ON4CRD

Том 05

Изчисляване на филтри



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Правни бележки

Том 05 · Изчисляване на филтри

Издател на уебсайт : Radio Club Durnal ON4CRD

Мениджър публикации : Комитетът на Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Правни бележки

Интелектуална собственост

Текстове, изображения, документи, лога и материали, публикувани на сайта, остават собственост на съответните им автори или на клуба. Всяко възпроизвеждане или повторно използване трябва да зачита източника, приложимите права и всяко разрешение на автора.

Отговорност

Клубът работи за публикуване на полезна и проверена информация, но не гарантира липсата на грешки, пропуски или прекъсвания. Техническата или регулаторната информация трябва да се сверява с официални източници, когато подкрепя дадено решение.

Илюстрации, създадени с помощта на изкуствен интелект.

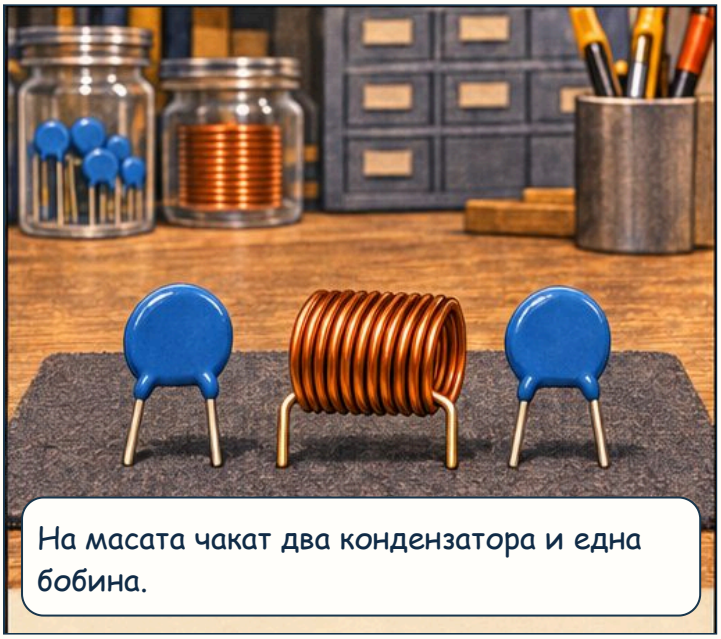
Нова задача



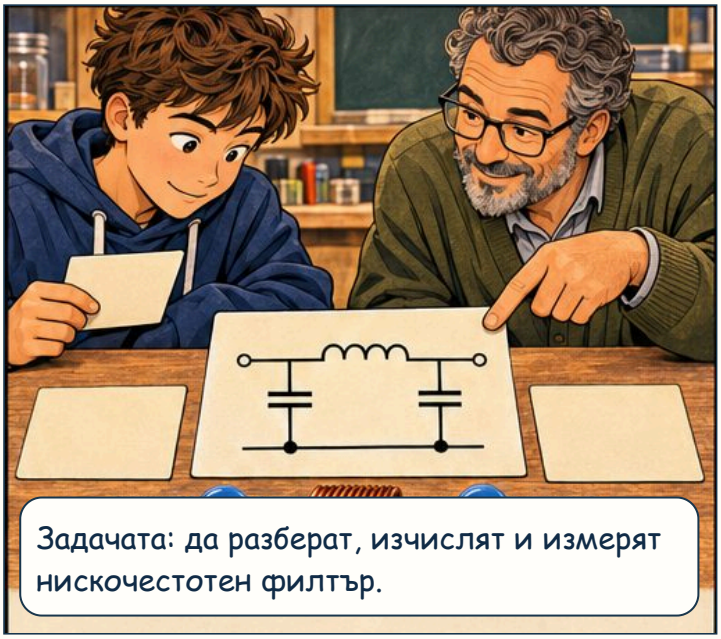
След заниманието по електричество Lucas намира тетрадката си в клуба.



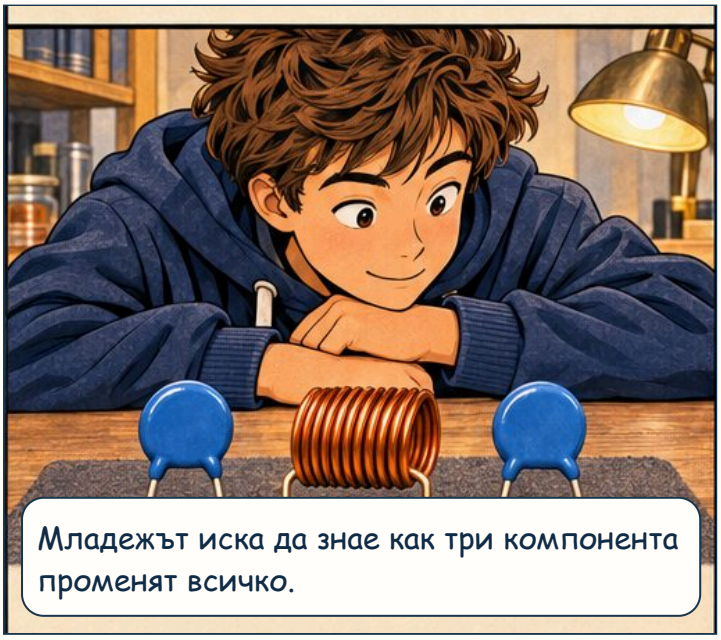
Henri подготвя демонстрация за качеството на сигналите.



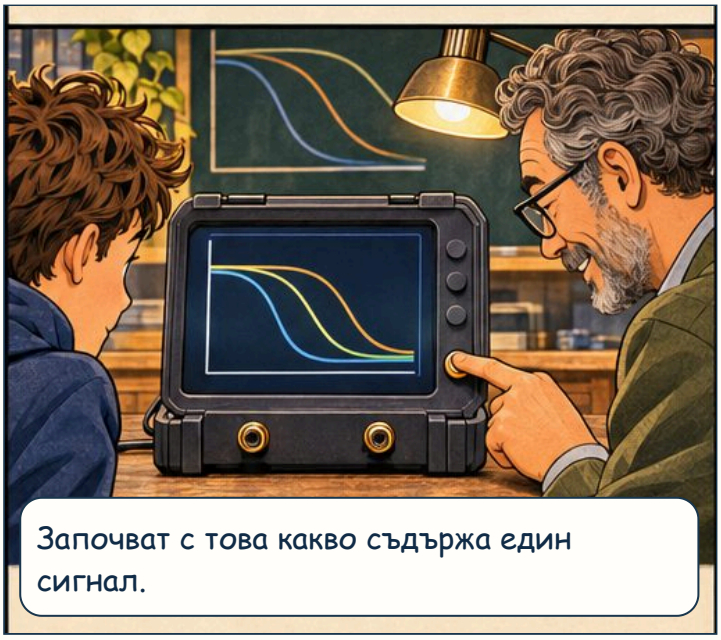
На масата чакат два кондензатора и една бобина.



Задачата: да разберат, изчислят и измерят нискочестотен филтър.

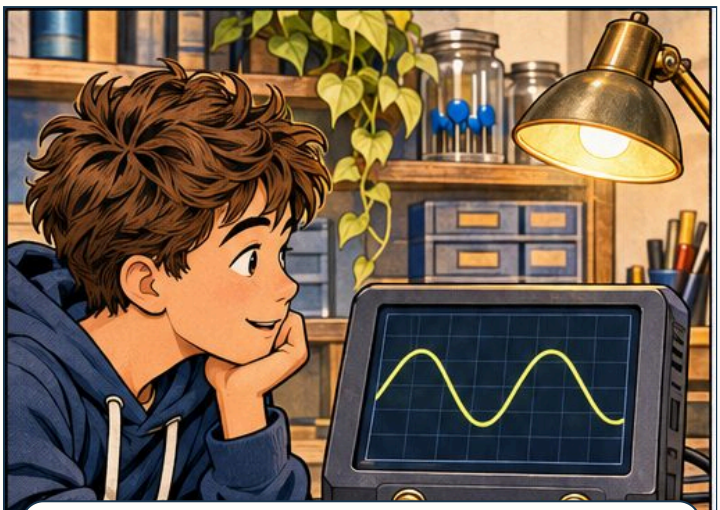


Младежът иска да знае как три компонента променят всичко.

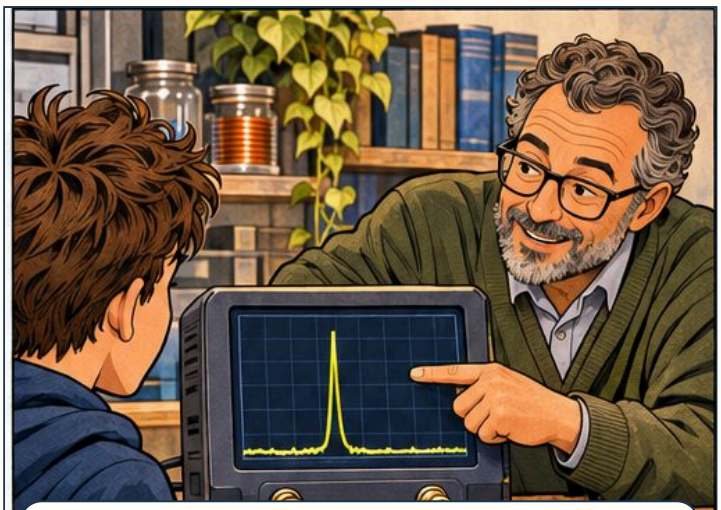


Започват с това какво съдържа един сигнал.

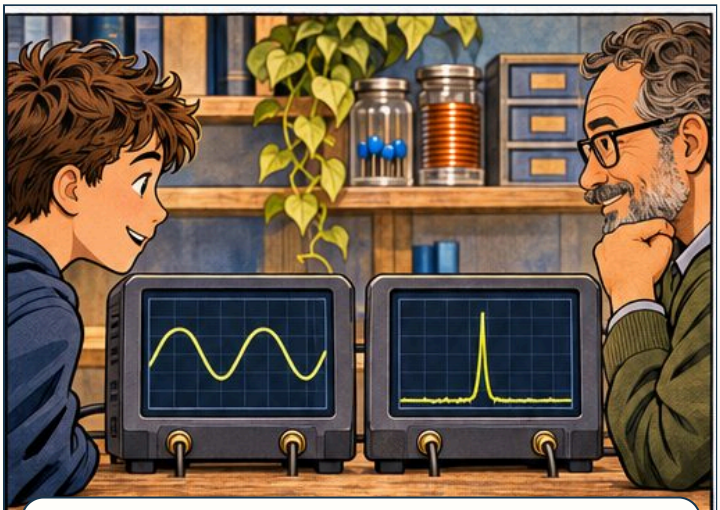
Сигналът и неговият портрет



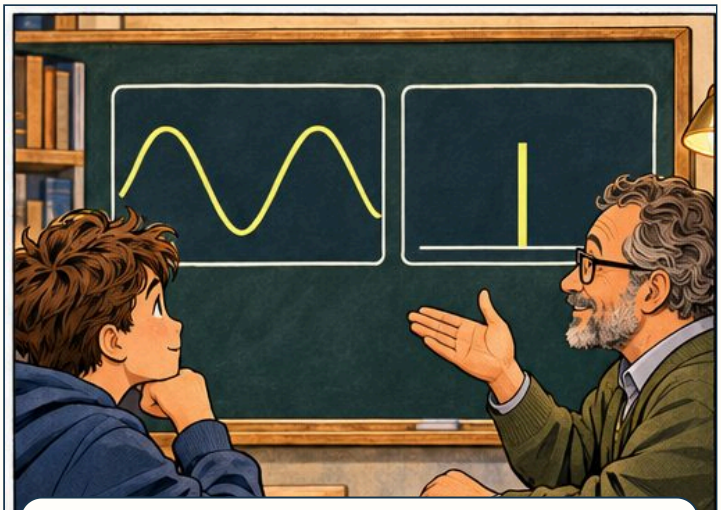
Времевата крива показва как се изменя сигналът.



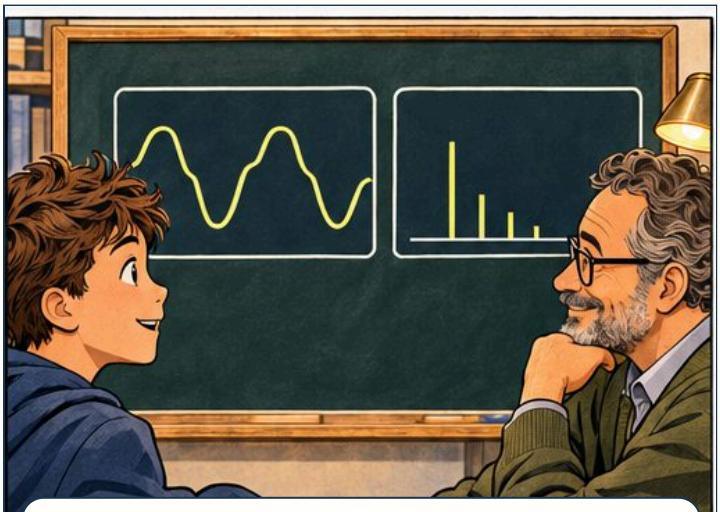
Спектърът представя съставките му според честотата.



Двата изгледа описват един и същ сигнал различно.



Идеалната синусоида има само една честота.

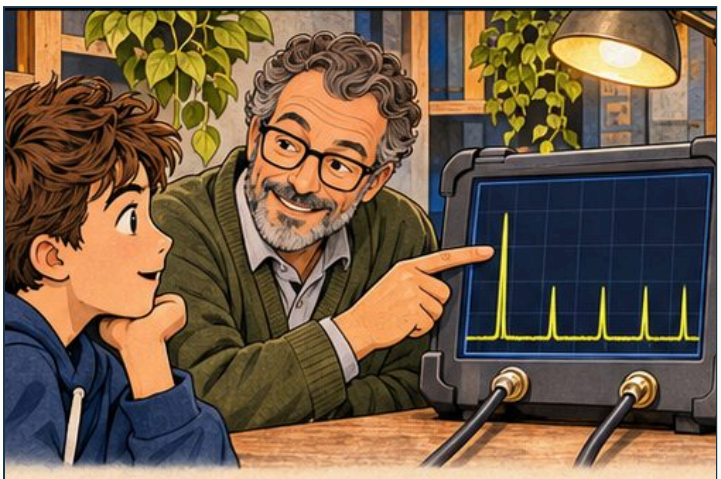


Изкривената форма може да съдържа няколко съставки.



Младежът открива портрет, който не е умеел да разчита.

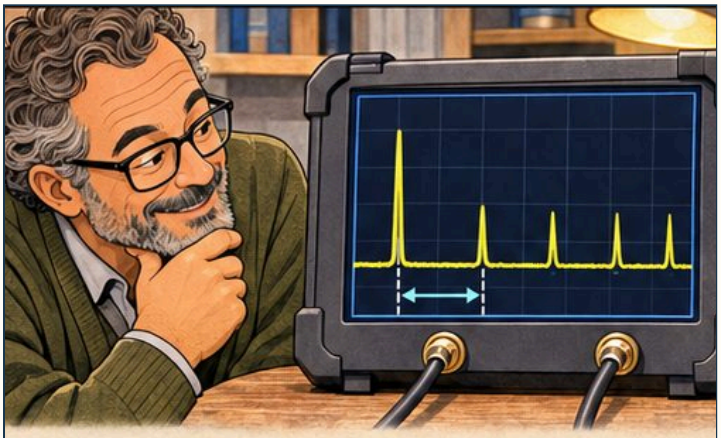
Хармониците се разкриват



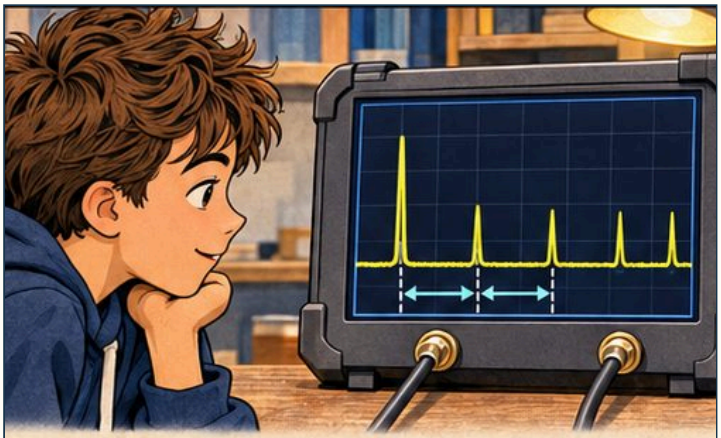
Основната честота дава първата отправна точка на периодичния сигнал.



Хармониците са цели кратни на тази честота.



Вторият е на два пъти основната честота.



Третият е на три пъти тази честота.

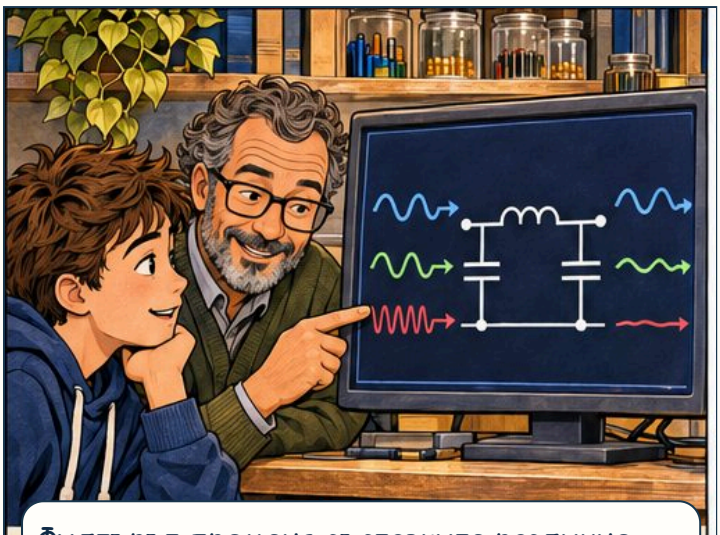


Не всички нежелани съставки обаче са хармоници.

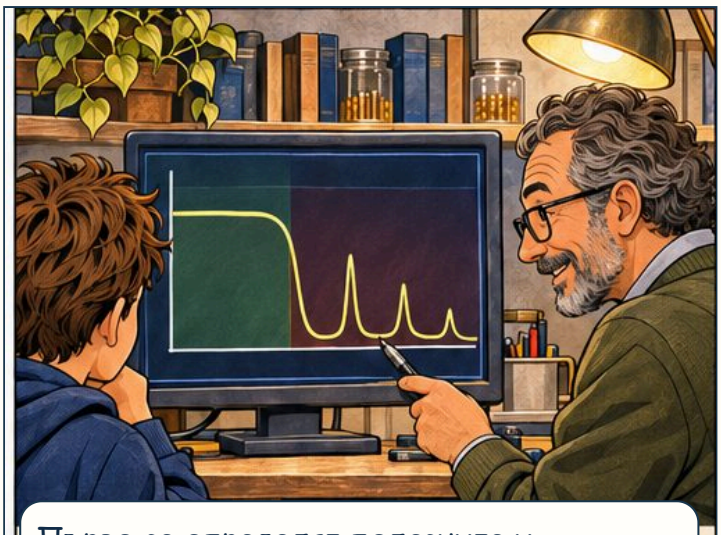


Филтърът трябва да отговаря на точно определена нужда.

Какво да запазим



Филтърът променя съставките различно според честотата им.



Първо се определят полезните и смущаващите честоти.



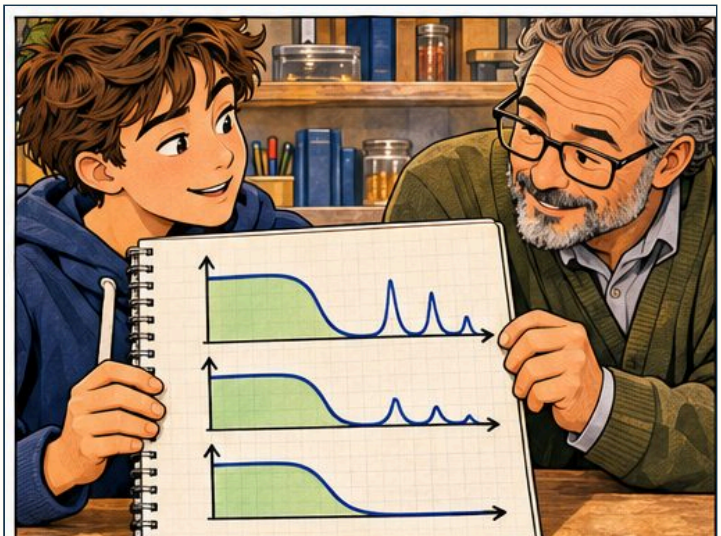
Задават се и желаните затихвания.



Без тези цели изчисляването на компоненти няма особен смисъл.

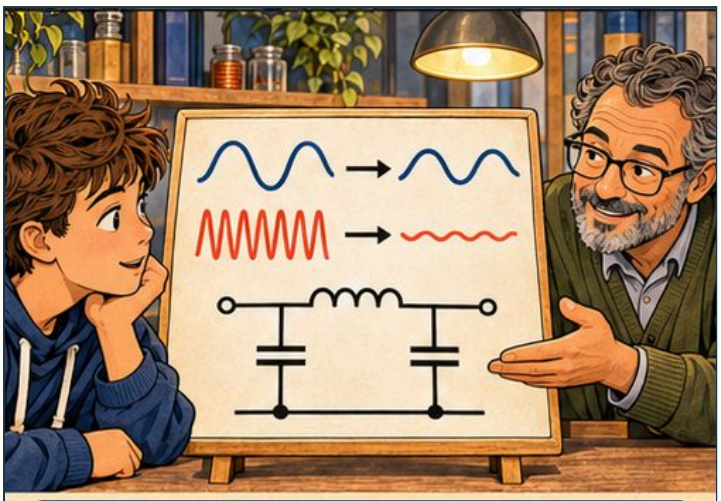


Младежът огражда полезната област в примерен спектър.



Тетрадката му става техническо задание.

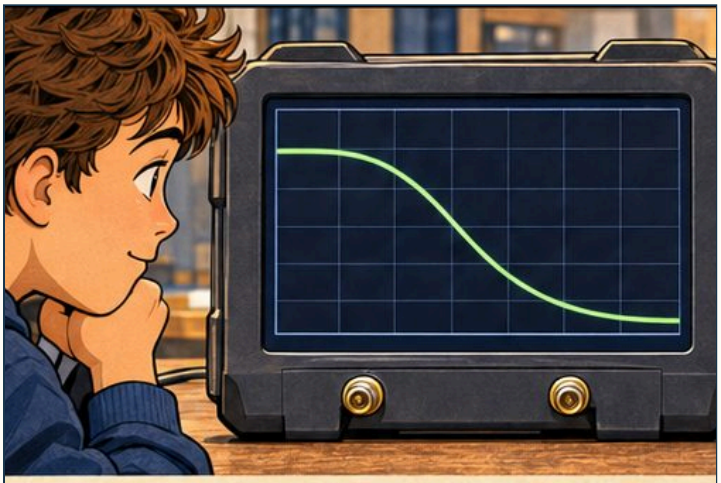
Изборът на нискочестотен филтър



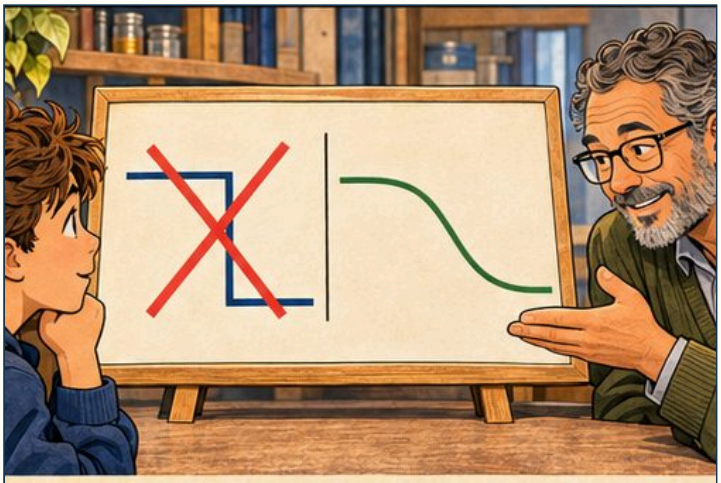
Нискочестотният филтър пропуска ниските честоти по-добре от високите.



Лентата му на пропускане е откъм ниските честоти.



По-нагоре затихването постепенно нараства.



Реалният преход никога не е идеална отвесна стена.



Този тип е подходящ за днешната демонстрация.



Младежът рисува наклон вместо преграда.

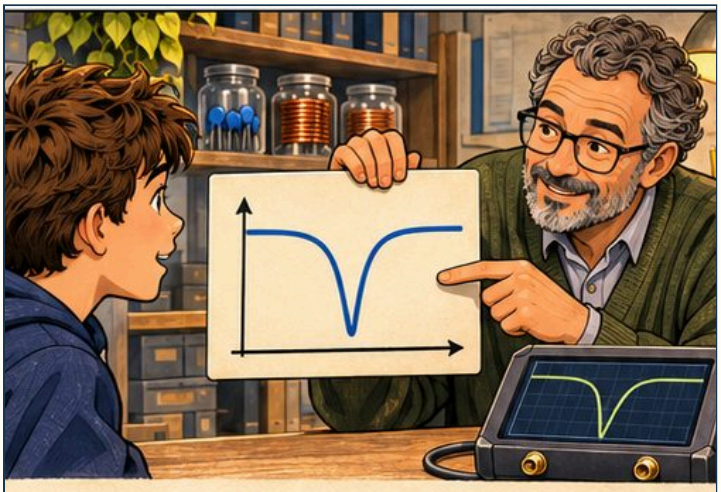
Други възможни пътища



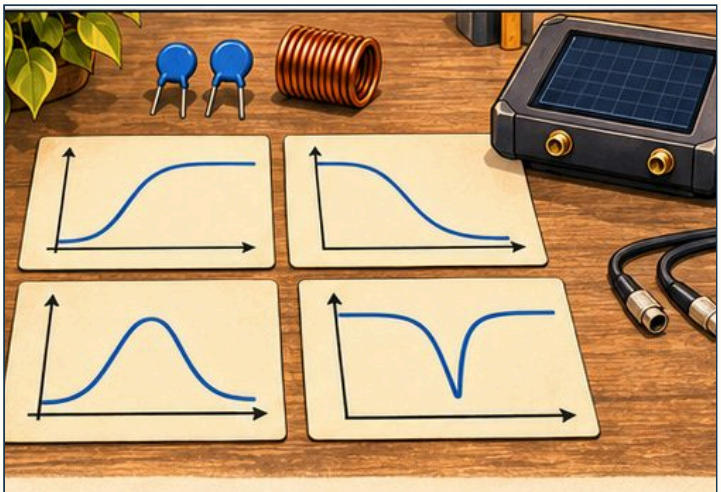
Високочестотният филтър потиска ниските и пропуска високите честоти.



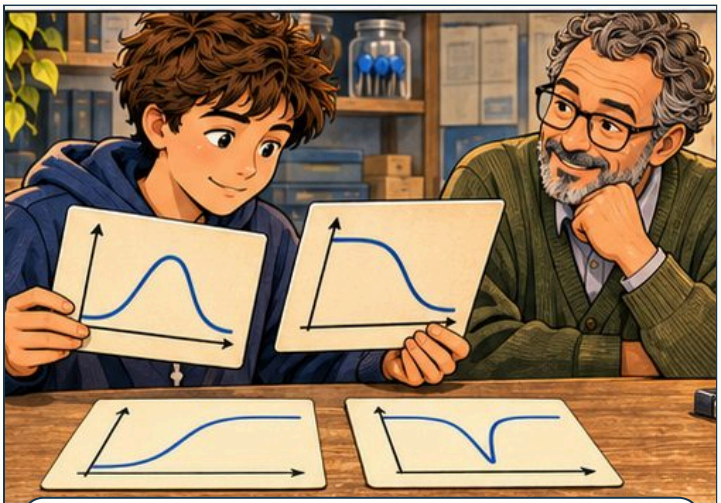
Лентовопропускащият предпочита област между две граници.



Лентовозадържащият, напротив, потиска избрана област.



Тези семейства отговарят на различни нужди.

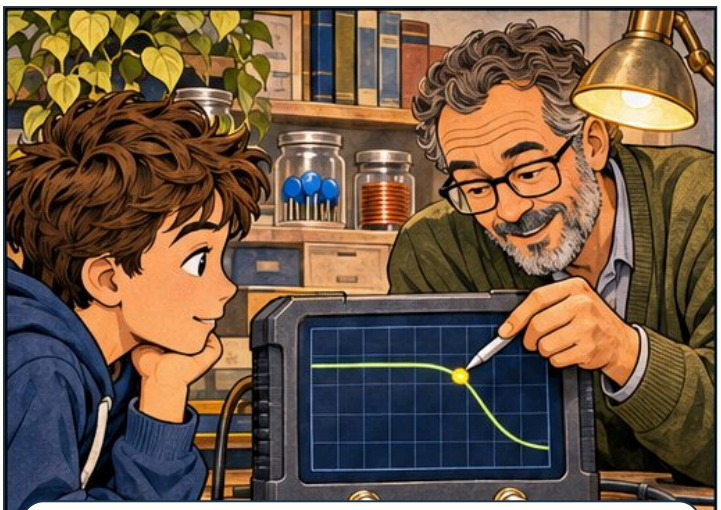


Името описва характеристика, а не универсално качество.



Младежът прибира три карти за следващо занимание.

Граница, която още пропуска



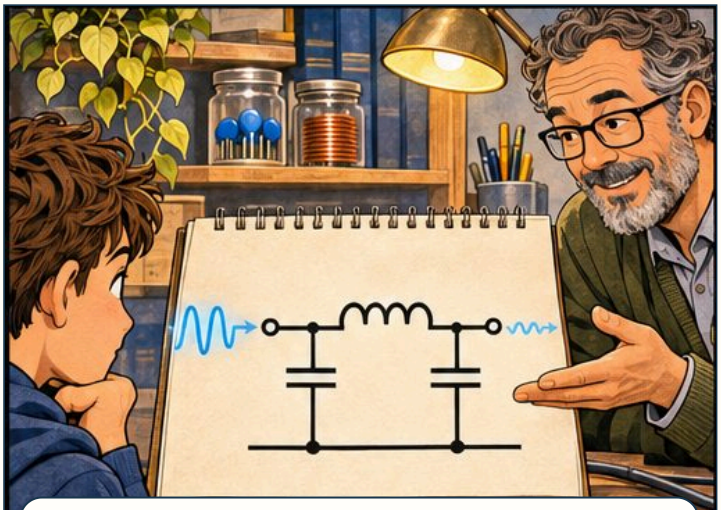
Граничната честота тук означава опорно ниво.



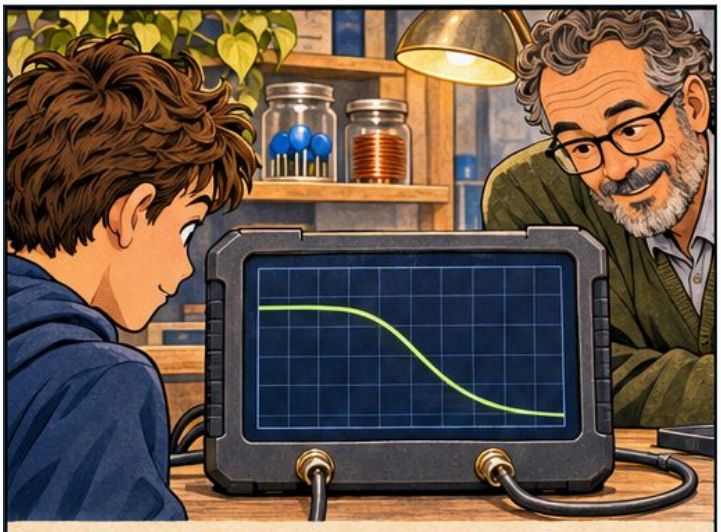
Тя не означава внезапно изчезване на сигнала.



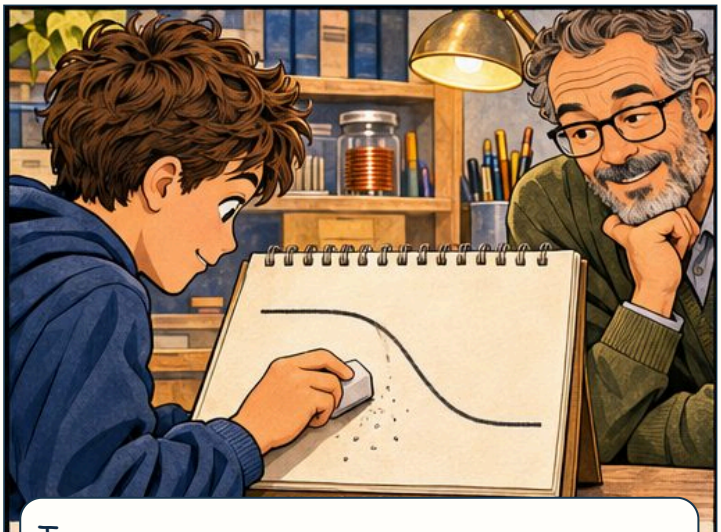
За идеалния им Butterworth ще съответства на около −3 dB.



Следователно филтърът още предава енергия на тази честота.



Над нея затихването продължава да расте.

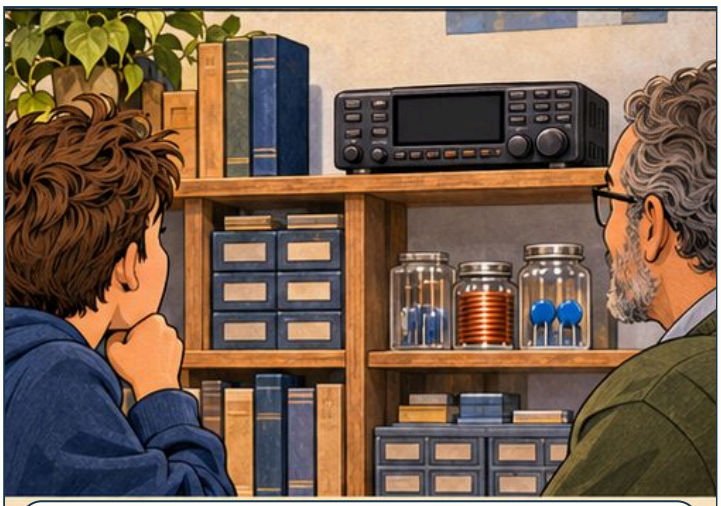


Това уточнение предотвратява първа погрешна представа.

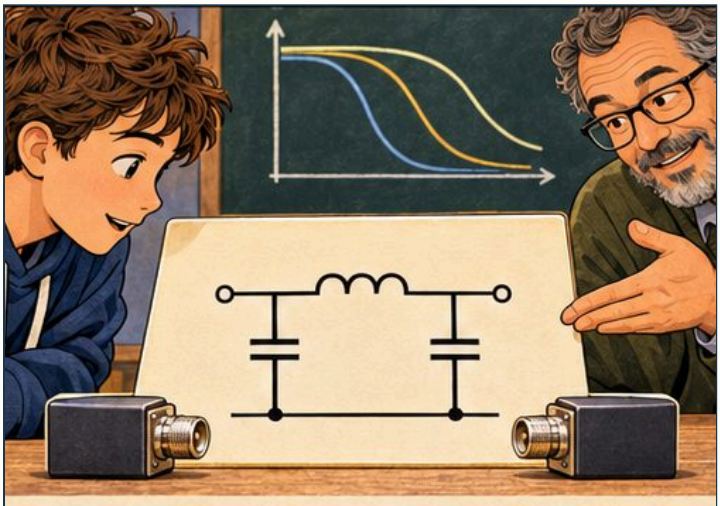
Лабораторен пример



Избират теоретична гранична честота 10 MHz.



Тази учебна стойност не определя честота за излъчване.



Опорният източник и товар ще са по 50 Ω.



Ще изследват схемата на стенда с малък сигнал.



Няма да свързват антена или предавател.



Целта е измерима характеристика, а не радиовръзка.

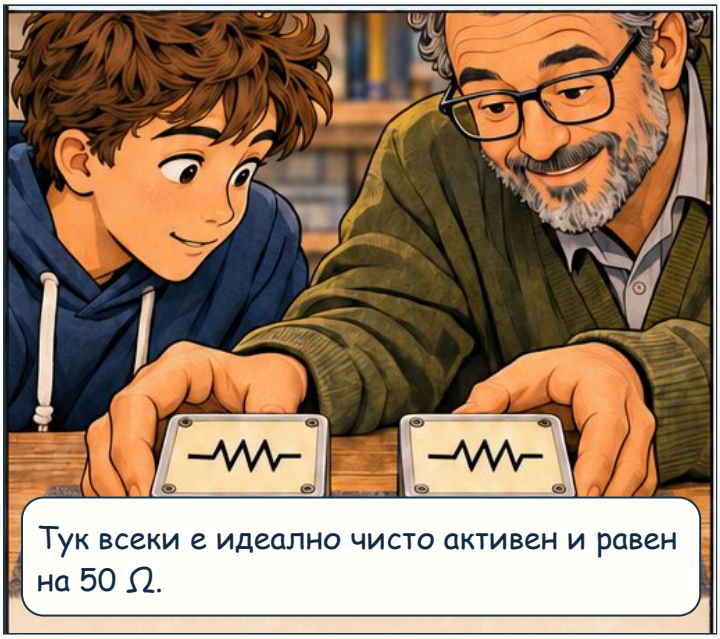
Защо да уточним 50 ома?



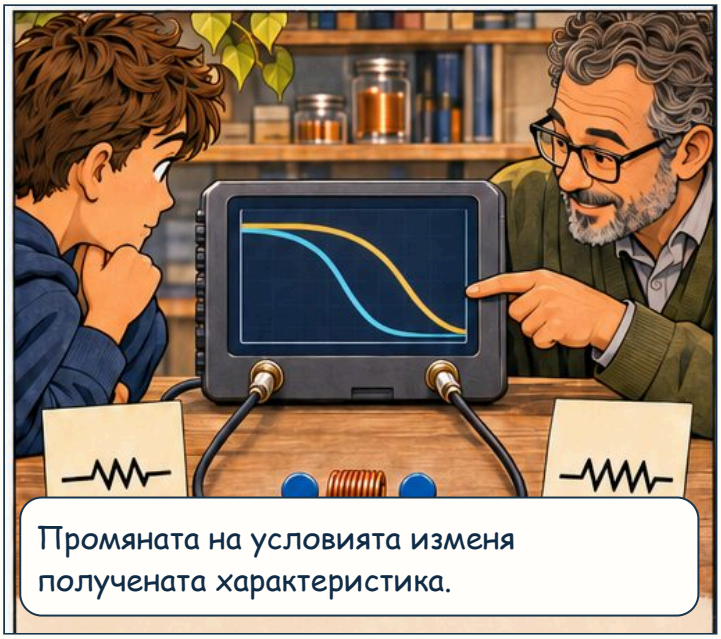
Филтърът работи между източник и товар.



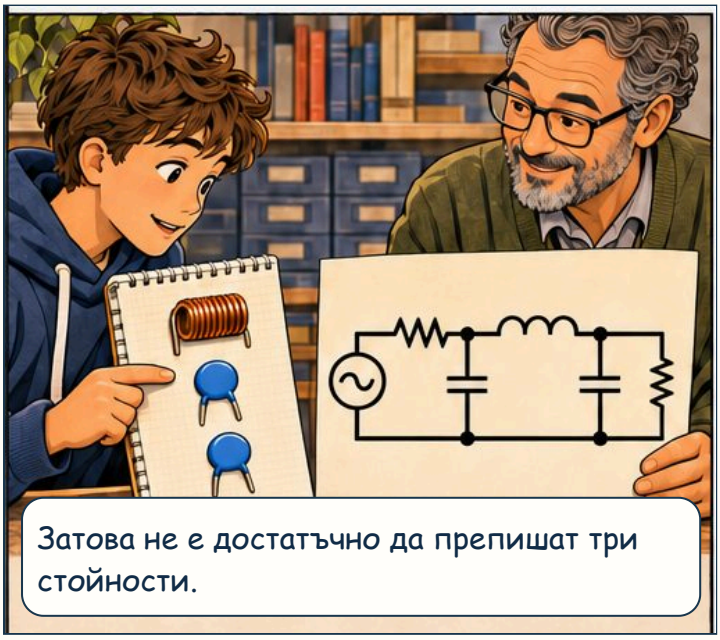
Техните импеданси са част от условията за изчисляване.



Тук всеки е идеално чисто активен и равен на 50 Ω.



Промяната на условията изменя получената характеристика.



Затова не е достатъчно да препишат три стойности.

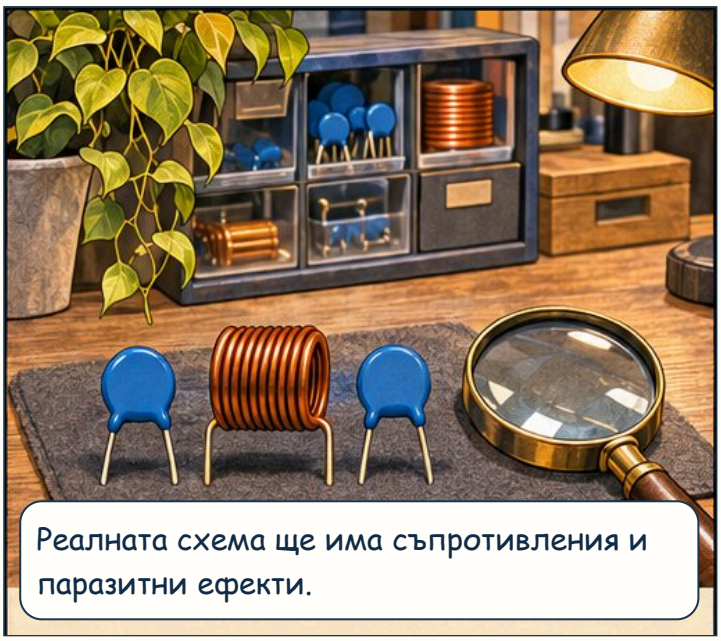


Младежът добавя двете крайни натоварвания в схемата.

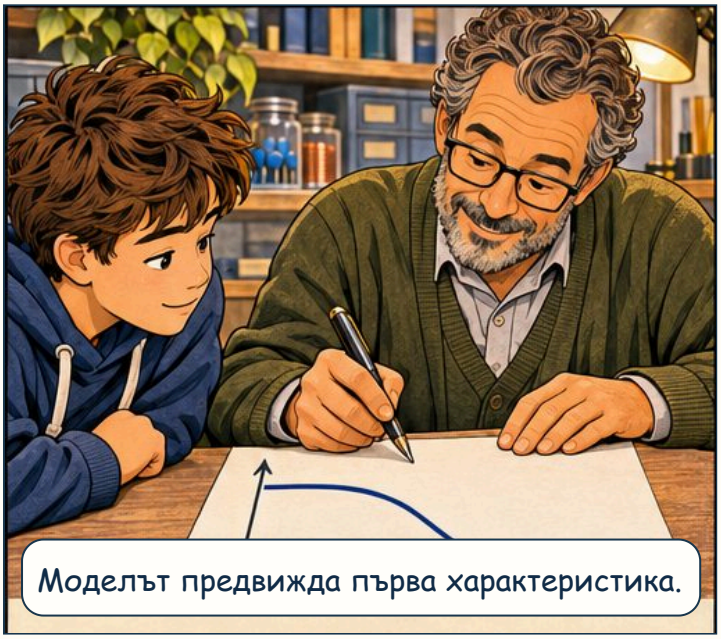
Моделът и реалната схема



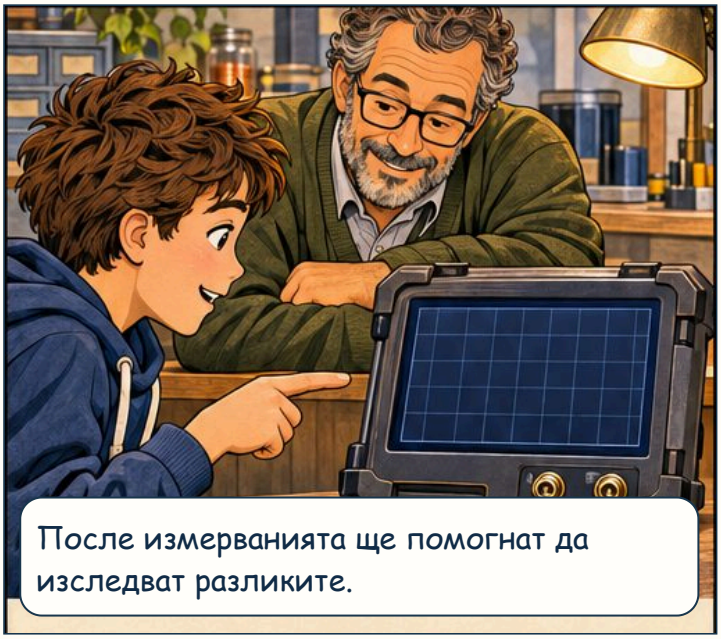
Изчислението започва с идеални компоненти без загуби.



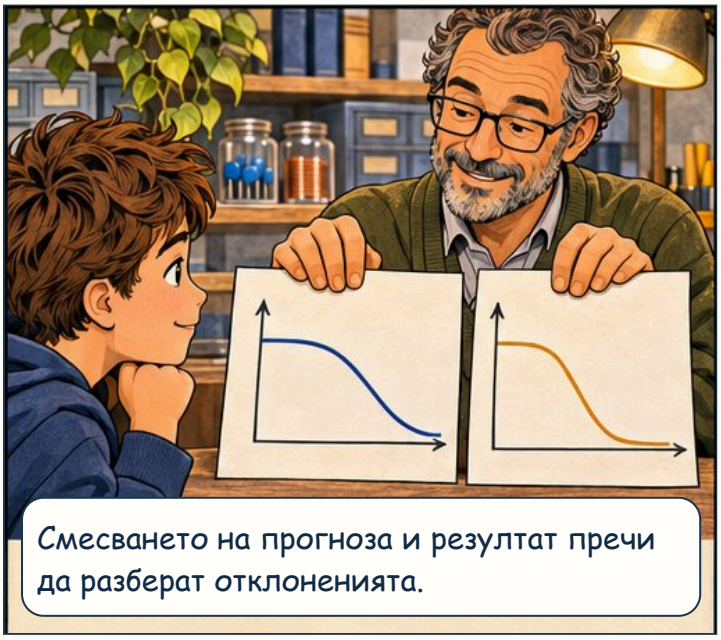
Реалната схема ще има съпротивления и паразитни ефекти.



Моделът предвижда първа характеристика.



После измерванията ще помогнат да изследват разликите.

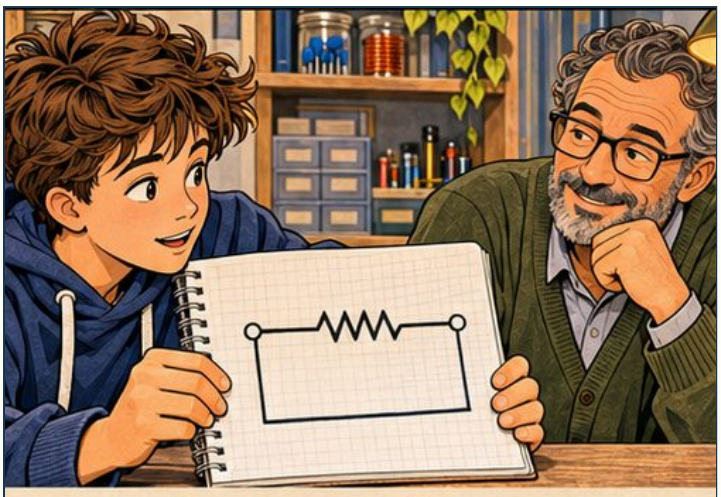


Смесването на прогноза и резултат пречи да разберат отклоненията.

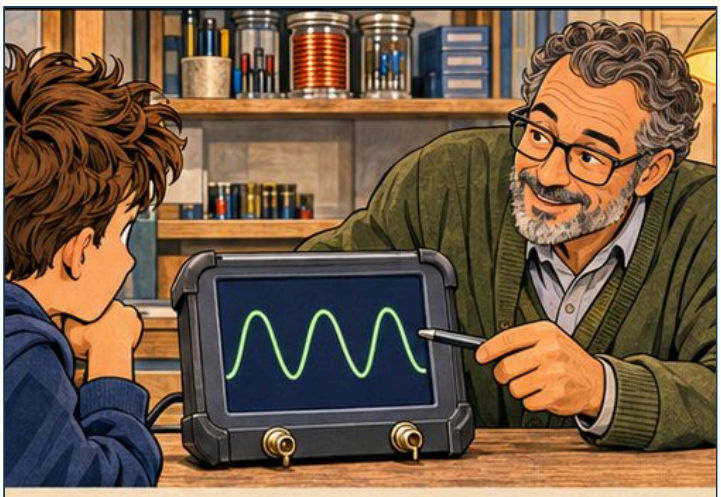


В тетрадката има отделно място за всяко.

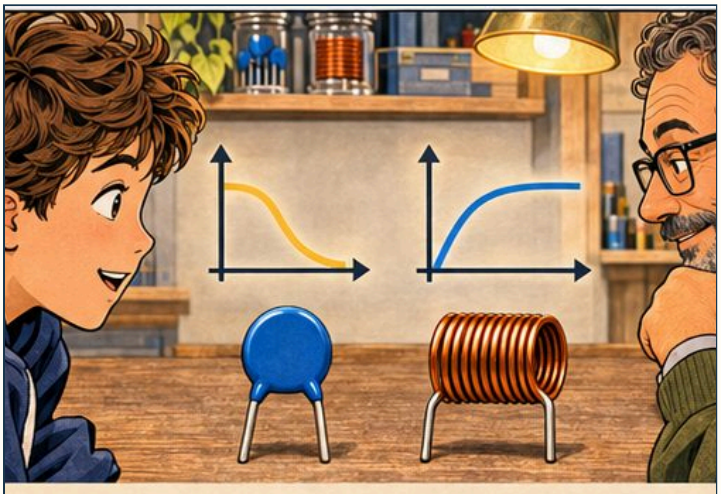
Само съпротивление вече не стига



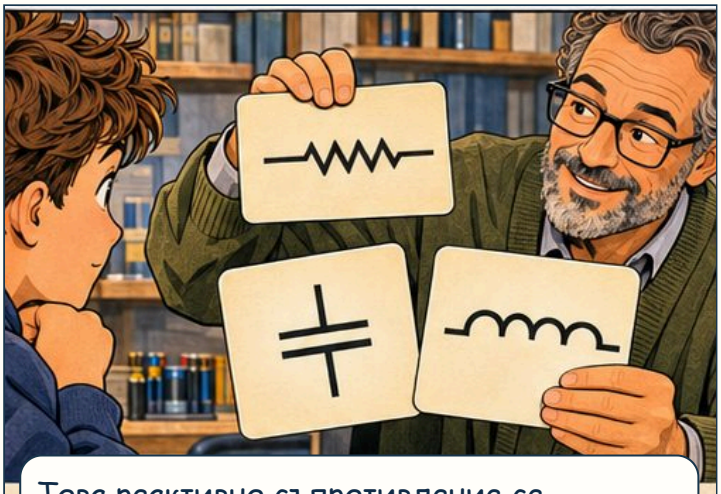
Предишният том свързваше напрежение, ток и съпротивление при постоянен ток.



Тук сигналът се изменя бързо и честотата има значение.



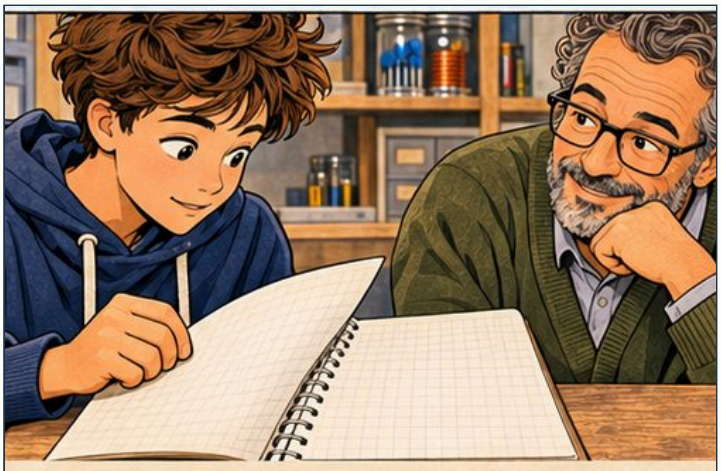
Кондензаторите и бобините оказват честотно зависимо противодействие.



Това реактивно съпротивление се различава от обикновеното активно съпротивление.



Импедансът описва по-общо електрическото поведение при променлив ток.

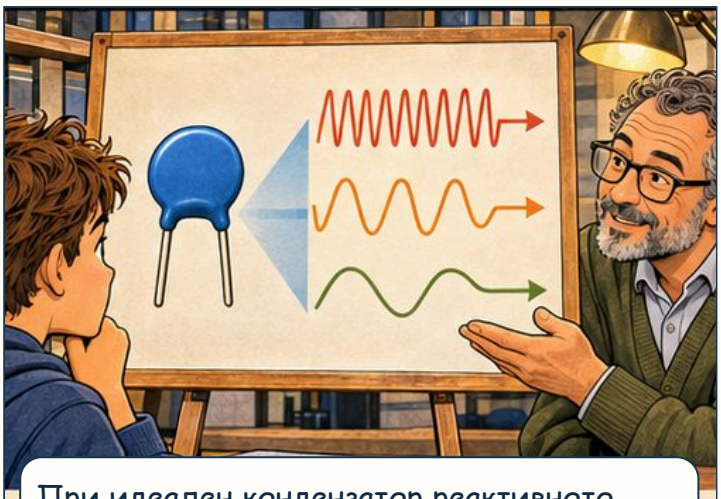


Младежът разбира защо е нужен нов модел.

Ролята на кондензатора



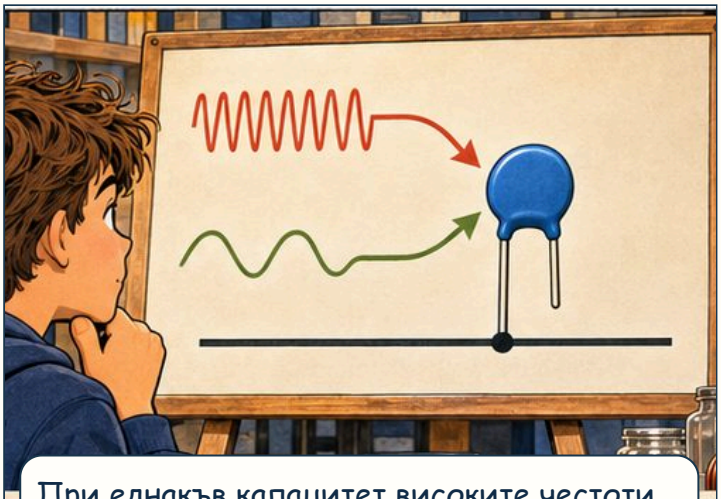
Капацитетът се означава с C и се измерва във фаради, F.



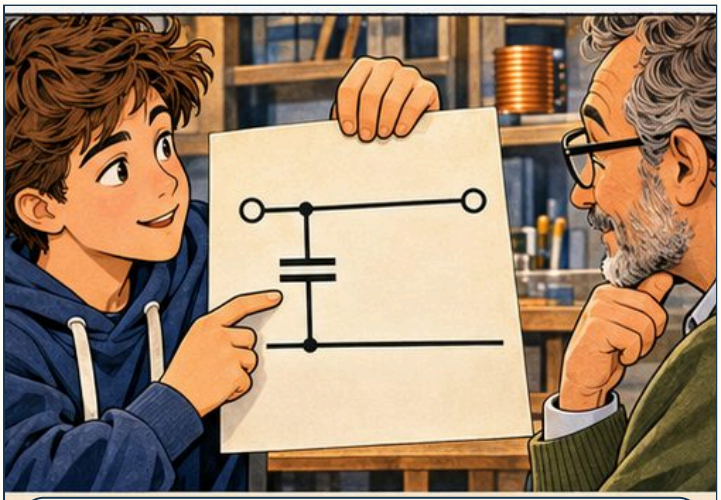
При идеален кондензатор реактивното съпротивление намалява с нарастване на честотата.



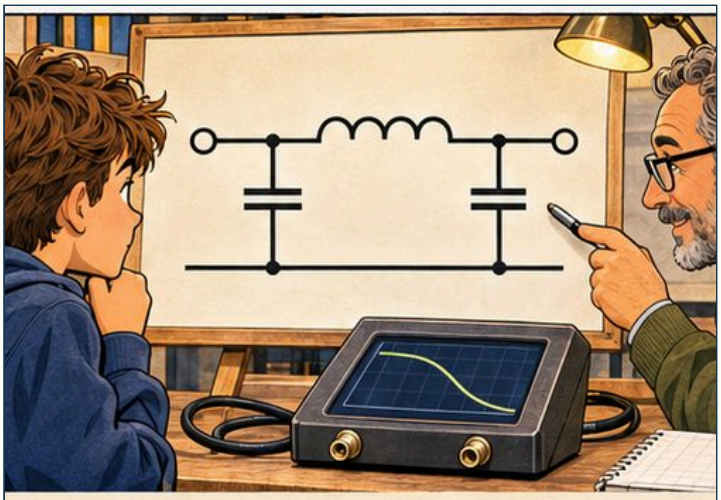
Абсолютната му стойност е Xc = 1/(2πfC).



При еднакъв капацитет високите честоти срещат по-малко реактивно съпротивление.



В техния филтър кондензаторите ще са свързани към общата маса.

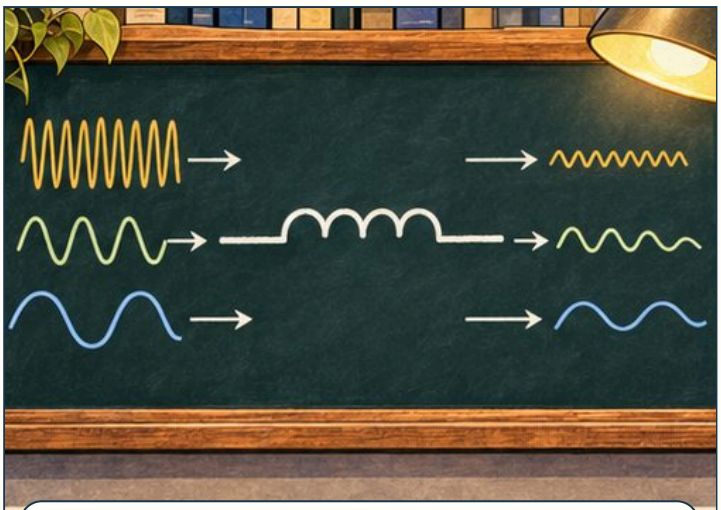


Ролята им зависи и от останалата схема.

Ролята на бобината



Индуктивността се означава с L и се измерва в хенри, H.



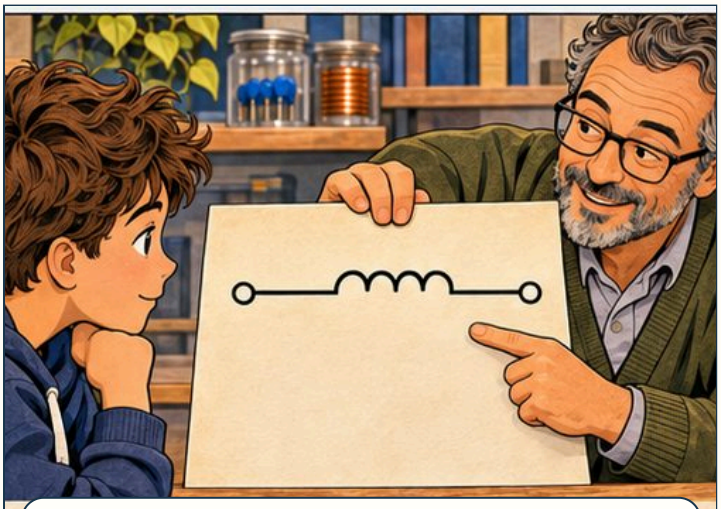
При идеална бобина реактивното съпротивление расте с честотата.



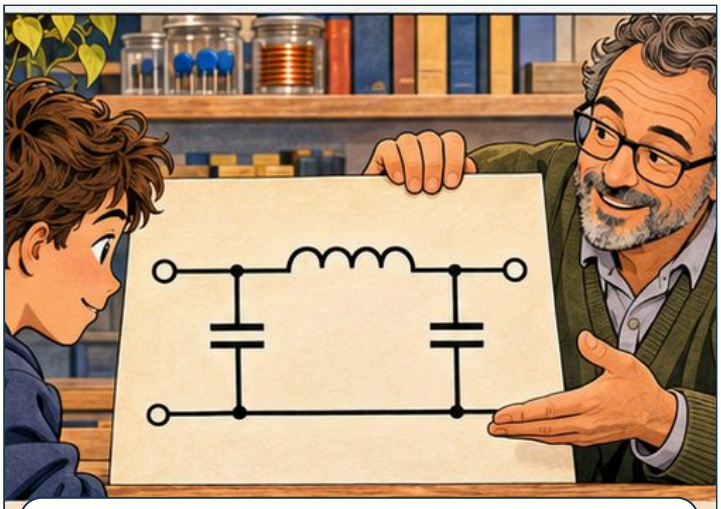
Абсолютната му стойност е XL = 2πfL.



При еднаква индуктивност високите честоти срещат по-голямо реактивно съпротивление.

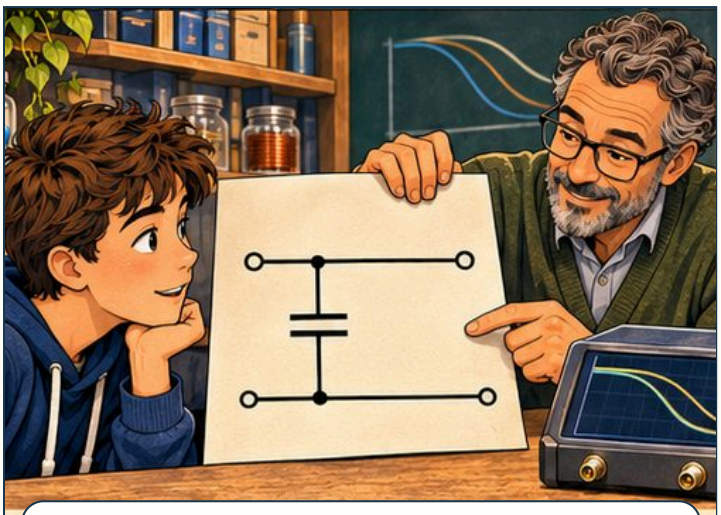


В техния филтър бобината ще е по пътя на сигнала.

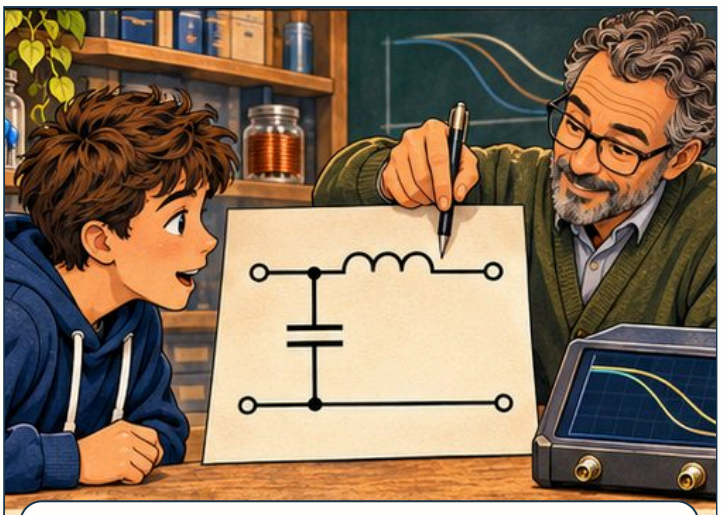


Двата вида компоненти ще действат заедно.

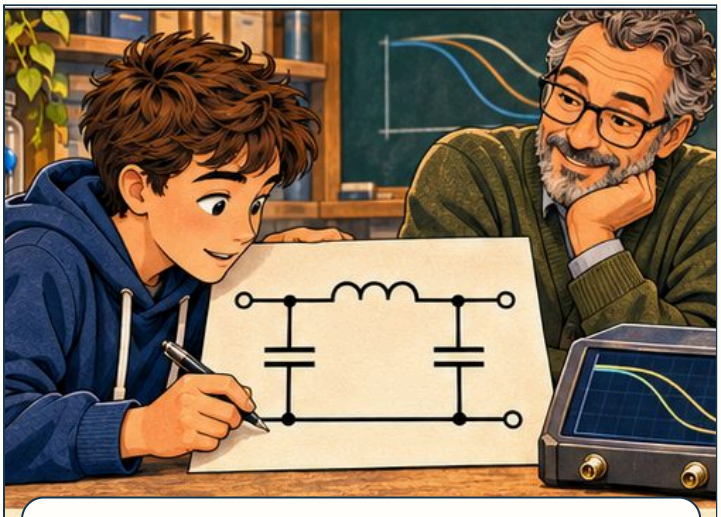
Схемата приема формата на π



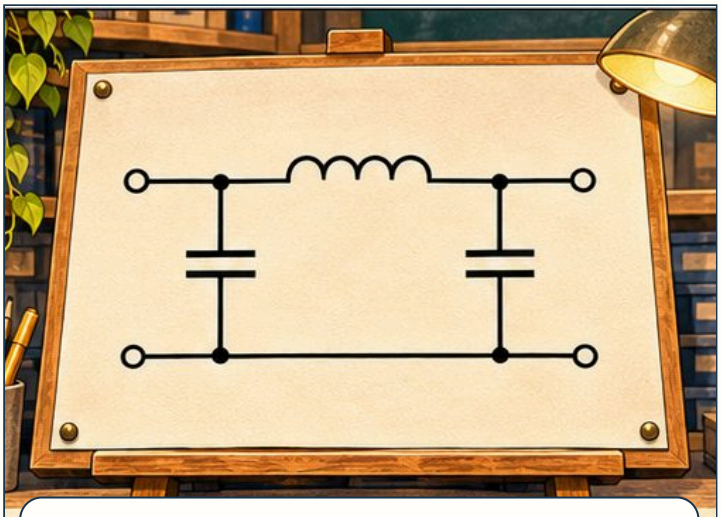
Входът стига до първи кондензатор, свързан към масата.



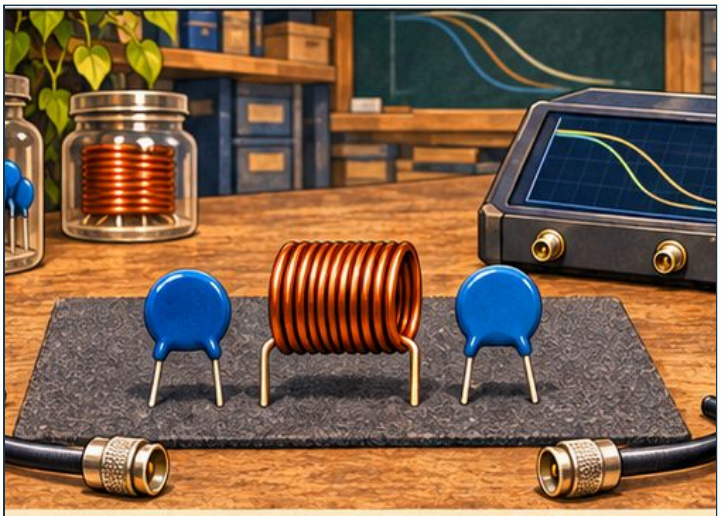
После бобина свързва входа и изхода последователно.



Втори кондензатор свързва изхода със същата маса.



От двете страни на бобината слизат два клона.



Подредбата напомня гръцката буква π.

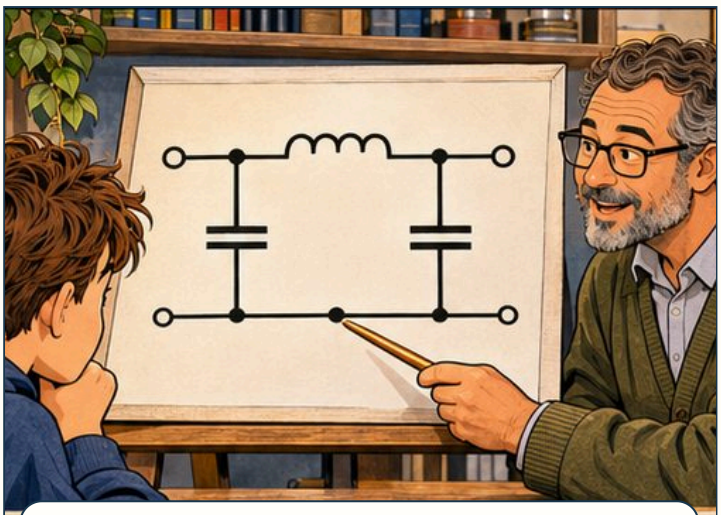


Младежът проследява всяка връзка с молива.

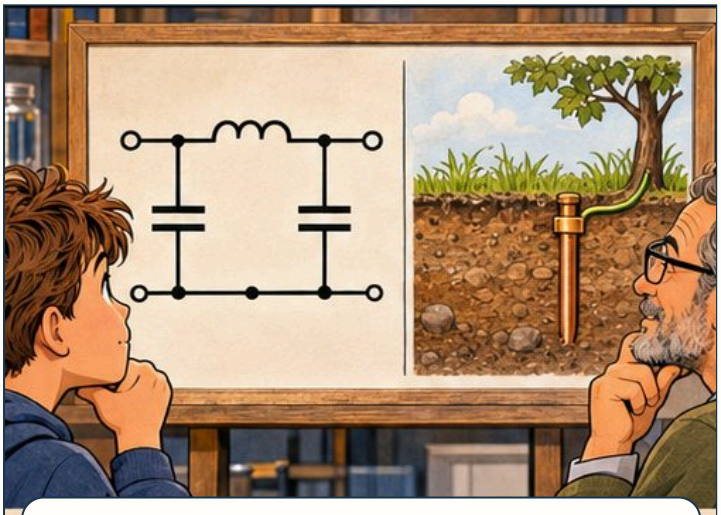
Масата в схемата



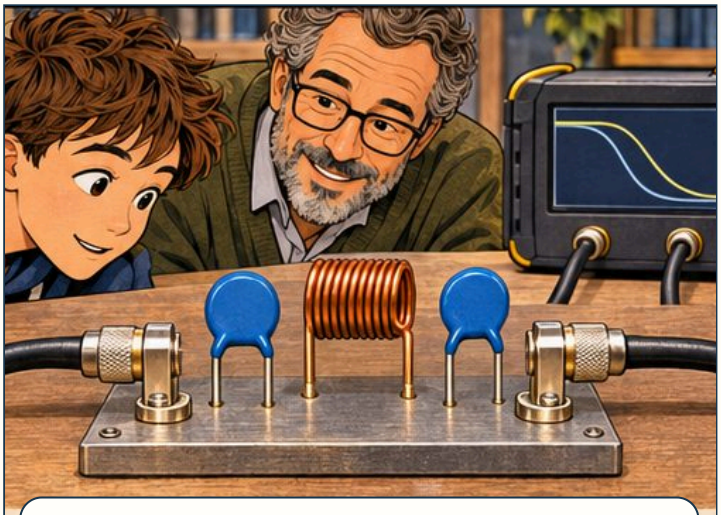
Двата кондензатора споделят общ електрически опорен потенциал.



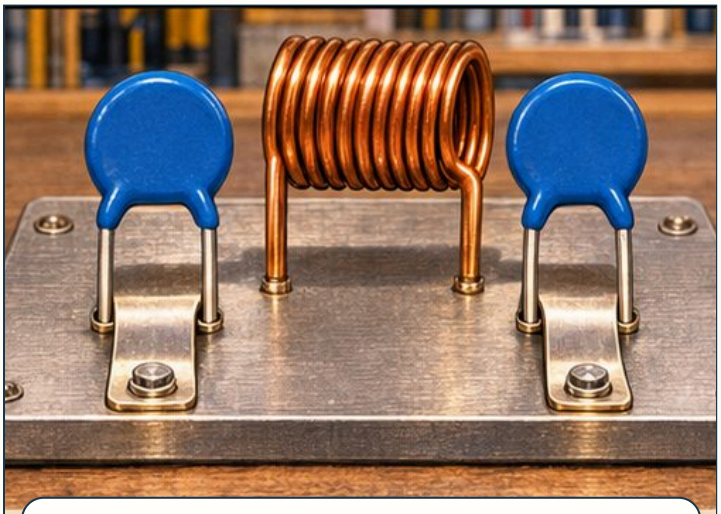
Символът за маса тук означава тази опорна точка на схемата.



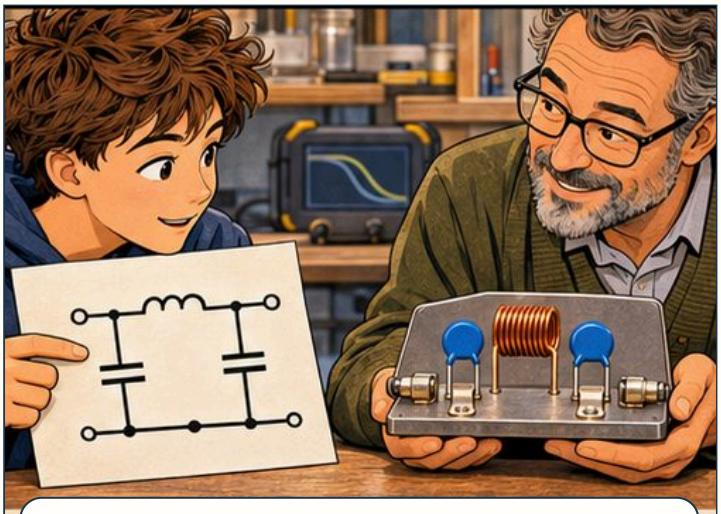
Той не означава автоматично връзка със земята.



Екраните на коаксиалните кабели се свързват към масата според проекта.



Късата връзка ограничава някои паразитни ефекти.

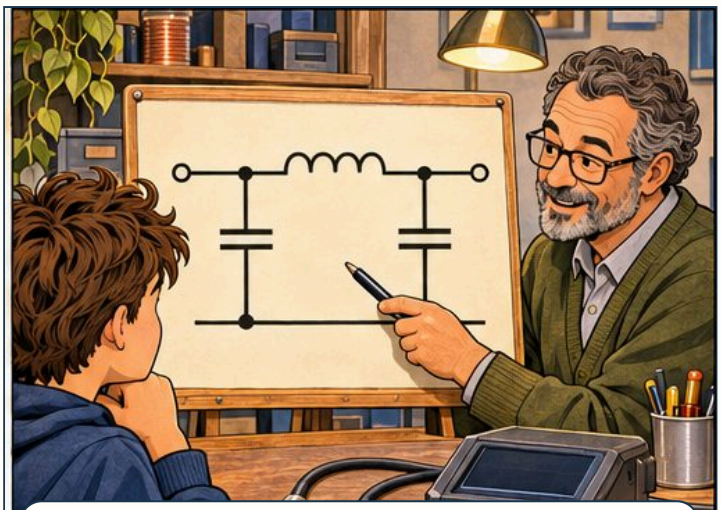


Младежът различава символа от практическото изпълнение.

Три елемента, един ред



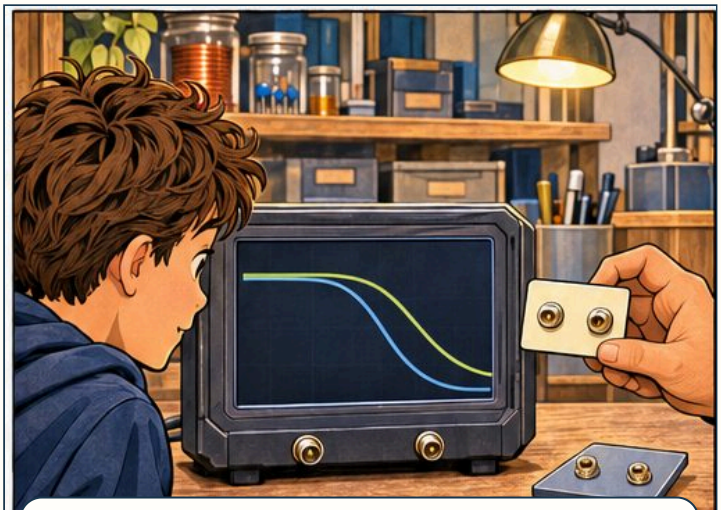
Тази идеална мрежа има три реактивни елемента: C, L и C.



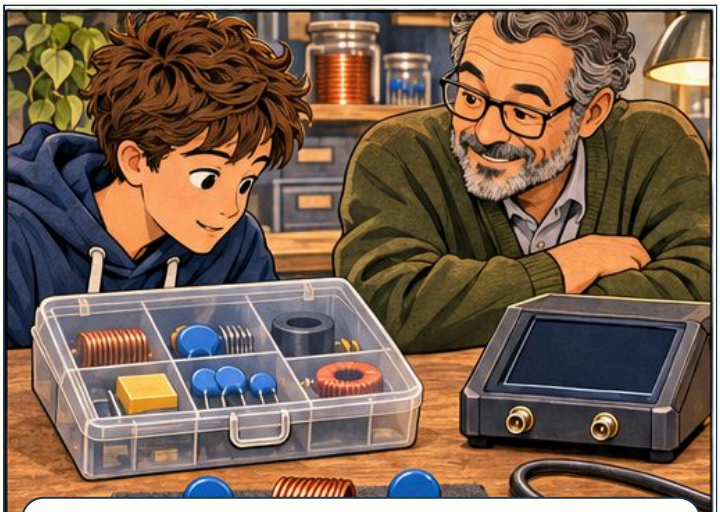
Тук те образуват нискочестотен филтър от трети ред.



Редът характеризира и наклона далеч от границата в модела.



Неподходящ импеданс все пак би променил характеристиката.



Случайното добавяне на компоненти не създава желания филтър.

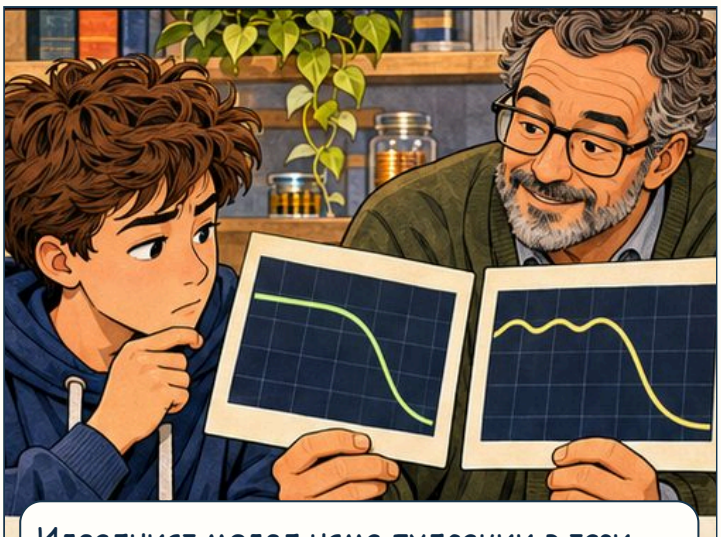


Топологията на схемата трябва да съответства на изчислението.

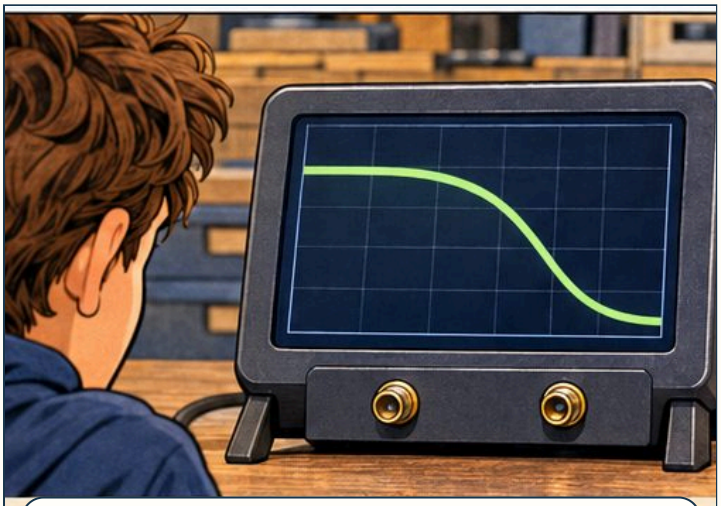
Защо Butterworth?



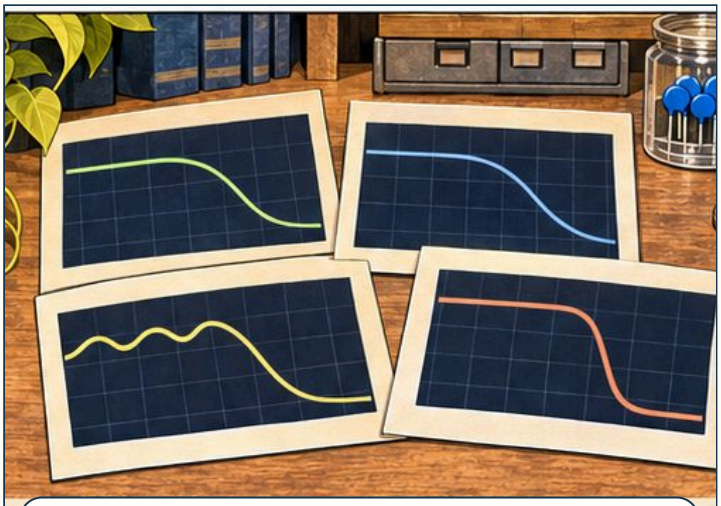
Характеристиката Butterworth е максимално плоска в лентата на пропускане.



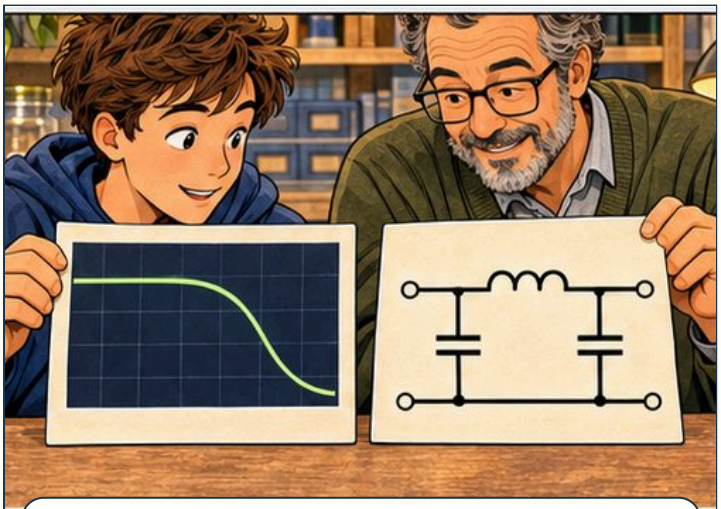
Идеалният модел няма пулсации в тази лента.



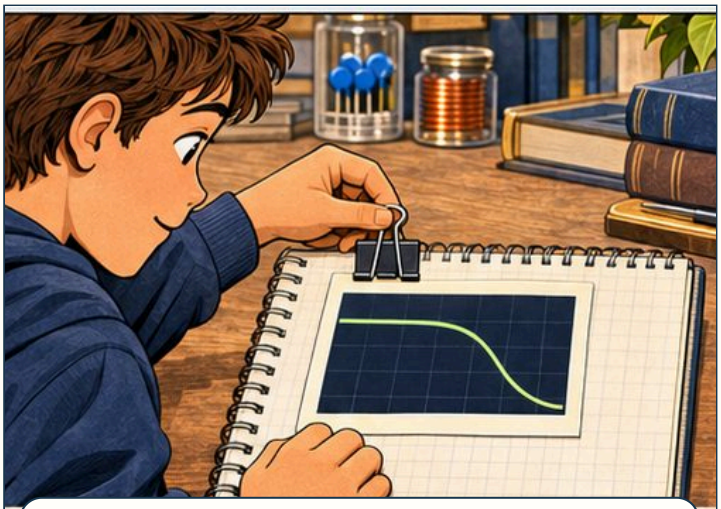
Преходът остава плавен, с характерна кривина.



Други характеристики приемат различни компромиси.

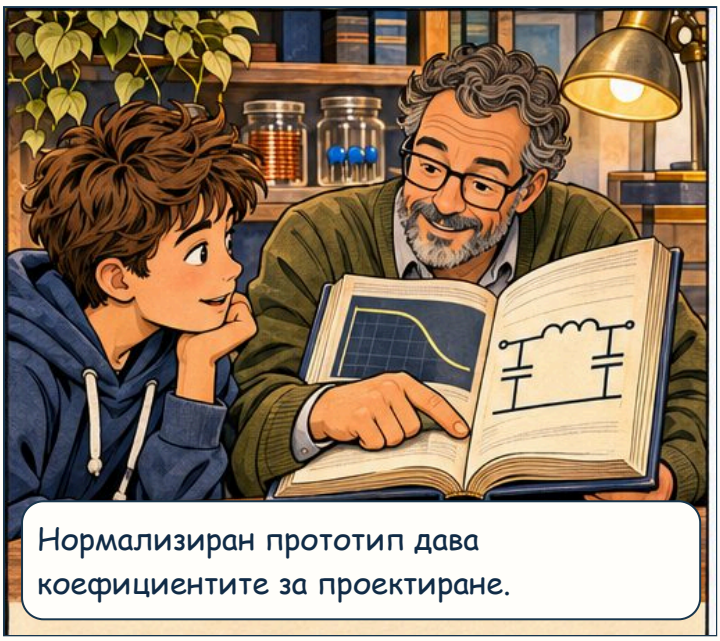


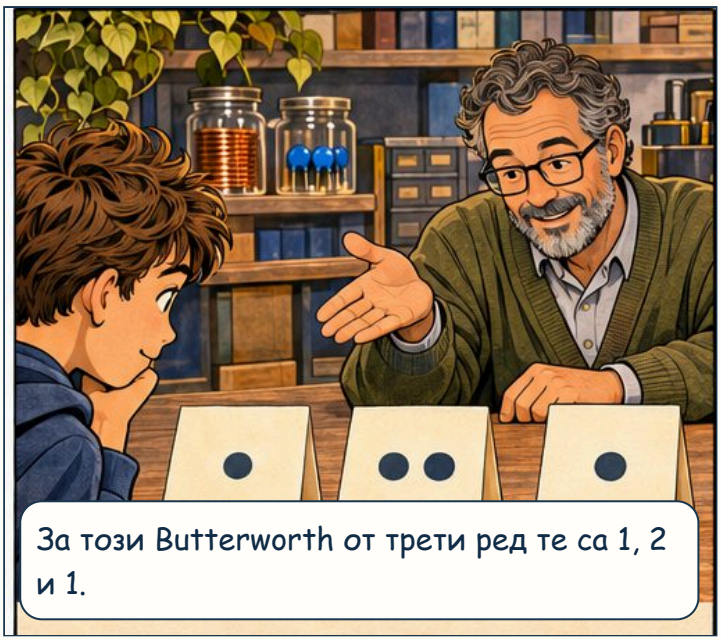
Избират това семейство за ясен първи проект.



Името уточнява повече от думата нискочестотен.

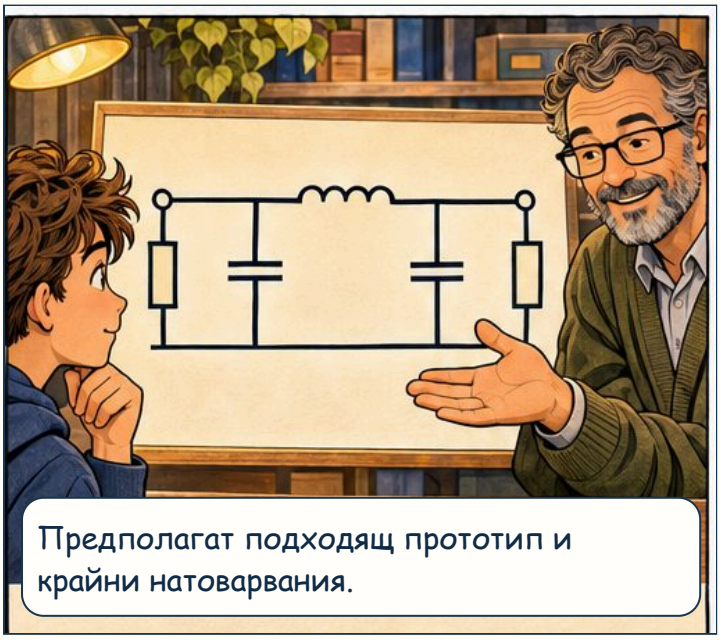
Прототип за начало

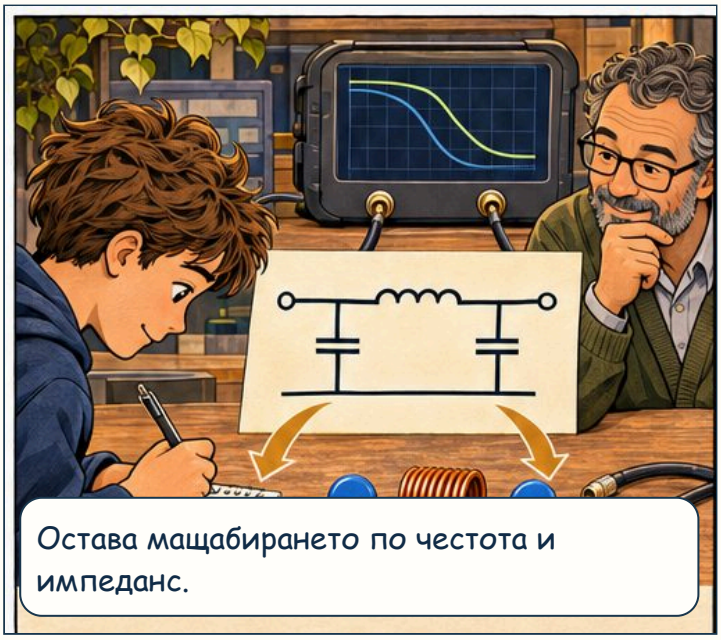






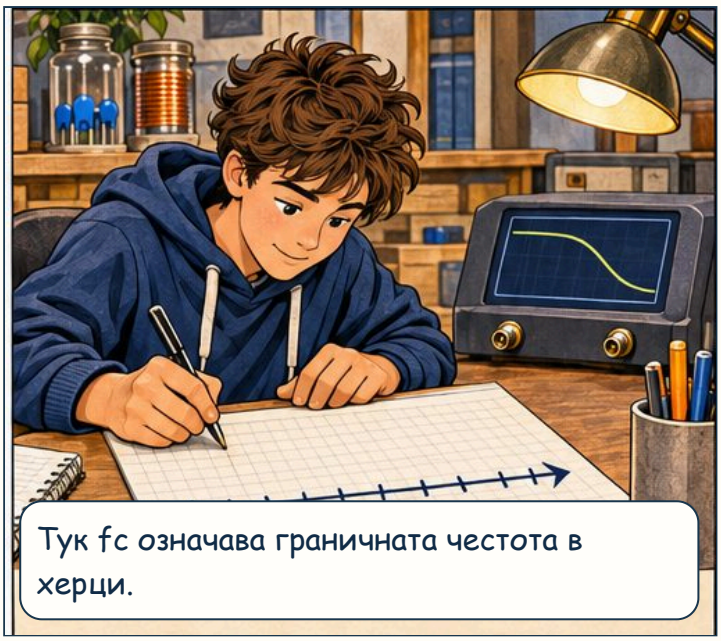






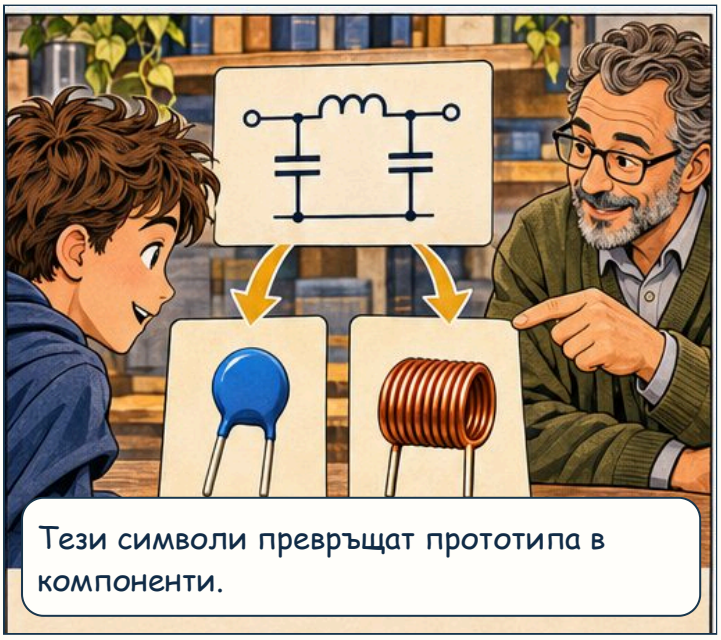
Промяна на мащаба

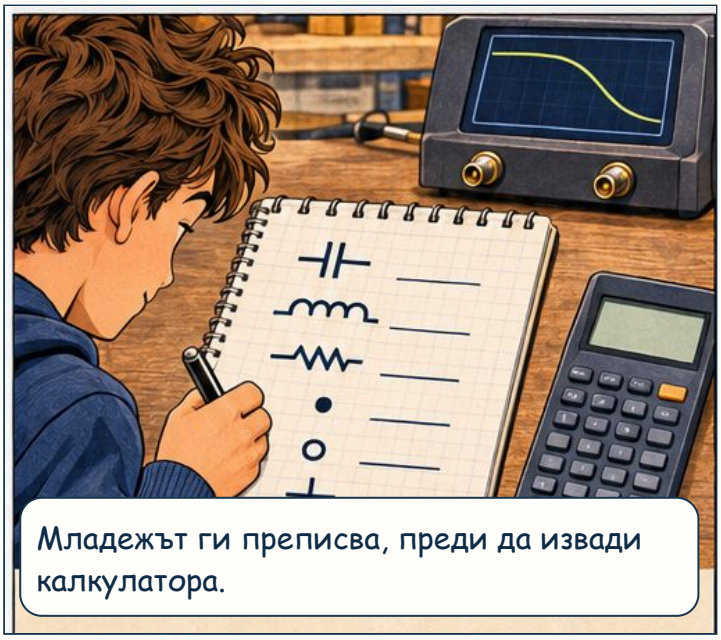








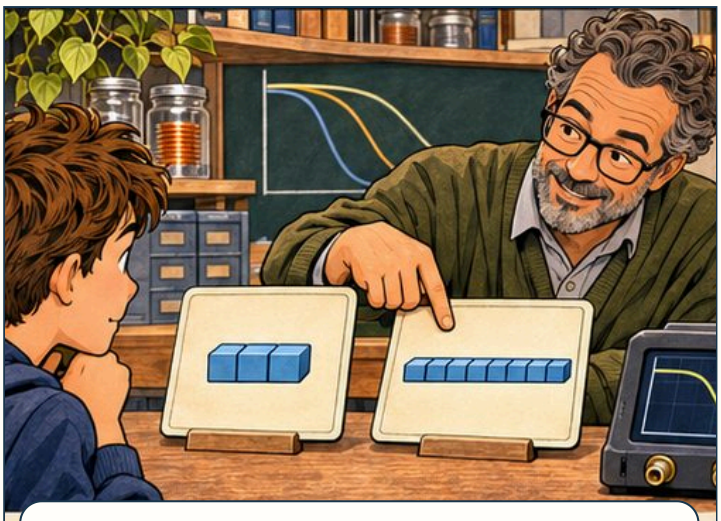




Единиците преди числата



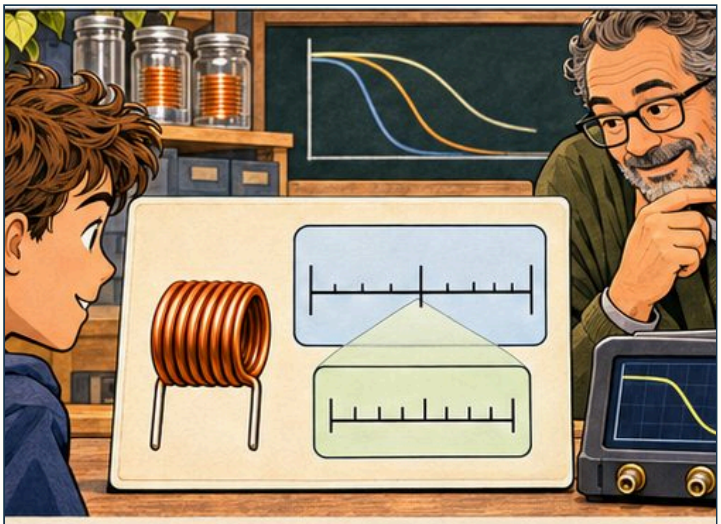
Един мегахерц е един милион херца.



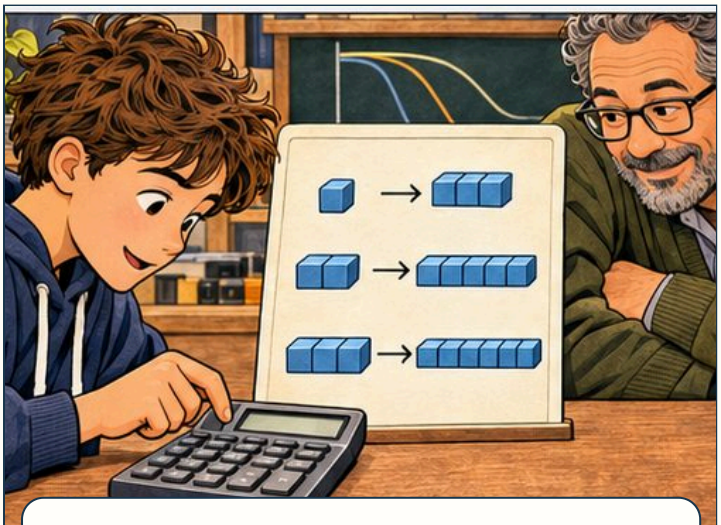
Границата 10 MHz следователно е 10 000 000 Hz.



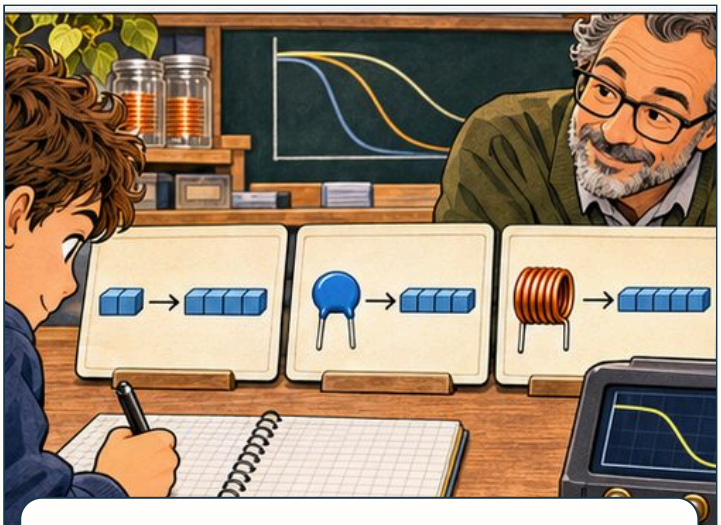
Един пикофарад е 10^{-12} F.



Един микрохенри е 10^{-6} H.



Формулите първо ще използват основните единици.

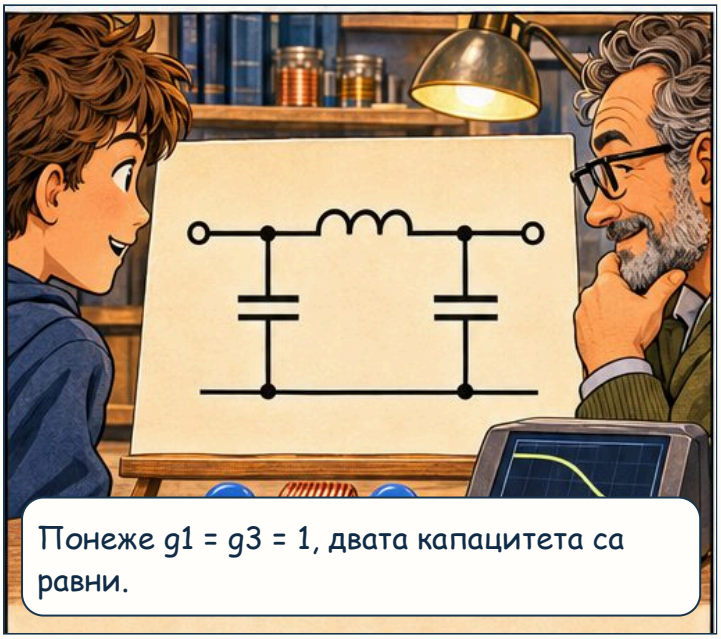


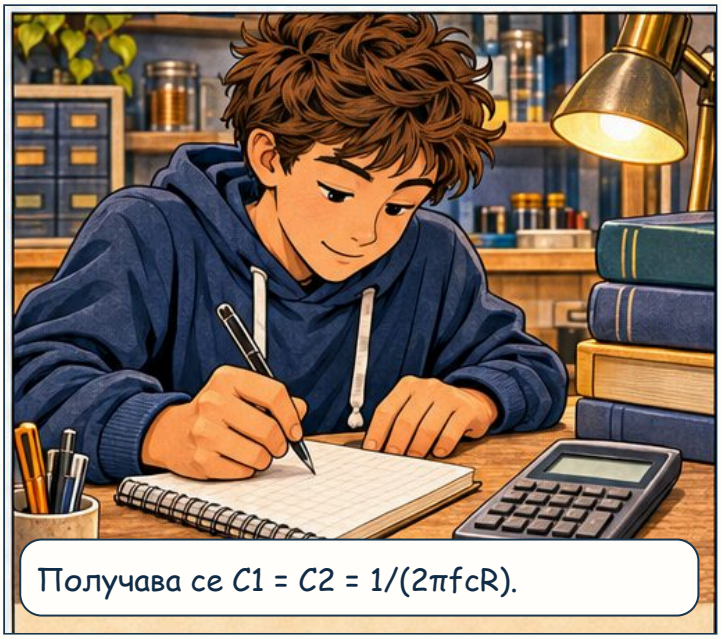
Младежът държи преобразуванията видими до сметките.

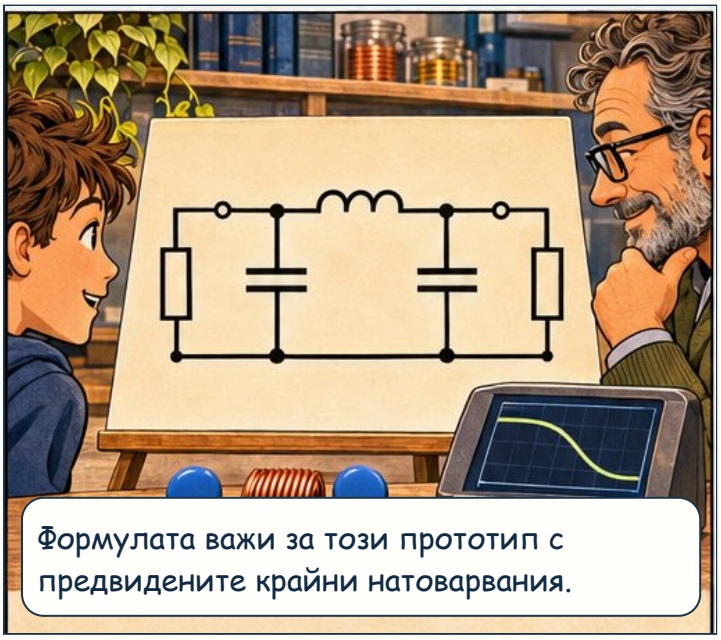
Формулите за кондензаторите

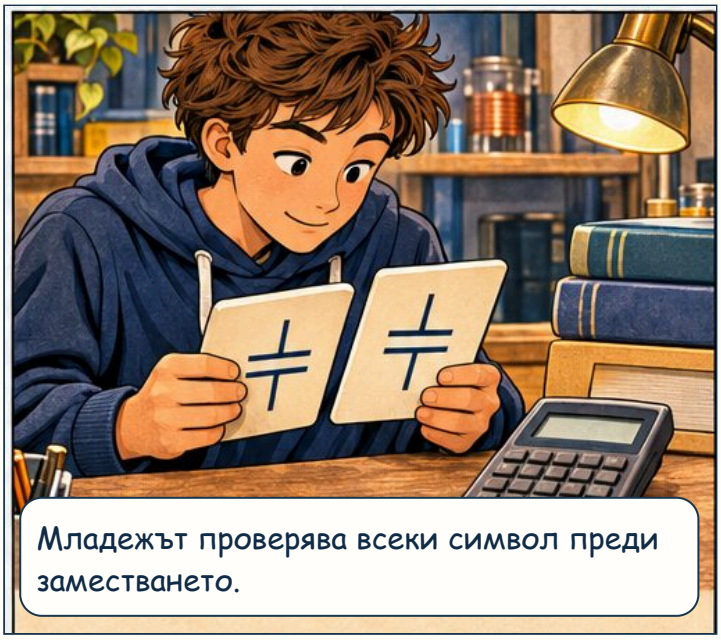












Изчисляване на капацитетите



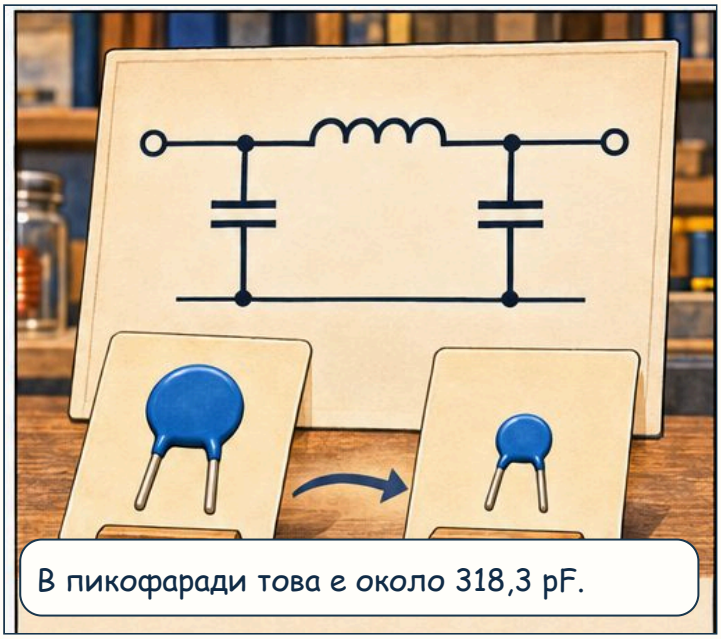
Заместват fc с 10 000 000 Hz и R с 50 Ω.



Знаменателят е приблизително 3,142 × 10^{9}.



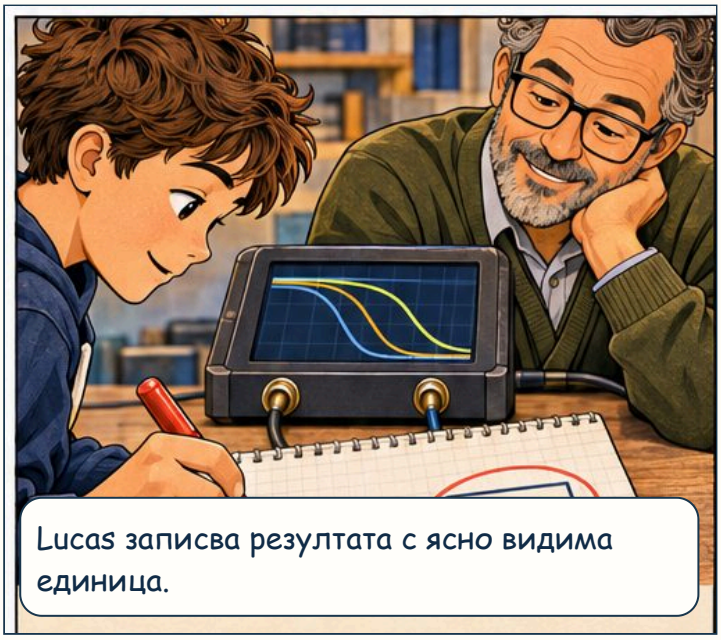
Всеки идеален капацитет е приблизително 3,183 × 10^{-10} F.



В пикофаради това е около 318,3 pF.

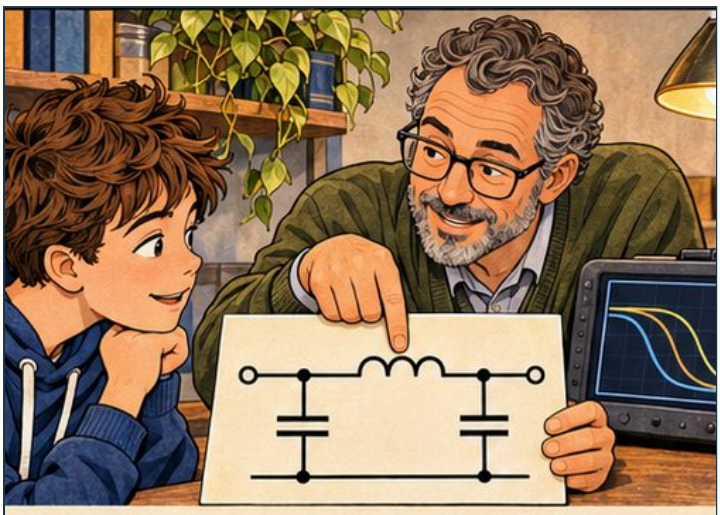


Затова двата кондензатора имат еднаква теоретична стойност.



Lucas записва резултата с ясно видима единица.

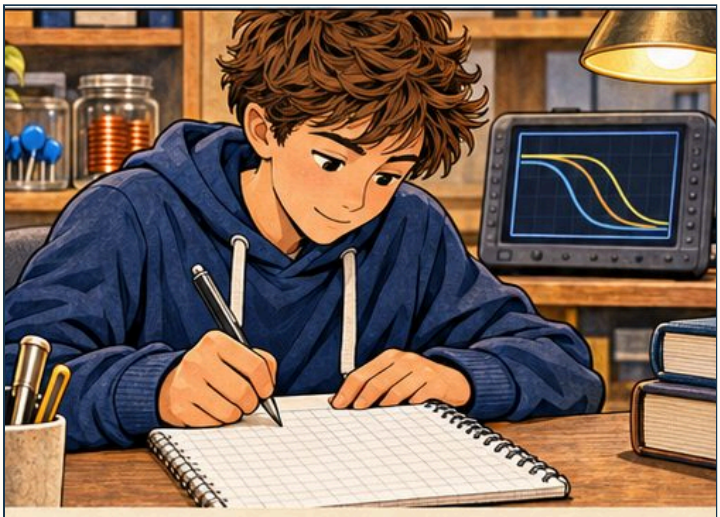
Формулата за бобината



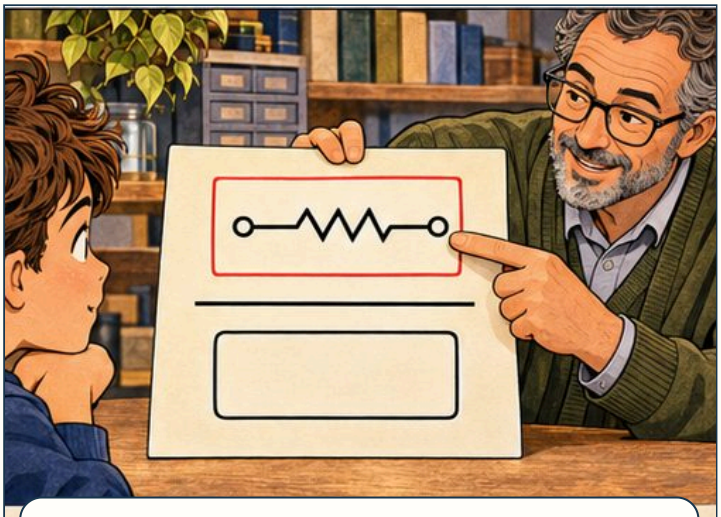
За последователната бобина L = g2R/ωc.



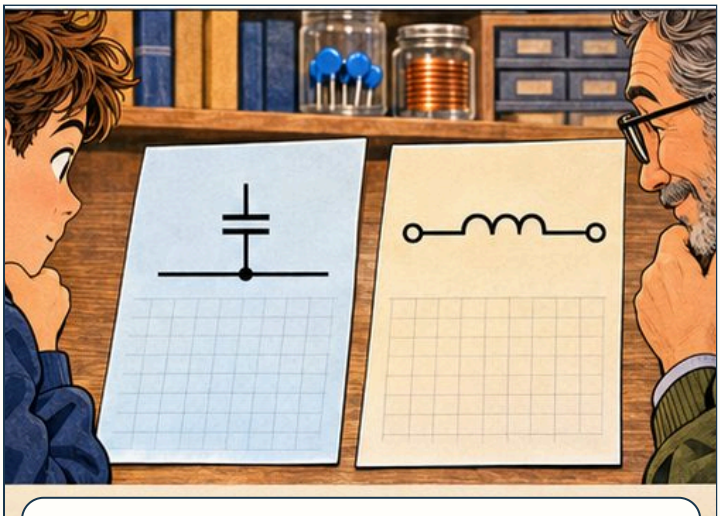
Средният коефициент тук е g2 = 2.



Следователно L = 2R/(2πfc).



Крайното съпротивление този път е в числителя.

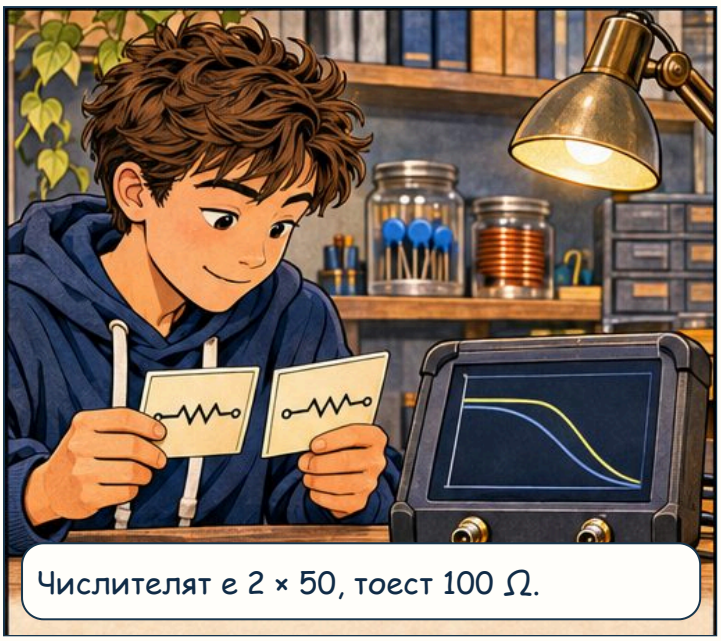


Младежът сравнява формулата с тази за кондензаторите.



Външната прилика не отменя повторното четене.

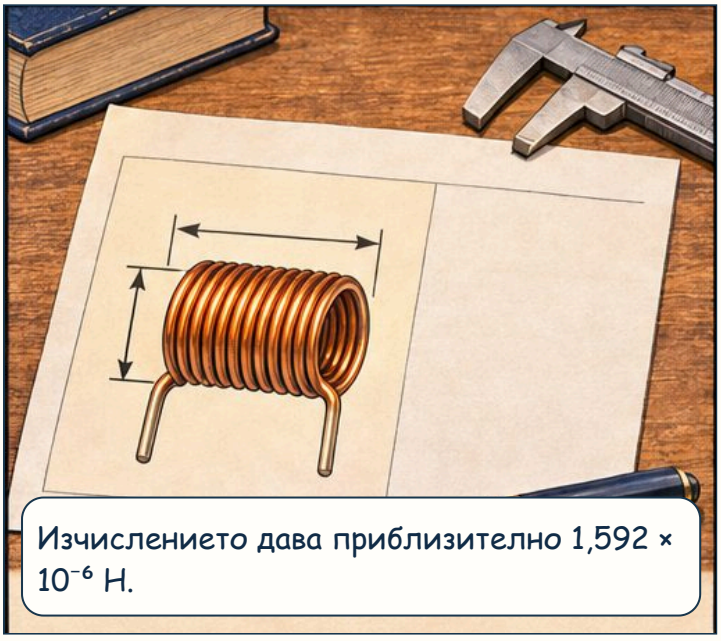
Изчисляване на индуктивността



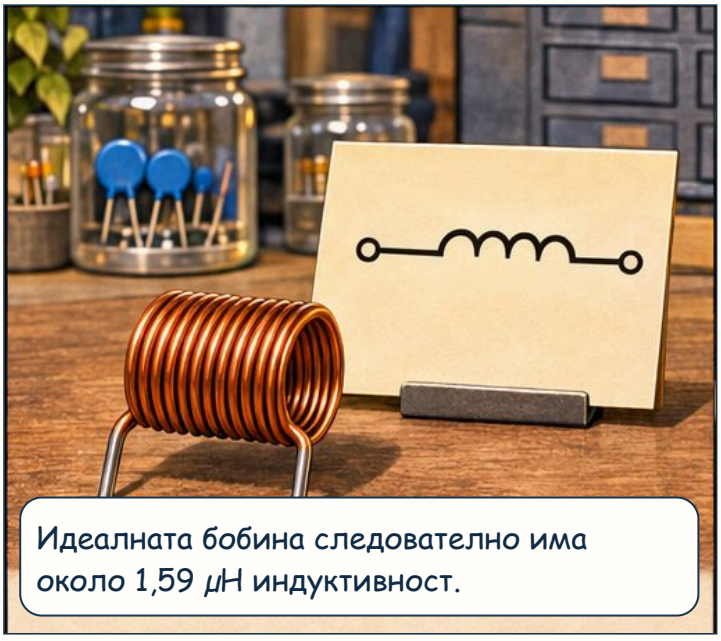
Числителят е 2 × 50, тоест 100 Ω.



Знаменателят е 2π × 10 000 000, около $6{,}283 \times 10^{7}\ s^{-1}$.



Изчислението дава приблизително $1{,}592 \times 10^{-6}$ H.



Идеалната бобина следователно има около 1,59 μH индуктивност.

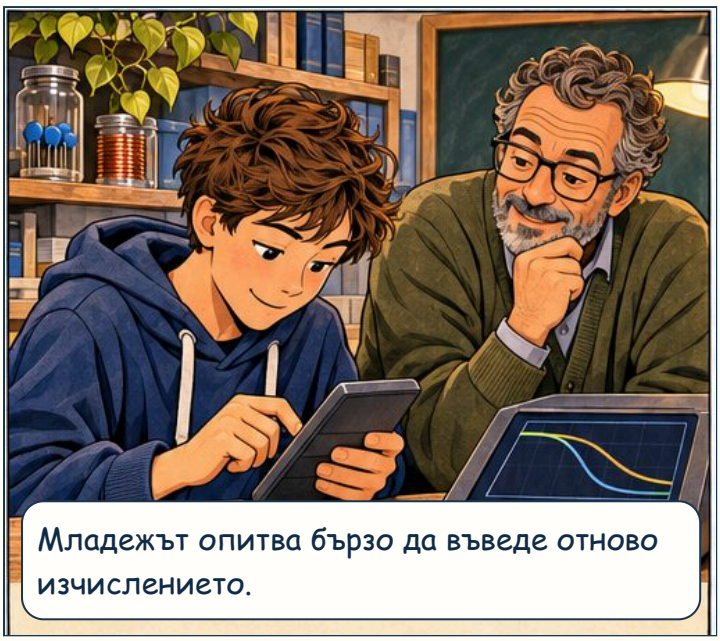


Обединяват трите резултата в една схема.



Проектът вече има първо пълно определение.

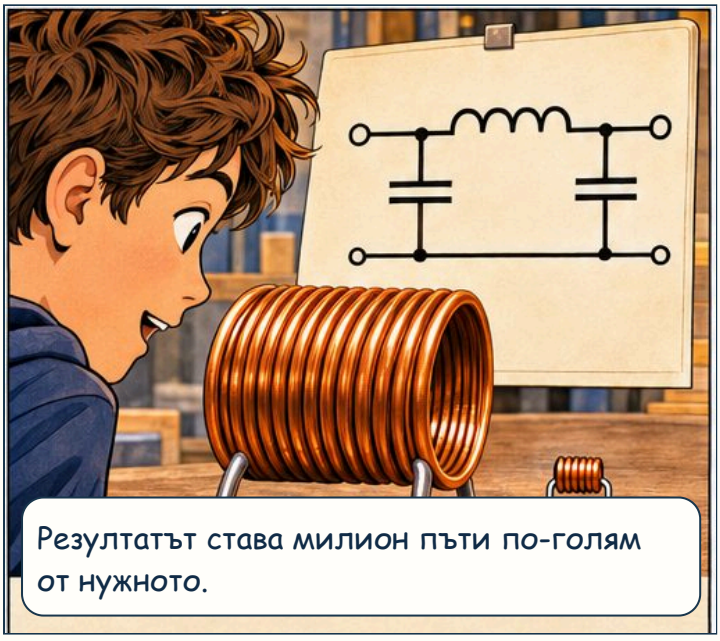
Грешката от един милион



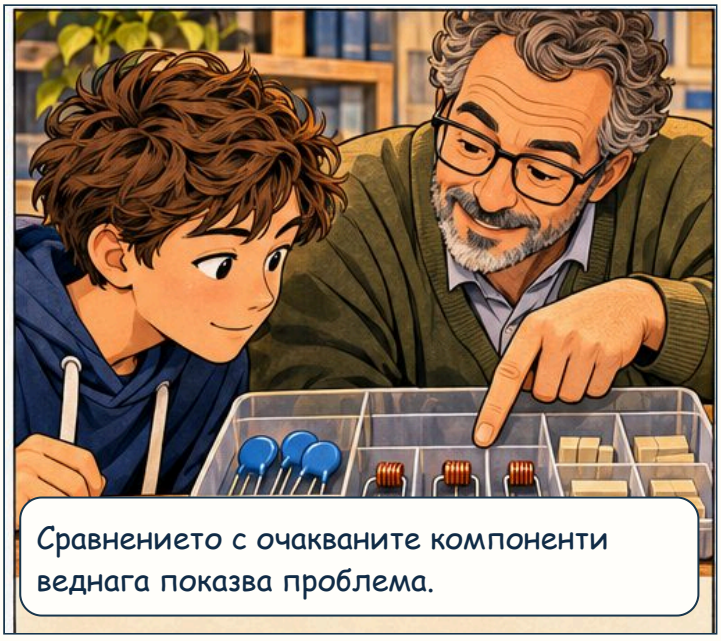
Младежът опитва бързо да въведе отново изчислението.



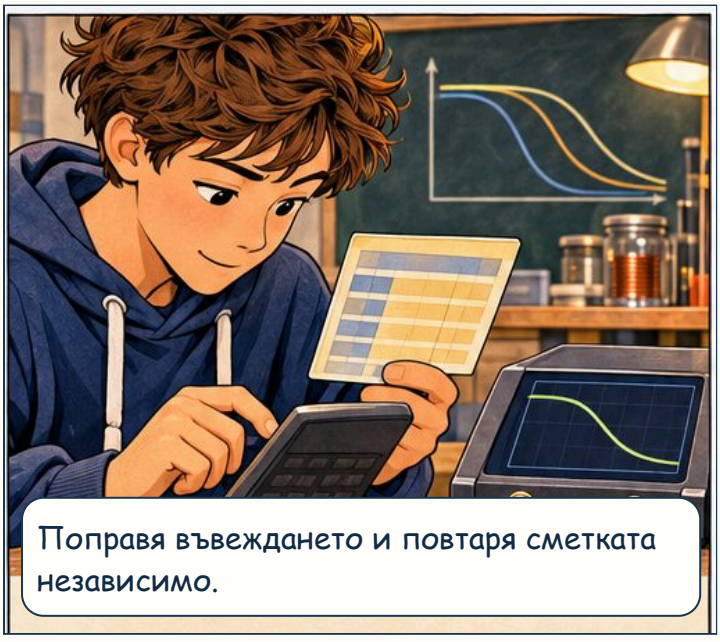
Въвежда 10 вместо 10 000 000.



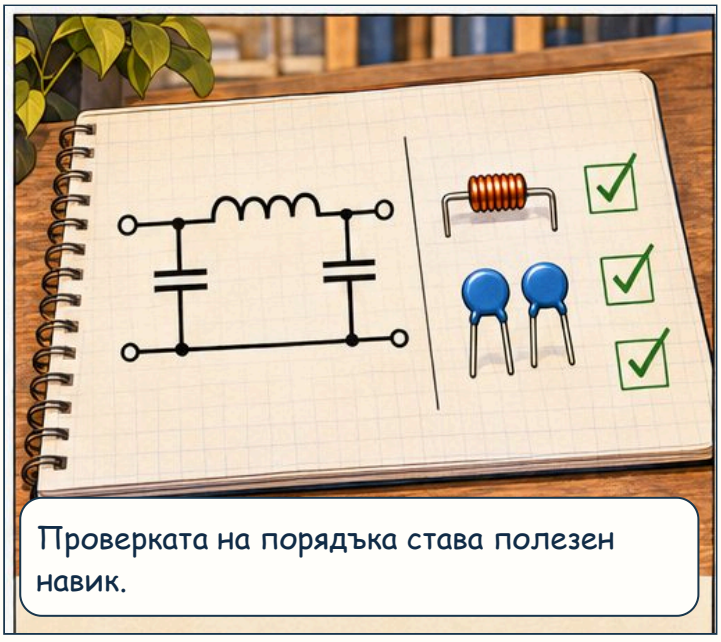
Резултатът става милион пъти по-голям от нужното.



Сравнението с очакваните компоненти веднага показва проблема.

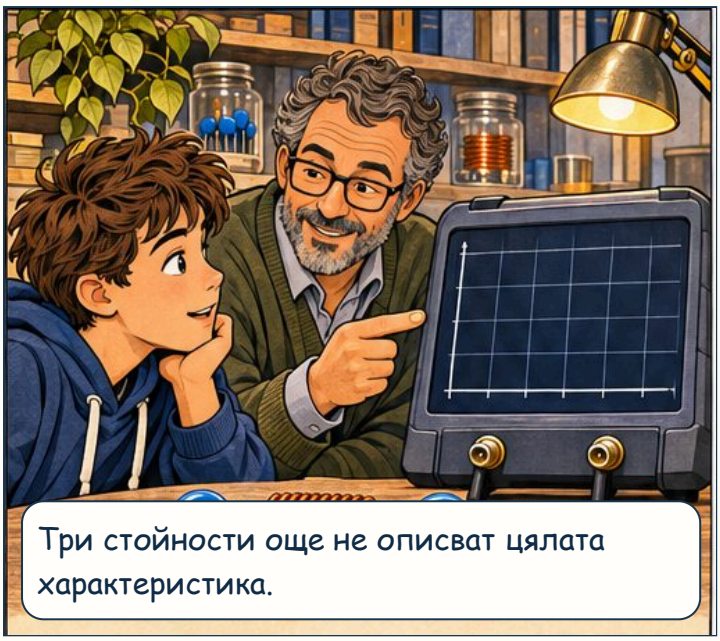


Поправя въвеждането и повтаря сметката независимо.



Проверката на порядъка става полезен навик.

Да предвидим цяла крива



Три стойности още не описват цялата характеристика.



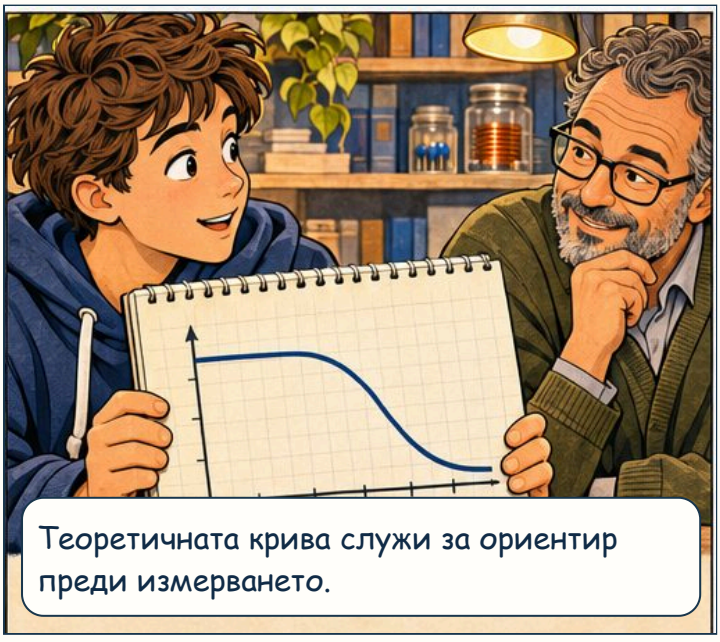
В идеалния модел квадратът на модула на S21 е 1/[1 + (f/fc)⁶].



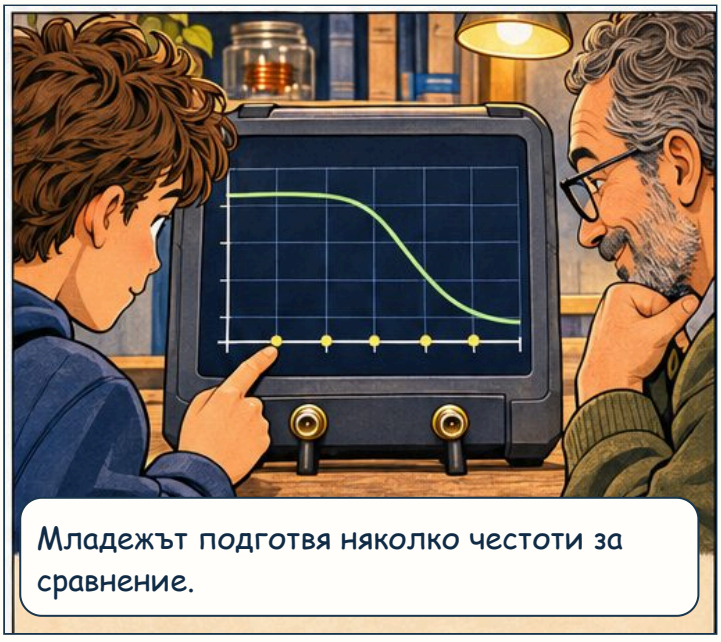
Тук S21 описва предаването между опорни портове 50 Ω.



Предаваната мощност следователно зависи от отношението f/fc.



Теоретичната крива служи за ориентир преди измерването.



Младежът подготвя няколко честоти за сравнение.

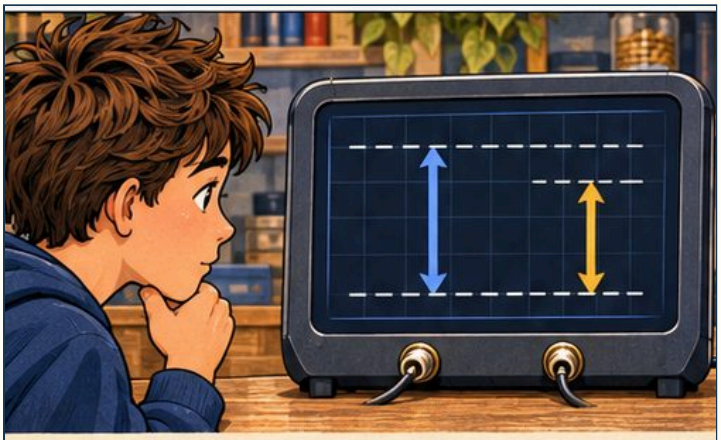
Какво означава минус три децибела?



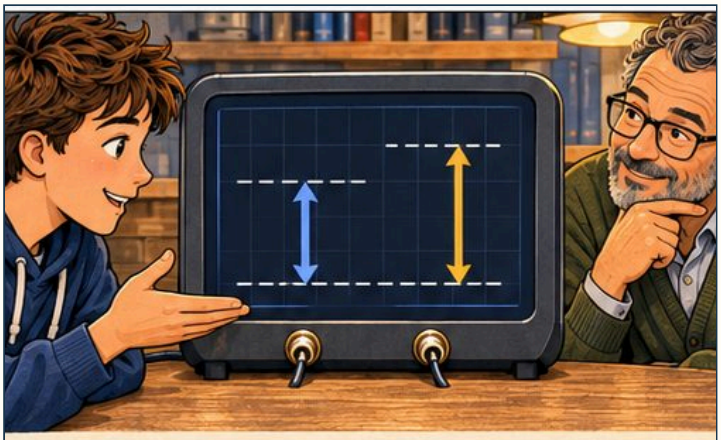
При f = fc идеалното отношение на предаваната мощност е 1/2.



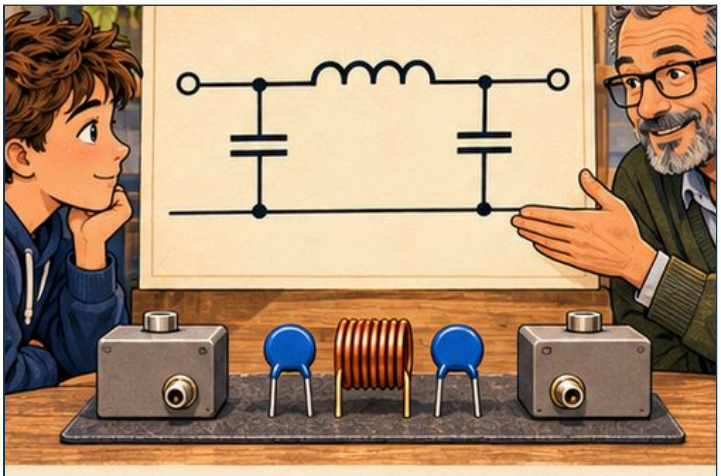
В децибели 10 log10(1/2) дава около −3,01 dB.



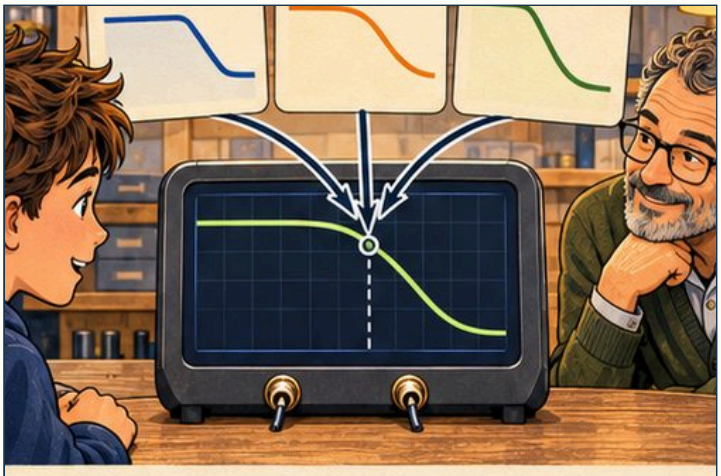
Модулът на S21 тогава е приблизително 0,707.



Следователно тази амплитуда не е половината.



Изчислението използва подходящите опорни импеданси 50 Ω.

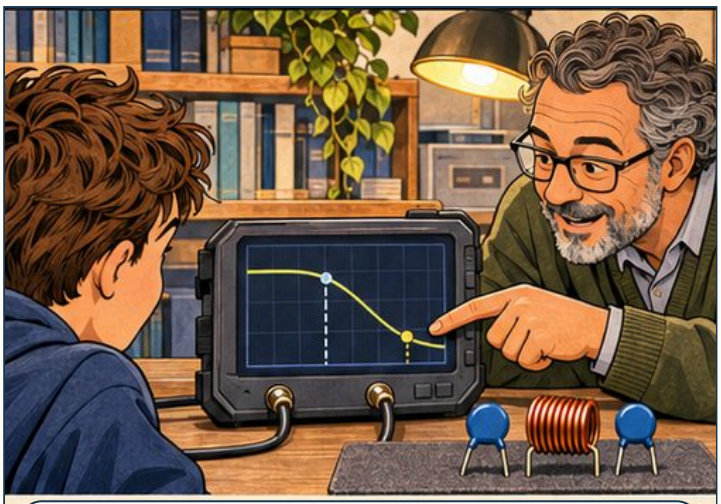


Младежът свързва три израза за една точка от кривата.

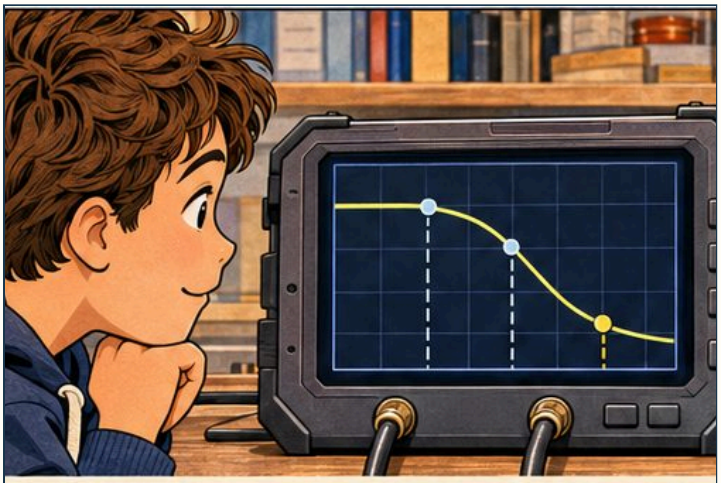
Над граничната честота



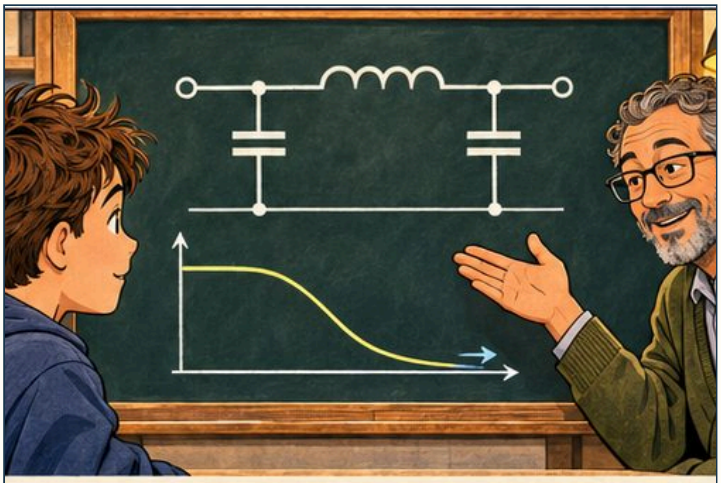
При 20 MHz f/fc е 2.



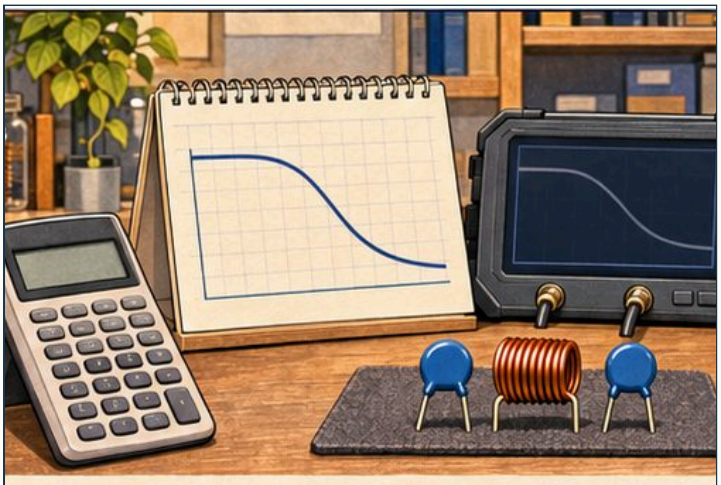
Идеалното предаване става приблизително −18,13 dB.



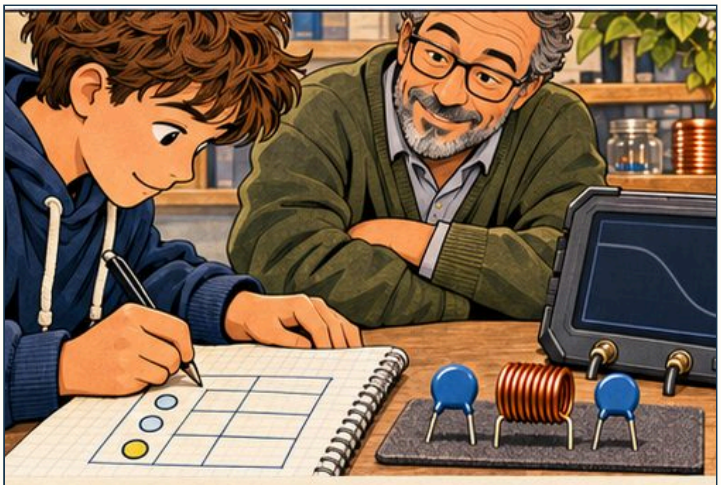
При 30 MHz f/fc е 3: приблизително −28,63 dB.



Затихването расте, но остава крайно.

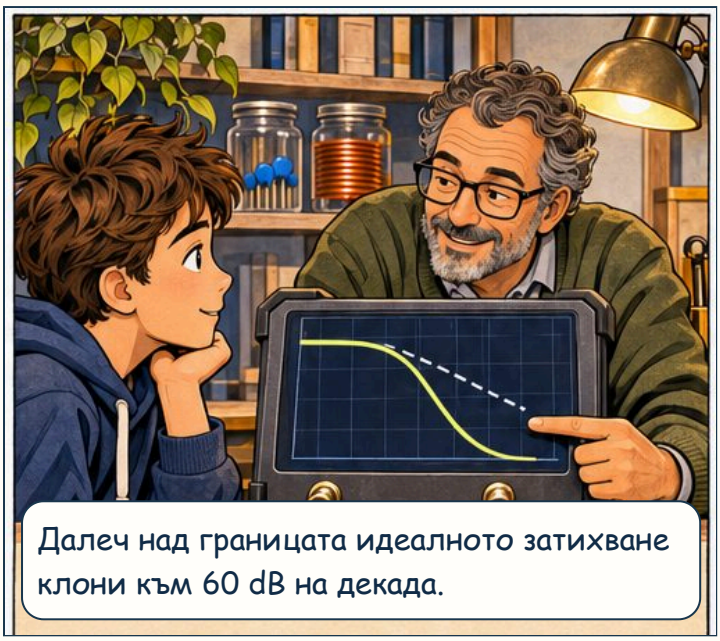


Тези числа са изчислени, а не измерени върху схемата.



Младежът ги поставя в колоната с прогнози.

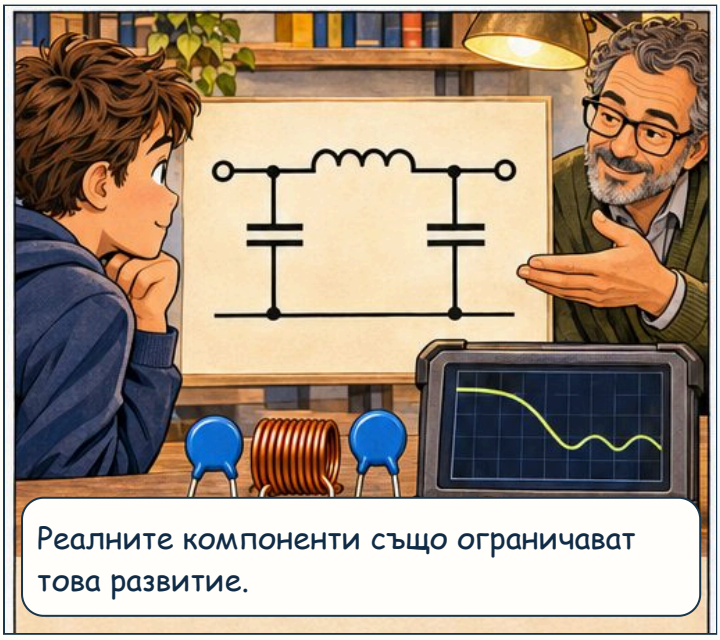
Наклонът не е обещание

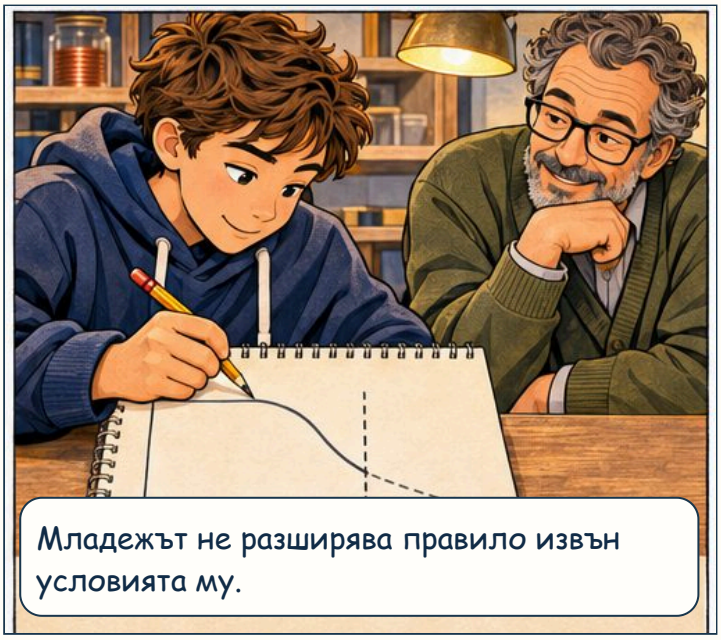




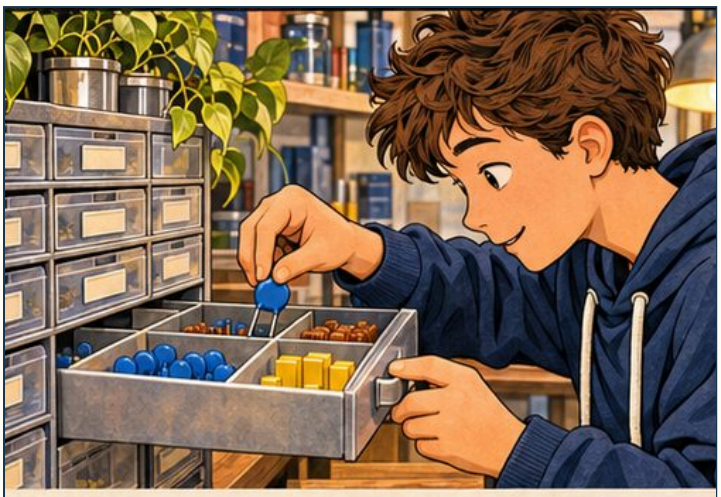




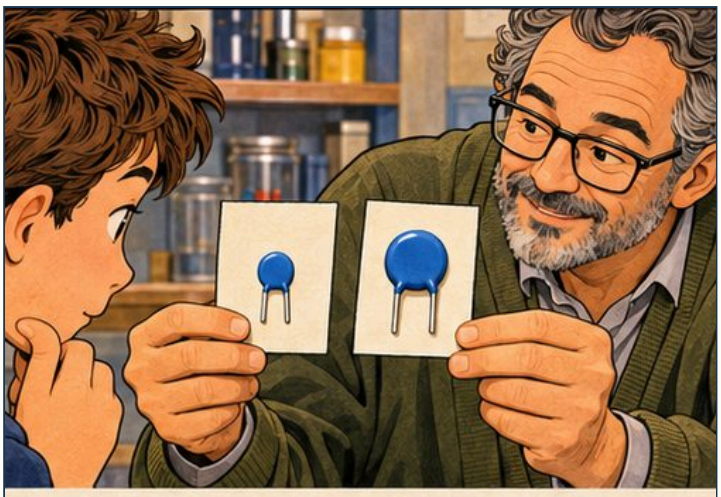




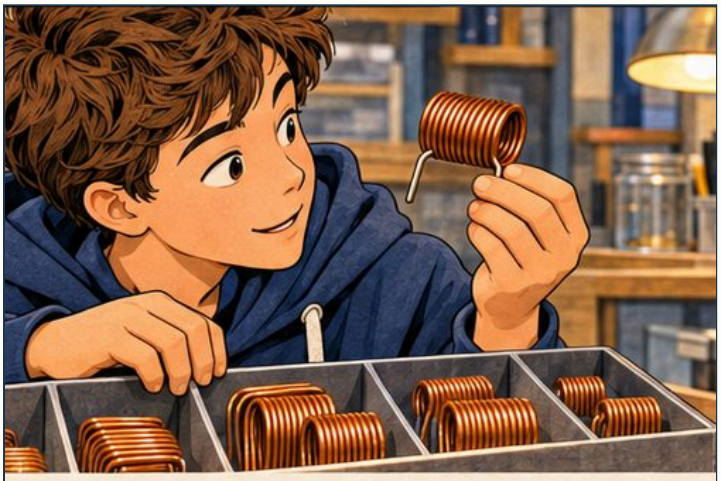
Наличните стойности



В чекмеджето невинаги има кондензатори 318,3 pF.



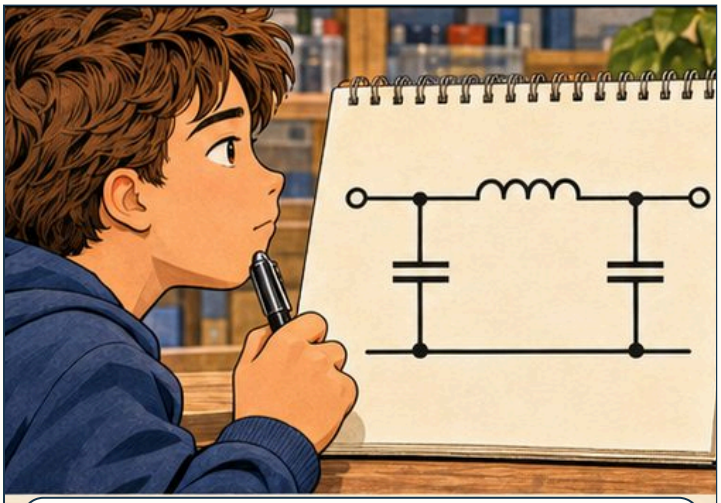
Обичайната стойност 330 pF не е същата.



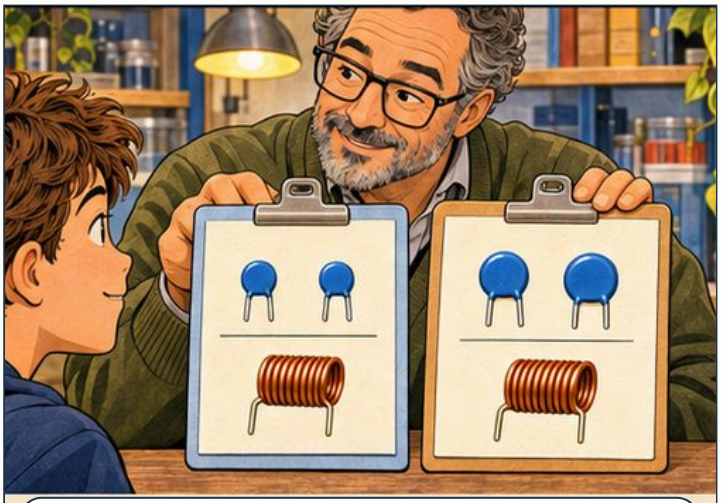
Бобина 1,6 μH се доближава до изчислената стойност.



Изборът им изисква ново изчисление или симулация на характеристиката.

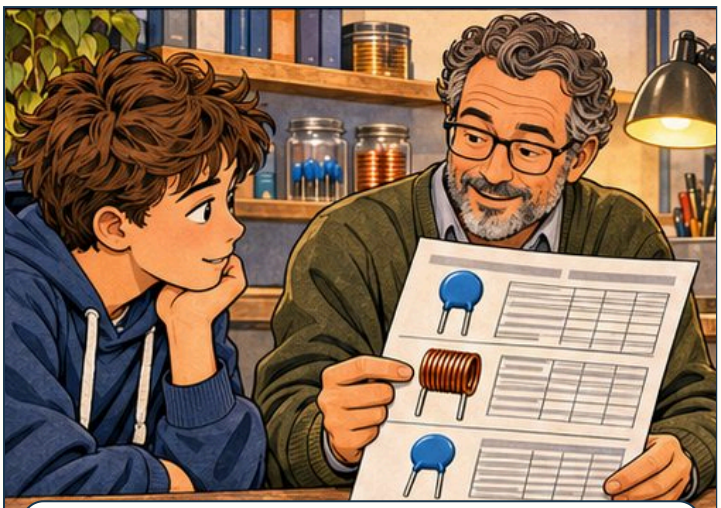


Схемата не става автоматично „точно 10 MHz“.



Младежът отделя идеалните от избраните стойности.

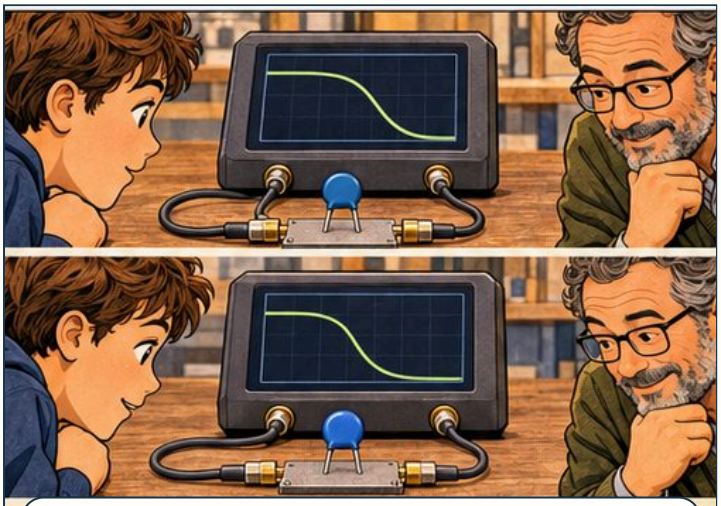
Всеки детайл има толеранс



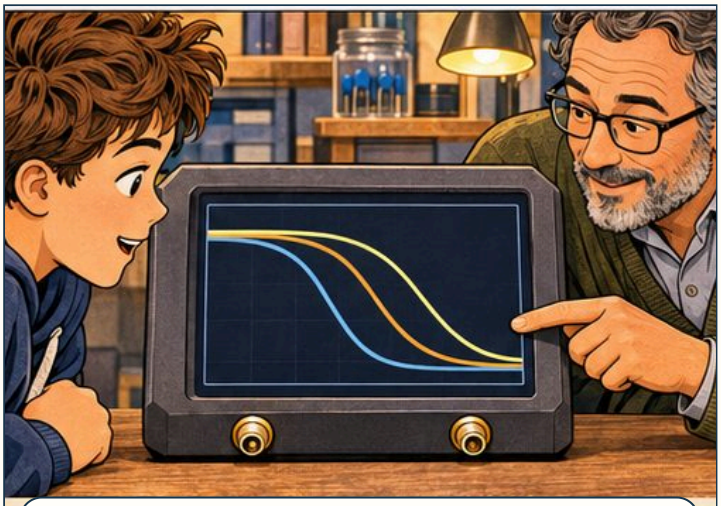
Номиналната стойност не е гарантирана точна стойност.



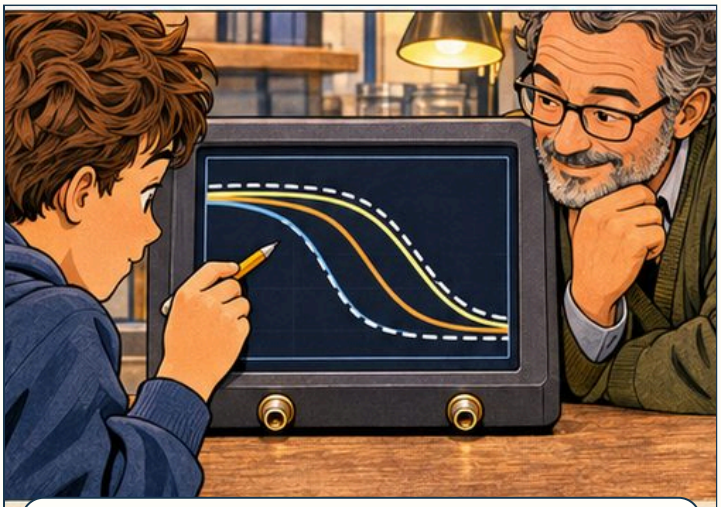
Толерансите на кондензаторите и бобината имат значение.



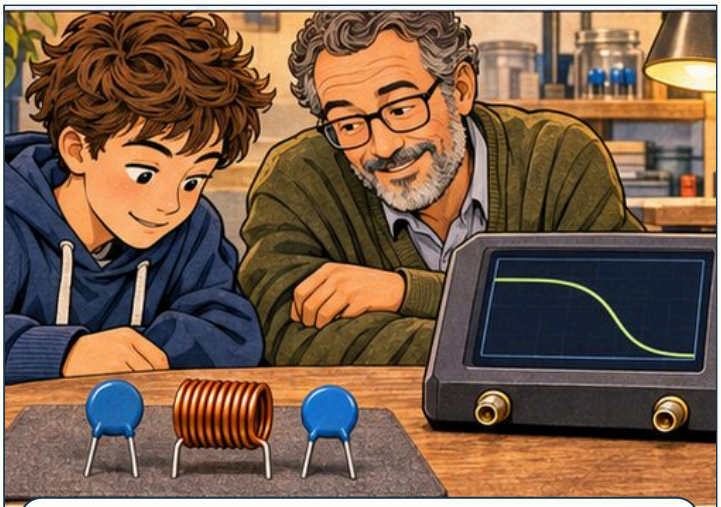
Еднакво означени компоненти могат леко да се различават.



Симулация може да изследва различни комбинации от стойности.



Тя помага да се предвиди диапазон от възможни характеристики.



После измерването изследва действително използваните детайли.

Скритите компоненти



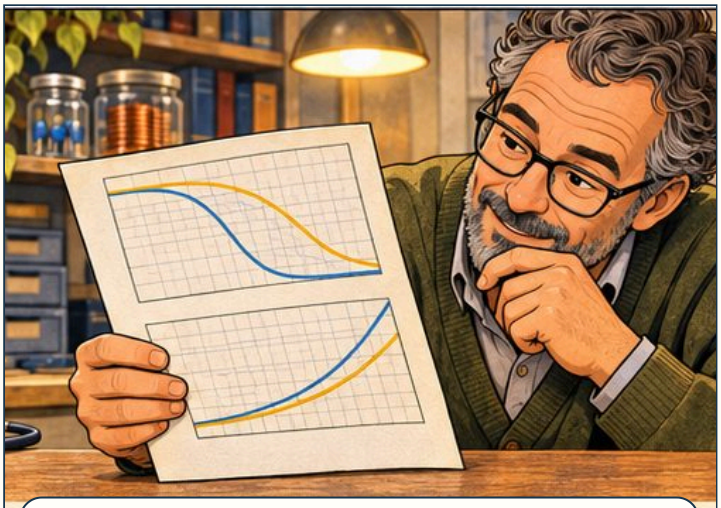
Реалната бобина има също съпротивление и паразитен капацитет.



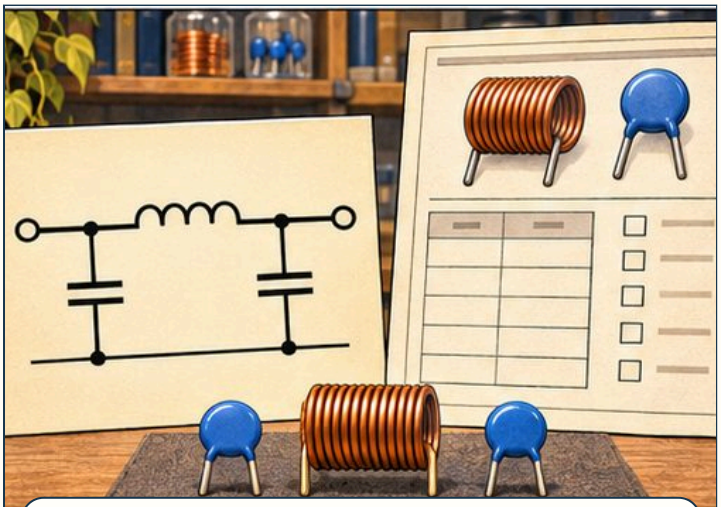
Кондензаторът има, наред с друго, загуби и паразитна индуктивност.



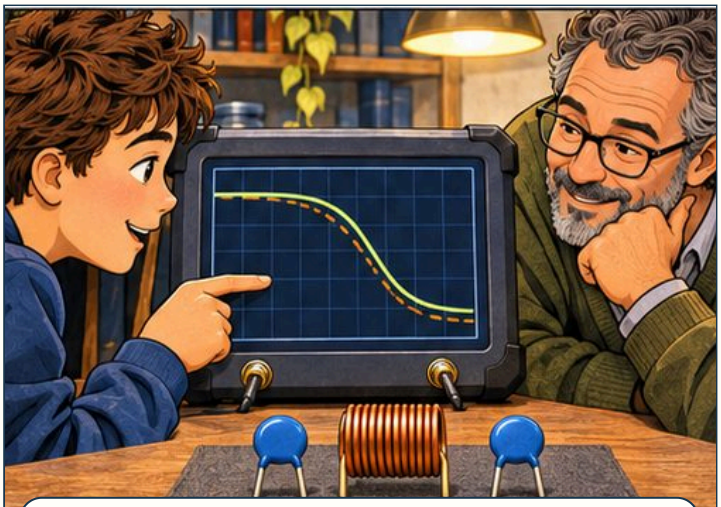
Поведението им се изменя близо до определени резонанси.



Техническите листове посочват граници за проверка.

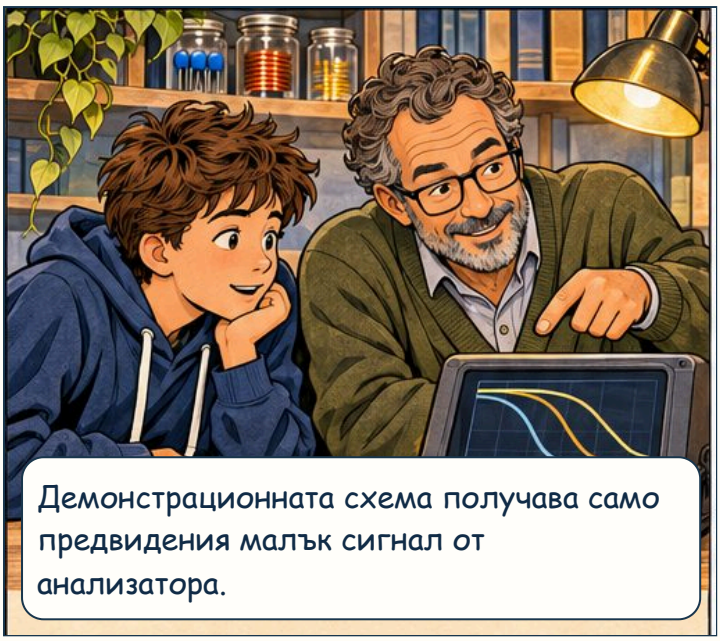


Затова стойността в пикофаради или микрохенри не стига.

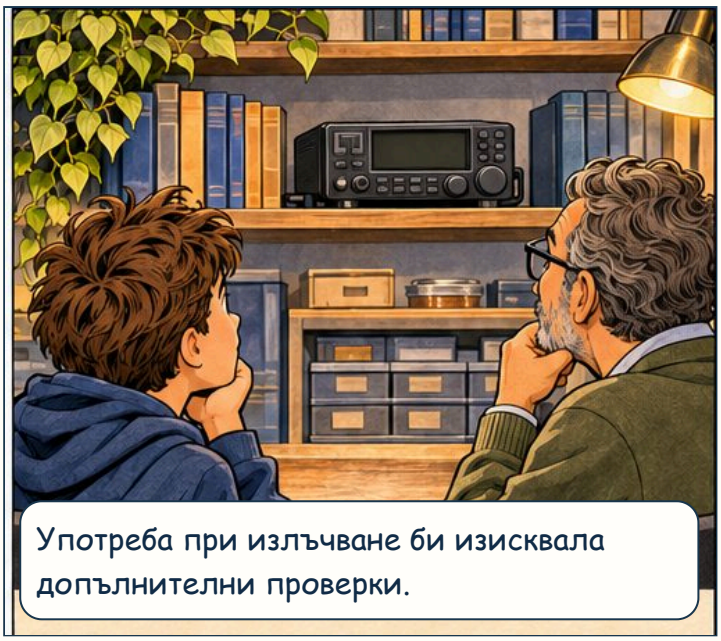


Младежът се учи да чете отвъд първия ред.

Стендът не удостоверява предавател



Демонстрационната схема получава само предвидения малък сигнал от анализатора.



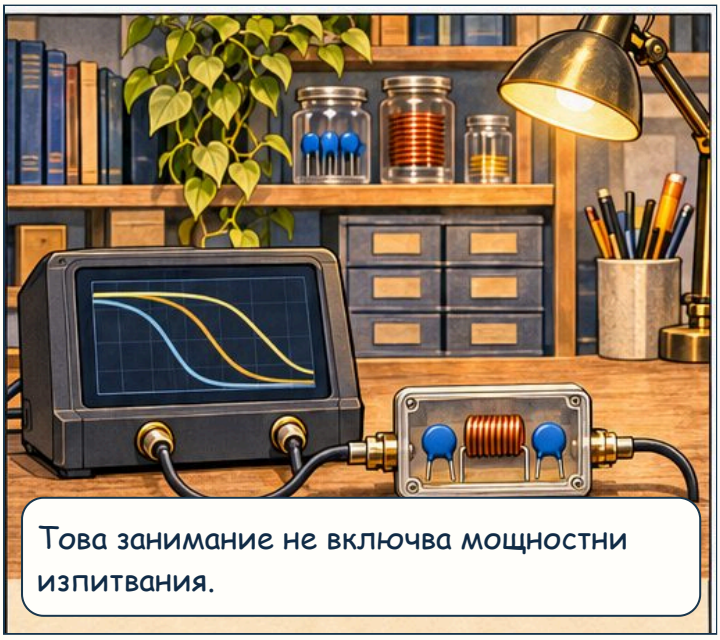
Употреба при излъчване би изисквала допълнителни проверки.



Трябва да се проучат напрежения, токове, нагряване и допустима мощност.



Допустимото напрежение на кондензатор не удостоверява целия филтър.

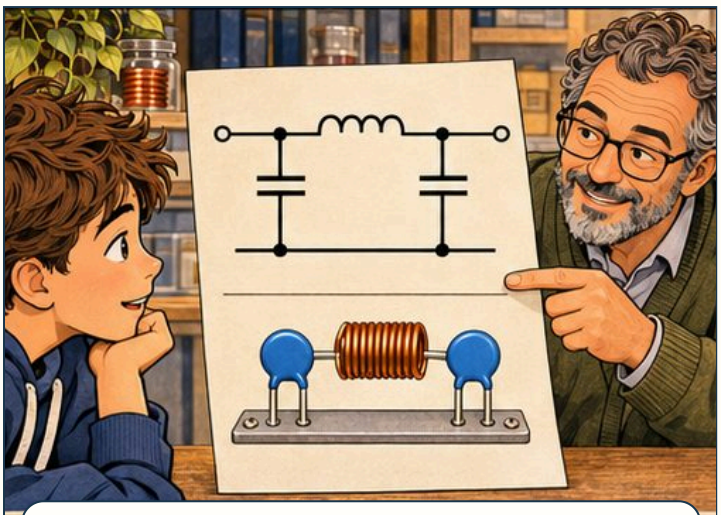


Това занимание не включва мощностни изпитвания.

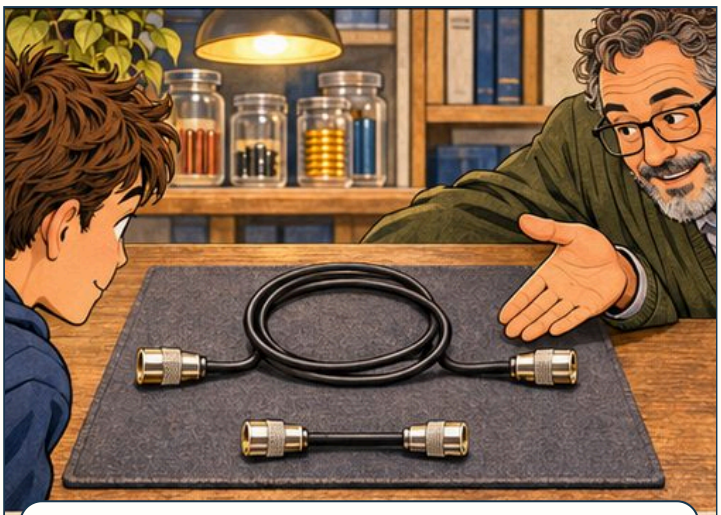


Младежът ясно записва ограниченията на изработката.

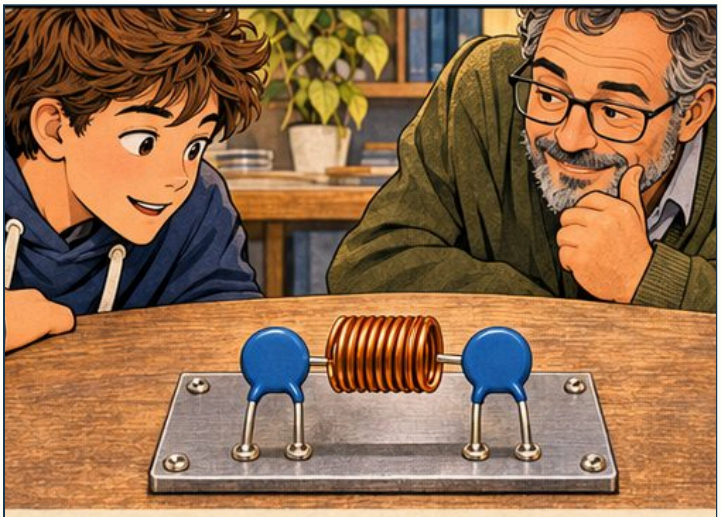
Планиране на монтажа



Схемата показва връзките, но не цялата им геометрия.



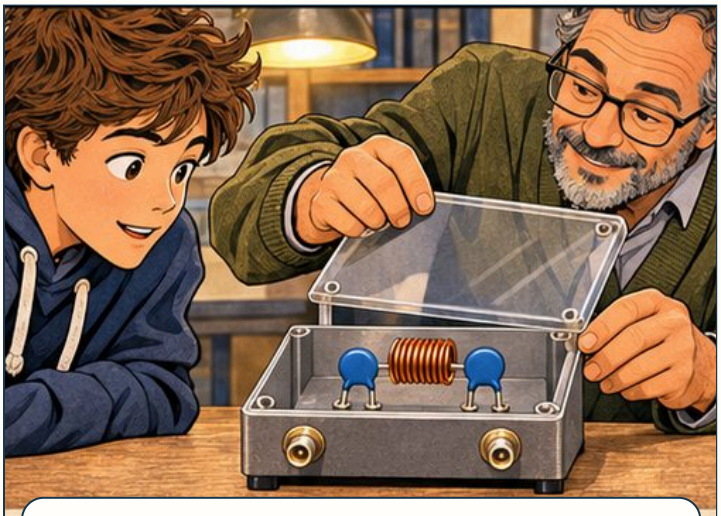
При тези честоти дължините и разположението могат да имат значение.



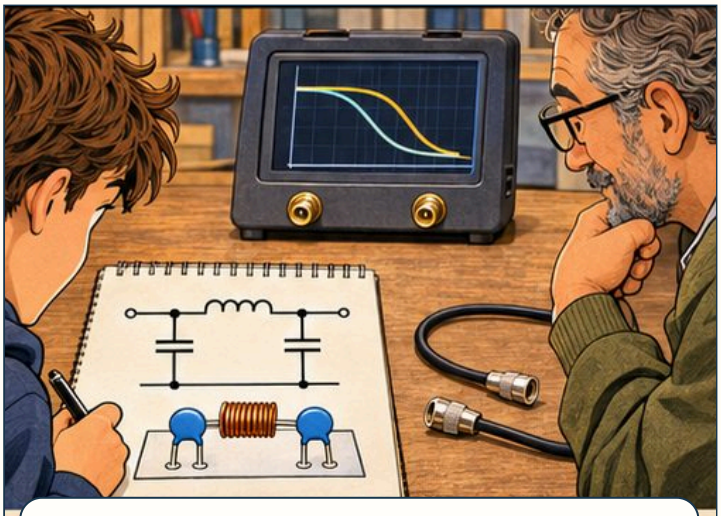
Предвиждат обща маса и къси връзки.



Раздалечават и пътища, които могат да се свържат пряко чрез паразитно взаимодействие.



Henri подготвя демонстратор, подходящ за измерване.

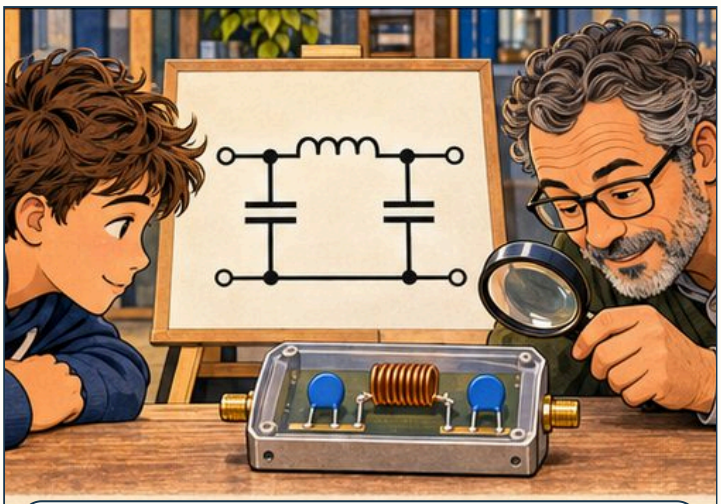


Lucas сравнява монтажа със схемата, връзка по връзка.

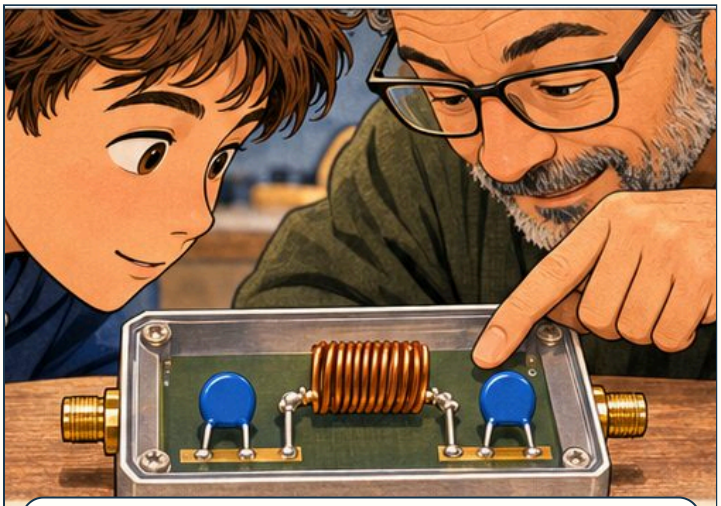
Проверка преди свързване



Измервателният източник остава изключен при подготовката.



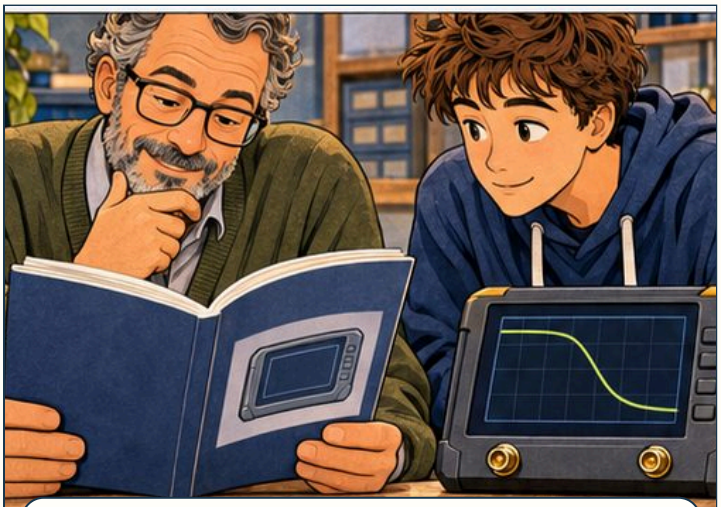
Проверяват връзките, компонентите и общата маса.



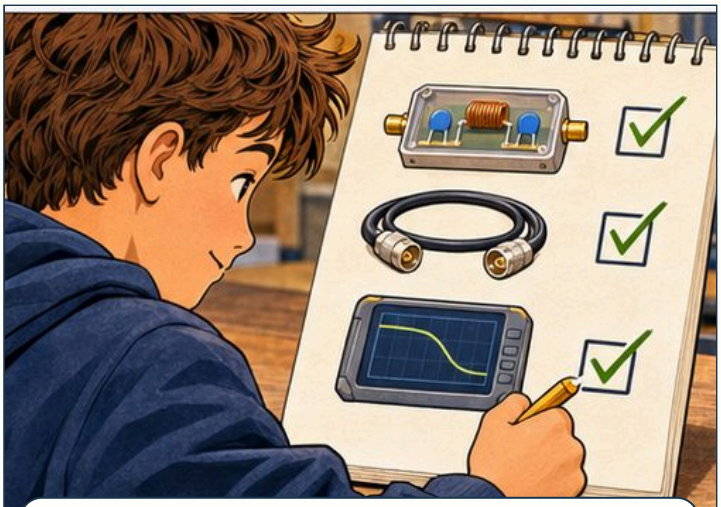
Търсят късо съединение, грешно свързване и повредени детайли.



Следват съединителите и кабелите.



Наставникът проверява входните ограничения на уреда.



Младежът завършва списъка преди първото честотно сканиране.

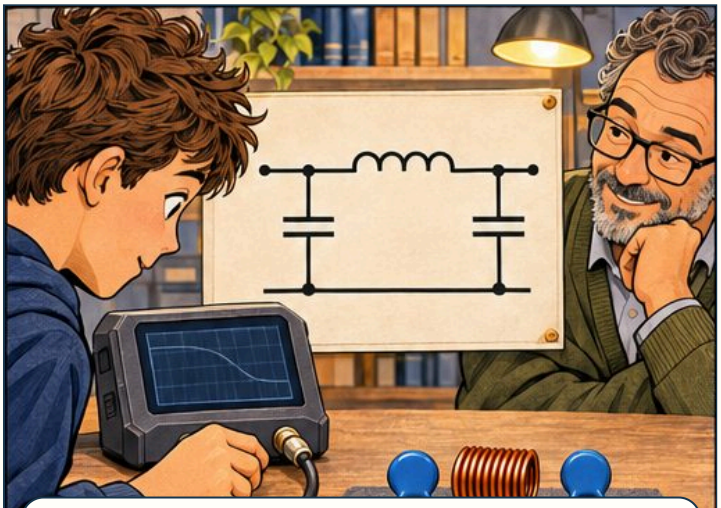
Анализаторът задава въпроси



Мрежовият анализатор изпраща известен малък сигнал.



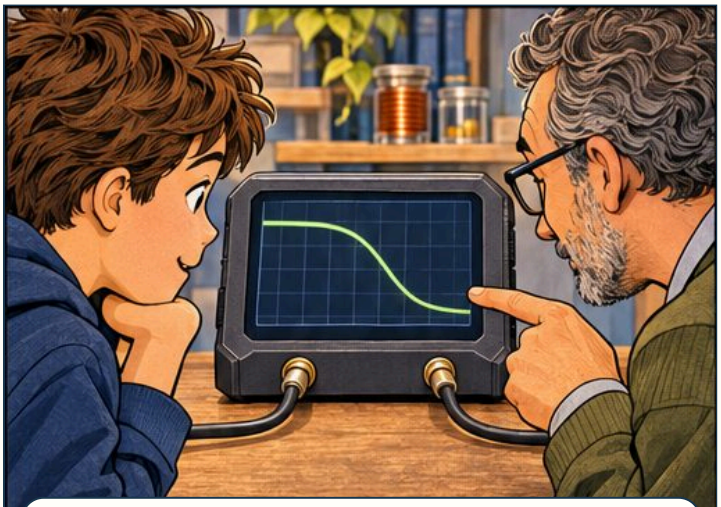
Сканира избран честотен диапазон.



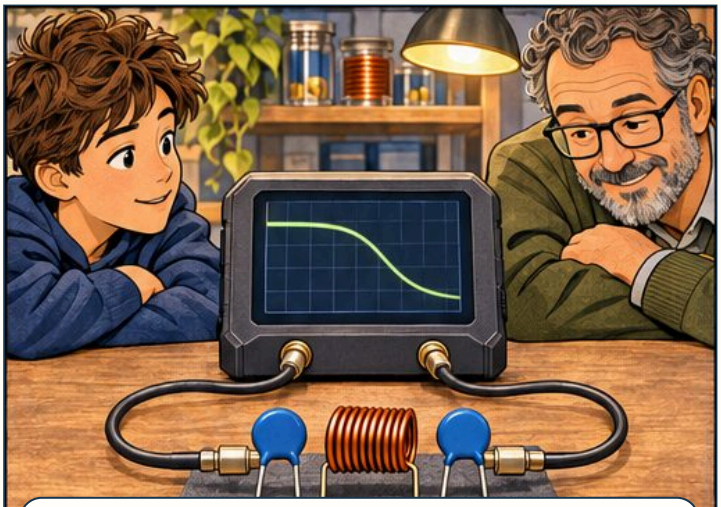
Порт 1 подава сигнал към входа на филтъра.



Порт 2 наблюдава предаването на изхода.



Параметърът S21 позволява проследяването му.

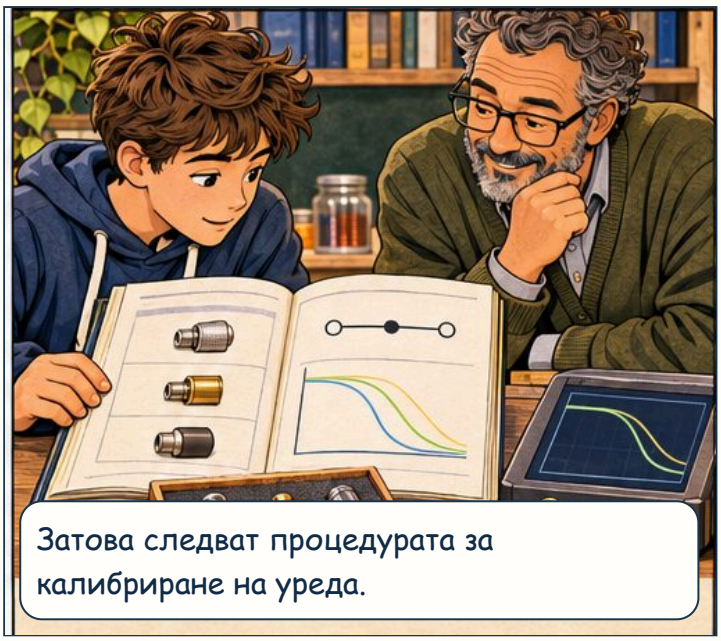


Портовете осигуряват предвидените опорни импеданси 50 Ω.

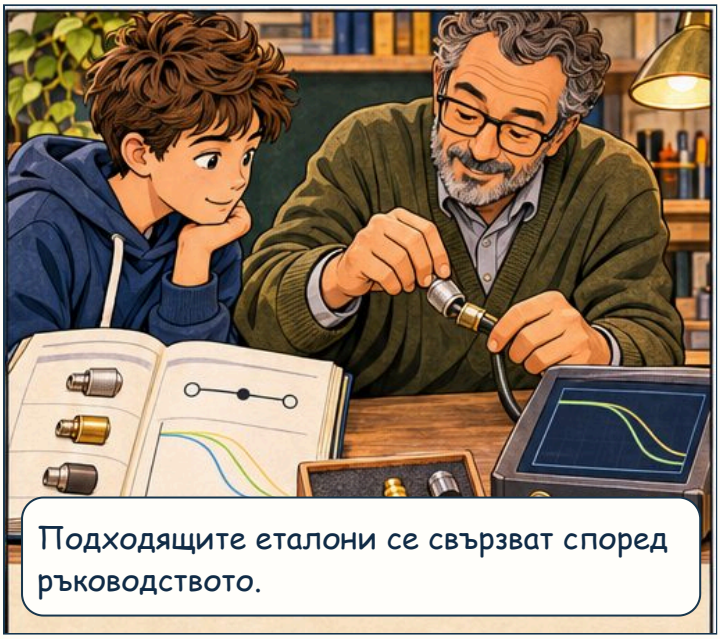
Калибриране на правилното място



Кабелите и преходниците участват в измерването.



Затова следват процедурата за калибриране на уреда.



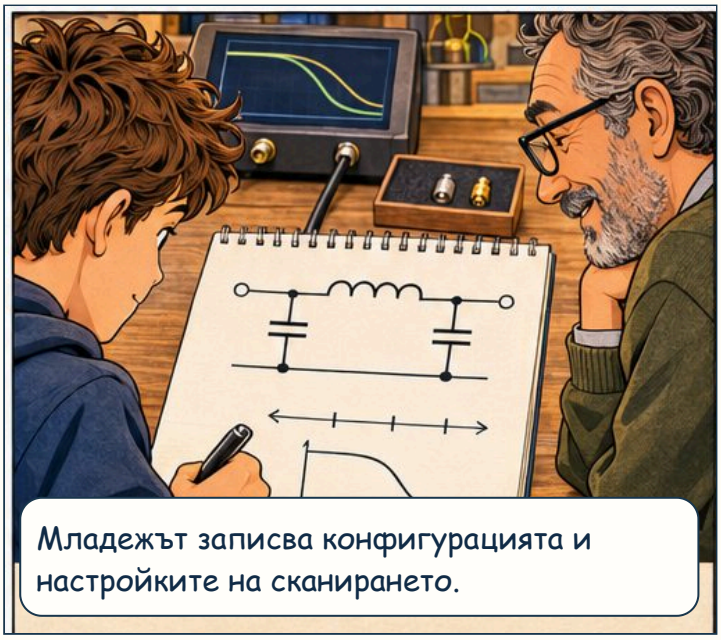
Подходящите еталони се свързват според ръководството.



Опорните равнини се поставят в краищата на кабелите.



След калибрирането запазват тези връзки, доколкото е възможно.



Младежът записва конфигурацията и настройките на сканирането.

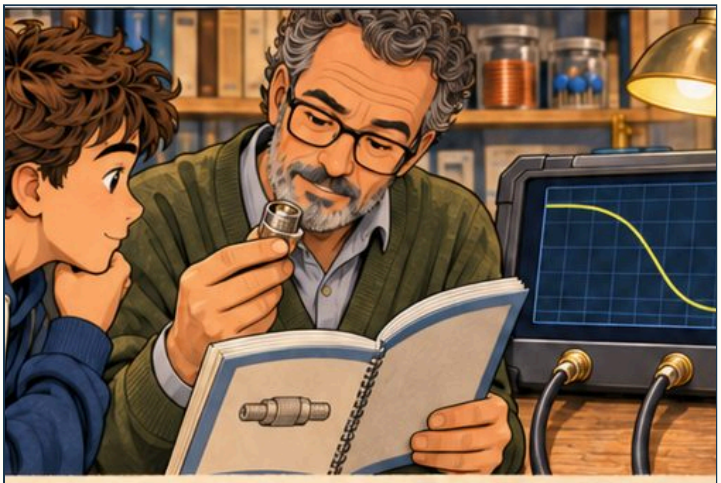
Проверка на прекия път



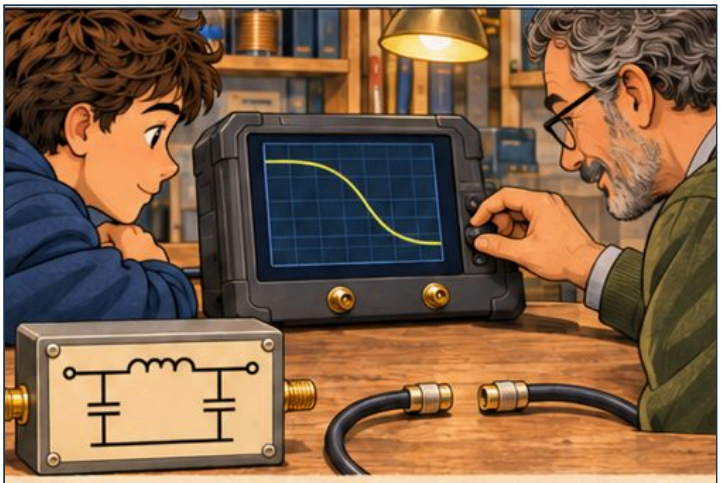
Преди филтъра пряка връзка позволява проверка на опорния резултат.



Очакваното предаване трябва да съответства на тази връзка.



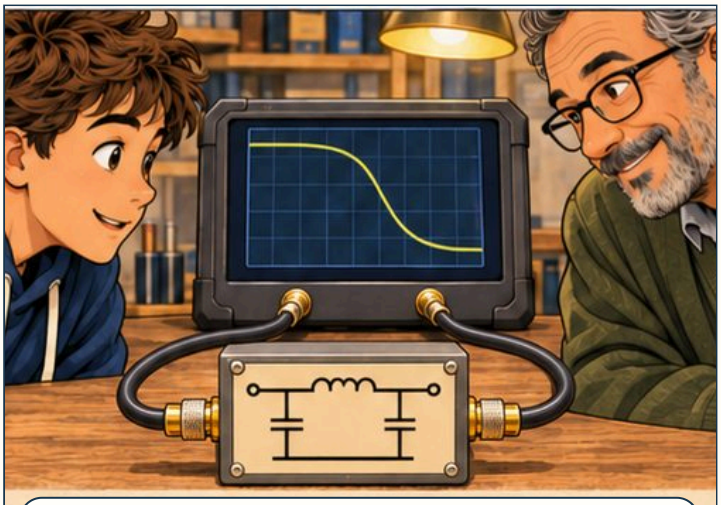
Аномалия изисква проверка на кабели, калибриране и настройки.



Не променят филтър, за да скрият дефект на стенда.



След проверката спират източника за свързването.

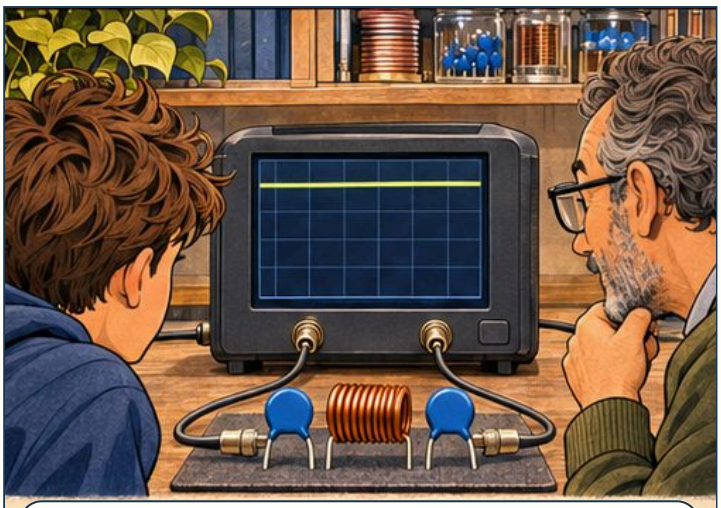


После поставят филтъра между двата кабела.

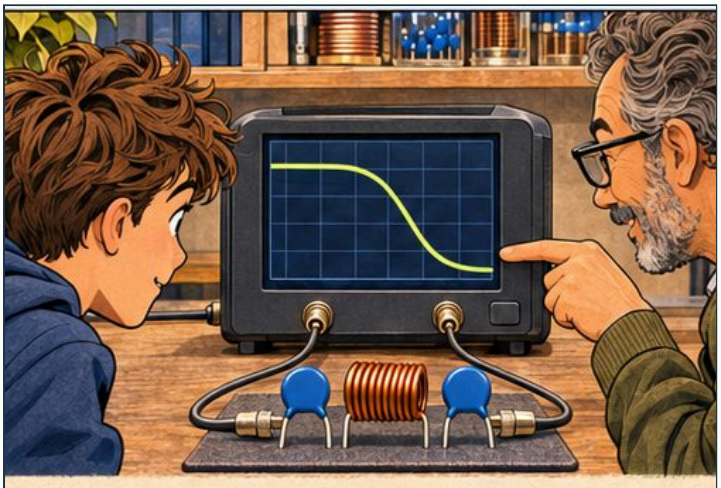
Първото сканиране



Пускат сканиране, обхващащо полезната лента и прехода.



Кривата остава по-висока при ниските честоти.



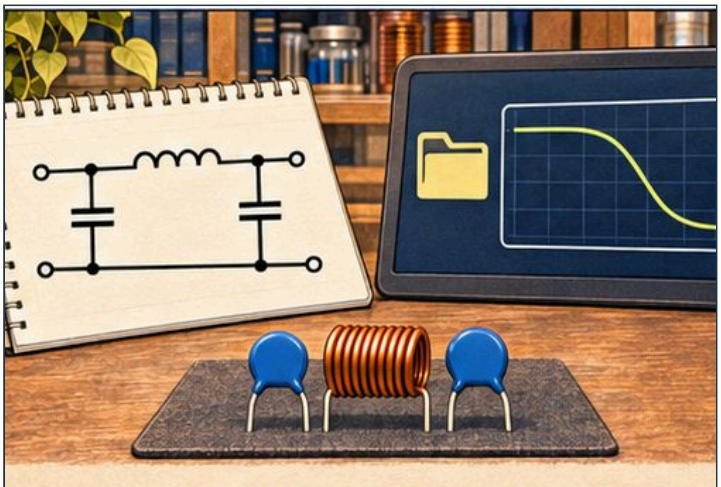
После се спуска с увеличаването на честотата.



Младежът разпознава очакваната форма, без да предполага пълно съвпадение.

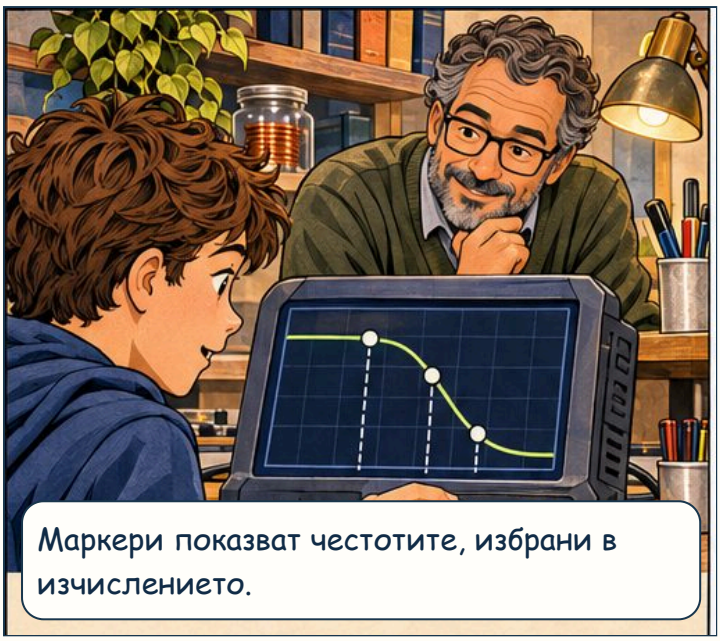


Запазва кривата и условията на измерване.

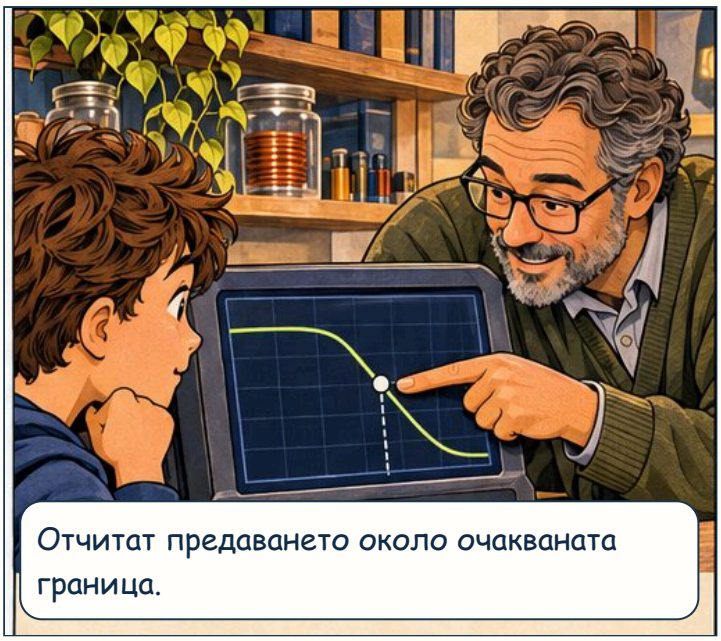


Запазен резултат позволява сравнение след всяка промяна.

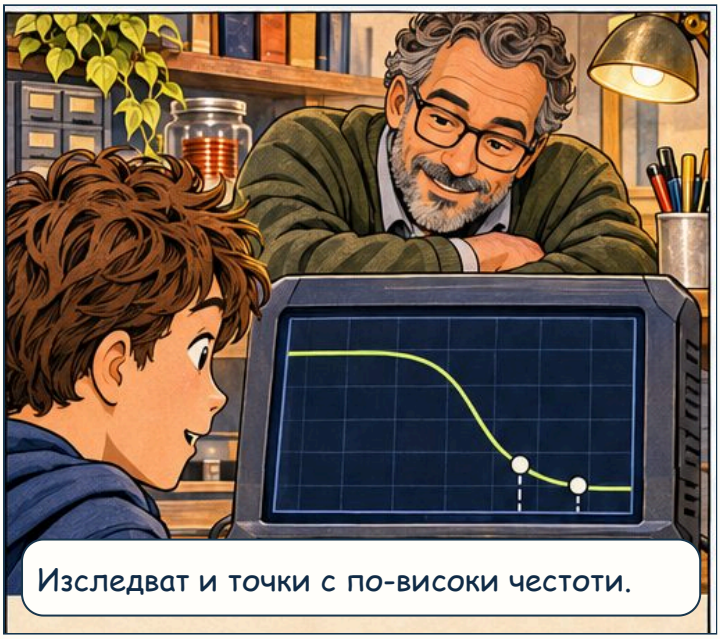
Отчитане на точни точки



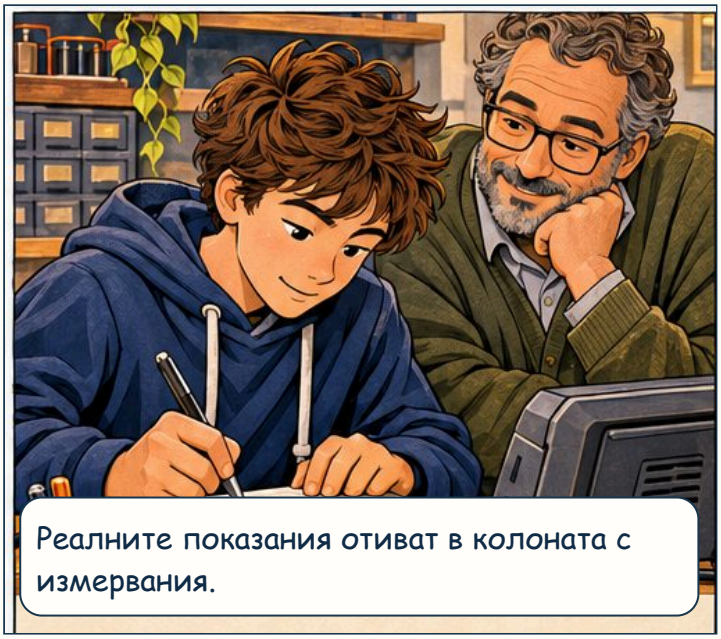
Маркери показват честотите, избрани в изчислението.



Отчитат предаването около очакваната граница.



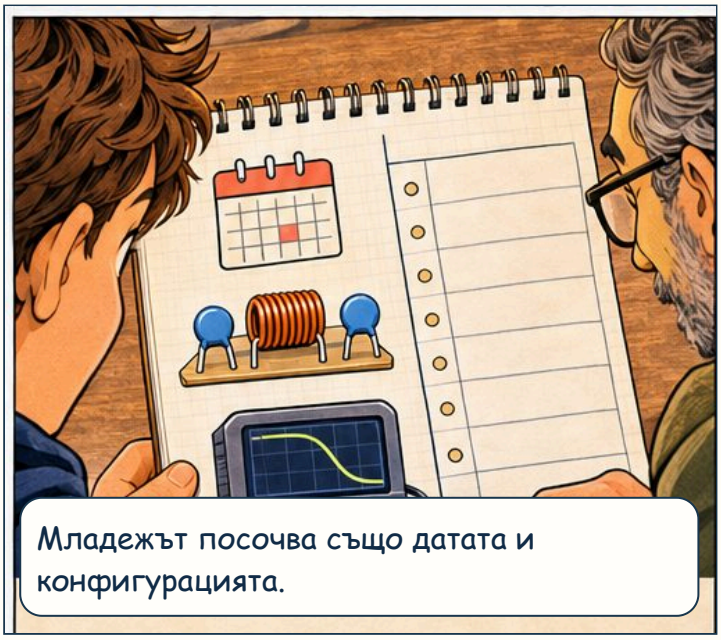
Изследват и точки с по-високи честоти.



Реалните показания отиват в колоната с измервания.

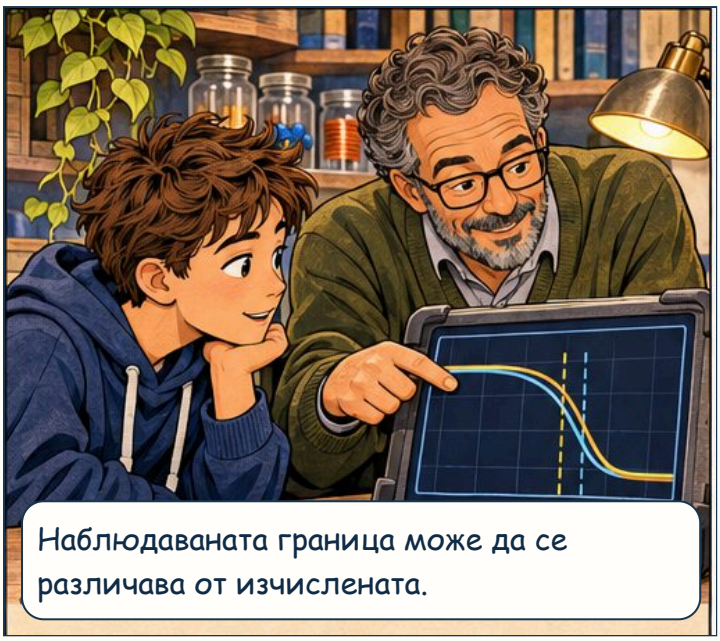


Запазват полученото показание дори когато се различава от прогнозата.

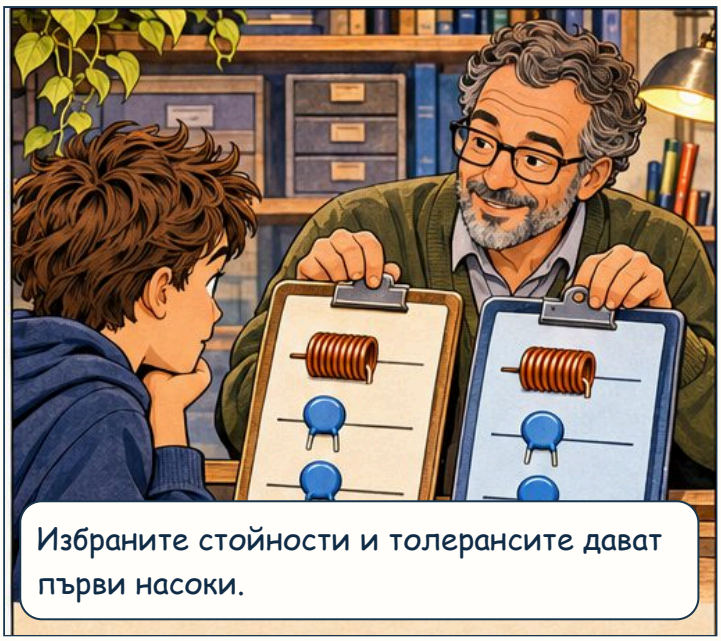


Младежът посочва също датата и конфигурацията.

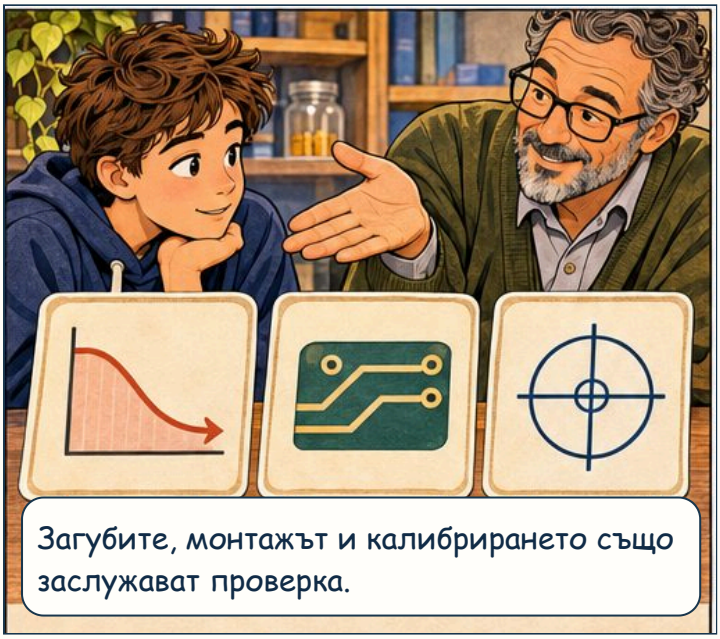
Разбиране на отклонението



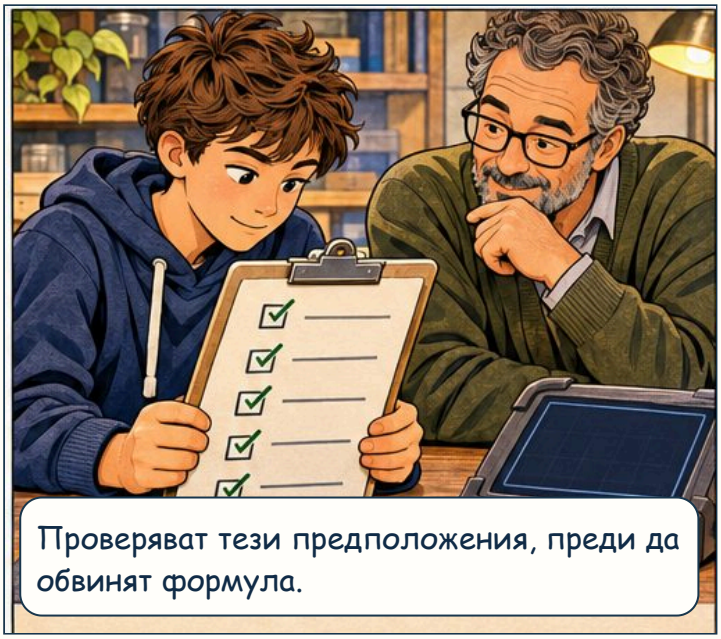
Наблюдаваната граница може да се различава от изчислената.



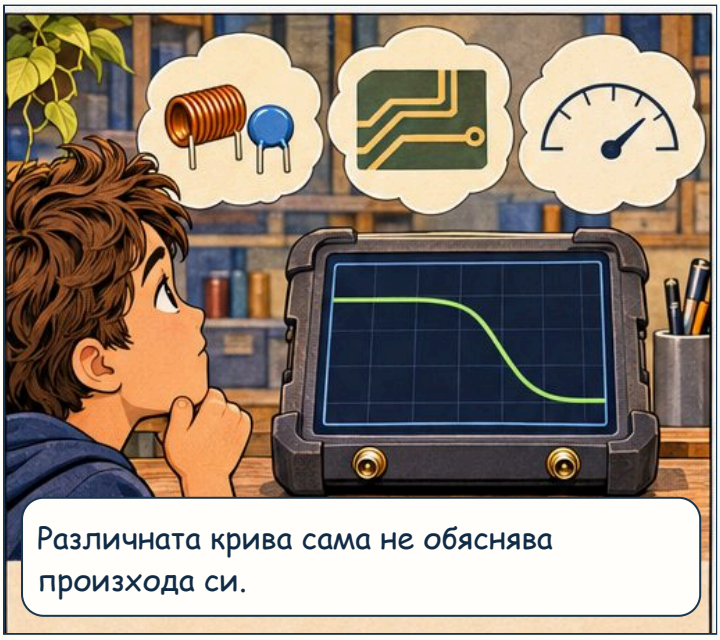
Избраните стойности и толерансите дават първи насоки.



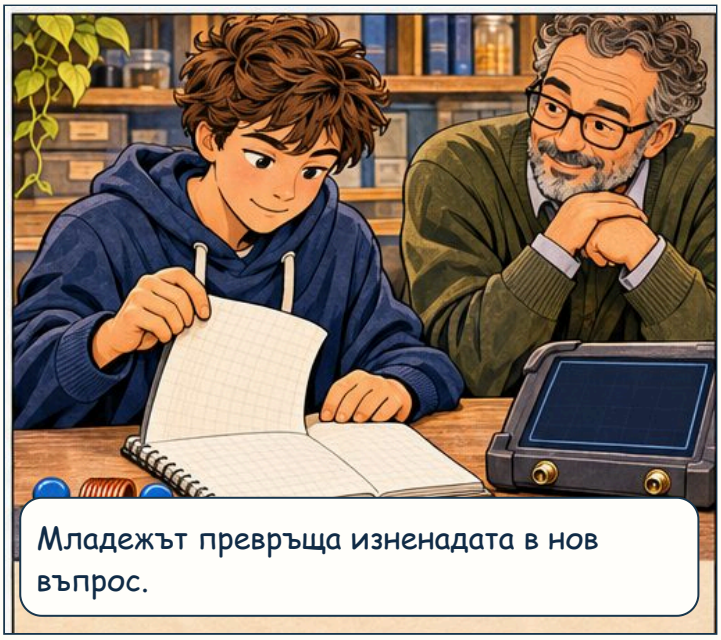
Загубите, монтажът и калибрирането също заслужават проверка.



Проверяват тези предположения, преди да обвинят формула.

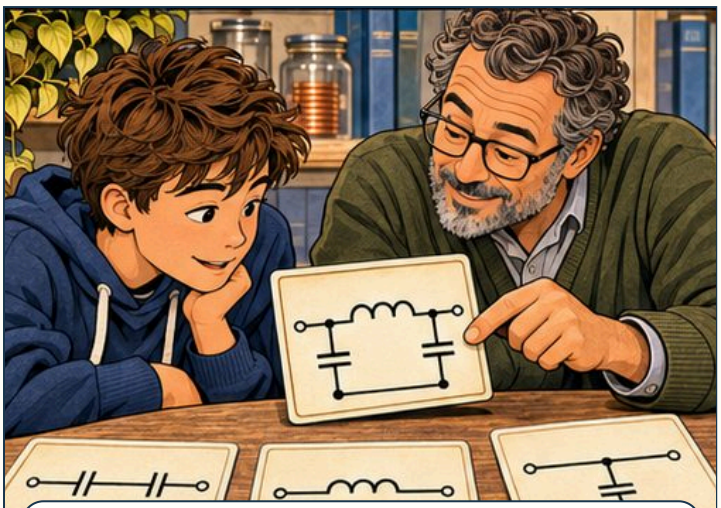


Различната крива сама не обяснява произхода си.

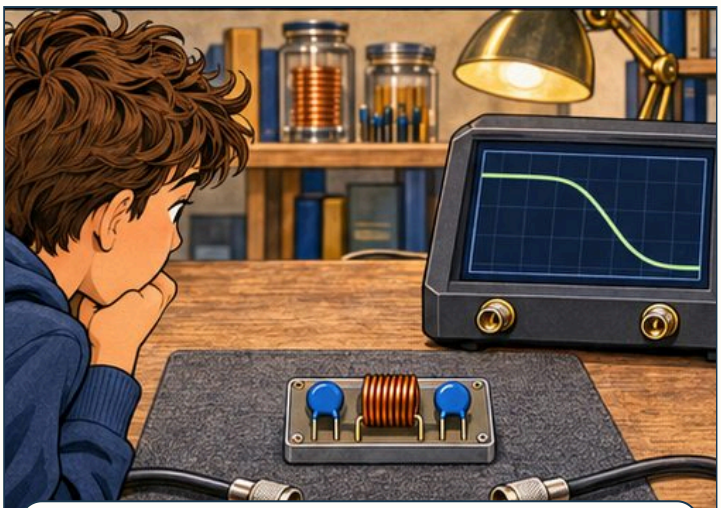


Младежът превръща изненадата в нов въпрос.

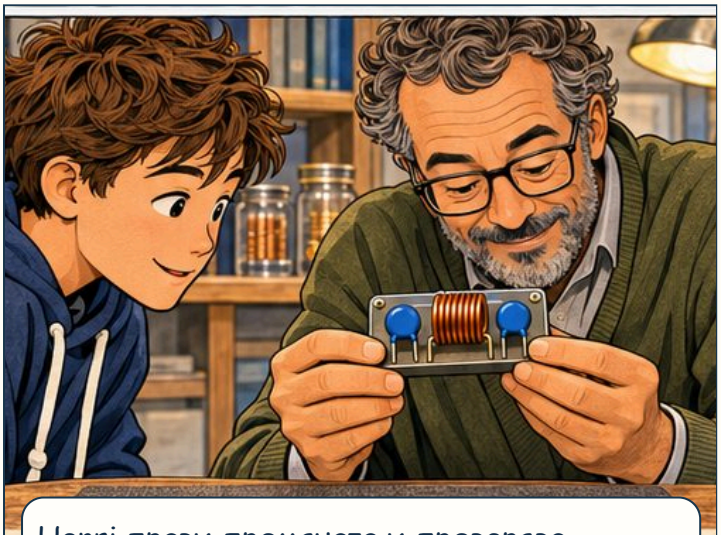
По една промяна



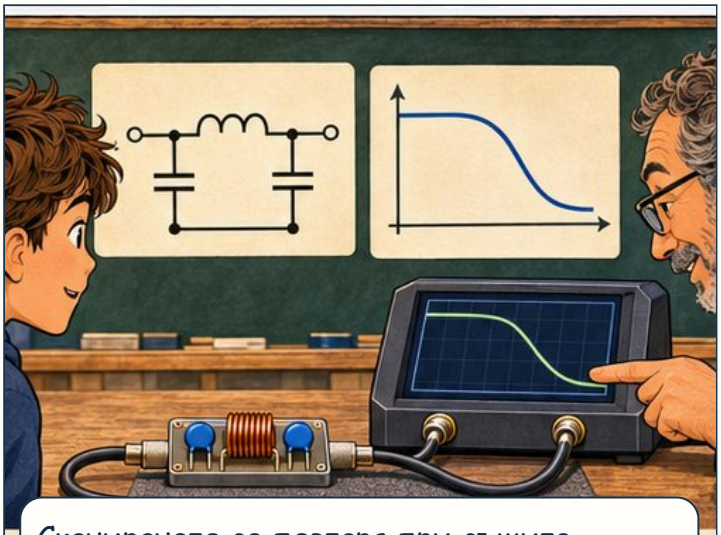
Избират едно предположение и подготвят обоснована промяна.



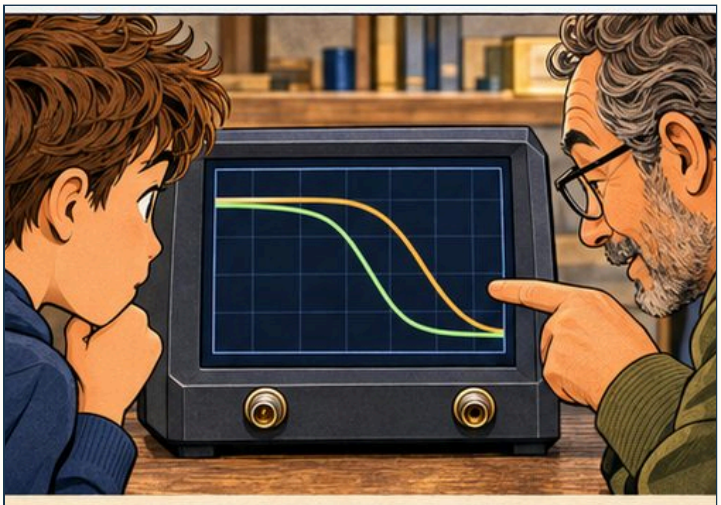
Преди намеса спират източника и разкачват модула.



Henri прави промяната и проверява схемата.



Сканирането се повтаря при същите документирани условия.

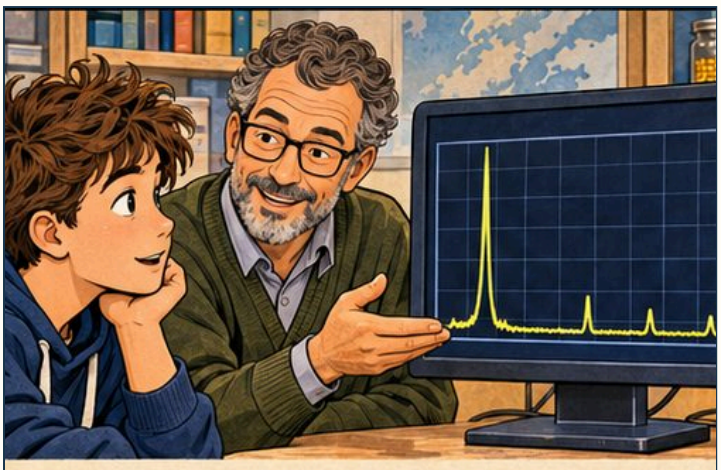


Сравняват старата и новата крива.

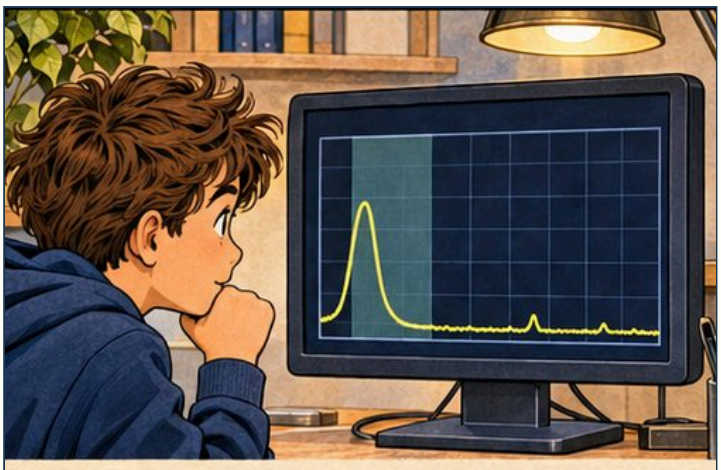


Методът избягва смесването на няколко възможни причини.

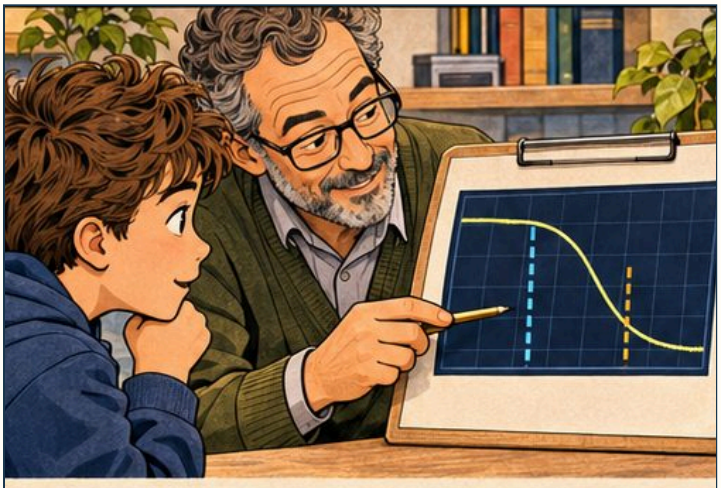
Затихването има граници



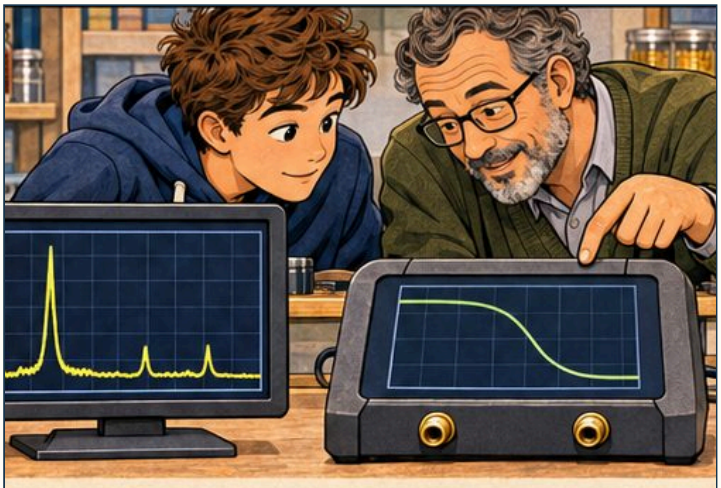
Нискочестотният филтър не премахва всички нежелани съставки.



Съставка в лентата му на пропускане ще бъде слабо потисната.



Потискането зависи от честотата и изпълнението.



Пълен спектрален контрол изисква допълнителни подходящи измервания.

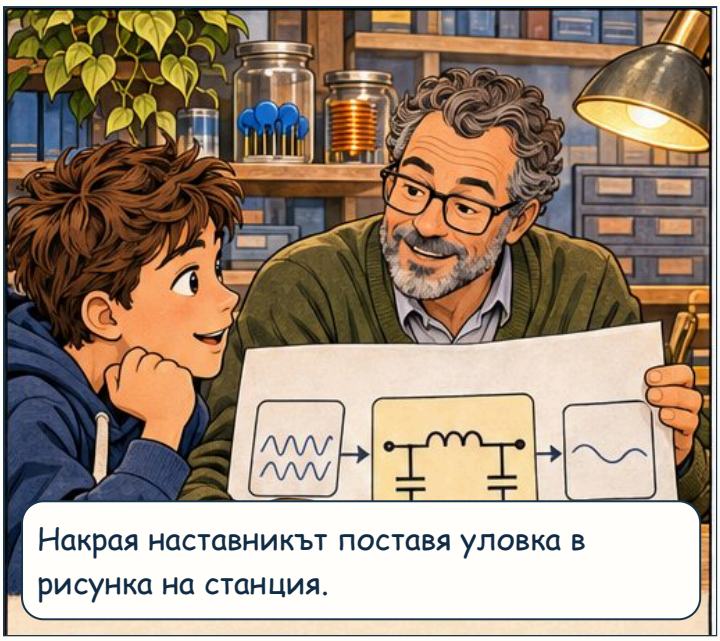


Наличието на филтър не доказва съответствие на станцията.



Младежът различава полезна функция от обща гаранция.

Полезната честота трябва да премине



Накрая наставникът поставя уловка в рисунка на станция.



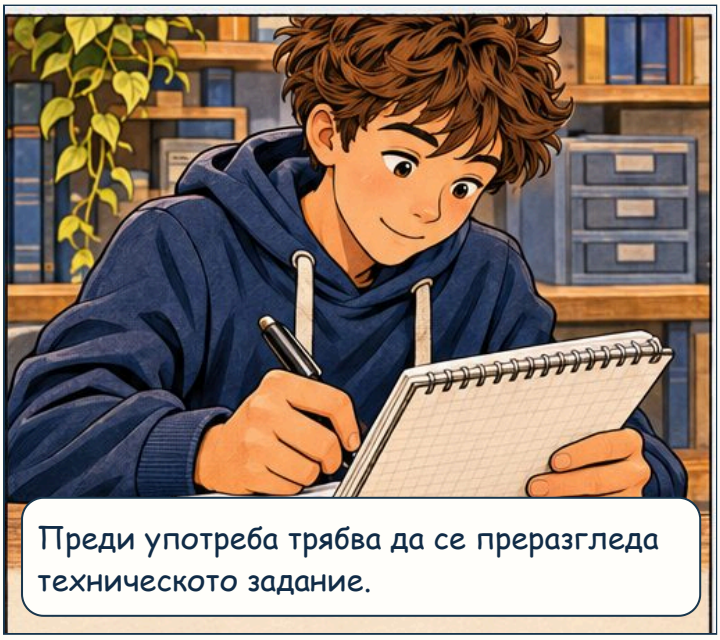
Рисунката съчетава 14,2 MHz с тяхната граница 10 MHz.



Младежът забелязва, че 14,2 MHz е над тази граница.



Този избор би потиснал и желания сигнал.

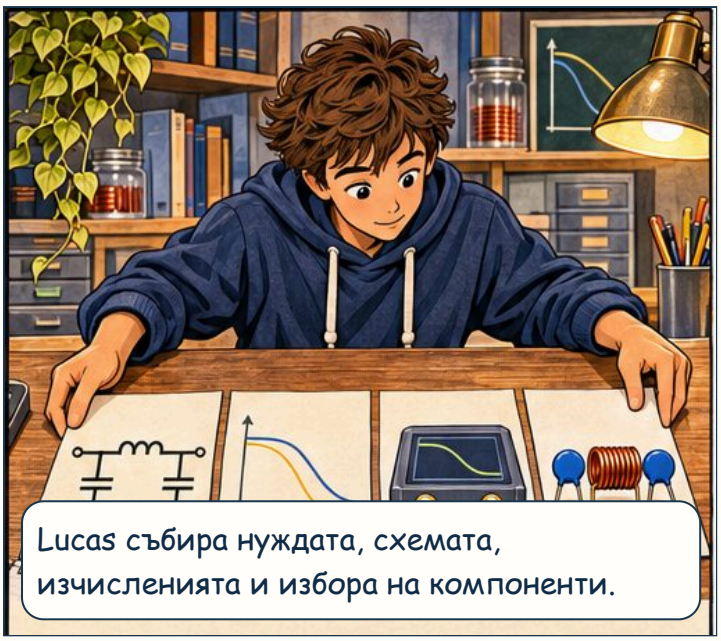


Преди употреба трябва да се преразгледа техническото задание.

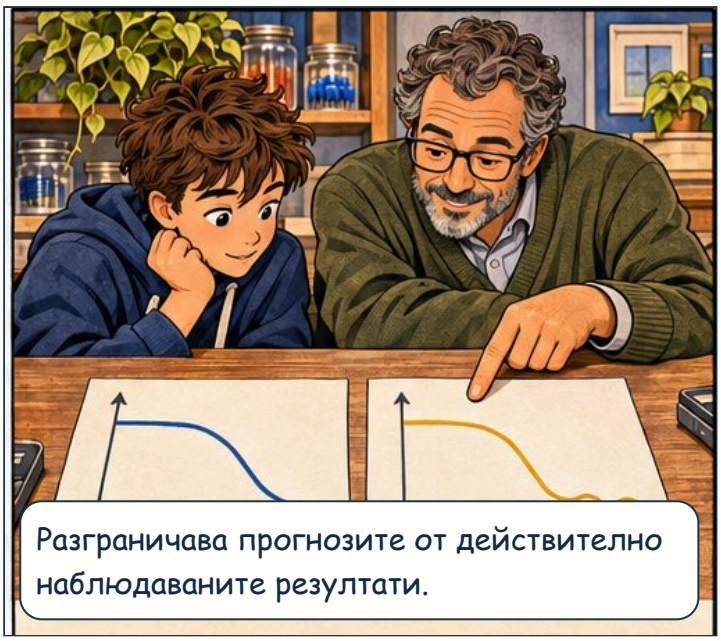


Примерно изчисление не е универсален филтър.

Обяснение за споделяне



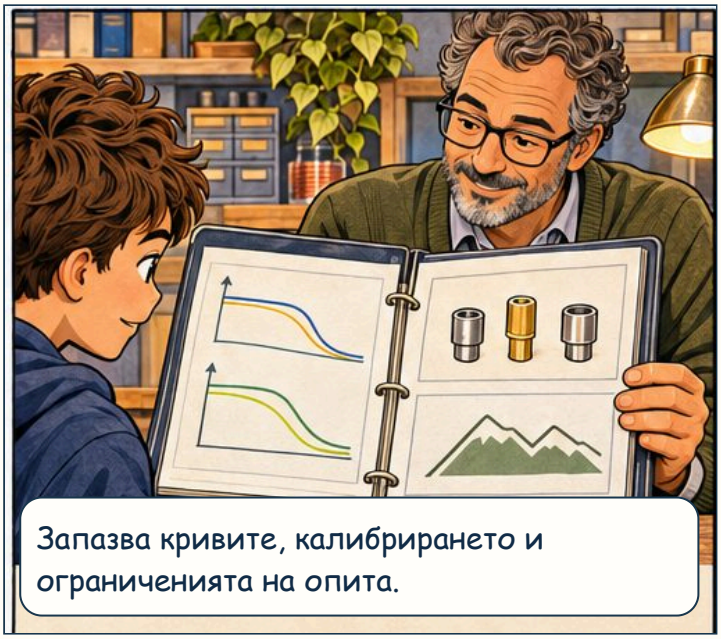
Lucas събира нуждата, схемата, изчисленията и избора на компоненти.



Разграничава прогнозите от действително наблюдаваните резултати.



Посочва опорните импеданси 50 Ω и използвания малък сигнал.



Запазва кривите, калибрирането и ограниченията на опита.



Henri играе посетител и задава последен въпрос.



Сега младежът обяснява защо всяко условие е важно.

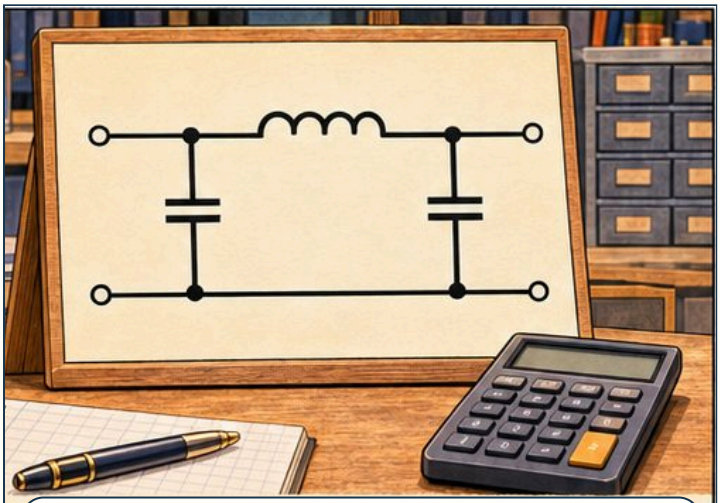
Разбиране, изчисляване, измерване



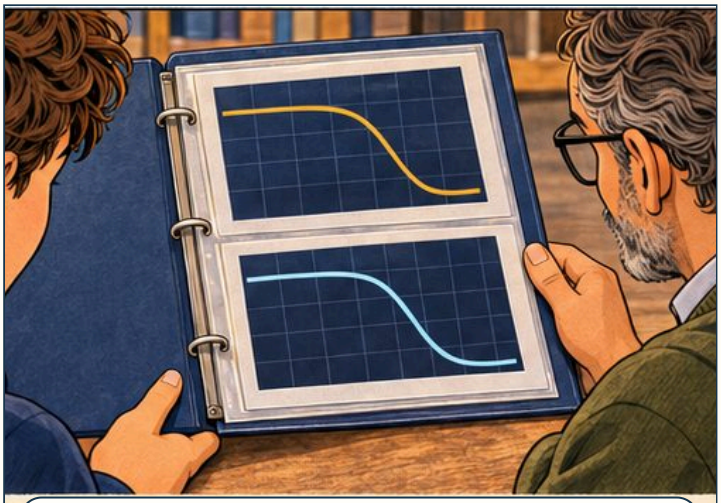
Трите компонента се връщат в учебната кутия.



Младежът вече свързва нужда с характеристика на филтър.



Умее да изчисли този π Butterworth и да провери единиците.



Умее също да измерва, сравнява и изследва отклонения.



Тетрадката пази метод с предположения и ограничения.



В клуба следващото откритие вече започва с въпрос.