

Mikroalga Süzgeç Tasarımı

İletim Hattı Rezonatörleri ile LC Süzgeç

Mikrodalga frekanslarında :

- **L ve C elemanlı basamak yapılar:** kayıplı ve hantaldırlar, bulunabilecek değer aralığı sınırlıdır → dağıtılmış rezonatör yapıları
- **dağıtılmış elemanlar / rezonatörler:** ucu açık ya da kısa devre edilmiş, çeyrek ya da yarım dalga boyunda iletim hatlar (mikroşerit hatlar, ortak-eksenli veya dalga kılavuzları gibi) L veya C aktif elemanları yerine kullanılabilir
 - **Richard dönüşümleri:** $L / C \rightarrow$ iletim hattı kütük / saplama
 - **Kuroda özdeşlikleri:** süzgeç elemanları arasına iletim hattı yerleştirmek için

Hatırlayalım – Mikrodalga Tekniği

İletim hattı giriş empedansı

$$Z_{giriş} = Z_{in} = Z_0 \frac{Z_{yük} + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + jZ_{yük} \tan \beta l}$$

$$Z_{yük} = 0 \text{ (kısa devre)} \rightarrow Z_{gir} = Z_0 \frac{0 + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + 0} = jZ_0 \tan \beta l$$

$$Z_{yük} = \infty \text{ (açık devre)} \rightarrow Z_{gir} = Z_0 \frac{Z_{yük} + jZ_0 \tan \beta l}{jZ_{yük} \tan \beta l + Z_0} = -jZ_0 \cot \beta l$$

$$\beta = \omega \sqrt{\mu \epsilon} = \frac{\omega}{u_{faz}} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Z_{in} L/C gibi tepkin değerlidir

$$l = \frac{\lambda}{8} \text{ için } \beta l = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{8} = \frac{\pi}{4} \rightarrow \tan \beta l = 1, \text{ ve bu durumda}$$

$$\begin{aligned} Z_{yük} = 0 \text{ (kısa devre)} &\rightarrow Z_{gir} = jZ_0 \tan \beta l = jZ_0 \\ Z_{yük} = \infty \text{ (açık devre)} &\rightarrow Z_{gir} = -jZ_0 \cot \beta l = -jZ_0 \end{aligned}$$

Kütükler (Saplama) ile Gerçekleme

Richard Dönüşümleri

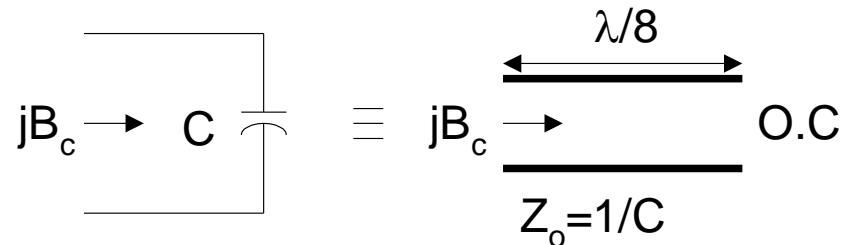
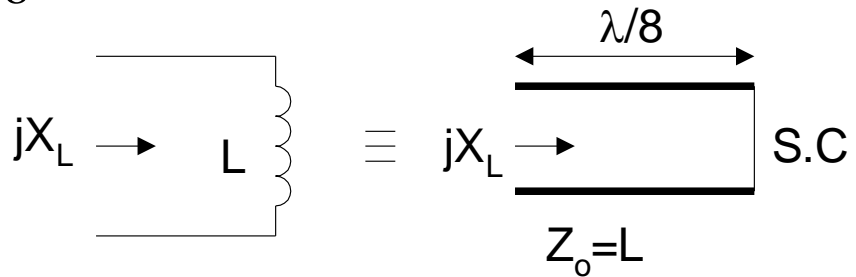
$$jX_L = j\xi L = jL \tan \beta\lambda$$

$$jB_c = j\xi C = jC \tan \beta\lambda$$

Birim kesme frekansında $\xi=1$ olur. Böylece

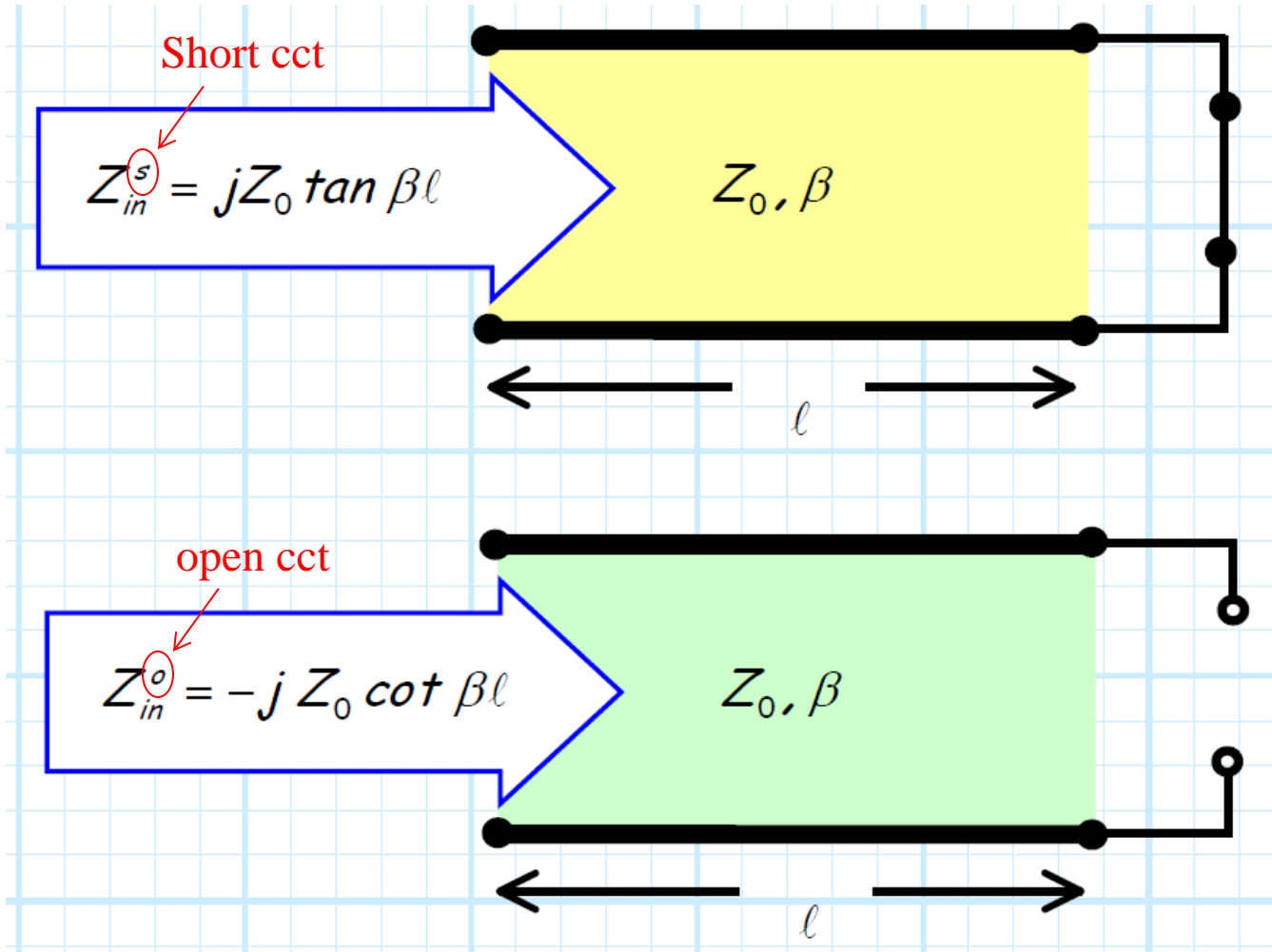
$$\tan \beta\lambda = 1 \longrightarrow \lambda = \frac{\lambda}{8}$$

Kütük (saplama) uzunluğu $\lambda/8$ dır.



Richard Dönüşümleri

Ucu kısa devre edilmiş veya açık bırakılmış iletim hattı giriş empedansı



Richard Dönüşümleri

İletim Hattı

$$Z_{gir,kısa} = jZ_0 \tan \beta l$$

$$Z_{gir,açık} = -jZ_0 \cot \beta l$$



L / C

$$Z_L = j\omega L$$

$$Z_C = -\frac{j}{\omega C}$$

Ancak

bir frekans değerinde, verilen bir L/C ve de Z_0 ve l için $Z_{gir,kısa} = Z_L$ ve $Z_{gir,açık} = Z_C$ olur
bu frekansa ω_c diyelim

Richard Dönüşümleri

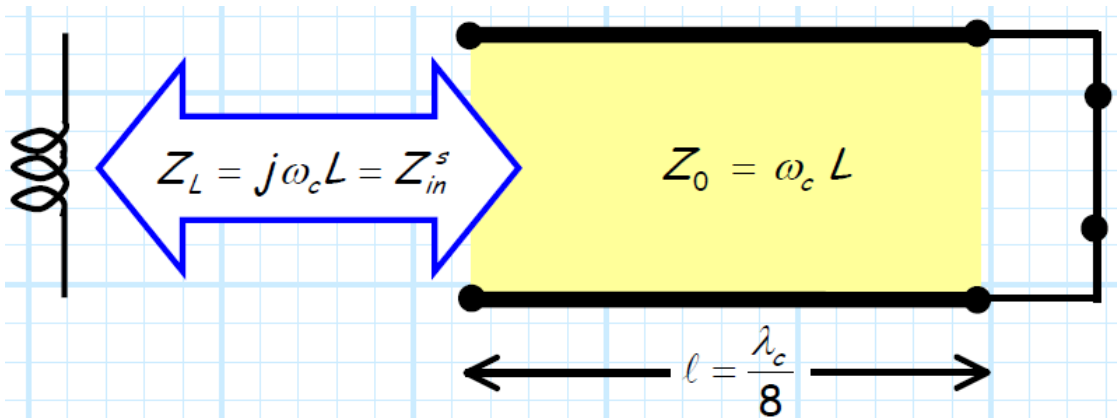
İletim hattı uzunluğu $l = \frac{\lambda}{8}$ seçilirse $\beta l = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{8} = \frac{\pi}{4}$
böylece

Uç kısa devre edilmiş

$$j\omega_c L = jZ_0 \tan\left(\frac{\pi}{4}\right)$$
$$j\omega_c L = jZ_0$$

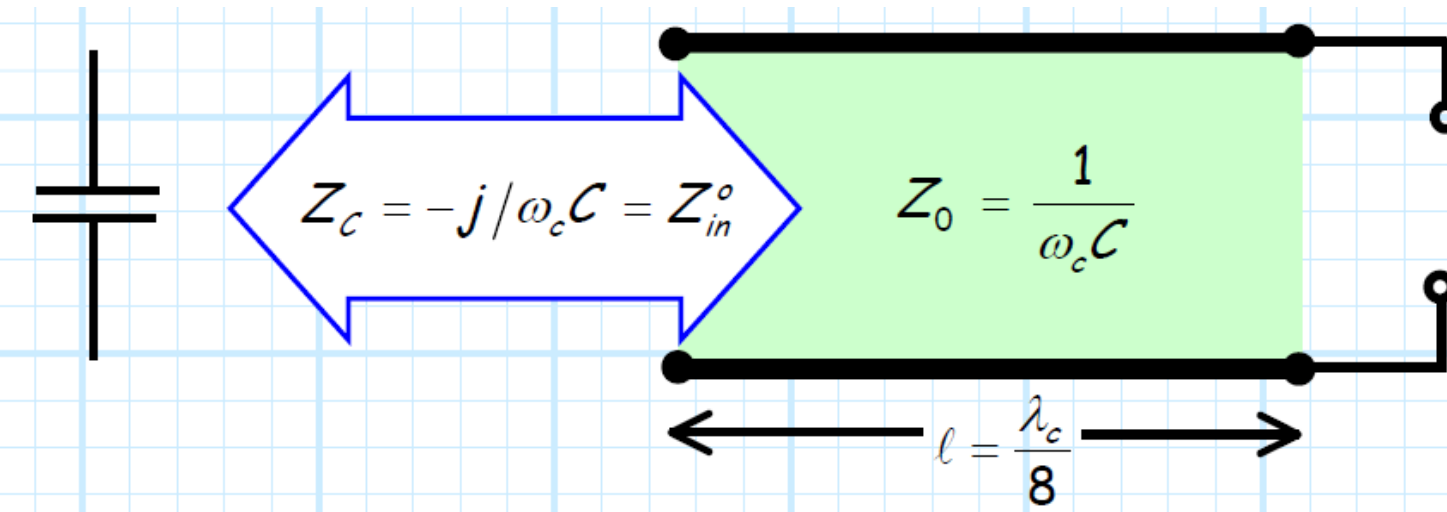
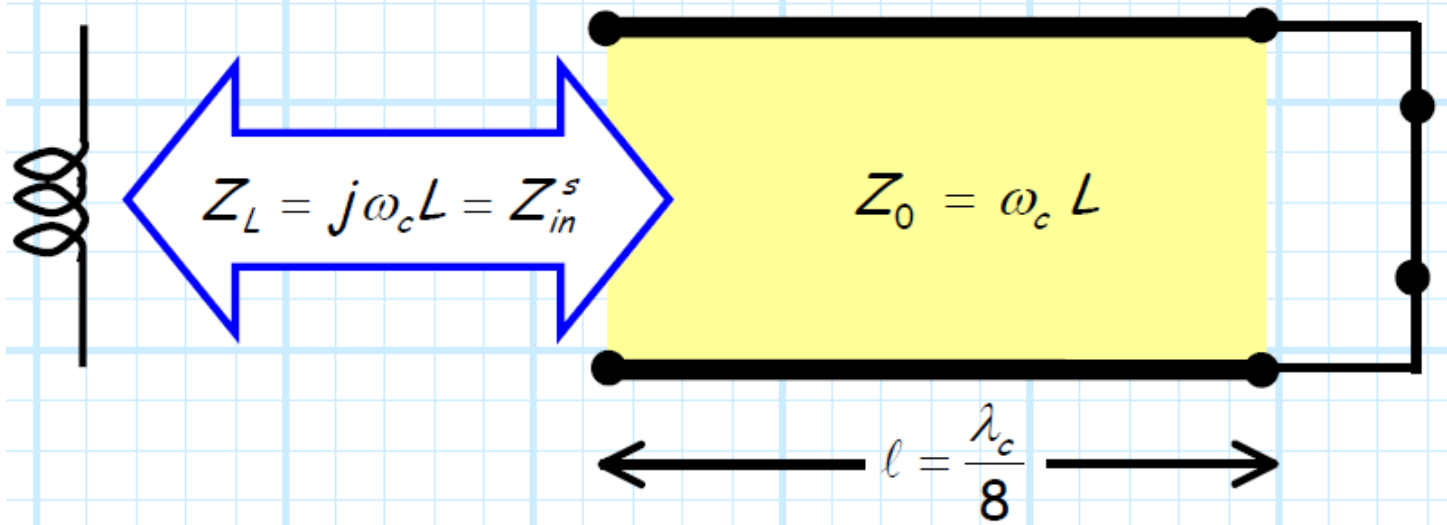
Uç açık bırakılmış

$$j\omega_c C = -jZ_0 \cot\left(\frac{\pi}{4}\right)$$
$$j\omega_c C = -jZ_0$$

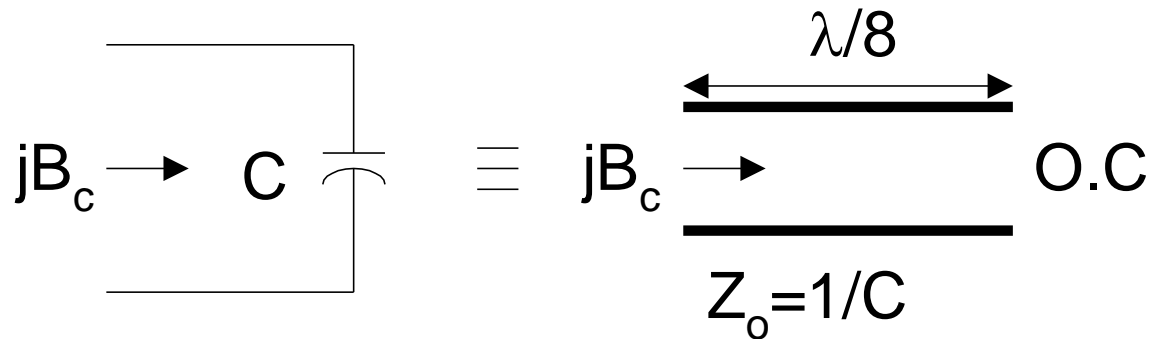
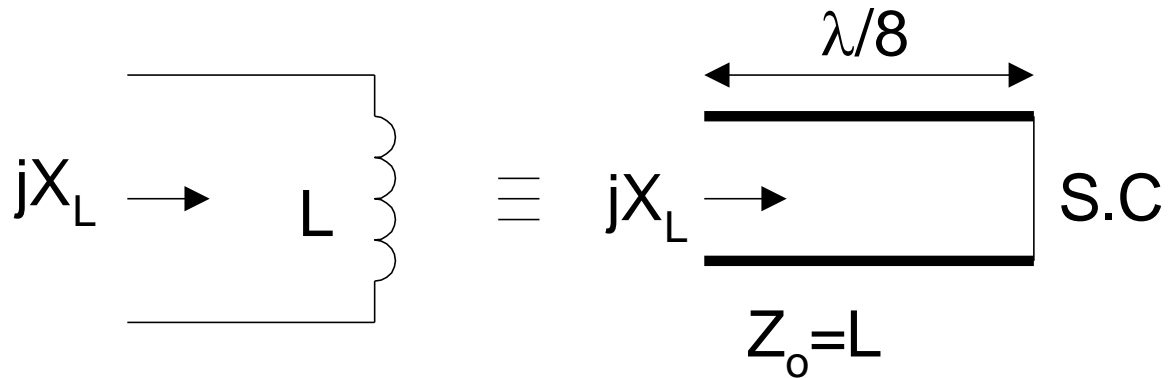


Richard Dönüşümleri

Frekans ω_c ise. Alçak geçiren prototip için $\omega_c = 1$ alınır



Richard Dönüşümleri – Alçak geçiren prototip



Kuroda Özdeşlikleri

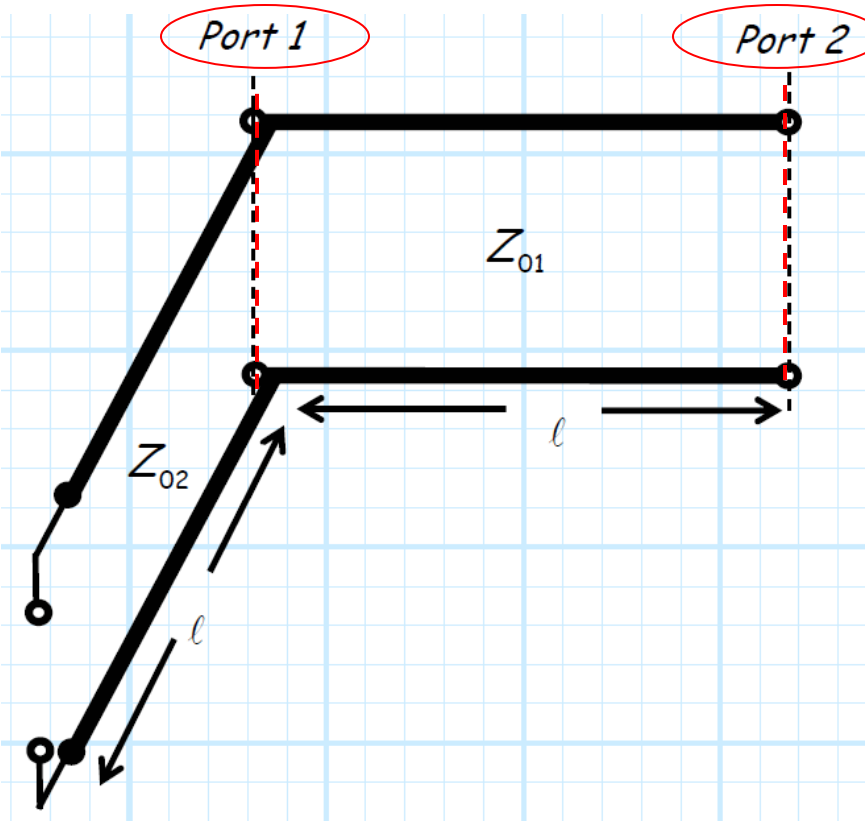
Dört adet iki-uçlu özdeş devre çiftinden oluşur; özdeş devre çiftlerinden biri diğeri yerine kullanılabilir. Şu amaçlar için kullanılırlar

- kütükleri fiziksel olarak birbirinden ayırmak için
- Seri kütük / saplamaları şönt olanlar ile değiştirmek için
- Gerçeklenemeyecek öz-empedans değerlerini gerçeklenebilenler ile değiştirmede

En kullanışlı iki özdeşliği ele alacağız

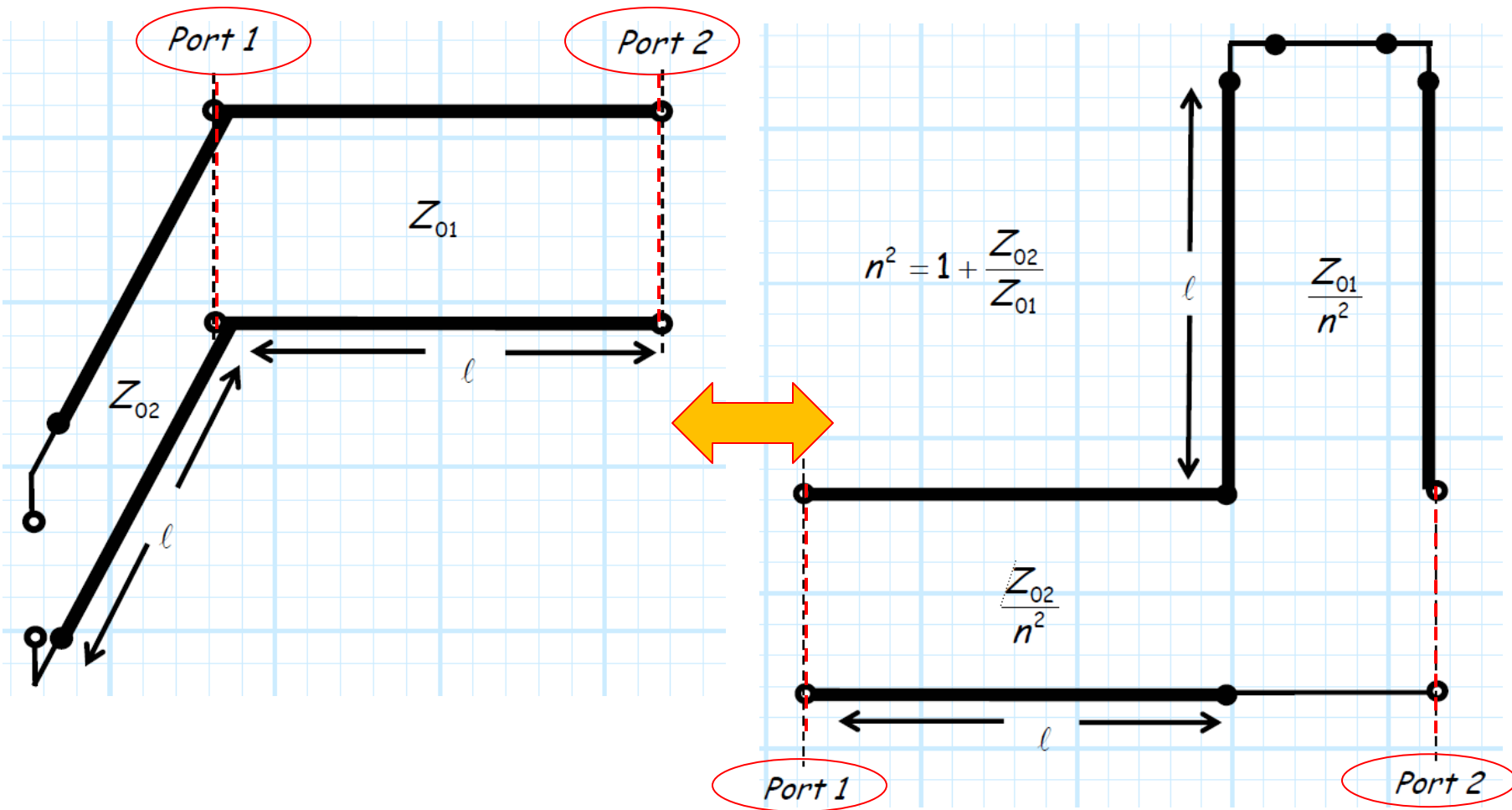
Kuroda Özdeşlikleri

İki adet l uzunluğunda birini ucu açık bırakılmış İH lardan oluşan yapıyı ele alırsak



Dikkat edilirse İH ların uzunluğu aynı (l), ancak öz-empedanları farklı; Z_{01} , Z_{02} .

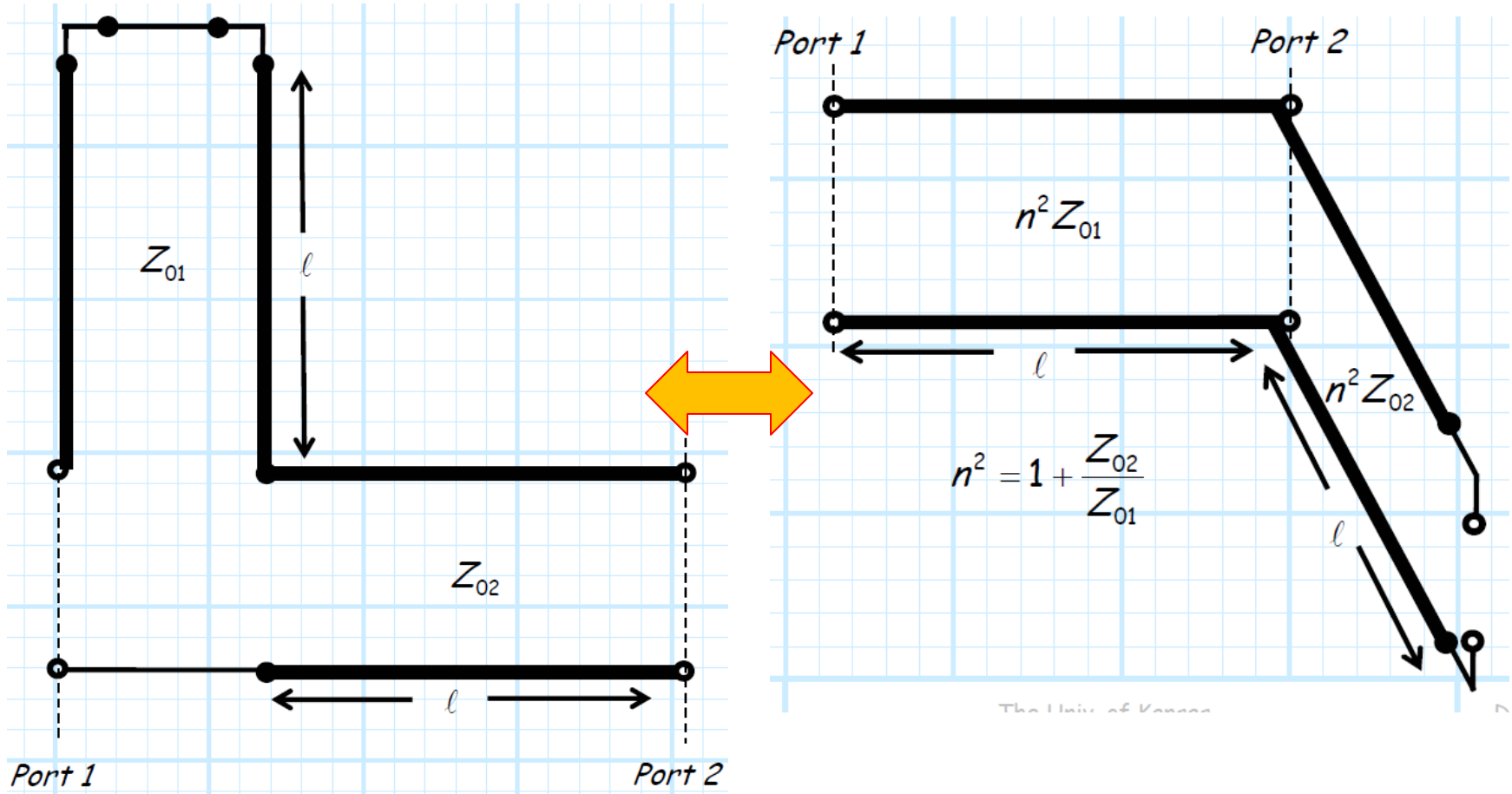
Kuroda Özdeşliği 1



Bu iki devre özdeştir; biri diğeri yerine kullanılabilir.

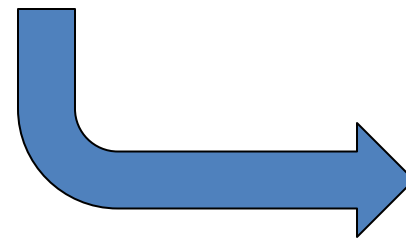
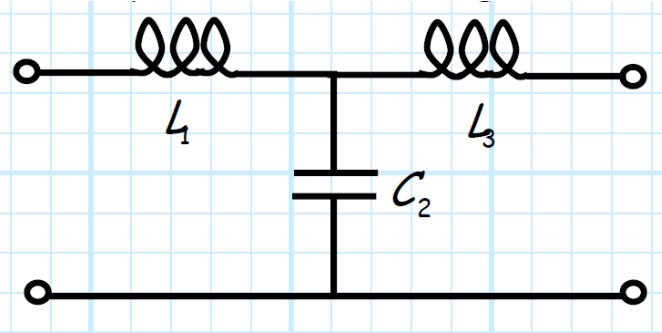
!!! Ucu açık devre **şönt kütük** \leftrightarrow ucu kısa devre **Seri kütük**

Kuroda Özdeşliği 2

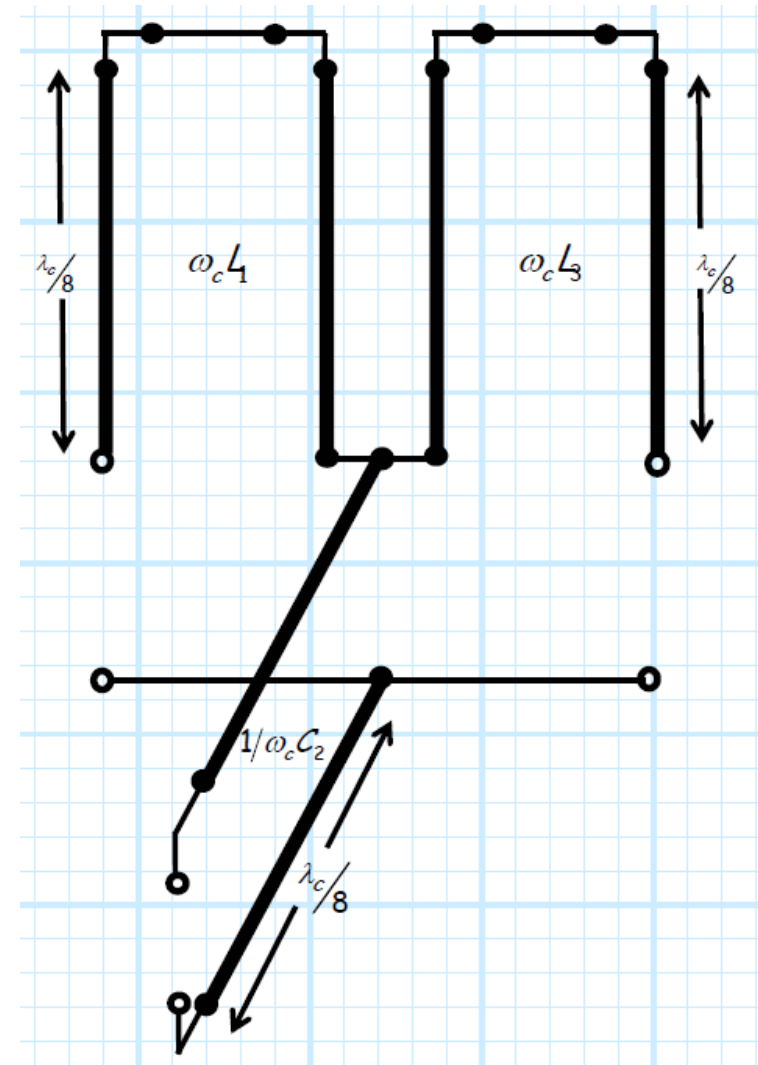


Soldaki seri kütük yerine sağdaki şönt kütük kullanılabilir:

3. Derece bir süzgeç devresi



Richard
Dönüşümü



kütükler bitişik; mikroşerit hat seri
kütük zor

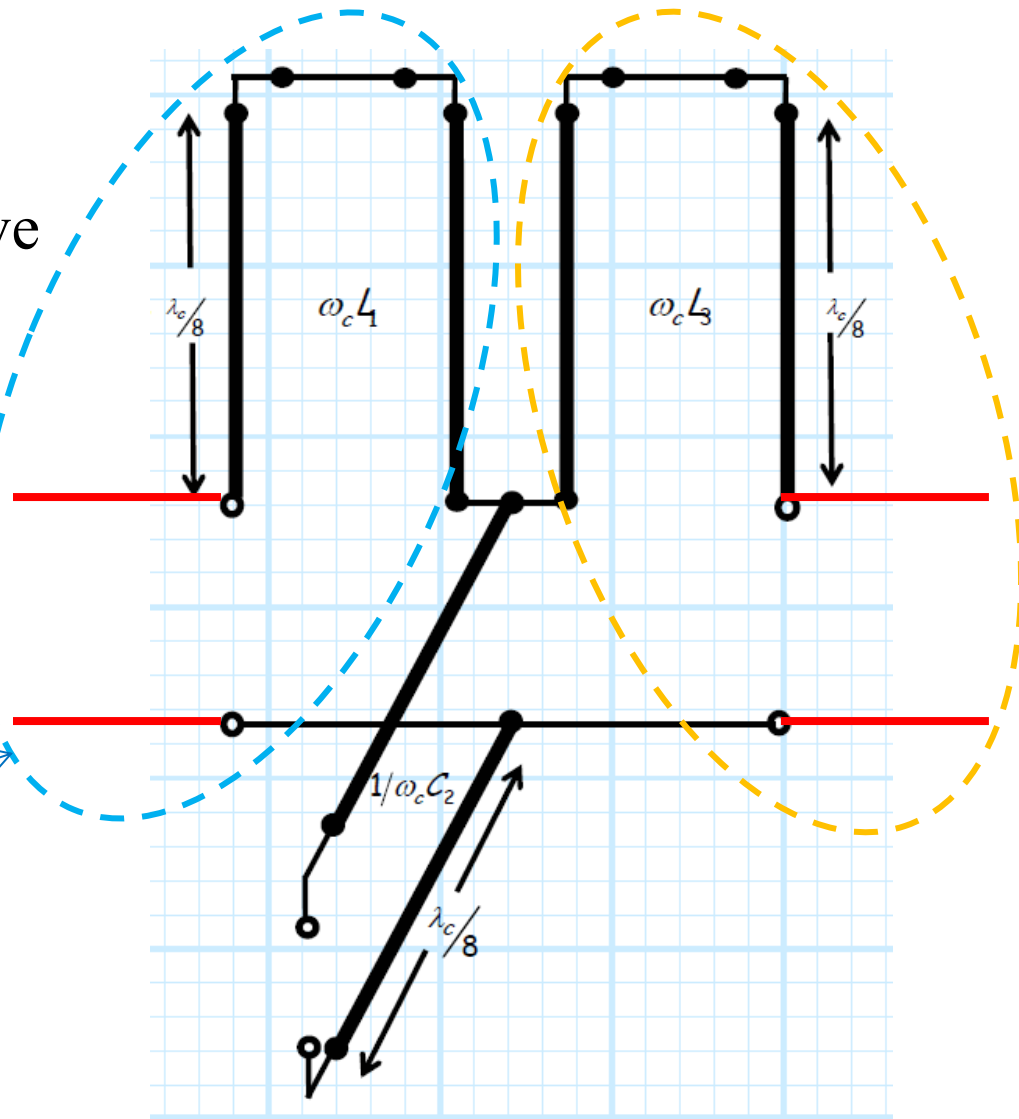
Bu tasarımı gerçeklemede bir kaç
sorun vardır

Çözüm

1. süzgeç devresinin başına ve sonuna kısa hat (Z_0 , $l=\lambda_c/8$) ekle

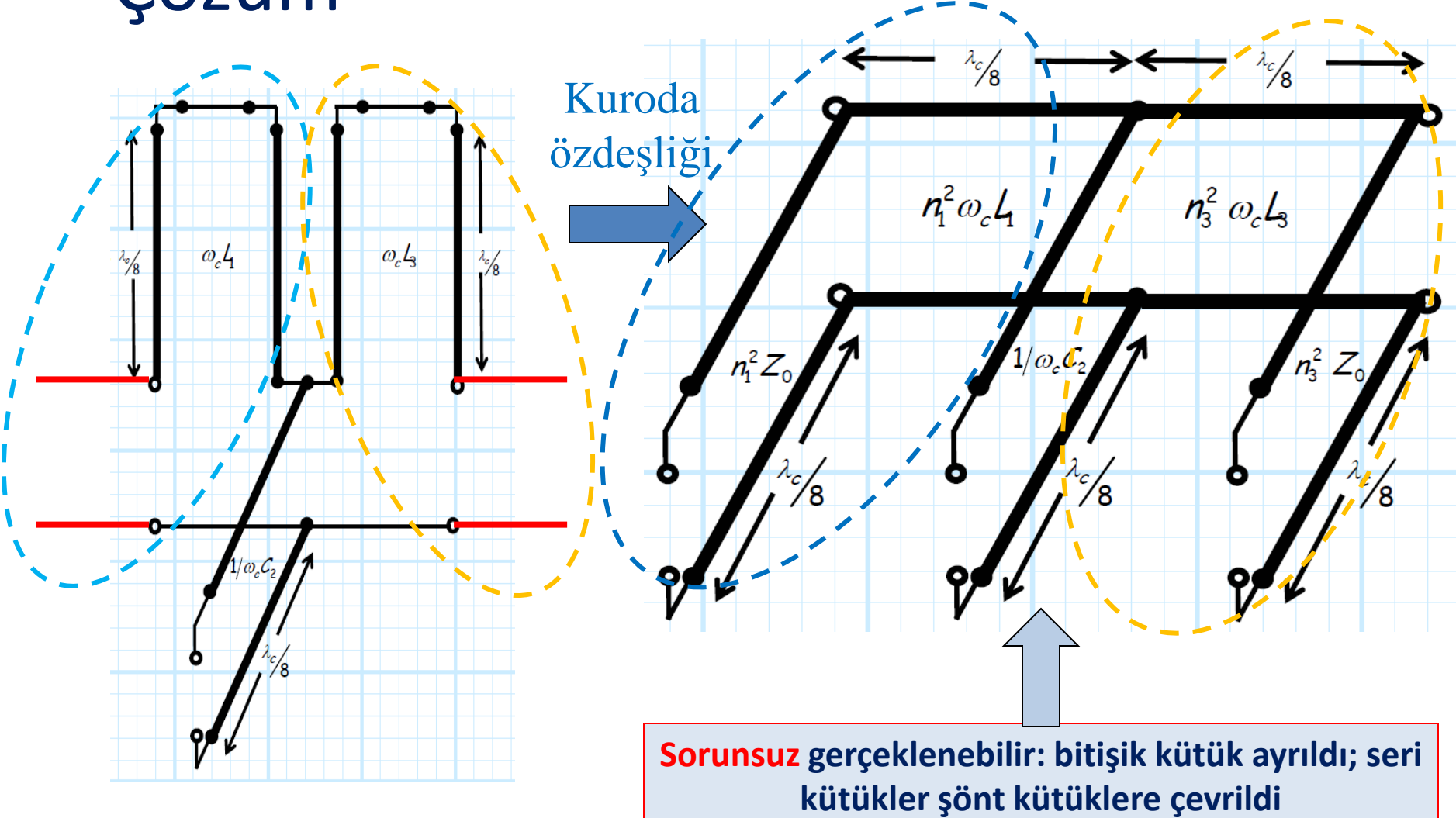
→ süzgeç tepkesinde **faz kayması** oluşur

2. Seri kütük → şönt kütük çevirimi yapan **Kuroda** özdeşliğini kullan

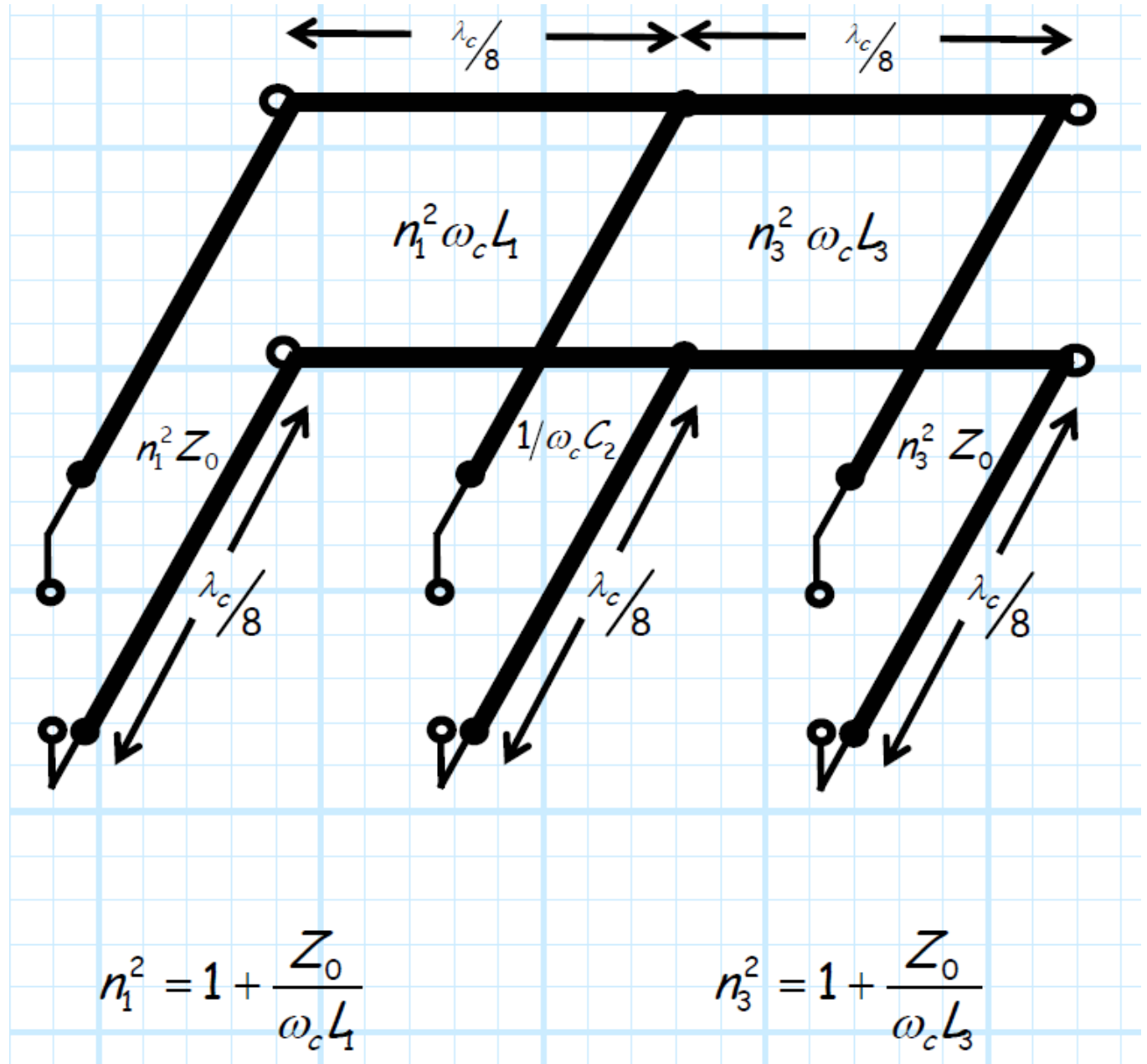


!!! bitişik kütük; mikroşerit seri kütük zor

Çözüm



Çözüm

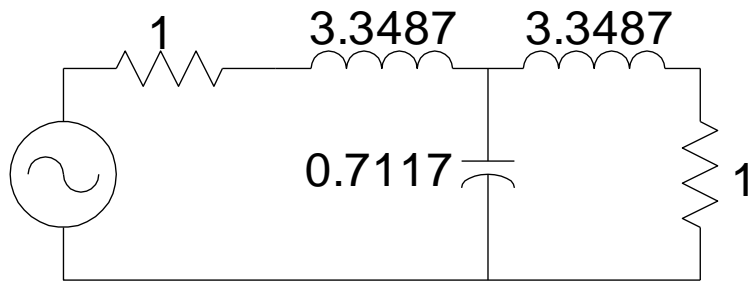


Örnek #4

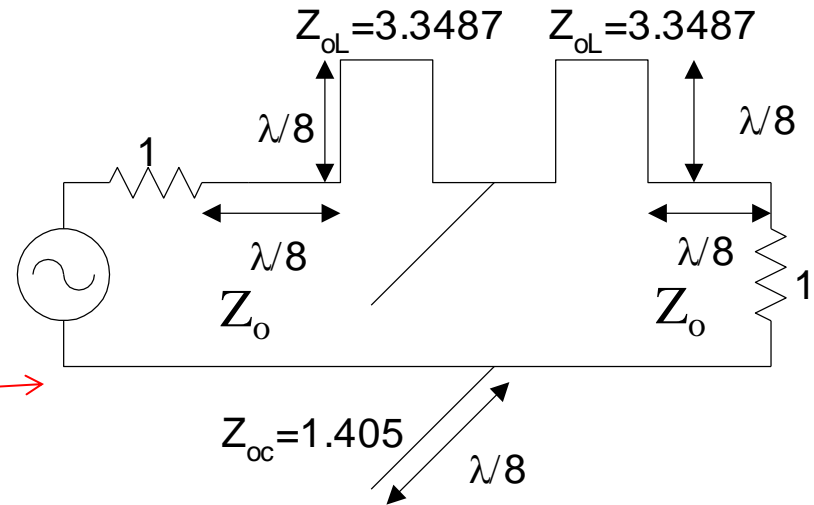
Bir alçak-geçiren süzgeci mikroşerit hat kullanarak gerçekleyiniz.
İstenen özellikler: kesme frekansı 4GHz , $N=3$, empedans $50\ \Omega$, ve 3 dB eş-salınım özelliği.

Chebyshev alçak geçiren prototip eleman değerleri

$$g_1=g_3= 3.3487 = L_1= L_3 , \quad g_2 = 0.7117 = C_2 , \quad g_4=1=R_L$$



Richard dönüşümleri ile

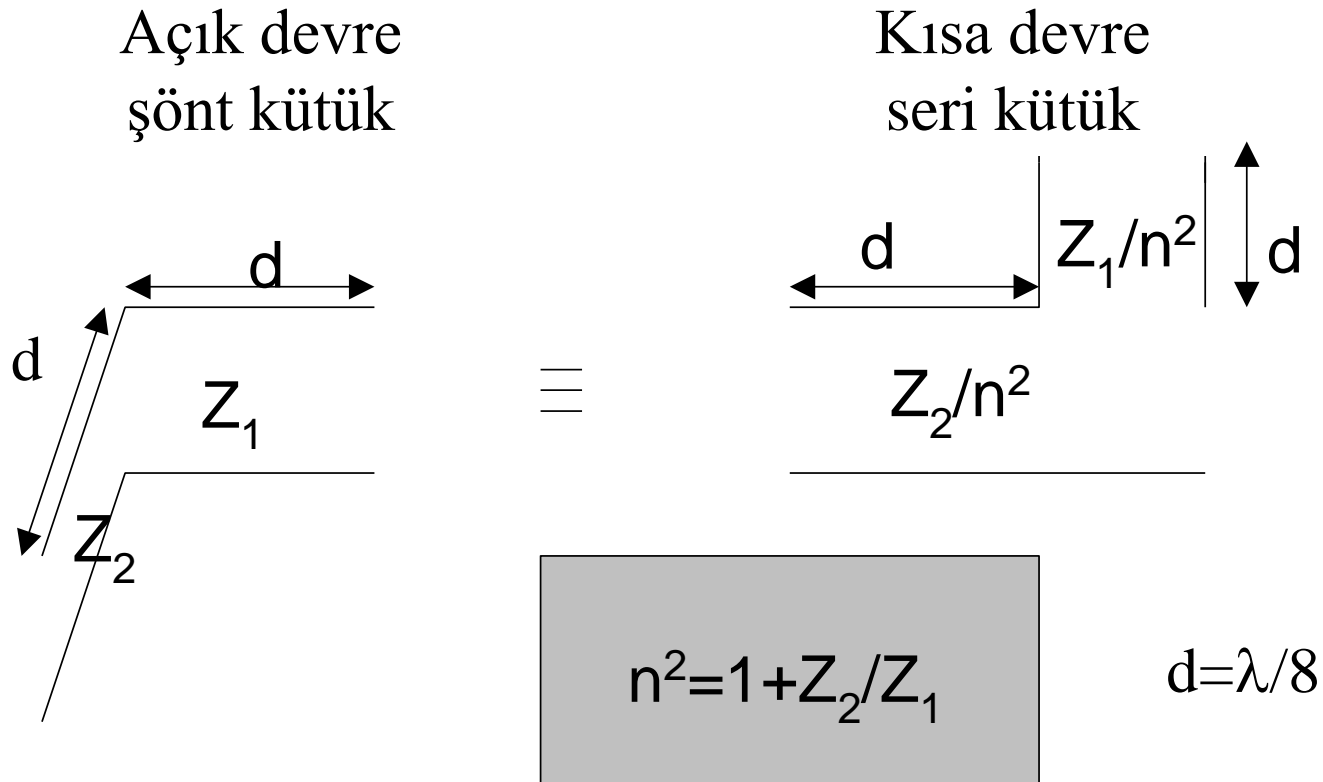


$$Z_{oL} = L = 3.3487 \quad \text{and} \quad Z_{oc} = 1/C = 1/0.7117 = 1.405$$

Hatırlayalım: Kuroda özdeşlikleri

Mikrişerit hatlarla seri kütük/saplama gerçeklemek zordur.

Kısa-devre seri kütükleri, Kuroda özdeşliği kullanılarak **açık devre şönt kütüklere** dönüştürebiliriz.



Kuroda özdeşlikleri kullanarak kısa-devre kütük \rightarrow açık-devre kütük

Dolayısı ile

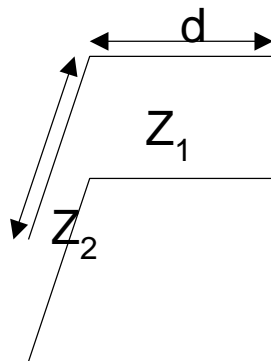
$$Z_1 / n^2 = Z_{oL} = 3.3487 \quad \text{ve} \quad Z_2 / n^2 = Z_o = 1 \quad \longrightarrow \quad \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{1}{3.3487}$$

böylece $n^2 = 1 + \frac{Z_2}{Z_1} = 1 + \frac{1}{3.3487} = 1.299$

Tekrar yerine konursa

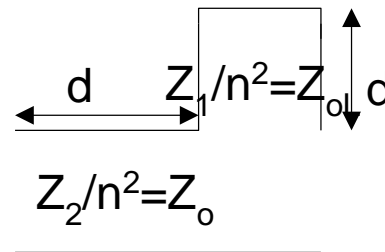
$$Z_1 = n^2 Z_{oL} = 1.299 \times 3.3487 = 4.35 \quad \text{ve} \quad Z_2 = Z_o n^2 = 1 \times 1.299 = 1.299$$

Açık devre şönt
kütük

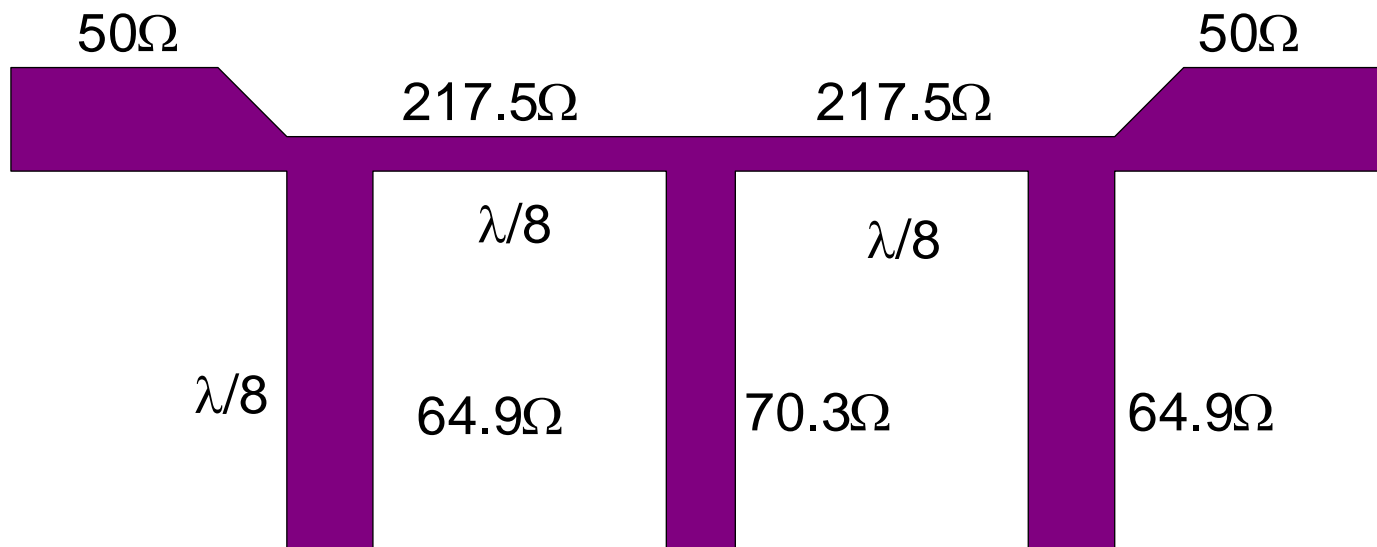
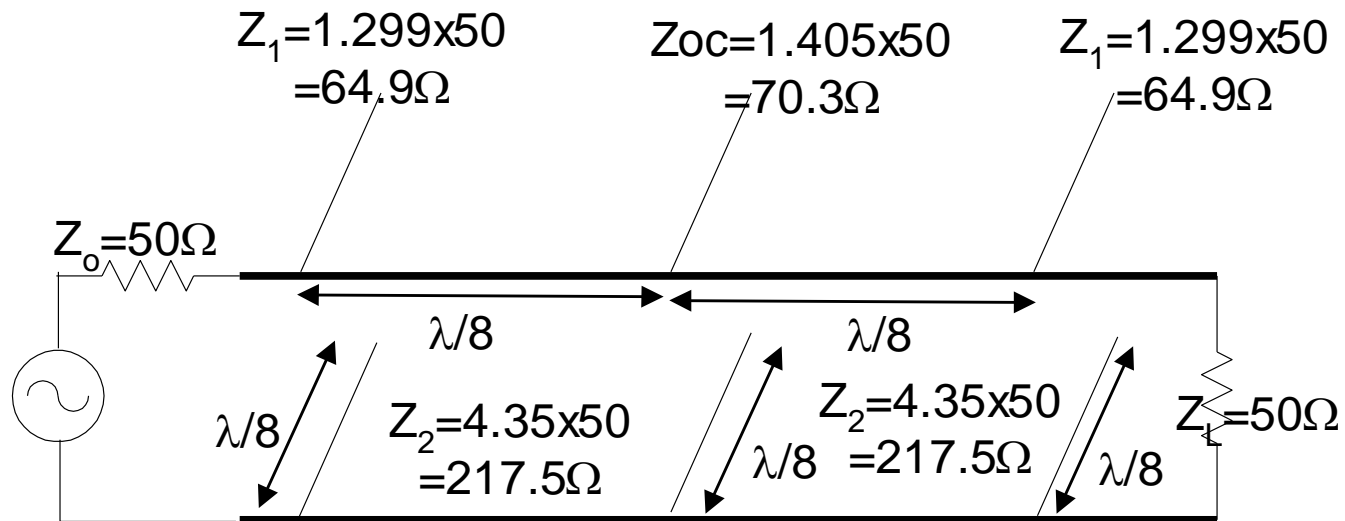


\equiv

Kısa devre seri
kütük

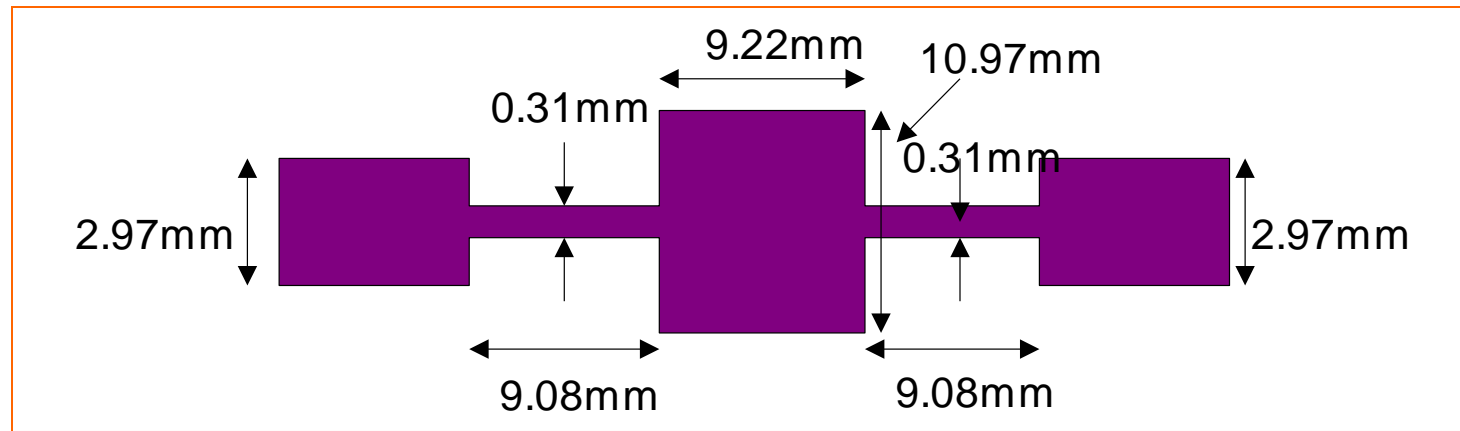


$$n^2 = 1 + Z_2 / Z_1$$



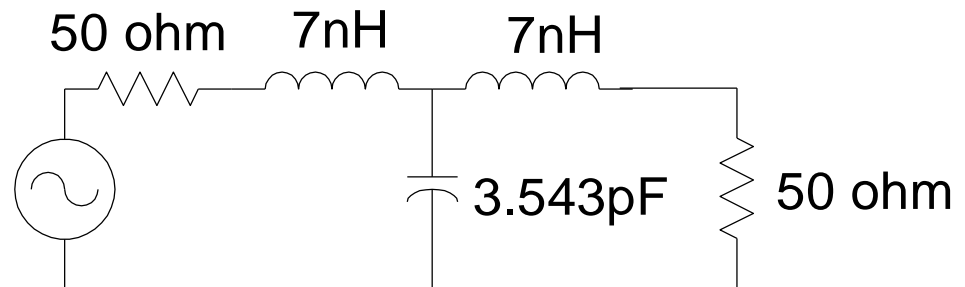
Seri-L / Şönt-C basamak yapılı süzgecin İletim Hattı gerçekleştirilmesi

Basamak yapılı bir süzgeç gerçekleştirilmesi

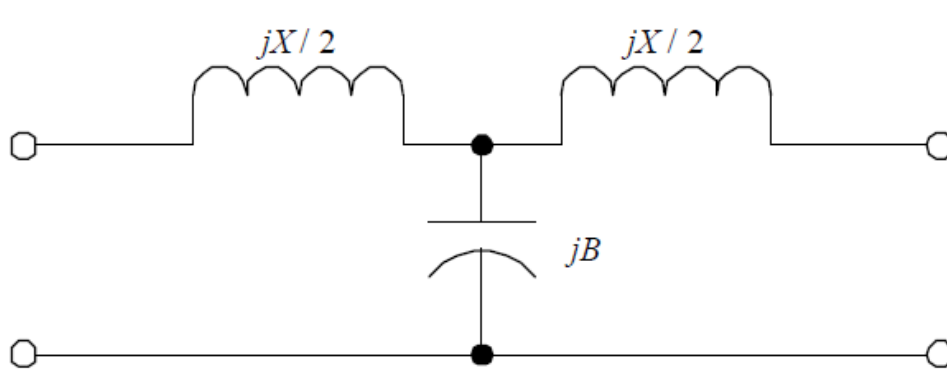


$$g_1 = g_3 = 0.8794$$

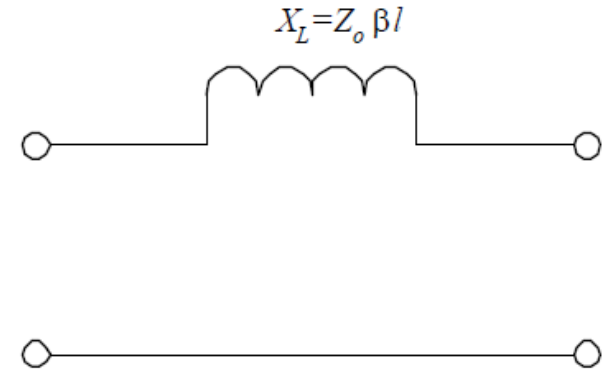
$$g_2 = 1.1132$$



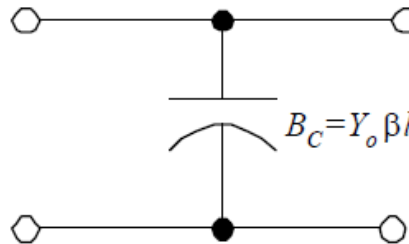
Seri-L / Şönt-C basamak yapılı süzgecin İletim Hattı gerçekleştirilmesi



T-Equivalent circuit for transmission line section
 $\beta l \ll \pi / 2$



Equivalent circuit for small βl and large Z_o



Equivalent circuit for small βl and small Z_o

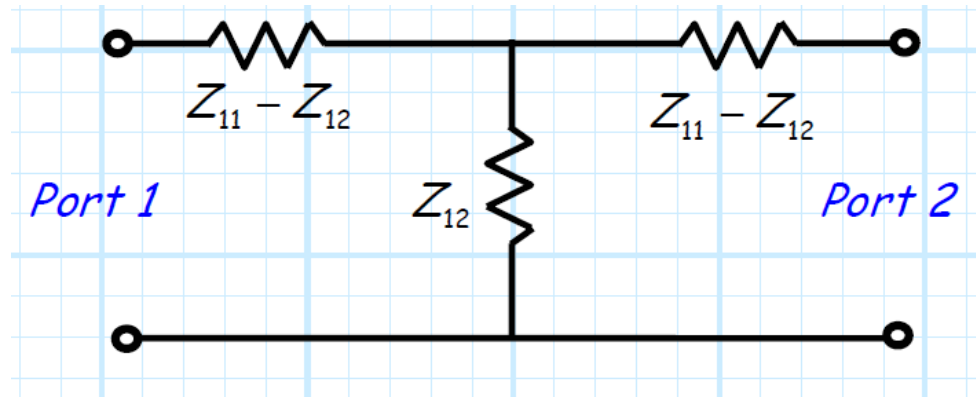
Kısa İH ($\beta l \ll 1$) eş-değer devrelerine bakılırsa,

- büyük öz-empedanslı hat → **seri L** gibi,
- küçük empedanslı hat → **şönt C** gibidir

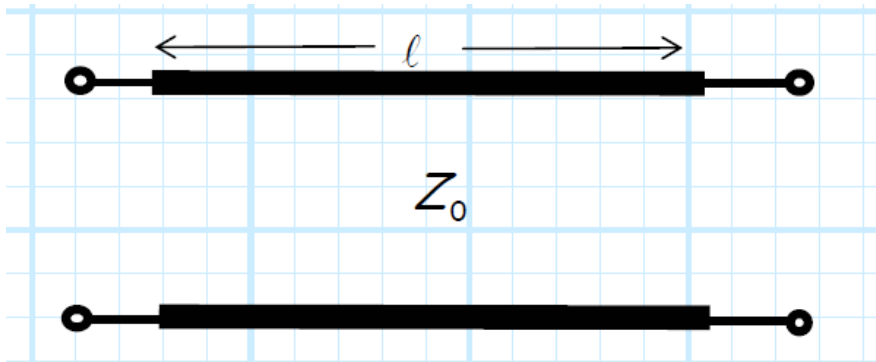
Basamak Yapılı Alçak Geçiren Süzgeç

Simetrik yapı, iki uçlu devre için empedans matrisi ve T-devresi ile gerçekleştirilmesi şöyledir;

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{12} & Z_{11} \end{bmatrix}$$



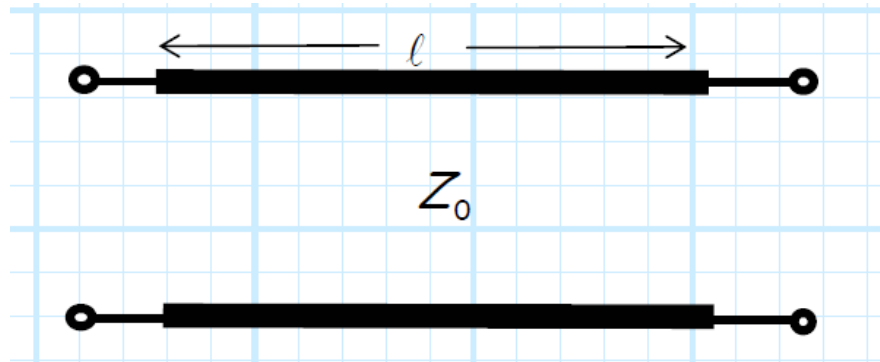
Aşağıdaki iletim hattı (l, Z_0) için



$$Z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0} = -jZ_0 \cot \beta l$$

$$Z_{12} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0} = -jZ_0 \csc \beta l$$

Kısa İletim Hattı için T-devresi



iletim hattı (l, Z_0)

βl küçük ($\beta l \ll 1$) ise,

$\sin(\beta l) \approx \beta l$; $\cos \beta l \approx 1$; \tan

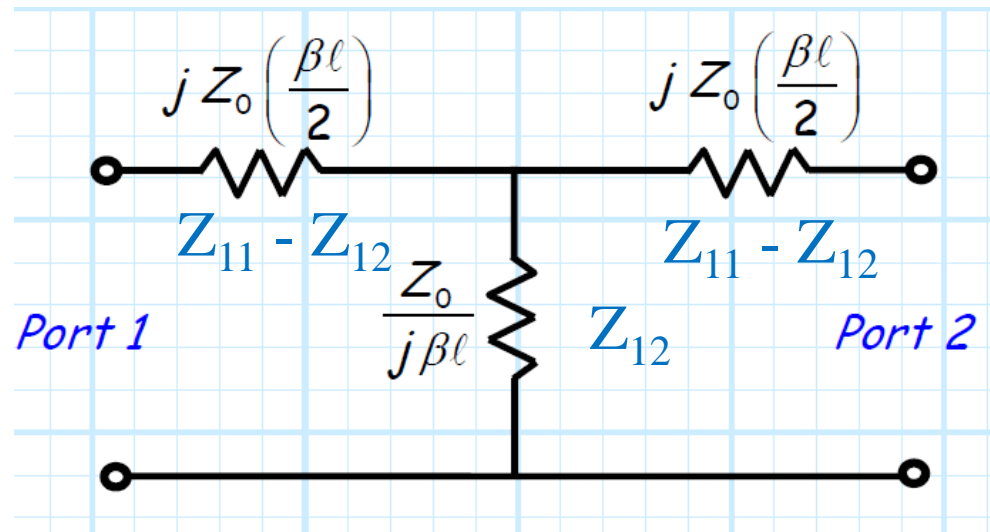
$$Z_{11} - Z_{12} \approx jZ_0 \left(\frac{\beta l}{2} \right)$$

$$Z_{12} = -jZ_0 \csc \beta l \approx \frac{Z_0}{j\beta l}$$

$$Z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0} = -jZ_0 \cot \beta l$$

$$Z_{12} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0} = -jZ_0 \csc \beta l$$

$$Z_{11} - Z_{12} = jZ_0 \tan \left(\frac{\beta l}{2} \right)$$



Kısa İletim Hattı için T-devresi

A - Büyük öz empedans, $Z_h \gg Z_0$;
Şönt dal için

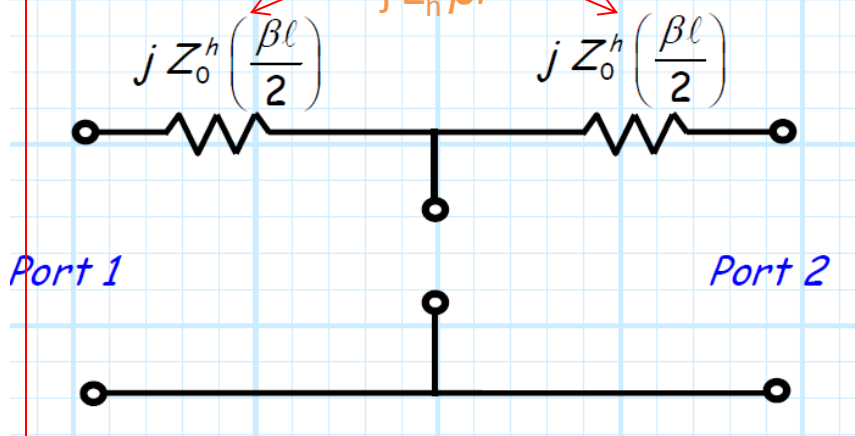
$$\frac{Z_h}{j\beta l} \approx \infty$$

Note that $\beta l \ll 1$ ve $Z_h \gg Z_0$.

→ Şönt dal açık devre gibi davranır

Eş-değ =

$$jZ_h\beta l$$

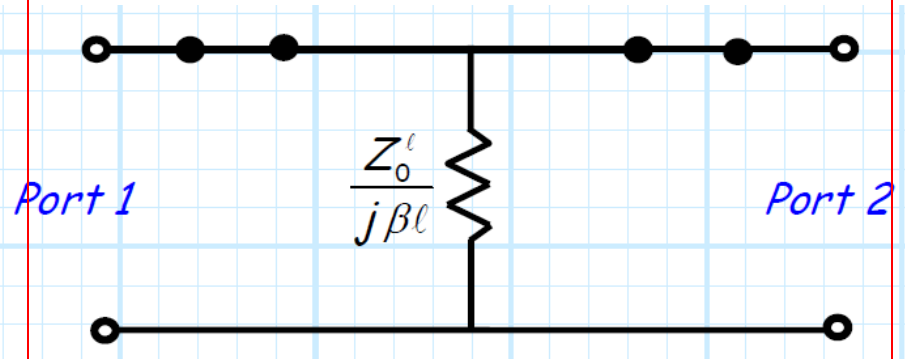


B - Küçük öz empedans, $Z_l \ll Z_0$;
seri empedanslar

$$jZ_0 \left(\frac{\beta l}{2}\right) \approx 0$$

Note that $\beta l \ll 1$ ve $Z_l \ll Z_0$. iki küçük değerın çarpımı ≈ 0 dır

→ seri elemanlar kısa devre gibi davranır



Kısa İletim Hattı için T-devresi

Prototip süzgeçteki L ler için $Z_h = Z_{high}$ ve C ler için ise $Z_l = Z_{low}$ kullanılabilir. Gerçeklenebilir en ince ve en kalın hatlar kullanılarak Z_h / Z_l olabildiğince yüksek tutulmaya çalışılır. Kesim frekansına yakın en iyi tepkeyi elde etmek için hat uzunlukları w_c göre hesaplanır. Hatların elektriksel uzunlukları şöyle bulunur,

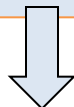
$$\beta l = \frac{LR_0}{Z_h} \quad , \text{ Endüktör için}$$

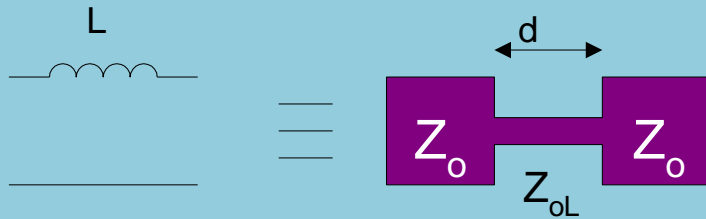
$$\beta l = \frac{CZ_l}{R_0} \quad , \text{ Sığa için}$$

Burada R_0 : süzgeç empedansı,

L,C: normalize edilmiş eleman değerleri (prototipteki g_k lar)

YA DA



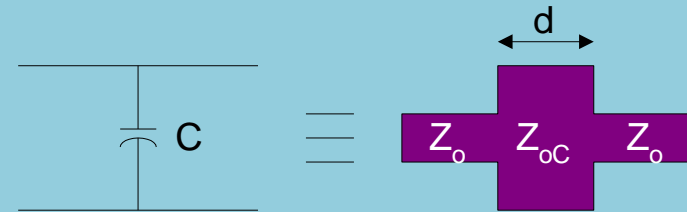


π -modeli (Uç/kenar sığalı)

$$d = \frac{\lambda_d}{2\pi} \sin^{-1} \left(\frac{\omega L}{Z_{oL}} \right)$$

$$C_{fL} = \frac{1}{Z_{oL} \omega} \tan \left(\frac{\pi d}{\lambda_d} \right)$$

Z_{oL} yüksek empedanslı olmalı
 L : endüktör



T-modeli (Uç/kenar endüktanslı)

$$d = \frac{\lambda_d}{2\pi} \sin^{-1} (\omega C Z_{oC})$$

$$L_{fC} = \frac{Z_{oC}}{\omega} \tan \left(\frac{\pi d}{\lambda_d} \right)$$

Z_{oC} düşük empedanslı olmalı
 C : sığa

Örnek #5

Örnek #2 de, kağıt üstünde 1GHz de 0.05dB salınımlı bir Chebyshev alçak-geçiren süzgeç tasarlandı. Bu süzgeci FR4 ($\epsilon_r=4.5$ h=1.5mm) devre tahtasında mikroşerit hatlar kullanarak gerçekleyelim

$$L_1 = L_3 = 7 \text{ nH}$$

$$C_2 = 3.543 \text{ pF}$$

$Z_{oL}=100\Omega$ ve $Z_{oC}=20\Omega$ olarak seçelim

$$\lambda_d = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{3 \times 10^8}{10^9 \sqrt{4.5}} = 14.14 \text{ cm}$$

Note: For more accurate calculate for difference Z_o

$$d_{1,3} = \frac{\lambda_d}{2\pi} \sin^{-1} \left(\frac{\omega L}{Z_{oL}} \right) = \frac{0.1414}{2\pi} \sin^{-1} \left(\frac{2\pi \times 10^9 \times 7 \times 10^{-9}}{100} \right) = 10.25 \text{ mm}$$

$$C_{fL} = \frac{1}{Z_{oL} \omega} \tan \left(\frac{\pi d}{\lambda_d} \right) = \frac{1}{100 \times 2\pi \times 10^9} \tan \left(\frac{\pi \times 0.01025}{\lambda 0.1414} \right) = 0.369 \text{ pF}$$

devam

$$C_2 = 3.543 pF$$

$$d_2 = \frac{\lambda_d}{2\pi} \sin^{-1}(\omega C Z_{oC}) = \frac{0.1414}{2\pi} \sin^{-1}(2\pi \times 10^9 \times 3.543 \times 10^{-12} \times 20) = 10.38 mm$$

$$L_{fC} = \frac{Z_{oC}}{\omega} \tan\left(\frac{\pi d}{\lambda_d}\right) = \frac{20}{2\pi \times 10^9} \tan\left(\frac{\pi \times 0.01038}{\lambda 0.1414}\right) = 0.75 nH$$

Yeni değerler $L_1=L_3 = 7nH-0.75nH= 6.25nH$ ve $C_2=3.543pF-0.369pF=3.174pF$

d_1, d_2 ve d_3 için düzeltilmiş değerler

$$d_{1,3} = \frac{0.1414}{2\pi} \sin^{-1}\left(\frac{2\pi \times 10^9 \times 6.25 \times 10^{-9}}{100}\right) = 9.08 mm$$

$$d_2 = \frac{0.1414}{2\pi} \sin^{-1}(2\pi \times 10^9 \times 3.17 \times 10^{-12} \times 20) = 9.22 mm$$

Yeterince kararlı çözümler için ek hesaplar gerekebilir

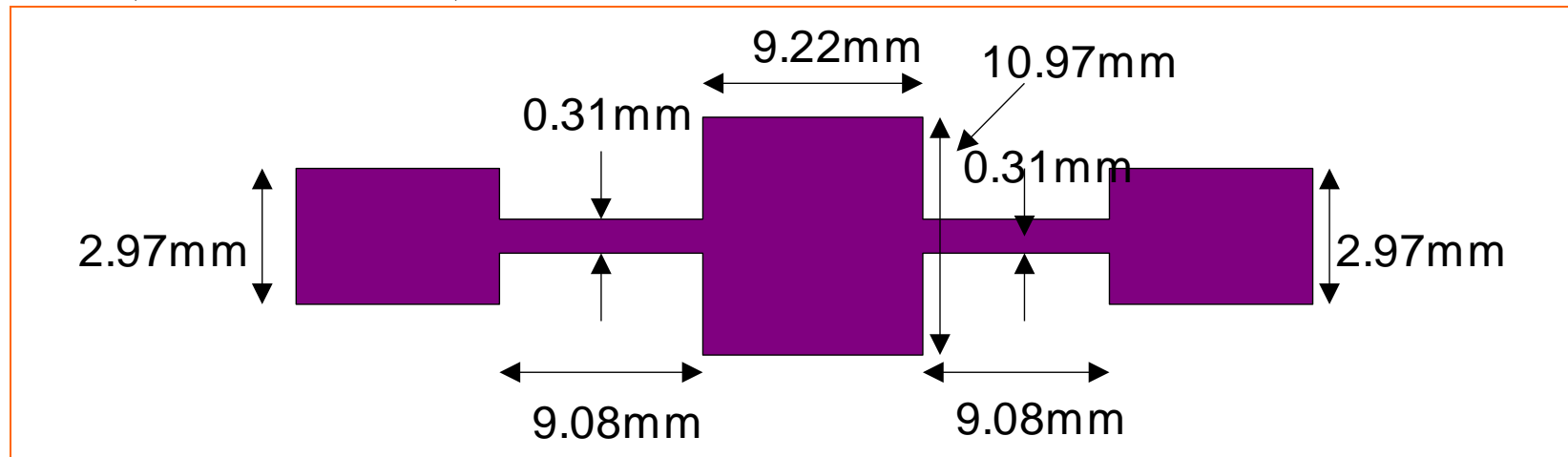
Şimdi mikroşerit genişliklerini şu bağıntı ile bulalım
(yaklaşık olarak)

$$Z_o = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r} \left(\frac{w}{h} - 1.57 \right)}$$

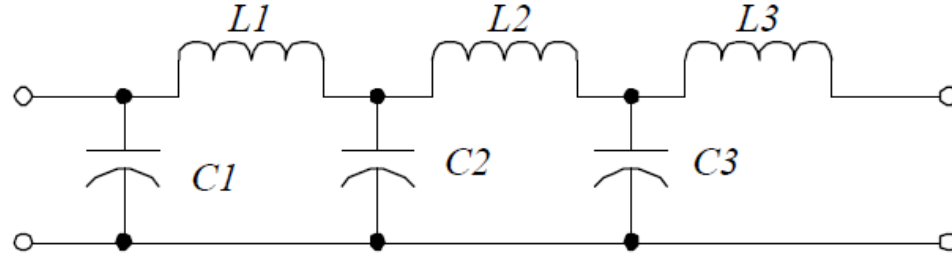
$$w_{100} = \left(\frac{377}{Z_{oL} \sqrt{\epsilon_r}} - 1.57 \right) h = \left(\frac{377}{100 \sqrt{4.5}} - 1.57 \right) 1.5 \text{mm} = 0.31 \text{mm}$$

$$w_{20} = \left(\frac{377}{Z_{oL} \sqrt{\epsilon_r}} - 1.57 \right) h = \left(\frac{377}{20 \sqrt{4.5}} - 1.57 \right) 1.5 \text{mm} = 10.97 \text{mm}$$

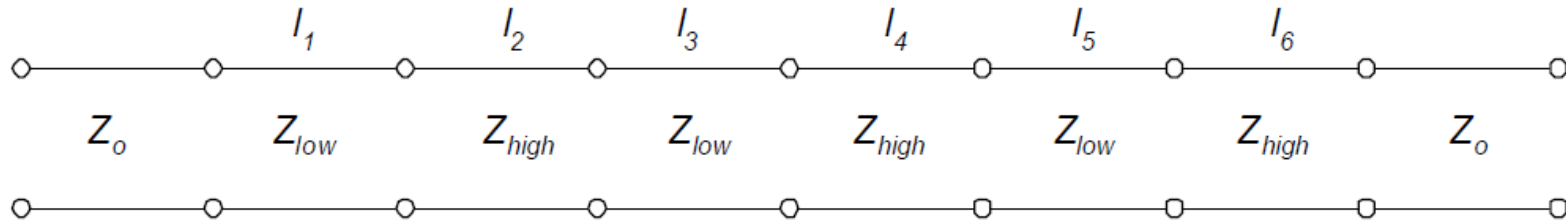
$$w_{50} = \left(\frac{377}{Z_{oL} \sqrt{\epsilon_r}} - 1.57 \right) h = \left(\frac{377}{50 \sqrt{4.5}} - 1.57 \right) 1.5 \text{mm} = 2.97 \text{mm}$$



Basamak Yapılı Süzgeçler : Özet



6th Order Low-Pass Filter Prototype



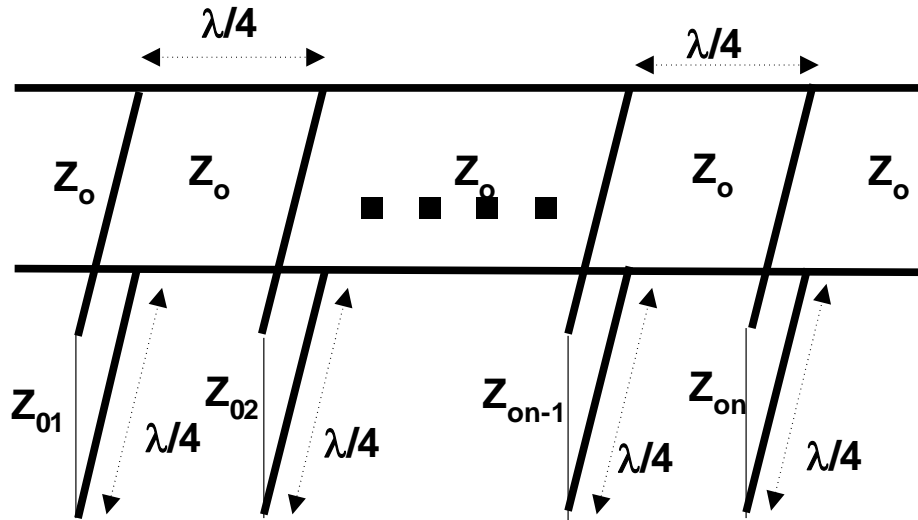
Stepped Impedance Implementation



- Tasarımı oldukça kolay, ancak diğer yapılara göre başarımı kötüdür; o nedenle istenmeyen bant-dışı sinyallerin süzülmesinde kullanılır

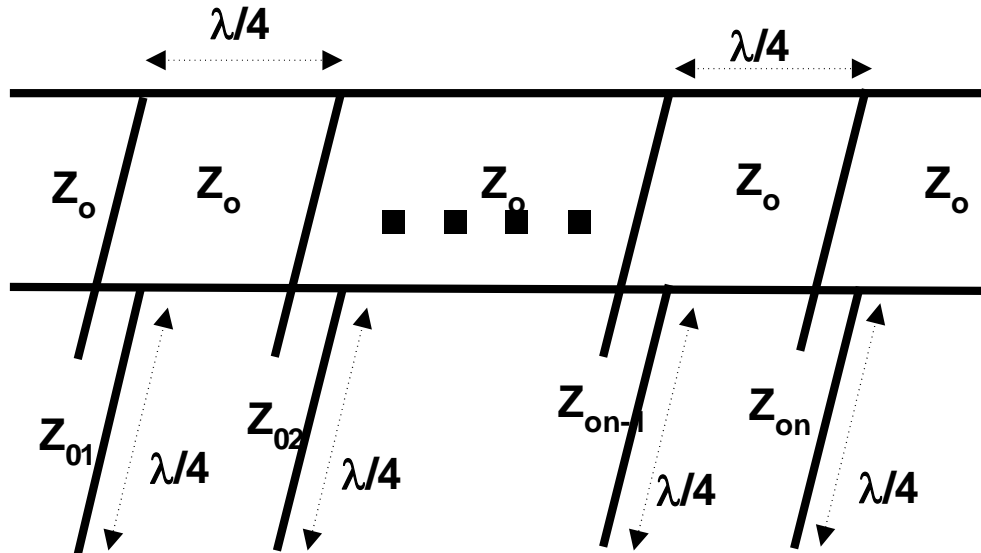
Çeyrek dalga boyu kütükler ile bant-geçiren ve bant-durduran süzgeç tasarımları

Bant-geçiren



$$Z_{on} = \frac{\pi Z_o \Omega}{4 g_n}$$

Bant-durduran



$$Z_{on} = \frac{4 Z_o}{\pi \Omega g_n}$$

max / min empedans orta frekans için hesaplanır

Örnek #6

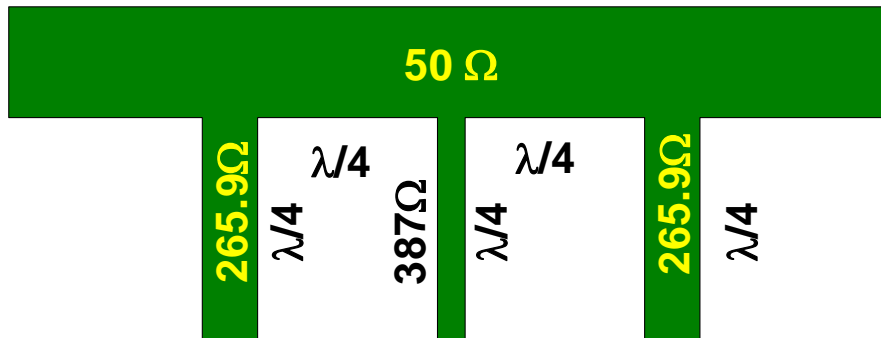
3 adet $\lambda/4$ açık-devre kütükler kullanarak 0.5dB eş-salınımlı bant-durduran süzgeç tasarlayalım: orta frekans 2GHz , bant genişliği 15%, ve empedan 50W olsun.

Tablodan $g_0=1$, $g_1=1.5963$, $g_2=1.0967$, $g_3=1.5963$, $g_4=1$ and $\Omega=0.1$

$$Z_{o1} = Z_{o3} = \frac{4 \times 50}{\pi \times 0.15 \times 1.5963} = 265.9\Omega$$

$$Z_{o2} = \frac{4 \times 50}{\pi \times 0.15 \times 1.0967} = 387\Omega$$

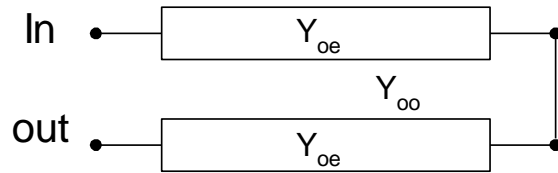
$$\text{note : } Z_{on} = \frac{4 Z_o}{\pi \Omega g_n}$$



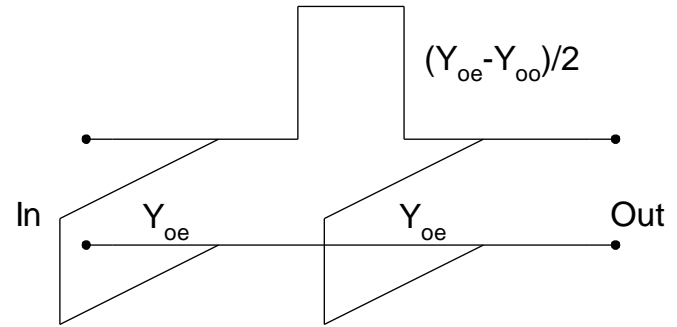
Dikkat: öz-empedans $> 150\Omega$
Mikroşerit veya şerit hat
gerçeklemek zordur

Kuplajlı Süzgeçler: Bant-geçiren

L yerine, dağıtılmış endüktör ($< \lambda/4$) kullanılabilir

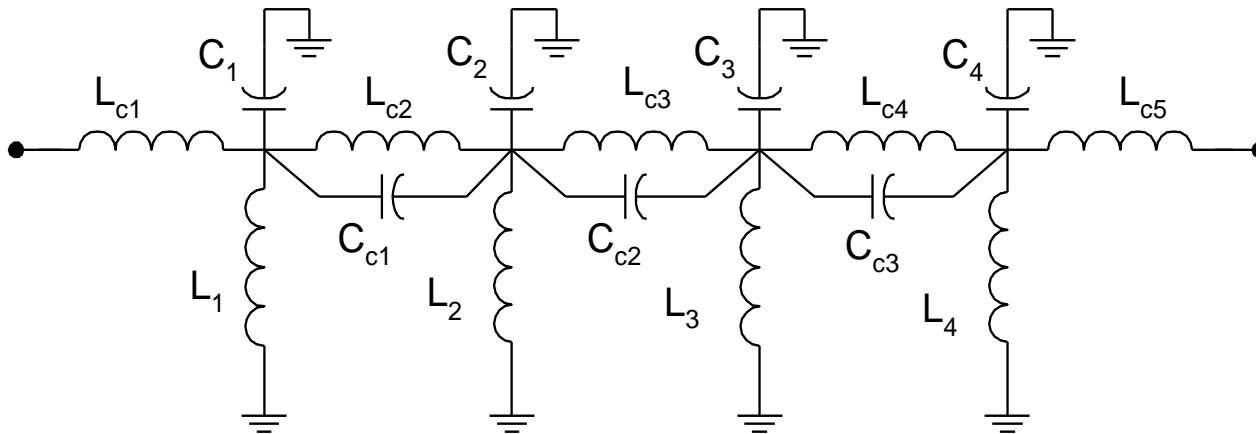


Kuplaj hattı

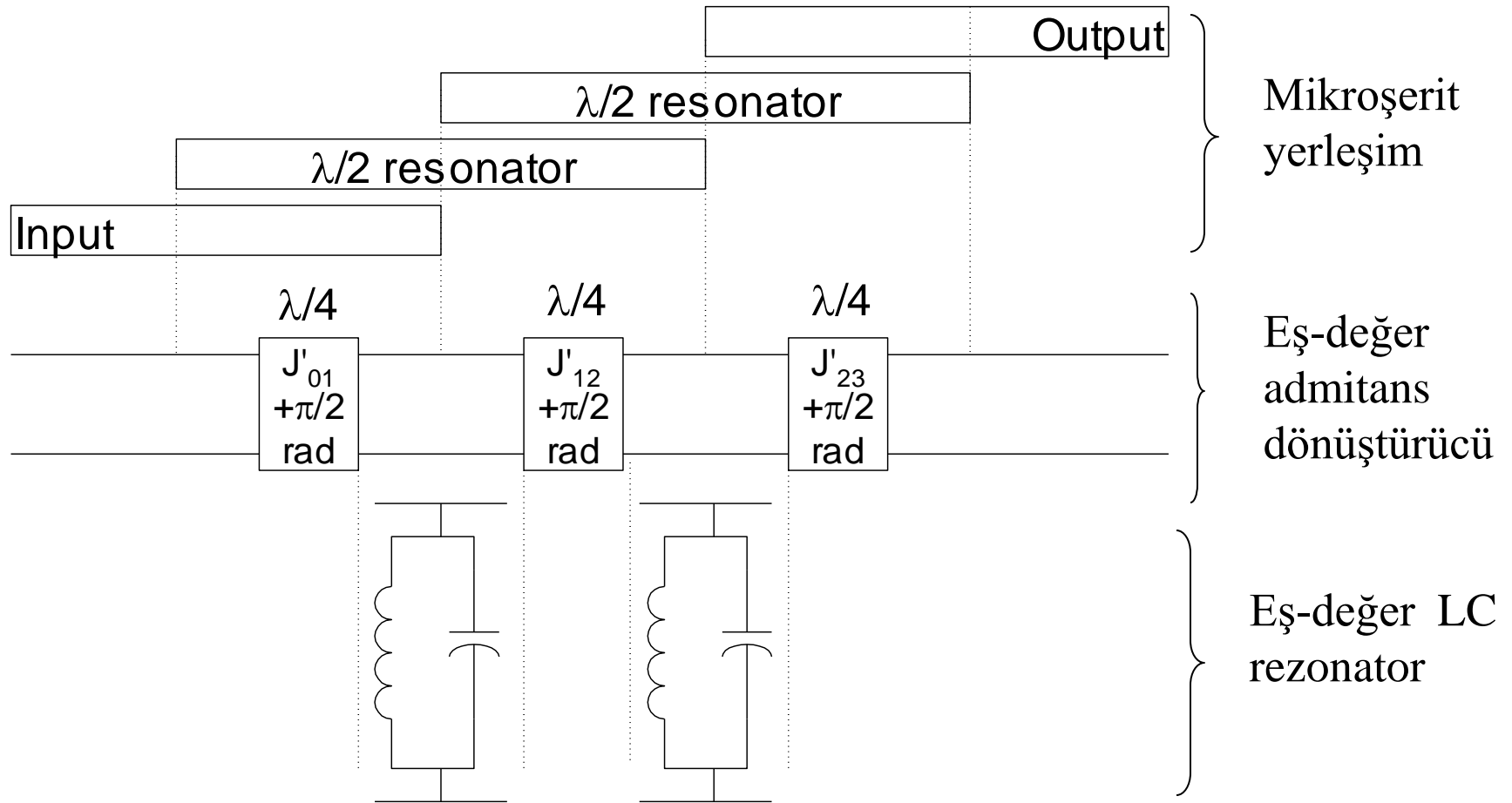


Eşdeğer iletim hattı devresi

Ayrıntılı eş-değer devre



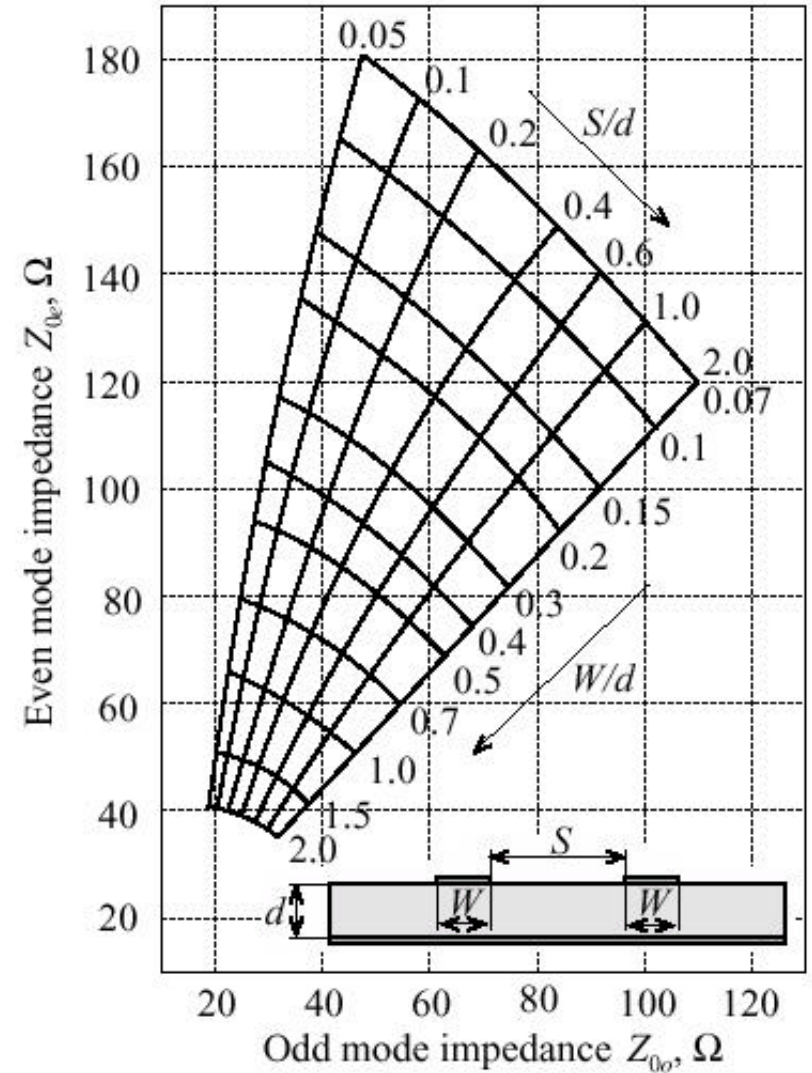
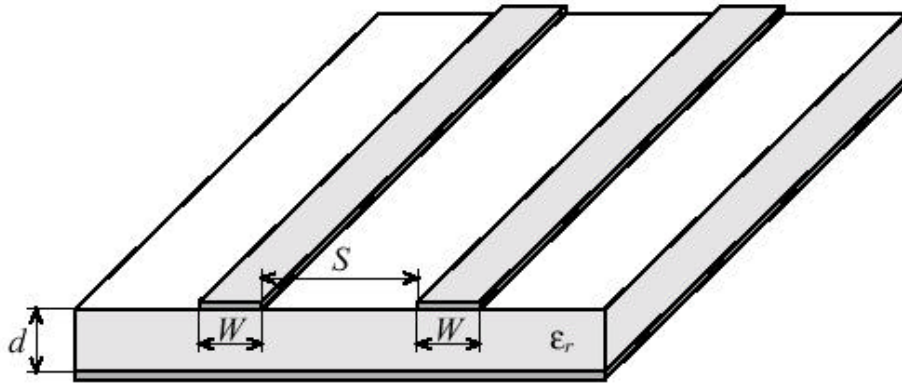
Kuplajlı Süzgeçler: Bant-geçiren



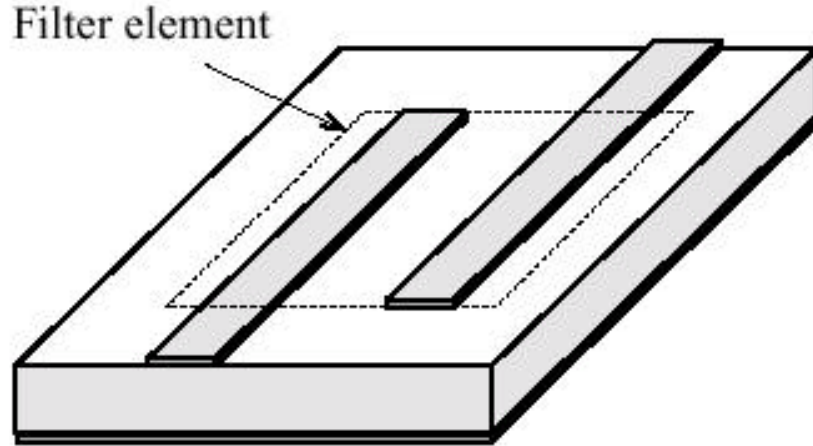
Kuplajlı Süzgeçler: Bant-geçiren

Tek ve çift kip uyartım sonucu

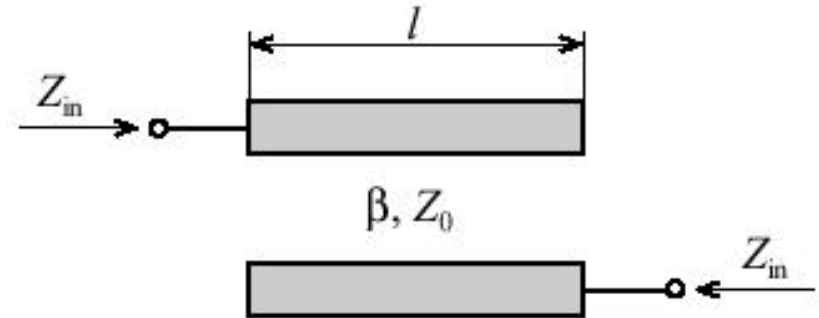
$$Z_{0e} = \frac{1}{u_{fe}C_e}; Z_{0o} = \frac{1}{u_{fo}C_{od}};$$



Bant-geçiren Süzgeç elemanı



(a) Arrangement of two microstrip lines

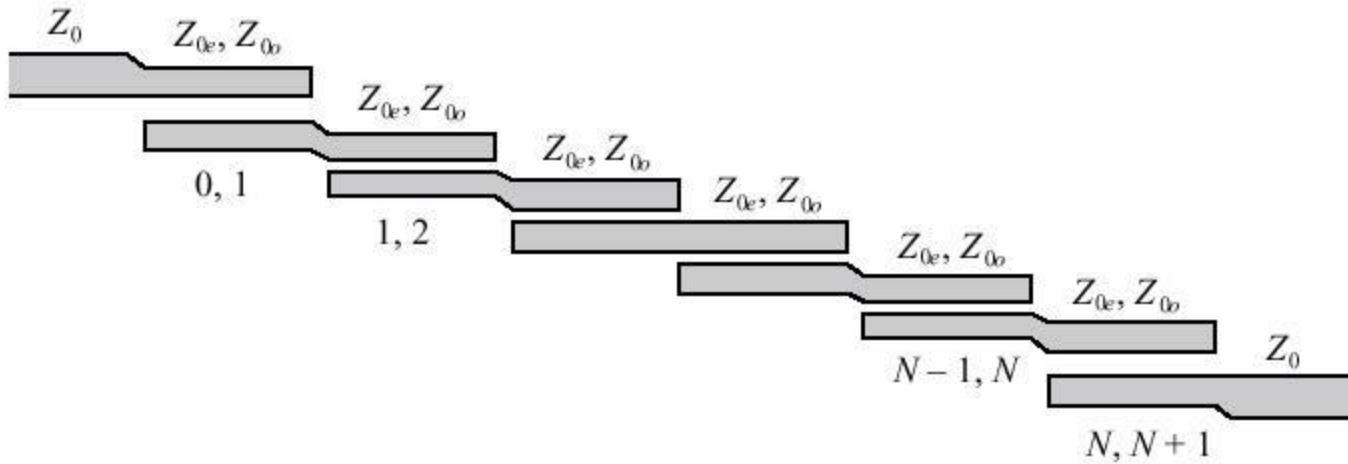


(b) Transmission line representation

Tek ve çift kip uyartım sonucu

$$Z_{in} = \frac{1}{2 \sin(\beta l)} \sqrt{(Z_{0e} - Z_{0o})^2 - (Z_{0e} + Z_{0o})^2 \cos^2(\beta l)}$$

Bant-geçiren Süzgeç elemanı



Te

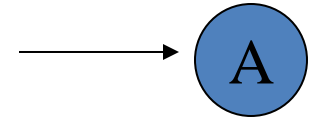
$$Z_{in} = \frac{1}{2 \sin(\beta l)} \sqrt{(Z_{0e} - Z_{0o})^2 - (Z_{0e} + Z_{0o})^2 \cos^2(\beta l)}$$

Gerekli admitans evireci parametreleri

Eyükseğe oranlı evirici parametreleri şöyle bulunur

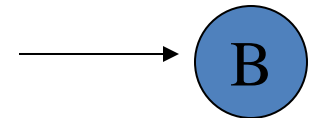
$$J'_{01} = \left\{ \frac{\pi \Omega}{2g_0g_1} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

burada $\Omega = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_o}$



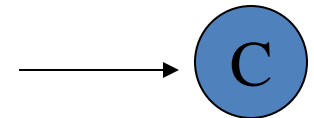
$$J'_{k,k+1} = \frac{\pi \Omega}{2} \times \frac{1}{\sqrt{g_k g_{k+1}}}$$

for $k = 1, 2, \dots, n-1$

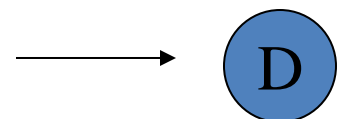


$$J'_{n,n+1} = \left\{ \frac{\pi \Omega}{2g_n g_{n+1}} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$n = \text{no. of sections}$

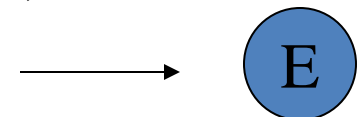


$$Z_{oe,k,k+1} = Z_o \left[1 + J'_{k,k+1} + J'^2_{k,k+1} \right]$$



where $J'_{k,k+1} = J_{k,k+1} Z_o$

$$Z_{oo,k,k+1} = Z_o \left[1 - J'_{k,k+1} + J'^2_{k,k+1} \right]$$



Örnek #7

$\epsilon_r=10$ and $h=1\text{mm}$ olan bir devre tahtası kullanarak $n=3$ ve 0.5dB eş-salınımlı kuplaj hatlı bir bant-geçiren süzgeç tasarlayınız. Orta frekans 2GHz , bant genişliği 10% ve $Z_0=50\Omega$ dır.

tablodan $g_0=1$, $g_1=1.5963$, $g_2=1.0967$, $g_3=1.5963$, $g_4=1$ and $\Omega=0.1$ yazabiliriz

$$\text{A} \longrightarrow J'_{01} = \left\{ \frac{\pi \Omega}{2g_0g_1} \right\}^{\frac{1}{2}} = \left\{ \frac{\pi \times 0.1}{2 \times 1 \times 1.5963} \right\}^{\frac{1}{2}} = 0.3137$$

$$\text{C} \longrightarrow J'_{3,4} = \left\{ \frac{\pi \Omega}{2g_3g_4} \right\}^{\frac{1}{2}} = \left\{ \frac{\pi \times 0.1}{2 \times 1.5963 \times 1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 0.3137$$

$$\text{D} \longrightarrow Z_{oe,0,1} = Z_{oe,3,4} = 50 \left[1 + 0.3137 + 0.3137^2 \right] = 70.61\Omega$$

$$\text{E} \longrightarrow Z_{oo,0,1} = Z_{oo,3,4} = 50 \left[1 - 0.3137 + 0.3137^2 \right] = 39.24\Omega$$

$$\textcircled{B} \longrightarrow J'_{1,2} = \frac{\pi \Omega}{2} \times \frac{1}{\sqrt{g_1 g_2}} = \frac{\pi \times 0.1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{1.5963 \times 1.0967}} = 0.1187$$

$$\textcircled{B} \longrightarrow J'_{2,3} = \frac{\pi \Omega}{2} \times \frac{1}{\sqrt{g_2 g_3}} = \frac{\pi \times 0.1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{1.0967 \times 1.5963}} = 0.1187$$

$$\textcircled{D} \longrightarrow Z_{oe,1,2} = Z_{oe,2,3} = 50 \left[1 + 0.1187 + 0.1187^2 \right] = 56.64 \Omega$$

$$\textcircled{E} \longrightarrow Z_{oo,1,2} = Z_{oo,2,3} = 50 \left[1 - 0.1187 + 0.1187^2 \right] = 44.77 \Omega$$

Gereken rezonatör

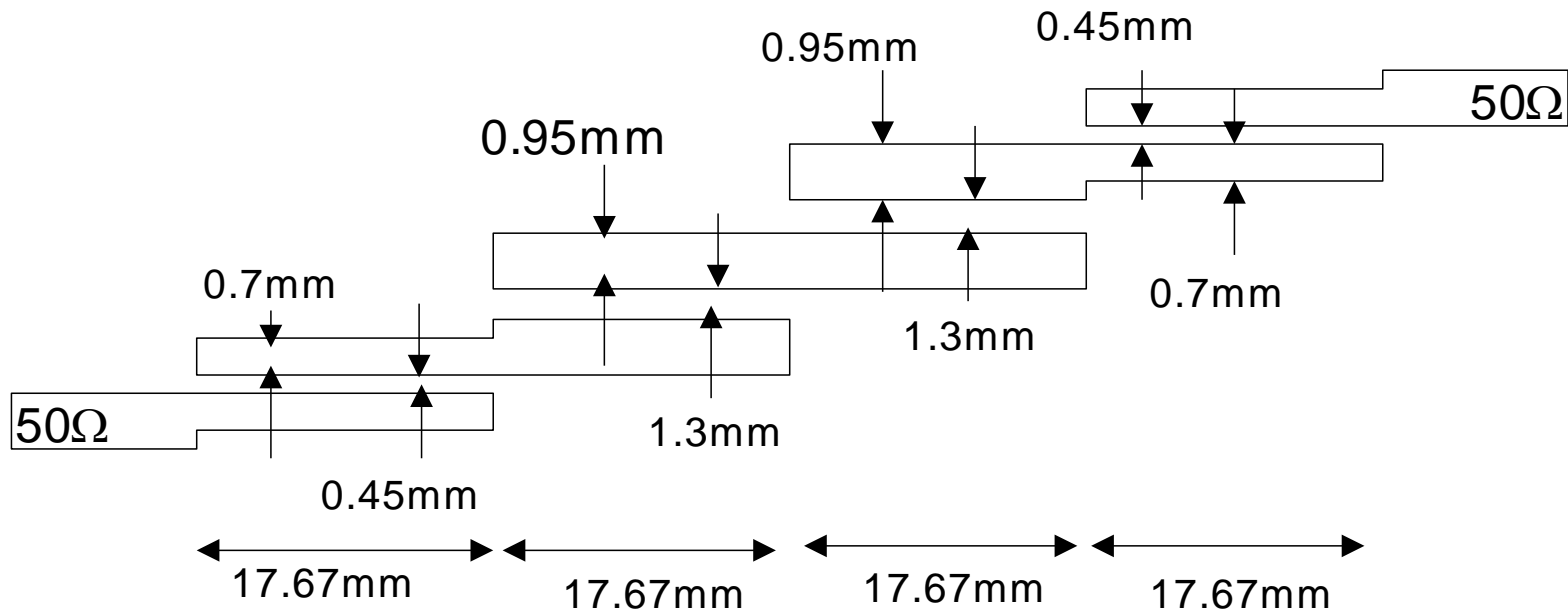
$$\lambda_r / 4 = \frac{3 \times 10^8}{2f \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{3 \times 10^8}{4 \times 2 \times 10^9 \sqrt{10}} = 0.01767 m$$

$\epsilon_r=10$ için gereken s/h ve w/h mikroşerit değerleri grafiklerden (Fig 7.30 Pozar sayfa388) belirlenebilir.

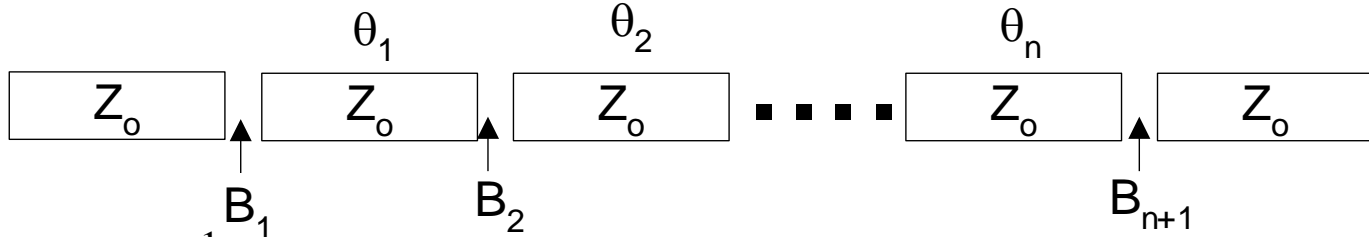
grafiklerden

Basamak 1 ve 4 $s/h=0.45 \rightarrow s=0.45\text{mm}$ ve $w/h=0.7 \rightarrow w=0.7\text{mm}$

Basamak 2 ve 3 $s/h=1.3 \rightarrow s=1.3\text{mm}$ ve $w/h=0.95 \rightarrow w=0.95\text{mm}$



Sığa Kuplajlı bant-geçiren süzgeç



$$J'_{01} = \left\{ \frac{\pi \Omega}{2g_0g_1} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Burada $\Omega = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_o}$

$$J'_{k,k+1} = \frac{\pi \Omega}{2} \times \frac{1}{\sqrt{g_k g_{k+1}}}$$

for $k = 1, 2, \dots, n-1$

$$J'_{n,n+1} = \left\{ \frac{\pi \Omega}{2g_n g_{n+1}} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$n = \text{no. of sections}$

$$B_i = \frac{J_i}{1 - (Z_o J_i)^2}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

$$\theta_i = \pi + \frac{1}{2} \left[\tan^{-1}(2Z_o B_i) \right] + \frac{1}{2} \left[\tan^{-1}(2Z_o B_{i+1}) \right]$$

Örnek #8

Design a band-pass filter using capacitive coupled resonators , with a 0.5dB equal-ripple pass-band characteristic . The center frequency is 2GHz, the bandwidth is 10%, and the impedance 50W. At least 20dB attenuation is required at 2.2GHz.

First , determine the order of filter, thus calculate

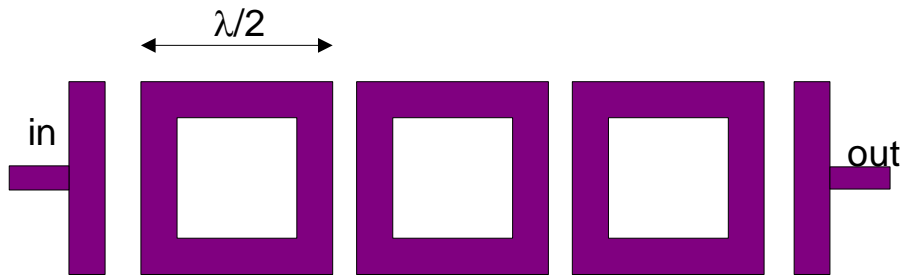
$$\frac{1}{\Omega} \left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega} \right) = \frac{1}{0.1} \left(\frac{2.2}{2} - \frac{2}{2.2} \right) = 1.91^{\text{prototype}} \rightarrow \left| \frac{\omega}{\omega_c} \right| - 1 = 1.91 - 1 = 0.91$$

From Pozar ,Fig 8.27 pg 453 , we have N=3

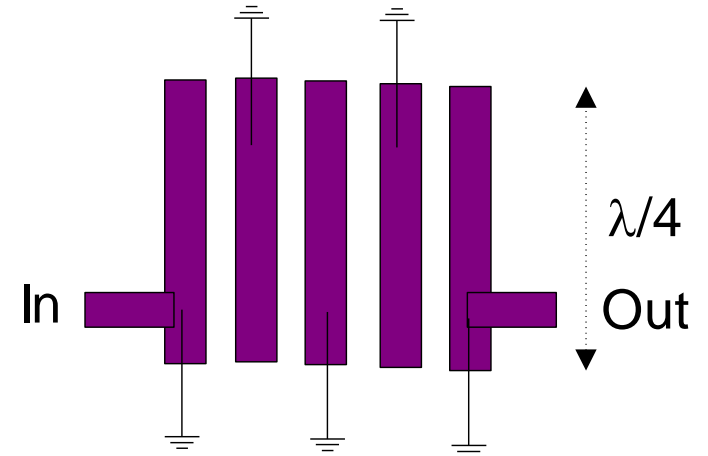
n	g_n	$Z_o J_n$	B_n	C_n	θ_n
1	1.5963	0.3137	6.96×10^{-3}	0.554pF	155.8°
2	1.0967	0.1187	2.41×10^{-3}	0.192pF	166.5°
3	1.0967	0.1187	2.41×10^{-3}	0.192pF	155.8°
4	1.0000	0.3137	6.96×10^{-3}	0.554pF	-

Diğer mikroşerit süzgeç biçimleri

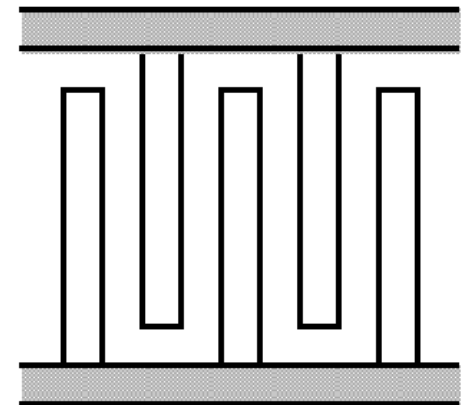
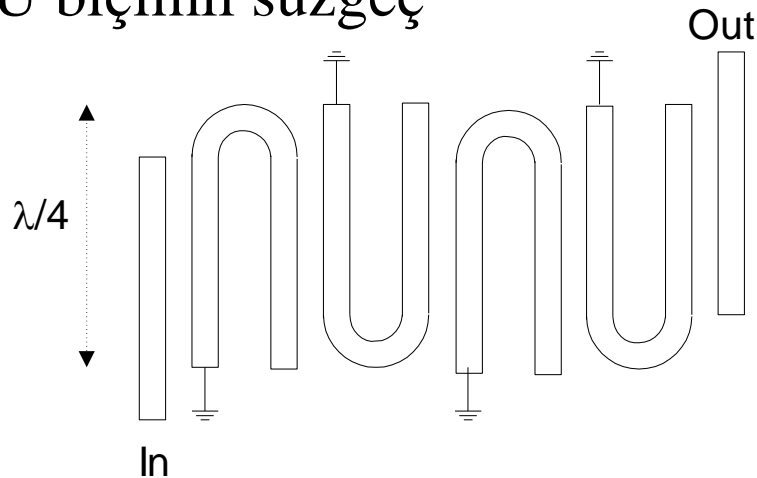
Dikdörtgensel rezonatör fsüzgeç



parmak-arası süzgeç

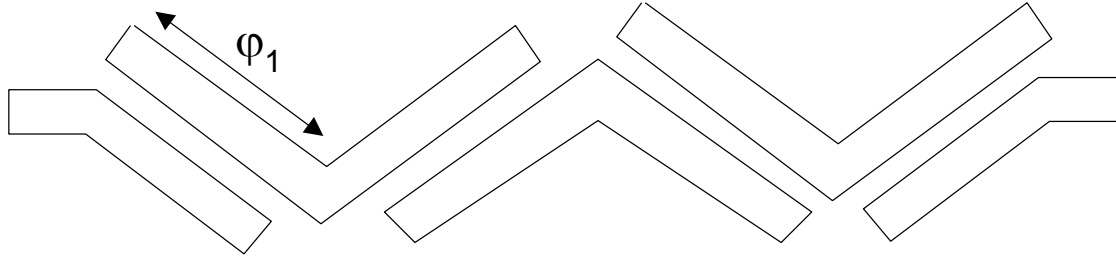


U biçimli süzgeç

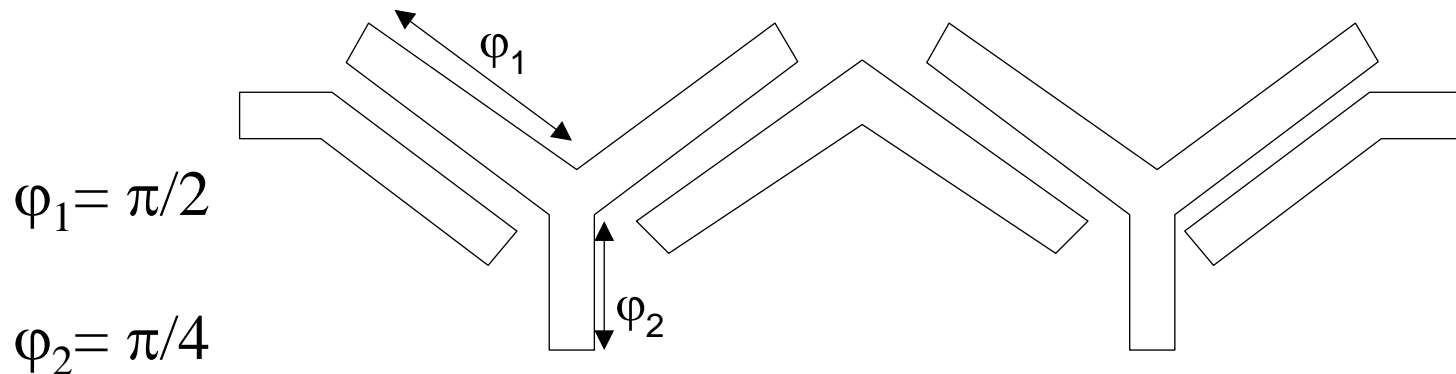


Kıvrımlı kuplaj süzgeç

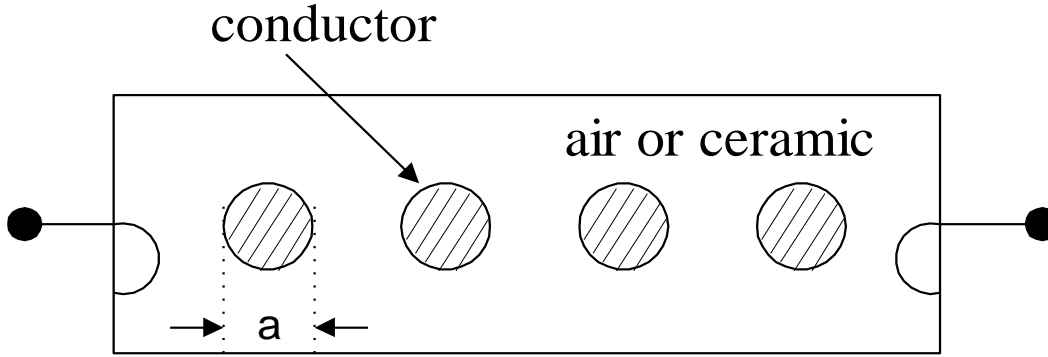
Tasarımı benzer, yalnızca az yer kaplaması için geliştirilmiş bir yerleşim.



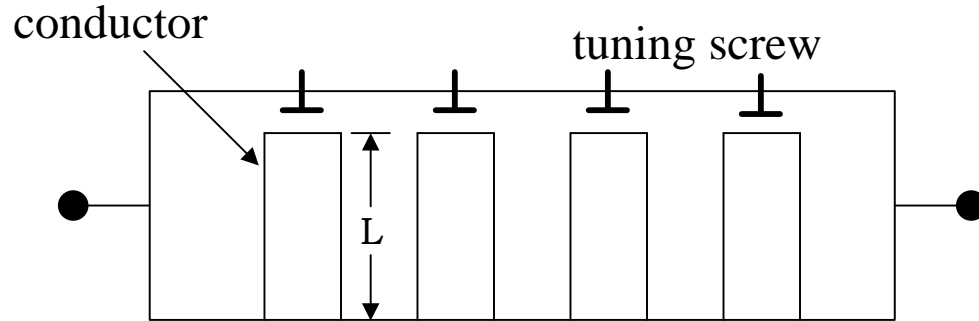
2. Ve 3. harmonikleri bastırmak için değiştirilmiş kıvrımlı süzgeç: $\lambda/8$ lik kütükler eklenmiş.



Tarak Süzgeç



Şekil (a) üstten görünüm



Şekil (b) yandan görünüm

Dalga Kılavuzu Süzgeci

