



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

二端口网络

回转器和负阻抗变换器

主讲：蔡承才

本节将介绍回转器和负阻抗变换器，主要包括：

回转器的参数方程；

回转器的应用；

负阻抗变换器的方程；

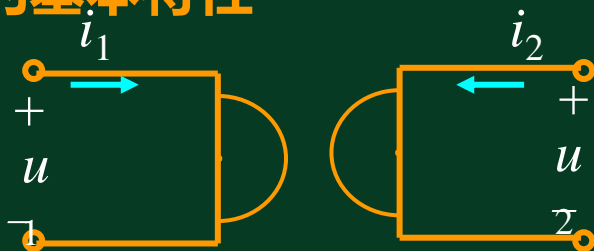
负阻抗变换器的应用。

1. 回转器

回转器是一种线性非互易的多端元件，可以用晶体管电路或运算放大器来实现。

① 回转器的基本特性

● 符号



● 电压电流关系

$$\begin{cases} u_1 = -ri_2 \\ u_2 = ri_1 \end{cases}$$

回转电阻

或写为

$$\begin{cases} i_1 = gu_2 \\ i_2 = -gu_1 \end{cases}$$

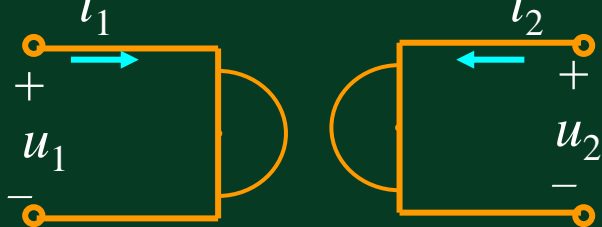
回转电导

$$r = \frac{1}{g}$$



简称**回转常数**，
表征回转器特性的
参数。

$$\begin{cases} u_1 = -ri_2 \\ u_2 = ri_1 \end{cases} \quad \begin{cases} i_1 = gu_2 \\ i_2 = -gu_1 \end{cases}$$



• Z、Y、T参数

$$\begin{matrix} Z \text{参数} \\ \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -r \\ r & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad [Z] = \begin{bmatrix} 0 & -r \\ r & 0 \end{bmatrix} \quad Z_{12} \neq Z_{21}$$

$$\begin{matrix} Y \text{参数} \\ \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & g \\ -g & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad [Y] = \begin{bmatrix} 0 & g \\ -g & 0 \end{bmatrix} \quad Y_{12} \neq Y_{21}$$

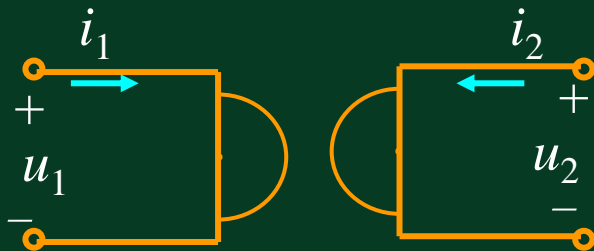
$$\begin{matrix} T \text{参数} \\ \begin{bmatrix} u_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{g} \\ g & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_2 \\ i_2 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad [T] = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{g} \\ g & 0 \end{bmatrix} \quad \Delta[T] \neq 1$$



结论 回转器是非互易的两端口网络。

● 功率

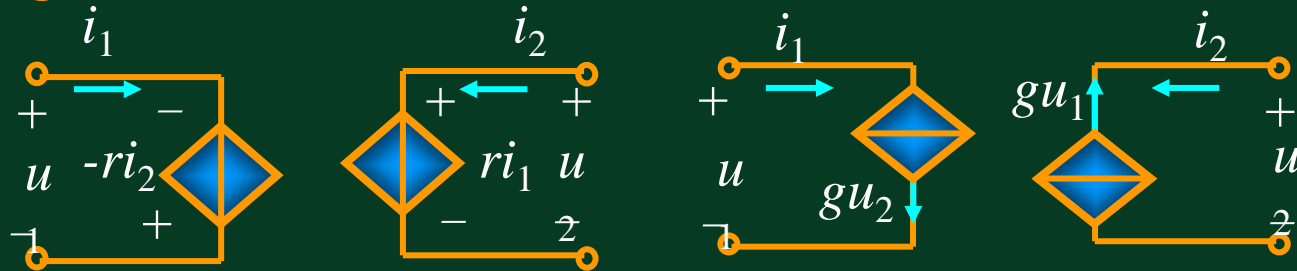
任一瞬间输入回转器的功率为：



$$u_1 i_1 + u_2 i_2 = -r i_1 i_2 + r i_1 i_2 = 0$$

 **结论** 理想回转器是不储能、不耗能的无源性二端口元件。

② 回转器的等效电路



③ 回转器的应用

例1 回转器的逆变性


图示电路的输入阻抗为：



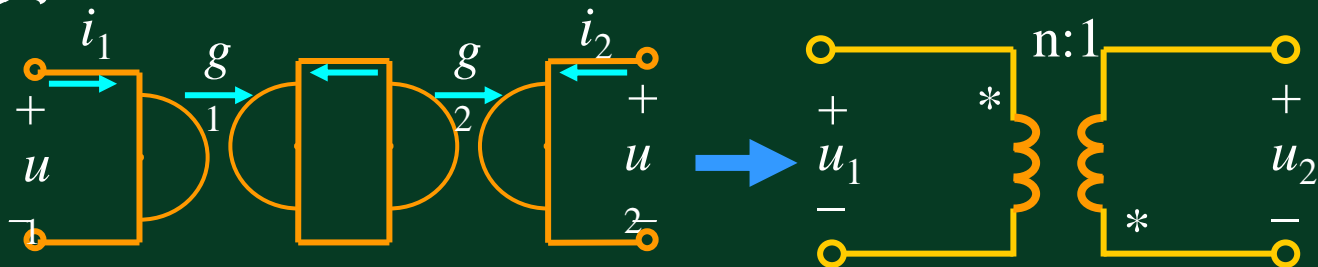
$$Z_i = \frac{u_1}{i_1} = \frac{-ri_2}{u_2/r} = \frac{r^2}{Z_L}$$

逆变性

若： $Z_L = \frac{1}{j\omega C} \rightarrow Z_i = r^2 \cdot j\omega C$

 **结论** 回转器具有把一个电容回转为一个电感的本领，实现了没有磁场的电感，这为实现难于集成的电感提供了可能性。

例2 利用回转器实现理想变压器。



图示电路的 T 参数为：

$$[T] = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{g_1} \\ g_1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{g_2} \\ g_2 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{g_2}{g_1} & 0 \\ 0 & -\frac{g_1}{g_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & 0 \\ 0 & -\frac{1}{n} \end{bmatrix}$$



结论 两个回转器的级联相当于一个变比 $n=g_2/g_1$ 的理想变压器。

2. 负阻抗变换器

负阻抗变换器（简称NIC）是一个能将阻抗按一定比例进行变换并改变其符号的两端口元件，可以用晶体管电路或运算放大器来实现。

① 负阻抗变换器的基本特性

● 符号



● 电压电流关系

$$\begin{cases} u_1 = u_2 \\ i_1 = ki_2 \end{cases} \quad \text{或} \quad \begin{cases} u_1 = -ku_2 \\ i_1 = -i_2 \end{cases}$$

电流反向型

电压反向型

$$\begin{cases} u_1 = u_2 \\ i_1 = ki_2 \end{cases} \quad \begin{cases} u_1 = -ku_2 \\ i_1 = -i_2 \end{cases}$$



• T参数

$$[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -k \end{bmatrix} \quad \text{or} \quad [T] = \begin{bmatrix} -k & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

② 正阻抗变为负阻抗的性质

$$Z_i = \frac{u_1}{i_1} = \frac{u_2}{ki_2} = -\frac{Z_L}{k}$$

$$\text{or } Z_i = \frac{u_1}{i_1} = \frac{-ku_2}{i_2} = -kZ_L$$



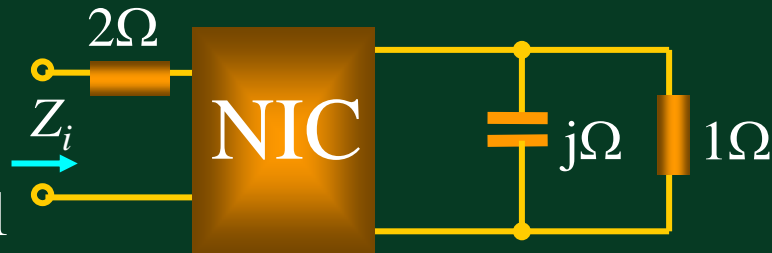
例 负阻抗变换器的 $k=1$ ，求输入阻抗。

解

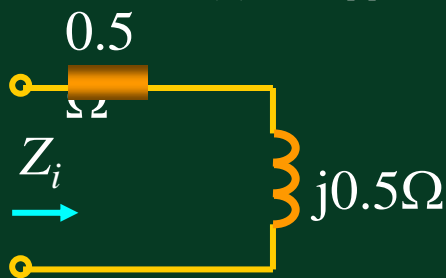
$$Z_L = \frac{1}{1+j}$$

$$Z_i = 2 - kZ_L = 2 - \frac{1}{1+j}$$

$$= 0.5 + j0.5\Omega$$



等效网络



结论

可以用NIC和RC元件组成的网络来实现RL
或RLC元件组成的网络。

本节小结

本节我们介绍回转器和负阻抗变换器，要求掌握：

回转器的参数方程；

回转器的特点及应用；

负阻抗变换器的参数方程；

负阻抗变换器的特点及应用。