



Teknik Transmisi Radio

By : Dwi Andi Nurmantris

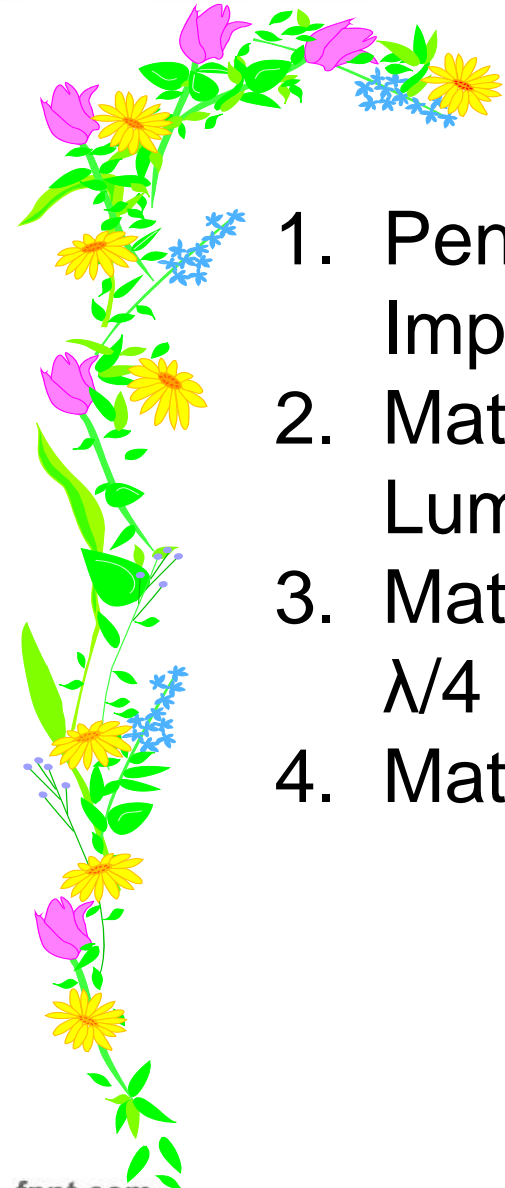


7. MATCHING IMPEDANCE NETWORK

Content



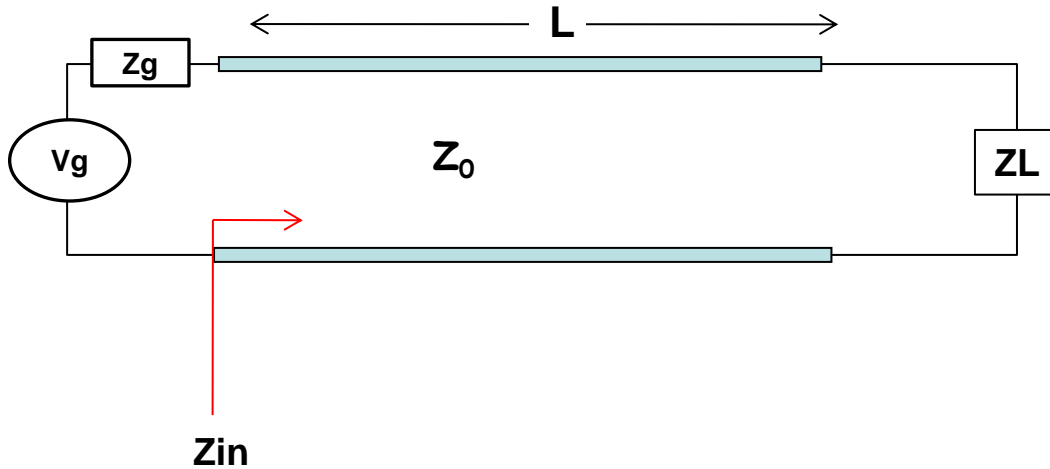
1. Pendahuluan :Konsep Dasar Matching Impedance
2. Matching Impedance menggunakan Lumped Element
3. Matching Impedance menggunakan Trafo $\lambda/4$
4. Matching Impedance menggunakan Stub





Pendahuluan : Konsep Dasar Matching Impedance

Pendahuluan : Konsep Dasar Matching Impedance



- ❑ Tujuan dari Teknik saluran Transmisi adalah agar seluruh daya yang dikirim dari sumber bisa sampai ke beban dengan maksimum
- ❑ Agar daya yang diserap oleh beban maksimum → **Transfer Daya Maksimum**
- ❑ Syarat terjadi transfer daya maksimum :

$$Z_{in} = Z_g^*$$



Masalahnya adalah Z_{in} tergantung oleh :

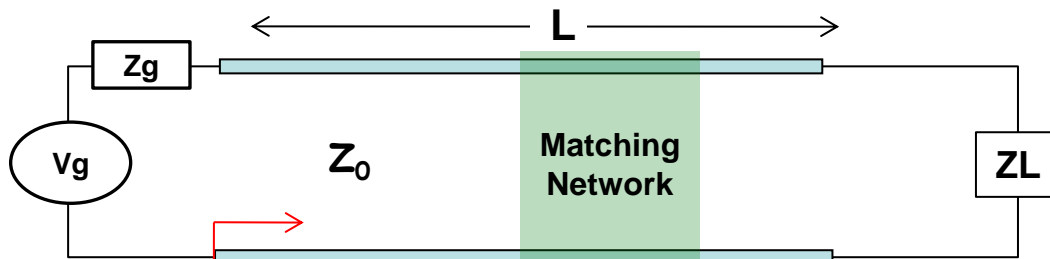
1. Z_L (bervariasi)
2. Z_0 (terstandard)
3. L (berubah-ubah)

Pendahuluan : Konsep Dasar Matching Impedance



Tapi ...

Kita bisa modifikasi saluran kita dengan menyelipkan suatu "MATCHING IMPEDANCE NETWORK" antara sumber dengan beban



$$Z_{in} = Z_g^*$$

TUJUANNYA adalah :
Untuk mentransformasikan Beban ZL
agar $Z_{in} = Z_g^*$

Agar Daya yang di kirim tidak banyak berkurang pada rangkaian matching impedance maka syarat matching network :

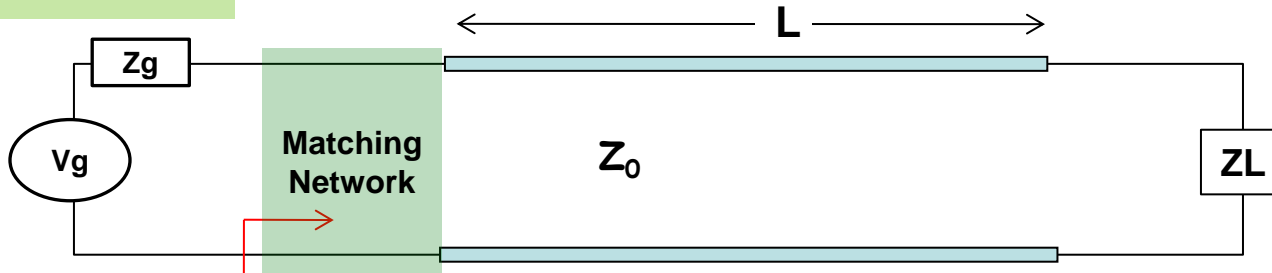
1. Matching network harus lossless
2. Matching impedance didesain harus reaktif murni (OC atau SC)

Pendahuluan : Konsep Dasar Matching Impedance



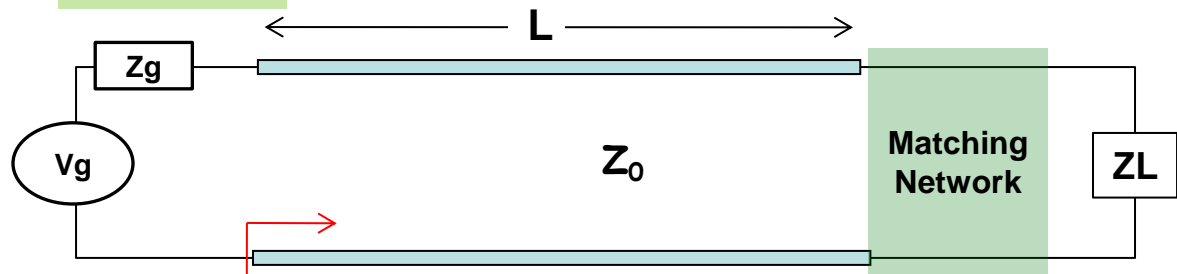
Posisi Matching Impedance Network

Disisi Sumber



$$Z_{in} = Z_g^*$$

Disisi Beban



$$Z_{in} = Z_g^*$$

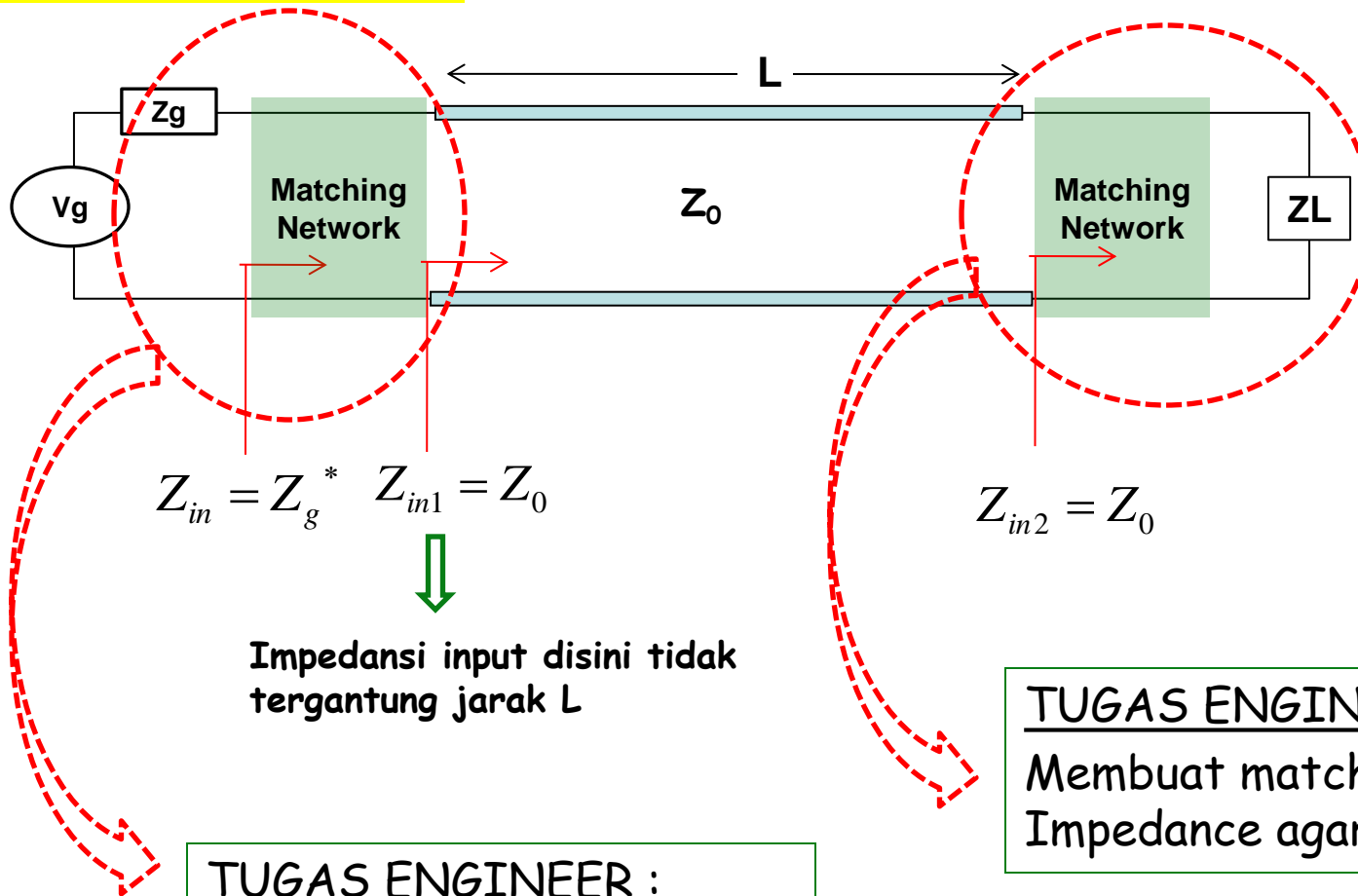
MASALAHNYA :
Dua-duanya masih
tergantung dari
Jarak/panjang saltran



Pendahuluan : Konsep Dasar Matching Impedance



Practical Problem



TUGAS ENGINEER :
Membuat matching Impedance agar $Z_g^* = Z_0$

TUGAS ENGINEER :
Membuat matching Impedance agar $Z_L = Z_0$

Pendahuluan : Konsep Dasar Matching Impedance



Jenis – jenis Matching Impedance

Lumped Element

- L-Network
- T-Network dan Phi-Network
- Multi Element

TRAFO $N/4$

- Single section
- Multiple section (Binomial design, Tschebyscheff design)

STUB

- Stub seri, stub paralel
- Stub OC, stub SC
- Stub tunggal, stub ganda, stub triple

Pemilihan Matching Impedance

- Kompleksitas
- Bandwidth
- Implementasi
- Adjustable



Matching Impedance Menggunakan Lumped Element

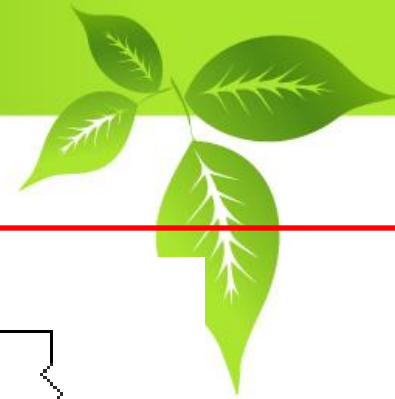
Lumped Element Network



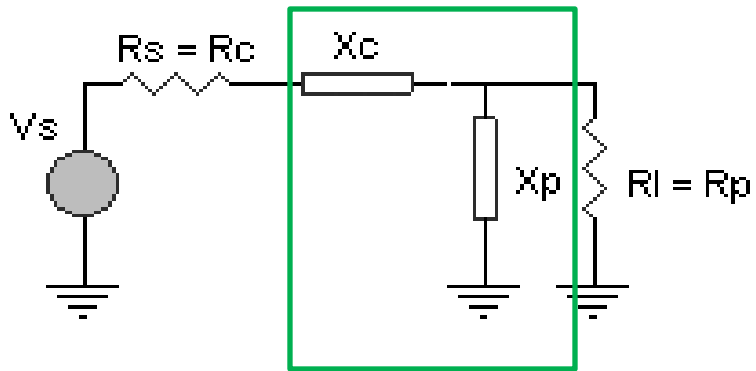
Jenis-jenis Lumped Element Matching Impedance Network

1. PENYESUAI IMPENDANSI BENTUK L
(2 ELEMEN)
2. PENYESUAI IMPENDANSI BENTUK T ATAU Π
(3 ELEMEN)
3. PENYESUAI IMPENDANSI MULTI-ELEMEN
(WIDEBAND, LOW-Q)

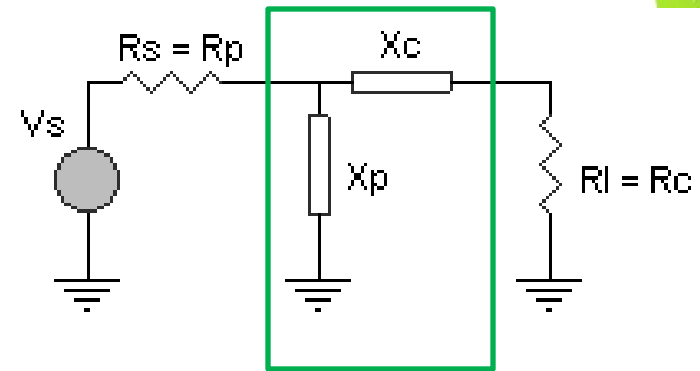
Lumped Element Network



L-Network Matching Impedance

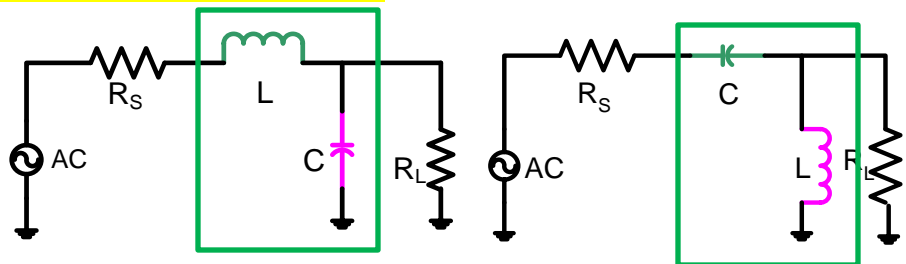


$R_L > R_s$, maka IMC L kanan



$R_s > R_L$, maka IMC L kiri

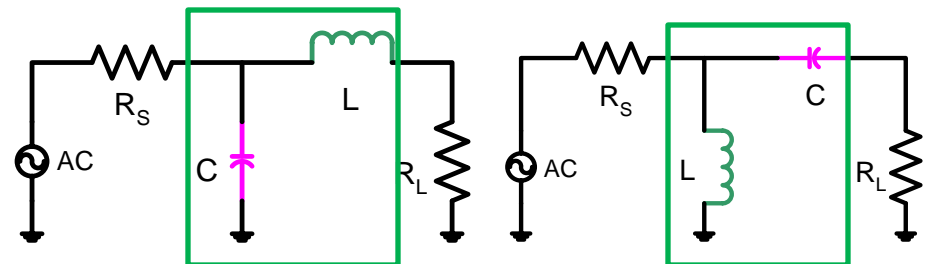
Ada 2 Kemungkinan



i. Bersifat Low-pass

ii. Bersifat High-pass

Ada 2 Kemungkinan



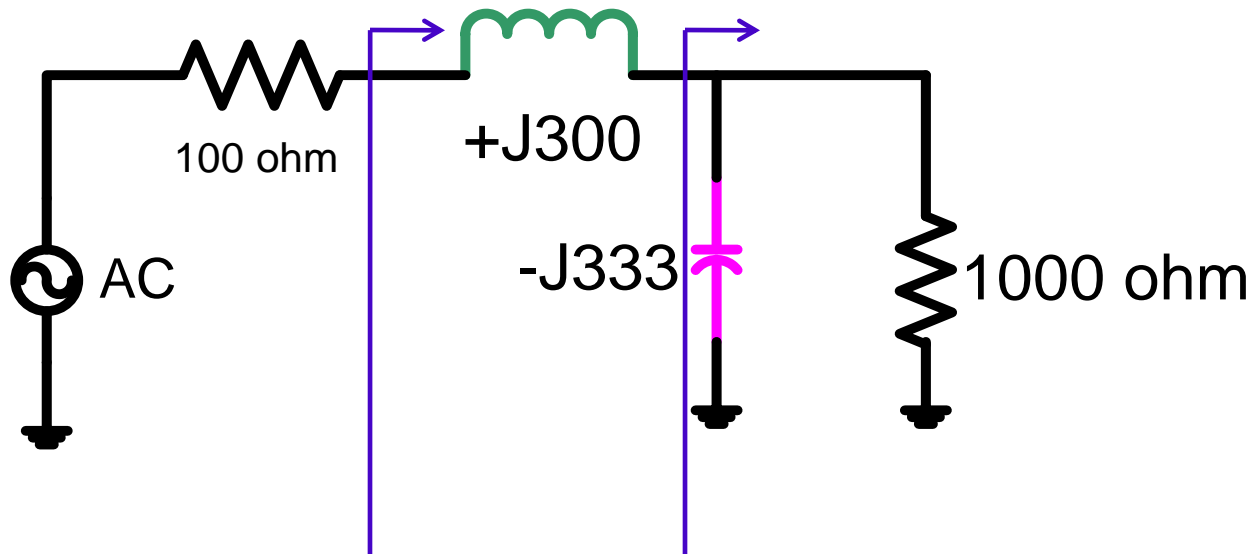
i. Bersifat Low-pass

ii. Bersifat High-pass

Lumped Element Network



L-Network : How does it work!



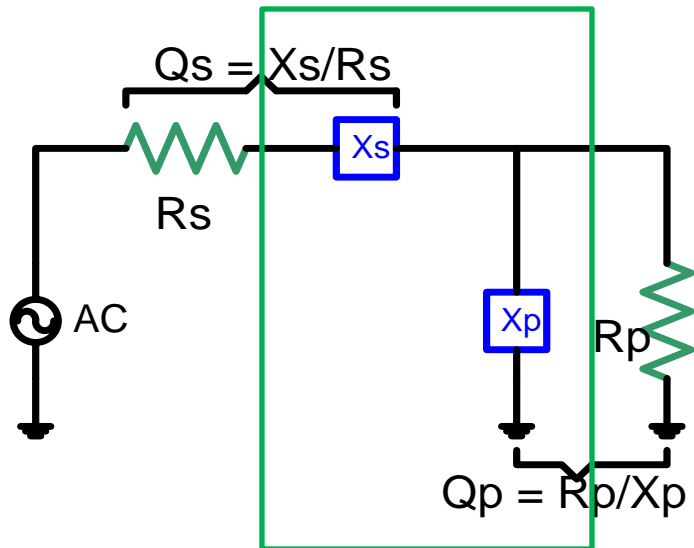
$$\begin{aligned} Z_2 &= 100 - J300 + J300 \\ &= 100 \text{ ohm} \end{aligned}$$

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

Lumped Element Network



L-Network Matching Impedance



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

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

Keterangan :

Qs = Faktor kualitas seri

Xs = Reaktansi Seri = Xc

Xp = Reaktansi Pararel

Qp = Faktor kualitas paralel

**Rp = Resistansi paralel (Resistansi yang lebih besar
 R_{sumber} atau R_L)**

**Rs = Resistansi seri = Rc (Resistansi yang lebih kecil
 R_{sumber} atau R_L)**

Lumped Element Network



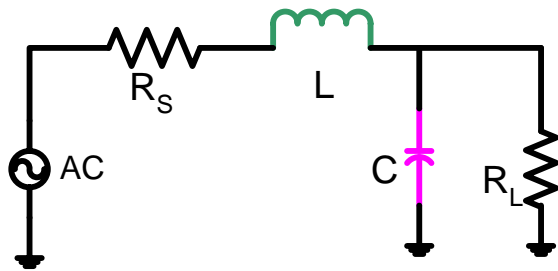
Contoh Soal

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.

Lumped Element Network



Solusi



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

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

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

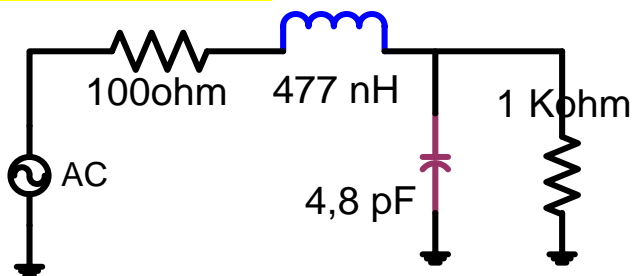
$$Q_P = \frac{R_P}{X_P}$$

→ 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



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

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

Lumped Element Network

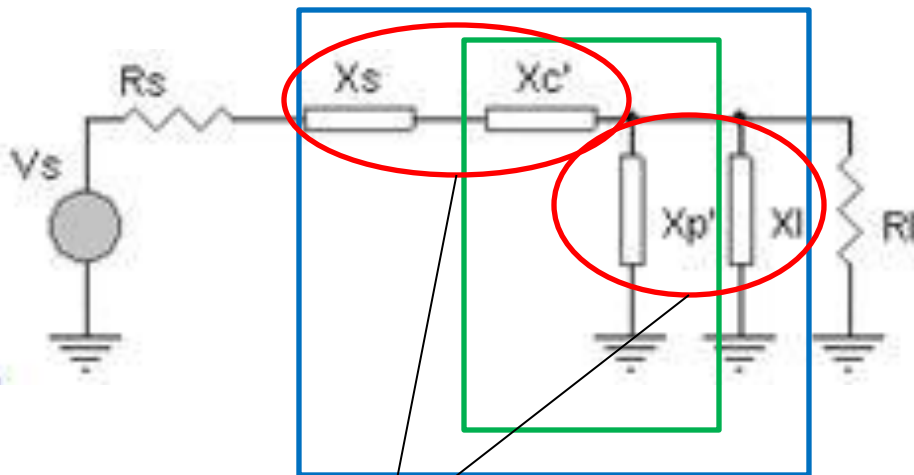


Konsep Absorpsi dan Resonansi

Bila impedansi sumber atau beban bilangan kompleks:

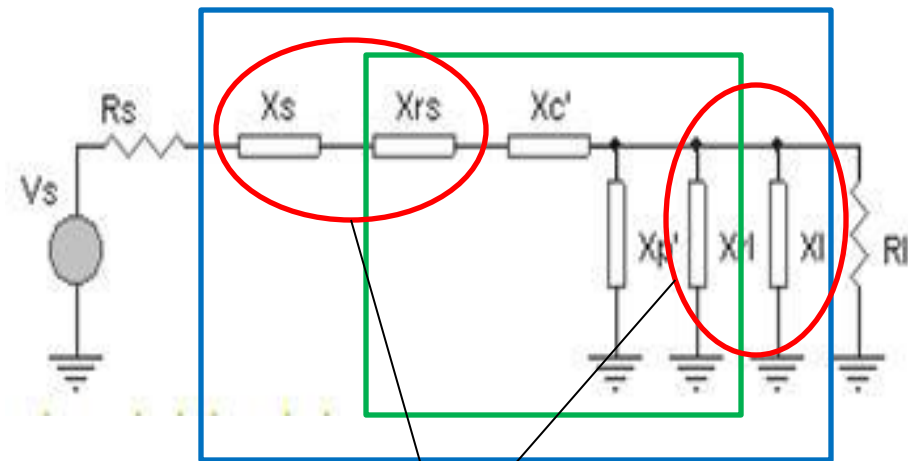
- ❑ Terdapat 2 prinsip dasar yaitu absorpsi dan resonansi
- ❑ Dasar perhitungan masih menggunakan sumber atau beban bilangan riil (resistif saja)

Absorpsi



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

Resonansi



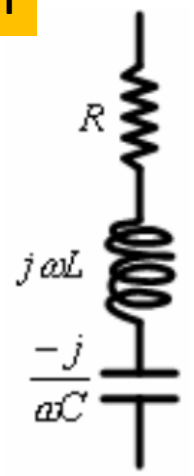
Dibuat menjadi Resonansi

Lumped Element Network



Rangkaian resonansi

Resonansi seri

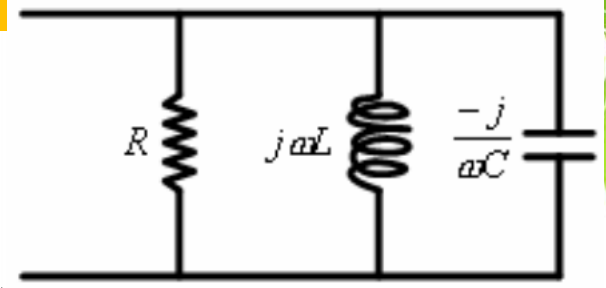


$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Resonansi parallel



Admitansi total :

$$\frac{1}{Z_{tot}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{-j/\omega C} = \frac{1}{R} - \frac{j}{\omega L} + j\omega C$$

$$\frac{1}{Z_{tot}} = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

saat resonansi :

$$\omega C - \frac{1}{\omega L} = 0 \rightarrow \omega C = \frac{1}{\omega L}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

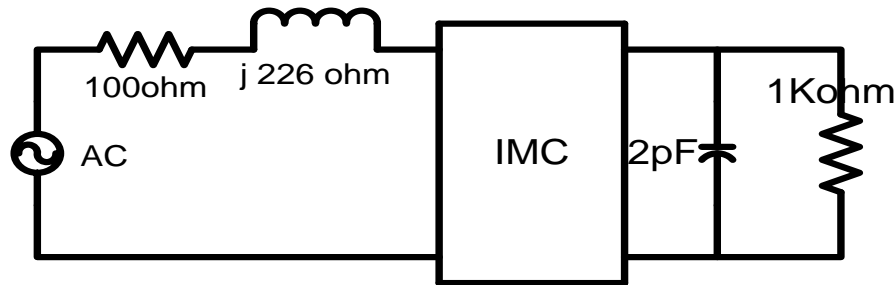
$$f_o = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Lumped Element Network

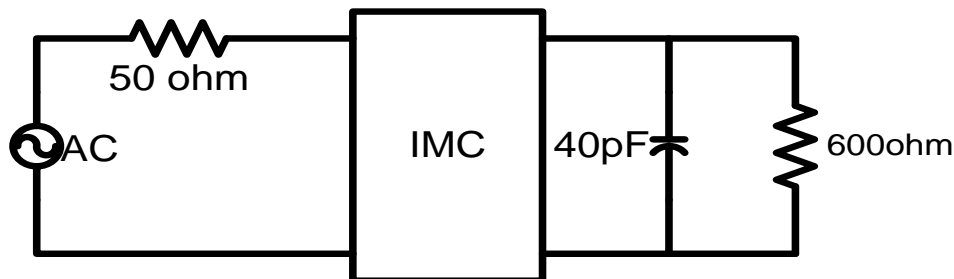


Contoh Soal

- 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!



Lumped Element Network



Konversi serial parallel

Konversi dari “seri” ke “paralel” ekivalennya, jika R_s dan X_s diketahui maka X_p dan R_p bisa dicari

Untuk $Q < 10$,

$$R_p = R_s(Q^2 + 1)$$

$$X_p = \frac{R_p}{Q_p}$$

$$Q_p = \frac{R_p}{X_p}$$

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

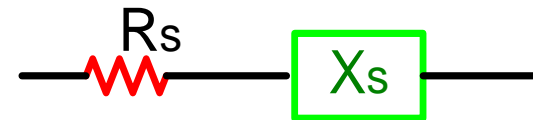
$$Q = Q_s = Q_p$$

Untuk $Q > 10$,

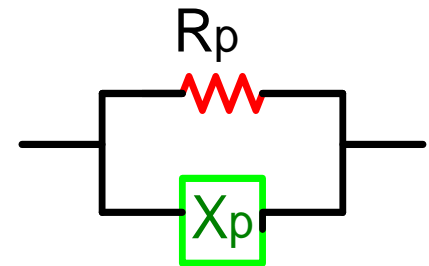
$$R_p \approx Q^2 \cdot R_s$$

$$X_p \approx X_s$$

Seri



Paralel Ekivalen



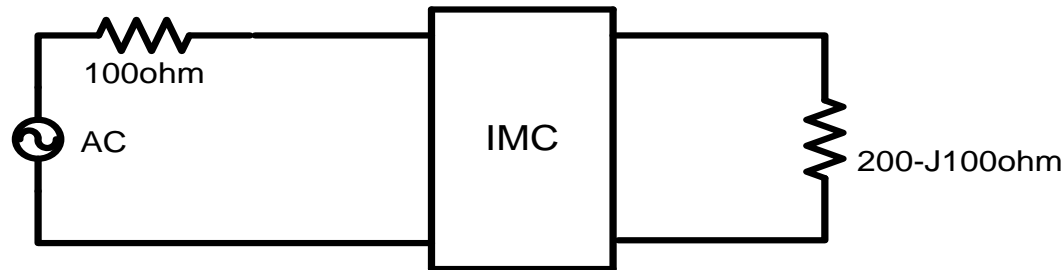
Q_p , Q_s , Q : Faktor kualitas Komponen

Lumped Element Network



Contoh Soal

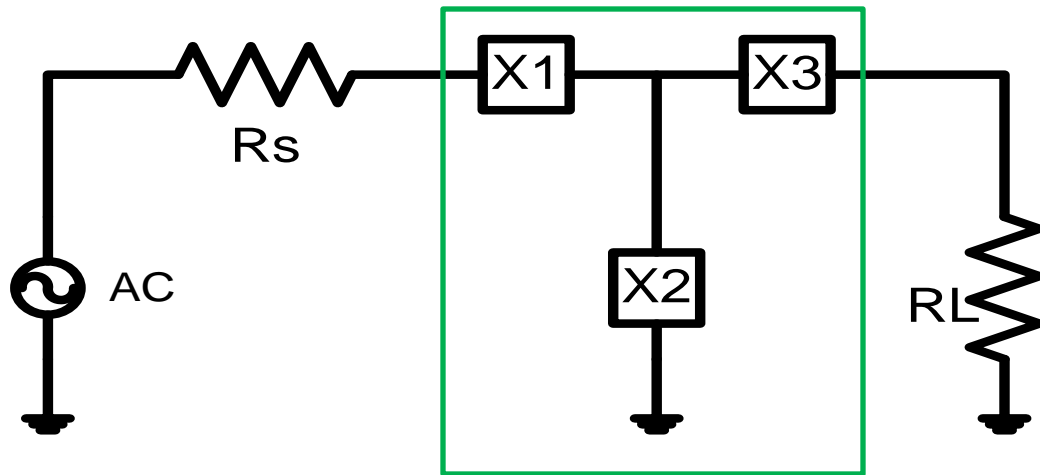
- 1) Rancanglah IMC bentuk “L” pada frekuensi 500 MHz dengan sifat meloloskan sinyal DC pada rangkaian berikut:



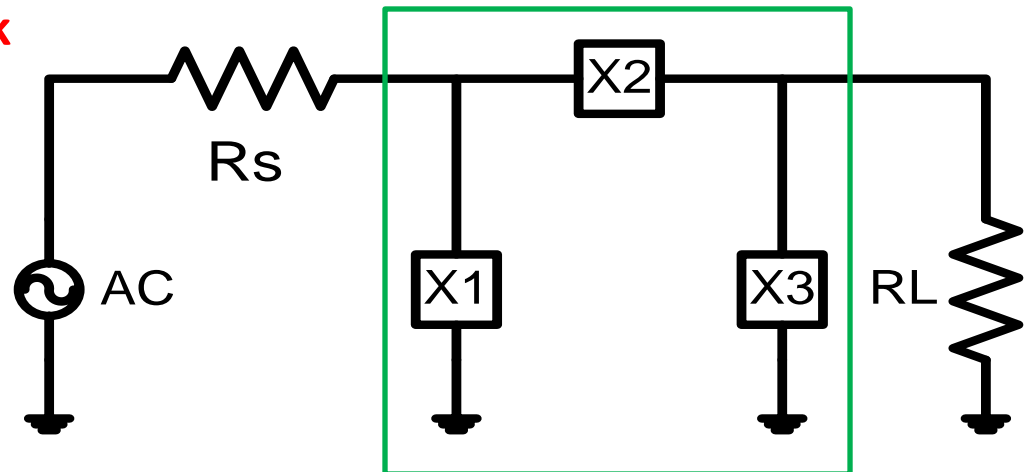
Lumped Element Network



3 Element Network



T-Network

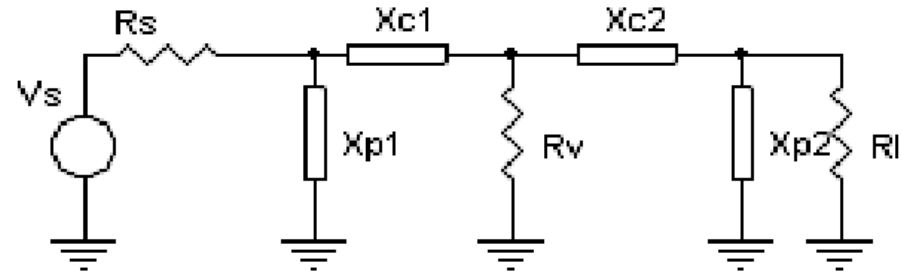
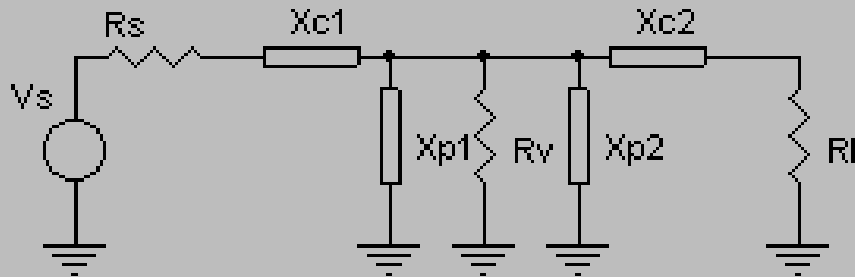


π -Network

Lumped Element Network



3 Element Network



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

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

Lumped Element Network



Contoh Soal

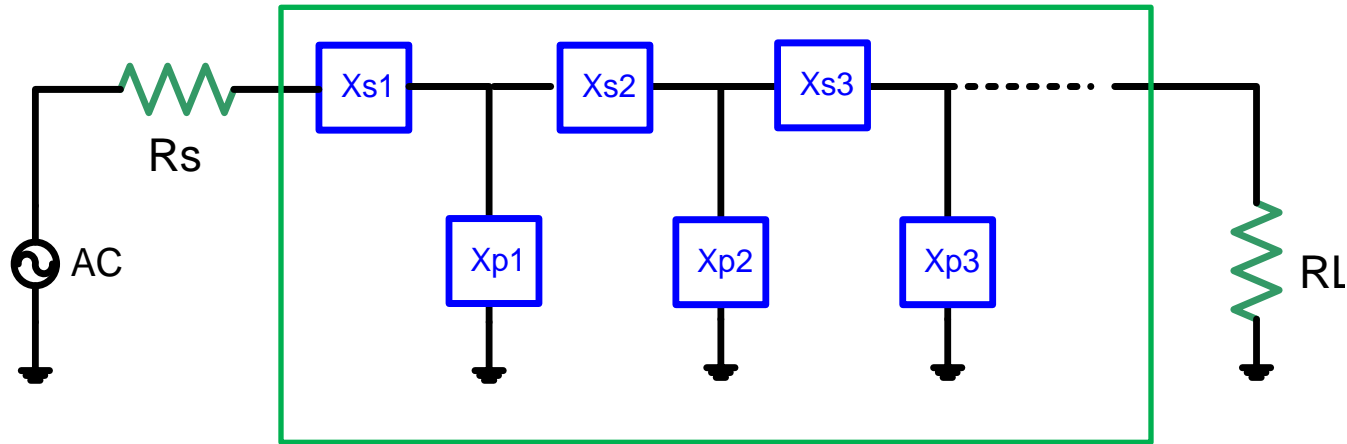
- 1) Design 4 buah pi network yang berbeda yang dapat mematchingkan 100 ohm dari sumber ke beban 1000 ohm dan setiap network harus memiliki $Q = 15$
- 2) Design 4 buah T network yang berbeda yang dapat mematchingkan 10 ohm dari sumber ke beban 50 ohm dan setiap network harus memiliki $Q = 10$

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

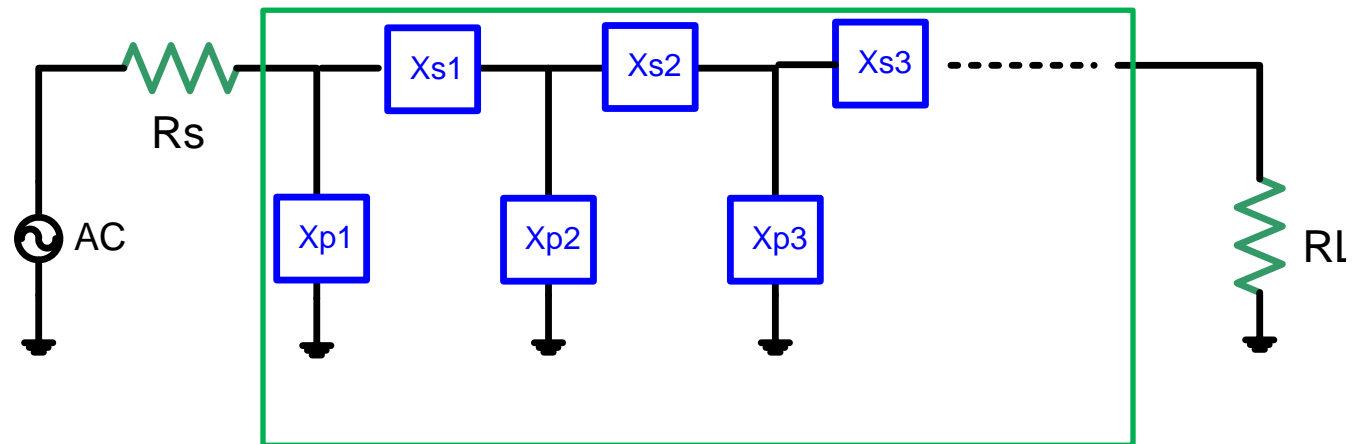
Lumped Element Network



Low Q-Wideband Matching Network

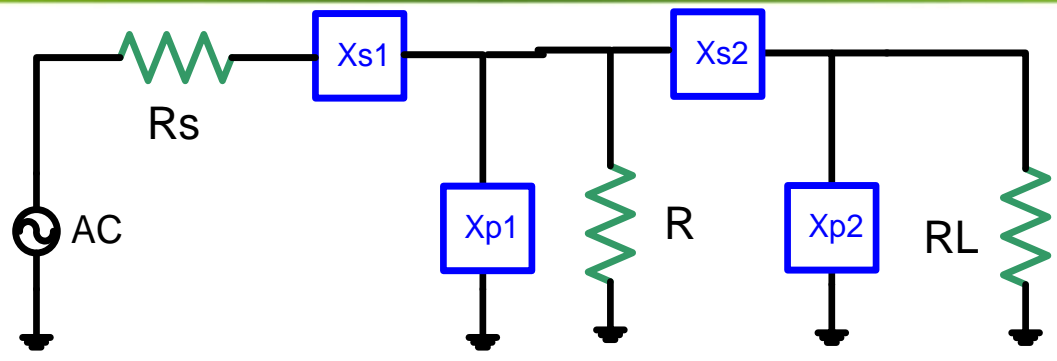


Jika $R_L > R_s$



Jika $R_s > R_L$

Lumped Element Network

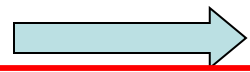


$$R = \sqrt{R_S \cdot R_L}$$



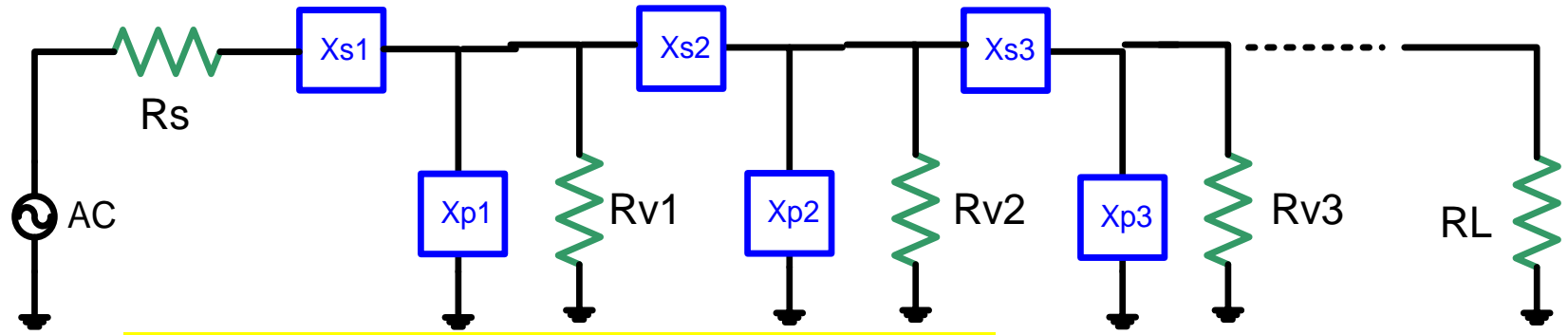
Jika diinginkan maksimum bandwidth

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



Jika Q ditentukan

Jika diinginkan BW yang lebih lebar lagi :



$$\frac{R_{v1}}{R_{\text{smaller}}} = \frac{R_{v2}}{R_{v1}} = \frac{R_{v3}}{R_{v2}} = \dots = \frac{R_{L \text{ larger}}}{R_{v n}}$$



Jika diinginkan maksimum bandwidth



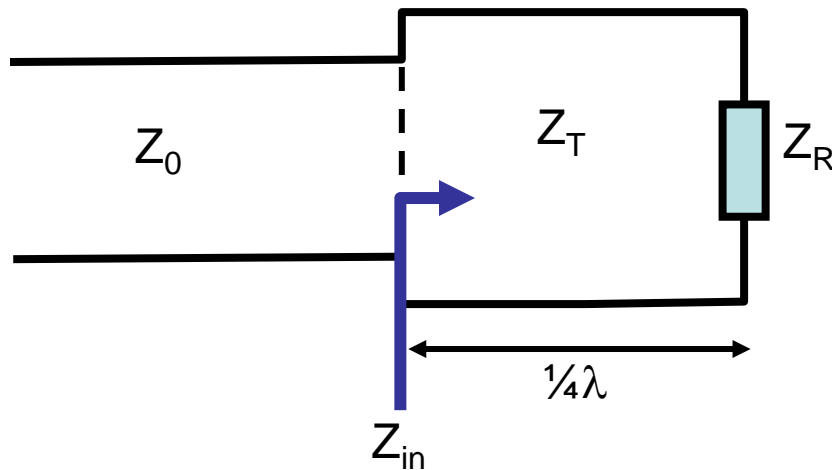
Matching Impedance Menggunakan Trafo $\lambda/4$

Matching Impedance Menggunakan Trafo $\lambda/4$



Jika Beban Resistif Murni

- Jika diasumsikan Z_0 dan Z_T lossless, sedangkan Z_R resistif murni, maka :



$$Z_{in} = Z_T \frac{Z_R + jZ_T \tan \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\lambda}{4} \right)}{Z_T + jZ_R \tan \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\lambda}{4} \right)} = \frac{Z_T^2}{Z_R}$$

- Syarat Matching :

$$Z_{in} = Z_0$$



$$Z_0 = \frac{Z_T^2}{Z_R}$$



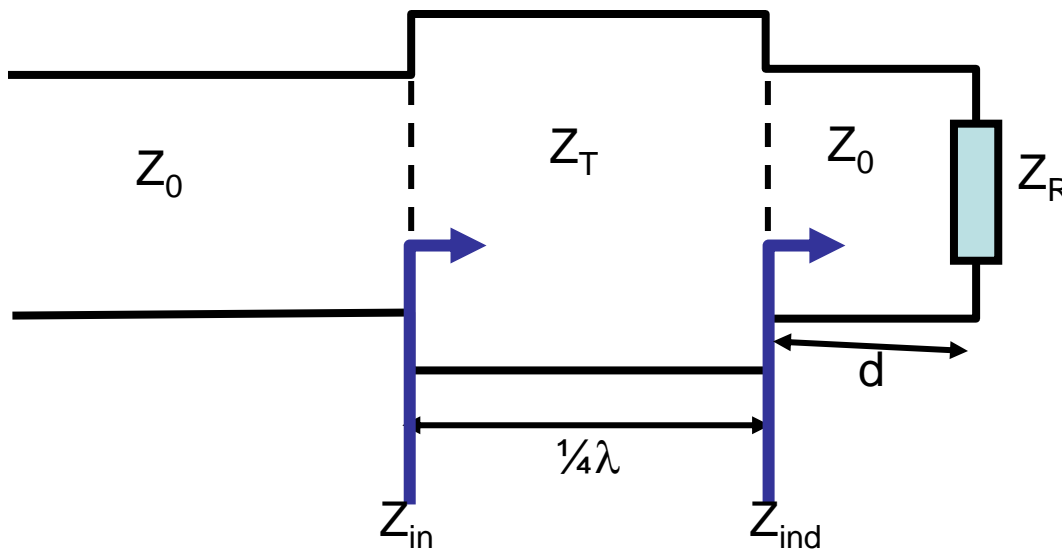
$$Z_T = \sqrt{Z_0 Z_R}$$

Matching Impedance Menggunakan Trafo $\lambda/4$



Jika Beban Kompleks

- Untuk kasus dimana Z_R tidak resistif murni, maka trafo $\lambda/4$ dipasang sejarak d dari beban, sedemikian Z_{ind} bernilai resistif murni.



$$Z_T = \sqrt{Z_0 Z_{ind}}$$

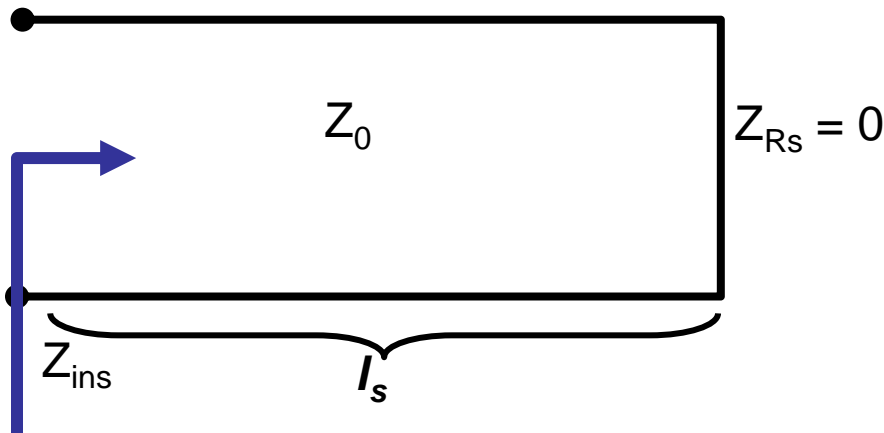


Matching Impedance Menggunakan Stub

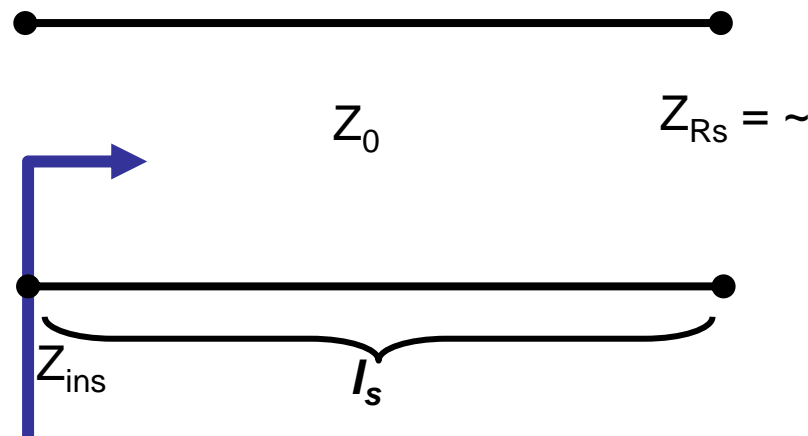
Matching Impedance Menggunakan Stub



Pendahuluan Stub

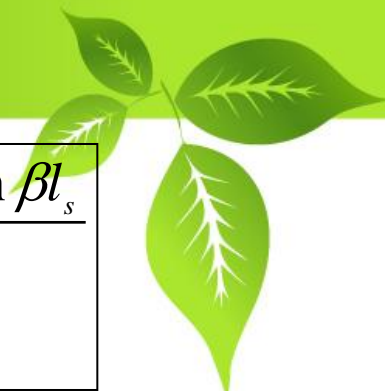


- **Stub** adalah potongan saluran transmisi yang digunakan untuk memberikan kompensasi reaktansi pada saluran transmisi utama.

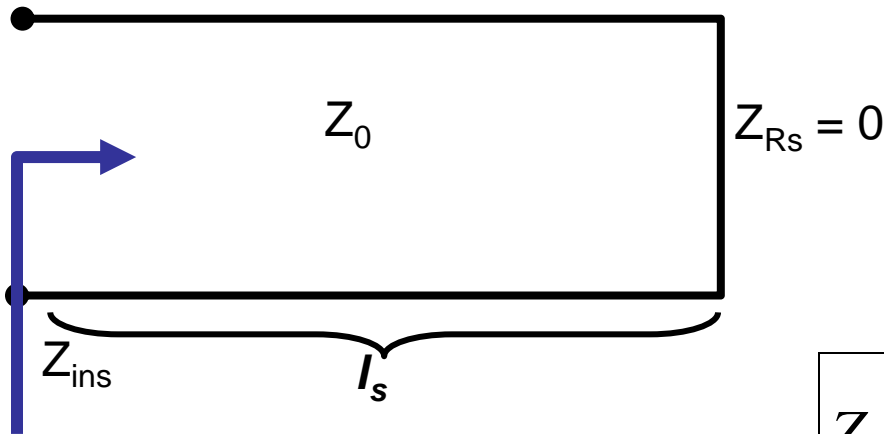


- **Stub** bisa berupa saluran transmisi tertutup (SC), bisa juga dibiarkan terbuka (OC). Namun demikian, umumnya dipakai stub tertutup untuk menghindari kebocoran radiasi medan.

Matching Impedance Menggunakan Stub



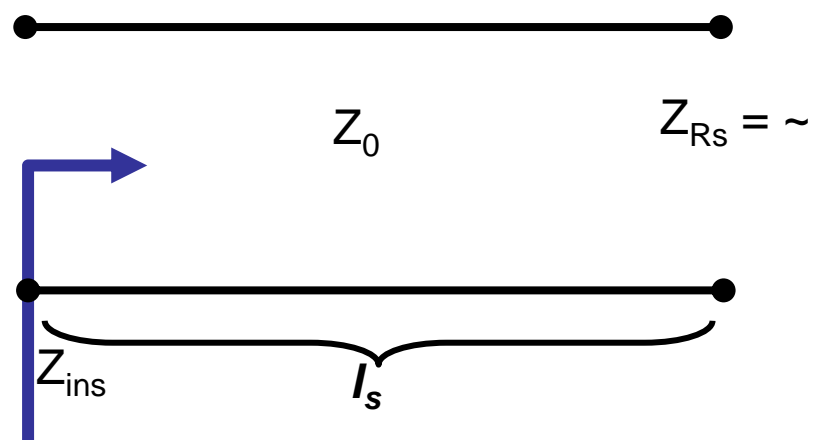
Impedansi Input Stub



$$Z_{ins} = Z_0 \frac{0 + jZ_0 \tan \beta l_s}{Z_0}$$

$$= jZ_0 \tan \beta l_s$$

$$Y_{ins} = \frac{1}{jZ_0 \tan \beta l_s} = -\frac{j}{Z_0 \tan \beta l_s}$$



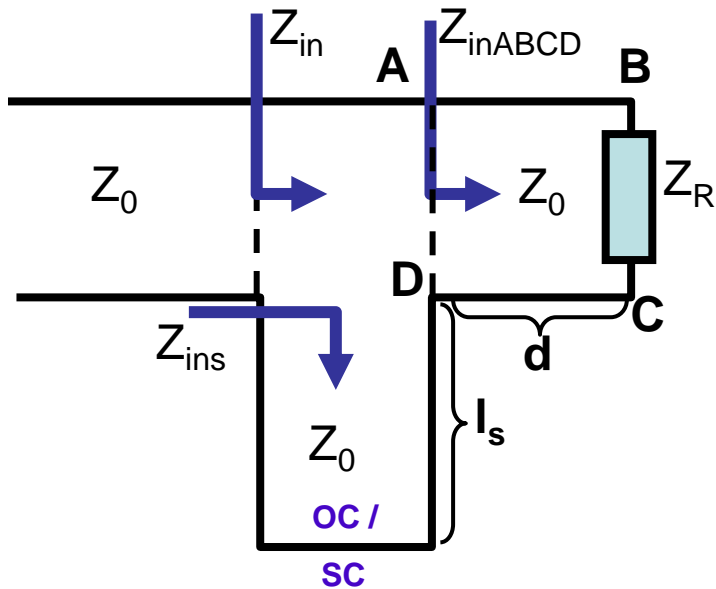
$$Z_{ins} = Z_0 \frac{\sim + jZ_0 \tan \beta l_s}{Z_0 + j \sim \tan \beta l_s}$$

$$= Z_0 \frac{1 + 0}{0 + j \tan \beta l_s}$$

$$= -j \frac{Z_0}{\tan \beta l_s}$$

$$Y_{ins} = \frac{1}{-j \frac{Z_0}{\tan \beta l_s}} = -\frac{j \tan \beta l_s}{Z_0}$$

Matching Impedance Menggunakan Stub (stub tunggal seri SC dan OC)



$$Z_{inABCD} = Z_0 \frac{Z_R + jZ_0 \tan \beta d}{Z_0 + jZ_R \tan \beta d}$$

$$= \text{Re} + j \text{Im}$$

$$Z_{ins(SC)} = jZ_0 \tan \beta l_s$$

$$Z_{ins(OC)} = -j \frac{Z_0}{\tan \beta l_s}$$

Syarat matched :

$$Z_{in} = Z_0$$

Untuk saluran lossless, impedansi karakteristik bersifat resistif murni :

$$Z_0 = R_0$$

$$Z_{in} = Z_{inABCD} + Z_{ins}$$

$$R_0 = \text{Re} + j\text{Im} + jZ_0 \tan \beta l_s$$

(misal SC)
harus = 0

Syarat
matched !

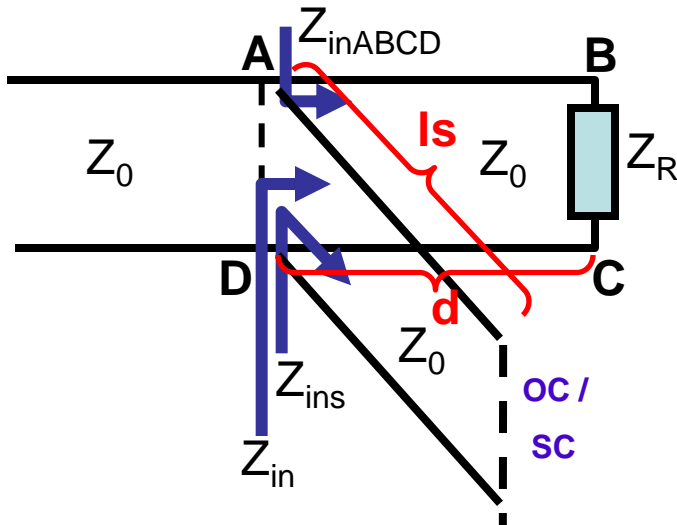
$$R_0 = \text{Re}$$

didapat d !!

$$j\text{Im} + jZ_0 \tan \beta l_s = 0$$

didapat l_s !!

Matching Impedance Menggunakan Stub (stub tunggal paralel SC)



$$Z_{inABCD} = Z_0 \frac{Z_R + jZ_0 \tan \beta d}{Z_0 + jZ_R \tan \beta d}$$

$$= \text{Re} + j \text{Im}$$

$$Z_{ins(SC)} = jZ_0 \tan \beta l_s$$

$$Z_{ins(OC)} = -j \frac{Z_0}{\tan \beta l_s}$$

Syarat matched :

$$Z_{in} = Z_0$$

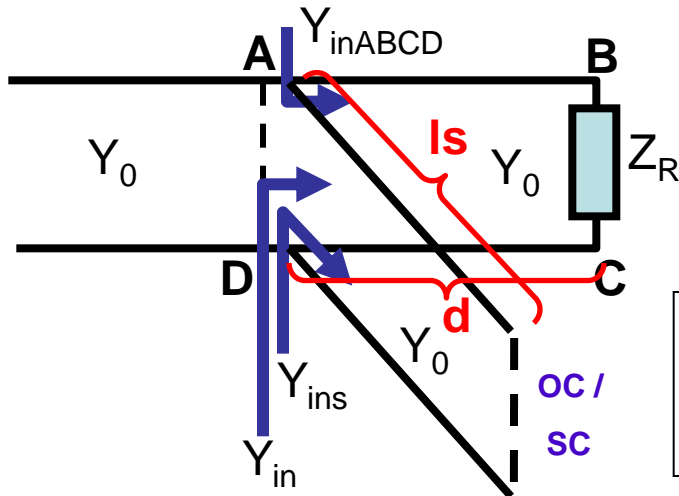
Untuk saluran lossless, impedansi karakteristik bersifat resistif murni :

$$Z_0 = R_0$$

$$Z_{in} = \frac{Z_{inABCD} \times Z_{ins}}{Z_{inABCD} + Z_{ins}} = Z_0$$

Penyelesaian matematis cukup panjang dan sulit, sehingga untuk stub paralel, lebih baik bekerja di ADMITANSI !!

Matching Impedance Menggunakan Stub (stub tunggal paralel SC dan OC)



$$Y_{inABCD} = \frac{1}{Z_0} \frac{Z_0 + jZ_R \tan \beta d}{Z_R + jZ_0 \tan \beta d} = G + jB$$

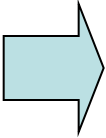
$$Y_{ins(SC)} = -\frac{j}{Z_0 \tan \beta l_s}$$

$$Y_{ins(OC)} = -\frac{j \tan \beta l_s}{Z_0}$$

Syarat matched :

$$Y_{in} = Y_0$$

$$Y_{in} = Y_{inABCD} + Y_{ins}$$



$$\frac{1}{R_0} = G + jB - \frac{j}{Z_0 \tan \beta l_s}$$

(misal : SC) harus = 0

Jadi, syarat matched !

$$\frac{1}{R_0} = G$$

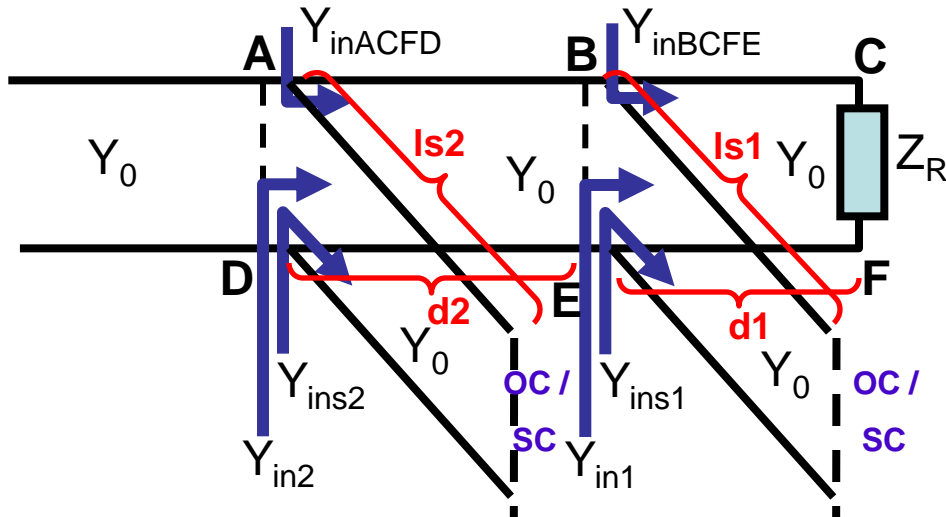
didapat d !

dan

$$jB - \frac{j}{Z_0 \tan \beta l_s} = 0$$

didapat l_s !!

Matching Impedance Menggunakan Stub (stub ganda paralel SC dan OC)



$$Y_{inBCFE} = \frac{1}{Z_0} \frac{Z_0 + jZ_R \tan \beta d_1}{Z_R + jZ_0 \tan \beta d_1} = G_1 + jB_1$$

$$Y_{in1} = Y_{inBCFE} + Y_{ins1}$$

$$Y_{inACFD} = \frac{1}{Z_0} \frac{Z_0 + jZ_{in1} \tan \beta d_2}{Z_{in1} + jZ_0 \tan \beta d_2} = G_2 + jB_2$$

Catatan :
 Dalam desain biasanya d1 dan d2 di tentukan
 Sedangkan Is1 dan Is2 yang bisa di *adjust*

$$Y_{ins(SC)} = -\frac{j}{Z_0 \tan \beta l_s}$$

$$Y_{ins(OC)} = -\frac{j \tan \beta l_s}{Z_0}$$

Syarat matched :

$$Y_{in2} = Y_0$$

$$Y_{in2} = Y_{inACFD} + Y_{ins2}$$

(misal : SC) harus = 0

$$\frac{1}{R_0} = G_2 + jB_2 - \frac{j}{Z_0 \tan \beta l_{s2}}$$

Questions???



