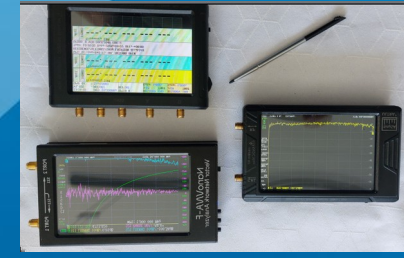


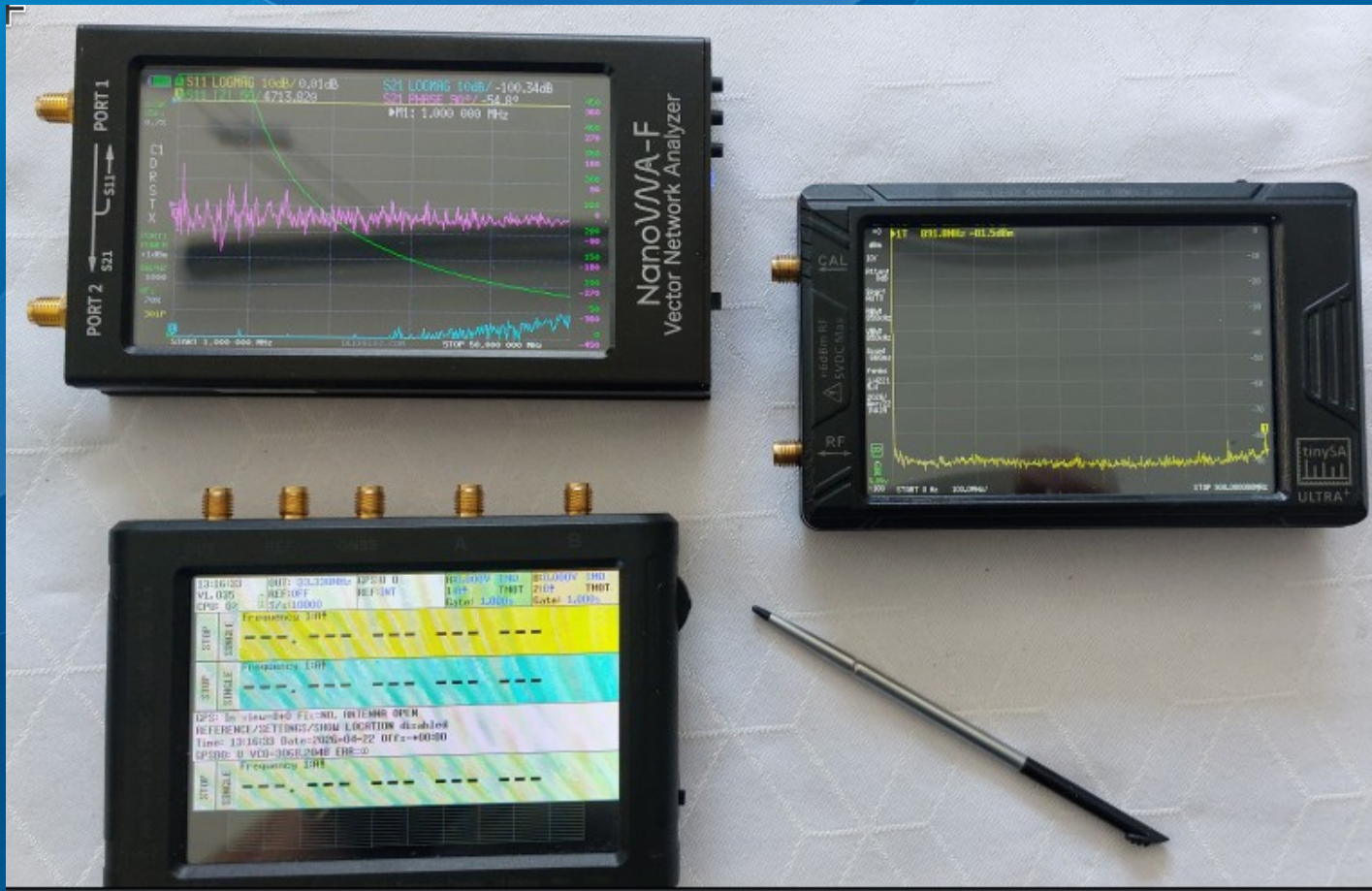
The Magic Three

NanoVNA, tinySA, tinyGTC



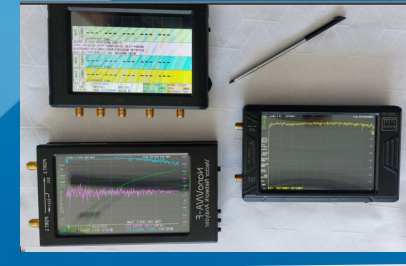
The Magic Three

NanoVNA, tinySA, tinyGTC



The Magic Three

NanoVNA, tinySA, tinyGTC

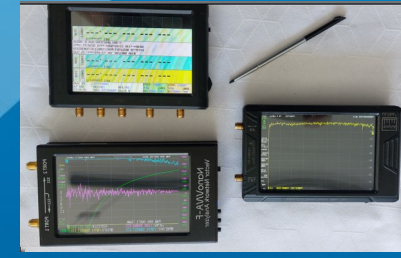


Das HF-Labor für die Hosentasche

- + NanoVNA, ein vektorieller Netzwerk Analyzer
- + tinySA, ein Spectrum Analyzer
- + tinySA, ein Signalgenerator
- + tinyGTC, ein GPSDO disziplinierter Signalgenerator
- + tinyGTC, zwei hochpräzise Counter
- + Zubehör, Dämpfungsglieder, DC-Blocker, Sensoren (probes)

The Magic Three

NanoVNA, tinySA, tinyGTC



Be aware of bad performing illegal copy products.

Much effort went into the tinySA to ensure accurate measurements over the entire frequency range. This is however only possible when using the original high quality components. Clones may use lower quality components with incorrect reverse engineered component values and because of this the clones can have a worse performance. Unless you can compare the tinySA to another good spectrum analyzer you may not be able to detect the bad performance of a clone.

Where to buy the tinySA Ultra or Ultra+

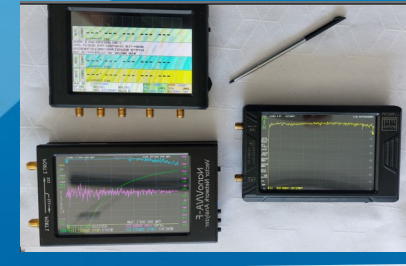
- [Zeenko store on AliExpress](#). This is the factory store. Select a **Color** to select which Ultra model
- [Eleshop](#) in Europe
- [R&L Electronics](#) in the USA. When the tinySA is listed as "out of stock" R&L can still take your order and only charge your credit card (weeks).
- [Switch Science](#) in Japan
- [Mirfield Electronics](#) in the UK.
- [astroradio](#) in SPAIN
- [Neven](#) in Central and Eastern Europe
- [Kami teknoloji](#) in Turkey
- [Selteq](#) in Ukraine
- [GOTRONIK](#) in Poland
- Aursinc on Amazon
- SeeSii store on Amazon

Other stores will be added in the future.

After upgrading the firmware you may get failures in the selftest but the selftest is based on possible component variations after full validation in manufacturing, which is not guaranteed with a clone.

The Magic Three

NanoVNA, tinySA, tinyGTC



Meßtechnische Begriffe aus der HF-Technik

- + dB, dBm, dBc, dBuV, U_{eff}, U_{ss}
- + $|Z_0|$, $R \pm jX$, 50Ω , L, C, Smith Chart, Resonanz, Stub
- + S/N, Rauschzahl, SINAD, Spurs, Harmonische
- + Start (f), Stop (f), Span, Center (f), Sweep(en), RBW, VBW
- + S₁₁, S₂₁, LogMag, SWR, Return Loss
- + 3dB-Bandbreite, 6dB-Bandbreite
- + GPS, GPDSO, 10MHz-Referenz

The Magic Three

NanoVNA, tinySA, tinyGTC



-23 dBm	5 µW	15,8 mV	44,7 mV	84 dBµV
-20 dBm	10 µW	22,4 mV	63,2 mV	87 dBµV
-18 dBm	15,8 µW	28,1 mV	79,5 mV	89 dBµV
-17 dBm	20 µW	31,6 mV	89,4 mV	90 dBµV
-13 dBm	50 µW	50,0 mV	141 mV	94 dBµV
-10 dBm	100 µW	70,7 mV	200 mV	97 dBµV
-7 dBm	200 µW	100 mV	283 mV	100 dBµV
-3 dBm	500 µW	158 mV	447 mV	104 dBµV
0 dBm	1 mW	224 mV	632 mV	107 dBµV
3 dBm	2 mW	316 mV	890 mV	110 dBµV
7 dBm	5 mW	500 mV	1,41 V	114 dBµV
10 dBm	10 mW	707 mV	2,00 V	117 dBµV
11 dBm	13,3 mW	816 mV	2,31 V	118 dBµV
13 dBm	20 mW	1 V	2,83 V	120 dBµV
17 dBm	50 mW	1,58 V	4,47 V	124 dBµV
20 dBm	100 mW	2,24 V	6,32 V	127 dBµV
23 dBm	200 mW	3,16 V	8,94 V	130 dBµV
27 dBm	500 mW	5 V	14,1 V	134 dBµV
30 dBm	1 W	7,07 V	20 V	137 dBµV
33 dBm	2 W	10 V	28,3 V	140 dBµV
37 dBm	5 W	15,8 V	44,7 V	144 dBµV
40 dBm	10 W	22,4 V	63,2 V	147 dBµV
43 dBm	20 W	31,6 V	89,4 V	150 dBµV
47 dBm	50 W	50 V	141 V	154 dBµV
50 dBm	100 W	70,7 V	200 V	157 dBµV

Umrechnung dBm in dBuV

> 0dBm → +107 dBuV

< 0dBm → - 107 dBuV

Beispiele :

13 dBm = (107+13) = 120dBuV

87 dBuV = (87-107) = -20 dBm

Umrechnung Ueff in Uss

$U_{ss} = U_{eff} * 2 * 1,414$

10 Veff = 28,3 Vss

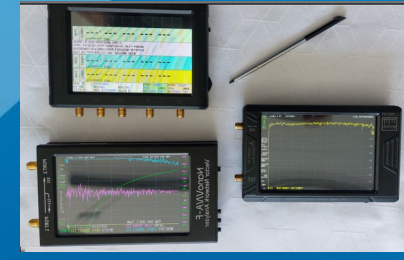
alles an 50Ω

Quelle : Funkamateurl
Taschenkalender 2026

Robert Kalff
DJ2MKR C23

The Magic Three

NanoVNA, tinySA, tinyGTC



Darstellung der Meßwerte im logarithmischen Maßstab. (an 50Ω)

$$+ 0\text{dBm} = 1\text{mW} = 224\text{mV}_{\text{eff}} = 632\text{mV}_{\text{ss}} = 107\text{dBuV}$$

$$+ 10\text{dBm} = 10\text{mW}$$

$$+ 20\text{dBm} = 100\text{mW}$$

$$+ 30\text{dBm} = 1\text{W}$$

$$+ 40\text{dBm} = 10\text{W}$$

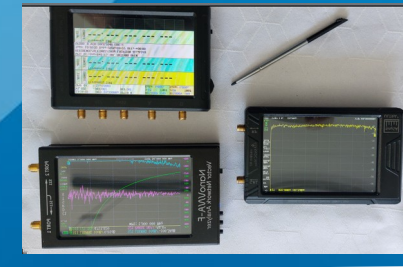
$$+ 50\text{dBm} = 100\text{W}$$

Im HF-Bereich ($<30\text{MHz}$) entspricht $S9 = -73\text{ dBm}$

Im VHF/UHF Bereich ($>30\text{ MHz}$) entspricht $S9 = -93\text{ dBm}$

The Magic Three

NanoVNA, tinySA, tinyGTC



VSWR	Return Loss [dB]	Reflektierte Leistung [%]	Übertragene Leistung [%]
1,02	-40	0,01	99,99
1,11	-26	0,25	99,75
1,22	-20	1	99
1,35	-16,5	2	98
1,50	-14	4	96
1,67	-12	6	94
1,86	-10,5	9	91
2,08	-9,1	12	88
2,33	-8	16	84
2,64	-7	20	80
3,00	-6	25	75
3,44	-5,2	30	70
4,00	-8	36	64
4,71	-3,7	42	58
5,67	-3,1	49	51
7,00	-2,5	56	44
9,00	-1,9	64	36
12,33	-1,4	72	28
19,00	-0,9	81	19
39,00	-0,4	90	10
∞	0	100	0

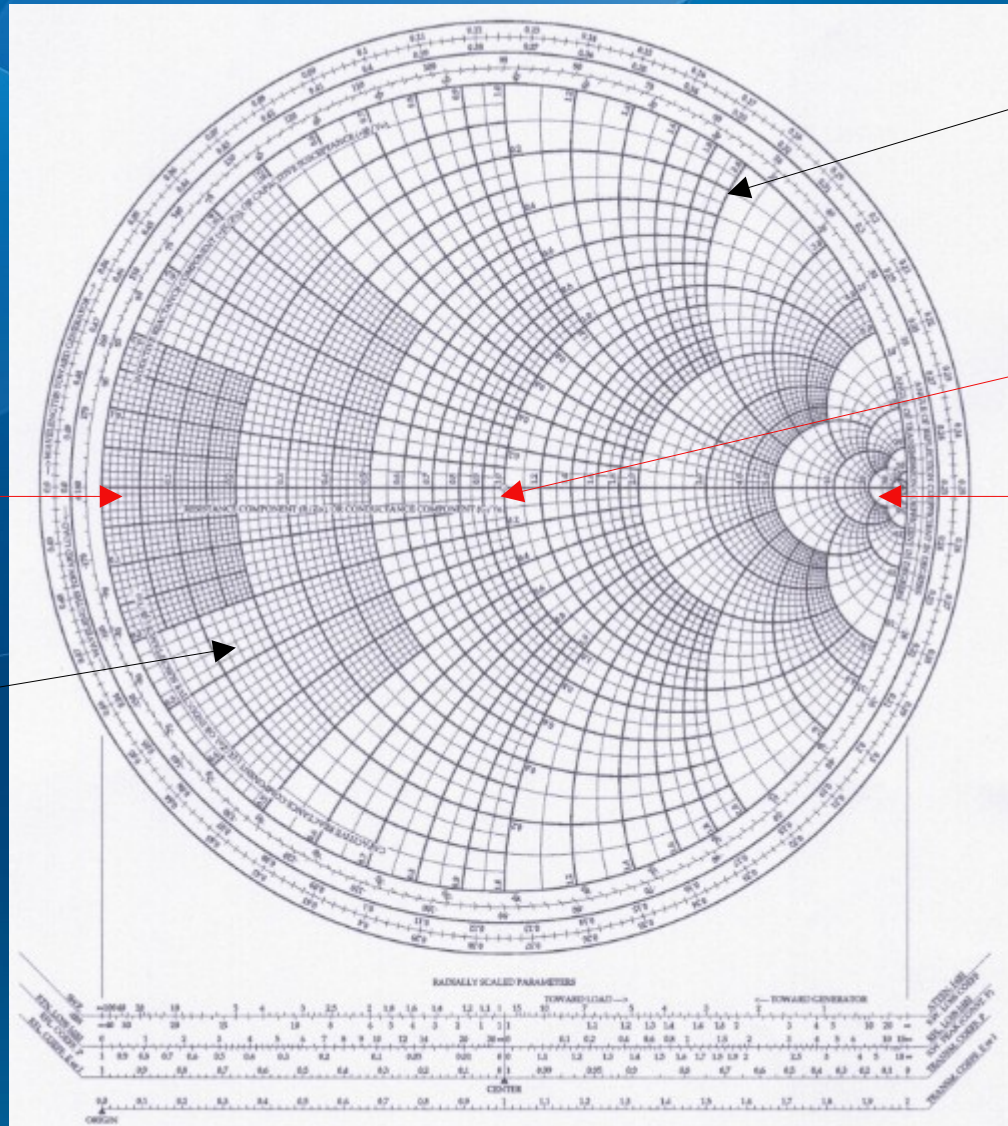
$$RL = -20 \cdot \log_{10} \left(\frac{SWR - 1}{SWR + 1} \right)$$

$$SWR = \frac{1 + 10^{-RL/20}}{1 - 10^{-RL/20}}$$

The Magic Three

NanoVNA, tinySA, tinyGTC

Smith Chart



0Ω

Induktiv

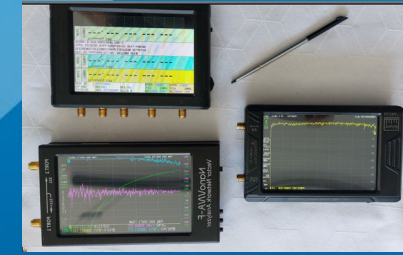
$Z_0 = 50 \Omega$

∞

Kapazitiv

The Magic Three

S/N, SINAD, THD



$$\text{SNR} = \frac{P_{\text{Signal}}}{P_{\text{Noise}}}$$

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{Signal}}}{P_{\text{Noise}}} \right)$$

$$\text{SINAD} = \frac{P_{\text{Signal}} + P_{\text{Noise}} + P_{\text{Distortion}}}{P_{\text{Noise}} + P_{\text{Distortion}}}$$

$$\text{SINAD} \approx \frac{P_{\text{Signal}}}{P_{\text{Noise}} + P_{\text{Distortion}}}$$

$$\text{SINAD}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{Signal}} + P_{\text{Noise}} + P_{\text{Distortion}}}{P_{\text{Noise}} + P_{\text{Distortion}}} \right)$$

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 20 \log_{10} \left(\frac{V_{\text{Signal}}}{V_{\text{Noise}}} \right)$$

$$\text{THD} = \frac{P_{\text{Distortion}}}{P_{\text{Signal}}}$$

$$\text{THD} + \text{N} = \frac{P_{\text{Noise}} + P_{\text{Distortion}}}{P_{\text{Signal}}}$$

$$\text{SINAD} = \frac{1}{\text{THD} + \text{N}}$$

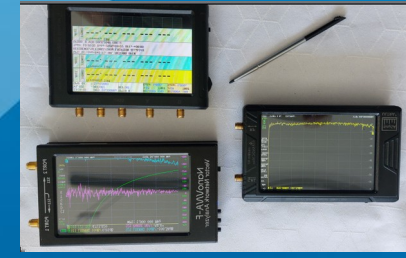
$$\text{SINAD}_{\text{dB}} = -20 \log_{10}(\text{THD} + \text{N})$$

Typisch : 40dB (mäßig), 60dB (gut), 80-100dB (top), 110dB (***)

Robert Kalff
DJ2MKR C23

The Magic Three

Rauschzahl F, (Noise Figure)



$$F = \frac{(S/N)_{\text{ein}}}{(S/N)_{\text{aus}}}$$

Verhältnis des S/N am Systemeingang zum S/N am Systemausgang.

Wenn das System zusätzliches Rauschen erzeugt, wird das S/N Verhältnis schlechter!

Daraus : $F \geq 1$

Beispiel :

$$S/N = 100$$

am Systemeingang

$$S/N = 20$$

am Systemausgang

$$F = \frac{100}{20} = 5$$

$$NF = 10 \log_{10}(5) \approx 7 \text{ dB}$$

Das System verschlechtert das S/N Verhältnis um 7dB

The NanoVNA



The NanoVNA



Calibration

Zuerst : Frequenzbereich einstellen

1. **Clear Old Data:** Go to **CAL » RESET** . This deletes the current active calibration.
2. **Start Calibration:** Tap **CALIBRATE** . A new menu will appear showing OPEN, SHORT, LOAD, and THRU.
3. **The OPEN Step:** Screw the **OPEN** standard onto CH0 (Port 1). Tap **OPEN** on the screen. The menu item will highlight.
4. **The SHORT Step:** Remove the Open. Screw the **SHORT** standard onto CH0. Tap **SHORT**.
5. **The LOAD Step:** Remove the Short. Screw the **LOAD** (50-ohm) standard onto CH0. Tap **LOAD**.
6. *(Optional - For CH1/S21 Measurements only):*
 - **THRU:** Connect a cable from CH0 directly to CH1 using the THRU barrel. Tap **THRU**.
 - Note: on NanoVNA V2 Plus4 and later hardware, isolation calibration is automatically done during OPEN and LOAD steps, and there is no separate ISOLATION calibration step.
7. **Finish & Save:** Tap **DONE**. A save menu will appear. Tap **SAVE 0** to save this calibration as the default startup state, or Save 1-4 for custom presets.

Achtung : Immer mit angeschlossenen Meßkabeln kalibrieren, da diese mit in die Kalibrierung eingehen

The NanoVNA



Wo setzen wir den NanoVNA ein

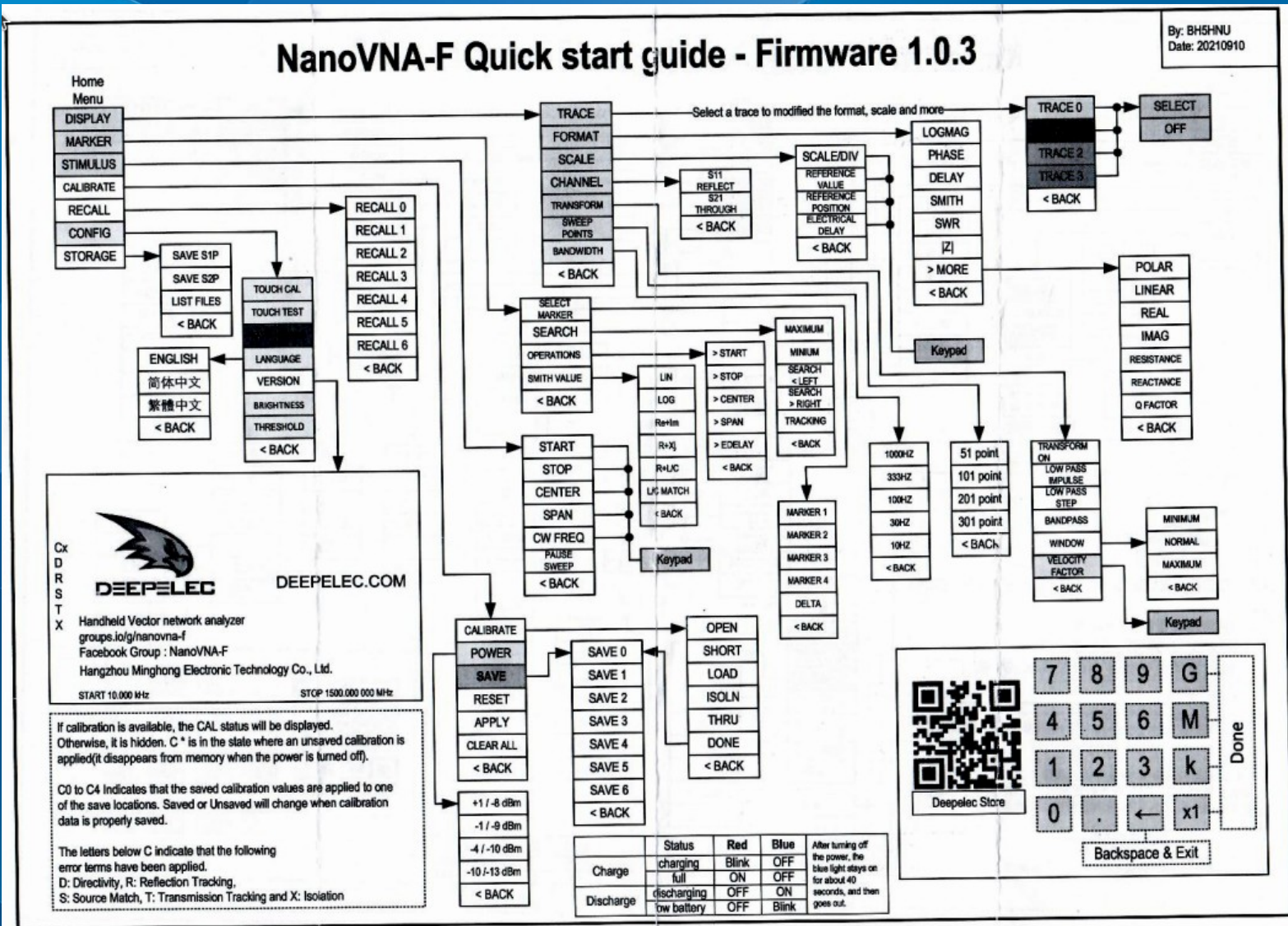
- + S-Parameter
 - S11 Reflektion (Eingangsanpassung)
 - S21 Transmission Loss or Gain
- + Rückflußdämpfung (Return Loss)
- + VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)
- + Impedanz ($R + jX$)
- + Phase

- + Smith Chart
- + Resonanzfrequenz von Antennen
- + Gruppenlaufzeiten

- + Güte Q von Schaltungen
- + Filtermessungen (Hoch-, Band-, Tiefpass)
- + Kabelmessungen
- + Spulen, Kapazitäten

The NanoVNA

Menue-Struktur des NanoVNA



The NanoVNA

Live Messungen (1)



Messungen NanoVNA-Saver

- 50Ω Abschlußwiderstand bei einer Frequenz
- 50Ω Abschlußwiderstand über Frequenzbereich
- Linearität Dämpfungsglied
- R, L, C in der SmithChart

- S11 und S21 an einem Dämpfungsglied
- Return Loss, SWR, über Frequenz
- S11 und S21 an einem LPF

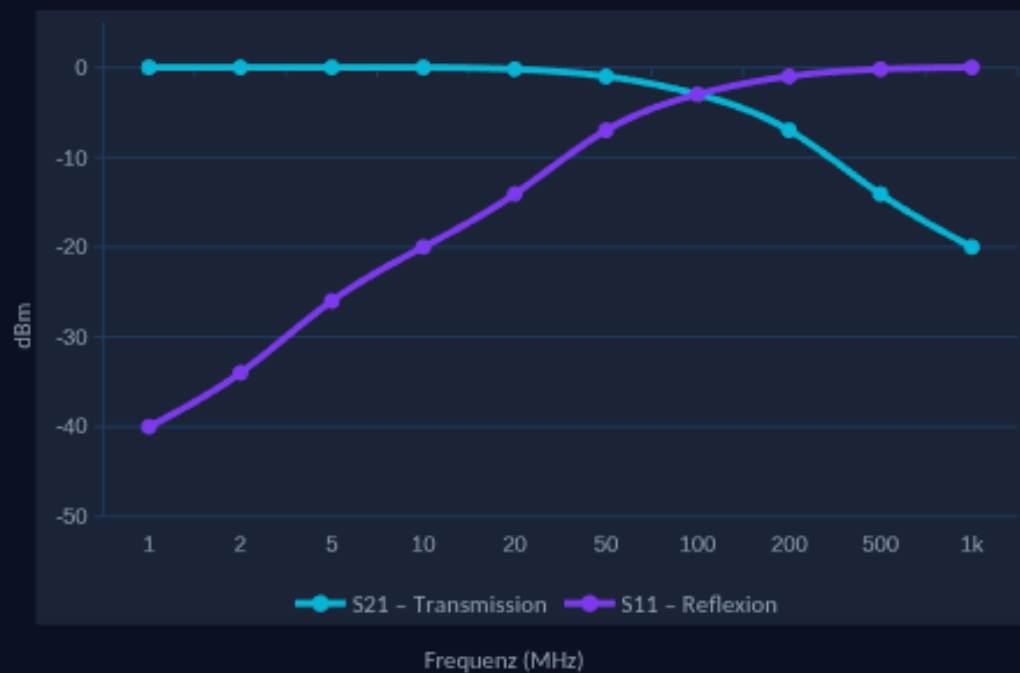
The Magic Three

NanoVNA, tinySA, tinyGTC



S-Parameter: Tiefpassfilter

S11 (Reflexion) · S21 (Transmission) · Grenzfrequenz f_c



S21 - Transmission

Passband ($f < f_c$):
= 0 dB (kein Verlust)
Sperrbereich:
-20 dB/Dekade Rolloff

S11 - Reflexion

Passband ($f < f_c$):
< -20 dB (gut angepasst)
Sperrbereich:
→ 0 dB (Totalreflexion)

Grenzfrequenz $f_c = 100$ MHz

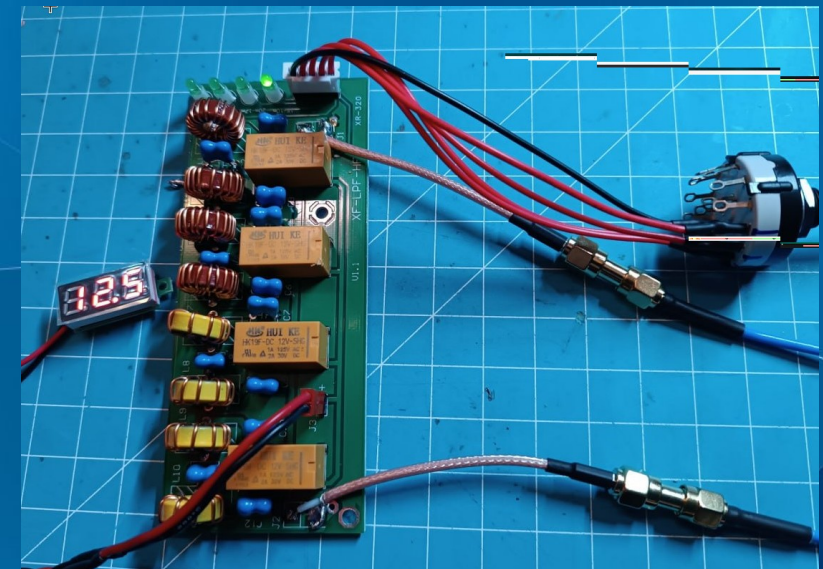
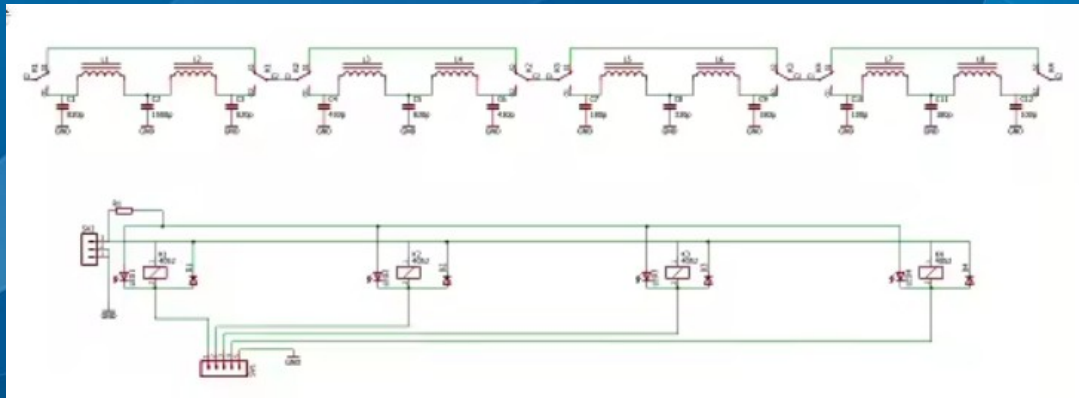
S21 = -3 dB · S11 = -3 dB

The NanoVNA

NanoVNA, tinySA, tinyGTC



Norberts (DB4MV) LPF im Testaufbau



The NanoVNA



Filterkurven (LPF 7MHz)



The NanoVNA

Live Messungen (2)



Messungen NanoVNA-Saver

- 50 Ω Abschlußwiderstand bei einer Frequenz
- 50 Ω Abschlußwiderstand über Frequenzbereich
- Linearität Dämpfungsglied
- R, L, C in der SmithChart

- S11 und S21 an einem Dämpfungsglied
- Return Loss, SWR, über Frequenz
- S11 und S21 an einem LPF

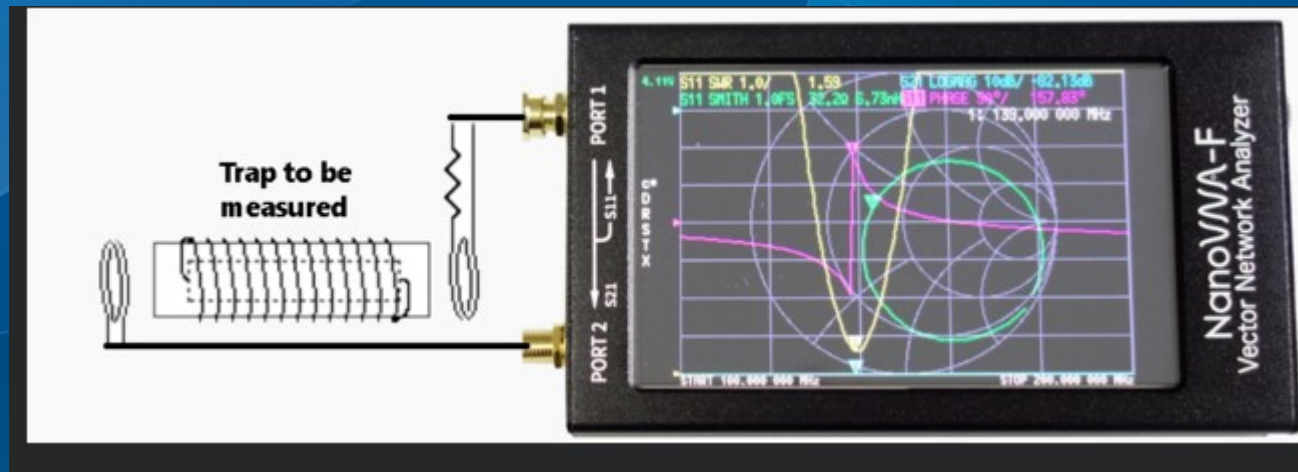
The NanoVNA



Traps

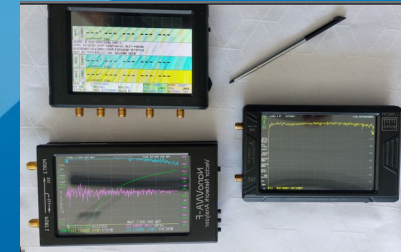
Messung der Bandbreite und der Güte eines Traps

Frequenzselektiver Sperrkreis (Paralleelresonanz aus L und C), der bei der hochohmigen f_0 -Frequenz sperrt.



The Magic Three

Güte Q einer Antenne messen



Wie misst man Q praktisch mit dem NanoVNA?

Kurzverfahren:

1. Antenne oder Resonator anschließen
2. Sweep um Resonanzbereich
3. Resonanzfrequenz f_0 bestimmen
4. Frequenzen links/rechts bei -3 dB oder definiertem SWR finden
5. Bandbreite berechnen:

$$BW = f_2 - f_1$$

6. Q berechnen:

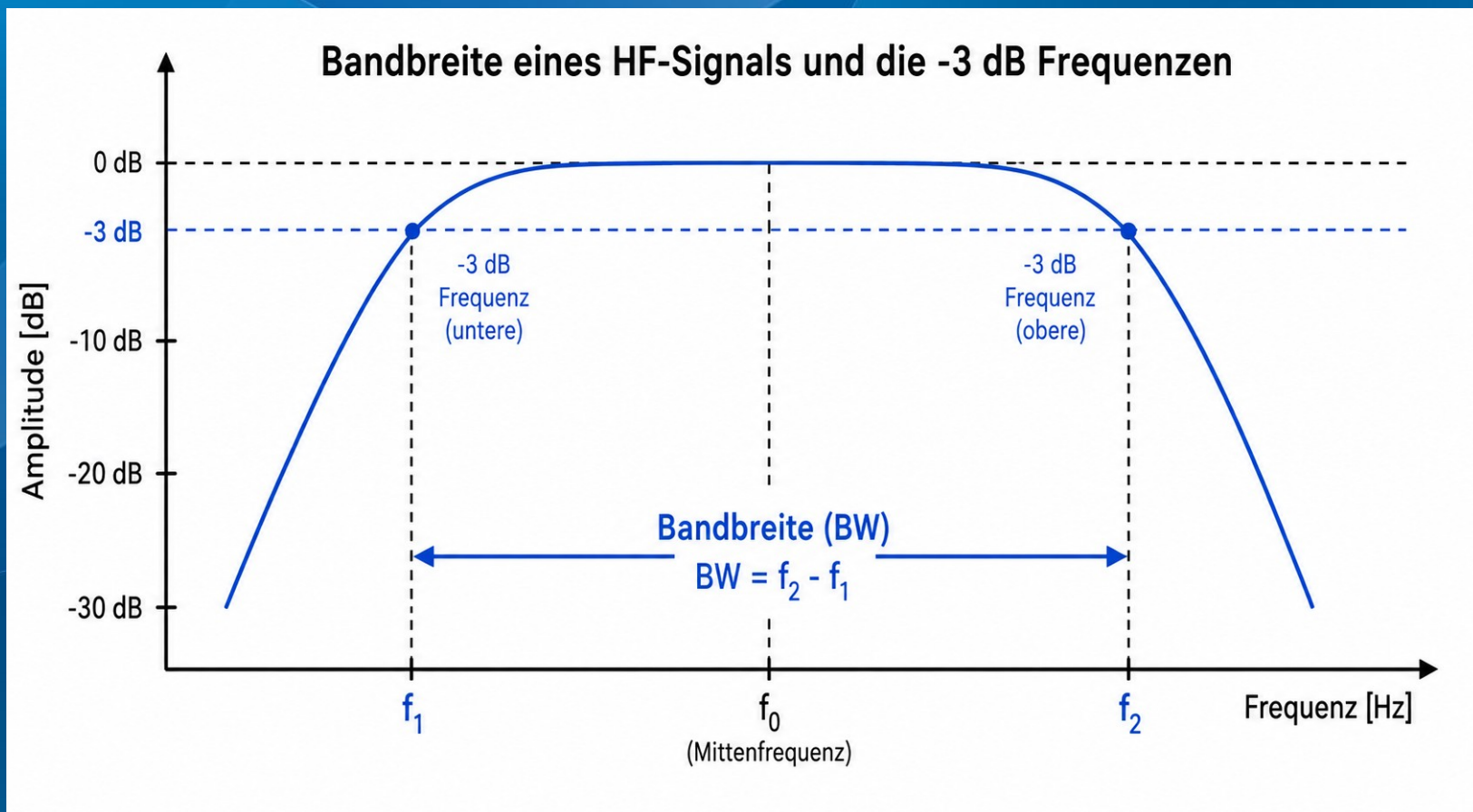
$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$$

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$$

Mag-Loop = hohes Q
Discone = kleines Q

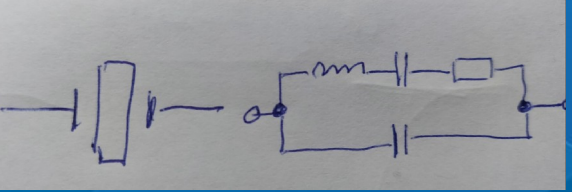
The NanoVNA

Bandbreite eines HF Signals

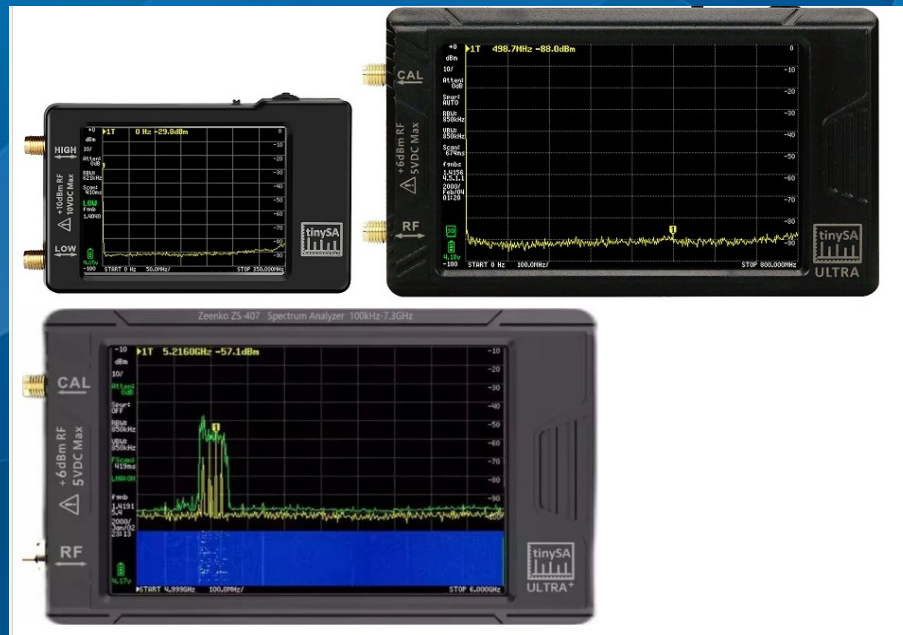
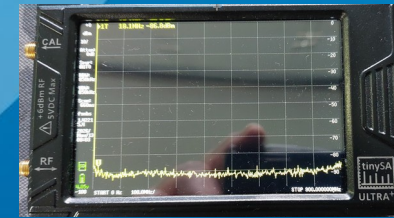


The NanoVNA

Quarze XTAL



The tinySA



tinySA Basic

2,8", 0,1-350 Mhz/240-950 MHz

tinySA Ultra ZS 405

4", 0-800 Mhz/5,3 Ghz

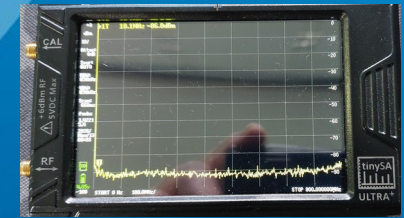
tinySA Ultra+ ZS 406

4", 0-900Mhz/ 5,3 Ghz

tinySA Ultra+ ZS 407

4". 0-900Mhz/ 7,3 Ghz

The tinySA



Danger, Danger, Danger

Er stirbt leise !

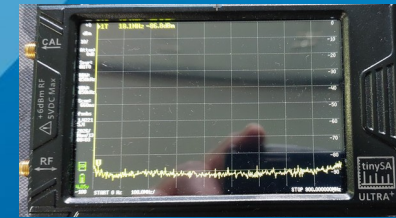
Da der tinySA einen elektronischen Eingangsschalter und dahinter Verstärker, Mischer, weitere empfindliche Bauteile folgen sind unbedingt die maximal anliegenden Eingangsleistungen zu beachten!

+ tiny basic	10 dBm @ 0dB attenuation
+ tiny Ultra	6 dBm @ 0dB attenuation

Hier ist nicht nur das Basisignal in Betracht zu ziehen, sondern auch alle am Eingang (möglicherweise) anliegende Signale. (GSM Sender in der Nähe, HF-Aussendung und Antenne nahbei, WLAN, Oberwellen, DC-Anteile)

Also DC-Blocker und zusätzliche Dämpfungsglieder anschließen!

The tinySA



Wo setzen wir den tinySA ein

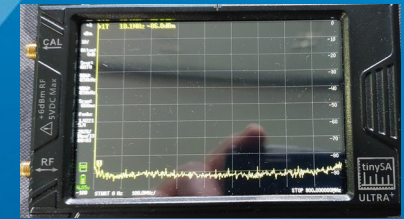
- + Frequenz eines Signals messen (Hz)
- + Signalamplitude (dBm)
- + Spektrumanzeige
- + Signalbandbreite
- + Spurs, Harmonische n-ter Ordnung (Frequenz, P_{harm} in dBc)
- + Noise floor, noise level
- + Modulationen

- + Nebenkanalstörungen
- + Interferenzen
- + Filterqualität (Signalunterdrückung)

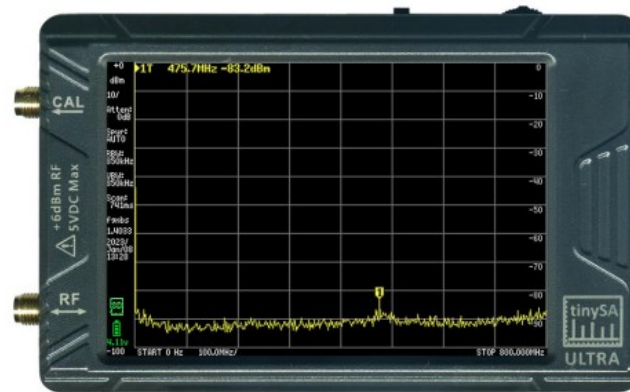
- + Störersuche

The tinySA

Menu-Tree Chart



TinySA Ultra Menu-Tree Chart



TinySA Ultra showing default startup display

PURPOSE

- The purpose of this document is to provide the TinySA Ultra user a quick reference guide for the menu tree structure and menu selections of the TinySA Ultra device.
- It is a work-in-progress and will reflect changes in the menu structure, features, selections, etc. as firmware updates necessitate.
- It is beyond the scope of this document to serve as an operational manual or comprehensive technical reference for the TinySA Ultra. That information can be found on the official TinySA® wiki website <https://www.tinysa.org/wiki/>.

DESCRIPTION AND NOTES

As with most software driven menu devices, the TinySA Ultra has a TOP LEVEL (a.k.a., MAIN MENU) and branches down to sub menu levels for each of the top level selection buttons. This document is organized so that each menu level and its submenu(s) and/or other functions such as a keypad is represented on a separate page. As room permits, more than one level of submenus may appear on a single page. Default settings are shown in this document unless otherwise stated.

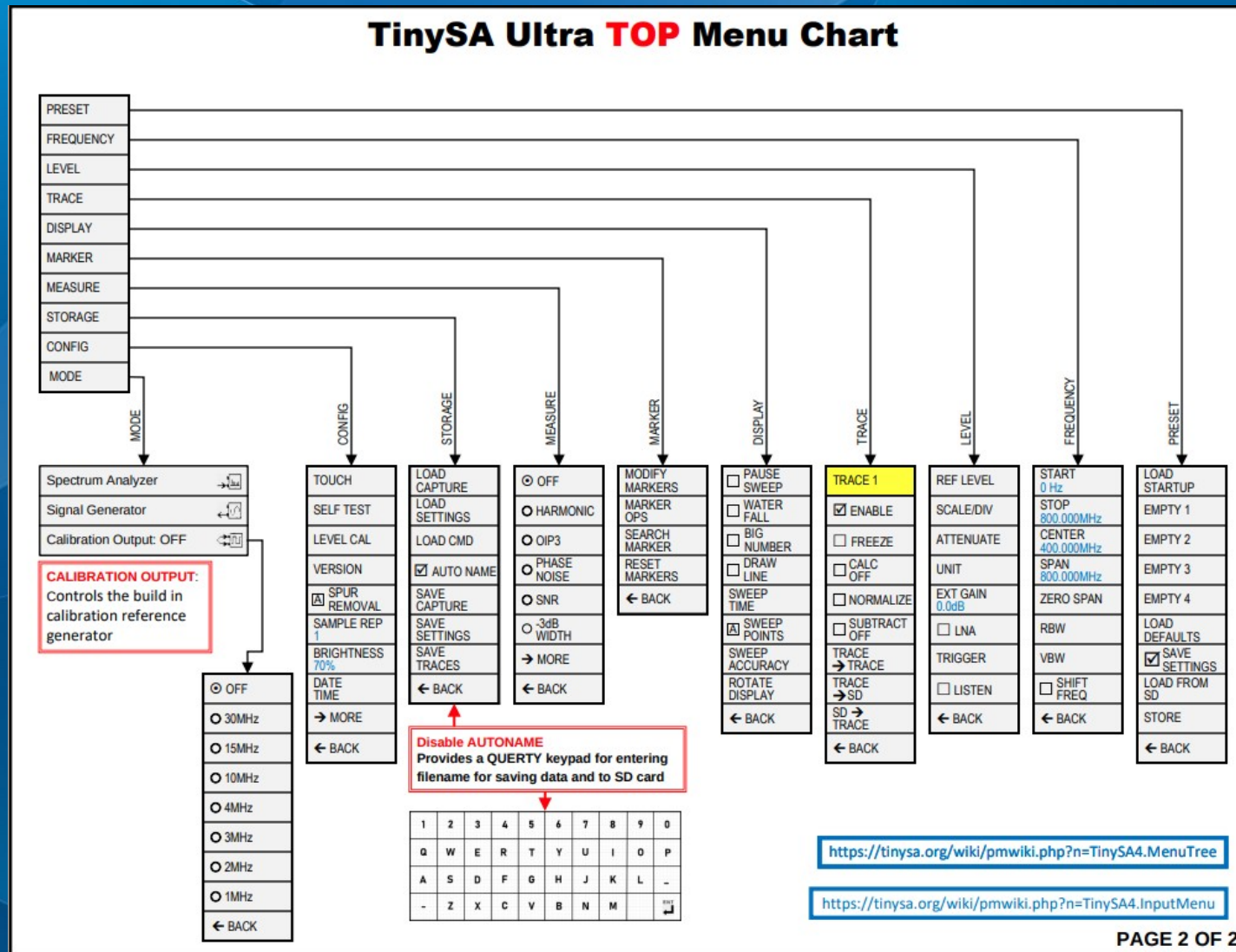
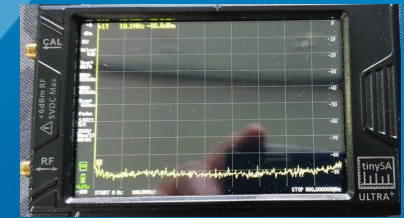
Firmware version archive can be found at <http://athome.kaashoek.com/tinySA4/>. For the official online discussion group go to <https://groups.io/g/tinysa/>. This document is based on the firmware version shown below.

Originally created by David Massey (WD4OWA@gmail.com) and then updated by Kurt Poulsen (kurt@hamcom.dk), this drawing is released to the public domain for non-commercial/non-profit use. Original drawing created and updated using Microsoft Visio Professional 2019 and then converted to a standard PDF file for universal computer and printer compatibility. Both the Visio and PDF files are made available.

Drawing base on Firmware version: v1.4-49.
See last page for document revision history.

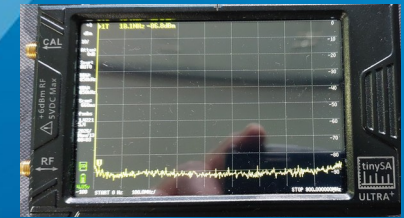
The tinySA

TinySA Ultra Top Menu Chart



The tinySA

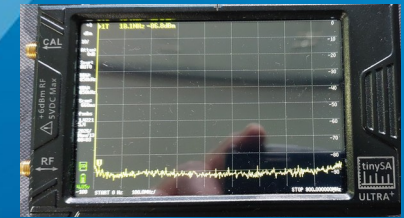
Einfache, häufig anfallende Messungen



- + Frequenz, Amplitude
- + Spektrum
- + Störer (mit Sniffer)
- + Signalverfolgung bei der Fehlersuche
- + Rundfunk (UKW mit Antenne) Bayern 3 99,4 MHz
87,5 MHz – 108 MHz
- + ISM-Band (Frequenzen : Anlage)
433,05 MHz – 434,79 MHz
- + WiFi (WLAN im 2,4 und 5/6 GHz-Bereich)
2,4 GHz – 2,4835 GHz

The tinySA

ISM-Frequenzen

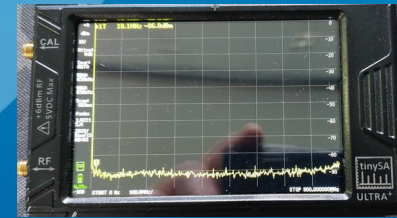


Die wichtigsten ISM-Bänder („Industrial, Scientific and Medical“) in Deutschland bzw. Europa sind:

Frequenzbereich	Typische Anwendungen
6,765–6,795 MHz	industrielle Erwärmung
13,553–13,567 MHz	RFID, NFC
26,957–27,283 MHz	CB-nahe Anwendungen
40,66–40,70 MHz	Fernsteuerungen
433,05–434,79 MHz	Funksteckdosen, Sensoren, Garagentore
863–870 MHz	LoRa, Smart-Home, SRD-Funk
2,400–2,4835 GHz	WLAN, Bluetooth, Zigbee
5,725–5,875 GHz	WLAN, Videoübertragung
24,0–24,25 GHz	Radar, Sensorik

The tinySA

Live Messungen



Messungen tinySA-Saver :

- Frequenz von SigGen → auf tinySA-Saver
- zusätzlich Harmonische und Marker

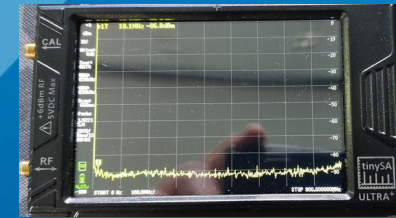
- 70 cm Afu-Band (analog / digital)
- 2m Afu-Band

- UKW-Rundfunkband 87 MHz – 108 MHz (div Sender)

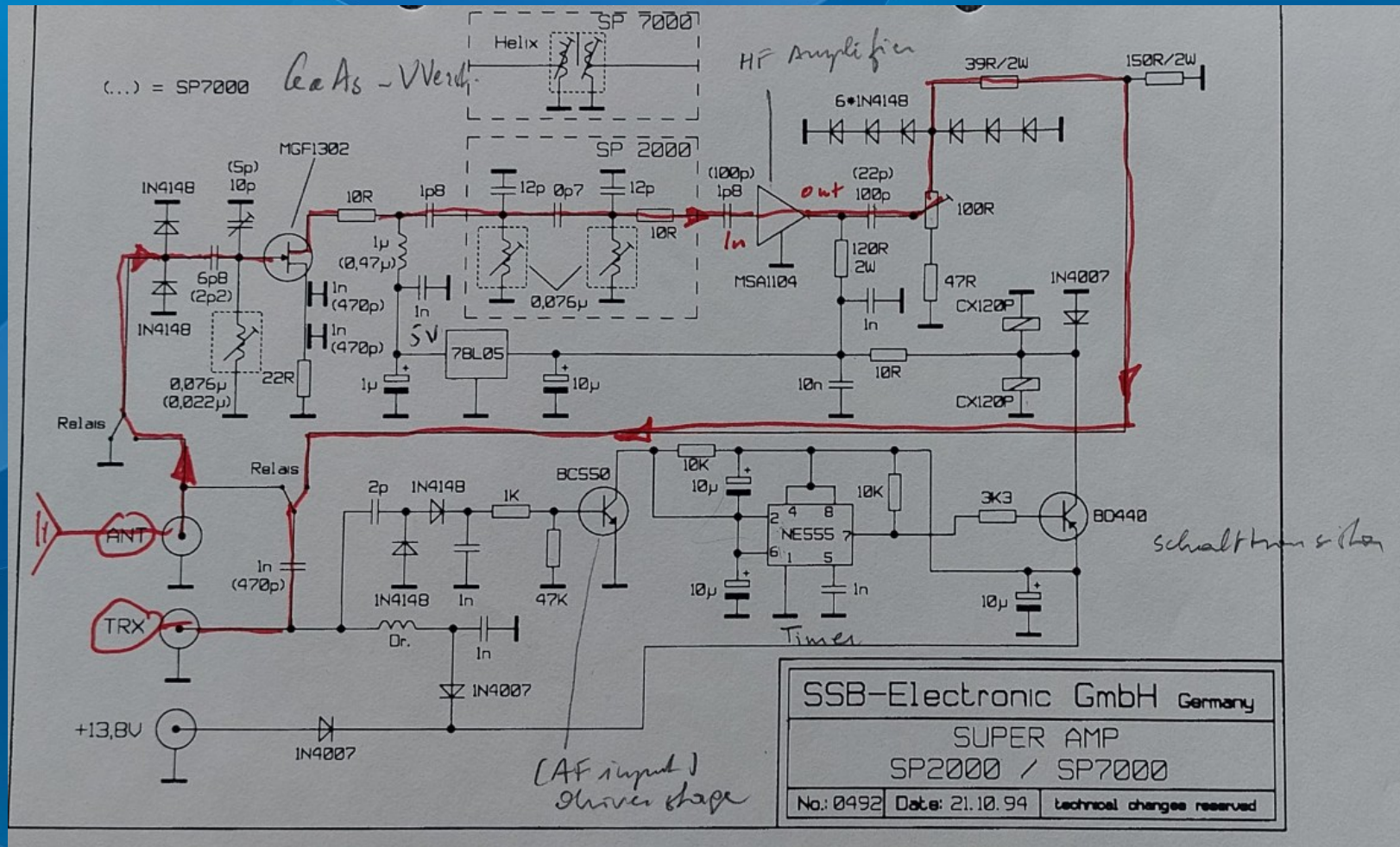
- ISM Band (Auto-Schlüssel, Garagentoröffner)

- WLAN 2,4 GHz – 2,4835 GHz

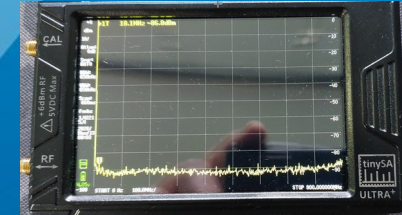
The tinySA



Fehlersuche an meinem 2m SSB Preamplifier



The tinySA



Besselfunktionen, Modulationsindex M , $f(\text{mod})$, Hub (deviation)

$M = \Delta f / f(\text{mod})$ M = Modulationsindex, Δf = Hub, $f(\text{mod})$ Modulationsfrequenz

$M_0 = 2,405 \rightarrow \Delta f = 2,405 * f(\text{mod})$



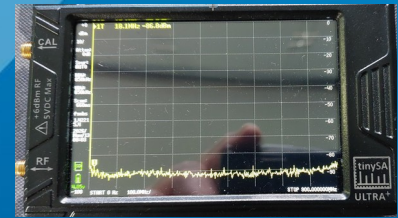
Die Modulationsfrequenz $f(\text{mod})$, bei der die Trägerfrequenz minimal (ideal = 0) wird; hier der Nulldurchgang der Besselfunktion nullter Ordnung multipliziert mit 2,405 ergibt den Hub (deviation).

Beispiel : gemessene $f(\text{mod}) = 2,47 \text{ kHz}$
(dort die Grundfrequenz = 0)
Ergebnis :
 $2,405 * 2,47 \text{ kHz} \sim 6 \text{ kHz}$

Nulldurchgang des Trägers --> M_0 : bei ca 2,405

The tinySA

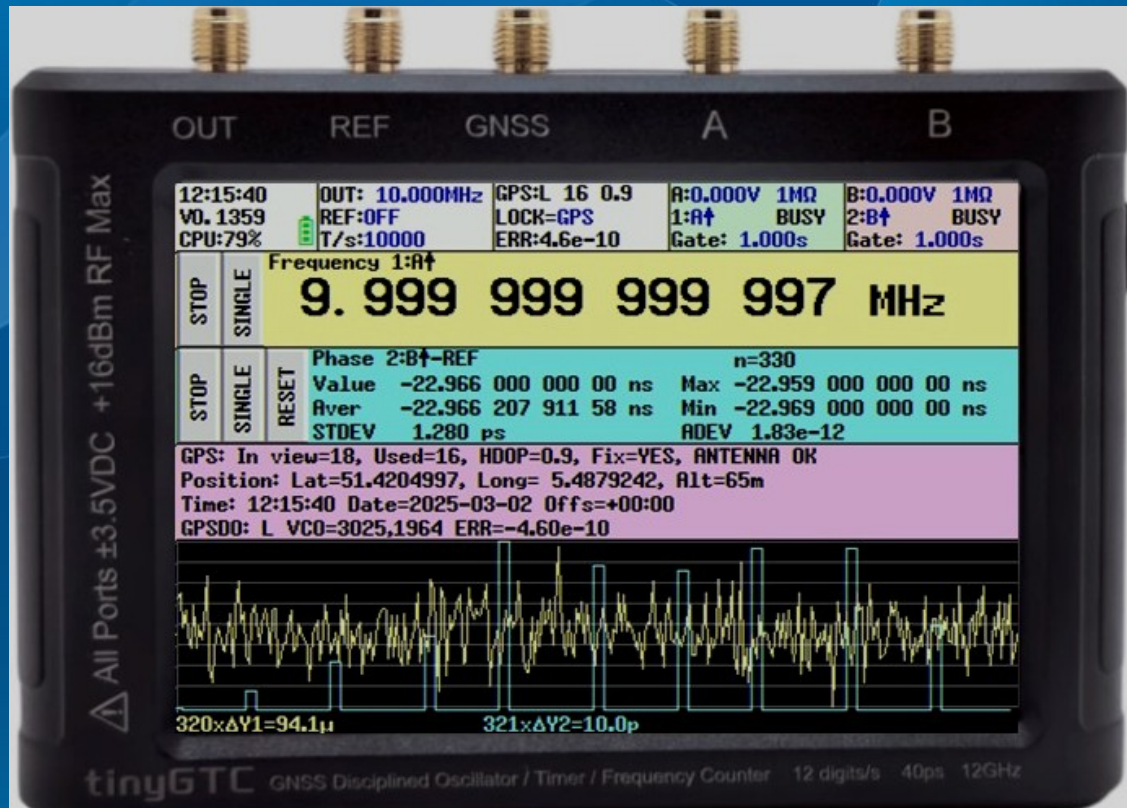
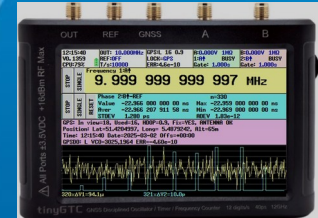
Link FM-Modulation, $f(\text{mod})$, Hub



The tinyGTC

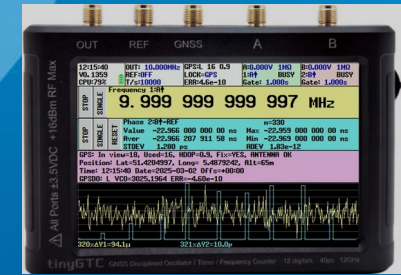
What is the tinyGTC

The tinyGTC is a dual Timer/Counter with built-in GPSDO with up to two clock outputs, it is a portable, battery operated, five SMA connectors, one USB connector device with a 4 inch display. It has a on/off switch, a jog wheel for when there is a problem with display touch and a SD card slot.



The tinyGTC

Features



Achtung :

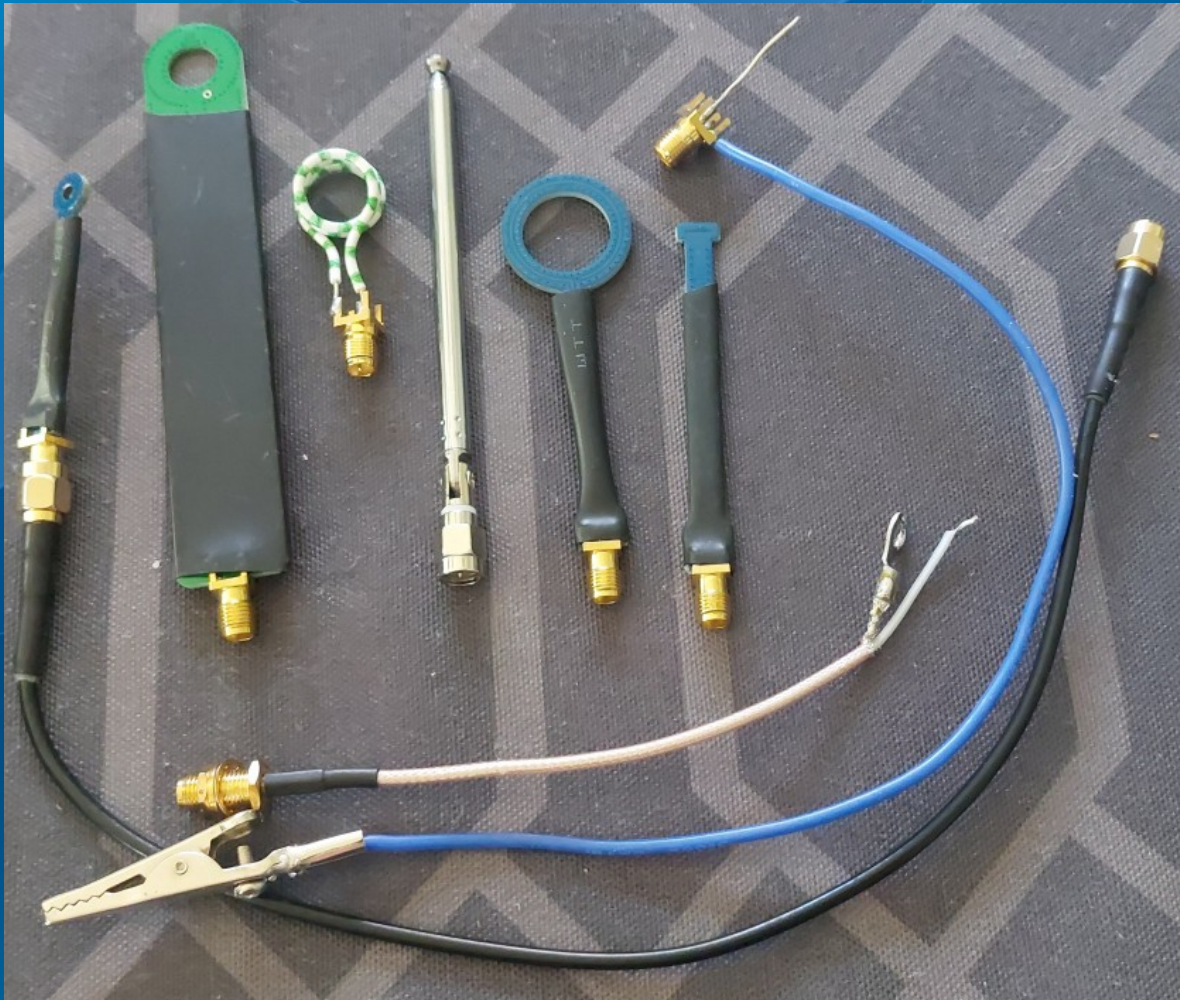
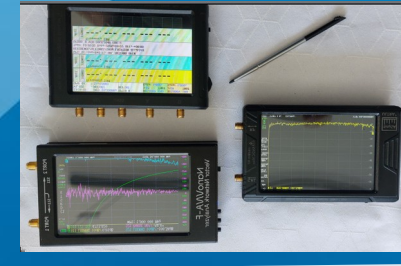
Auch der tinyGTC ist ein sehr empfindliches Meßgerät und selbst Spannungen im einstelligen V-Bereich können zu Problemen führen!
Eingangsleistungen > 10 dBm an 50 Ω sind kritisch.
DC-Blocker und Attenuators also auch hier !

Also : Take care und RTFM

- OUT : AC gekoppelter SigGen Ausgang 0,1Hz - 150 MHz
- Ref : out : sekundärer SigGen Ausgang 8 kHz - 250 MHz
in : AC gekoppelter Eingang für eine externe 10 MHz Referenz
- GNSS : GPS Antennenanschluß (mehrere Standards)
- Input A : DC gekoppelter Counter-Eingang 0,1Hz - 350 MHz
mit prescaler bis - 7 / 12 GHz
- Input B : wie A, jedoch keine prescaler-Funktion

Zubehör

Sniffer



Zubehör

Sniffer

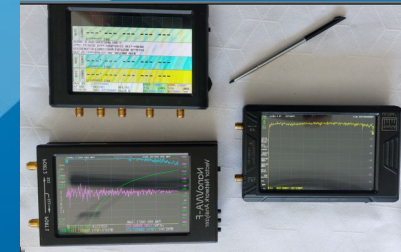


Figure 1 Three constructions for magnetic field probes

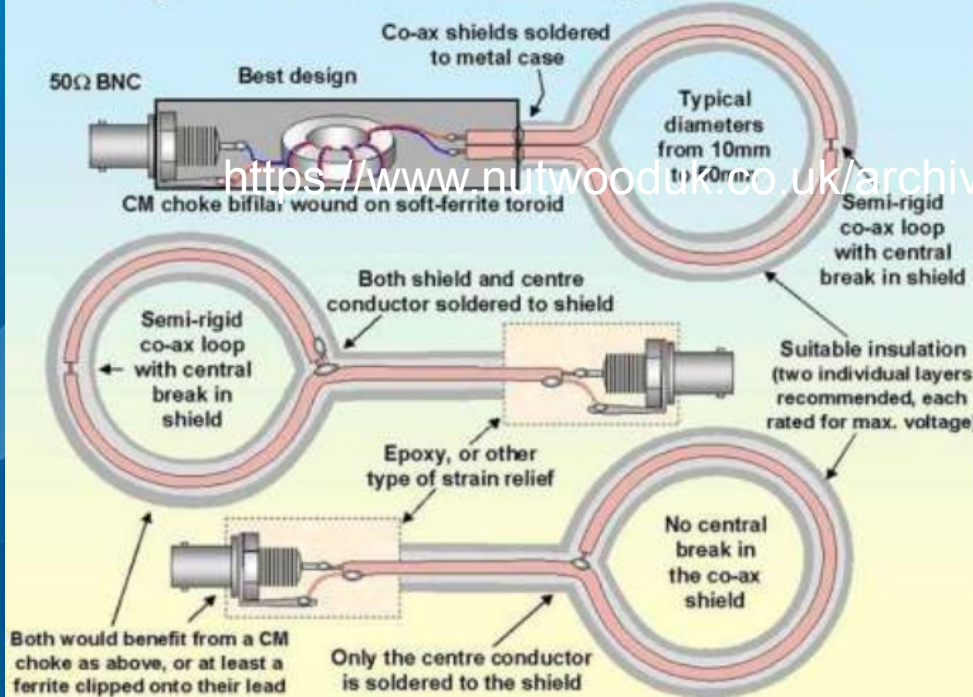
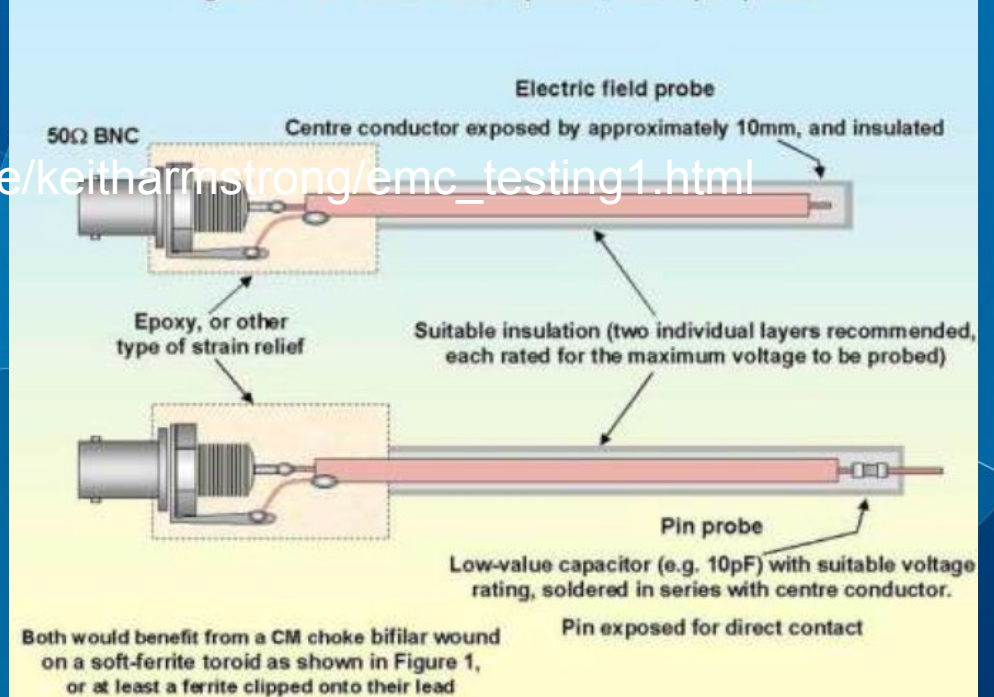


Figure 2 An electric field probe, and a pin probe



Quelle : https://www.nutwooduk.co.uk/archive/keitharmstrong/emc_testing1.html

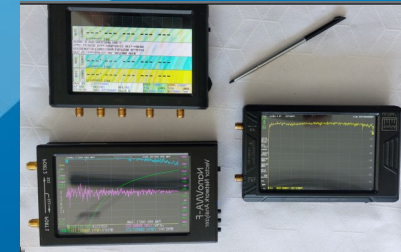
Zubehör

Dämpfungsglieder, DC-Blocks



Zubehör

Dummy Load 100 W 50 Ω DC-1GHz



Zubehör

Adapter, Kupplungen,



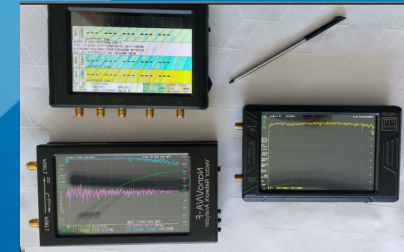
Zubehör

GPDSO



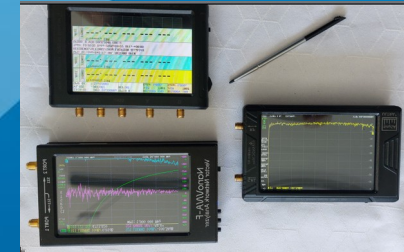
Zubehör

Mini R -- L -- C



The Magic Three

Anhang

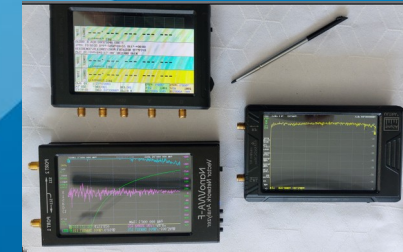


Firmware-links und Links zu den Wiki

- + NanoVNA-F wiki : <https://groups.io/g/nanovna-f/wiki>
- + depelec homepage : <https://depelec.com/en/>
- + tinyGTC Firmware : <https://www.tinydevices.org/wiki/pmwiki.php?n=TinyGTC.FirmwareUpdate>
- + tinyGTC wiki: <https://www.tinydevices.org/wiki/pmwiki.php?n=TinyGTC.Homepage>
- + Firmware : tinySA <http://dfu.tinydevices.org/tinySA>
Firmware : tinySA Ultra: <http://dfu.tinydevices.org/tinySA4>

The Magic Three

Anhang : Frequenzen



WLAN / Wi-Fi (Teil der ISM-Bänder)

- **2,4 GHz Band:** 2400 – 2483,5 MHz
- **5 GHz Band:** ca. 5150 – 5850 MHz
- **6 GHz (Wi-Fi 6E/7):** ca. 5945 – 6425 MHz (EU eingeschränkt)

ISM-Bänder (Industrial, Scientific, Medical)

Diese sind lizenzfrei und werden auch von vielen anderen Geräten genutzt:

- **433 MHz** (433,05 – 434,79 MHz)
- **868 MHz** (863 – 870 MHz, Europa-spezifisch)
- **2,4 GHz** (wie oben, weltweit)
- **5,8 GHz** (5725 – 5875 MHz)

Typische Nutzung: Funksteckdosen, Sensoren, IoT, Bluetooth, WLAN

GSM (2G)

- **GSM 900:**
 - Uplink: 880 – 915 MHz
 - Downlink: 925 – 960 MHz
- **GSM 1800:**
 - Uplink: 1710 – 1785 MHz
 - Downlink: 1805 – 1880 MHz

DECT (Schnurlostelefone)

- **1880 – 1900 MHz**

UMTS (3G)

- **Band 1 (2100 MHz):**
 - Uplink: 1920 – 1980 MHz
 - Downlink: 2110 – 2170 MHz

LTE (4G) – wichtige Bänder in Deutschland

- **700 MHz (Band 28)**
- **800 MHz (Band 20)**
- **900 MHz (Band 8)**
- **1800 MHz (Band 3)**
- **2100 MHz (Band 1)**
- **2600 MHz (Band 7)**

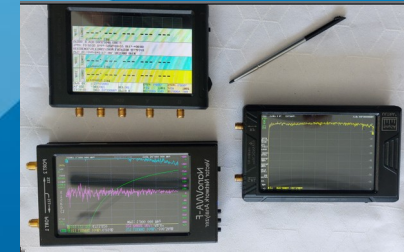
5G (NR)

- **Sub-6 GHz:**
 - 700 MHz
 - 3,4 – 3,8 GHz (wichtigstes 5G-Band in DE)
- **mmWave (noch kaum genutzt in DE):**
 - 24 GHz

Weitere relevante Funkdienste

- **Bluetooth:** 2,4 GHz (ISM)
- **GPS:** 1575,42 MHz (L1)
- **Rundfunk (UKW):** 87,5 – 108 MHz
- **DVB-T2:** ca. 470 – 694 MHz

The Magic Three



Danke, und viel Erfolg bei der Nutzung dieser uns zur Verfügung stehenden kostengünstigen Meßmittel.

Robert, DJ2MKR