CIRCUITI A MICROONDE

Parte 5

Proprietà delle Giunzioni

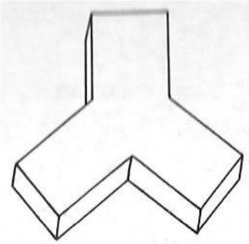
GIUNZIONE A Y SIMMETRICA

Una giunzione a tre bocche (porte) molto semplice è quella totalmente simmetrica per cui si ha

$$S_{11} = S_{22} = S_{33} = r$$

$$S_{12} = S_{13} = S_{23} = t.$$

Si realizza mediante la riunione di tre guide i cui assi, complanari e formanti angoli di 120°, confluiscono in un punto equidistante dai piani delle bocche.



$$\mathbf{s} = \begin{vmatrix} r & t & t \\ t & r & t \\ t & t & r \end{vmatrix}$$

Riflettenza sulle porte di modulo inferiore a 1/3 (ROS =2)

GIUNZIONI A TRE BOCCHE

Non è possibile realizzare una giunzione a tre bocche reciproca e senza perdite che sia adattata su tutte tre le bocche

Se si impongono le condizioni volute alla matrice di diffusione

$$\begin{bmatrix} 0 & S_{12} & S_{13} \\ S_{12} & 0 & S_{23} \\ S_{13} & S_{23} & 0 \end{bmatrix}$$

Si arriva a risultati impossibili

Si potrebbe avere l'adattamento su tutte le porte **rinunciando alla reciprocità** cioè adottando un materiale anisotropo per cui si perde la proprietà di simmetria

A questa giunzione corrisponde una matrice di diffusione del tipo

$$\begin{bmatrix} 0 & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & 0 & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & 0 \end{bmatrix}$$

La condizione di assenza di perdite consente di definire

$$|S_{21}| = |S_{32}| = |S_{13}| = 1 \qquad S = \begin{vmatrix} 0 & 0 & S_{13} \\ S_{21} & 0 & 0 \\ 0 & S_{32} & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & e^{j\theta_{13}} \\ e^{j\theta_{21}} & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\theta_{32}} & 0 \end{vmatrix}$$

$$S_{12} = S_{23} = S_{31} = 0$$

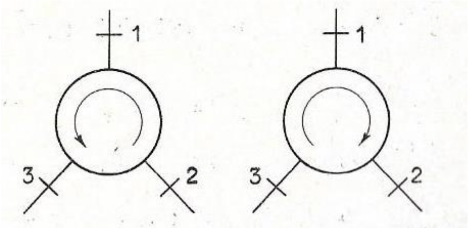
$$S_{21} \neq 0$$

Trasmissione dalla porta 1 alla2 dalla 2 alla 3 e dalla 3 alla1 Nulla la trasmissione in ogni altra direzione

Se si assume $S_{12} \neq 0$

$$|S_{12}| = |S_{23}| = |S_{31}| = 1 \qquad |S| = \begin{vmatrix} 0 & S_{12} & 0 \\ 0 & 0 & S_{23} \\ S_{31} & 0 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & e^{j\theta_{12}} & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\theta_{23}} \\ e^{j\theta_{31}} & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

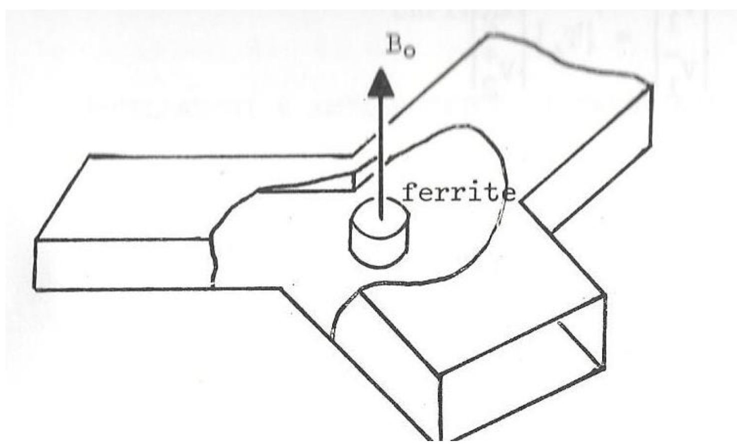
$$S_{21} = S_{32} = S_{13} = 0$$



Una giunzione di questo tipo viene chiamata **circolatore**

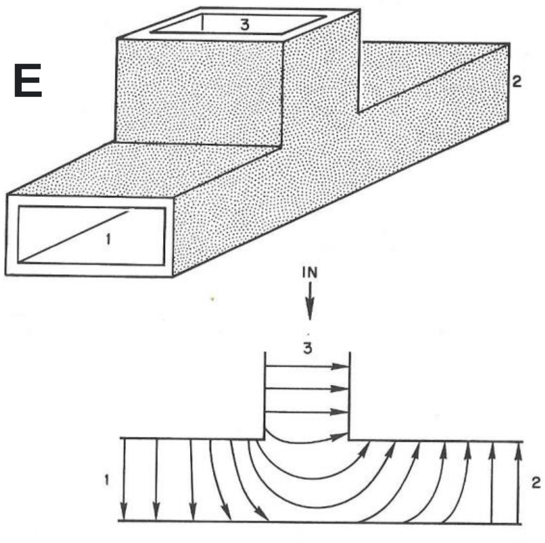
Un’onda immessa in una bocca esce da quella precedente o seguente

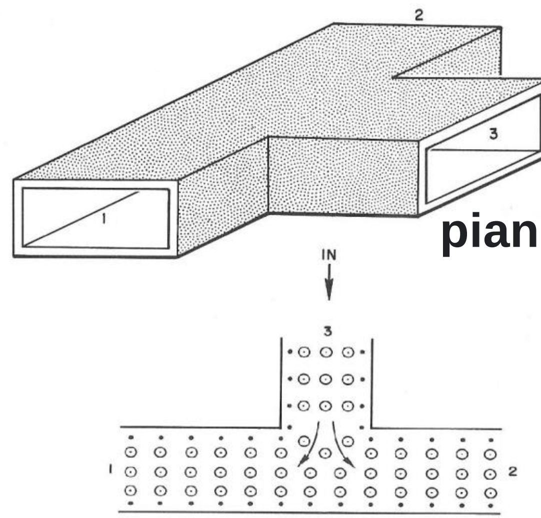
Si realizza con giunzioni a y di guide d’onda o linee di trasmissione ‘strip line’ con una barretta o un disco di ferrite magnetizzata(da un campo statico Bo) assialmente disposta al centro



Le **giunzioni tee (o a T)** sono dei dispositivi a tre porte che possono essere usati o per dividere o per combinare potenza in un sistema in guida d'onda

piano E



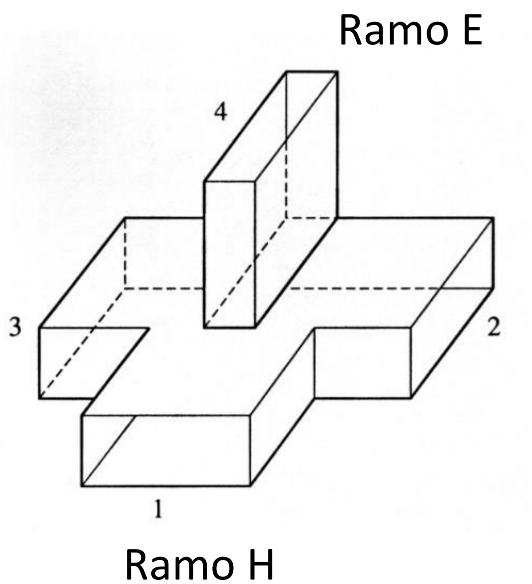


piano H

Si hanno giunzioni **piano E** o **piano H** a seconda che l'asse del ramo sia parallelo al campo elettrico o al campo magnetico.

Le caratteristiche di queste giunzioni si comprendono considerando il comportamento del campo elettrico e magnetico nella giunzione

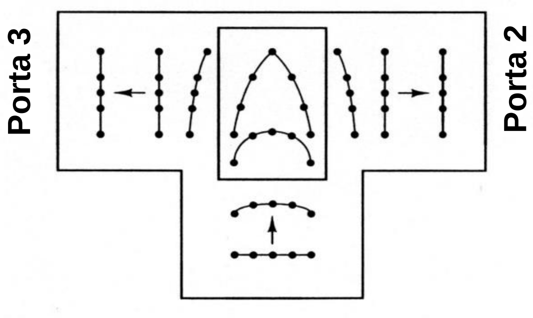
Una combinazione di tee piano E e piano H è una giunzione conosciuta come **tee ibrido o doppio T**



$$\mathbf{s} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{12} & 0 \\ s_{12} & s_{22} & s_{23} & s_{24} \\ s_{12} & s_{23} & s_{33} & -s_{24} \\ 0 & s_{24} & -s_{24} & s_{44} \end{bmatrix}$$

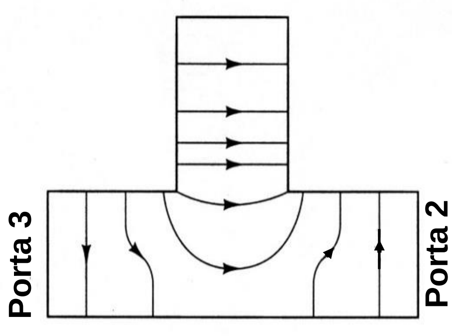
Se si alimenta la bocca 1 (modo TE10) dai rami 2 e 3 si propagano due onde uguali in ampiezza con uguali fasi. Nessuna onda si propaga nel ramo 4.
Le bocche 1 e 4 risultano fra loro disaccoppiate

a) Modo TE_{10} entrante da 1



Se si alimenta la bocca 4 nessuna onda potrà propagarsi nel ramo 1 mentre in 2 e 3 si propagano due onde di uguale ampiezza in opposizione di fase

b) Modo TE_{10} entrante da 4



Per effetto del disaccoppiamento tra le bocche il T ibrido si comporta come un tre bocche

Se si realizza un adattamento che non turbi la simmetria sulle porte 1 e 4 imponendo la condizione di assenza di perdite si ottiene una giunzione a cui si dà il nome di **T magico**

Simmetria $s_{11} = s_{44} = 0$

$$\mathbf{s} = \begin{bmatrix} 0 & s_{12} & s_{12} & 0 \\ s_{12} & s_{22} & s_{23} & s_{24} \\ s_{12} & s_{23} & s_{33} & -s_{24} \\ 0 & s_{24} & -s_{24} & 0 \end{bmatrix}$$

Assenza di perdite $\boxed{\tilde{\mathbf{s}}^* \mathbf{s} = \mathbf{e}}$

$$s_{12}s_{12}^* + s_{12}s_{12}^* = 1 \quad \Rightarrow \quad |s_{12}| = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$s_{24}s_{24}^* + (-s_{24})(-s_{24}^*) = 1 \quad \Rightarrow \quad |s_{24}| = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$s_{12}^*s_{22} + s_{12}^*s_{23} = 0 \quad \Rightarrow \quad s_{22} = -s_{23}$$

$$|s_{12}|^2 + |s_{22}|^2 + |s_{23}|^2 + |s_{24}|^2 = 1 \quad \Rightarrow \frac{1}{2} + 2|s_{22}|^2 + \frac{1}{2} = 1 \quad \Rightarrow \quad s_{22} = s_{23} = 0$$

$$|s_{12}|^2 + |s_{23}|^2 + |s_{33}|^2 + |-s_{24}|^2 = 1 \quad \Rightarrow \quad s_{33} = 0$$

La matrice di diffusione diventa

$$\mathbf{s} = \begin{bmatrix} 0 & s_{12} & s_{12} & 0 \\ s_{12} & 0 & 0 & s_{24} \\ s_{12} & 0 & 0 & -s_{24} \\ 0 & s_{24} & -s_{24} & 0 \end{bmatrix}$$

a) Tutte e quattro le porte sono adattate
b) Le porte 1 e 4 sono disaccoppiate
c) Le porte 2 e 3 sono disaccoppiate
d) Un segnale iniettato in una qualsiasi porta si divide tra altre due porte, mentre la rimanente porta rimane disaccoppiata

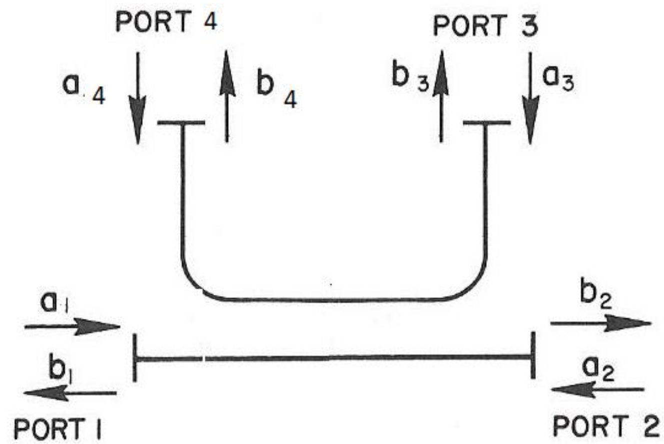
Scegliendo opportunamente i piani di riferimento per le porte 1 e 4 si può realizzare s_{12} e s_{24} reali puri

$$\mathbf{s} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

In pratica è un accoppiatore direzionale con accoppiamento pari a 3dB

ACCOPPIATORE DIREZIONALE

$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & 0 \\ S_{12} & S_{22} & 0 & S_{24} \\ S_{13} & 0 & S_{33} & S_{34} \\ 0 & S_{24} & S_{34} & S_{44} \end{bmatrix}$$



Giunzione a quattro porte che trasferisce una frazione nota di potenza dalla linea principale (1-2)alla linea secondaria con un comportamento direzionale, cioè la potenza che entra dalla bocca 1 deve uscire alle bocche 2 e 3 senza accoppiarsi con la bocca 4 .Questo anche per le altre.

Dall'ipotesi di assenza di perdite si derivano le seguenti proprietà (annullando i prodotti scalari dei vettori riga ed eguagliando le norme degli stessi)

$$|S_{11}| = |S_{22}| = |S_{33}| = |S_{44}|$$

$$|S_{12}| = |S_{34}|; \qquad |S_{13}| = |S_{24}|$$

Se è anche completamente adattato

$$\begin{bmatrix} 0 & S_{12} & S_{13} & 0 \\ S_{12} & 0 & 0 & S_{24} \\ S_{13} & 0 & 0 & S_{34} \\ 0 & S_{24} & S_{34} & 0 \end{bmatrix}$$

I parametri principali che si utilizzano per caratterizzare un accoppiatore direzionale reale sono **l'accoppiamento C, la direttività D** *e* **l'isolamento I** che sono definiti come segue:

$$C = 10log\frac{Pin}{P_{31}} \qquad D = 10log\frac{P_{31}}{P_{41}} \qquad I = 10log\frac{P_{41}}{Pin}$$

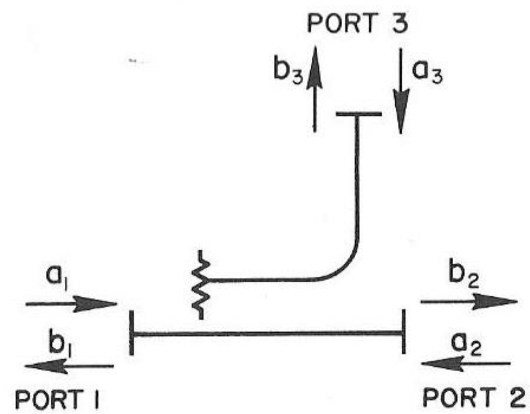
$$P_{IN} = \frac{1}{2}\frac{|\mathbf{a}_1|^2}{Z_0}$$

$$P_{31} = \frac{1}{2}\frac{1}{Z_0}|\mathbf{b}_3|^2 = \frac{1}{2Z_0}|S_{31}|^2|\mathbf{a}_1|^2 \qquad P_{41} = \frac{1}{2}\frac{1}{Z_0}|\mathbf{b}_4|^2 = \frac{1}{2Z_0}|S_{41}|^2|\mathbf{a}_1|^2$$

$$C=10\log\frac{1}{|S_{31}|^2} \qquad D=10\log\frac{|S_{31}|^2}{|S_{41}|^2} \qquad I=10\log\frac{1}{|S_{41}|^2}$$

Si definisce perdita di inserzione L_{12}=10 log $\dfrac{1}{|s_{12}|^2}$

Ponendo un carico adattato sulla bocca 4 del ramo ausiliario si ottiene una rete a tre porte



$$\begin{bmatrix} 0 & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & 0 & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & 0 \end{bmatrix}$$

In pratica è un accoppiatore direzionale che divide in due la potenza che entra nella bocca 1 operando come un divisore di potenza. L'accoppiamento determina quanto del segnale che entra dalla porta 1 sarà accoppiato nel ramo ausiliario (porta 3)