

NanoVNA

was beachten, welche gibt es

Ewas Messtechnik und die verschiedenen NanoVNAs vorgestellt



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Inhalt / Ablauf

- Etwas allgemeines zum Nachdenken (was muss man berücksichtigen)
- Was ist ein vektorieller Netzwerkanalyser (VNA)
- Parameter, die mit einem VNA (vektoriellen Netzwerkanalyser) gemessen werden
- Eine kleine Messtechnik Herausforderung
- Welche NAnaVNA sind auf dem Markt
- Firmware, Software

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Etwas allgemeines zum Nachdenken

- Eigenschaften eines 10cm Kupferdrahtes mit $1,5\text{mm}^2$ Querschnitt
 - Vernachlässigen wir mal:
 - Chemisch
 - Mechanisch/Elastisch
 - Thermisch
 - Masse
 - ...
 - Konzentrieren wir uns auf Elektrisch

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

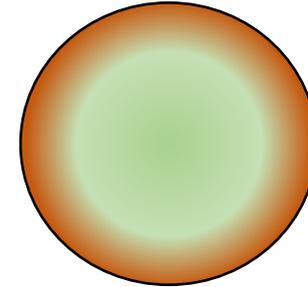
Etwas allgemeines zum Nachdenken: DC

- Fangen wir mit DC an: Widerstand: 11,2 mOhm/m
- Kann man also vernachlässigen?
 - Zugelassen bis 16A Spitzenstrom: $P = I^2R \rightarrow$ knapp 3W/m
 - Für die Verdrahtung in Schaltkasten vernachlässigbar
- Oder Dauerstrom 10A : $\rightarrow \sim 1,1W/m$
 - Die 10A Mikrowelle mit 10m Anschlussleitung \rightarrow 22W Verlust im Kabel $\rightarrow \sim 1\%$ Verlust
 - Aber bei Laden des PHEV Autos könnte man damit hell die Garage beleuchten
- Betrieb des 100W Transceivers an einer Autobatterie mit 2m Kabel:
 - 20A beim Senden: $2 \cdot 2 \cdot 20A \cdot 11,2mOhm = \sim 0,9V$ also bei 12V noch 11,1V am Gerät.
- Was ist mit Lautsprecherkabel?: 10m \rightarrow 0,224 Ohm auf 4 Ohm
 - \rightarrow 5,6% Verlust sollte der Lautstärkeregel schaffen
 - Da war noch was: Skin Effekt bei Wechselstrom

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Etwas allgemeines zum Nachdenken: Skin Effekt

- Skin Effekt (rund 1,5mm² Kupfer):
 - 50Hz 11,2 mOhm/m
 - Also eindeutig vernachlässigbar
 - 20kHz 12,3 mOhm/m
 - Die 1% Widerstandserhöhung zu verhindern ist etwas für Enthusiasten
 - 7MHz 160 mOhm/m
 - Bei einer magnetic loop mit 1m Durchmesser und Abstrahlungs-R von 7mOhm sind 500mOhm wesentlich zu hoch: Die Leistung geht in die Drahtheizung.
 - Selbst 10cm Anschlussdraht zum C mit 16mOhm reduziert auf 50% Wirkungsgrad
 - 28MHz 317 mOhm/m
 - Da gibt es einen wesentlichen anderen Anteil: Induktivität 1nH/mm



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Etwas allgemeines zum Nachdenken: L und C

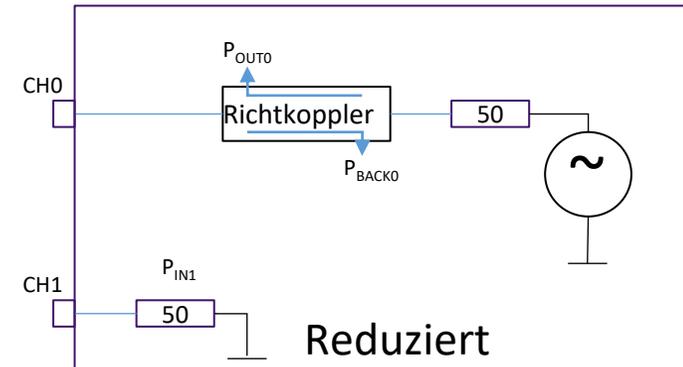
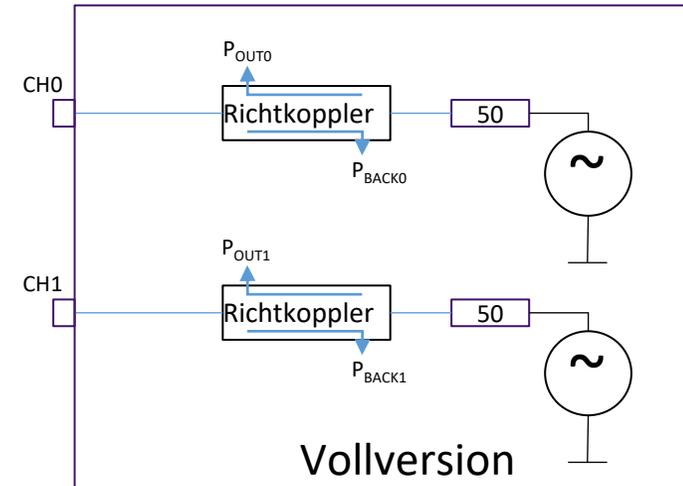
- Wer also in den Antennenumschalter 10 cm Draht mit 10nH verwendet:
 - $X_L = 2 \pi f L \rightarrow 176 \text{ Ohm/m Impedanz}$
- Wer also in den Antennenumschalter 10 cm Draht verwendet:
 - Knapp 18 Ohm im 10m Band ändert doch schon die Anpassung
- So ein Draht hat auch eine Kapazität (gegen Umgebung)
 - Draus ergibt sich auch, dass es ein Dipol für 20 cm Wellenlänge ist
- -> Grobregel: alles bis 1/10 der Wellenlänge kann als diskretes Bauelement betrachtet werden, danach müssen die Welleneigenschaften berücksichtigt werden

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Was ist ein vektorieller Netzwerkanalyser (VNA)?

• Was ist ein vektorieller Netzwerkanalyser (VNA)?

- Ein SWR-Meter:
 - Ein Generator erzeugt ein Signal, welches an CH0 angelegt wird
 - Ein Richtkoppler ermittelt die ausgehende und die reflektierte Leistung
- Plus: Messung der Phase der Signale
- Plus: 2. Eingang für Durchgangs-Messung
- Vollversion: Jeder Kanal kann senden/empfangen: bidirektional
- Reduziert: Nur ein Kanal für Reflektion und einer zum Empfangen



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

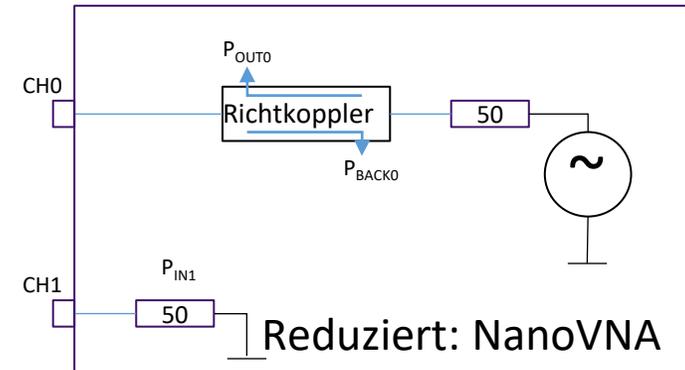
Parameter, die mit einem VNA gemessen werden (1/4)

- S-Parameter:

- S_{xy} : x Kanal der gemessen wird, y Sender
- S_{11} : Reflektion CH0 : $P_{\text{BACK0}} / P_{\text{OUT0}}$
 - Relativer Pegel in dB
 - Phase in Grad °
 - Beispiele
 - 50Ohm Abschluss: S_{11} -70dB, 0° (Rauschlevel)
 - Offener Ausgang: S_{11} 0dB, 0°
 - Kurzgeschlossener Ausgang: S_{11} 0dB, 180°

- S_{21} : Durchgang CH1 : $P_{\text{IN1}} / P_{\text{OUT0}}$

- Relativer Pegel in dB
- Phase in Grad °
- Beispiel: Verlustfreie Verbindung: 0 dB, Phase (Leitungslänge, Frequenz)

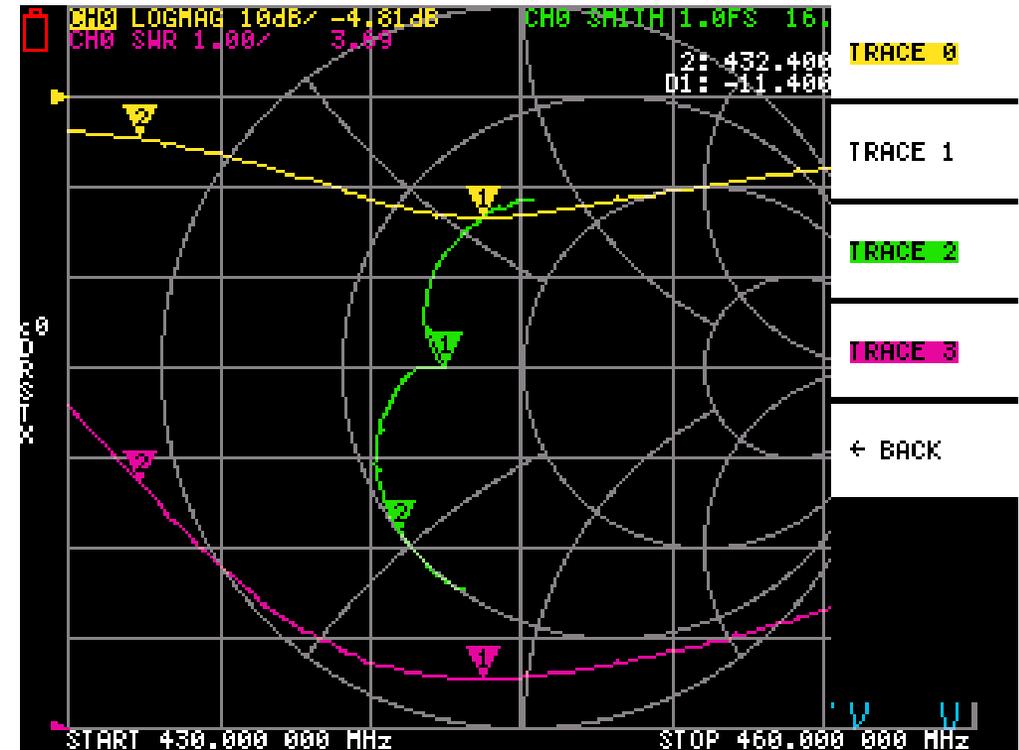


NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Parameter, die mit einem VNA gemessen werden (2/4)

• Weitere Parameter S-Parametern gerechnet:

- SWR aus S11
- Aus der reflektierten Leistung -> Impedanz
 - Komplexer Widerstand
 - Imaginär (Phase 180°) Kapazität oder Induktivität
 - Real (Phase 0°) Widerstand
- **Verschiedene Darstellungen:**
 - Smith Chart : Real/Imaginärteil wandert mit Frequenz
 - Impedanz wird angezeigt (für gewählte Frequenz des Markers)
 - x/y, d,h, S11/SWR oder Phase über Frequenz dargestellt



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Parameter, die mit einem VNA gemessen werden (3/4)

- Weitere Parameter S-Parametern gerechnet:

- Dämpfung (z.B. Filter, Leitung) : S21

- Leitungsdämpfung
- Dämpfung/Durchlass von Mantelwellensperren
- Filter (z.B. Quarzfilter im Bild ohne Anpassung)
- Phase und Betrag der Durchlasskurven
- Usw.

- S11: Transformation aus Frequenz/Reflektion zu Impedanz:

- D.h. der Impedanzverlauf einer Leitung kann dargestellt werden (TDR über Frequenz)



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Parameter, die mit einem VNA gemessen werden (4/4)

- Referenzmessungen für Kalibration:

- Bei 50 Ohm Last, ist Leitungsanpassung:

- Die 50 Ohm Anpassung wird ausgemessen. $S_{11} \ll -xx$ dB

- Kurzschluss:

- Das Signal wird reflektiert. $S_{11} = 0$ dB, da $P_{out} = P_{back}$, Leitungslänge bis Kurzschluss kompensiert

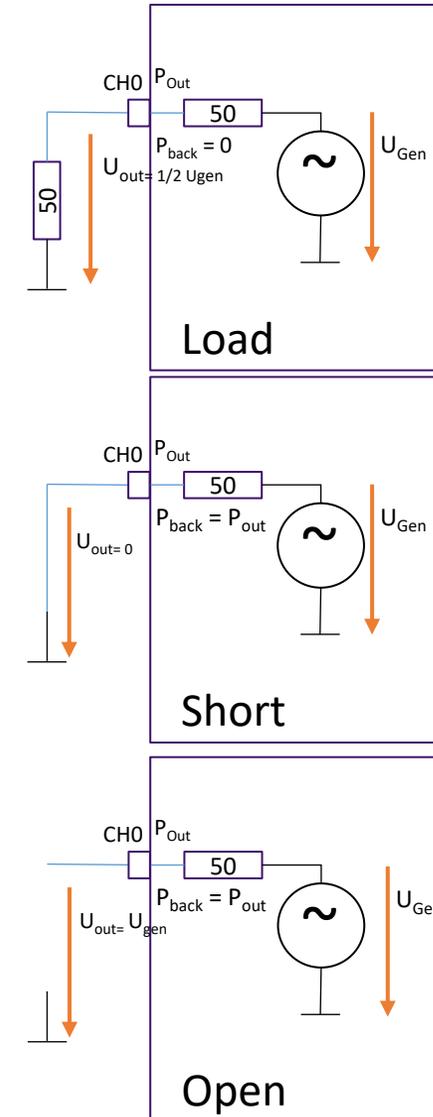
- Offener Ausgang

- Entspricht: Das Signal wird mit Phase 0° reflektiert, d.h. Generator Spannung am Ausgang. $S_{11} = 0$ dB, da $P_{out} = P_{back}$

- Through

- Die Dämpfung (Messleitung(en) verbunden) wird ermittelt

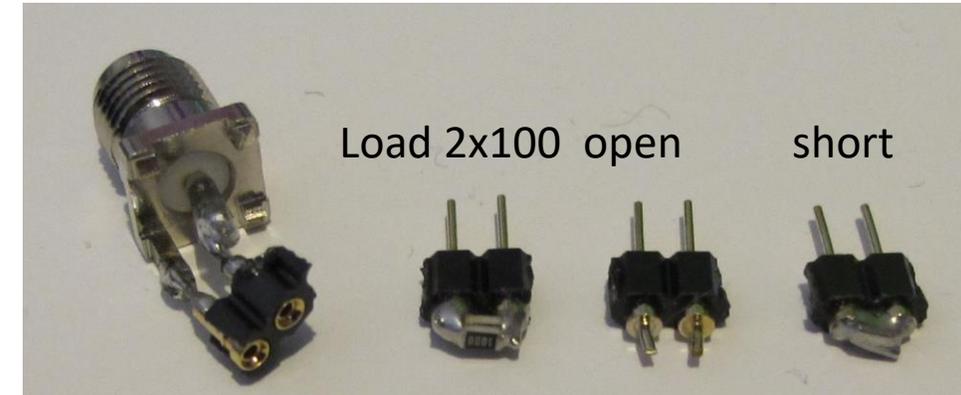
- -> Die Kalibration kann nicht nur Variationen der Hardware ausgleichen, sondern auch Messleitungen (50 Ohm) kompensieren



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Eine kleine Messtechnik Herausforderung (1/2)

- Eine Messaufgabe:
 - Die 10nF der 10cm Leitung messen :
 - Definition: gerade Leitung 10 cm Länge
 - Messadapter:
 - 2 Buchsen auf einer SMA Buschse
 - Kalibrierung:
 - Stecker mit Open Load Short
 - Messung S11 Smith Diagramm
 - Frequenzbereich vor Kalibrierung wählen
 - Wie kann ich die Leitung messen?
 - Die 17 Ohm induktive Impedanz (bei 28MHz) solle der NanoVNA gut messen können



10cm Leitung L ?

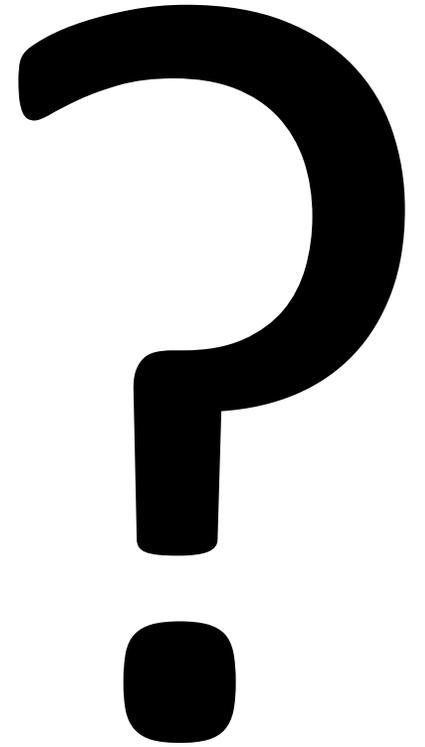
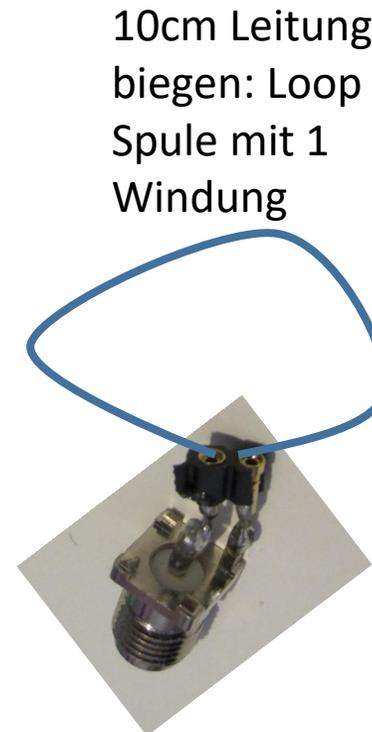
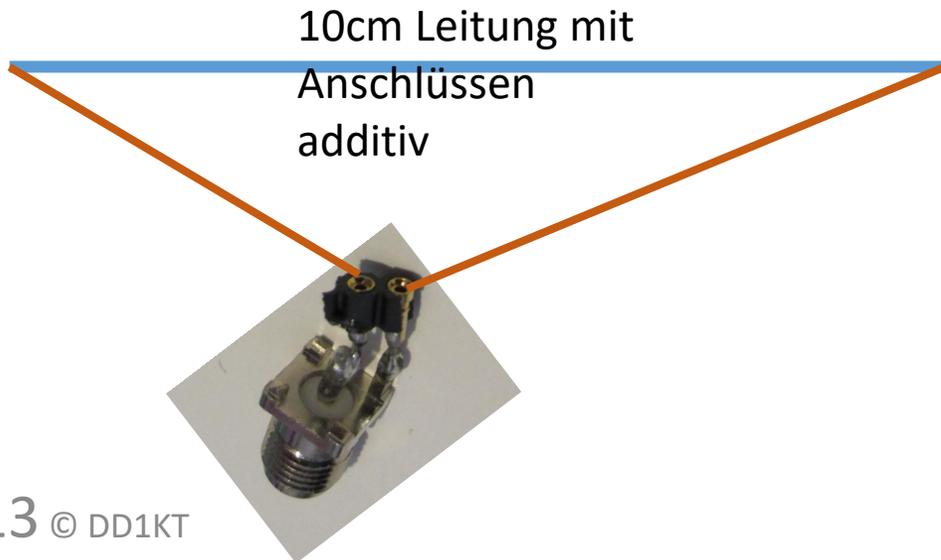
Einfacher
Messadapter



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Eine kleine Messtechnik Herausforderung (2/2)

- Eine schwierige Messaufgabe:
 - Die 10nF der 10cm Leitung messen :
 - Es gibt keine einfache Lösung
 - An ehesten: Eine größere Schleife messen und dann die 10cm Leitung einfügen und Unterschied errechnen.



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Historie der NanoVNAs

- Wie hat sich der NanoVNA entwickelt
 - Die ersten Varianten
 - Eine erste Version von edy55 als Entwicklungsversion
 - Diese wurde produktionsreif weiterentwickelt und in China produziert (Hugen)
 - Display 2,8“ bis 300MHz, Harmonische nutzen und Designverbesserung: bis 1,5GHz
 - Die Benennung in NanaVNA-H von Hugen um die Marke zu definieren
 - NanoVNA H4 später mit 4“ Display, Software wurde kontinuierlich verbessert
 - Parallelversion auf vergleichbarer Hardware:
 - NanoVNA-F mit 4,3“ mit größerem Akku
 - Umstieg auf neue Hardware bis 3GHz
 - SAA2 , NanoVNA V2, V2 plus, V2 plus4 oder auch SAA2 in mehreren Varianten
 - NanoVNA F V2

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

NanoVNA H (2,8“)

- Grundversion aber schon mit Gehäuse
- Software hat schon einen Programmiermodus
 - Früher war Hardware-Brücke erforderlich
- Infos:
 - <https://groups.io/g/nanovna-users/wiki#NanoVNA-H4>
- Beispiel-Bild: https://www.amazon.de/Fltahero-NanoVNA-H-Netzwerk-Tragbares-Analysator/dp/B08Y8LJ5N4/ref=sr_1_12?__mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=nanovna-h&qid=1618681727&sr=8-12

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

NanoVNA F V2

- Die F- Linie wurde getrennt von der anderen Linie entwickelt
 - Software etwas ausführlicher, nicht so sehr für Experten
 - Größeres Display auch für einfacher lesbare Diagramme genutzt
 - Höher nutzbarer dynamischer Bereich
- Beispiel-Bild: https://www.amazon.de/Netzwerkanalysator-Nanovna-F-Analyzer-Touching-Shortwave-3G-4-3/dp/B08R661ZJZ/ref=sr_1_3?__mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=nanovna+fv2&qid=1618681907&sr=8-3

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

NanoVNA V2

- 2.8“ Version vom V2
 - Bis 3GHz
 - Erweiterter Dynamikbereich
zusätzlich zu erweitertem
Frequenzbereich

- Beispiel-Bild: :
<https://nanorfe.com/nanovna-versions.html>

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

NanoVNA: SAA 2N

- 4“ Version vom SAA2 bis 3GHz
 - N-Buchsen, Kabel und Kalibrierung
 - ist nicht offiziell Thema in der SAA Entwicklungsgruppe
 - Software soll mit "V2.74" von blackmagic kompatibel sein
-> ggf. muss nach Update Bildschirm neu kalibriert werden.
 - N-Buchsen(Kabel) stabiler, aber auch für Kalibrierung begrenzt praktisch
 - Empfehlung: Adapter auf handlichere Kabel nutzen und ggf. „selfmade“ oder SMA/BNC Kalibrierung verwenden



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

SAA Group neueste VNAs

- Es hat sich eine V2 Vertriebsgruppe gebildet die behauptet:
 - Only HCXQS and NanoRFE support the original developers of the S-A-A-2
- Die Vertreiben noch 2 „offizielle“ Versionen (<https://nanorfe.com/nanovna-versions.html>)
 - Alle ältere Versionen sollen auch als Clones sehr verbreitet sein

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

SAA2 andere Hardware von der Gruppe unterstützt

- (<https://nanorfe.com/nanovna-versions.html>)

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Software /Firmware für NanoVNAs

- In der ersten Entwicklungszeit war die Firmware elementar:
 - Neue Firmware Ideen haben immer mehr Funktion aus der existierenden Hardware herausgeholt
 - Inzwischen ist der normale Funktionsumfang ausgereift, es gibt Detailverbesserungen
 - PC-Software
 - Zu der verschiedenen Geräten gibt es auch PC Software für:
 - Screenshots
 - Betrieb des VNAs über dem PC mit mehr Messpunkten (Zeitfaktor) und Grafiken auf PC Schirm
 - Beste Quelle für die Bezugsquellen der Programme: Groups.io Forum
 - Firmware updaten:
 - Neuere Geräte können schon mit den PC –Programmen neue Firmware bekommen
 - Bei älteren muss man ggf. noch eine spezielle Flash-Software des Prozessorherstellers incl. speziellem USB Treiber installieren
 - Es gibt für die kleinen Versionen z.T. auch Firmware mit vergrößerter Schrift

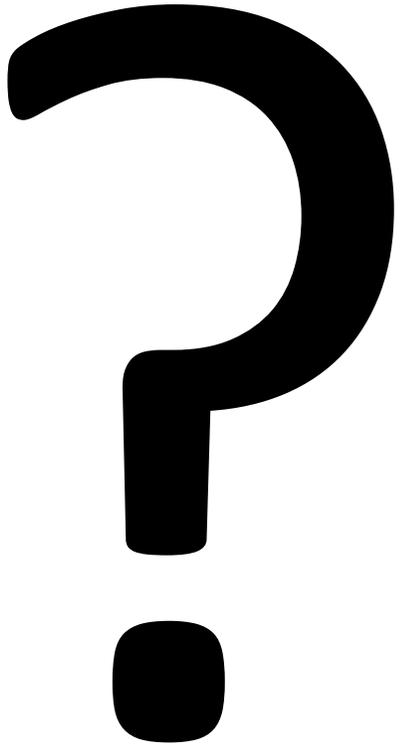
NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Zusammenfassung

- Es gibt inzwischen eine Vielfalt an kleinen Netzwerkanalysatoren
 - Die Preise fangen meist bei ca. 60€ an für vollständige Geräte (mit Akku)
 - Die Kalibrierelemente und 2 Kabel werden meist mitgeliefert
 - Die Preise gehen bis knapp 200€ hoch
- Clones
 - Jeder, der nicht über den offiziellen Weg aus China bestellt, ist in Gefahr einen Clone zu bekommen, bei dem die Performance eingeschränkt sein kann, aber nicht muss
- Die Frage ist, ob man die max. Performance braucht
 - Gebrauchte keine VNAs können günstig sein, weil der Besitzer upgedatet hat
 - Die v2 Versionen sollen beim Scannen z.T. zu schnell für Quarzfilter sein.

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Fragen



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Reserve:

genaueres zu Aufbau/Messen/Historisches

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Wie misst ein einfacher NanoVNA : Messbrücke

- Eine einfache Implementierung eines „Richtkopplers“ ist mit Widerständen möglich:

- Vereinfachte Betrachtung S11:

- Ohne die 82 Ohm und mit einem 0 Ohm Generator:

- 50 Ohm Ausgang und parallel Spannungsteiler für Referenz

- Fall1: 50 Ohm am TX (CH0) Ausgang: S11 differentiell 0V, keine Reflektion

- Fall 2 : Ausgang ist offen:

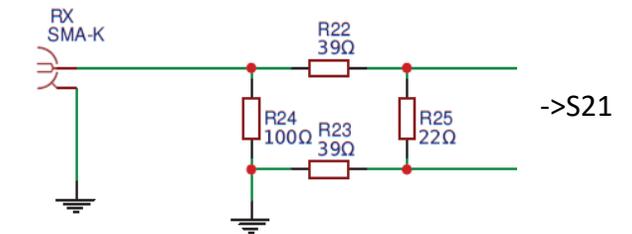
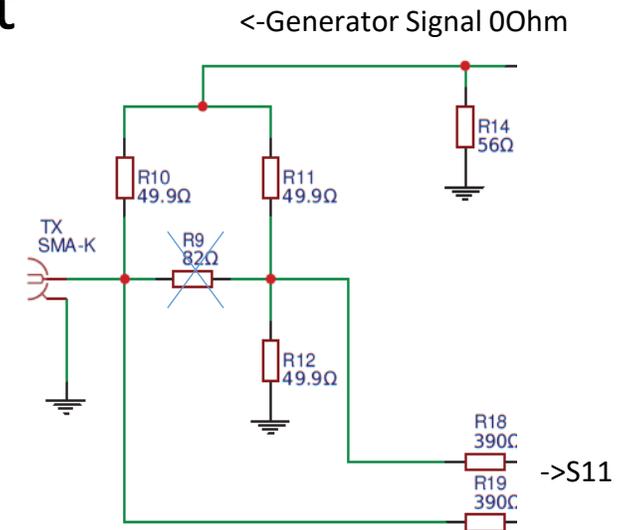
- Voller Generator Pegel an dem TX (CH0) Ausgang, 1/2 Pegel am R18 und somit auch 1/2 Pegel differentiell für S11.

- Reflektion des Signals am Ausgang, der gedachte 50 Ohm Pegel kommt positiv zurück und addiert sich am Ausgang zum doppelten Pegel.

- Fall 3 Kurzschluß:

- 0V am Ausgang, 1/2 Pegel negativ differentiell an S11: -1 Reflektion

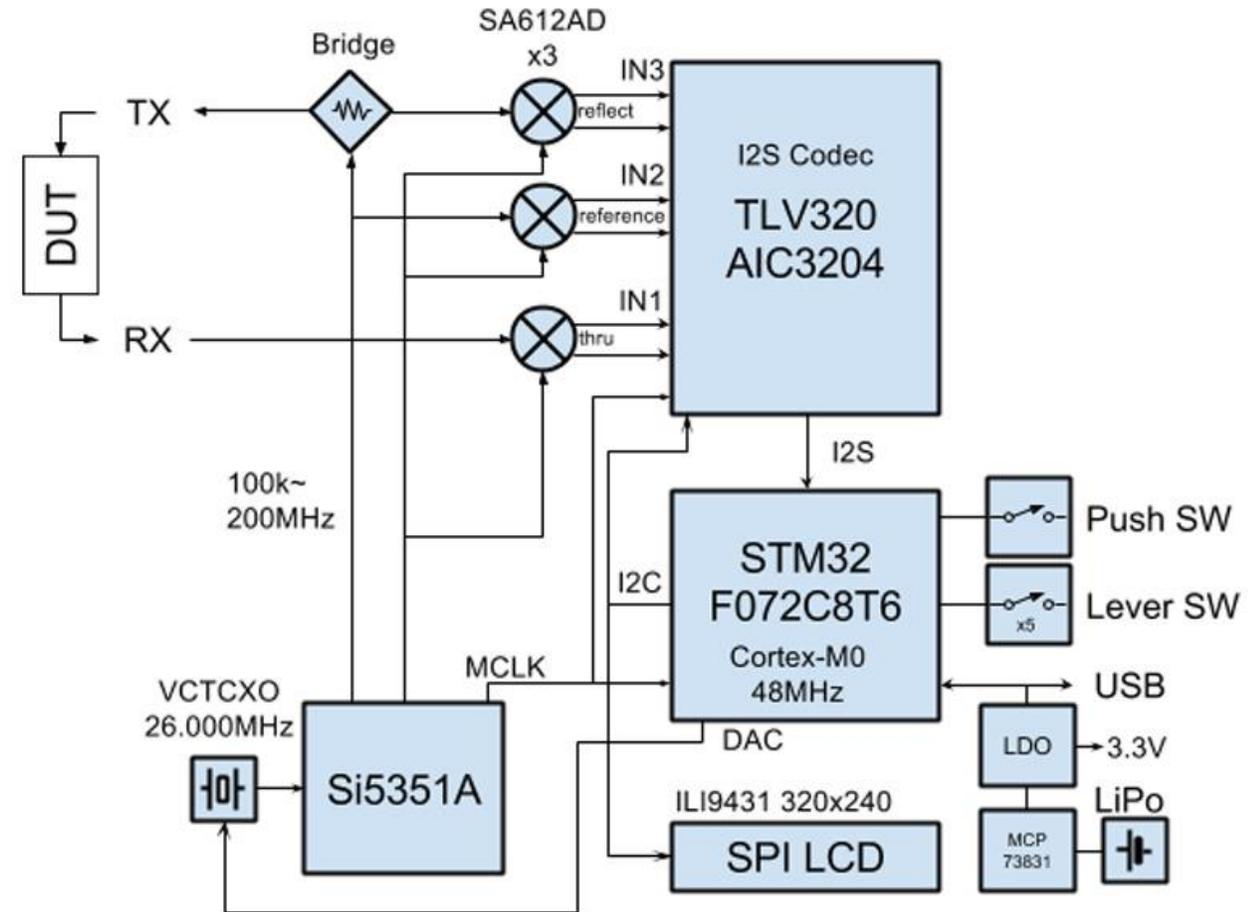
- S21 ist eine 50 Ohm Eingangsbeschaltung: $100 \parallel (2 \times 39 + 22) = 100 \parallel 100$ mit differentielltem Ausgang (mit Gleichtakt Anteil)



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Wie misst ein einfacher NanoVNA : Weiterverarbeitung

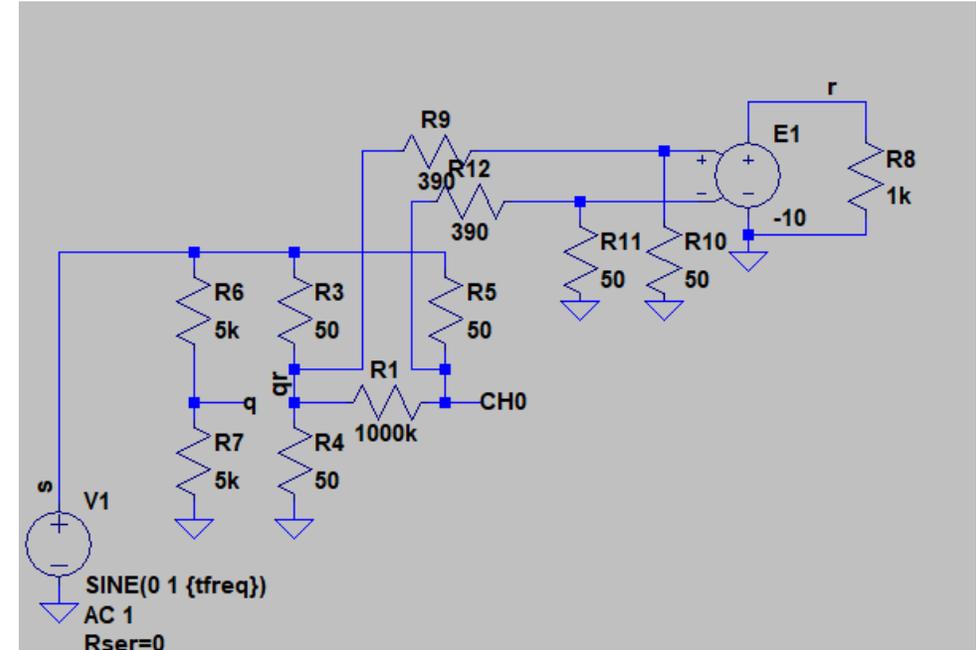
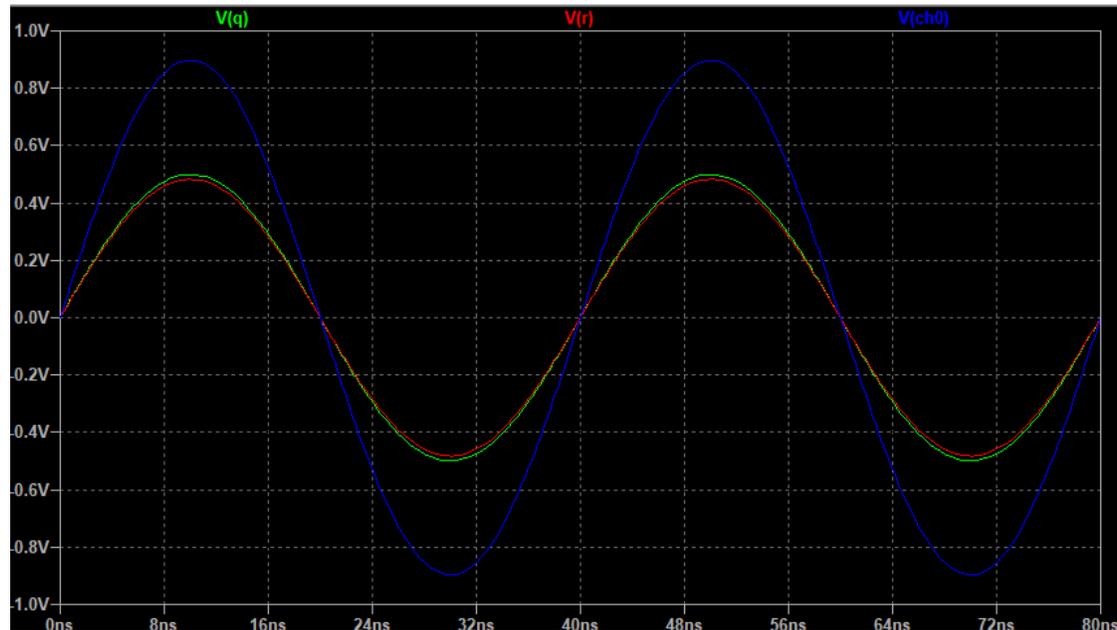
- Die Signale der Brücke werden auf niedrige Frequenzen gemischt:
 - Die Frequenzen werden über den Si5351A erzeugt. Für >300MHz werden harmonische des Rechtecks verwendet
- Ein ADC digitalisiert die 3 Signale:
 - Reflektion (S11), zurückkommendes Signal
 - Referenz, Ausgangssignal an Brücke
 - S21 Eingangssignal
- Der Prozessor ist von ST Microelectronics



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Wie misst ein einfacher NanoVNA : Messbrücke (1/7)

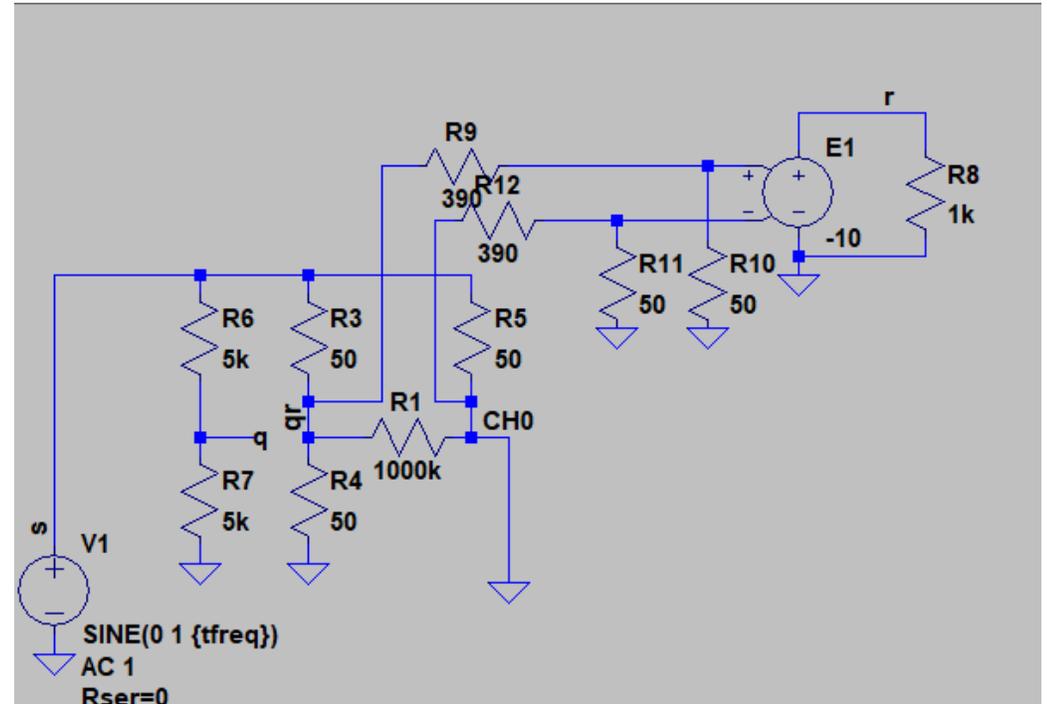
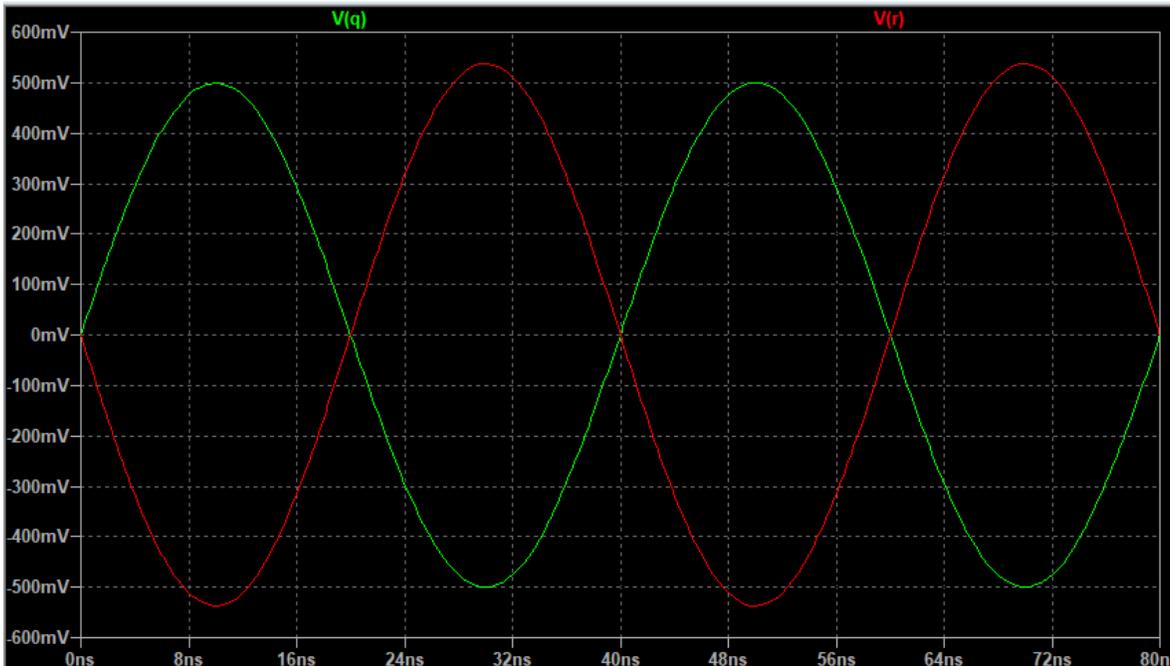
- Beispielmessungen:
 - Open (Ch0 offen)
 - CH0 Spannung doppelt zu hoch wie Referenz
 - Reflektiertes Signal Phasengleich verschoben
 - (bei 100% Kalibrierung wären beide Amplituden gleich)



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Wie misst ein einfacher NanoVNA : Messbrücke (2/7)

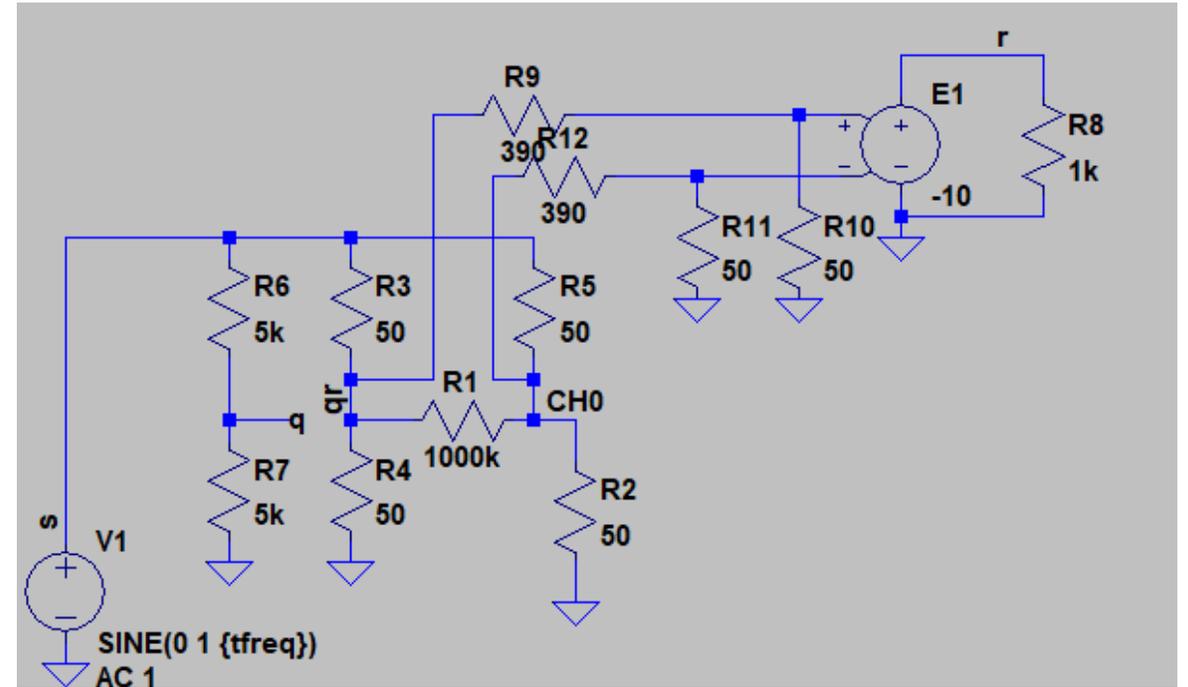
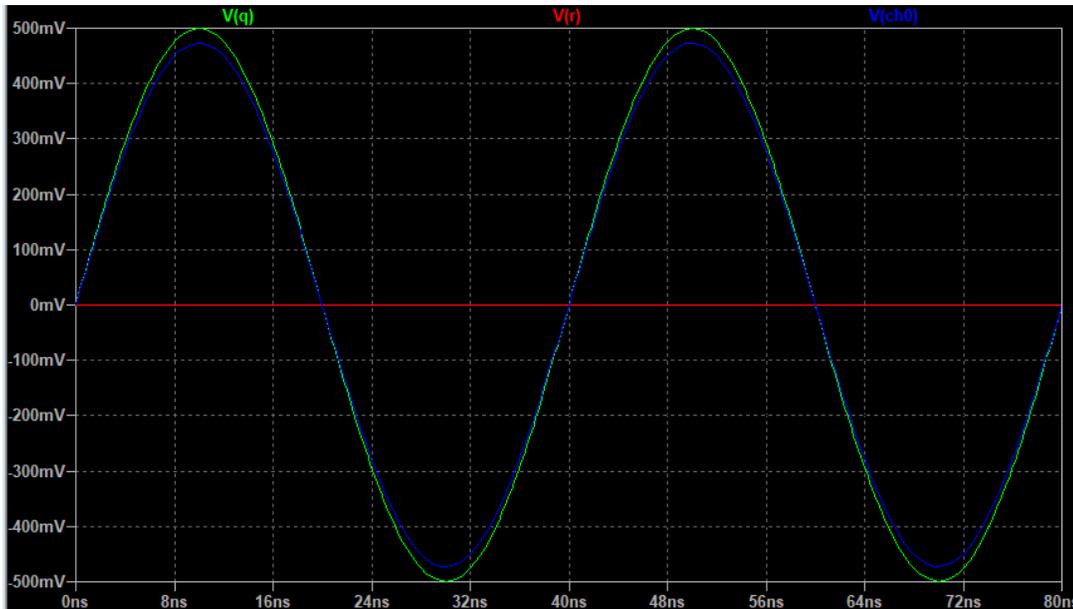
- Beispielmessungen:
 - Short (Ch0 kurzgeschlossen)
 - CH0 Spannung 0V
 - Reflektiertes Signal 180° verschoben
 - (bei 100% Kalibrierung wären beide Amplituden gleich)



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Wie misst ein einfacher NanoVNA : Messbrücke (3/7)

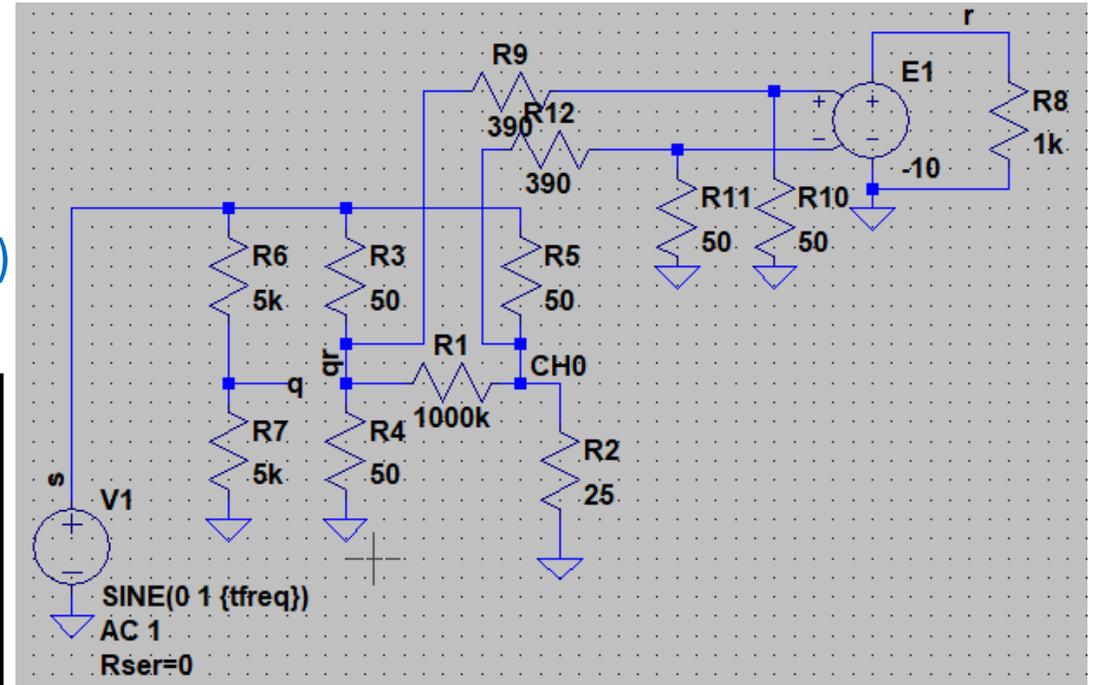
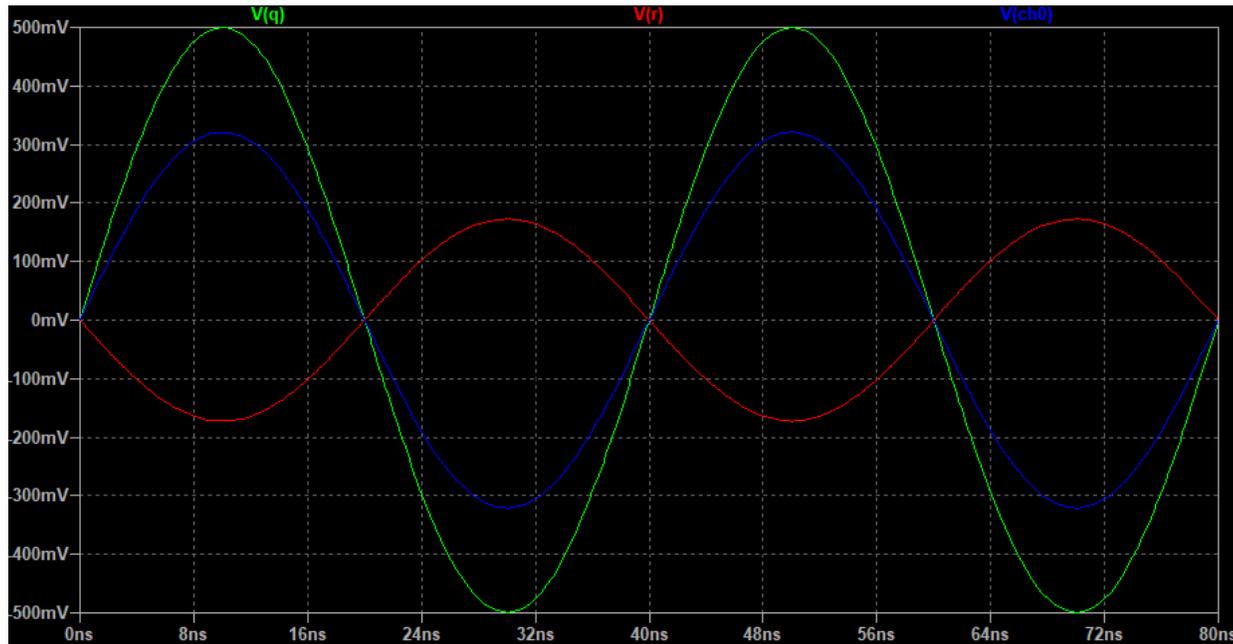
- Beispielmessungen:
 - 50 Ohm Abschluss
 - CH0 Spannung gleich Referenz
 - Reflektiertes Signal Null
 - (Leichter Amplitudenunterschied durch Last)



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Wie misst ein einfacher NanoVNA : Messbrücke (4/7)

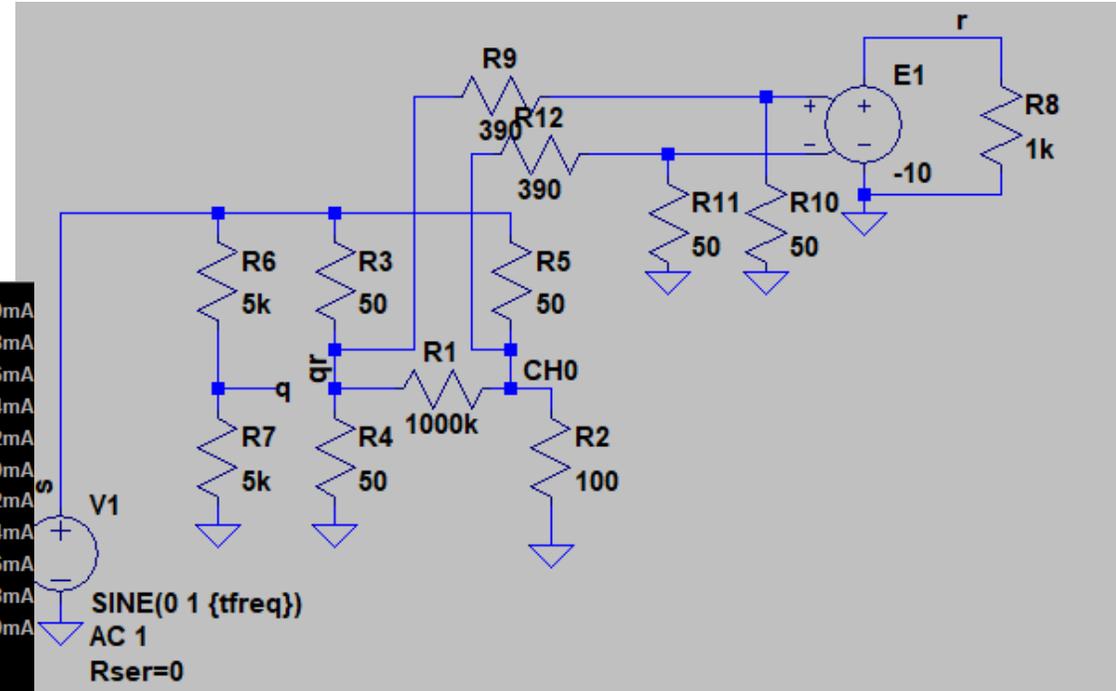
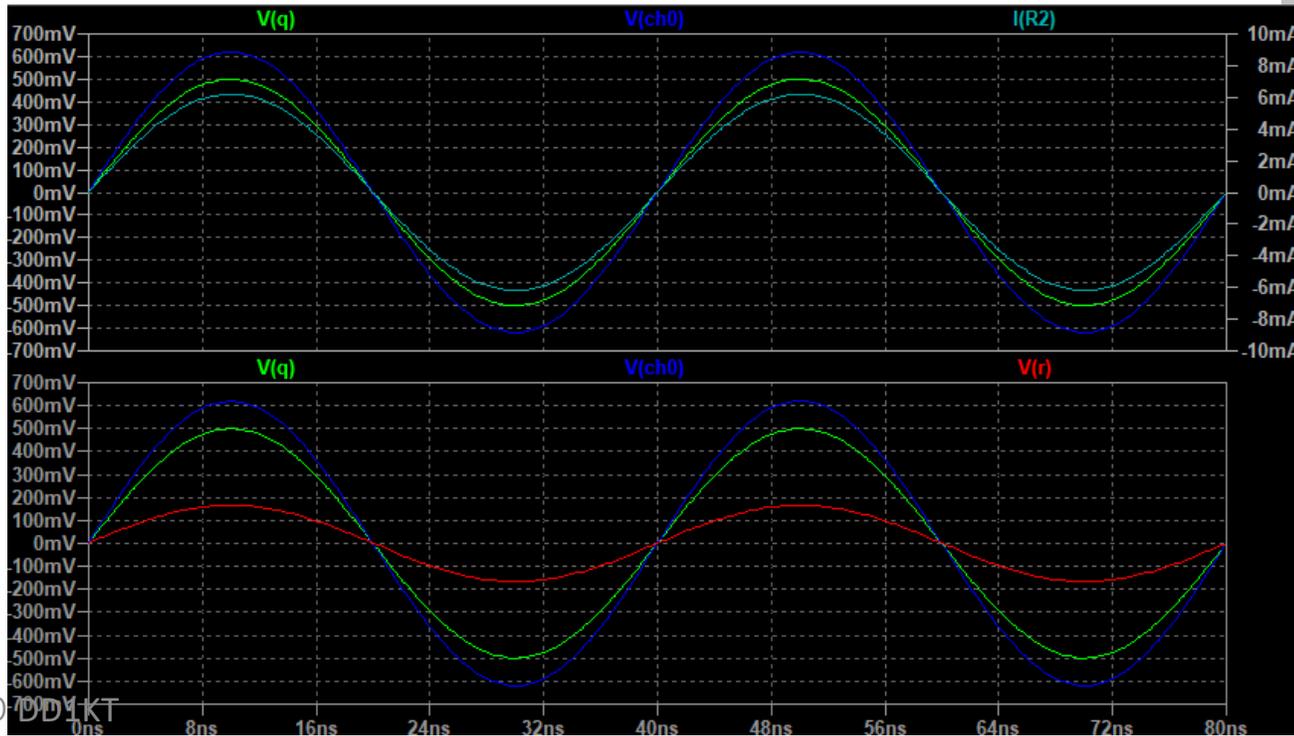
- Beispielmessungen:
 - 25 Ohm Abschluss
 - Strom und Spannung bei R2 in Phase
 - Ch0 Spannung kleiner als Referenz (50//25 zu 50//50)
 - Reflektion -1 (180°), Da $R < 50$



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Wie misst ein einfacher NanoVNA : Messbrücke (5/7)

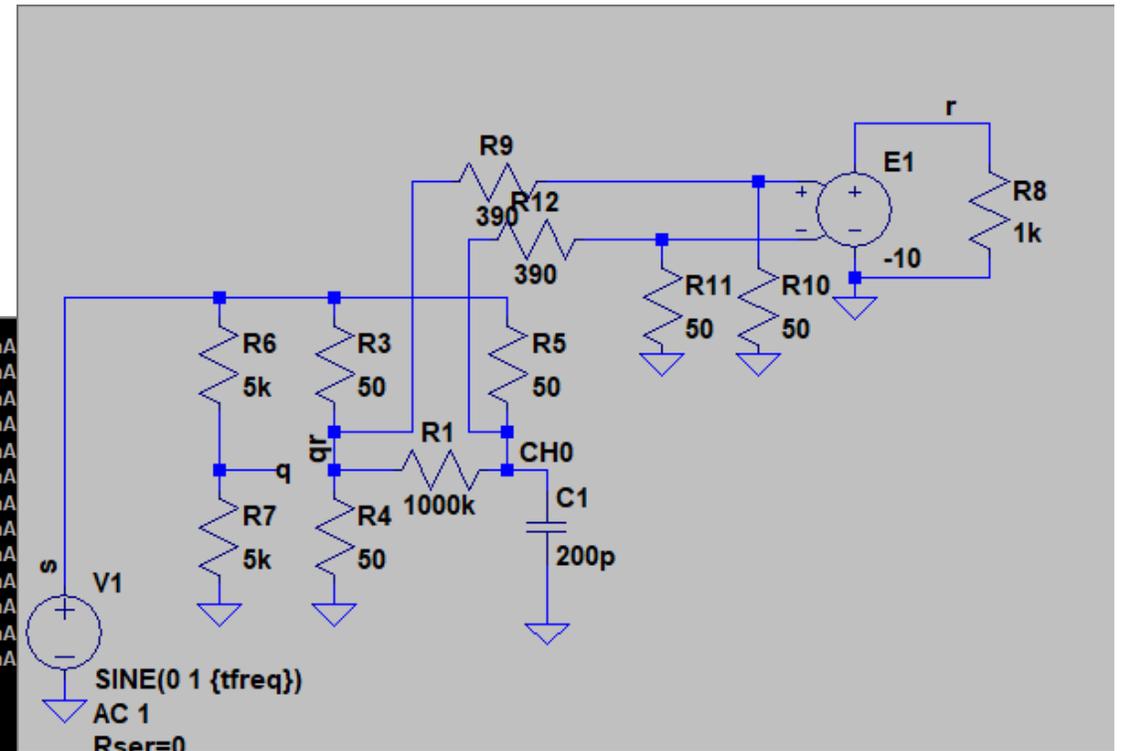
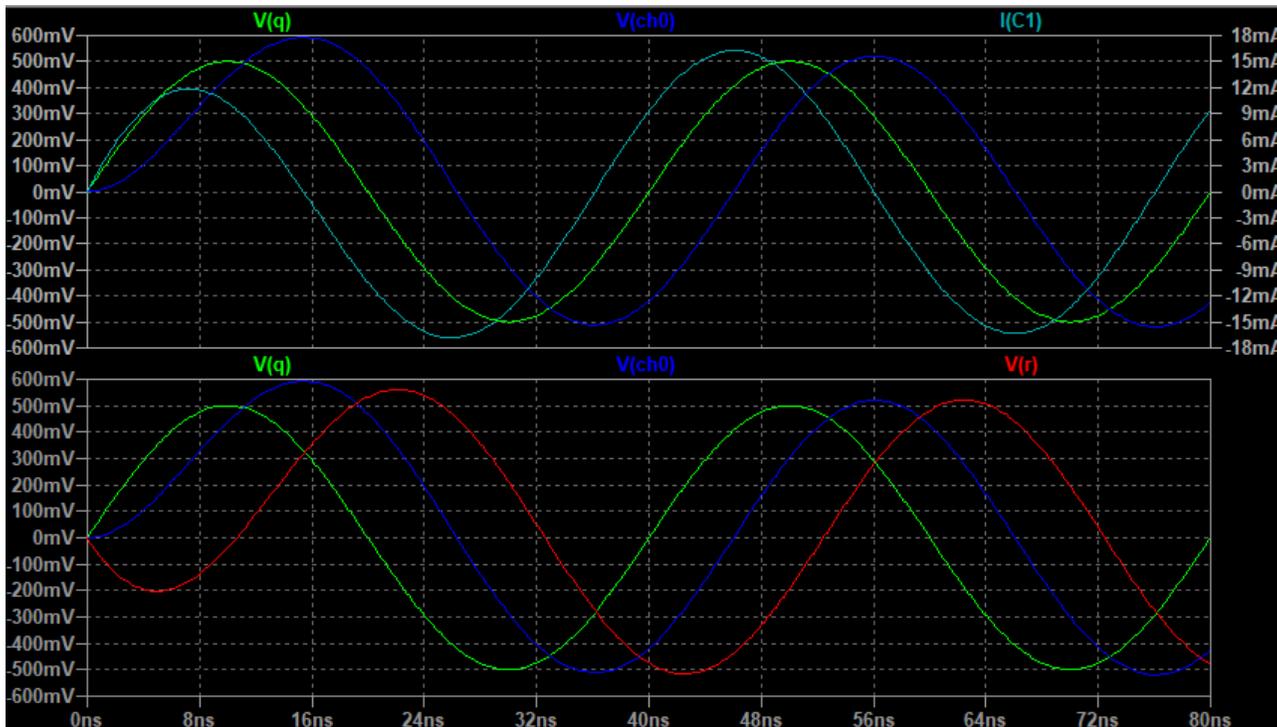
- Beispielmessungen:
 - 100Ohm Widerstand:
 - Strom und Spannung durch R2 sind in Phase
 - Ch0 Spannung höher als Referenz (50//100 zu 50//50)
 - Reflektion in Phase (0°), Da $R > 50$



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Wie misst ein einfacher NanoVNA : Messbrücke (6/7)

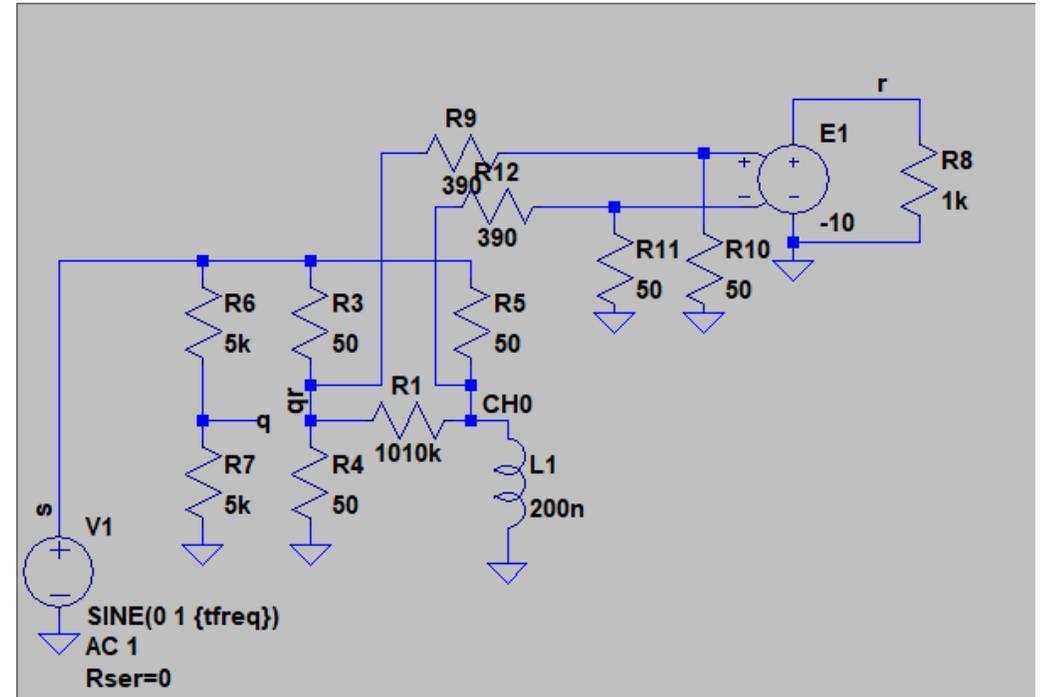
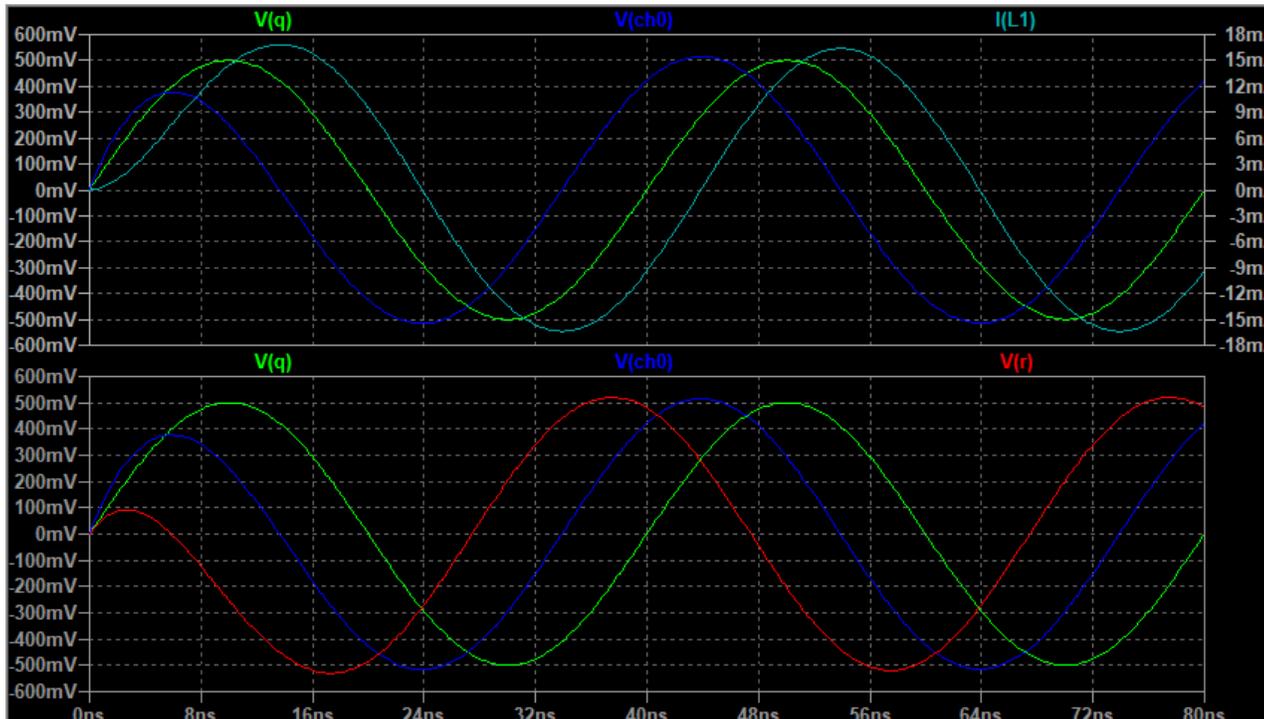
- Beispielmessungen:
 - 200p Kapazität bei 25MHz:
 - Strom ist -90° gegen Spannung verschoben
 - Ch0 Phase ist nach Referenz



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Wie misst ein einfacher NanoVNA : Messbrücke (7/7)

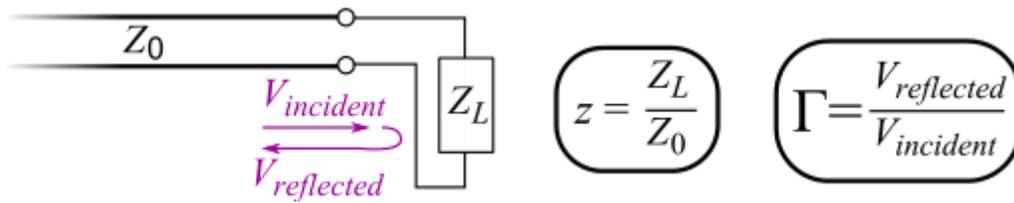
- Beispielmessungen:
 - 200n Induktivität bei 25MHz:
 - Strom ist 90° gegen Spannung verschoben
 - Ch0 Phase ist vor Referenz



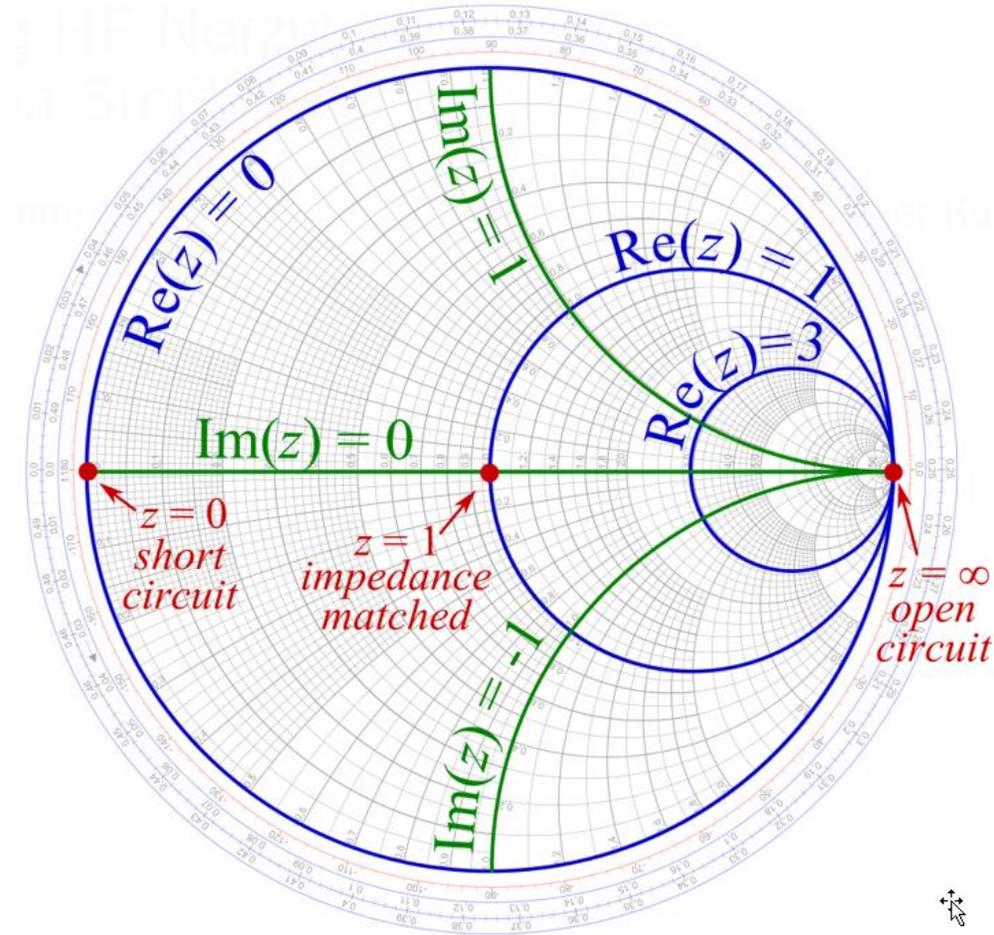
NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Grundlagen Smith Diagramm

- Smith Diagramm: Anzeige von Realteil und Imaginärteil in einer Kurve über Frequenz



- $z=1$: Bei 50 Ohm Impedanzen : 50 Ohm
- Darstellung der Messung von CH0 : S11 Smith
 - Die Marker Werte werden als R+C/L angezeigt
 - Mit bewegen des Markers ändert sich die Frequenz
- Siehe Wikipedia.de „Smith-Diagramm“



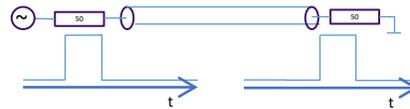
NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Wichtige Grundlagen: Eigenschaften einer Leitung 1/2

- Eine Leitung, bei Messungen mit einem VNA meist Koaxialleitungen, hat folgende Eigenschaften:

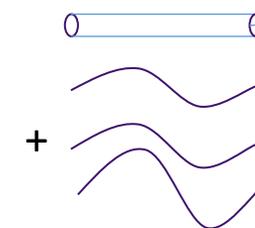
$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

- Impedanz Z , die sich aus Wurzel(L/C) ergibt. L und C für gleiche Länge
- Dabei werden L und C meist als Belag, d.h. L' (L / m) und C' (C / m) angenommen
- Auf Leitungen haben Signale Laufzeiten, d.h. eine Änderung des Signals an einem Ende wird erst verzögert am anderen Ende sichtbar.



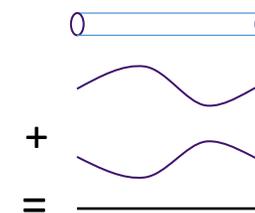
- Wenn die Impedanz der Leitung sich ändert, gibt es Reflektionen:

- Offenes Ende, d.h. Widerstand \sim unendlich, reflektiert mit Faktor 1, d.h. Signal kommt mit gleichem Pegel zurück



Leitungslänge = Wellenlänge

- Kurz-Geschlossenes Ende, Signal reflektiert mit Faktor -1, d.h. Signal kommt invertiert zurück.



NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Wichtige Grundlagen: Eigenschaften einer Leitung 2/2

• Weitere Leitungseigenschaften:

- Eine Leitung transformiert den Abschluss Widerstand in Abhängigkeit der Leitungslänge zu Wellenlänge
- Ab etwa Leitungslänge $> 1/10$ Wellenlänge ist das praktisch zu berücksichtigen
- Eine Leitungslänge = $1/4$ Wellenlänge (λ) invertiert den Abschluss:
 - Am Eingang einer $1/4$ λ Leitung zeigt sich ein Kurzschluss, wenn die Leitung offen ist.
-> Für die Frequenz macht die Leitung eine starke Dämpfung
 - Eine am Ende Kurzgeschlossene $1/4$ λ Leitung ist ein hochohmiger Resonator für die Frequenz
- Eine Leitungslänge = $1/2$ Wellenlänge (λ) zeigt den Abschluss Widerstand auch am Eingang
- Nur bei einem Abschluss Widerstand mit Leitungsimpedanz Z ist die Leitungslänge ohne Einfluß
 - Nur der Pegel am Ende der Leitung wird durch die Leitungsdämpfung reduziert

• Wichtig zu Merken: Die Wellenlänge in der Leitung ist kürzer d.h. z.B. bei

- PE fest Kabel Verkürzungsfaktor 0,66 Kapazität 101pF/m z.B.: RG58, RG213, RG174
- PE Schaum Verkürzungsfaktor 0,83 75pf/m : z.B Aircell
- Teflon (PTFE) fest Verkürzungsfaktor 0,7 95pF/m : z.B. RG178, RG316

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Kalibrieren eines VNA: warum

- 1. Kalibration direkt am VNA SMA Anschluss:
 - Toleranzen der Bauelemente können über Temperatur und Alterung variieren, auch Frequenzabhängig
 - Wir reden von >60dB, d.h. z.B. für Widerstände $<1/1000$ entspricht $<0.1\%$ des Wertes
 - Mit der Kalibration können diese Toleranzen mit der Genauigkeit der Kalibrierelemente behoben werden
 - Viele Bauelemente im VNA sind Frequenzabhängig
 - Wenn wir also für alle Frequenzen eine Grund-Kalibrierung ablegen wollten, würde ein sehr großer Speicher benötigt
 - Im NanoVNA ist auf Speicher 0 eine Kalibrierung abgelegt, die auch verwendet wird, wenn neue Frequenzen gewählt werden. Für eine SWR-Messung mit Port direkt am VNA ist die ausreichend
- 2. Kalibration an einer Messleitung
 - Wenn ein Bauteil vermessen werden soll, kann man nicht immer das Bauteil direkt am VNA anschrauben, sondern verbindet es mit einem Koaxialkabel
 - Ein Kabel hat Transformationseigenschaften wie Laufzeit und Dämpfung.
 - Wenn man die Kalibration mit dem Kabel am Ende des Kabels macht, werden die Eigenschaften des Kabels berücksichtigt
 - -> Es ist immer wichtig ab welchem Punkt die Messung beginnt: Ebene der Kalibration

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Kalibrieren eines VNA: wie, wann

- 1. Ablauf der Kalibration (wenn es ganz genau sein soll, nachdem das Gerät Betriebstemperatur hat):
 - Für S11 Reflektion
 - Frequenzen für Sweep am Gerät auswählen
 - Kalibrieren am Gerät aufrufen, „Reset“ der alte Kalibrierung
 - Open verbinden und open-Kalibrierung anfragen, das Gleiche für Short und Load
 - Ergänzend für Durchgangsmessung
 - (Möglichst) beide Kanäle mit 50 Abschließen und Isolation aufrufen
 - Die Ports über die Messkabel miteinander verbinden (da, wo der Prüfling wäre) und Through aufrufen
 - Wichtig: Die Kalibration wird erst übernommen, wenn auch „Done“ gedrückt wurde.
 - Die Kalibration kann danach zusammen mit der Frequenzwahl in einem Speicher abgelegt werden
 - Wichtig: Wenn man einen neuen Frequenzbereich auswählt, muss man neu kalibrieren

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Leitungseigenschaften ermitteln mit VNA

- Wie kann ich die Eigenschaften einer Leitung ermitteln:
 - Physikalische Länge der Leitung bestimmen
 - Offene Leitung an S11 Port (CH0) anschließen und Kapazität bei niedriger Frequenz ermitteln
 - Frequenz ablesen, an der die offene Leitung als Kurzschluss angezeigt wird
 - Leitung kurzschließen, an S11 Port (CH0) anschließen und Induktivität bei niedriger Frequenz ermitteln
 - Frequenz ablesen, an der die kurzgeschlossene Leitung als offen angezeigt wird (sollte gleiche Frequenz sein)
 - S11 über Frequenz auftragen: Fällt über Frequenz mit Dämpfung für doppelte Leitungslänge
- Mit den Werten ein wenig Rechnen:
 - $Z = \sqrt{L/C}$ von den Werten bei niedriger Frequenz
 - Bei der ermittelten Frequenz ist $\frac{1}{4}$ Wellenlänge auf der Leitung: $\frac{1}{4}$ Wellenlänge mit Leitung vergleichen -> Verkürzungsfaktor

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Variationen des NanoVNA, Firmware, Software (1/3)

- Technische Daten des NanoVNA
 - Measurement frequency: 50KHz ~ 300MHz (50KHz – 900MHz (1.500GHz), extended firmware)
 - RF output: -13dbm (maximum -9dbm)
 - Measurement range: 70dB (50kHz-300MHz), 60dB (300M-600MHz), 50dB (600M-900MHz)
 - Port SWR: < 1.1
 - Display: 2.8 inch TFT (320 x240)
 - USB interface: USB type-C communication mode: CDC (serial)
 - Power: USB 5V 120mA
 - Number of scanning points: 101 (fixed) Display
 - Tracking: 4 Traces. Marking: 4, Setting Save: 5
 - Frequency error: < 0.5ppm

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Variationen des NanoVNA, Firmware, Software (2/3)

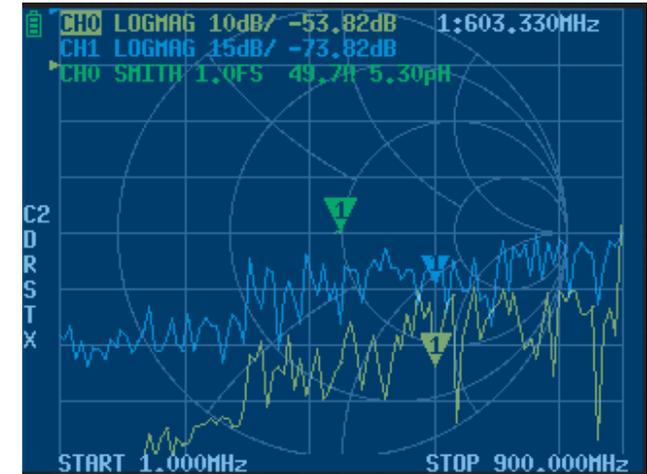
- Ein wenig Historie
 - Der NanoVNA wurde von einem japanischen Funkamateurliebling entwickelt (edy555)
 - Ein chinesischer Kollege hat die Stromversorgung mit Akku und ein paar andere Änderungen eingeführt (Hugen)
 - Nach einer Beschwerde heißt jetzt seine Version NanoVNA-H
 - Der wurde weiterentwickelt und hat neuerdings auch ein Plastikgehäuse
- Weiterentwicklung
 - Hugen hat schon einige Verbesserungen mitgeteilt bekommen/gefunden um besser bis 1,5GHz messen zu können. Dieses wird in neueren Versionen eingebaut
 - Eine neue Hardware (>1.5GHz) ist in Entwicklung aber wann erhältlich ?
- Firmware
 - Edy555 schreibt auch für NanoVNA : Bildschirm muss neu kalibriert werden
 - Hugen schreibt –H Firmware inzwischen auch mit TDR Funktion
 - QRP (?) Schreibt –Q Firmware
 - Alle nutzen gemeinsame Quellen auf Github

NanoVNA: Was beachten, welche gibt es

Variationen des NanoVNA, Firmware, Software (3/3)

- Display Größe

- Hugen und edy55 benutzen den 2.8Zoll Schirm
- Parallel wurde der NanoVNA-F entwickelt mit größerem Bildschirm, ist aber auch anderer Prozessor, andere Displayansteuerung → Firmware nicht so weit wie NanoVNA-H
- Hugen hat eine AA Firmware Version mit größerer Schrift im Programm



- Software

- NanoVNA-Saver : Verwendet nur die Messungen, verwaltet eigene Kalibration, kann mehrfach Messen (Mittelwert) und mehr als 101 Frequenzpunkte verwenden
- NanoVNASharp NOD v3 : (Hugen) kann Bildschirm-Kopien (neue Firmware) und Messwerte auf dem PC darstellen: Bedienung des NanoVNA über den PC

