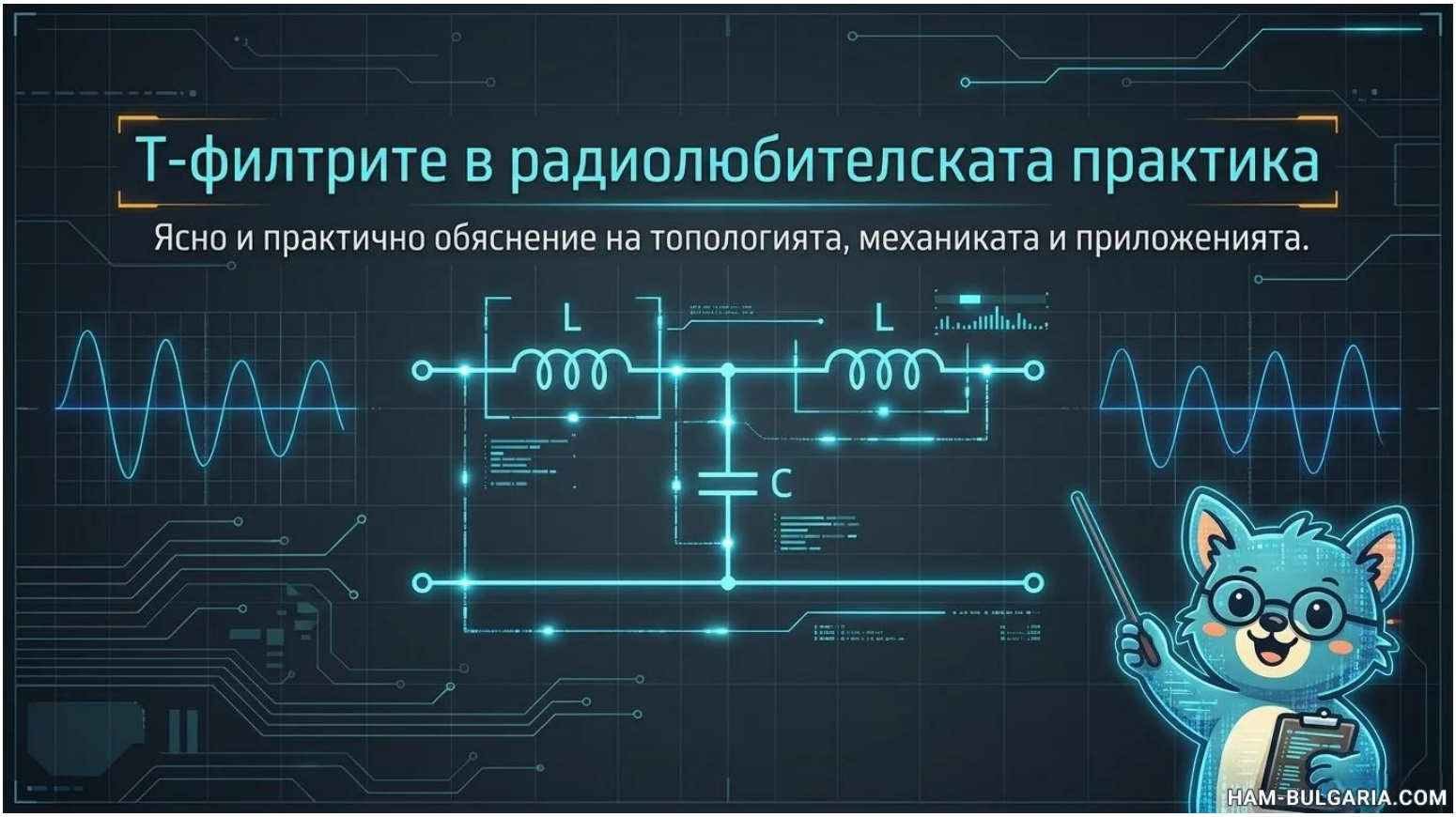


Основи на Т-филтрите: структура и елементи

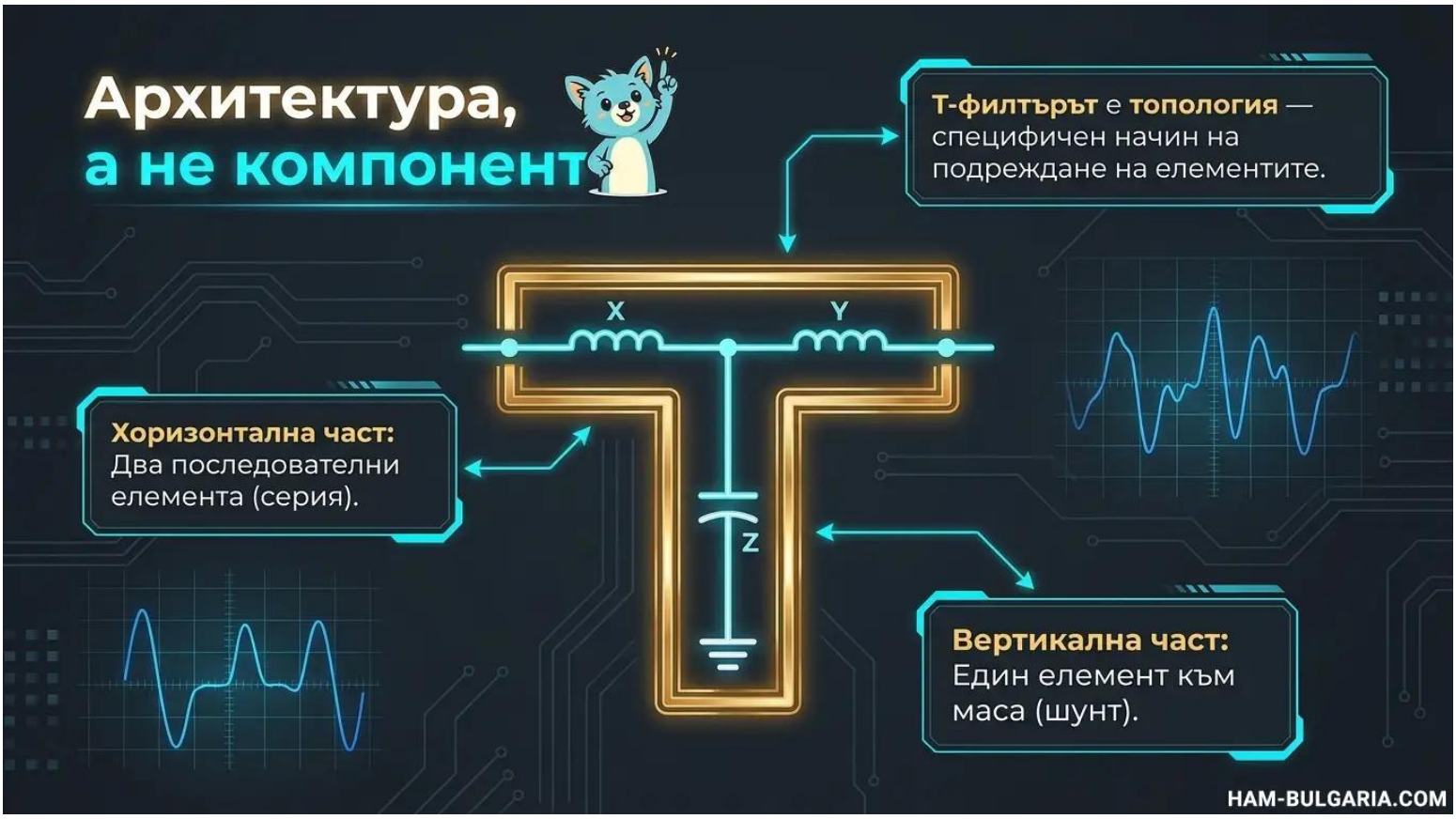
Въведение

Т-филтърът, наричан още **Т-звено**, е група от елементи от типа **капацитет - индуктивност - капацитет** или **индуктивност - капацитет - индуктивност**, свързани в схема, която наподобява буквата **„Т“**.

На пръв поглед това изглежда като още един вид филтър, подобно на **RC**, **RL**, **LC** или **RLC** филтрите. Разликата е, че тук буквата **„Т“** не описва от какви елементи е направена схемата, а **как са подредени тези елементи**.

Затова **Т-филтърът** е преди всичко **топология** - форма на свързване. Два елемента са последователно по пътя на сигнала, а третият е свързан от средната точка към маса. Именно тази подредба позволява на схемата да влияе върху честотите, импеданса и пътя на сигнала в радиочестотни вериги.

Анатомия на Т-топологията



Т-филтърът е **триелементно филтърно звено**, при което два елемента са свързани последователно между входа и изхода, а третият е свързан от средната точка към маса.

В най-общ вид Т-звеното изглежда така:

```
вход ── X ──●── Y ── изход
            |
            Z
            |
           маса
```

Елементите **X** и **Y** са последователни. Те се намират по пътя на сигнала и влияят на това колко лесно определени честоти могат да преминат от входа към изхода. Елементът **Z** е свързан към маса и може да осигури допълнителен път за честотни компоненти, които трябва да бъдат отслабени.

Тази подредба е причината схемата да се нарича **Т-филтър**. Горната част на схемата образува хоризонталната линия на буквата „Т“, а елементът към маса образува вертикалния клон.

Важно е, че позициите **X**, **Y** и **Z** не означават винаги едни и същи компоненти. В един случай

последователните елементи може да са индуктивности, а елементът към маса - кондензатор. В друг случай комбинацията може да включва резистори или различно разположение на капацитети и индуктивности. Топологията остава Т-топология, когато формата на свързване се запазва.

Затова **Т-филтърът** не трябва да се запомня само като списък от елементи, например **L-C-L** или **C-L-C**. По-важното е, че тези елементи са свързани в Т-образна схема. Един Т-филтър може да бъде **LC**, **RC**, **RL** или **RLC** вариант според конкретната задача.

В практиката **Т-звената** могат да се използват самостоятелно или да се свързват последователно. Когато няколко звена се комбинират едно след друго, говорим за многозвенен филтър. Така може да се получи по-стръмна филтърна характеристика и по-силно потискане на нежелани честоти, но схемата става по-сложна и изисква по-внимателно съгласуване.

```
вход ──[ Т-звено ]──[ Т-звено ]──[ Т-звено ]── изход
```

Това е често срещан подход при по-сериозни филтри, защото едно звено може да даде основното затихване, а няколко последователни звена позволяват по-точно оформяне на честотната характеристика. В радиотехниката това е важно, когато трябва да се потиснат хармоници, смущения или нежелани честотни компоненти извън работната лента.

Състав срещу форма: LC/RLC и Т/π

При филтрите често се смесват две различни неща: **от какво е направена схемата** и **как е**

подредена схемата.

LC, **RC**, **RL** и **RLC** описват състава на филтъра - тоест какви елементи участват в него.
T и **π** описват топологията - тоест формата, в която тези елементи са свързани.

Кратко казано:

```
LC, RC, RL, RLC → състав
T, π → форма на свързване
```

Затова един филтър може едновременно да бъде **LC филтър** и **T-филтър**. Първото казва, че използва индуктивности и кондензатори. Второто казва, че тези елементи са свързани в T-образна топология.

Състав: какви елементи участват

Най-често срещаните означения са:

```
RC → резистор + кондензатор
RL → резистор + индуктивност
LC → индуктивност + кондензатор
RLC → резистор + индуктивност + кондензатор
```

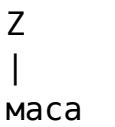
Тези означения не казват сами по себе си как точно са свързани елементите. Те само показват **какви градивни блокове** участват в схемата.

Например **LC филтър** може да бъде направен по различни начини. Може да има индуктивност последователно и кондензатор към маса, но може да бъде и част от по-сложна T, π или многозвенна схема.

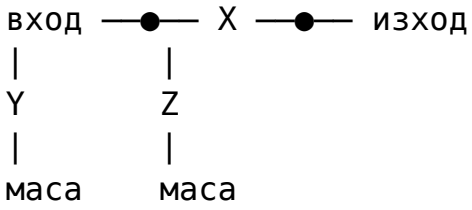
Форма: как са свързани елементите

T-топологията има два последователни елемента и един елемент към маса:

```
вход ── X ──●── Y ── изход
            |
```



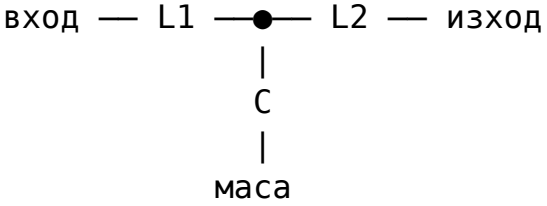
π-топологията е обратната идея: един последователен елемент и два елемента към маса:



Точно затова **T-филтър** и **π-филтър** не са едно и също, дори когато използват сходни елементи.

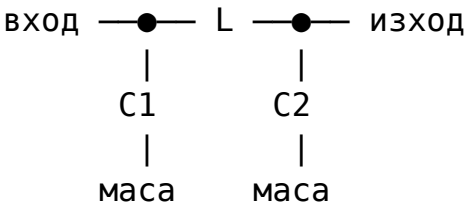
Пример с LC филтър

Нискочестотен LC T-филтър може да изглежда така:



Тук съставът е **LC**, защото участват индуктивности и кондензатор.
Топологията е **T**, защото има два последователни елемента и един елемент към маса.

Нискочестотен LC π-филтър може да изглежда така:



Тук съставът отново е **LC**, но топологията вече е **π**. Има един последователен елемент и два елемента към маса.

Това е важната разлика: **същите типове компоненти могат да образуват различни филтри**

според начина на свързване.

LC срещу RC като градивни блокове

В радиочестотната техника **LC филтрите** са много често срещани, защото индуктивностите и кондензаторите създават честотно зависима реакция без задължително да разсейват енергия като топлина.

RC филтрите също са полезни, но по-често се използват при по-ниски честоти, аудио вериги, изглаждане, времеви закъснения и управляващи сигнали. При тях резисторът участва във формирането на честотната характеристика, но внася и загуби.

Затова при **RF** филтриране по-често се срещат **LC T-звена** и **LC π-звена**, докато **RC** вариантите са по-характерни за помощни, аудио или управляващи части на схемата.

Защо това разграничение е важно

Ако кажем само **L-C-L**, това още не е пълно описание. Трябва да знаем как са свързани елементите. При **T-топологията** двете индуктивности са последователно, а кондензаторът е към маса. При друга подредба същите типове елементи могат да имат различно поведение.

Затова най-сигурният начин за мислене е:

```
Първо гледаме формата: T, π или друга топология.
После гледаме състава: LC, RC, RL или RLC.
Накрая гледаме стойностите на компонентите и честотата, при която работи схемата.
```

Така термините не се бъркат. **LC** казва какви елементи участват. **T** казва как са подредени. **π** казва друга форма на подреждане. А реалното поведение на филтъра идва от комбинацията между форма, състав и стойности на компонентите.

T-филтър срещу π-филтър

T и **π** са две огледални филтърни топологии. И двете могат да бъдат изградени от едни и същи елементи (например само **L** и **C**), но се различават по архитектурата на свързване, а не по състава.

- **T-топологията** има два последователни елемента и един елемент към маса.
- **π-топологията** има един последователен елемент и два елемента към маса.

Това е и най-бързият начин за разпознаване:

```
T → един клон към маса
π → два клона към маса
```

Точно тази разлика е показана и на илюстрацията: двете схеми използват сходни компоненти, но подредбата им е различна, което води до различно поведение.

Важно е да се подчертае, че **C-L-C** или **L-C-L** сами по себе си не казват дали схемата е **T** или **π**. Едни и същи елементи могат да образуват различни топологии според начина на свързване.

Затова при анализ винаги гледаме първо формата на свързване, а после състава. Топологията определя пътя на сигнала и начина, по който филтърът влияе на честотите.

Къде се среща в радиолюбителската практика

Т-филтрите и **Т-звената** се срещат там, където трябва да се управлява пътят на сигнала според честотата или да се съгласуват две части на схемата. В радиотехниката това обикновено означава филтриране на нежелани честоти, намаляване на смущения или по-добро предаване на енергия между отделни блокове.

В предаватели

В предавателите **Т-звена** могат да се използват в изходни филтри след усилвателни стъпала. Целта е полезният сигнал да премине към следващия блок или към антенната система, а нежеланите честотни компоненти да бъдат отслабени.

Такъв подход е особено важен при малки QRP предаватели и експериментални конструкции, където след крайното стъпало трябва да се ограничи излъчването на хармоници.

В приемници

В приемниците филтърните звена помагат за ограничаване на честотната лента и за подобряване на селективността. Това е важно, защото приемникът не трябва да усилва еднакво всичко, което

попадне на входа му.

Т-топологията може да бъде част от входни вериги, междинни филтри или по-сложни филтърни мрежи, според конкретната конструкция.

В захранващи линии

Т-звена могат да се използват и за потискане на високочестотни смущения по захранващи линии. В този случай целта не е избор на радиочестотен канал, а намаляване на нежелан шум, който може да се пренася по кабелите.

Това е полезно при чувствителни приемници, цифрови модули, усилватели и други блокове, където захранването може да внесе смущения в сигнала.

В съгласуващи мрежи и антенни тунери

Т-топологията се среща и в съгласуващи мрежи, включително в антенни тунери. Там задачата не е само филтриране, а и съгласуване на импеданса между предавателя, фидера и антенната система.

Тази тема е по-широка, но е важно да се знае, че Т-звеното може да бъде не само филтър, а и част от схема, която помага енергията да се предаде по-ефективно към товара.

Накратко: Т-филтрите се използват не заради визуалната си форма, а защото тази подредба позволява контрол върху честотите, импеданса и пътя на сигнала.

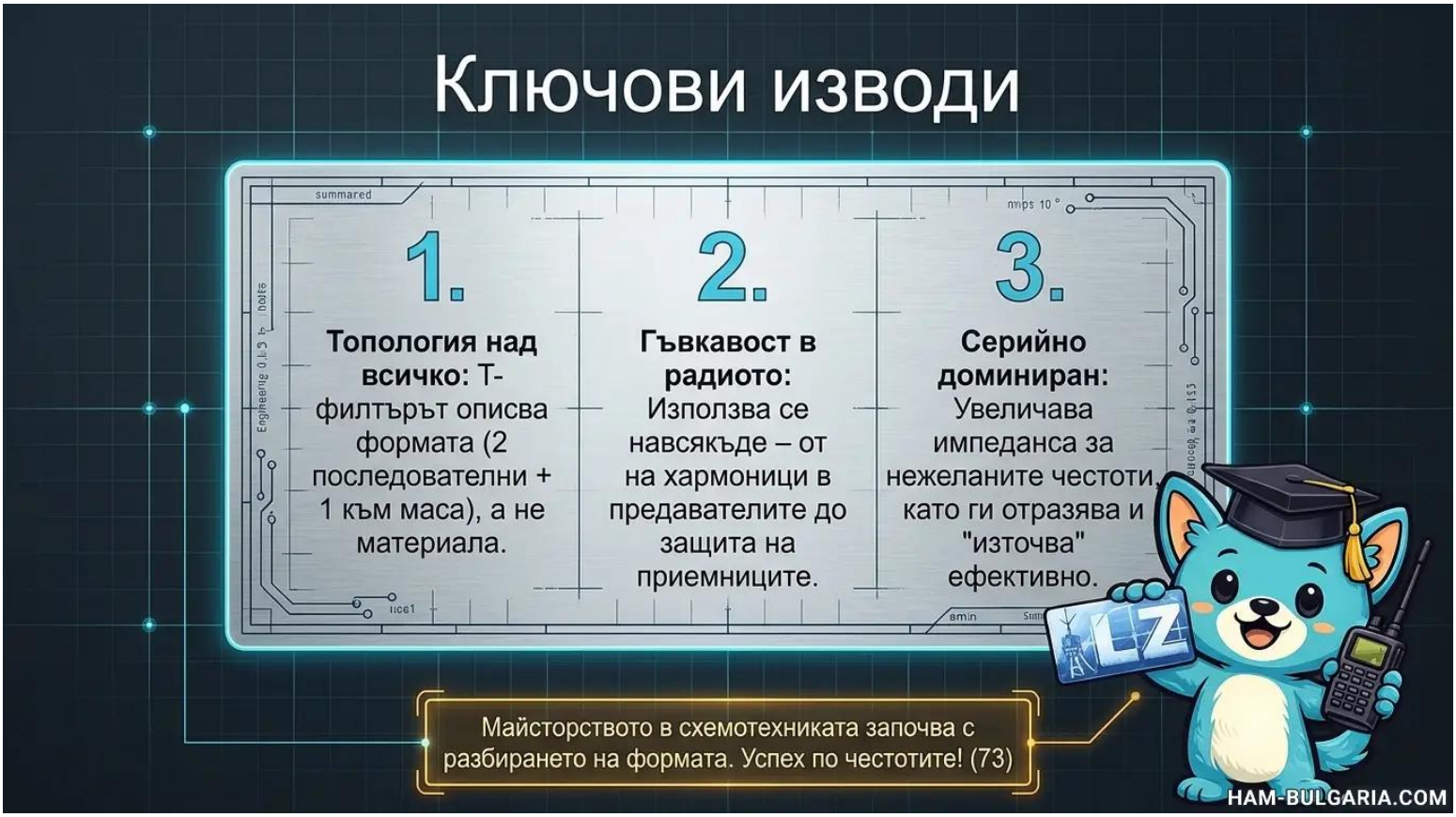
Разбиване на често срещани заблуди

Много начинаещи бъркат състава на филтъра **(LC, RC, RL, RLC)** с неговата форма на свързване (Т или π).
Това води до три типични заблуди:

- че Т и π са едно и също
- че Т-филтърът задължително е LC
- че Т-филтърът е готов компонент, който може да се купи

Всъщност **Т** и **π** са топологии, а **LC/RC/RL/RLC** са градивни блокове.
Едно **Т-звено** може да бъде **LC**, **RC** или **RLC** - важно е как са подредени елементите, не какви са.

Обобщение



Т-филтърът е **топология**, а не отделен компонент. Той описва начина, по който са свързани елементите в схемата: два елемента са последователно по пътя на сигнала, а един елемент е свързан към маса.

Най-важната разлика е между **състав** и **форма**. Означения като **RC**, **RL**, **LC** или **RLC** показват какви елементи участват във филтъра. Означения като **T** и **π** показват как са подредени тези елементи.

Краткото правило за разпознаване е:

```
T → два елемента последователно + един към маса
π → един елемент последователно + два към маса
```

В радиолюбителската практика Т-звената могат да се срещнат в изходни филтри на предаватели, входни вериги на приемници, захранващи линии, съгласуващи мрежи и антенни тунери. Конкретното поведение зависи от използваните елементи, техните стойности и честотата, при която работи схемата.

Затова Т-филтърът не трябва да се запомня само като L-C-L или C-L-C. По-важното е да се разпознае самата форма на свързване. Когато тази форма е ясна, става много по-лесно да се разбере как филтърът влияе на сигнала и защо се използва в различни радиочестотни

вериги.

Ето краткото и ясно разграничение на топологиите:

Топология	Последователни елементи	Елементи към маса	Най-кратка идея	Често приложение
Т - топология	2	1	Два по пътя, един надолу	Филтриране, съгласуване, RF мрежи
π - топология	1	2	Един по пътя, два надолу	Филтриране, изглаждане, съгласуване
Г/L - топология	1	1	Един по пътя, един надолу	Проста L-match мрежа, антенно съгласуване

Документ, създаден от **ham-bulgaria.com** · Пълната статия е достъпна на ham-bulgaria.com/tutorials

Забележка: Поради автоматичното генериране на този PDF, част от математическите формули може да не бъдат визуализирани напълно коректно. За най-добро изживяване, препоръчваме да разгледате статията директно в сайта.