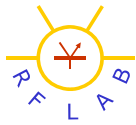


## Circuiti Integrati a Microonde (CIM)

**Progettazione di circuiti a microstriscia**  
**Verifica sperimentale vs. simulazione**  
**Alcuni casi di studio: ibridi, passivi e attivi**



RF & Microwave Integrated Circuits Laboratory (RFLab)

*Ing. A. Fonte,*  
*Prof. B. Neri*  
 Università di Pisa

A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa

## Sommario

- Agilent Advanced Design System (ADS)
- Vector Network Analyzer (VNA)
- Calibrazione del VNA
- De-embedding delle prestazioni misurate
- Esempi di misura dei parametri S: alcuni case study

A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa


## Advanced Design System - ADS

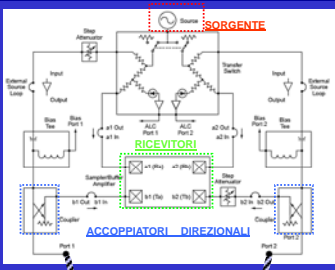
- CAD tool di punta per la progettazione RFIC & MIC
- Ampia libreria per la progettazione schematica
- *LineCalc*: tool per il calcolo dei parametri delle linee
- Sim. elettromagnetico 2½ (metodo dei momenti)
- Ampie varietà di condizioni al contorno
- Nessun limite sulla geometria nella simulazione EM
- Efficiente tool per la co-simulazione EM-circuitale
- Interfacciamento diretto con lo strumento di misura
- PTolemy: tool per il analisi di sistema

A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa

## Vector Network Analyzer (VNA)

- VNA Anritsu 37369D  
 ( 40 MHz – 40 GHz )






Cavi semirigidi per MW  
 DUT= Device Under Test  
 Piani di riferimento della misura

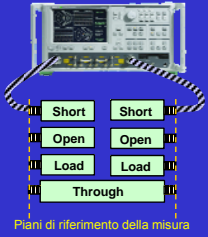
A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa

## Calibrazione del VNA: metodo SOLT

1. Misura dispositivi noti :
 



(S) Short  
 (O) Open  
 (L) Load (50 Ohm Broadband)  
 (T) Through Line



Piani di riferimento della misura
2. Calcolo della differenza tra :
 

Valori misurati  
(attesi + errori  
sistematici)

-

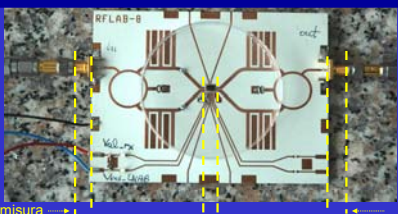
Valori attesi  
(dispositivi noti)

=


Errori  
Sistematici
3. Utilizzo della differenza per eliminare gli errori sistematici dalle successive misure su dispositivi non noti ( DUT )

A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa

## De-embedding delle prestazioni misurate



Piani riferimento misura  
Deembedding connettori  
Deembedding microstrisce



Deembedding bonding

A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa

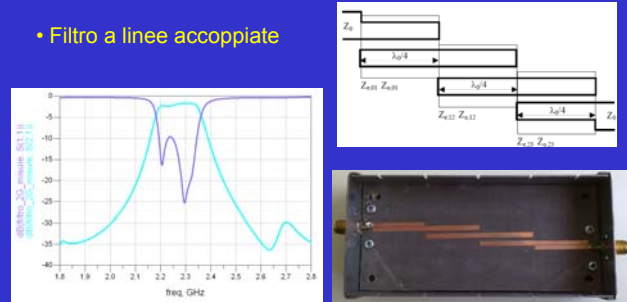
### Esempi di misura dei parametri S: alcuni casi di studio

- Filtro a linee accoppiate (passivo a 2 porte)
- Balun a microstriscia a 5.25 GHz (passivo a 3 porte)
- Low Noise Amplifier a 2.4 GHz (attivo a 2 porte)

A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa

### Esempi di misura dei parametri S: alcuni case study

- Filtro a linee accoppiate



Filtro 2.25 GHz 4 elementi

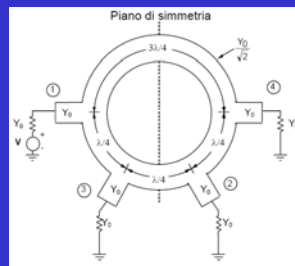
A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa

### Esempi di misura dei parametri S: alcuni case study

- Accoppiatore ad anello:

- o rientra nella sotto-classe detta degli "ibridi a 180°"
- o alimentando la porta 1 le uscite alle porte 3 e 4 sono in opposizione di fase
- o alimentando la porta 2 le uscite in 3 e 4 sono in fase
- o matrice di scattering:

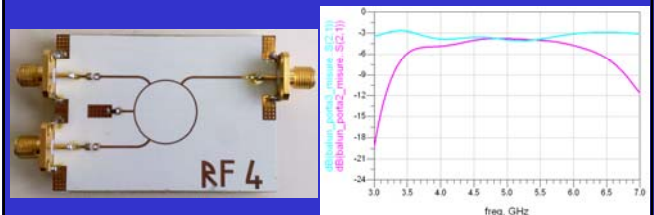
$$S = -\frac{j}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$



A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa

### Esempi di misura dei parametri S: alcuni case study

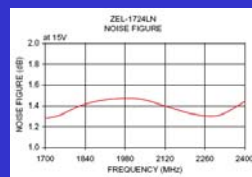
- Balun a microstriscia a 5.25 GHz



A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa

### Esempi di misura dei parametri S: alcuni case study

- Low Noise Amplifier
- Mini Circuits ZEL-1724LN
- 1700 to 2400 MHz, 50 Ω



A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa

### Conclusioni

- La simulazione schematica ha alcuni limiti
- La simulazione EM permette di estendere la progettazione a tutti i casi in cui quella schematica è inadeguata
- Se opportunamente condizionato, il problema della soluzione EM ha soluzione e le misure sui dispositivi si dimostrano in ampio accordo con le simulazioni

A. Fonte, 19 Gennaio 2011, Pisa