

实验七

矢量网络分析仪的使用



实验注意事项及要求

- 严格按照实验操作规范进行操作，注意安全，不要损坏仪器（同轴电缆连接到网络分析仪的端口时，要注意公头母头的配对，旋转螺纹时一定要对正，不能强行旋转，以防损坏接头）；
- 按照实验内容完成实验操作，记录相关测量数据，完成实验报告。



实验目的

1. 了解矢量网络分析仪的基本原理与测试原理；
2. 熟悉矢量网络分析仪的基本使用和校准、测量操作；
3. 测量并了解不同传输线的特性。



网络分析仪的用途

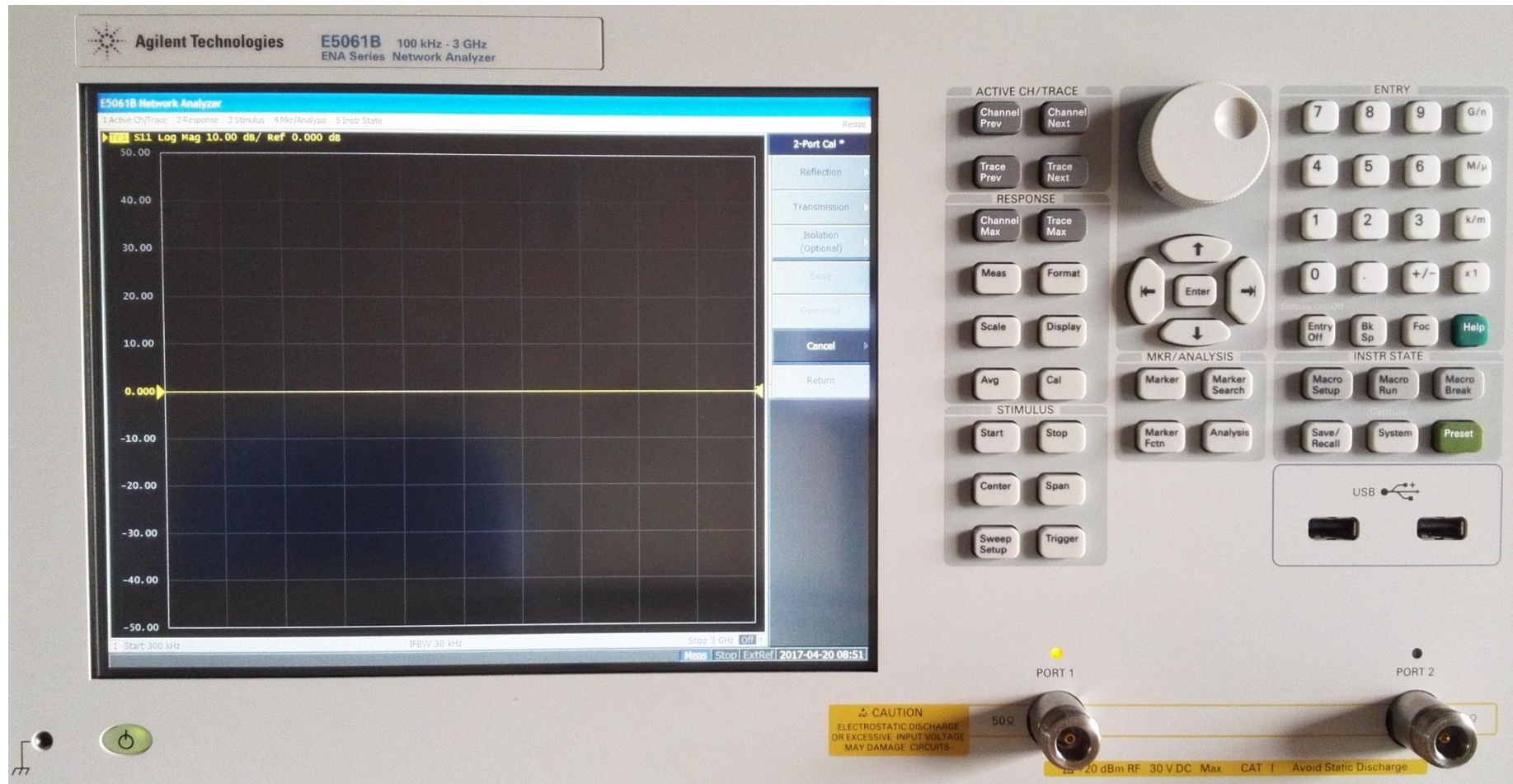
- 网络分析仪功能很多，被称为“仪器之王”，是射频微波领域的万用表；
- 网络分析仪器是一种电磁波能量的测试设备。它既能测量单、两、多端口网络的各种参数幅值，又能测相位，矢量网络分析仪能用史密斯圆图显示测试数据；
- 网络分析仪既能测量单端口网络或两端口网络的各种参数幅值，又能测相位，矢量网络分析仪能用史密斯圆图显示测试数据；
- 标量网络分析仪
 - 主要就是测传输、驻波比。不能运用史密斯圆图，也就不能测试阻抗
- 矢量网络分析仪
 - 矢量网络分析仪，具备标量网络分析仪的功能外，还有史密斯圆图，能测试阻抗

矢量网络分析仪E5061B面板图（正面）





矢量网络分析仪E5061B面板图（正面）





矢量网络分析仪E5061B面板图（正面）

选中前一个或后一个通道

选中前一个或后一个轨迹

测量参数、数据显示格式、窗口缩放、显示、平均值校准等

测量频率起始、终止、中心频率、扫宽设置；扫频设置；触发设置



旋转输入及按下确认

数字，小数点及正负号输入

频标相关

保存或载入

系统设置

GHz/nH

MHz/uF

KHz/nH

表示不加前缀

关闭数据输入栏显示

聚焦选中

宏设置、运行、中断

重置系统设置状态

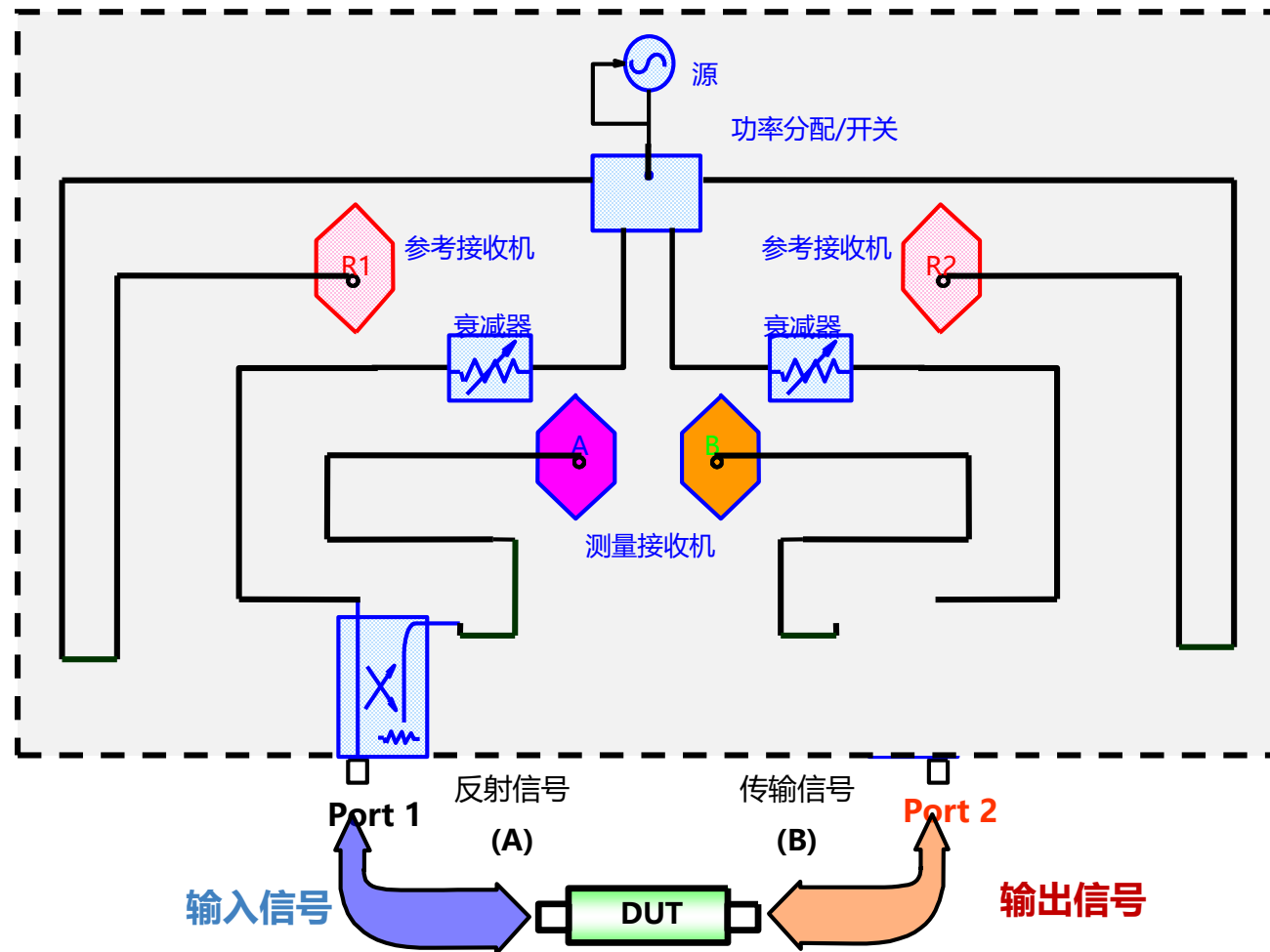


E5061B面板图（背面）





网络分析仪组成框图

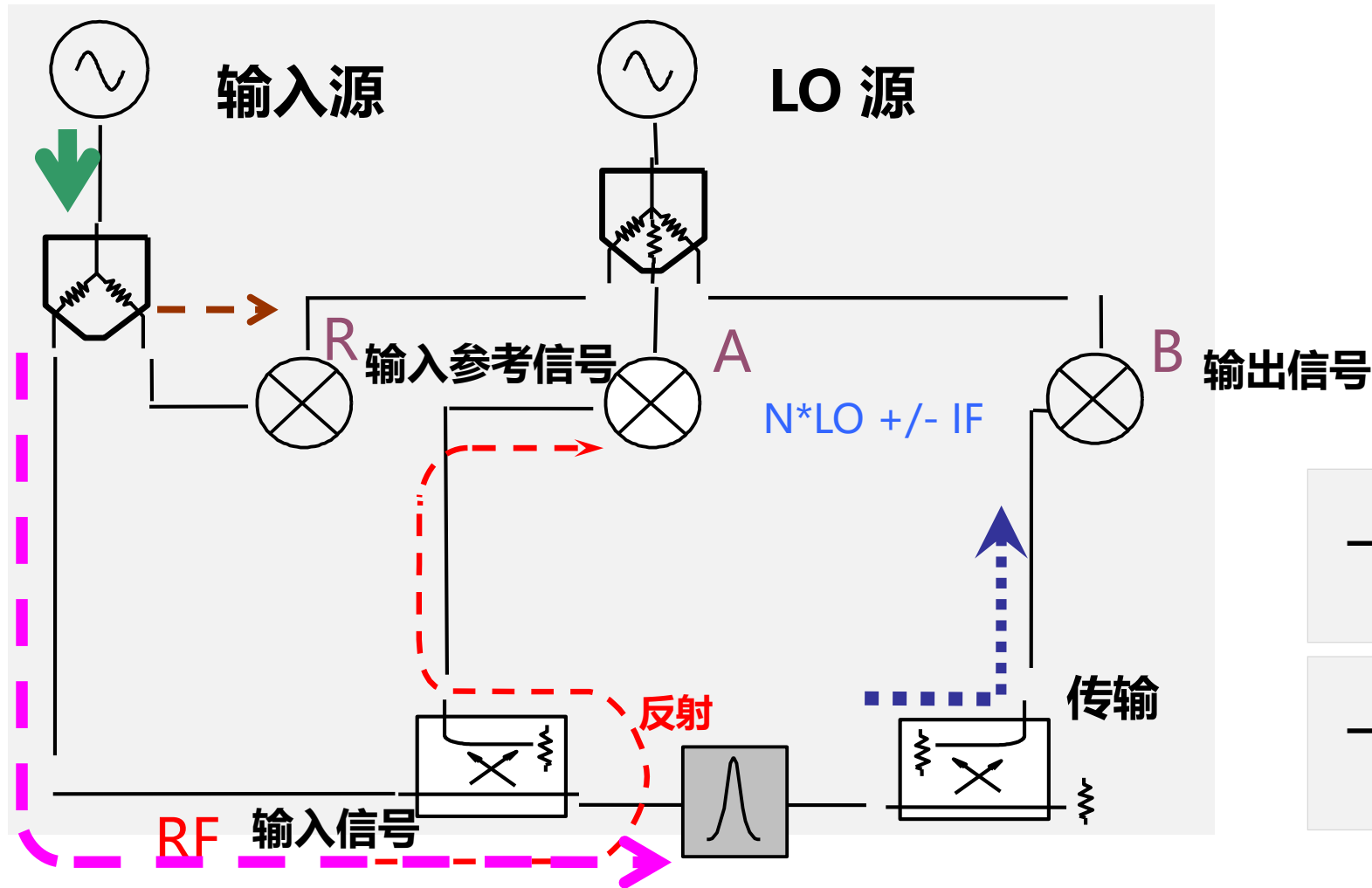


网络分析仪组成

- 信号源
- 信号分离装置
- 接收机
- 处理显示单元



网络分析仪测试信号流程



$\frac{A}{R}$:被测件输入端反射特性

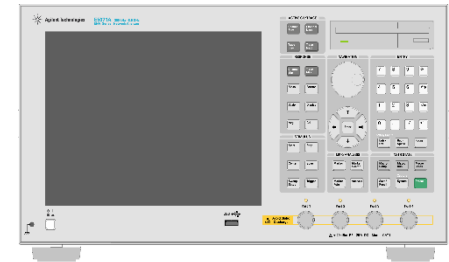
$\frac{B}{R}$:被测件正向传输特性



矢量网络分析仪的信号源

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

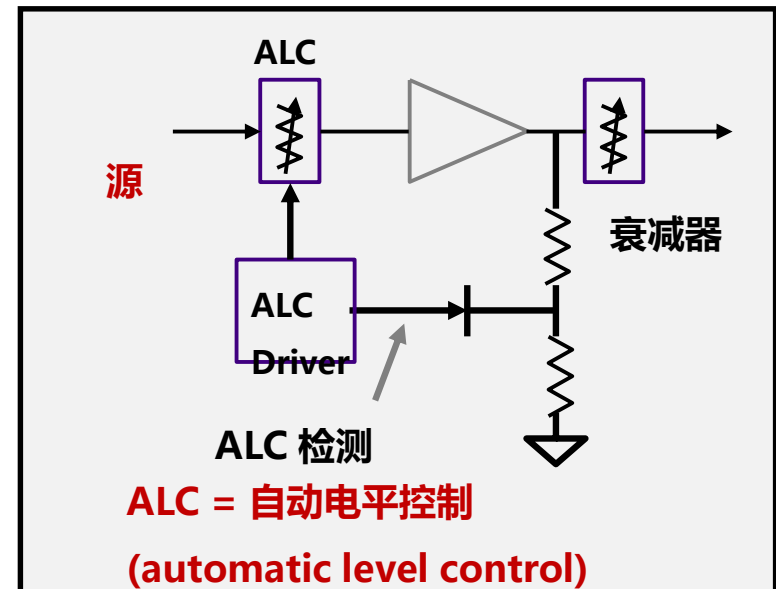
源功率控制部分 = ALC: 小范围功率调整,
功率扫描 + 衰减器: 大范围功率调整

Range1
Range2
Range3
....

端口稳定点频输出:

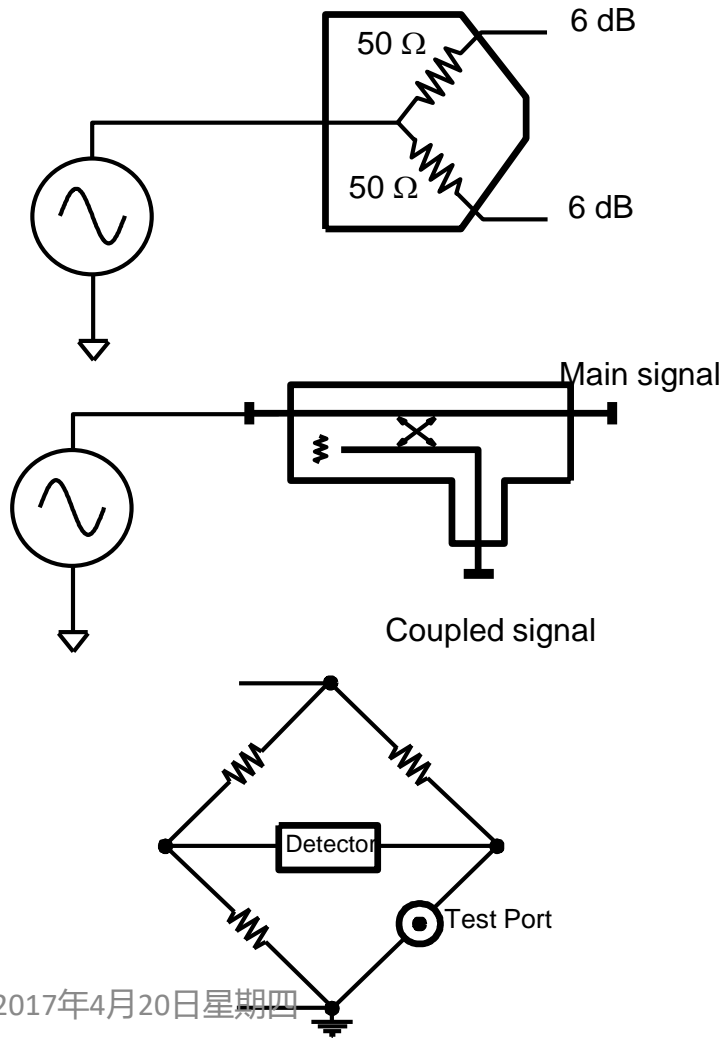
span=0Hz, max sweep time

源功率控制

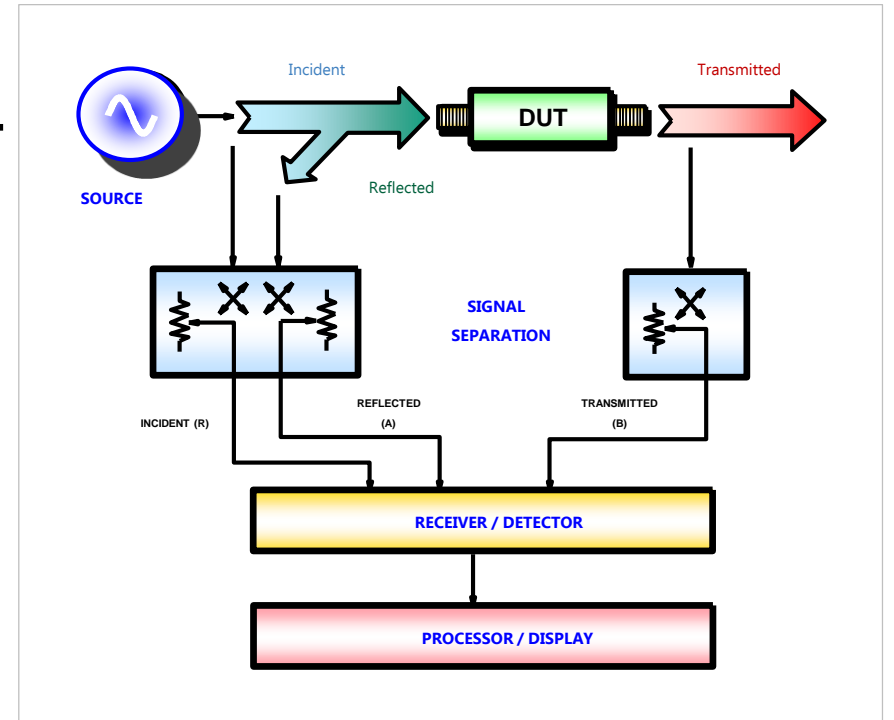




信号分离装置



- **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

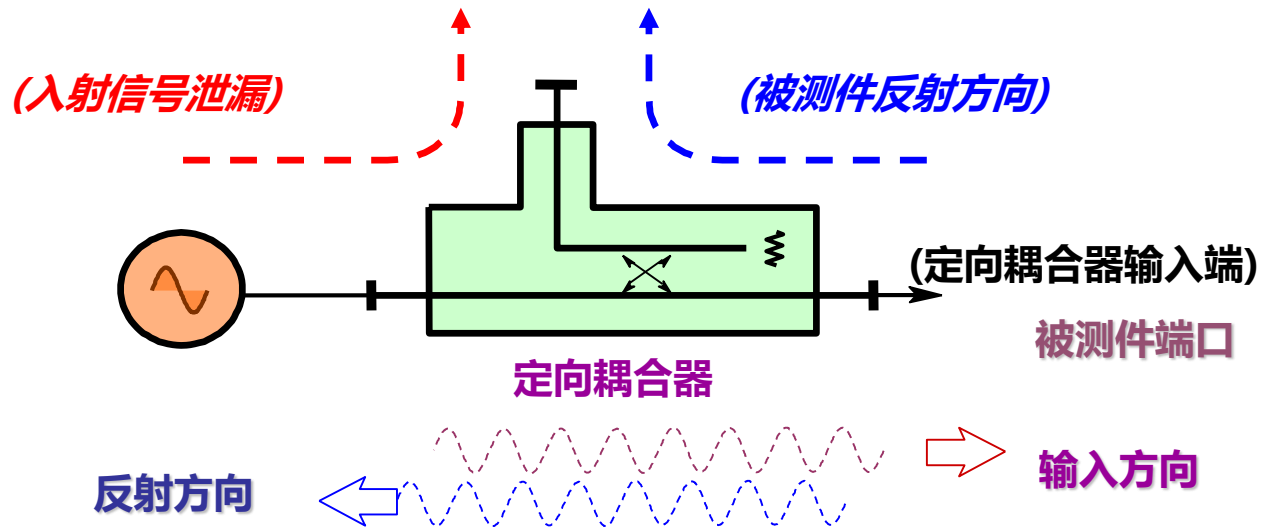


定向耦合器连接端点: 反射特性测试点

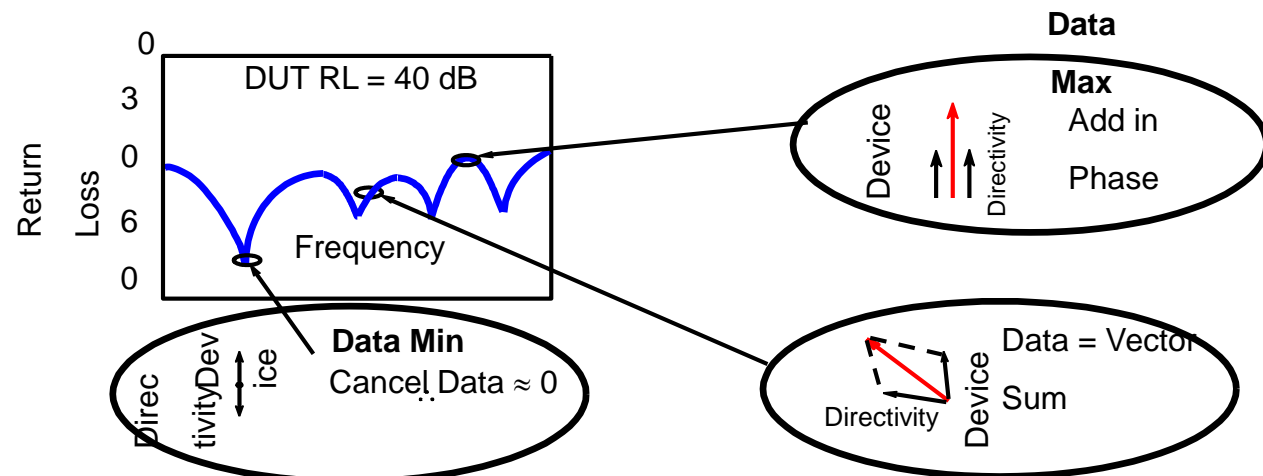


定向耦合器用于反射性能测试

- 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





网络分析仪测量误差

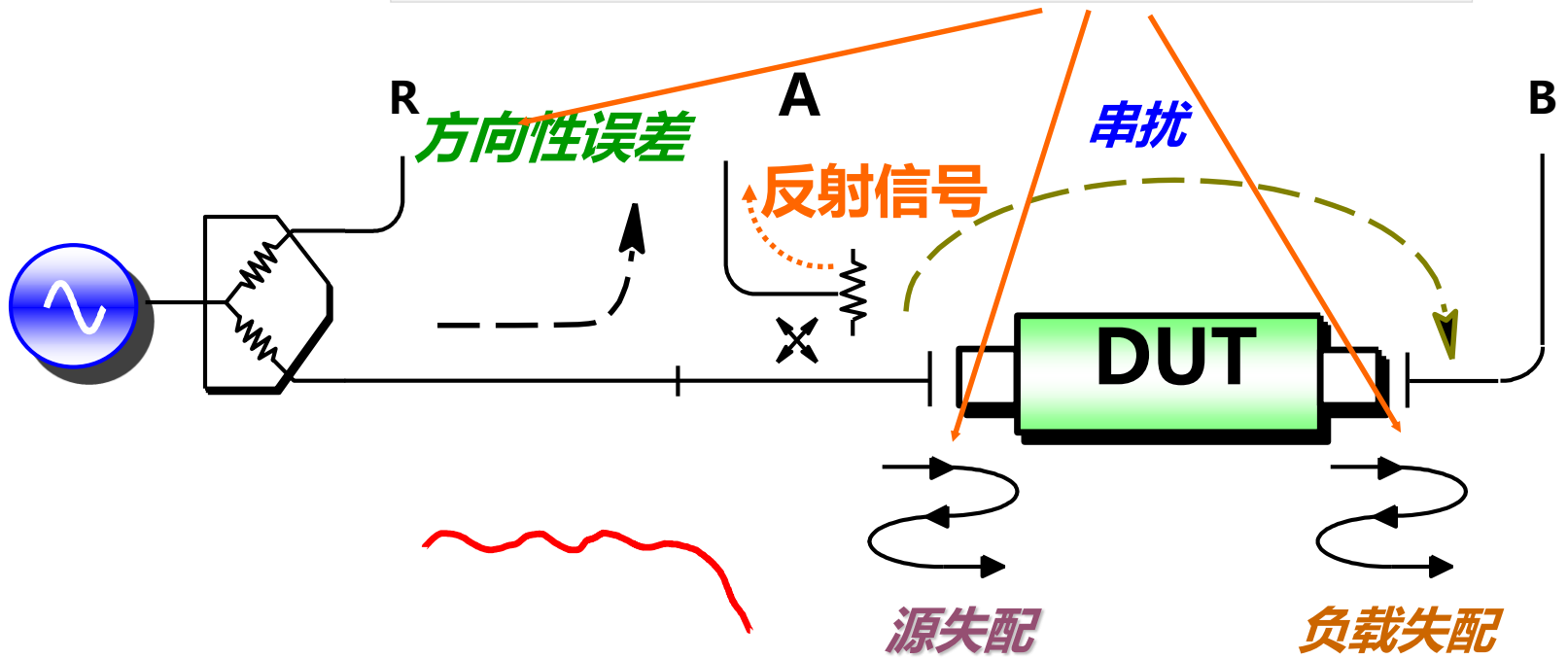


系统误差	随机误差	漂移误差
<ul style="list-style-type: none"> • 由于测试仪表原理或测试设备引起 • 变化有规律 • 能够被定量描述 • 可通过校准消除 	<ul style="list-style-type: none"> • 随时间随机变化 • 不能通过校准消除 • 引起随机误差的原因: <ul style="list-style-type: none"> • 设备噪声 • 开关重复性 • 连接器重复性 	<ul style="list-style-type: none"> • 校准后仪表性能变化 • 主要由温度变化造成 • 通过定期计量消除



反射参数测试误差分析

A接收机信号 = 被测件反射信号 + 误差信号



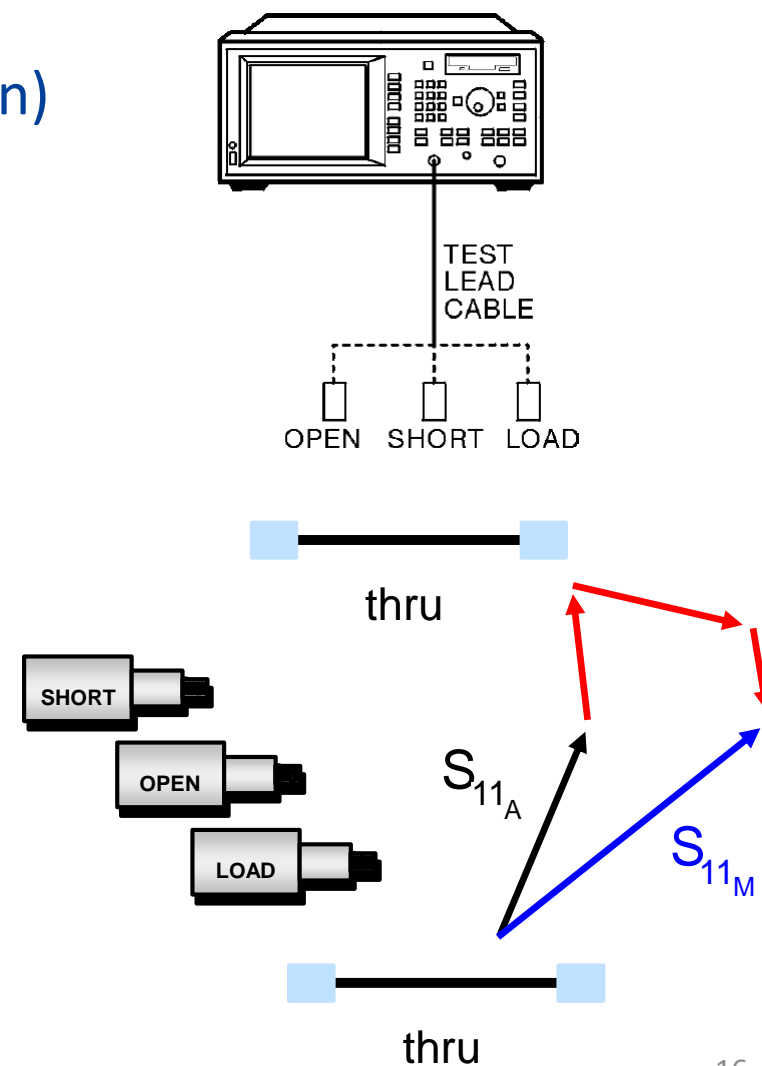
- 频率响应误差
 - 反射跟踪误差
 - 传输跟踪误差

- 单端口共 6 项误差
- 双端口共 12 项误差



校准的基本分类

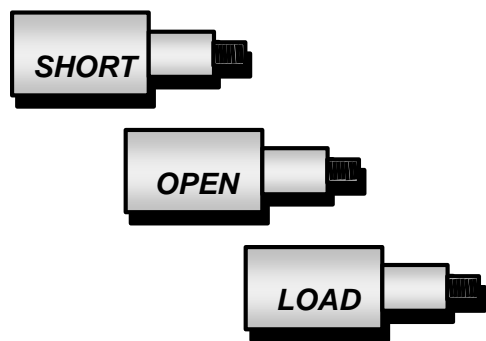
- 频响校准 (response校准)=归一化处理(normalization)
 - 简单
 - 只能消除跟踪误差(频响误差)
 - 相当于归一化处理(Data mem, Data/mem)
- 矢量校准
 - 需要测试更多校准件
 - 可消除更多误差项目
 - 要求矢量测试能力



校准的概念



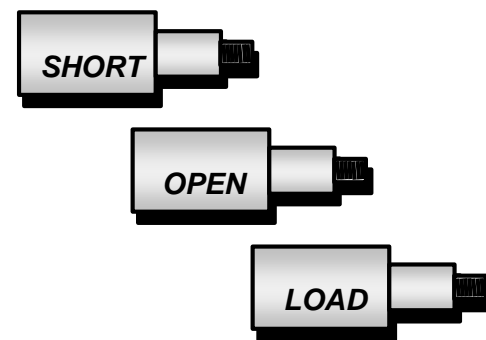
- 校准网络分析仪误差的过程
- 测量参数已知的标准件,得到误差项
- 将测试结果中误差项成份消除
- cal kit: 定义校准件数据 definition file
- 用户可定义校准件: 校准件定义必须和实际校准件相符



测试中的校准



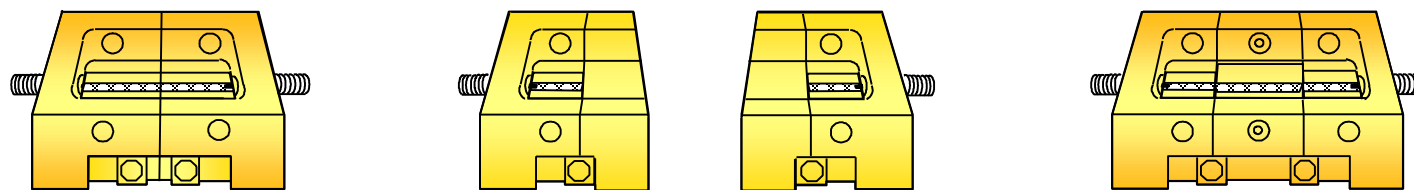
- 反射测试
 - 存在三项误差:方向性,源失配, 反射通道频率响应
 - 频响校准(推荐标准件: short)消除频响误差
 - 1-port 单端校准 消除3项误差
- 反射传输测试
 - 存在12项误差
- 频响校准(校准件: through) 消除频响误差
- full 2 port 双端口校准消除12项误差





TRL校准 (Thru-Reflect-Line) 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)





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



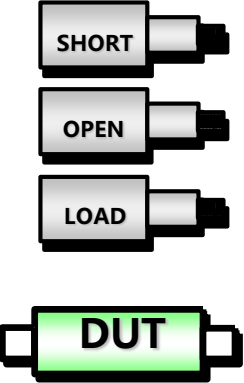
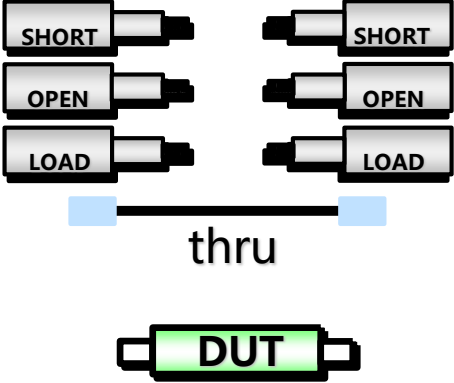
电子校准件(Ecal)



- 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



不同的校准方法总结

不校准	频响校准	1-PORT单端校准	FULL 2-PORT双端
			
	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 反射测试 消除测试端口所有误差 <ul style="list-style-type: none"> Directivity Source match Reflection tracking 校准件: <ul style="list-style-type: none"> Open , Short , load 	<ul style="list-style-type: none"> 复杂,校准件多次连接 高精度 消除测试中所有误差: <ul style="list-style-type: none"> Directivity , Source, load match , Reflection tracking , Transmission tracking Crosstalk



基本操作

1. 设置测量参数

- ① 预设：Preset->OK;
- ② 选择测试参数S11：Meas->S11;
- ③ 设置数据显示格式为对数幅度格式：Format->LogMag;
- ④ 设置频率范围：Start->1.5GHz，Stop->2.5GHz（面板键盘上“G”代表GHz，“M”代表MHz，“k”代表kHz）；
- ⑤ 设置扫描点数：Sweep Setup->Points->101->x1（或“Enter”键或按下大按钮）；
- ⑥ 设置信号源扫描功率：Sweep Setup->Power->Foc->-10->x1->Entry Off（隐藏设置窗）。



仪器校准

2. 单端口校准

- ① 设置校准件型号：Cal->Cal Kit->85032F（或自定义/user）（F指femal母头校准件，M指male公头校准件）；
- ② Modify Cal Kit->Specify CLSs->Open->Set All->Open(m/f),返回到Specify CLSs->Short->Set ALL->Short(m/f)；
- ③ 选择单端口校准并选择校准端口：Cal-Calibrate->1-Port Cal->Select Port->1（端口1的校准，端口2也可如此操作）；
- ④ 把Open校准件连接到端口（或与校准端口相连的同轴电缆另一连接端），点击Open，校准提示（嘀的响声）后完成Open校准件的测量；
- ⑤ 把Short校准件连接到端口（或与校准端口相连的同轴电缆另一连接端），点击Short，校准提示（嘀的响声）后完成Short校准件的测量；
- ⑥ 把Load校准件连接到端口（或与校准端口相连的同轴电缆另一连接端），点击Load，校准提示（嘀的响声）后完成Load校准件的测量；
- ⑦ 点击Done，完成单端口的校准。



仪器校准

3. 双端口校准

- ① 在单端口校准完成后，直接进行双端口的校准，不能按Preset按钮，否则要重新选择校准件进行校准；
- ② 选择二端口校准：Cal->Calibrate->2-Port Cal；
- ③ 点击Reflect，进入界面后，在1端口和2端口分别接入Open,Short,Load三种校准件，每接入一个校准件后，点击相应选项完成校准。所有步骤完成后，点击Retrun返回。
- ④ 点击Transmission，在1端口和2端口之间接入直通连接，点击Port 1-2 Thru，进行校准。完成后，点击Retrun 返回。
- ⑤ 点击Done，完成双端口的校准。



调整数据或图形显示

4. 调整显示面板显示刻度

- ① 纵轴格数设置：Scale->Divisions->30->x1->Entry Off;
- ② 设置每格范围：Scale/Div->10->x1->Entry Off;
- ③ 设置参考格：Reference Position->20->x1->Entry Off。



测量结果记录

5. 结果记录操作

- ① 设置Marker并读取测试参数幅度值：Marker->Foc->2000->M->Entry Off;
- ② 找出测量范围内测量参数的最大值及对应频率：Marker->Marker n（由设置的marker个数确定）->Marker Search->Max;
- ③ 以表格形式显示标记数值：Marker Rctn->Marker Table;
- ④ 背景反色：Display->Invert Color；
- ⑤ 截屏保存数据图像：System->Dump Screen Image...->修改文件名并保存（保存到U盘后请删除）
- ⑥ 点击屏幕功能菜单上方的Resize，最小化显示窗口，从D盘拷贝数据到U盘；
- ⑦ 以数据形式保存结果：Save/Recall->Save Trace Data...->修改文件名，将数据以CSV格式保存。



参数测量

1. 终端负载分别为Open,Short,Load负载时，测量其S11参数，截图保存数据（曲线要在表格的合适位置，不能在表格顶部或底部）。
 - ① 按下“Meas”按钮->选择“S11”；
 - ② 按下“Scales”按钮->选择“Divisions”->根据显示情况需要设置值；
 - ③ 按测量结果记录操作记录数据。
2. 双端口校准后，直接测量直通件的S参数，截图保存数据。分析为什么会得到这样的图形？



实验报告内容

- 找资料说明矢量网络分析仪的主要构成。
- 找资料说明矢量网络分析仪在射频测量、设计、调试中的应用。
- 找资料说明矢量网络分析仪在测量中的校准要求及方法。
- 找资料说明矢量网络分析仪在测量中引入的误差来源及处理方法。