

# Krótkofalarski modem audio z interfejsem USB

## AVT-5135

W kilku ostatnich numerach EP opisywaliśmy konstrukcje różnych urządzeń wykorzystywanych przez krótkofalowców.

Pozostając w tej tematyce proponujemy wykonanie modemu – urządzenia niezbędnego do prowadzenia jakiegokolwiek transmisji cyfrowej. Jego zalety to możliwość pracy z wieloma rodzajami emisji oraz łatwość połączenia z komputerem zapewniającego przy tym zasilanie modemu.

### Rekomendacje:

wykonanie modemu polecamy krótkofalowcom prowadzącym transmisje cyfrowe przy zastosowaniu różnych rodzajów emisji.



Moc obliczeniowa współczesnych komputerów PC jest na tyle duża, że możliwe jest ich wykorzystanie także w dziedzinie zarezerwowanej dla specjalizowanych chipów – mowa tutaj o cyfrowej obróbce sygnałów (DSP) dokonywanej w czasie rzeczywistym. Od wielu lat korzystają z tego krótkofalowcy, będący pionierami w stosowaniu różnego rodzaju emisji cyfrowych. Począwszy od zaadaptowania emisji komercyjnych, jak RTTY, FAX, poprzez AMTOR, PACTOR, SSTV, Packet Radio, PSK31, MT63 i inne, a skończywszy na amatorskim wykorzystaniu standardu DRM, radioamatorzy wnoszą swój znaczny wkład w rozwój cyfrowej komunikacji radiowej. Odkąd pojawiła się możliwość połączenia komputera PC z odbiornikiem radiowym czy transceiverem, nie ustają dyskusje prowadzone pomiędzy radioamatorami, jak to połączenie wykonać. Urządzenie przedstawione w artykule jest jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu.

### Jak to połączyć?

Uruchomienie stacji radiowej do pracy z emisjami cyfrowymi nie jest bardzo skomplikowane. Od strony komputera PC sytuacja wygląda bardzo prosto, gdyż jako przetwornik A/C i C/A wykorzystywana jest karta dźwiękowa, w którą wyposażone są chyba wszystkie współczesne komputery. Do podłączenia wystarczają zazwyczaj dwa komplety przewodów zakończone złączami mini-jack. Dodatkowo do sterowania nadajnikiem (PTT) wykorzystywany jest jeden z pinów interfejsu RS232 lub LPT. Sprawa jest nieco bardziej skomplikowana od strony urządzenia ra-

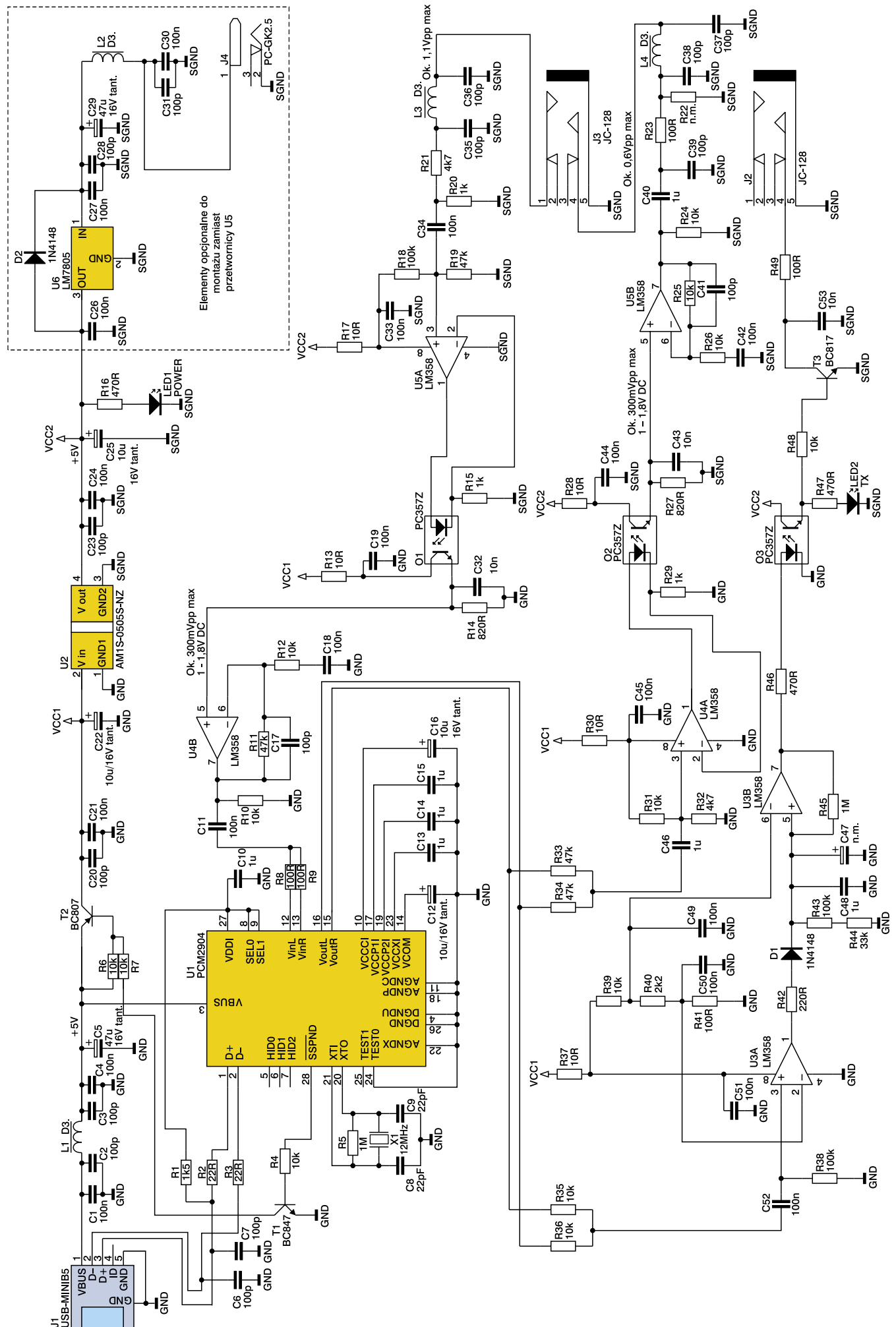
diowego – tutaj wstępują różnego rodzaju złącza i poziomy sygnałów. Mimo to, zawsze można w jakiś sposób dokonać połączenia, dokładając ewentualnie kilka rezystorów dopasowujących poziomy sygnałów.

Pozostaje pytanie, czy takie połączenie jest rzeczywiście dobre? Niestety nie. Ono po prostu jest „jakiś”. Jeżeli podchodzimy do sprawy profesjonalnie, należy zwrócić uwagę na kilka zagadnień, które skutecznie mogą utrudnić korzystanie z emisji cyfrowych. Pierwsza przeszkoda leży po stronie komputera. PC to urządzenie cyfrowe pracujące przy wysokich częstotliwościach zegarowych, dodatkowo zasilane z kilkuset woltowego zasilacza impulsowego. Jeżeli jesteśmy posiadaczami egzemplarza „oszczędnościowego”, to generuje on mnóstwo zakłóceń mogących przedstawiać się przez połączenie mas do odbiornika radiowego, znacznie pogarszając warunki odbioru. Z drugiej strony, transceiver radioamatorski, często dysponujący mocą wyjściową nadajnika rzędu 100 W lub więcej, może przez takie połączenie skutecznie zawieszać lub restartować dowolny komputer, zwłaszcza jeśli nie ma możliwości wykonania dobrego (czyli skutecznego dla wielkich częstotliwości) uziemienia. Połowicznym wyjściem jest zastosowanie tutaj komputera typu laptop pracującego na bateriach, ale praca taka nie jest zbyt komfortowa (ograniczenie czasowe). Dodatkowo współczesne komputery przenośne pozbawione są zazwyczaj portów RS232 i równoległych, co wprowadza dodatkowe komplikacje przy sterowaniu PTT.

Najlepszym wyjściem z tej sytuacji jest galwaniczne odseparowanie

### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko o wymiarach 98x47 mm
- Zasilanie przez gniazdo USB
- Pełna separacja galwaniczna (1000 VDC) między komputerem a urządzeniem radiowym,
- Obsługa trybu uśpienia magistrali USB,
- Możliwość normalnego korzystania z karty dźwiękowej komputera podczas pracy emisjami cyfrowymi,
- Funkcja PTT w oparciu o układ VOX.



Rys. 1. Schemat ideowy modemu

transceivera od komputera PC. Separacja sygnału PTT jest zazwyczaj prosta, gdyż ze względu na charakter przesyłanej informacji wystarczy tu zastosować transoptor lub mały przekaźnik. Gorzej sprawa wygląda w przypadku sygnałów audio. Wielu radioamatorów wykorzystuje do tego celu miniaturowe transformatoriki m.c. pozyskanie z różnego rodzaju uszkodzonych modemów telefonicznych. Jest to rozwiązanie niewątpliwie skuteczne, jednak mało powtarzalne. Ciągłe nierozwiązana pozostaje dosyć poważna wada użytkowa takiego rozwiązania – jeżeli wykorzystujemy kartę dźwiękową w komputerze również do celów, do których została stworzona, to musimy się pogodzić z niewygodą przekładania wtyczek i żonglowania kablami połączoną z nurkowaniem pod biurko.

W modemie opisywanym w niniejszym artykule zastosowano nieco odmienne podejście do tematu, charakteryzujące się wieloma zaletami, zarówno od strony konstrukcyjnej, jak i praktycznego wykorzystania. Modem umożliwił pracę wszystkimi emisjami cyfrowymi, w których jako interfejs komunikacyjny stosowana jest karta dźwiękowa.

### Założenia konstrukcyjne

Przystępując do konstrukcji urządzenia założono, że musi być ono kompatybilne z dowolnym komputerem PC, czy to biurkowym, czy przenośnym, pozbawionym „klasycznych” interfejsów komunikacyjnych. Dodatkowym warunkiem było umożliwienie użytkownikowi jednoczesnego korzystania z możliwości pracy emisjami cyfrowymi, jak i normalnego korzystania z karty dźwiękowej. Plusem urządzenia byłaby możliwość zasilania bez dodatkowych kabli i zasilaczy. Za cel konstrukcyjny postawiono również konieczność zastosowania komponentów w miarę typowych, dostępnych dla przeciętnego radioamatora, nie wymagających wydlubywania podzespołów ze złomu elektronicznego.

### Opis budowy

Wszystkie założenia konstrukcyjne udało się spełnić opracowując modem audio wyposażony w interfejs USB oraz separację galwaniczną zrealizowaną przy pomocy popularnych podzespołów. Mimo dużej

funkcjonalności urządzenia udało się je zrealizować w dość prostym układzie elektrycznym. Oczywiście nie są to same przewody i dwa transformatoriki wydłubane ze starych płytek.

Na rys. 1 przedstawiono schemat elektryczny urządzenia. Zasilanie jest pobierane z portu USB komputera. Jako złącze USB zastosowano gniazdo mini-USB, ze względu na niewielką zajmowaną powierzchnię. Zasilanie doprowadzono przez obwód filtrujący złożony z kondensatorów C1...C5 i dławika L1. Należy tu wspomnieć, że dużą liczbę elementów filtrujących (L i C) zastosowano w całym urządzeniu z pełną świadomością zagrożeń wynikających z bliskości nadajnika radiowego dużej mocy. Nie należy więc z nich pochopnie rezygnować przy samodzielnej budowie.

Najistotniejszą częścią urządzenia jest karta dźwiękowa USB zrealizowana na układzie U1 PCM2904 (można też zastosować PCM2906). Jest to układ produkowany przez firmę Texas Instruments, przeznaczony do wykorzystania w głośnikach USB i temu podobnych urządzeniach. W modemie wykorzystano standardową aplikację proponowaną przez producenta. Dodatkowym zadaniem układu U1 jest kontrola zasilania pozostałych obwodów modemu w zależności od stanu magistrali USB (realizacja trybu uspienia). Włączanie zasilania jest realizowane poprzez sygnał SUSPEND za pośrednictwem tranzystorów T1 i T2. Napięcie zasilania jest podawane m.in. na przetwornicę DC/DC U2 (AM1S-0505S-NZ), która dostarcza odseparowane galwanicznie napięcie zasilania na stronę współpracującą z transceiverem radioamatorskim. Napięcie podawane na przetwornicę oraz odbierane z niej odfiltrowano przy pomocy kondensatorów tantalowych, co wyeliminowało mogące się pojawiać w tym miejscu zakłócenia radiowe. Do napięcia zasilania po stronie odseparowanej dołączono zieloną diodę LED1 sygnalizującą włączenie zasilania urządzenia i jego gotowość do pracy.

Ponieważ przetwornica U2 jest elementem stosunkowo drogim, na płycie modemu przewidziano również miejsce na alternatywne rozwiązanie zasilania strony urządzenia radiowego. Na schemacie

obszar ten zaznaczono linią przerywaną. Jest to standardowy zasilacz 5 V zrealizowany na stabilizatorze U6 wraz z elementami filtrującymi i gniazdem zasilającym DC.

Sygnał audio z układu U1 jest podawany na dwa niezależne obwody. Pierwszym z nich jest obwód generacji sygnału PTT służącego do włączania nadajnika. Obwód ten posiada funkcjonalność układów VOX wbudowanych w niektóre transceivery. Został on zrealizowany na dwóch wzmacniaczach operacyjnych (U3A i U3B – LM358) pracujących jako komparatory i kilku elementach biernych. Progi zadziałania komparatorów określają napięcia wytworzone przy pomocy dzielnika R39, R40, R41. Sygnał z kanału lewego i prawego przez rezystory R35 i R36 jest podawany na komparator zrealizowany na U3A. Obecność na wyjściu U1 sygnału audio o amplitudzie przekraczającej próg komparatora powoduje generację na jego wyjściu impulsów prostokątnych, które za pośrednictwem R42 i D1 ładują kondensator C48 (i ewentualnie C47 montowany w zależności od potrzeby). Rozładowanie kondensatora następuje głównie poprzez gałąź R43, R44. Napięcie z kondensatora C48 jest podawane na drugi, wyposażony w niewielką histerzę komparator (U3B), z którego wyjścia sterowana jest dioda transoptora O3. Zaświecenie się diody transoptora powoduje włączenie jego tranzystora (a co za tym idzie, zapalenie diody LED2 informującej o pracy nadajnika) i nasycenie T3 sterującego wejściem PTT transceivera. Sygnał PTT jest dostępny na zewnątrz, za pośrednictwem gniazda mini-jack J2. W razie konieczności sygnał ten można również wykorzystać do wysterowania zewnętrznego przekaźnika.

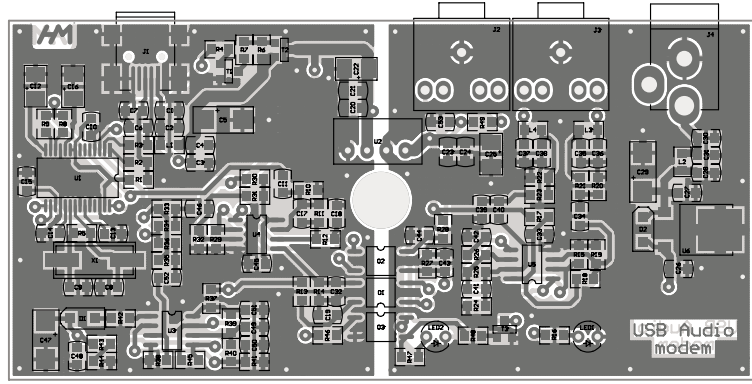
Drugim obwodem korzystającym z wyjścia audio układu U1 jest część oparta na wzmacniaczu operacyjnym U4A (również LM358) i transoptorze O2. Jest to separator galwaniczny sygnału m.c. wykorzystujący optoizolację. Sygnał m.c. z układu U1 jest dostarczany za pośrednictwem rezystorów R33 i R34, natomiast rezystory R31 i R32 określają składową stałą niezbędną do poprawnej pracy wzmacniacza. Równocześnie rezystory R31...R34 tworzą dzielnik dla sygnału małej częstotliwości, ustalając jego odpo-

wiedni poziom na wejściu wzmacniacza. U4A i rezystor R29 pracują w konfiguracji źródła prądowego sterowanego napięciem, zasilając diodę transoptora O2. Sterowanie takie wybrano nieprzypadkowo – należy pamiętać, że stopień występowania tranzystora w transoptorze zależy w przybliżeniu liniowo od ilości światła padającego na bazę, natomiast ilość światła emitowanego przez diodę jest liniową funkcją prądu. Stąd też prądowe sterowanie zapewnia minimum zniekształceń sygnału audio przekazywanego przez transoptor. Oczywiście w obwodzie sprzężenia zwrotnego lepiej byłoby zastosować drugi transoptor, co pozwoliłoby niemal całkowicie wyeliminować zniekształcenia, jednak odbyłoby to się kosztem komplikacji układu i wzrostu kosztów urządzenia (dodatkowy transoptor i kilka elementów biernych). Praktyczne próby i pomiary przedstawionej konfiguracji wykazały, że w przypadku sygnałów o poziomach około 300 mV<sub>pp</sub>, zniekształcenia mieszczą się poniżej 0,4%, dlatego zrezygnowano z dodatkowego komplikowania układu. Po odseparowanej stronie, tranzystor transoptora O2 pracujący w układzie wtórnika przekazuje sygnał audio do wzmacniacza nieodwracającego zrealizowanego na U5B. Wzmocniony dwukrotnie sygnał kierowany jest na zewnątrz modemu poprzez obwody filtrujące C38, L4, C37 i końcowy styk gniazda mini-jack J3.

Niemal identycznie działa tor odbiorczy audio. Tutaj sygnał z odbiornika poprzez środkowe wyprowadzenie gniazda J3 jest kierowany przez filtr przeciwzakłóceń C36, L3, C35 i dzielnik R20, R21 na wejście źródła prądowego zrealizowanego na wzmacniaczu U5A. Następnie po przejściu przez transoptor sygnał jest kierowany do wzmacniacza U4B. Tutaj następuje wzmocnienie sygnału do poziomu odpowiadającego czułości wejść układu U1 i przekazanie sygnału na lewy i prawy kanał poprzez rezystory R8 i R9.

**Montaż i uruchomienie**

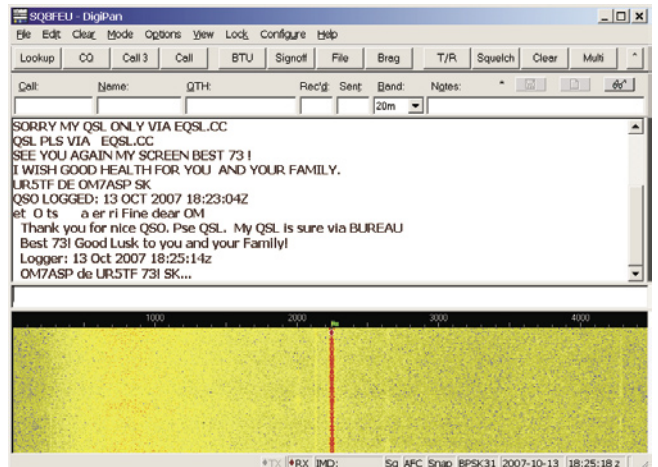
Dla modemu zaprojektowano dwustronną płytkę drukowaną, z jednostronnie wlutowanymi elementami, w większości SMD. Schemat montażowy przedstawiono na rys. 2. Ze względu na zastoso-



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płycie modemu

wanie elementów SMD montaż należy przeprowadzić z dużą starannością i dokładnością. Precyzja wymaga jest zwłaszcza w przypadku układu U1, który posiada wąski raster nóżek. Płytkę drukowana została zaprojektowana z myślą o umieszczeniu jej w uniwersalnej obudowie Z7B.

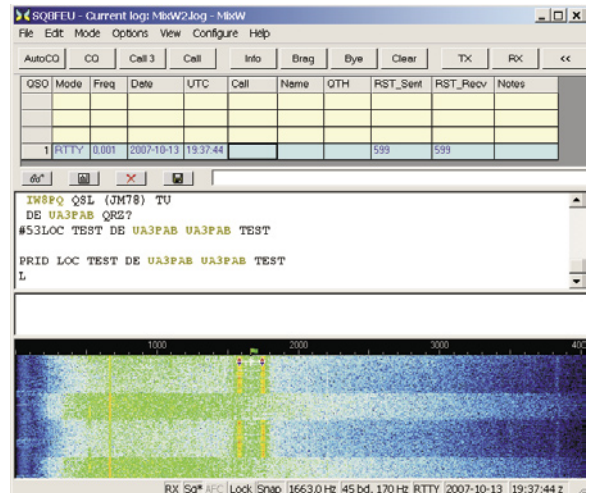
Przed podłączeniem modemu do komputera należy sprawdzić poprawność lutowania, a zwłaszcza zlokalizować i usunąć ewentualne zwarcia. Ponieważ zasilanie większości elementów jest sterowane poprzez komunikację z komputerem, to bez modyfikacji układowych nie można sprawdzić urządzenia opierając się na zasilaczu laboratoryjnym. Po podłączeniu prawidłowo zmontowanego urządzenia do komputera, po krótkiej chwili powinna zapalić się dioda LED1, a system operacyjny powinien wykryć i zainstalować urządzenie Audio USB. Nie są tutaj wymagane żadne sterowniki. Jeżeli ten krok się nie powiedzie, to należy jeszcze raz dokładnie sprawdzić montaż. W przypadku, gdy urządzenie audio zostanie wykryte, ale nie świeci się dioda, należy poszukać ewentualnych problemów w zasilaniu przetwornicy U2 lub w elementach po jej



Rys. 3. Odbiór emisji BPSK31 z wykorzystaniem programu DigIPan

stronie wyjściowej. Po prawidłowym zainstalowaniu urządzenia można sprawdzić poziomy składowych stałych według opisów umieszczonych na rys. 1. Jeżeli wszystkie poziomy są prawidłowe, to urządzenie jest gotowe do pracy.

Do sprawdzenia torów audio można wykorzystać dowolny program umożliwiający odtwarzanie



Rys. 4. Odbiór emisji RTTY z wykorzystaniem programu MixW

## WYKAZ ELEMENTÓW

## Rezystory

R13, R17, R28, R30, R37: 10  $\Omega$  (0805)R2, R3: 22  $\Omega$  (0805)R8, R9, R23, R41, R49: 100  $\Omega$  (0805)R42: 220  $\Omega$  (0805)R16, R46, R47: 470  $\Omega$  (0805)R14, R27: 820  $\Omega$  (0805)R15, R20, R29: 1 k $\Omega$  (0805)R1: 1,5 k $\Omega$  (0805)R40: 2,2 k $\Omega$  (0805)R21, R32: 4,7 k $\Omega$  (0805)R4, R6, R7, R10, R12, R24...R26, R31, R35, R36, R39, R48: 10 k $\Omega$  (0805)R44: 33 k $\Omega$  (0805)R11, R19, R33, R34: 47 k $\Omega$  (0805)R18, R38, R43: 100 k $\Omega$  (0805)R5, R45: 1 M $\Omega$  (0805)

## Kondensatory

C8, C9: 22 pF (0805)

C2, C3, C6, C7, C17, C20, C23, C28, C31, C35...C39, C41: 100 pF (0805)

C32, C43, C53: 10 nF (0805)

C1, C4, C11, C18, C19, C21, C24, C26, C27, C30, C33, C34, C42, C44, C45, C49...C52: 100 nF (0805)

C10, C13...C15, C40, C46, C48: 1  $\mu$ F/16 V (0805)C12, C16, C22, C25: 10  $\mu$ F/16 V tantalowy (SMD Type B)C5, C29: 47  $\mu$ F/16 V tantalowy (SMD Type C)

## Półprzewodniki

U1: PCM2904 (SSOP-28)

U2: AM1S-0505S-NZ (moduł przetwornicy DC/DC)

U3...U5: LM358 (SO-8)

U6: LM7805 (TO-252)

O1...O3: PC357Z (transpator SMD)

T1: BC847 (SOT-23)

T2: BC807 (SOT-23)

T3: BC817 (SOT-23)

D1, D2: 1N4148 (MINIMELF)

LED1: LED zielony (3 mm)

LED2: LED czerwony (3 mm)

## Inne

L1...L4: dławik przeciwzakłócenia 10  $\mu$ H (0805)

X1: kwarc 12 MHz (HC49S)

J1: gniazdo SMD USB-MINI-B 5-pin

J2, J3: gniazdo mini-jack stereo JC-128

J4: gniazdo DC jack 5,5/2,5 mm PC-GK2.5

Obudowa: Z7B firmy Kradex

i nagrywanie dźwięków (np. darmowy Audacity) oraz dowolne źródło sygnału o poziomie około 1 V<sub>pp</sub>. Do kontroli toru wyjściowego można wykorzystać słuchawki lub podłączyć wyjście modemu do wzmacniacza audio. Należy pamiętać, aby w programie wybrać odpowiednio urządzenie wejściowe i wyjściowe, gdyż w systemie będą już dostępne dwie karty dźwiękowe. Poziomy głośności dla modemu najlepiej ustawić na wartości maksymalne, co pozwoli zachować wysoki stosunek sygnału do szumu przy przejściu sygnału przez separator.

Końcowy etap uruchomienia będzie polegał na wykorzystaniu oprogramowania do emisji cyfrowych. W zależności od posiadanego urządzenia radiowego może zaistnieć konieczność modyfikacji wzmacnienia torów nadawczego i odbiorczego. Na **rys. 3** przedstawiono zrzut ekranu z darmowego programu do emisji cyfrowych DigiPan podczas odbioru łączności prowadzonej emisją BPSK31. Na **rys. 4** przedstawiono natomiast

zrzut ekranu programu MixW podczas dekodowania transmisji RTTY. W obydwu przypadkach jako interfejs pomiędzy odbiornikiem krótkofalowym a komputerem użyto opisywanego modemu.

Jeżeli modem będzie wykorzystywany do nadawania telegrafii, wówczas należy tak skonfigurować oprogramowanie, aby sygnał CW był generowany w postaci tonu na wyjściu karty dźwiękowej, a nie stanu logicznego na którymś z portów komputera.

## Modyfikacje i regulacje

W przypadku chęci skorzystania z zewnętrznego zasilania części odseparowanej należy pamiętać, że elementy U2 (przetwornica) i U6 (stabilizator LM7805) nigdy nie mogą być zamontowane jednocześnie, gdyż grozi to uszkodzeniem tych podzespołów.

Regulacja działania obwodu generującego sygnał PTT polega na dobraniu kilku elementów. Poprzez eliminację jednego z rezystorów R35 lub R36 możemy ustalić, z którego kanału audio ma być pobierany

sygnał do sterowania nadajnikiem, co może być przydatne w przypadku korzystania z oprogramowania wspierającego taką funkcjonalność. Zmianę progu zadziałania układu VOX najlepiej realizować poprzez modyfikację R38. Dobór wartości rezystorów R43 i R44 pozwala na regulację czasu podtrzymania sygnału PTT po zaniku sygnału audio. Gdyby generowane opóźnienie było zbyt krótkie, można zamontować opcjonalny kondensator C47 (kilka  $\mu$ F), dla którego zarezerwowano miejsce na PCB. W większości przypadków nie będzie to jednak konieczne, gdyż opóźnienie generowane w układzie przedstawionym na schemacie jest wystarczająco duże nawet dla emisji CW, w której przerwa między znakami dla prędkości nadawania 20 słów na minutę jest krótsza niż czas podtrzymania.

Jeśli chcemy pobierać sygnał audio do emisji tylko z jednego kanału układu U1, można wymontować jeden z rezystorów R33 lub R34. Należy jednak pamiętać, że rezystory te pracują również jako elementy w dzielniku, więc wymontowanie jednego z nich musi pociągnąć za sobą wymianę drugiego na element o dwukrotnie (w przybliżeniu) mniejszej rezystancji (np. 24 k $\Omega$ ).

Regulację wzmacnienia torów audio najlepiej przeprowadzać wyłączenie po stronie współpracującej z transceiverem. Regulacja toru wyjściowego może polegać na modyfikacji rezystorów R25, R26 (wzmocnienie wzmacniacza) lub zastosowaniu dzielnika zbudowanego z R22 (standardowo nie montowany) i R23. W przypadku toru wejściowego możemy modyfikować dzielnik złożony z rezystorów R20, R21. Na schemacie z rys. 1 podano maksymalne wartości napięć sygnałów audio w poszczególnych punktach modemu. Podczas regulacji nie należy tych wartości przekraczać (większe zniekształcenia), ani nie ustawiać sygnałów zbyt niskich (spadek stosunku sygnał/szum). Optimum można przyjąć na około 80% podanych poziomów. Tak skonfigurowany modem zapewni bardzo dobry odbiór wszystkich emisji cyfrowych.

**Paweł Hadam, EP**  
pawel.hadam@ep.com.pl