10. 模 型 网 络

西安电子科技大学，电子工程学院
苏 涛

10. 模 型 网 络

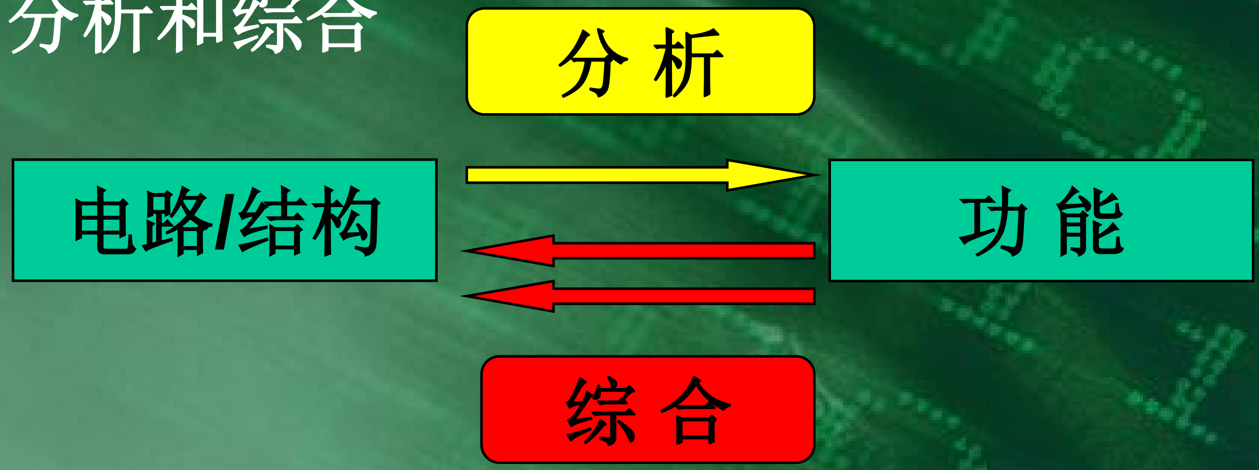
一、模型网络的思想方法

二、阻抗倒置变换器

三、J/K变换器等效网络

一、模型网络的思想方法

1.1 分析和综合



- 分析是唯一的，综合是非唯一的；
- 通常综合总是以某种特定功能的单元作为基本单位，实现具体的电路或结构；

- 典型的、常用的实现某种功能的电路或结构

—— 模型网络

模型网络是某种功能的数学抽象，这里的“模型”可以理解为数学模型；

同时，模型网络具有多种实现形式，各形式之间都是等效网络，且是常见的、易用的。

需要对模型网络进行详细研究：

功能、实现形式等等

一、模型网络的思想方法

1.2 微波网络

网络理论来自电路理论，现有的网络理论在网络中的应用有很多工作要做，特别要注意波网络的特点；有必要对电路中的“功能网络”在微波中的表现进一步研究。

而且，在微波电路中出现了特有的需要注意的模型网络。

一、模型网络的思想方法

1.3 等效网络

【网络等效定理】 两网络的功能矩阵（A、S或其它）对应相等，则这两个网络等效。

网络等效主要解决由功能网络演变为具体元件的问题。有必要根据情况选择不同的等效网络形式。

注：等效的适用性，点频等效、频带等效、全域等效等

Ⅷ. 模 型 网 络

一、模型网络的思想方法

二、阻抗倒置变换器

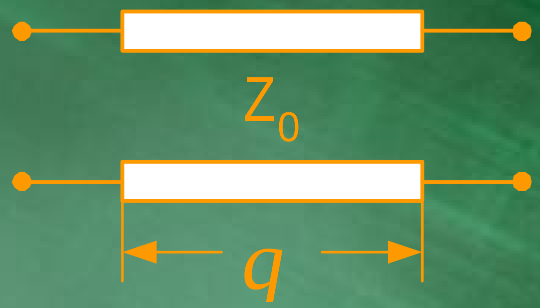
2.1 由四分之一波长阻抗变换器引入

2.2 阻抗导致变换器

2.3 传输线变压器网络

三、J/K变换器等效网络

2.1 由四分之一波长阻抗变换器引入



$$\begin{bmatrix} \cos\theta & jZ_0\sin\theta \\ j\dfrac{1}{Z_0}\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$

当传输线长度为四分之一波长时，

$$[A]=\begin{bmatrix} \cos\theta & jZ_0\sin\theta \\ j\dfrac{1}{Z_0}\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \cos\dfrac{\pi}{2} & jZ_0\sin\dfrac{\pi}{2} \\ j\dfrac{1}{Z_0}\sin\dfrac{\pi}{2} & \cos\dfrac{\pi}{2} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 & jZ_0 \\ j\dfrac{1}{Z_0} & 0 \end{bmatrix}$$

$$Z_{in}=\frac{A_{11}Z_L+A_{12}}{A_{21}Z_L+A_{22}}=\frac{jZ_0}{j\dfrac{1}{Z_0}Z_L}=\frac{Z_0^2}{Z_L}$$

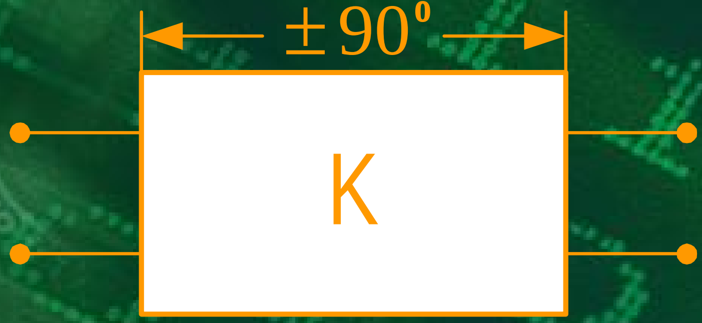
显然的，输入阻抗和负载阻抗发生了“倒置”；

具有该类阻抗导致特性的网络在微波网络中具有重要意义，一般称其为阻抗倒置变换器。

2.2 阻抗倒置变换器

【定义】 **K变换器，阻抗倒置变换器，其A矩阵为**

$$[A]=\begin{bmatrix} 0 & \pm jK \\ \pm j\dfrac{1}{K} & 0 \end{bmatrix}$$



有：

$$Z_{in}=\frac{K^2}{Z_L}$$

【讨论】 a. J变换器

【定义】 J变换器，导纳倒置变换器，其A矩阵为

$$[A]=\begin{bmatrix} 0 & \pm j\dfrac{1}{J} \\ \pm jJ & 0 \end{bmatrix}$$

其是K变换器的对偶元件：

$$Y_{in}=\frac{J^2}{Y_L}$$

b. 四分之一波长阻抗变换器即是

阻抗倒置变换器，K变换器， $K = Z_0$

导纳倒置变换器，J变换器， $J = 1/Z_0$

c. 四分之一波长阻抗变换器作为J/K变换器

点频的

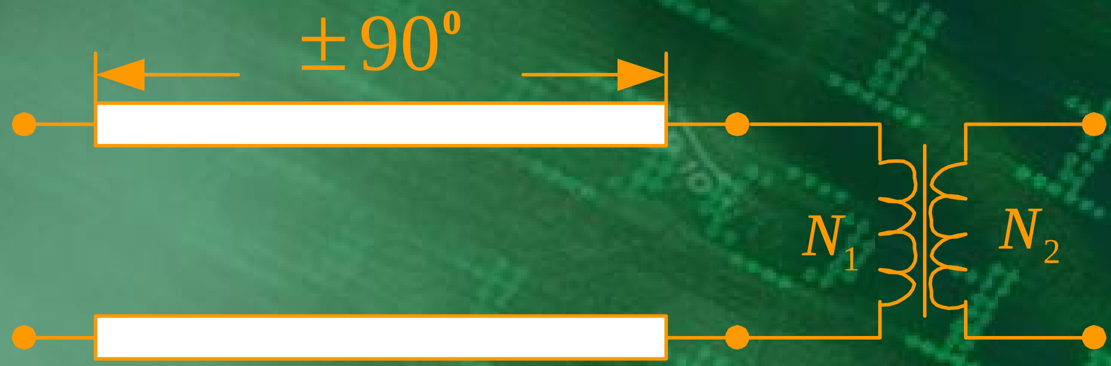
d. 通过J/K变换器，发生转化

电感 ——— 电容

串联 ——— 并联

2.3 传输线变压器网络

定理：±90° 微波传输线与变压器网络的A矩阵为



$$[A]=\begin{bmatrix} 0 & \pm jn \\ \pm j\dfrac{1}{n} & 0 \end{bmatrix} \qquad n=\frac{N_2}{N_1}$$

变压器网络

$$n = \frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}$$

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{n} & 0 \\ 0 & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

传输线网络

$$\begin{bmatrix} \cos q & j\sin q \\ j\sin q & \cos q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \pm j \\ \pm j & 0 \end{bmatrix}$$

$$\left[\overline{A}\right]=\begin{bmatrix}0 & \pm j\\ \pm j & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\frac{1}{n} & 0\\ 0 & n\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0 & \pm jn\\ \pm j\frac{1}{n} & 0\end{bmatrix}$$

- 传输线变压器网络是**J/K**变换器；
- 变压器决定阻抗变比，传输线决定相位变化；
- 微波中，不连续性常常带来阻抗变比，配合不同长度的传输线，即可认为是**J/K**变换器

传输线不连续性 ———— **J/K**变换器

Ⅷ. 模 型 网 络

一、模型网络的思想方法

二、阻抗倒置变换器

三、J / K变换器等效网络

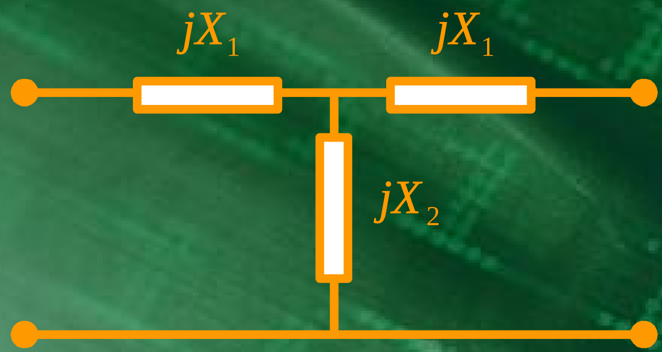
3.1 集总参数等效电路

3.2 半集总参数等效电路

3.3 分布元件等效电路

3.4 耦合的模型网络

3.1 集总参数等效电路



$$[\bar{A}]=\begin{bmatrix}1 & jX_1\\ 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & 0\\ -j\dfrac{1}{X_2} & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & jX_1\\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix}1+\dfrac{X_1}{X_2} & jX_1\left(2+\dfrac{X_1}{X_2}\right)\\ \dfrac{1}{jX_2} & 1+\dfrac{X_1}{X_2}\end{bmatrix}$$

令其是K变换器，则参数为

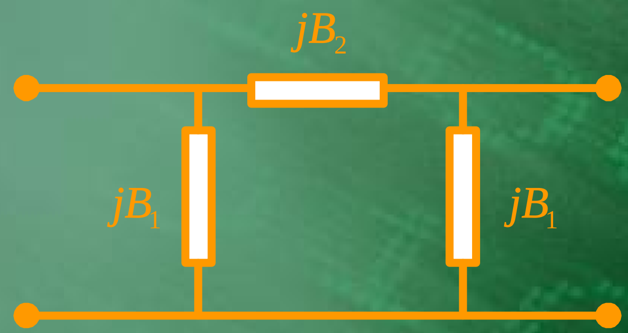
$$[\bar{A}]=\begin{bmatrix} 1+\dfrac{X_1}{X_2} & jX_1\left(2+\dfrac{X_1}{X_2}\right) \\ \dfrac{1}{jX_2} & 1+\dfrac{X_1}{X_2} \end{bmatrix}$$

$$[A]=\begin{bmatrix} 0 & \pm jK \\ \pm j\dfrac{1}{K} & 0 \end{bmatrix}$$

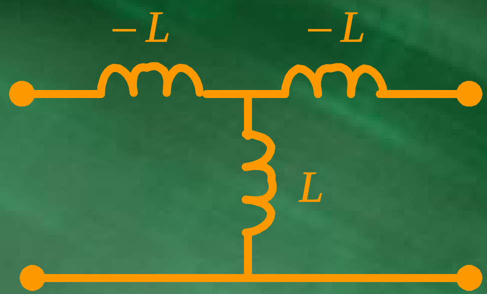
$$\begin{cases} 1+\dfrac{X_1}{X_2}=0 \\ \dfrac{1}{X_2}=\pm\dfrac{1}{K} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_1=-X_2 \\ X_2=\pm K \end{cases}$$

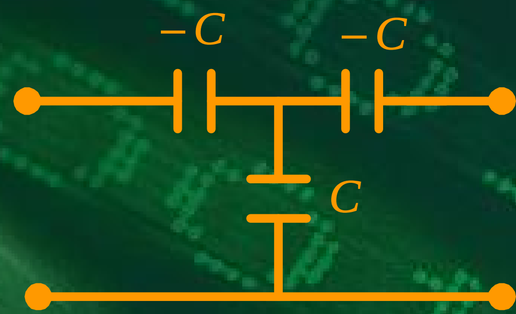
- 验证A_{21}项是满足相等关系的。
- T型电抗网络性质上可以等效为K变换器，定量上必须满足串联臂和并联臂的电抗大小相等，符号相反。
  - 对偶的集总元件J变换器



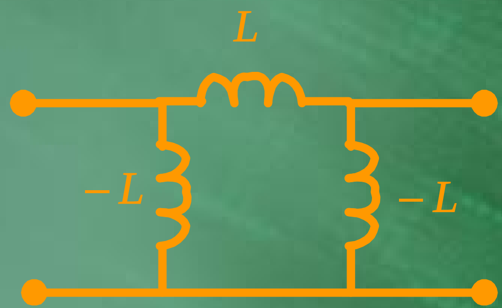
$$\begin{cases} B_1 = -B_2 \\ B_2 = \pm J \end{cases}$$



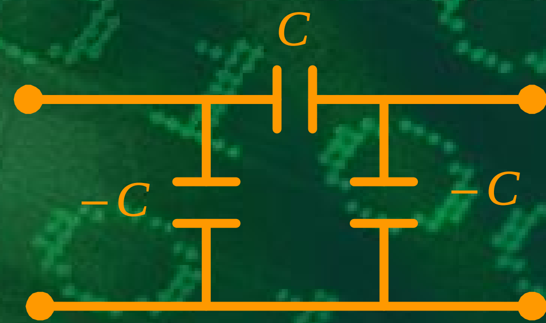
$$K = wL$$



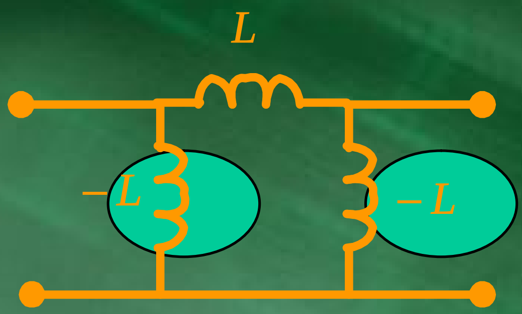
$$K = 1/wC$$



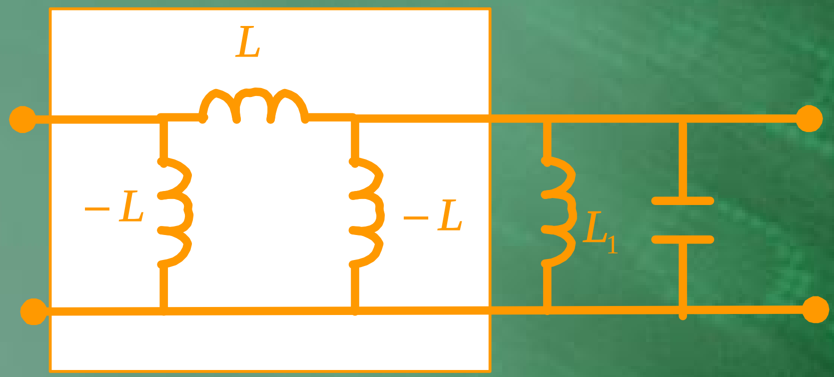
$$J = 1/wL$$

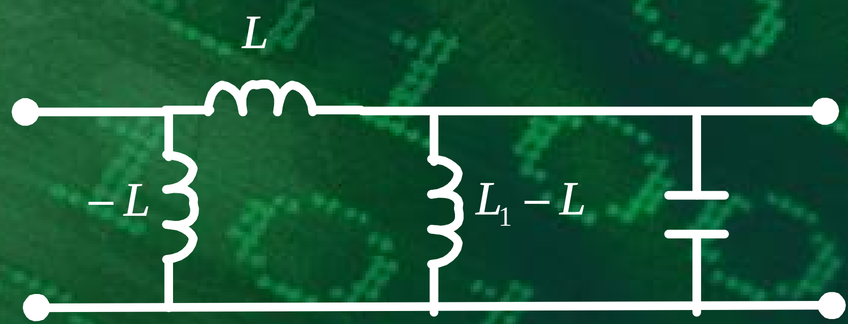


$$J = wC$$

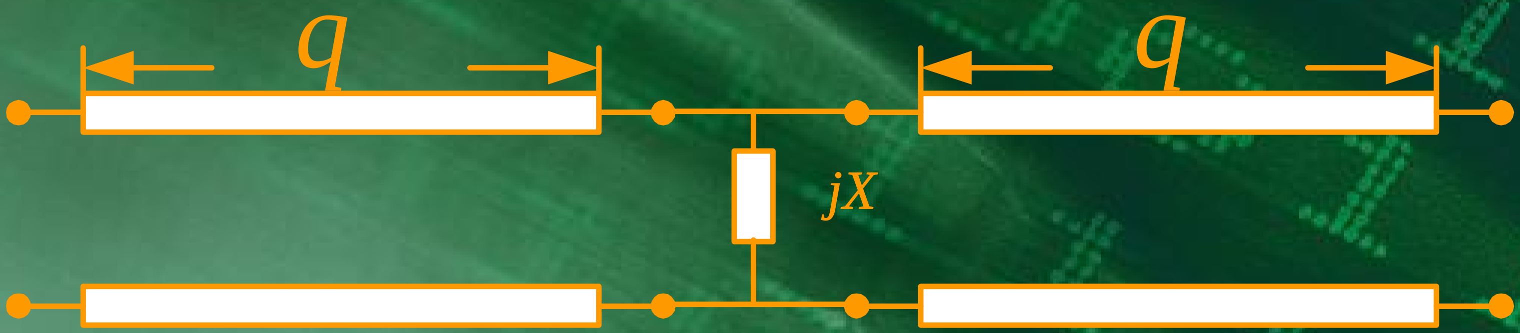


负的元件在相邻电路中吸收





3.2 半集总参数等效电路

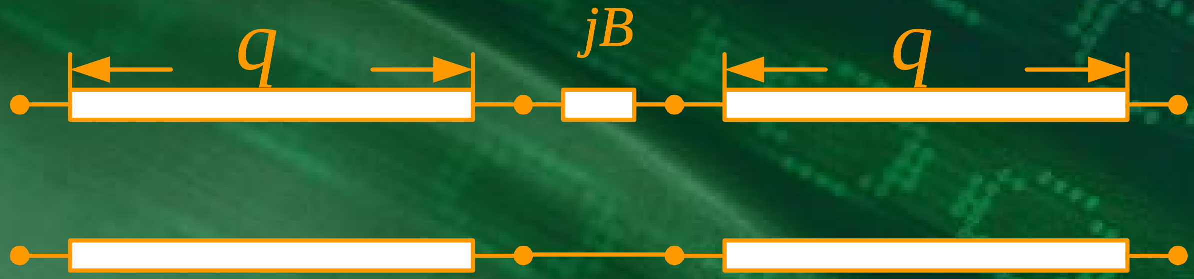


$$
\left[\overline{A}\right]=\begin{bmatrix}\cos q & j_1 Z_0 \sin q \\ j\dfrac{1}{Z_0}\sin q & \cos q\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & 0 \\ -j\dfrac{1}{X} & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos q & j_1 Z_0 \sin q \\ j\dfrac{1}{Z_0}\sin q & \cos q\end{bmatrix}
$$

$$
=\begin{bmatrix}\cos 2q+\dfrac{Z_0}{2X}\sin q & j\left(Z_0 \sin 2q+\dfrac{Z_0^2}{X}\sin^2 q\right) \\ j\left(\dfrac{\sin 2q}{Z_0}-\dfrac{\cos^2 q}{X}\right) & \cos 2q+\dfrac{Z_0}{2X}\sin q\end{bmatrix}
$$

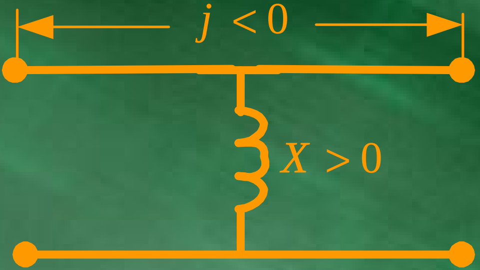
$$[\bar{A}] = \begin{bmatrix} \cos 2q + \dfrac{Z_0}{2X}\sin q & j\left(Z_0 \sin 2q + \dfrac{Z_0^2}{X}\sin^2 q \right) \\ j\left(\dfrac{\sin 2q}{Z_0} - \dfrac{\cos^2 q}{X} \right) & \cos 2q + \dfrac{Z_0}{2X}\sin q \end{bmatrix} \qquad [A] = \begin{bmatrix} 0 & \pm jK \\ \pm j\dfrac{1}{K} & 0 \end{bmatrix}$$

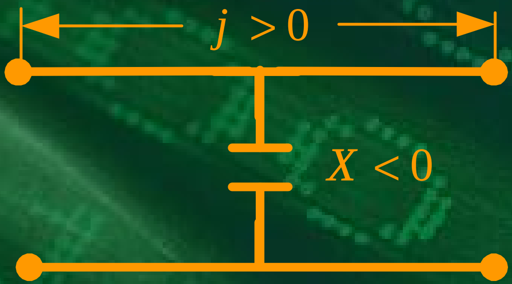
$$\begin{cases} \cos 2q + \dfrac{Z_0}{2X}\sin q = 0 \\ Z_0 \sin 2q + \dfrac{Z_0^2}{X}\sin^2 q = K \\ \dfrac{\sin 2q}{Z_0} - \dfrac{\cos^2 q}{X} = \dfrac{1}{K} \end{cases} \qquad \begin{cases} q = \dfrac{1}{2} arctg\left(-\dfrac{2X}{Z_0} \right) \\ X = \dfrac{K}{(K/Z_0)^2 - 1} \end{cases}$$



J 变换器

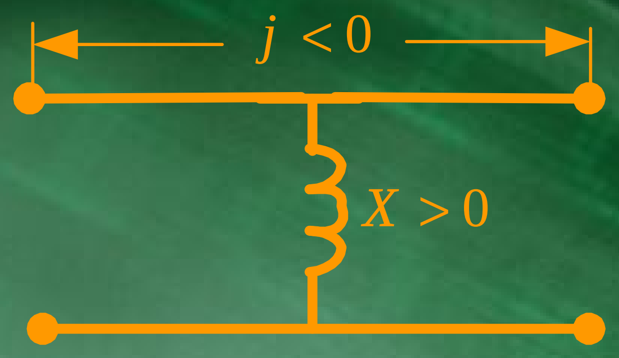
$$
\begin{cases}
q = \dfrac{1}{2} arctg\left(-\dfrac{2B}{Y_0} \right) \\
B = \dfrac{J}{\left(J/Y_0 \right)^2 - 1}
\end{cases}
$$

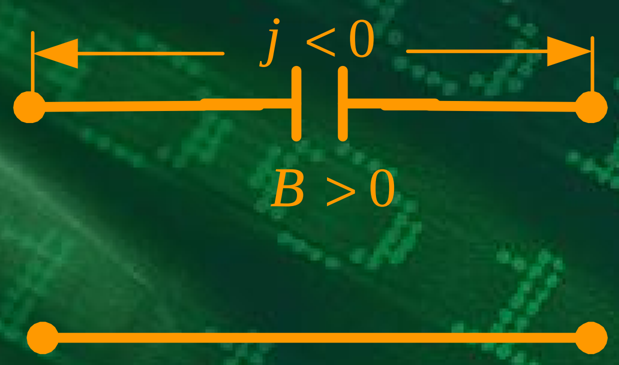




$$
\begin{cases}
K = Z_0 \tan\left|\dfrac{j}{2}\right| \\[2ex]
j = -\tan^{-1}\dfrac{2X}{Z_0} \\[2ex]
\left|\dfrac{X}{Z_0}\right| = \dfrac{K/Z_0}{1-\left(K/Z_0\right)^2}
\end{cases}
$$

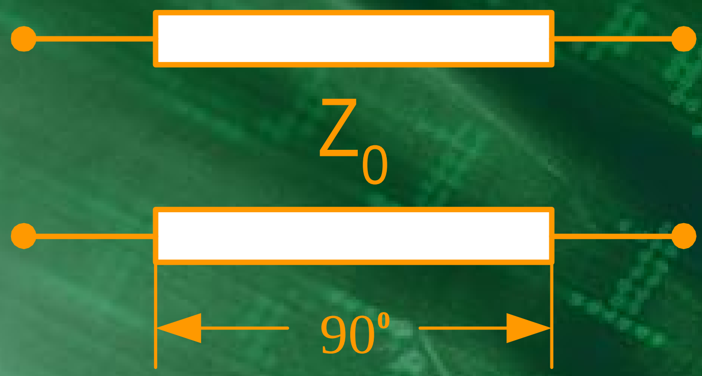
$$
\begin{cases}
J = Y_0 \tan\left|\dfrac{j}{2}\right| \\[2ex]
j = -\tan^{-1}\dfrac{2B}{Y_0} \\[2ex]
\left|\dfrac{B}{Z_0}\right| = \dfrac{J/Y_0}{1-(J/Y_0)^2}
\end{cases}
$$



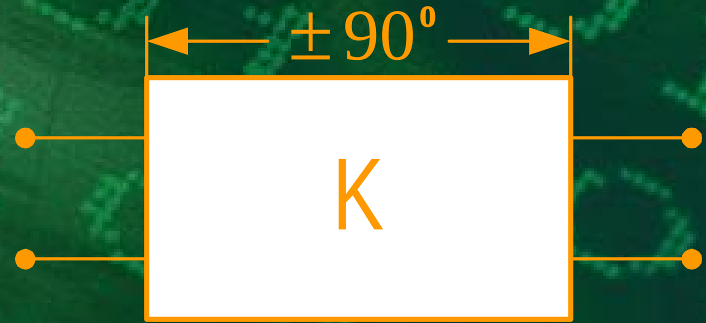


负的传输线段可以在相邻传输线中“吸收”。

3.3 分布元件等效电路

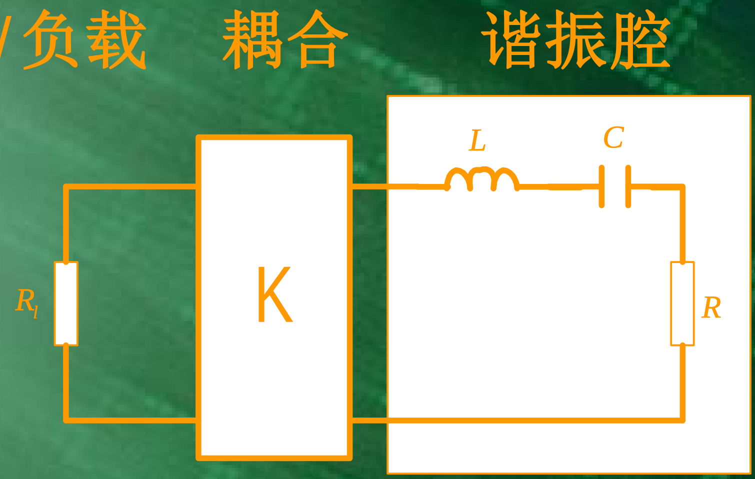


$$[A]=\begin{bmatrix} 0 & \pm jK \\ \pm j\dfrac{1}{K} & 0 \end{bmatrix}$$



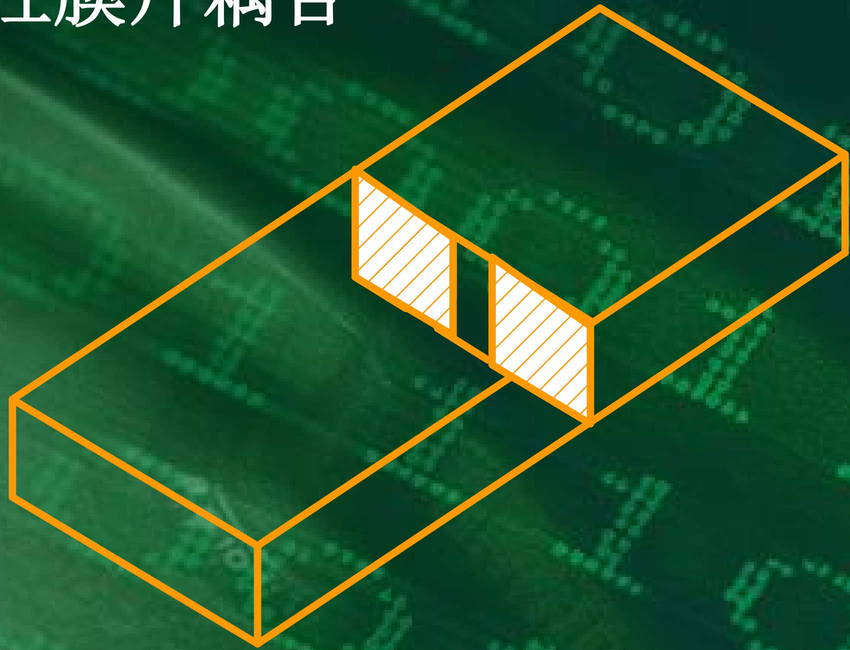
3.4 耦合的模型网络

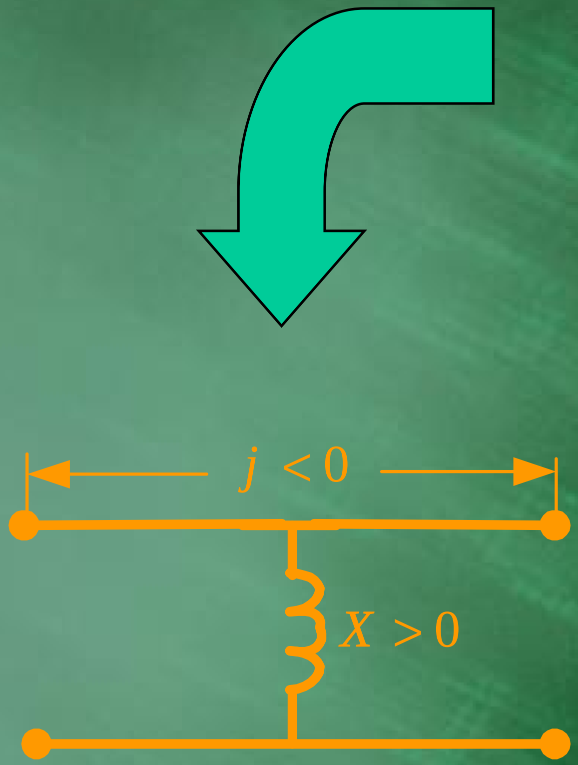
可以把任意耦合看作是J/K变换器



$$Q_e = \frac{wL}{K^2 / R_l}$$

波导滤波器，腔间感性膜片耦合





- 感性膜片+负的传输线段

  = K 变换器

- 负的传输线段被“吸收”
- K大表示耦合紧