

Der VNA im täglichen Gebrauch

Ein Streifzug durch die Vielzahl der Angebote und durch deren
Einsatzmöglichkeiten

Hans-Jürgen Zacharias
DD2HZ

Ein kleiner Überblick

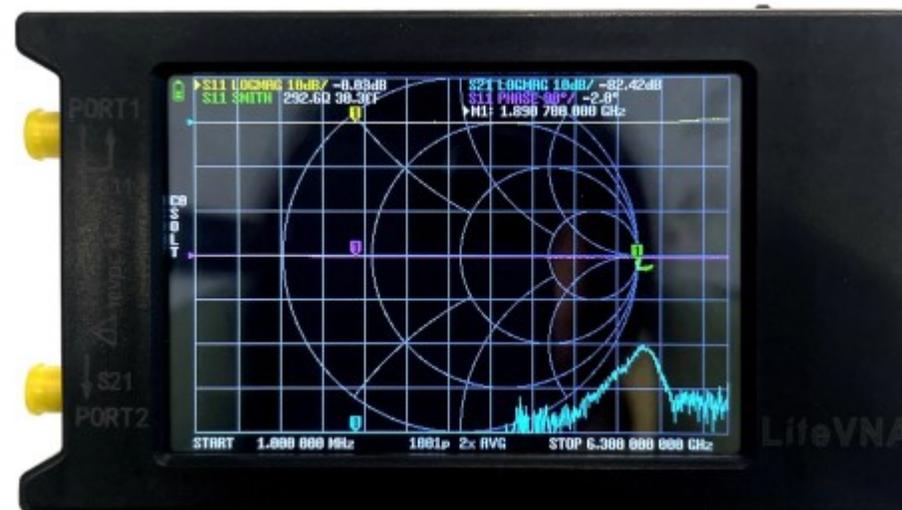
LiteVNA 64 Vektor-Netzwerkanalysator

Frequenzbereich 50 kHz - 6,3 GHz

Dynamischer Bereich >70 dB (<3GHz), >50 dB (\geq 3GHz), Frequenzstabilität <0,5ppm

Wobbelpunkte: 10-1001, Anzeige: 3,95-Zoll-TFT-LCD-Touch-Bildschirm (480x320)

SMA



Preis ca. 190,--€

SV4401A

Frequenzbereich : 50 kHz – 4,4 GHz, 7 Zoll Touch Display, Metallgehäuse, N-Buchsen,
8GB –Speicher (Kalibrierung und Screenshots)



Preis: ab 400,-- €

NanoVNA

Anzeige: 2,8 Zoll, Bereich : 10kHz – 900 MHz (es gibt auch erweiterte Versionen bis 1,5 GHz eingeschränktem Dynamikbereich)

Anzahl der Scanpunkte: 101

SMA

Preis ab ca. 50,--€



Einstieg

Was kann man damit erreichen?

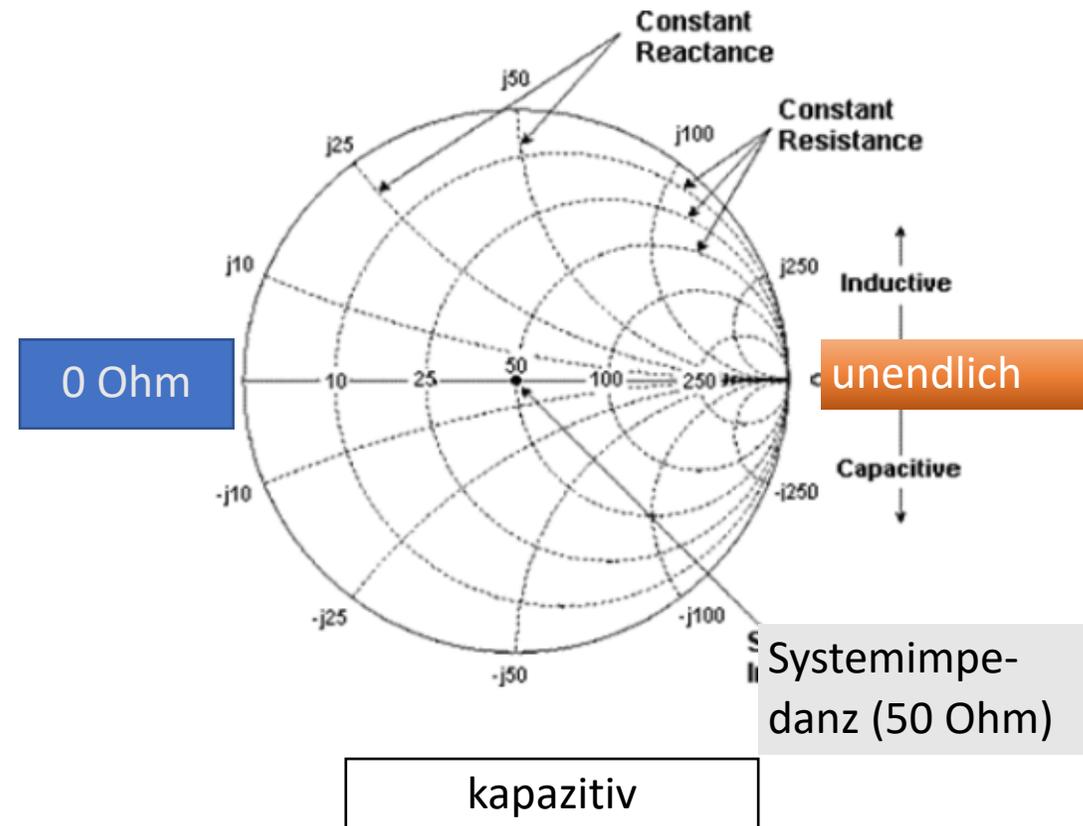
- HF Ausgang im Bereich von -42 bis -12 dBm (max ca. 0,631 mW)
- SWR messen
- Filter abgleichen
- Resonanzen feststellen
- Koaxkabel Wellenwiderstand und Verkürzungsfaktor bestimmen
- Koaxkabel Länge oder Bruchstelle messen
- Antennen abgleichen
- Messung an Dämpfungsgliedern
- Abgleich von Empfängern
- Bauteile messen
- Qualität einer Mantelwellensperre beurteilen

Was bedeuten S_{11} und S_{21} ?

- Die beiden Tore des VNA werden mit S_{11} und S_{21} bezeichnet.
- S_{11} gibt den Eingangsreflexionsfaktor an. Damit wird gemessen, wieviel des Eingangssignals an diesem Tor reflektiert wird. Es stellt also das Verhältnis der reflektierten Leistung zur eingespeisten Leistung dar. Ein niedriger Wert bedeutet eine gute Impedanzanpassung.
- S_{21} misst den Anteil des Eingangssignals, der zu Tor 21 durchgelassen wird. Ein hoher S_{21} -Wert bedeutet also eine geringe Dämpfung beim Durchlaufen des getesteten Bauteils oder Schaltung.

Smith-Diagramm

Induktiv



Am Anfang steht die Kalibrierung

- S O L T
- S = Short (Kurzschluss)
- O = Open (offen)
- L = Load (Belastung)
- T = Thru (eigentlich Through → Durchgang)
- Bei der Kalibrierung sollte das Speichern nicht vergessen werden. Hochwertigere VNAs haben mehrere Speicherplätze, so dass es sich anbietet, einzelne Bereiche zu kalibrieren z.B. 1 MHz- 30 Mhz, 40- 80 MHz, 120 – 150 MHz, 400- 900 MHz (und einen Bereich für später)

HF Ausgang im Bereich von -42 bis -12 dBm (max ca. 0,631 mW) - Signalgenerator

- Einige VNAs unterstützen eine einfache Signalgeneratorfunktion, die als Einzelfrequenz-Dauerstrich mit einem Frequenzbereich ab 50kHz eingestellt werden können. Dabei ist die HF-Leistung einstellbar.
- Beim NanoVNA-F V2 zum Beispiel geht man wie folgt vor:

RF OUT: ein- und Ausschalten der Funktion

FREQ: gewünschte Frequenz einstellen

Dann kann noch die Signalstärke eingestellt werden

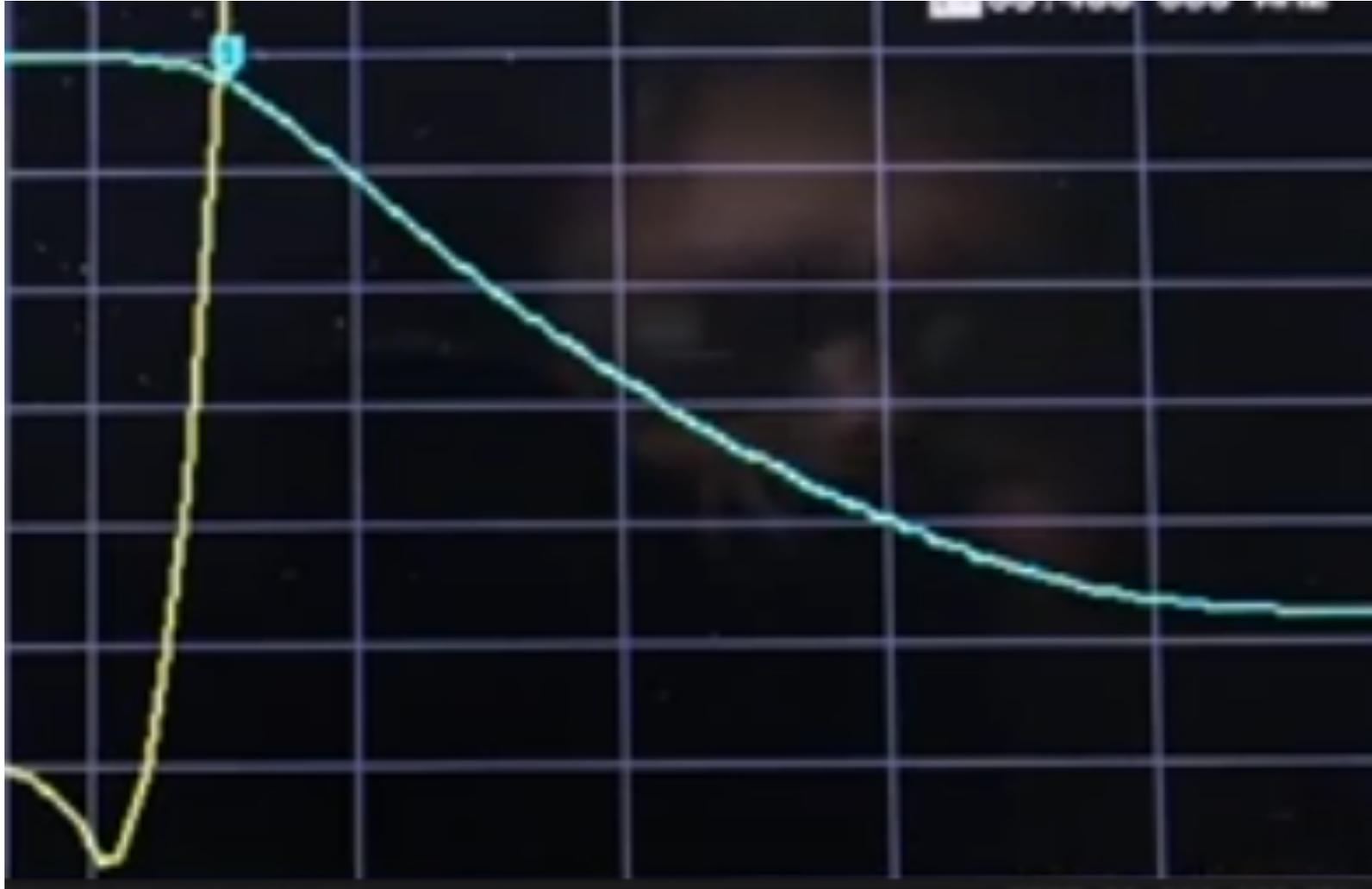
SWR messen

- Für diese Messung wird der Port S11 benutzt
- Vor Beginn der ersten Messung muss der VNA kalibriert werden. Je nach Güte des Geräts. Können Kalibrierungen für mehrere Bereiche gespeichert werden. Vorschlag:
 - 1. Bereich 1- 30 MHz
 - 2. Bereich 40 MHz – 80 Mhz
 - 3. Bereich 120 MHz – 500 MHz
 - 4. Bereich 1 GHz – 2,5 GHz
 - 5. Bereich reserviert für BauteileMessung
- Sind mehrere Speicherplätze vorhanden, bieten sich einzelne Bandbereiche an

Filter messen (am Beispiel eines Tiefpasses)

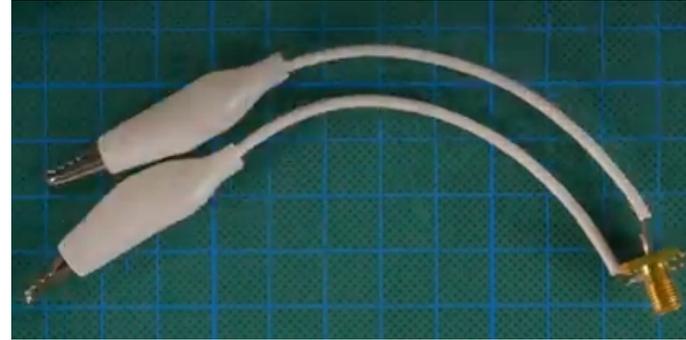
- Sofern der VNA noch nicht kalibriert ist, sollte dies nachgeholt werden
- Dann sollte der Frequenzbereich festgelegt werden. Da bei dieser Messung die Dämpfung der Harmonischen gemessen werden soll, sollte mindestens mehr als das 3 –fache der Nutzfrequenz eingestellt werden. Beispiel: gemessen soll das 40m-Band werden. Die Startfrequenz kann dann bei 5 MHz oder tiefer liegen; die Stoppfrequenz sollte dann höher als 22 MHz liegen.
- Nun wird das Testobjekt zwischen S 11 und S21 eingefügt.
- Danach wird beim VNA eingestellt: Display / Trace 0/ um das SWR zu messen (Trace 0 misst auf S 11)
- Trace 1 wird eingestellt auf S 21, weil ja der Durchgang (Dämpfung) gemessen wird. Das Ergebnis sieht dann so aus:

Tiefpass - Messergebnis



Bauteile messen mit dem VNA

- 1. Adapter basteln
- 2. Kalibrierung (der besondere Speicherplatz)



Diese Kalibrierung einschließlich der Vorbereitung ist etwas umfangreich.

Zuerst wählt man das Menü „Calibrate“. Dann wechselt man in das Trace Menü und wählt nur folgende Traces aus: Trace 0 mit Channel S 11 und wählen das Format „Resistance“ (Widerstand)

Weiter geht es mit Trace 1:

Vorbereitung für die Messungen

- Auch hier wird die S 11- Messung gewählt und wählen als Format „Delay“ aus
- Als nächstes ist dann Trace 2 dran. Wieder wird S 11 ausgewählt und als Format „Smith Diagram“ ist bereits ausgewählt. Nun einmal auf Smith Diagramm klicken, damit sich das Untermenü öffnet. „R+LC“ anklicken. Damit ist der wichtigste Teil der Vorbereitungen abgeschlossen. Nun geht's zurück zum Hauptmenü, um den Frequenzbereich auszuwählen. Der Start sollte ganz unten (bei 50 kHz) liegen. Für die Obergrenze reichen 100 MHz, es sei denn, man bastelt in hohen Frequenzen. Zuletzt stellt man die Sweep Points ein. Damit entscheidet man die Messdauer.

Nun die besondere Kalibrierung

Vorbemerkung: Da wir einen Adapter gebastelt haben, ist eine eigene Kalibrierung erforderlich. Ihr erinnert euch: S O L T

Bei Short werden die Klemmen miteinander verbunden

Bei Open muss nicht besonders kalibriert werden.

Für LOAD benötigt man einen 50 Ohm –Widerstand. Wer einen 50 Ohm Lastwiderstand hat, nutze den, ansonsten 2 x 100 Ohm parallel. Leichte Abweichungen von 50 Ohm schaden nicht.

Through benötigen wir nicht.

Nun nur noch den „LOAD“ aus dem Kalibrierungsset auf den S 21 schrauben, ISOLN (ISO Linear) drücken, Kalibrierung abwarten, Done drücken und speichern.

Bauteile messen -Teil 1

Widerstand

- Widerstandsmessung: Wir beginnen im Hauptmenü, schalten Trace 1 ein (kalibriert für Widerstand) und klemmen den Widerstand bei S 11 ein. Nun wird oben der Widerstandswert angezeigt und unten sehen wir, ob er sich frequenzabhängig verändert.



Bauteile messen – Teil 2

Kondensator

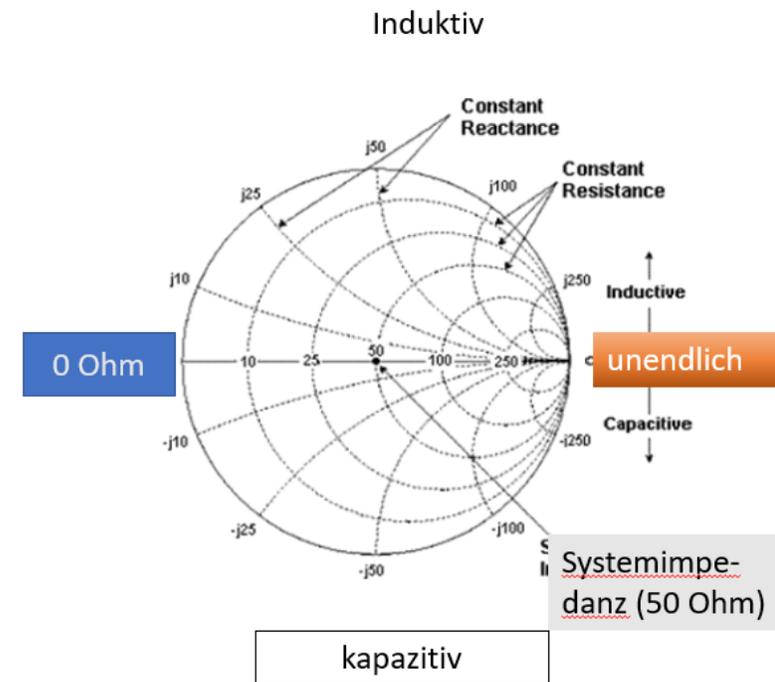
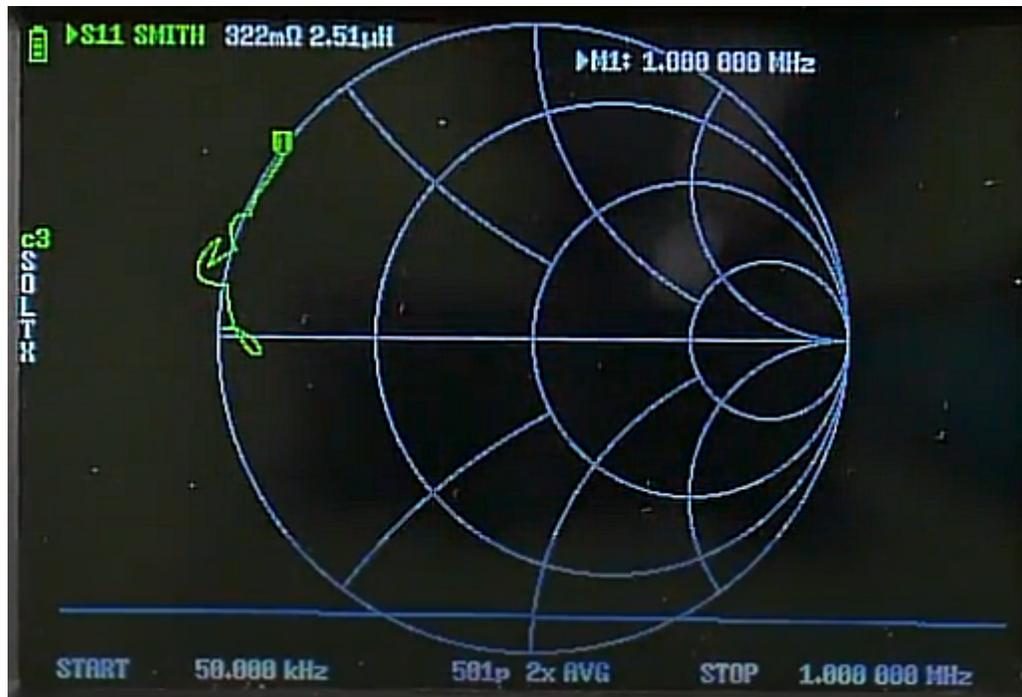
- Für die Messung eines C's müssen wir den Trace ändern. Im Beispiel Konfiguration hatten wir Trace 2 für das Smith Diagramm gewählt. Nun das Bauteil wieder an S11 einklemmen und die Messung kann beginnen



Bauteile messen - Teil 3

Spulen

- Zum Messen der Spulen wird ebenfalls Trace 2 (Smith Diagramm) benutzt.



Bauteile messen - Teil 3

Spulen

- Güte der Spule bestimmen: Auch diese Möglichkeit bietet der VNA
- Dafür benötigt man einen weiteren Trace, der noch konfiguriert werden muss.
- Beispiel: Trace 0 /Format/More/Q-Faktor anklicken

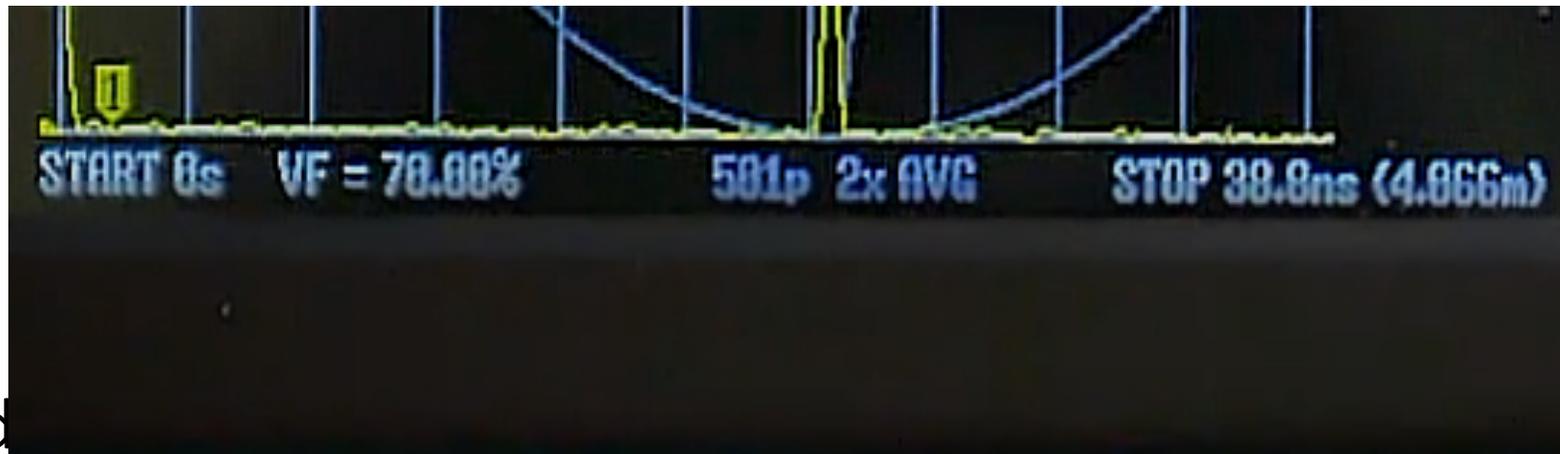


KoaxKabel messen

- Für die Längenmessung gibt 2 Möglichkeiten – die erstere ist die bekanntere , aber auch anfälliger für Fehler: Measure/Cable S11
- Besser ist der Time Domain Modus: Die TDR-Option zeigt Stoßstellen, Reflexionsfaktoren oder Impedanz in Abhängigkeit von Laufzeit/Länge an. Damit kann man die Länge ermitteln, Brüche feststellen, ein „abgesoffenes“ Kabel erkennen, den Verkürzungsfaktor errechnen und den Wellenwiderstand ermitteln.
- Frequenz Domain zeigt das Frequenzverhalten auf der X-Achse
- Time Domain zeigt das Zeitverhalten (Laufzeiten) auf der X-Achse

Messungen an Koaxkabeln

- Einstellung: Display/Transform on. Jetzt wird der Zeitrahmen angezeigt und auch der Rahmen für die maximale Messung in Metern.



- Änderung der Frequenzeinstellung. Dafür geht man zurück in den Bereich Stimulus.

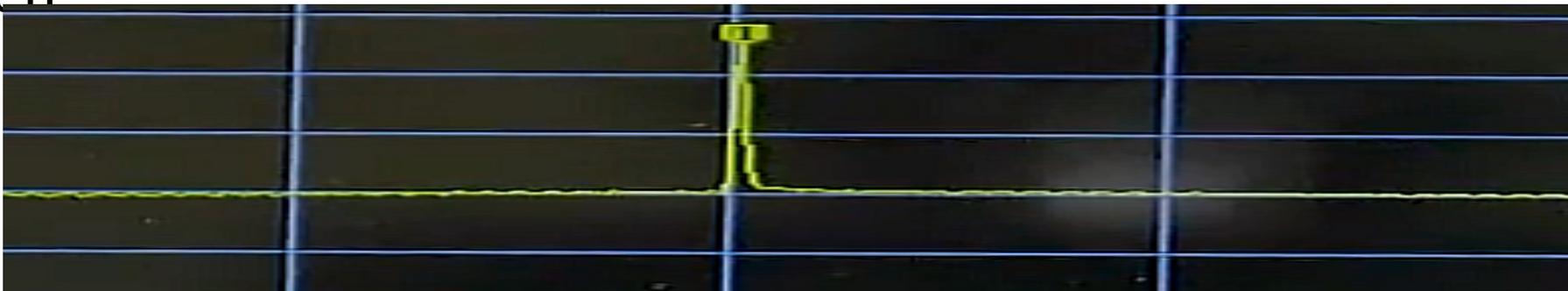
Über den Punkt Stop kann man die maximale Frequenz ändern; damit ändert man gleichzeitig die mögliche Längenmessung. Aber bitte beachten: je Höher die Frequenz , desto größer ist die Dämpfung im Kabel. Da der VNA nur mit sehr geringer Leistung sendet, machen 6 GHz wenig Sinn. Bei 1 GHz können ca. 25 m gemessen werden.

Nun zur eigentlichen Messung:

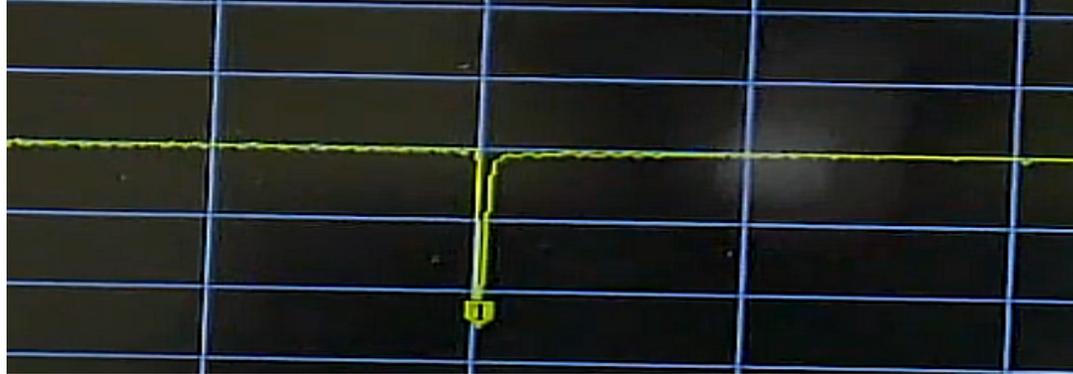
Wir brauchen nur Trace 0, der wie folgt konfiguriert wird:

Messung auf S11, dann Format anklicken und auf MORE gehen und REAL anklicken. Dann Display / Transform / Low Pass impuls

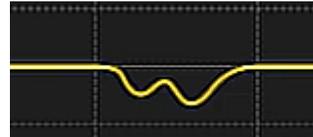
Nun muss noch der Verkürzungsfaktor (Velocity F) des Kabels eingestellt werden



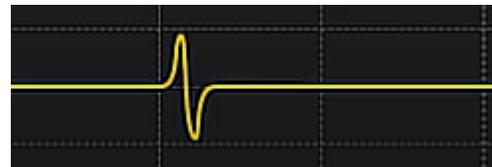
- Der Ausschlag nach oben zeigt immer eine offene Stelle an –entweder das Ende eines Kabels oder einen Kabelbruch.
- Ein Kurzschluss sieht so aus:



- Ein „abgesoffenes Kabel“:

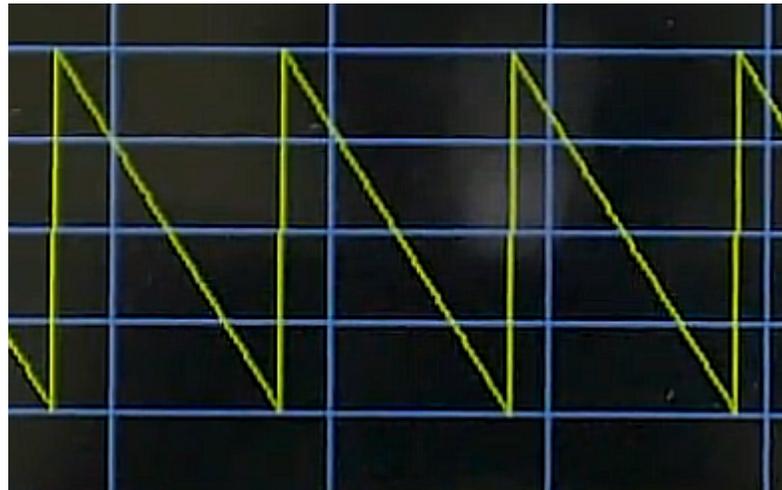


- Eine schlechte Verbindung:



Verkürzungsfaktor ermitteln

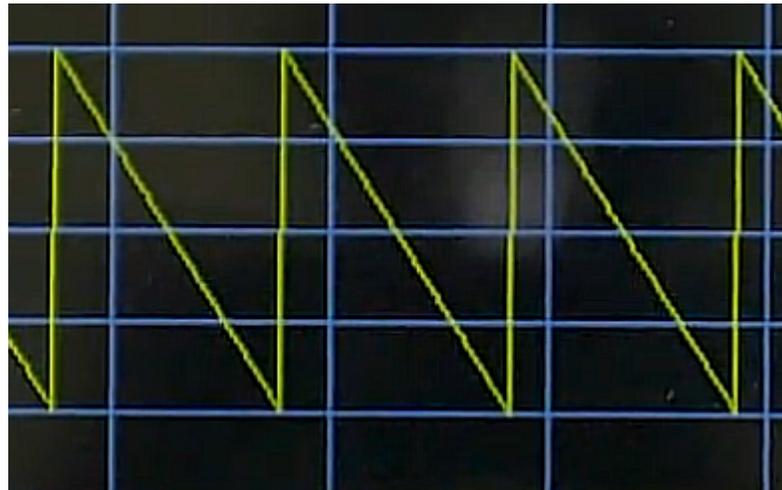
- Trace 0 / Format S 21/Phase/
- Kabel an beide Ports anschliessen
- Stimulus/ Start 100 MHz/ Stop 200 MHz (ausprobieren) Das Ergebnis soll in Etwa so aussehen:



- Damit wird die Phase angezeigt.

Verkürzungsfaktor ermitteln

- Trace 0 / Format S 21/Phase/
- Kabel an beide Ports anschliessen
- Stimulus/ Start 100 MHz/ Stop 200 MHz (ausprobieren) Das Ergebnis soll in Etwa so aussehen:



- Damit wird die Phase angezeigt.

Verkürzungsfaktor ermitteln T.2

- Nun muss der Abstand Spitzt/Spitze gemessen werden. Dazu bedient man sich der Marker.
- Angezeigt wird die Frequenz zwischen Marker 1 u. 2
- Nun wird gerechnet: Lichtgeschwindigkeit/ angezeigte Frequenz
- Beispiel: $300 / 100 = 3$ Ergebnis ist die „elektrische Länge“
- Nun wird die gemessene Länge des Kabels geteilt durch die Elektrische Länge.
- Beispiel: gemessene Länge $2,5\text{m} / 3 = 0,833$. Das ist der Verkürzungsfaktor

Messung einer Mantelwellensperre (Einführung)

- Über Mantelwellensperren wird viel diskutiert. Es gibt da wahre Glaubenskriege – bringen wir also etwas Licht in die Angelegenheit:
- Messen wir einfach nach.
- Dazu benutzen wir LOGMAG?????
- Logmag ist die logarithmische Magnitude, d.h. der Wert wird in dB dargestellt. Somit bekommen wir unseren Dämpfungswert in dB dargestellt.

Messung einer Mantelwellensperre

- Angeschlossen wird nur die Schirmung an S11 und S21
- 1. Einstellung: Display / Canal / canal 21
- 2. Einstellung: Format / LOGMAG
- Nun prüfen, wie weit die dB- Skala reicht. Ggf. ändern mittels: Scale/ Division (damit stellt man die dB pro Linie ein.)
- Sinnvoll ist eine Einstellung zwischen 5 – 7 mit dem Faktor 1
- Nun anschließen und angezeigt wird die Dämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz

Messergebnis



Viel Erfolg bei der Arbeit mit eurem VNA

- Ich habe selbst mehrere VNAs ausprobiert . Ergebnis: spart nicht bei der Anschaffung – einmal vernünftig eingekauft –kein Mal bereut....
- Ich habe meine ersten Schritte auf Youtube gemacht. Empfehlenswert sind die Beiträge von:

DL2YMR, Michael und der „Funkwelle“ – Arthur, DL2ART

Viel Erfolg

Danke für die Aufmerksamkeit