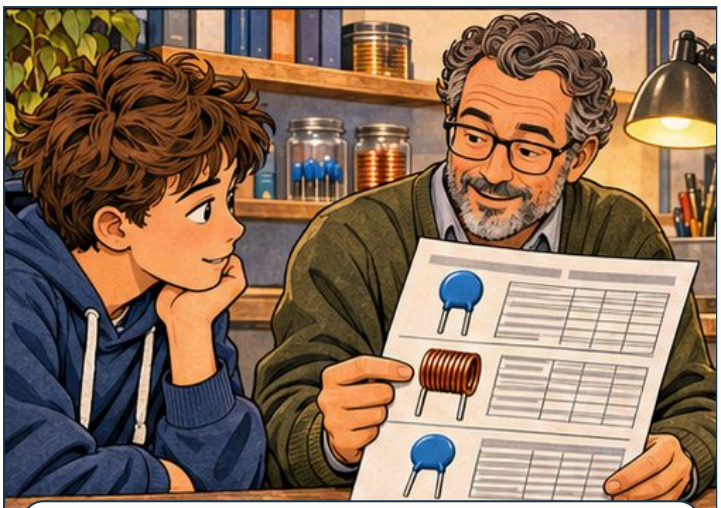


Deze schakeling heet niet automatisch “precies 10 MHz”.



De jongen houdt ideale en gekozen waarden apart.

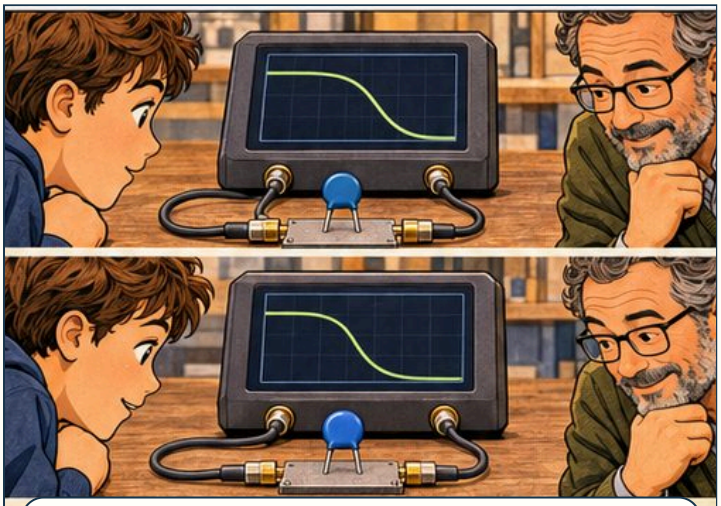
Elk onderdeel heeft tolerantie



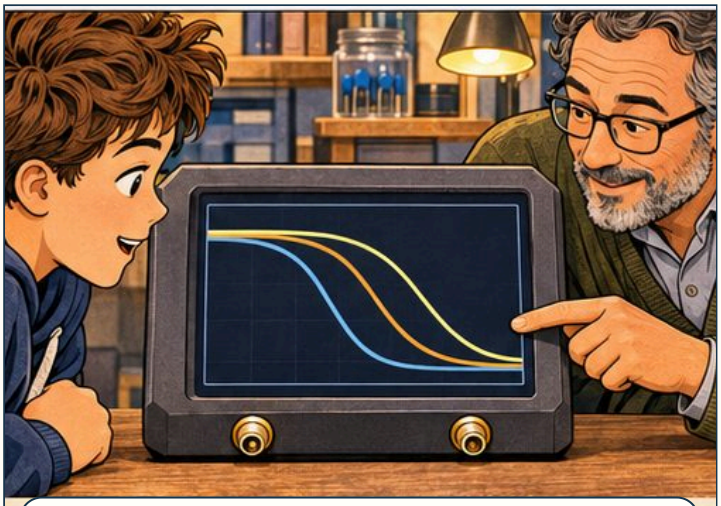
Een nominale waarde is geen gegarandeerd exacte waarde.



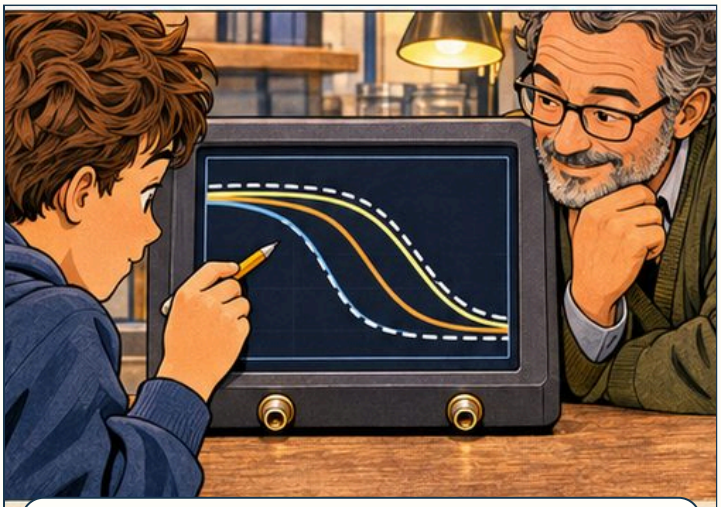
De toleranties van condensatoren en spoel tellen mee.



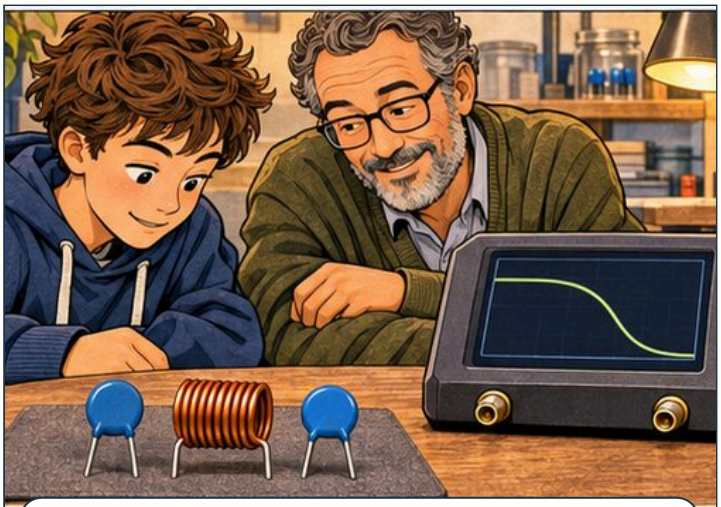
Gelijk gemarkeerde onderdelen kunnen licht verschillen.



Een simulatie kan verschillende waardecombinaties onderzoeken.



Zo voorspelt men een bereik van mogelijke responsen.



De meting onderzoekt daarna de werkelijk gebruikte onderdelen.

Verborgen onderdelen



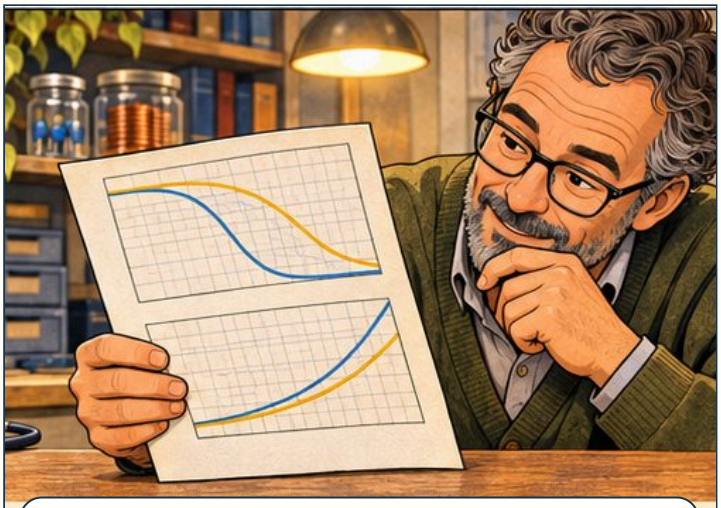
Een echte spoel heeft ook weerstand en parasitaire capaciteit.



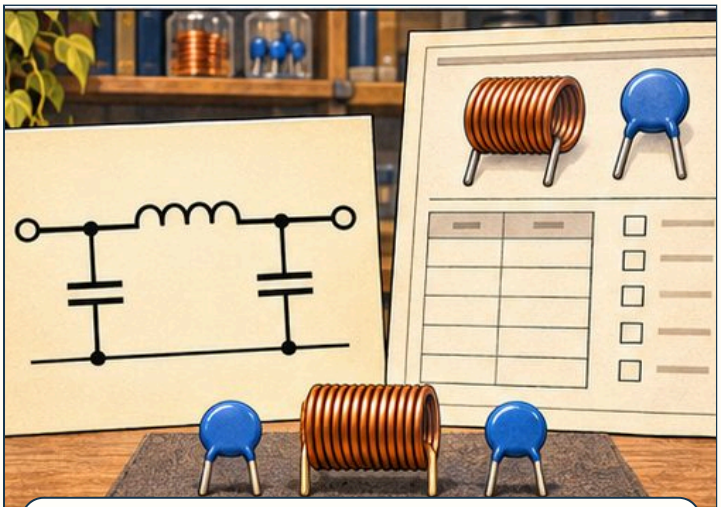
Een condensator heeft onder meer verliezen en parasitaire inductantie.



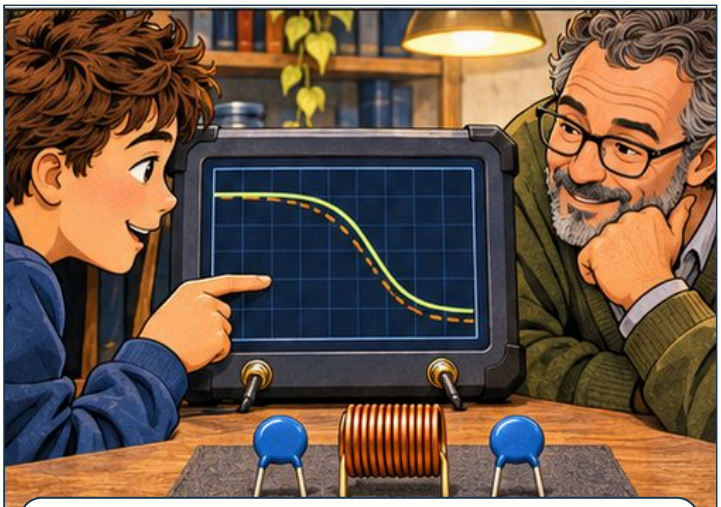
Bij bepaalde resonanties verandert hun gedrag.



Databladen vermelden grenzen die onderzocht moeten worden.



Een waarde in picofarad of microhenry volstaat dus niet.



De jongen leert verder lezen dan de eerste regel.

Een meetbank keurt geen zender goed



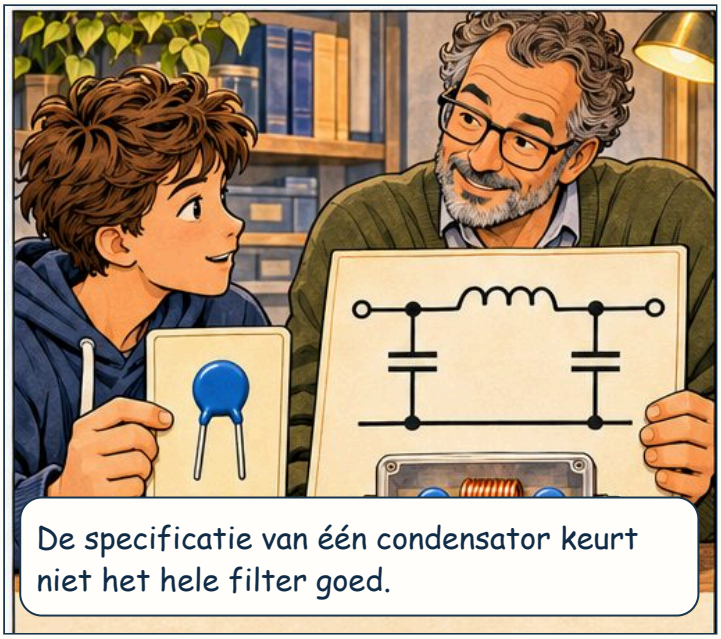
Hun demonstratiemodel ontvangt uitsluitend het voorziene kleine analyzersignaal.



Gebruik bij zenden zou extra controles vragen.



Spanningen, stromen, opwarming en belastbaarheid zouden onderzocht moeten worden.



De specificatie van één condensator keurt niet het hele filter goed.

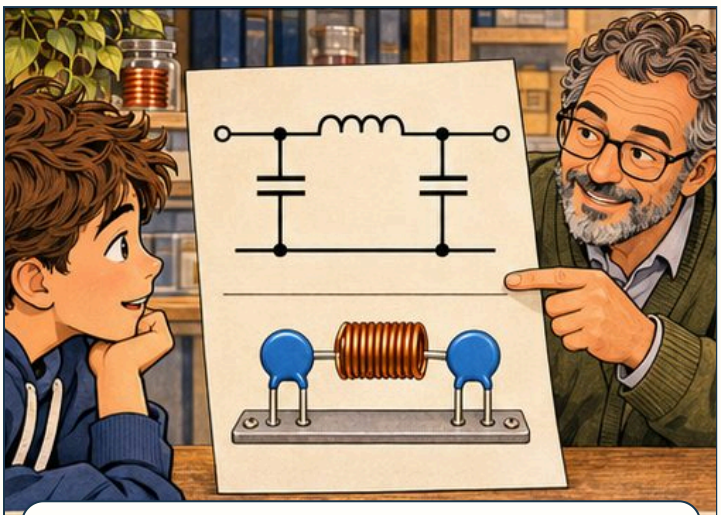


Deze workshop bevat geen vermogenstesten.

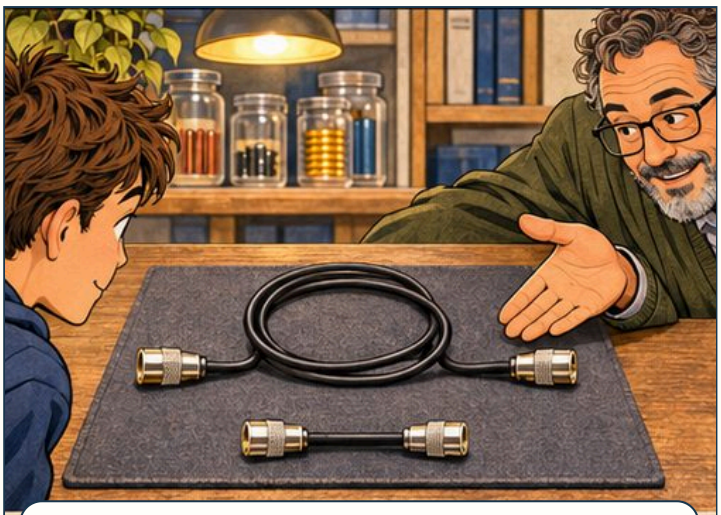


De jongen schrijft de grenzen van hun bouwsel duidelijk op.

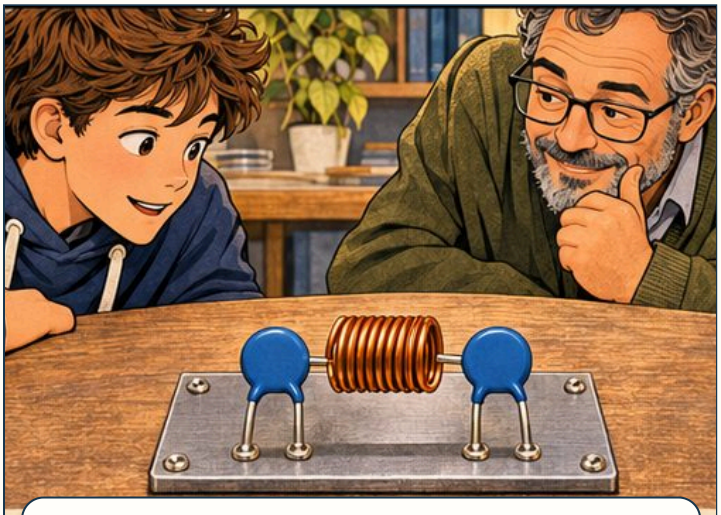
De opstelling tekenen



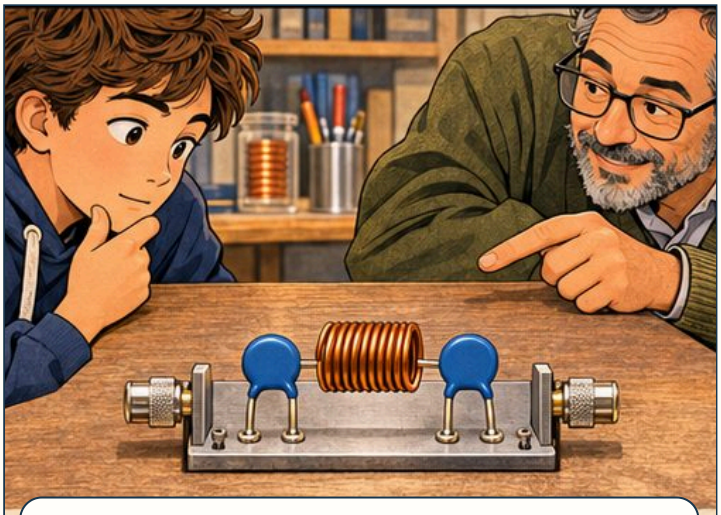
Het schema toont verbindingen, maar niet hun volledige geometrie.



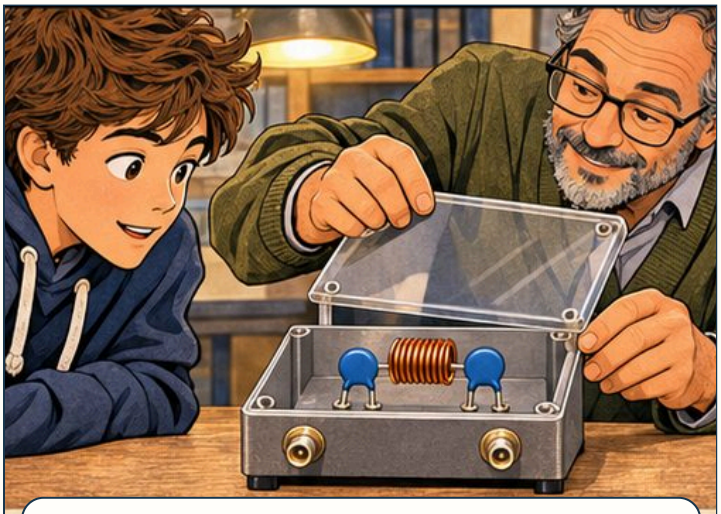
Bij deze frequenties kunnen verbindingslengte en plaatsing meetellen.



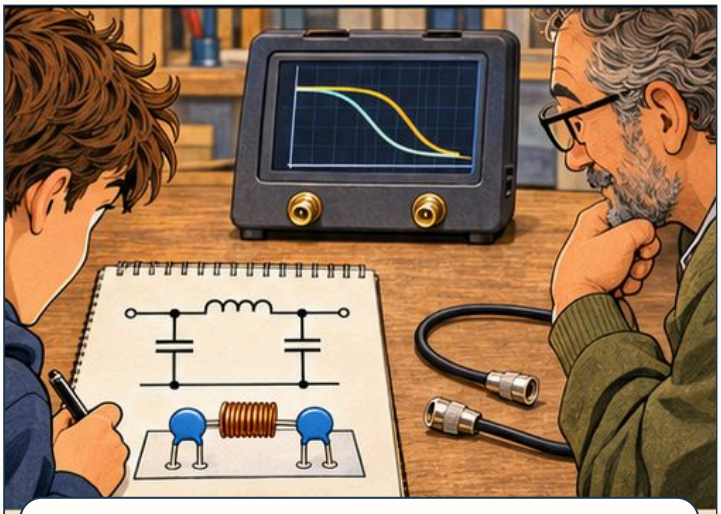
Ze plannen een gemeenschappelijke massa en korte verbindingen.



Ook scheiden ze paden die rechtstreeks kunnen koppelen.



Henri maakt een model dat geschikt is voor metingen.

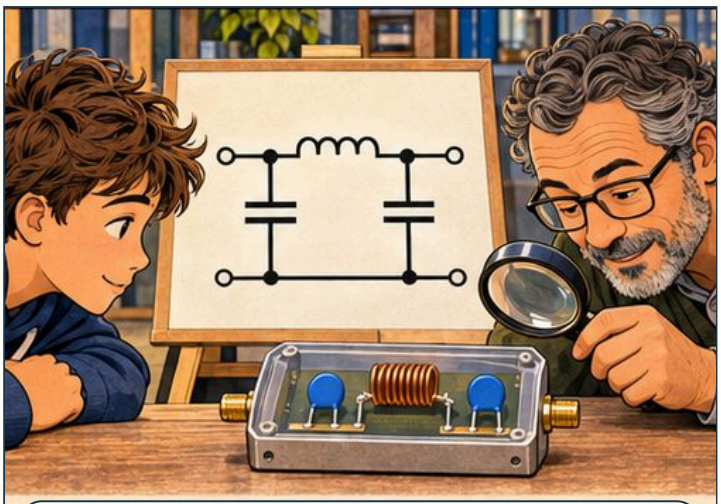


Lucas vergelijkt opstelling en schema, verbinding voor verbinding.

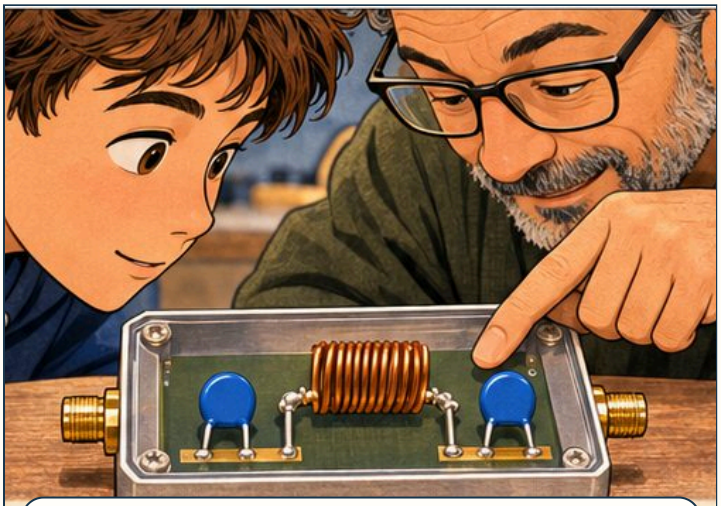
Controleren vóór het aansluiten



De meetbron blijft uit tijdens de voorbereiding.



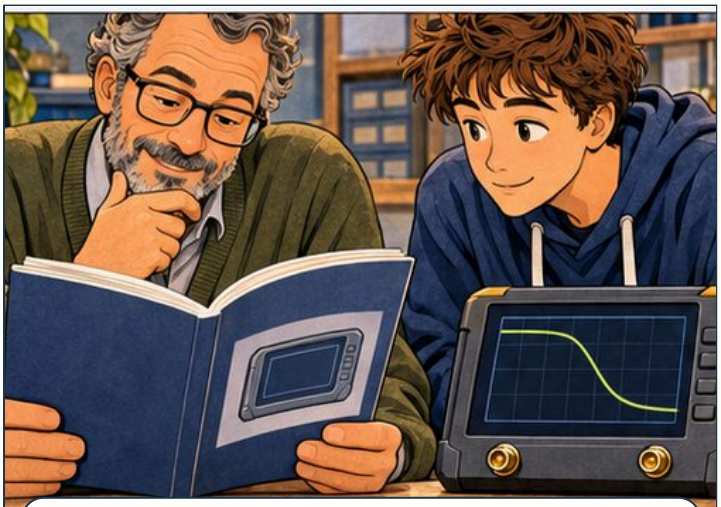
Ze controleren verbindingen, onderdelen en gemeenschappelijke massa.



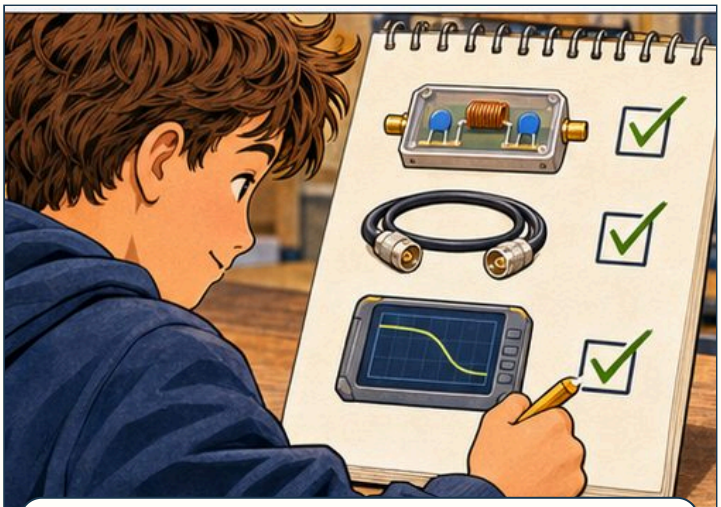
Ze zoeken kortsluiting, aansluitfouten en beschadigde onderdelen.



Daarna worden connectoren en kabels onderzocht.



De mentor controleert de ingangsgrenzen van het toestel.

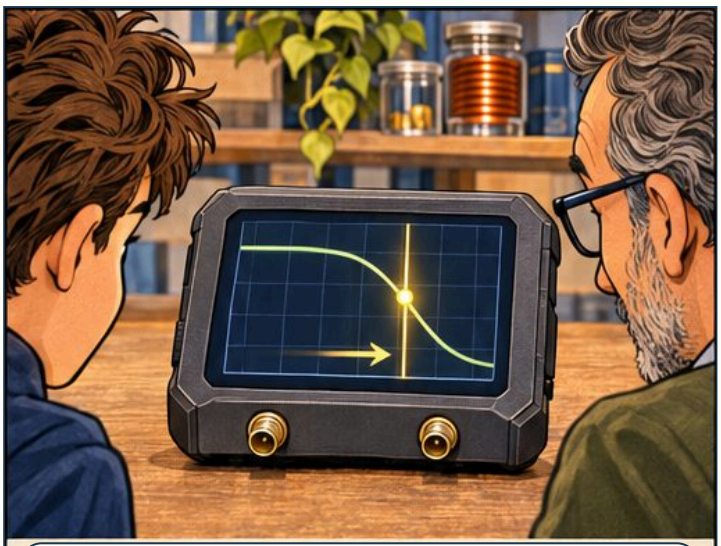


De jongen voltooit zijn lijst vóór de eerste sweep.

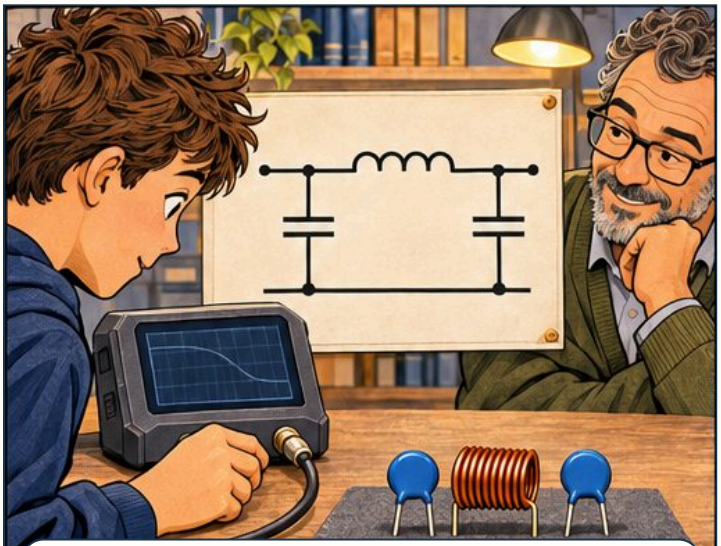
De analyzer stelt vragen



De netwerkanalyzer stuurt een bekend klein signaal uit.



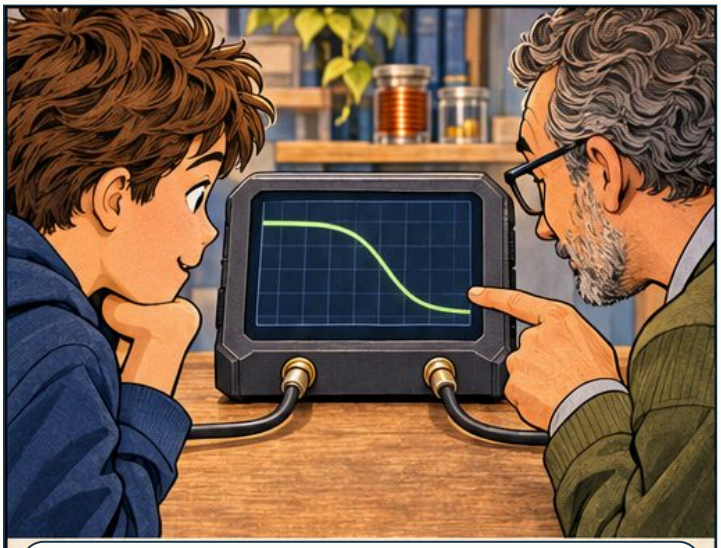
Hij doorloopt een gekozen frequentiebereik.



Poort 1 voedt de filteringang.



Poort 2 observeert de transmissie aan de uitgang.



De parameter S21 volgt die transmissie.



De poorten leveren de voorziene 50-Ω-referenties.

Op de juiste plek kalibreren



Kabels en adapters maken deel uit van de meting.



Daarom volgen ze de kalibratieprocedure van het toestel.



Passende standaarden worden volgens de handleiding aangesloten.



De referentievlakken liggen aan de kabeluiteinden.



Na kalibratie blijven die verbindingen zo veel mogelijk behouden.



De jongen noteert opstelling en sweepinstellingen.

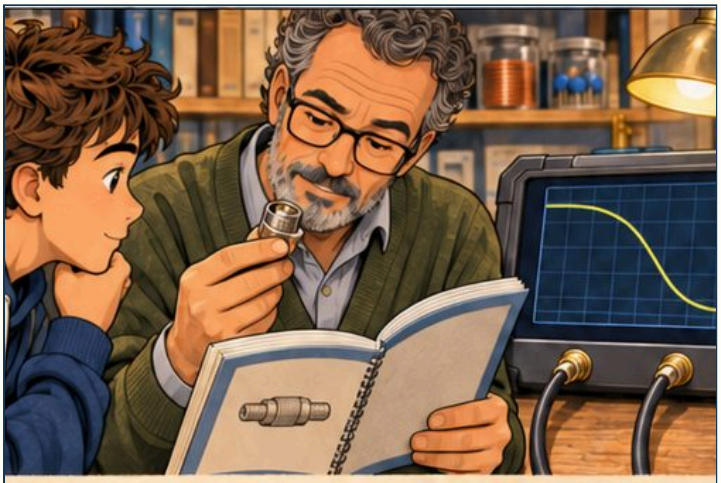
Het rechtstreekse pad controleren



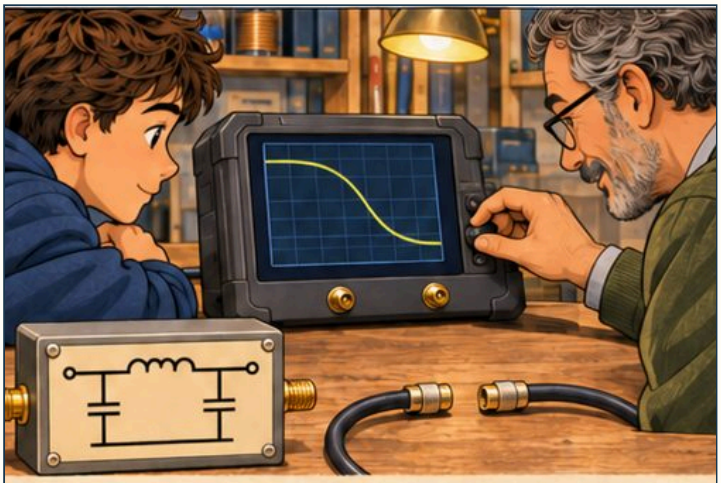
Vóór het filter controleert een doorverbinding de referentie.



De verwachte transmissie moet bij die verbinding passen.



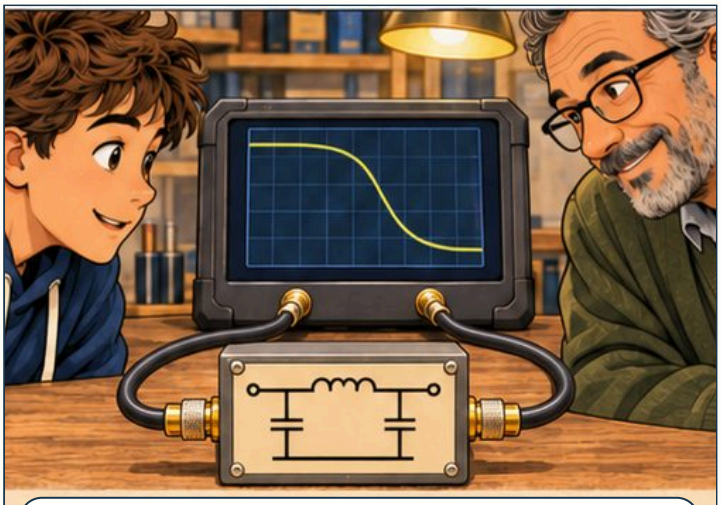
Een afwijking vraagt onderzoek van kabels, kalibratie en instellingen.



Men verandert geen filter om een meetbankfout te verbergen.



Na controle wordt de bron gestopt om aan te sluiten.

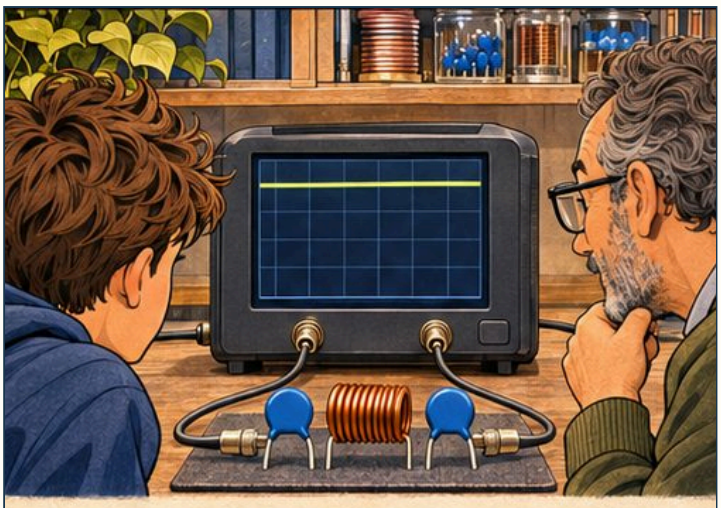


Daarna komt het filter tussen de twee kabels.

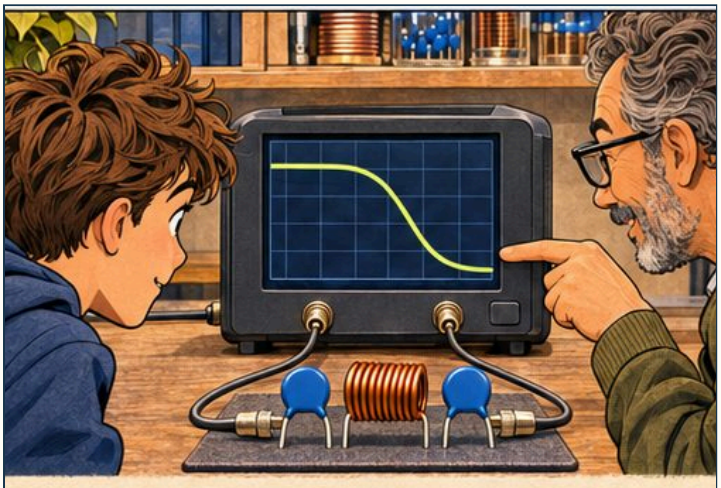
De eerste sweep



Ze starten een sweep over de nuttige band en de overgang.



Bij lage frequenties ligt het spoor hoger.



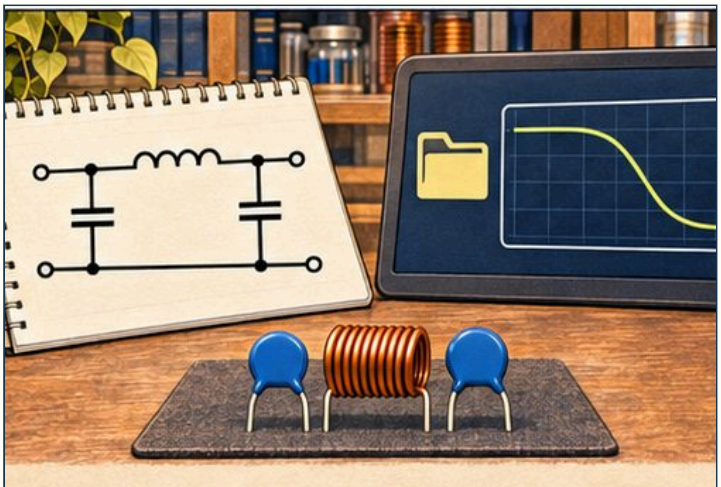
Het daalt vervolgens als de frequentie stijgt.



De jongen herkent de voorspelde vorm zonder volmaakte gelijkheid te verwachten.

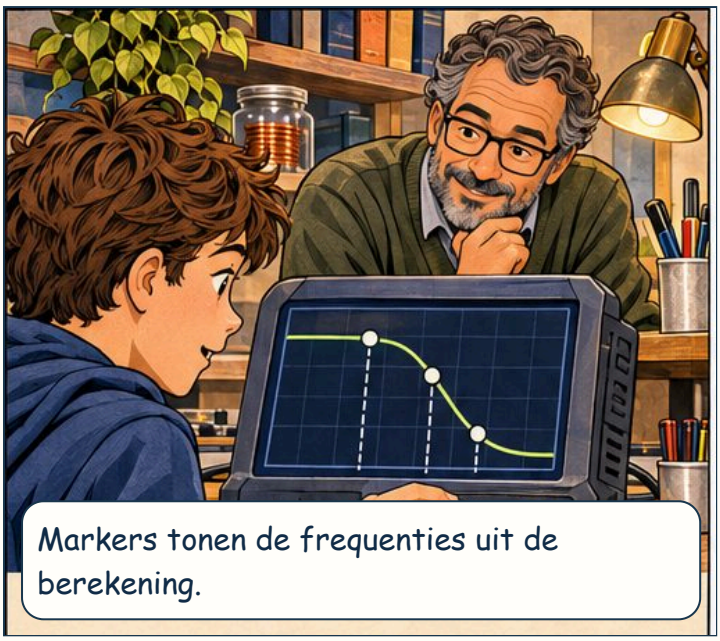


Hij bewaart het spoor en de meetvoorwaarden.

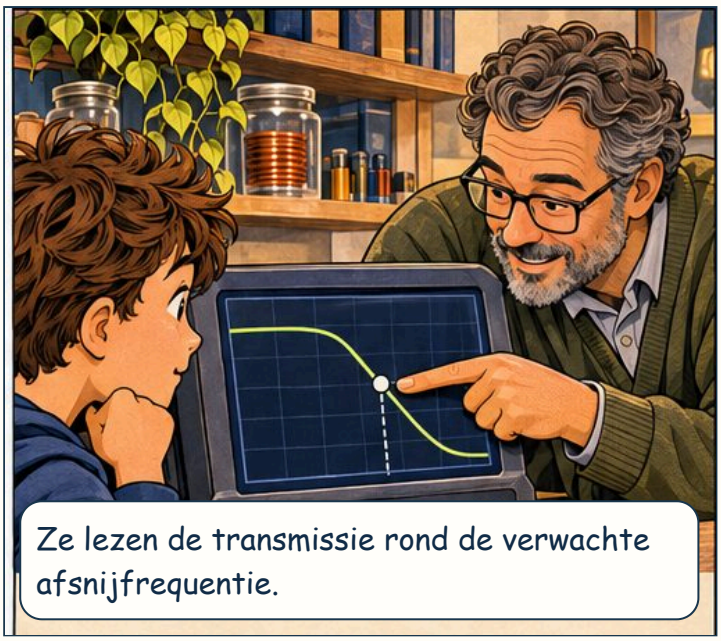


Een bewaard resultaat laat vergelijking na elke wijziging toe.

Nauwkeurige punten lezen



Markers tonen de frequenties uit de berekening.



Ze lezen de transmissie rond de verwachte afsnijfrequentie.



Ze onderzoeken ook punten met een hogere frequentie.



Werkelijk afgelezen waarden komen in de meetkolom.



Ze behouden de aflezing, ook als die van hun voorspelling verschilt.



De jongen vermeldt ook datum en opstelling.

Een afwijking begrijpen



De gemeten afsnijfrequentie kan van de berekende verschillen.



Gekozen waarden en toleranties bieden eerste aanwijzingen.



Verliezen, opstelling en kalibratie verdienen eveneens onderzoek.



Ze toetsen die vermoedens voordat ze de formule beschuldigen.

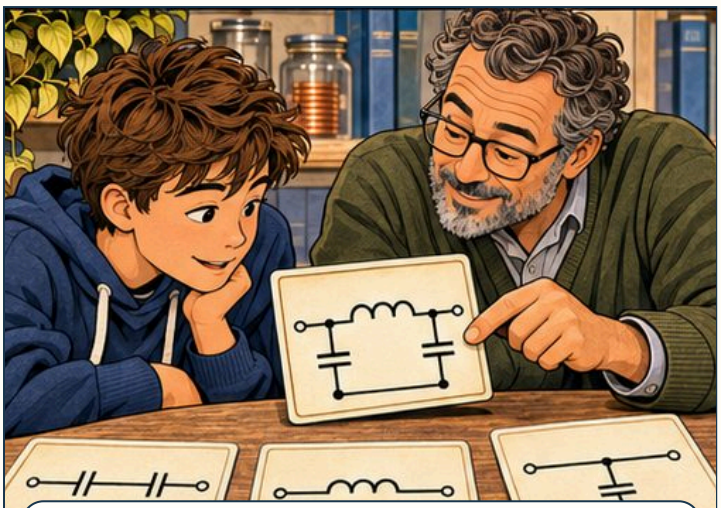


Een andere curve verklaart op zichzelf de oorzaak niet.

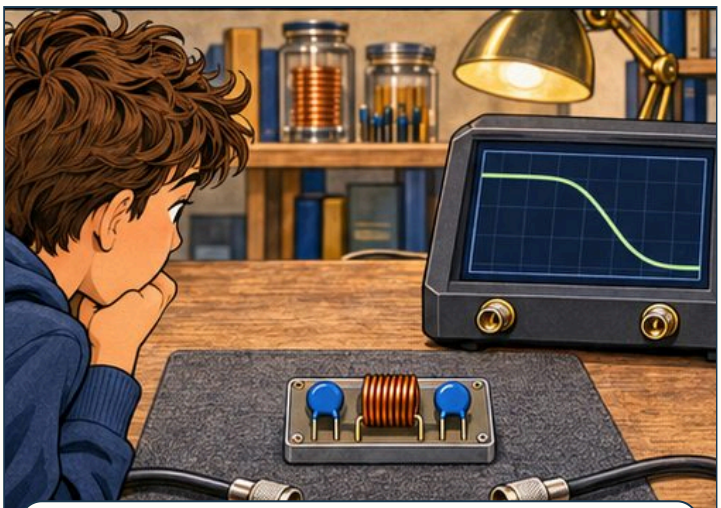


De jongen maakt van verbazing een nieuwe vraag.

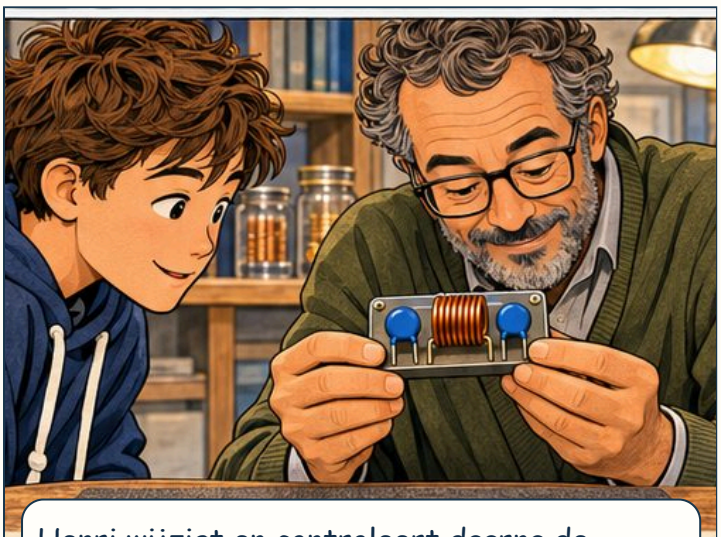
Eén wijziging tegelijk



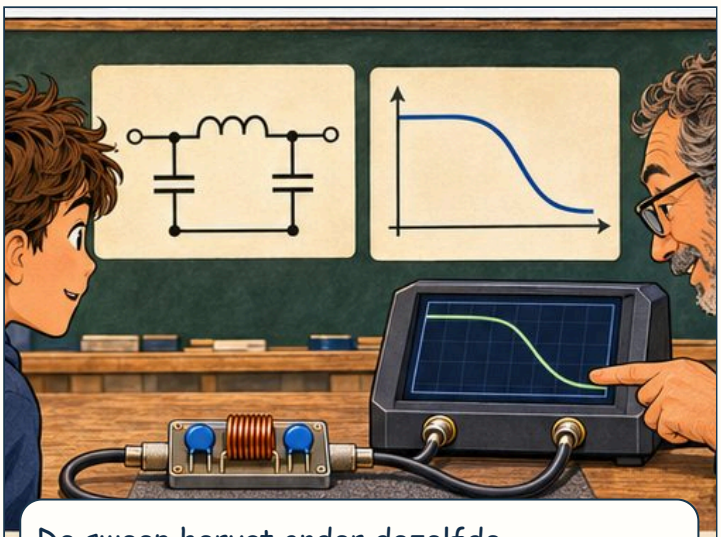
Ze kiezen één vermoeden en plannen een onderbouwde wijziging.



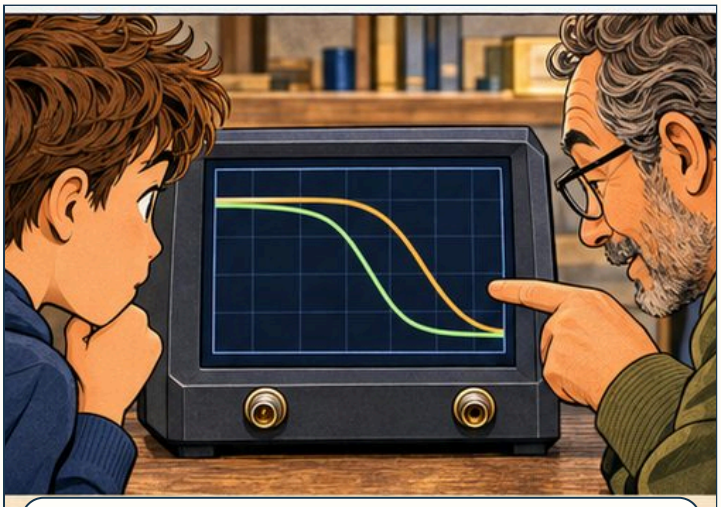
Vóór de ingreep wordt de bron gestopt en de module losgekoppeld.



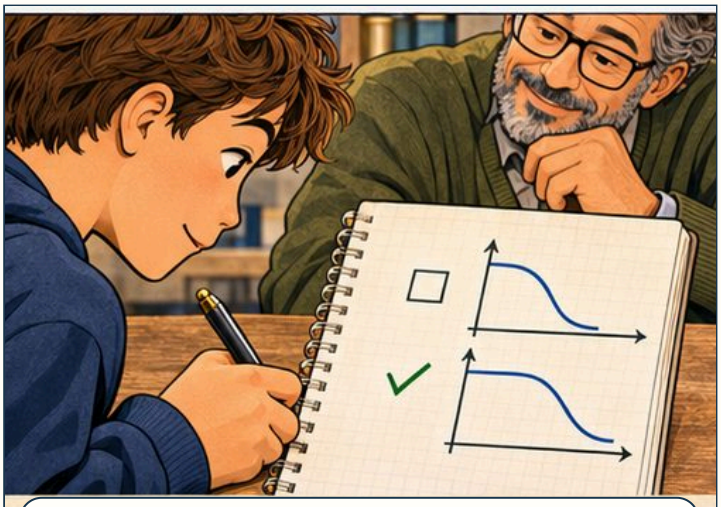
Henri wijzigt en controleert daarna de schakeling.



De sweep hervat onder dezelfde gedocumenteerde voorwaarden.

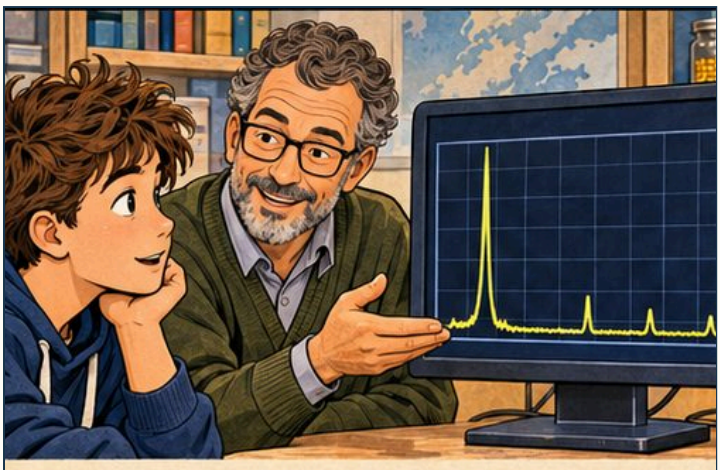


Ze vergelijken het oude spoor met het nieuwe.

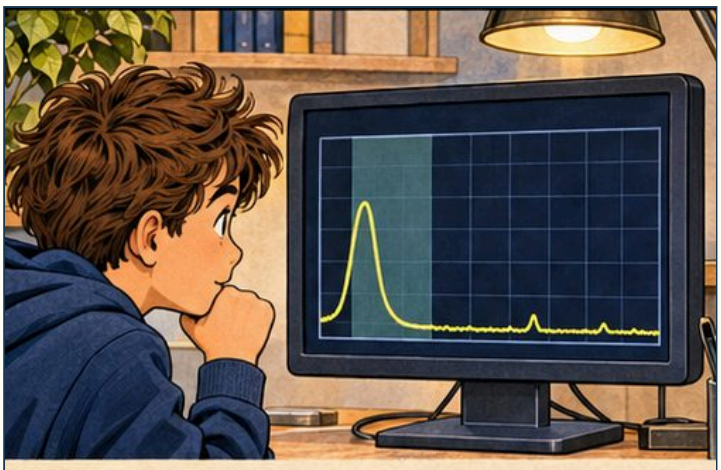


Zo raken verschillende mogelijke oorzaken niet vermengd.

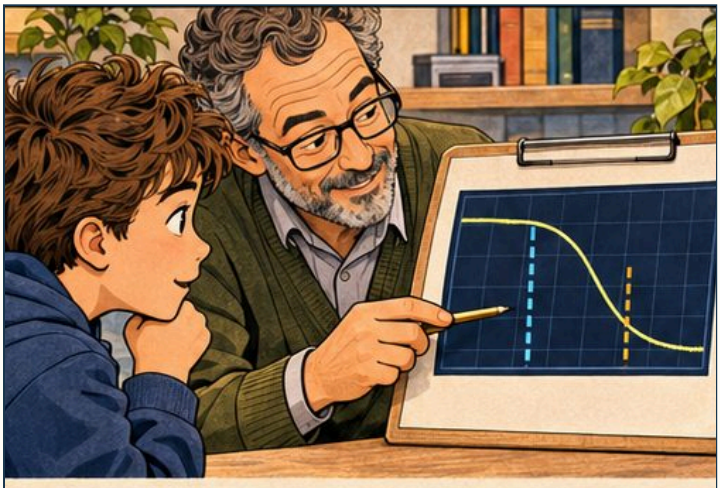
Verzwakking heeft grenzen



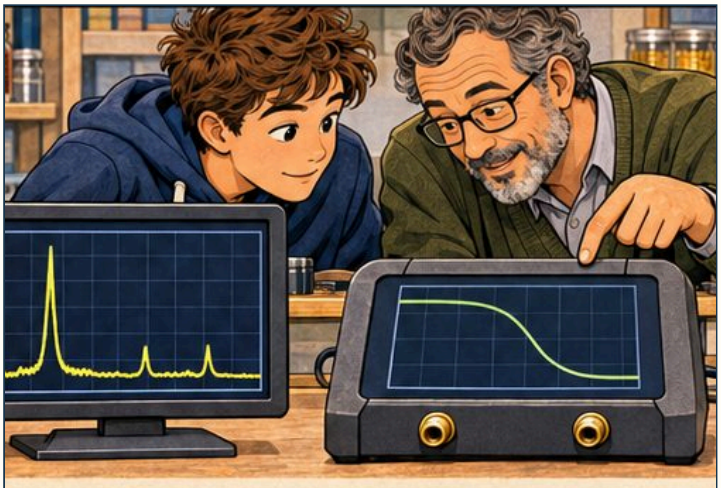
Een laagdoorlaatfilter wist niet alle ongewenste componenten.



Een component in de doorlaatband wordt weinig verzwakt.



Onderdrukking hangt af van frequentie en uitvoering.



Een volledige spectrumcontrole vraagt extra geschikte metingen.



Een filter bewijst niet dat een station aan alle regels voldoet.

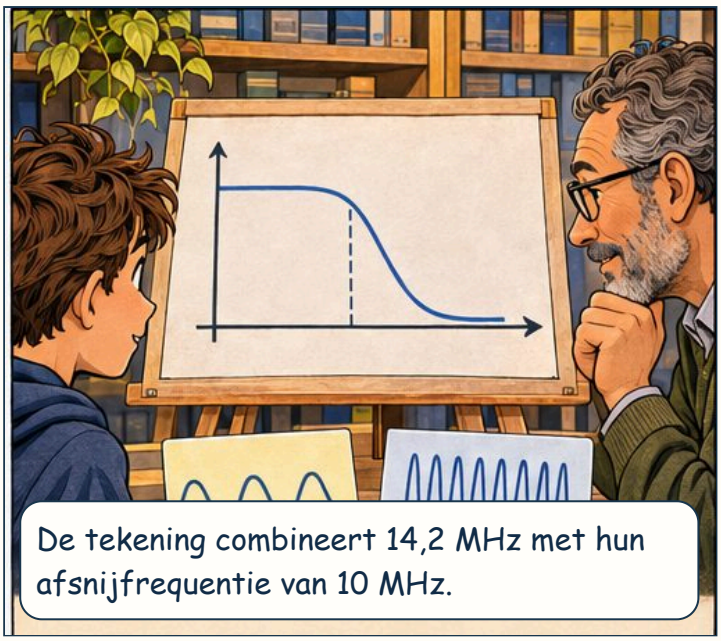


De jongen onderscheidt een nuttige functie van een algemene garantie.

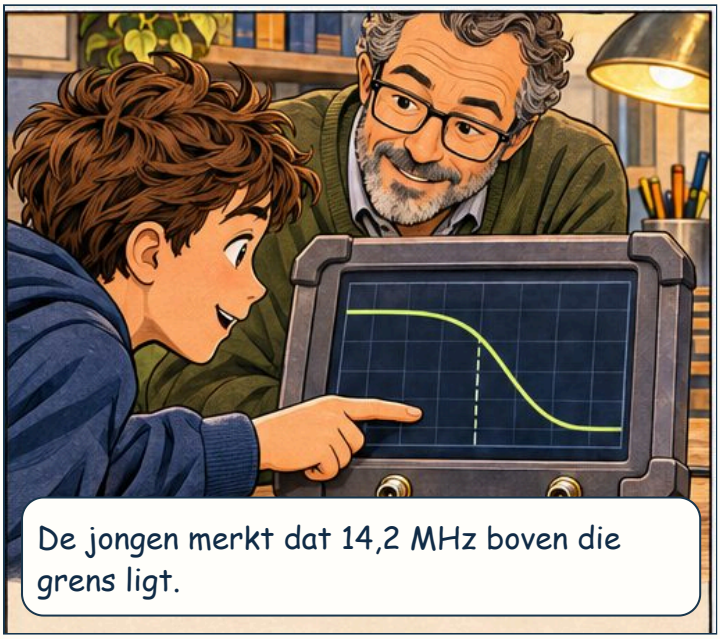
De gewenste frequentie moet door



De mentor legt ten slotte een valstrik in een stationstekening.



De tekening combineert 14,2 MHz met hun afsnijfrequentie van 10 MHz.



De jongen merkt dat 14,2 MHz boven die grens ligt.



Deze keuze zou ook het gewenste signaal verzwakken.

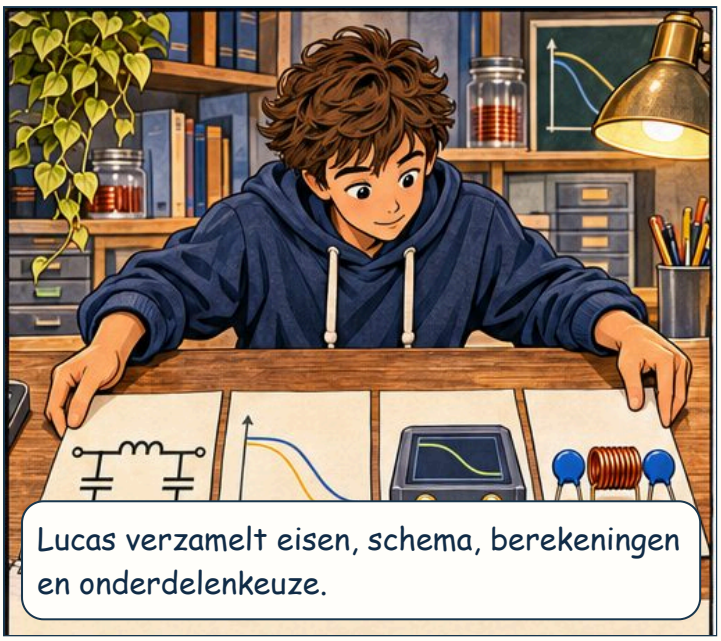


Vóór gebruik moeten de eisen opnieuw worden bekeken.



Een rekenvoorbeeld is geen universeel filter.

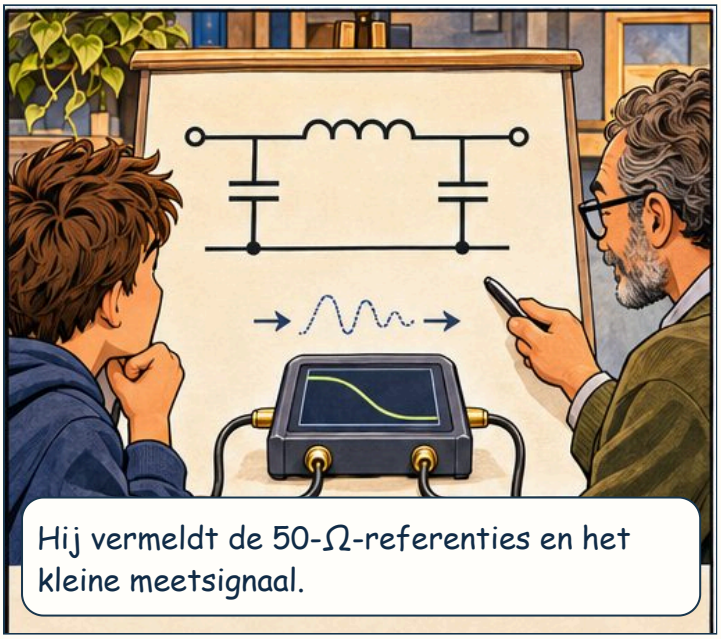
Een uitleg om te delen



Lucas verzamelt eisen, schema, berekeningen en onderdelenkeuze.



Hij scheidt voorspellingen van werkelijk waargenomen resultaten.



Hij vermeldt de 50-Ω-referenties en het kleine meetsignaal.



Hij bewaart sporen, kalibratiegegevens en grenzen van het experiment.



Henri speelt bezoeker en stelt een laatste vraag.



Nu kan de jongen uitleggen waarom elke voorwaarde telt.

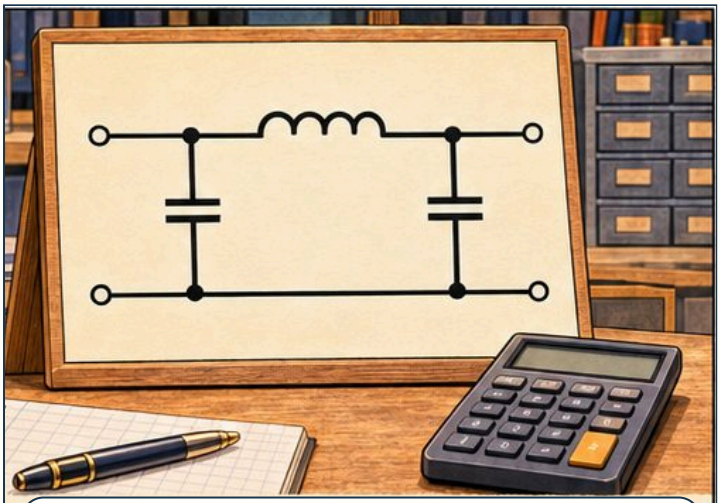
Begrijpen, berekenen, meten



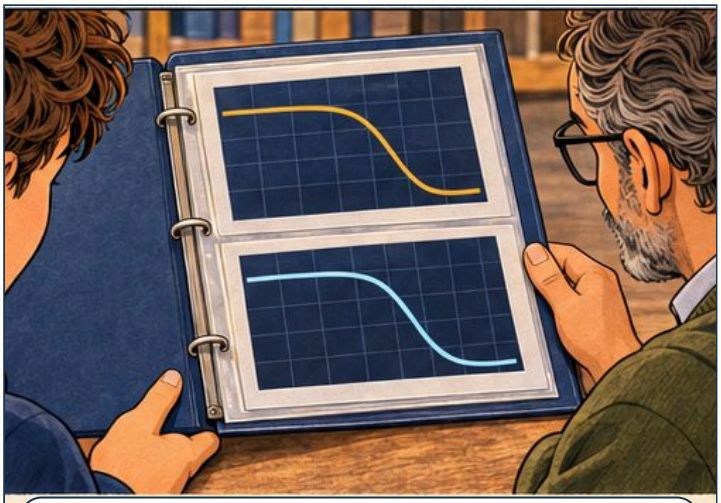
De drie onderdelen gaan terug in de lesdoos.



De jongen kan nu een behoefte aan een filterrespons koppelen.



Hij berekent deze π-Butterworth en controleert de eenheden.



Hij kan ook meten, vergelijken en afwijkingen onderzoeken.



Zijn schrift bewaart een methode met aannames en grenzen.



In de club begint de volgende ontdekking al met een vraag.