

S-Parameters

Langenhuisen, PAoRYL, WoSDR

1 en 2 Port devices

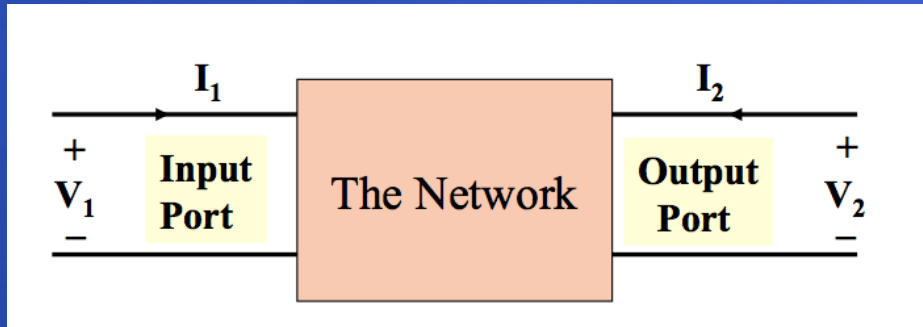
- Een **poort** is een tweedraads aansluiting
 - Bijvoorbeeld BNC, dubbele banaanstekker aansluiting, etc.
- Bij een **1 port device** zit maar een connector
 - Dummy Load
 - Antenne
- Bij een **2 poort device** zitten 2 connectors:
 - Een ingang
 - Een uitgang
 - Versterker/Verzwakker
 - Filter
 - Coax kabel

1 port Black Box

- Hoe kom je erachter wat er in de Black Box zit?
- Gebruik een ohmmeter
- Gebruik een voltmeter
- Gebruik een amperemeter
- Kortom meet gelijktijdig stroom en spanning en trek je conclusie



Twée poort device



$$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2$$

$$V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$$

- De poorteigenschappen kunnen beschreven worden door parameters $Z_{11}, Z_{21}, Z_{22},$ en Z_{12})
- Geneten waarde op een poort is ook afhankelijk van wat er op de andere poort gebeurt.
- Z_{11} te vinden als we zorgen dat in poort 2 geen stroom loopt (open uitgang)
- Op identieke wijze is Z_{12}, Z_{22} en Z_{21} te bepalen

Z-Parameters

$$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2$$

$$V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$$

$$z_{11} = \frac{V_1}{I_1} \quad \left| \quad I_2 = 0 \right.$$

z_{11} is the impedance seen looking into port 1 when port 2 is open.

$$z_{12} = \frac{V_1}{I_2} \quad \left| \quad I_1 = 0 \right.$$

z_{12} is a transfer impedance. It is the ratio of the voltage at port 1 to the current at port 2 when port 1 is open.

$$z_{21} = \frac{V_2}{I_1} \quad \left| \quad I_2 = 0 \right.$$

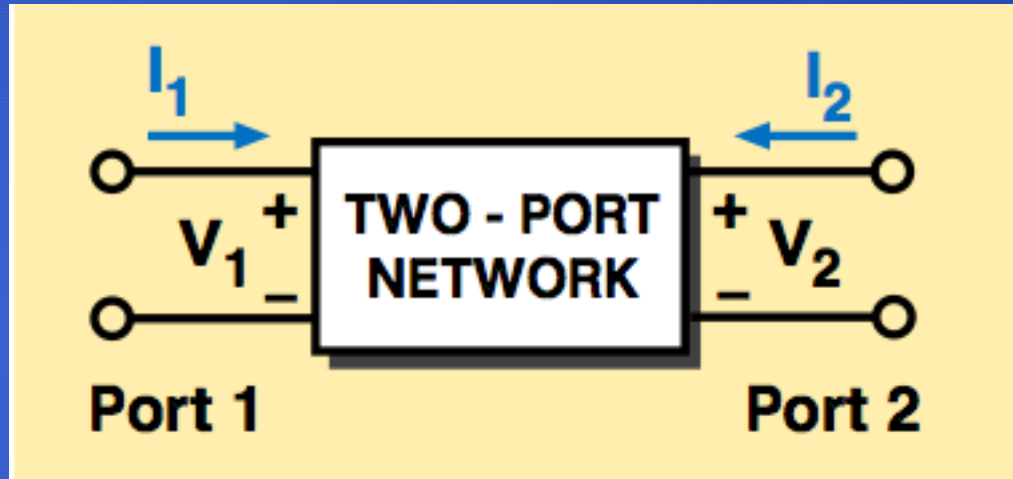
z_{21} is a transfer impedance. It is the ratio of the voltage at port 2 to the current at port 1 when port 2 is open.

$$z_{22} = \frac{V_2}{I_2} \quad \left| \quad I_1 = 0 \right.$$

z_{22} is the impedance seen looking into port 2 when port 1 is open.

Y-Parameters

- V_1 en V_2 zijn de onafhankelijke (excitatie) parameters
- Y_{ij} zijn de afhankelijke (response) parameters
 - I is de responsekant
 - J is de excitatiekant
- Bij kortgesloten tegenoverliggende poort zijn de parameters Y_{11} , Y_{12} , Y_{21} en Y_{22} te bepalen



$$I_1 = y_{11} V_1 + y_{12} V_2$$

$$I_2 = y_{21} V_1 + y_{22} V_2$$

Andere network parameters

- Elk met andere randvoorwaarden met voor- en nadelen

**Impedance
Z parameters**

$$\begin{aligned}V_1 &= z_{11}I_1 + z_{12}I_2 \\V_2 &= z_{21}I_1 + z_{22}I_2\end{aligned}$$

**Admittance
Y parameters**

$$\begin{aligned}I_1 &= y_{11}V_1 + y_{12}V_2 \\I_2 &= y_{21}V_1 + y_{22}V_2\end{aligned}$$

**Transmission
A, B, C, D
parameters**

$$\begin{aligned}V_1 &= AV_2 - BI_2 \\I_1 &= CV_2 - DI_2\end{aligned}$$

**Hybrid
H parameters**

$$\begin{aligned}V_2 &= b_{11}V_1 - b_{12}I_1 \\I_2 &= b_{21}V_1 - b_{22}I_1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_1 &= h_{11}I_1 + h_{12}V_2 \\I_2 &= h_{21}I_1 + h_{22}V_2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_1 &= g_{11}V_1 + g_{12}I_2 \\V_2 &= g_{21}V_1 + g_{22}I_2\end{aligned}$$

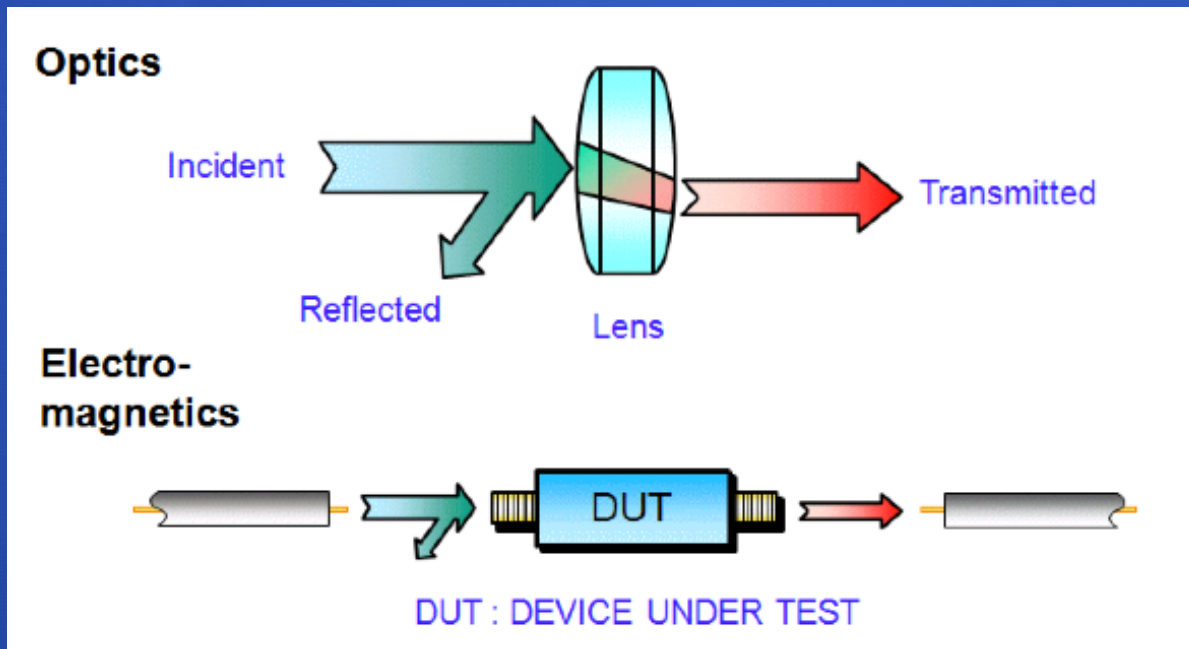
RF omgeving

- Domein van zich voortplantende EM golven
- Spanning, stroom en impedantie variëren afhankelijk van transmissielijn
- RF energietransport is onafhankelijk van (ideale) transmissielijn.
- Heengaande en terugkomende energie overal gelijk en makkelijk apart te meten.
- Bij aanpassing wordt de teruggaande golf geëlimineerd
- Afhankelijk van de aanpassing is er meer of minder weerkaatsing (Scattering)

Scattering Parameters

- **Mathematische beschrijving van**
- **Gedrag van een lineair HF circuit bij**
 - **Toepassingen met kleine HF signalen**
 - **Randvoorwaarde 'aangepast' afgesloten omgeving**
- **Broertje van Y-Parameters, Z-Parameters, H-Parameters , T-Parameters**

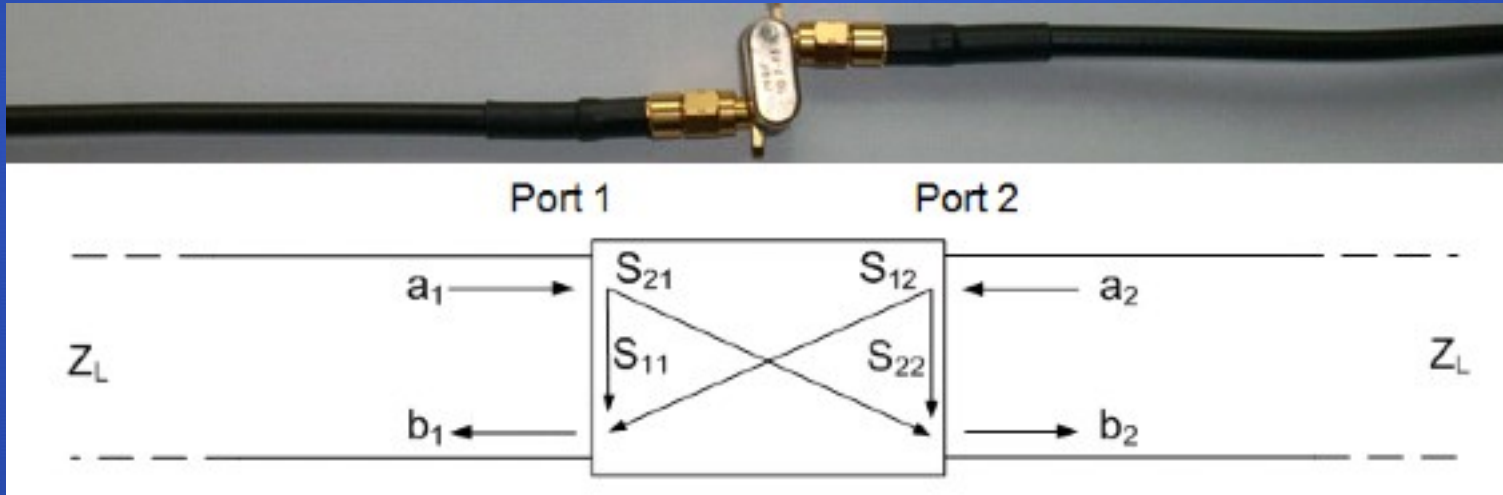
Scattering bij 2 poort devices



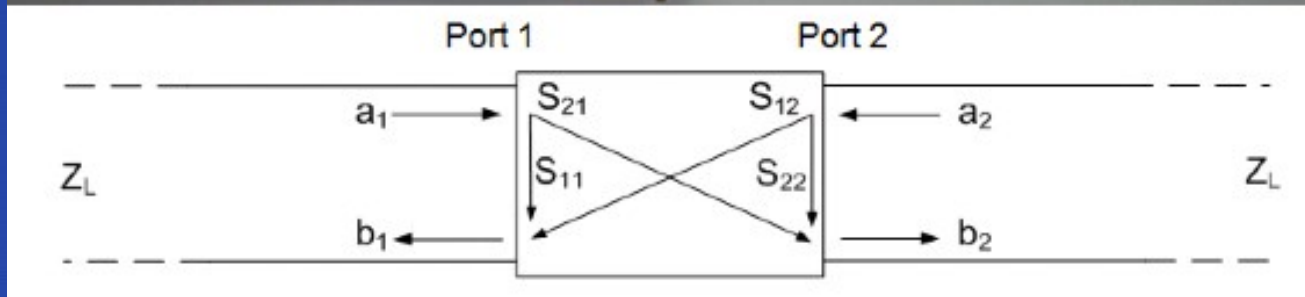
Scattering wordt uitgedrukt door S-Parameters
S-Parameters

Identiek aan Z, Y parameters beschrijven 2 poort systeem

2 port DUT

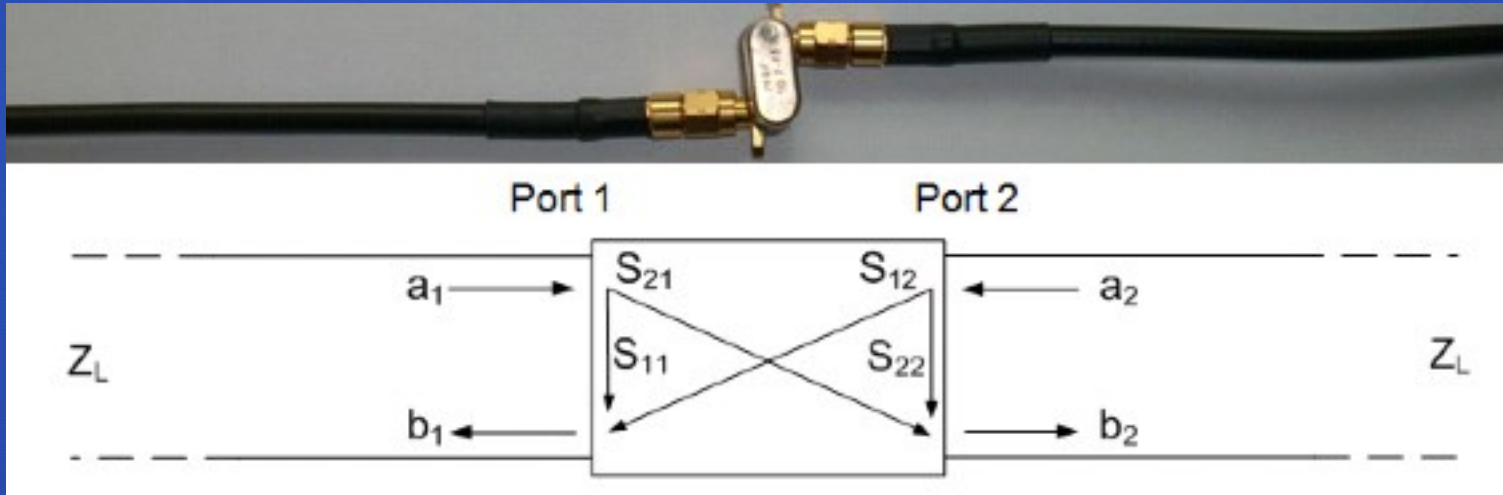


- 'a' heeft een complexe waarde en representeert de wortel) van het ingaand vermogen' naar device
- 'b' heeft een complexe waarde en representeert de wortel van uitgaand vermogen vanaf device
- Subscript 1 of 2 geeft poort aan
- a en b zijn 'genormaliseerde complexe spannings golven (Kurokawa)



- Het bij poort 1 ingaand vermogen (gerepresenteerd door ' a_1 ') veroorzaakt twee uitgaande vermogens:
 - Een deel wordt door poort 1 gereflecteerd
 - Een ander deel verlaat het bij poort 2 nadat het door het device bewerkt is
- Het bij poort 2 inkomend vermogen (gerepresenteerd door ' a_2 ') veroorzaakt twee uitgaande vermogens:
 - (Een deel wordt door de poort 2 gereflecteerd
 - Een deel verlaat het bij de poort 1 nadat het door het device gesijpeld is
- De uitredende vermogens b_1 en b_2 worden dus veroorzaakt door zowel a_1 als a_2

in formules



$$b_1 = S_{11} \cdot a_1 + S_{12} \cdot a_2$$
$$b_2 = S_{21} \cdot a_1 + S_{22} \cdot a_2$$

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

$|a_1|^2$ = Power incident on the input of the network.
= Power available from a source impedance Z_0 .

$|a_2|^2$ = Power incident on the output of the network.
= Power reflected from the load.

$|b_1|^2$ = Power reflected from the input port of the network.
= Power available from a Z_0 source minus the power delivered to the input of the network.

$|b_2|^2$ = Power reflected from the output port of the network
= Power incident on the load.
= Power that would be delivered to a Z_0 load.

$$|s_{11}|^2 = \frac{\text{Power reflected from the network input}}{\text{Power incident on the network input}}$$

$$|s_{22}|^2 = \frac{\text{Power reflected from the network output}}{\text{Power incident on the network output}}$$

$$|s_{21}|^2 = \frac{\text{Power delivered to a } Z_0 \text{ load}}{\text{Power available from } Z_0 \text{ source}}$$

= Transducer power gain with Z_0 load and source

$$|s_{12}|^2 = \text{Reverse transducer power gain with } Z_0 \text{ load and source}$$

S-Parameters beschrijven:

- Ingangsimpedantie dus ook ingangs reflection coefficient, SWR en Return Loss
- Versterking/ verzwakking
- Uitgangsimpedantie dus ook uitgangsreflection coefficient, SWR en Return Loss
- Terugwerking

S_{11}

- Bij een 1 en 2 port device:
 - ingangs reflectie coefficient
 - Bij aangepaste uitgang in geval van 2 port
- Is 0 bij aanpassing
- Levert:
 - SWR
 - Ingangsimpedantie

$$VSWR = \frac{1 + \rho}{1 - \rho} = \frac{1 + |s_{11}|}{1 - |s_{11}|}$$

$$Z_L = \frac{1 + s_{11}}{1 - s_{11}} \cdot Z_0$$

S_{22}

- Bij een 2 port device:
 - Uitgangsreflectie Coefficient
 - Bij aangepaste ingang

At the output port, the VSWR (s_{out}) is given by

$$s_{\text{out}} = \frac{1 + |S_{22}|}{1 - |S_{22}|}$$

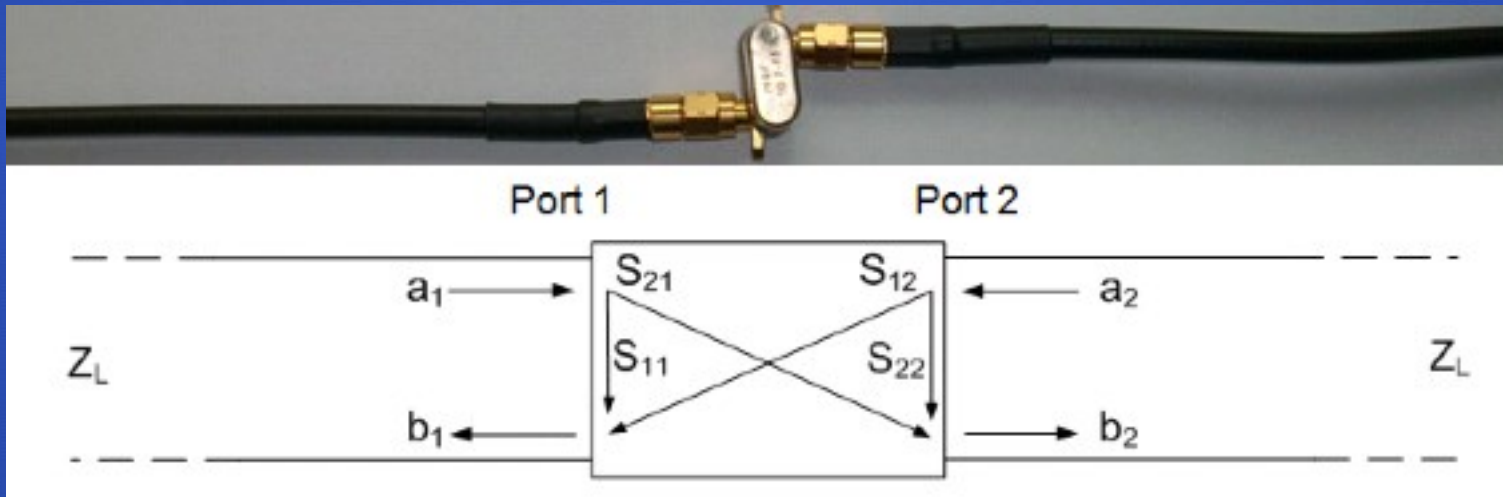
$$S_{21}$$

- Voorwaartse Versterking
 - Bij aangepaste ingang
 - En aangepaste uitgang
- Is Complex linear Gain $G=S_{21}$

$$S_{12}$$

- Reverse Versterking (= terugwerking)

Signalen alleen op ingangspoort



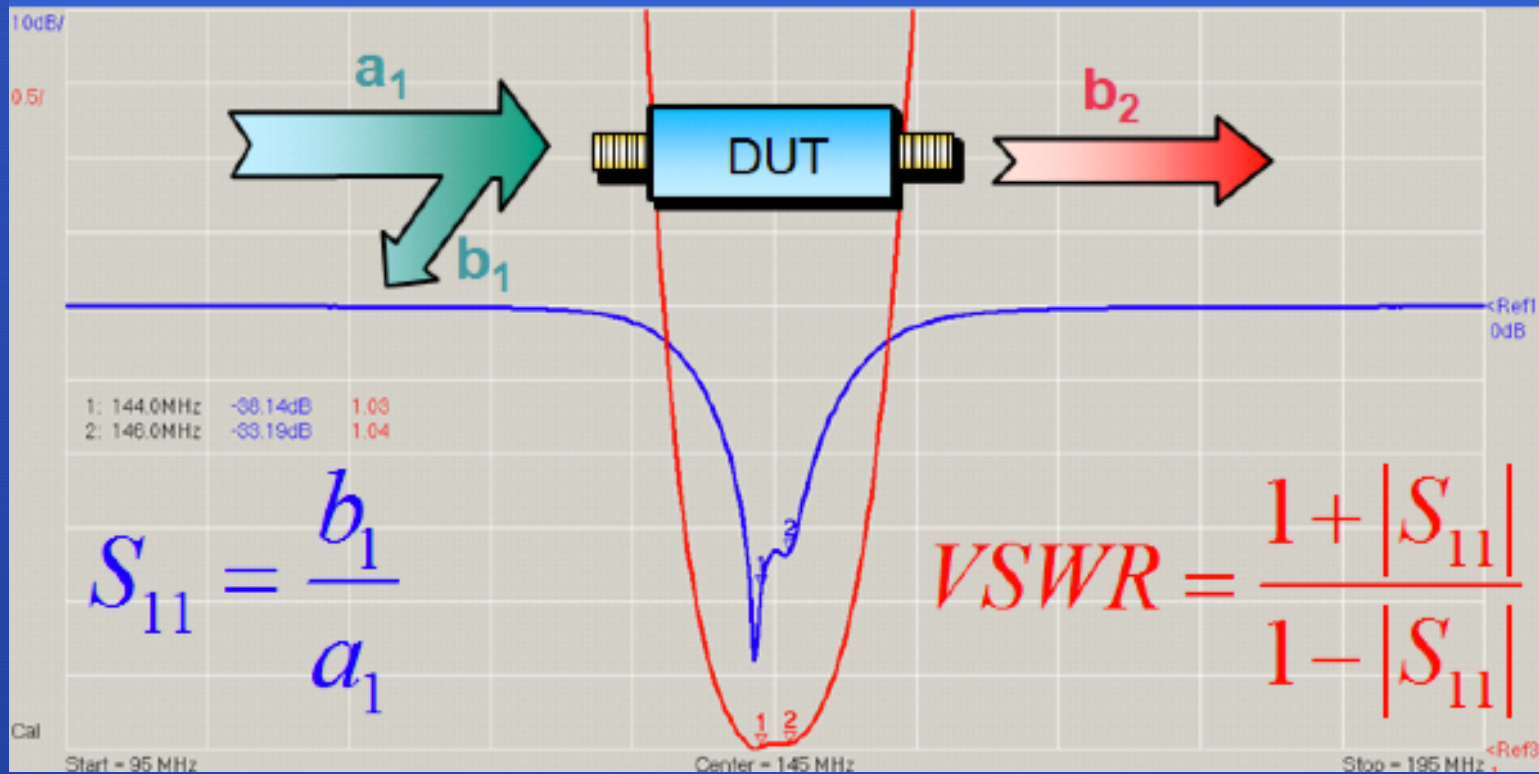
$$b_1 = S_{11} \cdot a_1 + S_{12} \cdot a_2$$
$$b_2 = S_{21} \cdot a_1 + S_{22} \cdot a_2$$

• Ingaande golven $a_2 = 0 \Rightarrow$

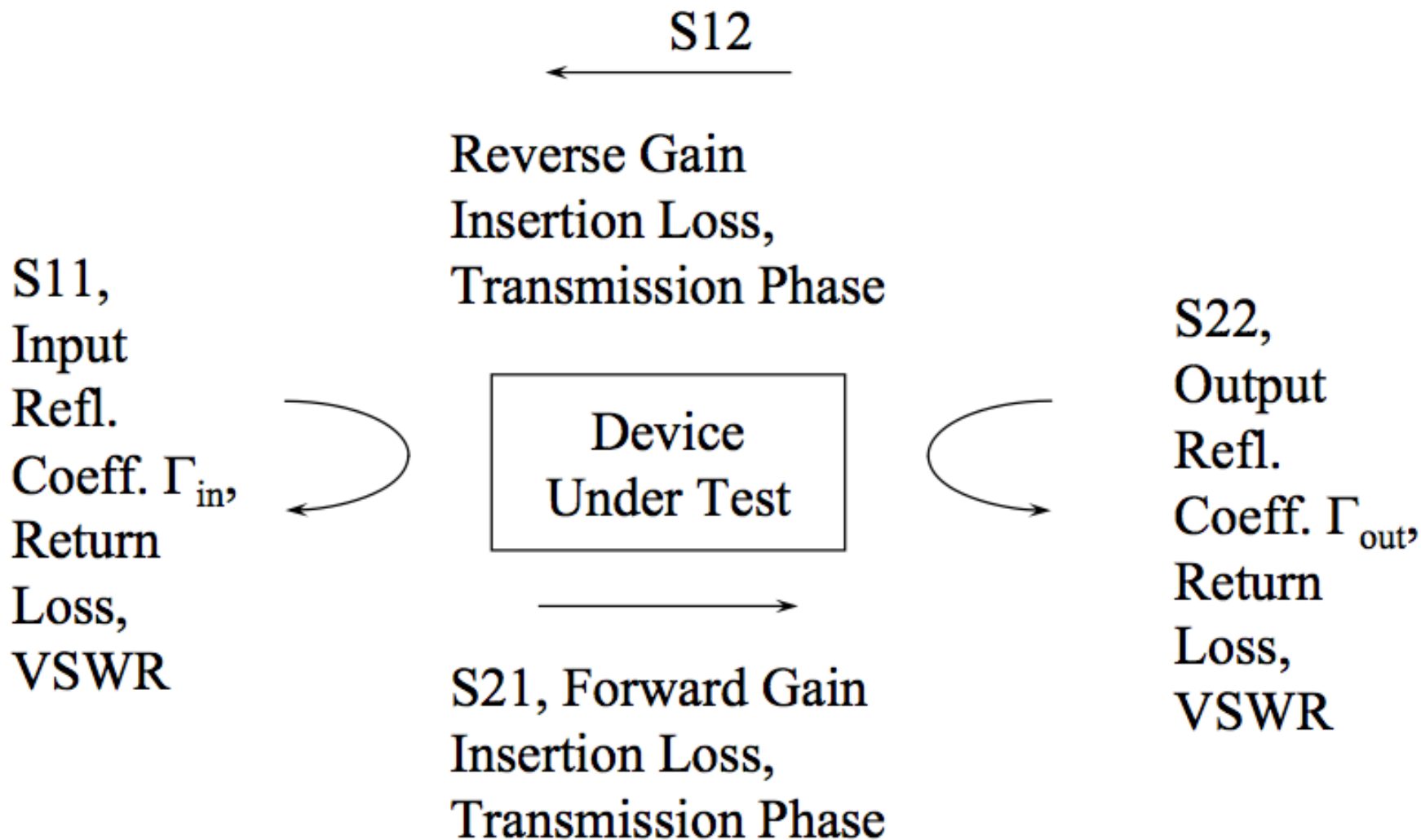
$$b_1 = S_{11} \cdot a_1$$
$$b_2 = S_{21} \cdot a_1$$

$b_1 = S_{11} a_1 \Rightarrow S_{11}$ is Reflection Coefficient

S-Parameter S_{11}
 $\rightarrow 1 / |S_{11}| = \text{Input Return Loss}$



GRAPHICAL VIEW OF S-PARAMETERS



Voordelen van S-Parameters

- Concept gebaseerd op goed voorstelbare en makkelijk meetbare eigenschappen zoals versterking en reflectiecoefficient
- laag ohmige omgeving
 - weinig kans op oscillaties)
- Zich voortplantende EM golven zijn onveranderlijk over een verliesvrije transmissielijn
 - S Parameters kunnen gemeten worden op afstand

That is all!
