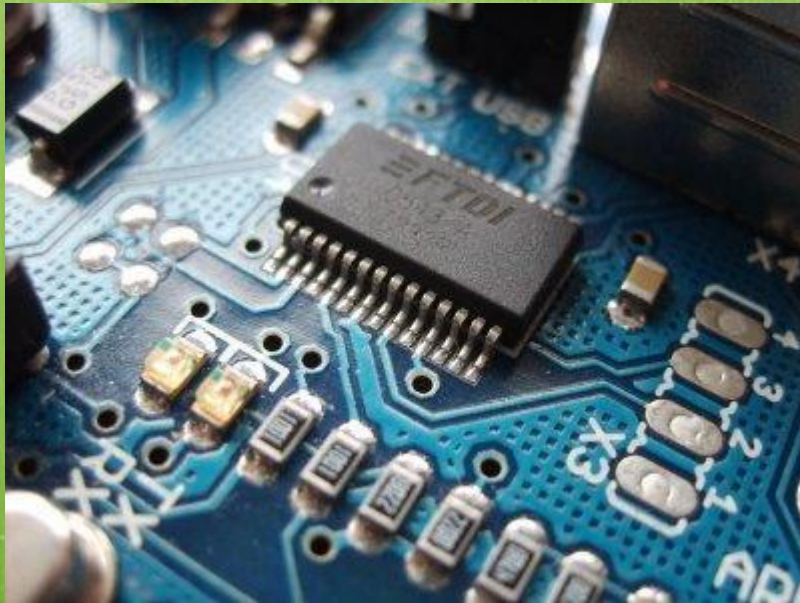
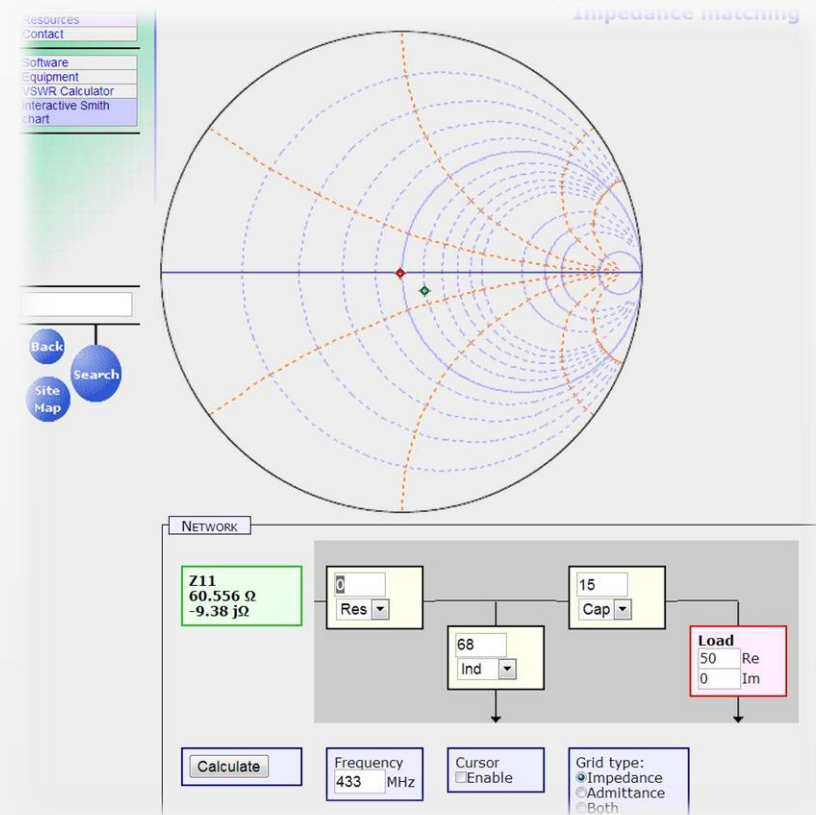


DTG2D3

# ELEKTRONIKA TELEKOMUNIKASI



## MATCHING IMPEDANCE NETWORK



By : Dwi Andi Nurmantris



PENDAHULUAN

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

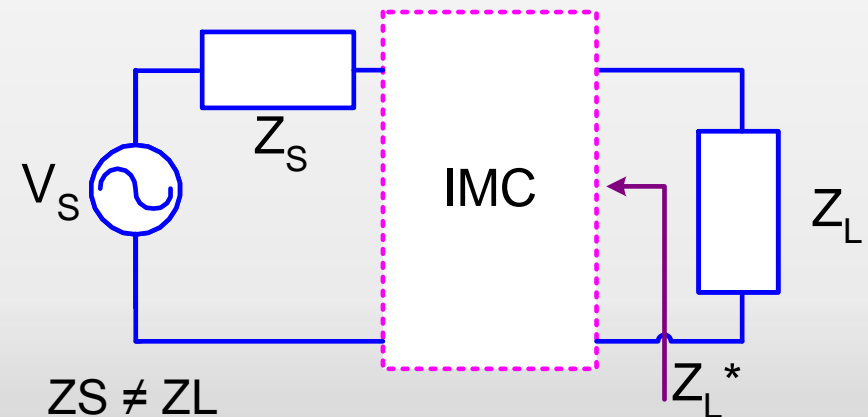
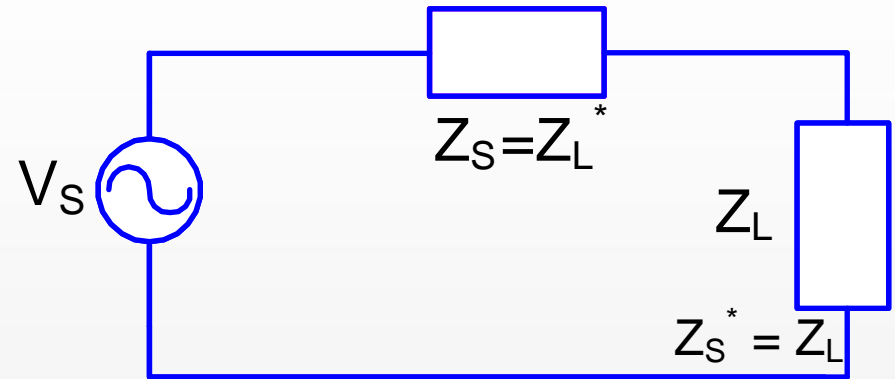
Apa Fungsi matching impedance network (IMC)???

- Digunakan untuk menghasilkan impedansi yang tampak sama dari impedansi beban maupun impedansi sumber agar terjadi transfer daya maksimum. Penyesuaian impedansi ini hanya dapat diaplikasikan pada rangkaian dengan sumber AC.

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

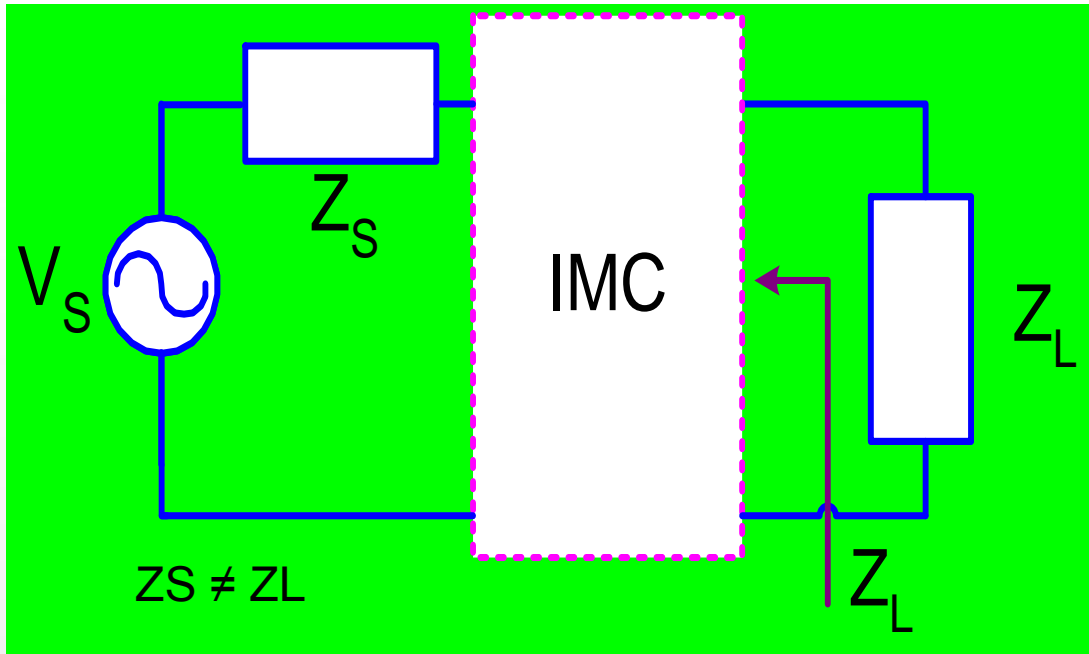
## Konsep IMC → 1. Transfer Daya Maksimum (Konjugate Match)

- Daya akan sampai ke  $Z_L$  dengan maksimum jika  $Z_S = Z_L^*$  atau  $Z_L = Z_S^*$
- Dimana :  $Z_S = R_S + jX_S$  dan  $Z_L = R_L + jX_L$
- Bagaimana jika  $Z_S \neq Z_L^*$ ?
- Maka tidak akan terjadi transfer daya maksimum, sehingga diperlukan rangkaian penyesuai impedansi (Impedance Matching Circuit = IMC).



# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

Konsep IMC  $\rightarrow$  2. Koefisien pantul  $\Gamma=0, Z_L = Z_S$



- Sinyal akan sampai ke  $Z_L$  tanpa cacat akibat pantulan, jika  $Z_S = Z_L$
- IMC disini berfungsi membuat supaya  $\Gamma=0$ .
- Dalam pembahasan pada bab ini, yang lebih banyak kita diskusikan IMC yang bertujuan agar terjadi transfer daya maksimal (konjugate match)

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## Jenis – jenis matching impedance network

1. Penyesuai impedansi bentuk L (2 elemen)
2. Penyesuai Impedansi bentuk T atau  $\Pi$  (3 elemen)
3. Penyesuai Impedansi multi-elemen (wideband, Low-Q)

### Diselesaikan dengan :

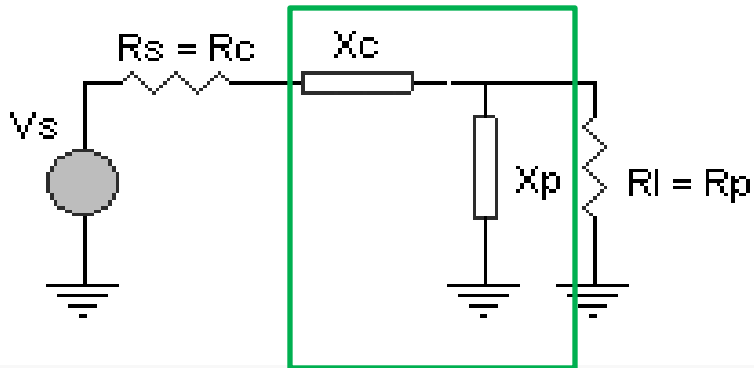
- Perhitungan matematis (Review dari MK Teknik Saluran Transmisi)
- Dengan bantuan Smith Chart (Fokus Kita)



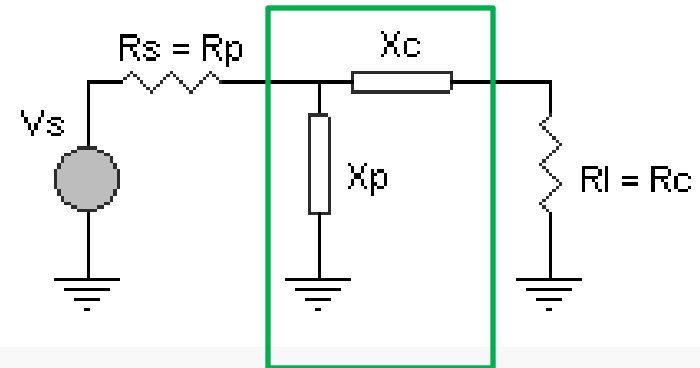
# L-Network IMC

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## L- Network Matching Impedance

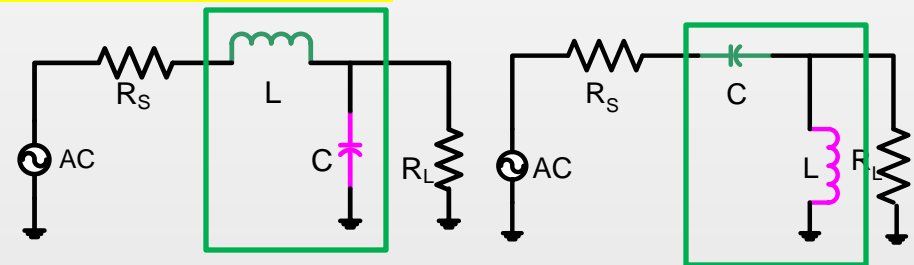


$R_L > R_s$ , maka IMC L kanan



$R_s > R_L$ , maka IMC L kiri

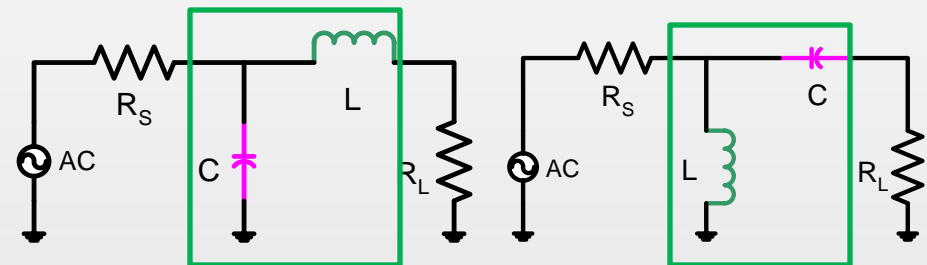
Ada 2 Kemungkinan



i. Bersifat Low-pass

ii. Bersifat High-pass

Ada 2 Kemungkinan



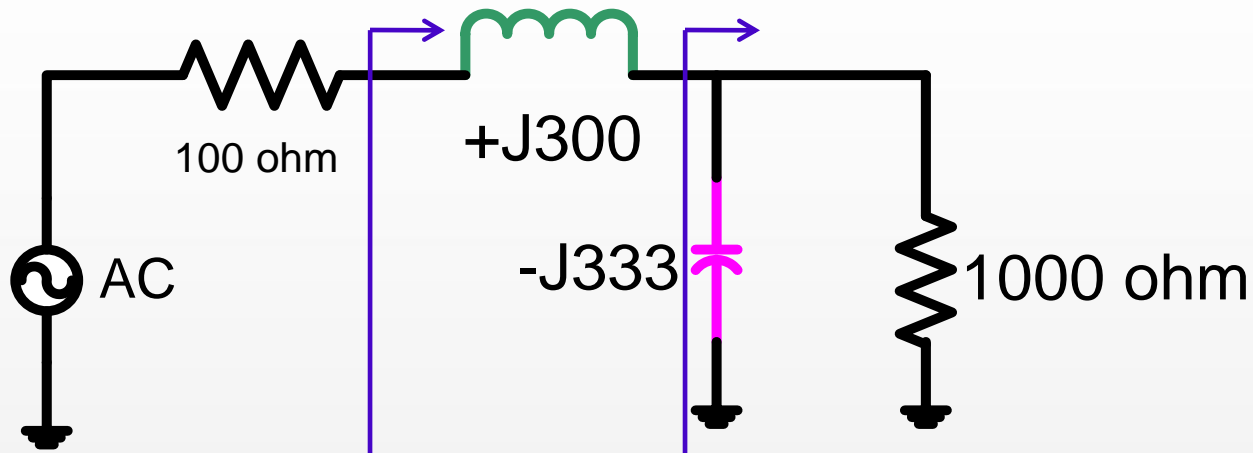
i. Bersifat Low-pass

ii. Bersifat High-pass



# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## L- Network : How does it work!!!

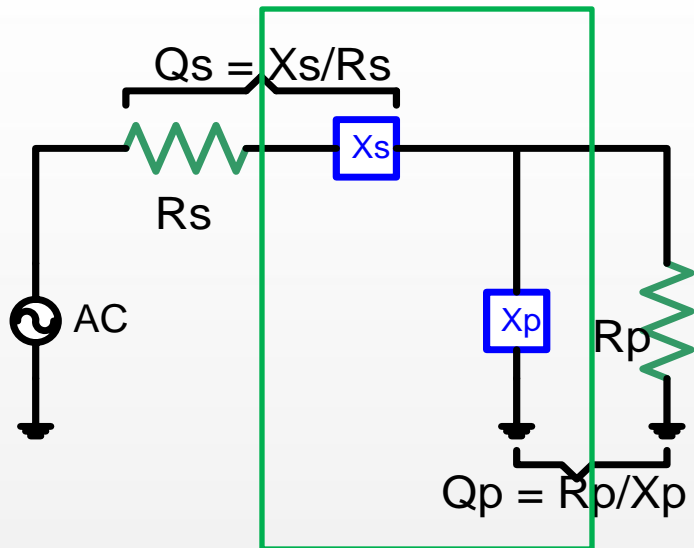


$$\begin{aligned} Z_2 &= 100 - J300 + J300 \\ &= 100 \text{ ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= -j333(1000)/-j333+1000 \\ &= 100 - J300 \text{ ohm} \end{aligned}$$

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## L-Network : Design Formula



$$Q_S = Q_P = \sqrt{\frac{R_P}{R_S} - 1}$$

$$Q_P = \frac{R_P}{X_P} \quad Q_S = \frac{X_S}{R_S}$$

**Keterangan :**

**$Q_s$  = Faktor kualitas seri**

**$X_s$  = Reaktansi Seri =  $X_c$**

**$X_p$  = Reaktansi Pararel**

**$Q_p$  = Faktor kualitas paralel**

**$R_p$  = Resistansi paralel (Resistansi yang lebih besar  
 $R_{\text{sumber}}$  atau  $R_L$ )**

**$R_s$  = Resistansi seri =  $R_c$  (Resistansi yang lebih kecil  
 $R_{\text{sumber}}$  atau  $R_L$ )**

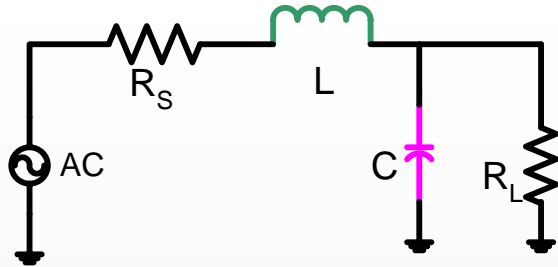
# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## L-Network : Contoh Soal

Rancang suatu IMC (Impedance Matching Circuit) bentuk “L” yang menyepadankan  $R_s = 100\Omega$  dan  $R_L = 1K\Omega$  pada frekuensi 100MHz, dengan sifat meloloskan sinyal DC.

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## L-Network : Solusi



$$Q_S = Q_P = \sqrt{\frac{R_P}{R_S} - 1} = \sqrt{\frac{1000}{100} - 1} = \sqrt{9} = 3$$

$$Q_S = \frac{X_S}{R_S}$$

→ sehingga  $X_S = Q_S \times R_S = 3 \times 100 = 300\Omega$

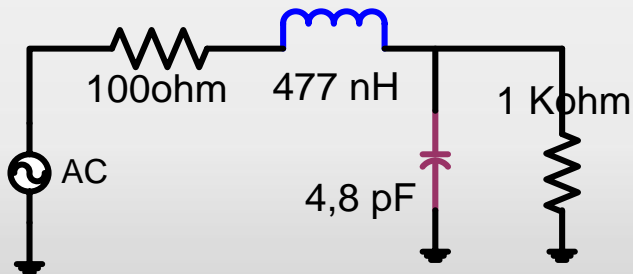
$$Q_P = \frac{R_P}{X_P}$$

→ sehingga  $X_P = \frac{R_P}{Q_P} = \frac{1000}{3} = 333,3\Omega$

$$X_S = X_L = 2 \pi f L$$

$$L = \frac{X_L}{2 \pi f} = \frac{300}{2 \pi 10^8} = 4,77 \times 10^{-7} \text{ H} = 477 \text{ nH}$$

### Hasil Design Akhir



$$X_P = X_C = \frac{1}{2 \pi f C}$$

$$C = \frac{1}{2 \pi f X_C} = \frac{1}{2 \pi 10^8 \cdot 333,3} = 4,8 \text{ pF}$$

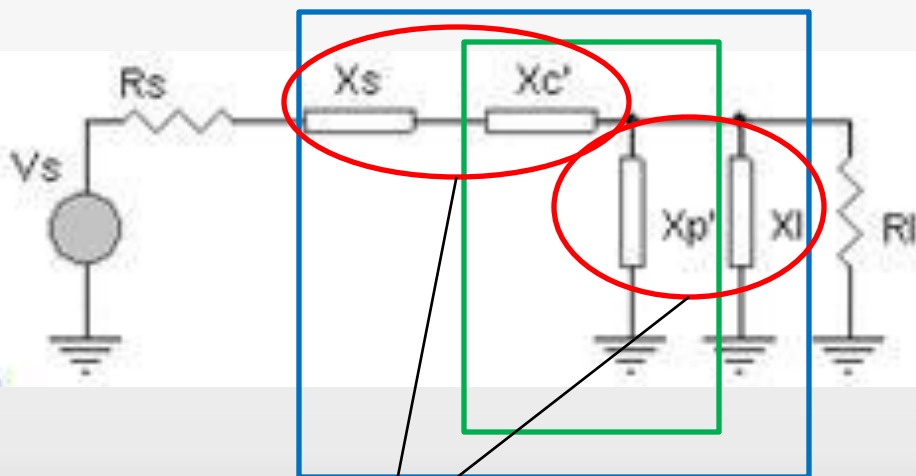
# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## L-Network : Konsep Absorpsi dan Resonansi

**Bila impedansi sumber atau beban bilangan kompleks:**

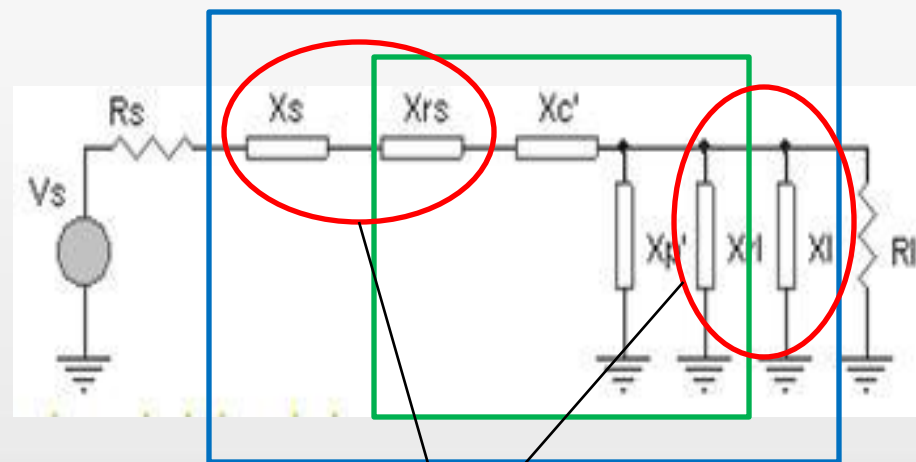
- ❑ Terdapat 2 prinsip dasar yaitu absorpsi dan resonansi
- ❑ Dasar perhitungan masih menggunakan sumber atau beban bilangan riil (resistif saja)

### Absorpsi



Nilai  $X_s$  di absorb shg menjadi  $X_{c'}$   
dan  $X_l$  diabsorb shg menjadi  $X_{p'}$

### Resonansi

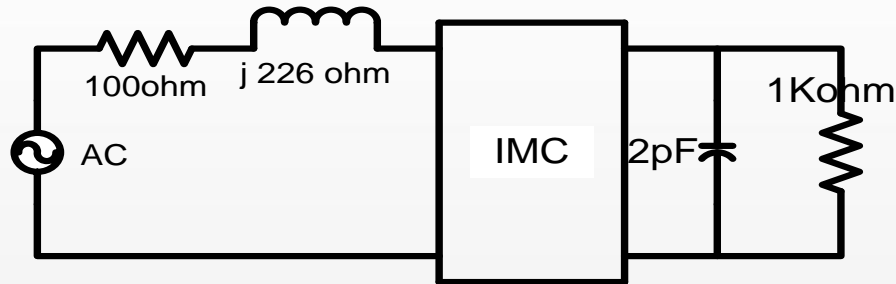


Dibuat menjadi Resonansi

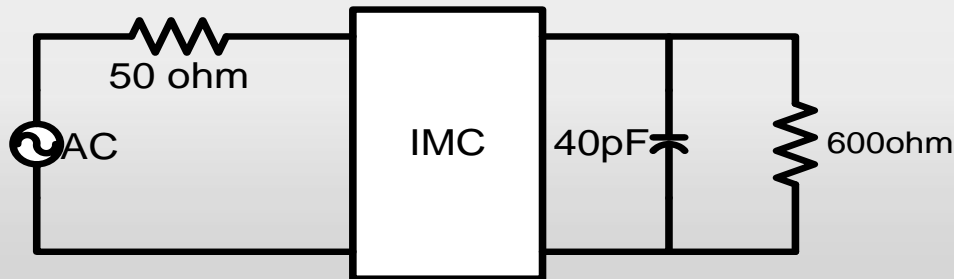
# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

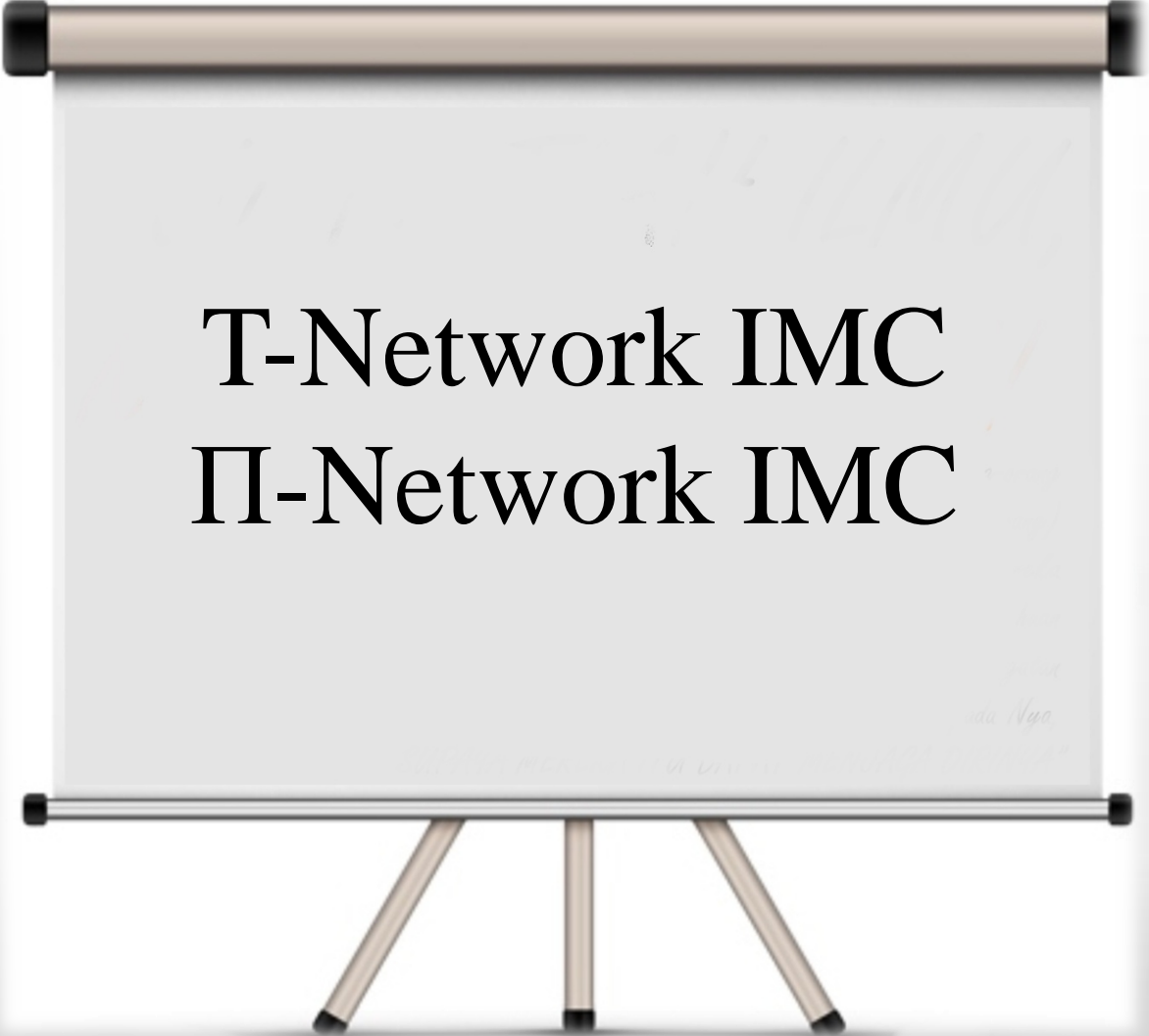
## L-Network : Contoh Soal

- 1) Dengan menggunakan metode absorpsi, rancanglah IMC bentuk “L” pada 100 MHz dengan sifat meloloskan sinyal DC pada rangkaian berikut:



- 2) Rancanglah suatu IMC yang dapat memblock sinyal DC antara beban-sumber rangkaian dibawah ini, pada frekuensi operasi 75 MHz. Gunakan metode resonansi!

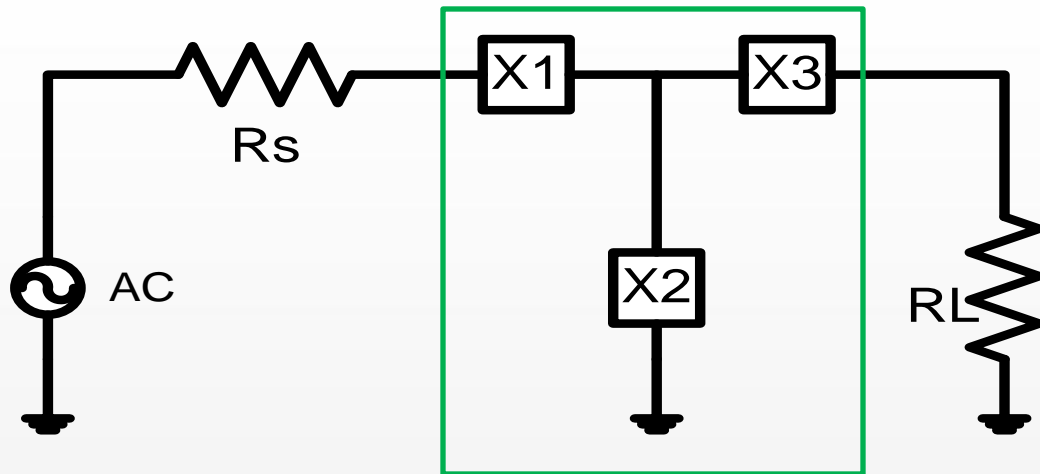




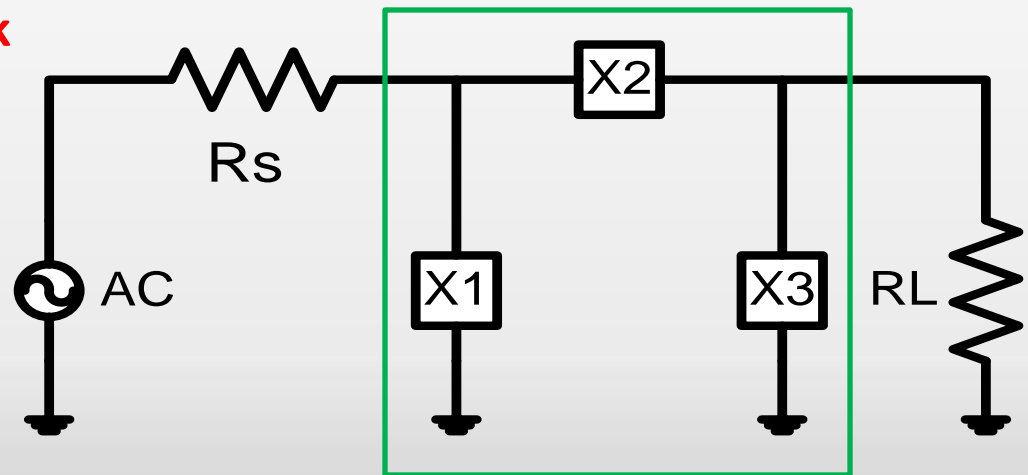
T-Network IMC  
Π-Network IMC

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## 3 Element Network



**T-Network**

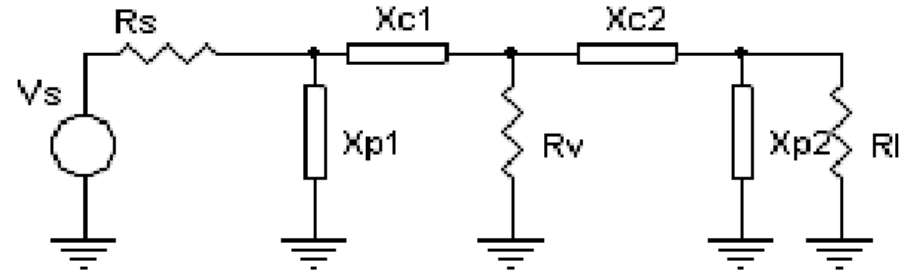
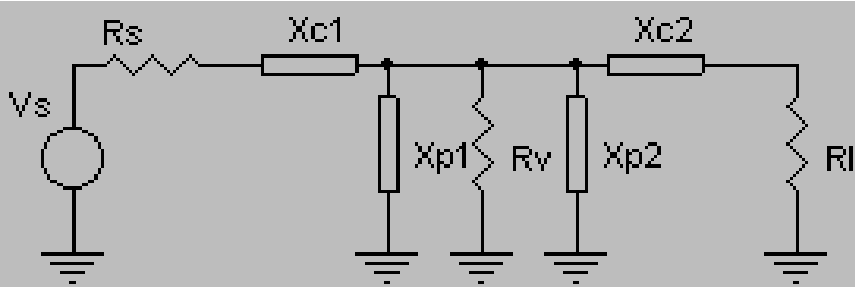


**$\pi$ -Network**



# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## 3-Element Network : Design Formula



- ❑  $R_v$  ( $R_{\text{virtual}}$ ) ditentukan harus lebih besar dari  $R_s$  maupun  $R_l$  dan dihitung berdasarkan  $Q$  yang diinginkan.
- ❑ Rumus : 
$$Q = \sqrt{\frac{R_v}{R_{\text{kecil}}} - 1}$$
  $R_{\text{kecil}} = \text{Pilih yg kecil } [R_s, R_l]$
- ❑  $X_{c1}$  dan  $X_{p1}$  menyepadankan  $R_s$  dengan  $R_v$ ,  $X_{c2}$  dan  $X_{p2}$  menyepadankan  $R_v$  dengan  $R_l$
- ❑  $X_{p1}$  dan  $X_{p2}$  dapat digabungkan menjadi satu komponen.

- ❑  $R_v$  ( $R_{\text{virtual}}$ ) ditentukan harus lebih kecil dari  $R_s$  maupun  $R_l$  dan dihitung berdasarkan  $Q$  yang diinginkan.
- ❑ Rumus : 
$$Q = \sqrt{\frac{R_{\text{besar}}}{R_v} - 1}$$
  $R_{\text{besar}} = \text{Pilih yg besar } [R_s, R_l]$
- ❑  $X_{c1}$  dan  $X_{p1}$  menyepadankan  $R_s$  dengan  $R_v$
- ❑  $X_{c2}$  dan  $X_{p2}$  menyepadankan  $R_v$  dengan  $R_l$
- ❑  $X_{c1}$  dan  $X_{c2}$  dapat digabungkan menjadi satu komponen

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## 3-Element Network : Contoh Soal

- 1) Design 4 buah pi network yang berbeda yang dapat mematchingkan 100 ohm dari sumber ke beban 1000 ohm dan setiap network harus memiliki  $Q = 15$
- 2) Design 4 buah T network yang berbeda yang dapat mematchingkan 10 ohm dari sumber ke beban 50 ohm dan setiap network harus memiliki  $Q = 10$

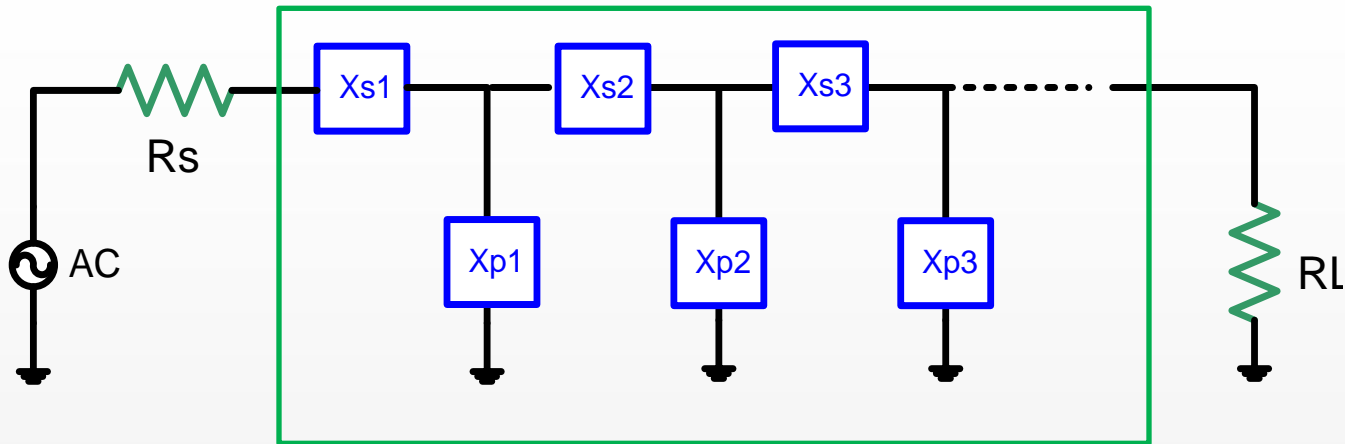
Penyelesaian ada di buku "*RF Circuit Design*"  
oleh Chris Bowick hal : 73-74  
Pelajari Sendiri!!!!



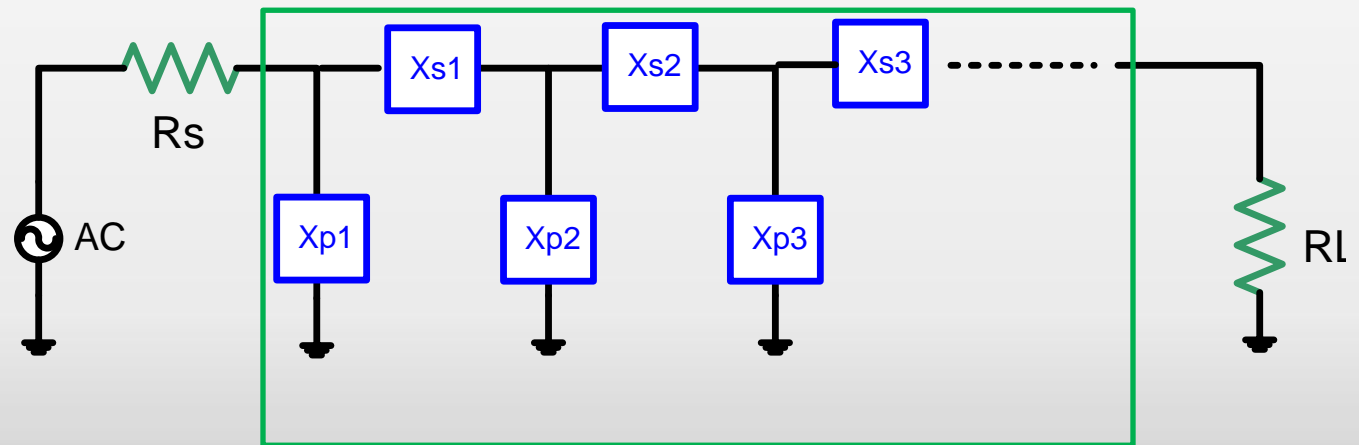
# Multi Element- Network IMC

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

Multi Element Network = Low Q-Wideband Matching Network



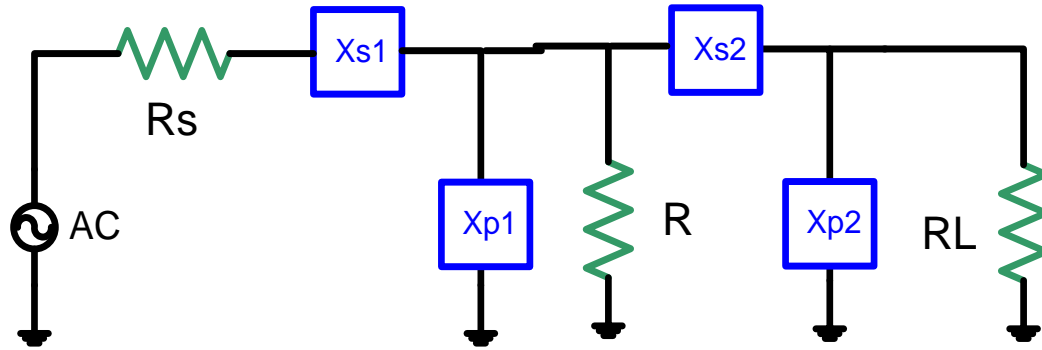
Jika  $R_L > R_s$



Jika  $R_s > R_L$

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## Multi Element Network : Design Formula



$$R = \sqrt{R_S \cdot R_L}$$



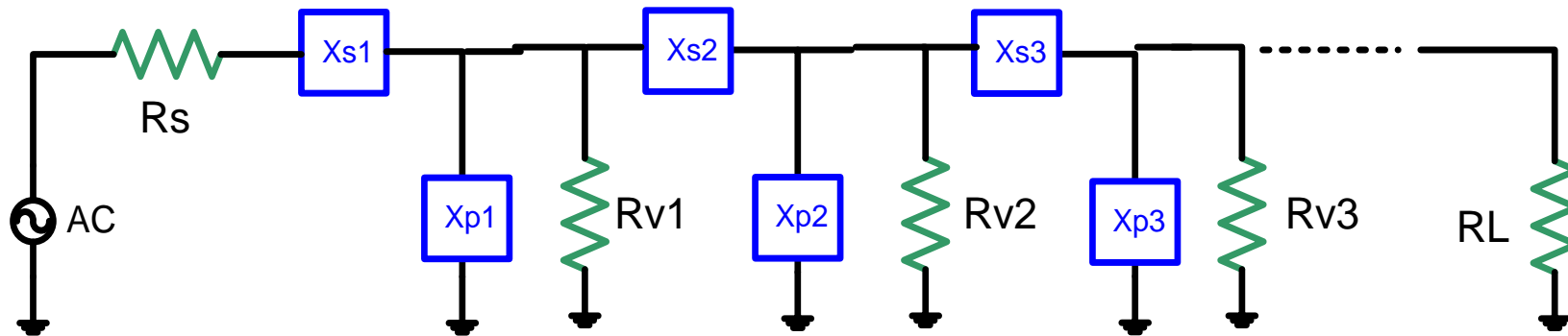
Jika diinginkan maksimum bandwidth

$$Q = \sqrt{\frac{R}{R_{\text{smaller}}} - 1} = \sqrt{\frac{R_{\text{larger}}}{R} - 1}$$



Jika Q ditentukan

Jika diinginkan BW yang lebih lebar lagi :



$$\frac{R_{V1}}{R_{\text{smaller}}} = \frac{R_{v2}}{R_{V1}} = \frac{R_{v3}}{R_{V2}} = \dots = \frac{R_{L \text{ larger}}}{R_{Vn}}$$



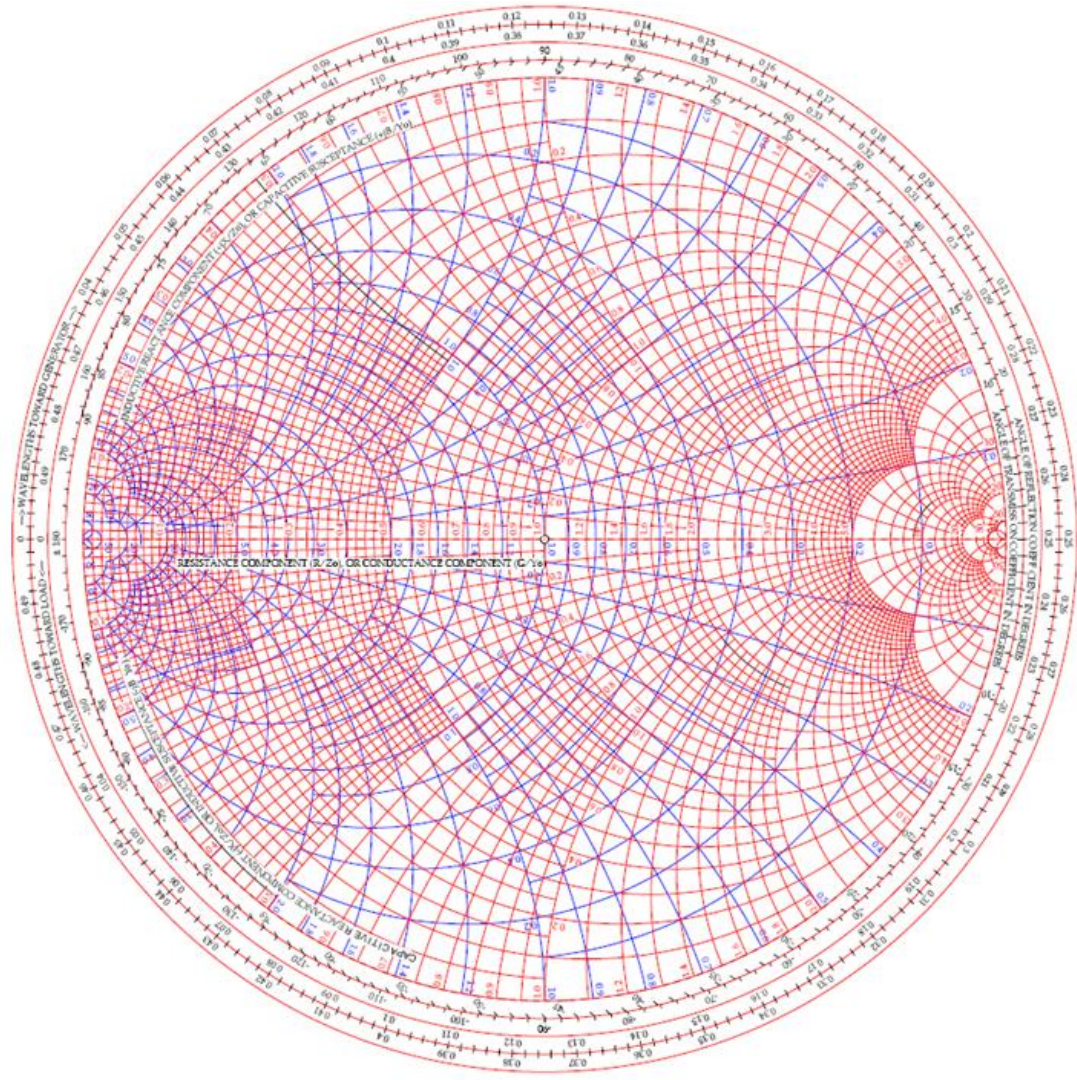
Jika diinginkan maksimum bandwidth



# Smith Chart Solution

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## Pendahuluan



Kita menggunakan “**Double smith chart**”,  
(Gabungan **Z-chart** dan **Y-chart**)

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

Impedansi  $\leftrightarrow$  Admitansi

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R \pm jX} = G \pm jB$$

Keterangan :

Y = Admitansi (mho)

Z = Impedansi (ohm)

R = Resistansi (ohm)

X = Reaktansi (ohm)

G = konduktansi (mho)

B = suseptansi (mho)



# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## IMC dengan smithchart : Normalisasi Impedansi pada smithchart

- Jika  $Z$  cukup besar untuk harga resistansi dan reaktansi :
  - maka titik tersebut pada Smith Chart akan berada di daerah lingkaran kecil sehingga diperlukan **normalisasi/pembagi tertentu**.
- Contoh :
  - $Z = 100 + j150$  ohm, maka angka pembagi yang dapat dipakai, misalkan  $N=100$ ,
  - $Z$  ternormalisasi:  $Z_n = 1 + j1,5$  ohm

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

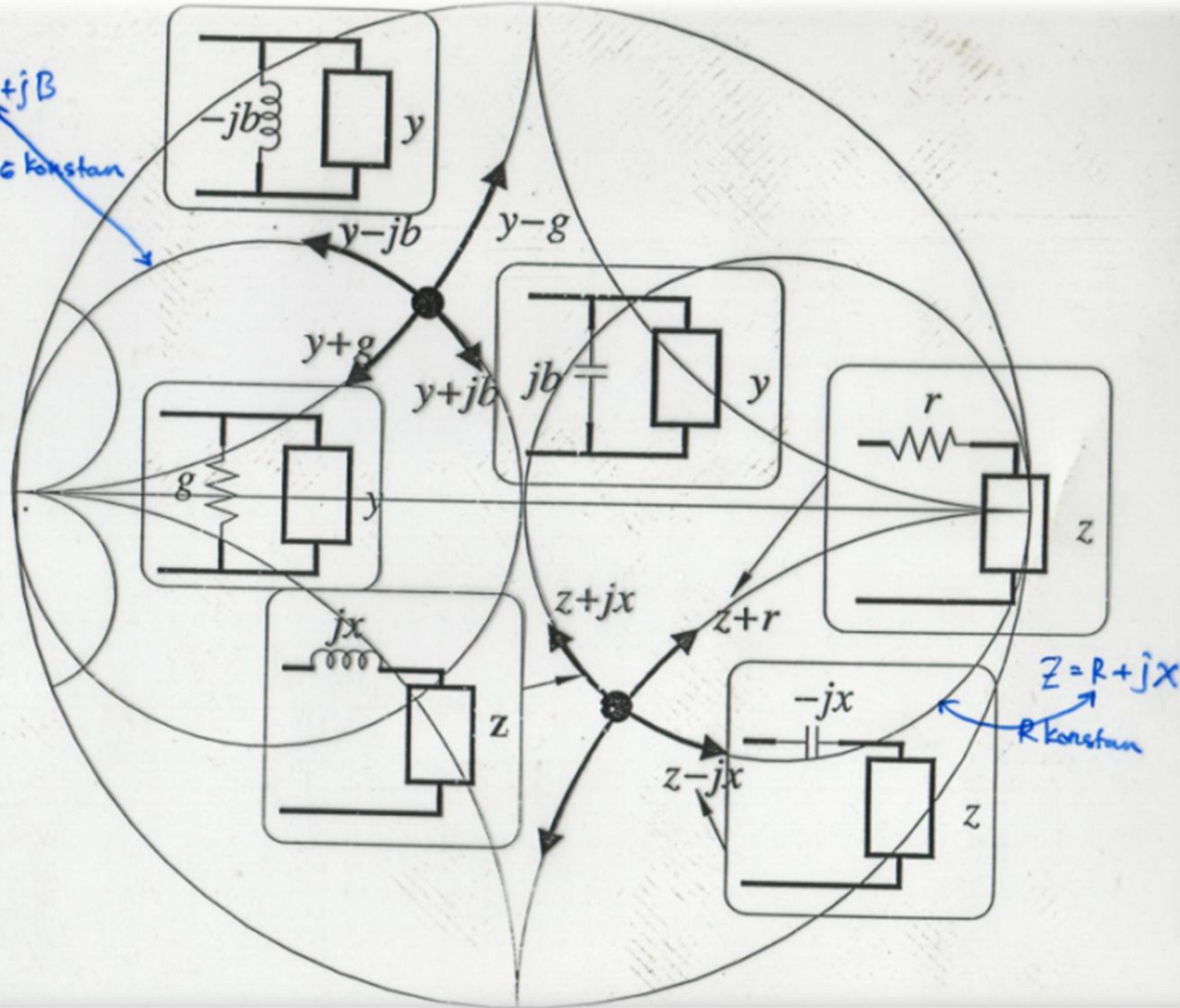
## Manipulasi impedansi dan admitansi pada smithchart

- ⑩ penambahan **kapasitor seri** menyebabkan perputaran **Z** **berlawanan arah** dengan perputaran jarum jam **pada lingkaran resistansi konstan**
- ⑩ penambahan **induktor seri** menyebabkan perputaran **Z** **searah** perputaran jarum jam **pada lingkaran resistansi konstan**
- ⑩ penambahan **induktor paralel** menyebabkan perputaran **Y** **berlawanan arah** dengan perputaran jarum jam **pada lingkaran konduktansi konstan**
- ⑩ penambahan **kapasitor paralel** menyebabkan perputaran **Y** **searah** perputaran jarum jam **pada lingkaran konduktansi konstan.**

Jika menggunakan “**single smith chart**”, **Z-chart** dikonversikan ke **Y-chart**, kemudian berlaku aturan di samping

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## Manipulasi impedansi dan admitansi pada smithchart



# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## Persamaan untuk mendapat nilai komponen sebenarnya

- Komponen C seri:

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X \cdot N}$$

- Komponen L seri:

$$L = \frac{X \cdot N}{\omega}$$

- Komponen C paralel:

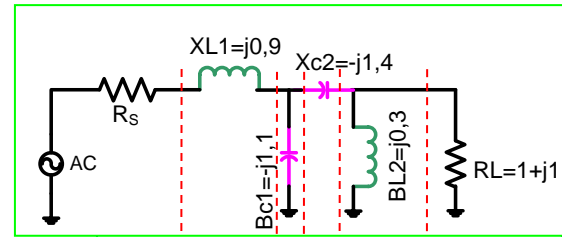
$$C = \frac{B}{\omega \cdot N}$$

- Komponen L paralel:

$$L = \frac{N}{\omega \cdot B}$$

- $X$  = reaktansi (jarak 2 titik) yang terbaca dari Smith Chart
- $B$  = suseptansi (jarak 2 titik) yang terbaca dari Smith Chart
- $N$  = angka penormalisasi impedansi sumber dan beban
- $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

# Mengeplot Rangkaian Seri & parallel RLC

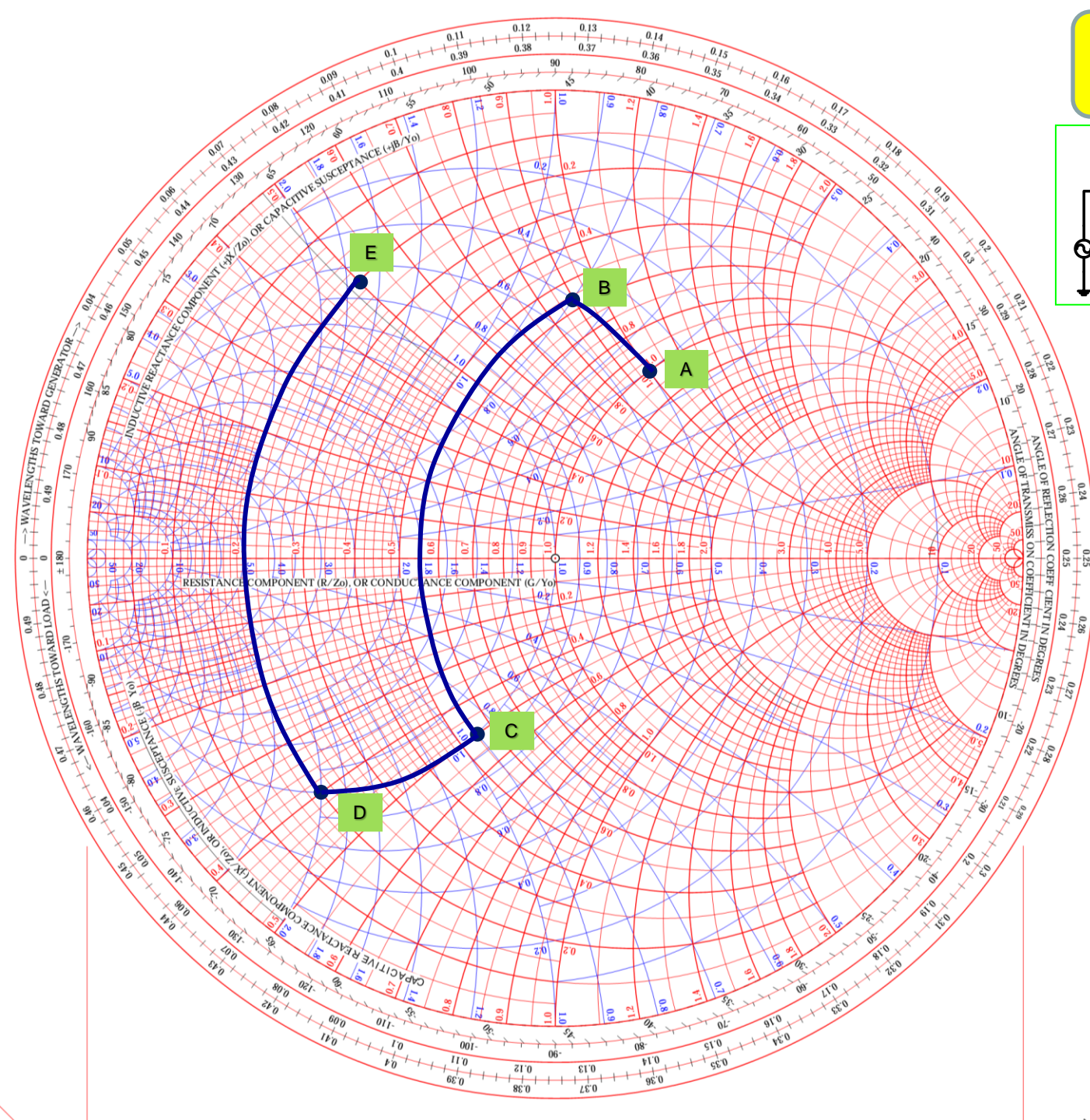


E D C B A

Arc AB = L parallel = 0,3 mho  
 Arc BC = C seri = 1,4 ohm  
 Arc CD = C parallel = 1,1 mho  
 Arc DE = L Seri = 0,9 ohm

$$Z_E = 0,2 + j0,5$$

**Note :**  
 Gunakan Manipulasi Impedansi dan manipulasi admitansi yang sudah dijelaskan didepan

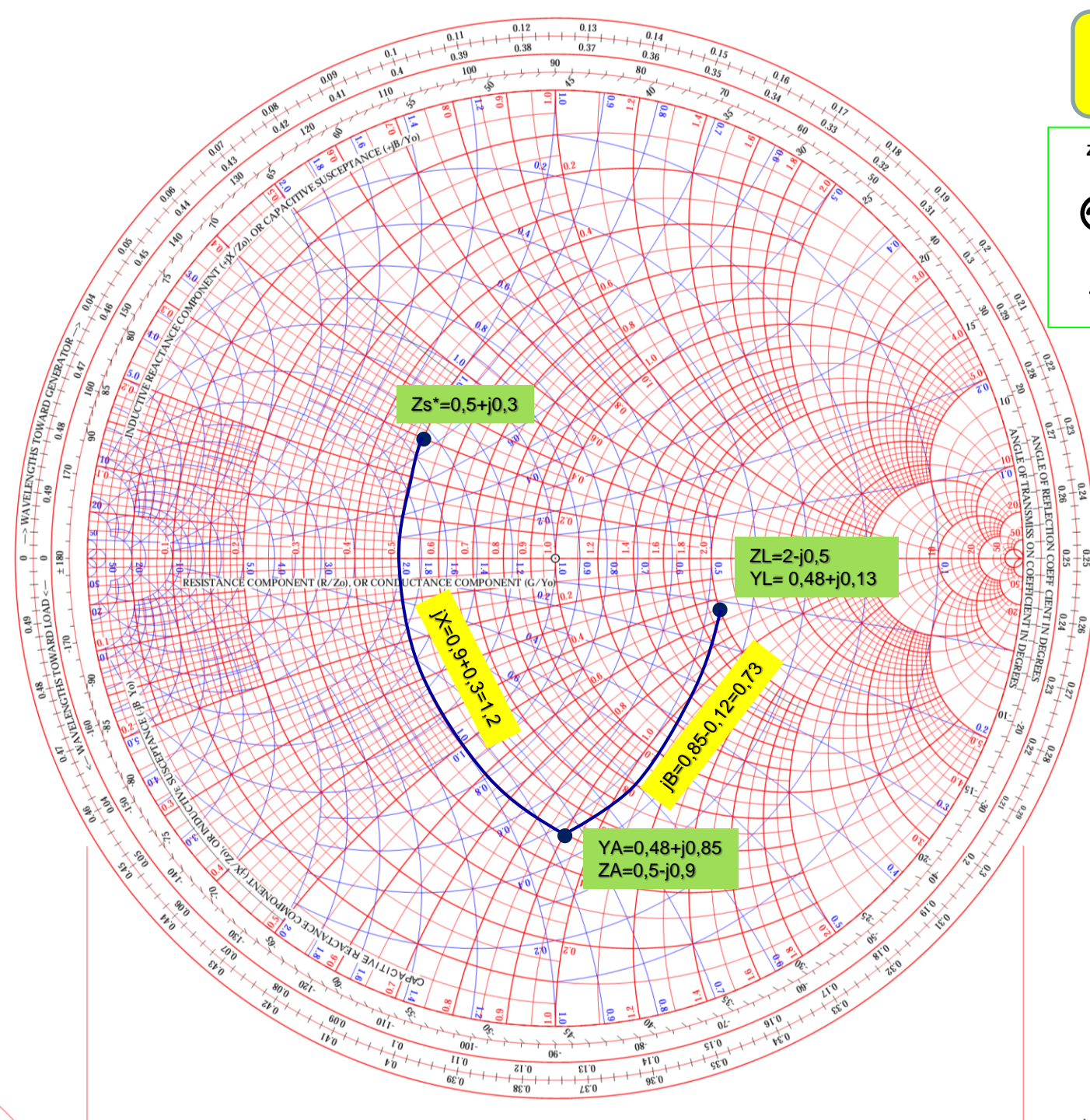
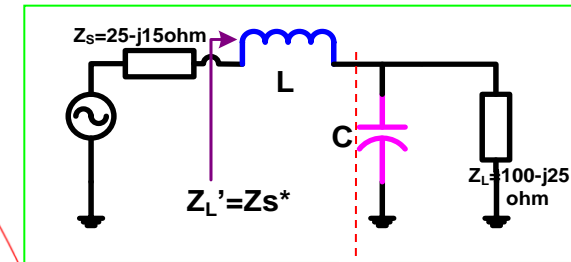


# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## L-Network IMC Design

- Prosedur pemakaian Smith Chart untuk desain penyesuai impedansi 2 elemen:
  - Plotkan pd Smith Chart titik  $Z_{\text{beban}} (R_L)$  dan  $Z_{\text{sumber}} \textit{konjugate} (R_S^*)$  atau  $Z_{\text{sumber}} (R_S)$  dan  $Z_{\text{beban}} \textit{konjugate} (R_L^*)$ .
  - Tentukan titik **X** yang merupakan pertemuan **2 titik**: [ $Z_{\text{beban}} (R_L)$  dan  $Z_{\text{sumber}} \textit{konjugate} (R_S^*)$ ] atau [ $Z_{\text{sumber}} (R_S)$  dan  $Z_{\text{beban}} \textit{konjugate} (R_L^*)$ ] yang sudah diputar pada Resistansi (R) dan lingkaran Konduktansi (G) yang konstan.
  - Jarak pemutaran titik  $Z_{\text{beban}} (R_L)$  dan  $Z_{\text{sumber}} \textit{konjugate} (R_S^*)$  atau [ $Z_{\text{sumber}} (R_S)$  dan  $Z_{\text{beban}} \textit{konjugate} (R_L^*)$ ] menentukan harga dan jenis komponen reaktif yang digunakan sebagai penyesuai impedansi.

# Design L-Network



Rancanglah IMCL-Network dengan Smith Chart yang bisa menyepadankan sumber sebesar  $25 - j15$  ohm dengan beban  $100 - j25$  ohm pada  $60$  MHz dan IMC harus bersifat LPF

**Note :**  
 $N = 50$  (boleh yang lain)

$$C = \frac{B}{\omega N} = \frac{0,73}{2\pi(60 \cdot 10^6)50} = 38,7 \text{ pF}$$

$$L = \frac{X \cdot N}{\omega} = \frac{1,250}{2\pi(60 \cdot 10^6)} = 159 \text{ nH}$$

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

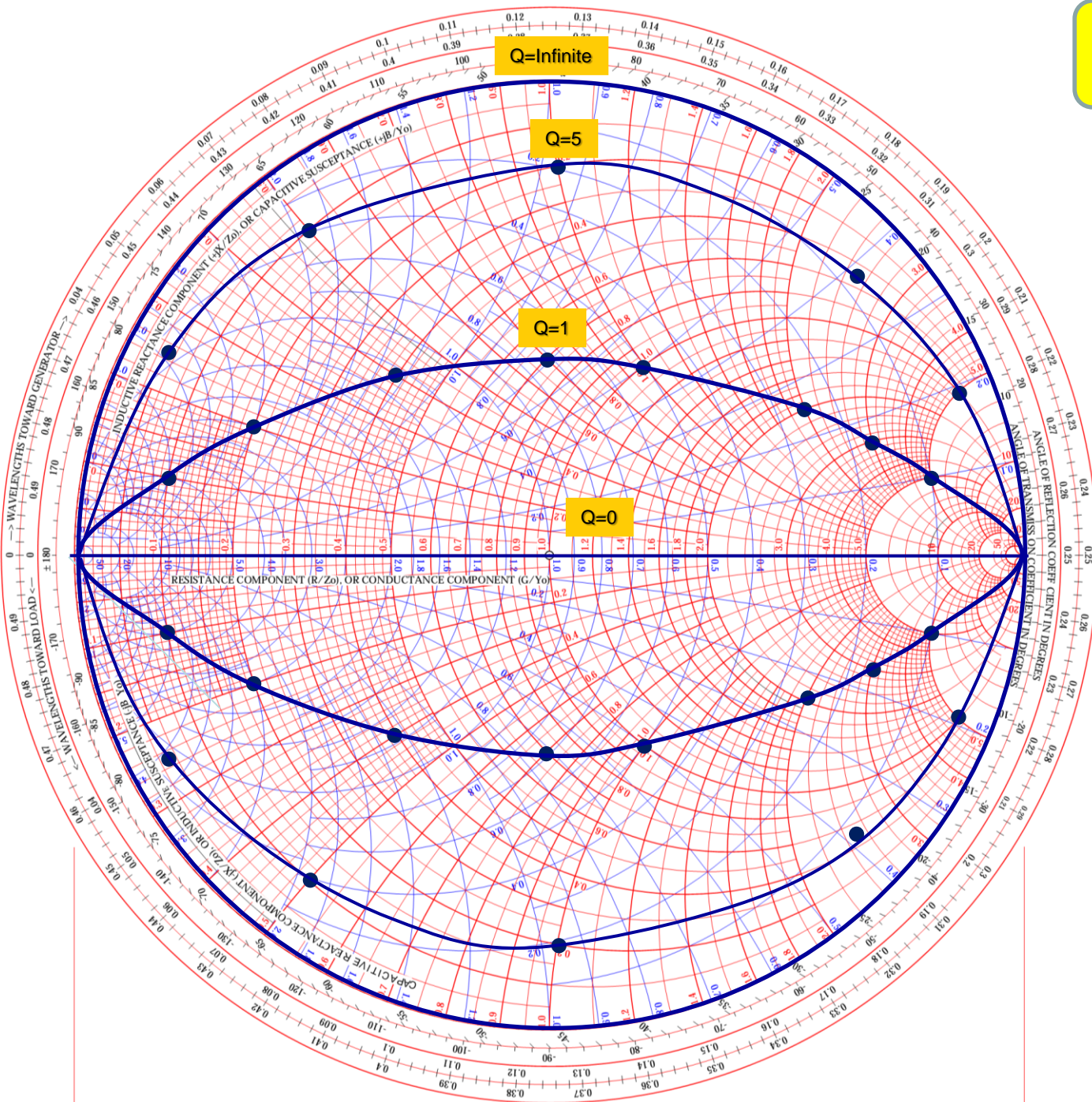
## T-Network and $\pi$ -network IMC Design

### Prosedur desain IMC 3 elemen (T atau $\Pi$ section):

- ❑ Gambar lengkungan Q konstan pada Q tertentu.  
(Titik-titik Q pada Smith Chart didefinisikan sama dengan Q pada impedansi seri yaitu rasio reaktansi terhadap resistansi)
- ❑ Gambar titik  $Z_{\text{beban}} (R_L)$  dan  $Z_{\text{sumber}} \textit{konjugate} (R_S^*)$  atau  $Z_{\text{sumber}} (R_S)$  dan  $Z_{\text{beban}} \textit{konjugate} (R_L^*)$ .
- ❑ Tentukan  $Z_{\text{beban}}$  atau  $Z_{\text{sumber}}$  yang akan digunakan untuk penentu load Q pada IMC. untuk T-network, nilai dari kedua beban yang bernilai lebih kecil menentukan loaded Q, sedangkan pada  $\Pi$ -network harga keduanya yang lebih besar yang menentukan loaded Q
- ❑ Untuk T-network
  - Jika  $Z_s < Z_L \rightarrow$  Cari perpotongan antara kurva Q dan titik  $Z_s^*$  pada R konstan, lalu plot, kemudian dari titik beban  $Z_L$  buat dua langkah menuju titik perpotongan tersebut
  - Jika  $Z_s > Z_L \rightarrow$  Dari beban  $Z_L$  buat kurva R konstan yang berpotongan dengan kurva Q, kemudian plot. Dari titik ini buat dua langkah menuju  $Z_s^*$
- ❑ Untuk  $\Pi$ -network
  - Jika  $Z_s < Z_L \rightarrow$  Dari beban  $Z_L$  buat kurva G konstan yang berpotongan dengan kurva Q, kemudian plot. Dari titik ini buat dua langkah menuju  $Z_s^*$
  - Jika  $Z_s > Z_L \rightarrow$  Cari perpotongan antara kurva Q dan titik  $Z_s^*$  pada G konstan, lalu plot, kemudian dari titik beban  $Z_L$  buat dua langkah menuju titik perpotongan tersebut
- ❑ Tiap-tiap kurva (3 kurva menentukan nilai dari komponen2 yang digunakan)



# Mengeplot Lengkungan Q konstan



Plot Lengkungan Q konstan untuk nilai Q dibawah ini

- Q=1
- Q=5
- Q=0
- Q=infinite

**Solusi :**

**Q=X/R**

$Q=5 \rightarrow R \pm jX = 1 \pm j5$   
 $= 0,5 \pm j2,5$   
 $= 0,2 \pm j1$   
 $= 0,1 \pm j0,5$   
 $= 0,05 \pm 0,25$

**Note :**

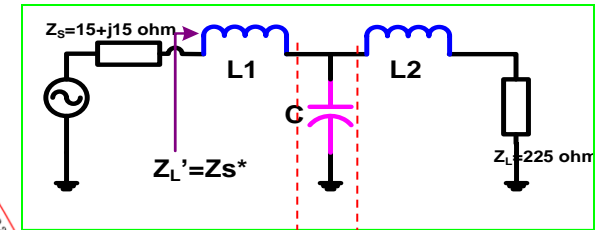
Gunakan :  
untuk Q series Impedance

$$Q = \frac{X_s}{R_s}$$

Untuk Q Series Admittance

$$Q = \frac{B_s}{G_s}$$

# Design T-Network



Rancanglah IMC T-section (gambar diatas) yang menyepadankan sumber sebesar  $15 + j15 \Omega$  dengan beban  $225 \Omega$  pada frekuensi  $30 \text{ MHz}$  dengan faktor kualitas  $Q = 5$  !

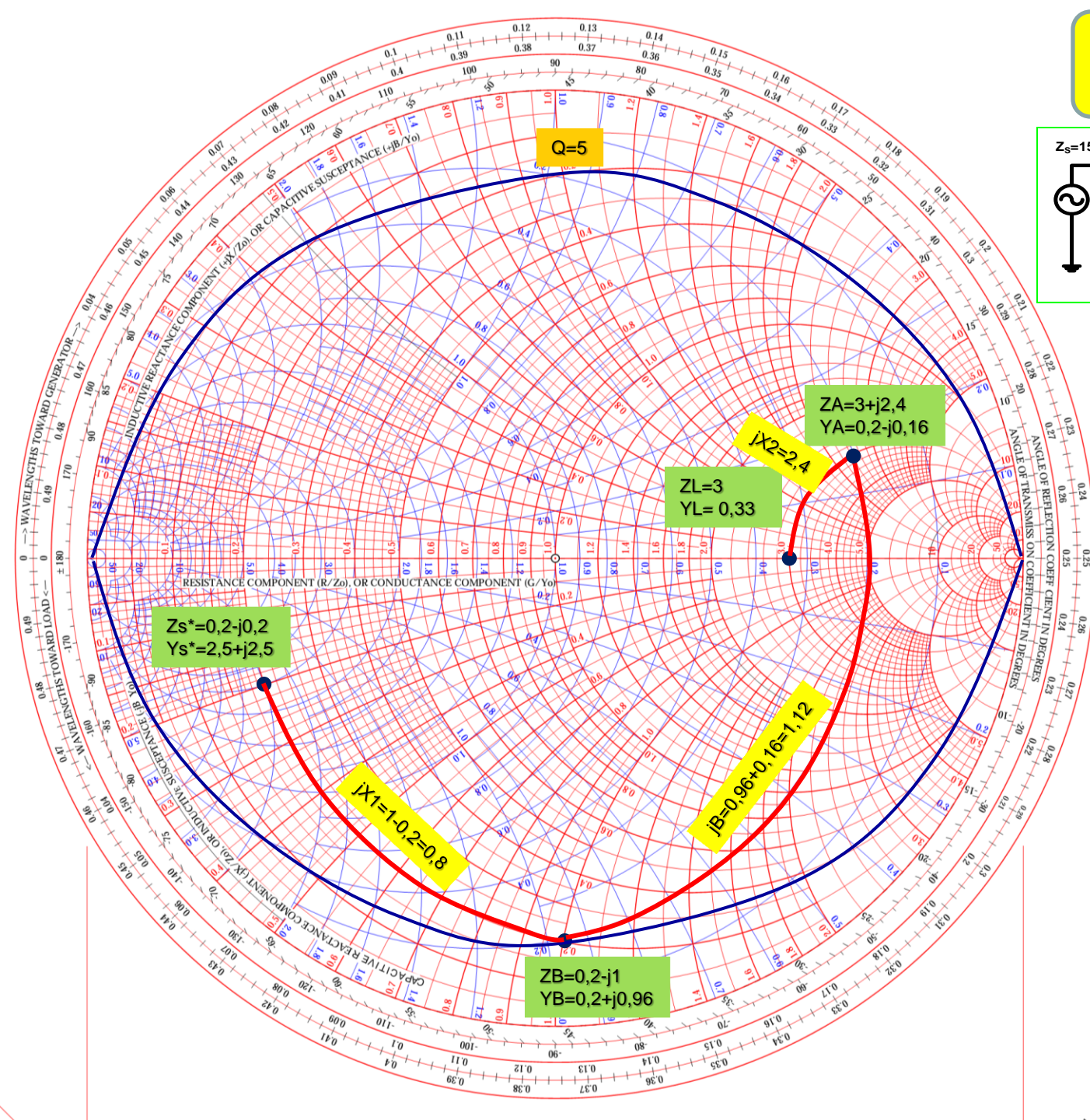
### Note :

$N = 75$  (boleh yang lain)  
 Karena  $Z_s < Z_L$  maka yang menentukan loaded  $Q$  adalah  $Z_s$  (T-network)

$$L_2 = \frac{X \cdot N}{\omega} = \frac{2,4 \cdot 75}{2\pi(30 \cdot 10^6)} = 955 \text{ nH}$$

$$C = \frac{B}{\omega \cdot N} = \frac{1,12}{2\pi(30 \cdot 10^6) \cdot 75} = 79,2 \text{ pF}$$

$$L_1 = \frac{X \cdot N}{\omega} = \frac{0,8 \cdot 75}{2\pi(30 \cdot 10^6)} = 318 \text{ nH}$$



$Q=5$

$Z_A = 3 + j2,4$   
 $Y_A = 0,2 - j0,16$

$Z_L = 3$   
 $Y_L = 0,33$

$Z_s^* = 0,2 - j0,2$   
 $Y_s^* = 2,5 + j2,5$

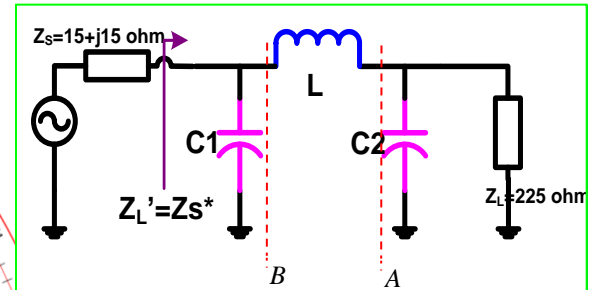
$jX_1 = 1,02 = 0,8$

$jB = 0,96 + j0,16 = 1,12$

$Z_B = 0,2 - j1$   
 $Y_B = 0,2 + j0,96$

$jX_2 = 2,4$

# Design $\pi$ -Network



Rancanglah IMC  $\pi$ -section (gambar diatas) yang menyepadankan sumber sebesar  $15 + j15 \Omega$  dengan beban  $225 \Omega$  pada frekuensi  $30 \text{ MHz}$  dengan faktor kualitas  $Q = 5$  !

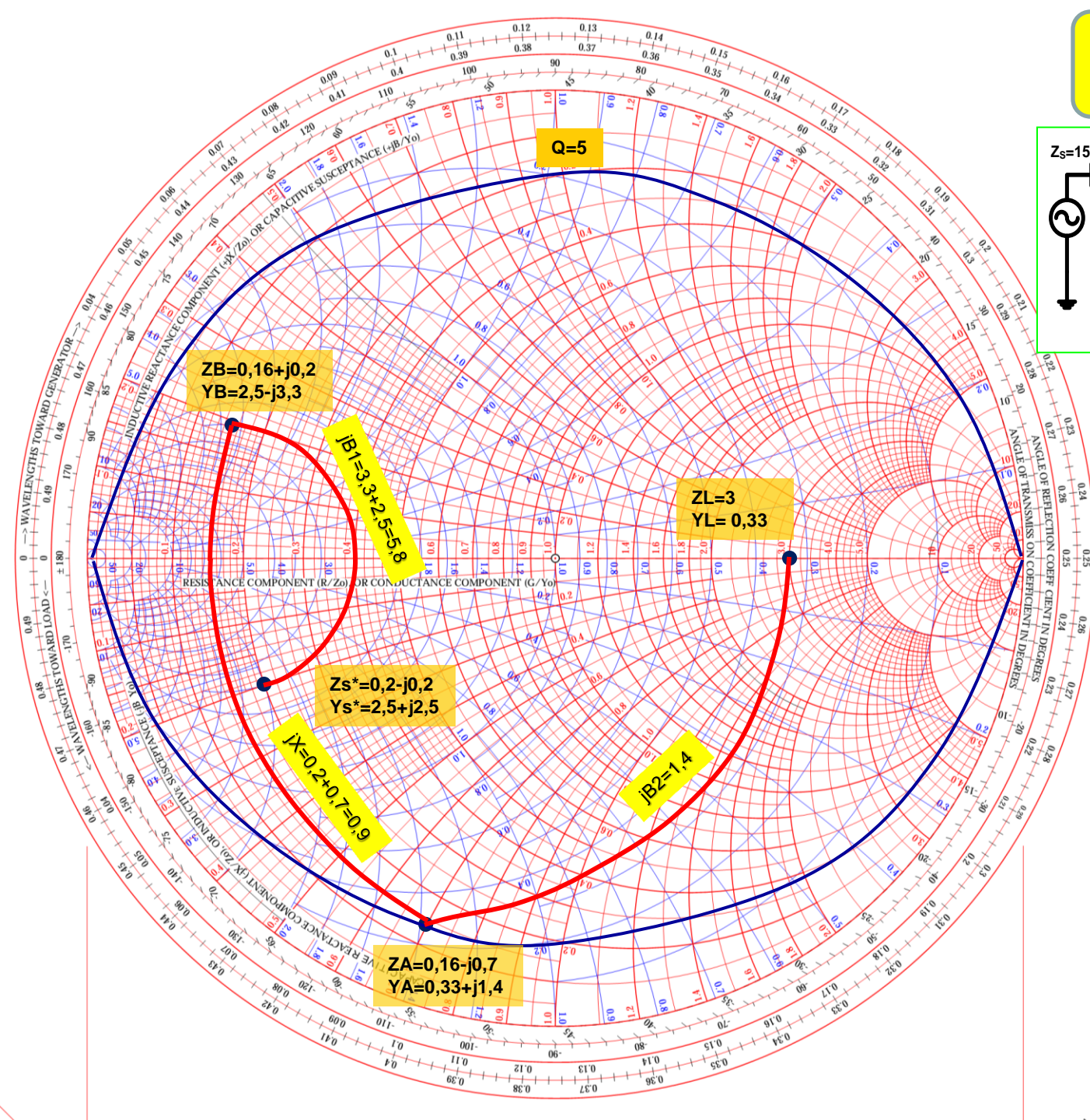
**Note :**

$N = 75$  (boleh yang lain)  
 Karena  $Z_s < Z_L$  maka yang menentukan loaded  $Q$  adalah  $Z_L$  ( $\pi$ -network)

$$C_2 = \frac{B}{\omega N} = \frac{1,4}{2\pi(30 \cdot 10^6)75} = 99 \text{ pF}$$

$$L = \frac{XN}{\omega} = \frac{0,975}{2\pi(30 \cdot 10^6)} = 358 \text{ nH}$$

$$C_1 = \frac{B}{\omega N} = \frac{5,8}{2\pi(30 \cdot 10^6)75} = 0,41 \text{ nF}$$



# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## Multi Elemen IMC Design

- ❑ Dalam Multi elemen IMC yang tujuannya untuk meningkatkan bandwidth, maka jumlah elemen L dan C yang digunakan bisa banyak.
- ❑ Jika kita mengenyampingkan nilai Q maka dalam smithchart akan terlihat solusi design yang cukup banyak (infinite)



# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

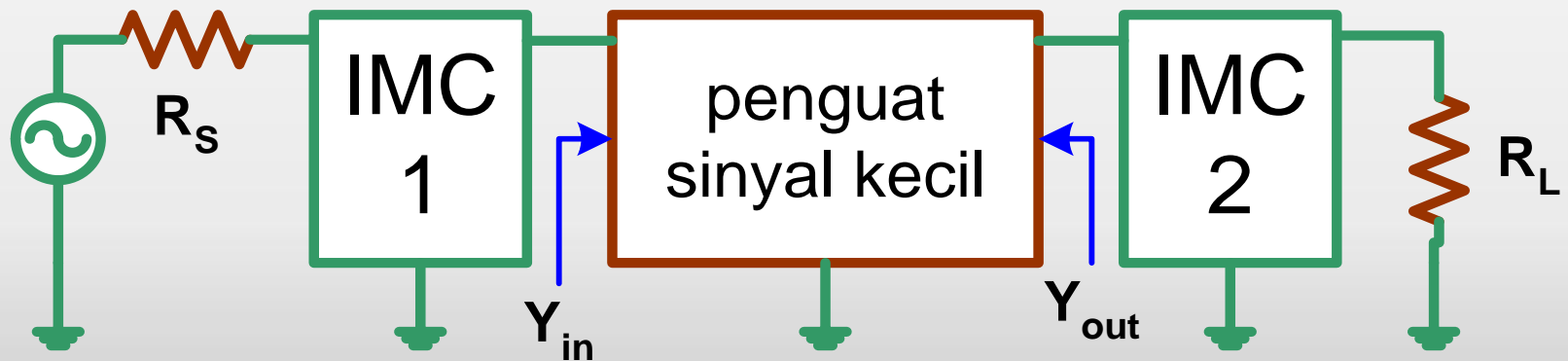
PR

- 1) Transform the load  $Z_L = 200 - j40$  to  $50 + j20$  at 2.4 GHz with L-network. Find the nodal Q factor and estimate the bandwidth of the circuit. Use Smith chart to aid the design.
- 2) using T-Network impedance transformation network, with the aid of Smith chart. It is required that  $Q_n$  be equal to 3. ( $Z_L = 200 - j40$ ,  $Z_s = 50 + j20$  at  $f_o = 2.4$  GHz).

# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## Latihan Soal

- 1) Rancanglah dua buah **IMC-2 elemen** yang berfungsi untuk menyesuaikan **penguat sinyal kecil** dengan spesifikasi  $Y_{in} = 40 + j12$  **milli mhos** dan  $Y_{out} = 0.4 + j1.4$  **milli mhos**, jika digunakan impedansi sumber sebesar  $= 50\Omega$  dan impedansi beban sebesar  $50\Omega$  ! Rangkaian bekerja pada frekuensi **100 MHz** bersifat **menghambat sinyal DC**.



# MATCHING IMPEDANCE NETWORK

## Latihan Soal

- 2) Design 4 buah pi network yang berbeda dengan smithchart yang dapat mematchingkan 100 ohm dari sumber ke beban 1000 ohm dan setiap network harus memiliki  $Q = 15$
- 3) Design 4 buah T network yang berbeda dengan smithchart yang dapat mematchingkan 10 ohm dari sumber ke beban 50 ohm dan setiap network harus memiliki  $Q = 10$



