

5° Esercitazione

- Antenna stampata singola in polarizzazione circolare
- Antenne stampate: adattamento $\lambda/4$ - $\lambda/8$

Progettazione di una
antenna singola
in
Polarizzazione
Circolare

Progettare un'antenna stampata in polarizzazione circolare con alimentazione da un angolo, su un substrato dielettrico di altezza $h=1.2$ mm e costante dielettrica $\epsilon=2.8$, alla frequenza di 10 GHz.

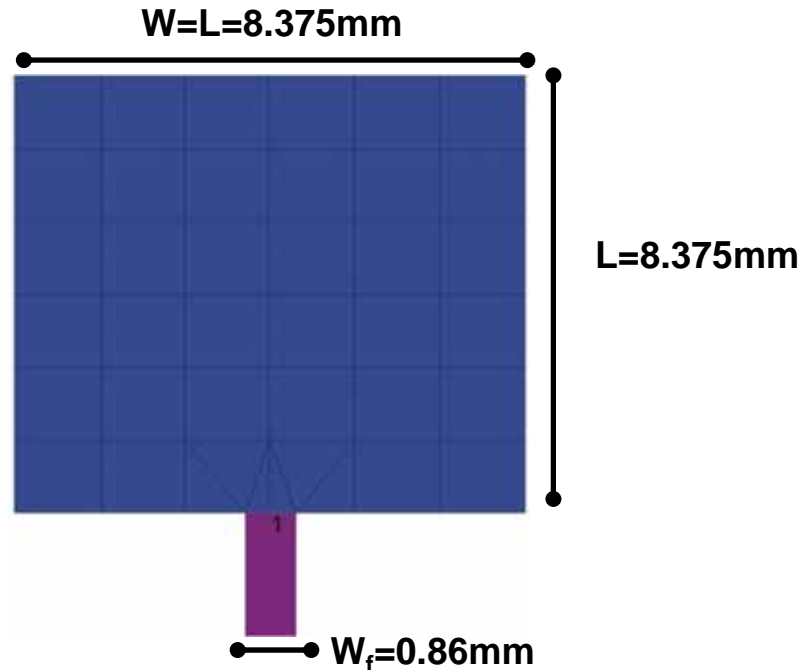
⦿ Specifiche:

- Alimentazione da 100 Ohm
- $|S_{11}| < -14$ dB alla frequenza centrale
- Axial Ratio < 1.35 (ossia 1.3 dB) alla frequenza centrale

- L'antenna di partenza dovrà essere quadrata ed avere dimensioni prossime a mezza lunghezza d'onda nel dielettrico, ossia dovrà essere (stimando la lunghezza d'onda guidata dal tool di prelude):

$$W_{eff} \cong \lambda_d / 2 \cong 19 / 2 = 9.5mm$$

- Naturalmente la W fisica sarà minore della W_{eff} , e possiamo per esempio partire da una W pari ad 8.5 mm. Accorciando/allungando l'antenna fino ad ottenere una risonanza accettabile, otteniamo che con $W=8.375mm$, alimentando con una linea da 100 Ohm ($W_f=0.86mm$), si ha una Z_{in} :



```
=====
Freq: 10.0000 (GHz)
=====
```

```
Eff.Perm. 2.19016
Propagation Constant
(-.10330E+01+j0.31019E+03)
Port Impedance (ohms) Port 1: 98.4391
```

[Z] matrix:

i	j	Re(Z_ij)	Im(Z_ij)
1	1	3.0264	-0.89694E-01

- ◉ Come si vede, la Z_{in} è sufficientemente risonante: è inutile spingersi oltre, visto che dovrò modificare l'antenna ulteriormente, serve solo un buon punto di partenza.

$$|\operatorname{Re}(Z_{in}) / \operatorname{Im}(Z_{in})| = 3.026 / 0.897 \cong 40 \text{ volte}$$

- ◉ L'impedenza di ingresso dell'antenna alimentata al centro è elevata, essendo:

$$\begin{aligned} Z_{in} &= Z_{port} * (3.026 - j0.0897) = \\ &= 98.43 * (3.026 - j0.0897) \cong 300 - j9 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

- ◉ Sappiamo che tale impedenza, essendo l'antenna risonante, è circa pari a metà della resistenza delle due terminazioni aperte (le due R_{irr} sono circa in parallelo)

$$Z_{in} = R_{in_centro} \cong \frac{1}{2} R_{irr} = \frac{1}{2} \cdot 90 \cdot \left(\frac{\lambda_0}{W_{eff}} \right)^2$$

- ◉ Adesso devo alimentare l'antenna da un angolo, dato che l'obiettivo finale è ottenere un patch in polarizzazione circolare .
- ◉ La resistenza di ingresso dell'antenna alimentata da un angolo, è invece doppia rispetto alla resistenza di ingresso quando l'antenna è alimentata al centro da un lato, in quanto i 2 modi eccitati in tal caso sono serie, quindi l'impedenza che vedo è la somma delle impedenza dei singoli modi, ed è quindi doppia rispetto ad R_{in_centro} , che rappresenta appunto la resistenza del singolo modo eccitato.

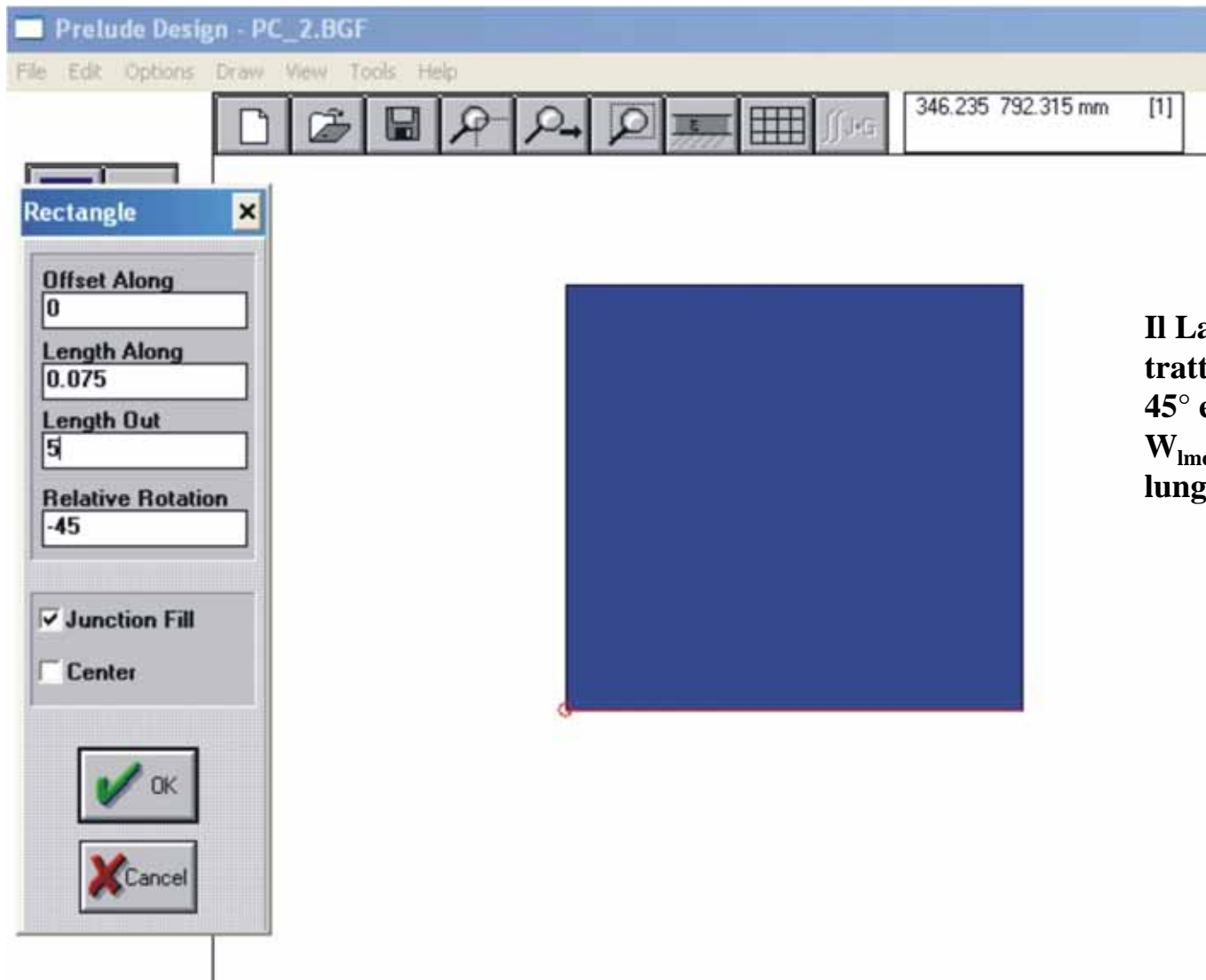
Quindi:

$$R_{in_angolo} \cong 2R_{in_centro} = 600 \text{ Ohm}$$

- ◉ E' dunque necessario per un buon adattamento interporre fra l'antenna e la linea da 100 Ohm un trasformatore a $\lambda/4$.

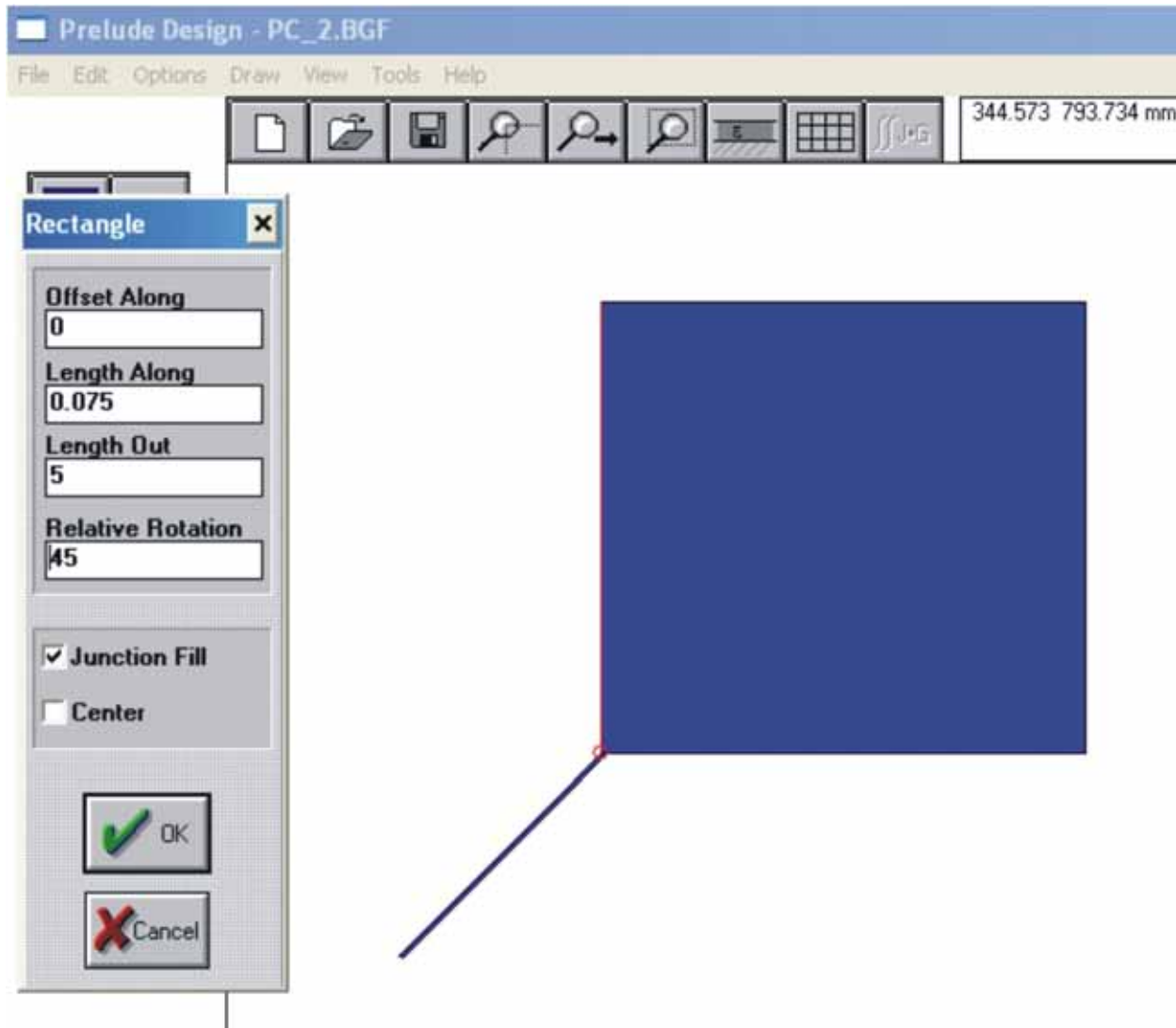
- ◉ Scelgo la larghezza del trasformatore abbastanza piccola, dato che deve adattare una impedenza grande di circa 600 Ohm a quella di ingresso da 100 Ohm.
- ◉ Scegliamo ad esempio $W_{\text{imd4}} = 0.15 \text{ mm}$ (non osso sceglierlo troppo sottile altrimenti ho problemi di simulazione), che corrisponde ad una Z della linea di circa 180 Ohm e che adatta circa 500 Ohm di carico. Tale valore dovrebbe essere sufficiente ad adattare l'antenna. Se così non fosse, posso restringere leggermente W_{imd4} , ma non troppo altrimenti il simulatore potrebbe avere problemi.
- ◉ λ (dal tool di prelude) è 21.09mm per $W_f = 0.15\text{mm}$, quindi il $\lambda/4$ è lungo circa 5 mm.

- ◉ Schema del tratto a $\lambda/4$ posto in un angolo dell'antenna



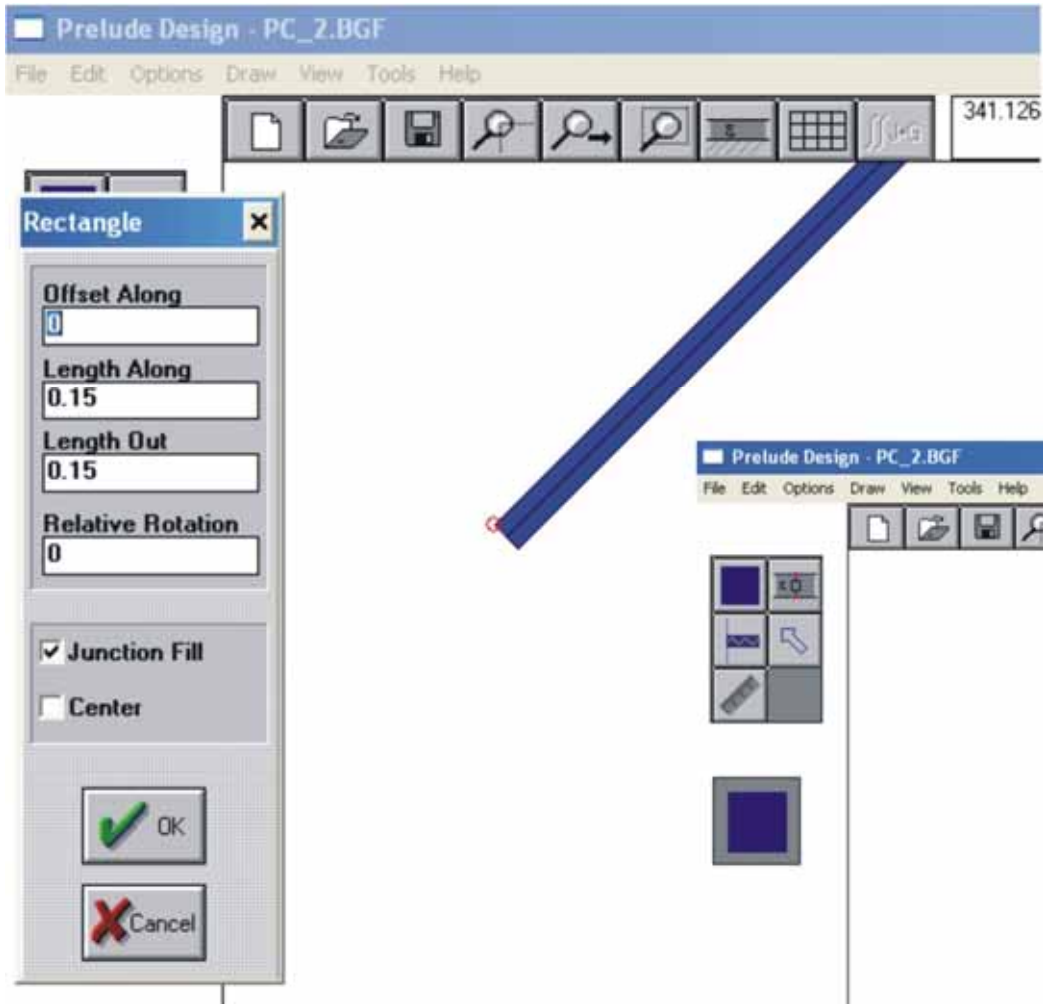
Il $\lambda/4$ è fatto con due tratti di linea ruotati di $\pm 45^\circ$ e di larghezza pari a $W_{\lambda/4}/2 = 0.075\text{mm}$, di lunghezza pari a 5 mm

- ◉ Schema del tratto a $\lambda/4$ posto in un angolo dell'antenna

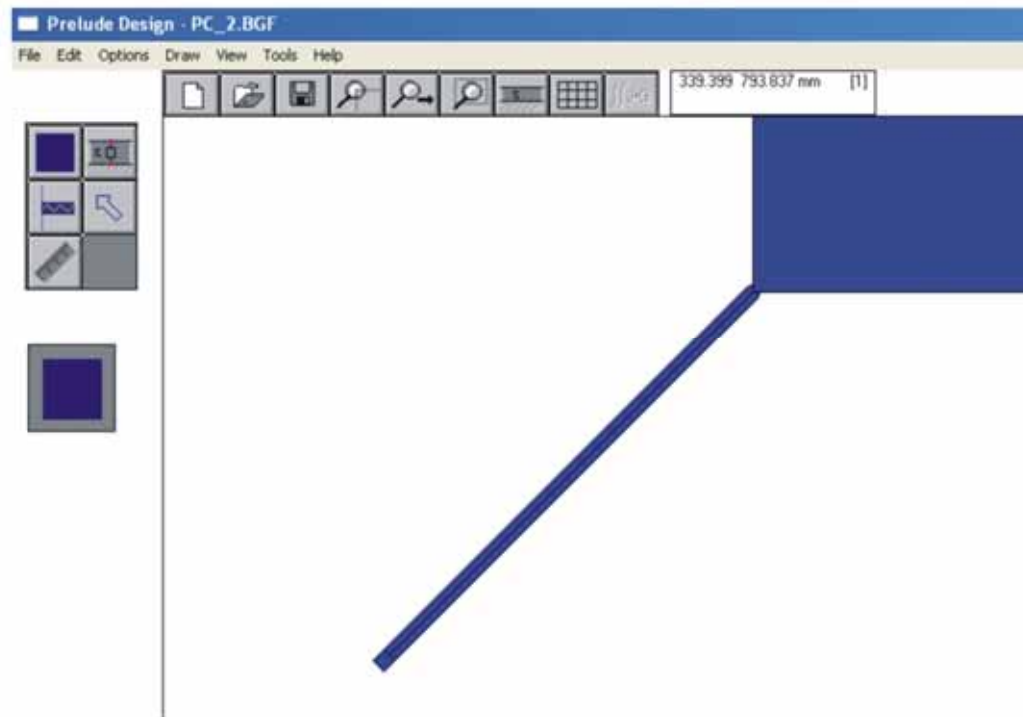


Il $\lambda/4$ è fatto con due tratti di linea ruotati di $\pm 45^\circ$ e di larghezza pari a $W_{\lambda/4}/2 = 0.075\text{mm}$, di lunghezza pari a 5 mm

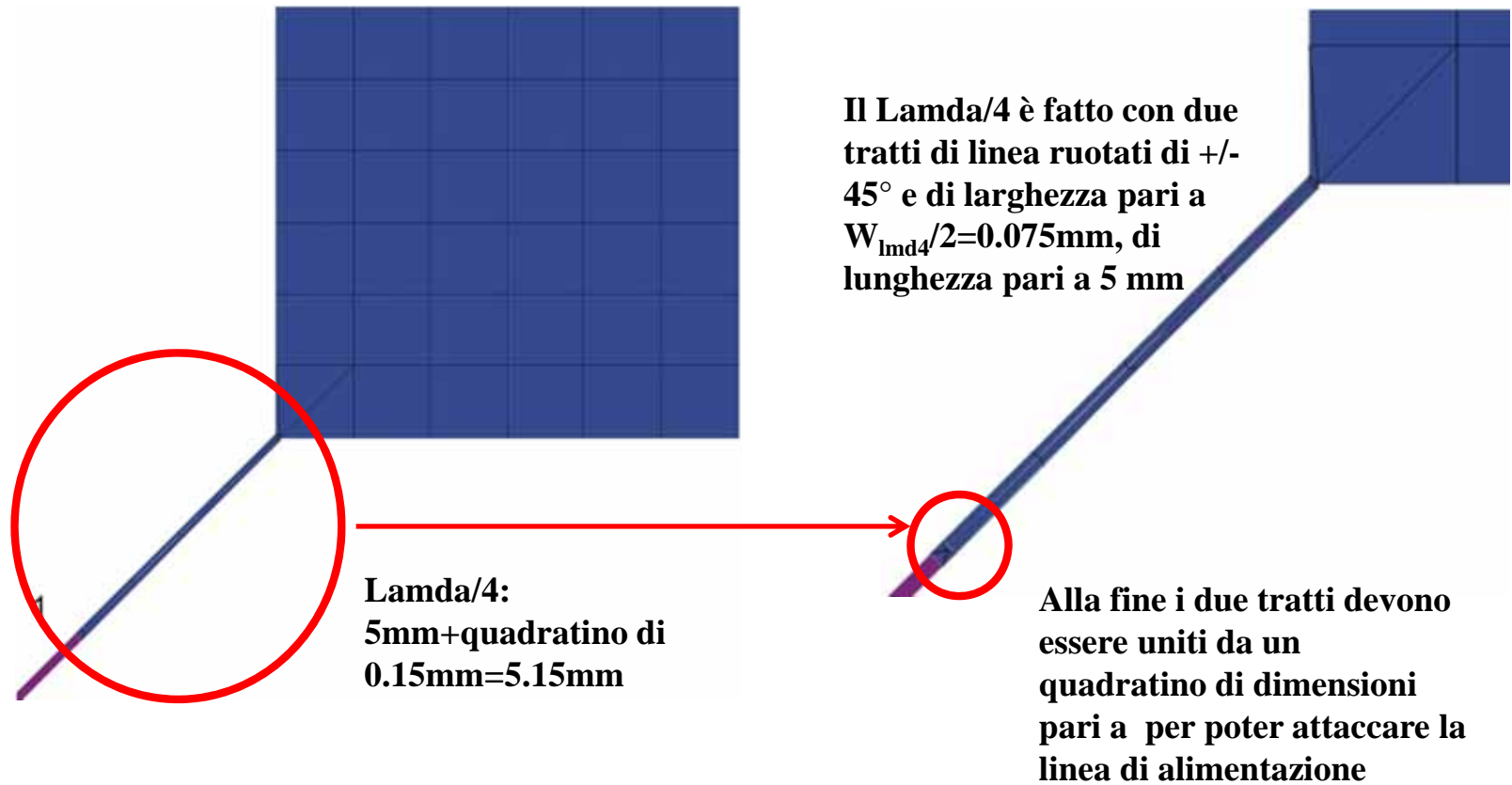
- ◉ Schema del tratto a $\lambda/4$ posto in un angolo dell'antenna



Alla fine i due tratti devono essere uniti da un quadratino di dimensioni pari a $\lambda/4$ per poter attaccare la linea di alimentazione



- ◉ Schema del tratto a $\lambda/4$ posto in un angolo dell'antenna



- Occupiamoci ora dell'axial ratio.
- A partire dall'antenna quadrata alimentata da un angolo, che avrà ovviamente una axial ratio molto grande, essendo polarizzata linearmente, modifichiamo entrambe le lunghezze del patch per ottenere un'axial ratio più piccola possibile.

- ◉ Prima modifico accorciando/allungando una delle due dimensioni fino ad ottenere un minimo dell'AR. Poi, quando vedo che modificando quella dimensione le cose non migliorano più, passo a modificare l'altra dimensione, fino ad ottenere un valore di AR ancora una volta minimo possibile.
- ◉ Poi, quando vedo che modificando quella dimensione le cose non migliorano più, ritorno a modificare l'altra dimensione, fino ad ottenere un valore di AR ancora una volta minimo possibile.
- ◉ E così via fino ad ottenere il valore di AR desiderato.

- ◉ Dopo qualche tentativo si trova che coi valori di $W=8.425\text{mm}$ ed $L=7.875\text{mm}$ l'axial ratio (leggibile in dB nel file .s) è pari a (sempre con alimentazione dall'angolo con la linea del $\lambda/4$):

```
=====
Freq: 10.0000 (GHz)
=====
```

	Eff.Perm.	Propagation Constant	Port Impedance (ohms)
Port 1:	2.02553	(0.19136E+01+j0.29830E+03)	175.3515

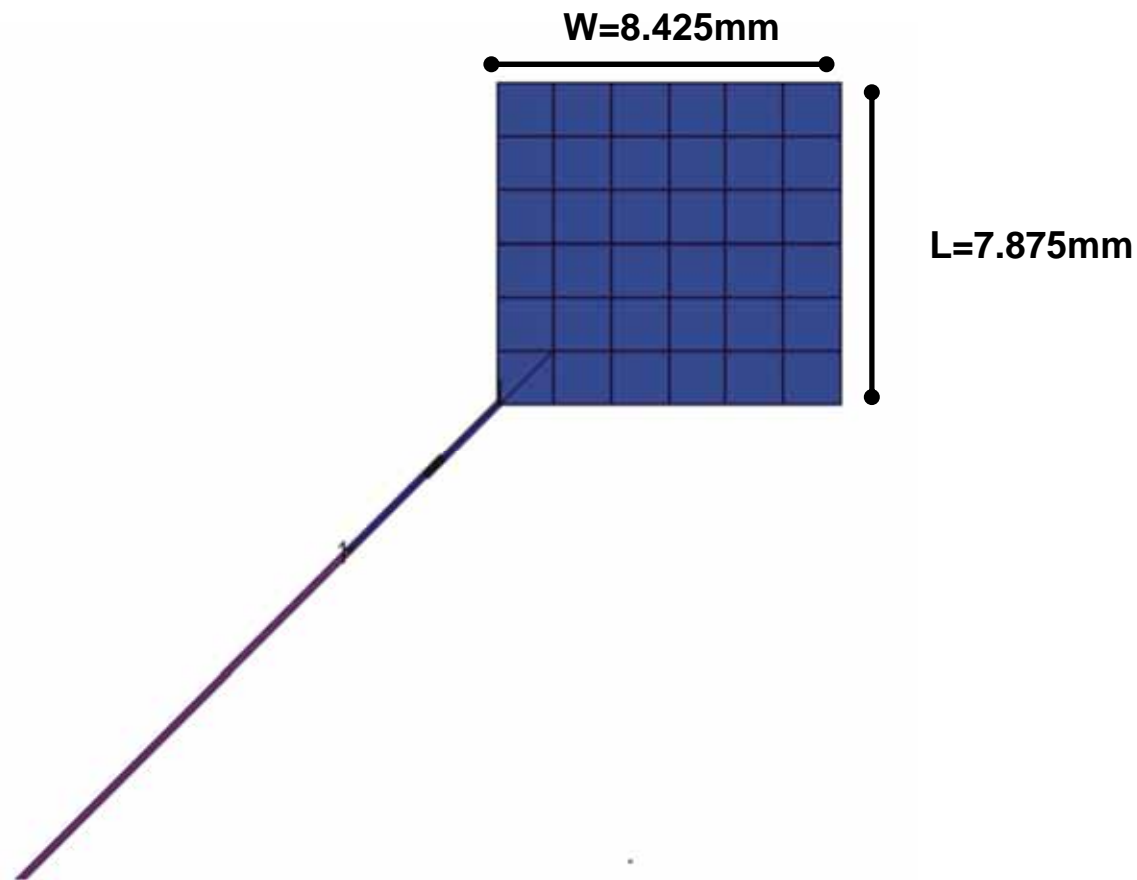
[S] matrix:

i	j	Re(S _{ij})	Im(S _{ij})	Magnitude	Phase	Mag. in dB
1	1	-0.24380	-0.13399	0.27819	-151.2075(deg.)	-11.1132

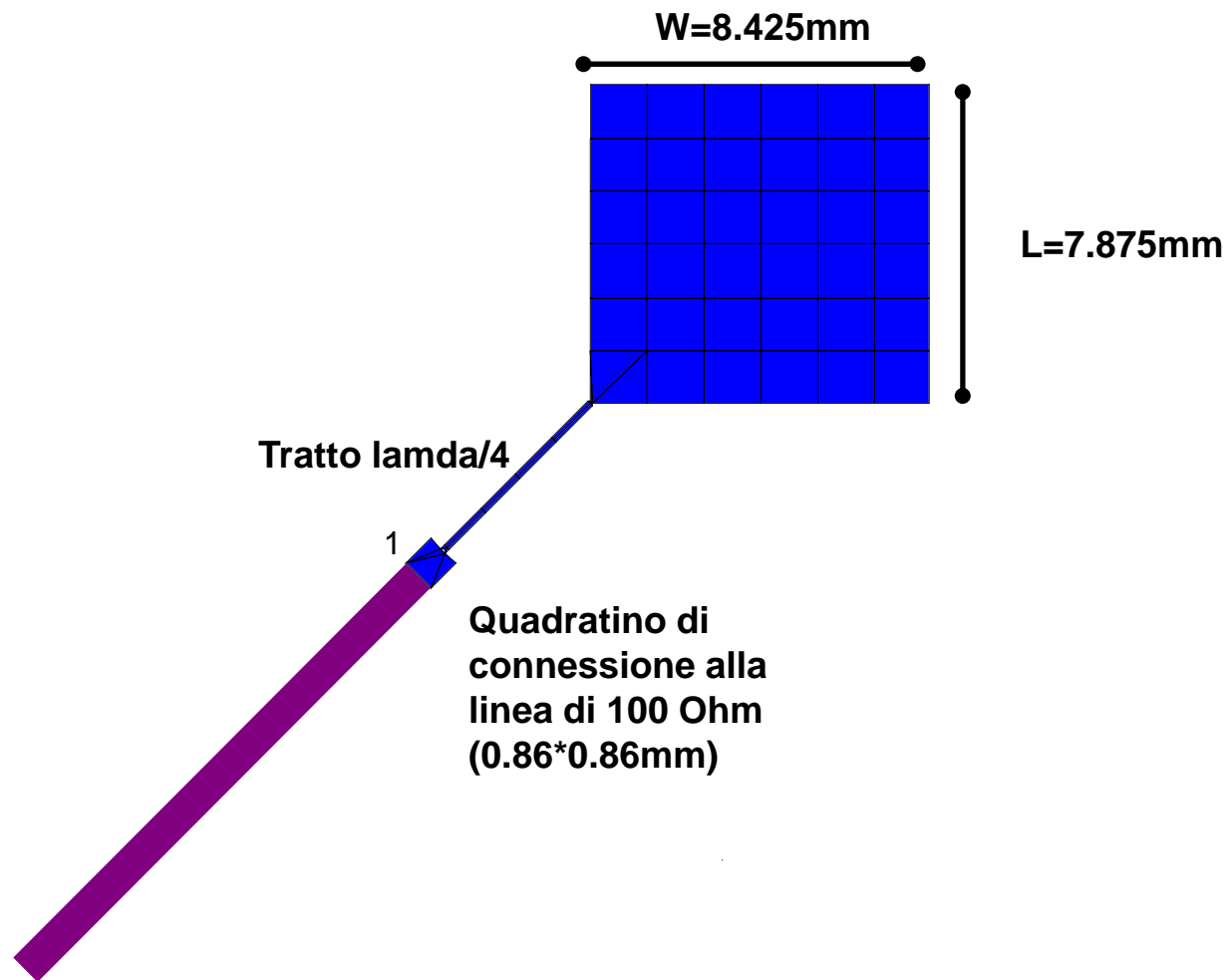
On-Axis Axial Ratio: 0.1210E+01 dB

Tale valore è dunque inferiore a quello richiesto, pari ad 1.3 dB

- ◉ Schema dell'antenna con le lunghezze modificate per abbassare l'axial ratio:



- ◉ Inseriamo ora la linea da 100 Ohm per verificare anche l'adattamento in ingresso (che deve essere minore di -14 dB)



- I risultati ottenuti sono i seguenti:

```
=====
Freq: 10.0000 (GHz)
=====
```

	Eff.Perm.	Propagation Constant	Port Impedance (ohms)
Port 1:	2.13800	(0.18017E+01+j0.30647E+03)	99.6327

[S] matrix:

i	j	Re(S_ij)	Im(S_ij)	Magnitude	Phase	Mag. in dB
1	1	-0.57799E-01	-0.10538	0.12019	-118.7445(deg.)	-18.4028

<-14dB

[Z] matrix:

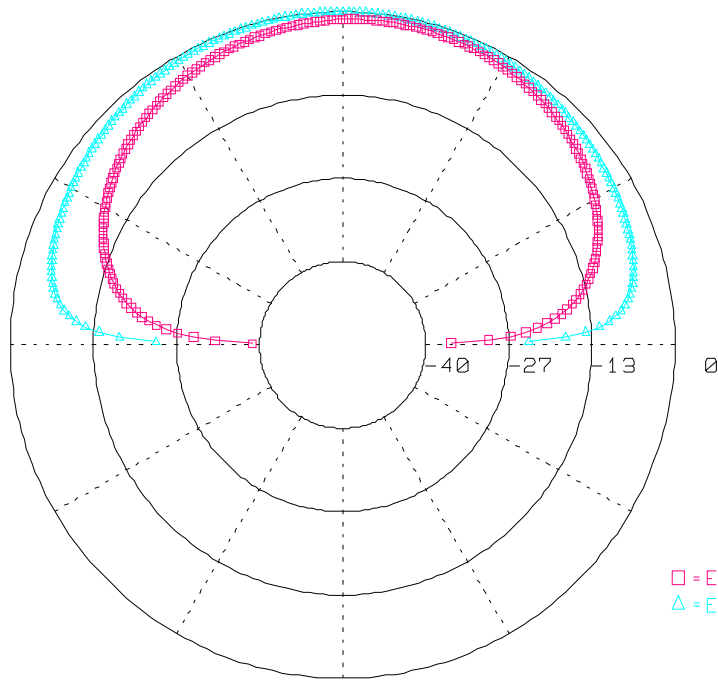
i	j	Re(Z_ij)	Im(Z_ij)
1	1	0.87214	-0.18650

On-Axis Axial Ratio: 0.1228E+01 dB **<1.3 dB**

- Entrambe le specifiche sull'adattamento e sull'axial ratio sono rispettate.

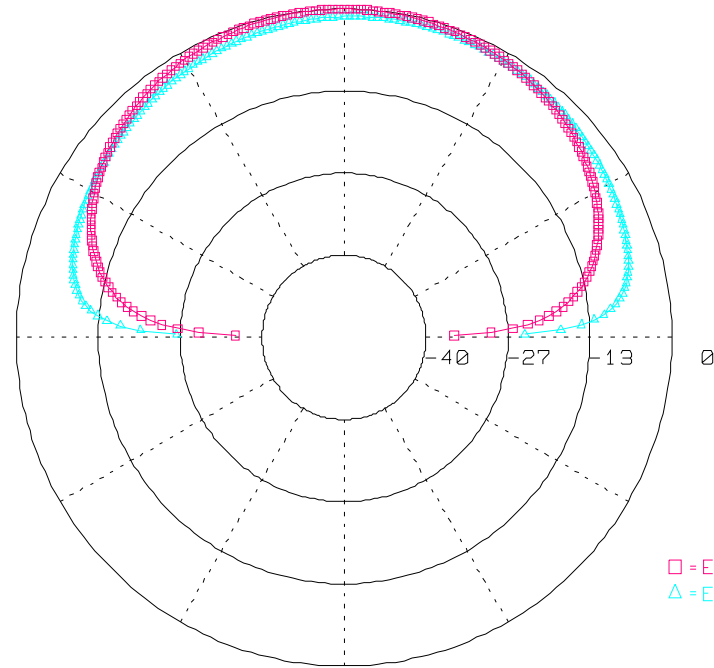
◉ Vediamo il campo irradiato:

Far-Field Pattern
Freq = 10.0000 GHz, Scan Angle = 0.000



□ = E-Phi
△ = E-Theta

Far-Field Pattern
Freq = 10.0000 GHz, Scan Angle = 90.000



□ = E-Phi
△ = E-Theta

Le due componenti del campo hanno stessa ampiezza
come richiesto per una polarizzazione circolare.

La differenza di fase sarà ovviamente pari a 90° .

Adattamento
Lamda/4-Lamda/8

- ◉ Quando ho a che fare con un sistema di più antenne (es. array), il solo trasformatore a $\lambda/4$ può non essere sufficiente per adattare il sistema alla porta di ingresso.
- ◉ Nel caso di singola antenna, infatti, è sufficiente far risuonare l'elemento per fare sì che esso presenti in ingresso una impedenza reale, che poi adatto mediante $\lambda/4$.
- ◉ Quando più antenne sono collegate insieme da una rete di alimentazione, non ha più senso parlare di risonanza, e si parlerà di impedenza di ingresso del sistema. Tale impedenza di ingresso è di solito una quantità complessa, e per adattarla alla porta di ingresso è necessario utilizzare una opportuna rete di adattamento.

- ◉ Se si deve adattare un carico complesso, le alternative sono due:
o si adatta con sistemi a stub, oppure mediante doppio trasformatore $\lambda/4$ - $\lambda/8$.
- ◉ Analizziamo quest'ultimo adattamento:
 - Si pone una linea a $\lambda/8$ di impedenza $Z_{\lambda/8} = |Z_c|$, dove Z_c è l'impedenza complessa del carico. In tal modo avrò in ingresso una impedenza reale (il trasformatore a $\lambda/8$ azzerà la parte immaginaria della Z_{in})
 - Tale impedenza, ormai reale, può ora essere adattata con una linea a $\lambda/4$.

- ◉ Vediamo un esempio di adattamento nel caso si abbiano due antenne.

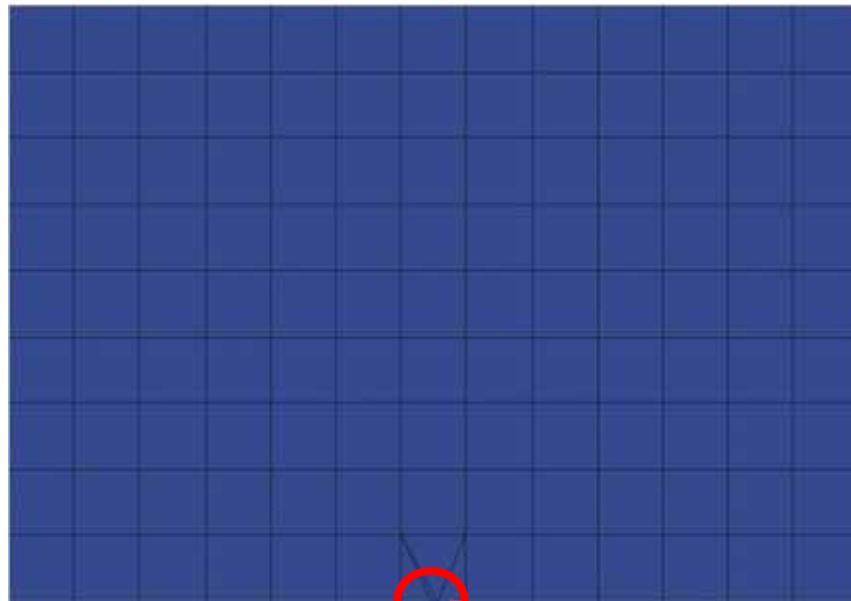
Supponiamo di avere a che fare con un sistema di 2 antenne con distanza fra i centri pari ad 80 mm e che si vuole alimentare con linea da 100 Ohm.

Per semplicità supponiamo che ognuna delle due antenne sia uguale a quella ottenuta dalla esercitazione 4:

I dati sono i seguenti :

- ◉ $h=1.8$ mm, $\epsilon_{psr} = 3$, $\text{freq}=2$ Ghz

- Le dimensioni e le prestazioni di ogni antenna, così come ottenute nella Esercitazione 4, sono le seguenti:



Quadrato di raccordo di 0.45x0.45mm fra $\lambda/4$ e patch

Quadrato di raccordo di 1.2x1.2mm con l'alimentazione da 100 Ohm

$\lambda/4$

Lunghezza complessiva 25.475mm, Larghezza 0.45 mm

=====

Freq: 2.00000 (GHz)

=====

Eff.Perm. Propagation Constant Port
Impedance (ohms)

Port 1: 2.23278

(0.20777E+00+j0.62638E+02) 98.7233

[S] matrix:

i	j	Re(S _{ij})	Im(S _{ij})	Magnitude	Phase	Mag. in dB
1	1	-0.22691E-01	-0.15135E-02	0.02274	-176.1841(deg.)	-32.8636

[Z] matrix:

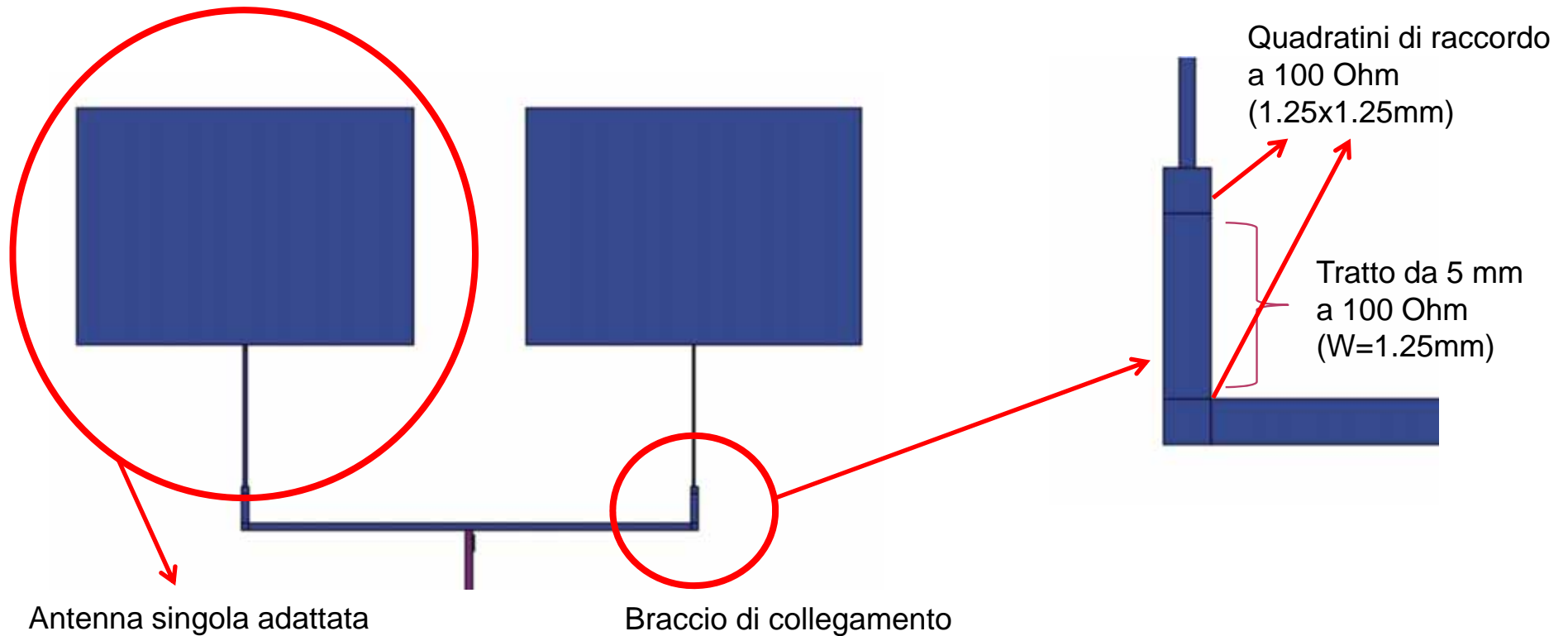
i	j	Re(Z _{ij})	Im(Z _{ij})
1	1	0.95562	-0.28941E-02

- ◉ Ogni antenna quindi, presa singolarmente, è adattata.

Naturalmente, collegando queste due antenne ad una unica linea, non avrò più adattamento.

Poiché il collegamento è in parallelo, mi aspetto di ottenere una impedenza di ingresso con parte reale prossima ai 50 Ohm (ogni antenna presenta in ingresso circa 100 Ohm).

Il sistema ha il seguente layout (suppongo di collegare le antenne alla linea principale con tratti di 5 mm a 100 Ohm e poi alimento al centro).



- ◉ La Z_{in} con alimentazione al centro da 100 Ohm è pari a:

=====

Freq: 2.00000 (GHz)

=====

	Eff.Perm.	Propagation Constant	Port Impedance (ohms)
Port 1:	2.25794	(-.91863E-01+j0.62990E+02)	98.1718

[Z] matrix:

i	j	Re(Z_{ij})	Im(Z_{ij})
1	1	0.68691	0.51299E-01

Che corrisponde a:

$$Z_{in} = (0.687 + j0.051) * 98.17 \text{ Ohm} = 67 + j 5 \text{ Ohm}$$

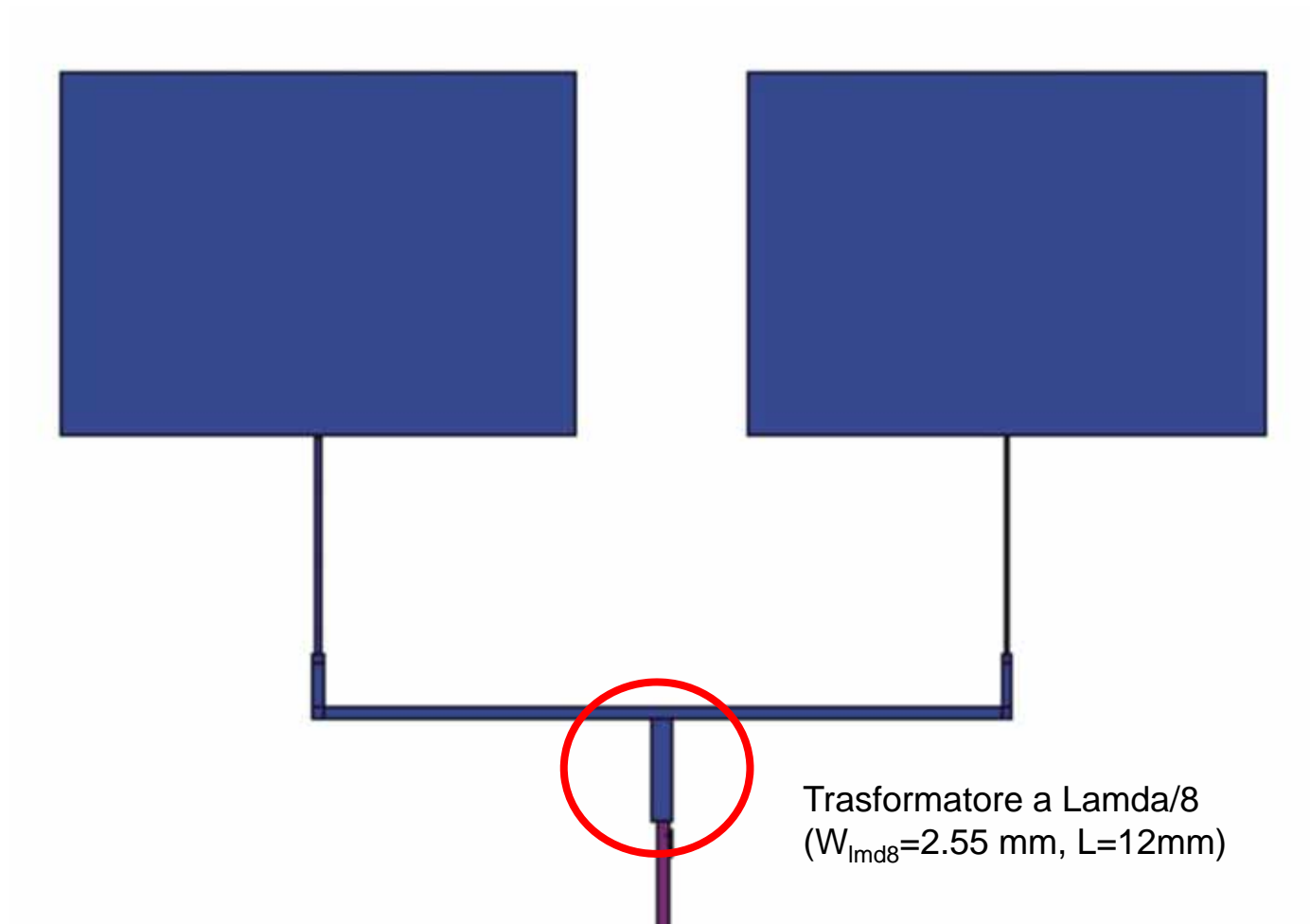
- ◉ La Z_{in} è quindi complessa, ed è necessario adattare con un doppio trasformatore a $\lambda/8 + \lambda/4$

La linea a $\lambda/8$ deve avere una impedenza caratteristica pari a:

$$Z_{\lambda/8} = |Z_c| = \sqrt{68^2 + 5^2} = 70 \text{ Ohm}$$

Da prelude trovo che una Idt da 70 Ohm ha $W_f = 2.55$
cui corrisponde a 2 Ghz una $\lambda_g = 98.3 \text{ mm}$
→ $\lambda/8$ lungo circa $98.3/8 = 12 \text{ mm}$ circa

- Il sistema con l'adattatore a $\lambda/8$ è adesso il seguente:



- Alimentando con 100 Ohm ed il $\lambda/8$ trovo z_{in} pari a:

```
=====
```

```
Freq: 2.00000 (GHz)
```

```
=====
```

```
      Eff.Perm.  Propagation Constant  Port Impedance (ohms)
Port 1:  2.25356  (0.16373E+00+j0.62929E+02)  98.2670
```

```
[Z] matrix:
```

```
  i j  Re(Z_ij)  Im(Z_ij)
  1 1   0.77430   0.52227E-01
```

Per ridurre la parte immaginaria posso modificare la larghezza del $\lambda/8$. Allargandolo di 0.4mm (2.55→2.95) mm trovo:

```
=====
```

```
Freq: 2.00000 (GHz)
```

```
=====
```

```
      Eff.Perm.  Propagation Constant  Port Impedance (ohms)
Port 1:  2.25401  (0.17330E+00+j0.62935E+02)  98.2574
```

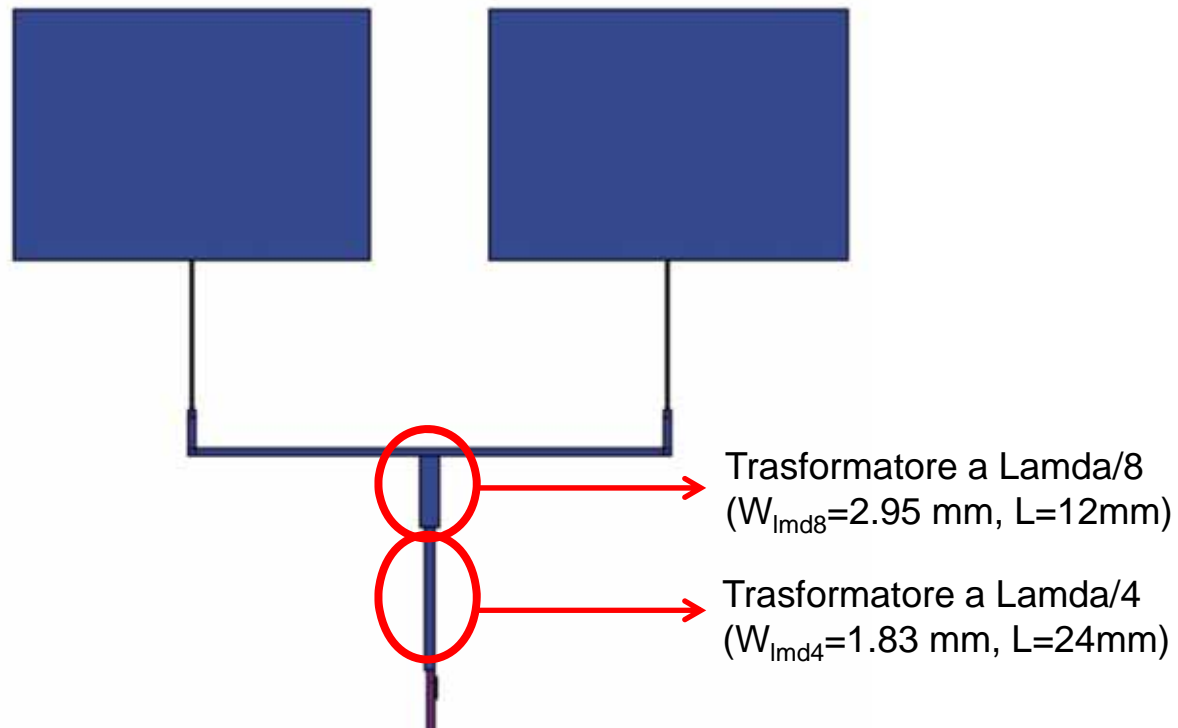
```
[Z] matrix:
```

```
  i j  Re(Z_ij)  Im(Z_ij)
  1 1   0.71478  -0.24254E-02
```

Ora posso mettere il $\lambda/4$ in ingresso, che deve avere impedenza pari a:

$$Z_{\lambda/4} = \sqrt{(0.71478 \cdot 98.2574) \cdot 98.2574} = 83 \text{ Ohm}$$

- Da prelude, $W_{\lambda/4} = 1.83 \text{ mm}$, $\lambda_g = 98.28 \rightarrow L$ circa 24mm



Con il trasformatore $\lambda/8 + \lambda/4$ si ottiene infine:

```
=====
Freq: 2.00000 (GHz)
=====
```

	Eff.Perm.	Propagation Constant	Port Impedance (ohms)
Port 1:	2.23055	(0.20516E-01+j0.62606E+02)	98.7727

[Z] matrix:

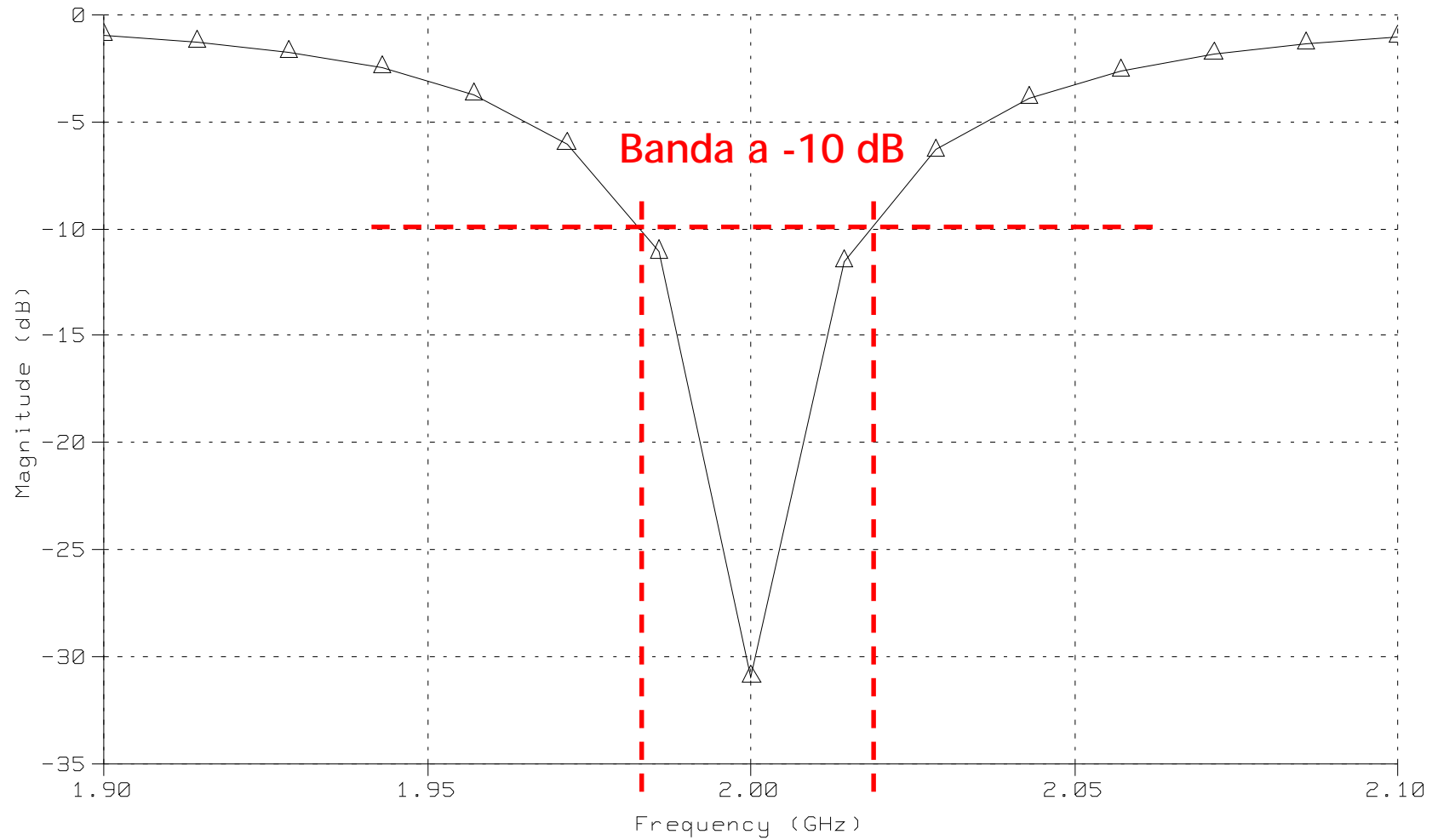
i	j	Re(Z _{ij})	Im(Z _{ij})
1	1	0.99129	0.56314E-01

[S] matrix:

i	j	Re(S _{ij})	Im(S _{ij})	Magnitude	Phase	Mag. in dB
1	1	-0.35697E-02	0.28381E-01	0.02860	97.1688(deg.)	-30.8712

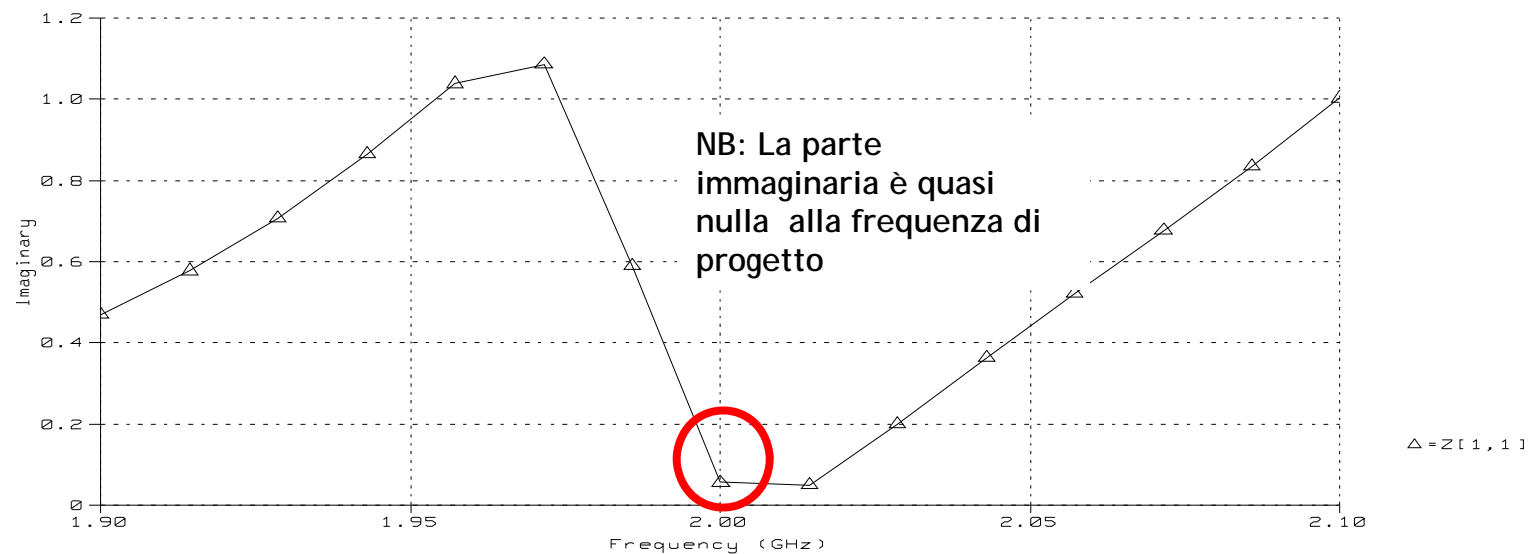
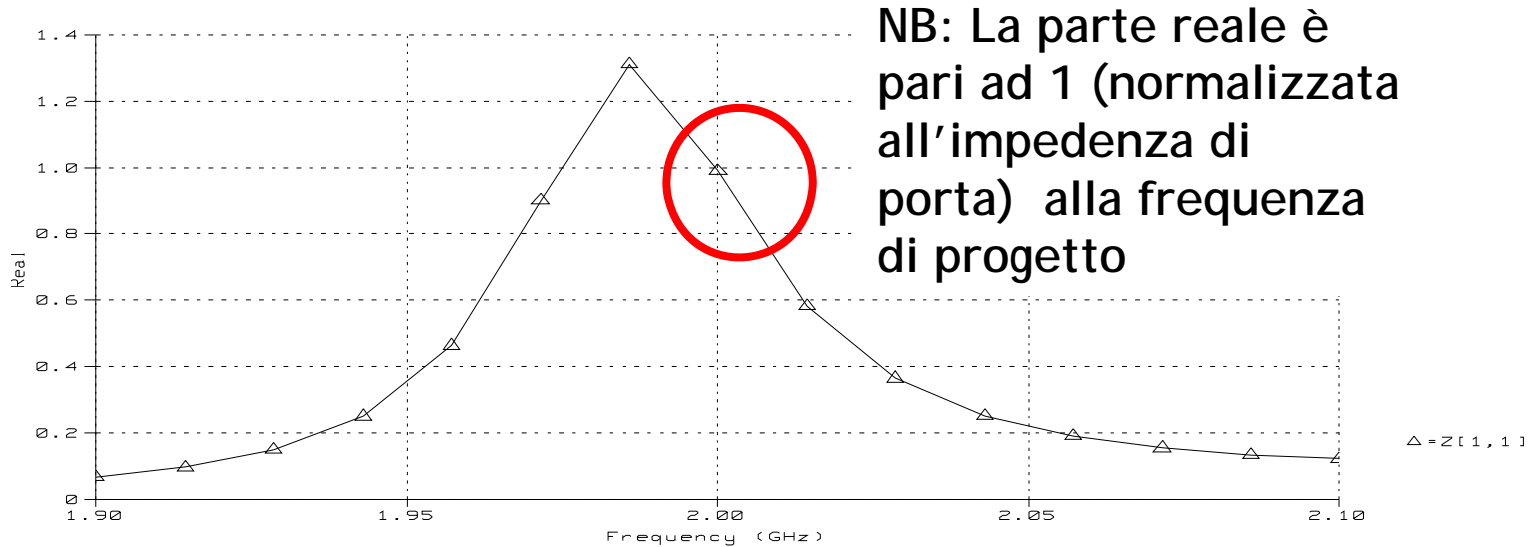
Il sistema è quindi adattato

○ Vediamo la risposta in frequenza:



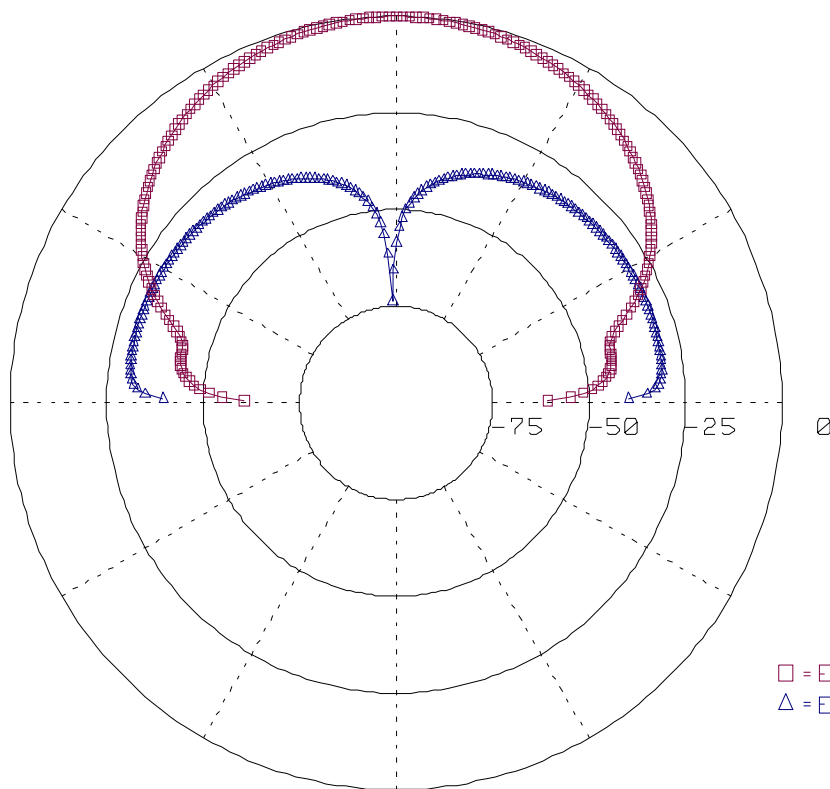
$\Delta = S[1, 1]$

○ Vediamo l'impedenza di ingresso:



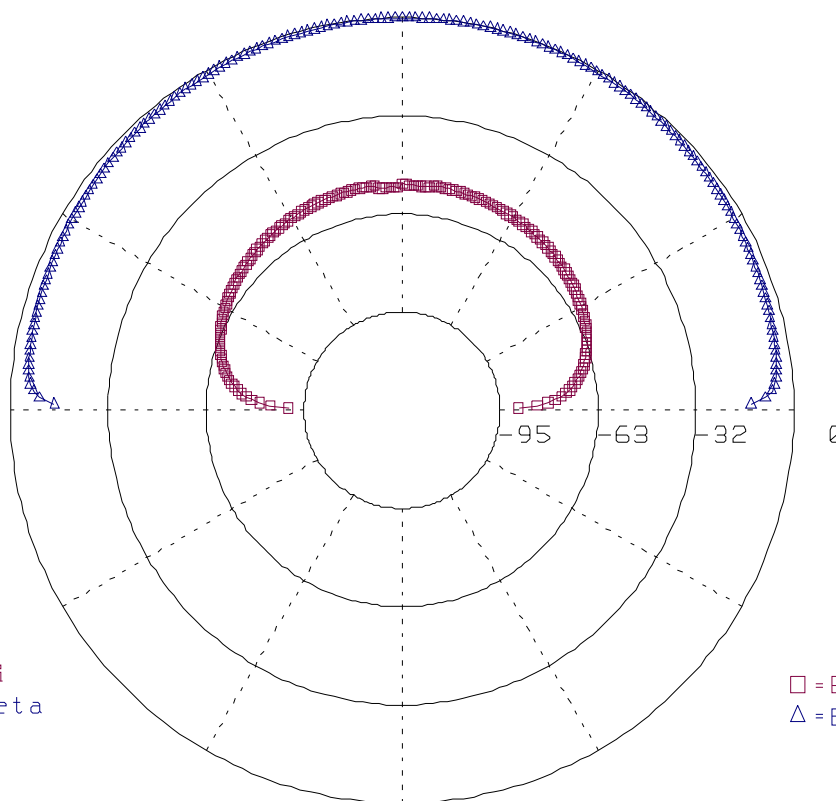
◉ Vediamo il campo irradiato:

Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 0.000



□ = E-Phi
△ = E-Theta

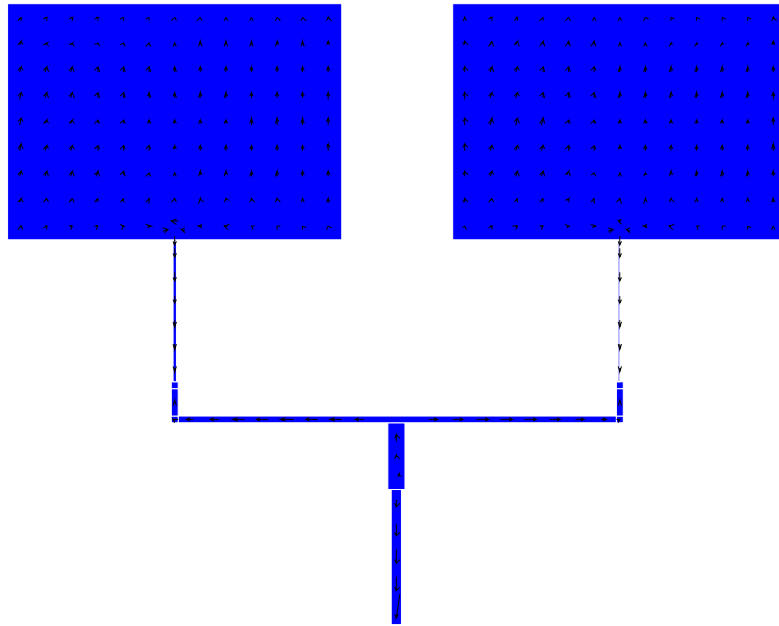
Far-Field Pattern
Freq = 2.00000 GHz, Scan Angle = 90.000



□ = E-Phi
△ = E-Theta

◉ Vediamo la corrente sui patch:

D:\DISCOC~1\PRELUDE\ADAT2.J
Real Component
Frequency = 2.00000 GHz
Maximum current = 0.013936



D:\DISCOC~1\PRELUDE\ADAT2.J
Imaginary Component
Frequency = 2.00000 GHz
Maximum current = 0.012226

