8. 网 络 信 号 流 图

西安电子科技大学，电子工程学院
苏 涛

8. 网络信号流图

一、信号流图

二、信号流图的拓扑变换

三、典型网络的信号流图

四、信号流图的化简

五、信号流图的Mason法则

8. 网络信号流图

一、信号流图

二、信号流图的拓扑变换

三、典型网络的信号流图

四、信号流图的化简

五、信号流图的Mason法则

- 信号流图是线性方程组的一种图论解法。
- 方程组的每一个变量（信号）可以用一个结点来表示；
- 每一个独立变量的系数（信号的传输系数）用一个带箭头的线来表示，箭头表示信号流图的方向；

——路、路的值

$$b = A \cdot a$$

8. 网络信号流图

一、信号流图

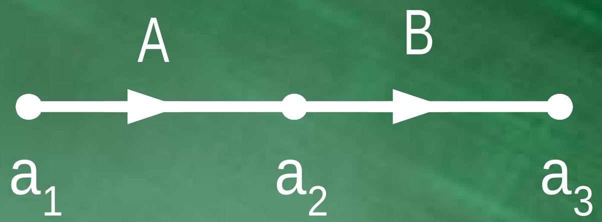
二、信号流图的拓扑变换

三、典型网络的信号流图

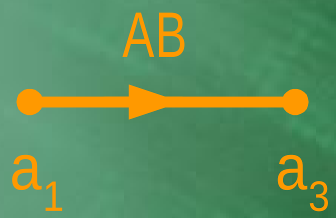
四、信号流图的化简

五、信号流图的Mason法则

（1）串联支路相乘法则

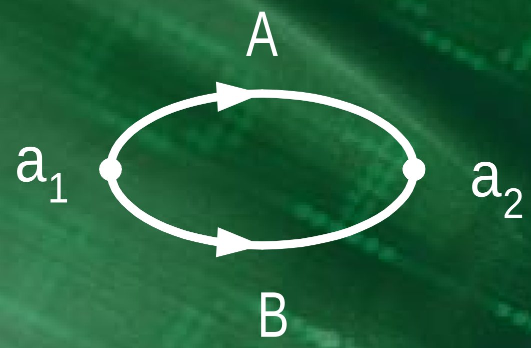


$$\begin{cases} a_2 = A \cdot a_1 \\ a_3 = B \cdot a_2 \end{cases}$$

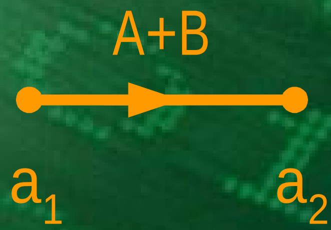


$$a_3 = AB \cdot a_1$$

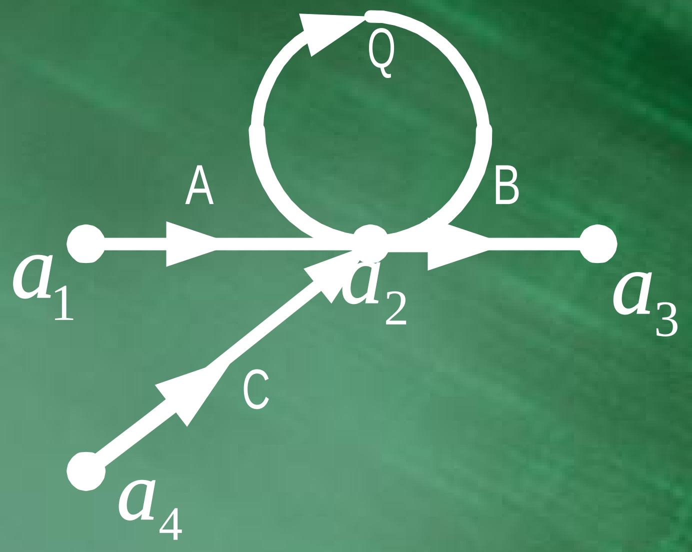
（2）并联支路相加法则

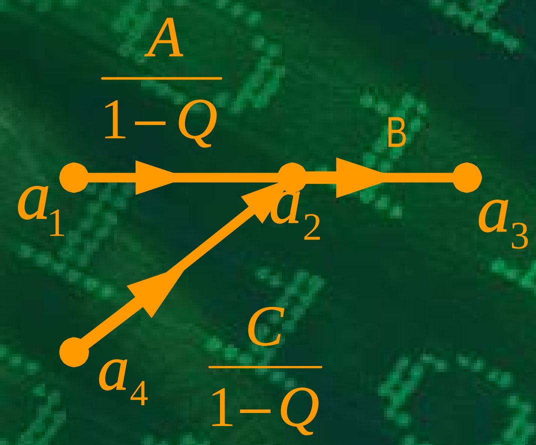


$$a_2 = A \cdot a_1 + B \cdot a_1 = \left(A + B\right) \cdot a_1$$



（3）自闭环消除法则



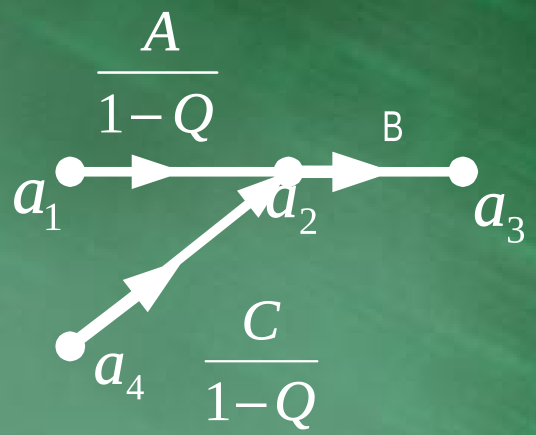


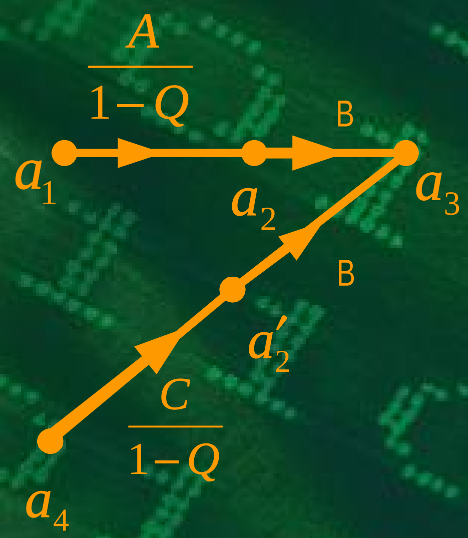
$$a_2 = Aa_1 + Ca_4 + Qa_2$$

$$a_2 = \frac{A}{1-Q}a_1 + \frac{C}{1-Q}a_4$$

注意：所有进入单环的支路除以(1-Q)，同时消除此环。

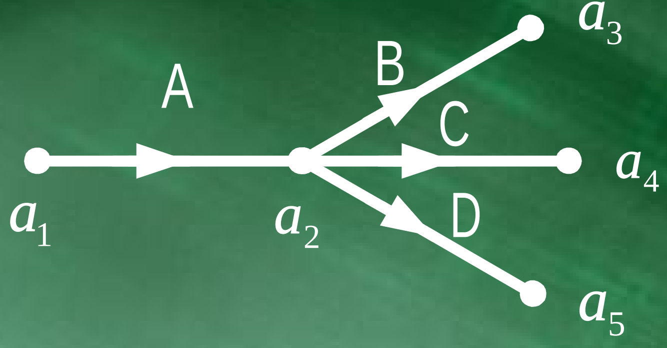
（4）结点分裂法则



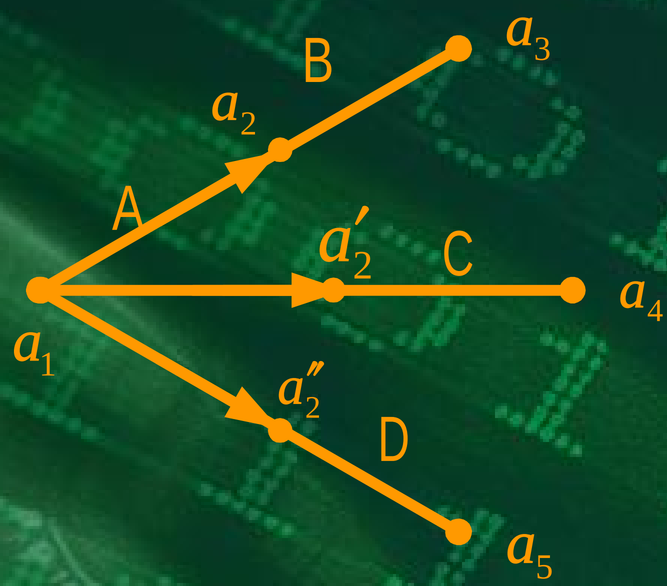


$$a_3 = Ba_2 = B\left(\frac{A}{1-Q}a_1 + \frac{C}{1-Q}a_4\right) = \frac{AB}{1-Q}a_1 + \frac{BC}{1-Q}a_4$$

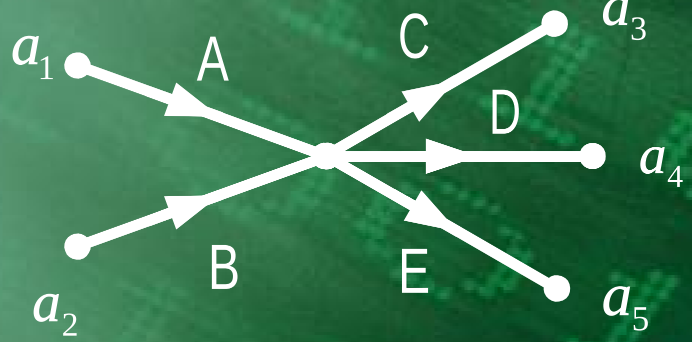
注意：一个结点变为几个，每个点各自承担一部分输入（或输出）



A
B
C
D
a_1
a_2
a_3
a_4
a_5



A
B
C
D
a_1
a_2
a_2'
a_2''
a_3
a_4
a_5



A
B
C
D
E
a_1
a_2
a_3
a_4
a_5

8. 网络信号流图

一、信号流图

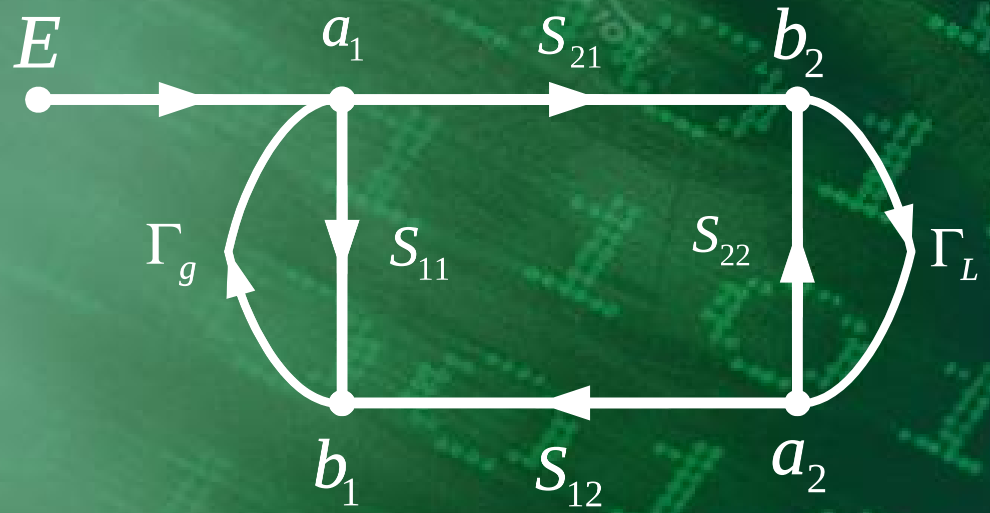
二、信号流图的拓扑变换

三、典型网络的信号流图

四、信号流图的化简

五、信号流图的Mason法则

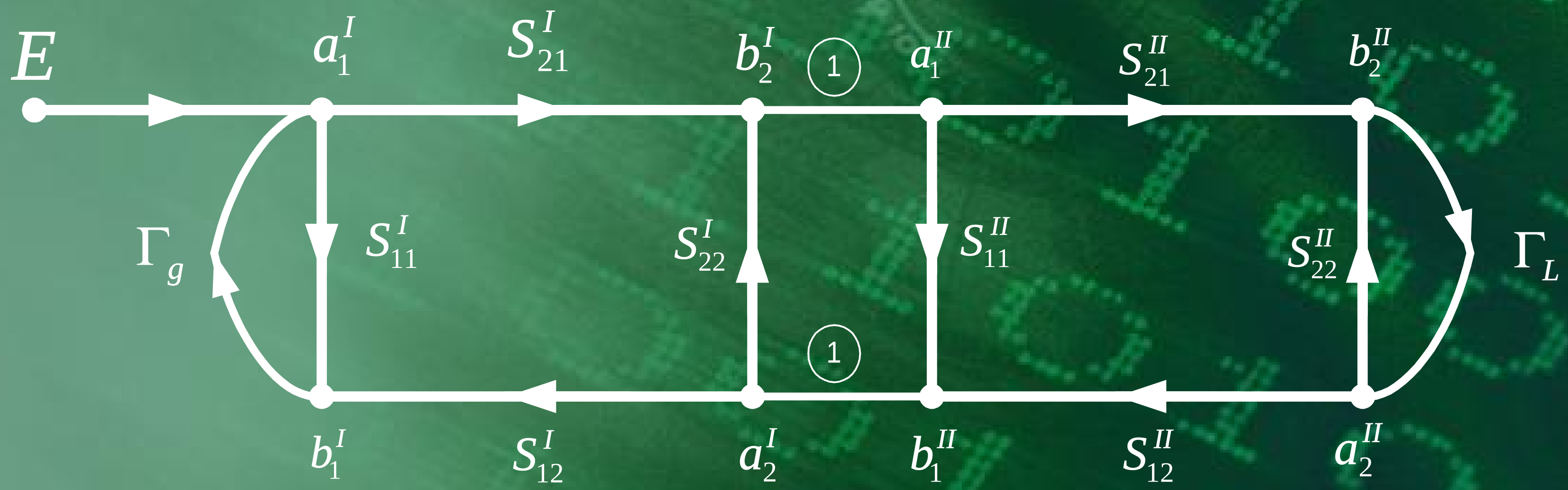
（1）双口网络的信号流图



注意：先点，后路，注意方向；

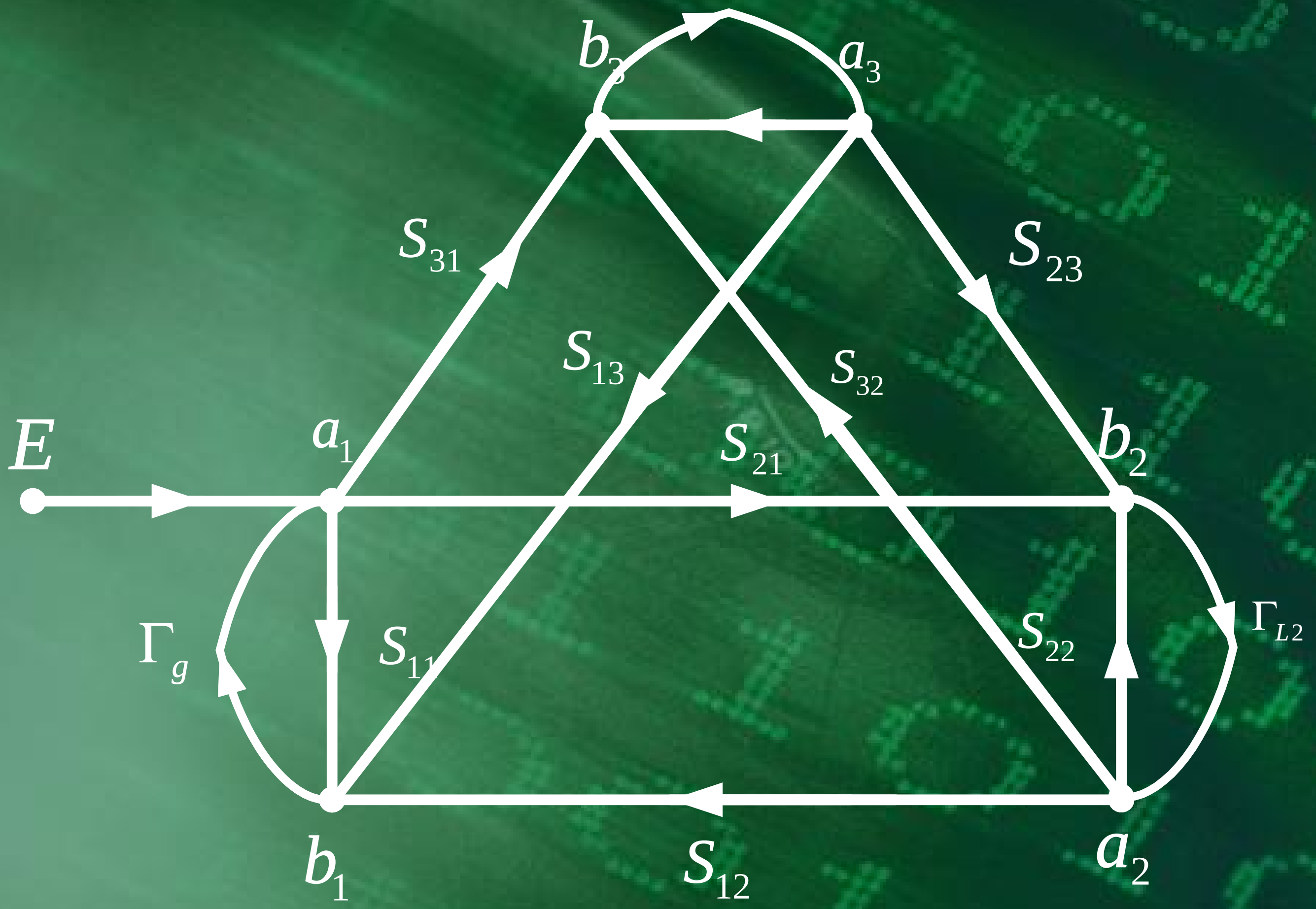
（2）级联网络的信号流图

Zg
AC
网路 I
网路 II
ZL



E
a_1^I
S_{21}^I
b_2^I
1
a_1^{II}
S_{21}^{II}
b_2^{II}
Γ_g
S_{11}^I
S_{22}^I
S_{11}^{II}
S_{22}^{II}
Γ_L
1
b_1^I
S_{12}^I
a_2^I
b_1^{II}
S_{12}^{II}
a_2^{II}

（3）多口网络的信号流图



b_3
a_3
S_{31}
S_{23}
S_{13}
S_{32}
E
a_1
S_{21}
b_2
Γ_g
S_{11}
S_{22}
Γ_{L2}
b_1
S_{12}
a_2

8. 网络信号流图

一、信号流图

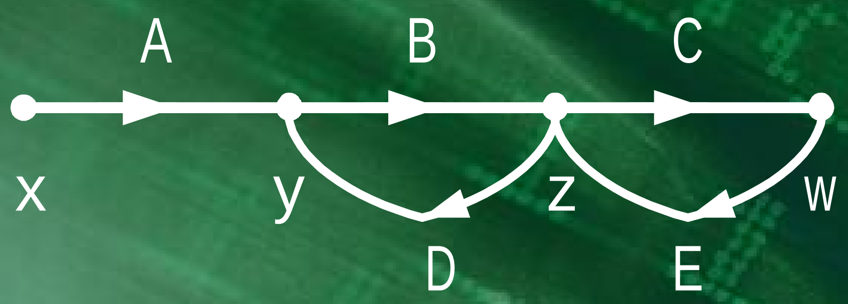
二、信号流图的拓扑变换

三、典型网络的信号流图

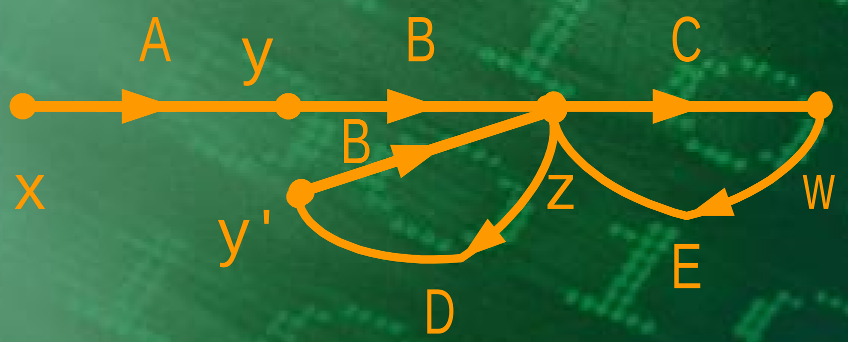
四、信号流图的化简

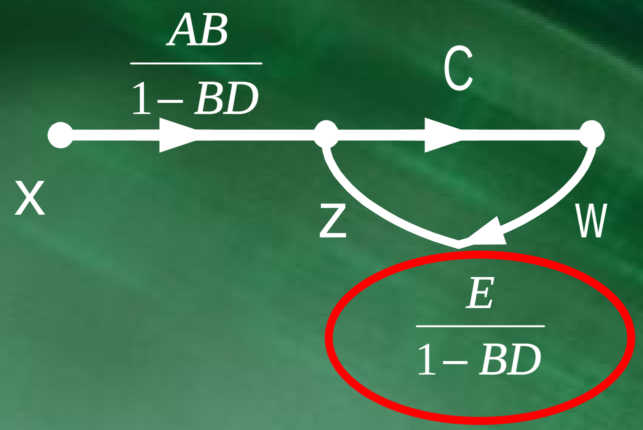
五、信号流图的Mason法则

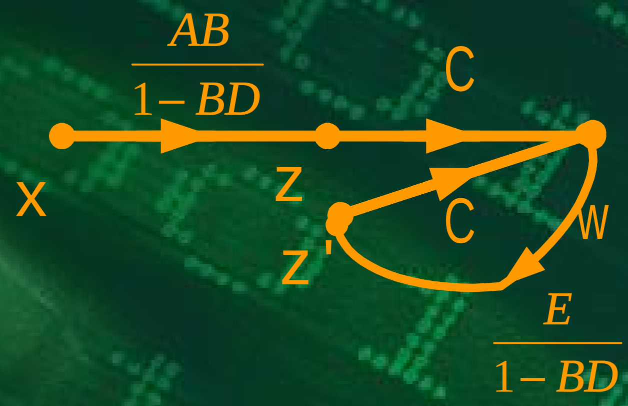
[例1] 求 *T=w/x*



注意：这里的反馈形成的不是单环，和别的支路相交。

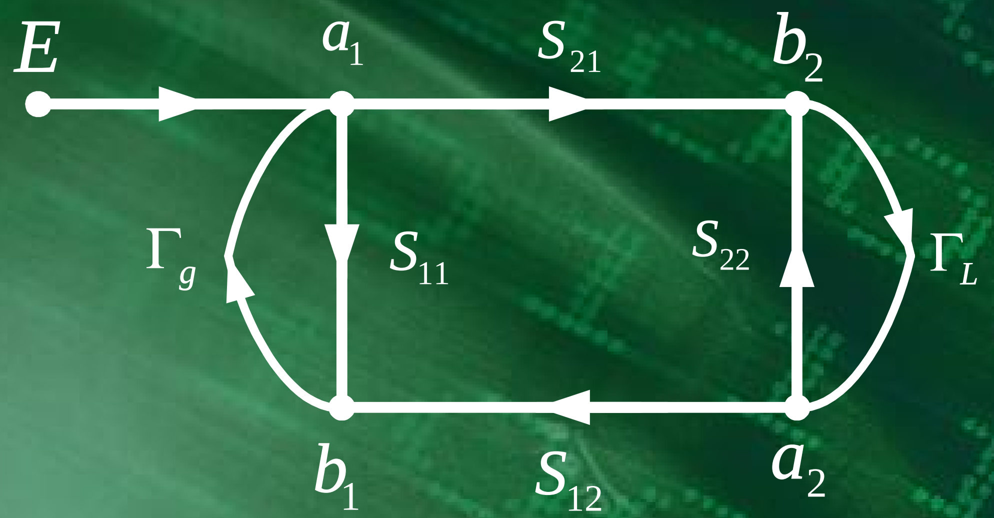




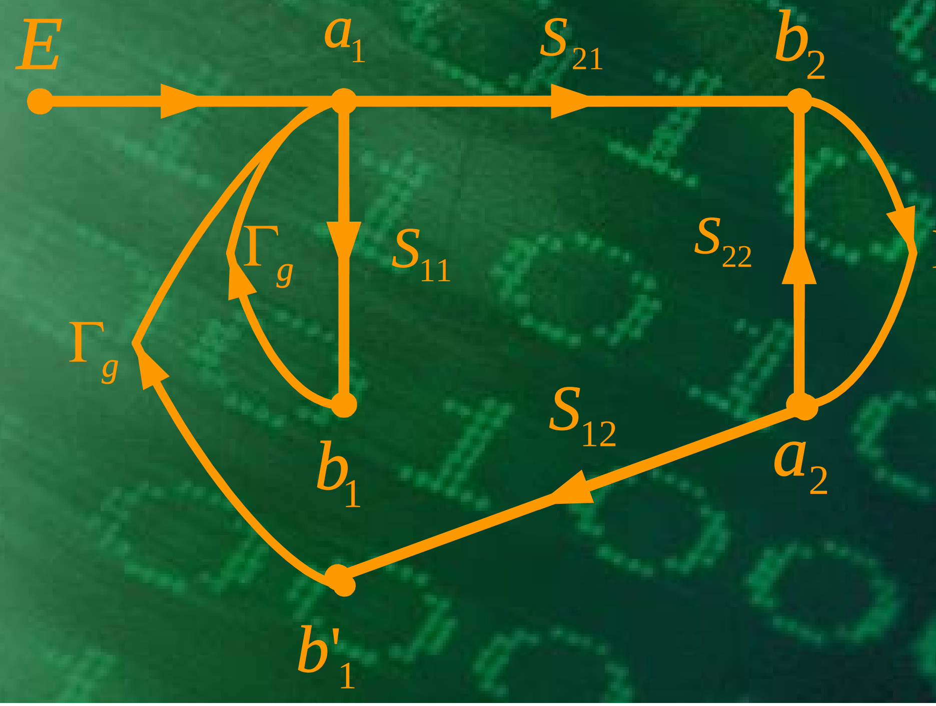


$$T = w/x == \frac{\dfrac{ABC}{1-BD}}{1-\dfrac{CE}{1-BD}} = \frac{ABC}{1-BD-CE}$$

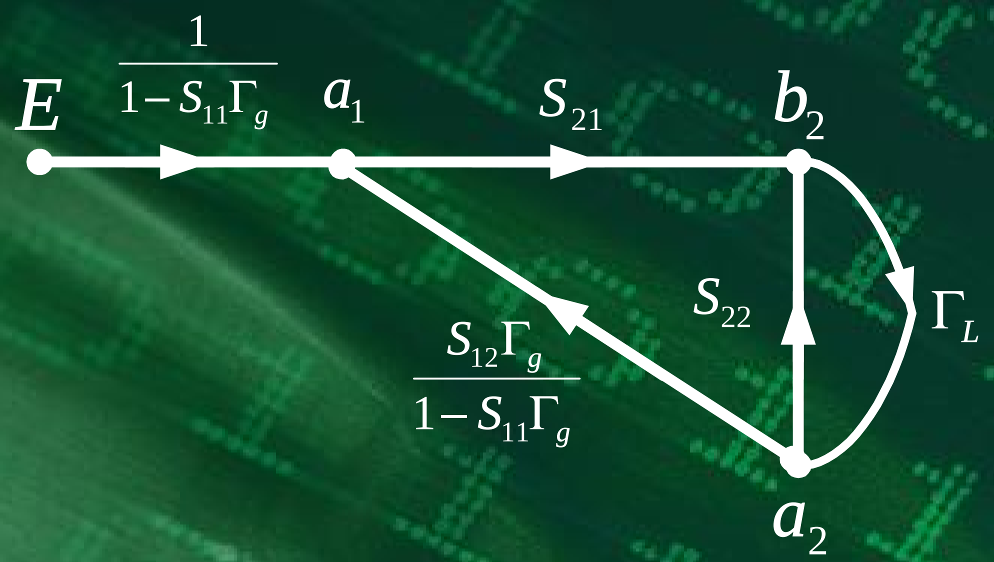
[例2] 双口网络，求 $T=b_2/E$



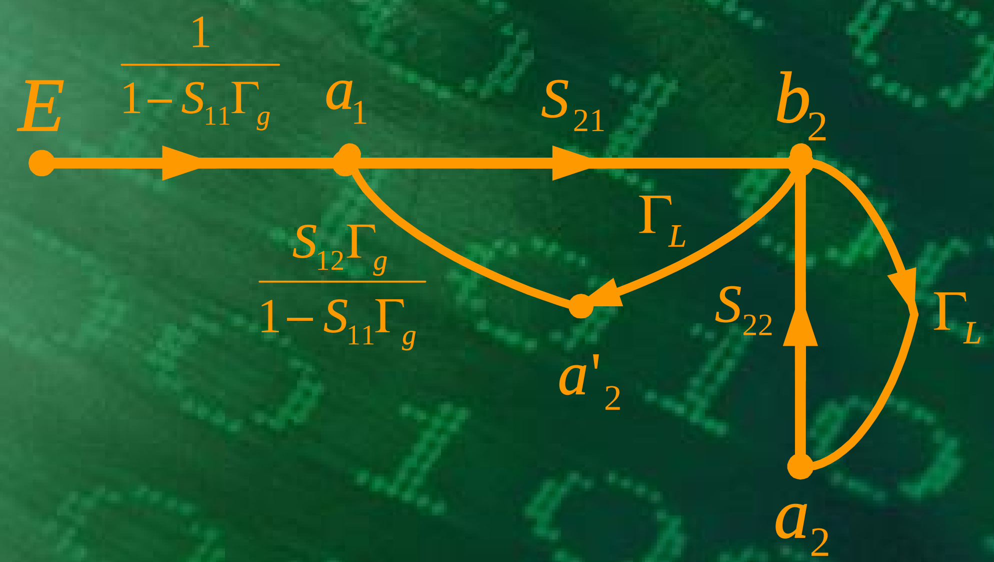
（1）分裂b_1



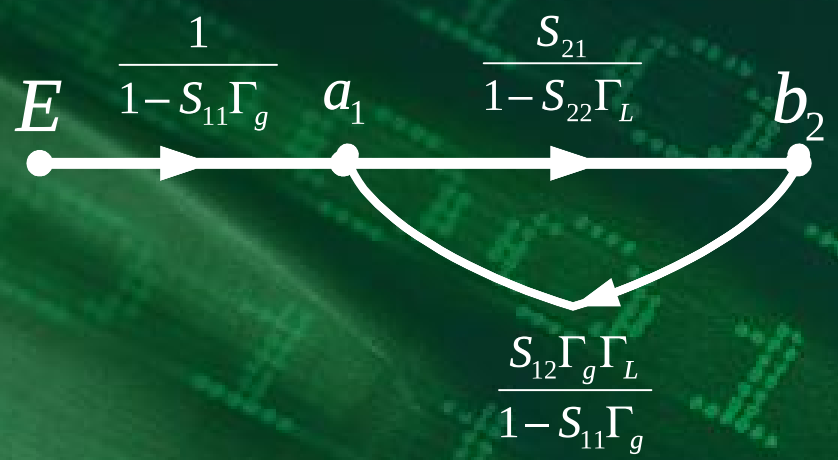
（2）消去单环


E
$\frac{1}{1-S_{11}\Gamma_g}$
a_1
S_{21}
b_2
Γ_L
S_{22}
$\frac{S_{12}\Gamma_g}{1-S_{11}\Gamma_g}$
a_2

（3）分裂a_2

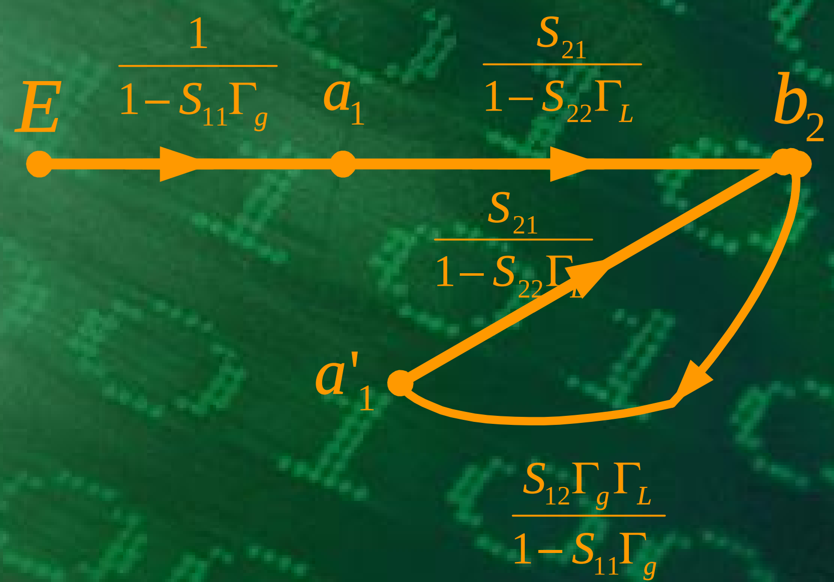

E
$\frac{1}{1-S_{11}\Gamma_g}$
a_1
S_{21}
b_2
Γ_L
$\frac{S_{12}\Gamma_g}{1-S_{11}\Gamma_g}$
a'_2
S_{22}
Γ_L
a_2

（4）消去单环



E
$\frac{1}{1-S_{11}\Gamma_g}$
a_1
$\frac{S_{21}}{1-S_{22}\Gamma_L}$
b_2
$\frac{S_{12}\Gamma_g\Gamma_L}{1-S_{11}\Gamma_g}$

（5）分裂a_1



E
$\frac{1}{1-S_{11}\Gamma_g}$
a_1
$\frac{S_{21}}{1-S_{22}\Gamma_L}$
b_2
$\frac{S_{21}}{1-S_{22}\Gamma_L}$
a'_1
$\frac{S_{12}\Gamma_g\Gamma_L}{1-S_{11}\Gamma_g}$

$$T=\frac{\dfrac{1}{1-S_{11}\Gamma_g}\cdot\dfrac{S_{21}}{1-S_{22}\Gamma_L}}{1-\dfrac{S_{21}}{1-S_{22}\Gamma_L}\cdot\dfrac{S_{12}\Gamma_g\Gamma_L}{1-S_{11}\Gamma_g}}$$

$$=\frac{S_{21}}{(1-S_{11}\Gamma_g)(1-S_{22}\Gamma_L)-S_{12}S_{21}\Gamma_g\Gamma_L}$$

注：与前面最佳传输讨论的结论一致。

8. 网络信号流图

一、信号流图

二、信号流图的拓扑变换

三、典型网络的信号流图

四、信号流图的化简

五、信号流图的Mason法则

Mason法则，不接触环法则

- 在信号流图中，一条闭合的路成为“一阶环”；
- 两个不接触的一阶环，构成一个“二阶环”，其值等于这两个一阶环之乘积；
- 三个互不接触的一阶环，构成一个“三阶环”，其值等于这三个一阶环之乘积；
- 以此类推，可定义“n阶环”。

注：在微波领域中，高阶环往往表示系统的多次反射，其影响常常可以忽略。

Mason法则

在信号流图中，任意两结点的信号比表示为：

$$T=\frac{B}{A}=\frac{\sum_{i=1}^{n}P_i\Delta_i}{\Delta}$$

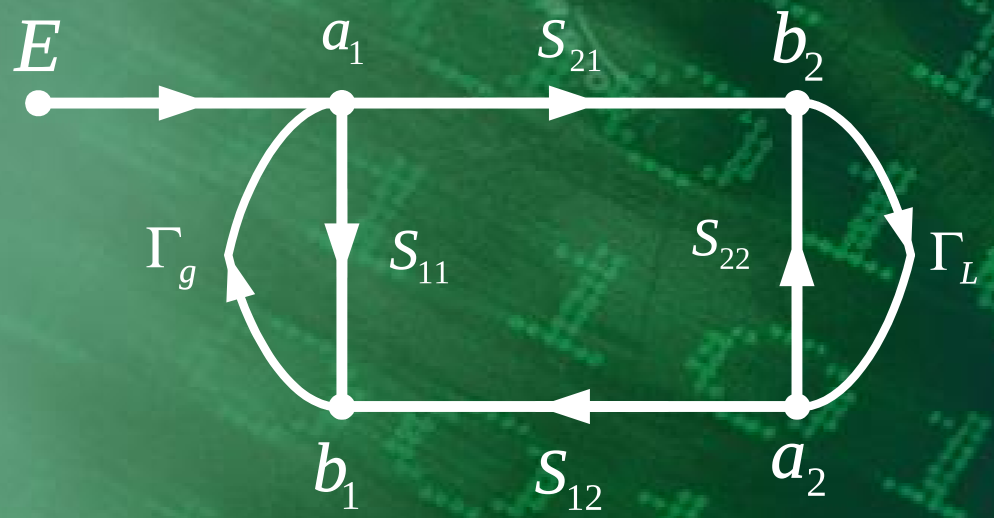
其中，***Pi*** 是结点 ***A*** 到 ***B*** 的第 ***i*** 条路的值；

$$\Delta_i=1-\sum L(1)^i+\sum L(2)^i-\sum L(3)^i+\mathbf{L}$$

$$\Delta=1-\sum L(1)+\sum L(2)-\sum L(3)+\mathbf{L}$$

$\sum L(j)$ 是所有 *j* 阶环之和

$\sum L(j)^{i}$ 是所有不与 ***Pi*** 接触的 *j* 阶环之和



路：**1**个；一阶环：**3**个

$$\sum L(1) = S_{11}\Gamma_g + S_{22}\Gamma_L + S_{12}S_{21}\Gamma_g\Gamma_L$$

$$\sum L(2) = S_{11}\Gamma_g S_{22}\Gamma_L$$

$$P_1 = S_{21} \qquad \sum L(1)^1 = \sum L(1)^2 = \sum L(1)^3 = 0$$

注：所有的环都与直连路相交；

$$\Delta_1 = 1$$

$$T = \frac{b_2}{\mathrm{E}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i \Delta_i}{\Delta}$$

$$= \frac{S_{21}}{1 - \left(S_{11}\Gamma_g + S_{22}\Gamma_L + S_{12}S_{21}\Gamma_g\Gamma_L\right) + S_{11}S_{22}\Gamma_g\Gamma_L}$$

$$= \frac{S_{21}}{\left(1 - S_{11}\Gamma_g\right)\left(1 - S_{22}\Gamma_L\right) - S_{12}S_{21}\Gamma_g\Gamma_L}$$