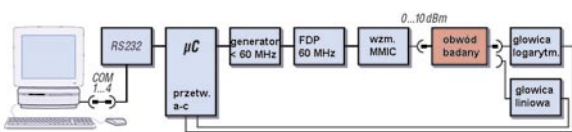


Uniwersalny przyrząd pomiarowy w. cz.

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
- [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. Lindenau, 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

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.z., detektorów pomiarowych i sterującego ich pracą mikrokontrolera. W generatorze w.c.z. 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.z. 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: <math>< 250\text{ mA}</math>
- Sygnał w.c.z.
- Zakres częstotliwości: 100 kHz do 60 MHz
- Krok strojenia: dowolny powyżej 1 Hz
- Moc wyjściowa: $\leq 10\text{ dBm}$ (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

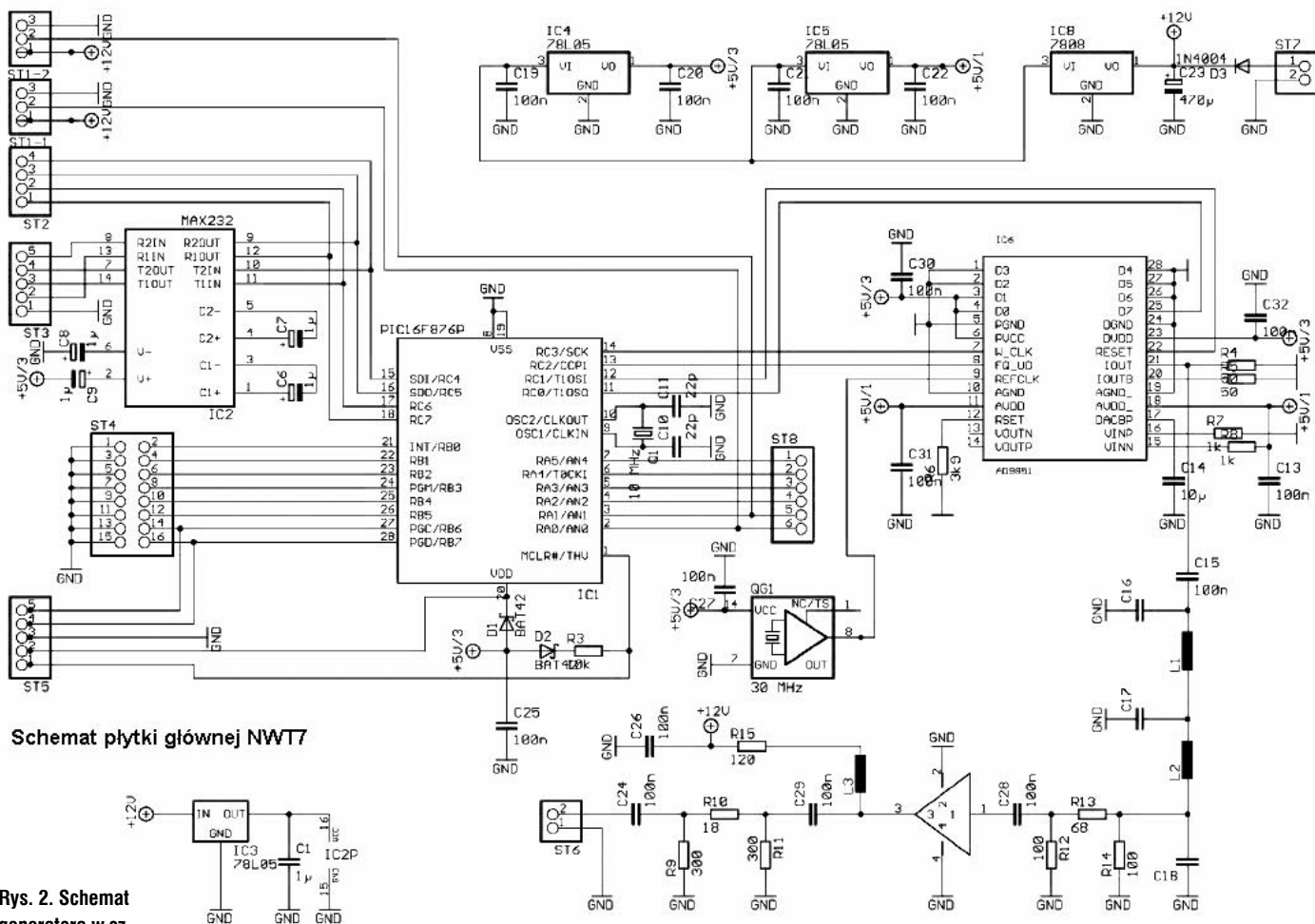
- Zakres częstotliwości: 100 kHz do 500 MHz
- Maks. moc wejściowa: +9 dBm (660 mV)
- Zakres dyn.: ok. 30 dB

Wymagania komputera

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

Funkcje dodatkowe

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



Schemat płytki głównej NWT7

Rys. 2. Schemat generatora w.cz.

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.cz. 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 MAX232 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-

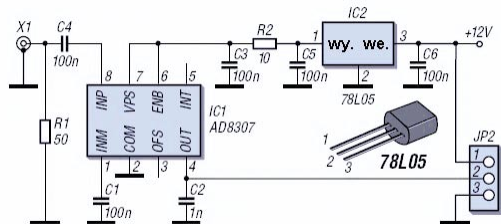


Fot. 1. Prawidłowe położenie obwodu AD9851

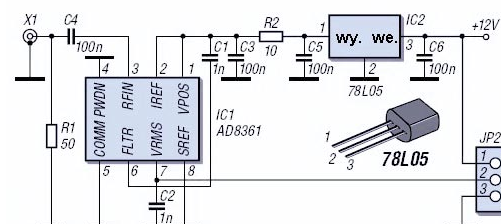
-8361 i dla wejściowych napięć leżących w zakresie 0–0,8 Vsk dostarcza napięcia stałego od 0–5 V. Napięcie to jest podawane poprzez wtyk ST1-2 na wejście analogowe mikrokontrolera (RA1, n. 3). Wybór detektora jest dokonywany programowo, a więc oba mogą być stale podłączone do układu analizatora. Można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

Konstrukcja

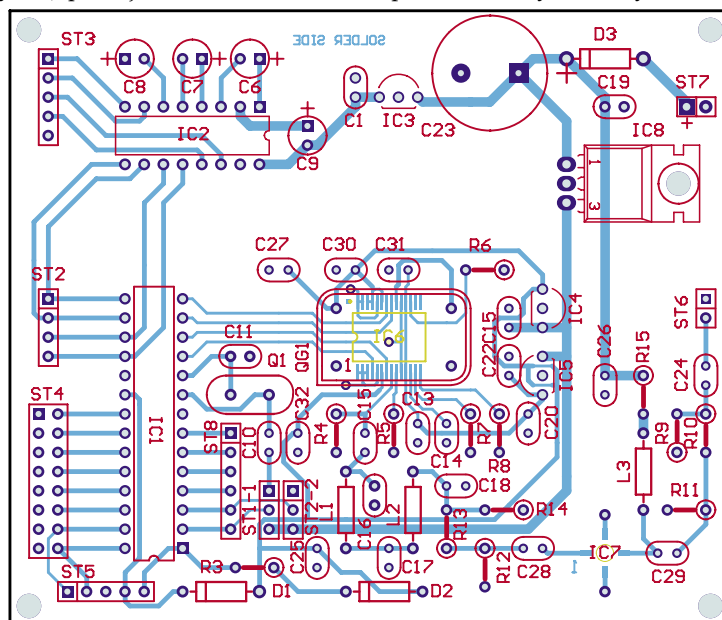
Konstrukcja przyrządu składa się z trzech obwodów drukowanych. Pierwszy z nich (płytką główną – rys. 6) zawiera przedstawiony na schemacie z rys. 2 układ generatora wraz z procesorem sterującym, a oba detektory są zmontowane na dwóch identycznych niewielkich płytkach drukowanych. Płytki wykonane są z 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-



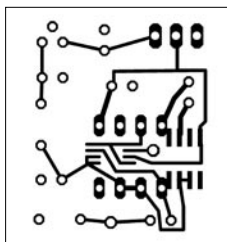
Rys. 4. Schemat detektora logarytmicznego na obwodzie AD8307



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.

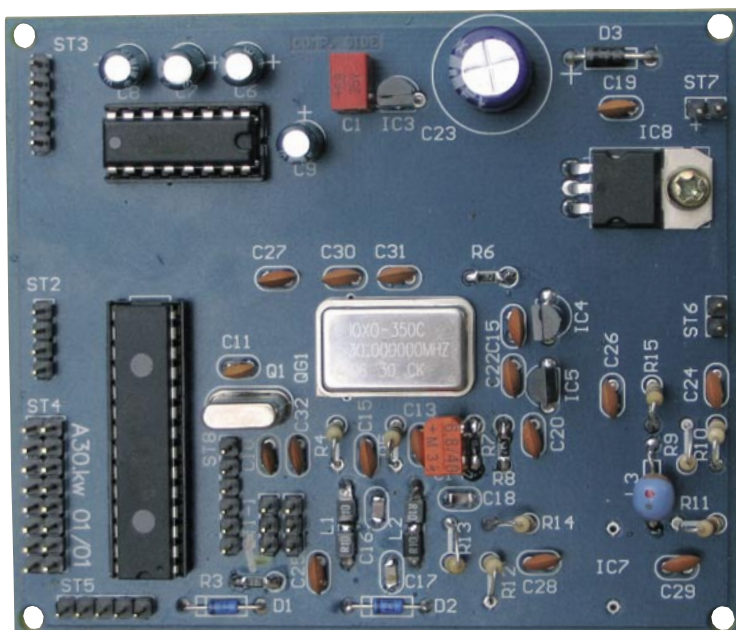
Pobór prądu przez płytkę główną wynosi od 150 do 230 mA, a generator bez połączenia z PC pracuje domyślnie na częstotliwości 1,8 MHz.

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
„Funkamateur” 11,12/2002
opracował
Krzysztof Dąbrowski OE1KDA**



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