ON4CRD

المجلد 05

حساب المرشحات



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

الإشعارات القانونية

المجلد 05 · حساب المرشحات

ناشر الموقع : Radio Club Durnal ON4CRD

مدير النشر : لجنة Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

الإشعارات القانونية

الملكية الفكرية

تظل النصوص والصور والمستندات والشعارات والمواد المنشورة على الموقع ملكًا لمؤلفيها أو للنادي. يجب أن يحترم أي نسخ أو إعادة استخدام المصدر والحقوق المعمول بها وأي إذن من المؤلف.

المسؤولية

يعمل النادي على نشر المعلومات المفيدة والموثقة، لكنه لا يضمن عدم وجود أخطاء أو سهو أو انقطاع. يجب التحقق من المعلومات الفنية أو التنظيمية مقابل المصادر الرسمية عندما تدعم القرار.

رسوم أُنشئت بمساعدة الذكاء الاصطناعي.

مهمة جديدة



يعود Lucas إلى دفتره في النادي بعد ورشة الكهرباء.



يُعدّ Henri عرضًا عن جودة الإشارات.



على الطاولة مكثفان وملف.



التحدي: فهم مرشح تمرير منخفض وحسابه ثم قياسه.



يريد الفتى أن يفهم كيف تغيّر ثلاثة مكونات كل شيء.



يبدآن باستكشاف ما تحتويه الإشارة.

الإشارة وصورتها



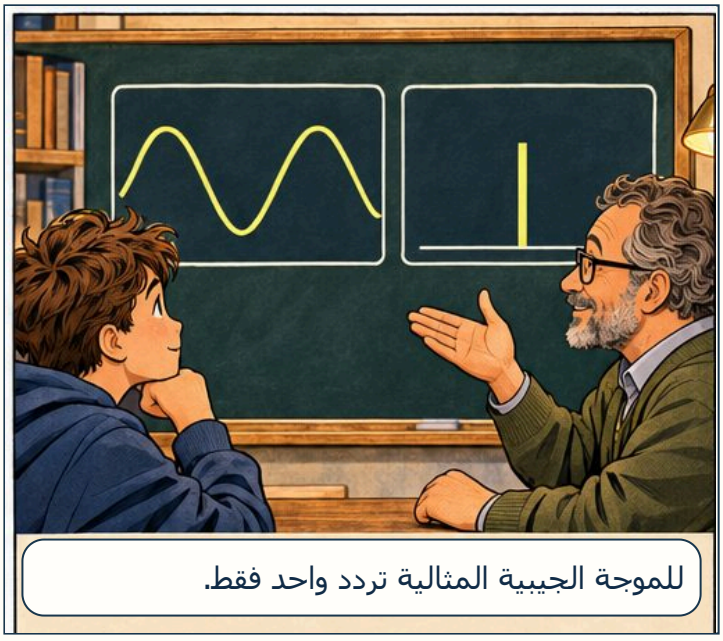
يُظهر منحنى زمني كيف تتغير الإشارة.



يعرض الطيف مكوناتها حسب التردد.



يصف المنظران الإشارة نفسها بطريقتين مختلفتين.



للموجة الجيبية المثالية تردد واحد فقط.

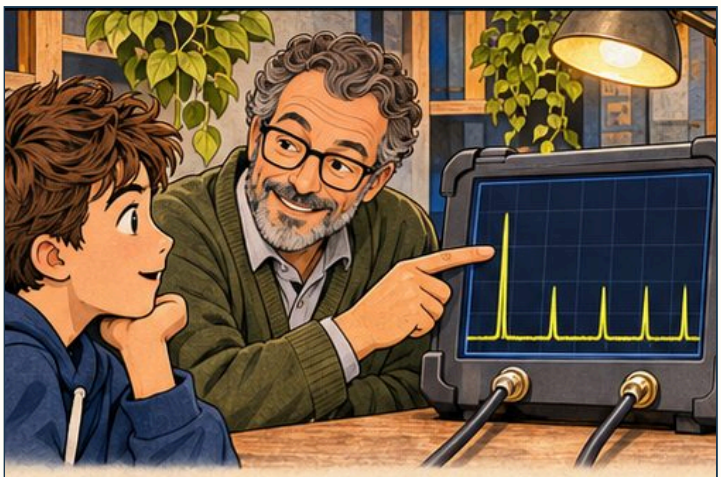


قد يحتوي الشكل المشوّه على عدة مكونات.



يكتشف الفتى صورة لم يكن يعرف كيف يقرؤها.

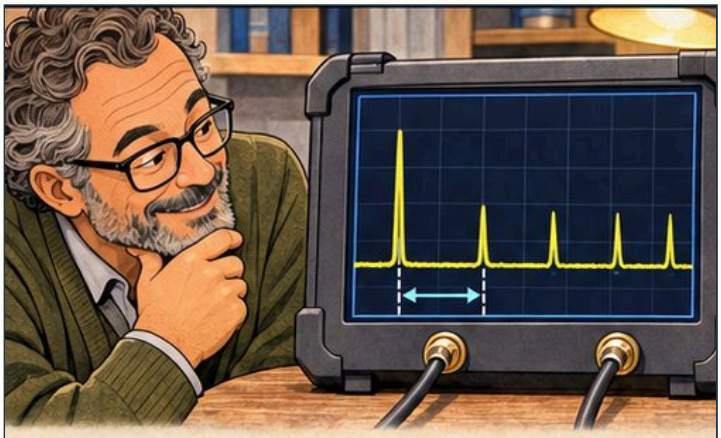
تظهر التوافقيات



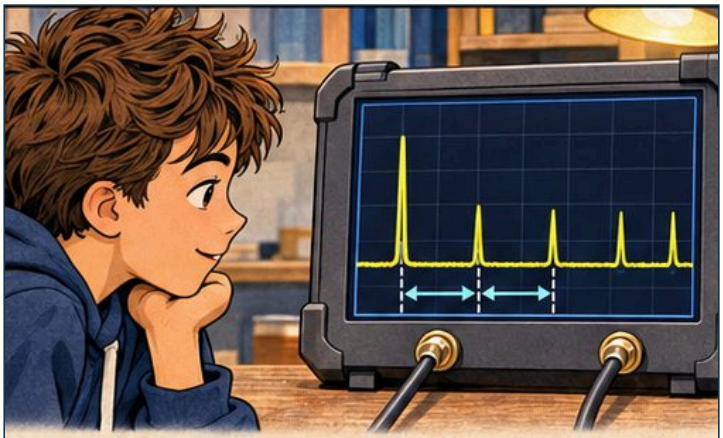
يمثل التردد الأساسي أول مرجع للإشارة الدورية.



توافقياتها مضاعفات صحيحة لذلك التردد.



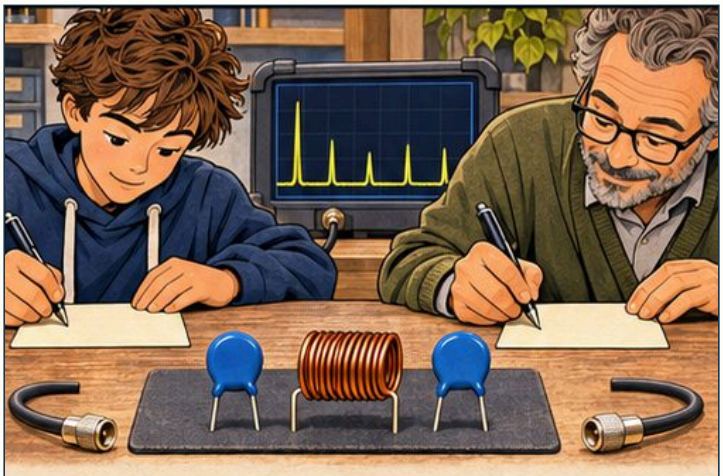
التوافقية الثانية عند ضعف التردد الأساسي.



والثالثة عند ثلاثة أمثال ذلك التردد.

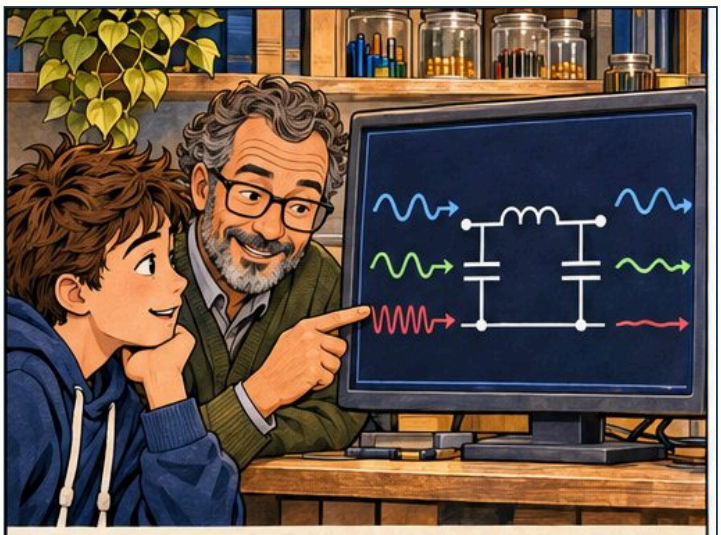


لكن ليست كل المكونات غير المرغوبة توافقيات.

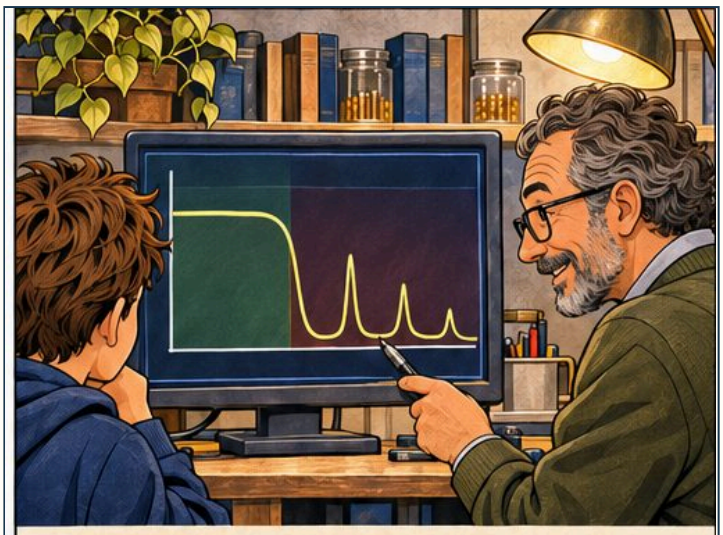


يجب أن يلبي المرشح حاجة محددة بدقة.

اختيار ما نحتفظ به



يغيّر المرشح المكونات بصورة مختلفة تبعًا لترددها.



تُحدد أولًا الترددات المفيدة والمزعجة.



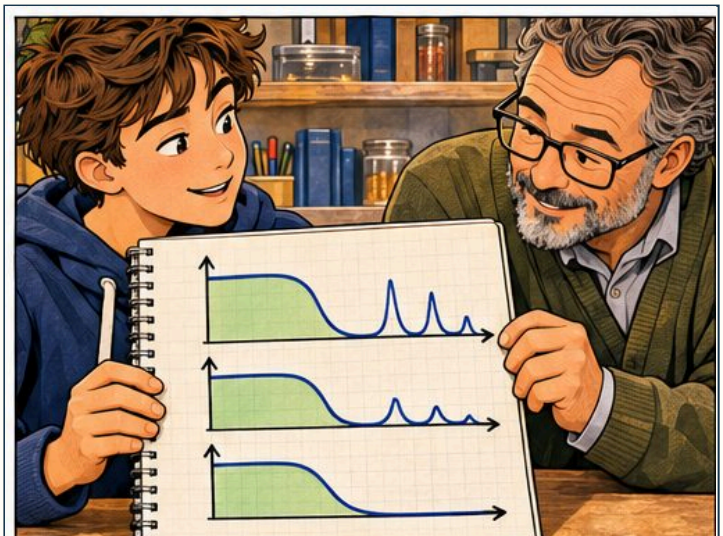
ويُحدد أيضًا التوهين المطلوب.



دون هذه الأهداف، لا معنى كبيرًا لحساب المكونات.

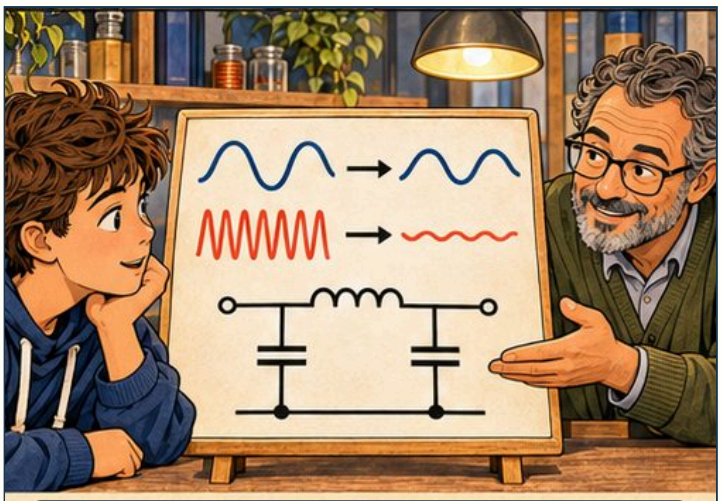


يحيط الفتى المنطقة المفيدة بدائرة في طيف توضيحي.



يتحول دفتره إلى وثيقة متطلبات.

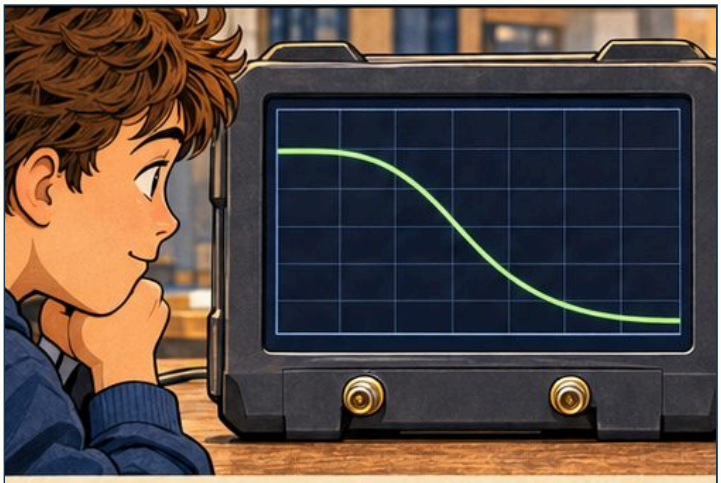
اختيار التمرير المنخفض



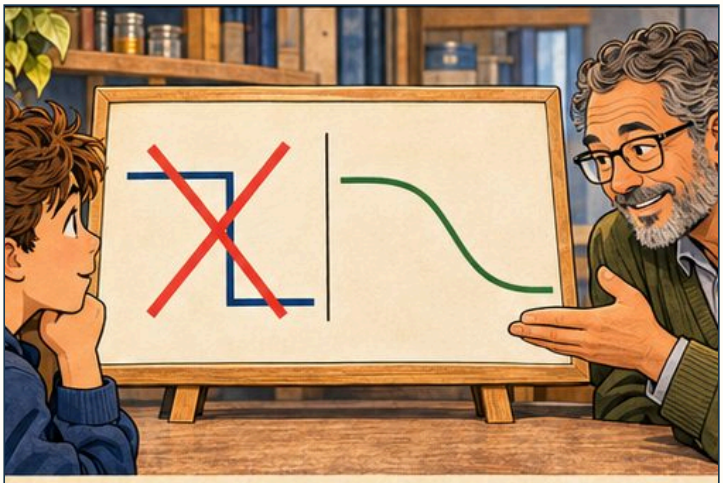
يمرر المرشح المنخفض الترددات المنخفضة أفضل من العالية.



تقع حزمة تمريره في جانب الترددات المنخفضة.



وفي الترددات الأعلى، يزداد التوهين تدريجيًا.



الانتقال الحقيقي ليس جدارًا رأسيًا مثاليًا أبدًا.



يناسب هذا النوع عرضهما اليوم.



يرسم الفتى منحدرًا بدلًا من حاجز.

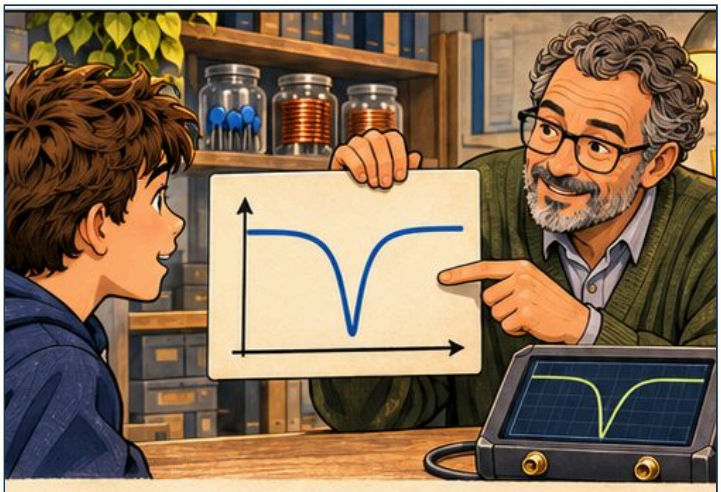
مسارات أخرى ممكنة



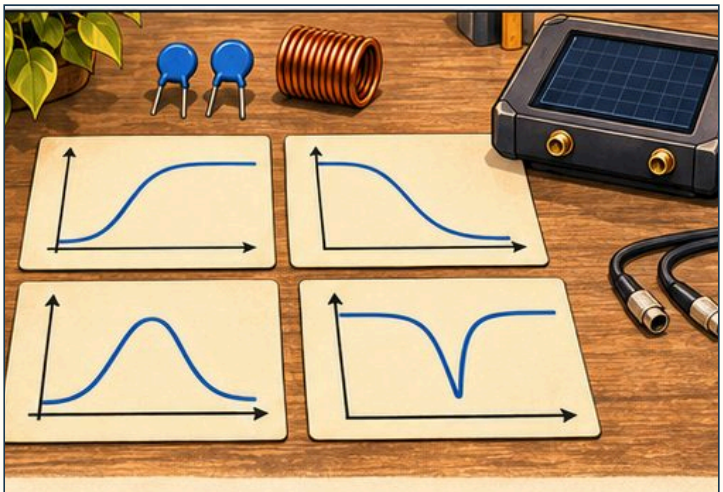
يوهّن مرشح التمرير العالي الترددات المنخفضة ويحافظ على العالية.



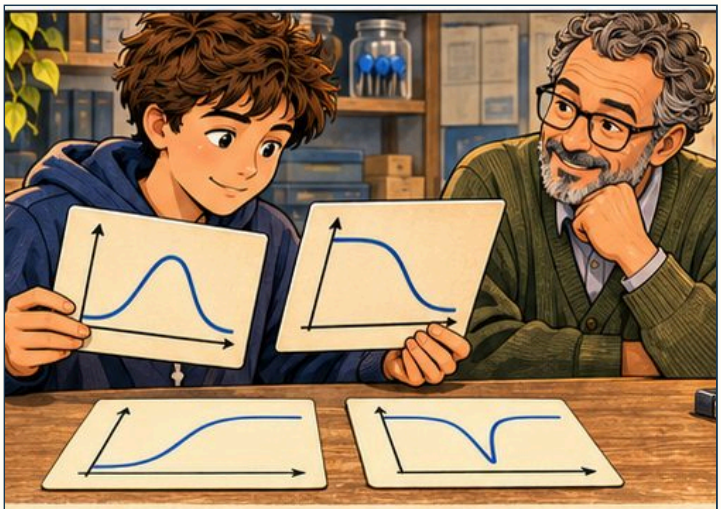
يفضّل مرشح تمرير الحزمة نطاقًا بين حدّين.



أما مرشح منع الحزمة فيوهّن نطاقًا مختارًا.



تلبي هذه العائلات احتياجات مختلفة.



يصف الاسم استجابة، لا جودة شاملة.

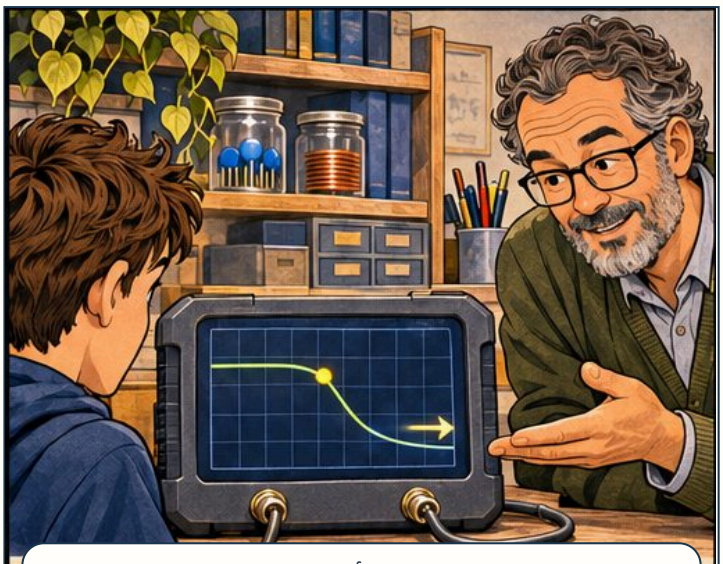


يضع الفتى ثلاث بطاقات جانبًا لورشة قادمة.

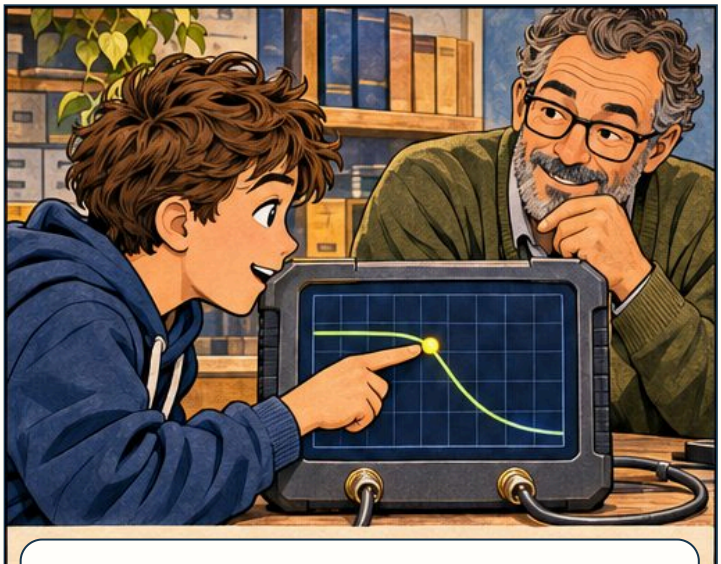
قطع لا يمنع كل شيء



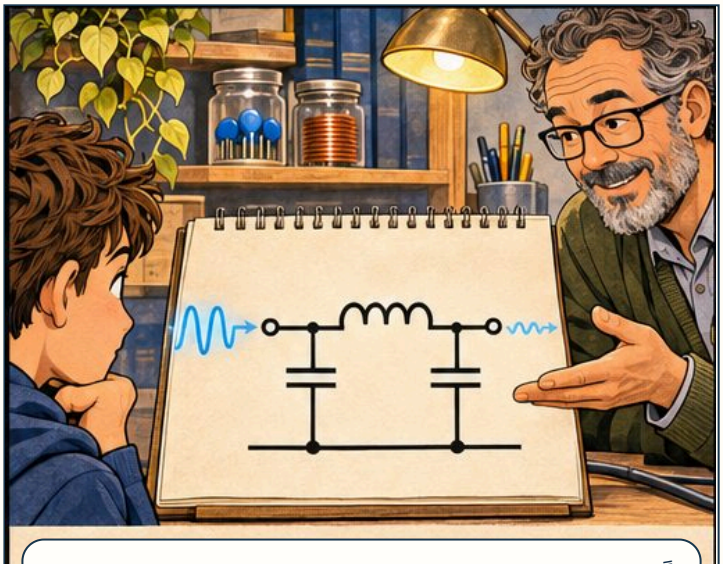
يحدد تردد القطع هنا مستوى مرجعيًا.



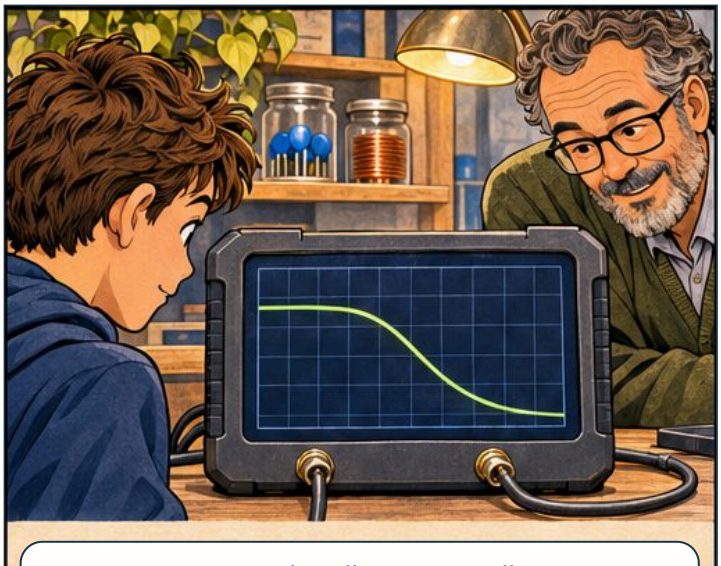
لا يعني اختفاء الإشارة فجأة.



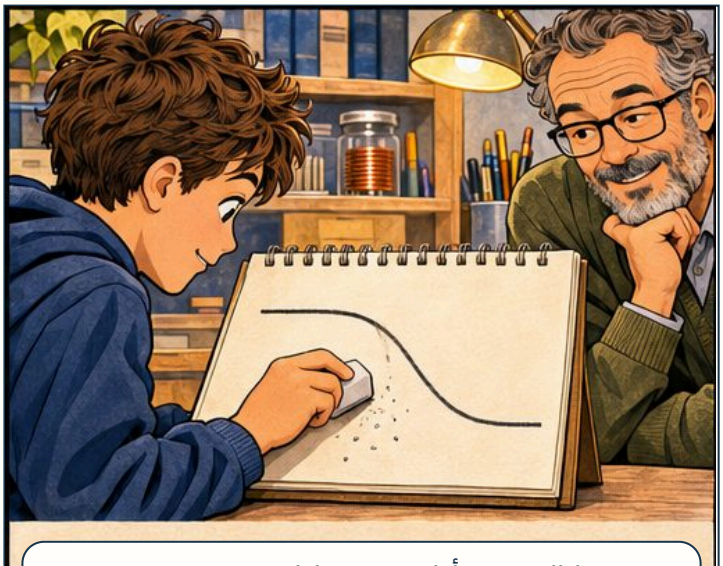
في مرشح باتروورث المثالي، يقابل نحو 3 dB−.



إذًا يظل المرشح ينقل طاقة عند هذا التردد.



بعده، يستمر التوهين في الازدياد.

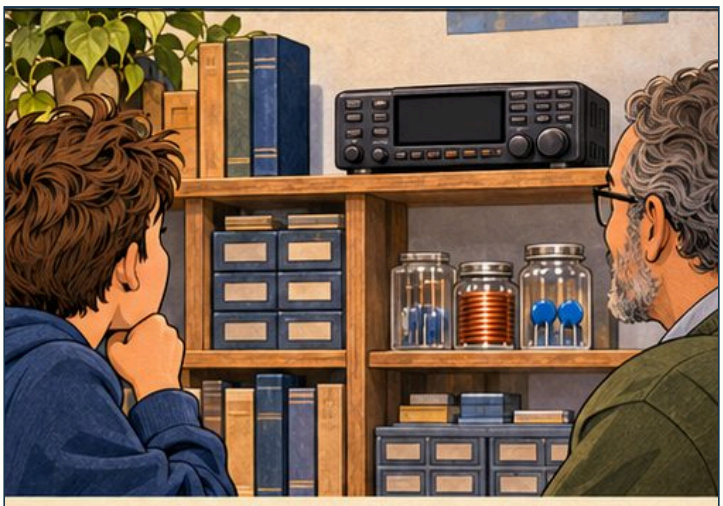


يمنع هذا التوضيح أول تصور خاطئ.

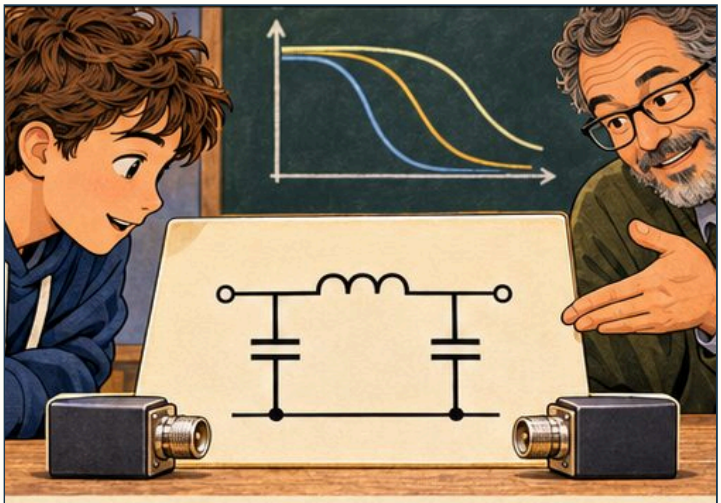
مثال مختبري



يختاران تردد قطع نظريًا قدره 10 MHz.



هذه القيمة للتعلم، ولا تحدد تردد إرسال.



ستكون معاوقة المصدر والحمل المرجعيين 50 Ω.



ستُدرس الدارة على منصة القياس بإشارة ضعيفة.



لن يُوصل هوائي ولا جهاز إرسال.



الهدف استجابة قابلة للقياس، لا اتصال لاسلكي.

لماذا نحدد خمسين أومًا؟



يعمل المرشح بين مصدر وحمل.



معاوقتاهما من شروط حسابه.



هنا تبلغ كل منهما مثاليًا Ω 50، وهي مقاومية بحتة.



تغيير هذه الشروط يغيّر الاستجابة الناتجة.



إذًا لا يكفي نسخ ثلاث قيم.



يضيف الفتى نهايتي المصدر والحمل إلى مخططه.

النموذج والدارة الفعلية



يبدأ الحساب بمكونات مثالية بلا خسائر.



أما الدارة الحقيقية ففيها مقاومات وتأثيرات طفيلية.



يتيح النموذج توقع استجابة أولية.



وتتيح القياسات لاحقًا فحص الاختلافات.

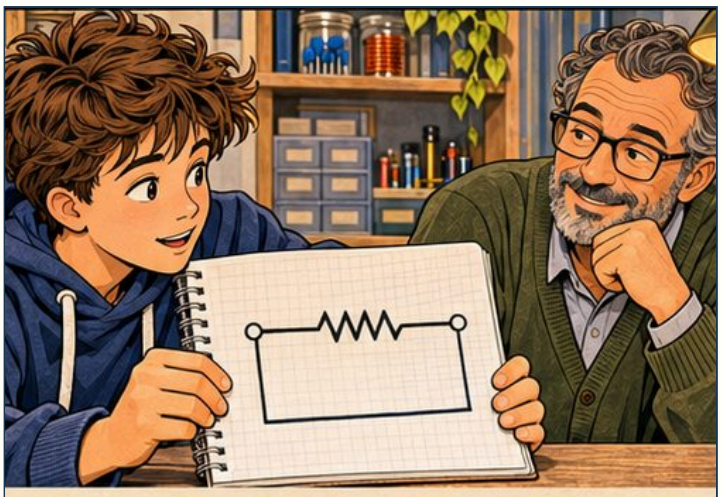


الخلط بين التوقع والنتيجة يمنع فهم هذه الفروق.

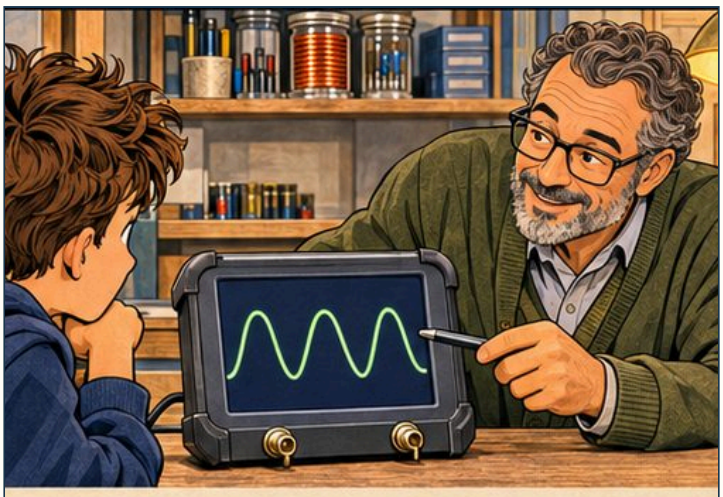


يخصص الدفتر مكانًا منفصلًا لكل منهما.

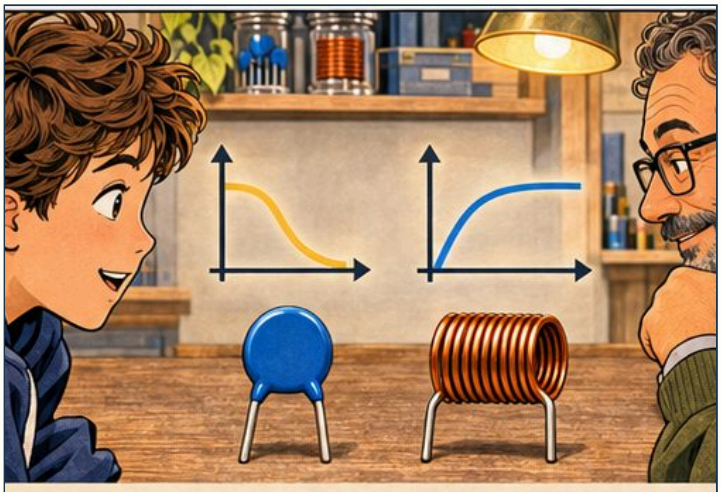
لم تعد المقاومة وحدها تكفي



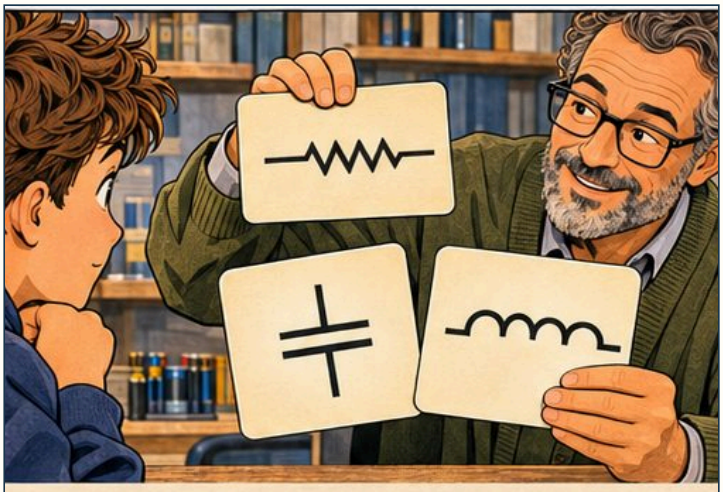
ربط المجلد السابق الجهد والتيار والمقاومة في التيار المستمر.



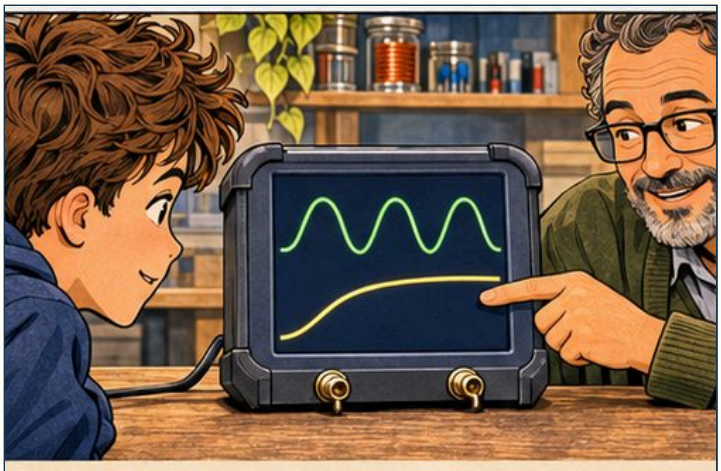
هنا تتغير الإشارة سريعًا ويهم ترددها.



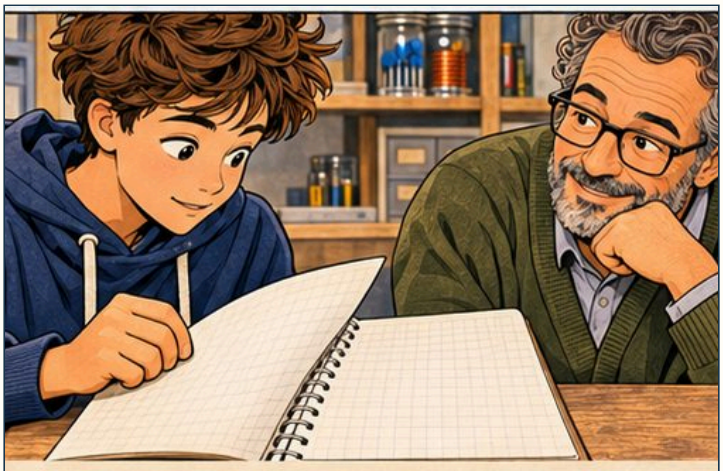
تُبدي المكثفات والملفات ممانعة تعتمد على التردد.



هذه المفاعلة ليست مجرد مقاومة.



تصف المعاوقة السلوك الكهربائي في التيار المتناوب بصورة أشمل.

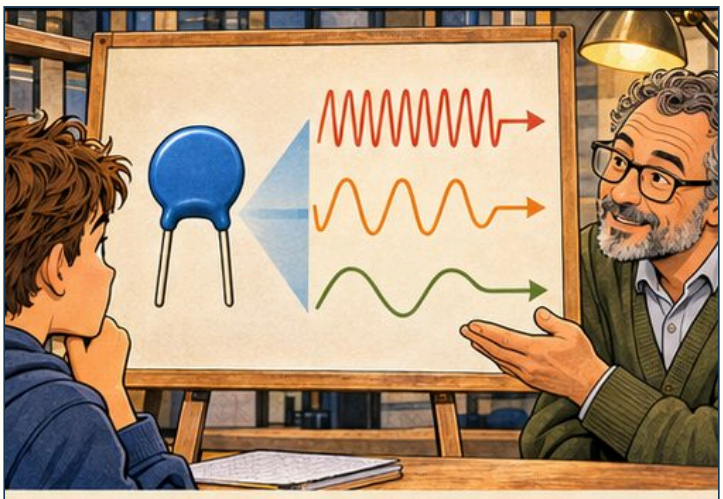


يفهم الفتى سبب الحاجة إلى نموذج جديد.

دور المكثف



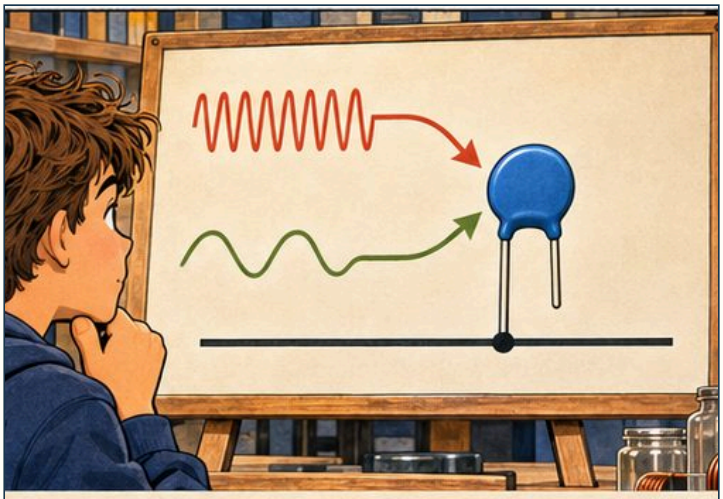
يرمز للسعة بـ C وتقاس بالفاراد، F.



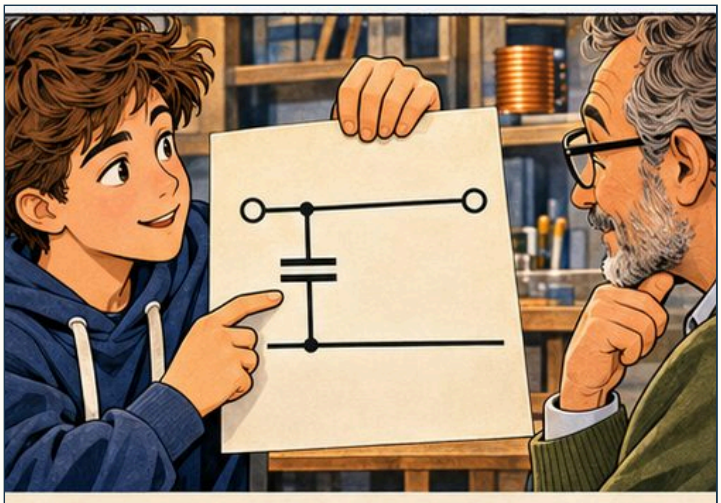
تنخفض مفاعلة المكثف المثالي بارتفاع التردد.



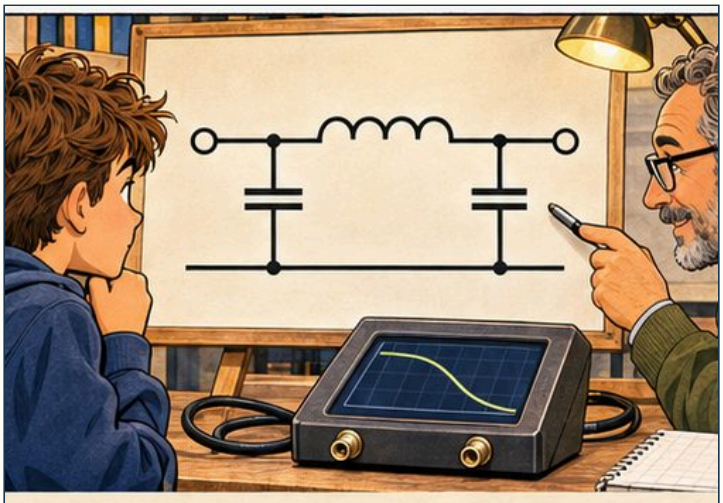
مقدارها المطلق هو Xc = 1/(2πfC).



عند ثبات السعة، تواجه الترددات العالية مفاعلة أقل.



ستُوصل المكثفات في مرشحهما بالمرجع المشترك.

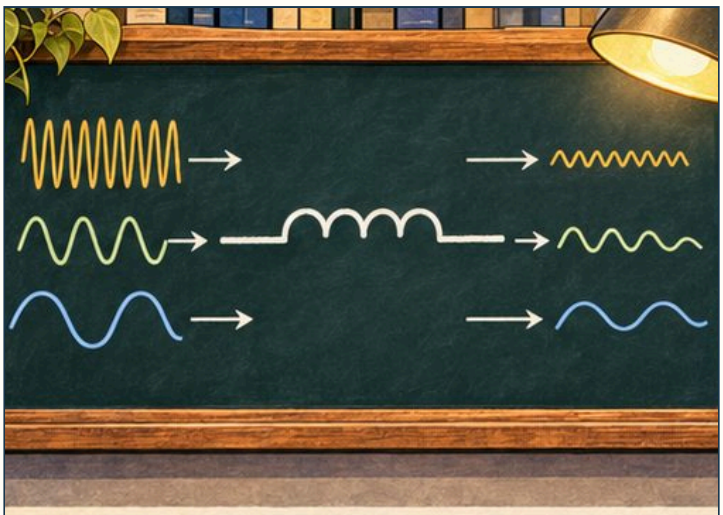


يعتمد دورها أيضًا على بقية الدارة.

دور الملف



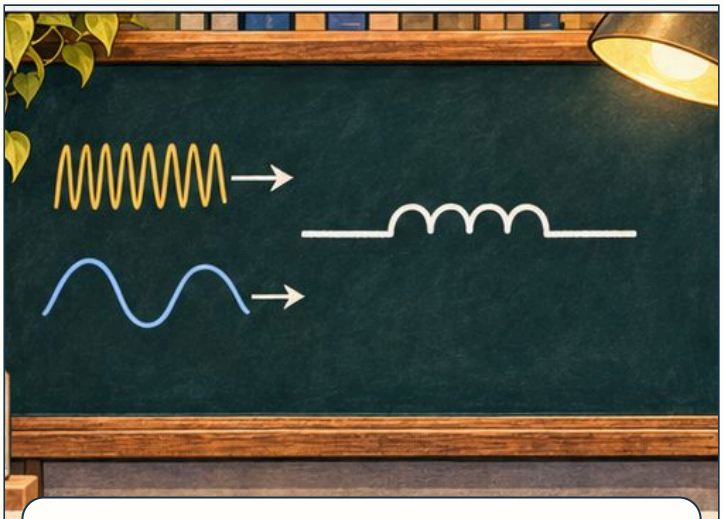
يرمز للمحاثة بـ L وتقاس بالهنري، H.



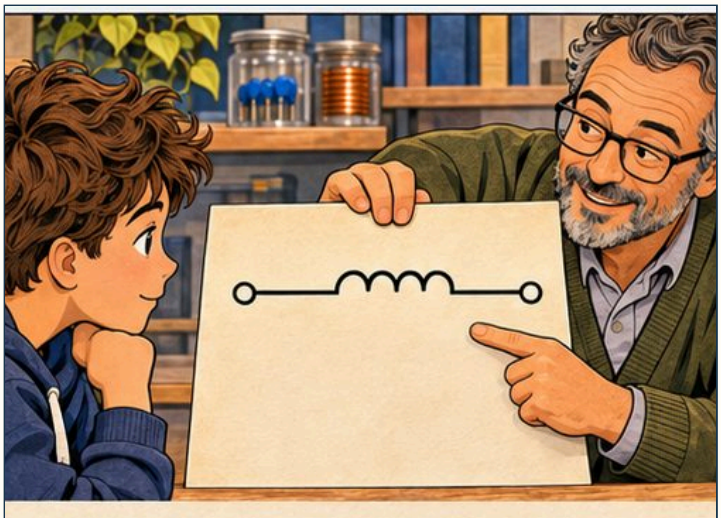
تزداد مفاعلة الملف المثالي مع التردد.



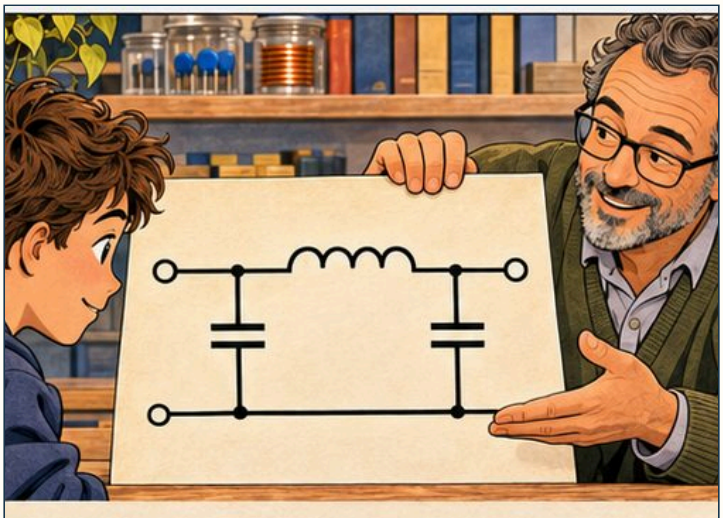
مقدارها المطلق هو XL = 2πfL.



عند ثبات المحاثة، تواجه الترددات العالية مفاعلة أكبر.

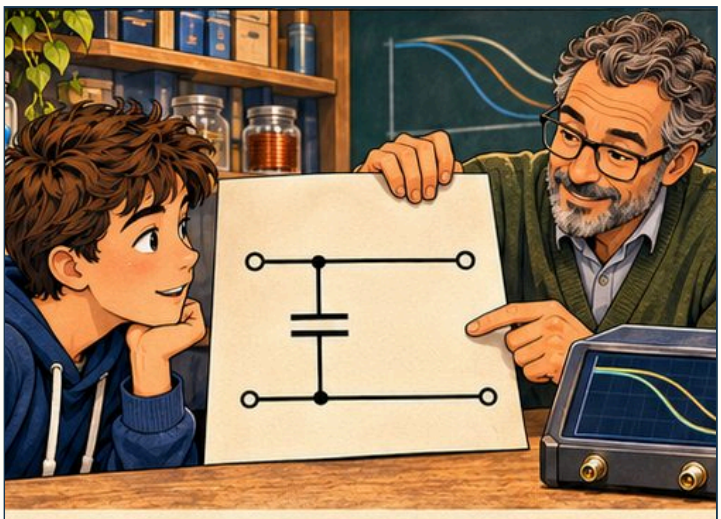


سيكون الملف في مرشحهما على مسار الإشارة.

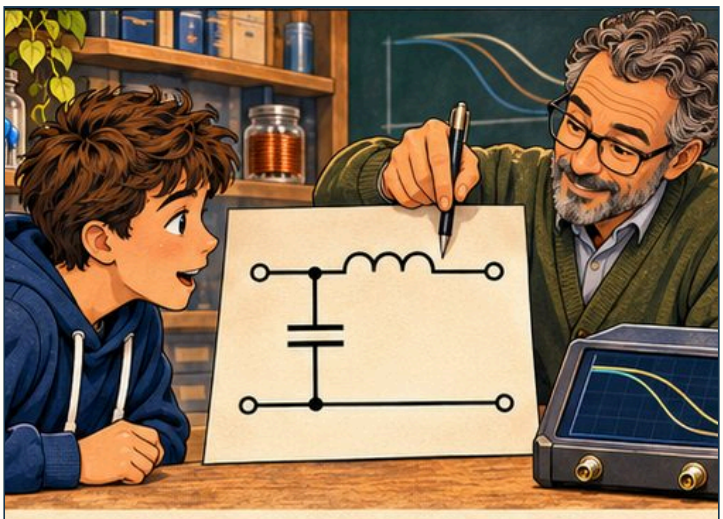


سيعمل النوعان من المكونات معًا.

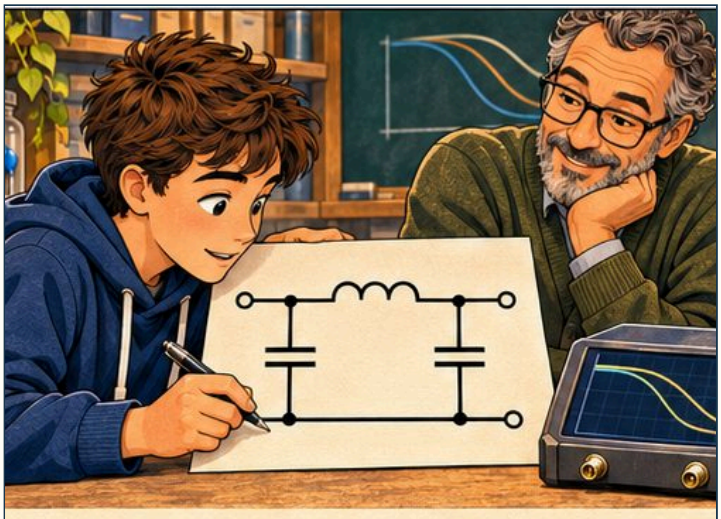
يتخذ المخطط شكل باي



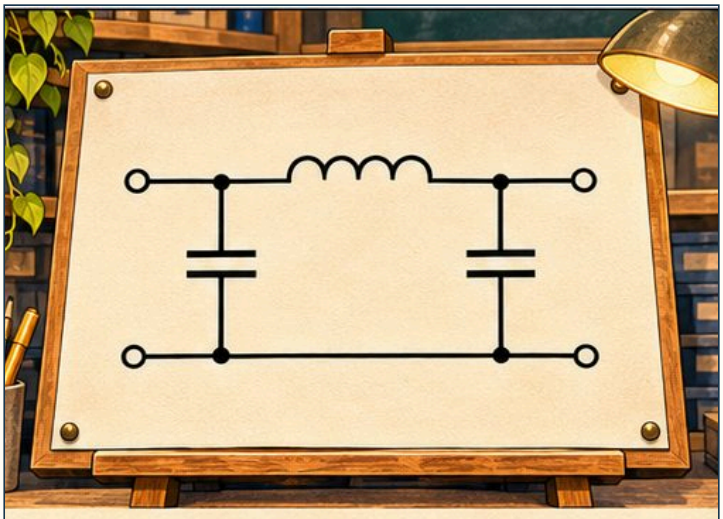
يتصل المدخل بمكثف أول موصول بالمرجع المشترك.



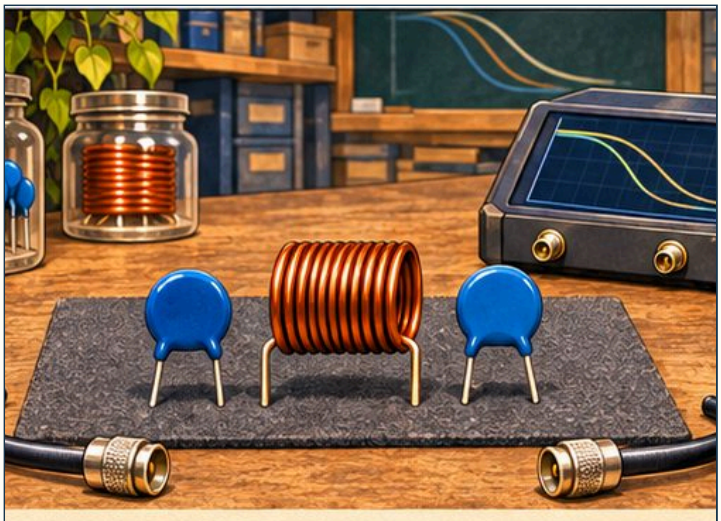
ثم يصل ملف بين المدخل والمخرج على التوالي.



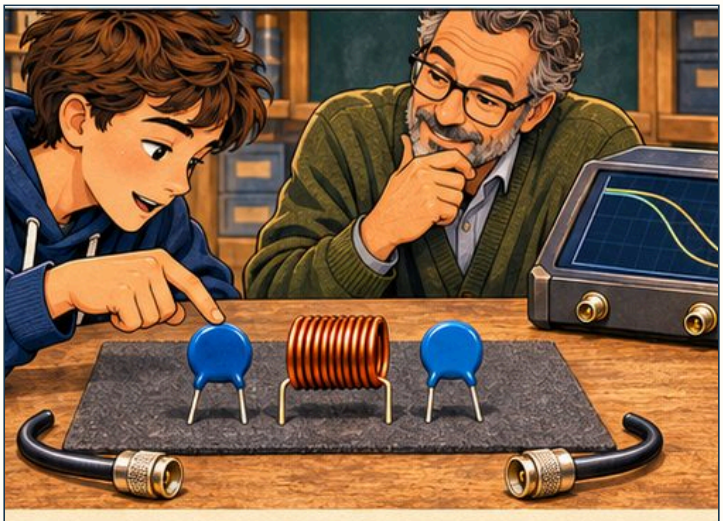
يصل مكثف ثانٍ المخرج بالمرجع نفسه.



ينزل فرعان على جانبي الملف.



يشبه هذا الترتيب الحرف اليوناني π.

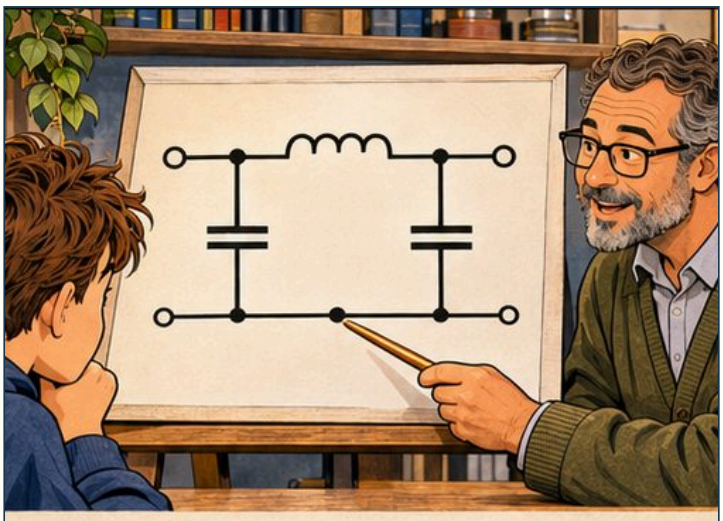


يتتبع الفتى كل وصلة بقلمه.

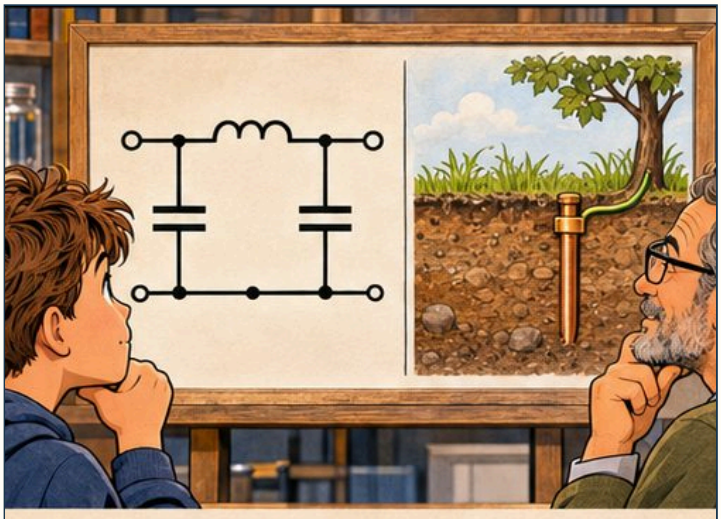
المرجع المشترك في المخطط



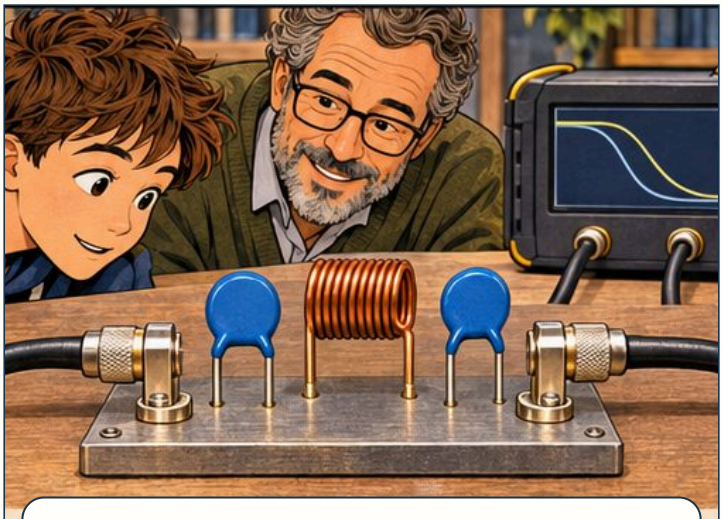
يشترك المكثفان في مرجع كهربائي واحد.



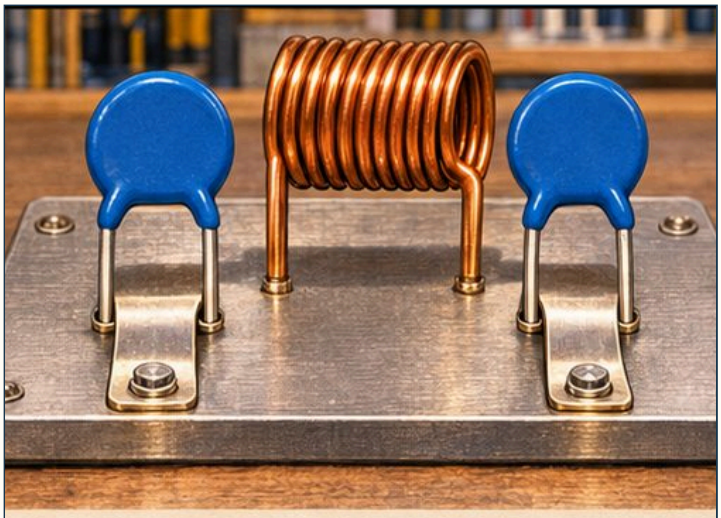
يمثل رمز الأرضي هنا هذا المرجع في الدارة.



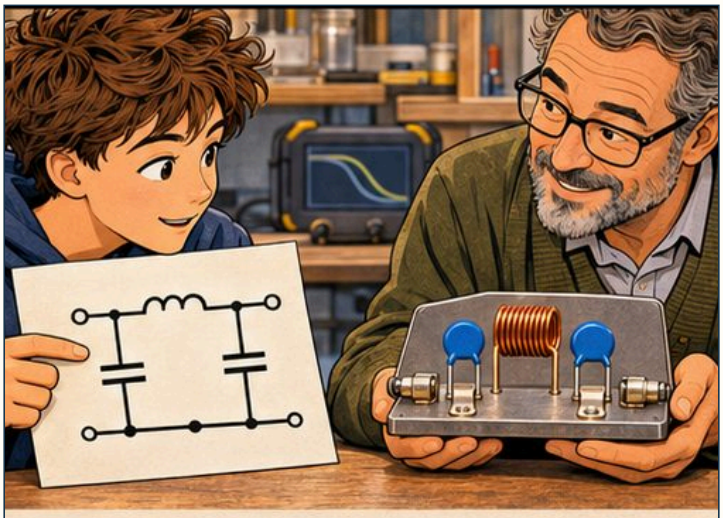
لا يعني تلقائيًا اتصالًا بأرض المبنى.



تتصل دروع الكابلات المحورية بهذا المرجع وفق التصميم.



تحد الوصلة القصيرة من بعض التأثيرات الطفيلية.

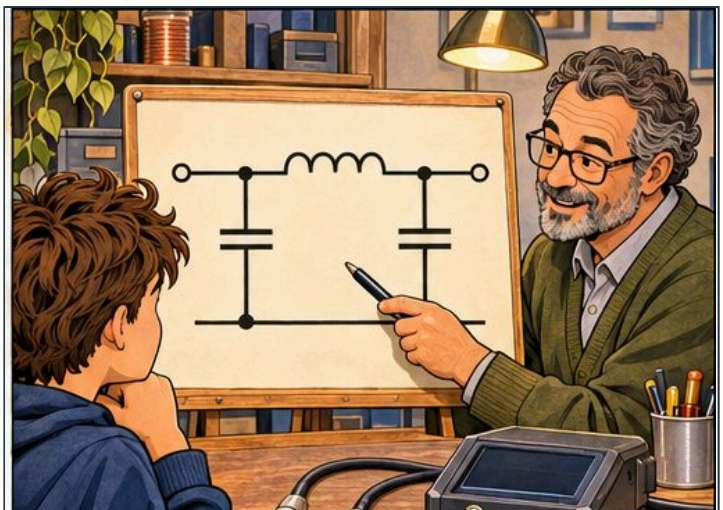


يميّز الفتى بين الرمز وتنفيذه الفعلي.

ثلاثة عناصر ورتبة



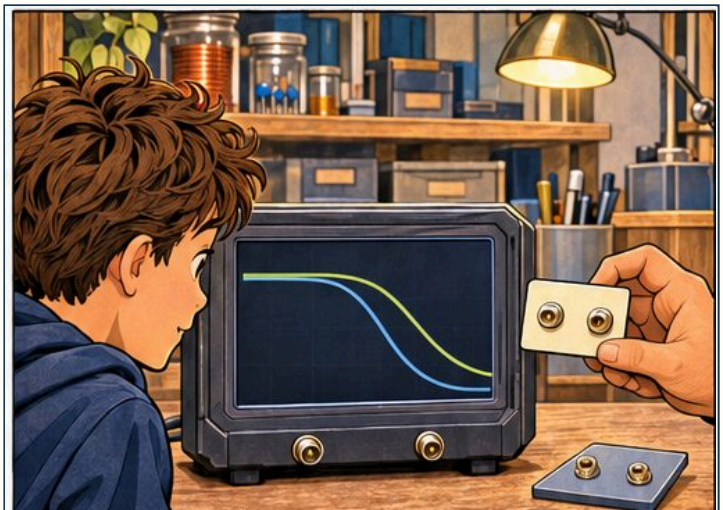
تحتوي هذه الشبكة المثالية ثلاثة عناصر تفاعلية: C, L, C.



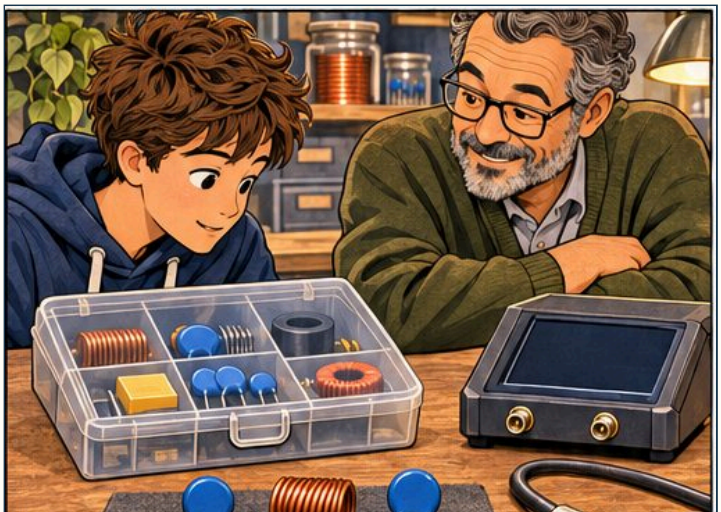
تحقق هنا مرشح تمرير منخفض من الرتبة الثالثة.



تصف الرتبة، ضمن أمور أخرى، ميل النموذج بعيدًا عن القطع.



لكن اختيار معاوقة خاطئة يغيّر الاستجابة.



إضافة مكونات عشوائيًا لا تصنع المرشح المطلوب.

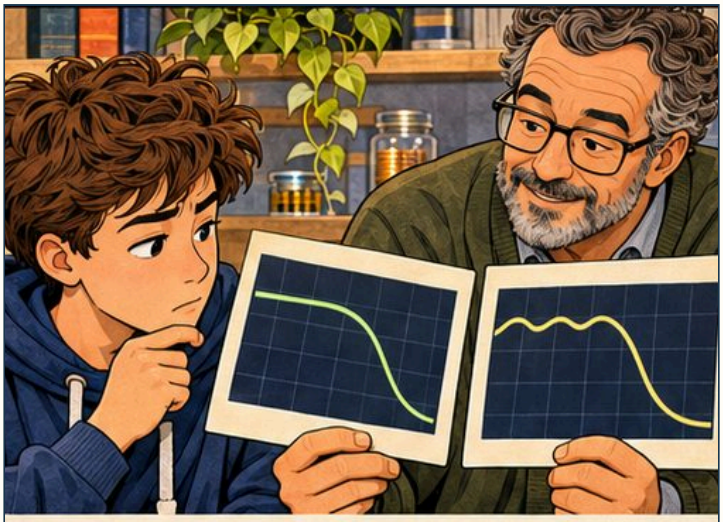


يجب أن يتوافق شكل المخطط مع حسابه.

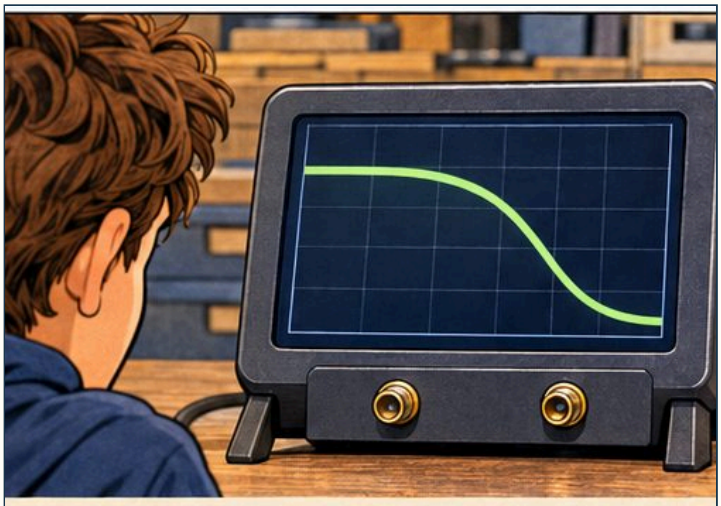
لماذا باتروورث؟



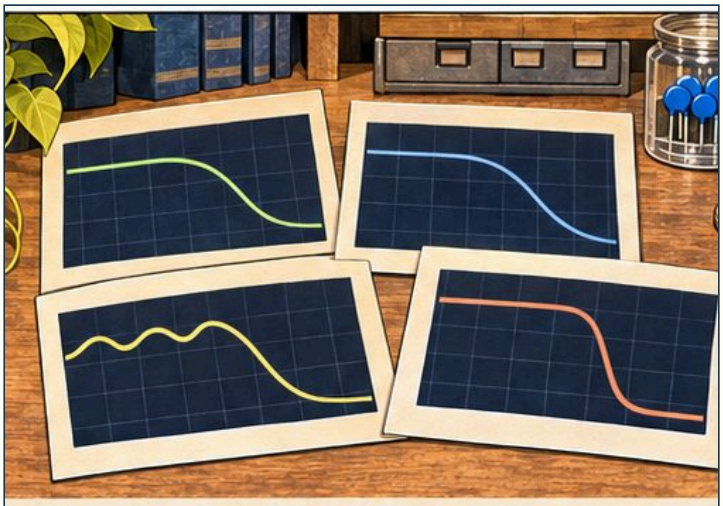
استجابة باتروورث مسطحة إلى أقصى حد في حزمة التمرير.



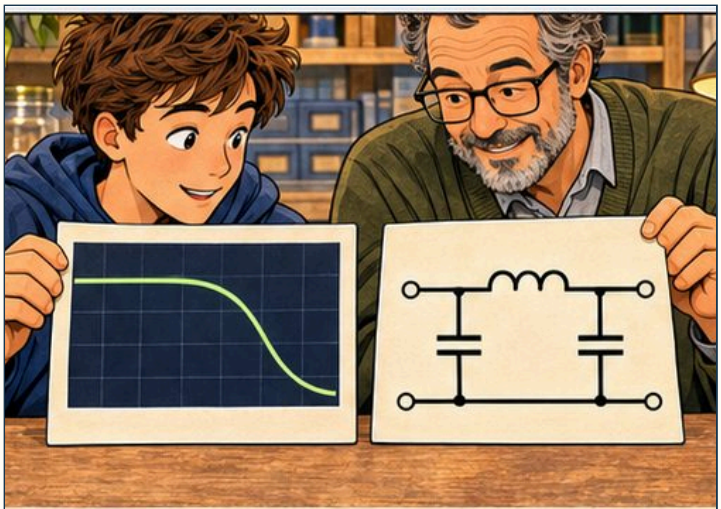
لا يحتوي نموذجها المثالي تموجات في هذه الحزمة.



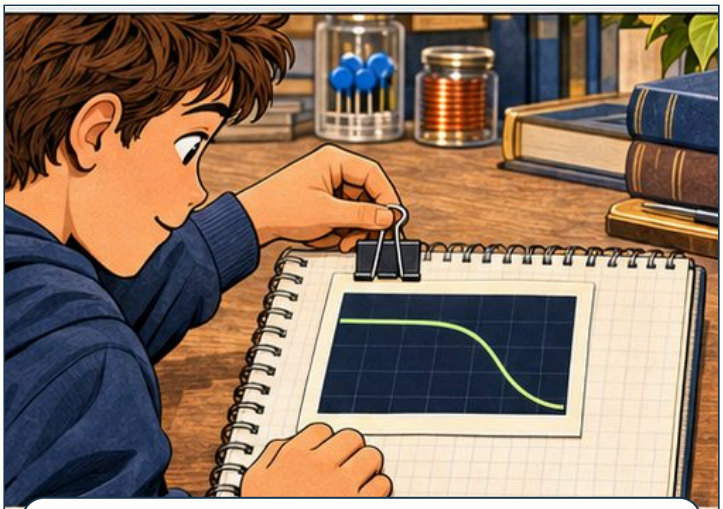
يبقى الانتقال تدريجيًا بانحناء مميز.



تقبل استجابات أخرى مفاضلات مختلفة.



يختاران هذه العائلة لتصميم أول واضح.



إذًا يحدد الاسم أكثر مما تحدده عبارة تمرير منخفض وحدها.

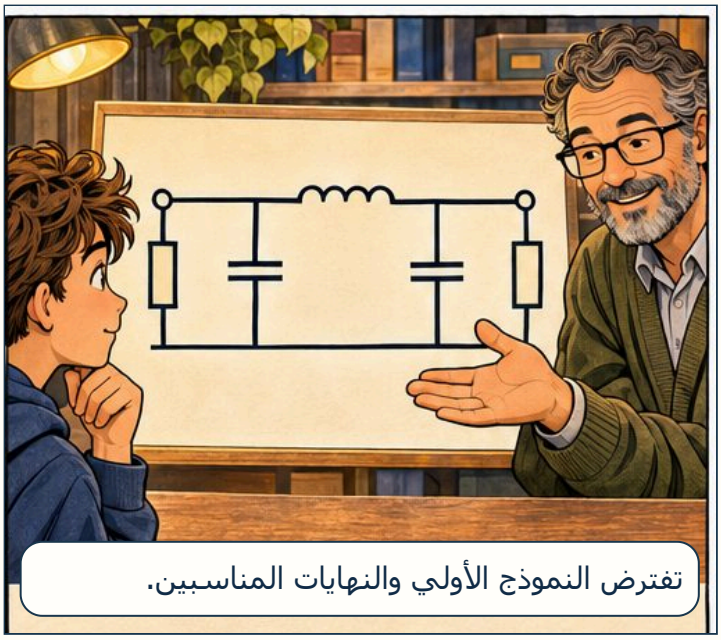
نموذج أولي للبداية


يوفر نموذج أولي مُطبّع معاملات التصميم.


لهذا الباترووورث من الرتبة الثالثة، هي 1, 2, 1.


تقابل بالترتيب المكثف ثم الملف ثم المكثف.


ليست هذه المعاملات بعدُ قيم المكونات التي تُشترى.


تفترض النموذج الأولي والنهايات المناسبين.


يبقى تحديد مقياس التردد والمعاوقة.

تغيير المقياس



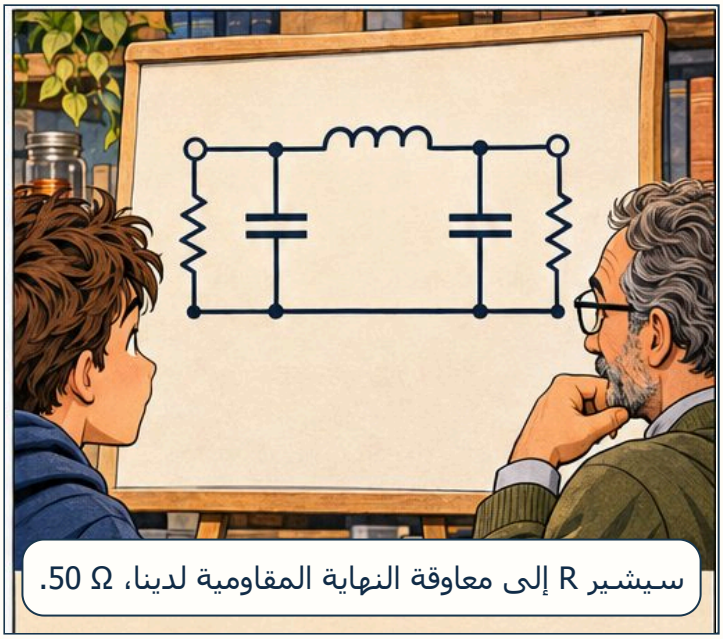
التردد الزاوي للقطع هو ωc = 2πfc.



يشير fc هنا إلى تردد القطع بالهرتز.



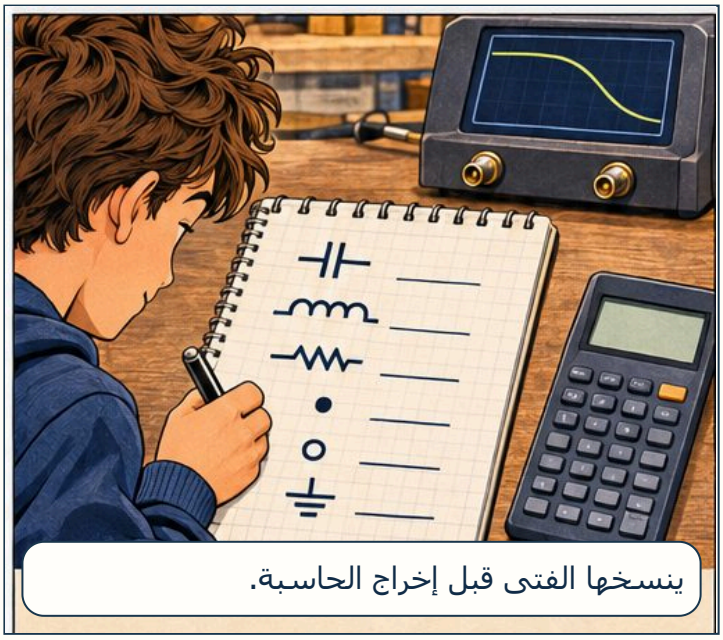
يُقاس التردد الزاوي ωc بالراديان في الثانية.



سيشير R إلى معاوقة النهاية المقاومية لدينا، 50 Ω.



تتيح هذه الرموز تحويل النموذج الأولي إلى مكونات.



ينسخها الفتى قبل إخراج الحاسبة.

الوحدات قبل الأعداد



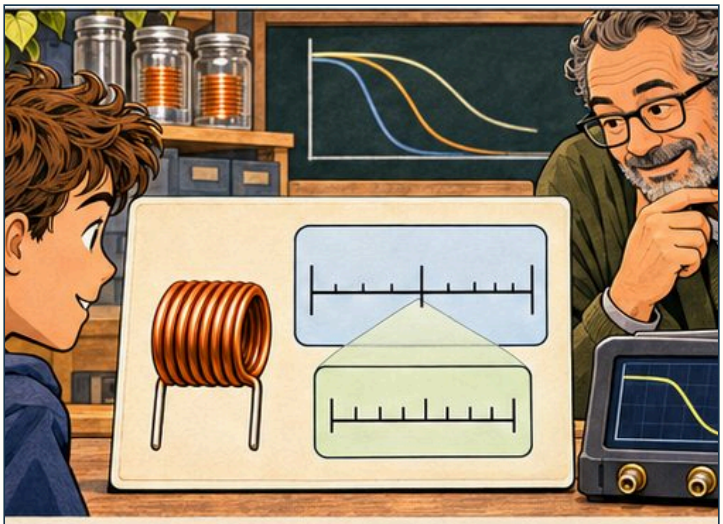
الميغاهرتز الواحد يساوي مليون هرتز.



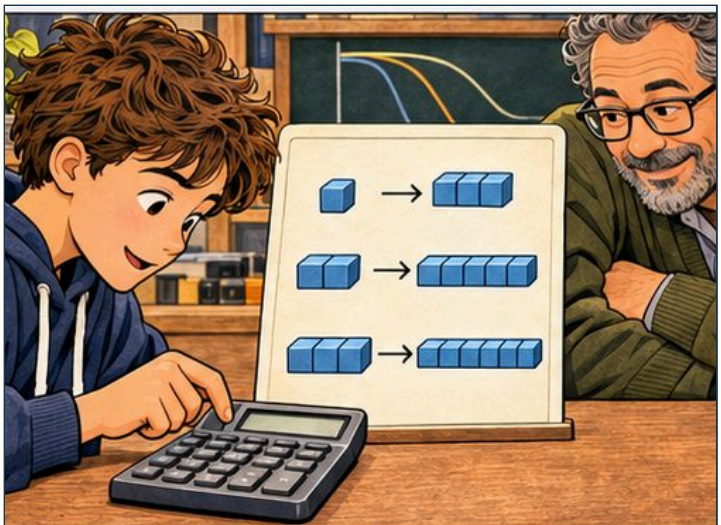
إذًا قطع عند 10 MHz يساوي 10 000 000 Hz.



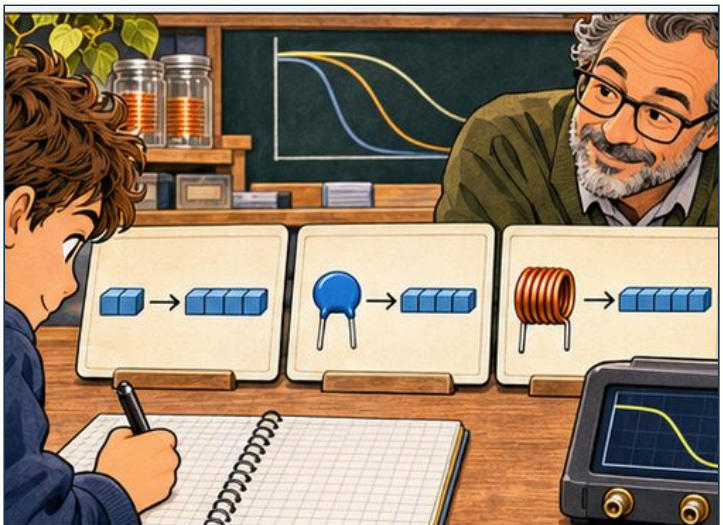
البيكوفاراد الواحد يساوي 10^{-12} F.



الميكروهنري الواحد يساوي 10^{-6} H.



ستستخدم الصيغ أولًا الوحدات الأساسية.



يُبقي الفتى التحويلات ظاهرة قرب الحسابات.

صيغة المكثفين


لهذه البنية، C1 = g1/(ωcR).


يعطي المعامل الثالث C2 = g3/(ωcR).


بما أن g1 = g3 = 1، فالسعتان متساويتان.


نحصل على C1 = C2 = 1/(2πfcR).


تخص هذه الصيغة هذا النموذج الأولي بنهاياته المحددة.


يفحص الفتى كل رمز قبل التعويض.

حساب السعتين



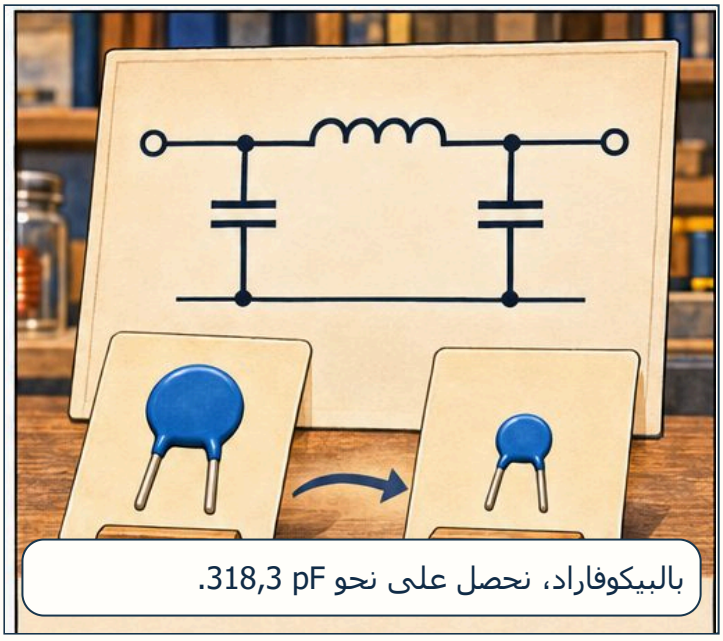
يعوضان fc بـ 10 000 000 Hz وRg بـ 50 Ω.



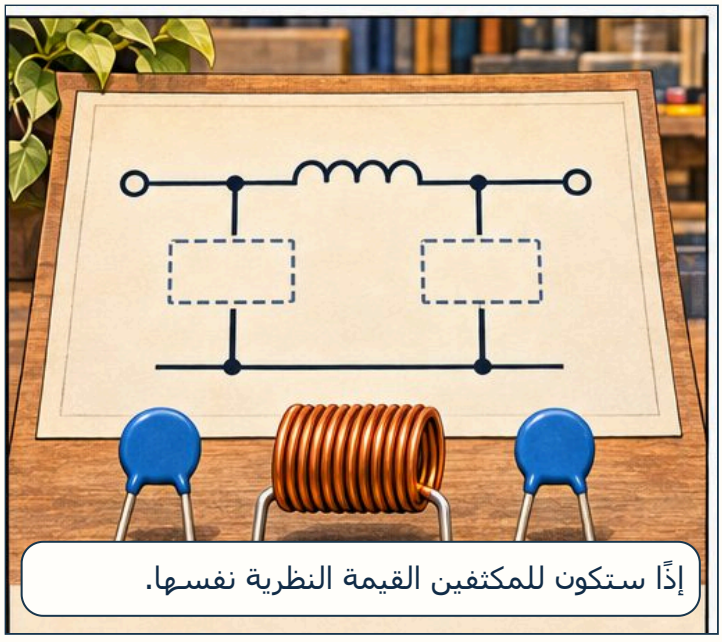
يبلغ المقام نحو $3{,}142 \times 10^{9}$.



تبلغ كل سعة مثالية نحو $3{,}183 \times 10^{-10}$ F.



بالبيكوفاراد، نحصل على نحو 318,3 pF.

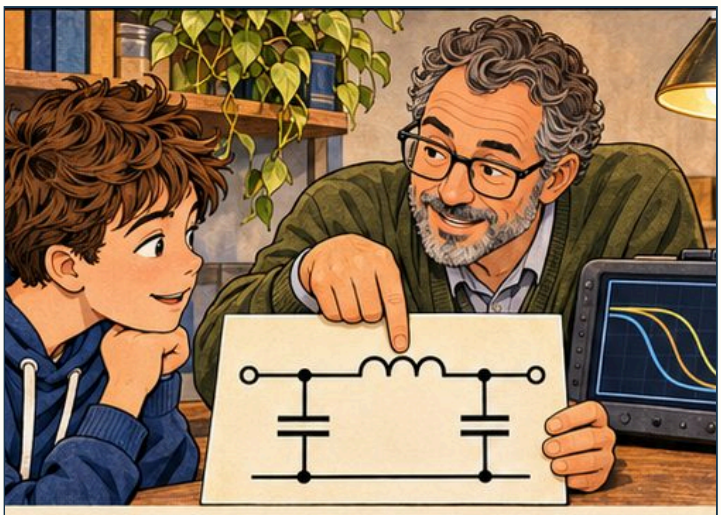


إذًا ستكون للمكثفين القيمة النظرية نفسها.



يسجل Lucas النتيجة مع وحدتها.

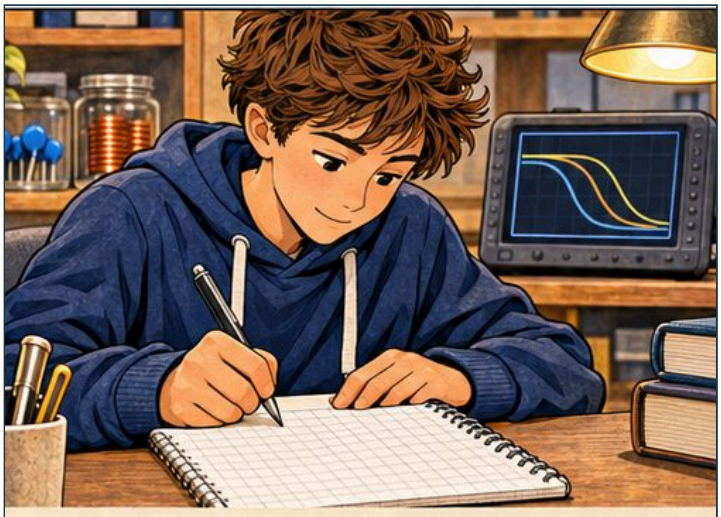
صيغة الملف



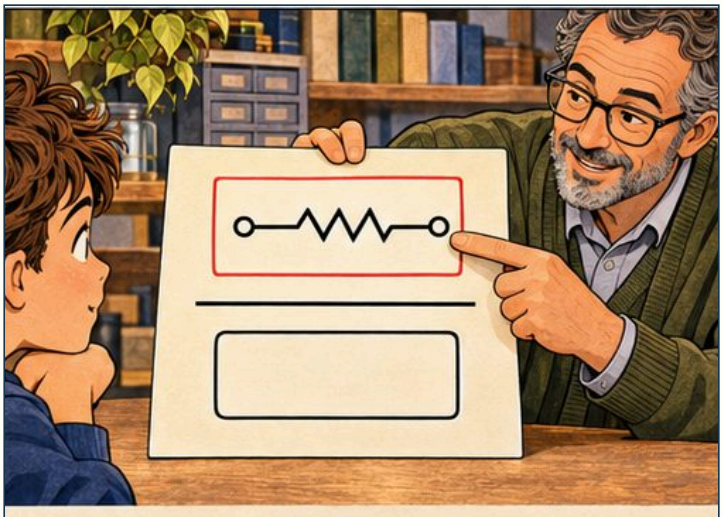
للملف المتسلسل، L = g2R/ωc.



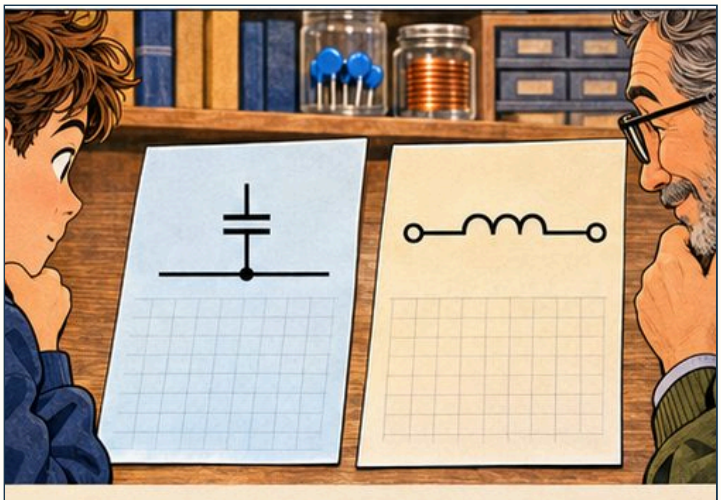
المعامل الأوسط هنا هو g2 = 2.



إذًا نحصل على L = 2R/(2πfc).



تقع مقاومة النهاية هذه المرة في البسط.



يقارن الفتى هذه الصيغة بصيغة المكثفين.

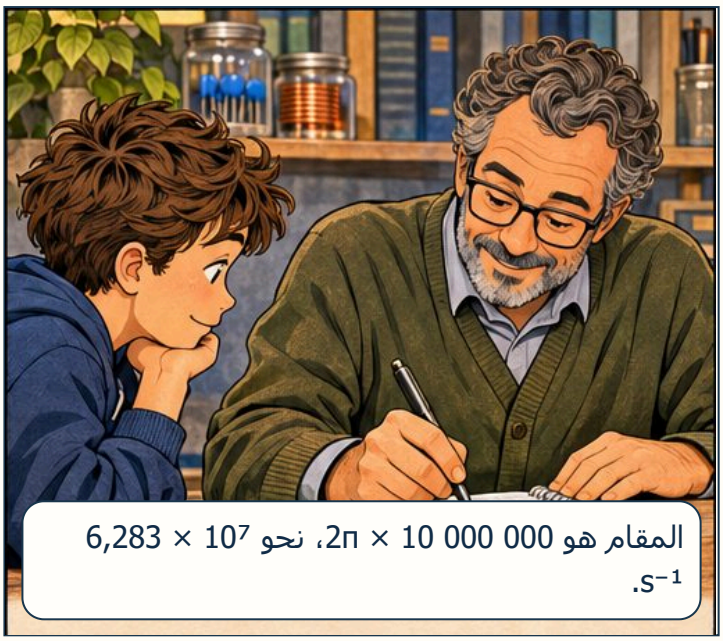


التشابه البصري لا يغني عن إعادة القراءة.

حساب المحاثة



البسط هو 50 × 2، أي 100 Ω.



المقام هو 2π × 10 000 000، نحو 6,283 × 10^{7} s^{-1}.



يعطي الحساب نحو 1,592 × 10^{-6} H.



إذًا ستكون محاثة الملف المثالي نحو 1,59 µH.



يجمعان النتائج الثلاث على المخطط نفسه.



أصبح للمشروع الآن تعريف أول كامل.

خطأ بمقدار مليون



يحاول الفتى إدخال الحساب سريعًا مرة أخرى.



يكتب 10 بدلًا من 10 000 000.



تصبح النتيجة أكبر مليون مرة من الصحيح.



تكشف المقارنة بالمكونات المتوقعة المشكلة فورًا.



يصحح الإدخال ويعيد الحساب بصورة مستقلة.



يصبح فحص رتبة المقدار عادة مفيدة.

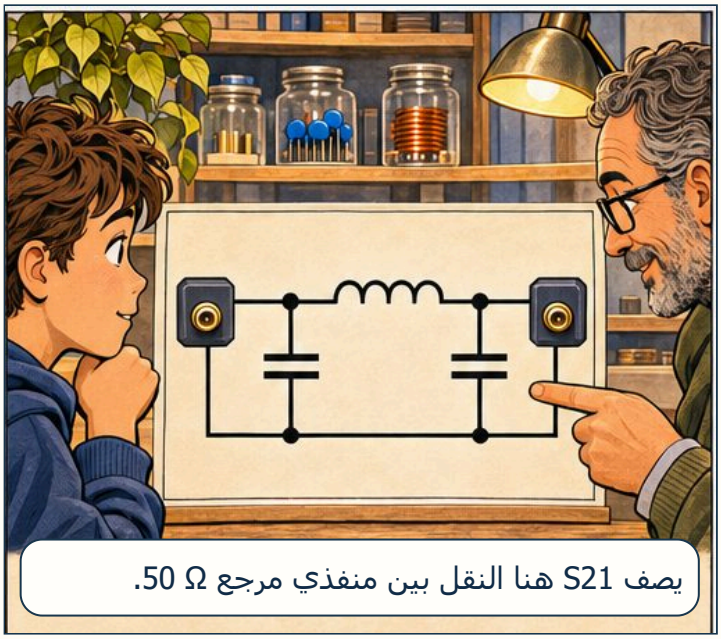
توقع منحنى كامل



لا تصف ثلاث قيم الاستجابة كلها بعد.



في النموذج المثالي، مربع مقدار S21 هو 1/[1 + (f/fc)⁶].



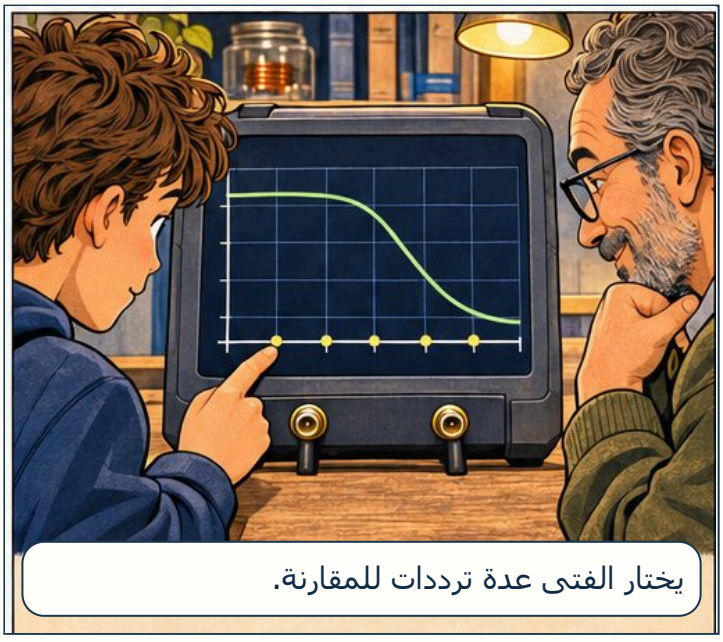
يصف S21 هنا النقل بين منفذي مرجع 50 Ω.



إذًا تتغير القدرة المنقولة مع النسبة f/fc.



المنحنى النظري مرجع قبل القياس.



يختار الفتى عدة ترددات للمقارنة.

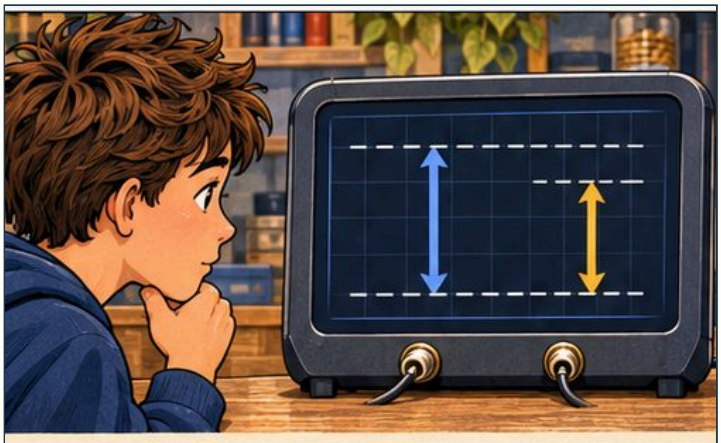
ما معنى سالب ثلاثة ديسيبل؟



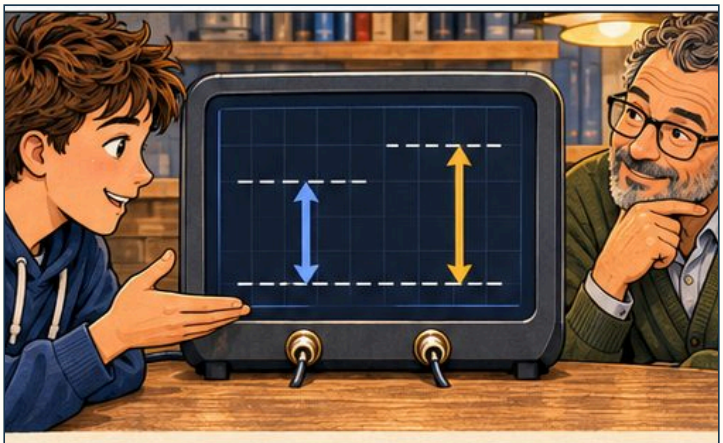
عند f = fc، تكون نسبة القدرة المنقولة المثالية 1/2.



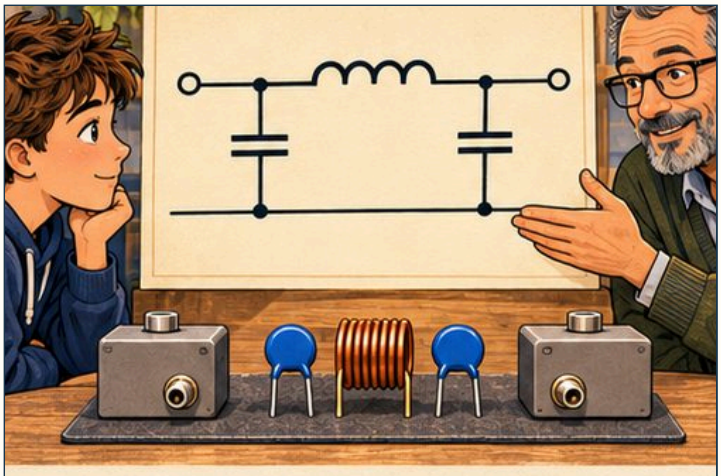
بالديسيبل، يعطي 10 log10(1/2) نحو 3,01 dB−.



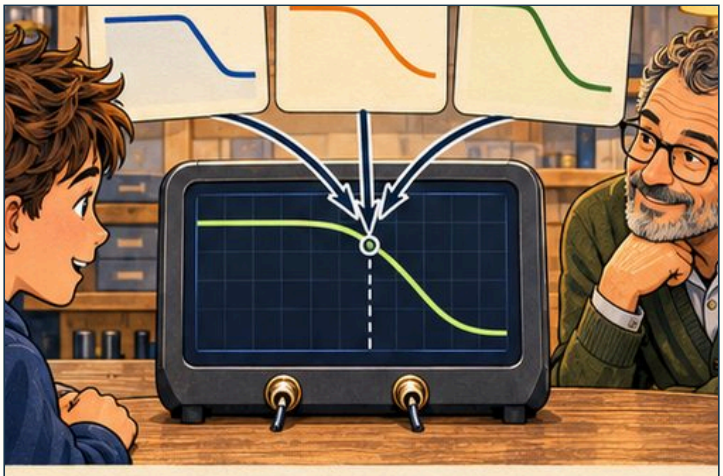
يكون مقدار S21 حينها نحو 0,707.



إذًا لا يساوي هذا المطال النصف.



يستخدم الحساب مراجع Ω 50 المناسبة.

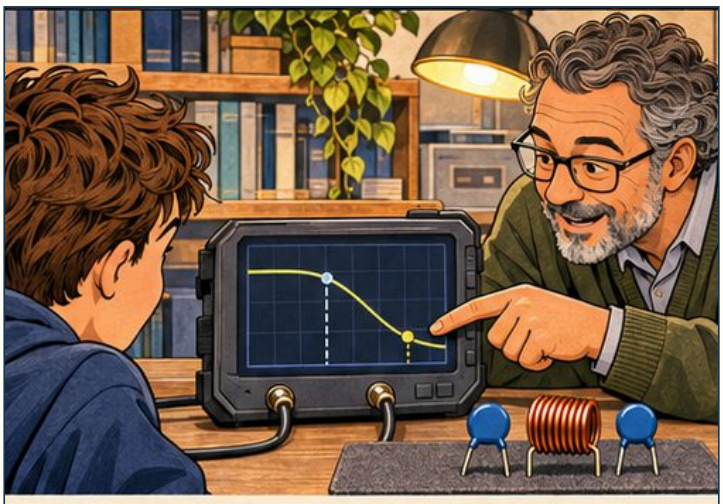


يربط الفتى ثلاث كتابات للنقطة نفسها من المنحنى.

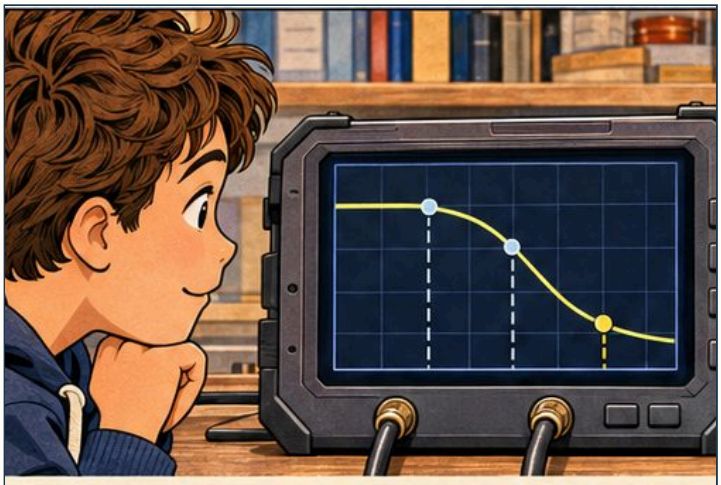
بعد تردد القطع



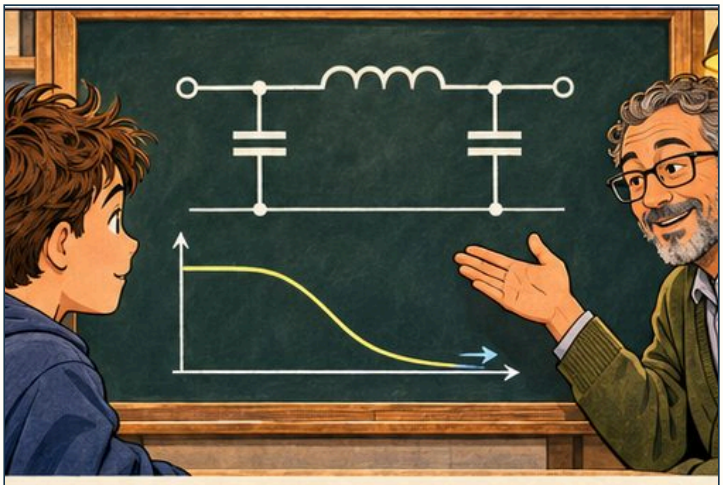
عند 20 MHz، تساوي f/fc القيمة 2.



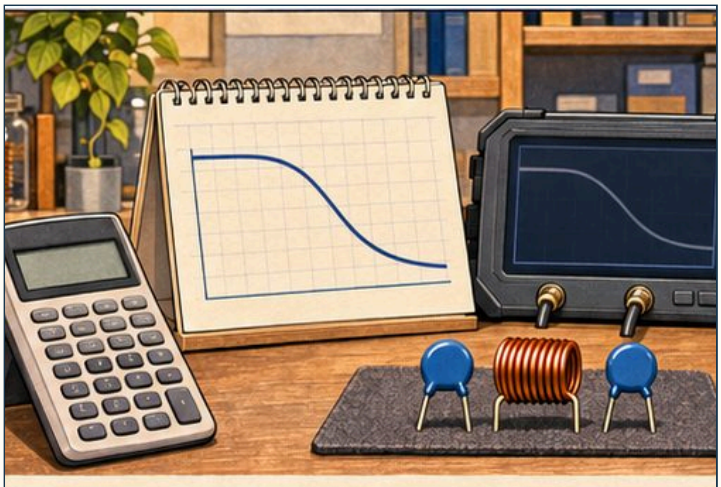
يصبح النقل المثالي نحو 18,13 dB−.



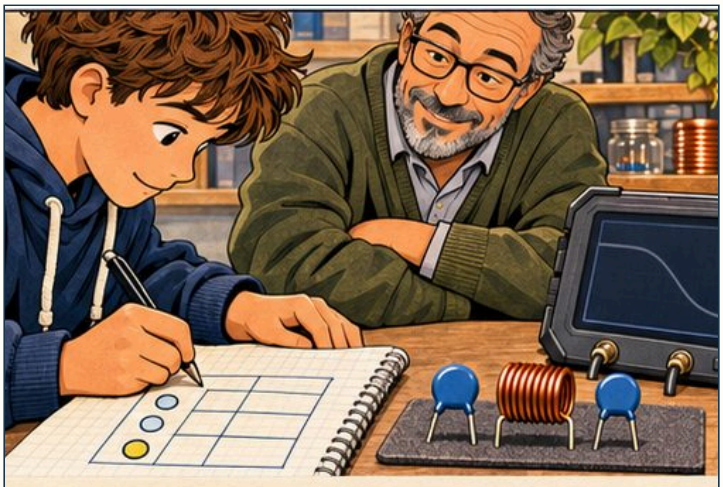
عند 30 MHz، تكون f/fc = 3: نحو 28,63 dB−.



يزداد التوهين، لكنه يبقى محدودًا.

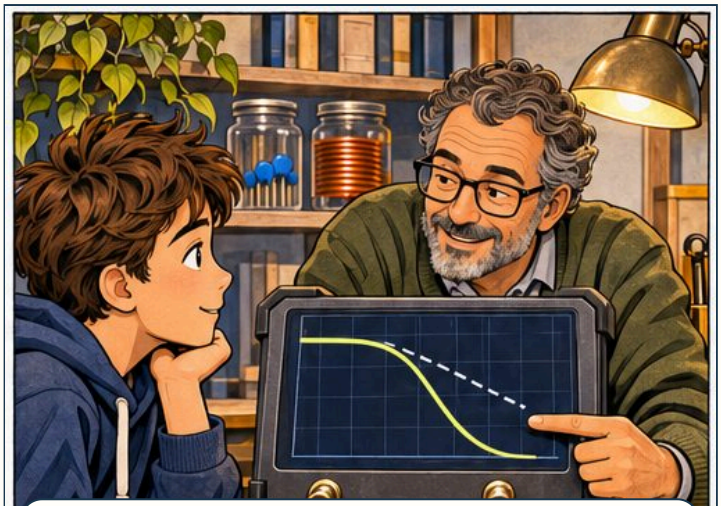


هذه الأعداد محسوبة، وليست مقاسة على دارتهما.

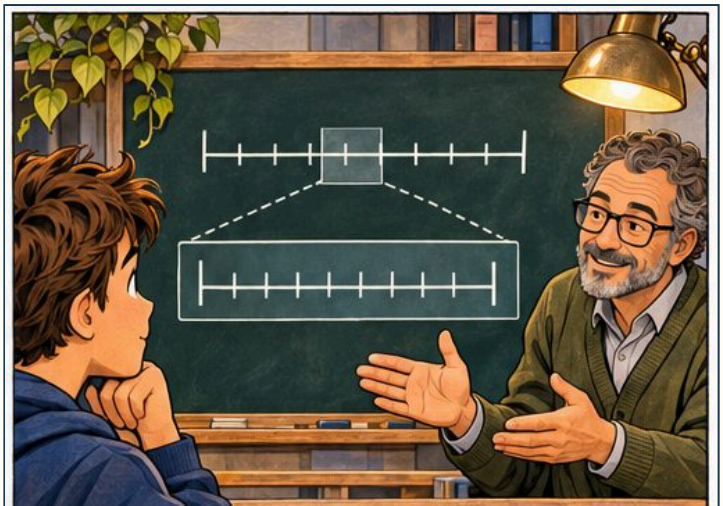


يضعها الفتى في عمود التوقعات.

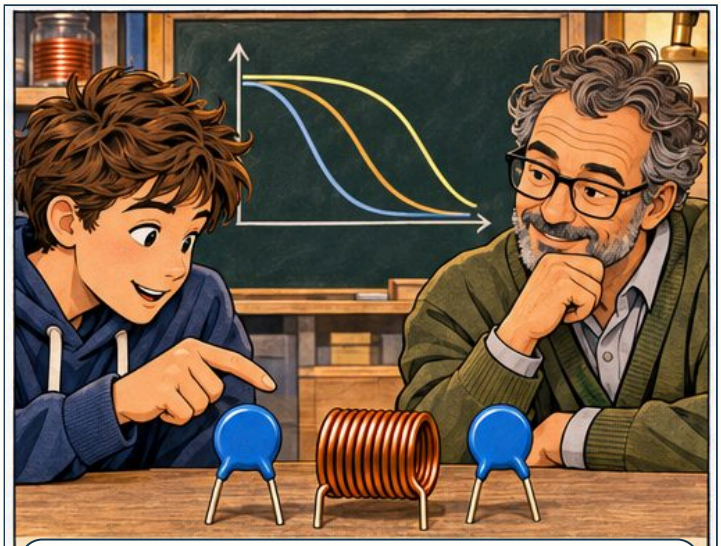
الميل ليس وعدًا



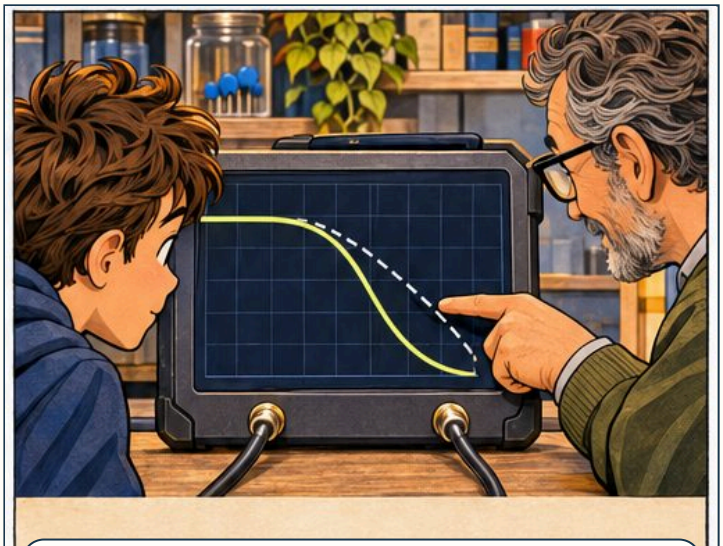
بعيدًا عن القطع، يقترب التوهين المثالي من 60 dB لكل زيادة عشرية في التردد.



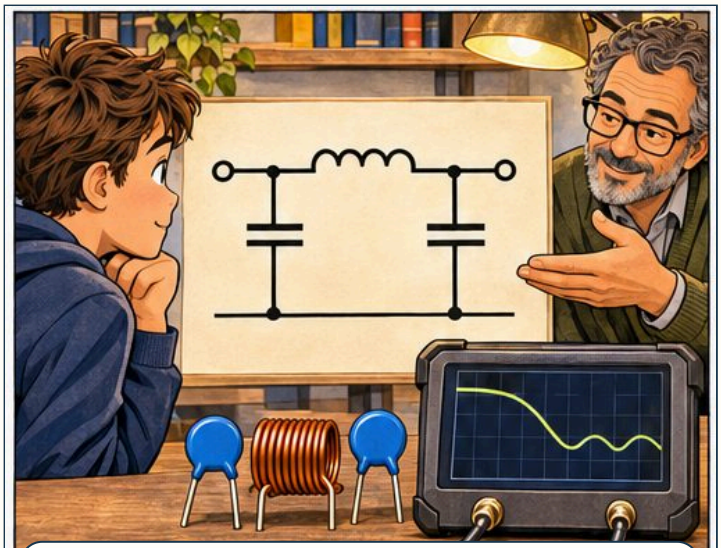
الزيادة العشرية هنا تعني ضرب التردد في عشرة.



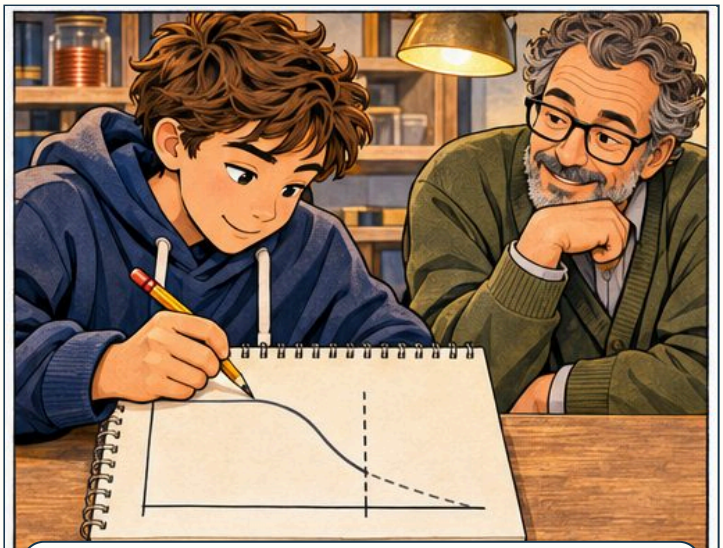
ينتمي هذا الميل التقاربي إلى نموذج الرتبة الثالثة.



قرب القطع، لا يكون المنحنى خطًا مستقيمًا.



ستحد المكونات الحقيقية أيضًا من هذا التطور.

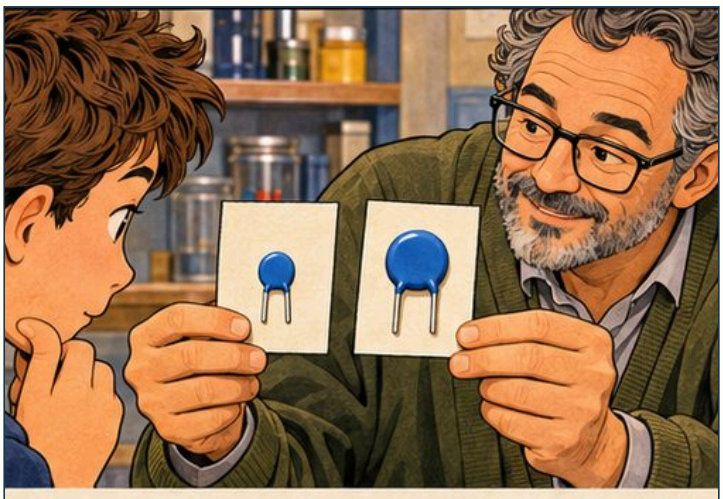


لا يمد الفتى قاعدة خارج شروطها.

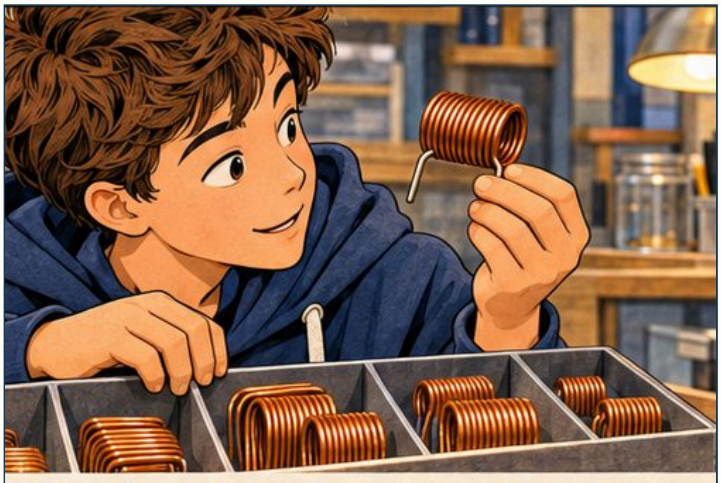
القيم المتاحة



ليس بالضرورة أن يحتوي الدرج مكثفات بقيمة 318,3 pF.



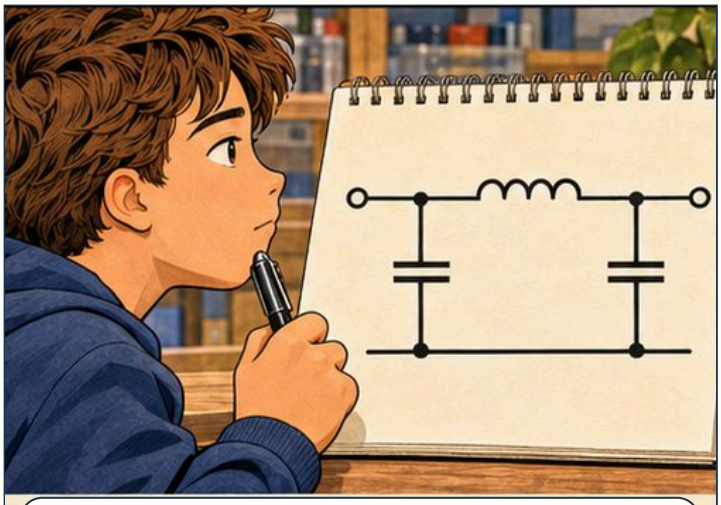
القيمة الشائعة 330 pF ليست مطابقة.



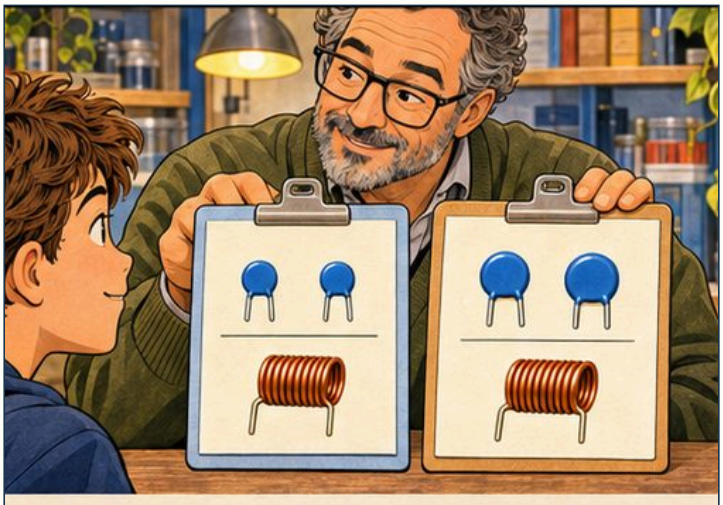
ملف بقيمة 1,6 µH قريب من القيمة المحسوبة.



اختيار هذه القيم يستلزم إعادة حساب الاستجابة أو محاكاتها.

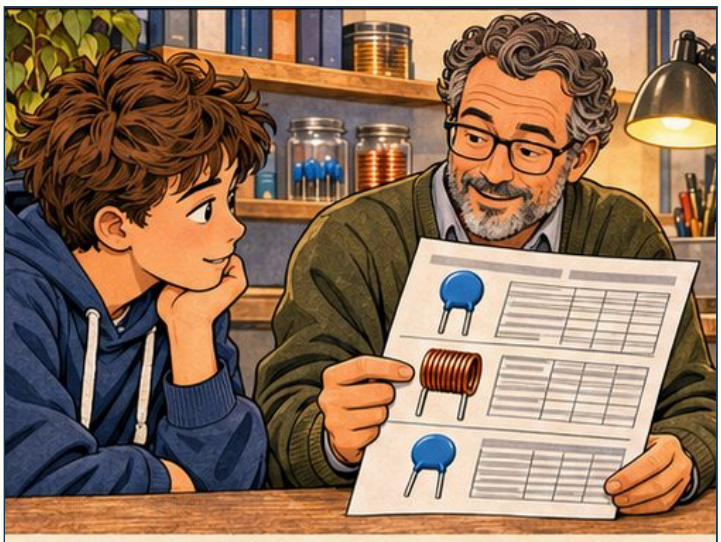


لا يُسمّى هذا التركيب تلقائيًا مرشحًا دقيقًا عند 10 MHz.



يحفظ الفتى القيم المثالية والمختارة منفصلة.

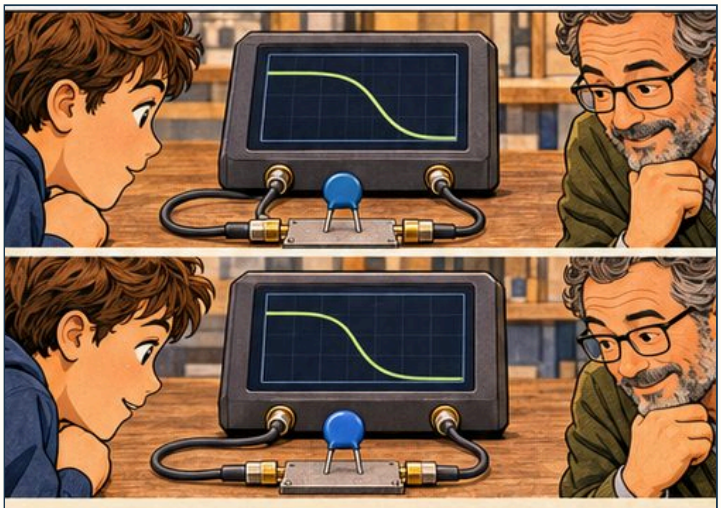
لكل قطعة تفاوتها



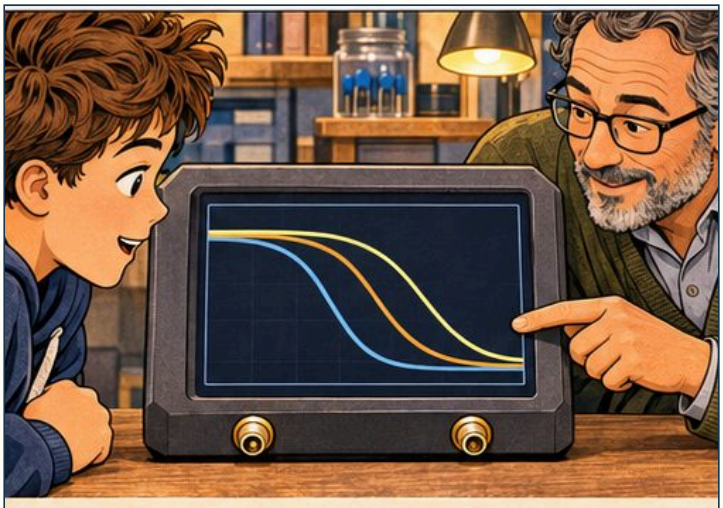
القيمة الاسمية ليست قيمة دقيقة مضمونة.



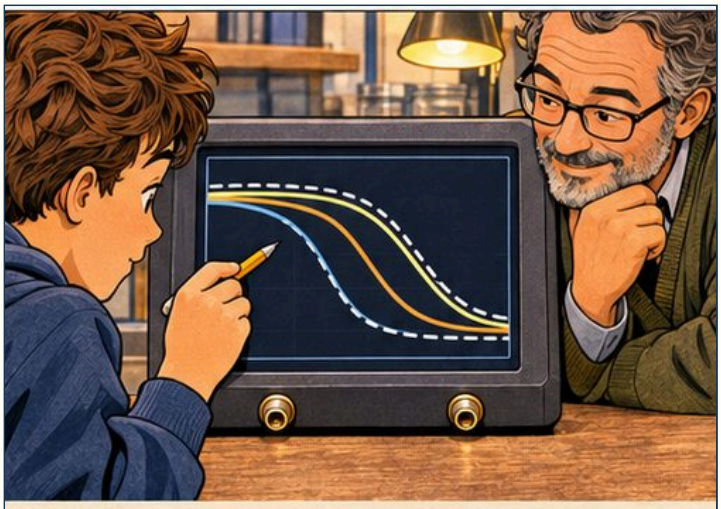
تفاوتات المكثفين والملف مهمة.



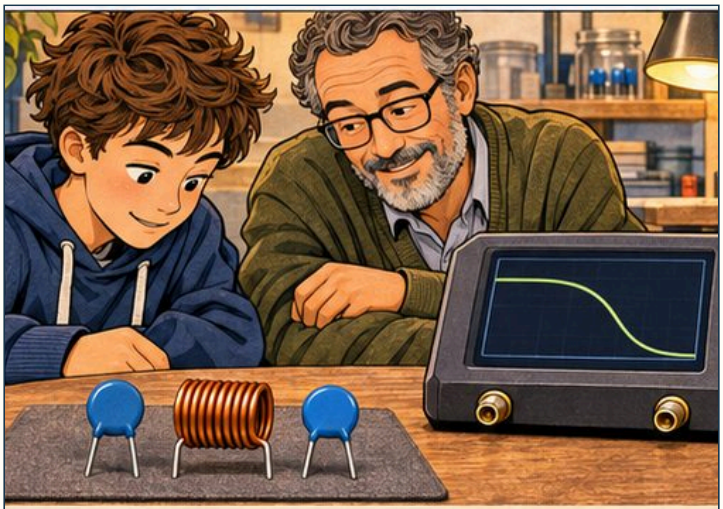
قد يختلف قليلًا مكونان يحملان الكتابة نفسها.



يمكن للمحاكاة استكشاف عدة توليفات من القيم.



تساعد على توقع نطاق من الاستجابات الممكنة.



سيفحص القياس لاحقًا القطع المستخدمة فعليًا.

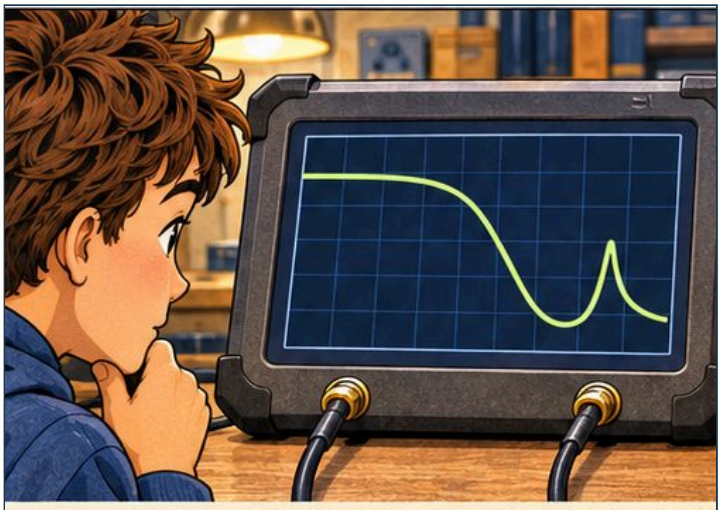
المكونات الخفية



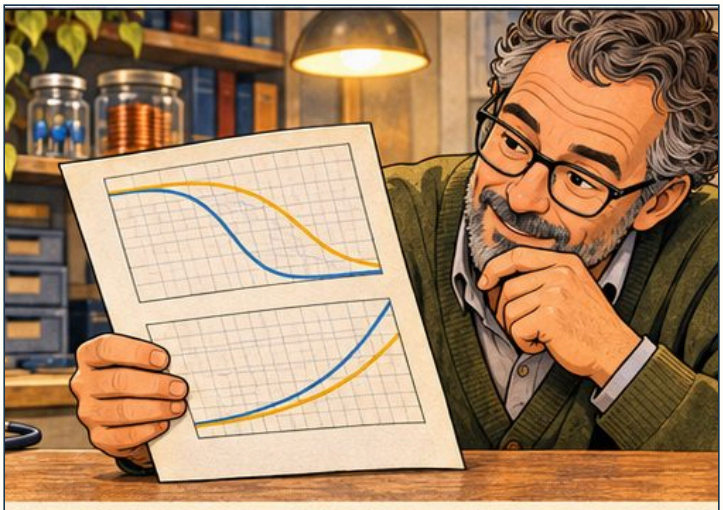
للملف الحقيقي أيضًا مقاومة وسعة طفيلية.



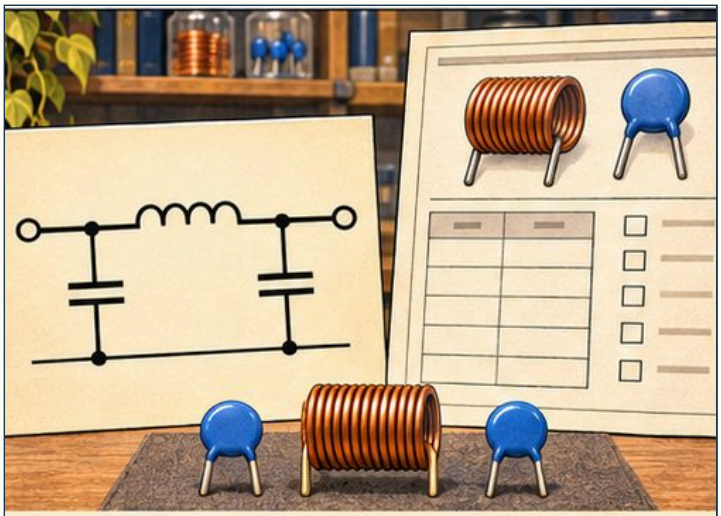
وللمكثف خسائر ومحاثة طفيلية، ضمن أمور أخرى.



يتغير سلوكهما قرب بعض ترددات الرنين.



تذكر أوراق البيانات حدودًا يجب فحصها.



إذًا لا تكفي القيمة بالبيكوفاراد أو الميكروهنري.



يتعلم الفتى القراءة بعد السطر الأول.

منصة القياس لا تؤهّل مرسلًا



يستقبل النموذج التعليمي فقط الإشارة الضعيفة التي يحددها المحلل.



الاستخدام في الإرسال يتطلب فحوصًا أخرى.



يجب دراسة الجهود والتيارات والتسخين والقدرة المسموح بها.



تحمل مكثف واحد لا يؤهّل المرشح كله.

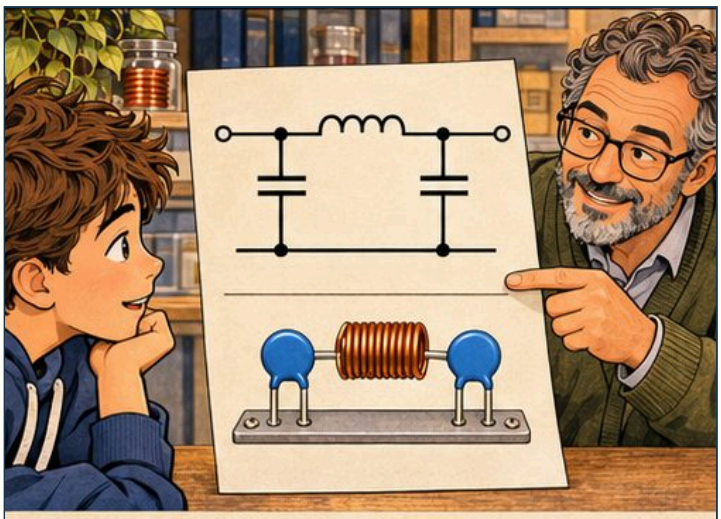


لا تتضمن هذه الورشة أي اختبار قدرة.



يسجل الفتى بوضوح حدود ما صنعاه.

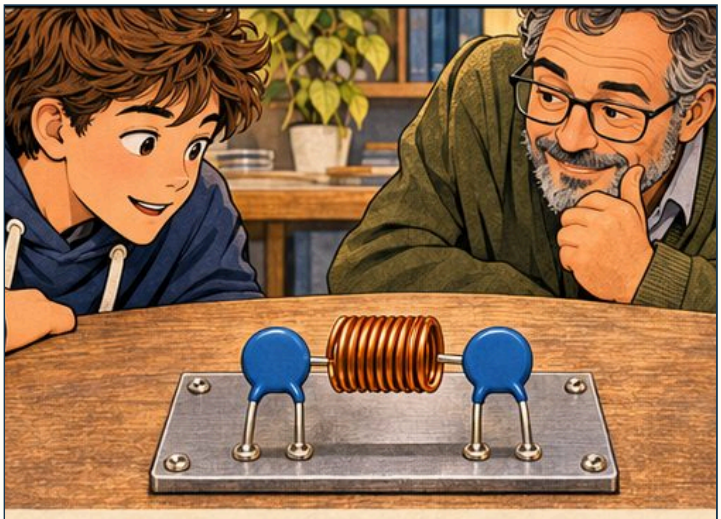
رسم التوزيع العملي



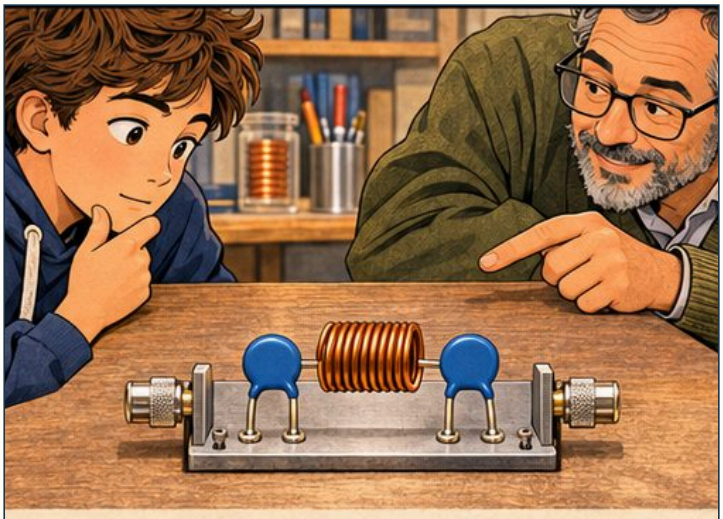
يوضح المخطط الوصلات، لا هندستها كلها.



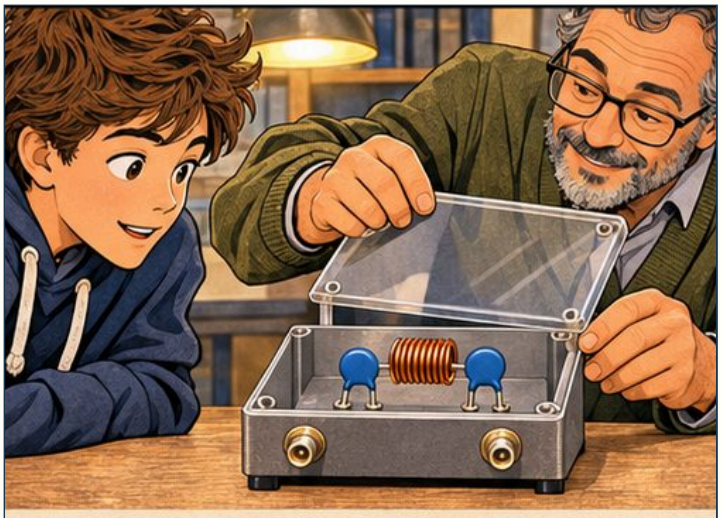
عند هذه الترددات، قد يهم طول الوصلات وتوزيعها.



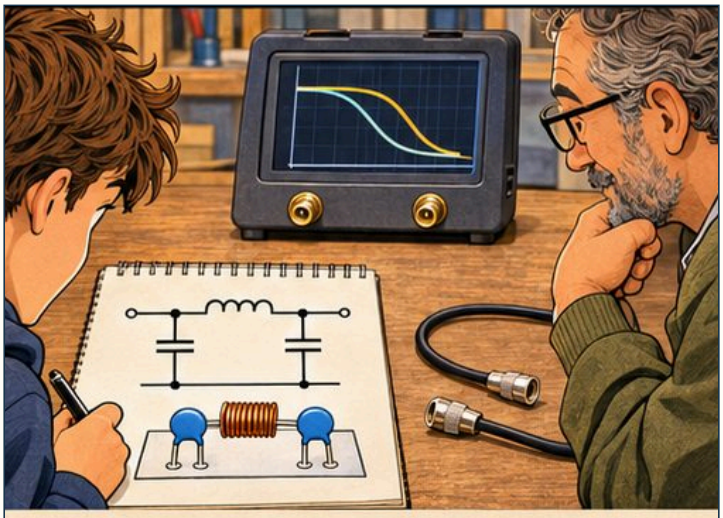
يخططان لمرجع مشترك ووصلات قصيرة.



يفصلان أيضًا المسارات التي قد تتقارن مباشرة.



يُعد Henri نموذجًا تعليميًا ملائمًا للقياس.

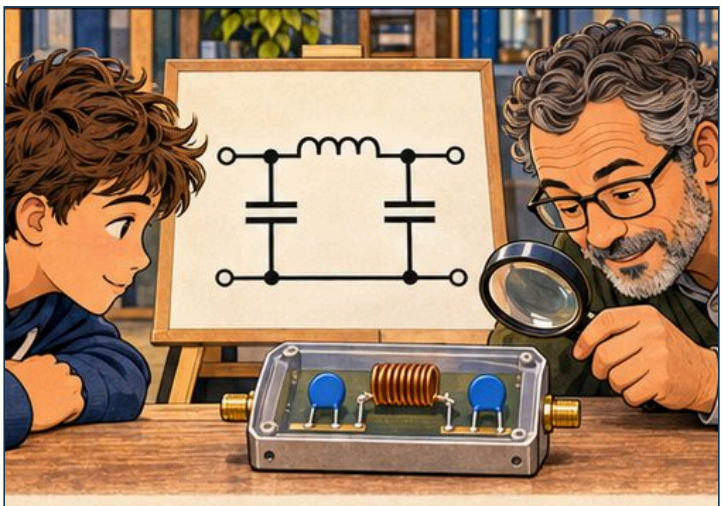


يقارن Lucas التوزيع بالمخطط، وصلة بعد وصلة.

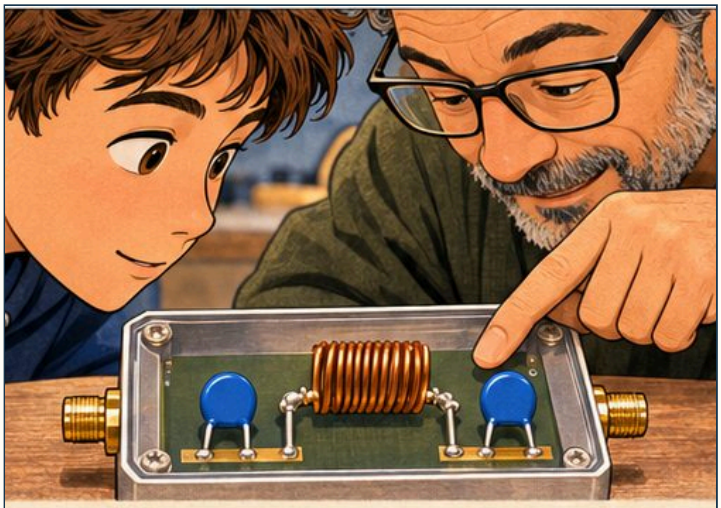
الفحص قبل التوصيل



يبقى مصدر القياس متوقفًا أثناء التحضير.



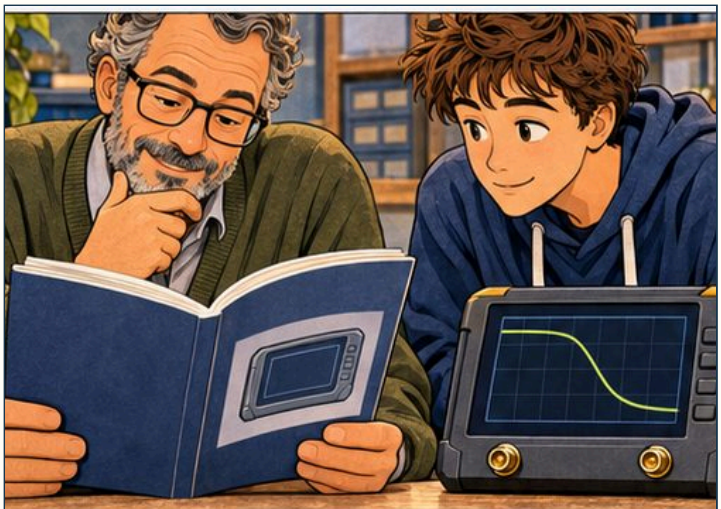
يفحصان الوصلات والمكونات والمرجع المشترك.



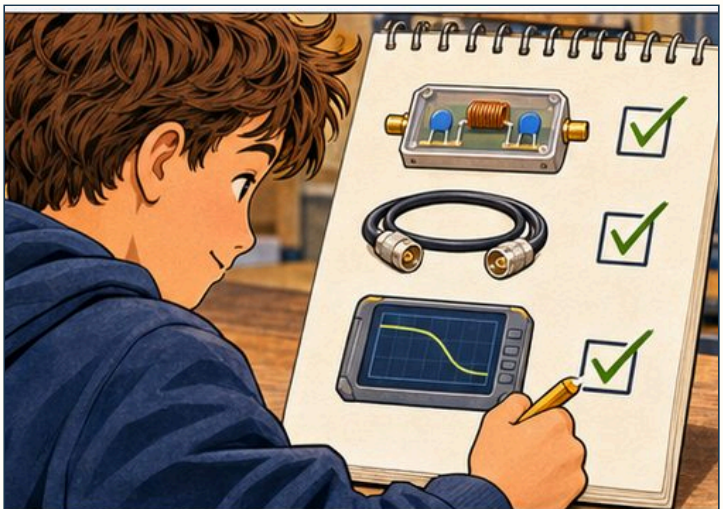
يبحثان عن قصر أو توصيل خاطئ أو قطعة تالفة.



ويفحصان الموصلات والكابلات أيضًا.



يتحقق المرشد من حدود دخل الجهاز.

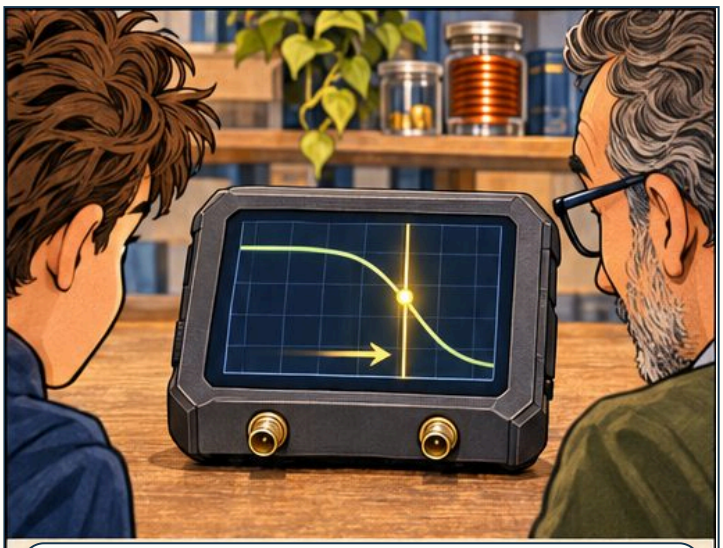


ينهي الفتى قائمته قبل أول مسح.

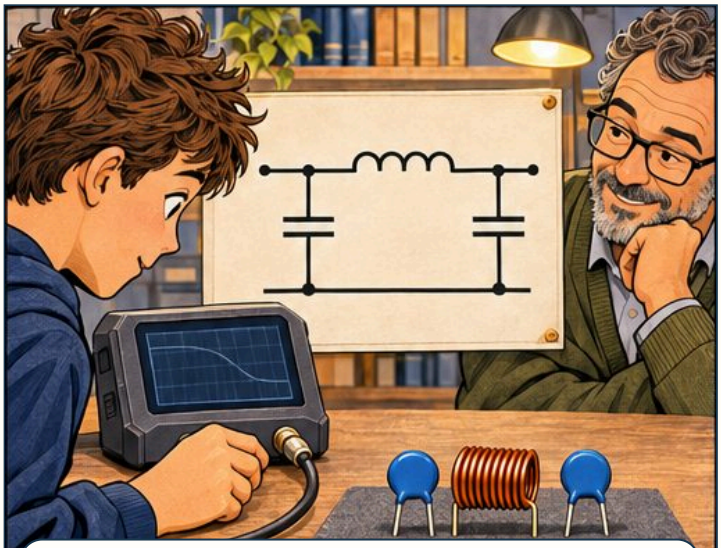
المحلل يطرح أسئلته



يرسل محلل الشبكات إشارة ضعيفة معروفة.



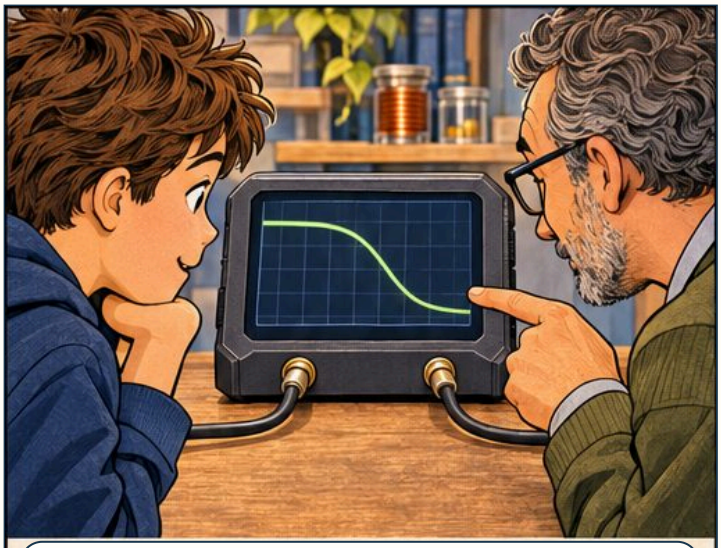
يمسح نطاق ترددات مختارًا.



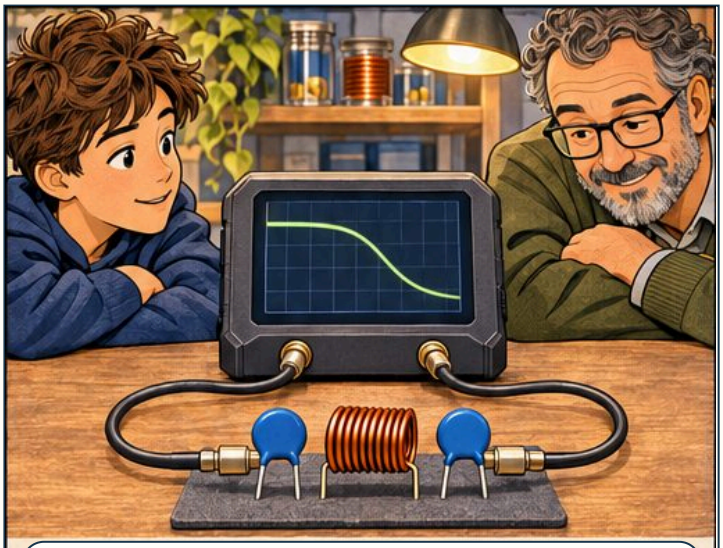
يغذي المنفذ 1 دخل المرشح.



يراقب المنفذ 2 النقل عند خرجه.



يسمح المعامل S21 بتتبع هذا النقل.



توفر المنافذ مراجع 50 Ω المحددة.

المعايرة في المكان الصحيح



تشارك الكابلات والمهايئات في القياس.



لذا يتبعان إجراء المعايرة المخصص للجهاز.



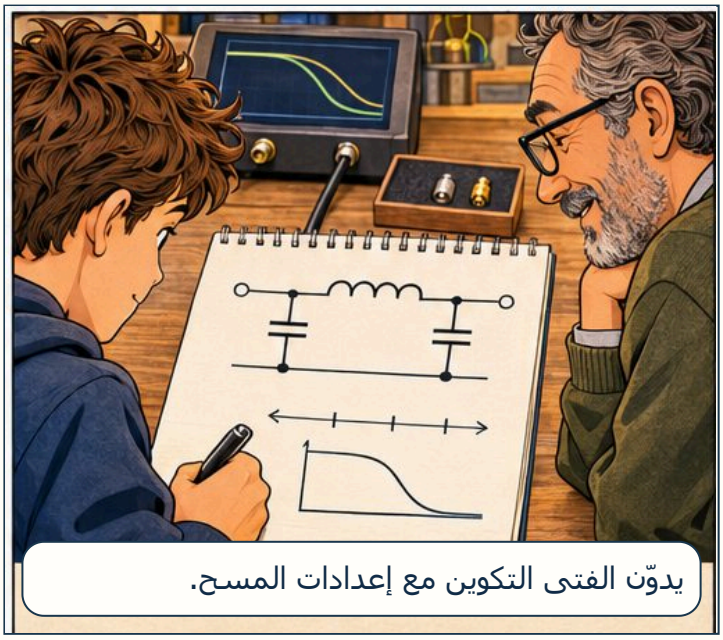
تُوصل معايير المعايرة المناسبة وفق الدليل.



تُحدد مستويات المرجع عند نهايات الكابلات.



بعد المعايرة، تُحفظ هذه الوصلات قدر الإمكان.



يدوّن الفتى التكوين مع إعدادات المسح.

فحص المسار المباشر



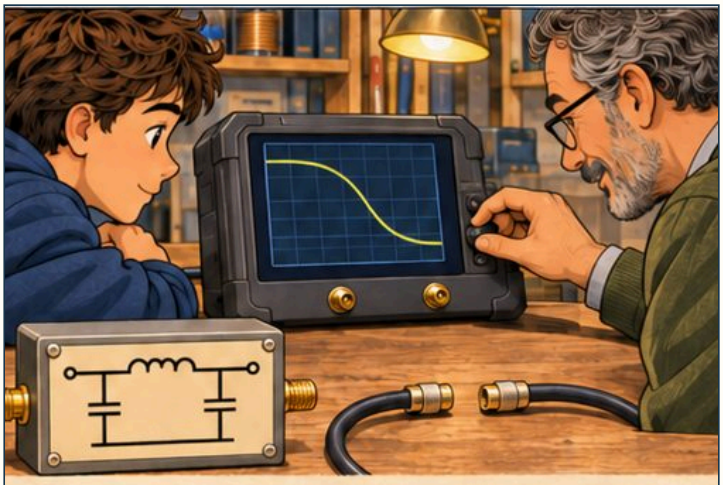
قبل المرشح، تتيح وصلة مباشرة التحقق من المرجع.



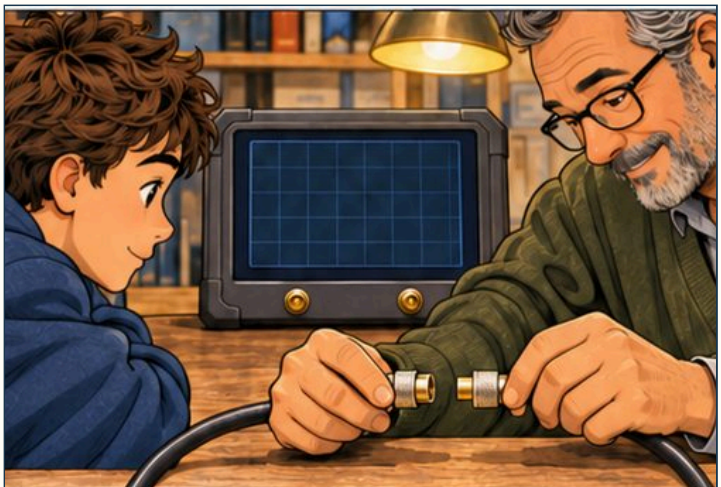
يجب أن يتوافق النقل المتوقع مع هذه الوصلة.



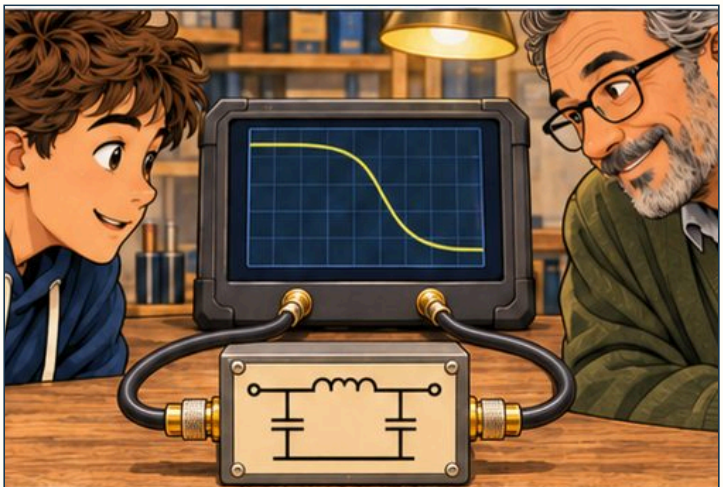
أي خلل يستدعي فحص الكابلات والمعايرة والإعدادات.



لا نعدّل مرشحًا لإخفاء عيب في منصة القياس.



بعد الفحص، يُوقف المصدر استعدادًا للتوصيل.

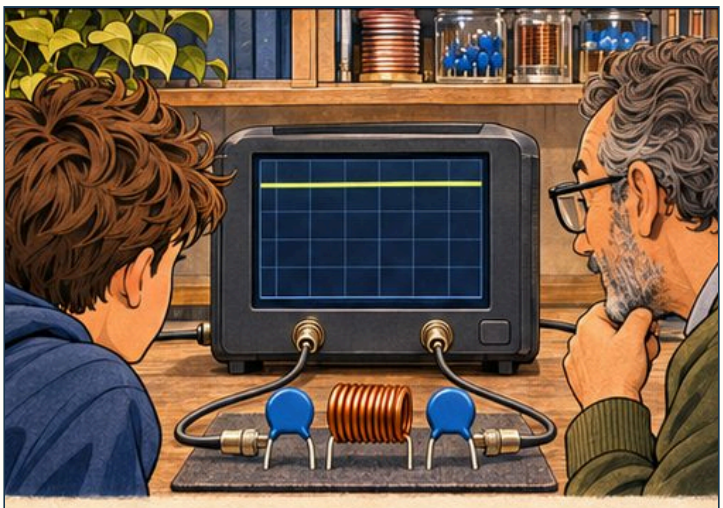


ثم يأخذ المرشح مكانه بين الكابلين.

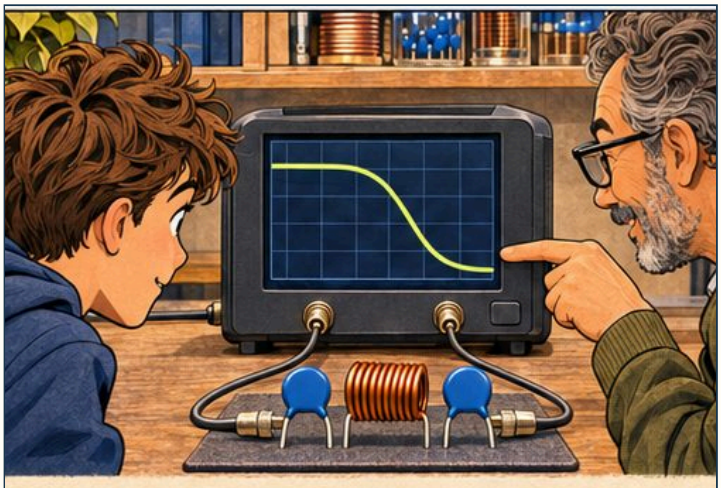
المسح الأول



يبدآن مسحًا يغطي الحزمة المفيدة والمنطقة الانتقالية.



يبقى المنحنى أعلى عند الترددات المنخفضة.



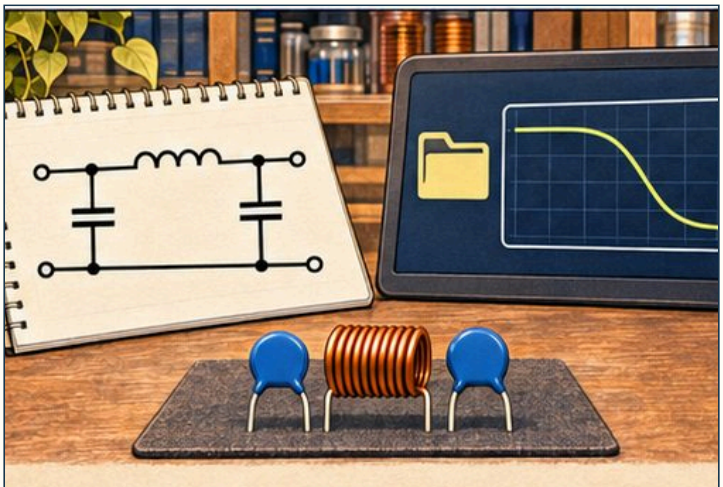
ثم ينخفض مع ازدياد التردد.



يتعرف الفتى على الشكل المتوقع، دون افتراض تطابق تام.



يحفظ المنحنى وظروف القياس.



يمكن مقارنة النتيجة المحفوظة بعد كل تعديل.

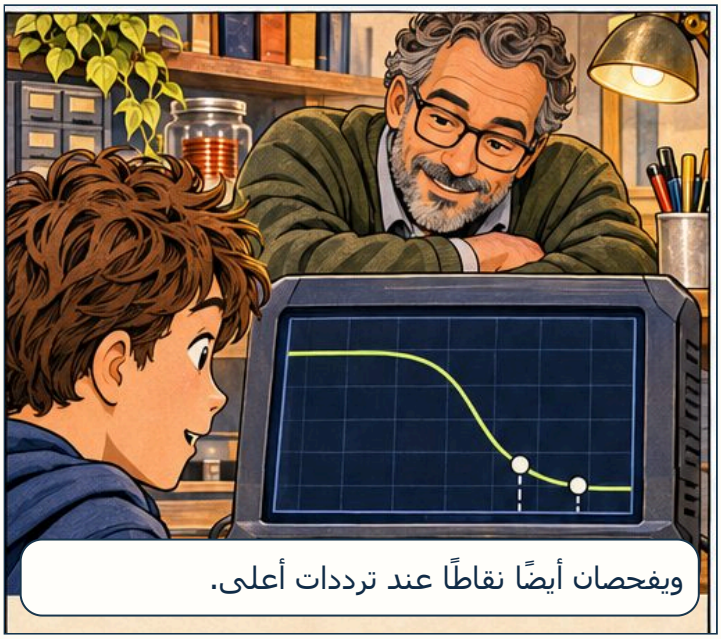
قراءة نقاط محددة



تحدد العلامات الترددات المختارة في الحساب.



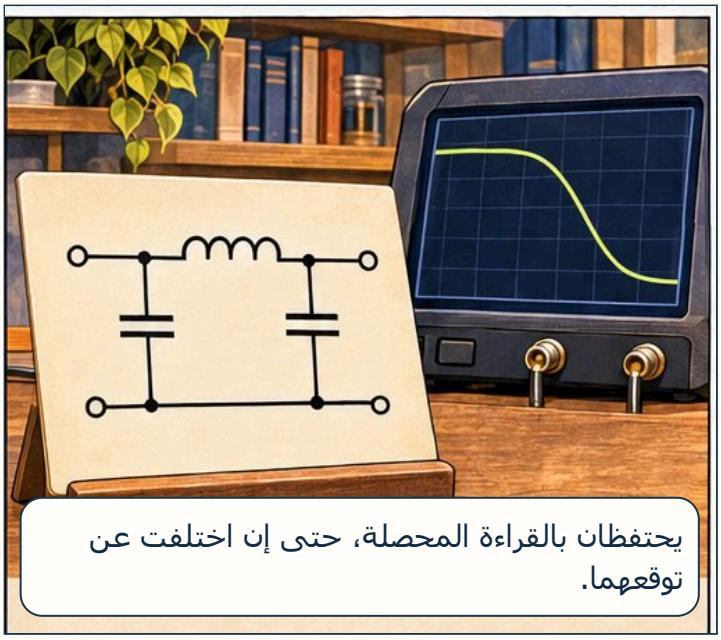
يقرآن النقل حول تردد القطع المتوقع.



ويفحصان أيضًا نقاطًا عند ترددات أعلى.



تُدرج القراءات الفعلية في عمود القياسات.



يحتفظان بالقراءة المحصلة، حتى إن اختلفت عن توقعهما.



يسجل الفتى التاريخ والتكوين أيضًا.

فهم الفرق



قد يختلف القطع المرصود عن القطع المحسوب.



تقدم القيم المختارة وتفاوتاتها أولى الدلائل.



وتستحق الخسائر والتوزيع والمعايرة الفحص أيضًا.



يتحققان من هذه الفرضيات قبل لوم الصيغة.

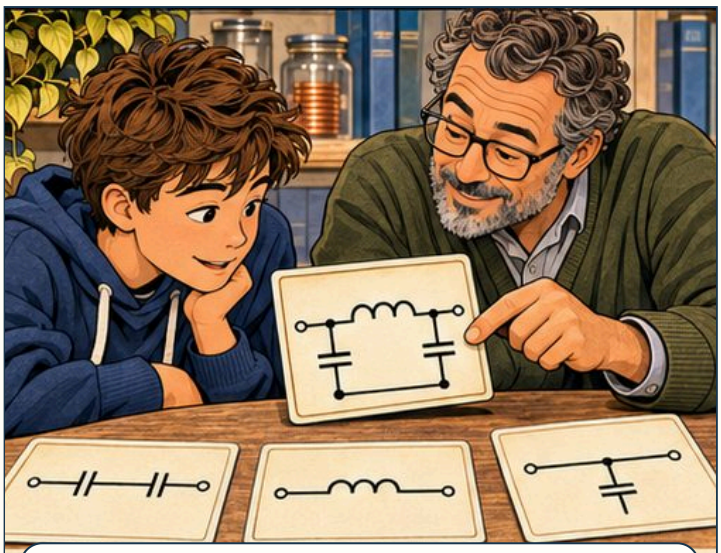


لا يفسر المنحنى المختلف سبب اختلافه وحده.

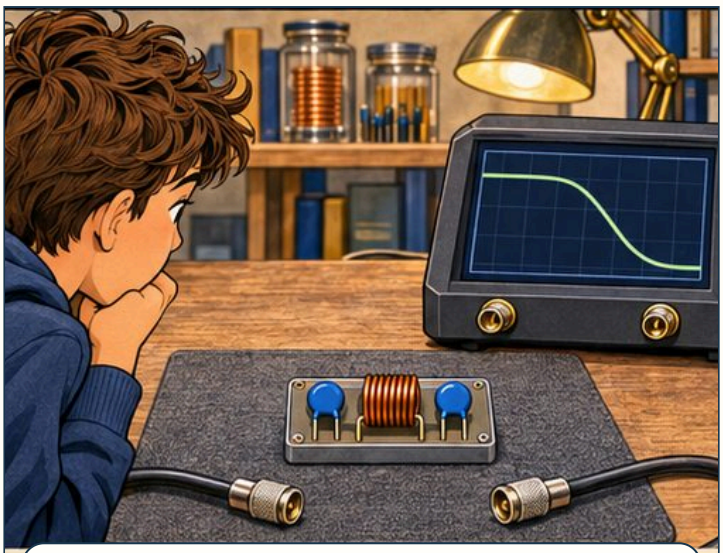


يحوّل الفتى المفاجأة إلى سؤال جديد.

تعديل واحد في كل مرة



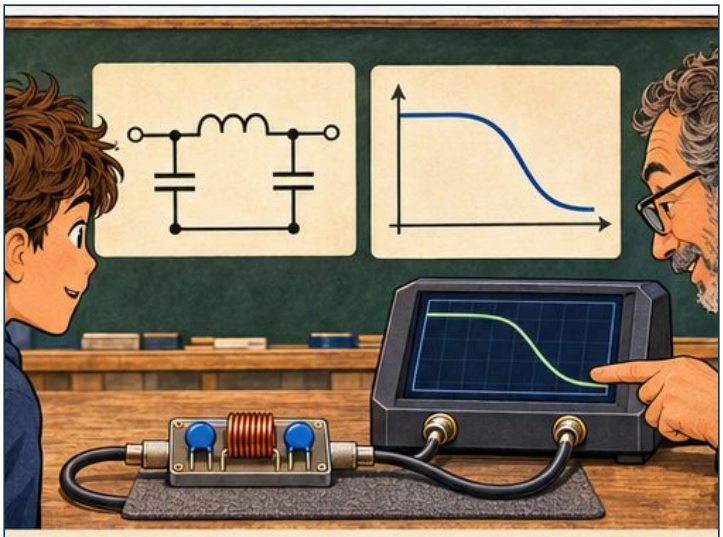
يختاران فرضية واحدة ويحضران تعديلًا مبررًا.



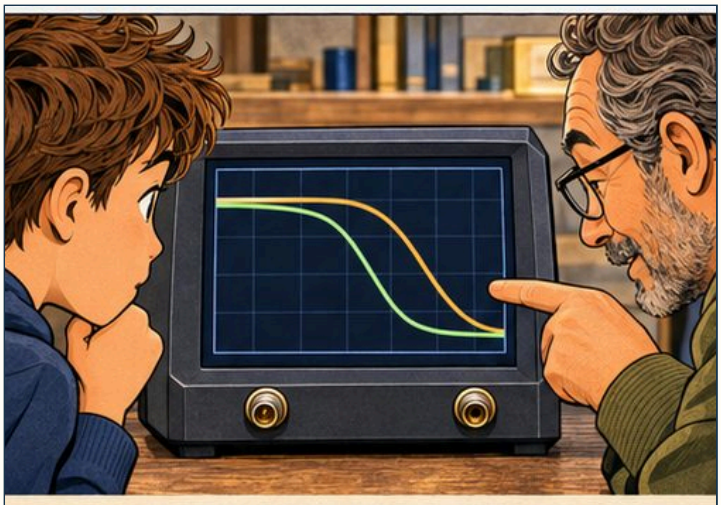
يُوقف المصدر وتُفصل الوحدة قبل التدخل.



ينفذ Henri التغيير ثم يفحص الدارة.



يتكرر المسح في الظروف الموثقة نفسها.

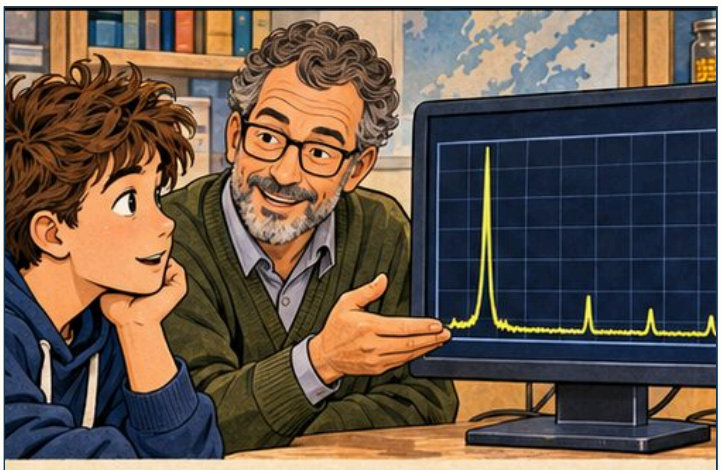


يقارنان المنحنى القديم بالجديد.

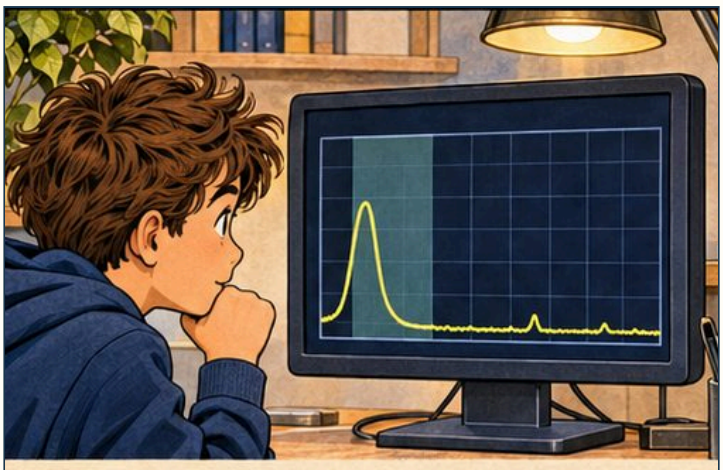


تمنع الطريقة الخلط بين عدة أسباب محتملة.

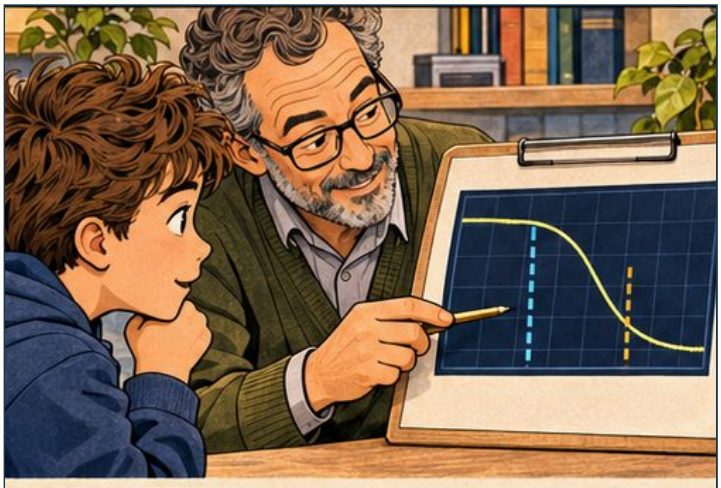
للتوهين حدود



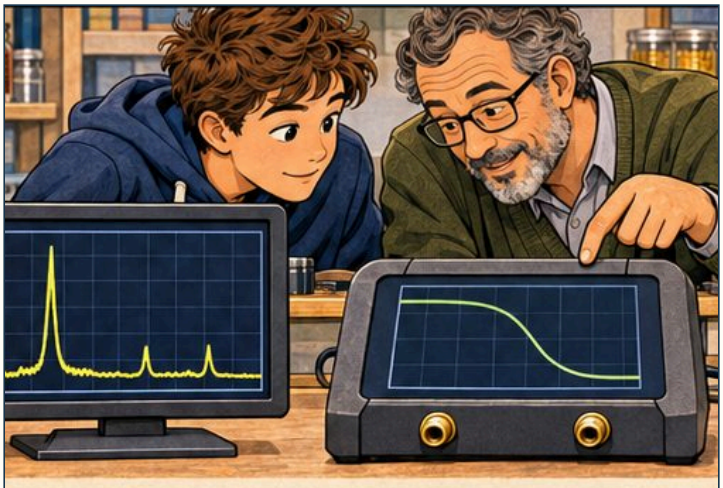
لا يمحو مرشح التمرير المنخفض جميع المكونات غير المرغوبة.



سيكون توهين مكون داخل حزمة تمريره ضعيفًا.



يعتمد الرفض على التردد والتنفيذ.



الفحص الطيفي الكامل يتطلب قياسات إضافية مناسبة.



وجود المرشح لا يثبت مطابقة المحطة للمتطلبات.

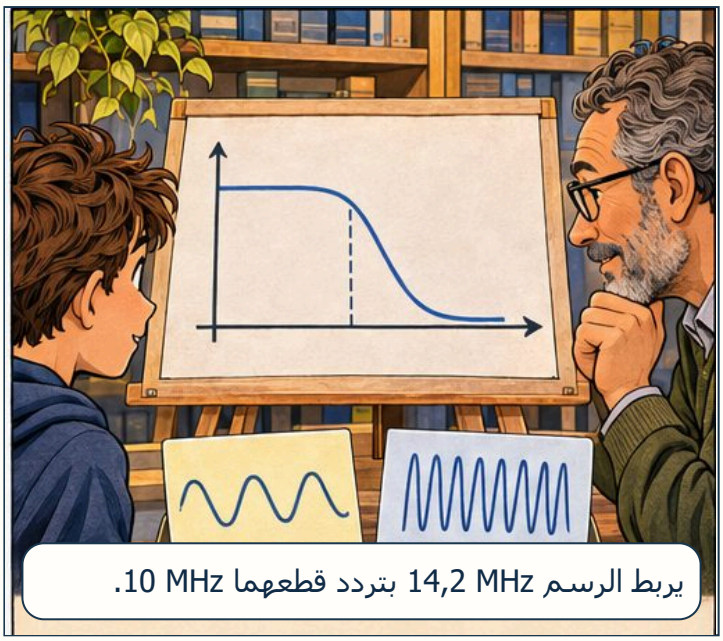


يميّز الفتى بين وظيفة مفيدة وضمان شامل.

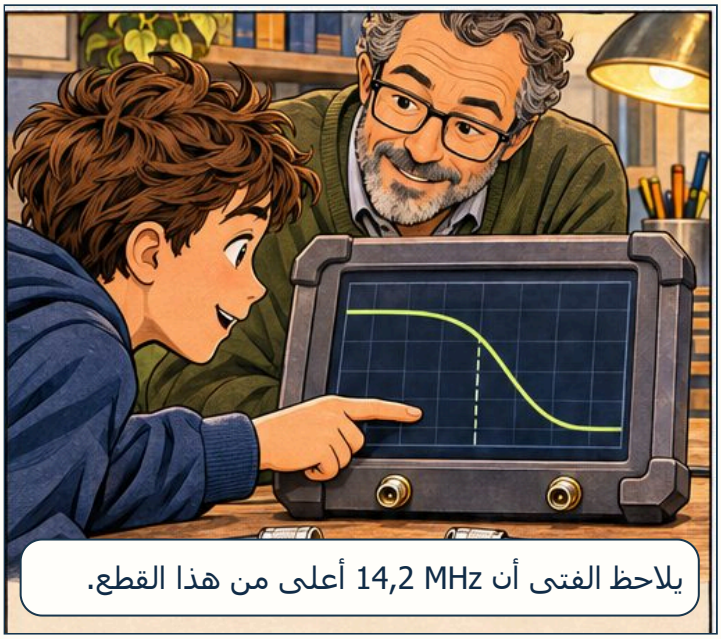
يجب أن يمر التردد المفيد



يقترح المرشد أخيرًا فخًا في رسم لمحطة.



يربط الرسم 14,2 MHz بتردد قطعهما 10 MHz.



يلاحظ الفتى أن 14,2 MHz أعلى من هذا القطع.



سيُوهّن هذا الاختيار أيضًا الإشارة المراد الاحتفاظ بها.



يجب مراجعة المتطلبات قبل أي استخدام.

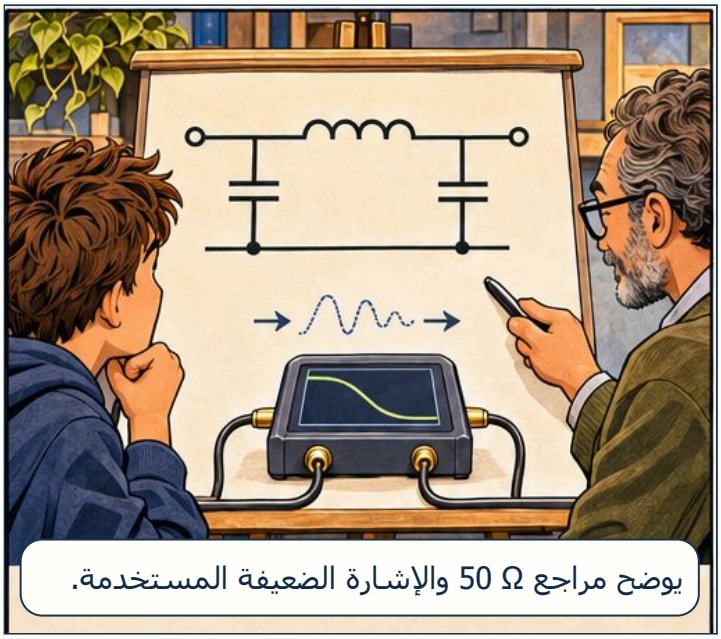


مثال الحساب ليس مرشحًا شاملًا لكل الحالات.

إعداد شرح للآخرين













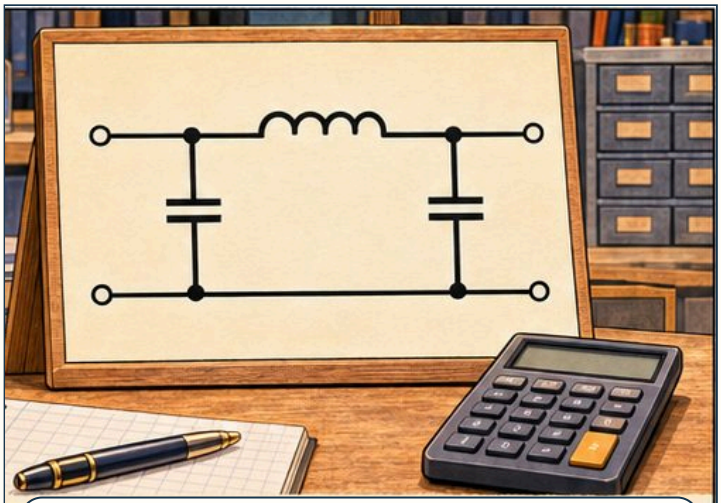
الفهم والحساب والقياس



تعود المكونات الثلاثة إلى الصندوق التعليمي.



يستطيع الفتى الآن ربط حاجة باستجابة مرشح.



يعرف حساب مرشح باتروورث هذا على شكل n وفحص الوحدات.



ويعرف أيضًا القياس والمقارنة واستقصاء الفروق.



يحفظ دفتره طريقة بافتراضاتها وحدودها.



في النادي، يبدأ الاكتشاف المقبل بسؤال منذ الآن.