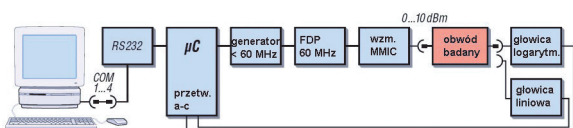


Uniwersalny przyrząd pomiarowy w. cz.

# Analizator obwodów NWT7 (1)

Analizatory obwodów stały się uniwersalnymi przyrządami pomiarowymi w laboratoriach konstruktorów urządzeń radiotechnicznych, a dzięki postępowi techniki wkraczają powoli także do domowych warsztatów radioamatorów. Konstrukcji analizatorów dostępnych dla przeciętnego krótkofalowca poświęcił się od wielu lat niemiecki radioamator Bernd Kernbaum DK3WX.



Rys. 1. Schemat blokowy analizatora obwodów

## Literatura i adresy internetowe

- [1] „Neues vom Netzwerktester“, B. Kernbaum, DK3WX, „Funkamateureur“ 11/2002 str. 1136-1139 i 12/2002 str. 1242-1245.
- [2] „Bausatz Netzwerktester FA-NWT“, N.Graubner, DL1SNG, G. Borchert, DF5FC, „Funkamateureur“ 10/2006 str. 1154-1157 i 11/2006 str. 1278-1282
- [3] „Neues vom Netzwerktester“, „Funkamateureur“ 9/2005 str. 935
- [4] [www.funkamateureur.de](http://www.funkamateureur.de)
- [5] [www.swiatradio.com.pl](http://www.swiatradio.com.pl)
- [6] Plik pomocy NWT7. hlp zawarty w archiwum NWT7Zip.zip
- [7] Instrukcja montażowa dostępna pod adresem [4] po niemiecku („Aufbauhinweise.doc“) i pod adresem [5] po polsku (w tłum. OE1KDA).
- [8] „Direktmischer für den KW-Synthesizer“, W. Schneider, DJ8ES, UKW Berichte 1/2000 str. 46-49
- [9] „LinNWT und WinNWT – Software zum FA-Netzwerktester“, A. Lindenau, DL4JAL, „Funkamateureur“ 1/2007 str. 158
- [10] [www.dl4jal.de](http://www.dl4jal.de)
- [11] [www.miniRadioSolutions.com](http://www.miniRadioSolutions.com)
- [12] [ac6la.com/zplots.html](http://ac6la.com/zplots.html)
- [13] [www.wimo.com/messtechnik\\_d.htm#minivna](http://www.wimo.com/messtechnik_d.htm#minivna)

Jedną z jego konstrukcji, która zyskała szersze powodzenie, jest NWT7 (niem. Netzwerktester) opisany w numerach 11 i 12/2002 miesięcznika „Funkamateureur“ (FA) [1]. W rozwiązaniu tym zastosowano klasyczne i stosunkowo łatwo dostępne elementy elektroniczne, dzięki czemu nadaje się ono dobrze do samodzielnej konstrukcji. Od czasu opublikowania pierwszego artykułu powstała kolejna udoskonalona konstrukcja pn. NWT9 (FA-NWT), w której dzięki zastosowaniu elementów do montażu powierzchniowego – SMD – oraz syntezer nowszego typu uzyskano rozszerzenie zakresu pracy do 160 MHz. Opisany w poz. [2] analizator jest dostępny w postaci zestawu konstrukcyjnego w sklepie internetowym pisma [4]. Na początek zajmijmy się jednak rozwiązaniem pierwszym.

## Zasada pracy analizatora

Zasadę pracy analizatora przedstawiono w uproszczeniu na rys. 1. Składa się on z generatora sygnału w.c., detektorów pomiarowych i sterującego ich pracą mikrokontrolera. W generatorze w.c. zastosowano syntezer cyfrowy – DDS – typu AD-9851 (lub AD9850), filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości granicznej 60 MHz eliminujący składowe pasożytnicze i scalony wzmacniacz mikrofalowy MSA0886 dostarczający mocy wyjściowej 10 dBm (10 mW; 0,7 Vsk na 50 Ω). Sygnał wyjściowy z generatora jest podawany na wejście układu badanego, a sygnał otrzymywany na jego wyjściu mierzony za pomocą detektorów o charakterystyce logarytmicznej (obwód AD 8307) lub

liniowej (AD8361). Generator pracuje w trybie przemiatania w zakresie wybranym przez użytkownika lub na dowolnej stałej częstotliwości w zakresie 100 kHz–60 MHz.

Zadaniem mikrokontrolera (16F876) jest sterowanie częstotliwością pracy generatora, przetwarzanie na postać cyfrową wyników pomiaru (napięcia stałego z wybranego detektora) i komunikacja – poprzez złącze RS-232 – z programem sterującym i wyświetlającym wyniki na komputerze PC.

Generator w.c. pracuje w zakresie od prawie zerowej częstotliwości do 60 MHz (lub do 35 MHz dla AD9850), przy czym o dolnej częstotliwości granicznej decydują pojemności kondensatorów sprzęgających, które w razie potrzeby można powiększyć do jej obniżenia. Dla pojemności podanych na schemacie wynosi ona 100 kHz. Górna częstotliwość graniczna jest natomiast zależna od wewnętrznej częstotliwości zegarowej syntezy i pożądanej czystości sygnału wyjściowego. Częstotliwość zegarowa syntezy wynosi 180 MHz i jest uzyskiwana przez sześciokrotne powielenie częstotliwości kwarcowego generatora wzorcowego. Dla częstotliwości wyjściowej nieprzekraczającej 1/3 częstotliwości zegarowej uzyskuje się poziom składowych pasożytniczych poniżej –50 dBc (w stosunku do fali nośnej). Amplituda sygnału wyjściowego zmienia się w funkcji częstotliwości według zależności  $\sin(x)/x$ , a kompensacja tej charakterystyki częstotliwościowej byłaby dosyć skomplikowana jak na urządzenie amatorskie. W praktyce amatorskiej jednak nawet bez kompensacji uzyskuje się dostatecznie wiarygodne wyniki.

Zastosowany w detektorze logarytmicznym obwód AD8703 pracuje wystarczająco dokładnie w szerokim zakresie amplitud (80 dB) pomimo prostoty układu. Oprócz tego

analizator jest wyposażony w detektor liniowy umożliwiający dokładniejsze pomiary charakterystyk przenoszenia filtrów (ich niewielkie zafalowania nie byłyby widoczne w skali logarytmicznej). Oporności, wyjściowa generatora i wejściowe obydwu detektorów, wynoszą 50 Ω.

Program obsługi analizatora pracuje w środowiskach Windows 95, 2000 i XP a jego główne okno jest wzorowane na płycie czołowej oscyloskopu dzięki czemu użytkownik od początku czuje się swojsko.

## Pomiary

Jak wynika ze schematu blokowego, jednym z podstawowych rodzajów pomiarów są pomiary charakterystyk przenoszenia badanych układów, takich jak filtry (kwarcowe lub LC) albo rezonatory kwarcowe i oczywiście ich strojenie. Znajomość częstotliwości rezonansowej i szerokości charakterystyki przenoszenia obwodów LC pozwala na pośredni

## Parametry analizatora NWT7

### Zasilanie

- Napięcie: 12–15 V
- Pobór prądu: < 250 mA
- Sygnał w.c.
- Zakres częstotliwości: 100 kHz do 60 MHz
- Krok strojenia: dowolny powyżej 1 Hz
- Moc wyjściowa: ≤ 10 dBm (0,7 V @ 50 Ω)

### Detektor logarytmiczny

- Zakres częstotliwości: 100 kHz do 500 MHz
- Maks. moc wejściowa: +15 dBm (1,2 V)
- Zakres dyn.: 80 dB

### Detektor liniowy

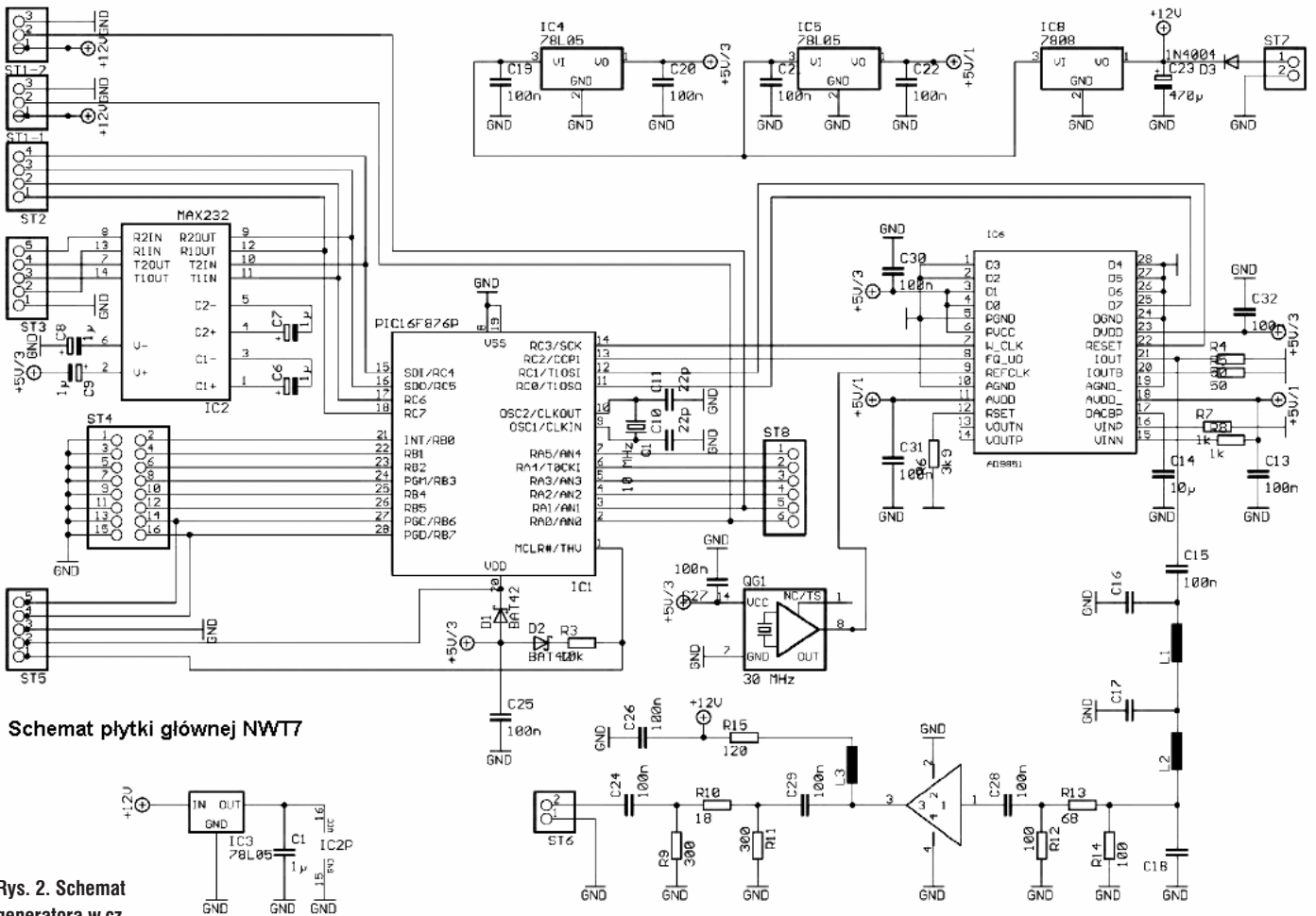
- Zakres częstotliwości: 100 kHz do 500 MHz
- Maks. moc wejściowa: +9 dBm (660 mV)
- Zakres dyn.: ok. 30 dB

### Wymagania komputera

- System operacyjny Windows 95, 2000, XP, DOS (w ograniczonym zakresie)
- Częstotliwość zegarowa min. 500 MHz

### Funkcje dodatkowe

- Generator w.c., VFO, analiza wima w zakresie w.c.



Schemat płytki głównej NWT7

Rys. 2. Schemat generatora w.c.z.

pomiar indukcyjności lub pojemności obwodu oraz jego dobroci. Badanie charakterystyk i wzmocnienia układów aktywnych wymaga ewentualnego zastosowania tłumików zapobiegających przesterowaniu i uszkodzeniu detektorów. Przy użyciu dodatkowego układu mostkowego analizator może być zastosowany do pomiarów dopasowania anten lub innych dowolnych dwójników w szerokim zakresie częstotliwości. Przedstawione dalej dodatkowe układy pozwalają na zastosowanie go jako prostego analizatora widma albo miernika parametrów kwarców.

Generator w.c.z. można też użyć jako VFO, heterodyny odbiornika, wzбудnicy do badania układów nadawczych lub kalibratora częstotliwości. Wykorzystanie harmonicznych sygnału wyjściowego pozwala też (po wymianie filtru dolnoprzepustowego na pasmowy) na dokonywanie pomiarów w zakresie UKF.

### Opis układu

Sercem analizatora (rys. 2) jest syntezer cyfrowy (DDS) typu AD9851 firmy Analog Devices wytwarzający sygnały sinusoidalne stabilizowane kwarcem. O stabilności ich częstotliwości decyduje stabilność

generatora podstawy czasu QG1 – jest to generator TTL w hermetycznej obudowie metalowej, z gatunku stosowanych często w układach komputerowych. Częstotliwość pracy QG1 może odbiegać nieco od przestawionej na schemacie częstotliwości 30 MHz, ponieważ w oprogramowaniu przewidziano możliwość uwzględnienia poprawki.

Częstotliwość wyjściowa syntezy jest zadawana przez mikrokontroler (IC1) za pomocą 32-bitowego słowa sterującego. Teoretycznie może ona leżeć nawet w zakresie miliherców, ale w oprogramowaniu ograniczono rozdzielczość do 1 Hz. Sygnał wyjściowy syntezy jest podawany poprzez filtr dolnoprzepustowy L1, L2, C16, C17, C18 i tłumik R12-R14 na wejście wzmacniacza IC7. Wartość tłumienia powinna leżeć w zakresie 3–10 dB (opornik R13 należy dobrać w trakcie uruchamiania układu, tak aby uzyskać możliwie czystą sinusoidę na wyjściu). Dodatkowo tłumik zapewnia też obciążenie filtru dolnoprzepustowego opornością 50 Ω. Wzmacniacz dostarcza wzmocnienia 20 dB i jest obciążony kolejnym 50-omowym tłumikiem, którego zadaniem jest izolacja jego wyjścia od wpływów obciążenia.

Obwód MAX2232 służy do dopasowania poziomów logicznych złącza RS232 do logiki 5-woltowej i odwrotnie. Sygnały ze złącza szeregowego są następnie podawane na nóżkę 18 mikrokontrolera typu PIC16F876-20. Szybkość transmisji w złączu szeregowym wynosi standardowo 57600 bit/s. Otrzymane z PC dane sterujące są przekazywane następnie z wyjścia RC0 (n. 11) mikrokontrolera do obwodu syntezy (n. 25). Transmisja danych do syntezy odbywa się synchronicznie, a niezbędny w tym celu sygnał zegarowy (W\_CLK) jest otrzymywany na n. 14 obwodu PIC. Po zakończeniu transmisji na nóżce 13 generowany jest impuls FQ\_DU powodujący przejście danych przez syntezer.

Użycie syntezy AD9850 lub zastosowanie różniacej się podstawy czasu wymaga zmiany częstotliwości granicznej filtru dolnoprzepustowego. Elementy filtru dla niektórych częstotliwości granicznych są podane w tabeli 1.

Zastosowany we wzmacniaczu wyjściowym (IC7) scalony obwód mikrofalowy – MMIC – MSA0886 może dostarczyć maksymalnej mocy 12 dBm, a więc dla 10 dBm pracuje on

### Literatura i adresy internetowe, cd.

- [14] „miniVNA auf dem Labortisch”, K. Fischer, DLSMEA, Funkamateure 2/2007 str. 139 – 141
- [15] „mini VNA – der kleinste Netzwerkanalysator der Welt”, T. Kimpfbeck, DO3MT, CQ-DL 2/2007 str. 95-97
- [16] „Ergänzung zum Beitrag, mini VNA auf dem Labortisch”, dost. w witrynie [4]
- [17] krzysztof.dabrowski@brz.gv.at – adres OE1KDA

Tab. 1. Elementy filtrów dolnoprzepustowych

f[MHz]	60	35	25
L1, L2 [μH]	0,18	0,31	0,44
Zw. L1, L2@T20-6*	9	12	14
Zw. L1, L2@T37-6*	8	10	16
C16, C18 [pF]	60	100	150
C17 [pF]		100	180

\*Rdzenie T20-6 lub T37-6 firmy Amidon, żółte

Tab. 2. Wyprowadzenia na złączu szeregowym

Gniazdo D9	Sygnal	MAX232	wtyk ST3
nóżka 3	TxD	nóżka 13	nóżka 2
n. 2	RxD	n. 14	n. 3
n. 7	RTS	n. 8	n. 5*
n. 7	CTS	n. 7	n. 4*
n. 5	masa	n. 15	n. 1

\*nieużywane

Tab. 3. Parametry konfiguracyjne PIC

Wejście	Znaczenie	Otwarcie	Zwarcie do masy
RB0	Typ syntezy	AD9851	AD9850
RB1	Takt PIC	10 MHz	4 MHz
RB2	Szybk. transm.	57600*	38400*
		19200+	9600+
RB3	Oprogramow.	standard	program ładujący

\* dla częstotliwości zegarowej 10 MHz  
+ dla częstotliwości zegarowej 4 MHz

już w pobliżu granicy swoich możliwości i z tego względu konieczne jest zasilanie go napięciem 12–15 V. Prąd zasilania wzmacniacza wynosi 35 mA. Korzystniejszym ale droższym rozwiązaniem jest użycie wzmacniacza o maksymalnej mocy 19 dBm, takich jak MAR8, MAV11, ERA4 albo ERA5. Konieczne jest wówczas także dopasowanie poziomu ich wysterozenia (dobór oporności R13). Przyjęty przez konstruktora poziom sygnału pozwala na dobre wykorzystanie zakresu dynamiki detektorów.

Diody D1, D2 i opornik R3 w obwodzie zasilania procesora i polary-

zacji wejścia MCLR umożliwiają programowanie procesora bez wyjmowania go z układu poprzez złącze ST5. Mikrokontroler można też umieścić w podstawce i wyjmować go do programowania – diody D1 i D2 można wówczas zastąpić zworami z drutu.

Gniazda ST1-1 i ST1-2 służą do podłączenia detektorów logarytmicznego i liniowego, a pozostałe ST2, ST4 i ST8 są przewidziane do przyszłych uzupełnień.

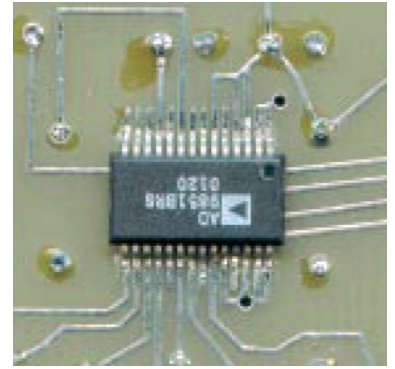
Generator QG1 oraz obwody scalone IC1 i IC6 są zasilane napięciem stabilizowanym 5 V poprzez stabilizatory IC4 (dla obwodów cyfrowych) i IC5 (dla części analogowej syntezy), natomiast wzmacniacz IC7 jest zasilany napięciem niestabilizowanym 12–15 V. Ze względu na znaczną różnicę napięcia stabilizatory 5-woltowe są zasilane przez dodatkowy stabilizator 8 V, dzięki czemu uzyskano podział mocy traconej w stabilizatorach i uproszczenie ich chłodzenia. MAX232 jest zasilany przez oddzielny stabilizator IC3.

**Pomiarowy detektor logarytmiczny**

Detektor logarytmiczny (rys. 5) prostuje sygnał mierzony w zakresie –65 do +15 dBm i dostarcza na wyjściu napięcia stałego leżącego w zakresie 0,5–2,6 V. Jest ono następnie przez wtyk ST1-1 doprowadzone do 10-bitowego przetwornika analogowo-cyfrowego zawartego w obwodzie mikrokontrolera (RA0, n. 2). Oprogramowanie analizatora pozwala na wybór dokładności 8-lub 10-bitowej i kalibrację detektora.

**Pomiarowy detektor liniowy**

Dodatkowy detektor liniowy (rys. 6) pracuje na obwodzie AD-

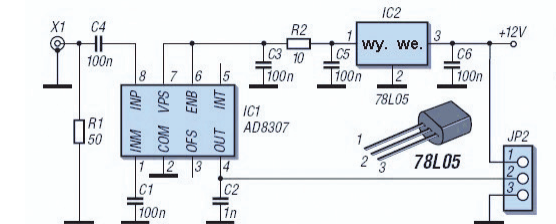


Fot. 1. Prawidłowe położenie obwodu AD9851

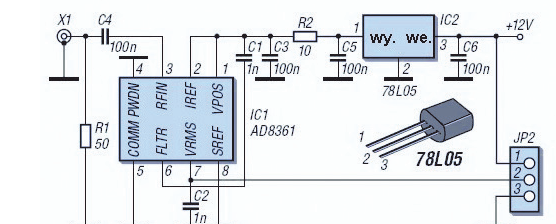
-8361 i dla wejściowych napięć leżących w zakresie 0–0,8 Vsk dostarcza napięcia stałego od 0–5 V. Napięcie to jest podawane poprzez wtyk ST1-2 na wejście analogowe mikrokontrolera (RA1, n. 3). Wybór detektora jest dokonywany programowo, a więc oba mogą być stale podłączone do układu analizatora. Można także dla uproszczenia zrezygnować z detektora liniowego i poprzestać na logarytmicznym.

**Konstrukcja**

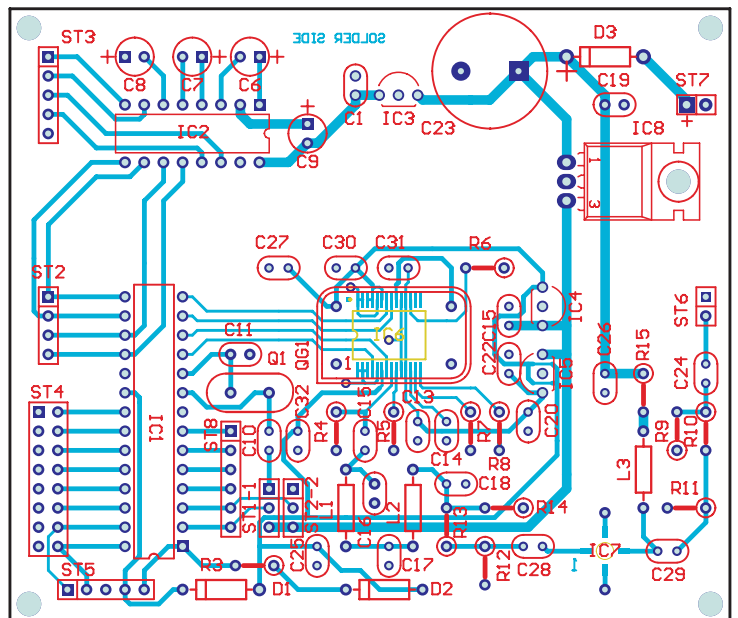
Konstrukcja przyrządu składa się z trzech obwodów drukowanych. Pierwszy z nich (płytką główną – rys. 6) zawiera przedstawiony na schemacie z rys. 2 układ generatora wraz z procesorem sterującym, a oba detektory są zmontowane na dwóch identycznych niewielkich płytkach drukowanych. Płytki wykonane są z dwustronnego laminatu, po jednej stronie znajdują się ścieżki, a druga z nich stanowi masę. Wszystkie elementy poza obwodami scalonymi w obudowach SMD są umieszczone po stronie masy, a otwory dla ich wy-



Rys. 4. Schemat detektora logarytmicznego na obwodzie AD8307

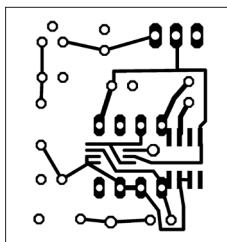


Rys. 5. Schemat detektora liniowego na obwodzie AD8361



Rys. 6. Płytką drukowaną generatora w skali 1:1, laminat dwustronny, druga strona stanowi masę. Po stronie ścieżek przylutowane są obwody IC6 i IC7 a pozostałe po stronie masy





**Rys. 7. Płytką drukowaną, laminat dwustronny, druga strona – montażowa – stanowi masę**

przewodzeń należy nawiercić tak aby nie dochodziło do zwarcia z masą.

Obwody syntezy i detektora liniowego są dostępne jedynie w obudowach SMD, natomiast pozostałe elementy – w postaci klasycznej. Elementy są rozmieszczone na płytkach drukowanych dosyć luźno i ich montaż nie powinien przysporzyć większych kłopotów, jedynie wlutowanie obwodów SMD wymaga szczególnej staranności. Montaż elementów należy rozpocząć właśnie od nich. Po starannym umieszczeniu obwodu na płytce należy przylutować dwa wyprowadzenia leżące po przekątnej i dopiero po sprawdzeniu prawidłowości ułożenia obwodu można przystąpić do przylutowania pozostałych kontaktów (fot. 1), stosując niewielkie ilości cyny (ścieżki powinny być już uprzednio pocynowane). Przed przylutowaniem należy je docisnąć do płytki za pomocą igły lub szpilki.

Obwód mikrokontrolera najlepiej umieścić w podstawce, ponieważ ułatwia to jego programowanie na dowolnym programatorze. Mikrokontroler może być także programowany bez wyjmowania z układu, ale wymaga to sporządzenia specjalnego kabla. Sposób programowania mikrokontrolera w układzie jest podany w instrukcji montażowej [7].

Obwód scalony AD8307 jest dostępny zarówno w obudowie klasycznej, jak i obudowie SMD, dlatego też na płytce drukowanej detektora znajdują się ścieżki dla obu wariantów. Punkty lutownicze dla AD8361 są umieszczone wewnątrz obrysu AD8307. Poza tym oba detektory różnią się jedynie podłączeniem kondensatorów C1 i C2 oraz pojemnością C1.

Obie płytki detektorów (rys. 7) należy przylutować bezpośrednio do gniazdek BNC. W połączeniach detektorów z płytką główną występują sygnały stałoprądowe dlatego też sposób wykonania i ich długości nie są krytyczne.

Pobór prądu przez płytkę główną wynosi od 150 do 230 mA, a generator bez połączenia z PC pracuje domyślnie na częstotliwości 1,8 MHz.

Do połączenia analizatora z komputerem służy zwykły trójżyłowy kabel RS232 (bez połączenia sygnałów synchronizujących transmisję danych).

Rysunki płytek drukowanych i oprogramowanie analizatora (autorstwa DK3WX) są dostępne w Internecie w witrynach FA [4] oraz „Świata Radio” [5] w postaci archiwów Platinen.zip i NWT7zip.zip.

Szczegółowy opis montażu i uruchamiania analizatora jest zawarty w instrukcji montażowej [7]. Wszystkie wymienione dodatkowe pliki można także otrzymać pocztą elektroniczną od OE1KDA [17].

**na podstawie  
„Funkamateura” 11,12/2002  
opracował  
Krzysztof Dąbrowski OE1KDA**

## Oprogramowanie

Oprogramowanie analizatora składa się z dwóch zasadniczych części: programu dla mikrokontrolera PIC 16F876 i programu dla komputera PC. Pierwsza z nich jest zawarta w pliku NWT7.hex (kod źródłowy – w NWT7.asm) w archiwum NWT7zip.zip. Zadaniem programu jest komunikacja z komputerem, sterowanie syntezerem i przetwarzanie wyników pomiaru na postać cyfrową. Parametry transmisji (tabela 3) są ustalane za pomocą zworek na wtyku ST4 przy czym domyślnie wszystkie kontakty mogą pozostać otwarte.

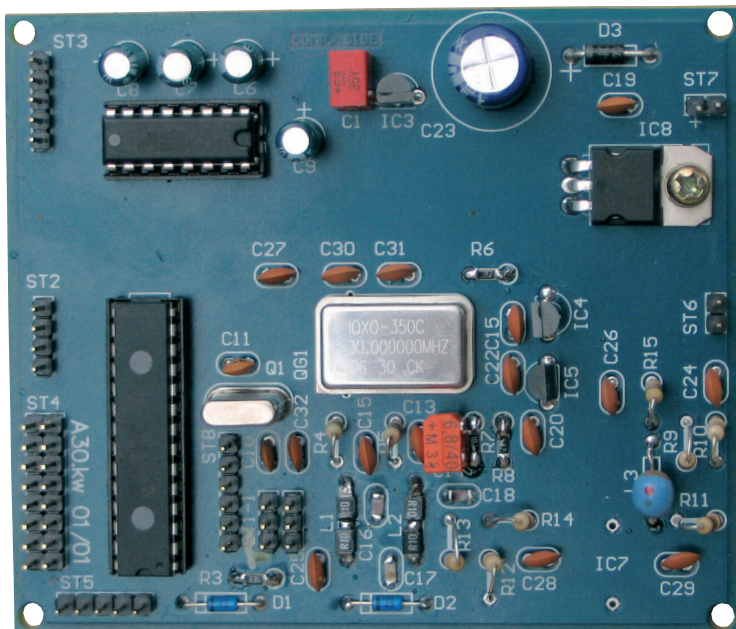
Oprogramowanie dla komputera PC (plik NWT73.exe w archiwum NWT7zip.zip) jest napisane w języku Delphi 4 i pracuje w środowiskach Windows 95, 2000 i XP. Wymaga ono co najmniej rozdzielczości obrazu na ekranie wynoszącej 800 x 600 punktów przy czym sam wykres wyników zajmuje powierzchnię 640 x 480 pkt. Wygląd okna głównego jest wzorowany na płycie czołowej oscyloskopu dzięki czemu znalezienie większości funkcji nie wymaga długiego studiowania instrukcji.

Parametry konfiguracyjne programu są zapisywane w plikach \*.cfg, domyślnie jest to nwt7.cfg. Należą do nich nie tylko ustawienia częstotliwości ale także i poprawki kalibracyjne.

Funkcje przycisków i menu są opisane w pliku pomocy (w języku niemieckim). Kolory wykresu i tła są zależne od ustawień systemowych Windows. Liczba wyświetlanych na ekranie punktów pomiarowych jest ograniczona do 300 jednak autor zaleca korzystanie z liczby podzielnych przez 40 dlatego też domyślnie przyjęte jest 280 punktów.

## Uruchomienie przyrządu

Przed rozpoczęciem pierwszych pomiarów należy wywołać program NWT73.exe bez podłączenia analizatora i wprowadzić w nim podstawowe dane konfiguracyjne takie jak wybór złącza COM, szybkości transmisji, dokładności pomiaru itp. Dla komputerów o częstotliwości zegarowej powyżej 500 MHz zalecane jest korzystanie z maksymalnej szybkości transmisji a jako dokładność pomiaru można przyjąć 10 bitów. Na komputerach wolniejszych może okazać się konieczne ograniczenie dokładności do 8 bitów i ewentualnie także obniżenie szybkości transmisji danych. Zmiana szybkości transmisji wymaga



**Fot. 2. Główna płytką drukowaną, do nabycia w najbliższym czasie w sklepie AVT**

także odpowiedniego ustawienia zwieraczy na płycie głównej analizatora. Wybrane parametry konfiguracyjne należy następnie zapisać na dysku korzystając z menu „Datei/Speichern” („Plik/zapisz”). Po zamknięciu programu można już podłączyć analizator do wybranego złącza szeregowego i ponownie wywołać program, który powinien wówczas nawiązać kontakt z analizatorem.

Przed rozpoczęciem pomiarów konieczne jest przeprowadzenie kalibracji głowic detektorowych. Charakterystyka detektora AD8307 jest w przybliżeniu liniowa w szerokim zakresie – 80 dB dlatego też kalibracja dwupunktowa zapewnia dokładność wystarczającą do większości pomiarów amatorskich.

Do przeprowadzenia kalibracji służy menu „Kalibrieren/Durchgangsmessung” („Kalibracja/Charakterystyka przenoszenia”). W pierwszym kroku wymagane jest doprowadzenie do wejścia detektora sygnału tłumionego o 80 dB. Ponieważ jest to jednocześnie dolna granica czułości detektora wystarczy w tym przypadku pozostawienie otwartego wejścia. Wynik wyświetlany na ekranie znajduje się w pobliżu podziałki -80 dB. W następnym kroku do wejścia detektora powinien zostać doprowadzony niestłumiony sygnał z generatora (wejście detektora łączymy bezpośrednio z wyjściem generatora). Wyniki wyświetlane na ekranie w trakcie pierwszego pomiaru kalibracyjnego mogą być oparte o poprzednie ewentualnie błędne poprawki dlatego też ich prawidłowość należy potwierdzać dopiero w trakcie drugiego pomiaru, kiedy analizator pracuje już w stanie ustalonym. Po zakończeniu kalibracji należy zapisać poprawki na dysku posługując się menu „Datei/Speichern” („Plik/zapisz”).

Po zakończeniu kalibracji można już rozpocząć pomiary. W zakresie od -50 dB do 0 wartości mierzone są zgodne z podziałką na skali a poniżej dokładność jest wprawdzie gorsza ale i tak wystarczająca do celów amatorskich.

**Tab. 4. Wartości oporników służących do kalibracji pomiaru WFS**

R [Ω]	WFS
50	1
45,5 lub 55	1,1
42 lub 60	1,2
39 lub 65	1,3
33 lub 75	1,5
25 lub 100	2,0
17 lub 150	3,0

### Pomiar charakterystyki przenoszenia filtru

Na fot. 2 i 3 przedstawiony jest przykładowy wynik pomiaru filtru na pasmo 30 m przyprowadzony przy użyciu głowic logarytmicznej i liniowej. Połączenie filtru z analizatorem jest identyczne jak na rys. 1 tzn. do jego wejścia jest doprowadzony sygnał w.cz. z generatora a na jego wyjście jest włączony wybrany detektor pomiarowy. W trakcie strojenia filtru przebieg krzywej na ekranie powinien ulegać odpowiednim zmianom. Użytkownik może wprowadzić dla wybranej częstotliwości znacznik na ekranie i przesuwać go w miarę potrzeby posługując się klawiszami „+” i „-”. Oprócz tego możliwe jest wprowadzenie dodatkowych znaczników odpowiadających np. granicom pasm amatorskich. Znaczniki te w maksymalnej liczbie dwudziestu są zapisane w pliku frequenz.cfg. Jest to plik tekstowy a więc jego zawartość można modyfikować za pomocą dowolnego edytora ASCII np. Notatnika Windows.

Do zakończenia pomiaru służy przycisk Stop. Menu „Datei/Diagramm drucken” („Plik/Wydruk wykresu”) pozwala na wydrukowanie otrzymanego wykresu lub zapisanie go na dysku. Widoczne na ekranie pozorne maksimum w pobliżu częstotliwości 5 MHz powstaje wskutek zawartości drugiej harmonicznej w sygnale generatora. Efektu tego nie można wprawdzie zlikwidować całkowicie ale można go zminimalizować dobierając odpowiednio wysterowanie wzmacniacza IC7 (opornik R13 w układzie tłumika na jego wejściu). Oporność R13 można w tym celu zwiększać aż do momentu, kiedy na wykresie nie zauważymy żadnej widocznej poprawy (powiększanie R13 powoduje wprawdzie obniżenie obu maksimum ale do pewnej granicy ich odstęp będzie się zwiększał). Pomimo optymalizacji sygnał generatora nie jest całkowicie wolny od harmonicznych i warto o tym pamiętać w trakcie pomiarów aby uniknąć błędnej interpretacji wyników.

### Pomiary dopasowania

Pomiar współczynnika fali odbitej wymaga użycia dodatkowego układu pomiarowego. Może to być sprzęgacz kierunkowy lub jak w przykładzie przedstawionym przez DK3WX mostek pomiarowy (rys. 9) połączony z wejściem detektora logarytmicznego. Pomiary przy użyciu mostka wymagają przeprowadzenia ponownej

kalibracji analizatora. Kalibracja jest przeprowadzana w dwóch etapach.

#### 1. Kalibracja dopasowania

Do wejścia X1 mostka należy podłączyć opornik 50 Ω i uzyskać na ekranie wykres leżący u dołu skali (WFS = 1). Następnie należy przeprowadzić pomiar dla wejścia zwartego lub rozwartego (WFS równy nieskończoności) i uzyskać wykres u góry skali.

#### 2. Skala dla wybranych wartości WFS

Podłączając do wejścia mostka oporniki o wartościach podanych w tabeli 4 uzyskujemy podane w niej wartości współczynnika fali stojącej co pozwala na skalibrowanie dodatkowych podziałek na skali. Teoretycznie podane w tabeli wartości współczynnika uzyskuje się zarówno dla oporności leżących powyżej jak i poniżej 50 Ω. W praktyce w trakcie kalibracji daje się zauważyć różnice dla obu przypadków spowodowane wpływem oporności wewnętrznej generatora. Idealny przypadek równości wyników występuje jedynie dla zerowej oporności wewnętrznej.

Do wykreślenia dodatkowych linii na wykresie służy menu „Kalibrieren/Linie” („Kalibracja/podziałka”). Teksty opisujące linię zmienia się za pomocą menu „Einstellungen/Optionen” („Konfiguracja/opcje”). Dopuszczalne jest wprowadzenie jedynie wartości liczbowych. Dla wartości ułamkowych np. WFS = 1,5 należy wpisać liczbę bez przecinka – w tym przykładzie 15. Po przeprowadzeniu kalibracji należy zapisać dane na dysku jak zwykle za pomocą menu „Datei/Speichern” („Plik/zapisz”). W przykładzie na fot. 4 wprowadzono trzy linie skali co wystarczyło do pomiaru szerokości pasma anteny dla wybranych wartości WFS.

### Analizator widma

NWT7 może być także wykorzystany w ograniczonym zakresie jako analizator widma. Do tego celu konieczne jest użycie dodatkowego układu – aperiodycznego odbiornika homodynamicznego, którego przykładowy schemat jest przedstawiony na rys. 10. Analizator pracujący w trybie przemiatania dostarcza sygnału heterodyny do odbiornika a jego sygnał wyjściowy po odfiltrowaniu przez filtr dolnoprzepustowy i wzmocnieniu jest podawany na detektor logarytmiczny. Pewną niedogodnością okazuje się w tym przypadku ograniczony zakres pracy analizatora pozwalający na pomiary zawartości harmonicznych w sygnale nadajnika jedynie w zakresie krótkofalowym.

Przystawka homodynowa jest wyposażona w dwa filtry dolnoprzepustowe o częstotliwościach granicznych 250 i 25 kHz. Każda ze składowych widma badanego sygnału jest odbierana (i wyświetlana na wykresie) dwukrotnie – poniżej i powyżej chwilowej częstotliwości heterodyny. Powstająca natomiast w momencie ich zgodności składowa stała nie dociera do wejścia detektora i nie jest wyświetlana na ekranie. Wykres wykazuje w tym miejscu wyraźne i łatwo rozpoznawalne minimum. Dla dokładnego przedstawienia widma krok przestrajania syntezerza musi być dużo mniejszy od szerokości pasma filtru.

Badanie widma w szerokim zakresie przestrajania wymaga włączenia w odbiorniku filtru o wyższej częstotliwości granicznej. Na szczegółowy pomiar w wąskim paśmie pozwala natomiast filtr o niższej częstotliwości granicznej. Przykład widma fali prostokątnej zmierzonego za pomocą NWT7 przedstawia fot. 4. Do kalibracji układu pomiarowego konieczne jest doprowadzenie do niego sygnału w.c.z. o znanych właściwościach. Praktycznym rozwiązaniem okazuje się doprowadzenie sygnału z generatora TTL np. o częstotliwości 1 MHz przez tłumik tak dobrany aby na 50  $\Omega$  wejściu odbiornika homodynowego uzyskać napięcie o wartości międzyszczytowej 1,12 V. Przebieg ten zawiera składową podstawową o mocy 10 dBm i znaczną liczbę nieparzystych harmonicznych.

### Generator w.c.z. lub VFO

Generator w.c.z. analizatora może służyć także jako generator sterujący nadajnika lub heterodyna w układach odbiorczych. W menu „Einstellungen/Zwischenfrequenz” („Konfiguracja/Częstotliwość pośrednia”) użytkownik może wprowadzić stosowaną w odbiorniku częstotliwość pośrednią co zwalnia go od konieczności obliczania częstotliwości heterodyny w trakcie odbioru. Do przestrajania heterodyny służą klawisze strzałek (w górę i w dół) lub klawisze funkcyjne. Przykład rozwiązania prostego odbiornika homodynowego przedstawiony jest m.in. w poz. [8].

Obecność składowych pasożytniczych w sygnale wyjściowym analizatora pozwala na dokonywanie pomiarów w zakresie UKF po zastąpieniu filtru dolnoprzepustowego przez filtr pasmowy. Przykładowo przy częstotliwości pracy generatora wynoszącej 36 MHz w jego sygnale wyjściowym znajduje się także składowa o częstotliwości 180 – 36 MHz czyli 144 MHz mająca jeszcze wystar-

czającą amplitudę. Wykorzystanie wyższych składowych, jak np. 2 x 180 + 36 MHz leżących w pobliżu pasma 70 cm wymaga zastosowania dodatkowego wzmacniacza selektywnego eliminującego inne, zbędne w tym przypadku składowe.

### Krótki przegląd pozostałych rozwiązań

Następcą NWT7 jest analizator FA-NWT [2] dostępny od końca 2006 roku w postaci zestawu konstrukcyjnego. Zastosowanie w nim scalonego syntezerza typu AD9951 o wewnętrznej częstotliwości zegarowej 400 MHz pozwoliło na rozszerzenie zakresu pomiarowego do 160 MHz a bardziej rozbudowane filtry dolnoprzepustowe – na uzyskanie większej czystości sygnału wyjściowego (-48 dBc poniżej 30 MHz, -40 dBc od 30 do 160 MHz). Dzięki kompensacji charakterystyki częstotliwościowej stałość amplitudy sygnału generatora wynosi w zakresie 70 kHz – 150 MHz +/- 0,5 dB a w zakresie 40 kHz – 160 MHz +0,5/-3 dB. Zastosowany w układzie szybki wzmacniacz operacyjny typu AD8000 dostarcza mocy 4 dBm (1 V wartości międzyszczytowej na 50  $\Omega$ ). Podobnie jak dla NWT7 dokładność pomiaru wynosi 10 bitów a wykresy wyników składają się z 280 punktów. Analizator jest wyposażony w detektory liniowy (AD8361) i logarytmiczny (AD8307) umieszczone w jego obudowie i połączone na stałe z wejściowym gniazdem BNC. Wyboru detektora dokonuje się wyłącznie programowo. Podobnie jak dla NWT7 pracą analizatora steruje mikrokontroler PIC 16F876-20, jest on jednak wyposażony w nowszą wersję oprogramowania. Oprócz nowej wersji oprogramowania dla komputera PC (NWT9.exe) istnieje także oprogramowanie autorstwa DL4JAL: LinNWT pracujące pod systemem Linux [9, 10] i WinNWT dla Windows. LinNWT współpracuje także z analizatorem NWT7.

Komunikacja analizatora z PC w wyposażeniu standardowym odbywa się poprzez złącze szeregowo ale jako uzupełnienie dostępny jest konwerter USB wraz z odpowiednimi sterownikami – możliwe jest więc podłączenie FA-NWT również do tego złącza.

W odróżnieniu od NWT7 tor w.c.z. zawiera wyłącznie elementy SMD ale w zestawie konstrukcyjnym FA są one już wlutowane.

Firma „mini Radio Solutions” [11, 13] wypuściła niedawno na rynek miniaturowy analizator oparty na konstrukcji IW4HEV i noszący na-

zwę miniVNA. Analizator ten pracuje w zakresie 100 kHz – 180 MHz i komunikuje się z PC za pośrednictwem złącza USB, przez które jest też zasilany. Jest on wyposażony we wbudowany sprzęgacz kierunkowy dzięki czemu pomiary dopasowania anten nie wymagają korzystania z pomocniczych układów jak w przypadku NWT. „miniVNA” posiada wprawdzie tylko detektor logarytmiczny (AD8302) ale w odróżnieniu od NWT pozwala on także na pomiary charakterystyk fazowych badanych obwodów (bez uwzględnienia jednak znaku fazy). W generatorze w.c.z. pracuje scalony syntezer cyfrowy typu AD9951 a za sterowanie jego pracą jest odpowiedzialny mikrokontroler Atmega8L wyposażony w 10-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy.

Miniaturowa konstrukcja spowodowała jednak, że układ elektryczny przyrządu jest znacznie uproszczony w porównaniu z obydwoma rozwiązaniami NWT. Sygnał wyjściowy z syntezerza jest podawany na filtr dolnoprzepustowy poprzez transformator w.c.z. co powoduje większe zmiany amplitudy w funkcji częstotliwości (trudno jest uzyskać liniową charakterystykę przenoszenia transformatora w tak szerokim paśmie). W torze generatora brakuje także wzmacniacza co owocuje obniżeniem mocy wyjściowej generatora do 1 mW (0 dBm) a zakresu dynamiki do 50 – 55 dB (w porównaniu z 80 dB dla NWT). Pomiary przeprowadzone przez autora poz. [14] wykazały, że odstęp składowych pasożytniczych od nośnej w zakresie powyżej 60 MHz wynosi tylko -30 dB a impedancja wejściowa detektora odbiega od standardowych 50  $\Omega$  [16].

Znajdujące się wewnątrz obudowy zworki pozwalają na alternatywne zasilanie analizatora z baterii i komunikację z komputerem za pośrednictwem złącza RS232. W tej konfiguracji analizator może komunikować się z komputerem także bezprzewodowo poprzez złącze Bluetooth co ułatwia prowadzenie pomiarów anten w plenerze.

Oprócz standardowego oprogramowania dla PC, oferującego zasadniczo podobne funkcje pomiarowe jak NWT dostępna jest także specjalnie opracowana przez AC6LA wersja programu ZPLOTS+ pozwalająca na wykreślenie przebiegu mierzonej impedancji na wykresie Smitha [12].

na podstawie „Funkamateur”  
opracował  
Krzysztof Dąbrowski OE1KDA



Uniwersalny przyrząd pomiarowy w. cz.

# Analizator obwodów NWT7 (2)

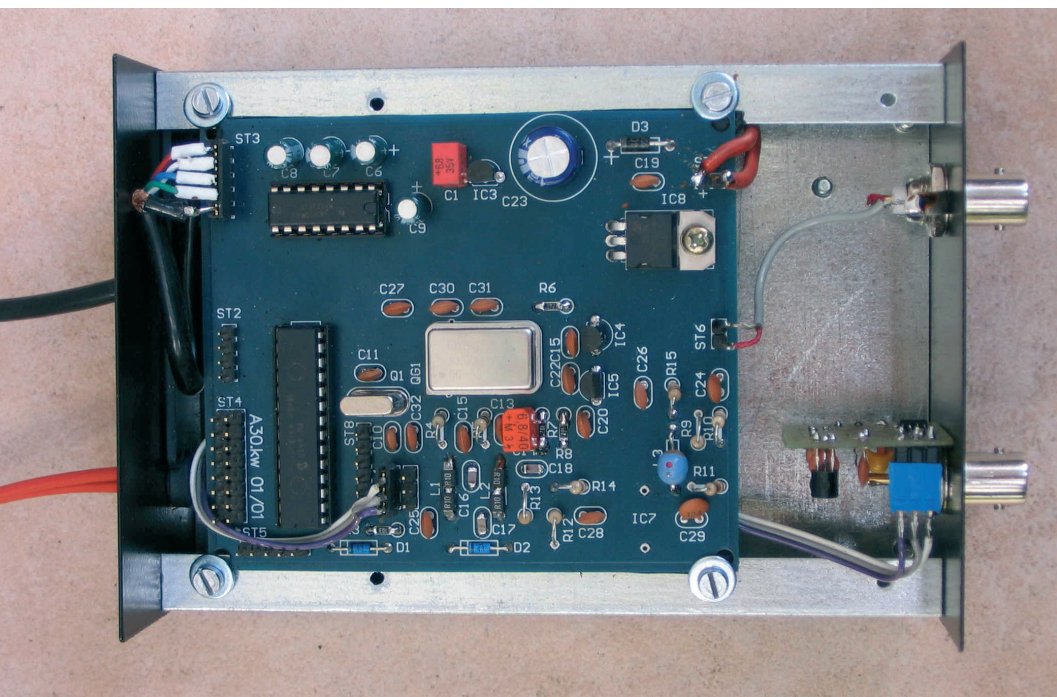
W poprzedniej części, w ŚR 10/07, została opisana zasada działania urządzenia. Przedstawiono także schematy oraz płytki drukowane części głównej (generatora DDS) i detektorów (logarytmicznego oraz liniowego).

## Uruchomienie przyrządu

Przed rozpoczęciem pierwszych pomiarów należy wywołać program NWT73.exe bez podłączenia analizatora i wprowadzić w nim podstawowe dane konfiguracyjne, takie jak wybór złącza COM, szybkość transmisji, dokładność pomiaru itp. Dla komputerów o częstotliwości zegarowej powyżej 500 MHz zalecane jest korzystanie z maksymalnej szybkości transmisji, a jako dokładność pomiaru można przyjąć 10 bitów. Na komputerach wolniejszych może okazać się konieczne ograniczenie dokładności do 8 bitów i ewentualnie także obniżenie szybkości transmisji danych. Zmiana szybkości transmisji wymaga także odpowiedniego ustawienia zwieraczy na płycie głównej analizatora. Wybrane parametry konfiguracyjne należy następnie zapisać na dysku, korzystając z menu „Datei/Speichern” („Plik/zapisz”). Po zamknięciu programu można już podłączyć analizator do wybranego złącza szeregowego i ponownie wywołać program, który powinien wówczas nawiązać kontakt z analizatorem.

Przed rozpoczęciem pomiarów konieczne jest przeprowadzenie kalibracji głowic detektorowych. Charakterystyka detektora AD8307 jest w przybliżeniu liniowa w szerokim zakresie – 80 dB dlatego też kalibracja dwupunktowa zapewni dokładność wystarczającą do większości pomiarów amatorskich.

Do przeprowadzenia kalibracji służy menu „Kalibrieren/Durchgangsmessung” („Kalibracja/Charakterystyka przenoszenia”). W pierwszym kroku wymagane jest doprowadzenie do wejścia detektora sygnału słabiejącego o 80 dB. Ponieważ jest to jednocześnie dolna granica czułości detektora, wystarczy w tym przypadku pozostawienie otwartego wejścia. Wynik wyświetlany na ekranie znajduje się w pobliżu podziałki –80 dB. W następnym kroku do wejścia detektora powinien zostać doprowadzony niestłumiony sygnał z generatora (wejście detektora łączymy bezpośrednio z wyjściem generatora). Wyniki wyświetlane na ekranie w trakcie pierwszego pomiaru kalibracyjnego



## Oprogramowanie

Oprogramowanie analizatora składa się z dwóch zasadniczych części: programu dla mikrokontrolera PIC 16F876 i programu dla komputera PC. Pierwsza z nich jest zawarta w pliku NWT7.hex (kod źródłowy – w NWT7.asm) w archiwum NWT7.zip. Zadaniem programu jest komunikacja z komputerem, sterowanie syntezą i przetwarzanie wyników pomiaru na postać cyfrową. Parametry transmisji (tabela 3) są ustalane za pomocą zworek na wtyku ST4, przy czym domyślnie wszystkie kontakty mogą pozostać otwarte.

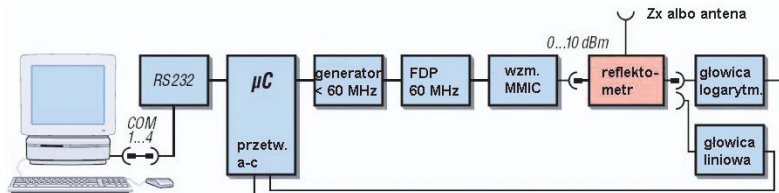
Tab. 4. Wartości oporników służących do kalibracji pomiaru WFS

R [Ω]	WFS
50	1
45,5 lub 55	1,1
42 lub 60	1,2
39 lub 65	1,3
33 lub 75	1,5
25 lub 100	2,0
17 lub 150	3,0

Oprogramowanie dla komputera PC (plik NWT73.exe w archiwum NWT7.zip) jest napisane w języku Delphi 4 i pracuje w środowiskach Windows 95, 2000 i XP. Wymaga ono co najmniej rozdzielczości obrazu na ekranie wynoszącej 800 x 600 punktów, przy czym sam wykres wyników zajmuje powierzchnię 640 x 480 pkt. Wygląd okna głównego jest wzorowany na płycie czołowej oscyloskopu, dzięki czemu znalezienie większości funkcji nie wymaga długiego studiowania instrukcji.

Parametry konfiguracyjne programu są zapisywane w plikach \*.cfg, domyślnie jest to nwt7.cfg. Należą do nich nie tylko ustawienia częstotliwości, ale także poprawki kalibracyjne.

Funkcje przycisków i menu są opisane w pliku pomocy (w języku niemieckim). Kolory wykresu i tła są zależne od ustawień systemowych Windows. Liczba wyświetlanych na ekranie punktów pomiarowych jest ograniczona do 300, jednak autor zaleca korzystanie z liczb podzielnych przez 40, dlatego też domyślnie przyjętych jest 280 punktów.



Rys. 8. Zasada pomiaru dopasowania – schemat blokowy

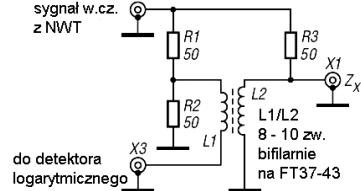
mogą być oparte na poprzednich, ewentualnie błędnych poprawkach, dlatego też ich prawidłowość należy potwierdzać dopiero w trakcie drugiego pomiaru, kiedy analizator pracuje już w stanie ustalonym. Po zakończeniu kalibracji należy zapisać poprawki na dysku, posługując się menu „Datei/Speichern” („Plik/zapisz”).

Po zakończeniu kalibracji można już rozpocząć pomiary. W zakresie od -50 dB do 0 wartości mierzone są zgodne z podziałką na skali, a poniżej dokładność jest wprawdzie gorsza, ale i tak wystarczająca do celów amatorskich.

### Pomiar charakterystyki przenoszenia filtru

Na fot. 2 i 3 przedstawiony jest przykładowy wynik pomiaru filtru na pasmo 30 m przeprowadzony przy użyciu głowic logarytmicznej i liniowej. Połączenie filtru z analizatorem jest identyczne jak na rys. 1, tzn. do jego wejścia jest doprowadzony sygnał w.cz. z generatora, a na jego wyjście jest włączony wybrany detektor pomiarowy. W trakcie strojenia filtru przebieg krzywej na ekranie powinien ulegać odpowiednim zmianom. Użytkownik może wprowadzić dla wybranej częstotliwości znacznik na ekranie i przesunąć go w miarę potrzeby posługując się klawiszami „+” i „-”. Oprócz tego możliwe jest wprowadzenie dodatkowych znaczników odpowiadających np. granicom pasm amatorskich. Znaczniki te w maksymalnej liczbie dwudziestu są zapisane w pliku frequenz.cfg. Jest to plik tekstowy, a więc jego zawartość można modyfikować za pomocą dowolnego edytora ASCII np. Notatnika Windows.

Do zakończenia pomiaru służy przycisk Stop. Menu „Datei/Diagramm drucken” („Plik/Wydruk wykresu”) pozwala na wydrukowanie otrzymanego wykresu lub zapisanie go na dysku. Widoczne na ekranie pozorne maksimum w pobliżu częstotliwości 5 MHz powstaje wskutek zawartości drugiej harmonicznej w sygnale generatora. Efektu tego nie można wprawdzie



Rys. 9. Układ mostka do pomiaru fali odbitej

zlikwidować całkowicie, ale można go zminimalizować, dobierając odpowiednio wysterowanie wzmacniacza IC7 (opornik R13 w układzie tłumika na jego wejściu). Oporność R13 można w tym celu zwiększać aż do momentu, kiedy na wykresie nie zauważymy żadnej widocznej poprawy (powiększanie R13 powoduje wprawdzie obniżenie obu maksimum, ale do pewnej granicy ich odstęp będzie się zwiększał). Pomimo optymalizacji sygnał generatora nie jest całkowicie wolny od harmonicznych i warto o tym pamiętać w trakcie pomiarów aby uniknąć błędnej interpretacji wyników.

### Pomiary dopasowania

Pomiar współczynnika fali odbitej wymaga użycia dodatkowego układu pomiarowego. Może to być sprzęgacz kierunkowy lub jak w przykładzie przedstawionym przez DK3WX mostek pomiarowy (rys. 9) połączony z wejściem detektora logarytmicznego. Pomiary przy użyciu mostka wymagają przeprowadzenia ponownej kalibracji analizatora. Kalibracja jest przeprowadzana w dwóch etapach.

#### 1. Kalibracja dopasowania

Do wejścia X1 mostka należy podłączyć opornik 50 Ω i uzyskać

na ekranie wykres leżący u dołu skali (WFS = 1). Następnie należy przeprowadzić pomiar dla wejścia zwarteego lub rozwartego (WFS równy nieskończoności) i uzyskać wykres u góry skali.

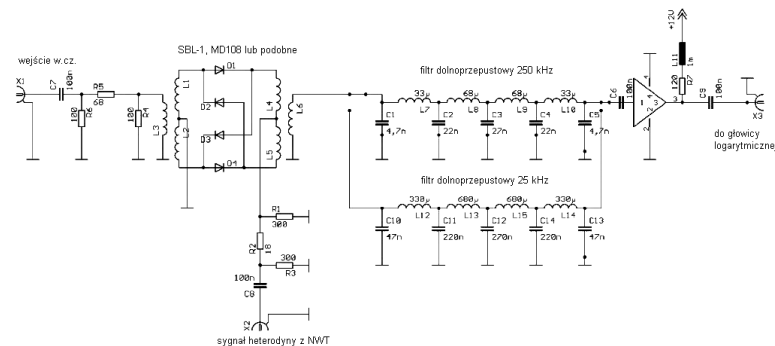
#### 2. Skala dla wybranych wartości WFS

Podłączając do wejścia mostka oporniki o wartościach podanych w tabeli 4, uzyskujemy podane w niej wartości współczynnika fali stojącej, co pozwala na skalibrowanie dodatkowych podziałek na skali. Teoretycznie podane w tabeli wartości współczynnika uzyskuje się zarówno dla oporności leżących powyżej jak i poniżej 50 Ω. W praktyce w trakcie kalibracji daje się zauważyć różnice dla obu przypadków spowodowane wpływem oporności wewnętrznej generatora. Idealny przypadek równości wyników występuje jedynie dla zerowej oporności wewnętrznej.

Do wykreślenia dodatkowych linii na wykresie służy menu „Kalibrieren/Linie” („Kalibracja/podziałka”). Teksty opisujące linię zmienia się za pomocą menu „Einstellungen/Optionen” („Konfiguracja/opcje”). Dopuszczalne jest wprowadzenie jedynie wartości liczbowych. Dla wartości ułamkowych np. WFS = 1,5 należy wpisać liczbę bez przecinka – w tym przykładzie 15. Po przeprowadzeniu kalibracji należy zapisać dane na dysku, jak zwykle za pomocą menu „Datei/Speichern” („Plik/zapisz”). W przykładzie na fot. 4 wprowadzono trzy linie skali, co wystarczyło do pomiaru szerokości pasma anteny dla wybranych wartości WFS.

### Analizator widma

NWT7 może być także wykorzystany w ograniczonym zakresie jako analizator widma. Do tego celu konieczne jest użycie dodatkowego układu – aperiodycznego odbiornika homodynamicznego, którego przykładowy schemat jest przedstawiony na rys. 10. Analizator pracujący

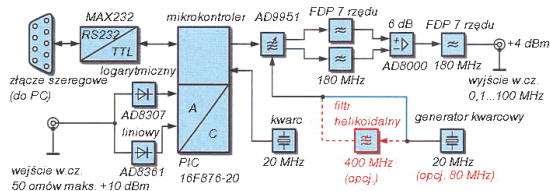


Rys. 10. Schemat odbiornika homodynamicznego do analizy widma sygnałów

### Literatura i adresy internetowe

- [1] „Neues vom Netzwerktester”, B. Kernbaum, DK3WX, „Funkamateureur” 11/2002 str. 1136-1139 i 12/2002 str. 1242-1245.
- [2] „Bausatz Netzwerktester FA-NWT”, N. Graubner, DL1SNG, G. Borchert, DF5FC, „Funkamateureur” 10/2006 str. 1154-1157 i 11/2006 str. 1278-1282
- [3] „Neues vom Netzwerktester”, „Funkamateureur” 9/2005 str. 935
- [4] www.funkamateureur.de
- [5] www.swiatradio.com.pl
- [6] Plik pomocy NWT7. hlp zawarty w archiwum NWT7Zip.zip
- [7] Instrukcja montażowa dostępna pod adresem [4] po niemiecku („Aufbauhinweise.doc”) i pod adresem [5] po polsku (w tłum. OEI KDA).
- [8] „Direktmischer für den KW-Synthesizer”, W. Schneider, DJ8ES, UKW Berichte 1/2000 str. 46-49
- [9] „LinNWT und WinNWT – Software zum FA-Netzwerktester”, A. Lindenaus, DL4JAL, „Funkamateureur” 1/2007 str. 158
- [10] www.dl4jal.de
- [11] www.miniRadioSolutions.com
- [12] ac6la.com/zplots.html
- [13] www.wimo.com/messtechnik\_d.htm#minivna
- Literatura i adresy internetowe, cd.**
- [14] „miniVNA auf dem Labortisch”, K. Fischer, DL5MEA, Funkamateureur 2/2007 str. 139 – 141
- [15] „mini VNA – der kleinste Netzwerkanalysator der Welt”, T. Kimpfbeck, DO3MT, CQ-DL 2/2007 str. 95-97
- [16] „Ergänzung zum Beitrag, mini VNA auf dem Labortisch”, dost. w witrynie [4]
- [17] krzysztof.dabrowski@brz.gv.at – adres OEI KDA





Rys. 11. Schemat blokowy FA-NWT

w trybie przemiatania dostarcza sygnału heterodyny do odbiornika, a jego sygnał wyjściowy po odfiltrowaniu przez filtr dolnoprzepustowy i wzmacnieniu jest podawany na detektor logarytmiczny. Pewną niedogodnością okazuje się w tym przypadku ograniczony zakres pracy analizatora pozwalający na pomiary zawartości harmonicznych w sygnale nadajnika jedynie w zakresie krótkofalowym.

Przystawka homodynowa jest wyposażona w dwa filtry dolnoprzepustowe o częstotliwościach granicznych 250 i 25 kHz. Każda ze składowych widma badanego sygnału jest odbierana (i wyświetlana na wykresie) dwukrotnie – poniżej i powyżej chwilowej częstotliwości heterodyny. Powstająca natomiast w momencie ich zgodności składowa stała nie dociera do wejścia detektora i nie jest wyświetlana na ekranie. Wykres wykazuje w tym miejscu wyraźne i łatwo rozpoznawalne minimum. Dla dokładnego przedstawienia widma krok przestrajania syntezy musi być dużo mniejszy od szerokości pasma filtra.

Badanie widma w szerokim zakresie przestrajania wymaga włączenia w odbiorniku filtra o wyższej częstotliwości granicznej. Na szczegółowy pomiar w wąskim paśmie pozwala natomiast filtr o niższej częstotliwości granicznej. Przykład widma fali prostokątnej zmierzonego za pomocą NWT7 przedstawia fot. 4. Do kalibracji układu pomiarowego konieczne jest doprowadzenie do niego sygnału w.cz. o znanych właściwościach. Praktycznym rozwiązaniem okazuje się doprowadzenie sygnału z generatora TTL np. o częstotliwości 1 MHz przez tłumik tak dobrany, aby na 50  $\Omega$  wejściu odbiornika homodynowego uzyskać napięcie o wartości międzyszczytowej 1,12 V. Przebieg ten zawiera składową podstawową o mocy 10 dBm i znaczną liczbę nieparzystych harmonicznych.

### Generator w.cz. lub VFO

Generator w.cz. analizatora może służyć także jako generator sterujący nadajnika lub heterodyna w układach odbiorczych. W menu „Einstellungen/Zwischenfrequenz”

(„Konfiguracja/Częstotliwość pośrednia”) użytkownik może wprowadzić stosowaną w odbiorniku częstotliwość pośrednią, co zwalnia go od konieczności obliczania częstotliwości heterodyny w trakcie odbioru. Do przestrajania heterodyny służą klawisze strzałek (w górę i w dół) lub klawisze funkcyjne. Przykład rozwiązania prostego odbiornika homodynowego przedstawiony jest m.in. w poz. [8].

Obecność składowych pasożytniczych w sygnale wyjściowym analizatora pozwala na dokonywanie pomiarów w zakresie UKF po zastąpieniu filtra dolnoprzepustowego filtrem pasmowym. Przykładowo przy częstotliwości pracy generatora wynoszącej 36 MHz w jego sygnale wyjściowym znajduje się także składowa o częstotliwości 180–36 MHz, czyli 144 MHz, mająca jeszcze wystarczającą amplitudę. Wykorzystanie wyższych składowych, jak np.  $2 \times 180 + 36$  MHz leżących w pobliżu pasma 70 cm wymaga zastosowania dodatkowego wzmacniacza selektywnego eliminującego inne, zbędne w tym przypadku składowe.

### Krótki przegląd pozostałych rozwiązań

Następcą NWT7 jest analizator FA-NWT [2] dostępny od końca 2006 roku w postaci zestawu konstrukcyjnego. Zastosowanie w nim scalonego syntezy typu AD9951 o wewnętrznej częstotliwości zegarowej 400 MHz, pozwoliło na rozszerzenie zakresu pomiarowego do 160 MHz a bardziej rozbudowane filtry dolnoprzepustowe – na uzyskanie większej czystości sygnału wyjściowego (–48 dBc poniżej 30 MHz, –40 dBc od 30 do 160 MHz). Dzięki kompensacji charakterystyki częstotliwościowej stałość amplitudy sygnału generatora wynosi w zakresie 70 kHz–150 MHz  $\pm 0,5$  dB, a w zakresie 40 kHz–160 MHz  $+0,5/-3$  dB. Zastosowany w układzie szybki wzmacniacz operacyjny typu AD8000 dostarcza mocy 4 dBm (1 V wartości międzyszczytowej na 50  $\Omega$ ). Podobnie jak dla NWT7 dokładność pomiaru wynosi 10 bitów, a wykresy wyników składają się z 280 punktów. Analizator jest wyposażony w detektory liniowy (AD8361) i logarytmiczny (AD8307), umieszczone w jego obudowie i połączone na stałe z wejściowym gniazdem BNC. Wyboru detektora dokonuje się wyłącznie programowo. Podobnie jak dla NWT7 pracą analizatora steruje mikrokontroler PIC 16F876-20, jest on jednak wy-

posażony w nowszą wersję oprogramowania. Oprócz nowej wersji oprogramowania dla komputera PC (NWT9.exe) istnieje także oprogramowanie autorstwa DL4JAL: LinNWT pracujące pod systemem Linux [9, 10] i WinNWT dla Windows. LinNWT współpracuje także z analizatorem NWT7.

Komunikacja analizatora z PC w wyposażeniu standardowym odbywa się poprzez złącze szeregowo, ale jako uzupełnienie dostępny jest konwerter USB wraz z odpowiednimi sterownikami – możliwe jest więc podłączenie FA-NWT również do tego złącza.

W odróżnieniu od NWT7 tor w.cz. zawiera wyłącznie elementy SMD, lecz w zestawie konstrukcyjnym FA są one już wlutowane.

Firma „mini Radio Solutions” [11, 13] wypuściła niedawno na rynek miniaturowy analizator oparty na konstrukcji IW4HEV i noszący nazwę miniVNA. Analizator ten pracuje w zakresie 100 kHz–180 MHz i komunikuje się z PC za pośrednictwem złącza USB, przez które jest też zasilany. Jest on wyposażony we wbudowany sprzęgacz kierunkowy, dzięki czemu pomiary dopasowania anten nie wymagają korzystania z pomocniczych układów jak w przypadku NWT „miniVNA”. Analizator ten pracuje w zakresie 100 kHz–180 MHz i komunikuje się z PC za pośrednictwem złącza USB, przez które jest też zasilany. Jest on wyposażony we wbudowany sprzęgacz kierunkowy, dzięki czemu pomiary dopasowania anten nie wymagają korzystania z pomocniczych układów jak w przypadku NWT „miniVNA”. Analizator ten posiada wprawdzie tylko detektor logarytmiczny (AD8302), ale w odróżnieniu od NWT pozwala także na pomiary charakterystyk fazowych badanych obwodów (bez uwzględnienia jednak znaku fazy). W generatorze w.cz. pracuje scalony syntezer cyfrowy typu AD9951, a za sterowanie jego pracą jest odpowiedzialny mikrokontroler Atmega8L wyposażony w 10-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy.

Miniaturowa konstrukcja spowodowała jednak, że układ elektryczny przyrządu jest znacznie uproszczony w porównaniu z obydwojema rozwiązaniami NWT. Sygnał wyjściowy z syntezy jest podawany na filtr dolnoprzepustowy poprzez transformator w.cz., co powoduje większe zmiany amplitudy w funkcji częstotliwości (trudno jest uzyskać liniową charakterystykę przenoszenia transformatora w tak szerokim paśmie). W torze generatora brakuje także wzmacniacza, co owocuje obniżeniem mocy wyjściowej generatora do 1 mW (0 dBm) a zakresu dynamiki do 50–55 dB (w porównaniu z 80 dB dla NWT). Pomiary przeprowadzone przez autora poz. [14] wykazały, że odstęp składowych pasożytniczych od nośnej w zakresie powyżej 60 MHz **cd. na str. 51**

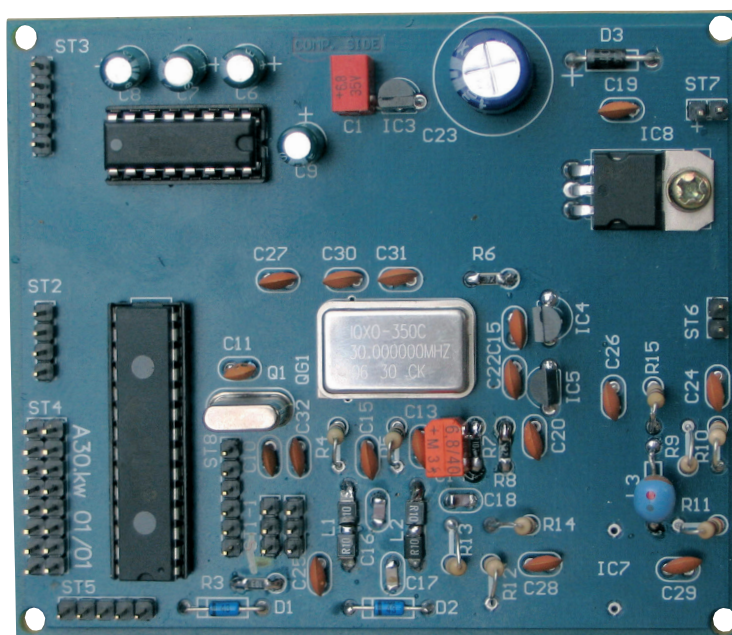
Płytkę drukowaną opisywanego układu będzie można nabyć w Dziale Handlowym AVT w cenie 20 zł.  
[www.sklep.avt.com.pl](http://www.sklep.avt.com.pl)

wynosi tylko  $-30$  dB, a impedancja wejściowa detektora odbiega od standardowych  $50 \Omega$  [16].

Znajdujące się wewnątrz obudowy zworki pozwalają na alternatywne zasilanie analizatora z baterii i komunikację z komputerem za pośrednictwem złącza RS232. W tej konfiguracji analizator może komunikować się z komputerem także bezprzewodowo poprzez złącze Bluetooth, co ułatwia prowadzenie pomiarów anten w plenerze.

Oprócz standardowego oprogramowania dla PC, oferującego zasadniczo podobne funkcje pomiarowe jak NWT, dostępna jest także specjalnie opracowana przez AC6LA wersja programu ZPLOT-S+ pozwalająca na wykreślenie przebiegu mierzonej impedancji na wykresie Smitha [12].

na podstawie  
„Funkamateu” 11,12/2002  
opracował  
Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

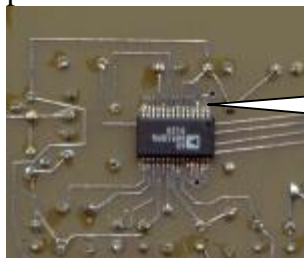


Główna płytko drukowana, do nabycia w najbliższym czasie w sklepie AVT



## Konstrukcja i uruchomienie NWT7

1. Przylutować IC6 (syntezer DDS) po stronie ścieżek. Zwrócić uwagę na jego właściwe położenie!



AD9851  
nóżka 1

Sprawdzić kontakt nóżek obwodu ze ścieżkami za pomocą omomierza. Jako sondy pomiarowej do kontaktu ze ścieżkami użyć krokodyłka z włożoną do niego igłą.

2. Włutować wzmacniacz IC7 po stronie ścieżek. Ukośnie ścięte wyprowadzenie jest wejściem wzmacniacza i powinno leżeć po stronie C28.
3. Włutować kolejno elementy: ST6, ST7, D3, C19, C23, IC8, IC3, C6 do C9 oraz IC2. Należy zwrócić uwagę na polaryzację kondensatora C1. Stabilizator IC8 należy najpierw zamontować mechanicznie i dopiero potem przylutować końcówki.

4. Podłączyć napięcie zasilania przez wtyk ST7 (12 do 15 V). Pobór prądu powinien wynosić ok. 12 mA.

Skontrolować napięcia w następujących punktach:

wyście IC8                      8 V

wyście IC3                      5 V

IC2 n. 2              ok. +9 V

IC2 n. 6              ok. -9,6 V

IC2 n. 16              5 V

5. Sprawdzić połączenie z PC

Zamontować wtyki ST2 i ST3. Połączyć ST3 z PC oraz zewrzeć kontakty 1 i 2 na wtyku ST2. Wywołać dowolny program terminalowy np. Hyperterminal, wybrać złącze COMx z parametrami 57600 8N1 bez synchronizacji transmisji. W menu *Plik/Właściwości/Konfiguracja ASCII* włączyć echo lokalne.

Nadawane znaki powinny być wyświetlane dwukrotnie w oknie programu, raz jako echo i ponownie dzięki pętli w analizatorze. Po usunięciu zwieracza powinny być wyświetlone pojedynczo (echo lokalne).

6. Zamontować następujące elementy: podstawkę IC1 (zamiast 28-nóżkowej mogą być dwie 14-nóżkowe), D1, D2, IC4, IC5, R3 do R8, wszystkie kondensatory, Q1. Należy zwrócić uwagę na polaryzację kondensatora C14 (zalecane użycie kondensatora tantalowego, plus od strony obwodu syntezy). C17 znajduje się pomiędzy L1 i L2. C23 w pozycji leżącej.

Wartości C16 - C18 są zależne od częstotliwości granicznej filtru (patrz w tabeli).

7. Generator kwarcowy 30 MHz nie powinien przylegać do płytki. Odstęp zapobiega ogrzewaniu generatora przez obwód syntezy.

8. Włożyć zaprogramowany mikrokontroler (IC1) do podstawki.
9. Podłączyć napięcie zasilania 12 – 15 V do wtyku ST7. Pobór prądu powinien wynosić ok. 150 mA.  
Sprawdzić napięcia w następujących punktach:

wyjscie IC4	5 V
wyjscie IC5	5 V

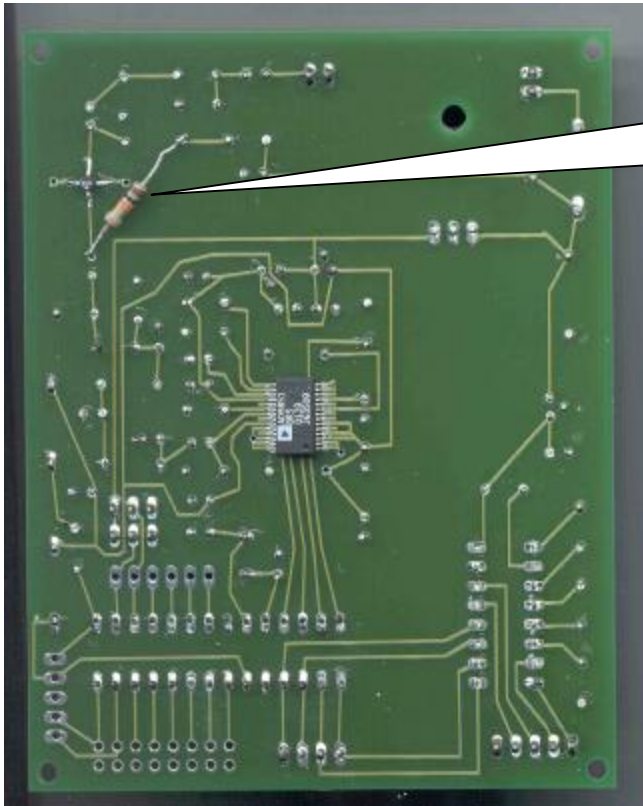
Za pomocą odbiornika kontrolnego (np. globalnego) lub oscyloskopu sprawdzić występowanie sygnałów o następujących częstotliwościach:

IC1 n. 10	10 MHz ;pomiar sondą o dużej oporności wejściowej
QG1 n. 8	30 MHz
IC6 n. 20 i 21	1,8 MHz
10. Wlutować pozostałe oporniki i cewki L1 do L3. Zamiast R13 prowizorycznie wlutować potencjometr montażowy ok. 1 k $\Omega$ .  
Liczby zwojów L1 i L2 podane w tabelach pochodzą z obliczeń i w zależności od rdzenia, przewodu i sposobu nawinięcia mogą wymagać zmiany. Zalecane jest nawinięcie o jeden lub dwa zwoje więcej i ew. usunięcie części uzwojenia w trakcie strojenia. Częstotliwość graniczną filtra można zmierzyć po uruchomieniu przyrządu, a więc cewki lepiej wlutować prowizorycznie. Liczbę zwojów liczymy po wewnętrznej stronie rdzenia pierścieniowego.
11. Do wtyku ST7 podłączyć napięcie zasilania 12 – 15 V. Pobór prądu powinien wynosić ok. 190 – 200 mA.  
Sprawdzić napięcia w następujących punktach:

wyjscie IC7	5 do 6 V
-------------	----------

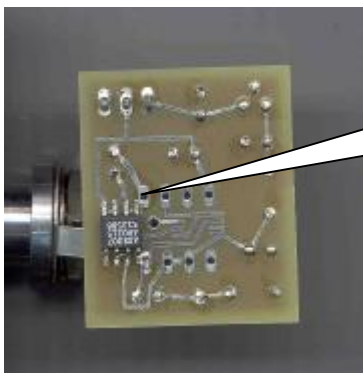
sygnał w.cz. na C24: 1,8 MHz ok. 2 V luzem i 0,7 V na obciążeniu 50  $\Omega$ .
12. Dobrać wartość R13 tak aby sygnał wyjściowy miał kształt sinusoidy. W przypadku braku możliwości skorzystania z oscyloskopu dobór przełożyć na później.  
Orientacyjnie dla MMIC MSA0886 R13 ma wartość ok. 500  $\Omega$ . Dodatkowy opornik ok. 10 k $\Omega$  włączony pomiędzy R15 i wejście MMIC powoduje zmniejszenie zawartości harmoniczných (poprawę liniowości).





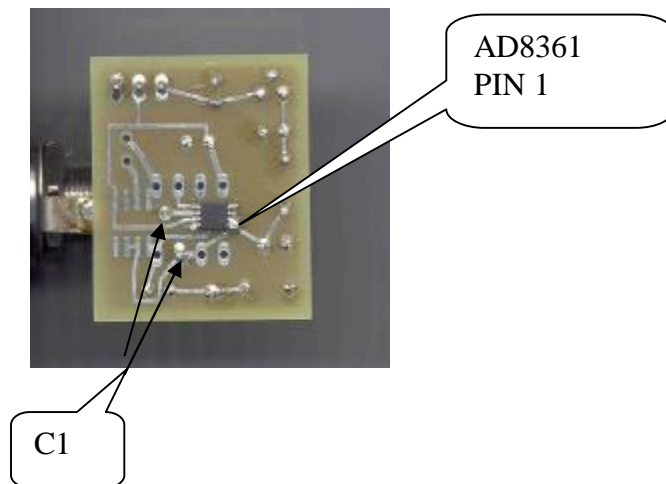
opornik poprawia liniowość dla niektórych typów MMIC

13. Włutować ST1-1 i ST1-2.
14. Całość oprogramowania skopiować do dowolnego katalogu na twardym dysku np. noszącego nazwę NWT7. Program nie wymaga dodatkowej instalacji.
15. Uruchomić program NWT7 bez podłączonego analizatora i dokonać konfiguracji. Szczegóły podane są w artykule i w pomocy do programu: punkt *Hilfe/Probleme*.
16. Połączyć wtyki ST3 i sub-D, podłączyć do komputera i ponownie uruchomić program NWT7. W programie należy wybierać różne częstotliwości pracy i mierzyć je na wtyku ST6.
17. Zbudować głowicę logarytmiczną i połączyć ją za pomocą 3-żyłowego kabla z płytą główną (wtyk ST1-1) zwracając uwagę na właściwą polaryzację zasilania.



AD8307  
n. 1

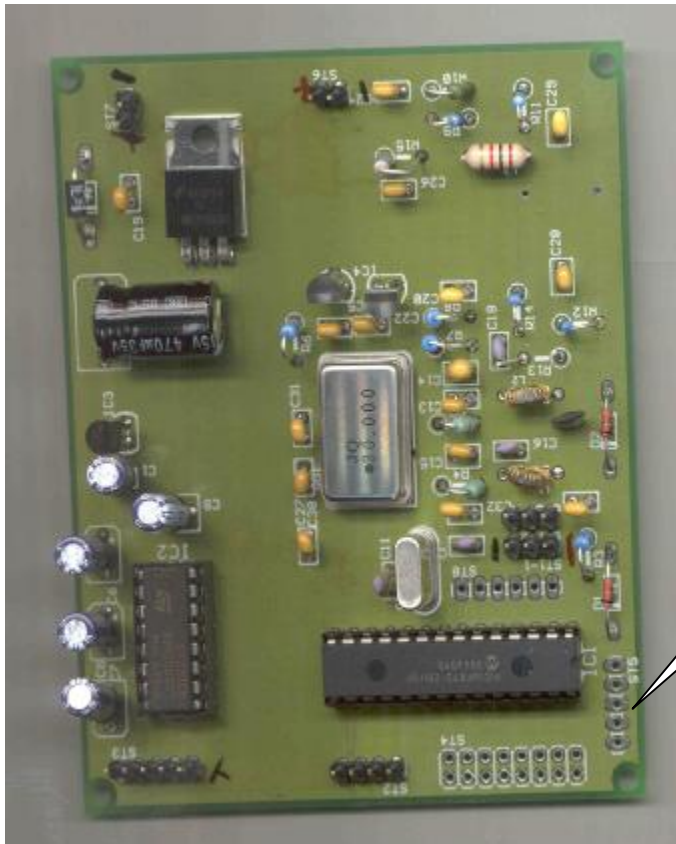
18. Zmierzyć napięcie na wyjściu IC1 (środek wtyku JP2). Bez sygnału na wejściu powinno ono leżeć poniżej 0,5 V a po doprowadzeniu sygnału w.cz. z NWT wzrastać do 2 – 2,5 V. Pobór prądu przez głowicę wynosi ok. 10 mA.
19. Analogicznie zbudować i podłączyć głowicę detektora liniowego.



20. Zmierzyć napięcie na wyjściu IC1. Bez sygnału wejściowego powinno ono wynosić ok. 0 V, a po doprowadzeniu sygnału w.cz. z NWT wzrosnąć do 4 – 4,5 V. Pobór prądu jest zależny odysterowania i wzrasta od ok. 4 mA przy braku sygnału do ok. 15 mA dla pełnegoysterowania.
21. Wbudować do obudowy ekranującej i przeprowadzić kalibrację dla charakterystyki przenoszenia.
22. O ile nie dobrano jeszcze R13 w układzie tłumika należy wykonać pomiary charakterystyki przenoszenia próbnego filtra pasmowego przy wykorzystaniu harmonicznych i dobrać R13 na ich minimum. Następnie dokonać ponownej kalibracji.  
Sposób pomiaru:  
Zmierzyć charakterystykę przenoszenia filtra pasmowego lub obwodu rezonansowego np. na częstotliwość 10 MHz przy użyciu głowicy logarytmicznej. Zakres przemiatania i krok częstotliwości ustawić tak aby na ekranie uzyskać także krzywą dla połowicznej częstotliwości (w tym przykładzie 5 MHz). Wykres ten powstaje wskutek zawartości drugiej harmonicznej w sygnale wyjściowym, która jest przepuszczana przez filtr. Obserwując wyniki na ekranie należy zwiększać oporność R13 począwszy od zera aż do uzyskania maksymalnej możliwej różnicy poziomów obu maksimum. Potencjometr montażowy zastąpić przez odpowiedni opornik stały. Na zakończenie można porównać poziomy sygnału o częstotliwości podstawowej 7 MHz z poziomem drugiej harmonicznej 14 MHz przy użyciu odbiornika kontrolnego.
23. Sprawdzenie charakterystyki filtra dolnoprzepustowego L1, L2, C16 do C18: kalibracja charakterystyki przenoszenia w dolnym zakresie pasma np. 1 do 10 MHz, potem podwyższyć krok częstotliwości aż do uzyskania przemiatania w zakresie 1 do 65 MHz. Amplituda sygnału w zakresie wyższych częstotliwości zmniejsza się



wprawdzie ale częstotliwość graniczna filtru jest dobrze widoczna. Gdyby okazała się za niska należy stopniowo zmniejszać ilości zwojów L1 i L2.



Płyta główna NWT

(niektóre wtyki ST nie są niezbędne)



Wygląd głowic obu detektorów jest prawie identyczny

**Płytki NWT**

Element	Wartość
C1	1 $\mu$ /16V
C6	1 $\mu$ /16V
C7	1 $\mu$ /16V
C8	1 $\mu$ /16V
C9	1 $\mu$ /16V
C10	22p/ NP0
C11	22p/ NP0
C13	100n
C14	10 $\mu$ /16V tantal
C15	100n
C16	60p/ NP0
C17	100p/ NP0
C18	60p/ NP0
C19	100n
C20	100n
C21	100n
C22	100n
C23	470 $\mu$ /25V
C24	100n
C25	100n
C26	100n
C27	100n
C28	100n
C29	100n
C30	100n
C31	100n
C32	100n
D1	BAT42
D2	BAT42
D3	1N4001
IC1	PIC16F873-20
IC2	MAX232
IC3	78L05
IC4	78L05
IC5	78L05
IC6	AD9851
IC7	MSA0886
IC8	7808
L1	0,18 $\mu$ H
L2	0,18 $\mu$ H
L3	1 mH
Q1	10 MHz

QG1	30 MHz
R3	10k
R4	50 $\Omega$
R5	50 $\Omega$
R6	3k9
R7	1k
R8	1k
R9	300 $\Omega$
R10	18 $\Omega$
R11	300 $\Omega$
R12	100 $\Omega$
R13	dobrac
R14	100 $\Omega$
R15	120 $\Omega$
C1	100n
C2	1n
C3	100n
C4	100n
C5	100n
C6	100n
IC2	78L05

**Detektor logarytmiczny**

IC1	AD8307
C1	100n
C2	1n
C3	100n
C4	100n
C5	100n
C6	100n
IC2	78L05
R1	50 $\Omega$
R2	10 $\Omega$

**Detektor liniowy**

IC1	AD8361
C1	1n
C2	1n
C3	100n
C4	100n
C5	100n
C6	100n
IC2	78L05
R1	50 $\Omega$
R2	10 $\Omega$

## Aktualizacja oprogramowania mikrokontrolera w NWT7

Do zaprogramowania mikrokontrolera PIC konieczny jest zasadniczo odpowiedni programator. Kontrolery serii PIC 16F87x można jednak również programować bez wyjmowania ich z układu w sposób opisany w dokumencie AN732 dostępnym pod adresem [1]. Wymaga to podłączenia mikrokontrolera do złącza szeregowego PC i wpisania do jego pamięci programu ładującego (ang. *Bootloader*). Układ NWT7 zawiera złącze szeregowo a program ładujący stanowi część jego standardowego oprogramowania. Uaktualnienia oprogramowania (w przypadku pojawienia się nowych wersji) może więc dokonać każdy z użytkowników NWT7 pod warunkiem przestrzegania podanych dalej\* wymogów.

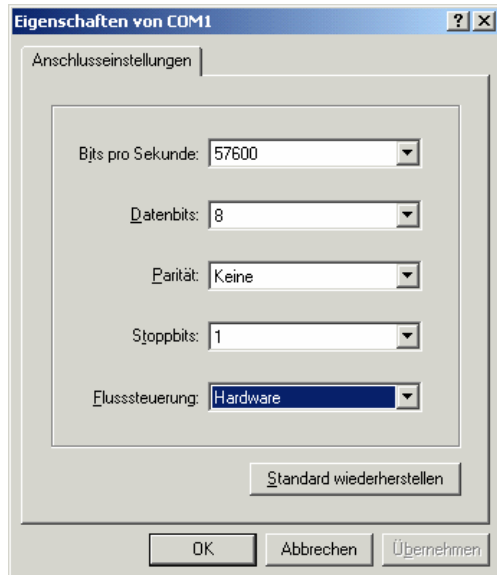
Aktualizacja jest możliwa tylko w prawidłowo działającym NWT wyposażonym we wspomniany program ładujący. Wersje bez programu ładującego wymagają wymiany przy użyciu programatora.

- Należy połączyć NWT7 ze złączem COM komputera (kabel musi zawierać połączenia dla sygnałów synchronizujących RTS i CTS).
- Wyprowadzenie RB3 n. 24 zewrzeć z masą.
- !Na razie nie włączać NWT!
- Uruchomić program terminalowy Hyperterminal.
- Wprowadzić następującą konfigurację: wybrać złącze COM



- Dostosować szybkość transmisji do ustawionej w analizatorze za pomocą zwieraczy.



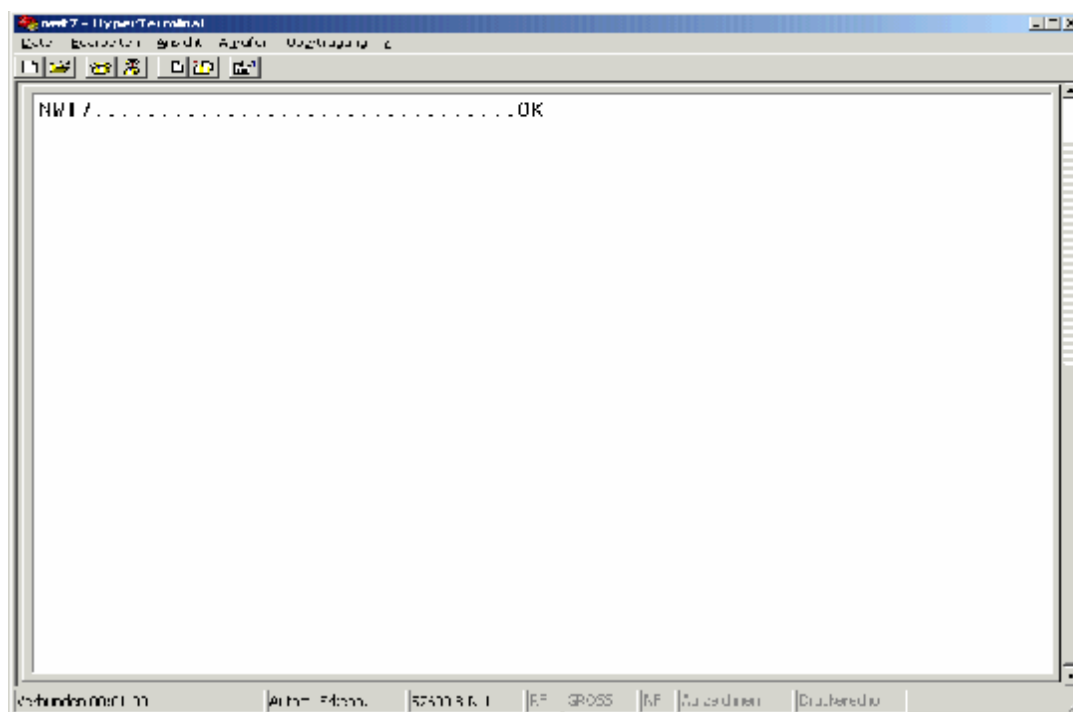


Włączyć NWT (uwaga: dotychczasowa wersja ulega skasowaniu i **należy obowiązkowo** wprowadzić nową).

W oknie programu terminalowego powinno pojawić się zgłoszenie "NWT".

Do transmisji nowej wersji oprogramowania służy menu *Plik/Nadaj plik tekstowy*, należy następnie wybrać pożądany plik \*.hex.

Każda z bezbłędnie przekazanych linii programu jest sygnalizowana za pomocą kropki na ekranie. Meldunek "OK" oznacza pozytywne zakończenie transmisji.



Na zakończenie należy wyłączyć NWT i usunąć zwieracz PB3 do masy. Od tego momentu czynna jest nowa wersja oprogramowania.

\* Wymagania odnośnie ładowanych programów

Początek programu musi wyglądać następująco:

```
ORG      0x0000
```

```
GOTO    START
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
NOP
```

Program musi się zaczynać na pierwszej stronie pamięci (adres poniżej 0x07ff).

Autor: DK3WX

tłum.: OE1KDA

[1] <http://www.microchip.com> AN732 Implementing a Bootloader for the PIC16F87x