

# Equipos y Subsistemas de Comunicaciones

## Práctica 3. Acopladores direccionales y conmutadores

### Introducción

En esta tercera práctica se estudiarán tanto un acoplador direccional de 3 dB (híbrido) como un conmutador SPDT. Con varios conmutadores SPDT se diseñará un conmutador SP8T. Tanto el acoplador estudiado como el conmutador SP8T diseñado se utilizarán en una práctica posterior para diseñar una antena multihaz.

### Acoplador direccional híbrido

Se escogerá un acoplador direccional comercial de la casa Marki Microwave (<http://www.markimicrowave.com/>), en concreto el QH-OR714, que cubre de sobra la frecuencia de interés (5.8 GHz), y que se trata de un acoplador híbrido de 90°. Obtener de la página web del fabricante el fichero \*.s4p (está dentro del apartado Hybrids) y seguir los siguientes pasos:

1. Abrir desde MWO el fichero PlantillaPractica03.emp. Salvarlo con otro nombre.
2. Importar en la carpeta Data Files el fichero QH\_OR714.s4p con las medidas del acoplador suministrado por el fabricante. De momento no asignarle ningún símbolo y dejar el que tiene por defecto.
3. Escoger como margen de frecuencias el que da el fabricante para las especificaciones. Escoger un paso de frecuencia que dé lugar a un número de puntos mayor de 200.
4. Crear un esquemático (p.e. con nombre híbrido) que incluya el acoplador importado (extraído de la carpeta *Subcircuits* de la lista de *Elements*) e incluirle los puertos con el mismo orden de numeración que propone el símbolo del acoplador, figura 1.

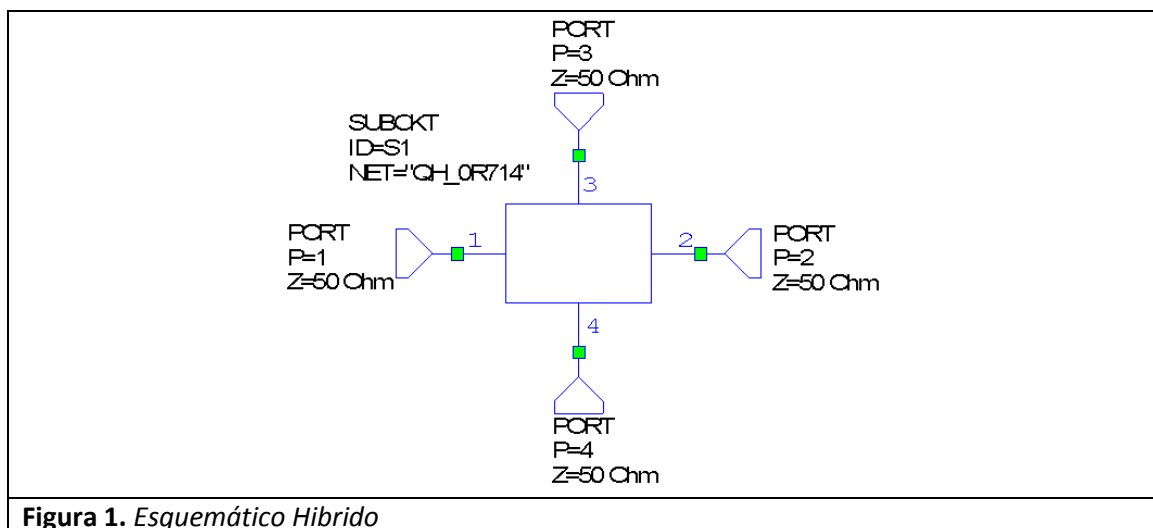
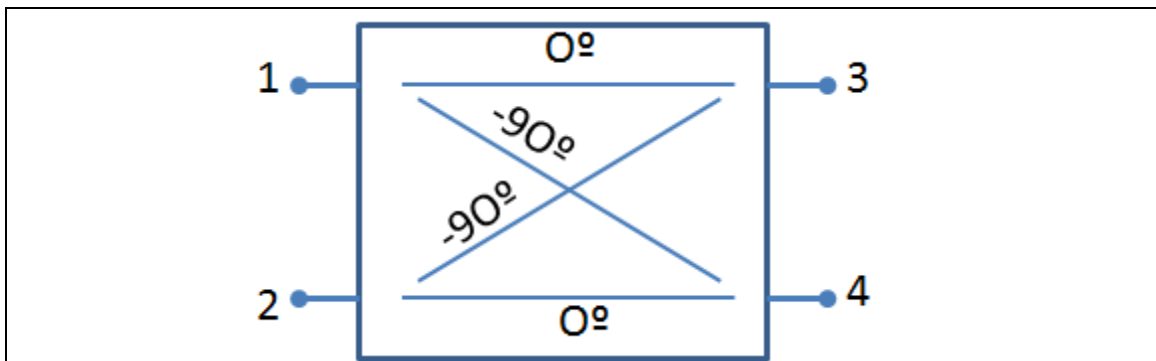


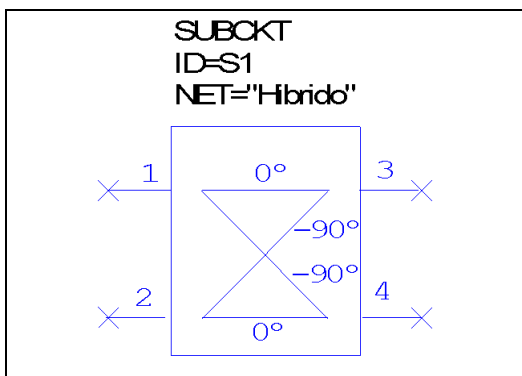
Figura 1. Esquemático Híbrido

5. Simular y representar los módulos de los parámetros S21, S31 y S41, para localizar los accesos acoplados al acceso 1 y el desacoplado.
6. Una vez localizados los dos accesos acoplados interesa ver la diferencia de fases entre sus parámetros S. En la carpeta Output Equations se pueden crear las ecuaciones que permitan calcular esta diferencia de fases. Uno de estos accesos tiene que presentar una fase de  $90^\circ$  menos que el otro. Con la finalidad de uniformizar criterios y que facilite la futura creación de una red de Butler(futura práctica), se cambiará la numeración de los accesos para conseguir que finalmente los accesos acoplados al acceso 1 sean el 3 y el 4 y que sea el S41 el que presente una diferencia de fase de  $-90^\circ$  respecto a la fase del S31, para dar lugar a un híbrido como el simbolizado en la figura 2.

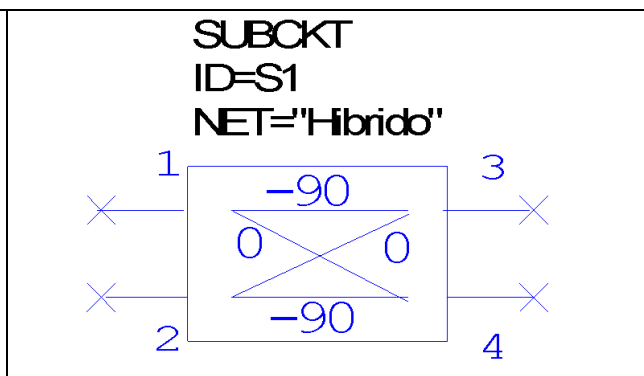


**Figura 2.** Híbrido  $90^\circ$  con numeración puertos deseada

7. Un vez hecho esto se le puede asignar al esquemático creado el símbolo correspondiente a un híbrido de  $90^\circ$ , [hibrido90](#), figura 2a. Este símbolo ha sido creado para este caso y está incluido en el fichero PlantillaPractica03.emp. No se ha tomado el símbolo de la librería de símbolos de MWO, [HYB90@system.syf](#), pues marca  $-90^\circ$  de forma cambiada, figura 3b.



**Figura 3a.** Símbolo hibrido90



**Figura 3b.** Símbolo [HYB90@system.syf](#) de MWO

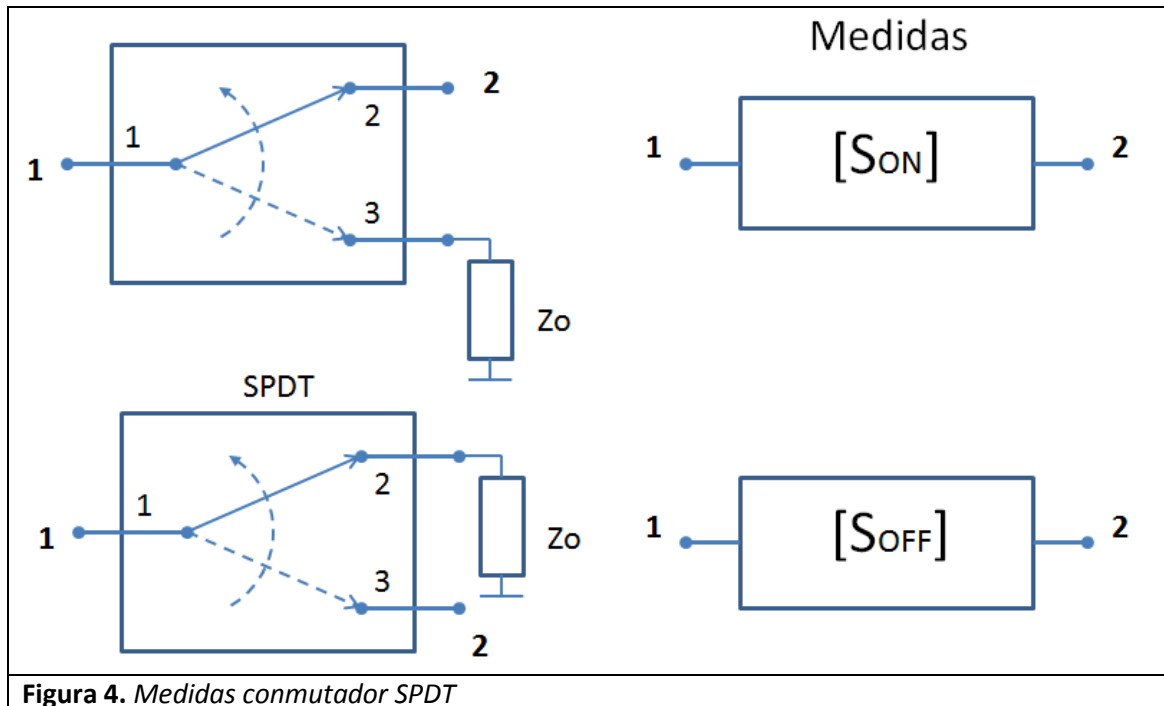
8. A continuación rellenar la siguiente tabla con las especificaciones que da el fabricante y las obtenidas con las medidas.

QH-OR714 (0.7 a 14.5 GHz)	Pérdidas Inserción (dB)	Desbalance amplitud (dB)	Desbalance fase ( $^\circ$ )	ROE in	ROEout	Aislamiento (dB)
Especificaciones	5.5	+0.8	+2	1.5	1.5	22
Medidas	2.79	1.051	1.6	1.27	1.24	

**Tabla 1.** Resultados especificaciones y medidas acoplador híbrido  $90^\circ$  QH-OR714

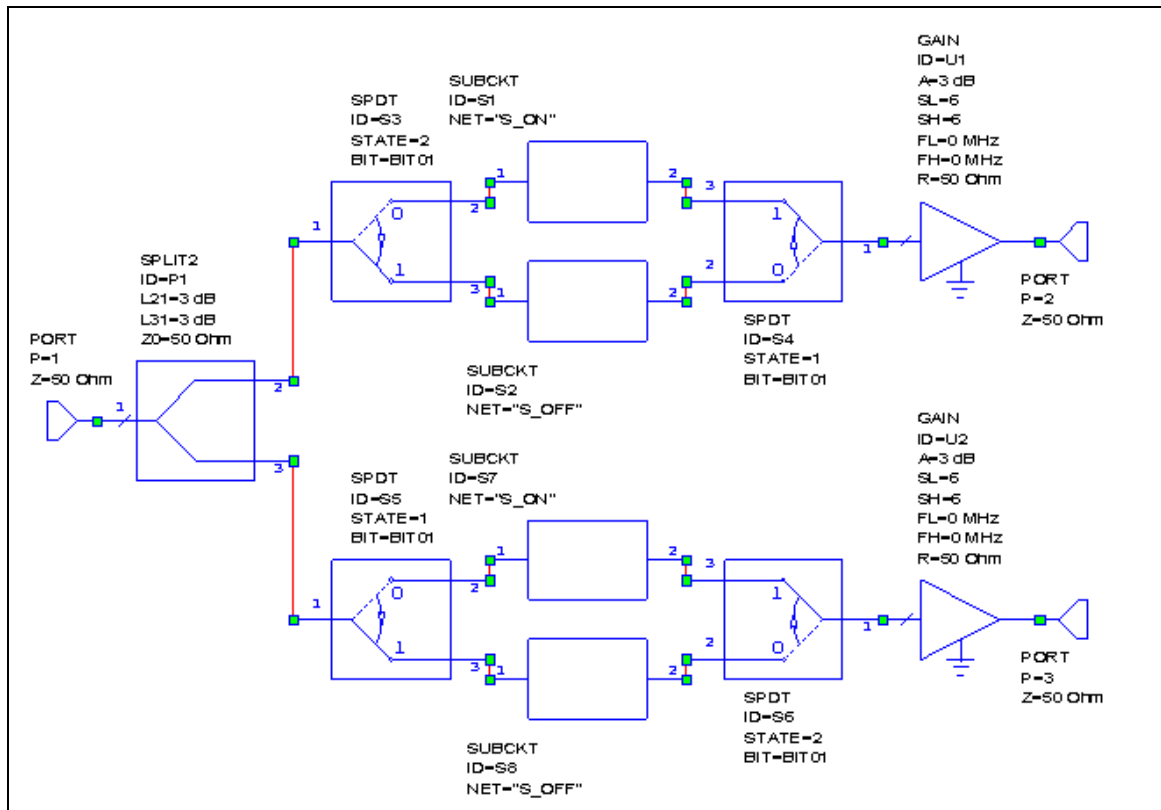
## Conmutador SPDT

En esta parte se estudiará un conmutador SPDT de la casa QP microwave (<http://qpmw.com/>) del que se disponen dos medidas, estados ON y OFF. Al tratarse de un SPDT se trata de un dispositivo de tres accesos, que presenta dos estados diferentes. Las medidas de que se disponen corresponden a cada estado del conmutador, estado ON y estado OFF, pero como un dispositivo de dos accesos, como se muestra en la figura 4.



**Figura 4.** Medidas conmutador SPDT

Los dos ficheros con las medidas son el  $S_{ON}.s2p$  y el  $S_{OFF}.s2p$ . El fabricante no tiene las medidas colgadas directamente en su página web, pero sí las manda bajo demanda. Para facilitar el acceso a las medidas, están disponibles en Poliformat Corresponden a las medidas del QP-SWS1A-0640-01). El objetivo es construir un esquemático en MWO con el SPDT que disponga de una variable que permita elegir el estado del conmutador, haciendo uso de las medidas suministradas por el fabricante. Una posible forma de hacerlo es la que se muestra en la figura 5.



**Figura 5. Esquemático en MWO del SPDT**

Construid este esquemático observando lo siguiente:

1. En cada una de las dos ramas se incluyen los dispositivos con las dos medidas. Es interesante conocer de las dos medidas suministradas cual corresponde al estado ON y cual al OFF. Esto se podrá resolver visualizando el parámetro  $S_{21}$  de ambas medidas.
2. Estos dos bloques se conectan por ambos lados con un elemento de la librería de MWO que se denomina SPDT y que se encuentra en *General->Passive->Others*. Este elemento es un conmutador SPDT ideal que se controla con los parámetros STATE y BIT. El valor de el parámetro STATE hay que escogerlo con valores 1 y 2 de forma alterna entre los cuatro (como se observa en la figura 5) para forzar que posteriormente se puedan controlar todos con una única variable, BIT01, y que se encamine adecuadamente la señal de entrada. El valor de la variable BIT01 será 0 o 1.
3. Las dos entradas se conectarán mediante el elemento SPLIT2, que se encuentra en *General -> Passive -> PwrDivider*, escogiendo  $L_{21}=L_{31}=3$  dB. Con esto se consigue que el parámetro  $S_{11}$  del esquemático sea la media de los parámetros  $S_{11}$  de las dos medidas. En teoría el  $S_{11}$  medido en los dos estados del conmutador deberían haber sido iguales, pero aún siendo muy similares presentan ligeras diferencias. La presencia del SPLIT2 lo que permite es presentar como  $S_{11}$  la media de estos.
4. La presencia del elemento SPLIT2 mencionado anteriormente hace que se pierdan 3 dB en cada una de las ramas, por lo que se añade en la salida de cada rama el elemento GAIN, situado en *General -> Active -> Linear*, con un valor en su parámetro A de 3 dB. Este elemento al ser ideal es transparente desde el punto de vista de los

factores de reflexión, por lo que los  $S_{22}$  y  $S_{33}$  del esquemático deberán coincidir con los  $S_{22}$  de las medidas.

Una vez construido este esquemático realizar los siguientes pasos:

1. Crear en *Global Definitions* la variable BIT01 y asignarle el valor 0 o 1. Seleccionar la variable como sintonizable (tuned), p.e. haciendo uso del icono destornillador (Tune Tool). Abrir el *Variable Browser* (con Shift+F7 o View -> Variable Browser). Localizar la variable BIT01 (debe aparecer marcada como Tune, si no también se podría seleccionar aquí como tal) y marcar como valor *Lower* 0, como valor *Upper* 1 y como *Step Size* 1.
2. Representar el  $S_{21}$  y el  $S_{31}$  del esquemático creado en dB, y compararlas con los  $S_{21}$  de las dos medidas suministradas. Si el esquemático se ha realizado correctamente ambos deberían coincidir. Cambiar el valor de la variable BIT01 haciendo uso de Tune para comprobar que se permutan los valores de  $S_{21}$  y  $S_{31}$ . Anotar los valores, p.e., del  $S_{21}$  del esquemático para los dos estados a la frecuencia de 5.8 GHz.

	ON (BIT01=1)	OFF (BIT01=0)
$S_{21}$ (dB)	-67.18	-124.7

3. Representar el  $S_{11}$  en dB del esquemático junto a los  $S_{11}$  de las dos medidas. Anotar los tres valores a 5.8 GHz. Comprobad que no varía con el valor de la variable BIT01. Hacer lo mismo pero representando el ROE (VSWR) en lineal.

	Esquemático	$S_{ON.s2p}$	$S_{OFF.s2p}$
$S_{11}$ (dB)	-9.743	-6.08	-10.03
ROE <sub>in</sub> (VSWR)	1.96	1.92	2.077

4. Representar el  $S_{22}$  y  $S_{33}$  del esquemático en dB y compararlos con los  $S_{22}$  de las medidas. Deberían coincidir. Cambiar el valor de la variable BIT01 y observar que se permutan los valores de  $S_{22}$  y  $S_{33}$ . Anotar sus valores a 5.8 GHz. Repetir lo mismo representando el ROE.

	$S_{22}$	$S_{33}$
dB	-10.53	-3.017
ROE <sub>out</sub>	1.84	5.016

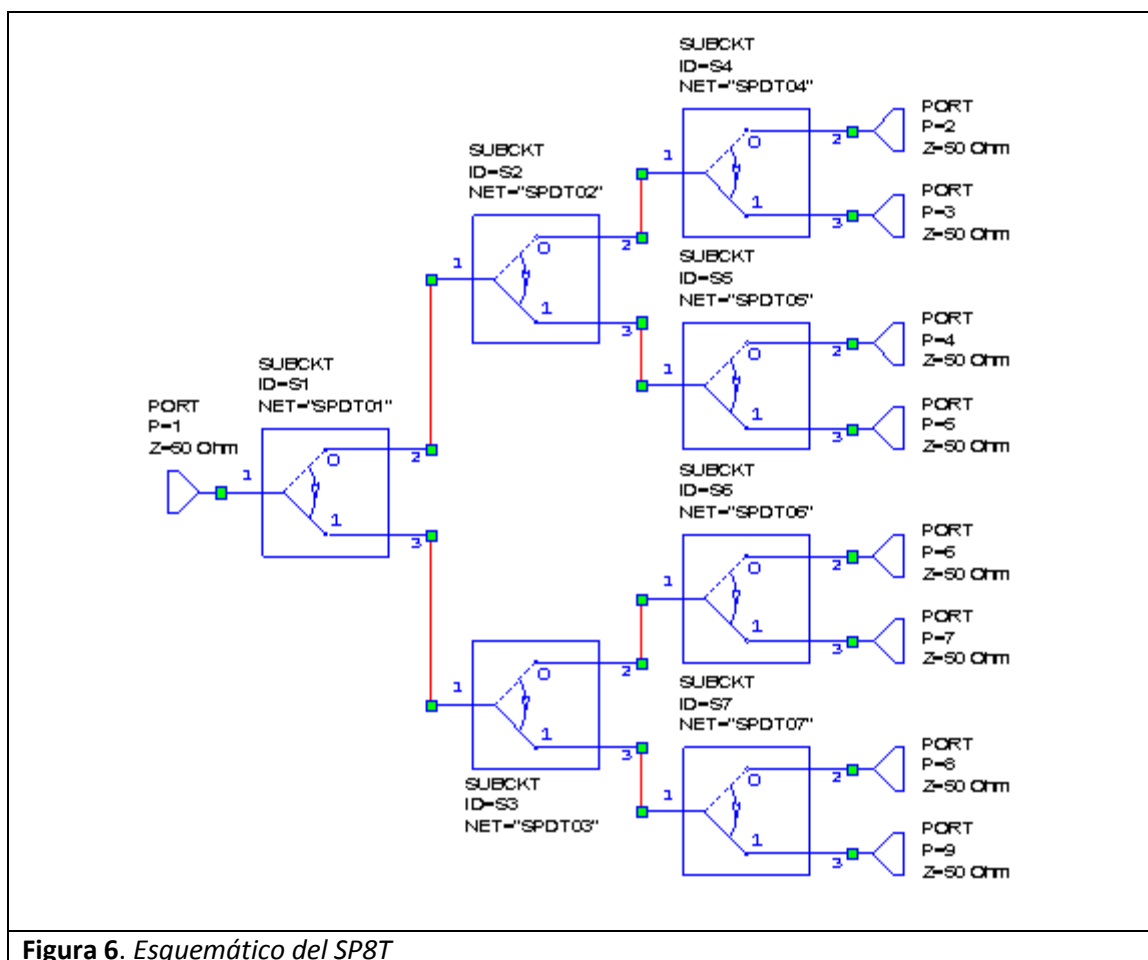
## Conmutador SP8T

A continuación se creará un esquemático con un conmutador de 1 a 8 (SP8T) haciendo uso del conmutador SPDT creado anteriormente. Lo pasos a seguir serán los siguientes:

1. Dado que para hacer un conmutador SP8T a partir de conmutadores SPDT, se necesitarán siete conmutadores SPDT, cada uno de ellos controlado por una variable BIT diferente, es necesario crear seis esquemáticos más iguales al SPDT pero cambiando el nombre de la variable BIT01 por BIT02...07. Estas variables deberán ser también creadas en *Global Definitions*. Poner nombres a cada esquemático que

permitan su fácil identificación con la variable de control. Por ejemplo SPDT01, SPDT02,... Es interesante también asignarle el símbolo [SWITCH@systems.syf](mailto:SWITCH@systems.syf) a cada uno de estos esquemáticos.

2. A continuación crear un esquemático, de nombre p.e. SP8T, y haciendo uso de los esquemáticos SPDTs crear una red similar a la mostrada en la figura 6. Se le puede asignar a este esquemático el símbolo SP8T creado para este caso y que viene insertado en el fichero PlantillaPractica03.emp.



3. Es necesario obtener una tabla con los valores de las variables BIT01, 02, ... en función de los ocho posibles estados de encaminamiento. Una posible tabla para el esquemático de la figura 6 podría ser:

Dirección	BIT01	BIT02	BIT03	BIT04	BIT05	BIT06	BIT07
1	0	0		0			
2	0	0		1			
3	0	1			0		
4	0	1			1		
5	1		0			0	
6	1		0			1	
7	1		1				0
8	1		1				1

Las casillas en blanco podrían tener cualquier valor.

- Una forma para que con una única variable se pudiese escoger cada una de las ocho direcciones de encaminamiento, consistiría en crear siete vectores de dimesión 1x8 con los datos de las columnas de la tabla anterior y posteriormente utilizar una variable de control de direcciones como variable de indexación (p.e. llamada *Dir*). Esta variable la escogeríamos sintonizable y con *Lower=1*, *Upper=8* y *Step Size=1*. La figura 7 muestra una posible forma de hacerlo, donde se ha escogido valores 0 para las casillas de la tabla que eran indiferentes.

```

BIT01_v={0,0,0,0,1,1,1,1}
BIT02_v={0,0,1,1,0,0,0,0}
BIT03_v={0,0,0,0,0,0,1,1}
BIT04_v={0,1,0,0,0,0,0,0}
BIT05_v={0,0,0,1,0,0,0,0}
BIT06_v={0,0,0,0,0,1,0,0}
BIT07_v={0,0,0,0,0,0,0,1}

Dir=1

BIT01=BIT01_v[Dir]
BIT02=BIT02_v[Dir]
BIT03=BIT03_v[Dir]
BIT04=BIT04_v[Dir]
BIT05=BIT05_v[Dir]
BIT06=BIT06_v[Dir]
BIT07=BIT07_v[Dir]

```

**Figura 7.** Ecuaciones en Global Definitions

- Representar ahora los parámetros  $S_{21}$ ,  $S_{31}, \dots, S_{91}$  en dB y con Tune comprobad que efectivamente la señal se encamina gobernada por el valor de la variable *Dir*. Para cada valor de la variable *Dir* anotar el valor a 5.8 GHz del  $S_{i1}$  ( $i=Dir+1$ ).

<i>Dir</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
$S_{Dir+1,1}$ (dB)								

-24.041 EN TODOS

- Representar el ROE de entrada y anotar su valor a 5.8 GHz para cada uno de los valores de la variable *Dir*.

<i>Dir</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
ROEin	2.15							

5.816 en el resto

### Preguntas

- El acoplador híbrido medido ¿cumple con las especificaciones que da el fabricante?  
Con los valores típicos sí, con los máximos no menos en desbalance de amplitud

2. Del conmutador SPDT medido, ¿Cuál sería el parámetro medido que se podría considerar peor? ¿En qué situaciones podría ser crítico? S33
3. En el SP8T las pérdidas de inserción en las direcciones no deseadas ¿son todas iguales? ¿Y en la dirección deseada? En la dirección deseada sí son iguales.
4. En el SP8T ¿se empeora mucho el ROE de entrada comparado con el del SPDT?  
Pasa de 5.0 a 5.8