INTRODUCCIÓN A CUADRIPOLOS

por

Ing. Juan José Garcia Abad

SIGUIENTE

INDICE

SIGUIENTE

INDICE (Continuación)

DEFINICIÓN: ***definimos como cuadripolo a una caja negra con dos terminales de entrada y dos terminales de salida.***

Identificamos cuatro variables:

- ***Tensión de Entrada → E_{IN}***
- ***Corriente de Entrada → I_{IN}***
- ***Tensión de Salida → E_{OUT}***
- ***Corriente de Salida → I_{IOUT}***

CARACTERÍSTICAS DE LOS CUADRIPOLOS

No existen fuentes independientes dentro del cuadripolo.

Sin excitación externa no existe energía almacenada dentro del cuadripolo.

CLASIFICACIÓN DE LOS CUADRIPOLOS

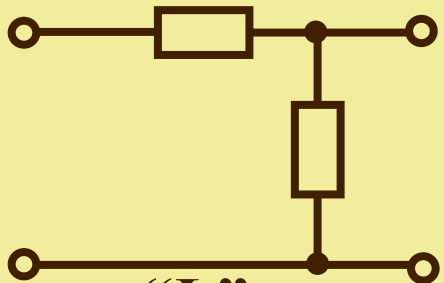
PASIVOS : la energía entregada a la salida es siempre menor a la energía proporcionada a la entrada del cuadripolo.

ACTIVOS : la energía entregada a la salida puede ser mayor a la energía proporcionada a la entrada del cuadripolo.

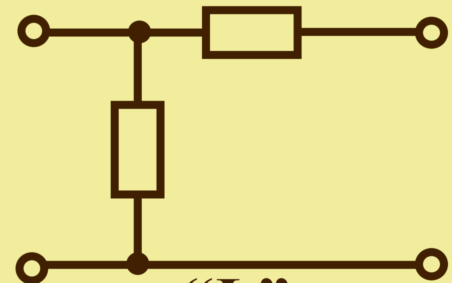
Estudiaremos los

Cuadripolos Pasivos

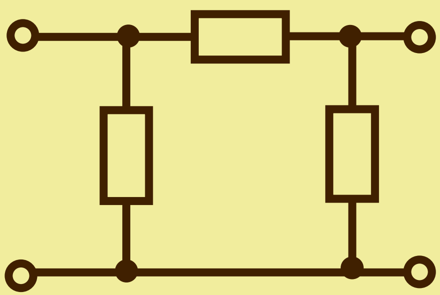
CONFIGURACIONES TÍPICAS DE CUADRIPOLOS



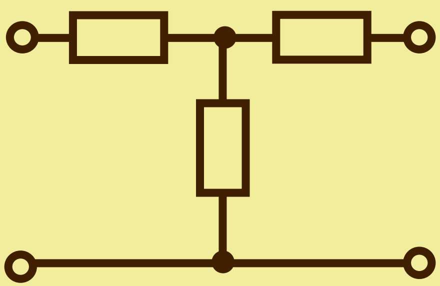
“L”



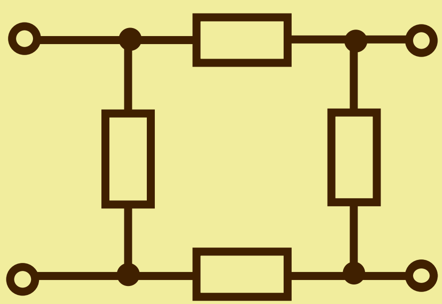
“L”



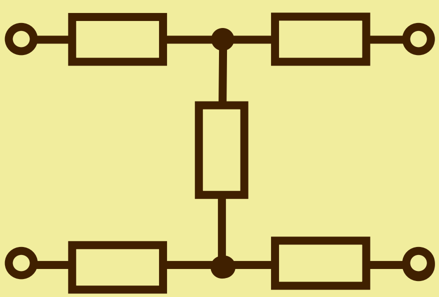
“π” o TRIANGULO



“T”o ESTRELLA



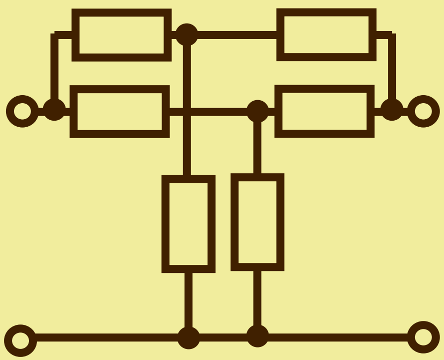
“O” o CUADRO



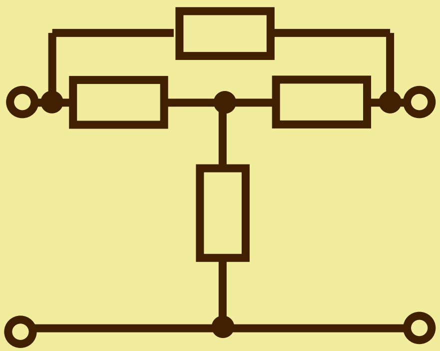
“H”

ANTERIOR INDICE SIGUIENTE

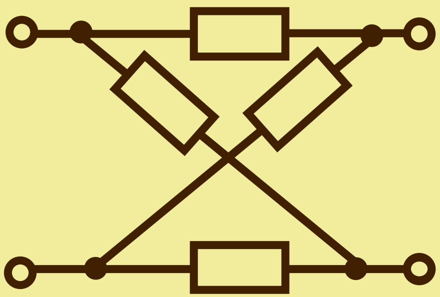
CONFIGURACIONES TÍPICAS DE CUADRIPOLOS (CONTINUACIÓN)



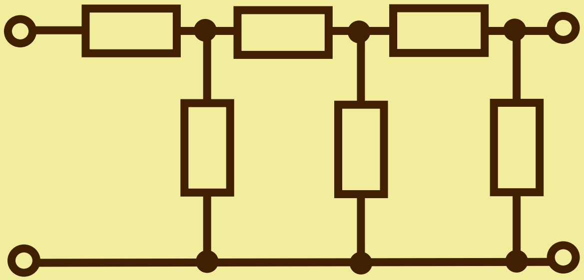
“T T” o DOBLE T



“T” PUENTEADA



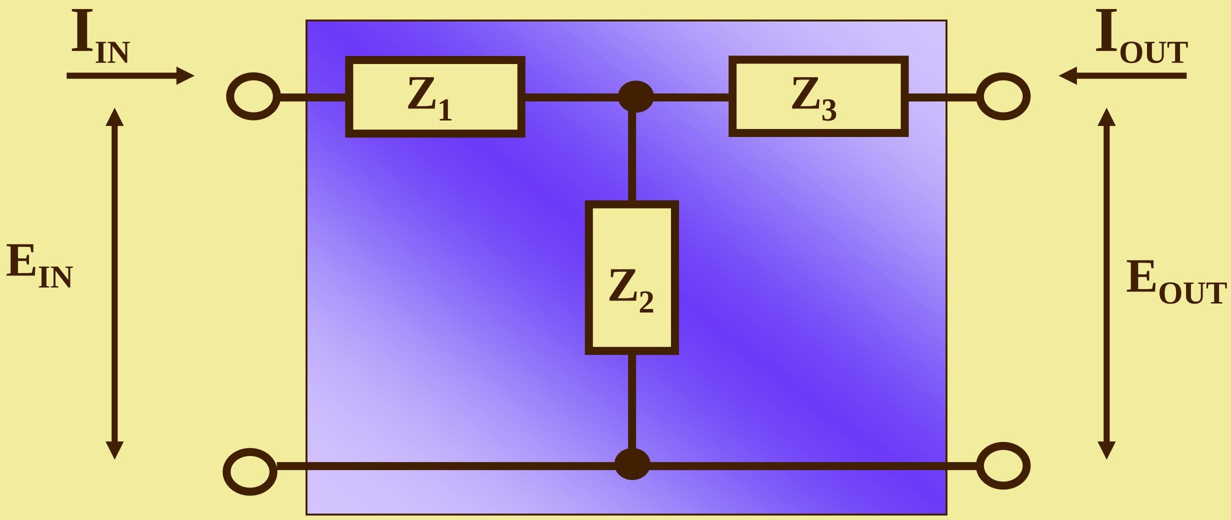
PUENTE o CELOSÍA



ESCALERA

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE UN CUADRIPOLO PASIVO

Partimos de un cuadripolo "T" por facilidad para la definición de los parámetros y aplicamos método de las mallas.



$$E_{IN} = I_{IN} * Z_{11} + I_{OUT} * Z_{12}$$

$$E_{OUT} = I_{IN} * Z_{21} + I_{OUT} * Z_{22}$$

De las ecuaciones de mallas, podemos despejar, el valor de cada uno de los valores de los parámetros de impedancia (**Parámetros Z**)

$$E_{IN} = I_{IN} * Z_{11} + I_{OUT} * Z_{12}$$

$$E_{OUT} = I_{IN} * Z_{21} + I_{OUT} * Z_{22}$$

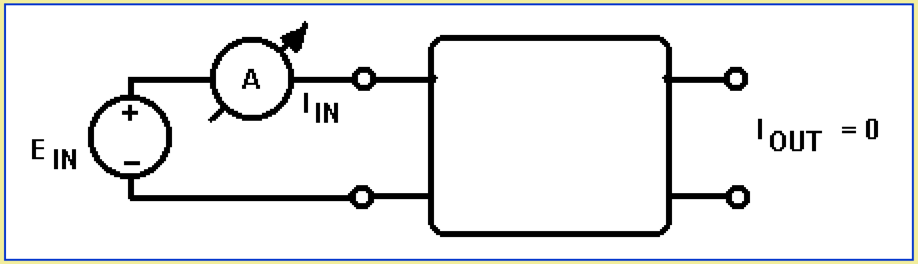
$$Z_{11} = \left.\frac{E_{IN}}{I_{IN}}\right|_{I_{OUT}=0}$$

$$Z_{12} = \left.\frac{E_{IN}}{I_{OUT}}\right|_{I_{IN}=0}$$

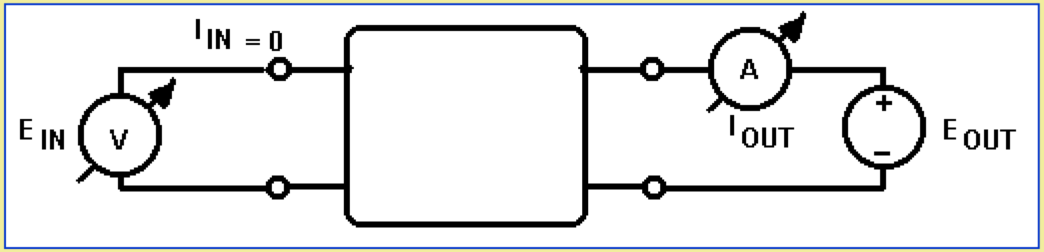
$$Z_{21} = \left.\frac{E_{OUT}}{I_{IN}}\right|_{I_{OUT}=0}$$

$$Z_{22} = \left.\frac{E_{OUT}}{I_{OUT}}\right|_{I_{IN}=0}$$

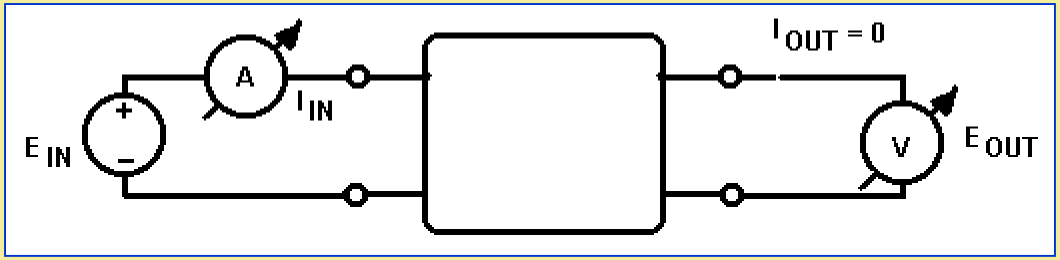
MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS "Z" DE UN CUADRIPOLO PASIVO



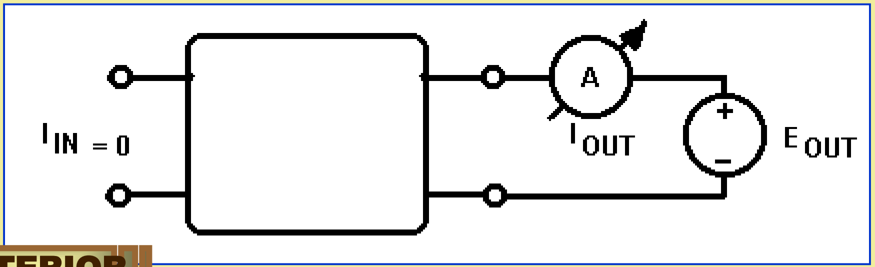
$$Z_{11} = \left.\frac{E_{IN}}{I_{IN}}\right|_{I_{OUT}=0}$$



$$Z_{12} = \left.\frac{E_{IN}}{I_{OUT}}\right|_{I_{IN}=0}$$



$$Z_{21} = \left.\frac{E_{OUT}}{I_{IN}}\right|_{I_{OUT}=0}$$



$$Z_{22} = \left.\frac{E_{OUT}}{I_{OUT}}\right|_{I_{IN}=0}$$

De las ecuaciones de los parámetros de Impedancia (**Parámetros Z**) podemos despejar, los parámetros de admitancia (**Parámetros Y**) , despejando I_{IN} e I_{OUT} de las ecuaciones.

$$E_{IN} = I_{IN} * Z_{11} + I_{OUT} * Z_{12}$$

$$E_{OUT} = I_{IN} * Z_{21} + I_{OUT} * Z_{22}$$

$$I_{IN} = E_{IN} (1/Z_{11}) - I_{OUT} *(Z_{12} / Z_{11})$$

$$I_{OUT} = E_{OUT} * (1/Z_{22}) - I_{IN} *(Z_{21} / Z_{22})$$

Reemplazando I_{IN} y I_{OUT} en cada expresión tenemos:

$$I_{IN} = E_{IN} (1/Z_{11}) - [E_{OUT} * (1/Z_{22}) - I_{IN} *(Z_{21} / Z_{22})] *(Z_{12} / Z_{11})$$

$$I_{OUT} = E_{OUT} * (1/Z_{22}) - [E_{IN} (1/Z_{11}) - I_{OUT} *(Z_{12} / Z_{11})] * (Z_{21} / Z_{22})$$

Ordenando las dos últimas ecuaciones y despejando en la primera I_{IN} y en la segunda I_{OUT} y recordando que

$$\boxed{\Delta_Z = Z_{11} * Z_{22} - Z_{12} * Z_{21}}$$

tenemos:

$$I_{IN} = E_{IN} \left(Z_{22} / \Delta_Z \right) - E_{OUT} * \left(Z_{12} / \Delta_Z \right)$$

$$I_{OUT} = - E_{IN} \left(Z_{21} / \Delta_Z \right) + E_{OUT} * \left(Z_{11} / \Delta_Z \right)$$

Pero, recordando que (Z_{mn} / Δ_Z) , dimensionalmente es $(\Omega / \Omega^2) = 1/ \Omega$, cada uno de los términos entre paréntesis representa una admitancia (Y_{mn})

$$I_{IN} = E_{IN} \overbrace{(Z_{22} / \Delta_Z)}^{Y_{11}} - E_{OUT} * \overbrace{(Z_{12} / \Delta_Z)}^{Y_{12}}$$

$$I_{OUT} = - E_{IN} \underbrace{(Z_{21} / \Delta_Z)}_{Y_{21}} + E_{OUT} * \underbrace{(Z_{11} / \Delta_Z)}_{Y_{22}}$$

Por lo tanto las ecuaciones que definen los parámetros de admitancia ***(Parámetros Y)*** de un cuadripolo , son las siguientes:

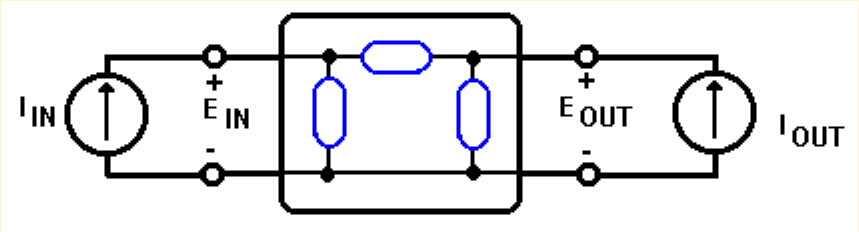
$$I_{IN} = E_{IN} * Y_{11} - E_{OUT} * Y_{12}$$

$$I_{OUT} = - E_{IN} Y_{21} + E_{OUT} * Y_{22}$$

De las ecuaciones de nudos de un cuadripolo en Π, tambien podemos determinar, los valores de los parámetros de admitancia (**Parámetros Y**)

$$I_{IN} = E_{IN} * Y_{11} - E_{OUT} * Y_{12}$$

$$I_{OUT} = - E_{IN} Y_{21} + E_{OUT} * Y_{22}$$

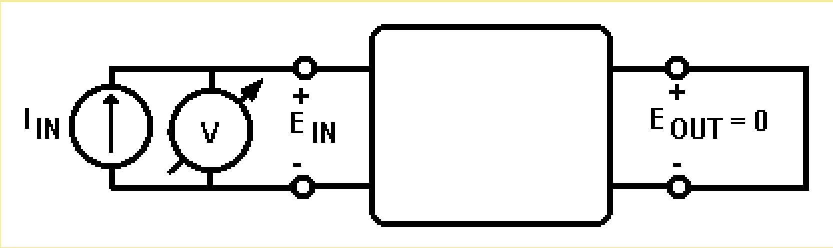


Cada parámetro estará definido por las siguientes expresiones;

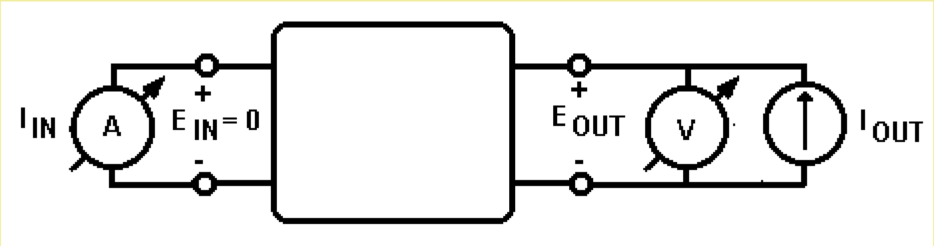
$$Y_{11} = \left.\frac{I_{IN}}{E_{IN}}\right|_{E_{OUT}=0} \qquad Y_{12} = \left.\frac{I_{IN}}{E_{OUT}}\right|_{E_{IN}=0}$$

$$Y_{21} = \left.\frac{I_{OUT}}{E_{IN}}\right|_{E_{OUT}=0} \qquad Y_{22} = \left.\frac{I_{OUT}}{E_{OUT}}\right|_{E_{IN}=0}$$

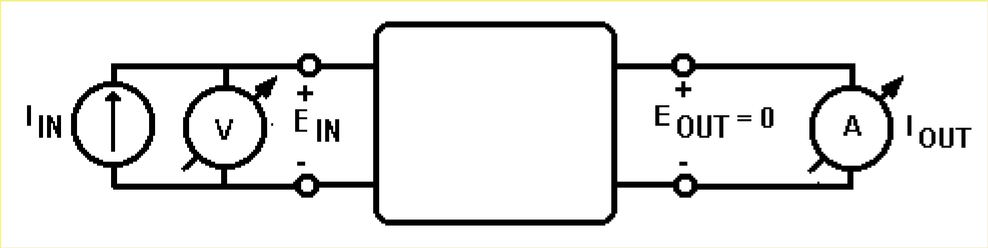
MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS "Y" DE UN CUADRIPOLO PASIVO



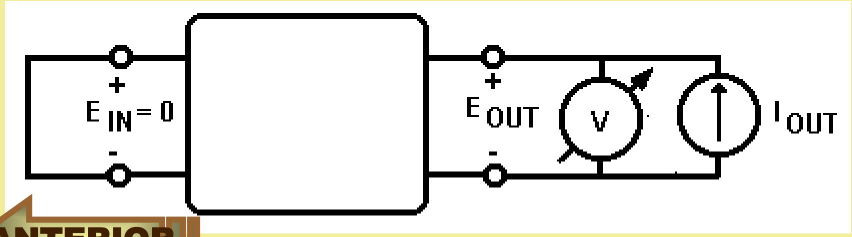
$$Y_{11} = \left.\frac{I_{IN}}{E_{IN}}\right|_{E_{OUT}=0}$$



$$Y_{12} = \left.\frac{I_{IN}}{E_{OUT}}\right|_{E_{IN}=0}$$



$$Y_{21} = \left.\frac{I_{OUT}}{E_{IN}}\right|_{E_{OUT}=0}$$



$$Y_{22} = \left.\frac{I_{OUT}}{E_{OUT}}\right|_{E_{IN}=0}$$

Por un procedimiento similar, de las ecuaciones que definen los parámetros de impedancia,**(Parámetros Z),** podemos obtener cuatro parámetros mas:

$$E_{IN} = I_{IN} * Z_{11} + I_{OUT} * Z_{12}$$

$$E_{OUT} = I_{IN} * Z_{21} + I_{OUT} * Z_{22}$$

Despejando E_{IN} y I_{OUT} obtemos:

Parámetros Híbridos "h"

$$E_{IN} = I_{IN} * h_{11} + E_{OUT} * h_{12}$$

$$I_{OUT} = I_{IN} * h_{21} + E_{OUT} * h_{22}$$

Despejando I_{IN} y E_{OUT} obtemos:

Parámetros Híbridos "g"

$$I_{IN} = E_{IN} * g_{11} + I_{OUT} * g_{12}$$

$$E_{OUT} = E_{IN} * g_{21} + I_{OUT} * g_{22}$$

Continuación:

$E_{IN} = I_{IN} * Z_{11} + I_{OUT} * Z_{12}$

$E_{OUT} = I_{IN} * Z_{21} + I_{OUT} * Z_{22}$

Despejando E_{IN} y I_{IN} obtemos:

Parámetros de Transmisión Directa (ABCD)

$E_{IN} = E_{OUT} * A + I_{OUT} * B$

$I_{IN} = E_{OUT} * C + I_{OUT} * D$

Despejando E_{OUT} y I_{OUT} obtemos:

Parámetros de Transmisión Inversa (EFGH)

$E_{OUT} = E_{IN}\ E + I_{IN} * F$

$I_{OUT} = E_{IN} * G + I_{OUT} * H$

Partiendo de las ecuaciones que definen un parámetro cualquiera de un cuadripolo, se pueden obtener las ecuaciones, que definen a los parámetros restantes, recordando que:

PARÁMETROS	EXPRESA :	EN FUNCIÓN DE:
PARÁMETROS DE IMPEDANCIA "Z"	E_{IN} y E_{OUT}	I_{IN} y I_{OUT}
PARÁMETROS DE ADMITANCIA "Y"	I_{IN} y I_{OUT}	E_{IN} y E_{OUT}
PARÁMETROS HÍBRIDOS "h"	E_{IN} y I_{OUT}	I_{IN} y E_{OUT}
PARÁMETROS HÍBRIDOS "g"	I_{IN} y E_{OUT}	E_{IN} y I_{OUT}
PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN DIRECTA "ABCD"	E_{IN} y I_{IN}	E_{OUT} y I_{OUT}
PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN INVERSA "EFGH"	E_{OUT} y I_{OUT}	E_{IN} y I_{IN}

De este modo se obtiene la Tabla de la siguiente pantalla, en la cual cada uno de los parámetros se relaciona con los restantes.

RELACIONES ENTRE PARÁMETROS DE CUADRIPOLOS LINEALES EXPRESADOS EN FUNCIÓN DE PARÁMETROS

PARÁMETROS		Z	Y	ABCD	EFGH	h	g
Z	Z_{11}		$Y_{22} / \Delta Y$	A / C	h/G	$\Delta h/h_{22}$	$1/g_{11}$
	Z_{12}		$-Y_{12} / \Delta Y$	(AD-BC)/C	1/G	h_{12}/h_{22}	$-g_{12}/g_{11}$
	Z_{21}		$-Y_{21} / \Delta Y$	1 / C	(EH-GF)/G	$-h_{21}/h_{22}$	g_{21}/g_{11}
	Z_{22}		$Y_{11} / \Delta Y$	D / C	E/G	$1/h_{22}$	$\Delta g/g_{11}$
	ΔZ	$Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21}$	$1 / \Delta Y$	B / C	F/G	h_{11}/h_{22}	g_{22}/g_{11}
Y	Y_{11}	$Z_{22} / \Delta Z$		D/B	E/F	$1/h_{11}$	$\Delta g/g_{22}$
	Y_{12}	$-Z_{12} / \Delta Z$		-(AD-BC)/B	-1/F	$-h_{12}/h_{11}$	g_{12}/g_{22}
	Y_{21}	$-Z_{21} / \Delta Z$		-1/B	-(EH-GF)/F	h_{21}/h_{11}	$-g_{21}/g_{22}$
	Y_{22}	$Z_{11} / \Delta Z$		A/B	H/F	$\Delta h/h_{11}$	$1/g_{22}$
	ΔY	$1 / \Delta Z$	$Y_{11}Y_{22} - Y_{12}Y_{21}$	C/B	G/F	h_{22}/h_{11}	g_{11}/g_{22}
A B C D	A	Z_{11} / Z_{21}	$-Y_{22}/Y_{21}$		H/(H-GF)	$-\Delta h/h_{21}$	$1/g_{21}$
	B	$\Delta Z / Z_{21}$	$-1/Y_{21}$		F/(EH-GF)	$-h_{11}/h_{21}$	g_{22}/g_{21}
	C	$1 / Z_{21}$	$-\Delta Y/Y_{21}$		G/(EH-GF)	$-h_{22}/h_{21}$	g_{11}/g_{21}
	D	Z_{22} / Z_{21}	$-Y_{11}/Y_{21}$		E/(EH-GF)	$-1/h_{21}$	$\Delta g/g_{21}$
	Δ_{ABCD}	Z_{12} / Z_{21}	Y_{12}/Y_{21}	(AD-BC)=1	1/(EH-GF)	$-h_{12}/h_{21}$	$-g_{12}/g_{21}$
E F G H	E	Z_{22} / Z_{12}	$-Y_{11}/Y_{12}$	D/(AD-BC)		$1/h_{12}$	$-\Delta g/g_{12}$
	F	$\Delta Z / Z_{12}$	$-1/Y_{12}$	B/(AD-BC)		h_{11}/h_{12}	$-g_{22}/g_{12}$
	G	$1 / Z_{12}$	$-\Delta Y/Y_{12}$	C/(AD-BC)		h_{22}/h_{12}	$-g_{11}/g_{12}$
	H	Z_{11} / Z_{12}	$-Y_{22}/Y_{12}$	A/(AD-BC)		$\Delta h/h_{12}$	$-1/g_{12}$
	Δ_{EFGH}	Z_{12} / Z_{12}	Y_{21}/Y_{12}	1/(AD-BC)	(EH-FG)=1	$-h_{21}/h_{12}$	$-g_{21}/g_{12}$
H	h_{11}	$\Delta Z/ Z_{22}$	$1/Y_{11}$	B/D	F/E		$g_{22}/\Delta g$
	h_{12}	Z_{12}/ Z_{22}	$-Y_{12}/Y_{11}$	(AD-BC)/D	1/E		$-g_{12}/\Delta g$
	h_{21}	$-Z21/ Z_{22}$	Y_{21}/Y_{11}	-1/D	-(EH-GF)/E		$-g_{21}/\Delta g$
	h_{22}	$1/ Z_{22}$	$\Delta Y/Y_{11}$	C/D	G/E		$g_{11}/\Delta g$
	Δh	Z_{11}/ Z_{22}	Y_{22}/Y_{11}	A/D	H/E	$h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}$	$1/\Delta g$
G	g_{11}	$1/ Z_{11}$	$\Delta Y/Y_{22}$	C/A	G/H	$h_{22}/\Delta h$	
	g_{12}	$-Z_{12}/ Z_{11}$	Y_{12}/Y_{22}	-(AD-BC)/A	-1/H	$-h_{12}/\Delta h$	
	g_{21}	Z_{21}/ Z_{11}	$-Y_{21}/Y_{22}$	1/A	(EH-FG)/H	$-h_{21}/\Delta h$	
	g_{22}	$\Delta Z/ Z_{11}$	$1/Y_{22}$	B/A	F/H	$h_{11}/\Delta h$	
	Δg	Z_{22}/ Z_{11}	Y_{11}/Y_{22}	D/A	E/H	$1/\Delta h$	$g_{11}g_{22} - g_{12}g_{21}$

Nos detendremos en el estudio de los parámetros de Transmisión, tanto directa como indirecta, pues el estudio de los mismos nos será de utilidad para el estudio posterior.

De las ecuaciones de los parámetros de Impedancia (**Parámetros Z**) podemos despejar, los parámetros de Transmisión directa (**Parámetros ABCD**) , despejando E_{IN} e I_{IN} de las ecuaciones.

$$E_{IN} = I_{IN} * Z_{11} + I_{OUT} * Z_{12}$$

$$E_{OUT} = I_{IN} * Z_{21} + I_{OUT} * Z_{22}$$

$$\Rightarrow$$

$$E_{IN} = E_{OUT} * (Z_{11}/Z_{21}) + I_{OUT} * (\Delta_Z / Z_{21})$$

$$I_{IN} = E_{OUT} (1/Z_{21}) + I_{OUT} * (Z_{22} / Z_{21})$$

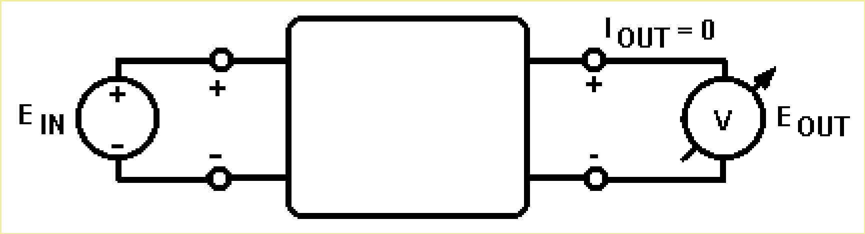
Luego:

$$E_{IN} = E_{OUT} * A + I_{OUT} * B \qquad A = (Z_{11}/Z_{21}) \qquad B = (\Delta_Z / Z_{21})$$

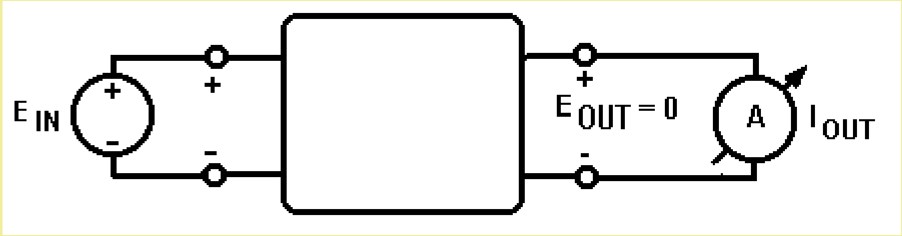
$$\therefore$$

$$I_{IN} = E_{OUT} * C + I_{OUT} * D \qquad C = (1/Z_{21}) \qquad D = (Z_{22} / Z_{21})$$

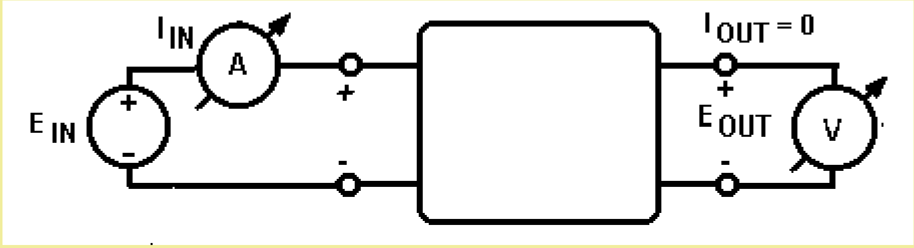
MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN DIRECTA DE UN CUADRIPOLO PASIVO



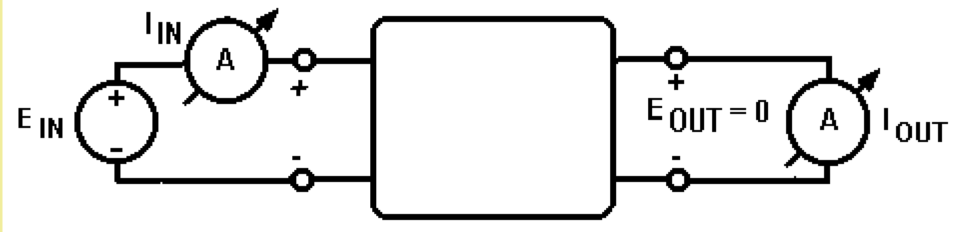
$$A = \frac{Z_{11}}{Z_{21}} = \left.\frac{E_{IN}}{E_{OUT}}\right|_{I_{OUT}=0}$$



$$B = \frac{\Delta Z}{Z_{21}} = \left.\frac{E_{IN}}{I_{OUT}}\right|_{E_{OUT}=0}$$



$$C = \frac{1}{Z_{21}} = \left.\frac{I_{IN}}{E_{OUT}}\right|_{I_{OUT}=0}$$



$$D = \frac{Z_{22}}{Z_{21}} = \left.\frac{I_{IN}}{I_{OUT}}\right|_{E_{OUT}=0}$$

De las ecuaciones de los parámetros de Impedancia (**Parámetros Z**) podemos despejar, los parámetros de Transmisión inversa (**Parámetros EFGH**) , despejando E_{OUT} e I_{OUT} de las ecuaciones.

$$E_{IN} = I_{IN} * Z_{11} + I_{OUT} * Z_{12}$$

$$E_{OUT} = I_{IN} * Z_{21} + I_{OUT} * Z_{22}$$

$$E_{OUT} = E_{IN} * (Z_{22}/Z_{12}) + I_{IN} * (\Delta_Z / Z_{12})$$

$$I_{OUT} = E_{IN} (1/Z_{12}) + I_{IN} * (Z_{11} / Z_{12})$$

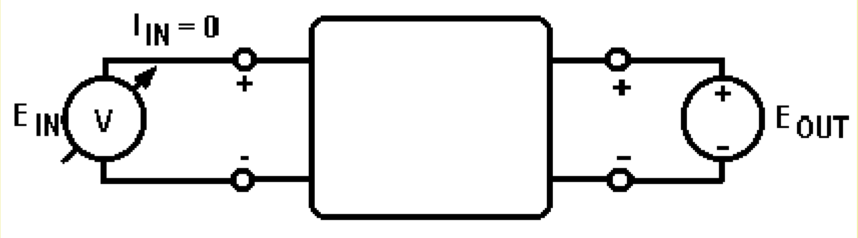
Luego:

$$E_{OUT} = E_{IN} * E + I_{IN} * F \qquad E = (Z_{22} / Z_{12}) \qquad F = (\Delta_Z / Z_{12})$$

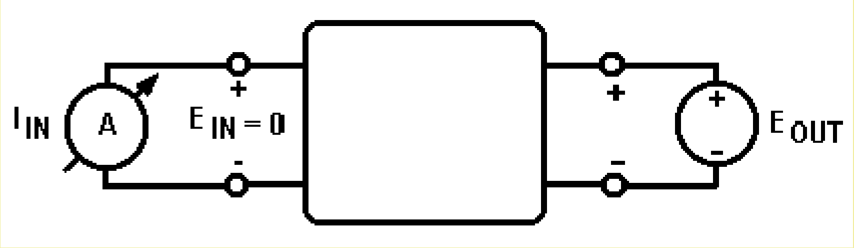
$$\therefore$$

$$I_{OUT} = E_{IN} * G + I_{IN} * H \qquad G = (1/Z_{12}) \qquad H = (Z_{11} / Z_{12})$$

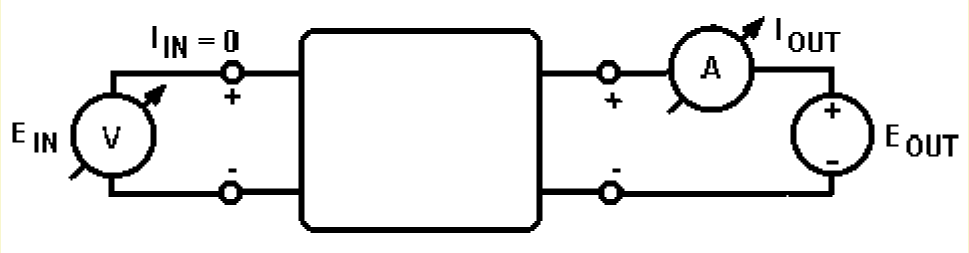
MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN INVERSA DE UN CUADRIPOLO PASIVO



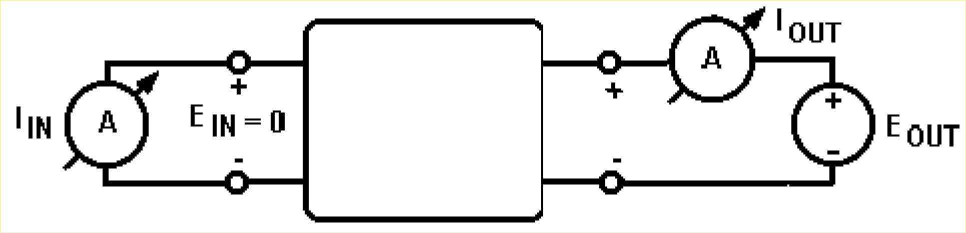
$$E = \frac{Z_{22}}{Z_{12}} = \frac{E_{OUT}}{E_{IN}}\Bigg|_{I_{IN}=0}$$



$$F = \frac{\Delta z}{Z_{12}} = \frac{E_{OUT}}{I_{IN}}\Bigg|_{E_{IN}=0}$$



$$G = \frac{1}{Z_{12}} = \frac{I_{OUT}}{E_{IN}}\Bigg|_{I_{IN}=0}$$



$$H = \frac{Z_{11}}{Z_{12}} = \frac{I_{OUT}}{I_{IN}}\Bigg|_{E_{IN}=0}$$

De los resultados obtenidos en la obtención de los parámetros de Transmisión Directa e Inversa, y recordando que $Z_{12} = Z_{21}$, observamos que:

$$A = H = \frac{Z_{11}}{Z_{12}}$$

$$B = F = \frac{\Delta Z}{Z_{12}}$$

$$C = G = \frac{1}{Z_{12}}$$

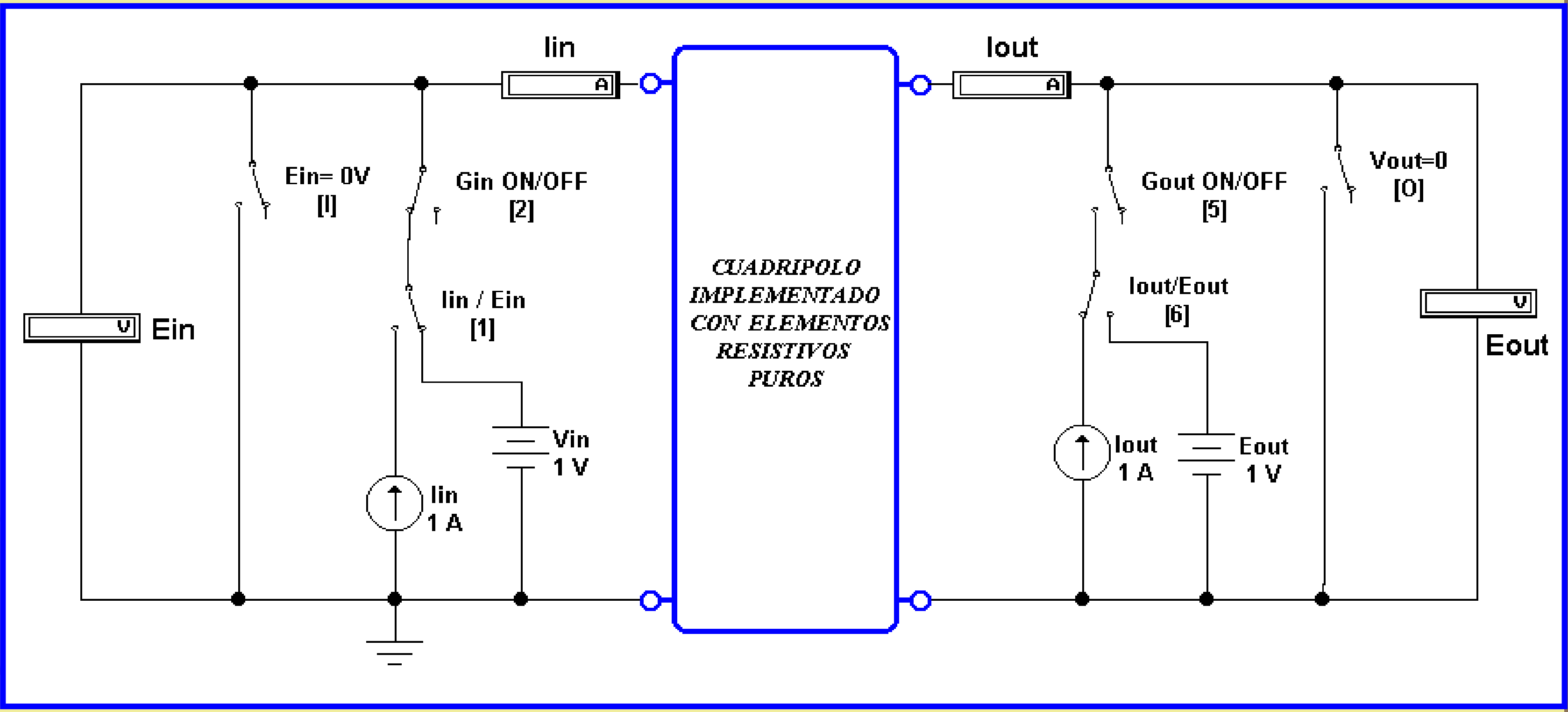
$$D = E = \frac{Z_{22}}{Z_{12}}$$

Por otro lado el determinante de los parámetros de transmisión tanto directa como inversa, es igual a la unidad

$$\Delta_{ABCD} = \Delta_{EFGH} = 1$$

Queda para el alumno la comprobación de esta propiedad

CIRCUITO PARA REALIZAR MEDICIONES DE PARÁMETROS DE UN CUADRIPOLO CON ELEMENTOS RESISTIVOS PUROS MEDIANTE EWB5

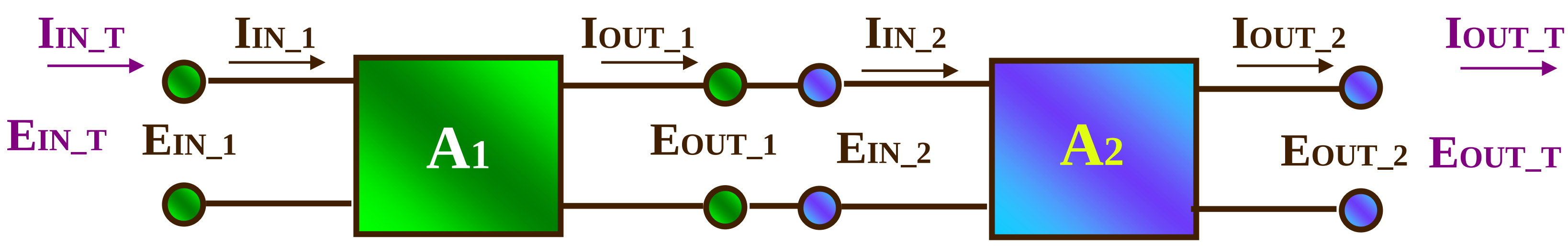


Llave 1=Selecciona fuente de tensión o de corriente en la Entrada
Llave 6=Selecciona fuente de tensión o de corriente en la Salida
Llave I=Cortocircuita la Entrada ∴ Ein = 0V
Llave O=Cortocircuita la Salida ∴ Eout = 0V
Llave 2=Selecciona Generadores ON/OF en la Entrada
Llave 5=Selecciona Generadores ON/OF en la Salida

NOTA:
Con las lecturas de de los Instrumentos, se obtiene Ein, Iin, Eout y Iout, con esos valores, se realizarán las operaciones que correspondan para obtener cualquiera de los seis parámetros estudiados anteriormente.

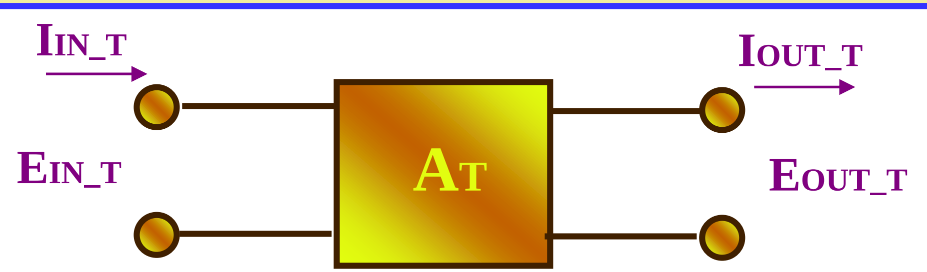
CONEXIONES DE CUADRIPOLOS

CONECCIÓN EN CASCADA



IIN_T = IIN_1
EIN_T = EIN_1
EOUT_T = EOUT_2
IOUT_T = IOUT_2

EOUT_1 = EIN_2
IOUT_1 = IIN_2

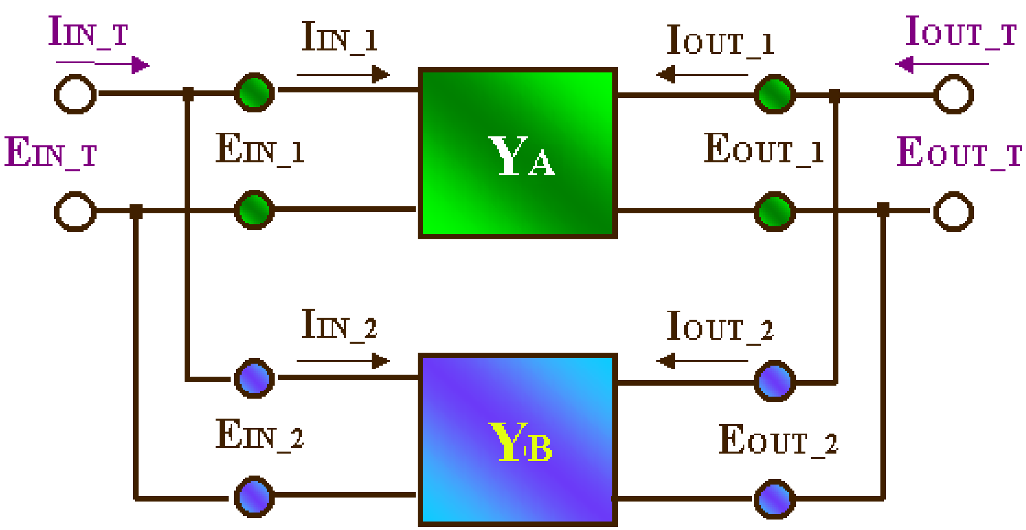


$$\mathbf{A}_T = \mathbf{A}_1 * \mathbf{A}_2 = \begin{vmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{A}_T = \begin{vmatrix} (A_1 * A_2) + (B_1 * C_2) & (A_1 * B_2) + (B_1 * D_1) \\ (C_1 * A_2) + (D_1 * C_2) & (C_1 * B_2) + (D_1 * D_2) \end{vmatrix}$$

CONEXIONES DE CUADRIPOLOS (Continuación)

CONECCIÓN EN PARALELO

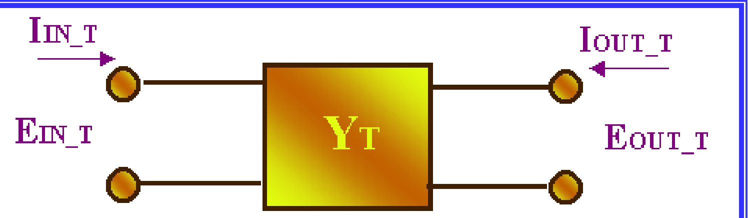


$I_{IN\_T} = I_{IN\_1} + I_{IN\_2}$

$E_{IN\_T} = E_{IN\_1} = E_{IN\_2}$

$I_{OUT\_T} = I_{OUT\_1} + I_{OUT\_2}$

$E_{OUT\_T} = E_{OUT\_1} = E_{OUT\_2}$



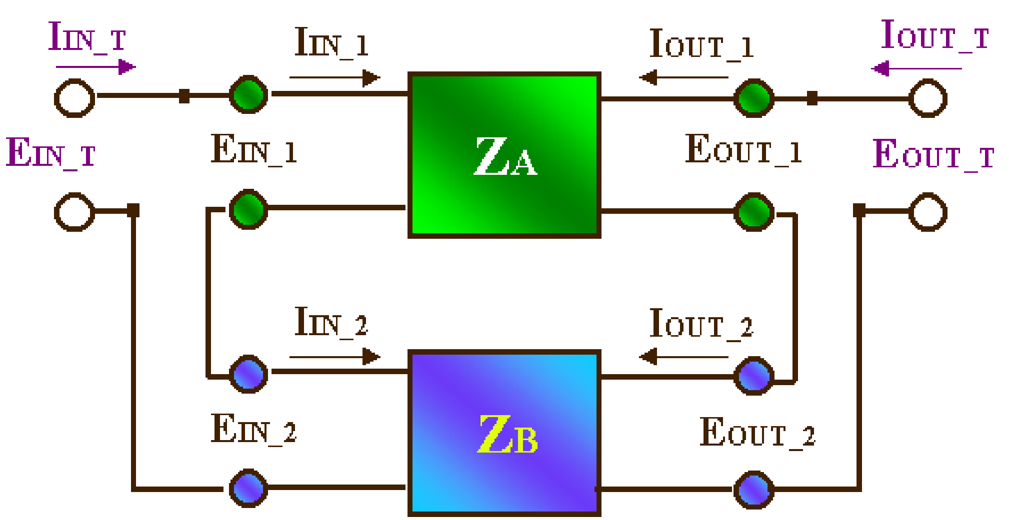
$$Y_T = Y_A + Y_B = \begin{vmatrix} Y_{11A} & Y_{12A} \\ Y_{21A} & Y_{22A} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} Y_{11B} & Y_{12B} \\ Y_{21B} & Y_{22B} \end{vmatrix}$$

$$A_T = \begin{vmatrix} Y_{11A} + Y_{11B} & Y_{12A} + Y_{12B} \\ Y_{21A} + Y_{21B} & Y_{22A} + Y_{22B} \end{vmatrix}$$

ANTERIOR INDICE SIGUIENTE

CONEXIONES DE CUADRIPOLOS (Continuación)

CONECCIÓN EN SERIE

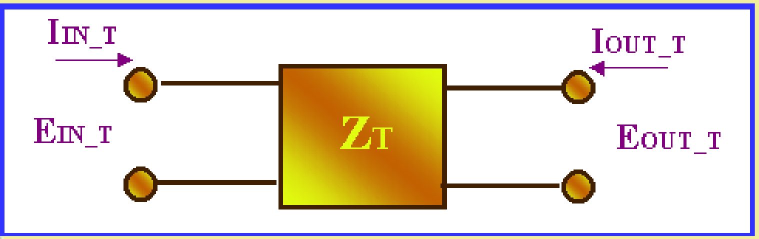


$I_{IN\_T} = I_{IN\_1} = I_{IN\_2}$

$E_{IN\_T} = E_{IN\_1} + E_{IN\_2}$

$I_{OUT\_T} = I_{OUT\_1} + I_{OUT\_2}$

$E_{OUT\_T} = E_{OUT\_1} + E_{OUT\_2}$

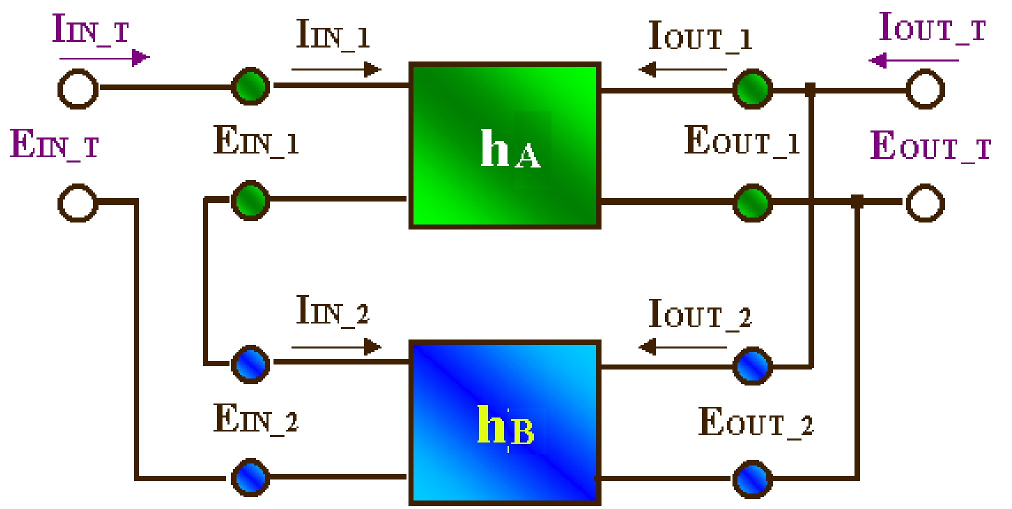


$$Z_T = Z_A + Z_B = \begin{vmatrix} Z_{11A} & Z_{12A} \\ Z_{21A} & Z_{22A} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} Z_{11B} & Z_{12B} \\ Z_{21B} & Z_{22B} \end{vmatrix}$$

$$Z_T = \begin{vmatrix} Z_{11A}+Z_{11B} & Z_{12A}+Z_{12B} \\ Z_{21A}+Z_{21B} & Z_{22A}+Z_{22B} \end{vmatrix}$$

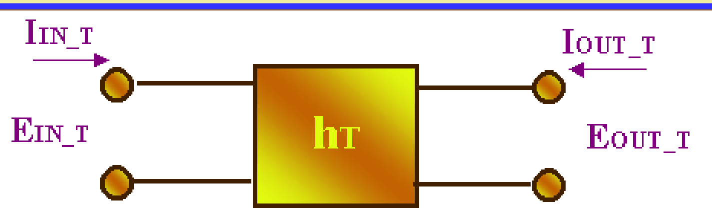
CONEXIONES DE CUADRIPOLOS (Continuación)

CONECCIÓN SERIE-PARALELO



IIN_T = IIN_1 = IIN_2
EIN_T = EIN_1 + EIN_2

IOUT_T = IOUT_1 + IOUT_2
EOUT_T = EOUT_1 = EOUT_2

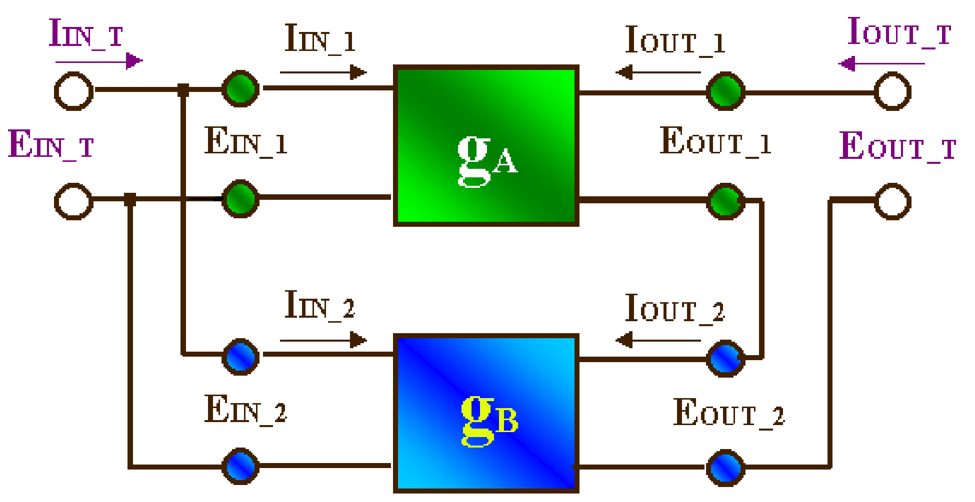


$$h_T = h_A + h_B = \begin{vmatrix} h_{11A} & h_{12A} \\ h_{21A} & h_{22A} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} h_{11B} & h_{12B} \\ h_{21B} & h_{22B} \end{vmatrix}$$

$$h_T = \begin{vmatrix} h_{11A} + h_{11B} & h_{12A} + h_{12B} \\ h_{21A} + h_{21B} & h_{22A} + h_{22B} \end{vmatrix}$$

CONEXIONES DE CUADRIPOLOS (Continuación)

CONECCIÓN PARALELO- SERIE

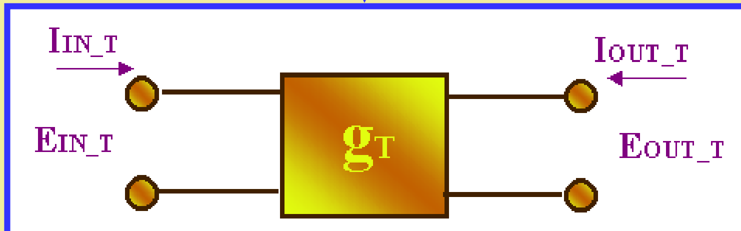


$I_{IN\_T} = I_{IN\_1} + I_{IN\_2}$

$E_{IN\_T} = E_{IN\_1} = E_{IN\_2}$

$I_{OUT\_T} = I_{OUT\_1} = I_{OUT\_2}$

$E_{OUT\_T} = E_{OUT\_1} + E_{OUT\_2}$



$$g_T = g_A + g_B = \begin{vmatrix} g_{11A} & g_{12A} \\ g_{21A} & g_{22A} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} g_{11B} & g_{12B} \\ g_{21B} & g_{22B} \end{vmatrix}$$

$$g_T = \begin{vmatrix} g_{11A} + g_{11B} & g_{12A} + g_{12B} \\ g_{21A} + g_{21B} & g_{22A} + g_{22B} \end{vmatrix}$$

FIN DE LA PRESENTACIÓN