ON4CRD

Τόμος 05

Υπολογισμός φίλτρων



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Νομικές ειδοποιήσεις

Τόμος 05 · Υπολογισμός φίλτρων

Εκδότης ιστότοπου : Radio Club Durnal ON4CRD

Υπεύθυνος έκδοσης : Επιτροπή του Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Νομικές ειδοποιήσεις

Διανοητική ιδιοκτησία

Κείμενα, εικόνες, έγγραφα, λογότυπα και υλικά που δημοσιεύονται στον ιστότοπο παραμένουν ιδιοκτησία των αντίστοιχων δημιουργών τους ή του συλλόγου. Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή επαναχρησιμοποίηση πρέπει να σέβεται την πηγή, τα ισχύοντα δικαιώματα και οποιαδήποτε άδεια του συγγραφέα.

Ευθύνη

Ο σύλλογος εργάζεται για τη δημοσίευση χρήσιμων και επαληθευμένων πληροφοριών, αλλά δεν εγγυάται την απουσία σφαλμάτων, παραλείψεων ή διακοπών. Οι τεχνικές ή κανονιστικές πληροφορίες πρέπει να ελέγχονται από επίσημες πηγές όταν υποστηρίζουν μια απόφαση.

Εικονογραφήσεις δημιουργημένες με τη βοήθεια τεχνητής νοημοσύνης.

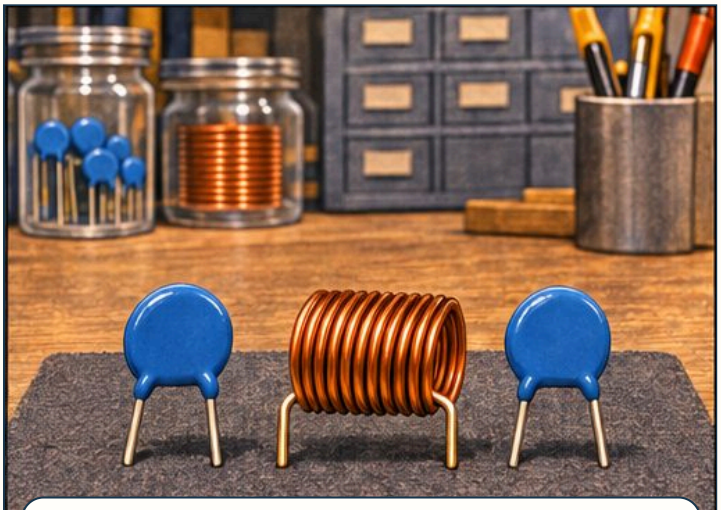
Μια νέα αποστολή



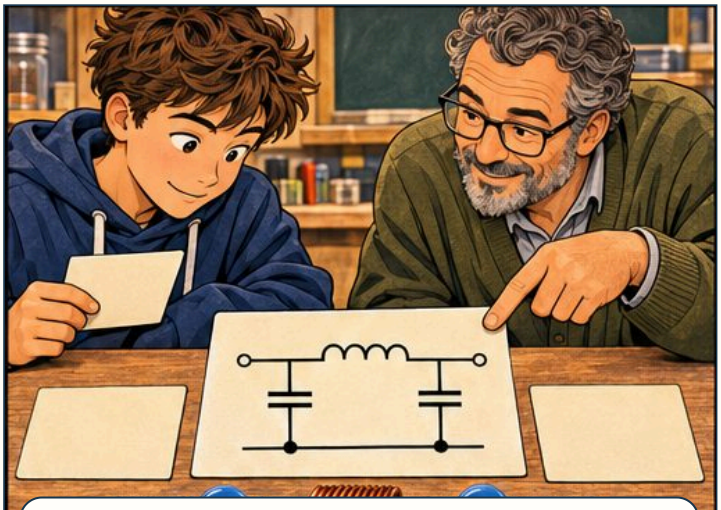
Στον σύλλογο, Lucas ανοίγει ξανά το τετράδιό του μετά το εργαστήριο ηλεκτρισμού.



Henri ετοιμάζει μια επίδειξη για την ποιότητα των σημάτων.



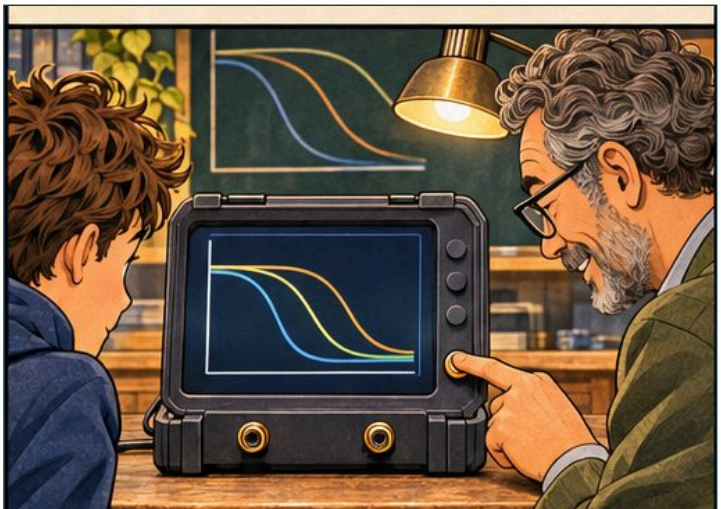
Στο τραπέζι περιμένουν δύο πυκνωτές και ένα πηνίο.



Η πρόκληση: να καταλάβουν, να υπολογίσουν και να μετρήσουν ένα βαθυπερατό φίλτρο.

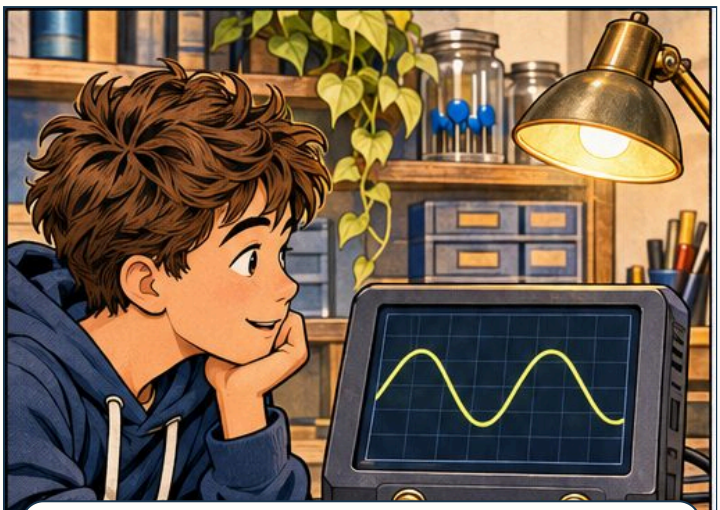


Ο νεαρός θέλει να μάθει τι μπορούν να αλλάξουν τρία εξαρτήματα.

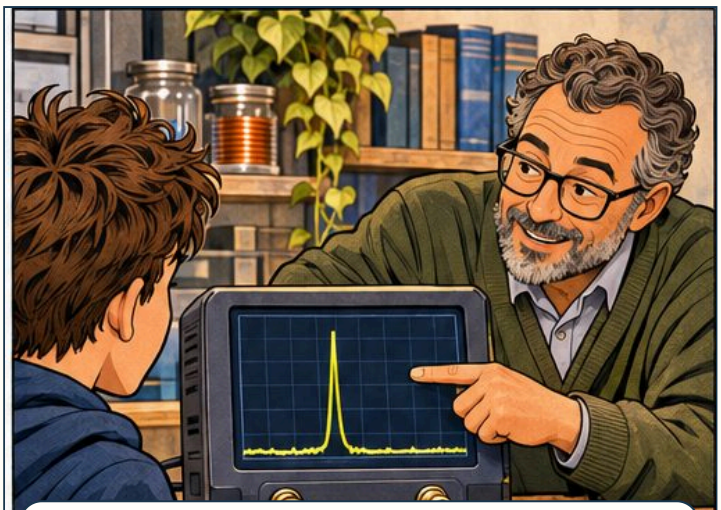


Αρχίζουν εξετάζοντας τι περιέχει ένα σήμα.

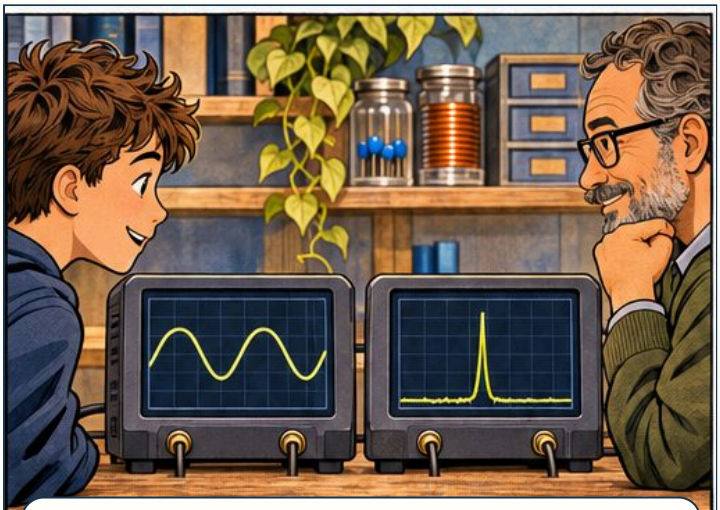
Το σήμα και το πορτρέτο του



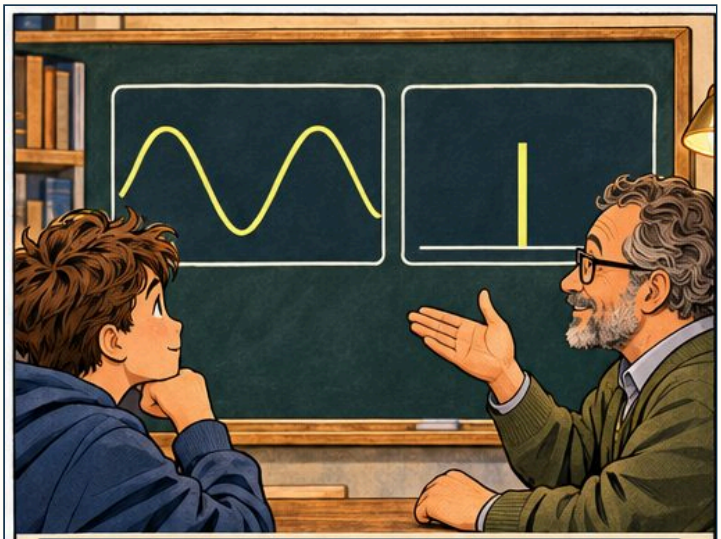
Μια χρονική καμπύλη δείχνει πώς μεταβάλλεται ένα σήμα.



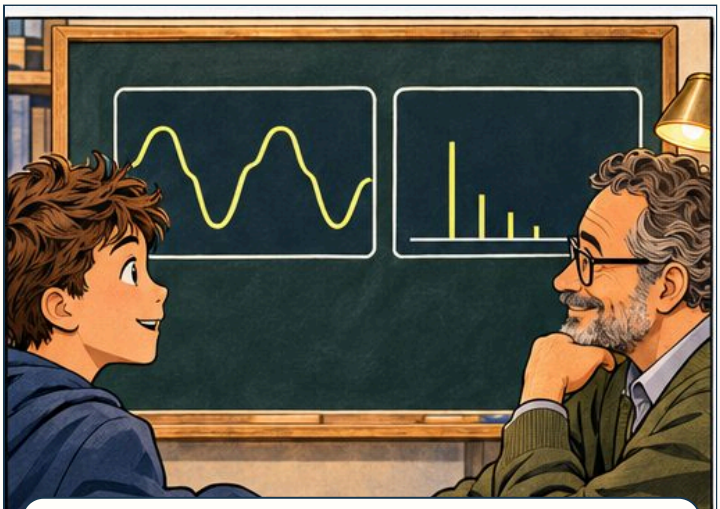
Ένα φάσμα παρουσιάζει τις συνιστώσες του ανά συχνότητα.



Οι δύο όψεις περιγράφουν διαφορετικά το ίδιο σήμα.



Ένα ιδανικό ημίτονο έχει μόνο μία συχνότητα.

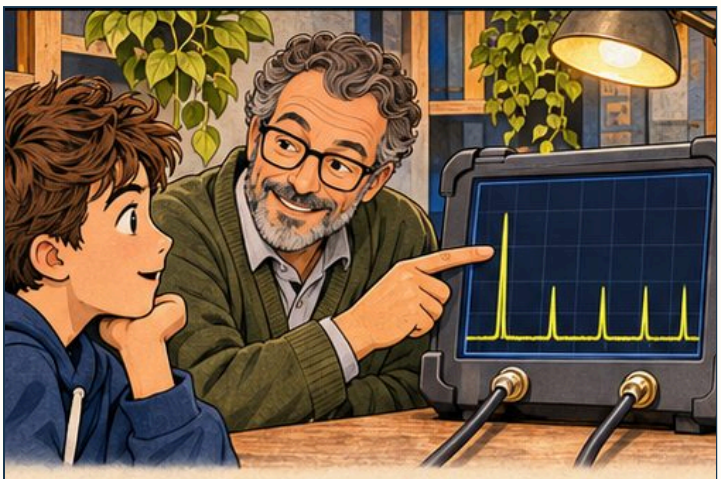


Μια παραμορφωμένη κυματομορφή μπορεί να περιέχει πολλές συνιστώσες.



Ο νεαρός ανακαλύπτει μια εικόνα που δεν ήξερε να διαβάζει.

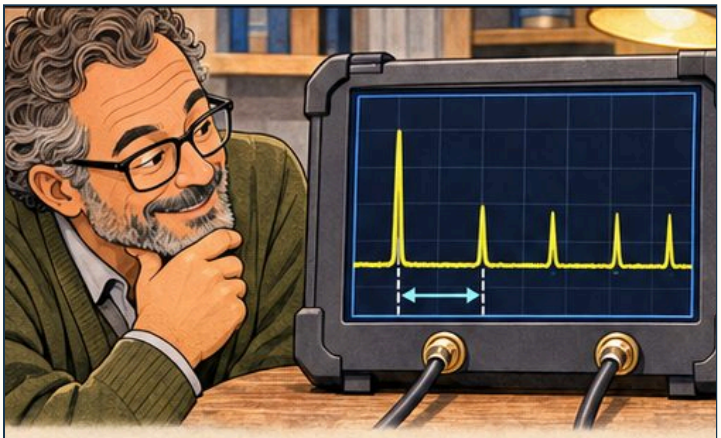
Αποκαλύπτονται οι αρμονικές



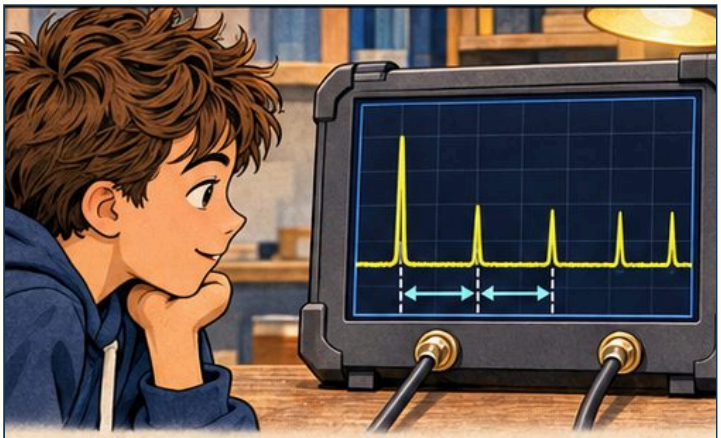
Η θεμελιώδης συχνότητα δίνει το πρώτο σημείο αναφοράς του περιοδικού σήματος.



Οι αρμονικές του είναι ακέραια πολλαπλάσια αυτής της συχνότητας.



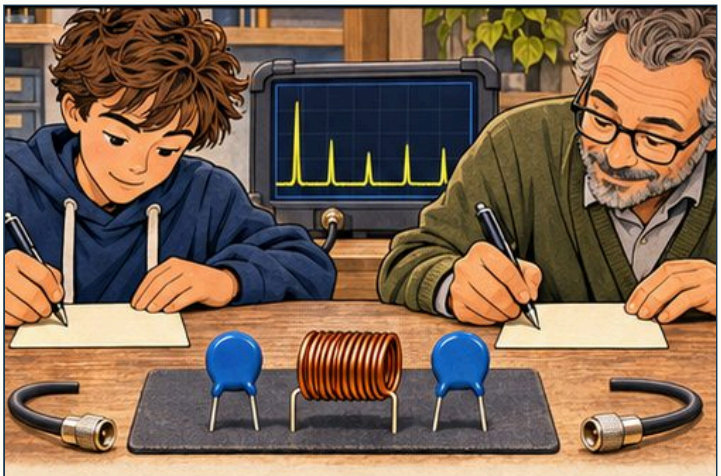
Η δεύτερη αρμονική βρίσκεται στη διπλάσια θεμελιώδη συχνότητα.



Η τρίτη βρίσκεται στην τριπλάσια συχνότητα.

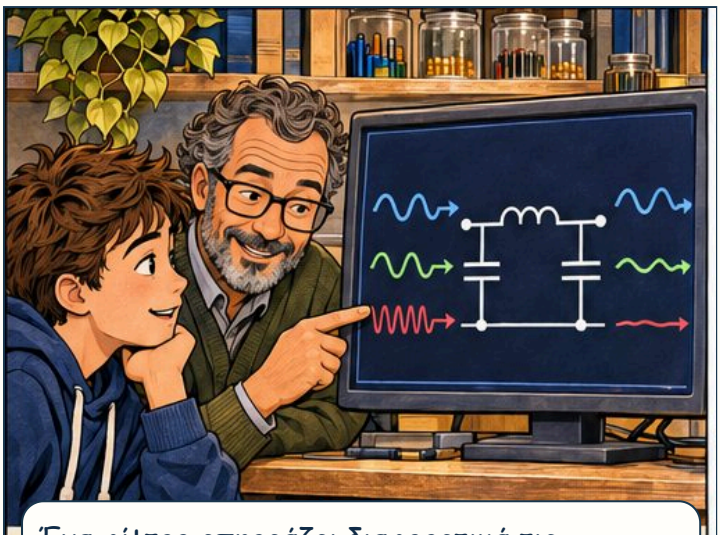


Δεν είναι όμως όλες οι ανεπιθύμητες συνιστώσες αρμονικές.

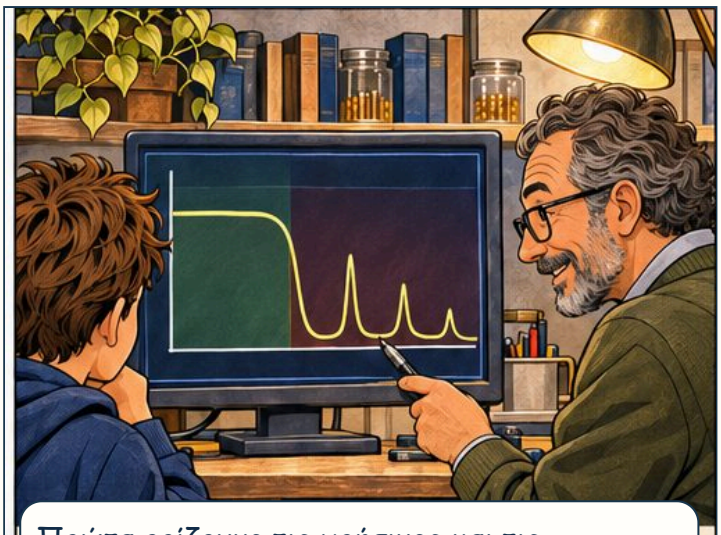


Το φίλτρο πρέπει να ανταποκρίνεται σε μια σαφώς καθορισμένη ανάγκη.

Τι θέλουμε να διατηρήσουμε



Ένα φίλτρο επηρεάζει διαφορετικά τις συνιστώσες ανάλογα με τη συχνότητά τους.



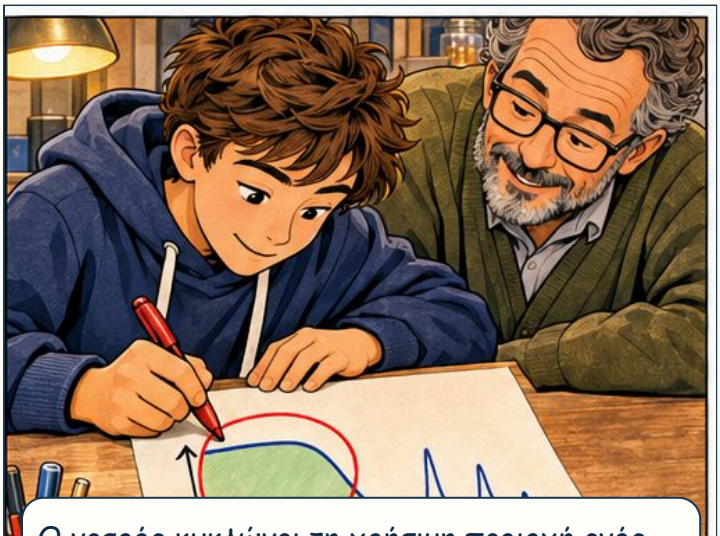
Πρώτα ορίζουμε τις χρήσιμες και τις ενοχλητικές συχνότητες.



Ορίζουμε επίσης τις επιθυμητές εξασθενήσεις.



Χωρίς αυτούς τους στόχους, οι υπολογισμοί εξαρτημάτων δεν έχουν πολύ νόημα.

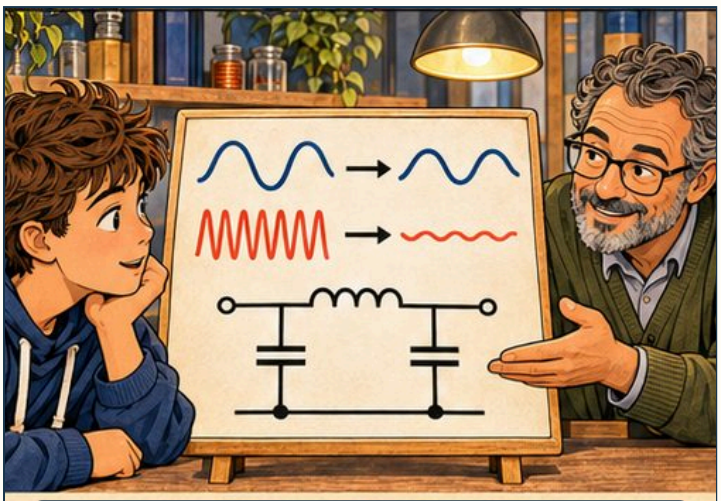


Ο νεαρός κυκλώνει τη χρήσιμη περιοχή ενός ενδεικτικού φάσματος.



Το τετράδιό του γίνεται προδιαγραφή σχεδιασμού.

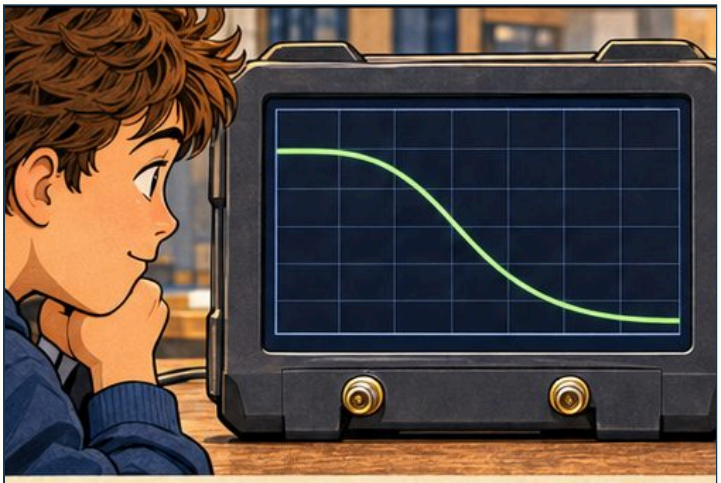
Η επιλογή του βαθυπερατού



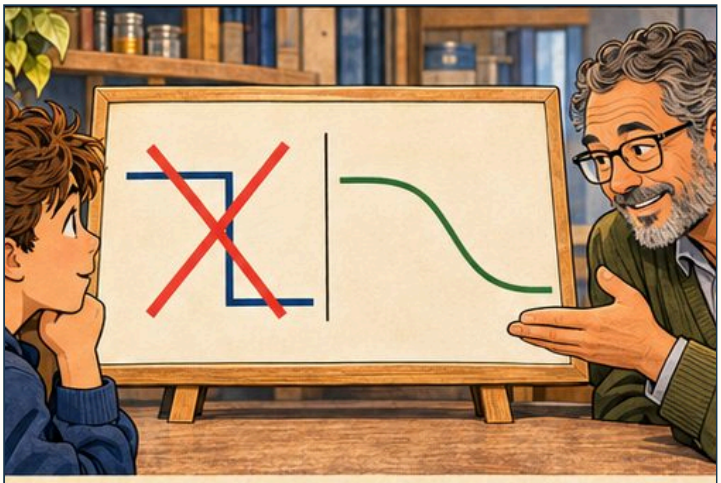
Ένα βαθυπερατό μεταδίδει καλύτερα τις χαμηλές συχνότητες από τις υψηλές.



Η ζώνη διέλευσής του βρίσκεται στις χαμηλές συχνότητες.



Πιο ψηλά, η εξασθένηση αυξάνεται σταδιακά.



Η πραγματική μετάβαση δεν είναι ποτέ τέλειος κατακόρυφος τοίχος.



Αυτός ο τύπος ταιριάζει στη σημερινή επίδειξη.



Ο νεαρός σχεδιάζει μια πλαγιά αντί για φράγμα.

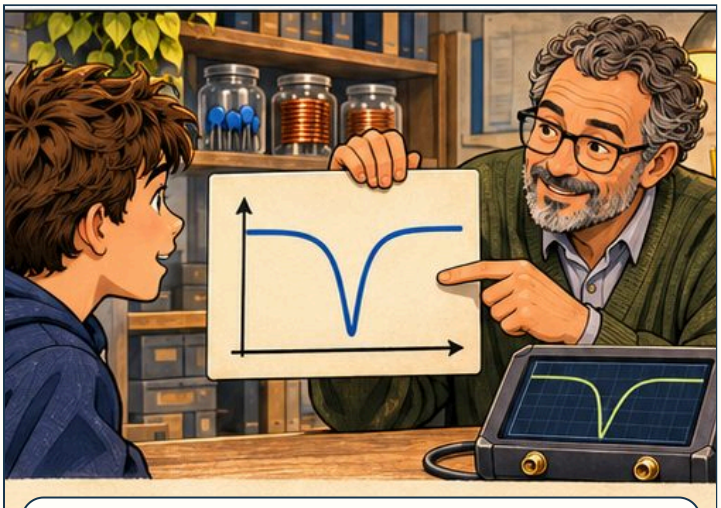
Άλλοι πιθανοί δρόμοι



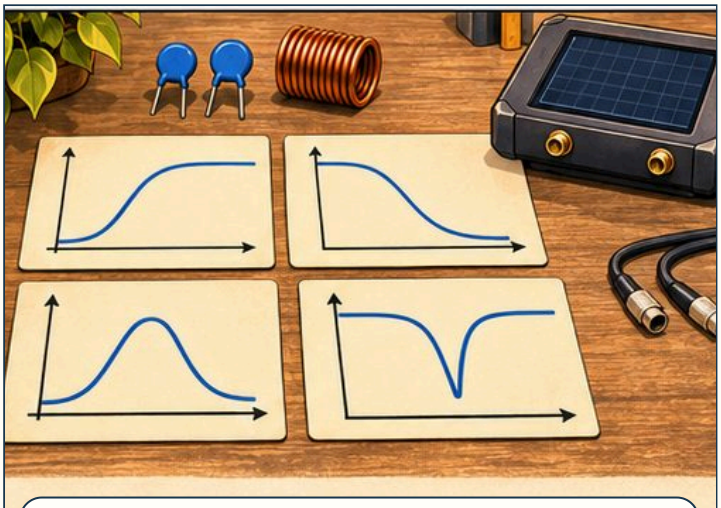
Ένα υψιπερατό εξασθενεί τις χαμηλές συχνότητες και διατηρεί τις υψηλές.



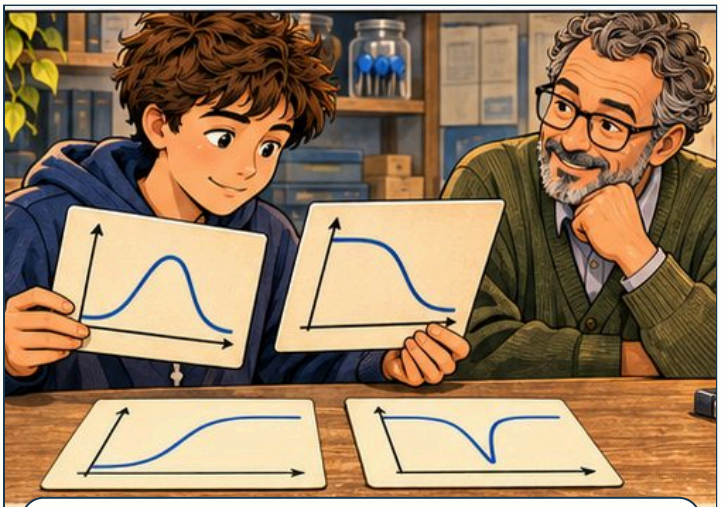
Ένα ζωνοπερατό ευνοεί μια περιοχή ανάμεσα σε δύο όρια.



Ένα φίλτρο αποκοπής ζώνης εξασθενεί αντίθετα μια επιλεγμένη περιοχή.



Αυτές οι οικογένειες καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες.

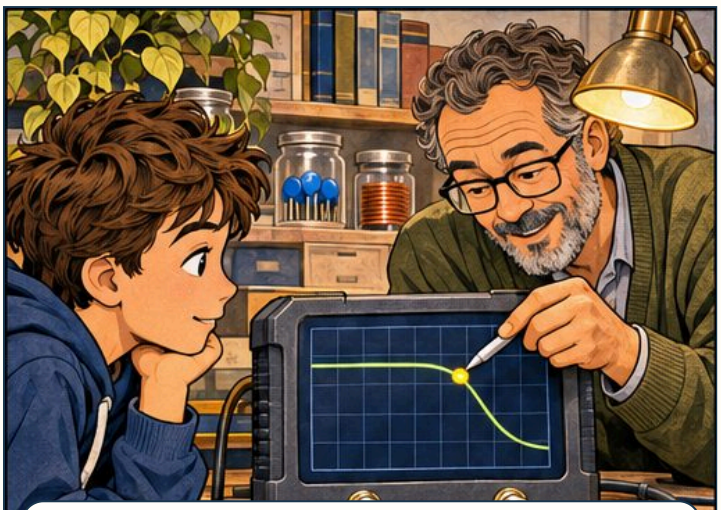


Το όνομα περιγράφει μια απόκριση, όχι καθολική ανωτερότητα.



Ο νεαρός φυλάει τρεις κάρτες για επόμενο εργαστήριο.

Ένα όριο που ακόμη περνά σήμα



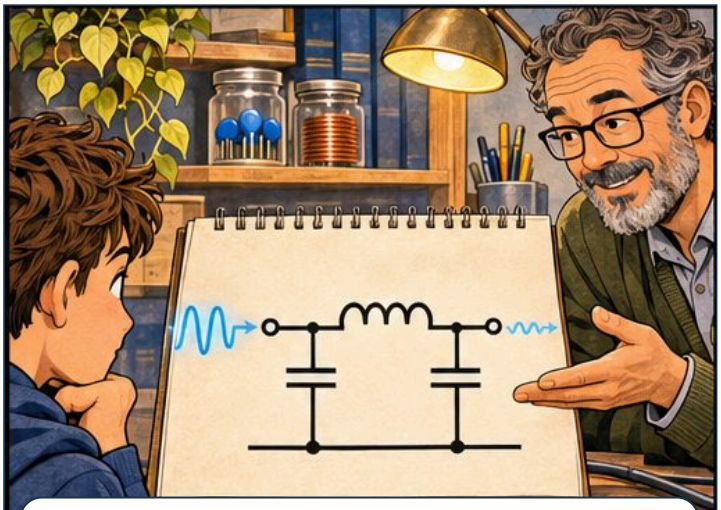
Η συχνότητα αποκοπής ορίζει εδώ ένα επίπεδο αναφοράς.



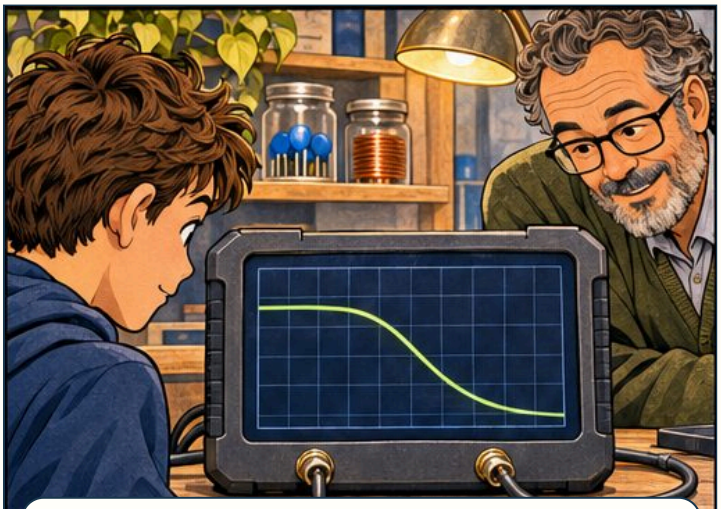
Δεν σημαίνει ξαφνική εξαφάνιση του σήματος.



Για το ιδανικό τους Butterworth αντιστοιχεί περίπου σε −3 dB.



Το φίλτρο επομένως μεταδίδει ακόμη ενέργεια σε αυτή τη συχνότητα.



Πάνω από αυτή, η εξασθένηση συνεχίζει να αυξάνεται.

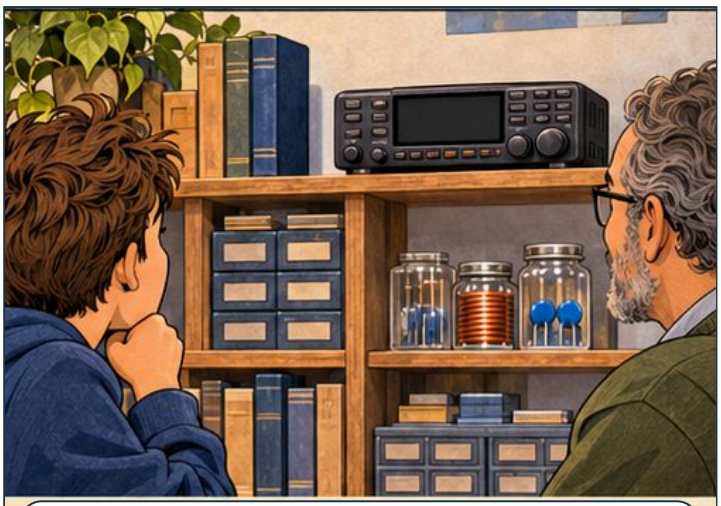


Η διευκρίνιση αποτρέπει μια πρώτη παρανόηση.

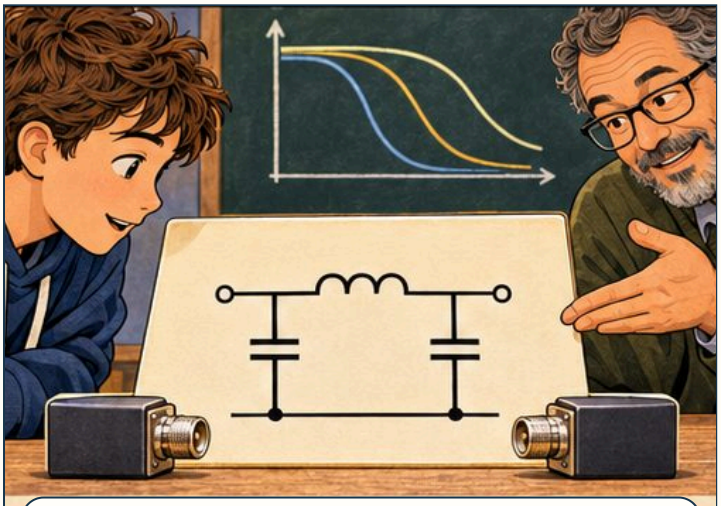
Ένα εργαστηριακό παράδειγμα



Επιλέγουν θεωρητική συχνότητα αποκοπής 10 MHz.



Η τιμή χρησιμεύει στη μάθηση, δεν ορίζει συχνότητα εκπομπής.



Η αντίσταση αναφοράς πηγής και φορτίου θα είναι 50 Ω.



Το κύκλωμα θα μελετηθεί στον πάγκο με ασθενές σήμα.



Δεν θα συνδεθεί κεραία ή πομπός.



Στόχος είναι μια μετρήσιμη απόκριση, όχι μια ραδιοεπικοινωνία.

Γιατί να ορίσουμε 50 Ω;



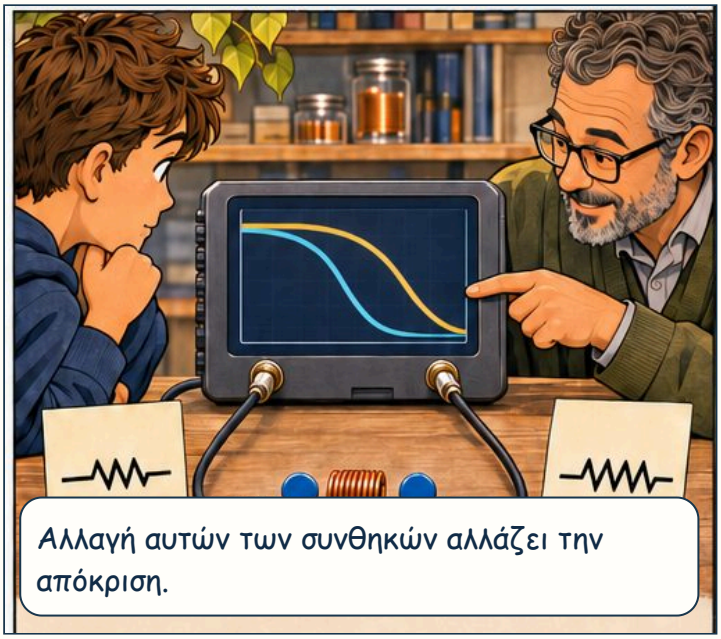
Ένα φίλτρο λειτουργεί ανάμεσα σε πηγή και φορτίο.



Οι εμπεδήσεις τους αποτελούν συνθήκες του υπολογισμού.



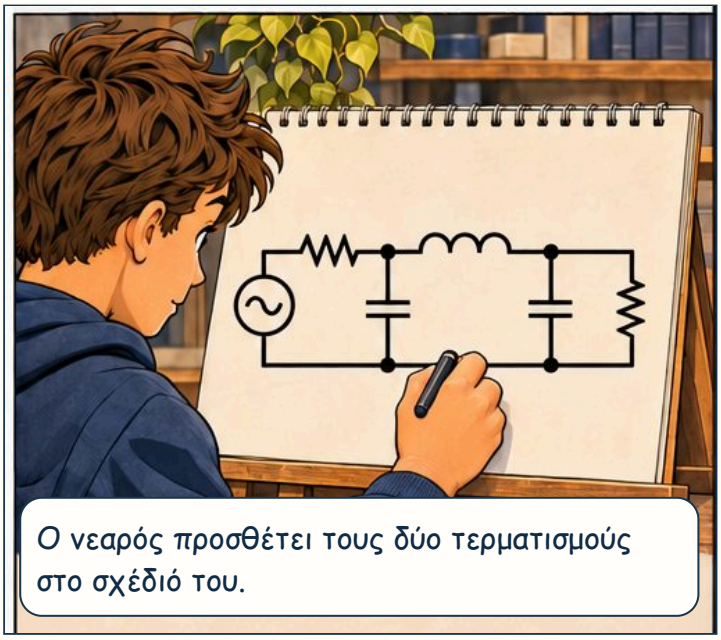
Εδώ καθεμία είναι ιδανικά ωμική και ίση με 50 Ω.



Αλλαγή αυτών των συνθηκών αλλάζει την απόκριση.

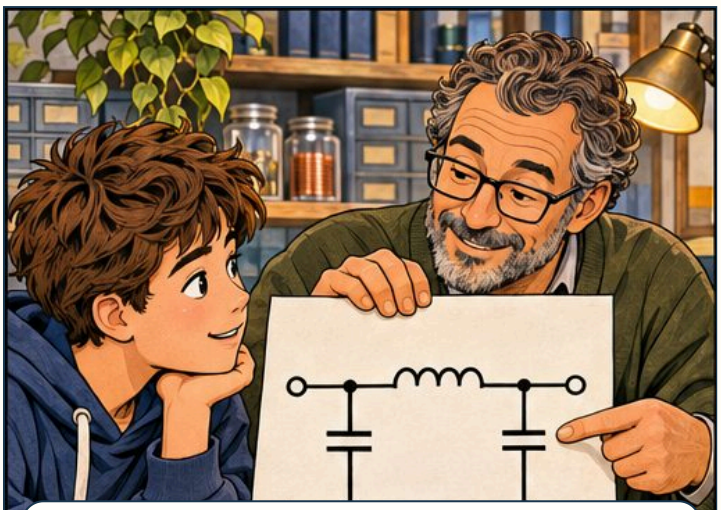


Δεν αρκεί λοιπόν να αντιγράψουμε τρεις τιμές.



Ο νεαρός προσθέτει τους δύο τερματισμούς στο σχέδιό του.

Το μοντέλο και το κύκλωμα



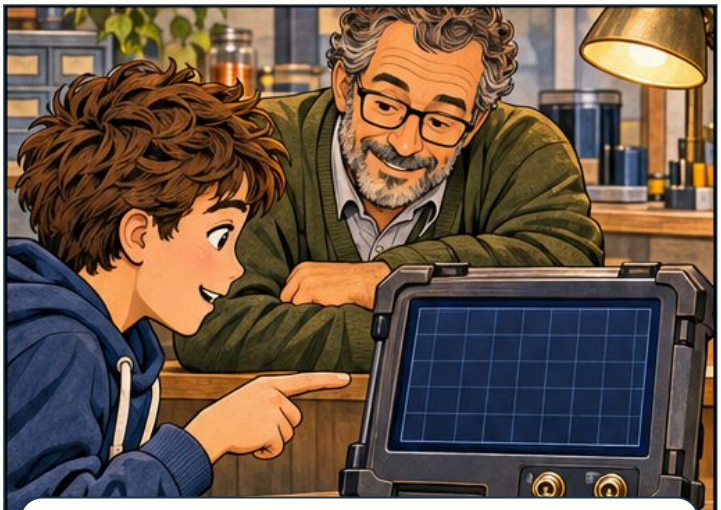
Ο υπολογισμός αρχίζει με ιδανικά εξαρτήματα χωρίς απώλειες.



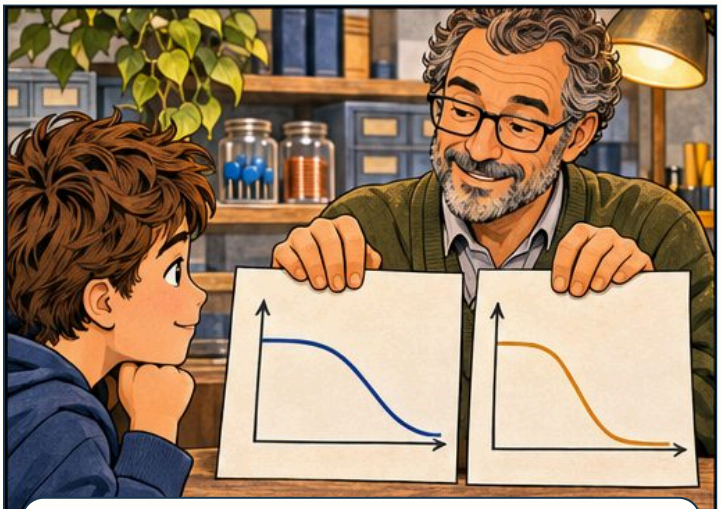
Το πραγματικό κύκλωμα έχει αντιστάσεις και παρασιτικά φαινόμενα.



Το μοντέλο επιτρέπει μια πρώτη πρόβλεψη της απόκρισης.



Οι μετρήσεις θα βοηθήσουν κατόπιν να εξεταστούν οι διαφορές.

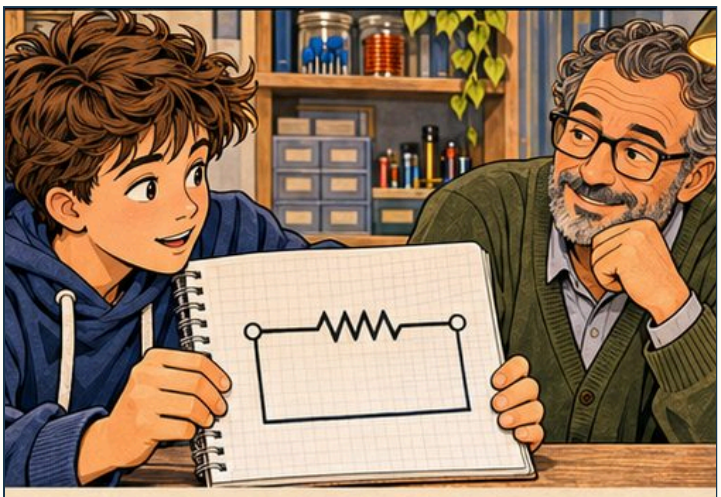


Η σύγχυση πρόβλεψης και αποτελέσματος εμποδίζει την κατανόηση των αποκλίσεων.

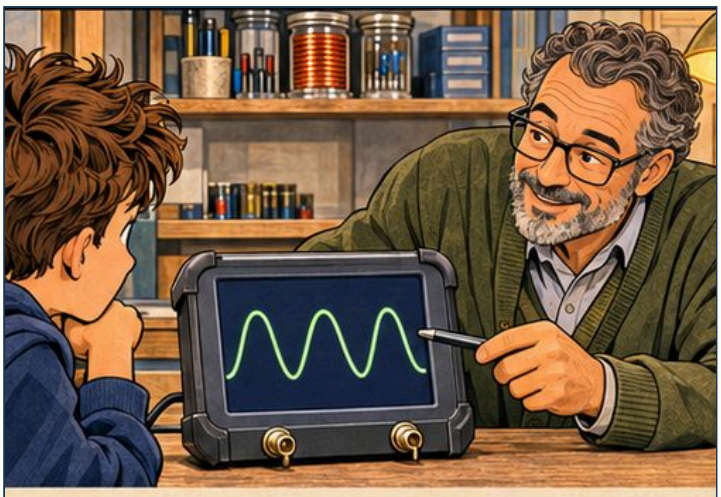


Το τετράδιο κρατά ξεχωριστό χώρο για καθένα.

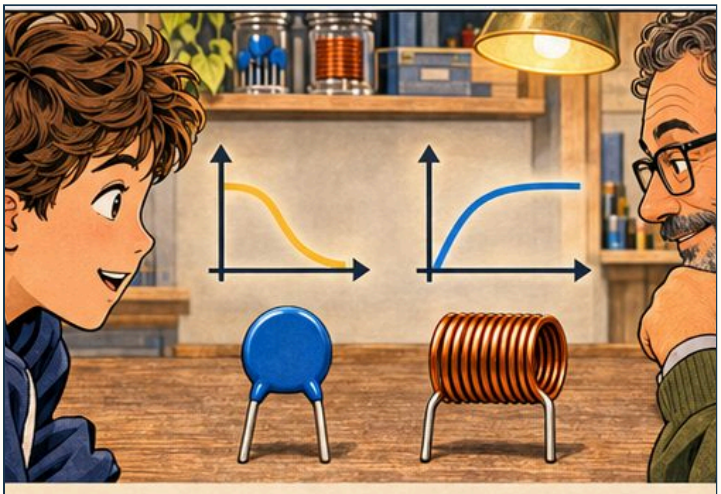
Μια αντίσταση δεν αρκεί πια



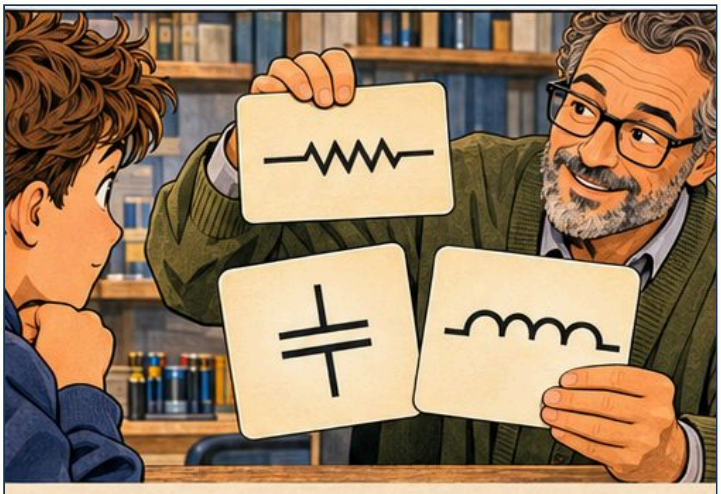
Ο προηγούμενος τόμος συνέδεε τάση, ρεύμα και αντίσταση στο συνεχές.



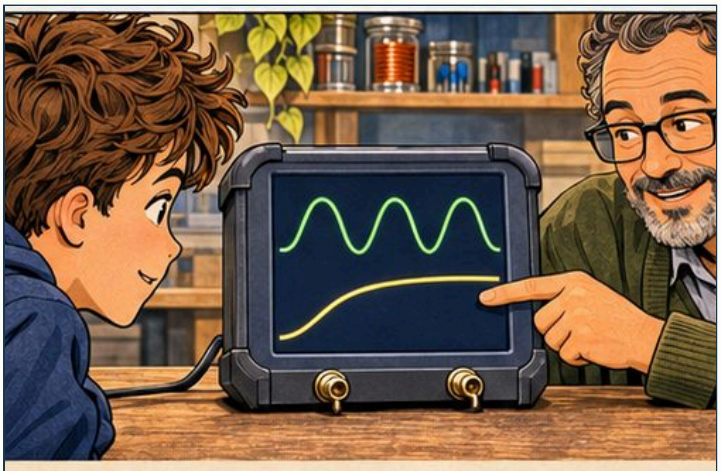
Εδώ το σήμα μεταβάλλεται γρήγορα και η συχνότητα μετρά.



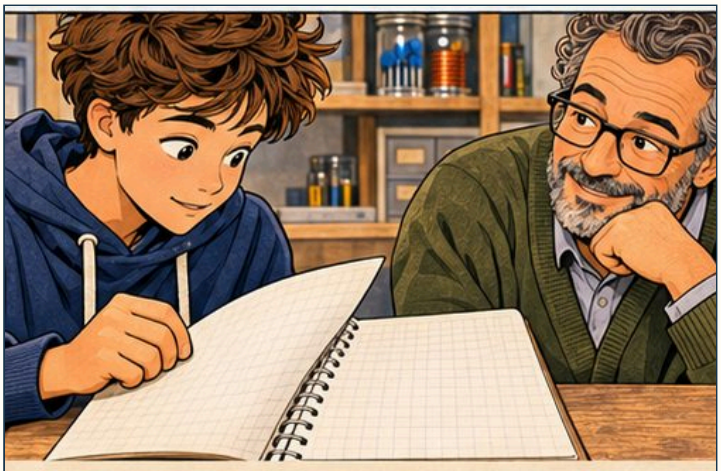
Πυκνωτές και πηνία παρουσιάζουν αντίδραση που εξαρτάται από τη συχνότητα.



Αυτή η αντίδραση δεν ταυτίζεται με απλή ωμική αντίσταση.



Η εμπέδηση περιγράφει ευρύτερα την ηλεκτρική συμπεριφορά στο εναλλασσόμενο.

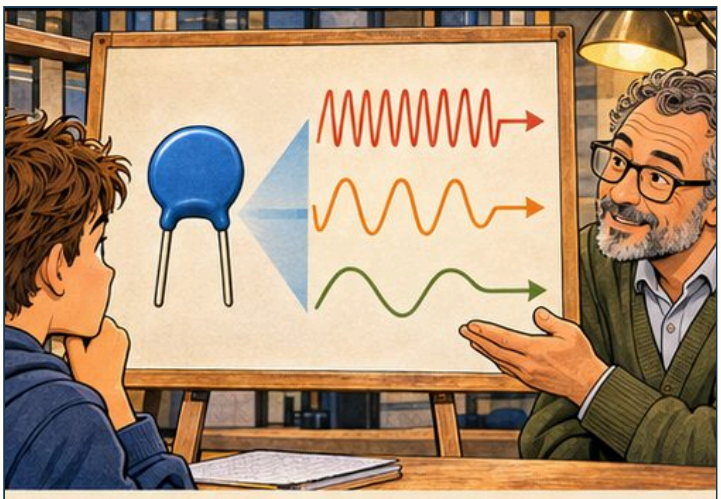


Ο νεαρός καταλαβαίνει γιατί χρειάζεται νέο μοντέλο.

Ο ρόλος του πυκνωτή



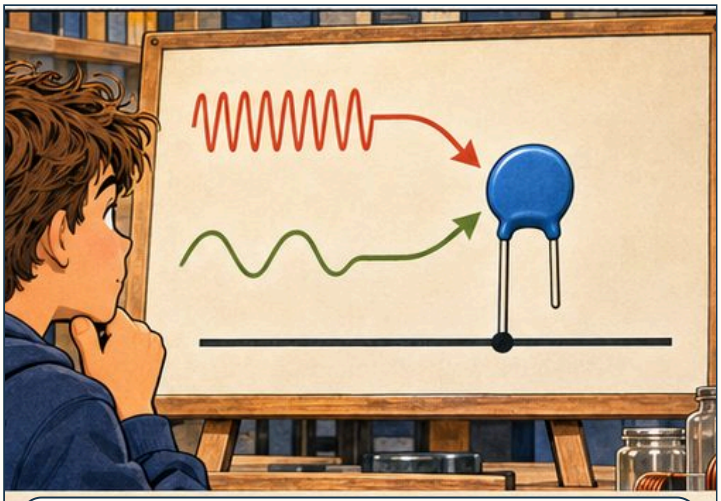
Η χωρητικότητα συμβολίζεται C και εκφράζεται σε φαράντ, F.



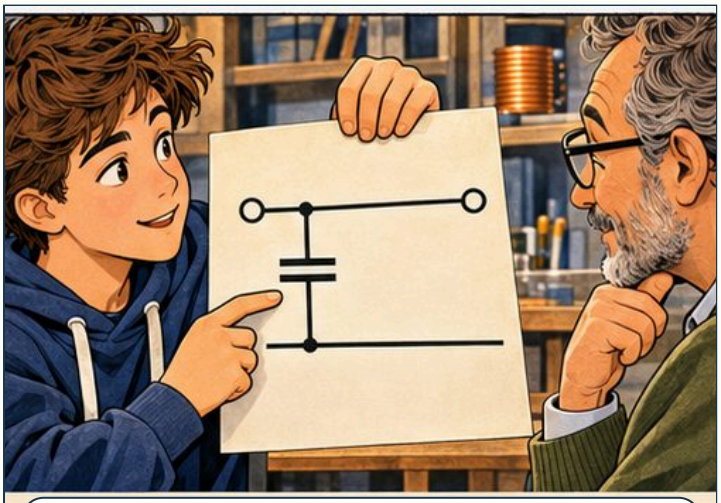
Στον ιδανικό πυκνωτή, η αντίδραση μειώνεται όταν αυξάνεται η συχνότητα.



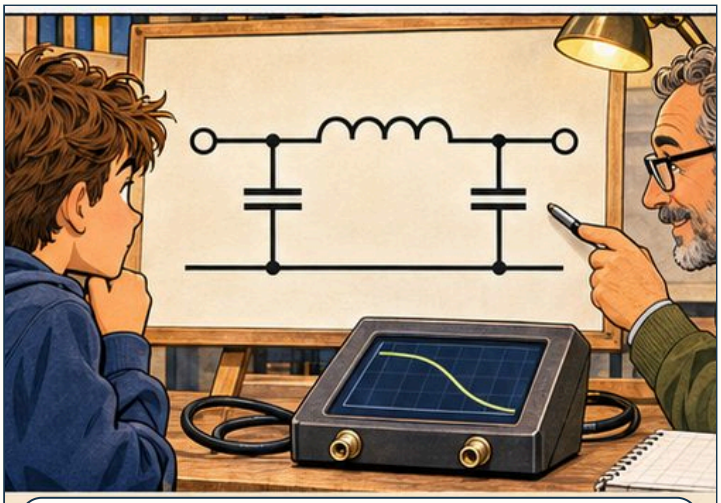
Το μέτρο της είναι Xc = 1/(2πfC).



Για ίδια χωρητικότητα, οι υψηλές συχνότητες συναντούν μικρότερη αντίδραση.



Στο φίλτρο τους, οι πυκνωτές θα συνδεθούν στον κοινό κόμβο.

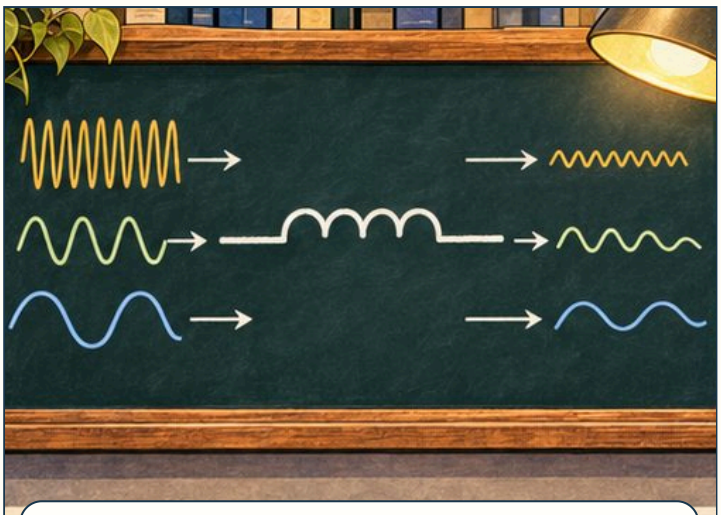


Ο ρόλος τους εξαρτάται και από το υπόλοιπο κύκλωμα.

Ο ρόλος του πηνίου



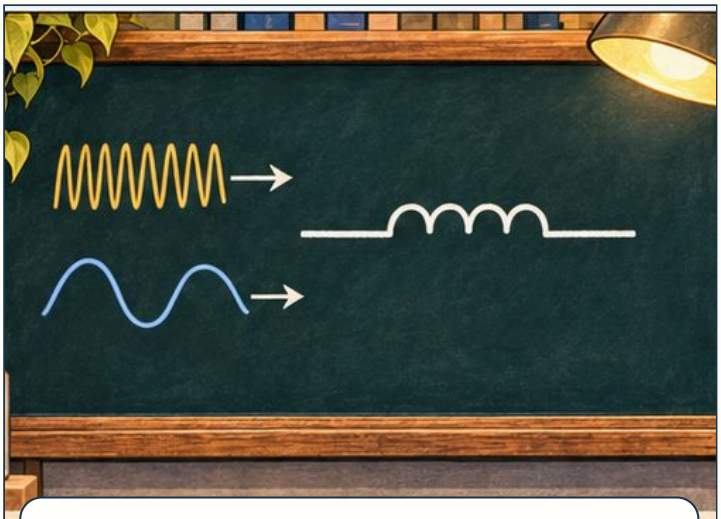
Η αυτεπαγωγή συμβολίζεται L και εκφράζεται σε χένρι, H.



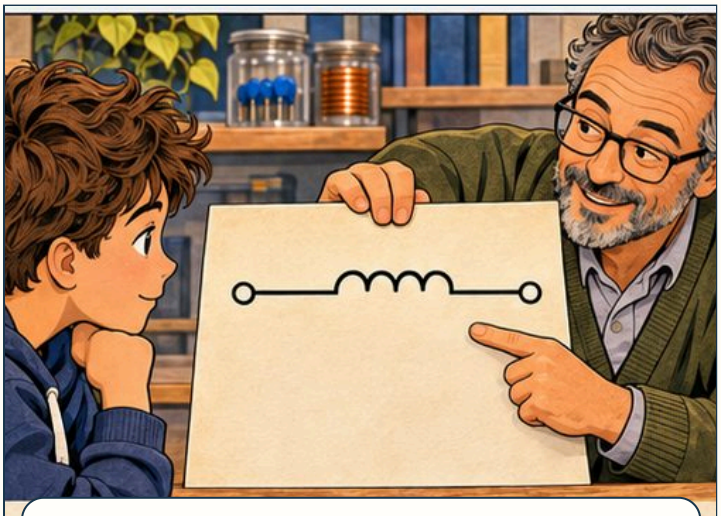
Στο ιδανικό πηνίο, η αντίδραση αυξάνεται με τη συχνότητα.



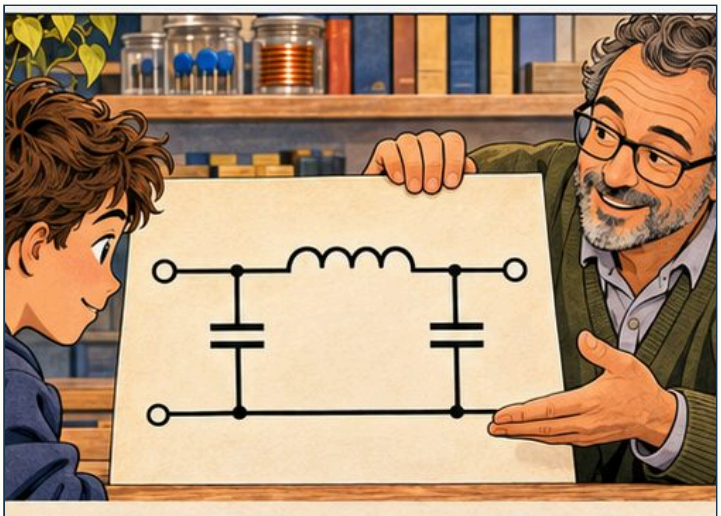
Το μέτρο της είναι XL = 2πfL.



Για ίδια αυτεπαγωγή, οι υψηλές συχνότητες συναντούν μεγαλύτερη αντίδραση.

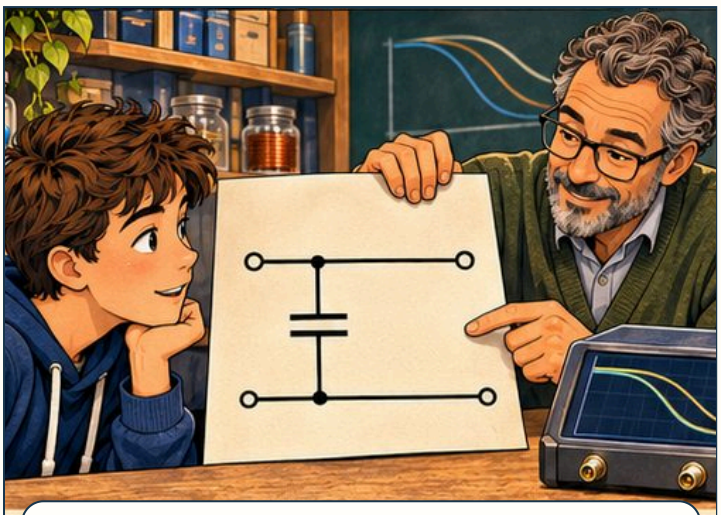


Στο φίλτρο τους, το πηνίο θα βρίσκεται στη διαδρομή του σήματος.

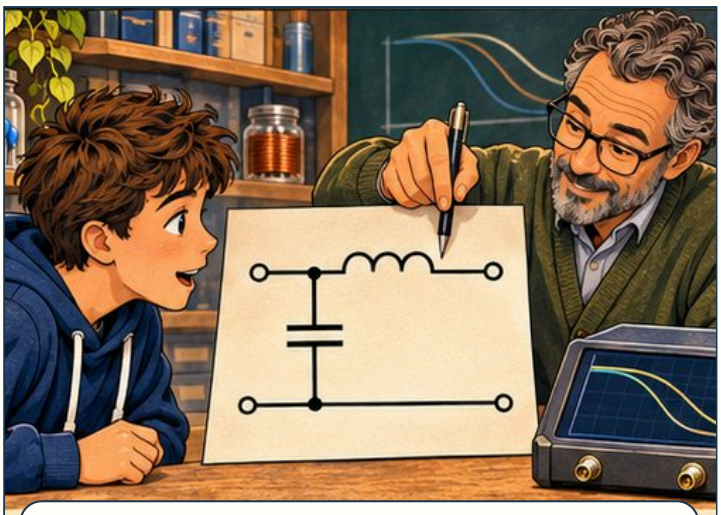


Οι δύο τύποι εξαρτημάτων θα δρουν μαζί.

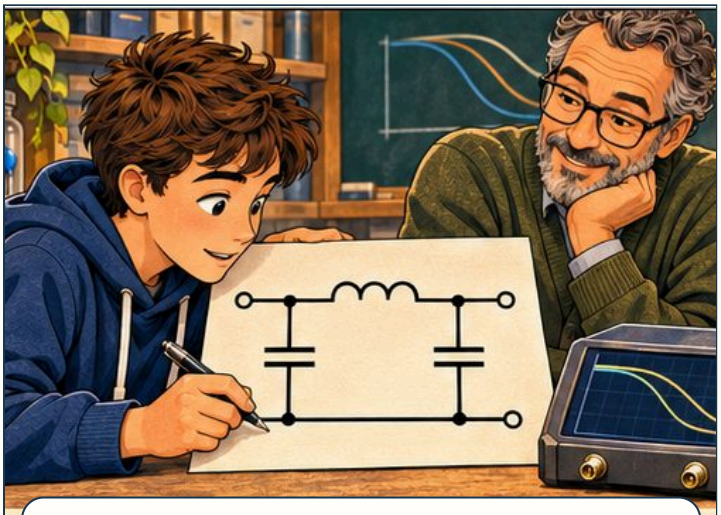
Το σχέδιο παίρνει μορφή π



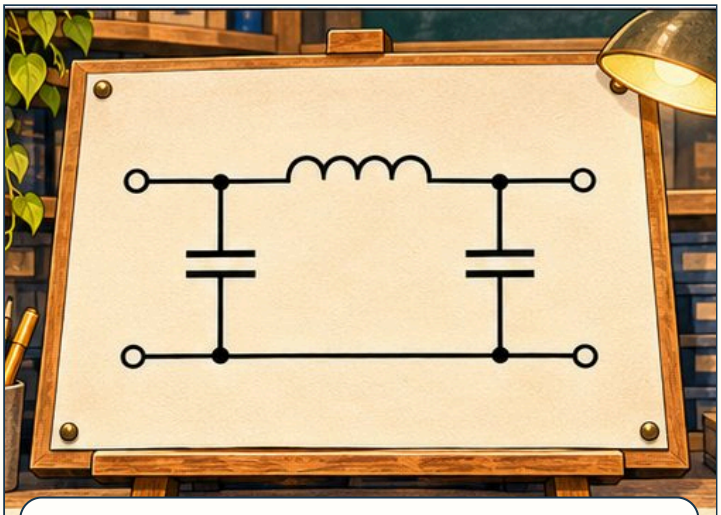
Η είσοδος συνδέεται μέσω πρώτου πυκνωτή στον κοινό κόμβο.



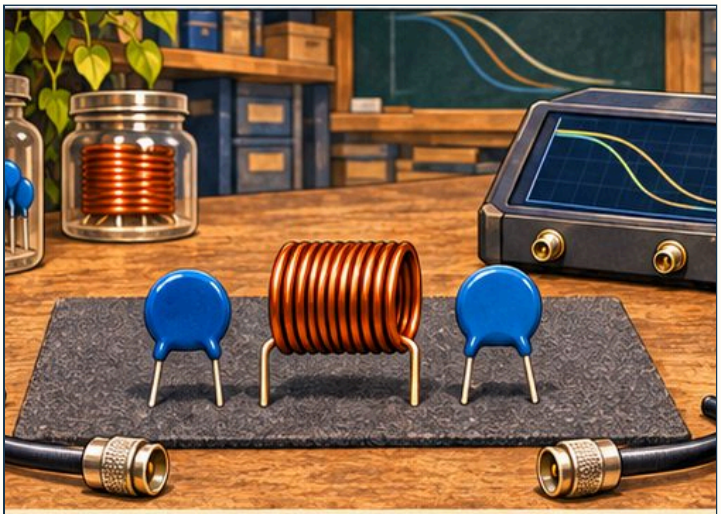
Ένα πηνίο συνδέει κατόπιν είσοδο και έξοδο σε σειρά.



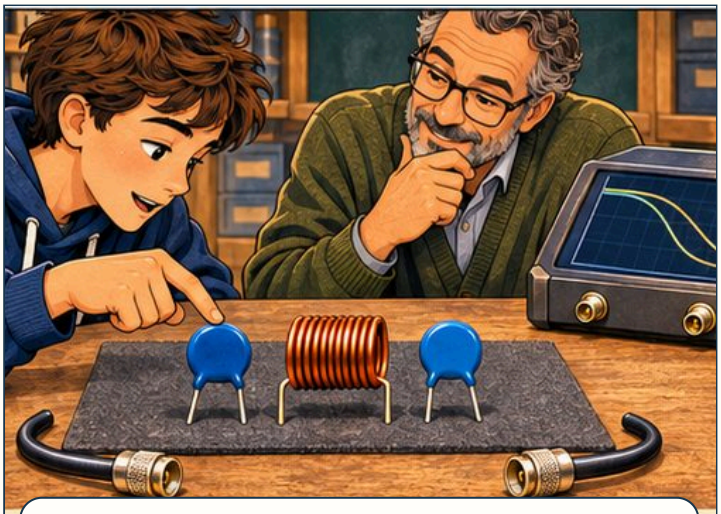
Ένας δεύτερος πυκνωτής συνδέει την έξοδο στον ίδιο κοινό κόμβο.



Δύο κλάδοι κατεβαίνουν εκατέρωθεν του πηνίου.



Η διάταξη θυμίζει το ελληνικό γράμμα π.

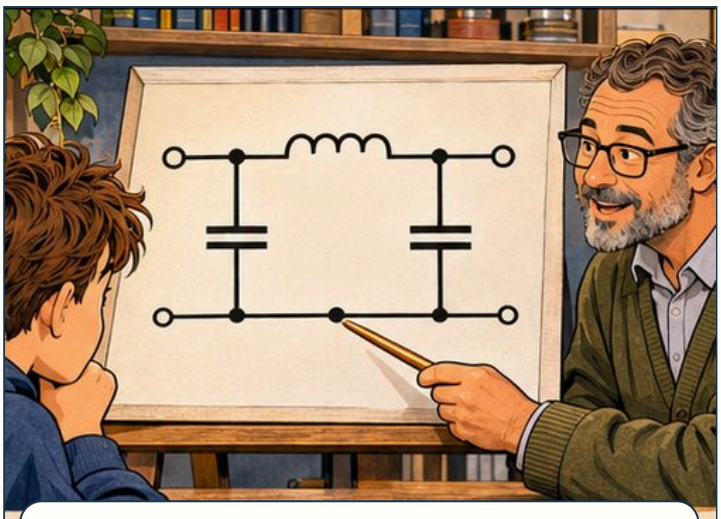


Ο νεαρός ακολουθεί κάθε σύνδεση με το μολύβι του.

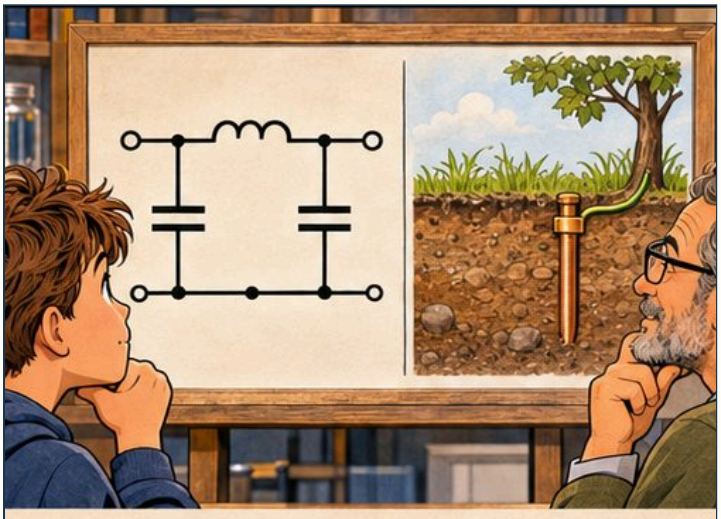
Η γείωση στο σχέδιο



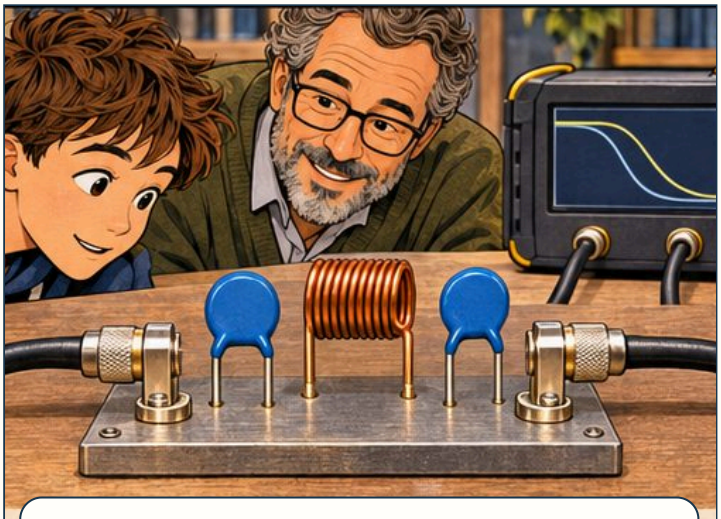
Οι δύο πυκνωτές μοιράζονται μια κοινή ηλεκτρική αναφορά.



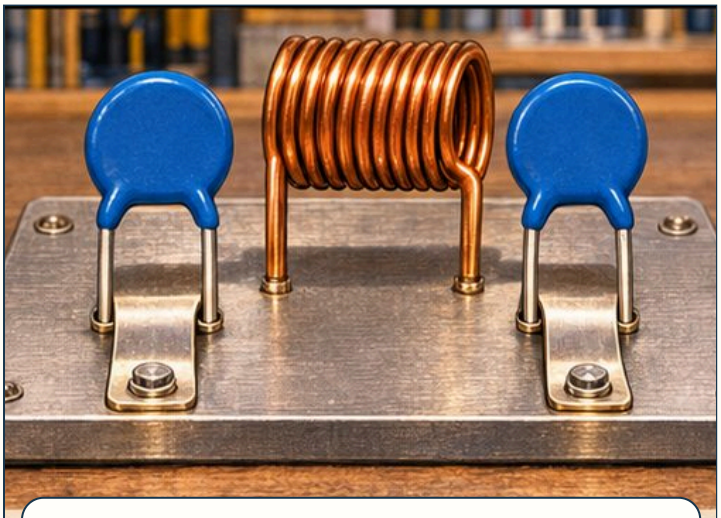
Το σύμβολο γείωσης παριστάνει εδώ αυτή την αναφορά του κυκλώματος.



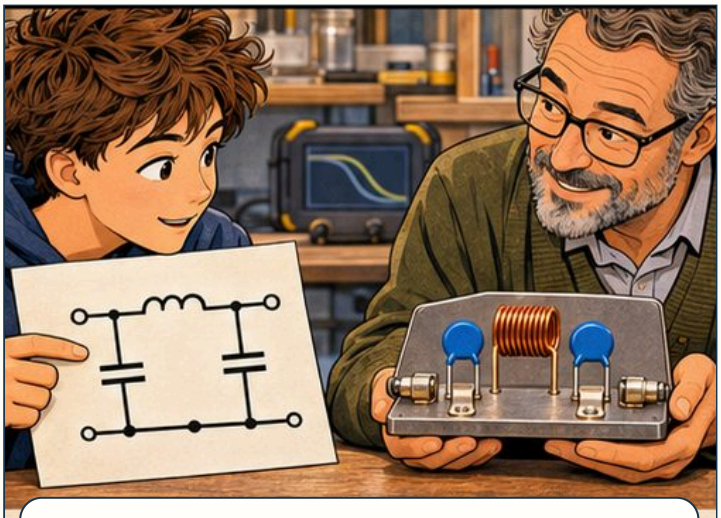
Δεν σημαίνει αυτόματα σύνδεση με το έδαφος.



Οι θωρακίσεις των ομοαξονικών συνδέονται στον κοινό κόμβο σύμφωνα με το σχέδιο.



Μια σύντομη σύνδεση περιορίζει ορισμένα παρασιτικά φαινόμενα.

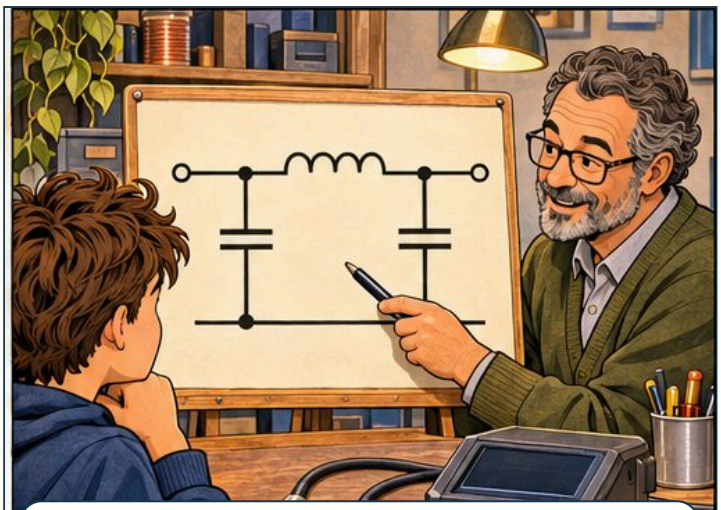


Ο νεαρός ξεχωρίζει το σύμβολο από την πραγματική υλοποίησή του.

Τρία στοιχεία, μία τάξη



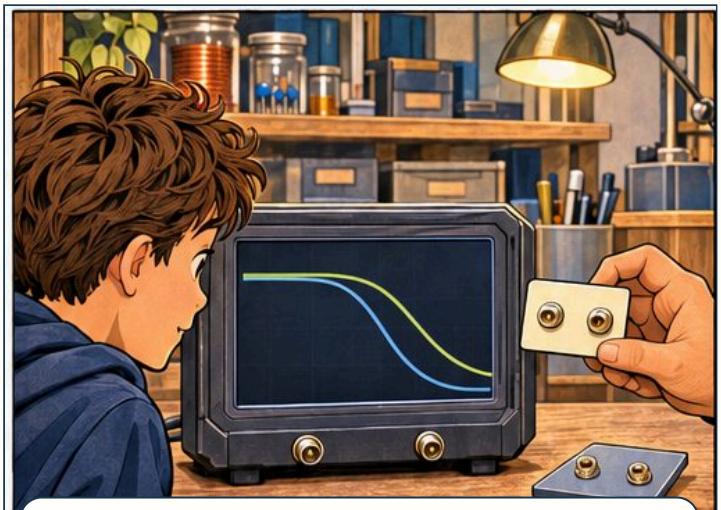
Το ιδανικό δίκτυο περιέχει τρία άεργα στοιχεία: C, L και C.



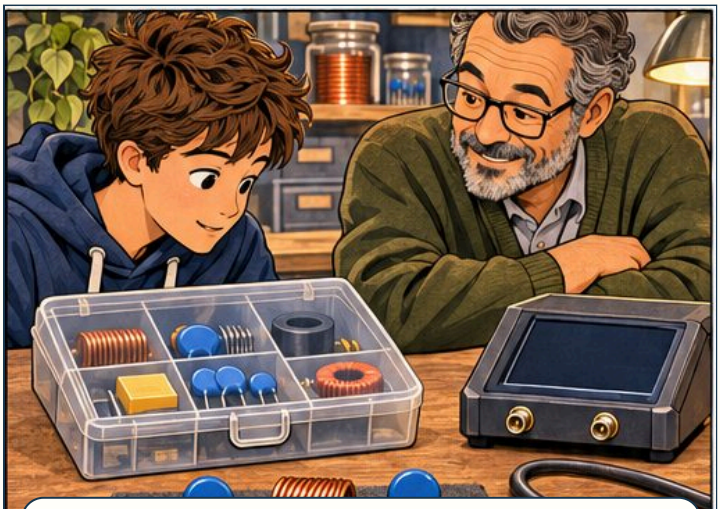
Εδώ υλοποιούν βαθυπερατό φίλτρο τρίτης τάξης.



Η τάξη χαρακτηρίζει μεταξύ άλλων την ασυμπτωτική κλίση.



Μια λανθασμένη εμπέδηση θα άλλαζε όμως την απόκριση.



Η τυχαία προσθήκη εξαρτημάτων δεν δημιουργεί το ζητούμενο φίλτρο.

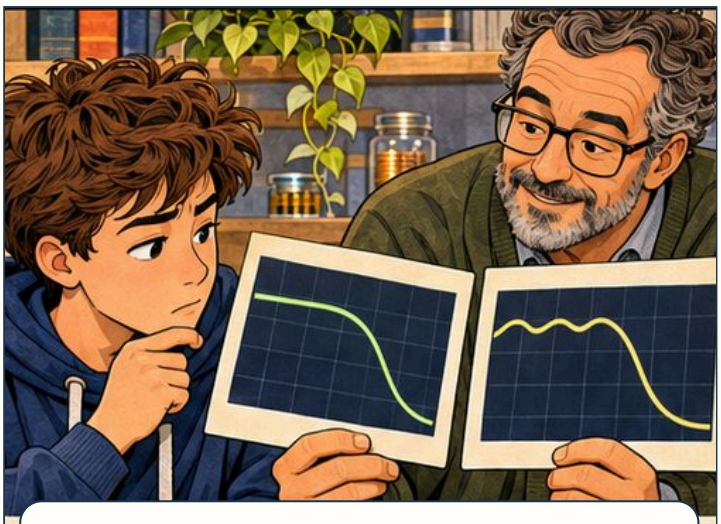


Η μορφή του σχεδίου πρέπει να συμβαδίζει με τον υπολογισμό.

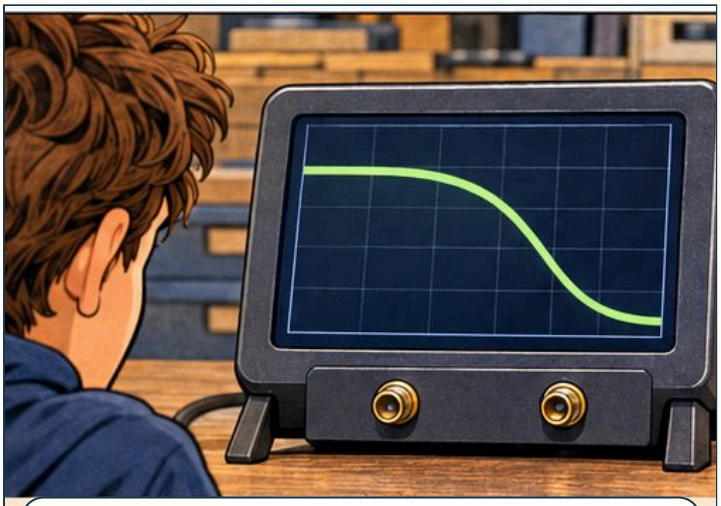
Γιατί Butterworth;



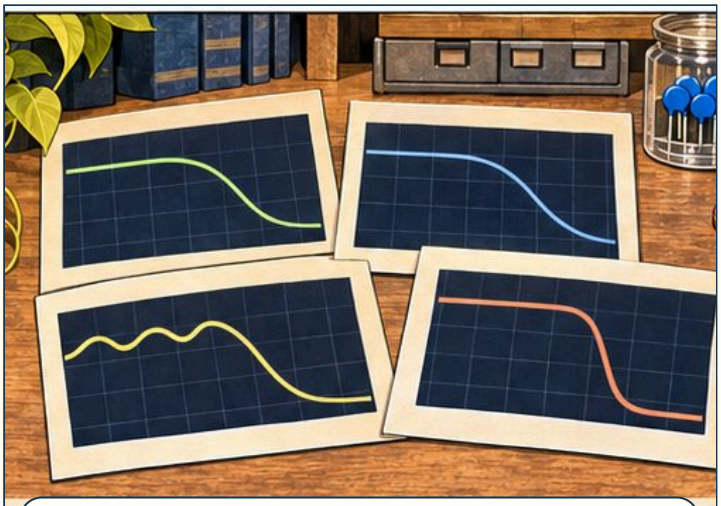
Η απόκριση Butterworth είναι μέγιστα επίπεδη στη ζώνη διέλευσης.



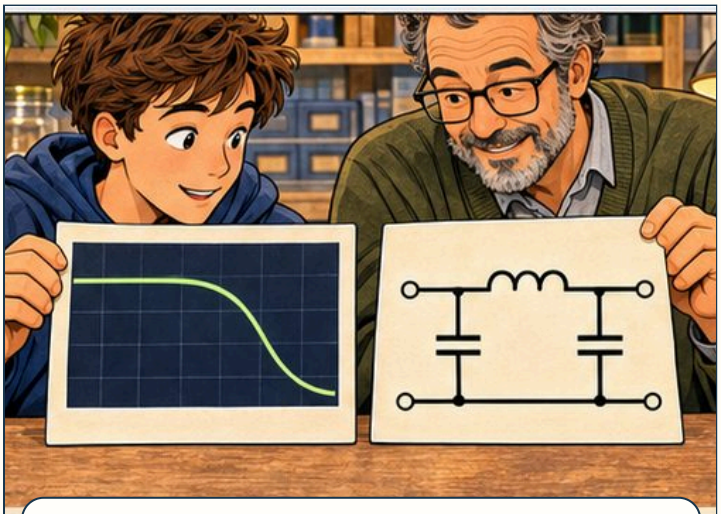
Το ιδανικό μοντέλο δεν παρουσιάζει κυματώσεις σε αυτή τη ζώνη.



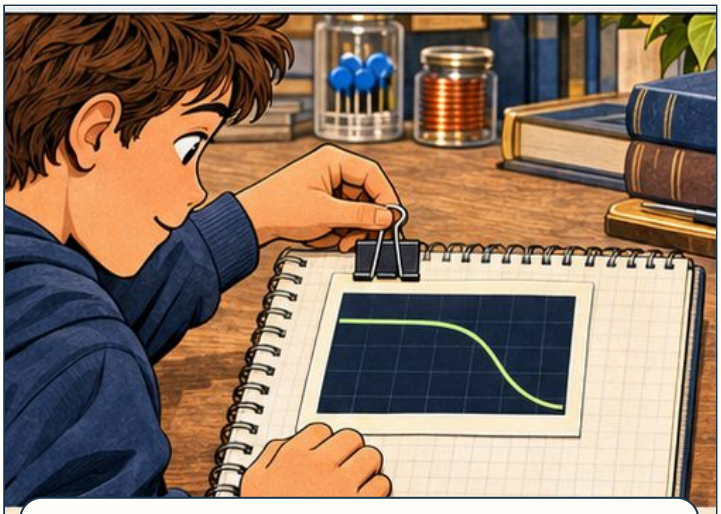
Η μετάβαση παραμένει σταδιακή, με χαρακτηριστική καμπυλότητα.



Άλλες αποκρίσεις δέχονται διαφορετικούς συμβιβασμούς.



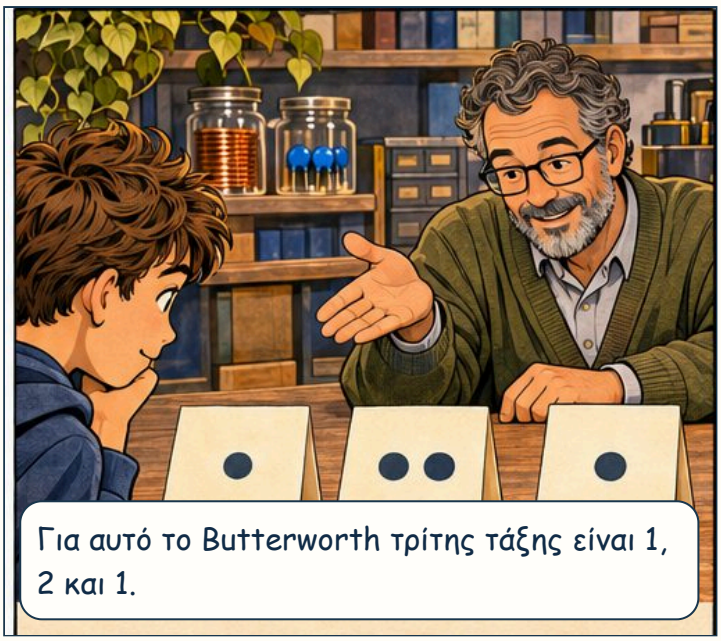
Επιλέγουν αυτή την οικογένεια για έναν κατανοητό πρώτο σχεδιασμό.



Το όνομα λοιπόν λέει περισσότερα από το απλό βαθυπερατό.

Ένα πρότυπο για αρχή





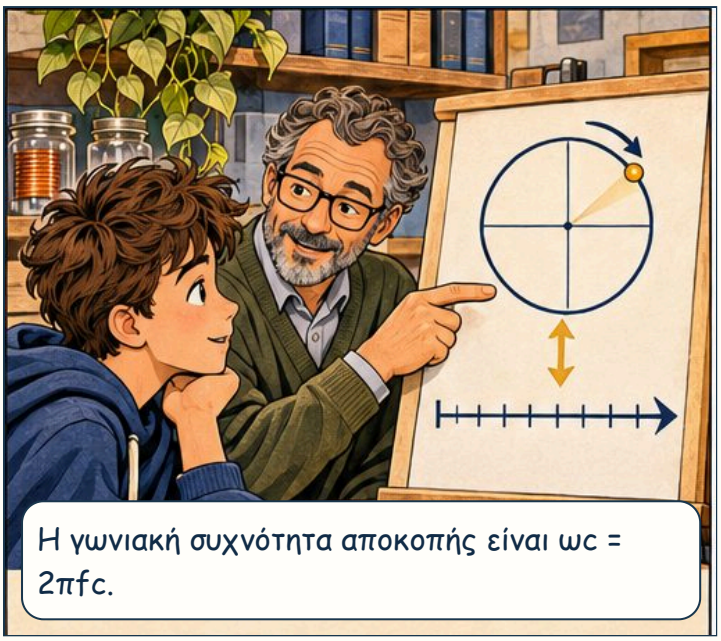




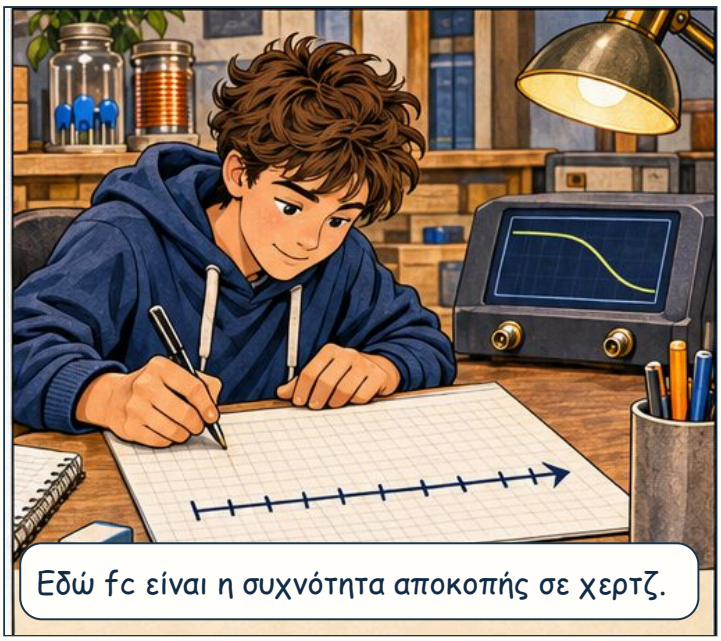




Αλλαγή κλίμακας



Η γωνιακή συχνότητα αποκοπής είναι ωc = 2πfc.



Εδώ fc είναι η συχνότητα αποκοπής σε χερτζ.



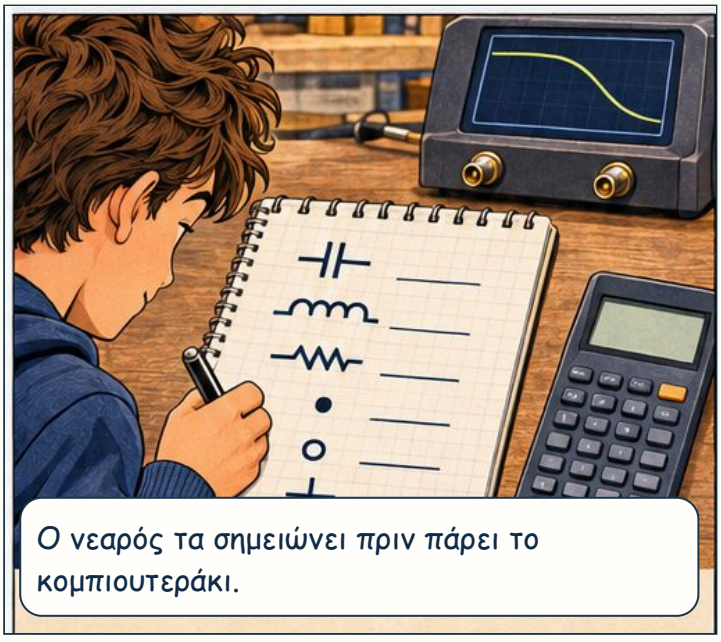
Η γωνιακή συχνότητα ωc εκφράζεται σε ακτίνια ανά δευτερόλεπτο.



Το R θα δηλώνει την ωμική εμπέδηση τερματισμού των 50 Ω.



Τα σύμβολα αυτά μετατρέπουν το πρότυπο σε εξαρτήματα.

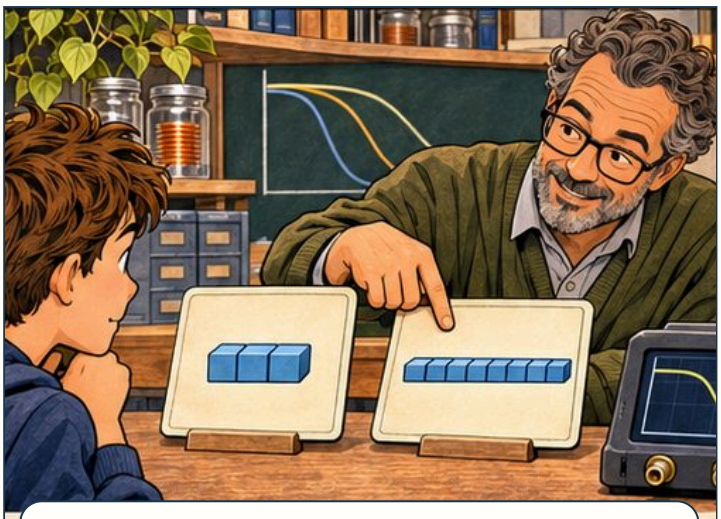


Ο νεαρός τα σημειώνει πριν πάρει το κομπιουτεράκι.

Μονάδες πριν από αριθμούς



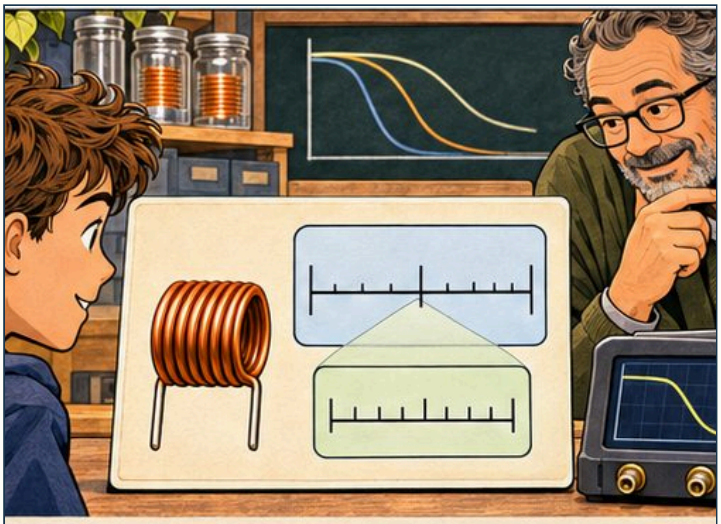
Ένα μεγαχέρτζ ισούται με ένα εκατομμύριο χερτζ.



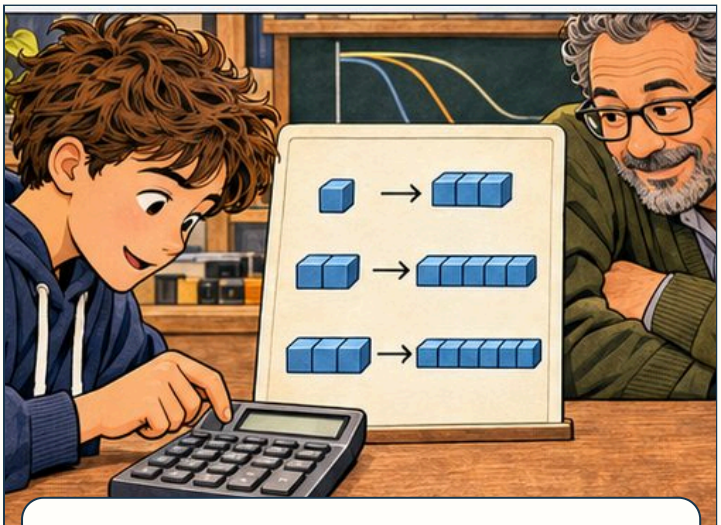
Η αποκοπή των 10 MHz ισούται λοιπόν με 10 000 000 Hz.



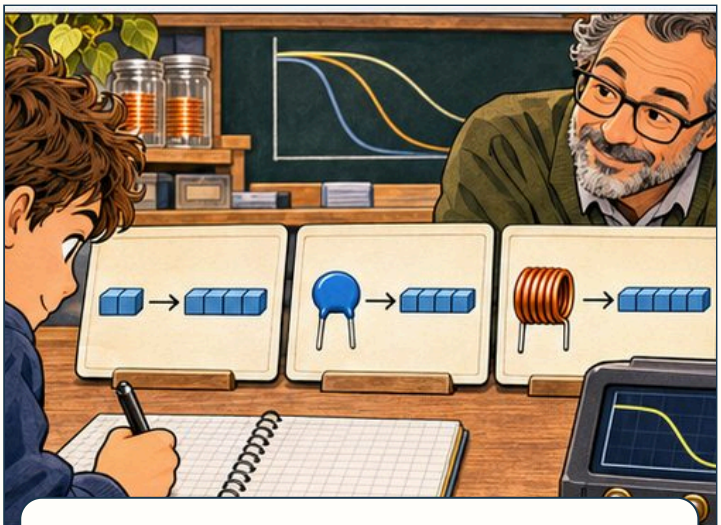
Ένα πικοφαράντ ισούται με 10^{-12} F.



Ένα μικροχένρι ισούται με 10^{-6} H.

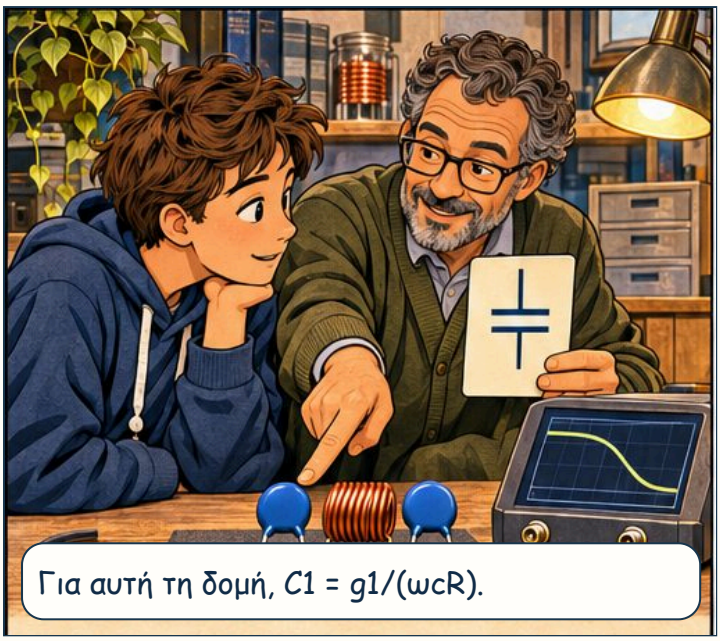


Οι τύποι θα χρησιμοποιήσουν πρώτα τις βασικές μονάδες.



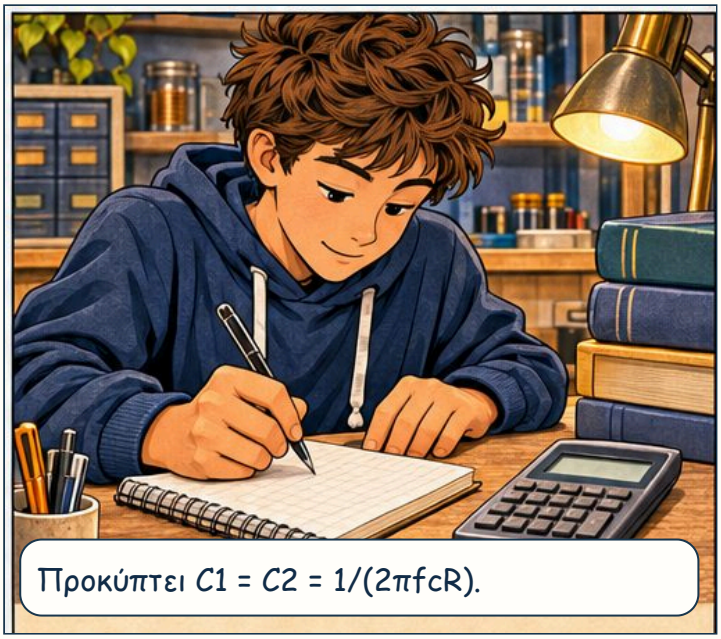
Ο νεαρός κρατά τις μετατροπές ορατές δίπλα στους υπολογισμούς.

Ο τύπος των πυκνωτών

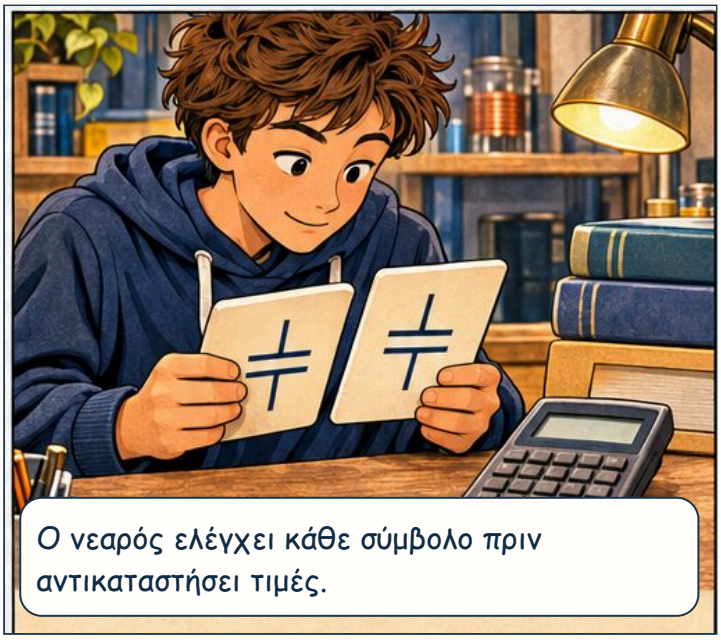




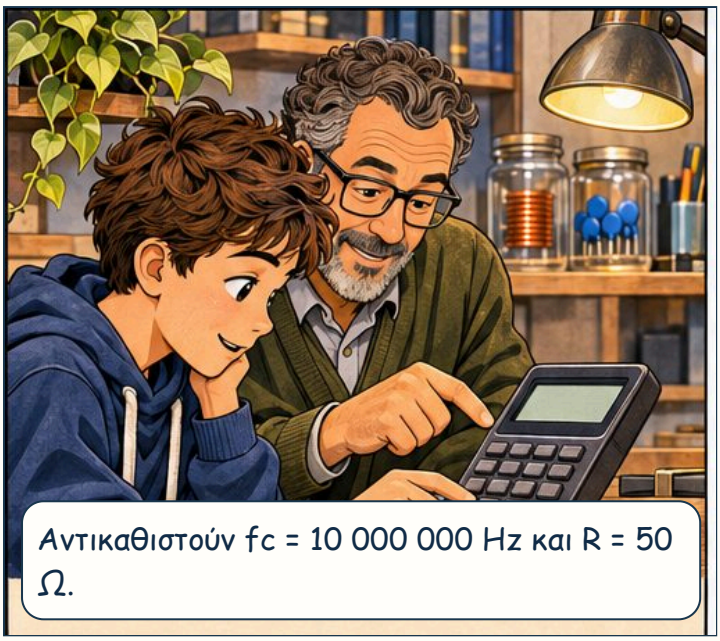








Υπολογισμός χωρητικοτήτων



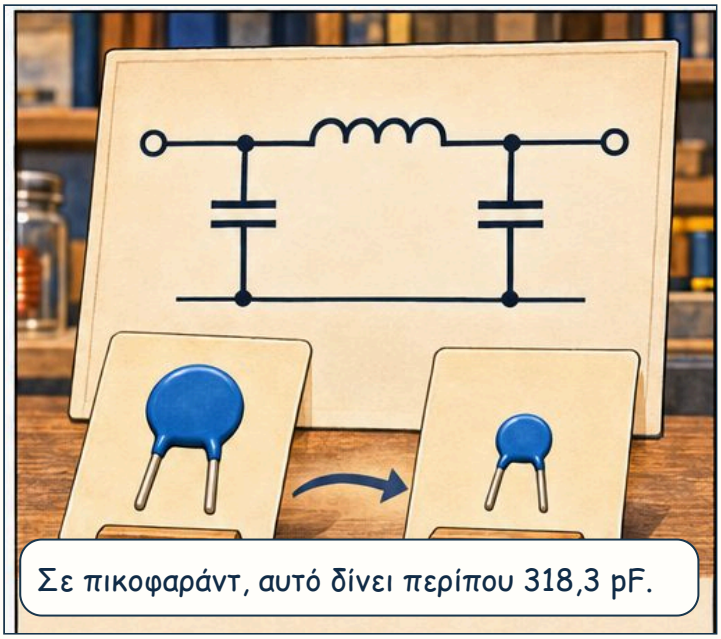
Αντικαθιστούν fc = 10 000 000 Hz και R = 50 Ω.



Ο παρονομαστής είναι περίπου 3,142 × 10^{9}.



Κάθε ιδανική χωρητικότητα είναι περίπου 3,183 × 10^{-10} F.



Σε πικοφαράντ, αυτό δίνει περίπου 318,3 pF.

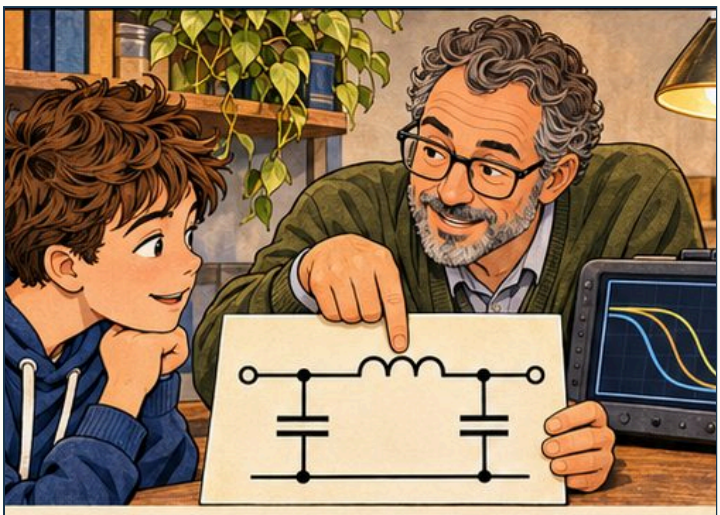


Οι δύο πυκνωτές έχουν λοιπόν την ίδια θεωρητική τιμή.



Lucas σημειώνει το αποτέλεσμα με καθαρά ορατή μονάδα.

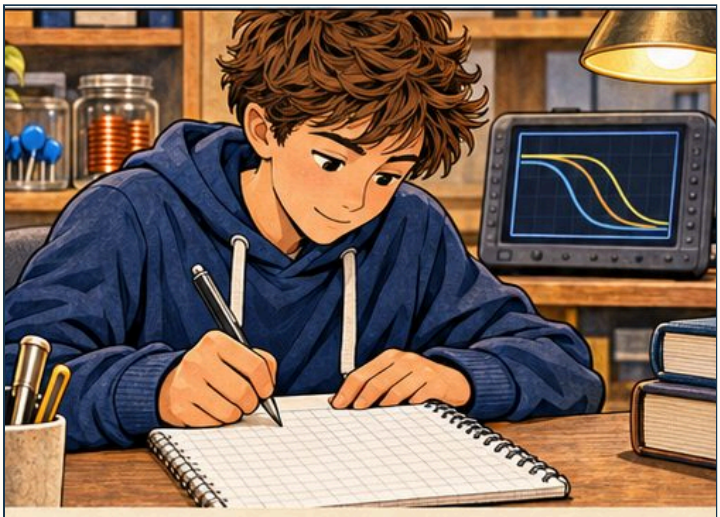
Ο τύπος του πηνίου



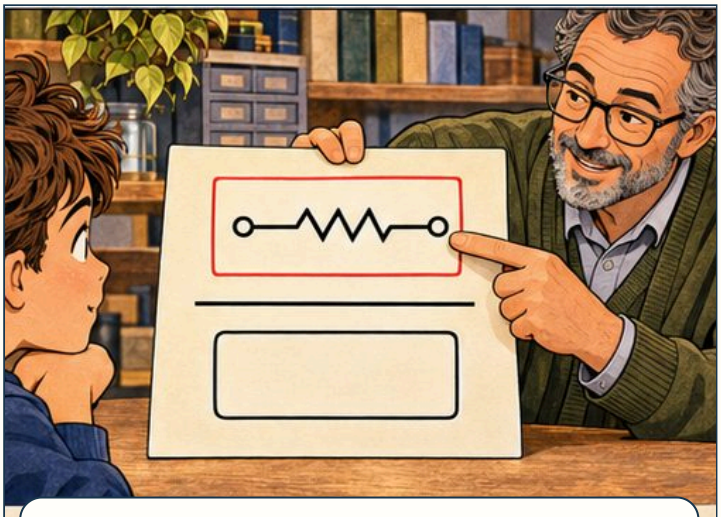
Για το πηνίο σειράς, L = g2R/ωc.



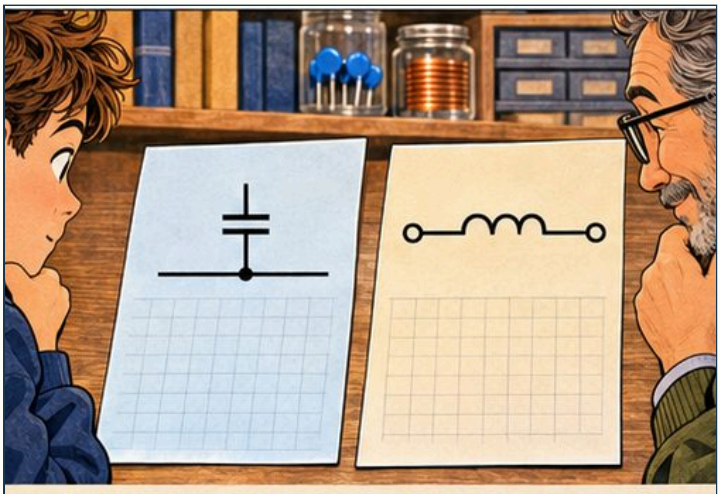
Ο κεντρικός συντελεστής είναι εδώ g2 = 2.



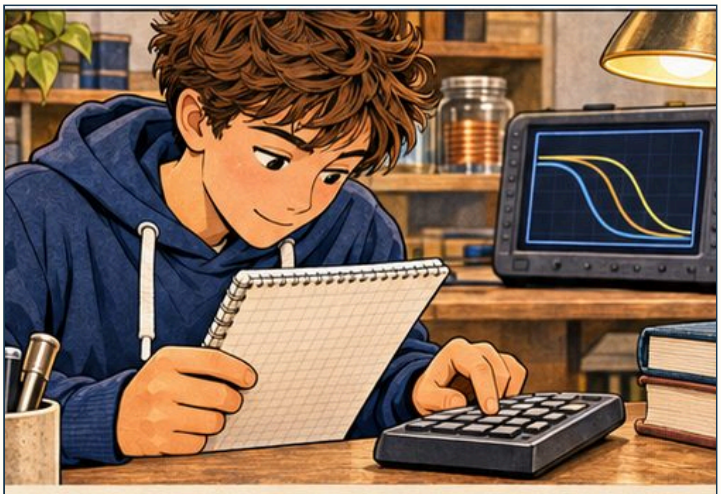
Προκύπτει λοιπόν L = 2R/(2πfc).



Η αντίσταση τερματισμού βρίσκεται αυτή τη φορά στον αριθμητή.



Ο νεαρός συγκρίνει τον τύπο με εκείνον των πυκνωτών.



Η οπτική ομοιότητα δεν καταργεί την ανάγκη επανελέγχου.

Υπολογισμός αυτεπαγωγής



Ο αριθμητής είναι 2 × 50, δηλαδή 100 Ω.



Ο παρονομαστής είναι 2π × 10 000 000, περίπου 6,283 × 10^{7} s^{-1}.



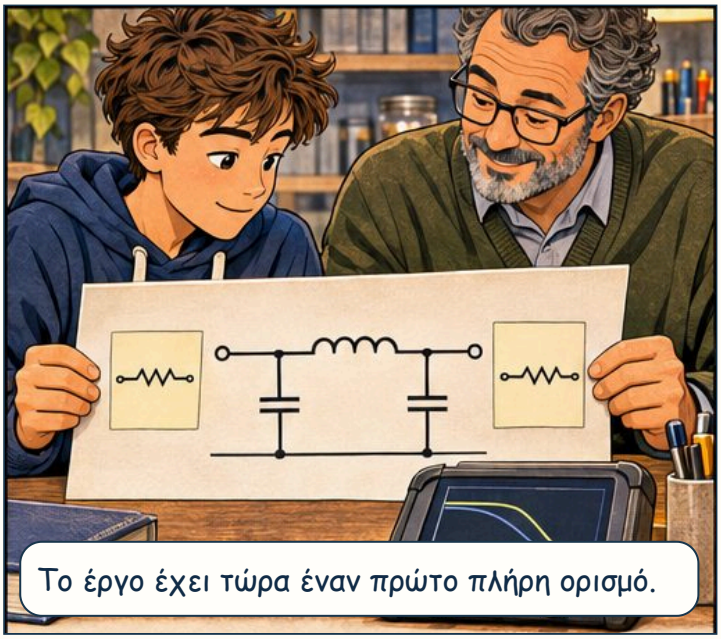
Ο υπολογισμός δίνει περίπου 1,592 × 10^{-6} Η.



Το ιδανικό πηνίο θα έχει λοιπόν περίπου 1,59 μΗ.



Συγκεντρώνουν τα τρία αποτελέσματα στο ίδιο σχέδιο.



Το έργο έχει τώρα έναν πρώτο πλήρη ορισμό.

Το λάθος του εκατομμυρίου



Ο νεαρός δοκιμάζει να πληκτρολογήσει γρήγορα ξανά τον υπολογισμό.



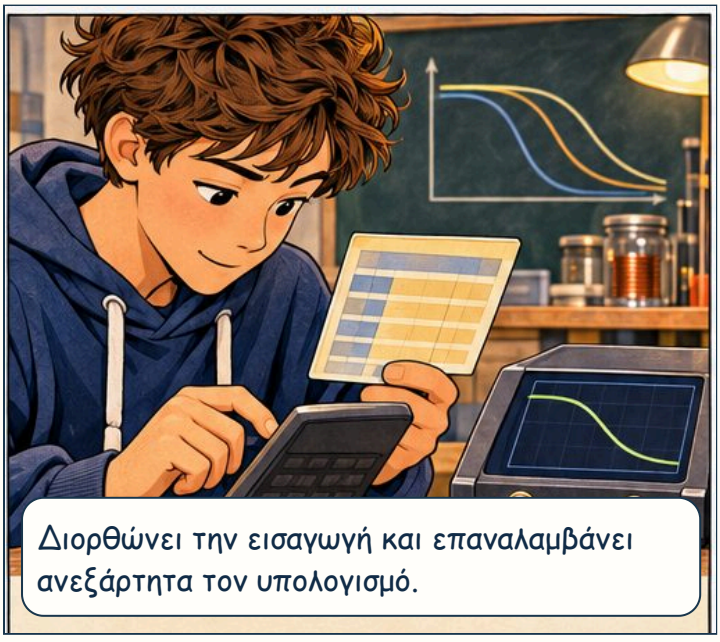
Εισάγει 10 αντί για 10 000 000.



Το αποτέλεσμα γίνεται ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερο.



Η σύγκριση με τα αναμενόμενα εξαρτήματα αποκαλύπτει αμέσως το πρόβλημα.



Διορθώνει την εισαγωγή και επαναλαμβάνει ανεξάρτητα τον υπολογισμό.



Ο έλεγχος της τάξης μεγέθους γίνεται χρήσιμη συνήθεια.

Πρόβλεψη ολόκληρης καμπύλης



Τρεις τιμές δεν περιγράφουν ακόμη όλη την απόκριση.



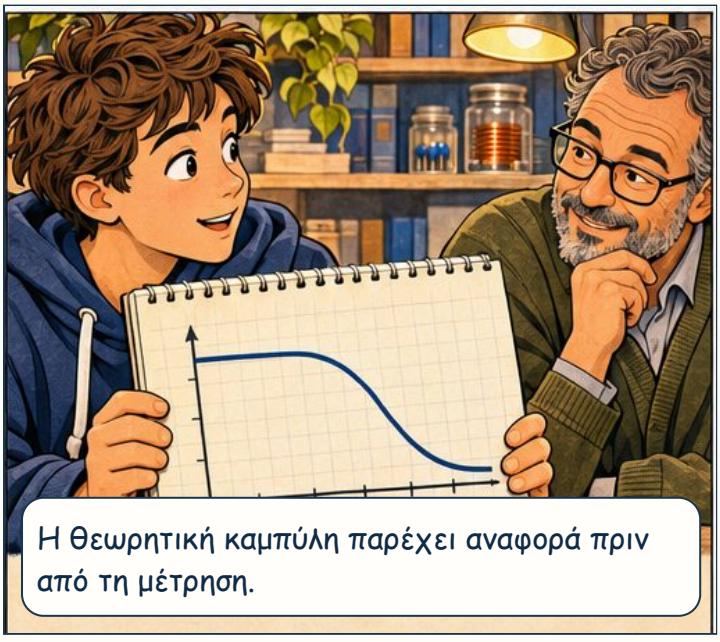
Στο ιδανικό μοντέλο, το τετράγωνο του μέτρου S21 είναι $1/[1 + (f/fc)^6]$.



Το S21 περιγράφει εδώ τη μετάδοση μεταξύ θυρών αναφοράς 50 Ω.



Η μεταδιδόμενη ισχύς μεταβάλλεται λοιπόν με τον λόγο f/fc.



Η θεωρητική καμπύλη παρέχει αναφορά πριν από τη μέτρηση.



Ο νεαρός ετοιμάζει αρκετές συχνότητες σύγκρισης.

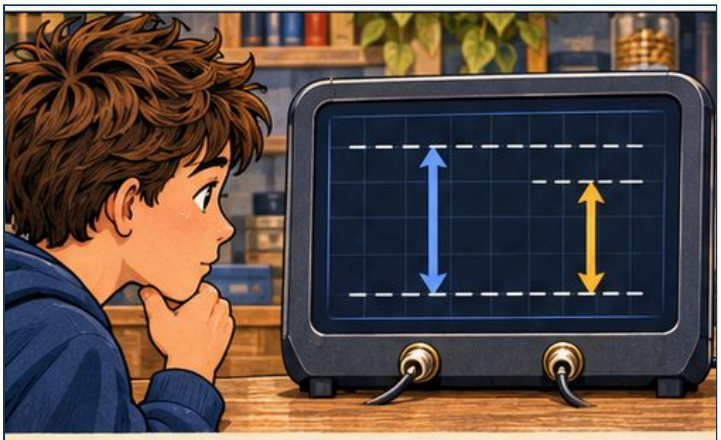
Τι σημαίνει μείον τρία ντεσιμπέλ;



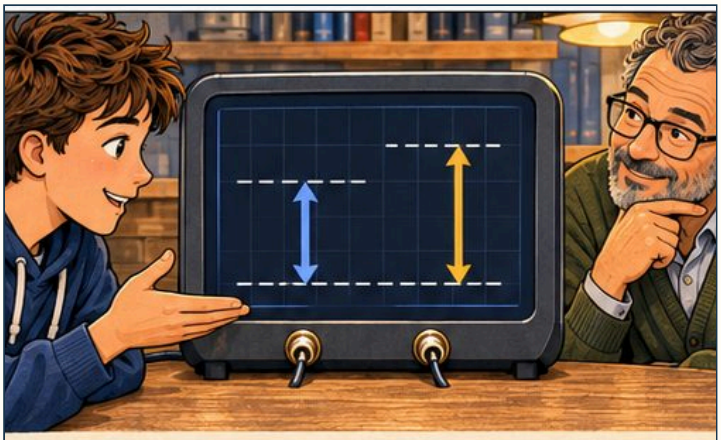
Όταν f = fc, ο ιδανικός λόγος μεταδιδόμενης ισχύος είναι 1/2.



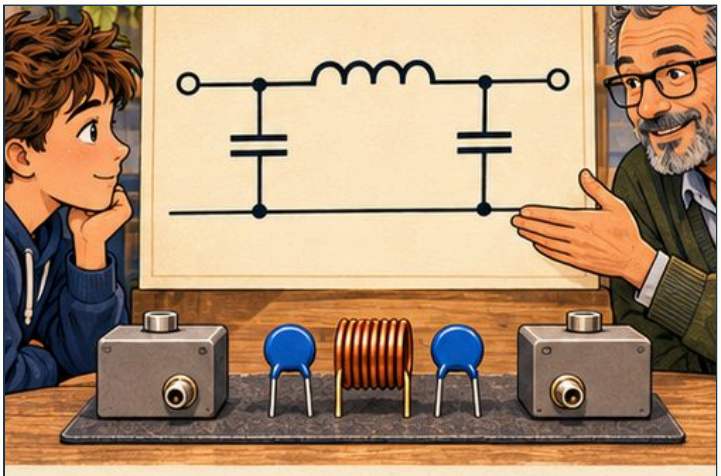
Σε ντεσιμπέλ, το 10 log10(1/2) δίνει περίπου −3,01 dB.



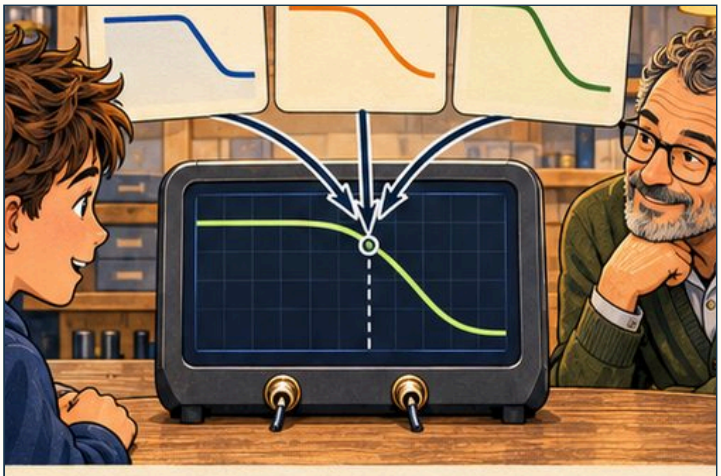
Το μέτρο του S21 είναι τότε περίπου 0,707.



Το πλάτος επομένως δεν είναι το μισό.



Ο υπολογισμός χρησιμοποιεί τις προσαρμοσμένες αναφορές των 50 Ω.

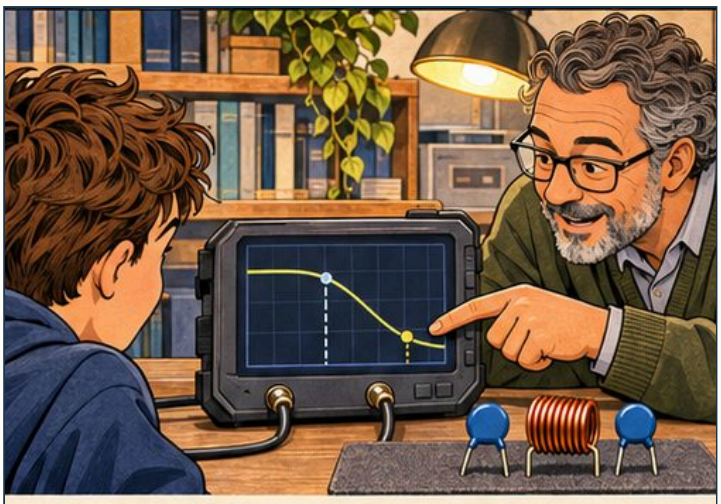


Ο νεαρός συνδέει τρεις εκφράσεις του ίδιου σημείου της καμπύλης.

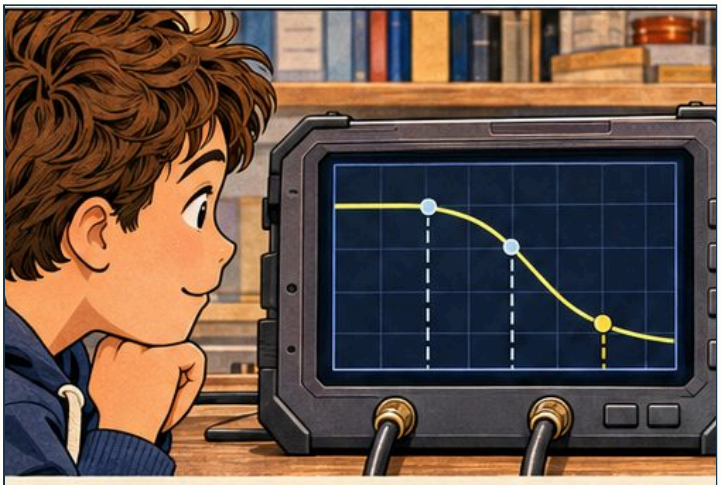
Πάνω από την αποκοπή



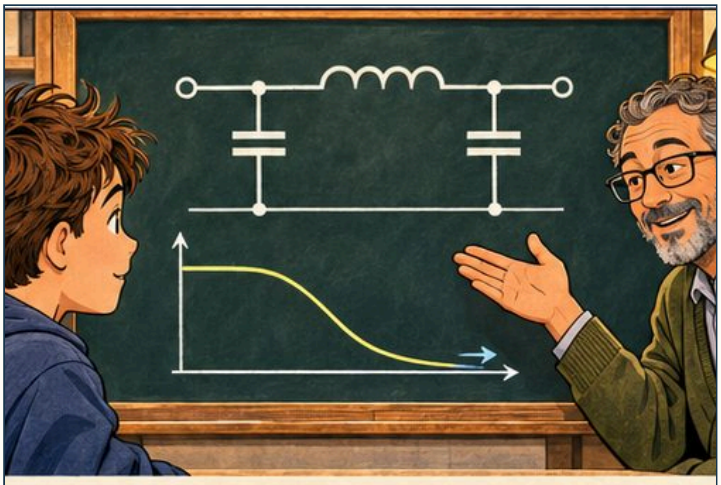
Στα 20 MHz, ο λόγος f/fc είναι 2.



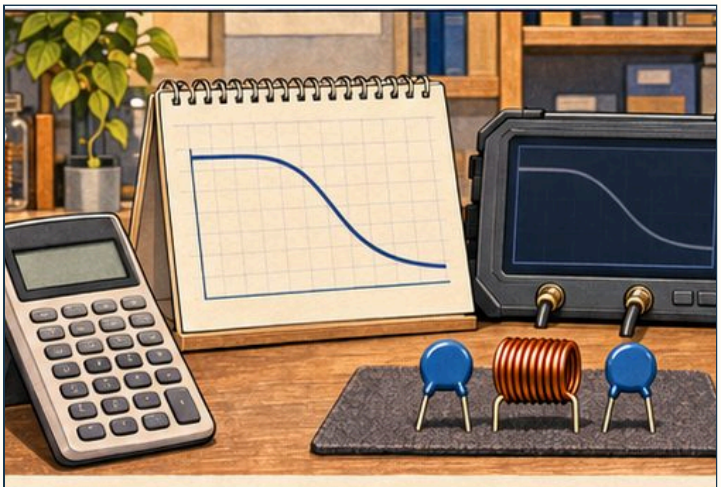
Η ιδανική μετάδοση γίνεται περίπου −18,13 dB.



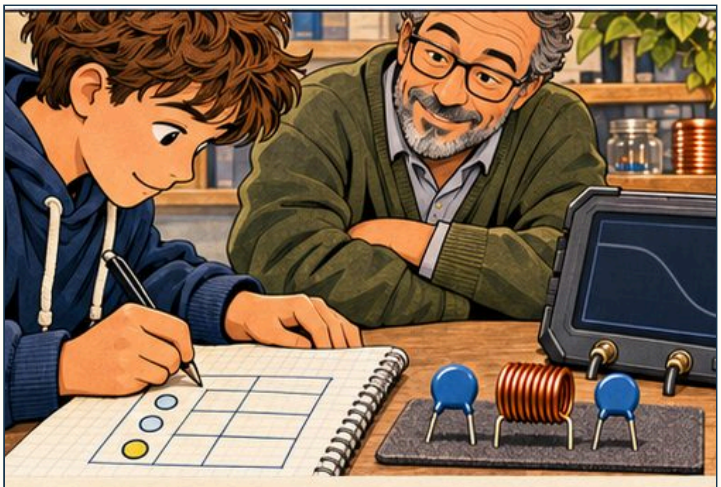
Στα 30 MHz, f/fc = 3: περίπου −28,63 dB.



Η εξασθένηση αυξάνεται αλλά παραμένει πεπερασμένη.

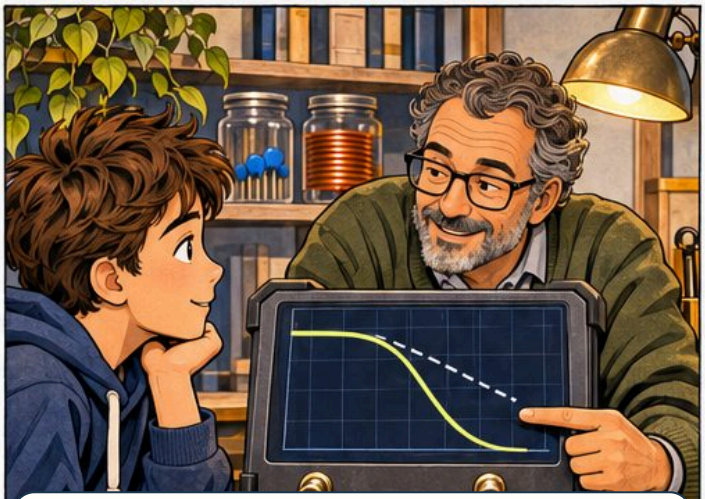


Οι αριθμοί είναι υπολογισμένοι, όχι μετρημένοι στο κύκλωμά τους.

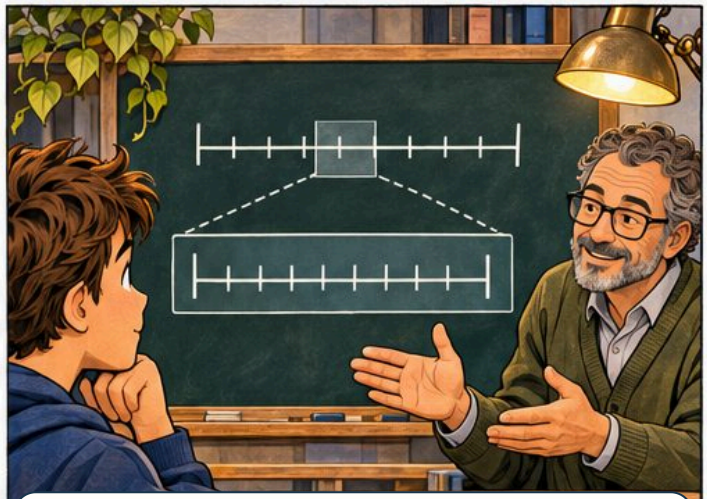


Ο νεαρός τους βάζει στη στήλη των προβλέψεων.

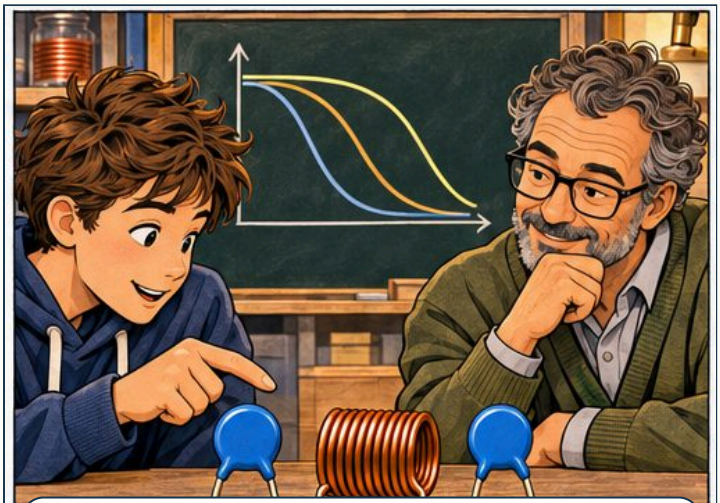
Η κλίση δεν είναι υπόσχεση



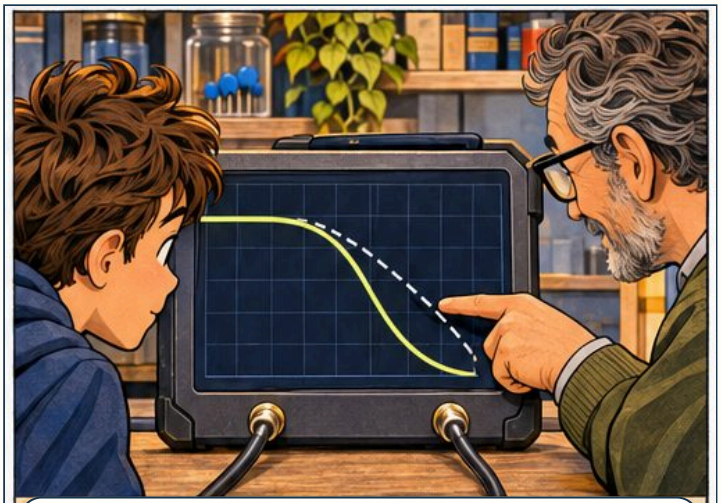
Μακριά από την αποκοπή, η ιδανική εξασθένηση τείνει στα 60 dB ανά δεκάδα.



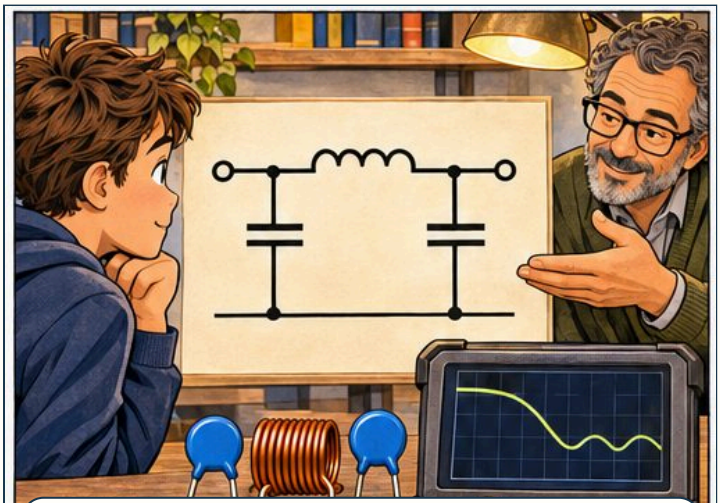
Μια δεκάδα αντιστοιχεί σε δεκαπλασιασμό της συχνότητας.



Αυτή η ασυμπτωτική κλίση ανήκει στο μοντέλο τρίτης τάξης.



Κοντά στην αποκοπή, η καμπύλη δεν είναι ευθεία.

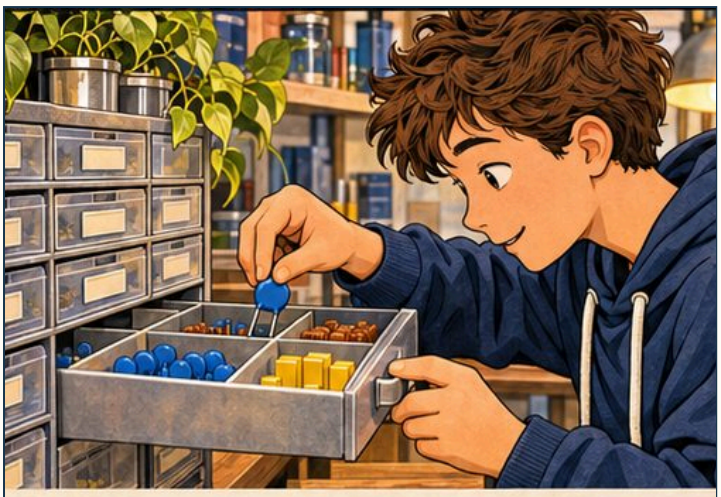


Τα πραγματικά εξαρτήματα περιορίζουν επίσης αυτή την εξέλιξη.

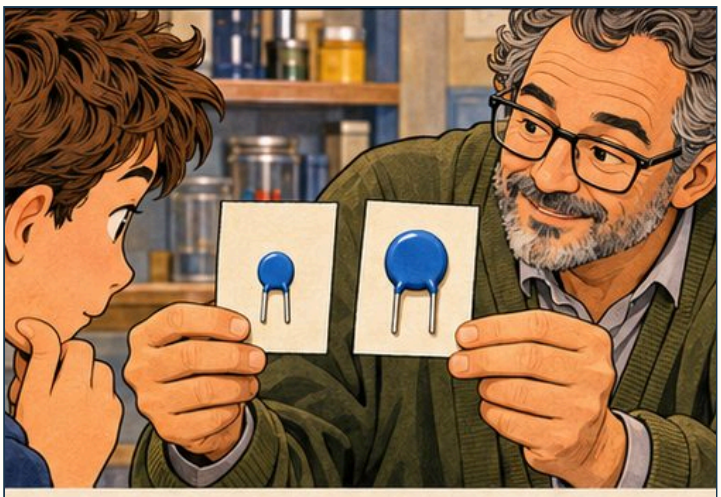


Ο νεαρός δεν επεκτείνει κανόνα πέρα από τις προϋποθέσεις του.

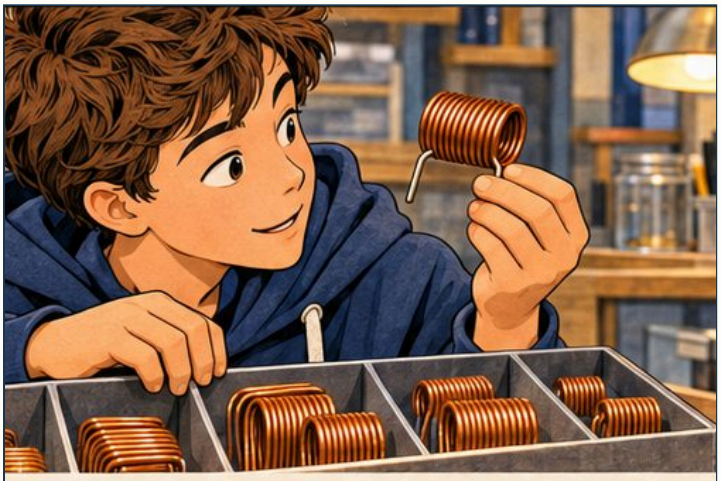
Οι διαθέσιμες τιμές



Το συρτάρι δεν περιέχει απαραίτητα πυκνωτές ακριβώς 318,3 pF.



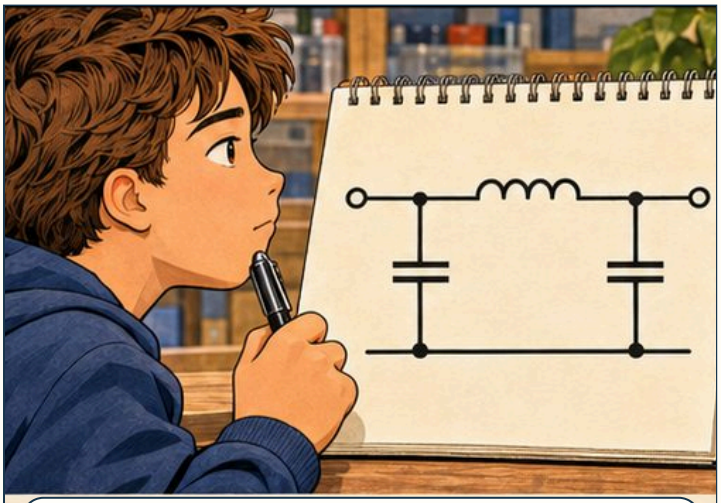
Η συνηθισμένη τιμή 330 pF δεν είναι ίδια.



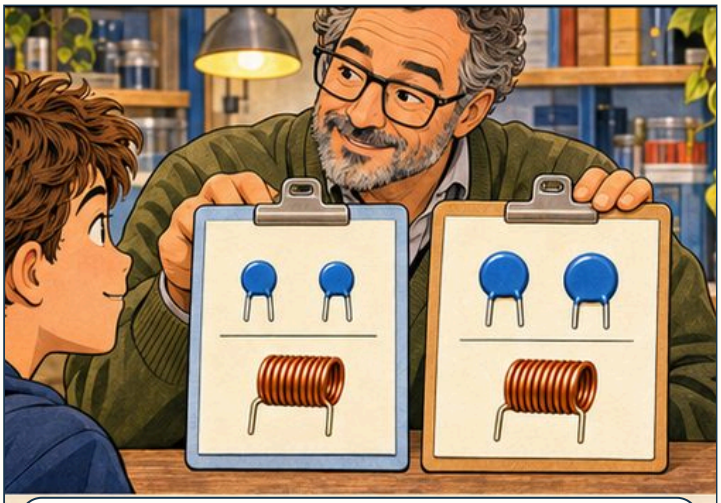
Ένα πηνίο 1,6 μH πλησιάζει την υπολογισμένη τιμή.



Αυτές οι επιλογές απαιτούν νέο υπολογισμό ή προσομοίωση της απόκρισης.

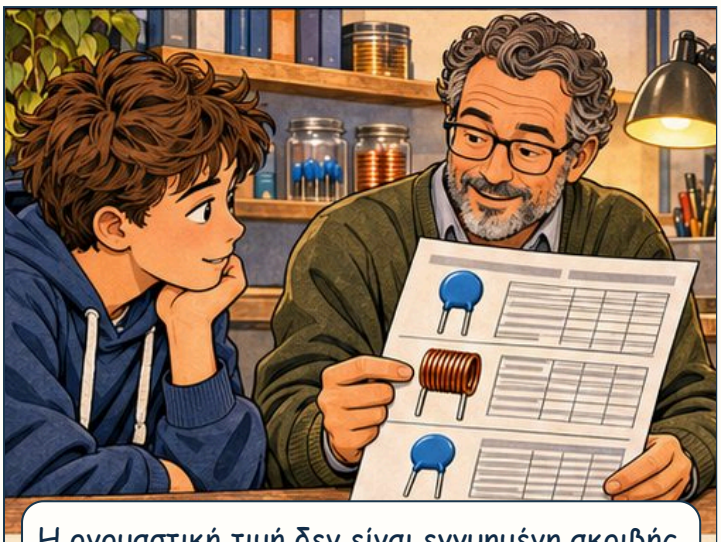


Το κύκλωμα δεν βαφτίζεται αυτόματα ακριβώς 10 MHz.

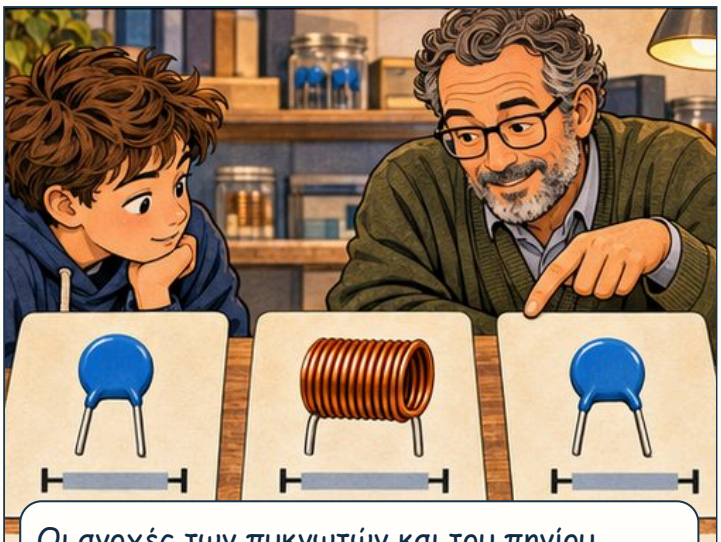


Ο νεαρός κρατά χωριστά ιδανικές και επιλεγμένες τιμές.

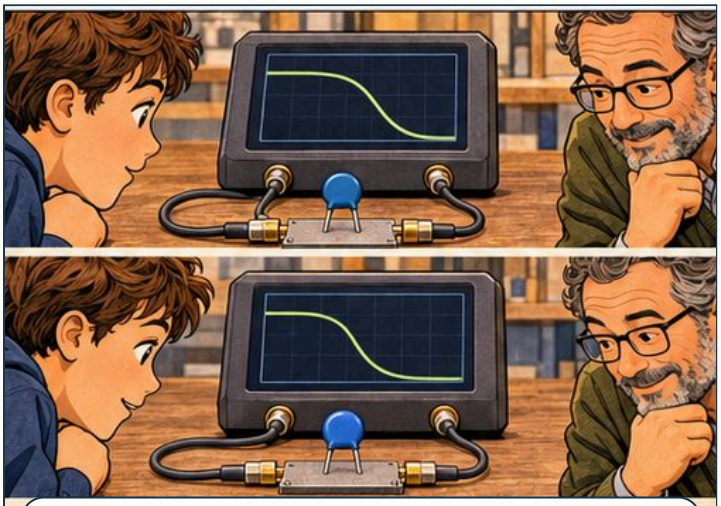
Κάθε εξάρτημα έχει ανοχή



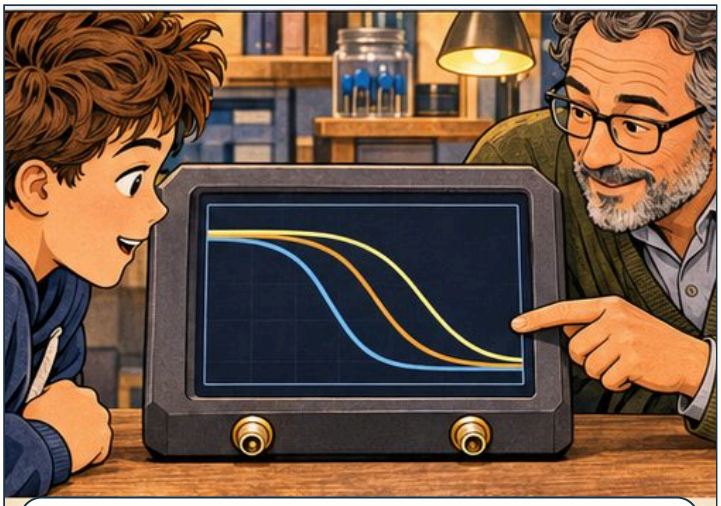
Η ονομαστική τιμή δεν είναι εγγυημένη ακριβής τιμή.



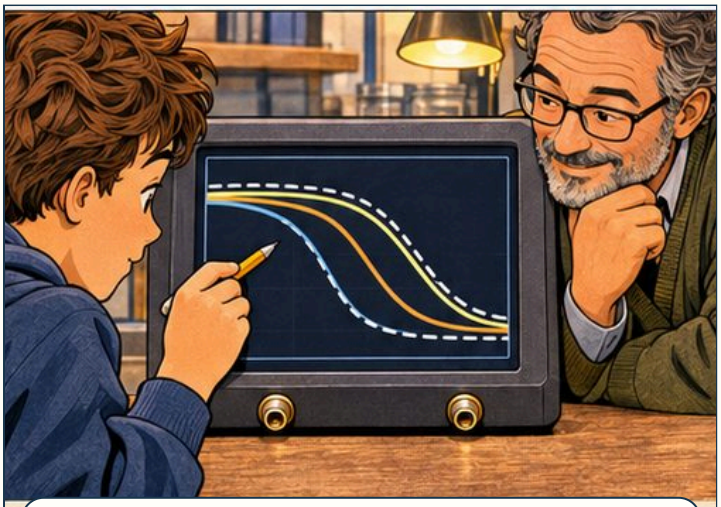
Οι ανοχές των πυκνωτών και του πηνίου έχουν σημασία.



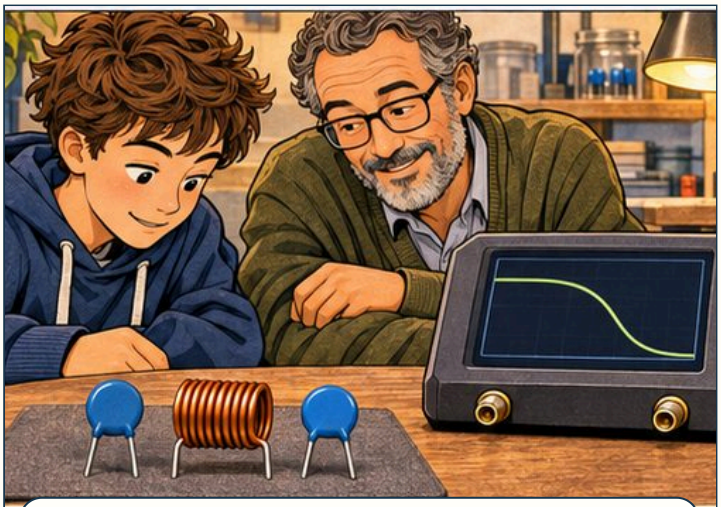
Δύο εξαρτήματα με ίδια σήμανση μπορεί να διαφέρουν λίγο.



Μια προσομοίωση μπορεί να εξετάσει πολλούς συνδυασμούς τιμών.



Βοηθά να προβλεφθεί ένα εύρος πιθανών αποκρίσεων.



Η μέτρηση θα εξετάσει κατόπιν τα πραγματικά χρησιμοποιούμενα εξαρτήματα.

Τα κρυμμένα εξαρτήματα



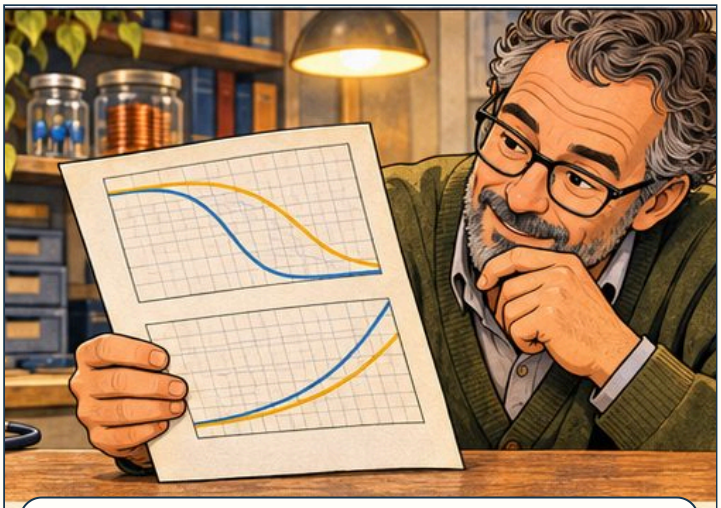
Ένα πραγματικό πηνίο έχει αντίσταση και παρασιτική χωρητικότητα.



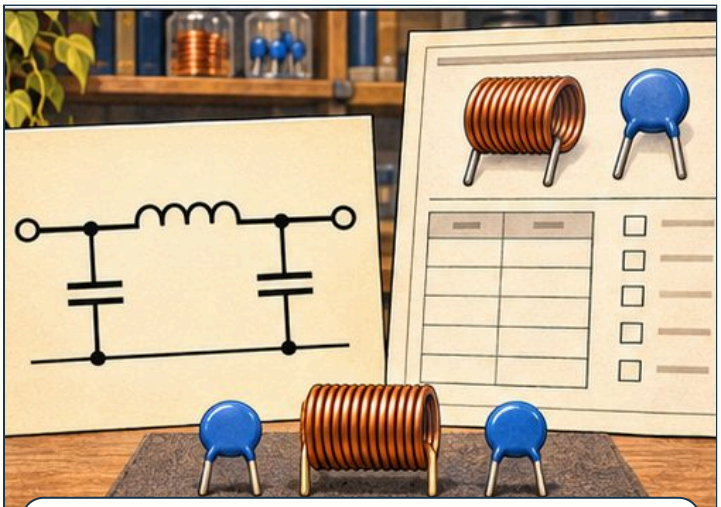
Ένας πυκνωτής έχει, μεταξύ άλλων, απώλειες και παρασιτική αυτεπαγωγή.



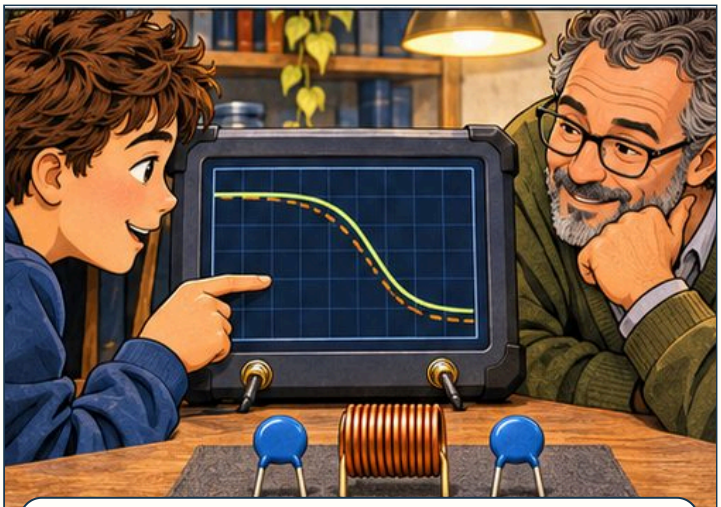
Η συμπεριφορά τους αλλάζει κοντά σε ορισμένους συντονισμούς.



Τα φύλλα δεδομένων αναφέρουν όρια που πρέπει να εξεταστούν.



Η τιμή σε πικοφαράντ ή μικροχένρι δεν αρκεί λοιπόν.



Ο νεαρός μαθαίνει να διαβάζει πέρα από την πρώτη γραμμή.

Ο πάγκος δεν πιστοποιεί πομπό



Η διάταξή τους δέχεται μόνο το προβλεπόμενο ασθενές σήμα του αναλυτή.



Η χρήση σε εκπομπή θα απαιτούσε άλλους ελέγχους.



Θα έπρεπε να μελετηθούν τάσεις, ρεύματα, θέρμανση και επιτρεπτή ισχύς.



Η αντοχή ενός πυκνωτή δεν πιστοποιεί ολόκληρο το φίλτρο.

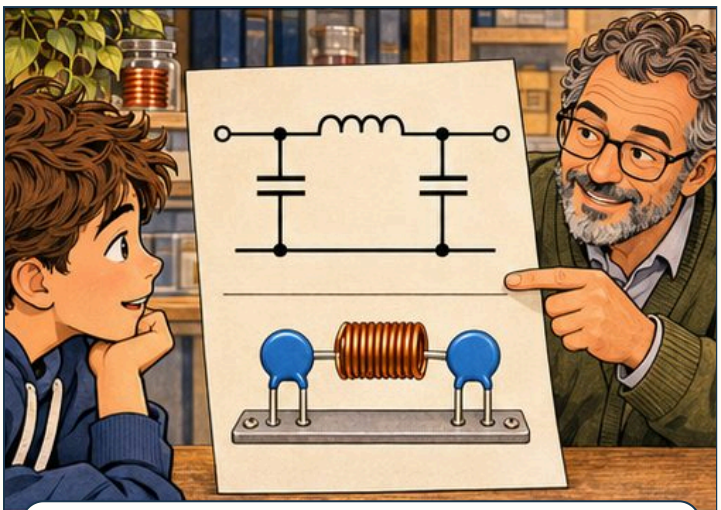


Καμία δοκιμή ισχύος δεν ανήκει σε αυτό το εργαστήριο.



Ο νεαρός γράφει καθαρά το όριο της κατασκευής τους.

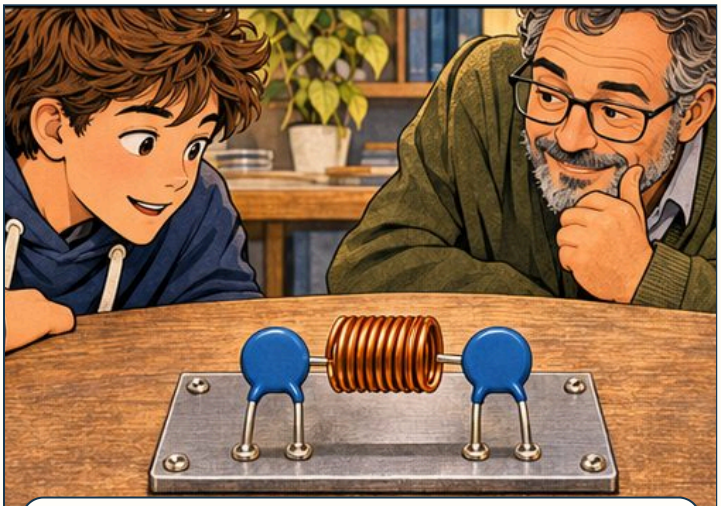
Σχεδιάζοντας τη διάταξη



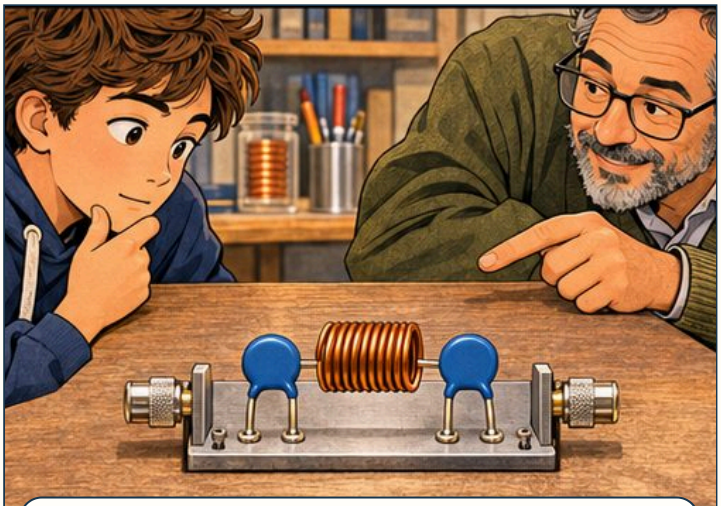
Το σχέδιο δείχνει τις συνδέσεις, αλλά όχι όλη τη γεωμετρία τους.



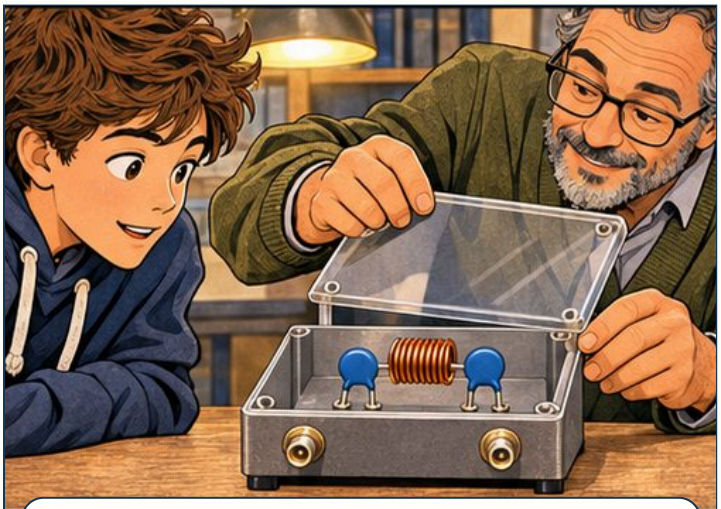
Σε αυτές τις συχνότητες, μήκη και διάταξη μπορεί να μετρούν.



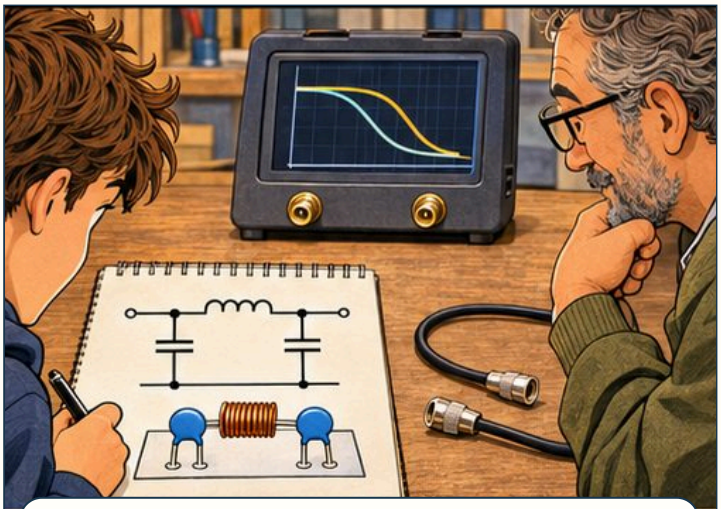
Προβλέπουν κοινό σημείο αναφοράς και σύντομες συνδέσεις.



Απομακρύνουν επίσης διαδρομές που θα μπορούσαν να συζευχθούν άμεσα.



Henri ετοιμάζει κατάλληλη διάταξη για τη μέτρηση.

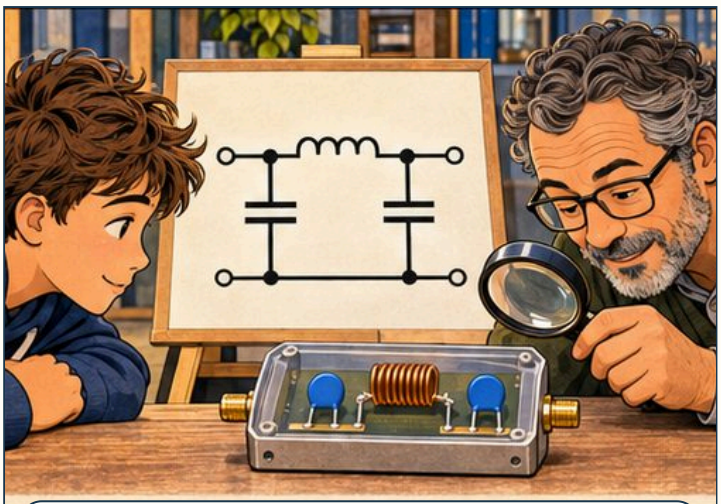


Lucas συγκρίνει διάταξη και σχέδιο, σύνδεση προς σύνδεση.

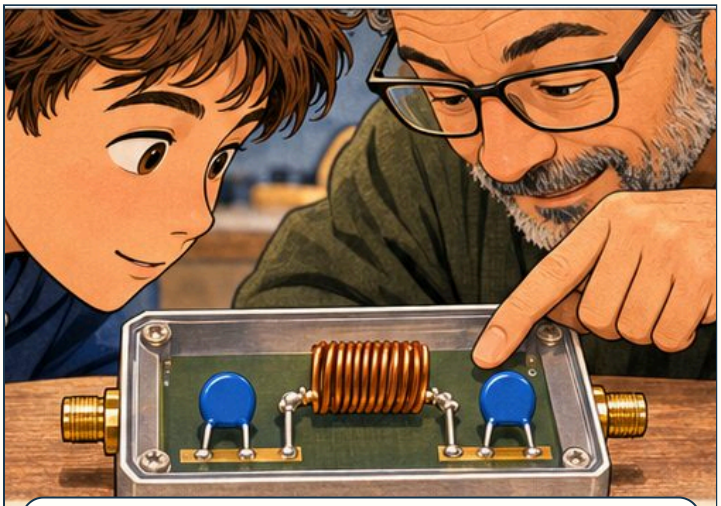
Έλεγχος πριν από τη σύνδεση



Η πηγή μέτρησης παραμένει κλειστή κατά την προετοιμασία.



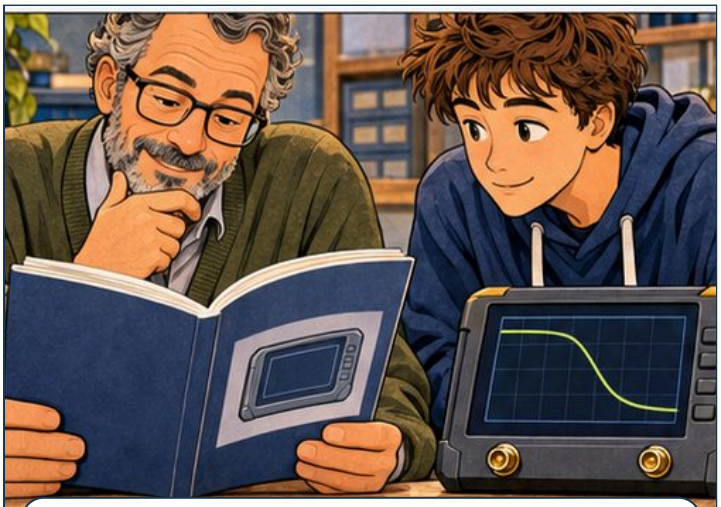
Ελέγχουν συνδέσεις, εξαρτήματα και το κοινό σημείο αναφοράς.



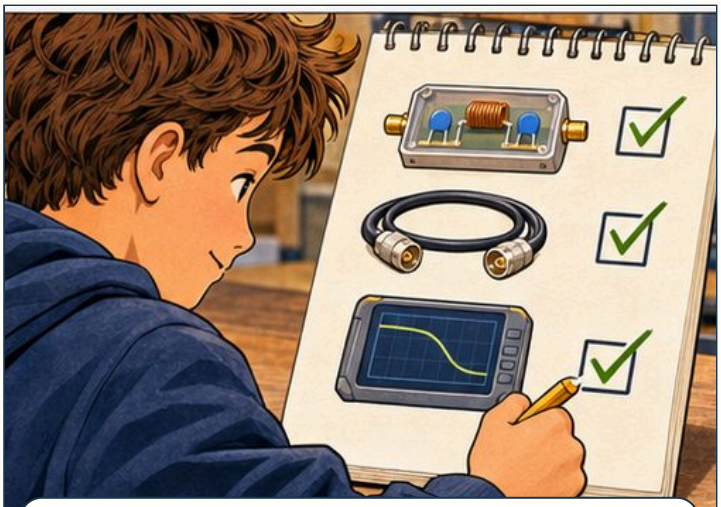
Αναζητούν βραχυκύκλωμα, λάθος σύνδεση ή κατεστραμμένο εξάρτημα.



Έπειτα εξετάζουν συνδέσμους και καλώδια.



Ο μέντορας ελέγχει τα όρια εισόδου του οργάνου.

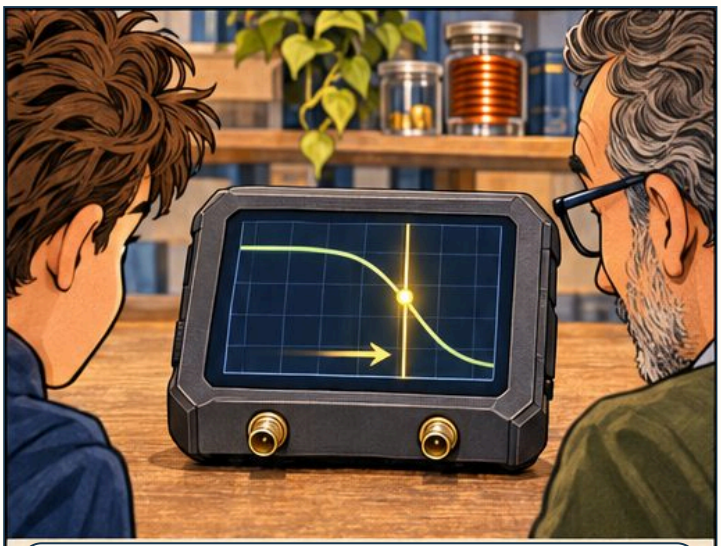


Ο νεαρός ολοκληρώνει τη λίστα πριν από την πρώτη σάρωση.

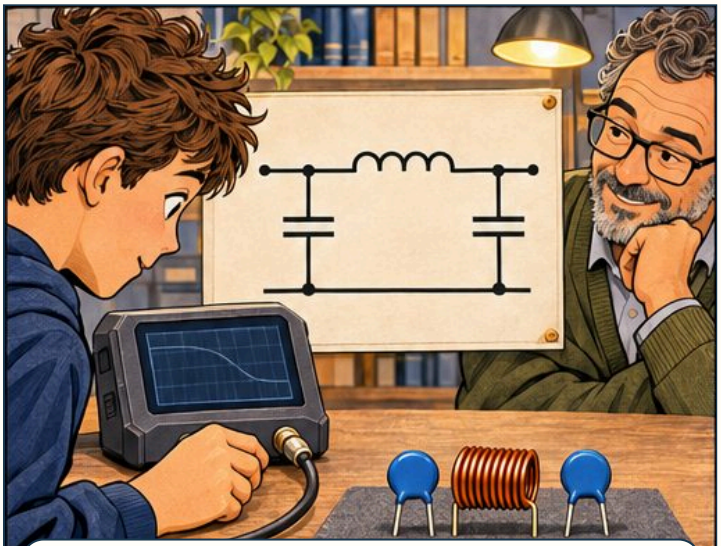
Ο αναλυτής θέτει ερωτήματα



Ο αναλυτής δικτύων στέλνει ένα γνωστό ασθενές σήμα.



Σαρώνει ένα επιλεγμένο εύρος συχνοτήτων.



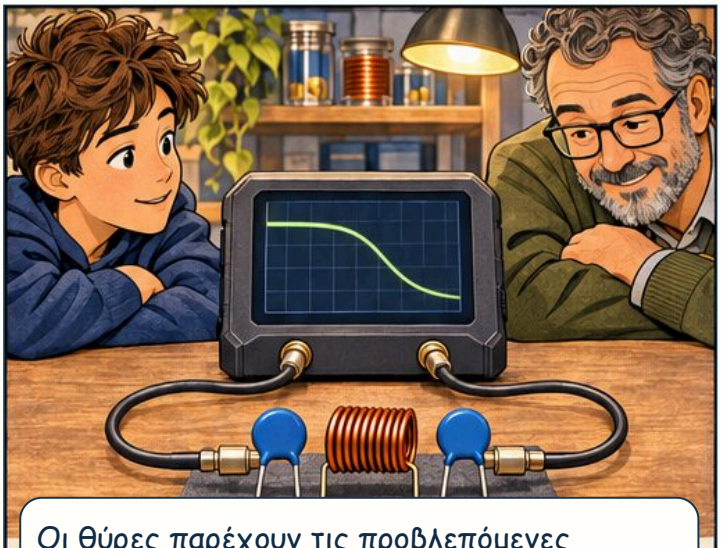
Η θύρα 1 τροφοδοτεί την είσοδο του φίλτρου.



Η θύρα 2 παρατηρεί τη μετάδοση στην έξοδό του.



Η παράμετρος S21 επιτρέπει την παρακολούθηση αυτής της μετάδοσης.



Οι θύρες παρέχουν τις προβλεπόμενες αναφορές 50 Ω.

Βαθμονόμηση στο σωστό σημείο



Καλώδια και προσαρμογείς συμμετέχουν στη μέτρηση.



Ακολουθούν λοιπόν τη διαδικασία βαθμονόμησης του οργάνου.



Συνδέουν κατάλληλα πρότυπα σύμφωνα με το εγχειρίδιο.



Τα επίπεδα αναφοράς τοποθετούνται στα άκρα των καλωδίων.



Μετά τη βαθμονόμηση, οι συνδέσεις διατηρούνται όσο γίνεται.



Ο νεαρός καταγράφει τη διάταξη και τις ρυθμίσεις σάρωσης.

Έλεγχος της άμεσης διαδρομής



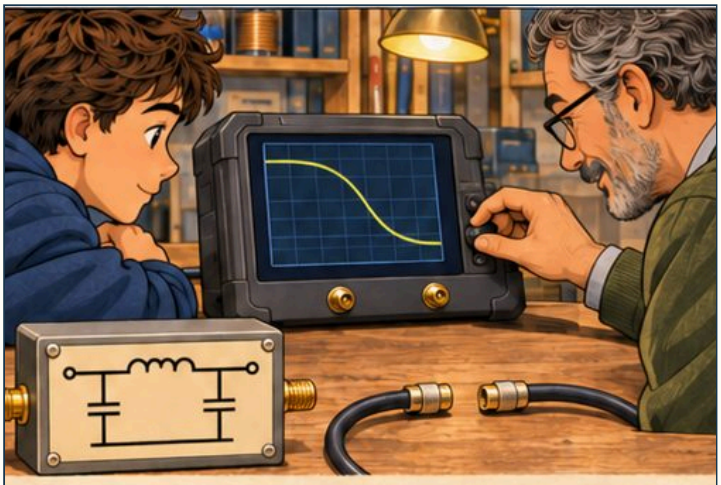
Πριν από το φίλτρο, μια άμεση σύνδεση ελέγχει την αναφορά.



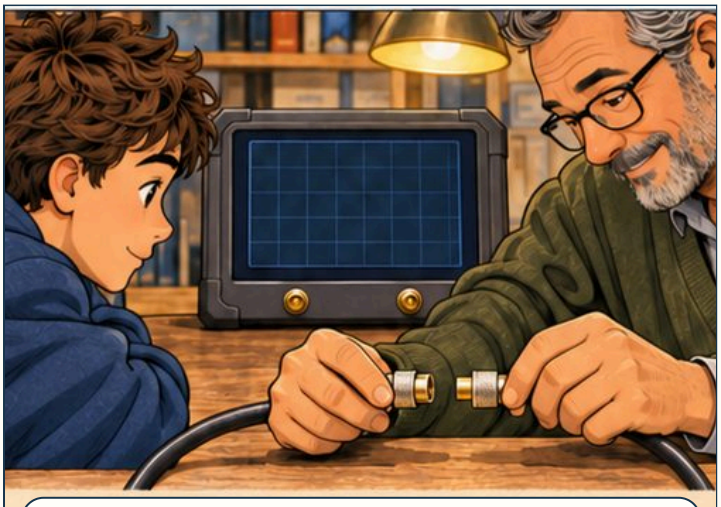
Η αναμενόμενη μετάδοση πρέπει να συμφωνεί με αυτή τη σύνδεση.



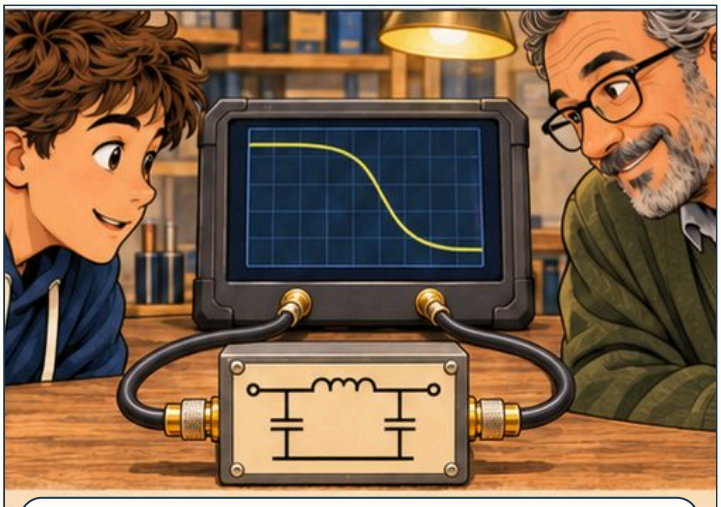
Μια ανωμαλία απαιτεί εξέταση καλωδίων, βαθμονόμησης και ρυθμίσεων.



Δεν διορθώνουμε φίλτρο για να κρύψουμε πρόβλημα του πάγκου.



Μετά τον έλεγχο, κλείνουν την πηγή για τη σύνδεση.

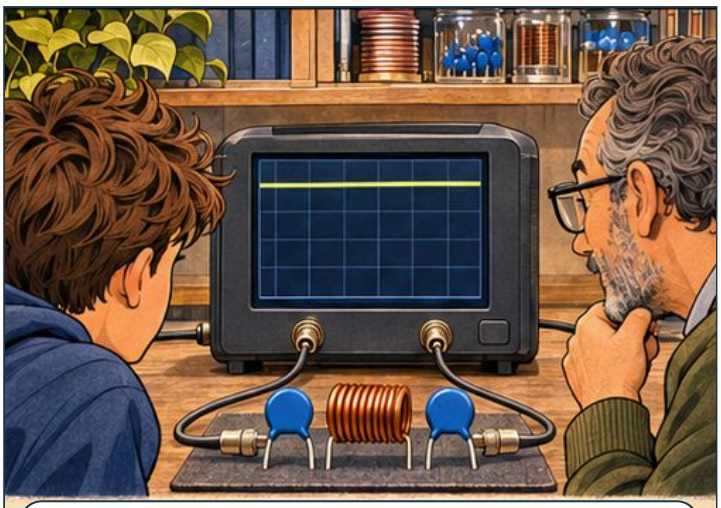


Το φίλτρο παίρνει κατόπιν θέση ανάμεσα στα δύο καλώδια.

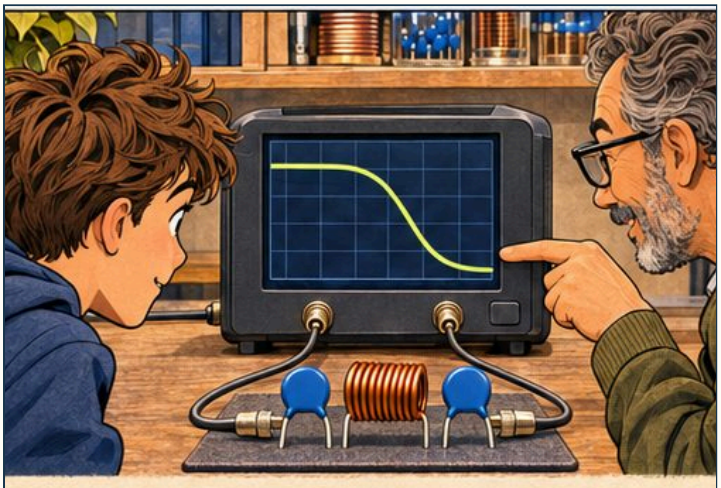
Η πρώτη σάρωση



Ξεκινούν σάρωση που καλύπτει τη χρήσιμη ζώνη και τη μετάβαση.



Η καμπύλη παραμένει ψηλότερα στις χαμηλές συχνότητες.



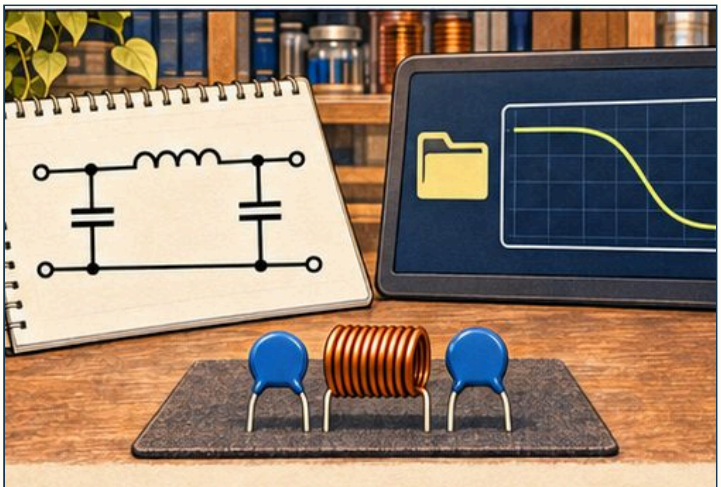
Έπειτα κατεβαίνει όσο αυξάνεται η συχνότητα.



Ο νεαρός αναγνωρίζει το αναμενόμενο σχήμα χωρίς να υποθέτει τέλεια ταύτιση.



Αποθηκεύει την καμπύλη και τις συνθήκες μέτρησης.



Ένα διατηρημένο αποτέλεσμα μπορεί να συγκριθεί μετά από κάθε αλλαγή.

Διαβάζοντας συγκεκριμένα σημεία



Δείκτες εντοπίζουν τις συχνότητες που επέλεξαν στον υπολογισμό.



Διαβάζουν τη μετάδοση γύρω από την αναμενόμενη αποκοπή.



Εξετάζουν και σημεία σε υψηλότερες συχνότητες.



Οι πραγματικές ενδείξεις μπαίνουν στη στήλη των μετρήσεων.



Κρατούν την ένδειξη που πήραν, ακόμη κι αν διαφέρει από την πρόβλεψη.



Ο νεαρός σημειώνει επίσης ημερομηνία και διάταξη.

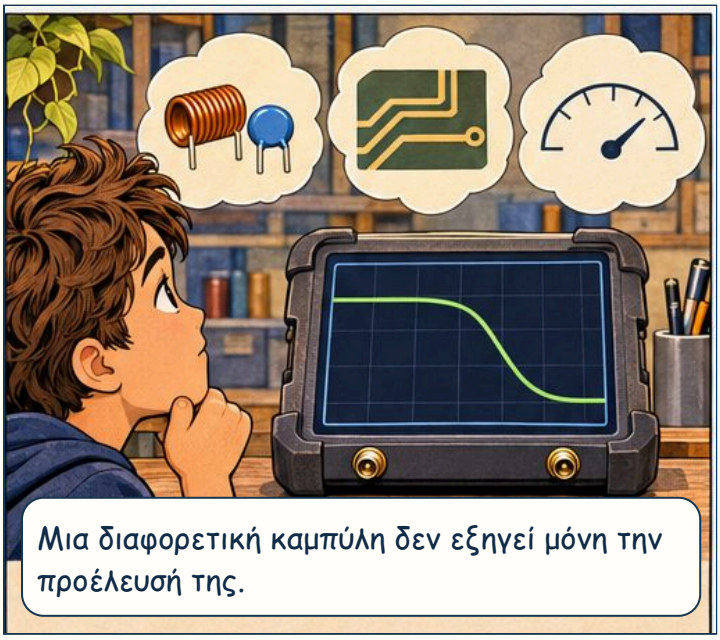
Κατανοώντας μια απόκλιση

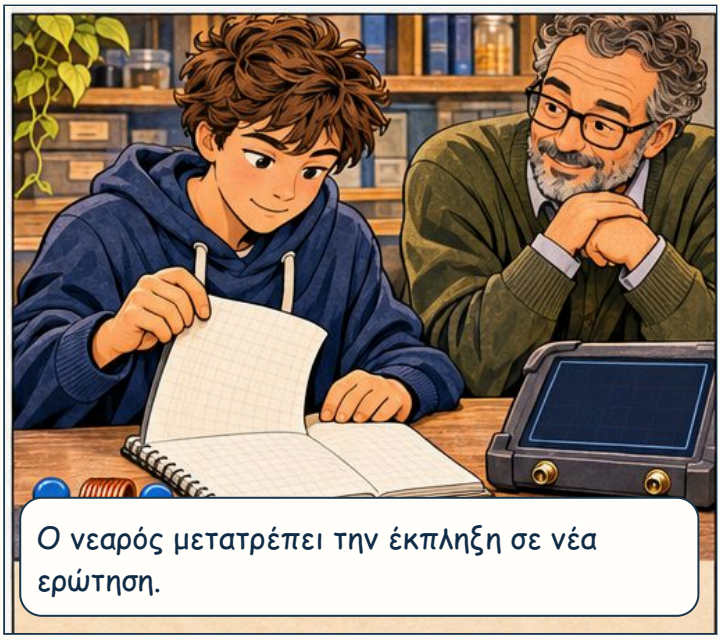




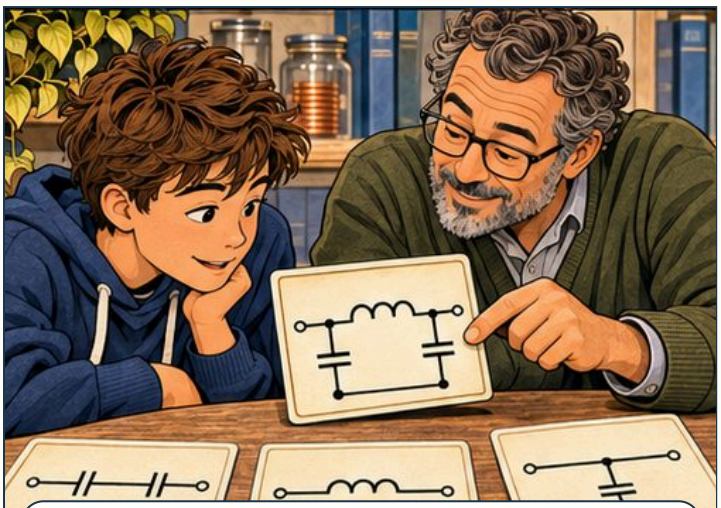




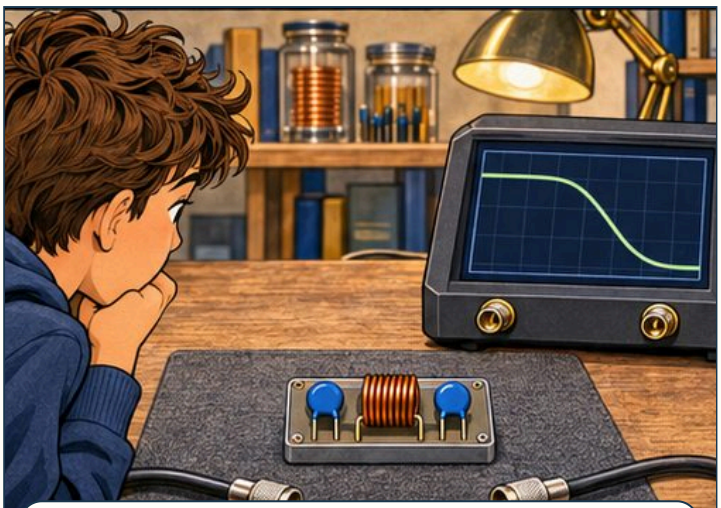




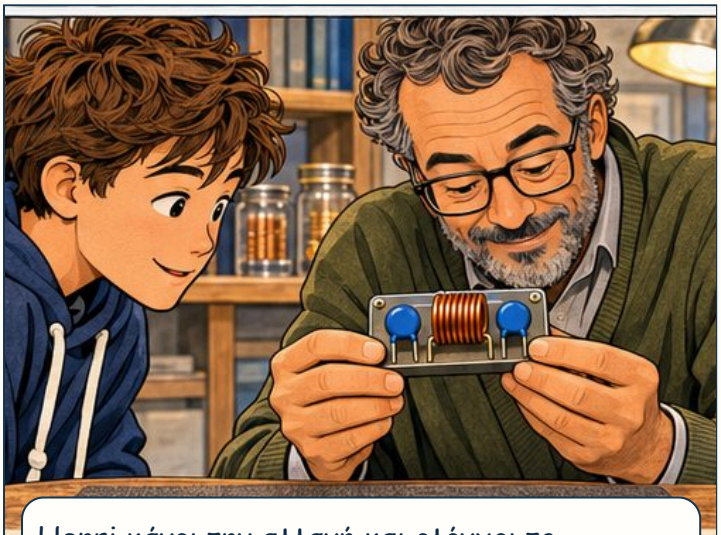
Μία αλλαγή κάθε φορά



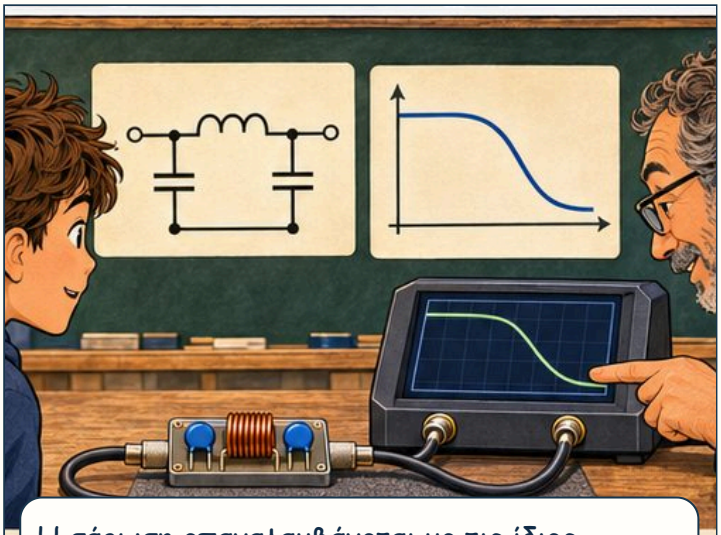
Επιλέγουν μία υπόθεση και προετοιμάζουν μια αιτιολογημένη αλλαγή.



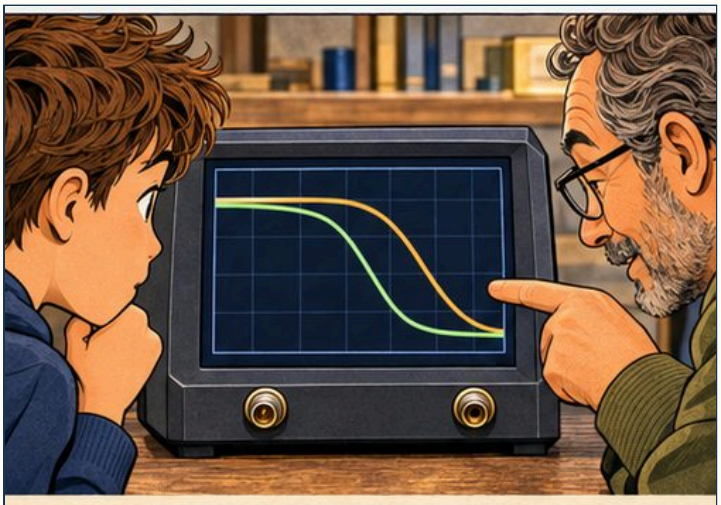
Κλείνουν την πηγή και αποσυνδέουν τη μονάδα πριν από επέμβαση.



Henri κάνει την αλλαγή και ελέγχει το κύκλωμα.



Η σάρωση επαναλαμβάνεται με τις ίδιες τεκμηριωμένες συνθήκες.

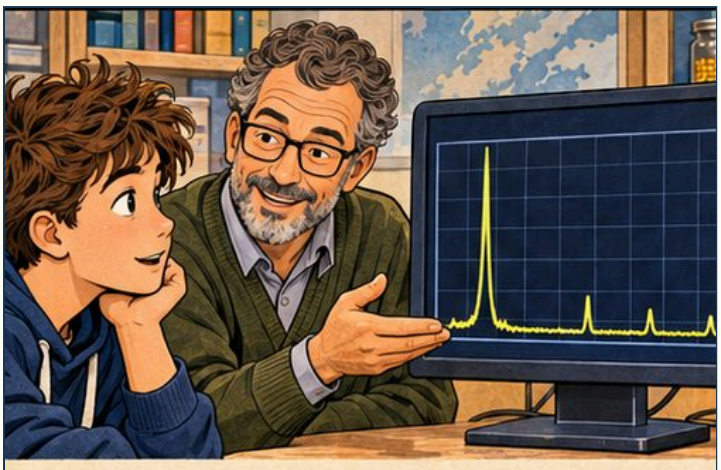


Συγκρίνουν την παλιά και τη νέα καμπύλη.

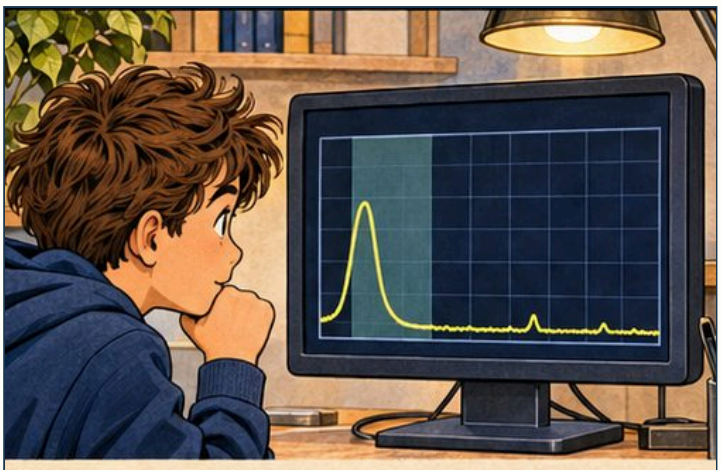


Η μέθοδος αποφεύγει την ανάμειξη πολλών πιθανών αιτιών.

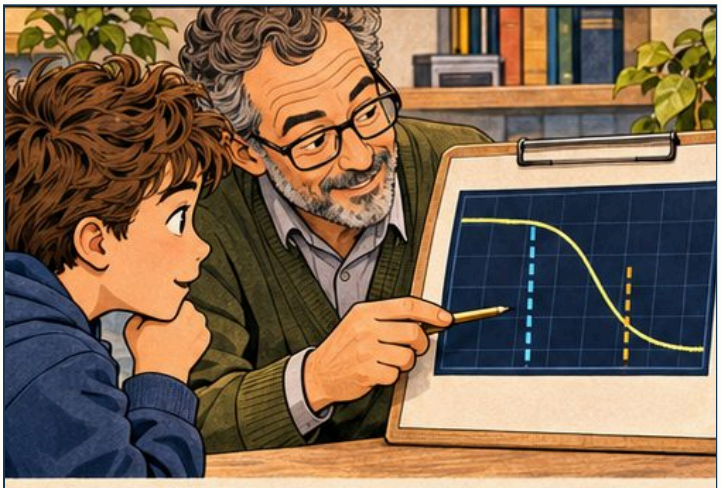
Η εξασθένηση έχει όρια



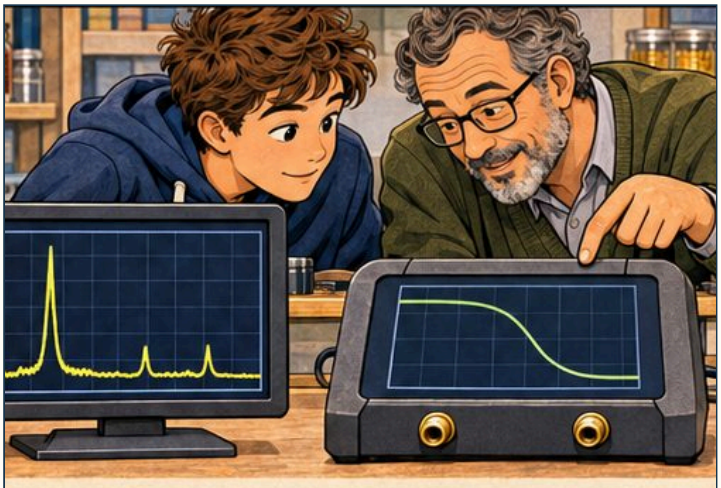
Ένα βαθυπερατό δεν εξαφανίζει όλες τις ανεπιθύμητες συνιστώσες.



Μια συνιστώσα στη ζώνη διέλευσης εξασθενεί λίγο.



Η απόρριψη εξαρτάται από συχνότητα και υλοποίηση.



Ο πλήρης φασματικός έλεγχος θα απαιτούσε πρόσθετες κατάλληλες μετρήσεις.



Η παρουσία φίλτρου δεν αποδεικνύει τη συμμόρφωση ενός σταθμού.



Ο νεαρός ξεχωρίζει μια χρήσιμη λειτουργία από μια γενική εγγύηση.

Η χρήσιμη συχνότητα πρέπει να περνά



Ο μέντορας προτείνει τέλος μια παγίδα σε σχέδιο σταθμού.



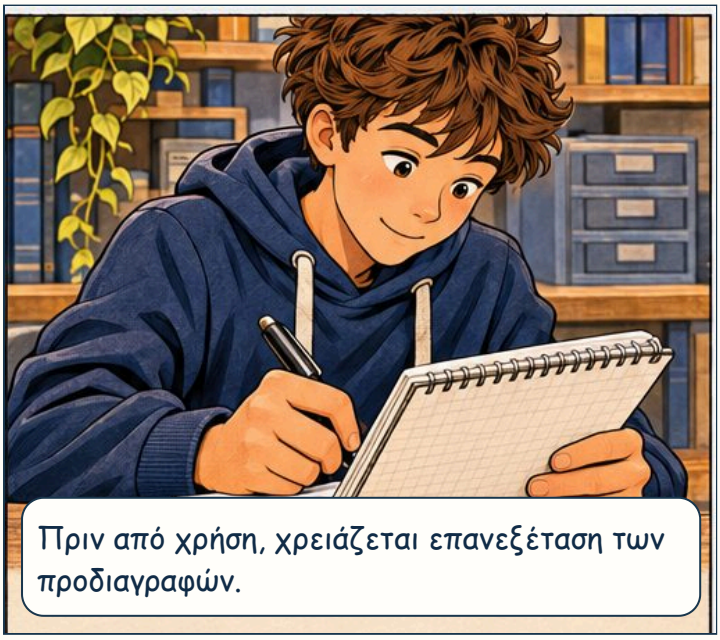
Το σχέδιο συνδυάζει 14,2 MHz με την αποκοπή τους στα 10 MHz.



Ο νεαρός παρατηρεί ότι τα 14,2 MHz είναι πάνω από αυτή την αποκοπή.



Η επιλογή θα εξασθενούσε και το επιθυμητό σήμα.

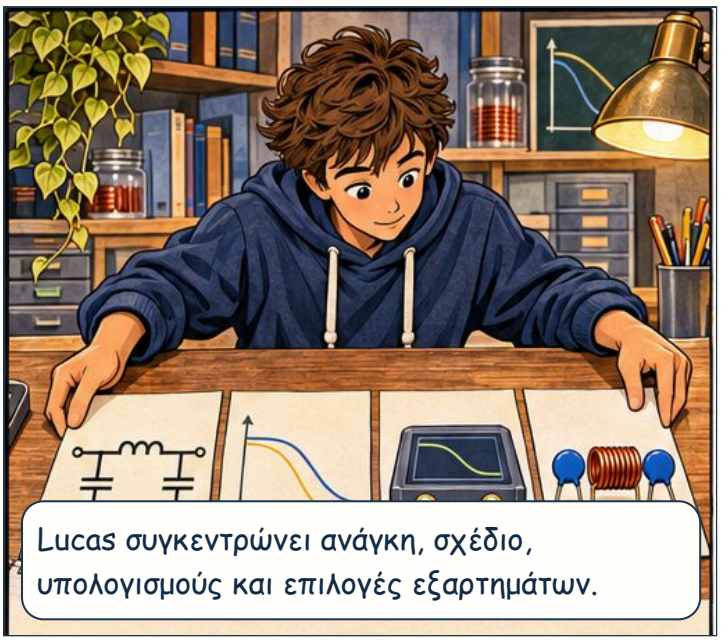


Πριν από χρήση, χρειάζεται επανεξέταση των προδιαγραφών.

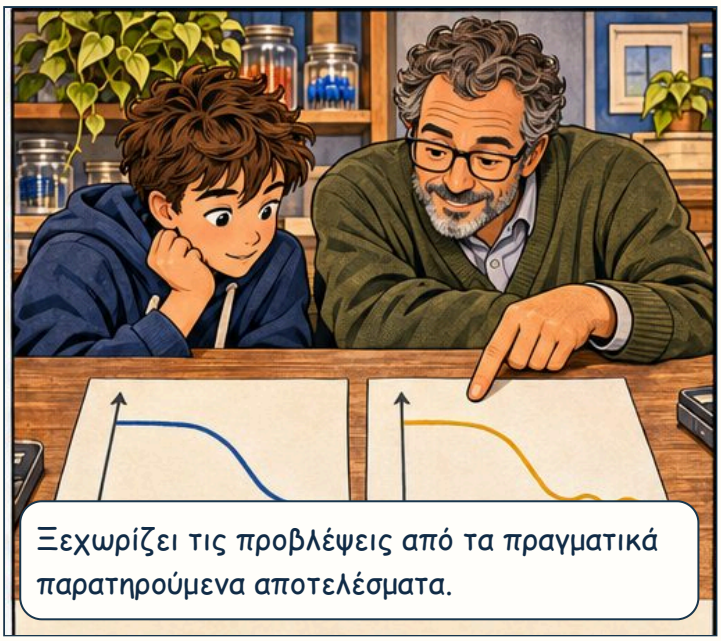


Ένα παράδειγμα υπολογισμού δεν είναι καθολικό φίλτρο.

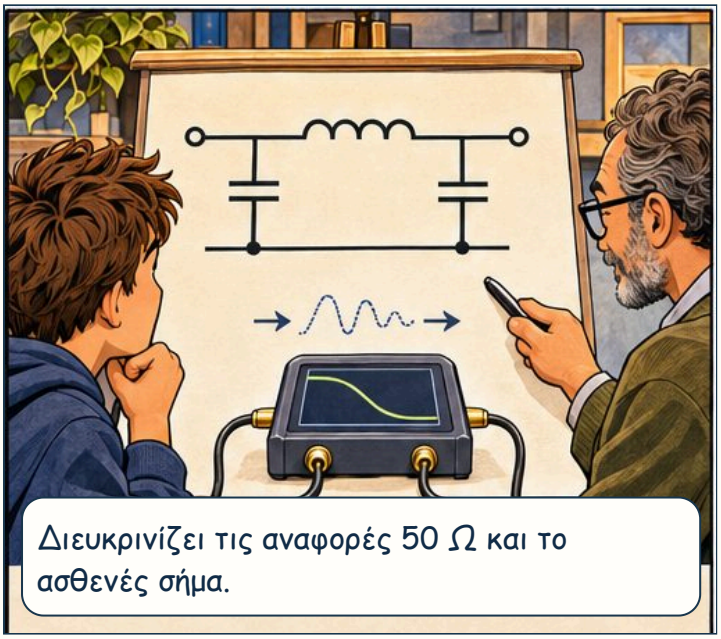
Μια εξήγηση για τους άλλους



Lucas συγκεντρώνει ανάγκη, σχέδιο, υπολογισμούς και επιλογές εξαρτημάτων.



Ξεχωρίζει τις προβλέψεις από τα πραγματικά παρατηρούμενα αποτελέσματα.



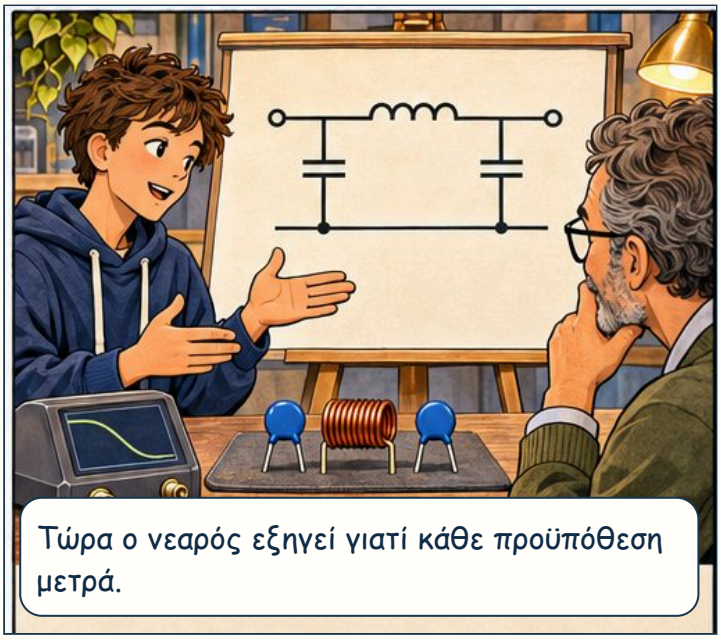
Διευκρινίζει τις αναφορές 50 Ω και το ασθενές σήμα.



Διατηρεί καμπύλες, βαθμονόμηση και όρια του πειράματος.



Henri παίζει τον επισκέπτη και θέτει μια τελευταία ερώτηση.



Τώρα ο νεαρός εξηγεί γιατί κάθε προϋπόθεση μετρά.

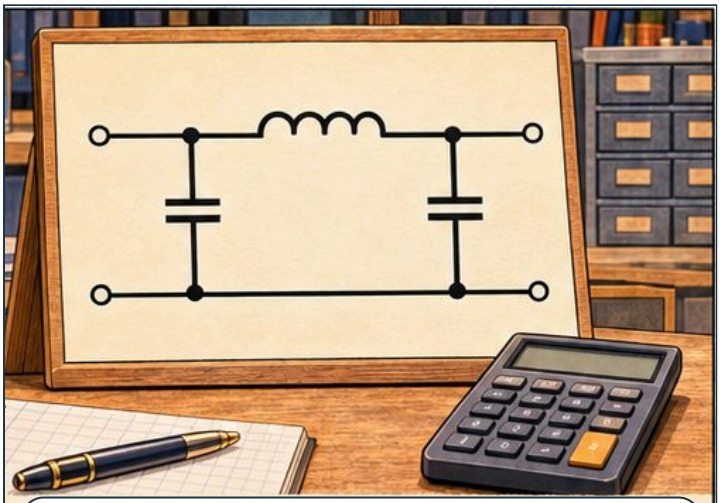
Καταλαβαίνω, υπολογίζω, μετρώ



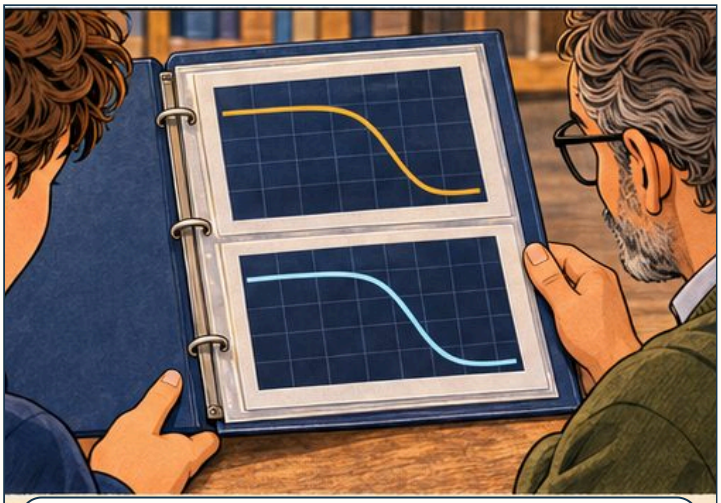
Τα τρία εξαρτήματα επιστρέφουν στο εκπαιδευτικό κουτί.



Ο νεαρός συνδέει πλέον μια ανάγκη με την απόκριση φίλτρου.



Ξέρει να υπολογίζει αυτό το Butterworth π και να ελέγχει μονάδες.



Ξέρει επίσης να μετρά, να συγκρίνει και να εξετάζει αποκλίσεις.



Το τετράδιο κρατά μέθοδο, με τις υποθέσεις και τα όριά της.



Στον σύλλογο, η επόμενη ανακάλυψη αρχίζει ήδη με μια ερώτηση.