

Vektorieller Antennenanalyser
HW V3.00 SW 2.03

Andreas Lindenau DL4JAL

4. Juli 2017

Zusammenfassung

Der „Vektorielle Antennenanalyser“ ist ein Bastelprojekt von mir. Es sollte ein handliches Gerät werden, was ohne PC funktioniert. Ein Vorgängermodell hatte nur eine Textausgabe. Der Wunsch war eine grafische Darstellung von Kurven (SWV, Impedanz..).



Hier ist der erste Prototyp zu sehen. Bei diesem Gerät habe ich noch einen größeren PIC18F46K22 in SMD verwendet. Zum Glück konnte ich die Verwendung der PINs reduzieren und den PIC18F26K22 in DIL verwenden.

Inhaltsverzeichnis

1	Hardware	3
1.1	Baugruppen/Module	3
1.1.1	Baugruppe: Anzeige und Bedienung	3
1.1.1.1	Display EA-DOGM 128	3
1.1.1.2	Drehgeber mechanisch	3
1.1.1.3	4 Bedientasten	3
1.1.1.4	Mikrocontroller PIC18F26K22	4
1.1.1.5	Externer Eeprom	4
1.1.1.6	Stromversorgung	4
1.1.2	Baugruppe: HF-Platine	4
1.1.2.1	Richtkoppler PDC-20-1BD	4
1.1.2.2	SMA-Buchse	4
1.1.2.3	NMIC BGA614	5
1.1.3	Modul DDS-VFO	5
1.1.4	Modul AD8302	5
1.2	Aufbau Baugruppen/Module	7
1.2.1	Baugruppe: Anzeige und Bedienung	7
1.2.2	Baugruppe: HF-Platine	9
1.2.3	Module zum Stecken	10
2	Software	11
2.1	Übersicht der Menüstruktur	11
2.2	Prinzip der Messung	13
2.3	Vorzeichenerkennung des imaginären Anteils	16
2.4	Das erste „PowerON“	17
2.5	„Modus“, die verschiedenen Anzeigemodi	17
2.5.1	Anzeigen ohne Grafikausgabe	17
2.5.1.1	[1] SWV, Z, Zabs, Lx, Cx	18
2.5.1.2	[8] SWV, Z-komp.Exp	19
2.5.1.3	[9] Z-komplex erw.	19
2.5.1.4	[10] SWV (r,z komplex)	19
2.5.1.5	[11] mag.ph(ADC) -uncal	19
2.5.1.6	[12] mag.ph(dB, °) -uncal	20
2.5.1.7	[13] mag.ph(U, °) -uncal	20
2.5.1.8	[14] SWV, SOL-Werte	20
2.5.2	Anzeigen mit Grafikausgabe	20
2.5.2.1	[2] Wobbeln, SWV	21
2.5.2.2	[3] Wobbeln, Z(r,i)	22

	2.5.2.3	[4]	Wobbeln, Zabs	23
	2.5.2.4	[5]	Wobbeln, Zreal	23
	2.5.2.5	[6]	Wobbeln, Zimag.	23
	2.5.2.6	[7]	SWV Mehrfrequenz	23
2.6			„SETUP“, Einstellungen im SETUP	24
	2.6.1	[01]	SOL.cal AUS/EIN	24
	2.6.2	[02]	SOL.cal curr. Frq	24
	2.6.3	[03]	SOL.cal 0,1-30 MHz	24
	2.6.4	[04]	SOL.cal loeschen	25
	2.6.5	[05]	Kalib. Mag.(Phase)	25
	2.6.6	[06]	Kalib.DDS-Takt	25
	2.6.7	[07]	Test Zeichensatz	26
	2.6.8	[08]	SET Kontrast	26
	2.6.9	[09]	Vorz.Imag. AUS/EIN	26
3			Schlußwort	28

Kapitel 1

Hardware

1.1 Baugruppen/Module

1.1.1 Baugruppe: Anzeige und Bedienung

Auf dieser Baugruppe befindet sich das grafische Display „EA-DOGM128“, der Drehgeber, die 4 Bedien-Tasten, der Mikrocontroller PIC18F26K22, der Speicher-Eeprom 24LC512 und die Stromversorgung 3,3V und 5Volt.

1.1.1.1 Display EA-DOGM 128

Zum ersten mal habe ich ein grafisches Display in einem Projekt verwendet. Das Display hat eine Auflösung von 128x64 Pixel. Die Textausgabe ist über 8 Zeilen x 21 Zeichen möglich. Die Betriebsspannung beträgt 3,3Volt. Ich habe 2 verschiedene Hintergrundfarben getestet. Am besten hat die Hintergrundfarbe „Amber“ abgeschnitten. Die Ansteuerung des Displays erfolgt über eine spezielle SPI-Schnittstelle (max. Taktfrequenz 20 MHz). Also sehr schnelle Datenübertragung. Die Hintergrundbeleuchtung könnte per Software EIN/AUS geschaltet werden. In der jetzigen SW-Version ist die Beleuchtung ständig eingeschaltet.

1.1.1.2 Drehgeber mechanisch

Für eine flotte Bedienung habe ich einen kleinen Drehgeber mit 24 Impulsen pro Umdrehung vorgesehen. Der Drehgeber ist ohne Rastung. Ich glaube die Rastung verringert die Betriebsdauer erheblich. Es treten Frequenzsprünge durch prellen der Kontakte auf. Das konnte ich bei diesem Drehgeber nicht beobachten.

1.1.1.3 4 Bedientasten

Unterhalb des Displays sind 4 Tasten angeordnet. Die Funktion der Tasten werden im Display in der untersten Zeile angezeigt. Das ist sehr vorteilhaft, ich kann die „Funktionskürzel“ der Tastenbeschriftung per SW bestimmen.

1.1.1.4 Mikrocontroller PIC18F26K22

Für die Steuerung des Gerätes verwende ich wieder einen PIC von Microchip. Ich musste auf einen Typ mit großem Rom/Ram ausweichen, das die Grafikausgabe des Displays und die Berechnungen mit komplexen Zahlen viel Speicher verschlingt.

1.1.1.5 Externer Eeprom

Durch die umfangreiche SOL-Kalibrierung (aller 100 kHz) wurde ein externer nichtflüchtiger Speicher erforderlich. Weiterhin habe ich im externen Eeprom Platz für 49 Kurvenspeicher. Es ist ein 24LC512 mit 64 kByte zum Einsatz gekommen. Die Ansteuerung erfolgt per I²C-Bus.

1.1.1.6 Stromversorgung

Das Gerät funktioniert in einem großen Spannungsbereich 6-13 Volt. Es sind 2 Spannungsregler auf der Platine. Der erste Spannungsregler ist für 5V. An diesem Regler ist die Hintergrundbeleuchtung und der NMIC BAG614 auf der HF-Platine angeschlossen. Der 3,3V Spannungsregler versorgt das Display, den PIC, den Eeprom und die 2 Steckmodule mit stabilen 3,3V.

1.1.2 Baugruppe: HF-Platine

Für die Entwicklung der verschieden Richtkoppler-Varianten habe ich den DDS-VFO, den Richtkoppler und die vektorielle Auswertung auf eine extra Baugruppe ausgelagert. Nur so konnte ich die verschiedensten Kombinationen testen. Am Anfang habe ich den DDS-IC und den IC für die Auswertung immer wieder abgelötet und auf die neue Platine aufgelötet. Das kann man ein bis zwei mal machen, dann wird es aber kritisch. Das hat mich bewogen diese teuren ICs auf kleine Steckmodule zu löten.

Somit besteht die HF-Platine aus dem Richtkoppler PDC-20-1BD von Mini-Circuits, der SMA-Buchse, den Modul DDS-VFO, den Modul AD8302 und dem NMIC BGA614.

1.1.2.1 Richtkoppler PDC-20-1BD

Obwohl der „PDC-20-1BD“ nicht gerade billig ist, bin ich bei diesem Typ geblieben. Ich habe verschieden andere Varianten mit Ringkernen getestet, die aber nicht so gut funktionierten wie der „PDC-20-1BD“. Man kann zwar mit der SOL-Kalibrierung einiges kaschieren, aber das ist „Murks“.

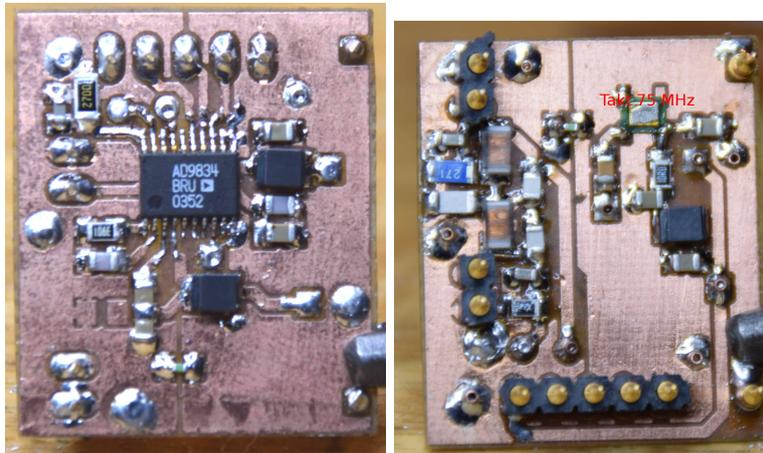
1.1.2.2 SMA-Buchse

An die SMA-Buchse wird das Messobjekt angeschlossen. Meist ist das die Antenne, aber auch andere HF-Baugruppen kann man messen. Zum Beispiel RX-Eingänge. Beachten muss man den Pegel an der SMA-Buchse. Der Pegel beträgt etwas mehr als 5 dBm. Das sind mehr als 1 mW-Leistung.

1.1.2.3 NMIC BGA614

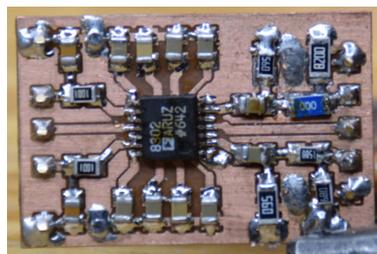
Auf der HF-Platine wird das Signal aus dem DDS-Modul verstärkt. Das übernimmt der BGA614. Der NMIC BGA614 von „Infinion“ arbeitet optimal bei 5 Volt Betriebsspannung. Es wird nur ein Arbeitswiderstand 62 Ohm benötigt. Die Impedanzanpassung am Eingang ist nicht optimal. Das kann man aber schlecht verbessern. Die Belastung des Tiefpasses vom DDS-Modul ist zu hoch. Der NMIC soll den Pegel auf die gewünschten 0 bis 5 dBm bringen. Zu hoch darf der Pegel auch nicht sein, sonst entstehen zu viele Oberwellen. Die Oberwellenunterdrückung sollte wenigstens etwa 25 dBc betragen. Mit meinem „mW-Meter,, messe ich an der SMA Buchse bei 10 MHz 5,2 dBm, bei 100 kHz ist der Pegel 3,3 dBm und bei 30 MHz beträgt der Pegel 1,5 dBm. Mit diesen hohen Pegeln haben wir genügend Dynamikbereich für unsere S11 Messroutinen.

1.1.3 Modul DDS-VFO



Der VFO besteht aus einem extra Modul mit dem AD9834. Auf der kleinen Platine befindet sich weiterhin der Taktgenerator 75 MHz und der Tiefpass (etwa 35 MHz). Die Ausgangsimpedanz des Tiefpass ist etwas höher und liegt etwa bei 200 Ohm. Das Modul ist auch für andere Projekte verwendbar. Wichtig ist den 270 Ohm Widerstand am Ausgang des Tiefpasses wegzulassen. Die ohmsche Belastung des Tiefpasses erfolgt durch den NMIC BGA614. Wird das Modul für einen RX benutzt ist eventuell der Widerstand wieder einzulöten, ja nach Beschaltung des Mischers.

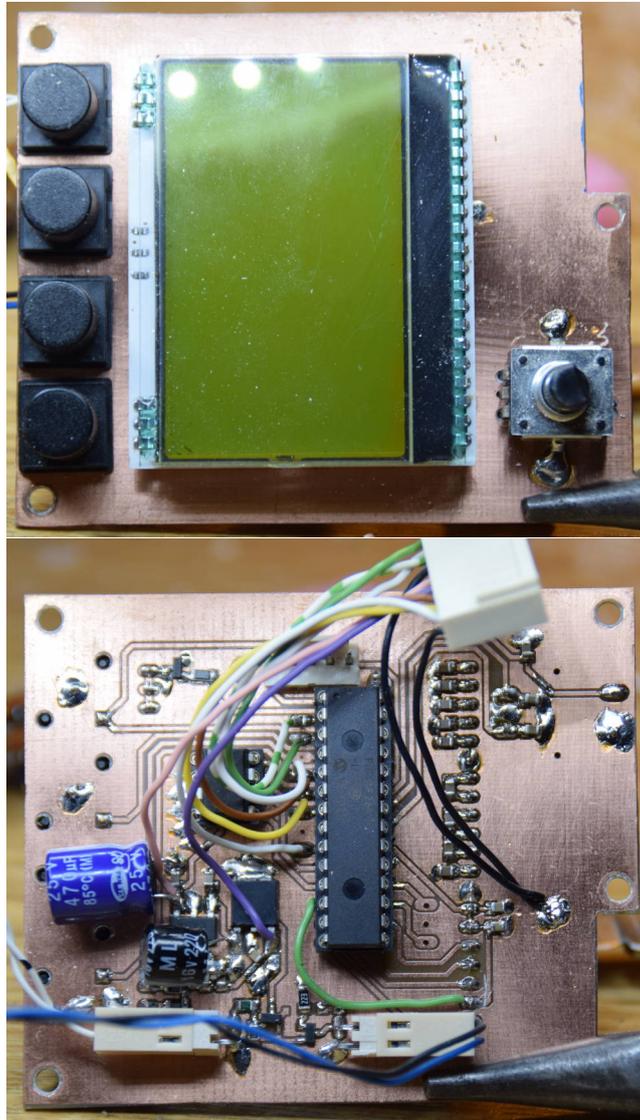
1.1.4 Modul AD8302



Die Auswertung des „Return-Loss“ Pegels und der Phase übernimmt ein IC von Analog-Devices, der AD8302. Dieser IC besitzt 2 Messeingänge für die HF und der IC vergleicht die HF-Pegel beider Eingänge und den Phasenunterschied der beiden Signale. Sind beide Pegel gleich, beträgt die Spannung am Ausgang „Magnitude“ 0,9 Volt. Weicht ein Pegel nach oben oder nach unten um 30 dB ab, geht die Ausgangsspannung am Ausgang „Magnitude“ auf 0 Volt oder 1,8 Volt. Bei der Phasenauswertung spielt der Pegel der beiden Signale keine Rolle, so lange der Pegel im Bereich -60 dBm bis 0 dBm liegt. Hier bedeutet Phasenunterschied 0 Grad sind 0 Volt am Messausgang „Phase“ des AD8302 und 180 Grad sind 1,8 Volt am Messausgang „Phase“ des AD8302. Die 1,8 Volt Referenzspannung liefert der AD8302 auch gleich noch an einem Pin mit. Dieses PIN nutze ich als Referenzspannung für den ADC-Wandler im PIC. Der Ausgang „Vorwärts“ vom Richtkoppler geht auf den HF-Eingang „A“ des AD8302 und der Ausgang „Rückwärts“ vom PDC-20-1BD geht auf den HF-Eingang „B“ des AD8302. Vor dem Eingang „A“ habe ich ein Dämpfungsglied 16 dB angeordnet. Das wirkt sich positiv auf den Spannungsbereich am Ausgang „Magnitude“ aus.

1.2 Aufbau Baugruppen/Module

1.2.1 Baugruppe: Anzeige und Bedienung



Zu sehen ist die Baugruppe von der Oberseite und von unten. Diese Baugruppe ist etwas schwierig zu bestücken, da sich fast alle Bauelemente auf der Unterseite befinden. Es ist günstig eine Reihenfolge der Bestückung einzuhalten. Zuerst wird SMD R1, C4, C14 aufgelötet, dann die Fassung des PIC und dann die Fassung des Eeproms. Nicht vergessen alle GND-Pins auf beiden Seiten zu verlöten. Nach dem Auflöten der Fassungen bitte mit einem Durchgangsprüfer alle Verbindungen kontrollieren und auch auf eventuelle ungewollte Lötbrücken achten. Dann erst die anderen Bauelemente auflöten. J1 und J3 werden nicht bestückt. Bei der LCD-Anzeige wird das Display mit seinen Pins durch kleinen Löcher der Hintergrundbeleuchtung gesteckt. Achtung!!! vorher die Folien

entfernen. Anschließend das Display mit der Hintergrundbeleuchtung verlöten. Macht man das nicht, geht das Display beim entfernen aus der Fassung leicht kaputt. Anschließend werde von oben die „Kontaktbuchsen“ 1x20 Pins und 2x3 Pins als Displayfassung eingelötet. Masse von oben mit verlöten. Dann folgen der Drehgeber und die Tasten. An den Pins „Power ON“ und „SV“ habe ich abgewinkelte „PSS 254/2W“ von unten angelötet. Dadurch hat man die Möglichkeit die Verbindungen leicht abzutrennen und die Platine ohne zu löten aus dem Gehäuse zu nehmen.

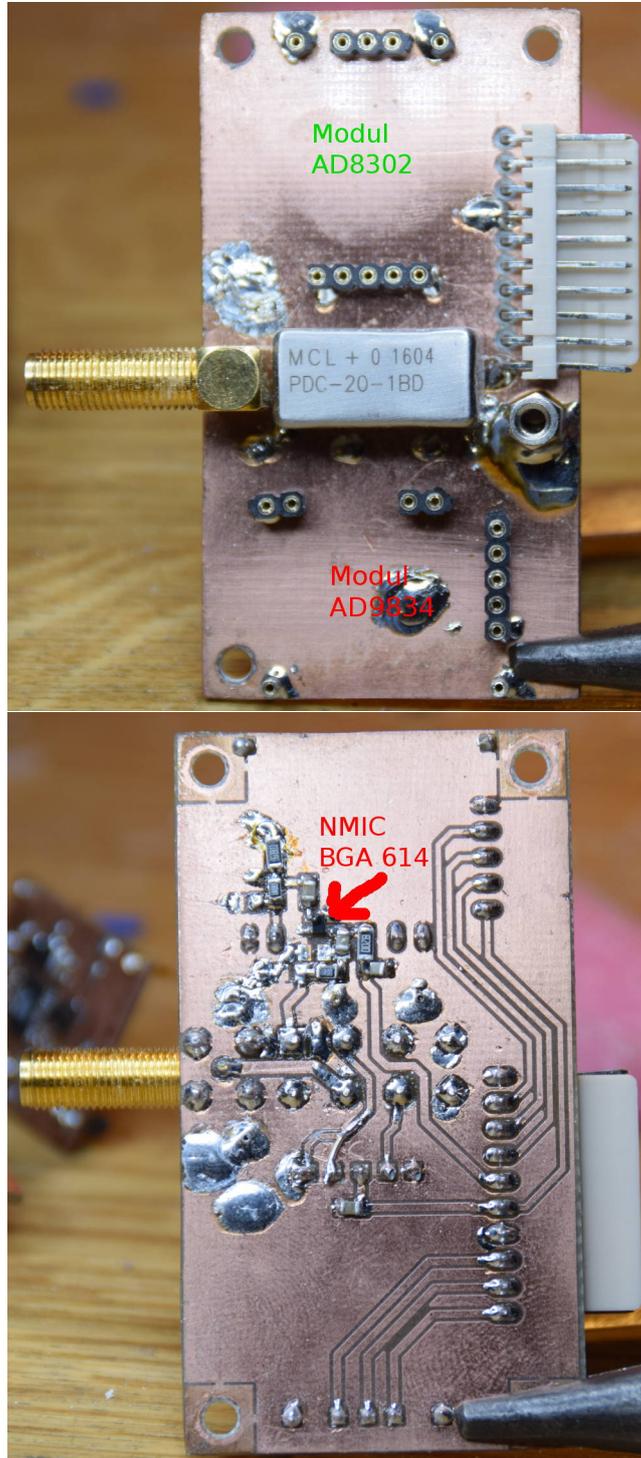
Verbindungen zur „HF-Platine“

Anzeige-BG	HF-BG	Beschreibung
SV1/1	J2/3	ADC Magnitude
SV1/2	J2/1	ADC Phase
SV1/3	frei	
SV1/4	J2/2	ADC Referenzspannung 1,8V vom AD8302
SV2/4	J1/2	DDS Fsync
SV2/3	J1/3	DDS SCLK
SV2/2	J1/5	DDS GND
SV2/1	J1/4	DDS SData

Stromversorgung und PowerON ist jeweils ein Stecker mit 2 Pins. „PowerON“ schaltet die Mosfets durch, die gleichzeitig als Verpolungsschutz funktionieren.

Für eine USB-Anbindung an ein PC-Programm habe ich bei der neuen Platine eine IC FT232RL mit vorgesehen.

1.2.2 Baugruppe: HF-Platine



Die „Kontaktbuchse“ für die Module werden möglichst mit den aufgesteckten Modulen montiert und verlötet. Dadurch sind die „Kontaktbuchsen“ gleich richtig in der Einbaulage justiert. Nicht vergessen die Massepins oben mit zu verlöten. Für die abgewinkelten Stecker J1(DDS) und J2(mess) hab ich einen gemeinsamen abgewinkelten Stecker „PSS 254/10W“ genommen und natürlich die passende Steckbuchse „PSK 254/10W“ von „Reichelt“. Der NMIC ist etwas klein, aber mit einem SMD-Lötkolben dürfte es kein Problem sein.

Hier noch einmal die Verbindungen zur „Baugruppe Anzeige und Bedienung“

HF-BG	Anzeige-BG	Beschreibung
J2/1	SV1/2	ADC Phase
J2/2	SV1/4	ADC Referenzspannung 1,8 V vom AD8302
J2/3	SV1/1	ADC Magnitude
J2/4	Anzeige-BG	GND
J2/5	Anzeige-BG	3,3 Volt
J1/1	Anzeige-BG	5,0 Volt
J1/2	SV2/4	DDS Fsync
J1/3	SV2/3	DDS SCLK
J1/4	SV2/1	DDS SData
J1/5	SV2/2	GND

1.2.3 Module zum Stecken

Für die Module habe ich dünneres Platinenmaterial (0,5 mm) benutzt. Ich hatte mal das dünne Platinenmaterial bei „Reichelt“ bestellt, was nun endlich seine Verwendung findet. Das „Modul-AD8302“ ist einfach aufzubauen und das „Modul-DDS-VFO“ ist auf beiden Seiten mit Leiterzügen. Dieses Modul kann man auch für andere Zwecke verwenden. Deshalb habe ich auch den „Rechteckausgang“, der über den Comparator geht, mit herausgeführt. Der Comparator wird per SW aktiviert/deaktiviert. Der Tiefpass am Ausgang wirkt etwa bei 40 MHz. Das ist für unsere Anwendung etwas zu hoch. Wer einen Spektrumanalyser besitzt, kann das sehen. bei 30 MHz VFO-Frequenz sieht man die Mischprodukte der Oberwellen mit dem Takt(75 MHz). Zum Glück sind diese noch genügend unterdrückt.

Kapitel 2

Software

Die Software für den „Antennenanalyser“ wurde von mir in Assembler geschrieben. Die Software ist sehr umfangreich und beinhaltet sehr viel Mathematik. Ich habe 2014 ein Gleitpunktpaket in Assembler geschrieben, was für mich keine Wünsche mehr offen lässt.

2.1 Übersicht der Menüstruktur

Die Tasten des Gerätes bezeichne ich mit „T1“, „T2“, „T3“, „T4“ und „T5“. Die Menüs werden mit dem Drehgeber ausgewählt. Der entsprechende Menüpunkt wird invers dargestellt und steht dann zur Auswahl. Der Drehgeber hat auch eine Drucktastenfunktion. Diese Taste bezeichne ich mit „Taste 5“. Die anderen 4 Tasten befinden sich unterhalb des Displays. **Funktionsübersicht:**

„T1“ **Vorz/(L/Z)** Vorzeichenerkennung vom imaginären Anteil per Hand. Wurde das Vorzeichen erkannt, wird die Funktion „L/C“ eingeblendet. In dieser Funktion wird eine L/C Anpassung ausgerechnet für eine Impedanzanpassung an $Z = 50$ Ohm. Das ist aber alles reine Theorie.

„T1“ **Weiter** Durchschalten der Anzeige der errechneten L/C Varianten 1 bis 4.

„T2..T4“ **X** Abbruch der Anzeigefunktion.

„T2“ **Step** Wechsel der Schrittweite bei der VFO-Frequenzeinstellung.

„T3“ **SETUP** Setup-Menü.

00 Abbruch Abbruch

01 SOL.cal EIN/AUS SOL Kalibrierung AUS oder EIN schalten

02 SOL.cal curr. Frq SOL Neukalibrierung der gerade eingestellten Frequenz

03 SOL.cal 0,1-30 MHz SOL Masterkalibrierung des gesamten Frequenzbereiches des Analysers.

04 SOL.cal loeschen SOL Masterkalibrierung im externen Eeprom löschen

05 Kalib. Mag.(Phase) Grundkalibrierung der Magnitude des Reflexionsfaktors.

- 06 Kalib.DDS-Takt** Kalibrierung der DDS Taktfrequenz
- 07 Test Zeichensatz** Ansicht des gesamten Zeichensatzes im Display
- 08 SET Kontrast** Einstellung des besten Kontrastes.
- 09 Vorz.Imag. AUS/EIN** Automatische Vorzeichenerkennung vom imaginären Anteil AUS oder EIN.
- „T4“ **Modus** Menü der Anzeigemöglichkeiten
- „T5“ **Band** Schneller Wechsel der Bandfrequenzen.
 - 1 SWV,Z,Zabs,Lx,Cx** Ansicht aller Messwerte im Textmodus
 - 2 Wobbeln, SWV** Wobbeln mit SWV-Ansicht über einen einstellbaren Frequenzbereich.
 - „T1“ **Start/Stop** Starten des einmaligen Wobbeldurchlaufes.
 - „T2“ **SET** Wechsel zum Menü der Einstellungen
 - Frequenzen einstellen** Einstellen von Span/Mitte oder Anfang/Ende.
 - Wobbeln mit Eingang** „Ram“ Betrieb beenden. Wobbeln mit SMA-Eingang.
 - Kurve laden!** Eine gespeicherte Kurve aus dem Speicher in den RAM laden.
 - Kurve speichern!** Eine Wobbelkurve in den Speicher schreiben.
 - Kurve löschen!** Eine Wobbelkurve im Speicher löschen.
 - Alle Kurven löschen!** Alle Wobbelkurven im Speicher löschen.
 - SET Wobbel-Maximum** Den Wertebereich der Y-Achse einstellen.
 - „T3“ **Exit** Verlassen der grafischen Anzeige. Wechsel zur Textanzeige.
 - „T4“ **Cu-Mi** Position des Cursors wird die Mittenfrequenz des Wobbelbereiches.
 - „T5“ **Text/Grafik** Wechsel zwischen Textanzeige und Grafik. Nur bei echter Messung möglich nicht im „RAM“ Betrieb.
 - 3 Wobbeln, Z(r,i)** Wobbeln mit Impedanzansicht Z real + Z imaginär. Die Tastenbelegung wie „Wobbeln SWV“.
 - 4 Wobbeln, Zabs** Wobbeln mit Impedanzansicht Z absolut. Die Tastenbelegung wie „Wobbeln SWV“.
 - 5 Wobbeln, Zreal** Wobbeln mit Impedanzansicht Z real. Die Tastenbelegung wie „Wobbeln SWV“.
 - 6 Wobbeln, Zimag.)** Wobbeln mit Impedanzansicht Z imaginär. Die Tastenbelegung wie „Wobbeln SWV“.
 - 7 SWV-Mehrfrequenz** Anzeige des SWV von 6 verschiedenen Frequenzen gleichzeitig.
 - „T1“ **Sfrq** Editieren einer Frequenz.
 - „T2“ **Sdef** Setzen aller 6 Frequenz mit Vordefinition.

- „T3“ **Save** 6 Frequenz abspeichern im Eeprom.
- „T4“ **Exit** Verlassen dieses Modus.
- 8 SWV,Z-komp.Exp.** Anzeige in Textform SWV und Impedanz in Exponentialform.
- 9 Z-komplex erw.** Anzeige in Textform Impedanz mit vielen Nachkommastellen.
- 10 SWV (r,z komplex** Anzeige in Textform SWV, Reflexionsfaktor und Impedanz nicht normalisiert auf 50 Ohm.
- 11 mag.ph(ADC) -uncal** Anzeige der Magnitude und Phase als Zahl vom AD-Wandler 10Bit. Also 0..1023.
- 12 mag.ph(dB,°) -uncal** Anzeige der Magnitude in dB und Phase in Grad.
- 13 mag.ph(U,°) -uncal** Anzeige der Magnitude als lineare Zahl 0..1.0 und Phase in Grad.
- 14 SWV, SOL-Werte** Anzeige von SWV, und die SOL-Daten dieses Frequenzsegmentes.

2.2 Prinzip der Messung

Man muss sich als erstes intensiv mit der Funktion des IC AD8302 befassen, um sich ein Konzept der Messung und Umrechnung in die gewünschten Parameter, zu erreichen. Beginnen wir mit dem Richtkoppler „PDC-20-1BD“:

1. Der Richtkoppler hat ein „Input-Pin“, das ist über ein kleines Dämpfungsglied -2,5dB mit dem Ausgang des NMIC verbunden und ein „Output-Pin“ das zur SMA-Buchse führt (zum Messobjekt).
2. Das „Auskopplungs-Pins-Forward“ führt über eine Dämpfungsglied (-16 dB) zum Messeingang „INA“ des AD8302. Die Auskoppeldämpfung des „PDC-20-1BD“ beträgt -20 dB. Nehmen wir mal an am „Input“ beträgt der HF-Pegel 0 dBm. Dann würde am Eingang „INA“ des AD8302 ein Pegel von -36 dBm anliegen. Dieser Pegel bleibt immer etwa gleich, da es das „Forward“ Signal ist.
3. Das „Auskopplungs-Pin-Reverse“ führt direkt auf den Messeingang „INB“ des AD8302, ohne Dämpfungsglied. Die Auskoppeldämpfung ist auch wieder -20 dB.

Der AD8302 vergleicht beide HF-Pegel und am Messausgang „Magnitude“ des AD8302 wird entsprechend der Pegeldifferenz beider Eingänge eine Spannung ausgegeben. Im Datenblatt des AD8302 können wir nachlesen, pro dB Unterschied ändert sich die Spannung um 30 mVolt. Der zweite Messausgang des AD8302 gibt je nach Phasendifferenz der beiden Signale eine Spannung zwischen 0 Volt und 1,8 Volt ab. Das sind pro Grad 10 mVolt. 0 Volt sind 0 Grad und 1,8 Volt sind 180 Grad Phasenunterschied.

Es folgen 3 Messbeispiele um die Messung verständlich zu machen:

1. Messausgang SMA-Buchse „Offen“: Hochohmig, Fehlanpassung. „INA“ Pegel: -36 dBm, „INB“ Pegel: -20 dB (16 dB Unterschied). Die Spannung „Magnitude“ beträgt:

$$0,9V - (16dB * 0,03V) = 0,42Volt$$

Die Phasenverschiebung beider Eingänge „INA“ und „INB“ ist 0 Grad. Die Spannung „Phase“ beträgt:

$$0Grad * 0,01Volt = 0Volt.$$

2. Messausgang SMA-Buchse „Kurzschluss“: ganz Niederohmig, Fehlanpassung. „INA“ Pegel: -36 dBm, „INB“ Pegel: -20 dB (16 dB Unterschied). Die Spannung „Magnitude“ beträgt:

$$0,9V - (16dB * 0,03V) = 0,42Volt$$

Die Phasenverschiebung beider Eingänge „INA“ und „INB“ ist aber 180 Grad. Die Ausgangsspannung „Phase“ beträgt:

$$180Grad * 0,01Volt = 1,8Volt.$$

3. Messausgang SMA-Buchse „50Ohm“: Anpassung „INA“ Pegel: -36 dBm, „INB“ Pegel: -60 dBm. Der Pegelunterschied kehrt sich um. Die Spannung „Magnitude“ beträgt:

$$0,9V + (24dB * 0,03V) = 1,62Volt$$

Die Phasenverschiebung beider Eingänge „INA“ und „INB“ eventuell 40 Grad. Das ist unbestimmt, da der Pegel an „INB“ jetzt so klein ist, dass die Auswertungsgrenze des AD8302 erreicht ist. Der AD8302 kann nur im Pegelbereich von -60 dBm bis 0 dBm zuverlässig arbeiten und vergleichen. Die Ausgangsspannung „Phase“ beträgt:

$$180Grad * 0,01Volt = 0,4Volt.$$

Mit diesen 2 Spannungswerten muss ich nun den komplexen Reflexionsfaktor errechnen. Der komplexe Reflexionsfaktor bildet einen Kreis mit dem Radius von 1,0, wobei die Länge des Radiuspfeiles der Betrag des absoluten Reflexionsfaktors ist (0 bis 1,0). 1,0 bedeutet maximale Fehlanpassung und 0 ist die beste Anpassung (z.B.: bei 50 Ohm). Die Richtung des Radiuspfeiles von der Mitte aus ist der Phasenwinkel. Pfeil waagrecht nach rechts sind 0 Grad Phasenwinkel (Open, Offen), waagrecht nach links sind 180 Grad (Short, Kurzschluss), senkrecht nach oben +90 Grad (Imaginärer Anteil, induktiv) und Pfeil nach unten -90 Grad (Imaginärer Anteil, kapazitiv). Aus der Messspannung der „Magnitude“ am AD8302 kann ich jetzt durch Division mit 0,03 dB-Unterschied beider Signale ermitteln. Das ist die Länge des Radiuspfeiles in dB. Dieser Wert ist logarithmisch. Das muss Umgerechnet werden in eine lineare Zahl. Dazu kommen

wir später.

$$0,42V_{olt}/0,03V_{olt} = 14dB$$

Vorher muss ich aber die Polarität der dB umkehren, damit die lineare Zahl kleiner 1,0 wird. Bei maximaler Fehlanpassung ist ja der Radiuspfeil am längsten, länger geht es nicht. Er darf nur nicht grösser als 1,0 sein. Deshalb die dB negieren. Negative dB-Werte ergeben einen linearen Wert kleiner 1,0.

$14dB * -1 = -14dB$ So jetzt kann ich die dB-Zahl in die lineare Radiuspfeillänge umrechnen. Die Radiuspfeillänge entspricht genau dem „Reflexionsfaktor absolut“ als lineare Zahl.

$$10^{(-14/20)} = 0,19952\dots$$

Diese Zahl ist für die maximale Radiuspfeillänge von 1,0 noch zu klein. Deshalb wird mit 0 dB als Maximum gerechnet. Denn 10^0 ist 1,0 als linearer Wert. Im „SETUP“, „Calib. Mag.(Phase)“ wird bei einer Frequenz von 10 MHz die Differenz von „SMA-Open“ und 0 dB ermittelt und gespeichert (in unserem Beispiel -14 dB). Aus dem gemessenen Wert der „Magnitude“ + der dB-Kalibrierwert ergibt die Radiuspfeillänge in dB. Mit 0 dB als maximale Radiuspfeillänge lässt sich jetzt gut rechnen.

$$10^{((-14+14)/20)} = 1,0$$

Die 1,0 ist der „Reflexionsfaktor“ als Absolutwert. Die Umrechnung in einen komplexen Wert kann man jetzt mit dem Phasenwinkel erledigen.

$$R_{real} = R_{abs} * \cos(Phase)$$

$$R_{imaginaer} = R_{abs} * \sin(Phase)$$

Also ist der komplexe Reflexionsfaktor bei:

- Open: $r = R_{abs} * \cos(Phase) + jR_{abs} * \sin(Phase)$, $r = 1 + 0j$
- Short: $r = R_{abs} * \cos(Phase) + jR_{abs} * \sin(Phase)$, $r = -1 + 0j$
- 50 Ohm (Beispiel oben): Reflexionsfaktor abs sind -46 dB = 0,005011..

$$r = R_{abs} * \cos(Phase) + jR_{abs} * \sin(Phase), r = 0,003839 + 0,003221j$$

Aus dem absoluten Reflexionsfaktor lässt sich ganz einfach das SWV errechnen.

$SWV = \frac{1+R_{abs}}{1-R_{abs}}$. Im Beispiel oben wäre das:

$$SWV = 1,01007 = \frac{1+0,005011}{1-0,005011}$$

Und aus dem komplexen Reflexionsfaktor lässt sich die Impedanz errechnen. Achtung die Addition, Subtraktion und Division wird komplex durchgeführt. Das ist nicht so einfach wie in der Formel dargestellt. Hier geht es um das Prinzip der Umrechnung.

$$z = \frac{1+R_{komplex}}{1-R_{komplex}}$$

Jetzt müssen wir noch von $z=1$ auf $Z=50$ Ohm umrechnen. Das reale „ z “ und das imaginäre „ z “ werden mit 50 multipliziert. Man erhält groß „ Z “ als Impedanz (50 Ohm Bezug).

$$Z_{komplex} = z_{komplex}(*50Ohm)$$

Das ist alles ein bisschen viel Theorie, aber das ist notwendig, um die Berechnungen besser zu verstehen.

Aus dem imaginären „ Z “ und der Frequenz wird die Kapazität oder Induktivität errechnet. Leider kann der AD8302 nur den absoluten Betrag 0 bis 180 Grad auswerten und nicht das Vorzeichen. Dadurch ist es nicht eindeutig ob der imaginäre Anteil kapazitiv oder induktiv ist. Das lässt sich aber mit ein wenig Messübung verschmerzen. Steigt beim Erhöhen der Frequenz der Phasenwinkel an, kann es sich nur um eine Induktivität handeln. Sinkt aber der Phasenwinkel handelt es sich um eine Kapazität.

2.3 Vorzeichenerkennung des imaginären Anteils

Das Problem bei der Verwendung des AD8302 als Auswerte-IC ist das Messen des Phasenwinkel ohne eine Vorzeichenangabe. Man weiß also nicht ob der imaginäre Messanteil im positiven Bereich (induktiv) oder im negativen Bereich (kapazitiv) ist. Ich habe mir darüber lange den Kopf zerbrochen und bin zu einer akzeptablen Lösung gekommen.

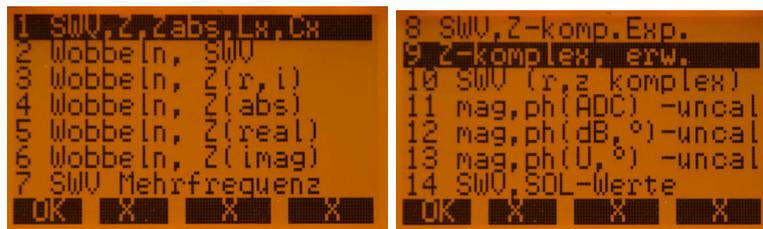
Betrachten wir wieder den Kreis des Reflexionsfaktors so sehen wir, das mit steigender Frequenz der Phasenwinkel sich immer im Uhrzeigersinn bewegt. Das kann man zur Erkennung des Vorzeichens vom Phasenwinkels nutzen. Steigt die Frequenz an und der Phasenwinkel steigt auch an so muss der Phasenwinkel negativ sein, da im Kreis des Reflexionsfaktors, auf der Waagerechten rechts 0° sind und links 180° sind. Sinkt mit steigender Frequenz der Phasenwinkel kann der Phasenwinkel nur positiv sein. Ich habe in der Funktion „Vorzeichenerkennung“ folgendes gemacht. Ich taste im Hintergrund von der Messfrequenz maximal 100 Schritte (1kHz) nach oben ab und beobachte die Phasenänderung und anschließend 100 Schritte (1kHz) nach unten und beobachte wieder den Phasenwinkel. War das nicht erfolgreich mache ich das Gleiche noch einmal mit 10 kHz Schritten. Das funktioniert aber nur wenn ein imaginärer Anteil messbar ist und der sich mit der Frequenz auch ändert. Beim Vermessen einer Antenne klappt es fast immer. Diese Funktion ist beim Wobbeln etwas zu Zeitaufwendig, deshalb ist das der Ablauf etwas anders, einfacher. Es funktioniert aber auch recht gut.

2.4 Das erste „PowerON“

Wird der „Antennenanalyser“ das erste Mal gestartet, wird das „SETUP“, „Kalib. Mag.(Phase)“ ausgeführt. Die Software überprüft beim Start ob der Kalibrierwert „Differenz zu 0 dBm“ gleich „0 dB“. Ist das der Fall wird zwangsweise zuerst diese Grundkalibrierung durchgeführt und anschließend im Eeprom des PIC abgespeichert. Diese Kalibrierung ist notwendig für die Berechnung des komplexen Reflexionsfaktors. Sie Kapitel „Prinzip der Messung“ auf Seite 13. Auf diese Kalibrierung wird auf Seite 15 eingegangen. Diese Funktion kann im „SETUP“ wiederholt werden.



2.5 „Modus“, die verschiedenen Anzeigemodi



Wir sehen das Auswahnenü der Anzeigen.

2.5.1 Anzeigen ohne Grafikausgabe

Möchte man nur von einer Frequenz die Informationen zu SWV und Impedanz ist die Textausgabe ausreichend.

2.5.1.1 [1] SWV, Z, Zabs, Lx, Cx



Hier sehen wir die Standardanzeige in Textform. Die Vorzeichenerkennung ist aktiv und es wurde ein kleiner „induktiver imaginärer Anteil“ erkannt. Es sind alle wichtigen Parameter zu sehen. Ich liste einmal die Informationen von jeder Zeile auf:

- Zeile 1: Die Frequenz des DDS-VFO.
- Zeile 2: Die Schrittweite der Drehgeberschritte. Der Drehgeber hat 24 Impulse pro Umdrehung, die per Software verdoppelt werden. Also das wäre 48 Schritte pro Umdrehung mit der eingestellten Schrittweite. Ein Pfeil zeigt auf die Dezimalstelle des DDS-VFOs. Ganz rechts in der Zeile steht im Display manchmal „*“. Verschwindet der „*“ wurde die eingestellte aktuelle Frequenz abgespeichert.
- Zeile 3: Links das Stehwellenverhältnisses und rechts die Impedanz als Absolutwert.
- Zeile 4: Die Impedanz als komplexe Zahl normalisiert auf 50 Ohm. Der imaginäre Anteil wird ohne Vorzeichen dargestellt. Wurde das Vorzeichen des Phasenwinkels ermittelt steht vor dem imaginären Anteil auch das richtige Vorzeichen.
- Zeile 5 [Vorz.Erkennung AUS, kein Vorz. erkannt]: Hier steht die der Werte des imaginären Anteils als Kapazität umgerechnet.
- Zeile 6 [Vorz.Erkennung AUS, kein Vorz. erkannt]: Hier steht die der Werte des imaginären Anteils als Induktivität umgerechnet.
- Zeile 5 [Vorz.Erkennung EIN, Vorz. erkannt]: Hier steht die der Werte des imaginären Anteils als Kapazität oder Induktivität je nach Vorzeichen des imaginären Anteils. In Zeile 5 steht auch ganz recht ob die „automatische Vorzeichenerkennung“ aktiv ist „VZaut“ oder nicht aktiv ist „ “.
- Zeile 5/6 [Vorz.Erkennung EIN, Vorz. nicht erkannt]: „kein Vorzeichen ermittelbar!“.

- Zeile 7: Links der Phasenwinkel .Rechts der Zustand der Kalibrierfunktion. „SOL.mast“ bedeutet es werden Kalibrierwerte aus der Gesamtkalibrierung verwendet. „SOL.aus“ bedeutet die SOL-Kalibrierung wurde im „SETUP“ deaktiviert. „SOL.ecal“ es wurde bei mit einer Einzelfrequenz in diesem 100kHz Segment gezielt nachkalibriert.
- Zeile 8: Beschreibung der Tastenfunktionen in Kurzform und „invers“ dargestellt.
 - **Vorz—L/C** Entweder „Vorzeichenerkennung per Hand“ oder „L/C“, wenn ein Vorzeichen erkannt wurde. Die Funktion „L/C“ führt automatisch in die Berechnung der L/C-Glieder für die Anpassung an $Z=50$ Ohm.
 - **Step** Schrittweite verändern
 - **SETUP** Auflistung aller „SETUP-Funktionen“
 - **Modus** Auflistung aller „Anzeige-Funktionen“

2.5.1.2 [8] SWV, Z-komp.Exp

Es wird wieder das SWV angezeigt. Die Impedanz wird aber als komplexe Zahl in Exponentialform dargestellt.

2.5.1.3 [9] Z-komplex erw.

Es wird nur die Impedanz als komplexe Zahl dargestellt, aber mit 7 Stellen nach dem Komma. Zusätzlich noch der Phasenwinkel. Diese Darstellung brauchte ich zu Kontrollzwecken.

2.5.1.4 [10] SWV (r,z komplex)

Bei dieser Darstellung wird SWV, die Impedanz „z“ (nicht normalisiert auf 50 Ohm) und der Reflexionsfaktor „r“, beides komplex, angezeigt.

2.5.1.5 [11] mag.ph(ADC) -uncal

```

Frequenz:21 060 000Hz
Step:1MHz ▲
Umag : 944adc
Uphase: 650adc

F.idx:210 SOL.uncal
band step setup mode
  
```

Anzeige der Magnitude und der Phase als reinen 10 Bit ADC Wert. Das sind die Werte der beiden AD-Wandler im PIC. Die Auflösung der AD-Wandler beträgt 10 Bit. Das entspricht einer Zahl zwischen 0 und 1023.

2.5.1.6 [12] mag.ph(dB, °) -uncal

```
Frequenz:21 060 000Hz
Step:1MHz ▲
Mag :-34,4869dB
Phase:114,5455°

F.idx:210 SOL.uncal
Band Step SelUf Mode
```

Anzeige der Magnitude in dB . Die „Grundkalibrierung der Magnitude“ bei „Open“ wird mit eingerechnet. Der Werte der Magnitude sollte also etwa 0 dB sein, bei „OPEN“ und bei „SHORT“. Das „uncal“ bezieht sich auf die SOL-Masterkalibrierung. Der ADC-Werte der Phase wird auch in Grad umgerechnet.

2.5.1.7 [13] mag.ph(U, °) -uncal

```
Frequenz:21 060 000Hz
Step:1MHz ▲
Mag :+ 0,0181161V
Phase:115,2493°

F.idx:210 SOL.einzel
Band Step SelUf Mode
```

Anzeige der Magnitude als linearen Wert. Hier wird von „dB“ in eine lineare Zahl umgerechnet. Der Wertebereich geht von 0 bis 1,0 und entspricht dem Reflexionsfaktor als Absolutwert. 0 ist beste Anpassung ($Z= 50 \text{ Ohm}$) und 1,0 ist „OPEN“ oder „SHORT“. Die Gradzahl der Phase ist wieder die Gleiche. Bei „OPEN“ ist die Gradzahl nahe 0° und bei „SHORT“ beträgt die Phase 180° .

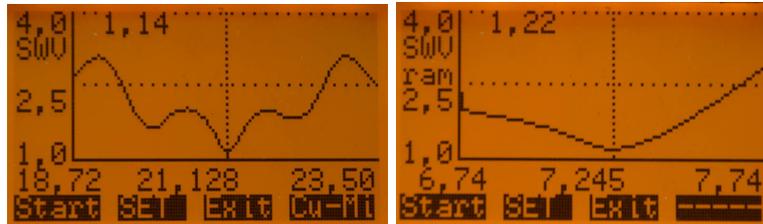
2.5.1.8 [14] SWV, SOL-Werte

Wer die SOL-Kalibrierwerte von dem gerade benutzten 100 kHz Segment sehen möchte, wählt diese Anzeige aus. Es werden 3 komplexe Zahlen abgebildet, die bei der Messung mit eingerechnet werden.

2.5.2 Anzeigen mit Grafikausgabe

Wechseln wir von der Textausgabe auf die grafische Anzeige mit Wobbelfunktion wird zuerst in der Funktion „Frequenzen einstellen“ der Wobbereich festgelegt. Das kann mit den Paaren „Fspan/Fmitte“ oder „Fstop/Fstart“ geschehen. Es kommt darauf an wie man am schnellsten zur gewünschten Einstellung kommt. Wird die Funktion „Frequenzen einstellen“ beendet, beginnt mit der Taste „Start“ der Wobbeldurchlauf. Am Ende des Durchlaufes wird der Cursor immer auf die Frequenz des besten SWR gesetzt. Das ist bei allen Darstellungen so (SWR, Zabs, Zreal, Zimag.). Anschließend kann man mit dem Drehgeber die Kurve „abfahren“ und sich die entsprechenden Werte anzeigen lassen. Die maximalen Anzeigewerte in der grafischen Darstellung wird im Menüpunkt „SET Wobbel-Maximum“ unter der Taste „SET“ für jede Wobbelfunktion getrennt eingestellt und gespeichert.

2.5.2.1 [2] Wobbeln, SWV



Die rechte Kurve wurde aus dem Kurvenspeicher gelesen und die Rohdaten stehen anschließend im Ram und können für die Bedrachtung der Wobbelkurve für die Bedrachtung der Wobbelkurve in SWR, $Z(r,i)$, Zabs, Zreal, und Zimaginär benutzt werden. Den maximalen Anzeigebereich des SWV kann man im Menü der Taste „SET“ einstellen. Das Grafikdisplay erlaubt 108 Messpunkte auf der X-Achse, dazu kommt noch die Beschriftung der Y-Achse. Die Y-Achse hat insgesamt 64 Pixel. Auch hier geht die Textbeschriftung der X-Achse in der Pixelzahl noch ab. Es verbleiben 45 Pixel in der Höhe für die Darstellung des SWV. Einstellbar ist sowohl Start- und Stop-Frequenz oder Span und Mittenfrequenz.



Die Menüpunkte, die sich hinter der Taste „SET“ befinden:

- **Frequenzen einstellen** Einstellen des Wobbel-Frequenzbereiches. Diese Auswahl ist nur im normalen Wobbelmodus mit SMA-Eingang sichtbar.
- **Wobbeln mit Eingang** Zurückschalten in den normalen Wobbelmodus mit SMA-Eingang. **Hier ist die Stelle wo den Wobbelmodus wieder zurück auf den SMA-Eingang schalten kann!!!**
- **Kurve laden!** Ein Kurve vom Speicherplatz 1 bis 49 laden und anschließend bedrachten.



Wurde eine Kurve geladen, ändert sich das Auswahlmenü der Wobbelfunktionen. Die Rohdaten im Ram können jetzt mit allen Wobbelfunktionen

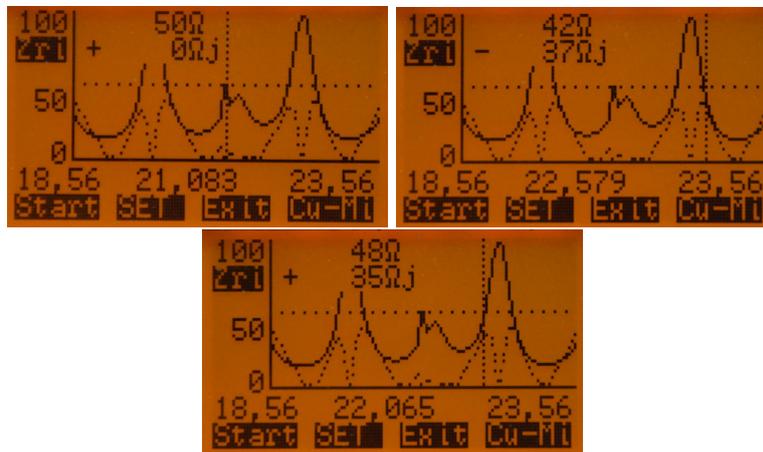
angezeigt und analysiert werden. **Zurück in den normalen Wobbelmodus mit SMA-Eingang schaltet man im „SET-Menü“ mit der Funktion „Wobbeln mit Eingang“.**

- **Kurve speichern!** Eine aufgenommene Kurve abspeichern (Speicherplatz 1 bis 49).
- **Kurve loeschen** Eine einzelne Kurve im Speicher löschen.
- **Alle Kurven loeschen** Es werden alle gespeicherten Kurven gelöscht.
- **SET Wobbel-Maximum** Maximalwert der Y-Achse festlegen. Entweder SWV 9.0 bis 2.0 oder Impedanz 100 Ohm bis 900 Ohm.



Links das „SET-Menü“ in den Wobbelfunktionen. Rechts Einstellen der maximalen Impedanz im Wobbelfenster.

2.5.2.2 [3] Wobbeln, $Z(r,i)$



Links mein Dipol auf 15m abgestimmt, Cursor steht automatisch auf „bestes SWR“, also Optimum. Rechts das gleiche Bild aber der Cursor wurde auf eine andere Stelle gedreht. Durch die Vorzeichenerkennung sehen wir auch den „kapazitiven imaginären Anteil“. Darunter das Bild, der Cursor steht weiter links und wir sehen den „induktiven imaginären Anteil“. In dieser Wobbelfunktion werden 2 Kurven gleichzeitig dargestellt. Einmal der Wert $Z(\text{real})$ mit einer durchgehenden Linie und dann der Wert von $Z(\text{imaginär})$ mit einer gestichelten Linie. Beide Kurven gleichzeitig zu betrachten hat natürlich seine Vorteile. In der neuen SW 2.03 wird vom imaginären Anteile das Vorzeichen mit berechnet. Siehe auch Kapitel 2.3 auf Seite 16. Beim „Abfahren“ mit dem Cursor sieht

man das Vorzeichen des imaginären Anteils. War die Vorzeichenermittlung ohne Erfolg bleibt das Vorzeichen positiv.

2.5.2.3 [4] Wobbeln, Zabs

Wobbeln mit der Darstellung der Impedanz als Absolutwert. Die genaue Impedanz kann man mit dem Cursor „erfragen“. Der Cursor kann nach dem Wobbel-durchlauf mit dem Drehgeber an jede Stelle gefahren werden. Der Cursor-Wert und die Cursor-Frequenz wird angezeigt. Die maximale Impedanz der Grafikausgabe kann im Menü der Taste „SET“ unter „SET Wobbel-Maximum“ eingestellt werden. Der eingestellte Wert bleibt nach Power-OFF erhalten.

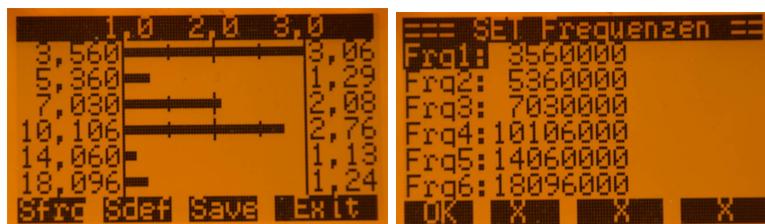
2.5.2.4 [5] Wobbeln, Zreal

Wobbeln und Anzeigen des Kurvenbildes des realen Anteils der Impedanz.

2.5.2.5 [6] Wobbeln, Zimag.

Wobbeln und Anzeigen des Kurvenbildes des imaginären Anteils der Impedanz. In der neuen SW 2.03 wird vom imaginären Anteile das Vorzeichen berechnet. Beim „Abfahren“ mit dem Cursor sieht man das Vorzeichen des imaginären Anteil. War die Vorzeichenermittlung ohne Erfolg bleibt das Vorzeichen positiv.

2.5.2.6 [7] SWV Mehrfrequenz



Es besteht die Möglichkeit bei 6 Frequenz das SWV parallel zu betrachten. Das SWV wird als Zahl und als grafischer Balken dargestellt. Die 4 Funktionstasten habe dabei folgende Funktionen:

- **Sfrq** Einstellen der 6 Frequenz mit beliebigen eigenen Frequenzen.
- **Sdef** Setzen der 6 Frequenzen mit Default-Werten. QRP cw Frq. von 80, 60, 40, 30, 20 und 17m.
- **Save** Speichern der 6 eingestellten Frequenzen im PIC
- **Exit** Abbruch der Darstellung

2.6 „SETUP“, Einstellungen im SETUP

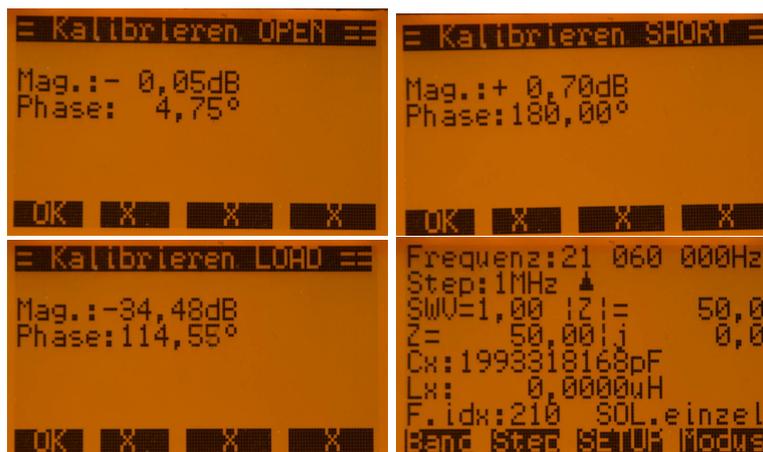


Sichtbar das gesamte Auswahlmenü.

2.6.1 [01] SOL.cal AUS/EIN

Die „SOL-Kalibrierung“ kann deaktiviert werden. Das heißt, beim Messen erfolgt die Berechnung aller Daten „mit“ oder „ohne“ SOL-Kalibrierung. Nach jedem „PowerON“ ist die SOL-Kalibrierung wieder aktiv.

2.6.2 [02] SOL.cal curr. Frq



Punktkalibrierung der eingestellten Frequenz. Zuerst wird der Eingang offen gelassen „OPEN“. Dann folgt der Kurzschluss am Eingang „SHORT“. Anschließend wird noch mit einem Abschlusswiderstand 50 Ohm, ideale Anpassung „LOAD“ kalibriert. Die Masterkalibrierung im 100kHz Segment wird überschrieben. Im Display steht anschließend „SOL.einzel“ anstatt „SOL.cal“. Das soll an die Einzelkalibrierung erinnern.

2.6.3 [03] SOL.cal 0,1-30 MHz

Mit dieser Funktion erfolgt die SOL-Kalibrierung des gesamten Frequenzbereiches in 100 kHz Schritten. Das dauert etwas. Alle Daten werden im externen Eeprom abgelegt. Die Reihenfolge der Kalibrierung ist die Gleiche, wie bei „SOL.cal curr. Frq“, nur dass die Prozedur bedeutend länger dauert.



Für die Kalibrierung „SHORT“ verwende ich einen SMA-Stecker mit einem Kurzschluss. Den Kurzschluss bildet ein kleines Messingblech, was ich ringsherum verlötet habe. Der „LOAD“-Stecker ist handelsüblich. Ich habe ihn bei der HAM-Radio in Friedrichshafen erstanden. „OPEN“ ist bei mir nur der offene Eingang. Das ist für die maximal 30 MHz Messfrequenz ausreichend.

2.6.4 [04] SOL.cal loeschen

Die gesamte SOL-Kalibrierung im Eeprom wird unwiderruflich gelöscht.

2.6.5 [05] Kalib. Mag.(Phase)



Diese Funktion wird beim ersten PowerON zwangsweise ausgeführt. Es wird bei Messeingang „OPEN (Offen)“ die Differenz der Magnitude zu 0dB festgestellt und im internen Eeprom abgespeichert. Diesen Wert braucht die Software für die Berechnung des genauen Reflexionsfaktors. Erläuterungen dazu finden wir im Kapitel 2.2. Ich hatte anfangs noch die Phase mit in der Grundkalibrierung. Das habe ich wieder entfernt, weil es nicht nötig war.

2.6.6 [06] Kalib.DDS-Takt



Für den DDS-IC AD9834 ist eine Taktfrequenz von 75 MHz vorgesehen. Ich verwende dafür den SMD-Taktoszillator KC3225K75.0C1GE von Kyocera. Die

Frequenz von 75.0 MHz stimmt nicht genau. Das hat zur Folge, dass die Frequenz vom DDS-VFO etwas abweicht. Mit dieser „SETUP-Funktion“ kann die Taktfrequenz genau kalibriert werden. Im Bild sehen wir allerdings noch meinen Prototyp mit einer Taktfrequenz von 80MHz. Hier hatte ich noch einen alten CMOS-Oszillator im Einsatz.

- Zuerst den VFO auf eine Frequenz stellen, die man gut mit einem Frequenznormal vergleichen kann. Meist sind das 10.000000 MHz.
- Dann in diese „SETUP-Funktion“ gehen und die Taktfrequenz mit dem Drehgeber so lange verstellen, bis die 10 MHz genau mit der Referenzfrequenz von 10 MHz übereinstimmt.
- Wurde die neue Taktfrequenz gefunden, mit „OK“ abspeichern.

2.6.7 [07] Test Zeichensatz



Der Zeichensatz für die Textausgabe befindet sich nicht im LCD-Display sondern im Rom des Mikroprozessors. Welche Zeichen implementiert wurden ist in dieser Funktion ersichtlich. Ich brauche diese Funktion für die Softwareentwicklung.

2.6.8 [08] SET Kontrast



Der Kontrast ist auf einem Mittelwert eingestellt. Sollte es notwendig sein, den Kontrast zu verbessern, kann das hier geschehen. Mit „OK“ wird wieder abgespeichert.

2.6.9 [09] Vorz.Imag. AUS/EIN

Die „Vorzeichenerkennung/Automatik“ kann AUS oder EIN geschaltet werden. Das heißt, die automatische Vorzeichenerkennung beim punktuellen Messen wird

im Hintergrund AUS oder EIN geschaltet werden. Siehe Kapitel „Vorzeichenerkennung des imaginären Anteils“. Die Software wird ständig weiter entwickelt. Ob die automatische Vorzeichenerkennung aktiv ist sieht man im Anzeigemodus „[1] SWV, Z, Zabs, Lx, Cx“ auf Zeile 5 ganz rechts. „VZaut“ bedeutet automatische Vorzeichenerkennung EIN. Steht da nichts ist die Erkennung deaktiviert.

Kapitel 3

Schlußwort

Die Software hat jetzt einen Stand mit dem man gut arbeiten kann. Geplant ist noch eine Anbindung an eine PC-Software mit der Betrachtung der abgespeicherten Kurven. Eventuell sogar in einem Smithdiagramm. Das wird aber erst wenn die Tage wieder kürzer werden.

Dieses Projekt darf nicht kommerziell vermarktet oder genutzt werden. Alle Rechte liegen bei DL4JAL (Andreas Lindenau). Ich wünsche viel Spaß beim Basteln.

vy 73 Andreas DL4JAL

✉ DL4JAL@t-online.de