

ベクトル・ネットワーク・アナライザ校正の基礎



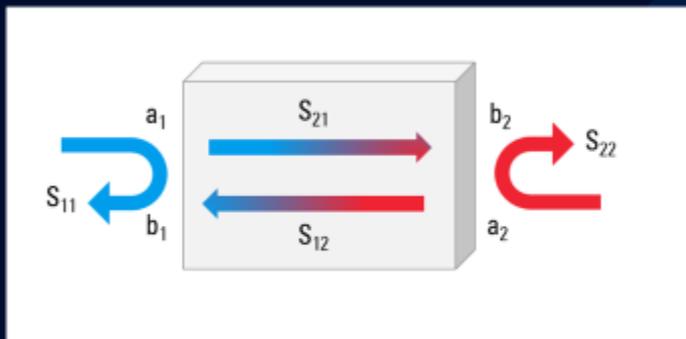
ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



おすすめの視聴方法

Sパラメータの基礎



ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



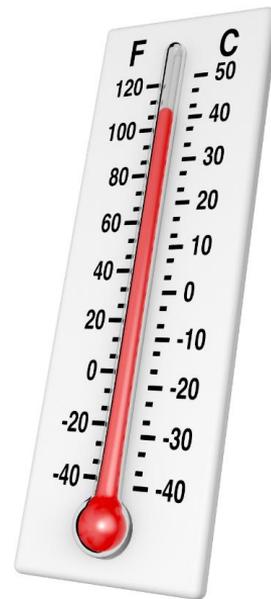
ネットワーク測定のエラー

- ▶ RF 計測器の中で、VNA 測定は通常、最高の確度と再現性を求められます
- ▶ VNA 測定における 3 種類の測定エラー：
 - ドリフトエラー
 - ランダムエラー
 - システムティックエラー
- ▶ エラーは、振幅と位相 (ベクトル量) の両方の不確かさです



ドリフトエラーについて

- ▶ 校正後の環境変化によるドリフトエラー
 - 主に温度変化
- ▶ テスト環境を制御することで最小化 / 機器をウォームアップする
- ▶ 追加校正によって削減することも可能
- ▶ ドリフトエラーを取り除くことはできず、最小化のみが可能



ランダムエラーについて

- ▶ ランダムエラーは、主にテストセットアップが原因で発生する
 - 測定器のノイズ
 - 測定方法
 - ケーブル、コネクタなど
- ▶ 経時変化、再現性、予測性がない
- ▶ 高品質な計測器と適切な測定方法により最小化
- ▶ ランダムエラーは除去できず、最小化のみが可能



システムティックエラーについて

- ▶ システムティックエラーは、再現可能で予測可能であり、時間の経過とともに変化しない
- ▶ VNA およびテストセットアップにおける理想的でない部品が原因
 - VNA の欠陥
 - ケーブル損失
 - インピーダンスのミスマッチ
- ▶ システムティックエラーは、校正によって (ほぼ) 完全に除去できる



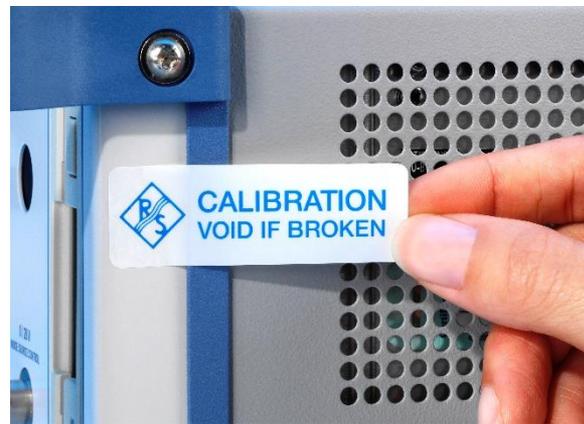
校正とは？

- ▶ 校正により、測定結果からシステムティックエラーが除去される
- ▶ 校正の手順:
 - 測定セットアップと目的の結果に基づいて校正タイプを選択する
 - 適切なポイントで校正標準器を接続する
 - 校正ルーチンを実行し、応答を測定する
 - 通常、複数の手順が必要
 - 校正データは、DUT の測定時に結果を補正するために使用される



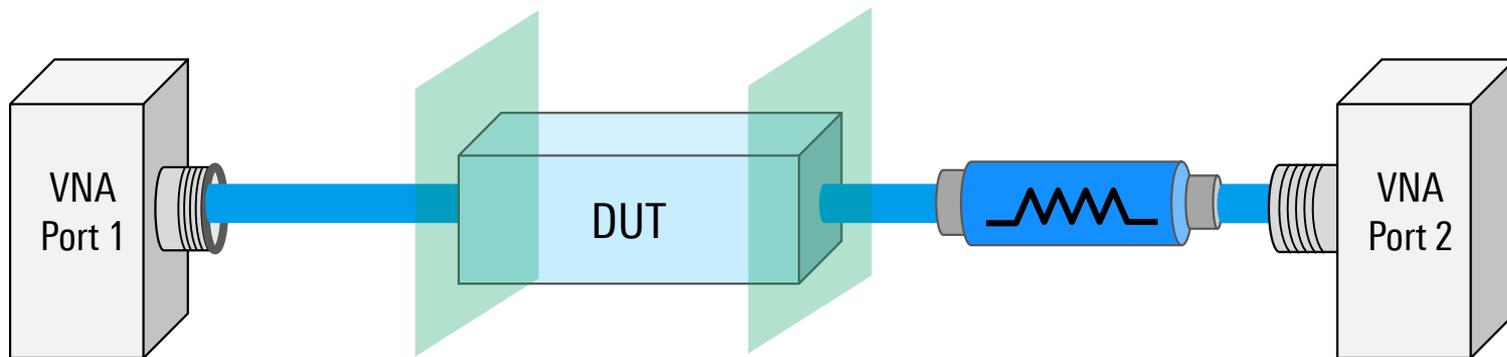
測定校正と機器校正

- ▶ 測定校正は機器校正とは異なる
- ▶ 測定校正
 - システムティックエラーを取り除く
 - ユーザーが実行
 - 通常頻繁に繰り返される
- ▶ 機器の校正
 - 計測器の性能が仕様の範囲内であることを確認
 - サービスセンターまたは校正センターが実施
 - 通常、数年ごとに繰り返される



キャリブレーションプレーンまたは基準面

- ▶ キャリブレーションプレーン(または基準面)は、校正が行われる場所
- ▶ テスト対象のデバイスは通常、VNA ポートに直接接続されない
- ▶ 校正は、キャリブレーションプレーンまたは基準面までのすべての影響を取り除く



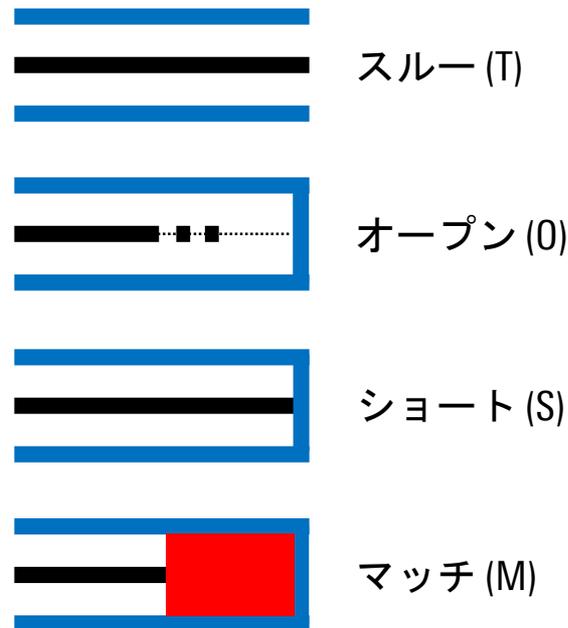
校正標準器 / キットとは何ですか？

- ▶ 校正標準器は、通常校正キットで提供される
- ▶ 校正標準器は、振幅と位相応答が正確にわかっているターミネーションまたはカップラである
 - 校正キット定義ファイルに含まれるデータ
 - 多くの場合、定義は機器にプリロードされているか、インポートが可能 (USBメモリなど)
- ▶ キャリブレーションプレーン / 基準面に接続して測定し、校正中に測定される



校正標準

- ▶ 最も一般的な校正標準器は次の通り
 - スルー (T)
 - オープン (O)
 - ショート (S)
 - マッチ (M)
- ▶ 現実世界の基準器は理想的ではない
 - 特に広い周波数範囲において
- ▶ 使用中の特定の規格を説明するデータが必要



自動校正ユニット

- ▶ 校正中に電子的に切り替えられる校正標準器を含む
 - VNA による制御 (通常は USB 経由)
- ▶ 内部標準器の校正データは校正ユニットに保存され、アナライザによって自動的に読み取られる
- ▶ オペレータの介入を最小限に抑えられる
 - マニュアル校正よりもはるかに高速
 - オペレーターによるエラーを低減
 - 標準器の摩耗が少ない



校正タイプとは何ですか？

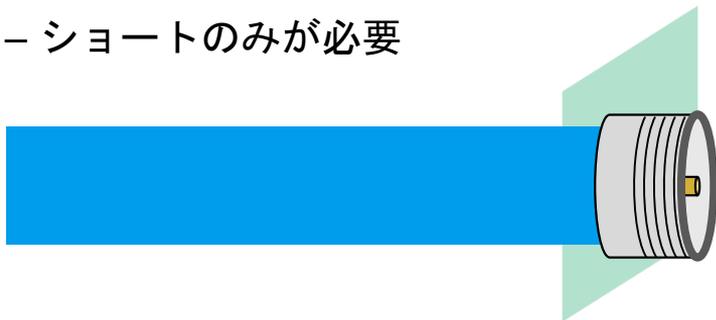
- ▶ 校正タイプは、使用する校正標準器とそれらの接続方法を定義する
- ▶ 校正タイプは、以下に基づいて選択される
 - ポート数
 - 測定方向
 - 必要な確度
 - 所要時間
 - 利用可能な校正標準器

- 反射ノーマライゼーション
- フル1ポート校正 (OSM)
- 伝送ノーマライゼーション
- 1パス2ポート校正
- フル2ポート校正 (TOSM)
- フル2ポート校正 (UOSM)

1ポート校正

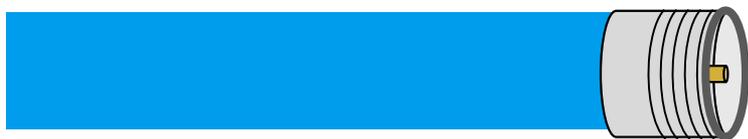
- ▶ 反射測定に使用
- ▶ フル1ポート校正 (OSM)
 - 時間を要するが、より正確
 - オープン、ショート、マッチが必要
- ▶ ノーマライゼーション
 - 時間は短い、正確ではない
 - オープン - オープンのみが必要
 - ショート - ショートのみが必要

校正面



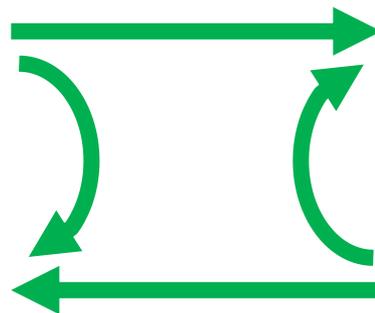
2ポート校正

- ▶ 伝送測定に使用
- ▶ ノーマライゼーション
 - スルーのみが必要
 - 一方向または両方向で行うことができる
- ▶ 1パス2ポート
 - フル1ポート OSM + 伝送ノーマライゼーション
- ▶ フル2ポート校正
 - TOSM
 - UOSM



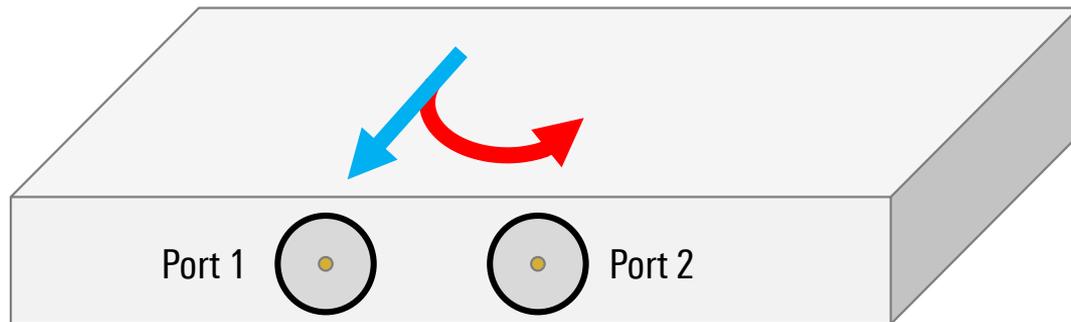
TOSMとUOSM

- ▶ TOSM: スルー、オープン、ショート、マッチ
 - 2ポート測定のも一般的な校正
- ▶ キャリブレーション対象:
 - 両方のポートでの反射測定
 - 両方向の透過測定
- ▶ 8回の掃引が必要
 - 各ポートに3つの1ポート規格 (O、S、M)
 - 2つのポート間を通過
- ▶ UOSM はスルーを「未知 (アンノウンスルー)」に置き換える
 - 通常は一般的なカプラ
 - コネクタの種類が違う場合に便利



アイソレーション測定とは？

- ▶ スルー校正は、アイソレーション測定によって補完できる
- ▶ テストポート間のクロストークを測定
- ▶ アイソレーション測定用の物理的な校正基準がない
 - 通常、テストポートは $50\ \Omega$ 負荷で終端される
- ▶ 最新のネットワーク・アナライザの測定では、重大なエラーの原因にはならない



まとめ

- ▶ 校正は、システムティックエラーを除去するために使用される
 - 基準面／キャリブレーションプレーンまで
- ▶ 校正標準器 (キットとして提供されることが多い) は、所定の順序で校正面に接続されます。
 - スルー、オープン、ショート、マッチ
 - 従来型および自動校正ユニット
- ▶ 測定の種類と所望する確度に基づいて、さまざまな種類の校正が使用される
 - ノーマライゼーション：短時間だが、確度は低い
 - フル校正：時間を要するが、最高の確度が得られる

