




TITLE: **Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi**

DOC. TYPE: Internal Report IASF Bologna 514/2008

PROJECT REF: Planar Array 2006/05 **PAGEs:**

ISSUE/REV.: 1.0 **DATE:** 31/01/2008

Prepared by	V. Martorelli RF Designer	Date:	31/01/2008
Approved by	F. Cuttaia Planar Array (2006) Principal Investigator	Date:	31/01/2008

 INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small>	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	i

CHANGE RECORD

ISSUE	DATE	SHEET	DESCRIPTION	RELEASE
1.0			Prima versione	



 INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small>	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	ii

TABLE OF CONTENTS

1	SCOPO DEL DOCUMENTO	1
2	TIPOLOGIA DI RETE A.....	2
3	TIPOLOGIA DI RETE B.....	9
4	ARRAY 16X16.....	13

 INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small>	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	1


1 Scopo del documento

Scopo del documento è di descrivere il progetto di una rete in microstriscia per alimentare un array di 16x16 elementi.

Verranno presentati inizialmente due tipologie di rete applicate su di un test case formato da 2x2 elementi e da quella che risulta essere la migliore si disegnerà la rete completa.

Il sub-array è composto da 4 elementi disposti a quadrato distanziati di 19.25 mm.

Il supporto per il circuito stampato è un Arlon Diclاد 880 TM con $\epsilon_r=2.2$ e $\tan\delta=9e-4$. Lo spessore del supporto è di 0.508 mm mentre lo spessore delle facce ramate è di 17 μ m.

	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	2

2 Tipologia di rete A

La rete A è una rete d'alimentazione mista serie-parallelo. Presenta il vantaggio di poter alimentare una fila di antenne sfruttando al meglio lo spazio. Lo svantaggio è rappresentato da due fattori:

- cammini elettrici molto sensibili con la frequenza,
- è non modulare, cioè non può essere preso come sub-array di riferimento e replicato ma bisogna per ogni sub-array aggiunto ricalcolare i parametri.

In figura 2.1 è mostrato lo schema di principio dove la porta P1 rappresenta l'ingresso del segnale mentre P2...P5 rappresentano le quattro antenne da alimentare in fase.

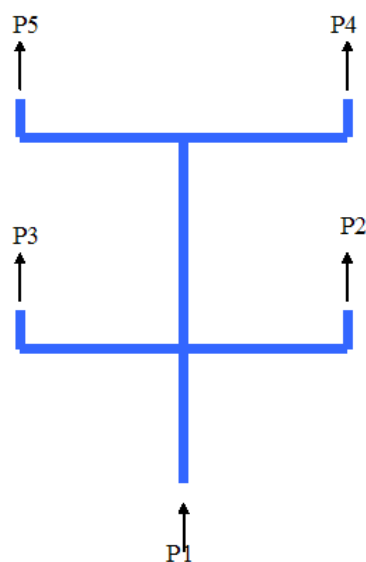



Figura 2.1: Schema di principio per la rete A

Nella figura 2.2 invece è mostrato lo schema per un'alimentazione di $n-i$ antenne poste in due file. E' chiaro il primo schema non rappresenta un sub-circuito della seconda, a causa dei cambiamenti di impedenza che si hanno aumentando il numero di rami.

Nello schema di fig. 2.1 si vede che esistono tre parti da sintetizzare:

- i bend
- un power splitter a 3 db
- un power splitter asimmetrico a 4 porte.

Quest'ultimo rappresenta il componente più delicato in quanto la potenza deve essere distribuita in maniera disuguale tra i rami: -6 db alla porta 2 e alla porta 3 e -3 db al ramo che alimenta le porte 4 e 5.

 INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA</small> <small>NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small>	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	3

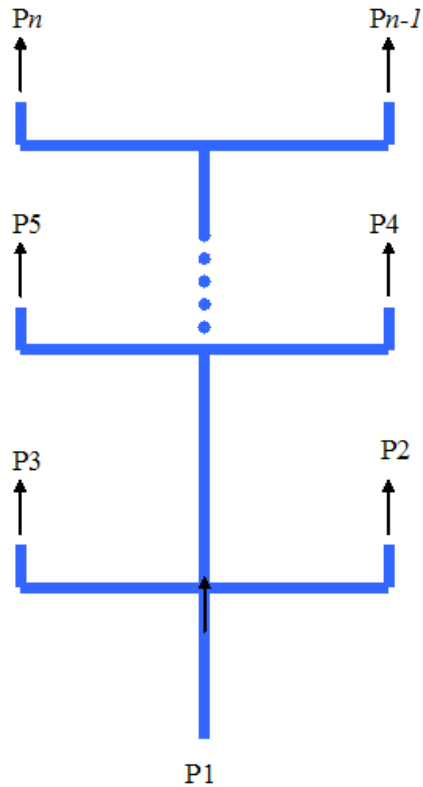


Figura 2.2: Schema di principio della rete A per alimentare $n-1$ antenne

Per ottenere questo le impedenze delle linee devono essere come mostrato in figura 2.3

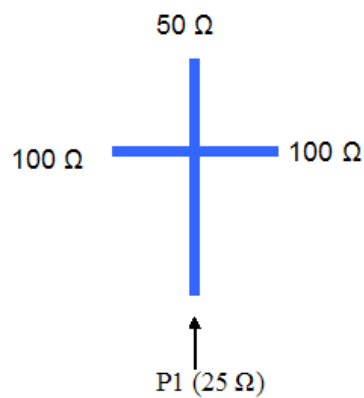



Figura 2.3: Impedenze caratteristiche delle linee per ottenere la corretta divisione delle potenze

In figura 2.4 è mostrato il circuito elettrico finale.

 INAF ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	4

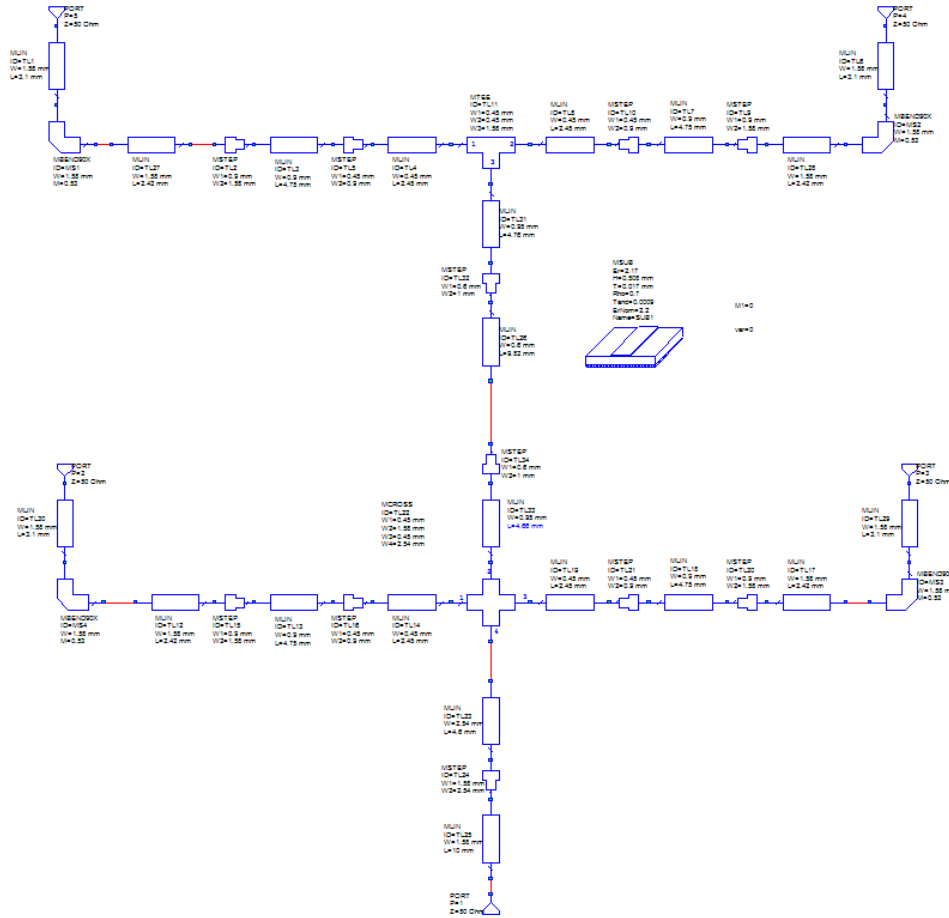



Figura 2.4: Schema elettrico finale per la rete A

Nelle figure successive è mostrata la rete che verrà stampata, ed i risultati delle simulazioni eseguite con Microwave Office. Le simulazioni ipotizzano la presenza di un carico ideale da 50 Ω in luogo delle antenne.

La rete risulta essere ben adattata in tutta la banda, con insertion loss che non si discosta molto dal valore ottimo di -6 dB. L'accoppiamento tra le porte d'uscita, come era facile aspettarsi, non è basso, in particolare tra le porte 5 e 4 agli estremi di banda. Il vero problema di questa rete è mostrato in fig. 2.9 dove si nota che le antenne vengono alimentate con la stessa fase solo alla frequenza centrale. Questo comporta un tilt elettrico del main beam funzione della frequenza come mostrato in figura 2.10.

 INAF ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	5

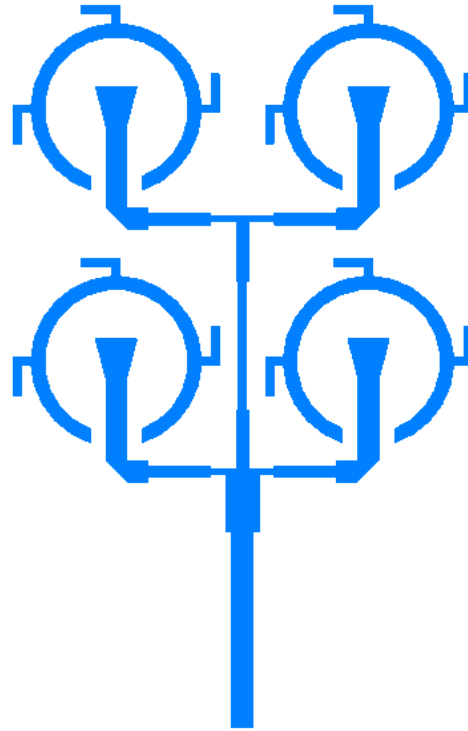


Figura 2.5: Disegno al CAD della rete A

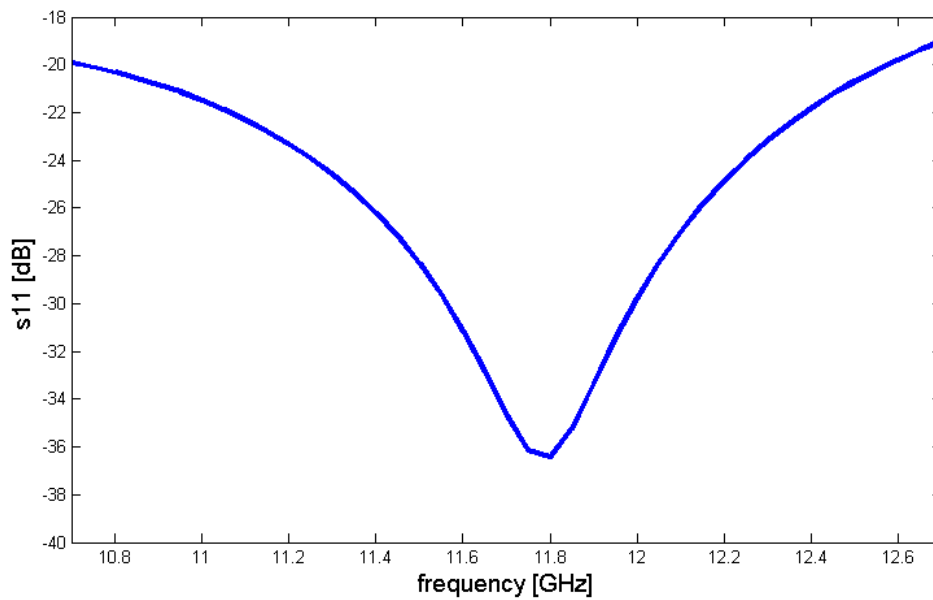



Figura 2.6: Return loss della rete A

	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	6

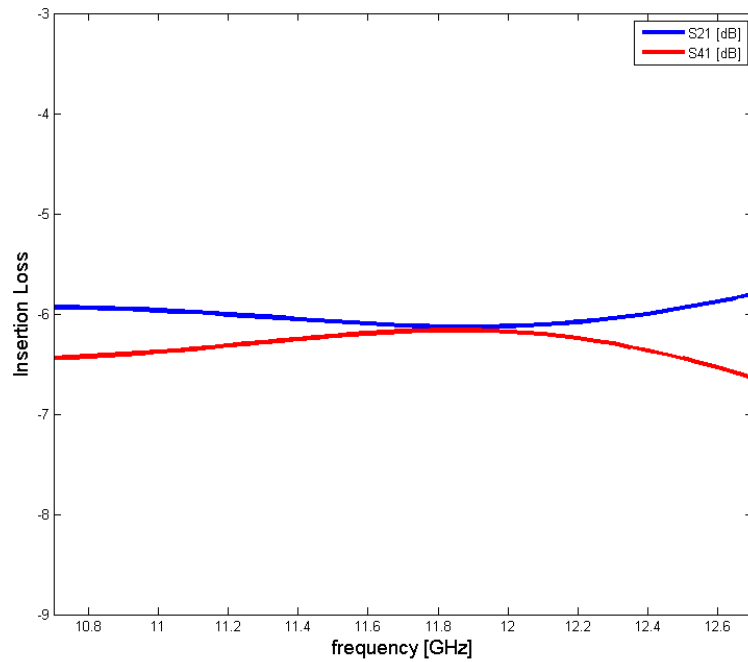


Figura 2.7: Insertion Loss della rete A (il livello ideale sarebbe -6 dB)

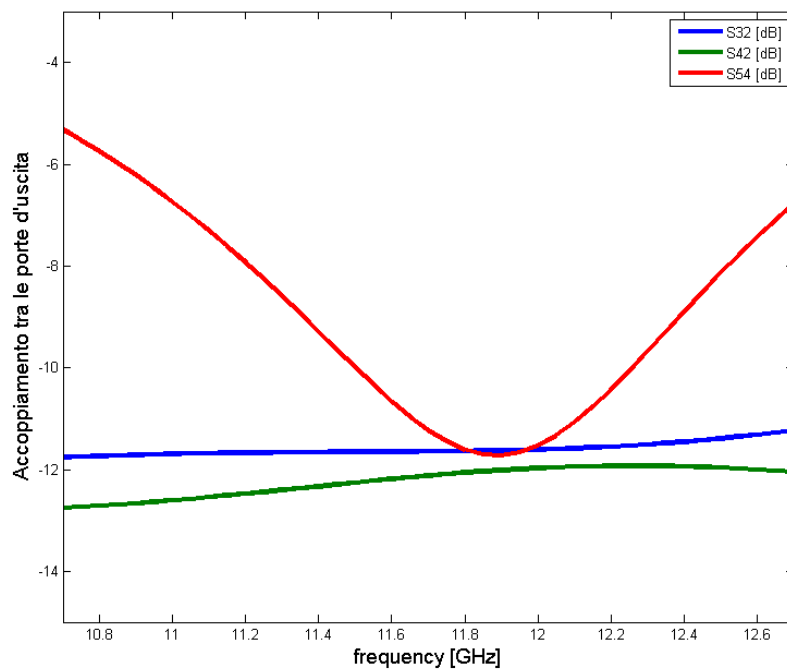



Figura 2.8: Accoppiamento tra le porte d'uscita

	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	7

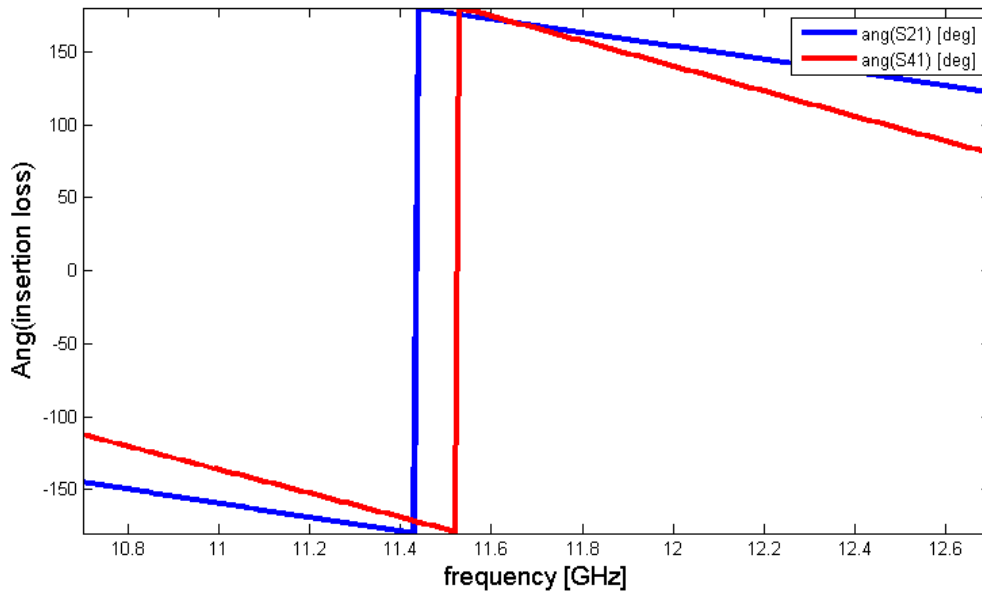


Figura 2.9: Fase del segnale d'uscita

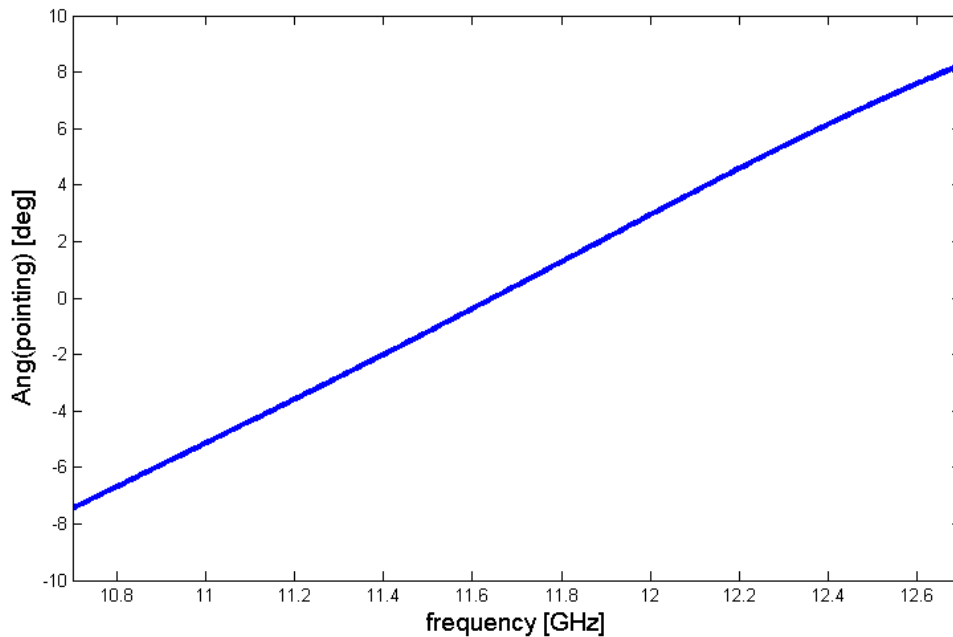



Figura 2.10: Angolo di massimo puntamento della rete al variare della frequenza

Inserendo al posto delle porte d'uscita una black box con al suo interno i parametri di scattering dell'antenna goodundo alimentata tramite il lanciatore L12-b, si ottiene il risultato di figura

 INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small>	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	8

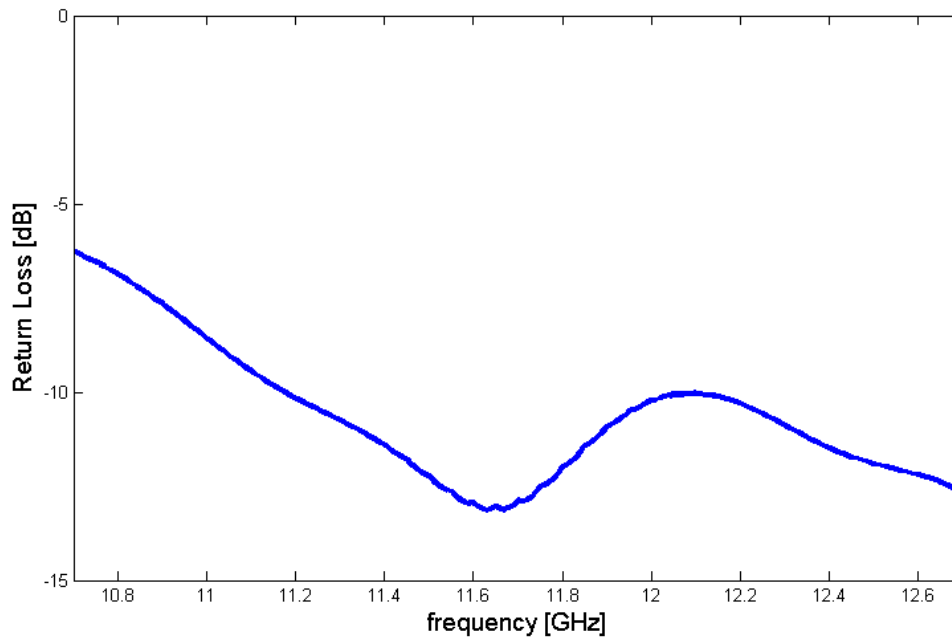



Figura 2.11: Return Loss della rete A tenendo conto dell'antenna in radiazione

	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	9

3 Tipologia di rete B

La rete B è una rete d'alimentazione parallelo. Presenta il vantaggio di essere meno sensibile alla frequenza rispetto ad una rete di tipo serie con alimentazione in fase per tutti gli elementi su tutta la banda. Inoltre è una rete modulare, in quanto si può replicare senza dover ogni volta risintetizzare le varie parti. Lo svantaggio è rappresentato dalla sua complessità e dal fatto che lo spazio non viene sfruttato al meglio (esiste un vincolo sui cammini ottici dei diversi rami).

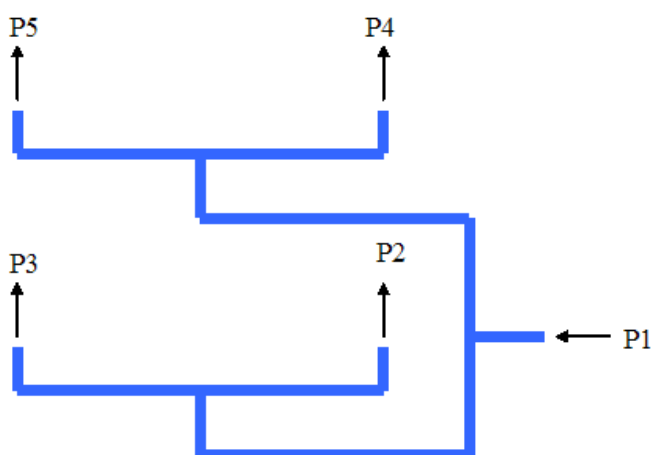


Figura 3.1: Schema di principio della rete B

A differenza della rete A in questo caso tutti i power splitter sono a -3 dB. Rispetto alla rete B si nota subito un aumento dello spazio occupato per alimentare un array di 2x2 elementi.

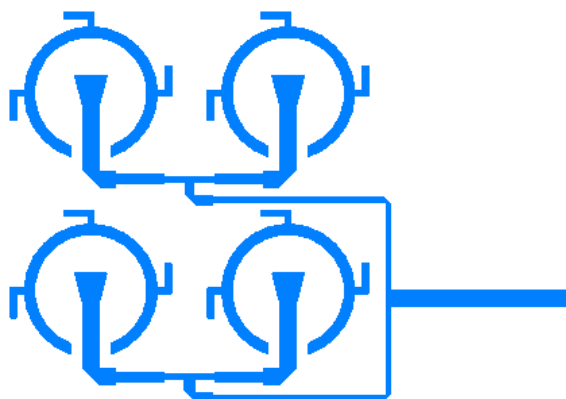



Figura 3.2: Disegno CAD della rete B

 ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	10

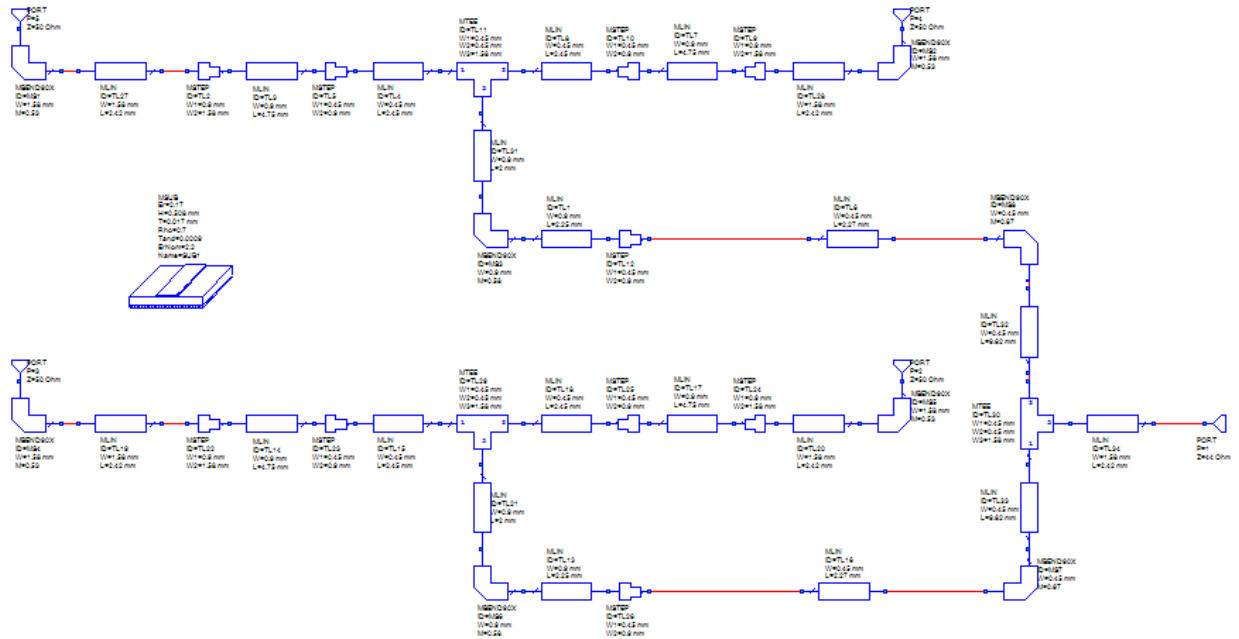


Figura 3.3: Schema elettrico per la rete B.

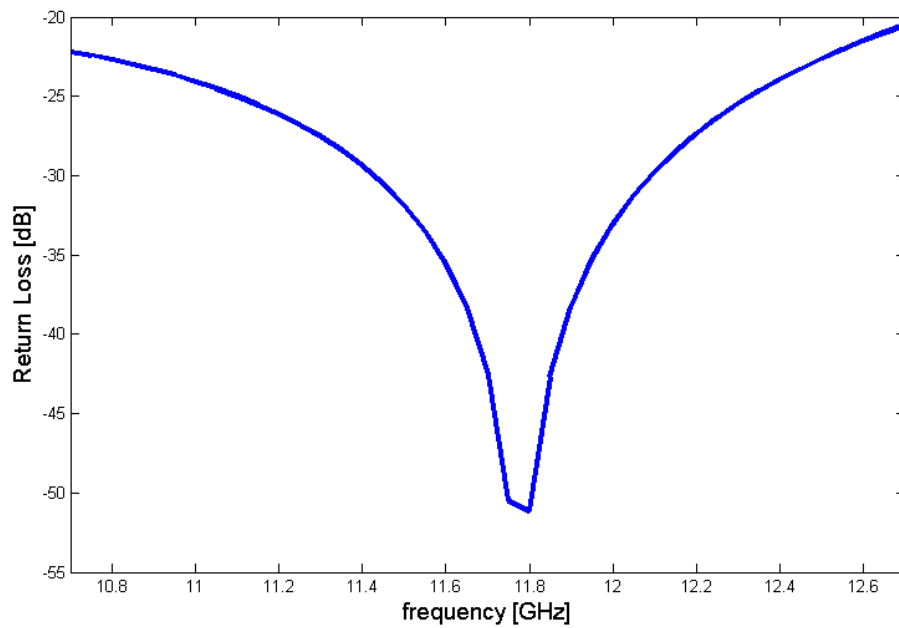



Figura 3.4: Return Loss della rete B

	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	11

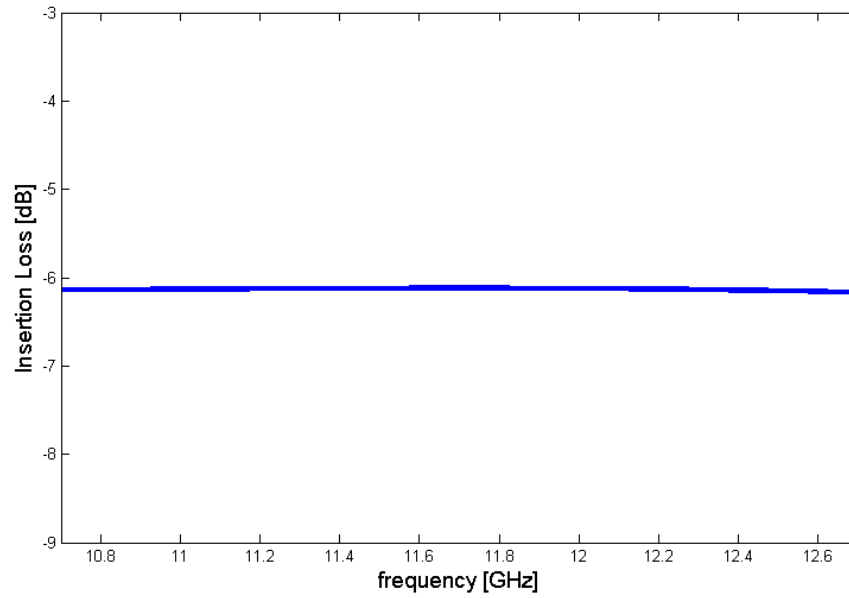


Figura 3.5: Insertion Loss della rete B

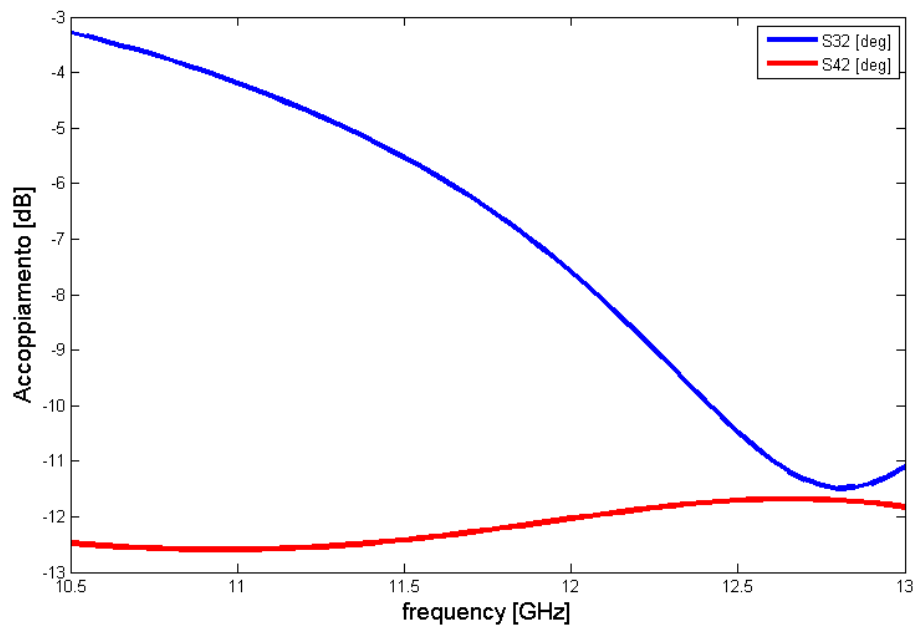



Figura 3.6: Accoppiamento tra la porta 2 e le porte 3 e 4

 INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA</small> <small>NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small>	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	12

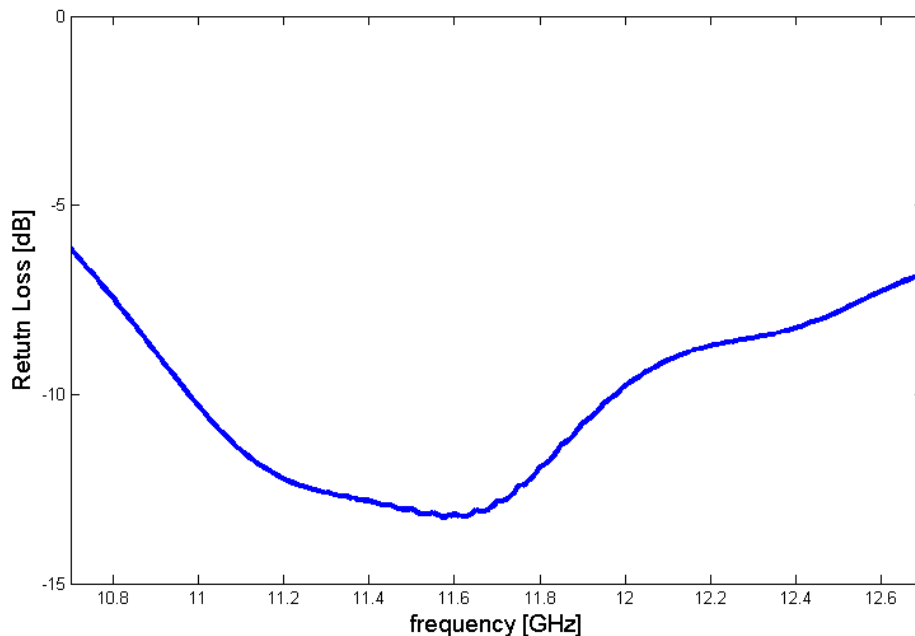



Figura 3.7: Return Loss della rete B tenendo conto dell'antenna in radiazione

Nelle figure 3.4 ... 3.7 sono mostrati i parametri di scattering della rete b ed il return loss calcolato qualora si tenesse conto del disadattamento dell'antenna, modellato tramite una black box come nel caso della rete A.

Per come è disegnata la rete tutti gli elementi vengono alimentati in fase, quindi non esistono problemi di puntamento.

L'accoppiamento tra le antenne vicine è comunque molto elevato e questo giustifica la perdita di prestazioni che si ottiene considerando le antenne in radiazione al posto delle porte adattate.

Per la realizzazione di un array di dimensioni più grandi si è scelto di utilizzare la rete B come modulo di partenza in quanto non ha problemi di sfasamento e può essere facilmente replicata senza grandi cambiamenti.

	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	13

4 Array 16x16

Utilizzando la tipologia B per alimentare un array 16x16 nasce la necessità di trovare lo spazio necessario per far passare le piste. Per non avere piste troppo piccole e troppo ravvicinate si è deciso di allontanare i sub-array 2x2 ad una distanza di λ invece di $\lambda/4$ come previsto inizialmente dal progetto. Questo comporta oltre ad un' aumento dell'area di lavoro anche un restringimento del lobo laterale ed un aumento dei lobi laterali, degradazione che deve essere valutata.

Considerando inizialmente il goodundo come un radiatore isotropico è possibile calcolare i vari fattori d'array che entrano nel calcolo.

Il primo (AF_1) tiene conto della radiazione del sub-array 2x2

$$AF_1 = 1 + \exp(j \cdot k_0 \cdot d_1 \cdot \sin(\theta))$$

dove k_0 è il numero d'onda nel vuoto e d_1 è la distanza tra gli elementi del sub-array ($0.75\lambda|_{f=11.7\text{GHz}}$)


Il secondo fattore d'array (AF_2) tiene conto della distanza tra i centri di fase dei sub-array

$$AF_2 = \sum_{n=0}^7 \exp(j \cdot k_0 \cdot n \cdot D \cdot \sin(\theta))$$

dove D è la distanza tra i sub-array. Il fattore totale complessivo sarà dato dal prodotto dei due.

$$AF_T = AF_1 \cdot AF_2$$

Se tutti gli elementi fossero equispaziati non avremo grating lobes nella finestra di visibilità. Portando la distanza tra due elementi non appartenenti allo stesso sub-array a λ inizieranno comparire lobi indesiderati.

	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	14

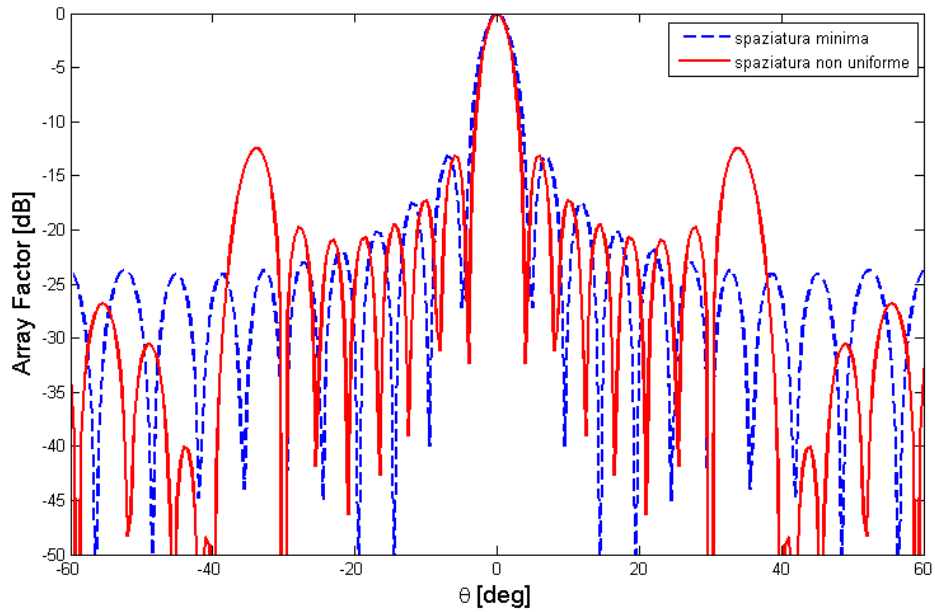


Figura 4.1: Fattore d'array complessivo per un array di 16x16

Inserendo i pattern dell'antenna calcolati e descritti nel rapporto tecnico #02 si hanno i seguenti diagrammi.

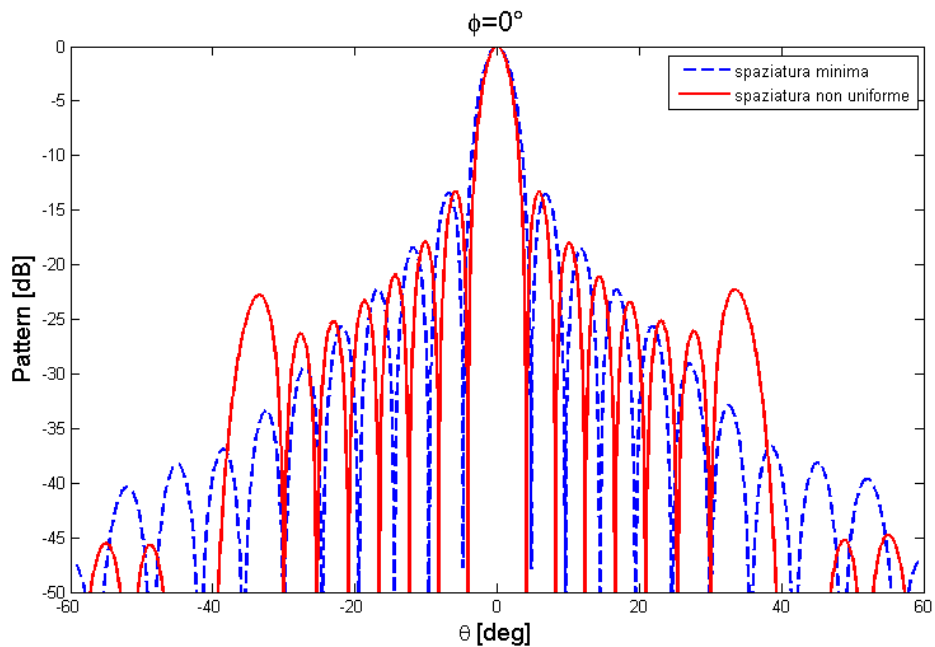



Figura 4.2: Pattern dell'array totale lungo il piano E

 INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA</small> <small>NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small>	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	15

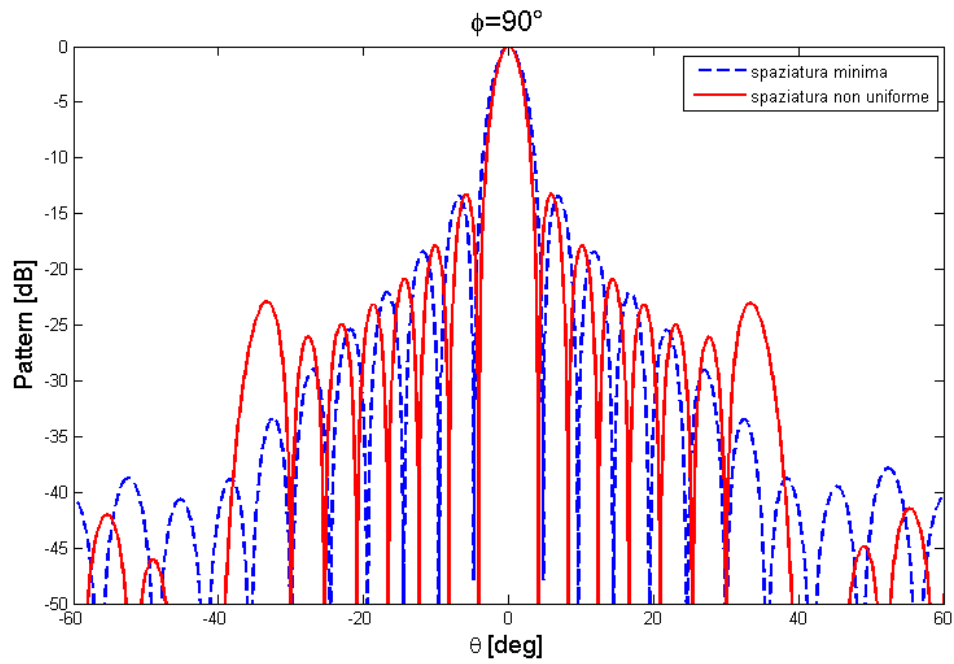



Figura 4.3: Pattern dell'array totale lungo il piano H

Nella figura 4.4 sono mostrate le immagini dell'array finale.

 INAF <small>ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS</small>	Doc. Title:	Disegno di una rete in microstriscia per un array di 16x16 elementi		
	Doc. Ref:	Planar Array 2006/05	Issue/Rev:	1.0
	Date:	31/01/2008	Pag.:	16

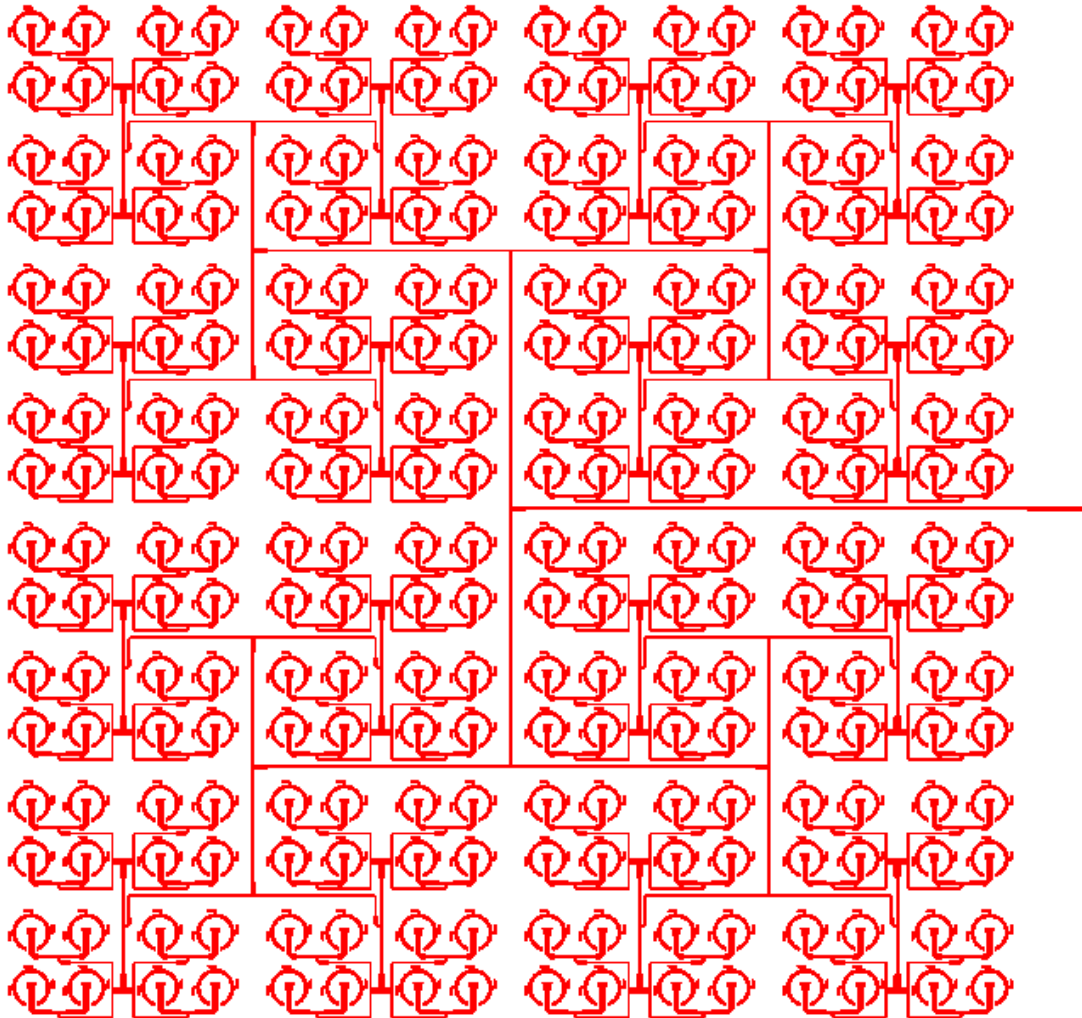


Figura 4.4: Array 16x16