

# AVNA1 User's Manual

Bob Larkin W7PUA  
Evans Wetmore K3VFA

February 9, 2021

©2021 Robert Larkin

## Tartalom

<b>1</b>	<b>Jellemzők és képességek</b>	<b>4</b>
1.1	Terminology in this Manual . . . . .	4
1.2	Terminal Terminology . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Bekapcsolás</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Audio Impedance Measurement</b>	<b>6</b>
3.1	Description . . . . .	6
3.2	Complex Impedance . . . . .	6
3.3	Reference Resistance . . . . .	6
3.4	Instructions . . . . .	7
3.5	Discussion . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Audio Transmission Measurement</b>	<b>13</b>
4.1	Description . . . . .	14
4.2	Instructions . . . . .	14
4.3	Discussion . . . . .	17
<b>5</b>	<b>AVNA1 Vector Voltmeter (VVM)</b>	<b>18</b>
5.1	Description . . . . .	18
5.2	Instructions . . . . .	18
5.3	Discussion . . . . .	21
5.4	DSP Circuit . . . . .	21
5.5	Input Range . . . . .	22
<b>6</b>	<b>Audio Spectrum Analyzer (ASA)</b>	<b>22</b>
6.1	Description . . . . .	22
6.2	Instructions . . . . .	23
6.3	Frequency Coverage . . . . .	23

6.4	Amplitude control	24
6.5	Marker annotation	24
6.6	SINAD and S/N	24
6.7	Discussion	25
<b>7</b>	<b>Audio Signal Generators (ASG)</b>	<b>26</b>
7.1	Instructions	26
7.1.1	Signal Generator Waveforms	28
7.1.2	Noise	29
<b>8</b>	<b>Noise Measurement</b>	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>Screen Saving</b>	<b>29</b>
9.1	Instructions	30
<b>10</b>	<b>AVNA1 Calibration</b>	<b>30</b>
10.1	Instructions	31
10.2	Touch Screen Calibration	31
10.3	Voltage Input Calibration	31
10.4	Voltage Output Calibration	32
<b>11</b>	<b>System Issues</b>	<b>32</b>
11.1	SIMULTANEITY	32
11.2	COHERENCY	32
11.3	EEPROM Update	33
<b>12</b>	<b>AVNA1 Serial Interface</b>	<b>33</b>
12.1	Description	33
12.2	General Command Syntax	33
12.3	Operational Commands	33
12.4	HEX to BMP file conversion on Linux	36
12.5	HEX to BMP file conversion on Windows 10	36
12.6	Setup Commands	37
12.7	Example of Commands	38
<b>13</b>	<b>Shortened Form of Commands</b>	<b>39</b>

## Ábrák listája

1	Power-up Screen	5
2	Audio Test Instrument Home Screen.	7
3	AVNA Main Screen.	8
4	AVNA reference resistor selection Screen.	8
5	AVNA reference resistor selection of 5000 (5K) Ohms.	9
6	Impedance measurement of a series combination of 10 Ohms and a 0.22 $\mu$ F capacitor.	9

7 Main Screen for swept measurements. . . . . 10

8 Swept impedance measurements. . . . . 11

9 AVNA What? Screen. . . . . 11

10 AVNA What? Screen after measuring. . . . . 12

11 Functional schematic of impedance measuring circuit. . . . . 13

12 AVNA Transmission showing need for calibration. . . . . 15

13 Transmission measurement after calibration. . . . . 15

14 Single frequency Transmission measurement with the calibration jumper still in place. . . . . 16

15 AVNA Transmission measurement for a single frequency. . . . . 16

16 AVNA Swept frequency Transmission measurement screen. . . . . 17

17 Vector Voltmeter, ready to measure but with no input. . . . . 19

18 Vector Voltmeter with Sig Gen #1 on and connected across to the VVM input. . . . . 20

19 Vector Voltmeter with display set to power into 50-Ohms, expressed in dBm. . . . . 21

20 Spectrum Analyzer showing a 996 Hz sine wave. The frequency range has been reduced to 3 kHz by selecting a 6 kHz sampling rate. . . . . 23

21 Spectrum Analyzer screen including SINAD measurements. . . . . 25

22 Signal Generator summary screen. . . . . 27

23 Signal Generator #1 control screen showing a 996 Hz sine wave at 0.282 Volts, p-p. . . . . 27

24 Gaussian White Noise generator with the 1-sigma value (standard deviation) set to 0.100 Volts when running into a 50-Ohm load. The pinkish color of the 1-sigma value indicates that the noise generator is currently turned off. The 1-sigma level is also the RMS value. . . . . 28

## Bevezetés

Ez a kézikönyv az AVNA1 Audio Test Instrument felhasználói adatait tartalmazza.  
Részletes információkat nyújt a képességek használatáról, valamint néhány háttér- és technikai részletet.  
Ez a kézikönyv támogatja az AVNA1 fő weboldalát:

<http://www.janbob.com/electron/AVNA1/AVNA1.htm>.

A projekt eredete a QEX cikkekre vezethető vissza:

<http://www.janbob.com/electron/AVNA1/Larkin-QEX-2018-May-Jun.pdf>.

## 1 Jellemzők és képességek

A 0.83 verzió és a következő verziók képességei a következők:

- Audio Impedance Measurement
- Audio Vector Network Analyzer (Audio Transmission Measurements)
- Audio Spectrum Analyzer covering up to 40 kHz with graphical display
- Vector Voltmeter with frequency selectivity and adjustable phase offset
- Four Signal Generators (added together) with calibrated output.
- Weighted and Unweighted Noise Measurement
- Envelope and Group Delay Measurement
- Screen Save to BMP file for all functions
- Calibration of input and output levels and for the touch screen
- AVNA Control via Serial Port

### 1.1 Terminológia ebben a kézikönyvben

Ez a felhasználói kézikönyv az AVNA1 használatát ismerteti a különféle mérések elvégzéséhez. Mielőtt a részletekbe kezdenénk, hasznos lehet néhány megjegyzés a terminológiáról. Először is az „AVNA1” kifejezés a projektet alkotó speciális hardverre és szoftverre utal, amint azt a QEX-ben elsőként publikálták. Az AVNA rész természetesen az **Audio Vector Network Analyzer**re vonatkozik. A projekt közzététele óta számos más műszerfunkcióval bővült, a fenti pontok felsorolásával. Ez felvetette egy új név szükségességét, ezért ebben a kézikönyvben az „Audio Test Instrument”-re fogunk hivatkozni. A projekt neve továbbra is „AVNA 1” marad. A speciális műszerek külön szakaszokkal rendelkeznek, amelyek lefedik működésüket.

### 1.2 Terminál terminológia

#### **Kétféle fizikai terminál van:**

1. Az **impedanciát mérő sorkapcsokat** is használják, amikor kimeneti jel van. Ezen terminálok eredeti felhasználása miatt a csatlakozót a „**Z**” **jelzéssel**, az általánosan használt impedancia szimbólummal jelöljük. A kimeneti ellenállás szoftvertől 50 vagy 5000 Ohm vezérlésű, az alkalmazástól függően.

2. A terminálok **átviteli bemeneti párját mindig akkor használják, ha jel érkezik** az AVNA1-be. Ugyanezt a logikát követve **erre a terminálpárra „T” -vel utalunk**. A bemeneti impedancia vagy 1 Megohm párhuzamosan 25 pF-vel, vagy 50 Ohm, az 50 Ohm kapcsolótól függően.

A „Z” és „T” terminálokon kívül van **egy jelkimenet**, általában **egy BNC csatlakozón**, amelynek kimeneti impedanciája közel 0 Ohm.

Ezt speciális célokra használják, és mindig ugyanazt a jelet alkalmazzák rá, mint a „Z” terminálokat.

## 2 Bekapcsolás

Amikor az AVNA1 be van kapcsolva, akkor egy „Audio Test Instrument” képernyővel indul, amely lehetővé teszi a **funkció kiválasztás** át. Ezt szokás szerint a **képernyő alján található hat érintőképernyő gomb választja ki**. Ezenkívül, ha a Teensy 3.6 aljzatban **van egy µSD kártya**, a jobb felső sarokban **egy „S” betűs gomb jelenik meg** a „Képernyő mentése” lehetőségre..

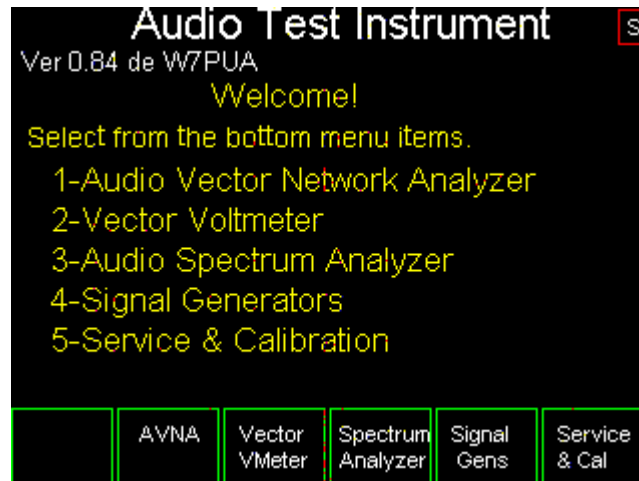


Figure 1: Bekapcsolás képernyő

Indításkor a soros monitor megmutatja a µSD kártya állapotát, majd egy könyvtárlistát. Például:

- Az SD-kártya inicializálása ... és van kártya.
- Megtalált partíció: FAT32
- Kötet mérete (Mbytes): 7378
- A kártyán található fájlok (név, dátum, idő és méret bájtokban):
  - AVNA1 00.BMP 2000-01-01 01:00:00 230454
  - AVNA1 01.BMP 2000-01-01 01:00:00 230454

Megjegyzés: A µSD kártyák GB kapacitása az évek során nőtt. **A 8 GB-nál nagyobb méretű nagy kapacitású kártyákkal problémák lehetnek.**

## 3 Audio Impedance Measurement

Az Audio Vector Network Analysis (AVNA ) mérések két fő típusra oszthatók : a reflexióra és az átvitelre . Ez a szakasz az első esetre vonatkozik . A reflexiós mérések fő célja az impedancia meghatározása , amely létrehozza a reflexiót, vagy másképpen fogalmazva az impedanciával közvetlenül összefüggő mennyiség, például induktivitás. Ez a szakasz az AVNA impedancia méréseket ismerteti. A következő szakasz az átviteli méréseket ismerteti.

**A „vektor” kifejezés arra a tényre utal, hogy mindig megmérjük az impedancia amplitúdóját és relatív fázisát is.** Ez lehetővé teszi számunkra a rezisztív és a reaktív komponensek kombinációjának mérését.

### 3.1 Leírás

Mielőtt eljutnánk a mérések részleteihez, meg kell vizsgálnunk néhány háttérelmet.

### 3.2 Komplex impedancia

Az AVNA 1 impedancia „T” kivezetéseinek felhasználásával a gyakran megjelenített alpmérési mennyiség az impedancia , amelyet reaktanciával soros ellenállás ír le. A reaktancia lehet veszteség nélküli induktivitás vagy kapacitás . Matematikailag ezt  $Z = R + jX$  komplex számként ábrázolják , ahol R a soros ellenállás és X a soros reaktancia , mindkettő Ohm-ban. Az AVNA 1 komplex aritmetikai jelölést alkalmaz Z-re, amely matematikailag hangos számítást tesz lehetővé áramkörü modelleken; a felhasználó úgy gondolhat rá, hogy az ellenállást elkülöníti a reaktanciától.

Ha a reaktancia pozitív , akkor a soros komponens induktort jelent. Hasonlóképpen , ha a reaktancia negatív , a soros komponens egy kondenzátor . Vegye figyelembe , hogy ez csak egy a sok ábrázolás közül. Például egy soros konfiguráció párhuzamos komponenspárokká alakítható , egyik sem azonos értékű , mint a sorozatpár . Itt nem kíséreljük meg lefedni az összes lehetőséget , de néhányat az alábbiakban ismertetünk , mivel ezek megjelennek a kijelzőn.

### 3.3 Referencia ellenállás

Két különböző referencia ellenállás használható az AVNA -val, 50 és 5000 Ohm. A legjobban használható érték általában az, amely a mért értékek tartományába esik. Könnyű 50 Ohmot kiválasztani, ha a mért érték mondjuk  $10 + j100$ . Ha a soros reaktancia sokkal nagyobb, mint a soros ellenállás, van egy magas Q komponensünk, amelyet nem a legkönnyebb AVNA-val mérni. Ebben az esetben valószínűleg az X-hez legközelebb eső referencia-ellenállást fogjuk használni, mivel ez határozza meg az összetevő értékét. Ha a felhasználó megpróbálja megmérni az ellenállás értékét, a legjobb, ha az ellenállás értékéhez legközelebb eső referencia ellenállást választja.

Bonyolultabb eljárás az impedancia általános típusának legjobb referencia-ellenállásának megállapításához az első 50 Ohm mérés. Ezután keresse meg az ellenállás és a reaktancia geometriai átlagát, azaz  $\sqrt{RX}$ . Ezután mérje meg újra 5000 Ohm referenciával . Válassza ki a geometriai átlag és a referenciaellenállás (50 vagy 5000) arányát, amely a legközelebb van az 1,0-hez.

A legjobb referencia-ellenállási döntést arány, nem kivonás alapján számítják ki. Például 4,000 Ohm-nak van

arány az 50 Ohmmal  $4000 / 50 = 80$  mivel az arány 5000 Ohm-mal  $5000 / 4000 = 1.25$ .

Ez utóbbi közelebb van az 1.0-hez, mint az előbbi. Vegye figyelembe, hogy a nagyobb eredményt az arány tetejére tesszük a kényelem érdekében a két eredmény összehasonlításakor.

### 3.4 Utasítások

**Kezdeti indítás** -Itt egy lépésenként leolvasható az egyetlen frekvencia impedancia mérés , majd a leeresztett impedancia mérés leírása . Mindezt közvetlenül az érintőképernyőről fogják megtenni . Az itt leírtak és még sok minden más elvégezhető az USB-soros kapcsolaton keresztül, amint azt az „AVNA1 soros interfész” szakasz leírja.

Amikor az AVNA1 be van kapcsolva, négy audioteszt-eszköz közül választhat a szerviz és a kalibrálás funkcióval együtt.

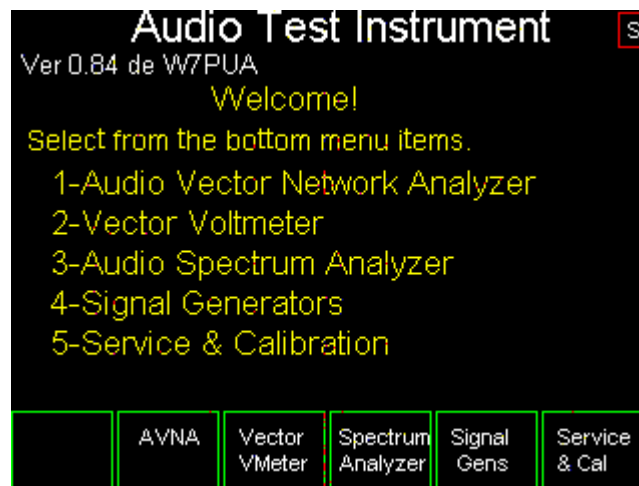


Figure 2: Hangteszt eszköz kezdőképernyője.

A 2. ábrára hivatkozva most az AVNA 1 Audio Test Instrument főképernyőjén vagyunk . Az impedancia méréseinkhez kiválasztjuk az „AVNA ” menüpontot az AVNA főképernyőhöz vezető képernyő alján lévő mező megérintésével..

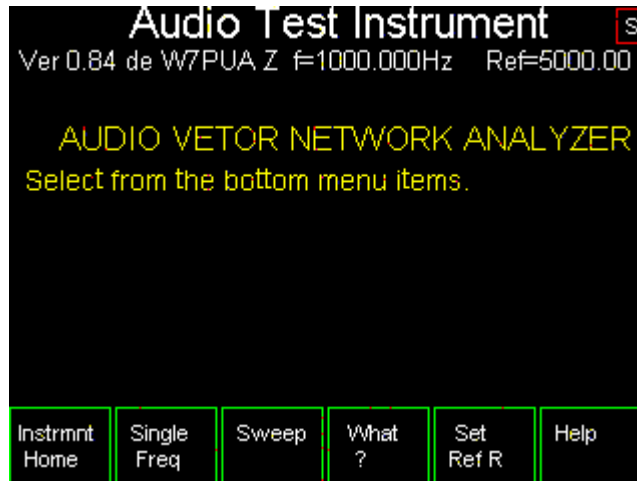


Figure 3: AVNA Fő képernyő.

Most választhatunk egyetlen frekvenciát vagy söpört mérést, valamint megváltoztathatjuk a fent leírt referencia ellenállást. Utolsó választás a „Mi?” funkció az összetevők feltárására anélkül, hogy sokat tudna róluk. Az impedancia mérés folytatásához a „Set Ref R” lehetőséget választjuk.

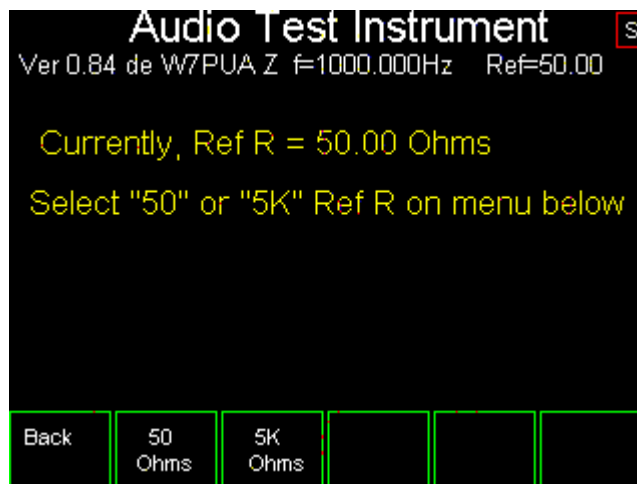


Figure 4: AVNA referenciaellenállás kiválasztási képernyő.

A képernyőn megjelenik a fent leírt aktuális referencia. Az AVNA mérések során a képernyő tetején is látható, kis típusban. Az aktuális érték kiválasztásának nincs hatása, ezért ebben a példában a „5k Ohm” menüpontot választjuk.



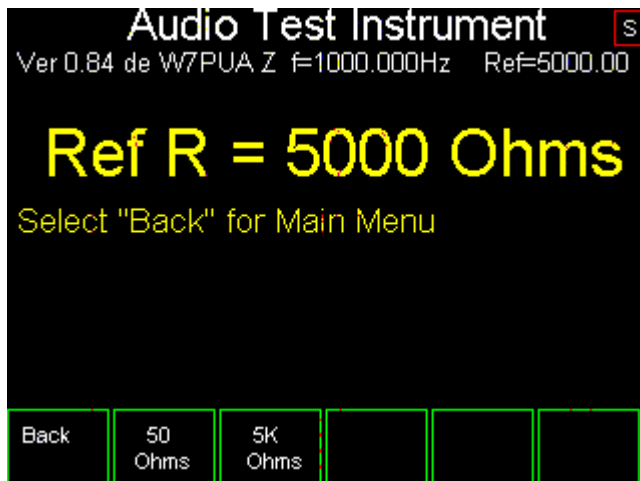


Figure 5: AVNA referenciaellenállás kiválasztása 5000 (5K) Ohm-ig.

Ezen a ponton megváltoztattuk a referenciaellenállást, és visszatérhetünk az AVNA főképernyőjéhez (3. ábra) a „Vissza” menüpont megérintésével..

**Impedancia mérése** - Példaként tegyük fel, hogy összeállítottunk egy 10 Ohm-os ellenállás és egy 0,22  $\mu$ F-os kondenzátor sorozatkombinációját, és ezt a „Z” sorkapcsokon helyezzük el. Az induláshoz ezt egyetlen frekvencián mérhetjük, ha megérintjük a „Single Freq” menüpontot. A frekvencia a 13-as listából választható ki, 10 Hz és 40 kHz között, a „Freq Down” és „Freq Up” menüpontok használatával.

Ehhez a mintaméréshez állítsa a frekvenciát „1000 Hz” -re. Ezután a „Meas Z” menüpontot megérintve megkezdheti az impedancia mérés folyamatos sorozatát, a következő ábra szerint.

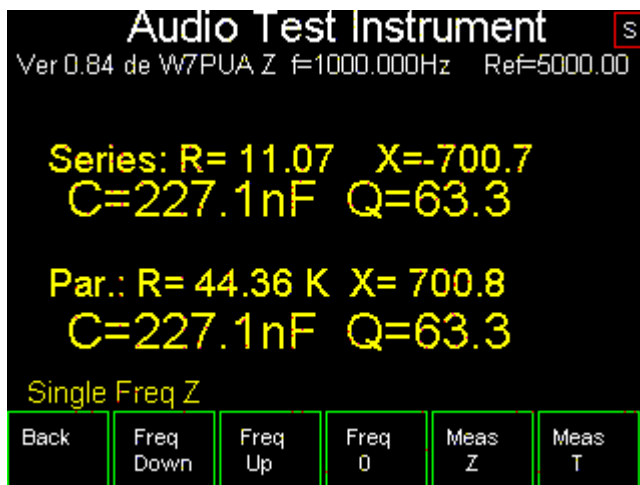


Figure 6: 10 Ohm és 0,22  $\mu$ F kondenzátor soros kombinációjának impedancia mérése.

Néhány megjegyzés: Először is, ez a mérés körülbelül másodpercenként megismétlődik. Ez akkor hasznos, ha több komponenst mér, vagy ha a komponens értékeinek mentális átlagolását szeretné elvégezni.

Ezután  $Z = 11,07 -j700,7$  sorozatkombinációt látjuk, amely az ellenállás és a reaktancia.

Megmértem a 10 Ohm-os ellenállást kondenzátor nélkül, és 9,81 Ohm-ot láttam 50 Ohm-os referenciával és 8,23 Ohm-ot 5000 Ohm-os referenciával, tehát a 11,07 Ohm-os értéket, amely valószínűleg a nehézség kombinációja az ellenállás 700 Ohm-os reaktívitású bemenetén sorozat, valamint némi veszteség a kondenzátorban. A 9,81 Ohm nagyon közel áll a mért DC értékhez. Ezután látjuk a reaktanciaérték translációját 227,1 nF (vagy 0,2271  $\mu$ F) kapacitásra. Gyakran ez az érték, amelyet keresünk.

A 63,3-as Q érték a reaktancia nagyságának és az ellenállás értékének aránya. Mi szoktuk mérni az induktorok Q-ját, és ez itt látható, ha a reaktancia pozitív lenne. A kondenzátor Q-nak fizikai jelentése van, amely párhuzamos az induktoréval.

Végül ugyanaz a képernyő mutatja a párhuzamos RC értékeket. Abban az egy frekvenciában, ahol a sorba kapcsolt komponenseket mérjük, összekapcsolhattuk volna ezt a párhuzamos kombinációt, és ugyanazokat a mennyiségeket mértük volna. A sorozat / párhuzamos ekvivalencia részleteiről lásd az eredeti QEX cikket. Különösen vegye figyelembe, hogy általában mind az ellenállás, mind a reaktancia értékek megváltoznak a sorozat és a párhuzamos ábrázolások között.

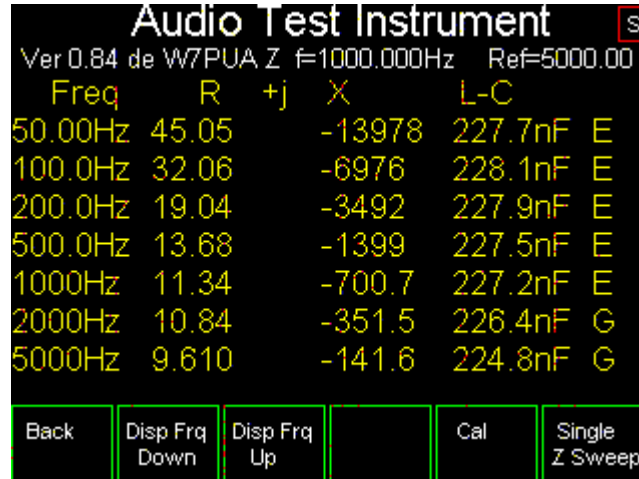
**Söpört impedancia mérések** - Nincsenek grafikusan bemutatva a frekvenciasöpört impedancia adatok. Ehelyett táblázatos felsorolásunk van. Ennek a mérésnek az egyfrekvenciás változathoz történő elvégzéséhez érintse meg a „Vissza” elemet, visszahozva a 3. ábra képernyőjét. Ezen a ponton a referencia ellenállást 50 Ohmra változtathatjuk, de nem ehhez a gyakorlathoz. Ehelyett a „Sweep” elemre koppintunk, és megjelenik a következő képernyő.



Figure 7: Főképernyő a söpört mérésekhez.

Megváltoztathatjuk a 8. ábrán látható Fig.7 képernyőn megjelenő frekvenciát az alul található két menüponttal. A méréseket minden esetben mind a 13 frekvencián elvégezzük, de nincs hely az összes megjelenítésére. Egyelőre a frekvencia beállításait 50 és 5000 Hz között hagyjuk. Parancsoljuk az impedancia mérést a „Meas Z” megérintésével. Itt van a kijelző.

<sup>1</sup><http://www.janbob.com/electron/AVNA1/Larkin-QEX-2018-May-Jun.pdf>, pg. 12



Audio Test Instrument S  
 Ver 0.84 de W7PUA Z f=1000.000Hz Ref=5000.00

Freq	R	+j X	L-C	
50.00Hz	45.05	-13978	227.7nF	E
100.0Hz	32.06	-6976	228.1nF	E
200.0Hz	19.04	-3492	227.9nF	E
500.0Hz	13.68	-1399	227.5nF	E
1000Hz	11.34	-700.7	227.2nF	E
2000Hz	10.84	-351.5	226.4nF	G
5000Hz	9.610	-141.6	224.8nF	G

Back    Disp Frq Down    Disp Frq Up    Cal    Single Z Sweep

Figure 8: Söpört impedancia mérések.

A kijelző hét frekvencia impedanciáját mutatja. A „Disp Frq Down” és a „Disp Frq Up” menüpontok lehetővé teszik a kijelzett frekvenciák lefelé vagy fel tolását, hogy lefedjék a teljes 10–40 000 Hz tartományt. Az impedancia  $R + jX$  formátumban jelenik meg. Látható, hogy a negatív reaktívítási értékek mínusz előjellel jelennek meg az érték előtt. A kijelző sorában a  $jX$  érték fordítása vagy kapacitás, vagy induktivitás értékre áll. Az egységek, ebben az esetben, az „nF” változnak az összetevő értékével. A jobb oldali oszlopban a mérés minőségének durva mértéke található. Egyetlen E, G, P betű felel meg az (E) xcellent, (G) ood vagy (P) oor betűknek. Ezek jelzik az impedancia és a referencia ellenállás közötti különbséget. Az E, G és P jelöléseket nem szabad túl szó szerint érteni, de ha a betű „P” vagy akár „G” jelet mutat, akkor fontolóra veheti az értékeket és azt, hogy újra mérni kell-e a másik referencia ellenállással.

Visszatérve az AVNA főmenühez, van egy menüpont: „Mi?”. Ez akkor hasznos, ha az összetevő típusa vagy értéke nem ismert, vagy esetleg gyors válaszra van szükség. Ez a következő menettel kezdődik, amely leírja a teendőket.

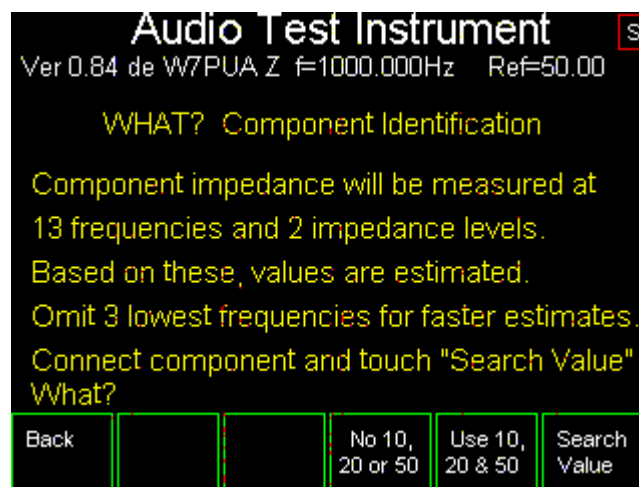


Figure 9: AVNA Mi? Képernyő.

Az egyetlen lehetőség a 10, 20 és 50 Hz-es mérés mellőzése, amely felgyorsítja a mérést. Ellenkező esetben a „Keresési érték” megérintésével elkészül a becslés:

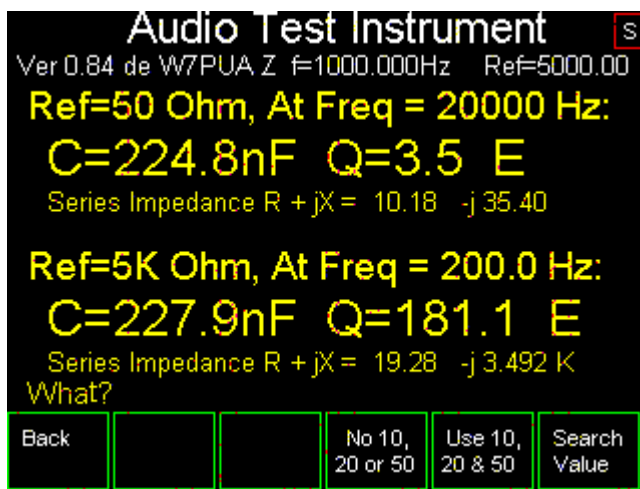


Figure 10: AVNA Mi? Képernyő mérés után.

Két különböző érték látható, amelyek megfelelnek a két referenciaellenállás értékének. A mi?" A folyamat azt a frekvenciát választja, amely „E” értéket ad a kiváló méréshez, ha lehetséges. Gyakran ez különbözik a frekvenciában a két referencia ellenállás értéke között. A 10 Ohm és 0,22  $\mu\text{F}$  sorozatú kombinációkhoz az 50 Ohm referencia mérést 20 000 Hz-nél és az 5000 Ohm 200 Hz-nél leállítottuk. Mindkét esetben a kapacitív érték jól működik, de a 10 Ohm-os ellenállás sorozatban történő mérése 3492 Ohm-os reaktanciával (200 Hz-nél) 19,28-as R érték mellett kevésbé sikeres. Érdekes lenne ezt tovább feltárni úgy, hogy a két komponenst külön-külön mérjük át söpört mérésekkel. (Itt nem ezt tesszük, hogy másoknak megmentsük a szórakozást.)

### 3.5 Megbeszélés

**Mérési technika** - Az impedancia mérésére két általánosan alkalmazott módszer létezik: a kiegyensúlyozatlan Wheatstone-híd.<sup>2,3</sup> és a soros ellenállás-módszer. Ez utóbbi módszert alkalmazzák az AVNA-ban.

<sup>2</sup>The classic Wheatstone bridge,[https://en.wikipedia.org/wiki/Wheatstone\\_bridge](https://en.wikipedia.org/wiki/Wheatstone_bridge)

<sup>3</sup>The Wheatstone bridge in various AC/RF forms,[http://g3ynh.info/zdocs/bridges/part\\_1.html](http://g3ynh.info/zdocs/bridges/part_1.html)

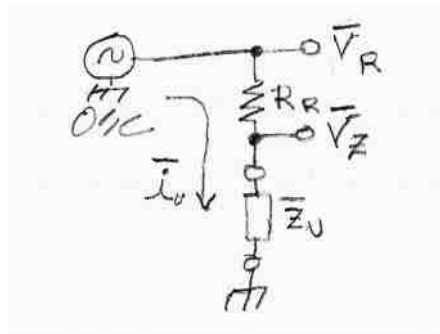


Figure 11: Az impedancia mérő áramkör funkcionális vázlata.

A 11. ábra a megtévesztően egyszerű mérési áramkört mutatja. A Teensy DSP szoftveres közvetlen digitális szintézise (DDS) szinuszjelet hoz létre 10 és 40 000 Hz közötti frekvencián. Ezt analóg feszültséggé alakítja a Teensy Audio Adapter kártya bal oldali DAC-ja, majd az ábrán látható VR analóg jelet előállító hangerősítőhöz jut.

A felső oszlop azt jelzi, hogy ez egy komplex feszültség, ahol a szinusz hullám fázisa és az amplitúdó számít nekünk.

A Vr-t Rr referenciaellenállásunk és az ismeretlen impedancia, Zu soros kombinációjára alkalmazzuk. Ez áramot eredményez a Vr / (Rr + Zu) páron keresztül. Az ismeretlen, Vz tetején lévő komplex feszültség mérésével meghatározhatjuk ezt az áramot

$$\vec{i}_u = \vec{V}_R - \vec{V}_Z / R_R \quad (1)$$

This in turn allows calculating the unknown impedance as

$$\vec{Z}_u = \vec{V}_Z / \vec{i}_u = R_R \times \vec{V}_Z / \vec{V}_R - \vec{V}_Z \quad (2)$$

Ahogy az várható volt, ehhez a referenciaellenállás értékének ismerete szükséges, de nem az abszolút feszültségeket használják, hanem az abszolút feszültségek arányát. Ezért fontos, hogy a két voltmérő, a VR és a VZ sáv legyen amplitúdóban és fázisban egyaránt. Külön analóg áramkör van a két voltmérő útban, így hibák lépnek fel. Ezeket a hibákat a kalibrálási eljárás megszünteti, amikor a két voltmérőt a jelforráshoz csatlakoztatják, és rögzítik a feszültségek arányát és a kettő fáziskülönbségét. Ezeket aztán korrekcióként alkalmazzák minden impedancia mérésnél.

**Amplitúdó és fázis mérése** -A Méréstechnika fenti tárgyalása a szükséges két voltmérőre vonatkozik. A voltmérők megvalósítását a QEX fentebb hivatkozott cikke tárgyalja, 8-9. Oldal, és itt nem fogjuk megismételni. Az alapvető folyamat egy olyan szoftveres szinusz hullám előállítás, amelyek fázisban 90 fokos távolságban vannak, de a pontos mérési frekvencián. Ezek mindegyikét megsokszorozzuk (összekeverjük) a mért jellel, majd aluláteresztő szűréssel. Ez adja az impedancia kiszámításához szükséges két komplex feszültséget. Az összes keverés és szűrés a Teensy DSP-ben történik.

## 4 Hangátvitel mérése

Az AVNA méréseknek ez a második fő kategóriája egy szinusz hullám előállításából és egy hálózatra történő alkalmazásból áll. A hálózatnak legalább két kapcsolatsorral kell rendelkeznie, amelyek bemenetként és kimenetként működnek. Az átviteli mérés meghatározza a komplex bemeneti és kimeneti feszültségeket, majd kiszámítja a feszültség nagyságának és a fázis különbségének arányát.

## 4.1 Leírás

**Komplex átvitel** - A feszültségerősítés fogalma általános. Ezt itt közvetlenül alkalmazzuk, ha a kimeneti feszültség és a bemeneti feszültség arányát vesszük. Ez az intézkedés nem foglalja magában a jelek fázisát, és megegyezik a hálózati terminálok bemeneti és kimeneti feszültségének mérésével és az eredmény számológéppel való elosztásával..

Az erősítés mérésének „összetett ” vagy „vektoros ” része a fázismérések elvégzéséből származik a nagyságmérések mellett. Az AVNA segítségével meghatározzuk, hogy mekkora fáziskülönbség van a bemeneti és a kimeneti szinusz hullám között. Ez fontos lehet olyan berendezések esetében, mint a szűrők, az ellenőrző rendszerek vagy a kommunikációs hálózatok. Részben lehetővé teszi a lineáris áramkörök teljes matematikai modelljének elkészítését is. Ez egy értékes eszköz az áramkörök tervezéséhez.

Érdeemes megjegyezni, hogy néhány elterjedt rádiófrekvenciás fogalom, például szórási paraméterek és visszajelzési együtthatók alacsony frekvenciákon is alkalmazhatók. A komplex átviteli (és impedancia) mérések támogatják ezeket a leírásokat. Itt nem kíséreljük meg lefedni az összes lehetőséget, de érdekes téma lenne, ha valaki felfedezné.

## 4.2 Utasítások

**Egyfrekvenciás mérések** -Ez az eljárás párhuzamos az előző szakasz impedancia méréseivel. Az átviteli mérés lényegéről az érintőképernyő segítségével foglalkozunk. Az itt megfogalmazott dolgok és még sok minden más elvégezhető az USB-soros kapcsolaton keresztül, amint azt az „AVNA1 soros interfész” szakasz leírja.

Amikor az AVNA 1 be van kapcsolva, amint az a 2. ábrán látható, négy audioteszt -eszköz közül választhat a szerviz és a kalibrálás funkcióval együtt. Az impedancia mérésekhez hasonlóan ismét az „AVNA ” -t választottuk műszerünknek. A következő képernyő, a 3. ábra, mind az impedancia, mind az átviteli mérésekre vonatkozik, és lehetővé teszi számunkra, hogy egyetlen vagy söpört frekvenciamérést válasszunk, valamint a forrás ellenállását 50 és 5000 Ohm között változtassuk meg. Először ellenőrizze, hogy a referenciaellenállás 50 Ohm-ra van-e állítva, és hogy a bemeneti ellenállás-kapcsolón be van-e kapcsolva az 50 Ohm-os ellenállás. Ezzel beállíthatunk egy közös 50 Ohm be- és kimeneti átviteli mérésre.

A mintaátvitel mérésének folytatásához az „Single Freq” lehetőséget választjuk. Ekkor a „Freq Down” és a „Freq Up” gombok segítségével választjuk ki a mérés gyakoriságát. Feltételezzük, hogy az érdeklődési frekvenciánk 5000 Hz, és ennek beállításához a gombokat használjuk. Most érintse meg a „T mérés” gombot, hogy készen álljon az átvitel mérésére. Ezen a ponton az AVNA figyelmeztet minket, hogy szükség van egy Cal-ra, amint az a következő képernyőn látható, 12. ábra.

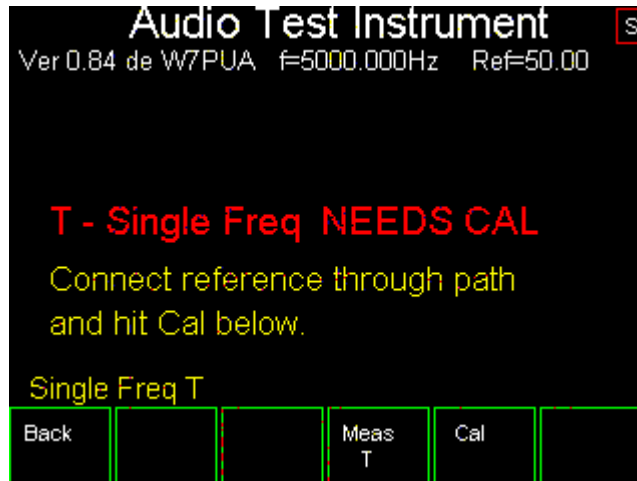


Figure 12: Az AVNA átvitel kimutatja a kalibrálás szükségességét.

Folytatjuk Cal-t úgy, hogy egy drótot helyezünk a forró „Z” és „T” terminálok közé, és megérintjük az alján található „Cal” -t. Van egy rövid késleltetés, egy rövid üzenet, majd az itt látható szinte üres képernyő.

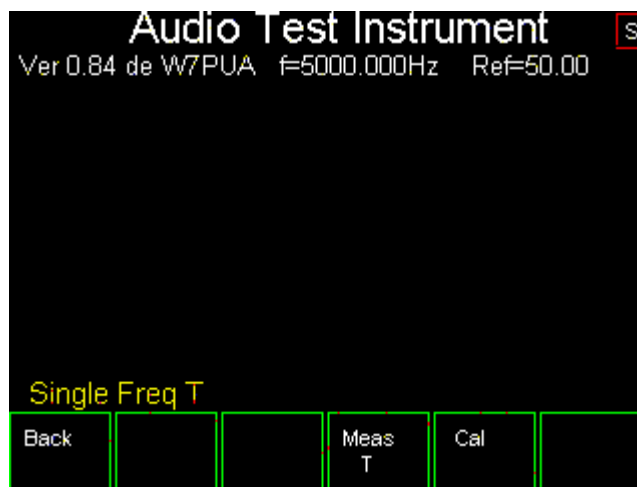


Figure 13: Átviteli sebesség mérése kalibrálás után.

Ez azt jelenti, hogy az átviteli út ezen a frekvencián kalibrált és használatra kész. A kalibráló vezeték eltávolítása előtt érintse meg a „T mérés” gombot, hogy megerősítse, hogy az erősítés a közvetlen csatlakozáshoz 0,0 dB, a fázis pedig 0,0 fok. A képernyőnek nagyon hasonlítania kell a következőre, 14. ábra; ha nem, akkor fel kell deríteni a problémát. Szükség esetén átdolgozhatjuk a „Cal” -t. Ellenkező esetben itt az ideje egy áramkört csatlakoztatni és megmérni.

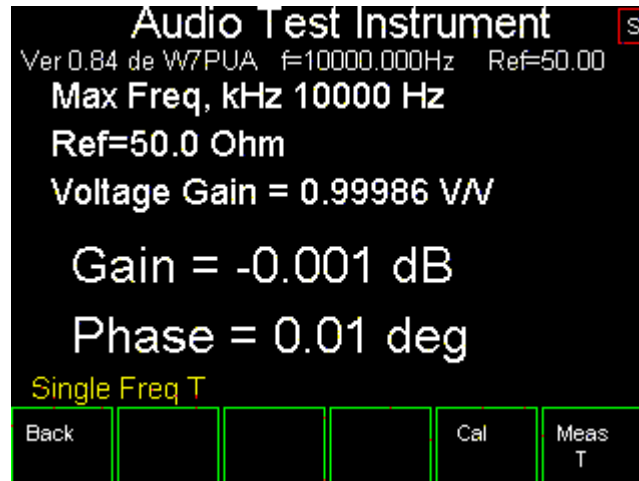


Figure 14: Egyfrekvenciás átvitel mérése a kalibrációs jumperrel, még mindig a helyén.

Példaként egy 10 Ohm-os ellenállás és egy 0,22  $\mu$ F-os kondenzátor soros kombinációját használtam. Ezúttal egy átviteli méréshez a két részt összekapcsolják a forró „Z” és „T” sorkapcsok között. Ez helyettesíti a kalibráláshoz használt huzalt. Ez nem különösebben érdekes tesztelési folyamat, de szemlélteti a mérést. Egyetlen frekvenciamérés esetén a képernyő körülbelül másodpercenként frissül. Ez több komponens teszteléséhez vagy beállításhoz hasznos. Itt van ennek az RC hálózatnak a méréseim eredménye.

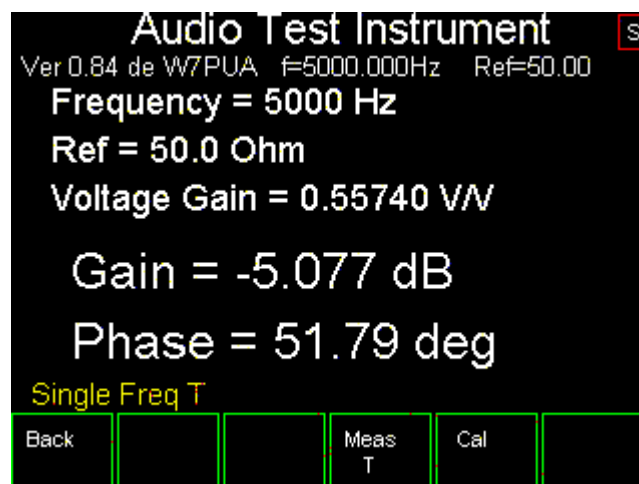


Figure 15: AVNA Adásmérés egyetlen frekvenciához.

A most elvégzett méréseknél a forrás és a lezárási impedancia egyaránt 50 Ohm volt. De számos más impedancia lehetőség áll rendelkezésre, amelyek hasznosak lehetnek. A terminálok helyett használhatjuk a BNC csatlakozót, a forrás impedanciája sokkal alacsonyabb lesz, jellemzően kisebb, mint egy Ohm. Ha a kapcsolót úgy mozdítjuk, hogy ne használjuk az 50 Ohm bemeneti lezárást, akkor a bemenő impedancia mérése 1,0 megohm lesz párhuzamosan a kb. Ez egy általános beállítás az alacsony frekvenciájú teszteléshez. Kompatibilis számos oszcilloszkóp szondával is. Ne feledje, hogy ha megváltoztatjuk a forrás vagy a végződési impedancia bármelyikét, akkor új kalibrálást kell végeznünk.



Ezen két referenciaellenállás bármelyikének megváltoztatása megváltoztatja az átviteli mérési értékeket, néha nagy mértékben.

**Söpört frekvenciamérések** -Ahogy az impedancia mérésekhez tettük, beépített frekvenciakészletet is felhasználhatunk az átviteli amplitúdó és a fázis mérésére. Ugyanaz a 13 frekvencia áll rendelkezésre 10–40 000 Hz-en. Soros vezérlés alatt ugyanez a mérés tetszőleges frekvenciahalmazon is elvégezhető (a részletekért lásd: „AVNA1 soros interfész”).

Az eljárás párhuzamos az egyfrekvenciás mérésekével, ezért nem fogunk megismételni minden részletet. Kérjük, további információkért tekintse meg az Egyfrekvenciás mérések előző szakaszát. Az AVNA főképernyőről indulunk ki, a 3. ábráról, ahol ismét kiválaszthatjuk a forrás ellenállását, majd a „Sweep” lehetőséget. Az ő pontján kiválaszthatjuk a „T mérést” az alsó menüből. Ismét mérész üzenetünk lesz, emlékeztetve arra, hogy tegyünk egy „Cal” -t. Csatlakoztat egy vezetékét vagy egy rövid tesztcsipeszt a forró terminálok közé, és érintse meg a „Cal” gombot. Körülbelül 10 másodperc múlva a képernyő közepének üresnek kell lennie. Ezután a mérendő áramkört össze kell kötni a kalibráló vezeték helyett. Az „Single T Sweep” megérintésével és kb. 8 másodperc várakozással hasonló képernyő jelenik meg, mint az itt látható 16. ábra.

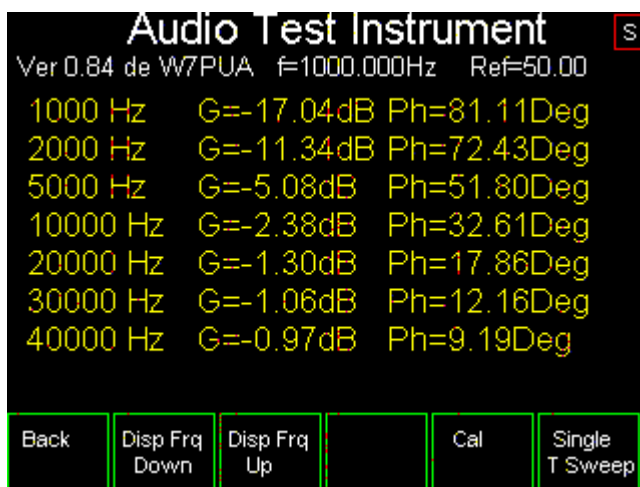


Figure 16: AVNA söpört frekvencia átvitel mérési képernyő.

Mind a 13 mérés megtörtént, de csak 7 jelenik meg a képernyőn. Az alsó gombokkal, a „Disp Frq Up” és a „Disp Frq Down” gombokkal jelenítse meg az érdeklődési kört. Amikor megváltoztatja az áramkört, és újratakarítást szeretne, érintse meg ismét az „Single T Sweep” elemet, és várjon néhány másodpercet az új eredményekre. A kalibráláshoz bármikor visszaléphet, ha leválasztja a hálózatot, összeköt egy áthidaló vezetékét és megérinti a „Cal” elemet.

### 4.3 Megbeszélés

A kalibrálási eljárás a feszültség nagyságát és fázisát méri a voltmérőhöz csatlakoztatott jelforrással. Ezt elemi és felhasználja a következő áramkör-átviteli mérésekhez. Azok számára az új feszültség nagyságának és a kalibrálás nagyságának arányát használják a relatív átviteli nagyság meghatározásához. Hasonlóképpen, a kalibrációs fázist kivonják az új mérési fázisból.

(Ha a kalibráló áthidaló vezeték még mindig a helyén van, ez relatív átviteli nagyságot 1.000, mérési fázist 0.000 fokot ad.)

Az átlagolás beépül ezekbe a mérésekbe a zaj hatásainak csökkentése érdekében. Ez növeli a pontosságot nagyobb csillapítás esetén. Jellemző, hogy az alacsonyabb frekvenciák átlagos időtartama hosszabb ideig tart. A legalacsonyabb 10 Hz-es frekvenciánkhoz minden ciklus 0,1 másodpercet igényel. Az alkalmazott átlagolási algoritmushoz integrált ciklusszámra van szükség, és az idő összeadódik.

**Átviteli késés** - A jövőbeni felülvizsgálatok során az AVNA-hoz hozzáadják a csoport késleltetésének hivatalos mérését. Eközben, ha késleltetés mérésre van szükség, ez külsőleg létrehozható két fázismérés segítségével, két közeli frekvencián. A csoport késését ezekből találja meg

$$\tau = (-1/360)(\phi_1 - \phi_2)/(f_1 - f_2) \quad (3)$$

ahol  $\phi_1$  és  $\phi_2$  a két fázismérés fokban, és  $f_1$  és  $f_2$  a két frekvencia Hz-ben. Az így kapott  $\tau$  késleltetés másodpercben van.

## 5 AVNA1 Vector Voltmeter (VVM)

Az AVNA lehetővé teszi egy eszköz erősítésének mérését egy belső jelgenerátor segítségével. Ezt az amplitúdó dB-változásának és a bemenet és a kimenet közötti fázisszögeltolódásnak tekintik. Ez a leghasznosabb egy eszköz, például egy szűrő jellemzésére. Ehhez valóban **beépítettünk egy voltmérőt az eszköz kimenetének mérésére**. Néha csak azt szeretnénk, ha közvetlenül a feszültséget látnánk. Ez lehetővé teszi számunkra az áramkörök vizsgálatát a hibaelhárítás és a tervezési munka során. Ezt teszi a VVM helyettünk. A fázis információ fontos néhány hálózati diagnózisnál. A VVM-et a belső jelgenerátorral együtt kell használni, amikor a fázist le kell olvasni.

### 5.1 Leírás

**A Vector Voltmérő bármilyen bemeneti effektív feszültséget mér, kb. 40 kHz frekvenciáig.** A VVM frekvenciáját az 1. jelgenerátor frekvenciája határozza meg (SG # 1). Ezenkívül megjelenik az SG # 1 és a bemeneti jel közötti fáziskülönbség. Az SG # 1 kimenet segítségével a teszt áramkör meghajtására ez a fázis állandó, és hasznos diagnosztikai eszköz lehet. Külső generátor használata esetén a mért fáziskülönbség az SG # 1 beállított frekvencia és a külső generátor közötti frekvenciakülönbség által meghatározott sebességgel változik. Ez is hasznos mérés lehet.

**A mérés sávszélessége csak néhány Hz, így a mérés nagyon érzékeny, azaz alacsony zajszintű. A VVM a mikroVolt régióban működik.**

### 5.2 Utasítások

**A VVM használata** - A működés úgy kezdődik, hogy az SG # 1 frekvenciáját a mérésnek megfelelőre állítja. A generátort nem kell engedélyezni („On”), ha a mérés jelforrását külsőleg generálják. Ha a belső SG # 1 jelforrásként szolgál, engedélyezni kell és be kell állítani az amplitúdót.

Csak a frekvencia beállítása befolyásolja a VVM mérését. A jelgenerátor vezérlésének lépéseit az alábbi 6. szakasz sorolja fel.

Ha ez lehetséges, akkor a belső SG # 1-et kell használni jelforrásként, és ez követelmény, ha a fázisnak állandónak és az áramkört reprezentatívnak kell lennie.

Ismét a főképernyőről indulva - 2. ábra - megérintjük az alsó sorban található „Vector VMeter” gombot. Ezzel megjelenik a VVM által használt egyetlen képernyő. Az amplitúdó Volt-tal megadva RMS-ben és a fázis fokban jelenik meg, mindkettő félkövér számokkal jelenik meg. Bemenet nélkül ezeknek a paramétereknek alacsony értékűeknek kell lenniük, a frekvenciától függően a pontos feszültséggel. A 17. ábra példája 996 Hz-en működik, a bemenet testzárlatos, és 9 mikroVolt RMS-t mutat.

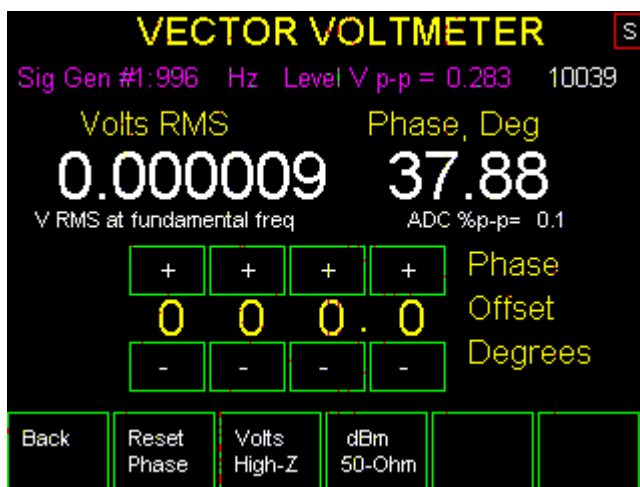


Figure 17: Vector Voltmérő, mérésre kész, de bemenet nélkül.

A második felső sorban egy piros jelölés található: „SigGen # 1 996 Hz”, amely megmutatja az SG # 1 frekvenciát anélkül, hogy visszamennénk a Signal Generator képernyőkhöz. Ha az SG # 1 be van kapcsolva (engedélyezve), a frekvencia fehér színnel jelenik meg; különben rózsaszín / piros színnel látható.

Most mérhetünk egy feszültséget a választott frekvencián, ha egy bemenetet csatlakoztatunk a T bemeneti sorkapcsokhoz. A feltüntetett feszültség amplitúdó attól függetlenül érvényes, hogy az 50 Ohm kapcsoló be vagy ki van kapcsolva. Az 50 ohmos terhelés csökkentheti az amplitúdót, de az ellenállás feszültsége pontos. A 18. ábra a kapott képernyőt mutatja.

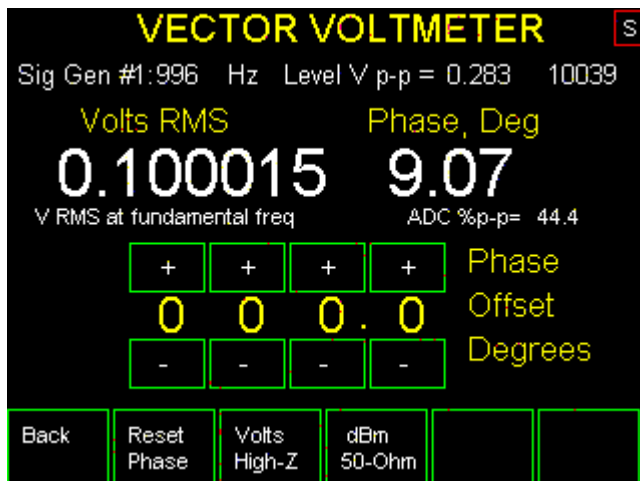


Figure 18: Vektor feszültségmérő, a Sig Gen # 1 be van kapcsolva és a VVM bemenethez csatlakozik.

Láthatjuk, hogy a bemeneti feszültség 0,100 V RMS .. A második vonaltól azt látjuk, hogy a működési frekvencia 996 Hz, de a szintet 0,283 Vp-p-ként mutatja . Ezek természetesen ugyanazt a szintet képviselik , mint a csúcsfeszültség  $\sqrt{2} = 1,414$ -szerese az effektív feszültségnek, a csúcs-csúcs pedig kétszerese a csúcsértéknek. Ez vegyes feszültség mértékegysége bonyolult kérdés, valószínűleg van értelme, de sajnos időnként több mentális testmozgást okoz, mint azt valaki gondolná.

Visszatérve a VVM-hez, a képernyőn látható kis „ADC% p-p = xx.x” segítségével láthatja, milyen közel van a túlterheléshez . Ez a bemenet teljes ADC tartományának százaléka . Ha a szint eléri a 100% -ot, a feszültségkijelző pirosra vált. Ekkor a mérések érvénytelenek.

A feszültség - és fáziskijelzés alatt egy „Phase Offset” bemenet található . Ez -180 és +180 fok közötti értékre állítható . Ez egy olyan kényelem , amely lehetővé teszi a relatív fázisméréseket közvetlenül a kijelzőn . Ez nem korlátozza a fázismérések tartományát, és ezek mindig -180 és +180 fok között jelennek meg.

**Bemeneti impedancia** -Még egy kényelem a két gomb, amelyek kiválasztják a „Volts High-Z” vagy a „dBm-50 Ohms” beállítást . Ahhoz, hogy a dBm leolvasása helyes legyen, 50 Ohm-os le kell zárni a bemenetet ; ezt könnyen megteheti az „50 Ohm” csúszó kapcsolóval. A 19. ábrán látható eredmény az alábbiakban látható. Ne feledje, hogy az amplitúdóegységek kapcsolásával együtt egy fáziskorrekcióval, amelyet a fáziskijelzés 0,00-ra (majdnem 100% -ra) növelésére használtak).

Ha az 50 Ohm kapcsoló nincs lezárva, a bemeneti impedancia egy Megohm párhuzamosan, körülbelül 25 pF-dal. Ez sok oszcilloszkóp bemeneti impedanciája, ami azt jelenti, hogy különféle x10 és x100 szondákat lehet használni a VVM-mel (csakúgy, mint a Spectrum Analyzerrel) a mérési feszültségtartomány növelésére és a mérendő áramkörtől való elszigetelés növelésére.

**Figyelem:** Az oszcilloszkóp olyan bemeneti védelmi áramkörökkel rendelkezik, amelyek nincsenek az AVNA 1-ben. Ez azt jelenti, hogy könnyű megrongálni az AVNA 1-et. Tartsa a bemenetet a doboznál kb. Voltban, és minden rendben lesz. A nagy feszültségek kárt okozhatnak.

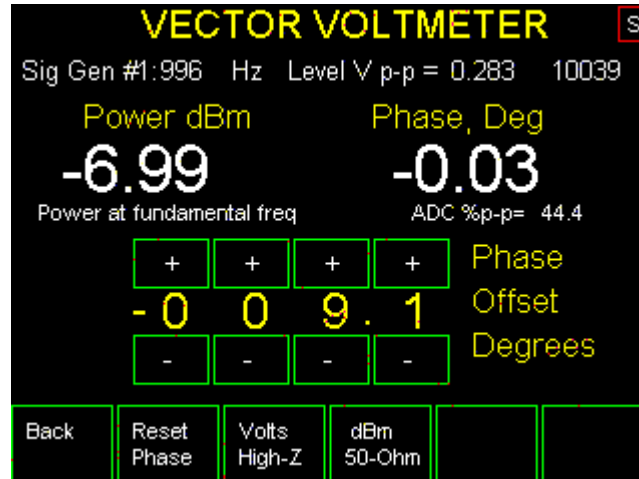


Figure 19: Vektorfeszültségmérő, kijelzőn 50 Ohm-ra állítva, dBm-ben kifejezve.

Utolsó megjegyzés : ha külső jelforrást használ a VVM -hez, és a mérések sikertelenek , csak mikrovoltokat mutatnak , akkor valószínűleg az SG # 1 nem esik néhány Hz-en belül a bemeneti jel frekvenciájához . Ha a külső forrás nem elég stabil, ez nem biztos, hogy megfelelő mérési módszer. Szélessávú RMS voltmérő megvalósítható, de ez a jövőre szól.

### 5.3 Megbeszélés

A VVM működése pár szóra méltó. Tesztesszököként szorosan kapcsolódik az AVNA Vector Network Analyzer transzmissziós mérések részéhez. Sok szoftvert osztanak meg a két eszköz között. Az AVNA meghatározza a relatív erősítést vagy veszteséget, amplitúdót és fázist az átvitel útján keresztül. A VVM-t úgy kalibrálják, hogy megmérjék a bejövő jel nagyságát, valamint az 1. jelgenerátor és a bejövő jel közötti fáziskülönbséget.

### 5.4 DSP áramkör

Két keverő (multiplikátor ) kimenet a fázisban és a kvadratúra jelszintje. E kettő négyzetösszegének négyzetgyöke adja meg a bejövő jel nagyságát. Az 1. jelgenerátor (SG # 1) állítja be a mérés gyakoriságát . Aluláteresztő szűrés, miután a keverők meghatározták azt a követelményt, hogy a bejövő jelnek néhány Hz-en belül kell lennie az SG # 1 frekvenciától. Sok esetben a legkönnyebb a Signal Generator kimenetet használni az AVNA1 „Z” termináljain, mind frekvencián, mind időfázis nélkül.

Ha az SG # 1 jelet használjuk jelforrásként , akkor a fázis nem változik az idő és az idő függvényében . Ehhez a fáziskorrekció hasznos lehet. Ennek fel / le gombjai vannak a 0,1 fokos beállításhoz . Az eltolás lehet pozitív vagy negatív. Ez kényelmes a kijelzett fázis nullázására, és nem változtatja meg az alpmérést.

## 5.5 Bemeneti tartomány

A bemeneti jelnek az ADC tartományán belül kell lennie. **A maximális bemenet valamivel több, mint 0,2 Vrms vagy 0,6 V p-p. A magasabb feszültségekhez külső feszültségosztóra van szükség.** A VVM 50 Ohm bemeneti terminállal használható; 50 ohmos terminátor nélkül a bemeneti impedancia 1 mega hm párhuzamosan körülbelül 25 pF . A VVM minden esetben megmutatja a feszültséget a „T” bemeneti kapcsokon . A megjelenített feszültség az effektív érték . Ez megegyezik a (ma régi) 8405 A VVM -en használt HP-vel. Ha a hullámforma nem szinuszos , és vannak harmonikusok, akkor a megjelenített érték az alapvető az SG # 1 frekvenciáján..

**A VVM nagyon szűk sávszélessége alacsony szintű jelek mérését teszi lehetővé .** Ha az SG # 1 ki van kapcsolva, akkor a maradék zaj körülbelül 10 mikroV volt. Külső forrásgenerátor használatához az SG # 1-et azonos frekvenciára kell hangolni. Ellenkező esetben az AVNA1 U4B CAL kapcsolóján keresztüli szivárgás kb. 55 uV jelet eredményez az 50 Ohm terminállal, vagy 1,5 mV jelet az 50 Ohm terminátor nélkül.

**Egycsatornás korlátozások** -A HP 8405 VVM két bemenettel rendelkezik, és a referencia bemenetre fáziszárolt hangolással rendelkezik . Az AVNA1 csak egy bemeneti csatornával rendelkezik , ezért a kétcsatornás funkció nem támogatható. De várjon, valójában két bemenet létezik. Ha az AVNA-t újracsatlakoztatták az R46-R49 eltávolításához , és ezeket a vezetéseket egy kapcsolóhoz és egy második bemeneti csatlakozóhoz juttatta, akkor egy teljes 8405 A stílusú fáziszárt hurok valósítható meg. De nem most!

## 6 Audio Spectrum Analyzer (ASA)

Az AVNA projekt az impedancia és az átviteli elemzéssel indult, ami a hálózati elemző készülék normál beállítása. Ugyanaz a hardver azonban képes támogatni más tesztek is, a változtatásokat csak a firmware változtatja meg. Ez az „Hangszer” általánosabb leírásához vezet. Az egyik eredményül szolgáló eszköz a Spectrum Analyzer, amelyre itt térünk ki. Ne feledje, hogy a spektrumok megjelenítése mellett van néhány speciális teszt a jel-zaj arány és a SINAD mérésére. Ezeket a méréseket ebben a szakaszban is tárgyaljuk, mivel a Spectrum Analyzer részeként működnek.

### 6.1 Leírás

**10 Hz és 40 kHz közötti frekvenciatartományon belül a „T” bemeneti csatlakozók teljesítménye jelenik meg.** Az AVNA1-hez hasonló eszközöktől eltérően a kijelző grafikus, **teljesítménye dBm-ben** (egy milliwatthoz viszonyítva). A frekvencia az alsó tengely mentén fut, és a bal szélén mindig 0,0, a jobb oldalon pedig 3, 6, 12, 24 vagy 48 kHz, az alsó sor menüjéből választva.

**A dBm kalibrálás 50 Ohm bemeneti ellenállást feltételez , és az ellenállást be kell kapcsolni , hogy a skála referencia értelmes legyen .** Ha a bemenethez nincs bekapcsolva az 50 Ohm , akkor 1 megahomos bemeneti impedanciával rendelkezik. Nagy impedanciájú esetben a 0 dBm vonal a tetején 0,223 V effektív értéknek vagy 0,632 -V p-p-nek felel meg..

Az osztásonkénti dB és a dBm skála dB-eltolása az alsó sor menüjében változtatható.

Amint az alábbiakban részletesen leírjuk, a spektrum analizátor zaj- és torzításméréseket is végez.

## 6.2 Utasítások

Minden a 2. ábrán látható Műszer kezdőképernyővel kezdődik, amelyből a felhasználó négy hangteszt eszköz közül választhat. Ebben az esetben a „Spectrum Analyzer” lehetőséget választjuk, amely 48 kHz-es szélességgel 80 dB-es tartományt mutat. Ez sokféle célra alkalmas, és egy bemenet csatlakoztatható a „T” bemeneti csatlakozókhoz. **Vigyázzon, hogy ne adjon meg kb. 1 V-os p-p bemenetnél**, különben az ADC túl lesz hajtva a tartományán, hamis válaszjeleket és pontatlan szinteket okozva.

**Ezenkívül, ha a bemeneti szint nagyon magas, a készülék károsodhat.**

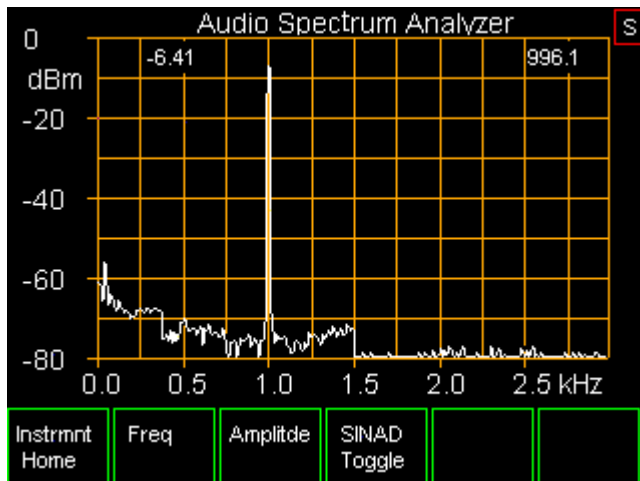


Figure 20: Spektrum analízátor, amely 996 Hz-es szinuszhullámot mutat. A 6 kHz mintavételi frekvencia kiválasztásával a frekvenciatartomány 3 kHz-re csökken.

A képernyőnek kissé hasonlóknak kell lennie a 20. ábrán. Nem lesz túske, mint kb. 1 kHz-nél, mivel nincs jel, és a frekvenciaskála alapértelmezés szerint 48 kHz. A frekvenciaskála eltér a következő bekezdésben tárgyalt kiigazítások miatt. Normális, ha a zajvonal magasabb a képernyő bal felén, és a bal szélén nagyjából -50 dBm-re emelkedik.

## 6.3 Frekvencia lefedettség

A megjelenített frekvenciatartomány megváltoztatásához koppintsunk az alsó sorban található „Freq” gombra. Ekkor megjelenik egy képernyő, amely lehetővé teszi a maximális frekvencia megváltoztatását és leírja az alkalmazott paramétereket. A kezdeti 48 kHz-re beállított maximális megjelenítési frekvenciáról beszéltünk. A frekvenciaváltó vezérlő képernyő a „Sample Rate” kifejezéssel működik, amely a megjelenített maximális kijelző frekvencia kétszerese. Ezenkívül megjelenik egy „Maximum Frequency” paraméter, amely a maximális megjelenítési frekvencia 5/6 része. Ez feleslegesen zavaró, de arra utal, hogy csak az ADC mintavételi frekvencia feléig tudunk dolgozni bemenetekkel, továbbá az ADC részeként van egy aluláteresztő szűrő, amely a fél mintavétel kb. frekvencia.

**A 96 kHz-es mintavételi frekvencia esetében ez mind azt jelenti, hogy a legmagasabb pontos mérési frekvencia körülbelül 40 kHz.**

Megmutatjuk a teljes frekvenciatartományt a kijelzőn, de emlékeznünk kell arra, hogy a képernyőn az utolsó két osztás gyengült, és nem tekinthető számszerűen pontosnak.

Tehát most megváltoztathatjuk a teljes frekvenciatartományt úgy, hogy az alsó sorban lévő gombbal lefelé állítjuk a „Minta frekvenciáját”. Az első gombnyomás felére csökkenti a mintavételi sebességet 48 kHz-re. Ha továbbra is megérintjük ezt a gombot, akkor a legalacsonyabb tartományba jutunk 6 kHz mintafrekvenciával. Ez 0 és 3 kHz közötti értékeket jelenít meg, amint az a 20. ábrán látható. Később a Jelgenerátorok alatt megnézzük, hogyan lehet előállítani a szinuszhullámot a képen.

Az ASA frekvenciavezérlő képernyőn a felbontási sávszélesség számértékét is látjuk. Ez tükrözi a mintavételi arányt, valamint az alkalmazott 1024 pontos FFT-t. Ezenkívül a bemutatott felbontás magában foglalja a mindig használt Hann ablakfunkciónak köszönhető 1,5-ös tényezőt. 4 Vegye figyelembe, hogy az FFT csak 512 adatpontot ad a félminta sebességtartományban. 256 pixel áll rendelkezésre az adatok megjelenítésére, így minden pixel valamivel több, mint egyetlen egység FFT felbontás. Az egyetlen beállítás ezzel kapcsolatban a Sample Rate beállítás, a fennmaradó rész pedig automatikus.

Végül a frekvencia képernyőn lehetőség van az adatok átlagolásának megváltoztatására. Az átlagolás előnye, hogy csökkenti a spektrális nyomon látható zaj mennyiségét. Sokszor ez növeli a mérések pontosságát. A büntetés a képernyő frissítések lassúsága.

## 6.4 Amplitúdó-szabályozás

Induláskor a függőleges tengely 80 dB tartományt takar, osztásonként 10 dB-el. A „Spectrum Analyzer” képernyő alján található „Amplitúdó” gomb előhívja a dB / divízió (dB / div) és a dB eltolás vezérlőit. A db / div értéke 20, 10, 5 vagy 2 állítható be. Az eltolás 5 dB-es lépésekben érkezik, és arra használható, hogy a képernyőt felfelé vagy lefelé mozgassa. Minden esetben a bal tengely dBm skálája követi ezeket a változásokat.

## 6.5 Marker kommentár

Még mindig a Spectrum Analyzer képernyőt nézve, 20. ábra, figyelje meg a tetején a „-6.41” jelölést. Ez a képernyőn a legerősebb jel amplitúdójának mértéke dBm-ben. Feltételezi, hogy a mért jel keskeny sávú, mint a bemutatott szinusz hullám. A jobb oldalon egy „996.1” jelzés látható. Ez a legerősebb jel becsült gyakorisága a Hann ablakos FFT interpolálásának okos módszerével. 5 Ésszerűen erős jelek esetén ez a becsült frekvencia felülmúlja a hagyományos frekvenciaszámlálókat. A becsülés másodperc töredéke alatt készül, de 0,1 Hz körüli pontossággal. Ahogy várható volt, a pontosság alacsony jel / zaj arány mellett csökken, de mégis hasznos becslést ad.

## 6.6 SINAD és S/N

A Spectrum Analyzer főképernyőjének utolsó gombja egy kapcsoló, amely egyes speciális méréseket aktivál vagy kikapcsol. Ezek ugyanazokat az adatokat használják, mint amelyek megjelennek. A mérési szélesség automatikusan 6 kHz-re (12 kHz mintavételi frekvencia) van beállítva, és a speciális méréseket 1 kHz közelében végezzük. Nincs FFT bin

<sup>4</sup>Az FFT felbontási sávszélessége felszámolás nélkül a mintavételi gyakoriság elosztva az FFT-nkénti mintavételi pontok számával, ami esetünkben 1024. A Windowing-ot arra használják, hogy csökkentsék a hamis mellékjeleket, mivel a hullámalakból véges mintát vesz. Lásd, [https://en.wikipedia.org/wiki/Window\\_function](https://en.wikipedia.org/wiki/Window_function)

<sup>5</sup>See, “A New Accurate FFT Interpolator for Frequency Estimation,” <https://forum.pjrc.com/threads/36358-A-New-Accurate-FFT-Interpolator-for-Frequency-Estimation>.



középpontjában 1 kHz, tehát a legközelebbi 996 Hz-es középpont valóban a középpont. A kijelző most úgy néz ki, mint a 21. ábra, de hiányzik a jel.

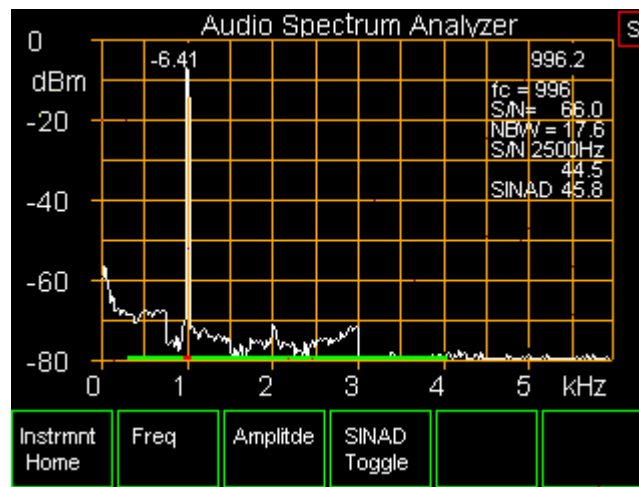


Figure 21: Spectrum Analyzer képernyő, beleértve a SINAD méréseket.

A SINAD olyan mérési kifejezés, amelyet elsősorban a rádióvevő teljesítményének értékelésére használnak. Ahelyett, hogy megpróbálná lefedni e kifejezések definícióit és felhasználásait, kérjük, olvassa el a lábjegyzeteket.<sup>67</sup> ASA-nk esetében a zaj mérési sávszélessége 300–4000 Hz-en van rögzítve. A frekvenciaközpon - amint fentebb tárgyaltuk - 996 Hz. Annak érdekében, hogy a 996 Hz-es hang (ez lehet egy külső generátor, amely része az RF jelgenerátornak) frekvenciahibái a jelgenerátorban, a jelmérés 3 FFT bin teljesítményt ad hozzá, ami egyenértékű egy egyszerű sáváteresztő szűrővel körülbelül 40 Hz szélességű, középpontja 996 Hz. A zaj és a torzítás teljesítményének mérése kizárja az 5 tartályt, vagyis körülbelül 60 Hz-t 994 Hz-en középre állítva.

Jel hiányában a SINAD-nak nagyon közel kell lennie a 0,0 dB-hez. A jel növekedésével a SINAD növekedni fog, ami a zaj csökkenő versenyét jelenti.

A többi bemutatott mérés az „S / N”, amely a jeltartályokban lévő teljesítmény és a két zajsáv összegének az aránya dB-ben, egyetlen tálcá sávszélességére visszazámítva. Az „NBW” vonal a számított zajsáv szélességére vonatkozik, Hz-ben, és az egyetlen FFT-tartály zajára vonatkozik (beleértve az ablakos hatásokat is). Az „S / N 2500” megegyezik az „S / N” betűvel, kivéve a 21,5 dB-rel alacsonyabb értéket a széles sáv visszaverésére. A szorosan összekapcsolt szám elküldésének oka a népszerű WSJT programsorozat 8, amely széles körben használja ezt a széles sávú S / N-t.

## 6.7 Megbeszélés

Az ASA gráf előállításához több FFT-t átlagolunk együtt. A kijelző szélessége 2: 1 lépésekben 3 és 48 kHz között változtatható, a felbontás sávszélességének arányos változása mellett. A normál skála 80 dB, ami 10 dB / div, de 5 dB / div opció áll rendelkezésre, 5 dB-es lépésekben eltolásokkal együtt. A csúcshint a képernyőn a bal felső sarokban, a csúcs gyakorisága pedig a jobb felső sarokban látható.

<sup>6</sup><https://en.wikipedia.org/wiki/SINAD>

<sup>7</sup><https://www.electronics-notes.com/articles/radio/radio-receiver-sensitivity/what-is-sinad-signal-to-noise-and-distortion>

<sup>8</sup><https://physics.princeton.edu/pulsar/kljt>

A szint magasabb lehet, mint a grafikus csúcs, mivel ez a csúcs „bin” és a két szomszédos összértéke. A frekvencia jelzés magában foglalja a tárolók közötti interpolációt, és ellenpontossággal rendelkezik az erősebb szinuszhullámokhoz. A bemenet a „T” átviteli portba kerül. A kalibrálás dBm-ben, 50 Ohm-ban történik, és feltételezi, hogy az 50 Ohm-os bemeneti terminátor be van kapcsolva.

## 7 Audio Signal Generators (ASG)

Az „Audio Test Instrument” firmware -bővítés részét képezte három jelgenerátor és egy negyedik Gaussian White zajgenerátor. Ez a négy jel összegződik, ha be van kapcsolva, és a „Z” csatlakozóknál jelennek meg. Ezek általános használatra szolgálnak, de impedancia vagy átviteli méréseknél nem állnak rendelkezésre. A jelgenerátorok szinusz- vagy négyzethullámokat képesek előállítani, az érintőképernyő közvetlen irányítása alatt. Ezenkívül USB soros vezérlés alatt ez a képesség más hullámformákra is kiterjedt, például háromszögekre (leírva a 12.1. Szakaszban).

A frekvenciák 10 és 40 000 Hz között állíthatók 1 Hz-es lépésekben, a képernyőn. Az amplitúdót a csúcs-csúcs érték adja meg voltban. A kimeneti impedancia 50 Ohm<sup>9</sup>, a megjelenített feszültség pedig a leadott feszültség 50 Ohm terhelésig. Nyitott áramkör esetén a feszültség kétszerese lesz a kijelzett értéknek. A kényelem érdekében minden generátort be- és kikapcsolhatunk, miközben a beállításokat egyedül hagyjuk.

### 7.1 Utasítások

Szokás szerint a 2. ábra kezdőképernyőjével kezdjük. A gomb megérintésével a „Signal Gens” megjeleníti a Signal Generator összefoglaló képernyőt, amely látható itt a 22. ábrán. Ez mutatja a frekvenciát, a feszültség beállítását, a be / ki állapotot és a három jelgenerátor hullámalakját. A negyedik vonal a Gaussian White Noise generátorra vonatkozik, és ennek névleges sávzélessége nem állítható. Ha egy generátor ki van kapcsolva, a be / ki állapot rózsaszín színben jelenik meg. Ennek a képernyőnek a vezérlési funkciója lehetővé teszi az egyes generátorok négy vezérlő képernyőjének egyikét. Ezt úgy folytatjuk, hogy megérintjük az alsó sorban található „SigGen 1” gombot.

<sup>9</sup>50 ohm vonatkozik a „Z” sorkapcsokra. Alacsony impedanciájú, talán 1 Ohm kimenet elérhető a BNC csatlakozón. Bármelyik kimenet használható.

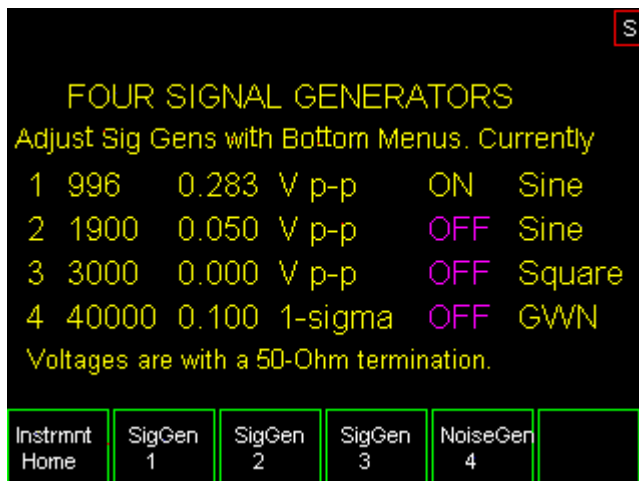


Figure 22: Jelgenerátor összefoglaló képernyő.

Ez megjeleníti az 1. jelgenerátor vezérlő képernyőt, amint az az alábbi 23. ábrán látható.

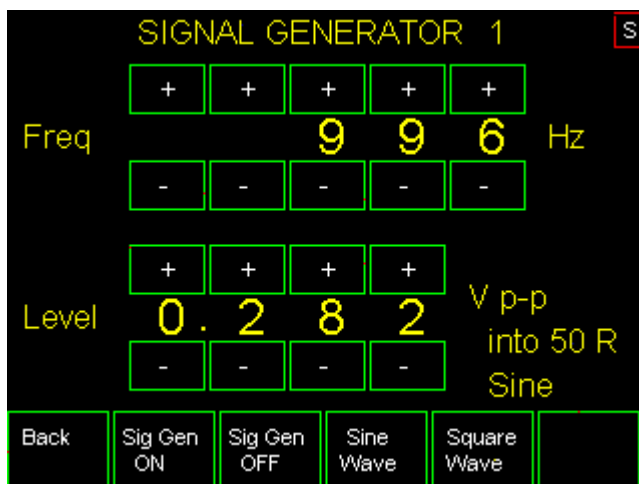


Figure 23: Az 1. jelgenerátor vezérlő képernyője 996 Hz szinuszhullámot mutat, 0,282 V feszültség mellett, p-p.

Itt plusz és mínusz gombokat láthatunk az egyes számjegyek vezérléséhez mind a frekvencia, mind az amplitúdó szempontjából. Ezenkívül be- és kikapcsolhatjuk ezt a generátort a „SigGen ON” és a „SigGen OFF” gombokkal. E gomboktól jobbra található egy pár a hullámforma kiválasztásához: „Szinuszhullám” vagy „Szögletes hullám”. Ezeket a változtatásokat bármikor elvégezheti, majd a „Vissza” gombbal térhet vissza a Jelgenerátor összefoglaló képernyőjére, 22. ábra.

Feltéve, hogy visszatért az összefoglaló képernyőre, megérintheti a „NoisGen 4” gombot az ellenőrző képernyő megjelenítéséhez, 24. ábra.

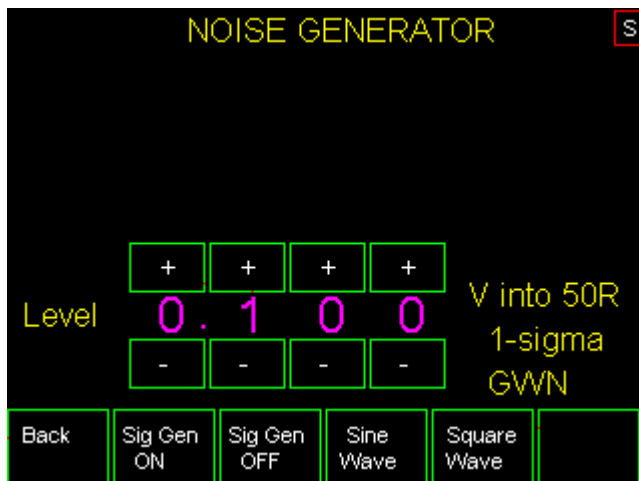


Figure 24: Gaussian White zajgenerátor, amelynek 1-sigma értéke (szórása) 0,100 V-ra van állítva, amikor 50 Ohm-os terhelésre fut. Az 1-sigma érték rózsaszínű színe azt jelzi, hogy a zajgenerátor jelenleg ki van kapcsolva. Az 1-sigma szint az RMS értéke is.

Ez a zajgenerátor vezérlés alapvetően megegyezik a jelgenerátorokkal, azzal a különbséggel, hogy nincs frekvenciavezérlés. A zaj spektruma mindig a mintavételi frekvencia felénél fl, a Spectrum Analyzer által meghatározott módon. Ezt az alábbiakban tárgyaljuk.

### 7.1.1 Jelgenerátor hullámformái

Színusz hullámok esetén a hullámforma kitűnő a minta frekvenciájának körülbelül 5/12-ig, amely felett az amplitúdó csökken. Ez 40 kHz-nek felel meg a legmagasabb 96 kHz-es mintavételi frekvencián. Olyan nem szinuszos hullámokhoz, mint a négyzethullámunk, az alulfrekvencia harmonikusaira van szükség a hullámforma felépítéséhez. A korlátozott sávunk miatt hiányzó nagyfrekvenciás darabok torzítják a hullámformát. Az olyan hullámformák esetében, mint a négyzethullám, ez fontos korlátozás lehet, és azt javasolja, hogy a generátor frekvenciáját tartsa messze a mintafrekvencia fele alatt, ha lehetséges.<sup>10</sup> Általában érdemes megnézni az oszcilloszkóp hullámalakját, ha a részletek fontosak.

Ha egyszerre három szinuszos hullámot kapcsol be, akkor előfordulhat, hogy mindhárman összeadódnak a maximális feszültség érdekében. A három feszültségszabályozás összegét ezért a 0,6 voltos túlterhelési pont alatt kell tartani.

Vegye figyelembe, hogy a jelgenerátorok összes vezérlése elérhető az USB soros interfészről is. **Vegye figyelembe azt is, hogy a soros útvonalon a frekvencia vezérelhető a miliHertz-ig, az amplitúdó a mikroVoltig, és a hullámforma-választások, amelyek tartalmazzák a háromszöget és két fűrészfogat is..**

<sup>10</sup> A négyzet alakú hullámforma, a szinuszos hullám és a páratlan harmonikusok felépítésének alaposabb kezeléséhez lásd: <https://mathworld.wolfram.com/FourierSeriesSquareWave.html>.

A grafikon a spektrumnak az alapvető, az alap plusz harmadik harmonikusra és az alapvető plusz a harmadik és az ötödik harmonikusra való korlátozásának eredményét mutatja. Az eredmény egyre harmonikusabb lesz, de a folyamathoz sok harmonikusra van szükség ahhoz, hogy ne legyenek nyilvánvaló torzításai.

## 7.1.2 Zaj

A 4. jelgenerátor Gauss-fehér zajt generál. Van egy amplitúdó-beállítás, amely megfelel az 1-sigma feszültségnek. Ez egy kényelmes leíró, mivel a zajteljesítmény ezt a feszültséget négyzetre osztja és elosztja 50-vel. Mivel „fehér” zaj, a teljesítmény egyenletesen oszlik el a sávban a mintavételi frekvencia felére. Ez azt jelenti, hogy a zajteljesítmény sűrűsége a teljes zajteljesítmény elosztva a mintavételi frekvencia felével, watt / Hz-ben kifejezve. Ne feledje, hogy a mintavételi frekvenciát a Spectrum Analyzer módosíthatja. Például, ha az 1-sigma zajszint 0,1 volt, az 50 Ohm terhelésre leadott teljesítmény  $0,12 / 50 = 0,0002$  Watt (0,2 milliWatt). Ha a mintavételi frekvencia 12 kHz, a teljesítmény 6 kHz-re oszlik a teljesítménysűrűség  $0,2 / 6000 = 0,0000333$  mW / Hz. dBm-ben kifejezve ez -44,8 dBm / Hz. Amint az a spektrum analízátoron látható, 17,6 Hz-es zajsáv szélességgel (ehhez a mintavételi frekvenciához) ez körülbelül  $17,6 * 0,0000333 = 0,000587$  milliWatt / tálcá, vagy dBm-ben kifejezve -32,3 dBm / bin. Ez a számtani típus lehetővé teszi a zajgenerátor és a jelgenerátorok beállítását bármilyen kívánt helyzetre.

Az időtartomány zajhullámát vizsgálva a Gauss-statisztikák azt mutatják, hogy az 1-sigma érték (szórás) meghaladja az idő 68 százalékát. Ez a közös „harang” görbe. Vegye figyelembe, hogy ennél a Gauss-féle statisztikai eloszlásnál a képernyőn látható 1-sigma érték egyben az RMS értéke is.

Érdekes kérdés ennek a zajgenerátornak a túlterhelést megakadályozó feszültség beállításának megtalálása, mivel a Gauss-zajnak elméletileg nincs amplitúdó-határa, és az itt használt generátor az 1-sigma feszültség 12-szeresét tudja elérni. Ha magas szintű zajkibocsátásra vágyik, ésszerű az 1-sigma pontot 0,1 Volt túlterhelésre beállítani (5-sigma = 0,50 Volt). 96 kHz-es mintavételi frekvencia esetén ez átlagosan 20 másodpercenként túlterhelődik. Ez a legtöbb kísérletnél nem lesz fontos.

**Zaj sáv szélessége** - A „fehér zaj” kifejezés arra a spektrális teljesítményre utal, amely being az összes frekvencián. Ez nagyon jól hangzik, de természetesen lesz egy felső frekvenciahatár. A legkézenfekvőbb határ a mintavételi frekvencia fele, a Nyquist-határ. Ezenkívül a kimeneti DAC-nak csökkentenie kell ezt a tartományt, hogy megakadályozza a hamis álnevek kimenetét. Ez a zajunkat a féminta frekvenciájának körülbelül 5/6-ára, vagy a legszélesebb körben, körülbelül  $5/6 * 48$  kHz vagy 40 kHz-re korlátozza. E fölött a teljesítményspektrum csökken. Ennek a korlátozásnak a jelzésére a jelgenerátor összefoglaló képernyő felsorolja a zajt e korlátozott tartomány szerint.

## 8 Zajmérés

Ez a szakasz a jövőbeli mérések elé néz. Ez magában foglalja a speciális intermodulációs méréseket, valamint egy hagyományos teljesítménymérőt. Ez egy későbbi firmware-verzióval egészül ki.

## 9 Képernyő mentése

Képernyőmentés minden AVNA1 képernyőhöz elérhető (21 különböző van.), Kivéve az érintőképernyős kalibrációt. Ez különösen hasznos lehet grafikus megjelenítőknél, mint például a Spectrum Analyzer, de időtakarékos is lehet bármelyik képernyő megragadásához. **A kézikönyvben található összes kép ezzel a funkcióval készült. A képernyőmentések tárolhatók a Teensy 3.6 µSD kártyáján**, vagy ha ez nem megfelelő, akkor a képernyőmentést az USB-soros kapcsolaton keresztül át lehet vinni egy számítógépre. Minden képernyőmentés BMP formátumban van.

## 9.1 Utasítások

**Képernyő mentése érintőképernyős vezérlés alatt** -A kezdéshez feltétlenül kapcsolja be az AVNA1-et egy  $\mu$ SD-kártyával a Teensy 3.6 tartójában . Nem szükséges csatlakoztatnia egy soros terminált , például az Arduino soros monitort . De ha mégis megteszi , és a soros terminál nyitva van , akkor az „ls” vagy „dir” típusú könyvtárat jeleníti meg a  $\mu$ SD fájljaihoz . Ez megjeleníti a kártya összes fájlját . **Ne feledje , hogy az összes dátum 2000-re van beállítva , mivel az AVNA1 nem rendelkezik valós idejű órával.**

A képernyő jobb felső sarkában található egy kis zöld gombokkal ellátott „S” gomb . Ez csak akkor jelenik meg , ha  $\mu$ SD kártya van a helyén . Képernyőkép készítéséhez csak a gomb megérintésére van szükség . A körvonal piros lesz a több másodperces képernyőmentési időszak alatt . Létrejön egy fájl az AVNA nnn.BMP formátumú egyedi névvel , ahol az nnn egyedi szám a 000 és 999 közötti tartományban . Ezek a fájlok mind a kártya gyökérkönyvtárának szintjén vannak . A kártya bármely más fájlját vagy könyvtárát figyelmen kívül hagyja . Szükség szerint további képernyőmentő fájlok hozhatók létre .

Ezen a ponton a belsőleg mentett BMP fájlok felvételére nincs más módszer , mint a  $\mu$ SD kártya fizikai eltávolítása . Különböző adapterek állnak rendelkezésre a  $\mu$ SD kártya közömbös számítógépeinek olvasására .

**Képernyő mentés USB-soros vezérlés alatt** - Képes egy soros parancs által készített képernyőmentést menteni . A BMP fájlmentés írható egy belső  $\mu$ SD kártyára , vagy elküldhető a vezérlő PC-re Intel Hex fájlként . Az Intel Hex szükséges , mivel az USB-soros kapcsolat nem képes teljes 8 bites bájtokat átvinni a vezérlőkód-kompensációk miatt . Az Intel Hex formátum kissé esetlen ehhez a munkához , de működik .

A parancs következik , de további részletekért lásd a 12.2 szakaszt , ideértve a fájltypusok többségét és átalakítását is .

SCREENSAVE n egyetlen képernyőn menti a képernyőn megjelenítetteket . Az n paraméter az

**n = 1** Küldje el a képernyőn megjelenő BMP képet az USB soros linken keresztül az Intel Hex segítségével

**n = 2** Mentse a BMP képet a  $\mu$ SD kártyára , pontosan úgy , ahogy az érintőképernyő parancssal történik .

**A note** -Ez egy részlet , de ha nagyon alaposan megvizsgálja a képernyő mentését , akkor néhány rossz színű képpontot talál . Ez egy hiba a Teensy ILI9341 t3 könyvtárban , amely úgy tűnik , hogy a képernyő DMA-olvasásának időzítési hibája . Nem befolyásolja a képek hasznosságát .

## 10 AVNA1 Kalibrálás

A kalibrálás lehetővé teszi számunkra , hogy a méréseinket összhangban álljunk a különböző szabványokkal . Ez lehetővé teszi számunkra a mondjuk a Volt és a „standard Volt” feszültségkülönbségének ellenőrzését . Mivel a legtöbbünknek nincs közvetlen hozzáférése a szokásos Volt-hoz ,<sup>11</sup> inkább egy sormérési transzferek , talán egy kereskedelmi digitális Voltmérővel , mint helyi összehasonlító eszközünkkel . Nagy képből a kalibrálás összetett és néha ezoterikus , de otthoni laboratóriumi szinten csak a legjobb referenciákat használjuk !

Tehát ebben az összefüggésben az AVNA1-hez szükséges kalibrációk , beleértve az Audio Test Instrument kiegészítéseket , a következők .

<sup>11</sup> Bár méréseink szempontjából nem fontos , a szokásos Volt egy furcsa hardver csodálatos gyűjteménye [https://en.wikipedia.org/wiki/Josephson\\_voltage\\_standard](https://en.wikipedia.org/wiki/Josephson_voltage_standard)

- Az AVNA impedancia kalibrálása a belső ellenállások értékeinek, valamint a kóbor kapacitás és ellenállás méréseinek kombinációja a 12.6 szakaszban leírt telepítési parancsokkal.
- Az AVNA átvitel kalibrálása a 12.3. Szakasz méréseinek részeként).
- AC kimeneti feszültség kalibrálása külső feszültségmérővel, amelyet az alábbiakban ismertetünk.
- AC bemeneti vektor feszültségmérő és Spectrum Analyzer kalibrálás az előző kimeneti kalibráció segítségével.
- Az érintőképernyő kalibrálása, amely igazítja az érintőképernyőt a vizuális képernyőhöz, amelyet az alábbiakban ismertetünk.

## 10.1 Utasítások

## 10.2 Érintőképernyő kalibrálása

Az érintőképernyő méretaránya némi változékonyságot mutat. A kalibrálás összeköti a vizuális képernyő rácsát és az érintőképernyőt, amely függetlenül működik. Az eredeti AVNA 1 szoftver névleges x és y kalibrációs értékeket használt. Ennek az érintőképernyős kalibrálásnak a hozzáadásával koppintva a bal felső sarokban és a jobb alsó sarokban, lehetővé teszi számunkra, hogy megtalálja a legalacsonyabb és a legmagasabb x és y érintési értékeket.

Menjünk át lépésről lépésre. A szokásos kezdőképernyőn kezdve megérintjük a „**Service & Cal**” gombot. Ez megjeleníti a képernyőt a különféle kalibrációk kiválasztásához. A „**Touch Cal**” elemre koppintva megjelenik egy képernyő a szükséges lépések listájával. Ne feledje, hogy az érintőképernyő kalibrálásának megkezdése után be kell fejezni. **Kövessen a képernyőn megjelenő három lépést**, figyelve a megtalált minimális és maximális értékeket. Bármennyi csapolás megengedett. **Végül a jobb felső sarokra koppintunk, amikor az értékek állandóvá válnak.**

Több érintőceruzával történő érintés kissé szélsőségesebb értékeket találhat, amelyek javítják a kalibrálást. Ennek használatakor ne felejtse el sokszor megérinteni a képernyőt, hátha találnak szélsőségesebb értékeket. Ehhez a teszthez nincs igaz „Mégse”, kivéve, hogy ha a jobb felső sarokba koppintunk bármely más előtt, akkor továbbra is a régi értékeket használja. Biztonságos a képernyő újbóli kalibrálása. A teszt gyors és tetszőleges számú alkalommal újra elvégezhető.

A jobb felső sarokban történő megérintés után megjelenik egy megerősítő képernyő, amely megmutatja, hogy az új értékeket regisztrálták. Ha nem történt sarokcsapolás, akkor ez az utolsó képernyő csak az aktuálisan tárolt kalibrációs értékeket mutatja.

## 10.3 Feszültség bemenet kalibrálása

Alapvető referenciára van szükségünk az analóg áramkör erősítésében bekövetkező változások kijavításához. Az előre beállított értékeknek közel kell lenniük, de a variációk elkerülhetetlenek. **Ez a kalibrálás egy külső generátort használ, amelynek ismert szinuszhullám -amplitúdója 0,100 volt RMS-re van állítva, ami megegyezik 0,2828 volt csúcs-csúcs értékkel. A frekvencia nem kritikus, de 1000 Hz-es tartományban kell lennie.** Ezt alkalmazza a „T” terminálokra. Az 50 ohmos lezárás be- vagy kikapcsolható, mivel a fontos elem a feszültség a terminálokra. Néhány jelforrás kalibrált kimeneti feszültséget biztosít. Ez lehet a legjobb kalibrációs szabvány. Minden jó, ha gondosan megmérjük ezt a feszültséget egy AC feszültségmérővel. Ismét a feszültségmérő mérését a „T” bemeneti kapcsolókra kapcsolt generátorral kell elvégezni.



Ha ezt a kalibrálást lépésről lépésre végezzük, az 1000 Hz-es jelforrás csatlakoztatása után kezdjük a Kezdőképernyővel, és érintsük meg a „Service & Cal” gombot. Ez megjeleníti a képernyőt a különféle kalibrációk kiválasztásához. A „V Input Cal” elemre koppintva megjelenik a mérési képernyő, beleértve a kalibrálás utasításait. Érintse meg a „Mérés” gombot, és várja meg, amíg a mérés befejeződik. Feltéve, hogy a válaszok ésszerűek, koppintson a „Kész” gombra a Kalibrálás kezdőképernyőre való visszatéréshez. Ez kalibrálja a feszültség amplitúdóját az ASA és a VVM használatához. **Az AVNA csak relatív feszültségeket használ, és nincs szüksége ilyen típusú kalibrálásra.**

**A külső kalibrált generátor alternatívájaként használhatjuk a belső 1. jelgenerátort (SG # 1) és egy külső feszültségmérőt.** A probléma ezzel az, hogy a generátort ebben a pillanatban nem kalibrálják, és próbával és méréssel el kell érni a szükséges 0,100 V RMS értékkel. Az SG # 1 beállítására vonatkozó utasítások a 6. részben találhatóak. A frekvenciát természetesen 1000 Hz-re kell állítani, és engedélyezni kell az SG # 1-et. **Ez a módszer teljesen a jó külső voltmérővel mért feszültségre támaszkodik.**

## 10.4 Feszültség kimenet kalibrálása

Most kalibrálnunk kell az **Audio Signal Generator (ASG) kimeneti szintjeit**. Ez a funkció feltételezi, hogy a feszültségbemenet kalibrálása helyes, és az ASG szinteket ennek megfelelően állítja be. Ezért ennek a kalibrálásnak mindig a sikeres feszültségbemenet kalibrálását kell követnie. **Ahhoz, hogy ez működjön, a nem földelt, forró „Z” és „T” sorkapcsokat össze kell huzalozni vagy teszt-klipszel ellátni.** Ezután kövesse a képernyőn megjelenő utasításokat. Ez nagyon közel áll a feszültségbemenet kalibrálásakor alkalmazott lépésenkénti eljáráshoz.

# 11 Rendszerproblémák

## 11.1 EGYIDEJŰSÉG

Korlátozott be- és kimeneti portjaink vannak. Az eszközök és funkciók kombinációját ez korlátozza. Általában ezt a firmware fogja el, ha megpróbálja a lehetetlent. Például a négy jelgenerátort kikapcsolják, amikor a Vector Network Analyzer fut. Amit tehetünk, hogy egyszerre több generátor van bekapcsolva. Például két (vagy három) generátor használata az intermoduláció elemzéséhez a túlterhelési pontig jól működik. Ez részben annak köszönhető, hogy az analóg kimeneti erősítő sok negatív visszacsatolást használ és meglehetősen lineáris. Hasonlóképpen a jelek és a zaj kombinálása jól működik a meghatározott S / N arányok vagy más kísérletek beállításához.

## 11.2 ÖSSZEFÜGGÉS

Ha több hullámot összeadunk, és ezek nem harmonikusan kapcsolódó frekvenciákon vannak, akkor a relatív szintek gyors ütemben változnak. A másik végletben, ha a két hullám azonos frekvencián van, állandó fáziskapcsolatot tartanak fenn. Ez a fázistól függően megváltoztathatja a mérési eredményeket.

Az itt megvalósítottak szerint két generátor fáziskapcsolata véletlenszerű érték. **Ezen okok miatt nem szabad az intermodulációs torzítást mérni olyan frekvenciákkal, mint például 1000 és 2000 Hz.** A szokásos frekvenciapárok, például 700 és 1900 Hz vagy 60 Hz és 7000 Hz, kiszámítható eredményeket támogatnak.



## 11.3 EEPROM Update

Folyamatosan adunk elemeket a Teensy állandó EEPROM memóriájába (Ez az EEPROM emulálására beállított Flash memória). **Indításkor a program ellenőrzi az EEPROM megírásához használt verziót, és hozzáad minden névleges értéket, amelyet az adott verzió után adtak hozzá.** Ez megakadályozza az értékek vagy hasonlóak felülírását. Ha minden naprakész, az indításkor a soros monitornak azt kell mondania: „**EEPROM-adatok betöltése**”; Az EEPROM bekapcsolási verziója 83 volt; EEPROM 536 bájtos terhelés. ” Az első 0,83-as verzió fut, az adatok frissítéséről megjegyzések lesznek.

## 12 AVNA1 Serial Interface

### 12.1 Leírás

A parancsokat az USB soros hivatkozás adja meg a Teensy 3.6 kártyára. **A Teensy a fogadó számítógép számára „soros eszközként” jelenik meg.** Mint ilyen, a Teensy-t egy külső programmal lehet vezérelni grafikonok készítéséhez és hasonlókhöz. **A kézi vezérléshez hasznos lehet az „Arduino Serial Monitor”, amelyet az Arduino IDE-ből lehet elérni az „Eszközök” menü alatt.** Ez a monitor (terminál) támogatja a CTRL-C másolást, és az adatok így gyűjthetők.

### 12.2 Általános parancs Operatív parancsokszintaktika

Az AVNA-ba kerülő összes parancs formátuma

```
CMD param1 param2 ....
```

ahol a CMD 1 vagy több karakterből áll, és a paraméterek száma változó. Csak a nagybetűk érvényesek a CMD mezőre. Hibaellenőrzés nem történik meg a paramétereken. Ha 5 paraméter megengedett, és csak az első kettőt kell beállítani, akkor az utolsó 3-at nem kell elküldeni. A határoló is szóközként jelenik meg, de vesszők is használhatók.

A kézi bevitelhez használt általános parancsokhoz egy karakteres parancsikonok tartoznak. Például a **FREQ** és **F** egyenértékű. A teljes listát lásd az 5. szakaszban.

### 12.3 Működési parancsok

**ZMEAS refR** Ez a parancs a mérést impedanciára, a referencia ellenállás értékét refR-re állítja. Az érvényes refR értékek 50 vagy 5000 ohm.

**TRANSMISSION refR** Ez a parancs a mérést átviteli, a referencia ellenállás értékét pedig refR értékre állítja. Az érvényes refR értékek 50 vagy 5000 ohm.

**FREQ f** Ez a parancs a méréseket egyetlen (nem sweep) frekvenciára állítja. A frekvencia f értékre van állítva, amely lehet egész szám vagy 10 és 40000 közötti tizedes szám. Az f paraméter a 100.0 és 100 értékeket azonosnak tekinti. Az elért frekvencia kissé eltérhet az f-től, hogy biztosítsa a szorzó kimenetek megfelelő átlagolását.

**SWEEP** Nem használunk paramétereket. A 13 frekvenciasöpítés be van állítva, de nem fut (lásd RUN parancs).

**LINLOG rs ts** megváltoztatja a soros monitor vagy az érintőképernyő kimenetéhez használt egységeket. A LINLOG parancskészletet követő négy szám:

**rs = 0** A soros dB-ben és a fázisban fokozatokkal való egyeztetési együttható

**rs = 1** A soros nagyságrendű (0,1) és a fázis fokokban történő visszaváltási együttható

**rs = 2** A soros adatok átírása egyenértékű soros impedanciának vagy párhuzamos szuszpenzióknak (lásd a SERPAR parancsot)

**ts = 0** Átviteli adatok a sorosra dB-ben és a fázis fokokban

**ts = 1** Átviteli adatok a soros nagyságrendben és a fázis fokokban

A visszafelé kompatibilitás érdekében az alapértelmezett érték az eredeti érték: LINLOG 2 1.

A rövid parancsok akkor működnek, ha nem akarja megváltoztatni az érintőképernyőt. Például a LINLOG 0 lesz csak állítsa be a soros kimenetet dB-ben és fokban az impedancia érdekében.

A LINLOG parancs paraméterek nélkül visszaadja az aktuális beállításokat, mint pl LINLOG 0 0.

A beállításokat az EEPROM menti, így túléljük az áramkimaradást.

Ez számos soros kimenetet tesz elérhetővé. Például egy 200 uH-os induktor impedanciájának mérésére 10 KHz-en:

With LINLOG 0 0: the serial monitor shows a series of lines:

10000.000 Hz

Return Loss = 0.486 dB

Phase = 150.74

With LINLOG 1 0: the serial monitor shows a series of lines:

10000.000 Hz

Reflection Coefficient = 0.94565

Phase = 150.74

With LINLOG 2 0: the serial monitor shows a series of lines:

10000.000 Hz

Series RX: R=1.494 X=13.042 L= 207.6uH Q=8.73

10000.000 Hz

Parallel GB: G=0.008667760 B=-0.075683906 R= 115.37 L= 207.6uH Q=8.73

With LINLOG 2 0 and SERPAR 1 0 the serial monitor omits the susceptance:

10000.000 Hz Series RX: R=1.494 X=13.042 L= 207.6uH Q=8.73

Ha a kimenetet egy program olvassa el, akkor nem akarja az összes feljegyzést. Amikor ez az ANNOTATE 0 leállítja, az adatmezők vesszővel elválnak egymástól, amely táblázatok boldogokkal. Például a „LINLOG 1 0” induktivitásmérés 10000.000,0.94565,150.74. A második szám hasonló módon vezérli az átviteli formátumot, de az opciók csak 0 vagy 1

**CAL** Nincs szükség paraméterekre. Ez a Z vagy T mérések azonnali kalibrálása egyetlen frekvencia vagy mind a 13 sweep frekvencia. Ennek a FREQ vagy SWEEP és ZMEAS szerint kell következnie vagy ÁTVITEL a megfelelő kalibrálás elvégzéséhez. Ennek a parancsnak meg kell előznie a RUN-t. Ne feledje, hogy az impedancia mérések CAL-jához a komponens csatlakozások helyben maradhatnak, de az átviteli mérésekhez referenciaútra van szükség a megfelelő kalibráláshoz

**RUN nRun** Ez a parancs hatására a kiválasztott mérés egyszeri frekvenciát vagy teljes seprített mérést tartalmaz. Az nRun paraméter az elvégzett mérési készletek száma. NRun értéke 0 értéke folyamatos méréssorozatot eredményez. Vagyis az 1. RUN egyetlen mérési halmaz; A 27. RUN 27 szettet és megállást hajt végre. Bármely új parancs megszakítja a RUN parancsot, tehát a RUN 0 nem igazán örökkévaló

**POWER** Nincs szükség paraméterekre. Ez az átviteli mérések teljesítményszintje egyetlen frekvencián. A megvalósítás megvan, bár nincs alaposan tesztelve. Dokumentáció jön.

**SAVE** Nincs szükség paraméterekre. Ez az aktuális állapotot az EEPROM-ba menti a következő kikapcsoláshoz. Erre ritkán van szükség, mivel automatikus, ha egy paramétert, például a referenciaimpedanciát megváltoztatnak.

**LOAD** Nincs szükség paraméterekre. Kiegészíti a MENTÉST, és lekéri a beállításokat az EEPROM-ból. Szintén ritkán van szükség.

**DELAY msDelay** késleltetést állít be az ismételt futtatások között (lásd RUN parancs). Az msDelay paraméter a késleltetés mértéke milliszekundumban. Ez a soros kapcsolaton keresztüli mérésekre vonatkozik, és nem az érintőképernyőre.

**CALDAT** Jelenleg nem használják.

**SERPAR ser par** állítja be a kimenő adatok típusát, amelyeket a Z mérések során visszaküldenek egy fogadó számítógépre, ahol:

```
ser = 0   Do not transmit series R-X data
ser = 1   Transmit series R-X data
par = 0   Do not transmit parallel G-B data
par = 1   Transmit parallel G-B data
```

Például, a SERPAR 0 1 parancs a mért impedancia párhuzamos G-B ábrázolására vonatkozó adatokat tartalmazza.

Az impedancia normál ábrázolása a (ser = 1) sorozat alakja, amelyet R ellenállás és sorba kapcsolt X reaktancia határoz meg..

Ha par = 1, akkor az ábrázolás a matematikailag összefüggő párhuzamos vezetőképesség, G és B szuszceptancia.

Vegye figyelembe, hogy az „R =” általános forma kommentárja mindkét impedanciaformához hozzáadható az „ANNOTATE 1” paranccsal.

Kerülje el, hogy mind a ser = 0, mind a par = 0 legyen, mivel nem lesz kimenet a PC-re, és nem lesz nyilvánvaló oka.

Hacsak SERPAR parancs nem módosítja, az egység alapértelmezett értéke:

```
SERPAR 1 1.
```

**TEST rys sws** Ez a parancs állítja be a három relét és kapcsolót. Ezt általában nem használják mérésekhez, mivel a megfelelő relébeállításokat egy mérési parancs, például a ZMEAS végzi. (Lásd: TestCommand () a .INO fájlban)

**BAUD** Ne használja. Az USB porton lévő összes USB kommunikáció 12 Mbits / sec sebességgel történik

**ANNOTATE 0 or 1** A válaszok tartalmazhatnak annotációt (1) vagy nem (0) a soros kommunikáció során.

**VERBOSE 0 or 1** Az (1) esetben további információkat továbbítanak. A (0) esetben nem továbbítanak további információkat.

**SCREENSAVE n** egyetlen mentést végez a képernyőn megjelenítettek közül. Az n paraméter az

**n = 1** Küldje el a képernyőn megjelenő BMP képet az USB soros linken keresztül az Intel Hex segítségével

**n = 2** Mentse a BMP képet a µSD kártyára, pontosan úgy, ahogy az érintőképernyő paranccsal történik.

Például a „SCREENSAVE 1 <Enter>” 14 409 soros Intel Hex átvitelét okozza. N = 2 esetén soros visszajelzés érkezik az új fájlnev formájában, csak ha beállította a „VERBOSE 1” beállítást. Ellenkező esetben a soros monitor hallgat.

Most n = 1 esetén a következő lépés egy fájl létrehozása a soros monitor hatalmas adatgyűjteményéből. A hexadecimális adatok kinyomtatása után a kurzor alul lesz. Ettől a ponttól kezdve a következők:

1. Az utolsó sor jobb végétől kezdve jelölje ki azt a sort: ”: 00000001FF”. Aztán vigyázva ha nem kattint a szövegterületen, a gördítősáv segítségével lépjen a hexa szöveg tetejére. Tartsa lenyomva a Shift billentyűgombot, és óvatosan kattintson a bal egérgombbal az első ”: 020000040000FA” sor elejére.  
A teljes hex szövegmost ki kell emelni.
2. Ahhoz, hogy a hexa a vágólapra kerüljön, tartsa lenyomva a CTRL billentyűt, és nyomja meg a ’c’ gombot. Nincs visszajelzéséből. Ehhez a lépéshez nincs menüpont, csak a Ctrl-c.
3. Illessze be a teljes hexadecimális területet a szövegszerkesztőbe, és mentse a .hex típusú fájlba. Az lehet(Linux esetén)  
/home/me/Documents/myscreen.hex.  
*If you are not using Linux, the file directory format will be different, but the file names can be the same.*

Ezen a ponton az eljárás nagyon hasonló a különböző operációs rendszerek esetében. A következő lépés az átalakítása HEX fájl egy BMP fájlhoz, amely az operációs rendszertől függően változik. A következők Linuxra vonatkoznak és Windows 10. Van valakinek eljárása a Mac OSX-hez?

## 12.4 HEX – BMP fájlkonvertálás Linuxon:

1. Annak megállapításához, hogy a számítógépére telepítve van-e az objektívmásolás, írja be az objcopy -verziót egy terminálba. Ha nincs, töltsé le az apt-get eljárással.
2. Nyisson meg egy terminált, és keresse meg a HEX fájl könyvtárhelyét, például cd / home / me / Documents. Most létrehozuk a .bmp bitmap fájlt, a myscreen.bmp, ez volt a cél. A remek felhasználásával objcopy segédprogram, a parancs az objcopy -I ihex -O binary myscreen.hex myscreen.bmp.
3. A HEX fájl törölhető, ha szükséges.

## 12.5 HEX – BMP fájlkonvertálás Windows 10 rendszeren

Köszönet Raynek, a W7GLF-nek, hogy ezt kidolgozta:

1. Töltsé le a srecord alkalmazás legújabb verzióját innen: Sourceforge:  
<https://sourceforge.net/projects/srecord/files/srecord-win32/>  
A fájl neve hasonló lesz srecord-1.64-win32.zip. Másolja a zip fájlt a (z) mappába a te döntésed.  
Kattintson a jobb gombbal a fájltra a fájlkezelőben, és válassza az Összes kibontása parancsot.  
Hagyja a mappát kivonat olyanná, amilyen. A kibontás után számos fájl lesz az almappában.  
Az egyik, ami érdekel, a srec cat.exe név. Ezt a fájlt bárhova másolhatja.  
Tudsz törölje a többi fájlt, ha akarja, vagy olvassa el a pdf-t a többi rekordfunkció megtekintéséhez.
2. Indítson el egy parancsablakot a program futtatásához. A parancs elindításához kattintson a jobb gombbal a Start gombra ikonra a képernyő jobb alsó sarkában. Válassza ki a futtatás menüt, és írja be a cmd.exe <return> parancsot. Ezután el kell mennie abba a mappába, ahová a srec cat-et helyezte a cd segítségével (könyvtár módosítása) parancs

Type

```
cd /d c:\myVNA\srecord
```

ha abba a mappába helyezi a srec cat.exe fájlt.

Alternatív megoldásként használhatja a fájlkezelőt, és navigáljon ahhoz a mappához, amely a fájl srec cat.exe fájl tartalmazza. Tartsa lenyomva a CTRL és a SHIFY gombot egyszerre, és kattintson a jobb gombbal a környező mappára. Megjelenik egy menü, és az egyik lehetőségnek a PowerShell Here megnyitása kell lennie. Kattintson erre és egy PowerShell ablaknak kell megjelennie. Ez már a megfelelő könyvtárban lesz.

Itt továbbra is el kell indítania egy normál parancsablakot, ezért írja be a cmd.exe <return> parancsot, hogy a parancsablakot a powershell ablakon belül indítsa el.

3. Átalakíthatja az Intel hex fájlját a következő ablak beírásával a parancsablakba: `srec cat <input file name> -intel --address-length=4 -o <output file name>-bin.`

Például, ha a beviteli fájl AVNAScreen.hex, akkor beírhatja: `srec cat AVNAScreen.hex-intel --address-length=4 -o AVNAScreen.bmp bin.`

Ha a fentiekől eltérő HEX – BMP konverziós programokat használ, vegye figyelembe, hogy a .hex fájl három pixelenként kódolt bájtot tartalmaz pixelenként. 320 x 240 képpont, vagyis összesen 230 400 bájt adat van. Ez több bájt, mint amennyit egy 16 bites cím képes kezelni. Az Intel Hex eredetileg csak 16 bites volt, de később a „4-es típusú kiterjesztett címmel” 32 bitesre bővült. A legtöbb Intel Hex olvasó-átalakító program kezeli ezt a kiterjesztett címet, de néhány nem.

Ezenkívül bármely grafikus program felismeri a BMP fájl típusát. Azonban még mindig kívánatos a fájlokat veszteségmentesen tömöríteni például .gif fájlkká. A redundancia a .bmp képernyőkön nagyon magas, és a tömörítésből származó megtakarítás elég hasznos, de nem szükséges.

## 12.6 Beállítási parancsok

**PARAM1 numrefR50 refR5K** Ezzel a parancsal állítható be a két referencia ellenállás (refR50 és refR5K) „pontos” értéke, ha ismert. A refR50 és a refR5K alapértelmezett értéke 50,00 oh, illetve 5000,00 ohm. A paraméter értéke 0 vagy 99. A 0 érték miatt a referencia ellenállás értéke a két paraméterértékre, a refR50 és a refR5000 értékre kerül. A 99-es szám értéke az összes EEPROM -értéket alapértelmezettre állítja, beleértve az alábbi PARAM 2-t is. Óvatosan használja a 99 értéket. Ilyen például a „PARAM 1 0 50.22 5017.3”, amely a két referenciaértéket, a refR50 és refR5K értékeket 50,22, illetve 5017,3 ohmra állítja. A PARAM 1 a következő paraméterek nélkül adja vissza a jelenlegi két referencia ellenállás értéket.

**PARAM2 capInput resInput capCouple seriesR seriesL** A korrekciós tényezők változását szolgálja az impedancia mérésekhez. Például,

```
"PARAM2 37.0 1000000.0 0.22 0.07 20.0"
```

```
[units] pF Ohm uF Ohm nH
```

beállítja a bemeneti sönt kapacitást, a sönt ellenállást, a kupakot, az ólom ellenállást és az ólom indukciót. Megjegyzés : A capInput a legvalószínűbb elem, amely megváltozik, és egyszerűen megváltoztatható a következővel : „PARAM 2 34.8”. Az aktuális értékek megszerzéséhez írja be a PARAM 2 paramétert paraméterek nélkül

**TUNEUP n** egy hat parancs (n = 1, 2, 3, 4, 5 vagy 6) halmaza, amelyet a telepítéskor vagy amikor az értékeket ellenőrizni kell. Ezek az értékek korrigálják az áramkör „kóbor” alkatrészeit az impedancia mérések pontosságának javítása érdekében. Ez a parancs csak a soros porton érhető el (nincs érintőképernyő). Manuálisan irányítják, mivel alkatrészeket, nyitásokat és rövideket kell csatlakoztatni. Ezek a mérések meghatározzák azt a hat értéket, amelyeket a PARAM1 és a PARAM2 parancs felsorol (a nem kritikus 0,22 uF kapcsolási kondenzátort nem tartalmazva). A szándék az, hogy a TUNEUP-ot 1-5 sorrendben használják. (Lásd a hangolás elvégzéséről szóló külön leírást.) A TUNEUP család tartalmazza:

**TUNEUP „n”** nélkül kinyomtatja ennek az eljárásnak az összefoglalását.

**TUNEUP 1** rövidzárlattal a Z kapcsokon méri a kóbor ellenállást és az induktivitást(`seriesR` & `seriesL`).

**TUNEUP 2 REXT50** (1) Keressen meg egy 50 ohmos körüli ellenállást (2) a lehető legpontosabban, mérje meg az ellenállás tényleges ellenállását (ohmban), (3) majd futtassa a TUNEUP 2 REXT50-et; írja be a tényleges mért értéket (amely valószínűleg nem lesz pontosan 50 ohm) a REXT50 helyett.

**TUNEUP 3 REXT5K** (1) Keressen meg egy 5000 ohmos ellenállást (2) a lehető legpontosabban, mérje meg ennek az ellenállásnak a tényleges ellenállását (ohmban), (3) majd futtassa a TUNEUP 3 REXT5K-t; a tényleges mért érték megadása (amely valószínűleg nem lesz pontosan 5000 ohm) a REXT5K helyett.

**TUNEUP 4** nyitott Z kapcsokkal méri a belső 1 megohmos ellenállást és a bemeneti kapacitást(`resInput` & `capInput`).

**TUNEUP 5** hatására a hat érték állandóvá válik.

**TUNEUP 6** visszatér a TUNEUP indítása előtt használt eredeti hat értékre.

A lépések bármelyike elhagyható, pl. Ha nincs elérhető 50 ohmos ellenállás. De az 1-től 5-ig terjedő növekvő sorrend fontos, mivel például az 5000 ohmos referencia értéke befolyásolja a nyitott áramkör válaszait.

## 12.7 Példa parancsokra

Például az átviteli adatok nem kézi használatra parancsolt átfogó mérése a következőképpen nézhet ki: Ez 1 Hz-es lépéseket tesz 950 és 1050 Hz között. Nyilvánvaló, hogy az F xxx R1 ismétlést egy vezérlőprogram hurokja hajtja végre.

```
T 50
SWEEP
CAL
(Connect device to be measured for transmission)
F 950
R 1
F 951
R 1
F 952
R 1
. . .
F 1049
R 1
F 1050
R 1
```

## 13 A parancsok rövidített formája

Full Command	Abbreviation
ZMEAS	Z
TRANSMISSION	T
FREQ	F
CAL	C
RUN	R
POWER	P
SAVE	S
LOAD	L
DELAY	D
CALDAT	none
SERPAR	none
PARAM1	none
PARAM2	none
TUNEUP	none
LINLOG	none
BAUD	B
ANNOTATE	A
VERBOSE	V

A részben fordítás a google fordító segítségével végezte HA3HZ. 2021-06-13