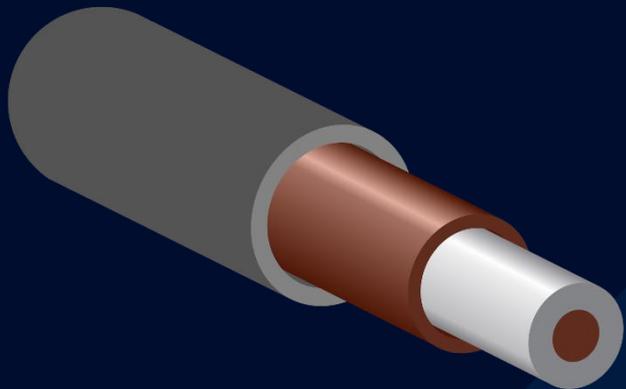


ケーブルインピーダンス測定の基礎



ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



前提条件

スミスチャートの基礎

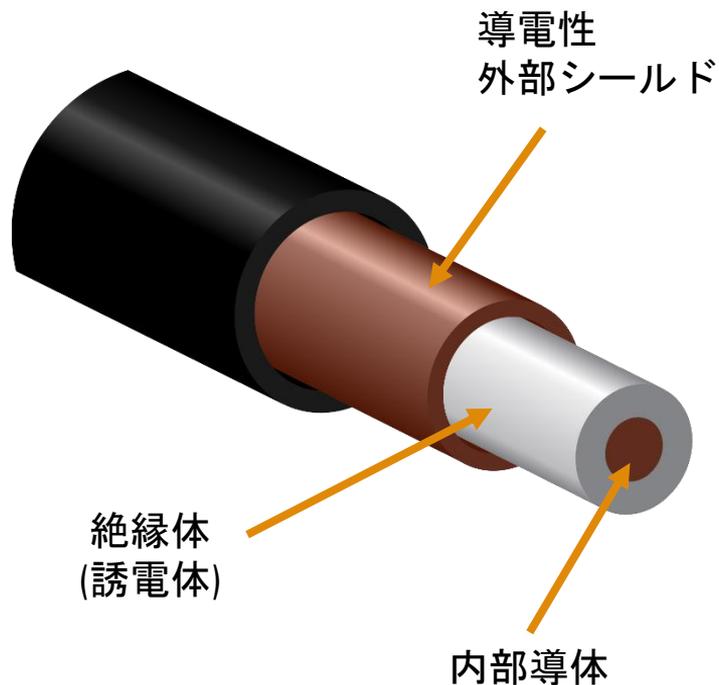


ROHDE & SCHWARZ
Make ideas real



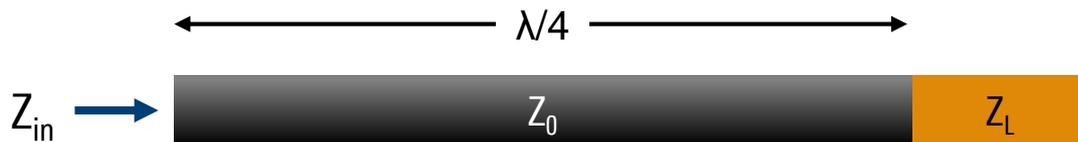
同軸ケーブルについて

- ▶ 同軸ケーブルは以下が含まれている
 - 内部導体
 - 導電性外部シールド
 - その間に存在する絶縁体 (誘電体)
- ▶ ケーブルの特性インピーダンス (Z_0) は、以下の関数となる
 - 内部および外部導体の直径
 - 絶縁体の誘電率
- ▶ さまざまなタイプの特性インピーダンスがあるが、 $50\ \Omega$ または $75\ \Omega$ が一般的である
 - 多くの場合ケーブルのラベルから判断できる
 - ベクトル・ネットワーク・アナライザを使用して測定することもできる



1/4 波長インピーダンス変成器

- ▶ 1/4 波長 (λ)インピーダンス変成器は、次のような伝送線路です
 - 波長 (λ) の 4 分の 1 の長さ
 - 既知のインピーダンス (Z_L) で終端
- ▶ 特性インピーダンス (Z_0) は、既知の Z_L と測定された Z_{in} から計算できる
 - Z_{in} はベクトル・ネットワーク アナライザを使用して測定される



$$\frac{Z_{in}}{Z_0} = \frac{Z_0}{Z_L}$$

$$(Z_0)^2 = Z_{in} \cdot Z_L$$

$$Z_0 = \sqrt{Z_{in} \cdot Z_L}$$



測定手順

OSM校正の実施

Perform OSM
calibration



ケーブルを50 Ωで終端

Terminate cable
with 50 Ω load



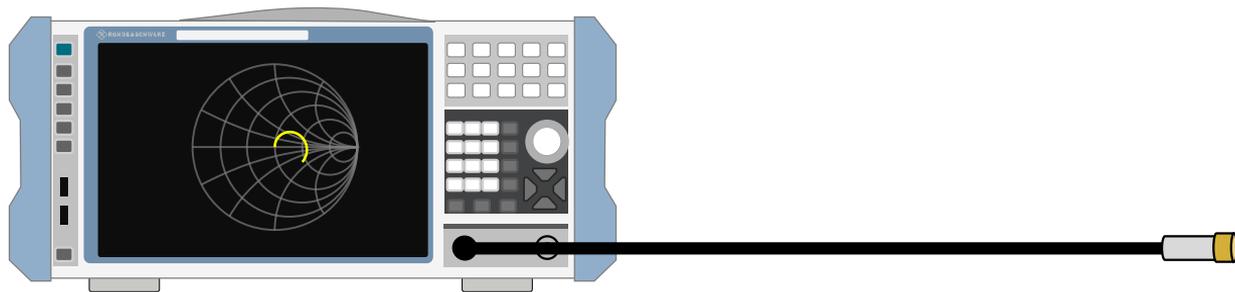
S11測定を実施

Configure and run
S11 measurement

$$F_{\text{start}} = X \text{ kHz}$$
$$F_{\text{stop}} = Y \text{ kHz}$$

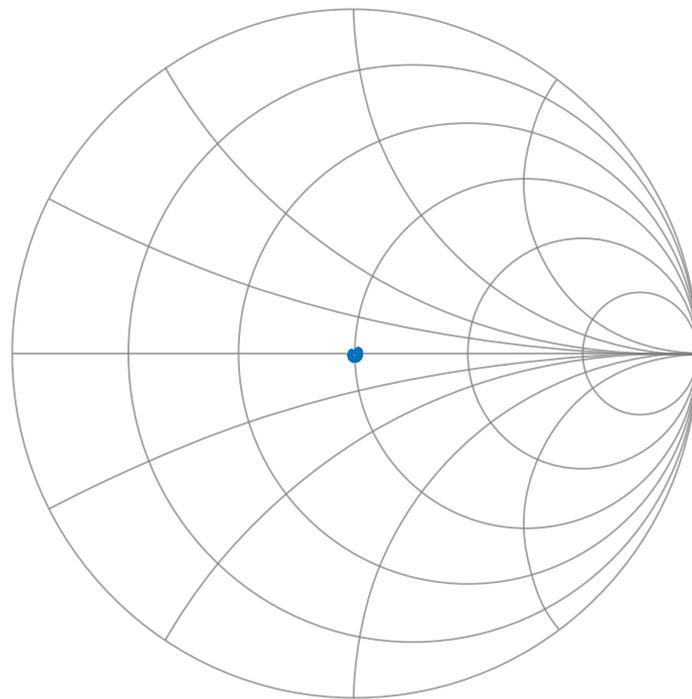
スミスチャート
に Z_L をプロット

Display Z_L on the
Smith chart



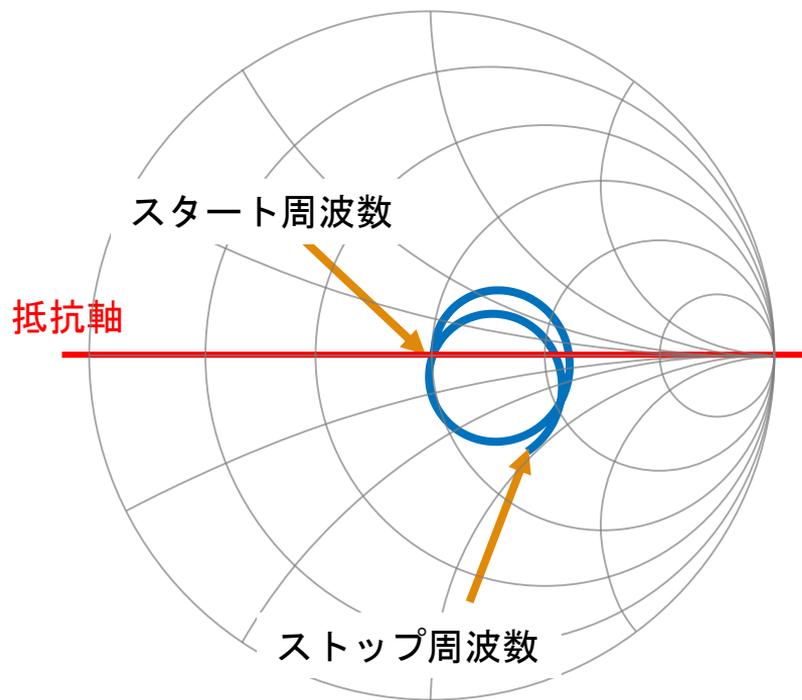
ケーブルと負荷が 50Ω の場合

- ▶ ケーブルと負荷のインピーダンスが両方とも 50Ω の場合、スミスチャートの中心に点 (または非常に小さな円) が表示される
- ▶ 広い周波数掃引範囲にわたって発生する
 - 最大掃引周波数が高くなると”ドット”が大きくなる場合がある



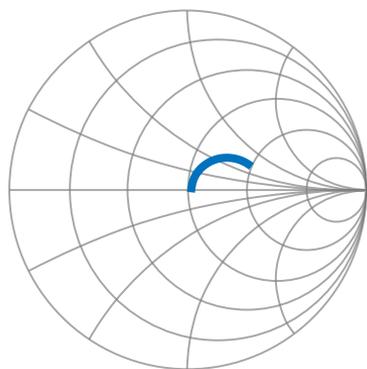
ケーブルと負荷が $50\ \Omega$ でない場合

- ▶ ケーブルと負荷が一致しない場合、トレースは部分的な円または複数の円を描く
 - 例： $75\ \Omega$ ケーブルを $50\ \Omega$ で終端した場合など
- ▶ トレースの長さは周波数掃引範囲 (スタート周波数とストップ周波数) の関数である
- ▶ スタート周波数とストップ周波数は、トレースが抵抗軸を1回横切るように選択する必要がある

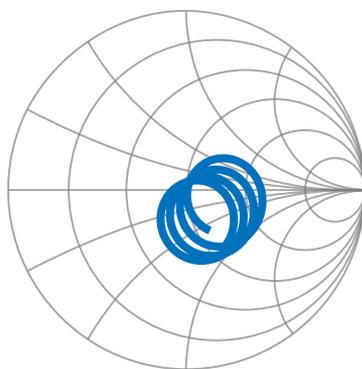


スタートおよびストップ周波数の設定

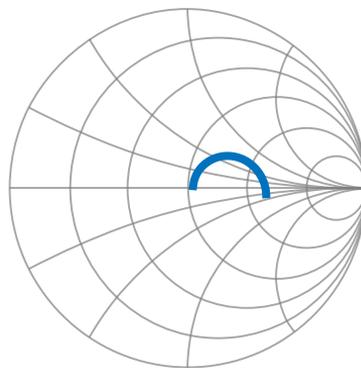
- ▶ スタート周波数 (F_{start}) 100 kHzか、それ以下に設定
- ▶ ストップ周波数 (F_{stop}) 抵抗軸を必ず1度は横切るように設定する
 - 75 をメートル単位のケーブル長で割ることでストップ周波数 (MHz) を推定できる
 - ($75 = \text{光速の4分の1で、数百万メートル/秒}$)



F_{stop} 低過ぎる



F_{stop} 高すぎる



理想的 F_{stop}

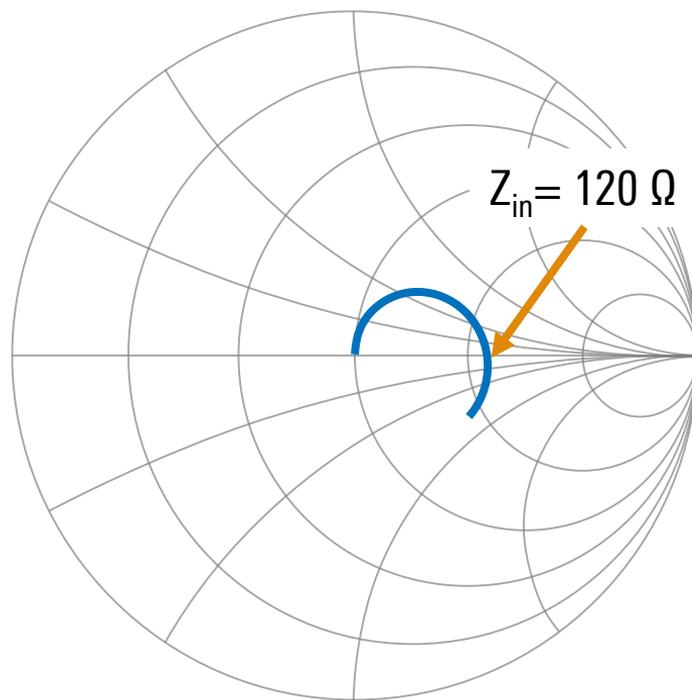


スミスチャートから Z_0 を求める

- ▶ マーカーを使用して、抵抗軸が交差する場所のインピーダンスを決定する
 - この純粋な抵抗成分は Z_{in}
 - この例では、 $Z_{in} = 120 \Omega$
- ▶ 特性インピーダンスを測定した Z_{in} および既知の Z_L (ここでは 50Ω) を使用して求める：

$$Z_0 = \sqrt{Z_{in} \cdot Z_L}$$

$$Z_0 = \sqrt{120 \cdot 50} \approx 77 \Omega$$



まとめ

- ▶ ほとんどの同軸ケーブルの公称特性インピーダンスは 50 または 75 Ω である
 - 多くの場合においてケーブル上のマークで表示される
 - ベクトル・ネットワーク・アナライザのスミスチャートを使用しても測定できる
- ▶ ケーブルインピーダンス測定手順
 - OSM 校正を実施する
 - ケーブル 50 Ω 負荷で終端する
 - 適切なスタート周波数 / ストップ周波数で S_{11} (反射) 測定した結果をスミスチャートにプロットする
 - トレースが抵抗軸と交差する場所を決定する
 - 以下の計算式で特性インピーダンスを計算する

$$Z_0 = \sqrt{Z_{in} \cdot Z_L}$$

