Kompakter Antennenanalysator und DDS-Generator von 1 bis 60 MHz

DAVIDE TOSATTI – IW3HEV; ALESSANDRO ZANOTTI – IW3IJZ

Impedanzen von Antennen, Kabeln, Baugruppen usw. mit einfachen Mitteln messen zu können ist ein Traum vieler funktechnikbegeisterter Amateure. Mit herkömmlichen Schaltkreisen sind entweder funktionelle Abstriche zu machen oder es ist ein erheblicher Aufwand zu betreiben. Das hier beschriebene Gerät basiert auf einem neuen IC von Analog Devices. Für Nachbauwillige sind zudem kommerziell gefertigte Platinen erhältlich.

Die Idee zu diesem Projekt kam uns, als wir auf Elektronik-Surplus-Märkten kiloschweren Geräten wie HP8405A von *Hewlett Packard* (jetzt *Agilent*) oder PRD2020 von *Harris* begegneten. Diese HF-Vektorvoltmeter basieren jeweils auf zwei Empfangstrakten, die im Frequenzbereich von 1 MHz bis etwa 2 GHz arbeiten sowie Phase und Betrag zweier an die Eingänge A und B angelegter Signale vergleichen. Während der HP8405A über hochohmige Tastköpfe verfügt, arbeitet der Harris PRD2020 mit 50 Ω Impedanz.

Unlängst brachte Analog Devices den Phasenvergleicher-IC AD8302 heraus, der ähnlich dem PRD2020 funktioniert und in 50-Ω-Technik arbeitet [1], [2]. Da wir in der Zwischenzeit bereits an DDS-Generatoren für Eigenbautransceiver gearbeitet hatten, fiel der Schritt nicht mehr schwer, sich nunmehr dem Analysator-Projekt zu widmen.

Funktionsweise

Auch die o.g. Messgeräte kommen nicht ohne einen HF-Generator aus, der dem Referenzeingang ein Signal zuführt. So erscheint eine DDS-Schaltung als die rechte Lösung, um möglichst wenig von dem

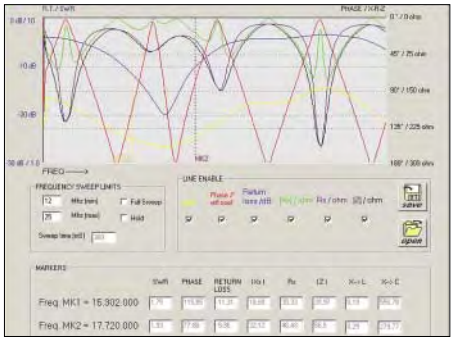


Bild 2: Screenshot der Freeware von IW3HEV; SWV sowie Real- und Imaginärteile von *Z* und a_r im Bereich von 12 bis 25 MHz

Frequenzbereich des AD8302 einzubüßen. Bild 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau des Geräts. Herzstück ist der AD8302 mit seinen beiden HF-Eingängen *INP A* und *INP B* sowie den beiden Gleichspannungsausgängen *V PHS* und *V MAG*. Letztere geben die für den Phasen- und Größenunterschied der zwei angelegten HF-Signale relevanten Spannungen ab.

Zur Impedanzanalyse sind die zwei Eingänge *INP A* und *INP B* mit einem doppelten Richtkoppler verbunden, dessen Ausgangsspannungen ein Maß für die Energien der auf der Leitung vor- und rücklaufenden Welle darstellen. Der Betrag des komplexen Reflexionsfaktors $\underline{r}$ ergibt sich aus:

$$|\underline{r}| = \frac{U_{rück}}{U_{hin}} \qquad (1)$$

Für das logarithmische Maß

$$a_r = -20 \cdot \log |\underline{r}| \qquad (2)$$

ist der Begriff *Rückflussdämpfung* (engl. *return loss*) üblich. Aus $|\underline{r}|$ errechnet sich bekanntlich das SWV *s*.

Die Notwendigkeit, ggf. Daten für den gesamten überstrichenen Frequenzbereich anzuzeigen, zwang uns, die erste Idee eines

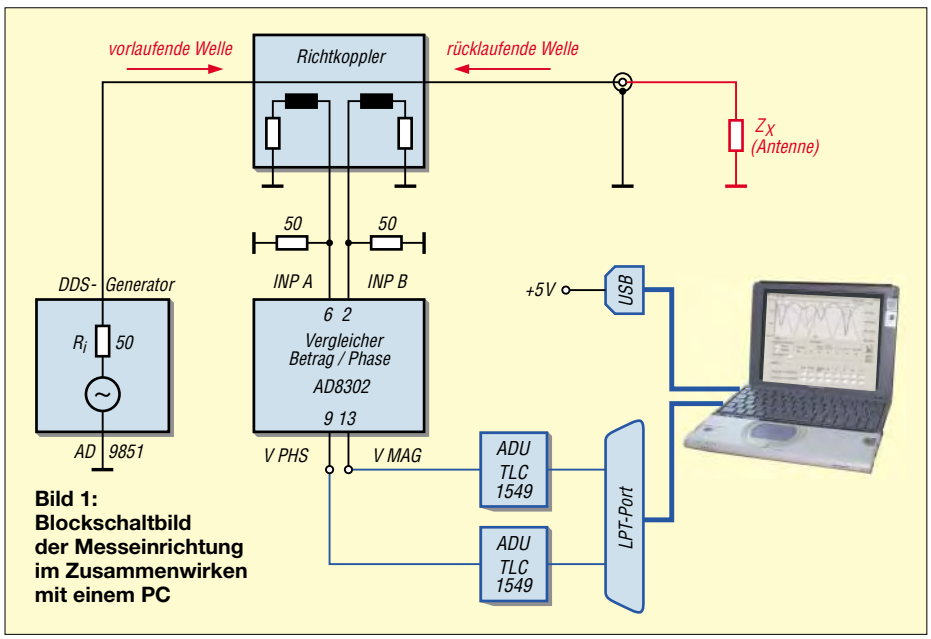


Bild 1: Blockschaltbild der Messeinrichtung im Zusammenwirken mit einem PC

Technische Daten des Analysators

Frequenzbereich	1 bis 60 MHz
DDS-HF-Pegel	–5 dBm
Stromversorgung	5 V/140 mA, aus PC (USB o. PS/2)
Anzeige	R, X, Z, SWV, a_r, ϕ_r
Messobjekte	Antennen, Koaxialkabel, Baluns, Spulen, Kondensatoren, Widerstände u.a.
Steuerung, Anzeige	via PC
Messzeit	0,5 s pro Diagramm mit 500 Pixeln Auflösung
PC-Anforderungen	Win95/98/ME/XP, 1 × LPT, 1 × USB o.a. (+5 V)

Stückliste

Kondensatoren		
C1, C2, C3, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C23, C25, C27	0,1 µF	SMD 0805
C4, C5, C8, C9, C30, C33, C34	10 nF	SMD 0805
C26, C35…C39	1 nF	SMD 0805
C20	27 pF	SMD 0805
C21	68 pF	SMD 0805
C22	82 pF	SMD 0805
C28	39 pF	SMD 0805
C29	18 pF	SMD 0805
C31	6,8 pF	SMD 0805
C32	47 pF	SMD 0805
C10	100 µF	Elko
C6, C7, C19, C24	10 µF	Elko
Widerstände		
R1, R2, R3	560 Ω	SMD 1206
R4, R11, R17, R18	1 kΩ	SMD 1206
R9	2,2 kΩ	SMD 1206
R10	10 Ω	SMD 1206
R12	25 Ω	SMD 1206
R13, R15, R16	50 Ω	SMD 1206
Spulen		
L1	22 µH	SMD 1210
L2	68 nH	SMD 1210
L3, L6	150 nH	SMD 1210
L4, L5	100 µH	SMD 1210
IC		
U1	AD9851	SMD RS-28
U3, U4	TLC1549	SMD SO8
U5	AD8302	SMD TSSOP
Dioden		
D1, D2	BAV99	SOT23
Sonstiges		
U2	COUPLER	siehe Text
X1	OSCILLATOR	30 MHz
F1	RXE025	0,25 A / 60 V Polyswitch

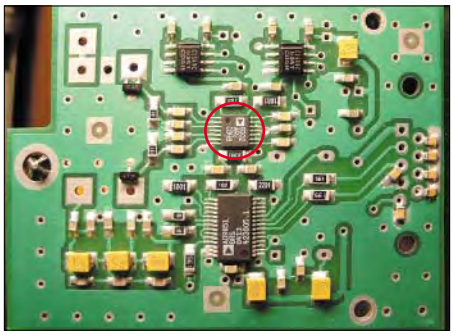


Bild 3: SMD-bestückte Unterseite der Platine; Herzstück AD8302 rot markiert

eigenständigen mikrocontrollergesteuerten Geräts fallen zu lassen und einen PC zur Steuerung und Anzeige heranzuziehen, was auch den Schaltungsaufwand erheblich reduzierte. Die von uns eigens dazu entwickelte Software kommuniziert mit dem Analysator über den *LPT*-Port.

Der Bildschirmaufbau erfolgt innerhalb von etwa 0,5 s, Bild 2 zeigt ein beispielhaftes Diagramm. Der bei der Messung zu überstreichende Frequenzbereich ist frei programmierbar über die Daten f_{min} und f_{max}. Aus den angezeigten Diagrammen gehen das SWV *s*, Betrag (als logarithmisches Maß a_r) und Phase ϕ_r des komplexen Reflexionsfaktors $|\underline{r}|$ sowie Betrag des komplexen Scheinwiderstands $|\underline{Z}|$ nebst dessen Realteil (R) und Blindanteil (X – Reaktanz) hervor.

Schaltbild

Wie Bild 5 verdeutlicht, bildet ein mit 180 MHz getakteter DDS-IC AD9851 die zentrale Komponente des HF-Generators. Er wird über ein aus drei Leitungen bestehendes Interface programmiert und ist in der Lage, ein sauberes und gefiltertes Signal bis zu 60 oder 70 MHz zu produzieren. Die Abstimmschritte sind eine Funktion der programmierten Frequenzgrenzen sowie der ebenfalls programmierbaren Diagrammauflösung. Standardmäßig sind 500 Punkte pro Bild vorgegeben.

Das Generatorsignal führt über den Richtkoppler zur BNC-Ausgangsbuchse. Der Richtkoppler ist eines der wichtigsten Teile dieses Antennenanalysators, da sein Aufbau die Messgenauigkeit erheblich beeinflusst. Wir haben uns für einen Kopplungsfaktor von 14 dB entschieden, was einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 5 entspricht. Andere Werte sind verwendbar, ohne dass es einer Softwareänderung bedarf.

Die Genauigkeit des Richtkopplers kann man leicht durch Messen eines induktivitätsarmen 50-Ω-Widerstands (Dummy Load) überprüfen, es muss sich ein möglichst flacher Phasen- und Amplitudenverlauf über den gesamten Frequenzbereich zeigen. Mit dem weiter unten vorgestellten Aufbau haben wir eine Richtdämpfung von 25 bis 30 dB erreicht. Das klingt nicht viel, aber bitte veranschaulichen Sie sich, dass a_r = 30 dB einem SWV von s = 1,07 entspricht!

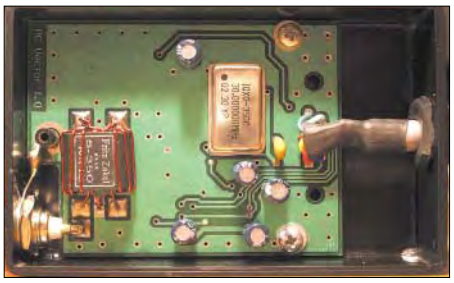


Bild 4: Fertig bestückte Platine, eingebaut in einem Plastikgehäuse

Die an den Ausgängen des AD8302 entstehenden Gleichspannungen weisen einen Anstieg von 30 mV/dB (Rückflussdämpfung a_r) bzw. 10 mV/° (Phase ϕ_r) auf und werden mit zwei 10-Bit-ADU umgewandelt sowie zum PC gesendet. Dazu dienen

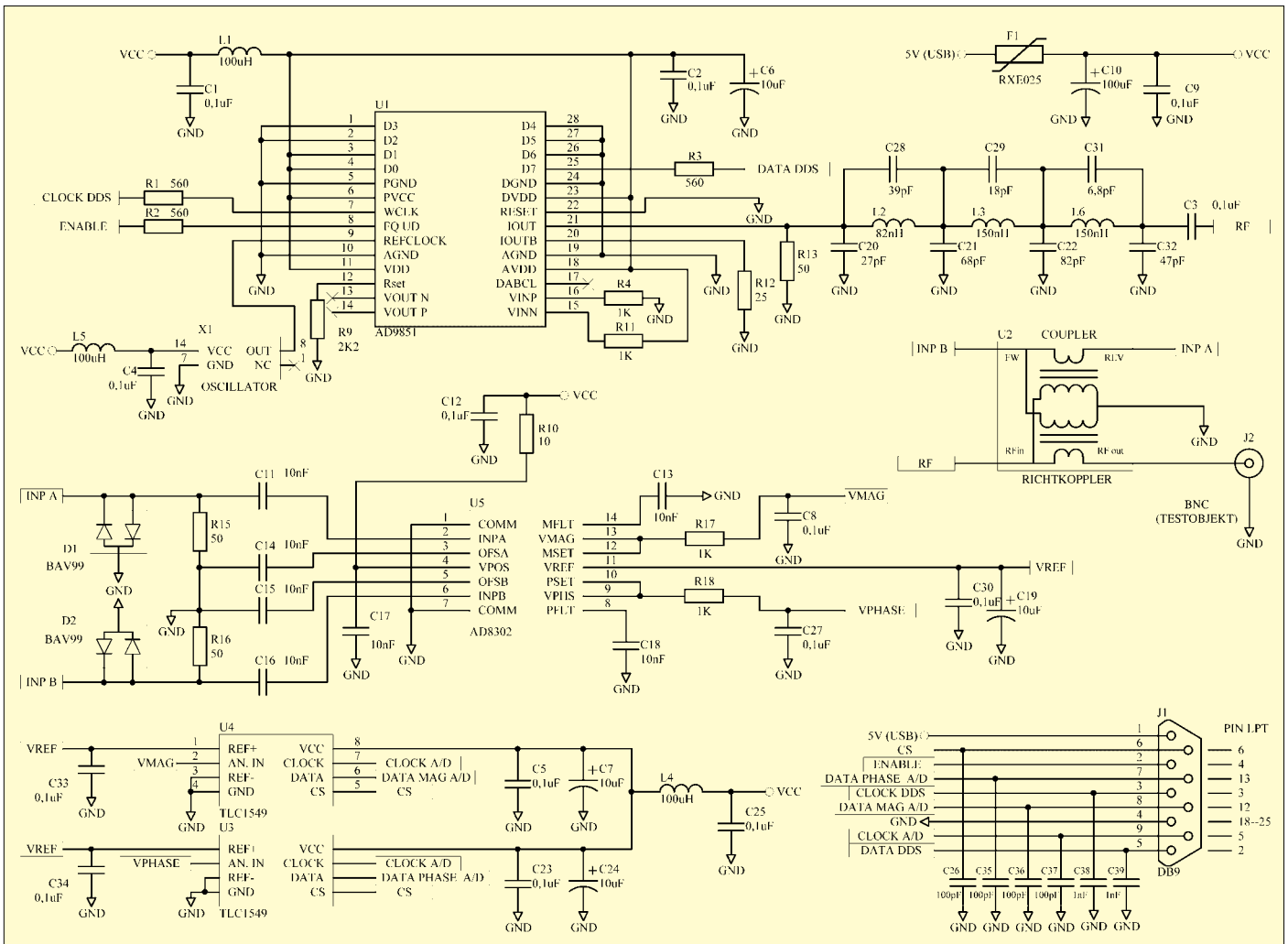


Bild 5: Komplettes Schaltbild

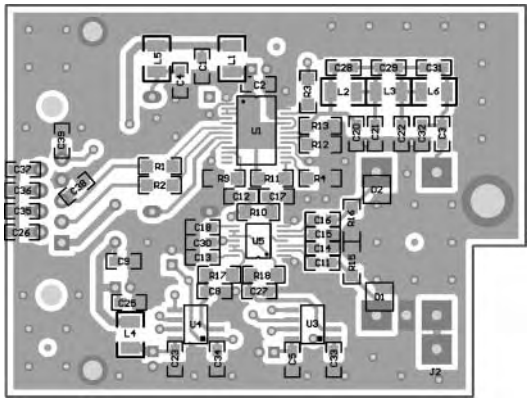


Bild 6:
Bestückung der Unterseite der Platine mit den Abmessungen 69 mm × 52 mm, M 1:1

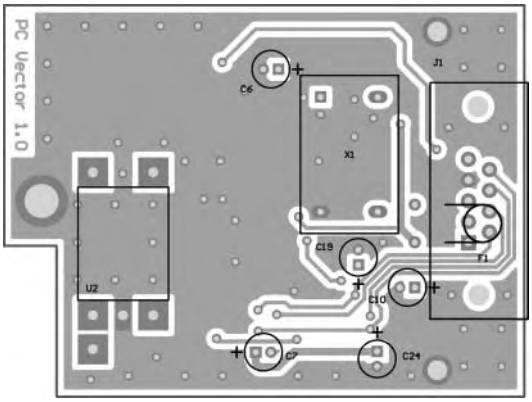


Bild 7:
Bestückung der Oberseite der Platine

drei Leitungen, wobei die Auswahl (*CS*) zwischen U3 und U4 per Software erfolgt. Die Messdynamik wird ausschließlich durch die Güte des Richtkopplers bestimmt, s.o.

■ Aufbau

Die kommerziell gefertigte Leiterplatte hat zwei Ebenen (Bilder 6 und 7), ist durchkontaktiert und passt in ein Plastikgehäuse mit den Maßen 55 mm × 90 mm. Die Versorgungsspannung +5 V ist dem USB-Anschluss, einer PS/2-Buchse oder einer anderen Schnittstelle (z.B. *Game*) des PC zu entnehmen.

Für den Richtkoppler benutzten wir einen Doppellochkern, wie er in Baluns von Fernsehantennen (300 Ω/75 Ω) Verwendung findet, und 0,5 mm CuL. Die einzelnen Aufbauschritte gehen aus den Bildern 8 bis 16 hervor.

Platinen können zum Preis von 20 € inklusive Versand übers Internet [3] bestellt werden, fertig aufgebaute Geräte kosten 150 €, angesichts des hohen Preises der ICs und des SMD-Lötaufwands wohl akzeptabel.

■ Software

Die Auswertungs- und Steuerungssoftware *Analyzer1* steht frei auf [3] zum Download bereit und ist in *Visual Basic* programmiert. Sie erledigt folgende Aufgaben:

– Ansteuern des DDS-Generators,
– Auslesen der AD-Umsetzer,
– Berechnung der Anzeigegrößen,
– grafische Darstellung auf dem Monitor.

Die einzelnen Kurven, vgl. Bild 2, lassen sich je nach Bedarf auswählen, ihre Farben sind in *analyz.ini* programmierbar. Dort lässt sich auch die Adresse des LPT-Ports einstellen – Standard ist 378H.

Die zwei Marker werden durch Klicken der rechten und linken Maustaste gesetzt.

Es steht eine zweite Software *DDS AD9851 Generator* zum Download bereit [3], die es erlaubt, den Analysator als Lokaloszillator für Eigenbautransceiver oder als Messgenerator zu betreiben.

Übersetzung und Bearbeitung:
Dr. W. Hegewald, DL2RD

Literatur

[1] Analog Devices: LF–2.7 GHz RF/IF Gain and Phase Detector AD8302 (PDF). *www.analog.com*
[2] FA-Bauelementeinformation: AD8302, Verstärkungs- und Phasendetektor. FUNKAMATEUR 53 (2004) H. 12, S. 1251–1252
[3] Tosatti D., IW3HEV; Zanotti, A., IW3IJZ: Antenna Analyzer 1,8–60 MHz (AD8302+AD9851); free software and diagrams. *www.qsl.net/iw3hev*
[4] Brumm, P., DL7HG: Bildliche Darstellung von Antennenimpedanzen mit Amateurmitteln. FUNKAMATEUR 52 (2003) H. 6, S. 604–605; H. 7, S. 712–715; H. 8, S. 814–815

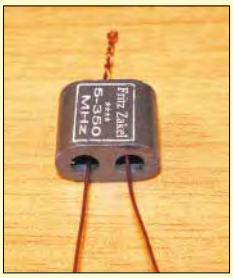


Bild 8:
Zwei 20 cm lange Drähte 0,5 CuL werden durch je ein Loch des Doppellochkerns gesteckt und auf der einen Seite verdrillt.

Bild 9:
Der erste Draht wird mehrfach um das Loch gewickelt.

Bild 10:
Insgesamt sind fünf Windungen aufzubringen.

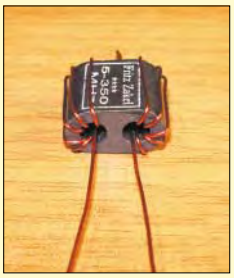


Bild 11:
In derselben Weise ist mit dem zweiten Draht zu verfahren.

Bild 12:
Die beiden langen Drahtenden legt man so, dass sie sich kreuzen.

Bild 13:
Nun kommen zwei 5 cm lange Drähte 0,5 CuL dazu.

Bild 14:
Der erste kurze Draht kommt durch das rechte Loch.

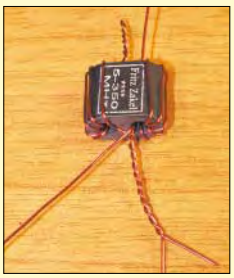


Bild 15:
Das Ende des rechts hindurchgesteckten Drahts wird mit dem Ende des links aufgewickelten langen Drahtes verdrillt.

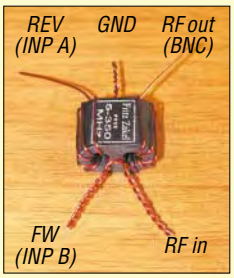


Bild 16:
Der zweite kurze Draht kommt durch das linke Loch und wird mit dem Ende des rechts aufgewickelten langen Drahtes verdrillt.

Fotos: IW3HEV

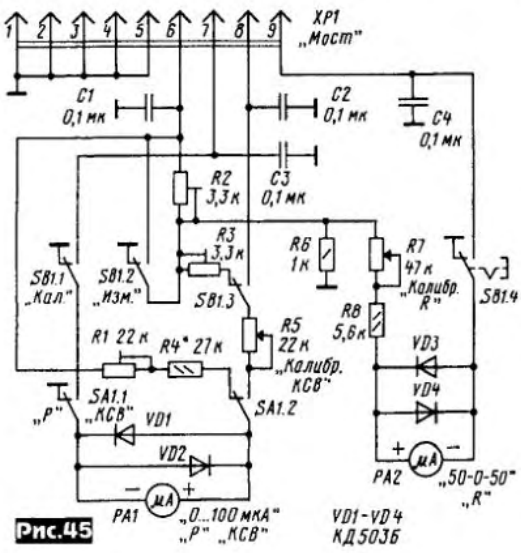


Рис.45

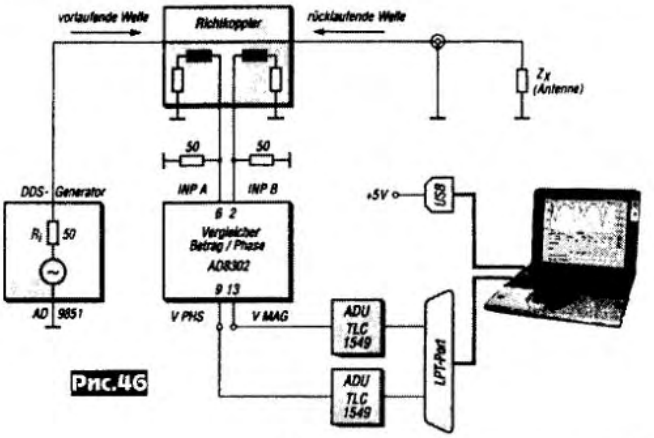


Рис.46

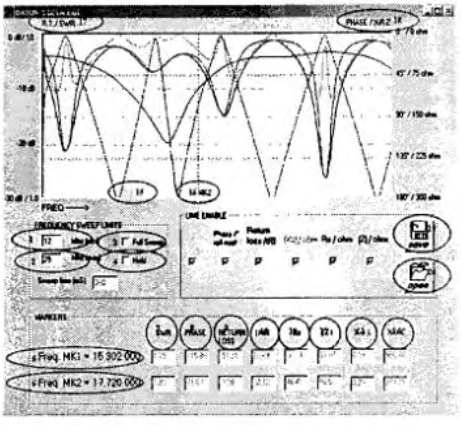
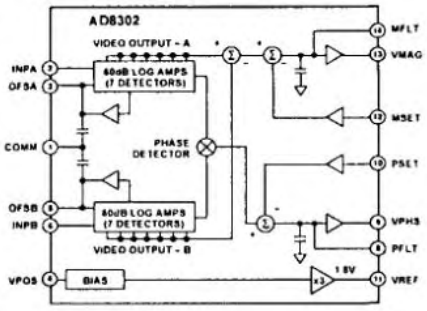


Рис.47

ток в РА2 - слева направо. Т.е. РА2 надо использовать с «0» по середине шкалы. Прибор выполнен в виде двух частей: ВЧ блока и индикаторного блока. Схема ВЧ блока показана на ***рис.44***, где: R1-R6 согласующий аттенюатор; R8-R13 и нагрузка, подключаемая к XW2 - ВЧ мост; VD3 - выпрямитель для измерителя КСВ; VD1VD2 и VD4VD5 - выпрямители измерителя сопротивления. Схема индикаторного блока показана на ***рис.45***, где: РА1 - индикатор КСВ, РА2 - индикатор сопротивлений.



При налаживании прибора его блоки соединяют вместе разъемами XS1 и XP1, подают ВЧ напряжение на XW1 (от TRX с Рвых<3 Вт), а измерительную нагрузку 50 Ом - к XW2, R5 и R7 устанавливают в макс. сопротивление, а с помощью R3 и R2 устанавливают стрелки приборов РА1 и РА2 соответственно на последние деления их шкал. В дальнейшем при измерениях прибор калибруют в положении SA1 «КСВ», нажав кнопку SB1 в «Кал.» (на схеме она пока-

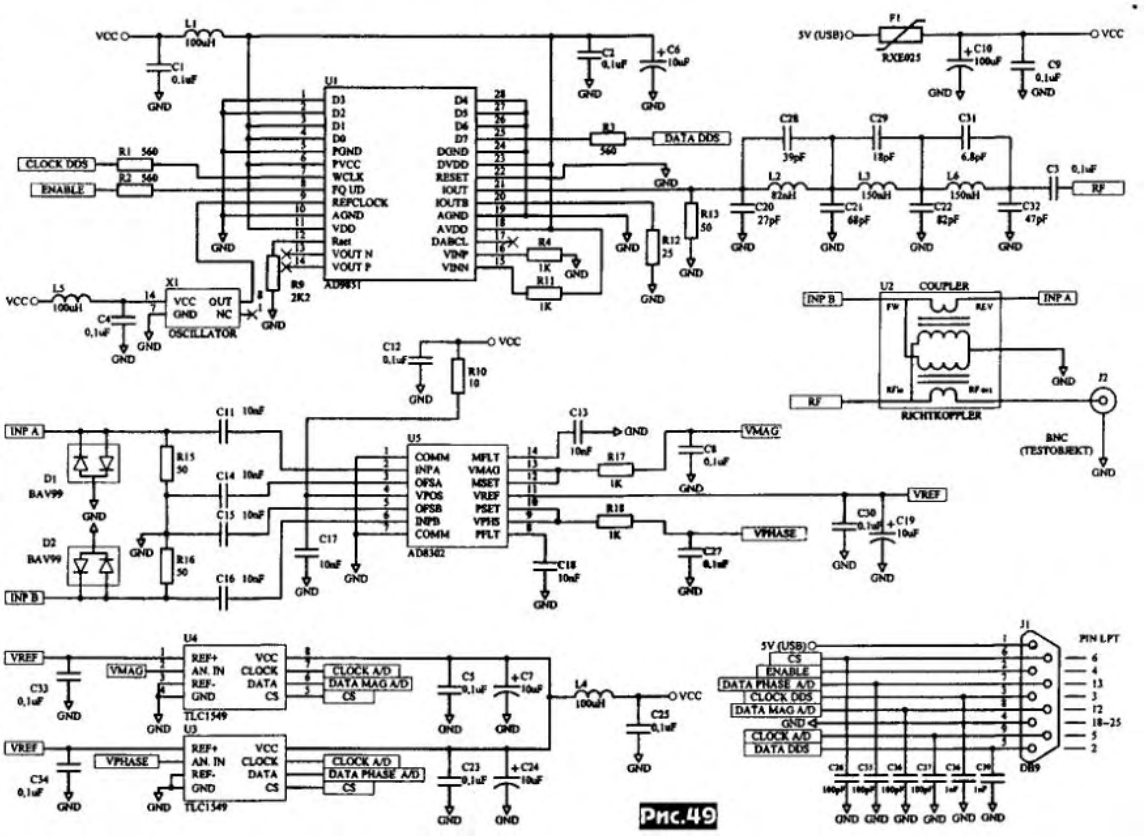


Рис.49

зана в этом положении) и устанавливают с помощью R5 и R7 стрелки приборов PA1 и PA2 соответственно на последние деления их шкал (*«Радио» №11/2004, с.68-70* *).

Компактный антенный анализатор от 1 до 60 МГц Давида Тосатти (IW3HEV) и Алессандро Занотти (IW3IJZ) способен измерять КСВ и фазу комплексного коэффициента отражения, комплексное реактивное сопротивление и его составляющие, а также работать как ГСС. Его функциональная схема изображена на ***рис.46***, где: источником ВЧ напряжения является DDS генератор на AD9851, управляемый с ПК через LPT-порт; напряжения, пропорциональные прямой и обратной волнам, снимаются с направленного ответвителя и поступают на логарифмический измеритель фазы и амплитуды с динамическим диапазоном 60 дБ на AD8302 (ее функциональная схема показана на ***рис.47***) и затем, после АЦП на TLC1549, подаются на ПК для вычисления и отображения на экране монитора результатов измерений (***рис.48***). Принципиальная схема прибора показана на ***рис.49***. Центральным узлом схемы является синхронизируемая частотой 180 МГц от X1 ИМС DDS-генератора U1 (AD9851), которая управляется по шинам ENABLE, CLOCK DDS и DATA DDS от LPT-порта ПК через J1 и генерирует чистый фильтрованный сигнал от 1 до 60 или 70 МГц. ВЧ сигнал с U1 через направленный ответвитель U2 поступает на тестируемый объект через разъем J2. Напряжения, пропорциональные прямой и обратной волнам, с U2 подаются на входы INP A и INP B U5 (AD8302) соответственно. Постоянные напряжения с выходов VMAG и VPHASE U5 преобразуются в АЦП U4 и U5 и по трем шинам поступают на LPT-порт ПК через J1 для дальнейшей обработки и отображения на экране монитора. Питание схемы осуществляется от USB (+5 В при потребляемом токе 140 мА). Ответственным узлом прибора является направленный ответвитель U2, от качества которого зависит точность измерений. Он выполняется на ферритовом сердечнике типа «бинокль» от согласующих трансформаторов ТВ антенн. Последовательность намотки ответвителя показана на ***рис.50-58***. *Рис.50* - два провода длиной 20 см, диаметром 0,5 мм просунуты в отверстия сердечника и скручены на выходе; *рис.51* - одним проводом начинают наматывать первую обмотку; *рис.52* - всего намотано 5 витков; *рис.53* - таким же образом поступают со вторым проводом; *рис.54* - оба входных конца проводов перекрещены; *рис.55* - приготовлены два куска провода по 5 см, диаметром 0,5 мм; *рис.56* - первый отрезок вставлен в правое отверстие; *рис.57* - входной конец этого правого куска совмещен с входным концом левого и скручен с ним; *рис.58* - второй отрезок провода вставлен в левое отверстие сердечника и скручен с входным концом из правого отверстия. Программа измерений и управления работой анализатора на Visual Basic под названием Analyzer1 имеет свободный доступ с www.qsl.net/iw3hev и решает следующие задачи: управление DDS-генератором, считывание измеренных данных, расчет индицируемых величин, графическое представление результатов измерений на мониторе. Она позволяет также использовать анализатор в качестве гетеродина для самодельно-

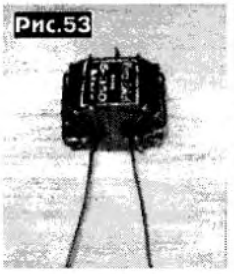


Рис.53

Рис.54

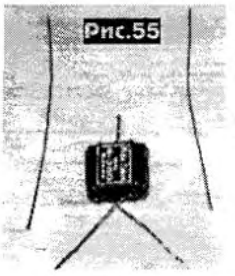


Рис.55

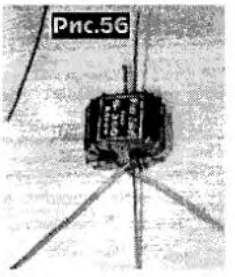


Рис.56

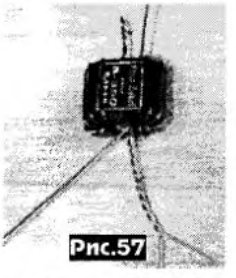


Рис.57

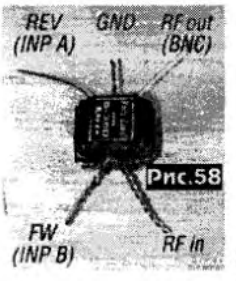


Рис.58

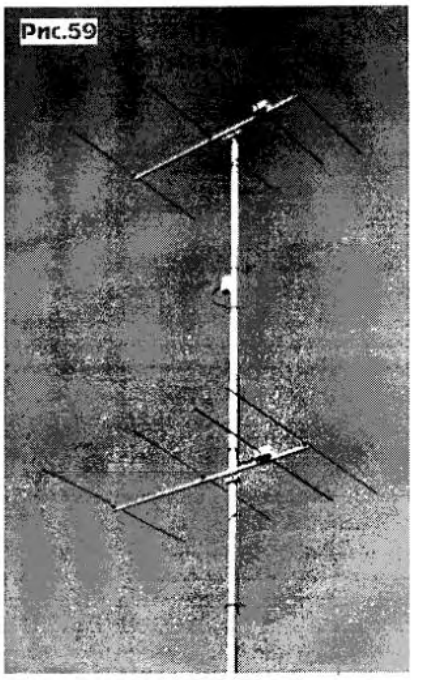


Рис.59

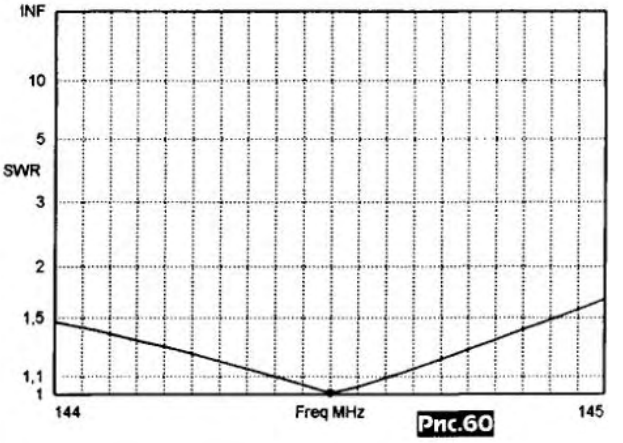


Рис.60

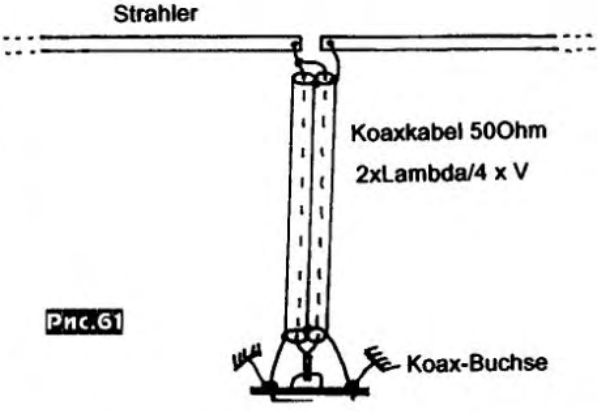


Рис.61

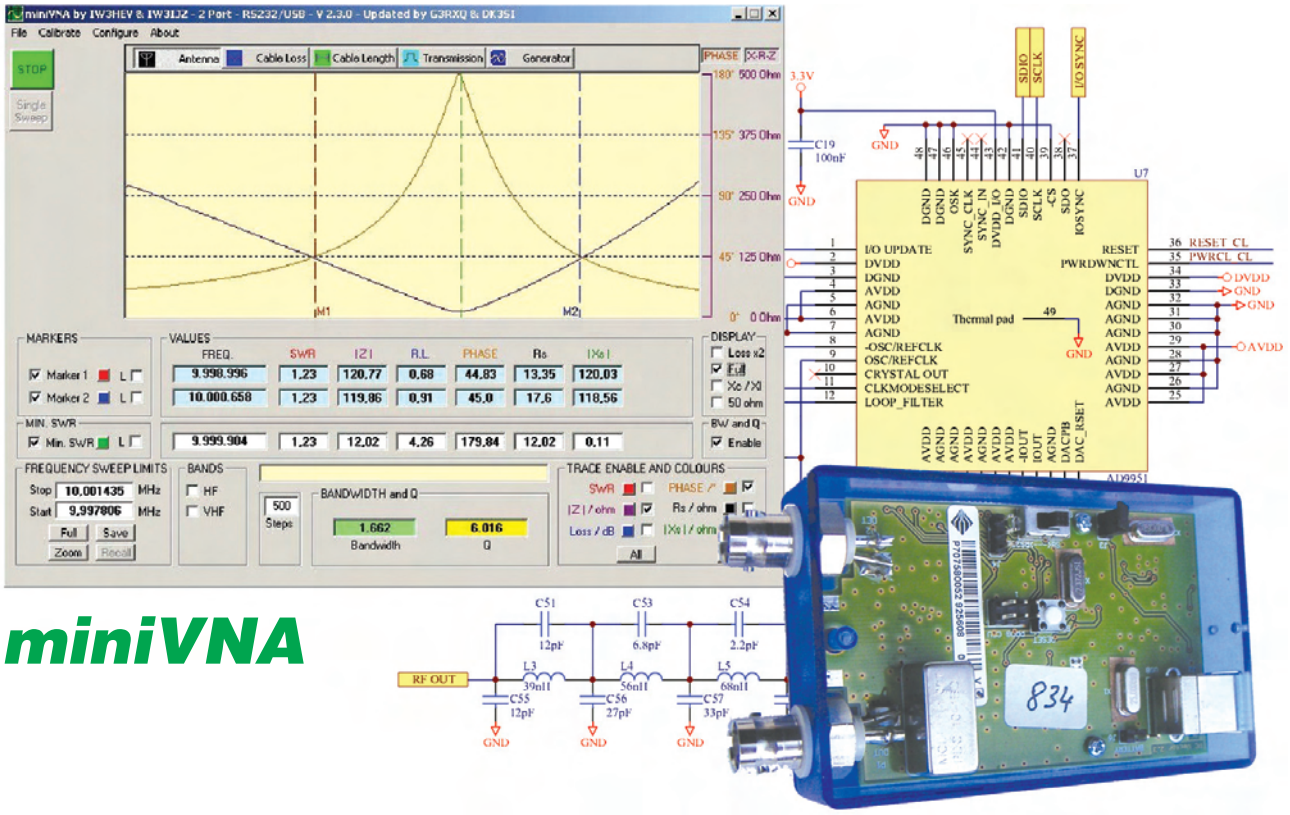
Рис.50

Рис.51

Рис.52

POČÍTAČE a INTERNET

Rubriku připravuje **ing. Alek Myslík**, **INSPIRACE**, alek@inspirace.cz



miniVNA

ANALYZÁTOR ANTÉN A FILTRŮ

Získání nějakých věrohodných údajů o používaných anténách, souosých kabelech a dalších podobných obvodech v amatérských podmínkách bylo vždy poměrně svízelné. Měřicí přístroje, které jejich parametry spolehlivě měří a nejen indikují, nikdy svojí cenou nepřicházely pro radioamatéry v úvahu. Jediným dostupným měřicím přístrojem tak obvykle zůstává tzv. PSV metr, měřič poměru stojatých vln (PSV). Přístrojek popisovaný v následujícím článku toho ve spolupráci s počítačem umí mnohem více a zdá se, že i dost přesně.

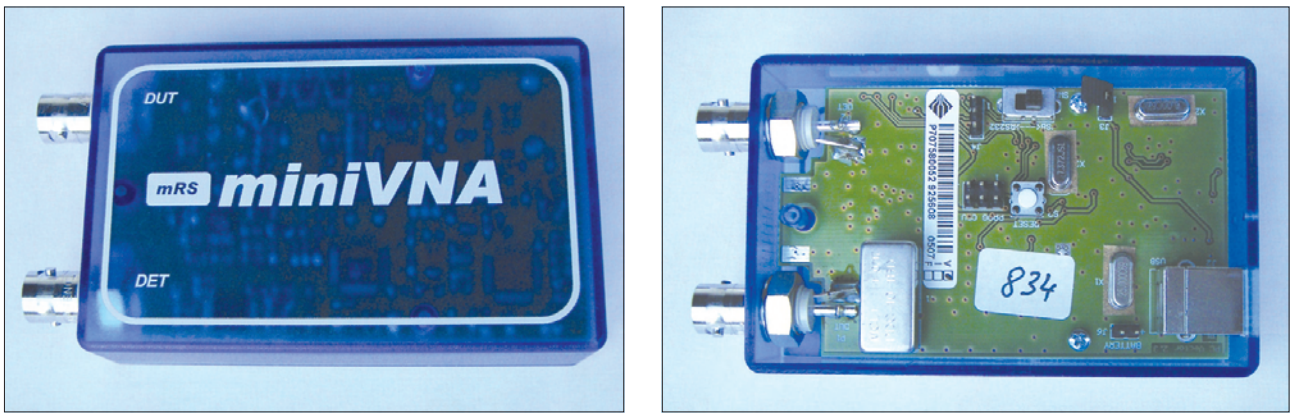
Přístroj ***miniVNA*** je navržen pro měření impedance antén a měření filtrů v rozsahu 0,1 až 180 MHz. Připojuje se k běžnému osobnímu počítači přes port USB (z tohoto portu je i napájen napětím 5 V). Počítač pak slouží k jeho nastavování a k měření a zobrazování naměřených hodnot a jejich grafickému zpracování. Jediné další vývody (konektory BNC) slouží k připojení antény, popř. souosého kabelu či filtru.

Obslužný software je k dispozici pro operační systémy Windows, DOS, Linux a dokonce i pro Windows CE (Windows Mobile) pro kapesní počítače. Na spolupracující počítač nejsou kladeny žádné zvláštní nároky, vyhoví procesor již od 500 MHz.

*Cenově dostupný analyzátor antén a vf filtrů **miniVNA** od italské firmy Mini Radio Solutions je zabudován v malé krabičce o rozměrech 90 x 55 x 30 mm*

Hlavní charakteristiky

- Měří tzv. PSV (SWR), induktanci R_L, komplexní impedanci $Z \pm jx$, fázi odraženého (popř. výstupního) signálu, délku napájecího kabelu, přenosové charakteristiky filtrů, hodnoty odporu, indukčnosti a kapacity.
- Po připojení antény přístroj automaticky najde minima SWR (tj. kmitočty, kde je anténa nejlépe přizpůsobena).

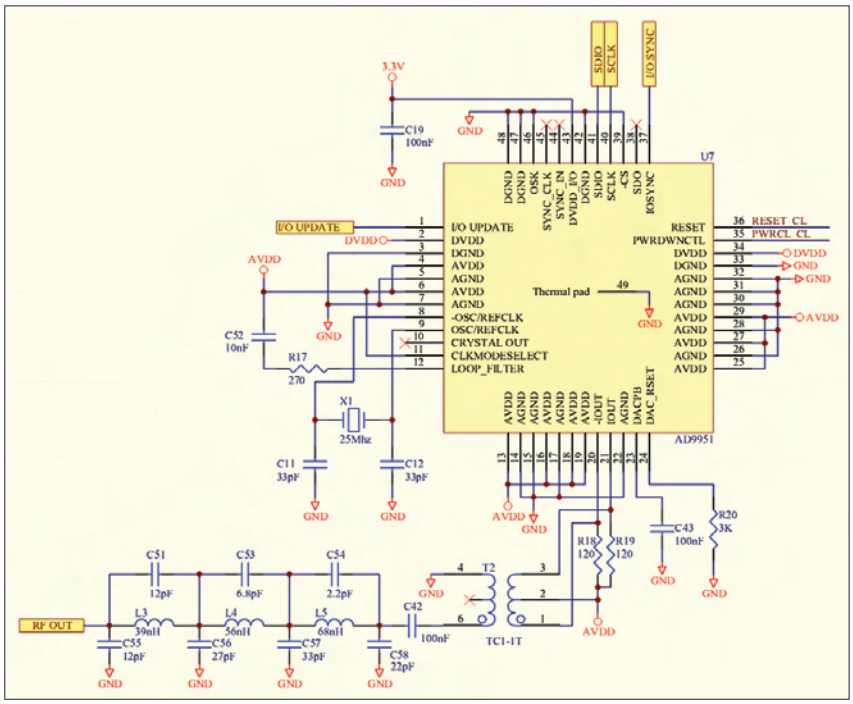


Vnější a vnitřní pohled na analyzátor antén a filtrů miniVNA od mini Radio Solutions

- Rozsah měřicího kmitočtu od 0,1 MHz do 180 MHz.
- Kmitočtový syntezátor (*DDS generator*) s výstupem 0 dBm.
- Rychlé skenování měřeného obvodu (500 měřených bodů za 0,6 s).
- Velký dynamický rozsah pro měření odražených vln (40 dB).
- Velký dynamický rozsah pro měření přenosu filtrů (55 dB).
- Možnost aktualizace firmwaru.
- Může pracovat z baterie 3,6 V (baterie z mobilních telefonů).
- Všechna měření lze nahrávat.
- Jsou k dispozici i standardní vývody sériového portu RS232.

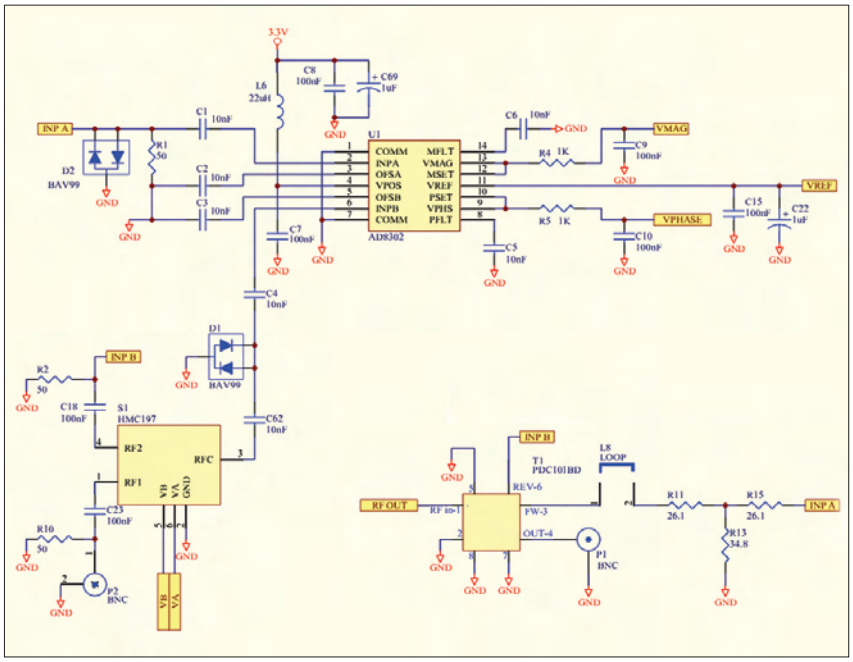
Princip činnosti hardwaru

Jádrem přístroje je obvod kmitočtové syntézy (DDS) AD9951, který funguje jako rozmítaný generátor napájející tzv. směrovou odbočnici (*directional coupler*). Dva svázané výstupy jsou porovnávány ve fázi a amplitudě. V režimu měření odražených vln se ze ztrát odrazem a fáze a koeficientu odrazu vypočítává impedance antény. Při měření přenosu je výstup generátoru rozbočen na dva signály, z nichž jeden přichází do měřeného filtru (obvodu) a druhý slouží jako referenční pro porovnání s výstupem filtru.

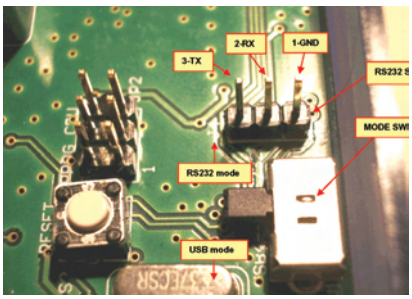


Kmitočtový syntezátor přístroje miniVNA je osazen obvodem DDS AD9951

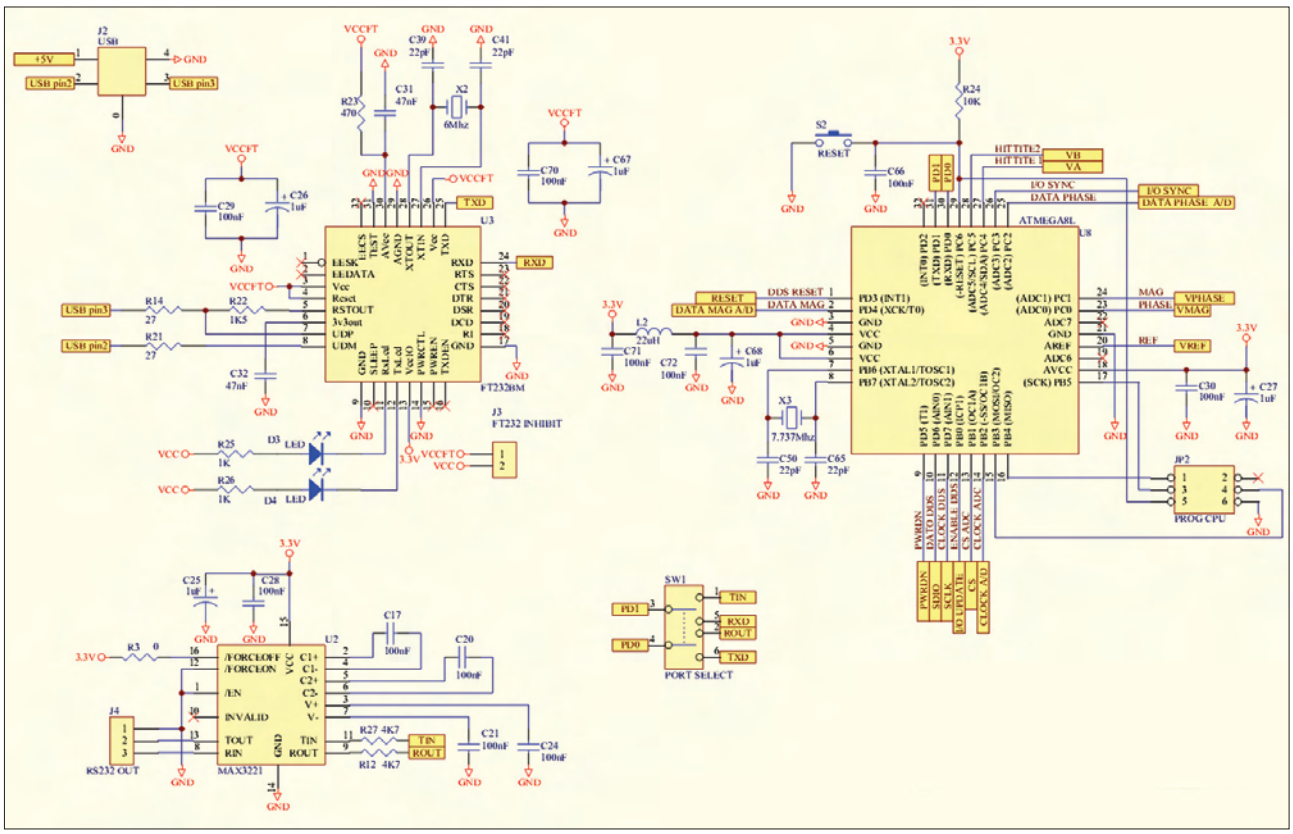
V přístroji je dále jednočipový mikropočítač *Atmega8L*, fungující jako rozhraní mezi obvodem kmitočtového syntezátoru (DDS) a USB konvertorem.



Vstupní a výstupní obvody analyzátoru antén miniVNA



Detailní obrázek vývodů pro případný sériový port RS232. Potřebné 3 vývody (TX, RX a GND) jsou na označených kolíčkách, přepínač přepíná mezi režimy USB a RS232



Jednočipový mikropočítač ATMega8L (vpravo) zajišťuje komunikaci mezi měřicími obvody a připojeným počítačem, obvod MAX3221 (vlevo dole) upravuje sériové výstupy RS232 a obvod FT232BM převádí sériový signál RS232 na USB

CPU přijímá přes USB (popř. RS232) příkaz k rozmítání signálu a posílá zpět do počítače naměřené hodnoty ze dvou A/D konvertorů (které snímají hodnoty amplitudy a fáze měřeného signálu) pro každý vzorek měření (tj. pro každý kmitočet daný nastavenými odstupy v celém měřeném rozsahu).

Přes USB se posílají sériové signály standardní pro běžný přenos sériového portu. V počítači se proto za tím účelem vytvoří virtuální sériový port na USB portu.

Pro případ použití kapesního počítače (PDA), ke kterému nelze připojit USB zařízení ale zato má vstup pro sériovou linku, jsou potřebné vývody (RX, TX, GND) na předepsaných napěťových úrovních k dispozici uvnitř krabičky přístroje (viz obrázek na vedlejší stránce). Pro jeho použití je pak zapotřebí přepnout zabudovaný přepínač z polohy USB do polohy RS232.

Pokud je měřená anténa od počítače příliš vzdálena, lze použít některý z bezdrátových adaptérů pro přenos signálů sériového portu – na trhu jsou k dispozici typy využívající přenos přes WLAN (bezdrátová počítačová síť) nebo technologie Bluetooth.

Typy měření

Přístroj používá v zásadě dva typy měření – měření odraženého signálu a měření přenosu.

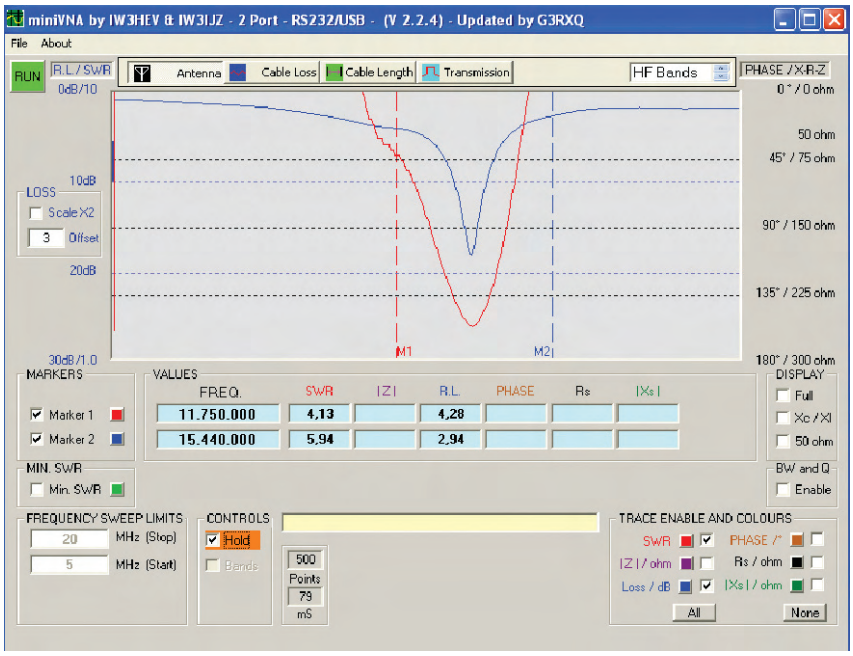
Měření odrazu (*reflection mode*)

Používá se pro měření antén (zvolí se tlačítkem *Antenna*). Po připojení antény k přístroji lze v okně programu odečítat hodnoty ztrát odrazem, reálné i imaginární složky impedance, koeficient a fázi odrazu ad.

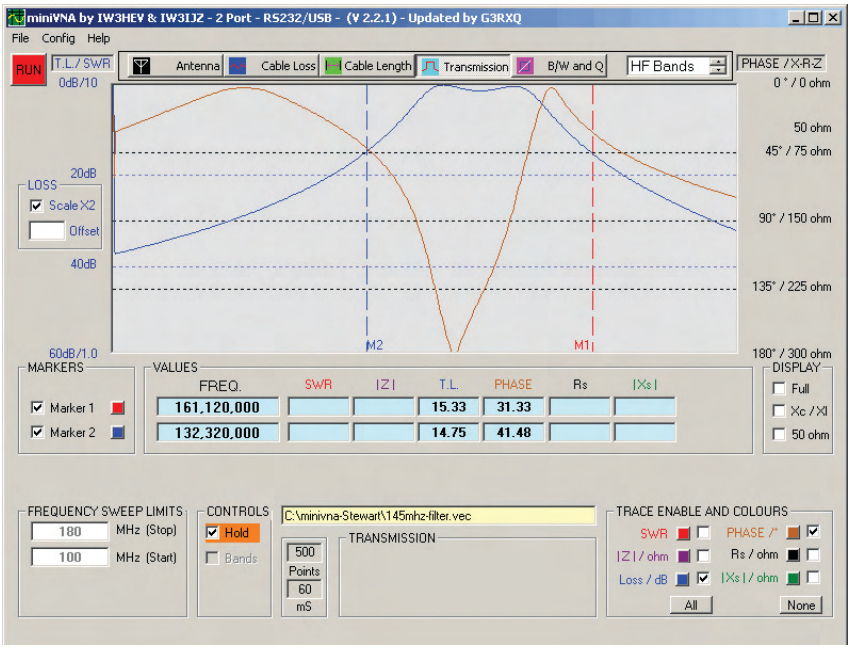
Měření přenosu (*transmission m.*)

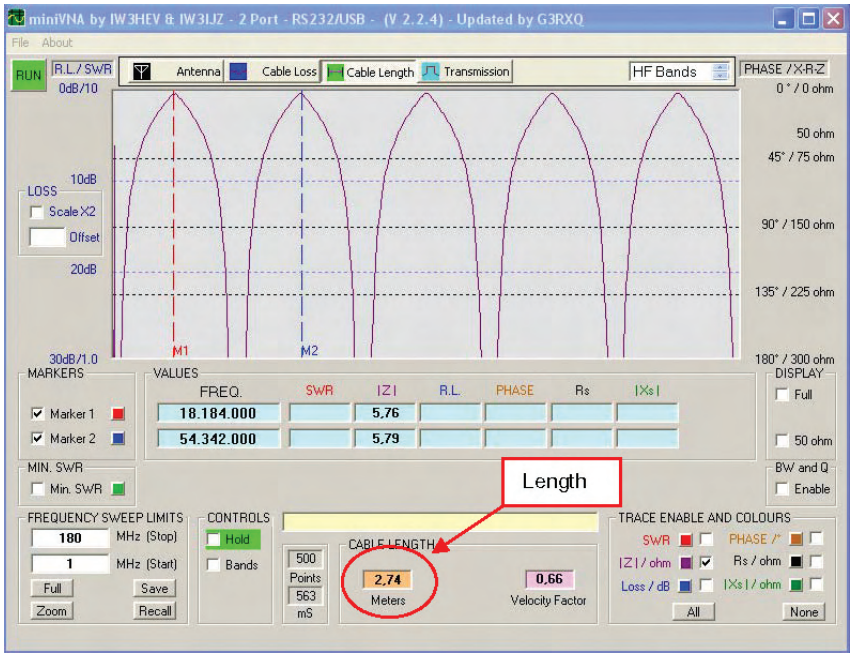
Používá se pro měření filtrů, krystalů, útlumových článků ap. Měřený obvod se připojí mezi oba konektory BNC – z konektoru *DUT* se na obvod přivádí signál z kmitočtového syntezátoru se zvoleným kmitočtem a na vstupu *DET* se měří odezva filtru (obvodu). Dynamický rozsah je asi 50 dB (ve dvou rozsazích do 30 a do 60 dB).

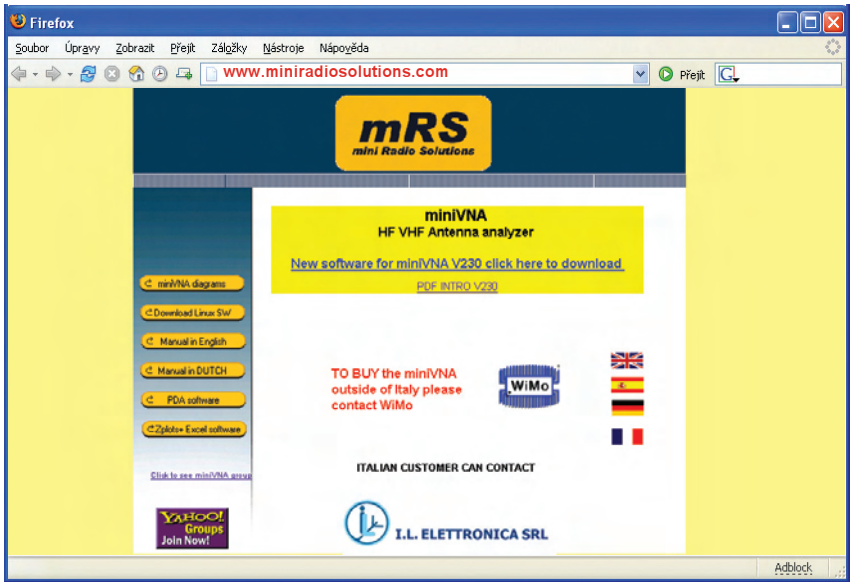
Při měření elektrické délky kabelu se kabel připojí mezi oba konektory, v okně grafického průběhu přenosu se nastaví značky na dva sousední „peaky“ (maximální hodnoty) a pod grafem se pak zobrazí elektrická délka kabelu a jeho zkracovací koeficient.



Měření impedance a SWR antény, připojené do konektoru DUT (na obrázku je příklad výsledků měření antény LOOP pro radioamatérské pásmo 14 MHz)

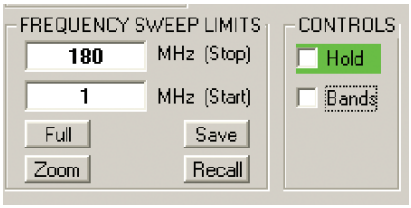




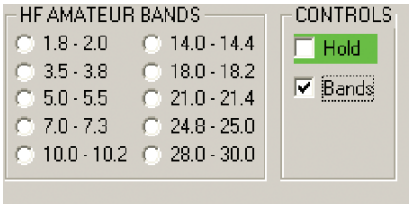


Nastavení kmitočtů

Jak bylo uvedeno, obvody kmitočtového syntezátoru (DDS) přístroje *miniVNA* fungují při měřeních jako rozmítaný generátor v nastaveném rozsahu kmitočtů. Krajní kmitočty (mezi nimiž je kmitočet rozmítán) se dají nastavit buď přímo číselně, nebo se z připravené tabulky vybere požadované radioamatérské pásmo.



Nastavení rozmezí měřicích kmitočtů



Výběr měřicích kmitočtů z tabulky radioamatérských pásem

Ukázky výstupů měření (vlevo)

Na horním obrázku vidíte měření přenosové charakteristiky filtru, připojeného mezi vstupy DUT a DET (konkrétně jsou zde výsledky měření pásmového filtru pro radioamatérské pásmo 144 až 146 MHz – nastavený rozsah měřicích kmitočtů je 132 až 161 MHz).

Na dalším obrázku je měření elektrické délky souosého kabelu (záložka *Cable Lenght*). V grafu se nastaví značky M1 a M2 na dva sousední vrcholy zobrazených křivek, v okénkách uprostřed dole jsou zobrazeny změřená elektrická délka (2,74 m) a zkracovací koeficient (0,66).

Software

Nejnovější verzi obslužného softwaru si lze stáhnout z webu výrobce *www.miniradiosolutions.com* v souboru *miniVNAXXX.zip* (kde *XXX* je číslo aktuální verze).

Dále je zapotřebí program pro vytvoření virtuálního sériového portu na USB portu počítače. Lze ho stáhnout např. z webu výrobce použitého (a nejrozšířenějšího) čipu pro USB porty (FTDI232BM) na internetové adrese *www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm* (pro operační systém použitého počítače).

Podrobná instalace softwaru je popsána v návodu k přístroji.

Přístroj *miniVNA* vyrábí malá italská firma *mini Radio Solutions* (viz web vlevo). Pro radioamatéry zajišťuje jeho prodej německá firma *WiMo*, na našem trhu si lze *miniVNA* objednat na webu *www.fccps.cz* za 7800 Kč vč. DPH.