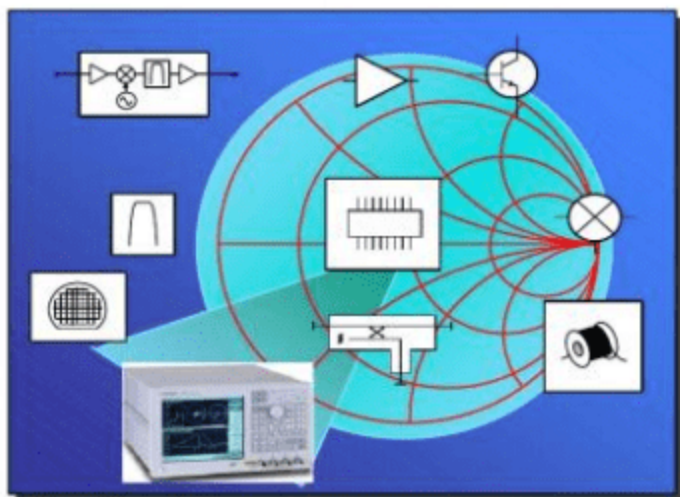


Agilent 系列 网络分析仪



Agilent Technologies

page 1



网络分析仪

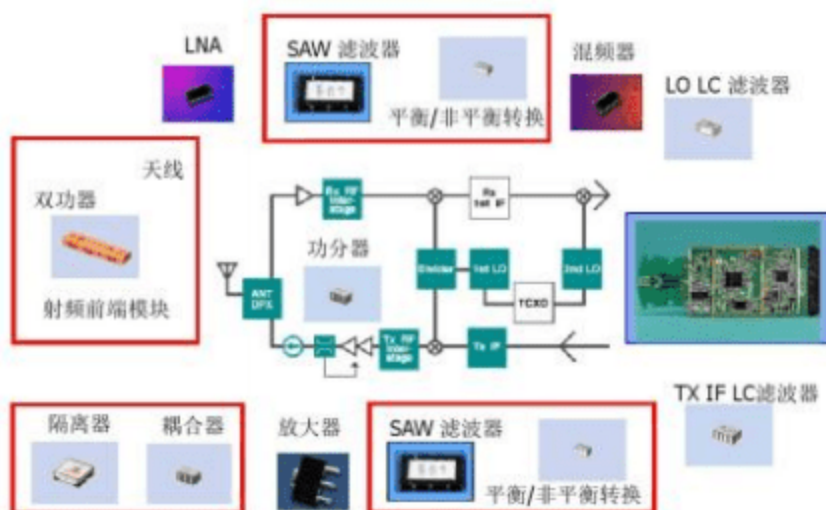
- 网络分析仪测试基本概念
- 网络分析仪 工作原理
- 误差和校准
- ENA
- PNA



Agilent Technologies

page 2

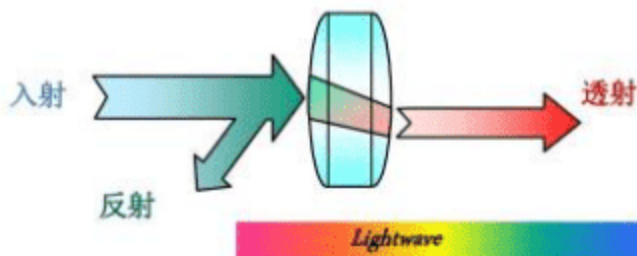
系统组成及器件功能



Agilent Technologies

page 3

射频信号在器件中的传播



原创力文档

max.book118.com

预览与源文档一致, 下载高清无水印

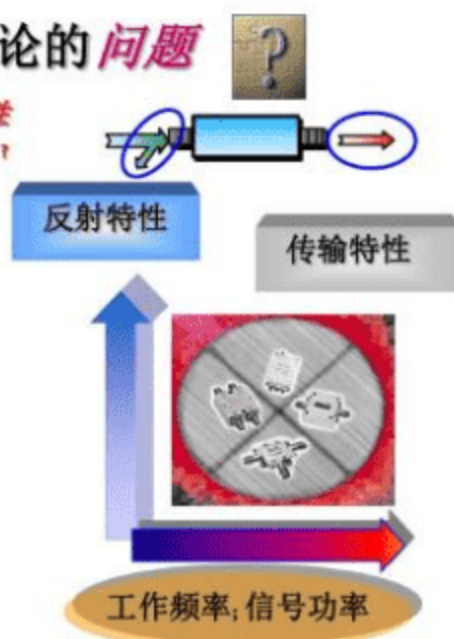


Agilent Technologies

page 4

网络分析仪测试要讨论的问题 ?

- 器件性能的描述: **传输特性**, **反射特性**
- 器件传输特性/反射特性的指标定义:
 - Gain, Phase, Group delay
 - VSWR, Γ , ρ , Impedance
- 影响器件传输/反射特性的因素:
 - **工作频率**
 - **信号功率**
- 网络分析仪显示结果



Agilent Technologies

page 5

反射特性的参数定义:

反射系数
(电压比值)

$$\Gamma = \frac{V_{\text{反射}}}{V_{\text{输入}}} = \rho \angle \Phi = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Z_0 : 传输线特性阻抗
 Z_L : 传输线终端负载

反射损耗
(功率比值)

$$= -20 \log(\rho), \rho = |\Gamma|$$

驻波比

Voltage Standing Wave Ratio

$$\text{VSWR} = \frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{min}}} = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$

传输信号包络



全匹配
($Z_L = Z_0$)

全反射
(Z_L = 开路, 短路)

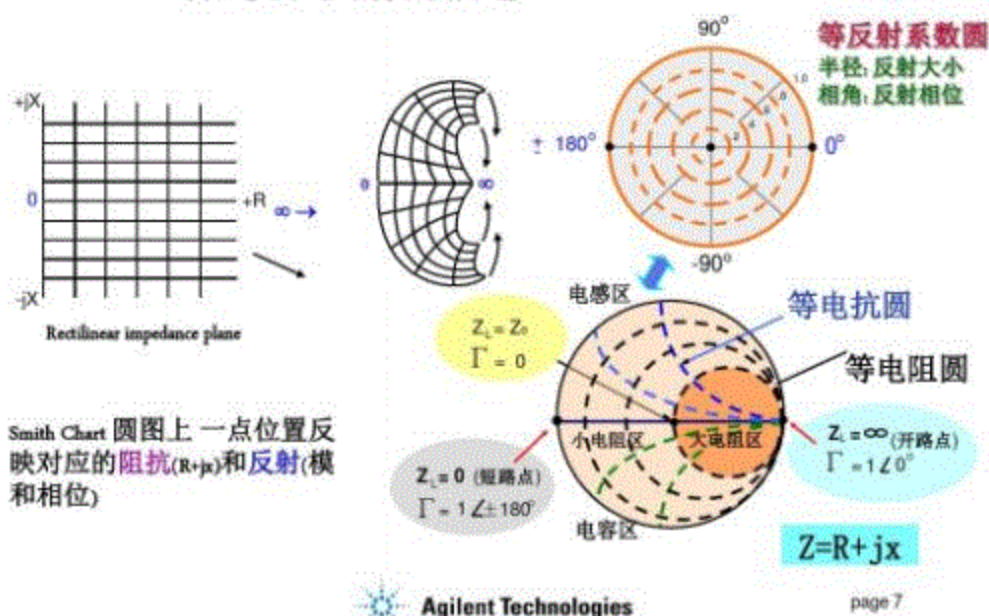


Agilent Technologies

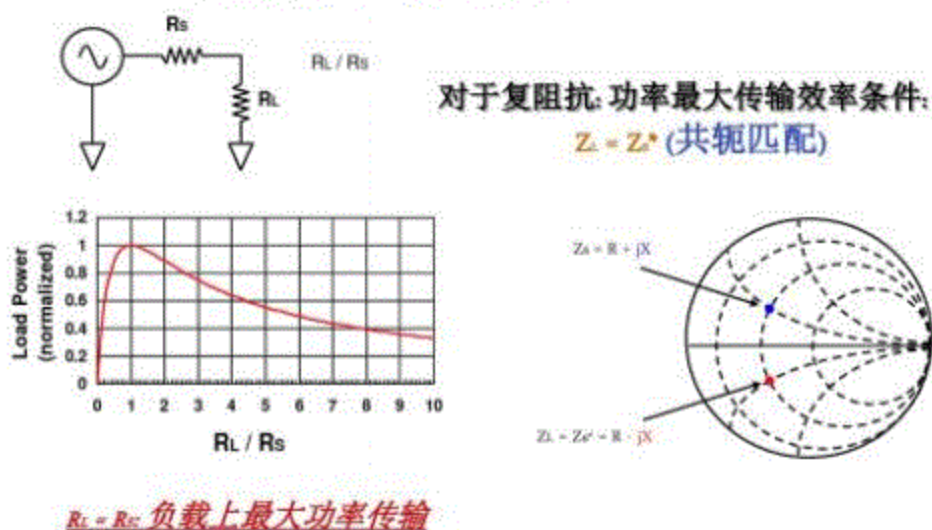
page 6

史密斯圆图 (Smith Chart)

对阻抗和反射的描述



反射特性的说明



传输特性



传输系数 =
$$T = \frac{V_{\text{Transmitted}}}{V_{\text{Incident}}} = \tau \angle \phi$$

插入损耗 (dB) =
$$-20 \log \left| \frac{V_{\text{Trans}}}{V_{\text{Inc}}} \right| = -20 \log \tau$$

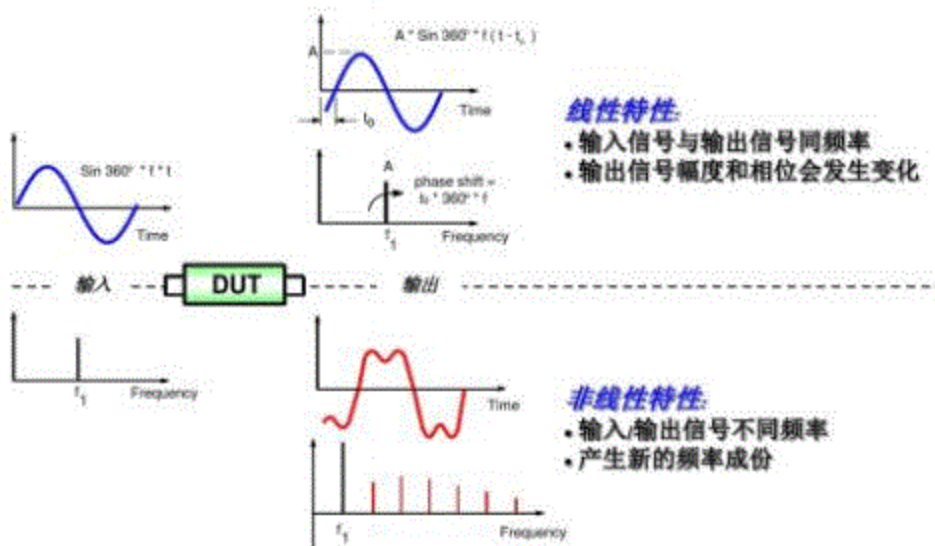
增益 (dB) =
$$20 \log \left| \frac{V_{\text{Trans}}}{V_{\text{Inc}}} \right| = 20 \log \tau$$



Agilent Technologies

page 9

线性器件与非线性器件



Agilent Technologies

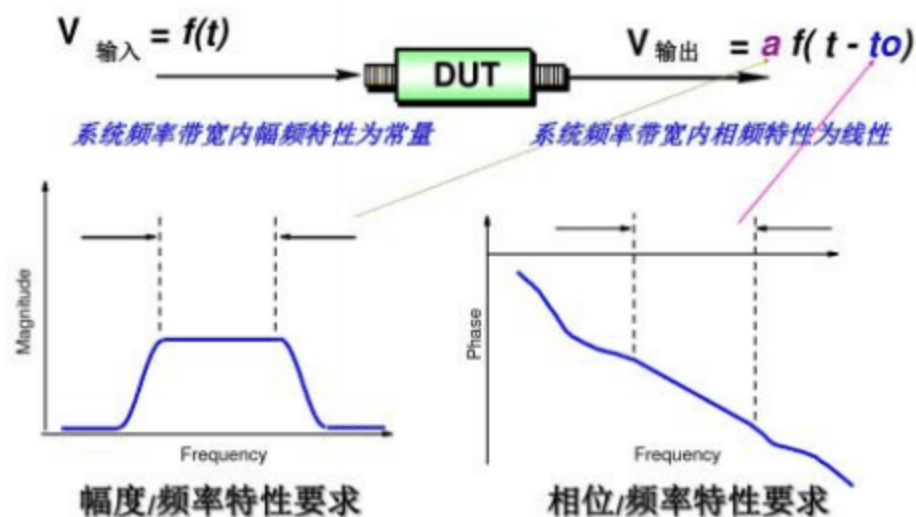
page 10

原创力文档

max.book118.com

预览与源文档一致, 下载高清无水印

满足波形不失真线性系统的条件



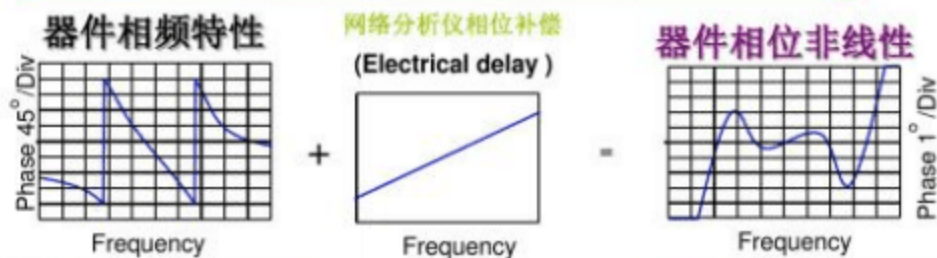
Agilent Technologies

page 11

对系统相位特性的描述

网络分析仪的相位补偿处理功能:

- 电延迟功能 (Electrical delay): 通过时间补偿消除被测件相频特性中线性部分
- 相位偏移 (Phase offset): 被测件相位特性中加入固定偏置
- 端口延伸 (Port Extension): 测试仪表端口电延时补偿



应用:

测量器件相位特性
难于定量分析相位特性线性

应用:

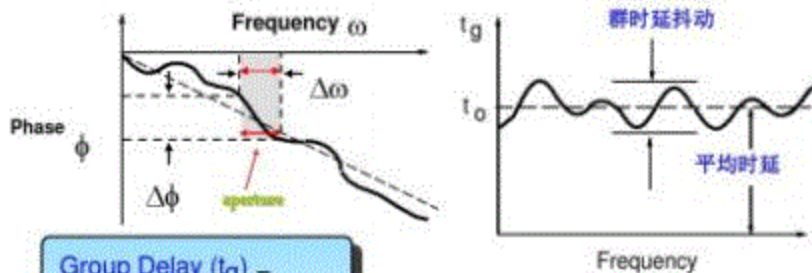
便于对相位特性线性的分析



Agilent Technologies

page 12

群时延 Group Delay (GD)



Group Delay (t_g) =

$$\frac{-d\phi}{d\omega} = \frac{-1}{360^\circ} \cdot \frac{d\phi}{df}$$

ϕ in radians
 ω in radians/sec
 ϕ in degrees
 f in Hertz ($\omega = 2\pi f$)

网络分析仪通过测试相/频特性得到器件延迟性能

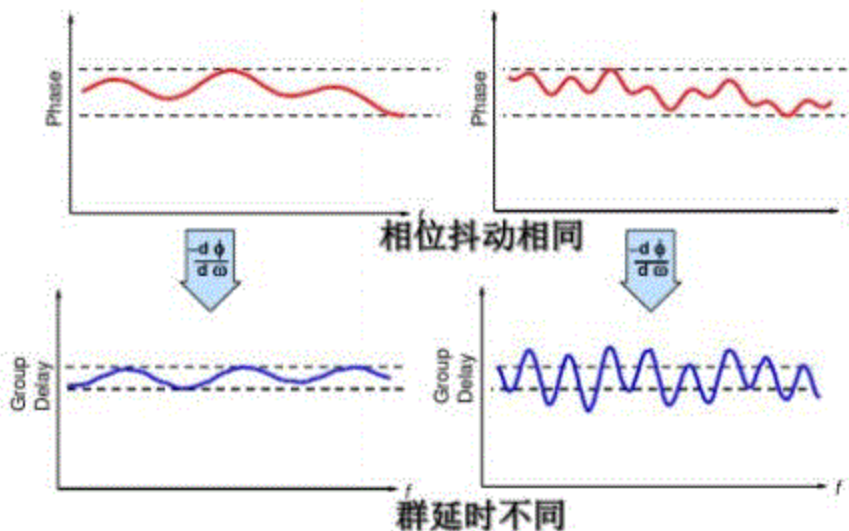
- GD 抖动反映器件相位特性线性
- GD 平均值反映器件的平均时延



Agilent Technologies

page 13

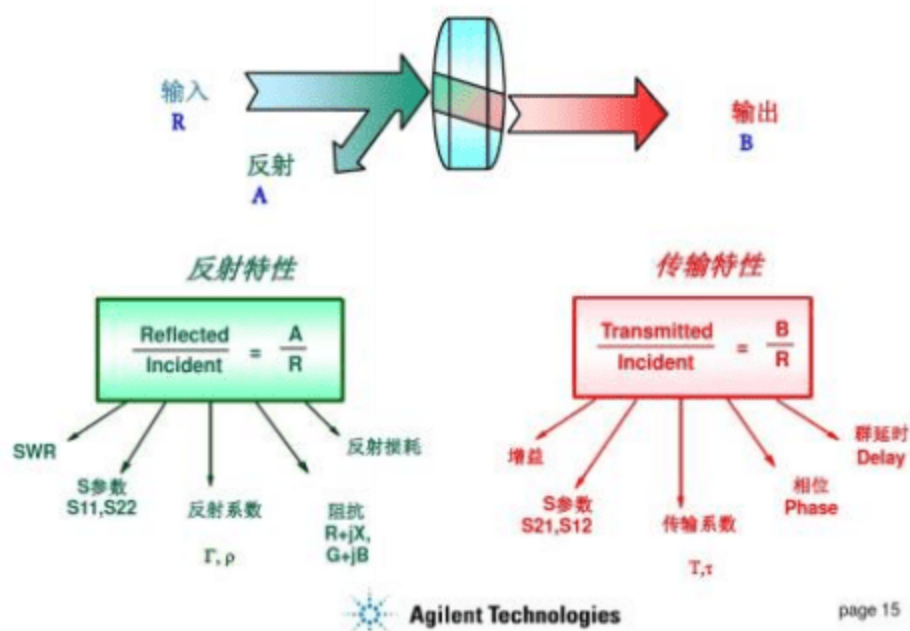
通过群时延指标反映器件相位线性



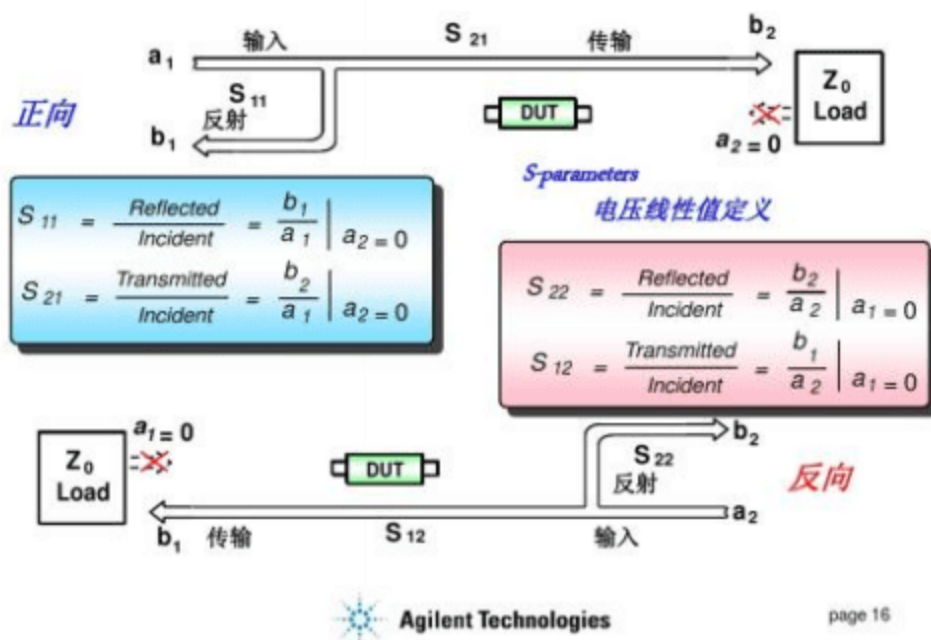
Agilent Technologies

page 14

完整的器件指标描述



s参数的定义



原创力文档

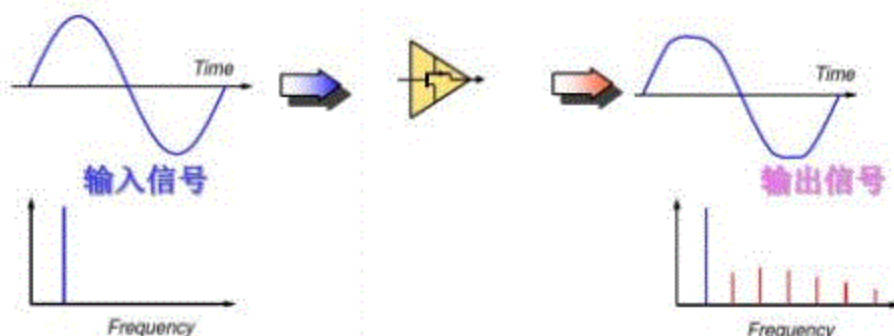
max.book118.com

预览与源文档一致, 下载高清无水印

器件的非线性失真

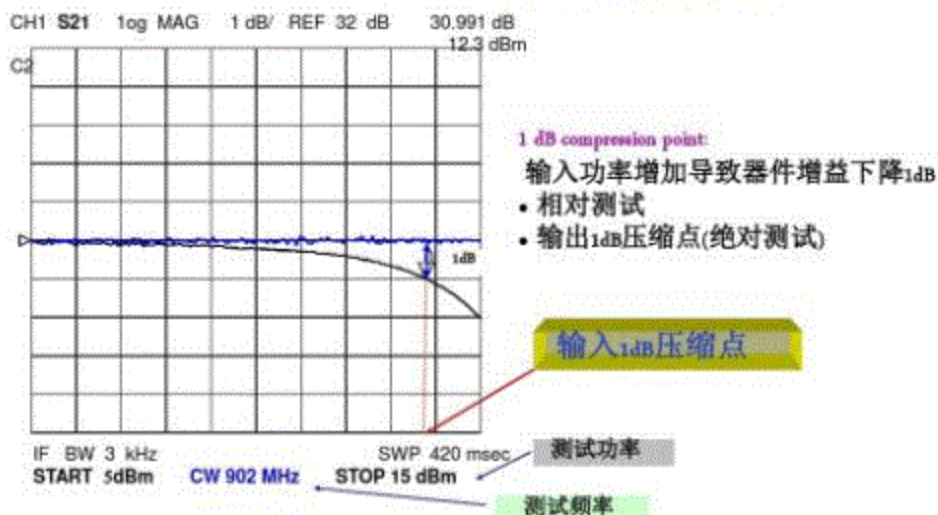
Nonlinear Networks

器件饱和、串扰、交调等非线性过程导致传输信号波形失真



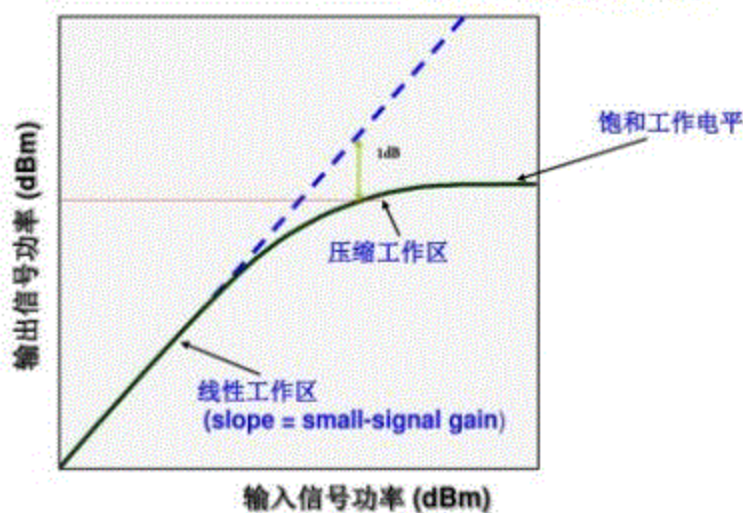
器件的功率动态范围:

输入1dB压缩点



器件的功率动态范围:

输出1dB压缩点

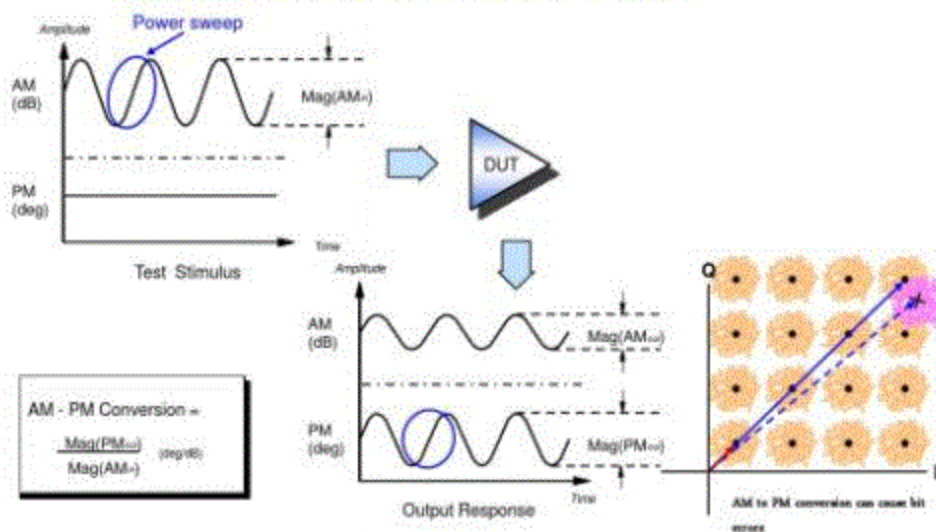


Agilent Technologies

page 19

AM / PM 转换对系统的影响

输入功率对器件相位特性的影响



Agilent Technologies

page 20



网络分析仪

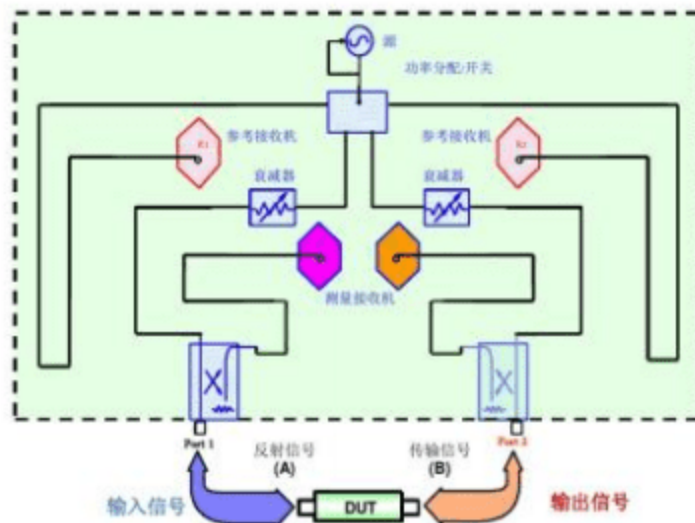
- 网络分析仪测试基本概念
- 网络分析仪 工作原理
- 误差和校准
- ENA
- PNA



Agilent Technologies

page 21

网络分析仪组成框图

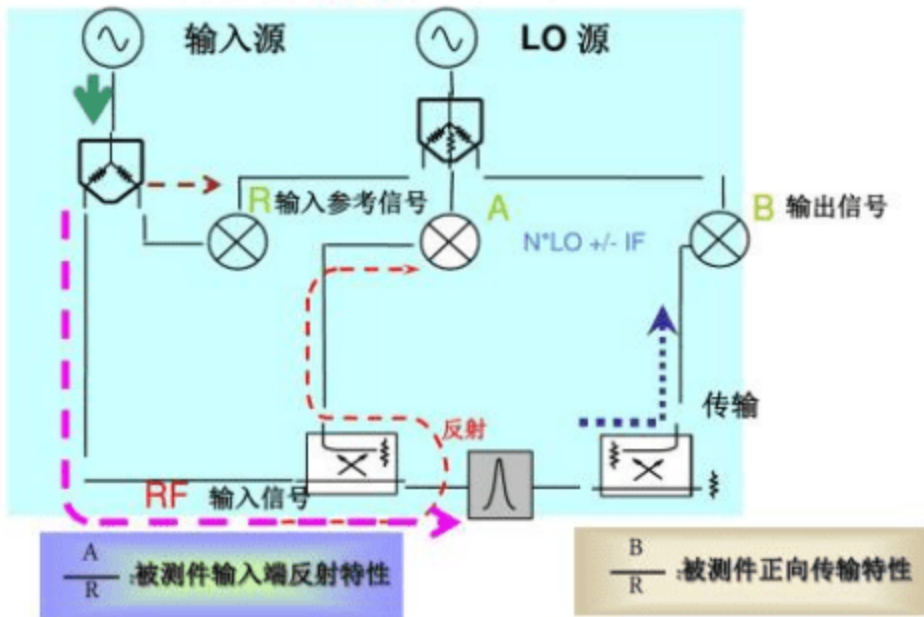


网络分析仪组成

- 信号源
- 信号分离装置
- 接收机
- 处理显示单元

原创力文档
www.book118.com
预览与原文档一致, 下载高清无水印

网络分析仪测试信号流程



信号源

- 提供被测件激励信号
- 具备频率和功率扫描功能
- 合成源实现



频率合成源

源功率控制部分:

ALC: 小范围功率调整, 功率扫描

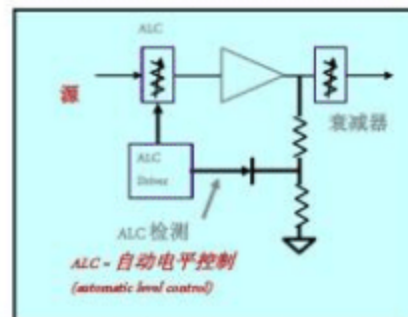
+
衰减器: 大范围功率调整

端口稳定点频输出:

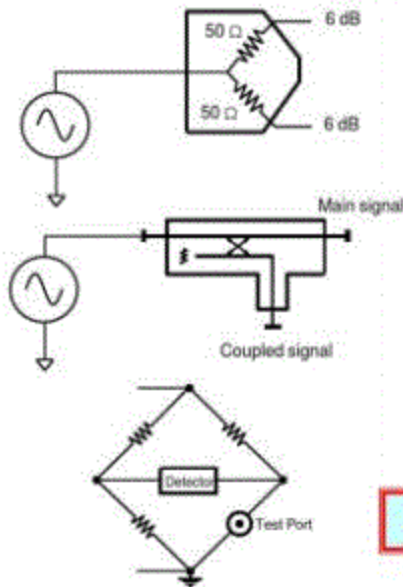
span=0Hz, max sweep time



源功率控制

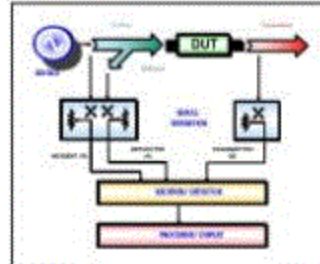


信号分离装置



- 功分器
- 提供参考信号
- 宽频率覆盖

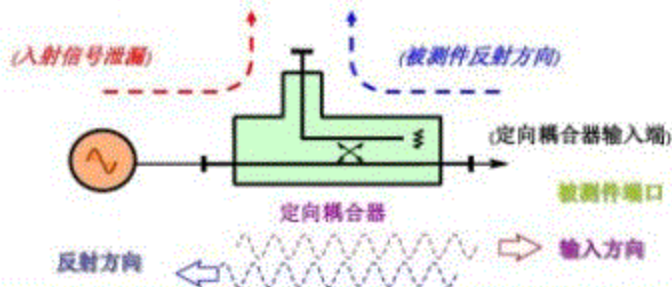
- 定向耦合器
- 电桥
- 方向性
- 低插入损耗



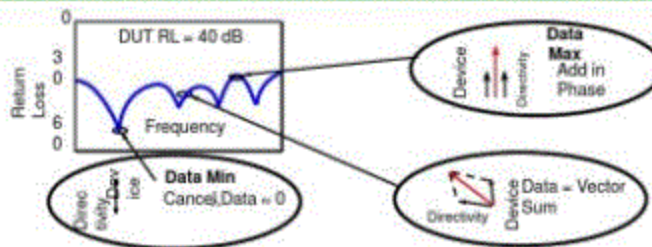
定向耦合器连接端点, 反射特性测试点

定向耦合器用于器件反射性能测试

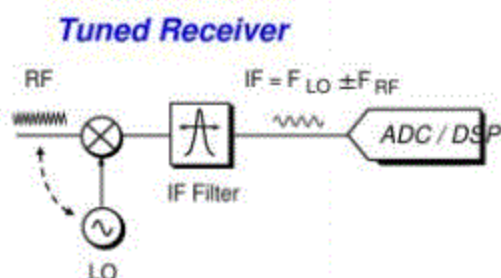
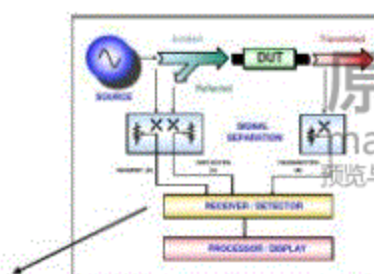
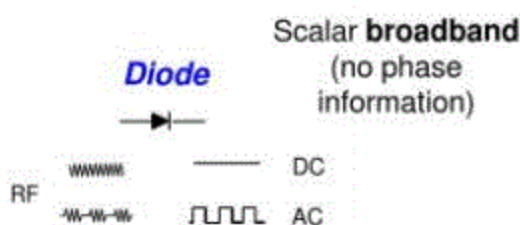
Directivity 方向性
反映定向耦合器
分离两个相反传输
方向信号的能力。



被测件反射信号
与定向耦合器泄漏的
输入信号
在接收机端矢量叠加
影响测试精度



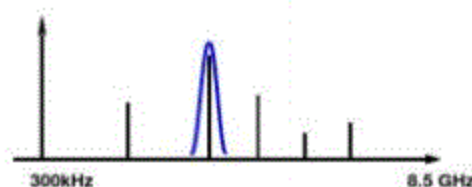
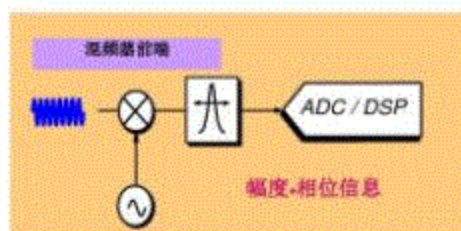
接收机类型



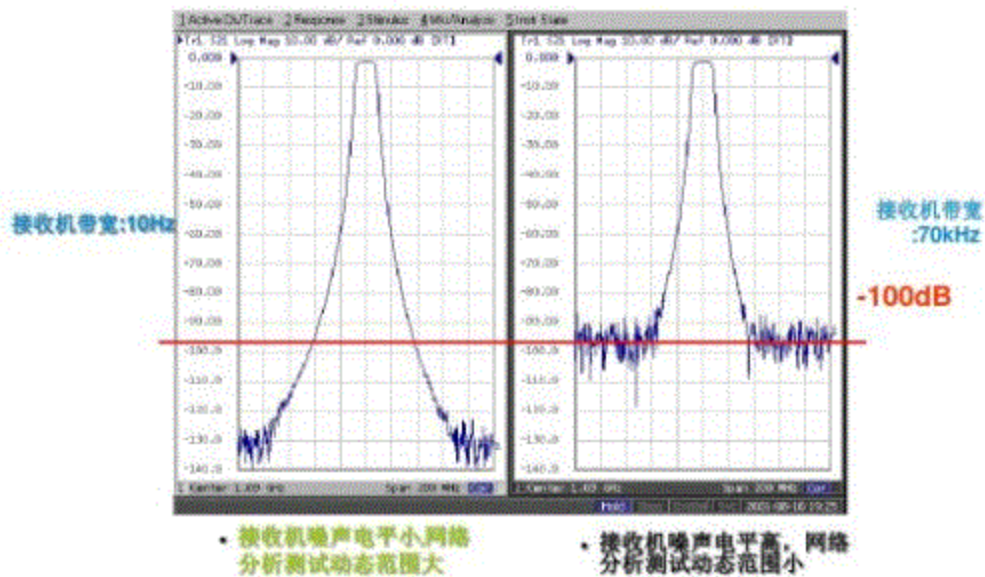
Vector
(magnitude and phase)

调谐接收机的特点

- 高灵敏度接收机
- ENA 采用混频方式接收机
- 接收机噪声电平与其接收带宽有关
- 网络分析仪要求大测试动态范围
- 对被测件输出杂波/谐波有抑制作用
- 接收机带宽在测试动态范围和测试速度间折衷

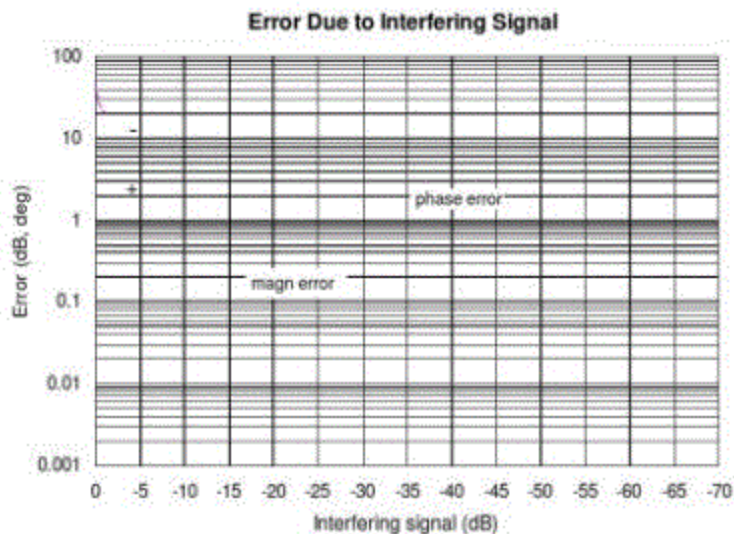


网络分析仪的测试动态范围



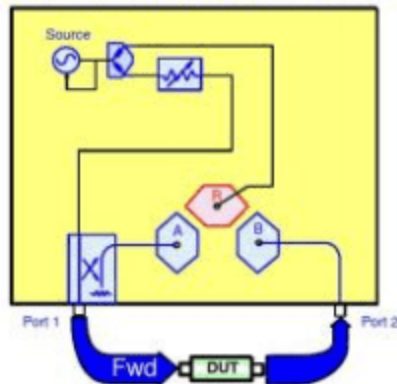
网络分析仪测试动态范围和测试精度

网络分析仪测试精度与测试动态范围关系



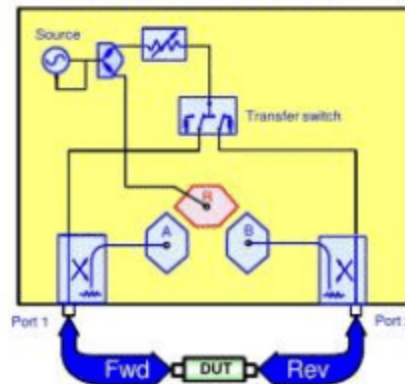
T/R vs S-Parameter Test Sets

Transmission/Reflection Test Set



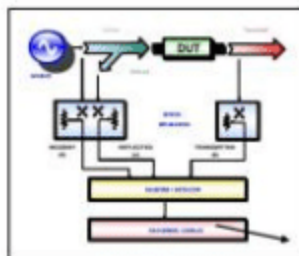
- RF always comes out port 1
- port 2 is always receiver
- **response, one-port cal** available

S-Parameter Test Set



- RF comes out port 1 or port 2
- forward and reverse measurements
- **two-port calibration** possible

显示处理单元



- 标识(marker) 读取测试结果
- 极限判断(limit lines)
- 显示比例和标识
- 文件处理
-





网络分析仪

原创力文档

max.book118.com

预览与源文档一致, 下载高清无水印

- 网络分析仪测试基本概念
- 网络分析仪 工作原理
- 误差和校准
- ENA
- PNA

网络分析仪测量误差



系统误差

- 由于测试仪表原理或测试设备引起
- 变化有规律
- 能够被定量描述
- 可通过校准消除



随机误差

- 随时间随机变化
- 不能通过校准消除
- 引起随机误差的原因:
 - 设备噪声
 - 开关重复性
 - 连接器重复性

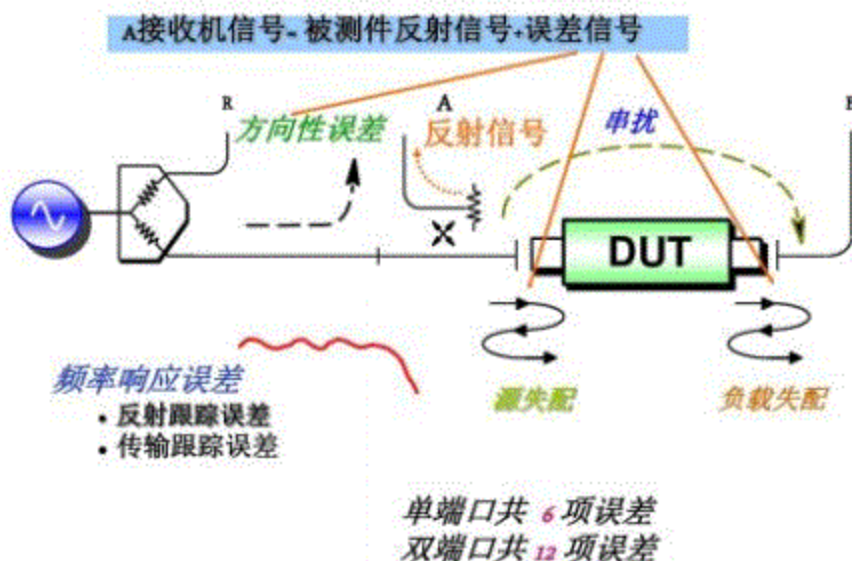


漂移误差

- 校准后仪表性能变化
- 主要由温度变化造成
- 通过定期计量消除

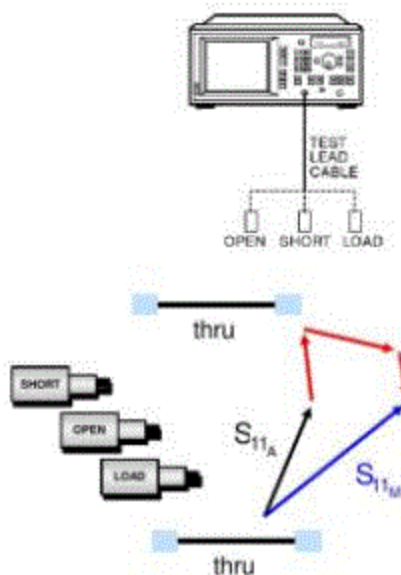


反射参数测试误差分析



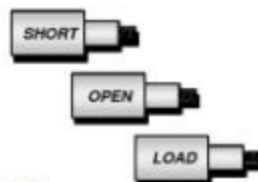
校准的基本分类

- **频响校准 (response 校准) = 归一化处理 (normalization)**
 - 简单
 - 只能消除跟踪误差 (频响误差)
 - 相当于归一化处理 (Data $\rightarrow$ mem, Data/mem)
- **矢量校准**
 - 需要测试更多校准件
 - 可消除更多误差项目
 - 要求矢量测试能力



校准的概念

- 校准网络分析仪误差的过程
 - 测量参数已知的标准件,得到误差项
 - 将测试结果中误差项成份消除
- 反射测试
 - 存在三项误差:方向性,源失配,反射通道频率响应
 - 频响校准(推荐标准件: short)消除频响误差
 - 1-port 单端校准 消除3项误差
- 反射传输测试
 - 存在12项误差
 - 频响校准(校准件: through) 消除频响误差
 - full 2 port 双端口校准消除12项误差
- cal kit: 定义校准件数据 definition file
- 用户可定义校准件: 校准件定义必须和实际校准件相符



ENA 支持的校准件方式

机械校准件



校准件多次连接
Shorts, Open, Loads, Thru

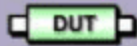
电子校准件(Ecal)



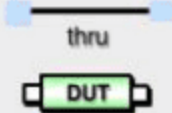
单次连接; 多端口校准
Single Connection

不同的校准方法总结

1. 不校准



2. 频响校准



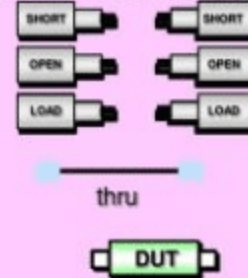
- 方便
- 消除频率相应误差
- 不要求高精度
- 传输测试-直通
- 反射测试-短路

3. 1-PORT单端校准



- 反射测试
- 消除测试端口所有误差
- Directivity
- Source match
- Reflection tracking
- 校准件:
 - open
 - short
 - load

4. FULL 2-PORT双端校准



- 复杂, 校准件多次连接
- 高精度
- 消除测试中所有误差:
 - Directivity
 - Source, load match
 - Reflection tracking
 - Transmission tracking
 - Crosstalk

TRL校准

Thru-Reflect-Line

TRL校准的特点:

- 双端口校准技术
- 适合非同轴系统测试 (waveguide, fixtures, wafer probing)
- 与SOLT校准使用相同的12项误差模型
- 要求网络分析仪 4 接收机, 3 接收机支持TRL校准

其它校准方法:

- Line-Reflect-Match (LRM), Thru-Reflect-Match (TRM)



网络仪功率校准确保源功率精度 • 保证测试端口输出功率准确 •

与ENA兼容的功率计 437B (Single ch • 不同测试通道和测试端口分别 438A (Dual ch
EPM-441A (Single ch 设置 EPM-442A (Dual ch E4416A (Single ch E4417A (Dual ch
E4418A (Single ch E4418B (Single ch E4419A (Dual ch E4419B (Dual ch